



2010  
대충청방문의해

발간등록번호  
73-6430067-000001-10

2009. Vol. 18

# 보건환경연구원보

The Report of Chungcheongbuk-do Research Institute of Health & Environment



충청북도보건환경연구원



## 격 려 사

존경하는 보건환경연구원 가족 여러분 !

지금 우리 주변은 환경문제가 날로 심각해져 감에 따라 환경복원은 전 세계적인 이슈로 대두되고 있습니다.

2009년 12월 덴마크 코펜하겐 기후변화 회의에서는 130여 개국 정상이 참석하여 지구 온난화 해결방안을 모색하는 등 저탄소녹색성장을 앞다투어 신국가발전전략으로 채택하고 있으며, 우리 도에서도 녹색성장과 청정충북(Green & Clean)실현을 도정 비전으로 추진하고 있습니다.

또한 지난해에는 전 세계적으로 유행한 신종플루로 인하여 연일 언론 뉴스의 앞 부분을 차지하며 우리 주변 초·중·고등학교의 휴교가 낮설지 않을 만큼 빈번히 발생하는 등 한 바탕 흥역을 치르기도 하였습니다. 이러한 신종 질병 및 전염성 질환 등이 세계인의 건강을 심각하게 위협하고 있는 실정이며, 이 같은 심각성을 극복하기 위한 우리의 노력이 절실한 시기라고 하겠습니다.

이와 같이 청정 환경과 보건의 중요성이 날로 높아지고 있는 즈음에, 보건환경연구원 직원 여러분들이 도민의 건강과 환경을 지키는 파수꾼으로서 역할을 다하면서, 고뇌에 찬 연구와 노력으로 우리 일상생활과 밀접한 보건·환경분야에 대해서 조사·연구한 내용을 한 권의 책으로 엮어 낸 것은 매우 의미 있는 일이라고 생각하며, 매년 발간하고 있는 ‘보건환경연구원보’는 도민의 건강과 청정 환경을 지켜 나가는데 매우 귀중한 기초 자료가 될 것으로 확신합니다.

앞으로 본 연구원보가 널리 활용되어 녹색 미래비전 로드맵을 마련하고 실현하는데 든든한 밑거름이 되길 바라면서, 이번 연구원보가 발간 되기까지 애써주신 관계자 여러분의 노고에 다시 한 번 격려와 감사의 말씀을 드립니다.

2010년 3월

충 청 북 도 지 사



## 발 간 사

얼마 전 우리는 가슴 벅찬 장면을 함께 지켜보았습니다. 캐나다 밴쿠버에서 열린 제21회 동계올림픽에서 우리나라의 김연아 선수가 피겨종목 금메달을 따는 장면을 보고 감격해 하면서, 불현듯 이제 우리나라는 G20 개최국으로서 진정 세계속에서 당당한 선진국 반열에 올라 섰음을 자각한 것은 본인 혼자만의 느낌이었는지 생각해 봅니다.

지금까지는 오로지 성장을 위하여 달려 왔다면 이제부터는 지구 온난화 등 기후변화에 적극적으로 대응하기 위한 저탄소 녹색성장에 많은 부분을 할애하고, 신종플루와 같은 새로운 질병에 대처하며 삶의 질을 윤택하게 해야 할 시대가 왔다고 생각합니다.

이러한 시대적 변화에 부응하기 위하여 우리 보건환경연구원은 연구 전문공인기관으로서 청정 환경보전, 질병관리 및 예방, 먹을거리의 안전성 확보 등의 분야에서 첨단정밀 분석에 대한 검사능력관리 참여 등을 통하여 보건·환경 분야의 검사결과의 우수성 및 신뢰성 확보에 최선을 다하고 있습니다.

또한, 도민 생활 편의 증진을 도모하고 보건·환경분야의 중요시책에 반영될 기초자료로 활용하고자 매년 원보를 발간하고 있으며, 금년에도 2009년에 추진한 과제에 대하여 18번째 연구원보를 발간하게 되었습니다. 비록 결과물이 미약하나마 보건·환경분야에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있기를 기대합니다.

특히 지난해 신종플루 발생시 하루에도 수백여건이 접수되는 시료를 밤낮을 가리지 않고 검사업무에 매진하면서도 연구원보를 발간하기 까지 수고하신 연구원 직원 여러분에게 진심으로 감사드립니다.

2010년 3월

충청북도보건환경연구원장



## 목 차

### I. 연구보고 / 1

#### 3 설사질환 병원체의 분포 및 특성에 관한 조사연구

(김진탁/이병화/신현식/윤건목/신강숙/홍성호/조경주)

#### 24 유통식품 중 아크릴아마이드 함량 조사연구

(윤방한/이광희/김종숙/양승준/이아영/유용재/신태하/홍한표)

#### 57 도시지역 생활공간별 부유세균 특성 연구

(김덕희/이진원/김용성/류권결/민윤희/심재순)

#### 82 무심천 조깅로 대기질 중심 운동여건 조사

(유재경/전병진/김창영/권오근/박덕규/석태광)

#### 109 사업장 폐수 중 휘발성유기화합물 농도 분포 조사

(김영주/신필식/신기호/김경미/임종현)

#### 136 염소 소독시 발생되는 THMs의 생성 특성에 관한 연구

(송영상/조성렬/임경미/박선희/조윤형/이용범/민필기)

#### 165 매립장 주변 토양오염 및 침출수에 관한 조사연구

(이재호/이봉규/유병열/김명희/장은경/황재석)

### II. 자료 / 191

#### 193 수련시설 식중독 예방시스템 운영

#### 196 도내 유명계곡 피서철 수질검사

#### 208 학교실험실 환경 안전관리 지원

#### 222 도내 주요계곡 생태체험 교실

### III. 일반현황 / 233

## CONTENTS

### I. Research Report / 1

3	Epidemiological Studies on the Enteropathogenic Bacteria and Viruses Isolated in Chungcheongbuk-do, 2009
24	Acrylamide Monitoring of Commercial Food Products
57	A Study on Airborne Bacteria Contamination in Various Indoor Environments
82	The Survey on Sports Conditions of Biking & Jogging Route along the Musimcheon
109	Distribution of VOC's(Volatile Organic Compounds) Concentration in the Industrial Wastewater
136	Research on the Characteristics of THMs Formation during Chlorination
165	A study on investigation in leachate and surrounding soil Pollution of closed landfill in Chungcheongbuk-do

### II. Data / 191

193	The Management of Food Poisoning Protect System in Boeun-gun
196	The Research on Water Quality the summer Season of Well-Known Valley in Chungbuk Province
208	Assistance for Safety Management in School Laboratory
222	The ecological experience program in the main Valley of Chungbuk Province

### III. General Status / 233

# I. 연구보고

The Report of Chungcheongbuk-do  
Research Institute of Health & Environment



# 설사질환 병원체의 분포 및 특성에 관한 조사연구

김진탁 · 이병화 · 신현식 · 윤건묵 · 신강숙 · 홍성호 · 조경주  
미생물과

Epidemiological Studies on the Enteropathogenic Bacteria and Viruses  
Isolated in Chungcheongbuk-do, 2009

J.T.Kim, B.H.Lee, H.S.Shin, G.M.Yoon, K.S.Shin, S.H.Hong, K.J.Cho  
Micro-biology Section

## ABSTRACT

This study was carried out to investigate the epidemiological characteristics for the enteropathogenic bacteria and viruses that caused diarrhoea. The total 1,127 samples of the diarrhoeal feces were collected in ten hospitals of Chungcheongbuk-do during the study period from January to December 2009.

In result of examination, the total 149 cases(13.2%) were isolated in the total 1,127 samples, and of them, the 83 cases(7.4%) were the viruses and the 66 cases(5.9%) were the enteropathogenic bacteria.

The 83 cases of the isolated viruses were identified such as Noroviruses in 54 cases(65.1%), Rotaviruses in 23 cases(27.7%), Astroviruses in 1 cases (1.2%) and Adenoviruses in 5 cases(6.0%) as the viral groups. The monthly variation of the isolated viruses observed with 54.2% from March to April while below 10% in the other months.

The 66 cases of the isolated enteropathogenic bacteria were identified such as *Campylobacter jejuni* 36 strains(54.5%), *Salmonella* spp. 1 strains(1.5%) and *E. coli* (ETEC) 29 strains(43.9%).

*E. coli*(ETEC) were examined the susceptibility test using 16 antimicrobials by disk diffusion method. All of *E. coli*(ETEC) 29 strains showed the resistance in AM(37.9%), TE(24.1%), NA(20.7%), TIC(20.6%). *E. coli*(ETEC) 29 strains showed the sensitivity in CTX, FEP, IPM, AN.

## I. 서 론

환경 및 사회 경제적인 요인으로 인하여 수인성 식품매개성 감염병을 유발하는 병원체가 질병을 발생시키고 있으며, 세계적으로 각종 감염병이 유행하고 있다.

또한 국가간 인적 물적 교류의 증가로 집단감염병 발생시 국민보건은 물론 농수산물의 수출 감소 등 사회적, 경제적 손실이 매우 크다. 또한 감염병에 대한 관심이 높아져 감염병 예방 및 관리에 관한 정보와 자료의 직·간접적인 요구가 증대되고 있다. 국내에서도 급성 설사질환을 일으키는 원인병원체가 주로 어떤 병원체 종류이며, 지역적 특성, 분리균의 분포, 계절적 발생 등을 조사 분석하여 국내 설사질환을 감소시키는 기초자료로 활용하고 있으며, 그에 따른 생활수준의 향상과 건강욕구의 변화가 요구되고 있다. 이에 본 연구는 1년간의 감염병 발생 양상을 파악하고 도내 병원성 세균 및 바이러스의 특성을 규명함으로써 체계적인 자료를 확보하여 방역대책 수립을 위한 기초자료를 제시하고자, 2009년1월~2009년 12월까지 분리된 균주에 대해서 조사하였다.

설사란 비정상적으로 일일 4회 이상, 하루 250 g이상의 액상 또는 액상에 가까운 묽은 변을 비정기적으로 배출하는 것으로, 항문 주위의 불쾌감이나 실금 또는 이것이 복합적으로 발생하는 것으로 원인 및 임상별로 살펴보면 다섯 가지로 나눌 수 있다<sup>1)</sup>. 첫 번째는 바이러스, 세균 및 기생충 감염, 식중독, 약물, 중금속 중독에 의해 야기되는 급성설사이고, 두 번째는 바이러스, 세균 및 기생충 감염과 enterotoxin에 의해 또는 이상의 두 가지가 혼합하여 이루어지는 여행자 설사이다. 세 번째는 만성적이고 재발하는 설사, 네 번째는 원인불명의 만성설사 그리고 다섯번째는 팔약근 기능마비가 원인인 것으로 나눌수 있다.

이 중 급성 및 여행자 설사는 공중보건학적인 측면에서 매우 중요시 다뤄지고 있다<sup>2)</sup>.

영·유아에 설사를 동반한 심각한 급성위장관염을 일으키는 바이러스성 질환은 Rotavirus, Enteric adenovirus, Astrovirus, Sapovirus, Norovirus 등 이들 5종의 바이러스에 의한다. Rotavirus는 어린아이 설사의 주요 원인으로 급성위장염을 일으키며 선진국에서도 높은 발생율을 보이지만 사망률은 낮다.<sup>3,4)</sup>

미국에서 영유아설사의 약 5~10%정도가 Rotavirus로 밝혀졌으며, 일본 설사 환자 중 45%,<sup>5)</sup> 영국, 오스트레일리아는 52%,<sup>6,7)</sup> 핀란드 49%<sup>8)</sup>가 Rotavirus 감염과 관련이 있었다. Rotavirus는 최근 설사질환의 주원인으로 대두되고 있는 병원체로서 감염력이 높아 집단설사를 유발할 수 있는 원인병원체임이 보고되고 있다.<sup>3,9~14)</sup>

세균에 의한 설사질환은 그 전염성 때문에 공중보건 측면에서 중요한 관리 대상임에도 불구하고 아직까지도 세균성 병원체에 의한 설사질환이 많이 발생하고 있다. 그 병원체로는 *Salmonella* spp, *Shigella* spp, *Vibrio parahaemolyticus*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* 등이 그 원인이 된다. 이들은 개인위생 미흡, 오염된 음식이나 물, 기구 등 다양한 전염원에 의해 사람이나 동물의 건강을 위협한다. 최근 개선된 위생환경과 치료를 통하여 실질적으로 사망자수는 점차 감소되고 있으나 개발도상국에서는 여전히 높은 사망률을 보인다.<sup>14)</sup>

최근 식품 등에 의해 야기된 세균성 설사질환이 증가하고 있으나 그 원인 식품 또는 매개체 및 전파경로가 명확히 밝혀지지 않아 방역조치 및 예방에 많은 어려움이 있다.<sup>15)</sup> 다양한 병원체 감염에 의한 소화기계 질환들이 설사와 복통을 공통 증상으로 하고, 전파력이 강해 일시에 폭발적으로 환자발생 양상을 나타낼 뿐만 아니라 전파경로 또한 매우 다양하여 정확하고 신속하게 원인 병 원체를 찾아내어 환자를 치료하고, 전염원을 조기에 차단하는 것은 보건학적으로 매우 중요한 일이다.

따라서 충북도내에서 문제가 되고 있는 감염성 설사 질환에 대한 원인 미생 물의 종류를 파악하여 신속 정확한 치료 및 예방을 기하고자 2009년 1월~12월 까지 관내 8개 병·의원 설사환자를 대상으로 세균 5종과 바이러스 5종을 검사하여,

그 원인 병원체를 분리하고 시기별 발생 분포 등 이를 원인병원체의 감염실태를 조사하여 질병의 발생 경향 파악 및 감시를 수행함으로서 실험실 진단체계를 확립하고 기초역학자료를 구축함으로써 효율적인 질병관리 대책 수립에 기초 자료를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

2009년 1월부터 12월까지 충북도내 8개 병·의원을 선정하여 설사가 주증상인 환자의 대변을 4°C에 보관하도록 하였으며, 환자의 기록상황과 함께 1주일마다 냉장상태를 유지하면서 실험실로 운반 후 세균 및 바이러스 검사를 실시하였다.

### 2. 실험방법

#### 가. 바이러스성 설사 질환

(1) Rotavirus, Enteric adenovirus, Astrovirus, Sapovirus, Norovirus 검사

##### (가) 가검물 전처리

약 1g의 분변 가검물에 9 mL정도의 PBS(phosphate buffered saline)를 넣은 후 3~4개의 glass beads를 넣고 10분간 진탕하여 10% stool suspension을 만들어 4°C에서 30분간 3,000 rpm으로 원심분리한후 상층액을 취하여 ELISA와 PCR 시험용액으로 사용하였다.

##### (나) RNA 추출

검체의 개수에 맞춰서 각각 그린튜브를 준비하여 PBS 4 mL를 넣어준 다음 번호에 맞추어 검체를 풀어준 뒤, Vortexing을 하고 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 한후 작은 튜브에 상층액 1.5 mL를 취하여 검액으로 사용하였다.

#### (다) Norovirus Real time PCR 검사

핵산추출장치로 추출한 RNA 추출용액을 검액으로 하고 PCR Kit에서 PreMix를 검액 및 표준품(노로G1, G2)의 숫자에 맞추어 꺼낸 후 Sample에는 DEPC-Water  $45\ \mu\text{L}$ 를 넣고, 검액  $5\ \mu\text{L}$ 를 넣는다. Negative control에는 DEPC-Water  $50\ \mu\text{L}$ 를 넣고 G1, G2 Positive Control에는 DEPC-Water  $40\ \mu\text{L}$ 를 넣고 G1, G2 표준품  $10\ \mu\text{L}$ 씩을 넣고 Real time PCR(Exicycler 96, Bioneer)을 설정하여 작동시켰다.

#### (라) Enzyme linked immunosorbent assay(ELISA)

Rotavirus와 Enteric adenovirus는 항체가 부착된 well에 대변 상층액  $100\ \mu\text{L}$ 를 넣고 conjugate를 넣은 후  $30^\circ\text{C}$ , 60분간 반응시켰다. 반응시킨 well을 세척 액으로 5회 세척 후 기질을 첨가하고 실온에서 10분간 반응시킨 다음 stopping solution  $100\ \mu\text{L}$ 을 넣은 후,  $450\ \text{nm}$ 에서 판독(Behring ELISA Processor II plus BEHRING, Germany)하였다.

### 나. 세균성 질환

(1) *Salmonella* spp, *Shigella*, *Vibrio parahaemolyticus*, *E. coli*(ETEC), *Campylobacter jejuni*. (5종)

(2) 전처리 및 DNA추출

검체를 분리배지에 접종하여 전형적인 군을 이화학적검사 및 PCR 검사하였다.

(3) *Salmonella*, *Shigella* 군 검사

병·의원에서 채취한 대변가검물을 MacConkey agar(Difco, USA)와 *Salmonella* *Shigella* agar(Difco, USA)에 직접 도말하고  $35^\circ\text{C}$ , 18~24시간 배양하여 Lactose 비분해성 집락을 KIA agar(Difco, USA)에 천자배양 후 *Salmonella*, *Shigella* 군속의 성상과 일치하는 것만 골라서 API 20E kit(bioMériux, France)로 동정하였다. 이들 생화학적 실험에서 *Salmonella*, *Shigella* 군속으로 확인된 군주는 국립보건원에서 분양 받은 항혈청에 의한 응집시험을 실시하여 혈청군을 결정하였다. 그리고 *Salmonella* 군의 혈청형은 항혈청으로 Difco사(USA) 제품을 사용하여 Slide법으로

균체(0) 항원시험을 실시했으며, 편모(H)항원시험은 시험관법으로 50°C 항온수조에서 1시간 뒤에 판독하였고, 확실치 않을 경우 2시간 후에 판독하여 결정하였다.

#### (4) *E. coli*(ETEC)균 검사

증균배지는 mEC-broth with Novobiocin(Merck, Germany), 직접도말 및 분리배지는 SMAC agar(Merck, Germany)와 Fluorocult *E. coli* O157:H7 agar(Merck, Germany)를 사용하여 35°C에서 18~24시간 배양하여 sorbitol 비분해성 집락과  $\beta$ -glucuronidase 음성집락을 선택하여 KIA agar에 천자배양 하였다.

국립보건원으로부터 분양받은 *E. coli* O26, O111, O157항혈청과 평판응집반응을 실시하고 의심균주는 API 20E kit(bioMerieux, France)를 이용하여 *E. coli*로 동정한 다음 다시 항혈청에 의한 응집반응을 실시하였다.

#### (5) *V. parahaemolyticus* 균 검사

증균배지로 1% NaCl을 함유한 Alkaline peptone water(APW), 분리배지로 TCBS agar(Difco, USA)를 사용하여 sucrose 분해 및 비분해 균을 선택하여 KIA agar에 천자배양 하였다. 최종결과는 API 20E kit로 동정하였다.

#### (6) *Campylobacter jejuni* 균 검사

*Campylobacter* blood free selective agar(Oxoid, England)에 직접 도말하여 microaerophillic 상태( $O_2$  5%,  $CO_2$  10%,  $N_2$  85%)에서 42°C, 48시간 배양하여 전형적인 집락을 선택하여 PCR로 동정하였다.

#### (7) 장내세균 Multiplex PCR 검사

##### (가) 증균배양

대변 1g 또는 면봉 검체 5mL와 tryptic soy broth(TSB)에 vancomycine 40 mg/L을 첨가하여 4~6시간 동안 37°C에서 배양하였다.

##### (나) DNA 추출

증균한 TSB 1 mL를 microcentrifuge tube에 옮겨 14,000rpm/3min 원심분리 후 상동액은 버리고 균체를 0.1mL의 멸균증류수에 완전히 혼탁시킨다.

이 혼탁액을 10~15분간 끓는 물에서 중탕하여 세포를 완전히 파쇄한 후 14,000rpm/15min 원심분리하여, 그 상층액을 PCR template로 사용하였다.

#### (다) PCR 및 전기영동

*Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*를 검출하기 위해 RapiGEN GENECHASER Gram(–) Multiplex의 사용방법에 따라 PCR을 실시하였다. 즉, 위의 DNA template 5  $\mu$ L, Primer mixture 5  $\mu$ L, distilled water 10  $\mu$ L를 포함한 20  $\mu$ L의 reaction mixture를 Techgene (PCR machine)을 사용하여 유전자 증폭을 수행하였다. 95°C에서 5분간 denaturation 후, 95°C에서 30초, 63°C에서 30초, 72°C에서 30초의 cycle을 35회 실시하고 마지막 cycle 후 72°C에서 5분간 증폭시켰다. PCR을 수행한 후 10  $\mu$ L의 PCR산물을 3% Agarose gel에 전기영동한 후 ETBr에 염색하여 Image Analyzer system에서 밴드를 확인하였다.

#### (8) *E. coli* KETEC 검사

환자의 가검물을 장내세균 Multiplex PCR 검사와 동일한 방법으로 증균 및 DNA를 추출하여 사용하였다. 장출혈성 독소 VT I & VT II 유전자를 검출하기 위해 *E. coli* Multiplex(Rapigen)를 사용하여 PCR를 실시하였다. 즉 위의 DNA template 5  $\mu$ L, Primer mixture 5  $\mu$ L, distilled water 10  $\mu$ L를 포함한 20  $\mu$ L의 reaction mixture를 Techgene(PCR machine)을 사용하여 유전자 증폭을 수행하였다. 95°C에서 5분간 denaturation 후, 95°C에서 30초, 63°C에서 30초, 72°C에서 30초의 cycle을 35회 실시하고 마지막 cycle 후 72°C에서 5분간 증폭시켰다. PCR을 수행한 후 10  $\mu$ L의 PCR산물을 3% Agarose gel에 전기영동한 후 ETBr에 염색하여 UV하에서 관찰하였다.

PCR 결과 band가 확인되면 증균된 TSB를 SMAC, MacConkey agar에 도말하여 전형적인 colony를 찾아서 Biochemical & Serological test를 실시한 후 PCR로 재 확인시험을 실시하였다.

#### (9) 항생제 감수성 시험

각각의 확인 된 분리균주에 대하여 디스크 확산법 (Bauer-Kirby, 1996)에 의하여 Ampicillin(AM), Amikacin(AN), Ampicillin/Sulbactam(SAM), Cephalothin(CF),

Chloramphenicol(C), Ciprofloxacin(CIP), Ceftriaxone(CRO), Cefoxitin(FOX), Gentamycin(GM), Kanamycin(K), Nalidixic acid(NA), Streptomycin(S), Trimethoprim/Sulfamethoxasole(SXT), Ticarcillin(TIC), Tetracyclin(TE), Amoxicillin/Clavulamic Acid(AmC) 등 16종의 항생제에 대한 감수성 실험을 실시하였다.

항생제 디스크는 BBL사(Cockeysville, USA)제품을 사용하였으며, *Escherichia coli* ATCC 25922주를 감수성 표준균주로 사용하여 시험할 때마다 디스크의 역가를 확인하였고, 시험조건 및 판독 결과는 The National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS)법에 준하였다<sup>16)</sup>.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 병원체 분리현황

충북 도내 8개 병·의원으로부터 1,127건의 설사 대변가검물을 채취하여 실험한 결과 세균 66건과 바이러스 83건 등 총 149건의 병원체가 분리되어 13.2%의 분리율을 보였으며, 병원체별 분리율 및 월별 분리율은 Table 1, 2와 같다.

Table 1. Separation rate of pathogens

Month		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Total	samples	47	71	90	61	78	143	142	124	90	77	104	100	1127
	separation	10	7	25	24	8	8	13	11	7	10	15	11	149
	positive(%)	21.3	9.9	27.8	39.3	10.3	4.2	9.2	8.9	7.8	12.9	14.4	11.0	13.2
Bacteria	samples	47	71	90	61	78	143	142	124	90	77	104	100	1127
	separation	0	4	2	2	3	3	12	10	7	8	6	9	66
	positive(%)	0	5.8	2.2	3.3	3.8	2.1	8.5	8.1	7.8	10.4	5.8	9.0	5.9
Virus	samples	47	71	90	61	78	143	142	124	90	77	104	100	1127
	separation	10	3	23	22	5	5	1	1	-	2	9	2	83
	positive(%)	21.3	4.2	25.6	36.1	6.4	3.5	0.7	0.8	0.0	2.6	8.7	2.0	7.4

Table 2. Monthly separation rate of respective pathogens

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Positive (%)	Total
NO. of separation	10	7	25	24	8	8	13	11	7	10	15	11	13.2	149
<i>Salmonella</i>														
Enteritidis														
Typhimurium														
spp.						1								1
sub total						1								1
Bacteria														
EHEC														
<i>E. coli</i>	-	2	1	2	3	1	2	3	2	4	3	6	2.6	29
sub total		2	1	2	3	1	2	3	2	4	3	6	2.6	29
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>														
<i>Shigella</i> spp.														
<i>Campylobacter jejuni</i>		2	1			1	10	7	5	4	3	3	3.2	36
NO. of positive	10	3	23	22	5	5	1	1		2	9	2	7.4	83
Norovirus	7	2	10	17	4		1	1		2	8	2	4.8	54
Virus														
Rota virus	3		9	5	1	4					1		2.0	23
Adenovirus		1	4										0.4	5
Astrovirus						1							0.1	1
Sapovirus														

분리된 병원체는 세균이 66건(5.9%), 바이러스가 83건(7.4%)이었다. 이 중 바이러스는 Norovirus 54건(4.8%), Rotavirus 23건(2.0%), Adenovirus 5건(0.4%), Astrovirus 1건(0.1%)이 분리되었으며, 특히 5종의 바이러스성 설사질환 병원체 중 Norovirus는 분리 바이러스 원인체의 65.1%로 가장 높은 검출율을 보였다.

Bon 등<sup>17)</sup>은 위장관염을 갖는 어린이의 대변에서 EIA와 RT-PCR을 이용, Rotavirus (60.8%), Astrovirus (6.3%), Adenovirus (3.1%), 혼합감염 (16.7%)을 보고한 바 있고, 또 다른 연구에서 Astrovirus (4.5%)가 Adenovirus (1.5%)보다 높은 검출률을 보였다고 보고하였으나, 본 연구에서는 Norovirus가 현저히 많이 검출되었고 검출된 바이러스 중 Astrovirus가 1건으로 가장 낮게 검출되었다.

이렇듯 국내 및 국외에서 Norovirus 및 Rotavirus에 의한 설사질환은 높은 빈도로 발생하지만 선진국에서는 사망률이 낮은 반면 (CDC, 1999)<sup>19)</sup> 개발도상 국가에서는 생명을 위협하는 원인이 되고 있다.<sup>20)</sup>

병원성 장내세균에 대한 연구는 국내에서도 1960년대 이후로 상당히 많이 보고 되어져 왔다.<sup>21~23)</sup> 본 연구에서는 *Campylobacter jejuni* 36건(3.2%), *E. coli* (ETEC) 29건(2.6%), *Salmonella* spp. 1건(0.1%)이 분리되었다.

*Shigella*균속에 의한 감염은 1898년 처음 발견된 이래, 현재에 이르기까지 세계 도처에서 발생되고 있으며<sup>24,25)</sup> 소수의 균량으로도 감염이 형성되기 때문에 선진국에서도 쉽게 감소되지 않고 있지만<sup>20)</sup> 본 연구에서는 1건도 분리되지 않았다.

## 2. 연령 및 월별 검체 접수 현황 분포

설사질환을 일으킨 환자 가검률의 연령대별 및 월별 분포는 Table 3, 4에서 보는 바와 같다.

Table 3. Distribution of samples

Hospital \ Age	<1	1	2	3	4	5	6-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60≤	Total
A	-	-	12	10	7	6	3	6	17	12	13	16	22	124
B	25	10	15	2	2	-	13	18	21	17	19	21	66	229
C	24	28	8	14	2	12	6	25	37	29	38	31	90	344
D	11	9	12	6	9	4	8	15	13	8	11	9	19	135
E	-	1	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	5
F	1	4	6	5	-	-	1	1	-	-	-	-	-	18
G	5	1	18	7	10	5	13	42	20	24	18	19	6	188
H	-	-	-	-	-	-	-	17	15	16	10	12	14	84
Total	66	53	72	45	30	28	45	123	123	106	109	108	219	1,127

Table 4. Monthly distribution of samples

Age Hospital \	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A	6	9	7	3	10	19	8	17	7	6	16	16	124
B	1	12	25	8	17	34	28	35	15	18	25	11	229
C	18	35	38	21	30	38	39	23	34	29	24	15	344
D	5	8	8	13	4	9	5	1	5	7	20	49	134
E	-	1	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	6
F	1	2	3	-	-	1	3	3	1	2	-	2	18
G	16	3	9	15	15	20	27	25	19	15	17	7	188
H	-	1	-	1	2	18	32	20	8	-	2	-	84
Total	47	71	90	61	78	143	142	124	90	77	104	100	1,127

### 3. 장염/ 설사질환 바이러스 병원체

충북 도내 8개 병·의원으로부터 1,127건의 설사환자 가검물을 채취하여 실험한 결과 Norovirus 54건(65.1%) Rotavirus 23건 (27.7%) Adenovirus 5건(6.0%) Astrovirus 1건 (1.2%) 순으로 검출율을 보였다. 특히 외식문화 및 집단급식 등 식습관의 변화로 집단 식품매개성 및 수인성 감염병 발생 가능성이 높으며, 고령화로 인한 감염병 취약계층 증가와 국제 교류 증가로 각종 해외 감염병의 국내 유입 가능성이 높아지는 등 더욱 철저한 감염병 관리가 필요한 실정이다.

이러한 취약계층 집단발병을 예방하기 위해서는 병·의원에 대한 감시사업을 지속적으로 실시하여 원인체 규명 및 분자 생물학적인 연구 실시로 해외유입질병 또는 국내 토착화 질병여부를 분석하여, 효율적인 질병 관리 대책 수립의 기초 자료로 활용하기 위해 꾸준히 조사되어져야 할 것으로 사료된다.

#### 가. 월별 바이러스분포

설사질환 병원체의 노로바이러스 분리율은 Table 5, 6, 7에서 보는 바와 같이 2008년도부터 2009년도에 걸쳐 꾸준히 분리되었고, 3~4월에 높은 분리율을 보인 반면, 2, 5 ~ 10, 12월에는 분리율이 매우 낮았다.

Rotavirus는 3월, 4월에 가장 높은 분리율을 보였으며, 7월부터는 분리율이 감소하기 시작해서 7 ~ 10월에는 발생하지 않았다. 최근 Barnes<sup>26)</sup>가 호주에서 조사한 연구에서도 Rotavirus가 55%정도 분리되었는데 이로써 이 연구의 결과에서와 같이 Rotavirus가 바이러스성 설사 원인체 중 가장 중요한 요인임을 알 수 있었다.

Table 5. Result of gene sequences of Norovirus G I

Genogroup	Genetic cluster	
	2008	2009. 08. 30
Norovirus G I	G I -7 (1)	
	G I -9 (1)	G I -14 (2)
	G I -14 (1)	G I -9 (2)
Total detection	3	4

Table 6. Result of gene sequences of Norovirus G II

Genogroup	Genetic cluster	
	2008	2009
Norovirus G II	G II -1 (1)	
	G II -3 (4)	G II -1 (3)
	G II -4 (23)	G II -3 (7)
	G II -11 (13)	G II -4 (20)
	G II -13 (11)	G II -8 (6)
	G II -14 (13)	
	G II -16 (2)	unknow (18)
	unknow(29)	
Total detection	96	54

Table 7. Detection frequency of Norovirus

Month Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
2008	7	5	4	11	5	6	6	7	17	19	8	1	96
2009	7	2	10	17	4	-	1	1	-	2	8	2	54

Astrovirus는 6월에만 1건 발생되어 낮은 분리율을 나타냈으며 Adenovirus는 2월과 3월에만 분리되었다.

따라서 5종의 바이러스 분리율은 3월, 4월에 55.4%로 최고 정점에 도달한 후 5월부터 10월까지 16.8%이하의 낮은 분리율을 보여주었다.



Fig. 1 PCR of Norovirus G I (314bp)

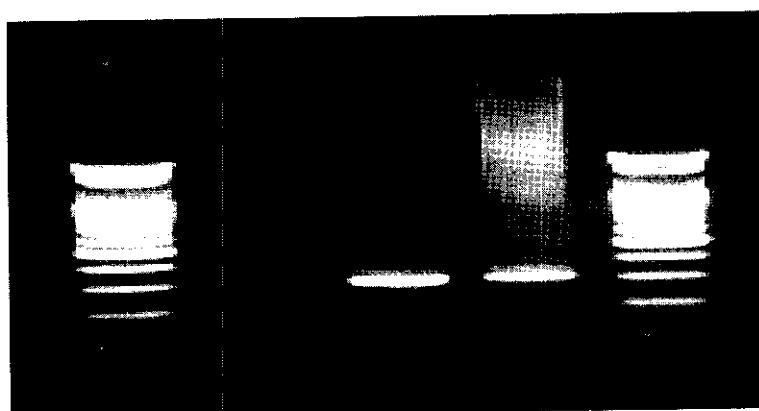


Fig. 2 PCR of Norovirus G II (313bp)

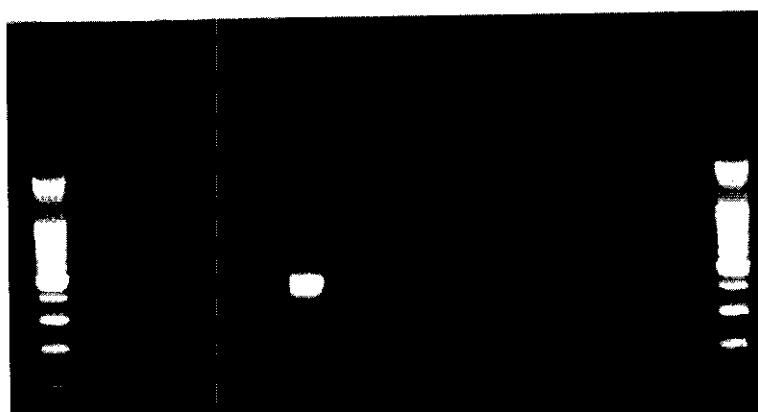


Fig. 3 PCR of Astrovirus (449bp)

#### 4. 장염/ 설사질환 원인 세균 병원체

##### 가. 월별 설사질환 원인 세균 분포

설사질환의 대변 총 1,127건으로부터 분리된 세균 병원체는 총 66건 (5.9%) 이었다.

Table 2에서와 같이 가장 많이 분리된 것은 *Campylobacter jejuni* 36건 (3.2%)이고, 다음으로 *E. coli* (ETEC) 29건 (2.6%), *Salmonella* spp. 1건의 순으로 최종확인 동정되었다.

##### 나. *E. coli* (ETEC)와 *Campylobacter jejuni*의 분포

병원체의 월별 분리현황은 Table 8, 9와 같으며, PCR 결과는 Fig 4, 5와 같다.

*E. coli* (ETEC)는 2008년도에 비하여 2009년도에는 50% 감소하였으나 *Campylobacter jejuni*는 전년도에 비하여 5배 정도 증가하였음을 볼 수 있다.

Table 8. Detection frequency of *E. coli* (ETEC)

Year \ Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
2008	3	1	2	10	3	8	12	5	4	4	5	3	60
2009	-	2	1	2	3	1	2	3	2	4	3	6	29

Table 9. Detection frequency of *Campylobacter jejuni*

Year \ Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
2008	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	1	2	7
2009	-	2	1	-	-	1	10	7	5	4	3	3	36

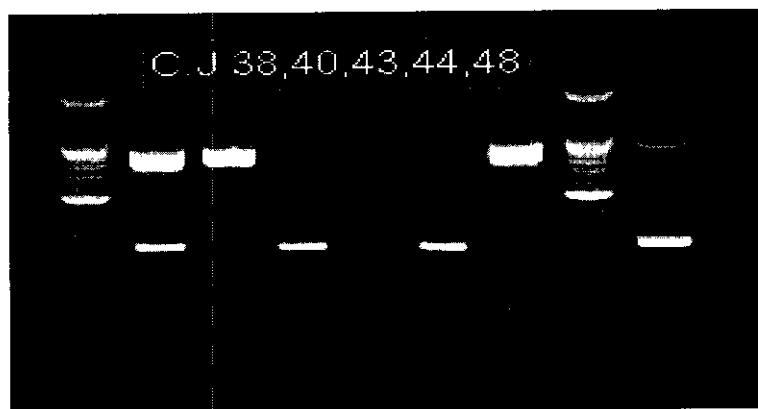


Fig. 4 PCR of *Campylobacter jejuni* (249bp)

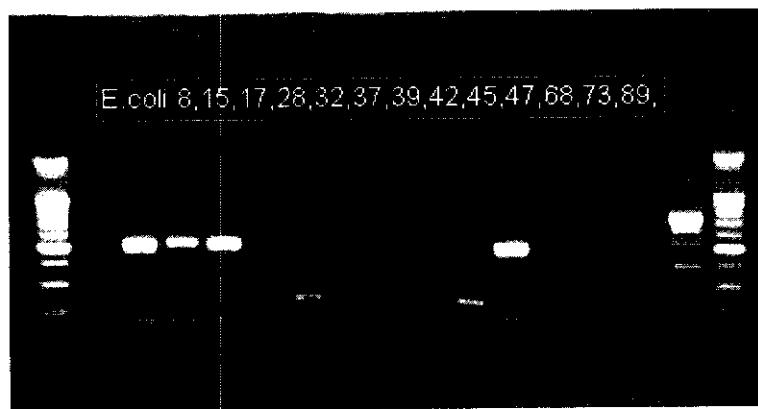


Fig. 5 PCR of *E. coli*(ETEC) (217bp)

#### 다. 항생제 감수성 결과

Ampicillin(AM), Amikacin(AN), Ampicillin/Sulbatam(SAM), Cephalothin (CF), Chloramphenicol(C), Ciprofloxacin(CIP), Cefriaxone(CRO), Cefoxitin (FOX), Gentamycin(GM), Kanamycin(K), Nalidixic acid(NA), Streptomycin(S), Trimethoprim/Sulfamethoxazole (SXT), Ticarcillin(TIC), Tetracyclin(TE), Amoxicillin/Clavulamic Acid(AMC)등 16종의 항생제를 사용하여 항생제 감수성 시험을 실시한 결과 Table 10, 11과 같이 나타났다. 균주에 따라 내성을 나타낸 항생제에 약간의 차이가 있었다. 병원성 대장균 29주에 대하여 내성을 보인 약제는 AM, TE, NA, TIC순이었으며 반면 CTX, FEP, IPM, AN등 약제에 대하여는 모두 내성을 나타나지 않았다.

Table 10. Inhibition rate for the antimicrobial agents (%)

Classification	Name of agent	Abbr.	<i>E.coli</i> (ETEC)	Inhibitionrate (%)
Penicillin	Ampicillin	AM	11	37.9
	Ticarcillin	TIC	6	20.6
β-lactam	Ampicillin/Sulbactam	SAM	4	13.8
Cephems (parenteral)	Cephalothin	CF	5	17.2
	Cefotaxime	CTX	0	0
	Cefotetan	CTT	1	3.4
	Cefepime	FEP	0	0
	Cefazolin	CZ	2	6.9
Carbapenems	Imipenem	IPM	0	0
Phenicol	Chloramphenicol	C	1	3.4
Aminoglycosides	Gentamicin	GM	2	6.8
	Amikacin	AN	0	0
Quinolones	Nalidixic acid	NA	6	20.7
	Ciprofloxacin	CIP	1	3.4
Tetracycline	Tetracycline	TE	7	24.1
Sulfa-Drug	Trimethoprim/Sulfamethoxazole	SXT	3	10.3
Total	16 agents		29	100

Table 11. Inhibition rate for the multi-antimicrobial agents

Number of agent	Detection of <i>E.coli</i>	Antimicrobial agent	Inhibition rate(%)
0	5	-	17.2
1	7	AM	24.1
2	3	AM-CF	10.3
3	2	TE-SAM-CF	6.9
4	2	AM-TIC-CF-CZ	6.9
5	3	TE-NA-CF-CZ-CIP	10.3
6	2	SXT-NA-CF-CTT-CIP-NA	6.9
7 ≤ ]	5	AM-TE-CF-CZ-CIP-NA-SXT	17.2
Total	29	-	100

## V. 결 론

2009년 1월부터 12월까지 충청북도의 8개 병의원에 내원한 설사환자의 가검물 1,127건을 수집하여 검사한 결과 총 149건(13.2%)의 설사 원인병원체를 분리하였으며, 이 중에는 바이러스는 83건 (7.4%)이었고 세균은 66건 (5.9%)이었다.

분리된 세균 총 66건은 *Campylobacter jejuni* 36건 (54.5%), *E. coli* (ETEC) 29건 (44.0%), *Salmonella* spp. 1건 (1.5%) 순으로 나타났다. 월별 분리율은 3, 4월에 높게 나타났으며 그 외는 연중 비슷하게 검출되었다

검출된 바이러스 총 83건 중 Norovirus 54건 (65.1%), Rotavirus 23건 (27.7%), Adenovirus 5건 (6.0%), Astrovirus 1건 (1.2%)으로 나타났다. 월별 분리율은 3월 (27.7%), 4월 (26.5%), 11월 (10.8%)에 높은 분리율을 보였고, 2월, 5월과 10월, 12월에는 낮은 분리율을 보였다.

항생제 감수성 시험은 16종의 항생제 Ampicillin(AM), Amikacin(AN), Ampicillin/Sulbatam(SAM), Cephalothin(CF), Chloramphenicol(C), Ciprofloxacin(CIP), Ceftriaxone(CRO), Cefoxitin(COX), Gentamycin(GM), Kanamycin (K), Nalidixic acid(NA), Streptomycin(S), Trimethoprim/Sulfamethoxazole(SXT), Ticarcillin(TIC), Tetracycline(TE), Amoxicillin/Clavulanic Acid(AMC) 등을 사용하여 시험한 결과 *E. coli* (ETEC) 29주에 대하여 내성을 보인 약제는 AM (37.9%), TE (24.1%), NA (20.7%), TIC (20.6%)으로 나타났으며 반면 CTX, FEP, IPM, AN등 약제에 대하여는 모두 감수성을 보였다.

항생제 다제내성에 대하여는 *E. coli*(ETEC) 29주에서 7주가 AM에서만 내성을 나타났으며 항생제 2~6개 사이의 항생제 내성 분포는 비슷한 양상을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. Wyngaarden JB, Smith LH. 1985, Cecil textbook of medicine. 17th ed. *W.B. Saunders company*, 712-719.
2. Murray CJ, Lopez AD. 1997 Mortality by cause for eight regions of the world : global burden of disease study. *Lancet*, 349, 1269-1276.
3. Richardson S, Grimwood K, Gorrell R, Palombo E, Barnes G, Bishop R. 1998, Extended excretion of Rotavirus after severe diarrhoea in young children : Lancet. Vol 351, No 9119
4. Palombo EA, Bishop RF, 1995, Genetic and antigenic characterization of a serotype G6 Human Rotavirus isolated in Melbourne, Australia : *Journal of Medical Virology*, Vol 47, No 4
5. Glass RI, Bresee J, Jiang B, Gentsch J, Ando T, Frankhauser R, Noel J, Parashar U, Rosen B, Monroe SS. 2001, Gastroenteritis Viruses ; an overview. *Novartis Found Symp*, 238, 5-19.
6. Guerrant RL, Hughes JM, Lima NL, Crane J. 1990, Diarrhea in developed and developing countries : magnitude, special settings and etiologies. *Rev. Infect. Dis.*, 12, 41-50.
7. Bern C, Martines J, Zoysa I, Glass RI. 1992, The magnitude of the global problem of diarrheal disease:a ten-year up-date. *Bull WHO*, 70, 705-714.
8. Palombo EA, Bishop RF, 1995, Genetic and antigenic characterization of a serotype G6 Human Rotavirus isolated in Melbourne, Australia : *Journal of Medical Virology*, Vol 47, No 4

9. Centers for Disease Control and Prevention. 1999, Intussusception among recipients of rotavirus vaccine in United States, 1998–1999. 48, 577–581.
10. Konno T, Suzuki H, Katsushima N. 1983, Influence of temperature and relative humidity on human rotavirus infection in Japan. *J. Infect. Dis.*, 147, 125–128.
11. Davidson GP, Bishop RF, Townley PR, Holmes IH. 1975, Importance of a new virus in acute sporadic enteritis in children. *Lancet*, 1, 242–246.
12. Lewis HM, Parry JV, Davies HA. 1979, A year's experience of the rotavirus syndrome and its association with respiratory illness. *Arch. Dis. Child.*, 54, 339–346.
13. Vesikari T, Maki M, Sarkkinen HK. 1981, Rotavirus, adenovirus, and non-viral enteropathogens in diarrhea. *Arch. Dis. Child.*, 56, 264–270.
14. Fankhauser RL, Noel JS, Monroe SS, Ando T, Glass RI. 1998, Molecular epidemiology of Norwalk-like viruses. *Virus Genes*, 20, 227–236.
15. 김성한, 전정훈, 김준영, 박미선, 유재연, 강연호, 이복권. 1999. 국내에서 분리된 *Sh99.Ila sonnei*균에 대한 PFGE를 이용한 Molecular typing. *국립보건 원보*, 36:14-21
16. NCCLS. 1993. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility test, 5th ed. M2-M5, 13 (24).
17. Bon F, Fascia P, Dauvergne M, Tenenbaum D, Planson H, Petion AM, Pothier P, Kohli E. 1999. Prevalence of group A rotavirus, human calicivirus, astrovirus, and adenovirus Type 40 and 41 infections among children with gastroenteritis in Dijon, France. *J Clin Microbiol*, 37:3055–3058.
18. 지영미, 김기순, 천두성, 안정배, 강영화, 정윤석, 이선희, 김운호, 윤재득.

2000. 바이러스성 설사 질환의 역학조사 및 원인체 분석을 통한 예방대책 수립에 관한 연구. 국립보건원보, 37:96-112.
19. Centers for Disease Control and Prevention. 1999. Intussusception among recipients of rotavirus vaccine in United States, 1998-1999. 48:577-581.
20. Institute of Medicine. 1986. The prospects for immunizing against rotavirus : New vaccine development. Establishing priorities. Diseases of Importance in Developing Countries, Vol II. Washington, DC : National Academy Press. 308-318.
21. 김호훈, 이명원, 박미선, 강연호, 김미순, 강윤숙, 신의철, 박기덕. 1993. 위장관 감염 세균성 병원체에 대한 역학적 연구. 국립보건원보, 30:9-19.
22. 이복권, 김기상, 이명원, 정태화. 1984. 소아 설사 환자에서 분리한 *Salmonella*, *Shigella*에 관하여. 대한미생물학회지, 19: 55-64.
23. 이연태, 이종훈. 1981. 자연환경내에 오염된 식중독원인균의 분포. 대한미생물학회지, 16:13-18.
24. CDC, 1987. Nationwide dissemination of multiple resistant *Shigella sonnei* following a common-source outbreak. MMWR, 36(38), 633-634
25. CDC, 1990. Community outbreak of *Shigellosis*-united states. MMWR, 39(30), 509-519
26. Barnes GL. 1998. Etiology of acute gastroenteritis in hospitalized children in Melbourne, Australia, from April 1980 to March 1993. *J Clin Microbiol*, 36:133-138.

# 유통식품 중 아크릴아마이드 함량 조사연구

윤방한 · 이광희 · 김종숙 · 양승준 · 이아영 · 유용재 · 신태하 · 홍한표  
식의약품분석과

## Acrylamide Monitoring of Commercial Food Products

B.H.Yun, K.H.Lee, J.S.Kim, S.J.Yang, A.Y.Lee, Y.J.Yu, T.H.Shin, H.P.Hong  
Food & Drug Analysis Section

### ABSTRACT

In this research, a total of 121 samples from 12 food groups estimated to have higher acrylamide values by comparing recent monitoring data were investigated with LC/MS/MS. This study investigated the status of acrylamide reduction. In addition, the correlation of acrylamide contents with sugars (Fructose, Glucose, Maltose, Sucrose), nutrients(Crude Protein, Crude Fat, Carbohydrate) and water was investigated.

1. The detected amounts of Acrylamide were ND~903 $\mu\text{g}/\text{kg}$  in 121 samples; 99 samples  $\geq 10\mu\text{g}/\text{kg}$ , 8 samples  $< 10\mu\text{g}/\text{kg}$  and 14 samples didn't have any acrylamide. These amounts were lower than KFDA's target of 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$  which is set for reducing the acrylamide contained in the distributed foods. The average amounts was 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ . The amounts of acrylamide for food groups were 44~903 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (French Fried), ND~295 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Roasted Potato), ND~106 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Fried Sweet potato), ND~605 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Potato Snack), 30~883 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Corn Snack), 88~223 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Puffed Corn), 117~273 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Onion Snack), 101~140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Sweet potato Snack), ND~264 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [Biscuit(Cookie & Cracker)], ND~138 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [Biscuit(the Others)], ND~518 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Instant Coffee), and ND~30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [Nurungji(Scorched Rice)], respectively.
2. The average amounts of acrylamide for food groups were 316 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (French Fried), 160 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Potato Snack), 86 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Instant Coffee). These Fig.s were lower than those of the amounts measured by T/F team for acrylamide reduction (Oct, 2007. KFDA); 374 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (French Fried), 803 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Potato Snack) and 411 $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Instant Coffee).
3. The correlation coefficients between acrylamide and sugars, nutrients and water were -0.163(Fructose), -0.117(Glucose), -0.083(Maltose), -0.156(Sucrose), -0.256(Crude Protein), 0.127(Crude Fat), -0.219(Carbohydrate) and 0.234(Water). The relationships between acrylamide and the other test items(sugars, nutrients, and water) were established "very low" or "minus".

## I. 서 론

아크릴아마이드는 펄프·제지공정, 정화처리시의 응집제나 실험실에서 PAGE(Polyacrylamide gel electrophoresis)의 Polyacrylamide gel과 같이 Polyacrylamide나, 혼성 중합체의 제조를 위해 사용되고 있는 공업용 화학물질이다<sup>1)</sup>. 1994년 국제암연구기관인 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 유전자변형을 유발하며 동물실험에서 악성 및 양성 위종양 등을 유발하는 발암물질로 확인됨에 따라 인간에게 암을 유발할 가능성이 있는 물질(Group 2A carcinogen)로 분류하였다<sup>2)</sup>. 식품 중 아크릴아마이드의 존재는 2002년 4월 스웨덴 국립식품청SNFA(Swedish National Food Administration)에서 감자튀김, 감자칩 등 탄수화물을 많이 함유하는 식품원료의 고온 가열처리시 생성됨을 발표하여 처음으로 알려졌다<sup>3)</sup>. 이후 유럽, 미국, 일본, 캐나다 등에서도 자국내 식품에서 아크릴아마이드가 검출된다는 결과를 발표하여 국제적인 관심이 더욱 높아지고 있다<sup>4-10)</sup>.

이와 관련하여 Food and Agriculture Organization(FAO)와 World Health Organization(WHO)는 아크릴아마이드에 대한 조사연구 및 인체에 미치는 유해성 조사를 위해 2002년 6월 협의회를 개최하고 국제적 네트워크를 설립하여 아크릴아마이드에 대한 자료와 진행중인 연구에 대한 정보를 공유하고 있다<sup>11)</sup>. KFDA에서도 2002년 11월 미국 FDA의 분석방법을 이용하여 아크릴아마이드를 모니터링하였으며, 2006년 아크릴아마이드 저감화 추진 T/F팀을 구성하여 제조공정 개선방안과 저감화 기술 개발을 권고하고 지속적인 저감화 방안 및 모니터링 등 아크릴아마이드에 대한 조사연구를 실시하였다<sup>12)</sup>.

아크릴아마이드의 주요 생성기전은 Asparagine 등의 아미노산과 Glucose 등의 환원당 사이의 반응인 Maillard reaction에 의한 것으로 알려져 있으며, 특히 다른 아미노산보다 Asparagine과 반응시 아크릴아마이드 생성량이 가장 높다<sup>13)</sup>. 아크릴

아마이드의 흡수는 소화관을 통하여 쉽게 흡수되고 빠른 시간 내에 절반 이상이 소변을 통하여 배설되는데, Miller 등에 의하면 흰쥐의 뇨 중 아크릴아마이드의 배설 반감기는 7.8시간이고 24시간 이내에 투여량의 2/3가 뇨를 통해 배설된다고 하였다<sup>11),14)</sup>.

WHO에 따르면 일반적 유해화학물질과 마찬가지로 노출량이 매우 작다면 그에 따른 위험성도 매우 작다고 설명하고 있다. 하지만 현재까지 아크릴아마이드의 동물에 미치는 유해성과 산업 환경에서의 노출에 의한 인체 유해성은 많은 연구를 통해 잘 알려져 있는 것에 반해 식이를 통한 아크릴아마이드 섭취가 인체에 미치는 영향에 대해서는 명확하게 알려진 바가 없고, 전 세계적으로 탄수화물 식품에 대한 의존성이 매우 높기 때문에 이를 식품의 아크릴아마이드 함량, 생성 기전, 식이를 통한 노출평가 및 위해평가에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

따라서 본 조사연구에서는 국내에서 유통되는 식품 중 아크릴아마이드 함량이 높게 예상되는 식품류의 아크릴아마이드 함량실태를 파악하고 아크릴아마이드의 저감화 현황을 파악하여 지속적인 저감화를 위한 자료를 제공하고, 더불어 3대 영양 성분(탄수화물, 조단백질, 조지방)과 당류(Fructose, Glucose, Maltose, Sucrose)의 함량을 조사하여 아크릴아마이드와 식품 내 영양성분간 상관성을 조사함으로써 국민의 식생활 발전 및 건강에 기여하기 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## 1. 아크릴아마이드 특성

아크릴아마이드는 그림 1과 같은 구조를 가지고 있는 무취의 백색결정으로 분자량 71.08, 비중 1.122(30°C), 용점 84.5, 비점 87°C(2mmHg), 125°C(25mmHg)이며, 분자식  $C_3H_5NO$ 의 화합물로써 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)에서는 2-propenamide로 명명하였다. 물, Alcohol, Acetone 등 극성물질에 용해되는 반면에 Benzene, Heptene같은 비극성 물질에는 용해되지

않는 물질로 실온에서는 안정하나 융점까지 가열 시, 열자외선·감마선 조사시, 과산화물과 같은 산화제와 접촉 시 중합반응을 일으켜 물에는 용해되지만 Alcohol, Hexane, Ethyl acetate, Glacial acetic acid, Lactic acid에는 용해되지 않는 중합체를 형성한다<sup>1),15)</sup>.

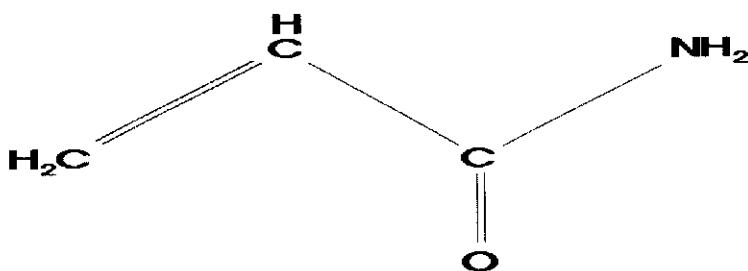


Fig. 1. Structure of Acrylamide

## 2. 식품 내 아크릴아마이드의 생성기전

Amino acid와 Glucose의 모델시스템을 이용한 Mottram 등의 연구결과를 보면 아크릴아마이드는 아미노산인 Asparagine을 환원당인 Glucose와 함께 120°C 이상의 온도로 가열하면 생성되기 시작하여 160~180°C에서 가장 많이 검출되며 200°C 이상의 고온에서는 다시 감소하였다<sup>16)</sup>. 이는 조리식품에서 아미노산과 당 사이의 반응이며 색깔, 풍미, 맛에 영향을 주는 Maillard reaction(그림 2, 그림 3)에 의한 것으로 알려져 있다<sup>17)</sup>. 하지만 ‘French fries의 아크릴아마이드 생성에 영향을 미치는 인자에 관한 연구’ (2003. 김혜영 등)에서 160~240°C 까지 온도가 상승함에 따라 아크릴아마이드 검출량이 계속적으로 증가하였다. 이는 식품의 매트릭스로 인한 열전달속도의 차이, 수분이 증발하면서 증발열에 의한 식품 표면온도의 강화 등 다양한 변수에 의한 것으로 보인다<sup>18)</sup>.

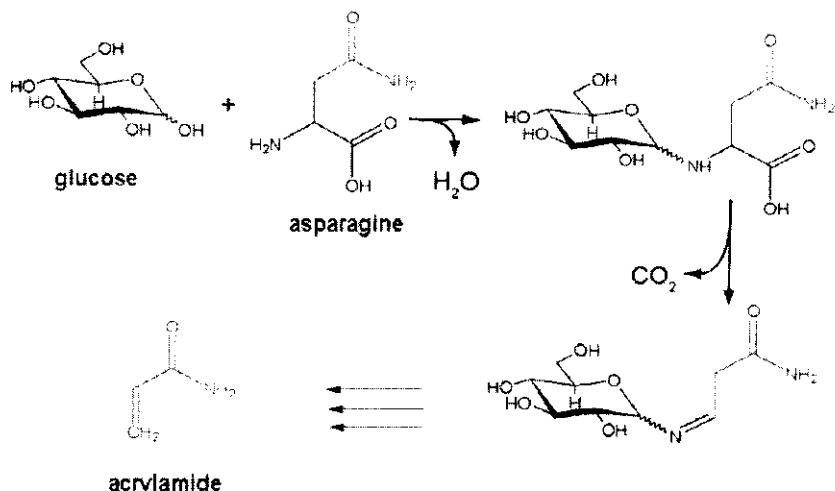


Fig. 2. Acrylamide formation by asparagine and glucose<sup>19)</sup>

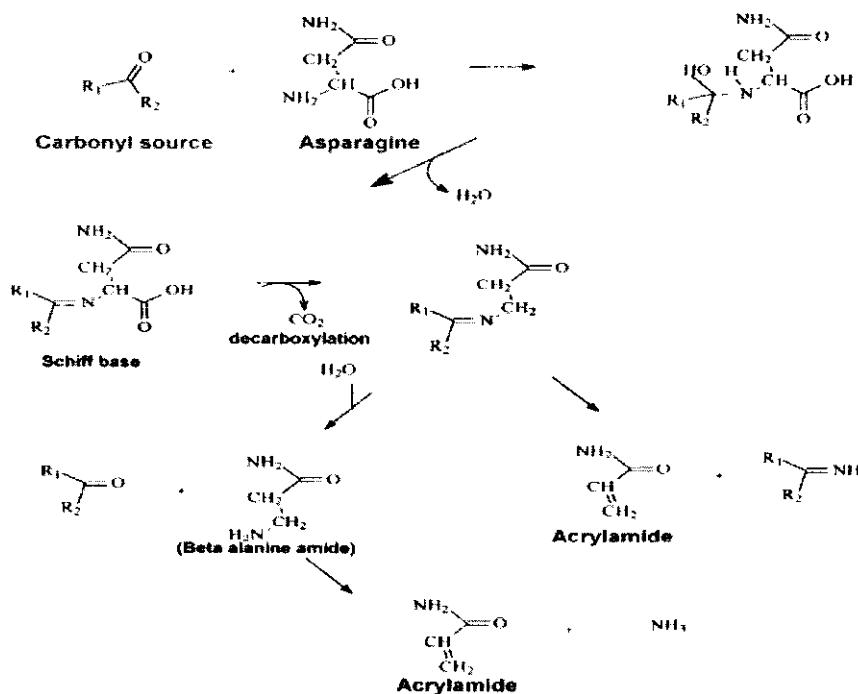


Fig. 3. Acrylamide formation by Maillard reaction<sup>19)</sup>

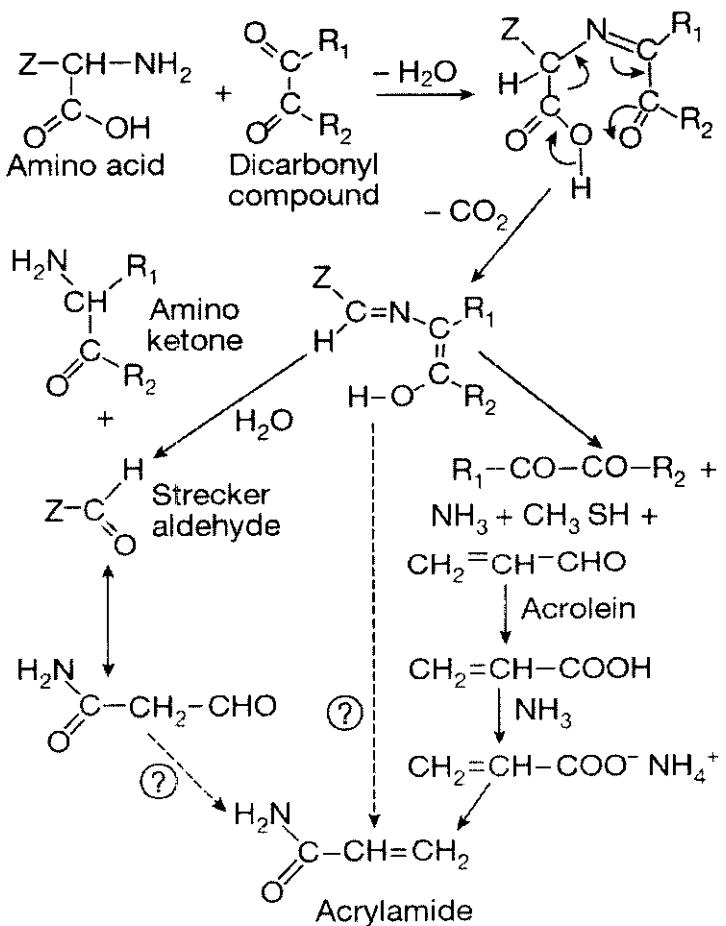


Fig. 4. Proposed pathways for the formation of acrylamide after Strecker degradation of the amino acids asparagine and methionine in the presence of dicarbonyl products from the Maillard reaction<sup>16)</sup>

Methionine으로부터 Asparagine이 존재할 때 아크릴아마이드가 생성되어진다 (그림 4). 아크릴아마이드의 생성 기전은 탈탄산반응과 탈아미노반응을 통해 Methionine이 Methional이 되고, 이는 Asparagine의  $\alpha$ -NH<sub>2</sub>와 반응해 Schiff base를 형성하는 것이다. 이 Schiff base는 탈탄산, 탈아미노반응을 통해 N-glycoside로 변형된 뒤 아크릴아마이드를 형성한다. 이때 Methionine이 직접 아크릴아마이드로

변형되지 않고 또한 Carbonyl화합물의 생성원이 포도당과 유사한 물질이라는 가정 하에 이루어진다. Asparagine이 존재하지 않을 때에는 Methional은 H<sub>2</sub>S의 제거를 통해서 Acrolein으로 변형된다. 이렇게 생성된 Acrolein은 Acrylic acid로 전환된 뒤 아크릴아마이드로 변형이 가능하다고 알려졌다<sup>20),21)</sup>.

아크릴아마이드는 Glucose와 Asparagine의 함유량이 높은 식품을 고온에서 가열 또는 튀길 경우 많이 형성되는데 감자의 아미노산과 당의 조성을 표 1과 같다. 감자의 Asparagine의 농도는 다른 Amino acid보다 월등히 높으며 Glucose가 충분히 존재하는 것을 알 수 있다<sup>13)</sup>. 이로부터 다른 식품에 비해

Table 1. Concentrations of Sugars and Amino acids in a potato cultivar used for chipping<sup>13)</sup>

Sugars		Concentration(g/100g)	
	Glucose		0.1
	Fructose		0.08
	Sucrose		1.07
Amino acids	Concentration(mg/100g)	Amino acids	Concentration(g/100g)
Alanine	4.7	Lysine	4.7
Arginine	16.4	Methionine	4.7
Asparagine	93.9	Phenylalanine	4.7
Aspartic acid	4.7	Proline	4.7
Glutamine	28.2	Serine	4.7
Glutamic acid	9.4	Threonine	18.8
Glycine	0	Tryptophan	0
Histidine	7	Tyrosine	7
Isoleucine	7	Valine	9.4
Leucine	4.7		

감자칩이나 감자튀김에서 아크릴아마이드가 많이 생성되는 이유를 추측할 수 있다. 그림 5와 같이 Asparagine과 Glucose를 5분 가열하였을 때 아크릴아마이드 생성이 많으며, 조리 시간이 길어질수록 생성량이 적어진다. Glutamine과 Methionine은 처음 5분 조리에서는 생성농도가 낮으나 조리시간이 길어질수록 생성농도가 높아진다. 그러나 Asparagine에 의한 아크릴아마이드 생성이 조리시간에 따라 적어져도 그 검출 양이 Glutamine과 Methionine에 의해 생성된 아크릴아마이드에 비해 현저히 높음을 알 수 있다<sup>20)</sup>.

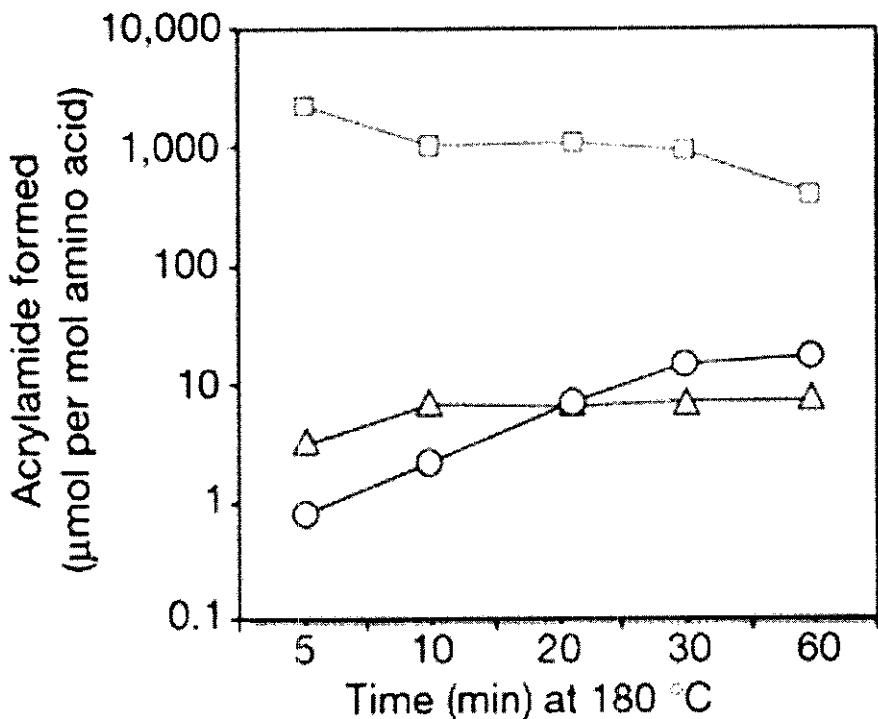


Fig. 5. Production of acrylamide from N-glycosides. Logarithmic-scale plot of the formation of acrylamide over time in pyrolysates of glucose with Glutamine (triangles), Asparagine(squares) or Methionine(circles)<sup>20)</sup>

### 3. 아크릴아마이드의 독성

아크릴아마이드는 국제암연구소인 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서 음용수로 아크릴아마이드를 섭취시킨 동물실험을 바탕으로 인간에게 암을 일으킬 개연성이 있는 Group 2A carcinogen<sup>\*</sup>으로 분류하였으며, 동물실험에서는 암을 일으키고, 발암성분 이외에도 신경계 이상, 생식 기능 이상, 유전적 변이 등을 초래하는 것으로 알려져 있다<sup>22)</sup>.

동물실험에서 흰쥐를 장기간 아크릴아마이드에 노출시켰을 때 자궁, 신장, 유선, 고환, 폐, 피부 등에 종양이 유발되었으나, 아크릴아마이드의 식이섭취와 발암의 위험성을 연구한 일련의 환자-대조군 연구에서 아크릴아마이드의 식이섭취와 암 발생 사이의 상관관계를 증명하지 못하였고, 현재까지 사람에게 암을 발생한다는 연구 결과는 아직 과학적으로 규명된 바 없다<sup>23-28)</sup>. 또한 동물실험에서 병변되었다고 하여도 사람에게도 같은 결과가 나오지는 않으며, 소량의 식품 섭취시에도 같은 결과가 나온다고 보기是很 어렵다고 하였다<sup>29)</sup>. JECFA(Joint Expert Committee on Food Additives)의 64번째 회의에서 흰쥐에게 음용수를 통해 아크릴아마이드를 90일 동안 투여한 결과 0.2mg/kg bw/day에서 신경에 아무런 형태학적 변화가 발견되지 않음이 발표되어 아크릴아마이드의 최대무적용량(No-observed-adverse-level)을 0.2mg/kg bw/day로 정의하고 있다<sup>30)</sup>.

동물실험에서 아크릴아마이드는 주로 물로 섭취시킨 것이고, Fuhr U. 등의 아크릴아마이드 독성학 연구에서도 사람과 동물실험에 이용된 설치류는 아크릴아마이드 흡수율에 차이가 있음을 보여주고 있다<sup>31)</sup>. 이와 같이 동물실험 결과를 인간에게 그대로 적용하기에는 실험의 정확성에 대해 다소 논란이 제기되고 있다. 동물실험 결과는 대체로 높은 용량(50~300mg/kg bw/day)을 투입한 결과로 JECFA에서 발표한 식이 노출평가 섭취평균이 1μg/kg bw/day인 것에 비해 너무 많은 양이고, 적은 양을 노출했을 시에 대한 확실한 결과가 없으며, 대다수의 연구가 빠른 체내 흡수, 대사율을 보이는 음용수 투여방식을 사용했

으므로 아크릴아마이드는 흡입 경로에 따라 체내 대사시간 및 대사율이 유의적으로 차이가 나는 것을 고려해야 한다. 표 2의 아크릴아마이드 독성은 한국인의 아크릴아마이드 식이노출량에 비해 작게는 수십 배에서 수십만 배 높은 복용량에 의한 결과이다<sup>32)</sup>.

Table 2. The symptoms of Acrylamide toxicity in animals<sup>32)</sup>

독성	발견 증상	실험 동물	복용량 (mg/kg bw/day)	복용방법	식이노출량 파의 비료
신경 독성	·뒷다리 뒤틀림 (hind-limb foot splay)	고양이, 쥐, 생쥐, 기니피그, 토끼, 원숭이	5~50	음용수	30,000~ 300,000배
	·운동실조				
	·골격근 위축				
번식 독성	·생식력, 새끼 수 감소 ·변성정자 증가 ·정자수 감소	생쥐	1.25~24 (4주)	음용수	8,000~ 160,000배
	·성교수, 정자수 감소	수컷 쥐	4.2~7.9 (10주)	음용수	28,000~ 52,000배
	·고환기능 퇴화 ·고환무게 감소 ·정세관 상피세포 변성	생쥐	35.5 (8~10주)		
유전자 변형	·정모세포의 소핵 형성 (Micro nuclei in spermatocytes)	쥐	50 (4일)	복강 내 주사	30,000배
발암 가능성	·유선, 갑상선, 구강, 자궁, 음핵선, 중앙신경계 종양 발생 ·수컷 쥐에게 갑상선 및 음낭 표피세포 종양	F344 rats (수컷, 암컷)	0.01, 0.1, 0.5, 2 (2년)	음용수	60~ 13,000배
	·유선, 갑상선, 구강, 자궁, 음핵선, 중앙신경계 종양 발생 ·수컷 쥐에게 갑상선 및 음낭 표피세포 종양	F344 rats (수컷, 암컷)	0.01, 0.1, 0.5, 2 (수컷, 106주) 1, 3 (암컷, 106주)	음용수	60~ 20,000배

#### 4. 아크릴아마이드의 저감화

식품에서 인체에 유해한 신경독성을 갖고 있으며 암을 유발하는 물질인 아크릴아마이드의 검출이 보고되면서부터 국제적으로 식품에서 아크릴아마이드의 제거를 위한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 식품에서 아크릴아마이드의 제거는 실질적으로 불가능하며 현재는 아크릴아마이드의 저감화에 초점이 맞추어지고 있다. 저감화 방법으로는 초임계  $\text{CO}_2$  등을 이용해 아크릴아마이드가 제품에 생성된 후에 제거하는 방법이 있으나 제품의 품질에 좋지 않은 영향을 줄 수 있어, 최근 아크릴아마이드 저감화를 위해 연구되고, 산업계에 이용되는 방법은 원료식품의 조성 및 가공조건을 조절하여 아크릴아마이드의 생성을 억제하는 것이다.

식품 중 아크릴아마이드에 대해 WHO, Codex 등 국제기구나 미국, 유럽 등 개별 국가별로도 기준, 규격이 설정되지 않은 상태이고, 식품의약품안전청에서 (KFDA)는  $1000\mu\text{g}/\text{kg}$  이하를 목표로 아크릴아마이드 저감화를 추진 중에 있다. 식품의약품안전청은 서울환경연합의 아크릴아마이드 함량 보도이후, 관·학·연 및 소비자단체, 식품산업체 등 각계 전문가로 구성된 협의체인 「아크릴아마이드 저감화 추진 T/F」를 구성하여(2006. 5), 제조공정 개선방안 등 저감화 기술 개발을 권고, 지속적인 저감화 방안 및 모니터링 등 조사연구 결과 평가, 대국민 홍보 방안을 수립하고 있다<sup>12)</sup>. 국제적으로도 아크릴아마이드 저감화를 위한 연구가 진행되고 있으며, 유럽연합의 유럽식품·음료산업협회인 CIAA(the Confederation of the Food and Drink Industries of the European Union)에서는 식품산업 및 관계자들에 의해 수행된 여러 가지의 경우에 대해 평가된 잠재적 저감화 조절 방법을 기술하여 식품업계에서 이용할 수 있도록 ‘The CIAA Acrylamide Toolbox’를 발표하였고, 새로운 연구 결과를 지속적으로 제공하고 있다<sup>17)</sup>.

## II. 본 론

### 1. 실험재료

본 조사연구에 사용한 시료는 아크릴아마이드 함량이 높을 것으로 예상되는 식품군을 선정하고 2009년 4월부터 10월까지 감자튀김 21건, 구운감자 6건, 고구마 튀김 3건, 감자스낵 21건, 옥수수스낵 8건, 팝콘류 7건, 양파스낵 4건, 고구마 스낵 2건, 쿠키·크래커 20건, 기타 비스킷류 5건, 누룽지 4건, 인스턴트커피 20건 등 총 121건을 수거하여, 이를 12개 식품군으로 분류하여 실험하였다. 시료는 충청북도 내에 있는 대형할인마트, 페스트푸드점, 고속도로 휴게소에서 구입하였고, 포장되어 있는 시료는  $4\pm2^{\circ}\text{C}$ 에서 냉장보관하여 사용하였고, 감자튀김은 구입 후 4시간 이내에 분석하였다.

### 2. 아크릴아마이드의 분석 방법

아크릴아마이드의 분석은 식품 중 기준규격미설정 물질의 시험방법(식품의약품 안전청고시 제2007-10호)에 따라 LC/MS/MS(Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry)로 MRM(Multiple reaction monitoring)을 사용하였으며 시약은 모두 HPLC 등급을 사용하였다. 정제 컬럼은 OASIS HLB(C18, 200mg, vol. : 6 mL), Bond Elut-Accucat(C8, SAX, SCX 200mg, vol. : 3mL)을 사용하였다. 내부표준원액은 탄소 13동위원소( $^{13}\text{C}_3$ )로 치환된 아크릴아마이드가 메탄올에 녹아 있는 용액 (1mg/mL)을 사용하였으며, 내부표준용액은 0.1% 개미산을 가해 200ng/mL로 사용하였다. 여과튜브로는 Maxi-spin filter tube(0.45 $\mu\text{m}$  PVDF)를 사용하였다<sup>33)</sup>.

실험검체의 전처리는 그림 6과 같이 검체는 믹서기를 이용하여 균질화 한 후 1g을 정밀히 취하여 50mL 폴리프로필렌 코나컬 튜브에 넣고 내부 표준용액 1mL와 물 9mL를 가한 후 잘 혼합하여 진탕기에 넣어 180-200rpm으로 20분 동안 추출한 후 원심분리기를

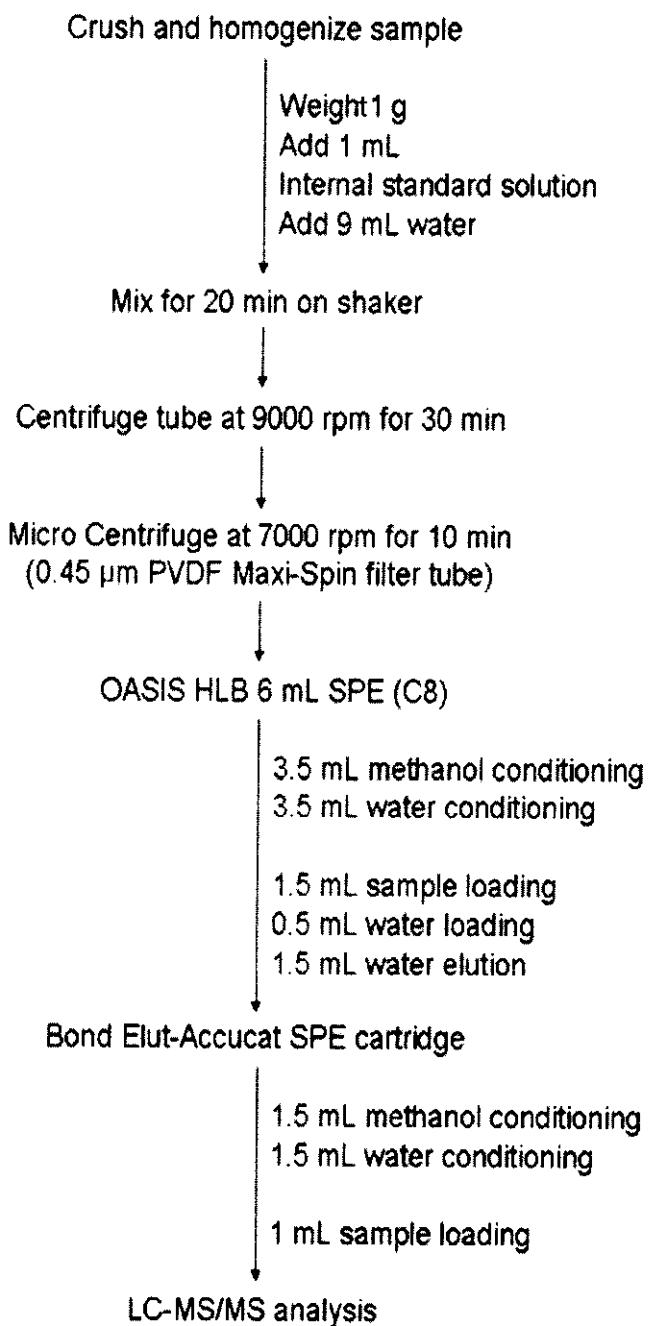


Fig. 6. Scheme for sample extraction<sup>33)</sup>

이용하여 9,000rpm으로 30분 동안 원심분리한다. 이후 원심분리하여 얻어진 물총 5mL를 여과튜브에 옮기고 7,000rpm으로 10분간 다시 원심분리하여 A액을 얻는다. 메탄올 3.5mL와 물 3.5mL로 활성화시킨 OASIS HLB SPE 카트리지에 A액 1.5mL를 넣어 통과시킨 후 물 0.5mL를 흘려버리고 물 1.5mL를 용출시켜 모아 B액을 얻는다. 메탄올 2.5mL와 물 2.5mL로 활성화시킨 Bond Elut-Accucat SPE 카트리지에 B액 1.5mL를 넣은 후 처음 0.5mL를 흘려버리고 이후 얻어진 1mL를 액체크로마토그래프의 시험용액으로 하였다<sup>33)</sup>.

아크릴아마이드를 분석하기 위한 LC/MS/MS의 조건은 표 3과 같다.

Table 3. Analytical condition of LC/MS/MS

LC	ACQUITY™ Ultra Performance LC(Waters)
MS/MS	Quattro Premier XE(Waters)
Column	ACQUITY UPLC BEH (C18) 1.7 $\mu$ m, 2.1×50mm
Column flow rate	0.2 mL/min
Column temperature	35°C
Injection volume	2 $\mu$ l
Mobile phase composition	Aqueous 0.1% acetic acid, 0.5%methanol in Distilled water
Run time	3min
Retention time(RT)	1.2min
Ionization mode	Electrospray positive ionization(ES+)
Source temperature	120°C
Desolvation temperature	350°C
Collision gas pressure	$3.84 \times 10^{-4}$ (m bar)
Collision energy	10volts
MS/MS experiment	MRM(Multiple reaction ion monitoring)
Ions monitored	Acryamide(72.0→55.3), Internal Standard(75.2→57.2)

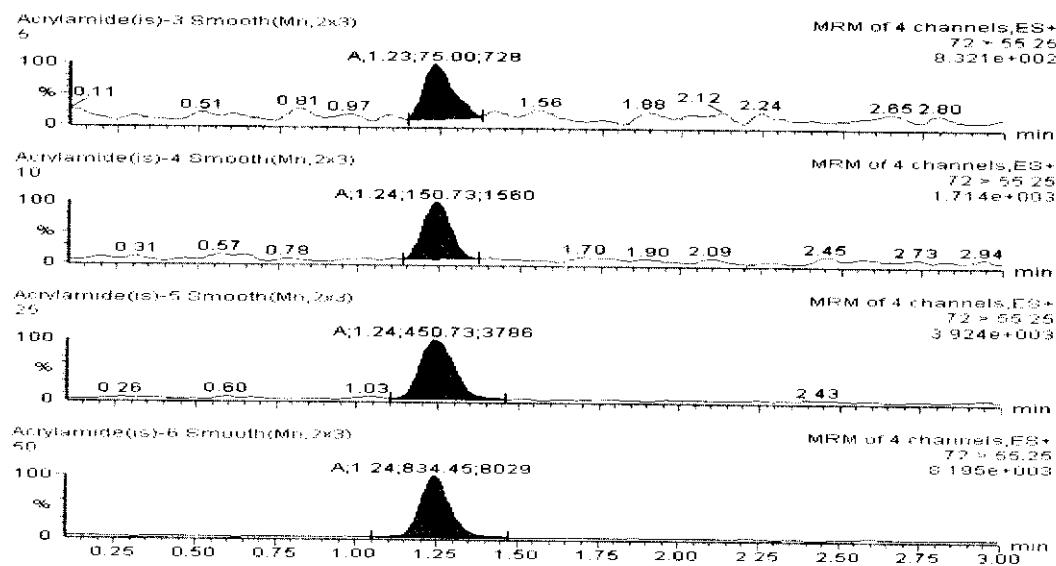


Fig. 7. LC/MS/MS chromatogram for acrylamide standard(5, 10, 50, 100 $\mu$ g/kg)

Compound name: A  
 Correlation coefficient: r = 0.999212, r^2 = 0.998424  
 Calibration curve: 0.200348 \* x + -0.226409  
 Response type: Internal Std ( Ref 1 ), Area \* (IS Conc. / IS Area )  
 Curve type: Linear, Origin: Exclude, Weighting: 1/x, Axis trans: None

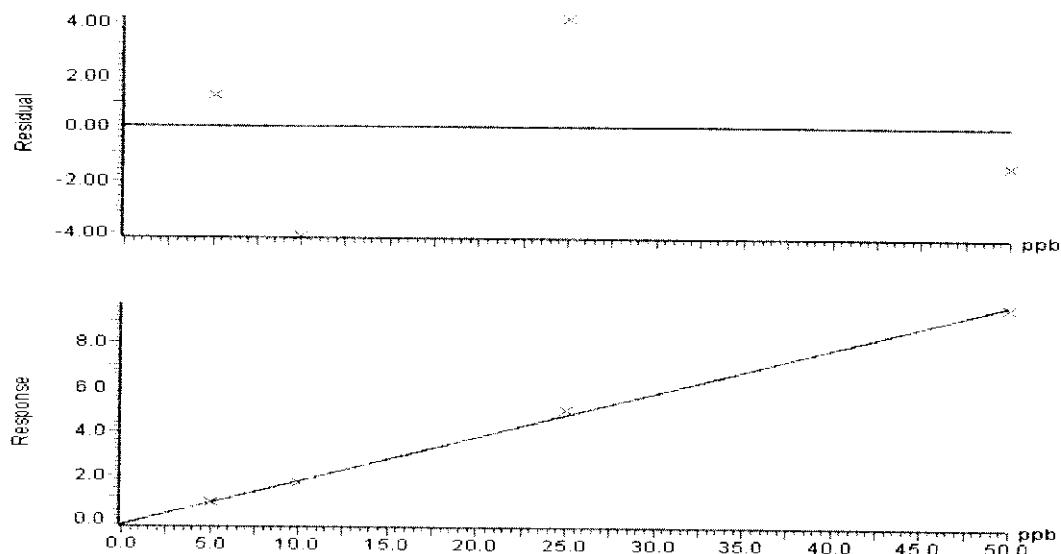


Fig. 8. Standard curve for acrylamide standard solution

Standard solution을 Blank, 5 $\mu$ g/kg, 50 $\mu$ g/kg, 100 $\mu$ g/kg의 농도로 LC/MS/MS 분석하여 검량선을 작성하였고(그림 7, 그림 8), 정량 한계는 10 $\mu$ g/kg로 하여, 10 $\mu$ g/kg 미만의 검출량은 <10 $\mu$ g/kg로 표시하였다.

### 3. 영양성분 및 당의 분석방법

조사대상 식품 중 영양성분의 분석방법 및 장비는 표 4와 같다. 당의 분석은 HPLC-ELSD(Evaporative Light Scattering Detector)를 이용하여 Fructose, Glucose, Maltose, Sucrose의 함량을 조사하였다.

Table 4. Analytical methods for other items

Item	Method	Instrument
Water	Drying method by heating(105°C)	ADVANTEC, FV-630
Ash	550 ~ 600°C	THERMOLYNE, 30400
Crude Fat	Soxhlet Extraction	FOSS, Soxtec™ 2050 Automatic System
Crude Protein	Kjeldahl Method	FOSS, Tecator™ Digestor, 2400/2460 Kjeltec™ Auto Sampler System
Sugars	HPLC(High performance liquid chromatography)	Waters, 2695 2420(ELSD - Evaporative Light Scattering Detector)

### III. 결과 및 고찰

본 조사연구에서 분석한 121개 시료의 아크릴아마이드 함량은 ND~903 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 평균함량은 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고, 99건에서 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$  이상, 8건이 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 미만 검출되었으며, 14건에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았다. 식품군별 아크릴아마이드 평균함량을 보면(표 5), 감자튀김류가 316 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 가장 높게 나타났으며 옥수수스낵류 230 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 양파스낵류 183 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 감자스낵류 160 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 팝콘류 138 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 고구마스낵류 120 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 구운감자류 106 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 인스턴트커피 86 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 쿠키·크래커류 79 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 고구마튀김류 59 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 기타 비스킷류 28 $\mu\text{g}/\text{kg}$  순으로 높게 나타났고, 누룽지가 평균 21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 가장 낮게 나타났다.

Table 5. Concentrations of Acrylamide for various food groups

Product description	Number of Samples	Range of concentration(Mean) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
French Fried	21	44~903(316)
Roasted Potato	6	ND~295(106)
Fried Sweet potato	3	ND~106(59)
Potato Snack	21	ND~605(160)
Corn Snack	8	30~883(230)
Puffed Corn	7	88~223(138)
Onion Snack	4	117~273(183)
Sweet potato Snack	2	101~140(120)
Biscuit(Cookie & Cracker)	20	ND~264(79)
Biscuit(the Others)	5	ND~138(28)
Nurungji(Scorched Rice)	4	ND~30(21)
Instant Coffee	20	ND~518(86)

\*ND : Not Detected

## 1. 감자튀김류

감자튀김은 충청북도 내 4개사, 21개 패스트푸드점에서 구입하였고 튀김온도는 165~170°C 이었다. 표 6과 같이 아크릴아마이드는 44~903µg/kg, 당류 0~1.8%, 조단백질 2.5~4.4%, 조지방 14.3~39.5%, 탄수화물은 14.4~52.9% 검출되었다. 본 조사연구에서 임의로 나눈 12개의 식품군중 가장 높은 아크릴아마이드 함량을 보였다.

Table 6. Acrylamide and nutrients of French Fried

Sample	Acrylamide (µg/kg)	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
FF-01	82	0.1	3.1	35.8	21.8
FF-02	235	0.0	3.4	39.5	16.5
FF-03	92	0.1	3.8	37.0	14.4
FF-04	603	0.2	3.1	16.0	50.7
FF-05	903	0.1	3.5	22.7	33.4
FF-06	341	0.1	3.1	14.3	40.2
FF-07	121	0.2	3.0	16.5	36.9
FF-08	121	0.1	4.4	18.3	39.3
FF-09	597	0.3	3.3	15.4	35.7
FF-10	628	0.4	2.9	17.5	34.8
FF-11	641	0.4	3.2	30.6	23.8
FF-12	287	0.4	3.0	22.8	28.1
FF-13	182	0.4	3.0	19.1	38.4
FF-14	297	1.6	3.9	19.3	35.8
FF-15	197	1.0	3.9	20.6	33.3
FF-16	524	0.0	4.2	18.3	35.4
FF-17	97	1.8	3.7	16.1	38.2
FF-18	93	1.8	4.4	20.9	36.3
FF-19	447	1.7	4.1	17.8	38.8
FF-20	44	1.2	4.0	15.0	34.8
FF-21	111	0.6	2.5	14.7	52.9

\*FF : French Fried

## 2. 감자구이류

감자구이류는 고속도로 휴게소에서 흔히 볼 수 있는, 감자를 통째로 삶거나 튀긴 후 철판에서 굽는 구운감자를 구입하였다. 표 7과 같이 아크릴아마이드는 ND~295 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 0~2.1%, 조단백질 2.2~3.5%, 조지방 0.8~20.8%, 탄수화물은 8.5~26.1% 검출되었다.

Table 7. Acrylamide and nutrients of Roasted Potato

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
RP-01	ND	0.5	2.3	0.8	12.5
RP-02	152	0.7	2.5	12.3	15.6
RP-03	165	0.0	3.5	11.9	8.5
RP-04	24	1.5	2.6	1.6	21.3
RP-05	295	0.0	2.2	20.8	26.1
RP-06	ND	2.1	2.6	6.7	13.6

\*RP : Roasted Potato

## 3. 고구마튀김류

고구마튀김류는 인도네시아에서 수입하여 고속도로 휴게소에서 고구마 스틱 이런 제품명으로 판매되는 식품으로 표 8과 같이 아크릴아마이드는 ND~106 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 4.1~6.8%, 조단백질 1.5~2.3%, 조지방 16.4~21.8%, 탄수화물은 69.9~75.3% 검출되었다.

Table 8. Acrylamide and nutrients of Fried Sweet potato

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
FS-01	106	6.8	1.9	20.3	72.3
FS-02	ND	4.1	1.5	16.4	75.3
FS-03	72	4.1	2.3	21.8	69.9

\*FS : Fried Sweet potato

#### 4. 감자스낵류

감자스낵은 표 9와 같이 아크릴아마이드는 ND~605 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 0~6.1%, 조단백질 3.5~6.7%, 조지방 13.3~41.5%, 탄수화물은 48.6~75.8% 검출되었다.

Table 9. Acrylamide and nutrients of Potato Snack

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
PS-01	285	4.4	5.9	13.3	75.8
PS-02	ND	0.2	5.5	18.9	69.6
PS-03	188	2.8	6.7	19.0	71.2
PS-04	131	6.1	5.6	35.7	54.5
PS-05	239	1.7	3.5	20.9	70.6
PS-06	346	3.5	3.5	28.7	61.0
PS-07	605	4.0	5.5	15.4	73.5
PS-08	10	0.7	6.4	32.7	48.6
PS-09	ND	1.5	4.9	41.5	49.8
PS-10	<10	1.6	5.0	27.6	63.2
PS-11	97	2.3	4.9	36.2	54.5
PS-12	125	5.6	4.9	18.7	70.2
PS-13	<10	0.0	6.0	31.8	56.7
PS-14	<10	1.4	6.4	30.6	58.4
PS-15	<10	2.3	5.4	19.3	70.2
PS-16	ND	2.8	6.5	19.4	67.5
PS-17	483	2.2	4.9	32.8	57.0
PS-18	126	5.7	4.6	33.6	57.2
PS-19	249	2.3	5.0	33.1	56.4
PS-20	449	2.2	4.6	30.6	59.3
PS-21	<10	3.0	5.3	29.6	58.6

\*PS : Potato Snack

## 5. 양파스낵류

양파스낵은 표 10과 같이 아크릴아마이드는 117~273 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 2.8~8.1%, 조단백질 3.5~5.0%, 조지방 14.7~35.8%, 탄수화물은 54.7~74.2% 검출되었다.

Table 10. Acrylamide and nutrients of Onion Snack

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
OS-01	152	2.8	5.0	35.8	54.7
OS-02	273	6.6	4.6	18.4	71.3
OS-03	117	8.1	3.5	18.0	74.0
OS-04	192	7.1	4.8	14.7	74.2

\*OS : Onion Snack

## 6. 고구마스낵류

고구마스낵은 표 11과 같이 아크릴아마이드는 101~140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 11.8~28.2%, 조단백질 3.1~3.6%, 조지방 32.8~35.4%, 탄수화물은 57.7~59.9% 검출되었다.

Table 11. Acrylamide and nutrients of Sweet potato Snack

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
SS-01	101	28.2	3.1	35.4	57.7
SS-02	140	11.8	3.6	32.8	59.9

\*SS : Sweet potato Snack

## 7. 옥수수스낵류

옥수수스낵은 표 12와 같이 아크릴아마이드는 30~883 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 1.4~39.7%, 조단백질 4.3~7.6%, 조지방 0.1~33.4%, 탄수화물은 58.7~91.4% 검출되었다.

Table 12. Acrylamide and nutrients of Corn Snack

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
CS-01	139	3.8	5.0	25.5	67.1
CS-02	85	5.2	5.4	21.7	69.8
CS-03	372	1.7	6.7	17.0	71.8
CS-04	30	2.0	6.2	24.3	65.9
CS-05	52	1.4	5.1	27.1	63.6
CS-06	94	6.1	4.3	33.4	58.7
CS-07	883	1.9	7.6	17.1	72.8
CS-08	188	39.7	4.3	0.1	91.4

\*CS : Corn Snack

## 8. 팝콘류

팝콘류는 표 13과 같이 아크릴아마이드는 88~223 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 3.2~45.3%, 조단백질 4.3~8.6%, 조지방 3.6~21.3%, 탄수화물은 64.3~88.4% 검출되었다.

Table 13. Acrylamide and nutrients of Puffed Corn

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
PC-01	164	26.9	4.5	11.3	81.7
PC-02	92	43.5	5.4	5.9	84.7
PC-03	88	45.3	4.3	3.6	88.4
PC-04	128	41.1	5.9	5.4	84.3
PC-05	223	3.2	8.6	4.5	82.7
PC-06	151	45.3	4.4	12.6	79.1
PC-07	122	4.1	8.4	21.3	64.3

\*PC : Puffed Corn

## 9. 비스킷류(쿠키·크래커)

쿠키·크래커는 표 14와 같이 아크릴아마이드는 ND~264 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 1.2~47.0%, 조단백질 6.2~18.2%, 조지방 5.8~33.7%, 탄수화물은 58.5~82.1% 검출되었다.

Table 14. Acrylamide and nutrients of Biscuit(Cookie & Cracker)

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
BC-01	187	11.9	7.4	12.8	74.6
BC-02	ND	27.9	11.7	23.1	60.0
BC-03	188	16.7	7.5	19.2	67.8
BC-04	31	47.0	6.9	24.4	61.9
BC-05	ND	4.2	12.8	10.7	68.7
BC-06	106	4.8	9.9	5.8	82.1
BC-07	41	4.9	11.5	11.1	72.6
BC-08	61	1.3	9.6	9.8	78.4
BC-09	15	32.3	6.2	23.3	67.3
BC-10	109	23.5	7.6	22.8	64.3
BC-11	55	22.0	16.2	7.7	70.5
BC-12	35	24.9	18.2	12.7	62.7
BC-13	59	21.6	18.0	16.5	60.9
BC-14	264	11.6	8.4	19.7	68.8
BC-15	211	1.2	9.7	6.6	80.6
BC-16	99	28.1	8.0	19.8	69.8
BC-17	ND	34.1	6.7	30.1	61.2
BC-18	24	1.7	10.6	8.9	77.1
BC-19	44	7.9	6.2	33.7	58.5
BC-20	59	47.3	7.8	25.6	63.2

\*BC : Biscuit(Cookie & Cracker)

## 10. 비스킷류(기타)

기타 비스킷류의 제품들은 영양바, 파이, Crisp bread등이며, 표 15와 같이 아크릴아마이드는 ND~138 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 3.8~21.4%, 조단백질 5.3~18.8%, 조지방 7.2~35.8%, 탄수화물은 46.5~69.9% 검출되었다.

Table 15. Acrylamide and nutrients of Biscuit(the Others)

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
BO-01	ND	3.8	18.8	7.2	61.6
BO-02	138	14.3	15.2	22.5	46.5
BO-03	ND	21.4	5.3	35.8	56.5
BO-04	ND	14.4	5.5	23.7	61.0
BO-05	<10	3.8	10.6	12.9	69.9

\*BO : Biscuit(the Others)

## 11. 누룽지

누룽지는 표 16과 같이 아크릴아마이드는 ND~30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류는 모든 검체에서 검출되지 않았고, 조단백질은 6.13~7.63%, 조지방은 0.01~1.51%, 탄수화물은 86.3~89.5% 검출되었다.

Table 16. Acrylamide and nutrients of Nurungji(Scorched Rice)

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
SR-01	30	0.0	7.5	1.4	87.5
SR-02	25	0.0	7.6	1.5	86.3
SR-03	28	0.0	6.2	0.0	89.5
SR-04	ND	0.0	6.1	0.2	87.7

\*SR : Nurungji(Scorched Rice)

## 12. 인스턴트커피

인스턴트커피는 표 17과 같이 아크릴아마이드는 ND~518 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 당류 0~3.2%, 조단백질 15.0~21.5%, 조지방 0.6~4.1%, 탄수화물은 63.2~70.2% 검출되었다.

Table 17. Acrylamide and nutrients of Instant coffee

Sample	Acrylamide ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sugars(%)	Crude Protein(%)	Crude Fat(%)	Carbohydrate (%)
IC-01	90	0.8	15.7	2.9	69.1
IC-02	177	0.9	19.6	4.1	65.1
IC-03	198	0.3	18.9	2.9	65.7
IC-04	44	0.6	19.8	2.3	66.3
IC-05	146	0.6	15.1	2.5	70.7
IC-06	38	0.5	19.0	3.8	65.8
IC-07	10	0.2	21.1	3.3	63.5
IC-08	70	1.3	21.7	3.2	63.8
IC-09	<10	0.5	17.2	3.5	67.9
IC-10	16	0.6	18.5	2.7	64.8
IC-11	142	0.7	19.9	3.2	64.4
IC-12	518	0.0	20.7	1.3	65.8
IC-13	49	3.2	19.8	3.7	63.2
IC-14	ND	1.3	18.5	3.8	68.4
IC-15	27	0.7	18.0	2.9	65.8
IC-16	10	0.8	15.0	2.1	69.4
IC-17	13	0.8	19.7	0.6	66.7
IC-18	<10	0.6	18.1	4.0	67.7
IC-19	133	0.3	16.4	2.1	69.2
IC-20	21	0.0	21.5	1.4	64.1

\*IC : Instant coffee

모든 시료의 아크릴아마이드 함량은 식품의약품안전청에서 진행중인 식품 중 아크릴아마이드 저감화 목표치인  $1000\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하로 검출되었으며 식품의약품안전청의 아크릴아마이드 저감화 추진 결과(그림 9)와 비교해 보아도 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다. 이는 아크릴아마이드 저감화 추진 T/F팀 활동 등 그동안 지속적인 모니터링, 조사연구와 아크릴아마이드 저감화 방안 및 정책, 식품업계의 꾸준한 품질 개선에 의한 것으로 사료된다.

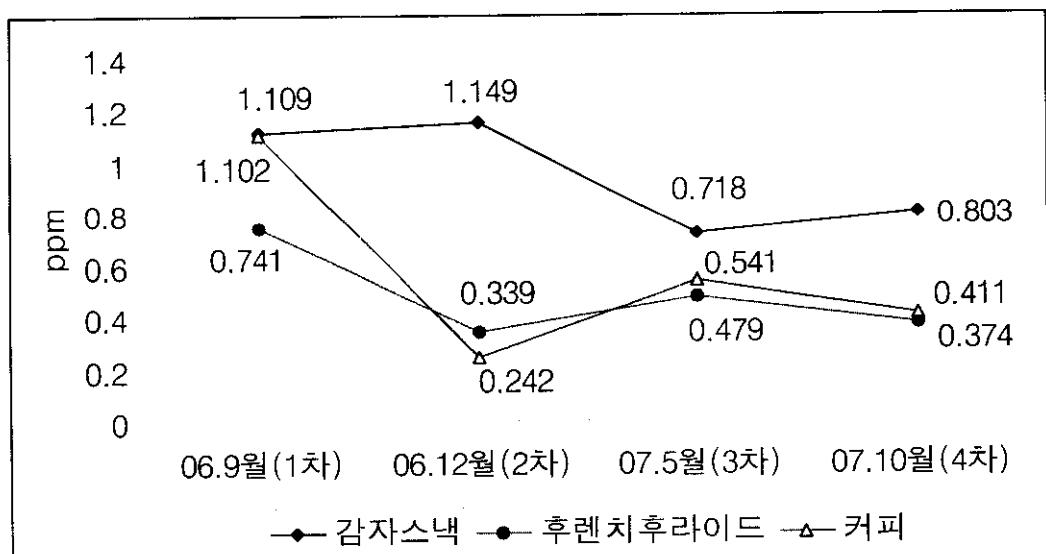


Fig. 9. Result of Acrylamide reduction

아크릴아마이드는 환원당의 Carbonyl group과 아미노산의 Amino group과의 Maillard reaction이 주 생성경로이다. 따라서 본 조사연구에서는 대상 시료의 아크릴아마이드와 영양 성분간 상관관계를 조사하였다. 표 18에서 보는바와 같이 아크릴아마이드와 당류, 탄수화물 및 조단백질은 음의 상관성을 보였고, 조지방은  $r=0.127$ , 수분은  $r=0.234$ 로 실험 전 예상했던 결과와는 다른 양상을 보였는데, 이는 조사대상 검체들 대부분이 고탄수화물 식품으로 생성반응에 필요한 성분들을 충분히 갖고 있으며 이러한 조건에서는 식품성분의 조성보다는 조리 조건 등에 의해 더 큰 영향을 받는다고 사료된다.

Table 18. Inter-Correlation of Acrylamide for food constituents

Items	Correlation(r)
Fructose	-0.163
Glucose	-0.117
Maltose	-0.083
Sucrose	-0.156
Crude Protein	-0.256
Crude Fat	0.127
Carbohydrate	-0.219
Water	0.234

## IV. 결 론

본 조사연구에서는 국내에서 유통되는 식품 중 아크릴아마이드 함량이 높게 예상되는 12개 식품군, 총 121건의 시료를 LC/MS/MS를 이용하여 아크릴아마이드 함량을 분석하고, 아크릴아마이드의 저감화 현황을 조사하였다. 또한 각 시료에서 Fructose, Glucose, Maltose, Sucrose 등 4가지 당류와 3대 영양성분인 조단백질, 조지방, 탄수화물, 수분을 분석하여 식품 중 아크릴아마이드 함량과의 상관성을 조사하였다.

1. 121개의 시료 중 아크릴아마이드의 검출량은 ND~903 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었고, 99건에서 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$  이상, 8건이 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 미만 검출되었으며, 14건에서 아크릴아마이드가 검출되지 않았다. 모든 시료에서 식품의약품안전청의 유통 식품중 아크릴아마이드 저감화 목표치인 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 보다 낮게 검출되었으며, 평균농도는 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다.

12개 식품군별 아크릴아마이드 검출량은 감자튀김류 44~903 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 구운감자류 <10~295 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 고구마튀김류 <10~106 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 감자스낵류 <10~605 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 옥수수스낵류 30~883 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 팝콘류 88~223 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 양파스낵류 117~273 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 고구마스낵류 101~140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 쿠키·크래커 <10~264 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 기타스낵류 <10~138 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 누룽지 <10~30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 인스턴트커피 <10~518 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었다.

2. 아크릴아마이드의 평균 검출량은 감자튀김류가 316 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 감자스낵류 160 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 인스턴트커피 86 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로, 아크릴아마이드 저감화 추진 T/F팀의 2007년 10월 4차 모니터링의 감자튀김 374 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 감자스낵 803 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 커피 411 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 보다 모두 낮게 검출되었다.

3. 아크릴아마이드와 당류 및 영양성분과의 상관성 조사에서 아크릴아마이드와 Fructose의 상관계수  $r=-0.163$ , Glucose는 -0.117, Maltose -0.083, Sucrose -0.156, 조단백질 -0.256, 조지방 0.127, 탄수화물 -0.219, 수분과는 0.234로 대부분 음의 상관성을 나타내거나 낮은 상관성을 나타냈다.

## 참 고 문 헌

1. 양정선, 이미영, 박인정, 강성규(1998). 활성탄관을 사용하여 포집한 작업 환경 공기중 아크릴아마이드의 분석법, 한국분석과학회, 11:139.
2. International Agency for Research on Cancer(2002).
3. Swedish National Food Administration(2002). Acrylamide in food : Acrylamide in foodstuffs, consumption and intake, Apr. 10.
4. Shibamoto T. M., Hengel M.(2002). Investigation of Acrylamide Formation, Occurrence, and Minimization in Foods and Beverages. Department of Environmental Toxicology, University of California, Davis, CA95616.
5. Food Standards Agency(2002). Paper and board packaging ; Notlikely to be a source of acrylamide in food.
6. SFOPH. Preliminary communication : Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study.
7. Rosen J. and Hellenas(2002). K-E : Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. Analyst, 127:880-882.
8. Food and Drug Administration(2002). Detection and Quantitatuin of acrylamide in foods. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Office of Plant & Dairy Foods & Beverages.
9. National Food Research Institute(2002). Analysis of acrylamide in processed foods in Japan.
10. Becalski A., Lau B. P.-Y., Lewis D., Seaman S. W.(2003). Acrylamide in Foods : Occurrence, Sources and Modeling. Agricultural and Food chemistry, 1:802-808.

11. FAO/WHO(2002). Health implications of acrylamide in food, Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters, Geneva, Switzerland.
12. Korea Food and Drug Administration(2007). 「아크릴아마이드 저감화 추진 T/F」 활동일지.
13. Martin.F.L. Ames,J.M.(2001), Formation of Strecker aldehydes and pyrazines in a fried potato model system. *J. Agric. Food Chem.*, 49.
14. Miller DD. Schricker BR, Rasmussen RR, Van Campen D. 1981. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34.
15. 이광목(1994). 화학물질의 독성 / 탄화수소생성물 : 아크릴아마이드, 클로로메틸에텔, 에틸렌옥사이드, 프라스틱, 에폭시수지와 관련제재. 대한산업보건 협회, 11:14-15.
16. Mottram, D. S. ; Wedzicha, B. L. ; Dodson, A. T.(2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419:448-449.
17. Korea Food and Drug Administration(2007). 아크릴아마이드 저감화 tool box 7.
18. 김혜영 등(2003). French fries의 아크릴아마이드 생성에 영향을 미치는 인자에 관한 연구.
19. Friedman M.(2003). Chemistry, biochemistry and safety of acrylamide. A review. *J. Agric. Food Chem.*, 51:4504-4526.
20. Stadler R. H., Blank I., Varga N., Robert F., Hau J., Guy A. P., Robert M. C., Riediker S.(2002). Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419:449.
21. Zyzak D. V., Sanders R., Stojanovic M., Tallmadge D. H., Eberhart B. L., Ewald D. K., Gruber D. C., Morsch T. R., Strothers M. A., Rizzi G. P., Villagran M. D.(2003). Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods, 51:4782-4787.
22. Gerz, C., Klostermann, S.(2002). Analysis of acrylamide and mechanism of

- its formation in deep-fried products, European Journal of Lipid Science and Technology, 104:762-771.
23. Pelucchi C, Galeone C, Levi F, et al. Dietary acrylamide and human cancer. International Journal of Cancer(2006), 118(2):467-471.
  24. Mucci LA, Dickman PW, Steineck G, Adami HO, Augustsson K. Dietary acrylamide and cancer of the large bowel, kidney, and bladder: Absence of an association in a population-based study in Sweden. British Journal of Cancer(2003), 88(1):84-89.
  25. Mucci LA, Lindblad P, Steineck G, Adami HO. Dietary acrylamide and risk of renal cell cancer. International Journal of Cancer(2004), 109(5):774-776.
  26. Mucci LA, Adami HO, Wolk A. Prospective study of dietary acrylamide and risk of colorectal cancer among women. International Journal of Cancer(2006), 118(1):169-173.
  27. Mucci LA, Sandin S, Balter K, et al. Acrylamide intake and breast cancer risk in Swedish women. Journal of the American Medical Association(2005), 293(11):1326-1327.
  28. Lehning, E. J., Balaban, C. D., Ross, J. F., Lopachin, R. M.(2002). Acrylamide Neuropathy II : Spatiotemporal Characteristics of Nerve Cell damage in Brainstem and Spinal Cord. Neuro Toxicology, 24:109-123.
  29. European commission(2002). Opinion of the scientific committee on food on new findings regarding the presence of acrylamide in Food.
  30. FAO/WHO(2005). Summary and conclusions of the sixty-fourth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA).
  31. Fuhr U, Boettcher MI, Kinzig-Schippers M, et al. Toxicokinetics of acrylamide in humans after ingestion of a defined dose in a test meal to improve risk

- assessment for acrylamide carcinogenicity. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*(2006), 15(2):266-271.
32. Korea Food and Drug Administration(2007). 식품 중 아크릴아마이드 모니터링 및 위해평가.
33. Korea Food and Drug Administration(2007). 식품등 중 기준규격미설정 물질의 시험방법 제정. *식품의약품안전청고시* 제2007-10호.

# 도시지역 생활공간별 부유세균 특성 연구

김덕희 · 이진원 · 김용성 · 류권결 · 민윤희 · 심재순

환경조사과

A Study on Airborne Bacteria Contamination in Various Indoor  
Environments

D.H.Kim, J.W.Lee, Y.S.Kim, G.G.Rhu, Y.H.Min, J.S.Shim  
Environmental Analysis Section

## ABSTRACT

A wide variety of micro-organisms such as fungi, bacteria, and viruses can be found in the indoor environment. Contamination of indoor air with micro-organisms can occur under many circumstances. In indoor air, microbial contamination can be a serious problem because of the variously associated human health and comfort implications.

Therefore airborne bacteria assessments were conducted to develop the

management programs for airborne bacteria of indoor air in various environments.

Airborne bacteria was measured by collecting spores, allowing them to grow on TSA medium, and counting their colonies by the measure “colony forming unit“ per cubic metre(CFU/m<sup>3</sup>) of air.

Air sampling was conducted in several types of buildings such as a library, marts, a wedding hall, and preschools. Airborne bacteria is acceptable up to 800CFU/m<sup>3</sup> according to legal standard of Indoor air quality. But significant airborne bacteria was observed in the reading room of a library in summer. For indoor air in marts, more than 800CFU/m<sup>3</sup> was observed near the display stands of seafood and short-order cook and the center of the marts in summer. Indoor air of the lobby at a wedding hall was significantly contaminated with airborne bacteria in spring and autumn due to full of swings during these wedding seasons. Indoor air quality of preschools for airborne bacteria was fluctuating in a day all the seasons because they didn't have any mechanical ventilation systems to remove the indoor contaminants and just relied on natural ventilation by opening the windows.

# I. 서 론

현대사회는 각종 산업의 발달로 대기, 수질, 토양 등 다양한 환경오염이 발생되어 발생원 관리, 오염물질 제거 및 각종 규제 등을 통해 해결을 위한 노력들을 해오고 있으나 최근 이런 외부환경 이외에 복잡하고 밀폐된 생활공간에서 발생되는 실내공기 오염에 대하여 인식하게 되었다. 대부분의 현대인들은 실외 보다는 실내에서 보내는 시간이 더 길어 실내의 유해 오염물질에 장기간 노출될 가능성이 높으며 건강 측면에서 심각한 우려를 야기하고 있다.

미국환경청(EPA)은 실내공기 오염의 심각성과 인체 위해성에 대한 사람들의 무관심을 경고하였고 가장 시급히 처리해야 할 환경문제 중 하나라고 발표하기도 하였으며 세계보건기구(WHO)는 실내공기를 UN현장에서 명시하고 있는 ‘인간의 기본권’ 차원에서 다를 것을 요구하며, 건강한 실내공기에 대한 권리(The Right to Healthy Indoor Air)’라는 선언문을 채택하기도 하였다.<sup>(1)</sup>

실내 공기의 오염은 밀폐된 생활공간에서의 다양한 인간활동, 생활 및 사무용품, 기능성 및 생산성 향상을 위해 건축자재에 사용된 복합화학물질 그리고 자동차 및 각종 산업시설 등의 인위적인 대기오염 발생원과 황사와 같은 자연발생적인 대기오염발생원 등의 외부 대기오염 등으로 인하여 발생된다.

이렇게 발생된 실내공기 오염물질은 건축물의 기밀화 및 에너지 절감 등으로 야기된 불충분한 환기로 인해 실내에 점점 축적되어 실내공기질의 악화를 초래한다.

이로 인해 환경부에서는 다중이용시설 및 신축공동주택을, 노동부에서는 작업장을, 보건복지부에서는 공중이용시설을, 그리고 교육인적자원부에서는 학교의 실내공기질을 관리하고 있다. 관리대상 항목을 보면 미세먼지, 일산화탄소, 이산화탄소, 폼알데하이드는 공통으로 포함되어 있으나 총부유세균 항목은 학교 및 의료기관, 보육시설, 산후조리원 등에 제한적으로 적용되고 있다.

환경부의 보도자료에 따르면 전국 8,318개 다중이용시설의 실내공기질 등 관리상태 점검 결과, 법령을 위반한 79개 시설 중 유지기준이 초과된 시설 수는 46개소로 확인되었으며 이 중 민감·취약계층이 많이 이용하는 의료기관(14개), 보육시설(10개)이 실내공기질 유지기준을 많이 초과하는 것으로 나타났다.

이 중 총부유세균항목 기준을 위반하여 적발된 곳은 의료기관 14개소 중 10개소 그리고 보육시설 10개소 중 9개소로 각각 71%와 90%로 나타났으며, 총부유세균이 실내공기질 유지기준 항목에 포함된 시설군의 경우 총부유세균이 가장 취약한 항목으로 나타났다.<sup>(2)</sup>

부유세균은 공기 중의 먼지나 수증기 등에 부착하여 생존하는 미생물로 호흡기 질환, 폐질환, 기관지 질환 등을 비롯한 각종 질병을 유발시킬 수 있으며 다습하고 환기가 불충분할 경우 잘 증식하게 된다.

따라서 현대인들이 주로 생활하는 공간에서의 총부유세균의 농도 및 분포 특성을 파악하여 쾌적한 실내공기질 유지를 위한 기초 자료를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

## II. 조사내용 및 방법

### 1. 조사 연구 대상

미적용 다중이용시설인 예식장을 포함하여 총부유세균 항목의 규제가 없는 대규모 점포 등 이용특성이 다른 도내 시설을 조사연구 대상으로 선정하였다. 각 조사 연구 대상시설에서의 총부유세균 분포 특성을 파악하고 시설별 관리 방안을 파악하기 위하여 도내의 도서관 1개소, 대규모 점포 2개소 및 예식장 1개소, 보육시설 2개소에서 계절별, 시간별, 채취지점별로 시료를 채취하여 조사하였다.

## 2. 시료 채취 및 분석 방법

실내공기 중 미생물을 포집하기 위한 장치로는 관성충돌 포집법에 의한 MAS 100(MERK, Germany)를 이용하여 바닥으로부터 1.2~1.5m의 높이에서 100L/min의 유량으로 10분간 시료를 채취하였다. 배지는  $\gamma$ -irradiation하여 멸균된 Tryptic Soy Agar 상용배지를 사용하였으며 배지 구성성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Composition of TSA Medium (g/L)

Ingredients	Concentrations
Enzymatic digest of casein	15.0
Enzymatic soybean meal	5.0
Sodium chloride	5.0
Agar	15.0

조사연구대상별로 이용특성이 달라서 시료 채취시간 및 채취 지점 선정도 달리 하여 계절별로 시료를 채취하였다.

Table 2. Sampling Points and Time of a Library

Sampling points	Sampling time
Lobby	
Reading room	10:00~11:00 AM
Lending room	14:00~15:00 PM
language and literature library	17:00~18:00 PM

Table 3. Sampling Points and Time of Marts

Sampling points	Sampling time
Near the center	
Near the counter	10:00~11:00 AM
Near the sea food	14:00~15:00 PM
Near the household goods	19:00~20:00 PM
Near the short-order cook	

Table 4. Sampling Points and Time of a Wedding Hall

Sampling point	Sampling time
Lobby	Before and after ceremonies

Table 5. Sampling Points and Time of Preschools

Sampling points	Sampling time
Lobby	10:00~11:00 AM 14:00~15:00 PM
Nursing room	17:00~18:00 PM

시료 채취지점에서 각각 1000L씩 실내공기를 포집하여 부유세균이 흡착된 배지는 30~35°C의 배양기에서 48시간 동안 배양하여 증식된 균 집락수를 집락 계수 환산표를 이용하여 공기의 단위 체적당 집락수(CFU, Colony Forming Units)를 산출하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 도서관

도서관 열람실에서 동일 시간대에 측정 지점별로 총부유세균 분포특성을 알아보기 위해 열람실 중앙, 벽, 창 지점의 세 개로 나누어 시료를 채취하였다. 측정 결과를 Fig. 1에서 살펴보면, 봄철을 제외한 다른 계절에서는 오후로 갈수록 재실 인원이 증가하면서 총부유세균도 증가하여 17시에 가장 높게 나타났으며, 봄철의 경우 14시에 중앙지점이  $637\text{CFU}/\text{m}^3$ 으로 가장 높게 나타났는데 이는 재실 인원의 감소와 연관되는 것으로 판단된다.

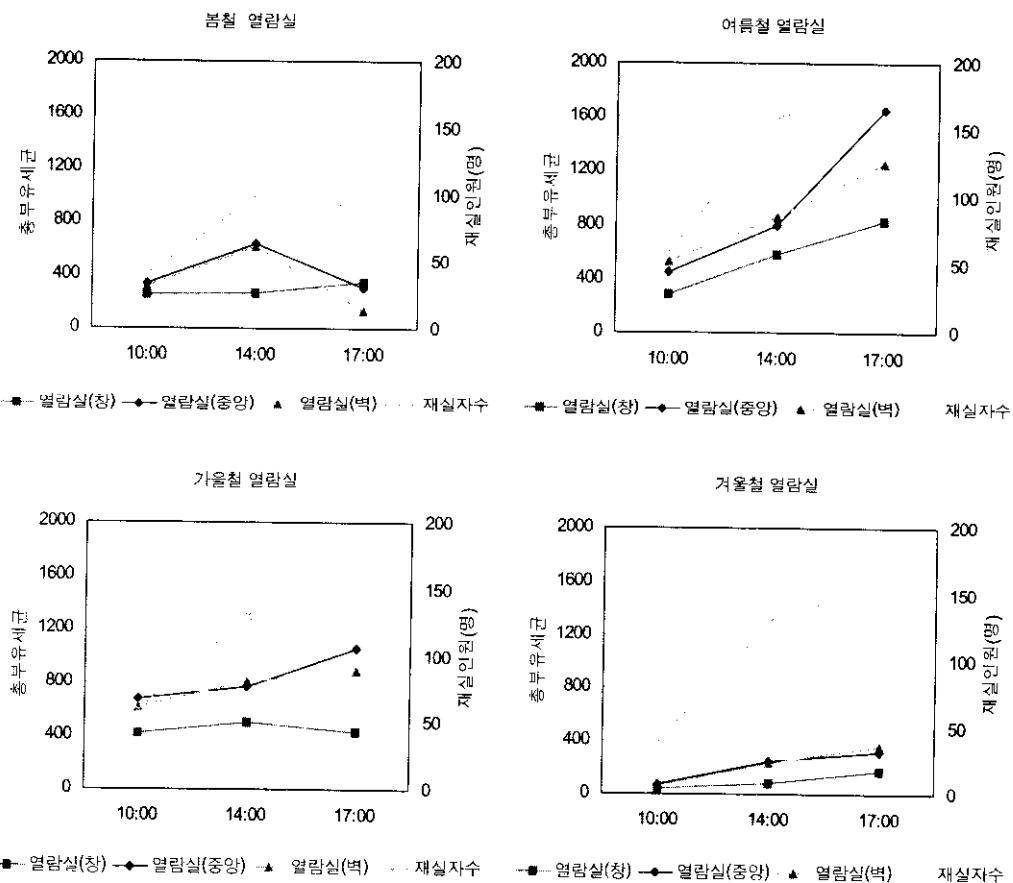


Fig. 1. Daily Variations of Airborne Bacteria in the Reading Room

재실인원 수와 총부유세균 측정 결과와의 관계를 Fig. 2에서 살펴보면, 재실인원이 증가하면서 총부유세균 역시 같이 증가하는 경향을 나타냈으나, 여름철이 가장 높고 그 증가폭 또한 큰 것으로 나타났다. 반면, 재실인원이 여름철과 비슷했던 겨울철은 사계절 중 총부유세균이 가장 낮은 것으로 나타났는데 이는 총부유세균의 주요 발생원이 인간 활동인데 낮은 실외온도로 인해 열람실 이용자들의 의류 등에 묻어서 유입되는 총부유세균이 적었던 것이 그 원인으로 판단된다. 열람실을 기준으로 볼 때, 연중 최고치는 여름철 중앙지점 17시 측정값인  $1648\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났고 연중 최저치는 겨울철 창가에서 10시에  $43\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

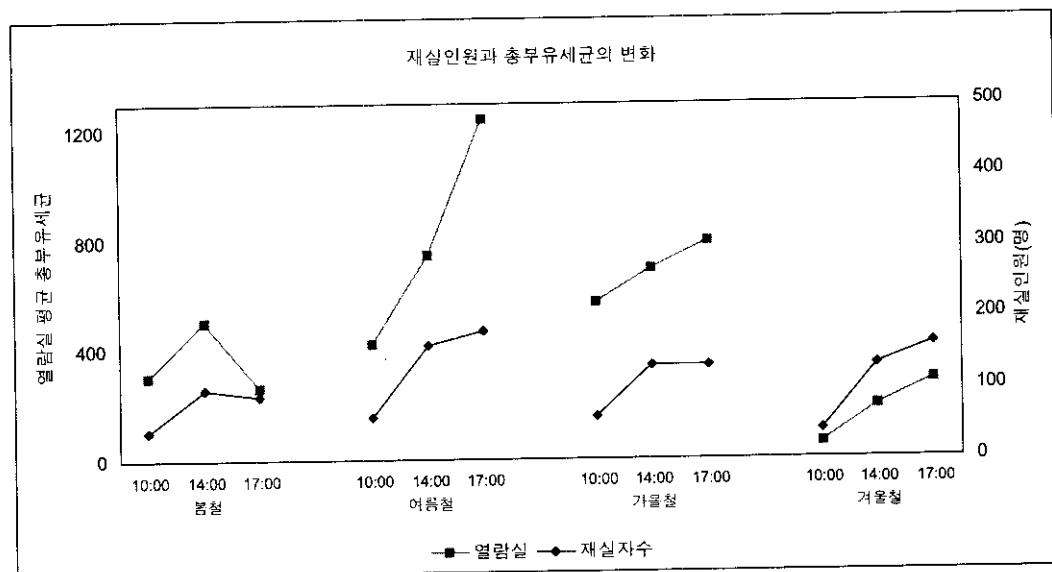


Fig. 2. Relationship between Airborne Bacteria and Reading Room Users

시간적으로는 17시>14시>10시, 측정지점별로는 열람실 중앙 > 열람실 벽 > 열람실 창가 그리고 계절적으로는 여름 > 가을 > 봄 > 겨울 순으로 총부유세균이 높은 것으로 나타났다(Fig. 3). 이는 저녁으로 갈수록 재실인원이 증가한 것과 출입구가 중앙지점과 가까워 유동인구가 많아 벽지점에 비해 중앙지점의 총부유세균이

높게 나타난 것으로 판단된다. 여름철과 겨울철의 재실인원을 비교해 보면 비슷한 증가양상을 보이지만 총부유세균은 겨울철에 비해 여름철이 높게 나타났으며 오전 보다는 오후에 급격하게 증가하였다.

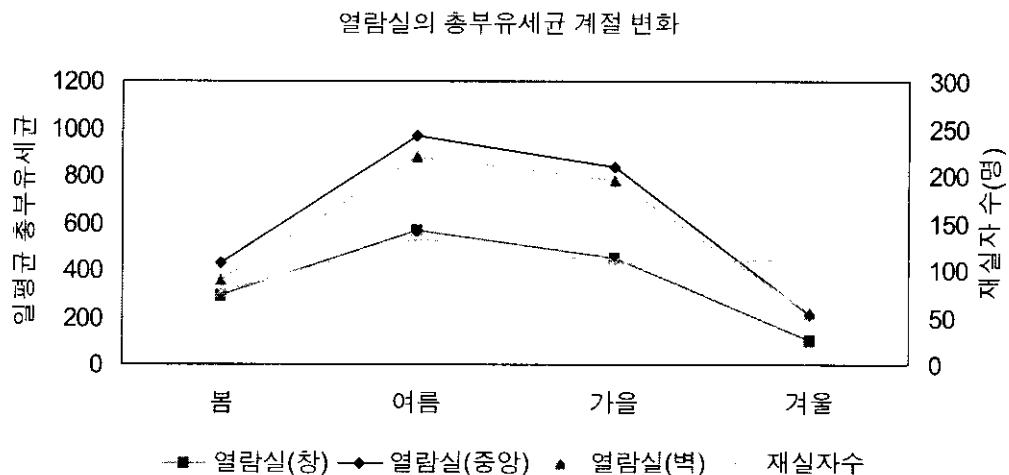


Fig. 3. Seasonal Variations of Airborne Bacteria in the Reading Room

열람실 이외의 도서관내 이용특성이 다른 공간에서의 총부유세균 분포특성을 알아보기 위해 도서관 로비, 자료실, 대출실에서도 시료를 채취하였다.

측정지점별 결과를 Fig. 4.에서 보면 1층 로비는 여름철 17시에  $743\text{CFU}/\text{m}^3$ 으로 제일 높았고, 자료실은 가을철 14시에  $358\text{CFU}/\text{m}^3$ , 대출실은 가을철 14시에  $813\text{CFU}/\text{m}^3$ , 열람실은 여름철 17시에  $1243\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났다.

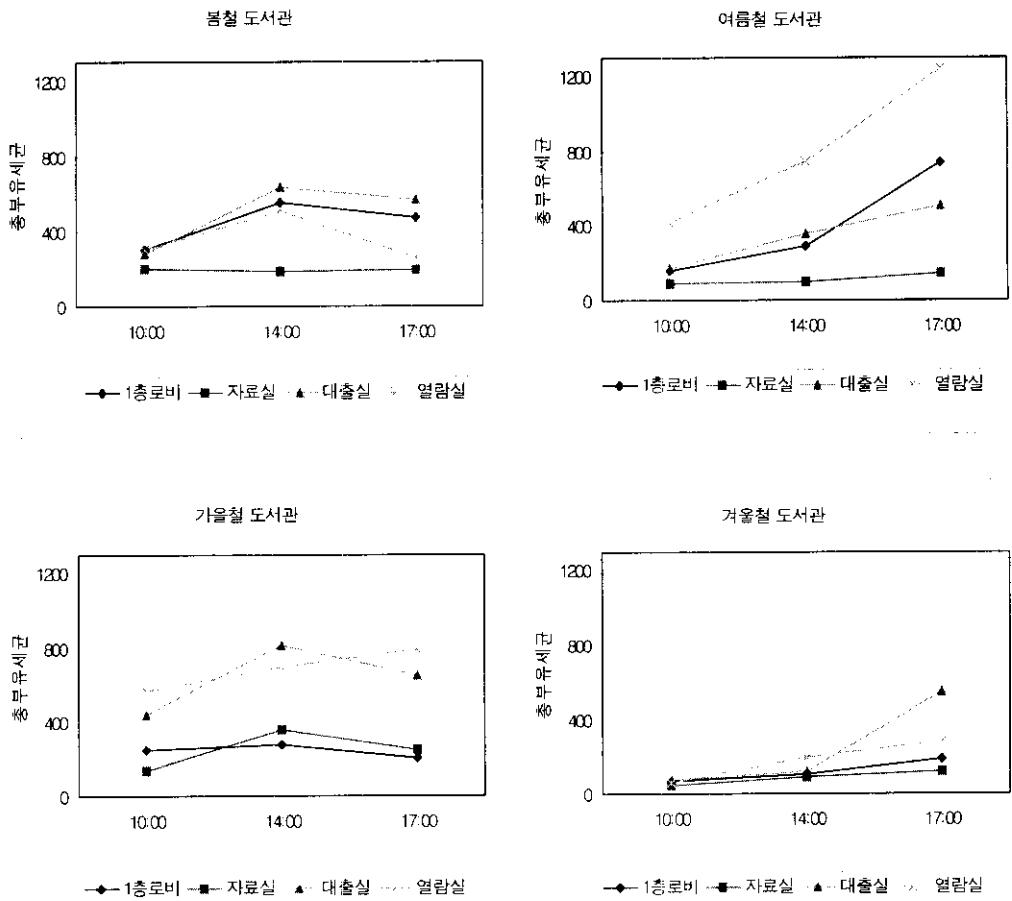


Fig. 4. Daily Variations of Airborne Bacteria in the Library

계절별로 높게 나타나는 지점을 Fig. 5에서 살펴보면 봄철에는 주로 대출실 및 1층 로비, 여름철에는 열람실 및 1층 로비, 가을철에는 열람실 및 대출실 그리고 겨울철에는 대출실 및 열람실 순으로 높게 나타남을 알 수 있었다.

봄철 1층 로비가 높게 나타난 것은 책을 대출하기 위한 유동인구가 많고 열람실이나 자료실에 장시간 머물기보다는 단시간 유동이 많았던 것이 그 원인으로 판단되며, 여름철에는 열람실 이용자들이 많아 로비 및 열람실의 총부유세균 농도가 높게 나타난 것으로 판단되며, 가을철에는 대출실 및 열람실을 주로

이용한 것으로 판단되며, 그리고 겨울철에 다른 지점들이 대체로 낮게 나타난데 비해 대출실이 17시에  $549\text{CFU}/\text{m}^3$ 으로 높게 나타난 것은 대출실이 다른 지점들에 비해 협소하고 밀폐되어 있어 순간 이용자 수에 비해 환기부족이 그 원인으로 판단된다.

도서관의 총부유세균 계절 변화

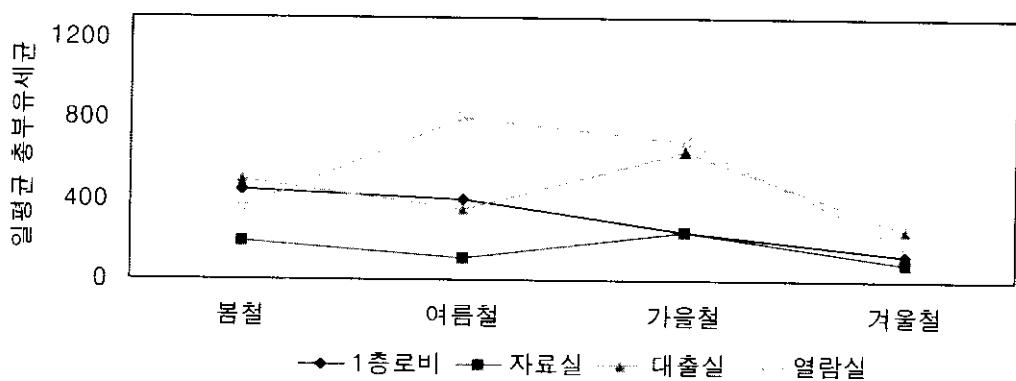


Fig. 5. Seasonal Variations of Airborne Bacteria in the Library

계절별로 측정지점 전체 평균값을 기준으로 나타낸 Fig. 6을 살펴보면 도서관 전체의 총부유세균은 가을 > 여름 > 봄 > 겨울 순으로 높게 나타났다. 열람실의 경우 여름철에 높게 나타난데 비해 도서관 전체의 총부유세균이 가을에 높게 나타난 것은 열람실 이외에 대출실 및 로비를 이용하는 이용자가 여름철에 비해 전반적으로 많았던 것이 그 원인인 것으로 판단된다.

위의 결과들을 살펴볼 때 도서관의 총부유세균 관리를 위해서는 세균변식이 쉬운 여름철과 대출실 이용이 높은 가을철에 주기적인 창문 개방을 통한 환기 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

도서관의 계절별 총부유세균

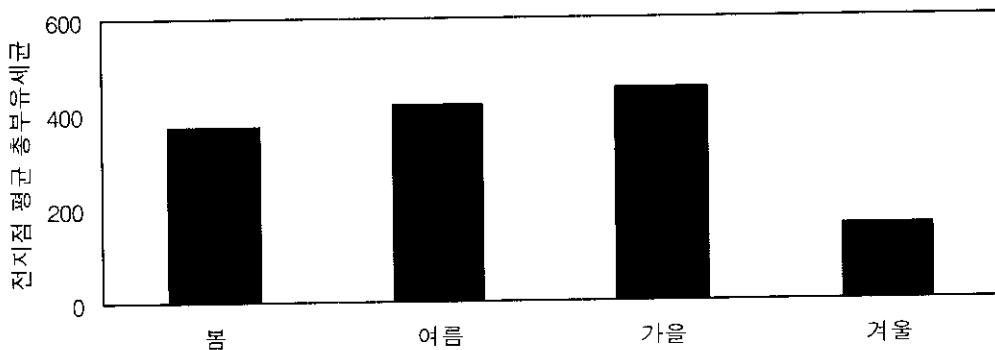


Fig. 6. Seasonal Variations of Airborne Bacteria of the Library

## 2. 대규모 점포

대규모 점포는 구조가 다른 두 개의 점포를 선정하여 비슷한 진열특성을 가진 지점에서 시료를 채취하여 점포의 구조 및 진열 상품에 의한 총부유세균에 대한 영향을 알아보고자 하였다.

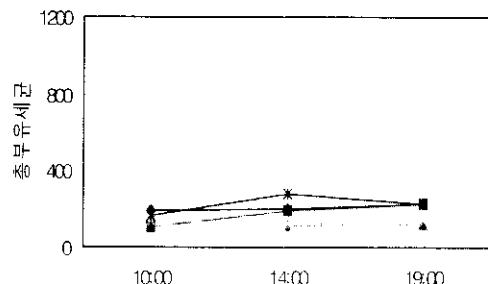
Fig. 8을 살펴보면, 봄철에 점포 A에 비해 점포 B는 수산물 코너가 19시에  $501\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났다.

여름철에는 점포 A, B 모두 수산물 코너는 10시에 각각  $1102\text{CFU}/\text{m}^3$ ,  $981\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났다가 감소하는 경향을 보였고 식료품 코너의 경우 점포 A는 10시에  $763\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났다가 감소하는 경향을 보였고 점포 B는 오후로 갈수록 점점 증가하여 19시에  $652\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났으며, 중앙 지점의 경우 점포 A는 14시에  $1,102\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높았으며 점포 B는 10시에  $627\text{CFU}/\text{m}^3$ 에서 점점 감소하는 경향을 보였다.

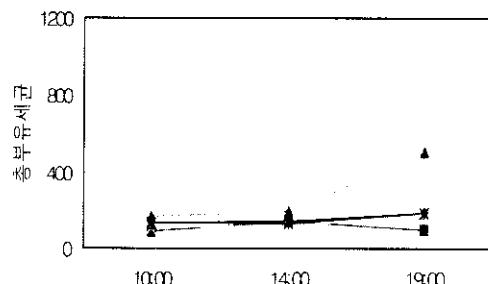
가을철에는 점포 A는 중앙 지점이 저녁으로 갈수록 점점 증가하여 19시에  $565\text{CFU}/\text{m}^3$ 까지 증가한 반면 점포 B는 모든 코너가 비슷하게 나타났다.

겨울철에는 두 개의 점포 모두 대체로 낮은 농도로 나타났다.

봄철 대규모점포 A

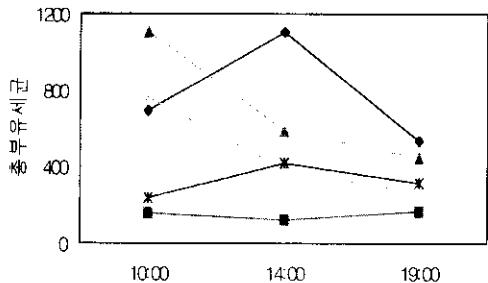


봄철 대규모점포 B

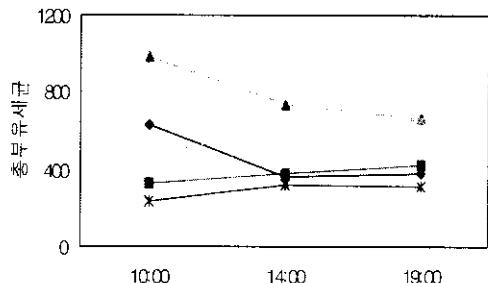


◆ 중앙지점 ■ 가정용품 ▲ 수산물 ○ 식료품 ★ 계산대 ◆ 중앙지점 ■ 가정용품 ▲ 수산물 ○ 식료품 ★ 계산대

여름철 대규모점포 A

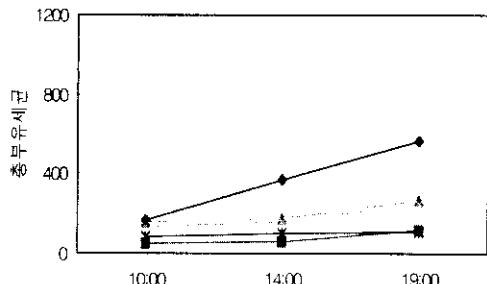


여름철 대규모점포 B

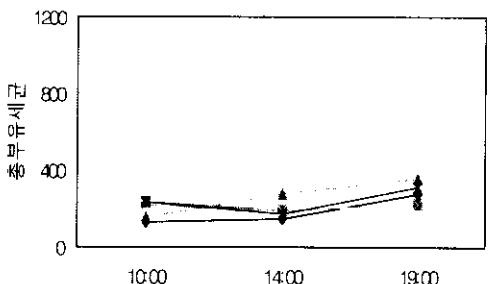


◆ 중앙지점 ■ 가정용품 ▲ 수산물 ○ 식료품 ★ 계산대 ◆ 중앙지점 ■ 가정용품 ▲ 수산물 ○ 식료품 ★ 계산대

가을철 대규모점포 A



가을철 대규모점포 B



◆ 중앙지점 ■ 가정용품 ▲ 수산물 ○ 식료품 ★ 계산대 ◆ 중앙지점 ■ 가정용품 ▲ 수산물 ○ 식료품 ★ 계산대

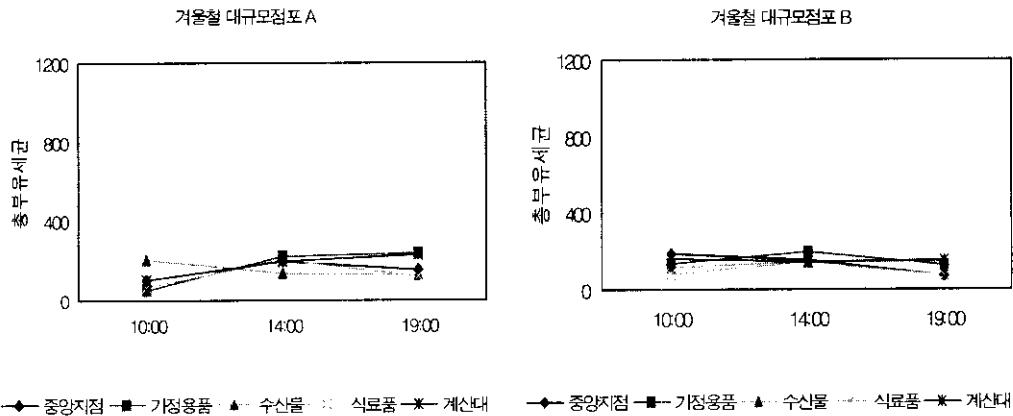


Fig. 7. Daily Variations of Airborne Bacteria in Two Marts

측정시간별 결과를 평균하여 Fig. 9에 나타내었는데 전반적으로 여름철이 가장 높게 나타났다. 여름철에 점포 A는 중앙지점 > 수산물 > 식료품 > 계산대 > 가정용품 순으로 높게 나타났고, 점포 B는 수산물 > 식료품 > 중앙지점 > 가정용품 > 계산대 순으로 높게 나타났다. 이는 각 측정지점별로 연간 평균을 산출하였을 때도 동일한 순서인 것으로 나타났다. 점포 B가 점포 A에 비해 중앙 지점의 총부유세균이 낮게 나타난 것은 점포 B의 경우 중앙지점이 윗층과 연결 통로가 있어 구조적인 차이와 연관된 것으로 판단된다.

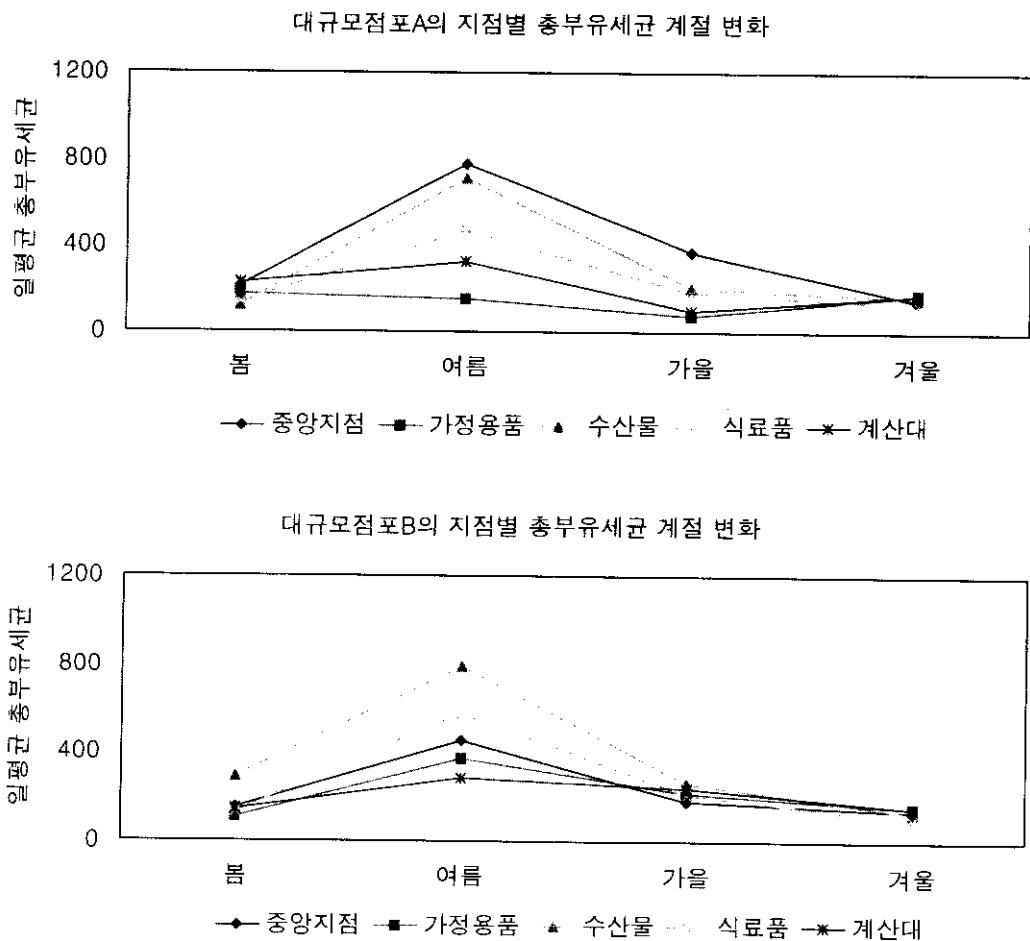


Fig. 8. Seasonal Variations of Airborne Bacteria in Two Marts

전 지점의 총부유세균을 평균하여 각 점포별로 측정시간에 따른 분포를 Fig. 10에 나타내었는데 두 개의 점포 모두 여름철에 가장 높게 나타났다. 점포 A는 10시에  $590\text{CFU}/\text{m}^3$ 에서  $346\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 점점 감소하는 경향을 나타낸 반면 점포 B는  $528\sim482\text{CFU}/\text{m}^3$  정도로 대체로 비슷하였다.

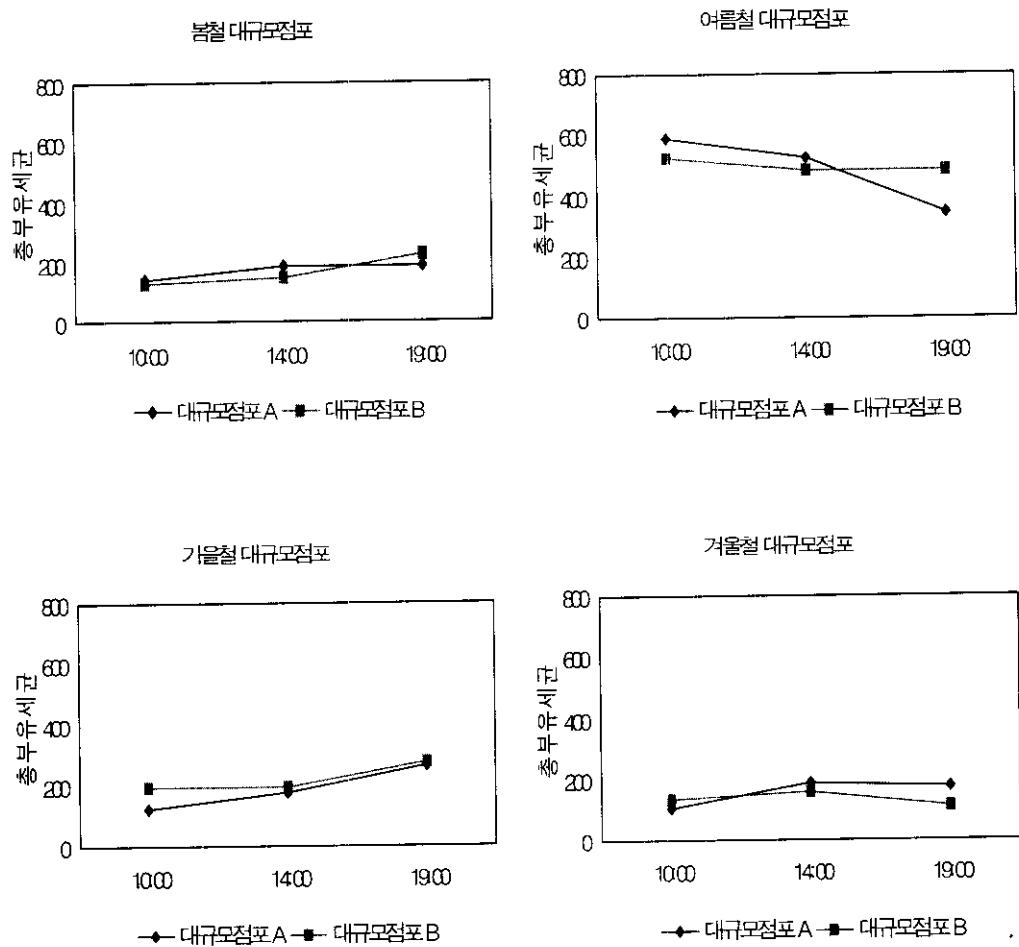


Fig. 9. Daily Variations of Airborne Bacteria of the Marts

계절에 따른 총부유세균의 분포 특성을 알아보기 위해 각 점포별로 전 지점, 측정 시간 전체 결과를 평균하여 Fig. 11에 나타내었는데, 점포 두 개소 모두 여름 > 가을 > 봄 > 겨울 순으로 나타났다.

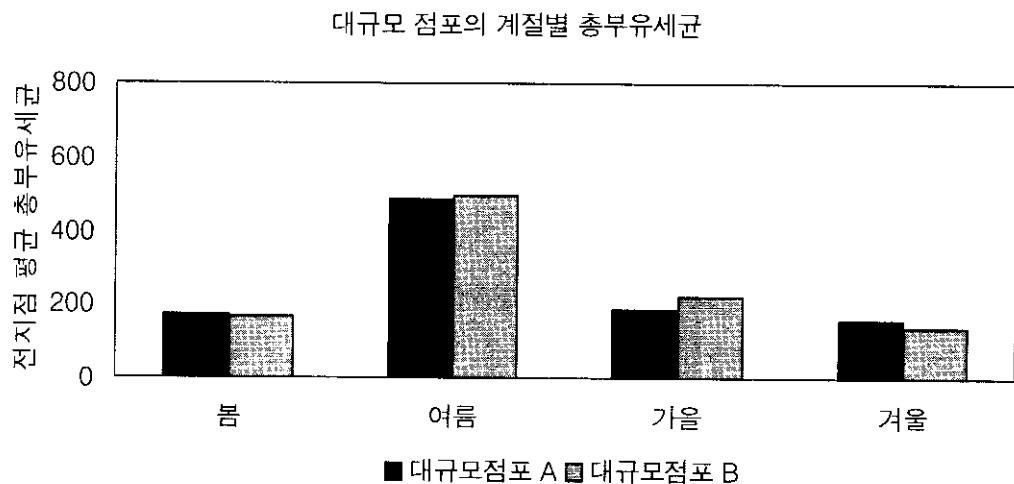


Fig. 10. Seasonal Variations of Airborne Bacteria of the Marts

위의 결과들을 통해 살펴볼 때 대규모 점포의 총부유세균의 효율적인 관리를 위해서는 높은 농도를 보인 수산물 코너와 식료품 코너는 가능한 거리를 두고 배치를 하여 총부유세균의 급격한 상승을 방지하는 것이 필요하며, 다른 계절에 비해 특히 여름철 오전에는 공조기의 외기도입율을 높여 환기량을 늘리는 것이 필요할 것으로 생각된다.

### 3. 예식장

예식장에서 계절별로 예식 전·후의 총부유세균 변화특성을 알아보기 위해 예식장의 로비에서 시료를 채취하였다.

여름철과 겨울철은 예식이 각각 12시와 12시 30분에 한팀씩 있었으며 겨울철 예식은 예정시간보다 30분 늦게 진행되어 실제 예식은 13시에 진행되었다. Fig. 13을 보면 두 계절 모두 예식 시작 직전에 하객이 몰리면서 총부유세균이 증가하여 여름철에는  $844\text{CFU}/\text{m}^3$ , 겨울철에는  $642\text{CFU}/\text{m}^3$ 이었다가 예식이 진행되는 동안 증가하여 각각  $879\text{CFU}/\text{m}^3$ ,  $684\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높았다가 식이 끝나고 기념

촬영을 하면서 하객들이 빠져나가 총부유세균이 감소하는 것으로 나타났다.

예식이 많은 봄철과 가을철의 경우, 봄철에는 13시 예식 전에  $1,230\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높았고 가을철에는 12시 예식 직후에  $1,170\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났다. 봄철 13시 예식과 13시 50분 예식은 하객수가 각각 370명, 400명으로 비슷한 반면, 예식 시작 전에 측정된 총부유세균 결과는 각각  $1,230\text{CFU}/\text{m}^3$ ,  $958\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 나타나 13시 예식 시작 전에 더 높게 나타났다. 가을철의 경우 12시 예식 하객 수는 200명으로 11시 예식의 800명과 13시 예식의 600명에 비해 현저히 적으나 총부유세균은 11시 예식 후에  $491\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 감소하였다가 12시 예식 직전에  $1,057\text{ CFU}/\text{m}^3$ 까지 증가하여 예식진행 중에는  $1,170\text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 최고농도를 나타낸 반면, 13시 예식 시작 전에  $820\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 증가하여 예식 진행 중에는  $947\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 최고농도를 나타내었다.

Table 6. Time of Ceremonies and Number of Guests

Spring		Summer		Autumn		Winter	
Time	Persons	Time	Persons	Time	Persons	Time	Persons
11:20	200						
12:00	250			11:00	800		
13:00	370	12:00	200	12:00	200	12:30	250
13:50	400			13:00	600		
14:40	250						

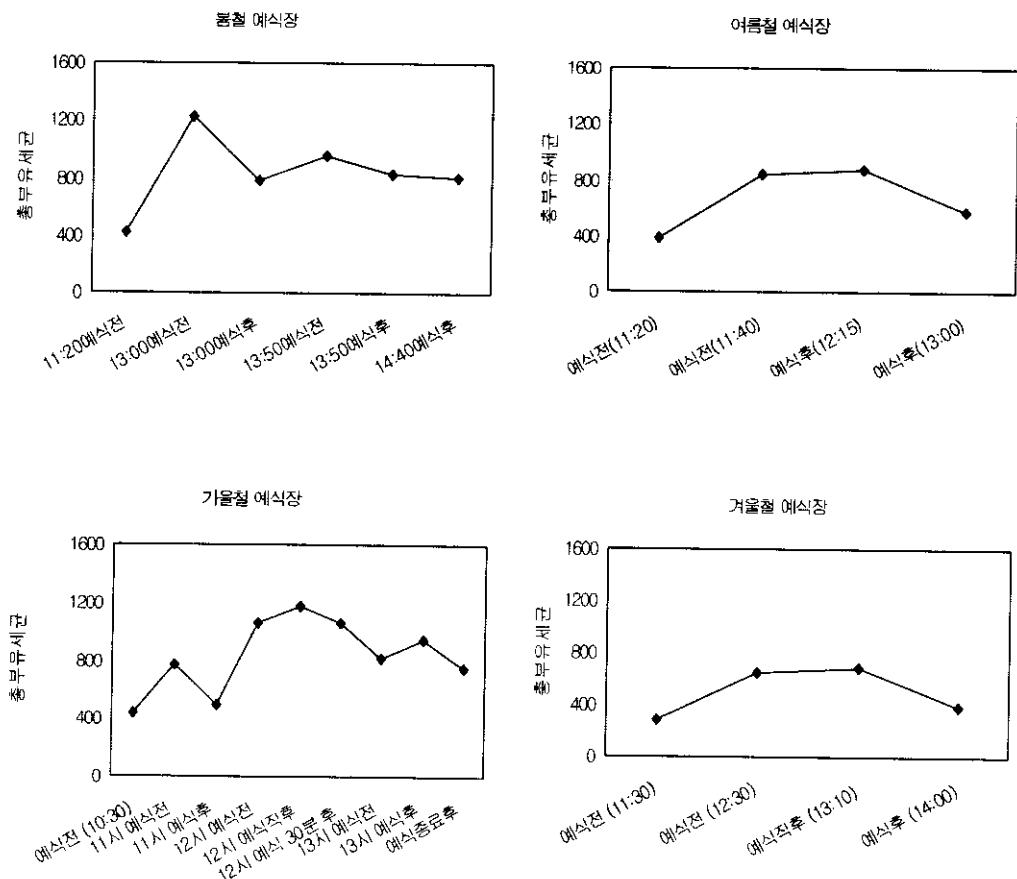


Fig. 11. Variations Before and After Ceremonies at the Wedding Hall

예식장에서의 측정 결과를 평균하여 계절별로 Fig. 12에 나타내었는데 총부유세군은 봄, 가을 > 여름 > 겨울 순으로 높게 나타났다. 이는 총부유세군이 번식하기 쉬운 계절인 여름에는 예식 수가 적어 총부유세군이 낮게 나타난 반면 예식이 몰려 있는 봄과 가을에는 예식 간의 짧은 시간 간격으로 인해 전후 예식의 하객들이 혼재되어 재실밀도가 높은 것이 그 원인으로 판단된다.

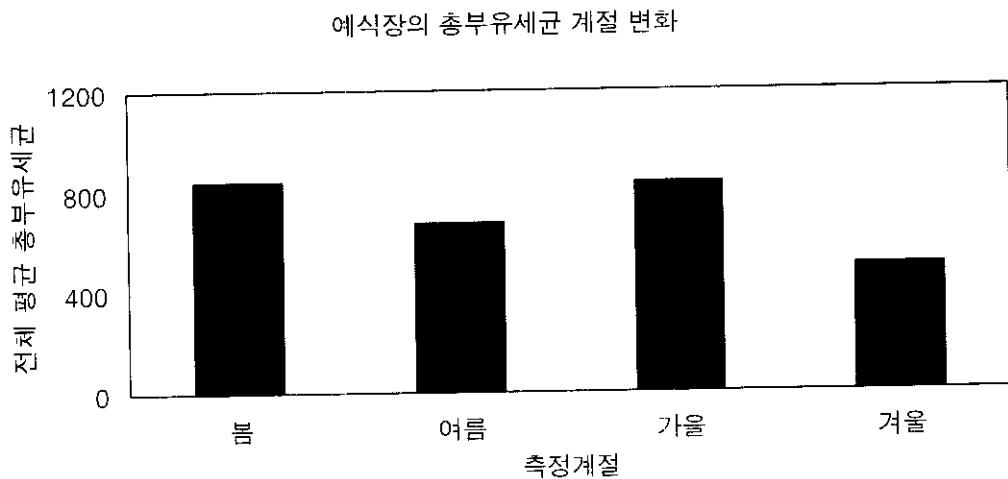


Fig. 12. Seasonal Variations of Airborne Bacteria of the Wedding Hall

예식장의 경우 재실시간은 짧은 이용특성은 있으나 이용객 수가 가장 많은 봄과 가을철, 특히 11시 30분부터 13시 30분까지의 총부유세균의 농도가 높은 것으로 나타나 이 시간대의 공조설비의 외기 도입율을 높여 운영함으로써 총부유세균을 감소시키는 것이 필요할 것으로 생각된다.

#### 4. 보육시설

보육시설에서는 보육시설별로 계절에 따른 보육실 및 로비에서의 총부유세균 변화특성을 알아보기 위해 보육교실 및 로비에서 시료를 채취하였으며 도서관의 열람실과는 달리 보육교실의 규모가 작아 중앙지점을 제외한 벽과 창지점에서 시료를 채취하였다.

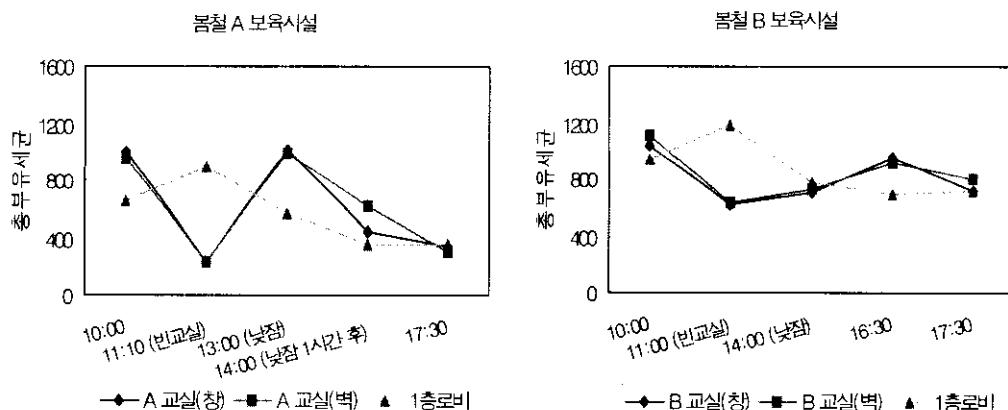
Fig. 13을 살펴보면, 시료채취 당시 보육교실의 창문이 거의 개방상태였음에도 불구하고 창지점과 벽지점의 차이가 거의 없는 것으로 나타났고 야외활동 등으로 교실을 비우는 경우와 낮잠을 자는 동안에도 시료를 채취하였는데 총부유세균이 감소하는 것으로 나타났다. 빈 교실에 비해 낮잠의 경우는 아이들이 낮잠을 자기

시작한지 1시간이상 경과해야 총부유세균이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 로비와 교실의 측정결과를 비교해 보면 로비의 측정결과는 아이들의 이동 상태를 그대로 반영하고 있음을 알 수 있었다.

A보육시설에 비해 B보육시설의 로비가 전반적으로 높게 나타났는데 이는 A보육시설의 경우 1층에 보육교실이 한 개로 구성되어 있는 반면, B보육시설의 경우 1층에 보육교실이 세 개로 되어 있어 로비의 이용인원이 많았던 것과 연관된 것으로 판단된다.

보육시설은 총부유세균의 계절적인 뚜렷한 특성이 없고 아이들의 활동 여부에 따라 총부유세균의 변동성이 크게 나타났는데 이는 보육시설의 경우 다른 시설에 비해 공조 설비가 없어 자연환경에 의존하고 있는 것이 그 원인으로 판단된다.

따라서 총부유세균 농도의 급격한 변동을 방지하고 실내공기질의 유지기준 이하로 관리하기 위해서는 기계식 환기설비를 이용한 강제 외기도입시스템이 필요할 것으로 생각된다.



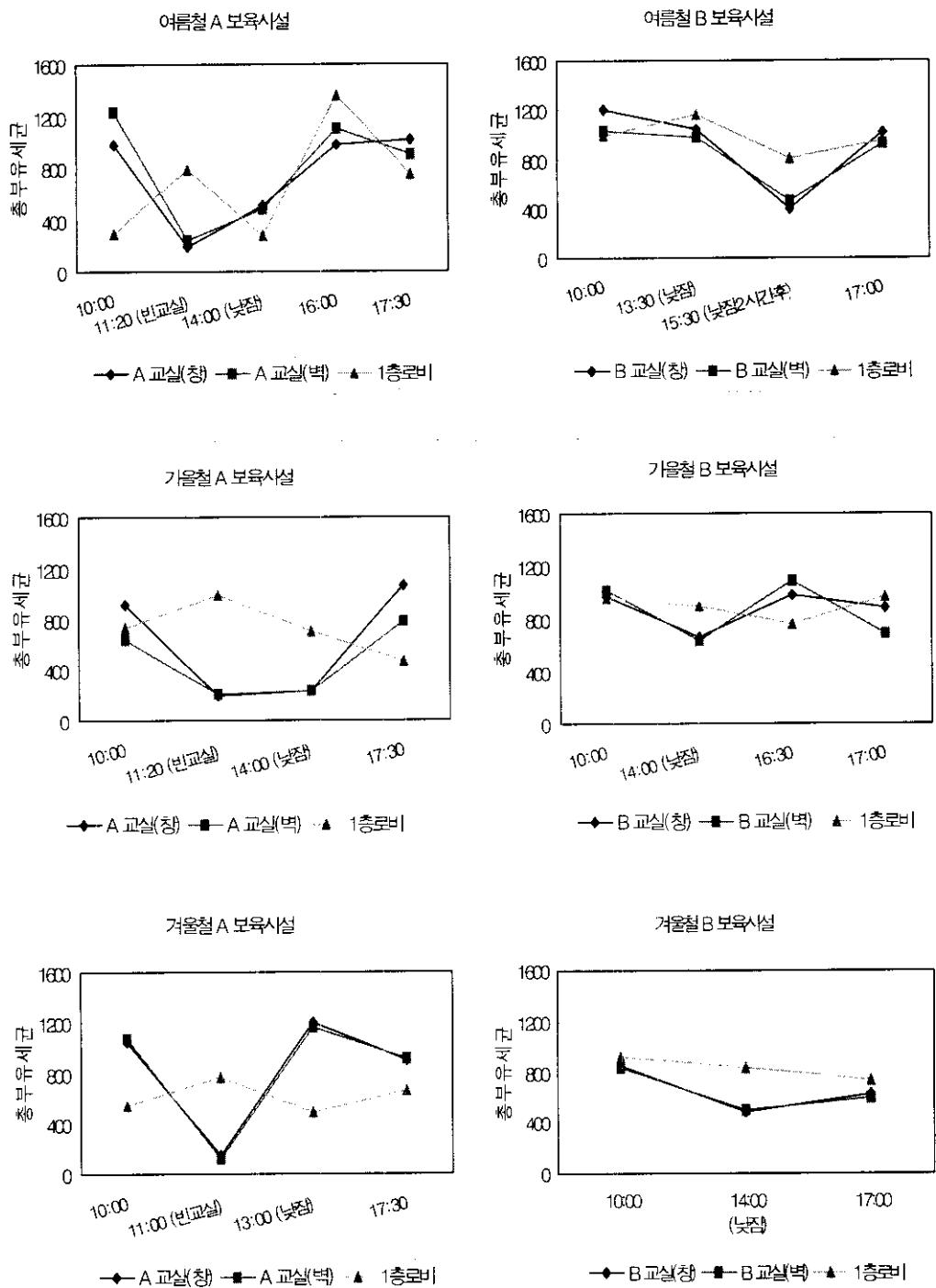


Fig. 13. Daily Variations of Airborne Bacteria in two Preschools

## IV. 결 론

본 연구는 이용특성이 다른 충북도내 도서관, 대규모점포, 예식장, 보육시설의 총부유세균 분포특성을 파악하여 실내공기질 개선을 위한 기초자료로 제시하고자 총부유세균을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 도서관의 경우 봄철에는 주로 대출실 및 1층 로비, 여름철에는 열람실 및 1층 로비, 가을철에는 열람실 및 대출실 그리고 겨울철에는 대출실 및 열람실 순으로 높게 나타남을 알 수 있었다. 도서관 전체 평균을 기준으로 할 때에는 가을 > 여름 > 봄 > 겨울 순으로 높게 나타나 세균이 번식하기 쉬운 여름보다는 열람실 이외에 대출실 및 자료실 등의 전반적인 도서관 이용이 많은 가을이 높은 것으로 나타났다.  
14시~17시 사이의 시간대에 이용자 증가로 인해 높게 나타난 여름·가을철 열람실과 가을철 대출실의 경우 이 시간대에 창문 개방 및 공조기 설비의 외기 도입율을 높이는 것이 필요하다. 대출실의 경우 기계식 환기 설비가 없어 창문 개방 등을 통하여 외기도입이 필요하며 향후 기계식 환기 설비의 도입이 필요할 것으로 판단된다.
2. 대규모 점포는 수산물코너와 식료품코너 그리고 점포의 중앙지점 주변이 높게 나타났으나, 점포의 중앙지점이 점포의 위층과 연결통로가 있는 점포의 중앙지점에서는 낮게 나타났다. 대규모점포 전체 평균을 기준으로 할 때에는 여름 > 가을 > 봄 > 겨울 순으로 나타났다.

여름철 대규모 점포의 총부유세균은 저녁보다는 오전과 오후에 높게 나타났는데 이는 폐장시간인 밤의 기온이 다른 계절에 비해 높아 세균이 번식한 것으로 주요 원인으로 판단되며 여름철에는 오전에 공조기의 외기도입율을 높여 가동하여 밤사이 증식한 총부유세균을 감소시키는 것이 필요하다. 또한 식료품 및 수산물

진열대는 중앙지점을 피해 가급적 두 종류의 진열대를 서로 거리를 두어 총부유세균이 낮게 나타나는 진열상품과 적절히 공간 배치를 함으로써 희석효과를 꾀하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3. 예식장은 11시 30분~13시 30분 사이에 최고 농도 범위가 나타났으며 계절적으로는 봄, 가을 > 여름 > 겨울 순으로 예식이 많은 계절이 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 봄, 가을에는 총부유세균의 최고 농도 범위가 나타난 11시 30분 ~ 13시 30분 사이의 시간대에 공조기 설비 가동 시 외기도입율을 평소보다 높여 운영하여 오염된 내부공기를 외부공기로 희석 시킴으로써 총부유세균을 감소시키는 것이 필요하다.

4. 보육시설은 총부유세균의 계절적인 뚜렷한 특성이 없고 아이들의 활동 여부에 따라 변동성이 큰 것으로 나타나 교실을 비우는 활동 및 창문 개방 등을 통하여 총부유세균을 감소시킬 수 있도록 하여야 하며 향후 총부유세균 농도의 급격한 변동을 방지하기 위한 기계식 환기 설비 등을 활용한 강제 외기 도입 및 오염된 실내 공기를 배기시킬 수 있는 시스템 도입이 필요하다.

## 참 고 문 헌

1. 환경부, (2008) 다중이용시설 실내공기질 관리
2. 환경부, (2009) '08년 다중이용시설 지도·점검 결과
3. 환경부, (2007) 다중이용시설 실내공기질 실태조사(II)
4. 환경부, (2008) 실내공기질공정시험기준
5. 환경부, 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구
6. 환경부, (2008) 보육시설의 실내공기질 유지관리 매뉴얼
7. 이태규, (2002) 실내공간 공기오염의 특성에 관한 연구
8. 정창현, (2006) 실내공기질을 고려한 유치원 보육실의 필요환기량 산정에 관한 연구
9. 임미정, (2006) 어린이 공부방 미생물성 물질 분포현황 및 제어 방안 연구
10. 전북보건환경연구원, (2005) 다중이용시설의 실내공기질 특성 연구
11. 충북보건환경연구원, (2006) 다중이용시설 실내공기질 오염도 저감방안
12. 환경부, (2002) 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구
13. 환경부, (2004) 실내공기질 관리대책 연구

## 무심천 조깅로 대기질 중심 운동여건 조사

유재경 · 전병진 · 김창영 · 권오근 · 박덕규 · 석태광

대기보전과

The Survey on Sports Conditons of Biking & Jogging Route along the  
Musimcheon

J.G.Yoo, B.J.Jeon, C.Y.Kim, O.G.Keon, D.K.Park, T.G.Suk

Air Quality Preservation Section

### ABSTRACT

This survey was carried out to research sports conditon of biking & jogging route built along Musimcheon in Cheongju. The results of the survey are as follows :

1. Acessibility to this route for biking & jogging is excellent because about 55,000 persons among Cheongju citizens can reach in 10 minutes on foot.
2. The using number of the facilities was about 4,400 people per day.

3. The annual average concentration of VOCs were measured at the jogging route and major road around this facilities, Benzene concentrations on the jogging route and on this road were  $3.8\mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $4.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ , therefore benzene concentration on jogging route was less than on the road by 10.6% relatively. Toluene concentrations on the jogging route and on this road were  $18.9\mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $19.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ , therefore toluene concentration on jogging route was less than on the road by 3.5% respectively.

4. Noise levels on the jogging route and near road were 62dB(A) and 53dB(A), noise level on the jogging route was less than on the roads by 9dB(A) relatively.

5. About 85% of its users had positive attitudes to this facilities had been built along the Musimcheon

# I. 서 론

## 1. 연구배경 및 목적

하천 또는 강은 인간생활의 중심인 도시의 모태로서 고대부터 도시입지의 결정 요인이며, 도시의 생명을 유지시키는 동맥으로 산업화와 함께 도시의 발달 및 성장을 이끌어 왔다. 하천의 기능은 일반적으로 치수기능, 이수기능, 환경기능의 세개로 나누어 볼 수 있다<sup>(1)</sup>. 과거의 도시 하천 및 주변은 제방과 함께 도시 방재적 측면에서 치수 위주의 단일 기능만 수행해 왔다. 또한 강변의 활용은 시민들의 친수 공간을 확보하기 보다는 교통을 위한 차도나 주차장으로 활용함으로써 부족한 여가 공간의 확보나 도시경관 측면에서 비효율적인 토지이용이 되어 왔다.

그러나 지금은 생활수준의 향상으로 시민들이 더 많은 여가공간을 요구하고 있으며, 이즈음에 지방자치시대가 열리면서 각 지방자치단체는 앞 다투어 도심을 통과하는 하천 또는 강의 인접지역 즉 물의 가장자리 또는 물의 인접지로 지칭되는 수변공간<sup>(1)</sup>을 생활체육 공간으로 개발 활용하게 되었다.

청주시에서도 도심을 동서로 가르며 흐르는 청주의 젖줄인 무심천에 대하여 2003년에 수영교에서 제2운천교까지 5.7km 건설을 시작으로 현재는 16.3km의 무심천 자전거도로 및 조깅로(이하 무심천 조깅로)를 건설하였다.

이에 충청북도보건환경연구원에서는 무심천 조깅로와 주변 도로의 대기오염도를 비교 조사하고, 화장실, 음수대 등 운동편의시설, 이용자수 및 설문조사를 통하여 본 시설에 대한 이용자들의 시설 만족도를 조사함으로써 무심천 조깅로 활성화를 기하기 위하여 본 조사연구사업을 실시하게 되었다.

## 2. 무심천 기본현황

무심천은 청주를 동과 서로 나누며 남에서 북으로 흐르는 하천으로 청원군 낭성면 추정리(머구이 고개)와 한계리, 내암리 일대에서 물줄기가 시작되어 청주시가지 중심부를 지나 미호천과 합류하고 금강을 지나 서해에 이르는 전체길이 34.5km, 유역면적 177.7km<sup>2</sup>의 지방 1급 하천으로<sup>(2)</sup> 64만 청주시민 마음의 고향이며 젖줄이다.

하천은 유형별로 시가화 구역을 벗어나거나 행정구역 경계를 흐르는 외수형 하천과 시가화 구역내를 흐르는 내수형으로 나눌 수 있으며, 내수형 하천은 다시 Table 1에 표시한 바와 같이 도심지를 통과하는 도심지 통과형, 도심지 외곽을 흐르는 도심외곽 통과형, 도시중앙을 흐르는 도시중앙 통과형으로 구분할 수 있다. 무심천은 시가화 구역내를 흐르는 내수형 중 도심지를 통과하는 도심지 통과형 하천으로 분류된다<sup>(3)</sup>. 여가 생활체육 공간 관점에서 볼 때 내수형 도심지 통과형 하천의 장점은 무엇보다도 이용자가 쉽게 접근할 수 있는 장점을 들 수 있을 것이다.

Table 1. Classification of river(stream) type on where pass the city area

Type of pass downtown	Type of pass outskirts	Type of pass downtown center
Cheongju(Musimcheon) Daejeon(Daejeoncheon), Gwanngju(Gwanngjucheon)	Daejeon(Gapcheon) Gwanngju(Hwangreong)	Seoul(Hangang) Daejeon(Udeungcheon) Gwanngju(Yongsangang)

## II. 조사내용 및 방법

### 1. 조깅로 및 편의시설 조사

무심천 조깅로는 상류 쪽 장평교 부근에서 시작하여 미호천 환경사업소 부근까지 16.3km가 설치되어 있으며, 운천2교 아래 12.3km 지점까지는 폭 1.5m 조깅로와

폭 3.0m 자전거 코스가 페인트 선에 의하여 구분되어 있으며, 그 이후 마지막 까지는 조깅과 자전거 코스가 구분없이 폭 4m의 코스가 설치되어 있다. 또한 운동시설로는 청주대교 아래 인라인스케이트장 1개소와 자연발생적으로 생긴 게이트볼장 4개소가 남사교 등 다리 밑에 위치하고 있으며, 편의시설로는 화장실 14개소, 음수대 2개소 등이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

Table 2. Convenient facilities near the Musimcheon

	Facilities	located Site
Sports	Inline skating (1)	청주대교 아래
	Gateball (4)	장평교, 남사교, 모충교, 운천교
Facilities	Toilet (14)	장평교 부근 등
	drinking water (2)	청남교, 인라인스케이트장 부근
Jogging course	jogging (width 3m, length 12.5km)	장평교~운천2교
	bike (width 1.5~4m, length 16.3km)	장평교~청주하수종말처리장

## 2. 무심천 조깅로 이용자 수 및 설문조사

### 가. 무심천 조깅로 이용자 수 조사

무심천 조깅로 이용자 수를 조사하기 위하여 봄철(3월), 초여름(6월), 여름철(7월), 가을철(9월), 겨울철(12월)별로 구분하여 토요일, 일요일 외 평일에 실시하였다. 조사방법은 조사 지점으로 3개 지점을 선택하여, 제 1지점은 조깅로 시작점 아래 1km 부근 방서교에서, 제 2지점은 시작점 아래 4km 부근 모충교 지점에서, 제 3지점은 시작점 아래 6km 부근 제1 운천교 부근에서 100m를 한 구획으로 나누어 시간대 별로 한 구획을 통과하는 이용자 수를 계수기로 3~4회 측정하여 평균을 구하였으며, 이를 근거로 1일 조깅로 이용자수를 산정하였다. 이용자수를 구하기 위하여 몇 가지 가정을 하였다. 가정된 조건으로는 이용자가 조깅로에서 운동하는 시간을 설문조사에서 나타난 평균 운동시간을 근거로 1시간 30분을 적용하였으며, 조깅로 코스는 조깅로 전체 거리 16.3km 와 자전거와 조깅

코스가 구분된 거리 8.7km를 감안하여 12km에서 걸쳐 균일하게 운동하는 것으로 가정하였다. 실제 계산 예)를 설명하면 오전 9시 ~ 오전 10시에 측정한 인원이 제 1지점 3명, 제 2지점 2명, 제 3지점 4명으로 조사되었을 경우에 1km는 100m \* 10배이므로 1km 당 평균 이용자수를  $(3+2+4)/3 * 10$ 배를 하여 30명이 12km 구간에서 균일하게 운동하고 있는 것으로 판단하였다. 따라서 조사한 시간대에는 30명/1km \* 12km = 360명이 되고 이를 다시 1인이 1.5시간을 운동하는 것으로 가정하였으므로 다시 (360명/시간대)를 1.5로 나눈 숫자 270명이 측정시간대 이용자수로 추측하였다.

#### 나. 설문조사

무심천 조깅로 이용자를 대상으로 조깅로 및 운동시설에 대한 만족도 등을 알아보기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 100명을 대상으로 하였으며, 조사항목은 이용자의 성별, 거주지, 연령, 무심천까지 오는 방법과 도착하는데 걸리는 시간, 조깅로에서 운동하는 횟수, 몇시간 동안 운동하나, 조깅로 설치 및 조깅로 폭에 대한 견해, 조깅로에 보완해야 할 편의시설 등 9항목을 조사하였다

### 3. 대기오염도 조사

#### 가. 시료 채취 및 지점

무심천 조깅로에서 대기오염도를 알아보기 위하여 조깅로와 조깅로 주변 도로에서 벤젠, 톨루엔 등 휘발성유기화합물(VOCs)과 소음오염도를 비교 조사하였다.

휘발성유기화합물(VOCs) 시료채취는 SIBATA mini pump MP-Σ30 model NH-72 (JAPAN)을 이용하여 분당 200mL로 총 10L를 Tenax 카트리지에 포집하였다. 시료 채취 지점은 무심천 조깅로를 상류, 중류, 하류로 구분하여 시작점 아래 1km 부근, 시내권인 인라인스케이트장 및 무심천 하류에 속하는 조깅로 시작점 아래 13km 부근 등 3개 지점에서 4월, 6월, 9월, 12월 총 4회 실시하였으며, 시료 채취 당시 기상상태는 Table 3.과 같다

Table 3. Weather conditions during sampling for VOCs analysis

Month	Weather	Temp.	Wind	R.Humidity
APR	fair	15.6°C	1.3m/s	32.8%
JUN	generally cloudy	20.8°C	1.2m/s	60.0%
SEP	fair	22.0°C	1.2m/s	61.4%
DEC	generally cloudy	0.3°C	1.1m/s	65.6%

#### 나. 분석방법

분석방법에는 시료 전처리 장비로 Ultra ATD(markers, USA)를 사용하였고, 시료분석은 Agilent GC-MS 5975(USA)를 사용하여 분석하였으며, 분석항목은 BTEX 및 클로로벤젠, 스타이렌, 1,2 디클로로벤젠, 1,3 디클로로벤젠 및 1,4 디클로로벤젠을 분석하였다. 분석조건을 Table 4.에 표시하였다.

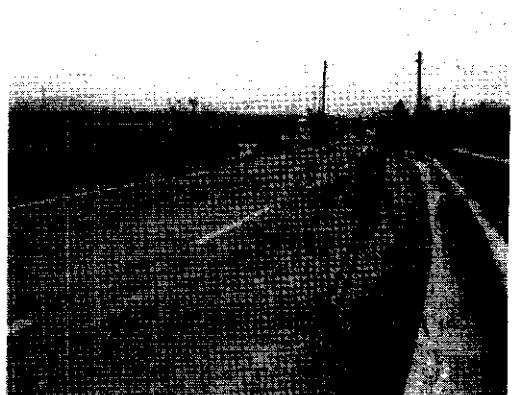
Table 4. Conditions of GC/Mass for analysis of VOCs

· Equipment	Air server, Markes TD, Agilent 6890N GC
· Detector	Agilent 5975 MSD
· Standard	Supelco 100µg/mL in methanol(Volatile Mix)
· Analysis conditon	Column : DB-5ms, 60m x 0.25mm, 0.25 µm FT Column flow : 1.0mL/min Oven Temp. : 50°C(5min)→5°C/min, 150°C(1min)→15°C/min→250°C(3min) MS Temp. : Quad. 150°C, Ion source 230°C EI mode, 40 ~ 250amu
· Cold trap	MARKEs U-T3ATX, Concentrate : 0°C, Desorption : 250°C



↑ On Road in Upper of Musimcheon

↓ On Jogging in downstream



↑ On Jogging in Upper of Musimcheon

↓ On Road in middle of Musimcheon

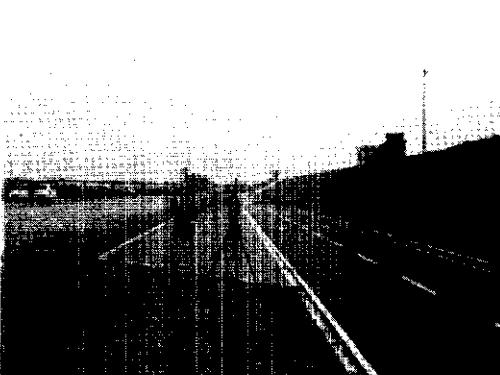


Fig. 1. Scene of sampling for VOCs analysis

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 휘발성유기화합물(VOCs) 분석결과

##### 가. 전반적인 VOCs 농도

이번 조사에서는 BTEX 및 클로로벤젠, 스타이렌, 1,2-디클로로벤젠, 1,3-디클로로벤젠 및 1,4-디클로로벤젠 11항목을 검사하였으며, 그 중 1,2-디클로로벤젠,

1,3-디클로로벤젠 및 1,4-디클로로벤젠은 검출되지 않았으며 나머지 항목은 Table 5, 6 과 같이 검출되었다.

도시지역에서 대기 중 VOCs의 가장 주된 배출원은 자동차 배출가스라는 점은 거의 상식적으로 알려져 있는 사실이다.<sup>(4)</sup>

대기 중의 VOCs 농도는 VOCs가 쉽게 휘발하기 때문에 온도, 바람 및 배출원 즉 도시지역 주요 배출원으로 알려진 자동차 통행량과 측정지점 간의 거리에 따라서 크게 좌우될 것이다. 실제 측정된 벤젠과 톨루엔의 농도를 살펴봐도 자동차 통행량이 같다고 가정한다면 측정 당시 날씨가 흐리고, 대기 온도가 비교적 낮은 0.4°C를 보인 12월이 가장 높게 나타난 이유가 될 수 있을 것이다.

또한 VOCs 11항목 중 벤젠과 톨루엔이 대부분을 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 VOCs 농도 중 벤젠의 농도를 타 지역과 비교하면 울산시 0.3 ~ 5.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(5)</sup> 과 서울시 3.8 ~ 6.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(6)</sup> 과 비교하여 낮은 수준이다. 또한 배경지역에서는 전반적으로 1.5 ~ 3.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타난다고 알려져 있다.<sup>(6)(7)(8)</sup> 그러나 이러한 농도비교는 측정지점, 측정년도, 시료채취 시간, 채취빈도 등에 따라서 대표성에 문제가 될 수 있어 주의가 요구된다고 할 수 있겠다. Table 5. ~ 6.에 월별 도로변과 조깅로에서 측정한 VOCs 결과를 표시하였다.

Table 5. Monthly results of main VOCs in road site

date/site		B*	T*	C*	E*	p-X*	S*	o-X*	Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$
APR	upper	3.4	13.9	0.4	0.7	0.3	0.2	0.2	
	middle	5.1	27.6	0.5	1.4	1.0	0.5	0.5	
	lower	3.0	13.5	0.3	0.6	0.2	0.3	0.1	
	range	3.0~5.1	13.9~27.6	0.3~0.5	0.6~1.4	0.2~1.0	0.2~0.5	0.1~0.5	
	mean	3.8	18.3	0.4	0.9	0.5	0.4	0.3	
JUN	upper	4.2	12.1	0.4	0.5	0.2	0.2	0.1	
	middle	5.9	29.1	0.8	1.8	0.4	0.4	0.5	
	lower	3.5	11.6	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	
	range	3.5~5.9	12.1~29.1	0.3~0.8	0.4~1.8	0.2~0.4	0.2~0.4	0.1~0.5	
	mean	4.5	17.6	0.5	0.9	0.3	0.3	0.3	
SEP	upper	3.3	16.5	0.1	1.0	0.4	0.5	0.2	
	middle	4.8	23.9	0.4	1.9	1.3	0.6	0.8	
	lower	2.5	14.4	0.2	1.1	0.3	0.5	0.1	
	range	2.5~4.8	14.4~23.9	0.1~0.4	1.0~1.9	0.3~1.3	0.5~0.6	0.1~0.8	
	mean	3.5	18.3	0.2	1.3	0.7	0.5	0.4	
DEC	upper	4.8	22.2	0.5	3.0	0.4	0.6	0.2	
	middle	6.5	29.6	0.3	5.9	1.9	0.9	1.0	
	lower	5.0	24.4	0.5	2.6	0.2	0.5	0.1	
	range	4.8~6.5	22.2~29.6	0.3~0.5	2.6~5.9	0.2~1.9	0.5~0.9	0.1~1.0	
	mean	5.5	25.4	0.4	3.8	0.8	0.7	0.5	
upper		3.9	16.2	0.4	1.3	0.3	0.4	0.2	
middle		5.6	27.5	0.5	2.8	1.2	0.6	0.7	
lower		3.5	16.0	0.3	1.2	0.2	0.4	0.2	
range		2.5~6.5	12.1~29.6	0.1~0.8	0.4~5.9	0.2~1.9	0.2~0.9	0.1~1.0	
Total mean		4.3	19.9	0.4	1.7	0.6	0.5	0.3	

주) B\* : Benzene, T\* : Toluene, C\* : Chlorobenzene, E\* : Ethylbenzene

p-X\* : p-xylene, S\* : styrene, o-X\* : o-xylene

Table 6. Monthly results of main VOCs in jogging route site

		Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
		B*	T*	C*	E*	p-X*	S*
APR	upper	2.8	13.5	0.3	0.4	0.3	0.2
	middle	4.4	24.3	0.2	1.2	0.8	0.5
	lower	2.7	13.1	0.1	0.4	0.1	0.1
	range	2.7~4.4	13.1~24.3	0.1~0.3	0.4~1.2	0.1~0.8	0.2~0.5
	mean	3.3	17.0	0.2	0.7	0.4	0.2
JUN	upper	3.2	11.8	0.4	0.3	0.1	0.1
	middle	5.0	26.5	0.7	1.0	0.3	0.4
	lower	3.3	11.4	0.4	0.3	0.1	0.2
	range	3.2~5.0	11.4~26.5	0.4~0.7	0.3~1.0	0.1~0.3	0.1~0.4
	mean	3.8	16.5	0.5	0.5	0.2	0.1
SEP	upper	2.9	15.6	0.2	0.9	0.1	0.2
	middle	4.3	22.8	0.1	1.8	1.0	0.6
	lower	2.7	14.3	0.1	1.0	0.2	0.4
	range	2.7~4.3	14.3~22.8	0.1~0.2	0.9~1.8	0.2~1.0	0.2~0.6
	mean	3.3	17.6	0.1	1.2	0.4	0.2
DEC	upper	4.8	21.9	0.3	2.9	0.4	0.6
	middle	5.4	28.1	0.5	5.4	1.3	0.8
	lower	4.3	23.7	0.3	2.4	0.1	0.4
	range	4.3~5.4	21.9~28.1	0.3~0.5	2.4~5.4	0.1~1.3	0.4~0.8
	mean	4.8	24.6	0.4	3.6	0.6	0.3
		upper	3.5	15.7	0.4	1.1	0.2
		middle	4.8	25.4	0.4	2.4	0.9
		lower	3.2	15.6	0.3	1.0	0.1
		range	2.7~5.4	11.4~28.1	0.1~0.7	0.3~5.4	0.1~1.3
		Total mean	3.8	18.9	0.3	1.5	0.4
							0.0~0.7

주) B\* : Benzene, T\* : Toluene, C\* : Chlorobenzene, E\* : Ethylbenzene  
 p-X\* : p-xylene, S\* : Styrene, o-X\* : o-xylene

#### 나. 도로변과 조깅로의 VOCs농도 비교

VOCs 항목 중 VOCs의 대부분을 차지하는 벤젠과 톨루엔에 대해서 조깅로와 조깅로 주변 도로에서 농도를 비교하면, 벤젠의 경우 도로변을 기준으로 하였을 때 조깅로가 상류지점은 12%, 중간지점은 14.3%, 하류지점은 5.7% 적게 측정되었으며, 톨루엔의 농도는 상류지점이 2.4%, 중간지점은 8.0% 낮은 것으로 나타났으며, 하류지점은 차이가 없었다. 이러한 결과는 조깅로가 차량이 빈번히 운행하는 도로변과 약 20~30m 멀리 떨어져 있는 이유로 당연한 결과라고 하겠다. 또한 무심천 조깅로의 상류지점과 하류지점은 중간지점보다 벤젠은 29~31%, 톨루엔은 약 38% 낮게 측정되었다.

VOCs 11항목 중 벤젠, 톨루엔, 클로로벤젠, 에틸벤젠, p-크실렌, 스타이렌의 도로변과 조깅로의 년 중 평균농도를 Fig. 2에 표시하였다. 그림에서 알 수 있듯이 VOCs 농도는 시내권이 높고 그다음 상류지점이 하류지점보다 미세하고 높다. 또한 일부항목을 제외하고 조깅로가 도로변보다 약간씩 낮은 것을 확인할 수 있다.

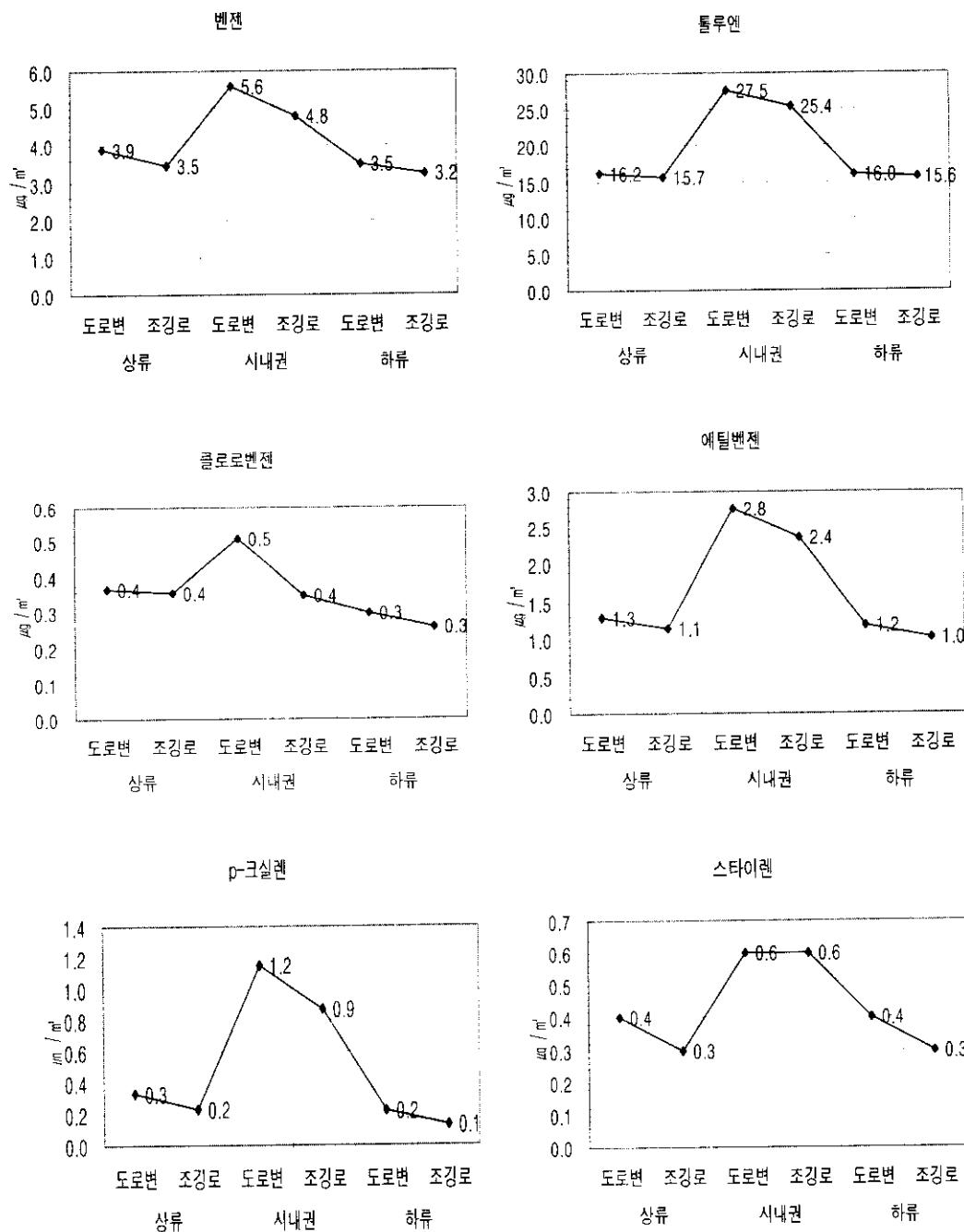


Fig. 2. Comparison of VOCs concentrations at jogging route & road site

Table 7. Comparison of benzene and toluene concentrations at jogging route & road site

Unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Site	Benzene			Toluene		
	road	jogging	rate	road	jogging	rate
upper	3.9	3.4	↓ 12.0%	16.1	15.7	↓ 2.4%
middle	5.6	4.8	↓ 14.3%	27.6	25.4	↓ 8.0%
lower	3.5	3.3	↓ 5.7%	15.6	15.6	0%

## 2. 소음도 검사결과

이번 조사연구에서는 소음도를 파악하기 위하여 무심천 조깅로 시작점 아래 0.5km 지점, 3km(청남교) 지점, 5.5km(인라인스케이트장) 지점, 14km 지점 등 4개 지점에서 낮시간대에 Rion NA-28(Made in Japan)을 이용하여 도로변과 조깅로에서 소음도를 측정 비교하였다. Table 8.에 표시한 바와 같이 조깅로가 조깅로 주변 도로변보다 3.0dB(A) ~ 15.5dB(A) 조용한 것으로 나타났으며, 조깅로 상류 지점 측정치 51.5dB(A) 하류 지점 측정치 48.3dB(A)는 2009년도 충청북도 소음 측정망 녹지지역 중 장성동 청주은혜교회 앞 주간 평균값 48dB(A), 학교지역 중 사창동 청주고등학교 체육관 옆 53dB(A)과 비슷하다. 그러나 이러한 검사결과 비교는 같은 측정지점이라도 소음계의 위치 등 측정조건등에 따라서 차이를 보일 것이므로 단순 비교는 주의가 요구된다고 하겠다.

Table 8. Comparison of noise results in jogging route &amp; road site

sampling site		APR	JUN	SEP	DEC	mean	Unit : dB(A)
upper	road	55	56	54	53	54.5	
	jogging	52	51	53	50	51.5	↓3.0
middle 1	road	71	69	72	71	70.8	
	jogging	54	55	57	55	55.3	↓15.5
middle 2	road	69	68	72	70	69.8	
	jogging	56	55	58	55	56.0	↓13.8
lower	road	52	51	53	52	52.0	
	jogging	49	49	47	48	48.3	↓3.7

### 3. 무심천 조깅로 이용자 수

무심천 조깅로에서 운동하는 이용자수를 조사하였다. 이번 조사에서는 인라인 스케이트장 이용자, 에어로빅 참여자 등은 포함하지 않았다. 이번에 조사한 이용자 수는 Table 9과 같다. 이용자 수를 보면 겨울철 약 2,800명 ~ 여름철 약 5,800명으로 조사되어 여름철에 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 가장 많은 시간대는 여름철 저녁 7시~9시경으로 나타났으며, 3월, 6월, 7월, 9월, 12월 실측한 이용자수를 Table 9에 표시하였으며, 이를 근거로 Fig. 3에 년 중 월별 예측 이용자수를 나타내었다. 한정된 공간에서 많은 시민이 자전거, 조깅, 걷기를 하고 있어 운동하는 사람끼리 충돌 위험성이 상존하고 있는 것이 현실로, 이에 대한 대책이 요구된다고 하겠다. 무심천 조깅로에서 사고를 표시하는 페인트 흔적들을 볼 때 잦은 충돌사고가 발생하고 있음을 짐작할 수 있다. 사고 표시를 나타내는 흔적을 Fig. 4에 표시하였다.

Table 9. Number of users of the jogging & biking route in Musimcheon

Unit : persons

Monthly	number of user	etc.
MAR	3,300	
JUN	5,100	
JUL	5,800	
SEP	5,200	
DEC	2,800	

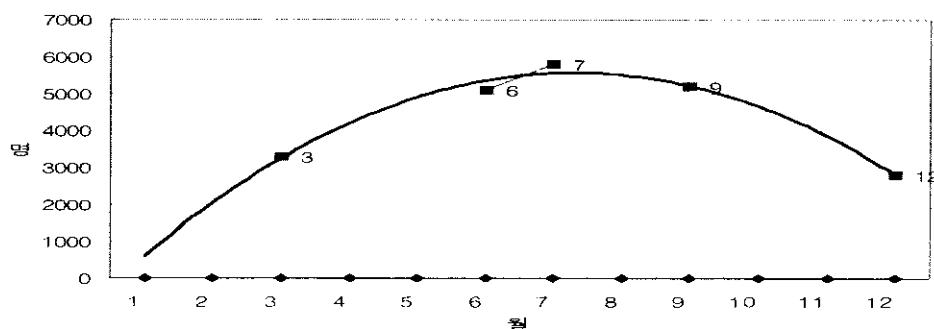
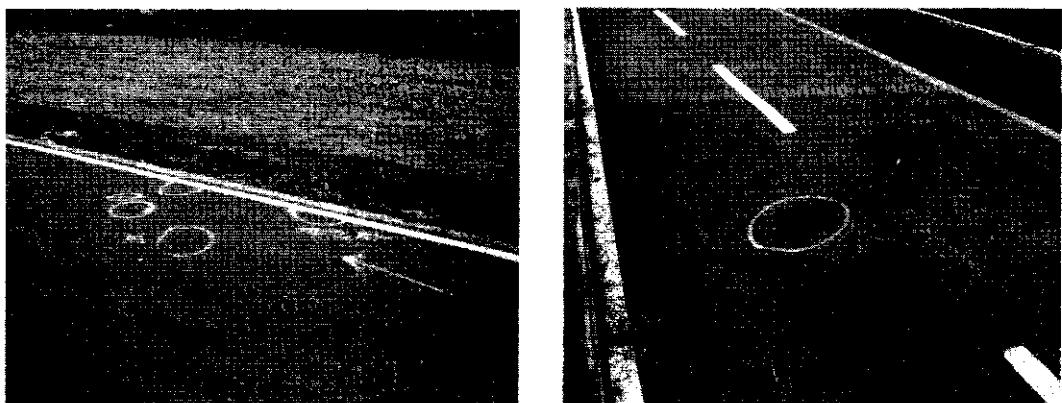


Fig. 3. Prediction of Monthly user of the Jogging & Biking route along Musimcheon



↑ 12km point below start jogging route.

↑ 4km point below start.

Fig. 4. The Picture of Traces Showing fact Players collided Each other

#### 4. 설문조사 결과

청주시민들이 레저 및 여가 활용으로 많이 이용되고 있는 무심천 조깅로에 대하여 이용자들의 의견을 확인하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사 기간은 10월 20일 ~ 12월 20일이며, 설문조사 인원수는 100명으로 하였다. 설문조사 대상자 선정은 무심천 자전거 및 조깅로에서 운동하고 있는 사람을 대상으로 하였으며, 설문조사 항목은 이용자 성별, 거주지 등 9항목을 조사하였다. 설문조사 양식을 Appendix 1에 첨부하였다.

##### 가. 이용자 성별 및 거주지

무심천 조깅로 이용자에 대한 남녀 비는 100명 중 남자가 56명, 여자가 44명으로 것으로 조사되었으며, 이용자 거주지를 보면 분평동이 22명, 22%로 가장 많았으며, 그 다음이 모충동 10명 10%, 사직동 9명 9%, 봉명동, 운천동이 각 7명 7%, 복대동, 용암동, 우암동이 각각 6명 6%, 그 외 신봉동, 내덕동이 각각 3명으로 나타났다.

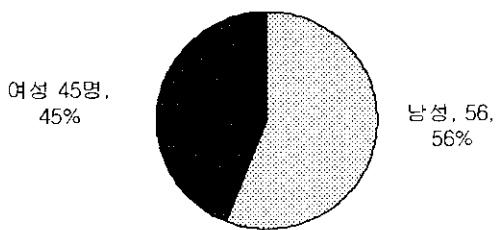


Fig. 5. User ratio of men to women

#### 나. 무심천 조깅로까지 오는 방법 및 도착 소요시간

무심천 조깅로까지 오는 방법은 이용자의 60%가 걸어서 무심천까지 오고 있었으며, 28%가 자전거를 이용하고 있었으며, 나머지 12%가 자동차를 이용하여 오고 있는 것으로 조사되었다. 또한 도착하는 데 소요되는 시간은 도착 수단에 상관없이 10분 이내가 54%, 10분~30분이 36%, 30분 이상이 소요되는 이용자가 12%로 나타났다.

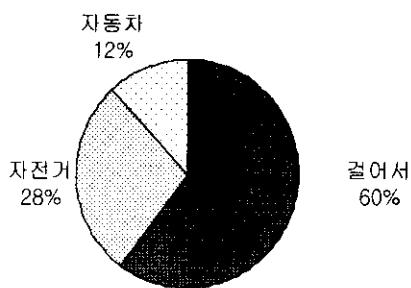


Fig. 6. The means of transport

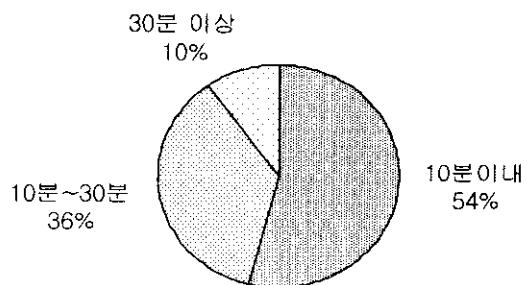


Fig. 7. The time required

#### 다. 운동하는 횟수 및 운동하는 시간

이용자의 운동하는 횟수는 거의 매일이 34%, 1주일에 3번이 이상이 42%, 1주일에 1번 이상이 17%, 2주일에 1번 정도 이용자가 7%로 나타나, 전체 이용자의 76%가 1주일에 3번 이상 운동하는 것으로 조사되었다.

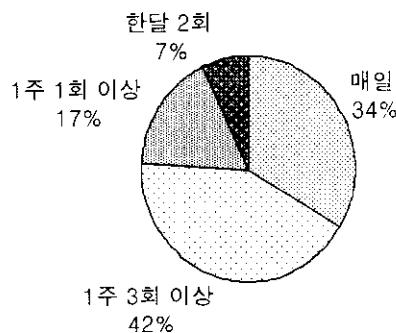


Fig. 8. The frequency of use

#### 라. 자전거도로 및 조깅로 설치한 것에 대한 의견

자전거도로 및 조깅로를 무심천에 설치한 것에 대한 이용자의 의견을 알아보기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사결과 매우 잘한 일이라고 답변한 이용자가 48명 48%, 잘한 일이다가 37명 37%, 보통이다가 10명 10%, 적절하지 못하다가 5명 5%로 답변하여 전체 이용자의 85%가 무심천 자전거도로 및 조깅로 설치한 것에 대하여 호응하고 있는 것으로 나타났다.

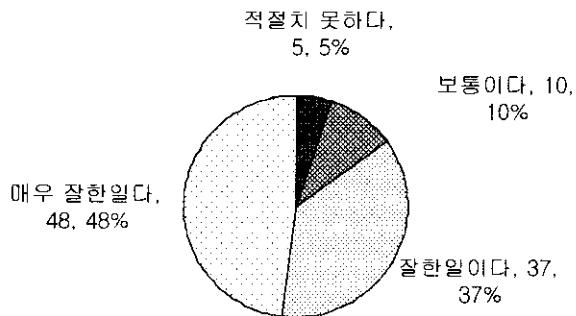


Fig. 9. Opinions about installation of jogging route along the Musimcheon

#### 마. 자전거도로 및 조깅로 폭에 대한 의견

또한 이번 설문조사에서는 자전거도로 및 조깅로의 폭에 대한 의견을 확인하기 위하여 자전거도로 및 조깅로 폭에 대한 의견을 좁은 편이다, 적당하다, 충분하다로 구분하여 설문조사를 실시하였다. 조사결과 좁은 편이다가 62명 62%, 적당하다가 29명 29%, 충분하다가 9명 9%로 나타나 많은 이용자가 자전거도로 및 조깅로가 좁다고 생각하고 있는 것으로 나타났다.

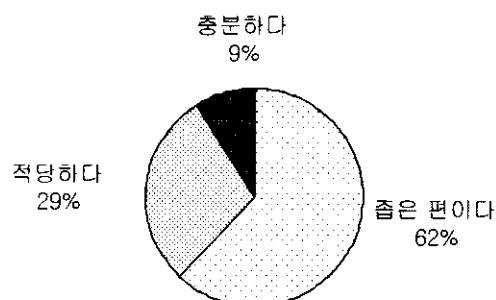


Fig. 10. Opinions about the width of the bike way and jogging route

### 바. 운동 편의시설 중 보완해야 할 시설

이용자를 대상으로 편의시설 중 보완해야 할 시설물로 조깅로 폭, 화장실, 급수대, 운동기구, 가로등 밝기, 없다 등 6가지를 구분하여 3개 이내 시설물을 선택하도록 하여 조사하였다. 조사결과 급수대를 선택한 이용자가 24명 24%로 가장 많았으며, 그다음이 가로등 밝기, 조깅로 폭, 화장실을 지적한 이용자가 21~22%로 나왔으며 운동기구를 보완해야 한다가 10명으로 나타났으며, 보완해야 할 시설이 없다 라고 응답한 이용자는 1명으로 조사되었다.

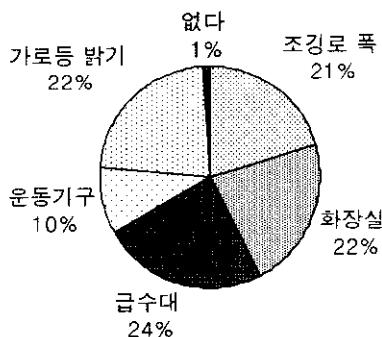


Fig. 11. Opinions about the required convenient facilities

### 5. 무심천 자전거도로 및 조깅로에 10분이내 도착 가능 인구

생활체육시설의 기본 조건중 하나는 거주지와 가까이 있는 것이라고 하겠다. 걸어서 1km를 이동할 수 있다고 가정한다면, 이용자가 거주지에서 무심천에 설치된 자전거 도로 및 조깅로 등 제반 편의시설까지 10분이내에 도착할 수 있는 인원을 계산하면 2009년 11월말 현재 청주시 통계정보 기준 청주시 동별 세대별 및 인구<sup>(9)</sup> 및 걸어서 10분에 1km를 이동한다고 가정하였을 경우 약 55,000여 명으로 추측할 수 있으며, 자전거를 이용하여 이동하는 인원은 이보다 더욱 많은 인원이 될 것이다

Table 9. The number of user who can reach in 10 minute from each residence to the Musimcheon on foot

동명	인구	10분 이내 도착 인구 비율	10분이내 도착 가능 인구
계			55,109명
분평동	12,273명	0.8	9,818명
수곡1동	7,157명	0.2	1,431명
2동	7,180명	0.8	5,744명
영운동	5,078명	0.7	3,555명
금천동	12,287명	0.2	2,457명
모충동	8,615명	0.5	4,308명
성안동	3,570명	0.8	2,856명
사직2동	2,599명	0.8	2,079명
운천신봉동	8,236명	0.8	6,589명
우암동	6,261명	0.5	3,131명

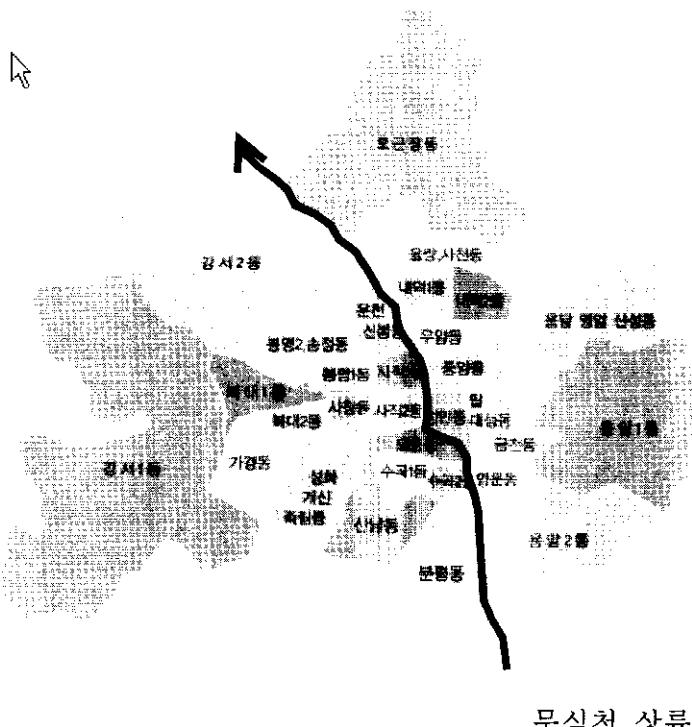


Fig. 12. The outline map of Cheongju adjacent to the Musimcheon

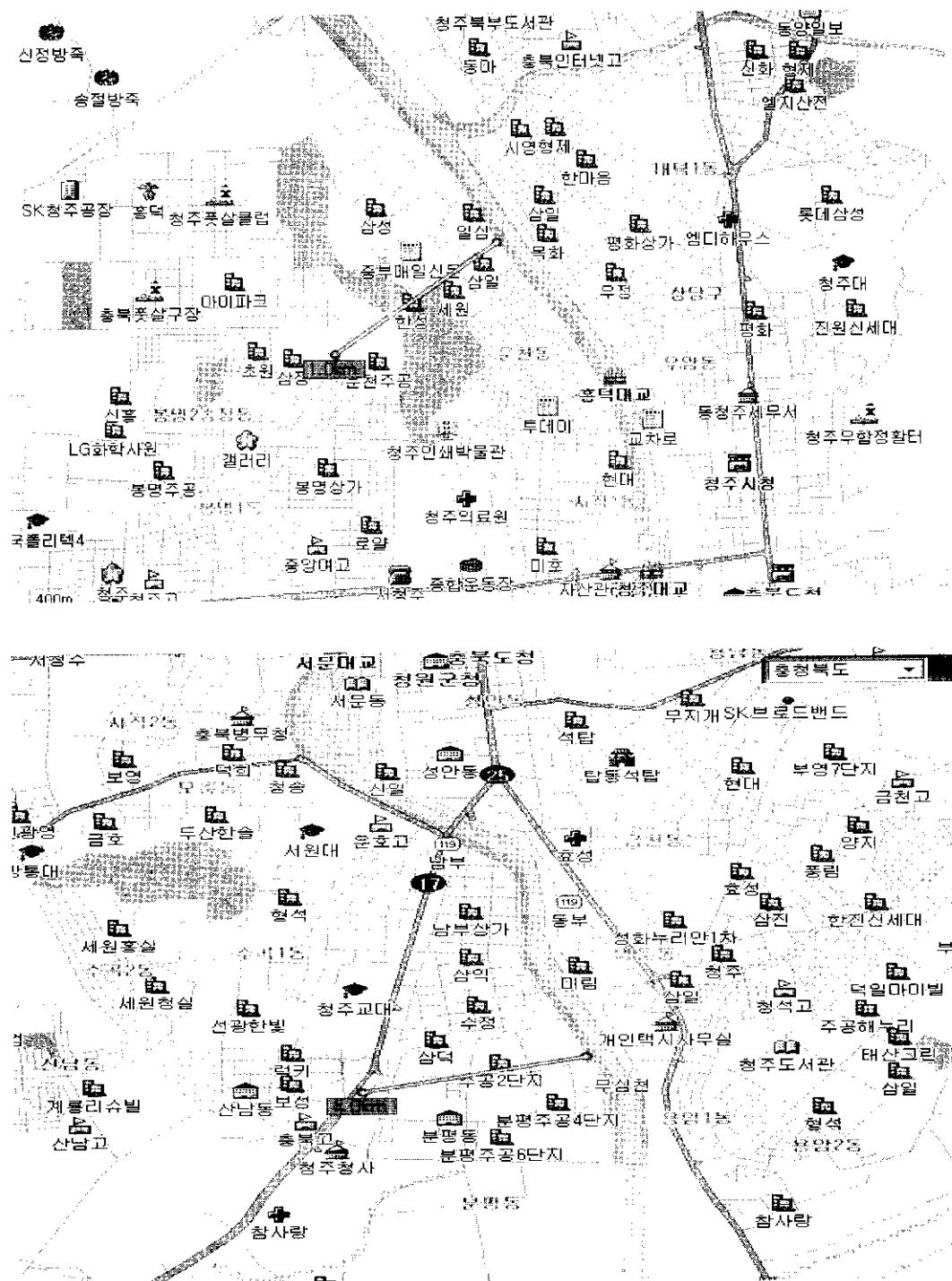


Fig. 13. The detailed map of Cheongju adjacent to Musimcheon

## IV. 결 론

2009년 1월부터 12월까지 실시한 무심천 조깅로 대기질 중심 운동여건 조사를 추진한 결과는 다음과 같다.

1. 청주시 무심천 변에 설치한 자전거도로 및 조깅로의 생활체육시설은 청주시민 약 55,000 여명이 각 거주지에서 무심천까지 걸어서 10분 이내에 도착할 수 있는 접근성에서 많은 장점을 갖고 있는 것으로 나타났다.
2. 1일 평균 약 4,400여 명, 연 간 1,600,000여 명이 운동하고 있는 것으로 조사되었으나, 달리고, 걷고, 자전거를 타는 사람이 함께 운동하기 때문에 운동자간 서로 충돌 위험성이 상존하고 있어, 현재 폭 3m 자전거도로와 폭 1.5m 조깅로로 구분되어 있는 것을 자전거도로를 폭 2m, 달리기 폭 1m 및 조깅로 폭을 1.5m로 구분하는 등의 개선과 함께 운동자 일렬 대형 유지 등의 준수사항 계몽 등을 전개하여 안전사고에 대비함이 바람직하다고 하겠다.
3. 조깅로와 도로변 대기오염도를 비교하기 위하여 측정한 VOCs 항목 중 벤젠 평균농도는 도로변  $4.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 조깅로  $3.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 툴루엔은 도로변이  $19.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 조깅로가  $18.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되어 조깅로가 도로변보다 벤젠은 10.6%, 툴루엔은 3.5% 낮은 것으로 조사되었으며, 그 외 항목도 조깅로가 도로변 보다 미세한 수준에서 낮게 나왔다
4. 소음오염도는 도로변이 62dB(A), 조깅로가 53dB(A)로 측정되어 조깅로가 9dB(A) 낮게 측정되었다.

## 5. 무심천 자전거도로 및 조깅로에 대한 이용자를 대상으로 실시한 설문조사 결과는

5-1. 무심천 변에 자전거도로 및 조깅로를 설치한 것에 대하여 이용자의 37%가 “잘한 일이다” 48%가 “매우 잘한 일이다”라고 답변하여 대부분의 이용자가 긍정적으로 생각하고 있는 것으로 조사되었으며,

5-2. 자전거 도로 및 조깅로 폭에 대한 의견은 이용자의 62%가 “좁은 편이다”라고 생각하고 있으며,

5-3. 운동편의 시설 중 보완해야 할 시설로는 “급수대”, “화장실”, “가로등 밝기”, “조깅로 폭”의 순으로 답변하였다.

이상과 같은 결론으로 판단할 때 무심천변에 설치된 자전거도로 및 조깅로는 접근성에서 훌륭한 운동여건을 갖고 있으며, 대기질에서도 주변도로보다 우수한 것으로 나타났다. 그러나 많은 이용자가 한정된 공간에서 운동을 하여 서로 충돌 등의 안전사고 위험성이 상존하고 있어 이에 대한 운동자 준수사항 홍보 등을 통하여 안전사고 예방에 주의를 기하여야 할 것이며, 또한 화장실, 음수대, 가로등 밝기 등 시설보완이 이루어진다면 더욱 더 훌륭한 생활체육시설의 명소가 될 것으로 기대가 된다.

## 참 고 문 헌

1. 이미경(2005), 주민과 함께 도시하천을 살리는 수변 문화공간 조성방안에 관하여, p7
2. 청주시(2007), 청주의 젖줄 무심천
3. 정석희, 황성수(2002), 도시 수변공간의 이용특성 분석 및 개선방안 연구(강변공간개발과 과제를 중심으로), p17~22
4. 苦松伸司(1998)都市域におけるVOCsの動態解明と大氣環境質に及ぼす影響評價.  
國立環境研究所ニュース
5. 김미현 박상곤 백성옥(2002), 대도시 교통밀집지역 도로변 대기중 휘발성유기화합물의 농도분포 특성, 한국대기환경학회지 제8권 2호
6. 나광삼, 김용표, 진현철, 문길주(1998), 울산 대기중 입자상, 기체상 물질의 수용성 이온성분과 휘발성유기화합물질의 농도, 한국대기보전학회지 14(4), p281-292
7. 나광삼, 김용표(1999) 서울 대기에서 방향족 탄화수소의 계절적 농도 특성, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집. p214-215
8. 백성옥(2000), 특정대기 유해물질의 대기오염실태 조사연구, 환경부 보고서. p159
9. 허귀석, 김달호, 전선주, 전준민(1999), 광양만지역 대기중 휘발성유기화합물 측정, 한국대기환경학회, 춘계학술대회논문집, p300-301.
10. 청주시, 홈페이지, 청주시 통계정보, 2009.11.30일 기준 청주시 동별 세대별 및 인구

## APPENDIX 1 : 무심천 조깅로 관련 설문조사 양식

BIG  
경제특별도  
충북

### 무심천 조깅로 관련 설문조사

충청북도보건환경연구원(☎220-5345)



본 설문서는 무심천 조깅로 등 체육시설의 운동여건 조사를 위하여 실시하는 것으로  
고객님의 답변내용은 조깅로 관리를 위하여 귀중한 자료로 활용될 것 입니다

조사일 : 2009. . .

◆ 귀하의 성별은? 남( ) 여( ) ◆ 하시는 곳은 무슨 동입니까? ( )

◆ 귀하의 연령은?

⇒ 20세미만( ) 20 ~ 39세( ) 40 ~ 49세( ) 50 ~ 59세( ) 60세이상( )

◆ 귀하의 밖에서 무심천까지 오는 방법은? 도착하는 데 걸리는 시간은?

⇒ 걸어서 : 10분이내( ) 10분 ~ 30분( ) 30분 이상( )

⇒ 자전거로 : 10분이내( ) 10분 ~ 30분( ) 30분 이상( )

⇒ 자동차로 : 10분이내( ) 10분 ~ 30분( ) 30분 이상( )

◆ 무심천 조깅로에서 얼마나 자주 운동하십니까?

⇒ 거의 매일( ) 1주일에 3번 이상( ) 1주일에 1번 이상( ) 2주일에 1번 이상( )

◆ 운동하는 시간은 얼마나 오래 하십니까?

⇒ 1시간 미만( ) 1시간 ~ 2시간( ) 2시간 이상( )

◆ 무심천에 조깅로, 자전거 도로를 설치한 것을 어떻게 생각하십니까?

⇒ 적절하지 못하다( ) 보통이다( ) 잘 한일이다( ) 매우 잘한 일이다( )

◆ 무심천 조깅로, 자전거 도로의 폭은 적당하다고 생각하십니까?

좁은 편이다( ) 적당하다( ) 충분하다( )

◆ 무심천 조깅로 편의시설 중 보완해야 할 시설은 무엇이라고 생각하십니까?

다음 중 우선순위 3개를 ① ② ③으로 선택하여 주세요

조깅로 폭( ) 화장실( ) 금수대( ) 운동기구( ) 가로등 밝기( ) 없다( )

# 사업장 폐수 중 휘발성유기화합물 농도 분포 조사

김영주 · 신필식 · 신기호 · 김경미 · 임종현

산업폐수과

Distribution of VOC's(Volatile Organic Compounds) Concentration  
in the Industrial Wastewater

Y.J.Kim, P.S.Shin, K.H.Shin, K.M.Kim, J.H.Lim

Industrial wastewater Section

## ABSTRACT

VOC's (Volatile Organic Compounds) which activate photochemical reaction and produce photooxidation products such as ozone have an effect on global warming and cause cancers as toxic product. The discharging characteristics of VOC's was investigated at the establishment located in the region of Chungcheongbuk-do. The objective of this investigation is to understand the discharging characteristics of VOC's in the industrial estates and to provide

the basic data in order to control the specific pollutants in water effectively.

The largest two industrial estates, which are C and O individually, and other some small industrial estates were selected to follow up VOC's and verify the discharging characteristics of VOC's. We analyzed items applied to an allowable exhaust standard for present regulation standard and other 12 VOC's such as Dichloromethane which impose legal control in 2011 by taking the samples of original wastewater and discharge water from water treatment plants. Detection frequency of VOC's gathered in raw wastewater is as follow: 1,1-Dichloroethylene is the higest as 43 times and Toluene is next as 24 times and Chloroform is the third as 20 times and Xylene is the forth as 19 times. Discharge water shows a similar detection frequency of VOC's as raw wastewater. Especially, it is shown in C and O wastewater treatment plants that all of VOC's were detected in raw wastewater but VOC's were not detected or their concentrations were significantly decreased in discharge water.

# I. 서 론

산업의 발전과 더불어 유해물질의 사용 및 유통량이 증가함에 따라 수생태계는 다양한 유해화학물질에 노출되어 생태계의 지속성이 큰 위협을 받고 있으며, 이러한 수질유해물질에 대한 공공의 관심으로 미국, 유럽을 중심으로 수질관련 규제 기준에 대한 보완 및 강화가 이루어지고 있다. 국내에서도 수질환경기준 선진화 연구를 수행하며 “특정수질유해물질 확대지정 및 배출허용기준 설정 연구”를 추진해 수질유해물질의 신규지정 및 배출허용기준을 단계적으로 확대 시행하고 있다<sup>1)</sup>.

우리나라는 TRI(Toxic Release Inventory)를 통해 유해화학물질의 배출량을 조사하고 있으며, 2005년에는 2,741개소 사업장에서 223종의 화학물질 112,678톤을 취급하였으며 212종 47,299톤(취급량의 0.042%)이 환경으로 배출된 것으로 나타났다. 화학물질의 배출량 대부분은 대기로 배출되고, 수계로 배출되는 양은 2003년 0.30%, 2004년 0.35%, 2005년 0.53%로 소폭 증가하고 있는 것으로 조사되었으며, 2005년의 경우 전체배출량의 99.5%인 47,048톤이 대기로 배출되었고 0.5%인 250톤이 수계로 배출되었다. 수계배출량의 95.4%가 폐수처리시설에서 배출되는 것으로 조사되었다<sup>2),3)</sup>.

유해화학물질 중 하나인 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, 이하 VOC's)은 대기 중 광화학반응에 관여하여 오존을 비롯한 기타 광산화물을 생성하고, 지구온난화에도 영향을 미치는 물질이다. 산업체에서 많이 사용되고 있는 세정제 및 용매와 유기가스 등으로 매우 다양하며 독성화학 물질로 일정 수준 이상 노출될 경우 인체에 암을 유발시키거나 생태계에 악영향을 미친다. VOC's의 발생원이 매우 다양하며 상온, 상압에서 액체상이나 고체상으로 존재할 수 있지만 대기 중에서는 가스상으로 존재하는 모든 유기화합물로 정의 할 수

있으며, 20°C에서 760 torr(101.3Kpa)보다는 작고 1 torr(0.13Kpa)보다 큰 증기압을 가지는 모든 유기화합물이라고 할 수 있다<sup>4),5)</sup>.

폐수 중 VOC's 배출특성에 관련된 국내의 연구 자료가 부족하고, 배출허용 기준도 지속적으로 강화되고 있으나 산업현장에서는 VOC's 배출특성을 제대로 파악하지 못하고 있는 실정이다.

이에 본 조사는 충북지역 내 사업장 폐수 중 VOC's 배출특성을 파악하기 위하여 가장 규모가 큰 산업단지 두 곳을 대상으로 선정하고 대상 산업단지에 위치한 개별사업장을 업종별로 구분하여 조사하였다. 개별사업장 발생 폐수는 해당 산업단지 내의 폐수종말처리시설로 이송 처리되고 있어 폐수종말처리시설의 원폐수와 처리수에 대해서도 분석하였다. 본 조사를 통해 사업장의 VOC's 배출실태를 파악하여 특정수질유해물질인 VOC's의 관리 강화를 유도할 뿐만 아니라 향후 배출허용기준 설정 등에 기초자료로 제공하고자 하였다.

## II. 조사방법

### 2.1. 조사대상

사업장 발생 폐수 중 VOC's의 추적을 가능하게 하고 배출특성을 파악하기 위하여 충북지역에서 가장 큰 공단인 C산업단지 및 O산업단지를 대상으로 C산업단지 내의 26개 사업장, O산업단지 내의 18개 사업장, 산업단지 외 지역 4개 사업장 등 모두 48개 개별사업장의 원폐수와 처리수를 분석하였다. 또한 개별 사업장의 발생 폐수가 유입되는 산업단지 내의 폐수종말처리시설의 유입수와 방류수에 대해서도 분석하였다.

시료채취는 사업장에 따라 공정별로 폐수처리장으로 유입되는 경우 채취 가능한 모든 원폐수를 채취했으나, 폐수처리장 시스템상 원폐수를 채취할 수 없는

곳은 처리수만 채취하였으며, 자체 폐수처리장을 운영하지 않고 바로 폐수종 말처리장으로 유입되는 사업장의 경우는 원폐수만 채취하여 분석하였다. 위탁처리하고 있는 사업장은 대상 시설에서 제외시켰다.

개별사업장은 업종별 배출특성을 파악하기 위하여 인쇄회로기판, 조립부품, 반도체, 의약품, 화장품, 기타화학제품, 광섬유, 도금, 도자기, 가죽·섬유, 플라스틱, 음식료품, 종이제품, 연구개발 등 모두 14개 업종으로 구분하여 개별사업장 48개소에 대하여 120건의 시료를 채취하여 조사하였다. 시료채취 현황은 Fig. 1에 나타냈으며, 업종별 시료채취 대상시설은 Fig. 2에 나타냈다.

## 2.2. 분석항목 및 방법

본 조사에서 분석항목은 수질 및 수생태계보전에 관한 법률에서 지정한 특정 수질유해물질 및 배출허용기준에 적용중이거나 2011년부터 적용 예정인 수질 오염물질의 VOC's 항목 및 환경부에서 작성한 우선순위 목록<sup>1)</sup>을 검토하여 디클로로메탄 등 12개 VOC's 항목에 대하여 분석하였으며, 자일렌은 파라, 메타-자일렌과 오소-자일렌을 별도 분석하여 합산하여 나타냈다. 분석항목의 위해성 및 특성은<sup>1),6)</sup> Table 1과 같다.

시료는 유리병에 head space가 생기지 않도록 채수하고 시료는 즉시 실험하였으나 보관이 필요한 경우 황산(1+5) 1 방울/10 mL를 가하여 냉장 보관하였다.

분석방법은 수질오염공정시험기준과 먹는물수질공정시험방법에 준하여 purge & trap 및 GC를 이용하여 분석했으며 GC 운영 조건은 Table 2와 같다.

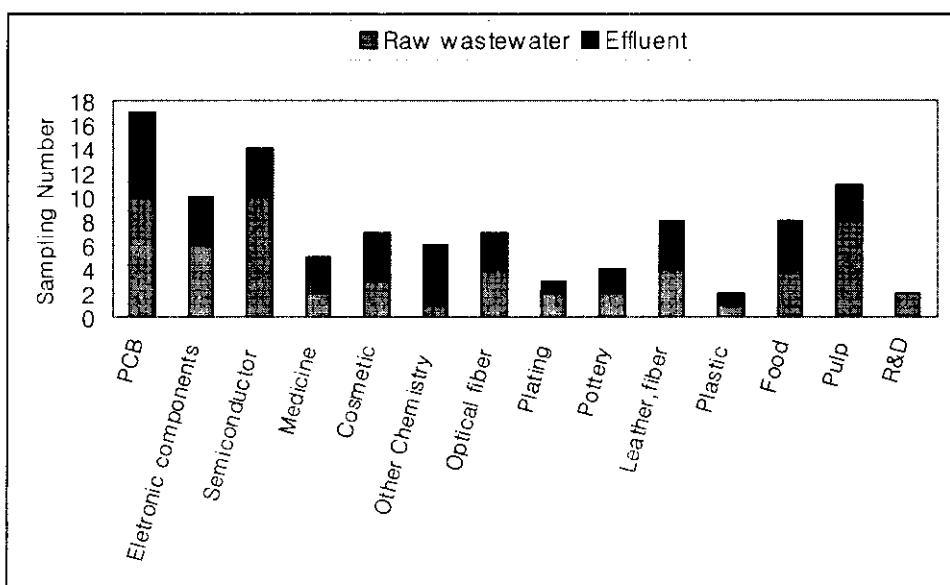


Fig.1. Sampling number by industrial classification in sampling sites

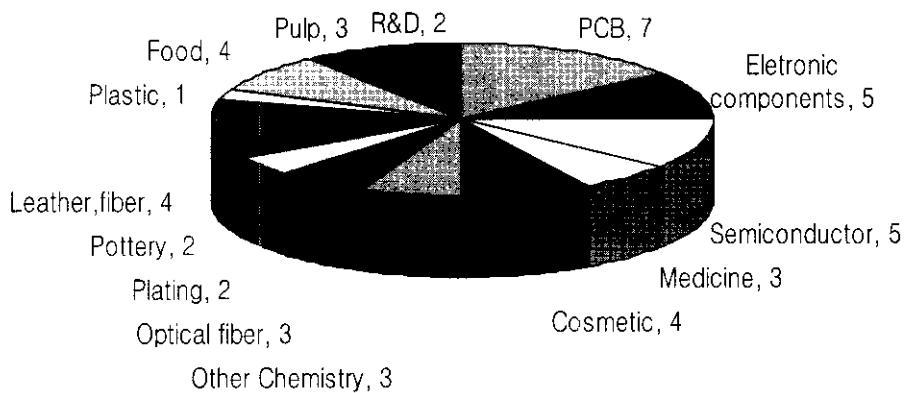


Fig.2. Distribution by industrial classification in sampling sites

Table 1. Characteristics of VOC's used in this study

(unit : µg/L)

물질명	유해성*	용도	외국규제 현황	CAS NO.	배출허용 기준**
Dichloromethane (CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	B	용제, 세척제, 냉각제	미(우) <sup>1</sup> , 일(건) <sup>2</sup> 유(우) <sup>4</sup>	75-09-2	200
Benzene(C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	A	화학물질 제조의 중간산물, 용제, 연료	미(우), 일(건), 유(우)	71-43-2	100
Trichloroethylene (C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> )	B	탈지용제, 드라이크리닝 및 추출	미(우), 일(건), 유(우)	79-01-6	300
Tetrachloroethylene (C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )	B	용제 및 세척제, 열교환액	미(우), 일(건), 유(우)	127-18-4	100
1,1-Dichloroethylene (1,1-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )	C	염화비닐의 주요 단량체 제조	미(우), 일(건)	75-35-4	300***
Chloroform (CHCl <sub>3</sub> )	B	용제, 드라이크리닝	미(우), 일(감) <sup>3</sup> , 유(우)	67-66-3	800***
Carbon Tetrachloride (CCl <sub>4</sub> )	B	용제, 탈지제, 세척제	미(우), 일(건)	56-23-5	40***
1,2-Dichloroethane (1,2-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> )	B	접착제, 살충제	미(우), 일(건), 유(우)	107-06-2	300***
1,1,1-Trichloroethane (1,1,1-C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> )	D	용제, 세척제	미(우), 일(건)	71-55-6	
Toluene (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	D	화학물질 제조, 용제, 휘발유 성분	미(우), 일(감)	108-88-3	
Ethylbenzene (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	D	용제, 플라스틱 및 제조	미(우)	100-41-4	
Xylene (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> ) (o,m-Xylene, p-Xylene)	D	용제, 유기화합물 생산	일(감)	1330-20-7 (95-47-6 108-38-3 106-42-3)	

주) 1. 미(우): 미국의 우선독성물질, 2. 일(건): 일본 건강 보호 관련 항목, 3. 일(감): 일본의 요감시 항목, 4. 유(우): EU의 우선독성물질

\* : EPA cancer group.

Group A : 인간에게 발암성 물질, Group B : 인간에게 발암성 우려 물질

Group C : 인간에게 발암 가능성 물질 Group D : 인간에게 발암성으로 분류되지 않는 물질

\*\*국내 배출허용기준(특례지역), \*\*\* 2011.1월부터 적용

CAS NO(Chemical Abstracts Service Registry Numbers)는 미국화학회(ACS ; American Chemical Society)에서 부여한 고유번호를 말한다.

Table 2. Analysis condition of purge & trap - GC

Purge & trap Condition	Oven Temp. & Condition	Instrument & Condition
<p>Trap model : Tekmar XPT</p> <p>Purge time : 11 min</p> <p>Purge flow : 40mL/min</p> <p>Sparge vessel : 25mL</p> <p>Desorb temp : 245°C</p> <p>Desorb flow : 200mL/min</p> <p>Desorb time : 2min</p>	<p>40°C(2min)→6°C/min to 100°C(2min)→10°C/min to 200°C(2min)</p>	<p>GC model : Agilent 6890N</p> <p>Carrier gas : N<sub>2</sub></p> <p>Column : Vocal (60m x 320μm x 3.0μm)</p> <p>Inlet mode : split 5:1</p> <p>Inlet temp : 200°C</p> <p>flow : 2.0mL/min</p> <p>Detector temp : 250°C</p> <p>Detector : FID</p>