발 간 등 록 번 호
74-6440071-000001-10

보건환경연구원보

제30권 2020



충청남도보건환경연구원



비전 2020

01 따뜻하고 안전한 공동체

02 풍요롭고 쾌적한 삶

03 활력이 넘치는 경제

04 고르게 발전하는 터전

05 도민이 주인되는 지방정부

더 행복한 충남 대한민국의 중심

발간사



최근 해외 유입 신종 감염병인 코로나19의 확산으로 충남도민을 비롯한 전 국민의 고통이 그 어느 때 보다 컸으리라 생각합니다. 전 세계 국가들의 극찬 속에서도 아직도 2차 대유행에 대한 전문가들의 목소리가 들려오고 있습니다.

또한, 일본 원자력발전소 사고와 미세먼지로 인한 국제적 분쟁 또한 날로 증가하고 있는 실정이며, A형 간염, 의약품 중 발암물질과 라돈 등에 대한 안전문제가 지속적으로 제기되고 있습니다.

이에 우리 연구원은 도내 지역 현안 뿐 아니라 보건 및 환경 관련 학회 학술활동과 유관기관과의 협업을 통해 미래지향적 연구에 최선의 노력을 다하고 있습니다.

이번에 발간하는 「보건환경연구원보 제30권 2020」은 2019년에 우리 연구원에서 수행한 현장 중심의 연구사업과 조사과제에 대한 분석결과로서 충청남도 보건·환경 정책수립을 위한 기초적 자료로 활용되고 도민들의 건강과 생활에 유용한 정보가 되기를 기대합니다.

저희 연구원은 앞으로도 '더 행복한 충남, 대한민국의 중심'을 실현하기 위해 현장 중심의 앞선 연구에 최선을 다할 것입니다.

어려운 여건과 급증하는 여러 업무 중에도 도민의 삶의 질 향상을 위한 연구와 조사에 심혈을 기울여 주신 직원 여러분께 진심으로 감사드립니다.

2020년 6월

충청남도보건환경연구원장 **최 진 하**

목차

충청남도보건환경연구원보
제 30 권 2020

Ⅰ. 연구논문

1-01. 충남 지역에 분포한 카바페넴 내성 장내세균속균종(CRE)의 특성 조사 ····· 17

1-02. 충남 서해안 해양환경에서 분리된 비브리오 패혈증균의 분포 및 항생제 감수성 ··· 30

1-03. 식품 중 곰팡이독소 T-2, HT-2 오염도 조사 ····· 39

1-04. 음식점과 단체급식소 메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량 비교 ····· 49

1-05. 충남 도내 유통 박과과채류 잔류농약 안전성 조사 ····· 59

1-06. 충남 대산 산업단지 내 대기 중 휘발성유기화합물 농도 변화에 대한 연구 ···· 68

1-07. 초미세먼지(PM2.5) 성분분석 조사(아산, 서산, 당진지역을 대상으로) ····· 80

1-08. 지하수 중 자연방사성물질 함유량 조사연구 ····· 95

1-09. 가축분뇨처리시설의 생태독성 평가 ····· 108

목차

The Report of Chungnam Institute of Health and Environment
Volume 30 2020

Ⅰ. Thesis Research Paperwork

1-01. Distribution and Characterization of Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae (CRE) in Chungcheongnam-do, 2019 ····· 17

1-02. Distribution and Antibiotics Susceptibility of Vibrio vulnificus isolated in Chungcheongnam-do Coastal Area ····· 30

1-03. Investigation of contamination of T-2, HT-2 toxins in food ····· 39

1-04. Contents of Sodium and Potassium for Restaurant Dishes and Institutional Food Service in Chungcheongnam-do ····· 49

1-05. A Safety Survey of Pesticide Residues in Fruiting vegetable cucurbit Products Circulated in Chungcheongnam-do, Korea ····· 59

1-06. Variation of Volatile Organic Compounds in the Air of Daesan Industrial Complex, Chungcheongnam-do ····· 68

1-07. Investigation of component analysis of PM2.5(focused on Asan, Seosan, and Dangjin area in Chungcheongnam-do) ····· 80

1-08. A Study on the Content of Naturally Occurring Radioactive Materials in Groundwater ····· 95

1-09. Evaluation of Ecotoxicity of Discharge water in Livestock Excreta Treatment Facility ····· 108

목차

Ⅱ. 학술지, 학술대회 논문 및 포스터 발표자료

2-01. The Preliminary results of Surveillance Program of Scrub typhus in Geumsan-gun, Chungcheongnam-do, Republic of Korea, 2019 ; (포스터발표) 감염병관리콘퍼런스 (2019.11.21.~11.22) ····· 129

2-02. An Norovirus Outbreak at a Local Festival in Chungnam Korea ; (논문발표) J. Bacteriol Virol Vol 49, No 2. June 2019 ····· 130

2-03. 2019년 충남지역 고등학교에서 발생한 다병원체에 의한 집단식중독의 역학적 분석 ; (논문발표) 한국환경보건학회지, 제45권 제5호 ····· 138

2-04. 겨울축제 중 발생한 노로바이러스에 의한 집단식중독의 역학적 분석 ; (포스터발표) 한국역학회 ····· 147

2-05. 충남지역 내 기숙학교에서 발생한 집단식중독의 역학적 원인 분석 ; (포스터발표) 감염병컨퍼런스 ····· 148

2-06. 충남도내 유통 과일류의 잔류농약 안전성 조사 ; (논문발표) 한국식품위생안전성학회지 34권 5호 421~430 ····· 149

2-07. Survey on Veterinary drugs in Fishery Products Distributed in Chungcheongnam-do ; (포스터발표) 2019년 한국수산과학회 춘계 학술대회(2019.5.9~10.) ····· 159

2-08. A Survey on Heavy Metals of Fishery Product Circulated in Chungcheongnam-do ; (포스터발표) 2019년 한국수산과학회 춘계 학술대회(2019.5.9.~10.) ····· 160

2-09. A safety Survey of Pesticide Residues in Fruiting vegetable cucurbit Products Circulated in Chungcheongnam-do Province, Korea ; (포스터발표) 2019년 한국식품위생안전성학회 정기학술대회(2019.11.7.~8.) ····· 161

목차

2-10. 대산 산단 내 대기 중 휘발성유기화합물질 농도 변화에 대한 연구 ; (포스터 발표) 추계 한국환경분석학회 (2019.10.31.～11.01) ····· 162

2-11. 지하수 중 자연방사성물질 함유량 조사연구 ; (포스터 발표) 추계 한국환경분석학회 (2019.10.31.～11.01) ····· 163

2-12. Improvement of water quality and operational management of small water supply systems in rural area, South Korea ; (SCI 논문게재) International Journal of Research in Environmental Studies, IJRES Vol. 6 (2019) 27～38 (2019) ···· 164

목차

Ⅲ. 조사자료

3-01. 급성설사질환 실험실 감시 현황 ····· 179
3-02. 인플루엔자 및 호흡기바이러스 실험실 감시 ····· 194
3-03. 식중독균 추적관리 분석 ····· 208
3-04. 식품 등 안전성 검사결과 분석 ····· 212
3-05. 젓갈류 중 인공감미료 함량 조사 ····· 219
3-06. 의료제품 품질감시 업무 분석 ····· 222
3-07. 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 ····· 227
3-08. 유통 농수산물 중 중금속 검사결과 분석 ····· 234
3-09. 농수산물 중 방사능 검사결과 분석 ····· 240
3-10. 생산단계 수산물 중 중금속 검사결과 분석 ····· 244
3-11. 하천 수질측정망 측정결과 분석 ····· 247
3-12. 호소 수질측정망 측정결과 분석 ····· 254
3-13. 토양오염실태조사 검사결과 ····· 264
3-14. 골프장 농약잔류량 검사결과 ····· 277
3-15. 대기중금속측정망 결과 분석 ····· 283
3-16. SG 충남방적 석면 실태조사 ····· 291
3-17. 어린이집 실내 라돈 실태조사 ····· 299
3-18. 악취관리지역 악취실태조사 ····· 307
3-19. 환경소음측정망 운영 결과 ····· 320

목차

Ⅳ. 기타자료 (동아리활동)

4-01. 4차 산업혁명 시대에 발맞춰, 보건분야의 빅데이타를 구축 및 활용하여 도민의 복지보건에 기여 ····· 327

4-02. 대기질 분석기술의 습득 및 미세먼지 문제인식 공유를 기반으로 대응방안 연구를 통한 업무능력 향상 및 아이디어 발굴 ····· 328

4-03. 토양, 대기, 먹는물 등 생활환경에 유입된 오염인자를 분석하여 생활환경에 직접적으로 영향을 주는 위해요소를 규명하고, 예방 및 개선방법을 제시하여 안전한 생활환경 조성에 기여 ····· 329

목차

V. 부 록

1. 일반현황 ····· 333

2. 연도별 조사연구사업 ····· 336

3. 역대 원장 명단 ····· 357

연구논문

I

1-01. 충남 지역에 분포한 카바페넴 내성 장내세균속균종(CRE)의 특성 조사

1-02. 충남 서해안 해양환경에서 분리된 비브리오 패혈증균의 분포 및 항생제 감수성

1-03. 식품 중 곰팡이독소 T-2, HT-2 오염도 조사

1-04. 음식점과 단체급식소 메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량 비교

1-05. 충남 도내 유통 박과과채류 잔류농약 안전성 조사

1-06. 충남 대산 산업단지 내 대기 중 휘발성유기화합물 농도 변화에 대한 연구

1-07. 초미세먼지(PM2.5) 성분분석 조사(아산, 서산, 당진지역을 대상으로)

1-08. 지하수 중 자연방사성물질 함유량 조사연구

1-09. 가축분뇨처리시설의 생태독성 평가

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 17-29 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 17-29 (2020)

충남 지역에 분포한 카바페넴 내성 장내세균속균종(CRE)의 특성 조사

권도경†, 백경아, 김우식

감염병검사팀

Distribution and Characterization of Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae (CRE) in Chungcheongnam-do, 2019

DK Kwon†, KA Beak, WS Kim

Infectious Disease Examination Team

ABSTRACT

The incidence of infections caused by carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*(CRE) has increased over the past decade, but our theapeutic options for these pathogens are extremely limited. The present study aimed to investigation of the distribution of CRE in Chungnam and characterization of the CRE isolates. We carried out antibiotics resistance profile for CRE by broth microdilution method. And the carbapenemase targets were IMP, OXA-48, VIM, NDM, KPC and GES gene, it was quantified by conventional PCR and analyzed by the sequence alignment method. As a result of survey for 200 CRE candidate strains, 165 CRE strains were isolated. Most of the CRE strains were *Klebsiella pneumoniae* (112 strains, 68%) and *Eshcherichia* sp (16 strains, 10%). In addition, we confirmed that carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*(CPE) contained 126 out of 165 CRE strains. The carbapenemase genotypes were classified into 6 types, most of them were KPC-2 (93 strain, 73.8%), followed by NDM-1(27 strains, 21.4%).

We expect that the CRE isolates can be managed to prevent spreading in Chunganm area through continuous monitoring.

Keywords : Antibiotics resistance profile, Carbapenem-Resistant *Enterobacteriaceae* (CRE), Carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* (CPE), NDM-1, KPC-2

†**Corresponding author**: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6822, Fax: +82-41-635-7942, E-mail: doeky74@korea.kr

Ⅰ. 서 론

장내세균속(Enterobacteriaceae)은 사람과 동물의 소장에 존재하는 정상세균총으로, 정상적으로는 직접 사람에게 감염되는 경우는 많지 않지만 면역력이 약한 환자에게는 기회감염균으로 작용할 수도 있어 병원 감염의 가장 흔한 원인이 되기도 한다(1). 특히 항생물질 투여가 오래 지속된 장기 입원환자의 경우는 정상 상재균에 혼란이 와서 항생제 내성균이 과잉 증식할 수 있는 환경이 만들어지는데, 3가지 계열 이상의 항생제에 내성을 보이는 다제내성균이 증식하게 될 경우 환자의 치료 약제 선택에 제한이 생길 수밖에 없어 중증 감염 환자의 치료에 악영향을 미치고 있다. 카바페넴계 항생제는 이러한 다제내성균 치료에 가장 효과적인 것으로 알려져 있지만 적절치 않은 사용으로 인하여 카바페넴 내성균을 출현시키는 계기가 되었다(2).

현재 국내에서 사용 중인 카바페넴계 항생제로는 doripenem, ertapenem, imipenem, meropenem이 있는데, 이 중 1개 이상의 항생제에 내성을 나타낼 경우 카바페넴항생제 내성균이라고 한다.

국내 카바페냄내성균 발현 초기에는 병원 환경에서 흔히 볼 수 있는 *Pseudomonas aeruginosa, Acinetobacter baumanni*와 같은 균에서 카바페넴 내성을 보이는 경우가 종종 확인되어 오다가 최근에는 *Escherichia coli* 나 *Klebsiella pneumoniae* 같은 장내세균에서도 내성이 확인 된다는 보고가 많이 되고 있다.

장내세균속에서 카바페넴에 대한 내성이 생기는 요인으로는 카바페넴 분해효소를 생성하는 경우(Cabarpenemase- Producing Enterobacteria, CPE)와 분해효소 유전자는 갖고 있지 않지만(non-CPE) 막투과성의 변화나 efflux pump의 활성화 등의 여러 기전을 통해 내성을 갖게 되는 경우로 구분할 수 있다. 카바페넴 분해효소는 광범위 베타락탐분해효소의 변형으로 발현되는 것으로 보여지고 있으며, 분해 기전에 따라 Ambler class A, B, D 세 group 으로 나눌 수 있다. Class A group으로는 *Klebsiella pneumoniae* carbapenease(KPC), Guiana extended spectrum β-lactamases(GES)가 있고, class B metallo-β-lactamases 로는 Verona integron-encoded metallo-β-lactamases(VIM), Imipenemase(IMP), New Delhi metallo-β-lactamases(NDM)가 있으며, class D group로는 Oxacillinase-48 (OXA-48)로 분류될 수 있다. 이들 카바페넴 분해 효소 유전자는 이동성이 있는 plasmid 상에 위치해 있어 다른 정상 장내세균과의 접합과정을 통해 유전자의 전이가 가능하기 때문에 카바페넴 내성에 대한 확산이 크게 우려되는 상황이다.

질병관리본부는 2010년 우리나라에서 CPE 해외유입 사례가 처음 발생한 이후 2011년 부터 카바페넴내성 장내세균속균종(Carbapenem Resistant Enterobacteriaceae, CRE)을 지정감염병으로 긴급 고시하여 표본 감시를 시행하였으며, 2017년에 3군감염병으로 전환하여 전국 18개 보건환경연구원에 기술이전을 시행하는 등 현재는 전수감시체계로 운영해 오고 있다.

본 연구는 2019년 1월부터 12월까지 충남지역의 의료기관으로부터 의뢰 받은 CRE 균주를 대상으로 균종별 분포 경향을 분석하고, 카바페넴계를 포함한 항생제 다제내성 여부 및 내성 유전자형의 분포를 분석함으로써 충남지역 의료기관 내·외로의 전파, 확산 방지에 기여하고자 한다.

Ⅱ. 시험방법

1. 균주 수집

충남지역 의료기관에서 2019년 1월부터 12월까지 의뢰된 CRE 건에 대하여 환자의 성별, 연령, 의뢰처 및 검체 source 등의 정보를 수집하여 충남지역 CRE 분포 경향을 파악하는데 이용하였다.

2. CRE균주 확인 및 특성 분석

2.1. 생화학적 동정

200주의 CRE 의심균주를 대상으로 API20E 키트를 이용한 생화학적 동정을 실시하였다. McConkey 및 혈액한천배지로 의뢰된 균주를 TSA에 계대 배양한 후, API 20E 키트 설명서에 따라 suspension media에 균을 현탁시키고 20개의 cupule에 접종하여 18시간 배양하였다. 생화학적 반응 결과를 API 코드북으로 양, 음성을 판정하고 최종 API web site로 균동정 결과를 확인하였다.

2.2. 16S rRNA 염기서열 분석

의뢰된 균주는 16S rRNA 유전자를 분석으로 재동정 하였는데 primer sequence는 Table 1과 같다. TSA 배지에서 단일집락을 취해 200 uL 증류수에 부유시킨 후 100℃에서 10분간 가열하여 원심분리 후 그 상등액을 1 uL를 주형으로 사용하였다. Maxime PCR Premix kit 에 17 uL 멸균수를 넣고 10 pmole의 16S rRNA target gene의 27F/1492R primer를 각각 1 uL를 넣어 PCR을 진행하였다. 반응조건은 94℃에서 5분간 반응시킨 후, 94℃에서 1분, 54℃에서 40초, 72℃에서 40초를 30회 반복하고 마지막으로 72℃에서 5분간 반응한 후 4℃에서 종료하였다. PCR이 완료되면 QIAxcel(QIAGEN, Germany)을 이용하여 target size 부근의 단일밴드 크기를 관찰하고, 증폭된 산물이 확인되면 염기서열 분석 업체에 의뢰하여 동정결과를 확인하였다.

Table 1. Primer sequence for 16S rRNA gene

Target	Primer	Sequence(5' → 3')	Size(bp)
16SrRNA	27F	AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG	1,464
	1492R	TAC CCY TAC CTT GTT ACG ACT T	

2.3. 항생제 감수성 검사

멸균된 튜브에 0.85% NaCl 2 mL을 채우고 면봉을 이용하여 TSA에 배양된 균주를 소량 채취한 후 McFarland 0.5와 같은 탁도를 보일 때 까지 현탁시켰다. 탁도를 맞춘 균 현탁액을 10 uL를 CA-MHB 11 mL에 첨가한 후 vortexing으로 잘 섞어주고 카바페넴계 항생제가 농도별로 점적되어있는 제작용 MIC plate(Sensititre KORN, Thermo Fisher Scientific, USA)에 well 당 50 uL씩 접종하였다. 접종한 plate는 37℃에 20시간 이내로 배양하였으며 항생제가 들어있지 않은 positive control well에 균주가 자랐는지 여부를 확인한 후 결과를 판독하였다. 카바페넴 항생제 감수성 검사의 대조군으로 표준주 *Enterococcus faecalis* ATCC 29212를 사용하여 결과를 비교하였다.

카바페넴계 항생제 외에 다양한 항생제에 대해서도 감수성여부를 조사하였는데, 항생제

농도는 각 항생제에 따라 다양하게 점적되어 있는 제작용 MIC plate(Sensititre KRCDC2F, Thermo Fisher Scientific, USA)를 사용하였고 조사 방식은 카바페넴계 항생제 검사와 동일한 액체배지미량희석법 방식으로 진행하였으며 내성판정기준은 Table 2와 같다.

Table 2. Standard for determining drug susceptibility using the broth microdilution method.

antibiotics	MIC(㎍/mL)(※CLSI standard)			Strain *Enterococcus faecalis* ATCC29212(㎍/mL)
	Sensitive(≤㎍)	Intermediate	Resistant(≥㎍)	
Carbapenem 계 *				
Ertapenem	0.5	1	2	0.5-2
Imipenem	1	2	4	2-8
Meropenem	1	2	4	4-16
Doripenem	1	2	4	1-4
Quinolone 계				
Ciprofloxacin	1	2	4	-
Nalidixic acid	16	-	32	-
β-lactam계				
Ampicillin	8	16	32	-
Cefoxitin	8	16	32	-
Ceftazidime	4	8	16	-
Cefotaxime	1	2	4	-
Ceftriaxone	1	2	4	-
Tetracyclin 계				
Tetracyclin	4	8	16	-
Aminoglycoside 계				
Streptomycin	8	-	16	-
Amikacin	16	32	64	-
Gentamicin	4	8	16	-
Sulfonamide 계				
Trimethoprim/ Sulfamethoxazole	2/38	-	4/76	-
Phenicol 계				
Chloramphenicol	8	16	32	-
Polymyxin 계				
Colistin	2	4	8	-

※ CLSI : Clicnical and Laboratory Standard Institute

2.4. 카바페넴분해효소 유전자 검출

카바페넴분해효소 생성 장내세균 임을 확인하기 위해 IMP, OXA-48, VIM, NDM, KPC, GES 6종의 유전자에 대한 PCR을 진행 하였으며, 검출에 사용한 primer sequence는 Table 3과 같다. TSA에 배양된 균주를 2～3집락 취하여 100 uL 멸균수에 현탁하고 100℃에서 10분간 가열한 후 원심분리 한 상등액 1 uL를 주형으로 사용하였다. Maxime PCR Premix kit에 17 uL 멸균수를 넣고 10 pmole의 CPE target 유전자의 primer를 각각 1 uL를 넣어 PCR을 진행하였다. 반응조건은 94℃에서 5분간 반응시킨 후, 94℃에서 30초, 56℃에서 20초, 72℃에서 30초를 30회 반복하고 마지막으로 72℃에서 5분간 반응한 후 4℃에서 종료하였다. PCR이 완료되면 QIAxcel(QIAGEN, Germany)을 이용하여 단일밴드 크기를 관찰하고, 증폭된 산물이 확인되면 염기서열 분석 업체에 의뢰하여 카바페넴분해효소의 유전형을 확인하였다.

Table 3. Primer sequence for Carbapenemase target gene.

Target genes	Primer name	Sequence(5' → 3')	size(bp)
IMP type	IMP F	TGA GCA ATG TAT CTG TAT TC	740
	IMP R	TTA GTT GCT TGG TTT TGA TG	
OXA-48 type	OXA-48 F	TTG GTG GCA TCG ATT ATC GG	743
	OXA-48 R	GAG CAC TTC TTT TGT GAT GGC	
VIM type	VIM F	TGG TCT ACA TGA CCG CGT CT	766
	VIM R	CGA CTG AGC GAT TTG TGT G	
NDM type	NDM F	CAA TAT TAT GCA CCC GGT CG	720
	NDM R	ATC ATG CTG GCC TTG GGG AA	
KPC type	KPC F	ATG TCA CTG TAT CGC GGT CT	893
	KPC R	TTT TCA GAG CCT TAC TGC CC	
GES type	GES F	GCG CTT CAT TCA CGC ACT AT	753
	GES R	GCG TAA TCT CTC TCC TGG GC	

Ⅲ. 결 과

1. 충남지역 발생 현황

2019년 1월부터 12월까지 천안, 아산을 비롯한 10개의 시·군에서 의뢰된 CRE 의심 균주는 총 200건으로, 165건(82.5%)이 CRE 균임을 확인하였고 그 중 126건(63%)은 카바페넴분해효소 유전자를 보유하는 것으로 나타났다. 2018년도 의뢰 건과 비교해 볼 때 CRE 의심 균주로 의뢰된 건은 148건에서 200건으로 135% 증가되긴 하였으나 CRE와 CPE균의 양성율에는 큰 차이가 없었다(Table 4, Fig. 1).

CRE로 확인된 165건의 균주의 분리원(source)으로는, 대변(stool)로부터 분리된 건이 46주(28%)로 가장 많았으며, 소변(urine)에서 36주(22%), 가래(sputum)에서 24주(14%), 혈액(blood) 및 상처 부위(wound/pus)에서 각 3주(2%), 담즙(bile acid)에서 1주로 나타났으며 나머지는 52주는 미확인 상태로 의뢰되었다(Table 5).

Table 4. Cases comparison of CRE and CPE isolates in 2018 and 2019

Year	Cases	CRE(%)	CPE(%)
2018	148	121(81.8)	94(63.5)
2019	200	165(82.5)	126(63.0)

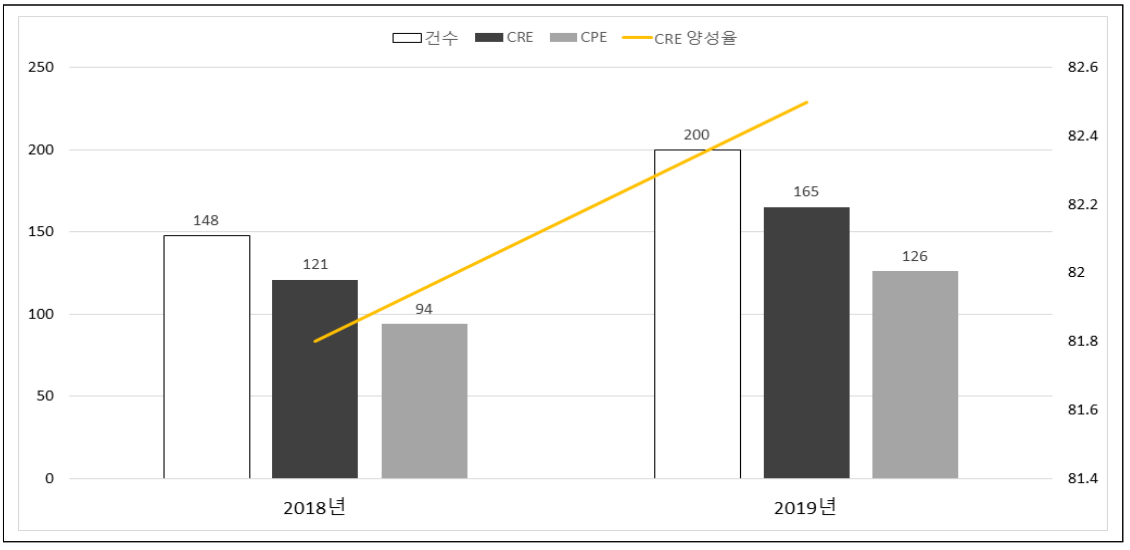
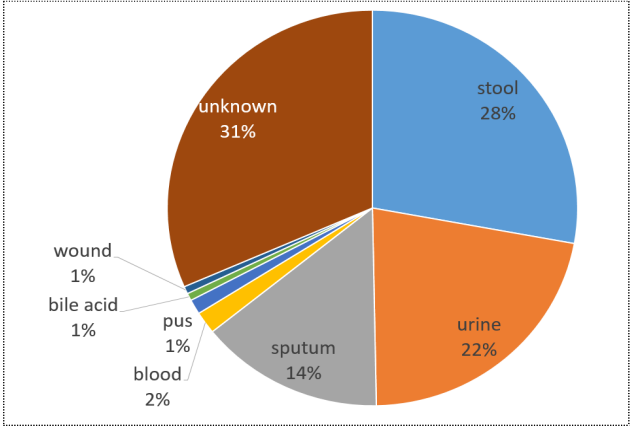


Fig. 1. Comparison of Incidience rate of CRE and CPE by cases, 2018 ~ 2019.

Table 5. Distribution of sample source for CRE isolates

Sample source	Isolates(%)
Stool	46 (28)
Urine	36 (22)
Sputum	24 (14)
Blood	3 (2)
Pus	2 (1)
Bile acid	1 (1)
Wound	1 (1)
Unknown	52 (31)
Total	165 (100)



지역별 의뢰현황을 살펴보면 충남 내에서도 인구 밀집률이 높은 천안의 의뢰 건수가 124건으로 가장 높았는데 124건 중 117건이 CRE (94.4%)로 확인되었고 102건(82.3%)이 카바페넴분해효소(Carbapenemase) 유전자를 보유하고 있어 평균을 상회하는 것으로 확

인되었다. 그 외 천안을 제외한 다수의 지역에서도 CRE와 CPE유전자를 보유하는 균이 확인되었는데, 의뢰 건수로는 홍성, 아산, 논산과 서산, 부여와 당진, 서천, 보령과 공주 순이었다(Fig. 2).

연령별 CRE검사 의뢰현황과 양성율을 비교해 보면 20대부터 80대까지 점차 의뢰 건수와 CRE 양성율이 높아지다가 90대에서 급격히 감소하는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

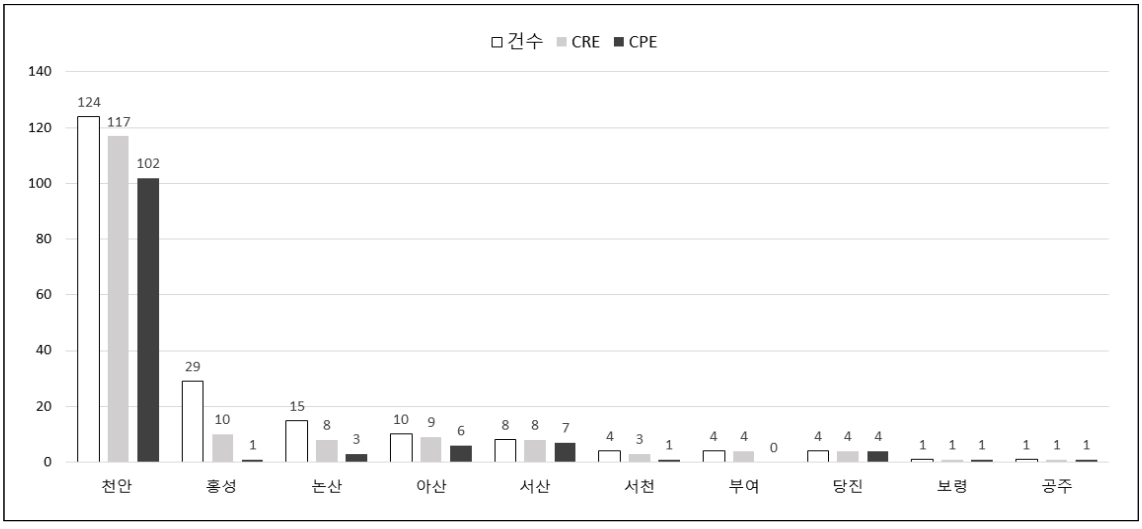


Fig. 2. Regional distribution and prevalence of CRE and CPE in Chungnam, 2019.

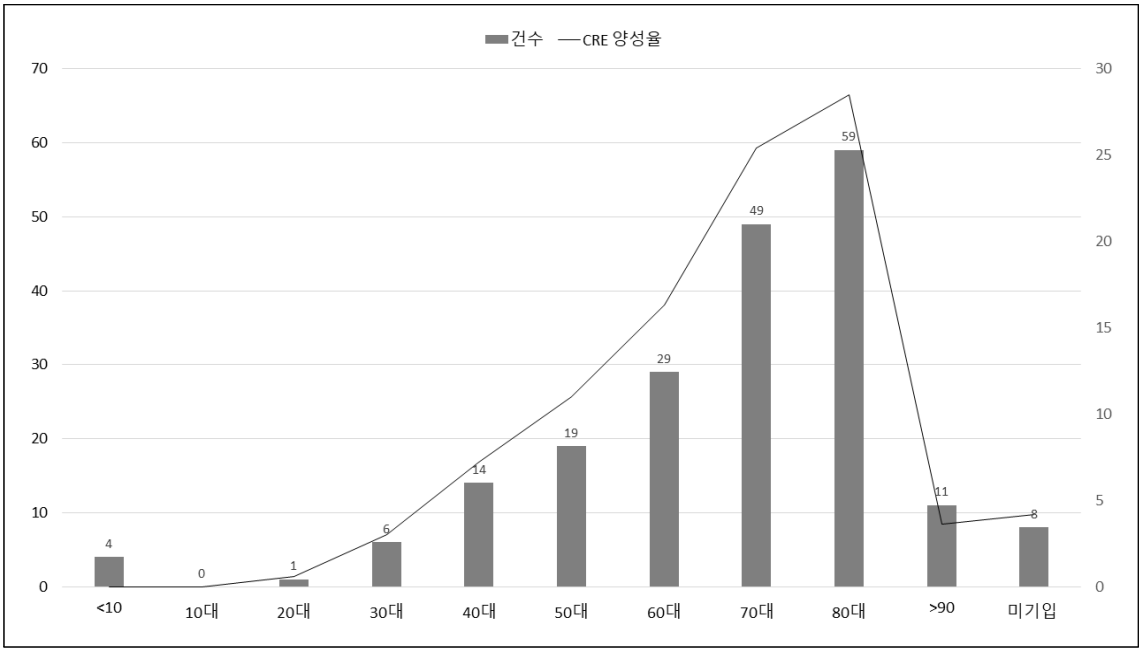


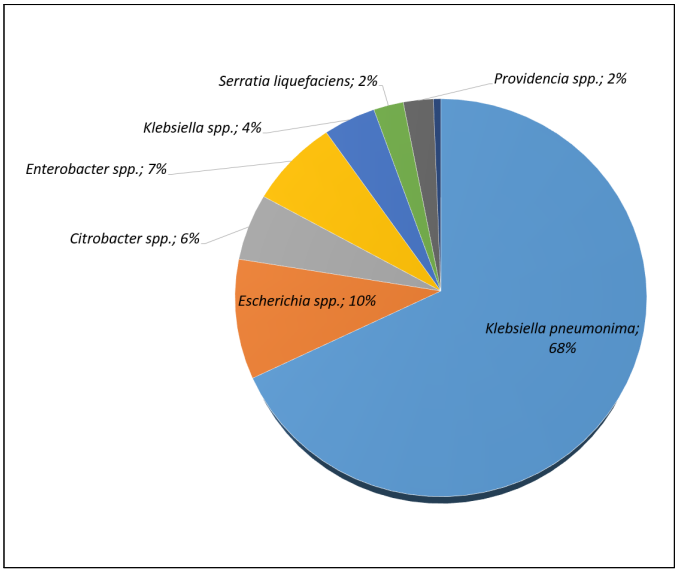
Fig. 3. Prevalence of CRE isolates by age group, 2019.

2. CRE 균주 특성 분석

CRE로 확인된 165주 중 68%(112주)가 *Klebsiella pneumoniae*로 충남지역 CRE 균주에서 절대적 우점종임을 확인하였으며, 그 다음 순으로 *Escherichia* 속이 10%(16주), *Enterobacter* 속이 7%(12주), *Citrobacter* 속이 6%(8주), *K. pneumoniae*를 제외한 기타 *Klebsiella* 속이 4%(7주), *Serratia* 속과 *Providencia* 속이 각각 2%(4주)로 확인되었다(Table 6).

Table 6. Distribution of species in carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* isolate, 2019

Strain	Isolates
Klebsiella pneumoniae	112
Escherichia spp.	16
Enterobacter spp.	12
Citrobacter spp.	9
Klebsiella spp.	7
Serratia liquefaciens	4
Providencia spp.	4
Acinetobacter spp.	1
Total	165



3. CPE 유전자의 분석

국내에서 확인되고 있는 카바페넴분해효소 유전자 6종에 대한 유전자검출 결과에서 PCR 산물의 크키가 예상 크기와 동일하게 나타날 경우 유전형 분석을 위해 sequencing을 의뢰하였으며, 유전형이 확인 되면 카바페넴내 분해효소 생성 장내세균(CPE, Carbapenemase-Producing Enterobacteriaceae)으로 판정하였다.

165건 CRE균주 중 CPE유전자를 보유하고 있는 균주는 126주였으며 CRE 균주의 76.3%에 해당되었다. 카바페넴분해효소의 유전형을 분석해 본 결과, KPC-2가 총 93건으로 가장 많은 부분을 차지하고 있는 것으로 확인되었고, 그 다음이 NDM-1 이 27건, NDM-5가 3건, VIM-2 가 1건 순 이었다. 두 종류의 카바페넴분해효소 유전자를 보유한 균주도 확인되었는데, *Citrobacter freundii* 1주는 GES-1과 NDM-1을 보유하고 있었고, *Escherichia fergusonii* 1주는 NDM-5와 OXA-181을 함께 보유하는 것으로 확인되었다(Table 7).

또한 CRE균에 포함되지 않은 CSE(Carbapenem Sensitive Enterobacteriaceae)균 중에서 카바페넴분해효소 유전자를 보유한 균주도 4주 확인되었다(4/35, 11.4%)(Table 8).

Table 7. Distribution of carbapenemase genotype by species(n=126)

Ambler class (cases/total, %)	Carbapenemase sub-genotype	Species distribution	No. of isolates
Class A (93/126, 73.8)	KPC-2	*Klebseilla pneumoniae*	82
		Serratia liquefacience	3
		Escherichia sp.	4
		Citrobacter sp.	1
		Klebsiella sp.	3
Class B (31/126, 24.6)	NDM-1	*Enterobacter* sp.	10
		Klebseilla pneumoniae	5
		Citrobacter sp.	6
		Escherichia sp.	3
		Klebsiella sp.	3
	NDM-5	*Escherichia* sp.	2
		Enterobacter sp.	1
	VIM-2	*Serratia liquefacience*	1
Class A + Class B (1/126, 0.8)	GES-1/NDM-1	*Citrobacter freundii*	1
Class A + Class D (1/126, 0.8)	NDM-5/OXA-181	*Escherichia fergusonii*	1

Table 8. Isolates of Carbapenem Sensitive *Enterobacteriaceae*(CSE) with cabarpenemase gene

Species distribution	Carbapenemase sub-genotype	ETP[1)]	IMP[2)]	MERO[3)]	DOR[4)]	No. of isolates
Klebseilla pneumoniae	*KPC-2*	NG[5)]	NG	NG	NG	2
Escherichia fergusonii	*KPC-2*	0.5	1	NG	NG	1
Escherichia coli	*KPC-2*	0.5	2	NG	NG	1

[1)] ETP : Ertapenem, [2)] IMP : Imipenem, [3)]MERO : Meropenem, [4)] DOR : Doripenem, [5)]NG : no growth

4. 카바페넴계 항생제 감수성 경향

카바페넴계항생제 4종에 대한 내성을 액체배지미량희석법으로 진행하였으며 균이 자라지 않은 최소농도를 MIC로 확인하며 CLSI 기준에 따라 내성여부를 판단하였다. 카바페넴내성균의 항생제 감수성 검사의 표준주로는 *Enterococcus faecalis* ATCC 29219를 사용하여 결과를 판정하였다.

165개 CRE 균주 모두에서 Ertapenem에 대한 내성이 있는 것을 확인하였는데, 전체의 70%(115주) 정도가 4종의 카바페넴계 항생제 모두에 대해 내성을 가지는 것으로 확인되었다. 3가지 항생제에 내성을 보이는 균주는 19주(11.5%) 였고, 2가지 항생제에 내성을 보이는 것이 13주(7.9%), 나머지 18주(10.9%)는 Ertapenem에만 내성을 나타냈다(Table 9).

Table 9. Carbapenem antibiotics susceptibility of 183 carbapenem resistant Enterobacteriaceae isolates in Chungnam, 2019

Resistant phenotype	No. of strains	%
ETP, IMP, MERO, DORI	115	69.7
ETP, IMP, MERO	16	9.7
ETP, IMP, DORI	2	1.2
ETP, MERO, DORI	1	0.6
ETP, IMP	8	4.9
ETP, MERO	5	3.0
only ETP	18	10.9
Total	165	100

5. 분리균주의 다제내성 경향

카바페넴계 항생제 내성여부와 상관없이 충남지역에서 발생한 장내속균종에 대한 다제내성균의 분포 여부를 살펴보고자 CRE의 심균주로 의뢰된 균종 중 183주에 대하여 다양한 항생제에 대한 내성여부를 조사하였는데 그 결과를 Table 10에 나타내었다.

조사대상 제제로는 아미노글리코시드계 항생제로 gentamicin(GEN), amikacin(AMI), streptomicin(STR)을 사용하였으며, 퀴놀론계로는 ciprofloxacin(CIP), nalidixic acid(NAL)을, 테트라사이클린계로는 tetracyclin(TET), 설폰아마이드계로는 sulfamethoxazole/ trimethoprim (SXT)를 사용하였고 페니콜계로 chloramphenicol (CHL)을 사용하였다. 또한 베타락탐계열 항생제로는 ampicillin(AMP), cefoxitin(FOX), cefotaxime(FOT), ceftriaxone(AXO), ceftazidime (TAZ) 을 사용하였으며, 마지막으로 CRE균의 중증 감염 치료제로 사용되고 있는 colistin에 대한 감수성도 확인하였다.

Table 10. Other antimicrobial susceptibility of 183 carbapenem resistant Enterobacteriaceae isolates in Chungnam, 2019

Antibiotics name		Antibiotic results						Total No. / %	
		Sensitive No. (%)		Intermediate No. / %		Resistant No. / %			
Quinolone group									
Ciprofloxacin	CIP	23	(12.6)	6	(3.3)	154	(84.1)	183	(100)
Nalidixic acid	NAL	26	(14.2)	-	(0.0)	157	(85.8)	183	(100)
β-lactam group									
Ampicillin	AMP	8	(4.4)	2	(1.1)	173	(94.5)	183	(100)
Cefoxitin	FOX	22	(12.0)	13	(7.1)	148	(80.9)	183	(100)
Ceftazidime	TAZ	22	(12.0)	2	(1.1)	159	(86.9)	183	(100)
Cefotaxime	FOT	14	(7.6)	1	(0.6)	168	(91.8)	183	(100)
Ceftriaxone	AXO	15	(8.2)	2	(1.1)	166	(90.7)	183	(100)

Table 10. continued

Antibiotics name		Antibiotic results						Total No. / %	
		Sensitive No. (%)		Intermediate No. / %		Resistant No. / %			
Tetracyclin group									
Tetracyclin	TET	45	(24.6)	20	(10.9)	118	(64.5)	183	(100)
Aminoglycoside group									
Streptomycin	STR	51	(27.9)	-	(0.0)	132	(72.1)	183	(100)
Amikacin	AMI	159	(86.9)	6	(3.3)	18	(9.8)	183	(100)
Gentamicin	GEN	84	(45.9)	2	(1.1)	97	(53.0)	183	(100)
Sulfonamide group									
Trimethoprim/ Sulfamethoxazole	SXT	53	(29.0)	-	(0.0)	130	(71.0)	183	(100)
Phenicol group									
Chloramphenicol	CHL	74	(40.4)	56	(30.6)	53	(29.0)	183	(100)
Polymyxin group									
Colistin	COL	155	(84.7)	4	(2.2)	24	(13.1)	183	(100)

Ⅳ. 고 찰

국내에서 카바페넴 내성 장내세균은 2010년도에만 하더라도 산발적으로 나타났으나, 최근 항생제 남용 및 카바페넴분해효소의 유전자 획득 등으로 고도의 내성을 보이는 장내세균이 전세계적으로 증가되고 있는 추세이다. 이에, 2019년 충남지역 의료기관에서 분리된 200건의 CRE 의심균주를 대상으로 CRE균의 분포와 특성을 조사하였고, CRE균으로 확인된 165주에 대하여 카바페넴계 항생제를 비롯한 베타락탐계 항생제에 대한 다제내성 경향과 내성유전자의 보유여부를 파악하고자 하였다.

CRE 분리균주의 확인동정 결과 70% 정도가 *Klebsiella pneumoniae*로 확인 되었는데, 이 균은 대표적인 기회감염균으로 생존력이 뛰어나고 각종 항생제에 내성을 갖추기 쉬운 유전적 특성마저 갖고 있기 때문에 의료환경에서 카바페넴내성을 가진 *K. pneumoniae* 균이 확산되지 않도록 특별한 필요한 것으로 사료된다. 특히 165 CRE균주 중에서 카바페넴분해효소 유전자를 가진 균주가 126주였는데 전체의 76%이상이 해당된다. 또한 카바페넴 항생제에 대한 내성이 없으면서도 카바페넴분해효소 유전자를 가진 균주도 4주 확인되었는데, 플라스미드 상태로 전이된 유전자가 아직 새로운 개체에서 발현되지 못하여 카바페넴 항생제에 대한 내성을 획득하지 못한 것으로 파악된다. 하지만 감수성균주가 곧 내성균주로 형질전환될 것이고 그 다음 감수성 균주로 유전자를 전이시키는 개체로 작용할 것임은 어렵지 않게 추측할 수 있다. CPE 중 KPC 생성 *K. pneumoniae*의 비율이 88%로 가장 높은 것으로 확인되었는데 이는 국내 한 대학병원의 결과와 유사하다[8]. 반면 NDM 유전자를 보유한 균주는 *Enterobacter* sp.가 다른 장내세균에 비

해 보유율이 높긴 하였으나 다른 장내세균과 비교적 고르게 분포되는 것을 확인할 수 있었다. 본 기관에 의뢰된 검체 중 동일한 환자에게서 시차를 두고 KPC-2 생성 *E.coli*와 *K.pneumoniae* 두 CRE 균주가 분리되기도 했는데 KPC-2가 수평 전파 되는 특성에 따라 이 환자의 경우도 같은 기전으로 작용되었을 것으로 추측 되며, 이 두 균주에서 분리된 KPC-2의 유전형 분석으로 전파과정을 확인하는 등의 후속 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다. KPC 생성 *K. pneumoniae*는 환자의 치료효과를 저해시키고 사망률을 증가시킨다는 보고가 많으므로[9-10] 의료환경 내에서 카바페넴효소 유전자의 수평전파를 차단을 비롯한 중증환자 감염과 관리에 특별히 유의해야 할 것이다.

이 외에도 한 개체에서 2종류의 CPE 유전자를 보유한 균주도 2주 확인하였는데 GES-1/NDM-1을 가진 *Citrobacter freundii* 균 1주와 OXA-181/NDM-5를 가진 *Escherichia fergusonii* 1주는 Ertapenem, Imipenem, Meropenem, Doripenem 4종의 carbapenem에 모두 내성을 나타내는 것으로 확인되긴 했으나 1종의 CPE유전자를 보유한 균주와 비교해 볼 때 특별하게 더 강한 내성을 나타내거나 하지는 않았다.

ESBL(extended-spectrum β-lactamase) 균주 또는 AmpC β-lactamase 생성균에서 세포막의 porin mutation이 발생할 경우 카바페넴항생제에 내성을 나타내는 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서 나머지 24%에 해당하는 카바페넴분해효소를 생성하지 못하는 39 CRE 균주(non-CP CRE)가 이에 해당하는 것으로 보인다.

2019년도 충청남도보건환경연구원으로 의뢰된 200균주 중 183주에 대하여 다제내성 여부를 확인하고자 여러 계열의 항생제에 대한 내성조사를 진행하였다. 항생제 감수성 결과는 다양하게 나타났는데, qinolone 계에서 84% ~ 85%, aminoglycoside계 9% ~ 72%, β-lactam계 80% ~ 94%, sulfonamide계 71%, tetracyclin계 64%, colistin에 24%의 내성율을 나타내었다. 특히 CRE로 의뢰된 대부분의 균주가 3제 이상의 multi-drug resistant (MDR) 균임이 확인되었는데, 3제에서 16주, 4제에 32주, 5제에 65주, 6제에 25주, 7주 이상에 내성을 보이는 균주도 2주 확인되었다. CRE 균주에 대하여 amikacin과 cholistin 항생제에 대한 치료효과가 높은 것으로 알려져 있는데 본 연구에서 각각 9.8%, 13.1%의 낮은 내성율을 나타내어 기존 연구와 일치됨을 확인할 수 있었다. 하지만 CRE 균주 치료의 마지막 대안으로 알려져 있는 colistin에도 내성을 보이는 균주가 확인되고 있어 각별한 관리가 필요하다 하겠다.

본 연구에서 진행된 충남지역 CRE균주 분포와 특성을 고려하여 향후 충남지역 내 CRE 및 CPE균주의 감염 관리에 중요한 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. Moelcular Epidermiolgy and characterization of CPE isolated at a university hospital in korea
2. Yoo JH. The Infinity War : How to Cope with Carbapenemase-resistant Enterobacteriaceae, J. Korean Med Sci. 2018 Oct 1;33(40).
3. 강철인, 다제내성 그람음성균 감염의 항생제 치료
4. Y.Ye, L.Xu, Y.Han, Z.Chen, C.Liu, L.Ming, Mechanism for carbapenem resistance of clinical Enterobacteriaceae isolates, Experimental and therapeutic medicine

15; 1143-1149, 2018
5. 고은별, 주성제, 유재일, 전세미, 2017년 국내 분리 카바페넴내성장내세균속균중(CRE)의 내성경향분석,*주간 건강과질병*, 제 11권 제 45호,
6. 이효진, 이동건, 카바페넴 내성 장내세균 : 최신지견과 치료전략, *J.Korean Med Assoc* 2018 April;61(4) : 281-289
7. P. Nordmann, T.Naas, L. Poirel, Global Spread of Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. *Emerging Infectious Disease*, Vol.17 No.10.Oct. 2011, 1791-1798
8. Ahn SY, Sung JY, et al. Molecular Epidemiology and Characterization of Carbapenemase-Producing Enterobacteriaceae Isolated at a University Hospital in Korea during 4-Year Period. Ann Clin Microbiol. 2016;19:39-47.
9. Monaco M, Giani T, Raffone M, Arena F, Garcia-Fernandez A, Pollini S. Colistin resistance superimposed to endemic carbapenemresistant *Klebsiella pneumoniae* : a rapidly evolving problem in Italy, November 2013 to April 2014. Euro Surveill. 2014;19.
10. Tumbarello M, Trecarichi EM, De Rosa FG, Giannella M, Giacobbe DR, Bassetti M, et al. Infections caused by KPC producing *Klebsiella pneumoniae* : differences in therapy and mortality in a multicentre study. J Antimicrob Chemother. 2015;70:2133-2143.

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 30-38 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 30-38 (2020)

충남 서해안 해양환경에서 분리된 비브리오 패혈증균의 분포 및 항생제 감수성

이현아, 박준혁, 최지혜, 박종진, 김현민, 김미향, 설현지, 박성민†

미생물검사팀

Distribution and Antibiotics Susceptibility of *Vibrio vulnificus* isolated in Chungcheongnam-do Coastal Area

Hun-ah Lee, Jun-hyuk Park, Ji-hye Choi, Jong-jin Park, Hyeon-min Kim, Mi-hyang Kim, Hyun-ji Seol, Seong-min Park†

Microbiology Examination Team

ABSTRACT

It was investigated the distribution and drug susceptibility test of *V. vulnificus* isolated from environmental sources in Chungcheongnam-do. In this survey, total 800 samples were obtained from different sites of the Chungcheongnam-do coastal area from April 2019 to November. Among the 800 samples, 138 strains were isolated. The isolation rates of *Vibrio vulnificus* from sea water, mud flat and fish & shellfish were 23.9%, 12% and 10%, respectively. The highest isolation rate was 31.2% in September and in spite of low temperature the isolation rate was 0.7% in November. The highest rate of antibiotic resistance was observed against Cefoxitin(85.5%), Cefazolin(6.0%), Ampicillin(3.5%), Tetracycline(1.2%), and Chloramphenicol(1.2%). 17.6% of isolation were observed to be resistant to two or more of the antibiotic tests.

Key words : *V. vulnificus,* Chungcheongnam-do coastal area, Antibiotics susceptibility

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Reserch, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6820, Fax:+82-41-635-7941, E-mail:songkang99@korea.kr

Ⅰ. 서 론

최근 기후변화에 따라 해수의 온도가 상승하여 병원성 비브리오균에 대한 주의가 요구되고 있다. 특히 해안지역의 해수 및 어패류 등에서 병원성 비브리오균이 자주 검출되고 있으며, 어패류 생식을 즐기는 우리나라는 더욱 문제가 되고 있다. 대표적인 병원성 비브리오균은 장염비브리오균(*Vibrio(V.) parahaemolyticus*), 패혈증균(*V. vulnificus*), 콜레라균(*V. cholerae*) 3종으로 콜레라의 경우, 제2급 감염병으로 발생 또는 유행 시 24시간 이내 신고 및 격리가 필요하며, 비브리오 패혈증은 제3급 감염병으로 이 또한 발생 또는 유행 시 24시간 이내에 신고해야 한다. 그리고 장염 비브리오균은 제4급 감염병으로 유행여부를 조사하기 위한 표본감시가 필요하여 세 가지 모두 법정 감염병으로서 국가에서 관리되고 있다[1].

비브리오균은 *Vibrionaceae* 과, *Vibrio* 속으로 77종이 있으며, 이 중 12종이 사람에게 병원성을 나타내어 임상에서 분리되고 있다. 이 중 병원성이 상대적으로 높은 *Vibrio cholerae* O1, *V. cholerae* non-O1, *V. vulnificus*가 중요시되고 있다[2]. 패혈증의 원인균인 *V. vulnificus*는 해양환경 어디서나 존재하며 덜 익은 어패류, 비가열 채소류, 물 등과 많은 연관이 있고, 상처가 오염된 해안에 노출 시 감염이 될 수 있다[3-4]. 국내에서는 매년 약 50여명이 *V. vulnificus*에 감염되며 환자의 대부분은 간 질환자나 알콜 중독자와 같은 고위험군으로 알려져 있다. 일반적으로 상처감염증 또는 원발성 패혈증이 유발되며 오한, 발열 등의 신체 전반에 걸친 증상과 설사, 복통, 하지 통증과 함께 다양한 피부 병적인 변화가 발생하여 심하면 사망에 이른다[5]. 일반적으로 5 ~ 6월에 비브리오 패혈증 감염 첫 환자가 발생하였는데 2020년에는 1월에 환자가 발생했으며 *V. vulnificus*도 겨울철에 꾸준히 분리되는 등 기온상승에 따른 해수의 온도 변화로 계절에 상관없는 비브리오 감염 예방을 위한 각별한 주의가 요구된다[6]. 비브리오 패혈증은 병의 진행속도가 매우 빠르고 감수성 있는 항균제로 치료함에도 불구하고 전신증상이 나타난 후 평균 4.2일이면 사망률이 62 ~ 79%에 이르는 치명적 질환이므로 초기에 진단하여 신속하게 치료해야 한다[7]. *V. vulnificus*에 대해 감수성이 높은 항생제는 quinolone계 항균제, tetracycline, chloramphenicol이고, 감수성이 낮은 항생제는 ampicillin과 3세대 cephalosporin계 항생제인 moxalactam, cefoperazone, cefomandole로 보고되고 있다[8-10].

충남지역은 15개 시·군 중 6개 시·군이 지리적으로 해안에 위치하고 있어 다른 지역에 비해 비브리오균에 노출될 수 있는 기회가 많아 해양 환경에서의 병원성 세균 상시 감시 체계 구축이 요구된다. 이에 본 연구는 2019년 4월부터 11월까지 충남 해안 12개 지점을 매주 1회씩 해수 및 갯벌을 채취하여 해양 환경 요인인 수온, 염도, 수소이온농도를 측정하고, 비브리오균 분포를 모니터링하고, 이 중 분리된 *V. vulnificus*의 항생제 감수성 결과를 알아보고자 한다.

Ⅱ. 조사대상 및 실험방법

1. 조사기간 및 대상

충남 해안지역 12지점을 선정하여 2019년 4월부터 11월까지 매주 1회씩 해수를 내륙영향 요인의 영향이 덜한 가장 인접한 위치에서 수심 1m 이내 표층 해수 1L와 갯벌 약 50g을 채취하였다(Fig. 1). 채취된 시료의 온도와 수소 이온농도는 현장에서 측정

하였고, 염도는 시료를 냉장상태로 실험실에 이송하여 측정하였다. 그 후 *V. vulnificus*에 대한 유전자 및 생화학적 검사를 통해 동정하였고, 분리·동정된 균주에 대하여 항생제 감수성 시험을 시행하였다.



Fig. 1. Sampling sites for detection of *V. vulnificus* in Chungcheongnam-do.

2. 실험방법

2.1. 증균배양

해수를 0.45 uM nitrocellulose 여과지 (Whatman, Japan)를 사용하여 여과하고 그 여과지를 20 mL의 2% NaCl이 포함된 Alkaline Peptone Water (APW, OXOID, UK, 이하 동일)에 넣어 37℃에서 18～24시간 정치하여 배양하고, 갯벌은 5g정도를 취해 10배양의 2% NaCl 포함된 APW에 넣어 해수와 동일한 방법으로 증균하였다.

2.2. 분리배양

2% NaCl APW에서 증균된 배양액을 Thiosulphate-Citrate-Bile Salts-sucrose (TCBS, Becton Dickinson, USA) 한천배지 또는 CHROMagar Vibrio (CHROMagar, France) 배지에 옮겨 3분 또는 4분 도말하여 1차 배양 후, 독립된 의심되는 집락을 선택하여 이를 선택 감별 배양을 통하여 분리하였다. 감별배지 상에서 확인된 특이 순수 집락을 기본 영양배지인 2% NaCl을 첨가한 Tryptic

Soy Agar (TSA, Becton Dickinson, USA)에 계대배양 후 확인검사를 실시하였다.

2.3. 확인시험

분리균주의 생화학 동정은 상용화된 동정키트인 API 20E (bioMérieux Vitek, USA)과 VITEK 2 system (bioMérieux Vitek, USA)를 사용하였다. 추가적인 유전학적 검사를 위해 전형적인 집락을 취하여 멸균증류수 200 uL에 현탁한 후 10분간 끓여 8,000 RPM으로 1분간 원심분리하고, 상층액에 포함된 DNA를 주형으로 Real-time PCR을 수행하였다. PowerCheck™ *Vibrio* Multiplex Real-time PCR Kit (Kogene biotech, Korea)를 이용하였다. DNA 5 uL를 각각의 키트에 첨가하여 ABI 7500 Fast real-time PCR (Thermo Fisher Scientific, USA)에 장착하고 95℃에서 10분 간 초기반응 후, 95℃ 15초와 55℃ 30초를 40회 반복하여 각 세균에 대한 유전자를 실시간으로 증폭하였다. 증폭된 유전자가 지수로그 그래프로 표시되고, 제작사에서 제시한 검출한계인 35 *Ct* (threshold cycle)이하 일 때 양성으로 판단하였다.

2.4 항생제 감수성 시험

항생제 내성 유형을 파악하기 위한 항생제 감수성 실험은 VITEK 2 system (bioMérieux Vitek, USA)에 의한 최소억제농도 (minimum inhibitory concentration, MIC)를 이용하였다. 실험방법은 *V. vulnificus*로 확인된 균주를 영양배지에 18 ~ 24시간 배양한 후 0.45% NaCl 3 mL에 부유시키고, 최종 탁도를 0.6 McFarland barium sulfate turbidity standard에 맞추고 잘 섞어준 다음 현탁액 145 ㎕를 0.45% NaCl 3 mL에 넣었다. 이 부유액을 취하여 VITEK AST-169 card (bioMérieux Vitek, USA)에 로딩하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 검체 유형에 따른 *V. vulnificus* 분포도

2019년 4월부터 11월까지 충남지역에서 채취된 해수, 갯벌의 환경 검체와 어패류 검체 총 800건 중 *V. vulnificus* 균주는 138건 분리되어 전체적으로 17.3%의 분리율을 보였다. 이를 검체 종류에 따라 분석한 결과, 해수에서 88주(23.8%)로 가장 많이 분리되었으며, 갯벌에서 42주(12.0%), 어패류에서 8주(10.0%)가 분리되었다.

Table1. Distribution of *V. vulnificus* according to sample types

Sample type	Sample number	Isolation number (%)
Sea water	369	88 (23.8%)
Mud flat	351	42 (12.0%)
Fish & shellfish	80	8 (10%)
Total	800	138 (17.3%)

2. 지역에 따른 *V. vulnificus* 분포도

검체 채취 지역에 따른 검사내역은 Table 2와 같다. *V. vulnificus*의 첫 검출은 2019년 5월 13일으로 전년 2018년 6월 18일 보다 35일 정도 빠르게 검출되었다. 작년 첫 검출이 서천군 장항읍 창선리 해수 및 갯벌이

었고 수온이 30.2℃이었으나 올해는 당진시 삽교천에서 처음 검출되었으며, 이때의 수온은 19.7℃로 작년보다 낮은 온도에서 검출되었다. 2018년에는 10월 23일 서천 장항읍 창선리에서 마지막으로 *V. vulnificus*가 검출되었지만, 올해는 2019년 11월 13일 동일한 장소의 갯벌에서 마지막으로 검출되었다. 2019년 비브리오 모니터링 사업이 11월 2주에 종료되어 이후 겨울철 *V. vulnificus* 검출 여부는 알 수 없었다. 해수에서는 첫 *V. vulnificus*가 처음 검출된 당진시에서 41.9%로 분리율이 가장 높았으며, 갯벌과 어패류에서는 서천에서 각 29.3%와 50.0%로 높은 분리율을 보였다. 채취 지점으로는 2018년과 동일한 결과로 장항읍 창선리에서 60.7%로 가장 높은 분리율이 나왔다. 이는 지역 특성상 담수유입이 많아 상대적으로 염도가 낮은 곳에서의 분리율의 차이로 보인다.

Table 2. Detection and isolation of *V. vulnificus* according to regions and sample types

Region	Sea water		Mud flat		Fish & shellfish		Total no. of isolation
	Sample no.	Isolation no. (%)	Sample no.	Isolation no. (%)	Sample no.	Isolation no. (%)	
Boryeong	62	14 (22.6)	59	4 (6.8)	12	0 (0.0)	18 (13.5)
Seosan	62	12 (19.4)	61	4 (6.9)	12	0 (0.0)	16 (11.9)
Dangjin	62	26 (41.9)	53	12 (22.6)	14	1 (7.1)	39 (30.2)
Seocheon	59	18 (30.5)	58	17 (29.3)	12	6 (50.0)	41 (31.8)
Hongseong	62	8 (12.9)	61	2 (3.3)	19	0 (0.0)	10 (7.0)
Taean	62	10 (16.1)	59	3 (5.1)	11	1 (9.1)	14 (10.6)
Total	369	88 (23.8)	351	42 (12.0)	80	8 (10)	138 (17.3)

Table 3. Sampling sites and sample number in seawater and Mud flat

	Sampling sites	No. of test	Total no. of isolation (%)
Boryeong	Muchangpo, Ungcheon-eup	59	15(25.4%)
	Nampobangjoje, Nampo-myeon	62	3(4.8%)
Seosan	Ganwoldo, Buseok-myeon	61	8(13.1%)
	B bangjoje, Buseok-myeon	62	8(12.9%)
Dangjin	Sapgyobangjoje, Sinpyeong-myeon	60	26(43.3%)
	Hanjinpogu, Songak-eup	55	12(21.8%)
Seocheon	Changseon-ri, Janghang-eup	56	34(60.7%)
	Hongwonhang, Seo-myeon	61	1(1.6%)
Hongseong	Namdanghang, Seobu-myeon	61	5(8.2%)
	Gungripogu, Seobu-myeon	62	5(8.1%)
Taean	Cheongpodae, Nam-myeon	62	6(9.7%)
	Dangampogu, Nam-myeon	59	7(11.9%)
Total		720	130(18.1%)

3. 월별 *V. vulnificus* 분포도

월 평균온도와 관련하여 *V. vulnificus*의 분포는 해수 평균 온도가 19℃인 5월부터 분리되기 시작하여 해수 온도가 올라갈수록 분리율이 증가하여 해수 평균온도가 29℃인 8월에 분리율이 가장 높았다. 평균 해수온도가 9.8℃인 11월 하순에도 *V. vulnificus*가 분리되어 해수온도가 높은 여름철 뿐만 아니라 다른 계절에도 종종 분리되므로 이 균들에 대한 상시 모니터링과 적절한 대책이 필요하다.

Table 4. Monthly distribution of isolated *V. vulnificus*

Month	No. of isolated *V. vulnificus* (%)			Total (%)
	Sea Water	Mud flat	Fish & shellfish	
May	3(3.4)	0(0.0)	0(0.0)	3(2.2)
Jun	9(10.2)	2(4.8)	0(0.0)	11(8.0)
Jul	13(14.8)	8(19.1)	0(0.0)	21(15.2)
Aug	26(29.6)	14(33.3)	3(37.5)	43(31.2)
Sep	19(21.6)	10(23.8)	4(50.0)	33(23.9)
Oct	18(20.5)	7(16.7)	1(12.5)	26(18.8)
Nov	0(0)	1(2.4)	0(0)	1(0.7)
Total	88	42	8	138

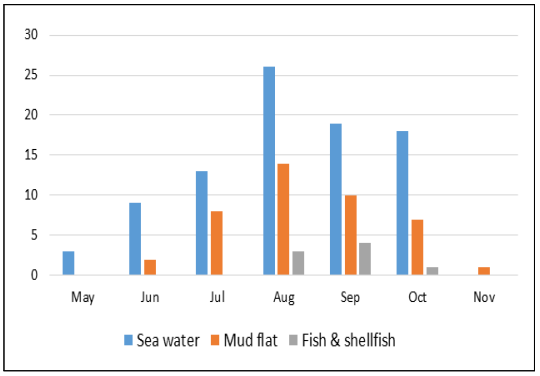


Fig. 2. Monthly distribution of isolated *V. vulnificus*.

4. 분리된 *V. vulnificus* 의 항생제 감수성 시험

해수에서 분리된 *V. vulnificus* 85주에 대한 항생제 감수성 결과는 Table 5와 같다. 해수에서 분리된 *V. vulnificus*에 대한 항생제 감수성 결과 Ampicillin, Ampicillin/Sulbactam, Cefazolin, Cefoxitin, Imipenem, Tetracycline, Chloramphenicol에 대하여 중증도 이상의 내성이 나타났고, Amoxicillin/Clavulanic Acid, Amikacin, Gentamicin, Ciprofloxacin, Trimethoprim /Sulfamethoxazole에 대해 모든 균주가 감수성을 보였다. Ampicillin의 경우 분리균주 85주 중 3주가 내성을, 3주가 중증도의 내성을 보여 전체 약 7.6% 정도가 내성 분리주였다. 가장 높은 내성을 보인 항생제는 Cefoxitin (85.5%)였고, Cefazolin (6.0%), Ampicillin (3.5%)순이었다. 두가지 이상 중등도 내성을 보이는 *V. vulnificus*균주는 15주로 17.6%가 다제 내성을 가지고 있었다. *V. vulnificus*에 효과가 있는 항균제의 종류로는 3세대 세팔로스포린(cefotaxime, ceftriaxone, ceftazidime), 베타락탐-베타락탐 분해효소 억제제 복합체(piperacillin-tazobactam), 카바페넴(imipenem

-cilastn), 테트라사이클린(minocycline 또는 doxycycline), 아미노글리코사이드(gentamicin 또는 amikacin), 플루오로퀴놀론(ciprofloxacin, moxifloxacin, 또는 levofloxacin), 그리고 트리메토프림-설파 메톡사졸 또는 클로람페니콜 등이 있다[8]. 임상에서 분리되는 *V. vulnificus*와 환경에서의 *V. vulnificus*는 생화학적 특성이 차이를 보일 수는 있지만, 본 연구에서의 환경 분리균주에서는 Tetracycline(98.82%), Aminoglycosides 계열 항생제(100%) 등이 높은 감수성을 보여 이들 균주가 사람으로의 감염이 일어났을 경우 권장 사용되는 항생제의 유효성을 확인하였다.

Table 5. Antimicrobial susceptibility of isolated *V. vulnificus*

계열	Antimicrobial agents	Ratio of resistance(%)		
		Sea water		
		R	I	S
Penicillin	Ampicillin	3(3.5)	3(3.5)	79(92.9)
ß-lactam	Amoxicillin/Clavulanic Acid	0(0.0)	0(0.0)	85(100.0)
	Ampicillin/Sulbactam	0(0.0)	1(1.18)	84(98.8)
Cephems (parenteral)	Cefazolin	5(6.0)	10(12.1)	68(81.9)
	Cefoxitin	71(85.5)	5(6.0)	7(8.4)
Carbapenems	Imipenem	0(0.0)	1(1.18)	84(98.8)
Aminoglycosides	Amikacin	0(0.0)	0(0.0)	84(100.0)
	Gentamicin	0(0.0)	0(0.0)	82(100.0)
Quinolones	Ciprofloxacin	0(0.0)	0(0.0)	82(100.0)
Tetracycline	Tetracycline	1(1.2)	0(0.0)	84(98.8)
Phenicol	Chloramphenicol	1(1.2)	1(1.2)	83(97.7)
Sulfa-Drug	Trimethoprim/Sulfamethoxazole	0(0.0)	0(0.0)	80(100.0)

Ⅳ. 결 론

2019년 4월부터 11월까지 충남지역 해수, 갯벌의 환경 검체와 어패류 검체를 총 800건 채취하여 분리된 138건의 *V. vulnificus* 균주를 환경시료별, 채취지역별, 자연환경 조성에 따른 분포를 조사하였다. 또한, Ampicillin, Amoxicillin/Clavulanic Acid, Ampicillin/Sulbactam, Cefazolin, Cefoxitin, Imipenem, Amikacin, Gentamicin, Ciprofloxacin, Tetracycline, Chloramphenicol, Trimethoprim/Sulfamethoxazole 총 12종류의 항생제 감수성 검사를 실시하였다.

1. 충남지역 해수, 갯벌의 환경 검체와 어패류 검체 총 800건 중 분리된 *V. vulnificus* 균주는 138건으로 전체적으로 17.3%의 분리율을 보였다. 이를 검체 종류에 따라, 해수에서 88주(23.8%)로 가장 많이 분리되었으며, 갯벌에서 42주(12.0%), 어패류에서 8주(10.0%)가 분리되었다.
2. 지역에 따른 *V. vulnificus* 분포는 *V. vulnificus*의 첫 검출은 2019년 5월 13일으로 당진시 삽교천에서 처음 검출되었

으며, 이때의 수온은 19.7℃로 작년보다 낮은 온도에서 검출되었다. 마지막 검출은 2019년 11월 13일 서천군 장항읍 창선리 갯벌이었다. 2019년 비브리오 모니터링 사업이 11월 2주에 종료되어 이후 겨울철 *V. vulnificus* 검출 여부는 알 수 없었다. 당진시에서 41.9%로 *V. vulnificus* 분리율이 가장 높았으며, 갯벌과 어패류에서는 서천에서 각 29.3%와 50.0%로 높은 분리율을 보였다. 채취 지점으로는 서천 장항읍 창선리에서 60.7%로 가장 높은 분리율이 나왔다. 이는 지역특성상 담수유입이 많아 상대적으로 염도가 낮은 곳에서의 분리율의 차이로 보인다.

3. 월별 *V. vulnificus* 분포도는 수온 변화와 관련하여 해수 평균 온도가 19℃인 5월부터 분리되기 시작하여 해수 온도가 올라갈수록 분리율이 증가하여 해수 평균온도가 29℃인 8월에 분리율이 가장 높았다. 평균 해수온도가 9.8℃인 11월 하순에도 *V. vulnificus*가 분리되었다.
4. 해수에서 분리된 *V. vulnificus* 85주에 대한 항생제 감수성 결과는 Ampicillin, Ampicillin/Sulbactam, Cefazolin, Cefoxitin, Imipenem, Tetracycline, Chloramphenicol에 대하여 중증도 이상의 내성을 나타내었고, Amoxicillin/Clavulanic Acid, Amikacin, Gentamicin, Ciprofloxacin, Trimethoprim/Sulfamethoxazole에 대해 모든 균주가 감수성을 보였다. Ampicillin의 경우 분리균주 85주 중 3주가 내성을, 3주가 중증도의 내성을 보여 전체 약 7.6% 정도가 내성 분리주였다. 가장 높은 내성을 보인 항생제는 Cefoxitin (85.5%)였고, Cefazolin (6.0%), Ampicillin (3.5%) 순이었다. 두 가지 이상 다제 내성을 보인 균주는 15균주(17.6%) 이었다.

Disclaimer

본 연구 결과 중 일부는 재 작성되어 외부 저널에 투고 될 예정입니다.

References

1. Kim YH, Kwon D, Lee DH. Reorganization of National Notifiable Infectious Diseases Classification System. PHWR. 2020; 13(1), 2-7.
2. Hwang KW, Gong YW, Le JM, Go JM, Kim YH. Distribution and characteristic of growth of Vibrio sp. in Incheon coastal seawater. J Environ Sani Eng. 2008; 23: 21-38.
3. Blake PA, Merson MH, Weaver RE, Hollis DG, Heublein PC. Disease caused by a marine *Vibrio* Clinical characteristics and epidemiology. N Engl J Med 1979; 300: 1-5.
4. Hwang KW, Gong YW, Le JM, Go JM, Kim YH. Distribution and characteristic of growth of Vibrio sp. in Incheon coastal seawater. J Environ Sani Eng. 2008; 23: 21-38.
5. Shapiro RL, Altekruse S, Hutwagner L, Bishop R, Hammond R, Wilson S et al. The role of Gulf Coast oysters harvested in warmer months in Vibrio vulnificus infections in the United States, Vibrio Working Group. J Infect Dis. 1998; 178: 752-759.
6. Kim DM, Hong SJ. Vibrio vulnificus sepsis. Korean J Med. 2012; 82: 671-679
7. Food Safety Korea. Prediction system of Vibrio vulnificus. Available: http://vibrio.

foodsafetykorea.go.kr/main [accessed 15 Mar 2020].

8. Yang SJ, Shin JH, Cho D, Kee SJ, Shin MG, Suh SP et al. Identification of Vibrio vulnificus by the Microscan and the Vitek II Systems. Ann Lab Med. 2005; 25(1), 33-38.
9. Han F, Walker RD, Janes ME, Prinyawiwatkul W, Ge B. Antimicrobial susceptibilities of Vibrio parahaemolyticus and Vibrio vulnificus isolates from Louisiana Gulf and retail raw oysters. Appl Environ Microbiol. 2007; 73: 7096-7098.
10. Chuang YC, Liu JW, Ko WC, Lin KY, Wu JJ, Huang KY. In vitro synergism between cefotaxime and minocycline against Vibrio vulnificus. Antimicrob. Agents Chemother. 1997; 41: 2214-2217.
11. French GL, Woo ML, Hui YW, Chan KY. Antimicrobial susceptibilities of halophilic vibrios. J Antimicrob Chemother. 1989; 24: 183-194.

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 39-48 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 39-48 (2020)

식품 중 곰팡이독소 T-2, HT-2 오염도 조사

최선실, 김현정, 정상미, 최여진, 김한나, 유소영, 강현각, 김종대†

식약품분석팀

Investigation of contamination of T-2, HT-2 toxins in food

Seon-sil Choi, Hyeon-jeung Kim, Sang-mi Jung, Yeo-jin Choi, Han-na Kim, So-young Yoo, Heun-kag Kang, Jong-dae Kim†

Food and Drug Analysis Team

ABSTRACT

The T-2 toxin and HT-2 toxins are secondary fungal metabolites produced by Fusariumgenus. These toxins can be transferred to animals and humans through the ingestion of contaminated feed and food. Even after storage, drying, and processing, the T-2 and HT-2 toxins are stable and survive through these processes.

This study was carried out to investigate the contamination and toxicity of the T-2 and HT-2 toxins which was a strong toxicity among trichothecenes produced by Fusarium fungi, and to provide basic data for regulation and protection from its contamination in Ginseng and Jeotgal.

The T-2 and HT-2 toxins in Ginseng and Jeotgal were analyzed simultaneously by LC-MS/MS after 0.1% acetic acid solution(acetonitrile · water(50:50,v/v)) extraction and Solid Phase Extrac(SPE) clean-up. For the T-2 Toxin, the Limit of Detection(LOD) and the Limit of Quantitation(LOQ) was 12.34 ㎍/㎏ and 37.40 ㎍/㎏, respectively. For the HT-2 Toxin, the Limit of Detection(LOD) and the Limit of Quantitation(LOQ) was 4.56 ㎍/㎏ and 13.83 ㎍/㎏, respectively.

The scope of the calibration curve was 50～200 ㎍/㎏ for both the T-2 and HT-2

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Reserch, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6840, Fax:+82-41-635-7943, E-mail:cjdkim@korea.kr

toxins. Also, the coefficient of determination (R2) of the calibration curve was 0.9929 for the T-2 toxins and 0.9997 for the HT-2 toxins. Repetitive tests showed 4.85% for the T-2 toxins and 3.30% for the HT-2 toxins.

In this study, both the T-2 and HT-2 toxins were not detected in both Ginseng and Jeotgal. In the future, many more samples and studies are needed on simultaneous analysis of the T-2 and HT-2 toxins. And this result will be provided as data for securing the safety of the T-2 and HT-2 toxins in foods later.

Key words : T-2 toxin, HT-2 toxin, Fusariumgenus, Ginseng, Jeotgal

Ⅰ. 서 론 (연구배경 및 목적)

다양한 식생활 변화에 의해 국내는 물론 국가 간 교역이 증가하면서 각지의 식품 및 농수산물이 우리의 식탁에 놓이게 되었다. 이러한 과정 중 식품의 선호도와 필요에 의해 대량생산·대량유통 되기도 하지만, 시장경제의 수요와 공급에 의해 자체 생산보다는 수입에 의존하는 품목이 증가하고 있고, 옥수수, 밀, 대두, 견과류 등 많은 먹거리가 수입되어 시중에 유통되고 있어 안전성 문제도 점검해야 할 과제 중 하나이다. 특히 우리나라의 경우, 곡류수입량이 많아 쌀, 보리, 콩, 땅콩, 옥수수 등의 곡물에서 빈번하게 발생하는 곰팡이독소에 노출될 위험성이 크다. 이러한 곰팡이독소 오염으로부터 안전성을 확보하기 위하여 우리나라를 포함한 제외국과 국제식품규격위원회(Codex)에서는 식품의 오염도와 섭취량을 고려하여 위해도를 평가하고 오염실태를 반영하여 최소량의 원칙을 적용하여 기준 관리하고 있다[3]. 곰팡이독소는 곰팡이의 2차대사산물로서 사람이나 동물에서 세포독성, 발암성, 변이유발원 등 직접적으로 질병을 유발하거나 생장저하, 면역기능저해, 체중감소 등 간접적으로 작용한다. 현재 약 300여종의 곰팡이독소가 발견되었고 이들 대부분은 *Aspergillus*속, *Penicillium*속 및 *Fusarium*속 곰팡이에 의해 주로 생성된다. T-2, HT-2의 경우, 주로 붉은 *Penicillium*속 곰팡이에 의해 주로 생성되며, *Trichoderma* 및 *Myrothecium* 속과 같은 곰팡이에 의해서도 발생하며 기온, 강수량, 상대습도 등 기후조건과 곡물의 손상, 수분함량 및 온도 변화 등이 주요한 생성원인으로 알려져 있다.

국가적으로 식품 중 곰팡이독소의 안전관리를 위해 2012년부터 아플라톡신(G1, G2, B1, B2 및 M1), 오크라톡신A, 푸모니신(B1 및 B2), 제랄레논, 데옥시발레놀 및 파튤린을 대상으로 오염도를 조사하고 식품섭취량과 연계하여 노출량을 산출하고 이를 바탕으로 위해도를 평가하여 식품의 기준·규격에 반영하고 있지만 *Fusarium*속 곰팡이독소 중에서 가장 독성이 강한 것으로 알려진 T-2와 HT-2 toxin의 경우는 관리대상 물질에서 빠져있는 실정이다. 본 연구에서는 충남도내 특산품과 지역축제를 연계한 인삼 및 젓갈류를 선정하여 T-2, HT-2 독소에 대한 동시분석법의 유효성 검증과 오염도 조사를 실시하여 식품 중 T-2, HT-2 독소의 안전성 확보를 위한 자료로 활용하고자 한다.

Ⅱ. 조사대상 및 시험방법

1. 조사대상 식품

충청남도에서 유통, 소비량이 많은 농산물과 수산물을 조사 대상으로 선정하게 되었으며 그 중에서도 2019년 8월 ~ 9월까지 충청남도 특산품인 인삼류와 도내 지역축제를 연계한 젓갈류 중 총 4품목 55건을 조사대상 식품으로 선정하게 되었다.

2. 분석원리

검체를 0.1% 개미산 함유 아세토니트릴·물(50:50, v/v) 용액으로 추출, 여과하고 이를 고체상추출칼럼(Solid Phase Extract, SPE)을 사용하여 정제 후 액체크로마토그래피-질량분석기/질량분석기로 분석한다.

3. 시약 및 기구

아세토니트릴, 메탄올은 액체크로마토그래프급의 용매를 사용하였고, 개미산은 1급 시약을 구입하여 사용하였고, 증류수는 증류수제조기(Younglin, Anyang, Korea)에 의해 18.2 MΩcm 수준으로 정제된 증류수를 사용하였다. 정제에 사용된 고체상 추출 컬럼은 ISOLUTE Myco 60 ㎎ / 3 mL (Biotage, Uppsala, Sweden)을 구입하여 사용하였다.

4. 표준용액 제조

T-2 표준품(Biopure사 99.7%)를 0.1004 g을 취하여 100 mL 용량플라스크에 넣고 ACN을 가하여 100 mL로 정용하였다(1000 ㎎/L). 이 액 0.1 mL을 취하여 ACN 100 mL로 정용하였다(1.0 ㎎/L)(표준원액). 표준원액을 각각 0.5, 1, 1.5, 2.0 mL를 취하여 0.1% 개미산을 함유한 50% 메탄올 10 mL로 정용하였다.

HT-2 표준품(Biopure사 100 ㎍/mL) 1 mL을 취하여 10 mL부피 플라스크에 넣고 ACN을 가하여 10 mL로 정용하였다(10 ㎍/mL). 이 액 1 mL을 취하여 ACN 10 mL로 정용하였다(1 ㎍/mL)(표준원액). 표준원액을 각각 0.5, 1, 1.5, 2 mL를 취하여 0.1% 개미산을 함유한 50% 메탄올 10 mL로 정용하였다.

5. T-2 및 HT-2 독소의 추출 및 정제

5.1. 추출

검체를 분쇄하여 균질화 한 시료 2.5 ~ 5g을 정밀히 달아 추출용매(0.1% 개미산 함유 50% ACN) 20 mL를 가하고 3,500 rpm, 5분간 고속원심분리 후 이를 유리섬유여과지(GF/A)로 여과하였다. 여액 3 mL을 취하여 물 12 mL을 넣어 15 mL로 희석하였다.

5.2. 정제

미리 아세토니트릴 2 mL, 물 2 mL로 차례로 활성화 시킨 고체상카트리지 칼럼에 희석한 액 5 mL를 주입하여 초당 1 방울 정도의 속도로 통과시켰다. 이어서 물 2 mL 및 10% 아세토니트릴 용액을 같은 유속으로 유출시키고 칼럼 내에 남아 있는 용액을 감압펌프를 이용하여 제거한 후 0.1% 개미산 함유 아세토니트릴 2 mL 및 메탄올 4 mL을 차례로 흘려 용출시켰다. 용출액을 50℃에서 질소로 건고시키고 잔류물에 0.1% 개미산 함유 50% 메탄올 1 mL를 가하여 녹인 후 시린지필터(0.2 um)로 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

5.3. T-2 및 HT-2 독소의 정량 분석

5.3.1. 액체크로마토그래프의 측정조건

액체크로마토그래피 분석 조건으로 칼럼은 Waters UPLC BEH C18 (2.1 × 100 mm, 1.7 um) 을 사용하였고 칼럼 온도는 35℃로 유지시켰으며 이동상으로는 0.1% formic acid 수용액과 0.1% formic acid가 포함된 메탄올을

사용하였다. 시료는 10 uL를 주입하였고 유속은 0.4 mL/min으로 흘려주었다. 액체크로마토그래프의 조건은 Table 1과 같이 사용하였다.

Table 1. Analytical conditions of LC for the T-2 and HT-2 toxins

Classification	Conditions		
Instrument	Waters Acquity Ultra Performance LC		
Column	UPLC BEH C18(2.1×100 mm,1.7um)		
Mobile phase	A : 0.1% formic acid in water B : 0.1% formic acid in methanol		
Gradient program	Time(min)	A(%)	B(%)
	0.0	90	10
	3.0	90	10
	7.75	5	95
	8.50	5	95
	8.60	90	10
	10	90	10
Flow rate	0.4 mL/min		
Injection vol.	10 uL(Partial loop with needle overfill)		
Column tem.	35℃		
Sample tem.	10℃		

5.3.2. 액체크로마토그래피-질량분석기/질량분석기의 측정조건

액체크로마토크래피-질량분석기/질량분석기의 측정 조건은 양이온 분석모드(positive ionization mode)로 3.0 kV, capillary 온도는 150℃로 유지시켰으며 Collision gass flow는 0.12 mL/Min로 흘려주어 이온화 하였다. LCMSMS의 분석 조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Analytical conditions of LCMSMS for the T-2 and HT-2 toxins

Classification	Conditions
Instrument	Waters Quattro Premier XE
Ionization	ESI(Positive ion mode MRM)
Source Temperature	150℃
Capillary voltage	3.0
Auxiliary gas	N2
Collision gas	Ar
Collision Gas Flow	0.12(mL/Min)

T-2와 HT-2 toxin의 MRM (multiple reaction monitoring) 분석조건은 각각의 표준액 200 ㎍/kg을 사용하였다. T-2 와 HT-2 toxin의 Precursor ion과 Product ion에 대한 MRM 조건은 Table 3과 같았으며 크로마토그램은 Fig. 1과 같았다.

Table 3. Optimal LCMSMS MRM for analysis of the T-2 and HT-2 toxins

Compounds	MRM transition	Cone voltage	Collision energy
T-2 toxin	488.8→244.8(Quantitation ion)	30	40
	488.8→326.8(Qualification ion)		
HT-2 toxin	442→263(Quantitation ion)		30
	442→105(Qualification ion)		

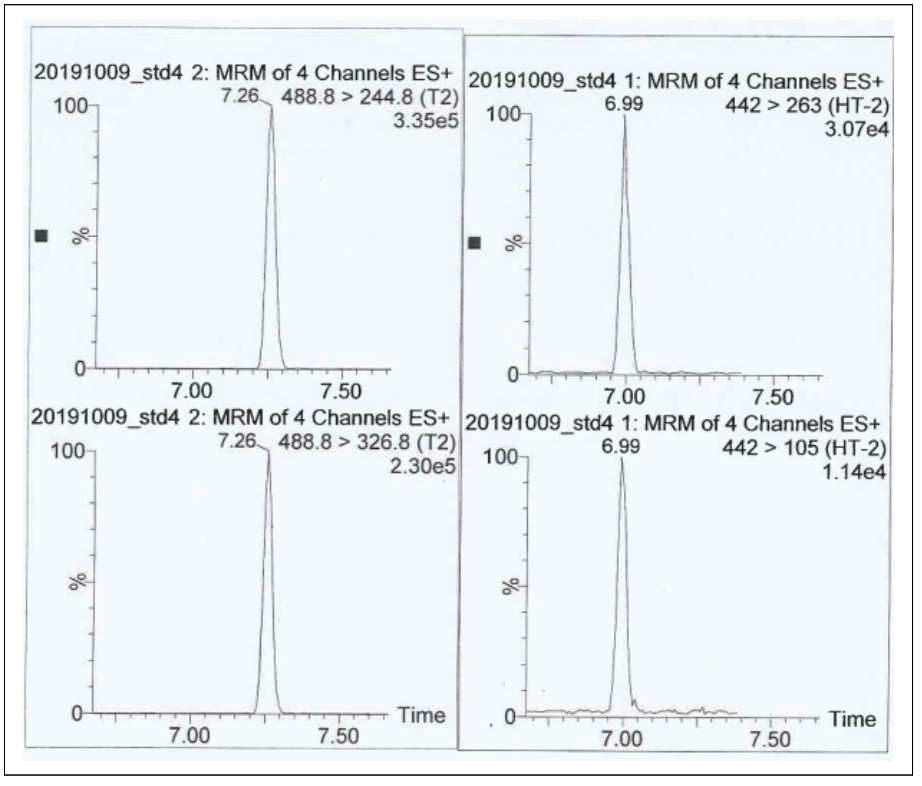


Fig. 1. LCMSMS chromatogram of the T-2 and HT-2 toxins standard solution.

6. T-2 및 HT-2 독소 동시분석법 유효성 검증

6.1. 직선성(Linearity)

T-2, HT-2 toxin 표준용액을 농도 50, 100, 150, 200 ㎍/kg로 액체크로마토그래프-질량분석기/질량분석기에 주입한 후 Table 4와 같이 크로마토그램의 response로 검량선을 작성하였고 검량선으로부터 직선식의 상관계수를 구하여 직선성을 확인하였다.

Table 4. Linearity of the T-2 and HT-2 toxins

Classification	No.	Concentrations (μg/kg)	Response of the T-2 toxin	Response of the HT-2 toxin
Level of Standard	1	50	21188.664	9899.658
	2	100	36753.043	19164.852
	3	150	52639.867	29425.930
	4	200	67970.031	39629.500
Calibration curve			Y= 342.629 × + 1809.220	Y= 196.509 × - 33.6227
R^2			0.9929	0.9997

6.2. 검출한계 (LOD), 정량한계 (LOQ)

T-2, HT-2 toxin 표준용액을 농도 50 μg/kg로 액체크로마토그래프-질량분석기/질량분석기에 주입한 후 7회 반복 측정하여 표준편차를 구하였다. Table 5에서와 같이 검량선 곡선의 기울기와 표준편차를 이용하여 검출한계(Limit of Detection, LOD)와 정량한계(Limit of Quantification, LOQ)를 산출하였다. LOD는 상대표준편차를 기울기로 나누어 3을 곱한 값으로 나타냈으며 LOQ는 상대표준편차를 기울기로 나누어 10을 곱한 값으로 나타냈다.

Table 5. Limit of Detection (LOD) and Limit of Quantification(LOQ) of the T-2 and HT-2 toxins

Classification	No.	Concentration (μg/kg)	Response of the T-2 toxin	Response of the HT-2 toxin
Repetitions	1	50	20916.111	9556.775
	2		21241.145	9706.188
	3		21555.082	9612.203
	4		17833.805	10219.141
	5		21172.203	10055.538
	6		21237.23	10178.352
	7		20383.248	9941.104
Average			20619.832	9895.614
Standard deviation			1281.452	271.806
Gradient			342.629	196.509
LOD			12.34	4.56
LOQ			37.40	13.83

6.3. 반복성(Repeatability)

T-2, HT-2 toxin 표준용액을 농도 50 ㎍/kg로 액체크로마토그래프-질량분석기/질량분석기에 주입한 후 3x6회 반복 측정하였다. 반복성은 Table 6에서와 같이 T-2, HT-2 toxin의 각각의 농도에 대한 표준편차를 구하고 평균값으로 나눈 다음 100을 곱한 값으로 나타냈다.

Table 6. Repeatability of the T-2 and HT-2 toxins (Unit : ㎍/kg)

Classification	No.		Concentration of the T-2 toxin	Concentration of the HT-2 toxin
Repetitions	1	1	55.765	48.804
		2	56.714	49.564
		3	57.63	49.086
		4	46.769	52.175
		5	56.513	51.342
		6	56.703	51.967
	2	7	54.21	50.76
		8	55.37	50.78
		9	56.02	51.703
		10	55.029	52.362
		11	56.43	52.334
		12	55.714	48.653
	3	13	58.061	52.29
		14	58.19	52.443
		15	58.122	54.527
		16	57.772	54.301
		17	57.381	53.048
		18	59.882	51.495
Average			56.237	51.535
Standard deviation			2.729	1.699
RSDr (%)			4.85	3.30

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. LCMSMS를 이용한 T-2 및 HT-2 독소 동시분석법 유효성 검증 결과

본 연구에서는 LCMSMS를 이용하여 T-2 및 HT-2 독소의 동시분석을 실시하여 LCMSMS의 검출한계, 정량한계 및 직선성을 확인하였다. 그 결과는 Table 7에서와 같이 T-2 독소의 경우 검출한계는 12.34 ㎍/kg이었고, 정량한계는 37.40 ㎍/kg이었다. HT-2 독소의 경우 검출한계는 4.56 ㎍/kg이었고, 정량한계는 13.83 ㎍/kg으로 T-2 독소가 HT-2 독소

보다 검출한계와 정량한계가 2.7배 높았다. 검량선의 범위는 T-2와 HT-2 독소 모두 50 ~ 200 μg/kg이었다. 또한 검량선의 결정계수(R2)는 T-2 독소의 경우 0.9929, HT-2 독소의 경우 0.9997으로 직선성이 우수하였다. 반복성 실험은 T-2독소의 경우 4.85%, HT-2 독소의 경우 3.30%를 나타냈다. T-2 및 HT-2 독소의 검출한계와 정량한계가 높은 결과를 나타냈는데 분석시 시료의 매트릭스의 영향을 최소화하기 위한 보정과 T-2 및 HT-2 독소의 동시분석시에 유발될 수 있는 물리화학적 특성의 제거가 필요할 것으로 보인다.

Table 7. Validation of the T-2 and HT-2 toxins determinated by LCMSMS

Classification	T-2 toxin	HT-2 toxin
LOD(μg/kg)	12.34	4.56
LOQ(μg/kg)	37.40	13.83
Range(μg/kg)	50～200	50～200
Linearity(R^2)	0.9929	0.9997
Repeatability(RSDr,%)	4.85	3.30

2. 인삼류와 젓갈류의 LCMSMS를 이용한 T-2 및 HT-2 독소의 동시분석 결과

인삼류와 젓갈류에 있어서 LCMSMS를 이용한 T-2 및 HT-2 독소의 동시분석 결과는 Table 8과 Table 9에서와 같다. 본 연구에서는 모든 검체에서 T-2와 HT-2 toxin이 불검출이었다. 검사 건수를 보면 인삼류의 경우 수삼 10건, 건삼 5건을 검사하였고 젓갈류의 경우 새우젓 32건, 양념젓갈 8건을 검사하였다. T-2와 HT-2 toxin 검출에서도 인삼류에서 수삼과 건삼의 품목에 따른 검출건수의 차이가 없었으며, 젓갈류의 경우도 새우젓과 양념젓갈의 품목에 따른 검출 건수의 차이가 없었다.

Table 8. Simultaneous analysis of the T-2 and HT-2 toxins by food type (Unit : No)

Food group		T-2 toxin	HT-2 toxin
Ginseng species	Fresh ginseng	10	10
	Dried ginseng	5	5
Jeotgal species	Salted- fermented shrimp	32	32
	Seasoning salted Jeotgal	8	8
Total		55	55

Table 9. Concentration of the T-2 toxin and HT-2 toxin in foods (Unit : μg/kg)

Food group		Concentration of the T-2 toxin	Concentration of the HT-2 toxin
Ginseng species	Fresh ginseng	0	0
	Dried ginseng	0	0
Jeotgal species	Salted- fermented shrimp	0	0
	Seasoning salted Jeotgal	0	0

대부분의 Fusarium속 곰팡이독소는 열에 안정하기 때문에 식품 조리, 가공과정 중 파괴되지 않아 곡류 및 곡류가공품에서 주로 발견되었다. 그동안 곡류와 견과류에 있어서 T-2와 HT-2 독소의 동시분석법에 대한 연구는 있었으나 인삼과 젓갈류 중에서의 T-2와 HT-2 독소의 동시분석법에 대한 연구는 보고되지 않았다. T-2와 HT-2 독소의 생성은 날씨 등과 같은 많은 요인에 의해 영향을 받기 때문에 발생 지역이나 발생량을 일반적으로 규정하기가 쉽지 않다. 충남도내 유통되는 인삼류와 젓갈류에서 T-2와 HT-2 독소의 동시분석한 결과 T-2와 HT-2 독소의 검출은 없는 것으로 나타났다. 이는 향후 인삼과 젓갈류 중에서의 LCMSMS를 이용한 T-2와 HT-2 독소의 동시분석법에 대한 신뢰성 있는 분석법에 대한 기초자료로 사용이 가능할 것으로 보인다.

Ⅳ. 결 론

2019년도 충청남도에서 유통되는 인삼류와 젓갈류를 대상으로 T-2, HT-2에 대한 오염도 조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

1. T-2 및 HT-2 toxin의 동시분석법에 의한 LCMSMS의 검출한계, 정량한계는 T-2 독소의 경우 검출한계는 12.34 μg/kg이었고, 정량한계는 37.40 μg/kg이었다. HT-2 독소의 경우 검출한계는 4.56 μg/kg이었고, 정량한계는 13.83 μg/kg으로 T-2 독소가 HT-2 독소보다 검출한계와 정량한계가 2.7배 높았다.
2. LCMSMS 검량선의 범위는 T-2와 HT-2 독소 모두 50 ~ 200 μg/kg이었으며 검량선의 결정계수 (R2)는 T-2 독소의 경우 0.9929, HT-2 독소의 경우 0.9997으로 직선성이 우수하였다. 반복성 실험은 T-2 독소의 경우 4.85%, HT-2 독소의 경우 3.30%를 나타냈다.
3. 2019년 8월에 금산에서 수거된 인삼류 중 수삼 10건과 건삼 5건의 T-2와 HT-2 동시분석 검사결과 독소가 검출되지 않았다. 향후 인삼류에 있어 좀 더 많은 검체수 확보와 T-2 및 HT-2 독소의 동시분석법에 대한 추가 연구가 필요하다고 본다.
4. 2019년 7월 ~ 9월까지 논산에서 수거된 젓갈류 중 새우젓 32건과 양념젓갈 8건에서 T-2와 HT-2 동시분석 검사결과 독소가 검출되지 않았다. 추후 젓갈류 뿐만 아니라 다양한 발효식품에서 T-2와 HT-2 곰팡이 독소에 대한 안전성 확

보를 위한 연구가 필요할 것으로 보인다.
이러한 결과를 종합적으로 살펴보았을 때 T-2 및 HT-2 toxin의 동시분석법의 유효성검증은 검출한계와 정량한계가 다소 높게 나타났으나 직선성이나 반복성은 우수한 것으로 나타났다.
이후 T-2 및 HT-2 toxin의 동시분석법에 매트릭스의 영향을 최소화하기 위한 보정과 T-2 및 HT-2 독소의 동시분석에 유발될 수 있는 물리화학적 특성을 제거하는 연구가 필요할 것으로 보인다.
충남도내 금산 인삼의 경우 전국 인삼 유통량의 70%를 차지하는 인삼 종주지의 주요 특산물로 T-2와 HT-2 독소는 검출되지 않았으며 충남도내의 대표적인 지역축제인 강경젓갈축제와 연관된 젓갈류에서도 T-2와 HT-2 독소가 검출되지 않은 것으로 나타났다. 향후 발효식품을 포함하여 다양한 농수산물과 가공식품에서의 T-2와 HT-2 독소 오염도 조사와 동시분석법에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 보인다. 또한 곰팡이 독소는 국제사회에서 중요하게 다루어지고 있고, 현재까지 알려지지 않은 위험성이나 신규 독소들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 만큼 앞으로 충분한 연구를 통하여 안전한 식품 관리에 대비토록 하여야 한다고 본다.

References

1. Song HH, Kim J, Lee C. A review of mycotoxins from Fusarium species. Safe Food, 1, 19-28 (2006).
2. Lee HK, Hwang HH, Kim MJ, Kim MK, Lee SE, Lee HS. Review : toxicity and metabolism of mycotoxins occurring in foods and feeds. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol, 45, 1-10 (2002).
3. 한상배, 이순호, 엄미옥, 박상욱, 박은령. 식품의 곰팡이독소 기준·규격 재평가 보고서. 식품의약품안전처, 9-10 (2018).
4. EC) SCF/CS/CNTM/MYC/25 Rev 6 Final. Opinion of the Scientific Committee on Food on Fusarium toxins. Part 5 : T2 toxin and HT-2 toxin (2001).
5. Ulrike SW, Karin H, Klaus S. Scientific report submitted to EFSA - Report on toxicity data on trichothecene mycotoxins HT-2 and T-2 toxins (CT/EFSA/CONTAM /2010/03). Forschungs-und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG), (2010).
6. Lattanzio VMT, Solfrizzo M, Visconti A. Enzymatic hydrolysis of T-2 toxin for the quantitative determination of total T-2 and HT-2 toxins in cereals. Anal Bioanal Chem, 395, 1325-1334 (2009).

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 49-58 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 49-58 (2020)

음식점과 단체급식소 메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량 비교

정상미, 김한나, 유소영, 최여진, 최선실, 강현각, 김현정, 김종대†

식약품분석팀

Contents of Sodium and Potassium for Restaurant Dishes and Institutional Food Service in Chungcheongnam-do

Sang-mi Jung, Han-na Kim, So-young Yoo, Yeo-jin Choi, Seon-sil Choi, Hyeon-jeung Kim, Jong-dae Kim†

Food and Drug Analysis Team

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the sodium and potassium content of and institutional food service. 37 cases classified 15 kinds of restaurant dishes and 12 institutional food service were collected in Chungnam area and were analyzed using ICP-OES. Average content of sodium in Jjamppong was highest as 504.16±330.20 ㎎/100g, while content of sodium was lowest in Samgyetang as 67.94 ㎎/100g. Average content of sodium in institutional food service was 277.09±119.18 ㎎/100g. Average content of potassium in Cheonggukjangjjigae was highest as 257.31±25.25 ㎎/100g, while content of sodium was lowest in Mukbap as 20.50 ㎎/100g. Average content of potassium in institutional food service was 90.74±74.67 ㎎/100g. The Na/K ratio of Cheonggukjangjjigae was appropriate as 0.92±0.39, while those of Mullaengmyeon, Kalguksu, and Mukbap were very high as shown more than 10. The contents of sodium and potassium were examined 6 dish groups as Gook/Tang, Noodle, Gukbap, Jjigae/Jeongol, Pork cutlet, and Institutional food service(Lunch). Average content of sodium in Pork cutlet was highest as 452.92±87.59 ㎎/100g and those of potassium in Jjigae/Jeongol was highest as 194.15±68.30 ㎎/100g.

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Reserch, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6840, Fax:+82-41-635-7943, E-mail:cjdkim@korea.kr

The Na/K ratio of Jjigae/Jeongol was appropriate as 1.25±0.50, while those of Noodle was very high as shown 17.85±24.40. Average contents of sodium in restaurant dishes and institutional food service(Lunch) were similar to 250.47±129.54 ㎎/100g and 277.09±119.18 ㎎/100g respectively. Also average contents of potassium in restaurant dishes and institutional food service(Lunch) were similar to 106.67±76.09 ㎎/100g and 90.74±74.67 ㎎/100g respectively. The Na/K ratio of restaurant dishes and institutional food service(lunch) was similarly shown as 7.32±9.30 and 7.14±6.92 respectively.

Key words : Potassium, Sodium, Noodle

Ⅰ. 서 론

나트륨은 삼투압을 조절하고 근육 자극 반응과 신경자극 전달 등에 중요한 역할을 하는 필수 영양소 중 하나이다[1]. 하지만 나트륨 과잉섭취는 고혈압, 뇌졸중, 심뇌혈관계질환 및 신장질환, 위암 등의 발병 위험률을 높일 수 있고, 칼슘배설량을 높여 골다공증까지도 초래하게 되며[2] 하루 나트륨을 2,400 ㎎ 이상(소금 6 g)으로 섭취하는 사람들이 2,400 ㎎ 미만으로 섭취하는 사람들 보다 고혈압 위험도가 수축기 혈압이 1.77배, 이완기 혈압이 2.39배 높았다[3]. 하루 6g의 소금을 줄이면 관상동맥질환의 경우 18%가 감소될 수 있으며, 뇌경색의 경우 24%를 낮출 수 있는데, 이는 약 250만 명의 질병이환율을 예방하는 효과가 있고 보고되어 있다[4-5].

2017년 국민건강영양조사에 의하면 나트륨 섭취에 가장 크게 기여하는 식품은 소금으로 전체 섭취량의 19.8%를 공급하는 수준이었으며, 배추김치, 간장, 된장이 그 다음 순위였다. 이들 4가지 식품으로부터의 나트륨 섭취량이 전체 섭취량의 50% 이상이었고, 이전 연도와 마찬가지로 소금, 간장, 된장, 고추장, 쌈장 같은 조미료류로 섭취하는 양이 절대적으로 높았다. 또한 나트륨의 목표섭취량인 2,000 ㎎ 이상 섭취자 분율(만9세 이상)은 87.1%이었으며, 나트륨의 목표섭취량 이상 섭취자 분율이 가장 높은 연령대는 30 ~ 49세로, 총 식품 섭취량이 높은 군에서 나트륨 섭취량도 높았다[6].

한편 칼륨은 나트륨의 과잉 섭취로 유발되는 고혈압에 대해 보호 작용을 한다고 알려져 있다. 나트륨/칼륨 섭취비를 1에 가깝게 유지하면 고혈압의 예방과 개선에 효과가 있다는 점이 증명되었으며 고혈압에 대한 칼륨의 긍정적인 역할이 확인되었다[7]. 지속적으로 칼륨 섭취를 높이면 나트륨에 의한 혈압상승을 둔화시키고[8] 또한 칼륨을 하루에 4.7g 섭취하면 혈압이 저하되는 것을 확인하였다[9]. 그러므로 나트륨 섭취량을 평가할 때는 칼륨의 섭취량과 동시에 수행되는 것이 필요하다. 한국인 영양섭취기준[10]에서 칼륨의 하루 충분섭취량은 9세 이후의 남성과 여성 모두 3g으로 설정되어 있으며, 하루 칼륨섭취량이 충분섭취량 미만으로 섭취하는 사람들의 비율은 남자 성인의 경우 55.3%, 여자 성인은 77.5%로 대상자의 절반 이상이 칼륨 충분섭취량 이하로 섭취하고 있는 것으로 나타났다.

시대 흐름의 변화에 따라 사회활동 영역이 광범위해지면서 생활양식도 변화하게 되었다. 하루 일과 중 가정에 머무르는 시간보다 사회활동과 관련된 영역에서 머무르는

시간이 늘어나고, 여성의 사회 진출이 증가하면서 자연스럽게 가정식보다 외식이나 급식을 통해 식사를 해결하는 비율이 증가는 등 식생활에도 변화가 시작되었다[11]. 외식 시 나트륨 섭취는 개인의 총 나트륨 섭취량에 있어서 중요한 비율을 차지하고 있다. 레스토랑 및 식당의 경우 영양표시가 확대되고 있지만, 아직 자율적으로 나트륨 양을 표시하는 경우가 많으며, 대부분 업체에서는 나트륨 영양표시를 꺼리기 때문에 소비자들은 외식 시 어느 정도의 나트륨을 섭취하는지 알기 어려운 실정이다[12]. 따라서 본 연구에서는 충남지역에서 외식으로 섭취할 수 있는 다소비 및 다빈도 음식점 메뉴와 단체급식소 점심식단을 대상으로 나트륨 및 칼륨 함량을 조사하여 나트륨 저감화를 위한 기초자료로 활용하고 건강한 식생활 문화를 확산시켜 국민의 건강 증진 향상에 도움을 주고자 한다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 실험재료

충남도청 과업지정 지역 내 나트륨 저감화 사업 참여 음식점에서 판매되고 있는 국민 다소비 및 다빈도 메뉴인 국 및 탕, 면류, 찌개 및 전골, 돈까스 등 15종류 37건과 단체급식에서 제공되는 점심식단 12건을 시료로 하였다. 시료는 뼈나 껍질 등 비가식부위를 제거하고 전부 균질화한 후 밀봉 냉동 보관하여 실험재료로 사용하였다.

2. 시약 및 표준물질

나트륨 및 칼륨분석에 사용되는 표준용액은 Agilent Technologies(USA)에서 구입하여 사용하였다. 질산은 Wako(Japan)제품을 사용하였고, 초순수는 저항값이 18.2 MΩ 이상인 정제된 증류수를 사용하였다.

3. 시료 전처리

시험방법은 식품공전 제8.일반시험법 9.항의 식품 중 유해물질시험법에 따라 나트륨 및 칼륨 분석을 위해 습식 분해방법으로 전처리하였다. 시료 1～2g을 취하여 질산 10 mL를 가하고 중금속 분해장치(Gerhardt-킬달질산분해장치)로 80℃에서 1시간, 140℃에서 1시간, 200℃에서 3시간 동안 반응시킨 후 반응액을 20 mL로 한 후 1 mL를 취하여 50 mL로 정용하고 여과하여 시험용액으로 하였다.

4. 분석방법

나트륨 및 칼륨 함량 분석을 위해 사용된 분석기기는 ICP-OES(Thermo Fisher Scientific, iCAP7000)로 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Analytical conditions of ICP-OES for Potassium and Sodium

Parameter	Operating conditions
Wavelength(nm)	Potassium(K) 766.490
	Sodium(Na) 589.592
RF Power(kW)	1.15
Plasma Flow(L/min)	12
Auxiliary Gas Flow(L/min)	0.5
Nebulizer Gas Flow(L/min)	0.5

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 음식점 및 단체급식소 메뉴의 나트륨 및 칼륨의 함량

시중 음식점에서 판매되고 있는 음식점 메뉴 37건과 단체급식소에서 제공되는 점심식단 12건에 대하여 나트륨 및 칼륨 함량을 조사하였다. 음식점 메뉴는 갈비탕 등 15종 37건과 단체급식소에서 제공되는 점심식단(한 끼로 제공되는 밥, 국 및 반찬류 전체를 합한 것) 12건이다. Table 2를 보면 짬뽕의 나트륨 평균 함량이 504.16±330.20 ㎎/100g으로 가장 높았으며, 돈까스 452.92±87.59 ㎎/100g, 감자탕 299.03±78.10 ㎎/100g로 그 다음 순이었다. 삼계탕의 나트륨 함량이 67.94 ㎎/100g으로 가장 낮았고 그 다음이 순대국밥 149.89±74.97 ㎎/100g, 소고기버섯전골 173.25±52.22 ㎎/100g이었다. 식품의약품안전처[13] 조사에 의하면 짬뽕(4,000 ㎎)이 나트륨 함량이 가장 높은 음식으로 정하고 있다.

돈까스의 나트륨 함량이 높은 것은 돈까스 튀김의 나트륨 함량이 높은 것이 아니라 돈까스와 같이 섭취하는 소스의 나트륨 함량으로 인해 돈까스의 나트륨 함량이 높게 나타난 것으로 생각되어진다. 짬뽕 2건 중 1건은 면이 없는 국물만 수거가 되었다. 별표(*)된 결과가 국물에 대한 결과로 면이 포함된 짬뽕보다 나트륨 함량이 3배 정도 많았다. 순대국밥 5건 중 1건은 조리 전 육수만 수거가 되어 육수만으로 나트륨 함량을 분석한 결과, 24.00 ㎎/100g로 평균보다 6배 정도 낮았다. 물냉면 또한 2건 중 1건은 육수만 수거가 되어 육수만으로 나트륨 함량 분석을 하였다. 결과는 289.80 ㎎/100g로 면을 포함한 냉면과 큰 차이는 보이지 않았다. 단체급식소 점심의 나트륨 평균 함량은 277.09±119.18 ㎎/100g로 김치찌개, 냉면의 나트륨 평균 함량과 비슷한 수준이었다. 따라서 나트륨 섭취를 줄이기 위해서는 면류의 음식을 먹게 되는 경우 국물 섭취를 줄이고, 나트륨 함량이 높은 식품인 양념류의 사용을 줄이거나 저염 양념류를 사용하는 것이 필요하겠다.

음식점 메뉴 중 칼륨 평균 함량은 청국장이 257.31±25.25 ㎎/100g이 가장 높았으며, 김치찌개 177.81±31.47 ㎎/100g, 돈까스 166.06±16.68 ㎎/100g로 그 다음 순이었다. 묵밥의 칼륨 평균 함량이 20.50 ㎎/100g로 가장 낮았고 그 다음이 콩나물국밥 30.13±12.00 ㎎/100g, 물냉면 40.86±51.11 ㎎/100g이었다. 단체급식소의 점심식단의 칼륨 평균 함량은 90.74±74.67 ㎎/100g로 음식점 메뉴 중 짬뽕의 칼륨 평균 함량과 비슷한 수준으로 나타났다. 순대국밥이 조리 전 육수(*)의 경우 다른 메뉴에 비해 채소류 함량이 적어 칼륨 함량도 낮은 것으로 여겨진다. 김치찌개는 칼륨의 급원인 김치류로 조리된 음식으로 칼륨 섭취량에 대한 기여도는 크나 나트륨 함량이 많아 나트륨 과다 섭취 우려도 고려해야 할 것이다. 또한 돈까스의 주재료인 돼지고기도 육류 중 우수한 칼륨 급원식품으로 위에서 언급한 것처럼 함께 섭취하게 되는 소스류의 나트륨 함량을 줄이거나 소스류의 섭취량을 줄이는 것이 바람직하겠다.

Table 2. Contents of sodium and potassium in restaurant dishes and Institutional food service(Lunch)

Dish	No. of samples	Na(㎎/100g)	K(㎎/100g)
		Mean±SD(min. ~ max.)	Mean±SD(min. ~ max.)
Galbitang	4	250.63±69.32(161.52 ~ 320.62)	62.21±30.54(16.81 ~ 81.64)
Samgyetang	1	67.94	110.76
Gamjatang	2	299.03±78.10(243.80, 354.25)	123.11±15.14(112.40, 133.81)
Bugeotguk	2	208.13±132.51(114.43, 301.83)	58.40±3.39(56.00, 60.80)
Jjamppong	2	504.16±330.20(270.67, 737.64*)	111.56±91.65(46.75, 176.36*)
Kalguksu	3	234.83±60.89(165.32* ~ 278.77)	60.06±51.13(3.74* ~ 103.55)
Mullaengmyeon	2	265.65±34.15(241.65, 289.80*)	40.86±51.11(77.00, 4.72*)
Kongnamulgukbap	2	212.34±88.93(149.45, 275.22)	30.13±12.00(21.64, 38.61)
Mukbap	1	424.11	20.50
Sundaegukbap	5	149.89±74.97(24.00* ~ 218.09)	63.35±49.28(6.56* ~ 142.65)
Eojuk	2	205.33±8.15(199.57, 211.09)	131.15±7.18(126.07, 136.23)
Kimchijjigae	2	270.88±103.58(197.64, 344.12)	177.81±31.47(155.55, 200.06)
Cheonggukjangjjigae	4	240.53±106.17(88.38 ~ 314.00)	257.31±25.25(232.48 ~ 289.36)
Sogogibeoseotjeongol	3	173.25±52.22(122.38 ~ 226.73)	120.85±30.00(86.87 ~ 143.67)
Pork cutlet	2	452.92±87.59(390.98, 514.85)	166.06±16.68(154.26, 177.85)
Institutional food service(Lunch)	12	277.09±119.18(157.70 ~ 539.80)	90.74±74.67(9.20 ~ 200.30)
Total	49	255.37±125.62(24.00 ~ 737.64)	100.72±74.88(3.74 ~ 289.36)

2. 음식점 및 단체급식소 메뉴의 나트륨/칼륨 비

칼륨의 최소필요량에 대해서는 아직 확실하게 밝혀지지 않았으나 칼륨 평형연구 결과에 따르면 손실량을 보충하고 정상적인 체내 보유량을 유지하기 위한 필요량이 1일 2,000㎎ 정도였다. 그러나 칼륨 섭취가 나트륨 과잉섭취로 인한 혈압상승을 완화하기 때문에 나트륨 섭취량이 증가할 때 칼륨요구량도 증가한다. 우리나라는 칼륨 섭취량에 대한 권장섭취기준을 보면 2005년에 4,700㎎이었던 것을 2010년 하향 조정하여 3,500㎎으로 정하였다[14]. 그리고 고혈압 예방차원에서 나트륨/칼륨 섭취비가 1에 가깝게 유지하는 것이 좋은 것으로 알려져 있다[7]. Table 3에 음식 메뉴에 대한 나트륨/칼륨 비를 나타내었다. 청국장찌개가 0.92±0.39으로 나트륨/칼륨 비가 가장 적합했고, 김치찌개 1.50±0.32, 소고기버섯전골 1.51±0.58, 어죽 1.57±0.02로 1에 근접한 비를 나타내었다. 반면 물냉면

32.27±41.20, 칼국수 16.82±23.72, 묵밥 20.69의 나트륨/칼륨 비는 10이상으로 높게 나타나 칼륨 함량에 비해 나트륨 함량이 높음을 알 수 있다. 또한 단체급식소의 점심식단의 나트륨/칼륨 비 또한 7.14±6.92로 높게 나타났다. 음식메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량과 나트륨/칼륨 비와의 상관관계를 분석한 결과, 나트륨/칼륨 비는 칼륨 평균함량과의 상관계수가 -0.249($P < 0.05$), 나트륨 평균 함량과의 상관계수가 -0.094 ($P < 0.05$)로 음의 선형관계가 있음을 알 수 있었다, 따라서 나트륨/칼륨 비는 나트륨 함량보다는 칼륨 함량에 유의성이 높으므로 음식을 조리할 때 염도를 낮추는 것도 중요하지만, 채소류 등의 재료를 많이 넣어 조리하거나 따로 녹황색 채소인 당근과 토마토 등의 섭취를 늘리는 것도 이상적인 나트륨/칼륨 비에 도움이 될 것으로 보인다. 2008년부터 2012년까지 5년간 국민건강영양조사 결과에 따르면 일상적 섭취량 추정결과 19～49세 성인 일일 평균 칼륨 섭취량은 남자의 경우 3,500 ㎎, 여자는 2,700 ㎎이었다. 하루 칼륨섭취량이 충분 섭취량 미만으로 섭취하는 사람들의 비율은 남자 성인의 경우 55.3%, 여자성인은 77.5%로 대상자의 절반 이상이 칼륨 충분섭취량 이하로 섭취하고 있는 것으로 나타나 칼륨 섭취를 증가시키는 노력이 필요하다.

Table 3. Na/K ratio of restaurant dishes and Institutional food service(Lunch)

Dish	No. of samples	Mean±SD(min. ～ max.)
Galbitang	4	5.14±3.04(2.97 ～ 9.61)
Samgyetang	1	0.61
Gamjatang	2	2.41±0.34(2.17, 2.65)
Bugeotguk	2	3.64±2.48(1.88, 5.39)
Jjamppong	2	4.99±1.14(4.18*, 5.79)
Kalguksu	3	16.82±23.72(2.69 ～ 44.20*)
Mullaengmyeon	2	32.27±41.20(3.14, 61.40*)
Kongnamulgukbap	2	7.02±0.16(6.91, 7.13)
Mukbap	1	20.69
Sundaegukbap	5	2.85±0.80(1.53 ～ 3.66*)
Eojuk	2	1.57±0.02(1.55, 1.58)
Kimchijjigae	2	1.50±0.32(1.27, 1.72)
Cheonggukjangjjigae	4	0.92±0.39(0.38 ～ 1.29)
Sogogibeoseotjeongol	3	1.51±0.58(0.85 ～ 1.96)
Pork cutlet	2	2.71±0.25(2.53, 2.89)
Institutional food service(Lunch)	12	7.14±6.92(1.47 ～ 20.86)

3. 음식군 분류별 나트륨 및 칼륨 함량

Table 4에서 음식군 분류별 나트륨 및 칼륨을 비교하여 나타내었다. 음식 메뉴는 국/탕, 면류, 국밥, 찌개 및 전골류, 돈까스, 단체급식 점심식단 6개 음식군으로 나누었다. 음식군별 나트륨 평균 함량은 돈까스가 452.92±87.59 ㎎/100g로 가장 높았고 면류 320.59±188.46 ㎎/100g, 단체급식 점심메뉴 277.09±119.18 ㎎/100g 순이었다. 음식군별 칼륨 평균 함량은 찌개/전골이 194.15±68.30 ㎎/100g로 가장 높았고 돈까스 166.06±16.68 ㎎/100g, 단체급식 점심메뉴 90.74±74.67 ㎎/100g 순이었다. 나트륨/칼륨 비는 찌개/전골류가 1.25±0.50로 가장 적합하게 나왔고, 면류가 17.85±24.40으로 칼륨 함량에 비해 나트륨 함량이 높게 나타났고 단체급식소 점심식단의 나트륨/칼륨 비가 7.14±6.92로 그 다음으로 칼륨 함량에 비해 나트륨 함량이 높게 나타났다. 나트륨은 주로 식품 자체에 함유되어 있어 섭취하는 것 보다 조리시나 식사시에 첨가하는 식염 형태의 섭취량이 많다[15].

Table 4. Contents of sodium and potassium by dish groups

Dish	No. of samples	Na(㎎/100g)	K(㎎/100g)	Na/K ratio
		Mean±SD (min. ~ max.)	Mean±SD (min. ~ max.)	Mean±SD (min. ~ max.)
Gook/Tang	9	231.64±97.79 (67.94 ~ 354.25)	80.29±35.18 (56.00 ~ 133.81)	3.70±2.63 (0.61 ~ 9.61)
Noodle	7	320.59±188.46 (165.32 ~ 737.64)	69.29±60.12 (3.74 ~ 176.36)	17.85±24.40 (2.69 ~ 61.40)
Gukbap	10	200.89±101.98 (24.00 ~ 275.22)	65.98±50.64 (6.56 ~ 142.65)	5.21±5.80 (1.53 ~ 20.69)
Jjigae/Jeongol	9	224.85±88.89 (88.38 ~ 344.12)	194.15±68.30 (86.87 ~ 289.36)	1.25±0.50 (0.38 ~ 1.96)
Pork cutlet	2	452.92±87.59 (390.98, 514.85)	166.06±16.68 (154.26, 177.85)	2.71±0.25 (2.53, 2.89)
Institutional food service(Lunch)	12	277.09±119.18 (157.70 ~ 539.80)	90.74±74.67 (9.20 ~ 200.30)	7.14±6.92 (1.47 ~ 20.86)

4. 음식점 메뉴와 집단급식소 식단의 나트륨 및 칼륨 함량

음식점 메뉴와 단체급식소 점심식단의 나트륨 및 칼륨 함량을 비교하여 Table 5에 나타내었다. 나트륨 평균 함량은 음식점 메뉴 250.47±129.54 ㎎/100g, 단체급식소 점심식단 277.09±119.18 ㎎/100g로 비슷하게 나타났다. 칼륨 평균 함량 또한 음식점 메뉴 106.67±76.09 ㎎/100g, 단체급식소 점심식단 90.74±74.67 ㎎/100g로 비슷하게 나타났다. 나

트륨/칼륨 비 또한 음식점 메뉴 7.32±9.30, 단체급식소 점심식단 7.14±6.92로 비슷한 양상을 보였다.

하루 식사 중 점심은 외식의 비율이 가장 높은 끼니이다[16]. 우리나라 직장인의 3/4 이상이 산업체 단체급식 또는 외식을 통해 점심 식사를 하고 있다[17]. 그러나 우리나라는 직장인의 점심 식사에 관한 연구는 많지 않고, 산업체 집단급식소에서의 점심식단과 외식에서의 점심 식사를 비교한 연구는 거의 없다[18-20]. 점차적으로 단체급식소의 점심식단 및 지역적 특색이 있는 음식점 메뉴 등의 개체수를 확대하여 나트륨 및 칼륨의 함량 조사를 확대할 필요가 있다. 또한 외식업체 및 집단급식소 식단의 나트륨 및 칼륨 함량에 대한 조사를 토대로 업체의 나트륨 저감화 노력도 중요하지만 국민 개개인의 식습관에 변화시켜 나트륨 섭취를 줄이고 칼륨 섭취를 증가시킬 수 있는 방법을 모색하고 홍보하는 것도 필요하다고 판단된다.

Table 5. Contents of sodium and potassium by dish groups for Restaurant dishes and Institutional food service(Lunch)

Dish	No. of samples	Na(㎎/100g)	K(㎎/100g)	Na/K ratio
		Mean±SD (min. ~ max.)	Mean±SD (min. ~ max.)	Mean±SD (min. ~ max.)
Restaurant dishes	37	250.47±129.54 (24.00 ~ 737.64)	106.67±76.09 (4.72 ~ 289.36)	7.32±9.30 (0.38 ~ 61.40)
Institutional food service(Lunch)	12	277.09±119.18 (157.70 ~ 539.80)	90.74±74.67 (9.20 ~ 200.30)	7.14±6.92 (1.47 ~ 20.86)

Ⅲ. 결과 및 고찰

시중 음식점에서 판매되고 있는 음식점 메뉴 37건과 단체급식소에서 제공되는 점심식단 12건에 대하여 나트륨 및 칼륨 함량을 조사하였다. 음식점 메뉴는 갈비탕 등 15종 37건과 단체급식소에서 제공되는 점심식단(한 끼로 제공되는 밥, 국 및 반찬류 전체를 합한 것) 12건이다.

짬뽕의 나트륨 평균 함량이 504.16±330.20 ㎎/100g으로 가장 높았으며, 돈까스 452.92±87.59 ㎎/100g, 감자탕 299.03±78.10 ㎎/100g로 그 다음 순이었다. 삼계탕의 나트륨 함량이 67.94 ㎎/100g으로 가장 낮았고 그 다음이 순대국밥 149.89±74.97 ㎎/100g, 버섯소고기전골 173.25±52.22 ㎎/100g 이었다. 집단급식소 점심식단의 나트륨 평균 함량은 277.09±119.18 ㎎/100g로 김치찌개, 냉면의 나트륨 평균 함량과 비슷한 수준이었다. 칼륨 평균 함량은 청국장이 257.31±25.25 ㎎/100g이 가장 높았으며, 김치찌개 177.81±31.47 ㎎/100g, 돈까스 166.06±16.68 ㎎/100g로 그 다음 순이었다. 묵밥의 칼륨함량이 20.50 ㎎/100g로 가장 낮았고 그 다음이 콩나물국밥 30.13±12.00 ㎎/100g, 냉면 40.86±51.11 ㎎/100g 이었다. 단체급식소 점심식단의 칼륨 평균 함량은 90.74±74.67 ㎎/100g로 음식점 메뉴 중 짬뽕의 칼륨 평균 함량과 비슷한 수준으로 나타났다.

청국장찌개가 0.92±0.39으로 나트륨/칼륨 비가 가장 적합했고, 김치찌개 1.50±0.32, 버섯소고기전골 1.51±0.58, 어죽 1.57±0.02로 1에 근접한 비를 나타내었다. 반면 냉면 32.27±41.20, 칼국수 16.82±23.72, 묵밥 20.69의 나트륨/칼륨 비는 10이상으로 높게 나타났다. 단체급식소의 점심식단의 나트륨/칼륨 비 또한 7.14±6.92로 높게 나타났다.

음식군별 나트륨 평균 함량은 돈까스가 452.92±87.59 ㎎/100g로 가장 높았고 면류 320.59±188.46 ㎎/100g, 단체급식 점심메뉴 277.09±119.18 ㎎/100g 순이었다. 음식군별 칼륨 평균 함량은 찌개/전골이 194.15±68.30 ㎎/100g로 가장 높았고 돈까스 166.06±16.68 ㎎/100g, 단체급식 점심메뉴 90.74±74.67 ㎎/100g 순이었다. 나트륨/칼륨 비는 찌개/전골류가 1.25±0.50로 가장 적합하게 나왔고, 면류가 17.85±24.40로 높게 나타났다.

음식점 메뉴와 집단급식소 점심식단의 나트륨 및 칼륨 함량을 비교했을 때, 나트륨 평균 함량은 음식점 메뉴 250.47±129.54 ㎎/100g, 집단급식소 점심메뉴 277.09±119.18 ㎎/100g로 비슷하게 나타났다. 칼륨 평균 함량 또한 음식점 메뉴 106.67±76.09 ㎎/100g, 집단급식소 점심식단 90.74±74.67 ㎎/100g로 비슷하게 나타났다. 나트륨/칼륨 비 또한 음식점 메뉴 7.32±9.30, 집단급식소 점심식단 7.14±6.92로 비슷한 양상을 보였다.

점차적으로 집단급식소의 점심식단 및 지역적 특색이 있는 음식점 메뉴 등의 개체수를 확대하여 나트륨 및 칼륨의 함량 조사를 확대하고 또한 외식업체 및 집단급식소 식단의 나트륨 및 칼륨 함량에 대한 조사를 토대로 업체의 나트륨 저감화 노력과 국민 개개인의 식습관을 변화시켜 나트륨 섭취를 줄이고 칼륨 섭취를 증가시킬 수 있는 방법을 모색하고 홍보하는 것도 필요하다고 판단된다.

References

1. Bum-Ho Song, Seong-Hee Hwang, Joo-don Lee, Hee-jae Kim, Hae-Rang Chung, Hyun-Kyung Moon. A Study on the Mineral Contents of Korean Common Food and Analytical Methods. Kor. J. Food Hygiene. 1991; 6(3,4): 139-145.
2. Meneton P, Jeunemaitre W, de Wardener HE, MacGregor GA. Links between dietary salt intake, renal salt handling, blood pressure, and cardiovascular disease. Physiol Rev. 2005; 85(2): 679-715.
3. Son SM, Huh GY. Dietary risk factors associated with hypertension in patients. Korean J Community Nutr. 2006; 11(5): 661-672.
4. He F.J, MacGregor G.A.. Reducing population salt intake world wide-From evidence to implementation. Progress on Cardiovascular Disease. 2010; 52: 363-382.
5. He F.J, MacGregor G.A.. Effect of modest salt reduction on blood pressure-A meta-analysis of randomized trials. Implications for public health, J. Hum Hypertens. 2002; 16(11): 761-770.
6. Korea Centers for Disease Control& Prevention. Korea Health Statistics : Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES Ⅶ-2). 2017.
7. Dahl LK, Leitl G, Heine M.. Influence of dietary potassium and sodium/potassium molar ratios on the development of salt hypertension. J Exp Med. 1972; 136: 318-330.

8. Morris RC Jr, Sebastian A, Forman A, Tanaka M, Schmidlin O. Normotensive salt sensitivity: effect of race anf dietary potassium, Hypertension. 1999; 133: 18-23.
9. Appel LJ, Brands MW, Daniels SR, Karanja N, Elmer PJ, Sacks FM. Dietary approaches to prevent and treat hypertension: A scientific statement from the American Heart Association. Hypertension. 2006; 47: 296-308.
10. The Korean Nutrition Society. Dietary Referance Intake for Koreans(c). 2015; p11.
11. Seo HY, Jung BH. Comparison of foodservice management practices in the employee feeding operations of Jeonnam and Chungchong area. Korean J Community Nutr. 2004; 9(2): 191-203.
12. Kim HN. Sodium reduction policy of foreign nations and perception of institutional foodservice customers on low sodium diet. Masterd degree thesis, Chung-ang University. 2012; 22-23,
13. 식품의약품안전처 식품영양안전국 영양안전정책과. 2012년 외식 영양성분자료집. 2013.
14. Ministry Of Health & Welfare. Dietary Reference Intake For Koreans 2015. p 659-676.
15. Son S.M., Huh G.Y., Lee H.S.. Development and evaluation of validity of dish frequency questionnaire(DFQ) and short DFQ using Na index for estimation of habitual sodium intake. Korean J. Community Nutr. 2005; 10(5): 677-692.
16. Kwon, Y. S., Park, Y. H., Choe, J. S., Yang, Y. K.. Investigation of variations in energy, macronutrients and sodium intake based on the places meals are provided: using the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES, 1998-2009). Nutrition Research and Practice. 2014; 8(1): 81-93.
17. 왕희, 이성림. 소비자의 웰빙추구성향, 점심식사요구와 점심식사행동. 생활과학, 2012; 15(0): 99-119.
18. Kwon, Y. S., Ju, S. Y.. Trends in nutrient intakes and consumption while eating-out among Korean adults based on Korea National Health and Nutrition Examination Survey (1998-2012) data. Nutrition Research and Practice. 2014; 8(6): 670-678.
19. 송윤주. 우리나라의 외식 경향 조사분석: 제 4기 국민건강영양조사를 중심으로(2007년, 2008년). 주간 건강과 질병, 2010; 3(36): 597-602.
20. 정상진, 강승호, 송수민, 류시현, 윤지현. 한국 성인의 점심식사에서 가정식, 상업적 외식 및 급식의 영양평가 : 2001 국민건강·영양조사 자료의 분석. 한국영양학회지, 2006; 39(8):841-849.

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 59-67 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 59-67 (2020)

충남 도내 유통 박과과채류 잔류농약 안전성 조사

김남우, 이강범, 김동욱, 신명희, 김지희, 성시열†

북부지원

A Safety Survey of Pesticide Residues in Fruiting vegetable cucurbit Products Circulated in Chungcheongnam-do, Korea

Nam-woo Kim, Kang-bum Lee, Dong-uk Kim, Myoung-hee Shin, Ji-hee Kim, Si-youl Sung†

Northern District

ABSTRACT

In this study, 195 pesticide residues in fruiting vegetable cucurbit samples(n=85) at local markets in Chungcheongnam-do were monitored using a multi-residue method combined with GC/MSMS and LC/MSMS. Among 85 fruiting vegetable cucurbit samples, 19 kinds of pesticides were detected in 34 samples and the detection rate was 40.0%. However, the amounts of them were below maximum residue limit (MRL). Detection rates of the pesticides in each fruiting vegetable cucurbit were follow as ; watermelon (55.5%), cucumber (50.0%), oriental melon (44.9%), melon (26.6%) and pumpkin (12.5%). The number of detection of pesticide residues in oriental melon showed the highest level and mainly, insecticides were detected most frequently. The most commonly detected pesticides residues were chlorfenapyr (11), azoxystrobin (4), pyridaben (4), thiamethoxam (4), metrafenone (3), and procymidone (3). These results suggested that pesticide residues in fruits samples should be continuously monitored, although residue levels of 34 samples detected were evaluated as safe level in fruiting vegetables cucurbit products.

Key words : Pesticide Residues, Fruiting vegetable cucurbit, Maximum residue limit (MRL)

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research, Cheonan, Korea, Tel:+82-41-635-6850, Fax: +82-41-635-7959, E-mail: mbdjr@korea.kr

Ⅰ. 서 론

농업에 있어 농약은 농산물의 생산성 증진과 농작물 재배의 편리성 등으로 인해 없어서는 안 될 중요한 약제로 사용되고 있다[1]. 농약은 농작물을 재배할 때 가장 큰 장애요인인 병해충과 잡초로부터 농작물을 보호하여 농산물 안정적으로 생산하고 농업소득을 증대함은 물론 수확 후 농작물 저장단계에서도 중요한 역할을 한다. 하지만 농약은 잔류특성을 지니며 독성을 야기하는 것으로 알려져 있고 이로 인해 잔류농약 문제가 제기되고 있어[2] 각 나라마다 농약안전 사용기준으로 대상작물, 사용시기, 사용량, 사용횟수 등을 정하였고 식품에 대한 잔류허용기준도 설정하고 있다[3].

박과과채류의 경우 대부분이 연속수확작물이며 우리나라 국민의 식이특성상 가공보다는 생식을 통해 섭취하는 경우가 많아 농약을 지나치게 많이 사용하는 것을 자제해야 하는 품목이다. 그럼에도 불구하고 우리나라에서 재배되는 박과과채류의 경우, 다른 작물보다 3～4배 높게 살포되고 있다[4]. 이러한 무분별한 농약 사용을 줄이고자 미국과 캐나다, 호주 등의 국가는 무관용 원칙 (Zero Tolerance System)에 따라 허용 기준이 정해지지 않은 농약에 대해 불검출로 규정하고 있고, 일본과 홍콩 대만과 유럽 등의 국가는 허용물질 관리제도 이른바 Positive List System (PLS) 제도를 운영하고 있다. 우리나라는 2019년도부터 PLS 제도를 도입하였고 국내 및 수입 농산물 중 허용된 농약에 대해서는 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 미허용 농약에 대해서는 일률기준(0.01 ㎎/㎏)을 적용한다. 이러한 제도를 통해 수입 및 국내 농산물에 대한 농약 오남용을 방지하고, 안전성이 확보된 농약의 사용을 유도하고 농약의 혼입량 및 노출량을 관리하여 국민에게 안전한 농산물을 제공하고자 한다.

본 연구는 2018년 충청남도에서 유통되는 박과과채류에 대한 잔류농약 실태를 조사하여 먹거리 안전성 확보에 기초자료로 제공하고자 수행되었다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 시료

2018년 2월부터 12월까지 충남도내 15개 시・군의 대형 유통마트, 재래시장, 천안농수산물도매시장 등에서 유통되는 박과과채류 5품목 85건을 대상으로 하였다. 세부적으로 참외 49건 (57.7%), 멜론 15건 (17.6%), 수박 9건 (10.6%), 호박 8건 (9.4%), 오이 4건 (4.7%) 이었다(Table 1).

Table 1. Fruiting vegetable cucurbit

Type	Commodity
Fruiting vegetable cucurbit	Oriental melon (49)
	Melon (15)
	Water melon (9)
	Pumpkin (8)
	Cucumber (4)
Total	85

2 분석대상 농약

분석대상 농약은 식품공전 다종농약다성분 분석법 (제2법)으로 분석이 가능한 195종을 대상으로 하였다(Table 2).

Table 2. List of target pesticides for monitoring in this study

Classification	Instrument	Pesticide
Insecticide (93)	GC/MSMS	Acrinathrin, Aldrin, Azinphos-methyl, Bifenthrin, BHC, Bromopropylate, Cadusafos, Carbophenothion, Chlordane, Chlorfenapyr, Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cypermethrin, DDT, Deltamethrin, Diazinon, Dichlorvos, Dicofol, Dieldrin, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, Endosulfan, Endrin, EPN, Esprocarb, Ethion, Ethoprophos, Etoxazole, Etrimfos, Fenamiphos, Fenitrothion, Fenpropathrin, Fenothiocarb, Fenoxycarb, Fenthion, Fenvalerate, Fipronil, Flonicamid, Fluacrypyrim, Fluvalinate, Fosthiazate, Heptachlor, Indoxacarb, Isazofos, Isofenphos, Malathion, Mecarbam, Methidathion, Methoxychlor, Parathion, Parathion-methyl, Permethrin, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Phenthoate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidone, Pirimicarb, Profenofos, Propoxur, Prothiofos, Pyridaben, Pyridalyl, Pyrimidifen, Simeconazole, Tebupirimifos, Tefluthrin, Tralomethrin, Triazophos,
	LC/MSMS	Acetamiprid, Carbofuran, Chlorantranlilprole, Clothianidin, Fenobucarb, Flubendiamid, Flufenoxuron, Hexaflumuron, Isoprocarb, Lufenuron, Methomyl, Methoxyfenozide, Novaluron, Pyriproxyfen, Spirodiclofen, Spiromesifen, Telfubenzuron, Thiacloprid, Thiamethoxam
Herbicide (30)	GC/MSMS	Alachlor, Anilofos, Bromacil, Bromobutide, Butachlor, Cinmethylin, Chlorothalonil, Diclofop-methyl, Dimethenamid, Diphenamid, Dithiopyr, Ethalfluralin, Flufenacet, Mefenacet, Metribuzin, Indanofan, Molinate, Pendimethalin, Piperophos, Prometryn, Propanil, Propisochlor, Pryminobac-methyl, Simazine, Thiazopyr, Thiobencarb, Trifluralin,
	LC/MSMS	Diuron, Methabenzthiazuron, Pyributicarb

Table 2. continued

Classification	Instrument	Pesticide
Fungicide (67)	GC/MSMS	Captan, Chinomethionat, Cyflufenamid, Cyprodinil, Cyproconazole, Dicloran, Diethofencarb, Diniconazole, Diphenylamine, Edifenphos, Fenamidone, Fenarimol, Fenbuconazole, Fludioxonil, Flutolanil, Flusilazole, Fthalide, Furathiocarb, Hexaconazole, Imazalil, Iprobenfos, Iprodione, Isoprothiolane, Kresoxim-methyl, Mepronil, Metalaxyl, Metconazole, Methylpentachlorophenyl sulfide, Metrafenone, Myclobutanil, Nuarimol, Ofurace, Penconazole, Picoxystrobin, Prochloraz, Procymidone, Pyraclofos, Pyrazophos, Tetradifon, Terbufos, Tolclofos-methyl, Tolylfluanid, Triadimefon, Triflumizole, Triflumuron, Quintozene, Vinclozolin,
	LC/MSMS	Amisulbrom, Azoxystrobin, Benzoximate, Boscalid, Cyazofamid, Cymoxanil, Dimethomorph, Ethaboxam, Fenhexamid, Ferimzone, Fluazinam, Fluquinconazole, Mepanipyrim, Prothioconazole, Pyraclostrobin, Pyrimethanil, Pyroquilon, Tebufenozide, Tricyclazole, Trifloxystrobin
Acaricide (3)	GC/MSMS	Fenazaquin, Tebufenpyrad Fenpyroximate
Plant growth regulator (2)	GC/MSMS	Paclobutrazole, Uniconazole

3. 표준물질 및 시약

195종 농약의 표준품은 AccuStandard (New Heaven, CT, USA), Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Germany) 및 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다. 농약 추출을 위한 시료 전처리 과정 중 추출 및 정제 과정에서는 acetonitrile, methanol, acetone (Fisher, Pittsburgh, PA, USA), dichloromethane, hexane (Wako, Osaka, Japan) 등을 사용하였고, 층 분리는 sodium chloride (Wako, Osaka, Japan)를 이용하였다. 시료의 정제는 solid phase extraction (SPE)를 이용하였는데, 이 때 사용된 카트리지는 aminopropyl cartridge와 florisil cartridge (phenomenex, Torrance, CA, USA)를 사용하였다.

4. 잔류농약 분석

시료의 전처리 및 분석은 식품공전 다종농약다성분 분석법 제2법(7.1.2.2)에 따라 실시하였다. 검체 1 ㎏을 분쇄 한 후 50 g을 취하고, 여기에 acetonitrile 100 mL을 추가한 후 2 ~ 3분간 균질화하고 감압 여과하였다. 여액을 염화나트륨 10 ~ 15 g이 들어있는 500 mL 분액깔대기에 옮기고 마개를 막아 강하게 섞은 후 층이 완전히 분리가 될 때까지 정치하였다. acetonitrile층을 무수황산나트륨에 통과시켜 탈수하고 최종 부피가 100 mL이 되도록 acetonitrile을 첨가하였다. acetonitrile층 20 mL를 각각 취하여 40℃ 이하 수욕 상에서 감압 농축하였다.

농축한 시료의 정제는 GC 분석을 위해 잔류물 20% acetone/hexane 4 mL로 용해한 후, hexan 5 mL, 20% acetone/hexane 5 mL로 활성화 시킨 florisil cartridge에 초당 1 ~ 2방울 정도의 속도로 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 카트리지가 젖어 있는 상태에서 20% acetone/haxane 5 mL로 용출하여 동일 시험관에 받아 40℃ 이하 수욕 상에서 질소 농축하였다. 용매가 완전히 건고된 잔류물을 20% acetone/hexane 4 mL를 넣어 용해하여 0.2 um PTFE filter (Whatman, Maidstone, UK)에 여과하여 시험용액으로 하였다. LC 분석을 위해서는 잔류물을 1% methanol/dichloromethane 4 mL로 용해한 후, dichloromethane 5 mL로 활성화 시킨 aminopropyl cartridge에 초당 1 ~ 2방울 속도로 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 카트리지가 젖어 있는 상태에서 1% methanol/dichloromethane 7 mL로 용출하여 같은 시험관에 받아 40℃ 이하 수욕 상에서 질소 농축하였다. 용매가 완전히 건고된 잔류물에 1% methanol/dichloromethane 4 mL를 넣어 용해 한 후 0.2 um PTFE filter (Whatman, Maidstone, UK)에 여과하여 시험용액으로 하였다.

5. 기기분석

분석에 사용된 GC/MSMS는 Agilent Technologies 7890B Triple quadrupole (Santa Clara, USA) 장비로 잔류농약 152종을 분석하였고, LC/MSMS는 Thermo scientific TSQ Endura triple quadrupole (Waltham, USA) 모델을 사용하여 잔류농약 43종을 분석하였다, 기기의 분석 조건은 다음과 같다(Table 3, 4).

Table 3. Operating conditions of GC-MS/MS using in this study

Instrument	GC-MS/MS		
Column	HP-5MS UI (30 m × 0.25 mm × 0.25 um)		
Detector	Mass quadrupole spectrometry		
Inlet	250℃, Splitless, 1μL injection		
Oven Temp	Time (min)	Temp. (℃)	Hold (min)
	initial	90	3.0
	20	120	0.0
	8	300	2.0
Gas flow	He 1.5 mL/min		

Table 4. Operating conditions of LC-MS/MS using in this study

Instrument	LC-MS/MS			
Column	CapcellCORE C18 (2.1 × 150 mm, 2.7 um), 35℃			
Detector	Mass quadrupole spectrometry			
Mobile phase	A : 10mM Ammonium acetate + 0.1% Formic acid in water B : 2mM Ammonium acetate + 0.1% Formic acid in methanol			
Gradient condition	No	Time (min)	A(%)	B(%)
	1	0	85	15
	2	1.0	85	15
	3	1.5	40	60
	4	10.0	10	90
	5	12.0	10	90
	6	12.1	2	98
	7	16.0	2	98
	8	16.1	85	15
	9	20.0	85	15
Infection volume	5 uL			
Flow rate	30 uL/min			

6. 회수율 및 정량한계

회수율은 잔류농약이 검출된 19종의 농약을 대상으로 하였으며, 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설에 따라 실험하였다[1-2]. 검출한계 (LOD)와 정량한계 (LOQ)는 International Conference on Harmonization (ICH)에서 제시한 아래의 식에 따라 측정하였고, 그 결과는 Table 5와 같다.

LOD = 3.3 × σ/S

LDQ = 10 × σ/S

σ: The standard deviation of response, S : The slope of the calibration curve

검출된 농약의 회수율은 78.88 ~ 110.05%, LOD는 0.002 ~ 0.005 ㎎/㎏, LOQ는 0.005 ~ 0.020 ㎎/㎏이며, 검량선의 상관계수$_{(r)}$는 0.9911 ~ 0.9999으로 양호한 직선성을 나타냈다. 우리나라에서 허용되는 회수율의 범위는 70 ~ 120%이며, 상대표준편차 (relative standard deviation, RSD)는 20%이하이다. 따라서 본 실험은 적절한 분석법으로 시행한 것으로 판단된다.

Table 5. Validation parameters of the analytical methodologies for pesticides

No	Pesticides	Recovery (%)	LOD* (㎎/㎏)	LOQ† (㎎/㎏)	Correlation coefficient (r)
1	Acetamiprid	106.21±1.10	0.005	0.016	0.9911
2	Azoxystrobin	103.33±1.61	0.004	0.013	0.9983
3	Acrinathrin	95.33±5.44	0.004	0.020	0.9981
4	Bifenthrin	97.61±8.66	0.004	0.014	0.9916
5	Boscalid	83.32±6.18	0.005	0.016	0.9996
6	Chlorfenapyr	92.48±5.11	0.002	0.007	0.9992
7	Chlorothalonil	101.36±6.78	0.005	0.017	0.9963
8	Endosulfan	88.44±1.93	0.002	0.007	0.9992
9	Fosthiazate	82.48±5.49	0.003	0.012	0.9997
10	Flubendiamide	79.94±7.68	0.004	0.013	0.9951
11	Fludioxonil	101.44±8.23	0.002	0.006	0.9967
12	Iprodione	98.50±1.36	0.002	0.006	0.9997
13	Metalaxyl	110.05±1.66	0.003	0.008	0.9995
14	Metrafenone	98.06±2.44	0.002	0.005	0.9994
15	Procymidone	100.06±2.06	0.003	0.009	0.9994
16	Picoxystrobin	92.46±2.18	0.003	0.009	0.9996
17	Pyridaben	99.30±9.38	0.002	0.006	0.9977
18	Spirodiclofen	78.88±5.46	0.002	0.005	0.9996
19	Thiamethoxam	79.07±4.33	0.004	0.012	0.9999

*LOD : Limit of detection
†LOQ : Limit of quantification

Ⅲ. 결과 및 고찰

충청남도에서 유통되고 있는 박과과채류 5품목 85건에 대하여 잔류농약 검사를 실시하였다. 그 결과 5품목 34건의 시료에서 19종(중복 검출 포함)의 잔류농약이 검출되어 40.0%의 검출률을 보였고(Table 6.) 검출된 잔류농약 모두 식품의약품안전처에서 고시한 잔류농약허용기준에 따라 판정하였다. 잔류농약 허용기준에서 해당농산물 기준이 설

정되어 있지 않은 농산물에 대해서는 유사한 농산물의 최저기준을 적용하여 판정하였다. 그 결과 모두 기준 이하였다.

조사대상 박과과채류의 검출농약 종류를 살펴보면, 195종의 잔류농약 분석결과 중복 검출된 농약을 제외하고 21종의 농약이 43회 검출되었다. 살충제 사용은 27회(62.8%), 살균제 15회(34.8%), 제초제 1회(2.3%)로 살충제가 가장 많이 검출되었으며, 살비제와 생장조절제는 검출되지 않았다. 이는 박과과채류 재배 농가가 병해방제보다 해충방제에 더 많은 농약을 사용하는 것으로 생각된다. 그리고 검출빈도가 높은 농약은 Chlorfenapyr(11회), Azoxystrobin(4회), Thiamethoxam(4회), Metrafenone(3회), Procymidone(3회), Pyridaben(3회), Spirodiclofen(2회) 순서였고, 그 이외 검출 농약으로는 Acetamiprid, Acrinathrin, Boscalid, Chlorothalonil, Fludioxonil, Metalaxyl, Picoxystrobin 등 이었다.

박과과채류에서 검출된 잔류농약 종류 및 검출농도는 Table7과 같으며, 멜론에서는 Flubendiamide, Boscalid, Acetamiprid, Spirodiclofen, Fosthiazate 등 9종의 잔류농약이 검출되었고, 수박에서는 Metalaxyl, Metrafenone, Iprodione, Procymidone이 검출 되었다. 참외는 7종류의 농약이 검출되었는데, 이 중 Pyrrole계 살충제인 Chlorfenapyr는 곤충 체내에서 mixed funtion oxidase에 의해 독성작용을 일으켜 살충효과를 나타는 살충제로서 pyrethroid계 농약에 대한 저항성 해충, 특히 파밤나방, 응애류, 총채벌레, 면화순나방, 담배나방 등 방제에 효과적인 농약[5]으로 참외에서 11회로 다빈도 검출되었다. 박과과채류별 검출된 다빈도 잔류농약 검출수는 멜론(9종), 참외(7종), 수박(4종), 오이(3종), 호박(2종)순으로 나타나 멜론에서 가장 많은 종류의 잔류농약이 검출 되었고, 2012년 안등이 발표한 국내 유통 농산물 중 과채류의 잔류농약 모니터링 결과와 유사하였다[6].

본 연구는 충남지역에서 유통되는 박과과채류에 대해 잔류농약 실태를 평가하였다. 그 결과 잔류농약이 검출된 과일 모두 기준치 이하였고 공중보건에 심각한 위험에 노출될 수준은 아니었지만 다양한 농약이 잔류하고 있음을 확인 하였다. 이에 따라 박과과채류에서 잔류농약을 지속적으로 모니터링하여 잔류농약 오염수준을 인지하는 것은 공중 보건학적으로 매우 중요하며, 향후 잔류농약의 관리를 위한 중요한 자료로 사용될 수 있을 것이다.

Table 6. Sample number and detection rate of pesticide residues in fruits

Type	Item	No. of analysis	No. of detection (%)
Fruiting vegetable cucurbit	Pumpkin	8	1(12.5)
	Cucumber	4	2(50.0)
	Water melon	9	5(55.5)
	Melon	15	4(26.6)
	Oriental melon	49	22(49.9)
Total		85	34(40.0)

Table 7. Pesticide levels detected in fruits in this study

Item (No. of sample)	Frequency of detection	Pesticide (No. of detection)	Detection range (㎎/㎏)	MRL (㎎/㎏)
Pumpkin(8)	1	Thiametoxam (1)	0.013	0.3
		Picoxystrobin (1)	0.016	1.0
Cucumber(4)	2	Fludioxonil (1)	0.024	0.7
		Azoxystrobin (2)	0.018 ~ 0.026	0.2
Water melon(9)	5	Thiametoxam (1)	0.038	0.1
		Metalaxyl (1)	0.013	0.1
		Metrfenone (1)	0.042	0.5
		Iprodione (1)	0.068	0.2
		Procymidone (2)	0.025 ~ 0.139	1.0
Melon (15)	4	Flubendiamide (1)	0.109	1.0
		Bsocalid (1)	0.024	0.7
		Acetamiprid (1)	0.017	0.3
		Spirodiclofen (2)	0.015 ~ 0.019	0.5
		Fosthiazate (1)	0.013	0.5
		Procymidone (1)	0.042	1.0
Oriental melon (49)	22	Azoxystrobin (2)	0.031 ~ 0.034	0.2
		Pyridaben (3)	0.013 ~ 0.026	1.0
		Metrafenone (2)	0.016 ~ 0.034	2.0
		Chlorothalonil (1)	0.135	5.0
		Chlorfenapyr (11)	0.019 ~ 0.136	0.5
		Thiametoxam (2)	0.017 ~ 0.019	0.5
		Flonicamid (1)	0.018	0.3
		Endosulfan (1)	0.015	0.1
		Bifenthrin (1)	0.013	0.1
		Acrinathrin (1)	0.021	0.3

References

1. 김종율, 정유민, 오한슬, 강성태. LC-MS/MS를 이용한 수도권에 유통되는 친환경 농산물의 잔류농약 모니터링 및 안전성 평가. 한국식품과학회지, 2005; 47(3): 306-320.
2. Pyysalo, H. Pesticide Chemistry, 4th ed. Per-gamon New York; 1983. p.123-128.
3. Lee JM, Lee HR and Nam, SM. Removal rate of residual pesticides in perilla leaves with various washing methods, Korea J Food Sci Technol. 2003; 35(4): 586-590.
4. Park BJ, Son KA, Paik MK, Kim JB, Hong SM, Im GJ, Hong MK. Monitoring of neonicotinoid pesticide residues in fruit vegetable and human exposure assessment. Korea J Pesticide Sci. 2010; 14(2): 104-109.
5. Kim JB. Residual fate of insecticide Chlorfenapyr on perilla leaves; Perilla frutescens var. frutescens, and its risk assessment [dissertation]. [Jeonju]: Jeonbuk University; 2004

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 68-79 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 68-79 (2020)

충남 대산 산업단지 내 대기 중 휘발성유기화합물 농도 변화에 대한 연구

신인철†, 권예든, 김흥락, 유정호, 김웅태, 채승헌, 이택중

대기검사팀

Variation of Volatile Organic Compounds in the Air of Daesan Industrial Complex, Chungcheongnam-do

In-chul Shin†, Ye-den Kwon, Heung-rag Kim, Jeung-ho YU, Yoong-tae Kim, Seung-heon Chae, Taek-joong Lee

Air Examination Team

ABSTRACT

This survey was performed to analyze the concentration of VOCs in air around Daesan Petrochemical Complex to actively cope with residents' complaints, such as living inconvenience and health damage caused by air pollution, and utilize them as policy data for improving the air environment. 33 times of air quality were conducted from March 2016 to November 2019 at the Daesan landfill, the Daejuk 1-ri Village Hall, and the Dokgot Intersection concluded that:

The average annual concentration of benzene was gradually increasing to 4.7 ㎍/㎥ in 2016, 5.6 ㎍/㎥ in 2017, 5.1 ㎍/㎥ in 2018, and 8.2 ㎍/㎥ in 2019. And it exceeded the national air environment standards and the criteria set by Chuncheongnam-do at the same time. Therefore, continuous air quality control is required for the air emission sites of Daesan petrochemical complex in the future.

During the measurement period, benzene concentration was 26.4 ㎍/㎥ at the landfill site located in the center of the petrochemical complex in March 2019, low in the summer of August, and high in the spring of March and the fall of September and November.

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research, Cheonan, Korea, Tel:+82-41-635-6850, Fax: +82-41-635-7959, E-mail: mbdjr@korea.kr

The average concentrations of Toluene, Ethylbenzene, and Xylene were found to be 7.4 ㎍/㎥, 2.6 ㎍/㎥, and 5.9 ㎍/㎥ respectively, for four years from 2016 to 2019. However, In 2019, the average concentration of these substances was found to have increased somewhat.

The change in benzene concentration due to wind direction increased at the Daejuk 1-ri Village Hall and Dokgot Intersection when the wind blows from north to north-west in the direction of the petrochemical complex and at the landfill located in the central part of the petrochemical complex, the concentration was high when the winds of west and south winds blew.

Key words : VOCs, Benzene concentration, Wind direction, Daesan Industrial Complex

Ⅰ. 서 론

1. 연구대상

휘발성 유기화합물 (VOCs, Volatile organic compounds)이란 비등점이 100℃ 이하이거나 증기압이 25℃ 에서 1 mmHg 보다 큰 유기화합물로서 대기 중으로 쉽게 증발하여 질소산화물 등과 광화학적 반응을 일으켜 오존 및 PAN(Peroxy Acetyl Nitrate)등 2차 오염물질을 생성함으로써 광화학스모그 현상을 발생시키는 유기화합물을 말한다[1-2]. 우리나라의 휘발성 유기화합물질의 규제제품 및 물질로는 환경부고시 제2001-36호(2001. 3. 8.)에 37개 물질이 고시되어 있다. 대기오염 발생 시 많은 사람이 안질 및 호흡기 질환으로 고통을 겪었는데 이것은 대기 중의 휘발성 탄화수소류와 질소산화물이 자외선에 의한 광화학 반응에 의하여 스모그 발생과 오존발생이 많아진 것이 그 원인으로 밝혀졌으며[3-5], VOCs의 규제는 미국 1966년, 독일 1986년, 영국 1990년, 일본 1995년에 시작하였다. 우리나라는 2001년부터 본격적으로 VOCs의 규제가 시작되었으며[6-7] 현재 벤젠 화합물의 배출허용기준을 50 ppm이하에서 10 ppm이하로 관리하고 있다.

2017년 미국 항공우주국과 국립환경과학원이 공동으로 대기질을 조사한 결과 대산지역은 미세먼지를 유발하는 VOCs 25종류가 관측되었고, 이 가운데 발암물질인 벤젠과 부타디엔은 기준치보다 5배 초과 검출되었다. 그 동안 대산석유화학단지는 환경오염으로 인해 환경생태 등이 변화되었으며[8-9], 악취・소음 등의 생활환경 불편, 건강피해 우려 등 주민 민원이 빈번하게 발생되고 있는 상황이다. 따라서 본 조사에서는 2016년 ~ 2018년 조사와 연계하여 대산석유화학단지 주변 등 3개 지점을 선정하여 석유화학공장의 주요 대기배출물질인 VOCs 중 BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m.p-Xylene)를 조사하여 향후 대산지역 대기환경 개선 관련 정책개발에 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 대산석유화학단지 현황

석유화학산업의 범위는 화학물질 및 화학제품 제조분야로 석유화학계 기초 화학물질 제조업, 석탄화학계 화합물 및 기타 기초 유기화학물질 제조업, 합성고무 제조업, 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업 등이 있다.

충남 서산시 대산석유화학단지는 충남도청으로부터 북서방향으로 약 46 ㎞ 떨어진 서산시의 최북단에 위치하고 있다 서산시는 북쪽과 서쪽이 서해에 접해있고, 동쪽과 남쪽이 당진, 홍성, 태안의 3개 시・군과 접하고 있다. 대산공업단지는 제2차 국토종합개발계

획의 일환으로 1980년대 후반에 석유화학단지로 조성되어 1988년 11월에 극동정유가 최초로 입주하고, 삼성종합화학과 현대석유화학이 뒤이어 건설되면서 대규모 석유화학단지로 확대되었고 현재 여수, 울산과 함께 한국의 3대 석유화학단지로 성장하였다. 대산석유화학단지의 경우 최근 석유화학업계의 활황에 따라 관련 제조공정의 증설 및 생산규모 등이 증가하면서 2016년 서산지역 대기배출량이 483톤으로 우리나라 전체 대기배출량(56,825톤)의 0.85%를 차지하고 있다.

대산석유화학단지는 한화토탈, 롯데케미칼, LG화학, 현대오일뱅크, KCC 등을 포함하여 약 60여개 사업장이 입주하고 있으며, 이 중 40개 업소가 대기배출시설을 보유하고 있다. 주요 배출 물질로는 2-프로판올, 부탄, 프로필렌, 에틸렌, 톨루엔, 자일렌, n-헥산, 벤젠, 아세트산 비닐 등 81종이 있다.

Ⅱ. 연구대상 및 시험방법

1. 조사지점

대산석유화학단지에 의한 주변 대기질 영향을 조사하기 위하여 석유화학단지 중심부인 공장밀집지역, 인근 주거지역 및 석유화학단지와 일반지역의 경계지역인 도로변지역을 조사지점으로 선정하였다(Fig. 1). 공장밀집지역은 서산시 대산읍 대죽리 서산매립장으로 석유화학단지의 중심부로서 주변에 석유화학 공정시설들이 밀집해있다. 주거지역은 서산시 대산읍 대죽1리 마을회관으로 석유화학단지에서 1㎞ 남동쪽에 위치해 있으며 도로변지역은 서산시 대산읍 독곶1로 교차로 지점으로 석유화학단지 관련 물류수송 화물차량의 통행이 많은 지점이다.

<Air pollution movement measurement vehicle survey point> <Location of the surrounding air pollution monitoring station>



Fig. 1. Air pollution measurement point.

2. 조사시기

대산석유화학단지에 의한 풍하지역의 대기오염 영향을 파악하기 위하여, 2016년에는 북서풍이 부는 이른 봄인 3월과 4월, 가을철인 10월에 측정을 하였고, 2017년에는 3월과 VOCs가 대기 중 확산이 잘되는 여름철인 8월에, 2018년에는 3월과 9월, 2019년에는 분기별로 3월, 5월, 8월, 11월에 측정

을 하였다. 총 측정횟수는 4년 동안 3지점을 33회에 걸쳐 234일간 측정하였다.

3. 조사항목 및 방법

각각의 조사지점에 대한 대기질 조사는 대기오염 이동측정차량을 이용하여 지점당 7일간 연속측정 하였으며, 이동측정차량의 조사항목은 PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_2, CO, O_3, BTEX, CH_4, CO_2 및 풍향, 풍속, 온도, 습도 등 이며, 측정기기는 PM_{10}, $PM_{2.5}$는 Thermo 사의 FH62C14, SO_2는 43i, NO_2는 42i, CO는 48i, O_3는 49i, CH_4와 CO는 PIGGARO G-2301로 측정하였고, 휘발성유기화합물질(BTEX)의 분석은 GC-5000 PID(AMA, Germany) 검출기를 이용하였다.

Table 1. GC/PID analysis conditions

Instrument	Instrument and Analytical Condition
GC/PID	GC5000BTX · Column: AMAsep Silica PLOT - 0,32 mm / 30 m · Column Temp: 50℃(3 min) -> 100℃(5 min) -> 130℃(10 min) · Ramp rate: 8℃/min to 100℃/130℃ · Column flow: 1 ml/min · Detector: PID · Software: Powerful PEAK.logTM Chromatography Data System · UV lamp: Electrodeless RF excited UV lamp for high UV output and extended lifetime

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 기상현황

대산 산단 지역의 기온은 2019년 3월에 4.4 ~ 6.6℃, 5월 18.8 ~ 20.1℃, 8월 24.3 ~ 26.8℃, 11월 6.3 ~ 8.2℃ 이었다. 공장밀집지역에 해당하는 대산석유화학공단 중심부인 매립장에서는 봄철인 3월에는 북서풍, 5월, 8월에는 남서풍, 11월에는 북동풍과 남풍계열이 주 풍향이었고 주거지역인 대죽1리 마을회관에서는 3월에 북서풍, 5월에 남서풍, 8월에 북서풍과 남동풍, 11월에 남동풍 계열이 주 풍향 이었으며, 도로변지역인 독곶사거리에서는 3월, 5월, 8월에 남서풍, 11월에 북동풍 계열의 바람이 주 풍향으로 조사되었다. 올해 조사기간 동안 평균풍속은 3월 1.7 ~ 2.8 m/s, 5월 1.7 m/s, 8월 1.1 ~ 1.6 m/s, 11월 1.3 ~ 2.1 m/s로 바닷가와 가장 가까운 지점인 대산매립장에서 다소 높게 나타났다. 조사지점별 바람장미는 Fig. 2에 나타내었다.

2. 연도별 농도 변화

2.1. 벤젠

2019년 대산 석유화학단지 주변 3개 지점을 조사한 결과, 대산지역 벤젠의 평균농도는 8.2 ㎍/㎥를 나타내었고, 공장밀집지역인 매립장에서 가장 높은 평균농도인 14.1 ㎍/㎥, 도로변지역인 독곶사거리에서 7.5 ㎍/㎥, 주거지역인 대죽1리 마을회관에서 가장 낮

은 농도인 3.0 ㎍/㎥으로 측정되었다. 공장밀집지역인 매립장에서 네 번의 측정기간 중 2019년 3월중에 가장 높은 농도인 26.4 ㎍/㎥를 보였는데 이는 주변 공단지역에서 년중 실시하는 공장 정비기간으로 석유화학제품 제조 공정라인의 시설에서 외부로 VOCs 물질이 배출된 것으로 판단되며, 8월에 가장 낮은 농도인 5.9 ㎍/㎥을 나타냈는데 이는 여름철 강우 등의 영향으로 사료된다. 도로변지역인 독곶사거리의 측정결과는 3월에 가장 높은 농도인 14.3 ㎍/㎥, 8월에 가장 낮은 농도인 2.2 ㎍/㎥을 나타내었다. 석유화학단지에서 약 1㎞정도 떨어진 주거지역인 대죽1리 마을회관 의 경우 3월에 가장 낮은 농도인 1.3 ㎍/㎥, 5월, 8월에 가장 높은 농도인 3.9 ㎍/㎥을 나타내었으며 측정기간 동안 1.3 ~ 3.9 ㎍/㎥의 농도로 조사되었다. 각 조사지점에서의 대기 중 벤젠의 연중 평균농도 변화를 보면 2016년 4.7 ㎍/㎥, 2017년 5.6 ㎍/㎥, 2018년 5.1 ㎍/㎥, 2019년 8.2 ㎍/㎥로 점차 환경대기 중 벤젠의 농도가 증가되는 추세로 조사되었다. 2016년 이후 4년 동안 공장밀집지역인 매립장지역은 2019년 3월에 가장 높은 농도인 26.4 ㎍/㎥를 나타내었고, 2017년 전반기 측정기간에 가장 낮은 농도인 4.1 ㎍/㎥을 나타내었다. 도로변지역인 독곶사거리는 2019년 3월에 14.3 ㎍/㎥으로 가장 높은 농도를 보였고 동년 8월에 2.2 ㎍/㎥로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 주거지역인 대죽1리 마을회관은 2017년 전반기에 6.9 ㎍/㎥로 가장 높았고 2018년 전반기에 0.9 ㎍/㎥로 가장 낮은 농도를 보였다.

각각의 측정지점에서 국가 환경기준과 도 환경기준을 적용한 결과, 공장밀집지역인 매립장의 경우 국가 환경기준인 5 ㎍/㎥/년과 도 환경기준인 3 ㎍/㎥/년을 4년 연속초과하고 있으며, 도로변 지역인 독곶사거리는 2019년 평균이 7.5 ㎍/㎥로 도와 국가 환경기준을 초과, 2016 ~ 2018년 까지는 3.8 ㎍/㎥ 이상으로 도 환경기준을 초과하였고, 주거지역인 대죽1리 마을회관은 2017년에 5.0 ㎍/㎥, 2019년 3.0 ㎍/㎥으로 도 환경기준을 초과하고 있어 향후 지속적인 대기질 모니터링이 필요한 것으로 사료 되었다. 2016년부터 2019년 까지 각 조사지점별 VOCs의 농도변화는 Table 2와 평균농도 변화는 Table 3에 나타내었다.

2.2. 톨루엔

2016년에서 2019년까지 4년 동안 대산 산단 주변의 3지점에서 측정한 결과 톨루엔의 평균농도는 2016년 7.4 ㎍/㎥, 2017년 7.6 ㎍/㎥,에서 2018년 4.5 ㎍/㎥로 낮아졌다가 2019년 9.9 ㎍/㎥로 급격하게 높아지는 경향을 보였다. 측정기간 중 2019년 11월에 공장밀집지역인 매립장지점에서 17.5 ㎍/㎥로 가장 높은 농도를 나타내었고 2019년 3월에 주거지역인 대죽1리 마을회관에서 가장 낮은 농도인 1.3 ㎍/㎥을 나타내었다.

2.3. 에틸벤젠

에틸벤젠의 농도는 2016년 1.8 ㎍/㎥, 2017년 3.6 ㎍/㎥, 2018년 1.2 ㎍/㎥, 2019년 3.7 ㎍/㎥으로 나타났으며 시간의 흐름에 따른 환경대기 중 에틸벤젠의 증감에 대한 뚜렷한 추세를 찾을 수는 없었다. 측정기간 중 가장 높은 농도는 2019년 3월에 독곶사거리에서 10.4 ㎍/㎥, 가장 낮은 농도는 2018년 3월에 대죽1리 마을회관과 독곶사거리에서 0.6 ㎍/㎥을 나타내었다.

2.4. 자일렌

대산지역의 환경대기 중 자일렌 평균농도는 2016년 4.5 ㎍/㎥에서 2017년 6.3 ㎍/㎥로 증

가하였고 2018년에는 3.1 ㎍/㎥로 감소하였으나, 2019년에는 9.7 ㎍/㎥로 크게 증가하였다. 측정기간 중 2019년 5월에 매립장 지점에서 34.5 ㎍/㎥로 가장 높은 농도를 보였으며, 2018년 3월에 대죽1리 마을회관 지점에서 0.4 ㎍/㎥로 가장 낮은 농도를 나타내었다.

3. 풍향에 의한 농도 변화

대산 산단의 풍하지점에 위치한 대죽리 마을회관의 경우 3분기를 제외하고 북서풍(290° ~ 360°)계열의 바람이 불 때 벤젠의 농도가 높게 검출되었고, 석유화학단지 중심부에 위치한 대산 매립장 지점의 경우 3월에 서풍(250° ~ 290°), 5월에 북서풍(300° ~ 360°)계열, 여름철인 8월에는 남서풍(180° ~ 270°)계열, 11월에는 남동풍(90° ~ 180°)계열의 바람이 불 때 높은 농도를 나타내었으며, 독곶사거리의 경우 3월에 북동풍(0° ~ 90°)계열, 5월에 북서풍(270° ~ 360°)계열, 8월 북동풍(0° ~ 90°)계열, 11월에는 북풍(300° ~ 45°)계열의 바람이 불 때 벤젠농도가 높아지는 것으로 확인되었다.

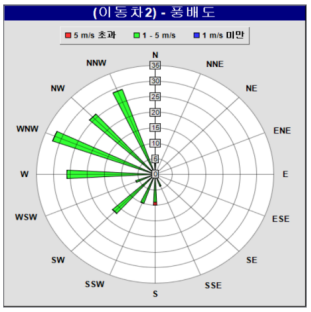
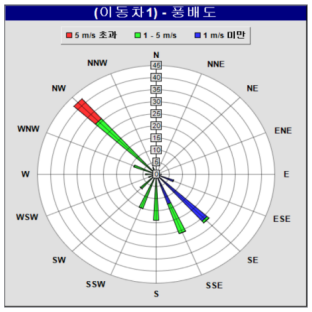
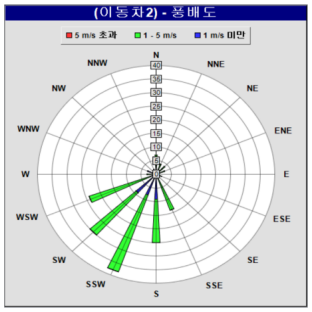
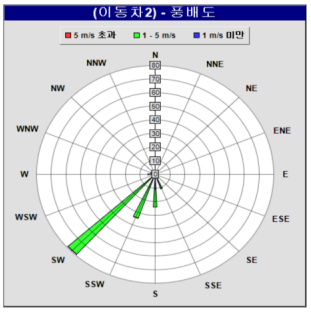
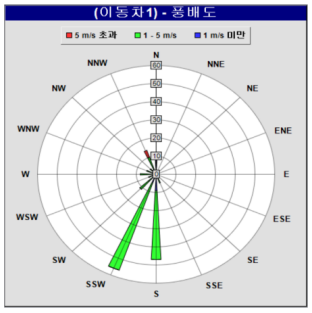
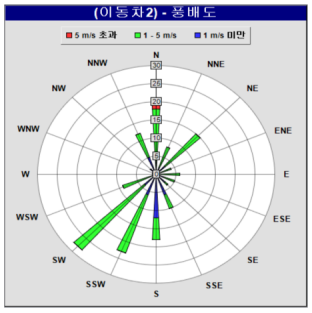
	대산매립장	대죽1리마을회관	독곶사거리
1분기 (3월)			
	1. 온 도 : 평균 6.6℃ 2. 주풍향 : 북서풍 3. 풍 속 : 평균 2.8 m/s, 시간최대 5.9 m/s	1. 온 도 : 평균 4.4℃ 2. 주풍향 : 북서풍 3. 풍 속 : 평균 1.9 m/s, 시간최대 7.4 m/s	1. 온 도 : 평균 4.9℃ 2. 주풍향 : 남서풍 3. 풍 속 : 평균 1.7 m/s, 시간최대 4.5 m/s
2분기 (5월)	대산매립장	대죽1리마을회관	독곶사거리
			
	1. 온 도 : 평균 20.1℃ 2. 주풍향 : 남서풍 3. 풍 속 : 평균 1.7 m/s, 시간최대 4.0 m/s	1. 온 도 : 평균 19.9℃ 2. 주풍향 : 남서풍 3. 풍 속 : 평균 1.7 m/s, 시간최대 6.0 m/s	1. 온 도 : 평균 18.8℃ 2. 주풍향 : 남서풍 3. 풍 속 : 평균 1.7 m/s, 시간최대 6.3m/s

Fig. 2. Wind roses by survey point in 2019.

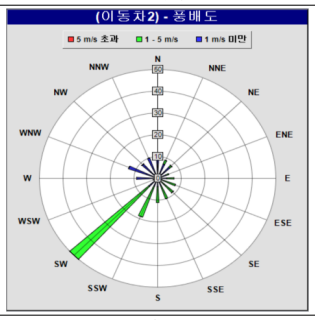
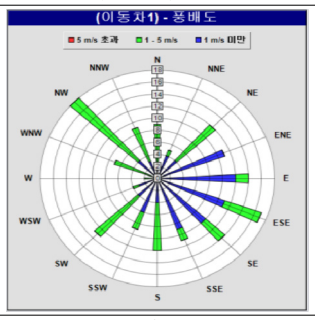
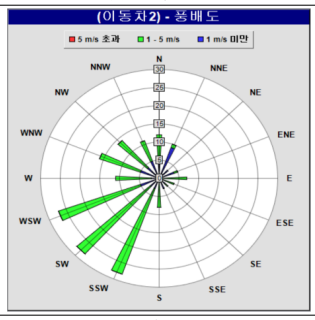
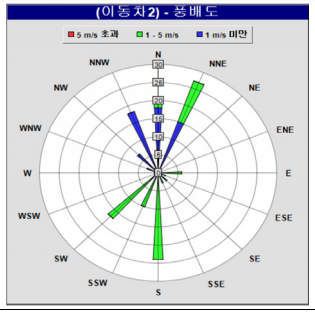
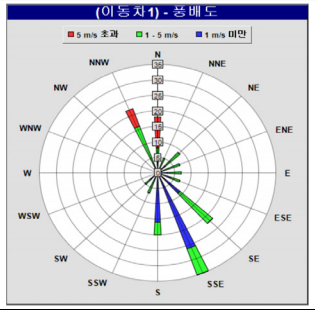
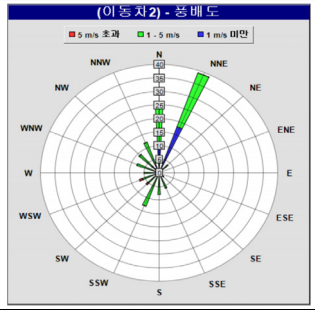
	대산매립장	대죽1리마을회관	독곶사거리
3분기(8월)			
	1. 온 도 : 평균 26.8℃ 2. 주풍향 : 남서풍 3. 풍 속 : 평균 1.1 m/s, 시간최대 3.0 m/s	1. 온 도 : 평균 25.0℃ 2. 주풍향 : 북서풍, 남동풍 3. 풍 속 : 평균 1.1 m/s, 시간최대 3.5 m/s	1. 온 도 : 평균 24.3℃ 2. 주풍향 : 남서풍 3. 풍 속 : 평균 1.6 m/s, 시간최대 3.6 m/s
4분기(11월)			
	1. 온 도 : 평균 8.2℃ 2. 주풍향 : 북동풍, 남풍 3. 풍 속 : 평균 1.3 m/s, 시간최대 4.3 m/s	1. 온 도 : 평균 6.3℃ 2. 주풍향 : 남동풍 3. 풍 속 : 평균 2.0 m/s, 시간최대 8.3 m/s	1. 온 도 : 평균 10.7℃ 2. 주풍향 : 북동풍 3. 풍 속 : 평균 2.1 m/s, 시간최대 7.2 m/s

Fig. 2. continued

Table 2. Variation of volatile organic pollutants(BTEX) concentrations by annual and survey point

(단위 : μg/m^3)

장 소	조사구분	Benzene	Toluene	Ethyl benzene	m,p-Xylene	조사기간	주풍향
대 산 매립장	2019년 11월	9.4	17.5	0.7	7.2	11.15~11.21	북동풍
	8월	5.9	15.3	6.4	23.4	8.14~8.21	남서풍
	5월	14.5	7.0	5.9	34.5	5.24~5.30	남서풍
	3월	26.4	13.8	8.2	25.6	3.29~4.4	북서풍
	2018년 9월	12.6	7.5	2.3	5.7	8.31~9.6	남풍
	3월	7.2	4.5	1.6	8.4	3.1~3.7	북풍
	2017년 8월	10.8	11.2	5.9	11.0	8.23~8.28	남서풍
	3월	4.1	6.8	4.6	9.3	2.28~3.06	북서풍
	2016년 10월	4.4	6.8	2.8	13.1	10.5~10.12	북서풍
	4월	4.4	5.4	1.4	5.1	4.19~4.25	남풍
	3월	14.5	4.9	2.5	3.0	3.22~3.28	북서풍

Table 2. continued

장 소	조사구분	Benzene	Toluene	Ethyl benzene	m,p-Xylene	조사기간	주풍향
대죽 1리 마을회관	2019년 11월	2.8	17.3	1.8	2.7	11.20 ~ 11.27	남동풍
	8월	3.9	11.5	1.4	1.8	8.15 ~ 8.21	북서풍
	5월	3.9	4.8	1.8	1.9	5.22 ~ 5.28	남서풍
	3월	1.3	1.3	1.4	0.5	3.13 ~ 3.19	북서풍
	2018년 9월	2.5	4.8	0.9	1.1	9.7 ~ 9.13	남동풍
	3월	0.9	1.4	0.6	0.4	3.15 ~ 3.21	남서풍
	2017년 8월	3.2	7.8	1.9	3.3	8.23 ~ 8.28	북풍
	3월	6.9	5.2	3.2	5.2	2.28 ~ 3.06	북서풍
	2016년 10월	1.5	14.4	2.9	5.8	10.12 ~ 10.19	남동풍
	4월	2.0	7.4	0.9	1.9	4.6 ~ 4.11	남서풍
	3월	2.4	1.8	0.7	1.6	3.8 ~ 3.14	북서풍
독곶 사거리	2019년 11월	2.9	5.2	1.0	2.7	11.8 ~ 11.14	북서풍
	8월	2.2	3.5	2.1	3.0	8.23 ~ 8.30	남서풍
	5월	10.6	13.3	3.5	1.3	6.5 ~ 6.11	남서풍
	3월	14.3	8.6	10.4	11.8	3.8 ~ 3.14	남서풍
	2018년 9월	3.7	6.6	1.1	1.6	9.14 ~ 9.20	북서풍
	3월	3.9	2.4	0.6	1.2	3.8 ~ 3.14	북동풍
	2017년 8월	2.6	7.6	3.3	3.3	9.5 ~ 9.11	남서풍
	3월	6.0	7.0	2.8	5.6	3.21 ~ 3.28	남서풍
	2016년 10월	3.0	11.7	2.2	5.9	10.19 ~ 10.26	남동풍
	4월	3.8	7.5	1.1	1.7	4.12 ~ 4.18	남서풍
	3월	6.6	6.8	1.3	2.1	3.15 ~ 3.21	남서풍
2019년 평균		8.2	9.9	3.7	9.7	-	
2018년 평균		5.1	4.5	1.2	3.1	-	
2017년 평균		5.6	7.6	3.6	6.3	-	
2016년 평균		4.7	7.4	1.8	4.5		
환경기준	국가	5/년		해당없음		-	
	충청남도	3/년					

Table 3. Average concentration trend of volatile organic pollutants(BTEX) by year

(단위 : μg/m^3)

항목	조사시기	평균농도	공장밀집지역 (대산매립장)	도로변지역 (독곶 사거리)	주거지역 (대죽1리마을회관)
Benzene	2019	8.2	14.1	7.5	3.0
	2018	5.1	9.9	3.8	1.7
	2017	5.6	7.5	4.3	5.1
	2016	4.7	7.8	4.5	2.0
Toluene	2019	9.9	13.4	7.7	8.7
	2018	4.5	6.0	4.5	3.1
	2017	7.6	9.0	7.3	6.5
	2016	7.4	5.7	8.7	7.9
Ethyl benzene	2019	3.7	5.3	4.3	1.6
	2018	1.2	2.0	0.9	0.8
	2017	3.6	5.3	3.1	2.6
	2016	1.8	2.2	1.5	1.5
m,p-Xylene	2019	8.2	14.1	7.5	3.0
	2018	5.1	9.9	3.8	1.7
	2017	5.6	7.5	4.3	5.1
	2016	4.7	7.8	4.5	2.0

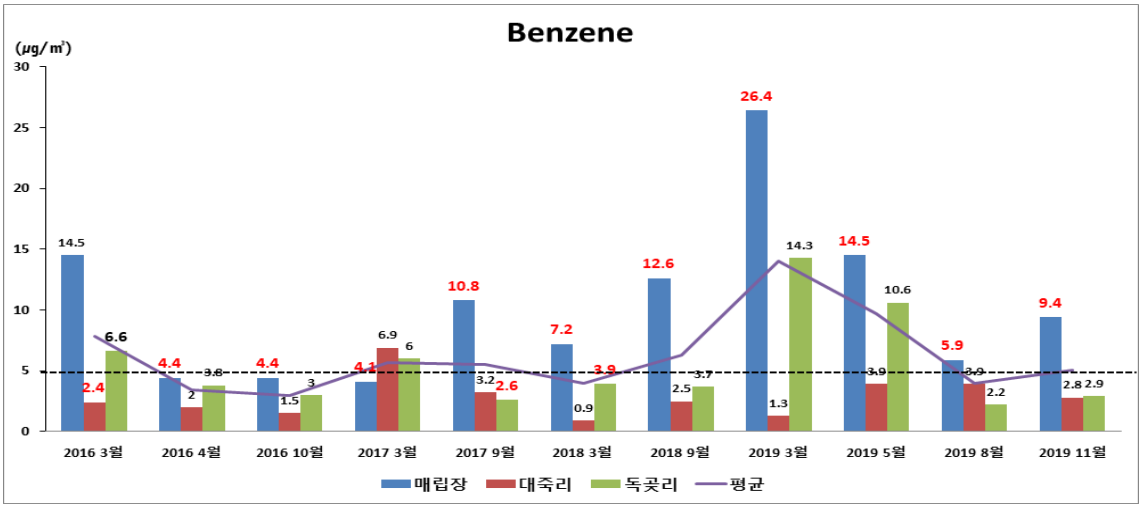
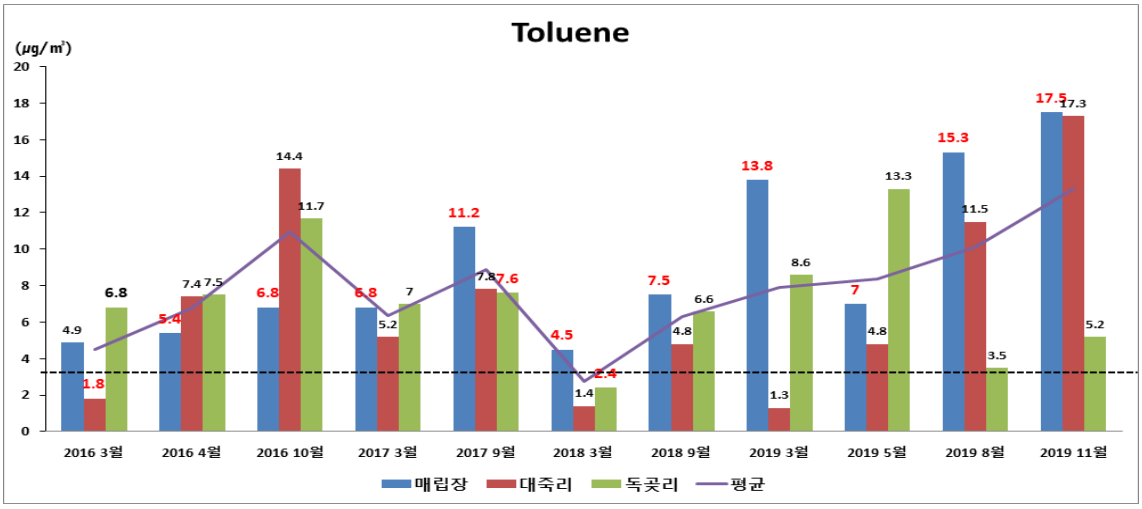
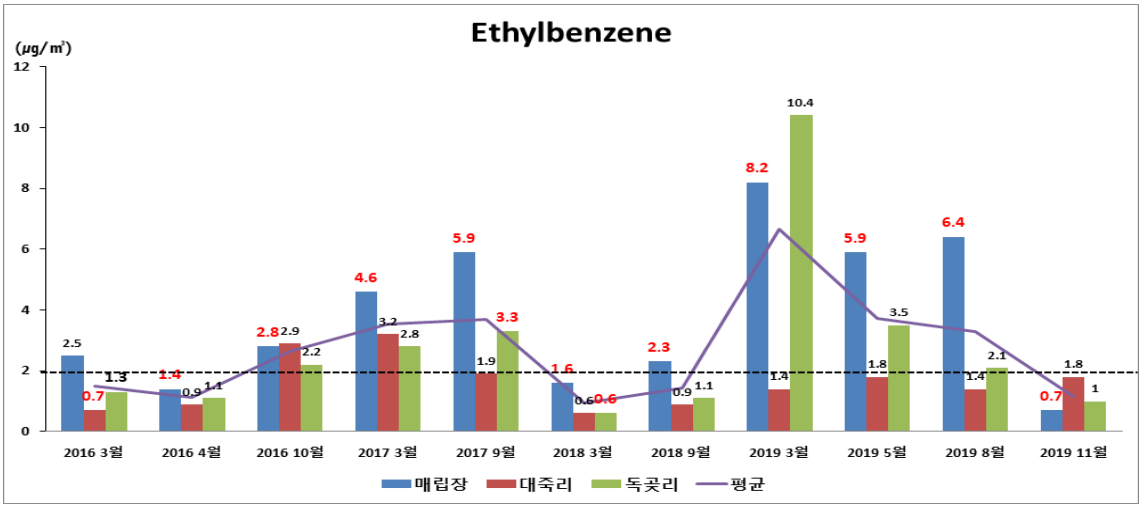


Fig. 3. Comparison of volatile organic pollutants(BTEX) concentrations by annual and survey point.





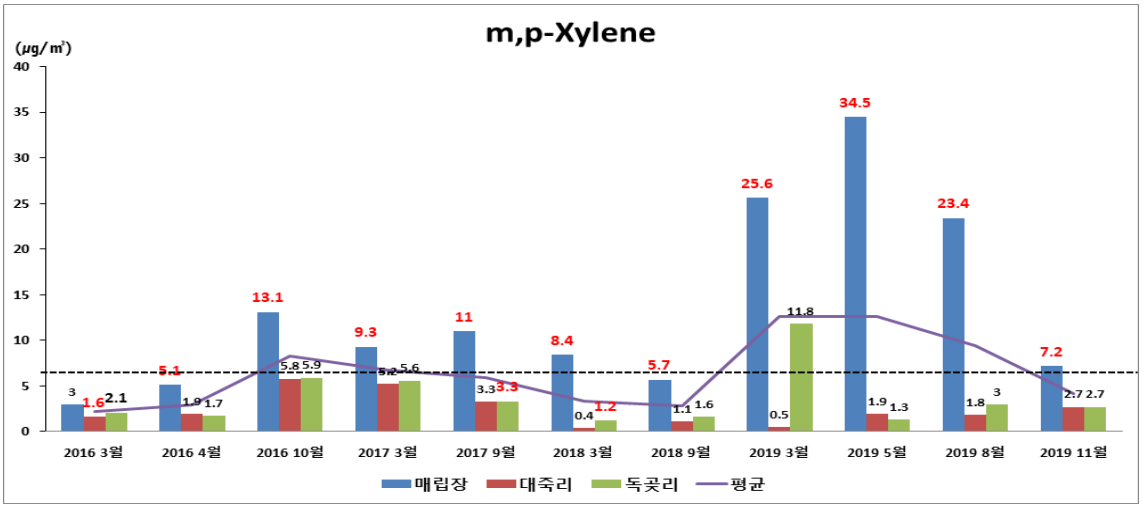


Fig. 3. continued

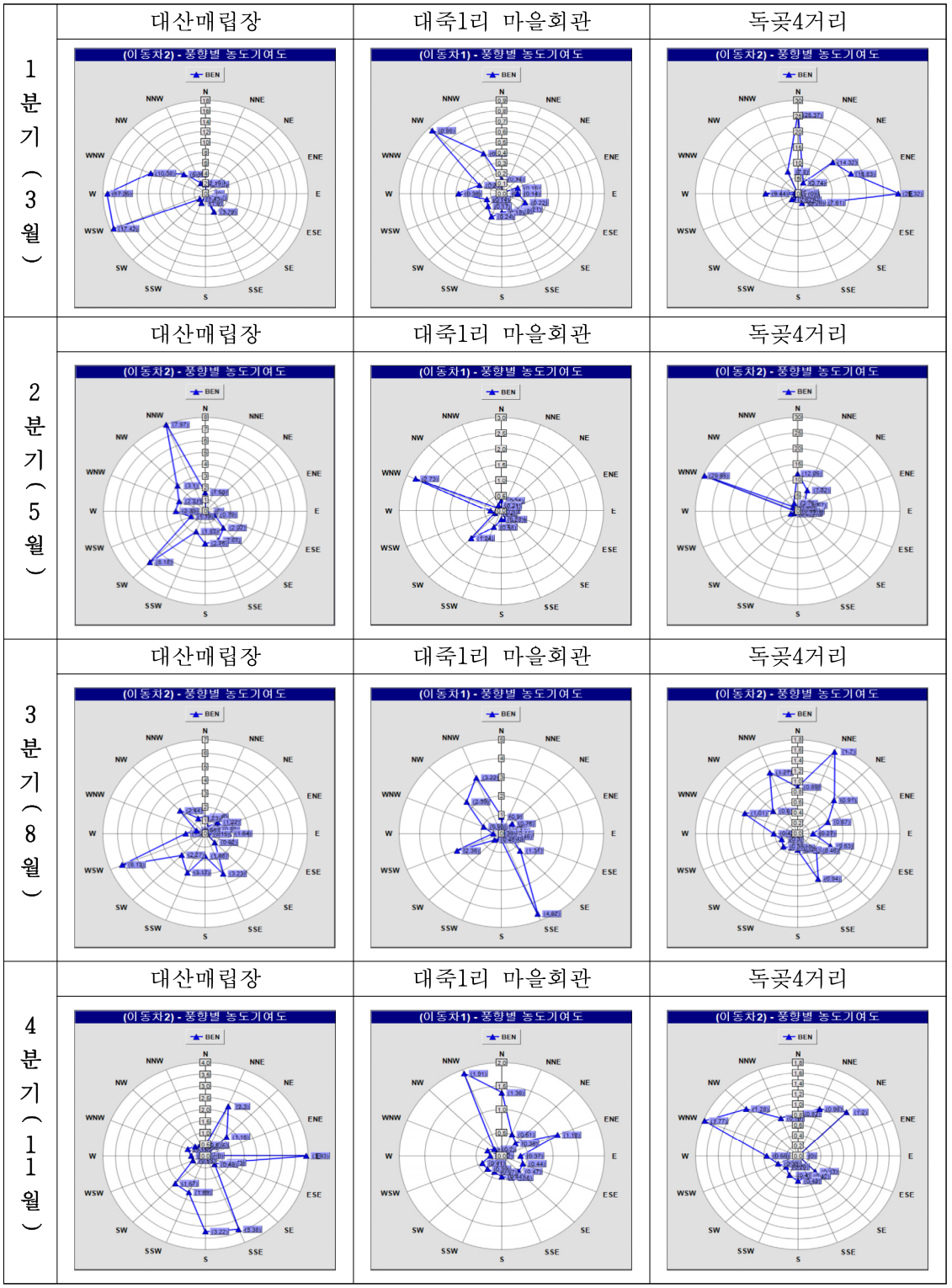


Fig. 4. Changes of benzene concentration according to wind direction in 2019.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 대산석유화학단지 주변 환경대기 중 VOCs에 대한 농도 조사를 통하여 대기오염으로 인한 생활불편, 건강피해 등 주민 민원에 적극 대처하고 대기환경 개선을 위한 정책 자료로 활용하기 위해 2016년 3월부터 2019년 11월까지 대산매립장과 대죽1리 마을회관, 독곶사거리 3지점에 대하여 33회에 걸쳐 대기질을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 벤젠의 연도별 평균 농도는 2016년 4.7 ㎍/㎥, 2017년 5.6 ㎍/㎥, 2018년 5.1 ㎍/㎥, 2019년 8.2 ㎍/㎥로 점점 증가되는 추세이며 충청남도와 국가 대기환경기준을 초과하고 있어 향후 대산석유화학단지 대기배출 사업장에 대한 지속적인 대기질 관리가 필요하다.
2. 측정기간 동안 벤젠의 농도는 2019년 3월 석유화학단지 중심부에 위치한 매립장 지점에서 26.4 ㎍/㎥로 최고농도를 나타내었으며, 8월인 여름철에 낮고, 3월 봄철과 9월과 11월인 가을철에 높게 조사되었다.
3. 조사기간인 2016년부터 2019년 4년간 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌의 평균 농도는 각각 7.4 ㎍/㎥, 2.6 ㎍/㎥, 5.9 ㎍/㎥로 조사되었으며 2019년에는 이들 물질의 평균농도가 다소 증가됨으로 확인하였다.
4. 풍향에 의한 벤젠 농도의 변화는 대죽1리 마을회관과 독곶사거리에서는 석유화학단지 풍하방향인 북풍 ~ 북서풍계열의 바람이 불 때 높아졌으며, 석유화학단지의 중심부에 위치한 매립장에서는 서풍계열과 남풍계열의 바람이 불 때 농도가 높게 나타났다.

References

1. Kim TY, Jeng SJ, Kim SJ, Kim JH, Cho SY. Effect of Residual Water on the Adsorption of Ethylene Dichloride onto Pellet-Type Activated Carbon. J Ind Eng Chem, 10(4), 531, 2004
2. Wadden RA, Scheff PA, Uno I. Receptor modeling of VOCs - Ⅱ. Development of VOC control functions for ambiant ozon, Atmospheric Environment(1994). 28, 2507-2521.
3. 오만택, 충남 서산지역 고농도 오존발생 특성에 관한 연구 : 대산지역 중심으로, 서울시립대학교 석사학위논문(2015)
4. Cicerone RJ, Stolarski RS, Walters S. Stratospheric ozone destruction by man-made chlorofluoromethanes. Science, 185, 1165-1167, 1974
5. Molina MJ, Rowland FS. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. Nature, 249, 810-812, 1974
6. 유봉관, 울산 대기 중 유해화학물질의 농도특성 및 위해성 평가 연구, 울산대학교 박사학위논문(2013)
7. 황인조, 석유화학공업단지에서의 악취성 VOC/VIC의 농도조사, 환경연구논문집(2003). 12, 111-118
8. 백향순, 울산의 대기오염에 관한 조사연구, 부산대학교 석사학위논문(2009)
9. 전병연, 대기오염물질 배출허용기준 강화에 따른 광양만권 대기질 특성 연구, 전남대학교 석사학위논문(2003)

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 80-94 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 80-94 (2020)

초미세먼지($PM_{2.5}$) 성분분석 조사
- 아산, 서산, 당진지역을 대상으로 -

신지혜†, 안정준, 나은경, 정제길, 박천웅, 정명상, 정금희, 최진하

대기평가팀

Investigation of component analysis of $PM_{2.5}$
- focused on Asan, Seosan, and Dangjin area in Chungcheongnam-do -

Ji-Hye Shin†, Jung-jun Ahn, Eun-kyung Na, Je-gill Jeong, Chun-woong Park, Myeong-sang Jeong, Geum-hee Jeong, Jin-ha Choi

Air Quality Assessment Team

ABSTRACT

It is important to accumulate basic data based on component analysis of PM2.5 to find ways to reduce PM2.5 because those data can be the basis for the control of PM2.5 by source of pollution and the establishment of policies. Securing regional data is a priority as PM2.5 components show different distribution depending on regional characteristics and emission sources. By doing this, we intends to secure the effectiveness of PM2.5 management and to prepare basic data on the establishment and implementation of atmospheric policies.

This study selected three air monitoring stations installed and operated in an industrial complex in northwestern region of Chungcheongnam-do - Songsan-myeon near a steel complex, Dokgot-ri near a petrochemical complex, and Mojong-dong near a residential complex - to collect PM2.5 samples in the second week of each month from January to December 2019 to analyze PM2.5 concentration, type of ion component, carbon and element components.

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6930, Fax: +82-41-635-7944, E-mail: jgh0902@korea.kr

As a results, PM2.5 concentration was the highest in Songsan-myeon area(29.7158 μg/㎥), followed by Mojong-dong(27.4716 μg/㎥) and Dokgot-ri area(21.8951 μg/㎥). Comparing the results of component analysis of the three stations, ion and elemental concentrations were highest in Songsan-myeon and carbon concentrations were highest in Mojong-dong. In the case of elemental components, Fe, Zn, Mn, and Cd were detected in Songsan-myeon, and As, V, and Ni were analyzed in Dokgot-ri were significantly higher than in other regions.

The compositional ratio of PM2.5 constituent components at the three stations was analyzed 45 ~ 47%, 20 ~ 26%, and 1 ~ 3% for ion, carbon and metal respectively. Of the three stations, Songsan-myeon had the highest ratio of ions and metals, while Mojong-dong had the highest ratio of carbon. Accordingly, since the ratio of components of PM2.5 varies from source to source, it is considered that countermeasures to reduce PM2.5 should be taken to suit the air environment in the area by considering the regional distribution of pollutants.

Key words: PM2.5, Ion component, Carbon components, Element components, Compositional ratio analysis

Ⅰ. 서 론

미세먼지는 생성기작에 따라 1차 생성 미세먼지(Primary Aerosols)와 2차 생성 미세먼지(Secondary Aerosols)로 구분된다. 1차 생성 미세먼지는 발생원에서 직접 배출되는 오염물질이며 2차 생성 미세먼지는 배출된 가스상의 오염물질이 광화학 반응을 통해 형성된 입자상 물질이다.

초미세먼지($PM_{2.5}$)의 70%가 2차 생성 미세먼지로 인간의 산업 활동에 의해 발생된다. 입자크기가 머리카락 직경의 1/20 ~ 1/30 보다 작은 초미세먼지는 인체 내부 깊숙이 침투하여 염증반응을 일으키고 호흡기 및 심혈관 질환을 유발한다. 이에 따라 세계보건기구 산하인 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 2013년 미세먼지를 1군 발암물질(Group 1)로 규정하였다. 또한 초미세먼지는 시정장애를 일으키며 직·간접적인 기후변화를 야기한다[1].

초미세먼지는 화학적으로 이온, 탄소, 원소성분 등으로 구성되며 각 구성성분의 농도는 배출원에 영향을 받는다. 일반적으로 고농도 미세먼지 시 황산이온(SO_4^{2-})과 질산이온(NO_3^-)은 구성비율이 높아지며 이는 공업지역과 밀접한 관련이 있다. 탄소성분은 디젤자동차와 같은 화석연료의 연소와 생체소각과 연관이 있다[1]. 원소성분 중 일부 물질들은 특정 배출원의 추적자로 사용되고 있다. 그 중 니켈(Ni)과 바나듐(V)은 석유와 같은 연료 연소, 비소(As)는 석탄발전의 추적자로 알려져 있다[2-4].

초미세먼지 저감방안을 모색하기 위해서는 성분분석을 토대로 한 기초자료를 축적하는 것이 중요하다. 이러한 자료는 오염원별 미세먼지 제어 방안과 정책 수립의 근거가 될 수 있다. 이에 따라 서울, 경기, 대전 등의 지역에서 미세먼지 성분에 관한 연구가 수행되고 있지만[1,2,5], 지역적인 특성과 배출원의 상이한 분포로 인해 충청남도 실정에 맞는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 각기 다른 오염원 부근에 위치한 충청

남도 서북부 지역의 3개 지점을 대상으로 이온, 탄소, 원소 성분을 분석하여 오염수준을 파악하고 배출원에 따른 성분 특성을 파악하고자 하였다. 이를 통해 미세먼지 관리의 실효성 확보와 대기정책 수립·시행에 대한 기초자료를 마련하는 것에 그 목적이 있다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 연구지역

배출원에 따른 초미세먼지의 성분을 분석하기 위하여 주변에 인위적인 배출원이 분포하는 측정소를 Table 1과 같이 선정하였다. 송산면 측정소는 일반공업지역으로 북쪽에 대형제철소가 자리하고 있다. 또한 대형 화력발전소인 당진화력이 북서방향으로 약 20 ㎞ 떨어진 곳에 위치하여 북서풍이 불 경우 성분조성에 영향을 줄 가능성이 높다(Fig. 1).

서산시에 소재한 독곶리 측정소는 대산석유화학단지에 위치하고 있어 가스상 오염물질인 황산화물(SOx), 휘발성유기화합물(VOC_s), 암모니아(NH_3) 등에 영향 받을 가능성이 높다. 또한 당진화력이 약 15 ㎞ 떨어진 북동방향에 위치하고 있어 송산면과 배출원을 공유하고 있다.

모종동 측정소는 제2종 일반주거지역으로 학교를 포함한 도시 인프라가 조성되어 있으며 동쪽에는 대규모 거주단지가 위치하고 있다. 측정소의 북쪽방향에는 버스터미널이, 남서쪽 방향에는 기차역이 있어 도로이동오염원 통행이 많은 지역이다.

Table 1. Air quality monitoring stations for component analysis of $PM_{2.5}$ in Chungcheongnam-do

Station	City	Installation Year	Replacement Year	Area
Songsan-myeon	Dangjin	2007	2017	Industrial area
Dokgot-ri	Seosan	1994	2017	Conservation green area
Mojong-dong	Asan	2006	2017	Residential area

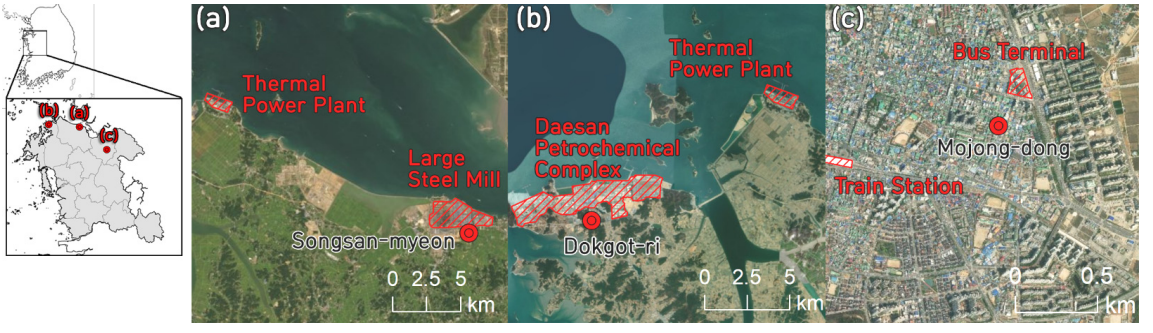


Fig. 1. Location map of sampling sites in chungcheongnam-do; Songsan-myeon (a), Dokgot-ri (b), and Mojong-dong (c).

2. 시료채취 및 분석

본 연구에서는 초미세먼지 시료채취를 위해 연속채취기(SEQ 47/50, Sven Leckel)를 사용하였다. 이때 이온성분 분석을 위해 테

프론 여지를 탄소와 원소성분 분석을 위해 석영 여지를 장착하였다. 탄소성분 시료를 채취하기 전 석영 여지는 전기로(MF-32G, Lab companion)에 가열하여 잔류탄소를 휘발하였다. 시료채취는 2019년 1월부터 12월까지 매월 둘째 주 7일간 수행하였으며 16.67 L/min의 유량으로 하루 23시간동안 시료를 채취하였다.

질량농도를 측정하기 위해 초미세먼지 칭량로봇시스템(ChamBAL-500, MSP tech.)을 사용하였다. 해당 기기는 테프론 여지를 시료채취 전·후 20℃, 35%로 항온·항습 처리한 후 1 ㎍단위까지 무게를 측정한다. 초미세먼지의 질량농도는 시료를 채취한 여지와 공여지의 무게 차이로 산출되었다.

이온성분은 여지에 포집된 시료를 100 ㎕의 에탄올로 침적시킨 후 초순수 10 mL를 넣어 초음파로 교반하여 추출되었다. 추출용액은 분석 시 컬럼의 막힘현상을 방지하기 위해 주사기 여지로 여과하였으며 이후 이온크로마토그래피(ICS-5000+, Thermo Scientific)를 이용하여 8종의 이온(염소 이온(Cl^-), 황산 이온(SO_4^{2-}), 질산 이온(NO_3^-), 나트륨 이온(Na^+), 마그네슘 이온(Mg^{2+}), 암모늄 이온(NH_4^+), 칼륨 이온(K^+), 칼슘 이온(Ca^{2+}))성분을 분석하였다.

원소성분을 분석하기 위해 석영여지에 채취된 시료는 대기오염공정시험기준의 ES 01102 2.2 마이크로파 산분해법(microwave acid digestion)을 준하여 전처리되었다. 그 후 유도결합플라즈마-질량분석기(ICP-MS, Agilent 7900)를 사용하여 17종의 원소(베릴륨(Be), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 바나듐(V), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn), 비소(As), 스트론튬(Sr), 카드뮴(Cd), 납(Pb)) 성분의 농도를 분석하였다.

탄소성분 분석은 열·광학적 탄소분석기(Model 5L, Sunset laboratory Inc.)를 사용하였으며 NIOSH National Institute of Occupational Safety and Health) 5040 프로토콜을 준수하여 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 시료가 채취된 석영 여지를 1.5 ㎠의 크기로 펀칭한 후 기기에 장착하였다. 유기탄소(organic carbon, OC)와 원소탄소(elemental carbon, EC)는 적외선 레이저의 투과도(transmittance)를 기준으로 측정되었으며, OC와 EC의 비율(OC/EC)과 OC와 EC의 합인 총탄소(Total carbon, TC)를 계산하였다.

측정된 각 성분의 농도는 공기 채취기의 유량과 포집된 여지의 면적에 따라 대기 중의 각 성분 농도(㎍/㎥)로 산출되었다. 통계분석은 유효한 자료를 선별한 후 수행하였으며 미세먼지와 각 구성성분들의 상관관계를 분석하기 위해 상관계수(Coefficient of correlation, R)를 계산하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 질량농도

연구기간 동안 초미세먼지의 질량농도를 산술평균한 결과, 송산면이 29.7158 ㎍/㎥로 가장 높았으며 모종동(27.4716 ㎍/㎥), 독곶리(21.8951 ㎍/㎥) 순으로 나타났다(Table 2). 송산면 측정소는 인근 제철소와 화력발전소의 영향으로 높은 질량농도를 보인 것으로 판단된다. 독곶리 측정소는 상대적으로 질량농도가 낮았다. 이는 석유화학단지가 가스상 오염물질보다 입자상 오염물질을 적게 배출하는 특성에 기인한 결과로 판단된다.

질량농도의 시계열 분포를 보면(Fig. 2), 8월과 9월에는 대부분 좋음 상태의 수준을 유지한 반면 12월부터 2월까지 나쁨 수준의 농도를 보여주었다. 특히 12월 10일의 질량

농도는 매우 나쁨에 해당하였다. 이 시기는 대기정체로 미세먼지가 축적되고 중국발 스모그가 유입되어 충청남도 전역에 미세먼지 주의보가 발령된 시기이다. 또한 5월과 7월에도 나쁨 수준의 농도가 관찰되었는데, 5월은 대기정체로 국내 생성 미세먼지가 축적되어 충남 북부권역(천안, 아산, 당진)에 이틀 동안 주의보를 발령한 시기이다. 7월은 상층 대기를 통한 국외 유입과 대기 정체로 국내·외 미세먼지가 축적되어 충청남도의 서쪽지역에 농도가 높아진 때이다.

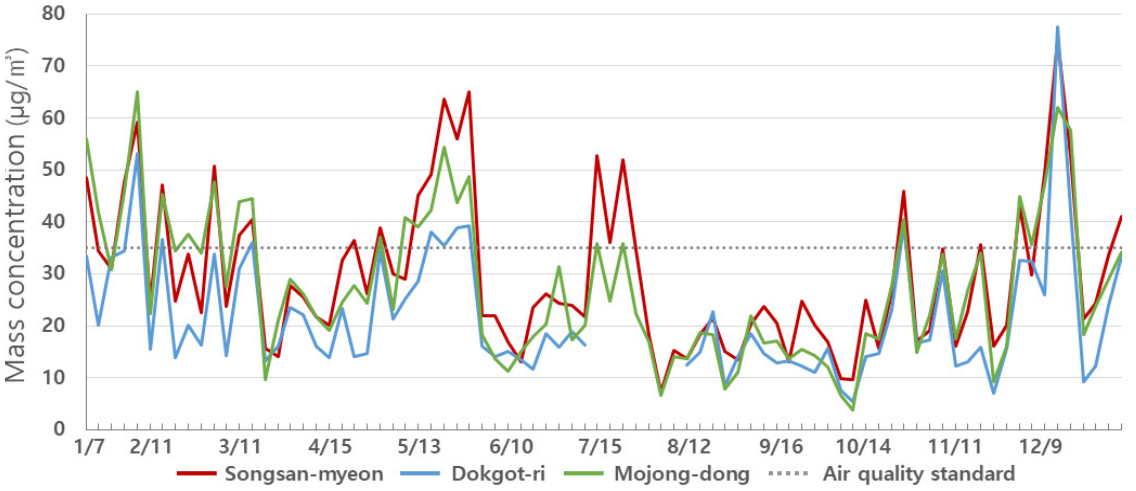


Fig. 2. Daily variation of mass concentration in $PM_{2.5}$.

Table 2. Monthly mass concentration(μg/m³) in $PM_{2.5}$ during the sampling period

Station	Month	Mass concentration	Weekly trend						
Songsan -myeon	Jan.	44.1607	49	34	31	48	59	-	-
	Feb.	32.4296	24	47	25	34	23	51	24
	Mar.	26.1167	37	40	16	14	28	26	22
	Apr.	30.443	20	33	36	26	39	30	29
	May.	46.085	45	49	64	56	65	22	22
	Jun.	21.3589	17	13	24	26	24	24	22
	Jul.	30.8406	53	36	52	35	18	7	15
	Aug.	18.0173	14	18	21	15	13	20	24
	Sep.	16.4049	20	13	25	20	17	10	10
	Oct.	26.2469	25	16	26	46	17	19	35
	Nov.	26.1812	16	23	36	16	20	43	30
	Dev.	42.4322	49	75	53	21	24	34	41
	Average	**29.7158**							
Dokgot-ri	Jan.	34.8637	33	20	33	34	53	-	-
	Feb.	21.4939	16	37	14	20	16	34	14
	Mar.	22.5615	31	36	13	16	23	22	16
	Apr.	20.963	14	23	14	15	34	21	25
	May.	30.0659	29	38	35	39	39	16	14

Table 2. continued

Station	Month	Mass concentration	Weekly trend						
Dokgot-ri	Jan.	34.8637	33	20	33	34	53	-	-
	Feb.	21.4939	16	37	14	20	16	34	14
	Mar.	22.5615	31	36	13	16	23	22	16
	Apr.	20.963	14	23	14	15	34	21	25
	May.	30.0659	29	38	35	39	39	16	14
	Jun.	15.6876	15	13	12	19	16	19	16
	Jul.	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aug.	15.0815	12	15	23	8	14	18	15
	Sep.	11.1389	13	13	12	11	16	8	5
	Oct.	22.2597	14	15	23	39	17	17	31
	Nov.	18.4143	12	13	16	7	16	33	32
	Dev.	32.021	26	78	42	9	12	24	33
	Average	21.8951							
Mojong-dong	Jan.	47.8994	56	42	31	46	65	-	-
	Feb.	35.5752	22	45	34	38	34	48	28
	Mar.	27.9966	44	45	10	21	29	26	22
	Apr.	28.1441	19	25	28	24	37	23	41
	May.	37.179	39	42	54	44	49	18	14
	Jun.	18.9897	11	15	18	20	31	17	20
	Jul.	22.3368	36	25	36	22	17	7	14
	Aug.	15.4388	14	19	18	8	11	22	17
	Sep.	11.8224	17	14	15	14	12	7	4
	Oct.	25.0195	19	17	28	41	15	22	34
	Nov.	26.284	17	27	34	9	16	45	36
	Dev.	38.8098	47	62	58	18	24	29	34
	Average	27.4716							

Level	Good	Moderate	Unhealthy	Very unhealthy	Inspection
criteria	0-15	16-35	36-75	76 이상	-

2. 항목별 분석결과

시계열 분포도는 Table 3-5와 Fig. 3-5와 같다.

초미세먼지 각 성분별 분석결과와 일단위

Table 3. Ionic species concentration(㎍/㎥) in $PM_{2.5}$ at each sites

Station	Month	Anion			Cation					Total
		Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
Songsan -myeon	Jan.	1.392	9.232	5.727	0.213	4.934	0.557	0.145	0.049	22.249
	Feb.	0.818	5.820	6.092	0.194	3.781	0.548	0.134	0.068	17.455
	Mar.	0.602	5.892	4.701	0.127	3.494	0.305	0.059	0.018	15.199
	Apr.	0.308	5.454	5.762	0.144	3.718	0.276	0.053	0.024	15.739
	May.	0.470	10.070	10.546	0.208	6.513	0.382	0.139	0.025	28.354

Table 3. continued

Station	Month	Anion			Cation					Total
		Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
Songsan -myeon	Jun.	0.078	1.324	5.173	0.134	2.206	0.187	0.122	0.017	9.241
	Jul.	0.146	4.898	8.935	0.082	4.802	0.204	0.065	0.016	19.150
	Aug.	0.020	0.485	4.486	0.141	1.790	0.119	0.048	0.025	7.113
	Sep.	0.039	0.433	2.966	0.143	1.062	0.150	0.100	0.022	4.916
	Oct.	0.154	3.899	3.522	0.108	2.309	0.392	0.047	0.022	10.454
	Nov.	0.648	4.853	3.435	0.160	2.759	0.317	0.087	0.034	12.294
	Dev.	0.093	11.133	5.072	0.192	4.884	0.622	0.093	0.059	22.148
	Average	**0.397**	**5.291**	**5.535**	**0.154**	**3.521**	**0.338**	**0.091**	**0.032**	**15.359**
Dokgot-ri	Jan.	0.235	6.444	4.785	0.119	3.472	0.377	0.077	0.039	15.549
	Feb.	0.121	3.854	3.658	0.105	2.381	0.373	0.064	0.047	10.604
	Mar.	0.253	4.757	4.350	0.114	3.019	0.233	0.026	0.031	12.782
	Apr.	0.196	2.478	5.595	0.086	2.852	0.179	0.026	0.020	11.432
	May.	0.056	2.762	9.636	0.114	3.971	0.205	0.037	0.015	16.796
	Jun.	0.013	0.529	4.465	0.084	1.942	0.104	0.035	0.017	7.189
	Jul.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aug.	0.008	0.378	4.184	0.197	1.650	0.103	0.040	0.033	6.593
	Sep.	0.013	0.309	1.764	0.076	0.692	0.114	0.061	0.019	3.048
	Oct.	0.130	3.106	3.246	0.103	2.050	0.325	0.034	0.022	9.016
	Nov.	0.164	3.536	2.665	0.093	2.097	0.162	0.038	0.025	8.782
	Dev.	0.037	7.288	3.938	0.126	4.551	0.515	0.037	0.051	16.544
	Average	**0.111**	**3.222**	**4.390**	**0.111**	**2.607**	**0.245**	**0.043**	**0.029**	**10.758**
Mojong-dong	Jan.	1.509	11.273	4.666	0.162	5.291	0.547	0.102	0.043	23.593
	Feb.	0.971	8.518	4.628	0.105	4.287	0.519	0.064	0.053	19.146
	Mar.	0.460	6.928	4.325	0.097	3.751	0.297	0.040	0.034	15.930
	Apr.	0.156	5.033	5.339	0.129	3.356	0.243	0.043	0.029	14.329
	May.	0.051	6.599	9.512	0.163	5.022	0.278	0.059	0.019	21.703
	Jun.	0.019	1.635	3.981	0.060	2.102	0.132	0.031	0.011	7.971
	Jul.	0.018	1.758	7.619	0.057	3.380	0.172	0.033	0.015	13.053
	Aug.	0.008	0.378	4.062	0.111	1.687	0.115	0.033	0.021	6.415
	Sep.	0.023	0.381	1.374	0.067	0.575	0.093	0.042	0.016	2.572
	Oct.	0.123	3.277	2.775	0.115	1.916	0.343	0.033	0.026	8.610
	Nov.	0.534	5.471	3.119	0.104	2.946	0.260	0.053	0.029	12.516
	Dev.	0.065	11.045	4.073	0.128	5.350	0.561	0.065	0.062	21.349
	Average	**0.328**	**5.191**	**4.623**	**0.108**	**3.305**	**0.297**	**0.050**	**0.030**	**13.932**

Table 4. OC, EC, TC concentration(㎍/㎥) and OC/EC ratio in $PM_{2.5}$ at each sites

Station	Month	OC	EC	OC/EC	TC
Songsan -myeon	Jan.	5.986	0.350	17.737	6.336
	Feb.	5.633	0.465	12.515	6.098
	Mar.	3.985	0.512	7.726	4.497
	Apr.	4.457	0.620	7.369	5.077
	May.	5.974	0.657	10.385	6.631
	Jun.	3.437	0.495	7.076	3.933
	Jul.	3.709	0.432	9.508	4.141
	Aug.	3.649	0.292	14.114	3.941
	Sep.	3.727	0.414	9.230	4.140
	Oct.	6.419	0.551	11.569	6.971
	Nov.	5.504	0.425	13.116	5.930
	Dev.	7.607	0.495	16.316	8.102
	Average	**5.007**	**0.476**	**11.388**	**5.483**
Dokgot-ri	Jan.	3.740	0.370	9.959	4.110
	Feb.	4.843	0.491	9.800	5.334
	Mar.	3.573	0.509	6.894	4.083
	Apr.	3.770	0.505	7.561	4.275
	May.	5.033	0.519	11.152	5.552
	Jun.	3.472	0.316	11.079	3.788
	Jul.	3.629	0.399	11.261	4.028
	Aug.	3.217	0.218	17.883	3.434
	Sep.	3.323	0.339	10.344	3.662
	Oct.	5.431	0.524	10.445	5.954
	Nov.	3.574	0.331	11.945	3.906
	Dev.	5.739	0.510	11.225	6.249
	Average	**4.112**	**0.419**	**10.796**	**4.531**
Mojong-dong	Jan.	7.513	0.514	14.623	8.027
	Feb.	7.492	0.530	14.330	8.021
	Mar.	5.501	0.590	9.207	6.091
	Apr.	4.789	0.646	7.458	5.435
	May.	6.259	0.584	11.906	6.843
	Jun.	4.629	0.479	9.925	5.108
	Jul.	4.231	0.429	11.698	4.660
	Aug.	3.940	0.290	13.731	4.230
	Sep.	3.932	0.391	11.367	4.323
	Oct.	6.345	0.721	8.826	7.066
	Nov.	5.423	0.406	13.219	5.829
	Dev.	7.940	0.494	16.043	8.434
	Average	**5.666**	**0.506**	**11.861**	**6.172**

Table 5. Elemental concentration(μg/㎥) in $PM_{2.5}$ at each sites

Station	Month	Be	Al	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Cd	Pb	Total
Songsan -myeon	Apr.	0.0001	0.0489	0.0135	0.0014	0.0068	0.3455	0.0052	0.0080	0.1374	0.0022	0.0006	0.0008	0.0200	0.5903
	May.	0.0000	0.1055	0.0136	0.0050	0.0201	0.6865	0.0072	0.0164	0.3461	0.0038	0.0006	0.0012	0.0354	1.2414
	Jun.	0.0000	0.0204	0.0074	0.0007	0.0210	0.5371	0.0039	0.0158	0.3258	0.0045	0.0004	0.0011	0.0072	0.9452
	Jul.	0.0000	0.0000	0.0088	0.0000	0.0142	0.1659	0.0029	0.0269	0.1232	0.0030	0.0001	0.0006	0.0109	0.3565
	Aug.	0.0000	0.0074	0.0060	0.0000	0.0106	0.3129	0.0007	0.0015	0.1385	0.0025	0.0000	0.0004	0.0084	0.4890
	Sep.	0.0000	0.0074	0.0056	0.0000	0.0182	0.5140	0.0002	0.0063	0.2023	0.0086	0.0000	0.0011	0.0100	0.7737
	Oct.	0.0000	0.0147	0.0043	0.0000	0.0241	0.3782	0.0006	0.0120	0.0835	0.0080	0.0000	0.0012	0.0144	0.5408
	Nov.	0.0000	0.0108	0.0054	0.0000	0.0339	0.5901	0.0008	0.0041	0.2031	0.0146	0.0000	0.0019	0.0375	0.9022
	Dev.	0.0000	0.0026	0.0026	0.0000	0.0361	0.5636	0.0000	0.0041	0.2860	0.0077	0.0000	0.0022	0.0507	0.9555
	Average	**0.0000**	**0.0242**	**0.0075**	**0.0008**	**0.0206**	**0.4549**	**0.0024**	**0.0106**	**0.2051**	**0.0061**	**0.0002**	**0.0012**	**0.0216**	**0.7550**
Dokgot -ri	Apr.	0.0000	0.0439	0.0146	0.0014	0.0022	0.0813	0.0061	0.0022	0.0048	0.0016	0.0003	0.0004	0.0077	0.1665
	May.	0.0000	0.0578	0.0156	0.0023	0.0068	0.1714	0.0064	0.0209	0.0299	0.0024	0.0003	0.0006	0.0289	0.3431
	Jun.	0.0000	0.0136	0.0152	0.0000	0.0034	0.0389	0.0035	0.0061	0.0321	0.0052	0.0003	0.0004	0.0113	0.1299
	Jul.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Aug.	0.0000	0.0293	0.0097	0.0000	0.0070	0.0804	0.0068	0.0034	0.1819	0.0025	0.0001	0.0003	0.0375	0.3589
	Sep.	0.0000	0.0259	0.0047	0.0000	0.0061	0.1087	0.0047	0.0033	0.0895	0.0183	0.0002	0.0008	0.0379	0.3001
	Oct.	0.0000	0.0307	0.0054	0.0000	0.0111	0.1213	0.0014	0.0035	0.0541	0.0108	0.0002	0.0010	0.0326	0.2723
	Nov.	0.0000	0.0441	0.0027	0.0000	0.0093	0.1315	0.0007	0.0056	0.0162	0.0059	0.0003	0.0008	0.0172	0.2344
	Dev.	0.0000	0.0184	0.0025	0.0000	0.0147	0.0945	0.0002	0.0088	0.0602	0.0050	0.0001	0.0010	0.0321	0.2374
	Average	**0.0000**	**0.0330**	**0.0088**	**0.0005**	**0.0076**	**0.1035**	**0.0037**	**0.0067**	**0.0586**	**0.0065**	**0.0002**	**0.0006**	**0.0257**	**0.2270**
Mojong -dong	Apr.	0.0000	0.0735	0.0058	0.0017	0.0081	0.2440	0.0031	0.0051	0.0113	0.0018	0.0012	0.0005	0.0110	0.3671
	May.	0.0000	0.0953	0.0066	0.0032	0.0067	0.2554	0.0034	0.0075	0.0540	0.0027	0.0007	0.0007	0.0282	0.4644
	Jun.	0.0000	0.0128	0.0040	0.0000	0.0095	0.1231	0.0005	0.0072	0.0774	0.0045	0.0005	0.0006	0.0130	0.2531
	Jul.	0.0000	0.0221	0.0038	0.0016	0.0075	0.0966	0.0017	0.0068	0.0350	0.0030	0.0000	0.0004	0.0069	0.1853
	Aug.	0.0000	0.0783	0.0030	0.0000	0.0102	0.0936	0.0011	0.0038	0.0395	0.0017	0.0002	0.0002	0.0316	0.2631
	Sep.	0.0000	0.0404	0.0011	0.0000	0.0069	0.0732	0.0000	0.0046	0.0091	0.0039	0.0006	0.0007	0.0163	0.1568
	Oct.	0.0000	0.0319	0.0009	0.0000	0.0104	0.0661	0.0000	0.0073	0.0000	0.0028	0.0006	0.0010	0.0077	0.1286
	Nov.	0.0000	0.0604	0.0012	0.0000	0.0107	0.1357	0.0000	0.0057	0.0050	0.0050	0.0009	0.0009	0.0149	0.2405
	Dev.	0.0000	0.0302	0.0015	0.0000	0.0133	0.0872	0.0000	0.0070	0.0000	0.0037	0.0004	0.0010	0.0110	0.1553
	Average	**0.0000**	**0.0494**	**0.0031**	**0.0007**	**0.0092**	**0.1305**	**0.0011**	**0.0061**	**0.0257**	**0.0032**	**0.0006**	**0.0007**	**0.0156**	**0.2460**

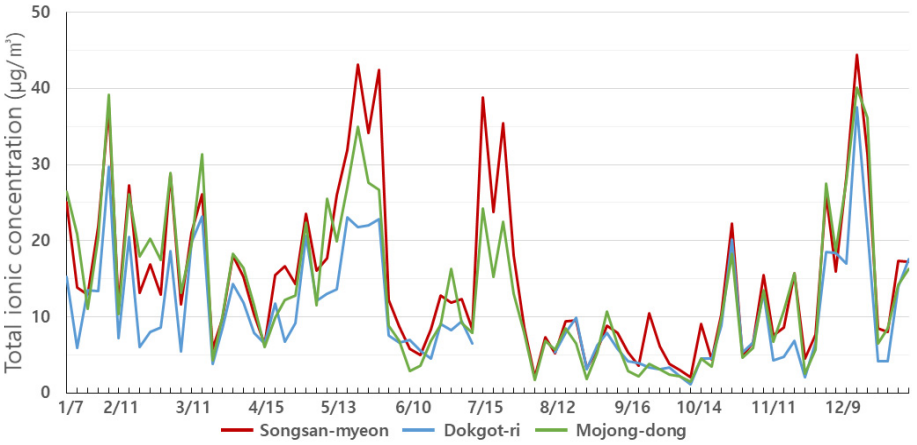


Fig. 3. Daily variation of total ionic concentration in $PM_{2.5}$.

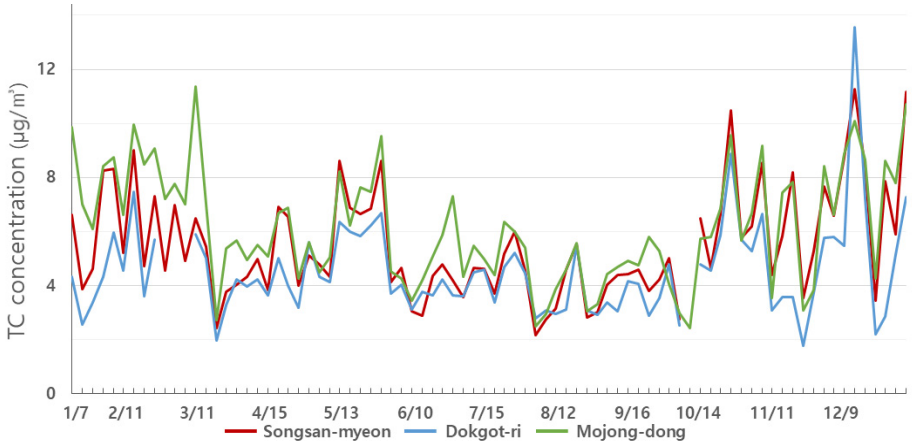


Fig. 4. Daily variation of TC concentration in $PM_{2.5}$.

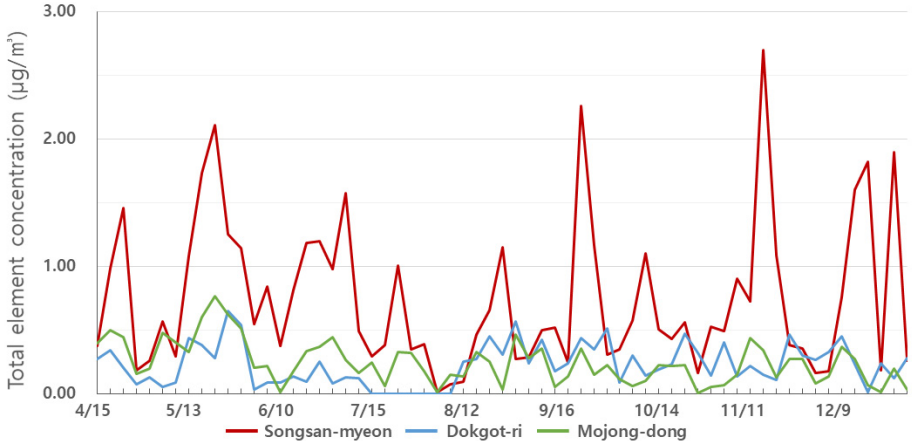


Fig. 5. Daily variation of total element concentration in $PM_{2.5}$.

2.1. 이온농도

초미세먼지 내 총 이온성분의 평균농도를 산출한 결과(Table 3) 가장 높은 이온농도가 송산면(15.359 μg/㎥)에서 관찰되었으며 모종동(13.932 μg/㎥), 독곶리(10.758 μg/㎥) 순으로 농도가 낮아졌다. 이는 초미세먼지 총 질량농도 순위와 일치하였다. 또한 총 이온 농도의 시계열 분포는 초미세먼지의 질량농도와 비례함을 확인하였다(Fig. 2 and Fig. 3). 이러한 결과는 초미세먼지 질량농도와 이온농도가 밀접한 관련이 있음을 보여준다.

이온성분별 농도를 살펴보면 모든 성분농도는 송산면에서 가장 높았다(Fig. 6). 반면 Na^+을 제외한 성분농도는 독곶리에서 가장 낮았다. 이는 독곶리가 해안가에 위치하여 해염성분인 Na^+의 농도가 모종동보다 높게 나타난 것으로 판단된다.

측정소별 이온성분 구성 비율을 분석한 결과(Fig. 7), 모든 측정소에서 SO_4^{2-}, NO_3^-, NH_4^+가 전체 이온성분의 93% 이상을 차지하였다. 특히 송산면과 모종동은 위의 세 성분비가 각각 33～36%, 34～37%, 23～24%로 유사하였으나 독곶리는 41%, 30%, 24%로 황산이온 비율이 높고 질산이온 비율이 낮았다.

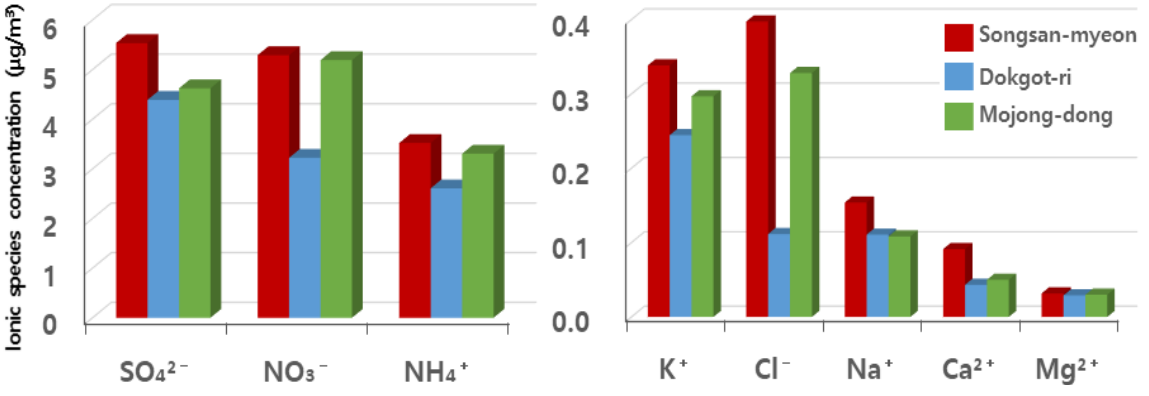


Fig. 6. Mean concentration of ionic species in $PM_{2.5}$ at each sites.

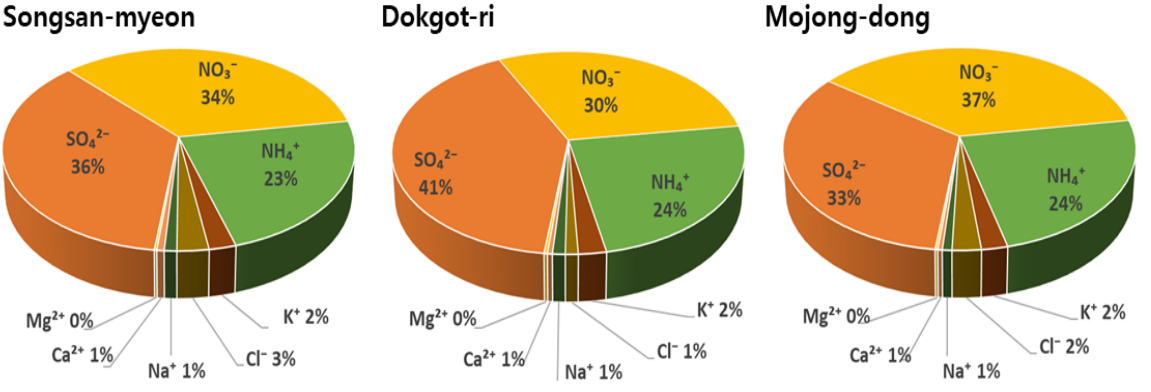


Fig. 7. Composition ratio of ionic species in $PM_{2.5}$ at each sites.

2.2. 탄소농도

송산면, 독곶리, 모종동에서 측정된 평균 탄소성분(TC) 농도는 각각 5.483 μg/㎥, 4.531 μg/㎥, 6.172 μg/㎥로 모종동에서 가장 높은 수치를 보였다(Table 4). TC 농도와 질량농도의 시계열 분포는 증감의 변화 양상이 유사하였으나 그 강도에 있어서는 차이를 가졌다(Fig. 2 and Fig. 4).

3개 측정소별 탄소성분의 평균 농도를 비교한 결과(Fig. 8), 모종동 측정소는 OC가 5.666 μg/㎥, EC가 0.506 μg/㎥, OC/EC가 11.861로 최대 농도를 가졌다. 모종동 측정소에서 관측된 값을 이영재 외(2015)가 조사한[6] 6개 권역별 탄소농도와 비교해 보면 모종동에서 관측된 OC 농도는 중부권(5.9 μg/㎥)보다 낮은 농도를 보여주었으나 다른 지역(2.9 ~ 4.2 μg/㎥)보다는 높은 값을 가졌다. 중부권 측정지점과 동일한 지리적 특성을 갖는 모종동은 자동차 통행량이 많은 도심에 위치하고 있어 자동차의 영향과 주거 및 상업지역 등에서 배출된 OC의 영향을 직접 받아 높은 농도를 보인 것으로 사료된다. EC의 농도는 이영재 외(2015)[6]에서 조사한 관측농도(0.7 ~ 1.7 μg/㎥)보다 낮은 농도를 보여주었다. 또한 동일한 조사에서 OC/EC 비율은 2.4 ~ 4.5이었으나 본 연구에서는 10.796 ~ 11.861로 높은 값을 가졌다. 일반적으로 OC/EC 비율은 대도시에서 낮고 교외지역에서 높게 나타난다고 보고된 바 있으나 본 연구에서는 EC가 낮아 높은 OC/EC 비율을 갖는 것으로 판단된다.

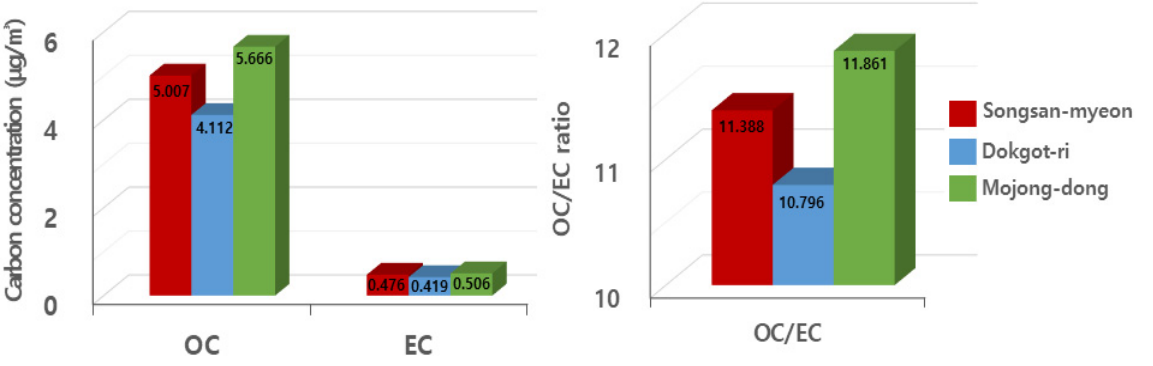


Fig. 8. Average of OC, EC, and OC/EC ratio in $PM_{2.5}$ at each sites.

2.3. 원소농도

이온성분과 중복되는 Na, K, Mg, Ca를 제외한 총 원소성분의 평균 농도는 송산면, 독곶리, 모종동이 각각 0.7550 μg/㎥, 0.2270 μg/㎥, 0.2460 μg/㎥이다(Table 5). 제철소 주변에 위치한 송산면은 다른 측정소보다 3배 이상의 총 원소 농도를 보여주었다.

각 측정소의 원소성분별 농도를 분석한 결과(Fig. 9), 송산면은 Fe, Zn, Mn, Cu, Cr, Cd에서 높은 농도를 보여주었다. 특히 Fe, Zn, Mn, Cd은 현저히 높은 농도를 보였는데 이는 인근의 제철소의 영향을 받은 것으로 판단된다. 독곶리에서는 V, Ni, As가 높은 농도로 나타났으며 V과 Ni은 석유연소의 지표로 As는 석탄발전 혹은 연소에 의한 지표로 보고된 바 있다[3-4]. 이에 따라 독곶리는 석유화학단지와 화력발전소에서 배출된 대기오염물질에 영향을 받는 것으로 사료된

다. 특히 As의 경우 송산면에서도 높은 농도를 보였는데 이는 공동 오염원인 화력발전소의 영향으로 판단된다. 모종동은 다른 측정소에 비해 낮은 원소농도를 보여주었으나, Sr은 다른 측정소 보다 높게 나타났다.

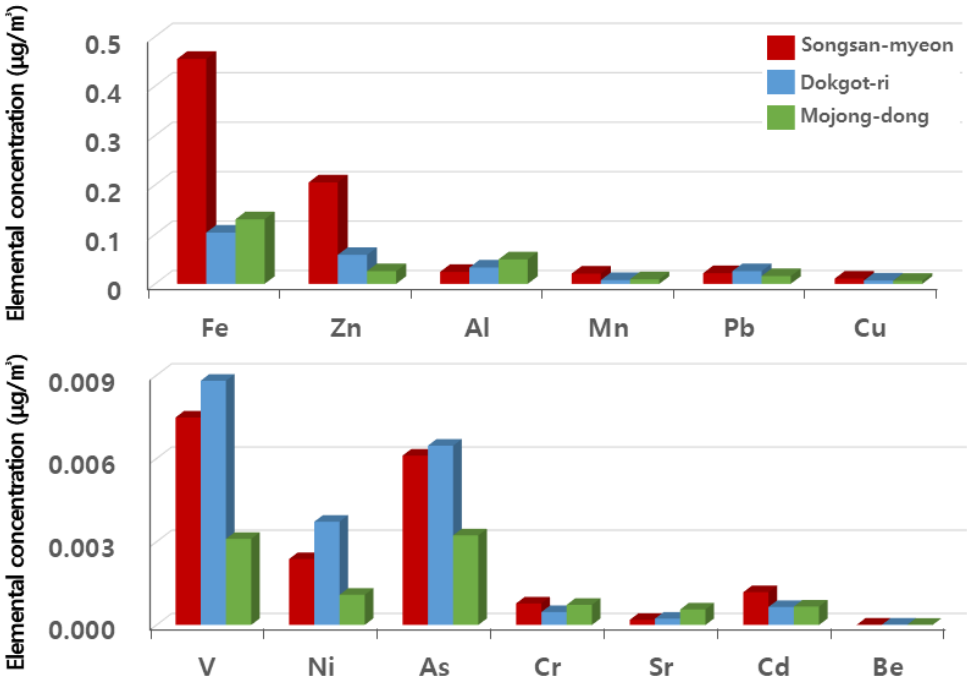


Fig. 9. Average of elemental concentration in $PM_{2.5}$ at each sites.

2.4. 구성비율

측정소별 초미세먼지 성분 구성 비율을 비교한 결과(Fig. 10), 송산면은 이온 47%, 탄소 20%, 금속 3%, 기타 30%의 구성비를 보이며, 독곶리는 이온 45%, 탄소 23%, 금속 1%, 기타 31%, 모종동은 이온 45%, 탄소 26%, 금속 1%, 기타 28%의 구성비를 갖는다. 인근에 제철소가 위치한 송산면은 이온과 금속성분의 구성비가 높았다. 또한 도로이동오염원의 통행이 많은 모종동은 탄소 구성비가 26%로 높았다.

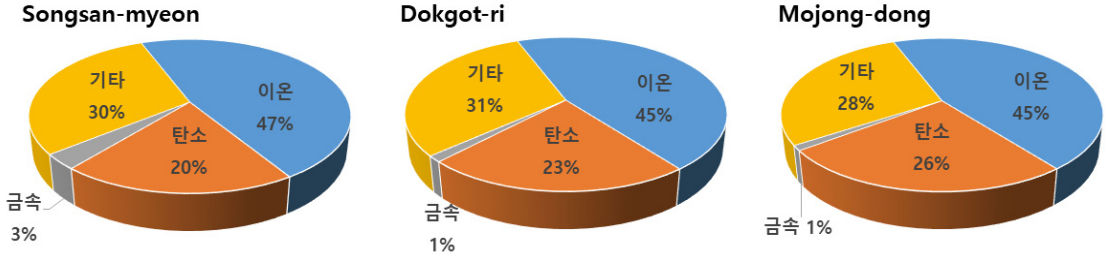


Fig. 10. Mass fraction of ion, carbon and element in $PM_{2.5}$ at each sites.

3. 상관분석

초미세먼지 질량농도와 이온성분의 상관관계를 살펴본 결과(Table 6), NO_3^-, NH_4^+, K^+는 상관계수가 0.86이상으로 강한 상관관계를 SO_4^{2-}는 상관계수가 0.69로 유의한 상관관계를 보여주었다. 각 이온성분의 평균농도를 고려해보면(Fig. 6), 초미세먼지는 주로 NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$의 형태로 존재하는 것으로 판단된다. 탄소성분의 경우에는 OC가 질량농도와 유의한 상관관계(R=0.78)를 가졌다(Table 7). 따라서 초미세먼지 저감을 위해서는 SO_4^{2-}, NO_3^-, NH_4^+, OC물질의 배출원에 대한 저감관리 방안에 우선순위를 두어야 한다고 판단된다.

반면 원소농도와 질량농도의 상관계수는 모든 원소에서 0.6 이하로 상호 관련성이 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 원소농도와 질량농도의 변이 양상이 일치하지 않았던 Fig. 5의 결과와도 일치한다. 질량농도와 원소성분 농도 사이의 비일치성은 원소성분이 인근의 오염원에 영향을 크게 받는다는 사실을 시사한다.

Table 6. Correlation coefficient between mass and ionic species concentration in $PM_{2.5}$

	$PM_{2.5}$	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
$PM_{2.5}$	1.00								
Cl^-	0.51	1.00							
NO_3^-	0.92**	0.52	1.00						
SO_4^{2-}	0.69*	0.16	0.46	1.00					
Na^+	0.42	0.28	0.33	0.34	1.00				
NH_4^+	0.95**	0.43	0.89**	0.78*	0.36	1.00			
K^+	0.86**	0.48	0.84**	0.40	0.45	0.77*	1.00		
Ca^{2+}	0.45	0.37	0.34	0.34	0.59	0.36	0.45	1.00	
Mg^{2+}	0.47	0.30	0.51	0.12	0.53	0.39	0.71*	0.42	1.00

* Yellow shades represent significant correlations ($|R| \geqq 0.6$)

** Red shades represent strong correlations ($|R| \geqq 0.8$)

Table 7. Correlation coefficient between mass and OC, EC, OC/EC concentration in $PM_{2.5}$

	$PM_{2.5}$	OC	EC	OC/EC
$PM_{2.5}$	1.00			
OC	0.78*	1.00		
EC	0.58	0.56	1.00	
OC/EC	0.14	0.32	-0.48	1.00

* Yellow shades represent significant correlations ($|R| \geqq 0.6$)

** Red shades represent strong correlations ($|R| \geqq 0.8$)

Ⅳ. 결 론

오염원에 따른 초미세먼지 성분 조성을 살펴보고자 제철소 인근에 위치한 송산면, 석유화학단지에 위치한 독곶리, 도로이동오염원의 통행이 많은 모종동에서 채취한 초미세먼지 성분분석 결과는 다음과 같다.

1. 월별 초미세먼지 농도는 8월과 9월에는 좋은 상태인 반면 12월부터 2월, 5월, 7월에는 나쁨 수준을 보였다. 측정기간 동안 초미세먼지의 질량농도는 송산면(29.7158 μg/㎥), 모종동(27.4716 μg/㎥), 독곶리(21.8951 μg/㎥)의 순으로 낮아졌다.
2. 총 이온의 평균 농도는 송산면(15.359 μg/㎥), 모종동(13.932 μg/㎥), 독곶리(10.758 μg/㎥) 순으로 낮아졌으며 모든 측정소에서 SO_4^{2-}, NO_3^-, NH_4^+가 전체 이온성분의 93% 이상을 차지하였다.
3. 총 탄소의 평균 농도는 송산면, 독곶리, 모종동이 각각 5.483 μg/㎥, 4.531 μg/㎥, 6.172 μg/㎥을 나타냈으며, OC/EC 비율은 송산면, 독곶리, 모종동이 각각 11.388, 10.796, 11.861을 나타냈다.
4. 이온분석 성분과 중복되는 Na, K, Mg, Ca를 제외한 총 원소의 평균농도는 송산면, 독곶리, 모종동이 각각 0.7550 μg/㎥, 0.2270 μg/㎥, 0.2460 μg/㎥이다.
5. 초미세먼지의 구성성분 중 이온성분은 45 ~ 47%, 탄소성분은 20 ~ 26%, 금속성분은 1 ~ 3%로 이들 성분은 대략 67 ~ 71%의 질량비율을 가졌다.
6. 송산면은 Fe, Zn, Mn, Cd의 농도가 현저히 높았으므로 제철소가, 독곶리는 As, V, Ni이 높았으므로 석유화학단지가, 모종동은 OC 농도가 높았으므로 도로이동오염원이 주변 오염원으로 사료된다.

References

1. Hyosun Kim, Jinsang Jung, Jinhong Lee, Sangil Lee. Seasonal Characteristics of Organic Carbon and Elemental Carbon in PM2.5 in Daejeon. J. KOSAE. 2015; 31(1): 28-40.
2. Su-Mi Kim, Kil-Seong Kim, Sung-Su Hyun, Jeong-Ha Kim, Myeong-Chan Kim, Bong-Jin Kim, et al. Chemical Composition and Source Apportionment of PM2.5 in Jeju City in 2017. J. of the Korean Society for Environmental Analysis. 2018; 21(2): 61-70.
3. H.Z. Tian, Y. Wang, Z.G. Xue, K. Cheng, Y.P. Qu, F.H. Chai, et al. Trend and characteristics of atmospheric emissions of Hg, As, and Se from coal combustion in China, 1980-2007. Atmos. Chem. Phys. 2010; 10: 11905-11919.
4. Mooibroek, D., Schaap, M., Weijers, E. P., Hoogerbrugge, R. Source apportionment and spatial variability of PM2.5 using measurements at five sites in the Netherlands. Atmospheric Environment. 2011; 45(25): 4180-4191.
5. Min-young Sung, Jin-su Park, Hyun-jae Kim, Ha-eun Jeon, You-deok Hong, Ji-hyung Hong. The Characteristics of Element Components in PM2.5 in Seoul and Daejeon. J. of the Korean Society for Environmental Analysis. 2015; 18(1): 49-58.
6. Yeong-jae Lee, Mi-kyung Park, Sun-a Jung, Sun-jung Kim, Mi-ra Jo, In-ho Song, et al. Characteristics of Par ticulate Carbon in the Ambient Air in the Korean Peninsula. Journal of Korean Society for Atmospheric Environment. 2015; 31(4): 330-344.

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 95-107 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 95-107 (2020)

지하수 중 자연방사성물질 함유량 조사연구

유하나†, 이병창, 양태웅, 김종숙, 이중호, 김경아, 권순복, 이인숙

먹는물검사팀

A Study on the Content of Naturally Occurring Radioactive Materials in Groundwater

Ha-na Yoo†, Byoung-chang Lee, Tea-woong Yang, Jong-sook Kim, Jung-ho Lee, Kyong-ah Kim, Soon-bok Kwon, In-sook Lee

Drinking Water Examination Team

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the contents of uranium and radon, naturally occurring radioactive materials in drinking water common facilities and emergency water supply system located in Chungcheongnam-do area. There are 61 drinking water common facilities and 149 emergency water facilities in Chungcheongnam-do area. Uranium, a radioactive material, is subject to the standard for drinking water common facilities, bottled water, and water supply using underground water. The uranium standard for drinking water common facilities in Korea was designated in November 2015, and radon has been managed as a monitoring item for drinking water quality standards since 2019.

This study was conducted from April to July on 124 facilities, excluding non-open, under construction and inaccessible facilities. For uranium, facilities exceeded the drinking water standard of 0.03 ㎎/L decreased by 43.3% in July compared to April and radon decreased by 1%. Thus, as the results of the study, radon was less likely to be affected by seasonal changes and uranium was relatively large. Radon is known to be intermediate material produced by radioactive decay of Uranium(^{238}U) and thorium

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Reserch, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6880, Fax:+82-41-635-7947, E-mail:gring3@korea.kr

(^{232}Th). Of the 124 facilities investigated, there was no facility where both uranium and radon exceeded water quality standards at the same time.

The correlation coefficient between the two items was 0.001 in April and -0.05 in July, showing very low correlation. The 124 sites are divided into nine layers of rock, with 45% of them being Jurassic granite. The removal method of uranium from the groundwater is the same as the removal of heavy metals. However, the impacts of uranium as a heavy metal are greater than the effects of radioactive decay of uranium on the human body.

As radon is a gas substance, and an average of 22% of radon is released into the air during sampling and since radon in indoor air has a greater impact on the human body than radon in water, long-term continuous monitoring of them is required at drinking water common facilities and emergency water supply facilities.

Key words : Naturally occurring radioactive materials, Radon, Uranium, Drinking water, Water supply sytem

Ⅰ. 서 론

최근 지하수를 원수로 사용하는 상수도에서 우라늄이 기준치 이상으로 검출되고, 먹는 물에서의 잇따른 라돈 검출로 자연방사성물질에 대한 불안이 고조되고 있다. 자연방사성물질은 지구 지각에 자연적으로 존재하는 물질로 안정한 다른 형태의 원자핵으로 바뀌려는 성질로 인해 방사선을 방출한다. 먹는 물 중 존재하는 자연방사성물질의 대표적인 물질로는 우라늄과 라돈이 있으며, 두 물질 모두 방사성붕괴로 알파선을 방출한다. 알파선은 양성자 2개와 중성자 2개로 이루어진 입자형 방사선으로 전리작용이 크고 멀리 나가지 못하며, 투과력이 약한 것으로 알려져 있다. 본 연구는 충청남도 내 먹는물공동시설과 민방위비상급수를 대상으로 지역 주민 뿐 아니라 등산객, 재해민 등 불특정 다수에게 제공될 수 있는 먹는 물의 촘촘한 관리로 안전한 식수를 제공하고, 자연방사성물질에 대한 불안감을 해소하며 과학적 행정 구현을 위한 데이터베이스 구축에 그 목적이 있다.

먹는물공동시설은 여러 사람에게 먹는 물을 공급할 목적으로 개발하였거나 자연적으로 형성된 약수터, 샘터 및 우물 등을 말한다. 먹는물공동시설의 수질관리주체는 특별자치시장・특별자치도지사・시장・군수・구청장이며, 관리대상 시설은 전년도 부적합 횟수를 기준으로 “안심”, “양호”, “주의”, “우려” 네가지 등급으로 분류하고 등급에 따라 년 3회에서 8회까지 검사주기가 결정된다.[1] 민방위비상급수시설은 전쟁, 가뭄, 수원지파괴 등 민방위사태 발생으로 상수도 공급중단 시 최소의 음용・생활용수를 주민에게 공급하기 위한 시설로 지하관정, 저수조, 자가발전기, 정수기 등의 부대시설을 포함한 시설이다. 시설의 수질관리주체는 시장・군수・구청장에게 있으며, 수질검사는 음용수의 경우 연 4회, 3/4분기 내에 전항목검사를 실시하여야하며 생활용수의 경우 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙에 의거 3년에 1회 검사하도록 하고 있다[2].

Ⅱ. 연구대상 및 시험방법

1. 연구대상

1.1. 시료

충청남도에는 먹는물공동시설 61개소, 민방위비상급수 149개소가 있으며(Table 1), 이는 각각 전국의 5.1%, 2.6%에 해당한다.

Table 1. The number of drinking water common facilities and emergency water facilities in Korea

Classification	Ddrinking water common facilities	Emergency water facilities
Seoul City	206	1252
Busan Metropolitan City	162	772
Daegu Metropolitan City	4	205
Incheon Metropolitan City	28	386
Gwangju Metropolitan City	6	165
Daejeon Metropolitan City	41	195
Ulsan Metropolitan City	8	132
Sejong City	2	14
Gyeonggi-do	336	1265
Gangwon-do	89	144
Chungcheongbuk-do	73	181
Chungcheongnam-do	61	149
Jeollabuk-do	9	118
Jeollanam-do	58	173
Gyeongsangbuk-do	26	180
Gyeongsangnam-do	77	366
Jeju	4	32
Total	1,190	5,729

* 출처 : 토양지하수종합정보시스템, 국민재난안전포털

먹는물공동시설은 수원고갈 등 취수 불가능한 지점을 제외한 51지점, 민방위비상급수는 개방형 시설에 한해 공사 중이거나 폐쇄예정지를 제외한 73지점 총 124지점을 연구대상으로(Table 2), 갈수기인 4월과 풍수기인 7월 두 차례에 거쳐 진행하였다.

Table 2. The number of the investigated facilities by region in Chungcheongnam-do

Classification	Cheonan	Gongju	Boryeong	Asan	Seosan	Nonsan	Gyeryong	Dangjin	Guemsan	Buyeo	Seocheon	Cheongyang	Hongseong	Yesan	Taean	Sum
Ddrinking water common facilities	10	3	4	4	0	2	3	1	0	6	3	2	2	8	3	**51**
Emergency water facilities	2	12	9	3	7	5	3	4	6	4	4	2	5	3	4	**73**

2. 시험방법

2.1. 수질 분석 항목

수질분석은 「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」의 지하수 46항목 외에 자연방사성물질 우라늄, 라돈을 추가하여 48항목 분석하였다. 라돈은 「먹는물 수질 감시항목 운영 등에 관한 고시」[3] 별표 3에 따라 시험하였고, 나머지 47항목은 먹는물 수질공정시험기준[4]에 따라 조사하였다.

2.2. 분석 조건

라돈은 액체섬광계수기(LSC), 중금속은 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP/MS)를 이용하였고, 이온성 물질은 이온크로마토그래피(IC)로, 휘발성유기화합물은 가스크로마토그래피(GC)로 분석하였다. 본 연구에 이용한 장비에 대한 기기분석 조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Operating conditions of analysis instrument

ICP/MS (PerkinElmer NexION 300D)		Ion Chromatography (Dionex integrion RFIC)	
Variable	Operating conditions	Variable	Operating conditions
Plasma gas(Ar) flow rate	18.0 L/min	Column	Ionpac AS 18 × 250 ㎜
ICP RF Power	1.4 kW	Detector	Conductivity detector
Auxiliary gas(Ar) rate	1.2 mL/min	Suppressor	ASRS 300 ~ 4 ㎜
Nebulizer gas(Ar) flow	0.93 L/min	Flow rate	1.0 mL/min

GC/MS (PerkinElmer)		GC (Agilent 7890A)	
Variable	Operating conditions	Variable	Operating conditions
Carrier gas(He) flow rate	1.0 L/min	Carrier gas(N2) flow rate	1.0 L/min
Column	Elite-5 MS (30 m × 0.25 ID ㎜ × 0.25um)	Column	CP selected 624CB (60 m × 0.25 ID ㎜ × 1.4 um)
Partition ratio	10 : 1	Detector	FID
Oven Temp.	36℃(7min)-20℃/min - 200℃(0min)	Oven Temp.	40℃(2min)-4℃/min- 100℃ (2min)-12℃/min- 225℃(2min)
Injection Temp.	250 ℃	Injection Temp.	230 ℃

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수질 분석 결과

「먹는물 수질 감시항목 운영 등에 관한 고시」[3]에 따라 2019년 현재 라돈은 상수원수가 지하수인 정수장, 마을상수도 및 소규모 급수시설에 한하여 반기 1회 검사주기를 갖는 감시항목으로 먹는물공동시설과 민방위비상급수의 수질기준 정식항목은 아니다. 우라늄 역시 민방위비상급수의 수질기준 정식항목은 아니며, 두 시설의 수질 검사는 감시항목기준(라돈)과 먹는물의 수질기준(지하수 46항목과 우라늄)으로 적용되었다. 민방위비상급수의 경우, 용도에 따라 수질기준이 다르므로 시·군에서 공지한 수질결과가 본 연구결과와 상이할 수 있다.

연구대상 시설 124지점의 지역별 시기별 조사 결과는 Table 4와 같다. 아산과 청양을 제외한 지역에서 라돈 기준초과 시설이 한 곳 이상 존재하였으며, 우라늄의 경우는 공주, 아산, 서산에서 4월에 각각 한 지점씩 기준을 초과하였다. 지하수 46항목과 자연방사성물질의 기준 초과율은 4월에는 54지점으로 전체의 44%, 7월에는 45지점으로 전체의 36%로 나타났다.

Table 4. Analytical results for the investigated facilities (unit : number of facilities)

Region	Investigated facilities	Nonconforming facilities and items in April		Nonconforming facilities and items in July	
Cheonan	12	4 (33%)	Rn(3), Microorganism(1)	5 (42%)	Rn(2), Microorganism(3)
Gongju	15	5 (33%)	U(1), Rn(2), Turbidity(1), Turbidity & Fe(1)	3 (20%)	Rn(2), As(1)
Boryeong	13	3 (23%)	Rn(1), Microorganism(1), Fe & Turbidity(1)	3 (23%)	Rn(1), Turbidity(2)
Asan	7	1 (14%)	U(1)	2 (29%)	Microorganism(1), U & As(1)
Seosan	7	2 (29%)	Rn & Fe & Turbidity(1), U & Hardness & Cl & Fe & Turbidity(1)	2 (29%)	Rn(1), Microorganism & As & Hardness & Cl & Fe & Turbidity(1)
Nonsan	7	4 (57%)	Rn(2), Microorganism(1), Microorganism & NO3-N(1)	3 (43%)	Rn(2), NO3-N(1)
Gyeryong	6	2 (33%)	Radon(2)	3 (50%)	Rn(2), Microorganism(1)
Dangjin	5	3 (60%)	Radon(1), As(1), NO3-N(1)	3 (60%)	Rn(1), As(1), NO3-N(1)
Guemsan	6	3 (50%)	Radon(3)	4 (67%)	Rn(3), Microorganism(1)
Buyeo	10	6 (60%)	Rn(2), Microorganism (2), Rn & Fe & Turbidity(1), Fe & Turbidity(1)	5 (50%)	Rn(1), Microorganism(1), Rn & Microorganism(1), Microorganism & KMnO4 & Color(1), Microorganism & Fe & Turbidity(1)
Seocheon	7	2 (29%)	Rn(1), Microorganism(2)	1 (14%)	Rn(1)
Cheongyang	4	4 (100 %)	Microorganism & Turbidity & Al(1), Microorganism(1), F(1),Turbidity(1)	2 (50%)	F(1), Cl & Mg & Turbidity(1)
Hongseong	7	4 (57%)	Rn(4)	4 (57%)	Rn(2), Turbidity(1), Rn & NO3-N & Color & Fe & Turbidity(1)

Table 4. continued

Region	Investigated facilities	Nonconforming facilities and items in April		Nonconforming facilities and items in July	
Yesan	11	9 (82%)	Rn(3),Microorganism(1), NO_3-N(1), Rn & Microorganism(1), Turbidity(2), Microorganism & Turbidity(1)	4 (36%)	Rn(3), Microorganism & Turbidity(1)
Taean	7	2 (29%)	Rn(1), Microorganism(1)	1 (14%)	Rn(1)
Sum	124	54(44%)		45(36%)	

1.1. 시기별 수질분석 결과

연구대상 시설의 4월과 7월 수질분석 결과, 지하수 46항목의 경우는 Fig. 1과 같다. 4월의 부적합률이 22.6%로 7월인 18.5%에 비해 높았으며, 7월의 부적합 항목이 11개로 4월의 9개보다 더 많았다. 먹는물공동시설의 경우, 4월 부적합 시설수는 10곳, 7월 부적합 시설수는 7곳으로 나타났으며 부적합 시설 중 미생물에 의한 부적합이 각각 90%, 86%를 차지하였다. 민방위비상급수의 경우, 4월의 부적합 시설은 18곳, 7월의 부적합 시설은 16곳으로 4월과 7월 모두 탁도에 의한 부적합이 부적합 시설의 50%, 44%로 가장 많은 부분을 차지하였다. 또한 탁도 부적합 시설의 절반은 철과 동반한 부적합을 보였다. 민방위비상급수의 경우, 개방형시설만을 연구대상으로 하였으나 개방형시설이 상시 가동·사용되는 경우는 드물었고 정기수질검사를 진행하거나, 김장이나 5일장과 같은 행사가 계획된 경우에 한하여 가동되었기 때문에 탁도와 철의 부적합률이 높은 것으로 보인다.

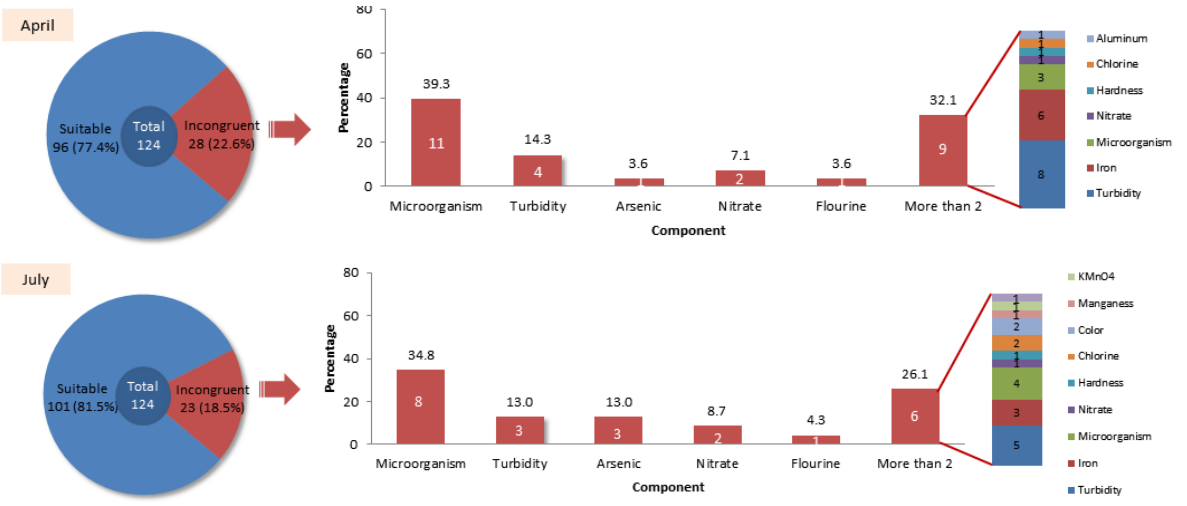


Fig. 1. Analytical result of water quality for 124 sampling site.

시기별 자연방사성물질 우라늄과 라돈의 검사 결과는 Fig. 2와 같다. 라돈의 수질감시항목 기준은 148 Bq/L로 4월 조사에서는 전체 124지점 중 28지점, 7월 조사에서는 24지점이 감시항목기준을 초과하였다. 우라늄의 경우 먹는물수질기준 0.03 ㎎/L를 초과한 지점이 4월에는 3지점, 7월에는 1지점으로 나타났다. 4월에 수질기준을 초과한 시설을 대상으로 7월의 수질변화를 살펴보면, 라돈의 경우 평균 1% 감소율을 보였으며, 우라늄의 경우 평균 43.3% 감소하였다. 이렇듯 계절변화에 따른 농도변화가 라돈이 우라늄에 비해 적은 것으로 나타났다.

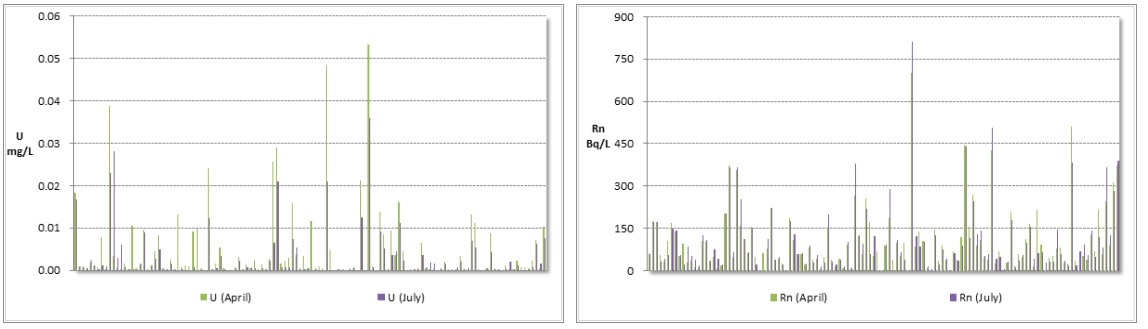


Fig. 2. Results of seasonal changes in radioactive materials

1.2. 지점별 수질분석 결과

지점별 자연방사성물질분석 결과, Fig. 3과 같이 라돈의 경우 서천 지역에서 가장 높은 701.3 Bq/L(4월), 811.5 Bq/L(7월)를 나타내었다. 우라늄은 아산 지역에서 0.0534 ㎎/L(4월), 0.0360 ㎎/L(7월)로 가장 높았다.

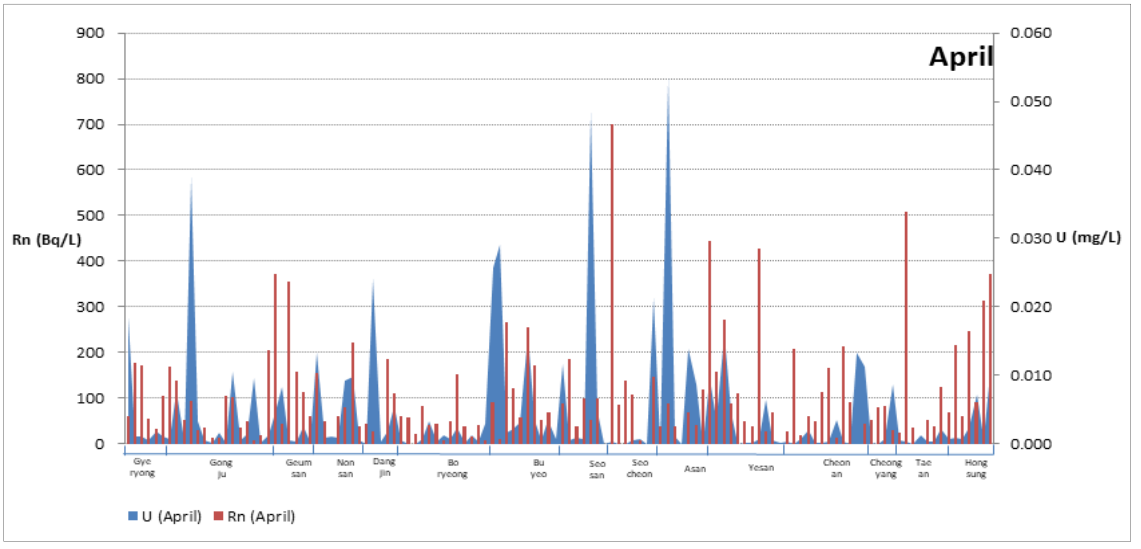


Fig. 3. Results of detection of radioactive materials by region

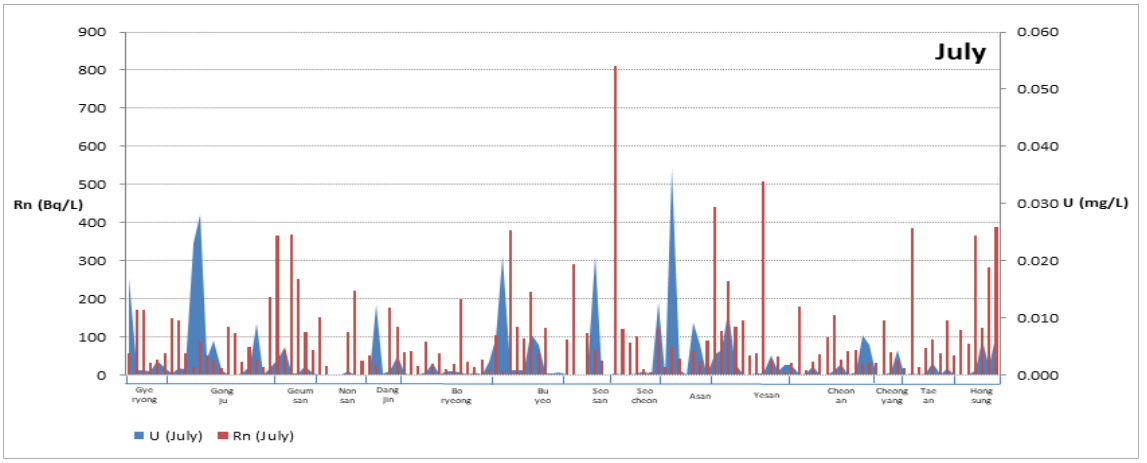


Fig. 3. continued

라듐(^{226}Ra, ^{224}Ra)은 암석, 토양 등에 있는 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)이 방사능 붕괴를 하면서 자연적으로 만들어지고, 라듐이 붕괴하여 라돈(^{220}Rn, ^{222}Rn)과 같은 방사성 물질이 생성된다. 토륨(^{232}Th)이 붕괴하면서 만들어지는 라돈(^{220}Rn)을 일반적으로 '토론'이라하며 반감기가 55.6초로 매우 짧고 라돈(^{222}Rn)에 비해 지표나 대기 중으로 나오는 양이 매우 적다. 따라서 흔히 '라돈'이라고 하면 우라늄이 붕괴하면서 만들어지는 라돈 ^{222}Rn을 말한다[5]. 그러나 Fig. 2와 Fig. 3에 나타낸 지역별, 시기별 자연방사성물질 분석결과에서 보듯이 우라늄이 높게 검출되는 지점에서 라돈도 높게 검출되지는 않았다.

자연방사성물질과 대표적인 수질기준 초과 항목들 간의 상관성 여부를 알아보기 위해 항목들 간 상관성을 평가하였다. 두 변수 사이의 선형 관계를 평가하여 한 변수의 변화가 다른 변수의 변화에 비례적 연관성이 존재하는지를 평가하는 Pearson 상관 계수는 Fig. 4와 같았다. 계수의 범위는 -1부터 1까지이며, 항목 간 양의 상관성이 클수록 1에 가깝고, 음의 상관성이 클수록 -1에 가까운 수치를 나타낸다. 평가 결과, 양의 상관성이 크게 나타난 항목은 염소이온과 경도, 탁도와 철로 각각 0.96, 0.78의 상관계수를 나타내었다. 경도와 염소이온 간에도 선형 관계를 확인할 수 있다. 우라늄과 라돈은 -0.01로 상관성을 보이지 않았다.

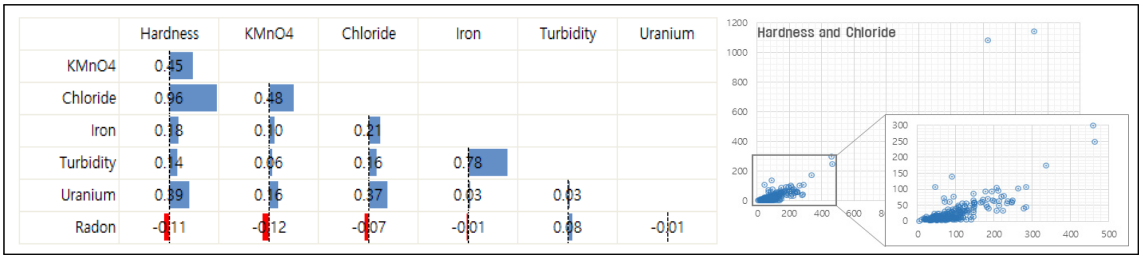


Fig. 4. Correlation coefficient between nonconforming items.

2. 지질대 분석

2.1. 조사지점의 지질대

지하수내 우라늄은 암석내 존재하는 우라늄 함유 광물의 용해에 기인하는 것으로, 우라늄의 함량이 높은 암석이 지하수와의 물-암석 반응을 통해 용해된다. 쥬라기와 백악기 화강암과 같은 모암보다는 열수변질대와 같은 이차적 열수작용 등 변질작용을 받은 지질에서 우라늄 함량이 높은 것으로 보고되고 있다. 라돈의 경우 라돈가스의 지질매체에서의 기원은 암석 내 우라늄의 붕괴시리즈 외에도 심부기원의 라돈 공급을 고려하여야 한다[6]. 많은 연구결과, 화강암지대가 우라늄과 라돈함량이 높은 것으로 알려져 있다. 본 연구대상 시설이 위치한 지질대는 Fig. 5와 같다. 사용된 충청남도의 지질도는 한국지질자원연구원 지질정보서비스시스템의 백만지질도로 연구대상 시설의 위치를 먹는물공동시설의 경우 파란점으로, 민방위비상급수는 빨간점으로 표시하였다. Fig 5에서와 같이 연구 지점의 지질대는 쥬라기화강암류(Jgr)가 먹는물공동시설에서는 47.1%, 민방위비상급수에서는 45.2%로 가장 많은 부분을 차지하였고, 화강편마암(PRgr)과 호상편마암(AR1) 순으로 세 지질대가 조사지점의 70% 이상을 차지하였다.

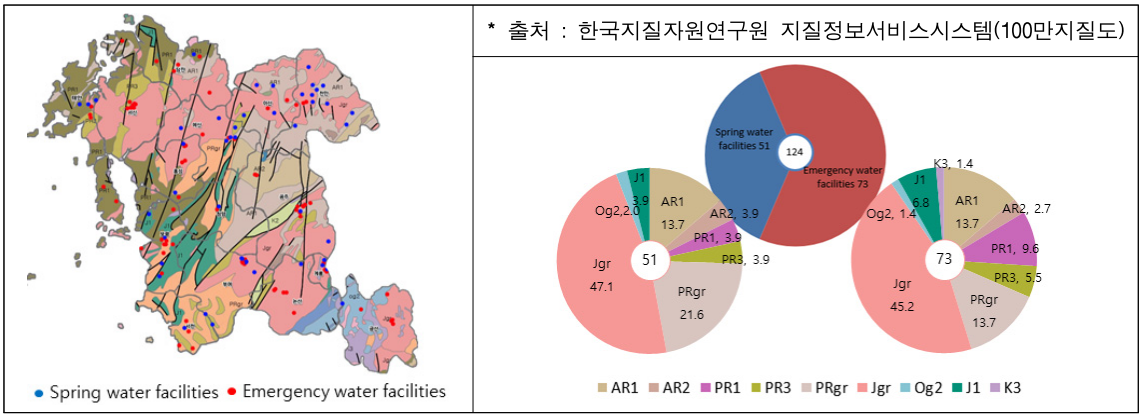


Fig. 5. Distribution map of geological layers in this study area.

2.2. 지질대 별 자연방사성물질 농도분포

지질에 따른 자연방사성물질의 농도분포는 Fig. 6에 나타낸 것과 같다. 연구대상 시설 중 라돈의 최고농도는 화강편마암(PRgr)에서, 우라늄의 최고농도는 쥬라기화강암(Jgr)에서 분석되었다. 지질별 농도분포에서 보듯 라돈은 지질에 따라 현저한 차이를 보이지 않으며, 진술한 대로 우라늄과 라돈간의 상관성은 없었다. 이는 라돈은 지하수에 잘 용해되고 반감기가 3.82일에 불과하여 이동거리가 짧지만 우라늄은 지하수 환경에 따라서 근원암으로부터 멀리 이동할 수 있기 때문이다(Atkins et al, 2016)[7]. 7월 결과를 토대로 한 라돈의 지질대별 초과율과 평균 농도를 Fig. 7을 통해 살펴보면, 쥬라기화강암(Jgr)에서 라돈의 기준 초과율이 26%로 가장 높게 나타났으며 흑운모편마암(PR1)에서 22%로 그 다음을 차지하였다. 지질대에 따른 라돈의 평균 농도는 석영편암(PR3)에서 124 Bq/L로 가장 높았으며, 쥬라기화강암

(Jgr)이 122 Bq/L로 그 다음이었다. 우라늄의 경우 지질대에 따른 평균농도는 호상편마암(AR1)에서 0.0047 ㎎/L로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 쥬라기화강암류로 0.0034 ㎎/L이었다.

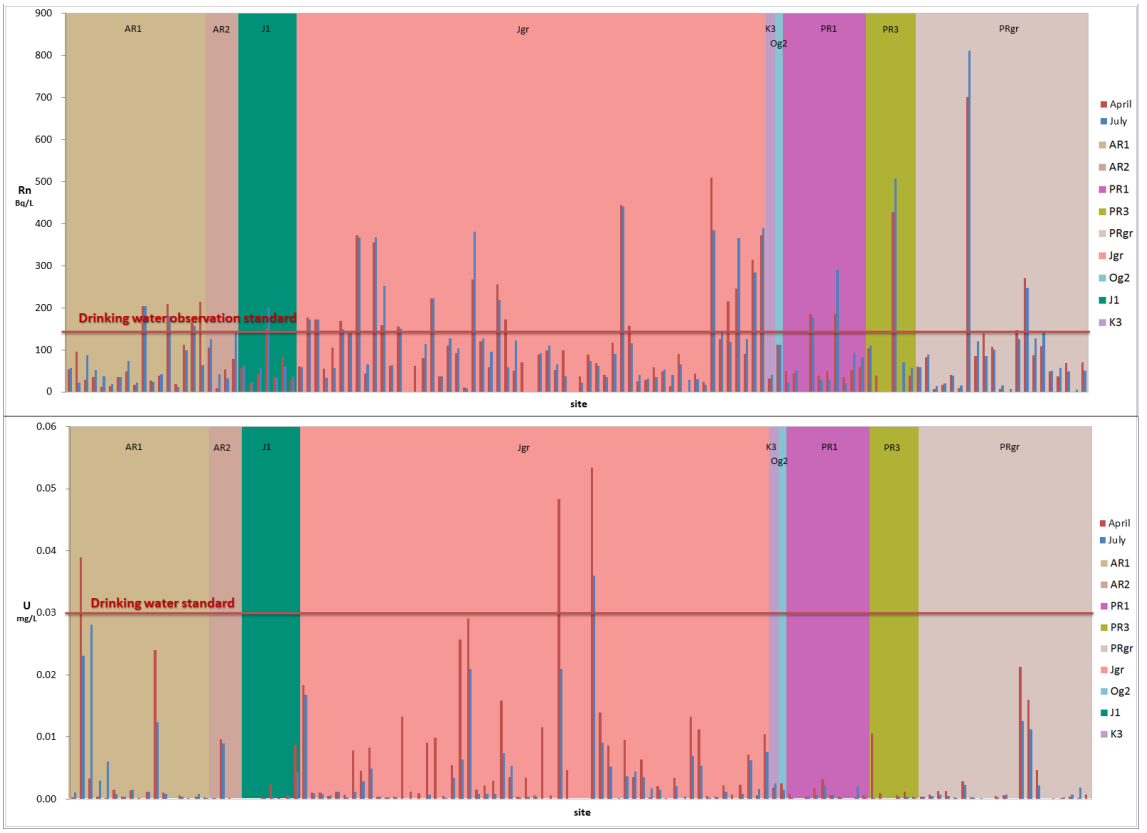


Fig. 6. Concentration distribution of natural radioactive materials by geological layers.

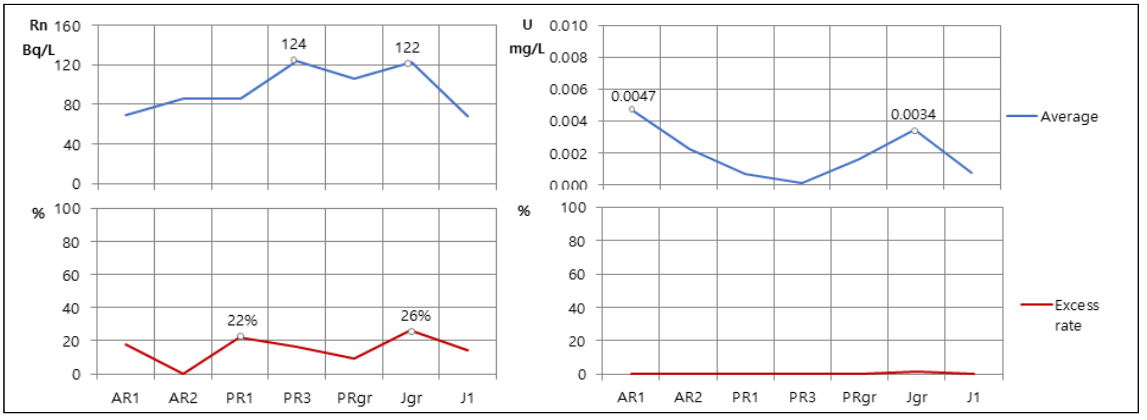


Fig. 7. Average concentration and excess rate of natural radioactive materials by geological layers.

2.3. 라돈의 자연 저감률

라돈은 흡입하는 경우 발암력이 커 인체에 폐암을 일으킨다고 알려져 있고, NAS(National Academy of Science)(1999)에 따르면 이로 인해 미국에서 연간 20,000명이 폐암으로 사망한다고 보고되고 있다. 세계보건기구 산하기관인 국제암연구소는 라돈과 라돈자손을 1군 발암물질로 분류하였다. 또한 음용수 중 라돈 섭취에 의한 위암 발생 위해가 있으나, 실제 음용수 중 라돈이 공기 중으로 방출되어 폐암을 발생시킬 위해성과 비교한다면 훨씬 낮은 수준인 것으로 알려져 있다(NAS, 1999). 우라늄의 건강 영향은 체내에 유입되었을 경우 발생할 수 있으며 외부적인 감마선으로 인한 영향은 없는 것으로 알려져 있다. 음식이나 물을 통해 섭취된 우라늄의 99%는 배설물을 통해 배출되고, 나머지가 혈액으로 흡수되어 대부분 신장을 통해 소변으로 배출된다. 주된 영향은 용해성 우라늄 화합물의 화학적 독성으로 인한 신장 손상이며, 뼈에 침적된 우라늄의 방사성 붕괴산물과 연관된 영향으로써 골격계에 암을 유발할 수도 있다[5,8,9].

물 중 라돈은 가스 상태로 빠르게 휘발되는 특성이 있어 어느 정도 방치 만해도 공기 중으로 날아가며, 반감기가 3.82일로 짧기 때문에 시간이 지남에 따라 급속히 감소한다. 따라서 물 중 라돈의 저감방안으로는 폭기, 활성탄처리, 방치 및 끓임의 방법이 있으며 실내 공기 중 라돈의 저감방안으로는 실내 환기와 침투를 차단하는 방법이 있다. 우라늄의 저감방안은 중금속 제거 및 저감에 사용되는 일반적인 방법으로 이온교환수지, 연화장치, 응집, 침전 및 역삼투압이 있다[9].

경제적인 비용이 수반되는 인위적인 방법 외에 쉽고 빠르게 처리할 수 있는 방안 중 가장 대표적인 것이 자연 저감률을 이용하는 것이다. 이를 위해서는 고휘발성, 짧은 반감기 등에 의한 라돈의 자연저감 특성을 파악하는 것이 선행되어야 한다. 마을상수도(301개소)를 대상으로 한 국립환경과학원 연구결과, 우라늄의 농도변화는 적으나 라돈은 원수와 비교하여 물탱크수와 꼭지수에서 평균 약 40% 이상의 농도 감소를 보이며, 라돈의 감시기준을 초과한 시설(68개소)의 경우에는 약 50%가 자연저감 되었고 라돈 함량 정도와 자연저감효율 간의 큰 상관성을 보이지 않은 것으로 보고되었다[10].

본 연구에서는 연구 대상 시설 중 300 Bq/L 이상을 기록한 4개 지점을 대상으로 온도에 따른 자연저감률과 공기와의 접촉 여부, 즉 보관방법에 따른 자연저감률을 살펴보았다. 라돈의 붕괴상수는 0.181 /day로 알려져 있으나 본 연구에서 감시기준 초과시설의 붕괴상수를 분석한 결과 0.182 ~ 0.206 /day로 나타났다. 온도와 보관방법에 따른 저감공식을 각 지점에서 실측한 반감기와 비교한 것이다. Fig. 8의 위 그래프는 보관 방법에 따른 라돈의 저감률을 살펴본 것으로, 2℃ 보관 시 공기와의 접촉을 차단한 경우와 공기와 접촉한 경우를 표현하였고, 아래 그래프는 공기와 접촉한 상태에서 20℃와 2℃의 보관온도에 따른 차이를 나타낸 것이다. 공기와의 접촉 여부에 따른 저감률을 분석한 결과, 공기와 접촉 상태에서 보관한 경우 0.22 ~ 0.45 /day 저감률을 보였으며, 공기와 접촉하지 않은 밀봉상태의 경우 0.209 ~ 0.242 /day 저감률을 보였다. 보관온도에 따른 저감률을 살펴보면, 2 ℃ 보관 시 0.323 ~ 0.414 /day이었고, 20℃ 보관 시에는 0.359 ~ 0.37 /day로 분석되었다. 이 같이 라돈의 자연저감률은 냉장이나 상온 보관 시 큰 차이를 보이지 않았으며, 공기와의 접촉여부에 따른 차이가 큼을 알 수 있다. 또한 자연저감률은 라돈의 초기 농도와는 상관성을 보이지 않았다.

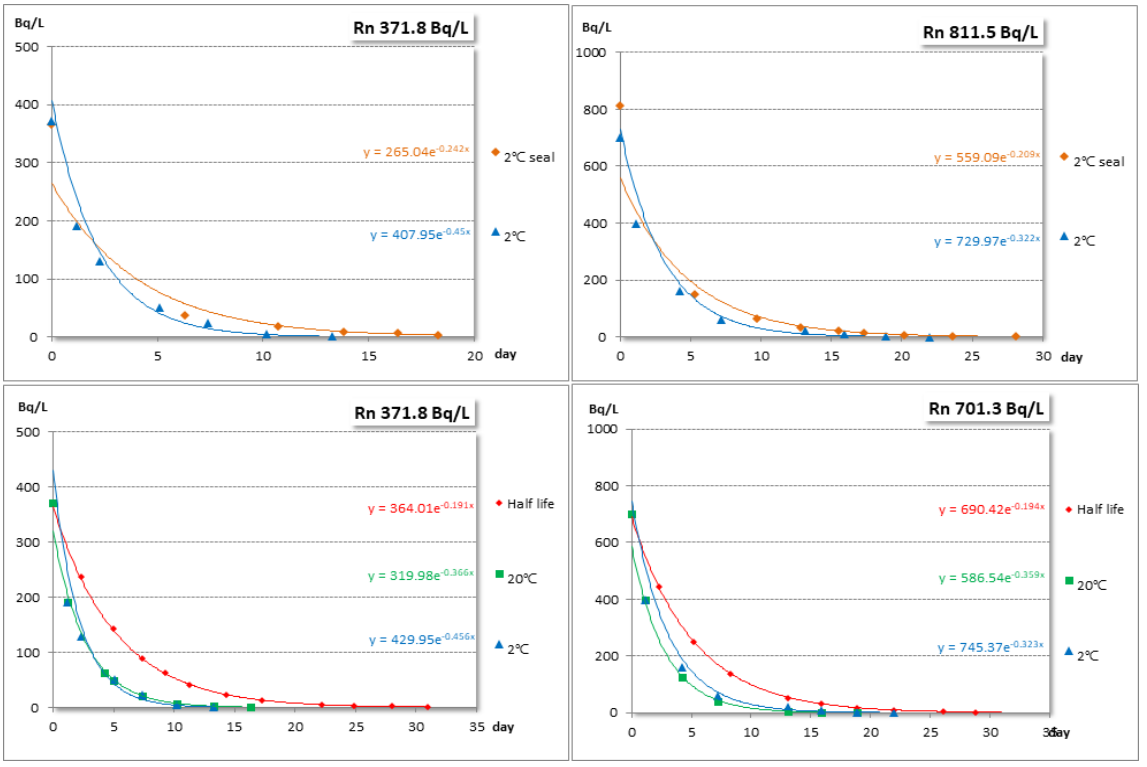


Fig. 8. Radon reduction rate according to sample storage conditions.

약수터에서 물을 담아 집으로 가져가는 과정에서도 라돈은 빠르게 공기 중으로 휘발될 것으로 예상되어 물을 채취하는 과정 가운데 어느 정도 휘발이 되는지 알아보았다. 14 ~ 166 Bq/L의 농도를 보이는 7지점에서 정류상태로 4 L 채취하는 과정을 거치면 라돈이 평균 22% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 채수 용량과 채수 시 물의 유속, 공기와의 접촉 시간 등이 변수로 적용할 것으로 사료된다. 또한 감시기준을 초과한 모든 지점의 시료는 물을 끓이는 과정동안 정량한계(2.0 Bq/L)이하로 제거되었다.

Ⅳ. 결 론

충청남도 내 위치한 51개소의 약수터와 73개소의 민방위비상급수에 대하여 2019년 4월과 7월 2차례에 거쳐 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 먹는물공동시설은 전년도 수질검사 결과에 따라 연 3회에서 8회 수질검사를 통해 관리하고 있다. 그러나 그 중 전항목 검사는 연 1회 실시하고 나머지는 6항목 부분검사로 진행하게 되어있다. 민방위비상급수의 경우도 연 4회 수질검사에 그 중 1회 전항목검사로 수질을 관리하고 그 외에는 먹는물공동시설과 같이 6항목 부분검사를 하도록 정해져 있다. 먹는물공동시설의 경우 본 연구대상 시설에서 미생물에 의한 부적합률이 가장 높았으며, 민방위비상급수의 경우, 탁도와 철에 의한 부적합률이 높게 나타났다. 6항목에 포함되지 않은 항목에 의

한 부적합 시설의 경우 부분검사에 부적합 항목을 추가하여 지속적인 모니터링을 통해 관리해야 할 것이다.

2. 조사대상 시설들은 개방된 형태가 대부분이므로 상대적으로 위험도가 낮으나 라돈은 기체로의 휘발이 빠르게 일어나고 시기에 따른 변화가 크지 않기 때문에 지속적인 관리 및 처리가 요구된다. 또한 정기적 모니터링 결과를 사용 주민에게 알리고 바르게 음용할 수 있도록 정보를 제공해야 할 것이다. 아울러 지속적인 검사를 통해 저감시설을 설치하거나 대체 시설을 개발하는 등의 관리방안을 강구하여야 한다.
3. 지역의 지질 특성상 자연방사성물질의 관리 및 단계적 조사가 시급하다. 밀폐된 실내공간에서 사용할 수밖에 없는 지하수를 원수로 하는 마을상수도의 자연방사성물질 모니터링이 필요하다. 대부분 마을상수도시설의 경우 지하수를 물탱크에 저장한 후 소독을 거쳐 마을 주민에게 공급되는 형태이기에 이러한 일련의 과정이 지하수 중 라돈의 자연저감을 일으키는 중요한 요소로 작용한다. 따라서 지하수 원수가 라돈의 감시기준을 초과한 경우, 물탱크 중 라돈 검사로 원수부터 물탱크에 저장된 경로에 이르기까지 저감정도를 파악하여야 하며, 수도꼭지에 도달했을 때의 저감결과를 고려하여야 할 것이다. 수도꼭지수 검사결과가 부적합한 가정의 경우에는 공기 중 라돈의 위해도가 크고 기체 상태로의 변화가 빠르게 일어나므로 실내공기 중의 라돈검사를 병행하여 라돈의 환경노출에 대한 통합적 관리를 하여야 할 것이다.

References

1. 환경부훈령 제 1374호, 먹는물공동시설 관리요령(시행 2018.12.20.)
2. 행정안전부, 2019년도 민방위 업무 지침 (2019.1.)
3. 환경부고시, 먹는물 수질감시항목 운영 등에 관한 고시 (시행 2019.6.25.)
4. 환경부, 국립환경과학원, 먹는물수질오염공정시험기준, (2018.12.21.)
5. 환경부, 생활 속 자연 방사성 물질, 라돈의 이해 (2016.12.)
6. 한국지질자원연구원, 지질별 지하수 중 자연방사성물질 정밀조사연구, 국립환경과학원, 2013, pp.80
7. UK Yun, MS Kim, DH Jeong, JH Hwang, BW Cho, Uranium and radon concentrations in groundwater of the Daejeon granite area : comparison with other granite areas, The Journal of Engineering Geology, Vol.28, No. 4, pp. 638, 2018
8. DC Shin, YS Kim, HS Park, BW Cho, IH Sung, Management strategies for radionuclides in drinking water, 2002, pp.4-5
9. 환경부・국립환경과학원, 지하수 중 자연방사성 물질 (2015)
10. HJ Noh, DH Jeong, JK Yoon, MS Kim, BK Ju, SH Jeon et al. Natural reduction characteristics of radon in drinking groundwater, J. Soil & Groundwater Env. Vol. 16(1), 2011, pp.16-17
11. 한국지질자원연구소 지질정보서비스시스템 (https://mgeo.kigam.re.kr)
12. 토양지하수정보시스템(http://sgis.nier.go.kr/)
13. 국민재난안전포털(http://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/main/main.html)

충청남도보건환경연구원보, 제30권, 108-125 (2020)
J Chungnam Inst Health & Environ., Vol 30, 108-125 (2020)

가축분뇨처리시설의 생태독성 평가

홍현미†, 윤선진, 송해종, 오인숙, 김나영, 윤 종

산업폐수팀

Evaluation of Ecotoxicity of Discharge water in Livestock Excreta Treatment Facility

Hyun-mee Hong†, Seon-jin Yoon, Hae-jong Song,
In-suk Oh, Na-young Kim, Jong Yoon

Industrial Wastewater Team

ABSTRACT

This study compares and analyzes the status of Ecotoxicity and the relationship between pollutants from Jan. to Dec, 2019 on effluent from livestock manure treatment facilities in Chungcheongnam-do.

1. As a livestock manure treatment method operating in Chungcheongnam-do, individual treatment facilities are operated by five methods including activated sludge, long-term aeration method, and suspension microbial contact method. And public treatment facilities are operated by four methods including highly efficient anaerobic digestion, BSC method, liquid corrosion method, BCS + SBR.
2. Ecotoxicity was detected in 16 out of 62 samples, and the analysis result range was 2 samples below 1.0 TU, 12 samples between 1.0 and 2.0 TU, and 2 samples above 2.0 TU.
3. When the livestock manure treatment was operated by the long-term aeration method, 9 out of 11 cases (82%) were found to have high ecotoxicity. Therefore, we need to take countermeasures against this.
4. It was found that ecotoxicity of public treatment facilities is mainly affected by salt concentration and electrical conductivity, and individual treatment facilities are also

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Reserch, Hongseong, Korea, Tel:+82-41-635-6891, Fax:+82-41-635-7947, E-mail:insuk1260@korea.kr

related to ecotoxicity in general pollutants such as pH, salt, electrical conductivity, and ammonia nitrogen.

5. There are three items of metals that are detected over EC_{50} values: copper, zinc, and manganese, and 9 samples of copper, 6 samples of manganese, and 10 samples of zinc exceed EC_{50} values. The reason for the excessive metals is thought to be due to the use of growth-promoting agents when raising livestock and the use of antibiotics in feed.

Key words : Livestock Waste Water, Ecotoxicity, Daphnia magna, EC_{50}

Ⅰ. 서 론

가축분뇨의 관리는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에서 가축사육 농가를 규모에 따라 허가, 신고 및 신고 미만으로 구분한다. 허가・신고 등 규제대상시설에 대해서는 가축분뇨처리시설의 설치의무를 부여하고 축산농가가 자체 처리시설을 갖추고 방류수 수질기준을 준수하거나 퇴비・액비 등으로 자원화하여 처리토록 하고 있다. 가축분뇨의 처리는 발생량 중 약 90.6%는 자원화시설에서 퇴비・액비화하고 있으며, 8.2%는 개별처리시설이나 공공처리시설을 통해 정화처리하고 있고, 1.2%는 자연증발 등으로 소멸된다[1].

가축분뇨는 전체 오・폐수 발생량의 1%에 불과하나 수질오염 부하량의 37%를 차지하며, BOD 부하량은 생활하수에 비해 90배 정도 높다[2]. 고농도의 유기물 및 영양염류가 함유된 가축분뇨가 공공수역에 유출되면 수질오염이 가중되어 영양염류에 의한 부영양화, 과량의 유기물질에 의한 용존산소 결핍 등으로 수서생물들에 악영향을 끼치게 된다. 특히 규정대상에서 벗어나 있는 난분해성 유기물질이나, 중금속 등은 수생태계에 독성을 일으킬 수 있는 잠재력을 지니고 있어 가축분뇨처리시설 방류수에 대한 현재 수질기준 적용 이외의 항목에 대한 관리 필요성이 증가되고 있다. 특히, 개별 가축분뇨처리시설은 공공처리시설의 경우보다 수질기준이 크게 높아 기준에는 만족하지만 고농도의 오염물질이 배출되고 있어 이들 시설에 대한 집중 관리가 필요하다. 산업폐수와 생활하수는 지속적으로 집중 투자・관리되어 온 반면, 가축분뇨시설의 관리는 소극적 시설투자와 낮은 공공처리시설 보급으로 상대적으로 미흡한 실정이다.[3]

산업폐수 배출수는 수질오염물질의 꾸준한 확대 및 배출허용기준을 강화하고 있다. 미지의 독성 오염물질 확인을 위해 35개 업종에 대하여 물벼룩을 이용한 생태독성을 검사하고 있으며, 2021부터 82개 업종으로 확대 할 예정이다. 또한 유기물질지표인 COD를 TOC로 2020년부터 단계별로 전환해 난분해성유기물질을 관리할 계획이다. 이에 반해 가축분뇨처리시설 방류수 수질관리는 개별 가축분뇨처리시설의 경우 BOD, SS, TN, TP 등 4항목이며, 공공 처리시설은 개별처리시설 항목에 COD와 총대장균군을 추가하여 6항목으로 제한하고 있어, 가축분뇨가 공공수역으로 방류되었을 때 주변 생태계에 미칠 수 있는 독성평가가 부족한 실정이다.

본 연구는 충남도내 가축분뇨처리시설에 도입하여 운영되고 있는 처리공법에 의한

생태독성 특성과 유기오염물질 및 중금속 등과 생태독성과의 관계를 비교・분석하고, 가축분뇨 방류수가 생태독성에 영향을 미치는 오염물질에 대한 효율적인 수질관리 방안을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

조사대상 시료는 충청남도 내에서 운영되고 있는 개별가축분뇨처리시설 및 가축분뇨 공공처리시설에서 배출되는 방류수를 대상으로 2019년 3월부터 12월까지 의뢰된 도 및 시・군의 지도단속 시료를 개별처리시설과 공공처리시설로 구분하여 선정하였다. 대상 시료는 시설별로 개별가축분뇨처리시설 45건과 5개 공공처리시설에서 중복 채수 17건으로 총 62건을 조사 하였다(Table 1).

Table 1. Livestock waste water plants in Chungcheongnam-do

구분	시설수	처 리 공 법(개소(건))				
개별처리시설	45	활성슬러지	장기폭기	현수미생물접촉	분리막조	단순저장
		23	11	9	1	1
공공처리시설	5 (17)	고효율성혐기성소화		BSC공법	액상부식	BCS+SBR
		2(7)		1(3)	1(3)	1(4)

2. 조사방법

2.1. 조사항목 및 방법

조사항목은 pH, 수온, DO, 전기전도도, 암모니아성질소, 경도, 잔류염소, 염분, TOC, 총대장균군 및 생태독성 등 11개 일반항목과 방류수 수질기준이 적용되는 BOD, COD, SS, T-N, T-P 항목 및 납 등 유해중금속 9개 항목을 포함해 총 25개 항목을 분석하였다. 시험방법은 수질오염공정시험기준[4]에 따라 분석하였으며, 중금속 항목은 유도결합플라즈마, TOC는 시마즈사의 TOC-L 장비를 사용하였다(Table 2).

Table 2. Analysis method and Instruments used in this study

분석항목	시험방법	사용장비
수온, pH, EC, DO, 염분	현장측정	K200-pH/ iSTEK
BOD	윙클러-아지드화나트륨 변법	-
COD	과망간산칼륨법	-
TOC	고온연소산화법	TOC-L/ Shimadzu
T-N, T-P, NH_3-N	자외선, 가시선 분광법	Lambda365/Perkin elmer
중금속	유도결합플라즈마 원자발광분광법	Optima/Perkin elmer

2.2. 생태독성 시험조건

물벼룩은 생태독성 시험방법 및 운영지침[5]에 따라 시험하였으며 배양조건과 노출 시험조건은 Daphnia magna(큰물벼룩)을 이용하여 시료 원수를 100%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25% 등 총 5단계로 희석하고 각 농도군 당 4개의 반복구를 두어 24시간 노출시켜 치사 및 유영저해 개체수를 판별하고 EC_{50} 값을 산출하였다(Table 3).

Table 3. Ecotoxicity test conditions

항 목	시 험 조 건
물벼룩 배양조건	
시험생물종	Daphnia magna Straus (큰 물벼룩)
수온	20±2℃
pH	7.6 ~ 8.0
조도	500 ~ 1,000 Lux
광주기	16 hr : 8 hr (right : dark)
용존산소	3 ㎎/L 이상
배양용기	1,000 mL 유리수조
배양 생물 수	10 ~ 15 개체/L
배양액	1,000 mL
배양기간	6주 (주차관리 ; 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6주차), 주차별 6 ~ 8개 비이커 배양
먹이공급	1일 1회 (주 먹이 및 보조 먹이 3:1 비율)
항 목	시 험 조 건
물벼룩 노출 시험조건	
시험생물종	Daphnia magna Straus (큰 물벼룩)
수온	20±2℃
pH	7.6 ~ 8.0
조도	500 ~ 1,000 Lux
광주기	16 hr : 8 hr (right : dark)
용존산소	3 ㎎/L 이상
생물연령	24시간 미만의 neonate
노출용기	50 mL 유리수조
노출기간	24시간
노출 생물수	20개체 (4반복; 5개체/반복수)
노출계	지수식
종말점	EC_{50} 및 TU(Toxic Unit)
먹이공급 시험시작	1 ~ 2시간 전 먹이 공급, 시험 중 공급 금지
표준독성시험	중크롬산칼륨($K_2Cr_2O_7$)

Ⅲ. 분뇨처리 공법

1. 생태독성 영향물질

1.1. 반수영향농도

반수영향농도(EC_{50}, Effective Concentration 50%)의 정의는 시료에 농축시킨 시험생물종의 반수가 영향을 받는 농도이며, 독성값은 100에서 EC_{50}값을 나눈 값을 말한다. 원수 100%에서 노출시킨 물벼룩의 치사 및 유영저해를 보이는 개체수가 20마리 중 10마리이며, 그 외 농도에서는 치사 및 유영저해가 나타나지 않았을 경우 EC_{50} 값은 100%가 되며, TU = 100/100으로 1이 된다. 비슷한 경우로 원수 100%에 노출시킨 물벼룩의 모두 치사 및 유영저해를 나타내고, 원수 50%에 노출시킨 물벼룩의 치사 및 유영저해를 보이는 개체가 10마리 일 때 EC_{50} 값은 50이 되며 TU는 2가 된다. Table 4는 오염물질에 따른 물벼룩의 반수영향농도(EC_{50})를 나타내었다.

Table 4. EC_{50} values by pollutant category

일반항목	반수영향농도(EC_{50})	중금속 및 양이온	반수영향농도(EC_{50})
pH	6 ~ 9(생장조건)	Cu(㎎/L)	0.05
염(‰)	6.67	Zn(㎎/L)	0.5
DO(㎎/L)	<3.0	Mn(㎎/L)	2.0
전기전도도(us/cm)	10,020.0	Fe(㎎/L)	35 ~ 84
잔류염소(㎎/L)	0.05~0.1	Al(㎎/L)	3.5
NH_3-N(㎎/L)	160	Na^+(㎎/L)	2,600
SO_4^{2-}(㎎/L)	942	Ca^{2+}(㎎/L)	325
Cl^-(㎎/L)	4,000	Mg^{2+}(㎎/L)	3,000 ~ 9,000

US. EPA. Ecotox DB

2. 가축분뇨처리 공법

가축분뇨는 유용하게 이용되는 경우가 적으며 특히 돼지는 분의 양에 비하여 뇨의 양이 많으므로 더욱 문제가 크다. 가축분뇨의 정화처리는 유용하게 이용될 수 있는 토지가 없거나, 악취발생과 살포시기 등의 문제가 있어 토양환원이 어려운 경우에 적용된다. 가축분뇨는 오염 부하량이 높고, 질소농도가 높고 악취가 강하다는 특징을 가진다. 분뇨의 주된 악취성분은 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산으로, 특히, 저류조나 혐기상태의 분뇨는 악취가 강하게 발생한다. 가축분뇨의 처리방법으로는 물리·화학적인 처리방법과 생물학적인 처리방법이 있다. 물리적 처리는 스크린, 혼합, 응결, 침전, 부상, 세탁, 진공여과, 열전달, 건조 방법 등이 있고, 화학약품 등을 사용하여 화학침전, pH조정, 응집 살균 이온교환, 증발, 이온삼투, 전기투석, 방사능분해, 소각 등의 화학적처리 방법이 있으며, 주로 폐수중의 유기물이나 무기물을 제거하는 데에 이용된다. 원수의 성상, 제거율에 따라 단독 처리하거

나 2 ~ 3개를 조합해서 사용한다[6-7].

생물학적 처리에는 호기성처리, 혐기성 처리, 특정의 미생물에 의한 처리 및 영양염류의 처리 등이 있으며 이들은 모두 폐수 내에 존재하는 유기물 중에서 생물에 의해서 분해 가능한 유기물을 미생물을 사용하여 제거시키는 방법으로 살수여상, 활성슬러지, 호기성소화, 혐기성소화, 산화지 및 회전원판공법(RBC)등으로 구분되며, 단시간에 대용량의 원수의 처리를 원하면 호기성으로 하고, 장시간에 거쳐 원수의 희석 없이 처리를 하면서 부수적으로 유용한 가스를 얻고자 한다면 혐기성방법으로 처리하는 것이 일반적인 방법이다.

최근에는 생물학적인 처리만을 사용하는 경우는 드물고 폐수의 성상에 따라 물리화학적 처리와 조합하여 사용하거나 각종 신기술을 접목하여 변형시킨 수십 가지의 변법 처리방식이 통용되고 있다[8-9].

상기 시설들로 처리된 유출수 내에는 칼슘, 칼륨, 황, 질소 및 인 등의 무기성 이온들과 다량의 유기물들이 존재하고 있는 경우가 많아 환경에 악영향(부영양화 등)을 주며 이들 제거에 활용되는 것으로는 여과, 증류, 부상, 지면살포, 흡수, 활성탄흡착, 산화, 환원, 박테리아동화 및 질산화 등 3차(고도)처리 방법이 있다. 생물학적 처리의 기본목표는 BOD와 COD 등으로 표현되는 유기물의 농도를 저하시켜 수질기준 이하의 처리수를 얻고 슬러지 발생량을 가능한 감소시키며, 질소와 인등의 영양염류를 최소화 하는데 있다.

2.1. 활성슬러지법(Conventional Activated Sludge)

가장 일반적인 처리방법으로 뇨・오수 중 유기물질이 미생물 활동에 적합한 조건에서 분해・산화되어 CO_2, H_2O, NH_3로 안정화되거나, 미생물의 세포증식 및 생장에 이용된다. 그러나 가축분뇨처리시설의 방류수 수질기준이 강화됨에 따라 기존의 활성슬러지법만으로는 규제기준을 만족하기 어려워 생물학적 처리방법에 화학적 처리가 병행되고 있으나, 그에 따른 경제성 문제와 폐슬러지 처리문제가 발생되고 있다.

2.2. BCS 공법(Bio Ceramic System)

BCS는 미생물을 고농도로 배양시켜 수중에 존재하는 유기물을 효과적으로 제거하는 공정으로 연속회분식 반응조를 이용하여 간헐 폭기함으로써 무산조-산조 조건을 형성하여 질소와 인 등 유기물을 제거하는 방법으로 반응조 내에 생성된 슬러지는 1차 처리시설로 반송하고 Bio-Ceramic은 생물활성도를 높이고 부착 및 부유성 미생물을 동시에 활성화하며, 잉여슬러지 발생량을 최소화하고, 부하변동이나 운전이상 등 충격이 가해질 경우에도 미생물의 활성을 유지 한다.

2.3. HBR 공법(Hanmee Bio-Reactor)

배양조의 Bio-Reactor에서 배양된 미생물(바실러스 등) 등을 유입부, 저류조 및 폭기조 등에 공급하며, 폭기조에서 운전조건을 간헐 폭기함으로써 혐기-무산소-산소조건이 형성되어 질소와 인 유기물 등을 결합, 응집 및 축중합 등으로 제거능력을 상승시키는 방법으로 미생물증식을 위해 침강슬러지를 배양조에 0.6 Q 정도 반송하고 배양조에는 토양 바실러스균을 증식시키기 위하여 제올라이트, 맥반석계통의 작은 돌 혹은 공(Pellet)을 수중과 지상에 설치하고 생성된 미생물이 부착 할 수 있는 쇄석종류의 돌을 설치하여 미생물을 일정량 폭기조에 공급하는 원리로 구성한다[10].

2.4. BIOSUF(Biological Treatment with Submerged Ultra Filtration)

탈질조-질화조-순화조로 구성된 폭기조에서 유기물 분해 후 침전조 대신 한외여과막(멤브레인)을 이용하여 고액분리하고 탈질조에 탄소원으로 메탄올을 공급하며, 탈질을 위하여 질화조에서 탈질조로 3～5Q 정도 내부반송하며, 한외여과막에서 세척된 농축액은 가압순회조로 반송시키며, 질화조에서 드럼메쉬스크린을 통해 가압순화조로 이송된 처리수는 가압펌프에 의하여 한외여과막으로 압송하여 유기물을 흡착 또는 여과하는 방식이다.

2.5. PID 산화구법(Phase Isolation Ditch)

덴마크에서 개발된 공정으로 산화구와 유사하다. 각 조별 구성은 유입 분배조, 선택조, 산화구와 침전조로 이루어지며, 구성형태는 산화구수, 침전지 유무와 제거대상 물질에 따라 여러 가지 종류로 구분된다. 선택조는 혐기성 상태로 인 축적 미생물을 우점종으로 증식하여 폐수 중의 인을 제거한다.

2.6. B3(Best Bio Bacillus)

1차 호기성처리, 2차 활성슬러지법을 개량한 방법으로 사상성균의 일종인 바실러스균을 선택 배양시켜 유기물 부족현상을 유도하여 포자를 형성하게 하고, 그 결과 슬러지의 침강성이 향상되고 부하변동이나 외부조건의 변화에도 적응력이 크게 되며, 악취제거에도 우수하다. 각 조에서 재순환시키는 방법으로 유기물과 질소, 인을 제거한다. 탈취시설이 필요 없고 부하변동에 대한 대응력이 뛰어나며 공기량 감소로 에너지 비용이 절감된다. 단, 배양을 위한 무기영양성분의 주입이 필요하다.

2.7. 액상부식법(Liquid Phase Corrsion Process)

호기성 소화법의 단점을 보완한 방법으로 액상부식조에서 폭기와 교반으로 질산화 및 탈질화 공정을 반복 운전(SBR형태)하여 기계식 고액분리를 통해 유기물을 제거하는 공법이다. 처리실적이 많아 유지관리지표가 있고 처리공정이 단순하여 관리가 용이하고 유입수의 농도변화에 대처하기 쉽다. 단점으로는 부지확보에 대한 경제적 부담이 있으며 운전비가 고가이고 전문 기술자가 요구되며 탈수케이크의 처분 문제가 남는다.

2.8. 장기포기법

본 방법은 활성오니법의 변법으로 표준적인 방법보다도 폭기시간(18～36시간정도)이 길고 BOD부하가 작고, 폭기 혼합액의 부유물농도가 높게 유지되는 것이 특징이다. 이것은 가능한한 유기물을 분해하여 처리수를 안정화하는 것과 함께 잉여오니의 생성량을 적게 하기 위해 고안된 방법이다. 원칙적으로 유량 조정조 및 일차침전지는 설계하지 않으며 유량변동이 매우 큰 경우에는 이차침전지에 유입량의 균등화를 도모하기 위해 유량 조정조 및 유량 조정장치의 설치 등을 검토할 필요가 있다[11].

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 가축분뇨처리 적용공법 조사

충남도내에서 사용하고 있는 처리공법은 개별처리시설에서 5개 공법, 공공처리시설에서 4개 공법을 사용 중이다. 개별처리시설에서 사용하고 있는 공법으로는 활성오니법이 23개시설로 가장 많았고, 장기폭기법이 11개 시설, 생물막접촉법 5개 시설, 단순저장 1, 분리막조 1개 시설 순이었다. 공공처리시설에서는 고효율혐기성소화법이 2개

시설, BSC공법, 액상부식법, BCS+SBR 공법은 각각 1개 시설이었다(Fig. 1).

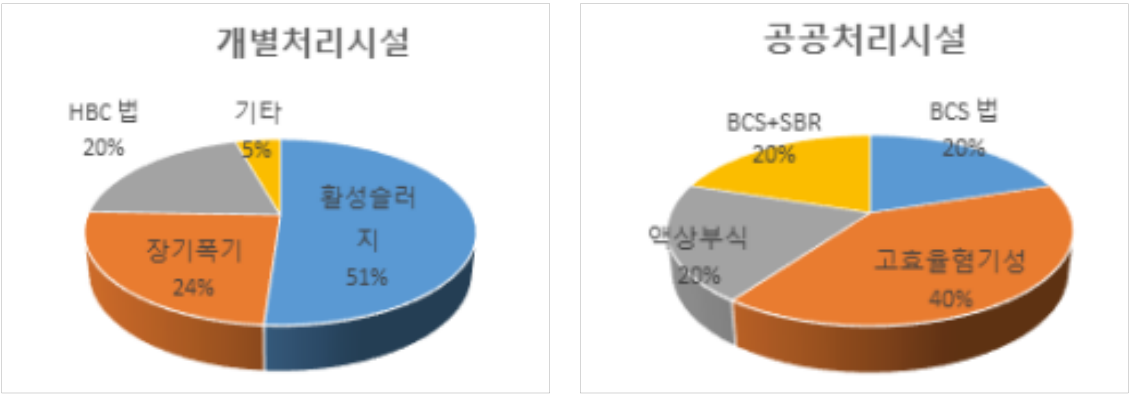


Fig. 1. Current status of livestock manure treatment in Chungcheongnam-do.

2. 생태독성 시험결과

가축분뇨처리시설 방류수 수질 조사 결과, 전체 62건 중 16건에서 생태독성이 검출되었고, 생태독성값은 최대 3.4 TU이고 평균 0.4 TU이었으며, 측정범위는 1.0 ~ 2.0 TU가 12건, 2.0 TU이상이 검출되는 가축분뇨 방류수는 2건으로 비교적 낮은 농도가 검출되었다.

가축분뇨 처리시설에는 생태독성에 관한 배출허용기준이 마련되어있지 않아서, 이와 유사한 수처리를 하는 공공하수처리시설 방류수의 생태독성 수질기준(1 TU)을 적용하면, 수질기준에 초과된 가축분뇨처리수의 초과건수는 14건으로 전체의 23%정도가 수질기준을 초과하였다(Fig. 2).

가축분뇨 공공처리시설은 총 17건을 검사하였는데 이중에서 5건이 검출되었고, 검출된 5건중 3건이 공공하수처리시설 방류수 수질기준을 초과하였다. 개별처리시설에서는 11건이 검출되었고 모두 공공하수처리시설 방류수 수질기준을 초과하였다. 처리공법별 초과건수는 가축분뇨 공공처리시설의 고효율혐기성소화법에서 7건중 4(57%)건이 검출되었고 BCS공법에서 1건(0.6 TU), BCS + SBR공법과 액상부식법에서는 검출되지 않았다. 개별처리시설의 처리공법별 생태독성 초과건수는 장기폭기법을 이용하였을 때 11건중 9건(82%)으로 가장 많이 초과하였다. 활성슬러지법에서는 총23건중 2건(9%)이, HBC법은 10건중 1건이 초과되었고, 다른 수처리 공법에서는 검출되지 않았다. 특히 장기폭기법에서의 초과율이 82%로 장기폭기법에 대한 생태독성물질 제거방안이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

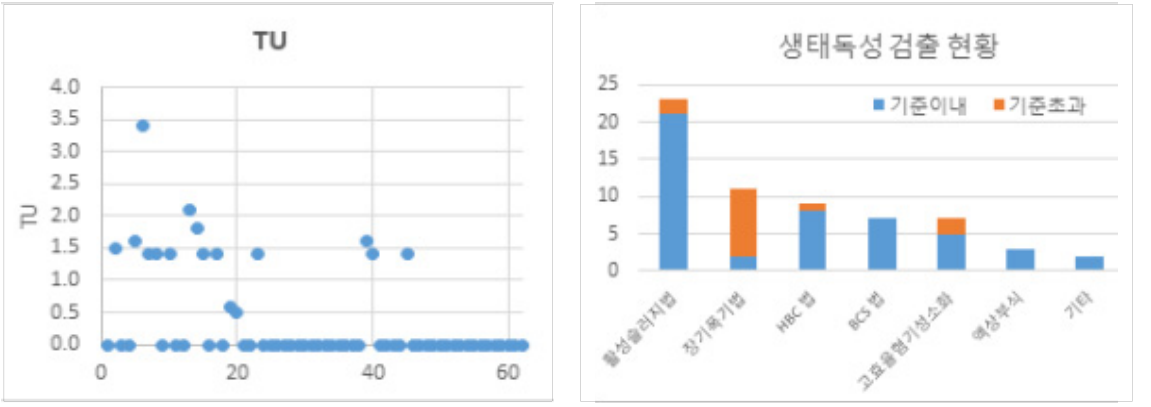


Fig. 2. Ecotoxicity detection of livestock manure in Chungnam-do.

3. 생태독성 영향물질 분석

3.1. 일반항목

생태독성 영향물질은 EPA에서 제시한 독성물질의 반수영향농도(EC_{50})를 기준으로 비교·분석하였다. pH 측정 범위는 4.3 ~ 8.7로 검사시료 중 2건에서 물벼룩 생장조건 범위(6.0 ~ 9.0)를 벗어났다. 생장조건 범위를 벗어난 2건은 각각 1.6 TU와 1.4 TU로 생태독성 기준을 초과하였다.

염분농도 범위는 0.0 ~ 11.4‰로 검사시료 중 9건이 반수영향농도(EC_{50})인 6.67‰보다 높게 검출되는 것으로 나타났으며, 공공처리시설의 경우 염분의 반수영향농도(EC_{50})를 초과한 시료 3건 모두 생태독성 기준을 초과하였다. 또한 개별 가축분뇨처리시설에서는 반수영향농도(EC_{50})보다 높게 검출된 6건의 시료 중 2건이 생태독성 기준에 초과되었고 가축분뇨 또한 폐수와 같이 염분농도가 생태독성에 영향을 주는 것으로 조사되었다.

전기전도도는 반수영향농도(10 mS/cm) 보다 높게 검출된 5건 중 4건이 생태독성 기준을 초과하였고, 암모니아성 질소는 1건이 반수영향농도(EC_{50})보다 높게 검출되었으며, 생태독성 또한 기준에 초과되었다.

이와 같이 pH, 염분, 전기전도도, 암모니아성 질소 등 생태독성에 영향을 주는 주요 오염물질들은 폐수와 같이 가축분뇨 또한 생태독성 반수영향농도(EC_{50})의 초과 정도에 따라 생태독성도 영향을 받는 것으로 분석되었다.

기타 수온 17.2 ~ 25.7℃, DO 3.5 ~ 8.5 ㎎/L, 경도 59 ~ 215.0 ㎎/L, 잔류염소 불검출 등은 농도 범위를 초과하지 않았다.

3.2. 금속물질

금속성분 검사결과는 부록에서와 같이 검출된 중금속은 구리(0.007 ~ 1.3 ㎎/L) 37건, 크롬(0.009 ~ 0.043 ㎎/L) 4건, 철(0.011 ~ 19.97 ㎎/L) 57건, 망간(0.0121 ~ 14.545 ㎎/L) 58건, 아연(0.007 ~ 14.362 ㎎/L) 60건, 니켈(0.015 ~ 1.141 ㎎/L) 16건 검출되었고, 카드뮴, 납, 비소 등 다른 중금속은 검출되지 않았다. 가축분뇨의 경우 금속물질의 농도가 높게 나타나는데 원인으로는 사료를 만드는 곡류에 기본적으로 포함되어 있고, 가축의 사료에 성장촉진제나 항생제 등이 사용되기 때문이다. 가축의 성장촉진제로 구리와 아연이 사용되고 있고, 니켈의 경우는 사료에 항생제로 사용하다가 현재는 사료에 항생제 사용을 금하고 주사로 가축에 주입되어 뇨의 형태로 배출된다[3]. 조사대상 시료의 경우 구

리의 검출율은 59.7%, 아연 96.8%, 니켈 25.8%로 높은 검출율을 보였다.

반수영향농도(EC_{50}) 이상 검출되는 항목으로는 구리, 아연, 망간 등 3개 항목이 검출되었고, 다른 금속류에서는 반수영향농도(EC_{50}) 이상으로 검출된 시료는 없었다. 구리(0.05 ㎎/L)는 총 9건이 반수영향농도(EC_{50})를 초과하였으며, 이 중 4건이 생태독성이 높게 측정되었고, 망간(2 ㎎/L)은 6건이 반수영향농도(EC_{50})를 초과하여 이중에서 2건이 생태독성 기준을 초과하였다. 아연(0.5 ㎎/L)의 경우는 총 10건이 반수영향농도(EC_{50})를 초과하였지만 2건에서 생태독성이 검출 되었다.

Fig. 3은 본 조사에서 반수영향농도(EC_{50}) 이상 검출된 금속물질 항목과 생태독성과의 관계를 나타낸 것으로, 반수영향농도(EC_{50})를 초과한 금속 항목에서 생태독성이 초과된 시료가 일부 분석되었으나 금속물질의 농도와 생태독성 값은 상관성이 높지 않은 것으로 나타났다.

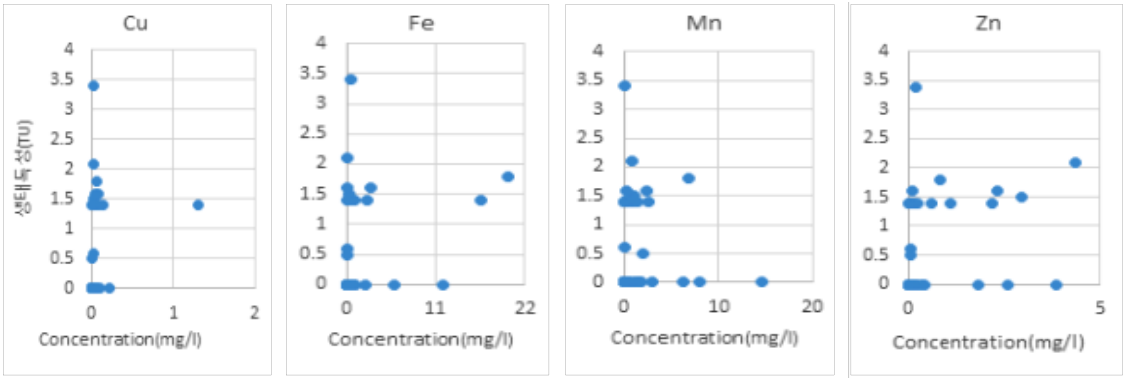


Fig. 3. Comparison result of metal and Ecotoxicity.

3.3. 유기물질 및 영양염류

BOD의 경우 0.4 ~ 117.63 ㎎/L, COD 5.9 ~ 632.5 ㎎/L, TOC 3.0 ~ 328.0 ㎎/L, SS 0.8 ~ 188.0 ㎎/L, T-N 6.0 ~ 439.9 ㎎/L, T-P 0.032 ~ 162.730 ㎎/L의 범위로 조사되었다. 개별가축분뇨처리시설 방류수는 BOD 0.8 ~ 119 ㎎/L, COD 12.1 ~ 614.4 ㎎/L, TOC 6.3 ~ 232.3 ㎎/L, SS 7.0 ~ 188.0 ㎎/L, T-N 9.781 ~ 439.628 ㎎/L, T-P 0.032 ~ 52.014 ㎎/L의 범위를 보였다. 공공처리시설에서는 BOD 1.1 ~ 8.8 ㎎/L, COD 18.8 ~ 31.4 ㎎/L, SS 2.3 ~ 5.7 ㎎/L, TOC 11.0 ~ 25.5 ㎎/L, T-N 9.781 ~ 56.676 ㎎/L T-P 0.032 ~ 0.310 ㎎/L로 나타났다. Fig. 4는 생태독성과 유기물 및 영양염류와 관계를 비교하였는데, 어느 특정한 물질만으로 생태독성을 유발하지 않는 것으로 보인다. 공공처리시설이 개별처리시설보다 유기물질 및 영양염류가 현저히 낮았음에도 생태독성이 높게 나타나는 것으로 볼 때 공공가축분뇨처리시설의 생태독성은 유기물보다는 염분 및 전기전도도 등에 의한 독성인 것으로 보여진다.

일반항목, 금속물질, 유기물질 및 영양염류 농도와 생태독성 결과 및 연관성을 분석해 본 결과, 가축분뇨에 의한 생태독성은 각각의 단일 항목에 의한 독성보다는 중금속과 산화제 등 복합독성의 원인에 의한 것으로 판단된다. 복합원인의 경우 폐수배출

시설의 운영미숙에 따른 고농도 가축분뇨의 방류, 약품 사용량 과다에 의한 생태독성 발현[3] 등으로 사료된다.

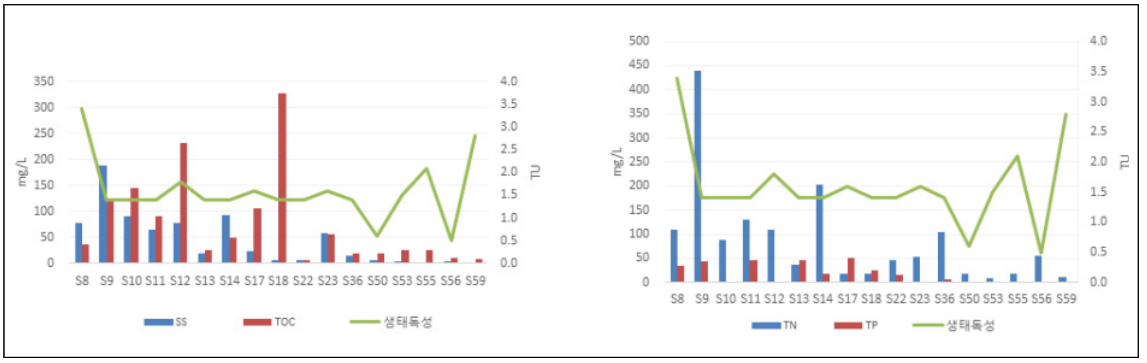


Fig. 4. Relationship between Ecotoxicity and organic matter and nutrient salts.

Ⅴ. 결 론

충남도내 가축분뇨처리시설 방류수를 대상으로 2019년 1월부터 12월까지 생태독성 발생현황 및 오염물질과의 관계를 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

1. 충남도내에서 사용하고 있는 가축분뇨처리공법은 개별시설이 활성슬러지, 장기폭기법, 현수미생물접촉법 등 5개 공법을, 공공처리시설은 고효율혐기성소화, BSC공법, 액상부식법, BCS+SBR 등 4개 처리공법을 사용하고 있었다.
2. 생태독성은 전체 62건 중 16건이 검출되었고, 측정범위는 1.0 TU이하가 2건, 1.0 ~ 2.0 TU가 12건, 2.0 TU이상은 2건이었다. 공공하수처리시설 방류 수질기준(1.0 TU)과 비교하면 공공가축분뇨처리시설은 17건 중 3건(18%), 개별 가축분뇨처리시설 45건 중 11(24%)건에서 높게 검출되었다.
3. 장기폭기법을 이용하였을 때 11건 중 9건(82%)에서 생태독성이 높게 검출되고 있어 이에 대한 대책이 필요한 것으로 나타났다.
4. 공공처리시설의 생태독성은 1 TU이상 검출된 3건에서 모두 염분농도와 전기전도도가 반수영향농도(EC_{50})보다 높게 검출되었고, 개별처리시설에서도 pH, 염분, 전기전도도, 암모니아성 질소 등과 생태독성과의 연관성을 보이는 것으로 나타났다.
5. 반수영향농도(EC_{50}) 이상 검출되는 금속물질로는 구리, 아연, 망간 등 3개 항목이 있으며, 구리(0.05 ㎎/L) 9건, 망간(2 ㎎/L)은 6건, 아연(0.5 ㎎/L) 10건이 반수영향농도(EC_{50})를 초과하였다. 가축분뇨에서 금속물질이 많이 검출되는 원인으로는 가축의 사료에 성장촉진제나 항생제 등으로 사용되기 때문인 것으로 판단된다.
6. 일반항목, 금속물질, 유기물질 및 영양염류와 생태독성과의 연관성을 분석 해본 결과, 가축분뇨에 의한 생태독성은 각각의 단일 항목에 의한 독성보다는 중금속과 산화제 등 복합독성의 원인에 의한 것으로 판단되며, 복합원인의 경우 폐수배출시설의 운영미숙에 따른 고농도 가축폐수의 방류, 약품 사용량 과다

에 의한 독성 영향인 것으로 사료된다.

References

1. 가축분뇨 공공처리시설 설치 및 운영·관리지침, 환경부 (2016)
2. 환경백서, 환경부(2018)
3. 가축분뇨에 의한 환경오염 영향 시범조사(Ⅱ),환경부, 국립환경과학원 (2013)
4. 수질오염공정시험기준, 환경부(2019)
5. 생태독성 시험방법 및 운영지침 (2015)
6. Struvite 결정화와 생물학적 처리공정을 이용한 축산폐수처리, 이재호, 충북대학교 (2009)
7. 생물학적 처리 공정 및 고도처리공정에 의한 축산폐수처리에 관한 연구, 김대희, 명지대학교 (2008)
8. 국내 축산폐수 처리실태 및 개선방안에 관한 연구, 이성호, 연세대학교 (2006)
9. 축산폐수 처리공정의 운전평가 기법, 김창수, 우송대학교 (2008)
10. 침지형 분리막을 이용한 하수의 재이용 및 고도처리공정 최적화 연구, 박철휘 등 수처리기술 제12권 제2호 (2004)
11. 도내 축산폐수공공처리시설 실태조사 및 공법별 특성연구, 유병열, 충북보건환경연구원 (2010)

[부록] 1. 가축분뇨처리시설방류수 검사결과(일반항목)

No.	처리방식	생태독성 (TU)	pH	온도 (℃)	전기전도도 (mS/cm)	염분 (‰)	DO (㎎/L)	암모니아 (㎎/L)	경도 (㎎/L)
1	액상부식	0.0	7.76	20.0	9.7	5.90	6.90	1.13	110.0
2	고효율혐기성	1.5	7.96	20.0	11.3	7.00	6.40	3.54	130.0
3	고효율혐기성	0.0	7.96	20.0	8.3	6.20	6.50	4.37	130.0
4	BCS+SBR	0.0	7.81	20.0	7.8	4.80	7.50	0.04	135.0
5	활성오니법	1.6	5.30	20.0	9.6	6.10	5.90	41.80	110.0
6	장기폭기법	3.4	7.47	20.1	2.1	0.90	2.30	143.80	130.0
7	장기폭기법	1.4	6.23	20.1	4.6	2.50	3.00	186.50	135.0
8	장기폭기법	1.4	6.54	20.5	14.0	9.20	7.10	2.15	115.0
9	현수미생물접촉	0.0	7.74	20.4	8.6	5.40	7.30	2.43	135.0
10	장기폭기법	1.4	7.60	17.2	3.5	1.60	4.38	101.40	140.0
11	활성오니법	0.0	6.91	17.8	5.7	3.10	7.80	101.40	135.0
12	액상부식	0.0	7.73	24.5	8.2	5.10	6.61	2.51	83.0
13	고효율혐기성	2.1	7.88	24.2	10.1	6.80	6.15	4.77	125.0
14	장기폭기법	1.8	6.08	24.9	12.3	7.70	5.90	0.91	97.0
15	장기폭기법	1.4	6.25	25.0	1.1	0.30	7.40	2.60	120.0
16	활성오니법	0.0	6.95	25.0	1.5	0.60	5.88	4.73	135.0
17	장기폭기법	1.4	8.29	24.5	3.1	0.00	5.80	0.00	135.0
18	BCS+SBR	0.0	8.14	24.7	7.6	0.00	6.39	0.20	125.0
19	BCSR공법	0.6	8.29	24.5	9.4	0.00	5.80	0.00	135.0
20	고효율혐기성	0.5	7.59	23.7	5.5	0.00	5.17	9.99	130.0
21	현수미생물접촉	0.0	7.58	24.2	1.0	6.10	7.05	0.00	125.0
22	현수미생물접촉	0.0	8.33	23.6	1.5	9.10	5.63	0.01	125.0
23	현수미생물접촉	1.4	4.29	21.8	0.5	0.00	6.60	7.49	59.0
24	분리막조	0.0	8.32	24.0	0.7	0.00	8.54	0.00	120.0
25	활성오니법	0.0	7.61	23.4	0.7	0.00	5.70	4.25	125.0
26	활성오니법	0.0	7.90	22.8	0.6	0.00	5.51	4.92	120.0
27	활성오니법	0.0	7.33	23.1	3.2	1.60	5.75	9.99	70.0
28	활성오니법	0.0	7.40	24.1	1.0	5.90	6.88	0.50	115.0
29	활성오니법	0.0	7.55	23	1.4	7.50	4.30	0.16	125.0
30	생물막접촉법	0.0	7.43	25.2	0.7	0.10	5.04	0.15	110.0
31	생물막접촉법	0.0	7.97	25.7	1.1	0.40	5.57	0.53	135.0

No.	처리방식	생태독성 (TU)	pH	온도 (℃)	전기전도도 (mS/cm)	염분 (‰)	DO (㎎/L)	암모니아 (㎎/L)	경도 (㎎/L)
32	장기폭기법	0.0	7.20	24.1	0.6	0.00	6.50	0.15	215.0
33	단순저장방식	0.0	6.86	24.8	1.9	0.80	5.40	8.73	125.0
34	활성오니법	0.0	7.91	24.8	1.6	0.70	6.38	0.19	130.0
35	활성오니법	0.0	8.65	24.5	0.7	0.10	8.24	0.00	110.0
36	활성오니법	0.0	7.80	24.6	0.7	0.10	6.23	0.00	100.0
37	활성오니법	0.0	7.60	24.7	0.7	0.10	5.5	5.92	89.0
38	장기폭기법	0.0	6.30	24	4.3	2.30	7.44	0.97	120
39	장기폭기법	1.6	7.11	24	4.9	2.90	6.12	6.94	130
40	장기폭기법	1.4	8.11	24.2	17.2	11.40	5.21	2.22	130
41	BCS-SBR	0.0	8.02	24	5.7	3.20	7.72	0.64	130
42	고효율혐기성	0.0	7.90	24	7.3	4.20	5.63	7.04	120
43	BCS공법	0.0	7.74	23.6	1.2	0.40	5.71	0.00	81
44	활성오니법	0.0	8.17	22.3	0.9	0.20	6.06	0.11	97
45	활성오니법	1.4	7.53	22.1	1.4	0.60	3.02	8.96	120
46	활성오니법	0.0	7.85	21.7	0.8	0.20	4.92	0.06	110
47	활성오니법	0.0	8.64	21.8	0.7	0.10	6.23	0.00	170
48	활성오니법	0.0	8.56	22.4	1.1	0.30	6.78	0.23	140
49	생물막접촉법	0.0	7.74	21	0.6	0.10	7.43	0.02	30
50	활성오니법	0.0	7.78	21.3	0.8	0.10	4.01	8.06	160
51	활성오니법	0.0	7.26	21.5	0.3	0.00	7.34	4.7	65
52	활성오니법	0.0	7.39	21.5	0.7	0.10	0.6	22.9	100
53	생물막접촉법	0.0	6.7	21.3	1.8	0.80	6.79	10.7	155
54	생물막접촉법	0.0	8.63	20.4	1.5	0.50	6.4	0.13	145
55	활성오니법	0.0	6.41	23	0.7	8.30	6.34	0.83	110
56	활성오니법	0.0	6.66	22.2	1.1	1.10	7.25	1.06	135
57	활성오니법	0.0	7.06	21.6	0.5	0.40	7.45	6.73	62
58	고효율혐기성	0.0	7.48	21.8	7.2	4.50	7.5	0.69	155
59	액상부식	0.0	7.73	22.1	9.6	6.50	7.1	3.3	140
60	BCS+SBR	0.0	7.31	23.6	4.7	2.70	6.43	0.5	350
61	고효율혐기성	0.0	7.85	23.0	12.7	8.20	6.81	8.4	350
62	BCS공법	0.0	7.46	23.0	6.4	3.60	6.30	8.18	365

[부록] 2. 가축분뇨처리시설방류수 검사결과(유기물질 및 영양염류)

No.	처리방식	생태독성 (TU)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	총대 (개/mL)
1	액상부식	0.0	5.8	30.0	22.6	0.8	24.674	0.131	2,100
2	고효율혐기성	1.5	8.8	28.0	25.5	4.2	9.781	0.032	6
3	고효율혐기성	0.0	4.1	26.1	21.2	4.4	17.208	0.032	2,500
4	BCS+SBR	0.0	1.5	18.8	15.4	2.0	9.752	0.155	2,500
5	활성오니법	1.6	3.5	90.6	55.8	58.0	53.374	0.446	14
6	장기폭기법	3.4	43.3	171.5	37.8	77.0	110.579	34.850	120
7	장기폭기법	1.4	52.9	614.4	125.8	188.0	439.628	43.444	70
8	장기폭기법	1.4	7.3	283.8	145.5	90.0	88.532	1.548	740
9	현수미생물접촉	0.0	5.0	55.8	22.5	23.0	33.622	1.630	2,300
10	장기폭기법	1.4	111.9	163.9	90.3	65.0	130.776	46.225	700
11	활성오니법	0.0	18.7	261.0	185	0.8	96.997	162.730	2
12	액상부식	0.0	3.9	26.8	26.9	2.0	16.507	1.389	910
13	고효율혐기성	2.1	4.9	25.6	25.3	2.3	19.061	0.310	1,300
14	장기폭기법	1.8	6.2	374.5	232.3	77.5	108.759	0.330	1,300
15	장기폭기법	1.4	19.2	75.5	26.7	19.5	36.819	46.400	150
16	활성오니법	0.0	2.4	57.4	35.1	5.0	55.365	43.693	20
17	장기폭기법	1.4	39.0	149.0	50.73	94.0	204.046	17.899	72
18	BCS+SBR	0.0	3.7	21.6	15.472	4.0	7.783	0.055	2,000
19	BCSR공법	0.6	3.9	31.4	18.69	5.7	19.081	0.065	700
20	고효율혐기성	0.5	1.1	15.8	10.98	4.8	56.676	0.046	1,800
21	현수미생물접촉	0.0	1.5	23.0	13.3	6.0	49.354	18.358	200
22	현수미생물접촉	0.0	2.3	31.5	10.8	22.0	48.043	20.511	1,800
23	현수미생물접촉	1.4	0.8	12.1	6.3	7.0	47.023	15.237	5
24	분리막조	0.0	1.1	33.2	18.5	1.0	34.504	6.429	불검출
25	활성오니법	0.0	18.4	18.1	9.6	4.7	12.014	5.978	370
26	활성오니법	0.0	18.0	9.4	4.3	4.3	12.697	1.176	2,800
27	활성오니법	0.0	2.6	57.6	11.42	42.0	166.770	0.289	1,400
28	활성오니법	0.0	5.4	28.9	13.47	9.0	85.229	5.833	230
29	활성오니법	0.0	3.2	27.9	20.61	6.0	71.384	6.427	23,000
30	생물막접촉법	0.0	2.0	18.8	6.564	5.2	52.908	26.513	19
31	생물막접촉법	0.0	10.0	27.0	11.92	17.3	22.146	1.970	6

No.	처리방식	생태독성 (TU)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	총대 (개/mL)
32	장기폭기법	0.0	19.0	68.5	28.35	18.0	16.875	11.022	4
33	단순저장방식	0.0	21.3	60.0	20.71	15.0	153.370	23.287	100
34	활성오니법	0.0	2.5	85.7	42.45	1.8	71.255	40.319	4
35	활성오니법	0.0	2.1	11.6	5.045	2.0	10.846	4.637	10
36	활성오니법	0.0	5.4	11.8	5.364	3.6	13.696	1.558	14
37	활성오니법	0.0	19.3	24.9	11.15	8.5	19.223	4.298	불검출
38	장기폭기법	0.0	1.8	136.1	93.48	50.0	14.909	5.528	900
39	장기폭기법	1.6	2.4	150.2	105.9	23.0	18.434	52.014	880
40	장기폭기법	1.4	1.5	632.5	328	7.0	17.126	25.510	150,000
41	BCS-SBR	0.0	1.0	35.9	29.37	2.8	7.817	0.041	2,500
42	고효율혐기성	0.0	5.2	32.7	29.24	4.0	29.223	0.034	30
43	BCS공법	0.0	1.9	15.0	7.359	2.0	36.420	0.197	210
44	활성오니법	0.0	3.6	28.8	11.9	11.0	17.488	4.149	1,100
45	활성오니법	1.4	22.2	116.9	20.05	16.0	104.661	7.060	1,500
46	활성오니법	0.0	4.6	15.0	10.69	7.5	6.000	7.284	20
47	활성오니법	0.0	0.4	5.9	3.034	2.8	7.069	0.193	40
48	활성오니법	0.0	11.1	57.6	16.915	9.5	34.848	7.386	220
49	생물막접촉법	0.0	2.5	18.6	6.746	1.6	53.509	30.14	180
50	활성오니법	0.0	81.4	47.3	26.89	106.0	24.957	6.151	6,500
51	활성오니법	0.0	3.3	9.1	5.03	7.6	8.353	0.607	56
52	활성오니법	0.0	117.3	121.3	19.585	112.0	36.473	4.826	100,000
53	생물막접촉법	0.0	25.7	60.6	12.925	10.0	116.984	42.663	210
54	생물막접촉법	0.0	2.9	30.6	14.33	1.2	38.988	12.813	740
55	활성오니법	0.0	24.4	74.9	16.915	48.9	40.69	7.821	280
56	활성오니법	0.0	19.4	45.1	18.155	21.0	39.707	5.221	390
57	활성오니법	0.0	11.5	22.0	10.275	16.5	11.499	1.603	1,100
58	고효율혐기성	0.0	2.7	27.5	16.43	1.0	31.573	0.119	2,900
59	액상부식	0.0	5.2	41.6	30.41	2.0	12.332	0.034	2,600
60	BCS+SBR	0.0	1.7	25.1	15.31	1.2	불검출	불검출	불검출
61	고효율혐기성	0.0	0.6	12.2	7.715	1.2	불검출	불검출	불검출
62	BCS공법	0.0	1.8	35.5	23.01	2.8	불검출	불검출	불검출

[부록] 3. 가축분뇨처리시설방류수 검사결과(금속물질)

No.	처리방식	생태독성 (TU)	Cu (㎎/L)	Cr (㎎/L)	Fe (㎎/L)	Mn (㎎/L)	Zn (㎎/L)	Ni (㎎/L)	Cd (㎎/L)	Pb (㎎/L)	As (㎎/L)
1	액상부식	0.0	0.01	불검출	불검출	6.302	1.83	0.03	불검출	불검출	불검출
2	고효율혐기성	1.5	0.013	불검출	0.182	0.998	2.939	0.016	불검출	불검출	불검출
3	고효율혐기성	0.0	0.025	불검출	0.078	1.26	0.045	0.015	불검출	불검출	불검출
4	BCS+SBR	0.0	불검출	불검출	0.014	0.453	0.042	불검출	불검출	불검출	불검출
5	활성오니법	1.6	0.076	불검출	2.899	2.477	2.306	0.052	불검출	불검출	불검출
6	장기폭기법	3.4	0.029	불검출	0.438	0.156	0.195	불검출	불검출	불검출	불검출
7	장기폭기법	1.4	0.139	불검출	0.87	0.894	1.092	불검출	불검출	불검출	불검출
8	장기폭기법	1.4	1.3	불검출	16.54	2.6	2.197	1.141	불검출	불검출	불검출
9	현수미생물접촉	0.0	0.019	불검출	불검출	1.254	0.322	불검출	불검출	불검출	불검출
10	장기폭기법	1.4	0.053	불검출	0.457	0.189	0.587	0.015	불검출	불검출	불검출
11	활성오니법	0.0	0.018	불검출	1.002	0.443	0.107	0.019	불검출	불검출	불검출
12	액상부식	0.0	불검출	불검출	불검출	14.545	3.843	0.029	불검출	불검출	불검출
13	고효율혐기성	2.1	0.018	불검출	0.011	0.84	4.362	0.018	불검출	불검출	불검출
14	장기폭기법	1.8	0.059	0.011	19.97	6.84	0.819	0.129	불검출	불검출	불검출
15	장기폭기법	1.4	0.017	불검출	0.349	0.275	0.164	불검출	불검출	불검출	불검출
16	활성오니법	0.0	0.056	불검출	0.071	0.021	0.204	불검출	불검출	불검출	불검출
17	장기폭기법	1.4	0.047	불검출	2.549	1.36	0.243	0.021	불검출	불검출	불검출
18	BCS+SBR	0.0	불검출	불검출	0.918	0.384	0.052	불검출	불검출	불검출	불검출
19	BCSR공법	0.6	0.012	불검출	0.111	0.048	0.069	0.017	불검출	불검출	불검출
20	고효율혐기성	0.5	0.009	불검출	0.13	1.964	0.048	불검출	불검출	불검출	불검출
21	현수미생물접촉	0.0	0.007	불검출	0.132	0.004	0.022	불검출	불검출	불검출	불검출
22	현수미생물접촉	0.0	불검출	불검출	0.086	0.008	0.012	불검출	불검출	불검출	불검출
23	현수미생물접촉	1.4	불검출	불검출	0.082	0.17	0.034	불검출	불검출	불검출	불검출
24	분리막조	0.0	불검출	불검출	0.082	0.018	0.018	불검출	불검출	불검출	불검출
25	활성오니법	0.0	0.007	불검출	0.151	0.054	0.025	불검출	불검출	불검출	불검출
26	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.213	0.065	0.016	불검출	불검출	불검출	불검출
27	활성오니법	0.0	0.03	0.043	11.94	1.569	0.142	0.029	불검출	불검출	불검출
28	활성오니법	0.0	0.011	불검출	0.148	0.103	0.067	불검출	불검출	불검출	불검출
29	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.115	0.006	0.081	불검출	불검출	불검출	불검출
30	생물막접촉법	0.0	0.007	불검출	0.226	0.059	0.034	불검출	불검출	불검출	불검출
31	생물막접촉법	0.0	0.009	불검출	0.104	0.07	0.037	불검출	불검출	불검출	불검출

No.	처리방식	생태독성 (TU)	Cu (mg/L)	Cr (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Ni (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	As (mg/L)
32	장기폭기법	0.0	0.013	불검출	0.482	0.262	0.111	불검출	불검출	불검출	불검출
33	단순저장방식	0.0	불검출	불검출	0.119	0.12	0.079	불검출	불검출	불검출	불검출
34	활성오니법	0.0	0.069	불검출	0.07	0.067	0.138	0.021	불검출	불검출	불검출
35	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.025	0.002	0.007	불검출	불검출	불검출	불검출
36	활성오니법	0.0	0.009	불검출	0.415	0.035	0.191	불검출	불검출	불검출	불검출
37	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.1	0.074	0.015	불검출	불검출	불검출	불검출
38	장기폭기법	0.0	0.095	0.009	5.82	1.808	2.6	0.033	불검출	불검출	불검출
39	장기폭기법	1.6	0.031	불검출	0.123	0.314	0.098	불검출	불검출	불검출	불검출
40	장기폭기법	1.4	0.082	0.009	0.372	0.167	0.086	0.062	불검출	불검출	불검출
41	BCS-SBR	0.0	불검출	불검출	0.075	0.109	0.138	불검출	불검출	불검출	불검출
42	고효율혐기성	0.0	0.026	불검출	0.073	1.682	0.062	불검출	불검출	불검출	불검출
43	BCS공법	0.0	0.013	불검출	0.046	0.034	0.16	불검출	불검출	불검출	불검출
44	활성오니법	0.0	0.016	불검출	0.847	0.022	0.048	불검출	불검출	불검출	불검출
45	활성오니법	1.4	0.007	불검출	0.173	0.1	0.038	불검출	불검출	불검출	불검출
46	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.194	0.01	0.055	불검출	불검출	불검출	불검출
47	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.138	0.01	0.016	불검출	불검출	불검출	불검출
48	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.092	0.045	0.061	불검출	불검출	불검출	불검출
49	생물막접촉법	0.0	불검출	불검출	0.084	불검출	0.021	불검출	불검출	불검출	불검출
50	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.25	0.061	0.026	불검출	불검출	불검출	불검출
51	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.31	0.196	0.147	불검출	불검출	불검출	불검출
52	활성오니법	0.0	0.222	불검출	2.234	0.354	0.174	불검출	불검출	불검출	불검출
53	생물막접촉법	0.0	0.014	불검출	0.142	0.069	0.081	불검출	불검출	불검출	불검출
54	생물막접촉법	0.0	불검출	불검출	0.017	불검출	0.02	불검출	불검출	불검출	불검출
55	활성오니법	0.0	0.013	불검출	0.461	0.207	0.164	불검출	불검출	불검출	불검출
56	활성오니법	0.0	0.014	불검출	0.131	0.256	0.083	불검출	불검출	불검출	불검출
57	활성오니법	0.0	불검출	불검출	0.256	0.023	0.024	불검출	불검출	불검출	불검출
58	고효율혐기성	0.0	0.007	불검출	0.017	8.05	0.381	0.017	불검출	불검출	불검출
59	액상부식	0.0	0.022	불검출	0.515	0.75	0.403	0.032	불검출	불검출	불검출
60	BCS+SBR	0.0	불검출	불검출	0.074	0.27	0.121	불검출	불검출	불검출	불검출
61	고효율혐기성	0.0	불검출	불검출	0.055	2.92	0.022	불검출	불검출	불검출	불검출
62	BCS공법	0.0	불검출	불검출	0.09	0.078	0.038	불검출	불검출	불검출	불검출

Ⅱ

학술지, 학술대회 논문 및 포스터 발표자료

2-01. The Preliminary results of Surveillance Program of Scrub typhus in Geumsan-gun, Chungcheongnam-do, Republic of Korea, 2019

2-02. An Norovirus Outbreak at a Local Festival in Chungnam Korea

2-03. 2019년 충남지역 고등학교에서 발생한 다병원체에 의한 집단식중독의 역학적 분석

2-04. 겨울축제 중 발생한 노로바이러스에 의한 집단식중독의 역학적 분석

2-05. 충남지역 내 기숙학교에서 발생한 집단식중독의 역학적 원인 분석

2-06. 충남도내 유통 과일류의 잔류농약 안전성 조사

2-07. Survey on Veterinary drugs in Fishery Products Distributed in Chungcheongnam-do

2-08. A Survey on Heavy Metals of Fishery Product Circulated in Chungcheongnam-do

2-09. A safety Survey of Pesticide Residues in Fruiting vegetable cucurbit Products Circulated in Chungcheongnam-do Province, Korea

2-10. 대산 산단 내 대기 중 휘발성유기화합물질 농도 변화에 대한 연구

2-11. 지하수 중 자연방사성물질 함유량 조사연구

2-12. Improvement of water quality and operational management of small water supply systems in rural area, South Korea

The Preliminary results of Surveillance Program of Scrub typhus in Geumsan-gun, Chungcheongnam-do, Republic of Korea, 2019

Gi-Seok Kang[1], Doe-Kyoung Kwon[2], Ji-Ae Lim[1], Tae-Young Jung[1], Dong-Kwon Choi[1], Hye-Jin Kim[1], Seung-Hee Jeong[1], Ho-Jang Kwon[1]*

[1]*Chungcheongnam-do Center for Infectious Diseases Control and Prevention, Korea*

[2]*Chungnam Institute of Health and Environment, Korea*

**hojangkwon@gmail.com*

ABSRACT

As the global weather change, the seasonal and geographical distribution of vector species is of great importance for persons residing in rural and urban environments. The vector surveillance is important when recommending prevention and control measures.

Especially, chigger mites are the main vector of *Orientia tsutsugamushi*. Thus, Chungcheongnam-do Center for Infectious Diseases Control and Prevention and Chungnam Institute of Health and Environment signed MOU agreement for a seasonal chigger-borne disease surveillance program. To surveillance, we established the Sherman trap at rice paddy, open field, irrigation ditch, reservoir, and hill in Geumsan-gun, Chungcheongnam-do, Republic of Korea in July and August in 2019. Two species of 19 wild rodents, including *Apodemus agrarius* and *Crocidura lasiura* collected by using Sherman traps, in Geumsan-gun at 2019. The striped field mouse, *A. agrarius* was the most frequently collected species, representing 94.7% of all the rodents captured and *C.lausura* (5.3%) was followed at the location. Chigger mites were collected from the rodent's auricle to figure out the seasonal prevalence of mite species and to identify chigger-borne pathogens. A total of 59 chiggers was collected from the two rodents in 2019. In the surveillance, rodents collected 16.5%, and among the rodents only 21.2% of the rodents were infected with chigger mites. The Chigger Index (CI) appeared at *A. agrarius* (CI, 3.1).

PURPOSE OF SURVEY

Chungcheongnam-do is an area with a high incidence of *Orientia tsutsugamushi*, the second-highest incidence among 17 cities and provinces in 2018. Therefore, through this surveillance, we are going to identify the distribution of chigger mites and pathogens in areas where the incidence of *Orientia tsutsugamushi* is high, and prepare the scientific basis for preventive management.

MATERIALS AND METHODS

Field rodents were collected by Sherman-live traps in Geumsan-gun, Chungcheongnam Province, Republic of Korea in July and August 2019. Each twenty trap baited with peanut biscuits was set up around a rice paddy, an open field, an irrigation ditch, a reservoir, and a hill of each location at 15:00-17:00. And collected the Sherman trap which established the day before, at 10:00-13:00 next morning. Only parts of the collected rodents' ears were stored in the tube of 70 percent alcohol and transported to the Institute for Health and Environment in Chungcheongnam-do. A microscope was used to decouple the chigger mites attached to the auricle. After identifying the species, the samples of chigger mites were tested for the detection of pathogens of *Orientia tsutsugamushi*.



Figure 1. Collection of wild rodents for surveillance of scrub typhus in Geumsan-gun.

CONCLUSION

A total of 59 chigger mites were collected from 33 wild rodents in Geumsan-gun. *Apodemus agrarius* was the predominant species at the sites, being 32 individuals (94.7%) captured. The number of other species collected was 1 *Crocidura lasiura* (5.3%). The chigger mites were none collected in July and 59 chigger mites collected in August. As a result of the isolation of *Orientia tsutsugamushi* from the chigger mites, no pathogens detected from DNA of 7 pools of the mites using a Polymerase Chain Reaction method. Thus, continuous surveillance of collecting and analyzing wild rodents and chigger-mite on a seasonal basis is needed to identify the relationship among monthly ecological conditions, the incidence of wild rodents and the rate of *Orientia tsutsugamushi*.

RESULTS

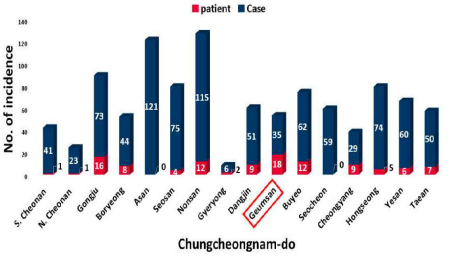


Figure 2. Comparisons of incidence rates among seventeen different cities and provinces in Chungcheongnam-do, 2018.

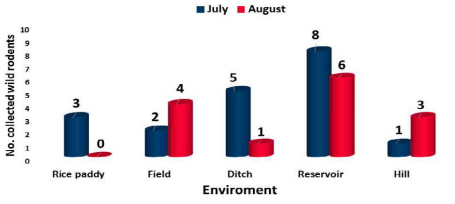


Figure 3. Comparisons of monthly wild rodents collection rates among five different collection sites in Geumsan-gun, 2019..

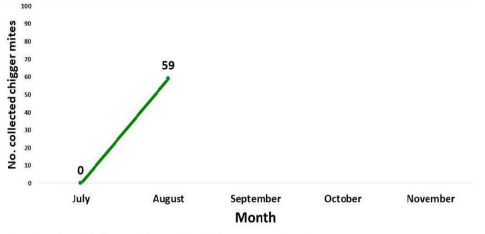


Figure 4. Number of chigger mites collected in Geumsan-gun, 2019.

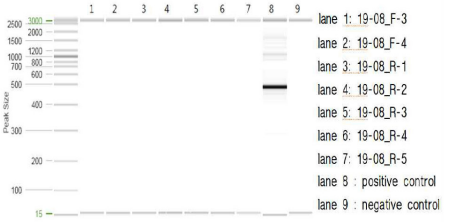


Figure 5. Results of *Orientia tsutsugamushi* detection from chigger mites collected at Geumsan-gun from August, 2019 using a PCR method.

REFERENCES CITED

Ree, H.I., Lee, I.Y. and Cho M.K.(1991). Determination of vector species of tsutsugamushi disease in Korea, *The Korean J. of Parasitology* 29(1): 87-92.

Ree, H.I., Lee, I.Y. and Cho M.K.(1992). Study on vector mites of tsutsugamushi disease in Cheju Island, Korea, *The Korean J. of Parasitology* 30(4): 341-348.

An Norovirus Outbreak at a Local Festival in Chungnam Korea

Hyunah Lee[1,2], Donguk Kim[1], Seongmin Park[1], Jongjin Park[1], Hae-Sung Nam[3], Jinha Choi[1] and Junhyuk Park[1]*

[1]Department of Health Research, Chungcheongnam-Do Institute of Health and Environment Research, Hongseong, Korea
[2]Department of Public Health, Chungnam National University Graduate School, Daejeon, Korea
[3]Department of Preventive Medicine and Public Health, Chungnam National University, Daejeon, Korea

Corresponding
Junhyuk Park
Chungcheongnam-Do Institute of Health and Environment Research, 8 Hongyegongwon-ro, Hongbuk-myeon, Hongseong, 32254, Korea
Phone : +82-41-635-6832
Fax : +82-41-635-7942
E-mail : park.jun.hyuk.2019@gmail.com

Received : February 28, 2019
Revised : May 8, 2019
Accepted : May 8, 2019

Noroviruses (NoV) are the major viral pathogen causing epidemic acute gastroenteritis and outbreaks of foodborne and waterborne illness. During the local festival in Chungnam province, group food poisoning occurred outbreak by NoV infections in Jan 2019. In this study, epidemiological analysis and molecular characterization were conducted such as genotyping, phylogeny. The prevalent genotypes of food poisoning events were NoV GII.3 and GII.17, and NoV GII.3 and GII.17 isolates of this study were completely matched in nucleotide sequence comparison of capsid gene region, respectively. In underground water and stream water, various multiple genotypes of noroviruses were detected including NoV GII.3, GII.8 and GI.4 in aquatic environment of the local festival site. Among 32 worker samples, various NoVs of five genotypes (GI.7, GI.8, GII.3, GII.8, GII.17) were detected in 12 samples and expected to causing NoV contaminated by exposure to groundwater. NoV genotype GII.3, which was detected from groundwater 2, was completely consistent with that of patients and workers. Therefore, groundwater within the local festival site could be main cause of food poisoning event. Because NoV outbreaks are caused by fecal to oral transmission, proper management of sewage purification facilities, groundwater and sanitary toilets is required for many visitors, and efforts are needed to maintain clean environment.

Key Words: norovirus outbreak, group food poisoning, groundwater contamination

INTRODUCTION

전 세계적으로 노로바이러스는 전 연령대에 걸쳐 급성 바이러스성 장염을 일으키는 중요한 원인 병원체이며, 집단으로 발생하는 바이러스성 식중독 중 90% 이상을 차지한다 (1). 노로바이러스는 Zahorsky 등에 의해 1929년에 "겨울철 구토질환"으로 처음 보고되었고, 1972년 Kapikian 등이 면역전자현미경으로 확인하였다 (2). 노로바이러스의 전파는 분변-구강 또는 구토에 의한 비말형성에 의하여 주로 일어나며, 일반적으로 12 ~ 2월 사이의 겨울철에 유행한다. 주 증상은 구토나 설사 또는 두 증상이 동시에 나타나고, 24 ~ 48시간의 잠복기를 거친 후에 증상이 발현되어 하루에서 이틀 동안 지속된다. 증상이 있는 동안에 환자가 무기력해 질 수 있으나 일반적으로 경미한 증상을 보이며 드물게 심한 증상을 보이기도 한다 (3). 노로바이러스는 항원이 매우 다양하여 한 가지 유전자형에 감염 되는 경우에도 다른 형에 의한 재 감염이 일어나기도 하며, 면역력은 평생 지속되지 않으며 반복적인 노출에 의한 재감염이 일어나기도 한다 (4). 이 바이러스는 *Caliciviridae*에 속하며, 7.5 kb의 단일가닥 RNA 바이러스로서 유전자는 세 개의 단백질을 코딩하고 있다. 바이러스의 캡시드 유전자와 중합효소유전자 염기서열의 다양성을 기반으로 6개의 유전자그룹(G)으로 나뉘며,

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Copyright © 2019 Journal of Bacteriology and Virology

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/license/by-nc/3.0/).

그 속에는 최소 38개의 유전자형으로 세분화되어 있으며 (5~7), 이들 중 사람에게 주로 문제를 일으키는 유전자그룹은GⅠ, GⅡ, GⅣ이다 (5,8). 노로바이러스는 먹는 물과 식품을 매개로 전파되어 집단발병을 일으키는 중요한 병원체인데, 이들 집단에서 순환되는 노로바이러스의 전파를 이해하기 위해서는 유전자 염기서열을 분석하여 유전자형을 결정하는 것이 효과적이다 (6). 노로바이러스는 18 ~ 1,000개의 입자로 감염을 유발할 수 있고, 유전적 다양성이 매우 높으며, 다양한 환경 스트레스로부터 높은 저항성을 갖기 때문에 군집 내에서 쉽게 퍼져나갈 수 있다 (9). 특히, 하수, 강물, 바닷물과 지하수 등 다양한 수계 환경접촉에 의하여도 노로바이러스가 광범위하고 빠르게 전파가 가능하다 (10). 본 연구는 충청남도 내 지역 축제에서 발생한 노로바이러스 집단 감염에 대하여 환자 29명과 종사자 32명 그리고 8건의 환경 검체에서 노로바이러스 검사를 실시하고 검출된 바이러스의 유전자형 결정 및 분자 생물학적 특성 규명하는 것으로 역학적인 분석을 실시하였고, 이를 보고함으로써 앞으로 이와 유사한 집단식중독에 대한 효율적인 예방자료로 사용하고자 한다.

MATERIALS AND METHODS

검체 및 전처리

2019년 1월 충남 지역 축제 중 겨울 스포츠 단체 체험 후 구토 및 설사증상을 보이는 A지역 초등학생 및 부설유치원생 15명, B지역 어린이집 아동 및 교사 14명, 지역축제 관련 시설종사자 32명, 지하수 4건, 하천수 2건, 칼과 도마 각 1건에 대한 노로바이러스 검사를 실시하였다.

인체 검체

인체 검체는 직장면봉으로 채취한 후 멸균된 0.1 M phosphate buffered saline (PBS, Sigma, St. Louis, MO, USA) 3 mL에 넣어 진탕하고, 3,000 RPM에서 10분간 원심 분리하여 상청액을 얻어, 검출시험에 사용할 때까지 -70℃에 보관하였다.

환경 검체

지하수는 지역 축제장 내 관정 2곳, 식당의 수도꼭지수 1곳, 장외 관정 1곳, 그리고 하천수는 인접 하천 두 곳에서 채취하였다. 지하수의 경우, Liquid Filtration System (1MDS-2000, 3M, Korea)에 Nano Ceram 필터(VS2.5-5, Argonide corporation, Sanford, FL, USA)를 장착하고 1,500 ~ 1,800 L의 지하수를 통과시켜 바이러스를 흡착하였고, 하천수는 4 L 채수병 3개씩 채수하여 직접 필터를 통과시켜 바이러스를 흡착시켰다. 바이러스가 흡착된 필터는 바로 표준 처리방법에 준하여 탈리 및 농축을 실시하였다 (11). 필터에 멸균된 1.5% beef extract 완충액을 통과시켜 바이러스를 탈리하고, 탈리액은 pH 3.5±0.1를 유지한 상태로 실온에서 30분간 천천히 교반하였다. 침전물이 생기면 4℃에서 2,500 x g로 15분간 원심분리 후에 상층액을 제거하여 침전물에 0.15 M sodium phosphate 완충액을 넣어 부유시키고, 실온에서 10분간 방치하였다. 부유액은 4℃에서 7,000 x g로 10분간 다시 원심분리 하고 pH를 7.0±0.2로 조절하였다. 세균 오염을 방지하기 위해 50 mL 주사기에 0.22 μM 멸균필터를 부착하여 상층액을 여과, 최종 농축 검체 20 mL를 유전자 추출을 위한 검체로 사용하였다. 다만, 사전에 20 mL의 1.5% beef extract 완충액을 멸균 필터에 통화시켜 검액 중의 바이러스가 필터에 흡착하는 것을 방지하였다. 또한 식당에서 사용한 칼과 도마는 멸균된 면봉으로 2개씩 무균상태에서 도말하였고, 멸균된 0.1 M PBS 3 mL에 넣어 충분히 진탕하였고, 시험에 사용될 때까지 -70℃에서 보관하였다.

노로바이러스 진단

노로바이러스는 real time RT-PCR법을 이용하여 검사하였다. 전 처리된 인체검체와 지하수 검체 200 μL를 취하여 핵산추출장비 (Nextractor, Genolution, Korea)와 추출키트(NX-48 Viral NA kit, Genolution, Korea)를 이용하여 제조사의 사용방법에 따라 RNA를 추출하였다. 추출된 RNA는 PowerChek™ *Norovirus* GI/GII Multiplex Real-time PCR kit (Kogenebiotech, Korea)를 이용하여 진단하였다. 추출된 RNA 5 μL를 각각의 키트에 첨가 하였는데, 특히 지하수에서 추출된 것은 각 RNA 당 3개씩 중복하여 시험하였다. 반응조건은 50℃ 30분 1회, 95℃ 10분 1회, 95℃ 15초, 55℃ 1분 동안 45회 반복하여 real-time PCR(AB7500 Fast, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)에서 반응하였다. 결과는 threshold 0.2일때, *Ct* (Threshold Cycle)값이 36이하인 것을 양성으로 판단하였다.

Table 1. Norovirus GII.3 and GII.17 strains isolated in this study

Norovirus GII.3						Norovirus GII.17					
Isolate	Sex	Age	Isolation source	Accession no.	Remark	Isolate	Sex	Age	Isolation source	Accession no.	Remark
BR1	F	5	Rectal swab	MK737762	Patient	BR3	F	5	Rectal swab	MK737748	Patient
BR2	F	7	Rectal swab	MK737763	Patient	BR4	F	7	Rectal swab	MK737749	Patient
BR6	M	7	Rectal swab	MK737764	Patient	BR5	M	7	Rectal swab	MK737750	Patient
BR9	M	6	Rectal swab	MK737765	Patient	BR7	F	5	Rectal swab	MK737751	Patient
BR13	M	8	Rectal swab	MK737766	Patient	BR10	M	8	Rectal swab	MK737752	Patient
HS4	F	3	Rectal swab	MK737767	Patient	BR11	M	8	Rectal swab	MK737753	Patient
HS5	F	3	Rectal swab	MK737768	Patient	BR12	M	8	Rectal swab	MK737754	Patient
HS10	F	4	Rectal swab	MK737769	Patient	HS6	F	31	Rectal swab	MK737755	Patient
HS11	F	4	Rectal swab	MK737771	Patient	HS7	M	3	Rectal swab	MK737756	Patient
Worker 1st-1	F	54	Rectal swab	MK737772	Employee	HS8	M	3	Rectal swab	MK737757	Patient
Worker 1st-3	F	62	Rectal swab	MK737773	Employee	HS9	M	3	Rectal swab	MK737758	Patient
Worker 2nd-3	F	20	Rectal swab	MK737774	Employee	Worker 2nd-1	M	24	Rectal swab	MK737759	Employee
Worker 2nd-10	M	21	Rectal swab	MK737762	Employee	Worker 2nd-15	F	23	Rectal swab	MK737760	Employee
Worker 2nd-13	M	25	Rectal swab	MK737775	Employee	Worker 2nd-21	M	19	Rectal swab	MK737761	Employee
Water-2			Groundwater	MK737776							

노로바이러스 유전자형 결정 및 계통분석

Reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR)

양성으로 판정된 노로바이러스는 유전자형 분석을 위하여 semi-nested RT-PCR법을 이용하여 캡시드 유전자는 증폭하였다. 추출된 RNA는 Access RT-PCR system (Promega, USA)과 노로바이러스에 특이적인 프라이머를 이용하여 실험하였다 (8,12). 노로바이러스GI 프라이머는 GI-F1M (5'-CTGCCCGAATTYGTAAATGATGAT-3')과 GI-R1M (5'-CCAACCCARCCATTRTACATYTG-3')이고, 노로바이러스 GII 프라이머는GII-F1M (5'-GGGAGGGCGATCGCAATCT-3') 과 GII-R1M (5'-CCRCCIGCATRICCRTTRTACAT-3')을 사용하였다. RNA 5 μL를 각각의 키트에 추가 시킨 후 47℃에서 40분간 cDNA를 합성하고, 94℃ 30초, 54℃ 30초, 72℃ 45초 동안 35회 반복하여 PCR 반응을 수행하였다. 그 후 1차 반응산물 2 μL를 취하여 PCR system (Promega, Madison, WI, USA)을 이용하여 semi-nested PCR을 수행하였다. 노로바이러스 GI프라이머는GI-F2 (5'-ATGATGGCGTCTAAGGACGC-3')과 GI-R1M, GII 프라이머는 GII-F3 (5'-TTGTGAATGAAGATGGCGTCGART-3')과 GII-R1M을 사용하였다. 반응조건은 94℃ 30초, 56℃ 30초, 72℃ 45초 동안 25회 반복하였다. PCR 증폭에 의해 생성된 QIAxcel (QIAgen, Valencia, CA, USA)을 이용하여 전기영동 한 후 GI은 330 bp, GII는 332 bp의 밴드를 확인하였다.

노로바이러스의 유전자형 결정 및 계통분석

유전자형 결정을 위한 유전자 염기서열은Genotech (Korea)에 의뢰하여 분석하였고, 분석된 각 염기서열은 Editseq (DNAStat, Madison, WI, USA)에서 편집한 후, National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)을 통하여 이루어졌다. 이 중 GII.3형과 GII.17형에 대한 염기서열은 NCBI의 Genbank에 MK737749 ~ MK737776으로 등록하였다 (Table 1). 이들을 이용하여 최근 집단발생에 분리된 노로바이러스들과 각 유전자형의 국외참조주들과 함께 계통분석을 실시하였다. Clustal-X (European Molecular Biology Laboratory, https://www.embl.org/)를 이용하여 다중정렬을 수행한 후, 정렬된 자료는 Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA, https://www.megasoftware.net/) 프로그램을 이용하여 계통분석을 실시하였다 (13,14).

RESULTS

2019년 1월 중 충청남도 내 지역축제에서 겨울스포츠를 단체 체험한 "A"지역의 돌봄 교실 아이들과, "B"지역의 어린이집 아이들에서 집단적으로 구토 및 설사 증세를 보이는 환자들이 발생하였다. 전체적으로 두 시군 101명이 지역 축제장 내 동일한 식당에서 점심식사와 음용수를 섭취한 것으로 확인되었고, 이 중 38명(37.6%)에서 33 ~ 41시간 이후에 구토, 설사 및 복통 등의 증상을 호소하였다 (Table 2).

Table 2. Exposed persons and patients with symptoms for norovirus infection

	No. of exposed persons	No. of illness (incidence rate)	Time from exposure to onset of symptoms
Children at an elementary school in "A" city	33	15 (45.4%)	33 hr after lunch
Children at a nursery in "B" county	68	23 (33.8%)	41 hr after lunch

노로바이러스 검사를 실시한 환자는 29명이었고, 22명에서 노로바이러스 GII가 검출되어 약 75.9%의 양성율을 보였다. 구체적인 유전자형은 GII.2형 1명, GII.3형 9명 그리고 GII.17형이 12명이었다 (Table 3).

Table 3. Detection and distribution of genotypes of noroviruses in fecal samples of patients

	No. of samples	No. of norovirus positive samples (positive rate)	Genotype			
			GII.2	GII.3	GII.17	Total
Children at an elementary school in "A" city	15	13 (86.6%)	0 (0.0%)	5 (38.5%)	8 (61.5%)	13 (100%)
Children at a nursery in "B" county	14	9 (64.2%)	1 (11.2%)	4 (44.4%)	4 (44.4%)	9 (100%)

지역 축제장에서 근무하는 시설종사자 32명에 대한 검사를 실시한 결과, 12명에서 노로바이러스가 검출되어 37.5%의 양성율을 보이고 있었다. 이 중 한 명은 중복감염으로 검출된 바이러스는 13건이었으며, 세부적으로는 GI.7형 1건, GI.8형 3건, GII.3형 5건, GII.8형 1건, 그리고 GII.17형이 3건이었다 (Table 4).

Table 4. Detection and genotype distribution of noroviruses in fecal samples of food-service employees

	No. of samples	No. of norovirus-positive samples (positive rate)	Genotype					
			GI.7	GI.8	GII.3	GII.8	GII.17	Total
Food-service employees	32	12 (37.5%)	1 (7.7%)	3 (23.1%)	5 (38.5%)	1 (7.7%)	3 (23.1%)	13 (100%)

환경시료는 환자들이 점심식사를 하였던 식당에서 사용되고 있는 칼과 도마에서 각각 도말하여 채취하였고, Groundwater-1은 식당 안의 수도꼭지에서 나오는 지하수를 채수하였고, 나머지 3건은 지역축제장 내 관정 2곳과 축제장 외 관정 1곳 에서 채수 하였다. 그 결과 2건의 노로바이러스가 검출되었는데, 이들의 유전자형은 각각 GII.3형과 GII.8형이었으며, 부가적으로 실시한 "먹는물 수질기준"에 따른 검사 결과 Groundwater 1번에서 총대장균군과 분원성대장균이 검출되었다. 행사장 내부를 거쳐 흐르는 하천수 두 곳을 선정하여 12 L에서 노로바이러스 검사를 수행한 결과, 그 중 한 곳에서 노로바이러스 GI.4형이 검출되었다. 이로써 지하수 및 하천수 6개소 중 절반에 해당하는 3개소에서 각기 다른 유전자형의 노로바이러스가 검출됨을 확인할 수 있었다 (Table 5).

Table 5. Detection and genotype distribution of noroviruses for groundwater, stream water and kitchen utensils

Specimens	Detection of norovirus	Genotype	Remark
Groundwater-1	Positive	GII.8	Positive for total coliforms and fecal coliforms
Groundwater-2	Positive	GII.3	
Groundwater-3	Negative	-	
Groundwater-4	Negative	-	
Stream water-1	Negative	-	
Stream water-2	Positive	GI.4	
Swab with knife used in the restaurant	Negative	-	
Swab with cutting board used in the restaurant	Negative	-	

환자 대부분에서 검출된 노로바이러스 GII.3형과 GII.17형에 대해서 다중정렬을 실시하였고, 이를 바탕으로 계통분석을 수행하였다. 본 집단 식중독에서 검출된 노로바이러스 GII.3형의 경우, 환자와 종사자 그리고 지하수에서 모두 검출되었는데, 분석결과 이들에서 검출된 노로바이러스들은 캡시드 부분 유전자 염기서열 254bp에서 100% 일치하여 유행을 주도한 노로바이러스가 동일한 분리주임이 확인되었다 (Fig.1). 2018년 국내의 다른 지역에서 집단발병의 원인이 되었던 노로바이러스 GII.3형과는 98.4 ~

98.8%의 상동성을 보이고 있었고, 미국의 분리주들 CHD4031, CHDC2005, CHDC5261과는 90.9 ~ 93.7%의 상동성을 보이고 있었다.

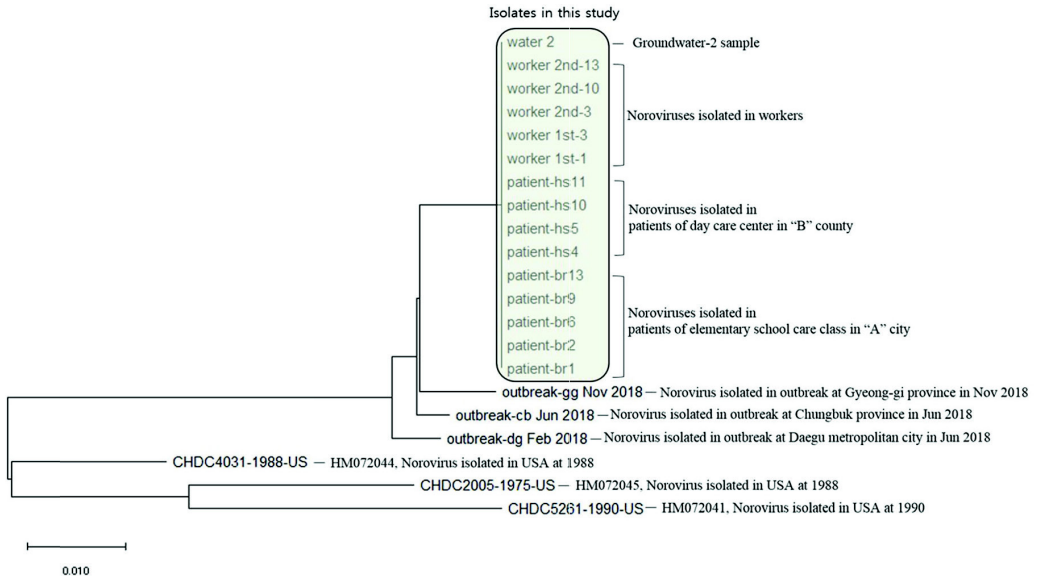


Figure 1. Phylogenetic analysis of isolates in this study with reference strains for 254bp of capsid gene of norovirus GII.3

본 집단 식중독에서 검출된 노로바이러스 GII.17형의 경우, 환자와 종사자에서 검출되었는데, 분석결과 이들에서 검출된 노로바이러스의 캡시드 부분 유전자 염기서열255bp에서 100% 일치하여 환자와 종사자에서 유행한 노로바이러스가 동일한 분리주임이 확인되었다 (Fig.2). 2019년 국내의 다른 지역에서 집단발병의 원인이 되었던 노로바이러스 GII.3형과는 99.6 ~ 100%의 상동성을 보이고 있었다. 1978년 프랑스령 기아나에서 분리된 GII.17형과 85.9%의 상동성을 보였으며, 2005년 미국에서 분리된 "Katrina17"주와는 96.9%의 상동성을 보이고 있었다.

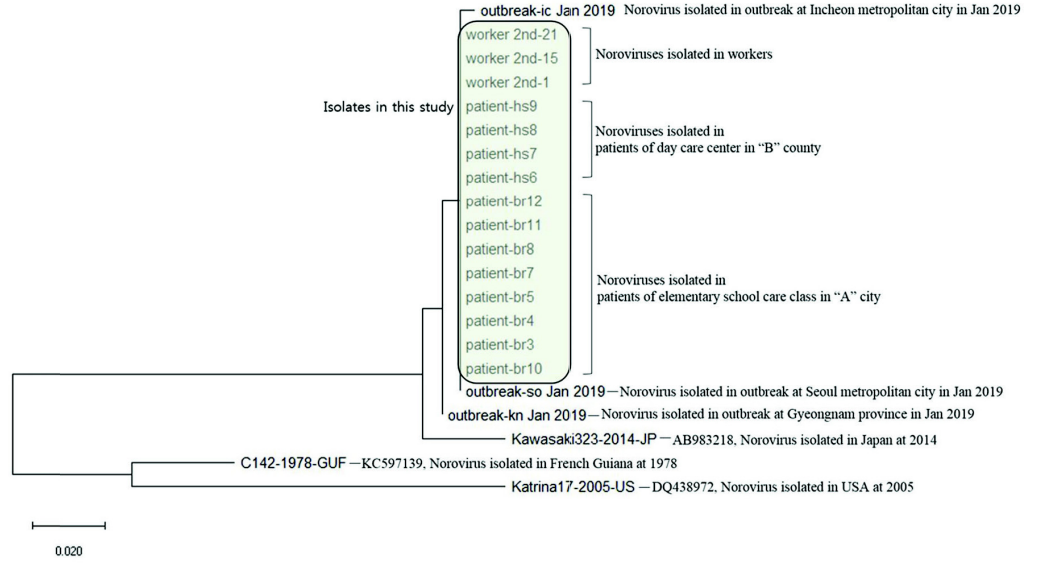


Figure 2. Phylogenetic analysis of isolates in this study with reference strains 255bp of capsid gene of for norovirus GII.17

DISCUSSION

노로바이러스는 바이러스성 설사 질환의 주요한 병원체로 전체 바이러스성 설사의 약 10%를 차지하고 있고, 특히 집단으로 발생하는 바이러스성 식중독의 대부분 원인으로 보고되고 있다 (1). 산발적인 노로바이러스 감염에 대한 발생이 겨울철에 유행하는 것과는 달리 집단발병의 경우 국내외에서 계절적 특성과 상관없이 발생하는 비전형적인 사례들이 보고되고 있다 (15,16). 또한 노로바이러스는 환경적 요인에 저항성이 매우 큰 바이러스로 높은 감염성과 광범위한 전염력을 보인다. 특히 물을 매개로 대단위로 전파되는 특징을 보이며, 27 nm의 크기로 매우 작아서 투양침투가 용이하고 저온이 유지되는 지하수에서는 장기간 생존이 가능하다 (10,17,18). 본 연구는 2019년 1월 충청남도 내 지역행사에서 발생한 노로바이러스에 의한 집단 식중독에 대한 분자 역학적 분석을 실시하여 이를 보고하고자 하였다. 본 지역축제에서 발생한 집단식중독의 원인은 노로바이러스로, 유전형은 GII.3형과 GII.17형 두 가지 유전자형의 바이러스가 식중독을 주도한 것으로 판단되는데, 분석된 캡시드 유전자 부위의 염기서열이 100% 일치하여 각 유전자형의 동일 바이러스가 유행을 일으킨 것으로 생각된다. 환자 1명에서 검출된 GII.2형의 경우, 시기적으로 추가로 채취되어 의뢰된 경우로써, 본 집단식중독과 상관없이 외부에서 감염되어 유입되었을 가능성이 존재한다. 지하수와 하천수 총 6건 중 3건에서 GII.8형과 GII.3형 그리고 GI.4형이 검출되어 지역축제장내 수계 환경에서 여러 유전자형의 노로바이러스가 존재하고 있음을 알 수 있었고, Groundwater-3에서 분리된 GII.3형은 환자와 종사자에서 분리된 것과 유전자 서열이 100% 일치하여 지하수가 식중독 발생 주요 원인임이 증명되었다. 그러나, 환자 또는 종사자에서 검출되었으나, 지하수에서 검출되지 않은 GII.2형과 GII.17형의 경우 환경에서 바이러스 검출법의 민감도나 회수율의 한계에 따라 검출되지 않았을 가능성과 외부에서 유입 등 다른 원인에 의해서 유행하였을 가능성이 존재한다. 이들에 대한 보다 정확한 규명을 위하여 식당에서 사용된 식재료의 오염 여부 및 식당내부로 유입되는 지하수에 대한 추가적인 검사가 필요할 수 있다. 종사자 32명 중 12명(37.5%)에서 5개의 유전자형(GI.7, GI.8, GII.3, GII.8, GII.17)이 검출된 것은 종사자들이 오염된 지하수에 접촉되었음이 예상되며, 이로써 종사자로 접근하기보다는 본 식중독의 원인으로 생각되는 지하수에 지속적으로 노출된 노출자로 보는 것이 타당해 보인다. 그리고 "먹는물 수질기준"에 따른 검사결과 총대장균군과 분원성 대장균이 검출된 것은 지하수에 분변 유입 가능성을 보이며, 노로바이러스가 포함된 분변일 확률이 높은 것으로 판단된다. 노로바이러스는 숙주인 사람에 감염된 후 증식하여 분변을 통해 배출되므로, 많은 시설이용객에 적정한 오수 정화시설과 위생적인 화장실 등의 관리가 필요하다. 축제장내 환경을 둘러본 결과, 관정 위치가 외부하천의 흐름 및 화장실 등과 인접되어 있는 문제를 가지고 있었는데, 지표수의 유입이 우려되어 관정 및 상·하수관로 등에 대한 점검과 깨끗한 환경유지를 위한 노력이 요구된다. 또한 축제장내 종사자들의 높은 감염률로 보아 종사자들에 대한 주기적인 위생교육과 철저한 개인 위생관리가 필요하다. 추가적으로 행사장의 눈, 얼음 조각 등에 사용되는 하천수의 오염도검사 등이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1) Lee RM, Lessler J, Lee RA, Rudolph KE, Reich NG, Perl TM, et al. Incubation periods of viral gastroenteritis: a systematic review. BMC Infect Dis 2013;13:446.

2) Kapikian AZ, Wyatt RG, Dolin R, Thornhill TS, Kalica AR, Chanock RM. Visualization by immune electron microscopy of a 27-nm particle associated with acute infectious nonbacterial gastroenteritis. J Virol 1972;10:1075-81.

3) Kaplan JE, Gary GW, Baron RC, Singh N, Schonberger LB, Feldman R, *et al.* Epidemiology of Norwalk gastroenteritis and the role of Norwalk virus in outbreaks of acute nonbacterial gastroenteritis. Ann Intern Med 1982;96:756-61.

4) Gallimore CI, Cubitt D, du Plessis N, Gray JJ. Asymptomatic and symptomatic excretion of noroviruses during a hospital outbreak of gastroenteritis. J Clin Microbiol 2004;42:2271-4.

5) Vinjé J, Hamidjaja RA, Sobsey MD. Development and application of a capsid VP1 (region D) based reverse transcription PCR assay for genotyping of genogroup I and II noroviruses. J Virol Methods 2004;116:109-17.

6) Bruggink LD, Dunbar NL, Catton MG, Marshall JA. Norovirus genotype diversity associated with gastroenteritis outbreaks in Victoria in 2013. Commun Dis Intell Q Rep 2015;39:E34-41.

7) Rahman M, Rahman R, Nahar S, Hossain S, Ahmed S, Golam Faruque AS, *et al.* Norovirus diarrhea in Bangladesh, 2010-2014: prevalence, clinical features, and genotypes. J Med Virol 2016;88:1742-50.

8) Kim MS, Koo ES, Choi YS, Kim JY, Yoo CH, Yoon HJ, *et al.* Distribution of human norovirus in the coastal waters of South Korea. PLoS One 2016;11: e0163800.

9) Lee SG, Jheong WH, Suh CI, Kim SH, Lee JB, Jeong YS, *et al.* Nationwide groundwater surveillance of noroviruses in South Korea, 2008. Appl Environ Microbiol 2011;77:1466-74.

10) Lee SG, Cho HG, Paik SY. Molecular epidemiology of norovirus in South Korea. BMB Rep 2015;48:61-7.

11) Lee H, Kim M, Lee JE, Lim M, kim M, Kim JM, *et al.* Investigation of norovirus occurrence in groundwater in metropolitan Seoul, Korea. Sci Total Environ 2011;409:2078-84.

12) Lee BR, Lee SG, Park JH, Kim KY, Ryu SR, Rhee OJ, *et al.* Norovirus contamination levels in ground water treatment systems used for food-catering facilities in South Korea. Viruses 2013;5:1646-54.

13) Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ. Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acids Res 1994;22: 4673-80.

14) Saitou N, Nei M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. Mol Biol Evol 1987;4:406-25.

15) Ho EC, Cheng PK, Lau AW, Wong AH, Lim WW. Atypical norovirus epidemic in Hong Kong during summer of 2006 caused by a new genogroup II/4 variant. J Clin Microbiol 2007;45:2205-11.

16) Kim SH, Cheon DS, Kim JH, Lee DH, Jheong WH, Heo YJ, *et al.* Outbreaks of gastroenteritis that occurred during school excursions in Korea were associated with several waterborne strains of norovirus. J Clin Microbiol 2005;43:4836-9.

17) Ham H, Oh S, Seung H, Jang J, Han C. Human norovirus genogroups detected from acute gastroenteritis patients in seoul from May 2013 to April 2015. J Bacteriol Virol 2015;45:376-81.

18) Lee JS, Joo IS, Ju SY, Jeong MH, Song YH, Kwak HS. Research on the contamination levels of norovirus in food facilities using groundwater in South Korea, 2015-2016. Int J Food Microbiol 2018;280:35-40.

2019년 충남지역 고등학교에서 발생한 다병원체에 의한 집단식중독의 역학적 분석

이현아* · 최지혜 · 박성민 · 남해성* · 최진하 · 박준혁†
충청남도보건환경연구원, *충남대학교 의과대학 예방의학교실

Epidemiological Analysis of a Food Poisoning Outbreak Caused by Multiple Pathogens in a High School in Chungnam Korea, 2019

Hyunah Lee*, Jihye Choi, Seongmin Park, Hae-Sung Nam*, Jinha Choi, and Junhyuk Park†
Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research,
**Department of Preventive Medicine and Public Health, Chungnam National University*

ABSTRACT

Objectives: This study was performed in order to report the epidemiological features of a food poisoning outbreak caused by multiple pathogens in a high school in Chungcheongnam-do Province, Korea in April 2019 and to suggest measures to prevent a similar incidence.

Methods: A total of 39 patients with diarrhea were examined. Environmental samples were obtained from 6 food handlers, 4 food utensils, 72 preserved foods served during the food poisoning outbreak, 9 door handles, 10 drinking water samples from water dispensers, and 6 ground water samples from water taps. These analyzed to detect viruses and bacteria.

Results: Among the 39 patients, 21 cases (53.8%) of enteroaggregative *E. coli* (EAEC), 7 cases of *Staphylococcus aureus* (17.9%), and 17 cases of norovirus (43.6%) were positive, and in 16 of the cases a co-infection with at least one other pathogen were observed. EAEC was assumed to be transmitted from contaminated drinking water because it was also detected in the water sample from a water dispenser in the dormitory. *Staphylococcus aureus* was isolated only in the fecal samples of patients, meaning it was not possible to trace its origin. The genotype of norovirus detected in the drinking water and ground water was consistent with that isolated from patients, and it was determined that the norovirus infection originated from the school's water environment.

Conclusions: These findings indicate that a lack of environmental hygiene management related to school meals caused the food poisoning incident. In particular, a lack of management of drinking water, water supply, and personal hygiene should be pointed out. This should be urgently addressed and continuous monitoring should be carried out in the future. In addition, students and staff should be educated and trained to improve their personal hygiene.

Key words: EAEC, food-borne disease, norovirus, *Staphylococcus aureus*

†**Corresponding author:** Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research, Hongseong, Korea, Tel: +82-41-635-6832, Fax: +82-41-635-7942, E-mail: junhyuk@korea.kr
Received: 25 June 2019, Revised: 20 August 2019, Accepted: 21 August 2019

I. 서 론

식중독이란 식품이나 물의 섭취에 의한 것으로 감염성 또는 독소형 질환으로 규정된다.[1] 식중독의 원인은 약 250종 이상 알려져 있으며 이 중 대부분이 세균, 바이러스, 기생충 등이 원인이며 일부 버섯 독 등의 독소나 화학물질들이 그 원인이 된다.[2] 현재 국내 식중독 발생은 점점 증가하는 추세로 식생활의 변화와 집단식사 기회의 증가, 지역 간 교류 증가, 기후변화 등이 원인이며, 발생양상이나 원인이 다양해지고 규모도 커지고 있는 실정이다.[3] 이 중 집단급식에서 발생하는 식중독은 건당 발생 환자수가 많아 이에 대한 사회적 관심이 높다. 지난 2012년 한국보건사회연구원의 발표 자료에 따르면 단체급식 이용자 수는 전 국민의 25%가 넘는 1,380만명으로 추정되며,[4] 최근 5년간 학교 등 집단급식에서 발생된 식중독 환자수는 연간 2,579~4,515명 이었다.[5] 2017년 기준 학교 등 집단급식의 건당 평균 식중독 환자수는 51.6명, 전체 환자수는 2,579명 이었는데, 이 중 학교급식에서 전체 식중독 환자의 83%가 발생하여 학교급식의 안전관리가 요구 된다.[6] 또한 학교급식은 2016년 기준 전체 학생의 99.9%인 592만 2천명이 이용하고 있어 청소년기 영양 공급에 학교급식이 주요한 역할을 담당하고 있다.[5] 2017년 원인물질별 식중독 통계에 의하면 학교급식소에서 발생한 식중독으로는 병원성 대장균이 14건(환자수 1,533명)으로 가장 높게 나타났으며, 그 뒤로 노로바이러스(norovirus)가 6건(환자수 401명), 살모넬라속(*Salmonella* spp.)이 1건(환자수 77명), 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*)가 1건(환자수 21명)으로 나타났다.[5] 집단 식중독 발생은 급식시설의 노후화, 환경의 열악함, 오염된 식재료와 조리기구사용, 식품의 보관, 조리단계에서의 온도관리 미흡, 조리 종사자의 개인위생 불량, 교차오염, 위생관리체계미비 등이 원인이다.[7] 집단급식의 식중독 발생을 줄이기 위해서는 위와 같은 요인들을 철저하게 관리해야 한다. 이와 더불어 식중독으로 인한 집단환자가 발생하였을 때, 자세한 역학조사에 기반하여 원인 및 전파 경로를 분석하고 그 결과를 공유함으로써 유사한 식중독이 재발하지 않도록 노력을 기울어야 할 것이다. 본 연구는 2019년 4월 중 충청남도 소재 한 고등학교에서 발생한 집단 식중독에 대하여 역학분석을 실시하고 이를 보고함으로써 이와 유사한 집단 식중독의 효율적인 예방자료로 사용되고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 대상검체 및 전처리

2019년 4월 충청남도 소재 A고등학교에서 발생한 집단 식중독의 원인을 규명하기 위하여 설사 등 장염증상을 나타내는 학생 38명과 교사 1명, 조리종사자 6명, 조리기구 4건, 보존식(발생 4일전부터 발생일까지) 72건, 생활환경 9건(문고리 등), 세균검사용 음용수 10건, 바이러스 검출용 채수 필터 6건에 대하여 식중독 세균 및 바이러스에 대한 검사를 실시하였다. 전처리와 검사법은 식품공전 미생물시험법에 준하여 실시하였는데,[8] 검체의 특성에 따라 인체검체와 생활환경 검체는 세균 및 바이러스검사, 보존식과 음용수는 세균검사 그리고 채수필터는 바이러스 검사만 실시하였다.

인체검체 채취는 직장에서 면봉으로 2개 이상 채취하여 멸균된 0.1 M PBS (phosphate buffered saline, Sigma, USA) 3 mL에 넣어 잘 섞고, 3,000 RPM에서 10분간 원심분리 한 후 상층액을 사용하였다. 환경검체 중 조리기구와 문고리 등의 생활환경 검체는 멸균된 면봉을 이용하여 20 cm^2 이상 도말하여 2개 이상 채취하였고, 보존식은 최대량을 취하여 멸균백에 넣어 식염수로 10배 희석하고 진탕하여 세균배양에 이용하였다. 음용수는 멸균된 여과장치에 0.45 μm Membrane filter (Whatman Ltd, USA)를 이용하여 1 L를 여과하고, 여과지를 세균 배양에 이용하였다.

바이러스 검출용 검체는 지하수 관정 1곳, 기숙사 2층 급수대 1곳, 급식 조리실의 수도꼭지수 2곳, 학교 운동장 세면대 2곳에서 채수 필터 하였다. Liquid Filtration System (1MDS-2000, 3M, Korea)에 Nano Ceram 필터(VS2.5-5, Argonide corporation, USA)를 장착하고 약 1,500 L의 지하수를 통과시켜 바이러스를 흡착하였다.[9] 필터에 멸균된 1.5% beef extract 완충액을 통과시켜 바이러스를 탈리한 후, 탈리액은 pH 3.5±0.1을 유지한 상태로 실온에서 30분간 천천히 교반하였다. 침전물이 생기면 4°C에서 2,500×g로 15분 간 원심분리 한 후 상층액을 제거하고, 0.15

M sodium phosphate 완충액 넣어 부유시킨 후 실온에서 10분간 방치하였다. 부유용액은 4℃에서 7,000 ×g로 10분간 다시 원심분리 하고 pH를 7.0±0.2로 조절하였다. 세균 오염을 방지하기 위하여 50 mL 주사기(0.22 μm 멸균필터 부착)를 이용하여 상층액을 여과, 최종 농축 검체 20 mL를 핵산 추출을 위한 검체로 사용하였고, 시험에 사용될 때까지 −70℃에서 보관하였다.

2. 식중독 세균 시험 및 동정

식중독 세균 시험 및 동정은 수인성 및 식품매개 감염병관리지침[10]과 식중독 원인조사지침[11] 에 따른 식중독 원인 병원체 검사항목에 대하여 인체검체의 경우 감염병실험실진단시험법[12]에 의해 실시하였고, 환경 검체의 경우, IV. 식중독 세균 시험법에 따라 수행하였다. 식중독 세균과 바이러스에 대한 항목은 Table 1에서 보여준다. 전 처리 된 검체를 Tryptic Soy Broth (Oxoid, England) 넣고 35℃에서 24시간 증균 배양 후, DNA를 추출하였다. 배양액 1 mL를 취하여 8,000 RPM에서 1분간 원심분리하고, 상층액을 제거하고 PBS (Sigma, USA) 1 mL 넣은 후 잘 혼합하였다. 이 과정을 3회 반복 후 500 μL의 멸균 증류수를 추가하여 100℃에서 15분간 가열하였다. 그 후 8,000 RPM에서 30초간 원심분리하고, 상층액을 DNA 주형으로 사용하여 각각의 세균에 특이적인 유전자를 증폭하였다. 식중독 세균은 PowerCheck™ 20 Pathogen Multiplex Real-time PCR Kit (Kogene biotech, Korea)를 이용하였다. DNA 5 μL를 각각의 키트에 첨가하여 ABI 7500 Fast real-time PCR (Thermo Fisher Scientific, USA)에 장착하고 95℃에서 10분 간 초기반응 후, 95℃ 15초와 55℃ 30초를 40회 반복하여 각 세균에 대한 유전자를 실시간으로 증폭하였다. 증폭된 유전자가 지수 로그그래프로 표시되고, 제작사에서 제시한 검출한계인 35 *Ct* (threshold cycle)이하 일 때 양성으로 판단하였다. 양성으로 판단된 세균은 IV. 식중독 세균 시험법[11]에 제시된 선택배지를 이용하여 단일 집락을 분리하고, 생화학적 시험을 통하여 동정하였다.

3. 식중독 바이러스 검사 및 노로바이러스 유전자형 동정

전처리 된 인체검체와 지하수검체는 V. 식중독 바이러스 시험법에 따라 수행하였다. QIAGEN RNA mini Kit (QIAGEN, Germany)와 핵산추출장비 (Nextractor, Genolution, Korea)를 이용하여 제조사의 사용방법에 따라 핵산을 추출하였다. 핵산은 PowerChek™ Norovirus GI/GII Multiplex Real-time PCR kit, PowerChek™ Adeno/Astro/Rotavirus Multiplex Real-time PCR Kit, PowerChek™ Sapovirus/Astrovirus Multiplex Real-time PCR Kit, PowerChek™ Hepatitis A Virus Real-time PCR Kit, PowerChek™ Hepatitis E Virus Real-time PCR Kit (Kogenebiotech, Korea)를 이용하여 진단하였다. 추출된 핵산 5 μL를 각 키트에 첨가 하였는데, 특히 지하수에서 추출된 것은 각 핵산 당 3개씩 중복 실시하였다. 반응조건은 50℃ 30분 1회, 95℃ 10분 1회, 95℃ 15초, 55℃ 1분 동안 45회 반복하여 ABI 7500 Fast real-time PCR (Thermo Fisher Scientific, USA)에서 반응을 수행하였다. 결과는 threshold 0.2일 때, *Ct*값이 36 이하인 것을 양성으로 판단하였다.

양성으로 판정된 노로바이러스는 유전자형 분석을 위하여 semi-nested RT PCR법을 이용하였는데, Access RT-PCR system (Promega, USA)에 노로바이러스 RNA와 노로바이러스 특이적인 프라이머를 포함하여 실험하였다. 노로바이러스 GI 프라이머는 GI-F1M (5'-CTGCCCGAATTYGTAAATGATGAT-3')과 GI-R1M (5'-CCAACCCARCCATTRTACATY TG-3')을 사용하였다.[13] RNA 5 μL를 각 키트에 추

Table 1. Bacteria and virus pathogens causing foodborne disease tested in this study

	Pathogens
Bacteria	*Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella* spp., *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, pathogenic *Escherichia coli* [Enteropathogenic *E. coli* (EPEC), Enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC), Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), Enteroaggregative *E. coli* (EAEC), Enteroinvasive *E. coli* (EIEC)],
Viruses	Norovirus, Hepatitis A virus, Rotavirus, Astrovirus, Sapovirus, Enteric Adenovirus, Hepatitis E virus

가하고 47℃에서 40분간 cDNA를 합성하고, 94℃ 30초, 54℃ 30초, 72℃ 45초 동안 35회 반복하여 PCR을 수행하였다. 그 후 1차 반응산물 2 μL를 취하여 PCR system (Promega, USA)을 이용하여 Semi-nested PCR을 수행하였다. 노로바이러스 GI 프라이머는 GI-F2 (5'-ATGATGGCGTCTAAGGACGC-3')과 GI-R1M을 사용하였다. 반응조건은 94℃ 30초, 56℃ 30초, 72℃ 45초 동안 25회 반복하였다. PCR에 의해 증폭된 산물은 QIAxcel (QIAgen, Germany)을 이용하여 전기영동 한 후 330 bp의 밴드를 확인하였다.

노로바이러스 유전자 염기서열은 Genotech (Korea)과 식품의약품안전평가원에 의뢰하여 분석하였고, 분석된 각 염기서열은 Editseq (DNASTAR, USA)에서 편집 후, National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)에서 유전자형을 결정하였다. 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형에 대한 염기서열은 NCBI의 Genbank에 등록하였다. 이들은 각 유전자형의 국외 참조주들과 함께 계통분석을 실시하였다. Clustal-X (European Molecular Biology Laboratory, Germany)를 이용하여 다중정렬을 수행한 후, 정렬된 자료는 Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) (Tempe, USA) 프로그램을 이용하여 계통분석을 실시하였다.[14,15]

III. 결 과

2019년 4월 중 충청남도 소재 A 고등학교 구성원들에서 집단적으로 구토, 설사 증세를 보이는 환자들이 발생하였다. 전체 노출자는 194명이며, 이 중 유증상자는 53명으로 27.3%에 해당되며, 최초 환자는 4월 11일 22시에 발생하였다(Table 2).

Table 2. Exposed persons and patients with symptoms for food-borne disease at a high school in Chungcheongnam-do

No. of exposed persons	No. of patients (attack rate)	Onset time of symptoms in first patient
194	53 (27.3%)	2019. 4. 11. (22:00)

검사 의뢰된 환자는 39명이며, 이들에서 식중독 세균 및 바이러스에 대한 검사를 실시한 결과 병원성대장균 중 장관흡착성대장균 21명(53.8%), 황색포도상구균 7명(17.9%), 노로바이러스 17명(43.6%)에서 양성을 나타내었다(Table 3). 이 중 장관흡착성대장균과 황색포도상구균의 중복감염은 3명, 노로바이러스와 황색포도상구균의 중복감염은 4명, 노로바이러스와 장관흡착성대장균의 중복감염은 9명이었다. 이를 근거로 이번 집단식중독의 원인은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스가 복합적으로 감염을 일으킨 것으로 판단되었다.

감염원의 유래를 분석하기 위하여 종사자 6명, 조리기구 4건, 발생 4일전부터 발생일 까지 보존식 72건, 문고리등 생활환경 9건, 세균검사용 음용수 10건, 바이러스 검출용 채수 필터 6건에 대하여 식중독 세균과 바이러스에 대한 검사를 실시하였다. 그 결과, 조리종사자 1명과 학교 내 기숙사 2층 냉온수기의 음용수에서 장관흡착성대장균이 검출되어 오염된 식수에 의해 장관흡착성대장균 감염이 일어난 것

Table 3. Detection and distribution of food-borne pathogens in patients and environment samples

Sample type	No. of samples	Detected foodborne pathogens			Remark
		EAEC*	*S. aureus*†	Norovirus	
Patients	39	21 (53.8%)	7 (17.9%)	17 (43.6%)	Norovirus/*S. aureus* co-infection 4 EAEC/*S. aureus* co-infection 3 Norovirus/EAEC co-infection 9
Food service employees	6	1	0	0	Dietitian 1
Implicated food and Swabs in environment	95	1	0	0	Water of Top-load Water Dispenser 1
Groundwater	6	-	-	5	

*EAEC: Enteroaggregative *Escherichia coli*

†*S. aureus*: *Staphylococcus aureus*

으로 추정되며, 양성으로 판정된 조리종사자(영양사)도 동일 원인에 의한 노출자로 보인다. 황색포도상구균의 경우, 종사자, 환경검체 등에서 검출되지 않아 유래를 분석하기 어려웠다.

노로바이러스 검사 결과, 의뢰된 환자 39명 중 17명에서 검출되어 43.6%의 양성율을 보였다. 검출된 노로바이러스의 유전자형 분석결과 16명에서 GI.1형, 1명에서 GI.8형으로 판정되었다. 여러 수계 환경에서 채수되어 필터 된 검체에서 노로바이러스가 검출되었는데, 지하수에서 GI.1형, 2층 냉온수기 음용수에서 GI.8형, 급식조리실에서 GI.8형, 학교운동장에서 GI.1형과 GI.8형이 검출되었다(Table 4). 검출된 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형에 대한 염기서열은 NCBI의 Genbank에 MN018263~MN018284으로 등

Table 4. Detection and distribution of norovirus genotypes in rectal swab samples of patients and water samples

Sample type		No. of norovirus positive samples	Genotype	
			GI.1	GI.8
Patients	Rectal swab	17	16 (93.8%)	1 (6.2%)
Water	Groundwater	1	1	
	Drinking water of dormitory	1		1
	Cooking water in the kitchen	1	1	
	Tap water in schoolyard	2	1	1

Table 5. Norovirus strains isolated in this study

Isolate	Genotype	Sex	Age	Isolation source	Accession no.	Remark
GS2	GI.1	M	15	Rectal swab	MN018263	Patient
GS11	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018264	Patient
GS16	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018265	Patient
GS17	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018266	Patient
GS18	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018267	Patient
GS19	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018268	Patient
GS20	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018269	Patient
GS21	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018270	Patient
GS23	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018271	Patient
GS26	GI.1	F	17	Rectal swab	MN018272	Patient
GS27	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018273	Patient
GS28	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018274	Patient
GS31	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018275	Patient
GS32	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018276	Patient
GS35	GI.1	M	24	Rectal swab	MN018277	Patient
GS36	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018278	Patient
GS38	GI.8	M	17	Rectal swab	MN018284	Patient
Groundwater	GI.1			Filtration	MN018279	Groundwater
Cooking-water	GI.1			Filtration	MN018280	Cooking water
Schoolyard-water1	GI.1			Filtration	MN018281	Drinking water
2nd floor drinking water	GI.8			Filtration	MN018282	Drinking water
Schoolyard-water2	GI.8			Filtration	MN018283	Drinking water

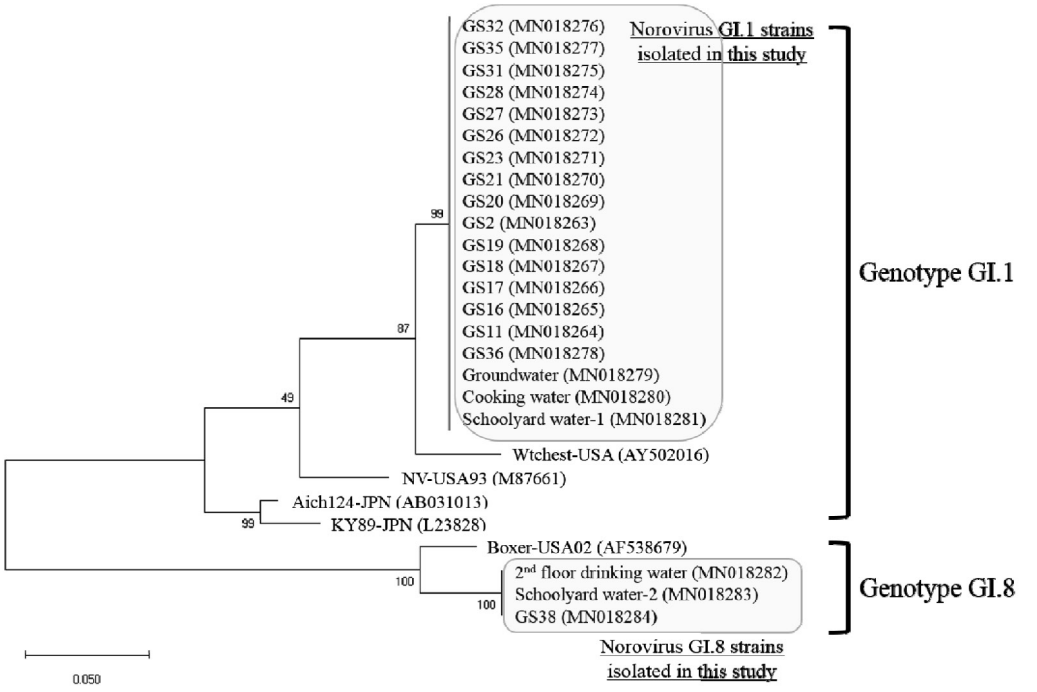


Fig. 1. Results of phylogenetic analysis of isolates in this study with reference strains for 256 bp of capsid gene of norovirus GI.1 and GI.8 isolates

록하였다(Table 5).

본 집단 식중독에서 검출된 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형에 대하여 다중정렬 후 계통분석을 실시하였다. 본 연구에서 환자 16명, 지하수 1건, 급식실 조리수 1건, 운동장 음용수 1건에서 분리된 GI.1형의 노로바이러스들은 이들 내의 캡시드 부분 유전자 염기서열 256 bp에서 100% 일치하였고, 환자 1명, 기숙사 2층 음용수 1건, 운동장 음용수 1건에서 분리된 GI.8형의 노로바이러스 역시 이들 내에서 유전자 염기서열이 동일하였다(Fig.1). GI.1형의 노로바이러스 그룹과 GI.8형의 노로바이러스 그룹 사이에는 74.6~77.3%의 상동성을 보였고, GI.1형 그룹 내에서 86.7~100%, GI.8형 그룹 내에서는 94.5~100%의 상동성을 나타내었다. 세부적으로 GI.1형의 그룹 내 참조주와의 상동성 분석에서 1989년 일본에서 분리된 KY89-JPN (L23828)주[16]와 Aichi124-JPN (AB031013)주[17]는 86.9~88.4%, 1993년과 2001년 미국에서 분리된 NV-USA93 (M87661)주[18]와 Wtchest-USA (AY502016)주[19]에는 각각 91.0, 95.1%의 상동성을 보이고 있었다. 결과적으로 여러 수계환경에 두 가지 유전자형의 노로바이러스가 오염되어 있었고, 이들에 노출되어 노로바이러스의 집단감염이 일어난 것으로 판단된다.

IV. 고 찰

최근 우리나라 식중독 발생 건수는 해마다 차이는 있으나 전반적으로 증가추세에 있다. 급식, 외식문화, 배달음식 등의 시장 확대로 대형 식중독에 노출될 확률이 점점 높아지고 있는 추세이다.[2,20] 식중독 발생의 대부분은 과거와 달리 집단급식소에서 주로 발생하는데 지하수, 정수기 등의 물과 김밥·비빔밥 등 복합조리식품, 육류요리, 샐러드 등 가열공정이 없는 신선식품 등이 주요 원인으로 나타나고 있다.[7,21] 최근 우리나라 식중독의 주요 원인균은 노로바이러스, 병원성대장균, 황색포도상구균, 살모넬라균이다.[5,20] 식중독으로 인한 환자 발생은 어느 국가나 경험하는 가장 우선적인 공중보건학적인 문제인데, 특히 집단생활을 하는 학교나 군부대 등은 대단위로 발생하여 사회적인 문제로 대두될 수 있다.[2]

본 연구에서는 2019년 4월 중 충청남도 소재 한 고등학교에서 발생한 집단 식중독에 대한 원인을 분석하여 앞으로 이와 유사한 집단 식중독이 발생하지 않도록 예방자료로 사용하고자 한다. 이번 집단식중독의 원인은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스가 복합적으로 작용하여 발생한 것으로 판단된다. 최초 본 식중독의 발단이 치킨과 피자의 배달음식 주원인으로 추정하였으나, 그 이후 배달음식을 섭취하지 않은 사람에서도 증상이 발현되어 원인을 확대하여 검색하였다. 장관흡착성대장균의 경우, 검출된 병원체 중 가장 많은 환자들에게 감염이 되어 있었는데, 특이적인 것은 조리종사자와 기숙사 2층 냉온수기에서도 검출되었다는 것이다. 냉온수기의 필터 등의 관리가 제대로 이루어지지 않아 위생상태가 양호하진 않았으므로, 학생들이 장관흡착성대장균에 오염된 음용수를 섭취하여 감염이 이루어진 것으로 판단된다. 양성으로 판정된 조리종사자 역시 동일 원인에 의한 노출자로 보는 것이 타당해 보인다. 그러므로 학교 안에 사용되고 있는 냉온수기, 정수기 등의 필터 및 청소 등의 위생관리가 중요하다고 할 수 있다. 황색포도상구균의 경우, 조리종사자, 환경검체 등에서 검출되지 않아 유래를 찾지 못하였다. 황색포도상구균의 감염경로는 물보다는 오염된 식품이나 음식물 취급자의 부주의에 의한 경우 많은데,[22-24] 이번 경우 최초 원인식품으로 지목된 치킨과 피자에 대한 보존식이 확보되지 않아 원인 조사에 어려움이 있었다. 최초 역학조사를 실시할 때, 관련된 검체의 신속한 확보와 관련 식당 종사자의 검체와 상처 유무 등의 상태를 파악 하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

노로바이러스의 경우, 많은 환자에서 GI.1형이 검출되었는데 지하수 관정에서도 노로바이러스 GI.1형이 검출되었고, 이 두 가지 바이러스의 유전자 염기서열 비교에서도 동일하게 나타났다. 현재 학교에서 지하수의 사용을 화장실로 제한하고 있었고, 노로바이러스가 수인성매개 감염병으로 주요 감염 경로가 분변-구강[25]임을 감안할 때 지하수의 영향은 미미하다고 판단하였다. 2층 기숙사 냉온수기의 위생상태가 양호하지 않아 냉온수기로 유입되는 물을 검사한 결과, 노로바이러스 GI.8형이 검출되었고, 이것은 환자 1명에서 검출된 바이러스와 일치하였다. 상수도를 사용하고 있는 학교 운동장과 급식조리실에서 채수된 검체에서 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형이 혼재되어 검출된 것은 오염된 상수도에 의하여 환자가 발생하였을 가능성이 있다. 현재 상수도에 대한 바이러스 분포 실태조사는 수도법 시행규칙(별표5의 3)에 따라 원수에서 정수량이 5천m^3/일 미만일 때, 대장균 50/100 mL (하천수), 10/100 mL (호소수, 지하수) 초과하는 경우와 정수량이 5천 m^3/일 이상일 때 수질기준 Ia 등급을 초과할 경우에만 실시하고, 정수에서는 원수에서 바이러스가 100개체/100 L 이상 검출된 경우로 한정하고 있다.[26] 여기에 포괄적인 바이러스 용어를 사용하여 실태조사에 있어 모호한 부분이 존재한다. 본 연구에서 상수도에서의 노로바이러스 검출에 대한 가능성이 제기되고, 현재 수도법이 노로바이러스에 대해 사각지대에 놓여있는 상황에서 집단감염의 우려가 있는 노로바이러스에 대한 주기적인 관리가 가능하도록 관련 규정이 정비되어야 할 필요성이 존재한다. 또한 이번 조사에서 학교 안 배관에 대한 설계도가 정확히 파악되지 않아 오염된 지하수의 혼입가능성도 존재하므로 향후 이 바이러스의 유입경로에 대한 추가적인 분석과 조치가 필요하다. 상수도 원수 즉, 인입관로와 계량기까지의 관리 주체는 수자원공사가 담당하지만, 학교 안의 수도 배관의 관리주체는 학교이다. 그러므로 학교에서는 교내의 배관 노후정도나 유지보수에 대한 관리 등을 주체적으로 실시하여야 한다.

이번 학교 식중독 결과를 살펴보면 식품뿐만 아니라 환경위생도 중요하다는 것을 보여준다. 특히 학교 구성원들이 음용하는 물관리가 철저하게 이루어져야 할 것이다. 노로바이러스는 지하수 등 오염된 수계환경으로부터 유래하였고, 이로 인하여 환자가 발생했을 것이라고 추정하지만, 일부 환자의 경우, 감염자에 의한 직접 접촉 또는 화장실을 공동으로 사용해서 전파가 확대되었을 확률도 존재한다. 그러므로 오염된 물을 사용하는 것 이외에 화장실 이용 후 손 씻기 등 개인위생에 주의를 기울여야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 2019년 4월 충청남도 소재 A 고등학교에서 발생한 집단 식중독 원인에 대하여 분석하였다. 학교 구성원 194명 중 54명(27.3%)에서 설사, 복통 등의 증상을 보였으며, 환자 39명의 검사 결과

장관흡착성대장균 21명(53.8%), 황색포도상구균 7명(17.9%), 노로바이러스 17명(43.6%)에서 양성을 나타내었다 (중복감염 포함). 이를 근거로 이번 집단식중독의 원인은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스로 판단하였다. 장관흡착성대장균의 경우, 기숙사에서 사용하는 냉온수기에서 채수한 물에서 장관흡착성대장균이 검출되어, 장관흡착성대장균에 오염된 음용수에서 감염이 이루어진 것으로 추정되었고, 냉온수기의 필터 등 관리가 제대로 이루어지지 않았음을 확인하였다. 황색포도상구균의 경우, 조리종사자, 환경검체 등에서 검출되지 않아 유래를 추정하지 못하였다. 노로바이러스의 경우, 지하수를 비롯한 상수도에서도 동일한 유전자형의 바이러스가 검출되어 바이러스에 오염된 수계 환경의 영향으로 감염이 이루어진 것으로 판단되었다. 학교시설을 위생적으로 개선하여 오염된 물이 혼입되는 것 방지하는 것은 물론 음용수 뿐 아니라 조리수 등 사용하는 물의 관리가 철저하게 이루어져야 할 것이다. 이와 더불어 손 씻기 등의 교육을 통하여 개인위생에 대한 인식의 개선이 필요하다.

References

1. World Health Organization (WHO). Basic food safety for health workers. Geneva: WHO, 1999; 10-12 (WHO document WHO/SDE/PHE/FOS/99.1).
2. Kwun JW, Lee CH. Trends of recent food-borne disease outbreaks in Korea. *J Korean Med Assoc.* 2007; 50(7): 573-581.
3. Hall GV, D'Souza RM, Kirk MD. Foodborne disease in the new millennium: out of the frying pan and into the fire? *Med J Aust.* 2002; 177: 614-618.
4. Kim HR. Current status of group meals and study of improving nutrition management. *KiHASA Health and Welfare Issue & Focus.* 2012; 130: 1.
5. Ministry of Food and Drug Safety. Korea Food & Drug Statistical Yearbook. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
6. Food Safety Korea. Food Poisoning Statistics. Available: https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do [accessed 13 Aug 2019].
7. Oh TY, Baek SY, Koo MS, Lee JK, Kim SM, Park KM, et al. Analysis of foodborne pathogens in food and environmental samples from foodservice establishments at schools in Gyeonggi province. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2015; 44(12): 1895-1904.
8. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
9. Vinjé J, Hamidjaja RA, Sobsey MD. Development and application of a capsid VP1 (region D) based reverse transcription PCR assay for genotyping of genogroup I and II noroviruses. *J Virol Methods.* 2004; 116: 109-117.
10. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guideline for Water & Foodborne Diseases Prevention and Control. Cheongju, Korea; KCDC, 2018.
11. Ministry of Food and Drug Safety. Manual for Detection of Foodborne Pathogens at Outbreaks. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
12. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for Laboratory Diagnosis of Statutory Communicable Diseases. Cheongju, Korea; KCDC, 2012.
13. Kim MS, Koo ES, Choi YS, Kim JY, Yoo CH, Yoon HJ, et al. Distribution of human norovirus in the coastal waters of South Korea. *PLoS One.* 2016; 11: e0163800.
14. Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ. Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.* 1994; 22: 4673-4680.
15. Saitou N, Nei M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol Biol Evol.* 1987; 4: 406-425.
16. Wang J, Jiang X, Madore HP, Gray J, Desselberger U, Ando T, et al. Sequence diversity of small, round-structured viruses in the Norwalk virus group. *J Virol.* 1994; 68: 5982-5890.
17. Kobayashi S, Sakae K, Suzuki Y, Shinozaki K, Okada M, Ishiko H, et al. Molecular cloning, expression, and antigenicity of Seto virus belonging to genogroup I Norwalk-like viruses. *J Clin Microbiol.* 2000; 38(9): 3492-3494.
18. Jiang X, Wang M, Wang K, Estes MK. Sequence and genomic organization of Norwalk virus. *Virology.* 1993; 195: 51-61.
19. Zheng DP, Ando T, Fankhauser RL, Beard RS, Glass RI, Monroe SS. Norovirus classification and proposed strain nomenclature. *Virology.* 2006; 346(2): 312-323.
20. Lee YW, Kim JG. A study on the trend of food poisoning outbreaks, reported cases, in Korea. *J Fd Hyg Safety.* 1987; 2(4): 215-237.
21. Kim JG. Analysis of problems of food service

establishments contributing to food poisoning outbreaks discovered through the epidemiological studies of some outbreaks. *J Fd Hyg Safety*. 1997; 12(3): 240-253.
22. Le Loir Y, Baron F, Gautier M. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genet Mol Res*. 2003; 2(1): 63-76.
23. Kim JG. A survey on the sanitary condition of kitchens in school food-service programs. *Kor J Env Hlth*. 2003; 29(2): 87-93.
24. Kim JG. Studies on the food hygiene & safety knowledge, attitudes, and practices of kitchen employees in school food-service programs-part 1. *Kor J Env Hlth*. 2004; 30(2): 173-183.
25. Kaplan JE, Gary GW, Baron RC, Singh N, Schonberger LB, Feldman R, et al. Epidemiology of Norwalk gastroenteritis and the role of Norwalk virus in outbreaks of acute nonbacterial gastroenteritis. *Ann Intern Med*. 1982; 96: 756-761.
26. National Law Information Center. Enforcement Decree of the Water Supply and waterworks installation act. Available: http://www.law.go.kr/LSW/lsBylInfoPL inkR.do?lsiSeq=201895&lsNm=%EC%88%98%EB%8F%84%EB%B2%95+%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99&bylNo=0005&bylBrNo=03&bylCls=BE&bylEfYd=20180129&bylEfYdYn=Y. [accessed 2019 Aug 13].

<저자정보>

이현아(연구사), 최지혜(연구사), 박성민(연구관), 남해성(교수), 최진하(원장), 박준혁(연구사)

충 청 남 도
보건환경연구원

겨울축제 중 발생한 노로바이러스에 의한 집단식중독의 역학적 분석

Epidemiological analysis of a food poisoning outbreak caused by norovirus in winter local festival

이현아, 최지혜, 박성민, 박종진, 설현지, 김미향, 박준혁*

충청남도 보건환경연구원 미생물검사과

Abstract

2018년을 기준으로 지역축제는 886건에 달하며, 민간 지역축제까지 포함하면 그 보다 많은 행사가 개최된다. 축제 기간 중 종종 위생 관리가 제대로 되지 않아 사회적인 문제를 야기한다. 본 연구는 2018년 12월 22일~2019년 2월 17일에 충남 **지역에서 개최된 겨울 축제에 참여한 아이들에서 집단으로 구토 및 설사환자가 발생한 사례를 역학적으로 분석하여 보고하고자 한다. 유증상자 29명, 종사자 32명, 식당 내 환경, 지하수 및 하천 등의 검체를 대상으로 식중독 원인 병원체에 대한 검사를 실시한 결과 유증상자에서 노로바이러스가 검출되었는데, 유전자형은 GII.3형과 GII.17형이었다. 지하수 4건 중 2건에서 노로바이러스 GII.8형과 GII.3형이 검출되어 지하수 내에 여러 유전자형의 노로 바이러스가 존재함을 확인하였다. 그 중 지하수에서 분리된 GII.3형은 인체에서 분리된 것과 염기서열이 동일하여 이번 식중독 발생 주요 원인으로 판단된다. 그러나 인체에서 검출되었으나, 지하수에서 검출되지 않은 GII.2, GII.17형의 경우 검출법의 한계에 따른 불검출 또는 외부요인에 의한 사람 간 감염 가능성을 배제할 수 없었다. 종사자 32명 중 12명(37.5%)에서 5개의 유전형(GI.7, GI.8, GII.3, GII.8, GII.17)이 검출된 것은 이들이 오염된 지하수에 노출되었음이 예상되며, 이는 역학 분석시 종사자로 접근하기 보다는 동일 원인병원체의 노출자로 보는 것이 타당해 보인다. 노로바이러스는 감염 후 분변을 통해 배출되므로, 적정한 오수 정화시설과 위생적인 화장실 등의 관리가 필요하다. 또한 오염된 지표수의 유입이 우려되므로 관정 및 상수관로에 대한 철저한 점검과 개인 위생 관리를 위한 관계 종사자들의 주기적인 위생 교육이 요구된다. 이번에 발생한 집단 식중독 사례를 분석하여 보고함으로써 향후 이와 유사한 집단 식중독 발생에 대한 효과적 예방자료로 사용하고자 한다.

Results

Facility layout in local winter festival



Exposed persons and patients with symptoms for norovirus infection

	No. of exposed persons	No. of illness (incidence rate)	Time from exposure to onset of symptoms
Children at an elementary school in "A" city	33	15 (45.4%)	33hr after lunch
Children at a nursery in "B" county	68	23 (33.8%)	41hr after lunch

Detection and distribution of genotypes of noroviruses in fecal samples of patients

	No. of samples	No. of norovirus- positive samples (positive rate)	Genotype			
			GII.2	GII.3	GII.17	Total
Children at an elementary school in "A" city	15	13 (86.6%)	0 (0.0%)	5 (38.5%)	8 (61.5%)	13 (100%)
Children at a nursery in "B" county	14	9 (64.2%)	1 (11.2%)	4 (44.4%)	4 (44.4%)	9 (100%)

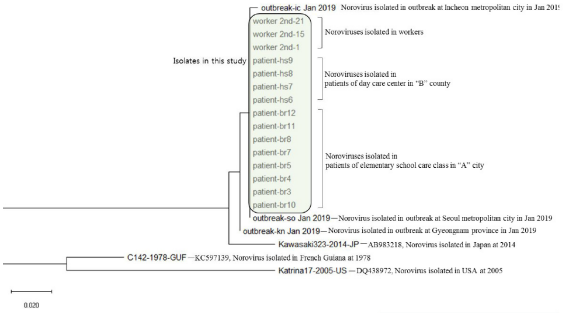
Detection and genotype distribution of noroviruses for environment samples

Specimens	Detection of norovirus	Genotype	Location
Groundwater-1	Positive	GII.8	
Groundwater-2	Negative	-	
Groundwater-3	Positive	GII.3	
Groundwater-4	Negative	-	
Stream water-1	Negative	-	
Stream water-2	Positive	GI.4	
Swab with knife used in the restaurant	Negative	-	
Swab with cutting board used in the restaurant	Negative	-	

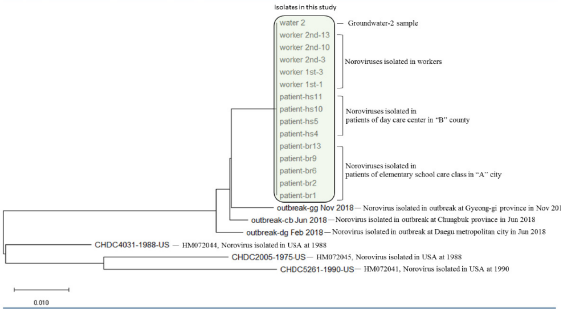
Genotype distribution of noroviruses in fecal samples of food-service employees

	No. of samples	No. of norovirus-positive samples (positive rate)	Genotype					
			GI.7	GI.8	GII.3	GII.8	GII.17	Total
Food-service employees	32	12 (37.5%)	1 (7.7%)	3 (23.1%)	5 (38.5%)	1 (7.7%)	3 (23.1%)	13 (100%)

Phylogenetic analysis of capsid gene of for norovirus GII.17



Phylogenetic analysis of capsid gene of norovirus GII.3



Conclusions

- ❖ 본 식중독은 유전형이 GII.3, GII.17형인 두 가지 노로바이러스가 유행을 주도.
- ❖ 2건의 지하수에서 여러 유전형(GII.8과 GII.3형) 의 노로바이러스가 존재함을 확인.
- ❖ Groundwater-3에서 분리된 GII.3형은 유증상자와 종사자의 유전자 염기서열이 동일하여 이번 식중독 발생의 주요 원인으로 판단.
- ❖ 인체에서 검출되었으나, 지하수에서 검출되지 않은 GII.2, GII.17형의 경우 검출법의 한계(민감도, 회수율)에 따른 불검출 또는 외부요인에 의한 사람 간 감염 가능성을 배제할 수 없음.
- ❖ 종사자 32명 중 12명(37.5%)에서 5개의 유전형(GI.7, GI.8, GII.3, GII.8, GII.17)이 검출된 것은 종사자들이 오염된 지하수에 접촉되었음이 예상되며, 이는 동일 원인병원체의 공동 노출자로 보는 것이 타당함.

* E-mail : junhyuk@korea.kr

References

Lee SG, Jheong WH, Suh CI, Kim SH, Lee JB, Jeong YS, et al. Nationwide groundwater surveillance of noroviruses in South Korea, 2008. Appl Environ Microbiol 2011; 77: 1466-74.

Vinjé J, Hamidjaja RA, Sobsey MD. Development and application of a capsid VP1 (region D) based reverse transcription PCR assay for genotyping of genogroup I and II noroviruses. J Virol Methods 2004; 116:109-17.

Kim MS, Koo ES, Choi YS, Kim JY, Yoo CH, Yoon HJ, et al. Distribution of human norovirus in the coastal waters of South Korea. PLoS One 2016; 11: e0163800.

충 청 남 도
보건환경연구원

충남지역 내 기숙학교에서 발생한 집단 식중독의 역학적 원인 분석

Epidemiological analysis of a food poisoning outbreak in a boarding high school in Chungnam Korea

최지혜, 이현아, 박성민, 박종진, 설현지, 김미향, 박준혁*

충청남도 보건환경연구원 미생물검사과

Abstract

대부분 학생들이 이용하는 학교 급식의 집단 식중독 발생은 시설의 노후화, 오염된 재료 및 조리기구 사용, 식품관리 미흡, 조리종사자의 위생 불량, 위생관리체계 미비 등이 원인이 되며 이를 감소시키기 위해서는 위의 요인들을 철저하게 관리해야 한다. 또한 집단 식중독 발생시 정확한 역학 조사에 기반하여 원인 및 전파 경로를 분석하고 그 결과를 관련 기관과 공유함으로써 유사한 식중독이 재발하지 않도록 노력해야 한다. 본 연구는 2019년 4월 충남에 위치한 기숙학교에서 발생한 집단 식중독에 대하여 역학분석을 실시하고 이를 보고함으로써 유사한 집단 식중독을 예방하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다. 이번 집단 식중독은 구토 및 설사환자 39명, 식품취급 관련자 6명, 보존식 72건, 관련 환경 시료 29건을 대상으로 식중독 원인 병원체 검사를 시행한 결과, 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스가 복합적으로 감염을 일으킨 것으로 판단된다. 장관흡착성대장균의 경우, 환자와 2층 냉온수기에서 검출되어 오염된 식수에 의한 감염이 일어난 것으로 추정된다. 황색포도상구균은 당일 섭취한 피자, 치킨 등의 보존식 검사가 이루어지지 않아 유래를 찾지 못하였다. 노로바이러스는 환자 중 43.6%가 양성을을 보였고, 분리된 바이러스의 유전자형은 GI.1형이 16명, GI.8형이 1명이었다. 여러 수계환경에서 노로바이러스가 검출되었는데, 지하수에서 GI.1형, 2층 냉온수기 음용수와 조리실에서 GI.8형, 학교운동장에서 GI.1형과 GI.8형이 검출되었다. 결과적으로 학생들이 사용하는 음용수 등의 철저한 위생 관리가 요구되며, 지하수와 여러 환경에서 노로바이러스가 검출됨에 따라 오염된 지하수 사용을 제한하고, 학교 내 상수도 배관 및 맨홀 등 시설물의 위생적인 개선과 손 씻기 등 개인위생 교육이 필요한 것으로 사료된다.

Results

Building layout and water supply line of a boarding high school in Chungnam



A : 지하수 line [본관화장실 사용]

B : 상수도 line [본관, 기숙사 사용]

Exposed persons and patients with symptoms for food-borne disease at a high school

No. of exposed persons	No. of patients (attack rate)	Onset time of symptoms in first patient
194	53 (27.3%)	2019. 4. 11. (22:00)

Detection and distribution of food-borne pathogens in patients and environment samples

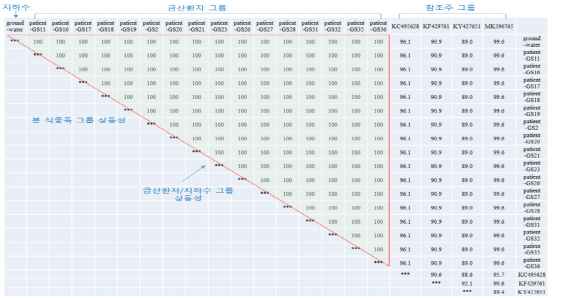
Sample type	No. of samples	Detected foodborne pathogens			Remark
		EAEC[1]	S.aureus[2]	Norovirus	
Patients	39	21 (53.8%)	7 (17.9%)	17 (43.6%)	Norovirus/S.aureus co-infection 4 EAEC/S.aureus co-infection 3 Norovirus/EAEC co-infection 9
Food service employees	6	1	0	0	Dietitian 1
Implicated food and Swabs in environment	95	1	0	0	Water of Top-load Water Dispenser 1
Groundwater	6	-	-	5	

[1]EAEC: Enteroaggregative *Escherichia coli*, [2]*S. aureus*: *Staphylococcus aureus*

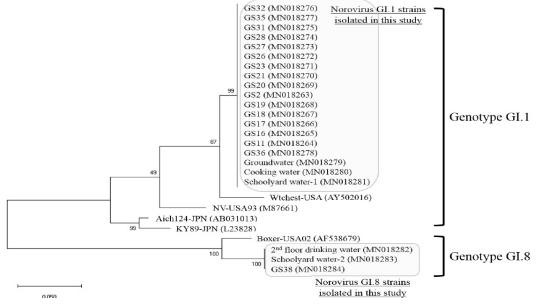
Detection and distribution of norovirus genotypes in patients and water samples

Sample type		No. of norovirus positive samples	Genotype	
			GI.1	GI.8
Patients	Rectal swab	17	16 (93.8%)	1 (6.2%)
Water	Groundwater	1	1	
	Drinking water of dormitory	1		1
	Cooking water in the kitchen	1	1	
	Tap water in schoolyard	2	1	1

Analysis of nucleotide identities for norovirus GI.1 isolates



Results of phylogenetic analysis for norovirus GI.1 and GI.8 isolates



Conclusions

- 본 집단 식중독은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스가 복합적으로 감염을 일으킨 것으로 판단됨.
- 장관흡착성대장균의 경우, 환자와 2층 냉온수기에서 검출되어 오염된 식수에 의한 감염이 일어난 것으로 추정되며, 양성으로 판정된 영양사도 동일 원인에 의한 노출자로 보여짐.
- 황색포도상구균은 당일 섭취한 피자, 치킨 등의 검사가 이루어지지 않아 원인을 찾지 못함.
- 환자에서 검출된 노로바이러스 GI.1형(93.8%)은 지하수를 사용하는 화장실에서도 검출되어 이는 에어로졸 형태의 감염이나 환자간의 직접접촉에 의한 감염 가능성이 있음.
- 추가로 발생한 환자에서 검출된 노로바이러스 GI.8형은 2층 냉온수기에서 검출된 바이러스와 동일하여 냉온수기 물이 감염원으로 보여짐.
- 상수도를 사용하는 운동장 세면대와 급식 조리실에서 검출된 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형 또한 이번 집단 식중독의 원인 가능성이 있음.

* E-mail : junhyuk@korea.kr

References

Kim JG. Analysis of problems of food service establishments contributing to food poisoning outbreaks discovered through the epidemiological studies of some outbreaks. J Fd Hyg safety. 1997; 12(3): 240-253.

Kwun JW, Lee CH. Trends of recent food-borne disease outbreaks in Korea. J Korean Med Assoc. 2007; 50(7): 573-581.

Oh TY, Baek SY, Koo MS, Lee JK, Kim SM, Park KM, et al. Analysis of foodborne pathogens in food and environmental samples from foodservice establishments at schools in Gyeonggi province. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2015; 44(12): 1895-1904.

충남도내 유통 과일류의 잔류농약 안전성 조사

이강범* · 김남우 · 송낙수 · 이중호 · 정상미 · 신명희 · 최선실 · 김지희 · 성시열
충청남도보건환경연구원

A Safety Survey of Pesticide Residues in Fruit Products Circulated in Chungcheongnam-do Province, Korea

Kang-Bum Lee*, Nam-Woo Kim, Nak-Soo Song, Jung-Ho Lee, Sang-Mi Jung, Myoung-Hee Shin, Seon-Sil Choi, Ji-Hee Kim, Si-Youl Sung
Chungcheongnam-do Health and Environment Research Institute, Hongseong, Korea

(Received July 18, 2019/Revised August 16, 2019/Accepted August 28, 2019)

ABSTRACT - In this study, 195 pesticide residues in fruit samples (n=150) at local markets in Chungcheongnam-do Chungnam, Korea were monitored using a multi-residue method combined with GC-MS/MS and LC-MS/MS. Among 150 fruit samples, 40 types of pesticides were detected in 63 samples and the detection rate was 42.0%. However, the amounts were below the maximum residue limit (MRL). Detection rates for pesticides in each thpe of fruit were as follows ; citrus fruits (55.2%), pome fruits (41.3%), berries (38.7%) and stone fruits (36.0%). Although the sample size was small (n=2), pesticide residues were not detected in tropical fruits. Occurrences of detection of pesticide residues in apple showed the highest level, and mainly, insecticides were detected most frequently. The most commonly detected pesticides residues were bifenthrin (21), pyraclostrobin (17), novaluron (13), boscalid (10), chlorfenapyr (9), trifloxystrobin (9), furathiocarb (9), acetamiprid (8) and chlorpyrifos (8). Five types of residual pesticides (bifenthrin, chlorfenapyr, deltamethrin, fenpropathrin and fenvalerate) were detected in quince, and out of these five, fenpropathrin exceeded the MRL based on the Positive List System (PLS). These results suggested that pesticide residues in fruit samples should be continuously monitored, although residue levels in 63 other fruit samples were evaluated as being within a safe level.

Key words : Fruits, Pesticide residues, Multi-residue method, Maximum residue limit (MRL)

과일류는 다양한 영양성분을 포함하고 있으며, 최근에는 웰빙 트렌드에 따라 과일섭취에 대한 관심이 꾸준히 증가하고 있다. 2000년대 이후로 자유무역협정 체결 확대 등으로 수입되는 과일 품목과 양이 늘어나고 있으며, 1인당 연간 과일 소비량은 2000년 58.4 kg에서 2015년 66.8 kg으로 지속적으로 증가하고 있다[1]. 과일의 종류별 수요는 맛과 다양성 등에 따라 소비 양상이 변화하고 있으며, 이에 따라 새로운 열대 과일류의 수입이 증가하고 있다. 과일은 항산화영양소(카로티노이드, 비타민 A, C, E, 셀레늄), 식이섬유, 식물생리활성물질(피토에스트로겐, 플라보노이드, 클로로필 등), 엽산 등의 물질들을 함유하여[2] 심장병과 뇌졸중, 심혈관질환, 암과 같은 질병을 예방하고, 다이어트와 노화방지 등의 목적으로 과일의 섭취를 권장하고 있다[3].

과일을 하루에 200 g씩 섭취하는 것으로 심장병 위험 16%, 뇌졸중 위험 18%, 심혈관질환 위험 13%, 암 위험 4%, 조기 사망위험은 15%가 감소한다고 보고되어 있다[4]. 이처럼 과일에 대한 관심이 높아짐과 동시에 과일을 재배할 때 사용하는 농약의 안전성에 대한 불안감도 증가하고 있다. 식품의약품안전처는 잔류농약에 대한 소비자 인식조사에서 87.6%가 잔류농약에 대한 불안과 우려를 표시했으며, 나이가 많고 학력이 높을수록 잔류 농약에 더 예민한 반응을 보였다고 발표했다[5].

농약은 병해충으로부터 농산물을 보호하고, 높은 작물 수확량을 보장하기 위해 널리 사용된다. 농산물의 생산, 수확 및 처리과정 등 농작물 재배의 모든 과정에서 사용되며, 농작물의 품질향상을 위한 필수품이다. 그러나 지나친 농약

*Correspondence to: Kang-Bum Lee, Chungcheongnam-do Health and Environment Research Institute, 8 Hongyegongwon-ro, Hongbuk-eup, Hongseong, 32254, Korea
Tel: 82-41-635-6854, Fax: 82-41-635-7959
E-mail: bumbaa@korea.kr

의 사용은 농산물 중 잔류농약의 양을 증가시킬 수 있고, 그로 인해 암, 선천적 기형, 심장장애, 파킨슨병 및 알츠하이머병 등 인체에 유해하게 작용할 수 있다[6].

세계적으로 농약의 사용은 계속 증가하여 1960년부터 2000년까지 그 소비량은 약 20배 증가하였다[7]. 국내에 등록되어 사용 중인 농약의 종류 또한 1981년에 230종에서 점차 증가하여 2000년에 959종, 2017년에는 1,944종으로 계속 증가하고 있다[8]. 잔류 농약의 모니터링은 소비자 건강의 잠재적인 위험을 줄이는데 많은 기여를 하고 있고, 이것을 강화하는 것으로 농산물에 대한 농약의 사용 빈도 및 양을 통제할 수 있다. 지난 수십 년 동안 많은 국가에서 잔류농약을 줄이기 위해 노력하고 있다[9]. 미국의 경우, 무관용 원칙(Zero Tolerance System)에 따라 허용기준이 정해지지 않은 농약은 불검출로 적용하고 있고, 일본은 2006년, 유럽은 2008년부터 Positive List System (PLS)제도를 도입하여 잔류허용기준이 없는 농약에 대하여 0.01 ppm 아래로 기준을 적용하고 있다[10]. 우리나라 또한 식품의약품안전처와 농촌진흥청에서 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있으며, 2019년부터 PLS제도를 전면 도입하여 실행하고 있다. 본 연구는 2018년 충청남도에서 유통되는 과일류에 대한 잔류농약 실태를 조사하여 소비자의 과일 먹거리 안전성 확보에 기초자료로 제공하고자 수행되었다.

Materials and Methods

시료

2018년 2월부터 12월까지 충남도내 15개 시·군의 대형 유통마트, 재래시장, 천안농수산물도매시장(Cheonan, Korea) 등에서 유통되는 과일류 13품목 150건을 대상으로 하였다. 세부적으로 인과류 63건(42.0%), 장과류 31건(20.7%), 감귤류 29건(19.3%), 핵과류 25건(16.7%), 열대과일류 2건(1.3%) 이었다(Table 1).

분석대상 농약

분석대상 농약은 식품공전 다종농약다성분 분석법(제2법)으로 분석이 가능한 195종을 대상으로 하였다(Table 2).

표준물질 및 시약

195종 농약의 표준품은 AccuStandard (New Haven, CT, USA), Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Germany) 및 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다. 농약 추출을 위한 시료 전처리 과정 중 추출 및 정제 과정에서는 acetonitrile (Fisher, Pittsburgh, PA, USA), methanol (Fisher, Pittsburgh, USA), acetone (Fisher, Pittsburgh, PA, USA), dichloromethane (Wako, Osaka, Japan), hexane (Wako, Osaka, Japan) 등을 사용하였고, 층 분리는 sodium chloride (Wako, Osaka, Japan)을 이용하였다. 시료의 정제는 solid phase extraction (SPE)를 이용하였는데, 이 때 사용된 카트리지는 aminopropyl cartridge (Phenomenex, Torrance, CA, USA)와 florisil cartridge (Phenomenex, Torrance, CA, USA)를 사용하였다.

잔류농약 분석

시료의 전처리 및 분석은 식품공전 다종농약다성분 분석법 제2법(7.1.2.2)에 따라 실시하였다[11]. 검체 1 kg을 분쇄 한 후 50 g을 취하고, 여기에 acetonitrile 100 mL를 추가 한 후 2-3분간 균질화하고 감압 여과하였다. 여액을 염화나트륨 10-15 g이 들어있는 500 mL 분액깔대기에 옮기고 마개를 막아 강하게 섞은 후 층이 완전히 분리가 될 때까지 정치하였다. Acetonitrile층을 무수황산나트륨에 통과시켜 탈수하고 최종 부피가 100 mL이 되도록 acetonitrile을 첨가하였다. acetonitrile층 20 mL를 각각 취하여 40°C 이하 수욕상에서 감압 농축하였다.

농축한 시료의 정제는 GC 분석을 위해 잔류물 20% acetone/hexane 4 mL로 용해한 후, hexane 5 mL, 20% acetone/hexane 5 mL로 활성화 시킨 florisil cartridge에 초당 1-2방울 정도의 속도로 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 카트리지가 젖어 있는 상태에서 20% acetone/hexane 5 mL로 용출하여 동일 시험관에 받아 40°C 이하 수욕상에서 질소 농축하였다. 용매가 완전히 건고된 잔류물을 20% acetone/hexane 4 mL를 넣어 용해하여 0.2 μm PTFE filter (Whatman, Maidstone, UK)에 여과하여 시험용액으로 하였다. LC 분석을 위해서는 잔류물을 1% methanol/dichloromethane 4 mL로 용해한 후, dichloromethane 5 mL

Table 1. Fruit samples per group tested for the pesticides

Groups	Commodity
Pome fruits (63)	Apple (31), Persimmon (16), Pear (15), Quince (1)
Berry fruits (31)	Grape (21), Strawberry (8), Chinese matrimony vine (2)
Citrus fruits (29)	Mandarin (29)
Stone fruits (25)	Peach (16), Plum (4), Jujube (2), Schisandra (2), Apricot (1),
Tropical fruits (2)	Kiwi (2)
Total	150

Table 2. List of target pesticides for monitoring in this study

Classification	Instrument	Pesticide
Insecticide (93)	GC/MSMS	Acrinathrin, Aldrin, Azinphos-methyl, Bifenthrin, BHC, Bromopropylate, Cadusafos, Carbophenothion, Chlordane, Chlorfenapyr, Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cypermethrin, DDT, Deltamethrin, Diazinon, Dichlorvos, Dicofol, Dieldrin, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, Endosulfan, Endrin, EPN, Esprocarb, Ethion, Ethoprophos, Etoxazole, Etrimfos, Fenamiphos, Fenitrothion, Fenpropathrin, Fenothiocarb, Fenoxycarb, Fenthion, Fenvalerate, Fipronil, Flonicamid, Fluacrypyrim, Fluvalinate, Fosthiazate, Heptachlor, Indoxacarb, Isazofos, Isofenphos, Malathion, Mecarbam, Methidathion, Methoxychlor, Parathion, Parathion-methyl, Permethrin, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Phenthoate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidone, Pirimicarb, Profenofos, Propoxur, Prothiofos, Pyridaben, Pyridalyl, Pyrimidifen, Simeconazole, Tebupirimifos, Tefluthrin, Tralomethrin, Triazophos
	LC/MSMS	Acetamiprid, Carbofuran, Chlorantranlilprole, Clothianidin, Fenobucarb, Flubendiamid, Flufenoxuron, Hexaflumuron, Isoprocarb, Lufenuron, Methomyl, Methoxyfenozide, Novaluron, Pyriproxyfen, Spirodiclofen, Spiromesifen, Telfubenzuron, Thiacloprid, Thiamethoxam
Herbicide (30)	GC/MSMS	Alachlor, Anilofos, Bromacil, Bromobutide, Butachlor, Cinmethylin, Chlorothalonil, Diclofop-methyl, Dimethenamid, Diphenamid, Dithiopyr, Ethalfluralin, Flufenacet, Mefenacet, Metribuzin, Indanofan, Molinate, Pendimethalin, Piperophos, Prometryn, Propanil, Propisochlor, Pryminobac-methyl, Simazine, Thiazopyr, Thiobencarb, Trifluralin
	LC/MSMS	Diuron, Methabenzthiazuron, Pyributicarb
Fungicide (67)	GC/MSMS	Captan, Chinomethionat, Cyflufenamid, Cyprodinil, Cyproconazole, Dicloran, Diethofencarb, Diniconazole, Diphenylamine, Edifenphos, Fenamidone, Fenarimol, Fenbuconazole, Fludioxonil, Flutolanil, Flusilazole, Fthalide, Furathiocarb, Hexaconazole, Imazalil, Iprobenfos, Iprodione, Isoprothiolane, Kresoxim-methyl, Mepronil, Metalaxyl, Metconazole, Methylpentachlorophenyl sulfide, Metrafenone, Myclobutanil, Nuarimol, Ofurace, Penconazole, Picoxystrobin, Prochloraz, Procymidone, Pyraclofos, Pyrazophos, Tetradifon, Terbufos, Tolclofos-methyl, Tolylfluanid, Triadimefon, Triflumizole, Triflumuron, Quintozene, Vinclozolin
	LC/MSMS	Amisulbrom, Azoxystrobin, Benzoximate, Boscalid, Cyazofamid, Cymoxanil, Dimethomorph, Ethaboxam, Fenhexamid, Ferimzone, Fluazinam, Fluquinconazole, Mepanipyrim, Prothioconazole, Pyraclostrobin, Pyrimethanil, Pyroquilon, Tebufenozide, Tricyclazole, Trifloxystrobin
Acaricide (3)	GC/MSMS	Fenazaquin, Tebufenpyrad Fenpyroximate
Plant growth regulator (2)	GC/MSMS	Paclobutrazole, Uniconazole

로 활성화 시킨 aminopropyl cartridge에 초당 1-2방울 속도로 용출시켜 시험관에 받았다. 다시 카트리지가 젖어 있는 상태에서 1% methanol/dichloromethane 7 mL로 용출하여 같은 시험관에 받아 40°C 이하 수욕상에서 질소 농축하였다. 용매가 완전히 건고된 잔류물에 1% methanol/dichloromethane 4 mL를 넣어 용해 한 후 0.2 μm PTFE filter (Whatman, Maidstone, UK)에 여과하여 시험용액으로 하였다.

기기분석

분석에 사용된 GC/MSMS는 Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA) 7890B Triple quadrupole 장비로 잔류농약 152종을 분석하였고, LC/MSMS는 Thermo scientific (Waltham, MA, USA) TSQ Endura triple quadrupole 모델을 사용하여 잔류농약 43종을 분석하였다, 기기의 분석 조건은 Table 3, 4와 같다.

회수율 및 정량한계

회수율은 잔류농약이 검출된 40종의 농약을 대상으로 하였으며, 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설에 따라 실험하였다[12]. 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)는 International Conference on Harmonization (ICH)에서 제시한 아래의 식에 따라 측정하였고, 그 결과는 Table 5와 같다.

$$LOD = 3.3 \times \sigma/S$$

$$LDQ = 10 \times \sigma/S$$

Table 3. Operating conditions of GC-MS/MS using in this study

Instrument	GC-MS/MS		
Column	HP-5MS UI (30m × 0.25 mm × 0.25 μm)		
Detector	Mass quadrupole spectrometry		
Inlet	250°C, splitless, 1 μL injection		
Oven Temp.	Time (min)	Temp. (°C)	Hold (min)
	initial	90	3.0
	20	120	0.0
	8	300	2.0
Gas flow	He 1.5 mL/min		

Table 4. Operating conditions of LC-MS/MS using in this study

Instrument	LC-MS/MS			
Column	Capcell CORE C18 (2.1 × 150mm, 2.7 μm), 35°C			
Detector	Mass quadrupole spectrometry			
Mobile phase	A : 10 mM ammonium acetate + 0.1% formic acid in water B : 2 mM ammonium acetate + 0.1% formic acid in methanol			
Gradient condition	No	Time (min)	A(%)	B(%)
	1	0	85	15
	2	1.0	85	15
	3	1.5	40	60
	4	10.0	10	90
	5	12.0	10	90
	6	12.1	2	98
	7	16.0	2	98
	8	16.1	85	15
	9	20.0	85	15
Infection volume	5 μL			
Flow rate	300 μL/min			

σ: The standard deviation of response, S: The slope of the calibration curve

검출된 농약의 회수율은 78.15-110.05%, LOD는 0.002-0.005 mg/kg, LOQ는 0.005-0.016 mg/kg이며, 검량선의 상관계수는 0.9911-0.9999으로 양호한 직선성을 나타냈다. 우리나라에서 허용되는 회수율의 범위는 70-120%이며, 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)는 20%이하이다. 따라서 본 실험은 적절한 분석법으로 시행한 것으로 판단된다.

Results and Discussion

품목별 잔류농약 검출

충청남도에서 유통되고 있는 과일류 13품목 150건에 대하여 잔류농약 검사를 실시하였다. 그 결과 10품목 63건의 시료에서 40종(중복 검출 포함)의 잔류농약이 검출되어 42.0%의 검출률을 보였고(Table 6) 검출된 잔류농약 모두 식품의약품안전처에서 고시한 잔류농약허용기준에 따라 판정하였다. 잔류농약 허용기준에서 해당농산물 기준이 설정되어 있지 않은 농산물에 대해서는 유사한 농산물의 최저기준을 적용하여 판정하였다. 그 결과 모두 기준 이하였다. 이를 소분류로 나누어 비교해 보면, 감귤류에서 55.2%로 가장 높은 검출률을 보였고 인과류 41.3%, 장과류 38.7% 그리고 핵과류 36.0% 순으로 나타났으며, 표본은 작았지만 열대과일류에서는 잔류농약이 검출되지 않았다.

2014년 인천지역 유통 과일 중 잔류농약 검출률 45.1%[13], 2015년 국내 다소비 농산물 중 과실류의 잔류농약 검출률 43.2%와 비슷한 검출률을 보였고[14], 2015년 서울시에서 발표된 과일류의 농약 검출률 14.9%보다는 높은 검출률을 보였다[15], 감귤류에서는 감귤 29건 중 16건(55.2%)에서 잔

Table 5. Validation parameters of the analytical methodologies for pesticides

No	Pesticides	Recovery (%)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Correlation coefficient
1	Acetamiprid	106.21±1.10	0.005	0.016	0.9911
2	Azoxystrobin	103.33±1.61	0.004	0.013	0.9983
3	Bifenthrin	97.61±8.66	0.004	0.014	0.9916
4	Boscalid	83.32±6.18	0.005	0.016	0.9996
5	Chlorantraniliprole	82.64±3.41	0.004	0.013	0.9984
6	Chlorfenapyr	92.48±5.11	0.002	0.007	0.9992
7	Chlorothalonil	101.36±6.78	0.005	0.017	0.9963
8	Chlorpyrifos	100.11±9.45	0.003	0.010	0.9994
9	Cyflufenamid	78.15±1.44	0.003	0.008	0.9978
10	Cypermethrin	99.45±8.37	0.002	0.008	0.9988
11	Cyprodinil	79.64±5.87	0.002	0.007	0.9991
12	Deltamethrin	88.44±1.93	0.002	0.007	0.9992
13	Dimethomorph	104.54±6.39	0.003	0.010	0.9997
14	Fenpropathrin	91.78±6.84	0.002	0.007	0.9957
15	Fenvalerate	82.48±5.49	0.003	0.012	0.9997
16	Flonicamid	100.14±9.41	0.003	0.009	0.9945
17	Flubendiamide	79.94±7.68	0.004	0.013	0.9951
18	Fludioxonil	101.44±8.23	0.002	0.006	0.9967
19	Flufenoxuron	96.32±4.97	0.004	0.012	0.9945
20	Fluquinconazole	93.06±7.42	0.004	0.010	0.9996
21	Furathiocarb	85.08±4.68	0.003	0.010	0.9994
22	Iprodione	98.50±1.36	0.002	0.006	0.9997
23	Kresoxim-methyl	78.67±1.95	0.004	0.013	0.9966
24	Lufenuron	79.12±1.13	0.003	0.009	0.9991
25	Metconazole	110.05±1.66	0.003	0.008	0.9995
26	Methidathion	98.06±2.44	0.002	0.005	0.9994
27	Methomyl	99.96±1.08	0.003	0.009	0.9984
28	Methoxyfenozide	100.02±1.84	0.005	0.019	0.9996
29	Novaluron	89.46±7.34	0.002	0.007	0.9999
30	Phenthoate	102.38±1.67	0.004	0.010	0.9976
31	Procymidone	100.06±2.06	0.003	0.009	0.9994
32	Pyraclostrobin	92.46±2.18	0.003	0.009	0.9996
33	Pyridalyl	99.30±9.38	0.002	0.006	0.9977
34	Spiromesifen	78.88±5.46	0.002	0.005	0.9996
35	Teflubenzuron	106.33±7.16	0.003	0.008	0.9994
36	Thiacloprid	103.07±1.80	0.002	0.006	0.9991
37	Tiamethoxam	94.48±7.64	0.004	0.010	0.9990
80	Tralomethrin	96.58±1.80	0.004	0.013	0.9999
39	Trifloxystrobin	104.00±5.12	0.002	0.006	0.9995
40	Tiamethoxam	79.07±4.33	0.004	0.012	0.9999

[a)]LOD: Limit of detection
[b)]LOQ: Limit of quantification

Table 6. Sample number and detection rate of pesticide residues in fruits

Type	Item	No. of analysis	No. of detection (%)
Citrus fruits	Mandarin	29	16(55.2)
Pome fruits	Apple	31	21(67.7)
	Persimmon	16	2(12.5)
	Pear	15	2(13.3)
	Quince	1	1(100.0)
	Total	63	26(41.3)
Berry fruits	Grape	21	9(42.9)
	Strawberry	8	2(25.0)
	Chinese matrimony vine	2	1(50.0)
	Total	31	12(38.7)
Stone fruits	Peach	16	8(50.0)
	Plum	4	1(25.0)
	Jujube	2	0(0.0)
	Schisandra	2	0(0.0)
	Apricot	1	0(0.0)
	Total	25	9(36.0)
Tropical fruits	Kiwi	2	0(0.0)
Total		150	63(42.0)

류농약이 검출되었고, 인과류 중 사과는 31건 중 21건(67.7%)에서 잔류농약이 검출되었으며, 배는 15건 중 2건(13.3%), 감은 16건 중 2건(12.5%), 모과는 수거된 1건에서 잔류농약이 검출되었다. 장과류 중 포도는 21건중 9건(42.9%)이, 구기자는 2건 중 1건(50.0%), 딸기는 8건 중 2건(25.0%)이 검출되었다. 핵과류 중 복숭아는 16건 중 8건(50%)이 검출되었고, 자두는 4건 중 1건(25.0%)에서 잔류농약이 검출되었으며 오미자, 대추, 살구에서는 잔류농약이 검출되지 않았다.

감귤과 사과의 검출률이 특히 높은데 2014년 보고된 자료에 따르면 과수류의 단위면적당 농약사용량은 감귤이 가장 많았고[16], 다음으로는 사과, 배, 복숭아, 단감 순으로 많았다. 또한 감귤은 수확 전·후로 농약이 광범위하게 사용되고, 저장 유통 과정에서 부패 방지를 위해 많은 농약을 사용하고 있는 실정이며[17], 사과의 경우 재배기간이 길고 병·해충 제거를 위해 지속적으로 사용하기 때문으로 생각된다.

농약별 잔류농약 검출

조사대상 과일의 농약별 검출 종류를 살펴보면, 잔류농약 195종을 분석한 결과, 중복 검출된 농약을 제외하고 40종의 농약이 182회 검출되었다. 살충제 사용은 103회(56.6%), 살균제 74회(40.7%), 제초제 5회(2.7%)로 살충제가 가장 많이 검출되었으며 살비제, 생장조절제는 검출되지 않았다. 이는 과일류 재배 농가가 병해방제 보다는 해충방제에 더 많은 농약을 사용하는 것으로 생각된다. 검출빈도가 높은 농약은 bifenthrin(21회), pyraclostrobin(17회), novaluron(13회), boscalid(10회), chlorfenapyr(9회), trifloxystrobin(9회), furathiocarb(9회), acetamiprid(8회), chlorpyrifos(8회), deltamethrin(6회), chlorothalonil(5회), kresoxim-methyl(5회), fenpropathrin(4회), metconazole(4회), methomyl(4회), phenthoate(4회), procymidone(4회) 순이였으며, 그 이외 검출 농약으로는 azoxystrobin, chlorantraniliprole, cypermethrin, fenvalerate, iprodione, teflubenzuron, tebufenozide 등이었다. 검출된 63건의 과일류을 분석한 결과 47건(74.6%)의 시료에서 2종 이상의 잔류농약이 동시에 검출되었으며, 13건(20.6%)에서 2종 농약, 11건(17.5%)에서 3종 농약, 10건(15.9%)에서 4종 농약, 7건(11.1%)에서 5종 농약이 검출되었고 5건(7.9%)에서 6종 이상의 농약이 검출되었다. 6종 이상의 농약이 검출된 시료는 모두 사과였다. 이처럼 2종 이상의 농약을 사용하는 것은 단일제 농약을 반복해서 사용하기 보다는 혼합제 농약을 사용함으로써 재배기간 동안 발생하는 병해충을 효과적으로 방제하고 살충·살균제의 동시사용으로 상승효과와 살포회수, 살포주성분량 감소 등으로 노동력과 재료비 절감 효과를 높일 수 있다고 알려져 있다[18,19].

과일별 잔류농약 검출

과일류에서 검출된 잔류농약의 종류 및 검출농도는 Table

Table 7. Pesticide levels detected in fruits in this study

Group	Item (No. of sample)	Frequency of detection	Pesticide (No. of detection)	Detection range (mg/kg)	MRL (mg/kg)
Pome fruits	Apple (31)	21	Bifenthrin (10)	0.015-0.057	0.5
			Furathiocarb (9)	0.049-0.083	0.5
			Pyraclostrobin (8)	0.029-0.051	2.0
			Trifloxystrobin (7)	0.019-0.105	0.7
			Chlorothalonil (5)	0.017-1.608	2.0
			Novaluron (5)	0.012-0.067	1.0
			Acetamiprid (4)	0.016-0.032	0.3
			Metconazole (4)	0.018-0.038	1.0
			Deltamethrin (4)	0.018-0.022	0.5
			Boscalid (4)	0.016-0.058	1.0
			Teflubenzuron (3)	0.026-0.180	1.0
			Methomyl (3)	0.010-0.019	2.0
			Fenpropathrin (3)	0.018-0.033	1.0
			Chlorantraniliprol (2)	0.015-0.038	1.0
			Iprodione (2)	0.043-0.057	5.0
			Lufenuron (2)	0.017-0.019	0.3
			Chlorpyrifos (1)	0.043	1.0
			Flonicamid (1)	0.015	0.7
			Flubendiamide (1)	0.053	1.0
			Flufenoxuron (1)	0.019	0.7
			Fluquinconazole (1)	0.023	2.0
			Kresoxim-methyl (1)	0.013	2.0
			Pyridalyl (1)	0.097	1.0
			Tiamethoxam (1)	0.013	0.5
			Thiacloprid (1)	0.017	0.7
			Tralomethrin (1)	0.019	0.5
	Persimmon (16)	2	Boscalid (1)	0.016	1.0
			Trifloxystrobin (1)	0.028	0.7
	Pear (15)	2	Chlorpyrifos (1)	0.021	1.0
			Spirodiclofen (1)	0.010	1.0
	Quince (1)	1	Bifenthrin (1)	0.010	0.5
			Chlorfenapyr (1)	0.026	1.0
			Deltamethrin (1)	0.015	0.5
			Fenpropathrin (1)	0.080	0.5
			Fenvalerate (1)	0.037	2.0
Berry fruits	Grape (21)	9	Kresoxim-methyl (4)	0.347-0.742	5.0
			Procymidone (4)	0.024-0.132	2.0
			Pyraclostrobin (4)	0.019-0.025	3.0
			Boscalid (3)	0.014-0.042	5.0
			Chlorfenapyr (2)	0.020-0.164	2.0
			Azoxystrobin (1)	0.075	3.0

Table 7. (Continued) Pesticide levels detected in fruits in this study

Group	Item (No. of sample)	Frequency of detection	Pesticide (No. of detection)	Detection range (mg/kg)	MRL (mg/kg)
Berry fruits	Grape (21)	9	Chlorantraniliprole (1)	0.027	2.0
			Dimethomorph (1)	0.016	2.0
			Fenvalerate (1)	0.014	1.0
			Fluquinconazole (1)	0.020	1.0
			Trifloxystrobin (1)	0.013	2.0
	Strawberry (8)	2	Boscalid (1)	0.050	5.0
			Chlorfenapyr (1)	0.028	0.5
			Fludioxonil (1)	0.020	2.0
			Spiromesifen (1)	0.155	0.5
	Chinese matrimony vine (2)	1	Bifenthrin (1)	0.015	0.5
			Chlorpyrifos (1)	0.037	0.5
			Cypermethrin (1)	0.134	5.0
			Fenvalerate (1)	0.025	1.0
Citrus fruits	Mandarin (29)	16	Novaluron (8)	0.023-0.149	0.5
			Chlorfenapyr (5)	0.017-0.413	1.0
			Phenthoate (4)	0.058-0.314	1.0
			Acetamiprid (3)	0.021-0.113	0.5
			Bifentrin (3)	0.015-0.031	0.5
			Chlorpyrifos (3)	0.018-0.041	1.0
			Tebufenozide (3)	0.022-0.034	1.0
			Cyflufenamid (2)	0.015-0.053	1.0
			Pyraclostrobin (2)	0.011-0.021	2.0
			Methidathion (1)	0.010	0.01
			Cypermethrin (1)	0.213	2.0
			Cyprodinil (1)	0.014	1.0
Stone fruits	Peach (16)	8	Bifenthrin (5)	0.017-0.069	0.3
			Chlorpyrifos (2)	0.018-0.136	0.5
			Pyraclostrobin (2)	0.023-0.084	1.0
			Acetamiprid (1)	0.148	1.0
			Azoxystrobin (1)	0.916	2.0
			Boscalid (1)	0.246	1.0
			Deltamithrin (1)	0.015	0.5
			Iprodione (1)	0.275	2.0
			Flubendiamide (1)	0.164	0.7
			Methomyl (1)	0.031	5.0
			Thiacloprid (1)	0.136	1.0
	Plum (4)	1	Azoxystrobin (1)	0.133	1.0
			Bifenthrin (1)	0.023	0.1
			Cypermethrin (1)	0.574	1.0
			Pyraclostrobin (1)	0.172	1.0

7과 같으며, 사과에서는 bifenthrin, furathiocarb, pyraclostrobin, trifloxystrobin, chlorothalonil, novaluron 등 26종의 잔류농약이 검출되었고 감에서는 boscalid, trifloxystrbin 배에서는 chlorpyrifos, spirodiclofen, 모과에서는 bifenthrin, chlorfenapyr, deltamethrin, fenpropathrin, fenvalerate가 검출되었고 이 중 fenpropathrin는 모과 기준이 설정되어 있지 않아 유사농산물 최저기준인 0.5 mg/kg을 적용으로 적합 이였지만, PLS 적용 시 부적합 대상이었다. 인과류 중 사과에서는 복숭아순나방, 노린재류, 일막이 나방 등 주요 해충 방제하기 위해 사용하는 bifenthrin (살충제), furathiocarb (살충제)가 갈생무늬병, 겹무늬썩음병, 탄저병 방제를 위한 pyraclostrobin (살균제)의 검출횟수가 높았다. 포도에서는 kresoxim-methyl, procymidone, pyraclostrobin, boscalid 등 11종의 잔류농약이 검출되었고, 떫기는 boscalid, chlorfenapyr, fludioxonil, spirodiclofen이 검출되었으며, 구기자에서는 bifenthrin, chlorpyrifos, cypermethrin, fenvalerate가 검출되었다. 장과류에서는 잿빛곰팡이, 갈색무늬병 등의 예방을 위한 살균제의 검출빈도가 높았으며 감귤에서는 novaluron, chlorfenapyr, phenthoate, acetamiprid, bifenthrin 등 12종의 잔류농약이 검출되었고, 수확 전 해충 방제를 위해 사용하는 novaluron, chlorfenapyr, phenthoate 등이 다빈도로 검출되었으며, 수확 후 저장·유통과정에서 생기는 부패 변질을 방지하기 위한 bifenthrin, chlorpyrifos, tebufenozide 등이 검출되었다. 복숭아는 bifenthrin, chlorpyrifos, pyraclostrobin 등 11종의 잔류농약이 검출되었으며 자두는 azoxystrobin, bifenthrin, cypermethrin, pyraclostrobin이 검출되었다. 과일별 검출된 다빈도 잔류농약 검출수는 사과(26종), 감귤(12종), 포도(11종), 복숭아(11종) 순으로 사과에서 가장 많은 종류의 잔류농약이 검출되었고, 2012년에 발표한 경기도 유통과실류 잔류농약 위해평가 결과와 유사하였다[20].

본 연구는 충남지역에서 유통되는 과일류에 대해 잔류농약 실태를 평가하였다. 그 결과 잔류농약이 검출된 과일 모두 기준치 이하였고 공중보건에 심각한 위험에 노출될 수준은 아니었지만 다양한 농약이 과일류에 잔류하고 있음을 확인 하였다. 이에 따라 과일에서 잔류농약을 지속적으로 모니터링하여 잔류농약 오염수준을 인지하는 것은 공중보건학적으로 매우 중요하며, 향후 잔류농약의 관리를 위한 중요한 자료로 사용될 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구에서는 2018년 충남에서 유통되는 과일류에 대한 잔류농약 실태를 조사하여 보고하고자 한다. 유통 과일류 150건을 실험대상으로 식품공전 다종농약다성분 분석법(제2법)으로 분석이 가능한 195종의 잔류농약을 실험하였다. 150건의 과일 시료 중 63건에서 40종의 잔류농약이 검출되었으며, 검출률은 42.0%였다. 각 과일의 잔류농약 검출률은 감귤류(55.2%), 인과류(41.3%), 장과류(38.7%), 핵과류(36.0%) 순이였으며 표본이 작지만 열대과일에서는 잔류농약이 검출되지 않았다. 검출빈도가 높은 과일은 사과 21회, 감귤이 16회로 다른 과일에 비해 높은 검출빈도를 보였으며, 검출빈도가 가장 높은 농약은 bifenthrin(21회), pyraclostrobin(17회), novaluron(13회)로 나타났다. 잔류농약이 검출된 시료 중 74.6%의 시료에서 2종 이상의 동시에 검출되었다. 잔류농약이 검출된 63건의 과일 모두 잔류허용기준 이하로 안전한 수준으로 평가되었으나, 잔류농약 검출률이 높고, 농약의 종류가 다양해지고 있어 지속적으로 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

References

1. Korea Rural Economic Institute., Agricultural prospects 2017, Korea, 523-525 (2017).
2. Ismail, T., Sestili, P., Akhtar, S., Pomegranate peel and fruit extracts, a review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. *J. Ethnopharmacol.*, **143(2)**, 397-405 (2012).
3. Key, T.J., Allen, N.E., Spencer, E.A., Travis, R.C., The effect of diet on risk of cancer. *The Lancet.*, **360(9336)**, 861-868 (2002).
4. Vieira, A.R., Vingeliene, S., Chan, D.S.M., Aune, D., Abar, L., Rosenblatt, D.N., Greenwood, D.C., Norat, T., Fruits, vegetables, and bladder cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Cancer Med.*, **4(1)**, 136-146 (2015).
5. Woo, H.D., Lee, J.K., Han, G.D., Consumer awareness survey on safety management of pesticide residue. *J. Food Sci. Ind.*, **43(2)**, 24-40 (2010).
6. Mostafalou, S., Abdollahi, M., Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicol. Appl. Pharmcol.*, **268(2)**, 157-177 (2013).
7. Hu, R., Huang, X., Huang, J., Li, Y., Zhang, C., Yin, Y., Chen, Z., Jin, Y., Cai, J., Cui, F., Long- and short- term health effects of pesticide exposure: A cohort study from china. *PLoS one,* **10(6)**, e0128766 (2015).
8. Rural Development Administration National Institute of Agricultural Sciences., Pesticide Registration status, Korea, (2017).
9. Kim, H.Y., Lee, S.Y., Kim, C.G., Choi, E.J., Lee, E.J., Jo, N.K., Lee, J.M., Kim, Y.H., A survey on the pesticide residues and risk assessment for agricultural products on the markets in Incheon area from 2010 to 2012. *Korean J. Environ. Agric.*, **32(1)**, 61-69 (2013).
10. Jeon, Y.H., Hwang, J.I., Ahn, J.W., Kim, H.Y., Do, J.A., Oh, J.H., Hwang, I.G., Im, M.H., Lee, J.K., Lee, Y.D., Kim, J.E., Multiresidue analysis method for determination of unregistered organophosphorus pesticides in Korea for imported agri-food. *Korean J. Environ. Agric.*, **31(3)**, 277-285 (2012).
11. Ministry of Food and Drug Safety., Ministry of Food and Drug Safety Notification (No. 2017-57) (2017).

12. Ministry of Food and Drug Safety., Analytical Manual for Pesticide Residues in Foods, 5th Ed., Korea (2017).
13. Chung, S.J., Kim, H.Y., Kim, J.H., Yeom, M.S., Cho, J.H., Lee, S.Y., Monitoring of pesticide residues and risk assessment in some fruits on the market in Incheon, Korea. *Korean J. Environ. Agric.,* **32(2)**, 111-120 (2014).
14. Kang, N.S., Kim, S.C., Kang, Y.J., Kim, D.H., Jang, J.W., Won, S.R., Hyun, J.H., Kim, D.G., Jung, I.Y., Rhee, G.S., Shin, Y.M., Joung, D.Y., Kim, S.Y., Park, J.Y., Kwon, K.S., Ji, Y.A., Monitoring and exposure assessment of pesticide residues in domestic agricultural products. *Korean J. Pestic. Sci.*, **19(1)**, 32-40 (2015).
15. Park, K.A., Lee, J.S., Jung, S.Y., Jo, S.A., Kim, N.H., Kim, Y,H., Park, H.W., Ryu, H.J., Lee, J.M., Yu, I.S., Jung, K., Monitoring of pesticide residues in peel, fruit and pulp of tropical, citrus, and pome fruits. *Rep. S.I.H.E.,* **51**, 71-82 (2015).
16. Ha, H.Y., Park, S.E., You, A.S., Gil, G.H., Park, J.E., Lee, I.Y., Park, K.Y., Ihm, Y.B., Survey of pesticide use in leaf and fruit vegetables, fruits, and rice cultivation areas in Korea. *Weed Turf. Sci.,* **5(4)**, 203-212 (2016).
17. Choi, S.J., Kim, E.J., Lee, J.I., Cho, I.S., Park, W.H., Hwang, I.S., Kim, M.S., Kim, G.H., Determination of post-harvest fungicide in citrus fruits using LC-MS. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **45(4)**, 409-415 (2013).
18. Lee, J.B., Jeong, M.H., Sung, H.J., Lee, H.K., Yang, J.S., Acute toxicity response caused by mixture or tank of several insecticides. *Korean J. Pestic. Sci.*, **5(4)**, 57-61 (2001).
19. Musch, A., Toxicity of mixtures. Toxicology: Principles and applications, CRC Press, Boca Raton, 270-287 (1996).
20. Do, Y.S., Kim, J.B., Kang, S.H.,Kim, N.Y., Um, M.N., Park, Y.B., Oh, M.S., Yoon, M.H., Risk assessment of pesticide residues in fruits collected in Gyeonggi-do, Korea from 2006 to 2010. *Korean J. Pestic. Sci.*, **6(2)**, 85-97 (2012).

Survey on Veterinary drugs in Fishery Products Distributed in Chungcheongnam-do

Kang-Bum Lee, Nak-Soo Song, Myeong-Hee Shin, Seon-Sil Choi, Nam-Woo Kim, Ji-Hee Kim and Si-Youl Sung

Chungcheongnam-do Health & Environmental Research Institute

Abstract

This experiment was conducted to simultaneously analyze multi residual veterinary drugs in fishery products in 2018. 72 fishery products samples of different species distributed in Chungcheongnam-do were analyzed for a total of 29 residual veterinary drugs including sulfonamides (15), fluoroquinolones (5), quinolones (4), penicillin (1), diaminopyrimidine (1), tetracycline(1), others (2) using LC/MS/MS. The residual veterinary drugs were not detected in most of the 72 samples (93.3%), and the detection rate was 9.7% (7/72) but the amounts of them were below maximum residual limit (MRL) for fishery products. As a result of the analysis, 5 types of residual veterinary drugs were detected: ciprofloxacin, enrofloxacin, sulfadiazine, flumequine and oxolinic acid. The species of the detected fish samples were catfish (2), japanese ell (3), crucian carp (1) and leg lobster (1), and the most frequently detected antibiotics were quinolones.

Objectives

Veterinary drugs are widely used on fish farms to treat and prevent diseases. However, over-dosing and noncompliance with the with the withdrawal period may cause drug residues to remain in fish tissues. Drug-contaminated fishery products may have a potential risk for the consumer's health because they can provoke drug-resistant pathogenic strains of bacteria, allergic reactions, and toxicity. Therefore, it is necessary to monitor livestock and fishery products for the residual veterinary drugs using accurate analysis. This result suggested that veterinary drugs in fish samples should to be monitored in Chungcheongnam-do and taking preventive actins to minimize human health risks.

Method

Materials (Samples)

A total of 72 samples was collected from the circulated in Chungcheongnam-do (2018).
Collected samples were as follows; 56 fishes, 10 crustaceans and 6 mollusks.

Sample preparation

Homogenization sample2g, + 1ml (Ammonium Acetate with 0.1M Na_2-EDTA)

↓

Add 9ml (2mM Ammonium formate) and shaking (5min)

↓ Centrifuge (4℃, 10,000 *G*, 10min)

Take supernatants + 250mg PSA, 250mg C_{18} in 50ml tube and shaking (1min)

↓ Centrifuge (4℃, 10,000 *G*, 5min)

Take supernatants (half) and concentration of nitrogen (1ml of residue)

↓

Filter with 0.2um PVDF membrane filter

↓

LC/MS/MS

Table 1. Acquisition parameters of 29 veterinary drugs by LC/MSMS

No	Compound	Ionization mode	RT (min)	Exact mass	Precursor ion(m/z)	Product ion(m/z)	Collision Energy
1	Enrofloxacin	Positive	3.71	359.16	360	189.245.286	40.23.32
2	Ciprofloxacin	Positive	3.39	331.13	332	204.231.245	53.35.19
3	Norfloxacin	Positive	3.26	319.13	320	233.276.302	20.15.20
4	Pefloxacin	Positive	3.35	333.15	334	233.290.316	23.16.18
5	Ofloxacin	Positive	3.29	361.14	362	221.261.318	35.28.15
6	Chloramphenicol	Negative	5.61	322.01	321	152.194.257	18.12.10
7	Nalidixic acid	Positive	6.78	232.08	233	104.187.215	36.25.12
8	Difloxacin	Positive	4.21	399.14	400	299.356.382	25.20.20
9	Amplicillin	Positive	3.11	349.11	350	79.106.114	44.17.30
10	Oxolinic acid	Positive	5.45	261.06	262	129.160.173	35.28.17
11	Trimethoprim	Positive	3.18	290.14	291	123.230.261	30.18.25
12	Flumequine	Positive	7.04	261.08	262	99.126.202	54.44.30
13	Amoxicillin	Positive	1.39	365.10	366	113.133.349	19.31.5
14	Oxytetracycline	Positive	3.40	460.15	461	201.337.426	18.40.28
15	Sulfachlorpyrazine	Positive	4.66	284.01	285	92.108.156	26.24.14
16	Sulfachlorpyridazine	Positive	5.85	284.01	285	92.108.156	24.22.14
17	Sulfadiazine	Positive	2.63	250.05	251	92.108.156	26.22.14
18	Sulfadimethoxine	Positive	5.96	310.07	311	92.108.156	28.26.18
19	Sulfadoxine	Positive	5.00	310.07	311	92.108.156	28.24.16
20	Sulfaguanidine	Positive	1.13	214.05	215	60.92.156	12.10.5
21	Sulfamerazine	Positive	3.33	264.07	265	92.108.156	24.22.16
22	Sulfamethazine	Positive	3.87	278.08	279	92.124.186	28.22.16
23	Sulfamethoxazole	positive	5.02	253.05	254	92.108.156	26.20.14
24	Sulfamethoxypyridazine	Positive	3.97	280.06	281	92.108.156	30.25.14
25	Sulfamonomethoxine	Positive	4.45	280.06	281	92.108.156	28.24.16
26	Sulfaphenazole	Positive	6.08	314.08	315	92.158.160	34.28.22
27	Sulfaquinoxaline	Positive	5.98	300.07	301	92.108.156	22.22.17
28	Sulfathiazole	Positive	2.91	255.01	256	92.108.156	24.22.15
29	Sulfasoxazole	Positive	5.33	267.07	268	92.113.156	31.16.14

Table 2. Analytical conditions of veterinary drugs by LC/MSMS

Instrument	Parameter	Condition							
MSMS	Column	C_{18} (2.0 × 150 mm, 3μm) Cadenza							
	Mobile Phase	A : 0.1% formic acid in water B : 0.1% formic acid in ACN with 2mM Ammonium formate							
	Flow rate	0.4mL/min							
	Gradient	Time (min)	0	1	6	10	15	15.1	20
		Sol A	90	90	60	5	5	90	90
		Sol B	10	10	40	95	95	10	10
	Injection	5uL							

Results

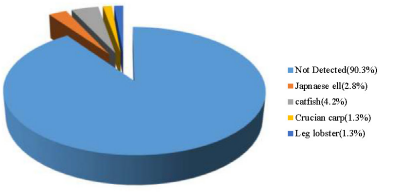


Fig. 1. Detection ratio of veterinary drugs in fishery products

Table 3. Results of detection within MRL of residual veterinary drugs

Division	Number of samples	Detection within MRL	Detection within MRL sample List		
			Products Name	Veterinary drugs name & Detection amount (mg/kg)	MRL (mg/kg)
Fishery Products	72	7	Japanese ell	Sulfadiazine 0.0	0.1
			Catfish	Ciprofloxacin 0.0	Sum 0.1
			Catfish	Enrofloxacin 0.0	
			Crucian carp	Oxolinic acid 0.0	0.1
			Catfish	Oxolinic acid 0.0	0.1
			Japanese ell	Flumequine 0.1	0.5
			Leg lobster	Oxolinic acid 0.0	0.1

Conclusion

1. **This study characterized veterinary drugs residues for fishery products in violation of governmental standards.**
2. **The veterinary drugs of all fishery products was below the regulation level.**
3. **Nevertheless, an investigation into continuous monitoring and tighter regulation of veterinary drugs residues in fishery products is recommended.**

Reference

1. **Kang, H.S., Lee, S.B., Shin, D.S., Jeong, J.Y., Hong, J.H., Rhee, G.S. Occurrence of veterinary drug residue in farmed fishery products in South Korea, Food control, 85:57~65, 2018**

충 청 남 도
보건환경연구원

A Survey on Heavy Metals of Fishery Product Circulated in Chungcheongnam-do

Nam Woo Kim, Nak Soo Song, Myeong Hee Sin, Kang Bum Lee, Seon Sil Choi,
Jee Hee Kim and Si Youl Sung
Chungcheongnam-do Health & Environmental Research Institute

Abstract

In this study, 268 fishery products distributed in Chungcheongnam-do in 2018 were monitored for hazardous heavy metals (Hg, Cd and Pb). Three species of 268 samples were selected for the analysis, including 137 samples of fishes, 121 samples of An invertebrate and 10 samples of algaes. The concentrations of Pb, Cd and Hg were measured using ICP-MS and mercury analyzer, respectively.

The concentrations of the heavy metals in all of the fishery products ranged from non-detectable(ND) to 0.3 mg/kg for Pb, from ND to 0.2 mg/kg for Hg and from ND to 2.5 mg/kg for Cd and one shellfish sample (Sallop) was exceeded in permissible levels of Cd in fishery products according to KFDA standards.

These results may be provided as basic data on the heavy metal pollution of fishery products in Korea, and the pollution surveys should be continuously monitored to assess heavy metal concentrations of fishery products.

Methods

A total of 268 samples was collected from the circulated in Chungcheongnam-do (2018). Collected samples were as follows: 137 fishs, 121 invertebrates, 10 algaes.

The Pb and Cd samples were taken in crucible, then put in a Maffle's furnace and ashed at 450 ° C. In the case of Hg, the samples were measured by the heating vapor-deposited gold amalgam method and the operating conditions are shown in Table 1 and 2.

Table 1. The operating conditions of ICP-MS

Parameter	Setting	
RF power (Watts)	1,550	
Nebulizer gas flow (L/min)	1.1	
Lens voltage (V)	19.8	
Auxiliary gas flow (L/min)	0.8	
Dwelling time (sec)	0.01	
Mass	Pb	Cd
(m/z)	207.977	110.904

Table 2. The operating conditions of Mercury Analyzer

Classification	Heating condition	Standard solution	Sample
mode selector		1	2
	1 step	150℃ / 60sec	180℃ / 120sec
	2 step	800℃ / 120sec	850℃ / 120sec

Table 3. Sample classification by fishery product type

Classification	Subclass	Sample number
Fish	Sum	137
	Freshwater fish	30
	Pelagic fish	8
	Marine fish	99
An invertebrate	Sum	121
	Shellfish	61
	Cephalopod	32
	Crustacean	28
Others	Algae	10

Results

Table 4. Summary of heavy metal contents (Unit: mg/kg)

Fishes	samples	Pb	Cd	Hg
Mackerel	9	0.024(ND-0.097)	0.003(ND-0.006)	0.073(0.059-0.088)
Monkfish	6	0.008(0.003-0.011)	0.002(ND-0.006)	0.040(0.024-0.076)
Spanish mackerel	5	0.019(0.001-0.083)	0.003(ND-0.005)	0.021(0.011-0.032)
Sole	5	0.024(0.001-0.109)	0.022(0.003-0.083)	0.050(0.033-0.074)
Flounder	4	0.009(0.005-0.015)	0.004(0.003-0.006)	0.033(0.012-0.061)
Flatfish	8	0.005(0.004-0.009)	0.006(0.002-0.019)	0.040(0.007-0.128)
Catfish	21	0.007(0.003-0.011)	0.002(0.001-0.008)	0.091(0.014-0.177)
Yellow tail	2	0.005(0.005-0.006)	0.006(0.005-0.007)	0.028(ND-0.177)
Croaker	7	0.071(0.006-0.134)	0.006(0.002-0.011)	0.009(ND-0.018)
Leather crap	2	0.002(ND-0.004)	0.003(ND-0.006)	0.041(0.040-0.041)
Crucian	3	0.003(0.001-0.004)	0.003(0.002-0.003)	0.093(0.035-0.131)
Gunnel	3	0.003(0.002-0.004)	0.005(0.004-0.005)	0.021(0.011-0.031)
Cod	8	0.003(0.001-0.114)	0.001(ND-0.003)	0.038(0.028-0.051)
Sea bream	3	0.007(0.002-0.013)	0.003(0.001-0.004)	0.075(0.017-0.168)
Anchovy	7	0.012(0.001-0.051)	0.030(0.007-0.133)	0.013(0.006-0.027)
Moray	5	0.060(0.002-0.164)	0.005(0.001-0.015)	0.016(0.018-0.022)
Rockfish	12	0.014(0.005-0.049)	0.002(0.001-0.003)	0.077(0.038-0.122)
Eel	8	0.002(ND-0.004)	0.002(ND-0.003)	0.108(0.051-0.204)
Pollack	4	0.054(0.009-0.151)	0.004(0.002-0.009)	
Gray mullet	4			0.089(0.069-0.123)
Snake headfish	4			0.065(0.041-0.080)
etc	7	0.007(0.005-0.011)	0.018(0.001-0.063)	0.031(0.023-0.050)

An invertebrate	Samples	Pb	Cd	Hg
Squid	20	0.019(0.003-0.122)	0.027(0.006-0.097)	0.070(0.027-0.167)
Oyster	14	0.062(0.009-0.241)	0.414(0.076-0.940)	0.012(0.017-0.020)
Manila clam	15	0.054(0.012-0.192)	0.074(0.016-0.112)	0.020(0.006-0.046)
Topshell	5	0.012(0.005-0.024)	0.257(0.023-0.870)	0.028(0.012-0.042)
Abalon	5	0.012(0.004-0.018)	0.044(0.007-0.073)	0.005(0.004-0.009)
Wetfoot octopus	8	0.020(0.011-0.029)	0.002(0.001-0.002)	0.006(0.004-0.008)
Clam	8	0.348(0.029-1.437)	0.471(0.050-1.956)	0.090(0.006-0.174)
Scallop	2	0.116(0.020-0.211)	2.216(1.956-2.477)	0.009(0.006-0.012)
Snail	7	0.032(0.029-0.219)	0.004(ND-0.008)	0.004(0.003-0.007)
Small octopus	3	0.036(0.033-0.038)	0.008(0.003-0.014)	0.014(0.010-0.017)
Sea squirt	2	0.037(0.020-0.053)	0.071(0.020-0.103)	0.012(0.006-0.020)
Mussel	3	0.138(0.030-0.246)	0.266(0.063-0.469)	0.007(0.004-0.009)
Sea cucumber	1	0.005	0.010	0.006
Blue crab	13	0.007(0.004-0.016)	0.097(0.008-0.295)	0.042(0.007-0.072)
Shrimp	15	0.035(0.001-0.1322)	0.037(0.001-0.269)	0.030(0.025-0.034)
Sea mustard	3	0.004(0.002-0.005)		0.002(0.001-0.002)
Kelp	2	0.018(0.005-0.031)		
Laver	5		0.017(0.013-0.021)	

The values are average(min-max), N.D : not detected

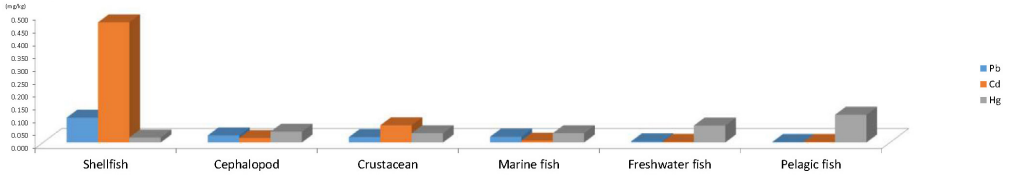


Fig. 1. Mean values of heavy metal in fishery products circulrated in Chungcheongnam-do.

Conclusion

1. The heavy metal of all fishery product except one sample was below the regulation level.
2. In the case of scallop, Cd exceeded the KFDA standard value of 2.0 (mg/kg), which was unsuitable.
3. The intake of fishery products is still increasing and ensuring safety is becoming important. Therefore, continuous monitoring of Fishery products contamination is necessary.

References

1. Kim, Y.C. and Han, S.H. : A study on heavy metal contents of the fresh water fish and the shellfish in korea. J. Food Hygiene and safety, korea, 14, 305-318(1999)
2. Ham HJ, Distribution of hazardous heavy metals (Hg, Cd and Pb) in fishery products, sold at garak wholesale markets in Seoul, J. Food Hyg. Safty 17, 146–151 (2002)

A Safety Survey of Pesticide Residues in Fruiting vegetable cucurbit Products Circulated in Chungcheongnam-do Province, Korea

Kang-Bum Lee, Nak-Soo Song, Dong-Wook Kim, Myeong-Hee Shin, Nam-Woo Kim, Ji-Hee Kim and Si-Youl Sung

Chungcheongnam-do Health & Environmental Research Institute

Abstract

In this study, 195 pesticide residues in fruiting vegetable cucurbit samples(n=85) at local markets in Chungcheongnam-do were monitored using a multi-residue method combined with GC/MSMS and LC/MSMS. Among 85 fruiting vegetable cucurbit samples, 20 kinds of pesticides were detected in 34 samples and the detection rate was 40.0%. However, the amounts of them were below maximum residue limit(MRL). Detection rates of the pesticides in each fruiting vegetable cucurbit were follow as ; watermelon(55.5%), cucumber(50.0%), oriental melon(44.9%), melon(26.6%) and pumpkin(12.5%). The number of detection of pesticide residues in oriental melon showed the highest level and mainly, insecticides were detected most frequently. The most commonly detected pesticides residues were chlorfenapyr(11), azoxystrobin(4), pyridaben(4), tiamethoxam(4), metrafenone(3), and procymidone(3). These results suggested that pesticide residues in fruits samples should be continuously monitored, although residue levels of 34 samples detected were evaluated as safe level in fruiting vegetables cucurbits.

Objectives

Insecticides, fungicides and herbicides are agrochemicals designed to combat the attacks of various pests on agricultural crops. They are widely used in agricultural practices. Main applications are done during production and post-harvest treatment of agricultural commodities for transport purposes. However considerable amounts of harmful pesticide residues often remain in the harvested fruits, becoming a permanent danger to the quality of food, environment and can reach the consumer creating health hazards. The problem is serious in raw eaten fruits. Therefore, it is necessary to monitor fruits and vegetable for the pesticide residues using accurate analysis. This result suggested that pesticide residues in fruiting vegetable cucurbit products should to be monitored in Chungcheongnam-do and taking preventive actions to minimize human health risks.

Method

The 85 agricultural products were tested for pesticide residues. The analysis of pesticide residues was conducted according to the Korea Food Code. Total 197 pesticides were analyzed by multi class pesticide multi residue methods.

Table 1. Analytical condition of GC/MSMS

Instrument	GC/MSMS			
MSMS	Column	HP-5MS UI (30m x 0.25mm x 0.25um)		
	Detector	Mass quadrupole spectrometry		
	Inlet	250℃, Splitless, 1uL injection		
	Oven Temp	Time (min)	Temp (℃)	Hold (min)
		initial	90	3.0
		20	120	0.0
		8	300	2.0
	Gas flow	He 1.5 mL/min		

Table 2. Analytical condition of LC/MSMS

Instrument	LC/MSMS				
MSMS	Column	CapcellCORE C18 (2.1 x 150mm x 2.7um), 35℃			
	Detector	Mass quadrupole spectrometry			
	Mobile phase	A : 10mM Ammonium acetate + 0.1% Formic acid in water B : 2mM Ammonium acetate + 0.1% Formic acid in methanol			
	Gradient condition	No	Time (min)	A (%)	B (%)
		1	0	85	15
		2	1.0	85	15
		3	1.5	40	60
		4	10.0	10	90
		5	12.0	10	90
		6	12.1	2	98
		7	16.0	2	98
		8	16.1	85	15
		9	20.0	85	15
	Injection volume	5 uL			
	Flow rate	300 uL/min			

Results

Table 3. Sample number and detection rate of pesticide in fruiting vegetable cucurbit

Type	Item	No. of analysis	No. of detection (%)
Fruiting vegetable cucurbit	Pumpkin	8	1 (12.5)
	Cucumber	4	2 (50.0)
	Water melon	9	5 (55.5)
	Melon	15	4 (26.6)
	Oriental melon	49	22 (44.9)
Total		85	34 (40.0)

Table 4. Pesticide levels detected in fruiting vegetable cucurbit in this study

Item (No. of sample)	Frequency of detection	Pesticide (No. of detection)	Detection range (mg/kg)	MRL (mg/kg)
Pumpkin(8)	1	Tiamethoxam (1)	0.013	0.3
Cucumber(4)	2	Picoxystrobin (1)	0.016	1.0
		Fludioxonil (1)	0.024	0.7
		Azoxystrobin (2)	0.018 ~ 0.026	0.2
Water melon(9)	5	Tiamethoxam (1)	0.038	0.1
		Matalaxyl (1)	0.013	0.1
		Metrafenone (1)	0.042	0.5
		Irodione (1)	0.068	0.2
		Procymidone (2)	0.025 ~ 0.139	1.0
Melon(15)	4	Flubendiamide (1)	0.109	1.0
		Boscalid (1)	0.0247	0.7
		Acetamiprid (1)	0.017	0.3
		Spirodiclofen (2)	0.015 ~ 0.019	0.5
		Fosthizate (1)	0.013	0.5
		Procymidone (1)	0.042	1.0
		Azoxystrobin (2)	0.031 ~ 0.034	0.2
		Pyridaben (3)	0.013 ~ 0.026	1.0
		Metrafenone (2)	0.016 ~ 0.034	2.0
Oriental melon(49)	22	Chlorothalonil (1)	0.135	5.0
		Chlorfenapyr (11)	0.019 ~ 0.136	0.5
		Tiamethoxam (2)	0.017 ~ 0.019	0.5
		Flonicamid (1)	0.018	0.3
		Endosulfan (1)	0.015	0.1
		Bifenthrin (1)	0.013	0.1
		Acrinathrin (1)	0.021	0.3

Conclusion

1. **This study characterized pesticide residues for fruiting vegetable cucurbit products in violation of governmental standards.**
2. **The pesticide of all fruiting vegetable cucurbit products was below the regulation level.**
3. **Nevertheless, an investigation into continuous monitoring and tighter regulation of pesticide residues in fruiting vegetable cucurbit products is recommended.**

Reference

1. **Chung, S.J., Kim, H.Y., Kim, J.H., Yeom, M.S., Cho, J.H., Lee, S.Y.: Monitoring of pesticide residues and risk assessment in some fruits on the market in Incheon, Korea. *Korean J Environ Agric*, 32(2), 111-120 (2014).**

대산 산단 내 대기 중 휘발성유기화합물질 농도 변화에 대한 연구

Study of Volitile Organic Compounds Concentration Change in the Air of Daesan Industrial Complex

신인철 · 권에든 · 김흥락 · 유정호 · 김웅태 · 이택중 · 최진하*

충청남도 보건환경연구원 대기보전과

*Corresponding author: hijina@korea.kr

INTRODUCTION

충남 서산시 대산석유화학단지는 충남도청으로부터 북서방향 약 46 km 떨어진 서산시의 최북단에 위치하고 있다. 대산공업단지는 대규모 석유화학단지로 확대되었고 현재 여수, 울산과 같이 한국의 3대 석유화학단지로 성장하였다. 최근 석유화학업계의 활황에 따라 관련 제조공정의 증설 및 생산규모 등이 증가하면서 2016년 서산지역 대기배출량이 483 톤으로 우리나라 전체 대기배출량 56,825 톤의 0.85 %를 차지하고 있다. 2017년 미국 항공우주국(NASA)과 국립환경과학원이 공동으로 대기질을 조사한 결과 대산지역은 미세먼지를 유발하는 휘발성유기화합물이 25종류가 관측되었고 이 가운데 발암물질인 벤젠과 부타디엔은 기준치보다 5배 초과 검출되었다. 같은 해 OECD가 발표한 조미세먼지 노출도 역시 35개국 도시 가운데 가장 심각한 것으로 나타났다. 그 동안 대산석유화학단지는 환경오염에 의한 환경생태 등이 변화되었으며, 악취·소음 등의 생활건강불편, 건강피해 우려 등에 대한 민원이 빈번하게 발생되고 있는 상황이다. 따라서 본 조사에서는 2017년, 2018년 조사와 연계하여 대산석유화학단지 주변 등 3개 지점을 선정하여 미세먼지, 이산화질소, 이산화황, 벤젠 등 휘발성유기화합물질을 조사하여 향후 대산지역 대기환경 개선 관련 정책개발에 기초자료로 활용하고자 하였다.

MATERIALS & METHODS

대산석유화학단지 주변 대기질 영향을 조사하기 위해 석유화학단지 중심부인 공장밀집지역(대산매립장), 인근 주거지역(대죽1리 마을회관) 및 석유화학단지와 일반지역의 경계지역인 도로변지역(독곶사거리)을 조사지점으로 선정하였다. 각 조사지점에 대한 대기질 조사는 2017년 3월부터 2019년 8월까지 7회에 걸쳐 156일간 시료를 채취하였다. 조사방법은 대기오염 이동측정차량을 이용하여 지점당 7~8일간 연속 측정하였으며, 조사항목은 BTEX 및 풍향, 풍속, 온도, 습도 등 이며, 휘발성 유기화합물의 측정기기는 AMA GC-5000 PID 검출기를 이용하였다.

<대기오염이동측정차량 조사지점> <주변 대기오염 측정소 위치>



Fig.1. Location of survey points and nearby monitoring stations in this study

CONCLUSIONS

1. 석유화학단지 3개 지점을 3년 동안 7회에 걸쳐 조사한 결과 벤젠농도는 2019년 3월에 공장밀집지역인 매립장 지점에서 가장 높은 농도인 26.4 ㎍/㎥을 나타내었고 2018년 3월에 주거지역인 대죽1리 마을회관에서 가장 낮은 0.9 ㎍/㎥농도를 보였다

2. 2019년 벤젠평균농도는 대산매립장 15.6 ㎍/㎥, 대죽1리 마을회관 3.0 ㎍/㎥, 독곶사거리 9.0 ㎍/㎥가 검출되어 주거지역인 대죽1리 마을회관 지점을 제외한 두 지점에서 충청남도 환경기준인 3.0 ㎍/㎥를 다소 상회하였다.

3. 연도별 조사기간 벤젠의 평균농도는 2019년 9.2 ㎍/㎥, 2018년 5.1 ㎍/㎥, 2017년 5.5 ㎍/㎥로 나타나 도 환경기준(3 ㎍/㎥)과 국가 환경기준(5 ㎍/㎥)도 초과하고 있어 향후 지속적인 대기질 관리가 필요한 것으로 사료되며, 보다 정확한 휘발성유기화합물질의 추세를 이해하기 위해서는 측정횟수를 확대 실시하고, 지속적인 데이터를 축적하는 것이 필수적이다.

4. 풍향에 의한 벤젠 농도의 변화는 대죽1리 마을회관과 독곶사거리 지점에서는 석유화학단지 풍하 방향인 북풍~북서풍계열의 바람이 불 때 농도가 높게 나타났으며 석유화학단지의 중심부에 위치한 공장밀집지역 지점은 서풍계열과 남동풍계열의 바람이 불 때 농도가 높게 나타났다.

RESULTS

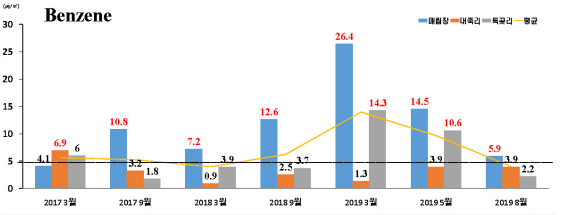


Fig. 2. Comparison of monthly Benzene concentration for 3 years.

	조사구분	Benzene (㎍/㎥)	Toluene (㎍/㎥)	Ethylbenzene (㎍/㎥)	m,p-Xylene (㎍/㎥)
대 산 매립장	2019년 평균	15.6	12.0	6.8	27.8
	2018년 평균	9.9	6.0	2.0	7.1
	2017년 평균	7.5	9.0	5.3	10.2
대죽 1리 마을회관	2019년 평균	3.0	5.9	1.5	1.4
	2018년 평균	1.7	3.1	0.8	0.8
	2017년 평균	5.1	6.5	2.6	4.3
독곶사거리	2019년 평균	9.0	8.5	5.3	5.4
	2018년 평균	3.8	4.5	0.9	1.4
	2017년 평균	3.9	7.3	3.1	4.5
전 지점	2019년 평균	9.2	8.8	4.5	11.5
	2018년 평균	5.1	4.5	1.2	3.1
	2017년 평균	5.5	7.6	3.7	6.3
환경기준[연평균]	전 국	5.0	해 당 없 음		
	충청남도	3.0			

Table 1. Average Concentration of Volatile Organic Compounds for 3 years.



대산매립장	대죽1리 마을회관	독곶사거리

Fig. 3. Variation of Benzene concentration by wind direction.

REFERENCES

1. 오만택, 충남 서산지역 고농도 오존발생 특성에 관한 연구: 대산 지역 중심으로, 서울시립대학교 석사학위논문(2015)
2. 유봉관, 울산 대기 중 유해화학물질의 농도특성 및 위해성 평가 연구, 울산대학교 박사학위논문(2013)
3. 백향순, 울산의 대기 오염에 관한 조사 연구, 부산대학교 석사학위논문(2009)
4. 전병연, 대기오염물질 배출허용기준 강화에 따른 광양만권 대기질 특성 연구, 전남대학교 석사학위논문 (2003)
5. 이병창, 대산 석유화학단지 대기질 변화 조사결과, 보건환경연구원보 (2017)

충청남도
Chungcheongnam-do

지하수 중 자연방사성물질 함유량 조사연구

Study on naturally occurring radioactive materials in groundwater

유하나, 이병창, 양태웅, 김종숙, 이중호, 김경아, 권순복, 이인숙

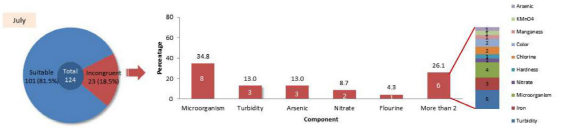
충청남도보건환경연구원 먹는물검사팀

Abstract

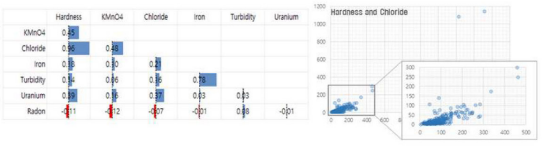
본 연구의 목적은 충청남도에 위치한 먹는물공동시설과 민방위비상급수를 대상으로 자연에서 존재하는 방사성물질인 우라늄과 라돈의 함유량을 조사하는데 있다. 충청남도에는 58지점의 먹는물공동시설과 143지점의 민방위비상급수가 있다. 자연방사성물질 중 먹는물수질기준에 설정되어 관리되는 항목은 우라늄으로 지하수를 원수로 사용하는 상수도와 먹는물공동시설, 먹는샘물에 적용된다. 먹는물공동시설의 우라늄에 대한 기준은 2015년 11월부터 설정되었고, 라돈의 경우 2019년부터 먹는물수질감시항목으로 지정되었다.
본 연구는 201지점의 먹는물공동시설과 민방위비상급수 중 개인사유지에 위치, 비개방 시설, 폐쇄예정이거나 수량 부족으로 채수가 불가능한 지점을 제외한 124지점을 대상으로 4월과 7월에 진행되었다. 우라늄의 경우, 먹는물수질기준 0.03mg/L를 초과한 지점에서의 농도가 4월에 비해 7월에 43.3% 줄었으며, 라돈의 경우 1% 감소율을 보였다. 조사 결과 라돈은 기후의 변화에 따른 영향이 크지 않고 우라늄은 영향을 크게 받는 것으로 보인다.
라돈은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)의 방사능붕괴를 통해 생성되는 중간물질로 알려져 있다. 124개소 중 우라늄과 라돈이 모두 기준 초과된 지점은 없었으며 두 항목간의 상관계수는 4월은 0.001, 7월은 -0.05로 상관성이 매우 낮게 나타났다. 124개소는 9개의 암층으로 구분되었으며 45%가 쥬라기 화강암지대였다.
우라늄은 방사능붕괴에 의한 인체 영향보다 중금속에 의한 피해가 크다고 알려져 있으며 제거방법 또한 중금속 처리방법과 같다. 라돈의 경우 본래 기체상태의 물질로 휘발력이 크다. 민방위비상급수와 악수터와 같이 실외에 위치해있는 경우 채수과정에서 평균 22% 휘발되는 것으로 나타났다. 그러나 수중에 존재하는 라돈보다 기체상태의 라돈이 인체에 더 큰 피해를 주는 것으로 알려져 있으므로 구조적으로 저감장치를 설치하기 어려운 먹는물공동시설의 경우 장기적 모니터링이 필요하다.

Result

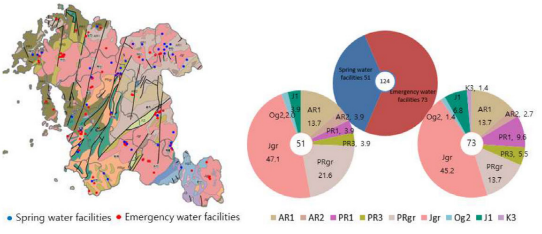
❖ Analytical result of water quality for 124 sampling site



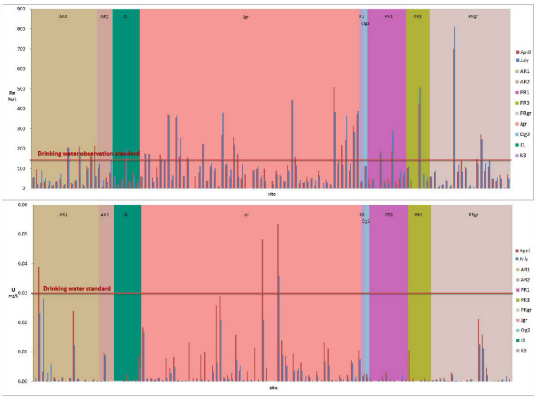
❖ Correlation coefficient between nonconforming items



❖ Distribution map of geological layers in study area.



❖ Concentration distribution of natural radioactive materials by geological layers



Conclusion

1. 먹는물공동시설의 경우 본 연구대상 시설에서 미생물에 의한 부적합률이 가장 높았으며, 민방위비상급수의 경우, 탁도와 철에 의한 부적합률이 높게 나타났다. 6항목에 포함되지 않은 항목에 의한 부적합 시설의 경우 부분검사에 부적합 항목을 추가하여 지속적인 모니터링을 통해 관리해야 할 것이다.

2. 조사대상 시설들은 개방된 형태가 대부분이므로 상대적으로 위험도가 낮으나 라돈은 기체로의 휘발이 빠르게 일어나고 시기에 따른 변화가 크지 않기 때문에 장기적 관리 및 처리가 필요하다. 정기적 모니터링 결과를 사용 주민에게 알리고 바르게 음용할 수 있도록 정보를 제공해야 할 것이다. 또한 지속적인 검사를 통해 저감시설을 설치하거나 대체 시설을 개발하는 등의 방법을 고안해야 한다

3. 충청남도는 지역의 지질 특성상 자연방사성물질의 관리 및 단계적 조사가 시급하다. 밀폐된 실내공간에서 사용할 수 밖에 없는 지하수를 원수로 하는 마을상수도의 자연방사성물질 실태조사부터 선행되어야 할 것이다. 마을상수도의 경우 대부분 지하수를 물탱크에 저장한 후 소독을 거쳐 마을주민에게 공급되는 형태를 지닌다. 시설에 따른 자연 저감을 고려하여 지하수 원수, 물탱크, 수도꼭지까지 단계적으로 검사 후 수도꼭지수 검사로 부적합한 가정의 경우, 실내 공기 중 라돈검사를 병행하여 보다 정밀한 검사로 이어져야하겠다.

References

윤욱, 대전 화강암지역 지하수의 우라늄과 라돈 함량 : 다른 화강암지역과의 비교, The Journal of Engineering Geology, Vol.28, No. 4, pp. 638, 2018

노희정, 음용 지하수 중 라돈 자연저감 특성, J. Soil & Groundwater Env. Vol. 16(1), pp.16-17, 2011

Improvement of water quality and operational management of small water supply systems in rural area, South Korea

doi.org/10.33500/ijres.2019.06.003

Chang-gyun Lee[1]*, Ha-naYoo[2] and Kyeong-ah Kim[2]

[1]Environment Investigation Division, Department of Environment, Institute of Health and Environmental Research, Chungcheongnam-do Province 32254, South Korea.
[2]Drinking Water Examination Division, Department of Environment, Institute of Health and Environmental Research, Chungcheongnam-do Province 32254, South Korea.

Article History
Received 23 July, 2019
Received in revised form 18 August, 2019
Accepted 21 August, 2019

Keywords:
Water supply systems, Ground water quality, Facility management, Rural area.

Article Type:
Full Length Research Article

ABSTRACT

Supplying clean and safe drinking water evenly to residents is the basic responsibility of the national water management policy to realize water welfare in any country. This study investigated 1,526 samples of small water supply systems in 12 cities and counties in Chungcheongnam-do Province, South Korea to come up with measures to improve water quality and operation management of small water supply systems, a major source of water in rural areas. The results revealed that in total, 1,183 samples (77.5%) out of 1,526 samples supplied in 12 cities and counties were suitable for the current drinking water standard of Korea. However, 343 samples (22.5%) were found to be inadequate for water quality. The main non-conformities item of water quality in the facilities were found to be 34.1% of microorganisms; general bacteria, total coliforms, due to some characteristics of the rural area, 17.2% of nitrate caused by a livestock and excrement facilities, 7.9% of fluorine and 5.5% of turbidity, and 2 items or more redundant facilities were found to be 18.7% of unsuitable samples. This indicates that geological strata, facility management insufficiency, and poor disinfection control conditions in areas where small water supply systems are installed are the main factors in determining the quality of water. By doing this, we intend to enhance the effectiveness of the sustainable water management policy for the realization of equal water welfare in the country and provide important ideas for the fundamental improvement and operation management of small water supply systems currently operating in rural areas.

©2019 BluePen Journals Ltd. All rights reserved

INTRODUCTION

Water, essential to human survival, is the source of human development and all life activities and health, and is a natural resource that forms the basis of human cultural development. Everyone has the right to use water equally. Nevertheless, equal water use rights are regional disproportionate and unequal. Some areas have dams or rivers and are rich in water available, while others suffer from water shortages due to unfavorable natural conditions. Of course, even though water is plentiful, the expertise of water treatment facilities and management to use it as drinking water varies greatly from region to region (Je-sang, 2013).

Equally supplying clean and safe drinking water is the basic responsibility of any country. The management of drinking water sources, which directly affect the lives, health and daily lives of residents, is a top priority water management policy (Kim et al., 2004; Wheon-hwa et al., 2013). Moreover, the gap between water use and

*Corresponding author. E-mail: cglee4517@korea.kr.

management by region due to global climate change is becoming extreme, which requires the maintenance of a healthy aquatic ecosystem in the country and region, and the securing and management of water autonomy in terms of residents' environmental and health. However, water use rights, a social common resource that all Koreans have the right to use equally, are disproportionate and unequal due to the gap in the management of water supply facilities between regions (Jin-ho, 2007; Ministry of Environment, 2016; Sung-ryul, 2011).

South Korea had a 99.1% water supply rate as of the end of 2018 thanks to its wide-area and provincial water supply projects to secure better water quality and quantity based on steady investment from the 1970s (Ministry of Environment, 2016). Rural areas still have a lower water supply rate than urban areas. The water supply rate in Chungcheongnam-do Province is 93.1%, far below the national average of 99.1% and the lowest among cities and provinces in the country (Ministry of Environment, 2017). Accordingly, residents in rural area still do not receive enough water supply benefits and use small water facilities or wells, and some small water facilities are exposed to contamination because of aging facilities and poor management, which are feared to cause harm to residents' health (Chang-shin, 2008; Korean Association of Water and Sewage Waterworks, 2005).

In areas where small-scale water supply facilities are managed by villagers with little expertise and where water is not disinfected on time, or where water is used by water sources such as valleys and rivers, the facilities that prevent or block the inflow of livestock waste water from nearby farms are considered to be the cause of exposure to contamination (Bereskie et al., 2017). As a result, fundamental and systematic water quality improvement and effective facility management have not been performed by operating and managing the facility by partially supplementing the facility or replacing some facilities without a detailed investigation of actual water quality assessment and diagnosis of facility operation (Korea Environment Corporation, 2014). Given the reality of the rural villages where environmental contamination is increasing, enhancing water safety for village water supply and small water supply facilities, which are being used for water supply in most rural areas, is an urgent task in terms of water environment management and environmental health (Yong-chul, 2007; Ministry of Environment, 2010).

Small water supply systems are divided into village water supply and small water supply facilities. "Village water supply" means a general tap water supply system that supplies whole water to more than 100 or 2,500 water supplies under the Presidential Decree. It is a general water facility designated by the head of a local government with a daily supply of less than 20 m^3 and less than 500 m^3 or a similar size. On the other hand, "small water supply facility" refers to a water supply facility with less than 100 water supply zones jointly installed and managed by residents or with a daily supply of less than 20 m^3 (Ministry of Environment, 2016; Ministry of Environment, 2018).

The nation's metropolitan or provincial water supply facilities are generally equipped with safe water supply facilities (Wheon-hwa et al., 2013; Korea Environment Corporation, 2014; Hyun-je et al., 2016). However, the village water supply system, which uses underground or valley water as its source as its main water supply facility in rural areas, is a blind spot for water contamination and facility management, requiring improvement through accurate diagnosis of the water quality and operation management of the facilities (Sang-min, 2009). The improvement of safety concerning the quality of water and facilities of the village water supply is seen as an urgent diagnosis and improvement task considering that the contamination of various chemicals used in agriculture, including air pollution, and drinking water sources caused by agricultural materials and livestock waste water, is one of the factors threatening a healthy living environment and safe life (Ministry of Health, Labor and Welfare, 2009a; Percival et al., 2004; USEPA, 2003; WHO, 2008). Most of the drinking water used in rural areas of Korea was shallow wells or government wells before 1970s (Ministry of Environment, 2016; Ministry of Environment, 2018). The well was installed inside the house, and was supplied with unsanitary drinking water to old facilities that are likely to be contaminated by adjacent toilets, livestock slaughter facilities, and sewage. In order to improve the reality of drinking water of villages in rural area, the government established a small water supply systems in the rural areas, which was 20 houses or higher, from 1970 to 1987, and used it as a major source of water to supply safe drinking water. Since then, the small water supply system has been supplying hygienic drinking water to farming and fishing villages, improving the residential and residential environment and enhancing residents' health and cultural life. Currently, the construction and management services of local water supply facilities are wholly delegated to the head of local governments (Sung-ryul, 2011; Jeong-hak and Kwang-hyun, 2007; Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2018; Hamouda et al., 2018; Park and Gyeong-mi, 2012).

It is also true that small water supply systems have greatly contributed to improving the living environment and improving the health and cultural life of rural residents by supplying hygienic and abundant quality water to residents in rural areas (Hyun-je et al., 2016). Recently, there has been a need for improvement due to frequent facility failures, aging of existing facilities, the inter-supply concerns by winter solstice, the suspension of water supply by shortage of water supply in the season, insufficient facility management, and inadequate water

Table 1. Operating conditions of Induced Coupling Plasma and Ion Chromatograph instrument in the study.

ICP/MS (PerkinElmer NexION 300D)		Ion Chromatograph (Dionex ICS-2100)	
Variable	**Operating conditions**	**Ion type**	**Anion**
Plasma gas(Ar) flow rate	18.0 L/min	Column	Ionpac AS 18 × 250 mm
ICP RF Power	1.3 kW		
Auxiliary gas(Ar) rate	1.2 mL/min	Detector	Conductivity detector
Nebulizer gas(Ar) flow	0.95 L/min		
Scan Mode	Peak Hopping	Suppressor	ASRS 300 ~ 4 mm
Mass range	8~240 amu		
Dwell time per AMU	50 ms	Eluent	KOH
Replicates	3 times	Flow rate	1.0 mL/min
GC/MS (PerkinElmer)		**GC (Agilent 7890A)**	
Variable	**Operating conditions**	**Variable**	**Operating conditions**
Carrier gas(He) flow rate	1.0 L/min	Carrier gas(N2) flow rate	1.0 L/min
Column	Elite-5 MS (30m×0.25ID×0.25μm)	Column	CP selected 624CB (60m×0.25IDx1.4μm)
Partition ratio	10 : 1	Detector	FID
Oven Temp.	36°C(7min)-20°C /min-200°C(0min)	Oven Temp.	40°C (2min)-4°C/min-100°C (2min)-12°C /min-225°C (2min)
Injection Temp.	250°C	Injection Temp.	230°C

quality caused by unsanitary water sources (WHO, 2008; Leclert et al., 2016). Problems such as safe water prevention from contamination of small water supply systems, which are the main sources of water in rural areas, and operational problems such as the cost burden for residents, and other matters concerning the proper management of facilities are to be solved quickly (Park and Gyeong-mi, 2012; Ministry of Health, Labor and Welfare, 2009b; Vide Souza and Costa da Silva, 2014).

The scope of this study is to investigate problems in water quality and operation management through a survey of village water supply and small water supply facilities installed and operated in 12 cities and counties in Chungcheongnam-do for three years from 2016 to 2018 and to prepare a system for safer water supply and water management by exploring ways to improve the operation of small water facilities currently installed and operated in rural areas. By doing this, we intend to evaluate the effectiveness of its water welfare service environmental policies and propose fundamental measures to improve water quality. And it aims to promote the rational operation and management of small water facilities to realize universal water welfare where all Koreans can use healthy water safely anywhere.

MATERIALS AND METHODS

Samples

1,526 samples are collected from small water supply systems operated in 12 cities and counties in Chungcheongnam-do Province during three years from 2016 to 2018.

Experimental method

The water quality analysis of 1,526 samples in the study was conducted 58 items according to the Korean Drinking Water Quality Test Standard (Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, 2015). Facilities that were found to be unsuitable were evaluated for nonconforming factors by conducting a precision water quality analysis. Heavy metal components were analyzed using inductive coupled plasma mass spectrometry (ICP/MS), ionic substances were analyzed by ion chromatograph (ICS 2100), and volatile organic compounds and disinfection missiles by gas chromatograph (GC). The analysis conditions for the instruments used in this study are shown in Table 1.

Statistical analysis and geological investigation

The water quality analysis data were compiled using the SPSS/PC statistical program to statistically treat distribution by region between components, and the comparison of average values was conducted between ANOVA test and t-test (Wheon-hwa et al., 2013; Hyun-je et al., 2016; Water Journal, 2016). The correlation

Table 2. The present condition of water-intake source in Chungcheongnam-do area (Unit: Number of facility).

Classification	Total	Ground water	Valley water	Spring water	Surface water	Underground water	Others
Total	1,837	1,674	79	74	8	1	1
Village water system	877	840	11	26	0	0	0
Small-scale water system	862	737	68	48	8	1	0
Exclusive water system	98	97	0	0	0	0	1

***Sources:** 2017 Korean water supply statistics (Ministry of Environment, 2017).

Table 3. The completion year of small supply water facilities in Chungcheongnam-do area (Unit: Number of facility).

Classification	Total	Under 10 year ('08~)	10 ~ 20 year ('98~'07)	20 ~ 30 year ('88~'97)	Above 30 year (~'87)	Non-identified
Total	1,837	397	669	184	556	31
Village water system	877	164	404	80	214	15
Small-scale water system	862	215	231	58	342	16
Exclusive water system	98	18	34	46	0	0

***Sources:** 2017 Korean water supply statistics (Ministry of Environment, 2017).

analysis between components was conducted using Pearson correlation coefficient (r), a universal measure, and the causes of nonconforming substances exceeding the current drinking water quality standards were investigated and evaluated as a result of the water quality survey. In addition, the geological survey was used the 1:50,000 geological map (https://mgeo.kigam.re.kr/map.jsp?mode=geology_50k) operated by the Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources to examine the geographical and environmental characteristics and the detection components of rural areas.

RESULTS AND DISCUSSION

Current status of facilities

Water-intake source

The status of water-intake used for small water supply systems in the Chungcheongnam-do area is shown in Table 2.

Installation status of facilities

The small water supply systems provide major drinking and living water for about 2.52 million rural residents, 5.2% of the total population, while the nation's village water supply and small water supply systems are 18.5%, which is more than 20 years old, and 42.5%, which is more than 30 years old. Therefore, 61% of the facilities are aging, so it is urgent for the facility to be opened. Chungcheongnam-do Province has fewer aged facilities than the our country; 58.0% of facilities older than 20 years, 10.0% of facilities older than 20 years, and 30.3% of facilities older than 30 years in Table 3 (Ministry of Environment, 2017).

If you look at the operation management status of small water supply systems, the operation management of the facilities is basically an issue of inadequate operation management due to lack of expertise of village unit facilities managers, in addition to the problem of budget support for the improvement of the facilities. Because the characteristics of rural areas where small water facilities are installed, absence of standardized systematic management of industrial facilities and frequent equipment failures caused by facility retirement are the problems of operation management (Chang-shin, 2008; Bereskie et al., 2017).

Result of water quality analysis for small water supply systems

Water quality analysis result of underground water

As a result of this study, the current Korean drinking water quality standards for nonconforming water components are shown in Table 4. The water quality analysis results of small water supply systems as shown

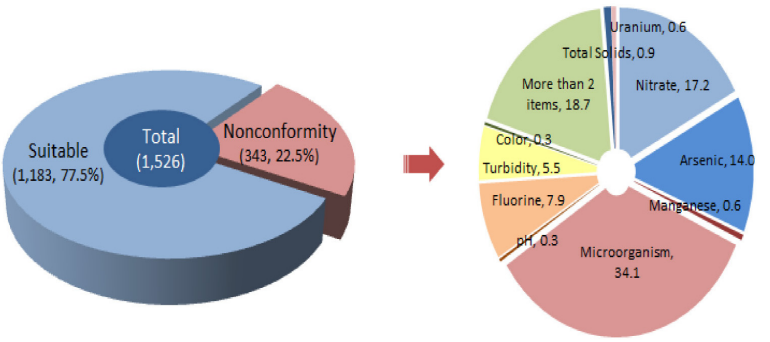


Figure 1. Analytical results of water quality of the small supply water system for 12 cities and counties in Chungcheongnam-do Province.

Table 4. Korean drinking water quality standards for some inappropriate items (Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, 2015) (Unit : mg/L).

Item	Microorganism		Fluoride	Arsenic	Nitrate Nitrogen	Copper	Color
	General bacteria	Total coliforms					
KDWS	100CFU/mL	N.D/100mL	1.5	0.01	10.0	1.0	5 do
Item	Total Solids	Manganese	Turbidity	Hardness	Chloride	Sulfate	$KMnO_4$ consumed
KDWS	500	0.3	0.5 NTU	1,000	250	200	10

***KDWS,** Korean Drinking Water Quality Standard; **CFU,** colony forming Unit, **N.D,** not detected; **NTU,** nephelometric turbidity unit.

in Figure 1.

As shown in Figure 1, of the 1,526 samples studied, 1,183 samples (77.5 %) were suitable for the current Korean drinking water quality standard (Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, 2015), but the 343 samples (22.5%) were unsuitable. The main nonconformities items with poor water quality were found to be 34.1% of microorganisms, general bacteria and total coliforms, due to characteristics of rural areas, 17.2% of nitrate caused by a livestock and excreta facilities, 14.0% of arsenic caused by the geological stratum of the area, 7.9% of fluoride and 5.5% of turbidity, and 18.7% of nonconforming facilities with two or more items. This was similar to the study (Ministry of Environment, 2010; Kyung-seok et al., 2010; Kanf and Yang, 2010) conducted in Korea, which found that contamination by microorganisms is 44.1% and that by nitrate is 13.7%. Since nitrate, a frequent nonconforming component of water quality in rural area, is mainly affected by the nearby livestock or fecal pollution facilities where the water supply facilities are located, thorough disinfection and prevention of potential contaminants by nearby pollution-causing facilities are required. In particular, special management supervision and attention to livestock wastewater discharged from livestock feeders is required in areas where many livestock farms are located, as it is caused by excretion, living sewage, livestock wastewater, and nitrogenous fertilizer consumption used in agriculture.

Correlation between water constituents and distribution of major nonconformities

Table 5 shows the statistical analysis of the correlation between the water components detected in the water quality analysis in this study. Of the 58 items analyzed, the correlation between items was greatest between total solids and chlorine ion (r=0.848) and the hardness (r=0.798) among the 13 items significant in statistical data evaluation, while the color and turbidity (r=0.679) and hardness (r=0.631) were higher than the other components. In addition, the positive relationship between evaporation residues and sulfate ion, manganese and chlorine ion, hardness and sulfate ion can be checked.

The concentration distribution ratio for the seven items with the highest detection rate excluding microorganisms

Table 5. Correlation coefficient between items of water quality nonconformity in this study.

Item	Micro-organism	F	As	NO_3-N	Cu	Color	Total solids	Mn	Turbidity	Hardness	Cl^-	SO_4^{2-}	$KMnO_4$ consumed
Micro-organism	1												
F	-0.031	1											
As	-0.008	-0.020	1										
NO_3-N	-0.032	-0.179	-0.089	1									
Cu	-0.010	-0.030	-0.018	0.309	1								
Color	0.110	-0.037	-0.021	0.002	-0.002	1							
Total solids	-0.010	-0.114	0.072	0.283	0.080	0.012	1						
Mn	-0.016	-0.033	-0.016	-0.020	-0.006	0.061	0.352	1					
Turbidity	0.022	-0.052	-0.028	0.000	0.023	0.679	-0.007	0.066	1				
Hardness	-0.043	-0.071	0.098	0.219	0.061	-0.006	0.798	0.199	-0.021	1			
Cl^-	-0.018	-0.058	0.028	0.101	0.006	0.058	0.848	0.458	0.040	0.631	1		
SO_4^{2-}	-0.035	-0.023	0.093	0.052	0.015	-0.022	0.494	0.164	0.010	0.461	0.307	1	
$KMnO_4$ consumed	0.032	-0.090	-0.010	0.011	0.072	0.191	0.185	0.105	0.073	0.156	0.215	0.130	1

among nonconforming water items, calculated as 100% of the current drinking water quality standard for each item, and compared the mean detection concentration and distribution as shown Figure 2.

According to the analysis of distribution, the average detection concentration of turbidity and nitrate is high and the concentration distribution is large. For turbidity, the variation in detection concentration is high, and for arsenic, fluoride, and manganese, the average detection concentration does not often exceed the Korean drinking water quality standard (Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research, 2015), the distribution range is specific due to the effect of the corresponding the geological stratum. For total solids, the average detection concentration was high, however, the concentration range significantly exceeded the drinking water quality standard was not large. In other areas, it can be expected that water content that is not detected at all has a significant effect on water quality, depending on the specific geological distribution and local environmental factors in the area.

Figure 3 shows the distribution of 4 items; hardness, chloride, sulfate, and total solids, that are statistically more correlated, regardless of region based on the current Korean drinking water standard calculated at 100%. It is shown that the regional detection distribution of the major nonconforming items is consistently proportional to each other, as shown at the top of Figure 4. The concentration distribution of the 4 items in the Boryeong and Dangjin areas bordering the bottom schematic coastal areas was characteristically higher than that in the other nine regions in Chungcheongnam-do Province. This is judged to have been the result of the effects of local environmental characteristics on the water quality of groundwater.

The relationship between hardness and evaporation residues and ionic materials; chloride, nitrate, fluorine, sulfateas shown Figure 4 is unusually high in Boryeong and Dangjin area. Looking at the relationship between components that showed a high correlation overall, hardness and total solids were significantly higher in positive correlation between 0.75 and 0.95, in 11 cities and counties except Gongju area, and the correlation between chlorideand sulfate ion was relatively low.

Problems of operation management of small water supply systems

Residents in rural areas are not benefiting from the nation's water welfare policies compared to urban dwellers. As a result, universal water

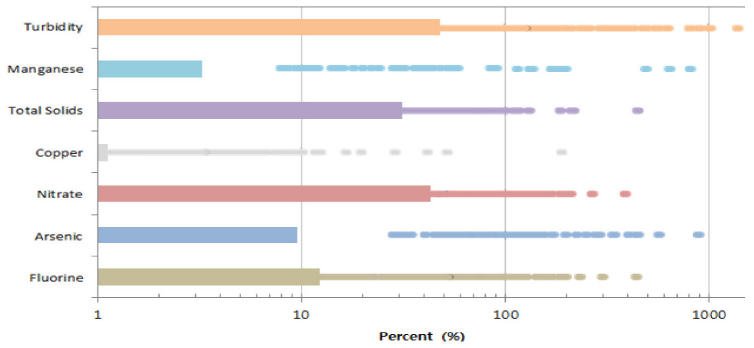


Figure 2. Distribution diagram of the detected concentrations for seven water qualityinadequate items.

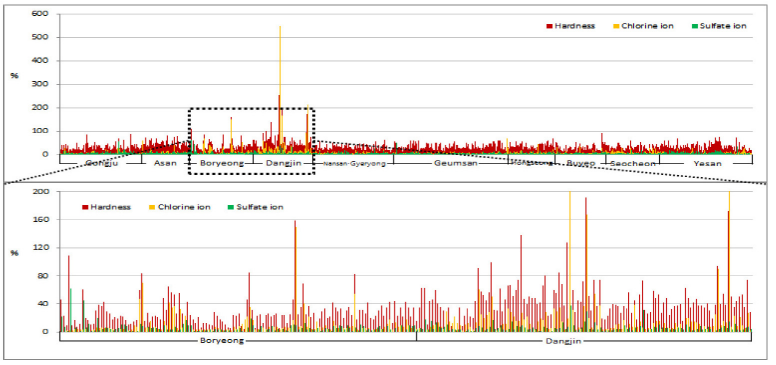


Figure 3. Distribution diagram of the detected concentration on three inadequate items; hardness, chloride, and sulfate.

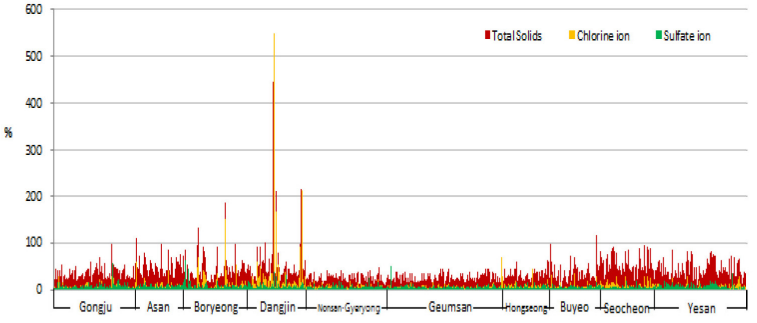


Figure 4. Distribution diagram of the detected concentration on other three inadequate items; total solids, chloride, and sulfate.

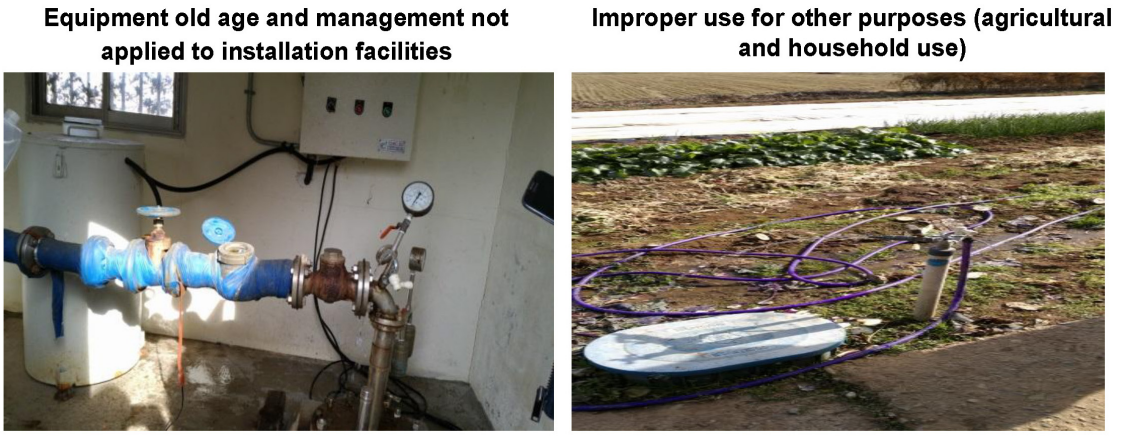


Figure 5. The present conditions of management for the intake water source and facility pipe.

welfare policies are being shaken and residents' distrust is growing. Legally, since the head of local governments is responsible for the operation and management of small water supply systems, the limitation of regional budgets for the improvement of aged and defective facilities is the biggest obstacle to facility improvement. Local governments can support the retrofit and repair of aging facilities within the budget, and operating costs are in accordance with the principle of user burden (Young-il, 2013).

Local governments may provide part of their operating expenses, but the level of support is insignificant because of poor local finances. A national management system, not selective support for underground water, is urgently needed. Moreover, the rural areas have increased water pollution caused by various chemicals used in agriculture and farming materials, wastewater discharged from livestock wastewater facilities, posing a threat to sound residential conditions and safe living. Improving water quality safety for small water supply systems, mostly installed in rural areas, is an important environmental policy of the country and is very urgent in terms of residents' environmental and health management. Recently, there is a growing need to improve facilities due to frequent facility failures caused from aging of facilities, lack of water supply according to constant drought, unsanitary management, and inadequate water supply by contaminated water sources etc. (Hyun-je et al., 2016; ITU, 2014). With thorough water quality supervision and reasonable management of operations, an equal universal water welfare policy is required for anyone of the people to use healthy water with confidence wherever they are.

Deterioration of facilities and contamination of drinking water sources

The problem with the facility is that most of the water tanks, which collect water from the water source, are constructed from concrete, often undergoes severe internal corrosion due to long-term use or secondary contamination caused by not performing regular cleaning. Disinfectant dispensing facilities for prevention of infectious diseases are often a cause of problems due to lack of expertise of managers and awareness in rural communities, and insufficient use of facilities. In particular, when introducing installation or improvement of a facility, the specific economic cost-evaluation matrix for proper maintenance and rational use of the facility must be reviewed and implemented based on the recognition and consent of the residents who are the parties to use it (Sung-ryul, 2011).

Figure 5 illustrates the inadequate use of aged facility equipment for other purposes rather than its intended purpose. Since the economic costs incurred by residents using small water supply systems are major factors, such as not only water quality, but also utilization population and supply quantity of underground water, the capacity and water quality of the facilities must be clearly investigated to ensure substantial improvement of the facilities only when technologies, costs and affordable levels of the residents' economy are considered.

Small water supply systems in Chungcheongnam-do Province rely on underground water for 90% of intake water capacity, which can make it difficult to secure sufficient quantity of underground water sources in the future and cause contamination of underground water by

Table 6. The management subject of small water supply system.

Section	Village water system	Small-scale water system
Subject	Chief exclusive in local governments	Village headman or delegate of the consumer conference
Financial charge	Local government	User (part support from local government)

pesticide and fertilizer spraying, livestock wastewater, and excretion of excrement as some underground water pipes are located near agricultural or livestock farms. If valley water is used as a water resource, it is difficult to secure stable amount because the flow rate changes according to seasons and it is easily exposed to pollutants. Meanwhile, the securing of water containers due to drought in different regions according to climate change is an urgent task of water management policy. In terms of facilities, 40.3% of the facilities are over 20 years old, making it urgent for projects to shut down or improve substandard facilities (Ministry of Environment, 2017). In addition, since most small water supply systems provide daily water only through the disinfection process without water purification of facilities, it is difficult to actively cope with deterioration of water quality in the intake water source.

Insufficient management of operations

Lack of operational management personnel and budget for facilities is a fatal factor in the proper operation management of small water supply systems. The management subject of a small water supply systems are 45% of the operation of local governments, 34% of the consignment management, 21% of the villagers' representatives or residents' councils, according to the managing body (Sang-min, 2009). However, the facility installation is promoted as a rural agricultural and living water development project in accordance with the Farm and Fishing Village Maintenance Act (Ministry of Environment, 2018; Ministry of Health, Labor and Welfare, 2009a). Meanwhile, the facility improvement project is handled by the water supply-related department.

Therefore, the responsibilities and efficiency of operation management are low due to different departments for facility improvement and installation. Accordingly, there are only one or two employees in charge of the facilities in local governments, and due to their frequent personnel changes, normal management is not being carried out. Thus, the efficiency of consigned operation management in some local governments is also shown to be low. Although the responsibility for the operation and management of small water supply systems is legally delegated to the head of local governments, many of the facilities subject to management and scattered because of the characteristics of rural areas, village representatives are designated and managed by consignors in some areas. The administrative authorities manage the facilities carry out water quality inspection, custodian education, and disinfectant support work. In many facilities, water tanks, one of the major facilities, are located mainly in mountains or highlands and are operating under severe facility obsolescence (Sang-min, 2009).

The state and local governments are obliged to provide necessary technology and financial support for the hygiene control of the town's water supply system. The head of a local government is obliged to operate and manage small water supply facilities in the jurisdiction according to the ordinance of the respective local governments (Jeong-hak and Kwang-hyun, 2007). Therefore, the Act stipulates that the facility should be investigated for contamination of the water source, shortage of water, leakage, or damage caused by accident, and that the facility should be upgraded and repaired first, and that the costs required for facility improvement and repair and operation should be borne by the user as shown Table 6.

In some areas, it is a matter of operation management that consignors designate and manage village representatives, but the operation of facilities are not properly managed because of the lack of expertise of managers in each unit village. Systematic management is needed to maintain safe water quality. In the event of a facility failure by poor management, normal water supply and facility maintenance are not properly managed on account of low immediate response capability. Since small water facilities are social public goods that cannot be assessed through economic gains and losses, they are public domain that needs national investment and improvement to improve their operational management.

The budget issue must be addressed above all to improve the fundamental management of small water supply systems. Also, continued training of the management personnel is required to improve operational management expertise (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2018). In addition, since small water facilities are scattered in rural areas, there are limitations in the operation of personnel for remote analysis. Therefore, it is necessary to establish an integrated management system for three to five cities and counties, to switch to a system where specialized management personnel oversee operation management, and to strengthen supervision of the facility management

body for efficient rational management.

Incorrect water quality management

A small water supply systems have been exposed directly to pollutants caused from prolonged drought-caused shortage and poor underground water irrigation protection facilities because of the increasing impact of climate change, In the case of facilities that use water in valley or river-bed water as water source, the water source of nearby livestock facilities is highly susceptible to contaminants from discharging water, agricultural land and wildlife waste due to the large seasonal variation in quantity and the lack of protection in the rainy season. The inadequate water quality of small water facilities is increasing because of the management of water quality by village unit managers who have low expertise. As a result, it is exposed to contamination as there are no facilities that prevent or block the inflow of livestock wastewater from nearby farms. In addition, it is not uncommon for inadequate water supply and utilization to exceed the water quality standards, regardless of the type of operation of the facility management body.

A proposal for improving water quality and the optimal management of small water supply systems in Korea

It is the government's role and responsibility to address inequality in water supply and create basic systems and conditions to provide clean and safe drinking water. Small water supply systems are, in essence, a major source of drinking water for poor and backward local residents who do not have public water supply. Management of drinking water sources, which directly affect the lives, health and daily lives of residents, is a priority water environment policy. Specific policy approaches and implementation programs for substantial water quality improvement and proper facility operation for small water supply systems should be established.

Since the underground water quality of small water supply systems, which are used as a major source of drinking water in rural areas without a wide area or local water supply, is often caused by local non-point contamination sources rather than by point contamination sources, it is judged that water management through a non-point contamination and water circulation status evaluation system is essential by calculating the reduction amounts of non-point contamination sources according to the national water pollution control guideline and setting of each region comprehensive measures shall be developed to reduce the non-point emission loads by water systems or basin to ensure actual effective water quality control.

Specialization of operations management through the establishment of regional base integrated management system

In terms of water welfare equity and efficiency, small water facilities in rural areas lying in blind spots should be unified into a wide area and local water supply management system for unified management, water welfare administrative services in reliable, practical rural areas should be provided through the Continuous Performance Implementation (CPI) Strategy (Bereskie et al., 2017; Leclert et al., 2016) by the entrusted operation management system of specialized agencies with adequate technical skills to improve backward and aging facilities and improve water quality. With this study, the management of water quality can be strengthened by specialization of operation management, improvement of facilities and enhanced analysis management, reform of water intake and drainage management, and upgrade of awareness among the residents of use. Some local governments may seek to make up for the deficiencies of private consignment management in place and to be able to devise an efficient way to execute the budget. Based on the number of facilities and distribution status by region, a hub management system that integrates three to five cities and counties into one block can be operated to promote productive operation management. In particular, intensive control of substances that exceed drinking water quality standards by region-specific contaminants and geological background is required, and efforts to eliminate and treat contaminants through the development and dissemination of local custom underground water treatment technology (Kyung-seok et al., 2010). In addition, state budget support should be expanded for proper water quality maintenance and operation management.

Improving the public water quality analysis system and strengthening supervision of management

The central government is obliged to provide necessary technology and financial support for the proper management of small water supply systems, while the heads of local governments are responsible for the operation and management of water supply facilities in their jurisdictions. Small water supply systems are essential public facilities that cannot be evaluated by economic efficiency. Sound management of drinking water sources directly related to the daily lives of residents in rural areas is a water environment policy that should come first. Accordingly, implementation programs should be established for practical facility improvements and efficient budget support measures. In 2008, the central government recommended consignment management of facilities by local governments in

accordance with its plan to allow small water supply systems to be entrusted to specialized agencies, but it still represents an operation with poor water quality and expertise (Park and Gyeong-mi, 2012; Vide Souza and Costa da Silva, 2014).

Therefore, management supervision should be strengthened so that the current 13 items on a quarterly basis for small water supply systems and the national water quality analysis institutions, not the private ones, will be required to conduct water quality tests on all items at least once every two years and announce the results. This eliminates anxiety about the safety of drinking water for residents due to aging facilities, neglect of management, water contamination, and guarantees the reliability of the state's water welfare administrative service, and cannot expect normal operation of the facilities under the current management system, which has a low level of understanding of water facilities and is not specialized. Securing the people's health and environmental rights through rational water management is possible on the basis that water is a public resource.

Maintaining adequate water quality and improving operation management for small water facilities cannot be realized with the finances of poor local governments. The entrusted management of some local governments, which had been expected to enhance efficiency and accountability of facility management, has also resulted in undermining the public nature of water welfare because of lack of institutions. Sustainable water welfare policies that are oriented toward the future should be implemented through specialization of operations through integrated regional base management system and strengthened supervision of public water quality analysis management.

Conclusions

The water quality analysis result of 1,526 sampleson small water supply systems in Chungcheongnam-do Province of South Korea, 343 samples, 22.5%, are shown to be inadequate for water quality. The main nonconformities with poor water quality were found to be 34.1% of microorganisms, 17.2% of nitrate, 14.0% of arsenic, 7.9% of fluoride, 5.5% of turbidity, and 18.7% of nonconforming with two or more items. It means that geological strata, management status, and disinfection control conditions of the small water supply systems in operation were the main factors in determining the suitability of the water quality.

The nonconforming rate of water by region was higher in Seocheon area (44.2%), Buyeo area (42.2%), Cheonan area (37.4%), and lower in Yesan area (33.2%), Boryeong area (4.5%), Gongju area (7.3%) and Dangjin area (8.1%) in order. Water quality and facility management were relatively good in the city compared to the county area. The impact on water quality depended largely on geological strata, local environmental impacts, degree of aging of equipment due tothe age limit of installation, the facility management body, and the recognition.

Consequently, for the optimal operation of small water supply systems, which are the main water supply facilities in rural areas, the improvement of old facilities will have to be made first. Administrative budget support of the facility management entity is needed for the improvement of aging facilities. To ensure proper management of small water supply systems, it is deemed necessary to strengthen effective operation by introducing an integrated management system for three to five cities and counties in consideration of the current management of facilities scattered in rural areas. Moreover, areas where aging facilities and water contamination are serious are required to improve the fundamental water quality through the transition to a wide-area or a local water supply system or alternative water development.

REFERENCES

Bereskie T., Haider H., Rodriguez M. J. & Sadiq R. (2017). Framework for continuous performance improvement in small drinking water systems. Science of The Total Environment. 574:1405-1414.

Chang-shin P. (2008). A study on the improvement of village water supply facilities through the case study of village water supply pilot project. Korea University Graduate School of Engineering.

Hamouda M. A., Jin X., Xu H. & Chen F. (2018). Quantitative microbial risk assessment and its applications in small water systems: A review. Science of the Environment. 645:993-1002.

Hyun-je O., Woo-sik J. & Ju-seok A. (2016). Development and application of decentralized water treatment package system, KICT (Korea Institute of Construction Technology).

ITU (2014). Focus Group on Smart Water Management.

Jeong-hak C. & Kwang-hyun N. (2008). A study on the underground water sources and improvement measures of small water supply systems. Daegu-Gyeongbuk Research Institute, Research Report.

Je-sang J. (2013). Water human rights and universal service: A study on the counter measures of equity problem of water supply service in South Korea. J. of Chungnam-University Social Science. 24(4):403-426.

Jin-ho L. (2007). Study on effective management of small water supply systems. Kyeongbuk National University. Pp. 3-9.

Kanf M.-A. & Yang M. (2010). Awareness of the water quality and cost of users of small water supply systems in Gyeongbuk Province, South Korea. Journal of the Korean Society of Water and Wastewater. 24(6):675-682.

Kim I. S., Lee J. Y. & Choi S. I. (2004). A study on the characteristic of the groundwater quality in Seoul. Journal of Soil and Groundwater Environment. 9(2):54-63.

Korea Environment Corporation (2014). Water quality analysis report for small-scale water facilities.

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Geological Map online: https://mgeo.kigam.re.kr/map/map.jsp?mode=geology_50k (accessed on 20 December 2018).

Korean Association of Water and Sewage Waterworks (2005). Water purification technology guidelines.

Kyung-seok K., Joo-sung A., Chul-min J., Kil-yong L., Byung-wook C., Kyu-beom K. & Doo-hyung C. (2010). Small water supply system using ground water monitoring practicalization technology.

Leclert L., Nzioki R. M. & Feuerstein L. (2016). Addressing governance

and management challenges in small water supply systems-the intergity management approach in Kenya. Aquatic Procedia. Pp. 39-50.
Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2018). Farming and Fishing Village Improvement Act.
Ministry of Environment (2010). A study on the policy for the diagnosis and improvement of small water supply system.
Ministry of Environment (2016). Water Act.
Ministry of Environment (2017). Waterworks Statistics (2018.12).
Ministry of Environment (2018). Underground Water Act.
Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research (2015). Drinking water quality contamination test standards.
Ministry of Health, Labor and Welfare (2009a). Policy and administration of water supply in Japan.
Ministry of Health, Labor and Welfare (2009b). Policy and administration of water supply in Japan.
Park H. & Gyeong-mi K. (2012). A study on the water quality characteristics of small water supply facilities in Waetern area of Gyeongnam Province, South Korea. Journal of Korean Environmental Engineering Society. 34(7):454-458.
Percival S., Chalmers R., Embrey M., Hunter P., Sellwood J. & Wyn-Jones P. (2004). Microbiology of waterborne diseases. 26 – Methods for the detection of waterborne viruses. Pp. 349-377.
Sang-min L. (2009). Status and problem of small water supply systems in Chungcheongnmam-do Province. Journal of the Korean Urban Environmental Association. Pp. 57-66.
Sung-ryul L. (2011). A study on the improvement of small water treatment facilities. Keimyung University. Pp. 80-87.
USEPA (2003). Small drinking water systems handbook.
Vide Souza E. & Costa da Silva M. A. (2014). Management system for improving the efficiency of use water systems water supply. Procedia Engineering. 70:458-466.
Water Journal (2016). Current status and problems of small water supply systems facilities. Available online at: http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=waterjournal&logNo=220726827440 (accessed on 15 January 2019).
Wheon-hwa J. et al. (2013). Study on the improvement of drinking water quality of vulnerable area as small-scale water supply facilities. Korea National Institute of Environmental Research.
WHO (2008). Guidelines for drinking-water quality. Recommendations, vol. 1., 3rd ed.
Yong-chul C. (2007). Policy direction and implementation for improvement of small water supply system by the Ministry of Environment. Policy Discussion Conference Data Sheet.
Young-il K. (2013). Efficient operation and management of small water supply system to improve water welfare in Chungcheongnam-do Province.

III

조사자료

3-01. 급성설사질환 실험실 감시 현황
3-02. 인플루엔자 및 호흡기바이러스 실험실 감시
3-03. 식중독균 추적관리 분석
3-04. 식품 등 안전성 검사결과 분석
3-05. 젓갈류 중 인공감미료 함량 조사
3-06. 의료제품 품질감시 업무 분석
3-07. 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석
3-08. 유통 농수산물 중 중금속 검사결과 분석
3-09. 농수산물 중 방사능 검사결과 분석
3-10. 생산단계 수산물 중 중금속 검사결과 분석
3-11. 하천 수질측정망 측정결과 분석
3-12. 호소 수질측정망 측정결과 분석
3-13. 토양오염실태조사 검사결과
3-14. 골프장 농약잔류량 검사결과
3-15. 대기중금속측정망 결과 분석
3-16. SG 충남방적 석면 실태조사
3-17. 어린이집 실내 라돈 실태조사
3-18. 악취관리지역 악취실태조사
3-19. 환경소음측정망 운영 결과

급성설사질환 실험실 감시 현황

권도경, 서범주, 전한나

감염병검사팀

Ⅰ. 서 론

급성설사를 일으키는 원인은 다양하지만 감염성 원인으로는 바이러스와 세균성의 병원체로 구분할 수 있다. 급성설사질환 원인 바이러스 중 하나인 노로바이러스의 경우 오염된 물과 식품 등을 통해 집단발생의 대표적 병원체로 알려져 있을 뿐만 아니라, 굴 등의 어패류를 생식으로 섭취하기 쉬운 겨울철의 식중독 발생에 있어서도 주요 요인으로 작용하고 있다. 하지만 감염자의 구토물이나 대변에서 유출되는 소량의 바이러스 입자만으로도 전파 가능하고 유전자재조합을 통한 유전형변이체가 계속적으로 출현하는 것을 볼 때 아직까지 노로바이러스에 대한 감염 관리가 쉽지만은 않다[1-2]. 또한 로타바이러스는 5세 이하 소아의 급성설사질환의 주요한 원인으로서 사회경제적 수준이나 환경적 요인과는 무관하게 전 세계적으로 광범위하게 발생하고 있는데, 최근 연구결과를 보면 예전에 겨울철 유행으로 나타나던 것이 늦가을부터 4～5월 까지 발병되는 것으로 점차 기간이 확대되는 경향으로 분석 된다[3-4]. 로타바이러스 역시 10 viral particles 정도의 소량으로도 쉽게 전염 가능하고 물속에서는 수 주간, 사람의 손에서도 4시간 이상 생존 가능하며 일반 소독제에도 내성을 가지고 있다고 보고된 바 있어, 소아병동 및 산후조리원 내에서 심각한 문제를 야기하는 주범이 되고 있다[5-6]. 이 외에, 위의 두 바이러스보다는 증상이 경미하기는 하나 분변-구강 경로로 쉽게 전파되면서 면역력이 약한 소아 및 노약자에게서 심각한 증상을 유발할 가능성이 있어 관리가 필요한 바이러스성 병원체로는 장아데노바이러스(Enteric adenovirus), 아스트로바이러스(Astrovirus)와 사포바이러스(Sapovirus)가 있다.

심한 수양성설사나 혈성점액성설사는 세균성 병원체에 의한 경우가 많은데 바이러스성 병원체에 비해 보다 심각한 영향을 초래하므로 각별한 주의와 관리가 필요하다. 대부분의 대장균은 비병원성이지만 EHEC(장출혈성대장균), EIEC(장침습성대장균), EPEC 장병원성대장균), ETEC(장독소형대장균), EAEC(장흡착성대장균)가 설사를 유발하는 것으로 알려져 있는데, 위의 다섯 군이 해외유입급성설사질환과 국내 급성설사질환의 원인병원체로 각각 88.9%, 26%의 비중을 차지하는 것으로 나타났다[7-8]. 장출혈성대장균(EHEC)은 2016년도에 발생한 햄버거병이라는 별칭을 가진 질병의 원인균으로 알려진 바와 같이 출혈성 대장염과 용혈성요독증후군을 일으키고 빠른 시간에 장기손상을 유발하여 사망에 이르기까지 하는 등 심각한 영향을 일으키는 것으로 잘 알려져 있다. 또한 세균성이질균(*Shigella* spp.)의 경우 국내에서의 분리율은 0.03% 내외로 낮긴 하지만 필리핀, 베트남 등의 동남아지역 여행인구가 증가함에 따라 해외유입성 세균성이질균 감염자도 증가되는 추세이다[9]. 이 균은 10개체 정

도의 적은 양으로도 사람-사람 감염이 가능하고 전파속도가 빨라 조기 확산방지를 위한 노력이 필요한 병원체 중 하나이다.

세균성병원체가 원인이라 하더라도 가볍게 항생제를 처방해서는 안 되는데, 일부 살모넬라속(*Salmonella* spp.) 균주에 의한 감염은 항생제 복용으로 인해 오히려 증세가 악화될 수 있기 때문이다. 하지만 진료실내에서 증상의 징후로만 병원체를 판별하고 처방하기는 쉽지 않아 환자의 치료와 질병의 확산 방지를 위한 목적에서도 실험실적인 진단은 꼭 필요하다.

급성설사질환의 공중보건학적 중요성에 따라 2003년부터 질병관리본부와 보건환경연구원은 수인성·식품매개질환 실험실 감시사업(EnterNet)을 구축하여 지역 내 병의원에서 발생한 급성설사 원인병원체를 신속히 진단하고 그 결과를 환류함으로서 지역 내 확산방지에 기여하고 있다.

본 조사자료는 2019년도 충청남도 급성설사질환 실험실감시사업을 통해 확인된 병원체의 발생현황과 그 특성에 관한 내용을 살펴보고자 한다.

Ⅱ. 내용 및 방법

1. 검체채취 및 검사대상

급성설사질환의 원인체 규명을 위해 2019년 1월부터 12월까지 충청남도 내 3개 협력의료기관(홍성의료원, 순천향대학교천안병원, 단국대학교천안병원)에서 설사를 주 증상으로 내원한 환자에게서 대변 또직장도말 검체를 확보하였다. 수집한 검체는 transport medium에 넣어 냉장상태로 보관하였다가 주 1회 운송업체를 통해 보건환경연구원으로 이송되었으며, 검체는 수령 즉시 검사를 시행하였다. 검사대상 병원체 항목은 Table 1과 같다.

Table 1. Target Pathogens of Laboratory Surveillance of Acute Diarrheal Disorders

구 분	종류	병 원 체 명
세 균	10종	*Salmonella spp., Shigella spp., Vibrio parahaemolyticus* 병원성 대장균(EHEC, ETEC, EPEC, EIEC), *Campylobacter spp. Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Clostridium perfringens, Yersinia enterocolitica, Listeria monocytogenes*
바이러스	5종	Rotavirus(Group A), Astrovirus, Enteric adenovirus, Norovirus, Sapovirus
원충	4종	Cryptosporidum parvum, Entamoeba histolytica Giardia lamblia, Cyclospora cayetanensis

2. 핵산 추출 및 병원체 검사

2.1. 바이러스성 병원체

대변은 채집된 양에 따라 100 ㎎ ~ 1g 정도를 취해 3 mL의 PBS에 풀고, 직장도말 검체는 면봉의 끝을 잘라 glass bead가 포함된 2 mL PBS에 넣어 vortexing 한 부유액 200 uL를 자동핵산추출장비(Genolution NX-48)에 넣어 virus 핵산을 추출하는데 사용하였다.

핵산추출액 5 uL를 감시대상 바이러스(Rotavirus, Norovirus, Enteric adenovirus,

Astrovirus, Sapovirus) 5종에 대한 감염 여부를 확인하기 위한 template로 사용하여 real-time RT-PCR(real-time reverse transcription polymerase chain reaction)을 진행하였다. 노로바이러스는 PowerCheck Norovirus GI/GII multiplex real-time PCR kit(Kogenebiotech)를, 사포바이러스는 PowerCheck Sapovirus Real-time PCR kit(Kogenebiotech)를 사용하였으며, 장아데노바이러스, 아스트로바이러스, 로타바이러스는 PowerCheck Adeno/Astro/Rotavirus Muliplex Real-time PCR kit (Kogenebiotech)를 사용하였다. 양성으로 확인되는 검체는 식중독 원인조사 시험법(식품의약품안전처)에 준한 프라이머와 반응조건으로 Conventional PCR을 진행하였고, 유전자산물은 sequencing을 통해 최종적으로 유전형을 확인하였다.

2.2. 세균성 병원체

대변 또는 직장도말한 면봉을 현탁시킨 PBS 용액 100 uL를 3 mL의 TSB배지에 접종하여 37℃에서 overnight 배양한 것을 1 mL을 취하여 8,000 rpm에서 2분간 원심분리한 후 상등액은 버리고, 그 침전물을 500 uL 멸균수에 현탁하여 100℃에서 20분간 끓인 것을 세균성 병원체 유전자 검출에 사용하였다. 세균성 감시 대상병원체를 모두 확인할 수 있는 20pathogen multiplex real-time PCR kit(Kogenebiotech)에 template 5 uL를 넣어 병원체 존재여부를 파악하였으며, 양성반응이 확인된 검체는 Fig. 1과 같이 선택배지에 배양하여 대상병원체를 최종 분리, 확인 하였다.

2.3. 항생제 내성 검사

분리된 병원성대장균과 살모넬라균에 대하여 VITEK2 장비에 AST-N69카드(bioMerieux, VITEK2 AST-N69)를 사용하여 항생제 내성검사를 진행하였다. AST-N69카드는 그람음성간균 전용 항생제감수성 검사 진단 키트로서 17가지 항생제(Ampicillin, Amoxicillin/Clavulanic acid, Ampicillin/Sulbactam, Cefalotin, Cefazolin, Cefotetan, Cefoxitin, Cefotaxime, Cefriaxone, Imipenem, Amikacin, Gentamicin, Nalidixic acid, Ciprofloxacin, Tetracycline, Chloramphenicol, Trimethoprim/Sulfamethoxazole)에 대해 감수성검사를 시행할 수 있다. 검사 대상 균주는 TSA 배지에서 16 ~ 24시간 동안 배양한 순수배양 균주로 0.45% 식염수 3 mL에 풀어 0.5 ~ 0.625 McFarland 탁도로 맞춘 것을 사용하였으며, 항생제카드와 함께 VITEK 장치에 장착시켜 장비를 가동시켰다. 전 과정은 장비에서 자동으로 진행되었고 검사가 완료되면 CLSI(Clinical and Laboratory Standard Institute) 가이드라인에 따라 내성여부를 판정하였다.

2.4 혈청형 확인

혈청형 확인은 질병관리본부 진단검사법 표준절차서에 준하여 실시하였으며, 균체항원(O항원) 검사는 질병관리본부에서 보급하는 항혈청((주)중겸)을 사용하였다.

2..5. 살모넬라균 혈청형 확인

살모넬라 균의 O항원 검사를 위하여 TSA에 순수배양한 균체를 loop로 긁어 0.85% 생리식염수 0.5 mL에 넣고 균질하게 부유시킨 후, 구획을 그려 넣은 슬라이드에 항혈청 1방울에 균 부유액 20 uL를 떨어뜨려 섞으면서 응집여부를 확인하였다. 편모 항원(H항원)은 GI motility 배지에 접종하여 16 ~ 18시간 배양한 후 가장 멀리 퍼져나간 부분을 덜어 veal infusion 배지에 재접종하고 16 ~ 18시간 배양하였다. 배양액은 0.6% formalin으로 고정한 후 tube 응집법으로 확인하였다.

2.6. 대장균 혈청형 확인

장출혈성대장균의 O항원 검사를 위하여 TSA에 순수배양한 균체를 loop를 이용하여 긁어 0.85% 생리식염수 1 mL에 넣고 균질하게 부유 시킨 후 100℃에서 1시간 열처리하였다. 열처리된 균 부유액은 12000 rpm에서 3분간 원심분리 한 후 상등액을 버리고 원심침사에 1 mL 생리식염수로 재부유 한 후 구획을 그려 넣은 슬라이드에 항혈청 1 방울과 균 부유액 20 uL를 떨어뜨려 섞은 뒤 응집여부를 관찰하였다.

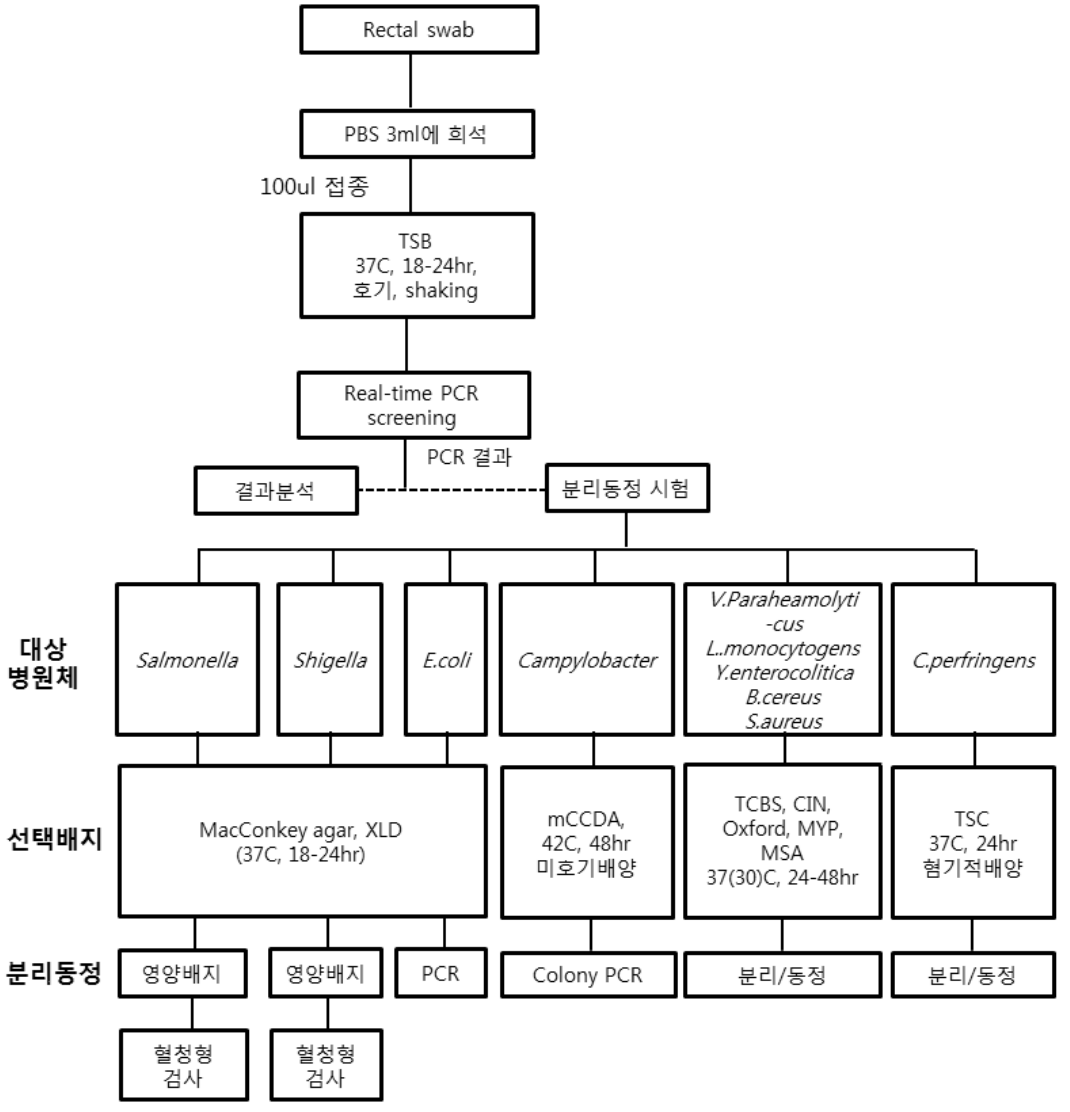


Fig. 1. Flow chart of diagnosis for bacterial pathogens.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 검체 접수 현황

2019년도에 충청남도 내 3개 협력병원에서 총 487건의 설사환자 검체를 수거하여 원인병원체를 분석하였다. 검체는 기온이 따뜻해지는 5월에 소폭 늘다가 10월부터 다시 감소하였다(Table 2). 홍성의료원의 경우 지역병원 특성상 60세 이상의 환자 검체가 많이 접수된 반면, 순천향대병원에서는 1세미만의 영아 환자 검체가 주로 접수되었다(Table 3). 1년간 검체 의뢰현황을 살펴보면 검체 건수가 급격히 증가된 8～10월에는 오히려 원인병원체의 분리율이 낮게 나타난 반면 4～6월에는 다른 기간에 비해 분리율이 높은 것으로 확인되었는데, 2019년도 여름까지 유행했던 노로바이러스 검출율과 관련 있어 보인다(Fig. 2).

Table 2. Monthly distribution of acute diarrheal specimen in Chungnam, 2019

월별 / 병원	소계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계	487	23	27	31	31	45	46	34	75	68	50	24	33
홍성의료원	211	19	18	15	15	25	14	22	29	20	16	12	6
순천향대부속 천안병원	211	4	9	16	16	20	24	10	30	37	19	9	17
단국대학교 천안병원	65	-	-	-	-	-	8	2	16	11	15	3	10

Table 3. Age distribution of acute diarrheal specimen in Chungnam, 2019

구 분	소계	1세 미만	1세	2세	3세	4세	5세	6～9세	10～19세	20～29세	30～39세	40～49세	50～59세	60～69세	70세 이상
계	486	81	34	20	12	10	11	28	39	18	10	19	38	41	125
홍성의료원	211	-	-	-	-	-	-	-	2	12	8	12	29	35	113
순천향대부속 천안병원	211	78	34	18	12	9	9	23	23	2	-	-	1	-	2
단국대학교 천안병원	64	3	-	2	-	1	2	5	14	4	2	7	8	6	10

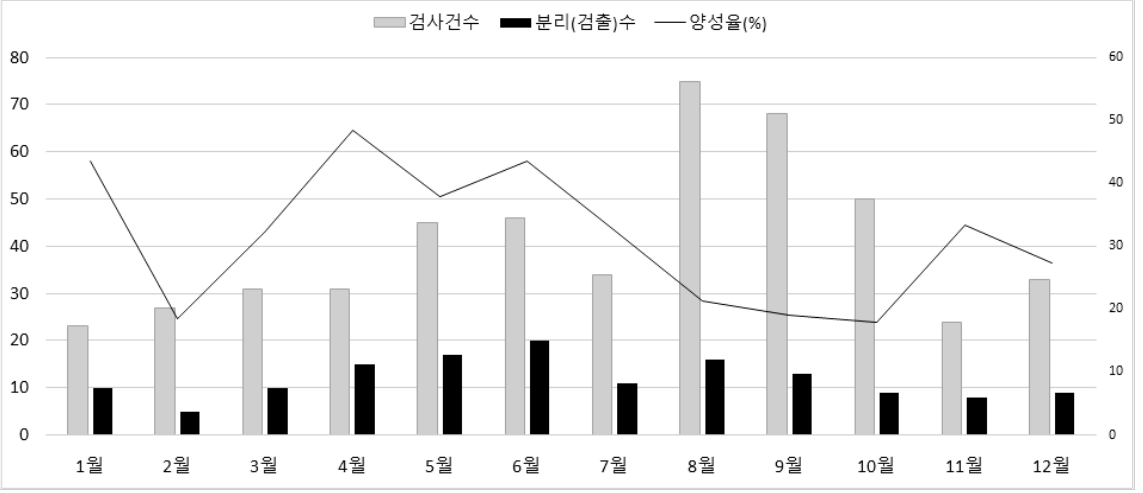


Fig. 2. Monthly distribution of the number of cases and isolated rate, 2019.

2. 병원체 검출 현황

487건의 급성설사 검체 중 원인병원체가 확인된 양성 검체는 총 143건으로, 급성설사원인 규명률은 29.2%였으며, 75건(15.4%)의 세균성 병원체와 68건(14.0%)의 바이러스성 병원체를 각각 분리 및 확인하였다. 또한 원충검사를 위하여 질병관리본부 매개체분석과에 대변검체 36건을 의뢰하였으나 확인된 원충은 없었다(Table 4).

연령별 접수현황을 살펴보면 5세 미만의 영유아 검체가 전체의 34%(168건)정도를 차지하고 있으며, 그 다음으로 70대이상(125건), 60대(41건), 10대(39건), 50대(38건), 40대(19건), 20대(18건), 30대(10건) 순이었다. 연령별 검출현황으로는 1세(47.1%, 34건 중 16건), 5세(45.5%, 11건 중 5건), 2세(45%, 20건 중 9건), 1세미만(42%, 81건 중 34건), 4세(30%, 10건 중 3건), 3세(8.3%, 12건 중 1건) 순으로 10세 미만 유·소아의 검체에서 분리율이 높게 나타난 반면, 70세 이상의 검체에서는 의뢰건수는 가장 높으나 검출율은 비교적 낮은 것으로 나타났다(29/125, 23.2%)(Table 5).

최근 2년간의 발생 추이를 보면, Fig. 3에서 보이는 바와 같이 2018년도에는 바이러스성 병원체와 세균성 병원체의 계절적 출현 양상이 구분되어 나타났으나 2019년도의 경우에는 바이러스성 병원체가 한여름에도 꾸준히 나타나는 양상을 보이고 있어 계절적 역할이 크게 줄어든 경향을 보였다.

Table 4. Monthly isolation rate of pathogens causing diarrheal disease in chungnam, 2019

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
전체	검사건수	23	27	31	31	45	46	34	75	68	50	24	33	487
	분리(검출)수	10	5	10	15	17	20	11	16	13	9	8	9	143
	양성율(%)	43.5	18.5	32.3	48.4	37.8	43.5	32.4	21.3	19.1	18	33.3	27.3	29.2

Table 4. continued

구 분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
세균	검사건수	23	27	31	31	45	46	34	75	68	50	24	33	487
	검출건수	5	1	2	4	7	12	7	13	9	5	6	4	75
	양성율(%)	21.7	3.7	6.5	12.9	15.5	26.1	20.6	17.3	13.2	10	25	12.1	15.4
바이러스	검사건수	23	27	31	31	45	46	34	75	68	50	24	33	487
	양성건수	5	4	8	11	10	8	4	3	4	4	2	5	68
	양성율(%)	21.7	14.8	25.8	35.5	22.2	17.4	11.8	4	5.9	8	8.4	15.2	14.0
원충	검사건수	0	0	0	0	0	0	9	12	9	6	0	0	36
	양성건수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	양성율(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 5. Age distribution of detection rate by pathogens causing diarrheal disease in Chungnam, 2019

구 분		계	1세 미만	1세	2세	3세	4세	5세	6~9세	10~19세	20~29세	30~39세	40~49세	50~59세	60~69세	70세 이상
전체	검사건수	486	81	34	20	12	10	11	28	39	18	10	19	38	41	125
	분리(검출)수	143	34	16	9	1	3	5	8	3	4	6	2	12	11	29
	양성율(%)	29.4	42.0	47.1	45	8.3	30	45.5	28.6	7.7	22.2	6	10.5	31.6	26.8	23.2
세균	검사건수	486	81	34	20	12	10	11	28	39	18	10	19	38	41	125
	검출건수	75	13	2	2	0	1	3	5	2	2	2	2	8	11	22
	양성율(%)	15.4	16.0	5.9	10	0	10	27.3	17.9	5.1	11.1	20	10.5	21.1	26.8	17.6
바이러스	검사건수	486	81	34	20	12	10	11	28	39	18	10	19	38	41	125
	양성건수	68	21	14	7	1	2	2	3	1	2	4	0	4	0	7
	양성율(%)	14.0	25.9	41.2	35	8.3	20	18.2	10.7	2.6	11.1	40	0	10.5	0	5.6
원충	검사건수	36	3	3	7	1	1	3	4	11	1	0	0	0	1	1
	양성건수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	양성율(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

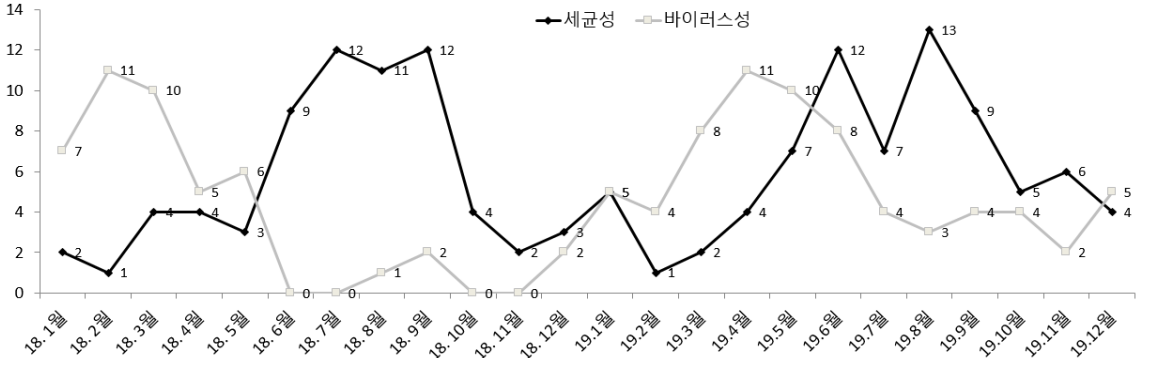


Fig. 3. Isolation statue of pathogens causing diarrheal disease in chungnam, 2018-2019

2.1. 세균성병원체의 현황

급성설사질환의 세균성 원인병원체로 병원성대장균이 33.3%(23건/75건)로 계절에 상관없이 지속적으로 검출되고 있는데, 그 중에서 EPEC가 60.9%(14/23), EHEC와 ETEC 가 16%(4/25), EIEC 4%(1/25)로 확인되었다. 그 다음으로 *Salmonella, Clostridium perfringens*와 *Stapylococcus aureus* 가 각각 18.7%(14/75)로 동일하게 분리되었고, *Bacillus cereus* 10.7%(8/75), *Campylobacter* spp. 2.7%(2/75)순으로 분리되었다(Table 6).

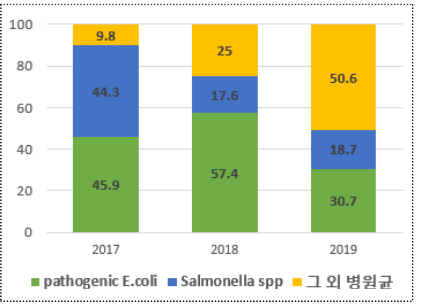
병원성대장균과 살모넬라균의 경우 여전히 충남지역 설사질환의 주요 원인균으로 작용하고 있는 것으로 확인되는데, Table 7에서 나타낸 바와 같이 두 균주가 타병원성 세균에 비해 높은 검출율은 보이고 있지만 그 점유율에서는 서서히 감소되는 것으로 나타났다.

Table 6. Monthly isolation rate of bacterial pathogens causing diarrheal disease in chungnam, 2019

	병 원 체		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
	총 검출 건수		5	1	2	4	7	12	7	13	9	5	6	4	75
세균	Pathogenic *E. coli*	EHEC				1				1	1	1			4
		EPEC	2		1		1		2	4	2		1	1	14
		ETEC					1				1	1	1		4
		EIEC						1							1
	Salmonella spp.		1				1	5		2	2	1	2		14
	Shigella spp.														0
	Vibrio parahaemolyticus										1		1		2
	Campylobacter spp.														0
	S. aureus		1	1		2	2	2	3	2	1				14
	B. cereus						1	2	1	1	1	1		1	8
	Cl. perfringens		1		1	1	1	2	1	3		1	1	2	14
	L. monocytogenes														0
	Y. enterocolitica														0

Table 7. Proportion of isolation rate for *Salmonella* and pathogenic *E.coli*, 2017-2019

	2017년도	2018년도	2019년도
pathogenic *E.coli*	28(45.9)	39(57.4)	23(30.7)
Salmonella spp	27(44.3)	12(17.6)	14(18.7)
그 외 병원균	6(9.8)	17(25)	38(50.6)
계	61(100)	68(100)	75(100)



2.2. 바이러스성병원체의 현황

총 487의 설사 검체에서 68건의 바이러스성 원인병원체를 검출하였는데, 노로바이러스 37건, Group A 로타바이러스 17건, 사포바이러스 10건, 아스트로바이러스 4건 순으로 검출되었고 아데노바이러스는 확인되지 않았다(Table 8). 바이러스성 병원체 검출 현황을 연령별로 살펴보았을 때, 총 검출 건수 68건 중 50% 이상이 0～1세 이하의 영유아에서 확인되어 바이러스성병원체 감염에 가장 취약 층임을 확인할 수 있었다. 그 중에서도 특히 노로바이러스의 경우는 0～1세의 영유아에서 22건 분리되어 전체의 63%를 차지하는 것으로 확인되었으며, 그 다음으로 로타바이러스가 7건(20%), 사포바이러스가 4건(11.4%), 아스트로바이러스가 2건(5.7%)를 차지하였다. 그 외 연령대에 대한 바이러스 검출현황은 Table 9와 같다.

Table 8. Monthly distribution of viral gastroenteritis from acute diarrhea specimens in Chungnam, 2019

병원체		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
총 양성 건수		5	4	8	11	10	8	4	3	4	4	2	5	68
바이러스	Norovirus GI					1					1			2
	Norovirus GII	3	3	3	5	8	7	2	1				3	35
	Group A Rotavirus	1	1	4	4	1		2	1	1			2	17
	Astrovirus				1						2	1		4
	Adenovirus													0
	Sapovirus	1		1	1		1		1	3	1	1		10

Table 9. Age distribution of viral gastroenteritis from acute diarrhea specimens in Chungnam, 2019

연령군	계	Norovirus		Rotavirus		Astrovirus		Sapovirus	
		분리건수	%	분리건수	%	분리건수	%	분리건수	%
1세미만	21	15	40.5	5	27.8			1	11.1
1세	14	7	18.9	2	11.1	2	50	3	33.3
2세	7	3	8.1	4	22.2				
3세	1	1	2.7						
4세	2			1	5.6	1	25		
5세	2	1	2.7	1	5.6				
6-9세	3	1	2.7			1	25	1	11.1
10-19세	1	1	2.7						
20-29세	2	2	5.4						
30-39세	4	3	8.1	1	5.6				
40-49세	0								
50-59세	4	2	5.4	1	5.6			1	11.1
60-69세	0								
70세이상	7	1	2.7	3	16.5			3	33.3
계	68	37	100	18	100	4	100	9	100

3. 분리균주의 특성분석

3.1. 살모넬라균과 병원성대장균의 항생제 내성경향

급성설사원인병원체로 분리된 병원성대장균과 살모넬라균에 대하여 VITEK2 장비를 이용한 17가지 항생제에 대한 내성검사를 진행한 결과는 Table 10과 같다.

살모넬라로 분리된 14주 중 13주에 대해서 검사를 시행하였는데, 13주 모두(100%)에서 최소 1종 이상의 항생제에 대한 내성을 보였다. 특히 Ampicillin의 경우 내성을 나타내는 균주가 11주(84.6%) 확인됨에 따라 가장 높은 내성을 보이는 항생제로 확인되었고, 그 다음 순으로 Ampicillin/ Sulbactam (8주, 65%), Nalidicxic acid(6주, 46%), Tetracycline (4주, 30.8%) 등의 순이었다.

병원성대장균 21주(EPEC 미분리균주 2주 제외)를 대상으로 항생제 내성여부를 조사한 결과, 1균주를 제외한 20주(95.2%)가 1가지 이상의 항균제에 내성을 나타내는 것으로 확인되었고, 살모넬라 분리균주와 마찬가지로 Ampicillin에 대하여 가장 높은 내성을 보였다(76.2%, 16주/21주). 그 다음으로 높은 내성율을 보이는 항생제로는 Cefalothin(15주, 71.4%), Ampicillin/ Sulbactam(14주, 60.9%), Trimethoprim/ Sulfamenthoxazole (9주, 42.9%), Amoxicillin/ Clavulanic acid 와 Cefazolin (8주, 38.1%), Tetracycline(7주, 33.3%), Ceftriaxone (6주, 28.6%) 등의 순으로 내성을 보였다.

분리균주의 다제내성양상을 살펴보면 살모넬라균의 경우는 17종 항생제 중 1제에만 내성을 나타내는 경우가 4주(30.8%)로 가장 높은 비율을 나타내긴 하였으나, 7제와 9제에 대하여 내성을 나타내는 균주도 각각 1건(7.7%)씩 확인되었다(Table 11). 병원성 대장균의 경우는 17주(81%)가 2가지 이상의 항균제에 내성을 보였으며 11제에 내성을 보이는 균주도 1주(4.8%) 확인되었다(Table 12).

Table 10. Resistance of the isolated Salmonella and pathogenic *E.coli* strains to antimicrobials drugs.

계열	항생제		병원체	
	약품명	약자	*Sal.* spp (건 / %)	Pathogenic *E.coli* (건 / %)
Penicillin	Ampicillin	AM	11 84.6	16 76.2
β-lactam	Amoxicillin/ Clavulanic acid	AMC	3 23.1	8 38.1
	Ampicillin/Sulbactam	SAM	8 61.5	14 60.9
Cephems	Cefalothin	CF	3 23.1	15 71.4
	Cefazolin	CA	1 7.7	8 38.1
	Cefotetan	CTT		2 9.5
	Cefoxitin	FOX		4 19.0
	Cefotaxime	CTX	1 7.7	4 19.0
	Ceftriaxone	CRO	1 7.7	6 28.6
Carbapenems	Imipenem	IPM		
Aminoglycosides	Amikacin	AN		
	Gentamicin	GM		1 4.8
Quinolones	Nalidixic acid	NA	6 46.2	4 19.0
	Ciprofloxacin	CIP		1 4.8

Table 10. continued

계열	항생제		병원체	
	약품명	약자	*Sal.* spp (건 / %)	Pathogenic *E.coli* (건 / %)
Tetracycline	Tetracycline	Te	4 30.8	7 33.3
Phenicol	Chloramphenicol	C	2 15.4	1 4.8
Sulfa-Drug	Trimethoprim/ Sulfamethoxazole	SXT	1 7.7	9 42.9
계			13	21

※ 병원성대장균 23건 중 EPEC(비분리대상병원체) 2건 제외함.

Table 11. Distribution of the antimicrobial resistance pattern of isolated *Salmonella* strains.

약제 다제내성	내성유형	균주수	계
1	AM	2	4(30.8%)
	NA	1	
	Te	1	
2	AM-SAM	2	3(23.1%)
	AM-NA	1	
3	AM-SAM-NA	1	1(7.7%)
4	AM-AMC-SAM-NA	1	3(23.1%)
	AM-AMC-SAM-CF	1	
	AM-SAM-CF-Te	1	
7	AM-AMC-SAM-NA-Te-C-SXT	1	1(7.7%)
9	AM-SAM-CF-CTX-CRO-NA-Te-C	1	1(7.7%)
계		13	13(100%)

Table 12. Distribution of the antimicrobial resistance pattern of isolated pathogenic *E.coli* strains.

약제 다제내성	내성유형	균주수	계
0	-	1	1(4.8)
1	AM	1	3(14.3)
	NA	1	
	C	1	
2	AM-CF	1	3(14.3)
	Te-SXT	1	
	GM-Te	1	
3	AM-SAM-CF	3	3(14.3)
4	AM-AMC-SAM-CF	1	1(4.8)
5	AM-AMC-SAM-CF-CTT	1	1(4.8)
6	AM-AMC-SAM-CF-NA-SXT	1	3(14.3)
	AM-SAM-CF-CZ-Te-SXT	1	
	AM-SAM-CF-CZ-CTX-CRO	1	

Table 12. continued

약제 다제내성	내성유형	균주수	계
7	AM-AMC-SAM-CF-CZ-Te-SXT	1	2(9.5)
	AM-SAM-CF-CZ-CTX-CRO-Te	1	
9	AM-AMC-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-CRO-SXT	1	1(4.8)
10	AM-AMC-SAM-CF-CZ-FOX-CTX-CRO-Te-SXT	1	2(9.5)
	AM-AMC-SAM-CF-CZ-CTT-FOX-CRO-NA-SXT	1	
11	AM-AMC-SAM-CF-CZ-FOX-CRO-NA-CIP-Te-SXT	1	1(4.8)
계		21	21(100)

3.2. 살모넬라균과 병원성대장균의 혈청형 분석

2019년도 분리된 살모넬라균 14주에 대하여 혈청형 검사를 진행한 결과, 주요 혈청형은 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-형으로 전체 분리주에 35.7%(5주)를 차지하였다. 그 다음 순으로 *Sal.* Bareilly가 4주, *Sal.* Infantis가 3주 확인되었는데, 국내에서 가장 높은 발생빈도를 보이고 있는 *Sal.* Enteritidis나 *Sal.* Typhimurium은 확인되지 않았다(Table 13).

장출혈성대장균으로 분리된 4주에 대한 혈청형을 검사해본 결과 O-103이 2주, O-130과 O-55가 각각 1주씩 확인되었다. 검출된 세가지 혈청형은 non-O157 EHEC 중에서도 국내에서 비교적 발생율이 높은 것으로 알려져 있는 것으로, 분리된 O-130 EHEC의 경우는 stx1과 stx2 두가지 독소형을 모두 가지고 있는 것으로 확인되었다(Table 14).

Table 13. Salmonella serovars isolated in Chungnam, 2019

살모넬라 혈청형	균주 수	%
Sal. I 4,[5],12: I :-	5	35.7
Sal. Bareilly	4	28.6
Sal. Infantis	3	21.4
other serovars	2	14.3
계	14	100.0

Table 14. Pathogenic *E.coli* serovars and pathogenic genes isolated in Chungnam, 2019

장출혈성대장균		균주 수	%
혈청형	독소형		
O-130	vt1/vt2	1	25
O-55	vt1/eaeA	1	25
O-103	vt1/eaeA	2	50
계		4	100

3.3. 바이러스병원체의 유전형 분석

487건의 설사 검체 중 노로바이러스가 검출된 경우는 37건이었으며 그 중 36건이 GII형으로 97.3%를 차지하였다. GII의 유전형 분포로는 GII-3가 36.1%(13/36)로 가장 많이 확인되었고, 다음으로 GII-4가 25%(9/36), GII-2와 GII-4/2012가 각 5.6%(2/36), GII-17, GII-17 kawasaki와 GII-1이 각 2.7%(1/36)씩 검출되었다. GI은 2건(5.4%)이 확인되었는데 GI-1과 GI-6 가 각각 1건씩 검출되었으며 그 중 1건은 GI-1/GII-17 kawasaki 가 중복 감염된 경우로 확인되었다.

로타바이러스의 경우 16건 중 12건에 대해 유전형검사가 진행되었는데, G8,P[8] 형이 4건(33.3%)으로 가장 많이 검출되었으며, 그 다음순으로 G2,P[4] 3건(25%), G3,P[8]이 2건(16.7%), G8,P[4]와 G9,P[6], G9,P[8]이 각각 1건(8.3%)씩 확인되었다.

사포바이러스는 총 9건이 검출 되었으나 유전형 확인은 7건만 진행되었으며 GI.1형이 4건(44.4%), GI.2형이 3건(33.3%)건으로 나타났다.

또한, 아스트로바이러스는 총 4건이 검출되었으며 1a 형과 5c 형이 각각 2건씩 확인되었다(Table 15). 최근 5년간 바이러스 분리건수로 비교해보면 노로바이러스와 로타바이러스가 주요 급성설사 바이러스성 원인병원체인 임을 알 수 있다. 아데노바이러스는 5년간 분리율이 서서히 감소하다가 2019년도에 1건도 검출이 되지 않은 반면, 사포바이러스는 계속 낮은 검출율을 보이다가 2019년도에는 10건으로 검출율이 급격히 증가 하는 것으로 나타났다(Fig. 4).

Table 15. The genetic distribution of acute viral gastroenteritis infected in Chungnam, 2019

Norovirus		37 건
GI	GI.1	2
	GI.6	1
GII	GII.3	13
	GII.4	9
	GII.2	2
	GII.4/2012	2
	GII.17	1
	GII.17 kawasaki	1
	GII.1	1
	unknown	5

Astrovirus	4 건
AstV_1a	2
AstV_5c	2

Rotavirus	11 건
G8,P[8]	4
G2,P[4]	3
G3,P[8]	2
G8,P[4]	1
G9,P[8]	1
G9,P[6]	1

Sapovirus	9 건
SaV_GI.2	3
SaV_GI.1	4
SaV_unknown	2

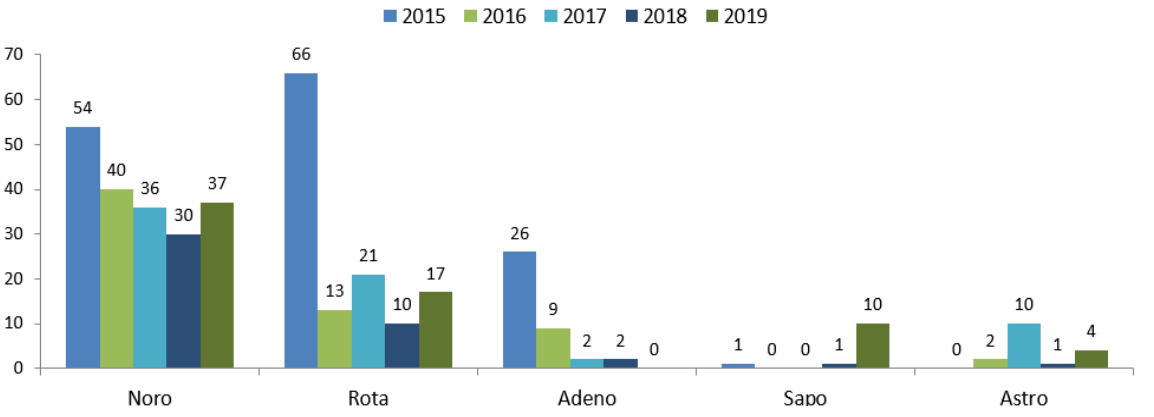


Fig. 4. Distribution of detection rate by causative agents for viral pathogens, 2019.

Ⅳ. 결 론

병원성 미생물로 인한 급성설사질환은 환경 개선 및 개인위생 의식 향상 등으로 사망률과 이환율이 많이 감소하긴 했으나 기후 온난화, 국가 간의 활발한 농수산품거래, 해외여행 및 급식, 외식 인구의 증가와 같은 사회적 변화로 감염 경로 역시 다양해지고 있어 적극적인 감시활동이 필수적이다[10-11]. 본원은 1년간 급성설사 질환으로 내원한 환자를 대상으로 원인 병원체를 규명 하는 등 지속적인 감시를 진행하였으며, 충남지역 3개의 의료기관으로부터 총 487건의 급성설사 질환자의 검체를 수거하여 지정감염병 대상 세균10종, 바이러스 5종, 원충 4종에 대한 검사를 진행한 결과 75건의 세균성 병원체(분리율 15.4%)와 68건의 바이러스성병원체(양성율 14.0%)를 확인하였다.

일반적으로 세균의 경우 고온다습한 환경에서, 바이러스는 춥고 건조한 겨울철에 주로 유행하는 것으로 알려져 왔으나 최근의 경향은 기후적 요인에 관계없이 광범위하게 발생하고 있는 것으로 확인되었다. 또한 분리된 병원체 중 살모넬라와 병원성 대장균의 항생제 내성 경향을 볼 때 다제내성정도가 심각한 정도로 파악되고 있어 그 관리가 필수적이라 하겠다.

또한 원인병원체의 연령별 발생현황으로 볼 때 0～5세에서 바이러스 검출율이 높은 것으로 확인되었는데, 면역력이 비교적 저하되어 있는 영유아에서는 심각한 영향을 초래할 수 있고 집단시설을 이용하는 유아의 경우에는 타인으로 감염이 용이하기 때문에 집단발병의 원인이 될 수도 있으므로 각별한 주의가 필요하다[12]. 또한 원인 병원체의 규명율이 영유아만큼 높지는 않지만 70세 이상의 노약계층에서도 급성설사질환으로 인한 질병이 우세하기 때문에 이들 집단에 대한 지속적인 위생 관리와 모니터링이 필요할 것으로 보인다. 본원은 수인성·식품매개감염병 감시사업을 지속적으로 수행함으로서 충남지역의 수인성질환에 대한 예방 및 관리 대책 수립에 필요한 기초자료로 활용될 수 있도록 노력할 것이다.

Reference

1. 한태희, 정주영. 노로바이러스 감염의 최신지견. J Korean Med Assoc 2017 Dec. ; 60(12):985-991)

2. Lorrot M., Bon F., El Hajje M.J., Aho S., Wolfer M., Giraudon H., Kaplon J., MarcE., Raymond J., Lebon P., Pothier P., Gendrel D.(2011). Epidemiology and clonical features of gastroenteritis in hospitalized children: prospective survey during a 2-year period in a Parisian hospital, France. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 30:361-8).
3. 심정옥. 소아급성설사의 원인과 감별법. J Korean Med Assoc 2012 June ; 55(6). 516-524
4. Fang ZY, Yang H, Ahang J. Li YF, Hou AC. Ma L, Sun LW, Wang CX, Child rotavirus infection in association with acute gastroenteritis in two chines sentienl hospitals. Pediatr Int 42:401-5, 2000)
5. Abad FX, Pinto RM, Bosch A, Survival of enteric viruses on environmental fomites. Appl Environ Microbiol. 60:3704-10, 1994.
6. Bellamh K. Alcock R, Babb JR, Davies JG, Ayliffe GA, A test for the assessment of 'hygienic' hand disinfection using rotavirus. J Hosp Infect 24:201-10.1993)
7. 김난옥, 홍사현, 유천권. 2013년 국내 급성설사질환 유발 원인 세균의 분리현황 및 특성.
8. 정수미, 김난옥, 윤영선, 홍사현, 강병학, 김재옥. 해외유입급성설사질환 원인 세균의 분리현황 분석(2015-2017). 주간 건강과 질병, 제 11권 제26호.842-847
9. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Acute infectious agents laboratory surveillance reports[Internet]. 2012
10. 조승례, 이덕용, 정선영, 채수진, 최우영, 강춘. 2017년 국내 급성설사질환원인 바이러스 병원체 감시현황. 주간 건강과 질병, 제11권 제41호, p1374-1380
11. Younghee Jin, Hyunjung Seung, Younghee Oh, Jihun Jung, Sujin Jeon, Jaekyoo Lee et al. Epidemiological Relationship of Enterotoxigenic Escherichia coli and Enteroaggreagtive E.coli Isolated From Patients with Diarrhea in Seoul. J.Bacteriology and Virology, 2013. Vol. 43. No.1. P.37-44
12. SA Oh, SH Park, HJ Ham, HJ Seung, JI Jang, SW Suh, SJ Jo, SM Choi, HS Jeong. Molecular Characterization of Norovirus and Rotavirus in Outbreak of Acute Gastroenteritis in Seoul. J.Bacteriology and Virology. 2013, Vol.43, No.4 p307-316

인플루엔자 및 호흡기바이러스 실험실 감시

백경아, 김우식, 이수영, 박미나

감염병검사과

Ⅰ. 서 론

호흡기 감염과 관련된 질환에는 많은 종류의 호흡기 바이러스가 직접 또는 간접적으로 연관되며, 주요 원인 바이러스는 인플루엔자바이러스(Influenza virus, IFV), 사람 라이노바이러스(Human rhinovirus, hRV), 아데노바이러스(Adenovirus, ADV), 파라인플루엔자바이러스(Parainfluenzavirus, PIV), 사람 코로나바이러스(Human coronavirus, hCoV), 사람 보카바이러스(Human bocavirus, hBoV), 사람 메타뉴모바이러스(Human metapneumovirus, hMPV), 호흡기세포융합바이러스(Respiratory syncytial virus, RSV)등이 있다.

인플루엔자를 비롯한 일반적인 호흡기 바이러스들은 환자가 기침이나 재채기를 할 때 분비되는 호흡기 비말을 통한 직·간접적 접촉으로 감염되고, 발병 원인 바이러스의 종류에 상관없이 초기의 임상 증상은 서로 유사하여 증상만으로 원인 바이러스를 정확하게 동정하는 것은 어렵다. 급성 호흡기 바이러스 감염은 일반적으로 감기와 같은 가벼운 증상으로부터 폐렴, 급성호흡곤란 증후군과 같은 중증의 질환까지 넓은 범위의 임상증상을 포함하는 호흡기계 감염병을 일컫는 말로서 전 세계적으로 이환율(morbidity)과 사망률(mortality)이 가장 높게 보고되고 있는 질환이다. 호흡기 바이러스의 유행 지역은 광범위하고 경우에 따라 감염이 국지적으로 때로는 전 세계적으로 광범위하게 유행하는 경우도 있다. 급성 호흡기 바이러스 감염증은 임상증상이 심하지 않은 상기도 감염과 폐렴 또는 기관지염 등과 같은 중증의 하기도 감염으로 나뉘어는데, 특히 하기도 감염은 천식의 급성 악화에 영향을 주거나 기관지 폐이형증, 면역결핍증, 선천적 심질환 환자 등에게 치명적으로 작용한다(Table 1).

흔히 유행성 독감이라 불리우는 인플루엔자(Influenza)는 인플루엔자바이러스(Influenza virus, IFV)에 의해 유발되는 급성 발열성 질환으로 매년 찾아오는 호흡기 바이러스 감염이다. 세계적으로 발생하는 계절인플루엔자는 일반적인 감기 바이러스와는 달리 전 연령층을 대상으로 이환율, 즉 확산성이 매우 크다는 점이 특징이다. 계절인플루엔자로 매년 인구의 5～15%가 감염되며 약 10억 명의 환자가 발생하고 이 중 3～5백만 명이 중증환자 발생, 25～50만 명이 사망하는 것으로 파악되고 있다

특히 인플루엔자 바이러스에 의한 감염은 주로 10월부터 4월 사이에 유행하고 비말 등 호흡기를 통한 직·간접적 접촉에 의해 전염되며, 유행이 시작되면 2주～3주내에 정점을 이루고 5주～6주간 지속되는 것으로 보고되고 있다. 임상증상은 38℃ 이상의 고열과 갑작스런 두통, 오한, 마른기침으로 시작하여 근육통, 쇠약감, 흉골의 압박감과 통증, 기침 등의 증상이 있고 이 중에서도 고열 증상이 특징이다. 이에 따라서 WHO를

비롯한 관련기관에서는 인플루엔자의 세계적인 유행 가능성 때문에 1947년부터 감시체계를 운영하고 있으며, 현재 미국, 일본, 호주 및 영국의 국제협력센터를 주축으로 국립인플루엔자센터가 참여하고 있다. 국내에서는 1997년부터 인플루엔자 감시체계를 시작하였고, 2000년에 들어 인플루엔자가 제3군 법정전염병으로 지정됨에 따라 실험실 표본 감시망을 전국적으로 실시하고 있다. 특히 2009년 5월부터는 "인플루엔자 및 호흡기 바이러스 실험실 통합감시(Korea Influenza & Respiratory Viruses Surveillance Scheme, KINRESS)"로 확대 운영되어 임상 및 실험실 감시를 국가 차원에서 관리하고 있다. 본 실험실 감시사업은 충남 지역 내에서 유행하고 있는 인플루엔자를 비롯한 호흡기바이러스의 발생 양상을 민감하게 파악하여 유행 확산을 조기에 방지하고, 새로운 호흡기 바이러스 출현에 대한 감시를 목적으로 수행하고 있으며, 분리·확보된 병원체의 생물학적 특성 분석을 통한 데이터베이스 구축으로 진단과 치료 분야에 유용한 정보를 제공하고 호흡기 바이러스의 방역에 대한 근거자료를 확보하고자 한다.

Ⅱ. 조사대상 및 검사방법

1. 조사대상

본 연구에 이용된 검체는 2018-2019 절기 인플루엔자 및 호흡기 바이러스 감염증 병원체 감시(Korea Influenza & Respiratory Viruses Surveillance Scheme, KINRESS)동안 수집된 것이며, 2018～2019 절기는 2018년 9월 2일부터 2019년 8월 31일까지 운영되었다. 인플루엔자 및 호흡기 바이러스 감염증 병원체 감시(KINRESS) 사업에 지정 참여하고 있는 충청남도 및 세종지역 내의 4개 병원, 천안 곽병수내과, 천안 드림아이소아과, 세종 이내과의원, 부여 서울연합내과에 매주 월요일 및 화요일에 내원하는 인플루엔자 의사환자로 의심되는 환자의 인후도찰물 총 689건과 및 급성 호흡기감염증에 부합되는 임상증상을 나타내는 환자의 인후도찰물 689건을 검사 대상으로 하였다. 검체 채취 전 대상자들에게 본 연구의 목적과 방법을 사전에 설명하였으며, 연구 참여에 대한 익명성을 보장하고 자발적인 연구 참여에 대한 동의를 구두로 설명하였고 서면동의를 받았다. 그리고 미성년자인 경우 보호자의 대리 서면동의를 얻어 완전하게 연구 참여 동의서가 작성된 참여자를 대상으로 검체를 채취하였다.

4곳의 병원에서 채취된 검체는 일련의 전처리 과정 후, 인플루엔자 및 호흡기 바이러스 8종에 대한 유전자 검출 검사를 실시하였다. 검사를 실시한 인플루엔자 및 호흡기 바이러스 병원체 8종은 Table 1과 같다.

Table 1. 진단 대상 호흡기 바이러스 8종

대상 병원체	잠복기	임상증상
Influenza virus (IFV)	14일	- 발열,두통, 근육통, 피로감 등 전신증상과 기침, 인후통, 객담 등의 호흡기증상
Human rhinovirus (hRV)	1-4일	- 인후통, 콧물, 기침, 재채기, 두통 - 비염이나 인두염 등 상기도감염, 드물게 하기도감염

Table 1. continued

대상 병원체	잠복기	임상증상
Adenovirus (ADV)	2-14일 (평균 4-5일)	- 발열, 기침, 콧물, 인후통, 두통 - 인두염 등 상기도감염, 폐렴 등 하기도감염
Parainfluenza virus (PIV)	2-7일	- 발열, 콧물, 기침 - 상기도감염, 기관지염이나 폐렴 등 하기도감염 * 소아에서 흔하고 연령에 따라 임상증상의 차이가 있음
Human coronavirus (hCoV)	2-4일	- 콧물, 기침, 인후통, 발열 - 상기도감염, 폐렴 등 하기도감염 * 심폐기계질환자, 면역억제자, 고령자에서 하기도감염
Human bocavirus (hBoV)	1-4일	- 발열, 기침, 콧물, 가래, 인후통 - 인후염 등 상기도감염, 폐렴 등 하기도감염
Human metapneumovirus (hMPV)	4-6일	- 기침, 발열, 비충혈 - 상기도감염,모세기관지염이나 폐렴 등 하기도감염
Respiratory syncytial virus (RSV)	2-8일 (평균 5일)	- 콧물, 김침, 재채기, 발열, 천명음 - 인두염 등 상기도감염, 폐렴 등 하부호흡기감염 * 1세미나 영아에서 모세기관지염

2. 검사방법

2.1. 검체의 전처리(핵산(DNA/RNA) 추출)

채취된 검체는 바이러스 수송배지(Virus transport medium, VTM, Becton Dickinson)에 담겨져 저온상태로 수송되었고, 실험에 이용될 때까지 초저온 냉동고(-70℃)에서 보관하였다. 대상자로부터 수집된 호흡기 바이러스 검체는 잘 섞어 혼합한 후 샘플 1 mL를 penicillin/streptomycin:nystatin (1:1) 혼합액 100 μL/mL에 잘 섞어 혼합한 후 4℃의 저온상태에서 1시간 동안 정치시켰다. 그 후 3000 rpm으로 4℃에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 취한 후 실험 전까지 냉장상태(4℃)에서 보관하였다. 호흡기 바이러스의 핵산(DNA/RNA) 추출은 QIAamp Viral RNA mini Kit(Qiagen, Germany)를 이용하였다. 멸균 건조된 1.5 mL 튜브에 AVL buffer 560 μL와 검체 140 μL을 넣고, 약 10초 동안 진탕기를 이용하여 진탕시킨 후, 실온(10 ~ 25℃)에서 10분간 lysis하였다. Lysis된 검체에 에탄올(99.99%, Merck) 560 μL를 넣어 약 10초간 진탕하여 섞어준 후 원심 분리하여 튜브 뚜껑이나 튜브 내벽에 묻어있는 검체를 모았다. 모아진 검체 중 630 μL를 spin-column으로 옮긴 후 원심분리(8000 rpm, 1분, 24℃)한 후, 여과된 용액은 제거하였다. 기존의 collection tube를 버리고 새로운 collection tube를 장착한 후 모아진 검체 중 남은 630 μL를 spin-column으로 옮겨 위의 과정을 한 번 더 반복 실시하였다. Spin-column에 AW1 buffer 500 μL를 넣은 후 원심분리(8000 rpm, 1분, 24℃)하고, 여과된 용액을 버린 후, 두 번째 세척액 AW2 buffer 500 μL를 넣고 원심분리(14000 rpm, 3분, 24℃)를 실시하였다. 여기서 여과된 여액을 버리고 원심분리(14000 rpm, 1분, 24℃)를 한번 더 실시하여 spin-column내에 잔존하는 에탄올을 전부 제거하였다. Spin column을 새로운 1.5 μL 튜브위에 옮긴 후,

AVE buffer 60 μL를 넣은 후 1～2분 정치한 후, 원심분리(8000 rpm, 1분, 24℃)하여 1.5 ml 튜브에 모아진 것을 유전자 검출 실험을 위한 template로 사용하였다.

2.2. Real-time PCR/RT-PCR

인플루엔자 및 호흡기감염 원인 바이러스 8종의 검사를 Real-time PCR/RT-PCR 시험법을 이용하여 동시에 수행하였다. 각각의 호흡기 바이러스 진단 시약은 Table 2와 같으며, 반응액 조성 및 반응단계별 조건은 Table 3, 4 및 5와 같다.

Table 2. 8종 호흡기 바이러스 진단 시약

대상 병원체	아형	리포터	Real-time PCR/RT-PCR Kit	제조사명
IFV	A	FAM	PowerChek™ Influenza A/B Real-time PCR Kit	Kogene biotech
	B	VIC		
	IPC	CY5		
	A(H1N1)pdm09	FAM	PowerChek™ Influenza H1N1/H3N2/ H5N1 Real-time PCR Kit	
	A(H3N2)	VIC		
	A(H5N1)	NED		
	IPC	CY5		
hRV	Common*	FAM	PowerChek™ Rhinovirus Real-time PCR Kit	
	IPC	CY5		
ADV	Common*	FAM	PowerChek™ Adenovirus/Bocavirus Real-time PCR Kit	
hBoV	Common*	VIC		
	IPC	CY5		
PIV	type 1	FAM	PowerChek™ Parainfluenza Virus Type 1/2/3 Real-time PCR Kit	
	type 2	VIC		
	type 3	NED		
	IPC	CY5		
hCoV	OC43	FAM	PowerChek™ Coronavirus 229E/OC43/ NL63 Real-time PCR Kit	
	229E	VIC		
	NL63	NED		
	IPC	CY5		
hMPV	Common*	NED	PowerChek™ RSV A&B/HMV Real-time PCR Kit	
RSV	A	FAM		
	B	VIC		
	IPC	CY5		

* Universal primers were used to detect target viruses for various subtypes.[1)]

Table 3. Real-time PCR 반응액 조성

조성	용량(μL)
Real-time PCR Premix	15
Template RNA (검체로부터 추출)	5
음성대조물질	5
양성대조물질	5

Table 4. Real-time PCR 반응단계별 조건1

반응단계	온도	시간	반응횟수(Cycle)	대상 병원체
Reverse Transcription	50℃	30 min	1	IFV, hRV, PIV, hCoV, hMPV, RSV
Initial PCR activation	95℃	10 min	1	
Denaturation	95℃	15 sec	45	
Annealing/Extension	60℃	1 min		

Table 5. Real-time PCR 반응단계별 조건2

반응단계	온도	시간	반응횟수(Cycle)	대상 병원체
Initial PCR activation	95℃	10 min	1	ADV, hBoV
Denaturation	95℃	15 sec	45	
Annealing/Extension	60℃	1 min		

Ⅲ. 결과 및 고찰

2018 ~ 2019절기(2018년 36주 ~ 2019년 35주) 동안 인플루엔자 의심환자 검체 689건이 의뢰되어 양성건수는 151건으로 21.9%의 양성율을 보였다. 검출된 바이러스의 아형별 분포는 A(H1N1)pdm09형이 77건으로 51.0%의 높은 검출율을 보였고, B형이 51건으로 33.8%, A(H3N2)형이 23건으로 15.2%로 각각 분포되었다(Table 6, Fig. 1).

도내에서 인플루엔자 바이러스가 첫 검출된 시기는 2018년 44주차였으며, A(H1N1) 1건이 검출되었다, 지난 절기(2017 ~ 2018절기, 47주차)에 비해 3주 가량 빠른 44주차에 검출되어 조기 유행 가능성을 우려하게 하였다. 전국적 첫 검출시기는 2018년 36주이었다.

이후 감소하다가 새 학기 개학시기와 맞물린 2019년 14 ~ 21주에 2차 유행되었다. 2018 ~ 2019절기의 아형별 유행양상의 특징은 A(H1N1)와 A(H3N2)형이 2018년 44주부터

2019년 5주 동안 동시에 유행하였으며, 이후 A(H3N2)와 B형이 2019년 10주 부터 동시에 유행하는 듯 했으나, 후반부로 갈수록 B형의 검출이 두드러짐을 알 수 있었다.

연령별 인플루엔자 바이러스의 양성률은 7～18세, 19～49세의 연령대에서 각각 31.1%, 31.8%의 검출율을 보였으며, 50세 이후 연령군에서 가장 낮은 검출률을 확인할 수 있었다.

19～49세(31.8%) 연령군에서 가장 높게 나타났는데, 이것은 학교 혹은 직장 등 단체생활을 하는 연령군의 "군집"이라는 특성이 결과에 영향을 준 것으로 생각된다(Table 7, Fig. 2).

Table 6. 주별/아형별 인플루엔자 바이러스 검출현황

구분	검체건수	양성건수	양성률 (%)	양성건수 (%)			
				A(H1N1) pdm09	A(H3N2)	A(Not subtyped)	B
총계	689	151	21.9	77 (51.0)	23 (15.2)	0 (0.0)	51 (33.8)
2018년 36주	10	0	0	0	0	0	0
37주	16	0	0	0	0	0	0
38주	14	0	0	0	0	0	0
39주	-	-	-	-	-	-	-
40주	9	0	0	0	0	0	0
41주	7	0	0	0	0	0	0
42주	14	0	0	0	0	0	0
43주	19	0	0	0	0	0	0
44주	15	1	6.7	1(100.0)	0	0	0
45주	12	0	0	0	0	0	0
46주	21	5	23.8	0	5(100.0)	0	0
47주	26	5	19.2	3(60.0)	2(40.0)	0	0
48주	16	6	37.5	4(66.7)	2(33.3)	0	0
49주	27	10	37.0	9(90.0)	1(10.0)	0	0
50주	22	8	36.4	8(100.0)	0	0	0
51주	28	13	46.4	11(84.6)	2(15.4)	0	0
52주	22	10	45.5	10(100.0)	0	0	0
2019년 1주	16	11	68.8	10(90.9)	1(9.1)	0	0
2주	20	9	45.0	9(100.0)	0	0	0
3주	16	7	43.8	7(100.0)	0	0	0
4주	12	1	8.3	1(100.0)	0	0	0
5주	13	3	23.1	3(23.1)	0	0	0

Table 6. continued

구분	검체건수	양성건수	양성률 (%)	양성건수 (%)			
				A(H1N1) pdm09	A(H3N2)	A(Not subtyped)	B
6주	-	-	-	-	-	-	-
7주	8	0	0	0	0	0	0
8주	11	0	0	0	0	0	0
9주	12	0	0	0	0	0	0
10주	10	1	10.0	0	1(100.0)	0	0
11주	13	3	23.1	0	3(100.0)	0	0
12주	11	2	18.2	0	0	0	2(100.0)
13주	18	1	5.6	0	0	0	1(100.0)
14주	19	7	36.8	0	2(28.6)	0	5(71.4)
15주	19	15	78.9	0	3(20.0)	0	12(80.0)
16주	19	10	52.6	0	0	0	10(100.0)
17주	17	9	52.9	0	1(11.1)	0	8(88.9)
18주	16	7	43.8	0	0	0	7(100.0)
19주	10	2	20.0	0	0	0	2(100.0)
20주	12	3	25.0	1(33.3)	0	0	2(66.7)
21주	15	2	13.3	0	0	0	2(100.0)
22주	10	0	0	0	0	0	0
23주	13	0	0	0	0	0	0
24주	10	0	0	0	0	0	0
25주	7	0	0	0	0	0	0
26주	10	0	0	0	0	0	0
27주	10	0	0	0	0	0	0
28주	10	0	0	0	0	0	0
29주	11	0	0	0	0	0	0
30주	7	0	0	0	0	0	0
31주	9	0	0	0	0	0	0
32주	7	0	0	0	0	0	0
33주	4	0	0	0	0	0	0
34주	11	0	0	0	0	0	0
35주	5	0	0	0	0	0	0

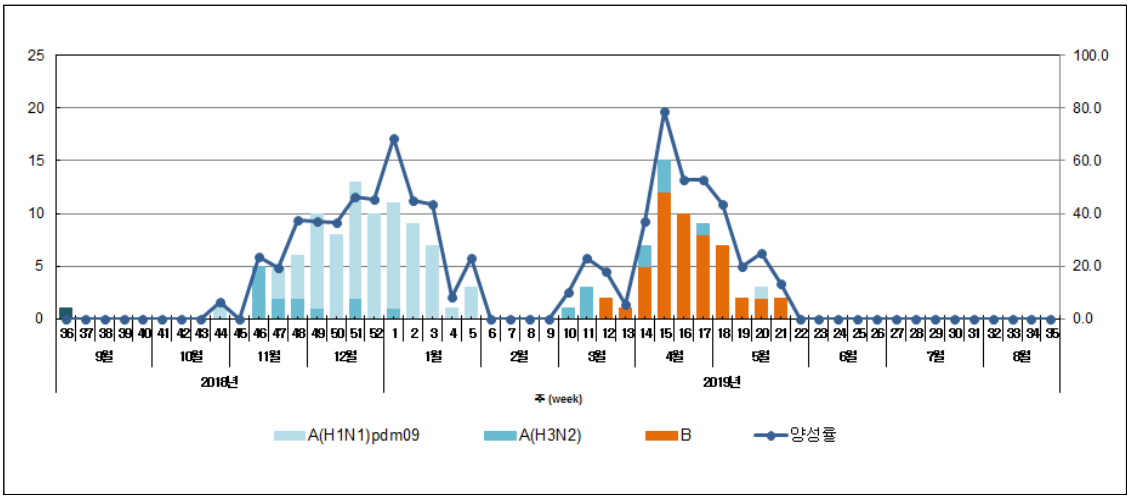


Fig. 1. 주별/아형별 인플루엔자 바이러스 검출현황.

Table 7. 연령별 인플루엔자 바이러스 검출현황

구분		검체건수	양성건수	양성률 (%)	양성건수 (%)				
					0 ~ 6세	7 ~ 18세	19 ~ 49세	50 ~ 64세	≥ 65세
계		689	151	21.9	30 (19.9)	47 (31.1)	48 (31.8)	13 (8.6)	13 (8.6)
2018년	9월	40	0	0	0	0	0	0	0
	10월	64	1	1.6	1 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	11월	75	16	21.3	3 (18.7)	5 (31.3)	5 (31.3)	1 (6.2)	2 (12.5)
	12월	114	52	45.6	6 (11.5)	16 (30.8)	20 (38.5)	7 (13.4)	3 (5.8)
2019년	1월	61	20	32.8	3 (15.0)	1 (5.0)	7 (35.0)	5 (25.0)	4 (20.0)
	2월	31	0	0	0	0	0	0	0
	3월	52	7	13.5	3 (42.8)	1 (14.3)	1 (14.3)	0 (0.0)	2 (28.6)
	4월	90	48	53.3	12 (25.0)	20 (41.7)	15 (31.2)	0 (0.0)	1 (2.1)
	5월	47	7	14.9	2 (28.6)	4 (57.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (14.3)
	6월	40	0	0	0	0	0	0	0
	7월	47	0	0	0	0	0	0	0
	8월	27	0	0	0	0	0	0	0

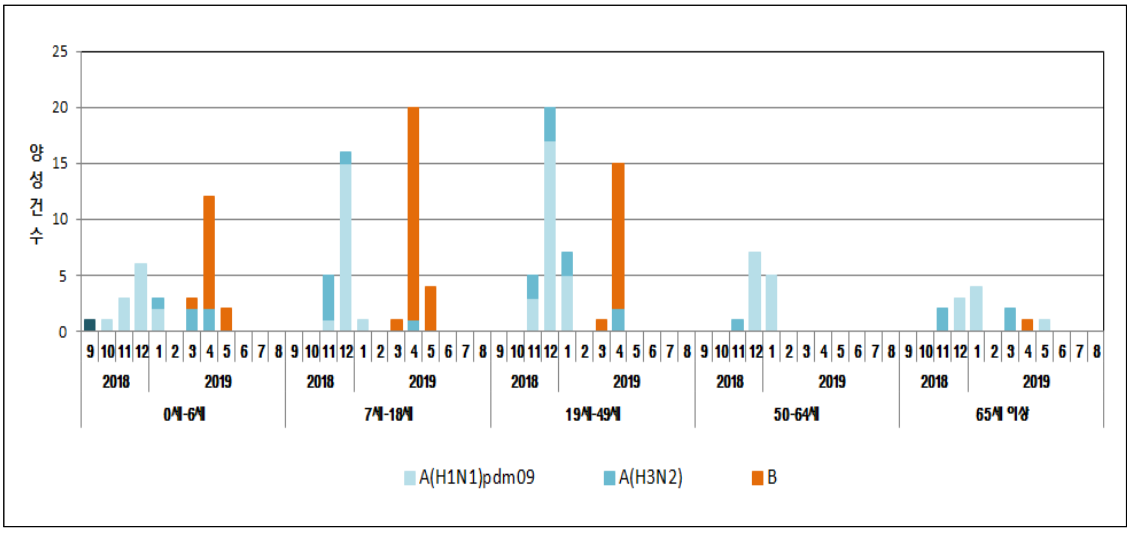


Fig. 2. 연령별 인플루엔자 바이러스 검출현황.

인플루엔자 바이러스를 제외한 나머지 7종 호흡기 바이러스는 수집된 검체 689건 중 349건이 양성이었으며, 50.6%의 양성율을 나타내었다(Table 8, Fig. 3).

세부적으로는 아데노바이러스(ADV) 51건(6.8%), 사람 보카바이러스(hBoV) 18건(5.2%), 파라인플루엔자바이러스(PIV) 39건(11.8%), 호흡기세포융합바이러스(RSV) 30건(8.6%), 사람 코로나바이러스(hCoV) 42건(12.0%), 사람 메타뉴모바이러스(hMPV) 40건(11.5%), 라이노바이러스(hRV) 129건(36.9%)의 양성율을 보였다. 2018 ~ 2019 절기에도 예전과 다르지 않게 급성 상기도 감염증의 주요 원인인 라이노바이러스(hRV)의 검출이 인플루엔자 유행시기를 벗어난 연중 내내 다른 호흡기 바이러스에 비해 월등히 높았으며, 아데노바이러스(ADV)는 예년과는 조금 다른 양상으로 늦가을부터 유행하여 해를 넘겨 계절에 상관없이 유행함을 알 수 있었다. 주로 겨울철에 3세 미만의 영·유아에게서 발생하는 호흡기세포융합바이러스(RSV)의 검출은 2018년 10월말부터 2019년 3월까지 지속됐으며, 하절기에 주로 검출되는 파라인플루엔자바이러스(PIV)는 2019년 1, 2월을 제외하고 초봄부터 초겨울까지 유행하였다. 연령별 호흡기 바이러스의 양성률은 0 ~ 6세(76.3%) 연령군에서 가장 높았으며, 19 ~ 49세, 50 ~ 64세, ≥65세 연령군에서 는 거의 비슷한 검출률을 보였다. 전 연령군에서 라이노바이러스(hRV)의 검출이 가장 많았으며, 0 ~ 6세 연령군의 경우 영·유아에서 흔히 유행하는 호흡기세포융합바이러스(RSV)와 아데노바이러스(ADV), 사람 메타뉴모바이러스(hMPV)의 검출률이 다른 연령군에 비해 높은 것으로 나타났다(Table 9, Fig. 4).

인플루엔자 바이러스와 다르게 0 ~ 6세(76.3%) 연령군에서 호흡기 바이러스의 검출률이 높은 이유는 7종 호흡기 바이러스 감염증의 임상증상 정도가 인플루엔자에 비해서 가볍지만, 6세 이하의 영·유아에서 폐렴 및 모세기관지염과 같은 합병증을 우려한 부모의 관심으로 병원 내원 빈도가 높아진 까닭으로 사료된다.

Table 8. 주별 7종 호흡기 바이러스 검출현황

구분	검체 건수	양성 건수	양성률 (%)	양성건수 (%)											
				ADV	hBoV	PIV			RSV		hCoV			hMPV	hRV
						PIV1	PIV2	PIV3	RSV(A)	RSV(B)	OC43	229E	NL63		
총계	689	349	50.6	51 (14.6)	18 (5.2)	7 (2.0)	13 (3.7)	19 (5.5)	30 (8.6)	0 (0.0)	20 (5.7)	3 (0.9)	19 (5.5)	40 (11.5)	129 (36.9)
2018년 36주	10	8	80.0	4 (50.0)	0 (0.0)	1 (12.5)	1 (12.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (25.0)
37주	16	11	73.3	4 (36.4)	0 (0.0)	2 (18.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (45.5)
38주	14	10	71.4	3 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (77.8)
39주	0	0	0.0	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
40주	9	4	44.4	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (75.0)
41주	7	4	57.1	2 (50.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
42주	14	12	85.7	1 (8.3)	0 (0.0)	1 (8.3)	1 (8.3)	0 (0.0)	1 (8.3)	0 (0.0)	1 (8.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (58.3)
43주	19	14	73.7	3 (21.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	0 (0.0)	3 (21.4)	0 (0.0)	2 (14.3)	0 (0.0)	1 (7.1)	0 (0.0)	4 (28.6)
44주	15	9	60.0	2 (22.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (44.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (33.3)
45주	12	6	50.0	1 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (33.3)	0 (0.0)	2 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)
46주	21	11	52.4	1 (9.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (18.2)	0 (0.0)	2 (18.2)	0 (0.0)	6 (54.5)
47주	26	8	30.8	1 (12.5)	0 (0.0)	1 (12.5)	0 (0.0)	1 (12.5)	2 (25.0)	0 (0.0)	2 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (12.5)
48주	16	8	50.0	2 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (37.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (12.5)	0 (0.0)	2 (25.0)
49주	27	13	48.1	2 (15.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.7)	0 (0.0)	4 (30.8)	0 (0.0)	4 (30.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (15.4)
50주	22	7	31.8	1 (14.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (14.3)	0 (0.0)	1 (14.3)	0 (0.0)	1 (14.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (42.9)
51주	28	7	25.0	2 (28.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (57.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (14.3)
52주	22	4	18.2	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	3 (75.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
2019년 1주	16	2	12.5	1 (50.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (50.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
2주	20	2	10.0	2 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
3주	16	4	25.0	1 (25.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	1 (25.0)
4주	12	5	41.7	2 (40.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (60.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
5주	13	1	7.7	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
6주	0	0	0.0	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
7주	8	4	50.0	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	1 (25.0)
8주	11	6	54.5	2 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (33.3)	0 (0.0)	2 (33.3)

Table 8. continued

구분	검체 건수	양성 건수	양성률 (%)	양성건수 (%)											
				ADV	hBoV	PIV			RSV		hCoV			hMPV	hRV
						PIV1	PIV2	PIV3	RSV(A)	RSV(B)	OC43	229E	NL63		
9주	12	6	50.0	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (83.3)
10주	10	6	60.0	1 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	0 (0.0)	3 (50.0)
11주	13	3	23.1	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (33.3)	2 (66.7)
2019년 12주	11	6	54.5	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	5 (83.3)
13주	18	10	55.6	1 (10.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (10.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (10.0)	2 (20.0)	5 (50.0)
14주	19	7	36.8	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (14.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (14.3)	1 (14.3)	4 (57.1)
15주	19	4	21.1	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	1 (25.0)
16주	19	5	26.3	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (60.0)	2 (40.0)
17주	17	9	52.9	1 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (22.2)	6 (66.7)
18주	16	9	56.3	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (77.8)	1 (11.1)
19주	10	8	80.0	1 (12.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (75.0)	1 (12.5)
20주	12	14	116.7	2 (14.3)	2 (14.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (14.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (21.4)	4 (28.6)
21주	15	9	60.0	0 (0.0)	1 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (44.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (44.4)
22주	10	9	90.0	0 (0.0)	1 (11.1)	0 (0.0)	1 (11.1)	1 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (22.2)	4 (44.4)
23주	13	8	61.5	0 (0.0)	2 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (12.5)	1 (12.5)	0 (0.0)	1 (12.5)	3 (37.5)
24주	10	11	110.0	2 (18.2)	2 (18.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (27.3)	2 (18.2)	2 (18.2)
25주	7	7	100.0	0 (0.0)	2 (28.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (42.9)	0 (0.0)	2 (28.6)
26주	10	11	110.0	0 (0.0)	1 (9.1)	0 (0.0)	1 (9.1)	4 (36.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (18.2)	3 (27.3)
27주	10	4	40.0	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	0 (0.0)	2 (50.0)	0 (0.0)
28주	10	10	100.0	0 (0.0)	2 (20.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (20.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (10.0)	5 (50.0)
29주	11	6	54.5	1 (16.7)	1 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	3 (50.0)
30주	7	5	71.4	0 (0.0)	2 (40.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (20.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (40.0)
31주	9	6	66.7	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (16.7)	4 (66.7)
32주	7	5	71.4	1 (20.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (40.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (40.0)
33주	4	1	25.0	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)
34주	11	7	63.6	1 (14.3)	0 (0.0)	1 (14.3)	1 (14.3)	2 (28.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (28.6)
35주	5	3	60.0	0 (0.0)	1 (0.0)	0 (14.3)	0 (14.3)	0 (28.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (28.6)

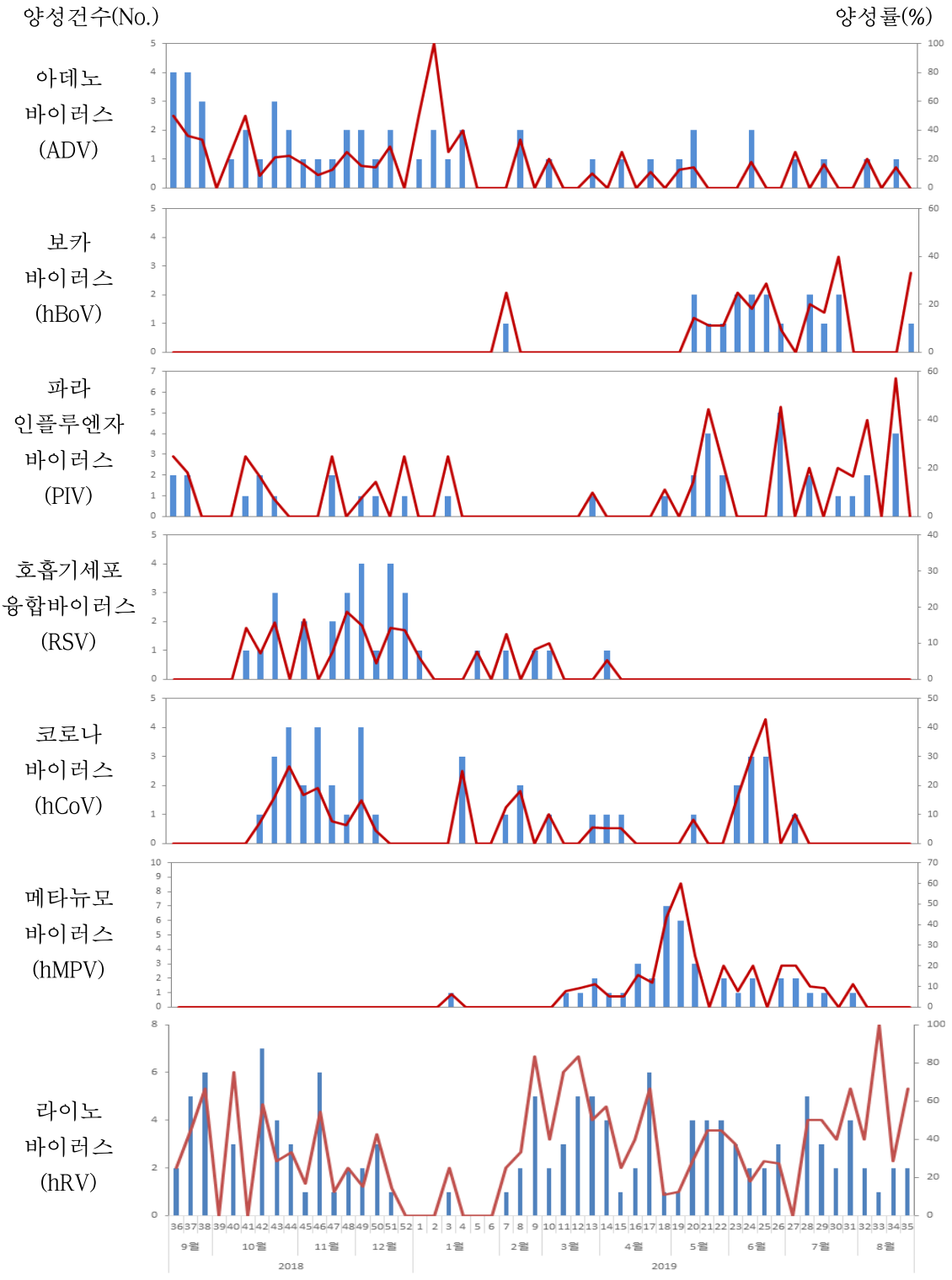


Fig. 3. 주별 7종 호흡기 바이러스 검출현황.

Table 9. 연령별 7종 호흡기 바이러스 검출현황

연령	검체 건수	양성 건수	양성률 (%)	양성건수(%)											
				ADV	hBoV	PIV			RSV		hCoV			hMPV	hRV
						PIV1	PIV2	PIV3	RSV(A)	RSV(B)	OC43	229E	NL63		
총계	689	349	50.6	51 (14.6)	18 (5.2)	7 (2.0)	13 (3.7)	19 (5.4)	30 (8.6)	0 (0.0)	20 (5.7)	3 (0.9)	19 (5.4)	40 (11.5)	128 (36.7)
0 ~ 6세	295	225	76.3	40 (17.8)	18 (8.0)	5 (2.2)	6 (2.7)	11 (4.9)	26 (11.6)	0 (0.0)	15 (6.7)	1 (0.4)	14 (6.2)	19 (8.4)	70 (31.1)
7 ~ 18세	159	55	34.6	7 (12.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (9.1)	1 (1.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (7.27)	0 (0.0)	4 (7.27)	9 (16.36)	25 (45.5)
19 ~ 49세	129	37	28.7	3 (8.1)	0 (0.0)	1 (2.70)	0 (0.0)	3 (8.1)	2 (5.4)	0 (0.0)	1 (2.70)	2 (5.4)	1 (2.70)	4 (10.81)	19 (51.4)
50 ~ 64세	59	18	30.5	1 (5.6)	0 (0.0)	0 (0.00)	2 (11.1)	3 (16.7)	1 (5.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (27.78)	6 (33.33)
≥65세	45	14	31.1	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	0 (0.0)	1 (7.1)	1 (7.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (21.4)	8 (57.1)

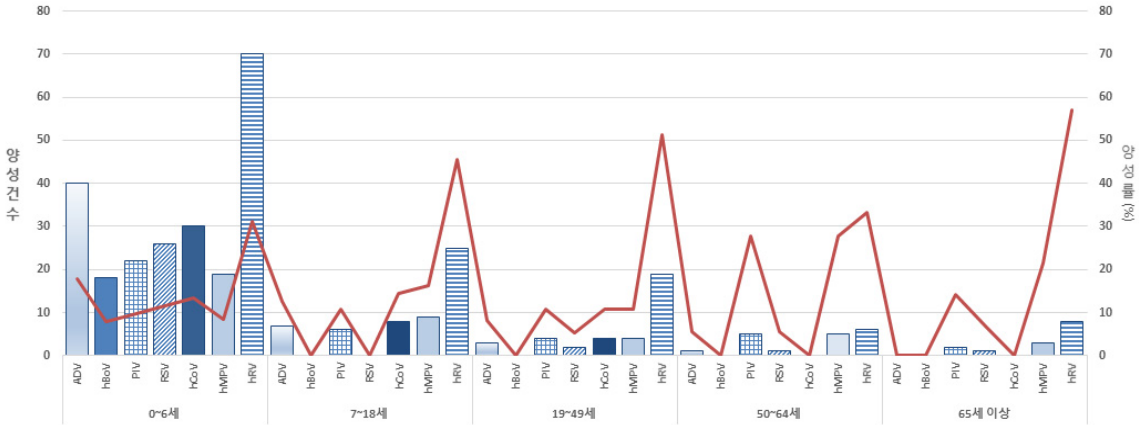


Fig. 4. 연령별 7종 호흡기 바이러스 검출현황.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 질병관리본부와 연계하여 수행 중인 “인플루엔자 및 호흡기 바이러스 감염증 병원체 감시(Korea Influenza & Respiratory Viruses Surveillance Scheme, KINRESS)” 사업의 일환으로 2018년 9월 2일부터 2019년 8월 31일까지 수집된 검체들을 대상으로 하였다.

충남 도내 3곳과 세종특별자치시 1곳의 감시 참여병원에서 인플루엔자를 포함한 급성호흡기 증상으로 매주 월요일 및 화요일에 내원한 환자의 검체를 대상으로 인플루엔자 및 호흡기 바이러스 감염증 병원체 감시사업이 진행되었다. 이번 절기 인플루엔자 바이러스의 첫 검출(A(H1N1)pdm09형)은 지난 절기(2017 ~ 2018절기, 47주차)에 비해 3주가량 빠른 44주차에 검출되어 조기 유행

가능성을 우려하게 하였다.

인플루엔자는 2018년 ~ 2019년 절기(2018. 36주 ~ 2019. 35주)동안 총 689건을 검사하였고, 인플루엔자 바이러스 양성건수는 151건으로 21.9%의 양성률을 보였다. 검출된 바이러스의 아형별 분포는 A(H1N1)pdm09형이 77건으로 51.0%의 높은 검출율을 보였고, B형이 51건으로 33.8%, A(H3N2)형이 23건으로 15.2%로 각각 분포되었다.

본 절기의 전반부에서는 A(H1N1)pdm09형이 2018년 44주차에 첫 검출되어 2019년 5주차까지 우세하게 유행하였으며, 이후 2019년 10주차부터 A(H1N1)pdm09형과 B형이 동시에 유행하는 듯 했으나, 후반부로 갈수록 B형의 검출이 두드러짐을 알 수 있었다.

연령별 인플루엔자 바이러스의 검출율은 7 ~ 18세, 19 ~ 49세의 연령대에서 각각 31.1%, 31.8%의 검출율을 보였으며, 50세 이후 연령군에서 가장 낮은 검출률을 확인할 수 있었다.

7종 호흡기바이러스의 경우, 수집된 검체 689건 중 349건이 양성이었으며, 50.6%의 양성율을 나타내었다. 세부적으로는 아데노바이러스(ADV) 51건(6.8%), 사람 보카바이러스(hBoV) 18건(5.2%), 파라인플루엔자바이러스(PIV) 39건(11.8%), 호흡기세포융합바이러스(RSV) 30건(8.6%), 사람 코로나바이러스(hCoV) 42건(12.0%), 사람 메타뉴모바이러스(hMPV) 40건(11.5%), 라이노바이러스(hRV) 129건(36.9%)의 양성율을 보였다. 연령별 호흡기 바이러스의 양성률은 0 ~ 6세(76.3%) 연령군에서 가장 높았다.

"인플루엔자 및 호흡기 바이러스 감염증 병원치 감시(KINRESS)" 사업은 호흡기 감염증의 시기별 유행양상을 파악하여 질병의 확산을 방지하고 유행 바이러스주에 대한 특성 파악으로 신·변종바이러스의 출현을 감시하며, 백신후보물질 개발의 기초자료를 제공하는데 목적이 있다. 향후에도 지속적인 실험실 감시사업으로 지역사회의 호흡기 바이러스의 유행을 조기에 인지하고 호흡기 감염증의 관리대책수립을 위한 기초자료로 활용될 것으로 예상된다.

식중독균 추적관리 분석

박준혁, 이현아, 최지혜, 박종진, 박성민

미생물검사과

Ⅰ. 목 적

식중독 발생을 근본적으로 줄이기 위하여 식품의약품안전처 식중독예방과, 식품의약품안전평가원 미생물과와 공동으로 수행하는 사업으로 식품 원재료 및 환경에서 식중독균의 오염여부 모니터링하고 식중독균 분리 후 유전자형의 데이터베이스 구축함으로써 식중독 발생 시 원인식품 또는 원재료를 추적이 가능하도록 하여 궁극적으로 확산 방지에 활용하고자 한다(Fig. 1).

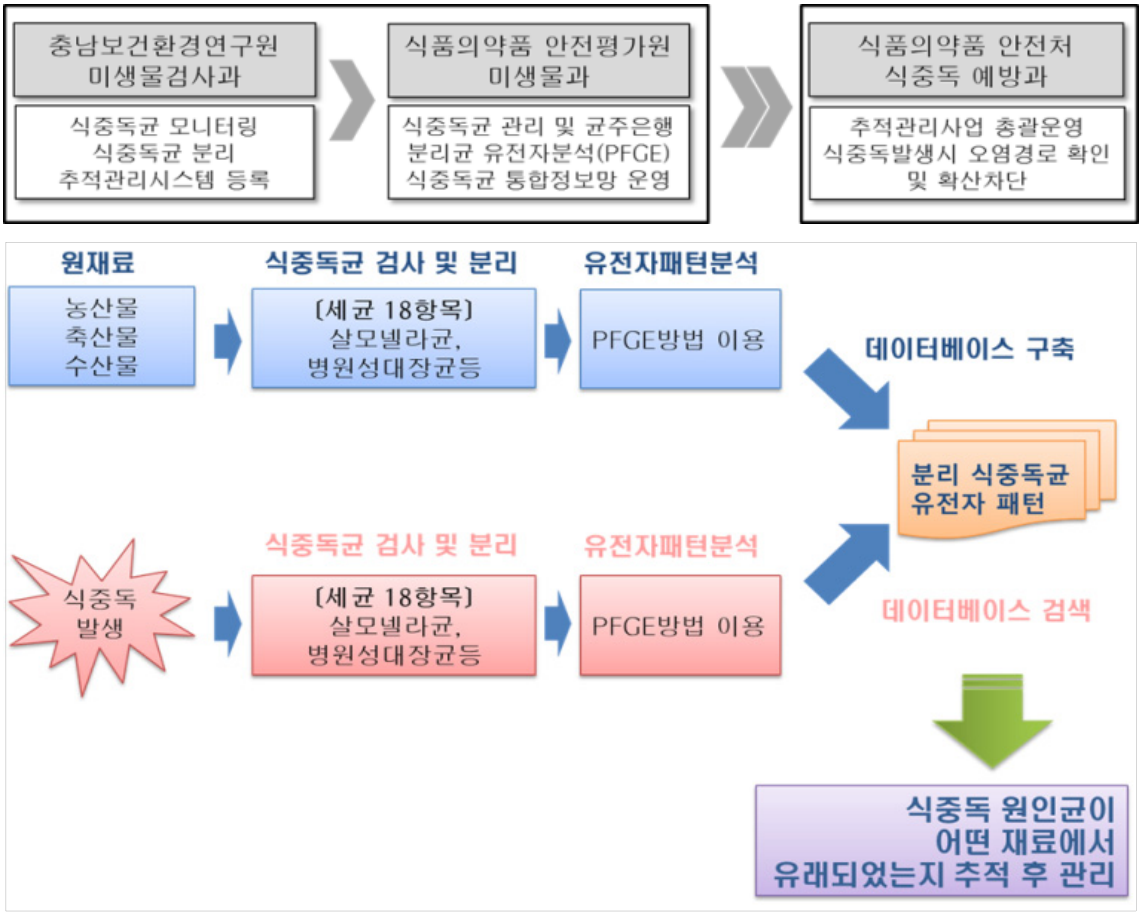


Fig. 1. Schematic diagram of food poisoning bacterial tracking project.

Ⅱ. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

2019년 1월부터 12월까지 충청남도에서 발생하는 식중독 검체 또는 도내에서 유통되는 수입식품, 농산물, 축산물, 수산물 등의 원재료로써 식중독 발생 우려가 높은 식품군을 대상으로 하였다. 월별 43～93건의 시료로 연간 753건에 대하여 식중독균 검사 및 분리를 실시하였다. 대상 식중독균은 살모넬라, 병원성대장균[장병원성대장균(EPEC), 장출혈성대장균(EHEC), 장침입성대장균(EIEC), 장독소형대장균(ETEC), 장흡착성대장균(EAEC)], 리스테리아 모노사이토제네스, 황색포도상구균, 장염비브리오, 캠필로박터 제주니/콜리, 클로스트리디움 퍼프린젠스, 클로스트리디움 보튤리눔, 비브리오 콜레라, 쉬겔라, 비브리오 불니피쿠스, 바실러스 세레우스, 여시니아 엔타로콜리티카이다.

2. 방법

시료 25g을 취하여 멸균백에 넣어 식염수로 10배 희석하고 진탕하여 세균배양에 이용하였다. 전처리 된 검체를 Tryptic Soy Broth(Oxoid, England) 넣고 35℃에서 24시간 증균 배양 후, DNA를 추출하였다. 배양액 1 mL를 취하여 8,000 RPM에서 1분간 원심분리하고, 상층액을 제거하고 PBS(Sigma, USA) 1 mL 넣은 후 잘 혼합하였다. 이 과정을 3회 반복 후 500 uL의 멸균 증류수를 추가하여 100℃에서 15분간 가열하였다. 그 후 8,000RPM에서 30초간 원심분리하고, 상층액을 DNA 주형으로 사용하여 각각의 세균에 특이적인 유전자 증폭을 실시하였다. 식중독 세균은 PowerCheck™ 20 Pathogen Multiplex Real-time PCR Kit (Kogene biotech, Korea)를 이용하였다. DNA 5 uL를 각각의 키트에 첨가하여 ABI 7500 Fast real-time PCR (Thermo Fisher Scientific, USA)에 장착하고 95℃에서 10분 간 초기반응 후, 95℃ 15초와 55℃ 30초를 40회 반복하여 각 세균에 대한 유전자를 실시간으로 증폭하였다. 증폭된 유전자가 지수 로그그래프로 표시되고, 제작사에서 제시한 검출한계인 35 *Ct* (threshold cycle)이하 일 때 양성으로 판단하였다. 양성으로 판단된 세균은 감염병실험실진단시험법 및 식중독 원인조사시험법 중 Ⅳ. 식중독 세균 시험법에 제시된 선택배지를 이용하여 단일집락을 분리하고, 생화학적 시험을 통하여 동정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

2019년 충청남도에 유통되는 농산물, 수산물, 축산물 등의 식품 원재료 및 가공식품 753건에 대한 검사 결과 110건에서 식중독균이 검출되어 14.6%의 검출율을 보이고 있었다. 가공식품 44건, 원료성 식품 709건에 대하여 검사를 실시하였는데, 세부적으로 농산물 172건, 축산물 352건, 수산물 185건 이었다(Table1). 가공식품 3건에서 식중독균이 분리되어 6.8%의 검출율을 보이고 있었고, 농산물 49건 검출 28.5%, 축산물 22건 검출 6.3%, 수산물 36건 검출 19.5%의 검출율을 보였다. 식중독균이 가장 많이 검출된 시기는 7월로 17균주가 분리되었고, 12월에는 분리된 균주가 없었다. 분리된 균주는 병원성대장균, 황색포도상구균, 장염비브리오균, 비브리오 불니피쿠스, 바실러스 세레우스의 5가지이었다. 총분리 균주 110균주 중 바실러스 세레우스가 51균주로 46.4%를 차지하고 있었고, 병원성대장균이 22균주로 20.0%를 차지하고 있었다(Table 2).

Table 1. Number of samples and isolated food poisoning bacteria according to specimen types

	가공식품	원료성 식품 및 식재료 등			합계
		농산물	축산물	수산물	
검 체 수	44	172	352	185	753
분리균수	3	49	22	36	110

Table 2. Monthly distribution of isolated food poisoning bacteria and detection rate

월	건수	검출(%)	분리균주 세부내역					합계
			병원성 대장균	황색 포도상구균	장염 비브리오	비브리오 불니피쿠스	바실러스 세레우스	
1월	64	10(15.6)	2				8	10
2월	64	6(9.4)	2				4	6
3월	63	5(7.9)	2				3	5
4월	71	5(7.0)	1				4	5
5월	71	15(21.1)	3	1			11	15
6월	93	16(17.2)	2	1	6		7	16
7월	61	12(19.7)	1		3		8	12
8월	69	15(21.7)	2		8	2	3	15
9월	65	17(26.1)			12	4	1	17
10월	43	5(11.6)	3				2	5
11월	46	4(8.7)	4					4
12월	43	0(0.0)						0
합계	753	110(14.6)	22	2	29	6	51	110

분리균주에 따른 샘플의 종류는 바실러스 세레우스의 경우, 주로 들깻잎, 표고버섯 등 농산물에서 검출되었고, 장염비브리오와 비브리오 불니피쿠스는 조개류, 전어, 새우등 수산물에서 검출되었다. 병원성 대장균은 축산물에서 분리되었는데, EPEC는 닭고기, ETEC는 소고기에서 분리되었다(Table 3).

Table 3. Sample types according to isolated food poisoning bacteria

총계		가공 식품	원료성 식품 및 식재료			주요 식품유형	
			농산물	축산물	수산물	농·축·수산물	가공식품
합 계	110	3	49	22	36	-	-
바실러스 세레우스	51	2	49			들깻잎, 표고버섯, 미나리 등	건어포류, 침출차
장염비브리오	29				29	조개류, 소라, 갈치 등	

Table 3. continued

총계			가공 식품	원료성 식품 및 식재료			주요 식품유형	
				농산물	축산물	수산물	농·축·수산물	가공식품
비브리오 불니피쿠스		6				6	전어, 새우, 게 등	
황색포도상구균		2	1			1	멍게 등	
병원성 대장균	EPEC	20			20		닭고기	
	ETEC	2			2		쇠고기	

Ⅳ. 결 론

식중독 발생을 줄이기 위하여 도내 유통 가공 식품과 식품 원재료에 대한 식중독균 검사 및 균분리를 실시하였다. 그 결과 110주의 식중독균을 확보할 수 있었다. 대표적인 것은 바실러스 세레우스 51주, 장염비브리오 및 비브리오 불니피쿠스 35주, 병원성 대장균 22주이었다. 바실러스 세레우스는 농산물 위주로 검출되었고, 비브리오 속에 속하는 균들은 수산물, 병원성 대장균은 축산물에서 주로 검출되었다. 분리균주들은 유전자 분석 후 국가 식중독균 데이터베이스에 축적될 것이다. 이러한 정보들은 식중독 발생 시 원인식품 을 추적하는데 기여할 것이며, 결과적으로 식중독을 감소시키는데 매우 중요한 자료로 사용될 것이다.

References

1. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
2. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for Laboratory Diagnosis of Statutory Communicable Diseases. Cheongju, Korea; KCDC, 2012.
3. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guideline for water & foodborne diseases prevention and control. Cheongju, Korea; KCDC, 2018.
4. Ministry of Food and Drug Safety. Manual for Detection of Foodborne Pathogens at Outbreaks. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.

식품 등 안전성 검사결과 분석

정상미, 김종대

식약품분석과

Ⅰ. 서 론

식품의 안전성은 사회가 선진화되고 식품산업의 발달 및 식생활 양식 변화와 더불어 소비자의 인식변화, 관심도 증가로 인해 사회적 문제로 크게 대두되었다. 식품안전 관리는 식품 등의 질적 향상과 국민보건의 증진에 이바지함을 목적으로 안전성 확보를 위해 노력하고 있으며, 국민이 일상적으로 접하는 식품 안전문제는 국민 행복의 기초가 되는 '민생안전(Life Security)' 차원의 문제로 정부의 역할과 책임의 중요성을 인식하였다.

현실에 맞추어 효율적인 관리와 위해 예방을 목적으로 형식적, 관행적 지도 점검을 탈피하고 식품행정통합시스템 통계자료를 분석하여 위해우려 항목 및 소비자 기만행위 항목 위주로 부정·불량식품 및 위해식품의 제조·판매행위 등에 대한 기획단속검사와 성수식품 특별검사 등을 통해 식품위해 사고를 사전에 예방하고, 상습·고의적 위해식품 사범에 대해서는 수사 등 강력한 단속으로 식품의 안전관리 및 위해 차단을 위해 다방면으로 대처하고 있다.

식품 검사는 식품위생법에 근거하여 사회적으로 이슈가 되는 식품, 고의적·상습적 위반업체 등을 대상으로 시기별·계절별 특성에 맞게 지방자치단체 등 유관기관과 선제적 단속을 통한 수거·검사를 실시하고 있다. 이러한 검사과정에서 발생하는 모든 부적합 식품 정보는 검사기관에서 실시간으로 식품의약품안전처 식품행정통합시스템 부적합 긴급통보를 통하여 공유하고 있으며, 이는 대한상공회의소에 구축된 '위해식품판매차단시스템'과 연계되어 위해식품정보(바코드 포함)를 실시간으로 편의점이나 슈퍼마켓 계산대로 보내어 소비자가 해당 식품을 구입하고자 할 때 계산되지 않아 유통을 차단할 수 있다. 이와 같이 부적합 식품의 신속한 차단으로 소비자들에게 안전한 식품이 공급될 수 있도록 시스템을 구축하고 있다.

본 조사는 식품, 식품첨가물, 기구 및 용기·포장, 위생용품 등의 검사결과를 토대로 가공식품의 기준 및 규격 중 주요 항목과 위해우려 항목 및 부적합 항목을 집중적으로 분석하여 그 결과를 유관기관과 즉시 공유함으로써 위생상 위해를 사전에 예방하고 위해우려 식품에 대해 신속히 대처하고자 하였다.

Ⅱ. 검사대상 및 방법

본 검사의 대상은 충청남도 건강증진식품과를 비롯한 16개 시·군·구 위생관련 부서에서 수거 의뢰된 식품, 식품첨가물 및 위생용품 등과 도내 식품제조업소 등에서 자가품질검사를 위해 의뢰된 시료이며, 전처리 등 검사 방법은 「식품공전」, 「식품첨가물공전」, 「건강기능식품공전」, 「기구 및 용기·포장공전」 및 「위생용품관리법」에 따라 검사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 연도별 검사현황

2019년 충남도내에서 생산·유통되는 식품 및 식품첨가물 등 3,318건을 검사한 결과, 이 중 10건이 부적합 제품이었다. 최근까지의 연도별 검사현황은 Table 1과 같으며, 검사건수는 2018년과 비교하면 약 24% 증가한 것으로 나타났다. 이것은 사회적 이슈가 되는 식품에 대한 검사를 통한 적극적 대응 및 과학적 감시시스템을 도입하여 효율적인 위해우려식품을 감시하고 최근 소비 트렌드를 반영한 식품안전관리로 변경되었다는 것을 반영한다고 생각된다.

2019년 도 건강증진식품과 및 시·군 위생 관련 부서에서 수거하여 검사한 실적(관원)은 3,318건 중 3,260건으로 전체 검사의 98.3%를 차지하였으며, 식품 제조 업소에서 의뢰한 자가 품질 검사 실적(민원)은 58건으로 전체 검사의 1.7%로 관원 검사와 민원 검사의 비율은 작년과 비슷한 양상으로 나타났다.

Table 1. 2010년 ~ 2019년 연도별 검사실적 (단위 : 건)

년도	총 검사		관원 검사			민원 검사		
	건수	부적합	건수	%	부적합	건수	%	부적합
계	47,434	202	45,494	95.9	196	1,940	4.1	6
2019년	3,318	10	3,260	98.3	10	58	1.7	0
2018년	2,666	7	2,612	98.0	7	54	2.0	0
2017년	3,537	7	3,513	99.3	7	24	0.7	0
2016년	4,885	7	4,796	98.1	7	89	1.9	0
2015년	5,766	19	5,335	92.5	19	431	7.5	0
2014년	5,232	25	5,142	98	24	90	2	1
2013년	4,701	14	4,579	97	11	122	3	3
2012년	4,822	40	4,632	96	39	190	4	1
2011년	5,708	29	5,313	93	29	395	7	0
2010년	6,799	44	6,312	93	43	487	7	1

2. 식품유형별 부적합 현황

2019년 식품 등 검사 결과 유형별 부적합은 빙과류 등 6개 유형에서 7개 항목으로 나타났다. Table 2에서와 같이 5개 유형 3,318건 검사에서 10건(부적합율 0.30%)이 부적합이었으며, 빙과류 1건에서 과망간산칼륨소비량, 음료류 2건에서 각각 세균수, 세균수/대장균군, 즉석식품류 1건에서 대장균, 기타식품류 2건에서 금속성이물, 식품접객업소(조리식품) 3건에서 황색포도상구균, 건강기능식품 1건에서 함량시험이 기준에 부적합한 것으로 나타났다.

Table 2. 2019년 식품 유형별 부적합 항목 분석 (단위 : 건)

번호	유 형	검사건수	부적합 내용		
			건수	비율(%)	항목
	계	3,318	10	0.30	
1	과자류, 빵류 또는 떡류	551	-		
2	빙과류	16	1		과망간산칼륨소비량
3	코코아가공품류 또는 초콜릿류	162	-		
4	당류	19	-		
5	잼류	7	-		
6	두부류 또는 묵류	25	-		
7	식용유지류	110	-		
8	면류	54	-		
9	음료류	386	2		세균수, 대장균군
10	특수용도식품	51	-		
11	장류	62	-		
12	조미식품	253	-		
13	절임류 또는 조림류	106	-		
14	주류	10	-		
15	농산가공식품류	151	-		
16	수산가공식품류	213	-		
17	동물성가공식품류	44	-		
18	벌꿀 및 화분가공품	19	-		
19	즉석식품류	250	1		대장균
20	기타식품류	77	2		금속성이물
21	농산물	96	-		
22	수산물	44	-		
23	식품접객업소(조리식품)	264	3		황색포도상구균
24	어유	2	-		
25	식품첨가물	5	-		
26	건강기능식품	206	1		함량시험
27	기구 및 용기, 포장	22	-		
28	위생용품	113	-		

3. 연도별 부적합 현황

연도별(2012년 ~ 2019년) 식품유형에 따른 부적합 현황은 Table 3과 같다. 그 중 과자류가 44건으로 전체 부적합건수(129건)의 34.1%를 차지하였다. 과자류의 주요 부적합 항목으로는 산가 22건, 내용량 15건, 세균 3건이었다. 그다음은 음료류가 24건(18.6%)으로 세균수 항목부적합이 21건이었다. 조리식품 9건(7.0%), 기타식품류 7건(5.4%), 액젓 6건(4.7%) 순으로 나타났다.

Table 3. 2012년 ~ 2019년 식품 유형별 부적합 검사현황 (단위 : 건, %)

유 형	항 목	계		'19년	'18년	'17년	'16년	'15년	'14년	'13년	'12년
		건수	비율								
	계	129	100	10	7	7	7	19	25	14	40
과자류	산가	22	17.1			1	2	1	7	1	10
	내용량	15	11.6			1		4	3	2	5
	세균수	3	2.3						2		1
	이물	2	1.6		1					1	
	성상/산가	1	0.8								1
	사카린나트륨	1	0.8					1			
빙과류	과망간산칼륨소비량	1	0.8	1							
초콜릿류	세균수	1	0.8								1
	내용량	2	1.6				1				1
음료류	세균수	21	16.3	1	3	2	1	1	8	2	3
	세균수/대장균군	1	0.8	1							
	내용량	1	0.8								1
	이엽우피소	1	0.8					1			
면류	세균수	1	0.8			1					
떡류	사카린나트륨	1	0.8								1
	대장균군	1	0.8				1				
빵류	이물	1	0.8							1	
	보존료	1	0.8						1		
잼류	내용량	1	0.8								1
고춧가루	수분	3	2.3		1						2
간장	총질소	2	1.6					1		1	
액젓	총질소	3	2.3					1		2	
	보존료	1	0.8								1
	대장균군	1	0.8							1	
	대장균	1	0.8							1	
소스류	세균수	1	0.8							1	

Table 3. continued

유 형	항 목	계		'19년	'18년	'17년	'16년	'15년	'14년	'13년	'12년
		건수	비율								
건포류	보존료	1	0.8					1			
	대장균	1	0.8		1						
참기름	리놀렌산	2	1.6					1			1
	요오드가	1	0.8						1		
들기름	산가	1	0.8						1		
조미김	내용량	3	2.3				1				2
벌꿀	HMF	4	3.1			1		1			2
	전화당/자당	1	0.8					1			
기타식품류	이엽우피소	3	2.3					3			
	내용량	2	1.6				1		1		
	금속성이물	2	1.6	2							
즉석식품류	사카린나트륨	1	0.8								1
	대장균	1	0.8	1							
조리식품	대장균	4	3.1					1			3
	대장균군	1	0.8								1
	바실러스세레우스	1	0.8								1
	황색포도상구균	3	2.3	3							
식품첨가물	사카린나트륨	1	0.8								1
	납	1	0.8							1	
건강기능식품	함량시험	3	2.3	1		1			1		
	내용량	1	0.8					1			
위생용품	진균수	1	0.8		1						

최근 8년 동안 부적합 항목은 Table 4에서와 같이 세균수가 27건(20.9%)으로 가장 높았으며 그다음으로 내용량 25건(19.4%)건, 산가 23건(17.8%), 대장균 7건(5.4%), 총질소 5건(3.9%) 순이었다.

부적합 항목별로 분석해보면 세균수 부적합은 음료류에서 많이 나타났고, 내용량 부적합은 초등학교 앞에서 판매하는 어린이기호식품 중 수입과자류에서 많이 나타났다. 산가는 설 및 추석에 많이 판매되는 약과에서 부적합 비율이 높았다.

총 질소는 아미노산 함유량을 나타내는 척도로 액젓의 주원료인 어류와 간장의 주원료인 메주를 적정량 사용했는지를 검사하는 것으로 이 항목의 부적합 원인은 주원료의 함량을 적게 사용하거나 또는 제품량을 늘리기 위해 희석한 경우 총 질소 함량이 적어질 수 있다.

2019년에는 식품접객업소 점검에 따른 조리식품의 식중독균 점검에 따른 조리식품 264건 검사 중 3건에서 황색포도상구균이 검출되어 부적합 판정을 받았고, 농산물 등

을 환 및 분말로 가공되는 기타식품류에 대 적합 판정을 받았다.
한 금속성 이물 검사를 실시하여 2건이 부

Table 4. 2012년 ~ 2019년 부적합 항목별 검사현황 (단위 : 건, %)

항 목	계		내 용
	건수	비율	
계	129	100	
세균수	27	20.9	과자류3, 음료류21, 면류1, 초콜릿류1, 소스류1
대장균	7	5.4	액젓1, 건포류1, 즉석식품류1, 조리식품4
대장균군	3	2.3	떡류1, 액젓1, 조리식품1
황색포도상구균	3	2.3	조리식품3
세균수/대장균군	1	0.8	음료류1
진균수	1	0.8	일회용면봉1
산가	23	17.8	과자류22, 들기름1
성상/산가	1	0.8	과자류1
내용량	25	19.4	과자류15, 초콜릿류2, 잼류1, 음료류1, 조미김3, 기타식품류2, 건강기능식품1
과망간산칼륨소비량	1	0.8	빙과류1
금속성이물	2	1.6	기타식품류2
총질소	5	3.9	간장2, 액젓3
리놀렌산	2	1.6	참기름2
리놀렌산/요오드가	1	0.8	참기름1
이물	3	2.3	과자류2, 빵류1
사카린나트륨	4	3.1	과자류1, 떡류1, 즉석식품류1, 식품첨가물1
수분	3	2.3	고추가루3
보존료	3	2.3	빵류1, 액젓1, 건포류1
이엽우피소	4	3.1	음료류1, 기타식품류3
바실러스세레우스	1	0.8	조리식품1
HMF	4	3.1	벌꿀4
납	1	0.8	식품첨가물1
전화당/자당	1	0.8	벌꿀1
함량시험	3	2.3	건강기능식품3

Ⅳ. 결 론

1. 2019년 식품 및 식품첨가물 등 3,318건을 검사한 결과 빙과류 1건, 음료류 2건, 즉석식품류 1건, 기타식품류 2건, 식품접객업소(조리식품) 3건, 건강기능식품 1건이 부적합이었다.
2. 식품위생법에 근거하여 사회적으로 이슈가 되는 식품, 고의적·상습적 위반업체 등을 대상으로 시기별·계절별 특성에 맞게 지방자치단체 등 유관기관과 선제적 단속을 통한 수거·검사를 실시하였다.
3. 부적합한 식품은 식품의약품안전처 “부적합식품긴급통보시스템” 에 즉시 등록하고, 「식품·의약품 분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 근거하여 의뢰기관 및 관련 부서에 통보하여 부적합 식품 등의 유통을 차단함으로써 국민이 매일 섭취하는 식품 등의 안전성 확보에 기여하였다.
4. 위해식품 정보를 유통매장 계산대로 전송하여 판매를 차단하는 ‘위해식품판매차단시스템’이 운영되고 있으며, 특히, 2015년부터 식품안전행정통합시스템(통합식품안전정보망)을 통해 부적합긴급통보 및 판매차단 등을 조치하고 식품안전정보포털을 통하여 회수대상 식품을 공개하고 있다.

젓갈류 중 인공감미료 함량 조사

김한나

식약품분석팀

Ⅰ. 서 론

본 조사는 충청남도에서 생산 및 유통되는 젓갈류 등에 대한 검사를 축제나 성수기간의 활성화를 위해 현장 실정에 맞는 여건을 감안하여 실시하였다. 지역 축제 지원을 통해 주민의 소득 증대와 지역 경제 발전을 뒷받침하고 고품질 유지 및 관리를 통해 브랜드를 홍보하고 소비자에 대한 신뢰성을 구축하고자 하였다.

Ⅱ. 결과 및 고찰

1. 실험방법

젓갈류 중 인공감미료 시험은 식품공전 3.2 인공감미료 3.2.2 아세설팜칼륨(acesulfame K), 사카린나트륨 및 아스파탐 동시분석법에 따른다.

2. 유통 젓갈류 중 인공감미료 함량 조사

도내에서 생산 및 유통되는 젓갈류 67건에 대한 아세설팜칼륨과 사카린나트륨의 함량 검사결과, 기준치인 아세설팜칼륨 0.35 g/kg 이하, 사카린나트륨 1.0 g/kg 이하에 모두 적합하였다 (Table 1).

Table 1. 연간 젓갈류 검사 현황 (단위 : 건)

구분	실적	젓갈	양념젓갈	액젓	조미액젓
적합	67	36	24	4	3
부적합	0	0	0	0	0
계	67	36	24	4	3

3. 인공감미료 검사결과

사카린나트륨과 아세설팜칼륨의 표준용액을 1.0 ~ 20.0 ㎎/L 농도로 조제 후 HPLC로 분석하여 검량선을 작성한 결과 Table 2와 같이 각 검량선의 결정계수(r2)는 0.9998 이상으로 좋은 직선성을 나타내었다. 정확도 및 정밀도는 사카린나트륨 및 아세설팜칼륨이 함유되어 있지 않은 혼합음료 시료에 표준물질을 녹여 아세설팜칼륨의 농도가 1.0 ㎎/L, 10 ㎎/L, 20 ㎎/L가 되도록 하였고 사카린나트륨의 농도가 2.5 ㎎/L, 10 ㎎/L, 20 ㎎/L로 조제한 시료를 이용하였다. 각각 5회 반복 분석하여 회수율을 확인하였다(Table 3). 회수율은 사카린나트륨 100.9 ~ 102.2%, 아세설팜칼륨 100.9 ~ 102.4%의 양호한 결과를 확인하였다. 검출한계(limit of detection, LOD),

정량한계(limit of quantitation, LOQ)는 Table 2와 같다.

젓갈류 67건에 대한 아세설팜칼륨 검사결과를 Table 4에 나타내었으며 기준치 0.35 g/kg 이하에 모두 적합하였다. 검출현황은 총 67건 중 42건(62.7%)가 검출되었으며 새우젓 32건, 꼴뚜기젓 1건, 창란젓 2건, 명태젓 1건, 오징어젓 1건, 낙지젓 1건, 어리굴젓 1건, 명란젓 3건 등 이었으며 까나리액젓 및 멸치액젓에서는 검출되지 않았다.

Table 2. 인공감미료의 직선성, 검출한계, 정량한계

인공감미료	직선성(R^2)	검출한계 (LOD, ㎎/L)	정량한계 (LOQ, ㎎/L)
아세설팜칼륨	Y=141764x - 6268 (1.000)	0.027	0.081
사카린나트륨	Y=255946x + 27611 (0.9998)	0.176	0.535

Table 3. 회수율

인공감미료	조제농도(㎎/L)	검출농도(㎎/L)	회수율(%)	상대표준편차(%)
아세설팜칼륨	1.0	1.02	102.4	0.20
	10.0	10.13	101.3	0.14
	20.0	20.18	100.9	0.07
사카린나트륨	2.5	2.46	98.5	0.51
	10.0	10.22	102.2	0.24
	20.0	20.05	100.2	0.03

Table 4. 젓갈류 중 아세설팜칼륨 검사 현황 (단위 : 건, g/kg)

구분	실적	적합	부적합	검출	검출농도 범위
계	67	67	0	42	
새우젓	45	45	0	32	0.001 ~ 0.006
꼴뚜기젓	2	2	0	1	0.042
창난젓	2	2	0	2	0.018 ~ 0.021
명태젓	1	1	0	1	0.04
오징어젓	4	4	0	1	0.073
낙지젓	2	2	0	1	0.000
어리굴젓	1	1	0	1	0.003
명란젓	3	3	0	3	0.000 ~ 0.007
멸치액젓	4	4	0	0	-
까나리액젓	3	3	0	0	-

젓갈류 67건에 대한 사카린나트륨의 검사결과를 Table 5에 나타내었으며 사카린나트륨 기준치 1.0g/kg 이하에 모두 적합하였다. 젓갈류 67건에 대한 아세설팜칼륨 및 사카린나트륨 검사결과를 Table 6에 나타내었으며 아세설팜칼륨 기준치 0.35g/kg 이하 및 사카린나트륨 기준치 1.0g/kg 이하에 모두 적합하였다. 검출현황은 시료 총 67건 중 42건에서 아세설팜칼륨(62.7%)이 검출되었으며, 7건에서 사카린나트륨(7.5%)이 검출되었다. 액젓의 경우 아세설팜칼륨 및 사카린나트륨이 전부 검출되지 않았다.

Table 5. 젓갈류 중 사카린나트륨 검사 현황 (단위 : 건)

구분	실적	적합	부적합	검출	검출농도 범위
계	67	67	0	5	
새우젓	45	45	0	4	0.003 ~ 0.035
꼴뚜기젓	2	2	0	1	0.077
창난젓	2	2	0	0	-
명태젓	1	1	0	0	-
오징어젓	4	4	0	0	-
낙지젓	2	2	0	0	-
어리굴젓	1	1	0	0	-
명란젓	3	3	0	0	-
멸치액젓	4	4	0	0	-
까나리액젓	3	3	0	0	-

Table 6. 젓갈류 중 인공감미료 검사 현황 (단위 : 건, g/kg)

구 분		실적	검출	불검출
계	아세설팜칼륨	67	42	24
	사카린나트륨	67	5	62
젓갈	아세설팜칼륨	36	26	10
	사카린나트륨	36	4	32
양념젓갈	아세설팜칼륨	24	17	7
	사카린나트륨	24	1	23
액젓	아세설팜칼륨	4	-	4
	사카린나트륨	4	-	4
조미액젓	아세설팜칼륨	3	-	3
	사카린나트륨	3	-	3

의료제품 품질감시 업무 분석

김현정, 유소영, 최선실

식약품분석팀

Ⅰ. 서 론

소득증대 및 건강증진의 욕구 증가에 따라 과거에는 단순히 치료 목적으로 이용되었던 각종 의약품이 다양한 종류의 형태로 만들어지고 있고 유통되고 있는 것이 현실이다. 우리가 사용하는 의약품분야는 크게 의약품, 의약외품, 화장품 등으로 분류하고 있다. 생명을 지키는데 유용한 역할을 하는 의약품과 미용효과를 증진시켜 아름다움을 유지케 하는 화장품과 외부상처치료 등에 유용한 의약외품의 적절한 사용은 삶을 활력 있고 건강하게 만들지만 의약품 등의 오, 남용에 따른 약물피해는 생명과 직접 연관되어 있고 좀 더 예뻐지고 싶어 하는 마음 때문에 화장품의 과다사용에 따른 약물 피해가 급증하고 있는 것이 현실이다.

특히 제조원이 불분명한 의약품 및 화장품등의 범람으로 인한 그 피해는 매우 심각한 사태를 초래하고 있다. 따라서 식품의약품안전처를 비롯한 자치단체에서는 그 중요성을 인식하고 매우 다양한 분야에서 의약품의 안전성에 대해 관리하고 있으며 그 일환으로서 의약품 검사는 대한민국 약전에 근거하여 전반적인 생산, 유통, 판매과정에서 발생 할 수 있는 위해요인을 미리 차단하여 그 피해를 최해 사회적 문제 발생품목, 위해발생 또는 의심품목, 정보사항에 의한 수거검사 등 효율적인 의약품 안전관리를 시행하여 오고 있다. 또한 검사결과를 유관기관과 신속히 공유함으로써 위해우려 항목 및 불량한 의약품 유통으로부터 소비자들의 생명을 지킴으로서 건강증진을 위해 매우 중요한 일을 수행하고 있다. 따라서 본 조사는 국민의 건강증진 및 생명보호를 위한 효율적인 의약품 안전관리 대책수립을 위한 기초자료로서 제공하고자 실시하였다.

Ⅱ. 조사대상 및 방법

본 조사의 대상은 식품의약품안전처 품질감시 기본계획에 따라 2014 ~ 2019년도에 걸쳐 충청남도에 배정된 의약품, 의약외품, 화장품과 영세업소의 품질관리 지원을 위하여 실시한 민원인 품질관리 검사, 최초 수입시 실시되는 최초 수입의약품 검정 등에 대하여 대한약전 의약품, 화장품, 의약외품의 검사시험법 및 자사기준에 준하여 실시한 검사 결과를 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 연도별 의료제품 식약처 지정 품목별 현황

Table 1. 연도별 의료제품 식약처 지정 품목별 현황 (실적건수/계획건수)

년도	의약품	의약외품	화장품	한약재	비고
2019	안과용제 (41/40)	모기기피제(40/40)	바디스크럽(32/30)	감초(12/10)	125/120
2018	안과용제 (41/40)	모기기피제(41/40)	버블배스(36/30)	감초(12/10)	130/120
2017	안과용제 (40/40)	모기기피제(43/40)	바디워시(35/30)	지골피(14/10)	133/120
2016	인공신장질환 및 안과용제(67/50)	모기기피제, 염모제(81/40)	팩거즈 화장수(46/40)	-	194/130
2015	안과용제(50/50)	염모제(15/40)	화장수(13/40)	-	78/130
2014	안과용제(54/50)	염모제40/(40)	화장품(40/40)	-	134/130
검사 항목	보존제, 함량시험, 성상, 불용성이물, pH, 등	성상, pH, 확인시험, 함량시험 등	수은, pH, 안티몬, 납, 염모력, 메탄올, 내용량	잔류농약 5종, 회분, 중금속, 비소, 등	

2. 연도별 검사 현황

충남도내 유통되는 의약품 등을 대상으로 2014년 ~ 2019년까지 관원 및 민원의 품질관리 검사 실적을 Table 2에 나타내었다. 검사 변화 추이는 민원의 비중은 점차 감소, 관원은 유사한 수준으로 나타났다. 매년 실시되는 식품의약품안전처 주관 품질관리 계획 검사는 도 건강증진식품과와 협력하여 사전에 수거품목을 선정함으로서 효율적인 검사가 될 수 있도록 하였고 민원검사는 자가품질관리 지원을 통한 민원서비스 기여 차원에서 민원인이 의뢰한 검체를 대상으로 검사를 실시하였다.

관원 대비 민원 비율은 6 : 4로서 관원 비중이 다소 높은 것으로 나타났으며 부적합 비율은 총 31건 중 관원 8건, 민원 23건으로서 민원이 월등히 높은 것으로 관찰되었다. 특히 2015년도의 민원 부적율이 높았던 것은 수입의약품 최초검정에서 거즈, 붕대 등의 품목에서 불합격율이 높게 나타난 것이 그 주요한 원인이라고 할 수 있다. 2018년에 의약품 중 불순물 NDMA 검출로 인한 사회적 이슈에 NDMA 51건 민원 검사도 이루어졌다.

Table 2. 2014년도 ~ 2019년도 검사 실적 현황 (단위 : 건)

년도	총 검사			관원검사		민원검사	
	건수	부적합	식약처 지정건수	건수	부적합	건수	부적합
계	1312	31		794	8	518	23
2019	175	3	120	125	0	50	3
2018	221	4	120	130	4	91	0
2017	210	3	120	133	2	77	1
2016	279	2	130	194	1	85	1
2015	181	17	130	78	0	103	17
2014	246	2	130	134	1	112	1

3. 의료제품 등 부적합 현황

3.1. 관원 및 민원 부적합 검사 현황

Table 3. 2014년 ~ 2019년도 항목별 부적합 검사 현황(관원) (단위 : 건)

년도	관원			
	항목	품목	건수	비고
	계		8	
2019	-	-		
2018	pH(3), 성상, pH, 함량(1)	의약외품	4	모기기피제
2017	pH	의약외품	2	모기기피제
2016	함량	의약외품	1	모기기피제
2015	-	-		
2014	내용량	화장품	1	화장수

Table 4. 2014년~2019년도 항목별 부적합 검사 현황(민원) (단위 : 건)

년도	민원			
	항목	품목	건수	비고
	계		23	
2019	pH 순도시험(산및알카리)	의약외품	3	치약(2) 탈지면(1)
2018	-	-		
2017	미생물한도	의약외품	1	렌즈세정액
2016	질량편차	의약품	1	원료
2015	증발잔류물,염화물,pH	화장품	2	화장수
	강열잔분	의약품	2	원료
	형상(횡사) 형상(종사) 순도(흡수량) 형상(중량)	의약외품 (최초수입)	9 2 1 1	거즈류 붕대 탈지면 패드
2014	형상(중량)	의약외품	1	멸균거즈

3.2. 의료제품 항목별 부적합 검사 현황

Table 5. 2014년 ~ 2019년도 항목별 부적합 검사 현황 (단위 : 건)

번호	항목	건수	2014년~2016년	2017년	2018년	2019년
	계	37	25	3	6	3
1	질량편차	1	1			
2	함량	2	1		1	
3	강열잔분	2	2			
4	형상(횡사)	9	9			
5	형상(종사)	2	2			
6	순도(흡수량)	1	1			
7	순도(산 및 알칼리)	1				1
8	형상(중량)	2	2			
9	내용량	1	1			
10	염화물	2	2			
11	증발잔류물	2	2			
12	pH	10	2	2	4	2
13	미생물한도	1		1		
14	성상	1			1	

3.3. 의료제품 품목별 부적합 검사 현황

Table 6. 2014년 ~ 2019년도 품목별 부적합 검사 현황 (단위 : 건)

품 목		부적합 항목	건수
		계	31
의약품	원료	강열잔분	2
		질량편차	1
화장품	화장품	증발잔류물, 염화물, pH	2
		내용량	1
의약외품	멸균거즈	형상(중량)	1
	거즈류	형상(횡사)	9
	붕대	형상(종사)	1
	탈지면	순도(흡수량)	1
	패드	순도(산및알카리)	3
		형상(중량)	1
	모기기피제	함량	7
	치약	pH	1
	콘택트렌즈	미생물한도	1

3.4. 수입의약품 등 검사 현황

Table 7. 2014년 ~ 2019년도 수입의약품 등 검사 현황 (단위 : 건)

년도	구 분	분 류(제조국)	건 수	적 합	부적합	부적합 항목
2014		계	44	44		
	의약외품	거즈류(중국)	4	4	-	
		부직포(중국,미국)	3	3	-	
		이소프로판올(일본)	1	1	-	
		염모제(이탈리아)	36	36	-	
2015		계	14	1	13	
	의약외품	거즈류(중국)	10	1	9	형상(횡사)
		붕대	2	-	2	형상(종사)
		탈지면	1	-	1	순도(흡수량)
		패드	1	-	1	형상(중량)
2016		계	14	14	-	
	의약외품	거즈류(중국)	5	5	-	
		붕대	2	2	-	
		염모제	2	2	-	
		패드	5	5	-	
	의약품	고인산혈증치료제	1	1	-	
2017		계	12	12	-	
	의약외품	살충제	1	1	-	
		염모제	6	6	-	
		거즈	2	2	-	
		치약	3	3	-	
2018		계	14		-	
	의약품	완제품	1		-	
	의약외품	거즈 등	13		-	
2019		계	10	8	2	
	의약품	완제의약품	1	1	-	-
		치약	9	7	2	pH

농산물 중 잔류농약 검사결과 분석

김동욱, 신명희, 이강범, 김남우, 김지희, 이다연, 김연지, 성시열

북부지원

Ⅰ. 서 론

과거에는 먹고사는 것이 주요 문제였다면 현대사회는 얼마나 안전하고 건강한 식품을 먹는가가 주요 관심사이다. 이러한 이유로 농산물은 국내생산 농산물뿐만 아니라 수입 농산물에 대한 농약 잔류량 조사 및 모니터링 등 안전성 확보가 매우 중요하게 대두되고 있다. 농약은 농작물의 재배기간 중 발생하는 병해충이나 잡초로부터 농작물을 보호하고 농작물의 생산성과 품질의 향상에 기여하며 농작물의 재배에 있어 노동력 및 생산비 감소에 중요한 역할을 하고 있다. 이렇게 농업에 있어 필수불가결한 농약은 작물에 살포된 후 물리·화학적인 요인들로 인해 분해되어 거의 남아 있지 않지만 농약의 살포량 및 특성에 따라 일부는 농산물과 토양에 잔류되어 있는 경우도 있다. 국내 잔류농약의 안전관리는 올바른 농약 사용을 위한 농약의 안전사용기준 (pre-harvest interval, PHI)과 식품 중 농약잔류량이 법적 규격에 맞도록 규제하는 농약 잔류허용기준 (maximum residue limit, MRL)으로 이루어지고 있다. 이에 우리 연구원에서는 2019년에 실시한 농산물 중 잔류농약 검사 자료를 분석함으로써 관련 업무의 효율적인 수행을 꾀하여, 생산자에게는 질 좋은 농산물 생산으로 경쟁력을, 소비자에게는 보다 안전한 농산물을 선택할 수 있는 자료로 제공하고자 한다. 식품의 유형, 사업별 검사현황, 부적합 항목, 농산물의 종류 그리고 농약의 검출률 등을 분석·비교함으로써 자주 검출되는 농약의 경향을 파악하여 신속하고 효율적인 업무수행을 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

2019년도 충남 도내 유통 농산물 총 95품목 737건에 대하여, 잔류농약 (197항목) 검사를 실시하였다(Table 6 ~ 7). 농산물 품목 분류에 따라, 채소류 476건, 과일류 193건, 식약공용 농산물 16건, 버섯류 15건, 곡류 2건, 두류 3건, 서류 32건을 검사하였다. 과일류에서는 인과류가 66건으로 가장 많았고, 채소류에서는 엽채류가 139건으로 가장 많았다(Table 1). 사업별 검사현황을 살펴보면, 도매시장 내 농산물 547건, 시기별 다소비농산물 76건, 지역특화농산물 21건, 집단급식소 납품 농산물 40건, 식약공용 농산물 16건, 단성분 잔류농약 검사 30건, 기타 유통 농산물 7건이었다(Table 2).

시험방법은 식품공전 다종농약다성분 분석법 제2법에 따라 시험하였다.

Table 1. Summary of a study on pesticide residues in agricultural products distributed in Chungnam, 2019

분류 1	분류 2	검사건수(건)	검출건수(건)	검출률(%)
합계		737	257	34.9
곡류	-	2	-	-
두류	-	3	-	-
서류	-	32	2	6.3
과일류	합 계	193	132	68.4
	인과류	66	45	68.2
	감귤류	25	20	80.0
	핵과류	44	35	79.5
	장과류	57	31	54.4
	열대과일류	1	1	100.0
채소류	합 계	476	122	25.6
	결구 엽채류	19	4	21.1
	엽채류	139	43	30.9
	엽경채류	65	13	20.0
	근채류	44	9	20.5
	박과 과채류	131	34	26.0
	박과 이외 과채류	78	19	24.4
버섯류	-	15	-	-
식약공용 농산물	-	16	1	6.3

Ⅲ. 결과 및 고찰

2019년 농산물 중 잔류농약의 검출현황을 살펴보면 농산물 737건 중 257건에서 농약이 검출되어 34.9%의 검출률을 보였다(Table 1). 품목 분류별로는 과일류가 68.4%, 채소류가 25.6%, 서류 및 식약공용 농산물 각각 6.3% 순으로 잔류농약 검출률을 나타내었다. 과일류의 경우, 상대적으로 검사건수가 적었던 열대과일류 (1건)를 제외하고 감귤류가 80.0%로 가장 높은 검출률을 보였고, 핵과류, 인과류, 장과류 순으로 나타났다. 채소류의 경우, 엽채류가 30.9%로 채소류 중 가장 높은 검출률을 나타내었고, 이는 2019년 전국 농산물 부적합 현황 분석 결과와 같았다[1].

부적합 농산물은 시기별 다소비 농산물에서 3건, 경매 전 농산물 2건, 경매 후 농산물 1건, 집단급식소 납품 농산물 1건으로 총 7건이었다(Table 2). 부적합 농산물 7건에 대하여 살펴보면, 근대, 냉이, 돌나물, 열무, 쪽파 각 1건 그리고 셀러리 2건으로 엽채류 및 엽경채류에서 확인되었고 (Table 3), 이 중 돌나물, 셀러리의 경우, 2019년 국내 농약 부적합률 상위 10개 품목에 선정된 품목이었다[1]. 근대에서는 프로사이미돈 (기준 : 0.05 ㎎/㎏)이 0.25 ㎎/㎏ 검출되었고 냉이에서는 페니트로티온 (기준 : 0.05 ㎎/㎏)이 0.15 ㎎/㎏ 검출되었으며 돌나물에서는 프로사이

미돈 (기준 : 0.05 ㎎/㎏)이 0.14 ㎎/㎏ 검출되었다. 쪽파에서 클로르피리포스 (기준 : 0.05 ㎎/㎏) 0.16 ㎎/㎏이 검출되었고, 열무에서 플루퀸코나졸 (기준 : 0.01 ㎎/㎏) 0.05 ㎎/㎏ 검출되었다. 셀러리에서는 클로르피리포스 (기준 : 0.05 ㎎/㎏) 0.12 ㎎/㎏, 다이아지논 (기준 : 0.01 ㎎/㎏) 0.04 ㎎/㎏이 각각 검출되었다(Table 3). 또한 검출된 농약성분을 용도별로 구분했을 때는 살균제 (3건), 살충제 (4건)으로 나타났다.

Table 2. Classification of the samples by each project in food policies in 2019

구분		건수		부적합 항목
		적합	부적합	
합계		730	7	
도매시장 내 농산물	경매 전	174	2	프로사이미돈, 클로르피리포스
	경매 후	370	1	플루퀸코나졸
시기별 다소비 농산물*		73	3	페니트로티온, 프로사이미돈, 클로르피리포스
지역특화 농산물		21	-	
집단급식소 납품 농산물		39	1	다이아지논
도내 유통농산물		7	-	
식약공용 농산물†		16	-	
단성분 잔류농약 검사 (아이소피라잠)		30	-	

*시기별 다소비 농산물 : 계절별, 김장철, 명절 다소비 농산물
†식약공용 농산물 : 식품이외의 다른 용도로 사용 가능한 농산물

Table 3. The agricultural products that exceed MRL on the pesticide residues in 2019

번호	품목	검출농약	검출농도 (㎎/㎏)	기준 (㎎/㎏)	비고
1	근대	프로사이미돈	0.25	0.05	살균제
2	냉이	페니트로티온	0.15	0.05	살충제
3	돌나물	프로사이미돈	0.14	0.05	살균제
4	셀러리	클로르피리포스	0.12	0.05	살충제
5	쪽파	클로르피리포스	0.16	0.05	살충제
6	열무	플루퀸코나졸	0.05	0.01	살균제
7	셀러리	다이아지논	0.04	0.01	살충제

잔류농약이 검출된 257건의 농산물 중에서 1성분 농약의 검출이 79건 (30.7%)이었고, 2성분 검출이 78건 (30.4%), 3성분 검출이 35건 (13.6%), 4성분이상 농약이 검출된 경우는 65건 (25.3%)로 나타났다(Fig. 1). 또한 4성분이상 다종 농약이 검출된 품목은 복숭아, 사과, 감귤 등의 과일류와 채소류에서는 고추가 가장 많이 검출되었다(Table 4).

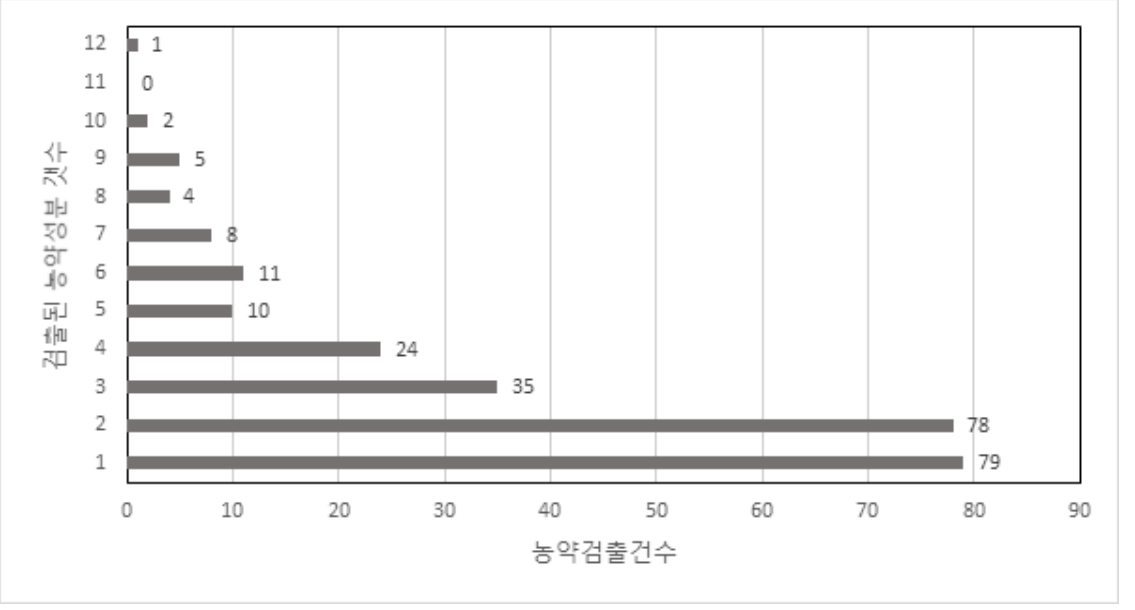


Fig. 1. The number of pesticide residues by each sample detected.

Table 4. The agricultural products with four more pesticide residues detected in this study

잔류농약 검출 성분 갯수 (개)	품목
4	복숭아, 사과, 고추, 멜론, 셀러리, 포도, 파, 오미자, 들깻잎, 가지, 돌나물
5	복숭아, 사과, 고추, 멜론, 자두, 포도, 파프리카
6	복숭아, 사과, 감귤, 딸기, 케일, 수삼, 포도
7	복숭아, 사과, 감귤
8	사과
9	복숭아, 사과
10	복숭아, 사과
12	복숭아

농약 성분별 검출현황은 총 74종의 농약성분이 719회 검출되었다(Table 5). 농약성분 용도별로는 살충제 38종, 살균제 33종, 제초제 2종, 생장조절제 1종에서 검출되었으며, 각각의 검출 빈도수는 살충제 (384회), 살균제 (327회), 제초제 (5회), 생장조절

제 (3회) 순으로, 우리나라에서는 살충제와 살균제를 가장 많이 쓰는 것으로 나타났다. 또한 농약성분별 검출 빈도수는 에토펜프록스 (71회), 테부코나졸 (45회), 피라클로스트로빈 (42회) 순으로 나타났다.

Table 5. Classification based on functions of the pesticide residues detected in this study

용도	잔류농약명
살균제 (33종 327회)	디니코나졸, 디메토모르프, 디에토펜카브, 메탈락실, 메토밀, 메트라페논, 메트코나졸, 보스칼리드, 사이아조파미드, 사이프로디닐, 사이프로코나졸, 사이플루페나미드, 아미설브롬, 아이소프로티올레인, 아족시스트로빈, 이프로디온, 캡탄, 크레속심메틸, 클로로탈로닐, 테부코나졸, 톨클로포스메틸, 트리플록시스트로빈, 트리플루미졸, 티플루자마이드, 펜뷰코나졸, 프로사이미돈, 프로클로라즈, 플루디옥소닐, 플루퀸코나졸, 피라클로스트로빈, 피리메타닐, 피콕시스트로빈, 헥사코나졸
살충제 (38종 384회)	노발루론, 다이아지논, 델타메트린, 루페뉴론, 메톡시페노자이드, 비펜트린, 사이퍼메트린, 사이할로트린, 스피로디클로펜, 아세타미프리드, 에토펜프록스, 에토프로포스, 에톡사졸, 엔도설판, 카보퓨란, 클로란트라닐리프롤, 클로르페나피르, 클로르피리포스, 클로티아니딘, 테부페노자이드, 테부펜피라드, 테플루벤주론, 테플루트린, 티아메톡삼, 티아클로프리드, 페나자퀸, 페니트로티온, 펜발러레이트, 펜토에이트, 펜프로파트린, 포스티아제이트, 퓨라티오카브, 플로니카미드, 플루벤디아마이드, 플루페녹수론, 피라클로포스, 피리다벤, 피리달릴
제초제 (2종 5회)	알라클로르, 펜디메탈린
생장조절제 (1종 3회)	파클로부트라졸

Table 6. 154 pesticides for multi-residue analysis using GC/MS/MS

번호	농약명	번호	농약명	번호	농약명
1	Acrinathrin	53	Ethoprophos	104	Oxyfluorfen
2	Alachlor	54	Etofenprox	105	Paclobutrazole
3	Aldrin	55	Etoxazole	106	Parathion-ethyl
4	Anilofos	56	Etrimfos	107	Parathion-methyl
5	Azinphos-methyl	57	Fenamidone	108	Penconazole
6	BHC	58	Fenamiphos	109	Pendimethalin
7	Bifenthrin	59	Fenarimol	110	Permethrin
8	Bromacil	60	Fenazaquin	111	Phenthoate(PAP)

Table 6. continued

번호	농약명	번호	농약명	번호	농약명
9	Bromobutide	61	Fenbuconazole	112	Phosalone
10	Bromopropylate	62	Fenitrothion	113	Phosmet(PMP, Imidan)
11	Butachlor	63	Fenothiocarb	114	Phosphamidone
12	Cadusafos	64	Fenoxycarb	115	Picoxystrobin
13	Captan	65	Fenpropathrin	116	Piperophos
14	Carbophenothion	66	Fenvalerate	117	Pirimicarb
15	Cinmethylin	67	Fipronil	118	Pirimiphos-ethyl
16	Chinomethionat	68	Flonicamid	119	Pirimiphos-methyl
17	Chlordane	69	Fluacrypyrim	120	Prochloraz
18	Chlorfenapyr	70	Fludioxonil	121	Procymidone
19	Chlorfenvinphos	71	Flufenacet	122	profenofos
20	Chlorothalonil	72	Flusilazole	123	Prometryn
21	Chlorpyrifos	73	Flutolanil	124	Propanil
22	Chlorpyrifos-methyl	74	Fluvalinate	125	Propisochlor
23	Cyflufenamid	75	Fosthiazate	126	Propoxur
24	Cyfluthrin	76	Fthalide	127	Prothiofos
25	Cyhalothrin	77	Furathiocarb	128	Pyraclofos
26	Cypermethrin	78	Heptachlor	129	Pyrazophos
27	Cyproconazole	79	Hexaconazole	130	Pyridaben
28	Cyprodinil	80	Imazalil	131	Pyridalyl
29	DDT	81	Indanofan	132	Pyrimidifen
30	Deltamethrin	82	Indoxacarb	133	Pyriminobac-methyl
31	Diazinon	83	Iprobenfos	134	Quintozene
32	Dichlorvos(DDVP)	84	Iprodione	135	Simazine
33	Diclofop-methyl	85	Isazofos	136	Simeconazole
34	Dicloran	86	Isofenphos	137	Tebuconazole
35	Dicofol	87	Isoprothiolane	138	Tebufenpyrad
36	Dieldrin	88	Kresoxim-methyl	139	Tebupirimfos
37	Diethofencarb	89	Malathion	140	Tefluthrin
38	Dimethenamid	90	Mecarbam	141	Terbufos
39	Dimethoate	91	Mefenacet	142	Tetradifon
40	Dimethylvinphos	92	Mepronil	143	Thiazopyr
41	Diniconazole	93	Metalaxyl	144	Thifluzamide
42	Diphenamid	94	Metconazole	145	Thiobencarb

Table 6. continued

번호	농약명	번호	농약명	번호	농약명
43	Diphenylamine	95	Methidathion	146	Tolclofos-methyl
44	Disulfoton	96	Methoxychlor	147	Tolylfluanid
45	Dithiopyr	97	Metrafenone	148	Triadimefon
46	Edifenphos	98	Metribuzin	149	Triazophos
47	Endosulfan	99	Molinate	150	Triflumizole
48	Endrin	100	MPCs(Methyl-pentachlorophenyl sulfide)	151	Triflumuron
49	EPN			152	Trifluralin
50	Esprocarb	101	Napropamid	153	Uniconazole
51	Ethalfluralin	102	Nuarimol	154	Vinclozoline
52	Ethion	103	Ofurace		

Table 7. 43 pesticides for multi-residue analysis using LC/MS/MS

번호	농약명	번호	농약명	번호	농약명
1	Acetamiprid	16	Fenpyroximate	31	Prothioconazole
2	Amisulbrom	17	Ferimzone	32	Pyraclostrobin
3	Azoxystrobin	18	Fluazinam	33	Pyributicarb
4	Benzoximate	19	Flubendiamide	34	Pyrimethanil
5	Boscalid	20	Flufenoxuron	35	Pyriproxyfen
6	Carbofuran	21	Fluquinconazole	36	Pyroquilon
7	Chlorantraniliprole	22	Hexaflumuron	37	Spirodiclofen
8	Clothianidin	23	Isoprocarb	38	Tebufenozide
9	Cyazofamid	24	Lufenuron	39	Teflubenzuron
10	Cymoxanil	25	Mepanipyrim	40	Thiacloprid
11	Dimethomorph	26	Methabenzthiazuron	41	Thiamethoxam
12	Diuron	27	Methiocarb	42	Tricyclazole
13	Ethaboxam	28	Methomyl	43	Trifloxystrobin
14	Fenhexamid	29	Methoxyfenozide		
15	Fenobucarb	30	Novaluron		

References

1. 2020년 식품안전관리지침; 식품의약품안전처 2020. p.480-484.

유통 농수산물 중 중금속 검사결과 분석

신명희, 김동욱, 이강범, 김남우, 김지희, 이다연, 김연지, 성시열

북부지원

Ⅰ. 서 론

중금속(heavy metal)은 주기율표에서 구리와 납 사이에 있는 원자량 63.55에서 200.59 사이의 금속 중 비중이 4보다 큰 원소의 집합을 말하며 더 넓게는 인체에 유해한 영향을 미치는 유해금속을 통칭하여 일컫는 말이다.[1] 중금속류는 유기물이나 영양염류와 달리 자연분해 및 미생물에 의한 분해가 어렵고 토양 중의 무기 성분들에 흡착되거나 유기물과 배위 공유 결합하여 용해도가 낮은 화합물로 안정화되어 먹이사슬 중 축적이 잘 이루어진다. 중금속 중 납, 카드뮴은 자체 독성이 있으며 특히 중추신경 및 신장 독성을 나타내어 인체에 심각한 유해성이 큰 금속으로 국제암연구소의 발암성 분류 기준에 따라 납은 Group 2B(possibly), 카드뮴은 Group 1(carcinogenic)로 분류되는 암 발생의 위험을 가진 중금속이다.

식품의 중금속 오염은 급격한 산업화에 따른 환경오염문제가 대두되면서 지속적으로 제기되어 왔으며 특히 토양과 해양의 중금속 오염이 심화되어 식품의 원료가 되는 농산물과 수산물의 중금속 오염이 증가되고 있다. 오염경로는 주로 오염된 물, 토양 및 대기로부터 식품으로 이행되기도 하고, 그 밖에도 식품의 수확, 저장, 제조, 가공, 조리 및 포장 중에 오염되기도 한다[1-2].

생활수준의 향상으로 인해 균형 잡힌 영양의 섭취, 적절한 식생활 등 여러 의식 구조의 변화를 가져왔다. 건강에 대한 관심으로 육류 보다는 농산물 및 수산물을 통한 단백질, 지방 및 무기물의 섭취에 대한 선호도가 높아지며 그 소비도 증가하고 있는 실정이다[3]. 이에 본 연구에서는 다소비 농수산물의 납, 카드뮴 함량을 조사하여 중금속의 전반적인 오염실태를 확인하고 현재 국내에서 관리하고 있는 납, 카드뮴 기준과 비교함으로써 충남지역에서 유통 중인 농수산물의 안전성 관리에 대한 종합적인 판단을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 조사대상

본 연구에 사용된 시료는 2019년 1월부터 12월 사이에 충남지역에 위치하는 유통판매점 및 수산시장 등지에서 유통되는 농수산물 총 122건을 대상으로 하였다(Table 1). 시험시료는 식품공전 식품별 검체 채취방법에 따라 처리하였으며 이물 및 비가식부위를 제외하고 균질화하여 사용하였다.

Table 1. The number of agricultural and marine products collected from Chungnam market (unit : ea)

	분류	계룡시	공주시	금산군	논산시	당진시	부여군	서천군	아산시	천안시	청양군	홍성군	합계
농산물	과일류	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	채소류	0	5	0	0	5	4	5	0	4	9	0	32
	식약공용 농산물	5	0	0	5	0	0	0	5	5	0	10	30
수산물	어류	0	0	5	0	7	0	6	3	13	3	5	42
	연체류	0	0	2	0	1	0	0	1	7	0	0	11
	해조류	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
합계		5	5	7	10	13	4	13	9	29	12	15	122

2. 조사방법

2.1. 건식회화 전처리법

균질 시료 5 ~ 10 g을 도가니에 취해 건조하고 열판에서 단계적으로 천천히 가열하여 탄화시킨 다음 회화로(엘케이랩코리아, 한국)에서 450 ℃로 회화를 시켰다. 회화가 잘 되지 않으면 일단 식혀 질산(1+1) 2 ~ 5 mL로 적시고 건조한 다음 회화를 계속하였다. 회화가 끝나면 회분을 2% 질산(v/v, in H_2O)으로 녹이고 여과지(Ashless)여과 후 일정량으로 희석하여 중금속 함량 분석을 위한 시험용액으로 하였다.

2.2. 마이크로웨이브 전처리법

균질 시료 0.1 ~ 0.5 g을 마이크로웨이브용 vessel에 넣고 질산 4 mL와 증류수 1 mL을 넣고 마이크로웨이브(ultraWAVE, Milestone, Italy)로 1500 W, 110 bar에서 220℃로 온도를 올리고 20분간 분해하였다. 상온으로 냉각 시킨 후 분해된 시험용액은 질산을 모두 휘발시키고 2% 질산(v/v, in H_2O)으로 재용해하여 중금속 함량을 분석하였다.

2.3. ICP-MS 기기분석

시료 중 중금속의 함량은 ICP-MS (Thermoscientific, iCAP Q, USA)를 이용하여 측정하였고 분석조건은 Table 2와 같다. 표준용액의 조제는 중금속 표준원액(MultiAnalayteCustomGrade solution, 10㎍/ml, inoraganic ventures, USA)을 2% 질산(v/v, in H_2O)으로 0.5, 1, 2, 5, 10, 20 ng/ml 농도로 희석하여 분석시마다 검량선을 작성한 다음 시료의 농도를 측정하였다.

Table 2. The operation condition for ICP-MS

RF Power (W)	Gas flow			Analytes
	Nebulizer	Plasma	Auxillary	
1200	0.9 L/min	14 L/min	0.8 L/min	Pb^{208}, Cd^{111}

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 농수산물 중 납 함량 결과

충남지역에 유통 중인 농산물과 수산물을 대상으로 납 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같으며 122품목 모두 국내에 설정되어 있는 납의 기준값 이내로 확인되었다.

농산물의 경우 ND(토마토) ~ 0.568(당귀) ㎎/㎏의 분포를 나타내었으며 지역특화농산물 안전성 조사 목적으로 검사된 딸기 5건은 0.033±0.007 ㎎/㎏으로 비교적 낮은 표준편차를 나타내어 검체별 유사한 분포를 보였다. 채소류의 경우 엽채류가 평균 0.070 ㎎/㎏으로 가장 높은 수치를 나타내었으며 입사귀가 겹겹이 쌓여 있는 결구엽채류(0.036 ㎎/㎏)보다 높은 값을 나타낸 것이 특징적이다. 엽채류의 경우 구조적으로 다른 채소류에 비해 외부의 노출면이 많아 오염물질로부터 접촉이 상대적으로 높은 것이 원인으로 보이며 이는 다른 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다[1]. 채소류 중 납의 최대 값은 0.149 ㎎/㎏으로 품목은 근채류 중 생강으로 확인되었으며 생강의 납 검출량은 대체적으로 0.1 ㎎/㎏정도의 값을 나타내었다. 이는 마늘이나 무 등 다른 근채류에 비하여 껍질이 얇고 벗겨지기 쉬워 토양이나 여러 오염원에 잘 노출되기 때문으로 보인다. 그 밖에 식약공용농산물의 경우 다른 농산물에 비교해 납의 검출범위가 0.009(마) ~ 0.568(당귀) ㎎/㎏으로 넓고 높게 분포되었는데 이는 대부분의 식약공용농산물의 특성상 건조제품으로 되어있어 수분함량이 낮은 관계인 것으로 보이며 국내에서도 납 기준을 5 ㎎/㎏으로 일반 농산물에 비해 높게 관리하고 있다.

수산물 중 납의 함량을 볼 때 0.010(멸치) ~ 0.431(꼬막) ㎎/㎏의 분포를 나타내었다. 분류군별로 비교해 볼 때 패류가 포함되어 있는 연체류가 0.181 ㎎/㎏으로 가장 높은 납 함량을 나타내었고 다음으로는 어류와 해조류 순이었다.

연체류 중 내장이 포함되어 있는 굴, 바지락 및 꼬막의 경우 각각 0.203 ㎎/㎏, 0.402 ㎎/㎏, 0.431 ㎎/㎏으로 비교적 높은 수치를 나타내었다. 그 밖에 오징어나 문어, 주꾸미 등은 내장이 제거된 근육부위만 검사한 값으로 0.1 ㎎/㎏정도의 비교적 낮은 값을 나타내었다(data not shown).

Table 3. Detection level of Pb and Cd in agricultural and marine products collected from Chungnam market

분류		건수	Pb(㎎/㎏)			Cd(㎎/㎏)		
			Min.†	Max.‡	Mean±SD§	Min.	Max.	Mean±SD
과일류	장과류	5*	0.027	0.042	0.033±0.007	0.001	0.007	0.003±0.002
채소류	결구엽채류	4	0.031	0.051	0.036±0.010	0.001	0.035	0.012±0.016
	근채류	10	0.013	0.149	0.054±0.041	0.001	0.020	0.007±0.006
	박과과채류	2	0.021	0.026	0.023±0.003	0.004	0.006	0.005±0.001
	박과이외과채류	10	ND‖	0.092	0.043±0.032	0.001	0.010	0.004±0.003
	엽경채류	4	0.033	0.066	0.047±0.015	0.005	0.043	0.020±0.017
	엽채류	2	0.034	0.106	0.070±0.051	0.008	0.019	0.013±0.008

Table 3. continued

분류		건수	Pb(㎎/kg)			Cd(㎎/kg)		
			Min.†	Max.‡	Mean±SD§	Min.	Max.	Mean±SD
식약공용 농산물	식약공용 농산물	30	0.009	0.568	0.146±0.120	0.003	0.342	0.041±0.061
수산물	어류	42	0.010	0.250	0.067±0.050	0.000	0.029	0.008±0.009
	연체류	11	0.029	0.431	0.181±0.131	0.007	0.929	0.221±0.282
	해조류	2	0.014	0.031	0.022±0.012	0.012	0.053	0.033±0.029

* 딸기, 지역특화농산물, † Minimum value, ‡ Maximum value, § Standard Deviation, ‖ Not Detected

2. 농수산물 중 카드뮴 함량 결과

농수산물 중 카드뮴의 함량을 조사한 결과 과일 및 채소류의 경우 0.001(토마토) ~ 0.043(파) ㎎/kg, 식약공용농산물의 경우 0.003(마) ~ 0.342(도라지) ㎎/kg로 나타내었으며 수산물의 경우 0.000(우럭) ~ 0.929(주꾸미) ㎎/kg을 나타내었다. 검출 범위는 납 보다는 넓게 분포되었지만 대체적으로 검출 값은 납에 비교하여 낮은 수준으로 확인되었다(Table 3). 농산물의 경우 장과류 0.003 ㎎/kg, 채소류 0.008 ㎎/kg, 식약공용농산물이 0.041 ㎎/kg으로 조사되어 기존의 보고된 장과류 0.002 ㎎/kg, 채소류 0.009 ㎎/kg의 카드뮴 오염도 값[4]과 유사한 양상을 나타내었다(Fig. 1).

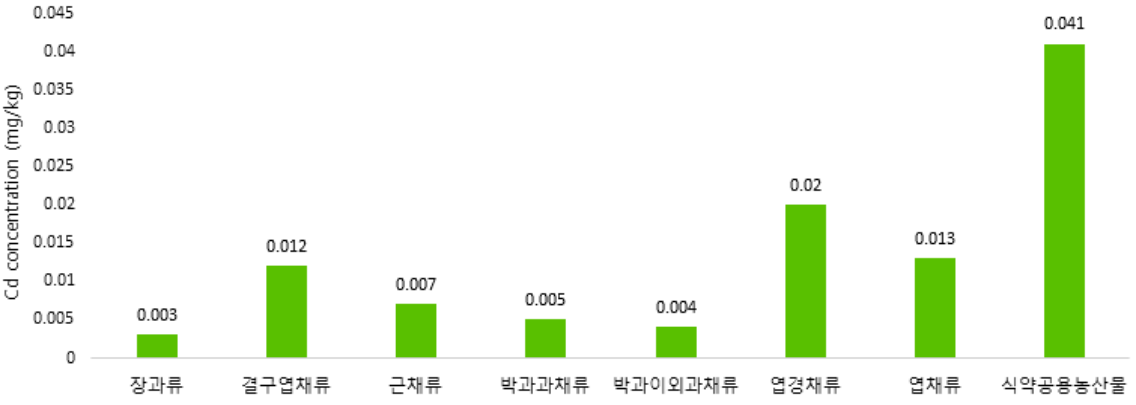


Fig. 1. Cadmium concentration of agricultural products.

한편 수산물 중 카드뮴 함량을 자세히 살펴보면 어류 0.008 ㎎/kg, 연체류 0.221 ㎎/kg, 해조류 0.033 ㎎/kg으로 연체류에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 이는 기존에 보고된 수산물 중 카드뮴 함량 조사와 유사한 경향을 나타내었다[4]. 연체류를 제외한 다른 품목에서의 카드뮴 함량은 0.1 ㎎/kg 이하로 확인되었다. 납의 함량과 마찬가지로 내장이 포함된 굴, 바지락 및 꼬막이 다른 품목에 비교하여 높은 카드뮴 함량을 나타내었고, 주꾸미의 경우 0.929 ㎎/kg으로 가장 높은 값을 보였다(Fig. 2).

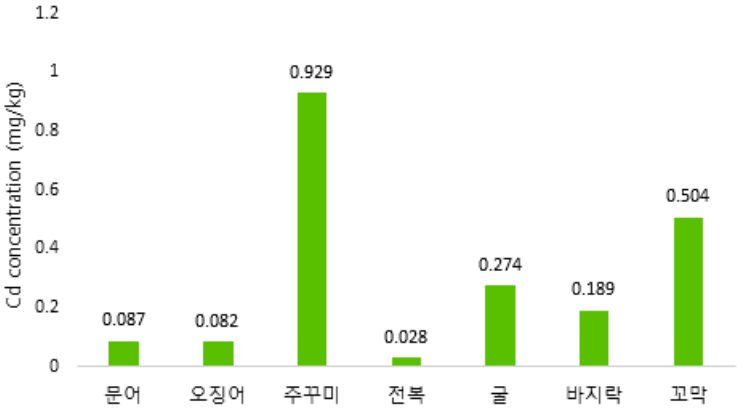


Fig. 2. Cadmium concentration of mollusks.

Ⅳ. 결 론

최근 국내외로 환경문제와 더불어 식품의 중금속 오염이 증가되는 추세에 있다. 특히, 전 세계적으로 토양, 바다 및 연안의 중금속 오염이 보고됨에 따라 농수산물의 중금속 오염에 대한 관리가 더욱 중요도가 높아진다. 이에 본 연구에서는 충남지역에서 유통되는 다소비 농수산물에 대한 납, 카드뮴에 대한 오염 실태를 조사하였다.

1. 농산물 중 납의 함량은 ND(토마토) ~ 0.568(당귀) ㎎/kg의 분포를 보였으며 그 중 채소류의 검출함량은 엽채류 > 근채류 > 엽경채류 > 박과이외과채류 > 결구엽채류 > 박과과채류 순이었다. 식약공용농산물은 건조제품이 대부분이었고 0.146 ㎎/kg로 가장 높은 함량을 나타내었다. 농산물 중 카드뮴 함량은 평균 0.03 ㎎/kg으로 식약공용농산물이 가장 높았으며 나머지는 0.01 ㎎/kg 이하의 수준으로 납의 함량에 비교해서 낮은 수준으로 검출되었다. 67품목의 농산물 중 납, 카드뮴 검사 결과는 국내 기준에 모두 적합한 수준이었다.
2. 수산물 중 납의 함량을 볼 때 0.010(멸치) ~ 0.431(꼬막) ㎎/kg의 분포를 나타내었다. 납의 함량은 내장이 포함되어 있는 바지락, 굴, 꼬막 등의 패류를 포함한 연체류에서 가장 높은 검출함량을 나타내었으며 그 순서는 연체류 > 어류 > 해조류로 나타났다. 카드뮴의 함량은 어류 0.008 ㎎/kg, 연체류 0.221 ㎎/kg, 해조류 0.033 ㎎/kg으로 납과 마찬가지로 연체류에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 수산물 중 연체류의 카드뮴 함량이 높은 것은 기존의 연구를 통해 보고[4]되었으며 연체류 중 주꾸미 등 두족류의 카드뮴 함량은 높은 것이 특징적이었다. 수산물에서의 카드뮴 함량은 농산물에 비교해서 전반적으로 약 10배 정도의 높은 수치를 나타내었으나 55품목의 수산물 중 결과는 국내 기준에 모두 적합한 수준이었다.

References

1. 경인지방식품의약품안전청 수입식품분석과. 농산물(과·채류, 두류 등) 중 중금속 함량 실태조사. 자체연구사업최종보고서. 1-43 (2016).

2. 심지연, 오현숙, 장미란, 이윤애, 이륜경, 김민아, 이효정, 이상민, 조태용. 국내 유통 중인 채소류의 납, 카드뮴 함량 모니터링. 한국식품위생안전성학회지, 25(4), 395-401 (2010).
3. 권혁동, 김병준, 박선희, 이지윤, 박소현, 박미정, et al. 부산지역 유통 수산물의 중금속 실태 조사. 부산시보건환경연구원보, 20(1), 44-52 (2010).
4. 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원. 카드뮴위해평가보고서, 24-25 (2016).

농수산물 중 방사능 검사결과 분석

이강범, 김동욱, 신명희, 김남우, 김지희, 한지수, 김혜린, 성시열

북부지원

방사능이란 '방사선을 방출할 수 있는 능력'을 말한다. 방사성 물질은 방사성을 방출하는 물질이다. 흔히 알고 있는 핵발전소 원료 물질인 우라늄 (U-235)과 핵발전소 사고로 인해 환경오염 문제로 자주 등장하는 요오드 (I-131), 세슘 (Cs-137) 등이 대표적이다. 이들을 방사성 물질이라고 하며, 방사선이란 방사성물질의 핵이 붕괴(핵분열)하면서 사방으로 퍼지는(방사) 에너지를 말한다. 대표적인 방사선 종류에는 알파, 베타, 엑스, 감마선이 있다.

2011년 3월 11일 일본 도호쿠지역 앞바다에서 대규모 지진과 쓰나미가 발생함에 따라 후쿠시마 원자력 발전소에서 다량의 방사성 물질이 누출되었다. 수산물의 방사능 오염이 이제는 우리의 건강을 위협하고 있는 중요한 문제로 인식되고 있는 것이다. 이로 인한 방사능 오염으로 인해 수산물의 식품안전의 문제가 세계적인 이슈가 되었고, 우리나라 또한 수산물의 소비가 감소하였다. 유출사고 직후부터 최근까지 우리나라 정부는 일본산 농식품 검역 및 검사를 강화하고 홈페이지를 통해 방사능 검사실적, 검사결과를 공개하는 등 식품안전성을 확보하기 위해 노력하고 있으며, 소비자가 식품안전에 대해 안심할 수 있도록 농림축산식품부, 해양수산부, 식품의약품안전처, 각 시도 보건환경연구원 등 소관부처별로 다양한 정책과 검사 노력을 기울이고 있다.

우리나라를 비롯한 세계 각국은 방사능으로 오염된 식품의 유통을 방지하기 위해 수출입식품에 대한 규제를 강화하였고, 자국의 실정에 맞게 방사능 규제기준을 마련하여 운용하고 있다. 국내에는 식품의약품안전처에서 식품공전에 방사능 허용기준을 설정하고 있으며, 후쿠시마 사고 이후에 방사능에 대한 임시특별조치에 따른 기준 강화로 세슘의 기준이 강화되었다. 그러나 일본 원자력 발전소 방사능 유출사고가 발생한지 오랜 시간이 지났음에도 일본 방사능 관련 보도가 최근까지 지속적으로 이루어지고 있으며, 여러 매체를 통해서 방사능으로 인한 농식품 및 인체영향, 정부의 대응 등 방사능 유출 관련 정보가 광범위하게 전파, 확산 되어 식품 안전에 대한 국민 불안감이 쉽사리 해소가 되지 않고 있다. 따라서 본 조사에서는 도내 유통되고 있는 농수산물의 방사능 오염 실태를 조사하고 소비자에게는 보다 안전한 농수산물을 선택할 수 있고, 도민들에게 막연한 불안감을 해소할 수 있는 자료로 제공하고자 한다.

농수산물 유형 및 사업별 검사현황을 Table 1 ~ 4로 나타내었다. 그 결과를 분석・비교하고 검출되는 방사능의 경향을 파악하여 신속하고 효율적인 업무수행을 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

2019년도에는 총 540건의 농수산물 및 가공식품에 대하여 Table 5의 방사능기준으로 검사를 실시하였고, 수산물 유형별 검사건수는 어류 278건, 무척추동물 168건, 조류

13건 이었다. 어류에서는 해양어류가 268건으로 가장 많았고, 무척추동물에서는 연체류가 103건으로 가장 많았다(Table 1).

Table 1. Sample list used for radiocontamination on fishery products distributed in Chungnam, 2019

구 분		건 수
합 계		459
어류	민물어류	2
	회유어류	8
	해양어류	268
	어란류	0
무척추동물	갑각류	65
	연체류	103
	극피류	-
	피낭류	-
	기타	-
조류	-	13

농산물 유형별 검사건수는 채소류 19건, 버섯류 7건, 과일류 7건, 곡류 7건 이었다. 채소류에서는 근채류가 8건, 엽채류 4건, 박과과채류 3건 순서였다(Table 2).

Table 2. Sample list used for radiocontamination on agricultural products distributed in Chungnam, 2019

구 분		건 수
합 계		45
곡류	-	7
서류	-	5
콩류	-	-
견과종실류	땅콩 또는 견과류	-
	유지종실류	-
과일류	감귤류	2
	인과류	4
	장과류	1
	열대과일류	-
	핵과류	-
채소류	엽채류 (결구엽채류 포함)	4
	엽경채류	2
	근채류	8
	박과과채류	2
	박과이외과채류	3
	기타식물류	-
버섯류	-	7

가공식품 유형별 검사건수는 기타가공품 11건, 농산물가공식품 5건, 설탕 3건 순이였다. 기타가공품에서는 장류가 7건, 소스류가 4건 순서로 가장 많았다(Table 3).

Table 3. Sample list used for radiocontamination on food products distributed in Chungnam, 2019

구 분		건 수
합 계		23
가공식품	기타	11
	농산물가공식품	5
	과자류	-
	다류	-
	설탕	2
	카레	1
	면	2
	잼류	1
	꿀	1

사업별 검사현황을 살펴보면, 학교급식 수산물 227건, 생산단계수산물 162건, 유통 수산물 71건, 유통 농수산물 51건, 가공식품 23건, 학교급식 농산물 6건 이었다. 농수산물 및 가공식품 540건을 검사한 결과 모두 적합하여 기준에 적합한 것으로 확인 되었다(Table 4).

Table 4. Classification of the samples by each project in food safety policies in 2019

구 분	적 합 (건수)	부적합 (건수)
합 계	540	-
가공식품	23	-
유통 농산물	51	-
유통 수산물	71	-
학교급식 농산물	6	-
학교급식 수산물	227	
생산단계 수산물	162	-

Table 5. Residue limits in cesium-134, cesium-137 and iodine-131 in Korean food

핵 종	대 상 식 품	기준 (Bq/kg, L)
^{134}Cs + ^{137}Cs	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 이유식, 영·유아용특수조제식품, 영아용 조제유, 성장기용 조제유, 유 및 유가공품, 아이스크림류	50 이하
	기타 식품*	100 이하
^{131}I	모든식품	100 이하

* 기타식품은 영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 이유식, 영·유아용 특수조제식품, 유 및 유가공품을 제외한 모든 식품 및 농·축·수산물을 말한다.

생산단계 수산물 중 중금속 검사결과 분석

김남우, 김동욱, 신명희, 이강범, 김지희, 이다연, 김연지, 한지수, 김혜린, 성시열

북부지원

우리나라는 일본과 더불어 세계적으로 1인당 수산물 소비량이 많은 국가이며, 최근에는 육류보다는 수산물을 통한 단백질 섭취가 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 안전한 수산물의 섭취는 국민 건강과 생활의 질적 수준 향상을 위하여 매우 중요하다. 더욱이 산업화 과정에서 공업의 급속한 발전은 중금속으로 인한 환경오염을 초래하였고, 이에 중금속 오염에 노출될 가능성도 크게 증가하였다.

수산물에 함유되어 있는 유해물질 중 유해중금속은 수산물이 생물군의 먹이연쇄에 의한 생물학적 농축과정의 상위 계층에 해당되어 중금속 함량이 높다고 알려져 있다.

수은, 납, 카드뮴 등의 중금속은 고유한 독성을 갖고 축적성이 강하며 식품 중의 함량, 존재형태 등에 따라 인체에 미치는 영향이 크다. 또한 중금속은 자연적 또는 인위적인 방법으로 쉽게 분해되거나 제거되지 않으며 저농도 일지라도 인체에 유입되었을 경우 축적되어 심각한 건강상의 위해를 끼칠 우려가 있다.

우리 연구원에서는 앞으로 수산물 중 중금속(납, 수은, 카드뮴) 검사 자료를 유형별로 나타내어 비교·분석함으로써 관련 업무의 효율적인 수행을 꾀하고, 도민에게는 보다 안전한 수산물을 선택할 수 있는 자료로 제공하고자 한다.

Table 1. 식품원재료 분류별 검사현황

대분류	중분류	소분류	검사건수	검출결과(최고값) (㎎/kg)
수산물	어류	-	111	Hg(0.3)
	무척추동물	갑각류	32	
		연체류	70	Pb(0.7), Cd(1.2)
해조류			2	

2019년도 충남지역에서 생산, 유통 수산물 총 215건의 수산물(어류 111건, 연체류 70건, 갑각류 32건, 해조류 2건)을 분석한 결과(minimum ~ maximum, Unit : ㎎/kg) Hg (N.D. ~ 0.3), Cd(N.D. ~ 1.2), Pb(ND ~ 0.7)이었다. Hg은 어류(뱀장어)에서 최고농도(0.3 ㎎/kg)를, Pb은 패류(굴)에서 최고농도(0.7 ㎎/kg)를, Cd는 패류(굴)에서 가장 높은 농도(1.2 ㎎/kg)를 보였고 검사 결과 모두 적합이었다.

Table 2. 생산단계 수산물 검사현황 (단위 : 건)

구 분	2019년	
사 업 명	적합	부적합
생산단계 수산물(양식장 등)	215	-
계	215	-

2019년 생산단계 수산물 총 215건에 대하여 중금속 기준[Table 3]에 따라 납, 수은 및 카드뮴 검사를 실시하였다. Cd과 Hg의 경우 전체 수산물의 평균농도가 각각 0.05 ㎎/㎏ 정도를 나타내었고, Pb는 0.1 ㎎/㎏ 정도로 Cd과 Hg보다 평균 농도가 2배 정도 높았다. 그러나 모든 수산물의 경우는 기준치 이내로 관리되고 있고, 모두 적합하여 안전한 수준으로 확인되었다.

Table 3. 수산물의 중금속 기준 (단위 : ㎎/㎏)

대상식품	납	카드뮴	수은	메틸수은
어류	0.5 이하	0.1 이하 (민물 및 회유 어류에 한한다) 0.2 이하 (해양어류에 한한다)	0.5 이하 (아래 ㉮의 어류는 제외한다)	1.0 이하 (아래 ㉮의 어류에 한한다)
연체류	2.0 이하 (다만, 오징어는 1.0 이하, 내장을 포함한 낙지는 2.0 이하)	2.0 이하 (다만, 내장을 포함한 낙지는 3.0 이하)	0.5 이하	-
갑각류	0.5 이하 (다만, 내장을 포함한 꽃게류는 2.0 이하)	1.0 이하 (다만, 내장을 포함한 꽃게류는 5.0 이하)	-	-
해조류	0.5 이하 [미역(미역귀 포함)에 한한다]	0.3 이하 [김(조미김 포함) 또는 미역(미역귀 포함)에 한한다]	-	-
냉동식용 어류머리	0.5 이하	-	0.5 이하 (아래 ㉮의 어류는 제외한다)	1.0 이하 (아래 ㉮의 어류에 한한다)
냉동식용 어류내장	0.5 이하 (다만, 두족류는 2.0 이하)	3.0 이하 (다만, 어류의 알은 1.0 이하, 두족류는 2.0 이하)	0.5 이하 (아래 ㉮의 어류는 제외한다)	1.0 이하 (아래 ㉮의 어류에 한한다)

㉮ 메틸수은 규격 적용 대상 해양어류 : 쏨뱅이류(적어포함, 연안성 제외), 금눈돔, 칠성상어, 얼룩상어, 악상어, 청상아리, 곱상어, 귀상어, 은상어, 청새리상어, 흑기흉상어, 다금바리, 체장메기(홍메기), 블랙오레오도리(*Allocyttus niger*), 남방달고기(*Pseudocyttus maculatus*), 오렌지라피(*Hoplostethus atlanticus*), 붉평치, 먹장어(연안성 제외), 흑점샛돔(은샛돔), 이빨고기, 은민대구(뉴질랜드계군에 한함), 은대구, 다랑어류, 돛새치, 청새치, 녹새치, 백새치, 황새치, 몽치다래, 물치다래

하천 수질측정망 측정결과 분석

김증운, 김재식, 송현실, 황윤주, 유지호, 이낙현, 이지학

환경조사팀

Ⅰ. 서 론

충청남도에는 국토의 효율적 이용관리와 국민경제상 많은 영향을 미치는 국가하천이 8개소(연장길이 242 ㎞), 지방의 공공이해와 밀접한 관계가 있는 지방하천이 492개소(연장길이 2,494 ㎞)로 총 500개소의 하천이 위치해 있으며, 이는 전국 3,943개소의 하천 중 12.7%에 해당한다. 하천 수질측정망은 공공수역의 상수원수 및 농업용수 등으로 사용되는 하천에 대한 수질현황을 지속적으로 조사하여 수질변화 추세를 파악함으로써 주요 환경정책의 정책수립 및 효과분석을 위한 기초자료를 확보하는데 목적이 있다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 조사대상

「물환경보전법」 제9조(수질의 상시측정 등)와 같은 법 시행규칙 제22조(국립환경과학원장이 설치·운영하는 측정망의 종류 등) 및 「물환경측정망 설치·운영계획」(환경부 고시 제2019-99호)에 따라 우리 원에서 조사하고 있는 하천 수질측정망 지점은 31개소로 수계별로는 금강수계 12개소, 삽교천수계 7개소, 기타(서해)수계 10개소, 안성천수계 2개소이다. 하천 수질측정망의 수계별 조사지점 현황은 Table 1과 같으며, 수계별 유역면적 점유율은 Table 2와 같다.

Table 1. 수계별 조사지점 현황

No.	수 계	하천명	채 수 지 점	비 고
1	금 강	대교천	공주시 장기면 도계리(대교)	지류
2		조 천	세종시 조치원읍 상리(조천교)	지류
3		지 천	청양군 장평면 구룡리(지천교)	지류
4		노성천	논산시 광석면 항월리(노성대교)	지류
5		석성천	논산시 성동면 원북리(경교)	지류
6		길산천	서천군 기산면 원길리(북원교)	지류
7		은산천	부여군 규암면 모리(모리교)	지류
8		두계천1	계룡시 두마면 엄사리(두계교)	지류
9		수철천	논산시 연무읍 봉동리(황화교)	지류
10		방축천	논산시 채운면 장화리(영창교)	지류
11		논산천1	논산시 양촌면 신흥리(신흥교)	지류
12		논산천2	논산시 대교동(논산대교)	지류

Table 1. continued

No.	수 계	하천명	채 수 지 점	비 고
13	삽교천	천안천1	천안시 남산동(다가교)	지류
14		천안천2	아산시 배방면 휴대리(휴대교)	지류
15		원성천	천안시 원성동(영성교)	지류
16		삼용천	천안시 청수동(남부교)	지류
17		온천천	아산시 실옥2동(옥정교)	지류
18		무한천1	예산군 광시면 신대리(신대교)	지류
19		무한천2	예산군 예산읍 창소리(신례원교)	지류
20	기 타 (서 해)	판교천	서천군 서천읍 오석리(오산교)	서해
21		대천천	보령시 대천동(동대교)	서해
22		광천천	홍성군 광천읍 소암리(소암교)	서해
23		와룡천	홍성군 갈산면 행산리(행산교)	서해
24		청지천	서산시 수석동(청지천교)	서해
25		당진천	당진군 당진읍 탑동리(탑동교)	서해
26		둔당천	서산시 인지면 둔당리(둔당교)	서해
27		도당천	서산시 덕지천동(대교)	서해
28		태안천	태안읍 평천리(하수처리장부근 다리)	서해
29		장검천	서산시 부석면 취평리(장검교)	서해
30	안성천	입장천	천안시 서북구 성환읍 안궁리	지류
31		성환천	천안시 서북구 성환읍 복모리(복모교)	지류

Table 2. 수계별 유역면적 점유율

수 계	유역면적(㎢)	비율(%)	비 고
합 계	8,214	100.0	
금강수계	3,423	41.7	
삽교수계	1,640	20.0	
기타(서해)수계	2,849	34.7	
안성천수계	302	3.7	

2. 조사방법

시료 채취는 시료의 성상, 물의 흐름, 하상 등 현장여건을 감안하여 가능한 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 때 수체(Water body)의 대표성과 기존 자료와의 연속성을 확보할 수 있는 지점에서 2019년 1월부터 12월까지 매월 1회 채수하였으며, 조사항목은 매월 생물화학적산소요구량(BOD) 등 19항목을, 분기에는 카드뮴(Cd) 등 8항목을 추가하여 27항목을 수질오염공정시험기준에 따라 분석하였다(Table 3).

Table 3. 조사시기별 조사항목

조사시기	조 사 항 목
매 월 (19항목)	수온, pH, DO, BOD, COD, TOC, SS, T-N, NH_3-N, NO_3-N, T-P, 페놀류, 전기전도도, 분원성대장균군수, 총대장균군수, DTN, DTP, PO_4-P, 클로로필-a
분 기 (27항목)	Cd, CN, Pb, Cr^{6+}, As, Hg, ABS, Sb 항목 추가

Ⅲ. 결과 및 고찰

하천 수질측정망 31개 지점에 대한 월별 BOD 측정결과는 Table 4와 같으며, 연평균 BOD 농도범위는 1.3(당진천) ~ 9.8(성환천) ㎎/L로 조사되었다. 전체 조사대상 하천의 「환경정책기본법」[별표]에 따른 생활환경기준(하천) 등급은 Ⅰa등급(매우좋음)은 없었으며, Ⅰb등급(좋음) 7지점, Ⅱ등급(약간좋음) 13지점, Ⅲ등급(보통) 5지점, Ⅳ등급(약간나쁨) 4지점, Ⅴ등급(나쁨) 2지점으로 나타났다(Table 5).

Table 4. 2019년도 월별 BOD 측정결과 (단위 : ㎎/L)

구	분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	등급
	대교	2.8	1.0	1.0	1.3	0.4	3.5	2.1	1.8	0.7	0.5	1.5	1.2	1.5	Ⅰb
	조천	2.5	1.2	0.7	1.4	1.8	2.3	2.9	3.0	0.6	0.3	0.9	1.3	1.6	Ⅰb
	지천	2.5	0.6	1.8	1.0	1.7	2.6	2.1	2.5	0.8	0.8	0.4	1.4	1.5	Ⅰb
	노성	2.2	1.1	1.9	1.4	3.8	3.4	3.0	2.9	1.3	0.7	0.8	2.3	2.1	Ⅱ
금	석성	2.1	1.2	3.1	1.8	5.0	2.8	2.2	2.6	1.9	2.2	0.9	2.5	2.4	Ⅱ
강	길산	2.2	1.0	1.9	4.1	4.7	5.1	4.1	6.4	2.9	3.5	2.9	1.2	3.3	Ⅲ
수	은산	3.1	0.4	2.2	1.2	1.4	5.0	6.2	7.0	1.3	0.5	0.4	1.3	2.5	Ⅱ
계	두계1	2.0	1.5	2.0	0.8	1.3	2.6	2.0	1.0	1.1	0.7	0.4	1.9	1.4	Ⅰb
	수철	2.2	0.7	1.2	1.5	6.2	3.8	2.6	1.4	1.2	1.5	1.6	2.5	2.2	Ⅱ
	방축	13.2	2.9	4.4	7.0	5.4	4.1	4.2	1.9	7.1	6.0	7.2	11.4	6.2	Ⅳ
	논산1	1.8	0.5	1.2	1.2	1.0	1.8	0.7	0.8	0.7	0.3	5.5	2.2	1.5	Ⅰb
	논산2	2.5	1.2	2.4	2.6	2.1	3.7	2.4	3.9	1.2	1.7	1.0	2.1	2.2	Ⅱ
	천안1	5.4	2.7	2.5	3.1	5.0	8.0	2.2	3.7	2.6	2.7	3.8	2.5	3.7	Ⅲ
삽	천안2	8.0	14.7	12.0	7.6	15.3	15.3	3.5	6.1	3.7	1.7	6.9	9.4	8.7	Ⅴ
교	원성	2.5	0.7	1.1	3.2	2.1	3.4	1.4	1.8	2.4	1.4	8.0	4.0	2.7	Ⅱ
천	삼용	6.5	0.4	0.8	1.2	1.1	1.6	0.6	0.8	0.8	4.0	2.8	2.1	1.9	Ⅰb
수	온천	9.3	4.2	1.9	2.4	4.1	3.2	4.9	1.5	2.5	2.4	4.5	7.1	4.0	Ⅲ
계	무한1	2.3	1.0	2.3	2.0	4.0	4.2	2.8	8.2	1.4	0.9	1.4	0.7	2.6	Ⅱ
	무한2	3.0	0.5	2.3	1.6	3.8	1.7	3.8	7.6	1.4	1.9	3.1	2.4	2.8	Ⅱ

Table 4. continued

구	분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균	등급
기타수계	판교	1.6	0.7	2.0	2.3	1.5	1.5	5.6	9.2	1.7	1.3	2.5	2.0	2.7	II
	대천	4.8	0.4	4.8	0.8	1.2	1.6	2.1	3.1	1.5	1.6	2.1	2.9	2.2	II
	광천	3.2	2.1	5.4	5.3	8.6	2.6	20.5	10.4	5.3	6.6	6.3	2.1	6.5	IV
	와룡	1.5	1.7	2.1	1.5	2.0	3.5	4.2	7.1	0.3	0.4	1.8	1.1	2.3	II
	청지	3.4	3.2	2.5	3.7	5.1	6.8	6.6	4.9	2.0	4.6	2.5	4.7	4.2	III
	당진	1.1	1.6	2.2	1.8	1.4	1.2	2.0	0.5	0.7	0.5	0.9	1.1	1.3	I b
	둔당	1.5	2.3	2.7	3.6	3.7	5.0	7.4	1.9	1.6	1.9	0.9	1.2	2.8	II
	도당	1.7	2.0	2.6	4.0	4.6	3.0	2.9	1.4	0.5	0.6	1.0	1.2	2.1	II
	태안	5.9	6.6	7.6	3.2	7.4	5.7	5.8	5.8	2.9	7.8	3.9	3.4	5.5	IV
	장검	1.4	2.1	4.8	3.2	4.6	4.7	6.2	2.0	1.7	3.0	2.8	2.2	3.2	III
안성천수계	성환	6.8	4.3	4.6	9.4	14.4	12.0	18.0	7.4	11.1	17.1	6.0	6.5	9.8	V
	입장	3.5	1.8	1.6	3.1	9.2	8.0	12.3	6.8	9.0	3.0	1.3	2.0	5.1	IV

Table 5. 2019년도 수질등급 현황(BOD 기준) (단위 : mg/L)

등급기준	계	I a(매우좋음) (1 mg/L이하)	I b(좋음) (2 mg/L이하)	II(약간좋음) (3 mg/L이하)	III(보통) (5 mg/L이하)	IV(약간나쁨) (8 mg/L이하)	V(나쁨) (10 mg/L이하)	VI(매우나쁨) (10 mg/L초과)
지점수(개)	31	0	7	13	5	4	2	0
비 율(%)	100	0.0	22.6	41.9	16.1	12.9	6.5	0.0

각 수계별 수질등급 현황은 Table 6과 같으며, 2019년 BOD 평균값은 금강수계 2.4 mg/L, 삽교천수계 3.8 mg/L, 안성천수계 7.5 mg/L, 기타(서해)수계 3.3 mg/L로 나타나 금강수계가 가장 낮고 기타(서해)수계, 삽교천수계, 안성천수계 순으로 높게 나타났다. BOD 농도범위는 금강수계 1.4 ~ 6.2 mg/L, 삽교천수계 1.9 ~ 8.7 mg/L, 안성천수계 5.1 ~ 9.8 mg/L, 기타(서해)수계 1.3 ~ 6.5 mg/L로 조사되었으며, 「환경정책기본법」[별표]에 따른 하천 등급은 금강수계 II 등급(약간좋음), 삽교천수계와 기타(서해)수계가 III 등급(보통), 안성천수계는 IV 등급(약간나쁨)으로 나타났다. 하천 수질측정망 31개 지점의 연도별 수질등급 변화추이와 수계별 BOD 평균 변화추이는 Table 7과 Fig. 1과 같으며, 연도별 III 등급(보통, BOD 5.0 mg/L이하) 이내 하천 백분율은 Fig. 2와 같다.

Table 6. 2019년도 수계별 수질등급 현황 (BOD 기준)

등 급	상태(캐릭터)	지점수	수계구분	하 천 명
Ⅰa(매우좋음) (1 ㎎/L이하)		0	금강수계	-
			삽교천수계	-
			기타(서해)수계	-
			안성천수계	-
Ⅰb(좋음) (2 ㎎/L이하)		7	금강수계	대교천, 두계천, 지천, 조천, 논산천1
			삽교천수계	삼용천
			기타(서해)수계	당진천
			안성천수계	-
Ⅱ(약간좋음) (3 ㎎/L이하)		13	금강수계	석성천, 은산천, 수철천, 노성천, 논산천2
			삽교천수계	원성천, 무한천1, 무한천2
			기타(서해)수계	판교천, 대천천, 둔당천, 와룡천, 도당천
			안성천수계	-
Ⅲ(보통) (5 ㎎/L이하)		5	금강수계	길산천
			삽교천수계	온천천, 천안천1
			기타(서해)수계	청지천, 장검천
			안성천수계	-
Ⅳ(약간나쁨) (8 ㎎/L이하)		4	금강수계	방축천
			삽교천수계	-
			기타(서해)수계	태안천, 광천천
			안성천수계	입장천
Ⅴ(나쁨) (10 ㎎/L이하)		2	금강수계	-
			삽교천수계	천안천2
			기타(서해)수계	-
			안성천수계	성환천
Ⅵ(매우나쁨) (10 ㎎/L초과)		0	금강수계	-
			삽교천수계	-
			기타(서해)수계	-
			안성천수계	-

Table 7. 연도별 수질등급 변화추이(BOD 기준) (단위 : 개소)

등급 \ 연도	'14년도	'15년도	'16년도	'17년도	'18년도	'19년도
계	31(100%)	31(100%)	31(100%)	31(100%)	31(100%)	31(100%)
Ⅰa(매우좋음) (1 ㎎/L이하)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(6.5)	2(6.5)	0(0.0)
Ⅰb(좋음) (2 ㎎/L이하)	7(22.6)	11(35.5)	8(25.8)	9(29.0)	10(32.3)	7(22.6)
Ⅱ(약간좋음) (3 ㎎/L이하)	8(25.8)	10(32.2)	8(25.8)	2(6.5)	7(22.6)	13(41.9)
Ⅲ(보통) (5 ㎎/L이하)	8(25.8)	6(19.4)	10(32.3)	12(38.7)	9(29.0)	5(16.1)
Ⅳ(약간나쁨) (8 ㎎/L이하)	6(19.3)	4(12.9)	3(9.7)	4(12.9)	3(9.7)	4(12.9)
Ⅴ(나쁨) (10 ㎎/L이하)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(6.5)	0(0.0)	2(6.5)
Ⅵ(매우나쁨) (10 ㎎/L초과)	2(6.5)	0(0.0)	2(6.5)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

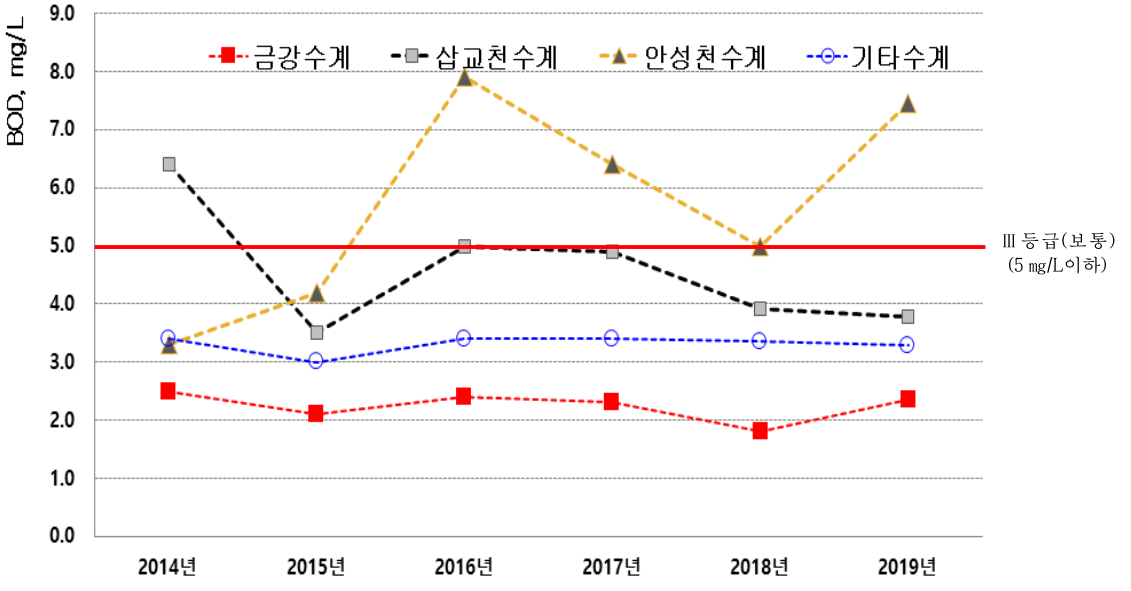


Fig. 1. 수계별 BOD 평균 변화 추이.

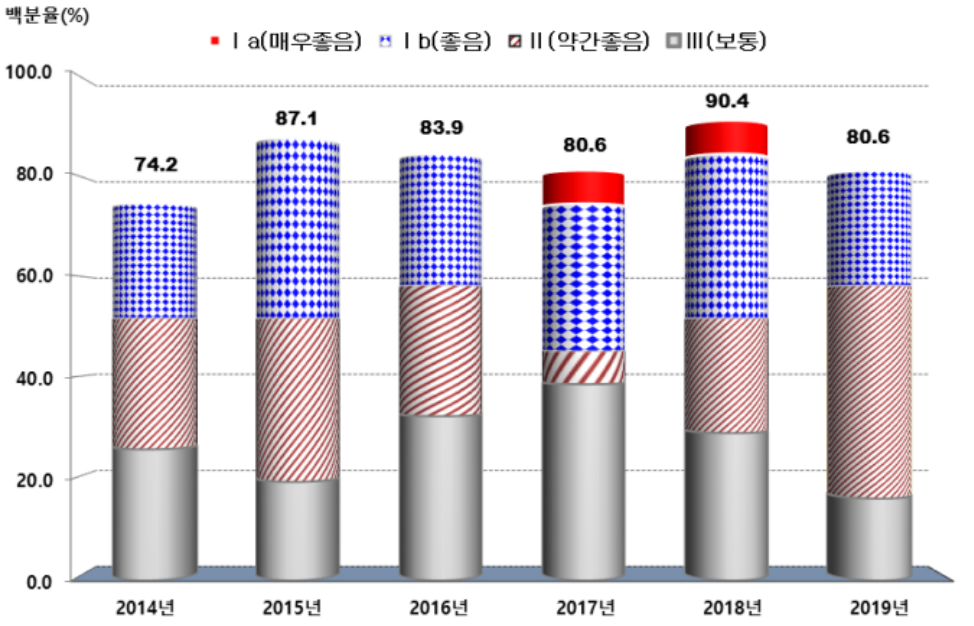


Fig. 2. 연도별 Ⅲ등급 현황.

Ⅳ. 결 론

하천 수질측정망 31개 지점에 대한 수질오염도 조사·분석한 결과는 다음과 같다.

1. 하천 수질측정망 31개 지점의 연평균 BOD 농도범위는 1.3 ~ 9.8 ㎎/L이었으며, 생활환경기준 Ⅰb등급(좋음) 7지점, Ⅱ등급(약간좋음) 13지점, Ⅲ등급(보통) 5지점, Ⅳ등급(약간나쁨) 4지점, Ⅴ등급(나쁨) 2지점, Ⅰa등급(매우좋음)과 Ⅵ등급(매우나쁨)은 없는 것으로 나타났다.
2. 생활환경기준 Ⅲ등급(보통) 이내의 하천은 25지점(80.6%)으로, 2017년 25지점(80.6%)과 동일하였으나, 2018년 28지점(90.3%)에 비해 10.7% 감소하였다.
3. 수계별로는 생활환경기준 Ⅲ등급(보통) 이내 25지점 중 금강수계 11지점, 삽교천수계 6지점, 기타수계 8지점이었으며, 연평균 BOD 농도는 금강수계 2.4 ㎎/L, 삽교천수계 3.8 ㎎/L, 안성천수계 7.5 ㎎/L, 기타수계 3.3 ㎎/L로 조사되었다.

호소 수질측정망 측정결과 분석

송현실, 김증운, 황윤주, 유지호, 이낙현, 이지학, 김재식

환경조사과

Ⅰ. 서 론

고품질 농작물 재배에 필요한 농업용수의 수질개선을 위하여 도내 호소 중 수질상태 파악이 필요한 100지점을 선정하여 호소수질 측정망을 운영하고 있다. 호소수질의 지속적인 모니터링을 통하여 호소의 특성과 수질 변화를 분석·평가하고, 그 결과를 토대로 효과적인 호소 관리 방안을 수립하는 등 수질개선 정책수립을 위한 기초자료를 제공함에 있다.

Ⅱ. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

충청남도 호소 수질측정망 운영계획(道 수질관리과-936('12.01.26), 물관리정책과-2501('15.03.04))에 따라 수혜면적 및 유효저수량 등을 고려하여 100개 지점을 선정, 운영하고 있으며 호소 수질측정망 운영 조사대상은 Table 1과 같다.

2. 조사방법

시료 채취는 시료 성상 등의 변화를 고려하여 가능한 수질이 안정된 상태라고 판단되는 때 대표적인 지점을 선택, 2019년 3, 6, 9, 11월에 4회 실시하였다. 검사항목은 13개 항목(pH, DO, COD, TOC, SS, T-N, T-P, 전기전도도, 클로로필-a, Cu, Pb, Cd, Cl^-)을 조사하였고, 시험방법은 수질오염공정시험기준에 따라 분석하였다.

Table 1. 호소 수질측정망 운영현황

시·군	저수지명	위치			유역면적 (ha)	수혜면적 (ha)	총저수량 (천㎥)	유효저수량 (천㎥)
		시군	읍면	동리				
계	100				15,529.1	4,242.2	20,609.1	19,243.5
천안	11				2,152.0	368.1	3,047.5	2,712.0
	천호	천안	-	신부	850.0	36.0	1,396.0	1,249.0
	어룡	천안	성환	어룡	107.0	60.0	110.0	92.0
	매주	천안	성환	매주	130.0	27.0	201.0	197.0
	율금	천안	성환	율금	65.0	27.0	124.0	122.0
	남창	천안	성거	송남	100.0	37.0	154.0	145.0
	신월	천안	성거	소우	94.0	27.0	201.0	200.0
	왕림	천안	성환	왕림	60.0	19.0	50.1	49.0
	직산	천안	직산	삼은	217.0	21.0	142.0	84.0

Table 1. continued

시·군	저수지명	위치			유역면적 (ha)	수혜면적 (ha)	총저수량 (천㎥)	유효저수량 (천㎥)
		시군	읍면	동리				
천안	발산	천안	수신	발산	69.0	11.0	75.7	64.0
	성거	천안	성거	천흥	100.0	15.0	138.0	72.0
	마정	천안	직산	마정	360.0	88.1	455.7	438.0
공주	2				303.0	50.9	206.8	188.7
	월곡	공주	의당	월곡	253.0	35.5	203.0	185.0
	봉명	공주	계룡	봉명	50.0	15.4	3.8	3.7
보령	22				2,831.0	746.3	2,603.0	2,590.1
	구수	보령	주포	마강	169.0	55.6	135.0	135.0
	구	보령	웅천	수부	110.0	16.7	45.0	43.0
	대야	보령	남포	제석	10.0	5.0	16.0	16.0
	삼곡1	보령	주산	삼곡	61.0	25.8	8.0	8.0
	삼곡2	보령	주산	삼곡	27.0	20.0	6.0	6.0
	수부	보령	웅천	수부	218.0	97.7	296.0	296.0
	수지	보령	주포	연지	114.0	51.1	97.0	97.0
	신송	보령	청소	신송	36.0	41.2	122.0	122.0
	신흥1	보령	남포	신흥	70.0	6.0	6.0	6.0
	신흥2	보령	남포	신흥	60.0	5.0	1.0	1.0
	야현	보령	청소	야현	52.0	3.0	14.0	14.0
	양기1	보령	남포	양기	88.0	25.0	70.0	67.0
	용제	보령	주산	야룡	188.0	50.6	157.0	157.0
	월티	보령	청라	라원	344.0	98.2	531.0	531.0
	유곡	보령	주산	유곡	108.0	17.9	110.0	110.0
	은포	보령	주교	은포	191.0	13.0	64.0	64.0
	의평	보령	청라	의평	165.0	25.9	136.0	136.0
	장곡	보령	청소	장곡	363.0	17.3	114.0	108.0
	죽림	보령	청소	죽림	162.0	43.0	122.0	122.0
	평리	보령	웅천	평	141.0	21.8	191.0	189.1
	해창	보령	주교	관창	19.0	60.0	96.0	96.0
	황룡	보령	청라	황룡	135.0	46.5	266.0	266.0
아산	6				1,319.0	335.5	1,572.0	1,286.9
	신봉	아산	영인	신봉	228.0	54.4	200.0	160.0
	문방	아산	인주	문방	228.0	61.8	286.0	168.0
	동천	아산	음봉	동천	107.0	18.0	115.0	90.9
	신정	아산	음봉	신정	80.0	31.8	169.0	133.0
	동암	아산	음봉	동암	234.0	63.8	387.0	382.0
	수철	아산	배방	수철	442.0	105.7	415.0	353.0

Table 1. continued

시·군	저수지명	위치			유역면적 (ha)	수혜면적 (ha)	총저수량 (천㎥)	유효저수량 (천㎥)
		시군	읍면	동리				
서산	6				1,109.0	365.3	2,190.0	2,114.6
	마룡	서산	부석	마룡	114.0	39.8	350.1	345.7
	용현	서산	운산	용현	123.0	33.2	357.3	357.3
	지곡	서산	지곡	도성	135.0	44.6	306.6	306.6
	대산	서산	대산	대로	335.0	101.9	479.0	408.0
	강수	서산	부석	강수	140.0	37.0	96.0	96.0
	모월	서산	인지	모월	262.0	108.8	601.0	601.0
논산	13				1,195.0	415.2	1,594.9	1,558.6
	월명	논산	노성	송당	69.0	24.6	44.0	41.0
	고내	논산	연무	고내	199.0	77.0	234.0	234.0
	고합	논산	연무	황화정	152.0	63.6	231.0	231.0
	강청	논산	가야곡	강청	178.0	70.1	323.0	323.0
	임화	논산	양촌	임화	191.0	41.2	393.0	393.0
	소곡	논산	노성	읍내	120.0	18.4	34.5	29.0
	아곡	논산	부적	신교	50.0	44.6	151.4	151.4
	소룡	논산	연무	소룡	70.0	28.0	100.0	85.0
	석종	논산	상월	석종	39.0	9.0	19.4	18.2
	지경	논산	상월	지경	50.0	11.0	17.2	15.0
	평촌	논산	부적	반송	15.0	7.0	19.0	15.0
	국동	논산	가야곡	함적	43.0	8.7	11.6	10.4
	서당	논산	양촌	반곡	19.0	12.0	16.9	12.6
당진	4				644.0	111.0	521.2	366.0
	당산	당진	송산	당산	170.0	30.0	37.0	37.0
	백미	당진	합덕	대전	220.0	28.0	246.0	107.0
	온동	당진	고대	당진포	150.0	23.0	144.0	140.0
	항곡	당진	고대	항곡	104.0	30.0	94.2	82.0
금산	5				1,512.0	340.6	1,303.5	1,303.5
	화림	금산	금성	화림	462.0	95.2	410.8	410.8
	숭암	금산	추부	장대	358.0	141.0	453.5	453.5
	지동	금산	추부	용지	278.0	54.2	163.7	163.7
	장산	금산	추부	요광	184.0	20.2	220.5	220.5
	홍도	금산	남일	신정	230.0	30.0	55.0	55.0
부여	3				357.0	120.4	678.0	615.0
	두곡	부여	임천	두곡	92.0	21.7	111.0	100.0
	가신	부여	임천	가신	200.0	62.3	430.0	386.0
	마하동	부여	세도	귀덕	65.0	36.4	137.0	129.0

Table 1. continued

시·군	저수지명	위치			유역면적 (ha)	수혜면적 (ha)	총저수량 (천㎥)	유효저수량 (천㎥)
		시군	읍면	동리				
서천	1				109.1	53.0	167.0	167.0
	안치	서천	비인	성북	109.1	53.0	167.0	167.0
청양	10				1,116.0	475.7	1,819.5	1,708.7
	신리	청양	화성	수정	68.0	32.0	103.0	99.0
	화암	청양	화성	화암	170.0	64.4	317.0	314.0
	방한	청양	비봉	방한	100.0	70.0	149.0	147.0
	용천	청양	비봉	용천	102.0	40.0	136.0	131.0
	사점	청양	비봉	사점	220.0	99.9	333.3	328.0
	수정	청양	화성	수정	106.0	52.9	365.0	322.0
	갈망골	청양	비봉	강정	55.0	28.0	16.0	15.0
	관산2	청양	비봉	관산	143.0	11.9	28.7	28.7
	신정	청양	화성	신정	75.0	26.6	49.0	49.0
	대박	청양	정산	대박	77.0	50.0	322.5	275.0
홍성	3				535.0	174.3	779.0	779.0
	벽정	홍성	광천	벽계	210.0	68.8	198.0	198.0
	월암	홍성	금마	봉서	205.0	40.5	320.0	320.0
	광천	예산	덕산	광천	120.0	65.0	261.0	261.0
예산	2				394.0	97.2	735.0	733.0
	보강	예산	광시	대	160.0	77.0	489.0	487.0
	상가	예산	덕산	상가	234.0	20.2	246.0	246.0
태안	12				1,953.0	588.7	3,391.7	3,120.4
	사창	태안	이원	사창	215.0	57.7	446.1	312.8
	반계1	태안	원북	반계	287.0	83.2	446.6	445.0
	신두2	태안	원북	신두	138.0	36.8	182.3	180.5
	송현	태안	소원	의항	258.0	88.3	220.9	219.9
	승언1	태안	안면	승언	176.0	42.2	246.3	244.4
	승언3	태안	안면	정당	104.0	40.7	229.4	228.4
	창기	태안	안면	창기	94.0	32.9	309.1	264.7
	지포	태안	안면	중장	127.0	70.8	269.2	268.7
	신야	태안	안면	신야	386.0	73.8	579.0	527.9
	황촌3	태안	원북	황촌	62.0	11.5	56.0	56.0
	장곡	태안	고남	장곡	74.0	46.7	395.3	364.5
	구들	태안	소원	의항	32.0	4.1	11.5	7.6

Ⅲ. 조사결과

호소 수질측정망 100개 지점에 대한 분기별 TOC 측정결과는 Table 2와 같으며, 연평균 TOC 농도범위는 1.2(보령 월티) ~ 13.2(천안 어룡) ㎎/L으로 나타났다.

Table 2. 호소 수질측정망 TOC 측정결과 (단위 : ㎎/L)

시·군명	저수지명	3월	6월	9월	11월	평균	등급
천안시	천호	3.1	3.2	3.9	3.2	3.4	Ⅱ
	어룡	24.2	9.4	9.6	9.5	13.2	Ⅵ
	매주	5.1	5.0	6.1	4.3	5.1	Ⅳ
	율금	3.8	4.1	6.0	4.8	4.7	Ⅲ
	남창	3.5	3.1	4.5	4.4	3.9	Ⅱ
	신월	4.8	4.3	6.5	5.7	5.3	Ⅳ
	왕림	9.5	8.3	9.3	7.0	8.5	Ⅵ
	직산	4.0	5.9	5.2	3.9	4.7	Ⅲ
	발산	2.3	2.3	3.3	2.6	2.6	Ⅰb
	성거	4.7	5.3	6.4	2.9	4.8	Ⅲ
	마정	3.5	4.2	5.1	4.6	4.4	Ⅲ
공주시	월곡	1.5	2.2	2.9	2.8	2.3	Ⅰb
	봉명	4.6	5.9	6.2	4.8	5.4	Ⅳ
보령시	구수	3.0	4.8	4.5	3.8	4.0	Ⅱ
	구	1.2	1.8	4.1	3.3	2.6	Ⅰb
	대야	2.1	1.8	5.8	4.5	3.5	Ⅱ
	삼곡1	2.1	3.0	3.8	3.3	3.0	Ⅰb
	삼곡2	2.1	2.9	3.6	3.1	2.9	Ⅰb
	수부	2.3	2.7	2.9	2.9	2.7	Ⅰb
	수지	3.4	4.6	5.0	4.7	4.4	Ⅲ
	신송	17.5	11.3	8.1	7.6	11.1	Ⅵ
	신흥1	1.6	2.9	3.7	2.5	2.7	Ⅰb
	신흥2	1.3	2.9	3.6	2.6	2.6	Ⅰb
	야현	2.9	6.2	4.6	4.5	4.5	Ⅲ
	양기1	2.3	3.5	3.5	3.2	3.1	Ⅱ
	용제	2.5	4.2	3.8	3.9	3.6	Ⅱ
	월티	0.7	1.3	1.5	1.3	1.2	Ⅰa
	유곡	3.2	4.2	5.3	4.9	4.4	Ⅲ
	은포	5.1	6.5	7.6	5.2	6.1	Ⅴ
	의평	2.5	3.1	3.7	3.2	3.1	Ⅱ
	장곡	3.3	5.8	5.1	4.1	4.6	Ⅲ
	죽림	2.8	3.6	4.0	3.8	3.5	Ⅱ
	평리	1.0	1.4	0.8	1.5	1.2	Ⅰa
	해창	2.9	6.4	5.1	5.1	4.9	Ⅲ
	황룡	1.5	1.2	1.6	1.4	1.4	Ⅰa

Table 2. continued

시·군명	저수지명	3월	6월	9월	11월	평균	등급
아산시	신봉	4.4	5.4	5.4	4.7	5.0	Ⅲ
	문방	11.1	7.4	5.3	5.8	7.4	Ⅴ
	동천	3.3	4.2	5.4	4.4	4.3	Ⅲ
	신정	4.6	5.4	5.3	4.7	5.0	Ⅲ
	동암	4.3	4.6	5.1	4.4	4.6	Ⅲ
	수철	2.3	3.0	3.4	2.8	2.9	Ⅰb
서산시	마룡	7.0	9.5	7.9	7.0	7.9	Ⅴ
	용현	3.1	3.8	4.8	3.3	3.7	Ⅱ
	지곡	5.6	6.3	5.3	4.7	5.5	Ⅳ
	대산	4.3	4.2	5.0	5.0	4.6	Ⅲ
	강수	13.7	11.6	8.3	7.7	10.3	Ⅵ
	모월	5.6	7.8	6.3	10.1	7.5	Ⅴ
논산시	월명	2.6	2.6	3.9	3.9	3.3	Ⅱ
	고내	1.4	1.4	4.5	3.4	2.7	Ⅰb
	고합	1.5	1.5	4.2	3.5	2.7	Ⅰb
	강청	2.4	2.4	4.0	3.1	3.0	Ⅰb
	임화	1.8	1.8	1.8	2.3	1.9	Ⅰa
	소곡	2.9	2.9	6.6	4.4	4.2	Ⅲ
	아곡	2.8	2.8	4.0	3.1	3.2	Ⅱ
	소룡	1.4	1.4	2.1	1.5	1.6	Ⅰa
	석종	4.4	4.4	5.6	4.0	4.6	Ⅲ
	지경	4.7	4.7	3.6	4.4	4.4	Ⅲ
	평촌	1.7	1.7	3.6	3.4	2.6	Ⅰb
	국동	3.2	3.2	2.3	3.6	3.1	Ⅱ
	서당	4.1	4.1	3.5	3.5	3.8	Ⅱ
당진시	당산	8.0	7.7	5.0	5.4	6.5	Ⅴ
	백미	6.8	6.9	4.8	5.5	6.0	Ⅳ
	온동	5.1	5.9	5.3	4.5	5.2	Ⅳ
	항곡	3.4	4.0	4.3	4.5	4.1	Ⅲ
금산군	화림	2.0	2.6	3.8	4.4	3.2	Ⅱ
	숭암	1.9	3.0	4.4	3.5	3.2	Ⅱ
	지동	1.9	3.1	3.5	2.4	2.7	Ⅰb
	장산	2.0	1.9	2.1	2.4	2.1	Ⅰb
	홍도	2.7	2.2	4.6	3.3	3.2	Ⅱ
부여군	두곡	2.0	3.7	3.1	2.4	2.8	Ⅰb
	가신	3.3	3.6	5.0	3.3	3.8	Ⅱ
	마하동	5.7	5.8	7.0	5.6	6.0	Ⅳ

Table 2. continued

시・군명	저수지명	3월	6월	9월	11월	평균	등급
서천군	안치	2.5	3.0	4.1	4.3	3.5	II
청양군	신리	1.7	2.3	2.6	1.7	2.1	I b
	화암	1.8	1.8	2.6	2.0	2.1	I b
	방한	1.5	1.6	2.2	2.1	1.8	I a
	용천	2.2	2.5	3.9	3.2	3.0	I b
	사점	2.2	2.0	2.0	2.9	2.3	I b
	수정	1.8	1.9	2.2	1.9	1.9	I a
	갈망골	3.0	3.0	3.5	3.2	3.2	II
	관산2	1.3	2.0	3.8	1.5	2.1	I b
	신정	1.2	1.5	1.3	1.7	1.4	I a
	대박	4.3	5.4	4.5	3.6	4.4	III
태안군	승언1	9.0	11.5	11.2	8.1	10.0	VI
	승언3	6.9	7.3	10.5	9.0	8.4	VI
	사창	3.9	5.4	5.9	5.1	5.1	IV
	반계1	4.6	5.5	7.1	5.1	5.6	IV
	신두2	6.8	6.8	10.1	6.6	7.6	V
	송현	5.1	5.4	8.3	7.0	6.5	V
	창기	9.7	9.4	15.4	9.7	11.0	VI
	지포	5.0	6.9	8.1	5.2	6.3	V
	신야	7.4	8.9	8.1	7.0	7.8	V
	황촌3	3.9	6.8	5.7	5.2	5.4	IV
	장곡	5.6	5.2	5.8	5.8	5.6	IV
	구들	8.7	8.3	7.2	6.9	7.8	V

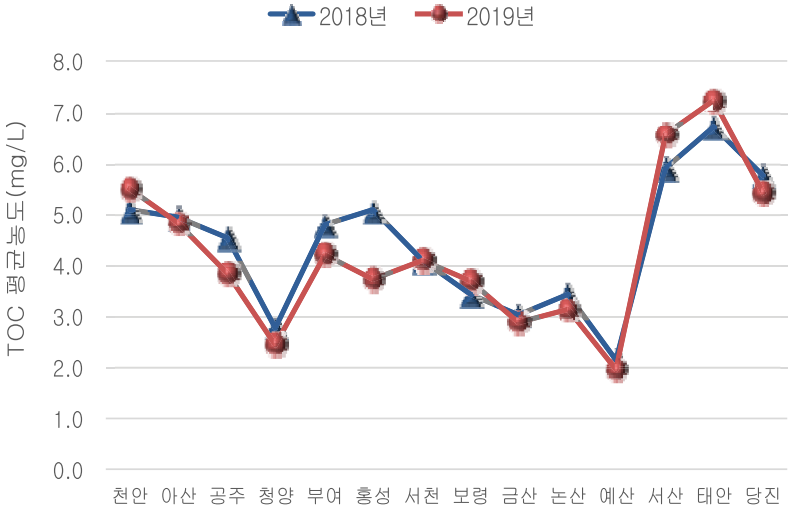


Fig. 1. 전년대비 시군별 TOC 평균농도 추이.

Fig. 1에서와 같이 시군별 TOC 평균농도는 전년과 비슷한 경향을 보였고, 공주시, 부여군, 홍성군은 전년대비 평균농도가 낮아졌으며, 천안시, 서산시, 태안군은 전년보다 다소 높은 평균농도를 보였다.

2019년도 전체 조사대상 호소의 「환경정책기본법」[별표]에 따른 생활환경기준(호소) 등급은 Table 3.과 같이 Ⅰa등급(매우좋음) 9지점, Ⅰb등급(좋음) 23지점, Ⅱ등급(약간좋음) 20지점, Ⅲ등급(보통) 20지점, Ⅳ등급(약간나쁨) 11지점, Ⅴ등급(나쁨) 10지점, Ⅵ등급(매우나쁨)은 7지점으로 나타났다.

청양군 신정과 보령시 월티, 평리는 TOC를 기준으로 등급을 정한 2016년 이후 계속 Ⅰa등급(매우좋음)을 유지하고 있으며, 논산시 소룡과 예산군 상가는 2016년 Ⅰb등급에서 2017년 이후부터 더 좋아진 Ⅰa등급을 유지하고 있다. 반면 천안시 어룡, 왕림과 서산시 강수, 태안군 승언1은 2016년 이후 계속 Ⅵ등급(매우나쁨)을 보이고 있으며, 보령시 신송은 2016년 Ⅴ등급에서 2017년 이후부터 더 나빠진 Ⅵ등급을 나타내고 있다.

Table 3. 2019년 호소수질 등급 현황(TOC 기준)

등 급	상태(캐릭터)	지점수	저 수 지 명
Ⅰa (매우좋음) (2 ㎎/L이하)		9	보령시 - 월티, 평리, 황룡 논산시 - 임화, 소룡 청양군 - 방한, 수정, 신정 예산군 - 상가
Ⅰb (좋음) (3 ㎎/L이하)		23	천안시 - 발산 공주시 - 월곡 보령시 - 구, 삼곡1, 삼곡2, 수부, 신흥1, 신흥2 아산시 - 수철 논산시 - 고내, 고합, 강청, 평촌 금산군 - 지동, 장산 부여군 - 두곡 청양군 - 신리, 화암, 용천, 사점, 관산2 홍성군 - 광천 예산군 - 보강
Ⅱ (약간좋음) (4 ㎎/L이하)		20	천안시 - 천호, 남창 보령시 - 구수, 대야, 양기1, 용제, 의평, 죽림 서산시 - 용현 논산시 - 월명, 아곡, 국동, 서당 금산군 - 화림, 숭암, 홍도 부여군 - 가신 서천군 - 안치 청양군 - 갈망골 홍성군 - 월암

Table 3. continued

등 급	상태(캐릭터)	지점수	저 수 지 명
Ⅲ (보통) (5 ㎎/L이하)		20	천안시 - 율금, 직산, 성거, 마정 보령시 - 수지, 야현, 유곡, 장곡, 해창 아산시 - 신봉, 동천, 신정, 동암 서산시 - 대산 논산시 - 소곡, 석종, 지경 당진시 - 항곡 청양군 - 대박 홍성군 - 벽정
Ⅳ (약간나쁨) (6 ㎎/L이하)		11	천안시 - 매주, 신월 공주시 - 봉명 서산시 - 지곡 당진시 - 백미, 온동 부여군 - 마하동 태안군 - 사창, 반계1, 황촌3, 장곡
Ⅴ (나쁨) (8 ㎎/L이하)		10	보령시 - 은포 아산시 - 문방 서산시 - 마룡, 모월 당진시 - 당산 태안군 - 신두2, 송현, 지포, 신야, 구들
Ⅵ (매우나쁨) (8 ㎎/L초과)		7	천안시 - 어룡, 왕림 보령시 - 신송 서산시 - 강수 태안군 - 승언1, 승언3, 창기

Table 4는 호소 수질질측정망 운영지점의 년도별 수질등급 현황(TOC 기준)을 나타내었으며, Fig. 2는 년도별 Ⅲ(보통)과 Ⅳ (약간나쁨) 이내까지 호소 지점수를 나타내었다.

Table 4. 호소 수질측정망 운영지점의 년도별 수질등급 현황 (TOC기준) (단위 : ㎎/L)

등급기준	계	Ⅰa(매우좋음) (2 ㎎/L이하)	Ⅰb(좋음) (3 ㎎/L이하)	Ⅱ(약간좋음) (4 ㎎/L이하)	Ⅲ(보통) (5 ㎎/L이하)	Ⅳ(약간나쁨) (6 ㎎/L이하)	Ⅴ(나쁨) (8 ㎎/L이하)	Ⅵ(매우나쁨) (8 ㎎/L초과)
2019	100	9	23	20	20	11	10	7
2018	100	7	23	21	21	9	13	6
2017	100	11	18	17	12	9	13	20
2016	100	4	17	18	18	15	19	9

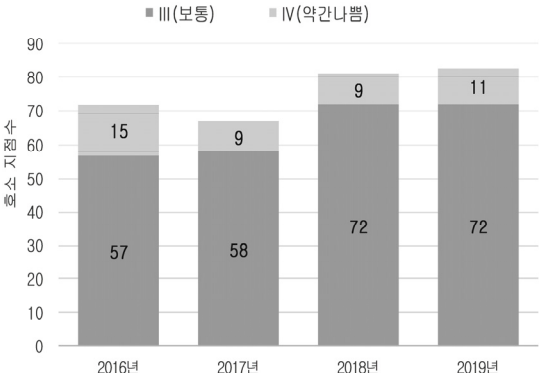


Fig. 2. 년도별 Ⅲ(보통), Ⅳ(약간나쁨) 이내 호소 지점수

Fig. 2에서 보는 바와 같이 Ⅲ(보통), Ⅳ(약간나쁨) 이내 호소 지점수는 2016, 2017년에 비해 2018, 2019년에 더 많아졌다.

Ⅳ. 결 론

호소 수질측정망 100개 지점에 대한 수질오염도 조사·분석한 결과는 다음과 같다.

1. 호소 수질측정망 100개 지점의 연평균 TOC 농도범위는 1.2～13.2 ㎎/L으로 나타났다. 생활환경기준 Ⅰa등급(매우좋음) 9지점, Ⅰb등급(좋음) 23지점, Ⅱ등급(약간좋음) 20지점, Ⅲ등급(보통) 20지점, Ⅳ등급(약간나쁨) 11지점, Ⅴ등급(나쁨) 10지점, Ⅵ등급(매우나쁨)은 7지점이었다.
2. 청양군 신정과 보령시 월티, 평리는 TOC를 기준으로 등급을 정한 2016년 이후 계속 Ⅰa등급(매우좋음)을 유지하고 있고, 논산시 소룡과 예산군 상가는 2016년 Ⅰb등급에서 2017년 이후 더 좋아진 Ⅰa등급을 유지하고 있다. 반면 천안시 어룡, 왕림과 서산시 강수, 태안군 승언1은 2016년 이후 Ⅵ등급(매우나쁨)을 보이고 있고, 보령시 신송은 2016년 Ⅴ등급에서 2017년 이후부터 더 나빠진 Ⅵ등급을 나타내고 있다.
3. 시군별 TOC 평균농도는 전년과 비슷한 경향을 보였으며, 공주시, 부여군, 홍성군은 전년대비 평균농도가 낮아졌으며, 천안시, 서산시, 태안군은 전년보다 다소 높은 평균농도를 보였다.
4. 호소 생활환경기준 Ⅲ등급(보통) 이내의 호소 지점수와 농업용수(Ⅳ등급) 이내 호소 지점수는 2016, 2017년에 비해 2018, 2019년에 더 많아졌다.

토양오염실태조사 검사결과

이지학, 김증운, 송현실, 황윤주, 유지호, 이낙현, 김재식

환경조사팀

Ⅰ. 서 론

토양은 공기, 물과 함께 가장 기본적인 자연환경 구성 요소로서 생태계 물질 순환의 매체로 매우 중요하고 다양한 역할을 수행하고 있다. 토양오염의 특징으로는 다른 환경오염에 비해 유동성이 거의 없으며, 오염이 극심해질 때까지 피해가 잘 드러나지 않을 뿐만 아니라 물이나 공기에 비해 오염물질의 제거가 어렵고, 그 피해가 식량, 지하수 등을 통하여 간접적으로 나타난다. 따라서 정기적으로 오염우려지역이나 취약한 오염원에 대해서는 정부가 직접 관리할 필요가 있다.

토양환경보전법 제5조 ①항에 따르면 “환경부장관은 전국적인 토양오염실태를 파악하기 위하여 측정망을 설치하고 토양오염도를 상시 측정하여야 한다.”라고 명시하고 있고, ②항에서는 “시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 토양오염이 우려되는 해당 지역에 대하여 토양오염의 실태 조사하여야 한다.”라고 토양오염실태조사의 근거를 규정하고 있다.

토양오염실태조사의 목적은 지역별 토양오염 우려지역에 대한 토양오염실태조사를 실시하여 토양오염실태를 파악하고 오염지역은 원인규명과 복원을 통하여 보전을 추진하는 데 있다. 본 조사는 충청남도 15개 시·군을 대상으로 산업단지 및 공장지역, 공장폐수 유입지역, 원광석·고철 등의 보관 사용지역 등 토양오염 가능성이 높은 14개 오염원 지역을 선정하여 토양오염 가능성과 토양오염 실태를 파악하여 그 복원 및 보전의 시급성 등을 종합적으로 판단하기 위함에 그 목적이 있다.

Ⅱ. 조사대상 및 시험방법

1. 조사대상

2019년 충청남도 토양오염실태조사 조사기간은 2019년 1월부터 2019년 12월까지 1년 동안 진행하였으며, 조사대상은 산업단지 및 공장지역, 토지개발지역 등의 중점오염원 필수지역과 그밖의 오염의 가능성이 높은 16개 오염원지역이다. 2019년 조사현황은 충청남도 15개 시·군을 대상으로 총 230지점의 시료(연도별 채취지점수 ’18년 199개, ’17년 190개)를 채취하여 중금속류, 유류, 휘발성유기화합물 등 23개 항목의 토양오염물질을 분석하였으며, 토양오염 가능성, 토양오염 실태파악의 시급성 등을 종합적으로 고려하여 조사하였다. Fig. 1은 토양오염실태조사의 조사절차를 나타낸 것이다.

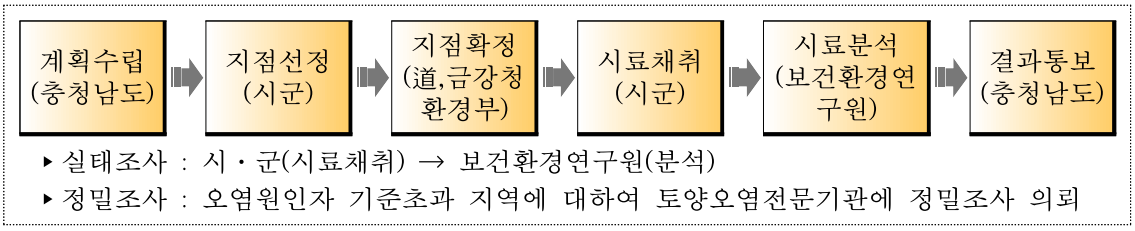


Fig. 1. Investigation procedure of soil survey.

본 조사의 법적근거는 환경정책기본법 제15조(환경상태의 조사)와 토양환경보전법 제5조(토양오염도 측정 등) 및 제15조(토양오염 방지조치 명령 등), 같은 법 시행규칙 제3조(토양오염실태조사)가 있으며, 토양오염실태조사지침(환경부예규 제600호, 2017. 2. 27)이 있고 「2019년 토양오염실태조사 추진계획」(물관리정책과-5366, 2019. 4. 23)지침에 따라 실시되었다.

2. 조사대상 선정

조사대상 선정방법은 토양오염우려지역 자료조사, 현지방문 하여 오염가능성 여부를 조사하여 조사대상 위치, 지목, 면적, 토양오염원·사용이력, 소유주(대표자, 임차인 등) 현황을 파악하여 토양오염으로 예상되는 피해정도, 토양오염 가능성, 위치, 규모, 시급성, 위해성, 지역성 등 영향인자를 판단하여 조사순위를 결정한다. 본 실태조사에서는 산업단지 및 공장지역, 토지개발지역을 중점오염원 필수지역으로 지정하였다. 조사대상 총 230개소 중 주요 대상은 산업단지 및 공장지역 43개소, 원광석·고철등의 보관·사용지역 28개소, 폐기물 처리 및 재활용관련지역 34개소, 어린이 놀이시설지역 15개소, 지하수 오염지역 9개소 등 토양오염 가능성이 높은 지역 및 복원이 필요한 지역과 기타 국가가 정하는 지점에 대하여 조사지점을 선정하였다. 조사지점에 대한 세부사항은 Table 1과 같다.

Table 1. The number of investigation points by administrative district and polluted area

구분	총계	천안	공주	보령	아산	서산	논산	계룡	당진	금산	부여	서천	청양	홍성	예산	태안
계	230	19	17	16	18	18	18	11	18	14	14	13	13	14	14	13
산업단지 및 공장지역	58	4	5	3	5	5	4	4	8	4	3	2	6	1	2	2
공장폐수 유입지역	5	1	-	-	-	-	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-
원광석·고철 등의 보관·사용 지역	21	-	2	1	2	2	3	1	-	1	2	2	1	2	2	-
금속제련소지역	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
폐기물 처리 및 재활용 관련 지역	37	6	6	3	2	2	3	-	2	3	1	3	1	1	1	3
지하수 오염지역	7	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	1	2	-

Table 1. continued

구분	총계	천안	공주	보령	아산	서산	논산	계룡	당진	금산	부여	서천	청양	홍성	예산	태안
교통관련시설지역	29	1	4	3	2	2	2	-	2	2	2	2	2	1	-	4
철도관련 시설 및 철도폐침목사용지역	11	1	-	1	2	-	1	-	-	-	-	1	-	2	3	-
산지등의 복구 및 공유수면매립지역	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
토양오염정화 및 정화토양사용지역	5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-
사고·민원 등 발생지역	7	-	-	1	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
산업단지 주변 등의 주거지역	4	-	-	2	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
어린이 놀이시설지역	26	2	-	1	3	2	2	3	3	1	2	1	-	4	2	-
사격장 관련시설지역	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
토양오염우려기준강화 변경지역	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
토지개발지역	19	4	-	1	2	-	-	1	-	3	3	-	-	2	1	2

지목별 조사지점수 수는 1지역 78개소, 2지역 50개소, 3지역 102개소가 선정되었으며, 1지역의 전이 16개소, 답이 32개소이며, 2지역 중 임야 9개소, 대 22개소, 잡종지 13개소이며, 3지역 공장용지 58개소 잡종지 24개소 순이었다(Table 2, Fig. 2).

Table 2. Sampling Number according to the cited investigation site

구분	1지역(78)									2지역(50)					3지역(102)					
	전	답	과수원	목장용지	대	학교용지	공원	임야	염전	대	창고용지	하천	체육용지	잡종지	공장용지	주차장	도로	철도용지	제방	잡종지
지점수 (230)	16	32	1	1	6	12	10	9	1	22	1	2	2	13	58	5	3	11	1	24

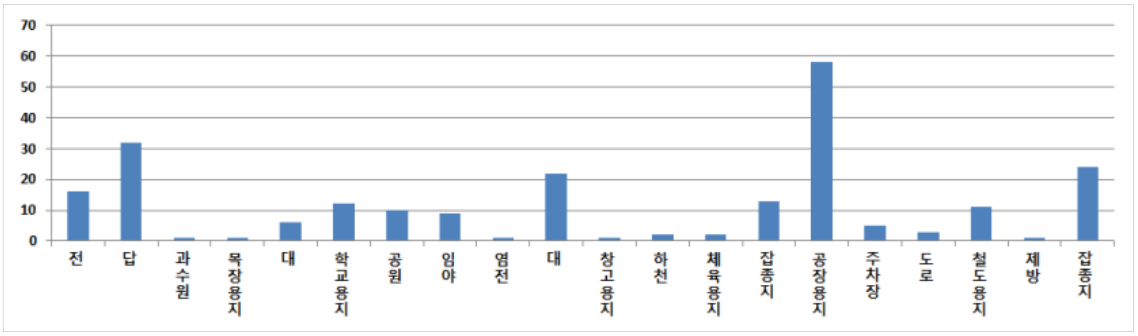


Fig. 2. Soil survey of regional pointed status.

Fig. 3은 행정구역별 지점 비율을 나타낸 것으로 조사대상 지점 수는 천안시 19개소(8%), 아산시 18개소(8%), 논산시 18개소(8%), 당진시 18개소(8%)로 전체 230개소 중 32%를 차지하고 있으며, 그 다음으로는 공주시, 보령시 순 이었다. Fig. 4는 16개 오염원별 조사지점 비율을 나타낸 것으로 산업단지 및 공장지역 58개소(34.7%), 폐기물 처리 및 재활용 관련 지역 37개소(22.2%)로 이 두지역이 전체 조사지점 56.9%에 해당하였으며, 다음으로 교통관련시설 지역 29개소(17.4%), 어린이 놀이시설지역 26개소(15.6%), 토지개발지역 19개소(11.4%) 순으로 나타났다.

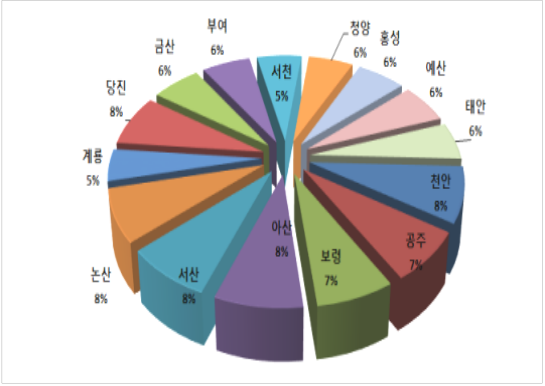


Fig. 3. Area-specific investigation rate.

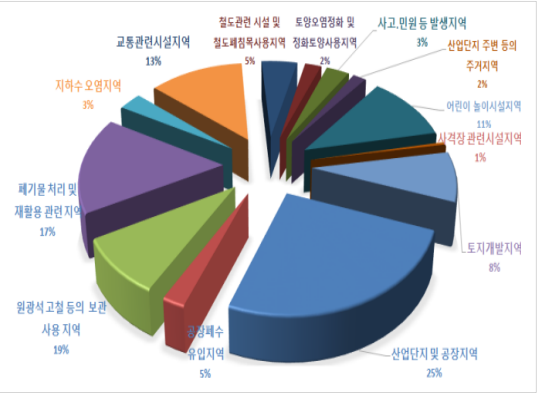


Fig. 4. Regional pollution investigation rate.

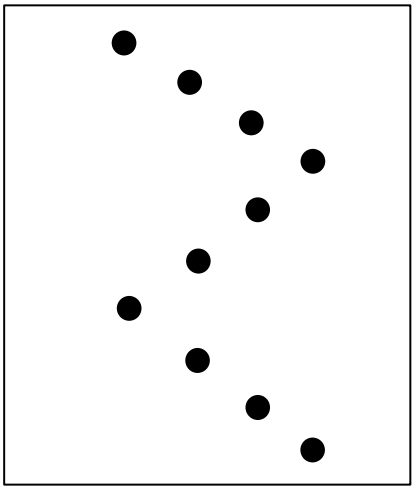
3. 토양시료채취 및 분석

정확한 시료채취를 위하여 시료채취방법에 대한 교육을 실시하였다. 교육 일시는 2019년 5월 10일로 15개 시·군 토양오염실태조사 담당자를 교육대상으로 토양시료 채취방법 및 주의사항에 대해 교육하고, 채취 시료용기를 전달하였다. 시료채취 위치는 자료조사, 현장조사 시에 지형, 풍향, 지하수 유동 등을 고려하여 토양오염 가능성이 가장 높을 것으로 추정되는 곳을 선정하였으며, 시료채취 대상은 확인·추정되는 토양오염 원인과 오염유형에 따라 표토 또는 심토까지 조사하는 것을 원칙으로 하여「지하수 수질측정망 운영계획」에 의한 지하수

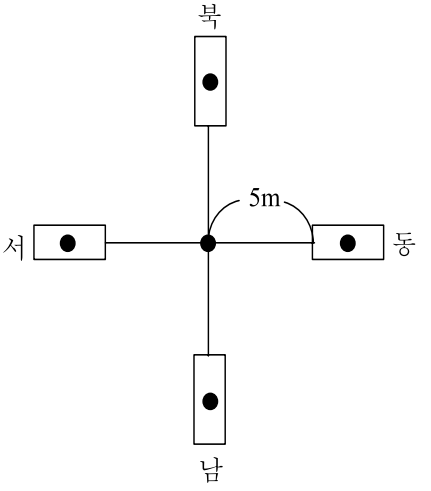
수질조사 결과, 토양오염물질이 지하수 수질기준을 초과한 지역은 표토 및 심토 굴착조사를 실시하였다. 오염원이 대기나 수질에 의한 경우에는 표토를 중심으로 시료 채취하고, 오염원이 지하 저장시설·매립지 등에 의한 경우는 토양정밀조사의 세부방법에 관한 규정의 개황조사 방법에 따라 심도별로 지형에 따라 조절하여 시료를 채취하였다.

시료채취 방법은 대상지역을 대표할 수 있는 토양시료를 채취하기 위해 농경지의 경우는 대상지역 내에서 지그재그 형으로 5개 ~ 10개 지점을 선정(Fig. 5. a)하였다. 채취 한 시료는 잘 혼합하여 대표시료로 1개를 채취하고 공장지역·매립지역·시가지지역 등 농경지가 아닌 기타지역의 경우는 대상지역의 중심이 되는 1개 지점과 주변 4방위의 5 m ~ 10 m 거리에 있는 1개 지점씩 총 5개 지점을 선정하되, 대상지역에 시설물 등이 있어 각 지점간의 간격이 불충분할 경우는 적절히 조절하여 채취하였다(Fig. 5. b).

시안, 유기인화합물, 벤조(a)피렌, 석유계총탄화수소, 페놀류, 폴리클로리네이티드비페닐, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌 시험용 시료는 농경지 또는 기타지역 구분 관계없이 대상지역을 대표할 수 있는 1개 지점 또는 오염의 개연성이 높은 1개 지점을 선정하였다. 선정된 지점에서 토양시료채취는 토양오염공정시험기준 ES 07130 시료의 채취 및 조제방법을 따랐다.



a) Agricultural land



b) Other Regions

Fig. 5. Soil sampling Method.

분석항목은 중금속류 8개 항목(Pb, Cd, Cu, Cr6+, As, Zn, Ni, Hg), 유류 6개 항목 벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌 석유계총탄화수소(TPH), 벤조(a)피렌, 유기용제류 5개 항목 (트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌 1,2-디클로로에탄, 유기인, PCB, 페놀), 기타 유해물질 F, CN, pH 등을 분석항목으로 선정하였다. 분석장비 및 항목은 Table 3과 같다.

Table 3. Analysis instrument according to the analyte in this study

분 석 장 비	항 목
ICP-OES	Pb, Cd, Cu, As, Zn, Ni
수은분석기 Hydera-Ⅱ	Hg
UV-Visible Spectrophotometer	Cr6+, F, CN
GC/MS	유기인, BTEX, TCE, PCE, 1,2-디클로로 에탄, 페놀,벤조(a)피렌
GC-FID	TPH, PCB
pH meter	pH

4. 토양 오염기준

토양오염우려기준은 토양환경보전법 제4조의 2에 "사람의 건강, 재산이나 동·식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있는 토양오염의 기준"으로 정의하고 있으며, 총 21항목으로 1, 2, 3지역으로 구분되어 있다(Table 4).

Table 4. Soil contamination concerns criteria (Unit : ㎎/㎏)

물질	1지역	2지역	3지역
1. 카드뮴	4	10	60
2. 구리	150	500	2,000
3. 비소	25	50	200
4. 수은	4	10	20
5. 납	200	400	700
6. 6가크롬	5	15	40
7. 아연	300	600	2,000
8. 니켈	100	200	500
9. 불소	400	400	800
10. 유기인화합물	10	10	30
11. 폴리클로리네이티드비페닐	1	4	12
12. 시안	2	2	120
13. 페놀	4	4	20
14. 벤젠	1	1	3
15. 톨루엔	20	20	60
16. 에틸벤젠	50	50	340
17. 크실렌	15	15	45
18. 석유계총탄화수소(TPH)	500	800	2,000
19. 트리클로로에틸렌(TCE)	8	8	40
20. 테트라클로로에틸렌(PCE)	4	4	25
21. 벤조(a)피렌	0.7	2	7
22. 1,2-디클로로에탄	5	7	70

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 오염도 분석결과

충청남도 내 230지점의 토양오염실태조사 결과 카드뮴의 농도범위는 0.20 ~ 17.53 ㎎/㎏ 이고 평균농도는 1.64 ㎎/㎏이었다. 토양오염 정화 및 정화토양사용지역의 평균농도 4.73 ㎎/㎏으로 가장 높았고 어린이 놀이시설지역이 가장 낮았다(Fig. 6).

구리의 농도 범위는 0.00 ~ 1765.3 ㎎/㎏으로 평균농도는 43.5 ㎎/㎏이었으며 지역별 구리 평균농도는 토양오염정화 및 정화토양사용지역 132.8 ㎎/㎏으로 가장 높고, 공장폐수유입지역이 12.3 ㎎/㎏으로 가장 낮았다(Fig. 7).

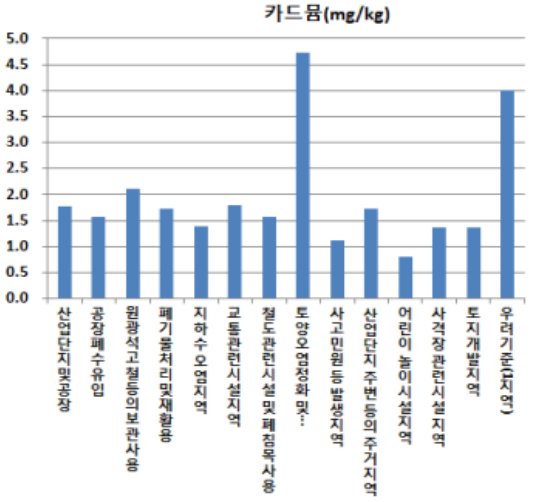


Fig. 6. Cd concentration by Region pollution sources.

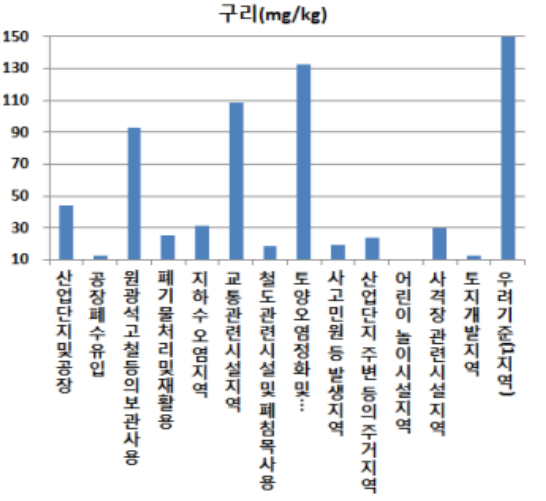


Fig. 7. Cu concentration by Region pollution sources.

비소 분석결과 농도범위는 1.50 ~ 94.10 ㎎/㎏이었으며, 평균농도는 5.98 ㎎/㎏ 이었다. 지역별 비소 평균농도는 폐기물처리 및 재활용이 10.42 ㎎/㎏으로 가장 높았고, 산업단지 주변 등의 주거지역이 가장 낮게 나타났다(Fig. 8).

납 농도 범위는 2.2 ~ 569.3 ㎎/㎏이었고 평균농도는 29.8 ㎎/㎏ 이었다(Fig. 9). 지역별 납 평균는 토양오염정화 및 정화토양사용지역이 67.0 ㎎/㎏으로 가장 높았고 어린이 놀이시설지역이 14.9 ㎎/㎏으로 낮게 나타났다.

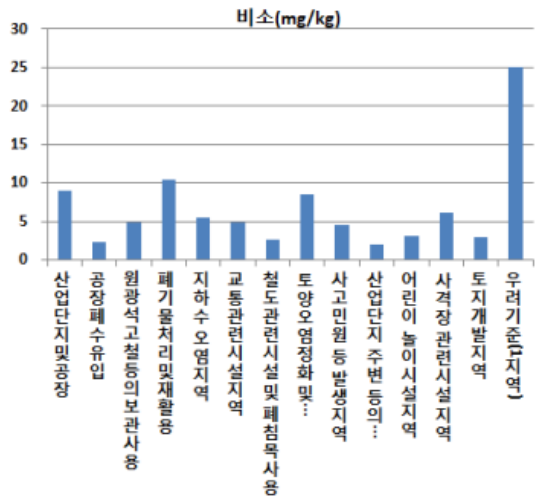


Fig. 8. As concentration by Region pollution sources.

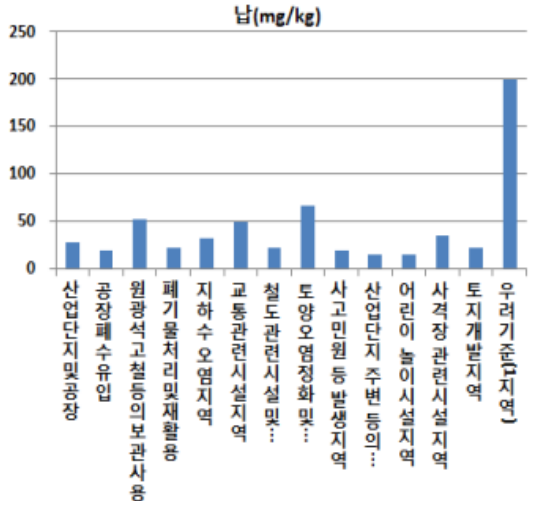


Fig. 9. Pb concentration by Region pollution sources.

아연 분석결과 농도 범위는 7.9 ~ 3954.7 ㎎/㎏이었으며 평균농도는 145.6 ㎎/㎏ 이었고, 지역별 평균농도는 원광석·고철 등 보관·사용지역의 378.7 ㎎/㎏으로 가장 높았고, 어린이 놀이 시설지역의 68.3 ㎎/㎏으로 가장 낮았다(Fig. 10).

니켈 분석결과 농도범위는 1.3 ~ 70.8 ㎎/㎏으로 평균농도는 18.6 ㎎/㎏ 이었으며, 지역별 평균농도는 사격장 관련시설 지역으로 34.8 ㎎/㎏로 가장 높았고, 어린이놀이시설지역이 9.3 ㎎/㎏로 가장 낮았다(Fig. 11).

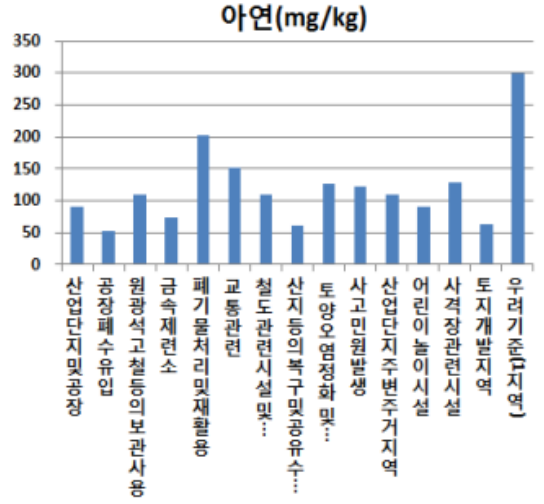


Fig. 10. Zn concentration by Region pollution sources.

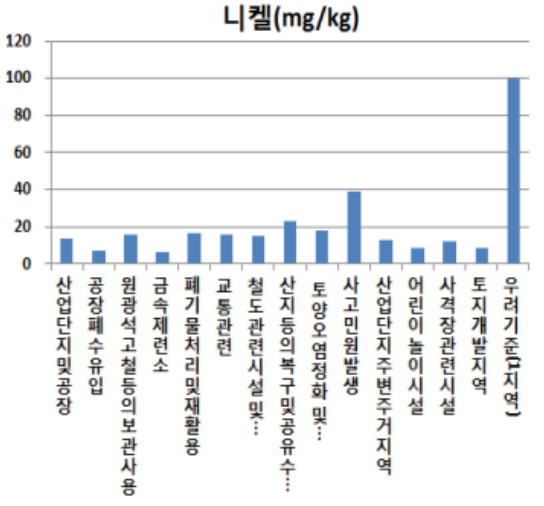


Fig. 11. Ni concentration by Region pollution sources.

유류오염 성분인 TPH 분석결과 농도범위는 51 ~ 586 ㎎/㎏이였다. 지역별 평균농도는 지하수 오염지역이 149 ㎎/㎏으로 가장 높았고, 철도관련시설 및 폐침목사용지역이 83 ㎎/㎏으로 가장 낮았다(Fig. 12).

불소의 분석결과 농도범위는 166 ~ 380 ㎎/㎏으로 지역별 평균농도는 산업단지 및 공장지역이 281 ㎎/㎏으로 가장 높았고, 폐기물처리 및 재활용지역이 193 ㎎/㎏으로 가장 낮았다(Fig 13).

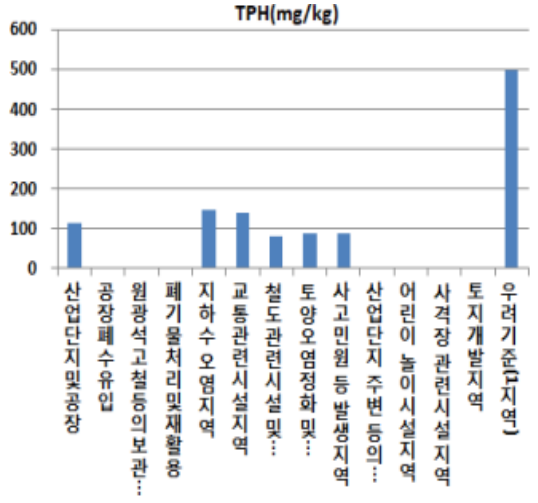


Fig. 12. Zn concentration by Region pollution sources.

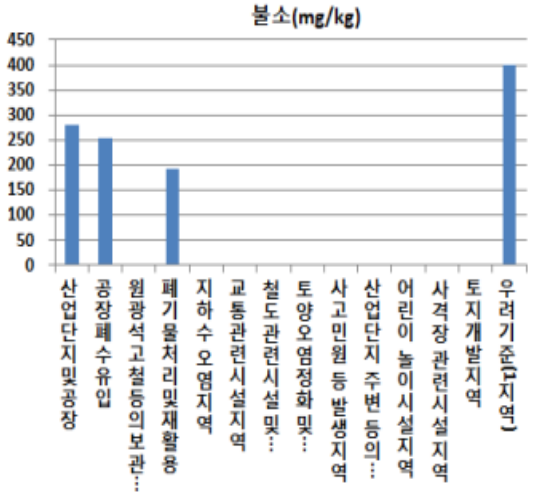


Fig. 13. Ni concentration by Region pollution sources.

2019년 토양오염실태조사 오염원 지목별, 항목별 조사결과는 Table 5에 나타낸 것과 같다.

Table 5. The analytical results of soil contamination by investigation region (1)

조사지역	지점 수	조사항목별 토양오염도 현황(㎎/㎏)								
			카드뮴	구리	비소	수은	납	6가 크롬	아연	니켈	불소
산업단지 및 공장지역	58	평균	1.77	44.4	9.04	0.05	28.3	0.7	139.8	19.2	281
		최고	8.53	966.7	66.10	0.42	319.0	0.8	932.0	68.0	355
		최저	0.70	4.0	1.57	0.01	3.6	0.7	27.0	1.6	248
공장폐수 유입지역	5	평균	1.57	12.3	2.39	0.01	19.4	0.0	95.6	17.2	255
		최고	2.20	17.6	4.00	0.02	24.2	0.0	114.2	22.5	380
		최저	0.87	8.3	1.57	0.01	15.4	0.0	76.8	4.7	166
원광석・고철 등의 보관・사용지역	21	평균	2.12	92.5	4.80	0.11	52.6	0.6	378.7	25.3	-
		최고	6.67	703.0	15.37	0.68	343.0	0.6	3052.0	56.6	-
		최저	0.57	9.4	1.97	0.01	12.4	0.6	52.8	5.8	-

Table 5. continued

조사지역	지점 수	조사항목별 토양오염도 현황(mg/kg)								
			카드뮴	구리	비소	수은	납	6가 크롬	아연	니켈	불소
폐기물 처리 및 재활용관련지역	37	평균	1.72	25.2	10.42	0.05	22.9	0.0	117.4	18.6	193
		최고	3.53	218.0	94.10	0.28	51.6	0.0	327.3	52.3	193
		최저	0.23	0.0	1.50	0.01	7.9	0.0	31.3	4.4	193
지하수 오염지역	7	평균	1.39	31.7	5.51	0.08	32.0	0.7	150.6	18.4	-
		최고	3.20	85.2	7.70	0.30	53.7	0.7	390.7	66.1	-
		최저	0.53	11.2	3.70	0.02	9.5	0.7	51.3	5.8	-
교통관련시설지역	29	평균	1.80	109.0	4.83	0.05	49.2	0.0	301.8	21.16	-
		최고	8.40	1765.3	14.67	0.15	569.3	0.0	3954.7	58.33	-
		최저	0.73	0.0	1.53	0.02	7.3	0.0	49.9	4.97	-
철도관련시설 및 폐침목사용	11	평균	1.56	18.3	2.59	0.04	22.9	0.0	84.8	20.9	-
		최고	2.47	32.7	4.43	0.10	34.8	0.0	142.7	58.3	-
		최저	0.90	0.0	1.50	0.01	12.6	0.0	55.2	8.5	-
토양오염정화 및 정화토양사용지역	5	평균	4.73	132.8	8.45	0.04	67.0	0.0	168.4	28.4	-
		최고	17.53	575.3	20.40	0.10	244.0	0.0	566.7	70.8	-
		최저	0.93	9.9	1.60	0.02	16.0	0.0	53.2	11.5	-
사고민원 등 발생지역	7	평균	1.12	19.7	4.59	0.02	19.7	0.0	80.5	21.6	-
		최고	1.70	42.6	14.23	0.02	31.1	1.0	120.4	48.0	-
		최저	0.63	7.9	1.60	0.01	12.6	1.0	51.7	9.7	-
산업단지 주변 등의 주거지역	4	평균	1.72	23.8	1.97	0.02	15.0	0.0	72.3	24.2	-
		최고	2.27	32.3	2.33	0.02	20.3	0.0	85.7	35.9	-
		최저	1.27	12.6	1.60	0.01	9.1	0.0	62.3	8.7	-
어린이 놀이시설지역	26	평균	0.81	9.9	3.11	0.04	14.9	0.6	68.3	9.3	-
		최고	1.90	48.3	6.30	0.11	34.4	0.6	284.0	55.9	-
		최저	0.20	1.1	1.83	0.01	2.2	0.6	7.9	1.3	-
사격장 관련시설지역	1	평균	1.37	29.5	6.10	0.05	35.7	0.0	80.0	34.8	-
		최고	1.37	29.5	6.10	0.05	35.7	0.0	80.0	34.8	-
		최저	1.37	29.5	6.10	0.05	35.7	0.0	80.0	34.8	-
토지개발지역	19	평균	1.37	12.4	2.96	0.03	22.0	0.0	85.3	12.6	-
		최고	2.87	39.2	5.23	0.10	41.7	0.0	279.4	44.1	-
		최저	0.47	1.0	1.83	0.01	9.4	0.0	33.7	1.3	-
전체 토양오염도	230	평균	1.64	43.5	5.98	0.05	29.8	0.6	145.6	18.6	263
		최고	17.53	1765.3	94.10	0.68	569.3	1.0	3954.7	70.8	380
		최저	0.20	0.0	1.50	0.01	2.2	0.0	7.9	1.3	166

Table 6. The analytical results of soil contamination by investigation region (2)

조사지역	지점수	조사항목별 토양오염도 현황(mg/kg)													
			유기인	PCBs	시안	페놀류	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	크실렌	TPH	TCE	PCE	1,2-디클로로에탄	벤조(a)피렌	pH
산업단지 및 공장지역	58	평균	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116	0.0	0.0	0.0	-	7.0
		최고	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	586	0.0	0.0	0.0	-	9.3
		최저	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53	0.0	0.0	0.0	-	5.3
공장폐수 유입지역	5	평균	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.8
		최고	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.9
		최저	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.1
원광석·고철 등의 보관·사용지역	21	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.0
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.6
폐기물 처리 및 재활용관련지역	37	평균	-	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	7.2
		최고	-	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	9.7
		최저	-	-	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	4.7
지하수 오염지역	7	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	149	-	-	-	-	6.5
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	149	-	-	-	-	7.6
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	149	-	-	-	-	5.5
교통관련시설지역	29	평균	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	140	0.0	0.0	-	-	7.0
		최고	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	387	0.0	0.0	-	-	8.7
		최저	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	51	0.0	0.0	-	-	4.2
철도관련시설 및 폐침목사용	11	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	83	-	-	-	-	6.7
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	105	-	-	-	-	8.1
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	-	-	-	5.4
토양오염정화 및 정화토양사용지역	5	평균	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	89	0.0	0.0	0.0	-	8.4
		최고	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	96	0.0	0.0	0.0	-	9.1
		최저	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	82	0.0	0.0	0.0	-	7.5
사고민원 등 발생지역	7	평균	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	88	0.0	0.0	0.0	-	6.9
		최고	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	193	0.0	0.0	0.0	-	8.7
		최저	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	51	0.0	0.0	0.0	-	6.1
산업단지 주변 등의 주거지역	4	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.9
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9
어린이 놀이시설지역	26	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5
사격장 관련시설지역	1	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1
토지개발지역	19	평균	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	6.9
		최고	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	8.8
		최저	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	4.9
전체 토양오염도	230	평균	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116	0.0	0.0	0.0	-	7.1
		최고	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	586	0.0	0.0	0.0	-	9.9
		최저	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	-	4.2

2. 토양오염우려기준 초과지점

2019년 토양오염실태조사 대상 230개소 조사결과 토양오염우려기준 이내는 총 230개소 중 226개소(98.3%)였으며, 우려기준을 초과한 곳은 4개소(1.7%)로 전년도 초과율(1%) 보다 증가하였다. 우려기준을 초과한 항목은 납, 구리, 아연 3개 항목이었으며, 각 항목별 초과횟수는 납 1, 아연 4, 구리 1회로 조사되었고, 우려기준을 초과한 4개소가 속한 오염원지역은 교통관련시설지역 1개소, 지하수 오염지역 1개소 원광석・고철 등의 보관・사용지역 2개소였으며, Table 7에 2019년 토양오염실태조사 토양오염 우려기준 초과지점 현황을 나타내었다.

Table 7. Soil pollution criteria exceeded areas

지점	조사지역 종류	조사지역 위치	토지지목	항목	오염도 (㎎/㎏)	기준
아산-7	교통관련시설	아산시 신인동	잡종지 (3지역)	Zn	3954.7	2 000
논산-13	지하수 오염지역	논산시 연산면	목장용지 (1지역)	Zn	390.7	300
BY(토)-6	원광석・고철 등의 보관・사용지역	부여군 능산리	전 (1지역)	Cu	703.0	150
				Pb	343.0	200
				Zn	418.7	300
서천-3	원광석・고철 등의 보관・사용지역	서천군 서천읍	대 (2지역)	Zn	1140.3	600

Ⅳ. 결 론

1. 2019년 충청남도 토양오염실태조사는 총 230개 지점으로 산업단지 및 공장지역 58개소, 폐기물 처리 및 재활용관련지역 37개소, 교통관련시설지역 29개소, 원광석・고철등의 보관・사용지역 21개소, 어린이 놀이시설지역 28 개소 등 토양오염 가능성이 높은 지역 및 복원이 필요한 지역과 기타 국가가 정하는 지점에 대하여 중금속류, 유류 휘발성유기화합물 등 23항목을 조사하였다.
2. 오염도조사 결과 각 항목별 평균농도는 Cd 1.64 ㎎/㎏, Cu 43.5 ㎎/㎏, As 5.98 ㎎/㎏, Hg 0.05 ㎎/㎏, Pb 29.8 ㎎/㎏, Zn 145.6 ㎎/㎏, Ni 18.6 ㎎/㎏, F 263 ㎎/㎏, TPH 116 ㎎/㎏ 이었으며, pH 7.1로 나왔다.
3. 조사결과 토양오염우려기준 이내는 총 230개소 중 226개소(98.3%), 우려기준을 초과한 곳은 4개소(1.7%)로 전년도 초과율(1%) 보다 증가하였으며, 어린이놀이시설 지역이 대체적으로 토양오염도가 낮은 것으로 조사되었고, 토양오염 정화 및 정화토양 사용지역, 원광석・고철 등의 보관・사용지역에서 다른 지역보다 중금속 농도가 높게 나타나 토양오염 가능성이 높을 것으로 판단되어 차후 토양오염 관리가 필요할 것으로 사료된다.

References

1. 토양환경보전법, (2019).
2. 환경정책기본법, (2019).
3. 환경부 토양오염실태조사 지침, (2017).
4. 충청남도 2019년 토양오염실태조사 추진계획(2019).
5. 환경부 토양오염공정시험기준, (2018).
6. 환경부 토양측정망 및 토양오염실태조사 결과 (2018).

골프장 농약잔류량 검사결과

이낙현, 김증운, 송현실, 황윤주, 유지호, 이지학, 김재식

환경조사팀

Ⅰ. 서 론

경제성장과 여가시간의 증가에 따라 골프에 대한 국민의 관심과 수요가 지속적으로 늘어나면서 골프장의 수도 꾸준히 증가하는 추세이다. 골프장은 운동을 통한 건강증진과 함께하는 사람들과의 관계유지를 도모하는 공간으로서, 골프장 환경을 잘 관리하는 일은 이용객의 보건환경측면에서도 중요한 부분이다. 그러한 차원에서 골프장에서의 농약사용은 해충의 제거 및 병으로부터의 예방과 좋은 여건을 조성하기 위해 불가피한 과정이지만 과도한 농약의 사용은 주변 환경뿐만 아니라 인체에 악영향을 끼칠 수 있기 때문에 골프장 관리에 있어서 상당히 중요한 과정이다. 특히 고독성농약은 잔류성이 높아 환경을 파괴함은 물론 골프장을 이용하는 사람들에게 호흡 또는 피부접촉을 통한 직접적인 피해를 줄 수 있기 때문에 이에 대한 조사는 필수적이다.

따라서 본 조사는 골프장에서 농약관리법에 따라 사용 금지된 맹·고독성 농약의 사용 여부와 농약의 안전사용기준 준수여부를 확인하고, 적정량의 농약을 살포하도록 유도하는 것을 목적으로 농약잔류량 검사를 실시하였다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 조사대상

농약잔류량 조사대상 시설은 충남도내 2019년 말 현재 등록된 회원제 및 대중제 골프장 26개소와 군인 체육시설 5개소를 포함하여 총 31개소이며(Table 1), 시료는 휴업중인 2개소(골든힐골프연습장, 태안비치CC)를 제외한 29개 골프장 코스 내 토양(그린 및 페어웨이)과 수질(유출구 및 유출구 외)을 대상으로 건기와 우기로 나누어 총 504개 시료를 조사하였다.

Table 1. 2019년 농약잔류량 검사 대상 골프장

No	골프장 명	위 치	규 모	건기		우기	
				토양	수질	토양	수질
1	골드힐골프연습장(휴업)	천안시 서북구 입장면	대중제 9홀	-	-	-	-
2	마론뉴데이CC	천안시 동남구 북면	회원제 18홀	6	3	6	3
3	버드우드GC	천안시 동남구 병천면	회원제 18홀	6	3	6	3
4	상록CC	천안시 동남구 수신면	대중제 27홀	8	3	8	3
5	우정힐스CC	천안시 동남구 목천읍	회원제 18홀	6	3	6	3

Table 1. continued

No	골프장 명	위 치	규 모	건기		우기	
				토양	수질	토양	수질
6	천안GC	천안시 서북구 성거읍	대중제 9홀	4	2	4	2
7	골드리버CC	공주시 의당면	대중제 9홀	4	3	4	3
8	프린세스GC	공주시 정안면	대중제 18홀	6	3	6	3
9	대천웨스토피아CC	보령시 명천동	대중제 9홀	4	3	4	3
10	에스엔골프리조트	보령시 남포면	대중제 9홀	4	3	4	3
11	경찰교육원	아산시 초사동	체력단련장 9홀	4	2	4	2
12	도고 CC	아산시 선장면	회원제 18홀	6	3	6	3
13	에스지아름다운골프앤리조트	아산시 영인면	회원제 18홀	6	3	6	3
14	공군체력단련장	서산시 해미면	체력단련장 18홀	6	3	6	3
15	서산수골프앤리조트	서산시 대산읍	대중제 18홀	6	3	6	3
16	더힐CC	논산시 상월면	대중제 9홀	4	3	4	3
17	창공대체력단련장	논산시 노성면	체력단련장 9홀	4	3	4	3
18	계룡대(구룡)체력단련장	계룡시 신도안면	체력단련장 18홀	6	3	6	3
19	계룡대(계룡)체력단련장	계룡시 신도안면	체력단련장 18홀	6	3	6	3
20	석문체육공원	당진시 석문면	체력단련장 3홀	4	1	4	1
21	파나시아GC	당진시 신평면	대중제 9홀	4	3	4	3
22	파인스톤CC	당진시 송산면	대중제 18홀	6	3	6	3
23	에딘버러GC	금산군 진산면	회원제 18홀	6	3	6	3
24	롯데스카이힐부여GC	부여군 규암면	대중제 18홀	6	3	6	3
25	백제GC	부여군 은산면	대중제 27홀	8	3	8	3
26	태안비치CC(휴업)	태안군 근흥면	회원제 18홀	-	-	-	-
27	한화골든베이 골프 & 리조트	태안군 근흥면	회원제 9홀 대중제 18홀	12	6	12	6
28	현대더링스CC1	태안군 태안읍	대중제 18홀	6	3	6	3
29	현대더링스CC2	태안군 태안읍	대중제 18홀	6	3	6	3
30	현대솔라고CC3	태안군 태안읍	대중제 18홀	6	3	6	3
31	현대솔라고CC4	태안군 태안읍	대중제 18홀	6	3	6	3
계	31			166	86	166	86

2. 검사항목

검사항목은 『골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량 검사방법 등에 관한 규정』(환경부고시 제2019-6호 2019. 1. 4. 이하 규정이라 함)에서 고시한 30종으로 고독성농약 3종, 잔디사용금지농약 7종, 일반항목 18종, 선택항목 2종이다(Table 2).

Table 2. 검사대상 농약의 종류

대상 농약(30종)	
고독성 농약(3종)	디클로플루나이드(Dichlofluanid), 톨리플루나이드(Tolylfluanid), 트랄로메트린(Tralomethrin)
잔디사용금지농약 (7종)	피프로닐(Fipronil), 디클로르보스(Dichlorvos), 포레이트(Phorate), 디메토에이트(Dimethoate), 에디펜포스(Edifenphos), 포스티아제이트(Fosthiazate), 카바릴(Carbaryl)
일반항목(18종)	아족시스트로빈(Azoxystrobin), 카벤다짐(Carbendazim), 클로르피리포스(Chlorpyrifos), 다이아지논(Diazinon), 디클로베닐(Dichlobenil), 페니트로티온(Fenitrothion), 플루톨라닐(Flutolanil), 이프로디온(Iprodione), 피리메타닐(Pyrimethanil), 테부코나졸(Tebuconazole), 티플루자마이드(Thifluzamide), 티오파네이트메틸(Thiophanate-methyl), 트리플록시스트로빈(Trifloxystrobin), 트리플루미졸(Triflumizole), 카두사포스(Cadusafos), 디니코나졸(Diniconazol), 프로파모카브하이드로클로라이드, (Propamocarb-hydrochloride), 아세페이트(Acephate)
선택항목(2종)	옥신코퍼(Oxine-copper), 티람(Thiram)

3. 시료채취시기 및 방법

시료채취는 규정 제5조에 따라 실시하였다. 건기 4 ~ 6월, 우기 7 ~ 10월로 각 1회씩 총 2회 걸쳐 불시에 실시하였다. 채취지점은 골프장 규모에 따라 18홀 미만인 경우에는 2개 홀, 18홀은 3개 홀, 18홀을 초과 9홀 증가할 때마다 1개 홀 이상씩 추가하였으며, 1개 홀 당 그린과 페어웨이(티그라운드 포함)를 구분하여 오염 개연성이 높은 홀을 채취지점으로 선정하였다. 토양시료는 토양오염공정시험기준의 시료 채취방법에 따라 대상지역내에서 지그재그형으로 5 ~ 10개 지점에서 표토층(0 ~ 15 ㎝)을 채취하고, 각 홀 토양은 약 1 ㎏의 혼합시료를 현장에서 만들어 최종 분석용 시료로 사용하였다. 한편, 수질시료는 최종 유출구 1개 지점과 유출구에서 가까운 연못 2개 지점에서 채수하였다.

4. 분석방법

시료는 규정 제6조에 명시된 농약잔류량 검사방법에 따라 전처리 및 분석을 수행하였고 분석 장비로는 GC/MS(Bruker 300MS), LC/MS/MS(Waters, Xevo TQ-S)를 사용하였다.

Ⅲ. 조사결과

1. 농약잔류량 검사결과

충남도내 골프장을 대상으로 건기 29개 골프장 252건과 우기 29개 골프장 252건, 총 504건에 대하여 농약잔류량 검사를 실시한 결과, 모든 토양과 수질시료에서 고독성 농약과 잔디사용금지농약은 검출되지 않았다. 검출된 농약은 일반항목으로 Azoxystrobin, Carbendazim, Flutolanil, Tebuconazole, Thifluzamide, Triflumizole 등 총 6종으로 나타났다.

검사시료 중 97건의 시료에서 농약성분이 검출되어 검출률은 19.2%로 나타났다. 시기별 검출률은 건기 13.1%, 우기 25.4%로 장마와 태풍 등 기상여건이 좋지 않았던 우기에 잔디관리를 위해 건기보다 많은 농약이 사용된 것으로 보이고, 성상별 검출률은 토양 13.9%, 수질 29.7%로 나타나는데 이는 농약성분이 강수나 관리용수에 의해 연못이나 저류조에 잔류되거나 외부로 유출되는 것으로 보이고 이러한 경향은 시료채취 위치별 검출률로 보았을 때, 더욱 뚜렷하게 나타나는데 수질 중에서도 유출구가 유출구외 보다 검출률이 높게 나타났고, 특히 유량이 적은 건기의 유출구에서 검출률이 62.5%로 가장 높게 나타났다(Table 3).

Table 3. 시료별 잔류농약 검출률

구분			검사시료수	검출시료수	검출률(%)		
건기	토양	그린	83	8	9.6	9.0	13.1
		페어웨이	83	7	8.4		
	수질	유출구	16	10	62.5	20.9	
		유출구외	70	8	11.4		
우기	토양	그린	83	17	20.5	18.7	25.4
		페어웨이	83	14	16.9		
	수질	유출구	27	11	40.7	38.4	
		유출구외	59	22	37.3		
합계			504	97	19.2(토양 13.9, 수질 29.7)		

2. 성분별 검출현황

성분별 검출은 총 128건이었고 이중 Flutolanil 41건, Tebuconazole 25건, Thifluzamide 24건, Azoxystrobin 19건, Triflumizole 15건, Carbendazim 4건 순이었다. 시기별로 농약성분 및 검출빈도는 다르게 나타나는데 주로 건기보다 우기에 많은 종류에 농약성분이 다빈도로 검출되었다(Table 4).

Table 4. 농약성분별 검출현황

구분			Azoxystrobin	Carbendazim	Flutolanil	Tebuconazole	Thifluzamide	Trifluizole
건기	토양	그린	-	1	3	-	4	-
		페어웨이	-	-	5	-	2	-
	수질	유출구	-	2	7	3	3	-
		유출구외	-	1	6	3	1	-
우기	토양	그린	10	-	-	1	3	5
		페어웨이	2	-	3	-	4	7
	수질	유출구	3	-	4	6	3	1
		유출구외	4	-	13	12	4	2
합계		128	19	4	41	25	24	15

3. 성분별 검출농도

농약성분별 검출농도는 건기가 우기보다 대체로 높게 나타났고, 토양 중에서는 Thifluzamide가 0.43 ㎎/㎏로, 수질 중에서는 Flutolanil이 0.1085 ㎎/L로 가장 높은 농도를 보였다. (Table 5).

Table 5. 농약성분별 검출농도 (단위 : 토양 ㎎/㎏, 수질 ㎎/L)

구분			Azoxystrobin	Carbendazim	Flutolanil	Tebuconazole	Thifluzamide	Trifluizole
건기	토양	그린	ND*	ND-0.01^{+}	ND-0.09	ND	ND-0.07	ND
		페어웨이	ND	ND	ND-0.13	ND	ND-0.43	ND
	수질	유출구	ND	ND-0.0018	ND-0.0867	ND-0.0130	ND-0.0042	ND
		유출구외	ND	ND-0.0023	ND-0.1085	ND-0.0355	ND-0.0033	ND
우기	토양	그린	ND-0.08	ND	ND	ND-0.09	ND-0.11	ND-0.07
		페어웨이	ND-0.16	ND	ND-0.04	ND	ND-0.13	ND-0.10
	수질	유출구	ND-0.0026	ND	ND-0.0050	ND-0.0044	ND-0.0025	ND-0.0021
		유출구외	ND-0.0036	ND	ND-0.0038	ND-0.0169	ND-0.0095	ND-0.0044

*ND, Not Detected

$^{+}$Minimum-Maximum

4. 연도별 농약잔류량 검출결과 비교

2015 ~ 2019년까지 도내의 농약잔류량 검출 골프장수를 비교하였다(Table 6).

Table 6. 연도별 농약잔류량 검출현황

구분		2015	2016	2017	2018	2019
검사 골프장수		27	29	30	31	29
검출 골프장수		16	15	24	23	23
검사 시료건수		458	491	506	519	504
검출 성분건수		176	76	114	112	128
검출성분(종)		4	4	8	6	6
검출농약(유효성분)	살균제	Azoxystrobin	Azoxystrobin	Azoxystrobin	Azoxystrobin	Azoxystrobin
	살균제	-	-	Carbendazim	Carbendazim	Carbendazim
	살충제	-	-	-	-	-
	살충제	-	-	Diazinon	Diazinon	-
	살충제	-	-	Fenitrothion	-	-
	살균제	Flutolanil	Flutolanil	Flutolanil	Flutolanil	Flutolanil
	살균제	-	-	Iprodione	-	-
	살균제	-	-	-	Pyrimethanil	-
	살균제	Tebuconazole	Tebuconazole	Tebuconazole	Tebuconazole	Tebuconazole
	살균제	Thifluzamide	Thifluzamide	Thifluzamide	-	Thifluzamide
	살균제	-	-	-	-	Triflumizole

※ 유효검출 농도는 토양 0.01 ㎎/㎏, 수질 0.0005 ㎎/L 이상

Ⅳ. 결 론

2019년 충남지역 29개 골프장을 대상으로 건기와 우기 2회에 걸쳐 토양 및 수질시료 총 504건에 대한 농약잔류량 검사의 결과는 다음과 같다.

1. 검사결과 사용 금지된 고독성농약과 잔디 사용금지농약은 검출되지 않았고, 일반 항목이면서 저독성살균제인 Azoxystrobin, Carbendazim, Flutolanil, Tebuconazole, Thifluzamide, Triflumizole 등 6종의 농약성분이 검출되었다.
2. 검사시료 중 97건의 시료에서 농약성분이 검출되어 검출률은 19.2%로 나타났고, 시기별로는 건기(13.1%)＜우기(25.4%), 성상별로는 토양(13.9%)＜수질(29.7%)로 나타났다.
3. 성분별 검출수는 총 128건이었고 이중 Flutolanil 41건, Tebuconazole 25건, Thifluzamide 24건, Azoxystrobin 19건, Triflumizole 15건, Carbendazim 4건 순이었다.
4. 검출농도 범위는 토양에서 Azoxystrobin 불검출 ~ 0.16 ㎎/㎏, Carbendazim 불검출 ~ 0.01 ㎎/㎏, Flutolanil 불검출 ~ 0.13 ㎎/㎏, Tebuconazole 불검출 ~ 0.09 ㎎/㎏, Thifluzamide 불검출 ~ 0.43 ㎎/㎏, Triflumizole 불검출 ~ 0.10 ㎎/㎏으로 나타났으며, 수질에서는 Azoxystrobin 불검출 ~ 0.0036 ㎎/L, Carbendazim 불검출 ~ 0.0038 ㎎/L, Flutolanil 불검출 ~ 0.1085 ㎎/L, Tebuconazole 불검출 ~ 0.0355 ㎎/L, Thifluzamide 불검출 ~ 0.0095 ㎎/L, Triflumizole 불검출 ~ 0.0044 ㎎/L이었다.

대기중금속측정망 결과 분석

안정준, 나은경, 정금희

대기평가팀

Ⅰ. 조사개요

대기중금속측정망은 도시지역 및 주요산단에서 중금속에 의한 오염실태를 파악하기 위해 설치하였으며 충남지역은 Table 1과 같이 3개시(천안, 서산, 당진)에 설치되어 있다.

본 조사는 2019년 1월부터 12월까지 조사하였으며 대기오염측정망 설치·운영지침에 따라 매월 둘째 주에 조사항목은 중금속 12개 항목(납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni), 비소(As), 베릴륨(Be), 알루미늄(Al), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg))을 분석하였다.

Table 1. 대기 중금속 측정망 설치 현황

측정소	용도지역	주소
성황동	제2종일반주거지역	천안시 성황동(문성 공립보육시설 옥상)
독곶리	보존녹지지역	서산시 대산읍 독곶리(대산용수센터 저수동 옥상)
송산면	일반공업지역	당진시 송산면 유곡로(송산2일반산업단지 하폐수종말처리시설 옥상)

Ⅱ. 시료채취 및 조사방법

대기환경 중 PM10 시료를 고용량 공기시료채취기(High volume air sampler)인 DHA-80 (DIGITEL, Switzerland)를 사용하여 매월 둘째주, 1개소 당 5일, 24시간 시료채취를 기본으로 하며 우천 등 불가피한 경우에는 다음날로 순연하였다.

대기오염공정시험기준 마이크로웨이브 산분해법에 따라 시료 채취한 여지를 1 × 1.5 cm 펀칭한 여지 6개를 테플론 용기에 넣고 5.5% 질산 / 16.7% 염산 혼합산 용액 10 mL을 가하고 마개를 닫은 후 마이크로웨이브 조건으로 전처리하였다. 전처리한 용기를 상온으로 냉각시키고 분해용액을 2 ~ 3분간 혼합한 후 나일론 주사기 필터(0.45 ㎛)를 사용하여 25 mL 부피플라스크에 여과, 3% 질산 / 8% 염산용액 5 mL로 테플론 용기를 씻은 후 주사기 필터로 여과하였다. 씻은 용액과 여과용액을 합친 후 물로 최종 부피가 25 mL가 되도록 부피플라스크 채웠으며 이 용액을 유도결합플라즈마 분광법(ICP)으로 12개항목을 분석하였다.

Ⅲ. 결 과

충남지역 중금속 연평균 농도와 천안시 성황동, 서산시 대산읍 독곶리 및 당진시

송산면 유곡로 지역의 중금속 측정망 운영 결과를 Table 2 ~ 5, Fig 1에 나타냈으며 납(Pb) 대기환경기준(연평균 0.5 ㎍/㎥)을 비교해 보면 충남지역 납(Pb)의 연평균 0.0276 ㎍/㎥, 천안시 성황동 0.0174 ㎍/㎥, 서산시 독곶리 0.0180 ㎍/㎥, 당진시 송산면 0.0474 ㎍/㎥으로 대기환경기준의 5.5%, 3.5%, 3.6%, 9.5%의 수준을 나타내었다.

또한 WHO 권고기준(Cd 0.005 ㎍/㎥, Mn 0.15 ㎍/㎥)으로 카드뮴(Cd), 망간(Mn)을 비교하면 카드뮴은 충남지역평균 0.0003 ㎍/㎥, 천안시 성황동 0.0001 ㎍/㎥, 서산시 독곶리 0.0003 ㎍/㎥, 당진시 송산면 0.0006 ㎍/㎥으로 WHO 권고기준의 6.9%, 2.7%, 5.5%, 12.5%의 수준을 나타냈으며 망간은 충남지역평균 0.0460 ㎍/㎥, 천안시 성황동 0.0195 ㎍/㎥, 서산시 독곶리 0.0279 ㎍/㎥, 당진시 송산면 0.0906 ㎍/㎥으로 WHO 권고기준의 30.7%, 13.0%, 18.6%, 60.4%의 수준을 나타냈다.

Table 2. 2019년 충남지역 중금속 연평균 농도 (단위 : ㎍/㎥)

항목 / 평균	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
충남평균	0.0276	0.0003	0.0024	0.0133	0.0460	1.8485	0.0027	0.0036	0.0000	0.8075	1.1669	0.2981
성황동	0.0174	0.0001	0.0012	0.0085	0.0195	0.6143	0.0031	0.0046	0.0000	0.5953	0.4721	0.2305
독곶리	0.0180	0.0003	0.0021	0.0148	0.0279	0.9861	0.0020	0.0022	0.0000	0.9294	0.9099	0.2973
송산면	0.0474	0.0006	0.0040	0.0166	0.0906	3.9452	0.0029	0.0041	0.0000	0.8976	2.1187	0.3664

Table 3. 2019년 천안시 성황동 월별 중금속 농도 (단위 : ㎍/㎥)

항목 / 월	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
1월	0.0256	0.0000	0.0029	0.0196	0.0496	1.5368	0.0002	0.0019	0.0000	1.3771	1.2824	0.4011
2월	0.0265	0.0000	0.0003	0.0251	0.0349	1.3598	0.0000	0.0000	0.0000	1.4394	1.2876	0.4329
3월	0.0168	0.0000	0.0000	0.0029	0.0249	1.0953	0.0000	0.0004	0.0000	1.0802	0.9828	0.3948
4월	0.0095	0.0000	0.0000	0.0151	0.0368	1.4227	0.0034	0.0005	0.0000	1.8635	1.3300	0.4288
5월	0.0125	0.0000	0.0000	0.0139	0.0353	1.6034	0.0016	0.0000	0.0000	1.4548	0.9828	0.3862
6월	0.0200	0.0009	0.0039	0.0198	0.0260	0.9879	0.0049	0.0036	0.0000	0.7413	0.8011	0.1893
7월	0.0075	0.0000	0.0009	0.0084	0.0121	0.3718	0.0023	0.0006	0.0000	0.3111	0.3983	0.0813
8월	0.0101	0.0000	0.0020	0.0089	0.0211	0.4616	0.0026	0.0023	0.0000	0.3297	1.0932	0.2663
9월	0.0117	0.0000	0.0007	0.0119	0.0105	0.3906	0.0013	0.0010	0.0000	0.3145	0.3413	0.1081
10월	0.0269	0.0009	0.0056	0.0218	0.0298	0.9101	0.0035	0.0063	0.0000	0.6972	0.8006	0.2680
11월	0.0232	0.0014	0.0043	0.0140	0.0261	0.8730	0.0030	0.0072	0.0000	0.8508	0.8175	0.3276
12월	0.0260	0.0001	0.0043	0.0161	0.0272	0.8199	0.0014	0.0020	0.0000	0.6935	0.8013	0.2825
평 균	0.0174	0.0001	0.0012	0.0085	0.0195	0.6143	0.0031	0.0046	0.0000	0.5953	0.4721	0.2305

Table 4. 2019년 서산시 독곶리 월별 중금속 농도 (단위 : μg/㎥)

항목 / 월	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
1월	0.0179	0.0000	0.0011	0.0075	0.0328	0.9144	0.0000	0.0013	0.0000	0.7886	0.6911	0.2918
2월	0.0179	0.0000	0.0000	0.0063	0.0205	0.8288	0.0000	0.0001	0.0000	1.0441	0.7568	0.3307
3월	0.0093	0.0000	0.0000	0.0001	0.0287	0.9491	0.0001	0.0006	0.0000	0.9377	0.7117	0.3766
4월	0.0103	0.0000	0.0000	0.0014	0.0197	0.6183	0.0010	0.0009	0.0000	0.7732	0.5260	0.2383
5월	0.0133	0.0000	0.0000	0.0299	0.0268	1.0522	0.0043	0.0000	0.0000	0.8423	0.6122	0.2805
6월	0.0140	0.0004	0.0018	0.0075	0.0106	0.3348	0.0086	0.0054	0.0001	0.2650	0.2057	0.0839
7월	0.0069	0.0000	0.0007	0.0075	0.0114	0.3144	0.0041	0.0009	0.0000	0.3022	0.2414	0.0840
8월	0.0128	0.0000	0.0012	0.0049	0.0100	0.2966	0.0048	0.0030	0.0000	0.2464	0.2265	0.1376
9월	0.0322	0.0000	0.0007	0.0151	0.0119	0.3254	0.0040	0.0183	0.0000	0.3287	0.2512	0.1189
10월	0.0269	0.0006	0.0022	0.0078	0.0176	0.5009	0.0027	0.0128	0.0000	0.3871	0.3474	0.1915
11월	0.0178	0.0004	0.0039	0.0065	0.0190	0.6550	0.0057	0.0079	0.0000	0.6997	0.5884	0.3632
12월	0.0303	0.0002	0.0033	0.0076	0.0254	0.5816	0.0015	0.0035	0.0000	0.5292	0.5066	0.2693
평 균	0.0180	0.0003	0.0021	0.0148	0.0279	0.9861	0.0020	0.0022	0.0000	0.9294	0.9099	0.2973

Table 5. 2019년 당진시 송산면 월별 중금속 농도 (단위 : μg/㎥)

항목 / 월	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	As	Be	Al	Ca	Mg
1월	0.0653	0.0000	0.0039	0.0214	0.1085	3.3141	0.0000	0.0008	0.0000	0.8047	1.7391	0.3422
2월	0.0393	0.0000	0.0022	0.0167	0.1376	5.2185	0.0000	0.0000	0.0000	1.2840	3.2069	0.5810
3월	0.0318	0.0000	0.0000	0.0054	0.0985	5.3396	0.0000	0.0005	0.0000	1.2185	2.3911	0.4855
4월	0.0301	0.0000	0.0010	0.0120	0.0987	3.6999	0.0001	0.0009	0.0000	1.3390	2.5188	0.4530
5월	0.0308	0.0000	0.0006	0.0234	0.1321	7.2848	0.0016	0.0000	0.0000	1.4611	3.4382	0.5174
6월	0.0385	0.0023	0.0077	0.0292	0.1225	6.3407	0.0072	0.0046	0.0000	0.9892	3.4807	0.3955
7월	0.0165	0.0001	0.0029	0.0099	0.0358	1.5945	0.0057	0.0022	0.0000	0.4206	0.8541	0.1412
8월	0.0221	0.0000	0.0031	0.0076	0.0260	1.6717	0.0052	0.0038	0.0000	0.2937	0.7008	0.1206
9월	0.0289	0.0000	0.0029	0.0128	0.0532	1.8610	0.0035	0.0054	0.0000	0.5168	1.0574	0.1901
10월	0.0463	0.0018	0.0098	0.0344	0.0786	2.7713	0.0061	0.0113	0.0000	0.6855	1.4913	0.3286
11월	0.0863	0.0024	0.0074	0.0128	0.1036	3.3627	0.0047	0.0175	0.0000	0.9066	2.2687	0.4683
12월	0.1326	0.0010	0.0067	0.0132	0.0921	4.8832	0.0013	0.0029	0.0000	0.8515	2.2772	0.3731
평 균	0.0474	0.0006	0.0040	0.0166	0.0906	3.9452	0.0029	0.0041	0.0000	0.8976	2.1187	0.3664

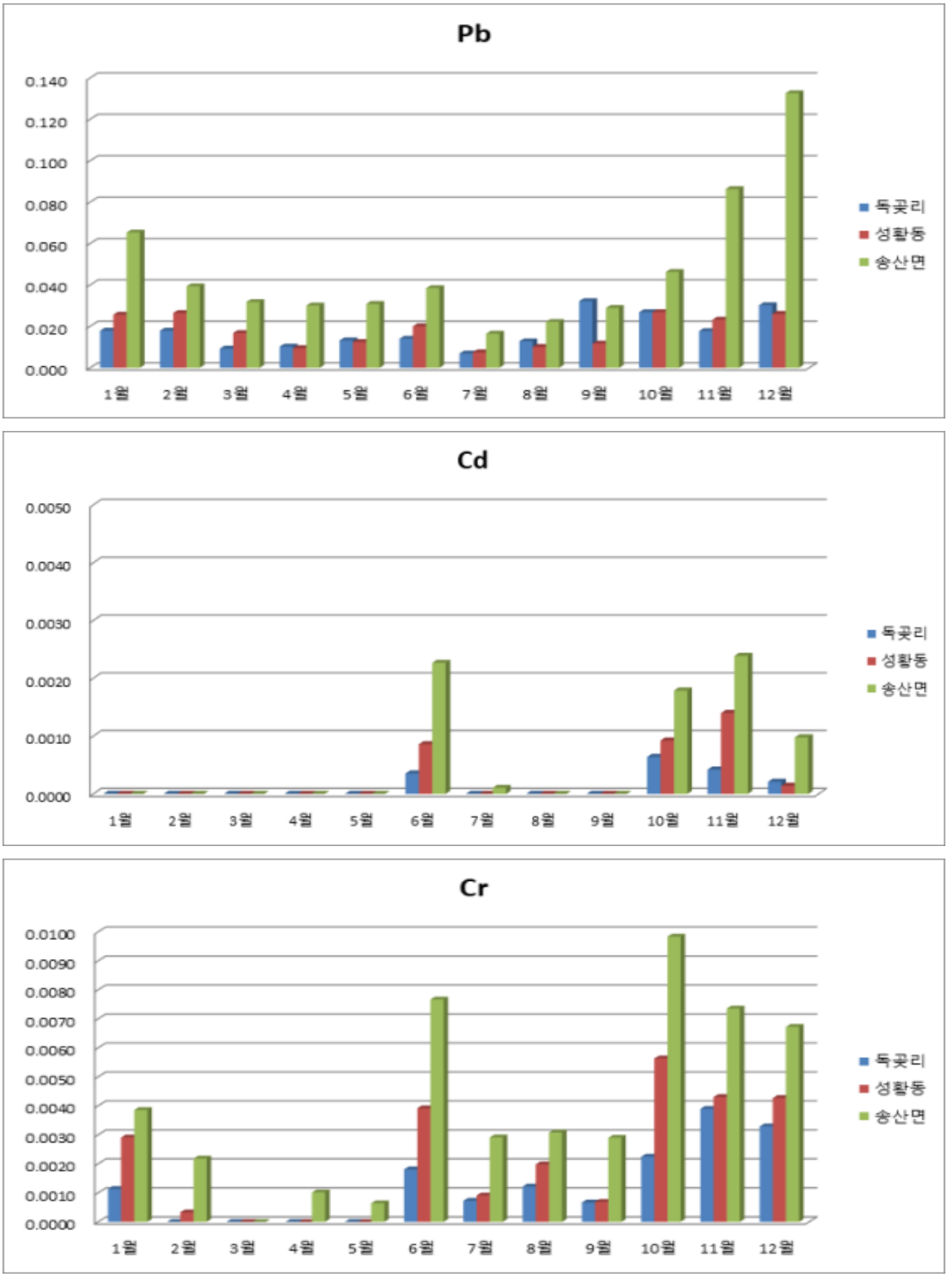
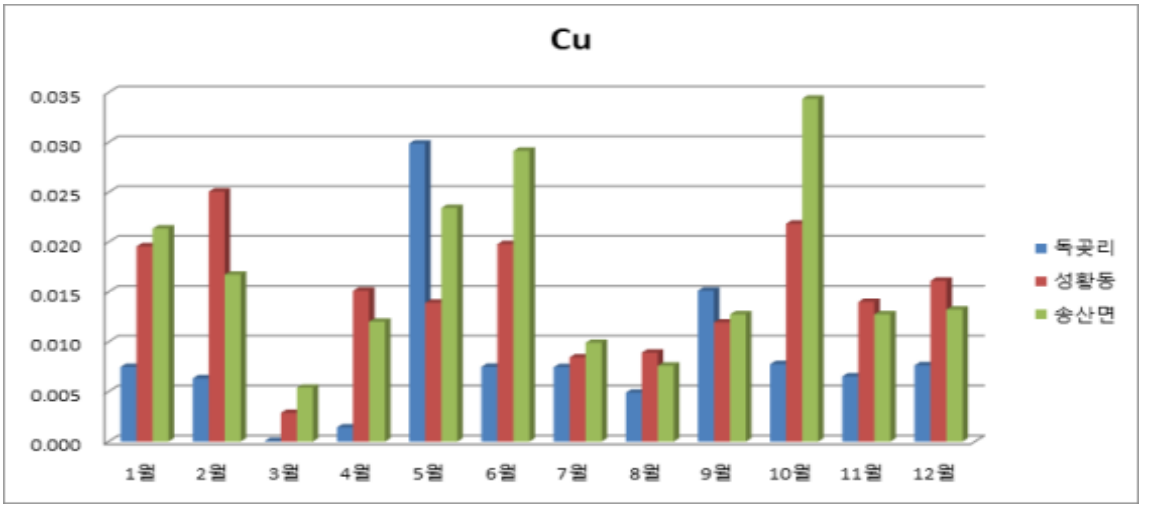
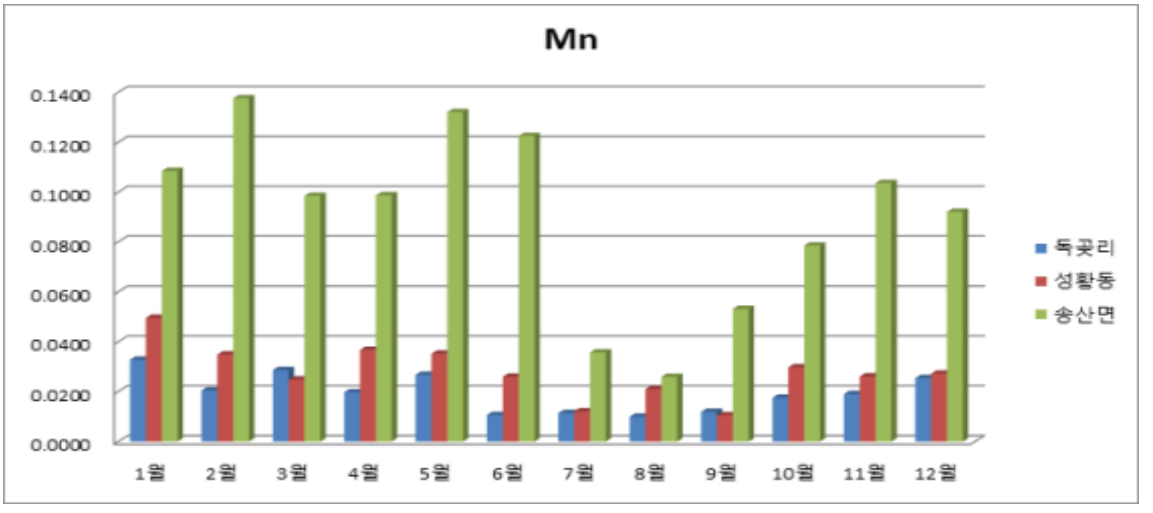


Fig. 1. 2019년 월별 항목별 중금속 농도(㎍/㎥).





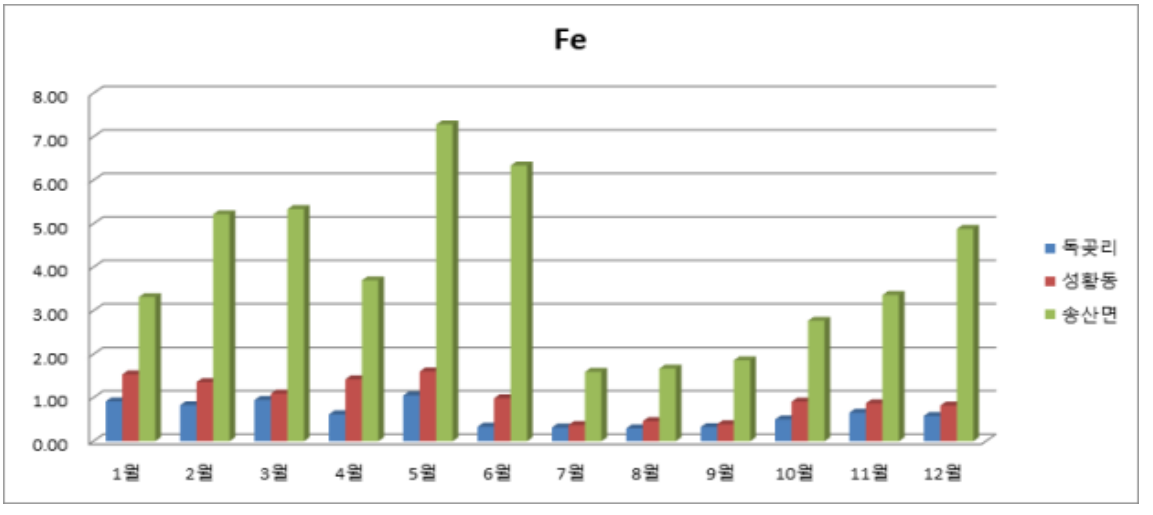
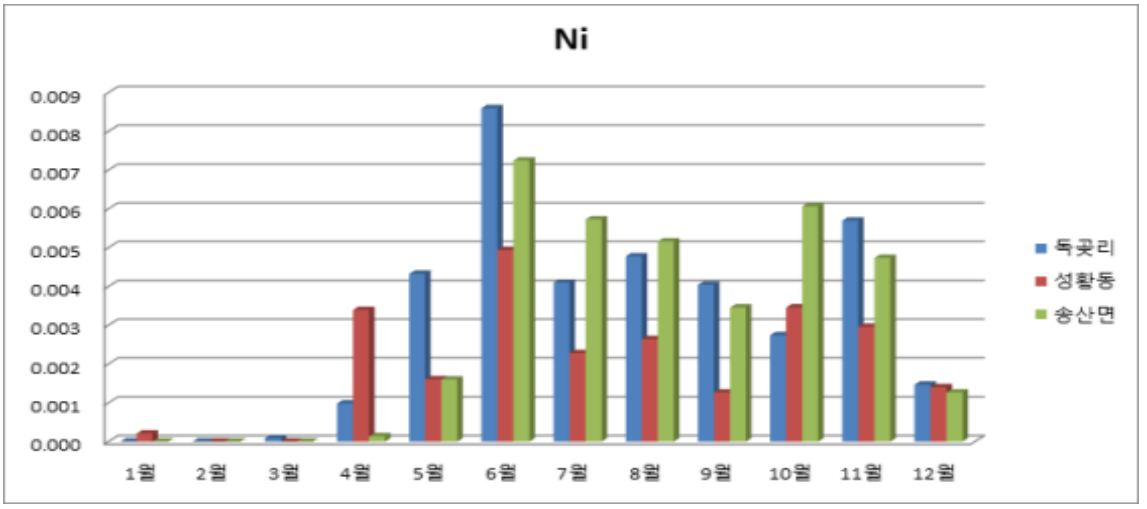
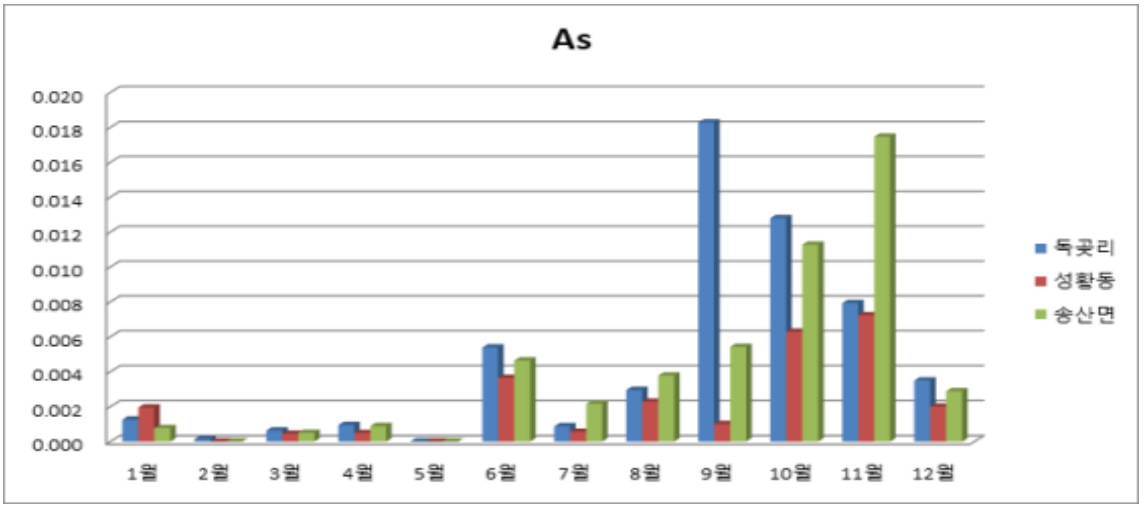


Fig. 1. continued





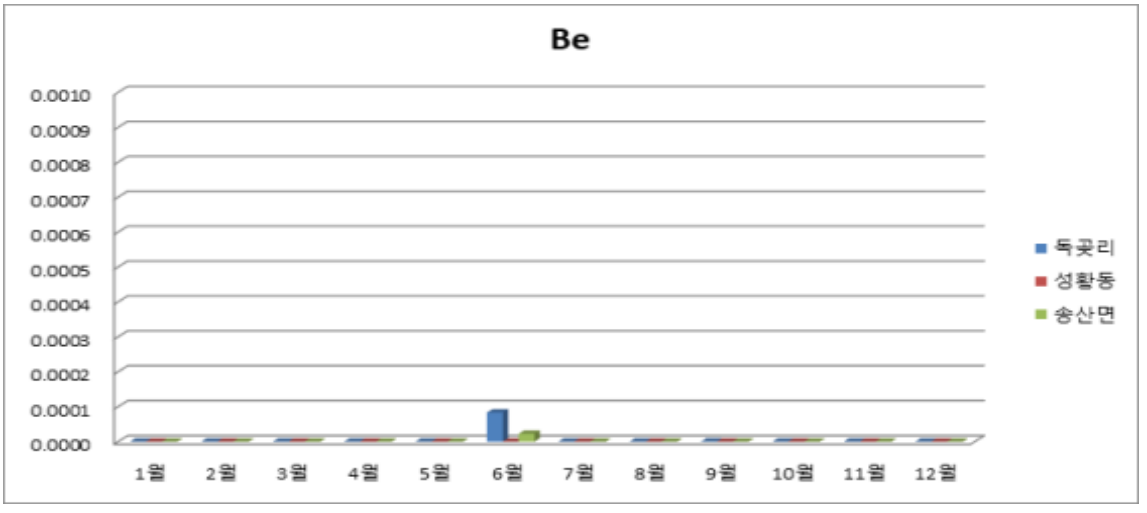


Fig. 1. continued

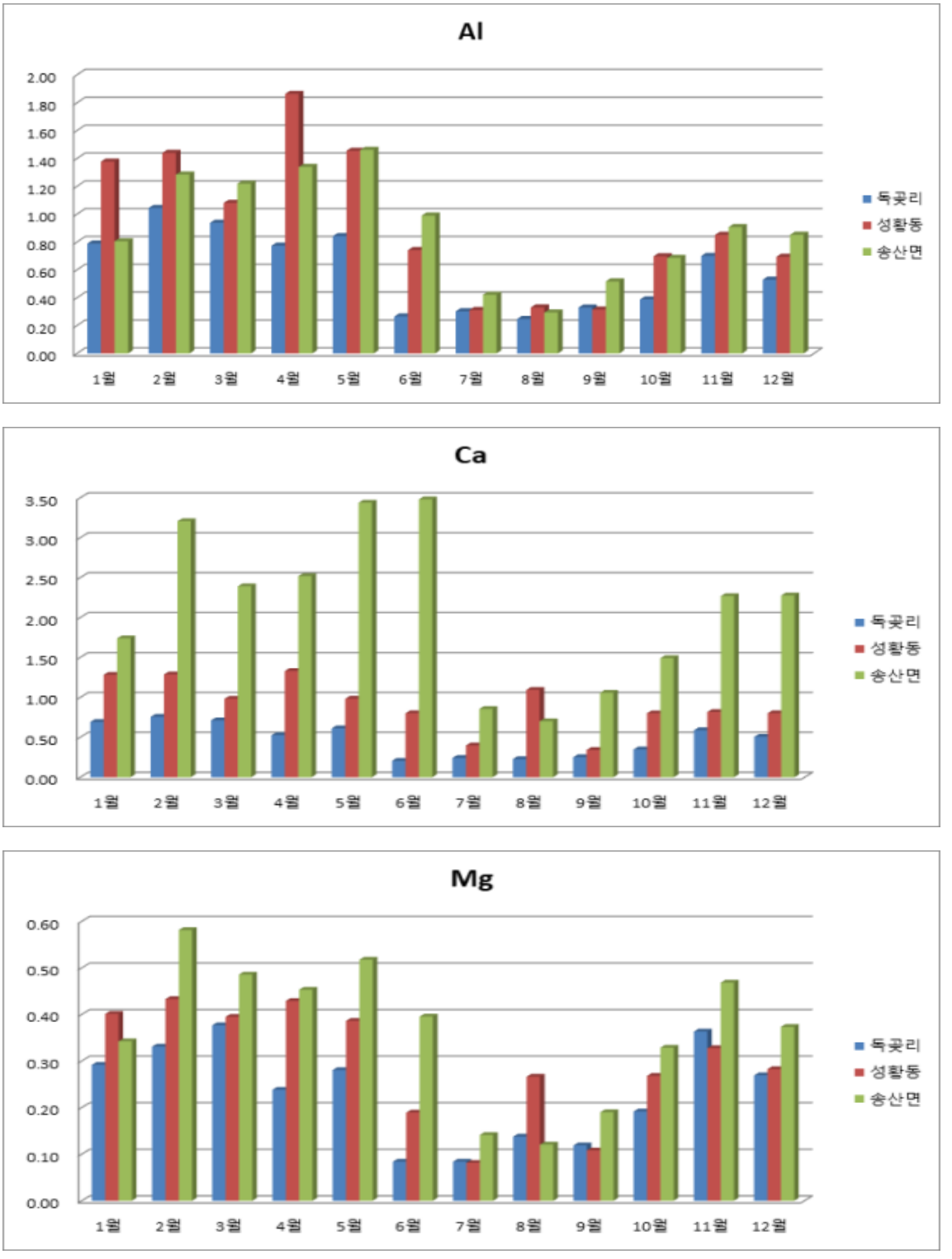


Fig. 1. continued

Ⅳ. 결 론

1. 니켈(Ni)과 알루미늄(Al)을 제외한 모든 항목의 연평균 농도는 송산면에서 높게 나타났으며 특히, 송산면은 성황동과 독곶리를 비교하면 납(Pb) 2.6배와 2.7배, 카드뮴(Cd) 2.3배와 4.6배, 망간(Mn) 3.3배와 4.6배, 철(Fe) 4.0배와 6.4배 그리고 칼슘(Ca)는 2.3배와 4.5배로 나타났으며 전반적으로 니켈(Ni), 비소(As) 및 알루미늄(Al)을 제외하고는 1.1 ~ 6.4배로 나타났다. 전반적으로 중금속의 결과가 높게 나타난 이유는 송산면 중금속 측정망 인근에 제철관련 산업단지가 있어 다른 지역보다 높은 것으로 조사되었다.
2. 대기환경기준이 설정되어 있는 납의 연평균 농도는 천안시 성황동은 0.0174 ㎍/㎥, 서산시 독곶리는 0.0180 ㎍/㎥, 당진시 송산면은 0.0474 ㎍/㎥으로 환경기준(연간 평균치 0.5 ㎍/㎥ 이하) 이내로 조사되었다.
3. WHO의 권고 기준으로 설정되어 있는 카드뮴(Cd 0.005 ㎍/㎥)과 망간(Mn 0.15 ㎍/㎥)은 천안시 성황동 0.001 ㎍/㎥, 0.0195 ㎍/㎥, 서산시 독곶리 0.003 ㎍/㎥, 0.0279 ㎍/㎥, 당진시 송산면 0.0006 ㎍/㎥, 0.0906 ㎍/㎥으로 WHO 권고기준 이내인 것으로 조사되었다.

SG 충남방적 석면 실태조사

김인엽, 유우석, 백남출, 안미혜, 박병욱, 황수진, 이창균

생활환경팀

Ⅰ. 조사개요

석면은 1970년대 절연과 방화를 위해 단열재, 절연재, 석면타일, 방열재 등 건축 재료로 많이 사용되었으며, 광물섬유로 생활환경 어디에나 있고 우리 일상생활에 수 천 가지가 중요한 용도로 쓰인다. 석면에 노출되면 의학적으로 피부질환, 호흡기질환, 폐암, 중피종, 석면폐가 발생하는 것으로 알려져 있는데 흡입하는 석면 섬유의 수에 따라 위험성은 증가하며 담배연기와는 상승작용을 일으켜 흡연자에게서 더 높은 폐암발생률을 나타내는 것으로 보고되고 있다. 석면관리가 중요한 것은 석면 노출 후 이삼십년간의 잠복된 후에 증상을 나타내기 때문이다.

우리나라에서는 1970년대 새마을 운동의 일환으로 건축물의 지붕재로 석면 슬레이트가 도입되어 널리 보급되었다. 그러나 석면이 1급 발암물질로 지정・분류되고 노출 시 환경 위험성이 밝혀지기 시작하면서 석면관리에 집중하게 되었다. 이에 2009년 산업안전관리법 개정으로 모든 석면의 제조・수입・양도・제공 또는 사용을 전면 금지하였고, 석면이 함유된 슬레이트를 소유한 건축주는 노동부가 지정한 전문 업체에서 해당 건축물을 해체・철거 하도록 규정하고 이에 따른 관련 지원정책을 펼치고 있으나, 한정된 지원과 제거 후 새로운 형태의 지붕 보수에 소요되는 자부담이 커지면서 장기간 방치되고 있는 건물에 대한 석면피해 우려가 증가하는 추세이다. 이로 인해 장기 방치된 건물의 노후화에 따른 석면의 빗물 유출 및 공기 중 비산 가능성이 높아지고 있다. 본 연구는 우리 도에서 예산군 관내 ㈜SG충남방적을 대상으로 장기 방치된 건축물 슬레이트에 대한 석면 모니터링을 실시하여 석면의 위해 및 영향으로부터 환경을 보호하고 적정 관리를 통해 쾌적한 공기질을 확보하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 조사방법

1. 조사지점

슬레이트 건물 중에서 장기 방치되어 석면 노출 영향이 우려되는 예산군 관내에 있는 ㈜SG 충남방적 공장동 및 주변지점을 조사 대상으로 선정하였다. 조사지점은 Table 1과 같다.

2. 채취시기 및 방법

2.1. 실내공기

조사대상 건물의 실내공기 시료는 반기별 1회(1 ~ 6월, 7 ~ 11월 중) 미세먼지 및 황사의 영향이 없는 평일(월요일 ~ 금요일)에 2시간 이상 채취하였다. 샘플링 포집장치는 SARA-4000을 사용하였고, 포집필터는 25 mm 0.8 μ PCM 필터를 사용하였다. 시료채취는 석면건축물 실내공기 중 석면 측정방법(환경부 고시 제2017-259호, 2017.12.)에 준하여

채취하였다.

2.2. 대기

대기 시료는 분기별로(1 ~ 3월, 4 ~ 6월, 7 ~ 9월, 10 ~ 11월) 미세먼지 및 황사의 영향이 없는 평일(월요일 ~ 금요일)에 2 ~ 4시간 이상 채취하였다. 샘플링 포집장치는 실내공기 시료포집 장치와 동일한 SARA-4000, 포집필터는 25 mm 0.8 μ PCM 필터를 사용하여 대기오염공정시험기준 중 위상차현미경법(ES 01608.1)에 준하여 채취하였다.

2.3. 토양

연 1회로 5 ~ 8월 중 날씨를 고려하여 맑은 평일(월요일 ~ 금요일)에 채취하였다. 시료채취는 석면광산 등 석면발생지역의 토양환경 관리지침(환경부)에 따라 채취하였다.

3. 분석방법

3.1. 실내공기 및 대기

실내공기 및 대기 중에 존재하는 석면은 위상차현미경법으로 분석하였다. 시료 전처리는 고효율 필터가 장착된 후드 내에서 필터를 4등분으로 절단하여 1/4 조각을 슬라이드 글라스 위에 놓은 후 아세톤 증기화 장치를 이용해 무명화한 후 트리아세틴을 떨어뜨리고, 커버슬립을 기포가 생기지 않도록 슬라이드 글라스에 고정시키고, 분석 시 오차를 줄이기 위해 슬라이드 글라스 뒷면에 여과지의 경계를 표시하였다. 계수는 교정된 위상차현미경의 대물대 위에 전처리된 시료를 놓고 400배에서 시야를 이동하면서 100시야가 될 때까지 관찰하였다. 이 때 월톤-버켓 그래티큘(Walton-beckett graticule)의 각각의 시야에 길이 5 ㎛ 이상이고, 길이와 폭의 비가 3:1 이상인 섬유형태의 먼지를 계수하였다.

3.2. 토양

시료의 전처리 과정은 헤파 필터가 장착된 후드 내에서 2 mm 이상의 돌, 나무 등의 협잡물을 제거하고, 넓은 용기에 5cm 이하의 두께로 고르게 편 후 건조기를 사용하여 100±5℃에서 24시간 건조한다. 건조과정이 끝난 토양시료는 막자사발과 막자, 분쇄기 등을 이용하여 분쇄한 후 2 mm(KS 8호) 체를 통과시킨다. 통과한 시료를 4분법을 이용하여 최대한 균질화 시키고, 정성 및 정량평가에 사용할 대표시료를 얻기 위해 균질화한 시료의 일부(약 50 ~ 100 g)를 분취하여 입자크기가 75 ㎛(KS 200호) 이하가 되도록 분쇄하여 체를 통과한 시료만 사용하였다. 슬라이드 글라스 위에 굴절시약 1.550을 1 ~ 3 방울을 떨어뜨린 후, 토양시료의 일정량을 슬라이드 글라스 위 굴절시약에 담그고 바늘, 핀셋 등으로 시료를 적절히 분산시켜 슬라이드 글라스 위에 고르고 평평하게 배치, 커버글라스로 덮고, 핀셋이나 고무 등으로 살짝 눌러주어 공극을 제거시킨다. 정성분석 시 입체현미경 재물대 위에 전처리된 슬라이드 글라스를 올려 시험물질의 균질성, 형태, 색, 섬유상 물질 여부를 확인하였고, 편광현미경 재물대 위에 전처리된 슬라이드 글라스를 올려 전체를 스캔하여 의심물질이 발견될 때마다 색, 형태, 다색성, 소광현상, 신장율부호, 분산염산색, 굴절율, 복굴절율을 확인하여 석면유무를 조사하였다.

Table 1. Sampling site in this survey

구 분		연번	조 사 지 점	비 고
1분기	대기	①	예산군 예산읍 신례원로171번길 27	
		②	예산군 예산읍 신례원로171번길 25	
		③	예산군 예산읍 창신로 51-41	해오름빌 A동 앞 텃밭
		④	예산군 예산읍 창소서두물길 51-6	도로 건너편 밭
		⑤	예산군 예산읍 창말로 76	
		⑥	예산군 예산읍 창말로 45	경비실 앞
	실내	①	예산군 예산읍 창말로 45	좌측동 1
		②	예산군 예산읍 창말로 45	좌측동 2
		③	예산군 예산읍 창말로 45	우측동 1
		④	예산군 예산읍 창말로 45	우측동 2
2분기	대기	①	예산군 예산읍 창소리 194-1	한조산업 정문 앞
		②	예산군 예산읍 창소리 77-3	충남방적 정문 앞
		③	예산군 예산읍 신례원리 260	
		④	예산군 예산읍 신례원리 262-8	은혜빌라
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 262-18	
		⑥	예산군 예산읍 창소리 87-9	중간지점
		⑦	예산군 예산읍 창말로 33-1	
		⑧	예산군 예산읍 신례원리 258-15	
		⑨	예산군 예산읍 신례원리 262-3	
		⑩	예산군 예산읍 신례원리 262-10	
	토양	①	예산군 예산읍 창소리 204-3	
		②	예산군 예산읍 창소리 204-3	
		③	예산군 예산읍 창말로 41	
		④	예산군 예산읍 창말로 24	
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 261	
		⑥	예산군 예산읍 신례원리 262-18	
		⑦	예산군 예산읍 창소리 105-5	
		⑧	예산군 예산읍 창소리 662-60	
		⑨	예산군 예산읍 창소리 101-1	
		⑩	예산군 예산읍 창소리 193-8	

Table 1. continued

구 분		연번	조 사 지 점	비 고
2 분 기	토 양	⑪	예산군 예산읍 창소리 277-5	
		⑫	예산군 예산읍 창소리 62-5	
		⑬	예산군 예산읍 창소리 44-13	
		⑭	예산군 예산읍 신례원로212번길 12	
		⑮	예산군 예산읍 신례원리 309-8	
		⑯	예산군 예산읍 신례원리 619-2	
		⑰	예산군 예산읍 신례원리 548-1	
		⑱	예산군 예산읍 창신로 84	
		⑲	예산군 예산읍 창소리 551-6	
		⑳	예산군 예산읍 창소리 111-3	
		㉑	예산군 예산읍 창소리 509-2	
3 분 기	대 기	①	예산군 예산읍 창소리 194-1	한조산업 정문 앞
		②	예산군 예산읍 창소리 77-3	충남방적 정문 앞
		③	예산군 예산읍 신례원리 260	
		④	예산군 예산읍 신례원리 262-8	은혜빌라
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 262-18	
		⑥	예산군 예산읍 창소리 87-9	중간지점
		⑦	예산군 예산읍 창말로 33-1	
		⑧	예산군 예산읍 신례원리 258-15	
		⑨	예산군 예산읍 신례원리 262-3	
		⑩	예산군 예산읍 신례원리 262-10	
		⑪	예산군 예산읍 창말로 45	기계실 앞 실외
	실 내	①	예산군 예산읍 창말로 45	사무실 식당
		②	예산군 예산읍 창말로 45	기계실건물
		③	예산군 예산읍 창말로 45	공기정방1
		④	예산군 예산읍 창말로 45	공기정방2
4 분 기	대 기	①	예산군 예산읍 창소리 194-1	한조산업 정문 앞
		②	예산군 예산읍 창소리 77-3	충남방적 정문 앞
		③	예산군 예산읍 신례원리 260	
		④	예산군 예산읍 신례원리 262-8	은혜빌라
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 262-18	
		⑥	예산군 예산읍 창소리 87-9	중간지점
		⑦	예산군 예산읍 창말로 33-1	
		⑧	예산군 예산읍 신례원리 258-15	
		⑨	예산군 예산읍 신례원리 262-3	
		⑩	예산군 예산읍 신례원리 262-10	



Fig. 1. Location on the map of the sampling site.

Ⅲ. 결과 및 고찰

조사지점별 석면 분석결과는 Table 2와 같다. 66개 지점 중 대기시료 1개 지점에서 섬유상 물질이 검출(기준 이내)되었으나, 투과전자현미경을 이용해 석면 여부 확증 시험결과 석면이 아닌 것으로 분석되었다. 슬레이트 건축물에서 발생하는 석면은 일반적으로 빗물로 씻겨 내려가는 유출 비율이 대기 중으로의 비산양보다 훨씬 높은 것으로 알려져 있으며, 빗물에 의해 토양으로 유입된 석면은 인간의 활동으로 인해 대기 중으로 재비산 될 가능성이 크다. 또한 슬레이트 지붕 설치연도가 오래된 건축물일수록 공기와 빗물로의 석면 유출농도가 유의미한 상관성을 보인다.

Table 2. Asbestos analysis results

구 분		연번	조 사 지 점	석면농도(개/cc)	비 고
1분기	대기	①	예산군 예산읍 신례원로171번길 27	0.000	
		②	예산군 예산읍 신례원로171번길 25	0.000	
		③	예산군 예산읍 창신로 51-41	0.000	
		④	예산군 예산읍 창소서두물길 51-6	0.000	
		⑤	예산군 예산읍 창말로 76	0.000	
		⑥	예산군 예산읍 창말로 45	0.000	
	실내	①	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
		②	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
		③	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
		④	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
2분기	대기	①	예산군 예산읍 창소리 194-1	0.000	
		②	예산군 예산읍 창소리 77-3	0.000	
		③	예산군 예산읍 신례원리 260	0.000	
		④	예산군 예산읍 신례원리 262-8	0.001	섬유상물질
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 262-18	0.000	
		⑥	예산군 예산읍 창소리 87-9	0.000	
		⑦	예산군 예산읍 창말로 33-1	0.000	
		⑧	예산군 예산읍 신례원리 258-15	0.000	
		⑨	예산군 예산읍 신례원리 262-3	0.000	
		⑩	예산군 예산읍 신례원리 262-10	0.000	
	토양	①	예산군 예산읍 창소리 204-3	불검출	
		②	예산군 예산읍 창소리 204-3	불검출	
		③	예산군 예산읍 창말로 41	불검출	
		④	예산군 예산읍 창말로 24	불검출	
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 261	불검출	
		⑥	예산군 예산읍 신례원리 262-18	불검출	
		⑦	예산군 예산읍 창소리 105-5	불검출	

Table 2. continued

구 분		연번	조 사 지 점	석면농도(개/cc)	비 고
2 분 기	토 양	⑧	예산군 예산읍 창소리 662-60	불검출	
		⑨	예산군 예산읍 창소리 101-1	불검출	
		⑩	예산군 예산읍 창소리 193-8	불검출	
		⑪	예산군 예산읍 창소리 277-5	불검출	
		⑫	예산군 예산읍 창소리 62-5	불검출	
		⑬	예산군 예산읍 창소리 44-13	불검출	
		⑭	예산군 예산읍 신례원로212번길 12	불검출	
		⑮	예산군 예산읍 신례원리 309-8	불검출	
		⑯	예산군 예산읍 신례원리 619-2	불검출	
		⑰	예산군 예산읍 신례원리 548-1	불검출	
		⑱	예산군 예산읍 창신로 84	불검출	
		⑲	예산군 예산읍 창소리 551-6	불검출	
		⑳	예산군 예산읍 창소리 111-3	불검출	
		㉑	예산군 예산읍 창소리 509-2	불검출	배경토
3 분 기	대 기	①	예산군 예산읍 창소리 194-1	0.000	
		②	예산군 예산읍 창소리 77-3	0.000	
		③	예산군 예산읍 신례원리 260	0.000	
		④	예산군 예산읍 신례원리 262-8	0.000	
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 262-18	0.000	
		⑥	예산군 예산읍 창소리 87-9	0.000	
		⑦	예산군 예산읍 창말로 33-1	0.000	
		⑧	예산군 예산읍 신례원리 258-15	0.000	
		⑨	예산군 예산읍 신례원리 262-3	0.000	
		⑩	예산군 예산읍 신례원리 262-10	0.000	
		⑪	예산군 예산읍 창말로 45	0.000	
	실 내	①	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
		②	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
		③	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
		④	예산군 예산읍 창말로 45	불검출	
4 분 기	대 기	①	예산군 예산읍 창소리 194-1	0.000	
		②	예산군 예산읍 창소리 77-3	0.000	
		③	예산군 예산읍 신례원리 260	0.000	
		④	예산군 예산읍 신례원리 262-8	0.000	
		⑤	예산군 예산읍 신례원리 262-18	0.000	
		⑥	예산군 예산읍 창소리 87-9	0.000	
		⑦	예산군 예산읍 창말로 33-1	0.000	
		⑧	예산군 예산읍 신례원리 258-15	0.000	
		⑨	예산군 예산읍 신례원리 262-3	0.000	
		⑩	예산군 예산읍 신례원리 262-10	0.000	

Ⅳ. 결 론

㈜SG충남방적 주변지역 총 66지점에 대한 석면 조사결과, 1개 지점에서 섬유상 물질이 검출(기준 이내)되어 투과전자현미경을 이용해 석면 여부 확증 시험결과 석면이 아닌 것으로 판명되었다. 장기방치 건축물에 대하여 시범적으로 실시한 본 조사결과, 석면은 검출되지 않았으나, 조사대상 건물의 슬레이트 지붕 설치연도가 오래되어 건물 폐쇄·노후화에 기인되는 비산방지 대책이 시급히 요구되며, 향후 공장 철거 시 주변 환경으로의 석면 노출 제어를 위한 석면검출 확인에 대한 환경진단을 확고하게 수립하여 실행하여야 할 것이며 생활환경에 대한 산업보건 측면에서의 접근도 고려하여야 할 것으로 사료된다.

References

1. 전남대학교 석면환경센터, 대한방직 공장 주변 석면슬레이트 환경영향 조사 결과서, (2015년)
2. 조영재, 비주거용 건축물 슬레이트의 석면방출량 평가, (2015년)
3. 김현욱, 슬레이트 지붕 노후화에 따른 석면섬유 방출량, (2010년)
4. 장봉기, 슬레이트 지붕의 설치연도와 면적에 따른 공기 및 유출 빗물중의 석면농도, (2013년)
5. 환경부, 석면광산 등 석면발생지역의 토양환경 관리지침, (2010.7.)
6. 대기오염공정시험기준(ES 01608.1.)
7. 석면건축물 실내공기 중 석면 측정방법, 환경부 고시 제 2017-259호, (2017.12.)

어린이집 실내 라돈 실태조사

백남출, 정제길, 안미혜, 박병욱, 김인엽, 황수진, 이창균

생활환경팀

Ⅰ. 서 론

고도산업 정보기술의 발달로 현대사회는 대부분의 업무처리가 실내에서 이루어진다. 이에 실내공기질에 대한 관심이 증대하고 건강에 미치는 심각한 실내오염의 위험성에 대한 인식이 높아지고 있다. 따라서 실내공기질 관리는 삶의 질 뿐 아니라 건강과 직결되는 일로 쾌적한 실내환경 조성 노력이 절실하다.

라돈(^{222}Rn)은 자연계 어디에나 분포되어 있는 우라늄(^{238}U)이 여러 단계의 붕괴과정을 거쳐 생성되는 무색, 무취의 비활성 가스로 토양, 모래, 암석, 지하수, 건축자재 등에 미량으로 함유되어 있는 라듐(^{226}Ra)의 알파 붕괴 시 생성된다. 화학적으로 극히 안정한 상태로 다른 물질과 화학적으로 반응하지 않으며, 3.8일의 반감기를 지닌 채 토양에서 공기 중으로 방출되므로 라돈 딸핵종에 의한 일반인의 자연방사선 피폭 기여도가 높다.

암석이나 토양에서 발생하는 라돈 기체는 건물의 토대, 지하실, 배관 등을 통해서 실내로 유입된다. 이에 환기량이 부족한 실내공기 중에 축적될 수 있다. 실내 라돈 유입의 85 ~ 97%는 확산이동 및 압력과 온도 구배에 따른 대류과정으로 건축물의 바닥이나 갈라진 벽의 균열을 통해서도 유입되므로 1층 이하의 거주공간에서 생활하는 사람들이 상대적으로 라돈 노출에 취약하다고 할 수 있다. 특히, 실내의 밀폐 공간에서 주로 생활하는 사람들은 실내 환경유해인자에 대한 영향이 높으며, 영·유아·청소년 및 노약자와 같은 건강 취약계층이 경제연령층보다 더 많은 시간을 실내에서 생활하기에 방사선에 더욱 취약하다 할 수 있다.

라돈의 위해성은 실내에서 생활하는 시간에 비례하고, 실내의 다른 유해물질과 상가작용을 통해 개인의 건강에 심각한 영향을 미치게 된다. 따라서 고농도 라돈에 지속적으로 노출될 때 폐암, 위암 등을 유발할 수 있어 세계보건기구의 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 라돈을 실내에 존재하는 대표적인 자연방사능 천연가스로 분류하였고, 흡연 다음으로 폐암을 유발시키는 주요 발암물질로 지정하였다.

미국, 유럽 등 선진국에서는 1980년대부터 라돈의 건강 위해성을 인식하고 밀폐 공간에서의 라돈에 의한 심각한 인체 영향을 줄이기 위한 실내 라돈 오염관리를 강화하고 있다. 우리나라 환경부는 2004년 5월 라돈으로부터 실내공기질을 적정하게 관리하고 국민의 건강 보호를 위해 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법」을 제정하고 권고기준(148 Bq/㎥이하)을 설정·시행하고 있으며, 2008년부터 주택 라돈 조사를 통해 실내 라돈 농도 분포 실태와 특성 연구를 기초로 한 실질적인 실내 라돈저감 공법이나 기술개발에 노력하고 있다.

본 조사는 충남 도내 보육시설의 실내 라돈분포 조사를 위한 제1차년도 조사로 계룡, 공주, 금산, 논산 4개 시·군에 소재한 어린이 집을 대상으로 라돈 농도를 측정하였다. 이를 토대로 건강 취약계층이 거주하는 생활환경 개선을 위한 라돈 피해 예방 및 저감 정책 마련에 기초자료로 활용하고자 한다.

Ⅱ. 조사대상 및 측정방법

1. 조사대상

옥천대 지질층에 속해 지질학적 특성상 라돈 농도가 다른 지역에 비해 상대적으로 많이 분포되어 있을 것으로 예상되는 도내 4개 시·군(계룡, 금산, 공주, 논산) 44개 어린이 집을 대상으로 하였다. 지역별 조사대상시설의 수는 Table 1과 같다. 지하수는 해당 시설에서 개발하여 사용하는 관정을 대상으로 하였다.

Table 1. The number of the investigated child care facilities in this study

구분	총계	계룡	금산	공주	논산
실내	44	4	2	13	25
지하수	9	1	1	3	4

2. 조사방법

실내 라돈 농도 측정은 2일 이상 90일 이하의 단기 측정에 사용되는 연속라돈측정기(RAD-7, Durridge Co, USA)를 사용하였다. 검출 방식은 실리콘검출기로 이 방식은 여과지를 거친 후, 동력펌프를 통해 측정용기로 유입된 공기 중 라돈 및 라돈 붕괴생성물이 붕괴할 때 방출되는 알파입자를 실리콘 반도체 검출기를 이용하여 계수하는 방식이다. 라돈측정기 RAD-7의 개략도는 Fig. 1과 같다.

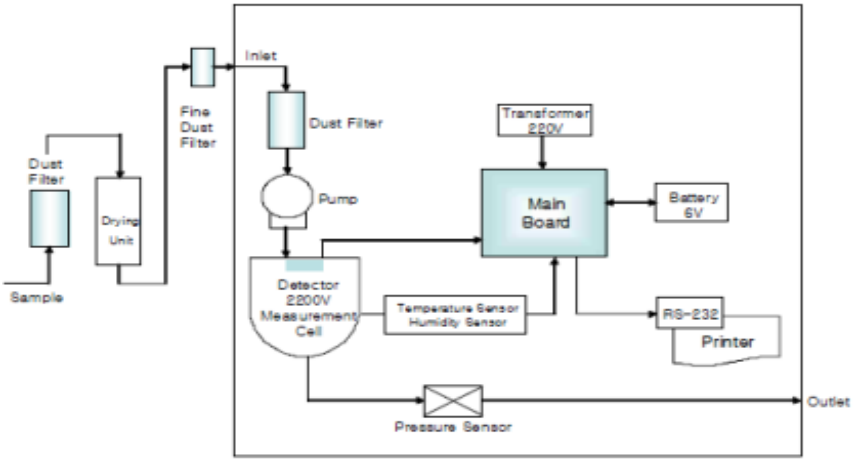


Fig. 1. Schematic diagram of the equipments for radon analysis.

조사대상시설 중 어린이들이 주로 활동하는 공간에 라돈측정기를 바닥으로부터 1.5 m 지점에 설치하여 48시간 이상 측정한 후에 회수하였다. 지하수 중 라돈 농도는 액체섬광계수기(300SL, Hidex Oy, FI)를 사용하여 분석하였다. 분석 전 미리 섬광용액(칵테일솔루션) 12 mL가 들어있는 바이알(vial)에 지하수 시료를 8 mL를 넣어 혼합한 후 분석용 시료로 하였다.



Fig. 2. Installation appearance of radon detector and liquid scintillation counters.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 어린이집 실내 라돈 농도

충남 도내 4개 시·군 44개 어린이집 시설을 대상으로 2019년 8월부터 2019년 11월까지 4개월 동안 실내 라돈과 지하수 중의 라돈 농도를 측정한 결과, 실내 라돈 평균농도는 43.4 Bq/㎥로 조사되었고, 농도 범위는 11.1 ~ 169.0 Bq/㎥이었으며, 44개 시설 중 금산지역 1개 시설에서만 권고기준(148 Bq/㎥)을 초과하였다. 지하수 관정을 개발하여 사용 중인 어린이집 지하수(음용 지하수, 정수기, 생활용수, 수영장수 등)의 라돈 평균농도는 119.7 Bq/L이었으며, 검출 농도범위는 N.D ~ 254.0 Bq/L이었고, 논산지역 2개 시설에서 먹는물수질기준(148 Bq/L)을 초과하였다(Table 2).

라돈 기준을 초과한 시설에 대해서는 측정결과를 즉시 통보하여 적정한 실내 온·습도 유지(온도 18 ~ 22℃, 습도 40 ~ 60%)와 주기적인 환기(1일 3회 이상) 실시로 라돈 노출로 인한 건강피해가 발생하지 않도록 조치하였다. 또한, 지하수의 라돈 농도가 먹는물수질기준을 초과한 시설에 대해서는 사용 중지토록 조치하였으며, 지하수 중 라돈은 환기가 잘 되는 상태에서 끓이면 모두 제거되며 물을 받아 놓은 후 2 ~ 4일이 경과하면 라돈 농도가 절반 이하로 감소하게 됨을 안내·고지하였다.

Table 2. Analysis of radon concentration in indoor and underground water in child care facilities

구 분	조사시설수	평균농도	표준편차(S.D.)	검출범위	기준초과수
실내(Bq/㎥)	44	43.4	27.45	11.1.~ 169.0	1
지하수(Bq/L)	9	119.7	83.23	N.D ~ 254.0	2

※ N.D : Not detected

2. 지역별 보육시설의 라돈 농도

4개 시·군의 지역별 실내 라돈 측정 결과, Table 3에 나타낸 바와 같이 지역별 라돈 평균농도는 계룡 48.3 Bq/㎥, 금산 99.9 Bq/㎥, 공주 34.9 Bq/㎥, 논산 42.62 Bq/㎥로 분석되었다. 지역별 최고 최저 농도를 살펴보면, 계룡시 최고 64.2 Bq/㎥ 최저 39.7 Bq/㎥, 금산군 최고 169.0 Bq/㎥ 최저 30.7 Bq/㎥, 공주시 최고 83.9 Bq/㎥ 최저 15.1 Bq/㎥, 논산시 최고 102.0 Bq/㎥ 최저 11.1 Bq/㎥로 전체 조사시설 중 최고농도는 금산군 시설에서, 최저농도는 논산시 시설로 조사되었다. 권고기준(148 Bq/㎥)을 초과하는 시설은 최고농도를 보인 금산군 1개 시설로 기준 초과율은 2.3%이었다.

지하수를 개발·사용 중인 9개 시설에 대한 라돈 분석결과, 계룡 1개 시설에서 106.6 Bq/L(수영장수), 금산 1개 시설에서 75.5 Bq/L(생활용수), 공주 2개 시설에서 각각 83.3 Bq/L(생활용수), 106.9 Bq/L(음용수), 논산 4개 시설 중 2개 시설에서는 먹는물수질기준 이내인 126.0 Bq/L(생활용수), 145.6 Bq/L (음용수)이 검출되었고, 2개 시설에서는 기준을 초과하는 228.9 Bq/L(생활용수), 254.0 Bq/L(음용수)가 각각 검출되어 즉각 사용중지하고 라돈저감 장치를 설치하도록 하였다.

Table 3. Measurement results of indoor radon concentration in child care facilities by region (Unit : Bq/㎥)

지역	조사시설수	평균농도	최고농도	최저농도	기준초과수
계룡	4	48.3	64.2	39.7	0
금산	2	99.9	169.0	30.7	1
공주	13	34.9	83.9	15.1	0
논산	25	42.6	102.0	11.1	0

실내 라돈 농도를 지역별로 비교해보면, 평균 라돈 농도는 금산, 계룡, 논산, 공주 순이었으며, 최고농도는 금산 > 논산 > 공주 > 계룡 순으로 높고, 최저농도는 논산 > 공주 > 금산 > 계룡 순으로 낮았다(Fig. 3).

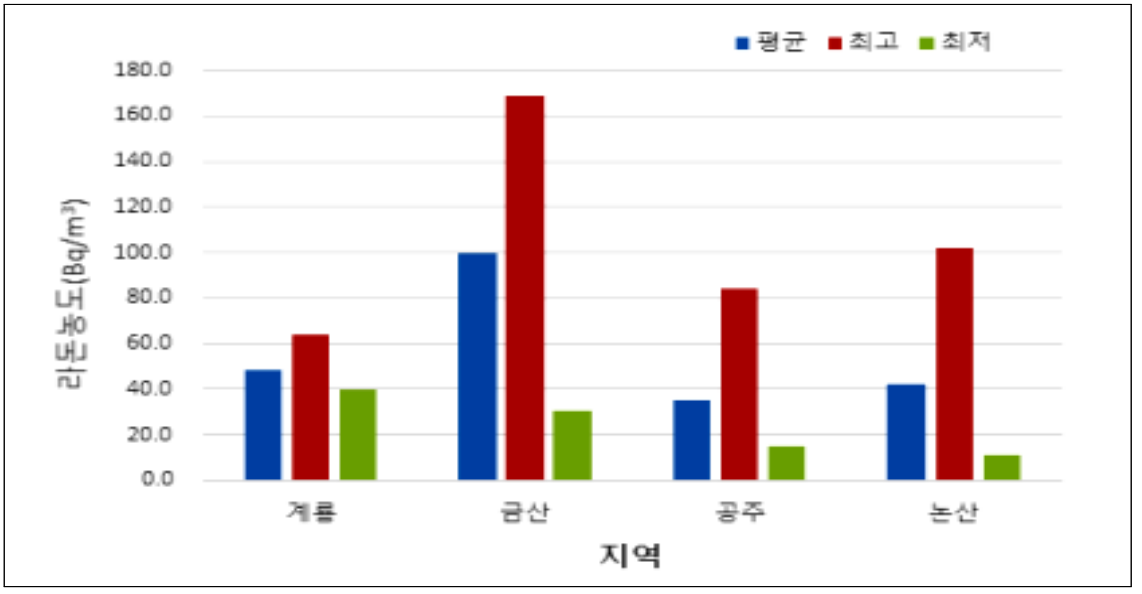


Fig. 3. Regional comparison of indoor radon concentration in child care facilities.

3. 시간대별 실내 라돈 농도 변화

시간대별 평균 라돈 농도 변화는 Table 4와 같다. 시간대별 라돈 분포는 18시부터 증가하기 시작하여 아침 07시에 최고농도에 달한 후 08시부터 급격히 감소하는 양상을 보였다. 이는 시설물의 건축년도, 건축 유형, 지하 공간의 유·무, 건축자재 등 복합요인이 영향을 미치나, 이른 아침에 문을 여는 어린이집 시설 특성상 주간 시설운영 중에 환기 관리가 양호하게 이루어지다가 퇴원 후인 저녁시간대에는 시설을 폐쇄함으로 정상적인 실내 환기가 안 되는 데 기인하는 것으로 판단된다.

Table 4. Variation of indoor radon concentration by time zone in this study

시간	00시	01시	02시	03시	04시	05시	06시	07시	08시	09시	10시	11시
평균 (Bq/㎥)	55.4	58.1	62.9	63.5	65.6	66.8	70.3	71.2	64.5	49.7	37.5	27.6
시간	12시	13시	14시	15시	16시	17시	18시	19시	20시	21시	22시	23시
평균 (Bq/㎥)	25.2	23.8	23.1	24.9	19.9	18.3	20.4	26.2	31.1	39.6	45.3	51.4

실내 라돈 권고기준(148 Bq/㎥)을 초과한 시설에서의 48시간 라돈 측정결과, Fig. 4에서와 같이 18시부터 농도 증가가 시작되어 새벽 02시부터 07시까지 급격히 증가하였

고, 이튿날 고농도 상태를 지속한 후 그 다음날 07시부터 감소하는 양상을 보였다. 이 같은 시간별 변화패턴은 44개 시설에서의 시간대별 라돈 농도 측정결과(Table 4)와 변화 경향이 유사하였으나, 기준을 초과한 시설에서는 특이적으로 04시부터 다음 날 10시 까지 30시간 동안 기준을 초과하는 농도가 지속되었다.



Fig. 4. Hourly variation of radon concentrations in child care facility exceeded indoor air quality recommended standard.

4. 실내 환경인자 및 라돈 저감 관리방안

실내 라돈 저감방법에는 자연환기, 외부공기 유입, 유입 경로 차단, 토양 라돈 배출장치 설치, 토양가스 자연배출법과 강제배출법 등이 있다. 가장 효과적인 방법은 주기적으로 환기시키는 방법이다. 환기는 창문을 최대화하거나 바람 방향을 고려해야 한다. 환기방식에는 창문형 환기가 벽체형 환기에 비해 효과적인데, 이는 공기 교환율과 공기 주입장치의 가동 효율에 따라 다르다. 외부공기 유입방법은 실내 상층부로부터 하부로 공기를 유입함으로써 실내·외 압력차에 의해 균열된 틈으로 유입되는 라돈을 차단하는 방법이다.

환경부 실내 라돈저감 가이드라인에서는 라돈 농도 저감방법으로 발생원 제거와 발생원 조절 방법을 제시하고 있다. 발생원 제거방법은 토양 내의 라듐의 농도가 높을 경우, 건물 아래의 토양을 교환하는 방법과 실내 건축자재 중의 라돈 방출 정도를 측정하여 라돈 발생량이 적은 건축자재를 사용하는 것이다. 이 방법을 적용하기 위해서는 토양에서 유발된 다양한 건축자재의 라돈 방출 수준을 관리해야 한다. 또한 장벽을 설치하여 토양과 건물 기초가 직접 맞닿지 않도록 방지하거나 토양 중 라듐 농도가 낮은 곳을 건축지로 사용해야 한다. 발생원 조절 방법 중 효율이 좋은 방법은 라돈의 유입 경로인 배수구, 속 빈 콘크리트 벽, 벽과 바닥 교차부분, 바닥재 이음새, 열팽창과 건축자재들의 수축에 의한 틈새, 지하실 바닥과 건물의 갈라진 틈 등을 차단하거나 배

출파이프를 지하실 슬래브(slab) 밑에 넣어 공기를 환기하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법들은 건물 특성에 따라 적용이 다르고 실내 라돈 농도가 지역별, 주택별, 유해환경 인자에 따라 달라질 수 있다. 일반적으로 라돈 저감 공법을 적용할 경우, 건축된 가구 및 공공시설 등 건축 유형별로 평균 69.7% ~ 71.4%의 라돈 저감률을 나타내는 것으로 보고되고 있다.

Ⅳ. 결 론

본 조사는 보육시설의 실내 라돈 농도 조사를 위한 제1차 조사로 충남 도내 4개 시·군(계룡, 공주, 금산, 논산) 어린이집을 대상으로 라돈 농도를 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실내 라돈 평균농도는 43.4 Bq/㎥로 조사되었고, 농도 범위는 11.1 ~ 169.0 Bq/㎥이었으며, 44개 시설 중 금산군 1개 시설에서 권고기준(148 Bq/㎥)을 초과하였다. 지하수 중 라돈 농도는 평균 119.7 Bq/L이 었으며, 검출범위는 N.D. ~ 254.0 Bq/L이었고, 논산지역 2개 시설에서 먹는물 수질기준(148 Bq/L)을 초과하는 것으로 나타났다.
2. 지역별 실내 라돈 평균농도는 계룡 48.3 Bq/㎥, 금산 99.9 Bq/㎥, 공주 34.9 Bq/㎥, 논산 42.62 Bq/㎥로 측정되었다. 지역별 최고 최저 농도는 계룡시 최고 64.2 Bq/㎥ 최저 39.7 Bq/㎥, 금산군 최고 169.0 Bq/㎥ 최저 30.7 Bq/㎥, 공주시 최고 83.9 Bq/㎥ 최저 15.1 Bq/㎥, 논산시 최고 102.0 Bq/㎥ 최저 11.1 Bq/㎥이었다. 따라서 지역별 평균 라돈 농도는 금산, 계룡, 논산, 공주 순으로 높았고, 최고농도는 금산 > 논산 > 공주 > 계룡, 최저농도는 논산 > 공주 > 금산 > 계룡 순이었다.
3. 시간대별 라돈 농도 변화는 18시부터 증가하기 시작하여 익일 아침 07시에 최고농도에 도달한 후 08시부터 감소하는 경향을 보였다. 특히, 권고기준을 초과한 시설에서의 48시간 라돈 농도변화는 둘째날 04시부터 다음 날 07시까지 증가된 농도를 유지하다가 08시부터 감소하였다.
4. 효과적인 실내 라돈 저감방법은 실내공기를 주기적으로 환기시키는 일이다. 특히, 유·아동 및 노약자 등 건강 취약계층이 많이 이용하는 시설의 경우, 건물 관리자의 철저한 환기 노력이 요구된다.

References

1. 노출평가지침서. 환경부, 2001.
2. 실내공기질 관리법. 환경부, 2018.
3. 이지영, 이호찬, 한규문, 김남진, 전재식, 김주형, 김민영. 실내환경에서 라돈의 발생원과 농도변화. 서울특별시 보건환경연구원보, 2007; 43: 355-360.
4. 이철민, 김윤신, 노영만, 김기연, 전형진, 김종철. 국내 다양한 실내환경에서 라돈 농도 및 거주자의 실효선량 평가. 한국환경보건학회지, 2007; 33(4): 264-275.
5. WHO guidelines for indoor air quality : selected pollutants. WHO, 2010.
6. 라돈 측정 및 저감 가이드라인. 환경부, 2013.
7. 이동현, 류승훈, 조정흠, 서성철. 건축물 유형에 따른 라돈 저감 효과 평가. 한국산업위생학회지, 2014; 24(4): 518-527.
8. 우경숙, 오수진, 박희진, 서수연, 이우석, 정은경, et al. 충남 일부지역에 위치한 주택, 관공서, 학교의 실내 라돈 농도 분

포. 실내환경 및 냄새환경학회지, 2014; 13(1): 73-79.
9. 주덕현, 박기호, 정희원, 임형준, 복동석, 윤동원, et al. 국내 라돈 취약가구에 대한 주거공간의 실내 라돈 농도에 관한 연구. 한국환경보건학회지, 2015; 41(2): 61-70.
10. 김임순, 오홍석, 이관형, 김충곤. 환경영향평가 단계에서의 라돈 관리에 대한 연구. 환경영향평가학회지, 2018; 27(3): 241-250.

악취관리지역 악취실태조사

정제길, 백남출, 안미혜, 박병욱, 김인엽, 황수진, 이창균

생활환경팀

Ⅰ. 서 론

악취는 사람의 후각을 자극하여 불쾌감이나 혐오감을 주는 감각적인 오염물질로 기상 상태나 환경 및 개인의 성향에 따라 느끼는 정도의 차이가 달라질 수 있다. 또한 국민 소득 증가에 따른 생활수준 향상으로 쾌적한 환경에 대한 욕구가 높아졌다. 특히, 악취로 인한 환경피해 민원은 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.

이에 환경부는 대기환경보전법에 의한 공장 중심의 단속만으로 악취문제를 다루는데 한계를 느껴 2004년 2월 9일 악취방지법을 제정, 악취문제에 보다 효과적으로 대응할 수 있는 법적 근거를 확보하였다. 악취방지법 제6조에 의거 충청남도는 2006년 서산시 대산 공업단지 및 대죽지방산업단지와 2010년 당진시의 아산국가산업단지 및 송산일반산업단지를 각각 악취관리지역으로 지정하여, 악취방지법 제4조에 따라 지정된 악취관리지역에 대한 악취실태조사를 매년 실시하여 체계적인 악취 관리의 효율성을 기하고 악취저감 대책 수립을 위한 정책 자료로 활용하고 있다.

Ⅱ. 조사대상 및 시험방법

1. 조사대상

충남 도내 악취관리지역으로 지정된 서산 대산공업단지 및 대죽지방산업단지와 당진 아산국가산업단지 및 송산일반산업단지를 지역별로 세분화하여 측정 지점을 선정하였다. 서산 10지점(관리지역 5개소, 영향지역 2개소, 경계지역 3개소)과 당진 10지점(관리지역 5개소, 영향지역 3개소, 경계지역 2개소) 등 총 20개 측정 지점에서 악취를 실태를 조사하였다. 두 지역의 조사지점은 Table 1, 2와 같다.

Table 1. The sampling site in Seosan industrial complex

악취관리지역	지점 번호	시료 번호*	조사지점 주소	비 고
- 제 1 지역 - 한화토탈	①	한화-관	독곶리 636-2	태경화학 가스저장소
	②	한화-관	독곶리 산224-8	독곶논골길 182-15 민가
	③	한화-영	독곶리 503-17	큰들길 21 민가

Table 1. continued

악취관리지역	지점 번호	시료 번호*	조사지점 주소	비 고
- 제 2 지역 - 롯데·LG화학	④	롯데-경	독곶리 123-20	독곶1로 94 (독곶리 마을회관)
	⑤	롯데-경	독곶리 86-1	㈜이엠테크 주차장
	⑥	롯데-경	대죽리 775-105	성우알맥 정문 앞
	⑦	롯데-관	대죽리 산117-3	대산매립장 옆 정자
- 제 3 지역 - 현대오일뱅크	⑧	현대-관	대죽리 1064-2	현대오일뱅크 버스정류장
	⑨	현대-영	화곡리 485-5	화곡2리 마을회관
- 제 4 지역 - 대죽지방산단	⑩	케이-관	대죽리 18-2	KCC 제 1문 정문 앞

Table 2. The sampling site in Dangjin industrial complex

악취관리지역	지점 번호	시료 번호*	조사지점 주소	비고
- 제 1 지역 - 아산국가산업단지 부곡지구	①	부곡-영	송악 복운리 1631-1	이주단지 어린이공원
	②	부곡-관	송악 복운리 1668-1	부곡공단1길 28 (주)S&K 정문 옆
	③	부곡-관	송악 부곡리 569-1	부곡공단로 131 휴스틸 폐수처리장 옆 인도
	④	부곡-관	송악 부곡리 569-2	부곡공단4길 28-309 서원 정문 옆
	⑤	부곡-관	송악 부곡리 566	상록수공원 주차장
- 제 2 지역 - 송산일반산업단지 송산지구	⑥	송산-관	송산 동곡리 172-73	현대제철 제1문 옆
	⑦	송산-경	송산 가곡리 116-1	송산로 1083 선호황토불가마사우나 앞
	⑧	송산-영	송산 유곡1길 29-7	유곡1길 놀이터
	⑨	송산-경	송산 북부산업로1597	서해휴게소
	⑩	송산-영	송악 월곡리 153-4	다실길 145 월곡리마을회관

* 시료번호 : 측정지역 이니셜 - 관리/영향/경계지역 구분

2. 시험방법

시료채취는 분기별로 주간에 1회 실시하였고 2·3분기에는 야간을 추가로 채취하였으며, 기온, 기압, 풍향, 풍속 등 기상조건을 측정하였다. 채취된 시료는 악취공정시험기준에 따라 운반·보관하여 복합악취는 공기희석관능법으로, 지정악취물질은 개별 시험방법으로 분석하였다. 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 3. The analytical conditions in this study

Materials	Instrument	Analytical conditions
Aldehydes	HPLC (Agilent 1100)	Column : Microsorb - MV100 - 5 C18 (250 × 4.6 mm) Injection volume : 20 μl Column flow : 1.0 mL/min Mobile phase : gradient (Acetonitril and water)
Sulfur compounds	Unity/Air Server (Markers)	Injector temp(80℃), Detector temp(200℃) CF/TD : cold trap(S, -15℃, 250℃), hold time(5 min)
	GC/PFPD (Bruker, CP-3800)	Column : BR-1ms(60 m × 0.25 mm × 1.0 ㎛) Column flow : 1.0 mL/min Oven condition : 60℃ - 8℃/min - 200℃
VOCs	TD (ITC 21, Ultra A)	Purge temp and time : 40℃, 0.5 min Desorb time and flow : 10 min, 20 mL/min Desorb temp : 280℃ Cold trap : hold time(5min), high (300℃), low (-15℃)
	GC/MS(Bruker) (CP-3800/MS1200)	Column : BR-1ms (60 m × 0.25 mm × 1.0 ㎛) Column flow : 0.85 mL/min Oven condition : 50℃ - 5℃/min - 250℃ Sample volume : 3.0 L (0.1 mL × 30 min)

Ⅲ. 조사결과

1. 악취물질 조사 결과

충청남도의 서해안 북부에 위치한 서산대산공업단지 사업장은 석유화학 관련 물질을 생산하는 사업장들이 밀집해있어 주로 휘발성유기화합물질이 발생하고, 당진은 철강관련 및 일반산업 사업장 지역으로 황화합물이 주로 발생한다.

시료채취 기상현황과 복합악취 및 지정악취물질의 분석 결과를 Table 4 ~ Table 9에 나타내었다. Table 6 ~ Table 9에 나타낸 악취 분석값은 주간과 야간의 평균값이다.

Table 4. The weather conditions on the Seosan sampling site

지점번호	기온(℃)						기압(hPa)					
	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기
	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)
①	6	19	14	28	20	5	1019	1004	1004	1008	1010	1025
②	6	19	13	28	20	5	1019	1004	1005	1008	1010	1024
③	6	17	12	28	20	5	1019	1004	1006	1007	1010	1024
④	5	17	12	28	20	6	1019	1004	1006	1007	1011	1025
⑤	6	17	12	28	20	6	1017	1004	1006	1007	1012	1024
⑥	6	17	13	28	20	6	1018	1004	1005	1005	1007	1023
⑦	7	17	12	28	20	6	1019	1002	1005	1004	1008	1025
⑧	8	17	12	28	20	6	1018	1000	1006	1004	1009	1024
⑨	8	18	12	28	20	6	1018	998	1007	1000	1009	1025
⑩	7	17	12	28	20	6	1019	1001	1006	1003	1009	1025
지점번호	풍향(°)						풍속(m/s)					
	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기
	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)
①	250	315	315	200	270	280	1.4	3.9	2.9	1.5	0.5	2.2
②	300	315	270	300	300	320	1.5	1.9	1.9	1.2	1.1	1.8
③	270	315	315	225	360	290	1.2	4.0	1.8	0.9	0.4	2.5
④	270	270	270	90	315	65	1.2	1.7	1.3	1.1	0.7	1.2
⑤	315	225	180	45	360	0	1.2	2.8	1.7	1.1	1.3	2.5
⑥	315	340	225	20	360	340	1.6	2.4	0.7	1.5	2.6	1.4
⑦	320	340	340	180	290	290	1.9	3.9	1.2	1.2	1.6	1.8
⑧	220	315	265	90	45	290	1.3	3.5	1.9	1.9	1.2	3.2
⑨	315	340	255	90	360	360	1.4	1.5	0.7	1.1	0.7	1.9
⑩	360	340	200	90	20	290	1.2	2.4	1.6	1.1	1.6	2.1

Table 5. The weather conditions on the Dangjin sampling site

지점번호	기온(℃)						기압(hPa)					
	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기
	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)
①	8	22	16	24	16	7	1023	1008	1010	1013	1015	1031
②	8	22	16	24	16	7	1022	1009	1011	1010	1016	1031
③	8	22	16	23	16	7	1022	1009	1011	1010	1017	1031
④	9	21	16	23	15	8	1022	1010	1011	1014	1017	1031
⑤	9	21	14	23	15	8	1022	1009	1012	1015	1017	1031
⑥	10	20	15	24	15	7	1022	1007	1009	1012	1012	1030
⑦	10	20	15	24	15	7	1022	1006	1009	1012	1015	1030
⑧	11	21	15	23	16	7	1020	1007	1011	1009	1016	1030
⑨	10	20	14	23	16	7	1022	1008	1013	1009	1017	1031
⑩	10	20	14	23	15	8	1018	1006	1012	1009	1017	1030
지점번호	풍향(°)						풍속(m/s)					
	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기	1분기	2분기	2분기	3분기	3분기	4분기
	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)	(주간)	(주간)	(야간)	(주간)	(야간)	(주간)
①	200	315	315	340	360	45	2.4	1.2	0.0	1.5	0.1	1.1
②	22.5	225	315	45	225	180	1.9	0.6	0.0	1.3	0.1	0.5
③	360	325	360	360	45	135	2.2	0.9	1.6	2.4	0.1	1.7
④	45	270	360	360	270	45	1.8	1.6	0.0	1.2	0.1	0.4
⑤	315	245	340	360	270	160	3.0	1.2	1.0	1.3	0.6	1.4
⑥	270	270	250	315	220	90	3.0	2.5	2.7	0.5	0.7	2.6
⑦	335	45	290	315	180	180	3.0	0.6	1.8	2.8	0.7	0.6
⑧	340	205	315	340	250	135	2.2	2.2	0.4	1.1	0.9	0.7
⑨	70	270	250	340	180	180	1.5	1.6	0.7	1.1	1.4	1.5
⑩	360	205	80	360	180	180	1.5	1.2	0.0	0.6	0.0	1.0

Table 6. The analytical results for Seosan industrial complex in daytime

관리지역	조사구역	조사지점명	복합악취(희석배수)	알데하이드류 (ppm)				
				아세트알데하이드	프로피온알데하이드	뷰틸알데하이드	i-발레르알데하이드	발레르알데하이드
		엄 격 한 배출허용 기 준	15 / 10	0.05	0.05	0.029	0.003	0.009
한화토탈	한화-관	태경화학 가스저장소	4	0.00	0.00	0.008	0.000	0.000
	한화-관	독곶논골길 182-15 민가	4	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000
	한화-영	큰들길 21 민가	4	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000
롯데LG화학	롯데-경	독곶리 마을회관	4	0.01	0.00	0.001	0.000	0.000
	롯데-경	㈜이엠테크 주차장	2	0.01	0.00	0.001	0.000	0.000
	롯데-경	성우알맥 정문 앞	4	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000
	롯데-관	대산매립장 옆 정자	4	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000
현대오일뱅크	현대-관	현대오일뱅크 버스정류장	2	0.00	0.00	0.001	0.001	0.000
	현대-영	화곡2리 마을회관	0	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000
대죽산단	케이-관	KCC 제 1문 정문 앞	3	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000

관리지역	조사구역	조사지점명	탄화수소류 (ppm)					
			메틸에틸케톤	메틸아이소뷰틸케톤	톨루엔	뷰틸아세테이트	스타이렌	자일렌
		엄 격 한 배출허용 기 준	13	1	10	1.	0.4	1
한화토탈	한화-관	태경화학 가스저장소	0	0	0	0	0.0	0
	한화-관	독곶논골길 182-15 민가	0	0	0	0	0.0	0
	한화-영	큰들길 21 민가	0	0	0	0	0.0	0
롯데LG화학	롯데-경	독곶리 마을회관	0	0	0	0	0.0	0
	롯데-경	㈜이엠테크 주차장	0	0	0	0	0.0	0
	롯데-경	성우알맥 정문 앞	0	0	0	0	0.0	0
	롯데-관	대산매립장 옆 정자	0	0	0	0	0.0	0
현대오일뱅크	현대-관	현대오일뱅크 버스정류장	0	0	0	0	0.0	0
	현대-영	화곡2리 마을회관	0	0	0	0	0.0	0
대죽산단	케이-관	KCC 제 1문 정문 앞	0	0	0	0	0.0	0

Table 6. continued

관리 지역	조사 구역	조사지점명	황화합물 (ppm)			
			황화수소	메틸 메르캅탄	다이메틸 설파이드	다이메틸 다이설파이드
		엄 격 한 배출허용 기 준	0.02	0.002	0.01	0.009
한화 토탈	한화-관	태경화학 가스저장소	0.00	0.000	0.00	0.000
	한화-관	독곶논골길 182-15 민가	0.00	0.000	0.00	0.000
	한화-영	큰들길 21 민가	0.00	0.000	0.00	0.000
롯데 LG 화학	롯데-경	독곶리 마을회관	0.00	0.000	0.00	0.000
	롯데-경	㈜이엠테크 주차장	0.00	0.000	0.00	0.000
	롯데-경	성우알맥 정문 앞	0.00	0.000	0.00	0.000
	롯데-관	대산매립장 옆 정자	0.00	0.000	0.00	0.000
현대 오일 뱅크	현대-관	현대오일뱅크 버스정류장	0.00	0.000	0.00	0.000
	현대-영	화곡2리 마을회관	0.00	0.000	0.00	0.000
대죽 산단	케이-관	KCC 제 1문 정문 앞	0.00	0.000	0.00	0.000

Table 7. The analytical results for Seosan industrial complex in the night

관리 지역	조사 구역	조사지점명	복합 악취 (희석 배수)	알데하이드류 (ppm)				
				아세트 알데 하이드	프로피온 알데 하이드	뷰틸 알데 하이드	i-발레르 알데 하이드	발레르 알데 하이드
		엄 격 한 배출허용 기 준	15 / 10	0.05	0.05	0.029	0.003	0.009
한화 토탈	한화-관	태경화학 가스저장소	7	0.01	0.00	0.001	0.000	0.000
	한화-관	독곶논골길 182-15 민가	2	0.00	0.00	0.001	0.000	0.000
	한화-영	큰들길 21 민가	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
롯데 LG 화학	롯데-경	독곶리 마을회관	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
	롯데-경	㈜이엠테크 주차장	3	0.01	0.00	0.000	0.000	0.000
	롯데-경	성우알맥 정문 앞	3	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
	롯데-관	대산매립장 옆 정자	2	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
현대 오일 뱅크	현대-관	현대오일뱅크 버스정류장	1	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
	현대-영	화곡2리 마을회관	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
대죽 산단	케이-관	KCC 제 1문 정문 앞	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000

Table 7. continued

관리지역	조사구역	조사지점명	탄화수소류(ppm)					
			메틸에틸케톤	메틸아이소뷰틸케톤	톨루엔	뷰틸아세테이트	스타이렌	자일렌
		엄격한 배출허용 기준	13	1	10	1.	0.4	1
한화토탈	한화-관	태경화학 가스저장소	0	0	0	0	0.0	0
	한화-관	독곶논골길 182-15 민가	0	0	0	0	0.0	0
	한화-영	큰들길 21 민가	0	0	0	0	0.0	0
롯데LG화학	롯데-경	독곶리 마을회관	0	0	0	0	0.0	0
	롯데-경	㈜이엠테크 주차장	0	0	0	0	0.0	0
	롯데-경	성우알맥 정문 앞	0	0	0	0	0.0	0
	롯데-관	대산매립장 옆 정자	0	0	0	0	0.0	0
현대오일뱅크	현대-관	현대오일뱅크 버스정류장	0	0	0	0	0.0	0
	현대-영	화곡2리 마을회관	0	0	0	0	0.0	0
대죽산단	케이-관	KCC 제 1문 정문 앞	0	0	0	0	0.0	0

관리지역	조사구역	조사지점명	황화합물 (ppm)			
			황화수소	메틸메르캅탄	다이메틸설파이드	다이메틸다이설파이드
		엄격한 배출허용 기준	0.02	0.002	0.01	0.009
한화토탈	한화-관	태경화학 가스저장소	0.00	0.000	0.00	0.000
	한화-관	독곶논골길 182-15 민가	0.00	0.000	0.00	0.000
	한화-영	큰들길 21 민가	0.00	0.000	0.00	0.000
롯데LG화학	롯데-경	독곶리 마을회관	0.00	0.000	0.00	0.000
	롯데-경	㈜이엠테크 주차장	0.00	0.000	0.00	0.000
	롯데-경	성우알맥 정문 앞	0.00	0.000	0.00	0.000
	롯데-관	대산매립장 옆 정자	0.00	0.000	0.00	0.000
현대오일뱅크	현대-관	현대오일뱅크 버스정류장	0.00	0.000	0.00	0.000
	현대-영	화곡2리 마을회관	0.00	0.000	0.00	0.000
대죽산단	케이-관	KCC 제 1문 정문 앞	0.00	0.000	0.00	0.000

Table 8. The analytical results for Dangjin industrial complex in daytime

관리지역	조사구역	조사지점명	복합악취(희석배수)	황화합물(ppm)			
				황화수소	메틸메르캅탄	다이메틸설파이드	다이메틸다이설파이드
		엄격한 배출허용기준	15 10	0.02	0.002	0.01	0.009
부곡	부곡-영	이주단지 어린이공원	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	(주)S&K 정문 옆	1	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	휴스틸 폐수처리장 옆 인도	2	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	서원 정문 옆	4	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	상록수공원 주차장	0	0.00	0.000	0.00	0.000
송산	송산-관	현대제철 제1문 옆	3	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-경	선호황토불가마사우나 앞	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-영	유곡1길 놀이터	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-경	서해휴게소	1	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-영	월곡리마을회관	0	0.00	0.000	0.00	0.000

관리지역	조사구역	조사지점명	탄화수소류(ppm)					
			메틸에틸케톤	메틸아이소뷰틸케톤	톨루엔	뷰틸아세테이트	스타이렌	자일렌
		엄격한 배출허용기준	13	1	10	1	0.4	1
부곡	부곡-영	이주단지 어린이공원	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	(주)S&K 정문 옆	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	휴스틸 폐수처리장 옆 인도	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	서원 정문 옆	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	상록수공원 주차장	0	0	0	0	0.0	0
송산	송산-관	현대제철 제1문 옆	0	0	0	0	0.0	0
	송산-경	선호황토불가마사우나 앞	0	0	0	0	0.0	0
	송산-영	유곡1길 놀이터	0	0	0	0	0.0	0
	송산-경	서해휴게소	0	0	0	0	0.0	0
	송산-영	월곡리마을회관	0	0	0	0	0.0	0

Table 9. The analytical results for Dangjin industrial complex in the night

관리지역	조사구역	조사지점명	복합악취(희석배수)	황화합물(ppm)			
				황화수소	메틸메르캅탄	다이메틸설파이드	다이메틸다이설파이드
		엄격한 배출허용기준	15 10	0.02	0.002	0.01	0.009
부곡	부곡-영	이주단지 어린이공원	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	(주)S&K 정문 옆	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	휴스틸 폐수처리장 옆 인도	7	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	서원 정문 옆	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	부곡-관	상록수공원 주차장	0	0.00	0.000	0.00	0.000
송산	송산-관	현대제철 제1문 옆	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-경	선호황토불가마사우나 앞	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-영	유곡1길 놀이터	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-경	서해휴게소	0	0.00	0.000	0.00	0.000
	송산-영	월곡리마을회관	0	0.00	0.000	0.00	0.000

관리지역	조사구역	조사지점명	탄화수소류(ppm)					
			메틸에틸케톤	메틸아이소뷰틸케톤	톨루엔	뷰틸아세테이트	스타이렌	자일렌
		엄격한 배출허용기준	13	1	10	1	0.4	1
부곡	부곡-영	이주단지 어린이공원	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	(주)S&K 정문 옆	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	휴스틸 폐수처리장 옆 인도	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	서원 정문 옆	0	0	0	0	0.0	0
	부곡-관	상록수공원 주차장	0	0	0	0	0.0	0
송산	송산-관	현대제철 제1문 옆	0	0	0	0	0.0	0
	송산-경	선호황토불가마사우나 앞	0	0	0	0	0.0	0
	송산-영	유곡1길 놀이터	0	0	0	0	0.0	0
	송산-경	서해휴게소	0	0	0	0	0.0	0
	송산-영	월곡리마을회관	0	0	0	0	0.0	0

2. 복합악취 결과 분석

악취는 단일 오염 물질에 의한 것보다는 다양한 종류의 화합물질이 복합적으로 작용하는 경우가 많아 악취를 다른 오염물질처럼 객관성 있는 농도 값으로 나타내어 정량하기는 어렵다. 감각공해인 악취는 사람마다 느끼는 차이가 크며, 온·습도 등 기상 변화에 쉽게 영향을 받는다. 또한, 단일 성분이 아닌 여러 가지 복합성분으로 구성되기 때문에 악취방지법[1]에서도 복합악취를 측정하는 것을 원칙으로 한다. 따라서 본 조사에서는 측정지점에서 악취가 감지되는 곳을 측정 지점으로 선정·분석하였다.

Table 10. Odor complex results on the Seosan sampling site

구 분	1분기 (2월27일)	2분기 (5월20일)		3분기 (9월17일)		4분기 (11월19일)
	주간	주간	야간	주간	야간	주간
악취측정지점	5	3	2	2	5	5
악취도 범위 (희석배수)	3-8	4-6	4-6	3-4	3-8	3-8
최고 지점	태경화학 가스저장소	태경화학 가스저장소	태경화학 가스저장소	KCC 제1정문 앞	태경화학 가스저장소	현대오일뱅크 버스정류장

Table 10은 서산지역의 복합악취 결과를 나타낸 것으로 악취가 감지된 지점은 2-5곳으로 나타났다. 악취 취기가 감지된 지점이 많은 시기는 1분기 주간, 3분기 야간, 4분기 주간으로 10지점 중 5지점에서 악취가 감지되었다. 악취도 범위는 3-8배(기준 15이하)로 가장 높은 시기는 1분기와 4분기 주간, 3분기 야간으로 나타났다. 가장 높게 측정된 악취도(희석배수 8)는 1분기 주간, 3분기 야간에 태경화학 가스저장소, 4분기 주간에 현대오일뱅크 버스정류장이었으며 그 이외의 지역에서는 희석배수 6이하이었다.

Table 11. Odor complex results on the Dangjin sampling site

구 분	1분기 (2월28일)	2분기 (5월13일)		3분기 (9월24일)		4분기 (11월21일)
	주간	주간	야간	주간	야간	주간
악취측정지점	1	3	0	2	1	1
악취도 범위 (희석배수)	8	4-8	-	4-6	14	11
최고 지점	현대제철 제1문 옆	휴스틸 폐수 처리장 옆 인도	-	성우알맥 정문 앞	큰들길 민가	서원 정문 옆

Table 11은 당진지역의 복합악취 결과를 나타낸 것으로 악취가 감지된 지점은 0 ~ 3곳으로 2분기 주간에 가장 많이 감지되었다. 악취도 범위는 4 ~ 14배(기준 15이하)로 가장 높게 측정된 악취도(희석배수 14)는 3분기 야간에 큰들길 민가 지점이었으며 그 이외의 지역에서는 희석배수 11이하이었다.

3. 지정악취물질 결과 분석

일반적으로 산소, 황, 질소 등의 원자가 포함되어 있는 화합물들이 탄소와 수소만으로 된 화합물보다 감지가 가능한 농도값(최저감지농도)이 낮은 것으로 알려져 있다. 감지가 가능한 농도값이 낮다는 것은 적은 양이라도 대기 중으로 배출되면 악취 민원의 원인 물질이 될 수 있음을 의미하기에 이 물질들은 면밀한 조사와 지속적인 모니터링이 필요하다. 본 조사에서는 지정악취물질 22종 중 서산지역은 황화합물 4종, 알데하이드류 5종, 휘발성유기화합물류 6종 등 총 15종, 당진지역은 황화합물 4종, 휘발성유기화합물 6종 등 총 10종을 분석하였다.

Table 12. The number of sites where odor substances were detected in Seosan

구분		알데하이드류				황화합물	휘발성 유기화합물
		아세트 알데하이드	뷰틸 알데하이드	i-발레르 알데하이드	프로피온알데하이드 등 2종	황화수소 등 4종	톨루엔 등 6종
1분기		3지점	6지점	-	-	-	-
2분기	주간	-	1지점	8지점	-	-	-
	야간	-	-	-	-	-	-
3분기	주간	2지점	8지점	-	-	-	-
	야간	2지점	2지점	-	-	-	-
4분기		-	7지점	-	-	-	-
검출범위 (ppm)		0.01 ~ 0.02	0.001 ~ 0.015	0.001 ~ 0.002	불검출	불검출	불검출

Table 12는 서산지역 조사결과로 새콤하고 자극적인 타는 듯한 냄새가 나는 알데하이드류와 아세트알데하이드는 1분기와 3분기 주간, 3분기 야간에 검출되었고 검출 지점은 독곶리마을회관에서 3분기 주간에 가장 높은 0.02 ppm으로 분석되었다. 뷰틸알데하이드는 연중 24회로 모두 가장 높은 검출빈도를 보였으며 4분기 주간에 태경화학 가스저장고에서 0.015 ppm으로 가장 높은 농도를 나타내었다. i-발레르알데하이드 2분기 주간에만 검출되었고 검출된 최고 농도가 엄격한 배출허용기준의 52% 이내 수준이었다. 황화합물과 탄화수소류는 검출되지 않았다.

Table 13. The number of sites where odor substances were detected in Dangjin

구분		황화합물	휘발성유기화합물
		황화수소 등 4종	톨루엔 등 6종
1분기		-	-
2분기	주간	-	-
	야간	-	-
3분기	주간	-	-
	야간	-	-
4분기		-	-
검출범위 (ppm)		불검출	불검출

당진지역은 황화합물 4종, 휘발성유기화합물 6종 등 총 10종에 대한 분석 결과, Table 13에서와 같이 모두 검출되지 않았다.

Ⅳ. 결 론

1. 복합악취의 경우, 가장 높은 악취도는 서산지역 희석배수 8, 당진지역 희석배수 11로 엄격한 배출허용기준인 15 이하이었다. 서산지역에서는 태경화학 가스저장소(1분기 주간, 3분기 야간)와 현대오일뱅크버스정류장(4분기 주간)에서 가장 높은 악취도를 보였고 당진지역에서는 서원 정문 옆(4분기 주간)에서 악취도가 가장 높게 나타났다.
2. 지정악취 물질 분석결과, 서산지역의 경우에는 알데하이드류 5종 중 아세트알데하이드, 뷰틸알데하이드, i-발레르알데하이드가 일부 몇 지점에서 검출되었으나 황화합물과 탄화수소류는 모든 지점에서 검출되지 않았으며, 당진지역에서는 황화수소와 탄화수소류 모두 불검출되었다.
3. 복합악취와 지정악취 물질 간의 상관성 분석 결과, 통계적으로 유의한 상관성은 확인되지 않았으며 지정악취 물질의 검출농도도 유의미하지 않았다. 단, 두 지역은 악취 민원이 발생할 가능성이 높으므로 지속적인 모니터링과 관리가 요구된다.

References

1. 환경부, 악취방지법(2018)
2. 환경부, 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구
3. 충청남도 악취의 엄격한 배출허용기준과 악취방지시설 설치 및 개선 보조금 지원에 관한 조례

환경소음측정망 운영 결과

백남출, 유우석, 정제길, 안미혜, 박병욱, 김인엽, 황수진, 이창균

생활환경팀

Ⅰ. 서 론

생활수준 향상으로 안정적 일상 생활환경 영위를 위한 정온 환경조성에 대한 요구가 사회적으로 증가하고 있다. 소음은 사람의 정신건강은 물론 생활에 지장을 일으킬 정도로 민감한 감각공해로 심한 경우 난청 유발과 순환계 등의 신체 건강에 영향을 미친다.

사람들의 이동과 활동영역 확장으로 인한 교통량 증가와 각종 도시 개발 및 건축현장, 아파트 및 주택지역 등에서 다양하게 발생하는 소음으로 인한 갈등과 분쟁이 늘고 있다. 이에 따라 환경부에서는 정온한 생활환경 조성과 쾌적한 주거환경 보전을 위해 지역별 소음실태를 체계적으로 파악·관리하기 위해 환경소음측정망을 운영하고 있다. 우리 도에서는 효율적인 소음저감 대책수립을 위한 목적으로 제정한 충청남도 고시 제2007-302호「환경소음측정망 설치계획 결정고시」에 따라 2008년부터 천안시 4개 지역(학교, 주거, 상업, 공업지역)을 대상으로 환경소음측정망을 운영하고 있다.

Ⅱ. 조사대상 및 방법

1. 조사대상

환경소음측정망은 인구 50만 이상이거나 도청이 위치한 지역, 또는 관할지역내 주요 도시 중 인구수, 면적 등을 고려하여 국민의 정온한 생활유지에 가장 영향이 큰 도시지역에 설치할 수 있다. 이에 근거하여 충남도에서는 소음측정망 설치를 고시·운영 중인 천안시 4개 지역(학교, 주거, 상업, 공업)을 대상지역으로 지역별로 5개소(일반 3개, 도로변 2개)를 선정, 총 20지점을 운영하고 있다. 조사지점은 Table 1과 같다.

2. 측정방법

소음·진동공정시험기준에 따라 낮과 밤 시간대로 구분하여 해당 지역의 소음을 대표할 수 있는 지점을 선정, 요일별로 소음변동 폭이 작은 평일에 낮 시간대에 4회(10시, 13시, 17시, 20시), 밤 시간대 2회(22시, 24시) 측정하여 산술평균한 값을 측정소음도로 하였다. 측정조건으로는 소음계의 청감보정회로는 A특성, 동특성은 빠름(fast)을 사용하는 것을 원칙으로 하였으며 매 시간대별로 5분 등가소음도를 측정하였다.

Table 1. Status of environmental noise measurement network operation in Cheonan

적용대상			측 정 지 역		
법적 구분	용도 구분	측정 지역	지역 구분	측정지점 번 호	측 정 지 점
가	학교 지역	신방동	일반	천안-1	신방동 16-8 (수곡초교 정문 앞)
				천안-2	신방동 768-1 (신촌초교 정문 앞)
				천안-3	신방동 62-45 (신방중학교 정문 앞)
			도로변	천안-4	신방동 442-20 (현대A 1단지 후문 앞)
				천안-5	신방동 산115-1 (현대A 1단지 정문 앞)
나	주거 지역	쌍용동	일반	천안-6	쌍용동 1547 (월봉일성A 505동 앞)
				천안-7	쌍용동 1548 (대우A 102동 앞)
				천안-8	쌍용동 1561 (월봉청솔A 204동 앞)
			도로변	천안-9	쌍용동 1531 (한산림쌍용매장 앞)
				천안-10	쌍용동 1561 (카라카라찜질방 앞)
다	상업 지역	성정동 두정동	일반	천안-11	성정동 1486 (롯데마트 옆)
				천안-12	성정동 1472 (에이플러스 앞)
				천안-13	두정동 136 (제이스호텔 앞)
			도로변	천안-14	성정동 1464 (쥰웨딩부페 앞)
				천안-15	성정동 1393 (마사회 앞)
라	공업 지역	백석동	일반	천안-16	백석동 555-31 (동흥전자 앞)
				천안-17	백석동 555-19 (범양사 앞)
				천안-18	백석동 555-47 (더코산업 앞)
			도로변	천안-19	백석동 720 (종말처리장 앞)
				천안-20	백석동 555-37 (현대정기 앞)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 측정 지역별 평균 소음도

측정 지역별 평균 소음도는 일반지역은 낮과 밤 시간대에 각각 56 dB(A), 52 dB(A)이었으며, 도로변지역은 62 dB(A), 57 dB(A)로 나타났다. 낮 평균 소음도는 밤보다 높고 일반지역보다는 도로변지역에서 5 ~ 6 dB(A) 높았다. Fig. 1에서와 같이 낮과 밤 시간대 소음도 차이는 공업지역은 일반지역에서 5 dB(A), 도로변지역에서는 8 dB(A)로 가장 큰 차이를 보였으며, 상업지역에서는 일반지역에서 3 dB(A), 도로변지역에서는 2 dB(A)로 가장 작은 편차를 보였는데, 이는 밤늦은 시간까지 영업하는 상업지역의 특성에 기인하는 것으로 판단된다.

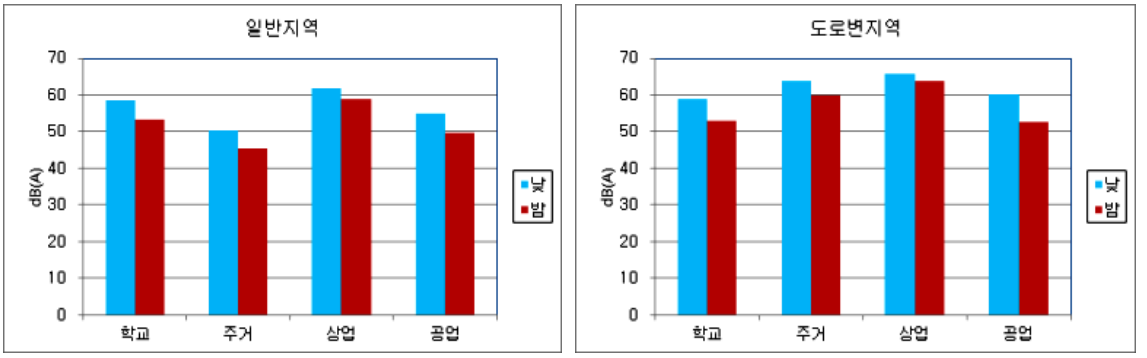


Fig. 1. Average noise level by region.

2. 분기별 소음도 변화추이

Table 2에서 보는 바와 같이 일반지역 중 학교지역의 주·야간 소음도가 모두 환경기준을 초과하고 있는데, 이는 해당 지역의 교통량 증가에 따른 것으로 보여지므로 운전자에 대한 서행의무 준수 등 지속적인 정온 환경 조성을 위한 노력이 요구된다.

그 외 상업지역은 밤 시간대 소음도가 전체 분기 모두 기준을 초과하고 있는데 이는 심야시간까지 영업하는 유흥업소의 영향으로 판단된다. 반면 공업지역이 낮, 밤 시간대 구분 없이 모든 지점이 환경기준 이내로 측정된 것은 백석동 공단에 소음 유발시설이 많지 않고 다른 지역에 비해 5～25 dB(A) 높게 설정된 환경기준 때문인 것으로 판명된다.

Table 2. Quarterly noise measurement results (단위 : dB(A))

지역구분	대상지역	환경기준		상반기		3/4분기		4/4분기		전체평균	
		낮	밤	낮	밤	낮	밤	낮	밤	낮	밤
일반지역	학교지역	50	40	58	52	60	56	58	52	59	53
	주거지역	55	45	50	44	51	46	50	46	50	45
	상업지역	65	55	61	58	61	59	63	60	62	59
	공업지역	70	65	55	46	55	49	55	54	55	50
도로변지역	학교지역	65	55	59	54	59	53	59	52	59	53
	주거지역			63	60	64	61	64	59	64	60
	상업지역	70	60	67	65	65	63	65	63	66	64
	공업지역	75	70	61	55	60	51	60	52	60	53

3. 지점별, 시간대별 소음 비교

도시지역의 주 소음원은 일반적으로 자동차에 의한 교통소음이 대부분이며, 그 중 주거지역은 이면도로에서의 교통소음이, 공업지역은 공장소음과 교통소음의 영향이 크다. Fig. 2와 Table 3은 일반지역과 도로변지역의 시간대별 소음도 변화 추이를 나타낸 것으로 일반지역의 소음도는 상업 > 학교 > 공

업>주거 순으로 높았으며, 시간대별로는 대부분 지역에서 17시 시간대 소음도가 가장 높았다. 도로변지역의 경우 주간에는 상업>주거>공업>학교 순으로 높았고, 야간에는 공업지역의 소음도가 주거지역과 유사한 경향을 보였다.

시간대별 소음 편차는 일반지역, 도로변지역 모두 상업지역이 가장 낮고, 공업지역 중 도로변지역이 가장 높게 나타났다. 이 같은 결과는 상업지역이 다른 지역에 비해 야간시간에도 교통량이 많은데 반해 공업지역은 야간 교통량이 거의 없기 때문으로 여겨진다.

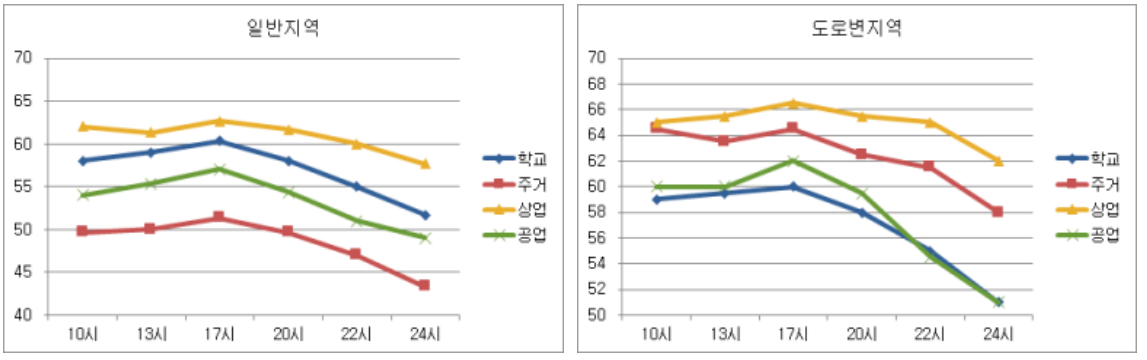


Fig. 2. Time-to-time noise level changes.

Table 3. Environmental Noise measurement result by time zone (단위 : dB(A))

법적 구분	용도 구분	지역구분	환경기준		지점 번호	낮 시간대			밤 시간대			전체평균	
			낮	밤		10시	13시	17시	20시	22시	24시	낮	밤
가	학교 지역	일반지역	50	40	천안-1	53	54	56	53	49	46	54	48
					천안-2	61	61	63	59	58	54	61	56
					천안-3	60	62	62	62	58	55	62	57
		도로변 지역	65	55	천안-4	57	57	58	56	53	50	57	52
					천안-5	61	62	62	60	57	52	61	55
나	주거 지역	일반지역	55	45	천안-6	50	50	53	51	47	43	51	45
					천안-7	49	49	51	49	48	43	50	46
					천안-8	50	51	50	49	46	44	50	45
		도로변 지역	65	55	천안-9	65	64	65	63	62	60	64	61
					천안-10	64	63	64	62	61	56	63	59
다	상업 지역	일반지역	65	55	천안-11	66	66	66	66	64	62	66	63
					천안-12	61	59	61	60	59	56	60	58
					천안-13	59	59	61	59	57	55	60	56
		도로변 지역	70	60	천안-14	66	66	67	66	66	63	66	65
					천안-15	64	65	66	65	64	61	65	63

Table 3. continued

법적 구분	용도 구분	지역구분	환경기준		지점 번호	낮 시간대			밤 시간대			전체평균	
			낮	밤		10시	13시	17시	20시	22시	24시	낮	밤
라	공업 지역	일반지역	70	65	천안-16	53	55	56	53	53	52	54	53
					천안-17	53	52	56	53	46	44	54	45
					천안-18	56	59	59	57	54	51	58	53
		도로변 지역	75	70	천안-19	62	63	63	61	54	51	62	53
					천안-20	58	57	61	58	55	51	59	53

Ⅳ. 결 론

충남도내 유일한 인구 50만 이상 도시인 천안시 지역을 대상으로 운영한 2019년 환경소음측정망의 소음도 측정결과는 다음과 같았다.

1. 지역별 평균 소음도는 일반지역이 낮과 밤 시간대에 각각 56 dB(A), 52 dB(A)이었고, 도로변지역은 낮 62 dB(A), 밤 57 dB(A)이었으며, 낮 시간대가 밤 시간대보다 높고 일반지역보다는 도로변지역이 5 ~ 6 dB(A) 높게 측정되었다.
2. 일반지역 중 학교지역의 주·야간 소음도가 모두 환경기준을 초과하고 있으며, 상업지역은 밤 시간대 소음도가 전체 분기 모두 기준을 초과하고 있는 반면, 공업지역은 낮, 밤 시간대 구분 없이 모든 지점이 환경기준 이내이었다.
3. 일반지역의 소음도는 상업 > 학교 > 공업 > 주거 순으로 높았고, 대부분 지역에서 17시 시간대 소음도가 가장 높게 나타났다. 도로변지역의 경우, 주간에는 상업 > 주거 > 공업 > 학교 순으로 소음도가 높았으나, 야간에는 공업지역의 소음도가 주거지역과 유사한 경향을 보였다.
4. 시간대별 소음 편차는 일반지역, 도로변지역 모두 상업지역이 가장 낮고, 공업지역 중 도로변지역이 가장 높았는데, 이 같은 결과는 상업지역이 다른 지역에 비해 야간시간에도 교통량이 많은 반면 공업지역은 야간 교통량이 거의 없기 때문인 것으로 판단된다.

References

1. 환경소음측정망 설치계획 결정고시, 충청남도고시 제2007-302호(2007.11.12.)
2. 소음·진동 측정망 통합 운영지침, 환경부, 2018
3. 소음·진동공정시험기준, 국립환경과학원 고시 제2018-15호(2018.4.27.)

기타자료(동아리활동)

Ⅳ

4-01. 4차 산업혁명 시대에 발맞춰, 보건분야의 빅데이타를 구축 및 활용하여 도민의 복지보건에 기여

4-02. 대기질 분석기술의 습득 및 미세먼지 문제인식 공유를 기반으로 대응 방안 연구를 통한 업무능력 향상 및 아이디어 발굴

4-03. 토양, 대기, 먹는물 등 생활환경에 유입된 오염인자를 분석하여 생활환경에 직접적으로 영향을 주는 위해요소를 규명하고, 예방 및 개선방법을 제시하여 안전한 생활환경 조성에 기여

충청남도 Chungcheongnam-do

4차 보건혁명

4차 산업혁명 시대에 발맞춰,
보건분야의 빅데이타를 구축 및 활용하여 도민의 복지보건에 기여하고자 함

구성일 2019년 인원 16명
회장 박준혁 총무 이현아(T.6833)

과제 개요(선정배경)

★ 4차 산업혁명 시대에 보건연구분야의 패러다임이 바뀌는 시점에서, 최신 분석 기법인 NGS(Next Generation Sequencing) 등의 도입이 필요

★ 우리 지역에 유행하여 질병을 일으키는 세균, 바이러스 정보의 데이터베이스를 구축하고 질병예방의 기초자료를 제공하여 질병으로부터 안전한 충남을 지향

활동 내용

★ 자체 세미나를 개최하여 4차산업혁명, NGS, 빅데이타 등에 대한 개념 정리(4. 25. , 6. 27. , 10. 14. , 10. 29.)

★ 집단 식중독 및 각종 감염병의 원인(세균, 바이러스)에 대한 유전자 특성 분석 실시하여분석 자료들을 논문, 포스터를 통해 관련학회에 발표(6. 30. , 7. 30. , 10. 31. , 9. 19. , 9. 30.)

- 대한미생물학회 : 충남 청양에서 발생한 식중독에 대한 분석자료
- 한국환경보건학회 : 충남 금산지역 고등학교에서 발생한 식중독건에 대한 원인 분석
- 한국역학회 : 노로바이러스에 의한 질병발생 유전자 분석에 대한 분석

★ 구성원들의 자발적 재능기부로 봉사활동 (7.~8.)

- 도서관 물놀이시설, 홍예공원 분수 등에서 호흡기세균(레지오넬라) 검사 수행

주요 성과(정책 활용도)

★ 도내에서 검출 된 바이러스의 유전정보를 미국국립보건원 유전자 은행에 등록

- 세균, 바이러스 유전정보의 데이터베이스 축적 및 국제적으로 공유

★ 분석 자료들을 논문, 포스터를 통해 관련학회에 발표

- 여러 학회에 보고하여 사례 및 관련정보를 공유함으로 유사질병이 재발하지 않도록 환류

★ 내포신도시 내 생활 밀착형 시설(도서관 물놀이, 공원분수, 도청분수)에서 호흡기 질환을 일으킬 수 있는 레지오넬라균에 대한 검사로 안전성 확보

향후 계획

★ 업무 외적으로 도내 미생물 오염과 관련된 문제들을 테마로 집중 연구 진행

- 하천 수 내 슈퍼박테리아(항생제 다재내성균)의 오염 실태 조사
- 구제역, 조류독감에 의한 매립지 토양의 세균학적 오염도 조사
- 미세먼지, 황사발생 시 대기 중 위해세균 분포도 조사함

★ 구성원들의 전공을 고려한 재능기부의 확대

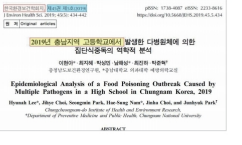
- 어린이집, 초등학교 등 아이들에게 미생물 개념을 도입한 보건위생교육
- 어린이들이 많이 이용하는 시설에 대한 미생물 검사 후 안전 조치

★ 현재 도내 지하수에 포함된 세균의 메타게놈을 NGS를 이용하여 분석중이며, 2020년에 연속으로 연구를 진행하여 결과를 발표할 예정

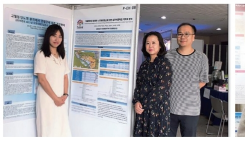
대한미생물학회 (6월호 게재)


ORIGINAL ARTICLE
JBV
An Norovirus Outbreak at a Local Festival in Chungnam Korea

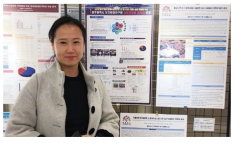
한국환경보건학회 (10월호 게재)


2019년 충남지역 고등학교에서 발생한 디벨림체에 의한 집단식중독의 역학적 분석
Epidemiological Analysis of a Food Poisoning Outbreak Caused by Multiple Pathogens in a High School in Chungnam Korea, 2019

한국역학회 포스터 발표



감염병 컨퍼런스 포스터 발표



충청남도 Chungcheongnam-do

대기연구 아카데미

대기분야 업무역량 강화 및
대기질 개선 아이디어 발굴

구성일 2018년 인원 21명
회장 정금희 총무 유정호(T.6873)

과제 개요(선정배경)

★ 대기질 분석기술의 습득 및 미세먼지 문제인식 공유를 기반으로 대응방안 연구를 통한 업무능력 향상

활동 내용(4차)

최신 대기질 분석기술의 전문가를 초빙하여 관련 주제에 대해 연찬하고 업무적용 가능성 타진

★ [1차] SIFT-MS를 활용한 대기질 측정(2. 19.)
- (원리) 휘발성유기화합물을 시료농축 없이 실시간으로 정량, 정성 분석할 수 있는 질량분석기로 화학적 분리를 통해 분석
- (활용분야) 공단지역 유해대기오염, 악취물질을 실시간 측정해 오염지도 작성 및 사업장 화학물질 누출사고 등 안전사고에 선제적 대응

★ [2차] 드론을 활용한 대기질 모니터링(4. 2.)
- (원리) 이동형 드론에 측정모듈을 탑재하여 굴뚝의 배출가스나 환경대기를 모니터링(측정)할 수 있으며 실시간 측정 및 시료채취
- (활용분야) 현재, 수도권 지역에 미세먼지 감시팀을 운영하여 사업장 밀집지역의 단속에 활용하고, 사업장에 경각심 고취

★ [3차] FT-IR을 활용한 대기질 모니터링(8. 13.)
- (원리) 대기 중 가스를 통과하면 가스 종류에 따라 다르게 흡수되어지며 파장분석을 통해 가스의 유무와 종류, 양까지도 확인 가능
- (활용분야) 굴뚝으로부터 고농도 배출가스 유출시 배출가스의 성분 파악

★ [4차] 독일 대기질 모델링 · 예보 선진기술/사례 조사 결과(9. 19.)
- (주요내용) 독일은 자체 개발한 배출량 모델과 화학수송모델 사용하며 기상예측결과, 관측 자료와의 비교를 통한 예보 자료의 검증 내용 등 다양한 정보 제공
- (결론) 대기질 예측정확도 향상 위해 예측모델의 성능개선 및 분석관 인력 양성 필요하고 대기질 예측 · 진단시스템 운영 및 고도화와 함께 관련 연구기관과의 협력 중요

주요 성과(정책 활용도)

★ 유해화학물질 분석시스템(SIFT-MS) 구축
- 유해화학물질, 악취 민원에 대비한 '20년도 장비 구입 시, 장비의 장 · 단점, 운영현황, 도입 후 활용 가능성 등 지식활동을 통한 자료를 바탕으로 검토
- 해당 분석시스템을 활용하여 굴뚝 및 산업단지 부지에서의 오염물질을 모니터링 하여 저감 방안 수립 시 기초자료로 활용 예정

★ 대기분야의 업무능력 향상
- 대기분야의 시험, 조사, 연구 등 전문성 증진에 필요한 최신 측정기술의 동향 파악
- 선진사례의 조사를 통한 충남형 대기질분석 · 진단시스템의 운영방안 개선 모색

향후 계획

★ 장비의 활용 극대화를 위한 방안 탐구
★ 연찬 범위의 확대 및 균형잡힌 활동으로 구성원의 전문성 강화

회의 모습



충청남도 Chungcheongnam-do

환경의 역습

생활환경에 직접적인 영향을 주는
다양한 위해요소에 대한 영향 규명

구성일 2018년 인원 19명
회장 김재식 총무 오인숙(T.6894)

과제 개요(선정배경)

★ 토양, 대기, 먹는물 등 생활환경에 유입되는 **오염인자를 분석**하여 생활환경에 직접적으로 영향을 주는 **위해요소를 규명**하고, 예방 및 개선방법을 제시하여 **안전한 생활환경 조성**에 기여하고자 함

활동 내용

★ **대기 및 토양오염민원에 따른 산업단지 주변 토양오염도 조사 결과 발표(5. 31.)**
- 산업단지 주변 토양 중 불소 오염은 표토, 심도별 분석결과를 고려할 때, 주변 사업장에 의한 인위적 오염 영향보다는 지질학적 특성에 의한 자연적 영향인 것으로 판단됨

★ **먹는물 수질기준 중 우라늄의 특성에 대한 연구사례 발표(7. 25.)**
- 충남도내 원수가 지하수인 지점을 선정하여 우라늄 항목을 분석한 결과 일부지역에서 기준초과 사례를 발견하였으며, 정수장치 설치에 따른 검사결과를 비교 분석하여 정수기 사용에 따른 저감 효과를 확인

★ **자연발생석면 분포지역 석면 모니터링 연구결과 발표 및 토론(9. 10.)**
- 관내 A지역의 장기 방치된 건축물 슬레이트로부터 석면 비산을 우려한 민원이 발생함에 따라 석면모니터링 실시 결과, 대기 총 16지점 중 1곳이 섬유상물질 검출, 실내공기질 4지점과 토양 21개 지점에서는 불검출 되었음

★ **지하수 중 자연방사성물질 실태조사 발표(11. 19.)**
- 충남지역의 밀폐된 실내공간에서 사용하는 지하수를 원수로 사용하는 마을상수도의 자연방사성물질 실태조사가 선행되어야 하며, 기준을 초과한 모든 시료를 100℃까지 가열 후 상온 냉각 후 분석한 결과 기준을 초과한 모든 시료가 가열을 통해 제거되는 것이 확인됨

★ **수질오염 물질의 분석기법 연구를 통해 정확성 및 신뢰성 증진(11. 27.)**
- 수질분석 시 수행되는 수질오염공정시험방법과 Standard Method에서 제시되는 분석기법을 서로 비교하여 평가하기 위해 비교항목을 설정하고, 분석 결과값의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있는 방향 모색

주요 성과(정책 활용도)

★ **지하수 중 자연방사성물질 실태조사를 통해 불특정 다수에게 제공될 수 있는 먹는 물 공동시설과 민방위 비상급수의 먹는 물 안전성 제고, 자연방사성물질에 대한 불안감 해소 및 정책제안을 위한 데이터 제공**

★ **관내 자연발생석면 모니터링을 위해 매 반기당 1개 조사지역 선정하여 비산 및 토양 석면 조사 계획 추진 중**

향후 계획

★ **도내 환경을 대상으로 생활환경 위해요소의 지속적 모니터링**
- 조사결과 자료는 지역주민 및 해당 지자체, 도 정책부서에 제공하여 정책수립 시 반영될 수 있도록 하고, 보고서 작성 및 연구 학술발표를 통해 연구 데이터 축적, 결과물을 공유하여 생활환경 위해요소를 예방하고 개선하는 방법을 제시하고자 함

★ **외국서적이나 분석기법 연구발표 내용 연찬을 통한 분석기법 연구를 통해 정확성 및 신뢰성 증진**

연구결과 발표 자료	회의 모습
	

V

부 록

- 일 반 현 황
- 연도별 조사연구사업
- 역 대 원 장 명 단

일 반 현 황

1. 연혁 및 위치

○ 연 혁

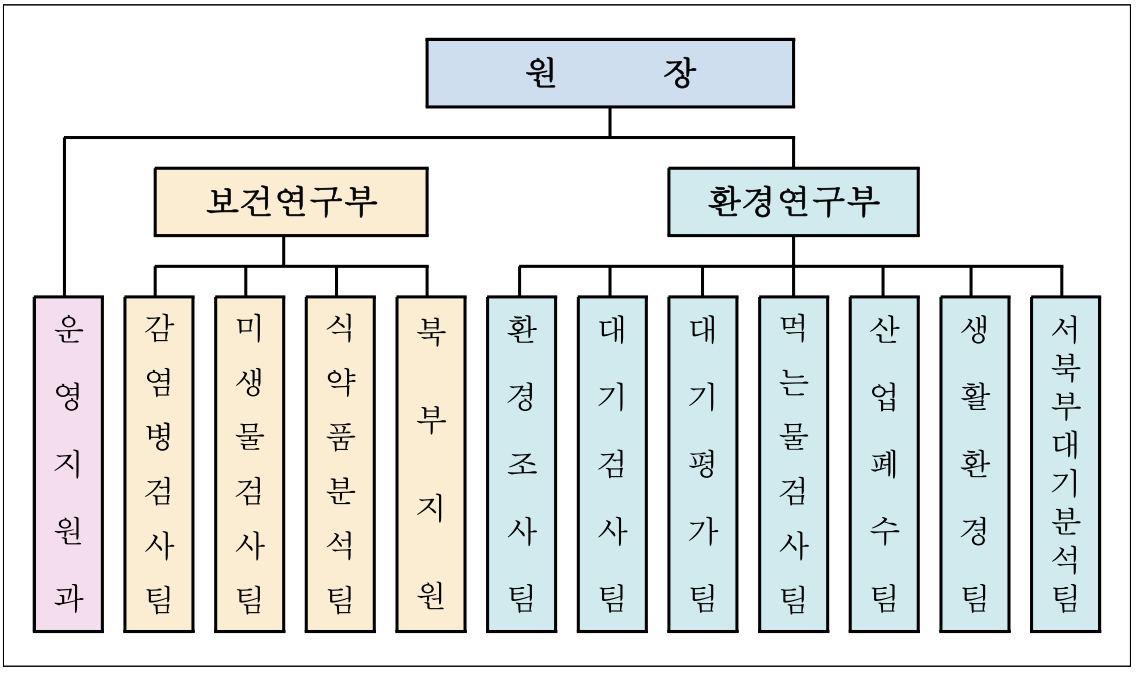
- 1952. 05. 09. 충청남도 위생시험소 설치
- 1976. 05. 20. 충청남도 보건연구소로 명칭 변경(4계)
- 1976. 10. 22. 직제조정(1계 4과)
- 1979. 03. 27. 직제조정(1계 5과)
- 1981. 12. 30. 현 위치로 청사 신축이전(대전 동구 가양동)
- 1987. 12. 31. 충청남도 보건환경연구소로 명칭변경
- 1988. 01. 27. 직제조정(1계 2부 7과)
- 1988. 06. 20. 직제조정(1과 2부 7과)
- 1991. 05. 31. 충청남도 보건환경연구원으로 명칭 변경
- 1991. 06. 17. 직제조정(1과 2부 8과)
- 1998. 09. 05. 보건환경연구원과 가축위생시험소를 통합(1과 2부 8과 4지소)
- 2000. 08. 01. 보건환경연구원과 축산위생연구소로 분리(1과 1부 6과)
- 2009. 09. 30. 직제조정 : 의약품분석과 신설(1과 1부 7과)
- 2012. 07. 01. 직제조정 : 질병조사과, 생활환경과 신설(1과 1부 9과)
- 2014. 12. 30. 직제조정 : 미생물검사과, 질병조사과 통합(1과 1부 8과)
- 2015. 03. 05. 농산물검사소준비팀 신설(1과 1부 8과 1팀)
- 2016. 07. 29. 현 위치로 청사 신축이전(대전→홍성)
- 2016. 12. 30. 직제조정 : 감염병검사과, 농수산물검사소 신설(1과 1부 9과 1소)
- 2017. 12. 30. 직제조정 : 보건, 환경연구부 분리(1과 2부 9과 1소)
  약품화학과는 식약품분석과로 통폐합, 대기평가과 신설
- 2019. 01. 01. 직제 및 과 명칭변경(1課 2部 9科 1支院)
  총무과 → 운영지원과, 농수산물검사소 → 북부지원
- 2020. 01. 01. 직제 및 과 명칭변경(1과 2부 10팀 1지원)
  과 → 팀, 대기보전 → 대기검사, 서북부대기분석팀 신설

○ 위 치

- 홍성군 홍북읍 홍예공원로 8
  대지 13,225㎡ / 건물 : 본관 8,998㎡, BSL3 연구시설 434㎡, 북부지원 390㎡

2. 조직현황

○ 기 구 : 1과(2팀), 2부・10팀・1지원



○ 정 원

(2020. 6월 기준, 단위 : 명)

구 분		계 (정/현원)	일반직 (정원/현원)						연구직 (정원/현원)		
			소계	5급	6급	7급	8급	9급	소계	연구관	연구사
계		95/87	17/12	1/1	5/5	7/5	4/1	-	78/75	14/14	64/61
운영지원과		10/10	9/9	1/1	3/4	3/4	2/0	-	1/1	1/1	-
연구부	소계	85/77	8/3	-	2/1	4/1*	2/1	-	77/74	13/13	64/61
	보건	33/30	5/1	-	1/0	4/1*	-	-	28/29	5/5	23/24
	환경	52/47	3/2	-	1/1	0/0	2/1	-	49/45	8/8	41/37

3. 주요기능

<운영지원과>

- ○ 서무・인사・문서・보안・관인 및 청사관리
- ○ 예산편성, 회계 및 물품관리
- ○ 민원실 운영 및 직원 후생복지

<보건연구부>

- ○ 감염병 확인진단, 유행예측 실험실 감시, 식중독균 검사 및 추적관리
- ○ 생물안전 3등급(BL3) 연구시설 운영, 보건소 감염병 병원체 검사 교육
- ○ 식품미생물 오염도 검사, 병원성 비브리오균 유행 예측조사
- ○ 식품 등 안전성 검사, 위생용품 및 건강기능식품 검사
- ○ 식품 및 첨가물, 시기별 성수식품, 어린이 기호식품 검사
- ○ 유통 의약품, 의약외품, 화장품 품질관리, 수입의약품 최초 검사
- ○ 농수산물 경매 전 잔류농약 검사, 유통 농수산물 검사
- ○ 생산 수산물 안전성 검사, 학교급식 식자재 방사능 검사
- ○ 보건 업무에 대한 분석 기술지도
- ○ 보건 분야 조사연구사업 추진

<환경연구부>

- ○ 환경오염측정망(대기, 수질, 지하수, 토양) 운영
- ○ 하천・호소, 상수원수 수질검사, 골프장 농약 잔류량 검사
- ○ 대기오염물질 배출사업장 검사, 대기오염 이동측정차량 운영
- ○ 대기오염측정망 운영, 충남형 대기질 분석・진단시스템 운영
- ○ 미세먼지 등가성 평가, 미세먼지 경보제, 오존경보제 운영
- ○ 상수도, 지하수, 먹는 샘물, 먹는물 공동시설 등 먹는 물 안전성 검사
- ○ 폐수, 오・하수, 가축분뇨, 매립장 침출수 수질검사, 폐기물 검사
- ○ 실내공기질, 소음, 진동, 악취, 토양 오염도 검사,
- ○ 환경 업무에 대한 분석 기술지도
- ○ 환경 분야 조사연구사업 추진

연도별 조사연구사업

연도별	연 구 사 업 과 제
2018년	• 충남 유통 수산물 중 방사능 오염도 조사 • 소규모 수도시설의 수질 및 운영관리 개선방안 연구(Ⅲ) • 인플루엔자 및 호흡기바이러스 실험실감시 • 2018년 충남지역 급성설사질환 실험실 감시 현황 • 2018년도 비브리오패혈증균 유행 예측 조사 • 생약의 아플라톡신 분석법 비교 및 모니터링 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 나트륨 저감화를 위한 참여음식점 대표메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량 조사 • 젓갈류 중 인공감미료 함량 조사 • 의약품 등 안전성 검사 • 농산물 중 잔류농약 검사 • 농산물 중 중금속 검사 결과 분석 • 농수산물 중 방사능 검사 • 수산물 중 동물용의약품 검사결과 분석 • 수산물 중 중금속 검사결과 분석 • 하천 수질측정망 측정결과 분석 • 호소 수질측정망 측정결과 분석 • 2018년 토양오염실태조사 검사결과 • 골프장 농약잔류량 검사결과 • 대산 석유화학단지 대기질 조사결과 • 충남 도내 미세먼지($PM_{2.5}$) 성분분석 조사결과 • 2018년도 대기중금속측정망 결과 분석 • 2018년도 악취관리지역 악취실태조사 결과 • 천안지역 환경소음 실태조사 결과

연도별	연 구 사 업 과 제
2017년	• 액상차(홍삼농축액)의 성분 및 중금속 함유량 실태조사 • 마을상수도 및 소규모 급수시설 수질 개선방안 연구(II) • 가축분뇨 공공처리시설의 수질 실태조사 • 인플루엔자 및 호흡기바이러스 실험실감시 • 2017년 충남지역 급성설사질환 감시사업 결과 • 2017년 비브리오패혈증균 유행예측조사 • 지역축제 활성화를 위한 인삼류 안전성 조사 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 나트륨 저감화를 위한 참여음식점 대표메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량 조사 • 농산물 중 잔류농약 검사 • 농산물 중 중금속 검사결과 분석 • 수산물 중 중금속 검사결과 분석 • 농산물 중 방사능 검사 • 수산물 중 동물의약품 검사결과 분석 • 골프장 농약잔류량 검사결과 • 하천수 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소 수질측정망 조사결과 • 대산 석유화학단지 대기질 조사결과 • 대기 중금속측정망 조사결과 • 2017년도 악취관리지역 악취 실태조사 결과 • 천안지역 환경소음 실태조사 결과 • 2017년 토양오염실태조사 결과

연도별	연 구 사 업 과 제
2016년	• 마을상수도 및 소규모 급수시설 수질 개선방안 연구(Ⅰ) • 하수처리시설 방류수의 재이용을 위한 수질 평가 • 충청남도 인플루엔자 실험실 표본감시 절기보고서 • 2016년 충남지역 급성설사질환 감시사업 결과 • 충남 서해안 지역 비브리오패혈증균 분포 조사 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 나트륨 저감화를 위한 참여음식점 대표메뉴의 나트륨 및 칼륨 함량 조사 • 의약품 등 안전성 검사 결과를 통한 업무 분석 • 하천수 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소 수질측정망 조사결과 • 골프장 농약잔류량 검사결과 • 대산 석유화학단지 대기질 변화 조사 결과 • 대기오염물질 배출계수 개발 연구 • 2016년 토양오염실태조사 결과 • 2016년도 악취관리지역 악취실태조사 결과 • 천안지역 환경소음 실태조사 결과

연도별	연 구 사 업 과 제
2015년	• 금강수계 어류의 흡충류 피낭유충 감염실태조사 • 충남에서 생산된 곡류 중 중금속 함량 및 안전성 평가 • 금강 본류 정체수역의 부영양화 인자 평가(Ⅲ) • 하이볼륨에어 샘플러 및 Dust passive air sampler를 활용한 철강산업지역에서 발생하은 총부유먼지와 유해중금속 평가 • 건강한 물·맛있는 물 분포 탐색 평가 • 사업장 폐기물 특성에 관한 연구 • 어린이 놀이터 모래토양의 환경유해인자 조사 • 2014/2015 충청남도 인플루엔자 실험실 표본감시 절기보고서 • 2015년 충남지역 급성설사질환 실험실 감시사업 결과 • 도내 지역축제 활성화를 위한 젓갈류의 인공감미료 조사 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 나트륨 저감화 사업에 따른 참여음식점 대표메뉴 나트륨 및 칼륨 함량 조사 • 하천수 수질측정망 측정결과 분석 • 호소수 수질측정망 오염도 조사결과 • 골프장 농약잔류량 검사결과 • 2015년 토양오염실태조사 결과 • 2015년 악취관리지역 악취실태조사 결과 • 천안지역 환경소음 실태조사 결과 • 산업단지 주변 토양 중 불소오염원 조사결과

연도별	연 구 사 업 과 제
2014년	• 충남지역 대기 미세먼지 중 병원성 미생물 검출 • 수인성질환 원인병원체의 분자생물학적 특성 연구 • 유지 종실류 가공품의 안전성 조사 • 감초의 잔류농약 분석법 검증 • 금강본류 정체수역에 부영양화 인자평가(Ⅱ) • 수돗물 중 소독부산물 및 냄새유발물질 특성 연구 • 농촌주택 실내 라돈 오염도 조사 연구 • 2013/2014절기 인플루엔자 실험실 표본감시결과 • 2014년 급성설사질환 실험실 감시사업 결과 • 유탕 유처리 식품 중 산가 및 과산화물가 조사 • 뱅어포 양념구이의 프로피온산 함량변화 조사 • 건강증진을 목적으로 섭취하는 추출식품류의 안전성 검사 • 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 • 하천수 수질측정망 측정결과 분석 • 호소수 수질측정망 오염도 조사결과 • 골프장 농약잔류량 검사결과 • 폐수배출시설 특정수질유해물질 배출특성 조사 • 축산시설 악취 모니터링 • 악취관리지역 악취실태조사 • 천안지역 환경소음 실태조사 결과 • 토양오염 실태조사

연도별	연 구 사 업 과 제
2013년	• 충남지역 농특산물 등 항균 활성 탐색 • 집단급식소애서분리 된 병원성 대장균 특성연구 • 식품보존에 이용된 식물의 천연보존료 함량조사 • 생약의 잔류농약 시험법 개선에 관한 연구 • 금강 본류, 정체수역의 부영양화 인자평가 • 대기중 PM_{10} 입자상물질에 농도특성 연구 • 충남지역 지하수의 지질별 특성 • 충남지역 공공하수처리시설 방류수 생태독성 평가 • 아토피 질환의 실내 환경오인과 예방방안 연구 • '12년 ~ '13년 호흡기바이러스 감시사업 • 비브리오 유행예측 감시사업 • 강경지역 젓갈류 중 총질소 함량 및 인공감미료 조사 • 식품 등 안전성검사 결과분석 • 식품 중 위해우려항목 기획검사 • 농산물 중 잔류 농약검사 결과분석 • 하천수 수질측정망 측정결과 분석 • 호소수 수질측정망 오염도 조사결과 • 골프장 농약잔류량 검사결과 • 악취관리지역 악취 실태조사 • 환경소음측정망 운영조사 • 악취관리지역 악취실태조사

연도별	연 구 사 업 과 제
2012년	• 도내에서 분리된 설사 원인균의 유전학적 특성 연구 • 철갑상어 케비어의 생화학적 특성 연구 • 드링크 중 보존료 사용실태 조사 • 충남지역 대기중 오존(O_3)의 특성 연구 • 지하수 중 자연 방사선물질 조사 연구 • 산업폐수의 생태독성 특성 평가 • 신축 공동주택 실내 공기질 오염 특성 연구 • 감염병 매개모기 표본감시 결과 • 인플루엔자 및 호흡기 바이러스 실험실 감시사업 결과 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 강경지역 젓갈류 중 총질소 함량 및 타르색소 조사 • 식품 중 위해우려 항목 집중 기획검사 • 농산물 중 잔류농약 검사 결과 분석 • 하천수 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소수 수질측정망의 오염도 조사결과 • 골프장 농약 잔류량 검사 • 대기중금속 측정망 운영 • 악취 관리지역 악취 실태조사 결과 • 환경소음 측정망 운영실태

연도별	연 구 사 업 과 제
2011년	• 다중이용시설 분리 Legionella균의 분자 생물학적 특성연구 • 튀김유의 반복사용과 시간경과에 따른 품질평가 • 구강청정제 중 보존료 분석 • 유구천의 수생태 건강성 조사 및 평가 • 대기 먼지 중 중금속 오염특성 평가 • 약수터 수질의 감염성 미생물 관리방안 연구 • 충남지역 토지 용도별 중금속 오염실태 조사(Ⅱ) • 토착화질환 퇴치를 위한 기생충 감염조사 결과 • 인플루엔자 및 호흡기바이러스 실험실 감시사업 결과 • 충남지역 축산농가에서 발생한 장출혈성대장균 감염사례 • 충남지역 내 수인성·식품매개 감염병의 원인체 분포 및 특성 • 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 강경지역 젓갈류 중 총질소 함량 및 인공감미료 조사 • 식품 중 위해우려 항목 집중 기획 검사 • 하천수 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소수 수질측정망의 오염도 조사결과 • 악취관리지역 악취실태조사 결과 • 환경소음측정망 운영 실태 • 먹는물 민·관합동 수질확인검사

연도별	연 구 사 업 과 제
2010년	• 충남지역에서 분리된 설사 원인균의 생물학적, 역학적 특성 • 충남지역 배에 함유된 페놀성(Polyphenol)물질과 생리활성 • 한약재 중 벤조피렌 함유량 모니터링 • 천안지역 환경소음 특성연구 • 상수도 미보급 지역 먹는물 수준 향상방안 연구 • 충남지역 토지 용도별 중금속 오염실태 조사 • 기후변화에 따른 질병 매개모기 밀도 조사 • 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 • 강경지역 젓갈류 중 총질소 함량 및 타르색소 조사 • 식품 중 위해우려 항목 집중 기획검사 • 학교주변 길거리음식의 위해가능 영양성분 실태조사 • 하천수 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소수 수질측정망 오염도 조사결과 • 서산 대산공단 악취실태 조사 결과 • 대기 중금속 오염도 조사 • 먹는물 민·관 합동 수질확인검사

연도별	연 구 사 업 과 제
2009년	• 에코바이러스 18형의 분자생물학적 특성 분석 • 전통 민속주의 품질특성 연구(Ⅱ) • 천안시 다중이용시설의 라돈 농도 분포 및 특성 연구 • 당진 철강산업단지 대기 중 미세먼지 화학 특성 • 충남지역 지하수 수질 모니터링 • 어린이 놀이터의 유해물질 노출실태 조사연구 • 충남지역 일본뇌염 매개모기 밀도 조사 • 비브리오패혈증 유행예측 조사 • 인플루엔자 실험실 표본감시사업 • 2009년 충남지역 급성설사 환자의 원인병원체 조사 • 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 • 식품 등 안전성 검사결과 분석 • 젓갈류 중 프로피온산 함유량 조사 • 식품 중 위해우려 항목 집중 기획검사 • 수질측정망 측정결과 분석 • 서산 대산공단지역 악취실태 조사 결과 고찰 • 천안지역 환경소음 측정망 결과 및 평가 • 먹는물 민·관 합동 수질확인검사 • 유원지 수질의 미생물학적 오염도 조사 • 2009년도 충남 토양오염 실태조사 결과

연도별	연 구 사 업 과 제
2008년	• 충남지역에서 유행하는 Norovirus의 유전학적 특성 연구 • 충남도청 이전 지역 하천수질 실태 조사연구 • 하수처리장에서 발생하는 악취물질 특성연구 • 충남지역 지하수 수질 모니터링 • 유채자원의 Biodiesel 최적화 방안 연구 • 인공 습지에서의 질소 제거 • 일본뇌염매개모기 밀도 조사 • 비브리오패혈증 유행예측 조사 • 인플루엔자 실험실 표본감시사업 • 급성설사환자의 원인병원체 조사 • 전통 민속주의 품질 특성 연구 I • 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 • 유통식품의 안전성 검사결과 분석 • 식품 중 알루미늄의 함량조사 • 식품 중 위해우려 항목 집중검사 결과 고찰 • 참기름 진위 여부 판별을 위한 리놀렌산 함량분석 • 하천, 호소 수질오염도 측정결과분석 • 서산 대산공단지역 악취실태조사 결과 • 천안지역 환경소음도 측정결과 및 평가 • 먹는물 민·관 합동 수질확인검사 • 지하수 중 우라늄 함유량 조사 • 2008년도 토양오염실태 조사 • 폐수 등 검사결과 고찰

연도별	연 구 사 업 과 제
2007년	• 무균성수막염 환자에서 분리된 Coxsackievirus B3 전체 게놈의 염기서열 분석 • 유통가공식품 중 트랜스지방 실태연구 • 충남지역에서 유통되는 콩 함유 가공식품 중 유전자재조합 성분에 대한 조사 • 다중이용시설의 실내 공기질 실태 조사연구 • 돈사시설의 악취물질 특성 및 저감방안 연구 • 충남지역 지하수 수질 모니터링 • 휴양림 자연환경 실태 조사연구 • 브루셀라증 발생현황 조사 • 비브리오패혈증 유행예측 조사 • 인플루엔자 실험실 표본감시사업 • 급성설사환자의 원인병원체 조사 • 충남지역 일본뇌염매개모기 밀도조사 • 충남지역 쯔쯔가무시증 감염 실태 조사 • 농산물 중 잔류농약 검사결과 분석 • 식품 중 위해우려항목 중점검사 결과 고찰 • 식품 안전성 검사결과 분석 • 식품제조업소 기술지도 주요사례 및 평가 • 포장재질 안전성 모니터링 • 학교주변 어린이 기호식품의 품질 평가 • 수질측정망의 측정결과 분석 • 대산 악취관리지역 오염실태 조사 • 학교 먹는물 수질실태 조사 • 수돗물 민·관 합동 수질확인검사 • 축산폐수 공공처리사업장 처리실태 및 적정처리방안 • 2007년도 충남토양오염실태조사 결과 • 폐수·오하수·폐기물 등 검사현황 고찰 • 간월호 수질과 저층퇴적물의 특성 및 현장 수질개선시범 사례

연도별	연 구 사 업 과 제
2006년	• 충남지역의 장내바이러스에 대한 역학적 분석과 유행을 주도한 Echovirus 5의 계통학적 연구 • 건어포류 보존에 영향을 미치는 인자에 관한 연구 • 행정중심복합도시 주변 수계의 수질 실태 • 도심과 교외 공원지역에서의 호흡성 미세먼지 오염특성 연구 • 충남지역의 먹는물 중 미네랄성분 분포 조사연구 • 변압기 절연류 내의 PCBs 함유량 조사연구 • 브루셀라증 발생현황 조사 • 비브리오패혈증 유행예측 조사 • 인플루엔자 실험실 표본감시사업 • 급성설사환자의 원인병원체 조사 • 충남지역 일본뇌염매개모기 밀도조사 • 충남지역 쯔쯔가무시증 감염 실태 조사 • 건고추와 고춧가루의 식염, 나트륨 및 염소 함량 조사 • 처리 방법에 따른 건고추의 당 함량 조사 • 농산물 중 잔류농약 검사 • 밤나무 재배 및 훈증에 사용되는 피레탄과 에피늄의 자연계 경시변화 • 식품 안전성 검사 • 토양에서 이행되는 농작물(고추작물)의 중금속 함유량 조사연구 • 지하수 수질측정망 운영결과 • 하천 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소수질측정망의 수질현황 • 도내 호소수질 중 TOC와 COD, BOD의 상관성 조사 • 서산 대산공단 악취실태 조사 결과 고찰 • 냉온수기 및 정수기의 환경미생물 오염실태 조사 • 도내 정수장 급수의 Haloacetic acid류 분포 현황 • 수돗물 민·관 합동수질검사 결과 • 2006년도 충남토양오염실태조사 결과 • 폐수·오·하수·폐기물 등 검사현황 고찰

연도별	연 구 사 업 과 제
2005년	• 충남지역에서 유행한 장내바이러스의 유행 양상 분석 및 분자 유전학적 연구 • 과실류 및 채소류 중 아황산염류 함유량 조사연구 • 충남 연안항만의 선착장주변 수질실태 조사연구 • 환경기준설정 하천의 수질오염 특성 조사연구 • 오염총량관리를 위한 유구천 유역 오염원의 최적할당 • 대기오염 배출사업장의 산성가스 배출특성에 관한 연구 • 연안지역 지하수의 수질특성에 관한 연구 • 장기간 영향예측(ISCLT)모델에 의한 안티몬 영향권 연구 • 소각시설 주변 토양 중 중금속 오염특성 연구 • 충남지역 일본뇌염매개모기 밀도조사 • 비브리오패혈증 유행예측 조사 • 브루셀라증 발생 현황 조사 • 설사질환 실험실 감시사업 결과 • 충남지역 쯔쯔가무시증 감염 실태 조사 • 식품유형에 따른 보존료 함유량 실태조사 • 농산물 중 잔류농약 검사 • 식품 안전성 검사 • 보존료 시험방법 개선 연구 • 하천 수질측정망의 측정결과 분석 • 호소 수질측정망의 측정결과 분석 • 지하수 수질측정망의 수질 현황 • 약수터 수질에 미치는 영향인자의 세균학적 고찰 • 수돗물 민·관 합동 수질확인검사 결과 고찰 • 폐수 등 수질오염물질 검사결과 고찰 • 토양오염 실태조사 결과 분석

연도별	연 구 사 업 과 제
2004년	• 충남지역 의료기관의 설사환자 가검물에서 분리된 병원성미생물 감염실태 조사 • 갯벌 체험장의 패류 중 중금속 함유량 조사 • 간월·부남호의 수질 및 퇴적물 특성 연구 • 일부 도시주거지역의 소음도 발생에 관한 연구 • 수돗물 중 소독부산물의 생성 및 분포특성 연구 • 폐기물 유형에 따른 소각재의 중금속 용출특성 연구 • 충남지역 일본뇌염매개모기 밀도조사 • 비브리오패혈증 유행예측조사 • Legionella균 오염실태 조사 • 호흡기질환 유발 세균 분리 • 가을철 급성열성질환 조사 • 유행성이하선염 감염 실태 조사 • 인플루엔자 실험실 표본감시사업 • 충남도내 유통·제조 장류 중 보존료 사용실태 조사 • 전염병 방역의 소독방법 고찰 • 폴리에틸렌(PE) 피복재배에 따른 Endosulfan 경시 변화 • 농산물 중 잔류농약검사 • 식품 안전성검사 • 하천 수질측정망의 오염도 및 관리대책 • 호소 수질오염도 조사 및 평가 • 지하수 수질측정망 오염 특성분석 • 충남지역 지하수중 질산성질소 분포특성 • 2004년도 수돗물 민·관합동 수질확인검사 결과 • 토양오염 실태조사

연도별	연 구 사 업 과 제
2003년	• 충남지역 의료기관의 설사환자 가검물에서 분리된 병원성미생물의 감염실태 조사 • Sorbitol 비분해 Escherichia coli 분리배지에 대한 연구 • 일부 대학생들의 생활습관병에 대한 예방태도·지식 및 건강행동에 관한 조사 • 도자기공의 혈중 및 요중 연량과 연 폭로지표들과의 관련성 • 가공식품 중 첨가된 칼슘의 함량, 종류 및 인체흡수 영향인자에 대한 조사 • 채소류에 살포된 Endosulfan 이성질체의 잔류량 및 경시적 변화 • 주요 도시의 상수원수 중 총유기탄소(TOC) 함유량분포 조사 연구 • 서산지역 고풍저수지의 수질 및 조류발생 특성 연구 • Passive Sampler를 활용한 충남지역 SO_2와 NO_2 평가 • 농촌 환경 개선을 위한 돈사현황 및 악취저감방법 조사 연구 • 충남 서산지역 대기 중의 오존농도와 그 영향인자와의 관련성 • 황토, 갯벌, 머드의 중금속 및 영양염류 흡착제거에 관한 비교 연구 • 염소소독에 의한 하수처리장 방류수의 소독부산물 발생에 관한 연구 • 단독정화조 오수처리 실태에 관한 연구 • 충남지역의 토지 용도에 따른 토양오염 실태 및 특성에 관한 연구 • Multiplex PCR에 의한 병원성대장균 검사 • 충남지역 일본뇌염매개모기 밀도조사 • Legionella균 오염실태 조사 • 가을철 급성열성질환 조사 • 호흡기질환 유발 세균 분리 • 도시락류의 위생 세균학적 오염실태 조사 • 한과류 튀김공정에 따른 산가 및 과산화물가의 변화 • 농산물 중 잔류농약 검사 • 식품 안전성 검사 • 하천수 측정망의 수질오염도 및 관리대책 • 호소오염도 조사 및 평가 • 지하수오염도 측정결과 • 충청남도내 정수장의 시설현황과 수질 상태변화 • 정수기의 올바른 사용 방법에 관한 이론적 고찰 • 수돗물 민·관 합동 수질검사 결과 • 토양오염 실태조사 • 하수종말처리시설 현황 및 운영실태 고찰

연도별	연 구 사 업 과 제
2002년	• 충남지역 설사환자에서 분리된 병원성미생물 감염실태 조사 • 기호식품 중 Tar Color 사용실태 조사연구 • 한약재를 달이는 시간에 따른 잔류농약성분의 경시적 변화 • 호소의 온도와 영양물질농도에 따른 조류분포 특성 연구 • 유구천의 수질평가 및 효율적인 수질감시를 위한 적정조사 빈도설정 연구 • 터널내 휘발성 유기화합물질(VOCs) 오염도 조사연구 • 아파트단지에서 기류 및 태양복사열에 의한 유동장 및 온도장 해석 • 충청남도내 수돗물 중 염소소독부산물 발생 현황 • 지하수 중 VOCS 분포특성과 효율적 관리방안에 관한 연구 • 소규모 하수처리시설의 수처리 효율 조사연구 • 마을하수도의 처리 특성 및 적정관리 방안에 관한 연구 • 하수배제방식이 하수처리효율에 미치는 영향에 관한 연구 • 하수처리장 방류수의 지표미생물 현황 및 염소소독에 관한 연구
2001년	• 축·해산물중의 리스테리아균속 분포에 대한 조사연구 • 식품 중 아황산염류 함유량 조사연구 • 대기 중 휘발성 유기화합물질의 분포특성 연구 • 충남지역 일부도시의 미세먼지 오염도 조사연구 • 학교 지하수의 위생학적 실태 조사연구 • 농촌 하수처리시설의 수처리 효율 분석 • 일부 지하상가 공기 중 포름알데히드농도 및 종사자들의 자각증상에 관한 연구 • 도시 대기 중 다이옥신 분포특성에 관한 연구 • 이온교환공정을 이용한 지하수중의 크롬 제거

연도별	연 구 사 업 과 제
2000년	• 금강수계의 병원미생물 분포 조사연구 • 도내 유통되는 농산물의 농약 잔류량 조사 • 농산물 중 잔류농약의 경시변화에 대한 조사연구 • 농산물 중 잔류농약에 관한 설문조사 • 산업장 남성 근로자들의 혈압, 비만 및 혈청 총콜레스테롤의 상호 관련성 • 보령호 수질보전을 위한 최적화 방안 연구 • 도로변 소음도 및 방지시설 설치에 따른 방음실태 조사연구 • 충청남도내 약수터의 수질특성 • 충남지역 토양 중 휘발성유기물질에 대한 조사연구 • 쓰레기 매립장의 침출수 적정 관리방안 연구 • 충남 일부 도시지역과 농촌지역의 지하수 수질 비교 • 환경 대기 중 VOCs 공간분포 조사를 위한 Passive sampler 활용에 관한 연구
1999년	• 서해안지역의 병원성 비브리오균 분포 조사연구 • 해조류 및 해조류가공품의 중금속 함유량 조사연구 • 금강 유입하천의 수질특성에 관한 조사연구 • 도내 소형소각시설 현황 및 대기오염물질 배출실태 조사연구 • 차류(茶類)의 수중 중금속이온 흡착능역 비교연구 • 하수처리장의 수처리 효율에 관한 조사연구 • 채소류에 살포된 유기인제 농약잔류성분의 경시적 변화 • 선택성 이온교환수지를 이용한 지하수내 질산성질소 제거에 관한 연구 • 수음스트레스에 의한 산란계의 피해상황 조사연구 • 충청남도 소 결핵병발생에 관한 조사연구 • 고품질 우유생산을 위한 소 유방염치료법의 개선연구 • 천안 아산지역의 가축에 대한 Leptospira 감염율 조사연구 • 소 피부사상균증에 관한 조사연구 • 충남 당진지역 돼지 설사병 분포 조사연구

연도별	연 구 사 업 과 제
1998년	• 도내시장에서 판매중인 반찬류에 대한 세균학적 조사연구 • 말(Potamogeton oxyphyllus)의 단백 분해력에 관한 조사연구 • 사용중인 식용유지의 안전성에 관한 조사연구 • 보령댐 유입하천의 수질오염도 조사연구 • 대기중 강하먼지의 이화학적 특성에 관한 조사연구 • 도내 먹는물 수질성분의 지역적 특성 • 아파트단지의 생활오수가 주변 하천에 미치는 영향에 관한 조사연구 • 중합효소 연쇄반응(PCR)을 이용한 젖소의 Theileria sergenti 감염율 조사연구 • 사슴의 장내 기생충 감염실태 및 구충제 투여효과 조사연구 • 연산오골계의 뉴캣슬바이러스 면역원성 조사연구 • 충남 홍성지역 돼지 오제스키병 발생농장의 근절과정 조사연구 • 돼지 질병의 항체역가 조사연구
1997년	• 충남지역 뇌염모기 개체군 밀도에 관한 조사연구 • 화장품중 보존료에 관한 연구 • 수입 농산물중의 잔류농약 실태 조사연구(Ⅱ) • 절수에 의한 Mongolian gerbil 신장조직의 변화에 관한 형태학적 연구 • Zebrafish (Brachydanio rerio)의 초기발생에 미치는 수은과 카드뮴의 영향 • 농공단지의 지하수 조사연구 • 교통밀집지역의 대기중 방향족화합물에 대한 조사연구 • 수생식물을 이용한 농촌마을 오수정화방법 조사연구 • 도내 간이상수도 시설 및 수질에 대한 조사연구 • 폐광지역이 주변 하천과 토양에 미치는 영향에 관한 조사연구 • 충남 공주지역 돼지의 크립토스포리디움 감염율 조사 • 충남 홍성지역 돼지 오제스키병 발생농장에 대한 실태조사 • 연산 오골계(천연기념물)의 기생충 감염조사 • 돼지 대장균 백신에 관한 연구 • 가축전염병(소 부루세라병) 이환축에 대한 균분리 시험 및 병리조직학적 소견에 관한 연구 • 충남 태안지역에서 집단 사육중인 토끼의 Trichophyton mentagrothytes의 감염실태 조사

연도별	연 구 사 업 과 제
1996년	• 충청도민의 C형 간염(HCV)감염율 조사연구 • 광학렌즈 제조업 근로자들의 디클로로메탄 폭로량에 따른 혈청형상 및 자각증상 비교 • 생약제재 제조공정에 따른 잔류농약 경시변화에 관한 조사연구 • 수입 농산물의 잔류농약 실태 조사연구 • 유기용제 취급 사업장의 실내공기 오염도 조사연구 • 대기 부유먼지 중 금속성분에 관한 조사연구 • 활성오니 활성도시험을 이용한 활성오니공법의 오·폐수 처리효율 평가 • 주 유소 주변 지하수중의 휘발성 유기물질에 관한 조사연구 • 도내 위생매립장 침출수의 처리에 관한 조사연구 • 충남지역 젖소의 크립토스포리디움의 감염율 조사 • 돼지 사육환경에 따른 호흡기질병 발생실태 조사 • 젖소 산유능력 검정을 통한 체세포수 비교조사 연구 • 홍성지소 관내 종계사육농가의 관리실태와 방역에 관한 조사 • 불임유우의 혈청화학치에 관한 연구 • 돼지 혈청 중 갑상선호르몬에 관한 연구
1995년	• 도내 생선 횟집의 세균학적 조사연구 • 화장품중의 중금속 함유량 조사연구 • 농산물중의 미량 중금속에 관한 조사연구 • 농산물중의 잔류농약에 관한 조사연구 • 천안천의 수질오염에 대한 조사연구 • 도로교통 소음도에 대한 조사연구 • 도내 농공단지 오·폐수 처리실태에 관한 조사연구 • 지하수중 휘발성 유기화학물질(VOCs)에 관한 조사연구 • 분뇨처리시설 방류수의 수질실태 조사연구 • 집합우유 중 체세포수 동의농가의 유방염 조사 • 착유위생 개선을 통한 유질개선 • 홍성지역 양돈농가의 관리실태와 질병발생 양상에 관한 조사 • 꿀벌 질병에 관한 조사연구 • 도축돈에서의 흉막폐렴 발생 실태 조사 • 곰팡이성 유방염에 대한 Ketoconazole치료효과에 관한연구 • 충남 태안지역 젖소의 타일레리아증 조사

연도별	연 구 사 업 과 제
1994년	• 다방 다류의 세균학적 조사연구 • 생약제재 중금속 함유량 조사연구 • 어패류중의 중금속 함유량에 관한 조사연구 • 공중이용 시설물에 대한 실내 환경 오염도 실태 조사연구 • 학교 교통소음 실태에 관한 조사연구 • 산업폐수 중 총인(T-P), 총질소(T-N), ABC성분에 관한 연구 • 도내 공동급수의 수질상태에 관한 조사연구 • 천수만 연안 퇴적물중의 중금속 분포 조사
1993년	• 충남 서해안지역의 비브리오균속 분포에 관한 연구 • 생약원료 중 Micotoxin 및 중금속 함량에 관한 조사연구 • 건강보조식품 중의 중금속 함유량에 관한 조사연구 • 대단위 내수면 오염도 조사연구 • 대기 중 부유분진 성분에 관한 조사연구 • 탑정호 영양상태에 관한 조사연구 • 수돗물중의 Trihalomethane에 대한 조사연구 • 도내 현미 및 논 토양 중 중금속 함유량 조사연구

역대 원장 명단

구 분	성 명	재 직 기 간	비 고
1	조 무 현 (曺 武 鉉)	1957.12.12. ~ 1960.12.13.	
2	정 갑 순 (鄭 甲 淳)	1960.12.14. ~ 1961. 8.13.	
3	조 무 현 (曺 武 鉉)	1961. 8.14. ~ 1963. 7. 4.	
4	정 헌 수 (鄭 憲 洙)	1963. 7. 5. ~ 1970. 6.30.	
5	강 태 만 (姜 泰 萬)	1970. 7. 1. ~ 1971. 9. 9.	
6	정 헌 수 (鄭 憲 洙)	1971. 9.10. ~ 1991.12.31.	
7	금 영 묵 (琴 榮 默)	1992. 1. 1. ~ 1995. 6.30.	
8	소 경 택 (蘇 景 宅)	1995. 7. 1. ~ 1998. 4.15.	
9	신 동 언 (申 東 彦)	1998. 9. 7. ~ 2001. 1. 4.	
10	유 갑 봉 (庾 甲 鳳)	2002. 4.10. ~ 2011. 6.30.	
11	서 우 성 (徐 佑 星)	2011. 7. 1. ~ 2013. 6.30.	
12	김 종 인 (金 鍾 仁)	2013. 7. 1. ~ 2015. 6.30.	
13	이 재 중 (李 載 中)	2015. 7. 1. ~ 2017. 6.30.	
14	최 진 하 (崔 鎭 夏)	2017. 7. 1. ~ 현 재	

충남보건환경연구원보 (第30卷)

인 쇄 : 2020년 6월
발 행 : 2020년 6월
발행인 : 최 진 하
편집인 : 이 미 영, 김 재 식
발행처 : 충청남도보건환경연구원
충청남도 홍성군 홍북읍 홍예공원로 8
전화 : 041-635-6800
홈페이지 http://www.chungnam.go.kr/healthenvMain.do
인쇄사 : 선우㈜(전화 041-632-2363)