

# Poster Session

---



K.S. E.A.



## Seasonal Variation and Emission Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons at a Rural Site in Ulsan

Tuyet Nam Thi Nguyen · Kuen-Sik Jung · Ji-Min Son ·  
Hye-Ok Kwon · Sung-Deuk Choi\*

울산과학기술원 도시환경공학부\*

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

P  
A

### Abstract

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in gaseous and particulate phases (n=188) were collected in Ulsan for four seasons (June 2013~May 2014) to understand the PAH seasonal variation and emission sources. The target compounds were 16 US-EPA PAHs, except for naphthalene, acenaphthylene, and acenaphthene. Diagnostic ratios, principal component analysis, and positive matrix factorization were applied to identify seasonal emission sources of PAHs. The highest and lowest PAH concentrations were observed in winter and spring, respectively. In addition, concentration of the gaseous phase (4.11 ng/m<sup>3</sup>) was approximately two times higher than that of the particulate phase (2.55 ng/m<sup>3</sup>). Contributions of the gaseous or 3-4 ring PAHs (i.e., Flu, Phe, and Ant) were dominant in summer, whereas those of the particulate or 5-6 ring PAHs (i.e., BkF, BaP, Ind, DahA, BghiP) were higher in winter. For source identification, the main PAH source in winter was coal combustion. Autumn and spring shared the similar PAH emission sources, including exhaust from transportation activities and biomass burning. Summer also had mixed PAH sources, including engine emissions and pyrogenic or coke ovens, originated from the industrial areas of Ulsan and affected the sampling site by the primary seasonal wind.

**Key words:** PAHs, seasonal variation, source identification, Ulsan

## Seasonal Variation of Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Ambient Air of Ulsan

Quang Tran Vuong · Seong-Joon Kim · Sung-Deuk Choi\*

울산과학기술원 도시환경공학부\*

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### Abstract

Halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons (Halo-PAHs) are a new group of PAH derivatives of which some were reported to show adverse impacts on human health than their corresponding parent PAHs. In this study, passive air samplers equipped with polyurethane foam (PUF) disks were used to monitor the pollution of Halo-PAHs at 20 sampling sites in Ulsan during four seasons in 2013 to investigate the seasonal variation. Among the target 21 chlorinated PAHs (ClPAHs) and 9 brominated PAHs (BrPAHs), 9-ClPhe and 2-BrFlu were the most abundant species in the atmosphere with the annual mean concentrations of 49-123  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 0-482  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively. Halo-PAHs were recorded to be higher in warm seasons than in cold ones and were greatly influenced by the wind patterns in Ulsan. This is so far the first study reporting atmospheric levels of Halo-PAHs in South Korea and necessary to investigate further for deeper understanding about their behavior in ambient air.

**Key words:** halogenated PAHs, chlorinated PAHs, brominated PAHs, seasonal variation

주차장 화재로 발생한 PCDD/Fs의 실내공기오염  
Indoor pollution of PCDD/Fs affected by  
fire accident in parking lot

권혜옥<sup>1,2</sup> · 박민규<sup>2</sup> · 김성준<sup>2</sup> · 김철수<sup>3</sup> · 이윤세<sup>3</sup> · 예진<sup>3</sup> · 최성득<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>국민안전처 국립재난안전연구원 재난원인조사실, <sup>2</sup>울산과학기술원 도시환경공학부,

<sup>3</sup>울산과학기술원 환경분석센터

\*sdchoi@unist.ac.kr

요 약 문

본 연구에서는 야외주차장 화재사고가 맞은편 사무공간에 미친 실내공기오염을 평가하고자 하였다. 주차장 화재는 2014년 3월 울산시 야외주차장에서 발생하였으며, 화재로 인해 차량 19대와 주차장 인근 건물의 외벽이 손상되었다. 차량 19대는 모두 전소하였으며, 이 과정 중 각종 플라스틱 부품 및 장치들이 연소되면서 다량의 유해대기오염물질이 배출되었다. 특히, 야외주차장이 위치한 건물 1층 사무공간은 화재로 인해 유리가 파손되면서 실내로 연기 및 유해대기오염물질이 유입되었다. 본 연구진은 차량의 각종 플라스틱 부품 및 타이어 등이 연소되면서 맹독성의 다이옥신류(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and furans: PCDD/Fs)를 포함한 유해대기오염물질들이 다량 배출 되었을 것으로 추정하였다. 화재로 인해 발생된 PCDD/Fs가 인근 사무공간에 미친 실내공기오염을 평가하기 위해, 사무공간 내 의자 내·외부와 주기적인 실내공기 채취를 수행하였다. 채취된 시료에서 PCDD/Fs 분석을 수행하였으며 실외 화재로 인한 실내공기질의 변화를 모니터링하였다. 또한 위해성평가를 통해 화재 이후 실내사무공간을 이용할 이용자의 건강영향을 확인하였다. 이러한 연구를 통해 외부 대기환경의 극심한 변화가 실내공기질에 미치는 영향을 파악할 수 있었다. 대기환경영향을 평가하기 위한 자료로 활용할 수 있으며, 대기환경 정책 수립시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Key words:** Indoor pollution, Fire, PCDD/Fs

## 인천 섬 가치 창조를 위한 환경성 조사 (Environmental Survey for Creating Value of Incheon Island)

류정우 · 오영진 · 최종규 · 오영진 · 방준상 · 이충대 · 방기인 · 이성모  
인천광역시 보건환경연구원 환경연구부 환경조사과

### 요 약 문

본 연구는 인천지역을 대표할 수 있는 6개 섬 지역의 대기질 현황을 파악하고 개선을 위한 과학적인 기초자료를 확보하여 섬 지역의 친환경적 가치 발굴 및 도서지역 관광 기반 구축에 일조하고자 수행하였다. 조사대상은 백령도, 덕적도, 굴업도, 선재도, 신도, 석모도 등의 6개 섬 지역으로 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 그리고 휘발성유기화합물질(VOCs) 농도 등을 조사하였고, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>의 경우 질량농도 이외에 구성성분(탄소 2종, 이온 8종, 중금속 13종 등)을 분석 및 평가하였다. 또한, 입경별 먼지 농도를 측정하여 특정 지역의 대기질 상태를 쉽게 확인할 수 있도록 먼지 지도를 작성하였다.

도심 지역 대비 섬 지역의 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 질량농도는 평균 24%, 32% 정도 낮은 수준이었고, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 중 이온 농도는 각각 33%, 41% 가량 낮았다. 특히, 질산염은 40%, 62%, 황산염은 22%, 24% 가량 낮은 수준이었다. PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 중 인위적인 오염 성분인 유기탄소는 각각 39%, 24% 정도 낮았고, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 중 미량금속성분은 각각 43%, 48% 정도 낮게 나타났다. 섬 지역의 VOCs 농도는 도심지 대비 최대 2.6배, 평균 1.7배 낮은 수준이었고, VOCs 중 BTEX는 평균 61% 정도 낮은 농도로 유해대기 역시 섬 지역이 낮은 수준을 유지하였다. PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 지역적 분포는 ‘ 좋음 ’ ~ ‘ 보통 ’ 수준으로 국부적인 지역 이외에 광범위한 지역에서 도심지보다 청정함을 보였다. 결론적으로 질량농도 외에도 모든 조사 항목에서 섬 지역의 대기질이 도심지보다 매우 청정함이 과학적으로 입증되었다.

**Key words:** PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, VOCs, nitrate, sulfate, OC, BTEX, Dust Map

## 도로변 유해가스 변화에 따른 차량오염원 저감대책 수립

박성순\* · 박비오

동강대학교 보건행정학부\*, 전북대학교 환경공학과

\*Corresponding author: ssnpark@hanmail.net

## 요 약 문

자동차 등에서 발생하는 NO<sub>x</sub> 및 VOCs 등에 의한 도로변의 국부적 환경오염 문제를 파악하고자, 본 연구에서는 도로변의 대기정화를 목적으로 전주 도심지역의 대기오염물질 시료채취지역을 차량이동이 많은 금암동, 고속버스터미널 옆(대기오염자동측정망 옆)으로 선정하였으며, 대조지역의 대기오염물질 시료채취지역은 비교적 차량의 이동이 적은 덕진동 체련공원으로 선정하여 측정하였다.

자동차에 의한 도로변 오염의 심각성을 감안하여 NO<sub>x</sub> 및 VOCs의 제거에 중점을 두고 필터를 개발하였으며, 목적가스의 제거율 극대화를 위해 최적의 활성탄소섬유 소재를 선정하였으며, 압력손실을 최소화한 최적의 필터 설계를 통해 도로정화용 활성탄소섬유 필터를 개발하였다.

대기질 개선을 위해 출·퇴근시간대의 금암동 도로변의 유해가스 측정된 결과 톨루엔이 0.92 ppm으로 검출되었으며, 자일렌, 스타이렌은 미량검출 또는 불검출되었다. 이에 개발된 활성탄소섬유필터의 정화기능 성능을 평가한 결과, NO는 80%, NO<sub>2</sub>는 84%, 톨루엔은 86%의 가스제거율을 보여, 유해가스 제거능력이 탁월하였다.

**Key words:** 도로변, 활성탄소섬유, 유해가스, NO, NO<sub>2</sub>, 톨루엔

**사사:** 본 연구는 R&D사업 중소기업 기술인프라연계 기술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 울산시 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 상관관계 분석 (Correlation Analysis between PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Data from the Air Monitoring Network in Ulsan)

박현진 · 이상진 · 김성준 · 최성득\*

울산과학기술원 도시환경공학부

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### 요 약 문

울산시에서는 도시대기측정소 15개 지점에서 PM<sub>10</sub>을 측정하고 있으며, 6개 지점(농소, 대송, 삼남, 성남, 야음, 화산)에서만 2015년부터 PM<sub>2.5</sub> 측정을 시작하였다. 그러므로 울산시 전체적인 PM<sub>2.5</sub> 공간분포를 파악하기 어렵다. 본 연구에서는 울산시 도시대기측정망의 2015년도 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 자료, 3차원 바람장(CALMET), 통계기법(상관관계와 회귀식)을 이용하여 PM<sub>2.5</sub> 농도를 예측하였다. 우선, 측정소별 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 질량농도에 대한 연/계절/월/주/일/시간별/지역별(주거, 상업, 공단) 상관관계를 분석하고 회귀식을 작성하였다. 측정소별 PM<sub>10</sub>(1시간 농도)은 높은 상관계수(0.78~0.94)를 나타냈고, PM<sub>2.5</sub>는 다소 낮은 상관계수(0.59~0.83)를 보였지만, 전 지점에서 통계적으로 유의한 수준이었다(p<0.01). 2015년 계절별 평균 바람장과 1시간 자료(PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>)에 대한 측정소 간의 상관관계를 바탕으로 측정소(6개 지점)를 그룹화하였다. 농소, 성남, 야음의 PM<sub>10</sub>(0.94~0.89)과 PM<sub>2.5</sub>(0.72~0.83)는 상대적으로 높은 상관관계를 나타내었으며, 특히 농소측정소는 다소 거리가 있음에도 불구하고 유사한 오염특성을 가진 것으로 평가되었다. 삼남, 화산, 대송은 지리적 위치와 상관성을 고려할 때 독립적인 측정소로 분류하였다. 세 지점(농소, 성남, 야음)의 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 회귀식(PM<sub>2.5</sub> = 0.45 PM<sub>10</sub> + 3.89)을 작성하였으며, 회귀식 예측값과 실측값의 시간별 오차범위(0.01~114.44 µg/m<sup>3</sup>)를 파악하였다. 오차가 큰 기간은 황사 기간이므로, 추후 연구를 통해 장거리 이동 효과를 배제한 지역오염에 따른 회귀식을 도출하고자 한다. 이 결과를 이용하여 울산의 배경농도를 파악하고, 장거리 이동영향을 정량적으로 파악할 예정이다.

**Key words:** Ulsan, Air monitoring station, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, Correlation analysis

## 대기확산모델을 이용한 울산시 산업단지별 PM<sub>10</sub> 오염기여도 산정 (Contribution of Individual Industrial Complexes to PM<sub>10</sub> Pollution in Ulsan Derived by Air Dispersion Models)

이상진 · 최성득\*

울산과학기술원 도시환경공학부

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### 요 약 문

대표적인 산업도시인 울산에는 석유화학, 비철금속, 자동차, 조선·중공업 산업단지가 위치하며, 이들 산업단지 제조업과 생산공정에서 50% 이상의 PM<sub>10</sub>이 배출된다. 대기정책지원시스템(Clean air policy support system: CAPSS) 자료를 활용하면 개별 산업단지의 주요 배출원 위치와 배출량을 파악하여 어떤 산업단지가 PM<sub>10</sub>의 주요 오염원인지 파악할 수 있다. 그러나 주거지역과 도심에서 측정되는 PM<sub>10</sub>에 대한 개별 산업단지의 기여도는 배출량 자료만으로는 정량적으로 파악되지 않는다. 본 연구에서는 대기확산모델(CALPUFF와 AERMOD)과 2012년 PM<sub>10</sub> 배출량(CAPSS) 자료를 이용하여 울산시 산단별 PM<sub>10</sub> 오염 기여도의 공간분포를 파악하였다. 사례 연구로서 2012년 4월 1일~30일을 대상으로 CALPUFF를 이용한 공단별 PM<sub>10</sub> 확산을 모의하였다. 석유화학산단의 배출 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며, 비철금속산단이 그 다음으로 높은 영향을 보였다. 석유화학산단의 PM<sub>10</sub> 배출은 주거지역 모델링 농도에 대해 평균 80% 이상 영향을 주었고, 산업단지 내에는 90% 이상의 영향을 미쳤다. 또한, 모델결과의 비교·검증을 위해 동일한 조건으로 AERMOD를 구동하였으며, 울산시보건환경연구원에서 운영하는 PM<sub>10</sub> 측정소 결과와 비교하여 PM<sub>10</sub> 총 농도에 대한 산업단지(고정오염원) 기여도를 파악하였다.

**Key words:** Ulsan, Air dispersion model, CALPUFF, AERMOD, PM<sub>10</sub>

서울지역 일부 공원 내 조경석 중 석면함유에 관한 조사 연구  
(A Study on Landscaping Stones Containing Asbestos of  
Some Parks in Seoul)

이진효 · 이수현 · 김창규 · 강미혜 · 유승성 · 어수미 · 정권

Jin-Hyo Lee · Su-Hyun Lee · Chang-Kyu Kim · Mi-Hye Kang ·  
Seung-Sung Yoo · Soo-Mi Eo · Kweon Jung

서울특별시보건환경연구원

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment

Author: co90mp@seoul.go.kr

#### Abstract

In Korea, to create landscapes that match the surrounding environment, asbestos-containing landscaping stones collected from quarry near the asbestos mine have been used extensively in schools, parks and rivers nationwide. The problem is that the risk of exposure to airborne asbestos can be low in these landscapes now, but the possibility of exposure to airborne asbestos can be high due to long-term effects of environmental factors such as anthropogenic processes, weathering, rainfall, and natural disasters in the future. The purpose of this study is to investigate whether or not asbestos is contained in landscaping stones distributed in Seoul-owned some parks. In this study, 225 solid samples were taken from 19 autonomous regions and 51 parks of Seoul-owned parks which have landscaping stones from 2014 April to 2015 November. After 2 to 10 samples from asbestos-containing possible landscaping stones were collected by visual inspection, qualitative analysis was carried out using PLM (Polarized Light Microscope) according to 『the Asbestos Survey and Quality Control Regulations』 of the Ministry of Employment and Labor. Then XRD (X-ray diffraction spectroscopy) and TEM (Transmission Electron Microscope) were used to confirm the shape, element composition and crystal structure of the particles. PLM, XRD and TEM results, asbestos of amphibole series in 40 samples (about 18%) out of 225 samples was detected. Of 40 samples, 21 samples were actinolite asbestos and 19 samples were tremolite asbestos. In the case of asbestos-detected landscaping stones in parks, it is considered that the possibility of asbestos exposure from them is not high so far, therefore it is necessary to focus on maintenance of landscaping stones such as prevention of exposure to airborne asbestos and damage to landscaping stones.

**Key words:** Asbestos, Landscaping Stones, PLM, XRD, TEM

제주도 한라산 1100고지 강수의 산성화 및 오염 특성  
(Acidification and Pollution Characteristics of Precipitation at  
Mt. Halla, Jeju Island, Korea)

김수영 · 부준오 · 신수현 · 김륜경 · 강창희\*

제주대학교 화학·코스메틱스학과\*

\*Corresponding author: changhee@jejunu.ac.kr

요 약 문

2011~2013년에 제주도 한라산 1100고지에서 강수시료(n=58)를 채취하여 주요 이온성분을 분석하였다. 분석 정확도 확인을 위해 이온수지 비교법, 전기 전도도 비교법, 산분율 비교법으로 회귀분석을 실시한 결과, 이들의 상관계수는 모두 0.9 이상의 값을 보여 우수한 신뢰성을 나타내었다. 강수의 부피가중평균 pH 및 전기 전도도는 4.95와 15.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 값을 나타내었다. 이온세기는  $0.15 \pm 0.17$  mM로 시료 중 46.6%가 순수한 빗물 수준을 보였다. 강수 이온성분의 부피가중평균농도( $\mu\text{eq}/\text{L}$ )는  $\text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{nss-SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{H}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{nss-Ca}^{2+} > \text{PO}_4^{3-} > \text{CH}_3\text{COO}^- > \text{K}^+ > \text{HCOO}^- > \text{NO}_2^- > \text{F}^- > \text{HCO}_3^- > \text{CH}_3\text{SO}_3^-$  순이었다. 강수의 산성화 기여율은 황산과 질산의 기여율이 각각 58.8%, 32.6%인 반면 유기산 음이온인  $\text{HCOO}^-$ 와  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 의 기여율은 각각 3.5%, 5.2%를 나타내어 제주도 한라산 1100고지 강수의 산성화는 유기산보다는 주로 무기산에 의해 일어나고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 중화인자를 확인한 결과,  $\text{NH}_3$ 에 의한 중화인자는 30.1%를 나타내었고,  $\text{CaCO}_3$ 에 의한 중화인자는 25.2%이었다. 역궤적군집분석법으로 기류유입 경로별 강수성분 농도를 비교한 결과, 중국대륙 및 한반도로부터 기류가 이동했을 때 높은 농도를 나타내었고, 북태평양에서 기류가 이동했을 때 상대적으로 낮은 농도를 보여 제주도 한라산 1100고지 강수성분은 중국이나 한반도에서 유입되는 기류의 영향을 받는 것으로 판단된다.

**Key words:** precipitation, Jeju Island, acidification contribution, neutralization factor, cluster analysis

## 낙동강수계 수질자동측정망 자료의 신뢰성 제고를 위한 비교 평가 (Comparative Estimation to Improve Reliability of Automatic Water Quality Monitoring Data in Nakdong River Basin)

이상수 · 안정민\* · 김혜란 · 임영경 · 곽창환 · 이인정 · 양득석 · 신동석

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

\*Corresponding author: jahn@korea.kr

P  
W

### 요 약 문

낙동강 수질을 상시 측정·감시하여 수질오염 사고시 신속히 대처하고 정책 기초자료를 확보하기 위해 낙동강수계에서는 24개의 국가 수질자동측정망이 운영되고 있다. 본 연구에서는 국가 수질자동측정망과 수동측정망의 동일 및 인근 지점 12개 지점을 선정하여 각 지점 별 채수 방식 및 수온, pH, EC, DO의 항목에 대하여 상관성을 비교하였다. 조사기간은 2016년 데이터를 월평균으로 하여 비교하였고 기기 점검 및 정도관리 등 운영정지기간은 제외하였다. 수질자동측정망의 채수특성은 교량형 및 둔치형, 인근지점 및 동일지점 그리고 150~100  $\mu\text{m}$ 의 여과수와 원수 사용여부로 구분되어졌고 채수특성에 따른 유의성은 낮게 나타났다. 수온은  $R^2$ 이 0.89~0.99로 상관성이 높게 나타났고 DO의  $R^2$ 은 0.62~0.97, EC의  $R^2$ 은 0.68~0.99로 나타났다. 안동댐 하류의 경우 EC의  $R^2$ 이 0.09로 낮게 나타났는데 이는 안동댐과 측정소간의 거리가 가까워 댐 방류에 의한 영향을 많이 받는 것으로 조사되었다. pH의 경우  $R^2$ 이 0.01~0.81로 지점별로 상관성의 차이가 심하게 나타났다. pH의 상관성이 떨어지는 원인을 분석하기 위해 동일시간·동일지점의 현장측정을 통해 비교한 결과 RPD(%)가 0~8% 내로 측정기기에 의한 편차, 채수지점에서 측정소까지의 관내 이송에 따른 변화에 대한 영향은 적은 것으로 조사되어졌다.

**Key words:** 수질자동측정망, 낙동강수계, 상관관계

남해안 양식어장 밀집해역의 다환방향족탄화수소류(PAHs) 잔류농도  
(Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in  
the dense coastal aqua-culturing areas)

김예지 · 이인석\* · 박시현 · 이미경 · 최민규 · 정래홍

국립수산과학원, 어장환경과\*

\*Corresponding author: islee@korea.kr

요 약 문

다환방향족탄화수소류(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)는 두 개 이상의 벤젠환을 가지는 탄화수소 화합물로 이론적으로는 200여 물질이 존재하며, 이들 중 우리나라는 16종의 물질을 ‘우선대상 오염물질’로 지정하여 관리하고 있다. 수산 환경에서의 주된 PAHs 배출원은 유류유출사고와 불완전연소에 의해 발생한 PAHs의 대기침적이다. 본 연구에서는 활발한 수산 활동이 이루어지고 있는 남해안의 양식어장 밀집해역 4곳(가막만, 거제만, 고성자란만, 진해만)의 2015년도, 2016년도 해수를 채취하여 16종의 PAHs 잔류량을 확인하였다. 채취한 해수는 GF/F glass fiber filters, ENVI disk를 이용하여 여과하고, 건조시킨 여과지를 가속 용매 추출기를 통해 추출하였다. 추출된 시료는 실리카겔컬럼 정제 후 GC/MS로 분석하였다.

4개 해역 해수의 16종 PAHs 농도는 진해만과 가막만이 상대적으로 높고, 고성자란만과 거제만은 상대적으로 낮은 농도 수준을 보였다. 이는 진해만과 가막만이 연안선을 따라 해상방류구와 소각장, 공업단지 등 다양한 유해물질의 배출원이 산재하고 있는 것에 기인하는 것으로 판단된다. 이에 반해 거제만과 고성자란만은 이러한 배출원의 분포가 적기 때문에 상대적으로 낮은 농도수준을 나타내는 것으로 보인다. 본 연구는 국내에 빈번하게 발생하는 양식어장 밀집해역의 유류사고 전후에 비교가능한 배경농도로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

**Key words:** 다환방향족탄화수소류(PAHs), 해양유류오염, 배경농도

## 산업폐수에서 유래한 SVOCs 분석 (Analysis of SVOCs from Industrial waste water)

김진아 · 강준모 · 박정자\* · 안정민 · 양득석 · 신동석 · 이인정  
국립환경과학원 낙동강물환경연구소, 대구광역시 상수도사업본부수질연구소\*

\*Corresponding author: ijlee@me.go.kr

### 요 약 문

시대가 발전함에 따라 사용되어지는 화학물질의 종류는 점차 다양해지고 있다. 산업폐수 유해물질의 증가는 인체의 건강이나 환경에 위해할 가능성이 크다. 본 연구에서는 낙동강 수계에서 사용 및 배출되는 것으로 조사된 화학물질을 대상으로 국내 미규제 물질 중 반휘발성 유기화합물질(SVOCs) 10종의 유해물질 특성을 조사하고자 한다. 조사지점은 낙동강 중·상류 지역에 위치한 대구·경북 하·폐수처리장 중에서 시설용량, 배출수계 등을 고려하여 수계에 미치는 영향이 큰 하수처리장 9개소 및 산업단지 폐수처리장 3개소 등 총 12개소 하·폐수 처리장의 유입수 및 방류수를 조사하였다. 조사대상 물질은 SVOCs 10종(2-methoxyethanol, 2-ethoxyethanol, N,N-dimethylformamide, 2-furanmethanol, 1,3-dichloro-2-propanol, 2-chloropyridine, catechol, o-phenylenediamine, p-phenylenediamine, m-phenylenediamine)을 조사하였다. 분석방법은 디클로로메탄으로 액체-액체추출(LLE)법으로 전처리하여 GC/MS로 분석하였다. 반휘발성 유기화합물질 정도관리 결과 결정계수 0.99 이상의 직선성을 보였으며, MDL 0.25~69.72  $\mu\text{g/L}$ , LOQ 0.79~222.04  $\mu\text{g/L}$ , 정확도 75.2~122.3%, 정밀도 0.5~9.5%범위를 나타내었다. 유입수 및 방류수 시료를 조사한 결과 N,N-dimethylformamide ND ~ 54,745.0  $\mu\text{g/L}$ , 1,3-dichloro-2-propanol ND ~ 88.5  $\mu\text{g/L}$ , 2-chloropyridine ND ~ 9.0  $\mu\text{g/L}$  3종이 유입수에서 검출되었으며, 방류수에서는 전항목 불검출로 조사되었다.

**Key words:** 반휘발성 유기화합물질, 산업폐수, 미규제물질

국내 샘물에서 몰리브덴(Mo)의 수질 분포 특성 및 위해성 평가  
(Water Quality Distribution Characteristics and Risk Assessment  
of Molybdenum in the Domestic Spring Water)

이이내 · 양미희 · 손보영 · 최인철 · 박상민 · 이원석 · 박주현\*

국립환경과학원 상하수도연구과

\*Corresponding author: soyang@korea.kr

요 약 문

본 연구에서는 전국적으로 널리 분포되어 있는 먹는샘물 제조업체를 대상으로 몰리브덴의 관리 필요성 검토와 먹는물에 대한 수질 자료정보제공을 위한 기반을 제시하고자 2016년 12월 말 기준으로 운영 중인 전국 62개 먹는샘물 제조업체 중 가동정지 등의 사유로 취수가 불가능한 업체들을 제외한 샘물을 대상으로 조사하였다.

기간은 2015년부터 2016년까지 약 150개 취수공에서 상·하반기로 4회 나누어 0.45  $\mu\text{m}$  멤브레인 필터로 여과 후 0.2% 질산을 첨가하여 ICP-MS로 분석하였고, 이러한 분석을 토대로 몰리브덴의 수질 분포 특성과 인체 노출량 및 위해성을 평가하고자 하였다.

국내 샘물에서 몰리브덴의 검출률은 2015년에 약 99%, 2016년에 약 97%로 높은 검출률을 보였고, 평균 검출농도는 2015년에 3.18  $\mu\text{g/L}$ (0~29.76  $\mu\text{g/L}$ ), 2016년에 4.65  $\mu\text{g/L}$ (0~31.68  $\mu\text{g/L}$ )의 함량을 보였다. 이 결과를 근거하여 EPA의 Integrated Risk Information System (IRIS)에서 제시하고 있는 RfD값 0.005 mg/kg/day에 성인 평균 64 kg, 먹는물 일일섭취량은 1.5 L/day를 기준하여 일평균인체노출량(Lifetime average daily dose, LADD)과 음용수 상용농도(Drinking Water Equivalent Level, DWEL)를 산출하였다. 산출된 섭취 노출 참고치와 일평균 인체노출량의 비교를 통해 위험값(Hazard Quotient, HQ)을 평가한 결과 평균적으로 2015년 HQ 0.207(0~1.485), 2016년 HQ 0.150(0~1.394)으로 평가되었다.

**Key words:** Natural mineral water, Molybdenum, Reference Dose, Hazard Quotient

## 우리나라 주요 연안해역 내 신방오도료 오염도 평가 (Evaluation of Tin-free biocides contamination in Korean coastal waters)

이인석\* · 김세원 · 최민규 · 정래홍

국립수산과학원 어장환경과

\*Corresponding author: islee@korea.kr

### 요 약 문

다양한 해양생물이 선박에 부착하는 것을 방지하기 위해 유기주석이 함유된 방오도료를 사용해왔으나, 생물축적성과 그 독성으로 인해 2003년 국내에선 사용이 금지되었다. 이에 대한 대체 방오도료로서 유기주석이 함유되지 않은 신방오도료(Tin-free biocides, TFB)가 사용되고 있다. 그러나 그 중 Irgarol 1051과 Diuron은 미세조류에 독성을 나타내 유럽연합(EU)을 중심으로 기준치를 설정해 관리하고 있다. 이에 본 연구에서는 대형선박의 이동이 빈번한 우리나라 4대 항만(부산항, 부산신항, 울산항, 광양항, 인천항)과 양식장이 밀집한 해역(진해만, 고성자란만, 가막만, 한산만)을 대상으로 해수 중 TFB의 농도와 분포를 조사하여 항만과 양식해역 오염도를 비교하고자 하였다.

항만의 경우 부산항에서 가장 높은 농도를 보였으며, 내항에서 외항보다 높은 농도를 나타내었으며 이러한 패턴은 타 항만에서도 유사하게 나타났다. 주요 항만에서의 검출비율이 대체로 50% 이상인데 반해, 진해만을 제외한 양식장 밀집해역(고성자란만, 가막만, 한산만)에서는 내항의 1~2정점 외에는 대부분 불검출 되었다. 진해만의 경우 양식장이 밀집한 해역인 동시에 조선소, 하수처리장 방류구 등 일반적인 유해물질 오염원이 해역에 산재해 있어 대부분의 정점에서 TFB가 검출된 것으로 판단되며 정점별로는 유사한 농도 분포를 보였다. Diuron의 영국 환경질 기준과 비교했을 때 부산항 3정점에서 이를 초과하는 것으로 나타났으나, Irgarol은 부산항 외에는 검출되지 않았으며, 기준치 이하로 나타났다. 해수 중에 잔류하는 TFB는 유동/교환을 통해 수산환경에 잠재적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 항만에 대한 장기 모니터링과 수산환경, 특히 양식장이 밀집한 해역 중 TFB 정밀조사가 뒤따라야 할 것으로 판단되며, 관련 규제 정책이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 또한 이 후 연구에서는 항만별 물동량과 항만을 주로 이용하는 선적사에 대한 정보 등이 수반되어 종합적으로 항만별 TFB 분포를 파악할 필요가 있을 것으로 보인다.

**Key words:** TFB, Diuron, Irgarol, Coastal waters

한강수계에서의 천연방사성물질 분포 연구  
 A study on the distribution of natural radioactive materials in  
 Han River Basin

정관조\* · 김준일 · 안치화 · 안재찬 · 김복순 · 정득모

서울시 서울물연구원

\*Corresponding author: jgi730@seoul.go.kr

요 약 문

본 연구에서는 서울의 물 공급원인 한강, 팔당 상수원과 주요 지류천 및 정수장 정수에서 천연방사성물질인 라돈(Rn-222)과 라듐(Ra-226, Ra-228), 전-알파(G-α)에 대해 실태조사를 실시하였다. 조사 결과, 라돈은 원수, 정수에서 < 1.3~5 pCi/L로 스웨덴과 호주의 먹는물 수질기준 2,700 pCi/L의 약 1/500, 미국 먹는물권고치 4,000 pCi/L의 약 1/800로 안전한 것으로 나타났다. 상수원수계 지류천의 경우, 라돈 농도는 2~40 pCi/L로 상수원수보다 다소 높았다. 이는 지류천으로 유입되어 흐르는 지하수에 함유된 라돈의 영향으로 판단되며 유량이 매우 적어 한강 상수원에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다. 라듐은 원수, 정수에서 < 0.3~0.7 pCi/L로 미국 먹는물 수질기준 5 pCi/L의 약 1/7로 자연적 존재 농도 수준이었다. 지류천에서의 라듐 농도는 < 0.3~0.28 pCi/L로 상수원수와 유사하게 나타났다. 전-알파의 경우, 대부분 불검출이거나 검출한계 부근의 낮은 자연적 농도(불검출 ~0.7 pCi/L, 미국의 먹는물 수질기준 15 pCi/L의 약 1/20)로 서울시 원수, 정수 및 지류천이 전-알파 방사선으로부터 안전함을 확인하였다. 지질구조면에서 서울시 상수원 지질이 대부분 천연방사성물질 생성과 관련이 없는 편마암류로 구성되어 있어 라돈과 라듐의 농도에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다.

**Key words:** 라돈, 라듐, 전-알파, 원수, 정수

## 하수 방류수 수질기준 개선을 위한 총대장균군 시험방법 비교 (Comparison of Total Coliforms Analysis Methods for Improvement of Sewage Effluent Water Quality Standard)

최현숙\* · 전수진 · 박진아 · 김현정 · 박찬구 · 정 권

서울시보건환경연구원 물환경연구부

\*Corresponding author: chs337@seoul.go.kr

### 요 약 문

최근 하천수계에서의 병원성미생물 오염 관리의 중요성이 대두됨에 따라 주요 오염원인 하수 방류수 수질기준을 개선하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현행 방류수 수질기준은 외국 기준에 비해 완화되어 있으며, 「환경정책기본법」에서 규정하는 수질기준과 시험방법에도 차이가 있어 하천의 수질환경기준과 연계한 시험방법의 개선이 필요하다.

총대장균군 시험방법으로 평판집락법과 막여과법 두 가지 시험방법을 평가하였다. 표준균주(Bioball사, *E. coli*, 10,000 cells)를 이용해 저농도와 고농도에서의 정확도와 오차율을 살펴보고, 서울시 소재 4개 물재생센터의 유입수 및 방류수 현장시료에 대해 각각의 실험값을 비교해 보았다.

먼저 표준균주를 희석하여 50, 1000 cells/mL의 농도에서 시험방법 간 오차율은 50 cells/mL에서 평판집락법은 4.0%, 막여과법은 2.0%를 나타내었으며, 1,000 cells/mL에서 평판집락법은 7.2%, 막여과법은 2.5%를 나타내었다. 모든 방법에서 오차율 10% 이내를 만족하였으며, 특히 막여과법이 평판집락법에 비해 정확도가 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 분기별 현장시료에 대해 두 가지 시험방법으로 총대장균군을 분석한 결과, 막여과법이 평판집락법에 비해 유입수 평균 1.9배, 방류수 평균 3.1배가량 높게 검출되었으며, 특히 방류수에서 시험방법 간 결과값이 최대 20배 가량 큰 차이를 보였다. 이는 1 mL에서는 검출되지 않지만 시료량을 많이 할 경우 총대장균군이 검출될 수 있음을 의미한다.

본 연구는 하수 방류수 수질기준 개선을 위해 총대장균군의 시험방법 변경 가능성을 검토하였으며, 막여과법의 경우 정확도와 측정감도가 높고 다량의 시료량을 취할 수 있는 장점이 있어 적용 가능성을 검토해 볼 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 결과는 위양성에 대한 특이도 평가가 수행되지 않은 결과로 추가 연구가 필요하며, 효소이용정량법 등 타 시험법과의 종합 평가가 필요할 것으로 사료된다.

**Key words:** Total coliforms, Pour plate method, Membrane filter method

## 시안과 페놀의 수동분석과 자동분석의 비교평가 (Comparative Evaluation of Manual and Automated Method in Cyanide(CN) and Phenols)

김은석 · 허유정<sup>1</sup> · 김창수 · 이원석 · 정동환\*

국립환경과학원 상하수도연구과, <sup>1</sup>국립환경과학원 측정분석센터

\*Corresponding author: dwcheong@korea.kr

### 요 약 문

물 중에 미량으로 존재하는 시안과 페놀분석방법으로는 수동분석의 자외선/가시선 분광법, 자동분석의 연속흐름법이 있다. 그러나 수분석의 경우 전처리(증류) 등 분석에서 오는 긴 시간 소요, 분석자의 숙련도에 따른 측정오차가 발생한다. 또한 분석용 시약의 독성 및 자극성에 분석자의 인체가 노출되는 등 위험성이 존재한다. 이러한 이유로 연속흐름자동분석기기를 통한 분석 방법이 적용되어 왔으며, 먹는물공정시험기준, 수질오염공정시험기준, standard method, EPA, ISO, JIS등에 추가되기도 하였다. 본 연구에서는 수동과 자동 분석방법의 정량한계 값, 정밀도, 정확도, 검정곡선의 결정계수 등을 비교하여 유리한 분석법을 고찰하고자 한다.

수동분석방법으로 시안을 분석한 결과 방법정량한계는 0.011 mg/L, 정량한계는 0.0038 mg/L 이며, 정밀도는 13.5%, 정확도는 93~120%, 검정곡선의 결정계수( $R^2$ ) 값이 0.996 이상으로 정도관리 목표에 만족하였다. 자동분석방법으로 분석한 결과 방법정량한계는 0.0001 mg/L, 정량한계는 0.0003 mg/L, 정밀도는 7.3%, 정확도는 96.2~105.3%, 검정곡선의 결정계수( $R^2$ ) 값이 0.997 이상으로 정도관리 목표에 만족하였다.

수동분석방법으로 페놀을 분석한 결과 방법정량한계는 0.0002 mg/L, 정량한계는 0.0005 mg/L, 정밀도는 2.8%, 정확도는 92~102%, 검정곡선의 결정계수( $R^2$ ) 값이 0.996 이상으로 정도관리 목표에 만족하였다. 자동분석방법으로 분석한 결과 방법정량한계는 0.0005 mg/L, 정량한계는 0.0011 mg/L, 정밀도는 2.2%, 정확도는 92.0~107.2%, 검정곡선의 결정계수( $R^2$ ) 값이 0.996 이상으로 정도관리 목표에 만족하였다.

수동분석과 자동분석을 비교한 결과 두 분석 모두 정도관리목표에 만족 하였지만 자동분석이 낮은 정량한계, 높은 정밀도와 정확도를 보여주며, 분석자의 숙련도 오차와 시약의 위험성, 분석시간 등을 고려하여 볼 때 유리한 분석방법으로 판단된다.

**Key words:** 시안, 페놀, 수질자동분석기

국내 주요 정수장의 과불화화합물 모니터링  
(Monitoring of Perfluorinated Compounds (PFCs) in  
Major Purification Plants, Korea)

손보영 · 양미희 · 이이내 · 박상민 · 최인철 · 이원석 · 박주현\*

국립환경과학원 환경기반연구부 상하수도연구과

\*Corresponding author: soyang@korea.kr

**Abstract**

Perfluorinated compounds (PFCs) have the strongest single covalent bond with fluorine and carbon. The chemical structure of PFCs gives them unique properties, such as thermal and chemical stability, that make them useful components in a wide variety of consumer and industrial products, including paints, surface active agents, pesticides and personal care products.

This study is to determine the concentrations of selected 8 PFCs in the finished water samples were collected from 279 purification plants for 5 years (2012–2016) in Korea. Two of these PFCs, perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA), have received attention and were the most commonly detected. In this study the PFOS and PFOA were also high detection frequency and concentration for 5 years, especially PFOA and PFOS were in range of 0.0011–0.0476  $\mu\text{g/L}$  and 0.0013–0.0202  $\mu\text{g/L}$  in 2016, respectively. The concentration of PFOA (0.084  $\mu\text{g/L}$ ) and PFOS (0.0069  $\mu\text{g/L}$ ) in water from purification plants were found in Osaka Japan. The PFOS concentrations were relatively lower or similar to the concentrations detected in this study. The PFOA concentrations in Japan were much higher than those observed in this study and the concentrations of PFOA (0.010–0.068  $\mu\text{g/L}$ ) in Germany were also higher.

These results will be provided preliminary data for further study characterizing the concentration distribution and management of PFCs.

**Key words:** Perfluorinated compounds, PFOA, PFOS, purification plants

## 과망간산나트륨 사용에 의한 수돗물 수질영향 고찰 (Effect of NaMnO<sub>4</sub> on tap water quality)

양미희 · 손보영 · 이이내 · 박상민 · 박주현 · 이원석 · 최인철\*

국립환경과학원 환경기반연구부 상하수도연구과

\*Corresponding author: cic00@korea.kr

### 요 약 문

최근 가뭄에 의한 상수원 망간 농도가 증가와 막여과공정 증가 등 정수처리 환경이 변화함에 따라 일부 정수장에서 먹는물 수질기준 중 망간농도 0.05 mg/L를 초과하는 경우가 발생하여 고농도 망간 유입 시에도 안정적으로 질 좋은 수돗물 생산·공급을 위해 망간제거 효율이 좋은 과망간산나트륨을 수처리제로 사용 시 수질영향에 대한 기초연구를 수행하였다.

과망간산나트륨의 사용 시 수질에 미치는 영향을 확인하기 위해 일반처리공정을 모사하여 3개의 시험원수를 대상으로 Jar-test를 이용하여 수질영향을 고찰한 결과 비소, 수은 등의 유해 영향무기물질은 과망간산나트륨 사용에 따른 수질영향이 거의 없는 것으로 나타났다. 나트륨과 염소이온은 약간증가하나 수질영향은 미미하였으며, 망간은 과망간산나트륨이 과량투입되는 경우 처리수에서 증가한 것으로 판단되었다. 한편 과량 투입된 과망간산나트륨에 의해 색도가 유발되는 것으로 나타났으며, 분말활성탄에 의해 색도 제거가 가능하였다. 과망간산나트륨을 수처리제로 사용할 경우 과량투입에 주의해야 하며, 후속공정에서 처리수단으로서 분말활성탄을 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 연구결과를 바탕으로 과망간산나트륨에 대한 성분규격기준, 사용기준을 설정하여 신규 수처리제 지정을 추진하고 있다.

**Key words:** 과망간산나트륨, 망간, 수처리제, 수질영향, Jar-test, 색도

암모니아성 질소 및 질산성 질소 안정동위원소비를 활용한  
질소기원 추적 연구

$\delta^{15}\text{N-NH}_4$  and  $\delta^{15}\text{N-NO}_3$  isotope compositions reveal  
contribution of nitrogen source in tributary

김민섭 · 윤숙희 · 임보라 · 박재선 · 박현우 · 정현미<sup>1</sup> · 최중우\*  
국립환경과학원 환경측정분석센터, <sup>1</sup>국립환경과학원 환경기반연구부  
\*Corresponding author: candyfrog@korea.kr

**Abstract**

We investigated the distribution of nitrogen compounds in tributary through results of multiple stable isotopes values ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{15}\text{N-NH}_4$ ,  $\delta^{15}\text{N-NO}_3$  and  $\delta^{18}\text{O-NO}_3$ ) for water and various kinds of fertilizers during March to November. The  $\delta^{15}\text{N-NH}_4$  and  $\delta^{15}\text{N-NO}_3$  values in tributary during March to May showed ranging from 2.3 to 32.5‰, from -2.1 to 7.9‰, respectively. While tributary are highly influenced by the nitrogen source from pigs and cattle breeding sites during July to November, due to observed the significantly enriched values in both  $\delta^{15}\text{N-NH}_4$  and  $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ , ranged from 1.2 to 45.8‰, from 7.3 to 27.2‰, respectively. Thirty samples of synthetic fertilizer and twenty-five animal manures showed markedly different  $\delta^{13}\text{C}$  values, ranged from -9.7 to -40.2‰ and enriched  $\delta^{15}\text{N}$  values as expected, ranged from -1.9 to 19.6‰. These are preliminary data of the isotopic composition of fertilizer in Korea. Therefore, a wider survey of fertilizers for organic-animal manures and organo-mineral synthetic fertilizer production is needs to elucidate the natural isotope variation. We calculated the contribution rate of  $\text{NH}_4$  and  $\text{NO}_3$  from various kinds of fertilizer source according to the results of stable isotope. The contribution rates of  $^{15}\text{N-NH}_4$  and  $^{15}\text{N-NO}_3$  from animal organic manures source were significant that ranged between 55 and 98%, while those of synthetic fertilizer as the primary material of organo-mineral fertilizer source were not significant ranging from 8 to 36%. With the modeling approach we found a high range in the estimate proportion of fertilizer N, indicating that the mixing models is good tool to reveal contribution of N source. However, we should be chosen carefully end-member values. Better characterization of tributary  $\delta^{15}\text{N-DIN}$  by better measurements or a more detailed modeling approach will aid in understanding N-cycle dynamics in freshwater ecosystem.

**Key words:** nitrogen stable isotope, organic fertilizer, tributary

질산염의 질소, 산소 안정동위원소비를 활용한 수생태계에서의  
질소 기원 추적 연구

$\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3$  and  $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3$  isotope compositions in tributary:  
Implication for the source and characteristics

임보라 · 김민섭 · 윤숙희 · 박재선 · 박현우 · 정현미<sup>1</sup> · 최종우\*  
국립환경과학원 환경측정분석센터, <sup>1</sup>국립환경과학원 환경기반연구부  
\*Corresponding author: candyfrog@korea.kr

**Abstract**

Current research introduces utilization of stable isotope for identification of nitrogen sources with conventional approaches (bulk carbon and nitrogen isotope of POM and nitrogen isotope of DIN) as well as new approaches (nitrogen and oxygen isotopes) in freshwater ecosystem. In this study organic matter origin and nitrogen sources is possibly traced by both approaches suggesting that nitrogen sources should be identified in freshwater ecosystem using multiple stable isotope methods. In order to determine the suitable sample concentration required for high precision and accuracy and the factors required for optimal equipment conditions, certified reference materials were repeatedly measured with various concentration range using TG-IRMS. To evaluate the precision and accuracy of our analytical results, three reference materials (IAEA-NO-3, USGS 34 and USGS 35) were analyzed repeatedly. Measured  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of IAEA-NO-3, USGS34 and USGS35 were  $4.7 \pm 0.1\text{‰}$  and  $25.6 \pm 0.5\text{‰}$ , and  $-1.8 \pm 0.1\text{‰}$  and  $-27.8 \pm 0.4\text{‰}$ , and  $2.7 \pm 0.2\text{‰}$  and  $57.5 \pm 0.7\text{‰}$ , respectively. These data are all consistent with recommended values within the error. This indicates that our established method and measurement is reliable and thus can be widely used to trace the contamination source of nitrate in freshwater ecosystem. Therefore, organic matter origin and nitrogen sources is possibly traced by denitrification method suggesting that nitrogen sources should be identified in freshwater ecosystem using multiple stable isotope methods.

**Key words:** nitrogen stable isotope, denitrification bacteria method, TG-IR/MS

Headspace-GC/MS를 이용한 먹는물 중 트리할로메탄류 10종 분석  
Analysis of 10 Trihalomethanes in drinking Water  
Using Headspace-GC/MS

Bo Mi Woo<sup>1,2</sup> · Ga Yeon Rho<sup>1</sup> · Eun Young Kim<sup>1</sup> · Ju-Hyeon Park<sup>3</sup> ·  
Jong Ho Choi<sup>2</sup> · Heesoo Pyo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Molecular Recognition Research center, Korea Institute of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Korea university

<sup>3</sup>National Institute Of Environmental Research, Water Supply and sewerage Research Division

\*Corresponding author: pbs3692@kist.re.kr

#### Abstract

Chlorine used for disinfection and sterilization purposes in the water treatment process produces several disinfection byproducts that exhibit carcinogenicity. Typical disinfection by-products are trihalomethanes and haloacetic acid. Among the trihalomethanes, iodine-type trihalomethanes (I-THMs) in addition to the four types of trihalomethanes (THMs) including chloroform and the like are obtained by treating water containing iodide ion (I<sup>-</sup>) with chlorine or ozone. It is known that it is more biotoxic and carcinogenic than chlorine or bromine.

Analyzes of existing volatile organic compounds were mainly analyzed by Purge&trap and headspace method. In this study, we tried to establish optimal conditions for 10 species of trihalomethanes using headspace method. For the analysis using headspace method, 10 mL of sample was used, and the temperature was varied from 50 to 90°C for 15 to 60 minutes. And quantitatively and qualitatively analyzed using GC-MS under the same instrument conditions.

As a result of applying the pre-treatment method, the correlation coefficient (R<sup>2</sup>) of the calibration curves showed good linearity of 0.99 or more. The detection limit was 0.02~0.5 ng/mL.

**Key words:** THMs, drinking water, Headspace, GC-MS

## 축전식 탈염방식의 수처리장치를 이용한 수처리 효율분석 (Analysis of Water Treatment Efficiency Using Water Treatment System of Capacitive Deionization Technology)

이재춘<sup>1</sup> · 이재영<sup>1</sup> · 오상근<sup>1</sup> · 민화인<sup>1</sup> · 전금수<sup>2</sup> · 전은만<sup>3</sup> · 권태욱<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>(재)전라남도환경산업진흥원, <sup>2</sup>(주)윈드밸리<sup>2</sup>, <sup>3</sup>죽암건설(주)

\*Corresponding author: justice@nate.com

### 요 약 문

본 연구는 축전식 탈염방식(CDI, Capacitive Deionization)을 이용하여 저 농도의 다가 양이온(경도물질, 중금속 이온)을 제거하는데 가장 효과적이며, 산업분야에 적용이 가능하도록 모듈 사이즈를 3.0~5.0 GPM(Gallon per minute)으로 개발하고 Lab-Test 및 Pilot-Test 수행을 통해 수처리 성능을 검증하고자 하였다. 실험방법은 J기업 부설연구소와 전남환경산업진흥원에 5 GPM과 1 GPM 수처리 장치를 설치하여 원수의 농도 및 흡착과 탈착 조건변화에 따른 수처리 성능을 평가하였다. 탄소전극의 표면측정은 전자주사현미경(SEM), 총 용존고형물(TDS)은 미국 Standard Methods 2510C의 건조 중량법,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 은 이온크로마토그래피(IC)를 이용하여 분석하였다. NaCl을 이용하여 300~1,000 mg/L의 인공원수를 제조하여 성능평가 하였으며 TDS는 흡·탈착의 시간에 관계없이 84.8% 제거효율을 보였다. CDI 수처리장치의 흡·탈착조건 변화에 따른 분석결과 흡착 300 sec, 재생 200 sec, 탈착 90 sec의 조건에서 양·음이온물질은 74.2~84.6%, 흡착 300 sec, 재생 200 sec, 탈착 30 sec 조건에서 양·음이온물질은 72.15~87.8%의 높은 제거효율을 나타내었다. 본 연구에서 CDI 수처리장치는 이온물질에 대한 수처리 성능이 우수한 것으로 나타났고 제품의 대형화가 가능할 경우 다양한 산업분야에 응용이 가능할 것으로 판단된다.

**Key words:** 축전식 탈염방식, 양이온, 음이온, 총용존고형물, GPM, 흡착

## Analysis of disinfection byproducts in drinking water by Dispersive Liquid–Liquid Microextraction

Jiwon On<sup>1,2</sup> · Jeong Yun A<sup>1</sup> · Lee Yoon Hye<sup>1</sup> · Seungki Kim<sup>1</sup> · Sangwon Lee<sup>2</sup> ·  
Seung-Woon Myung<sup>3</sup> · Hee Soo Pyo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Science and Technology, Molecular Recognition Research Center,

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Korea University,

<sup>3</sup>Department of Chemistry, Kyonggi University

\*Corresponding author: phs3692@kist.re.kr

### Abstract

Disinfection byproducts (DBPs) generated by reaction between chlorine and organic matter in water system. More than 600 DBPs have been detected and classified according to their toxicological effect. Trihalomethanes (THMs) and haloacetic acids (HAAs) are the most prevalent DBPs in drinking water. Recently, there has been an increase interest in the presence of other DBPs such as haloacetonitriles (HANs), haloketones (HKs). Nitrogen DBPs (like HANs) may have greater toxicological effects than HAAs and THMs. Exposure to DBPs is associated with the induction bladder cancers and adverse pregnancy outcomes.

Dispersive liquid–liquid microextraction (DLLME) is classified under LPME. DLLME has attracted growing interest as a method for environment friendly and effective pretreatment of various aqueous matrices. The method uses only tens to hundreds microliters of solvent. In this study, we optimized conditions of DBPs analysis in drinking water by DLLME.

**Key words:** Disinfection byproducts, drinking water, Dispersive liquid–liquid microextraction

## 광양만 해저퇴적물 중 실록산(Siloxanes)의 분포 특성 (Distribution Characteristics of Siloxanes in Sediments from Gwangyang Bay)

정현지<sup>1</sup> · 이종혁<sup>2</sup> · 정희호<sup>1</sup> · 이강현<sup>1</sup> · M.D. Hung<sup>1</sup> · N.H. Lam<sup>1</sup> · 조현서<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 환경해양학과, <sup>2</sup>(주)해양수산연구개발

\*Corresponding author: hscho@jnu.ac.kr

### 요 약 문

Siloxanes은 샴푸나 화장품 등의 첨가제 및 거품을 없애는 기능이 있어 식품이나 윤활유 등 광범위한 분야에 사용되고 있다. 최근 연구를 통해 일부 Siloxanes에 대해 환경잔류성, 생물농축성, 독성이 보고되고 있다. 이에 현재 해양생태계에 대한 악영향이 우려되고 있으나, 관련된 Siloxanes에 대한 연구가 미비하고, 환경오염 물질로의 인식도 낮다. 따라서, 본 연구에서는 광양만 및 주변해역 해저퇴적물 내 Siloxanes의 농도수준 및 분포특성을 밝히어 Siloxanes의 해양오염실태에 대한 해양환경기초자료로 활용하고자 한다.

본 연구의 해저퇴적물 시료는 광양만 및 주변해역 11개 정점을 선정하여 2016년 12월에 채취하였다. 분석 대상 물질로는 Siloxanes의 15종의 화합물(D4~7, L4~14)이 해당된다. 분석 방법은 해저퇴적물을 균질화하여, 분석 시료로 사용하였으며, 堀井 勇一(2014)가 제안한 분석 방법에 준하여 분석하였다. 시료를 일정량 취하여 Acetonitrile과 Hexane으로 4시간 동안 추출하였고, 이를 농축한 후 GC-MS를 이용하여 검출하였다.

연구 결과, 광양만 및 주변해역 해저퇴적물 내 Total Siloxanes 화합물의 농도 수준은 0.179~0.547 (평균 0.331) mg/kg dry wt.의 범위를 나타내었다. tCyclo Siloxanes의 농도 수준은 0.004~0.238 (평균 0.055) mg/kg dry wt.의 범위를 나타내었으며, tLinear Siloxanes의 농도 수준은 0.174~0.467 (평균 0.275) mg/kg dry wt.의 범위를 나타내었다. 각 물질별 농도분포를 살펴보면, 대부분의 정점에서 L14가 높은 기여도를 나타내었다. 정점별 tCyclo Siloxanes과 tLinear Siloxane의 분포도를 살펴보면, 대부분의 정점에서 tLinear Siloxanes이 높은 기여도를 나타내었다.

상기의 결과로부터 본 연구대상해역의 모든 정점에서 Siloxanes이 검출되었다. 따라서, 향후 Siloxanes의 국내 해양생태계 내 농도수준과 그 영향에 대한 지속적인 연구와 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

**Key words:** 실록산, 광양만, 해저퇴적물

## Spatial distribution of heavy metals in marine sediment from Yeosu channel, South Korea

M. D. Hung, K. H. Lee, H. H. Jeong, H. J. Jeong, N. H. Lam, and H. S. Cho\*

College of Fisheries and Ocean Sciences, Chonnam National University

\*Corresponding author: [hscho@jnu.ac.kr](mailto:hscho@jnu.ac.kr)

### Abstract

Widely distribution of heavy metals in Korean coastal environment has been well documented. However, heavy metal researches in Yeosu channel are limited. Therefore, a study about distribution of heavy metals in Yeosu channel where located at the southern coast of Korea and near by the Yeosu Industrial Complex was carried out. In this study, target heavy metal was Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb and Zn. Samples were collected from 12 sites in November 2016 and January 2017. From the results average concentrations were found in the decreasing order of: Mn > Li > Cr > Zn > Pb > Ni > Cu > Al > Fe > Cd in the first sampling and Mn > Li > Cr > Zn > Pb > Ni > Cu > Al > Fe > Cd in the second sampling. Both of two sampling times, the highest concentration was Mn, 70.6±142.73 mg/kg dry wt. in 2016 and 994.6±136.12 mg/kg dry wt in 2017, while the lowest concentration was Cd, 0.14±0.02 mg/kg dry wt in 2016 and 0.17±0.02 mg/kg dry wt in 2017, respectively. This study contributes data for further understanding of heavy metals distribution in Yeosu Channel.

**Key words:** heavy metals, sediment, Yeosu channel, Korea

산불로 인한 다환방향족탄화수소 오염특성과 거동  
(Fates of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) after  
a Forest Fire)

박민규 · Erwan Simon · 최성득\*

울산과학기술원 도시환경공학부\*

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

요 약 문

Forest fires are the main natural source of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Due to their resistance to the biodegradation, PAHs are well known as persistent organic pollutants (POPs) in the environment. After forest fires, residual ash above a soil layer can be highly contaminated with PAHs. However, little is known about the fate of these contaminants, particularly about their susceptibility to be transferred deeper into underlying soil or downstream during rainfall events. In this study, precipitation, organic carbon (OC) content, and the  $\Sigma 16$ PAHs in unburnt control soil, burnt soil, and ash were monitored for 16 months after a forest hillside a semi rural area of Ulsan. Whereas the ash was significantly contaminated with PAHs, the PAH levels of the burnt soil were similar to those of the control soil. Ashes are more exposed to PAH contamination than unburnt control soil and burnt soil. As time passed, the levels of PAHs normalized by OC in the ash bed also decreased. PAH and OC lost from ash bed were likely to have been removed by surface runoff in a considerable amount of PAH rather than the proportion transferred to the soil. The temporal variation of relative disappearance rate (RDR) was due to the gradual evolution of the characteristics of ash bed and the mobility of PAH affected by precipitation. Further studies of various conditions through lab scale experiment may be useful for more understanding the fate of PAHs after forest fires.

**Key words:** PAHs, Ash, Soil, Forest fire, Washout

국내 연안에서 발견된 밍크고래 내 PBDEs와 대사체 분포  
(Polybrominated Diphenyl Ethers and their metabolites in  
Mink whales (*Balaenoptera acutorostrata*) from  
Korean coastal waters

박시현 · 이인석\* · 이미경 · 김예지 · 최민규 · 정래홍

국립수산과학원 어장환경과

\*Corresponding author: islee@korea.kr

요 약 문

본 연구에서는 국내 연안에서 발견된 밍크고래의 지방조직과 간에 대하여 폴리브롬화디페닐 에테르(Polybrominated Diphenyl Ethers, PBDEs)와 그 변환산물의 일종인 Methoxylated BDE (MeO-BDE)의 잔류수준 및 분포를 조사하였다. 채취한 생물시료는 속슬랫 추출 후 젤여 과정제하여 지방을 제거했으며, 다층실리카겔 컬럼정제 후 농축하여 GC-HRMS로 분석하였다. 분석 결과, PBDEs와 MeO-BDEs 모두 암컷에 비해 수컷의 농도가 높게 검출되었으며, 조직별 잔류량 비교에서 암, 수 모두 간에서 지방조직에 비해 상대적으로 높게 나타나 해양생물을 대상으로 한 기존연구와 유사한 결과를 보였다. 이성체 분포의 결과, PBDEs는 BDE47과 BDE99가 우세하였으며, 대사체는 6MBDE47과 2MBDE68이 높게 나타났다. 특히, MeO-BDE의 경우 PBDEs보다 상대적으로 높게 검출되어, 대사체의 자연생성과 함께 PBDEs의 생물체 내 변환작용 및 대사체 간의 상호 전환이 있을 것으로 생각된다. 또한, 해양생물의 오염도를 측정하기 위해서는 생태계 내 해조류, 패류 및 어류에 대한 연구와 더불어 먹이사슬 상위 포식자인 해양포유류에 대한 연구가 추후 더 필요할 것으로 판단된다.

**Key words:** PBDEs, MeO-BDE, Mink whales (*Balaenoptera acutorostrata*)

## 다소비 수산물의 총수은 및 유기수은 농도분포 및 위해도 평가 (Concentration and Risk Assessment of Total mercury and Methyl mercury in Seafood from Korea)

박혜정, 이자연, 김세원, 윤세라, 이인석, 황동운, 최민규  
국립수산과학원 기반연구부 어장환경과

### 요 약 문

본 연구는 수산물 중 수은 농도분포와 축적특성을 파악하기 위해 다소비 어류 32종과 갑각류 4종 그리고 연체류(두족강 4종, 복족강 2종)에 대한 총수은 및 유기수은 농도를 조사하였다. 총수은과 유기수은 분석은 각각 총수은분석기(DMA-80), 유기수은분석기(GC-CVAFs)를 이용하였다. 어류 중 총수은과 유기수은 농도는 각각 0.017-0.500 mg/kg(평균 0.118 mg/kg), 0.007~0.383 mg/kg(평균 0.085 mg/kg)이었으며, 갑각류 중 총수은과 유기수은 농도는 각각 0.031~0.160 mg/kg(평균 0.081 mg/kg), 0.008~0.142 mg/kg(평균 0.060 mg/kg)이었다. 연체류 중 두족강에서 총수은과 유기수은의 농도는 각각 0.018~0.060 mg/kg(평균 0.048 mg/kg), 0.015~0.057 mg/kg(평균 0.040 mg/kg)이었으며, 복족강에서 총수은은 0.019 mg/kg이었고 유기수은은 검출되지 않았다. 수산물 내 총수은과 유기수은과의 상관성 분석 결과, 통계적으로 유의한 양의 상관성을 보였다( $r=0.980$ ,  $p<0.001$ ). 수산물 그룹별 총수은과 유기수은 농도는 어류>갑각류>연체류(두족강)>연체류(복족강)순이었다. 총수은(T-Hg) 중 유기수은(MeHg)의 기여율(MeHg/T-Hg)은 어류 28~98%(평균 69%)이었으며, 갑각류 26~88%(평균 57%)이었고 연체류 중 두족강은 64~95%(평균 83%)였다. 수산물 그룹별 MeHg/T-Hg값은 연체류(두족강)>어류>갑각류 순이었다.

**Key words:** 갑각류, 어류, 연체류, 유기수은, 총수은

Selective pressurized liquid extraction (Selective PLE)를 이용한  
수산물 중 잔류성유기오염물질의 원스텝 추출정제법 개발  
(Development of One Step Extraction and Purification of POPs in  
Fishery Products Using Selective Pressured Liquid Extraction)

윤세라, 박시현, 이인석, 최민규\*, 정래홍

국립수산과학원 어장환경과

\*Corresponding author: mkchoi3@korea.kr

### 요 약 문

본 연구에서는 어류, 이매패류를 포함한 수산물에 대한 PAHs, PCBs, OCPs에 대해 Selective PLE를 이용한 신속한 자동화된 추출 및 정제방법을 개발하고 검증하였다. 대부분의 분석방법은 용매의 높은 소비뿐만 아니라 전처리 시간 또한 오래 소요되었다. 이것은 모니터링 시 데이터 생산에 단점으로 작용한다. 분석조건은 PLE는 1500 psi, 100°C, 5min, 3 cycles, flush volume 60%, purge time 100 s이었고, 분석장비는 PAHs는 GC/MS, PCBs와 OCPs는 GC/HRMS를 이용하였다. 이 연구에서 최적화된 방법은 수산물시료(2~3 g)을 추출 셀(66 mL)의 활성실리카겔(20 g) 위에 놓은 다음 샘플을 헥산-디클로로메탄(9:1) 혼합용매를 사용하여 추출하였다. 기존의 흡착제 제거율 결과와 비교 시 훨씬 우수한 결과를 나타낸다 (alumina 89%, Acid-silicagel 86%, Florisil 79%). spiking labelled standard의 회수율은 16종 PAHs 60.1~85.5%(71.5±8.5%), 35종 PCBs 55.7~94.9%(80.2±11.3%), 9종 OCPs 50.3~78.5%(65.5±9.99%)이었다. 이 방법은 표준인증물질(어류, 담치; NIST SRM 1946 및 2974A)에 적용하였고, 표준인증물질의 인증농도에 대한 측정된 농도는 PAHs 52~103%, PCBs 66~93%, OCPs 55.2~115.3%이었다. 이는 SPLE 방법의 정확도와 정밀도를 제시한다. 제안된 방법은 짧은 준비시간과 최소한의 시료오염 및 자동화가 가능한 것을 포함하여 추출 및 정제 절차의 가장 중요한 요구사항을 충족시켰다.

**Key words:** Polycyclic aromatic hydrocarbons, in-cell cleanup, selective pressurized liquid extraction (SPLE), seafood, bivalves

## 해양 퇴적물의 실록산 분석법 최적화와 공간분포 조사 (Optimization of an Analytical Method for Siloxanes in Coastal Sediment and their Spatial Distribution)

이단비<sup>1</sup> · 박민규<sup>1</sup> · 이인석<sup>2</sup> · 최성득<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>울산과학기술원 도시환경공학부, <sup>2</sup>국립수산과학원 어장환경과

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### 요 약 문

실록산은 미용제품, 위생용품, 세정제, 건축재료 등에 사용되는 물질로서, 고리형 실록산인 Octamethylcyclotetrasiloxane (D4), Decamethylcyclopentasiloxane (D5), Dodecamethylcyclohexasiloxane (D6)는 대량생산 화학물질로 지정되었다. 실록산은 잔류성이 있으며 생태계에 악영향을 미치는 잠재적 물질로 알려졌다. 실록산은 휘발성이 높아서 대기로 배출되어 다양한 환경 매체로 유입되며, 퇴적물에 비교적 고농도로 존재한다. 그러나 아직 국내에서는 실록산에 대한 환경거동 연구가 현저히 부족하며, 실록산에 대한 공인 분석법도 마련되지 않았다. 본 연구에서는 퇴적물을 대상으로 한 국내·외 선행연구를 조사하여 전처리 과정(추출용매, 원심분리 조건, 정제조건 등)과 질량분석기(GC/MS)를 이용한 분석법을 최적화하였다. 또한, 분석기기에 의한 오염을 줄이기 위해 실리콘 재질의 부속부품(septum, septa, tube 등)을 교체하였다. 최적화된 분석법을 이용하여 울산만 해양 퇴적물의 고리형 실록산(Hexamethylcyclotrisiloxane ~ Octadecamethylcyclononasiloxane)과 선형 실록산(Octamethyltrisiloxane ~ Hexatriacontamethylheptadecasiloxane)의 농도분포를 확인하였다. 또한, 상업용으로 판매되고 있는 소포체에 함유된 실록산 농도분포를 확인하여 해양 오염을 추정하였다. 향후, 본 연구에서 정립한 분석방법을 이용하여, 주요 임해공업지역의 실록산 오염현황을 평가할 예정이다.

**Key words:** Siloxane, Coastal sediment, Analytical method

전류법 용존오존센서 및 측정 시스템에 관한 연구  
(A Study of Dissolved Ozone Sensor and Measurement System in  
Amperometry)

이동권\*, 이영민, 김판주, 송하정, 김광구<sup>1</sup>, 허정욱<sup>1</sup>  
한창기전주식회사 부설연구소, <sup>1</sup>한국산업기술시험원 환경기술본부  
\*Corresponding author: dklee@hme93.com

**Abstract**

Ozonation is an effective technique for sanitizing ultrapure water and treatment systems and was introduced in the semiconductor industry over 25 years ago. With no permanent addition of material, unlike other chemical oxidants, its powerful oxidizing properties make ozonation an ideal treatment method. The actual disinfection occurs as the oxidation reactions damage and destroy critical components of microorganisms. Like chlorination, ozonation also forms a residual, however due to its short life span it is negligible for preventive measures in distribution systems.

The ozone measurements are gaining in importance as the area of environmental ozone applications to liquids and especially to water grows. Some a few methods can be enumerated, and each of them has only limited area of applications. The comparison of the methods shows that there still is a need for rugged, reliable, ozone-specific, direct measurement methods and sensors for measuring ozone concentration in ozonated water.

Unlike the traditional two-electrode amperometric technique, in this study uses three-electrode technique: a gold working electrode, a gold counter electrode, and a reference Ag/AgCl. This method avoids any voltage drift and gives excellent stability of measurement.

In this study, the reagentless dissolved ozone sensor is based on an amperometric sensor which measures dissolved ozone directly, in most cases without the need for sample pre-treatment of any kind.

**Key words:** Dissolved Ozone, Amperometric Ozone Sensor, Three Electrode System, Ozone Disinfection

## GC-MS/MS를 이용한 일회용 유아 위생용품 중 HCB 및 PCNB 분석 (Analysis of Hexachlorobenzene and Pentachloronitrobenzene in Disposable infant hygiene products using the GC-MS/MS)

김기범 · 김주성 · 이준희 · 강윤석 · 이덕희\*

(주) 랩프런티어\*

jhlee1@labfrontier.com

### 요 약 문

Hexachlorobenzene(HCB)과 Pentachloronitrobenzene(PCNB)는 주로 면화, 쌀 및 종자 곡식과 같은 다양한 작물의 곰팡이의 성장을 억제하기 위한 살균제로 사용되었다. 또한, PCNB 합성 시 부산물로 HCB가 생성되어 상호 연관성이 있다. 동물실험에서는 급성 경구 투입 시 떨림, 중풍, 근육 협동운동 실조증, 경련 같은 신경증상이 나타났으며, 만성 경구 노출 시에는 피부 손상과 연관된 간의 질병을 일으킨다는 보고가 있다. 또한, 흡입하는 것이 섭취하는 것보다 독성이 강한 것으로 보고되고 있으며 급성, 만성, 생식, 성장에 영향을 주고 암을 유발시킨다는 보고가 있다. 다른 연구에서는 발암 보조물질이나 암을 증진시키는 물질이며, 면역체계에 영향을 주고 흉선, 허파의 림프 조직에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 면화가 주성분인 일회용 유아 위생용품 중 HCB와 PCNB의 잔류량을 측정하기 위하여 분석방법을 확립하였다.

확립된 분석법은 약 2 mm로 균일하게 파쇄된 일회용 유아 위생용품 시료 약 2 g을 초순수로 팽윤 후 Acetonitrile로 액·액 추출하여 GC-MS/MS를 이용하여 기기분석을 진행하였다. 검량선은 내부표준법을 사용하여 진행하였고, 실험 시 오염으로 인한 오차를 줄이기 위하여 바탕시료분석을 함께 진행 하였다. 또한, 분석방법의 유효성검증을 위해 HCB와 PCNB가 검출이 되지 않은 일회용 유아 위생용품을 바탕시료로 하여 기기검출한계의 3배 농도를 주입 후 7회 반복실험을 진행하였고 분석방법검출한계는 HCB 0.001 ug/g, PCNB 0.002 ug/g임을 확인하였다. 동일 일회용 유아 위생용품의 반복실험 분석결과는 정확도 72~111%이었으며, 정밀도는 1~9%임을 확인하였다.

## 기온변화에 따른 잔류성유기오염물질의 농도와 축적량 변화 (Variations of Concentration and Accumulation of POPs by Temperature Change)

이호영 · 오주연 · 최성득\*

울산과학기술원 도시환경공학부

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### 요 약 문

기후변화에 의한 기상조건(기온, 강수량, 풍속 등)의 변화는 환경매체뿐만 아니라 오염물질 거동에도 영향을 준다. 특히, 잔류성유기오염물질(Persistent Organic Pollutants: POPs)은 장기간 다매체 거동을 거치므로, 기후변화에 큰 영향을 받을 수 있다. 전 세계적으로 기후변화가 POPs 다매체 거동에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되고 있으나, 국내 환경을 반영한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 울산을 대상으로 기후변화의 대표적 인자인 기온변화에 따른 POPs의 농도와 축적량 변화를 평가하였다. 모델링 대상 물질로 폴리염화비페닐(Polychlorinated Biphenyls: PCBs) 2종(PCB-28, PCB-153)을 선정하였다. 다양한 다매체 환경거동모델 중에서 울산과 같은 임해지역의 환경거동을 평가하는데 적합한 모델인 CoZMo-POP 2를 선택하였다. 울산의 기본 환경자료(육지, 담수, 산림면적 등)와 정규분포를 갖는 가상의 배출량 자료를 모델에 입력하였으며, 기온만 각각 -5, -2.5, 0, +2.5, +5°C 변화시켜 모델링을 수행하였다. 기온 증가에 따라 대기에서는 PCB 농도가 증가하고, 다른 매체에서는 감소하였다. 또한, 매체별 반감기 차이에 의해 대기와 산림은 배출량 자료와 비슷한 농도추세를 보였으나, 담수, 토양, 퇴적물은 배출량이 감소하더라도 축적되는 경향을 보였다. 매체별 축적량은 산림과 연안퇴적물에서 높았으며, 이는 울산에 넓은 산림면적과 연안 면적의 영향으로 판단된다. PCB-28은 높은 휘발성과 짧은 반감기에 의해 기온변화에 민감하였으며, PCB-153은 비교적 작은 변화를 보였다. 본 연구는 기후변화가 국내의 POPs 거동에 미치는 영향을 평가하기 위한 예비 연구로서, 한국형 다매체 환경모델의 개발과 오염물질 거동 모니터링 연구의 기초자료로 활용할 예정이다.

**Key words:** POPs, PCBs, Climate change, Multimedia environmental model

## 수산물에 함유된 폴리염화나프탈렌 분석법 최적화 (Optimization of an Analytical Method for PCNs in Fishery Products)

전진우<sup>1</sup> · 손지민<sup>1</sup> · 강길진<sup>2</sup> · 김신희<sup>2</sup> · 강영운<sup>2</sup> · 장윤석<sup>3</sup> · 최성득<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>울산과학기술원 도시환경공학부, <sup>2</sup>식품의약품안전평가원 오염물질과, <sup>3</sup>포항공과대학교

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### 요 약 문

폴리염화나프탈렌(Polychlorinated naphthalenes: PCNs)은 케이블 피복, 목재방부제, 엔진오일 첨가제 등에 많이 사용되었으며, 상업용 상품(Halowax, Nibren wax, Seekay wax 등)으로 제조되어 판매되었다. 총 75종의 이성질체 중 일부 물질에 대한 독성등가계수(Toxic Equivalency Factor: TEF)가 설정되어 있다. 또한, 생물농축성과 잔류성이 알려짐에 따라 2015년 스톡홀름 협약에서 신규 POPs (Persistent Organic Pollutants)로 지정되었다. 그러나 PCN에 대한 공인 분석법이 마련된 사례는 없다. 본 연구에서는 다양한 수산물 시료 중에서 고등어 시료에 대해 US-EPA 다이옥신 분석법(EPA method 1613b)을 기초로 하여 PCN 분석을 위한 전처리 조건을 최적화하였다. 추출용매로 n-hexane/DCM을 사용하고, 지질 성분을 제거하기 위해 황산처리 후에 정제(다층 실리카겔, 알루미늄 컬럼)를 수행하였다. 기기분석을 위해 고분해능 질량분석기(GC/HRMS)를 사용하였으며(DB5-MS 컬럼), 상업용 제품의 PCN 농도와 TEF를 고려하여 12종 이성질체를 분석하였다. 고등어 시료의 PCN 농도(평균±표준편차), 회수율, 정밀도는 각각 33.3±1.2 pg/g ww, 50.3~84.4%, 3.5%로 만족스러운 결과를 보였다. 향후, 본 연구에서 최적화한 PCN 분석방법을 다양한 수산물에 적용하여 우리나라 국민이 주로 섭취하는 수산물에 의한 PCN 일일 섭취량을 산정하고자 한다.

**Key words:** POPs, PCNs, TEF, Fish, Analytical Method

Online SPE-UPLC-MS/MS를 이용한 인체소변 중  
환경성 페놀류 25종 동시분석법 개발  
(Development and Validation of Online-SPE-UPLC-MS/MS for  
Simultaneous Determination of Twenty-Five Environmental Phenols  
in Human Urine)

김은아<sup>1</sup>, 조범식<sup>1</sup>, 김미영<sup>1</sup>, 정영림<sup>1\*</sup>, 이지현<sup>2</sup>, 홍영민<sup>2</sup>  
Eun-A Kim<sup>1</sup>, Beom-Sik Cho<sup>1</sup>, Mi-Young Kim<sup>1</sup>, Young-Rim Jung<sup>1\*</sup>,  
Jihyun Lee<sup>2</sup>, and Youngmin Hong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>크리스탈지노믹스 부설 서울의약연구소, <sup>2</sup>(주)동일시마즈 기술연구소

<sup>1</sup>Seoul Pharma Laboratories, CrystalGenomics Inc., <sup>2</sup>Technical Research Center Dongil SHIMADZU corp.

\*Corresponding author: yrjung@splab.co.kr

#### Abstract

Phenolic compounds, including bisphenol A(BPA), benzophenone-3(BP-3), alkylphenols (APs), triclosan and chlorophenols, are widely used from personal to agricultural and industrial needs. Validated analytical methods to measure trace concentrations of environmental phenols in humans are essential for assessing exposure to phenols. We developed a sensitive and accurate analytical methods for the simultaneous determination of 25 environmental phenols, including bisphenol A, triclosan, eight alkylphenols, five parabens, four chlorophenols, six benzophenones in human urine using online SPE-UPLC-MS/MS. The analytes were extracted and preconcentrated with solid-phase extraction, and then quantified with UPLC-APCI(negative ion mode)-MS/MS using multiple reaction monitoring mode. The mean recovery of analytes ranged from 88 to 126%, the accuracy was between 90.3 and 115.0% in urine, and the precision coefficient of variation was <15%. The method allowed method detection and quantification limits of 0.070-0.281 ng·mL<sup>-1</sup>, for 2,5-dichlorophenol and benzophenone-2 in urine, and 1.0-50ng·mL<sup>-1</sup> for 24 phenols and 1.0-10 ng·mL<sup>-1</sup> for triclosan. This method was further validated by the determination of phenols in human urine samples that generated data regarding the exposure of various phenols to adults and children without occupational exposure to phenols.

**Key words:** online SPE, environmental phenols, human urine, UPLC-MS/MS

## 인위적 오염원에 의한 토양 중금속 오염 영향 (Influence of Anthropogenic Sources on Heavy Metal Pollution in Soil)

조인규 · 박민규 · 최성득\*

울산과학기술원 도시환경공학부

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

### 요 약 문

울산은 우리나라 대표적인 공업 도시로서 석유화학, 비철금속, 자동차, 조선 등 대규모 국가 산업단지에서 다량의 중금속이 배출되고 있다. 또한, 차량 등록대수와 통행량이 증가함에 따라 납축전지 부식과 타이어 마모 등으로 인한 중금속 오염이 증가할 가능성이 있다. 국가측정망과 지자체 토양실태조사를 통해 울산시 다수 지점에서 꾸준히 중금속 모니터링이 수행되고 있으나, 토양오염에 대한 종합적인 결과 해석은 미흡하다. 본 연구에서는 공업단지의 대기 배출과 차량 배출이 토양 중금속 오염에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 2014년 울산광역시 보건환경연구원의 토양오염실태조사 자료와 환경부의 토양측정망 자료를 사용하였다. 공업단지의 중금속 대기 배출을 파악하기 위해 2014년도 화학물질 배출·이동량(Pollutant Release and Transfer Register: PRTR)자료를 활용하였으며, 교통배출원 영향을 추정하기 위해서 울산광역시 도로교통량 자료를 사용하였다. 중금속 5종(비소, 구리, 니켈, 납, 아연)을 연구대상항목으로 선정했으며, 중금속의 지리적 분포를 파악하기 위해 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS)에서 역거리가중(Inverse Distance Weighted: IDW) 보간법으로 등고선 지도를 작성하였다. 연구대상물질 중에서 측정 자료와 배출량 자료의 공간분포가 비슷한 물질은 구리, 납, 아연이었다. 그러므로 산업활동과 차량 이용으로 인해 울산시 토양이 이들 중금속으로 전반적으로 오염된 것으로 추정된다.

**Key words:** Soil, Heavy metal, Anthropogenic source, PRTR, Traffic

## 친환경 세차장 선정을 위한 W-Index(WI) 개발 (Development of W-Index(WI) as Evaluation Indicator for the Environment-Friendly Car Washes in Seoul)

최예덕\* · 이준연 · 문병진 · 한규문 · 박찬구 · 정권

서울시보건환경연구원 물환경연구부

\*Corresponding author : ydchoi9@seoul.go.kr

### 요 약 문

최근 자동차 보유대수의 증가에 따라 세차장을 이용하는 시민들이 많은 것으로 파악된다. 일반적으로 세차장은 대표적인 지하수 및 토양 오염취약시설로 알려져 있으며, 세차업소는 서울시에서 관리하고 있는 전체 폐수배출시설의 40% 이상으로써 가장 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다. 본 연구는 서울시에 위치한 세차장을 대상으로 실시한 검사결과를 분석하고 일반인들이 쉽게 이해가능한 세차장 수질 평가지표를 개발하였다. 세차장의 수질 검사항목은 COD, ABS, SS, T-P, T-N, n-H(광) 등 6개 항목이었다. 국내 최초로 친환경세차장 선정을 위해 개발된 W-Index는 세차장 수질오염 평가지표로써 6개의 검사항목을 조합하여 수질오염 정도에 따라 ‘매우 좋음’, ‘좋음’, ‘약간 좋음’, ‘보통’, ‘기타’ 등 5단계로 분류하였다. 세차장 검사 결과 482개소가 수질기준을 만족하는 것으로 나타났으며 부적합은 주로 COD 및 ABS항목에서 수질기준을 초과하였다. 친환경 세차장은 W-Index값이 낮은 세차장을 선정하였고, 세차장을 5개 그룹으로 분류하였다. 보통 유출수질이 우수할수록 W-Index는 작아지고, 수질이 악화될수록 W-Index는 커지는 경향을 나타낸다. 이러한 분석결과를 시민들이 쉽게 이해할 수 있도록 적합관정을 받은 세차장 정보를 시각화하기 위해 지리정보시스템(GIS)을 활용하여 친환경 세차장 지도를 개발하였다. 먼저 각 항목의 수질기준을 100%로 가정하고, 구간을 기준의 20%로 나눠 5단계로 구분하였다. 유류의 양을 간접적으로 확인할 수 있는 n-H은 하위 20% 구간에 210개의 세차장이 분포하고, 20~40% 구간에는 196개의 세차장이 분포하였다. 또한 하위 20%구간에 ABS와 COD는 각각 403개와 350개의 세차장이 분포하였다. 특히 T-N과 T-P는 전체 세차장의 95% 이상이 각 수질기준의 20% 미만으로 배출되어 다른 항목에 비해 수질기준 대비 오염부하가 낮은 것으로 파악되었다. 친환경 세차장지도는 세차장 수질을 계량화하고 시각화하기 위해 색깔별로 표시하였으며, 실제 W-Index 0.05~0.15 범위에 65% 이상의 세차장이 분포하여 서울시에 위치한 세차장의 수질관리가 비교적 양호한 것으로 판단된다. 향후 친환경 세차장 선정을 통해 친환경 우수업소를 널리 홍보하고 소개하여 자발적인 친환경 사업장 확산 분위기를 조성할 수 있을 것으로 기대된다.

**Key words:** 친환경, 세차장, 평가지표, W-Index, 시각화

## 주거지역 과속방지턱 발생소음 특성 (Noise Characteristics Caused by Speed Bump in Urban Residential Zone)

김익수 · 임성철 · 김광래 · 신덕영 · 이희선 · 성시홍 · 류인철 · 어수미 · 정 권

서울특별시 보건환경연구원 대기환경연구부 시민생활연구팀

kisro@seoul.go.kr

### 요 약 문

과속으로 인한 도로교통안전 확보하고자 설치된 과속방지턱을 차량이 통과하면서 발생하는 소음은 조용하고 쾌적한 생활환경을 위협하는 요인이다. 이에 과속방지턱 통과시 발생소음 특성을 조사하여 소음저감 및 예방대책을 제시하고자 원호형 과속방지턱에서 차속과 차종, 높이가 다른 과속방지턱에서 차속을 변경하면서 소음도와 주파수범위를 측정하였다. 승용차, 트럭, 승합차, SUV의 4종 차량에 소음계를 부착하고 20 km/h, 30 km/h, 40 km/h로 주행하였고, 과속방지턱에서 3 m 떨어진 지점에 지면으로부터 1.5 m 높이에서 소음을 측정하였다. 또한, 폭이 3.5 m이고 높이가 10 cm, 12.5 cm인 과속방지턱에서 주행속도별 최고소음도(LAFpeak)를 측정하였다. 과속방지턱에서 3 m 떨어진 지점에서 최고소음도는 차량의 주행속도가 20 km/h에서 40 km/h로 증가함에 따라 승용차는 61.9 dB에서 71.0 dB로, 트럭은 70.0 dB에서 82.0 dB로, 승합차는 68.0 dB에서 74.5 dB로, SUV는 64.3 dB에서 74.0 dB으로 증가하였다. 차종별 총중량은 트럭(3,280 kg) > 승합차(2,710 kg) > SUV(1,990 kg) > 승용차(1,795 kg) 순으로 같은 주행속도에서는 차량무게가 무거울수록 소음도가 높게 나타났으며, 승용차와 SUV는 모든 주행속도에서 1 kHz에서, 트럭은 20 km/h와 30 km/h에서 630 Hz, 40 km/h에서는 2 kHz에서, 승합차는 20 km/h, 30 km/h에서는 1.6 kHz, 40 km/h에서는 1 kHz에서 최고소음도를 나타냈다. 소음계 차체부착 측정에서 주행속도가 20 km/h에서 40 km/h로 증가함에 따라 승용차는 74.0 dB에서 86.6 dB로, 트럭은 82.90 dB에서 93.75 dB로, 승합차는 79.7 dB에서 86.95 dB로, SUV는 76.1 dB에서 87.0 dB로 최대값이 나타났는데, 20km/h에서는 차량의 중량순으로 소음도가 높게 나타났으나, 30 km/h와 40 km/h에서는 뚜렷한 상관관계는 나타나지 않았다. 중앙통과 시에 측면 통과시보다 최고소음도가 높게 나타났으나 트럭의 경우 과속방지턱 높이가 12.5 cm에서 차속 30, 40 km/h로 통과시 측면의 소음도가 높게 나타났다. 과속방지턱은 도로교통안전과 인접한 주민들의 정온한 생활환경을 위하여 설치되었으나, 속도를 줄이지 않고 통과하거나 규격하고는 맞지 않는 설치로 소음민원이 발생하고 있으므로 속도제한 강화 및 설치높이를 규격에 맞게 설치하여야 한다.

**Key words:** 소음, 과속방지턱, 차량중량, 차량속도, 최고소음도, 주파수분석

부산만 표층 퇴적물 중 잔류성유기오염물질의 시공간적 분포  
Spatial and temporal distributions of persistent organic pollutants  
(POPs) in sediment from Busan Bay between 2003 and 2015

조현진 · 이현경 · 구빛나 · 김남숙 · 문효방\*  
한양대학교 해양융합공학과

\*Corresponding author: hbmoon@hanyang.ac.kr

**Abstract**

Persistent organic pollutants (POPs) are ubiquitous contaminants in different environmental compartments such as air, water, sediment and wildlife. Polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs), and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) are representative POPs nominated by the United Nations Environmental Programme (UNEP) since 2001. Due to the environmental persistence and toxicity of POPs, these contaminants have been regulated by international and domestic authorities. Despite this, studies are scarce on temporal trend of POPs in coastal environment to assess the legislative action on POPs. In our study, the concentrations of PCBs, OCPs, and PBDEs were measured in surface sediments (n=41) collected in 2003 and 2015, to investigate the contamination status, profiles, and temporal trends of these contaminants. The total concentrations of PCBs, OCPs, and PBDEs in sediments collected in 2015 ranged from 0.20 to 41.2 (mean: 5.47) ng/g dry weight (dw), 0.18 to 46.3 (mean: 4.40) ng/g dw, and 0.02 to 40.8 (mean: 7.06) ng/g dw, respectively. Almost all of the POPs showed the decreasing trends from inner to outer sites in sediment from Busan Bay, implying the presence of contamination source at inside bay. The major congeners/compounds of PCBs, OCPs, and PBDEs were CB 153 (mean: 14% of  $\Sigma$ PCB), p,p'-DDE (42% of  $\Sigma$ OCP), and BDE 209 (69% of  $\Sigma$ PBDE). Significant correlations ( $r=0.662$ ,  $p<0.01^{**}$ ) were found between PCBs and DDTs, indicating the similar source and behavior of these contaminants in coastal environment. The clear declining trends ( $p < 0.0001$ ) of PBDEs were found in sediments from Busan Bay between 2003 and 2015. Our finding indicates that domestic and global regulations on consumption of PBDEs could be associated with the declining PBDEs levels in sediment in coastal environment.

**Key words:** PBDEs; surface sediment; Declining trend; Busan Bay; Legislative action

## Multi-collector ICP/MS를 이용한 아연과 칼슘 안정동위원소비 분석 조건 최적화 연구

### (Optimization of the analytical method for Zn and Ca stable isotope ratios by multi-collector ICP/MS)

박재선<sup>1</sup> · 김민섭<sup>1</sup> · 김지영<sup>2</sup> · 박현우<sup>1</sup> · 최종우<sup>1\*</sup> · 정현미<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>국립환경과학원 환경측정분석센터, <sup>2</sup>원주지방환경청 측정분석과,  
<sup>3</sup>국립환경과학원 환경기반연구부  
 \*Corresponding author: cjw111@korea.kr

#### 요 약 문

아연(Zn)과 칼슘(Ca) 안정동위원소는 최근 환경 오염원에 대한 추적자로 활용하기 위해 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 multi-collector ICP/MS를 이용한 Zn 및 Ca 안정동위원소비 분석을 위해 안정동위원소 표준물질들을 이용하여 Zn와 Ca 안정동위원소비 분석 조건을 정립하고, 질량편향 보정방법, 분석 기간, 분석 원소의 농도 등에 따른 정밀·정확도를 평가하였다. Zn 안정동위원소비의 정밀·정확도를 비교했을 때, 표준물질-시료 교차분석 보정방법이 내부표준물질 보정방법보다 질량편향 보정에 적합한 것으로 나타났다. Zn 농도에 따른 분석 결과에서는 25 µg/L 이상일 때 정밀도(%RSD < 0.1%)와 정확도(%bias < 0.01%)가 확보되어 분석 시 최소 25 µg/L 이상의 농도가 필요한 것으로 사료된다. Ca 안정동위원소비 분석의 경우에는 <sup>40</sup>Ar<sup>+</sup>, <sup>41</sup>K<sup>+</sup>, <sup>47</sup>Ti<sup>+</sup>, <sup>87</sup>Sr<sup>2+</sup> 등 동중원소들의 간섭효과를 최소화해야 한다. 특히 <sup>40</sup>Ar<sup>+</sup>의 영향을 최소화하기 위해 RF (radio frequency) power를 1300 W에서 575 W로 감소시킨 'cool plasma'를 사용하였다. <sup>42/40</sup>Ca, <sup>43/40</sup>Ca, <sup>44/40</sup>Ca의 정밀도는 각각 0.028, 0.097, 0.044%로 나타났으며, 정확도는 각각 -0.0012, -0.0079, 0.0028%로 분석 정밀·정확도의 신뢰성을 확보하였다. 본 연구 결과, 환경오염원의 추적자로서 Zn와 Ca 안정동위원소비 활용을 위한 분석 시스템을 확립한 것으로 판단된다.

**Key words:** 아연/칼슘 안정동위원소, multi-collector ICP/MS, 정밀·정확도, 환경 오염원 추적

## LA-ICP/MS를 이용한 패각 중 금속 원소 분석 기법 정립 (Determination of metal elements analysis technique in shell using LA-ICP/MS)

박현우<sup>1,2</sup>, 김민섭<sup>1</sup>, 이신우<sup>1</sup>, 박재선<sup>1</sup>, 윤숙희<sup>1</sup>, 임보라<sup>1</sup>, 최종우<sup>1\*</sup>, 정현미<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립환경과학원 환경기반연구부 환경측정분석센터, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 에너지환경대학원

\*Corresponding author: cjw111@korea.kr

### 요 약 문

Laser Ablation(LA-ICP/MS)를 이용한 고체시료 내의 미량원소 농도분석은 시료의 간단한 전처리와 짧은 분석 시간이 장점이며, 최근 pulsed ND: YaG레이저나 excimer 레이저를 이용하여 1~200  $\mu\text{m}$  직경의 레이저 빔으로 고체시료 분석이 가능하게 되어 다양한 고체 분석 분야에 적용되고 있다. 패각은 환경적 요인(계절, 수온 등)에 따른 중금속의 변화가 비교적 적고, 패각이 형성될 당시의 환경을 반영하고 있어 연안해역이나 해수의 환경오염을 평가하는 지표로서 활발히 연구되고 있다. 이에 본 연구에서는 LA-ICP/MS를 이용한 패각 중 금속 원소 분석 기법을 정립하고자 하였다. 패각은 서식지별 패각시료 총 5종(중국산: 홍합, 백합, 참조개, 국내산: 바지락, 명주조개)을 분석하였고, 분석한 금속 원소는  $^{26}\text{Mg}$ ,  $^{43}\text{Ca}$ ,  $^{55}\text{Mn}$ ,  $^{65}\text{Cu}$ ,  $^{66}\text{Zn}$ ,  $^{88}\text{Sr}$ ,  $^{114}\text{Cd}$ ,  $^{138}\text{Ba}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ 이다. 우선 LA-ICP/MS를 이용한 효율적인 분석방법을 선택하기 위하여의 분석 모드별(Line-Spot scan mode) 정확도와 정밀도를 비교하였고, 이때 표준물질은 성상의 보정을 위하여 유사한 성분을 포함한 NIST SRM(USGS MACS-3)을 이용하였다. 분석 결과 정확도(Spot: 100.7~152.8%, Line: 80.2~138.8%)와 정밀도(Spot: 0.7~3.5%, Line 0.5~9.5%)는 큰 차이를 보이지 않았으나 분석 시간에서 Spot Scan mode가 훨씬 적은 시간을 소모하기 때문에 시료 분석에 적합한 방법으로 판단하였다. 이 조건으로 패각 시료를 분석한 결과 Mg와 Sr의 농도는 다른 금속 원소에 비해 중국산(백합, 홍합, 참조개: 65.8~607.0 mg/kg)과 국내산(14.0~340.5 mg/kg)으로 높은 농도를 나타냈으며, 생장 시기별 분포 차이도 크게 나타났다(65.8~607.0 mg/kg).

**Key words:** LA-ICP/MS, 패각

패각의 산소안정동위원소비 분석을 통한 성장환경 복원 연구  
(Application of oxygen stable isotope composition of  
bivalve shells)

윤숙희 · 김민섭 · 박재선 · 박현우 · 임보라 · 최종우\*

국립환경과학원 환경측정분석센터

\*Corresponding author: cjw111@korea.kr

요 약 문

연안해역은 육상으로부터 배출되는 유기물 및 오염물질이 축적되는 곳으로 해수 혹은 퇴적물을 대상으로 주기적인 감시가 수행되고 있다. 그러나 해수의 시공간적 변화 및 퇴적물의 자연적 풍화 현상 등으로 인해 인위적 오염의 영향을 구분하는데 어려운 문제점이 존재하므로 환경오염 평가를 위한 다른 방법으로 생물체(수생식물, 패류 등)를 이용하는 방법이 널리 활용되고 있다. 그러나 생물체의 이용은 환경적(계절, 수온, 염분 등), 생리학적(크기, 부위, 성별, 연령 등), 산란 및 성장으로 인한 체내 오염물질 함량의 변화가 크므로 같은 환경에서 성장하였으나 비교적 변화가 적은 패각부분을 활용한 연구가 수행되었다(Bourgoin, 1990). 패각은 해수에 녹아있는 물질에 의해 형성되므로 패각 형성 당시의 해수 조성을 유지하고 이러한 특성을 활용한 패각중의 원소분석 연구는 패각 생성 당시 수중환경의 염분, 온도, 오염도, 생산성에 대한 역사적 기록을 가지고 있으므로 오염 및 기후변화의 지표로 활발히 연구되고 있다(Dodd, 1965, Chivas et al., 1986).

본 연구에서는 중국산 참조개, 백합, 홍합과 국산 명주조개, 바지락에서 산소안정동위원소비 분석을 수행하였다. 중국산 조개 패각의 산소 안정동위원소비 변화는, 백합  $-3.48 \sim 1.2\%$  (평균  $-1.19\%$ ), 참조개  $1.01 \sim 3.84\%$  (평균  $2.06\%$ ), 홍합  $-2.17 \sim 1.82\%$  (평균  $0.19\%$ )를 나타내었으며 참조개의 산소안정동위원소비가 가장 무거운 경향을 보였다. 국산 조개 패각의 산소안정동위원소비 변화는, 바지락  $-1.97 \sim 1.17\%$  (평균  $-0.11\%$ ), 명주조개  $-1.58 \sim 0.47\%$  (평균  $-0.35\%$ )를 나타내었으며 각 개체별 차이가 없음을 확인하였다. 또한 산소 안정동위원소비를 이용하여 조개들이 성장할 당시의 수온을 복원하였다. 대부분의 조개 패각은 매년 주기적으로 형성되며 패각의 횡단면에서 어두운 부분과 밝은 부분이 교대로 구성을 이루고 어두운 부분은 온도가 낮은 시기에 느린 성장을 나타냄을 알 수 있다.

**Key words:** 패각, 산소안정동위원소, IRMS, 수온복원

## 조류 폐사 원인 규명을 위한 농약류 탐색 기법 연구 (Establishment of screening method for pesticides from bird perish)

이두희 · 김보경 · 최종우\*

국립환경과학원 환경측정분석센터

\*Corresponding author: cjw111@korea.kr

### 요 약 문

본 연구에서는 조류 폐사 시 신속한 원인 규명의 위한 시스템을 구축하기 위하여 농약류를 대상으로 LC-Orbitrap 및 GC/MS를 이용한 스크리닝 연구를 실시하였다. 시험에 사용된 조류는 폐사된 4종의 조류의 위 및 그 내용물을 대상으로 실시하였으며 전처리방법은 QuEChERS 방법 중 AOAC 방법을 적용하여 실시하였다. 전처리된 시료는 LC-Orbitrap 질량분석기(full scan 모드 및 MS/MS scan 모드)를 이용하여 스크리닝 한 후 Trace Finder 프로그램, MZ Cloud 웹사이트 및 NIST 라이브러리를 이용하여 조류 폐사 원인 농약류를 스크리닝하였다. 또한, LC 항목에서 측정이 불가능한 항목은 GC/MS의 Full scan 모드 분석 결과를 NIST 라이브러리를 이용하여 스크리닝하였다. 시험된 전처리 방법의 적합성을 확인하기 위해서 유기인산계 농약, 유기염소계 농약, 피디린계 농약 등 다양한 농약류 중 250항목을 선정하여 방법검출한계, 검량한계, 정확도, 정밀도 등의 정도관리를 LC/MS/MS 및 GC/MS/MS를 이용하여 실시하였으며, 그 결과 방법검출한계는 3.9~79.9 ng/g, 정량한계는 12.5~254.5 ng/g, 정확도 및 정밀도는 53.7~126.4% 및 0.5~19.6%로 나타났다. LC-Orbitrap 및 GC/MS 스크리닝 분석 결과 A 조류에서는 monocrotophos, B 조류에서는 benfuracarb, carbofuran 및 그 분해산물이 검출되었으며, C 조류에서는 carbofuran 및 그 분해산물, carbosulfan, deltametrin, D 조류에서는 phosphamidon이 검출되었다. 본 연구를 통하여 LC-Orbitrap 및 GC/MS를 이용하여 조류 폐사 원인을 신속히 규명 가능함을 알 수 있었다. 하지만 GC/MS로 검출 가능한 농도는 LC-Orbitrap에 비하여 1000배 이상 낮기 때문에 GC-orbitrap 혹은 GC-ToF 등의 고분해능질량분석기를 통한 추가적인 연구가 필요하다.

**Key words:** 조류 폐사, 농약류 스크리닝, LC-Orbitrap, GC/MS, QuEChERS

한국인의 요 중 비스페놀류 노출수준 및 분포 연구  
(Study on exposure level and distribution of Bisphenols in  
urine among Korean Adults)

권영민 · 유지영\* · 최옥희 · 이나영 · 전해리 · 최경희

국립환경과학원 환경건강연구부

\*Corresponding author: yjy0216@korea.kr

요 약 문

국민환경보건 기초조사는 환경보건법 제14조에 따라 우리나라 국민의 환경유해물질 노출 수준을 파악하기 위하여 3년 주기로 조사하는 국가단위 인체모니터링 사업으로, 현재 제3기 조사가 진행 중에 있다. 내분비계 장애 추정물질로 사회적 이슈가 된 바 있는 비스페놀 A와 함께, 비스페놀 A의 대체물질 사용에 따른 현상을 반영하여 비스페놀 F, S 등 비스페놀류 3종의 노출수준을 파악하였다.

본 연구에서는 2015년에 조사된 만 19세 이상 성인 약 1,600명을 대상으로 체내 농도와 개인 특성 및 설문응답 결과의 분석을 통해 노출수준을 파악하고자 하였다. 체내 농도는 대상자의 일시뇨를 채취 한 후 LC-MS/MS를 사용해 분석하였고, 그 농도는 소변 중 크레아티닌 농도를 통해 보정하였으며, 크레아티닌 농도가 WHO 권고치 범위(0.3~3.0 g/L)를 벗어난 시료는 통계처리에서 제외 처리하였다.

크레아티닌 농도로 보정한 비스페놀 A, F, S의 산술평균(AM)은 각각 2.109, 0.528, 0.209  $\mu$ g/g cr.이었고, 기하평균(GM)은 비스페놀 A가 1.075, 비스페놀 S가 0.037  $\mu$ g/g cr.이었다. 다만, 비스페놀 F의 경우 검출한계 미만의 측정값이 49%로 기하평균값을 산출하지 않았다. 비스페놀류 노출수준은 연령에 따른 특이성이 관찰되지 않았으나, 해안지역이 다른 지역에 비해 비교적 높은 것으로 관찰되었다. 또한 비스페놀 A의 대체물질로 사용되는 비스페놀 F, S의 경우, 대부분 검출한계 수준의 농도로 검출되어 비스페놀 A에 비해 낮은 노출수준을 보였다.

본 자료는 연령별 가중치가 적용되지 않은 결과로, 추후 제3기 사업이 완료된 뒤, 가중치 적용과 정제를 통해 최종 결과를 도출할 예정이다.

**Key words:** Human Biomonitoring, Korean National Environmental Health Survey, Bisphenols

프탈레이트 대사체 표준물질에 대한 장·단기 안정성 평가 연구  
(Study on the long & short term for stability evaluation of  
the reference material for Phthalate metabolite)

정선경 · 김현정 · 유시은 · 이정섭 · 유승도  
국립환경과학원 환경건강연구부 환경보건연구과  
\*Corresponding author: sk0825@korea.kr

요 약 문

건강영향조사 및 환경보건조사에서 활용되는 생체시료 분석결과에 대한 신뢰성 확보는 매우 중요한 일이다. 이에 매년 분석기관의 숙련도 평가를 시행하고 있으나 국내의 경우 환경오염 물질의 생체시료 표준물질개발 및 제조가 거의 없어 국외 정도관리 표준물질을 사용하고 있는 실정이며 비용 부담 및 확보 가능한 표준물질 종류의 한계 등으로 어려움을 겪고 있다.

본 연구에서는 다양한 생활제품을 통하여 노출될 수 있는 대표적 환경호르몬인 프탈레이트 대사체에 대한 생체시료 분석용 표준물질을 개발하고 검증하는 것을 목적으로 하고 있다.

생체시료 분석용 표준물질에 대한 국내외 자료를 검토한 이후 예비실험을 통하여 수립된 제조방법으로 후보표준물질을 제조하였고, 균질도 조사방법 및 분석결과에 대한 평가는 ISO 13528 및 ISO 가이드 35를 준용하여 수행하였다. 제조·소분된 예비표준물질 프탈레이트 8종(MEHHP, MEOHP, MECPP, MnBP, MBzP, MCOP, MCPP, MCNP)에 대하여 각각 10개씩, 농도대별로 저농도와 고농도로 구분하여 분석을 수행한 결과 전 항목에서 기준에 만족하는 균질도 평가 결과를 나타내었다. 안정성 평가의 경우, -70°C 조건에서 90일 동안 보관한 3개월 장기 안정성 평가 결과 초기 시료와 비교하여 통계적으로 유의한 변화를 나타내지 않았다. 그러나 운송 상의 악조건을 감안하여 설정한 25°C 및 40°C 조건에서는 7일의 단기 보관 시에도 상당수의 항목에서 통계적으로 유의한 변질을 가질 수 있는 것으로 평가 되었다. 향후 12, 24개월의 장기 안정성 평가 및 결과 검증을 통해 제조기법을 확립한다면 숙련도 시험 및 내부정도관리용 표준물질로 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 고가 및 고농도의 국외 표준물질 제품의 수입을 대체할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 사료된다.

**Key words:** 숙련도 평가, 생체시료 표준물질, 정도관리, 바이오니터링, 프탈레이트 대사체, 균질도, 안정성 평가, 신뢰도

가치를 이용한 POPs와 FRs 분석;  
모니터링 종을 이용해 도심의 오염정도 평가

Accumulation of persistent organic pollutants (POPs) and  
emerging flame retardants in Eurasian magpie (*Pica pica sericea*):  
Assessment of feasibility of biomonitoring species for  
urban environment

Kiwan Park<sup>1</sup>, Jae-Eun Lim<sup>1</sup>, Sang-Im Lee<sup>2</sup>, and Hyo-Bang Moon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Marine Science and Convergence Engineering, Hanyang University, Ansan 15588, Korea;

<sup>2</sup>Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology, Daegu 42988, Korea

**Abstract**

Eurasian magpie (*Pica pica sericea*) is the residential bird species and is distributed in urban and rural regions of Korea. Avian species have been utilized as biomonitoring species because birds are vulnerable species for toxic environmental contaminants such as persistent organic pollutants (POPs). In our study, the concentrations of POPs and emerging flame retardants such as novel brominated flame retardants (NBFRs) and dechlorane plus (DP) were measured in the liver of Eurasian magpie (n=141) collected from seven regions of Korea in 2004 and 2016, to investigate the contamination status, accumulation profiles, regional difference, and temporal trends of these chemicals. The mean concentrations of PCBs, OCPs, PBDEs, NBFRs, and DP in liver samples were 24.4, 136 7.74, 0.10, and 1.80 ng/g lipid weight, respectively. Signification correlations were found between the concentrations of PCBs and OCPs ( $r=0.222-0.881$ ,  $p < 0.01$ ), PBDEs and their congeners ( $r=0.570-0.965$ ,  $p < 0.01$ ), DP and their congeners ( $r=0.715-0.999$ ,  $p < 0.001$ ), indicating the similar sources and bioaccumulation behavior. Almost all of the contaminants showed no significant differences depending on the sex and growth stage. BDE 153 had significant differences for growth stage. Most of the contaminants showed no significant differences depending on the regions except for CB 180,  $\Sigma$ PCBs, b-HCH, BDE 154, DP and their congeners. From 2004 to 2016, BDE 154 only showed a tendency to increased (0.20 and 0.47 ng/g lipid weight,  $p < 0.016$ ) in all of the contaminants. The presumption of this study is that PBDEs was still using in some regions.

**Key words:** POPs; Flame retardants; Bird; Dechlorane plus; PBDE

시간활동양상에 따른 VOCs 노출 및 영향요인 연구  
(Affecting factors of exposure to VOCs according to  
time-activity pattern)

정순원 · 김현정 · 홍수연 · 정아라 · 김수진 · 양원호<sup>1\*</sup>

국립환경과학원 환경보건연구과, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 산업보건과

\*Corresponding author: whyang@cu.ac.kr

요 약 문

현대인은 하루 약 87%를 실내에서 생활하고 있으며, 청소년들의 실내활동 시간은 하루 약 22시간가량 되는 것으로 보고되고 있어 실내공기 관리의 중요성이 높아지고 있다. 실내공기오염물질의 개인노출은 각 국소환경의 오염물질 농도와 노출시간에 따라 결정되기 때문에 시간활동조사는 환경유해인자들의 노출을 파악하는데 있어 주요한 노출요인이라 할 수 있다. 본 연구에서는 제2기 국민환경보건 기초조사 참여자를 대상으로 주택 실내·외 및 개인노출 농도와 시간활동양상 자료를 조사하였으며, 주택실내, 직장, 기타실내, 실외, 이동수단 등 5가지 국소환경에서 보낸 시간에 따라 톨루엔 개인노출에 영향을 주는 요인을 분석하였다. VOCs의 개인노출 농도와 국소환경 간의 상관성 분석에서 주택실내에 머무는 시간이 많을수록 전반적인 VOCs의 농도가 줄어드는 경향을 나타내었으며, 직장 및 학교에 머무는 시간이 많을수록 VOCs의 농도가 양(+)의 경향을 나타내었다. 총 참여자 379명에 대하여 평일과 주말의 시간활동양상을 분석한 결과, 평일 실내환경에서 머무르는 시간은 주택실내 16.6±4.6 hr, 직장 및 학교 3.0±4.3 hr, 기타실내 1.8±2.1 hr로 하루 중 실내환경 체실률은 88.7%를 나타냈으며, 실외에 머무르는 시간은 1.1±1.9 hr, 이동시간은 1.6±1.7 hr로 나타났다. 주택실내에서 보내는 시간은 여성(17.92±3.60 hr)이 남성(15.25±3.98 hr)보다 약 2.67 hr 더 많았으며(p<0.00), 직장 및 학교에 머무는 시간은 남성(3.29±3.99 hr)이 여성(1.58±2.82 hr)보다 약 1.71 hr 더 많은 것으로 나타났다(p=0.00). VOCs 개인노출 농도에 영향을 주는 요인을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과, 주택형태, 직업유무 등이 개인노출에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 모든 물질에서 공통적으로 직장 또는 학교에서 보낸 시간이 개인노출 농도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 시간활동양상은 각 국소환경에서의 개인노출을 추정할 수 있는 기본적인 자료로써 노출경로에 대한 해석과 함께 좀 더 정확한 노출수준을 파악할 수 있기 때문에 향후 개인노출평가에 있어 장소와 시간에 대한 정보는 필수적인 요소가 된다고 할 수 있다.

**Key words:** VOCs, 개인노출, 시간활동양상, 국소환경

국내 산업화 해역 해양퇴적물 내의  
비스페놀류와 벤조페논류의 시공간적 분포  
Spatio-temporal distribution of bisphenol analogues and  
benzophenones in marine sediment from  
industrialized coastal regions in Korea

박민규, 이재원, 정윤선, 문효방\*

한양대학교 해양융합공학과

\*Corresponding author: hbmoon@hanyang.ac.kr

**Abstract**

Bisphenol A (BPA) has been widely used as polycarbonate and epoxy resins, but recently BPA is replaced into other analogues such as bisphenol F (BPF) and S (BPS). BzPs are used in cosmetics, particularly as additives of sunblock cream. Although BPs and BzPs are widely consumed in our daily life, limited information is available on distribution and sources of these contaminants in coastal environment of Korea. Based on their physico-chemical properties of BPs and BzPs, marine sediments could be final reservoir and secondary source of these contaminants in coastal environment. In this study, eight BPs and five BzPs were measured in sediments collected from heavily industrialized coastal regions (Ulsan, Onsan, and Masan Bays) using LC-MS/MS. The sediment core from Ulsan Bay were measured for BPs to assess the historical trends. BPA, BPF, 4-hydroxy-benzophenone (4OH-BP), and benzophenone-3 (BP-3) were predominant compounds (>70% detection rate) in all samples. Total concentrations of BPs in sediments from Ulsan, Onsan, and Masan Bays ranged from 0.9 to 112 ng/g dry wt, 4.8 to 42 ng/g dry wt, and 0.6 to 42 ng/g dry wt, respectively. Sediments from rivers/streams showed the highest levels of BPs due to intensive industrial activities. Total BzPs concentrations in sediments from Ulsan, Onsan, and Masan Bays ranged from 0.4 to 4.1 ng/g dry wt, 0.1 to 2.7 ng/g dry wt, and <LOQ to 4.6 ng/g dry wt, respectively. Unlike BPs, the homogenous distribution of BzPs was found in sediments from among bays surveyed. Significant correlations ( $r=0.455-0.983$ ,  $p<0.05$ ) were found for the concentrations of BPA, BPF, and 4-OH-BP, indicating the similar sources and environmental behavior. BPA and BPF were significantly ( $p<0.01$ ) correlated with the contents of total organic carbon in sediments from Masan Bay. Concentrations of BPA and BPF in sediment core from Ulsan Bay showed clear increasing trends over time, implying gradual consumption of BPs in Korea.

**Key words:** Bisphenol, Benzophenone, Endocrine disrupting chemicals, Sediment

Online-SPE-UHPLC-MS/MS를 이용한  
 소변 중 프탈레이트 대사체 동시분석법  
 (Robust high-throughput method for 8 phthalate metabolites in  
 human urine using Online-SPE-UHPLC-MS/MS)

신정훈<sup>1</sup> · 최지영<sup>1</sup> · 이지현<sup>1</sup> · 홍영민<sup>1\*</sup> · 정영림<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동일시마즈 기술연구소

<sup>2</sup>서울의약연구소

\*Corresponding author: ymhong@shimadzu.co.kr

### 요 약 문

우리는 일반적으로 사용하는 소비재를 통해 환경성 프탈레이트에 쉽게 노출이 된다. 환경호르몬이 체내에 축적됨에 따라 내분비교란, 발암 등 건강 문제를 야기할 수 있어 생체시료를 이용한 환경유해물질 노출평가 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Online-SPE-UHPLC-MS/MS를 사용하여, 환경성 프탈레이트를 분석하였다. 분석 대상물질은 MBzP, MCNP, MCOP, MCP, MECP, MEHHP, MEOHP, MnBP로 총 8성분이다. 분석 농도 범위는 MBzP는 0.5~30 ng/mL이며, MCNP, MCOP, MCP는 0.5~10 ng/mL, MEHHP, MEOHP는 0.5~100 ng/mL, MECP, MnBP는 2~200 ng/mL으로 검량선의 직선성은 0.997~0.999이었다. 정확도는 92~106%이었으며, 정밀도는 1.1~4.0% 범위로 나타났다. 이 분석 방법을 사용하여 100개의 인체 소변 시료를 분석하였다.

**Key words:** Human urine, Environmental phthalate, Online-SPE-UHPLC-MS/MS

Online-SPE-UHPLC-MS/MS를 이용한 소변 중 OH-PAHs 분석  
(Robust high-throughput method for PAH metabolites in  
human urine using Online-SPE-UHPLC-MS/MS)

최지영<sup>1</sup> · 이지현<sup>1</sup> · 신정훈<sup>1</sup> · 홍영민<sup>1\*</sup> · 정영림<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동일시마즈 기술연구소

<sup>2</sup>서울의약연구소

\*Corresponding author: ymhong@shimadzu.co.kr

요 약 문

다환방향족 탄화수소류(PAHs)는 화석연료의 불완전 연소와 같은 여러 가지 인위적인 발생원에 따라 대기(실내/외)중으로 배출되고 있으며, 작업장에서의 인체노출 또한 중요한 이슈로 부각되고 있다. PAHs의 대부분은 발암물질로 알려져 있다. 이들의 실제 인체노출을 평가하기 위해서는 소변 중의 대사체화 된 OH-PAHs 측정하는 방법을 사용하고 있으며, 고감도의 분석방법이 요구되기 때문에 GC/HR-MS와 GC-MS/MS방법을 주된 방법으로 사용하고 있다. 하지만 GC로 분석 할 경우 OH-PAHs의 매우 복잡한 전처리 과정과 유도체화 과정을 거쳐야 하며, 시간 소모가 매우 크고, 분석대상물질의 Loss 또한 발생할 수 있다. 최근에는 이러한 단점을 보완하기 위해서 Online-SPE-LC-MS/MS를 적용한 사례가 보고되고 있다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 Online-SPE-UHPLC-MS/MS를 적용하여, OH-PAHs의 분석 가능성을 검토하였다. 분석 대상물질은 2-Hydroxynaphthalene, 1-Hydroxypyrene, 1-Hydroxynaphthalene으로 총 3 성분이었다. 2-Hydroxynaphthalene과 1-Hydroxynaphthalene의 분석농도 범위는 0.1~50 ng/mL이었으며, 1-Hydroxypyrene는 0.025~25 ng/mL이었다. 검량선의 직선성은 0.995~0.998로 양호하였으며, 정확도는 83~115%로 나타났다. 이와 같은 결과로 향후 Online-SPE-LC-MS/MS를 적용하여 약 10종 이상의 OH-PAHs 대사체에 관한 동시분석방법을 개발하여 분석방법을 평가할 계획이다.

**Key words:** Human urine; OH-PAHs; Online-SPE-UHPLC-MS/MS

Online-SPE-UHPLC-MS/MS를 이용한  
소변 중 페놀 대사체 동시분석법  
(Robust high-throughput method for 25 phenol metabolites in  
human urine using Online-SPE-UHPLC-MS/MS)

이지현<sup>1</sup> · 최지영<sup>1</sup> · 신정훈<sup>1</sup> · 홍영민<sup>1\*</sup> · 정영림<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동일시마즈 기술연구소

<sup>2</sup>서울의약연구소

\*Corresponding author: ymhong@shimadzu.co.kr

요 약 문

BPA와 같은 페놀류는 환경오염 및 인간의 내분비계 장애 문제를 초래할 수 있는 물질로 알려지면서 이 문제를 줄이기 위해 유럽, 미국 등 선진국 중심으로 사용 규제가 강화되고 있다. 현재 생체 시료 중 환경 오염물질 표준 분석법은 마련되지 않은 상황이므로 이를 해결하기 위한 분석법 표준화 연구가 필요하다. 본 연구에서는 Online-SPE-UHPLC-MS/MS를 사용한 환경성 페놀류 분석법을 최적화하였다. 신뢰성을 확보하기 위해 정밀도, 정확도, 회수율 등의 분석방법의 평가를 진행하였다. 대상물질은 Alkylphenols, Bisphenol A, Chlorophenols, Triclosan, Benzophenones을 포함한 25 성분이다. Triclosan을 제외한 성분의 분석농도 범위는 1~50 ng/mL이며, Triclosan은 1~10 ng/mL으로 검량선의 직선성은 0.993~0.999였다. 정확도는 72~114%였으며, 정밀도는 3.0~8.7%, 회수율은 83~103% 범위로 나타났다.

**Key words:** Environmental phenols; Online-SPE-UHPLC-MS/MS; Method validation

수질 중 유기인계 농약류, 다이아지논과 파라티온의 숙련도 시험용 개발  
Development of Standard Materials for Proficiency Testing in  
water of Diazinon and Parathion

최원석 · 이정엽 · 최재원 · 김윤석\*

K-water 연구원 수질연구센터

Water Quality Research center, K water, Shintanjinro 200, Daeduckgu, Daejeon, Korea

\*Corresponding author: Yunskim@kwater.or.kr

요 약 문

숙련도 시험은 시험자 및 시험기관의 시험능력 평가 외에 시험결과와 품질관리 보증 수단 중 하나이다. 본 연구는 국내에서 먹는물 수질기준항목 중 다이아지논 및 파라티온을 숙련도 항목으로 선정하였고, 수질 중 다이아지논 및 파라티온 숙련도시료에 대한 상온, 냉장, 가혹조건에서 균질성과 안정성이 평가되었다. 일반적 분석방법에 따라 수질 중 유기인계농약 분석에 사용하는 NPD 검출기 부착의 가스크로마토그래프 분석기(GC-NPD)로 분석하였고, 균질성 및 안정성은 국제 표준에 준한 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 균질성의 경우 통계적 분석법인 분산분석(일원배치법)결과 균질성이 확보되었다. 즉, 균질도 검증은  $SS \leq 0.3opt$ 이므로 병간 균질도가 숙련도 표준편차보다 작으므로 숙련도 시료의 균질성은 만족된 것으로 판단하였다. 안정성의 경우, 시료 운송기간 등을 감안하여 시료 제조 후 약 4주간 5시점에서 냉장, 실온 그리고 가혹 조건에서 안정성을 평가한 결과, 다이아지논과 파라티온 두 항목 모두 평균 차이값이  $0.3opt$ 보다 작으므로 제조 시료의 안정성은 숙련도 시료로서의 조건을 만족한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 제조한 수질 중 유기인계 농약류 시료가 숙련도시험을 운영함에 있어서 적합한 것으로 판단된다.

**Key words:** 숙련도, 다이아지논, 파라티온, 균질성 및 안정성, 통계

염소산화에 의한 고농도 조류독소 제거 효율 평가 (I)  
Evaluation of high concentration of algal toxin removal efficiency  
by chlorine oxidation (I)

안성윤 · 장현지 · 최일환 · 최재원\*

K-water 연구원 수질연구센터

Water Quality Research center, K water, Shintanjinro 200, Daeduckgu, Daejeon, Korea

\*Corresponding author: choijw@kwater.or.kr

요 약 문

최근 기후변화로 이상고온, 가뭄 등 기상이변에 따라 상수원 조류발생이 심화되고 조류독소 검출빈도 및 농도가 상승하고 있다. 그러나 고농도 조류독소 처리에 대한 연구는 아직까지 이루어지지 않는 실정이며, 이로 인해 고농도 독소 유입에 대한 불안감이 지속되고 있는 실정이다.

본 연구는 주요 정수처리공정 중 염소산화에 의한 제거효율 검증에 하고자 하였다. 조류가 많이 발생하는 낙동강과 한강 원수에 조류독소 표준물질(총 마이크로시스틴 800  $\mu\text{g/L}$  이상)을 주입하여 실험하였으며, 염소주입은 (2~5) mg/L까지 단계별로 주입하였으며, 접촉시간은 정수 처리 공정을 고려하여 6시간 접촉하였다.

같은 염소 주입률일 경우 한강 원수가 낙동강 원수의 조류독소 제거율이 더 높았으며, 염소 주입률 (3~4) mg/L일 경우 조류독소 먹는물 권고기준인 1  $\mu\text{g/L}$ 까지 달성 가능하였다. 고농도의 조류독소가 유입되더라도 유입원수의 수질을 고려한 충분한 염소주입이 이루어지면 조류독소는 먹는물 감시기준 이하로 제거 가능할 것으로 판단된다.

**Key words:** 마이크로시스틴, 조류독소, microcystins, 염소산화

남동임해 공업지역 연안 표층 퇴적물의 다이옥신 분포특성  
(Spatial Distribution of PCDD/Fs in Surface Sediments collected  
from Southeastern Coastal Regions)

손지영<sup>1</sup> · 박민규<sup>1</sup> · 이호영<sup>1</sup> · 이인석<sup>2</sup> · 최성득<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>울산과학기술원 도시환경공학부, <sup>2</sup>국립수산과학원 어장환경과

\*Corresponding author: sdchoi@unist.ac.kr

요 약 문

다이옥신류(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and furans, PCDD/Fs)는 불완전 연소로 인해 비의도적으로 환경 중에 배출되며, 스톡홀름협약에서 규제되고 있는 잔류성유기오염물질(Persistent organic pollutants: POPs)이다. POPs는 대기침적 또는 직접유입 통해 수계로 들어와 퇴적물에 축적되기 때문에, 퇴적물은 POPs의 최종 중착지로 볼 수 있다. 본 연구에서는 남동임해 공업지역(진해, 부산, 울산, 광양) 연안 69개 지점에서 해양퇴적물 시료를 채취하였다. 17종 다이옥신류를 고분해능 질량분석기(GC/HRMS)를 이용하여 분석하였다. PCDD/Fs의 평균농도는 광양, 울산, 부산, 진해 순으로 높았으며, 광양지점을 제외한 나머지 지점들은 통계적 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > 0.005$ ). 대부분 지점에서 OCDD가 약 70%로 가장 높은 분포를 보였다. 지점별 오염원 추적을 위해 인근 산업단지 정보를 이용하였고, 지리정보시스템(Geographic information system: GIS)을 이용하여 PCDD/Fs의 지리적 공간분포를 확인하였다. 예를 들어, 가장 높은 농도를 보인 지점의 반경 5 km 이내에 하수처리장이 위치하여, 방류수에 의한 오염을 추정할 수 있었다. 향후, 본 연구 결과를 바탕으로 육상에서의 거리에 따른 농도와 동족체·이성질체 비율을 비교하여 오염원을 추가로 규명할 예정이다.

**Key words:** PCDD/Fs, POPs, sediment, GIS