

행정간행물 등록번호

41000-13060-56-25

# 保健環境研究院報

2003

第16卷



# 경기도 상징물

## ■ 색상의 상징

- 청 색 : 미래, 희망, 창조
- 적 색 : 열정, 역동, 힘, 전진
- 주황색 : 풍요, 안정

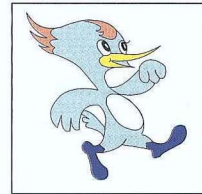
## ■ 도기의 의미

- 한글 경기도의 첫 자음인 '기'를 뻗어나가는 형태도 조화시킨 것은 오랜 전통속에서 자유와 평화를 약동하는 도민상을 뜻하고
- 적색과 주황색으로 나타난 원형은 우주의 근원, 그리고 역사적, 지리적으로 경기도가 정치·경제·문화 등 모든 분야에서 한반도의 중심임을 뜻하며
- 윗부분의 청색은 21세기 통일 한국의 중심지역으로서 세계화, 지방화의 선두주자가 되는 미래 경기도의 무궁한 발전과 성장을 의미하고
- 백색의 바탕은 우리 도민의 순수하고 깨끗한 배달민족의 후손임을 뜻합니다.



## ■ 도 마스코트

- 좌 측 : 도의 기본 심볼을 지구와 연계하여 의인화한 기본형 마스코트
- 우 측 : 경기도에서만 서식하는 크낙새를 의인화한 환경캠페인용 마스코트



## ■ 도 나무(은행나무)

- 역경에 강인하고 수령은 많은 은행나무의 웅대한 모습은 큰 번영을 뜻하며 양질의 목질과 과실을 맺고 신록과 단풍은 관상수로 손꼽힙니다.



## ■ 도 새(비둘기)

- 인류의 영원한 평화를 상징하는 비둘기는 도민평화를 통한 조국 평화통일への 열원을 담고 있습니다.



## ■ 도 꽃(개나리)

- 대량으로 도내에서 자생하면서 번식이 용이하여 큰 번영을 뜻하고 친근, 명랑, 고귀한 빛을 나타냅니다.



## 격 려 사

우리나라는 예로부터 아름다운 산과 맑은 강이 어우러져 금수강산이라 불리었습니다. 바닥이 흰히 보일 만큼 깨끗한 개울에 버들치가 노닐고 아이들은 그곳에서 떡을 잡고 뛰놀던 생명이 충만한 땅이었습니다.

그러나 지난 반세기 동안 우리는 자연과 생명의 중요성을 잊고 앞으로만 달려왔습니다. 압축성장의 과정에서 발생한 대기와 수질의 오염은 이제 우리의 건강을 위협하고 있고, 무분별한 난개발에 따른 자연환경 훼손은 생태계 파괴로 이어지고 있습니다.

환경오염은 우리나라 뿐만 아니라 지구촌 곳곳에 깊은 상처를 남겼습니다. 오존층파괴, 이상기후 발생, 사스를 비롯한 신종질환의 출몰 등 인류의 생존을 위태롭게 할지도 모르는 심각한 문제들이 연이어 발생하고 있습니다.

이제 우리는 그동안 축적한 경제적 번영을 바탕으로 21세기를 환경과 생명의 시대로 만들어야 합니다. 이는 국민들의 삶의 질을 높이고 지속가능한 발전을 이여가기 위해서 반드시 실천해야 할 시대적 과제입니다. 경기도가 “풍요롭고 쾌적한 삶의 환경” 조성을 도정 방침의 하나로 삼아, 환경공영제 도입과 공공보건 정책 강화에 나서는 까닭도 바로 여기에 있습니다.

미래세대로부터 잠시 빌려온 자연환경을 보전하기 위해 힘과 지혜를 모아야 할 때입니다. 깨끗한 환경과 건강한 사회는 우리 모두의 적극적인 참여와 지속적인 노력이 있어야 성취될 수 있는 목표입니다.

이번에 보건환경연구원에서 발간하는 연구원보 제16권에는 경기도민의 삶의질과 직결된 환경분야와 보건분야의 2003년도 연구실적들이 담겨져 있습니다. 부디 이번 연구원보가 건강한 도민, 쾌적한 환경조성을 위한 긴요한 자료로 널리 활용되기를 바랍니다.

우리 사회의 진정한 파수꾼으로서 경기도 보건환경 발전을 위한 창의적인 연구활동에 매진하고 계신 손진석 원장님과 연구원 직원 여러분의 노고에 깊이 감사드리며, 경기도민 여러분의 가정에 건강과 행복이 가득하길 기원합니다.

2004년 3월

경기도지사



21세기의 우리는 과학기술 발전, 급속한 경제성장에 따라 예전에 비하여 삶의 편리와 물질적 풍요를 누려왔으나 자연생태계 파괴, 자연훼손 등 많은 환경문제를 야기하였으며, 세계적으로도 끊임없는 개발과 성장 추구속에서 지구촌 곳곳에서 극심한 가뭄과 대규모 홍수와 같은 심각한 기상이변이 속출하고 있으며, 신종바이러스의 출몰과 이의 전지구적 확산 등 기존의 방법으로는 해결 할 수 없는 상황이 빈발하고 있습니다.

이렇게 가일층 악화되고 있는 환경문제에 대하여 새로운 가치관을 정립하고 대처하지 않으면 생활환경의 파괴와 지속적인 성장이 위협받을 것입니다.

이에 우리 연구원은 보건·환경분야에서 도민의 건강보호와 쾌적한 환경조성을 통해서 안락한 생활이 가능하도록 보건·환경 관련 각종 연구과제를 발굴하고 심층적으로 연구하여 대안제시에 전력을 기울이고 있습니다.

이번에 발간하는「연구원보」제16권은 2003년의 각 분야별 단기과제를 중심으로 보건·환경 관련 기관이나 단체, 그리고 도민 모두에게 도움이 되었으면 하는 기대와 함께, 앞으로도 도민의 보건·환경문제에 기여 할 수 있는 창의적 과제를 집중 발굴하여 추진할 것입니다.

끝으로 우리 「연구원보」가 안전한 식품관리와 쾌적한 환경을 조성함에 있어 필요한 자료가 되기를 기대하면서, 말은바 업무에 최선을 다하는 우리 연구원 직원 모두의 노고에 깊은 격려와 감사를 드립니다.

2004년 3월

경기도보건환경연구원장

## 일러두는말

「본 연구원보」는 2003년도에 본원 및 북부지원에서 도정시책 과제로 발굴 추진하였던 연구 사업을 중심으로 편집하였습니다.

총 2개부문으로 구성되어 있으며 제1부문에는 2003년도 조사연구보고서를 과제단위로 수록하였으며

제2부문 부록에는 연혁, 청사현황, 기구 및 인력, 주요기능, 예산규모, 시험·검사장비, 검사실 적 등 일반현황과 역대 간부명단. 경기도보건환경연구원보투고규정, 부서별 전화번호를 수록하여 참고가 될 수 있도록 하였습니다.

특히 원고 작성 체제는 경기도보건환경연구원보투고규정에 의거 작성함으로써 전국 시·도 보건환경연구원, 학회 등에서 작성하고 있는 연구 논문 체제와 그 틀을 같이 하였습니다.

해마다 발간하는 책자이지만 보다 충실하고 내실 있게 꾸미려고 노력 하였으나 미흡한 점이 한 두가지가 아닐 것이라고 생각합니다.

부족한 부분을 지적해 주시면 다음 원보 제작에 참고하여 보다 나은 원보가 되도록 하겠습니다.

앞으로 많은 지도와 협조를 부탁드립니다.

연락처 : 경기도보건환경연구원 총무과(031-250-2516)

# 목 차

## I. 2003년 조사연구 보고

1. 경기도내 공중이용시설의 레지오넬라균 분포조사 .....	9
2. 주방용품중 합성수지제의 안전성에 관한 조사연구 .....	21
3. 가열식품중 아크릴아마이드 함유량 조사연구 .....	29
4. 농약의 세척에 따른 감소효과에 대한 조사연구 .....	37
5. 반월·시화공단 지역 VOCs 분포특성 연구 .....	47
6. 악취오염물질의 업종별 배출특성에 관한 연구 .....	59
7. 전기화학 반응을 이용한 생활오수중 인제거에 관한 연구 .....	71
8. 경기도내 토양오염물질의 분포 특성에 관한 조사연구 .....	79
9. 가정용 정수기의 효율적 이용에 관한 연구 .....	93
10. 경기도내 일반대기중 다이옥신 분포특성에 관한 연구 .....	103
11. 유통샐러드중의 병원성 미생물 오염실태 조사연구 .....	111
12. 기능성 식품의 안전성 실태 조사연구 .....	121
13. 터널내부 공기중 휘발성유기화합물질(VOCs)특성 조사연구 .....	127
14. 폐금속광산 주변환경의 중금속 오염분포 특성 연구 .....	137
15. 상수도 미공급 지역에 대한 수질실태 조사연구 .....	147

## II. 부 록

1. 연	혁	159													
2. 청	사	현	황	159											
3. 기	구	및	인	력	160										
4. 주	요	기	능	161											
5. 예	산	규	모	162											
6. 시	험	·	검	사	장	비	162								
7. 검	사	실	적	163											
8. 역	대	간	부	명	단	164									
9. 경	기	도	보	건	환	경	연	구	원	보	투	고	규	정	167
10. 부	서	별	전	화	번	호	169								

# **I . 2003년 조사연구 보고**



# 경기도내 공중이용시설의 레지오넬라균 분포 조사

문수경, 이소현, 김경아, 김윤성, 허정원, 정혜선, 박포현, 이정복, 고환욱

미생물검사팀

## Distribution of *Legionella* spp. in Cooling Tower water Samples in Gyeonggi-do

su-kyung Moon, So-hyun Lee, Kyung-a Kim, Yun-sung Kim, Jeong-weon Huh,  
Hye-sun Jeung, Po-hyun Park, Jong-bok Lee and Hoan-uck Ko

*Division of Microbiology*

**Abstract :** In order to investigate the distribution of *Legionella* spp. from cooling tower waters and water jets of public establishments in Gyeonggi-do. We examined the 371 samples from June to October in 2003.

1. In result of 334 cooling tower waters and 37 water jets tested. the detection rate of *Legionella* spp. was 5.4%(20 samples).
2. In result of 20 samples detected *Legionella* spp., 18 samples(90.0%) were *L. pneumophila* and 2 samples untypable.
3. In result of 371 samples tested, distribution of 10 samples detected *Legionella* spp. were detected  $10^2 \sim 10^3$ CFU/100ml, 4 samples were detected less than  $10^2$ CFU/100ml, and 6 samples were  $10^3 \sim 10^5$ CFU/100 ml.
4. In result of 18 *L.pneumophila* from cooling tower waters and water jets tested. 10 isolates(88.9%) were *L.pneumophila* serogroup 1, 1 isolates(5.6%) were *L.pneumophila* serogroup 6, 1 isolates(5.6%) were *L.pneumophila* serogroup 5.

**Keywords :** Legionella. Legionellosis. Cooling tower water. water jets

## I. 서 론

*Legionella*균속은 자연환경에 널리 분포하고 있는 균으로 병원이나 호텔 등 대형건물의 냉각탑수, 냉방장치 관련시설, 환경수 등에서 활발하게 증식하면서 aerosol 형태로 인체에 흡입되어 집단적으로 또는 산발적으로 급성 호흡기 질환을 유발하는 것으로 알려져 있다<sup>1,4,5</sup>.

*Legionella*균속은 3~7 $\mu$ m×0.3 $\mu$ m정도 크기의 Gram negative 세균으로서 20~40℃ 온도에서 생육하며, 최적 생장온도는 35~37℃이지만, 4℃ 이하나 65℃ 이상에서도 생존할 수 있고, 최적 pH는 6.5~7.3이지만 pH5.0~9.0 조건에서도 생존 가능하다.

국내에서 *Legionella*균속에 의해 처음으로 환자가 발생한 것은 1984년으로 서울소재 종합병원 중환자실에서 집단 발생하여 3명의 환자가 사망하고 다수의 환자가 감염되었으며 그 이후 이에 대한 임상적 증상을 규명하고 원인균 분포조사 및 생태학적 특성 등에 대한 연구가 시작되었다<sup>2,3</sup>.

사람에게 병원성을 일으키는 *Legionella*균속은 주로 *Legionella pneumophila*이며 현재까지 총 15종의 *Legionella pneumophila*가 발견되었고 *Legionella pneumophila* 혈청형 중에서도 1, 4, 6의 혈청형이 병원성을 일으키는 것으로 알려져 있으며<sup>6</sup> 특히 *Legionella pneumophila* 제1혈청형의 경우 사람 감염의 50%이상을 일으키는 원인균으로 알려져 있다<sup>8</sup>.

*Legionella*균에 의해 야기되는 임상

질환은 크게 재향군인병(Legionnaire disease)으로 불리는 폐렴형과 가벼운 감기 증상을 보이는 폰티악열(Pontiac fever) 두가지로 나뉜다. *Legionella*폐렴은 가벼운 폐렴증상에서부터 성인성 호흡곤란증후군에 이르기까지 그 정도가 다양하다. 잠복기는 2~10일 사이이며 갑작스런 고열과 마른기침, 오한, 두통, 근육통 등이 수반된다<sup>7,9</sup>. 반면 폰티악열은 30~40시간의 잠복기를 거쳐 전신 권태감, 근육통, 발열, 오한, 두통을 동반한 독감증세를 보이거나 2~5일 이내에 자연 치유되며 사망한 예는 거의 없다. 발병률은 95% 정도이지만 X선 관찰시 폐의 병증을 볼 수 없는 것이 폐렴형과 가장 큰 차이이다<sup>10</sup>.

*Legionella*증은 사람에서 사람으로의 전파에 대한 증거는 없으며 비교적 병원성이 약해 건강한 사람은 잘 감염되지 않으나 병원의 환자나 어린이, 노약자 등 면역기능이 약한 사람에게는 치명적인 증상을 일으킬 수도 있다<sup>9</sup>.

특히 여름철은 *Legionella*균의 서식에 적합한 환경을 제공하여 이 균의 증식이 가장 활발한 시기이며 감염경로는 토양 중에 서식하는 *Legionella*균이 흙먼지와 함께 날아올라 냉각탑의 냉각탑수나 공원 분수대에 들어가 증식하다가 aerosol 형태로 사람에게 감염을 일으키게 된다. 따라서 *Legionella*균의 증식에 가장 적당한 조건이 형성되는 8월초부터 9월말까지는 적절한 소독 조치가 없는 경우 대부분의 냉각탑수가 오염될 가능성이 매우 높아 국립 보건원에서는 매년 이 기간동안 전국적으로 대형건물의 냉각

탐수에 대한 표본검사를 실시하여 그 결과를 발표함으로써 레지오넬라증의 발생 예방을 홍보하고 있다

이에 본 연구에서는 경기도내 대형건물이 많이 밀집되어 있는 신도시를 중심으로 연구원에 의뢰된 냉각탑수와 여름철에 집중적으로 가동되는 놀이공원이나 시민공원의 분수대 수질을 채수하여 *Legionella*균의 분포 및 균수를 조사하고 분리된 *Legionella*균의 혈청학적 특징을 조사함으로써 레지오넬라증의 발생 예측 및 감염원 규명, 전파 경로 차단 등의 대책수립에 기여하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

2003년 6월부터 10월까지 경기도 지역에서 연구원에 의뢰된 병원, 백화점, 극장, 관공서등의 냉각탑수 중 OT(ortho-toluidine)시험 결과 음성인 검체 334건 및 경기도내 실외 분수대 37건을 시료로 사용하여 균분리를 시도하였다.(Table 1)

### 2. 실험방법

#### (1) 시료의 전처리

무균채수병에 채수한 2ℓ 이상의 냉각탑수의 시료 전처리는 Fig 1과 같다. 시료를 0.45μm Pore size의 nitrocellulose membrane filter(φ90mm, Milipore. Co)를 사용하여 양압여과(Satirius GmbH, Germany)후 여과지를 멸균가위로 잘라서 여액 20ml에 무균적으로 부유시킨 후 강하게 혼합하였다.

그리고 냉각탑수에 공존하는 세균을 감소시키기 위하여 50℃ Water bath에서 30분 동안 열처리하였다.

열처리한 시료를 단계 희석하여 원액 및 10배 희석한 검액 100μℓ를 Legionella agar base에 Legionella supplement(L-Cystein 0.4g, Ferric pyrophosphate 0.25g)와 GVPC supplement(glycine 3.0g/ℓ, vancomycin 5.0mg/ℓ, polymyxin B 79200U/ℓ, cycloheximide 80.0mg/ℓ)를 첨가하여 pH 6.9 ~ 7.1로 조정된 GVPC 배지에 접종한 다음 90%이상의 일정한 습도 및 5% CO<sub>2</sub>가 공급되는 37℃ 배양기에서 3~10일간 배양하면서 매일 육안으로 집락의 형성을 관찰하였다.

계대배양 및 생물학적 시험을 위한 배지로는 Legionella agar base에 Legionella supplement(L-Cystein 0.4g, Ferric pyrophosphate 0.25g) 첨가한 BCYE -α 한천배지를 사용하였다.

배양 3일 후부터 나타나는 colony

Table 1. Number of samples in public establishments and water jets

Water Jets	Hospitals	Hotel & Mart	Government office	Unclassified	Total
37	37	96	128	73	371

중에서 전체적으로 매끄럽고 불룩한 면이 나타나며 현미경으로 관찰시 청색, 분홍, 녹색 등의 여러 가지 색을 보이고 시간이 경과함에 따라 집락이 커지면서 중앙과 전체가 불투명해지는 전형적인 회백색의 집락을 BCYE-a 한천배지에 계대 배양하면서 동시에 혈액 한천배지에도 접종하여 배양하였다.

BCYE-a 한천배지에서는 생육하지만 혈액 한천배지에서는 생육하지 않는 균을 *Legionella* spp.로 추정하여 혈청학적 응집시험 및 PCR시험을 실시하여 확인하였다.

(2) 혈청학적 응집반응 시험

*Legionella* spp.로 추정되는 균주에 대하여 *Legionella* O antisera(Denka Seiken Co.)를 사용하여 슬라이드 응집법으로 *Legionella* spp.중 *Legionella pneumophila*의 혈청형을 확인하였다. BCYE 한천배지에서 계대 배양된 균체 1백금이와 각각의 항혈청 한방울 (30 $\mu$ l)을 혼합하여 30초에서45초 사이에 응집이 일어나는 것을 양성 반응으로 판정하였다.<sup>10)</sup>

균주의 보관은 PBS(pH7.2)에 균체를 현탁하여 -70 $^{\circ}$ C에 동결 보존하였으며, 사용 균주는 BCYE 한천배지에 계대배양 하였다.

3. *Legionella* spp. 의 생물학적 특성

(1) 배양적 특성

*Legionella* spp. 분리균을 항균제 (GVPC supplement)가 첨가되지 않은 BCYE-a 한천배지에 도말하여 90%

이상의 습도, 5%의 CO<sub>2</sub>를 유지한 37 $^{\circ}$ C 배양기에서 48시간 이상 배양하여 집락의 형태, 표면, 색, 투명도 등을 관찰하였다.

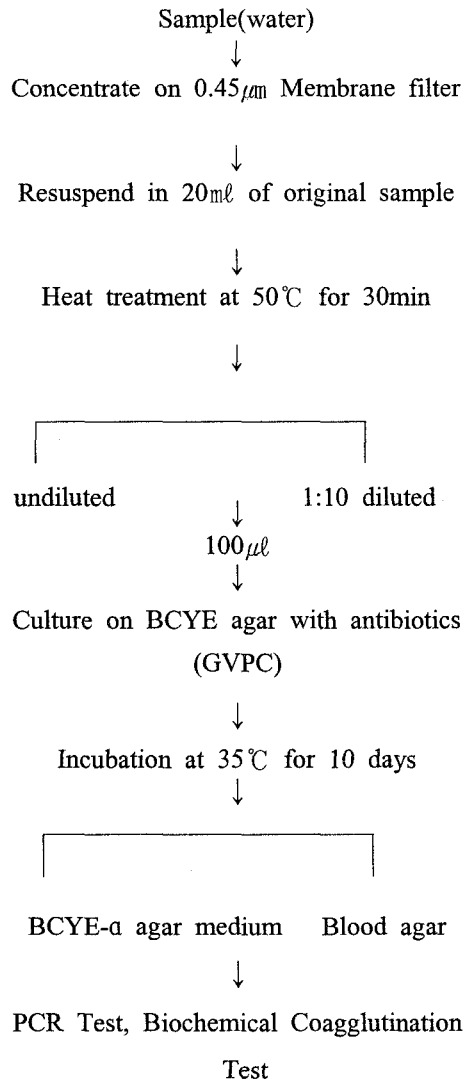


Fig.1. Method for the isolation of *Legionella* spp. from samples

(2) L-cysteine 요구성

분리된 *Legionella* spp.를 L-cystine이 첨가된 BCYE- $\alpha$ 한천배지와 L-cysteine이 들어 있지 않은 혈액한천배지에 동시 접종하여 90%이상의 습도, 2~5%의 CO<sub>2</sub>를 유지한 37°C 배양기에서 48시간 이상 배양 후 두 배지에서 성장 유무로 L-cysteine요 구성을 확인하였다.

4. PCR(Polymerase Chain Reaction)을 이용한 DNA 증폭

중합효소 연쇄반응은 ELITE Gradient(Helena Biosciences.USA)를 이용하여 시행하였다.

(1) 공시균

중합효소 연쇄반응에 의한 *Legionella* 균속의 확인을 위한 양성 균주는 국립보건원으로부터 *L. pneumophila* A TCC33152 와 *L. pneumophila* KP-1을 분양받아 BCYE- $\alpha$ 한천배지에 계대배양하면서 시험하였다.

(2) 시료의 전처리 및 chromosomal DNA 추출

BCYE한천배지에서 혈청학적 응집 시험 결과 *Legionella* spp.로 추정되는 colony를 1백금이 취하여 증류수 200  $\mu$ l에 현탁시킨 후 30초정도 vortexing한 후 100°C에서 30분간 boiling하여 DNA를 추출하였다.

10,000rpm에서 4°C로 10분간 원심 하여 균체 및 찌꺼기를 제거시킨 후 상층액을 취하여 template로 사용하였다.

(3) Oligoneucleotide Primer 준비

본 실험에 사용된 primer는 **Table 2**와 같이 합성하여 사용하였다.

즉, primer는 *Legionella* spp.에 특이적인 16S rRNA와 *L. pneumophila*에 특이적인 *mip gene*에 대한 primer를 사용하였다.

*L. pneumophila*의 경우 *L. pneumophila*의 macrophage infectivity potentiator(*mip*)유전자의 853~872bp에 위치한 F-*mip*와 1465~1484bp에 위치한

**Table 2. DNA sequences of primers for *Legionella* spp.**

Primer set	Oligoneucleotide sequence	Amplified product(bp)	Target gene	Target species
16S	F:5'-AGG GTT GAT AGG TTA AGA GC-3' R:5'-CCA ACA GCT AGT TGA CAT CG-3'	386	16SrRNA	<i>Legionella</i> spp.
mip	F:5'-GGT GAC TGC GGC TGT TAT GG-3' R:5'-GGC CAA TAG GTC CGC CAA CG-3'	630	<i>mip</i>	<i>L. Pneumophila</i>

**Table 3. PCR conditions used to detect *Legionella* spp. and *L. pneumophila***

initial	denaturation	95°C/5min	
	denaturation	95°C/60sec	
	Annealing	62°C/60sec	30cycle
	Extension	72°C/60sec	
last	Extension	72°C/10min	

R-mip를 사용하였다. 이들 두쌍의 primer를 이용하여 *L. pneumophila*의 C chromosomal DNA를 증폭하면 630bp 크기의 DNA fragment의 증폭 여부를 확인하였다.

(4) 중합효소연쇄반응(PCR)에 의한 DNA 증폭

추출된 DNA template 3 $\mu$ l에 10 $\times$ buffer 2.5 $\mu$ l, dNTP 2 $\mu$ l(2.5mM), primer set인 16S, mip를 각각 1 $\mu$ l(10pmol), taq polymerase(1U/ $\mu$ l, Bioneer), 증류수를 포함하여 총량이 20 $\mu$ l가 되도록 한 다음 ELITE Gradient(Helena Biosciences, UK)를 사용하여 DNA 증폭을 실시하였다.

PCR 조건은 **Table 3**과 같이 95°C에서 1분간 denaturation, 62°C에서 1분간 annealing, 72°C에서 1분간 extension하여 30 Cycle을 시행하였다. 첫번째 cycle은 95°C에서 5분간 pre-denaturation 반응을, 마지막 cycle에서는 72°C에서 10분간 post-extension 반응을 실시하였다.

(5) PCR product의 확인

반응이 끝난 PCR product는 0.5 $\times$ TBE를 포함한 1.2% agarose gel를 사용하여 PCR product 10 $\mu$ l를 소형 전기영동장치(Mupid-2, Japan)를 이용하여 100V, 40분간 전기영동을 실시하여 이동한 DNA band를 자외선 투시기상에서 UV photographic apparatus(TCP-20M, Helena, Bioscience.UK)를 이용하여 DNA 증폭 여부를 확인, 동정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 대형건물 냉각탑수 및 분수대 수질의 레지오넬라균의 분포

여름철 레지오넬라증의 원인이 되는 *Legionella*균에 대한 경기도내 대형건물 냉각탑수 및 분수대 수질에서의 분포를 조사하기 위하여 371건의 시료에 대한 배양 검사를 실시한 결과 **Table 4**와 같이 냉각탑수에서 9건, 환경시료인 분수대 수질에서 11건으로 총 20건(5.4%)의 시료에서 레지오넬라균이 검출되었다.

이는 국립보건원이 2003년 6월부터 7월까지 전국 대형건물의 냉각탑수를 집중 검사하여 발표한 검출율 3.9%와 2002년 발표한 검출율 3.6%보다는 다소 높게 나타났는데 이는 대형건물의 냉방기와 분수대의 본격적인 가동시기인 8월, 9월의 검사실적이 포함되지 않았기 때문으로 판단된다.

대형건물의 냉각탑수에서 분리된 9건의 레지오넬라균의 분포는 *L. pneumophila*가 8건으로 90.0%였고 이들의 혈청형별 분포는 serogroup 1이 7건(85.7%), serogroup 6가 1건(11.3%)이다. 사용한 항혈청으로 확인되지 않은 *Legionella* like organism이 1건 분리되었다.

이는 1985년 성 등<sup>3)</sup>이 분리한 레지오넬라균 68주 중 63주인 94.2%가 *L. pneumophila*였으며, 이들의 혈청형은 serogroup 1이 28주(41.2%), serogroup 2가 2주(2.9%), serogroup 3,5,6이 각각 1주(1.5%)였다고 보고한 결과와 유사하였으며, 또한 1994년부터 1998년까지 5년간 서울지역에서 분리된 레지오넬라균의 분포를 조사한 박 등<sup>16)</sup>의 결과에 의하면 *L. pneumophila*

serogroup 1이 83%로 나타났으며, 김 등<sup>15)</sup>도 *L. pneumophila* serogroup 1의 검출율이 87.3%를 나타내 본 조사와 유사한 결과를 보였으나 이들의 결과와는 달리 *L. pneumophila*의 혈청형은 다양하게 나타나지 않았다.

환경시료인 분수대 수질에서 분리된 11건의 레지오넬라균의 분포는 *L. pneumophila*가 10건으로 90.0%였고 이들의 혈청형별 분포는 serogroup 1이 9건(85.7%), serogroup 5가 1건(11.3%)이다. 사용한 항혈청으로 확인되지 않은 *Legionella* like organism이 1건 분리되었다.

이는 Fields 등<sup>13)</sup>이 호수, 강, 하천 등의 자연환경에서 분리되는 *L. pneumophila*의 혈청형이 serogroup 1이 63.8%, serogroup 4가 27.7%, serogroup 2,6이 4.3%, serogroup 3이 2.1%로 여러 가지 혈청형을 보고한 것과는 달리 serogroup 1을 제외한 다른 혈청형의 분포는 본 연구와 다소 상이하였다.

그러나 세계적으로 발생되고 있는 레지오넬라증의 대부분이 *L. pneumophila*에 의해 발생하고 이중 95%이상은

**Table 4. Distribution of *Legionella* spp. in sample by Public Establishments**

	Water Jets	Hospitals	Hotel & Mart	government office	Unclassified	Total
No. of sample	37	37	96	128	73	371
No. of isolated	11	2	2	2	3	20
%	29.7	5.4	2.1	1.6	4.1	5.4

*L. pneumophila* serogroup 1이 원인인 것으로 알려져 있으며<sup>11)</sup>, 또한 다양한 환경에서 *L. pneumophila*가 분리되고 있고 이 균이 aerosol형태로 흡입되어 레지오넬라증을 야기한다는 역학조사 결과가 많이 보고되고 있다<sup>3,13,14)</sup>.

이번 조사 결과 대형건물의 냉각탑수와 환경시료인 분수대 수질에서의 *L. pneumophila* 의 높은 분리율과 특히 serogroup 1이 높은 분포를 나타낸 결과를 볼 때 대형건물의 냉각탑수 및 공원 등지의 분수대 수질은 레지오넬라증을 유발할 수 있는 원인이 될 수 있으며 특히 본격적으로 가동되는 하절기에는 심각성이 우려되고 있는 실정이다. 따라서 레지오넬라균에 대한 지속적인 홍보와 함께 레지오넬라증을 예방하기 위해 자체소독 및 관리를 철저히 하여 레지오넬라균을 감소시키는 것이 필요하다고 판단된다.

특히 공원분수대의 경우 대형건물의

냉각탑수와는 달리 집중적인 점검 및 지도단속이 소홀하여 레지오넬라증이 집단적으로 일어날 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다.

## 2. 시료별 레지오넬라균의 균수 분포도

경기도내 대형건물 냉각탑수 및 분수대 수질의 레지오넬라 균수의 분포는 **Table 5**와 같다.

시료에서 분리된 레지오넬라균수는 살균소독을 적극 권고하는 기준인  $10^2 \sim 10^3$ CFU/100ml 미만이 10개소로 가장 많았으며 살균 소독 및 세정 등의 대책을 강구해야 하는 요주의 범위인  $10^3 \sim 10^5$ CFU/100ml은 6개소, 특별한 조치가 필요 없는  $10^2$ CFU/100ml 미만은 4개소이었다. 특히 채취 장소에 따른 분포는 분수대 수질의 경우 37건의 시료 중 11건에서 레지오넬라균이 검출되었으며  $10^2 \sim 10^3$ CFU/100ml은 5개

**Table 5. Distribution of *Legionella* spp. in water of cooling tower and water jets**

Classification(CFU/100ml)	less than $10^2$ CFU/100ml	$10^2 \sim 10^3$ CFU/100ml	$10^3 \sim 10^5$ CFU/100ml	over than $10^5$ CFU/100ml
Water Jets	-	5	6	-
Hospitals	1	1	-	-
Hotel & Mart	1	1	-	-
government office	1	1	-	-
Unclassified	1	2	-	-
Total	4	10	6	-

소,  $10^3 \sim 10^5$ CFU/100ml는 6개소였으며, 병원 및 호텔, 관공서는  $10^2$ CFU/100ml 미만이 각각 1개소,  $10^2 \sim 10^3$ CFU/100ml 가 각각 1개소씩 이었다. 그 외의 일반 건물에서 검출된 레지오넬라균수는  $10^2$ CFU/100ml 미만이 1개소,  $10^3 \sim 10^5$ CFU/100ml는 2개소로 나타났다.

### 3. PCR에 의한 *L. pneumophila* 균의 확인

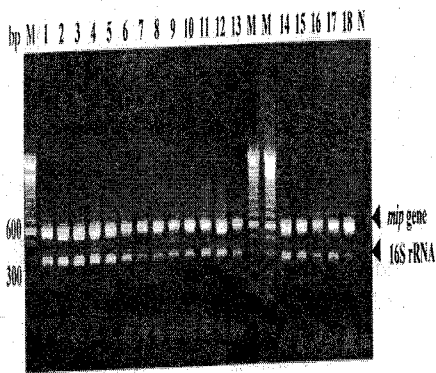


Fig. 2. PCR products of *L. pneumophila*  
M:100 bp ladder P1:ATCC33152, P2:KP1

시료를 배양하여 생물학적 특성 및 혈청학적 응집 반응 시험 결과 *L. pneumophila*균으로 확인된 균주 18건과 배양적 특성상 레지오넬라균이나 혈청학적 응집 반응 시험에서 응집반응을 일으키지 않은 균주 2건에 대하여 PCR 증폭시험결과 17건에서 *L. pneumophila*에 특이적인 630bp와 386bp bend가 나타났다(Fig. 2).

그러나 혈청학적 응집시험에서 serogroup 1 혈청에 응집반응을 나타

냈던 균주 1건과 생물학적 특성을 나타낸 균주 2건은 *L. pneumophila*에 특이적인 bend가 증폭되지 않았다.

## IV. 결 론

경기지역에서 2003년 6월부터 10월까지 채취된 병원, 관공서, 극장 등 대형 건물의 냉각탑수와 공원 분수대 수질을 대상으로 레지오넬라균의 분포를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 대형건물의 냉각탑수 334건, 분수대 수질 37건 총 371건에 대하여 레지오넬라균의 생물학적 특성, 혈청학적 응집 반응시험 결과 20건(5.4%)의 시료에서 레지오넬라균이 검출되었다.

2. 대형건물의 냉각탑수의 레지오넬라균의 분포는 334건의 시료에서 9건(2.9%)에서 레지오넬라균이 검출되었으며 이 중 *L. pneumophila*가 8건(90.0%), *Legionella* like organism이 1건이었다.

3. 환경시료인 분수대 수질의 레지오넬라균 분포는 37건의 시료에서 11건(29.7%)이 레지오넬라균이 검출되었다.

4. *L. pneumophila*로 확인된 20건 중 serogroup 1이 18건(90.0%)이었으며 serogroup 5,6이 각각 1건으로 나타났다.

5. 레지오넬라균수의 분포는 살균소독을 적극 권고하는 기준인  $10^2 \sim$

10<sup>3</sup>CFU/100ml 미만인 10건, 살균소독 및 세정 등의 대책을 강구해야 하는 요주의 범위인 10<sup>3</sup>~ 10<sup>5</sup>CFU /100ml가 6건, 특별한 조치가 필요없는 10<sup>2</sup>CFU/100ml 미만은 4건이었다.

6. 대부분의 레지오넬라증을 유발하는 *L. pneumophila*를 확인하기 위하여 PCR을 이용하여 증폭 실험한 결과 17건의 *L. pneumophila*를 확인하였다.

대형건물의 냉각탑수나 분수대 수질에서 *L. pneumophila*의 높은 분리율과 특히 serogroup 1이 높은 분포를 나타낸 결과로 판단해 볼 때, 도심지에 많은 대형건물이나 도시의 휴식공간인 공원의 분수대 수질은 레지오넬라증을 유발할 수도 있는 원인이 될 수 있으며 본격적으로 냉방기나 분수대가 가동되는 하절기에는 특히 면역력이 약한 노약자나 어린이들이 레지오넬라증에 걸릴 위험에 노출되어 있다. 따라서 레지오넬라증에 대한 지속적인 홍보와 냉방기의 냉각탑수나 분수대 수질에 대한 정기적인 소독 및 관리를 철저히 하여 레지오넬라균을 감소시키는 것이 레지오넬라증 발생을 최소화할 수 있는 가장 좋은 방법으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Negron-Alvira, A.I. perez-Suarez, and T.C.Hazen.(1988). *Lrgionella* spp. in puerto pico cooling towers.

Appl, Environ. Microbiol. 54:2331 - 2334.

2. 김정순,이성우,심한섭,오대규,조민기,오희복,우계홍,정윤섭(1985). 1984년 7월K병원 중환자실을 중심으로 발생한 비폐렴성 legionellosis(Pontiac fever)에 관한 연구. 한국역학회지 7:44-58.

3. 성원근,이용우,오현주,이명숙,박미연,오희복,박경석(1985). cooling tower에서 분리된 레지오넬라균의 특성에 관한 연구. 국립보건원보 22 105-114.

4. 박은희(2002). 냉각탑수에 서식하는 Legionella 속의 분포 및 특성. 부산대학교석사학위논문

5. 박대원(2002). 레지오넬라 폐렴의 요단백 항원을 이용한 진단 시약 개발.

6. Stout,J.E., and V.L.(1997). Legionellosis. N.Engl.J.Med.337 682-687.

7. Jaulhac B, Nowicki M, Bornstein N, Meunier O, Prevost G, Piemont Y, Fleurette J.Monteil H(1992). Detection of Legionella spp. in bronchoalveolar laraqe fluids by DNA amplification. J.Clin Microbiol 30 920-924

8. Winn WC Jr(1988). Legionnaires disease. Historical perspective. Cl in Microbiol Rev 1, 60-81

9. Park,E.H. and I.H.cha(1998). Isolation and distribution of Legionella pneumophila from cooling tower-waters in pusan. J.Life.Sci.8179-8182.

10. Montanaro-punzengruber,J.C., L.H

- icks, W. Meyer, and G. L. Gilbert (1999). Australian isolates of *Legionella pneumophila* are not a clonal population. *J. Clin. Microbiol.* 37:3249-3254.
11. Stout, J. E., and V. L. Yu (1997). Legionella S. N. *Engl. J. Med.* 337 :682-687.
  12. Fields, B. S. (1994). Procedures for the recovery of *Legionella* from the environment. O. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention.
  13. Kirby, B. D., K. M. Snyder, R. D. Meyer, and S. M. Finegold (1980). Legionnaires disease: Report of sixty-five nosocomially acquired cases and a review of the literature. *Medicine* 59:188-205.
  14. 김권범, 김우주, 김민자, 박승철, 유세화, 심희선, 함희진, 박석기 (1998). 서울시내 대형건물 냉각탑수의 레지오넬라균의 오염도 조사와 분자형별 분석에 관한 연구. *감염* 30 : 207-217
  15. 박석기, 황광호, 황영옥, 오영희, 김무상 (1998). 서울시내 다중이용시설 냉각탑수의 레지오넬라균 분포 및 혈청학적 특징 (1994-1998). *서울시 보건환경연구원보* 34:10-16.
  16. 김민자 (1994). 레지오넬라증 감염 26:401-407
  17. 박경석, 오희복, 성원근, 박미연, 황규찬, 김도경 (1988). 국내에서 분리된 *Legionella* 균의 생물학적 특성에 관한 연구. *국립보건원보* 25 : 319-329.
  18. *legionella pneumophila*의 동정을 위한 중합효소연쇄반응 조건의 확립. 석사학위논문.
  19. 유혜경 (1990). 냉각탑수의 *legionella pneumophila* 분포 및 특성에 관한 연구. 석사학위논문.



# 주방용품 중 합성수지제의 안전성에 관한 조사연구

윤미혜 · 엄미나 · 도영숙 · 정홍래 · 정일형 · 고환욱

위생화학팀

## A Evaluation of Safety in Colored Plastic Kitchenwares

Mi-Hye Yoon, Mi-Na Eom, Young-Sook Do, Hong-Rae Jung,  
Il-Heoung Jeong and Hoan-Uck Ko

*Sanitary Chemical Team*

**Abstract** : This study was performed to survey and evaluate the contents of Pb, Cd and styrene in colored plastic kitchenwares by Korea Food Sanitation Act. The tested samples were 32 polyethylene, 65 polypropylene, 35 melamine-formaldehyde resin, 10 polystyrene and 18 acrylonitrile-butadiene-styrene resin colored plastic kitchenwares in Gyeonggi-Do area. Pb and Cd contents of 2 polyethylene, 1 polypropylene, 2 melamine-formaldehyde resin, 2 polystyrene and 1 acrylonitrile-butadiene-styrene resin were above legal limits. Pb and Cd contents of 2 polyethylene were 140.8 mg/kg and 123.1 mg/kg. Pb contents of 1 polypropylene, 2 polystyrene and 2 melamine-formaldehyde resin were 123.1 mg/kg, 283.4 mg/kg, 134.0 mg/kg, 357.1 mg/kg and 218.3 mg/kg, respectively. Cd content of 1 acrylonitrile-butadiene-styrene resin was 376.6 mg/kg. The color of legal limit over plastic kitchenwares were yellow and red. For illegal samples, migration test of Pb and Cd in various simulant were not detected. Simulant for n-haptane and 4% acetic acid were tested at 25°C and 60°C, water was at 60°C and 95°C.

**Key Words** : Plastic kitchenwares, Pb, Cd, Migration test

### I. 서론

1938년 DuPont사에 의해 나일론이 등장한 이후 합성수지제의 사용은 급속도로 확산되어 주방용품에서도 도자기, 금속제와 더불어 큰 비중을 차지

하게 되었다. 합성수지제는 가격이 저렴하면서도 목재나 금속, 세라믹 등의 단점을 보완하는 기능과 편리성을 가지고 있어 매우 광범위하게 사용되고 있으며 최근에는 이르러서는 기능성 및 고성능을 갖춘 신소재의 개발로 그 사

용범위를 더욱 확대해 가고 있다.<sup>1-2)</sup>

그러나 합성수지제는 활제, 가소제, 안정제, 착색제 등 무수한 화학첨가제와 중합과정 중의 미반응물질, 분해산물 등이 식품과 접촉했을 때 상호반응에 의하여 식품의 관능적 품질에 영향을 주거나 인체에 해를 끼칠 가능성이 있어 안전성에 대한 관심이 집중되고 있다.<sup>3-4)</sup> 더욱이 합성수지제에서 유래될 수 있는 유해물질들은 접촉하는 식품의 종류와 온도, 시간 등 접촉조건에 따라 이행되는 성분과 함량이 크게 달라지므로 식품의 가공, 저장, 조리에서 사용되는 합성수지제의 안전성 확보는 식품위생차원에서 매우 중요하다.

그러나 합성수지제 주방용품은 대부분이 식품위생상의 관리를 받지 않고 공산품으로 생산·유통되고 있어 원료의 안전성 입증은 물론 제품품질에 대한 실태 파악도 제대로 되지 않고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 시중에 유통되고 있는 주방용품 중 합성수지제로서 색상이 있고 재질이 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스티렌, 멜라민수지, ABS수지인 제품을 대상으로 식품공전에 의한 재질시험과 식품의 종류 및 사용형태에 따른 납, 카드뮴 용출시험을 실시하여 안전성을 평가함으로써 이에 대한 정보를 소비자에게 제공하고 아울러 유통제품의 품질개선을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

2003년 2월부터 11월까지 경기지역에서 유통되고 있는 주방용품 중 색상이 있고 재질이 폴리에틸렌(polyethylene, PE), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리스티렌(polystyrene, PS), 멜라민수지(melamine-formaldehyde resin, MF), ABS수지(acrylonitrile-butadiene-styrene resin, ABS)인 제품 160건을 구입하여 재료로 하였다. 재질별로는 PE 32건, PP 65건, MF 35건, PS 10건, ABS 18건이었다.

### 2. 방법

#### (1) 재질시험

위 재료의 각 재질에 대한 재질시험은 식품공전<sup>5)</sup> 기구 및 용기·포장의 기준규격에 의하였다. 따라서 PE, PP, MF는 납과 카드뮴을, PS 및 ABS는 납, 카드뮴, 휘발성물질을 분석하였다.

#### (2) 식품의 종류 및 사용형태에 따른 납, 카드뮴 용출시험

재질시험 결과 납과 카드뮴이 식품공전 기준을 초과하여 검출된 제품을 대상으로 실시하였다. 사용하는 식품의 종류와 사용형태는 유지 및 지방성 식품과 유지 및 지방성식품외의 식품으로서 pH 5를 초과하는 식품, pH 5 이하인 식품, 고온가열식품 등 4 종류로 구분하였고 이에 따른 용출용매와 용출시간은 식품공전에 의하였다. 따라서 용출조건은 유지 및 지방성식품은 n-헥산(25°C, 1시간), pH 5 이하인 식품은 4% 초산(60°C, 30분), pH 5를 초과하는 식품은 물(60°C, 30분), 고온

가열식품 또한 물(95°C, 30분)로 하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### (3) 시약

납과 카드뮴 표준품은 원자흡광도계 용 1000ppm 조제용액(Sigma, Japan)을 사용하였고 휘발성물질 분석을 위한 스티렌, 톨루엔, 에틸벤젠, 이소프로필벤젠, n-프로필벤젠 표준품은 Supelco 사(U.S.A.), 그 외 시약은 특급을 사용하였다.

#### (4) 분석기기

납과 카드뮴은 원자흡광도계 (Spectr-AA800, Varian, Australia)를 이용하였고 휘발성물질은 가스크로마토그래피 (HP 5890 Hewlett Packard, U.S.A.)로 분석하였으며 분석조건은 Table 1, 2과 같았다.

**Table 1. AAS operating conditions for the analysis of Pb and Cd**

Condition	Pb	Cd
Analysis type	Flame	Flame
Wavelength(mm)	283.5	228.8
Background	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>
Gas type	Air/Acetylene	Air/Acetylene

**Table 2. GC operating conditions for the analysis of volatile materials**

Column	DB-1301 capillary column (30 m×0.25 mm×0.25 μm film)
Carrier gas & Flow rate	N <sub>2</sub> 1.0 ml/min(constant flow)
Temperature	Injection port : 280°C, Detector : 280°C
Oven temperature programming	150°C(3 min)⇒ 15°C/min⇒ 270°C(15 min)
Air/H <sub>2</sub>	11/1
Injection volumn	1.0 μl (split ratio 10:1)

#### 1. 재질시험

경기도에서 유통되고 있는 합성수지 제 주방용품 중 색상이 있고 재질이 PE, PP, MF, PS, ABS인 제품 160건을 대상으로 식품공전에 의한 재질시험을 실시하여 그 결과를 Table 3~6에 나타내었다.

Table 3은 조사대상 제품의 재질시험에 대한 결과이다. PE에 대한 재질 실험결과 납이 N.D.~140.8 mg/kg, 카드뮴이 N.D.~123.1 mg/kg 검출되어 32건 중 납 1건, 카드뮴 1건 등 2건이 기준치 100 mg/kg을 초과한 것으로 나타났다으며 PP와 MF는 납이 N.D.~283.4 mg/kg, N.D.~357.1 mg/kg, 카드뮴이 N.D.~12.5 mg/kg, N.D.~56.6 mg/kg의 검출범위를 보여 카드뮴은 모두 기준 이내였으나 납은 PP에서는 65건 중 1건, MF에서는 35건 중 2건이 기준을 초과하였다.

PS와 ABS에서의 납과 카드뮴 함량은 PS의 경우 납 N.D.~329.2 mg/kg, 카드뮴 N.D.~0.4 mg/kg으로 10건 중 2건에서 납이 기준을 초과한 것으로 나타

났고 ABS의 경우 납 N.D.~74.6 mg/kg, 카드뮴 N.D.~376.6 mg/kg,으로 18건 중 1건에서 카드뮴이 기준을 초과한 것으로 나타났다. 또한 불쾌한 플라스틱 냄새의 원인이 되는 휘발성물질은 PS, ABS 모두 스티렌만 검출되었으며 함량은 175.7~938.3 mg/kg, 172.5~831.2 mg/kg으로 기준치 5000 mg/kg에 훨씬 못 미치는 안전한 수준이었다.

위 결과 조사대상 주방용품 160건 중 식품을 취급하기에 부적합한 제품은 PE 2건, PP 1건, MF 2건, PS 2건, ABS 1건 등 8건이었으며 모두 납과 카드뮴 함량이 기준을 초과하였는데 이는 합성수지제 첨가제로 쓰이는 안정제와 착색제인 무기안료에 기인하는 것으로 추정된다.

무기안료는 유기안료에 비해 내열성, 내후성, 내이행성이 우수하여 산업용 합성수지제의 착색에 폭넓게 사용되고 있다.<sup>6-8)</sup>

Table 4는 조사대상 제품 중 재질규격에 부적합한 제품들을 나타낸 것으로 PE 2건, PP 1건, PS 2건 등 5건은 국내생산품이고 ABS 1건, MF 2건 등 3건은 수입품이었다. PE는 마늘이나 깨 등을 짚는 '절구'로 색상이 자주색인 제품은 123.1 mg/kg의 카드뮴이, 분홍색 제품은 140.8 mg/kg의 납이 검출되었으며 PP는 녹색 '수저통'으로 납이 283.4 mg/kg 검출되었고 PS는 황색과 녹황색의 '그릇'으로 134.0 mg/kg, 329.2 mg/kg의 납이 검출되었다. ABS는 삶은 계란을 자를 때 사용하는 '계란커터기'로

Table 3. The contents of Pb, Cd and styrene in tested samples

Material	No. of samples	Contents(mg/kg)			Remarks <sup>1)</sup>	
		Pb	Cd	Styrene	Pb	Cd
PE	32	N.D.~140.8	N.D~123.1	-	1	1
PP	65	N.D.~283.4	N.D.~12.5	-	1	-
MF	35	N.D~357.1	N.D~56.6	-	2	-
PS	10	N.D.~329.2	N.D.~0.4	175.7~938.3	2	-
ABS	18	N.D.~74.6	N.D.~376.6	172.5~831.2	-	1
Total	160				6	2

N.D. : Not detected

<sup>1)</sup> Number of samples above the legal limits

**Table 4. The contents of Pb and Cd in illegal plastic kitchenwares**

Sample No.	Material	Pattern	Color	Contents(mg/kg)		Country
				Pb	Cd	
1	PE	Mortar	Pink	140.8	0.5	Korea
2	PE	Mortar	Purple	63.7	123.1	Korea
3	PP	Spoon case	Green	283.4	0.2	Korea
4	PS	Bowl	Yellow	134.0	N.D.	Korea
5	PS	Bowl	Yellow Green	329.2	0.1	Korea
6	ABS	Egg cutter	Yellow	7.3	376.6	China
7	MF	Rice scoop	Yellow	357.1	0.2	Vietnam
8	MF	Pan spoon	Yellow Green	218.3	0.5	Vietnam

N.D. : Not Detected

중국에서 만든 황색 제품이었으며 카드뮴이 376.6 mg/kg 검출되었고 MF는 베트남산 황색의 ‘주걱’과 녹황색의 ‘뒤집기’로 각각 납이 357.1 mg/kg, 218.3 mg/kg 검출되어 기준치를 크게 초과하였다.

부적합 제품의 색상은 대부분이 황색과 적색계열이었는데 이 제품들은 착색제로서 황색을 표현하는 황연, 카드뮴옐로우와 적색을 나타내는 카드뮴 레드 등 납과 카드뮴계 무기안료<sup>6-8)</sup>를 사용한 것으로 추정된다.

주방용품에 있어서 착색은 제품의 미화와 더불어 자외선차단으로 인한 식품의 보존성 강화 및 재질의 품질보존의 향상 등 여러 가지 측면에 중요하다.<sup>7-9)</sup> 더욱이 현대는 칼라혁명시대로

불릴 만큼 제품 색상이 소비자의 구매 선택과 결정에 큰 역할을 한다.<sup>10)</sup> 주방용품에서도 소비자의 눈길을 집중시키기 위해 아름답고 다양한 색상의 제품이 유통되고 있으나 대부분이 공산품으로 생산되고 있어 무기안료 등 공업용 착색제 사용이 우려되고 있다.

실제적으로 Table 5, 6과 같이 위 조사대상 주방용품 중 납이 10 mg/kg 이상 검출된 제품 44건과 카드뮴이 10 mg/kg 이상 검출된 제품 6건의 색상은 대부분이 황색, 녹황색의 황색계열과 주황색, 분홍색, 자주색, 적색 등 적색계열이었다. 이는 황색, 적색을 표현하는 납과 카드뮴계 착색제의 사용과 결코 무관하지 않음을 나타내는 것이다.

이상의 결과를 종합하여 보면 합성

**Table 5. Detected distribution of Pb contents in colored samples**

color	cotents (mg/kg)			
	Total	10~50	50~100	>100
Total	44	30	8	6
White	5	5	-	-
Yellow	12	7	3	2
Yellow Green	4	2	-	2
Orange	1	-	1	0
Pink	4	3	-	1
Purple	3	2	1	-
Red	4	4	-	-
Green	5	4	-	1
Sky Blue	1	1	-	-
Blue	1	1	-	-
Brown	2	1	1	-
Black	2	-	2	-

**Table 6. Detected distribution of Cd contents in colored samples**

color	cotents (mg/kg)			
	Total	10~50	50~100	>100
Total	6	3	1	2
White	1	1	-	-
Yellow	3	1	1	1
Purple	2	1	-	1

수지제 주방용품 160건 중 식품공전 재질규격에 부적합한 제품 8건을 제외한 다른 제품들은 규격에 적합한 것으로 나타났다. 그러나 많은 제품에서 납과 카드뮴이 검출되었고 일부제품에서는 기준치인 100 mg/kg에 가깝게 검출되고 있어 착색제 등 위해요소가 잠재되어 있는 것으로 나타났다. 더욱이 대부분의 합성수지제 주방용품이 공산품으로 생산, 유통되고 있으므로 안전성 확보를 위해서는 식품위생 행정제도권내에 포함시켜 제품 생산단계에서부터 위해요소를 차단해야 할 것이다.

## 2. 식품의 종류 및 사용형태에 따른 납, 카드뮴 용출시험

합성수지제 주방용품 재질에 함유된 납과 카드뮴이 식품과 접촉할 때 이행되는 정도를 확인하기 위하여 위 재질 시험 결과 납과 카드뮴이 식품공전 기준을 초과한 제품 8건을 대상으로 식품의 종류 및 사용형태에 따른 용출시험을 실시하였다.

그 결과 **Table 7**과 같이 각각의 용출 용매와 용출조건에서 납과 카드뮴은 모두 검출되지 않았다. 이는 김등<sup>10)</sup>이 조사한 결과와 같은 것으로서 재질 중에 납과 카드뮴이 다량 함유되어 있더라도 식품으로 잘 이행되지 않는다는 것을 알 수 있었다. 그러나 플라스틱 내열온도 이상에서 사용하거나 지방성 식품과 산도 및 염도가 높은 식품의 장기간 보관 시에는 재질 중의 납과 카드뮴이 용출될 가능성을<sup>11-12)</sup> 배제할 수 없다. 따라서 소비자들은 합성수지제 주방용품을 안전하게 사용하기 위해서

**Table 7. Results of migration test in illegal samples for Pb and Cd**

Sample No.	Material test (mg/kg)		Migration test								
	Pb	Cd	Pb(mg/ℓ)				Cd(mg/ℓ)				
			60℃ D.W.	95℃ D.W.	4% HAc.	n-Hep.	60℃ D.W.	95℃ D.W.	4% HAc.	n-Hep.	
1	63.7	123.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2	140.8	0.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
3	283.4	0.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
4	134.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
5	329.2	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
6	7.3	376.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
7	357.1	0.2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
8	218.3	0.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

D.W. : Distillation Water, HAc.: Acetic Acid, n-Hep.: n-Heptane

는 고지방, 고염도 식품의 접촉을 최소화하고 전자렌지나 오븐 등의 사용이나 고온가열식품의 사용에는 반드시 정해진 제품을 사용해야 하며 제조업자들은 안전한 제품의 생산과 제품에 대한 정확한 정보를 소비자에게 제공하고 정부에서는 이에 대한 홍보 및 관리로 위해요소를 줄이는 노력을 해야 할 것이다.

#### IV. 결 론

시중에서 유통되고 있는 주방용품 중 합성수지제의 안전성을 조사하고자 색상이 있는 제품으로서 PE 32건, PP 65건, PS 10건, MF 35건, ABS 18건 등 총 160건을 대상으로 식품공전에

의한 재질시험을 실시하였다. 또한 재질 중에 납과 카드뮴이 100 mg/kg 이상 함유된 제품에 대하여 식품의 종류와 사용형태에 따른 납과 카드뮴의 용출량을 분석한 결과 다음과 같았다.

1. 재질시험 결과 PE 2건, PP 1건, PS 2건, ABS 1건, MF 2건 등 8건이 납과 카드뮴이 식품공전 기준에 초과하여 부적합한 것으로 나타났다.

2. PE는 ‘절구’ 2건에서 납과 카드뮴이 각각 140.8 mg/kg, 123.1 mg/kg이 검출되었고 PP ‘수저통’과 PS ‘그릇’ 2건에서는 283.4 mg/kg, 134.0 mg/kg, 329.2 mg/kg의 납이 검출되었다. 중국산 ABS ‘계란커터기’는 카드뮴이 376.6 mg/kg 검출되었고, MF 2건은 베트남산 ‘주걱’과 ‘뒤집개’로 357.1 mg/kg, 218.3 mg

/kg 납이 검출되었다.

3. 부적합으로 나타난 제품의 색상은 대부분 황색과 적색이었으며 납과 카드뮴이 10 mg/kg 이상 검출된 제품의 색상도 대부분 황색과 적색계열이었다. 이는 황색과 적색 색상을 나타내는 납과 카드뮴계 무기안료의 사용에 기인하는 것으로 추정된다.

4. 재질 중에 납과 카드뮴이 100 mg/kg 이상 함유된 제품에 대한 식품의 종류와 사용형태에 따른 용출시험에서는 n-헵탄(25℃, 1시간), 4% 초산(60℃, 30분), 물(60℃, 30분), 물(95℃, 30분)의 모든 용출용매 및 용출조건에서 납과 카드뮴이 검출되지 않았다.

시중에 유통되고 있는 주방용품 중 합성수지제에 대한 안전성 조사결과 8건을 제외하고 안전한 것으로 나타났으나 대부분의 제품이 공산품으로 유통되고 있어 무기안료 사용 등 위해요소가 잠재되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 주방용품의 안전성 확보를 위해서는 식품위생 제도권내에 포함되어 관리가 되어야 한다고 사료된다.

### 참고문헌

1. 진병석. (2002). 생활용품 소재용 고분자, 고분자과학과 기술, 13(4), 421
2. 김청. (1999). 플라스틱이야기, 포장산업, 서울
3. 이근택, 김동주. (2001). 각 국가 권역별 이행 실험방법에 따른 고온가열 식품포장재의 시물란트별 총이행량 비교, 한국식품위생안전성학회지, 16(4) 333-341
4. Risch, S.J. (1988). Migration of toxicants, flavors and odor-active substances from flexible packaging materials to food. *Food Technology*, 7, 95-102
5. 식품의약품안전청. (2000). 식품공전
6. 이기만 (2001). 알기 쉬운 플라스틱 배합제, 한국플라스틱기술정보센터, 서울, pp44-59
7. 과학기술편집부. (2000). 최신플라스틱핸드북, 과학기술, 서울 pp791-798
8. 이종승. (1996). 합성수지의 착색제, 플라스틱 실용화기술 포럼, 한국고분자학회, 3, 365-375
9. 重森義浩. (1988). 色と着色のはなし, 日刊工業新聞社
10. 이자영. (1997). 포장의 색채가 소비자 구매욕구에 미치는 영향에 관한 연구, 세종대학교석사논문
11. 김상엽, 이광수, 장미란, 김우성, 홍무기. (2001). 비닐봉지 및 용기류의 유해물질에 관한 조사연구, 식품의약품안전청연구보고서, 5, 253-261
12. McGuinness, J.D. (1986). Migration from packaging materials into foodstuffs-A need for more fundamental information. *Food Additives and Contaminants*, 3, 95-102
13. Scott, G. (1988). Migration and loss of antioxidants from polyethylene, *Food Additives and Contaminants*, 5, 421-432

# 가열식품 중 아크릴아마이드 함유량 조사연구

김양희, 손종성, 용금찬, 오문석, 김범호, 정진아  
식품분석팀

## A Study of Acrylamide in Cooked Foods

Yang-Hee Kim, Jong-Sung Son, Kum-Chan Yong, Moon-Seok Oh,  
Bum-Ho Kim, Jin-A Jeong  
*Food Analysis Team*

**Abstract :** Swedish National Food Administration reported that acrylamide was detected in heat treated starch rich food products. The discovery of acrylamide in foods is a concern because acrylamide is a potential human carcinogen and genotoxicant, based on high-dose animal studies, and a known human neurotoxicant. FDA scientists have developed a method to measure acrylamide levels in foods. Development and performance of an LC/MSD method for the quantitation of acrylamide in a wide variety of foods.

This study was performed to survey and evaluate the contents of acrylamide in several foods such as bread, coffee, breakfast cereal, potato product(french fries, fried potatoes) and biscuit. These analyses were carried out one single randomly selected samples from supermarkets and fast food markets. Acrylamide was assayed the range of 108~990( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in french fries, 145~627( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in fried potatoes, 28~70( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in breakfast cereals, 15~265( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in coffees, 30( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in breads and 13~304( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in biscuits.

**Key Words :** acrylamide, LC/MSD method, starch rich food

### I. 서론

아크릴아마이드(acrylamide)는 무색의 투명 결정체로 폴리아크릴아마이드 제조 시 사용되는 화학물질이다. 음용수 및 폐수처리의 입자 및 기타 불순물 제거 시 사용되며 페트병 등 플라스틱이나 염료접착제, 종이, 화장품

등 제조에도 사용된다. 우리가 평범하게 행해지는 식품의 조리과정 즉 감자, 쌀 그리고 시리얼 같은 탄수화물이 풍부한 식품을 가열하면 무색의 결정 고체가 형성되는데 이것이 바로 아크릴아마이드이다. 2002년 스웨덴 식품규격청 (Swedish National Food Authority)은 가열하지 않은 생 재료

나 찌서 만든 식품에는 아크릴아마이드가 검출되지 않고 특정 식품을 고온 조리 할 경우 발암 가능성이 있는 아크릴아마이드가 높은 수준으로 생성된다는 사실을 보고한 바 있다<sup>1-2)</sup>. 아크릴아마이드의 생성과정은 정확히 밝혀지지 않았으나 자연 아미노산인 Asparagine이 포도당 같은 당분과 함께 가열되면서 아크릴아마이드가 생성되는 것으로 추정되는 정도이다<sup>3-6)</sup>.

국제암연구기관(International Agency for Research on Cancer)에 따르면 발암성분류에 있어서 아크릴아마이드는 2A

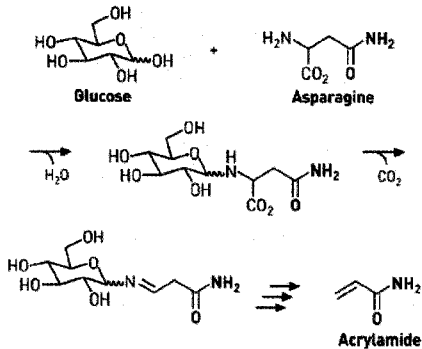
(probable human carcinogen)에 분류되어 인체에 대한 암유발 여부는 아직 의학적으로 입증되지 않았다<sup>7)</sup>. 미국 FDA도 아크릴아마이드를 발암의심물질로 분류하면서도 별도의 아크릴아마이드 기피 권고는 하지 않고 있다. 현재 UN기구(WHO/FAO)를 비롯한 미국 FDA 등 구미 각 국에서는 아크릴아마이드에 대하여 비상한 관심을 가지고 유해성의 확인과 대책마련을 위한 연구와 정보교환을 활발하게 추진하고 있다.

본 연구는 전 세계적으로 파장을 일으킨 아크릴아마이드를 분석하기 위하여 식품을 크게 빵, 후렌치 후라이, 과자, 커피, 기타 6그룹으로 나누었다. 분석방법은 2003년 2월 24일 공고된 FDA/CFR(Center for Food Safety and Applied Nutrition)에 따라 전처리하여<sup>8)</sup> LC/MSD 분석법으로 식품 내에서 아크릴아마이드의 존재를 확인하고 검출농도를 모니터링하고자 하였다.

## II. Acrylamide의 생성과정

식품은 물, 탄수화물, 지방 그리고 단백질 등으로 이루어져 있다. 식품이 가열되면 이들 구성성분을 반응물로 해서 수많은 화학 반응이 일어난다. 결과적으로 여러 다른 새로운 화합물들을 형성하는데 이들 화합물들이 식품의 색, 풍미, 조직감 등에 크게 기여하게 된다. FAO와 WHO는 그들의 보고서에서 가열식품중의 아크릴아마이드 생성기작에 대해 많은 견해차가 있다고 지적하였으며 현재 영국, 스위스, 캐나다의 식품화학자들이 아크릴아마이드의 생성기작에 대한 연구 결과를 발표하였다. 이들 연구진 모두 가열식품중의 아크릴아마이드는 식품화학에서 중요한 역할을 차지하는 메일라드 반응의 산물이라고 주장하였다<sup>3-6)</sup>. 가열식품에서 아크릴아마이드 생성 전구체로 Acrolein, acrylic acid, 아미노산 그리고 아미노산과 환원당의 메일라드 반응물 등이 유력한 후보군을 형성하였다. 하지만 최근 연구 결과에서 Acrolein, acrylic acid는 직접적인 전구체가 아님을 확인하였으며 아미노산도 그 자체로는 가열식품중의 아크릴아마이드의 주된 전구체는 아닌 것으로 판명되었다. 아미노산중에서도 감자와 곡류에 특히 많이 포함된 아스파라긴이 주된 아크릴아마이드 생산 아미노산이라고 보고되었으며 아스파라긴을 설탕과 함께 100℃ 이상의 온도로 가열할 때 아크릴아마이드가 형성된다는 것을 확인하였다. 이러한 형태의 공정은 Fig. 1<sup>6)</sup> 과 Fig. 2에서 보이

는 것처럼 Maillard reaction에 의한 것으로 알려져 있으며<sup>3)</sup> 이는 식품의 갈변화와 향미에도 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 현재 가열 식품 중의 아크릴아마이드의 생성 경로가 아스파라긴과 포도당 등의 환원당에 의한 메일라드 반응경로로 좁혀지면서 아크릴아마이드 생성 저감 연구가 상당히 활발해 질 예정이다. 또한 이 이론이 아크릴아마이드의 생성 기작으로 확실해진다면 아스파라긴의 함량이 낮은 감자를 선택하면 아크릴아마이드 생성이 저하된 감자칩과 감자튀김을 생산할 수 있다고 사료된다<sup>9)</sup>.

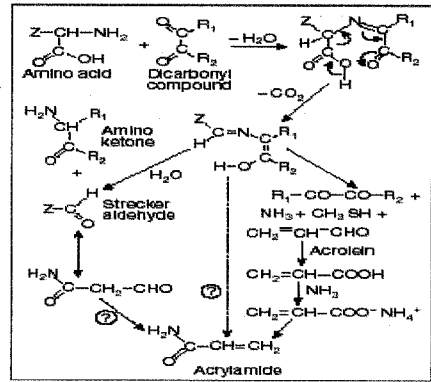


**Fig. 1. Mechanism of Acrylamide Formation by Maillard reaction between asparagine and glucose.**

### III. 재료 및 방법

#### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 시료는 시중에 유통중인 빵 10건, 후렌치 후라이 10건, 커피 10건, 감자칩 5건, 씨리얼 5건, 과자류 10건을 구입하여 실험대상으로 하였다.



**Fig. 2. proposed pathways for the formation of acrylamide from the Maillard reaction.**

#### 2. 시약 및 초차

- o Acetonitrile, Methanol, 2-Propanol, Water - HPLC grade
- o Formic acid 99%, Glacial acetic acid 99% - Sigma Chemical company
- o Acrylamide (Sigma, USA)
- o <sup>13</sup>C<sub>3</sub>-labeled acrylamide(Cambridge Isotope Laboratory)
- o Maxi-Spin filter tube, 0.45 $\mu$ m PVDF (Alltech Associates, Deerfield, IL)
- o 50 mL polypropylene conical tube with cap (Becton Dickinson)
- o Hydro-RP 80A HPLC column (2  $\times$  250mm),4 micron packing (Phenomenex, Torrance, CA).
- o OASIS HLB 6 mL solid phase extraction cartridge, 200 milligram packing (Waters Corporation, Milford, MA).
- o Bond Elut - Accucat (mixed mode, C8, SAX and SCX) 3 mL solid phase extraction cartridge, 200 milligram packing (Varian Inc., Harbor City, CA).

### 3. sample 전처리 방법

FDA/CFSAN(Center for Food Safety and Applied Nutrition) 분석법을 적용하였으며 그 과정은 Fig. 3과 같다.

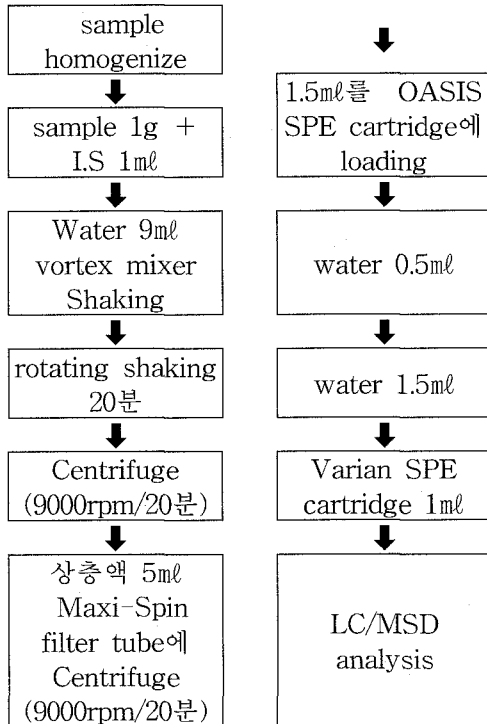


Fig. 3. Sample preparation for Acrylamide

Table 1. Operating conditions for Acrylamide by LC/MSD

Agilent 1100 series LC-MSD SL	
Mobile phase	Aqueous 0.1% acetic acid, 0.5 % methanol
Column	Synerge 4u Hydro-RP 80A(2 ×250mm), Phenomenex
flow rate	0.2 ml/min
Inj. volume	50 $\mu$ l
Ionization Mode	Positive ion
Positive ion SIM	$m/z$ 72, $m/z$ 97
Nitrogen flow rate	12 $\ell$ /min
Nitrogen gas Temp.	350 $^{\circ}$ C
Fragment	30

### 4. 분석기기

가열식품중 아크릴아마이드 확인 및 정량 분석장비로는 LC/MSD를 이용하였으며 분석조건은 Table 1과 같다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 검량선의 작성

standard Acrylamide 와 internal standard ( $^{13}\text{C}_3$ -labeled acrylamide)를 10, 20, 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$  이 되도록 혼합하여 0.1% Formic acid로 희석하여 만들었다. 이때 Acrylamide는 Positive ion SIM을  $m/z$  72,  $^{13}\text{C}_3$ -labeled acrylamide는  $m/z$  97로 분석하였으며 이때 얻어진 검량선은 Fig. 4 및 Fig. 5에와 같이 나타내었다<sup>10-12)</sup>.

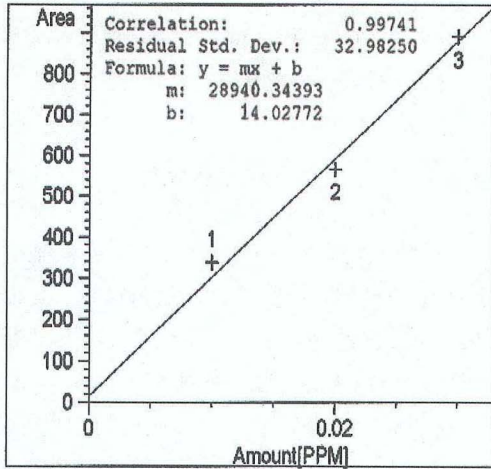


Fig. 4. The standard calibration curve of acrylamide by LC/MSD

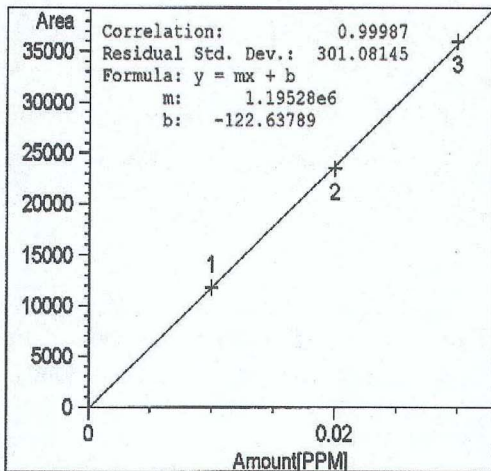


Fig. 5. The internal standard calibration curve of acrylamide by LC/MSD

## 2. 실험결과

상당수 식품이 아크릴아마이드를 함유하고 있으며 후렌치 후라이와 감자칩에서 많은 양이 검출되었고 씨리얼, 크래커, 커피, 빵 등에서도 약간의 양

이 검출되었다. 같은 품목이라도 각 제품별로 검출된 농도가 다른 것으로 보아 샘플링이나 시료 준비과정에서 많은 오차가 발생할 수 있을 것으로 생각된다. Table 2는 FAO/WHO의 전문 회의보고서<sup>13)</sup>에 있는 해외 5개국(스웨덴, 노르웨이, 스위스, 영국, 미국)의 아크릴아마이드 농도와 일본 국립 의약품식품위생연구소의 측정결과를 최대치와 최소치로 나타난 것이며 Table 3과 Fig 6은 본 실험결과를 식품군 별로 나타낸 것이다. 감자칩의 경우 Table 2와 3에서와 같이 미국이나 영국 노르웨이 스웨덴에서 검사한 제품은 아크릴아마이드가 170~2287ppb, 일본은 467~3544ppb가 검출됐으나 본 실험결과는 145~627ppb가 함유되어 있는 것으로 나타났다. 또 패스트푸드점에서 주로 판매하고 있는 후렌치후라이의 경우 미국 등 5개국에서는 50~3500ppb, 일본 512~784ppb가 검출됐으나

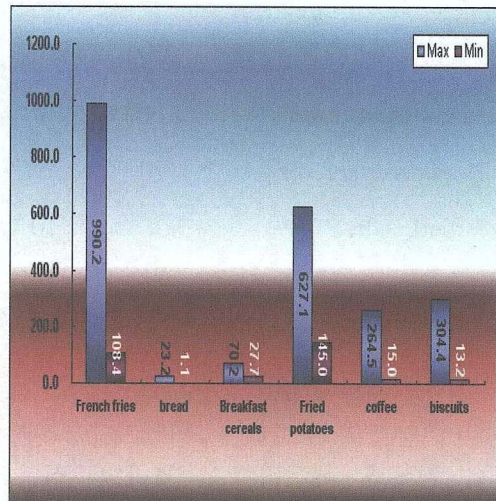


Fig. 6. Minimum and maximum levels of acrylamide in various foods.

**Table 2. Detection levels of acrylamide in various foods.(FAO/WHO, 2002)**

Acrylamide levels Min.-Max. ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
Food/Product Group	Japan	Other country
Chips, potato	467~3544	170~2287
French fries	512~784	<50~3500
Biscuits, crackers	53~302	<30~3200
Breakfast cereals	113~122	<30~1346
Crisps, corn	117~535	34~416
Bread, soft	<9~<30	<30~<162
Chocolate powder	104~141	<50~100
Coffee powder	151~231	170~230
Beer	<9	<30

**Table 3. Detection levels of acrylamide in various foods.**

Food/Product Group	Acrylamide levels( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	sample
Chips, potato	145~627	5
French fries	108~990	10
Biscuits, crackers	<13~304	10
Breakfast cereals	28~70	5
Bread, soft	<30	10
Coffee	<15~265	10

본 연구에서는 108 ~990ppb 정도 함유된 것으로 조사됐다. 비스킷, 크래커의 경우와 아침식사용 씨리얼, 식빵, 롤빵의 경우도 해외 검사기관에서 발표된 농도보다 본 실험에서 낮은 농도

로 검출되었다. 커피의 경우 시판된 조제커피와 원두커피를 대상으로 실험하였는데 조제커피는 거의 검출되지 않거나 매우 낮은 농도로 검출된 반면 원두커피는 65~265ppb의 아크릴아마이드가 검출되었다. 같은 원두커피도 티백 제품과 커피 파우더 제품에서 농도의 차이가 있었다. 우리나라 식품의 아크릴아마이드의 함량은 식품의약품안전청에서 시료 55건에 대하여 모니터링하여 발표된 자료가 있으며 이는 **Table 4**와 같다<sup>14)</sup>.

이 표를 보면 가열되지 않은 원료식품인 생감자나 끓이는 방법에 의한 식품인 밥에서는 아크릴아마이드가 검출되지 않았으며 다른 나라 검사결과나 본 연구 결과와 마찬가지로 튀기거나 굽기 같은 고온 조리법에 의한 감자칩류와 후렌치 후라이에서 많은 양의 아크릴아마이드가 검출되었음을 알 수 있다.

**Table 4. Detection levels of acrylamide in various foods. (KFDA, 2002)**

Food/Product Group	Acrylamide levels( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Potato, Rice	ND
Donut	<30~36
Fried foods	598~1709
French fries	341~1896
Biscuits, snack	115~241
Breakfast cereals	51~283
Bread	<30
Coffee, Chocolate	47~220
Hardtack	854~1081

#### IV. 결 론

본 연구는 소비자들의 우려와 주목을 받은 아크릴아마이드가 우리가 섭취하고 있는 식품에도 함유되어 있는지를 조사하고 아크릴아마이드의 LC/MSD 분석법을 적용하고자 하였다.

LC/MSD 분석법에 의해 굽거나 튀긴 식품의 아크릴아마이드의 검출량을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 굽거나 볶은 제품인 빵은 <30ppb, 비스킷은 13~304ppb, 씨리얼은 28~70ppb, 조제커피와 원두커피에서는 15~265ppb가 검출되었다.

2. 튀긴 식품인 감자칩은 145~627ppb, 후렌치후라이는 108~990ppb가 검출되었다.

위의 결과로 아크릴아마이드는 우리나라 일부 식품에서도 검출되었으며 각 식품그룹 또는 식품그룹 내에서도 함량 차이를 보였다. 이는 식품 조리 과정에서 아크릴아마이드가 다르게 형성될 수 있다는 사실을 확인한 것이다. 특히 후렌치후라이나 감자칩과 같이 탄수화물이 많은 식품을 굽거나 튀기는 경우 많은 양의 아크릴아마이드가 형성됨을 알 수 있었다. 그리고 본 연구의 감자칩이나 후렌치후라이의 아크릴아마이드 검출량은 WHO나 KFDA에서 발표한 높은 농도에 비해 많이 낮아졌음을 알 수 있다. 이는 제조업체들도 아크릴아마이드를 줄일 수 있도록 조리과정에서 높은 온도에 노출되는 시간을 줄인 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. SNFA. Acrylamide is formed during the preparation of food and occurs in many foodstuffs. 2002, Swedish national Food Administration.  
<http://www.slv.se/engdefault.asp>
2. FDA, 2002, <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrypla2.html>
3. Mottram D.S., Wedzicha B.L., Dodson A.T., 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419, 448
4. Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, A.P., Robert, M. C., and Riediker, S. Acrylamide from Maillard reaction products, *Nature* 419, 449
5. Becalski, A., B.P. Lau, D. Lewis and S.W. Seaman, 2003, Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling, *J. Agric Food Chem.*, 51(3): 802-808
6. Yarnell, A. 2002, Acrylamide mystery solved. *C&EN*, 80(40), 7
7. International Agency for Research on Cancer, Acrylamide, 1994, IARC Monogr Eval Carcinogen humans 60, 389-433
8. FDA/CFSAN, 2003, Detection and quantitation of Acrylamide in Foods, <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrylami.html>
9. 이광근, 2003, 가열식품중 Acrylamide - 검출농도, 생성기작 그리고 독성

- 으로-한국산업식품공학회, vol.7, 65
10. NFRI( National food Research Insti-tute) 2002 Analysis of acrylamide in processed foods in japan.
  11. Rosen, J. and Hellenas K.E., 2002, Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry, *The analyst*, 127, 880-882
  12. Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S, and Tornqvist M., 2002, Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs, *J. Agric. Food Chem.*, 50, 4998-5006
  13. FAO/WHO Consultation on the Health implications of acrylamide in food, 2002, Geneva, Switzerland
  14. 박재영, 김혜영, 이종욱, 정소영, 소유섭, 김창민, 오상석, 2003, 한국식품과학회지, 35(4), 748-751

# 농약의 세척에 따른 감소효과에 대한 조사연구

최옥경 · 김종화 · 황선일 · 계인숙 · 김명길 · 김기유  
보건기동조사팀

## Removal Efficiencies of Residual Pesticides by different washing in Agriculture Products

Ok-Kyung Choi, Jong-Hwa Kim, Sun-Il Hwang,  
In-Suk Kye, Myung-Gill Kim, ki-yu kim  
*Health Task Force*

**Abstract:** In order to determine the removal efficiency of pesticide residues (Chlorpyrifos, Procymidone, Acephate, Endosulfan, Chlorothalonil, Hexaconazol) on eulgari, spinach, bachusocum were artificially treated by different washing method. As the results are as follows

1. The removal efficiency of pesticides by tap water was 4.7 ~ 88.4%, the removal efficiency of pesticides by neutral detergent appeared 13.9 ~ 78.0%.
2. The removal efficiency of pesticides by vinegar water was 0 ~ 84.0%, the removal efficiency of pesticides by ultrasonic cleaner appeared 22.5 ~ 49%.
3. Washing effect method compared to recording which the number of washing possibility will increase, and the difference of the washing ratio to be effective with the outer surface where it attaches in the surface appeared with because the amount which permeates to the inside is different.
4. The maximum removal efficiency of pesticide residues was spinach of all others, and the maximum removal efficiency of pesticide residues was chlorpyrifos of all pesticides.
5. The fruit type it was not detected from the inside contents water the remaining pesticide residues to be mainly detected from the shell part.

**Key words :** pesticide residues, washing effect, agriculture products

## I. 서 론

농약은 식량증산에 없어서는 안될 필수 농자재로서 인구의 증가에 따라 식량증산에 기여해 왔다.

우리나라에서는 2003년 4월 현재 412 종류의 농약성분이 등록되어 있으며 유제, 액제 등 1,064 종류의 품목수를 생산, 수입, 유통하고 있다.<sup>1)</sup>

현재 농산물에 대하여 보건복지부에서 319종의 농약에 대하여 잔류기준을 설정하였으며 지속적으로 잔류기준이 미설정된 농산물에 대하여 지속적인 연구를 수행하고 있다.<sup>2)</sup> 병해충과 잡초를 제거하기 위하여 사용되는 농약은 일정기간 식물체의 표면 및 내부에 잔류하여 약효를 지속시키기도 하지만 최종 생산물에서 유해한 잔류물질로서 식품오염원이 되기도 한다.

농약의 잔류성은 농약의 이화학적 성질과 식물의 형태학적 특성 및 표면의 상태에 따라 달라진다. 농약은 햇빛에 의한 분해, 강우 및 휘산에 의한 소실되거나 또는 생장에 의하여 비대해 지면서 농도가 희석되어지므로 낮아지기도 한다. 또한 일부 식물체내에 침투한 농약도 효소에 의한 대사작용에 의하여 분해되는 등 여러 가지 요인에 의하여 잔류량이 감소되어지기도 한다.

식물에 잔류하는 농약은 대부분 식물체 표면에 부착된 농약의 양과 식물체 표면의 상태에 따라 크게 영향을 받는다. 주로 농약의 잔류정도는 비 표면적이 크고 단위중량이 적은 농산물에 많으며 식물체 표면의 습도 등 돌기가

많은 식물에서는 수화제의 부착량이 유제보다 많았고 그렇지 않은 경우에는 반대의 경향을 나타낸 것으로 보고되었다.<sup>3)</sup> 이렇게 잔류되어 있는 잔류농약은 체내에 축적되어 농약의 잔류성과 독성으로 인한 많은 문제를 발생시켰으며 근래에는 내분비계를 교란시키는 물질로 주목을 받고 있다.

이들이 야생동물이나 사람에게 미치는 영향으로는 생식기 독성, 면역기능 이상, 유방암 등 각종 암 발생, 호르몬 분비의 불균형 등 보고되어 있다.<sup>4)</sup>

식품원료에 부착되어 있는 잔류농약에 대한 연구는 실험실내에서 제한적으로 수행되어 왔다. 채소류의 잔류농약은 물에 의한 수세, 다듬기, 대치기, 가열 등 여러 가지 조리와 가공처리에 의하여 일부 제거되며 저장기간이 경과됨에 따라 소실됨이 보고된 바 있다.

실험실 여건상 대부분의 연구가 농산물에 농약을 인위적으로 첨가하여 풍건 등 조건으로 수확에 걸쳐 부착시킨 시료를 대상으로 이루어져 왔다. 주로 이들 시료에 세척이나 조리 등 방법으로 잔류농약의 제거정도를 연구하여 왔다.<sup>5,6)</sup>

식물체 성장 중 토양으로부터 유래된 잔류농약과 살충 및 제초 등 목적으로 수확의 살포에 따라 식물이 성장, 생산단계까지 자연스레 식물체내에 잔류되어 있는 시료를 대상으로 한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실험실내에서 농약을 인위적으로 첨가하여 조제한 시료와 달리 농산물 잔류농약이 검출된 농산물을 시료로 하여 여러가지 세

척방법으로 인한 잔류농약의 제거정도를 조사하고자 한다

## II. 재료 및 방법

### 1. 기 간

2003. 1 ~ 2003. 12

### 2. 재 료

시중 유통중인 농산물에 대하여 식품공전에 규정된 잔류농약 측정을 실시한 후 잔류농약이 검출된 농산물에 대하여 여러 가지 세척방법에 의한 잔류정도를 측정하였다.

잔류농약이 검출된 농산물은 열갈이 3건, 취나물 2건, 시금치, 배추숙음, 파리고추, 복숭아, 사과 각 1건씩 총 11건을 대상으로 하였다.

본 실험에서 농산물에서 검출된 농약은 유기인계 잔류농약인 클로로피리포스, 프로시미돈, 아세페이트 및 유기염소계 농약인 엔도설판, 클로로타로닐, 헥사코나졸이었고 이들 농약의 물리화학적 성질은 Table 1과 같다.

### 3. 실험방법

#### (1) 시료의 조제

농약이 검출된 시료에 대하여 도마와 칼을 이용하여 2~3cm로 세절 하여 아래와 같은 여러 가지 방법으로 세척을 한 후 각각 물기가 흐르지 않을 정도로 수분을 제거한 뒤 잔류농약을 측정하였다.

#### 1) 흐르는 물에 의한 세척

수돗물을 이용하여 흐르는 물에 세척하여 시료를 소쿠리에 건진 후 다시 흐르는 수돗물을 이용 세척을 반복 3회까지 세척하였다.

#### 2) 세제에 의한 세척

수돗물을 큰 용기에 담아 계면활성제가 들어 있는 가정용주방 세제를 1%의 농도로 희석하여 시료를 침지시켜 가볍게 흔들어 주어 3회까지 세척을 실시하였다

#### 3) 식초에 의한 세척

수돗물을 큰 용기에 담아 시중에서 구입한 사과식초를 1%의 농도로 희석하여 준 뒤 시료를 침지시켜 가볍게 흔들어 3회까지 세척하였다

#### 4) 초음파 세척기를 이용한 세척

초음파 세척기에 시료를 넣은 후 약 5분간 초음파 진탕 후 소쿠리에 건져 내어 물기를 제거 후 사용하였다

#### 5) 껍질의 제거에 의한 잔류농약의 측정

과일류는 껍질상태 과일 그대로, 껍질만, 껍질 제거 후 속 가식부만 취하여 분석하였다

### 4. 잔류농약의 분석

#### (1) 시 약

분석에 사용한 농약 표준품은 Labour Dr. Ehrenstorfer로부터 구입하였고, acetone, hexane은 Wako Purechemical사

**Table 1. Phyco-chemical properties of pesticides**

Pesticides	Synonyms	Physical chemistry
Chlor-pyrifos	organo-phosphorus	M.W 350.6 M.f C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> C <sub>13</sub> NO <sub>3</sub> solubility in water 1.4mg/L(25°C)Stability Rate of hydrolysis increases with PH and in the presence of copper and possibly of other metals that can form chelates
Procymidone	di-carboximide	M.W 284.1 M.f C <sub>13</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> MP 166-166.5°C Solubility in water 4.5mg/L(25°C) /Slightly soluble in alcohols,in acetone180, xylen 43, chloroform 210, dimethylformamide 230, methanol 16/Stable to light, heat and moisture
Acephate	organo-phosphorus	M.W 183.2 M.f C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> NO <sub>3</sub> PS MP88-90°C solubility in water 790g/L(20°C)in acetone151, ethyl acetate35 bezenel6, hexane 0.1
Endosulfan	cyclodiene organochlorine	M.W 406.9 M.f C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> NCl <sub>6</sub> O <sub>3</sub> S MP ≥80°C solubility in water α-endosulfan0.32,β-endosulfan0.33 in ethyl acetate, dichlormethan, toluen200
Chlorethalonil	organo-chlorine	M.W 265.92 M.f C <sub>8</sub> N <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> solubility in water 0.6mg/L(25°C) acetone, dimetyl sulfoxide ,cyclohexane s.s, xylen s.s
Hexaconazol	aorgano-chlorine	M.W 314.2 M.f C <sub>14</sub> H <sub>17</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>3</sub> O MP 110-112°C solubility in water 0.017, in dichlormethan336, methanol246,acetone 164, ethyle acetate 120, toluene 59, hexane 0.8 /Stability Stable for at least 6 years at ambient temp.stable to hydrolysis and photolysis in water

의 농약분석용을 사용하였다.

(2) 실험기기

GC는 Hewlett Packard사의 6890 series(U.S.A)로서 HP 7683 automated sampler를 설치 사용하였고, GC-ECD (Electron capture detector) 및 GC-NPD(Nitrogen phosphorous detector) 검출기를 사용하여 잔류농약 동시 다성분 분석법을 이용하여

분석하였다.

각각의 분석조건은 Table 2, 3과 같다.

NPD 검출기의 경우 서로 성질이 다른 2가지의 칼럼(HP-35, HP-5)을 사용하였고 ECD 검출기의 경우에도 서로 성질이 다른 2가지의(HP-1701, HP-5)의 칼럼으로 cross check하였으며, 최종 확인은 5973 series mass selectivedetector GC/MSD 로 하였다.

**Table 2. Analytical conditions of GC/NPD**

Model	Hewlett-Packard 6890 GC	
Detector	NPD	
	HP-35	HP-5
Column	(HP.Co, 30m× 250 $\mu$ m×0.25 $\mu$ m)	(HP.Co, 30m× 250 $\mu$ m×0.25 $\mu$ m)
Carrier Gas	N <sub>2</sub>	
Carrier Gas Flow Rate	1.0 ml/min	1.1 ml/min
H <sub>2</sub> Flow Rate	3.2 ml/min	
Air Flow Rate	60.0 ml/min	
Oven Temp. (program)	120°C(3min)-8°C/min-180°C (0.5min)-4°C/min-210°C(3min) -10°C/min-280°C(3min)	
Injection Temp.	250°C	250°C
Detector Temp.	280°C	280°C
Split Ratio	Splitless	

**Table 3. Analytical conditions of GC/ECD**

Model	Hewlett-Packard 6890 GC	
Detector	ECD	
	HP-1701	HP-5
Column	(HP.Co, 30m× 250 $\mu$ m×0.25 $\mu$ m)	(HP.Co, 30m× 250 $\mu$ m×0.25 $\mu$ m)
Carrier Gas	N <sub>2</sub>	
Flow Rate	1.0 ml/min	1.0 ml/min
Oven Temp. (program)	150°C(3min)-5°C/min-240°C (5min)-10°C/min-270°C(10min)	
Injection Temp.	250°C	250°C
Detector Temp.	280°C	300°C
Split Ratio	Split	

GC/MSD조건은 아래 Table 4와 같으며 주입부 온도는 250°C이고 미량검출을 위해 비분할 방식으로 정성분석용인 Scan mode를 사용하였다.

(3) 분석방법

동시 다성분 분석법에 의하여 분석하였으며 Fig.1과 같다

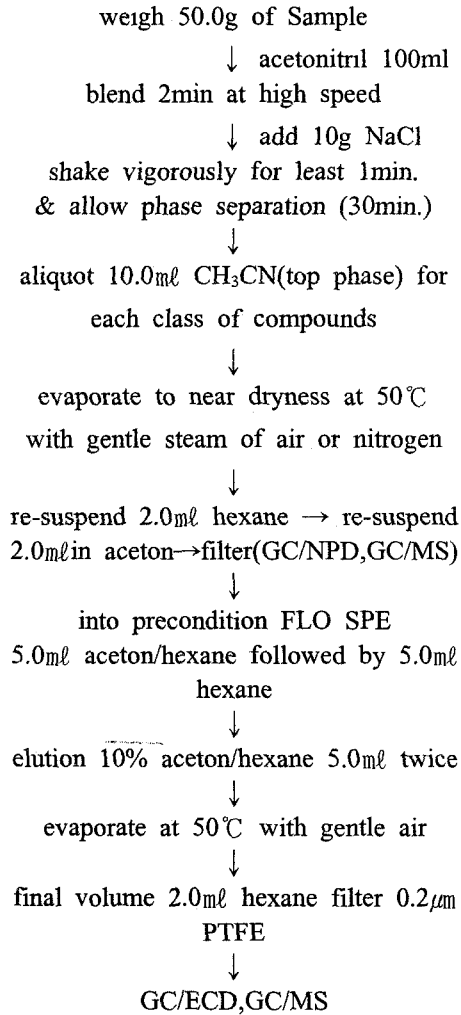
**III . 결과 및 고찰**

**1. 흐르는 물에 의한 세척**

본 실험에 앞서 실시한 예비실험 결과 잔류농약이 검출된 농산물에 대하여 세척하지 아니하고 원상태 그대로 중량을 측정하여 잔류농약실험을 실시하였을 때 분석 결과의 오차가 매우 큰 폭으로 차이가 남을 알 수 있었다. 따라서 살충 및 살균의 목적으로 농약

**Table 4. Analytical conditions of GC/MSD**

Model	Hewlett-Packard 5973 GC	
Detector	MSD	
	HP-5MS	
Column	(HP.Co,30m×250 $\mu$ m×0.25 $\mu$ m)	
Carrier Gas	He	
Flow Rate	1.0 ml/min	
Oven Temp. (program)	100°C(2min)-10°C/min- 280°C(5min)	
Injection Temp.	250°C	
Detector Temp.	280°C	
Split Ratio	Splitless	



**Fig.1. Flow chart of treatments in samples.**

을 살포시 농약이 농산물 표면에 균일하게 살포되지 아니한 이유라 생각되어진다. 따라서 본 연구에 사용되어진 시료는 약 1~2kg을 취하여 모두 2~3cm로 세절하여 균일하게 섞은 후 사용하였다

유기인계 잔류농약인 클로로피리포

스가 검출된 얼갈이, 시금치, 배추숙음, 취나물에 대하여 흐르는 물에 의한 세척방법에 의한 잔류농약의 감소는 **Table 5**와 같이 43.3 ~ 82% 제거된 것으로 나타났다. 시금치는 물에 의한 세척으로 잔류농약이 82% 제거되어 가장 많이 제거된 것으로 나타났고 취나물의 경우 43.3% 제거되어 가장 낮은 제거를 나타내었다. 이는 시금치 표면과 취나물의 표면의 차이로 여겨지며 취나물과 같이 표면적이 돌기와 거친 형태에서 적게 감소된 것은 전<sup>3)</sup>의 논문과 일치한다. 얼갈이의 경우 검출된 프로시미돈이 흐르는 물에 의하여 67.6% 까지 제거되었다.

취나물에서 헥사코나졸과 파리고추에서 검출된 아세페이트의 경우 물에 의한 제거정도가 각각 17.7%, 4.7%로 나타나 세척에 의한 잔류농약제거가 어려움을 알 수 있었다. 이는 헥사코나졸이 물에 의한 용해도가 적고 안정된 화합물이라 제거가 어려운 것으로 여겨진다. 얼갈이의 경우 물에 의한 세척으로는 클로르타로닐이 88.4% 제거됨으로 나타났고 상추에 있어서 엔도설판의 물에 의한 제거는 61.8%로 나타났다.

## 2. 세제에 의한 세척

클로르피리포스가 검출된 얼갈이, 시금치, 배추숙음, 취나물에 대하여 세제에 의한 세척방법에 의한 잔류농약의 감소는 측정된 결과 **Table 6**과 같이 38.3 ~ 78%가 제거됨으로 나타났다.

시금치에서 세제에 의한 세척으로 얼갈이에서 클로르타로닐이 74.8%제

**Table 5. Change of pesticide residues after washing with water(unit:ppm,(%))**

Agricultures	Pesticides	Initial Conc	Remained amount		
			1st washing	2st washing	3st washing
eulgari	Chloropyrifos	0.130	0.076(58.5)	0.071(54.6)	0.064(49.2)
spinach	Chloropyrifos	0.050	0.014(28.0)	0.011(22.0)	0.009(18.0)
bachusocum	Chloropyrifos	0.191	0.158(82.7)	0.109(57.1)	0.104(54.5)
Aster scaber	Chloropyrifos	0.328	0.273(83.2)	0.258(78.6)	0.186(56.7)
eulgari	Procymidone	2.390	1.310(54.8)	0.910(38.1)	0.774(32.4)
quarr pepper	Acephate	3.256	2.222(68.2)	2.992(91.9)	3.105(95.3)
lettuce	Endosulfan	0.131	0.066(50.4)	0.058(44.2)	0.050(38.2)
eulgari	Chlorthalonil	1.896	0.312(16.5)	0.185(9.8)	0.220(11.6)
Aster scaber	Hexaconazole	0.356	0.359(100.8)	0.316(88.8)	0.293(82.3)

**Table 6. Change of pesticide residues after washing with detergent(unit:ppm,(%))**

Agricultures	Pesticides	Initial Conc	Remained amount		
			1st washing	2st washing	3st washing
eulgari	Chloropyrifos	0.130	0.053(40.7)	0.046(35.4)	0.040(30.7)
spinach	Chloropyrifos	0.050	0.014(28.0)	0.012(24.0)	0.011(22.0)
bachusocum	Chloropyrifos	0.191	0.132(69.1)	0.126(66.0)	0.118(61.7)
Aster scaber	Chloropyrifos	0.328	0.190(57.9)	0.188(57.3)	0.152(46.3)
eulgari	Procymidone	2.390	1.100(46.0)	0.741(31.0)	0.732(30.6)
quarr pepper	Acephate	3.256	2.943(90.4)	2.727(83.7)	2.805(86.1)
lettuce	Endosulfan	0.131	0.04(30.5)	0.03(22.9)	0.03(22.9)
eulgari	Chlorthalonil	1.896	0.372(19.6)	0.261(13.7)	0.288(15.2)
Aster scaber	Hexaconazole	0.356	0.359(100.8)	0.277(77.8)	0.261(73.3)

거되어 세제에 의해 높은 제거율을 나타내었고 헥사코나졸이 검출된 취나물에서 세제에 의하여 잔류농약이 26.7%의 제거율을 나타내었다.

### 3. 식초에 의한 세척

클로르피리포스가 검출된 열갈이, 시

금치, 배추숙음, 취나물에 대하여 식초에 의한 세척 방법에 의한 잔류농약의 감소는 측정된 결과 52.1 ~ 84%가 제거됨으로 나타났다(Table 7). 시금치에서 식초에 의한 세척으로 84% 감소되어 가장 높은 제거율을 나타냈고 취나물에서 클로르피리포스는 52.1%로 가장 적게 제거된 것으로 나타났다.

**Table 7. Change of pesticide residues after washing with acetic acid(unit:ppm,(%))**

Argricultures	Pesticides	Initial Conc	Remained amount		
			1st washing	2st washing	3st washing
eulgari	Chloropyrifos	0.130	0.044(33.8)	0.045(34.6)	0.038(29.2)
spinach	Chloropyrifos	0.050	0.011(22.0)	0.010(20.0)	0.008(16.0)
bachusocum	Chloropyrifos	0.191	0.132(69.1)	0.089(46.6)	0.081(42.4)
Asterscaber	Chloropyrifos	0.328	0.242(73.8)	0.221(67.3)	0.157(47.9)
eulgari	Procymidone	2.390	1.100(46.0)	0.74(30.9)	0.732(30.6)
quarri pepper	Acephate	3.256	3.711(114.0)	3.490(107.2)	3.434(105.5)
lettuce	Endosulfan	0.131	0.048(36.6)	0.04(31.3)	0.03(22.9)
eulgari	Chlorthalonil	1.896	0.674(35.5)	0.575(30.3)	0.543(28.6)
Aster scaber	Hexaconazole	0.356	0.277(77.8)	0.214(60.1)	0.201(56.5)

얼갈이의 경우 검출된 프로시미돈이 식초에 의하여 69.4% 까지 제거되었다. 파리고추에서 검출된 아세페이트는 제거가 거의 되지 않은 것으로 나타났다. 상추에 있어서 엔도설판의 식초에 의한 제거정도는 77.1%로 나타났다.

얼갈이에서 클로르타로닐이 71.4% 제거되어 식초에 의해 높은 제거율을 나타내었고 헥사코나졸이 검출된 취나물의 경우 식초에 의하여 잔류농약이 43.5%의 제거되는 것으로 나타났다.

#### 4. 초음파에 의한 세척

초음파에 의한 세척의 정도는 취나물 원시료에서 검출된 헥사코나졸 356ppm 보다 22.5% 감소한 0.276ppm으로 나타났다.

얼갈이의 경우 원 시료에서 프로시미돈 2.39ppm 검출되었는데 초음파세척에

의하여 1.28ppm으로 나타나 46.4% 감소된 것으로 측정되었다. 얼갈이에서 클로르타로닐 이 1.896 ppm 검출된 시료의 경우 초음파에 의하여 49.0% 감소된 0.966ppm으로 측정되었다.

#### 5. 껍질의 제거에 따른 측정

복숭아 및 사과에 대하여 일반적으로 가정에서 섭취하는 방법과 같이 과도를 이용하여 껍질을 제거한 후 가식부와 껍질에 대하여 각각 잔류농약을 측정한 결과 **Table 8**과 같았다.

시료의 껍질부위만 취하여 측정한 결과 복숭아 0.127ppm 사과 0.134 ppm이 검출되었으나 시료에서는 불검출로 측정되었다. 왜냐하면 원 시료는 사과의 가식부위 전체에서 취해지므로 껍질 제거된 과육 부위와 농약이 검출된 껍질부위가 함께 시료로 측정되어 껍질만 취하였을 경우보다 잔류농약이 희석되어 불검출된 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

**Table 8. Change of pesticide residues after feeling (unit:ppm)**

fruits	Pest-icides	Initial Conc	Remained amount		
			1st washing	peel	content
peach	chlor-pyrifos	0	0	0.127	0
apple	chlor-pyrfos	0	0	0.134	0

알갈이, 시금치, 배추숙음등 유통 농산물에서 검출된 클로르피리포스, 프로시미돈, 엔도설판, 클로르타로닐, 헥사코나졸에 대하여 여러 가지 세척방법에 의하여 제거정도를 측정 한 결과 다음과 같았다.

1. 흐르는 물에 의한 농약의 제거율은 4.7 % ~ 88.4%로 나타났고 세제에 의한 농약의 제거율은 13.9 ~ 78.0%로 나타났다.

2. 식초물에 의한 농약의 제거율은 0 ~ 84.0%로 나타났고 초음파에 의한 세척은 22.5 ~ 49% 로 나타났다.

3. 세척효과는 방법의 종류보다 횟수가 증가할수록 효과적이었으며 세척율의 차이는 각 농약의 특성상 차이로

표면에 부착하는 양과 내부에 침투한 양이 다르기 때문으로 나타났다.

4. 검사대상 시료중 시금치에서 잔류 농약 제거 효과가 가장 높았으며 농약으로는 클로르타로닐 제거율이 가장 높았다.

5. 과일류는 껍질부위에서 주로 잔류 농약이 검출되었으며 껍질 제거된 가식부에서는 검출되지 않았다.

#### 참고문헌

1. 농약공업협회 (2003)농약사용지침서
2. 식품의약품안전청(2003)식품공전
3. 김진배,송병훈,전재철,임건재,임양빈. (1997) 제형에 따른 농약의 작물체부착성 및 잔류성. *한국농약과학회지*. 제1권 제1호 pp. 35-40
4. 식품 의약품 안전청(1999) 내분비계장애물질 독성자료집.
5. 한선희,조한빈(1999) 쌀의 저장온도, 세척 및 취반이 일부 농약잔류의 제거에 미치는 효과.*J.f.d.safety* 14 ( I ) pp 9 - 16
6. 전옥경,이강문,신재영(1999) 식품처리에 따른 농약 잔류량 변화에 관한 연구. *한국환경위생학회지*.Vol 25, No.2 pp 83-96



# 반월, 시화공단지역 VOCs 분포 특성 연구

나경호 · 장은아 · 신종현 · 홍순모 · 송기봉 · 허평 · 이석재 · 김주열  
자연환경측정팀

## A Study on the Distribution Characteristics of VOCs in Banwol and Sihwa Industrial Complex Area

Kyung-Ho Na, Eun-Ah Jang, Jong-Hyun Shin, Soon-Mo Hong,  
Ki-Bong Song, Pyung Heo, Suk-Je Ree, Ju-Yul Kim  
*Environment Monitoring Team*

**Abstract** . This study was conducted to investigate the distribution characteristics of VOCs in Banwol and Sihwa Industrial complex sites and to use as a fundamental material for management of VOCs in the areas.

As a result, thirty nine of forty three investigation components were detected and eight components of Chloromethane, Chloroform, Toluene, etc. were detected constantly in Banwol Industrial Complex, twenty six of forty three investigation components were detected and five components of Chloroform and Freon11, Freon12, Freon114, etc. were detected continuously in Sihwa Industrial Complex. And it is found that VOCs emitted from the two industrial complex decrease 79% in Banwol, 64% in Sihwa respectively traveling to residential area and it indicates the diffusion effect of Banwol Insustrial Complex is better than that of Sihwa.

The results suggest that continuous investigation into VOCs of industrial complex sites is demanded and VOCs monitering system needs to be established to manage VOCs effectively.

Key words : VOCs, detection, Banwol and Sihwa Industrial Complex, concentration distribution.

### I. 서 론

국내 VOCs(Volatile Organic Compounds)에 대한 본격적인 관리는

1996년 여천지역이 대기보전특별대책규 제지역으로 지정되면서 시작되었다고 볼 수 있다<sup>1)</sup>. 다음해엔 울산, 미포, 온산 공단으로 확대되었고 이어 경기도내 15

개시를 서울, 인천과 함께 대기환경규제 지역으로 지정하면서 정책적 관리가 진행되어 왔다.

규제지역지정으로 인해 해당지역기업들은 VOCs에 대한 배출규제를 받게 되었는데 정부는 2001년 이후 37개 종류의 휘발성유기화합물질을 규제대상물질로 지정하고 석유화학 및 유기용제업 등 10여 업종에 대해 1999~2004년까지 VOCs 배출억제 및 방지시설을 설치하도록 의무화하였다<sup>2)</sup>.

VOCs는 일반적으로 20°C에서의 증기압이 0.13kPa에서 101.3kPa사이인 화합물을 지칭하고 있는데, 우리나라는 규제대상물질 지정을 위해 탄화수소류 중 레이드증기압이 10.3kPa(또는 1.5psia)이상인 석유화학제품이나 유기용제 및 기타물질로 정의하고 있다<sup>3)</sup>.

이렇게 VOCs가 관심의 대상이 되고 있는 이유는 첫째, VOCs 성분이 가지는 인체에 대한 위해성 때문이다. 방향족 및 할로젠탄화수소류는 흡입시 중추신경에 영향을 주어 암을 유발할 가능성이 있는 것으로 알려져 있으며 그 외 대부분의 VOCs가 자극 및 불쾌감을 유발하는 물질들로 알려져 있다. 둘째, 대기중의 질소산화물등과 반응하여 오존등 광화학스모그를 생성하여 2차 환경오염을 유발하기 때문이다. 실제로 오존전구물질로 알려져 있는 물질은 55종(주로 지방족탄화수소)에 이르고 있다.

셋째, 성층권으로 이동하여 오존층을 파괴하는 역할을 하기 때문이다. Freon이나 Halon이 대표적인 물질들이나 대부분의 염소계 탄화수소는 이러한 성향을 가지고 있다<sup>4)</sup>.

대기질 중 VOCs에 대한 조사는 90년대 중반이후 본격적으로 실시되어 왔으나 주로 대도시중심으로 이루어졌고 공단지역은 주로 울산, 여천등 대기보전특별대책지역들을 중심으로 행하여져 왔다<sup>5)</sup>. 반월, 시화공단의 VOCs은 90년대 후반 악취가 사회문제화 되면서 악취의 일부로 보고 관심을 갖기 시작했는데 실제 악취가 없는 물질도 존재하는 등 악취에 대한 기여가 적은 물질로 알려져 관심의 대상에서 다소 멀어지고 있는 느낌이다.

그러나 VOCs는 기 언급한대로 악취관점이 아닌 유해성과 2차 공해 유발이라는 관점에서 악취와 다르게 접근해야 할 필요가 있다고 본다.

특히 경기도는 VOC 규제대상업체수가 1,718개소로 이중 90%인 1,552개소가 수도권에 밀집되어있어 주의를 기울여 할수 없는 입지적 상황을 가지고 있다.

VOCs 발생원은 자연적인 발생원과 인위적인 발생원으로 구분할수 있는데 자연적인 발생원은 습지나 초목에서 발생하는 methane이나 terpene, ester나 ketone등을 들수 있으며 인위적인 발생원은 도장이나 자동차운행, 주유소, 유류저장출하, 인쇄, 세탁 등에서 발생하는 유기용제류 및 석유화학제품을 들 수 있다<sup>6)</sup>. 실제로 국내 산업체에서 발생하는 VOCs 배출량은 도장산업이 46.2%, 자동차운행 등 유류관련분야가 44.8%로 크게 이들 두분야가 배출원의 대부분을 차지하고 있다.

Table 1. Status of the discharge amount of VOCs in Republic of Korea. (unit : %)

Discharge sources	Paint	Driving of car	Gasoline station	Oil storage & treatment	Printing	Road pavement	Laundry
%	46.2	34.9	5.3	4.6	3.6	3.2	2.2

※ Total discharge amount of VOCs(1997)  
: 611,000ton.

반월 시화공단에 대한 VOCs 관리는 상기한 점에서 그 중요성이 크다고 보며 취급 업체에 대한 관리 규제와 함께 실제 대기중에 존재하는 VOCs의 농도에 대한 조사와 누출에 대한 감시가 지속적으로 이루어져야 할 필요가 있다.

본 연구는 이러한 방안의 일환으로 반월, 시화지구의 대기 중에 존재하는 VOCs 중 인체유해성이 큰 방향족 및 할로젠족탄화수소들에 대한 분포특성 연구를 실시하게 되었으며 이를 미흡

하나마 VOCs 관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 제공하고 자 한다.

## II. 측정 및 분석방법

### 1. 시료채취

본 연구의 시료채취기간은 2003년 8월에서 10월까지 3개월간 매월 10일씩 실시하였으며 VOCs 시료채취도구인 6L Canister를 이용하여 오전 11시부터 익일 11시까지 24시간 단위로 시료를 채취하였다.

시료채취지점은 반월, 시화공단과 그 주변의 주거지역을 대상으로 하였으며 공단내 지역과 주변 주거지역에 각각 2개 지점을 선정하고 동지점에서 서쪽으로 10km이상 이격된 섬지역을 대조군으로 총 9개의 시료채취지점을 선정하여 시료 채취를 실시하였다.

시료채취지점 선정은 공단영향권역을 격자로 나누고 공단지역과 주거지역에서 각각의 중심이 되는 두개 지점을 선정하였으며 지점간 거리는 약1.5km 였다.(Fig.1.)

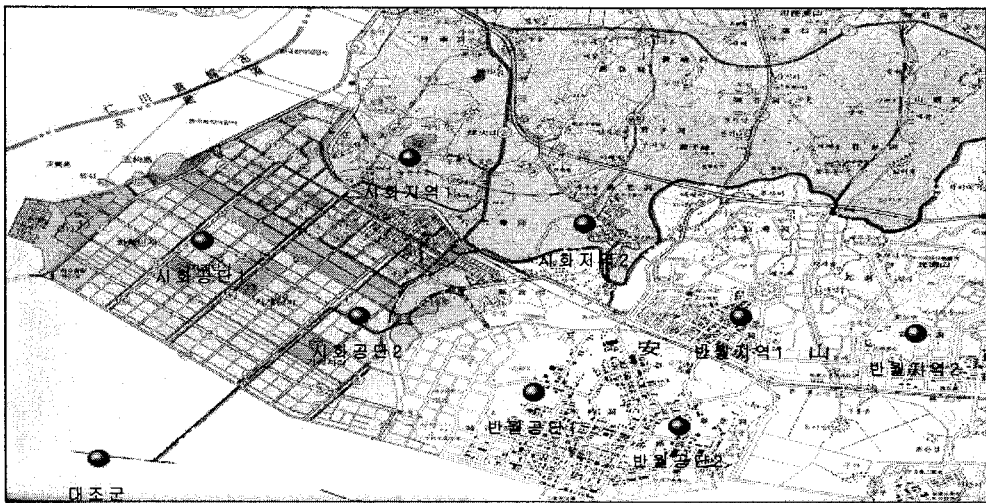


Fig.1. Sampling sites in Sihwa & Banwol area

## 2. 분석방법

시료채취 및 분석방법은 휘발성유기화합물을 안정적으로 포집하는 방법<sup>7)</sup>으로 알려진 미 EPA의 TO14 Method를 이용하였으며 분석장비로는 열탈착장치(perkin elmer, Turbo Marix ATD)가 장착된 GC/FID(Perkin elmer, Autosystem XL)를 사용하였다.

기상자료는 반월, 시화지역의 기상자료가 미흡해 인근 인천의 기상자료를 참조하였다.

ATD 및 GC의 분석조건은 Table 2.와 같으며 표준물질은 TO14에서 제안하고 있는 프레온을 포함한 독성 VOCs 43개 물질(이하 광화학 VOCs와 구분하기 위해 Toxic VOCs로 약칭한다) 1ppm을 이용하여 각각 5, 10, 50, 100, 300ppb로 단계 희석한 다음 검량선을 작성하였으며 각 성분 검량선의 직선성은 0.999이상을 나타내었다. 표준물질의 Chromatogram은 Fig.1. 과 같다.

또한 GC의 단점인 Retention time의

변동에 따른 판독의 오차를 최소화하기 위해 자주검출되는 물질간의 RT 간격을 지정하는 방식인 RRT기법을 활용하였다.

Table 2. Operating parameters for GC & ATD

Parameter	Condition
ATD	Perkin elmer Turbo Matrix ATD
Absorption flow	20ml/min
Absorption time	50min(total volume 1L)
Trap temp	-30°C ~ 325°C
Trap type	Air monitoring trap for Method TO14
Trap hold time	5min
Outlet split	3 : 1
GC	FID(Perkin elmer, Autosystem XL)
Column	50m*0.22mm*1.0µm(BP1)
Carrier gas	He at 1.25ml/min
Injector/Detector temp	260°C/270°C
Oven program	temp 35°C (5min)-3°C/min-100°C -80°C/min-250°C (5min) total time : 50min
How to maintain reappearance	to RRT

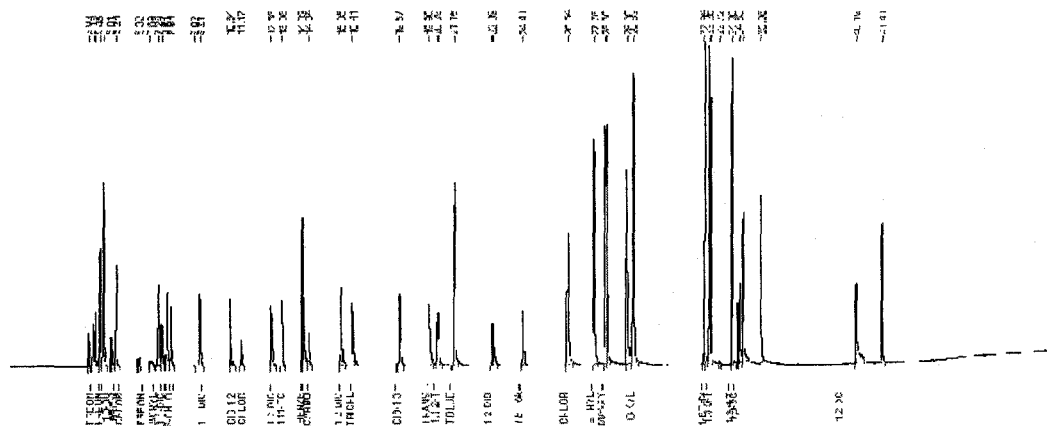


Fig.2. Chromatogram of the VOCs standard substance.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. Toxic VOCs 최고검출농도 및 항목

반월, 시화공단에서 채취한 Toxic VOCs 분석결과 최고값을 나타낸 항목은 반월공단지역의 경우 Chloromethane 1,522ppb, Chloroform 1,043ppb, Toluene 864ppb, Freon12 563ppb, Hexa-1,3-butadiene 302ppb순으로 나타났으며 시화공단은 Chloroform 556ppb, Freon 12 323ppb, Freon 11 253ppb, Freon 114 189ppb순으로 나타났다.

이결과를 통해 반월공단은 VOCs 중 mono Cl 계열과 Toluene, Freon 일부가, 시화공단은 Chloroform과 Freon 계열이 최고농도군을 형성하는 것으로 나타났는데 이는 누출에 의한 영향으로 추정된다.

수자원공사<sup>8)</sup>에서 1997년~1999년 시화지구에 대해 실시한 조사에 의하면 동일한 캐니스터를 이용하여 10시간 시료포집하거나 흡착관을 이용하여 순간적인 채취를 통해 분석한 결과 최고값으로 Toluene 220ppb, Freon 11 196ppb, Chloroform 180ppb, m,p-Xylene 98ppb가 나타나 본 조사와 항목에서는 일치를 나타내고 있으나 농도에서 다소 차이가 있었다. 이는 측정시간의 차이에 기인한 것으로 추정되며 본 조사의 시료채취시간인 24시간과는 다른 낮시간 중 10시간이나 순간값을 이용함에 따른 차이로 해석된다.

단지 특이할 만한 것은 1985 몬트리올의정서 채택으로 오존층보호를 위해

프레온가스를 제한하도록 하고 있는데 프레온가스가 높게 검출되고 있다는 점이다.

#### 2. 공단지역별 농도분포

##### 가. 반월공단지역

반월공단은 2,139업체에 69,000여명의 근로자가 종사하고 있으며 주업종은 기계, 전기, 섬유, 석유화학 등을 이루고 있다.(Fig. 3.)

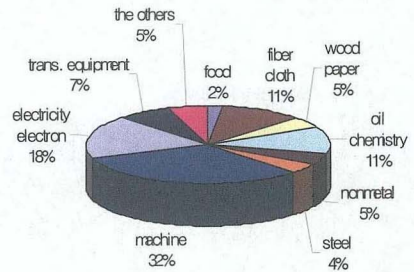


Fig. 3. Status of business type in Banwol industrial complex

조사결과 43개의 Toxic VOCs 중 39개 물질이 검출되었으며 최고값 200ppb이상을 나타냈던 항목은 Chloromethane, Chloroform, Toluene, Freon 12, Hexa-1,3-butadiene, cis-1,2-DCE, 3-Chloropropylene, Tetrachloroethylene순으로 8가지 물질이었으며 이는 1,2,3,4개의 Cl를 가진 화합물과 Freon, Toluene, Butadiene 류로 다양한 VOCs 성분이 검출된 것이 특징이라 할수 있다.(Table 3)

또한 매 시료마다 지속적으로 검출된

항목은 평균값 순으로 Chloroform, Chloromethane, Toluene, Freon 12, Acrylonitrile, Freon 114, cis-1,2-DCE, 1,3-butadiene의 8개 물질로 나타났는데 이는 반월공단의 일반적인 VOCs 발생형태를 나타내는 것으로 생각된다.

이는 강 등<sup>9)</sup>이 각종산업시설의 환경기초시설에 대한 VOCs의 조사에서 BTEX계 탄화수소와 Freon, TCE, PCE등 파라핀계 염소계화합물이 상당수준 검출되었다고 발표한것과 거의 일치하였다.

#### 나. 시화공단지역

시화공단은 3,667개업체에 47,000여명의 근로자가 종사하고 있으며 주업종은 기계, 전기, 석유화학등을 이루고 있다.(Fig. 4.)

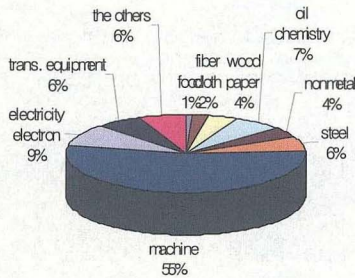


Fig. 4. Status of business type in Sihwa industrial complex

조사결과 43개 Toxic VOCs 중 26개 항목이 검출되었으며 최고값 200ppb 이상을 나타냈던 항목은 Chloroform,

Freon 12, Freon11등 3개 항목이었으며 매 시료마다 지속적으로 검출된 항목은 평균값순으로 Chloroform, Freon11, Freon 12, Freon 114, Toluene의 5개 항목으로 고농도의 다양한 반월공단보다는 비교적 저농도의 단조로운 양상을 띠고 있는 것으로 조사되었다.(Table 3)

이는 수자원공사<sup>8)</sup>에서 1997년~1999년 동지역에 대해 실시한 조사한 결과, 지속적으로 검출된 항목은 상기물질을 포함해서 Methylene chloride, 111TCE, Benzene, TCE, Ethyl benzene, Styrene을 나타내 과거보다 대기질이 다소 개선된 것으로 평가할 수 있는 단서가 되지 않을까 추정된다.

### 3. 공단 및 주거지역간의 농도차이

편차가 크지 않은 5ppb이상 측정된 주요항목에 대해 주거지역대비 공단지역의 농도비 평균을 조사한 결과 반월공단은 3.8배로 시화공단은 1.75배로 나타났다. 이는 반월 주거지역이 반월공단 농도의 21% 수준을 시화 주거지역이 시화공단농도의 36% 수준을 나타낸 것으로 조사대상물질이 교통의 영향과는 다른 물질인 점을 감안할 때 공단의 영향으로 파악하는 것이 적절하다고 본다.(Fig.5.)

본 논문에서는 공단에서 주거지역으로 이동하는 오염물질 거동에 대한 조사는 생략하였으며 참고로 8월중 공단주변의 풍향, 풍속, 운량, 운고에 의한 바람장미를 시현하였다. 결과 주풍향이 북풍과 남서풍으로 나타났으며 평균풍속은 2m/s이었다.(Fig.6.)

Table 3. Detected VOCs concentration in Banwol and Sihwa industrial complex.  
(unit : ppb)

Site Conc. Components	Banwol complex			Sihwa complex			Daebudo		
	Mean	STDEV	Max	Mean	STDEV	Max	Mean	STDEV	Max
Total VOCs	595.2	711.6	-	215.9	184.6	-	611.8	1187.1	-
Freon12	41.0	95.2	563.1	18.9	45.7	323.0	10.5	17.4	56.8
Chloromethane	72.0	205.3	1521.9	N-D	N-D	N-D	25.8	61.8	192.9
Freon 114	7.2	8.3	42.9	8.9	25.7	189.1	4.6	6.1	19.1
Vinyl chloride	0.9	1.6	5.7	0.7	1.6	6.4	1.4	2.0	5.7
1,3-Butadiene	3.7	3.5	15.3	5.1	14.6	106.5	2.5	3.9	12.8
Bromomethane	0.1	N-D	6.0	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
Chloroethane	0.1	N-D	7.0	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
Freon 11	75.7	10.8	3887.7	29.7	46.1	253.0	365.5	1168.7	3887.7
Acrylonitrile	15.7	15.8	74.5	17.0	23.3	79.7	8.0	12.7	32.4
1,1-Dichloroethylene	0.8	1.3	10.0	0.6	1.5	5.3	0.1	0.1	0.2
3-Chloropropylene	6.8	29.6	224.4	2.9	7.4	47.5	0.5	1.6	5.5
Methylene chloride	0.9	1.6	12.0	0.9	2.7	16.1	0.8	1.3	3.4
Freon 113	1.2	2.3	13.0	0.1	0.6	4.3	N-D	N-D	N-D
1,1-Dichloroethane	8.4	21.3	121.1	0.7	1.5	5.5	0.5	1.7	5.8
cis-1,2-DCE	5.8	32.5	248.0	N-D	N-D	N-D	0.2	0.8	2.7
Chloroform	181.2	233.6	1042.6	110.1	143.3	555.6	170.0	183.7	569.9
1,2-Dichloroethane	12.1	28.6	169.8	1.2	2.4	11.3	1.1	2.1	6.7
111-TCE	0.9	1.8	18.0	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
Benzene	0.3	N-D	19.0	0.1	0.6	4.4	N-D	N-D	N-D
Carbon Tetrachloride	3.7	7.2	39.4	0.5	1.4	4.7	0.2	0.8	2.5
1,2-Dichloropropane	4.7	12.5	74.2	0.1	0.7	5.1	N-D	N-D	N-D
Trichloroethylene	2.8	6.9	42.9	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
cis-1,3-DCP	9.5	25.6	159.5	0.5	1.8	7.6	N-D	N-D	N-D
Trans-1,3-DCP	3.5	8.9	57.2	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
1,1,2-TCE	1.6	3.3	25.0	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
Toluene	52.1	120.3	863.6	9.1	12.1	57.1	14.5	18.1	56.2
1,2-Dibromoethane	3.9	9.9	56.4	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
Tetrachloroethene	13.1	36.3	208.7	0.3	1.6	11.7	N-D	N-D	N-D
Chlorobenzene	1.9	4.0	29.0	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
Ethylbenzene	3.3	6.5	34.0	0.5	1.4	4.5	0.1	0.3	1.0
m-Xylene	3.8	9.8	54.9	0.5	1.1	3.3	0.6	1.3	3.4
p-xylene	3.1	4.7	32.0	1.4	3.0	11.9	0.5	1.3	4.0
Styrene	3.2	6.2	33.0	0.2	0.9	5.8	0.5	1.7	5.8
o-Xylene/1122-TCA	9.7	24.3	126.1	0.7	1.6	4.3	0.5	1.2	4.1
1-ethyl-4-methyl ben	2.4	4.3	35.0	0.2	1.0	4.2	N-D	N-D	N-D
1,3,5-TMB	2.3	4.6	36.0	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D	N-D
1,2,4-TMB	3.6	6.6	37.0	0.2	0.7	4.0	N-D	N-D	N-D
1,4-DCB	2.9	3.5	38.0	0.9	2.1	7.2	N-D	N-D	N-D
1,3-DCB	11.1	20.1	112.8	1.4	3.0	9.4	1.4	2.7	9.1
1,2-DCB	2.8	4.3	40.0	0.2	1.0	5.5	0.5	1.7	5.5
1,2,4-TCB	2.9	4.0	41.0	1.6	6.0	39.5	1.4	3.1	8.6
Heza-1,3-butadiene	12.8	39.6	301.7	0.7	2.7	16.1	0.2	N-D	1.8

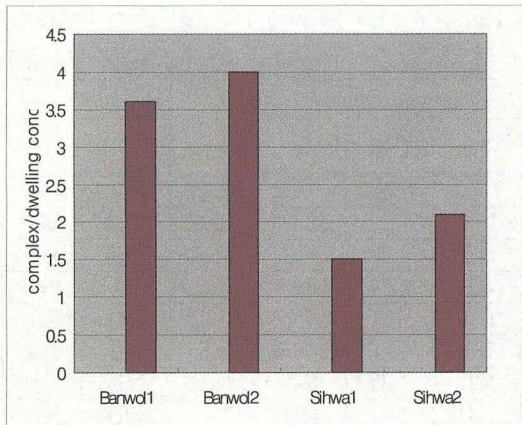


Fig. 5. The rate of the concentration on the industrial complex per residential site.

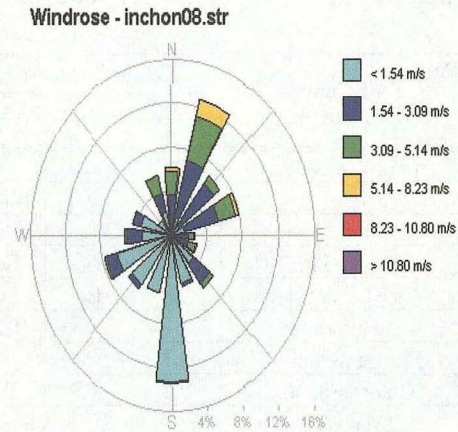


Fig. 6. Windrose of September in Incheon area.

Table 4. VOCs distribution status between domestic cities<sup>10,11)</sup>

(unit : ppb)

Sampling sites Components	Banwol	Sihwa	Daebudo	Daegu	Daegu	Seoul	Seoul	Yeochun	Ulsan	Gumi
1,3-Butadiene	3.7	5.1	2.5	-	-	-	-	-	1.5	-
Acrylonitrile	15.7	17.0	8.0	-	-	-	-	-	-	-
Chloroform	181.2	110.1	170.0	-	-	-	-	-	0.42	0.64
1,2-Dichloroethane	12.1	1.2	1.1	-	-	-	-	-	-	0.05
111-TCE	0.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzene	0.33	0.08	-	2.5	2.9	2.2	0.8	2.1	11.5	1.03
Carbon tetrachloride	3.7	0.52	0.23	-	-	-	-	-	-	0.00
Trichloroethylene	2.8	-	-	-	-	-	-	-	0.18	2.8
Toluene	52.1	9.1	14.5	13.7	25.5	10.8	11.8	2	10.1	12.3
Ethylbenzene	3.3	0.55	0.13	1.4	1	0.8	1	0.3	2.4	1.2
m,p-Xylene	6.9	0.53	0.57	3.6	2.9	2.2	1	0.7	10.7	1.5
o-Xylene	9.7	0.70	0.48	1.8	1.5	1.3	-	1.4	3.4	0.92
Styrene	3.2	0.15	0.53	0.9	-	0.3	0.2	1	11.6	0.64

"-" means no detectable.

주거지역 농도수준이 반월지역의 경우 시화지역에 비해 높게 나타났는데 이는 두공단과 주거지역간 경계 구조차이에 의한 것으로 시화공단은 낮은 완충녹지공간이 있는 반면 반월공단은 다소 높은 완충녹지공간이 형성되어있어 주거지역에 이르는 동안 확산효과 반월공단이 더욱 크게 나타난 것이 아닌가 추정된다.

#### 4. 고농도 발생빈도와 요일별, 월별 상관성

요일별 개별항목 200ppb이상의 고농도 발생빈도는 반월, 시화공단이 동일하게 월요일과 수요일에 다소 높았으며 월별 발생빈도는 반월공단의 경우 8월>10월>9월순으로 조사된 반면 시화공단은 10월>8월=9월 순이었다.

이로 볼때 누출 등에 의한 VOCs 고농도 발생빈도는 주초에 발생하기 쉬운 경향이 있는것으로 나타났으며 월별 상관성은 거의 없는 것으로 보인다.

전체 조사일수에 대한 단일항목 200ppb이상 고농도발생사례는 반월공단이 14일중 6일, 시화공단은 15일중 7일로 나타났는데 이는 전체조사기간 29일중 13일로 44.8%로 비교적 높은 고농도 발생빈도를 보인것으로 조사되었다.

#### 5. 고농도발생일과 기상과의 상관성

측정기간중 기상에 따른 VOC의 정도를 알아보기위해 맑음, 흐림, 비로 구분하고 농도를 조사해 본 결과 반월공단은 맑음과 비일 때 고농도발생일이 각각 5일중 3일이었으며

흐림일 때는 5일중에서 없었다. 또한 시화공단은 맑음일 때 12일중 6일에서 고농도가 발생한 반면 흐린 이틀 중에서는 없었다.

맑은 날과 비온 날 동일한 고농도발생일을 나타낸 것을 볼때 VOCs의 일기에 따른 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

이는 이들 측정성분들이 비극성을 띠고 있어 비에 용해되지 않기 때문인 것으로 보인다.

풍속에 따른 고농도일과 저농도일간의 차이는 반월공단의 경우 2.3m/s와 2.5m/s로 큰 차이가 없었으며 시화공단의 경우도 2.2m/s와 2.1m/s로 유사하였다. 이상의 결과로 볼때 풍속에 따른 고농도일과 저농도일의 차이는 거의 없는 것으로 판단된다.

#### 6. 대조군

시화, 반월 공단의 서쪽에 자리하고 있는 대부도는 두공단에서 지속적으로 발견되고 있는 Freon12, Freon 114, Chloroform, Toluene이 대조군인 대부도에서도 동일하게 발견되고 있어 이곳 또한 공단의 영향권역에 있는 것으로 나타났다. 이로 공단의 영향이 미치지 않는 대조군으로서의 위치로 부적정한 것으로 파악되었다.

#### 7. Toxic VOCs의 농도수준

반월, 시화공단의 Toxic VOCs의 농도수준은 총 Toxic VOCs 농도로 볼때 반월공단의 경우 농도평균값으로 9-3916ppb(평균값 384ppb)였으며 시화공단은 0~752ppb(평균값 216ppb)이었다.

개별항목에 대해서는 Toluene의 경우 반월공단은 평균값으로 32.0ppb이었으며 시화공단은 9.1ppb를 나타냈는데 백 등이 대구시에 대해 조사한 농도 13.7~25.5ppb, 나, 문 등이 조사한 서울지역 10.8~11.8ppb 및 나 등이 조사한 여천지역 2.0ppb, 울산지역 10.1ppb, 최 등의 구미 12.3ppb와 비교할 때 대체로 높은 경향을 나타내었다.(Table 4.)

또한 Table 4.에서 제시하고 있는 국내 지역의 농도분포특성을 볼때 반월, 시화지역은 Chloroform, 대구, 서울, 구미지역은 Toluene이 이 높은 경향을 나타내고 있는 반면 여천, 울산은 Benzene, Toluene, Xylene, Styrene이 균등한 농도로 분포하고 있는 것으로 나타나 반월공단지역은 공단대기 특성을 대구 서울지역은 도시대기특성을 나타내고 있는 것으로 파악된다.(Fig. 5)

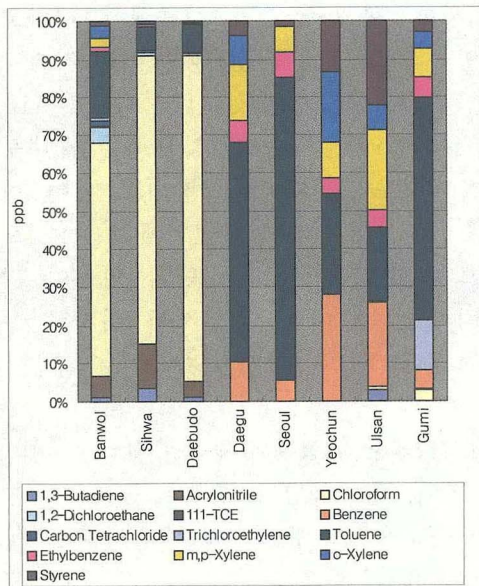


Fig. 7. VOCs composition characteristics between domestic cities.

Table 5. VOCs status of two industrial complex by EPA, WHO guide line<sup>3,5)</sup>

(unit : mg/m<sup>3</sup>)

Substance	EPA	WHO	Banwol	Sihwa
acrylonitrile	0.1	-	0.03	0.04
chloroform	0.4	-	0.82	0.55
1,2-dichloroethane	0.4	0.7	0.03	ND
dichloromethane	20	3	ND	ND
1,3-butadiene	0.04	-	0.01	0.01
benzene	1.0	-	ND	ND
TCE	-	1	0.01	ND
PCE	-	5	0.06	ND
Toluene	-	8	0.12	0.03
styrene	-	0.8	0.01	0.00

EPA와 WHO에서 대기환경 가이드라인으로 제시하고 있는 수치와 비교를 위해 측정된 평균값단위(ppb)를 20℃, 1기압 조건에서 mg/m<sup>3</sup>로 환산하여 나타내 보았다(Table 5).

그 결과 기준이 제시된 10가지 항목중 9가지 성분은 기준을 만족하였으나 두 공단 모두 Chloroform이 환경기준을 초과한 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

반월 및 시화공단의 VOCs에 대한 분포특성을 파악하기 위해 실시한 본 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 반월, 시화공단에서 채취한 대기질의 VOC 시료분석결과 반월공단지역에서는 Chloromethane과 Chloroform, Toluene, Freon12가 최고농도로 검출

되었으며 시화공단에서는 Chloroform, Freon 12, Freon 11, Freon 114등이 최고농도로 검출되어 전반적으로 반월공단지역이 고농도경향을 나타내었다.

2. 반월공단에서 상시 검출되는 물질은 Chloroform, Chloromethane, Toluene, Freon 12, Acrylonitrile, Freon 114, cis-1,2-DCE, 1,3-Butadiene 등 8가지 물질로 나타났으며 시화공단에서 상시 검출 물질은 Chloroform, Freon 11, Freon 12, Freon 114, Toluene 등 5종으로 시화공단이 비교적 단조로운 성분으로 구성된 것으로 나타났다.

3. 공단지역과 주거지역의 농도를 비교한 결과 주거지역이 공단에 비해 반월공단은 21% 수준, 시화공단은 36% 수준으로 나타나 반월공단 대기의 확산효과가 더 우수한 것으로 추정된다.

4. 고농도발생일의 기상과 관련여부는 VOCs가 가지는 비극성 성향 때문에 비에 의해 영향을 받지 않았으며 풍속에 의한 영향 또한 미미했다.

5. 개별 성분 200ppb이상 고농도발생일은 조사기간의 44%를 나타내 지속적인 관리가 필요한 것으로 파악되었다.

6. 공단 VOCs의 농도수준은 국내 대도시 및 공단과 비교시 전반적으로 높은 경향을 띠고 있으며 특히 Chloroform은 높은 분포율을 나타내었다.

7. 미국 EPA와 WHO가 제시하는 10개 VOC 성분에 대한 가이드라인과의 비교시 두 공단 모두 Chloroform 1개 성분에서 기준을 초과하였다.

8. 이상의 결과를 볼때 공단의 VOCs에 대한 지속적인 관찰이 요구되며 일시적 누출을 감시하기 위한 제도적 장치가 필요한 것으로 판단된다. 이를 위해 Toxic VOC 및 광화학측정망의 설치를 제안하고자 한다.

## 참고문헌

- 1) 심상규. (2003). 공단오염실태와 공단지역 대기개선연구방향. 대기환경20년사. pp300-309
- 2) 환경부. (2000). 대기환경규제지역휘발성유기화합물질. 배출시설 규제업무편람.
- 3) 환경부. (2001). 악취물질 발생원관리방안 개선을 위한 조사연구, pp208-210. pp232.
- 4) Field, R. Foldstone, M., Lester, J.N., and Perry, R. (1992). Atmos. Environ. 26A, pp 2983-2996.
- 5) 한국대기환경학회. (2000). 특정대기유해물질의 대기오염실태조사연구. pp72-77. pp101.
- 6) 전의찬. (1997). 휘발성유기화합물에 대한 배출원별 분류 및 배출량 추정에 관한 연구, 국내 VOC 관리의 현황과 문제점. 한국대기보전학회. pp84-85.

- 7) Brymer, D., Ogle, L. D., Johnes, C. J., and Lewis, D. L.(1996) Viability of using SUMMA polished canisters for the collection and storage of parts per billion by volume organics, Environ. Sci. Technol., Vol.30, pp188-195.
- 8) 수자원공사. (2000). 시화지구 대기 환경오염 저감방안수립연구. pp111-148.
- 9) 강경희. (2003). 환경기초시설에서 유해대기오염물질의 배출특성연구. 한국대기환경학회 춘계발표집. pp265-266.
- 10) 한국대기환경학회. (2000). 특정대기유해물질의 대기오염실태조사연구. pp74-77.
- 11) 최우건. (2003). 전자산업단지에서의 대기중 휘발성유기화합물 오염도 특성. 한국대기환경학회 춘계논문집. pp255-256

# 악취오염물질의 업종별 배출특성에 관한 연구

이용기·허종원·김재광·김규석·원종무·김종보·김세광·김응수·유재인·  
황찬원·우정식·이기종·송일석·이재성·김주열

대기화학팀, 공단대기팀

## A Study on Emissive Characteristics of Odor Pollutants from Various Facilities

Yong-Ki Lee, Kyu-Seok Kim, Jong-Mu Won, Jong-Bo Kim, Se-Kwang  
Kim, Woong-Soo Kim, Jae-In Yoo, Chan-Won Hwang, Jung-Sik Woo,  
Ki-Jong Lee, Il-Seok Song, Jae-Sung Lee, Joo-Yeol Kim

*Atmospheric Chemistry Team, Industrial Air Team*

Abstract : Public concern over odor emitted from various source is increasing. But facilities which produced odorous compounds didn't maintain properly. This is no easy task as response to odorous compound is subjective and researches which identified odorous components emitted from various source are lack, also it is difficult to relate analytical measurements to the odor intensity as perceived by human observer.

To solve this problem, this paper identified components of odorous compounds from emission source, outlet and border of emission source and estimated odor intensity which corresponds to concentration odor in outlet and source. Also it evaluated that odor intensity is reasonable to use of regulatory standard.

The results obtained were as follows :

Dimethyl Sulfide among odorous sulfurous compounds showed high level in all pollution sources. Odorous sulfurous compound was emitted the highest level in the food manufacturing.

The concentration of each component obtained from instrumental analysis. Each excess rate of permission level in the outlet and border of emission source showed 0.8, 2.3%. Excess rate of odorous intensity was 4.0% in border of emission source.

Among of Odorous VOCs, Toluene was dominated in all facilities, exception of Automobile manufacturing. The highest concentration of toluene was 15 times the ambient concentration of Toluene. In automobile manufacturing, Xyrene was dominated and showed 0.25ppm

## I. 서론

산업이 발달하고 경제가 성장될수록 환경을 오염시키는 신종 오염물질은 계속 증가하는 반면 인간의 삶의 질 향상으로 대기질 개선에 대한 욕구는 과거에 비하여 훨씬 더 높아지고 있다. 산업화 이전 악취에 대한 오염문제는 다른 환경오염에 비하여 아주 작은 위치를 차지하였지만 현대에 와서는 대기오염문제에서 빼놓을 수 없는 사회문제로 대두되고 있다.

악취는 감각적인 오염으로 객관적인 것보다는 주관적인 의미가 더 강하다. 즉 어떤 냄새가 인간에 따라 악취가 될 수도 있고 향기가 될 수도 있다는 것이다. 또한 악취는 일반 대기오염물질과는 다른 여러 가지 특징을 가지고 있다. 대개는 신체적 장애가 일어나기 이하의 농도에서 피해가 두드러지게 나타나며, 특정한 몇 가지 냄새나는 물질에 의한 것이 아니며 대단히 많은 물질을 포함하는 다성분계이다. 현재 악취물질로 알려져 있는 화합물은 약 200만 종류로 추정되며 그중에 약 40만종이 냄새가 알려져 있다고 한다<sup>1)</sup>. 이러한 특성으로 악취 원인물질을 정확하게 분석하는 것은 매우 어렵다. 악취에 관한 국내의 측정방법은 대기오염공정시험법에서 직접관능법과 공기희석관능법, 그리고 일부항목에 대한 기기분석법이 제시되고 있다. 하지만 현재까지는 수 ppb 수준의 저농도 분석은 분석기술의 난이도 때문에 저변확대가 이루어지지 않는 등 여러 가지 제약으로 대부분 직접관능법에 의

존하고 있는 실정이다. 그러나 직접관능법은 배출원이 밀집되어 있는 공업지역 등에서는 원인 물질을 배출하는 사업장을 규정하기 어려워 측정의 신뢰성이 떨어지며 객관성보다는 주관적인 면이 강해 판정의 의미를 잃어가고 있다. 기기분석법은 측정의 객관성은 확보할 수 있으나 수십, 수백 종의 악취물질은 모두 분석한다는 것은 불가능하여 일부 항목에 국한될 수밖에 없는 한계를 가지고 있다. 따라서 최근에는 배출원에 대한 직접적인 측정이 가능하면서 어느 정도 객관성도 확보할 수 있는 공기희석관능법이 효과적이라는 인식이 확산되어 배출구에서의 악취농도 측정이 실질적인 규제수단으로 자리 잡아 가고 있다.

그러나 원인 물질의 규명이라는 차원에서는 일부항목이라 할지라도 기기분석에 의존할 수밖에 없으며 배출되는 악취물질의 방지시설 설계를 위한 자료를 위해서도 악취물질 분석기술의 확립은 필연적이라 할 수 있다. 악취는 암모니아, 아민계, 황계, 알데히드류, 지방산류, VOC 등 작용기에 따라 분석기법이 크게 다르기 때문에 각 group마다 시료채취 및 농축방법을 따로 시행하여야 한다<sup>2)</sup>. 그동안 분석기법은 여러 선행연구자들에 의해 많은 발전을 이루어 왔으나 현실적으로 부지경계 환경대기에서 나타나는 수 ppb 수준의 저농도를 신뢰성 있게 측정할 수 있는 기관은 많지 않은 상황이다. 악취오염방지의 근본적인 대책은 많은 배출시설에서 여러 가지 상황과 조건에 따른 측정 자료를 바탕으로 수립되

어저야 할 것이나, 측정가능기관의 수가 적다는 것은 자료의 축적이 광범위하지 못하다는 것을 의미하며 그것은 곧 최적방지시설의 설계가 이루어지지 않고 있다는 것을 의미한다. 특히 업종별로 배출되는 악취원인 물질의 배출특성과 농도는 국내에서 측정사례가 매우 적고 실측자료가 부족하여 방지대책을 수립함에 있어 외국의 측정 자료를 그대로 사용하는 경우가 대부분이다.

이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 악취를 다량 배출하는 업소를 대상으로 발생원과, 배출구, 부지경계 환경대기의 농도를 실측하여 업종별 악취성분을 규명하고자 하였고 배출구에서의 악취농도와 부지경계선에서 측정된 항목별 악취농도를 농도에 대응하는 악취세기로 평가하여 업종별로 배출되는 악취의 원인성분과 배출특성을 조사하였다.

## II. 연구의 범위와 방법

### 1. 연구범위

악취원인 물질의 종류는 수십 만종에 이르지만 국내 대기환경보전법에서는 8개 항목을 규제 대상물질로 지정하고 있다. 본 연구에서는 현재 국내 대기환경보전법에서 규제대상물질로 지정하고 있는 8개 항목 중 Sulfer 화합물 4종과 Styrene 및 향후 규제대상물질로 추가가 예정되어 있는 Toluene, Xylene 등 7항목을 대상으로 하였다. 대상지역은 경기도내로 한정하였으며

그동안 악취로 인하여 민원이 빈번하였던 사업장을 대상으로 한국산업표준 분류표에 의해 업종을 분류하여 각 업종별로 4~7개의 사업장을 연구대상으로 선정하였다. 업종별 조사대상업체 수는 표1과 같다.

### 2. 연구방법

#### 가. 시료채취

시료채취는 악취가 다량 발생하는 하절기를 선택하여 '03년 5월부터 8월까지 2회에 걸쳐 사업장별로 부지경계선과 생산공정 및 배출구 등 3지점에서 실시하였다. 채취에 사용된 용기는 악취물질이

Table 1. Categories of investigation and analytes

Categories		No
Food & etc manufacturing	Food	2
	Perfume	1
	Feed	1
	Etc	3
Chemical manufacturing	Inorganic Chemical	2
	Chemical Textile	1
	Synthetic Resin	2
	Etc	1
Leather & Paper manufacturing	Artificial Leather	1
	Leather	2
	Paper	1
Automobile part Manufacturing	Automobile parts manufacturing	1
		3
Waste Treatment & Sewage Treatment	Waste Treatment	2
	Sewage Treatment	2
Total		25

흡착에 의해 방해되지 않고 광선 등에 의한 시료의 변화를 최대한 적게 할 수 있어 최근 시료 채취용기로 많이 사용되고 있는 Canister를 사용하였으며, Canister는 Auto Cleaner를 이용 5~8회 정도 세척한 후 내부압력을 100 mm Torr이하의 진공상태를 유지하고 채취지점에서 Valve를 개방하여 Grap Sample하는 것을 원칙으로 하였다. 지점별 채취위치 선정은 악취농도가 최대라고 판단되는 사업장 부지경계와 생산공정 또는 작업장내부 중 악취농도가 가장 높은 발생원, 그리고 발생원으로부터 배출되는 악취물질이 방지시설을 통과하여 배출되는 굴뚝 등 3지점으로 하였다.

#### 나. 시료의 농축 및 GC/PFPD, GC/MS 분석조건

채취된 시료는 실험실로 운반하여 즉시 분석하는 것을 원칙으로 하였다. 일차적으로 시료 중에 극미량으로 존재하는 악취성분을 분석이 용이하게 영국 Markes Inc.가 제작한 UNITY 열탈착기 (Thermal desorber)와 가스 분배기 (Air server)가 결합된 열탈착시스템(Thermal Desorption Unit; TDU)을 활용하여 농축하였다. Air sever를 통하여 흡착이 이루어진 시료는 330℃의 온도에서 5분간 열탈착이 이루어지고, 이렇게 탈착이 이루어진 시료는 시스템 내부에서 다시 GC의 Column으로 주입되었다. UNITY를 이용한 시료의 전처리조건은 표2와 같다. 열탈착된 휘발성유기화합물의 분석은 VARIAN사의 Saturn 2200 GC/MS시스템을 활용하였으며, Sulfer 화합물은

Gas chromatography with Pulsed Flame Photometric Detector (GC-PFPD, Model: VARIAN CP-3800)를 활용하였다. 분석에 사용된 기기의 조건은 표3 및 4와 같다.

### III 결과 및 고찰

#### 1. 악취배출사업장의 업종별 악취배출특성

##### 가. 황화합물의 배출특성

우리나라 대기환경보전법에서 규제대상물질로 지정되어 있는 4가지 황화합물을 사업장별로 배출특성을 조사한 결과 업종이나 배출위치를 불구하고 가장 많이 배출되는 화합물은 Dimethyl Sulfide(DMS)로 최고 5.32ppm을 나타냈고 다음이 Dimethyl Disulfide(DMDS)로 0.346ppm이며, H<sub>2</sub>S와 Methyl Mercaptan(MM)은 배경농도 수준의 낮은 농도를 보였다.

Table 2. Operating condition of UNITY

Model	MARKES TDU & Air server
Sampling Time	25 ml/min × 4 min
Cold trap Temp	low : -15℃ high : 280℃
Hold Time	5.0 min
Outlet split	10.0 ml/min(10:1 split ratio)
Flow path Temp	100℃

**Table 3. Operating condition of GC/PFPD**

Model	VARIAN CP-3800
Detector	PFPD
Column	CP-5(60m×0.25 μm×1.0 μm)
Carrier Gas	He 1.0 ml/min
Air-1 Flow Rate	17 ml/min
Air-2 Flow Rate	10 ml/min
H <sub>2</sub> Flow Rate	13 ml/min
Oven Temp	60°C(5 min)-10°C/min-200°C
Detector Temp	220°C

여러 유형의 환원 황 화합물들 중에서도, 특히 DMS와 같은 화합물은 해수 중의 플랑크톤으로부터 생성되어, 해양

**Table 4. Operating condition of GC/MSD**

Model	VARIAN Saturn 2200 GC/MS
Detector	MSD
Column	CP-5 (60 m×0.25 μm×1.0 μm)
Carrier Gas	He 1.0 ml/min
Oven Temp	60°C (5 min)-10°C/min-200°C
Detector Temp	220°C
Ionization mode	EI <sup>+</sup>
Ionization energy	70 ev
Source Temp	250°C
MS Scan range	50~300 amu

환경권에서 막대한 규모의 배출을 이루는 것으로 잘 알려져 있다. 이러한 배출과정을 통해 DMS는 “지구적인 규모로 진행되는 황 화합물의 순환현상” (global atmospheric sulfur cycle)에 중추적 역할을 담당하는 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 따라서 DMS와 관련된 대기화학적 현상은 지구규모의 기상현상 등을 설명하는데 있어서도, 가장 기본적인 역할을 하는 인자로 알려져 있다<sup>4)</sup>. 업종별로는 음, 식료품제조업이 가장 높은 검출농도를 보였으며, 다음이 자동차 부품제조가공업, 가죽 및 종이제조 가공업, 폐기물처리업 순이었다. 위치별 황화합물의 배출특성을 보면 가장 농도가 높은 곳이 공정상의 발생원, 다음이 배출구, 경계선 순이었으나 발생원보다 배출구의 농도가 높은 곳은 측정위치 선정의 오류도 있었겠지만 악취 방지시설의 처리효율이 매우 낮거나 아니면 부적정 처리시설을 운영하고 있는 것으로 판단되었다. 또한 발생원이나 배출구에서는 검출되지 않았으나 부지경계선에서 검출되는 것은 주위 하수구나 타 사업장의 영향을 받은 것으로 판단되며, 따라서 공업지역 같은 사업장 밀집지역에서 부지경계선의 직접관능법을 규제기준으로 삼고 있는 우리나라의 배출허용기준은 다시 한번 재고해야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서 조사된 황 화합물의 배출농도와 부지경계선 및 배출구에서의 배출특성을 표.1과 그림 1 및 그림2에 나타내었다.

**나. 휘발성 유기화합물(VOCs)의 배출특성**

현행법상 휘발성유기화합물이 악취물질로 지정되어 있는 것은 Styrene 뿐이다. 신규 제정이 예고되어 있는 악취방지법에서는 최소감지농도가 낮은 Toluene 등 몇 가지가 더 추가될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 Styrene과 신규법에 포함이 예상되는 Toluene 등 3가지 화합물의 배출특성을 조사하였다. 자동차업종을 제외하고 모든 업종에서 가장 높은 검출농도를 나타낸 것은 Toluene이며 최고 배출 농도는 2.035ppm으로 일반대기 중 농도(10~20ppb)의 약 150배 높은 수준이며 자동차 관련 업종에서는 Xyrene이 최대배출농도 2.464ppm으로 가장 높은 농도

를 보였다. Xyrene은 도장공정에서 페인트의 희석제로 사용되는 신너의 주성분으로 휘발성이 매우 강해 도장브스를 통과한 처리되지 않은 폐가스에서 검출되는 것으로 추측되었다. 배출 허용기준이 설정되어 있는 Styrene는 비교적 낮은 농도로 배출허용기준이내의 농도를 나타내었다. VOCs는 최저감지 농도면에서는 다른 악취물질보다 악취강도가 약하지만 모든 배출원에서 검출되는 특성이 있으며 본 연구에서도 같은 현상을 나타내었다. 본 연구에서 조사된 VOCs의 배출농도와 부지경계선 및 배출구에서의 배출특성은 표1과 그림 1 및 그림 2와 같다.

**Table 5. Emission characteristics of odor pollutants from various facilities**

Type	SITE	H <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> -H	DMS	DMDS	TOLU	XYLE	STYR
Food	Border	14.0±17.3	0.0±0.0	399.4±823.9	4.0±9.6	108.7±135.6	4.2±5.5	1.2±0.2
	Emission	77.5±117.2	0.0±0.0	744.4±1316	210.4±330.5	340.8±523.2	2.4±2.4	9.8±0.1
	Stack	52.6±46.0	11.2±4.8	322.5±605.2	162.5±294.7	118.0±100.8	2.6±2.3	9.4±5.1
Leather & Paper	Border	0.6±0.2	0.0±0.0	0.6±0.2	4.4±6.3	54.8±44.6	6.9±5.0	4.2±2.8
	Emission	24.3±1.0	19.5±1.5	1.7±1.4	4.6±6.4	1348.0±2067	17.1±20.5	2.0±0.5
	Stack	39.6±45.4	3.5±1.8	6.1±8.3	7.7±10.8	2035.4±2777	56.9±81.8	1.9±0.3
Chemical Products	Border	0.9±0.5	0.0±0.0	1.1±0.7	1.7±0.8	232.5±852.6	6.2±5.2	2.1±0.5
	Emission	1.6±1.7	1.5±0.6	1.2±1.1	6.0±6.1	3219.7±6489	835.7±918.7	61.9±54.8
	Stack	0.7±0.5	0.7±0.1	1.4±0.8	7.1±11.3	1717.2±2881	310.6±624.3	4.7±6.2
Automobile Parts	Border	0.0±0.0	0.0±0.0	5.3±8.0	5.9±6.3	69.9±80.8	16.0±15.4	3.0±0.0
	Emission	0.0±0.0	0.0±0.0	6.4±9.6	0.8±0.3	1150.4±1735	1754.6±2295	35.8±52.2
	Stack	0.0±0.0	0.0±0.0	9.0±11.1	1.1±0.5	1949.4±2552	2464.2±2384	68.3±49.6
Waste treatment & Other	Border	0.4±0.2	0.3±0.2	3.3±6.5	1.1±0.9	100.6±130.9	4.3±1.4	0.0±0.0
	Emission	0.3±0.1	0.7±0.5	21.8±28.8	1.7±1.2	2728.8±3516	233.4±233.1	89.8±70.5
	Stack	0.4±0.2	0.4±0.0	5.0±4.1	1.5±1.1	157.7±220.2	5.8±6.4	2.4±0.8

Mean ± SD

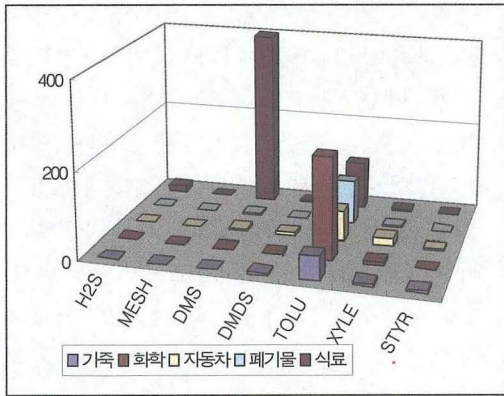


Fig 1. Emission characteristics of odor pollutants from various facilities(Border)

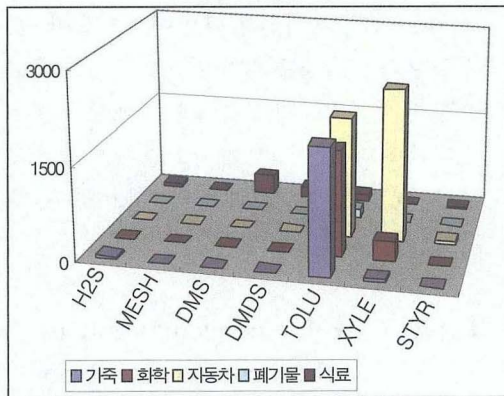


Fig 2. Emission characteristics of odor pollutants from various facilities (Source)

## 2. 악취농도의 배출허용기준 예상초과율 평가

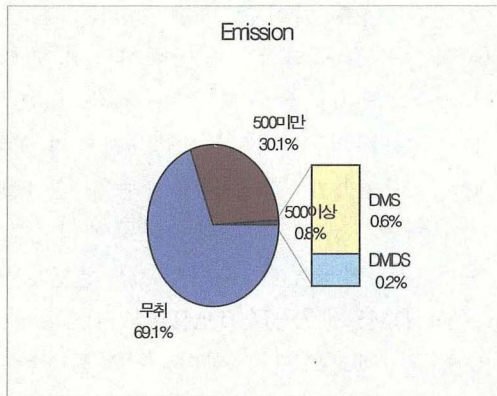
가. 배출구에서 오염물질별 악취농도 악취를 나타내는 단위에는 최소감지값

Threshold), 농도(Concentration), 악취세기(Odor Intensity Index), 희석배수(Dilution Threshold)등이 있다. 또 ASTM D-1391에서는 악취의 총량을 표현하는 방법으로 후각한계수준의 냄새 1ft<sup>3</sup>을 1 Odor Unit(O U)로 정의하고 냄새시료 1ft을 후각한계까지 희석시켰을 때의 총용량을 Odor Concentration이라 표현하고 있다. 이와 비슷한 것으로서 일본에서는 개별로 측정된 악취물질의 농도를 그 물질의 최소 감지농도로 나뉘 예측악취농도 값으로 쓰고 있다.<sup>1)</sup> 본 연구에서도 이를 인용하여 배출구에서 업종별, 항목별 예측악취농도를 측정한 것이 표 6이고 이에 배출허용기준을 적용하여 예상초과율을 구한 것이 그림3이다. Styrene을 비롯한 VOCs 화합물의 악취농도는 비교적 약하여 대부분 허용기준 이내를 나타낸 반면 악취성 황화합물은 음.식료품제조업에서 비교적 높은 악취농도를 보였으며 특히 DMS와 DMDS의 최대치는 일반지역의 배출구 악취농도 배출허용기준인 500을 초과하는 것으로 나타났다. 예상초과율은 본 연구에서 조사한 전 업종 가운데 DMS가 0.6%, DMDS가 0.2% 총 0.8%인 것으로 나타났다. 이것은 악취의 특징상 복합성분의 악취농도를 개별물질의 악취농도로 표현하기는 다소 무리가 있지만, 음. 식료품 제조가공업의 경우 현행 공기희석관능법으로 측정했을 때 약 0.8% 정도는 배출구 허용기준을 초과할 수 있다는 것을 의미한다. 김선규 등은<sup>5)</sup> 공기희석관능법과 기기분석법의 상관성을 조사하기 위하여 희석배수와 악취단위농도에 대한

상관성을 비교한 결과 상관계수(r)는 0.857의 높은 상관성을 나타내 두방법 간에 상관성이 존재하는 것을 확인하였다.

**Table 6. Odor concentration of odor pollutants from various facilities**

	H <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> SH	DMS	DMDS	TOLU	XYL	STYR
Food	350	256	677	557	1	0	0
Leather & Paper	231	71	6	12	21	6	0
Chemical Products	2	13	1	14	32	42	1
Automobile Parts	0	0	10	1	18	146	4
Waste treatment & Other	2	7	5	1	2	0	0



**Fig 3. Distribution characteristic of odor concentration from the source**

**나. 부지경계선에서 오염물질별 악취 농도**

부지경계선에서의 악취 오염물질 배출특성은 배출구와 다른 양상을 나타

내었다. 악취성 VOCs 화합물은 대부분 검출이 되지 않거나 미미한 농도를 보인 반면 황화합물은 일반지역 배출 허용기준인 15를 훨씬 상회하는 업종이 많았으며 특히 음. 식료품제조업에서는 H<sub>2</sub>S와 DMS가, 폐기물처리업에서는 CH<sub>3</sub>SH이 높은 농도를 나타냈다. 전의찬 등은<sup>6)</sup> 하수 및 분뇨처리장의 악취물질 배출량산정을 위한 연구에서 하수처리장에서 높은 농도를 나타내는 물질은 H<sub>2</sub>S와 CH<sub>3</sub>SH이라고 밝혀 본 연구와 매우 유사함을 나타내었다. 부지경계선에서의 성분별 악취농도에 의한 허용기준 예상초과율은 배출구에서 보다 훨씬 높은 2.3%를 나타냈고 물질별로는 DMS, CH<sub>3</sub>SH, H<sub>2</sub>S 순으로 높은 비율을 차지하였다. 이와 같이 배출구보다 예상초과율이 높은 이유는 부지경계선의 악취농도는 배출구뿐만 아니라 다른 공정이나 주위환경에도 많은 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

**Table 7. Odor concentration of sulfur compounds from various facilities(Border)**

	H <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> SH	DMS	DMDS
Food	240	0	333	8
Leather & Paper	5	0	0	3
Chemical Products	15	0	0	1
Automobile Parts	0	0	2	3
Waste treatment & Other	4	106	2	1

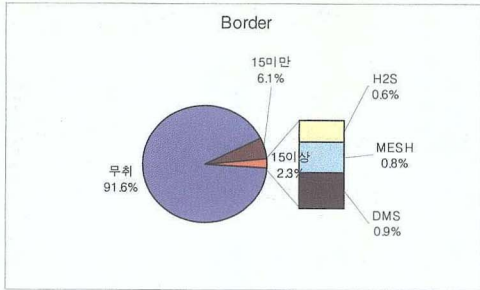


Fig 4. Distribution characteristic of odor concentration from the border

### 3. 사업장 부지경계선에서의 악취세기 평가

가. 업종별 악취오염물질의 악취세기 악취세기와 농도와의 관계는 아래 식으로 표현되며 이식을 Weber-Fechner의 법칙이라고 한다.

$$I = K \cdot \log C$$

여기서 I : 냄새(악취)세기, K : 계수, C : 자극량(농도) 이다. 모든 악취물질에 대해 관계식을 얻을 수 있으며 대표적인 악취물질의 냄새세기와 농도와의 관계식은 이미 제시되어 있다.

본 연구에서는 냄새세기와 농도와의 관계식을 이용하여 부지경계선에서 측정된 성분별 악취농도에 대한 악취세기를 구하였다. 업종별로는 음식료품 제조가공업이 비교적 높은 악취세기를 나타냈으며 폐기물처리업의 경우는 모든 악취성 황 화합물이 높은 악취세기를 나타냈다.

악취성 VOCs는 허용기준인 2도를 초과하지 않았으며 화학업종에서 톨루엔의 악취세기가 가장 높은 것으로 나타났다. 부지경계선에서의 악취세기 분포 특성은 그림 5와 같으며 허용기

준 예상 초과율은 악취단위농도 예상 초과율 보다 높은 4.0%를 나타냈다. 물질별로는 DMDS, DMS, H<sub>2</sub>S가 악취세기 허용기준 2도를 초과 할 것으로 예상되었다.

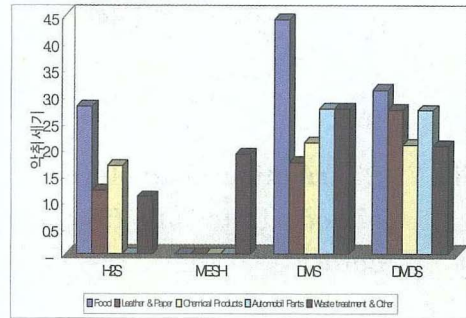


Fig 5. Odor intensity of Sulfur Compounds from various facilities (Border)

현행 대기환경보전법에서 부지경계선에서의 악취 판정은 직접관능법과 공기희석관능법 및 기기분석법을 병행하도록 하고 있다. 그러나 공장이 밀집되어 있는 공단지역에서 부지경계선의 악취세기를 판정하는 것은 배출원인사업장을 규명하기 어려워 의미가 퇴색되어 배출구 공기 희석관능법이나 기기분석법을 적용하는 추세로 자리를 잡아가고 있다.

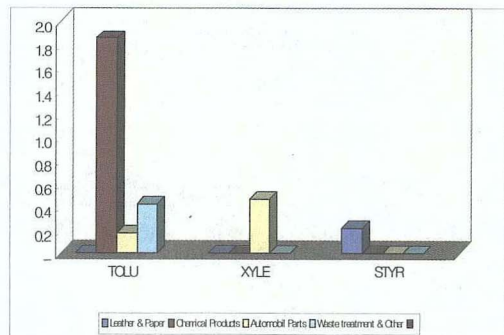


Fig 6. Odor intensity of VOCs from various facilities (Border)

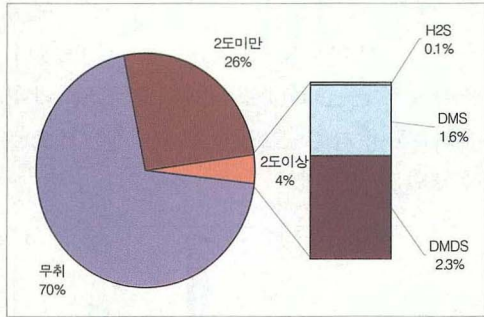


Fig 7. Distribution characteristic of odor intensity from the border

#### IV 결 론

악취를 다량 배출하는 업소를 대상으로 발생원과, 배출구, 부지경계선의 농도를 실측하여 업종별 악취 배출성분을 규명하고 배출구에서의 악취 농도와 부지경계선에서 측정된 성분별 악취농도를 농도에 대응하는 악취세기 로 환산하여 허용기준에 대한 적정성

여부를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

전업종 모든 배출위치에서 악취성 황화합물의 최고농도를 보인 항목은 Dimethyl Sulfide이었다.

악취성 황화합물의 최고 배출업종은 음. 식료품 제조 가공업이었다.

배출구 및 부지경계선에서 기기분석법에 의한 성분별 악취단위농도의 허용기준 예상 초과율은 각각 0.8% 및 2.3%이었다.

부지경계선에서 기기분석법에 의한 성분별 농도의 악취세기 허용기준 예상 초과율은 4.0%이었다.

악취성 VOCs의 최고 배출항목은 자동차 관련업종을 제외한 모든 업종에서 Toluene이었으며 최고농도는 일반 대기농도의 약 150배 수준이었다. 자동차 관련업종에서의 최고 배출항목은 Xyrene으로 농도는 0.25ppm이었다.

악취는 환경오염 중에서도 인간의 감각기관을 자극하는 감각공해의 일종

Table 8. Relationship between odor intensity and concentration

Materials	Function of Odor Intensity(X) and Concentration(Y) (X) : ppm	Odor Intensity						
		1	2	2.5	3	3.5	4	5
H <sub>2</sub> S	Y=0.950logX+4.14	5.0×10 <sup>-4</sup>	5.6×10 <sup>-3</sup>	1.9×10 <sup>-2</sup>	6.3×10 <sup>-2</sup>	2.1×10 <sup>-1</sup>	7.2×10 <sup>-1</sup>	8.1
CH <sub>3</sub> -SH	Y=1.25logX+5.99	1.2×10 <sup>-4</sup>	6.5×10 <sup>-4</sup>	1.6×10 <sup>-3</sup>	4.1×10 <sup>-3</sup>	1.0×10 <sup>-2</sup>	2.6×10 <sup>-2</sup>	1.6×10 <sup>-1</sup>
DMS	Y=0.784logX+4.06	1.2×10 <sup>-4</sup>	2.3×10 <sup>-3</sup>	1.0×10 <sup>-2</sup>	4.4×10 <sup>-2</sup>	2.1×10 <sup>-2</sup>	8.3×10 <sup>-1</sup>	16
DMDS	Y=0.985logX+4.51	2.8×10 <sup>-4</sup>	2.9×10 <sup>-3</sup>	9.2×10 <sup>-3</sup>	3.0×10 <sup>-2</sup>	9.6×10 <sup>-2</sup>	3.1×10 <sup>-1</sup>	3.2
Tolu	Y=1.40logX+1.05	9.2×10 <sup>-1</sup>	4.8	11	25	56	130	660
STYRS	Y=1.42logX+3.10	3.3×10 <sup>-2</sup>	1.7×10 <sup>-1</sup>	3.8×10 <sup>-1</sup>	8.4×10 <sup>-1</sup>	1.9	4.3	22
XYLE	Y=1.53logX+2.44	1.1×10 <sup>-1</sup>	5.2×10 <sup>-1</sup>	1.1	2.3	4.9	10	47

으로 최근 많은 국민의 관심이 집중되고 있는 분야이다. 따라서 국가적인 차원에서도 적극적인 대응의 일환으로 대기환경보전법의 일부로 간주되어온 악취문제를 별도의 법안으로 제정하려 하고 있다.

본 연구도 이러한 법률제정의 기초 자료를 제공하고자 실시하였으나 시행 첫 해로서 많은 어려움이 있었던 것은 사실이다. 앞으로 점점 악화되어 가는 악취문제를 해결하기 위해 더 많은 자료의 축적이 필요하므로 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 양성봉, 허목, 전의찬, 한화진, 이병규, (2001). 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구. 환경부, 최종보고서, pp. 186~196.
- 2) 김기현 등 7인, 2003. 대기 중 악취성 환원 황화합물의 분석방식에 대한 연구. 한국대기환경학회, 측정분석분과회 Work Shop, pp. 3~8.
- 3) Chen, G, Davis, D., Kasibhatla, P., Bandy, A., Thornton, D., Huebert, B. J., Clarke, A. D. 1999 A photochemical assessment of DMS sea-to-air flux asinferred from PEM-West A and B observations, *J. Geophys. Res.*, 104, pp. 5472-5482.
- 4) Charlson, R., J., Lovelock, J.E Andreae, M. O., Warren, S. G. 1987, Oceanic phytoplankton, atomospheric sulfur, cloud albedo, andclimate, *Nature* 326, pp. 655~661.
- 5) 김선규, 정의석, 임봉빈, 김선태, 정구희, 허귀석, 2003. 악취농도단위와 악취농도지수간의 상관성조사에 관한 기초 연구. 한국냄새환경학회 추계학술대회 논문집, pp. 46~47.
- 6) 전의찬, 사재환, 김기현, 이성호, 2003. 하수 및 분뇨처리시설에서의 악취물질 배출량산정에 관한연구, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, pp. 87~88.



# 전기화학 반응을 이용한 생활오수 중 인제거에 관한 연구

장영호 · 최승석 · 최양희 · 성연국 · 오천환 · 경지영 · 김문정 · 김태영 · 한송희

수질보전팀

## The Removal of Phosphorus in Sewage by Bioelectrochemical Reaction

Seung -Seok Chei, Yang-Hee Chei, Yeon-kook Sung, Cheon-hwan Oh,  
Ji-Young Kyung, Moon-Jeong Kim, Tae-Young Kim, Song-Hee Han  
and Young-ho Jang

*Water Quality Conservation Team*

**Abstract** : A pilot scale aluminum electrochemical reaction coupled with a HBC process for removal of phosphorus in sewage achieved the stable effluent, less than 2.0mg/L and 49.4% removal rate of phosphorus. In case of SS, the coupled process had the better removal rate. 3.3% for a residual soluble  $Al^{+3}$  than the HBC process alone.

Because the organic and nitrogen contained in SS were also removed with SS, the removal rate of these improved by 7.9% and 16.3% respectively. The electrochemical reactor was operated with SS concentration below 20mg/L and the formations of hydrated metals such as  $Al(OH)_3$  were inhibited by installing the reactor in a reactor having low alkalinity for an enough nitrification to maintain Al/P in 0.8-2.0 range.

The formation of oxidation film was prevented by installing an electrode conversion device and decreasing a replacement interval of aluminium by 2 times.

**Key words** : Hanging Bio-Contactor(HBC)

## I. 서론

산업의 발달과 도시의 양적, 질적 팽창은 수질오염원을 가중시키고 있는 반면 소득수준 향상에 따른 생활수준의 향상은 상대적으로 보다 쾌적한 생활환경을 요구하고 있다. 광역상수원 및 공공수역의 수질오염에 생활오수가 차지하는 수질오염 부하율이 높아지고 있어 호소, 내해, 내만 등의 폐쇄성 수역과 대도시 등에 흐르는 중소 하천 등에서 심각한 환경문제를 발생시키고 있다. 생활하수 및 사업장 폐수 내 함유되어 있는 다량의 질소와 인 및 유기물질 등은 더 이상 자연의 자정작용에 의한 처리에 의존할 수 없는 상황에 도달하게 되었다.

산업화 및 도시화가 진행된 도시지역에서 발생하는 생활하수는 하수관망 및 환경기초시설 등을 설치하여 공공수역에 대한 수질오염 부하를 저감시키는 것이 용이하나, 하수관망의 보급이 안된 하수처리 이외지역에서 발생하는 생활오수는 단독처리 후 개별방류 할 수 있는 처리시설이 필요하다. 특히 특별대책지역 및 수변구역에서 발생하는 생활하수는 강화된 수질기준을 적용 받고 있어 보다 기술집약적인 처리시설이 요구된다. 2003년 6월말 현재 경기도 내 개별오수 처리시설은 34,913개소이며, 단독정화조 또한 405,791개소인 것으로 조사되었으며, 개별오수의 경우 약 71.8%가 HBC공법으로 처리되고 있는 실정이다.

개별 오수처리시설은 대부분 고효율 오수처리시설로 규정된 공법들이며, 주

택, 식당 등 일반적인 소규모 오수처리 시설은 유지관리 면과 현장 기술적 접근의 용이성 등을 감안하여 고정상 접촉여재를 이용하는 HBC(Hanging-Bio Contactor)공법이 대부분이다. 그러나 이들 공법들은 오수 관련법규의 규제 대상인 유기물질 및 부유물질을 주로 제거하는 공법이므로 영양염류를 효과적으로 제거하기에는 한계가 있으며, HBC공법은 고정 생물막 공법의 특성상 질소성분은 타 공법에 비해 20-30%정도 높은 처리효율을 기대할 수 있으나, 인 성분 제거효율은 타 공법에 비해 현저히 떨어져 HBC공법은 인 제거 성능 향상을 위한 기술적 접근이 필요하다.

본 연구에서는 개별오수 처리시설 중 HBC 접촉여재가 포설되어 있는 포기조에 금속류 전기화학 반응장치를 접목시켜 인 제거 효율을 향상시키고, 부가적으로 유기물질 및 부유물질의 처리효율도 증가시키는 처리방안을 연구하였으며, 처리시설의 현장 적용성을 Pilot 반응기를 통해 검토하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 유입수 성상

본 연구에 이용된 유입수는 의왕시 부곡하수처리장의 1차 침전조 상등수이며, 유입펌프로 일정량씩 Pilot 반응기로 이송시켰다. 의왕시 부곡하수처리장은 생활하수가 주로 유입되며, 축산폐수 등은 전처리조에서 포기 후 침사조로 일정량씩 유입시키고 있으며, 유입원수의 성상은 BOD 80-150

mg/L, SS 50-120 mg/L, T-N 25-45 mg/L, T-P 2-5 mg/L, 알칼리도 120-220 mg/L으로 경기도내 일반적인 도시지역 분류식 하수관거와 비슷한 수준이다

## 2. 실험장치 구성 및 운전방법

분리형 접촉산화 공정의 현장 적용성을 높이기 위해 연구과제의 진행을 알루미늄 용출특성 실험과 현장 적용 Pilot반응기 적용실험으로 구분하였으며, 예비실험에서 얻어진 알루미늄 전기화학적 용출특성 및 인 제거 특성을 Pilot 반응기 설계 및 운영에 적용하여 기술집약적인 연구개발이 될 수 있도록 연구과제를 진행하였다.

### (1) 알루미늄 용출특성 실험

알루미늄 전기화학 반응의 특성과 인 제거 특성을 조사하고자 Fig. 1과 같이 Bench Scale 반응기는 구성하였다.

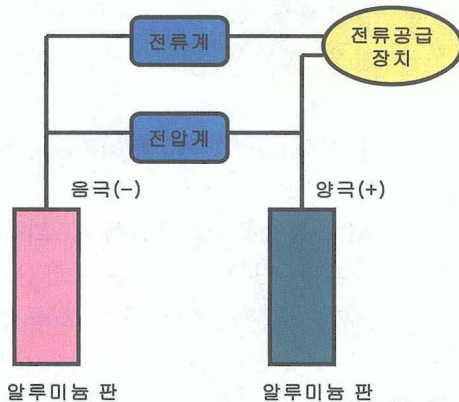


Fig. 1. Schematic diagram of reactor.

Betch 반응기는 아크릴 재질을 이용하여 높이33cm, 지름14cm 총 5L용량

으로 제작하였으며, 내부에는 알루미늄 판 1조와 반응기 내부의 적절한 혼합을 위해 멤브레인 산기관을 설치하였다. 예비실험에 사용한 원수는 HBC공법의 최종방류수로 하였으며, 반응시간은 20min으로 운전하였으며, 시료의 채수는 반응조 상부에 설치된 채수구에서 일률적으로 수행하였다.

### (2) 전기화학 반응을 이용한 인 제거

Pilot 반응기는 Fig. 2와 같이 유량조정조, 탈질조, 1침전조, 포기조, 2침전조로 구성하였으며, 일반적으로 사용되는 H사의 HBC 접촉여재를 사용하였으며, 기존의 개별오수 프로세스를 기본으로 하여 우리나라의 생활오수에 적합하게 설계하였다.

Pilot 반응기 재질은 FRP(유리강화섬유플라스틱)이며, 반응기의 안정성을 유지하고자 외벽의 두께는 12mm, 내벽의 두께는 7mm로 제작하였다. 원수의 공급을 일정하게 유지하기 위해 유량조정조(체류시간 : 11hr)를 설치하였다. 원수의 공급은 정량펌프로 이송하였으며, 유량조정조에 전자레벨스위치를 설치하여 부곡하수처리장 1차 침전조 상등수가 자동적으로 공급되도록 하였다.

알루미늄 전기분해 장치는 부유물질 농도가 20mg/L이하로 운전되는 포기조에 3조(180cm×47cm)로 설치하였으며, 각판 간의 거리는 5cm로 하였다. 또한 알루미늄 판에 일정량의 전압 및 전류를 공급할 수 있는 전기공급장치에 극변환 장치를 추가로 설치하여 알루미늄판의 부동화 방지 및 사용기간 연장 등을 도모하였다.

탈질조의 체류시간은 5.8hr이며 Anoxic 조건을 위하여 기계적 교반을 실시하였으며, 원활한 탈질반응을 위해 포기조에서 내부반송을 100-150% 실시하였고, 부착미생물의 활성을 증대시키고자 탈질조와 포기조 사이에 침전조를 설치하였다.

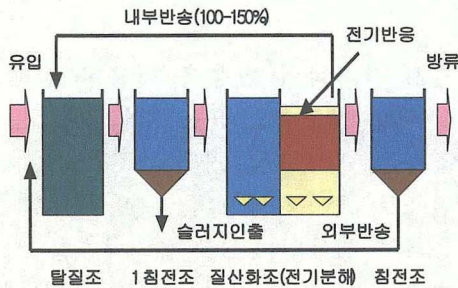


Fig. 2. Schemetic diagram of reactor.

포기조 체류시간은 8.6hr이며, HBC 접촉여재를 질산화 효율을 고려하여 0.8gNH<sub>3</sub>/1m<sup>2</sup>HBC의 부하율로 충전하였다. 미생물의 Seeding은 미생물 순응기간을 단축시키기 위하여 부곡하수처리장 포기조 미생물로 종균하였다.

### 3. 분석방법

각 항목의 분석은 수질오염공정시험방법에 따라 실험 하였고, 세부적인 사항은 Table 1에 나타냈다.

Table 1. Analytical methods for target items

Items	Analytical Methods
COD	KMnO <sub>4</sub> Method
BOD	Winkler's azide modification
SS	Filtration Method
T-N	μV absorption
T-P	ascorbic reduction Method
Alkalinity	Standard Method
Aluminium	ICP

## III. 결과 및 고찰

### 1. 전기화학 반응을 이용한 인 제거

#### 1.1 알루미늄 용출특성 및 인 제거

HBC 접촉여재를 이용한 개별오수처리시설은 처리특성상 인 제거 효율이 5-10%이고, 활성슬러지 공법의 경우는 10-25%정도이다. 이것은 HBC 공법이 활성슬러지 공법에 비해 슬러지 발생량이 1/5-1/10정도 작게 발생되기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구에서 알루미늄 전기화학 반응의 현장 적용성을 확인하고자 수행했던 Bench Schale 반응기 운영결과 0.5A, 1.0A에서 인 제거 효율은 90%의 인 제거 효율을 얻었다.

정전압, 정전류를 생산하여 알루미늄 전극판에 직류전류를 부하하면 알루미늄 판으로부터 알루미늄이 용출된다. 이때 용출량은 패러데이의 전기분해능에 의해 산출된다.

$$W(g) = \frac{I \times t \times A}{F \times n}$$

W : 용출량(g)

I : 전류값(A)

t : 시간(s)

A: 원자량

n . 전자수

F : 96487(A/s)

알루미늄의 경우 원자량 27, 전자수 3이기 때문에 1일 1A에 용출되는 알루미늄량은 페러데이 법칙에 의해 8.06g/1A으로 계산된다.

Table 2. Characteristics of aluminium electrochemical treatment

V(A)	Al농도 (mg/L)	Al용출량 (g)	계산값 (g)
4(0.2)	4.46	22.61	22.38
6(0.4)	8.37	42.43	44.77
8(1.0)	18.10	91.76	111.93

Table 2는 전류변화에 따른 알루미늄 용출량과 페러데이 법칙에 의해 계산된 값과의 편차를 보여주고 있으며, 알루미늄 용출량이 페러데이 법칙에서 계산된 값보다 적은 것은 저항값과 전류량의 미세조정에서 발생한 것으로 판단된다.

Table 3은 전기화학 반응으로 용출된 알루미늄과 인성분이 반응한 실험 결과를 보여주고 있다.

Table 3. Al/P reaction ratio

V(A)	Al eff	T-P		Al/P ratio
		원수	방류수	
4(0.2)	1.2	6.57	2.37	0.77
6(0.4)	3.1	7.17	0.48	0.78
8(1.0)	4.6	7.02	0.37	2.06

Table 3의 Al/P의 몰비가 1이하로

작은 것은 실험에 사용한 원수가 HBC 공법 최종방류수로 질산화가 충분하게 일어나 알칼리도가 상대적으로 낮아서 Al(OH)<sub>3</sub>의 생성이 작아졌기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

### 1.2 알루미늄 전기분해 인체거 특성

Bench 규모 반응기 실험결과 얻어진 Pilot 반응기(30톤/일)의 설치장면은 Fig. 3과 같다. 전기화학 반응과 관련된 주요 설계인자는 Table 4와 같다.

Table 4. Design factors of electrochemical treatment

Design factor	value	range
유입량(m <sup>3</sup> /day)	30	-
유입 총인농도(mg/L)	5	4-6
유출 총인농도(mg/L)	1.5	70%제거
전류밀도(mA/cm)	3	3-6
Al/P ratio	5	3-6
전극판 면적(cm <sup>2</sup> )	15,500	-
전극판 무게(Kg)	25.4	-
전극판 교체주기(day)	65.4	50%사용
전극판 규격 (180cm×47cm)	3조	-
필요 전류량(A)	9.3	-

원수 중 인 농도가 5mg/L이고 생물학적 공정중 제거가 예상되는 인 농도를 1mg/L(20%제거)로 가정할 경우 전기화학 반응으로 제거해야할 인 농도는 2.5mg/L(75g/day)로 산정된다. 페러데이 법칙을 이용하여 산출되는 필요 전류량은 9.3A이나 내부순환 되는 Al 농도를 고려하여 실제운전 전류량은 처리

수의 인 농도의 추이를 관찰하며 2A →4A→6A로 변환하였다.

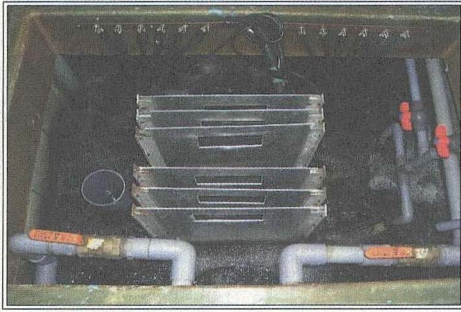


Fig. 3. Photograph of electrochemical reactor.

Fig. 4는 일반적인 HBC공법을 이용한 개별오수의 인제거 효율(9.9%)을 나타내고 있으며, 부착미생물 공법의 경우 슬러지 발생량이 타 공법에 비해 1/5-1/10 정도로 작기 때문에 생물학적인 인제거 효율이 낮은 것으로 판단된다. HBC공법 포기조에 알루미늄 전기화학 반응 장치를 접촉시켜 현장 적용한 결과 Fig. 5.에서와 같이 49.4%의 인제거 효율을 얻을 수 있었으며 처리수 또한 2.0mg/L이하의 안정된 처리수질을 유지하였다.

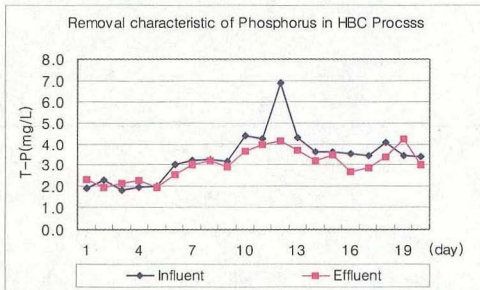


Fig. 4. Removal patten of Phosphorus in HBC process

알루미늄 전기화학 반응을 통해 용출된 알루미늄 이온은 일차적으로 수중의 중탄산염과 반응하여  $Al(OH)_3$  같은 금

속염을 형성하며, 수중의 인성분과 반응하여 침전물( $AlPO_4$ 류등)을 형성하여 인성분을 화학적 반응을 통해 제거되는 것으로 분석된다.

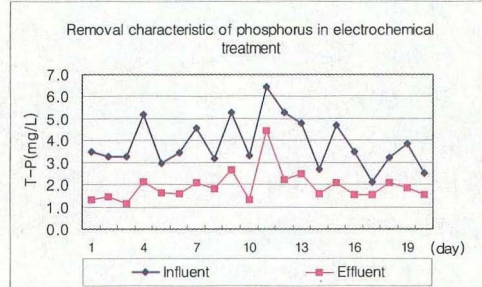


Fig. 5. Removal patten of Phosphorus in electrochemical treatment

전기화학 반응 중에 생성된 금속염 등은 접촉여재 표면의 생물막에 흡착되며, 포기조에서 박리된 생물막 및 탈리 생물막등과 함께 침전조에서 고액분리되고, 침전된 슬러지는 탈질조로 이송된다. 이때 반송 슬러지내에 축적된 알루미늄의 농도는 2.5%인 것으로 조사되었다.

전기화학 반응으로 생성된 알루미늄과 제거된 인성분의 관계를 정확히 산출할 수는 없으나 원수 및 처리수의 알루미늄 농도가  $1.0 \pm 0.5 \text{ mg/L}$ 이하로 유지되는 것으로 볼 때 Al/P 몰비는  $2.0 \pm 0.5$ 인 것으로 판단된다.

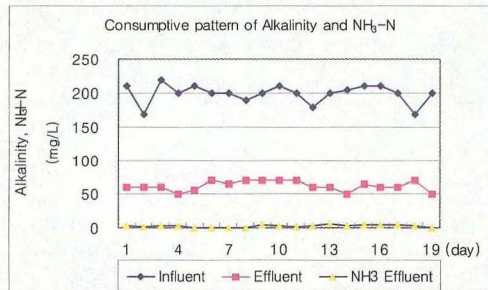


Fig. 6. Consumptive pattern of alkalinity

이러한 실험결과는 지금까지 보고된 일반적인 Al/P몰비(3-6)와 큰 차이를 보이는 것이나 Fig. 6에서와 같이 포기조에서 암모니아의 최종 처리수 농도가 2mg/L이하로 질산화가 진행되었고, 질산화 과정에서  $\text{HCO}_3^{-1}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ 등이 충분히 소비되어 최종 알칼리도가 60mg/L

이하로 유지됨으로써  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{O} \text{H})^{+2}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{-4}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{+24}$ 등의 생성이 상대적으로 적어졌기 때문인 것으로 판단된다.

## 2. 프로세스 처리효율 향상

부착미생물 공법을 주로 이용하는 개별오수 처리시설에 전기화학 반응의 접목은 주로 생활오수 중 인 제거에 관한 것이다. 알루미늄 전극판을 포기조에 설치하여 미세전류(4-6A)를 가하면 금속수산화물( $\text{Al}(\text{OH})_3$ 등), Al등이 잔존하여 침전효율을 개선시킬 수 있다. 부유물질 등 항목별 수질개선 효과는 Table 5.와 같다.

Table 5. Efficiencies for target items (unit:mg/L)

구분	HBC 공법		HBC+전기분해	
	처리수 (평균)	효율 (%)	처리수 (평균)	효율 (%)
SS	12	80.7	11.7	84.0
BOD	15.2	82.4	10.7	90.3
T-N	20.3	27.5	16.3	43.8
T-P	3.0	9.9	1.9	49.4

금속수산화물의 화학적 응집에 의해 부가적으로 발생하는 수질개선 효과는 항목별로 부유물질(3-4%), 유기물질(5-1

0%), 질소(15-20%)등이며, 질소 및 인 성분의 수질개선 효과는 부유물질에 포함되어 있는 미생물 및 부유물질에 흡착 되어있는 질소, 인 때문인 것으로 조사되었다.

## IV. 결 론

본 연구 과제를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전기화학 반응을 기존 개별오수 포기조에 접목한 결과 40%이상의 인 제거 효율을 얻었다.
2. 잔여 금속수산화물에 의해 슬러지의 침전성이 개선되어 부유물질(3.3%), 질소(16.3%) 및 유기물질(7.9%)제거 효율도 동시에 개선되었다.
3. 인 제거 장치를 질산화가 충분히 진행된 포기조에 설치하여 Al/P 반응비를  $2.0 \pm 0.5$  정도로 최소화시켜 인 제거 장치 설치비, 운영관리비 절감 등을 도모할 수 있었다.

본 연구 과제를 종합적으로 검토해 볼 때 전기화학 반응을 기존 개별오수 시설에 접목한다면 영양염류의 효과적인 인 제거가 가능할 것으로 판단된다.

## V. 참 고 문 헌

1. 국립환경연구원,정화조 현장설치 및 유지관리 교육, pp9~10,1999.
2. 광주과학기술원,내부순환 생물학 공

- 정에서 질소 및 유기물제거에 대한 내부순환율과 용존산소농도의 영향, 김미영, pp3~5,1997.
3. 경기도보건환경연구원. 알기쉬운하수처리 실무, pp71~73, 1996.
  4. 환경청,농촌소규모 취락지역 오수처리설계 지침서, 연세대학교 환경공해 연구소, pp109~113,1989.
  5. 교우세,정화조-개인하수도,北尾高嶺, pp142~146,1991.
  6. 폐수처리 공학,eds. McCalf & Eddy, 동화기술,1993.
  7. Kim, Y.H, cho, J.H, M.H., Lee. YW., Nitrification of Municipal Wastewater with Biofilm Media, J.KSEE, VOL.19,No.3
  8. Hammer, M I., Water and Wastewater Tcchnology, 2nd ed.,John wiley & Sons,Canada,1986.
  9. 경남대학교 토목공학과, 황산반토에 의한 인의 화학적 제거 기본원리의 규명, 김승현. 1996
  10. 동아대학교 환경공학과, 생물전해 반응조를 이용한 질소와 인의 동시 제거,김성완외2,1998
  11. 淨化槽의 機能診斷과 對策,小川雄比古외1,2001.
  12. 서울시립대학교 도시과학대학원, 생활오수의 고도처리 장치 개발, 유명진,2002.

# 경기도내 토양오염물질의 분포특성에 관한 조사 연구

박용출 · 권보연 · 김복준 · 배용수 · 임한수 · 임채국 · 김균희  
토양분석팀

## A study on the Characteristics of Distribution pollutants in Soil of Gyonggi-do Area

yong-chul Park · bo-yeun Kweon · bog-joon Kim · yong-soo Bae · han-su Leem · chae-kook Lim · gyun-hee Kim  
Soil Analysis Team

**Abstract** : This study was carried out to investigate the actual pollution state in soil of Gyonggi province. A total of 1,036 samples of 165 sites was collected and analyzed. The results obtained were as follows :

The content of Pb, and Cu showed a wide range concentration. Comparing of Ministry of Environment data [express in mg/kg : Cu:3.8, Pb:6.0] which was investigated from 1998 year to 2002year in soil pollution, the content of Cu and Pb [express in mg/kg :Cu:4.4, Pb:4.0] of this study showed similar range.

The PI (Pollution Index) suggested by Kloke is applicable to soil pollution limit, most of the sample was shown  $PI \leq 1$ . But the industrial Complex area was  $PI=22.9, 17.5$  and  $6.2$ , it is necessary to remediate the industrial Complex area as soon as possible.

Distribution Pb and Cu concentration according to depth of soil was investigated.

In case of industrial area, Cu and Pb showed 60.1mg/kg, 39.8mg/kg in top layer soil and 29.2mg/kg, 24mg/kg, in depth of soil. Most of concentration Cu and pb in top layer soil is higher than depth of soil.

There were performed relationship between Cu : Pb, Ni : Zn. Because it is considered that Cu and Pb coexisted in polluted soil, correlation coefficient between Cu and pb showed high (R : 0.932)

These results show that the concentration of Heavy metal in soil is tending downward. But especially it is necessary to maintain pollution source in the area which exceeded the Environment regulation

**Key words** : soil. heavy metal, pollution source, pollution index(PI), depth of soil

## I. 서 론

삶의 터전이자 원천이며, 또한 모든 동·식물이 자라는 기반이 되고 공기 및 물과 더불어 생명을 잉태시키고 보존시켜주는 중요한 요소인 토양이 오늘날에는 오염된 대기나 수질, 폐기물, 유해물질에 의한 오염의 종착역이며, 폐광산이나 유류탱크, 공장 및 주택 건설 등의 인류 활동의 부산물로 인한 찌꺼기를 매립하는 장소가 되고 있다.

토양의 구성은 무기물, 유기물, 수분, 공기 등의 4대 성분으로 구성되었으며 고체상, 액체상 및 기체상이 공존하고 있다. 고체상은 암석의 물리화학적 및 생물학적 풍화에 의해 생성된 무기물과 각종 동식물에서 유래된 유기물 등이며, 액체상은 여러 종류의 물질과 이온이 함유되어 있는 수분이며, 산소와 이산화탄소 등의 기체가 혼재되어 있다. 그리고 이들 3상의 구성비율은 토양의 상태와 유형에 따라 변화하며, 육지토양의 경우에는 고체상 50%, 액체상 25%, 기체상 25% 등으로 구성되어 있다.

위와같은 구성으로 인해 토양은 물, 대기와 접하면서 상호 물질교환이 가능하며, 이러한 물질교환 과정에서 각종 오염물질이 토양에 유입되면 토양은 물리, 화학, 생물학적 작용에 의한 자정능력이 떨어지게 되고, 오염물질이 토양 속에 축적되면 생물이 자라는데 큰 지장을 주게되고 나아가 인체에 까지 해를 입히게 되는데 우리는 이것을 토양오염이라고 한다.

토양오염은 실태조사가 대기나 수질

환경과 비교해 조사비용면으로나 제도면에서 어렵기 때문에, 오염발견이 늦어지는 경우가 많다.

그 결과 대개의 경우, 정화비용과 기간이 많이 소요된다. 토양오염은 대기나 수질오염과는 달리 축적성이 있는 오염현상이기 때문에 정화 의무에 대해서 과거까지 소급하지 않으면 안 되는 특성을 갖고 있다.

토양오염으로 인한 피해는 토양의 자정능력 상실로 인한 생산성 저하, 안전성 위협, 미생물 멸종 등이 있다. 또한 화학비료나 농약을 사용하지 않고 생산되었다는 무공해 농산물도 대기, 수질, 토양이 이미 오염된 상태에서는 결코 안전하다고 말할 수 없으며, 토양오염은 축적성 오염이라는 점에서 대기, 수질오염과는 그 성질이 다르다. 토양은 일단 오염되면 오염물질이 자연적으로 제거되지 않고 토양에 존재하면서 각종 동식물을 오염시키고 이렇게 오염된 동식물을 장기간 섭취할 경우 주로 급성보다는 만성적인 각종 장애를 일으킨다.

우리나라의 토양은 강우량이 많은 이유로 석회, 마그네슘, 칼륨 등의 염기가 쉽게 빠져나가 산성화되기 쉬우며, 수분과 양분의 보유력과 자정력을 갖게 하는 유기물도 잘 빠져나가게 되므로 자정능력을 갖추기 어려운 형편이다. 게다가 다른나라에 비하여 급속도로 이루어진 산업개발과 도시화로 인하여 경작지와 산림 지역이 감소된 것은 토양오염을 더욱 앞당기게 된 요인인 것이다

우리나라에서는 과거 수질환경보전법

에서 농수산물의 재배 제한등, 비록 농지 및 폐광산 주변토양에 국한된 간접적인 토양오염에 관한 규정이 있었으나, 1996년 1월부터 토양환경보전법이 시행됨에 따라 그 대상이 확대되어 표1과같이 토양오염 우려기준을 초과하는 지역에 대해서는 시정명령, 오염토양개선사업 등을 통해 이전 상태로 복원하도록 강제할 수 있게 되었다. 이에 본연구에서는 도내 사업장을 토양오염요인별 및 용도별로 분류하여

토양오염도를 측정 하였으며, 토양오염의 정도를 쉽게 파악할수 있도록 토양오염의 수준등을 지수로서 표시하는 오염지수 ( P.I · pollution index)를 오염요인별로 산출 하여 토지 사용 목적 및 효율적 이용을 기대하며, 일반적인 오염 행태를 보면 광산과 같은 특정지역을 제외 하고는 단원소에 의한 오염보다는 복합적인 오염이 진행된다는 전제하에 오염된 중금속 원소들의 상관성을 조사 하였다.

Table 1. soil pollution level of the Environmental Protection Law<sup>3)</sup>

unit : mg/kg

pollutant	standard of soil pollution		standard of measures against soil contamination		remark	
	I	II	I	II		
Cd	1.5	12	4	30	1. I Area : farm field · paddy field · orchard · stock farm land · forest land · a site of school · a site of stream, water supply · park · physical training site · recreation ground · religious area · historical site	
Cu	50	200	125	500		
As	6	20	15	50		
Hg	4	16	10	40		
Pb	100	400	300	1000		
Cr <sup>+6</sup>	4	12	10	30		
Zn	300	800	700	2000		
Ni	40	160	100	400		
F	400	800	800	2000		
O-P	10	30	-	-		
PCB	-	12	-	30	2. II Area : factory area · road · rail road area	
CN	2	120	5	300		
Phenol	4	20	10	50		
Oil	-	-	-	-		
-BTEX	-	80	-	200		
-TPH	-	2000	-	5000		
TCE	8	40	20	100		
PCE	4	24	10	60		
						3. In case of inclusion following items, it should be applicable Concern criterion. (1) In case of emplacement soil pollutant source facilities. (2) In case of causing soil pollution accident by PCB or oil in I the area. (3) Exception of I the area., in case of occurring soil pollution accident.

Table 2. No. of Sample according to pollution sources.

Item	Factory and industry area	Inflow area of Factory waste water	Collection area of raw ore & iron scrap	Incineration area of Waste & landfill	Traffic area	Area of popular complaint	Industrial complex area	Play ground	Total
site no.	54 (486)	10 (90)	5 (15)	21 (189)	28 (84)	5 (45)	32 (96)	10 (30)	165 (1035)

( ) Including of sampling No. according to depth of sampling site.

## II 조사지점 및 방법

### 1. 조사지점 선정 및 채취

공장 및 공업지대, 공장폐수유입지대 등 오염원별로 8개 권역으로 구분하여 각 권역별로 토양오염 개연성이 높은 지역을 선정하여 표 2와 같이 총 165개 지역을 선정 하였으며, Geoprobe System 표준모델(국산화)를 이용하여 선정된 각 지역별 3개 지점을 표토(0 ~ 1m), 중토(1 ~ 2m), 심토(2 ~ 3m이상) 등 깊이별로 연속토양시료 채취방법

(Macro-Core Sampler-MC)을 이용하여 투명 라이너(Vinyl Liner)에 채취 하였으며, 채취된 시료는 현장에서 토양오염공정시험방법에 명시한 각 항목별 전처리 방법으로 처리후 실험실로 운반 분석 시료로 사용하였다.

### 2. 항목별 시험방법

2-1 자연건조후 분석가능한

중금속 및 pH등<sup>4)</sup>

채취된 시료를 Polyethylene vat위에 펼쳐 직사광선이 닿지 않는 장소에

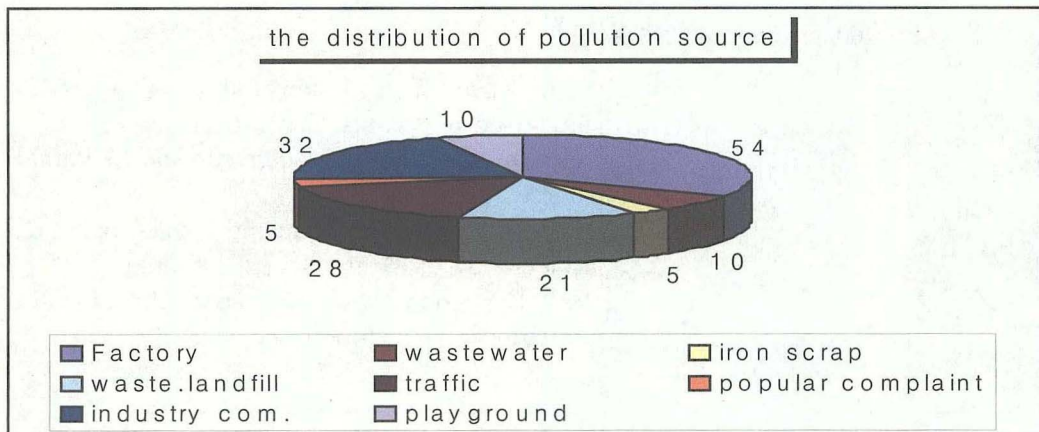


Fig. 1. the distribution of pollution source

서 풍건하여 10mesh의 표준체로 체걸음을 하여 200g씩 취한후 사분법에 의한 혼합후 분석용 시료로 하여 토양오염공정시험방법에 따라 분석 하였으며, 따로 Ni, Zn 등 함량분석을 위해 100mesh로 체걸음 후 반응용기 및 환류냉각관, 흡수용기등을 이용 강산으로 분해 후 유도결합플라즈마발광광도계로 분석 하였으며, 불소의 함량분석을 위해 200mesh로 체걸음후 흡광광도계로 토양오염공정시험방법에 따라 분석 하였으며 항목별 분석기기 및 분석조건은 표3과 같다.

2-2 생토시료를 이용하는  
BTEX, TCE, PCE등

Geoprobe System을 이용하여 Vinyl Liner에 충전된 시료의 하부를 공정시험방법<sup>4)</sup>에 예시된 주사기로 즉시 채취

후, 사전에 MeOH 10ml를 넣고 무게를 측정한 30ml 용량의 바이알에 넣어 밀봉. 냉장후 실험실로 옮겨 BTEX, TCE, PCE등을 분석 하였으며, 빈공간의 Liner는 내부의 공간에서 시료의 휘발을 막기위해 절단후 마개로 밀봉하여 냉장 이송후, 토양오염공정시험방법에 따라 가스크로마토그래피 및 흡광광도계를 이용 TPH, Phenol, CN등의 분석에 이용 하였으며, 또한 수분보정용 시료로 하였다.

### III. 결과 및 고찰

토양오염의 정도를 평가하는 방법에는 오염된 토양중의 중금속을 분석후 자연함량과 비교하여 그 차이를 알아보는 방법과, 생체에 축적되는 중금속의 성질을 이용하여 오염된 지역의 토

Table 3. A kind of equipment and Experimental condition of the equipment

Equipment	Production company and Model	Specification	Analytes
ICP	Perkin-Elmer optima-3000	-40MHz free running RF generator -0.007nm resolution -Demountable design quick change torch module	Pb,Cu,Cr,Cd ,Ni,Zn
uv	Beckman Du-70	-uv/vis dual system -symultaneous mirror system	F,CN
GC	Agilent GC 6890N, Tekmar XPT	-control of seven heated zones -two channel of singlecolumn baseline -built-in diagnostics and self test	TCE,PCE,T PH,BTEX,P henol
AA	Perkin-Elmer AA-800	-grating : 1800lines/236~597nm -grating area : 64*72mm -Automic 8-lamp selection	Hg,As
pH meter	Mettler Toledo 340	-0mv ±35mv -probe slope : 90~100%	pH

양과 오염되지 않은 지역의 토양에서 성장하는 식물의 중금속 농도를 측정하여 비교하는 방법 및 토양오염의 정도를 지수로 환산하여 평가하는 방법 등이 있으며, 토양오염지수 산정식은 아래와 같이 표현 된다.

$$P.I ( pollution index ) = \{ \sum ( xi / Xi ) \} / N$$

where xi : 토양중 중금속 원소의 함량  
 Xi : Kloke가 제시한 토양오염의 한계치  
 N : 중금속 원소의 개수

### 1. 분석방법에 따른 중금속의 농도 비율

토양오염공정시험법<sup>4)</sup>에 명시된 중금속의 시험법은 표준체로 체걸음후 항목별로 일정량을 취한후 0.1N HCL용액 50ml를 넣어 항온 수평 진탕기(100회/분, 진폭 10cm)를 사용하여 30°C를 유지하면서 1시간 진탕후 여액을 분석

하도록 되어 있으나, 이 결과는 약산에 의한 용출시험 결과로, 오염지수 산정을 위해 Kloke<sup>8)</sup>가 제시한 토양오염 허용한계치들( Cu 100, Pb 100, Cd 3, Cr 100, As 20, Hg 2, Ni 50, Zn 300 mg/kg )적용하기 위해서는-실제 토양의 특성 및 환경영향등에 의해 다소 무리가 있으나-약산에 의한 용출시험 결과를 여러자료<sup>1)2)5)</sup>를 이용 함량시험 결과로 변환하여, 그림 2와 같이 시료별 평균 Cu 22.0%, Pb 23.9%, Cd 39.6%, As 22.2%, 평균 26.9%의 함량에 대한 용출 비율을 얻어, 그 결과로 아래의 2-2항의 오염지수 결과를 평가 하였다.

### 2. 지역별 토양오염 분포 및 오염지수 검토

#### 2-1 오염원에 대한 지역별 중금속분포

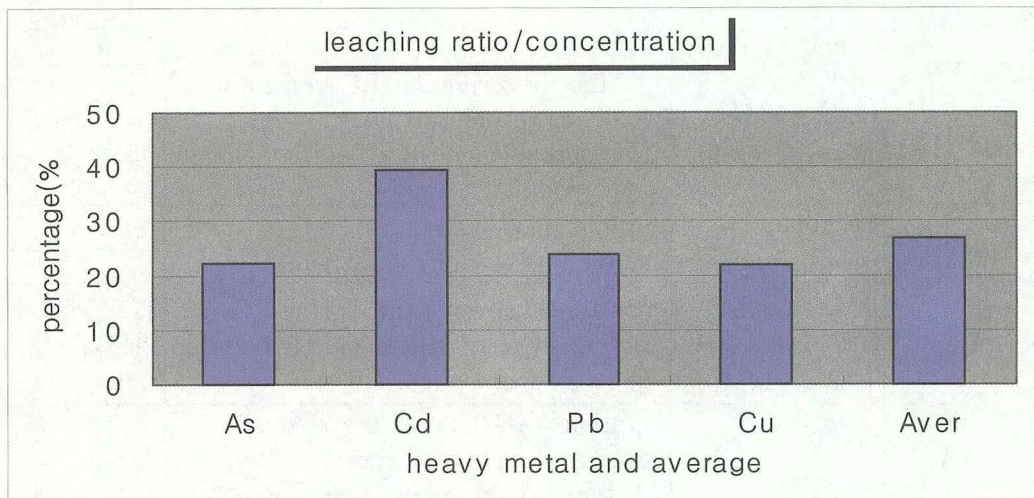


Fig. 2. Leaching ratio for total concentration

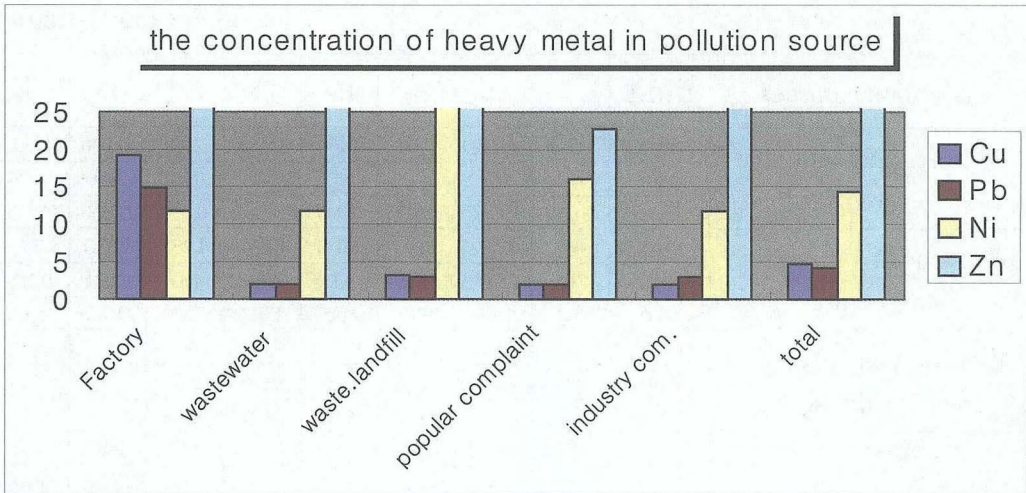


Fig. 3. The concentration of Heavy Metal in pollution source

표 4 및 그림 3.4에서 보는 바와 같이 자연계에서 천연상태로 산출되기도 하는 Cu(구리)의 경우 제일 높은 지역이 공장 및 공업지역으로 최고 871.5mg/kg으로 조사되어 토양오염대책기준이 초과된 지점도 있었으나, 그 평균은 토양오염우려기준인 50 mg/kg의 40%인 19.2mg/kg로 나타났고, 낮은 지역이 어린이놀이터 지역으로 최고 4.2mg/kg, 평균 1.8mg/kg로 나타났으며, 전체적으로 최고 871.5mg/kg, 평균 4.4mg/kg로 조사 되었다.

또한 과거 일본에서 이따이이따이병으로 문제가 되었던 Cd(카드뮴)의 경우는 공장 및 공업지역에서 최고 1.9mg/kg, 평균 0.03mg/kg로 나타났으며, 폐기물적치.매립소각지역에서 일부 검출되었으나, 그 이외의 지역에서는 검출되지 않았으며, 또한 Cu와같이 우리 주위에서 흔히 볼수 있으며 그러한 이유 때문에 Pb(납)도 오염정도는 낮으나 광범위하게 분포하리라는 예상대로 Pb

은 전지역에걸쳐서 검출되어 공장 및 공업지역에서 최고 680.5mg/kg, 평균 14.8 mg/kg로 나타났으며, 전체적으로 평균 4.0mg/kg으로 조사 되었다.

아울러 최근 환경부에서 토양오염기준에 추가 시킨 니켈과 아연의 경우 니켈이 폐기물 적치.매립 소각지역에서 최고 100.33mg/kg, 평균 33.57mg/kg으로, 공장폐수 유입지역에서 최고 30.57mg/kg, 평균 11.76mg/kg으로 나타났고, 아연이 공장 및 공업지역에서 최고 11426.7mg/kg, 평균 223.17mg/kg으로 최고치가 토양오염우려기준의 14배로 나타나는등 전지역에서 고르게 다른 중금속 보다 높게 나타났는데 이는 이들 중금속의 자연함유량이 높기도 하거니와 다른 중금속의 경우 대부분 약산에 의한 용출시험결과 인데 반해 니켈과 아연은 강산에 의한 함량분석법<sup>4)</sup>이 이용된데 기인 한다

#### 2-2 지역별 오염지수 검토

Table 4. The concentration of Heavy Metal in pollution source

unit : mg/kg

pollution sources	limit	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Cr <sup>+6</sup>	Ni	Zn
Factory and industry area	max	1.915	871.500	1.217	1.293	680.500	3.160	51.000	11426.7
	min	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.039
	ave	0.030	19.163	0.077	0.045	14.820	0.082	11.753	223.17
Inflow area of Factory wastewater	max	ND	7.580	1.796	1.646	5.550	1.265	30.567	119.73
	min	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.024	0.211
	ave	ND	1.936	0.184	0.086	1.997	0.040	11.760	42.762
Collection area of raw ore & iron scrap	max	ND	5.060	0.551	0.006	9.245	ND	-	-
	min	ND	1.000	0.044	ND	0.930	ND	-	-
	ave	ND	2.378	0.225	0.001	3.932	ND	-	-
Incineration area of Waste & landfill	max	0.800	23.900	0.885	0.035	25.315	ND	100.33	168.4
	min	ND	ND	0.014	ND	ND	ND	0.002	0.018
	ave	0.015	3.312	0.136	0.010	3.032	ND	33.572	45.372
Traffic area	max	ND	12.430	4.205	0.009	11.785	ND	-	-
	min	ND	ND	0.014	ND	ND	ND	-	-
	ave	ND	2.187	0.307	0.001	2.093	ND	-	-
Area of popular complaint	max	ND	8.700	0.405	0.092	4.925	ND	38.333	79.600
	min	ND	ND	ND	0.003	ND	ND	0.011	0.101
	ave	ND	2.075	0.121	0.027	2.016	ND	16.041	22.796
Industrial complex area	max	ND	34.240	4.920	0.082	16.670	ND	40.000	107.9
	min	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.002	0.009
	ave	ND	1.975	0.219	0.009	3.032	ND	11.757	44.146
Playground	max	ND	4.220	0.561	0.002	3.340	ND	-	-
	min	ND	0.295	0.017	ND	ND	ND	-	-
	ave	ND	1.827	0.182	ND	1.295	ND	-	-
Total	max	1.915	871.500	4.920	1.646	680.500	3.160	100.333	11426.7
	min	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.009
	ave	0.006	4.357	0.181	0.026	4.027	0.015	10.610	47.280

오염지수 산정을 위해 Kloke<sup>8)</sup>가 제시한 토양오염 허용한계치를( Cu 100, Pb 100, Cd 3, Cr 100, As 20, Hg 2, Ni 50, Zn 300 mg/kg )적용하여 여러 자료<sup>1)2)5)</sup>들을 이용 함량으로 환산후 그 결과로 PI(pollution index) = {Σ (xi / Xi)} / N 의 식을 이용하여 토양오염의 정도를 평가하였으며, 또한 우리가 이용하는 토양의 특성상 한두 가지의 중금속 오염물질의 잔류농도가 높고 다른 여러 중금속

오염물질들이 검출되지 않거나 미량 검출되었다손 치더라도, 이는 결코 좋은 토양이라 말할수 없으므로, 이와 같은 경우 위의 오염지수 평가 항목에서 제외 시키는 것이 타당하여, Kloke<sup>8)</sup>가 제시한 토양오염한계치의 20%를 넘지 않을 경우 평가 수식에서 제외후 평가한 결과, 공장 및 공업지역의 최고치가 13.72로 나타났으나 이는 오염원 지역의 자료 비교를 위해 각각의 채취지점중 최고치의 결과만을 취한 까닭으로, 전체 공업지역과의 단

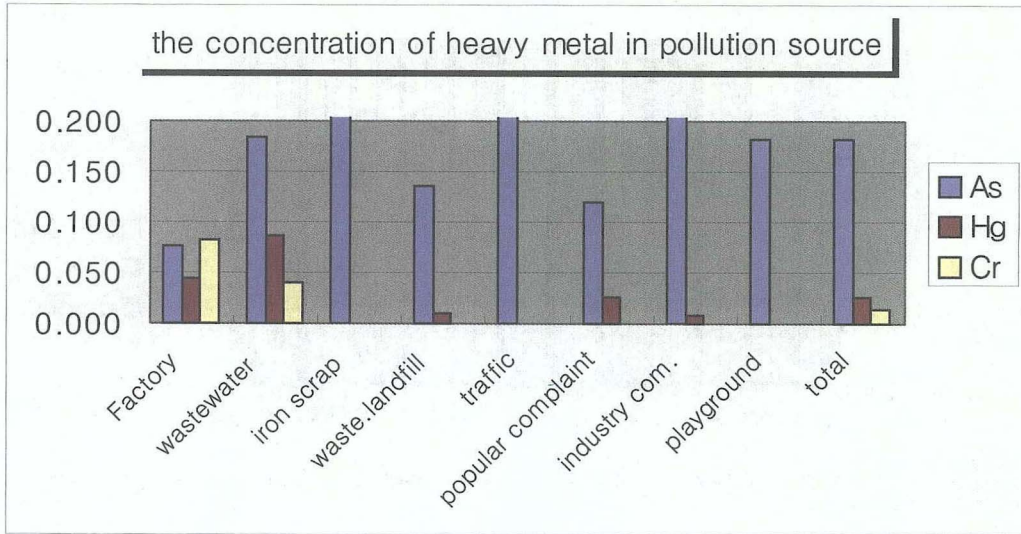


Fig. 4. The concentration of Heavy Metal in pollution source

순 비교는 합리적이지 않는 것으로 판단되며, 공장폐수 유입지역, 폐기물적치.매립.소각지역, 원광석.고철야적지역, 교통관련시설지역, 공단주거지역, 어린이놀이터지역등 공장 및 공업지역을 제외한 전지역이 오염지수가 1 이하로 나타나 추가적인 오염이나 인공적인 오염이 진행된 것으로 보이지 않는다.

그리고 공장 및 공업지역중에서도 실제로 토양오염우려기준을 초과한 일부 지점에서 -시료 채취 위치별로 다르기는 하나- 토양오염지수가 22.9, 17.5, 6.2로 나타났으며, 이는 비록 국소오염이 원인이거나 또는 과거의 일시적인 오염-매립.복토과정에서 오염-일지라도 조속히 복원이 실시 되어야 할 정도로 높은 오염지수를 보였다.

2-3 오염원에 대한 지역별 불소 및 시안, 유류등의 분포  
중금속 이외의 항목중 CN의 경우

공장 및 공업지역에서 최고 0.526mg/kg으로 토양오염우려기준인 2mg/kg의 약 25%수준으로 아직 까지 그 오염정도는 미약 하였으며, 대부분의 지역에서 폐놀과 더불어 검출되지 않았고, 불소는 공단등의 지역에서 최고 765.0mg/kg으로 나타났으나, 전체적으로는 평균 143.4mg/kg으로 고르게 검출되었으며, 토양오염우려기준의 “가”지역기준을 적용할 경우 조사 대상지역중 상당수의 지점에서 우려기준을 초과하는 수준이나, 우리나라 현행 불소의 분석법이 중금속과는 다르게 함량분석법으로 규정되어 있어 다른 중금속오염물질보다 높게 검출농도를 보이기도 하지만, 실제로 토양에서 불소화합물은 강력한 결합을 형성하고 있어, 흙속에 들어있는 불소의 양은 그다지 식물에 영향을 미치지 못하기 때문에 우려할만한 수준은 아닌 것으로 보인다.

또한 여타 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크

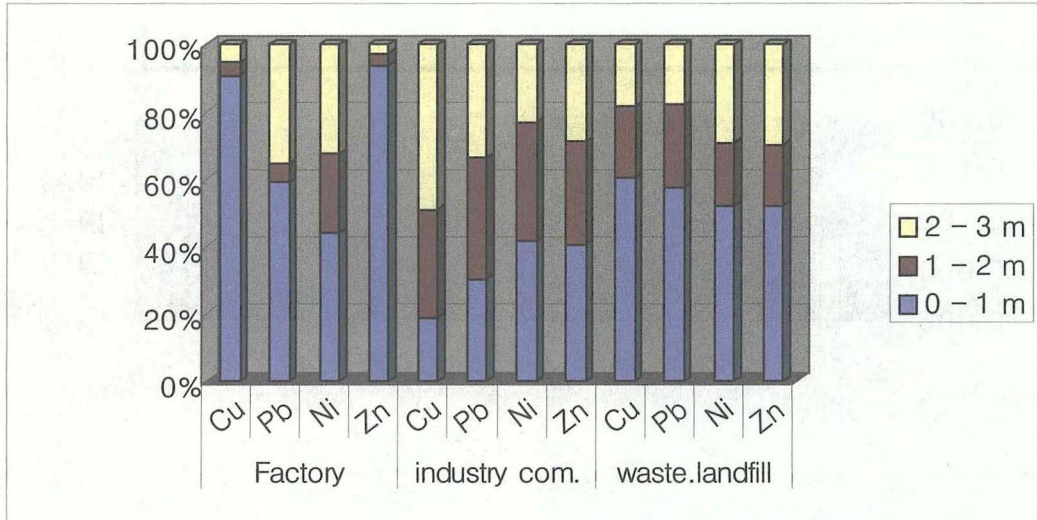


Fig. 5. The distribution of Heavy Metal according to depth of pollution source

실렌(BTEX) 및 총석유계탄화수소(TPH)와 같은 기름성분등은 대부분 검출되지 않거나 검출이 미미한 수준이었으나, 일부지역에서 총석유계탄화수소(TPH)가 토양오염우려기준을 초과 하였으나 이는 토양오염 유발시설 등에서의 대규모 오염보다는 사용자의 부주의로 인한 일부 지역의 국소오염으로, 전체적인 지역별 오염형태를 추적할만한 합리적인 결과가 나오지 않았으며, 트리클로로에틸렌(TCE) 및 테트라클로로에틸렌(PCE)은 대부분 검출되지 않거나 검출이 미미한 수준이었다. 그리고 토양오염우려기준에 그 기준이 설정되어 있지는 않지만 수소이온농도는 전 지역에서 11.6 ~ 4.6의 분포를 보였으며, 그평균은 7.6으로 나타났다.

### 3 각지역의 깊이별 중금속 분포

현재 우리나라의 토양에 설정된 토양

오염물질의 심도별로 그 분포정도를 보기위해 Geoprobe System 표준모델(국산화)를 이용하여 표토(0 ~ 1m), 중토(1 ~ 2m), 심토(2 ~ 3m이상) 등 깊이별로 연속토양시료 채취방법(Macro-Core Sampler-MC)을 이용하여 투명 라이너(Vinyl Liner)에 채취된 시료를 분석한결과 그림 5에서 보는바와같이 대부분의 중금속등은 공장 및 공업지역에서 구리의 경우 표토 60.1mg/kg, 심토29.2mg/kg, 납의 경우 표토 39.8mg/kg, 심토 24.0mg/kg에서와 같이 심토보다는 표토에서 높은 농도를 보였으나 그 차이는 크지 않았으며, 공단등주거지역의 구리는 표토 1.179mg/kg, 심토 3.078mg/kg과 같이 일부항목의 경우 그 반대인 경우도 나타났다. 표토.중토.심토등 깊이별로 오염물질농도의 일정한 패턴이 없는 것으로 보아 미량일지라도 지속적인 오염의 진행은 없어 보인다.

또한 시안의 경우 검출빈도도 적을뿐

아니라 깊이별로 유의할만한 차이가 없었으며, 불소는 전지역별 및 깊이별로도 고르게 검출되며 그 농도 또한 심도별로도 일정한 패턴이 없었다 이는 일부지역을 제외하고는 오염에 의한 것이라기보다 우리나라 토양의 특성상 자연적인 함유량 일수도 있다는 추측을 하게한다.

트리클로로에틸렌(TCE) 및 테트라클로로에틸렌(PCE) 또한 검출빈도도 작으며 깊이별로도 유의할만한 차이가 없었으며, 유류의 경우에는 - 표본(검출빈도)이 적어 신뢰수준이 낮을수 있음 - 표토보다는 심토에서 높은농도를 보였다, 이는 표면의 포장으로 새로운 오염이 진행되기보다는 과거 오염의 결과로 보여진다

#### 4 오염원 지역별 중금속 성분간 상관성 검토

중금속 성분간의 상관성을 살펴 보기 위해 검출빈도가 많은 공장 및 공업지역을 중심으로 검토 하였다. 모든 오염원지역의 자료중 검출되지 않은 자료 등이 포함되면 중금속 서로간의 상관성을 살펴보는 데 의미가 반감되므로, 모두 검토 하기보다는 검출된 지점들만의 자료를 수집,분석하여 성분들간의 상관 관계를 조사한 결과 그림 7에서 보는 바와 같이 구리와 납의 경우  $r = 0.932$ 로 높은 상관 관계가 있음을 알수 있으며, 토양오염공정시험법에 함량시험으로 명시된 니켈과 아연의 경우  $r = 0.428$ 로 그림 7에서와 같이 서로간의 상관성은 그리 크지

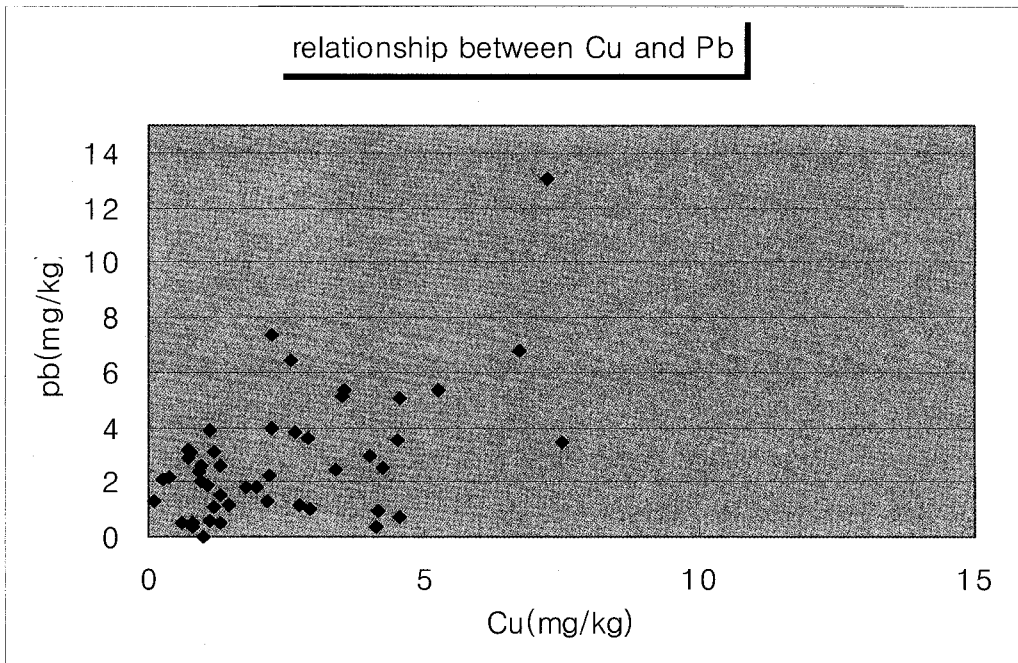


Fig. 6. Relationship between Cu and Pb

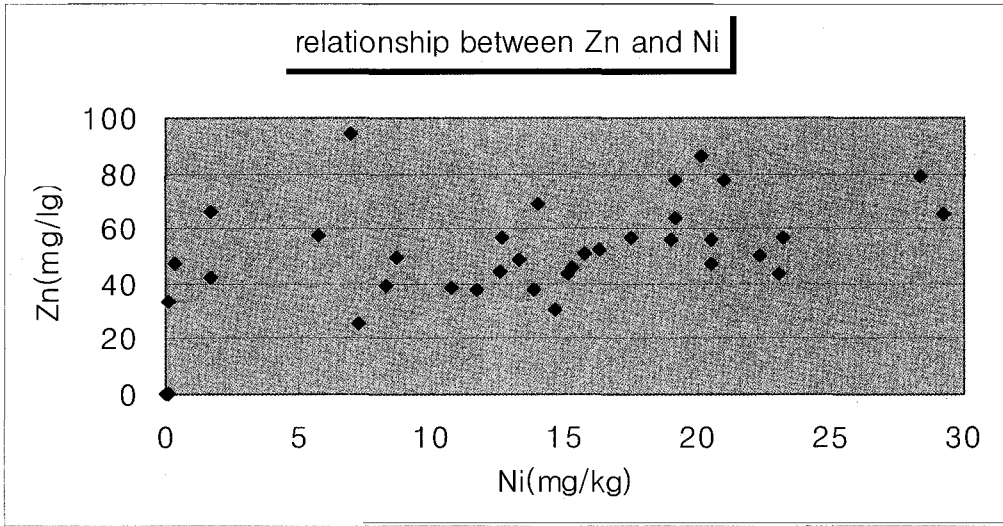


Fig. 7. Relationship between Zn and Ni

않았으며, 구리와 비소는  $r = 0.210$ , 구리와 불소는  $r = 0.167$ , 아연과 불소는  $r = 0.194$ , 납과 비소는  $r = 0.194$ , 납과 니켈은  $r = 0.121$ , 납과 아연은  $r = 0.324$ , 구리와 니켈은  $r = 0.098$ , 구리와 아연은  $r = 0.336$ 으로 나타나 이들 오염물질들간의 상관성은 없는 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

이번에 수행된 과제외 경우 환경부의 토양오염실태조사 사업과 병행 실시로 그사업량이 방대하여, 투입장비 및 인력과 시간이 많이 투입된 대규모 조사 사업으로 대상지 165개지점, 채취위치 총 1035개 위치에서 시료채취가 이루어져 분석한 결과 아래와 같은 나름의 결론을 얻었다.

1. 오염원지역별로 검토해본 결과 Cu 및 Pb은 광범위 하게 검출 되었으며, 특히 공장 및 공업지역에서 Cu가 최고 871.5mg/kg, 평균 19.2mg/kg 으로 Pb이 최고 680.5mg/kg, 평균 14.8mg/kg으로 나타났으나, 이는 토양 오염기준이 초과되는 일부(2개)지역에서 검출농도가 평균에 영향을 미친 것으로, 전체적으로는 Cu가 4.4mg/kg 으로 Pb이 4.0mg/kg으로 환경부<sup>6)</sup>의 추정망 및 실태조사결과의 년도별('98~'02) 자료(Cu : 3.8mg/kg, Pb : 6.0mg/kg)와 비교 했을때 약간 높거나 낮게 조사 되었으며, 두 항목 이외의 경우는 검출빈도도 낮고 그 량도 미미 했다.
2. 토양오염공정시험방법에서 규정된 약산에 의한 용출시험결과를 여러자료를 이용하여 함량시험결과로 변환하여 Klocke가 제시한 토양오염 허용한계치

를( Cu 100, Pb 100, Cd 3, Cr 100, As 20, Hg 2, Ni 50, Zn 300 mg/kg ) 적용하여 토양오염지수 PI(pollution index)를 평가한 결과 대부분의 지점이  $PI \leq 1$  로 나타나 추가적인 오염이나 인위적인 오염이 진행되지 않는 것으로 보이나 공장 및 공업지역의 일부지점에서는  $PI = 22.9, 17.5, 6.2$  등으로 나타나 조속한 복원이 필요한 것으로 보인다.

3. 또한 오염원 지역에서의 깊이별 토양오염 분포를 보기 위해 Geoprobe System을 이용하여 표토(0~1m), 중토(1~2m), 심토(2~3m이상)로 나누어 연속 토양시료 채취방법으로 채취된 시료를 분석한결과 대부분의 중금속등은 공장 및 공업지역에서 Cu의 경우 표토 60.1mg/kg, 심토29.2mg/kg, Pb 경우 표토 39.8mg/kg, 심토 24.0mg/kg에 서와 같이 심토보다는 표토에서 높은 농도를 보였으나 그 차이는 크지 않았으며, 공단등주거지역에서의 Cu는 표토 1.179mg/kg, 심토 3.078mg/kg과 같이 일부항목의 경우 그 반대인 경우도 나타났고, F의 경우 검출빈도 및 검출량은 높았으나 깊이별로 유의할만한 차이가 없었으며, CN, TPH, TCE, PCE, BTEX등은 검출빈도도 적을뿐 아니라 깊이별로 유의할만한 차이가 없었다. 결과적으로 전항목에 걸쳐 깊이별로 오염물질 농도의 일정한 패턴이 없는 것으로 보아 토양오염지수에서 검토된바와 같은 맥락으로 미량일지라도 지속적인 오염의 진행은 없어 보인다.

4. 아울러 검출빈도가 높은 중금속 성분들간의 상관성을 조사한 결과 Cu와 Pb의 경우 상관계수 0.932의 높은

정의 상관관계를 보였는데, 이는 성급한 판단일지 모르나 우리 일상의 주변에 구리와 납이 공존하는 형태의 기물들이 많은데 기인 하는듯 보이며, Ni와 Zn은 상관계수 0.428로 나타났으나 여타 오염물질들간의 상관성은 없는 것으로 나타났다.

위의 결과로 조사대상지 대부분의 결과가 토양오염우려기준을 많이 밑돌며, 환경부의 조사결과도 년도별로 낮아지는 추세이므로 현재와 같은 토양오염 관리 체제를 유지 한다면 비상의 경우를 제외하고는 안전한 관리체제라 하겠으나 일부 지점에서 우려기준을 초과한곳도 있는 까닭에 배출시설 및 유발시설의 중점관리는 항상 필요하리라 하겠다.

## V. 참고 문헌

1. 이기천외 “금정광산 주변 토양의 중금속 오염 현황 및 그 처리 방안”, Journal of KOSES Vol.4, No1(1999)
2. 전동진, 전효택, 전용원, “신예미 Pb-Zn-Fe광산과 거도 Cu-Fe광산 주변 토양 하상퇴적물 및 하천수의 중금속 오염”, 한국자원공학회지. 32(5) (1999)
3. 환경부, 2002, 토양환경보전법, 토양환경보전법시행령, 토양환경보전법시행규칙
4. 환경부 2002, 토양오염공정시험방법
5. 황호승, 전효택, “시흥 Cu-Pb-Zn광산 주변에서의 중금속 원소들의 분산 및 존재형태와 흡착처리”, 자원환경지

질, 28(5) (1995)

6. 환경부, 2003, 2000년도 토양측정망  
및 토양오염실태조사결과.

7. 황은하 외, “서성 연-아연 광산 주  
변 농경지 토양의 중금속 오염연구”,  
Journal of KOSES VOL.5,

No2(2000)

8 Kloke.A. , “Content of As. Cd. Cr.  
F. Pb. Hg. Ni in plants grown on  
contaminated soil”, UN-ECE Symp.  
(1979)

# 가정용 정수기의 효율적 이용에 관한 연구

김은아, 김종수, 최일우, 김상훈, 최필권, 김태현, 이경희, 이수문, 신형순  
환경기동조사팀

## The efficient uses of domestic water purifiers

Eun-Ah Kim, Jong-Su Kim, Ill-Woo Choi, Sang-Hoon Kim,  
Phil-Kweon Choi, Tae-Hyun Kim, Kyong-Hee Lee, Soo-Moon Lee and  
Hyoung-Soong Shin

### *Environmental Task Force Team*

**Abstract** : This study was to provide efficient ways of uses and maintenances of domestic water purifiers, such as choosing proper water purifier with water quality, preventing microbial contamination and dealing with leaking substances with changing a filter by finding out the water quality characteristics according to purification methods.

While an ultra filtration type, which removes turbidity and chlorination by-products, was for tap water, a reverse osmosis filter type, which can remove nitrate-nitrogen and heavy metals, was for contaminated groundwater.

An overall disinfection of purifier including tank and line was required for the microbial contamination of itself, and through flushing was necessary for the reuse after disinfection.

It is necessary to set up the effective purification water amount for the timely filter replacement because ammonium-nitrogen would be generated when the filter were being used without change. Moreover, it was desirable to wash the filter to prevent certain substances from leaking when installing a new filter.

**Key word** : water purifier, ultra filtration type, reverse osmosis filter type,

## I. 연구 배경 및 필요성

정수기는 본래 상수도가 공급되지 않는 지역에서 지표수나 지하수를 정수할 목적으로 개발되었으나, 우리나라에서는 1970년대 일부 소수 층에 의하여 사용되다 1990년대 역삼투압막과 한외여과막을 이용한 정수 방식 도입과 생활수준 향상으로 정수기 사용이 증가하는 추세이다.<sup>1),2)</sup>

우리나라 정수기 시장은 연간 1조원 규모로 200여개 업체에서 1,000여종의 모델을 생산 유통시키고 있다.<sup>2)</sup> 정수 방식은 중공사막 방식, 역삼투압막 방식이 90%이상을 차지하고, 자연여과 방식이 일부 이용되고 있는 실정이다.

정수기 사용이 증가함에 따라 일반 세균 등 미생물 오염 문제가 대두되고, 미생물 오염 방지를 위한 소독으로 인한 소독부산물 발생 등 정수기 사용에 대한 위생관리 문제점이 야기되고 있다.<sup>3),4)</sup>

이에 따라 환경부는 정수기를 대상으로 2000년 11월에 「정수기의 기준규격 및 검사기관 지정고시」를 제정하였으며, 정수기품질검사기관을 지정하여 관리하고 있으나, 제도적인 미비점으로 정수기 제조 및 사후 관리제도 개선이 요구되는 실정이다.<sup>5)</sup>

따라서 본 연구는 정수 방식별 수질 특성을 파악하고, 정수기 관리에 필요한 필터 교체 시기와 미생물 오염 방지 등 정수기 사용에 있어 효율적인 관리 방안을 제시하고자 한다.

## II. 연구 범위 및 방법

정수기 크기는 외관의 크기뿐만 아니라 유효정수량<sup>4),5)</sup>으로 구분 하는데, 유리잔류염소 2.0 mg/l 인 유입수를 통과시켜 유출수 유리잔류염소가 0.4 mg/l (80%제거) 될 때까지 최대 통과수량으로 정의되며, 제품에 내장된 필터 교체시기를 파악하는 기준이 된다. 정수기 제조사는 필터 교환 시기를 4인 가족이 1일 10l를 사용한다는 가정 하에 Sediment Filter 교체는 3~6개월, Pre-carbon Filter는 8~12개월, Post-carbon Filter는 12~18개월, 역삼투압막 18~24개월, 중공사막 12~18개월로 사용 기간을 권장하고 있다.<sup>6),7)</sup>

본 연구는 가정에서 가장 많이 사용하는 중공사막 방식, 역삼투압막 방식 중 유효정수량이 1,200l 인 정수기를 대상으로 정수기 통과 전·후 수질을 비교 평가하고자 유효정수량의 10%간격(120l)으로 시료를 채취하여 먹는 물수질기준에 설정되어 있는 탁도 등 54항목을 분석하였다.<sup>8),9),10)</sup>

또한 정수기 유지 관리 및 정기 검사 시 세균 오염을 예방하고자 저수탱크에 소독약품을 넣어 소독하고 있어 이로 인한 소독부산물 생성이 우려되고 있다.

따라서 본 연구는 소독약품 중 이산화염소, 차아염소산나트륨, 염화이소시아늄산나트륨 사용으로 발생하는 소독부산물과 세척 헹수별 제거 정도를 조사하였다.<sup>11)</sup>

실험 방법은 모든 소독약품에 대하여 약품 투입 전·후 및 세척 횡수별(3회) 수질 변화를 알아보고자 잔류염소와 THMs, 클로로포름, 클로랄하이드레이트, 할로아세틱에시드류, 할로아세토니트릴류 등을 분석하였다.

### III. 실험장치

정수기는 흡착(adsorption), 여과(filtration)의 물리적 처리를 기본으로 하고, UV 등 살균 장치를 부착 한다. 기본 구조는 Fig.1과 같이 ①침전여과 필터(sediment filter) ②전활성탄 필터(pre-carbon filter) ③여과막(중공사막 또는 역삼투압막) ④ 후활성탄 필터(post-carbon filter) ⑤저수탱크 순으로 구성되어 있다.<sup>12)</sup>

정수기를 구성하고 있는 필터 중 침전 필터는 유입수의 양금, 찌꺼기, 녹 성분 등 이물질을 제거하여 다른 필터의 보호와 수명 향상을 위하여 장착하고 있으므로 정수기 사용 시 자주 교체하는 부품이다. 활성탄 필터는 대부분 정수기에 기본적으로 장착되며 전처리 필터를 통과하는 미세한 유기화학 물질을 흡착하여 제거하며, 입상 활성탄, 분말 활성탄, 활성탄 종이, 은 코팅 활성탄 등 종류와 형태가 다양하며, 카트리지에 충전되거나 성형된 제품으로 보급되고 있다. 여과막은 정수기의 가장 핵심이 되는 부분이며 여과, 흡착으로 제거되지 않는 대부분 용존 물질을 제거하는 미세한 막으로 공극의 크기에 따라 분리되며, 역삼투압막과 중공사막이 대부분 이용되고 있다.<sup>13),14)</sup>

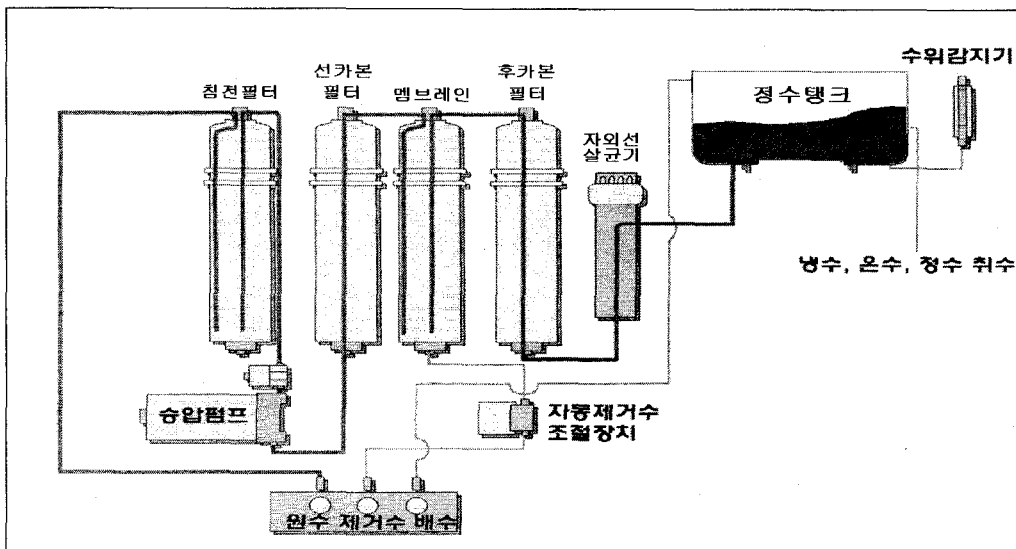


Fig 1. Schematic diagram of the water purifier.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 정수 방식별 통과 전·후 수질 변화

Table 1은 정수기 통과 전·후 수질 조사 결과로 중공사막 방식은 4,800 l (유효정수량 400%), 역삼투압막 방식은 공극 막힘으로 인한 최대 한계 3,000 l (유효정수량 250%)까지 조사한 결과이다.

통과 전 pH는 6.6~7.2, 통과 후 중공사막 방식은 6.5~7.4, 역삼투압막 방식은 6.0~7.8로 조사 되었다. 역삼투압막 방식 pH는 필터 교체 후 초기에는 높다가 일정 시간 경과 후에는 통과 전 pH보다 낮아지는 경향을 보이며, 중공사막 방식은 필터 교체에 따른 영향 없이 일정한 것으로 조사되었다.

탁도는 통과 전 0.25~0.61 NTU (평균 0.42 NTU)로 조사 되었으며, 통과 후 중공사막 방식은 0.06~0.25 NTU로 통과 전의 40%~80% 제거되었으며, 역삼투압막 방식은 0.06~0.14 NTU로 통과 전의 60%~80%정도 제거되었다. 탁도는 정수량이 증가할수록 탁도 유발 물질이 필터 공극을 막음으로 제거 효과는 증대되나, 필터 수명을 단축시키는 결과를 초래하였다.

경도는 통과 전 35~56 mg/l로 평균 46 mg/l 이었고, 통과 후 중공사막 방식은 35~56 mg/l, 역삼투압막 방식은 0~8 mg/l로 조사되었다. 중공사막 방식은 공극 크기가 0.01~ 0.1 μm로 경도 성분인 2가 양이온이 그대로 통

Table 1. Water quality of before and after the water purifier with purification methods.

(단위:mg/l)

Item	Tap Water	U/F	R/O
pH	6.6~7.2	6.5~7.4	6.0~7.8
turbidity	0.25~0.61	0.06~0.25	0.06~0.14
hardness	35~56	35~56	0~8
consumption of KMnO <sub>4</sub>	0.4~1.7	0~1	0~1
residue after evaporation	56~221	28~179	3~75
NO <sub>3</sub> -N	1.5~ 2.3	1.5~2.3	0
Cl <sup>-</sup>	11~ 14	10~ 14	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9 ~14	7~ 24	0
Zn	0.04~0.78	0.02~0.38	0~0.14
Al	0~0.07	0~0.07	0~0.04
CHCl <sub>3</sub>	0.0435~0.0735	0.0003~0.0140	0.0022~0.0073
THMs	0.054~0.089	0.002~0.016	0.002~0.009
HAA5	0.0116~0.0278	0	0
Chloral Hydrate	0~0.0070	0	0
DCAN	0.0130~0.0280	0	0

과하여 통과 전·후의 차이가 없었으나, 역삼투 압막 방식은 공극이 0.001 μm로 미세하여 경도 성분이 제거되는 것으로 나타났다.

증발잔류물은 경도와 상관관계가 가장 높은 항목으로 경도 감소로 인하여 동시에 제거 되는 것으로 보이며, 역삼투압막 방식은 역삼투압 필터 자체가 경도, 탁도 성분 제거에 효과가 있어 중공사막 방식보다 증발잔류물 농도가 크게 감소하는 것으로 나타났다.

과망간산칼륨소비량은 통과 전은 0.4 ~ 1.7 mg/l 이나, 중공사막 방식과 역삼투압막 방식 통과 후 모두 0~1mg/l로 나타났다.

질산성질소, 염소이온, 황산이온 등 이온성 물질은 중공사막 방식에서 통과 전·후 차이가 없었으나, 역삼투압막 방식 정수기는 이온성 물질 대부분이 제거되는 것으로 조사 되었다.

중금속 성분은 원수(수돗물)에서 대부분 검출되지 않아 정확한 조사는 이루어지지 않았으나, 아연의 경우 원수에서 0.04~0.78 mg/l로 검출되는 반면 중공사막 방식은 0.02~0.38 mg/l, 역삼투압막 방식은 0~0.14 mg/l로 역삼투압막 방식이 중금속 제거에 우수한 것으로 조사되었다.<sup>12)</sup>

소독부산물물은 염소 소독으로 인해 생성되는 물질로 통과 전 THMs는 0.054~0.089 mg/l, HAAs 0.0116~0.0278 mg/l, 클로랄하이드레이트 0~0.007 mg/l, DCAN 0.013~0.026 mg/l로 검출되었으나, 통과 후에는 두 방식 모두 소독부산물 제거 효과가 있어 HAAs, 클로랄하이드레이트, DCAN은 검출되지 않았고, THMs는 0.002~0.016 mg/l로 80%이상 제거되는 것으로 나타났다. 이는 정수기 필터 중 활성탄 필터에 의해 대부분 제거되는 것으로써 필터 수명에 따른 정기적인 교체가 이루어질 경우 소독부산물 제거에 상당한 효과가 있는 것으로 사료된다.

이상의 결과를 볼 때 수돗물과 같이 먹는물수질기준에 적합한 물은 정수기 사용에 장단점이 있으나, 소비자가 정수기 사용을 원하면 많은 양의 물이

버려지고 미네랄 성분까지 제거되는 역삼투압막 방식 보다는 소독부산물과 부유 물질이 제거되는 중공사막 방식이 좀 더 바람직하고, 이온성 물질, 중금속 등에 오염된 지하수를 음용하는 경우에는 역삼투압막 방식이 효과적일 것으로 판단된다.

## 2. 정수기 사용에 따른 문제점

### 가. 미생물 오염 및 소독부산물

Table 2는 2003년 정수기 수질을 조사한 결과로 정수기 12.3%가 먹는물수질기준에 초과되었으며, 부적합 비율은 미생물 오염이 95%이고, 클로로포름이 5%로 나타났다. 클로로포름이 먹는물수질기준 0.8 mg/l를 초과하는 원인은 세균 오염 방지를 위하여 저수탱크에 소독제를 과다 투여한 결과로 판단된다.<sup>4),15)</sup>

본 연구는 정수기 유지 관리를 위해 실시하는 소독 과정에서 발생하는 클로로포름 등 소독부산물에 대한 조사를 위하여 시중에서 이용하는 소독제로 저수탱크를 소독한 결과 Table 3과 같은 결과를 얻었다.

Table 2. Water quality status from water purifier surveyed in the 2003

(단위: 건)

정수기수질 검사건수	부적합 건수	부적합 항목		
		일반세균	총대장균	클로로포름
1198	147 (12.3%)	122 (10.2%)	17 (1.4%)	8 (0.6%)

소독약품에 의한 소독부산물은 먹는 물수질기준을 초과하는 항목은 없었으나, 소독제 과다 투입 시 수질 기준을 초과할 우려가 있으므로, 소독 후 3회 이상 세척이 필요하며, 이산화염소가 소독부산물을 가장 적게 생성하는 것으로 조사되었다.

정수기 세균 오염 문제는 단순히 필터 교체만으로는 충분치 못하고 정수 Line, 정수기 저수탱크 등 전체적인 소독이 필요한 것으로 사료되며, 정수기 제조 시 저수탱크 세균 번식을 억제할 수 있는 살균 장치가 마련되어야 할

것으로 사료된다.

#### 나. 정수기 사용 중 Filter로 인한 수질 변화

정수기 사용 중 필터로 인한 수질 변화를 알아보기 위해 4,600ℓ까지 정수한 결과 사용을 정지 후 재 가동시 3,000ℓ부터 원수에서 검출되지 않는 암모니아성 질소가 검출이 되기 시작하였다. 암모니아성 질소의 생성은 정수 과정에서 필터에 누적된 유기물이 분해되어 생성되는 것으로 나타났다.

Table 3. Change of by-product concentration with the disinfection chemicals and number of the flushing times.

(단위:mg/ℓ)

소독약품	소독부산물	CHCl <sub>3</sub>	THMs	HAAs	DCAN	DBAN	DBCP	잔류염소
염화이소시아늄산나트륨	약품투입후	0.0240	0.0315	0.0570	0.0060	0.0022	0.0003	7.98
	1회세척	0.0045	0.0045	ND	0.0009	0.0011	0.0003	0.92
	2회세척	0.0043	0.0043	ND	0.0008	0.0003	ND	0.22
	3회세척	0.0043	0.0043	ND	ND	ND	ND	ND
차아염소산나트륨	약품투입후	0.0210	0.0310	0.0120	0.0027	0.0044	0.0002	9.87
	1회세척	0.0079	0.0130	0.0410	0.0015	0.0007	ND	2.02
	2회세척	0.0066	0.0066	ND	0.0010	0.0003	ND	0.11
	3회세척	ND	0.0042	ND	ND	ND	ND	ND
이산화염소	약품투입후	0.0120	0.0160	0.0080	0.0009	0.0004	0.0001	1.98
	1회세척	0.0053	0.0053	0.0113	0.0009	0.0002	ND	ND
	2회세척	0.0044	0.0044	0.0043	0.0004	ND	ND	ND
	3회세척	0.0043	0.0043	ND	ND	ND	ND	ND

\*약품주입량 염화이소시아늄산나트륨50%함량 0.6g  
차아염소산나트륨 12%함량 2ml  
이산화염소 14% 2ml

Fig. 2는 암모니아성 질소가 주로 발생하는 필터를 알아보기 위해 Sediment Filter, Pre-carbon Filter, Ultra Filter, Post-carbon Filter 각각에 수돗물을 통과 시켜 1ℓ씩 증가 시키면서 암모니아성 질소를 실험한 결과 Pre-carbon Filter와 Post-carbon Filter가 주원인 필터로 나타났다.

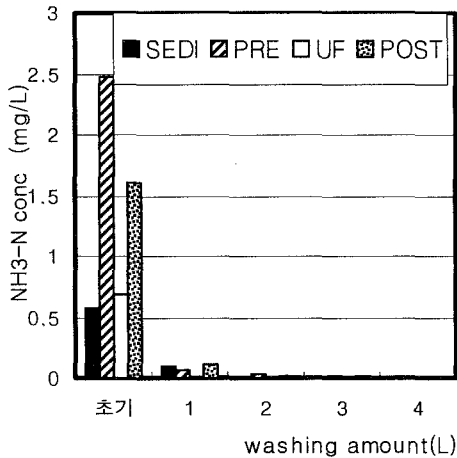


Fig 2. Ammonium-nitrogen concentration classified by filters with washing amount (after 12h interruption)

따라서 정수기 필터는 수질 상태와 정수량에 따라 교환 시기가 결정 되어지며 특히, Carbon Filter는 과과점 (break through)<sup>16)</sup>에 도달하지 않아도 흡착된 유기물의 영향을 많이 받아 권장 교체 시기보다 앞당기는 것이 적절한 것으로 사료된다.

#### 다. 필터 교환 시 초기 수질 변화

Table 4는 각각의 필터를 교환 후 정수기 통과 전보다 통과 후에 높게 검출된 물질로 필터 보존을 위해 사용된 물질에 영향을 받아 탁도, 과망간산칼륨소비량, 황산이온, 아연 등의 항목이 높게 검출되었다.

따라서 필터 교환 시 Carbon Filter와 역삼투압막은 2ℓ, Sediment Filter는 5ℓ, 중공사막은 15ℓ 정도 세척해야만 필터 교환으로 인한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

따라서 정수기 제조 시 필터 교환으로 인한 영향 물질과 권장 세척량을 명시하고, 소비자는 권장 적정량(2~15ℓ) 물로 세척한 후 사용해야 한다.

Table 4. Influenced items and recommended flushing water volume after installing a new filter

Filter	영향물질	권장세척량
sediment	탁도 과망간산칼륨소비량	5ℓ
carbon	탁도 과망간산칼륨소비량	2ℓ
UF membrane	과망간산칼륨소비량	15ℓ
RO membrane	탁도 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Zn	2ℓ

## V. 결 론

본 연구는 정수 방식별 수질 특성을 파악하여 수질에 따른 정수기 선택과 세균 오염 시 소독 문제, 필터 교체 시 유출되는 물질 등 정수기의 효율적 사용과 유지 관리 방법을 제시하고자 하였다.

1. 정수기 사용 시 수돗물을 정수하는 경우 역삼투압막 방식과 중공사막 방식의 제거 효율에는 큰 차이는 없었으며, 역삼투압막 방식의 경우 물 손실이 많은 단점이 있으나, 질산성질소 등 이온성 물질의 제거에 우수한 것으로 나타나, 상수도가 보급되지 않은 지역의 오염된 지하수 정수에 적합한 것으로 사료된다.

2. 정수기의 세균 오염을 방지하기 위하여 저수탱크뿐 아니라 정수 Line, 정수기 출구 꼭지 등을 소독하여야 하며 소독 방법은 저수탱크에 소독제를 직접 넣는 방법보다는 주기적인 소독과 적절한 세척이 필요한 것으로 사료된다.

3. 정수기를 적절한 필터 교체 없이 장기간 사용한 경우 일시적으로 암모니아성 질소가 발생하므로 적절한 필터 교체가 될 수 있도록 필터별 유효정수량 설정이 필요한 것으로 사료된다.

4. 정수기 필터 교체 시 필터로부터 유출되는 물질을 제거하기 위하여 적

정량(2~15ℓ)을 세척한 후 사용하는 것이 바람직하다.

이상과 같은 결과를 종합해 볼 때, 정수기 제조사는 각 필터별 유효정수량 기준을 설정하여 교체시기를 명확히 표시하고, 세균 오염을 예방할 수 있는 살균 장치를 부착하여 세균 오염으로부터 안전성을 확보하여야 한다. 정수기 제조 시 By pass line을 설치하여 필터 교환 시 세척 할 수 있도록 하며, 정수기 이용자는 저수탱크 소독 시 충분히 세척 한 후 사용하는 것이 정수기를 효율적이고 안전하게 이용할 수 있는 방안으로 연구되었다.

## 참고문헌

1. 한국소비자생활연구원, 2002, 정수기 고르기, 소비자시대 pp37-41.
2. 한국소비자생활연구원, 2002, 외국의 음용수 실태, 소비자시대 pp44-49.
3. 문찬석 외 3인, 1990, 부산시내 유흥업소에서 공급되는 정수기 여과수의 오염도에 관한 조사 연구.
4. 문경환, 2002, 학교 먹는 물 안전성 확보를 위한 냉온 정수기 위생관리 개선 방안 연구, 고려대 보건대학 보건과학연구소.
5. 환경부, 2000, 정수기의 기준 규격 및 검사 기관 지정 고시.
6. 김정덕 외 1인, 1993, 음용수 이용 현황 및 가정용 정수기 관리 실태, 순천향대논문 제16권 3호.
7. 김동환, 2002, 물 마크와 정수기의 현실, 수자원환경 pp 46-47.

8. 환경부, 2003, 먹는물관리법.
9. 환경부, 2003, 먹는물수질공정시험방법.
10. 환경부, 2003, 먹는물 수질감시항목 운영지침 및 시험방법.
11. 이상환 외 3인, 1991, 염소 및 이산화염소 소독에 따른 음용수의 안전성에 관한 비교연구, 대한위생학회지 pp 33-47.
12. 권오근, 2000, 가정용 정수기의 정수효과, 충북대산업대학원.
13. 김준환, 2000, 정수기의 기능과 제품의 특성, 수자원환경 143 pp70-76.
14. 성경학, 1993, 국내의 역삼투압 정수기 시장의 전망, 웅진코웨이.
15. 수자원환경, 2002. 학교 급수 실태, 수자원환경 pp31-45.
16. 전희동, 1985, 활성탄에 의한 THMs의 흡착.



# **A Study on the Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in the Atmosphere of Gyeonggi-do, Korea**

**Dong-Gi Kim, Yoon-Ki Min, Jong-Seng Kim, Ju-Yong Jeong,  
Jin-Kyoung Lee, Gu Hwan Kim, Joo-Yeol Kim**

*Environmental Research Team*

**Abstract :** This study was carried out to investigate and evaluate the concentration level, the distribution characteristics of PCDDs/Fs and the correlation analysis between PCDDs/Fs and common air pollutants in the atmosphere for the categorical area such as residential, commercial and industrial area.

The mean concentrations of PCDDs/Fs in Gyeonggi-do ambient air according to the categorical sites were found to be 13.51 pg/m<sup>3</sup> ( 0.49 pg-TEQ/m<sup>3</sup>) for residential , 8.07 pg/m<sup>3</sup>(0.34 pg-TEQ/m<sup>3</sup>) for commercial and 34.61 pg/m<sup>3</sup>(1.14pg-TEQ/m<sup>3</sup>) for industrial area. The distribution characteristics of the isomers by hierarchial cluster analysis(HCA) showed two patterns at about 0.5 of R-square. The distribution characteristics of the target sites were classified by two patterns of fall & winter and spring, and summer showed the similarity with the two patterns.

**Key Words: PCDDs/Fs, atmosphere, concentration, hierarchial cluster analysis(HCA)**

## **I . INTRODUCTION**

The polychlorinated dibenzo-p-dioxins(PCDDs) and dibenzofurans(PCDFs) are being released into atmosphere from various emission sources such as waste incinerators, chemical facilities and fossil fuel etc. Gyeonggi-do, 10.2%(10,184 km<sup>2</sup>) of South Korea area, has 10 million populations, 7,800 air pollution exhaust facilities(Jan. 2001), and 2.5 million

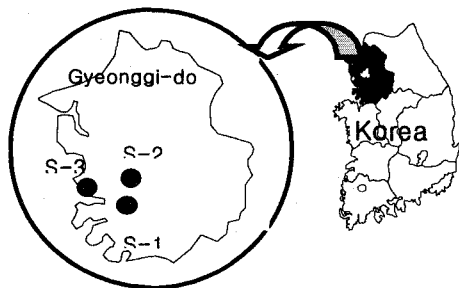
vehicles, and thus many air pollutants have been released into the atmosphere in Gyeonggi-do. However the monitoring of PCDDs/Fs in atmosphere air has been started in Gyeonggi-do recently. This study was carried out to investigate and evaluate the concentration level and the distribution characteristics of PCDDs/Fs in the atmosphere for the categorical area such as residential, commercial and industrial area.

## II. METHOD AND MATERIALS

### 1. Sampling sites and sample collection

Three sites(S-1, S-2, S-3) in Gyeonggi-do were selected as the sampling sites.

Samples were also collected from residential(S-1), commercial(S-2) and industrial(S-3) areas in the city. The information related to each sampling site is described in Figure 1. Ambient air samples were collected approximately 1,800 m<sup>3</sup>/sample (suction flow rate; 320 L / min) for each sampling period(96 hrs) and were collected once per month between August 2001 and July 2002 using a high volume air sampler with polyurethane foam (PUF) plug (HV-1000F, SIBATA, JAPAN).



S-1(residential area, over one million persons)

S-2(commercial area, 0.6 million persons)

S-3(industrial area, 0.63 million persons)

**Fig. 1.** Geographical situation of the study area.

### 2. Experimental Procedures

The sample analysis was performed according to the modified US EPA method 1613<sup>1,2</sup>. Glass fiber filters and PUF plugs were extracted for 24 hrs with soxhlet by 600 ml of toluene. Sample clean up was performed with disposable silica gel - aluminum oxide column(FMS, USA) continuous clean up according to HPLC column clean up method<sup>3</sup>. The samples were analyzed for 2,3,7,8-substituted congener using a HRGC/HRMS on GC 8000 series(Fisons Instruments, Italy) equipped with a CTC 200S auto sampler and coupled to an Autospec Ultima Mass Spectrometer (Micromass, UK). SP2331 column(60 m, 0.32 mm I.D., 0.25  $\mu$ m film thickness, Supelco) was used for analyzing the samples. In this analysis, The average recovery rate was 86%(65 - 108%) for each internal standard.

## III. RESULT AND DISCUSSION

### 1. The concentration of PCDDs/Fs in atmospheric air

PCDDs/Fs concentrations in atmosphere air samples were given in Table 1.

**Table 1.** Summary of PCDDs/Fs conc. of atmosphere air by the categorical sites.

Seasons / Periods	S 1			S 2			S 3			Average		
	pg/m <sup>3</sup>	I	TE	pg/m <sup>3</sup>	I	TE	pg/m <sup>3</sup>	I	TE	pg/m <sup>3</sup>	I	TEQ
Summer	2001.08	1.78	0.13	0.77	0.05	0.05	5.70	0.31	0.31	2.75	0.17	0.17
	2001.09	9.27	0.29	9.25	0.21	0.21	24.23	0.66	0.66	14.25	0.39	0.39
Fall	2001.10	20.13	0.73	8.67	0.30	0.30	63.24	1.77	1.77	30.68	0.93	0.93
	2001.11	19.10	0.94	16.09	0.93	0.93	24.13	0.90	0.90	19.77	0.92	0.92
Average		16.17	0.65	11.34	0.48	0.48	37.20	1.11	1.11	21.57	0.75	0.75
Winter	2001.12	6.28	0.43	5.24	0.41	0.41	4.26	0.24	0.24	5.26	0.36	0.36
	2002.01	6.96	0.41	3.99	0.25	0.25	28.33	1.45	1.45	13.09	0.70	0.70
Spring	2002.02	68.91	1.76	25.98	0.83	0.83	87.17	2.48	2.48	60.68	1.69	1.69
	Average	27.38	0.87	11.74	0.50	0.50	39.92	1.39	1.39	26.34	0.92	0.92
Summer	2002.03	6.82	0.22	9.11	0.36	0.36	58.01	2.27	2.27	24.65	0.95	0.95
	2002.04	7.16	0.32	4.51	0.18	0.18	17.43	0.70	0.70	9.70	0.40	0.40
Fall	2002.05	6.99	0.25	5.82	0.24	0.24	65.30	1.51	1.51	26.04	0.67	0.67
	Average	6.99	0.26	6.48	0.26	0.26	46.91	1.49	1.49	20.13	0.67	0.67
Winter	2002.06	7.10	0.28	5.41	0.23	0.23	26.68	0.99	0.99	13.06	0.50	0.50
	2002.07	1.68	0.05	2.03	0.09	0.09	10.91	0.42	0.42	4.87	0.19	0.19
Average		3.52	0.15	2.74	0.12	0.12	14.43	0.57	0.57	6.89	0.29	0.29
Average(year)		13.51	0.49	8.02	0.34	0.34	34.61	1.14	1.14	18.73	0.66	0.66

Reference concentration for ambient air : 1.39 pg/m<sup>3</sup>(n=4)

The mean concentrations of PCDDs/Fs in Gyeonggi-do ambient air according to the categorical sites were found to be 13.51 pg/m<sup>3</sup> (0.49 pg-TEQ/m<sup>3</sup>) for residential, 8.07 pg/m<sup>3</sup> (0.34 pg-TEQ/m<sup>3</sup>) for commercial and 34.61 pg/m<sup>3</sup> (1.14pg-TEQ/m<sup>3</sup>) for industrial area. In general, PCDFs to PCDDs ratio was 0.7 to 0.3, and the concentrations of PCDFs were over two times higher than those of PCDDs. The seasonal concentrations were found to be 0.67 pg-TEQ/m<sup>3</sup> for spring, 0.29 pg-TEQ/m<sup>3</sup> for summer, 0.75 pg-TEQ/m<sup>3</sup> for fall and 0.92 pg-TEQ/m<sup>3</sup> for winter, so the concentration of winter showed over

three times higher than that of summer.

In seasonal isomer distribution variation, PCDFs showed higher concentration than PCDDs, and high chlorinated OCDF, and 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF of PCDFs were especially high.

## 2. The characteristics distribution of PCDDs/Fs in atmospheric air

For the understanding of PCDDs/Fs isomer distribution, the data normalization by relative concentration comparison method of 2,3,7,8- substituted isomers, and hierarchical cluster analysis(HCA)<sup>4</sup> was

executed, and multivariate statistical analysis was accomplished by SAS statistical package (8e, SAS institute, USA). The data normalization and hierarchial cluster analysis(HCA) were conducted to identify the characteristics of isomer distribution of the target sites by months. The data normalization was carried out by equation (1).

$$\frac{2,3,7,8-TCDD(or\ TCDF)}{Total\ conc.\ of\ 2,3,7,8-substituted\ PCDDs/DFs}$$

through

$$\frac{OCDD(or\ OCDF)}{Total\ conc.\ of\ 2,3,7,8-substituted\ PCDDs/DFs} \quad (1)$$

The result of HCA for atmospheric air samples(n=36) was shown Figure 2.

The distribution characteristics of the isomers by hierarchial cluster analysis(HCA) showed two patterns at about 0.5 of R-square. The 47%(n=17) and 53%(n=19) of total samples(n=36) showed the distribution characteristics of Figure 3 and Fig. 4 respectively. By the seasonal characteristics, spring zero, summer 4, fall 6 and winter 7 times showed the distribution characteristics of Figure 3(3-1), and spring 9, summer 5, fall 3 and winter 2 times showed the distribution characteristics of Fig. 4(4-1). Thus, the distribution characteristics of the target sites were classified by two patterns of fall & winter and spring, and summer showed the similarity with the two patterns.

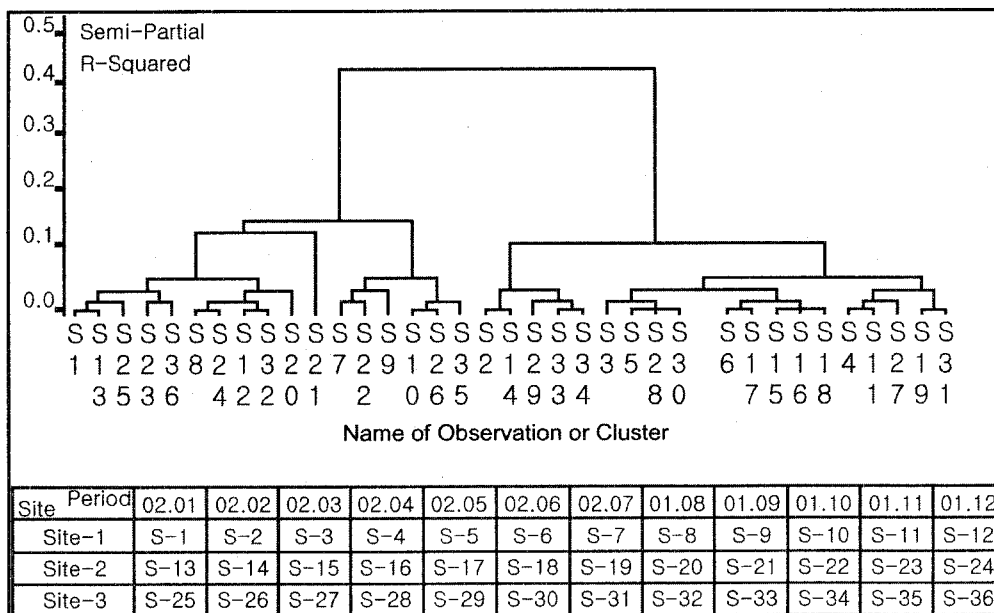
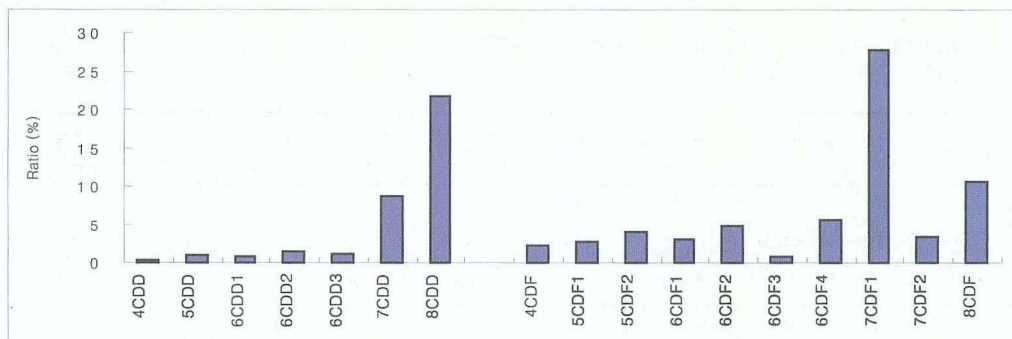
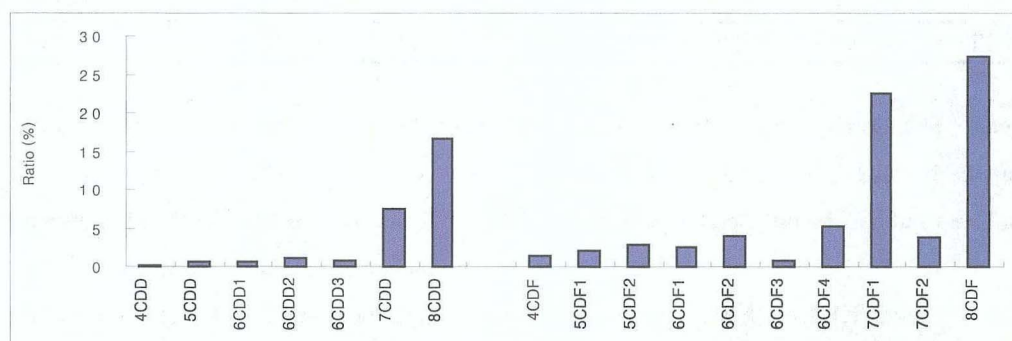


Fig. 2. The result of HCA for atmospheric air samples(n=36)



**Fig. 3.** The isomer profile which is in the left side of HCA results in samples(n=17)



**Fig. 4.** The isomer profile which is in the right side HCA results in samples(n=19)

### 3. The correlation PCDDs/Fs concentration versus common air pollutants.

Table 2 represents the results of correlation analysis between PCDDs/Fs and common air pollutants such as CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and PM<sub>10</sub>.

The common air pollutants were sampled in the same period with the PCDDs/Fs sampling and correlation analysis was accomplished by S-Link statistical package (Base, S-Link co., Ltd, KOREA) at 0.05 of significance level.

In the correlation of PCDDs/Fs and common air pollutants, Site-1 showed the 0.6 of correlation coefficient between 4,5-Ds/Fs and common air pollutants of CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> except PM<sub>10</sub>, and Site-2 which had the highest concentration of air pollutants showed the 0.7 of correlation coefficient between 4,5,6,7-Ds/Fs and common air pollutants because Site-2 was located at inland and had a stagnated air system. However Site-3 which had high PCDDs/Fs conc. but low air pollutants conc. showed no correlation

**Table 2.** Results of correlation analysis between PCDDs/Fs and common air pollutants in the same sampling period. (Average conc. of yr.)

Pollutants Sites	CO (ppm)	SO2 (ppm)	O3 (ppm)	NO (ppm)	NO2 (ppm)	NOx (ppm)	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	T	PCDDs/Fs( $\text{pg}/\text{m}^3$ )
S-1 (n=12)	0.935	0.007	0.021	0.034	0.035	0.071	94.47	12.4	13.513
	* $r^2 \approx 0.6$ 4,5,6D/F	$r^2 \approx 0.55$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.6$ 4,5,6D/F	$r^2 \approx 0.6$ 4,5D/F	$r^2 \approx 0.6$ 4,5D/F	$r^2 \approx 0.6$ 4,5D/F			
S-2 (n=12)	0.798	0.006	0.018	0.056	0.032	0.088	64.7	14.1	8.017
	$r^2 \approx 0.85$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.77$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.7$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.7$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.6$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.7$ 4,5,6,7DF	$r^2 \approx 0.7$ 4,5,6,7DF		
S-3 (n=12)	0.557	0.008	0.020	0.017	0.025	0.042	123.9	12.8	34.614
	- -	- -	$r^2 \approx 0.6$ 4,5,6,7DF	- -	- -	- -	- -		

\* NOTE : 0.6 shows correlation coefficient between 4,5-Ds/Fs and CO.

between PCDDs/Fs and common air pollutants because Site-3 was located at coastal area and had the diffused air system.

## REFERENCES

1. US EPA Method 1613.
2. Kim, J.G., Park, J.S., 2001. Fate and concentration of dioxins/furans in environmental samples near incinerator. *Organohalogen Compd.* 52, 495-498.
3. D.G. Kim, Y.K. Min, Y.Y. Kim, J.C. Kim, and K.H. Cho, 2001, Improvement of Clean-up Efficiency for Dioxins Analysis by HPLC, 21st International symposium halogenated environmental organic pollutants and POPs, Vol. 50, pp116~119.
4. H. Fiedler, C. Lau, G. Eduljee, 2000, Statistical analysis of patterns of PCDDs and PCDFs in stack emission samples and identification of a marker congener, *Waste Management & Research*, Vol. 18, pp. 283-292.

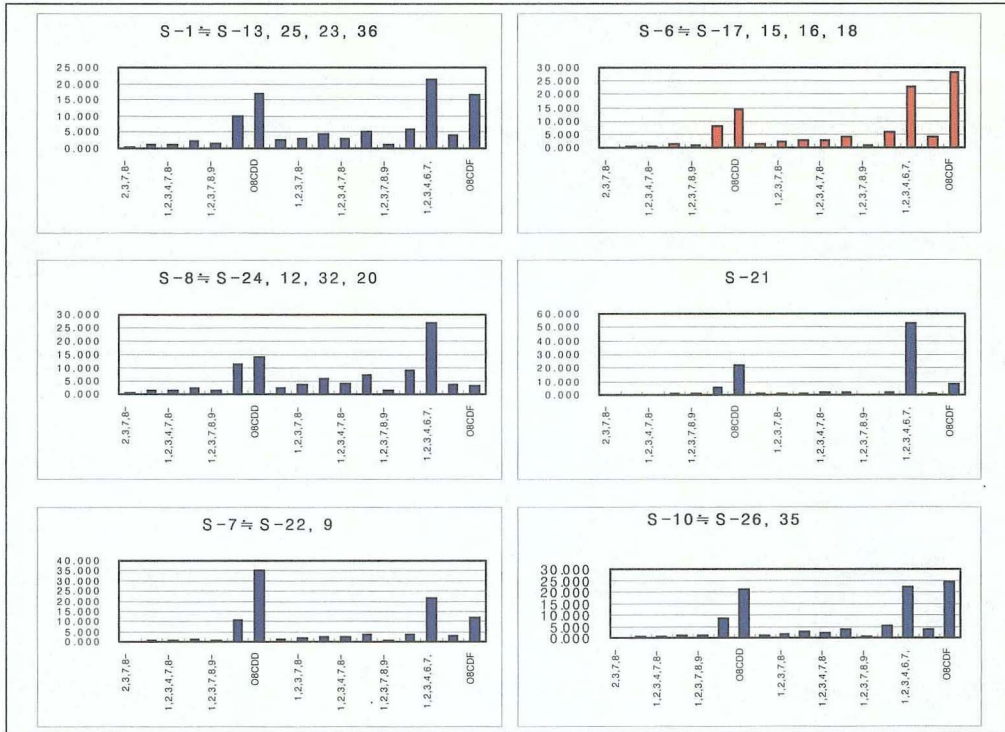


Fig. 3-1. The isomer profile which is in the left side of HCA results in samples(n=17)

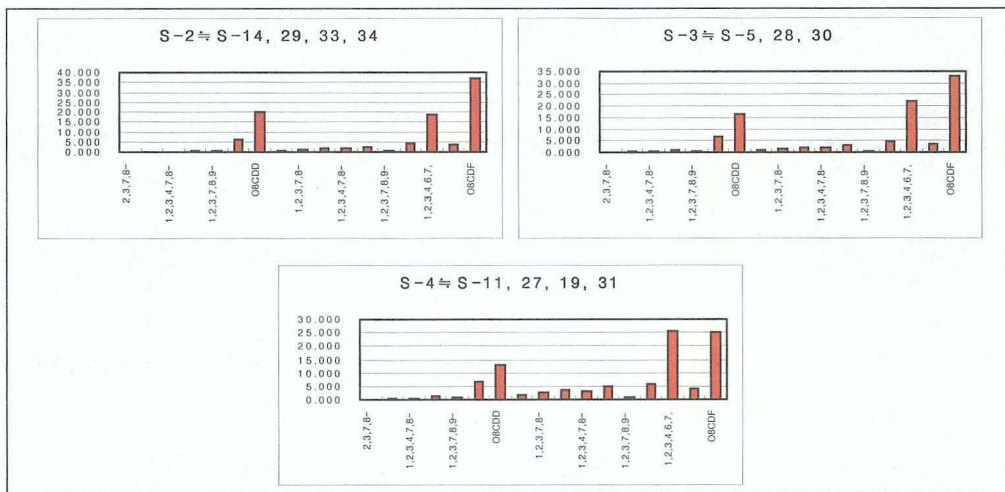


Fig. 4-1. The isomer profile which is in the right side of HCA results in samples(n=19)



# 유통 샐러드중의 병원성 미생물 오염 실태조사

박용배 · 강정복 · 김중범 · 김종찬  
북부지원 미생물검사팀

## Isolation and Identification of Pathogenic Bacteria from Salads of Fast Food Restaurants.

Yong-Bae Park, Jeong-Bok Kang, Jung-Beom Kim, Jong-Chan kim  
*Microbiological Inspection Team*

**Abstract :** On the purpose of epidemiological survey relate to food poisoning, a total of 114 samples of different salads collected from fast food Restaurants in Gyeonggi-do were for the presence of pathogenic microorganisms. Microbial assessment of salads revealed that TPC( $1.1 \times 10^5 \sim 8.4 \times 10^5$  CFU/g) and coliforms( $0 \sim 5.4 \times 10^4$  CFU/g) exceeded the standards by Solberg et al.(TPC: $10^5$  CFU/g, coliforms: $10^2$  CFU/g).

Two pathogenic bacteria were isolated from salad samples, and identified by biochemical methods, including API identification systems.

Isolates from PALCAM agar and MYP agar media were in 98.6, 99.8% agreements with *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* at the species level, respectively. All 7 strains of *Bacillus cereus* isolates produced enterotoxin as revealed with CRET-RPLA.

**Key words:** salad, pathogenic bacteria, identification, CRET-RPLA

### I. 서 론

현대사회가 급격한 경제성장과 사회구조가 변함에 따라 외국문화의 유입과 인구의 팽창 및 핵가족화 그리고 여성의 사회진출 확대 및 생활수준의 향상 등으로 생활양식 및 식생활에서 많은 변화<sup>1)</sup>가 있었다. 따라서 국민들이 외식에 의존하는 빈도가 점차 증가하게 되

었고 오늘날 외식업소가 국민들의 중요한 식생활을 담당하게 되었다<sup>2)</sup>.

외식산업은 대표적인 서비스산업으로 1980년부터 꾸준히 증가하고 있는데<sup>3)</sup> 이중 가장 급신장세를 보인 것이 패스트푸드점(fast food restaurant)이다<sup>4)</sup>.

오늘날의 식중독 사고는 거의 가정에서 소규모로 발생했던 과거와는 달리 최근 외식의 기회가 증가함에 따라

집단식중독 발생이 점차로 증가하고 있으며, 그 규모도 대형화되고 있는 추세이다<sup>5)</sup>.

우리나라에서의 총 식중독 환자발생 건수는 2001년은 93건에 6,406명이, 2002년에는 78건에 2,980명의 환자가 발생하였다. 2003년은 총 135건이 발생하여 총환자수는 7,909명이었고 학교급식소, 집단급식소, 음식점이 113건에 7,571명을 차지하여 집단화, 대형화하고 있다<sup>6)</sup>. 따라서 식품의 안전성과 품질이 사회적 문제로 크게 대두되고 있으며 이에 대한 대비책이 시급한 국가적 과제로 부상하고 있다.

최근 식품산업의 급격한 발전으로 인하여 소비자들의 건강에 대한 인식이 증가함에 따라 영양가가 높으면서 맛이 있는 식품을 선호하게 되었다. 그 중에서도 야채류는 인간의 무병장수를 위한 건강식품의 소재로서 날로 관심이 높아지고 있다. 일반적으로 최소가공야채류는 간단하게 숙임, 껍질 벗김, 얇게 잘라냄, 세척 등의 방법을 사용하여 만들어지며 완제품은 포장하여 냉장저장을 한다. 이러한 RTU (ready-to-use)야채류는 최소가공을 한 후에도 자체 내에 미생물을 갖고 있으며 식품의 안전성에 심각한 문제를 야기 시키는 식중독균도 포함되어 있다<sup>7)</sup>.

대부분의 야채류는 물을 함유하고 있으므로 미생물이 증식하기에 적합하기 때문에 실제로 많은 병원성세균이 셀러드 야채에서 분리 된다<sup>8)</sup>. *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium botulinum* 등은 냉장보관

시 생존과 성장이 가능<sup>9)</sup>하므로 냉장보관 또한 장시간 보관 시 식품 위생적 측면에서 바람직하지 않는 상황이 초래될 수 있다. 이에 식품의 품질과 안전성에 관한 새로운 대책기술의 필요성이 요구되고 있다. 그러한 기술의 하나로 예측미생물학(Predictive food microbiology)의 중요성이 대두되게 되었다. 최근 들어 미국과 유럽을 중심으로 대단히 활발한 연구가 이루어지고 있다. 지금까지의 상당한 시간과 인력 그리고 경비가 소요되는 미생물 접종시험 및 보존시험을 대체하여 식품의 원재료로부터 소비에 이르기까지의 전과정중에 병원성 미생물의 성장에 대하여 수학적 모델을 이용한 예측과 제어가 가능하기 때문에 대상 식품 중의 병원 미생물의 정량적 위험도평가(Quantitative risk assessment)를 위한 저비용의 유효 수단으로 인정되고 있다<sup>10)</sup>.

또한 식품의 안전성을 확보하기 위해 지금까지의 일반적 위생관리 기준만으로 부족하였다. 따라서 이를 보완하기 위한 국제적 기준으로서 HACCP(Hazard analysis critical control point) 시스템<sup>11)</sup>이 도입되어 합리적이고 과학적인 위생관리체계<sup>12,13)</sup>로 인식되기에 이르렀다.

그러나 HACCP은 현장마다 그 상황에 맞게 충분한 위해분석이 이루어진 후 원안을 만들어야 하므로 모범사례가 제각각이고 HACCP에 관한 기초자료나 정보수집이 안되어 어려운 경우가 많다<sup>14)</sup>. 국내외적으로는 1990년대 들어 HACCP을 적용, 실시하는 생산업체는 전반적으로 증가하였으나 국내

적용에 관한 보고는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 패스트푸드점에서 판매되는 셀러드에 대해서 미생물학적 품질을 평가하기 위하여 일반세균, 대장균군 및 병원성세균을 분리하여 잠정적 위해를 조사함으로써 위생적인 관리체계 확립을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 조사대상

본 연구는 경기북부지역의 패스트푸드점에서 판매되고 있는 셀러드를 구입하여 얼음을 채운 아이스박스로 운반하고 6시간 이내에 균 분리 실험에 사용하였다.

### 2. 검사방법

#### 1) 시료 전처리

셀러드 25 g 을 무균적으로 취하여 멸균생리식염수 225 ml 를 가하여 stomacher(Bagmixer 400, Interscience, USA)로 균질화한 후 시험용액으로 하였다.

#### 2) 미생물 검사

##### (1) 총균수(Total plate count)

시험용액을 10 단계 희석법에 따라 희석하여 각 희석액을 멸균 Petri dish 2매에 각각 1 ml 를 분주한 후 Plate Count agar (Difco, USA)를 무균적으로 분주하여 시험용액과 배지를 잘 혼

합한 다음 냉각 응고시키고 배지를 중첩시켜 확산집락의 발생을 억제시킨 후 냉각 응고시킨 Petri dish는 35℃ 에서 48시간 배양한 후 1개 평판 당 30~300개의 집락(colony)을 생성한 평판을 택하여 g 당 집락수를 계산하였다.

##### (2) 대장균군수(Coliforms)

시험용액을 10단계 희석법에 따라 희석하여 각 희석액을 Petri dish 2매에 각각 1 ml 를 분주한 후 Desoxycholate Lactose agar(Difco, USA)를 무균적으로 분주하여 시험용액과 배지를 잘 혼합한 다음 냉각 응고시키고 배지를 중첩시켜 확산집락의 발생을 억제시킨 후 냉각 응고시킨 Petri dish는 35℃ 에서 22시간 배양한 후, 생성된 집락중 적색의 전형적인 집락이 1개 평판 당 30~300개의 집락(colony)을 형성 한 평판을 택하여 g 당 집락수를 계산하였다.

##### (3) 대장균(*Escherichia coli*)

시험용액 1 ml 를 EC broth(Difco, USA)에 접종하고 44.5℃ 에서 24시간 배양하여 가스발생을 인정한 발효관에 1 백금이를 EMB agar(Difco, USA)에 도말하고 35℃ 에서 24시간 배양하여 전형적인 집락을 확인하고 그람염색과 API 20E test kit(bio Merieux, France)를 이용하여 생화학 시험을 하여 대장균 양성을 판정하였다

##### (4) 병원성세균의 분리

*Listeria monocytogenes*는 셀러드 25 g 을 무균적으로 취하여 *Listeria* Enrichment broth(Difco, USA) 225 ml

를 가하고 stomacher로 균질화한 후 30℃ 에서 24시간 배양하여 PALCAM agar(Oxoid, Eng- land)에 획선 도말하여 35℃ 에서 24시간 배양한 후 전형적인 집락을 선택하였다.

*Bacillus cereus*는 셸러드 25 g 을 무균적으로 취하여 멸균인산완충희석액 225 ml 를 가하여 stomacher로 균질화한 후 MYP agar(Oxoid, England)에서 획선 도말하여 35℃ 에서 24시간 배양한 후 전형적인 집락을 선택하였다.

*Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*도 식품공전<sup>15)</sup>과 감염성실험실진단지침<sup>16)</sup>에 따라 실험하였다.

### (5) 병원성세균의 동정

*L. monocytogenes*는 PALCAM agar에서 흑색의 환을 가진 전형적인 집락을 선택 0.6% yeast extract가 첨가된 Tryptic Soy agar(TSA-YE)와 Blood agar에 streaking하고 35℃ 에서 24시간 배양한 후 β-hemolysis를 나타내는 균주에 대하여 Gram stain, Catalase, Oxidase test를 실시하였으며, CAMP test와 API Listeria test kit(bio Merieux, France)를 이용 생화학 시험을 하여 동정하였다.

*B. cereus*는 MYP agar에서 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 선별하여 Tryptic Soy agar(TSA)와 Blood agar에 streaking하여 β-hemolysis를 나타내는 균주에 대하여 Gram stain, Catalase test를 실시하였으며, API 50CHB와 API 20E test kit(bio

Merieux, France)를 이용 생화학 시험을 하여 동정하였다.

### 3) 중합 효소 연쇄반응(Polymerase Chain Reaction : PCR)을 이용한 균주 확인시험

#### (1) 균주의 준비

대장균은 가스가 생성된 EC broth에서 1 백금을 취하여 MacConkey agar에 획선 도말하고 35℃ 에서 24시간 배양하여 적색의 전형적인 집락을 선택하여 TSA 배지에 35℃ 에서 24시간 계대 배양하였다. *L. monocytogenes*로 동정된 균주는 TSA-YE 배지로 *B. cereus*로 동정된 균주는 TSA 배지로 35℃ 에서 24시간 계대 배양하였다.

#### (2) DNA의 분리

TSA-YE와 TSA 배지의 균주 1 백금을 TE buffer(10 mM Tris-HCl, 0.1 mM EDTA ; pH 7.6) 1 ml 에 부유시킨 다음 95℃ 에서 10분간 열처리하여 균질화 시킨 후 10,000 rpm 에서 10분간 원심분리 하여 상층액을 사용하였다.

#### (3) PCR 증폭반응

균주의 확인 시험을 위하여 *L. monocytogenes*는 *Iap* gene에서 증폭된 DNA가 454bp 인 LM primer (Kogenbiotec, Korea), *B. cereus*는 *Bce T* gene에서 증폭된 DNA가 303bp 인 BC primer (Kogenbiotec, Korea)를 사용 PCR을 실시하였으며, PCR mixture는 10 mM Tris-HCl, 1.5

mM MgCl<sub>2</sub>, 40 mM KCl, 0.001% gelatin, 250 μM dNTP, primer 30 pM, 1 U Taq polymerase를 함유하도록 조제하여 사용하였다. 반응액에 5 μl의 target DNA를 가한 후 94℃ 2분, (94℃ 30초, 60℃ 30초, 72℃ 30초) 35 cycle 반복하였으며 72℃ 에서 5분간 정치하였다.

#### (4) 전기영동

증폭된 DNA는 loading buffer와 혼합하여 2% agarose gel에 TBE 완충액(100 mM Tris-HCl, 83 mM boric acid, 1 mM EDTA; pH 8.3)을 사용하여 110 volt로 50분간 전기영동 시키고, ethidium bromide로 염색하여 자외선 투조기 상에서 Polaroid film으로 사진을 찍어 관찰하였다.

#### 4) 독소확인시험

*B. cereus*의 enterotoxin 생성능은 CRET-RPLA (Denkaseiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 제조회사의 사용설명서에 따라 enterotoxin을 확인하였다. Enterotoxin을 측정하기 위하여 *B. cereus*는 Brain Heart Infusion broth (Difco, USA)배지에서 32℃ 에서 6시간 진탕배양(rotary shaker 110 rev/min, Universal, Korea)하여 상등액을 취한 후 enterotoxin 생성능 시험에 사용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 미생물검사

#### 1) 총균수

미생물 분석결과 원재료의 총균수는  $1.1 \times 10^1 \sim 8.4 \times 10^5$  CFU/g 으로 셀러드의 종류에 따라 큰 차이를 나타내었다. Solberg<sup>17)</sup> 등이 제시한 배식단계 음식의 기준치인 총균수  $10^5$  CFU/g 이하를 만족시켰으나 최상의 원료구입과 냉장보관, 위생적인 기구사용 등으로 미생물의 증식방지에 노력해야 하겠다.

#### 2) 대장균군수

셀러드의 대장균군수는  $0 \sim 5.4 \times 10^4$  CFU/g 으로 패스트푸드점별, 종류에 따라 큰 차이를 나타내었으며, 셀러드 71건(62.3%)에서 대장균군이 검출되었다.

Solberg<sup>17)</sup> 등이 제시한 배식단계 음식의 기준치인 대장균군수  $10^2$  CFU/g 과 비교하면 조사대상 114개 중 32개 (28%)제품이 기준치를 초과하였으며 최고  $5.4 \times 10^4$  CFU/g 의 대장균군수가 검출되었다.

대장균군중 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*는 분변 유래균이며, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*는 분변 및 자연계에 모두 존재하는 균이다<sup>18)</sup>. 따라서 셀러드는 가열조리과정 없이 섭취하는 식품임으로 대장균군이 검출된 것은 식품의 안전성에 위협이 된다고 사료된다.

#### 3) 대장균(Coliforms)

대장균은 분변 유래균이며 독소, 부착인자 생성 및 임상증상 등에 따라 병원성대장균은 EPEC(Enteropathogenic

*E. coli*), ETEC(Enterotoxigenic *E. coli*), EHEC(Enterohaemorrhagic *E. coli*), EIEC(Enteroinvasive *E. coli*), EAaggEC(Enteroadherent *E. coli*)등으로 분류된다<sup>19,20</sup>. 본 실험에서는 샐러드 검체 114건 중 19건(16.7%)에서 대장균이 검출되었으며 PCR (GENECHASER™ *E. Coli* Test, RapiGEN, Korea)법으로 병원성대장균을 검사한 결과 EAEC, ETEC, EHEC, EPEC, EIEC는 검출되지 아니 하였다.

#### 4) 병원성 세균의 분리 및 동정

대부분의 야채는 물을 함유하고 있으므로 미생물이 증식하기에 적당하여 많은 병원성 세균이 샐러드 야채에서 분리되었다<sup>8</sup>). 따라서 본 연구에서는 식중독에 대한 안전성을 확보하기 위해 식중독 원인균의 분포를 조사하였다.

*L. monocytogenes*는 열에 비교적 저항력이 강하고 냉장고의 온도에서 성장할 수 있어 안전하다고 생각되는 냉장 저장 식품을 통해 식중독을 발생시키면서 건강한 사람에게는 치사율이 30%, 노약자와 면역력이 약해진 사람에게는 70%로써 상당히 독성이 강한 균주로서 알려져 있다<sup>21</sup>). 샐러드 1건에서 검출된 *L. monocytogenes*는 Table 1.과 같이 그람 양성, Motility 양성, Catalase 양성, Oxidase 음성, Esculin 가수분해, Hemolysis 양성, Rhamnose 양성, CAMP test 양성으로 API Listeria test kit을 이용해 동정한 결과 98.6%의 상동성을 보였다. 미국이나 영국에서는 *L. monocytogenes*가 검출되어서는 안 된다고 규정하여 관

리하고 있다<sup>22</sup>). 본 조사에서 샐러드를 통한 listeriosis가 발생할 가능성이 있음이 밝혀졌다. 따라서 식품원료가 이균에 오염되지 않도록 최대한 방지하는 것이 최적의 예방법이라고 사료된다.

*B. cereus*는 오심, 구토, 복부경련, 설사를 일으키는 식중독의 원인균으로<sup>16</sup>) 본 조사에서는 114개 제품 중 7개 제품(6.14%)의 샐러드에서 검출되었다.

*B. cereus*는 Table 2.와 같이 그람양성 포자형성균으로 Catalase 양성, Lecithinase 양성, Motility 양성, Hemolysis 양성균으로 Glucose, Fructose, Starch, Lactose를 분해하고 Lysine, Ornithine, Xylitol 등 음성을

Table 1. Characteristics of *Listeria monocytogenes* isolation from salads using PALCAM agar

Characteristics	Results
Gram stain	+ <sup>1)</sup>
Shape	rod
Motility at 25 °C	+
Catalase	+
Oxidase	- <sup>2)</sup>
Hemolysis	+
CAMP test	+
Esculin hydrolysis	+
α-Mannosidase	+
D-Arabitol	+
D-Xylose	-
Rhamnose	+
α-Methyl-D-glucoside	+
Ribose	-
Glucose-1-phosphate	-
D-Tagatose	-

1) : Positive 2) : Negative

Table 2. Characteristics of *Bacillus cereus* isolation from salads using MYP agar

Characteristics	Results	
	Isolation 1	Isolation 2
Gram stain	+ <sup>1)</sup>	+
Shape	rod	rod
Motility	+	+
Catalase	+	+
Egg-yolk lecithinase	+	+
Hemolysis	+	+
Glycerol	+	+
Erythritol	- <sup>2)</sup>	-
D-Arabinose	-	-
L-Arabinose	-	-
Ribose	+	+
D-Xylose	-	-
L-Xylose	-	-
Adonitol	-	-
β-Methyl-D-xyloside	-	-
Galactose	-	-
D-Glucose	+	+
D-Fructose	+	+
D-Mannose	-	+

Table 2. Continued

L-Sorbose	-	-
Rhamnose	-	-
Dulcitol	-	-
Inositol	-	-
Mannitol	-	-
Sorbitol	-	-
α-Methyl-D-mannoside	-	-
α-Methyl-D-glucoside	-	-
N-Acetyl glucosamine	+	+
Amygdalin	-	+
Arbutin	+	+
Esculin	+	+
Salicin	+	+
Cellobiose	+	+
Maltose	+	+
Lactose	+	+
Melibiose	-	-
Saccharose	-	+
Trehalose	+	+
Inulin	-	-
Melezitose	-	-

Raffinose	-	-
Starch	+	+
Glycogen	+	+
Xylitol	-	-
Gentiobiose	+	-
D-Turanose	-	-
D-Lyxose	-	-
D-Tagatose	-	-
D-Fucose	-	-
L-Fucose	-	-
D-Arabitol	-	-
L-Arabitol	-	-
Gluconate	+	-
2-Keto gluconate	-	-
5-Keto gluconate	-	-
Ortho-nitro-phenyl-galactoside	-	-
Arginine	+	+
Lysine	-	-
Ornithine	-	-
Simmon's citrate	-	-
Hydrogen sulfate	-	-
Urea	-	-
Tryptophane	-	-
Indole	-	-
Voges-Proskauer	-	-
Kohn's gelatine	+	+
NO <sub>2</sub> production	-	-

<sup>1)</sup> : Positive, <sup>2)</sup> : Negative

나타내었다. 그러나 *B. cereus* 7 균주의 생화학적 성상은 D-Mannose, Amygdalin, Saccharose, Gentiobiose, Gluconate를 분해하는 균종과 분해하지 않는 균종으로 나타났으며, API 50CHB에 99.8%의 상동성을 보였다. *B. cereus*균은 전 세계적으로 널리 분포되어 있는 식중독균이며, cook-chill 야채식품에서 지배적인 호기성균으로 보고되고 있다<sup>23)</sup>. 10℃와 20℃에서 저장한 cook-chill 제품에서는 증식하였으나 4℃에서 저장한 제품은 *B. cereus*가 검출되지 않았다는 보고<sup>24)</sup>가 있다. 따라서 원료 야채류에 대한 오염방지로 충분한 세척 및 항균 처

리와 3°C이하로 냉장 저장하여 식중독을 예방하여야겠다.

## 2. PCR을 이용한 *L. monocytogenes* 와 *B. cereus*의 확인시험

PCR은 최근 들어 환경중의 미생물을 동정하는데 효과적인 도구로 사용되어지고 있다<sup>25)</sup>. 또한 각종 병원체를 신속히 검출하고 동정하는데 이용되고 있다. 본 조사에서는 생화학적 시험방법을 통해 검출된 *L. monocytogenes*와 *B. cereus*에 대하여 PCR을 이용하여 확인하였다.

*L. monocytogenes*는 Fig. 1.과 같이 *Iap* gene을 증폭하는 LM primer를 사용 454bp band를 확인하였고, *B. cereus*는 Fig. 2.와 같이 *Bce T* gene을 증폭하는 BC primer를 사용 303bp band를 확인하였다.

## 3. Enterotoxin 확인

샐러드에서 분리된 *B. cereus* 7균주는 모두 enterotoxin을 생성하였다. 저온성 *B. cereus*의 91%가 cytotoxin을 생성하고 CRET-RPLA와 ELISA immunoassay에서 51%와 85%가 독소를 생성한다고 보고한

Fig. 1. Agaros gel electrophoresis(2.0 %

agarose) of PCR amplication products of isolated *L. monocytogenes* from salads.

- Lane 1 : size marker
- Lane 2 : *L. monocytogenes* positive control
- Lane 3 : *L. monocytogenes* from salads
- Lane 4 : *L. monocytogenes* negative control



Fig. 2. Agaros gel electrophoresis(2.0 %

agarose) of PCR amplication products of isolated *B. cereus* from salads.

- Lane 1 : size marker
- Lane 2 : *B.cereus* positive control
- Lane 3 ~ 4 : *B.cereus* from salads
- Lane 5 : *B.cereus* negative control

바 있으며<sup>26)</sup>, *B. cereus* 식중독은 요리도중 생존한 포자가 발아 가능한 온도

에 도달, 유지될 경우에 발아, 증식하여 enterotoxin을 생성할 때 발생 한다<sup>16)</sup> 고 한다.

본 조사에서는 *B. cereus* 7균주가 모두 enterotoxin을 생성하여 *B. cereus* 식중독의 원인균이 될 수 있음을 확인 하였다.

#### IV. 결 론

패스트푸드점에서 판매되고 있는 샐러드에 대해 총균수, 대장균군수, 대장균 및 10종의 병원성세균의 존재여부를 확인하였다.

1. 총균수는  $1.1 \times 10^5 \sim 8.4 \times 10^5$  CFU/g, 대장균군수  $0 \sim 5.4 \times 10^4$  CFU/g으로 Solberg 등이 제시한 기준치인 총균수  $10^5$  CFU/g 이하, 대장균군수  $10^2$  CFU/g 이하와 비교하면 총균수는 기준치를 만족시켰고, 대장균군수는 기준치를 초과하였다.

2. 10종의 병원성세균을 검사한 결과 listeriosis 유발 가능성이 있는 *L. monocytogenes*가 1건(0.9%), 중요한 식중독 원인균인 *B. cereus* 7건(6.1%)이 검출되었으며, API를 이용한 생화학 시험과 PCR 검사법으로 확인되었다.

*B. cereus* 7균주는 CRET-RPLA Kit에서 모두 enterotoxin을 생성하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 이기열, 문수재, 손경희, 이양자, 윤선,곽동경 (1988). 한국인의 식생활; 어제, 오늘 그리고 내일. 한국음식문화연구원 논문집 2, 565.
2. 곽동경, 류은순. (1990). 패스트푸드 업체의 급식관리 구조개선을 위한 모형설정에 관한 연구. 한국식문화학회지 5(4), 456-463.
3. 김기욱 (1992). 한국식품산업의 프렌차이징 전략-국내 진출 패스트푸드 중심으로. 중앙대학교 국제경영대학원 석사학위논문.
4. 전국경제인연합 (2000). 한국경제연감
5. 이용욱, 홍종해 (1997). 우리나라에서 보고된 집단 식중독의 발생특징. 식품공업, 109.
6. 식품의약품안전청 (2004). 식중독 발생현황 및 예방대책.
7. 오덕환 (1999). 최소가공야채류의 미생물학적 안전성. 식품산업과영양 4(3), 48-54.
8. Gillian, A. F., Christopher, T., and David, O.(1999). The microbiological safety of minimally processed vegetables. *Int. J. Food sci. Technol.* 34, 1-22.
9. Schofield, G. M. (1992). Emerging foodborne Pathogens and their significance in chilled foods. *J. Appl. Bacteriol.* 72, 267-273.
10. Swerdlow, D. L., and Altekruze, S. F. (1998). Food-borne diseases in the Global Village. *Emerging Infections* 2. Scheld, W. M., Craig, W .A. and Hughes, J. M. (eds). American Society for Microbiology, Washington. 273-294.
11. 강영재 (1993). HACCP란 무엇인가. 식품과학과산업 26, 4.

12. Kalish, F. (1991). Extending the HACCP concept to product distribution. *Food Technol*, 45, 119.
13. NACMCF (1989). HACCP principles for the food production USDA, FSIS. Washington D.C.
14. 양재승 (1997). 식품의안전성과 HACCP. *식품과학과산업*. 30, 172-182.
15. 식품공전 (2000). 식품의약품안전청 78-112.
16. 감염병실험실 진단지침 (1996). 국립보건원.109-283.
17. Solberg, M., Buckalew, J.J., Chen, C.M., Schaffner, D.W., O' Neill, k., McDowell J., Post, L. S., and Borderck, M. (1990). Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol*. 44, 68.
18. 박석기 등 (1998). 위생 미생물 시험법 해설. 미래문화. 60-72.
19. Levin MM.(1987). *Escherichia coli* that cause diarrhea, enterotoxigenic, enteropathogenic, enteroinvasive, enterohaemorrhagic, enteroadherent. *J. Infect. Dis.* 155. 337-389.
20. William H. (1986). Ewing, Edwards and Ewing's Identification of Enterobacteriaceae 4th ed. Elsevier science publishing co., Inc. New York. 93-134.
21. Seeligeri, H.P.R. and Finger, H. (1983). In J.S. Remington and J.O. Klein(eds). Infectious disease of the fetus and newborne infant, 2nd ed. W.B. Saunders, Philadelphia. 264-289.
22. WHO. (1988). Food borne Listeriosis. Document No. WHO / WHE / FOS / 88.5. World Health organization, Geneva, Switzerland.
23. Carlin, F., Guinebretiere, M. H., Choma, C., Pasqualini, R., Bracommier, A. and Nguyen-the, c. (2000). Sporeforming bacteria in commercial cooked, pasteurized and chilled vegetable purees. *Food Microbial*. 17.153-165.
24. Choma, C., Guinebretiere, M. H., Carlin, F., Schmitt, P., Velge, P., Granum, P. E. and Nguyenthe, C. (2000). Prevalence characterization and growth of *Bacillus cereus* in commercial cooked chilled foods containing vegetables. *J. Appl. Microbial*. 88. 617-625.
25. Tsai, Y., palmer, C. J.m and Sangermano, L. R. (1992): Detection of *Escherichia coli* in sewage and sludge by polymerase chain reaction. *Appl. Environ. Microbial*. 59. 353 -357.
26. Beattie, S.H. and Williams, A.G. (1999). Detection of toxigenic strains *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. with an improved cytotoxicity assay. *Lett. Appl. Microbial*. 28. 221-225.

# 기능성 식품의 안전성 실태 조사연구

박명기 · 홍해근 · 방선재 · 박정화 · 박광희 · 김종찬  
북부지원 식품분석팀

## A Study on safety of functional foods.

Myung-Ki Park, Hea-Ken Hong, Seon-Jae Bang, Jeung-Hwa Park,  
Kwang-Hee Park and Jong-chan, Kim  
Division of Food Analysis

**Abstract** : This study was evaluated about functional foods. Functional foods were investigated of 100 items in Health supplement foods(33 items), Special nutritional foods(32 items), Tea products(16 items), Miscellaneous foods(19 items). Analysis items were based on Moisture, Heavy metal, Protein, nutrient etc.

The obtained results were as follows :

1. Moisture contents were showed as follows : Health supplement foods were 1.6~9.6%, Special nutritional foods were 1.9~8.7%, Tea products were 1.0~5.0%, Miscellaneous foods were 2.0~7.1%.

2. Heavy metals(Cadmium, Arsenic, Mercury) were not detected at functional foods, but Lead of Tea products and Miscellaneous foods were detected 2.3~5.0 mg/kg(at 4 items of 100 items).

3. Protein were showed as follows Yeast foods were 16.3~45.1%, Pollen products were 26.9~74.6%, Algae products were 17.8~62.6%, Chitosan products were 4.0~26.3%, Propolis extract products were 4.5~18.1%, Aloe power products were 6.5~25.1%.

4. Micro component of special nutritional foods were showed as follows : Calcium were 1.1~52,430.0mg/100g, Iron were 1.3~217.4mg/100g, Zinc were 1.0~3,897.0mg/100g.

5. Indicated items were showed that exaggerative advertisement was 6 items of 100 items, Indicated nutrition content was short at 11 items of 100 items.

**key words** : Functional foods, Moisture, Heavy metals, Protein,  
Micro component.

## I. 서론

최근 경제수준의 향상으로 건강과 질병 치료 및 예방에 대한 관심 고조 및 건강하게 오래 살려는 욕구의 증가 등으로 영양성분 및 기능성을 강조한 식품의 소비량이 매년 증가하고 있다.

또한 일부 식품성분이 만성질환의 예방과 치료에 관계가 있다는 사실이 증명됨에 따라 식품의 고유 기능인 영양 공급 뿐만아니라 건강에 대한 유의성을 제공하는 건강식품에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있는 상황이며, 이러한 사회적 분위기에 발맞추어 식품산업에서는 신소재를 이용한 건강보조식품 및 기능성 식품 개발에 심혈을 기울이고 있는 실정이다.<sup>1-4)</sup>

일반적으로 건강식품은 '건강보조식품', '특수영양식품'을 비롯하여 건강증진 효과를 주장하는 '다류', '기타 식품류'를 모두 포함한 개념이다.<sup>5-6)</sup>

그러나 기능을 강조한 식품이 범람하면서 이에 대한 표시 및 광고의 과장이 심한 경우가 많고, 기능성 성분 함량이 미미해서 업체 측이 주장하는 효과를 기대하기 어려울 뿐만 아니라, 기능성이라는 이름으로 제품의 가격상승을 부추기는 사례<sup>7-9)</sup>가 있어 소비자 불만 및 피해가 발생하고 있으며, 또한 건강보조식품은 소비자가 이를 구입하는 과정에서 식품의 유용성에 대한 정보가 부족하고, 질병에 대한 치료효과가 있는 것처럼 과장 광고하는 판매업자의 왜곡된 정보전달 등으로 소비자가 제품을 선택하는데 어려움을 겪고 있다.<sup>10-11)</sup>

이러한 이유로 기능성 식품을 조사하여 문제점 및 개선방안을 모색하고, 소비자의 기능성 식품에 대한 오·남용 방지와 합리적인 선택을 위한 정보를 제공하고자 본 연구를 실시 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

2003년 1월부터 11월까지 경기 북부 지역에서 유통되고 있는 건강보조식품 33품목, 특수영양식품 32품목, 다류 16품목, 기타 식품류 19품목으로 총 100건을 조사 하였다.

### 2. 방법

#### 1) 표준액

중금속 및 강화성분의 표준용액은 원자흡광 분석용(wako, pure chemical co.,

1000 ppm)을 표준원액으로 사용 0.1N 질산으로 단계 희석하여 농도별로 조제 표준용액으로 하였다.

#### 2) 시료분석

수분 및 단백질은 식품공전의 일반 시험법에 따라 정량 하였으며, 위해 중금속 및 미량 성분은 식품공전 일반 시험법에 따라 전처리후 조제한 시험용액을 원자흡광광도계 (Analytik jena AG. nov AA400, Germany) 및 유도결합플라즈마(Agilent. ICP-MS 7500, USA)를 이용하여 정량 하였다.

### 3. 검사항목

수분 및 중금속(Pb, Cd, As, Hg)은 전품목에 대해서 조사하였으며, 단백질은 건강보조식품에서, 미량성분(Ca, Fe, Zn)은 특수영양식품에서 조사 하였다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 수분(Moisture)

수분은 식품 평가에 있어서 가장 기본적인 항목으로써 식품의 품질 평가에 있어서 중요한 요소로 작용하며, 특히 건조 식품에서는 수분함량이 높은 경우 미생물등의 생육 조건을 충족시켜 식품의 변패에 영향을 주는 등의 이유로 품질관리 측면에서 조사하였다.<sup>8-9)</sup>

건강보조식품 1.6~9.6%, 특수영양식품 1.9~8.7%, 다류 1.0~5.0%, 기타식품류 2.0~7.1%로 나타났다(Table 1).

일반적으로 건조제품에서 수분 기준인 10%이하에 적용하면 적당한 수분을 유지 한 것으로 사료된다.

Table 1. The Contents of moisture in functional foods

Food groups	Amounts of moisture(%)
Health supplement foods	1.6~9.6
Special nutritional foods	1.9~8.7
Tea products	1.0~5.0
Miscellaneous foods	2.0~7.1

### 2. 중금속(Pb, Cd, As, Hg)

유해 중금속중 납(Pb), 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg)을 검사한 결과 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg)은 전품목에서 검출되지 않았으며, 납(Pb)은 건강보조식품, 특수영양식품에서는 검출되지 않았으나, 다류 및 기타 식품류에서 4품목이 2.3~5.0mg/kg 검출되었다 (Table 2).

납(Pb)은 주로 경구로 섭취되며 통상 1일 100~500 $\mu$ g이 음식을 통해 체내로 들어와 5~10%가 섭취되고, 흡인된 경우에는 30~40%가 흡수되며 이중 약 90%는 뼈에 존재한다. 또한 납은 적혈구의 수명을 단축시키며 철의 이용 및 적혈구내에서 글로빈의 합성을 억제하므로, 중독시 헤모글로빈 합성이 감소되어 빈혈을 일으키는등<sup>12)</sup> 유해한 물질로써 더욱 철저한 관리가 필요하며, 납이 검출된 제품의 경우 저급한 수입 원재료를 사용하여 만든 제품으로 원재료의 철저한 품질 관리가 필요한 것으로 사료된다.

Table 2. The Contents of heavy metal in functional foods

Food groups	No. of samples	Contents(mg/kg)			
		Pb	Cd	As	Hg
Health supplement foods	33	ND	ND	ND	ND
Special nutritional foods	32	ND	ND	ND	ND
Tea products	16	ND~5.0	ND	ND	ND
Miscellaneous foods	19	ND~3.0	ND	ND	ND
Total	100				

ND : Not Detected

### 3. 단백질(Protein)

단백질의 주된 기능은 필수 아미노산과 조직 단백질의 합성을 위해 필요한 질소, 그리고 생물체의 정상적인 성장, 유지 및 기능에 필수적인 질소 화합물을 공급하는 등 우리 인체에 필수 영양소로서의 기능을 가지고 있다.<sup>13)</sup>

건강보조식품 33품목중 효모식품 16.3~45.1%, 화분가공식품 26.9~74.6%, 조류식품 17.8~62.6%, 키토산가공식품 4.0~26.3%, 프로폴리스추출물가공식품 4.5~18.1%, 알로에가공식품 6.5~25.1% 검출되었다(Table 3)..

Table 3. The Contents of protein in Health supplement foods.

Food items	No. of samples	Amount of protein(%)
Yeast foods	6	16.3~45.1
Pollen products	3	26.9~74.6
Algae products	7	17.8~62.6
Chitosan products	11	4.0~26.3
Propolis extract products	3	4.5~18.1
Aloe powder products	3	6.5~25.1
Total	33	

### 4. 미량성분(Ca, Fe, Zn)

미량성분은 특정성분을 첨가하여 제조한 특수영양식품을 대상으로 칼슘

(Ca), 철(Fe), 아연(Zn) 항목을 선정하여 조사하였다(Table 4).

칼슘(Ca)은 무기물질로써 우유나 멸치등의 식품중에 많이 함유되어 있고 인체가 매일 많은 양을 필요로 하는 중요성분이다. 주요 생리 기능으로는 뼈와 치아의 형성, 체액의 알칼리성유지, 혈액 응고 작용의 촉진, 심장의 근육수축에 기여, 질병에 대한 면역체증가등 여러 가지 신체기능의 조절작용에 관여하며, 콜레스테롤증, 동맥경화증, 고지혈증 등의 순환기계 질환, 고혈압, 당뇨 및 대장암등의 발생 위험을 감소시킨다고 보고되고 있다.<sup>12-13)</sup>

칼슘(Ca)의 조사 결과는 1.1~52,430.0mg/100g으로 나타났다.

철(Fe)은 체내에서 산화적 에너지 대사에 관여하는 필수 화합물로 주로 간장, 비장, 골수에 존재하고 있으며, 결핍에 의한 기능적 손상의 정도는 체내 필수적인 철(Fe)화합물이 고갈됨에 따라 증가하며 빈혈, 피로감, 안면창백, 호흡곤란등의 증세가 일어난 다고 보고되고 있다.<sup>12-13)</sup>

철(Fe)의 조사 결과는 1.3~217.4mg/100g으로 나타났다.

아연(Zn)은 인체내에 필요한 성분의 하나이며 인체의 생리 활동에 작용하는 약 80개의 산소가 이 금속을 필요로 하고 있으며, 세포분열, 핵산대사 등에 관여하고 그 양이 감소될 경우 생식력 저하, 미·취각 저하 등의 영향을 끼치게 된다. 1일 필요량은 10~35mg으로 인체에는 약 20~30%만

섭취되며 주공급원은 육류로 보고되고 있다.<sup>12-13)</sup>

아연(Zn)의 조사 결과는 1.0~3,897.1 mg/100g으로 나타났다.

Table 4. The contents of micro component in special nutritional foods

Item	Amount of nutriment(mg/100g)
Calcium	1.1~52,430.0
Iron	1.3~217.4
Zinc	1.0~3,897.1

## 5. 표시사항

「식품위생법」 제11조(허위표시의 금지)에 의해서 건강식품은 ‘질병치료에 효능이 있다는 내용’, ‘의약품으로 혼동할 우려가 있는 내용’, ‘체험기’ 등을 이용한 광고는 하지 못하도록 되어 있으나, 본 조사결과 총 100품목 중 질병예방 및 치료 등에 효과가 있다고 표기한 제품이 6품목으로 나타났다.

또한, 건강보조식품은 탄수화물, 지방, 단백질, 열량등을 주로 표기하고 있으나, 이중 단백질의 함량 표시가 제일 많이 되어 있어 단백질을 중심으로 조사하였으며, 총 33품목중 표시량 이하인 제품이 7품목이며, 특수영양식품은 32품목에 대하여 강화성분을 조사한 결과 칼슘(Ca) 2품목, 철(Fe) 1품목, 아연(Zn) 1품목에서 표시량보다 적게 나타났다.

## IV. 결 론

시중 유통중인 식품중 건강증진등을 목적으로 판매되고 있는 기능성 식품을 중심으로 건강보조식품 33품목, 특수영양식품 32품목, 다류 16품목, 기타식품류 19품목에 대하여 수분, 유해중금속, 단백질, 미량성분, 표시사항을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 수분은 건강보조식품 1.6~9.6%, 특수영양식품 1.9~8.7%, 다류 1.0~5.0%, 기타식품류 2.0~7.1% 로 나타났다.

2. 중금속은 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg)은 전품목에서 검출되지 않았으며, 납(Pb)은 다류 및 기타 식품류 4 품목에서 2.3~5.0mg/kg 으로 나타났다.

3. 단백질은 건강보조식품에서 조사한 결과 효모식품 16.3~45.1%, 화분가공식품 26.9~74.6%, 조류식품 17.8~62.6%, 키토산가공식품 4.0~26.3%, 프로폴리스추출물가공식품 4.5~18.1%, 알로에가공식품 6.5~25.1% 로 나타났다.

4. 미량성분은 특수영양식품에서 조사하였으며, 칼슘(Ca) 1.1~52,430.0mg/100g, 철(Fe) 1.3~217.4mg/100g, 아연(Zn) 1.0~3,897.0mg/100g 으로 나타났다.

5. 표시사항 조사결과, 질병예방 및 치료등에 효과가 있다고 표기한 제품이 6품목이었으며, 성분함량이 표시량에 미달된 제품이 11품목으로 나타났다.

이상의 결과로 소비자의 제품 구매 시 정확한 정보를 제공하기 위해 표시 기준 강화가 필요하다고 사료된다.

## 참고문헌

- 1) 김진숙외 5인(2003), 노인성 만성 질환자의 특수영양 및 건강보조 식품의 섭취실태, 한국영양학회지, 36(2), 200-201.
- 2) 문수재(1996), 한국인의 영양문제, 한국영양학회지, 29(4), 371-372.
- 3) Kim S.H.(1994), Patterns of vitamin/mineral supplements usage among the middle-aged in Korea, *Korean J Nutr* 27(3), 231.
- 4) Polk M.R.(1985), The dietitian vs. food faddism, an educational challenge, *J Am Diet Assoc* 85(10), 1335-1336.
- 5) 소비자보호원 표시광고팀(2003), 건강식품 광고 실태조사, 8-9.
- 6) 한국식품공업협회(2003), 식품공전.
- 7) 백순영등 7인(2002), 기능성식품이 면역계에 미치는 영향에 관한연구, 식품의약품안전청 연구보고서, 제6권, 355.
- 8) 김명수등 10인(2002), 건강기능식품의 위해성분 모니터링, 식품의약품안전청 연구보고서, 제6권, 492.
- 9) 유문균등 5인(2002), 유통식품(영양보충용식품)중 수용성 비타민의 안전성에 관한연구(I), 식품의약품안전청 연구보고서, 제6권, 507-508.
- 10) 한국소비자보호원 식의약안전팀(2001), 건강보고식품의 안전성 실태, 11-13.
- 11) 식품의약품안전청보고서(2002), 신규 건강 기능식품의 기준·규격 및 시험방법 제정을 위한 연구, 제6권, 886-887.
- 12) 김길상등 10인(1993), 식품중 미량중금속에 관한 조사연구, 국립보건원보, 제30권, 366-370.
- 13) 한국영양학회(1998), 한국인 영양권장량<제6차 개정판>, 47-48.
- 14) 보건복지부(2003), 식품위생법

# 터널내부 공기 중 휘발성 유기화합물질(VOCs) 특성 조사연구

송희일 · 변주형 · 김진길 · 김태열 · 임홍빈 · 김종찬

북부지원 대기보전팀

## The Concentrations of Volatile Organic Compounds in the Air of Road Tunnels

Hee-Il Song, Ju-Hyeong Byeon, Jin-Guil Kim, Tae-Yeul Kim,  
Heung-Bin Im, Jong-chan Kim

*Atmosphere Preservation Team*

**Abstract** : This study was performed to investigate six VOCs concentrations (Benzene, Toluene Ethylbenzene, m,p-Xylene, Styrene, o-Xylene) for the 5 road tunnels in the northern area of the Gyeonggi-do from March to November in 2003. Canister and GC/FID was used for air sampling and VOCs analysis respectively. The concentrations of total VOCs in the air of the road tunnels were 7.278ppb (Cheonghak), 6.592ppb (Jeondochi), 29.141ppb (Machi), 5.887ppb (Bongan), 26.174ppb (Wondang) respectively. The ratio(%) of inside to outside mean concentration levels were 150.1% (Bongan), 122.0% (Wondang), 118.5% (Machi), 116.7% (Jeondochi), 116.6% (Cheonghak) respectively. In case of seasonal concentration of VOCs, autumn showed highest levels and followed by spring and summer. The mean concentrations of benzene were 0.733ppb (Cheonghak), 1.025ppb (Jeondochi), 2.668ppb (Machi), 0.932ppb (Bongan) 1.963ppb (Wondang) and Machi · Wondang tunnels showed about 2~3 times of the environmental quality standard of Japan. Moreover, the concentration distribution of VOCs in road tunnels was found to have close relationships to the length of the tunnel, the number of passing cars, the ventilation of the tunnel, and the environment of outside.

**Key words** : Road tunnel, Volatile organic compounds(VOCs), GC/FID

## I. 서 론

인체피해와 더불어 광화학스모그의 전  
구물질인 휘발성 유기화합물 (Volatile

organic compounds)은 일반적으로 상온·상압 상태에서 대기 중 가스형태로 배출되는 탄소와 수소로 이루어진 물질을 말하지만 아직까지 규제대상으로 분류되는 통일된 정의나 대상물질의 범주는 나라마다 다르게 적용되고 있다<sup>12)</sup>. 우리나라에서는 대기환경보전법 법률 제2조(정의)에 “휘발성 유기화합물질”이라 함은 탄화수소류 중 석유화학제품·유기용제 기타 물질로서 환경부장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 고시하는 것으로 정의하고 있고, 환경부고시(제2001-36호, '01. 3. 8.)에 따라 벤젠을 포함하여 37개 물질 및 제품을 규제대상으로 정하고 있다. 또한 VOCs의 배출 특성을 볼 때, 도장시설에서 54.5% 배출하고 자동차에서 27.8%를 각각 배출하고 있어 사실상, 이 두 배출원이 전체 배출의 82.3%를 차지한 것으로 알려지고 있다<sup>3)</sup>.

최근 고도 경제성장과 더불어 VOCs의 주요 배출원인 자동차 수는 1990~1999년에 평균 14% 증가하였으며, 2002년 12월말 현재 총 1,395만대를 기록하고 있다. 그러나 향후 2010년엔 2,000만대에 이를 것으로 전망하고 있지만 도로의 연장은 선진국의 1/3~1/5수준에 그쳐 자동차의 증가율에 따른 도로의 증가는 못 미치고 있는 실정이다<sup>4)</sup>. 이에 따른 도로 정체는 점점 심해지고 있는 가운데, 지가상승 및 도로의 직선요구 등으로 인해 산을 관통하는 터널이 증가하고 있으며 터널 길이도 또한 길어지고 있는 실정으로 터널내 공기의 오염가능성이 증대되고 있다. 그러나 이와 같은 현실에도 불구하고 터널내에 오염물질에 대

한 국내 기준은 건설교통부령 제 206호 “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙”에서 CO와 NOx를 100ppm과 25ppm 이하가 되도록 규정하고 있고, 환경부에서는 환경기준 권고치로 NO<sub>2</sub>의 농도를 500ppb 이하로 설정하고 있을 뿐, VOCs에 대한 환경기준은 아직 설정되어 있지 않다. 따라서 많은 사람들이 터널을 이용하고 있는 가운데 터널내 VOCs 등 오염물질에 노출될 가능성이 증대되고 있어, 이에 대한 많은 연구의 필요성이 대두되고 있는 추세에 있다.

최근 터널 내부 공기 중 오염도에 대한 연구 동향을 보면, 김 등(1993)<sup>5)</sup>이 남산·북악터널 중의 THC 등의 오염도 조사를, 백 등(1998)<sup>6)</sup>이 중앙고속도로(대구-안동)상의 터널 공기 중에 VOCs에 대해, 최우혁 등(2001)<sup>7)</sup>은 터널내부에서 광촉매를 이용한 VOCs 제거 대해 연구한 바 있지만 아직까지 VOCs에 대한 폭 넓은 연구는 행하여지지 않고 있는 실정이다.

이에 본 연구에선 경기북부지역에 소재한 터널 중 차량 유동량이 많고 일정 길이 이상인 터널과 이와 비슷한 도심지 지하차도(500m 이상)에 대해 VOCs 분포특성과 다른 오염원과의 상관성 등을 조사하기 위해서 터널 4개소와 지하차도 1개소에 대해 VOCs 오염실태를 조사하여 향후 터널내 VOCs 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료채취 장소 및 기간

시료채취 장소는 도심오염원에서 일정 거리가 있는 전도치·봉안·청학터널과 주변에 가구공장 및 섬유공장들이 많이 위치한 마치터널 그리고 도심에 있어 오염도가 높을 것으로 예상되는 원당지하차도(터널구간)를 각각 선정하였다. 시료채취는 2003년 3월부터 11월까지 월 1회 이상 채취하였고 지점수는 원당·전도치·봉안터널은 각각 4개 지점을 {터널 입구 100전방 도로변, 터널 입구에서 100m 안쪽(A), 터널중간(B), 터널 끝에서 100m전(C)} 청학·마치터널은 2개 지점(외부, 터널중간)을 각각 채취하였다. 채취 지점수 및 터널현황은 Table 1에 나타내었다. 조사대상 터널 모두 편도 2차선이며 환기시설은 별도로 설치되어 있지 않은 자연환기식 터널구조로서 청학·전도치터널은 직선 형태를, 그 외는 약간의 곡선 구조를 가진 형태이다.

## 2. VOCs 조사항목

조사한 VOCs 항목은 방향족 화합물로서 환경대기 중 출현빈도가 높고 환경학적 관심사가 높은 Benzene, Toluene,

Ethylbenzene, m,p-Xylene, Styrene, o-Xylene 등 6개 항목에 대해 각각 조사 하였다. 이들 물질의 특징을 살펴보면 Benzene은 가솔린의 옥탄가 향상제로서 휘발유 중 0.3% (환경부, 2003년 3/4분기 국내정유사 평균) 함유되어 있는 발암성 물질로 알려져 있으며, 특정 대기오염물질 중 하나이다. Toluene은 각종 유기용제의 원료이면서 가솔린의 옥탄가 향상제로 사용되며, 대기 중 가장 많이 검출되는 항목으로 알려져 있다. 또한 피부염을 일으킬 수 있으면서 만성노출시 신장이나 혈액에 영향을 줄 수 있는 물질로 알려져 있다<sup>8)</sup>.

Xylene은 염료와 의약품 등의 일반 용제와 석유정제용제 등으로 사용되기도 하며 노출시 두통, 현기 증상이 있으며 중독 시엔 간이나 신경 등에 손상을 주는 물질로 알려져 있다<sup>8)</sup>.

이들 VOCs 물질은 대기에 방출되면 증기상으로 존재하여 광학적으로 생성된 히드록실 라디칼과 반응해서 분해되며, 반감기는 Benzene이 13.4일(NOx나 SO<sub>2</sub> 등이 많이 오염된 공기 중에서는 4~6시간)이고 Toluene은 3~24시간 그리고 Xylene은 1~2일이다<sup>8)</sup>.

Table 1. The status of sampling sites. (unit : m)

Tunnel	Location	Length	Width	Height	Ventilation	Sampling points
Cheonghak	Byeollae Namyangju	Going down 202.5	7.5	6.6	natural	2
Jeondochi	Jingeon, Byeollae Namyangju	Going down 745.5	7.5	6.6	natural	4
Machi	Hopyeong, Hwado Namyangju	Going down 276.26	9.88	6.85	natural	2
Bongan	Joan Namyangju	Going down 770	10	6.5	natural	4
Wondang	Wondang Goyang	Going down Tunnel section 550	8.8	4.7	natural	4

### 3. 시료채취 방법 및 분석

환경대기 중 공기 포집방법으로 시료의 포집과 분석을 동시에 병행하는 On line 측정법과 Canister를 이용하는 용기포집법 및 흡착제나 흡수매체를 이용하는 포집매체 이용법 등이 있다. 본 연구에선 최근 많이 활용하고 있는 EPA Method TO-14A에서 규정한 Canister를 이용한 시료 포집 방법을 사용하였다. 이 방법은 일반 환경대기 중 VOCs의 채취 및 분석법으로 시료 채취시 다른 매체를 거치지 않고 시료를 직접 포집하는 방식이다.

시료용기는 6ℓ 용량의 Canister(ENTECH INSTRUMENT INC, SILONITE™ Coated)로 각각 포집하여 Preconcentrator (ENTECH INSTRUMENT, INC 7100)로

전처리 한 후 GC/FID(Aglient 6890)로 분석하였으며 분석조건은 Table 2와 같다. 또한 일반 공기질을 알아보기 위해 CO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>는 10ℓ Tedler bag(日本, 三商)으로 채취해서 인근 의정부시에 설치된 대기오염 자동측정소 장비를 이용하여 각각 분석을 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 터널의 VOCs 농도 분포

터널별로 조사한 VOCs의 총 농도결과를 보면 마치터널에서 29.141ppb로 가장 높게 나타났고, 청학터널 7.278ppb 전도치터널 6.592ppb, 봉안터널 5.887ppb 순으로 각각 나타났다. 또한 원당지하차도에서는 마치터널과 비슷한 26.141ppb로 나타났으며, 측정결과는 Table 3과 같다. VOCs 농도가 가장 높게 조사된 마치터널을 100으로 볼 때 원당지하차도(89.8) > 청학터널(25) > 전도치터널(22.6) > 봉안터널(20.2)로 표시 될 수 있는데, Fig. 1에서 보는 것처럼 터널 별 교통량이 많고 인근 주변에 공단 등 오염요인이 존재하는 지역이 다소 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 원당지하차도는 차도형태가 V자형의 경사가 있고 다른 터널과 비교하여 일반터널에 비해 크기가 작아 상대적으로 외부공기와의 접촉이 적음에 따른 환기부족으로 인해 다소 높게 나타난 것으로 볼 수 있었다. 기타 청학·전도치·봉안터널은 도심에서 다소 떨어져 있고 교통량이 적은 곳에 위치하여 VOCs 농도가 마치터널에 비해 다소

Table 2. The operating parameters for preconcentrator and GC/FID

Parameters	Condition
<Pre-concentrator>	
Module1 concentration	-150℃
Module1 desorption	10℃
Module2 concentration	-30℃
Module2 desorption	180℃
Module3 concentration	-160℃
Module3 desorption	50~90℃
Sample vol.	100cc
M1-M2 transfer vol.	40cc
<GC/FID>	
Column	HP-1(50m×0.32mm×1.05μm)
Carrier gas	He, 1.5ml/min
Inlet temp.	250℃
Oven temp.	35℃(10min)→7℃/min→150℃ →20℃/min→220℃(6min)
Detector temp.	280℃

Table 3. The average concentration(ppb) of VOCs(inside/outside) in tunnel

	Cheonghak	Jeondochoi	Machi	Bongan	Wondang
B	0.752/0.697	1.025/0.813	2.668/1.207	0.924/0.535	1.911/1.338
T	5.527/4.847	4.573/4.008	21.432/18.621	3.952/2.924	19.672/17.007
E	0.296/0.286	0.338/0.294	1.516/1.970	0.358/0.198	1.676/0.999
m,p-X	0.288/0.284	0.375/0.332	2.179/1.730	0.325/0.182	1.802/1.261
S	0.248/N.D	0.069/N.D	0.225/0.148	0.074/N.D	0.127/0.119
o-X	0.167/0.312	0.247/0.201	1.120/0.921	0.254/0.089	0.986/0.727
VOCs	7.278/6.224	6.592/5.647	29.141/24.596	5.887/3.928	26.174/21.451

B : Benzene, T : Toluene, X : Xylene, E : Ethylbenzene, S : Styrene

적게 나타난 것으로 보여진다. 그러나 청학터널(202.5m)과 전도치터널(745.5m)을 비교해 볼 때 보통 터널길이와 오염도 증가는 비례한다고 볼 수 있지만 Fig. 1에서 보는 바와 같이 터널 길이가 짧고 교통량이 더 적은 청학터널

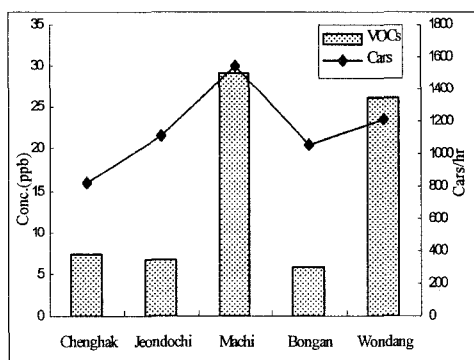


Fig. 1. The concentrations of VOCs in tunnels and cars/hr passing tunnels.

주변에 약 보다 전도치 터널에서 VOCs 량이 더 낮 게 나타났는데, 이는 청학터널 인근에 약 5000세대의 청학리 아파트단지와 상가가 접해 있으면서 고개에 위치한 요인으로 생각되나 두 터널 모두가 직선형이어서 길이에 비해 자동차에 의한 터널내 VOCs의 축적은 그리 크지 않으리라 생각된다.

Fig. 2는 주요 VOCs 배출원으로 알려진 차량에 의한 영향을 알아보기 위해 VOCs의 상대비를 조사한 자료이다. Scheff 등<sup>9)</sup>에 의하면 미국내 자동차의 연료 중 BTEX의 구성비는 3 : 7 : 1 : 5 정도 라고 한다. 이에 자동차 연료에 따른 오염을 확인하기 위해 국내차량 중 D사(휘발유)와 H사(경유)차량의 Tail pipe에서 직접 오염물질을 채취 하여 분석한 농도비는 Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, Styrene, o-Xylene이 3.5 : 5.1 : 1.0 : 1.6 : 0.6 : 0.9 로 나타났다. 그러나 터널내 측정결과치는 평균 2.2 : 13.8 : 1 : 1.1 : 0.28 : 0.66 으로 다소 차이를 보이고 있어 오염요인이 차량 뿐 만 아니라 주위

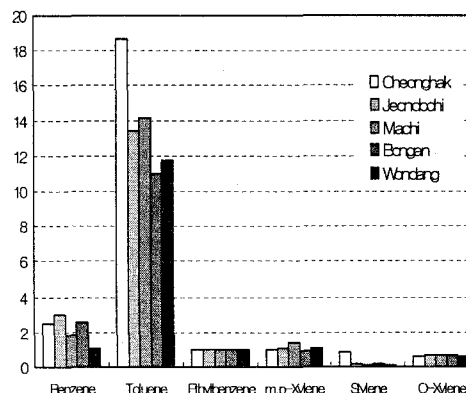


Fig. 2. The ratio of VOCs to Ethylbenzene in tunnels.

의 대기 환경, 터널구조, 공기흐름 등 다양한 요인에 의해 작용하는 것을 알 수 있었다.

그리고 Fig. 3은 터널과 시료채취 지점별 VOCs의 농도를 %(터널내부농도×100/외부농도)로 도시한 결과이다. 터널별로는 봉안(평균 150.1%) 원당(122.0%), 마치(118.5%), 전도치(116.7%), 청학터널(116.6%)순으로 각각 나타났으며, 지점별로는 터널 입구(A), 중간(B), 끝(C) 순으로 증가하는 것으로 나타났다. 터널 길이가 짧거나 직선형인 마치·전도치·청학터널에선 낮게 나타났고 길이가 긴 봉안터널과 원당지하차도에선 높게 나타났다. 특히, 가장 높게 나타난 봉안터널을 살펴보면 터널의 길이가 길면서 끝나는 지점 약 20m지점에서 팔당 4터널과 연결되어 있고, 다른 터널에 비해 곡선반경(1,100m)이 터널 길이(770m)에 비해 길어 끝(C) 지점에서선 거의 2배의 농도를

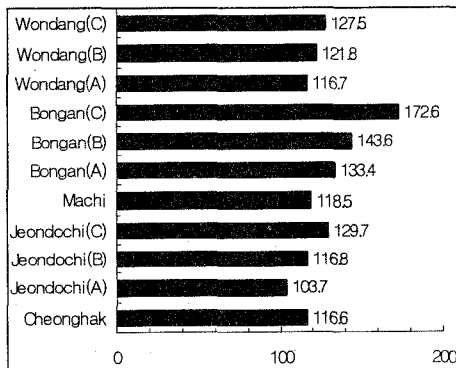


Fig. 3. The ratio(%) of inside to outside mean levels.

보여주고 있다. 따라서 터널의 지점별 농도는 터널의 구조와 매우 밀접한

관계가 있음을 알 수 있었다.

Table 4는 위에서 말한 터널외부와 내부의 농도 분포에 대해 어느 정도의 상관성을 보이는지 분석하여 나타낸 결과이다. 주로 차량에 의한 오염원이 많은 청학·전도치터널의 경우에는 평균 0.92이상의 높은 상관성을 보이고 있으나 여러 오염원이 산재한 마치터널과 원당지하차도에선 가솔린 차량에 의한 배출량이 전체 배출량의 78%를 차지하는 Benzene 항목이 낮은 상관성을 보여주었다.

Table 4. Correlation coefficients of VOCs between inside and outside of tunnels

	Cheong-hak	Jeon-dochi	Machi	Bong-an	Won-dang
B	0.97	0.92	0.36	0.51	0.69
T	0.98	0.98	1.0	0.98	0.98
E	0.97	0.99	0.79	0.61	0.86
m,p-X	0.91	1.0	0.51	0.89	0.97
o-X	0.75	0.97	0.53	0.32	0.97
Mean	0.92	0.97	0.64	0.66	0.89

B : Benzene, T : Toluene, X : Xylene, E : Ethylbenzene

지역 특성별 VOCs 농도분포를 보기 위해 원당을 도심지역으로 청학과 전도치, 봉안은 교외지역 그리고 마치터널은 공단인접지역으로 분류하여 본 결과 공단인접지역(마치) > 도심지역(원당) > 교외지역(청학, 전도치, 봉안)의 순으로 농도가 높게 나타나 주변 오염원과 일치하는 조사결과를 얻을 수 있었다. 결론적으로 VOCs 오

염요인은 교통량과 주변 지형형태 및 주위오염원(산업단지, 도심지)에 의해서 터널내부의 VOCs 농도에 많은 영향을 주고 있는 것으로 보여진다.

Fig. 4는 계절별 VOCs의 농도를 비교 분석한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 가을에는 15.290ppb, 봄 14.322 ppb 그리고 여름에는 12.647 ppb 로 가을 > 봄 > 여름 순으로 나타났다. 이는 기온이 높은 여름철보다 기온이 낮은 봄에 조금 높게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 온도가 높은 여름철엔 대기 중 VOCs가 태양광선과 광화학반응에 기여해서 오존 등 2차 오염물질로 전환이 빠르게 일어나기 때문인 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>. 하지만 본 측정결과는 계절별로 뚜렷하게 큰 차이는 볼 수 없었으며 각 항목에 따라 다른 결과를 보이기도 한다. 이는 다양한 배출원과 대기환경 변화 요인으로 생각된다.

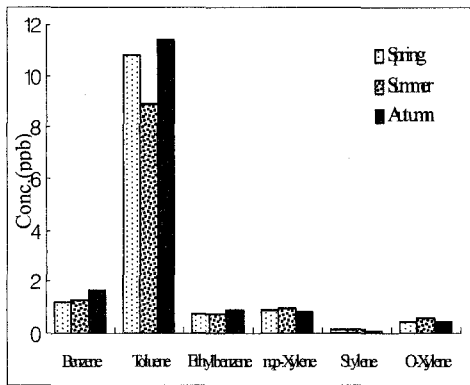


Fig. 4. The seasonal concentrations of VOCs in tunnels.

## 2. VOCs의 농도수준

항목별 VOCs 농도를 보면 Benzene 은 1.458ppb, Toluene 11.024ppb, Ethylbenzene 0.837ppb, m,p- Xylene 0.995 ppb, Styrene 0.149ppb 그리고 o-Xylene 은 0.555ppb의 농도로 각각 나타나 VOCs의 오염 분포는 Toluene이 가장 높은 67.1~74.8%이었고, Benzene은 6.9~15.1 % 그리고 m,p-Xylene 4.2~8.8%, Ethyl- benzene 4.0~6.5%, o-Xylene 2.5~4.5 % 그리고 Styrene이 0.6~4.7% 로 적은 것으로 알 수 있었다. 이는 대기환경기준이 설정되어 있는 일본 (Benzene 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 약 0.9ppb)의 기준<sup>10)</sup>과 비교해 볼 때, 청학터널 0.733 ppb, 봉안 0.932ppb, 전도치 1.025ppb로 기준 이내 이거나 또는 같은 수준이며 마치는 2.668 ppb, 원당이 1.963ppb로 마치고 원당은 약2~3배 높은 것으로 나타나 이에 대한 관리가 조속히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 국내 터널기준으로 설정된 일반항목과 비교해 보면 Table 5와 같이 CO는 600~1,700ppb, NO<sub>2</sub>는 52~381ppb, NOx는 213~1,080 ppb 수준으로 조사되어 기준치 및 권고치<sup>5)</sup>보다 낮은 수준으로 나타난 것을 알 수 있었다.

Table 5. The concentrations of CO, NO<sub>2</sub>, NOx in tunnels

	Cheong-hak	Jeon-dochi	Machi	Bong-an	Won-dang
CO	600	1100	1,700	1,100	1,200
NO <sub>2</sub>	52	301	381	111	81
NOx	213	891	1,080	481	434

## IV. 결 론

경기도 북부지역에 위치한 4개 터널 및 지하차도의 내부공기 중 VOCs 농도를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 터널별 VOCs의 농도는 마치터널에서 29.141ppb로 가장 높았고 청학터널 7.278 ppb, 전도치터널 6.592ppb, 봉안터널 5.887ppb 순으로 나타났으며, 원당지하차도에선 마치터널과 비슷한 26.141ppb로 각각 나타났다. 또한 항목별로는 Toluene이 67.1~74.8%로 가장 많았고, Benzene 6.9~15.1%, m,p-Xylene 4.2~8.8%, Ethylbenzene 4.0~6.5% 순으로 나타났으며, 그외 o-Xylene 2.5~4.5%, Styrene 0.6~4.7%로 각각 나타났다.

2. 계절별 VOCs농도는 가을이 15.290 ppb으로 가장 높았고 봄이 14.322 ppb 그리고 여름에는 12.647ppb 으로 기온이 다소 낮은 계절에 VOCs 농도가 높은 것으로 나타났다.

3. 일본의 대기환경기준<sup>10)</sup>(Benzene 3.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 약 0.9ppb)과 비교해 볼 때 청학터널 0.733ppb, 봉안 0.932ppb 전도치 1.025ppb로, 기준 이내 이거나 또는 동일한 수준이며, 마치 2.668ppb, 원당 1.963 ppb로 마치와 원당은 기준에 약2~3배 높은 것으로 나타났다.

4. 터널 및 지하차도의 VOCs 농도 분포는 터널의 길이, 교통량, 환기 및 주변환경과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다.

경기북부지역 터널 및 지하차도의 VOCs 오염도는 아직 크게 우려 할 수준은 아니지만 장대터널 및 자동차수의 증가에 따른 오염물질 발생이 많아지고 있고, 최근엔 터널 내 화재사고 등이 빈번하게 발생함에 따라 급격한 오염물질의 발생요인이 많아지고 있어 이에 대비한 관계기관의 환기설비 및 VOCs 저감 기술 등에 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 본다.

## 참고문헌

- 1) 김종보, 김종찬, 최승석, 최양희, 류형열, 김미정, 문희천, 이용기, 이수문 (2001). 경기도 환경 대기 중 휘발성 유기화합물의 오염실태 조사 연구(Ⅲ). 경기도보건환경연구원보 제14권 pp. 60 ~68.
- 2) 김석만 (1999). 울산지역 대기 중 휘발성 유기화합물의 관측. 울산대학교 석사학위논문.
- 3) 환경부 (2003). 2002 환경백서
- 4) 교통개발연구원 연구보고서 (2000). 자동차 보유대수 추정에 관한 기초 연구.
- 5) 김영성, 경남호, 조성호, 손재익, 문길주, 김용표, 백남준, 김태호 (1993). 서울시 주요터널 내 기체상 오염물질농도 측정. 한국대기보전학회지 제 9권, 제4호, pp. 320~329.

- 6) 백성욱, 김영민, 황서승만 (1998). 고 속도로 터널내부 공기 중 휘발성 유기화합물의 농도 측정. 한국 대기보 전학회지 14권 제1호 pp. 73~77.
- 7) 최우혁, 김창녕(2001). 터널내부에 이용한 VOCs 제거에 대한 수치적 연구. 대한설비공학회 하계학술발표 회논문집pp. 584-590.
- 8) 정창훈 (2002). UV 광산화 · 광촉매 산화 · 흡착 복합공정을 이용한 대기 중 휘발성 유기화합물 처리에 관한 연구. 동아대학교 석사학위논문.
- 9) Scheff, P. A., R.A. Wadden, B. A. Bates, and P. F. Aronian (1989). Source fingerprints for receptor modeling, *Journal of Air & Waste Management Association*, 39, p.469
- 10) 日本環境省(2003). [www.env.go.jp](http://www.env.go.jp)



# 폐금속광산 주변환경의 중금속 오염분포특성 연구

이강혁 · 정연훈 · 김병록 · 박진호 · 정종필 · 박현구 · 김요용

북부지원 수질보전팀

## A Study on the Distribution Characteristics of Heavy Metal Concentrations in Environment around Abandoned Mines

Kang-Hyuck Lee, Yeon-Hoon Jung, Byeong-Lok Kim, Jin-Ho Park,  
Jong-Pil Jung, Hyun-Goo Park and Yo-Yong Kim

### *Water Preservation Team*

**Abstract** : This study was investigated the distribution characteristics of heavy metal concentrations in soils around abandoned mines in Pochon city. The abandoned mines were Youngjung, Yongsog and Pochon. The results were as follows:

- 1) Heavy metal mean concentrations in minewastes were detected Cr 100.119 mg/kg, Cu 189.400 mg/kg in Youngjung mine, Cr 198.440 mg/kg, As 160.480 mg/kg in Yongsog mine and Cr 84.680 mg/kg, Zn 50.280 mg/kg in Pochon mine.
- 2) The mean concentrations in soils which is around mines were Cu 62.351 mg/kg in Youngjung mine, and As 95.024 mg/kg, Hg 11.279 mg/kg in Yongsog mine. All materials in Pochon mine were detected low level.
- 3) The concentrations of heavy metal showed low or not detected in water system ( groundwaters, streams and sediments).

**Key words** : abandoned mines, heavy metal, minewastes, soils, water system

### I. 서 론

토양은 공기·물과 같이 인류생존에 없어서는 안 될 기본적이고 중요한 유

한 자산이다. 토양은 단순히 인간 활동의 기반을 제공하는데 그치지 않을 뿐만 아니라 박테리아에서부터 곰팡이, 지렁이 등의 생물체와 광물질의

복합체로서 토양의 기능은 대단히 역동적이다<sup>1)</sup>. 즉, 유해물질을 거르고, 완화 내지 변환시켜 지하수나 먹이 연쇄 과정에 유해물질이 직접적으로 인체에 도달되지 못하게 하는 등 토양의 기능은 매우 다양하다. 그런데 이런 토양 오염을 유발시키는 원인은 인간의 생산과 소비활동에서 발생하는 오염물질과 유독물, 중금속 함유물 등 유해화학물질 및 각종 폐기물을 들 수 있다. 특히, 광산 활동으로 인한 휴·폐광산의 갱내폐수, 광미, 폐석 등은 수계나 바람에 의하여 주변지역으로 이동하여 토양이나 하천의 수질을 악화시키는 대표적인 중금속 오염이다<sup>2)</sup>. 이러한 광산 주변지역의 오염은 자연적 정화 과정을 거쳐 안정화되기도 하지만, 지속적인 유입과 관리의 소홀로 인해 자연적 정화능력의 한계를 벗어나게 되면 환경오염 문제를 야기시키게 된다.

특히, 금속광산의 선광시설에서 배출되는 중금속 오염물질들이 전국적으로 산재되어 있고 휴·폐광산에 방치된 광재 또한 토양을 산성화시킨다. 뿐만 아니라 각종 유해 중금속의 이온화를 촉진시킴으로써 주된 중금속 원소들은 자연수를 매개로 이동하여 주변 토양 및 하상 퇴적물에 가용성 염으로 농축되거나 주변하천의 하류에 있는 농경지로 유입하게 된다<sup>3-5)</sup>. 이로 인해 농작물의 생육에 지장을 초래해 수확량이 감소하게 되고, 또, 오염된 농작물을 섭취하는 인간이나 동물들에게 만성적인 장애를 일으키기도 한다<sup>4)</sup>. 폐광산 관리부서와 이용자들은 폐

광의 사후처리 대책을 수립하는데 중금속의 오염방지 대책이 우선적으로 고려되어야 함에도 불구하고, 휴·폐광 이후 관리부재로 고농도의 오염물질들이 자연생태계에 침투되어 심각한 환경문제로 제기되고 있다<sup>6)</sup>. 경기북부 지역의 휴·폐광산은 2002년 현재 27개로 폐광산의 경우 21 개소 중 14 개소는 산림복구 및 산지화 되었고 7 개소는 타시설로 전환하여 사용 중에 있다<sup>7)</sup>. 이중 환경오염의 우려가 있는 폐금속광산은 가평군과 포천시에 집중적으로 분포하고 있으며, 가평군에 위치한 폐광산의 경우 2001년 토양측정망에 편입되어 관리되고 있지만, 포천시 소재 폐광산은 그러지 못한 실정이다.

본 연구는 폐금속광산인 영증광산, 용석광산, 포천철광을 대상으로 토양 중에서 분해되지 않고 오랫동안 잔류하는 물질로서 중금속 7 항목(Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr, Zn)에 대해 폐광주변의 토양, 저니토, 하천수 및 지하수의 중금속 함량조사를 통하여 향후 폐광산 및 주변환경의 오염방지대책을 세우는데 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 실험 및 방법

### 1. 연구대상

폐금속광산으로 인한 주변환경의 오염이 의심되는 포천시 소재 광산 3 개소를 선정하였으며 선정된 폐광산의 개괄적인 현황은 Table 1 과 같다.

Table 1. The history of research mines<sup>8)</sup>

mines	minerals	abandoned year
Youngjung	Au, Ag	1997
Pochon	Au, Ag, Cu, Pb	1979
Yongsog	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	1996

## 2. 시료채취

본 조사연구에서는 영중광산, 용석광산, 포천철광등 3 개의 폐광산을 대상으로 하여 광미 및 주변토양 그리고 하천수, 저니토 및 지하수를 채취하였다.

토양은 광산의 갱구 입구로부터 일정거리의 간격을 두고 부삽을 이용하여 표토를 광구에서 1 Km 이내까지 채취하였으며, 하천수 및 저니토는 광산의 폐석더미보다 아래쪽에 흐르는 소하천을 대상으로 같은 지점을

지점의 토양을 채취한 후 비교 분석을 하였다.

## 3. 시료처리 및 분석방법

### 1) 토양 및 저니토

채취한 토양 및 저니토 시료는 균일하게 혼합하여 직사광선이 닿지 않는 장소에서 자연 건조시킨 후 8 mesh 체를 통과한 미분쇄 토양을 분석시료로 사용하였다.

분석은 조제된 시료 500 mg 을 정확히 평량하여 용매(질산 10 ml)와 microwave digester(Questron, 130~170℃, 25 min, 750 W)를 이용하여 전처리 한 다음 여지(Advantec, 5종 C)로 여과한 후 그 여액을 ICP Mass(Agilent)로 분석하였다.

그리고 현행 토양오염공정시험방법<sup>9)</sup>은 시료의 전처리 방법이 염산용액(0.1 N) 50 ml 에 용출시킨 후 분석하게 되

Table 2. The number of samples and the kind of samples in environment of around mines (unit : each)

mines	soils(minewastes)	sediments	streams	groundwaters
Youngjung	96(3)	3	3	5
Pochon	89(3)	3	3	3
Yongsog	85(3)	3	3	2

채취하였다. 그리고 지하수는 각 광산의 영향권으로 판단되는 주변 가정에서 채수하였다. 광산별 시료채취 현황은 Table 2 와 같다.

대조토양은 오염원인 광미사의 영향을 가장 적게 받을 것으로 판단되는 각 광산별로 1 건씩 갱입구로부터 윗

어있으나 2003년 일부항목(Ni, Zn)이 전함량 시험방법으로 개정되었으며, 2004년에는 국제적인 추세에 따라, 전항목으로 확대·개정할 예정이다<sup>10)</sup>. 따라서 본 연구는 microwave digester 를 이용하여 전함량 시험방법으로 수행하였다.

## 2) 하천수 및 지하수

하천수 및 지하수 시료는 GF/C 여지로 부유물질을 제거한 후 그 여액을 ICP Mass(Agilent)로 분석하였다.

## 3) 분석항목

연구대상에 대해 토양 중에서 분해되지 않고 오랫동안 잔류하는 물질인 Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr, Zn 항목을 분석하였다.

# III. 결과 및 고찰

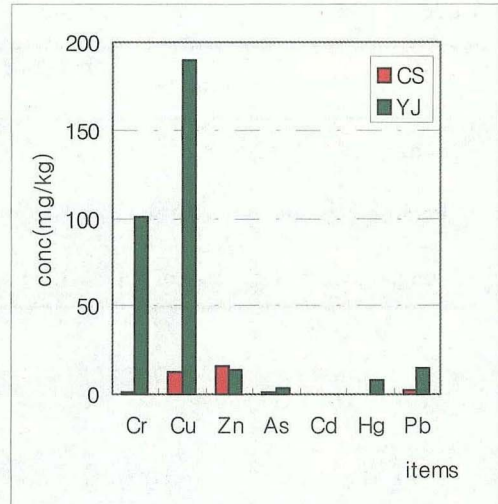
## 1. 폐광산 주변토양의 중금속 농도

### 1) 광미사의 중금속 농도

금속광산의 광미사는 원래 광물에 포함된 각종 금속성분이 지하에 매장되어 있는 것을 파내어 잘게 부수고 파쇄하여 가루로 만들어 필요한 금속성분을 추출하는 선광과정에서 발생한다. 이 광미사는 금속성분이 100% 추출되지 못하고 모래나 돌가루에 미량씩 남아있는 상태로 버려지게 된다. 또한 광미사가 자연의 물리적인 힘에 의해 농경지에 유입 되던가, 혹은 하천의 저질토양에 퇴적되면서 중금속 성분이 물에 용출되어 수로를 통하여 논이나 밭에 유입 될 경우, 농경지가 오염되는 것으로 알려져 있다.

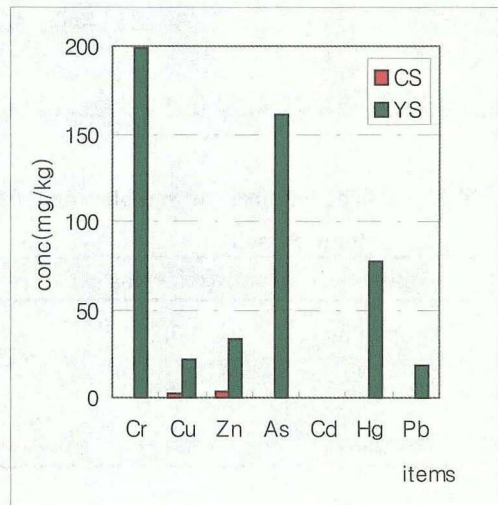
이렇게 오염원이 되고있는 이들 폐광산 지역별 광미사와 대조토양의 평균 중금속 농도와의 비교를 Fig. 1, Fig. 2 및 Fig. 3 에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 대조토양의



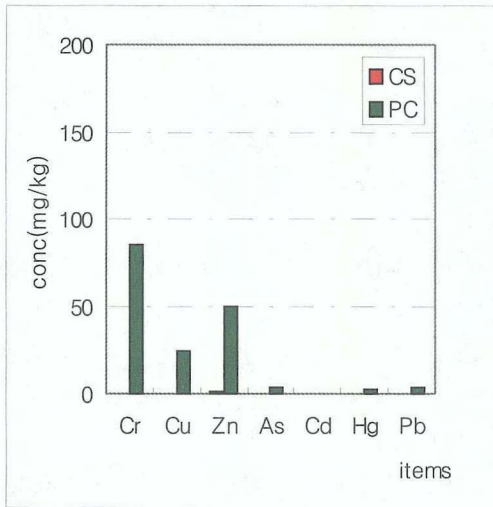
CS : contrast soil, YJ : Youngjung mine

Fig. 1. Comparison of heavy metal mean concentrations between minewastes and a contrast soil in Youngjung mine.



YS : Yongsog mine

Fig. 2. Comparison of heavy metal mean concentrations between minewastes and a contrast soil in Yongsog mine.



PC : Pochon mine

Fig. 3. Comparison of heavy metal mean concentrations between minewastes and a contrast soil in Pochon mine.

Table 3. The standards of cultivated soil in Korea (unit : mg/kg)<sup>11)</sup>

classification	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Zn
the apprehension standards of soil pollution	1.5	50	6	4	100	300
the counterplan standards of soil pollution	4	125	15	10	300	700

농도와 비교해 볼때, 영중광산에서 Cr 100.119 mg/kg, Cu 189.400 mg/kg 및 Hg 8.492 mg/kg로, 용석광산에서 Cr 198.440 mg/kg, As 160.480 mg/kg, Hg 77.240 mg/kg이, 포천철광에서 Cr 84.680 mg/kg, Zn 50.280 mg/kg 으로 검출되었다.

또한 Table 3 은 우리나라 농경지 토양중의 토양오염우려기준 및 대책기준을 나타낸 것이다. 영중광산에서는

Cu, Hg이 용석광산은 As, Hg 이 토양 오염우려기준을 초과 하였고, 포천철광은 모두 토양오염우려기준 이내로 나타났다. 특히 토양오염대책기준으로 볼때 영중광산 및 용석광산의 광미는 적절한 오염방지대책이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

## 2) 폐광산 주변토양의 중금속 농도

광미사의 영향을 받는 조사지역 주변토양과 대조토양의 중금속 평균농도를 Fig. 4, Fig. 5 및 Fig. 6 에 나타내었다. Cr 농도는 영중광산 8.537 mg/kg, 용석광산 13.568 mg/kg, 포천철광 5.328 mg/kg 으로 조사되었다. Cu 농도는 영중광산 62.351 mg/kg 로 토양오염우려기준(농경지) 50 mg/kg 을 약간 상회하는 농도로 검출되었다. 용석광산과 포천철광은 대조토양보다는 높았으나 토양오염우려기준(농경지)보다는 각각 1/8, 1/4 수준이었다.

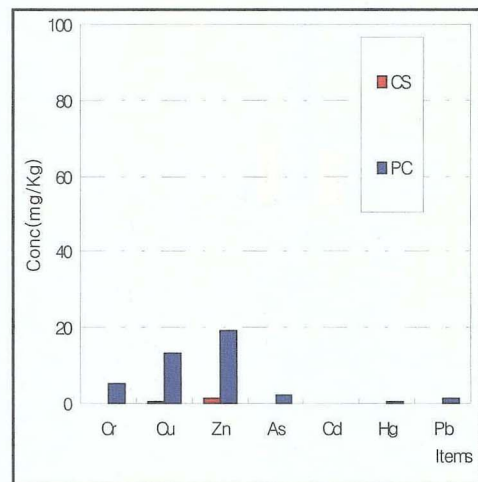


Fig. 4. Comparison of heavy metal mean concentrations between soils and contrast soil in around Pochon mine.

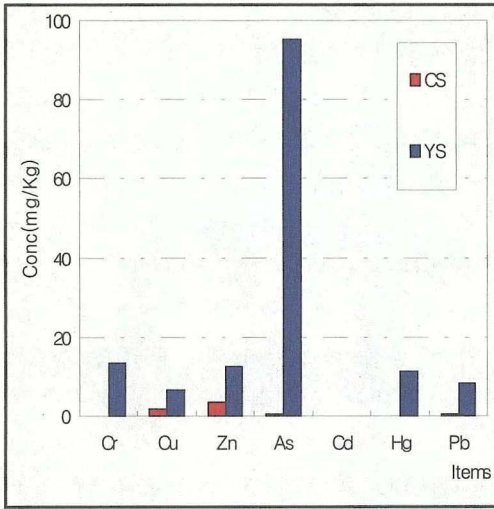


Fig. 5 Comparison of heavy metal mean concentrations between soils and contrast soil in a round Yongsog mine.

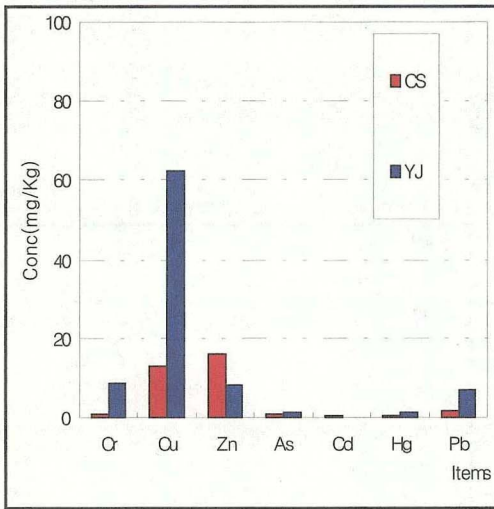


Fig. 6. Comparison of heavy metal mean concentrations between soils and contrast soil in around Youngjung mine.

Zn 농도는 영중광산 8.027 mg/kg, 용석광산 12.364 mg/kg, 포천철광 19.241 mg/kg 로 조사되었으며, 토양오염우려

기준(농경지)에 비해 아주 낮은 수치로 조사되었다.

As 농도는 영중광산 1.208 mg/kg, 용석광산 95.024 mg/kg, 포천철광 1.968 mg/kg로 조사되었는데, 용석광산이 다른 광산에 비하여 As가 아주 높게 검출되었다. 이는 토양오염우려기준(농경지)을 16 배 정도 초과한 수치였다. Cd 농도는 3 개 광산모두 대조토양과 비슷하거나 약간 상회하는 농도로 나타났다.

Hg 농도는 용석광산 11.279 mg/kg 로 토양오염우려기준(농경지) 보다도 2 배 이상 높은 농도로 검출되었고 영중광산 및 포천철광은 토양오염우려기준(농경지)이내의 결과를 보였다. Pb 농도는 영중광산 7.023 mg/kg, 용석광산 8.394 mg/kg, 포천철광 1.485 mg/kg 로 모두 토양오염우려기준(농경지) 이하로 조사되었다.

본 조사결과에 따르면 용석광산의 As 와 영중광산의 Cu가 토양오염우려기준(농경지)을 초과된 것으로 나타났다. 특히, 용석광산의 As는 농수산물 재배 등을 제한할 수 있는 토양오염대책기준을 6 배 가량 초과하였다. 이 지역에 대하여 추가적인 정밀조사를 통하여 대책이 강구되어야 할 것으로 판단되었다. 포천철광은 광미로 인한 중금속에 그리 오염되어 있지 않았다.

## 2. 폐광산 주변 하천저니토의 중금속 농도

오염되지 않은 자연적인 퇴적물에서의 중금속 농도는 Cd 0.6 mg/kg, Cu 45 mg/kg, Pb 34 mg/kg, Zn 75 mg/kg 이다.<sup>12)</sup>

Fig. 7 은 3 개 폐광산 주변 저니토의 중금속 평균 농도를 나타낸 것이다.

대조토양에 비해 상대적으로 높았으나, 오염되지 않은 침전물내 중금속 농도에 비해 낮은 농도를 보였으며, 특히 토양오염우려기준 이내로 조사되었다. 이와같은 조사에 의하면 3 개 폐광산 모두 주변 수계의 잠재적인 2 차 오염원으로 작용할 가능성이 낮은 것으로 나타났다.

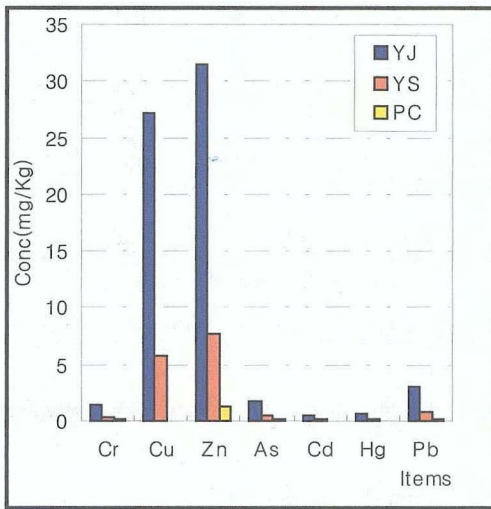


Fig. 7. Heavy metal mean concentrations of sediments in around mines.

### 3. 폐광산 주변 지하수 및 하천수 중 금속 농도

본 조사지역에서 채취한 지하수 및 하천수의 분석결과를 Fig. 8 및 Fig. 9 에 나타내었다. 지하수의 경우 먹는 물 수준<sup>13)</sup>과 비교해 볼때, 분석항목 중 영중광산과 포천철광에서 Zn이 각각 0.386 mg/l, 0.219 mg/l 가 검출되었

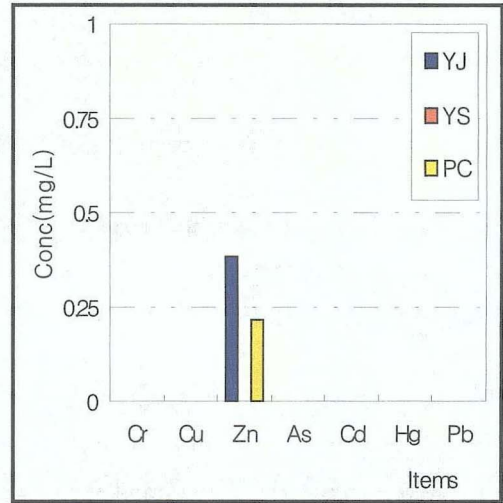


Fig. 8. Heavy metal mean concentrations of groundwaters in around mines.

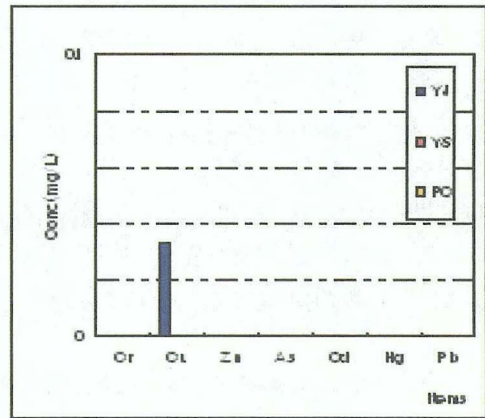


Fig. 9. Heavy metal mean concentrations of streams in around mines.

으나 먹는물기준치(1 mg/l) 이하였으며, 용석광산에서는 조사항목이 모두 검출되지 않았다. 또한 하천수의 경우 영중광산에서 Cu가 0.033 mg/l 가 검출되었을 뿐 용석광산 및 포천철광에서는 검출되지 않았다. 이와 같은 결과는 현재 광미로 인해 지하수 및 하

천수가 오염되지 않고 있는 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

경기 포천시에 위치한 폐광 3 개소를 대상으로 중금속 농도를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 광미의 중금속 평균 농도는 영중광산의 경우 Cr 100.119 mg/kg, Cu 189.400 mg/kg, Hg 8.492 mg/kg 이 검출되었고, 용석광산에서 Cr 198.440 mg/kg, As 160.480 mg/kg, Hg 77.240 mg/kg, 포천철광에서 Cr 84.680 mg/kg, Zn 50.28 mg/kg 으로 검출되었다.
2. 폐광주변 광구 1 km 이내의 임야 토양의 중금속 농도를 조사한 결과 영중광산에서 Cu가 62.351 mg/kg, 용석광산에서 As가 95.024 mg/kg, Hg 11.279 mg/kg 으로 비교적 높게 검출되었으며 그 외 항목은 대부분 낮은 농도로 검출되었다.
3. 지하수는 영중광산 및 포천철광에서 Zn 이 각각 0.386 mg/l, 0.219 mg/l 로 검출되었으며, 하천수의 경우 Cu가 영중광산에서 0.033 mg/l 가 검출되었지만, 포천철광에서는 모두 검출되지 않았다.
4. 하천 저니토의 경우 3 개 광산에서 모두 낮은 농도를 보였으며, 폐광 주변수계의 잠재적인 2차 오염원으로 작용할 가능성이 거의 없는 것으로 조사되었다.

이상과 같은 결과에 의하면 본 조사

지역은 광미로 인한 폐광산 주변환경은 그리 우려할 만한 수준으로 오염되지는 않았다. 그렇지만 광미의 경우 아직도 중금속에 오염이 되어 있었으며, 이에 대한 광미처리 및 토양오염방지 대책이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 신관호(2003). 토양환경보전정책방향, 한국지하수토양환경학회.
2. 신익중(2003). 휴·폐광산 인근 농경지 토양중 중금속 성분의 작물체 이행특 성, 충남대학교 석사학위논문.
3. Weng, C. H.(1990). Removal of heavy metals by fly ash, *Thesis for master of civil engineering*, University of Delaware, pp. 61.
4. Fergusson, J. E. (1990). *Environmental impacts and health effects*, Pergamon Press, pp. 371.
5. Devenny, J. S. (1990). Subsurface migration of hazardous waste, Van str and Reingold, pp. 387.
6. 충남대학교 환경문제연구소(1996). 충남환경종합대책 기본계획수립.
7. 경기도제2청사 내부자료(2002)
8. 경인지방환경관리청(2000). 폐금속광산오염실태 정밀조사, pp. 11, pp. 45.
9. 토양환경공정시험방법, 환경부고시 제 2002 - 23 호 (2002. 2. 14).
10. 국립환경연구원장(2003.10). 전국시·도보건환경연구원장 회의자료.
11. 토양환경보전법, 법률 제 06893 호

- (2003. 5. 29).
12. Persaud, D., Jaagumagi, R. and Layton, A. (1989). Development of provincial sediment quality guideline, Ontario Ministry of the Environment, p. 364.
13. 먹는물관리법, 법률 제 06627 호 (2002. 1. 26).



# 상수도 미공급 지역에 대한 수질실태 조사연구

권경안 · 오조교 · 정은희 · 박경수 · 황선민  
북부지원 음용수검사팀

## A Study on the Water Quality of Ground Water in Non-Public Water Service Areas

jo-gyo Oh, eun-hee Jung, gyeong-su Park, sun-min Hwang  
and kyung-ahn Kweon  
*Drinking Water analysis team*

**Abstract :** The results were investigated about water quality of 330's ground waters distributed at the north of Gyeonggi province for contaminants in Korean Drinking Water Standard from April to October in 2003. 31.1% of investigated water samples were inadequate to drink and it was higher than the inadequate rate(21.6%) of samples which were controled by related regulations as long as above periods. Nitrate-N had the highest inadequate percentage(50.0%) to drink among the 46's analysis substances. The next inadequate contaminant was total colony counts and coliforms(37.2%) which was criteria concerning microorganism. And according to the order, Turbidity, odor, zinc and aluminium were bad articles. 1,1,1-Trichloroethane was the only inadequate contaminant among the volatile organic compounds and it was found in Yangju district.

**Key Words :** ground water, non public water service area

### I. 서 론

물은 생명의 근원이며, 깨끗한 물은 건강한 삶을 영위하기 위한 중요하고도 기본적인 요소이다. 또한 물은 모든 산업의 기반이다. 그러나 우리나라는 전국토에서 이용 가능한 부분이 많지 않고 환경측면에서도 자정능력이 취약한 구조

를 가지고 있기 때문에 환경용량 측면에서 매우 부족한 것이 현실이다. 그리고 산업화 과정에서 발생한 심각한 수질오염은 지표 상수원을 오염시켜 수돗물의 안정성에 대한 국민의 불신을 증가시키고 있다. 따라서 지표수만의 자원은 한계에 도달되어 대체 수자원인 지하수의 개발이 확대되고 있다. 특히 지하수는

수원의 안정적 확보와 손쉽고 저렴하게 공급할 수 있다는 장점으로 인해 무엇보다도 상수원으로서의 역할이 중요시 되고 있다.

지하수의 특성은 주로 해당지역의 기상환경과 지질환경의 영향을 받지만, 지하수가 대수층에 채류하는 시간이 길면 기상학적 영향보다 대수층의 지질학적 영향을 더 크게 받는다<sup>1)</sup>. 그러나 오늘날에는 환경오염과 무분별한 지하수 개발이 지하수 특성을 결정 할 수도 있다.

경기북부지역의 지역별 상수도 보급률은 Fig. 1과 같으며 평균 상수도 보급률이 평균 86.4%에 이르지만 아직도 포천시, 가평군과 같은 도·농 복합지역은 겨우 50.6%, 60.5%에 머물고 있다. 특히 농촌지역은 상수도의 혜택에서 벗어나 있어 산업화 및 지질학적 요인에 의한

지하수 오염에 무방비로 방치되어 있다. 상수도의 혜택을 받지 못하는 도민들은 간이상수도, 전용상수도, 자가수도 등을 이용하고 있는 실태이다. 상수도, 간이상수도, 전용상수도를 이용하는 주민들은 관련법에 의거하여 수질검사 등을 통한 수질관리가 되고 있으나 자가수도를 이용하고 있는 주민은 체계적인 수질검사나 수질관리 체계에서 소외되어 먹는물에 대한 안전성의 검증 없이 자가수도를 이용하고 있다.

본 연구는 상수도 미공급 지역의 먹는물로 사용중인 지하수 수질을 분석하여 발생될 수 있는 문제점을 파악해 봄으로써 합리적인 지하수 수질보전 대책에 필요한 자료를 획득하며, 경기도민에게 보다 안전한 먹는물을 음용할 수 있도록 유도하고, 상수도 공급에 있어 기초자료를 제공하는데 있다.

## II. 조사대상 및 방법

### 1. 조사대상

본 조사연구 자료는 2003년 4월부터 10월까지 지역 내 상수도 미공급 지역의 영세민 위주로 지하수를 정수처리 없이 직접 음용하는 가정을 대상으로 하였다. 시료는 각 지하수의 수도꼭지에서 채취하였으며, 용량 4 ℓ polyethylene 재질의 무균채수병에 보관 운반된 것으로서 총 330 건을 조사하였다.

Table 1에 지하수의 행정구역별 시료채취현황을 나타내었다.

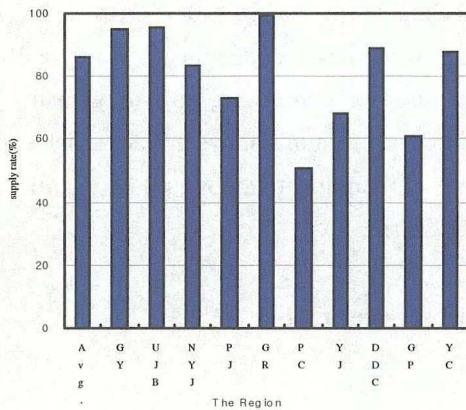


Fig. 1. The supply ratio of public water service .

Avg. : average           GY : Goyang  
 UJB : Uijeongbu       NYJ : Namyangju  
 PJ : Paju               GR : Guri  
 PC : Pochun           YJ : Yangju  
 DDC : Dongducheon   GP : Gapyeoung  
 YC : Yeoncheon

## 2. 분석항목 및 방법

먹는물 수질기준에 설정되어 있는 pH 등 46항목에 대하여 분석하였으며, Table 2와 같이 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(환경부령)의 먹는물 수질검사방법<sup>2)</sup>에 따라 시험 하였다.

Table 1. The number of sampling by district

Districts	No. of sampling
Goyang	11
Uijeongbu	55
Namyangju	15
Paju	73
Dongducheon	15
Pochun	54
Yangju	32
Gapyeong	37
Yeoncheon	38
Total	330

## III. 결과 및 고찰

### 1. 심미적 영향물질에 관한 기준

먹는물 수질기준에 설정되어 있는 물질 중 인체 유해성 보다는 맛, 냄새, 색도 등과 같이 심미적인 영향을 유발할 수 있는 물질로 망간 등을 포함하여 16개 항목이 해당된다. 본 조사에서는 중점적으로 고찰이 필요한 pH, 염소이온 등 7개 항목에 대하여 기술하고자 한다.

#### 1) 수소이온 농도(pH)

수소이온농도는 수중에 용존되어 있는유리탄소와 탄산염의 농도에 따라 결정되며, 인위적 오염으로 인한 오염도측정의 지표로 사용된다. 토양속의 이산화

탄소 용해와 유기물 분해의 산물인 이산화탄소가 많이 용해된 물은 약산성을 나타내고, 지질의 영향인 중탄산( $\text{HCO}_3^-$ ), 탄산( $\text{CO}_3^{2-}$ )이온을 함유한 경우에는 약알칼리성을 나타낸다. 본 연구의 조사결과에서 수질기준인 pH 5.8 ~ pH 8.5를 초과한 곳은 전체조사 건수 330 건 중에 없었으며, 조사대상 지하수의 수소이온농도 범위

Table 2. Contaminants & methods

	Contaminants	Analysis Instrument
Micro organism	total colony counts	Incubator
	total coliforms	
	Fecal Coliforms	
Hazardous Inorganics for health	Lead	ICP/MS
	Cadmium	
	Arsenic	
	Selenium	
	Mercury	
	Boron	U.V.Spectro
	Cyanide	
	Chromium(VI)	
	Ammonia- N	
	Nitrate-N	
Hazardous Organics for health	Fluoride	I.C.
	Phenols	U.V.Spectro
	Diazinon	GC
	Parathion	
	Phenitrothion	
	1,1,1-Trichloroethane	
	Tetrachloroethene	
	Trichloroethylene	
	Dichloroethene	
	1,2-Dibrom-3-chloropropane	
	Benzene	
	Toluene	
	Ethylbenzene	
	Xylene	
	1,1-Dichloroethene	
Carbon Tetrachloride		
Cabaryl	HPLC	
Aesthetics affecting materials	Hardness	Titration Method
	KMnO <sub>4</sub> Consumption	Water Bath
	Odor	Sensible Method
	Taste	
	Copper	ICP/MS
	Color	Colorimeter
	ABS	U.V. Spectro
	pH	pH meter
	Zinc	ICP/MS
	Chloride	I.C.
Residues on evaporation	Drying Oven	
	Iron	ICP/MS
	Manganese	ICP/MS
	Turbidity	Turbidimeter
	Sulfate	I.C.
	Aluminium	ICP/MS

는 pH 5.9 ~ pH 8.4로 나타났고, 전체 평균값은 pH 6.8로 조사되었다.

## 2) 염소이온 (Cl<sup>-</sup>)

염소이온(Cl<sup>-</sup>)은 수중에 녹아 있는 염화물의 Cl<sup>-</sup>을 말한다. 염화물은 자연계에 널리 분포하며, 통상 NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>의 형태로 존재한다. 자연계의 대부분 염화물은 해수중에 존재한다. 염소이온은 지층을 형성하는 토양이나 암석에 미량 함유되어 있으며, 녹기쉬운 성질이 있기 때문에 지표수나 지하수에는 항상 다소의 염소이온을 함유하고 있다. 염소이온의 먹는물 수질기준은 250 mg/l 이하이며, 염소이온이 200~300 mg/l 농도 이상 되면 물에 소금맛을 느끼게 한다고 알려져 있다. 염소이온이 높은 물은 금속을 부식시키는 성질이 있으며, 적은 편이 좋다<sup>6)</sup>.

본 연구의 조사결과에서 염소이온의 범위는 1 mg/l ~ 417 mg/l로 나타났으며, 양주시역 지하수 한 곳이 417 mg/l로 기준초과 되었는데 인근의 금속도금업체의 영향으로 추정된다. 전체 평균값은 16.0 mg/l로 조사되었으며, 지역별 평균염소이온의 농도는 2.4 mg/l ~ 5.3 mg/l로 조사되었다. 조사결과 염소이온의 농도는 먹는물 수질기준은 훨씬 못 미치게 나타났으며, 이 중에서 양주시역이 평균 23.2 mg/l로 가장 높게 조사되었다.

## 3) 황산이온 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

황산이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)은 자연수중에 널리 존재하며 주로 지질에서 기인하나, 각종 공장폐수, 비료, 광산폐수 등에 의해 수중으로 배출되어 오염되기도 한다.

다량 섭취시 설사의 원인이 되기도 한다<sup>10)</sup>.

대기중에서 배출되는 SO<sub>2</sub>도 표류수중의 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>를 증가시키기도 하고, 또는 대기중에 광화학반응에 의해 SO<sub>2</sub>에서 SO<sub>3</sub>를 생성하고, 수증기와 결합하여 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 되어, 산성우로 떨어지기도 한다<sup>11)</sup>.

먹는물 수질기준은 200 mg/l이며, 조사결과 황산이온의 농도범위는 0 mg/l ~ 284 mg/l로 나타났으며, 양주시역 한 곳에서 284 mg/l로 기준 초과되었다. 전체 황산이온의 평균농도는 14 mg/l로 조사되었다. 지역별로는 동두천, 양주시역이 평균 19 mg/l로 가장 높게 조사 되었고, 고양, 파주 지역이 9 mg/l로 먹는물 수질기준보다 훨씬 낮게 조사되었다.

## 4) 경도

주로 석탄암, 백운암등이 경도에 영향을 주며<sup>7),8)</sup>, 침전암, 토양으로부터의 누수 또는 방출물 등에서 유발된다.

경도가 높은 물은 표층토가 두터우며 석회석이 형성되는 지역에서 발생한다. 일반적으로 지하수가 지표수보다 경도가 더 높다. 경도가 높은 물로 인해서 특별히 나타나는 건강상의 영향은 크지 않지만 일상생활에서 온수 보일러, 파이프, 주방용품등에 스케일을 일으킨다.

먹는물 수질기준은 350 mg/l이며, 본 연구의 조사결과, 조사대상 지하수의 경도농도 범위는 17 mg/l ~ 834 mg/l로 나타났으며, 양주시역 한 곳이 834 mg/l로 기준 초과되었다, 전체 평

균농도는 99 mg/l로 조사되었다. 지역별로는 연천지역이 평균 112 mg/l로 가장 높게 조사되었고, 파주 107 mg/l, 양주 103 mg/l의 순으로 나타났으며, 남양주지역이 83 mg/l로 비교적 낮게 조사되었다. 경도를 기준으로 맛에 관한 양호한 수질을 나타내는 것으로 보인다.

### 5) 아연 (Zn)

아연은 다른 미량원소에 비하여 독성이 낮으나, 과량을 섭취하면 구토, 설사, 탈수, 무기력 등의 증상이 나타난다. 자연수 중에 미량 함유되지만 대부분의 지하수에서 검출되는데 그 원인은 급수 배관으로 사용된 아연도강관, 청동과 아연이 포함된 연결 부분 등의 아연 성분이 용출됨으로서 아연 농도가 증가하여 물이 백탁 되기도 하고, 불쾌한 맛을 느끼게 하는 수도 있다<sup>9)</sup>.

먹는물 수질기준은 1.0 mg/l이며, 조사 결과 아연농도 범위는 0.000 mg/l ~ 18.760 mg/l로 나타났으며, 양주 지역에서는 18.760 mg/l로 매우 높게 나타나는 등 4 곳이 기준초과 되었다. 전체 평균값은 0.111 mg/l로 조사되었다. 지역별로는 양주시 지역이 평균 0.610 mg/l로 가장 높게 조사되었고, 파주, 동두천, 의정부 순으로 높게 나타났다.

### 6) 탁도

물에 떠있는 미세한 입자의 탁한 정도를 NTU로 표시하며, 물을 흐리게 하는 원인물질로는 무기, 유기 부유물, 미생물 및 부상 등이 있다. 비올때에 지

하수, 지표수의 탁도가 증가하는 원인은 주로 부상에 의한 것이지만 동시에 하수, 공장폐수, 축사, 변소, 광산폐수 등에서의 오염원이 혼입되는 경우도 있으며, 탁도를 제거하기 위해서는 여과, 응집침전 정수 방법을 사용할 수 있다<sup>3)</sup>.

본 연구의 조사결과에서 수질기준인 1 NTU를 초과한 곳은 전체 조사건수 330건 중에 11 건으로 조사되었으며 탁도 농도 범위는 0.00 NTU ~ 12.07 NTU로 나타났다. 파주시 지역에서 12.07 NTU로 높게 나타났으며 총 9 건이 기준초과 되었다.

전체 평균값은 0.30 NTU로 조사되었다. 지역별로는 파주지역 평균 0.52 NTU로 가장 높게 조사되었고, 가평지역 0.46 NTU로 조사되었으며, 남양주지역 0.08 NTU로 비교적 낮게 조사되었다.

2003년도에 검사한 법적관리 대상 지하수 수질검사의 부적율(1.26%)보다 Fig. 2와 같이 상당히 높게(2.7%) 조사되었다.

### 7) 알루미늄 (Al)

알루미늄은 자연에 널리 분포되어 있으며, 모든 토양과 식물, 그리고 동물의 신체조직의 구성성분 중의 하나이며, 알루미늄이 수중 환경내로 침투되는 주된 경로는 산업폐기물, 부식, 광물과 토양의 침출, 대기중의 먼지로부터의 오염, 침전 등에 의한이다. 식품으로부터 섭취된 알루미늄에 비해서 물로부터 섭취되는 알루미늄양은 적은편이며, 섭취된 알루미늄염은 사람에게 아무런 악영향을 미치지 않는다고 알려져 있다.

알루미늄 농도가 0.1 mg/l를 넘게 되면, 음용수가 변색될 가능성이 높아지기 때문

에 미적인 사항을 고려하여 먹는물 수질기준을 0.2 mg/l로 하고 있다.

본 연구의 조사결과에서 수질기준인 0.2 mg/l를 초과한 곳은 전체조사건수 330건 중에 3건으로 조사되었으며 알루미늄의 농도 범위는 0.00 mg/l ~ 0.47 mg/l로 나타났다. 전체 평균값은 0.01 mg/l로 조사되었으며 지역별로는 의정부지역 평균 0.021 mg/l로 가장 높게 조사되었고, 파주 0.017 mg/l의 순으로 높았으며, 고양, 남양주, 양주지역에서는 불검출로 조사되었다.

부적율은 2003년도에 검사한 법적관리 대상 지하수 수질검사의 부적율(0.8%)과 비슷하게 조사되었다.

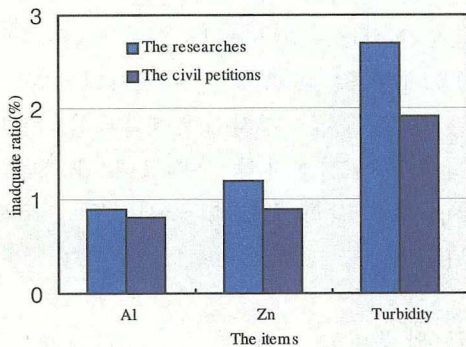


Fig. 2. The inadequate ratio.

## 2. 건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준

수질기준 분석물질 중 질산성질소를 포함하여 Pb, F등 인체에 직접적으로 영향을 미치는 무기물질 11개 항목이다. 본 조사에서는 실제 지하수에서 검출된 질산성질소, 암모니아성질소, 불소에 대하여 고찰하고자 한다.

### 1) 질산성질소 (NO<sub>3</sub>-N)

수중의 질산성질소는 대부분이 동

물성 유기물질이 세균에 의한 산화분해에 의해 암모니아성질소에서 아질산성질소를 경과하여 생성되는 최종 분해 산물로서 비료의 사용, 동·식물의 부패, 생활용수, 하수오니의 처리, 가축의 분비물, 땅에 버려진 오물, 산업폐기물, 대기중의 유실물이 수원에서 이들 이온으로 존재하게 한다<sup>3)-5)</sup>. 따라서 수중의 질산성질소의 존재는 유기물질의 최종 분해산물이기 때문에 유기물질에 의한 과거의 오염을 나타낸다.

본 연구의 조사결과에서 수질기준인 10 mg/l를 초과한 곳은 전체조사건수 330 건 중에 51 건으로 전체항목 중 가장 높게 조사되었으며 경기북부지역 지하수의 질산성질소의 범위는 0.0 mg/l ~ 92.1 mg/l로 나타났으며, 전체 평균값은 6.3 mg/l로 조사되었다. 지역별로는 Fig.2에서와 같이 고양지역 평균 9.6 mg/l로 가장 높게 조사되었고, 가평 7.5 mg/l, 의정부 6.7 mg/l의 순으로 높았으며, 양주, 남양주지역이 각각 5.0 mg/l, 5.4 mg/l로 비교적 낮게 조사되었다.

위와 같이 일부지역에서 질산성질소가 상대적으로 높게 나타난 곳은 인구가 밀집되고 개발된 도시지역과 일치하였는데, 이것은 지하수에 산업폐기물, 동·식물의 부패, 생활용수, 하수오니의 처리, 가축의 분비물, 땅에 버려진 오물 등의 유입으로 질산성 질소가 증가하고 있다는 것을 단적으로 보여주고 있다.

부적율은 Fig. 3과 같이 2003년도에 본팀에서 검사한 범적관리 대상 지하수의 평균 부적율(6.0%)와 비교하여 전체 검사건수에 대한 부적율이 15.5%에 달하여 3배 이상 매우 높아서 오염된 지하수를 음용하고 있는 것으로 나타났다.

## 2) 암모니아성 질소 (NH<sub>3</sub>-N)

자연계에 존재하는 NH<sub>3</sub>-N은 유기물이 부패, 분해하는 과정에서 발생하는 이산화탄소와 결합하여 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 형태로 존재하며, 마찬가지로 지하수에서도 논이나 밭의 부식토, 비료, 분뇨 등에서 나오는 유기물에 의해 암모니아성 질소로 검출되는 일이 있다. 암모니아성 질소의 검출은 이들 오염물질에 의한 최근의 오염을 나타내는 지표로 하고 있다. 본 연구에서 양주시 지역 한 곳에서만 암모니아성 질소는 0.09 mg/l의 미량으로 조사되었을 뿐 모두 불검출이었다. 이는 유기물질이 지표수로부터 지하수로 이행될 때 미생물에 의해 쉽게 산화되어 질산으로 되었기 때문으로 생각되며 경기북부지역의 지하수의 전체 평균 암모니아성 질소농도가 0.00 mg/l로 나타났다.

## 3) 불 소 (F)

자연계에 존재하는 물질로서 주로 화강암지대의 지질에서 발견되며 불소농도가 1.5 mg/l 이상의 수준에서는 반점 치아가 희귀하게 보고되며, 3.0~ 6.0 mg/l 에서는 골격불화증이, 10 mg/l 가 넘을 경우에는 무력불화증이 일어난다

본 연구의 조사결과에서 수질기준인

1.5 mg/l를 초과한 지역이 동두천시, 가평군 등 7곳이 기준초과 되었다

조사대상 지하수의 불소의 범위는 0.0mg/l ~9.9 mg/l로 나타났으며, 전체 평균값은 0.2 mg/l로 조사되었다. 지역별로는 동두천지역이 평균 1.1 mg/l로 가장 높게 조사 되었고, 가평 0.4 mg/l, 포천 0.2 mg/l의 순으로 높았으며 고양지역 11곳은 전혀 검출되지 않았다.

Fig. 3과 같이 불소는 2003년도에 검사한 지하수의 수질검사의 부적율 (1.8%)과 비슷하게 조사되었다.

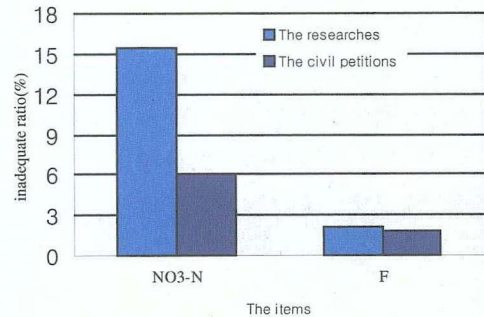


Fig. 3. The inadequate ratio.

## 3. 건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준

수질기준 분석물질 중 질산성 질소를 포함하여 납, 불소와 소량이지만 독성이 높은 페놀, VOCs, 카바릴, 다이아진 등 농약류를 포함하여 16개 물질이다.

본 조사에서는 실제 지하수에서 검출된 1.1.1.트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

### 1) 1.1.1.트리클로로에틸렌

1.1.1.트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌 등은 자연계에 존재하지 않으며 방향성, 휘발성을 가지는 휘발성 유기염소계 화합물질이다.

주로 유기물질의 용제나 드라이클리닝용제에서 발생되며 소량으로도 인체에 미치는 영향이 지대하다<sup>13)</sup>.

본 연구의 조사에서는 양주시 덕계리 지역에서 수질기준인 0.1 mg/l를 초과하여 0.218 mg/l로 검출되었다.

### 2) 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌

트리클로로에틸렌(TCE), 테트라클로로에틸렌(PCE)도 유기염소계화합물질로서 주로 세탁소의 드라이클리닝이나 금속세정제, 유지 그리고 왁스, 염색가공제로 널리 이용되고 있는 독성물질로서 본 연구의 조사결과에서는 파주 지역에서 미량인 0.001 mg/l로 한 곳에서 검출되었다.

## 4. 미생물에 관한 기준

### 1) 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군

수질오염은 유기물과 함께 미생물의 오염이 병행하여 발생하는 것이 보통인데 일반세균과 대장균군은 이 중 중요한 지표 미생물로 자연수에 대한 오염평가 기준을 설정하여 시행하고 있다<sup>12)</sup>.

본 연구의 조사결과에서 일반세균의 기준인 100 CFU/ml 이하를 초과한 것

은 전체조사건수 330 건 중에 38 건으로 질산성질소 다음으로 부적율이 높았으며, 일반세균의 범위는 0 CFU/ml ~ 4700 CFU/ml로 넓은 범위로 나타났다. 전체 평균값은 129 CFU/ml로 조사되었다. 지역별로는 양주지역 평균 534 CFU/ml로 가장 높게 조사되었고, 파주지역 134 CFU/ml, 연천지역 112 CFU/ml의 순으로 높았으며, 동두천지역 28 CFU/ml, 고양지역은 0 CFU/ml로 검출되지 않았다.

일반세균은 2003년도 법정관리대상 지하수 수질검사의 부적율(9.2%) 보다 높은 11.5%를 나타냈다.

또한 대장균군 및 분원성대장균군의 연구 조사결과에서 기준은 각각 음성/100ml, 불검출/100ml로 양성 및 검출로 조사된 지역은 연천지역 10 건, 파주지역 4 건으로 전체조사건수 330 건 중에 17 건으로 상당히 높은 수준으로 조사 되었다. 이것은 자가수도를 이용하는 지하수가 심각하게 오염되어 있음을 나타낸다.

대장균은 2003년도 관리대상 지하수의 수질검사의 부적율(0.5%)보다 상당히 높은 5.2%에 달하였다.

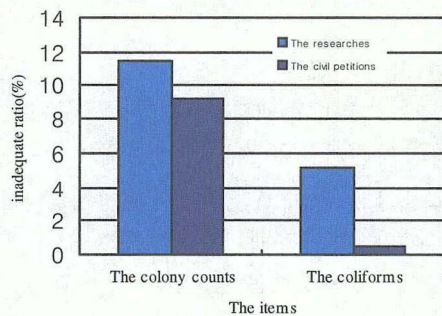


Fig. 4. The inadequate ratio.

## IV. 결 론

경기북부 일원에 분포되어 있는 330여 개의 지하수에 대해서 2003년 4월부터 2003년 10월까지 채취한 시료에 대하여 pH 등 46개 항목에 대한 수질실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 경기북부지역의 상수도 미공급 지역의 조사대상 지하수의 전체 부적합율은 31.1%로 조사되었으며, 10개 행정구역별로 조사한 결과 부적합지점이 많은 시·군은 양주>파주>연천>동두천 순으로 나타났다.

2003년도에 민원으로 의뢰된 수질검사의 부적율(21.6%) 보다 상당히 높았다.

2. 항목별로 부적합이 가장 많은 것은 질산성질소로 전체 부적합의 50.0%를 차지했으며 그 다음 일반세균및 대장균군이 37.2%순으로 차지했다. 그외 탁도, 냄새, 맛, 아연, 알루미늄 순으로 나타났다.

3. 1.1.1.트리카로로에탄 등 휘발성유기화합물이 초과되는 등 오염물질에 노출되어있는 것으로 조사됐다.

따라서 소량이라도 인체에 치명적인 휘발성유기화합물 및 농약류에 대한 대책도 아울러 강구되어야 한다.

4. 지하수는 그 특성상 오염상태 발견이 오랜 시간이 경과되어야 하고, 정확에도 시간과 비용이 많이 소요되므로 무엇보다도 사전오염대책이 우선이다.

따라서 지하수의 효율적인 관리방안은 지하수 주변의 청결과 수질검사를 강화하여 음용하는 주민들을 수인성 전

염병으로부터 미리 예방하는 것이 최선이며 경제적으로 취약한 영세민들이 음용수에 부적합한 지하수를 음용함으로써 시간이 경과하여 나타날 수 있는 질병의 사전예방을 위하여 일정 소득 이하인 극빈 영세민에 대하여 수질검사를 무상으로 지원하는 정부 차원의 특단의 대책이 필요하다 하겠다.

## 참 고 문 헌

1. 박병윤, 천경아, 이동훈, 최충렬, 최정, 김진호(1999). *대구시 지하수의 수질 특성*
2. 환경부, *먹는물수질기준 및 검사등에 관한 규칙*, 환경부령 제95호
3. Nitrates, Nitrates and N-Nitroso Compounds Geneva(1978). World Health Organization
4. Nitrates in water supplies(1974). Report by the International standing Committee on Water Quality and Treatment. Aqua 1, pp.5~24
5. National Research Council(1977). *Drinking water and health*. Washington. Dc. National Academy of Sciences
6. 오조교, 유재인, 정은희, 박진호, 정종필(1997). *경기북부지역 지하수 수질 실태 조사연구, 경기도보건환경연구원보*
7. 임재현(1955). *산림유역에 있어서 계류 수질평가 기준정립에 관한 고찰, 자연보전 제 92호*
8. WHO, (1988). 3rd ed., *Guidelines*

*for Drinking Water Quality Vol. 1*

9. 정문식 (1987). *환경위생학*, 신광출판사
10. 미국환경청, *음용수중의 각종 화합물질의 건강 영향평가*(1987)
11. 안승구, 박석기, 엄석원(1988). *해설 먹는물의 수질관리*, 동화기술
12. Bagley S.T(1977). Significance of fecal coliform positive *Klebsiella* *Applied Environmental Microbiology* 33
13. 한정상(1988). *지하수 환경과 오염*

## II. 부 록



## 연 역

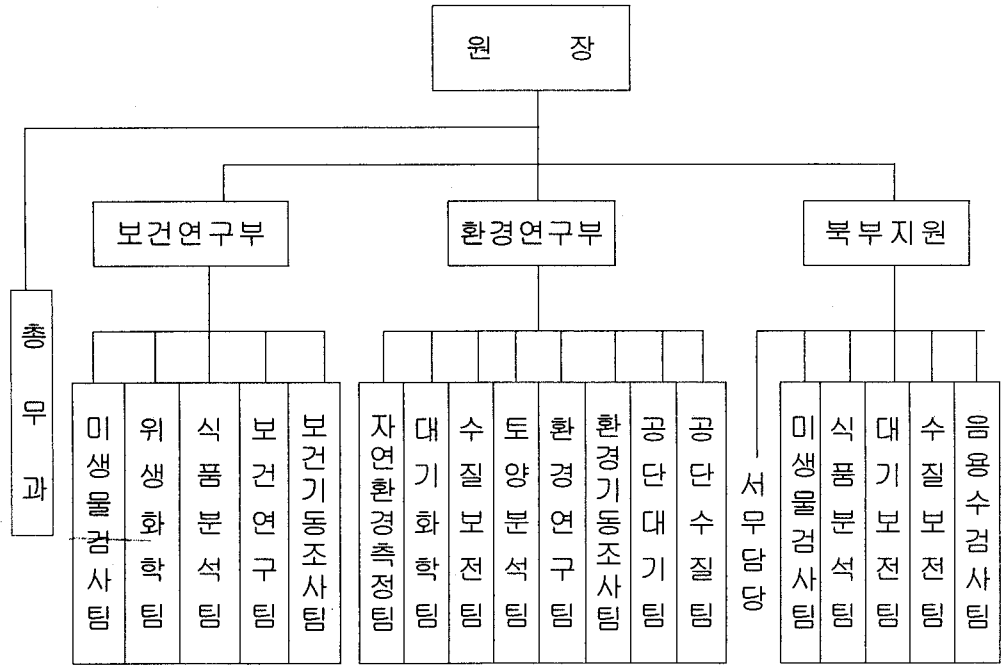
- 1946. 8. 경성부위생시험소에서 경기도위생시험소 분리
- 1967. 6. 서울에서 수원으로 도청 이전과 동시 이전
- 1976. 5. 경기도보건연구소로 명칭변경
- 1987. 12. 경기도보건환경연구소로 명칭변경(1과2부10과)
- 1989. 11. 도청에서 현 위치로 청사 신축이전
- 1990. 3. 사업소에서 직속기관으로 승격
- 1991. 5. 경기도보건환경연구원으로 명칭변경(1과2부11과)
- 1993. 2. 경기도보건환경연구원 북부지원 설치(3과)
- 1994. 4. 북부지원 기구보강(3과 → 5과)
- 2001. 6. 경기도행정조직개편에 따라 직제 조정  
(1과 2부 1지원 14과 2팀 → 1과 2부 1지원 16팀)
- 2003. 4. 경기도행정조직개편에 따라 직제 조정(10명증원)  
(16팀 → 18팀)

## 청 사 현 황

구분	위 치	시설규모	관할지역	비 고
본원	수원시 장안구 파장동324-1	대지 7,929㎡ 연건평 5,692㎡ (지하1,지상4)	경기남부21개시군	1989년 신축
북부 지원	의정부시 신곡동 (제2청사 부지내)	건평 : 4,258㎡ (지하1층,지상3층)	경기북부10개시군	

# 기구 및 인력

○ 기 구 — 1과(1담당) 2부(13팀) 1지원(1담당 5팀)



○ 인 력 — 138명(연구직117, 일반직9, 기능직12)

구 분	총 계	연구 직			일 반 직			기 능 직		
		계	연구관	연구사	소계	5급	6급 이하	소계	7·8급	9급 이하
계	138	117	22	95	9	1	8	12	4	8
본 원	108	92	16	76	7	1	6	9	4	5
지 원	30	25	6	19	2	-	2	3	-	3

## 주요기능

- 시험·검사 - 신속 정확한 시험·검사로 신뢰도 제고
- 연구·개발 - 연구인프라 구축 및 창의적 정책대안 제시
- 교육·지도 - 시·군 요원 교육 및 기술지도로 검사능력 배양

## 부서별기능

- 총무과 - 기획, 인사, 문서관리, 민원, 공인, 예산, 회계, 물품관리, 청사관리 등
- 보건연구부 - 전염병, 의약품, 식품, 농산물농약 검사 및 보건 시책 조사·연구, 학술연구, 보건소 검사요원 기술지도·교육 등
- 환경연구부 - 대기, 수질, 폐기물, 토양, 먹는 물 검사 및 환경 시책조사·연구, 학술연구, 환경기초시설 운영요원 지도·교육 등
- 북부지원 - 경기북부 10개 시군에 대한 보건·환경분야 검사 및 연구개발, 보건소 검사요원 기술지도 등

## 예산 규모

(단위 · 천원)

구 분	세 입 (수수료)	세 출 예 산				
		계	일 반 관리비	연 구 개발비	자 산 취득비	기 타
2000	1,799,737	6,814,233	4,883,983	566,624	1,189,080	174,546
2001	1,804,773	8,708,301	5,239,145	676,823	2,579,270	213,063
2002	1,810,000	11,272,990	6,505,480	902,240	2,734,270	1,131,000
2003	1,860,895	11,513,943	7,161,553	1,052,190	2,474,200	826,000

## 시험·검사장비

구 분	계		보건 분야		환경 분야	
	기 종	대 수	기 종	대 수	기 종	대 수
계	783	1,029	385	468	398	561
본 원	632	760	316	347	316	413
북부지원	151	269	69	121	82	148

※ 기종은 보건·환경분야별로 중복

## 검 사 실 적

구 분		2001년		2002년		2003년		
		검사건수	부적합	검사건수	부적합	검사건수	부적합	
총 계		129,964	9,689	147,093	10,391	155,702	11,477	
본 원	소 계	98,114	6,529	113,381	7,538	129,350	8,173	
	보 건 분 야	감염질환, 위생세균	26,410	1,527	23,456	2,448	24,334	2,746
		약품, 용기포장	2,682	37	2,279	24	1,658	15
		식품, 식품첨가물	6,593	110	6,242	64	5,479	56
		잔류농약, 수산물	2,474	80	2,716	76	2,904	57
	환 경 분 야	대기, 수질환경오염	32,284	730	51,440	718	54,755	1,313
		대기, 소음, 진동	2,546	68	2,500	43	3,146	27
		폐수, 방류수	10,695	1,515	9,647	976	11,904	1,146
		골프장, 토양, 폐기물	2,149	68	1,997	31	2,651	50
		먹는물, 생활용수	12,189	2,394	12,961	3,147	12,451	2,761
		다이옥신 검사	92	0	143	11	169	2
		공단지역폐수등	-	-	-	-	1,970	100
	소 계	31,850	3,160	33,712	2,853	36,251	3,304	
	지 원	보 건 분 야	감염질환, 위생세균	12,357	1,216	12,474	1,262	14,805
식품, 잔류농약			4,162	61	4,687	51	4,647	42
환 경 분 야		대기, 소음, 진동	2,945	75	3,086	72	2,827	45
		폐수, 폐기물, 방류수	6,186	842	6,674	530	6,505	843
		먹는물, 생활용수	6,200	966	6,818	938	7,467	1,211

## 역대간부명단

### □ 역대 원(소)장

구 분	성 명	재 직 기 간	비 고
1대	任 萬 鎬	'63. 12. 28 ~ '65. 6. 30	
2대	趙 承 祐	'65. 7. 1 ~ '67. 2. 5	
3대	金 胃 煥	'67. 2. 6 ~ '67. 6. 6	
4대	文 正 雄	'68. 1. 1 ~ '73. 10. 17	
5대	李 種 雨	'73. 11. 23 ~ '75. 5. 27	
6대	崔 成 圭	'75. 6. 18 ~ '76. 8. 9	
7대	劉 根 烈	'76. 8. 10 ~ '77. 12. 21	
8대	李 種 雨	'78. 9. 7 ~ '80. 12. 20	
9대	宋 泳 近	'81. 2. 1 ~ '84. 8. 22	
10대	崔 在 益	'85. 4. 7 ~ '97. 4. 14	
11대	金 世 鎭	'97. 4. 15 ~ '00. 12. 30	
12대	曹 圭 洪	'01. 3. 30 ~ '02. 4. 11	
13대	林 駿 來	'02. 4. 15 ~ '03. 2.	
14대	孫 晋 錫	'03. 2. 10 ~ 현 재	

※ '46. 8월 경기도위생시험소 설치후 '63.12월까지 역대소장 파악 불가로  
그 이후부터 대수 적용

□ 역대 북부지원장

구 분	성 명	재 직 기 간	비 고
1대	金世鎭	'93. 1. 13 ~ '95. 6. 28	
2대	林駿來	'95. 6. 28 ~ '99. 10. 28	
3대	曹圭洪	'99. 10. 29 ~ '01. 3. 29	
4대	孫晋錫	'01. 4. 7 ~ '03. 2. 20	
5대	金種燦	'03. 2. 21 ~ 현재	

□ 역대 부장

구 분	성 명	재 직 기 간	비 고
보건연구부장	1대	愼鏞武	'88. 2. 1 ~ '93. 1. 12
	2대	林駿來	'93. 1. 13 ~ '95. 6. 27
	3대	愼鏞武	'95. 6. 28 ~ '97. 3. 6
	4대	曹圭洪	'97. 3. 7 ~ '99. 10. 28
	5대	林駿來	'99. 10. 29 ~ '02. 4. 14
	6대	高桓旭	'02. 4. 18 ~ 현재
환경연구부장	1대	金世鎭	'88. 2. 1 ~ '93. 1. 12
	2대	愼鏞武	'93. 1. 13 ~ '95. 6. 27
	3대	金世鎭	'95. 6. 28 ~ '97. 4. 28
	4대	孫晋錫	'97. 4. 29 ~ '01. 4. 6
	5대	金鐘燦	'01. 4. 7 ~ '03. 2. 20
	6대	金周烈	'03. 2. 21 ~ 현재

□ 역대 총무과장

구 분	성 명	재 직 기 간	비 고
1대	任 康 赫	'88. 2. 1 ~ '89. 1. 19	
2대	李 哲 行	'89. 1. 20 ~ '91. 1. 19	
3대	金 文 哲	'91. 1. 20 ~ '91. 12. 5	
4대	朴 光 一	'91. 12. 6 ~ '93. 4. 20	
5대	黃 鍾 珏	'93. 4. 21 ~ '94. 5. 25	
6대	朴 榮 俊	'94. 5. 26 ~ '95. 1. 12	
7대	洪 啓 善	'95. 1. 13 ~ '96. 7. 24	
8대	洪 國 善	'96. 7. 25 ~ '97. 12. 28	
9대	曹 圭 潤	'97. 12. 29 ~ '98. 10. 7	
10대	林 鍾 鎬	'98. 10. 8 ~ '00. 3. 6	
11대	金 東 子	'00. 3. 7 ~ '00. 6. 30	
12대	李 揆 會	'00. 9. 8 ~ '01. 1. 20	
13대	朴 東 均	'01. 1. 29 ~ '01. 7. 5	
14대	高 在 學	'01. 7. 6 ~ '01. 11. 9	
15대	李 英 煥	'01. 11. 10 ~ 현 재	

## 1. 원고심사

본 원보에 게재되는 원고는 논문심사위원회의 심사를 통과해야 하며 필요할 경우 원고의 내용이 크게 변경되지 않는 범위내에서 수정을 할 수 있다.

## 2. 논문의 작성 언어 및 분량

- 2.1. 논문은 국문 또는 영문으로 간결하게 적어 내용을 충분히 표현할 수 있는 최소한의 길이로 제한할 것이며 내용의 중복을 피한다. 국문은 영문초록을, 영문은 국문초록을 각각 첨부하며 다섯 단어 이내의 주제어 (key words)를 초록 하단에 첨부하여야 한다.
- 2.2. 논문은 가로쓰기로 하고 A4용지(편집용지: B5로 설정)에 한 면에만 워드로 작성하며 분량은 표와 그림을 제외하고 10면을 초과하지 않아야 한다.

## 3. 논문의 구성

- 3.1. 원고의 표지(제 1면)에는 제목, 소속부서, 저자명을 본문에 사용된 언어에 상관 없이 국문과 영문으로 표기하여야 한다.  
제목은 간결하게 논문의 내용을 표현한 것으로 한다. 저자명은 국문의 경우 2인 이상일 때 (·)로 연결한다. 영문의 경우에는 이름(-)로 연결하고)과 성의 첫 글자는 대문자, 나머지는 소문자로 표기하고 2인 이상일 경우 (,)로 연결한 후 마지막 저자의 이름은 (and)로 연결한다.
- 3.2. 논문의 형식은 표지, Abstract(개요), 서론, 실험방법(또는 재료 및 방법), 결과, 고찰(혹은 결과 및 고찰), 결론, 참고문헌, 부록(표, 그림)의 순서로 함을 표준으로 한다.
- 3.3. 영문초록은 논문의 목적과 주요 성과를 구체적으로 알 수 있는 동시에 분리하여도 의미가 통할 수 있어야 한다.
- 3.4. 본문(서론에서 참고문헌까지)은 2단 편집으로 하고 구분은 아래에 예시한 바와 같이 아라비아 숫자로 표현하며 내용이 간단·명료하게 구분될 수 있도록 하여야 한다.  
(예) I, II, III, -----/ 1, 2, 3, -----/  
가, 나, 다, -----/ 1), 2), 3), -----
- 3.5. 원고 본문중의 표현은 가능한 한 학술용어를, 영문의 경우 Chemical Abstract에서 채택하고 있는 규칙을 따르도록 권장하며 수량은 아라비아 숫자를 사용하여야 한다. 단위는 SI단위계 사용을 원칙적으로 권장하나 mg/l와 같이 많이 사용되는 농도 단위는 C.G.S 단위의 기호를 사용할 수도 있다.

#### 4. 표와 그림의 표기 방법

4.1. 표(Table)와 그림(Fig.)의 제목과 설명은 영문으로 하되 본문을 참고하지 않아도 그 내용을 알 수 있어야 하며 아라비아 숫자로 일련 번호를 붙여야 한다.

(예 : Table 1., Table 2., Fig. 1., Fig. 2.)

모든 표와 그림(사진)은 본문의 적절한 위치에 편집·작성하며 그 크기는 65 mm 또는 130mm로 한다.

4.2. 표(Table)의 경우 제목의 첫 글자만 대문자로 한다.

예) Table 1. Effect of temperature on the BOD removal efficiency

4.3. 그림(Fig.)의 경우 제목의 첫 글자만 대문자로 하며 제목 끝에 마침표를 붙인다.

예) Fig. 1. Schematic diagram of experimental set-up used for the biological wastewater treatment.

#### 5. 참고 문헌

5.1. 본문에 인용된 참고 문헌을 표시하기 위해서는 해당되는 단어의 오른쪽 어깨에 아라비아 숫자와 반괄호로 표시한다

(예) 이 실험 결과는 김등<sup>1)</sup>의 연구 결과와 일치되는 것으로

5.2. 인용된 문헌들은 본문에 인용된 순서 대로 일련 번호를 붙여서 참고 문헌에 표시한다.

5.3. 참고 문헌이 학술 잡지인 경우 저자명, 출판년도, 논문명, 학술지명, 권, 페이지 범위의 순으로 한다.

(예) J. L. Lewis and M. Andrews, 1998 Environmental Analysis, 5, pp30~40

5.4. 참고 문헌이 단행본인 경우 저자명, 출판년도, 서명, 출판판수, 권(2권 이상일 경우), 페이지 범위, 편집자명, 출판사명, 출판국명의 순으로 한다.

예) C. Baird, 1991, Environmental Chemistry, 1st ed., pp52~54, W. H. Freeman and Company, U.S.A.

※ 참고 문헌에 표기 때는 공동 저자의 경우 5인이하는 '김창규등 2인' 과 같이 쓰지 않고 모두 표기하며 6인이상시 '김창규등 6인'과 같이 표기한다..

## 부서별 전화번호

부	서	전 화 번 호	부	서	전 화 번 호
원	장	031)250-2502	수	질 보 전 팀	250-2565
총	무 과	250-2507	토	양 분 석 팀	250-2585
행	정 지원 담당	250-2510	환	경 연 구 팀	250-2580
보	건 연구 부장	250-2520	환	경 기 동 조 사 팀	250-2570
미	생 물 검 사 팀	250-2530	복	부 지 원 장	852-7800
위	생 화 학 팀	250-2535	서	무 담 당	877-7811
식	품 분 석 팀	250-2540	미	생 물 검 사 팀	852-7812
보	건 연 구 팀	250-2524	식	품 분 석 팀	852-7814
보	건 기 동 조 사 팀	250-2545	대	기 보 전 팀	852-7816
환	경 연 구 부 장	250-2550	수	질 보 전 팀	852-7818
자	연 환 경 측 정 팀	250-2552	음	용 수 검 사 팀	852-7820
대	기 화 학 팀	250-2560			

### ■ 본 원

주 소 : 경기도 수원시 장안구 파장동 324-1번지

대표전화 : (031)250-2500

F A X : (031)250-2610

### ■ 북부지원

주 소 : 경기도 의정부시 신곡동 800번지

대표전화 : (031)852-7811

F A X : (031)852-7823

● 연구원 홈페이지 주소 : [www.kihe.re.kr](http://www.kihe.re.kr)



# 京畿道保健環境研究院

Gyeonggi-do Public Health & Environment Research Institute

440-290 경기도 수원시 장안구 파장동 324-1