

농업환경에서 발생하는 미세플라스틱 필름의 Cd, Pb 흡착 특성 (서울대, 세명대, 전남대)

전과정평가 기법을 활용한 탄산음료의 탄소배출량 (서울시립대, IGSC)

미세기포 부상분리 공정에서 미세플라스틱 분리를 위한
단일포집자 충돌 모델 (전북대, 신경대)

강화 생물여과를 위한 인산염과 과산화수소 투입이
생물활성탄 공정의 박테리아 군집과
제거효율에 미치는 영향 (부산시수질연구소, 상명대)

DNA 추출법에 따른 혐기소화조
미생물 군집 분석 (경남과기대, 스칸디나비안)

AQUATOX 모델을 이용한 낙동강 하구역
생태계 모델 구축 (부경대)

낙동강 하류지역 Chl-a 추정을 위한
boosting 알고리즘 적용 (부경대)

고염분 조건의 농화배양 과정에서 하수슬러지와
염분폐수슬러지의 아질산화 미생물군집 (부산대)

관망 정체수 자동퇴수장치 적용성 검토:
서울시 상수도관 시범적용 사례
(대우건설, 서울상수도사업본부)

◀ 조은혜(전남대), 주원정(서울대)

레저부문

종합리조트부터 레이싱 서킷까지 국내 레저문화의 가치를 높인다

물류부문

첨단기술과 창조적 열정으로 앞선 물류네트워크를 구축하다

종합건설부문

주거 및 도시기반시설의 앞선 역량으로 더 풍요로운 내일을 건설하다

환경부문

독보적인 수처리 기술로 친환경 비전을 선보인다

건설의 한계를 넘어선

태영의 창조본능

건설을 넘어 환경, 레저, 물류까지 태영의 가능성은 끝이 없습니다

TAEYOUNG

태영건설

Life Value Creator

TAEYOUNG

Design, Detail, **DESIGN**

편집인의 말

JKSEE는 “J-K-SEE (제이-케이-씨)”로 불러주십시오.
JKSEE는 지금도 발전하고 있고 앞으로도 발전합니다.

인류는 참으로 빨리 변화하고 있습니다.

거대한 자연 두려움에 짓눌려 살아가던 고대 인류는 자연의 선택적 압력에 따라 진화를 거듭해 왔습니다. 이제는 지식으로 그 자연을 지배하게 되었습니다. 인간이 자연을 지배했기에 어떤 이는 더 이상의 ‘자연적 진화’는 없을 것이라고 합니다.

인류 문명이 발전함에 따라 인간은 지구를 뒤덮었습니다. 어떤 이는 2050년까지 화성에 100만명을 이주시키겠다고 말합니다. 우리는 이제 100세 시대를 말할 정도로 오래 살게 되었습니다. 인구가 늘고 수명이 증가할수록 유전적 다양성도 높아져 인류의 진화는 더욱 가속화 된다고 합니다.

몸짓, 소리, 그림으로 뜻을 전하던 인류는 언어와 문자를 발명하게 되었습니다. 문자는 비교적 최근의 발명품이기에, 아직도 문자를 제대로 인식하지 못하는 난독증(dyslexia) 환자들도 있습니다. 이제 그 문자를 넘어 각자 당신(You)의 텔레비전(Tube)을 통해 영상으로 소통합니다. 뉴럴링크(Neural link)가 도입된다면 컴퓨터와 두뇌의 결합으로 지식 생산과 전파에 있어 다른 차원의 새 시대가 열릴 것입니다.

미래의 학술지의 모습은 어떤 모습일까요?

불과 얼마 전까지만 해도 타이핑한 논문을 우편으로 보내고 수정사항을 반영하여 다시 우편으로 보내던 시절이 있었습니다. 이제 각자의 컴퓨터를 통해 촘촘히 연결된 인터넷으로 전산화된 자료를 주고 받습니다. 최종 출판물도 디지털 자료가 대세가 되고 있습니다. 편리하고 빠르고 정확해진 만큼 출판물의 숫자는 비약적으로 늘어나고 있습니다. 엄청난 지식 전파 속도로 인해 현대 과학의 발전 속도는 눈부십니다.

제 학생들은 온라인 번역기를 이용하여 외국어 자료를 보고 있습니다. 버튼 하나만 누르면 웹페이지를 손쉽게 한국어로 번역해 줍니다. 몇 년까지만 해도 번역이 영성했지만 이제는 저도 번역기를 애용하고 있습니다. JKSEE 홈페이지 상단의 번역기 버튼을 누르면 109개의 언어로 단숨에 번역됩니다. 미래에는 두뇌에 연결된 링크를 통해 JKSEE의 논문의 지식을 매우 손쉽게 흡수할지도 모릅니다.

그 변화가 너무도 현란하여 알 수 없는 미래입니다. 과연 JKSEE는 어떤 모습을 하고 있을까요? 먼 미래에도 가장 선도적으로 변화를 이끄는 국내 최고의 환경공학지로 남아있을까요? 그 소망을 담아 앞으로도 많은 투고와 구독 부탁드립니다.

2021년 2월

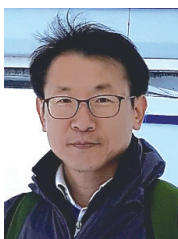
부편집위원장 정 석 희 (전남대)



편집위원장



정승우 (군산대)



이원태 (금오공대)



주진철 (한밭대)



김상현 (연세대)



이경빈 (환경부)

부편집위원장

이달의 연구자

2021년 1월호 『이달의 연구』논문은 “농업환경에서 발생하는 미세플라스틱 필름의 Cd, Pb 흡착 특성(주원정, 안진성, 조은혜)”입니다.

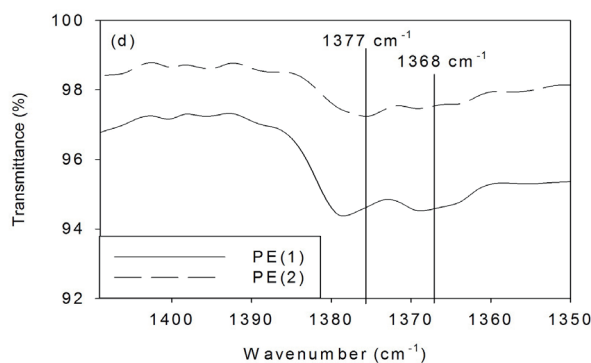


Fig. 1. Magnified ATR-FTIR spectra to compare bands at 1,377 cm^{-1} and 1,368 cm^{-1} for PE(1) and PE(2).

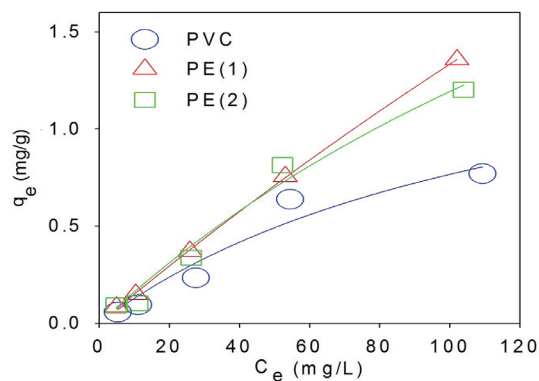


Fig. 2. Langmuir isotherm of Cd adsorbed onto PVC, PE(1), and PE(2).

농업환경에서 발생하는 미세플라스틱의 중금속 흡착 특성에 관한 연구

일상에서 다양한 용도로 사용되고 있는 플라스틱의 사용량은 계속 증가하는 추세이다. 특히 최근 물 환경뿐 아니라 토양 환경에서 발견되는 미세플라스틱에 대한 우려가 연구로 이어지고 있다고 할 수 있다. 농업환경은 특히 먹거리와 연결되는 환경으로 농업환경에의 미세플라스틱 존재는 먹거리 안전성에도 영향을 줄 수 있다.

농업환경에서는 비닐하우스, 멀칭비닐 등의 형태로 플라스틱이 사용되고 있다. 사용 후 환경으로 유입된 플라스틱은 물리적, 화학적, 생물학적 작용으로 작은 단위로 분해된다. 이 중 입자 사이즈가 5 mm 이하인 플라스틱을 미세플라스틱이라 정의한다. 토양 중에 잔류하는 미세플라스틱은 표면적이 넓기 때문에 중금속을 포함한 다양한 오염물질을 흡착시켜 농경지 생태계에 영향을 줄 개연성이 있다.

본 연구에서는 농업환경에서 빈번하게 사용되는 필름형태의 플라스틱을 미세플라스틱 크기로 잘라 Pb와 Cd 흡착특성을 평가하였다. PVC (polyvinyl chloride) 필름 한 가지와 PE (polyethylene) 필름 두 가지를 5 mm 이하로 잘라 미세플라스틱을 준비한 후, Pb 용액 또는 Cd 용액($0.5\text{--}100\text{ mg L}^{-1}$)에 넣어 72시간 동안 흡착 실험을 수행하였다. 흡착실험결과를 Langmuir, Freundlich, Temkin 등온 흡착 모델에 적용하여 흡착 특성을 비교하였다.

등온 흡착실험결과를 Langmuir, Freundlich, Temkin 모델을 이용해 도식화한 결과, 전반적으로 Langmuir 및 Freundlich 모델에 잘 맞는 경향($R^2 > 0.9$)을 보였고, Temkin 모델은 상대적으로 잘 맞지 않는 경향을 보였다. 플라스틱 종류와 관계없이, Pb에 대한 흡착친화도를 나타내는 Langmuir 상수(K_L)의 값과 최대흡착에너지를 의미하는 Temkin 상수(A_T)의 값이 Cd에 대한 값보다 더 높게 나왔고, 흡착강도와 관련 있는 Freundlich 상수(n_F)는 $\text{Pb} > \text{Cd} > 1$ 의 경향을 나타내었다. 이는 Cd보다 Pb의 PVC와 PE에 대한 흡착친화도가 크다는 것을 의미한다. 반면 흡착량은 플라스틱 종류와 관계없이 Cd의 흡착량이 Pb보다 컸다.

본 연구는 토양 중 잔류하는 미세플라스틱 필름이 Cd와 Pb 같은 중금속을 흡착하고, 따라서 토양 환경 중 중금속의 거동에 유의한 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 또한 폐플라스틱의 환경 문제가 사회적 이슈로 대두되고 있는 요즘, 다양한 폐플라스틱으로부터 발생할 수 있는 미세플라스틱의 지중환경 중 관리의 필요성에 대한 합리적 근거를 제공하고, 따라서 토양 환경 내 미세플라스틱에 대한 추가 연구가 이루어질 필요가 있음을 보여준다.

본 편집위원회에서는 농업환경에서 발생하는 미세플라스틱의 중금속 흡착 특성에 관하여 본 논문이 시대적 중요성과 우수성이 있다고 판단하여 이달의 연구로 선정하는 바이다.

이달의 연구자



주원정

서울대학교 건설환경공학부 박사과정에 재학 중이며, 갈바니 산화를 통한 황철석 용해 촉진 및 이를 이용한 광산 폐기물 내 중금속 제거에 관한 연구를 수행하고 있다.



안진성

세명대학교 바이오환경공학과에서 조교수로 재직 중이며, 서울대학교에서 학사·석사·박사학위(건설환경공학)를 취득하였다. 현재 중금속 및 미세플라스틱의 토양/지하수 중 거동 및 생태독성 평가에 관련한 다양한 연구를 수행하고 있다.



조은혜

전남대학교 농생명화학학과에서 부교수로 재직 중이며, The University of Auckland에서 학사 및 박사학위(토목공학)를 취득하였다. 환경 중 다양한 오염물질을 제거하여 환경의 질을 향상시키기 위한 연구를 수행해 왔으며, 최근에는 환경오염물질과 미세플라스틱 간의 상호작용과 이들이 생태계에 미치는 영향을 평가하는 연구를 수행하고 있다.

이 달의 탐방 ...



전남대학교 환경 및 생태 시스템 연구실



깨끗하고 건강한 환경을 조성하기 위해 연구하며 성장하고 있는 EESL

환경 및 생태 시스템 연구실(Environmental & Ecological Systems Laboratory; EESL)은 생태계를 고려하면서 깨끗한 환경을 조성하기 위한 연구를 수행하고자 2015년 한국외국어대학교 환경학과에서 시작되었고, 2020년 9월부터는 전남대학교 농생명화학에서 연구를 수행하고 있는 연구실입니다.

환경 중에 있는 다양한 오염물질이 생태계 및 인체에 미치는 영향을 알아보기 위해 오염물질과 환경 매체의 특성을 고려하여 오염물질의 거동을 연구하고, 최적 처리 및 관리 기술을 개발하기 위한 다양한 연구를 수행하고 있습니다. 물리화학적 공정뿐 아니라 환경미생물의 생태학적 기능을 활용한 생물학적 공정을 활용해 환경 오염물질을 저감하기 위한 연구를 꾸준히 수행해 왔고, 다양한 연구실들과 함께 협업하면서 연구 범위를 확장해 나가고 있습니다. 특히 농업환경과 먹거리 안전 관련 연구로 범위를 확장 중에 있습니다.

EESL은 지도교수인 조은혜 교수를 중심으로 현재 학사과정 연구원 7명, 석사과정 연구원 4명이 프로젝

트별로 팀을 구성하여 연구를 수행하고 있습니다. 현재 새롭게 연구실을 구비하면서 한국연구재단, 농촌진흥청, 국립환경과학원 등의 연구개발과제를 성공적으로 수행하고자 연구를 수행 중에 있습니다. EESL은 학생들과 함께 성장하고 있는 단계로, 앞으로 환경, 특히 농업환경 관련 분야 전문가들을 양성하고 이들이 국·내외에서 환경 전문가로 활동할 수 있도록 하는 것을 목표로 하고 있습니다.

2020년 9월에 부임한 이래 아직 학교에서는 뵙지 못한 조은혜 교수님을 이번 기회에 볼 수 있었습니다. 시원털털한 조교수님과 같이 연구실 분위기도 아주 시원하고 밝아 보였습니다. 시의적절하게 중요한 주제로 논문을 출판하셨기에 빼어난 논문으로 선정했고, 이에 여러 가지 합당하고 개인적인 이유로 이달의 연구자로도 선정했습니다. 2021년 웹북의 첫 포문을 여는 여러모로 합당한 방문이었습니다. 내일이라도 당장 정교수로 승진하실 것 같은 느낌이었습니다.

(정석희 부편집위원장)

광고 후원을 기다립니다.

JKSEE 광고 후원금은 『빼어난 논문 장려금』과 JKSEE의 눈부신 발전을 위해 사용됩니다.

관심 있으신 분은 편집위원회(ksee@kosenv.or.kr)로 연락 바랍니다.

쉽게 풀어보는 연구윤리

Q 국내 학술지에 출판한 논문에서의 실험데이터를 출처표기 없이 활용하면서 해외 저널에 후속 논문으로 출판한 경우 중복게재인가?

A 투고 논문에 이미 발표(게재)된 자신의 중요한 자료나 데이터를 사용하였을 때는 반드시 출처를 표시하여야 하며, 중복게재에 해당되는지의 여부가 모호하다고 생각할 때는 투고할 때부터 관련된 선행 연구물을 투고 논문과 함께 해당 학술지의 편집인에게 알려 확인을 받도록 하고 있다.

한국연구재단 『연구윤리 질의응답집 2016』 90쪽

편집위원회가 알리는 말

『빼어난 논문 장려금』 지원하세요.

“eminent” 또는 “distinguished”의 우리말이 “빼어난”입니다. 말 그대로 투고/게재하신 논문 중 빼어난 논문을 선정하여 투고 및 게재료를 다시 돌려드리겠습니다. 투고 시 투고시스템에 표기하여 신청 바랍니다.

긴급논문 1차 심사기간을 15일로 당기겠습니다.

대한환경공학회지는 기존 1차 심사기간 30일을 15일로 더욱 앞당겨 저자들의 애타는 심정을 헤아리는 편집위원회가 되겠습니다. 많은 긴급논문 투고 바랍니다.

연말에 『우수 심사자상』과 『국제 논문 인용상』을 드립니다.

대한환경공학회지는 수많은 익명의 심사자에 의해 논문이 더욱 다듬어 집니다. 심사를 빨리, 많이 그리고 성심 성의껏 해 주시는 우수 심사자를 발굴하여 시상합니다.

대한환경공학회지는 국제 DB 색인 등록을 목표로 긴 여정을 시작하였습니다. 그러기 위해 많은 분들이 JKSEE 논문을 인용해 주셔야 합니다. 우리 한글로 쓰는 국제 등재지가 될 수 있도록 여러분이 만들어 주십시오. 많이 인용해 주시는 분 시상하겠습니다.

JKSEE 월간 웹북 누구에게나 보내드립니다.

대한환경공학회 회원 이외 JKSEE 월간 웹북을 받아보고 싶으신 분은 편집위원회로 이메일 주소를 알려주시기 바랍니다.

독자공간



이달의 퀴즈

추첨하여 아메리카노 쿠폰을 보내드립니다.

다음 중 틀린 것은?

- 1) Pb가 Cd보다 플라스틱에 대한 흡착친화도가 크다
- 2) Cd가 Pb보다 플라스틱에 대한 흡착량이 크다
- 3) EESL은 한국외대 환경학과에서 시작되었다
- 4) EESL은 현재 전남대 환경에너지공학과에 있다

정답을 3월 15일까지 ksee@kosenv.or.kr로 성함, 소속, 휴대 전화 번호를 보내주시면 추첨하여 아메리카노 1잔 쿠폰을 보내드립니다.

대기위원회

기획 : 송지현(대기위원장, 세종대학교)

휘발성유기화합물 (VOCs) 문제와 소규모 배출원 관리

1. 대기 중에서 VOCs의 환경문제

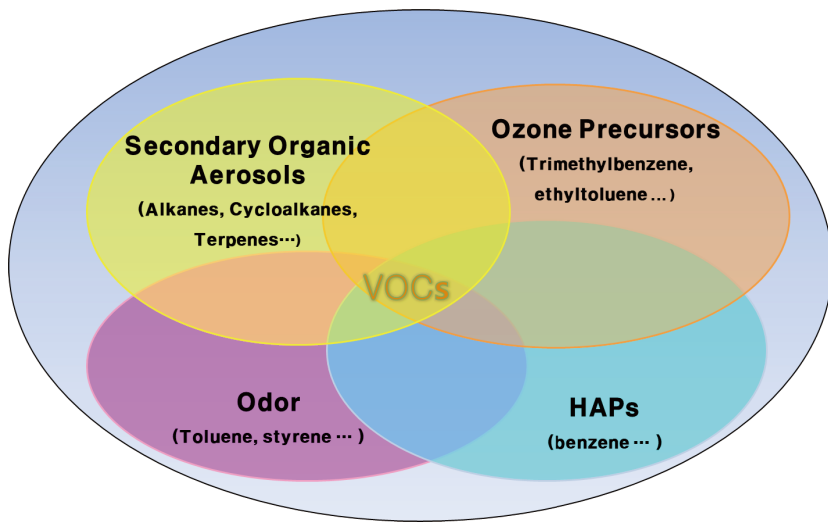


그림 1. 환경에 미치는 영향에 따른 휘발성유기화합물(VOCs)의 분류

휘발성유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)은 상온·상압 조건에서 대기중으로 쉽게 증발하는 유기물의 통칭이다. VOCs는 개별물질의 물리화학적 성질에 따라 분류할 수도 있으나, 대기 중에서 환경에 미치는 문제점으로 특성을 구분한다.

① 독성 (toxicity) : 일부 VOCs는 만성 또는 급성 생체독성을 나타내며 발암물질(carcinogen)로도 분류된다. 따라서 우리나라 대기환경보전법에서는 벤젠 등의 VOCs를 특정대기유해물질로 정의하여 규제하고 있으며, 미국 EPA는 hazardous air pollutants (HAPs)로 규정하여 관리하고 있다.

② 악취 (odour) : 일부 VOCs는 향기 또는 악취를 유발하며, 특히 방향족(aromatic

compounds) 유기화합물들은 어원 그대로 냄새 특성을 나타낸다. 이들 VOCs는 후각으로 감지되는 농도와 자극 정도에 따라 불쾌감을 일으켜 악취로 인식된다. 우리나라는 악취방지법의 규정에 의해 공업지역과 일반지역에서의 악취 배출을 규제하고 있다.

③ 오존 전구물질 (ozone precursor) : VOCs는 대기 중에서 질소산화물(NOx)과 함께 광화학반응으로 오존을 형성하며 (VOCs + NOx + 자외선 → O₃), 도심에서 광화학 스모그를 유발하는 원인물질이다. 대기에서의 광화학 반응은 매우 복잡한 단계를 거치기 때문에 오존 생성량은 VOCs나 NOx 농도와 1:1 비례관계가 아니며, 따라서 햇빛의 강도가 올라가는 여름철 오존 저감을 위해서는 정교한 VOCs 배출 관리가 요구된다.

④ 이차 생성 미세먼지 (secondary organic aerosol) : 미세먼지는 발전소나 내연기관에서 생성되어 직접 배출되기도 하지만, 공기 중에서 가스상 오염물질들이 화학반응으로 합성되는 2차 생성 미세입자도 전체 초미세먼지에서 매우 높은 비중을 차지한다. 2차생성 미세먼지 합성에는 다양한 VOCs가 관여하며, 개별 VOC 물질별 반응성(reactivity)과 응축성(condensation)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

2. 도시지역 생활밀착형 VOCs 배출원과 배출량

표 1. 도심지역 유기용제 사용 부문의 VOCs 연간배출량
(CAPSS 2017년 통계자료)

분류	VOCs 연간 배출량 (ton/yr) (2017년 CAPSS 통계 추정자료)
도장 (자동차)	19,527
도장 (건물)	121,005
인쇄	29,329
세탁	20,249

대기오염물질의 지역별 연단위 배출량 국가통계인 대기정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS)은 VOCs 배출원을 에너지 연소, 생산 공정, 유기용제 사용 등을 포함한 13개의 대분류로 구분한다. 이 중에서 '유기용제사용'부분의 VOCs 배출량이 가장 많은 것으로 추정되고 있으며, 자동차 도장, 건축 도장, 세정, 세탁, 인쇄 등이 '유기용제사용'분류에 해당된다 (표1 참고).

앞 절에서 언급한 VOCs의 환경영향인 독성이나 악취 그리고 광화학스모그나 초미세먼지 문제는 도시의 인구 밀집지역(생활밀착형)에서 심각한 영향을 초래한다. 특히 소규모 VOCs 배출원은 도심 생활권 내에 위치하고 있어서 도심 대기환경에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서 자동차 보수용 도장, 건축물 도장, 세탁 등의 생활밀착형 경제활동 과정에서 배출되는 다량의 VOCs를 더욱 더 엄격하게 관리할 필요가 있다.

① 도장 (painting/coating) : 도장은 도로를 철재나 목재 등의 재료표면에 코팅하여 피막을 형성하는 과정을 말하며, 도로

자체에 함유된 VOCs와 희석제(일본식 용어 신나)의 유기용제가 공기 중으로 휘발되면서 환경문제를 일으킨다. 표면코팅의 종류(액체 및 분체), 도장방법(붓, 롤러, 스프레이 등), 피막층 형성방법 등에 따라 다양한 도료가 생산 유통되고 있으며, 대기환경보전법에 의해 도료의 용도별 분류에 따른 VOCs 함유기준이 법적 규제로 정해져 있다. 최근에는 VOCs 배출량의 감소를 위해 친환경 페인트 또는 수성도료가 개발 사용되고 있으나, 건축 외벽용, 공업용, 선박용, 자동차용 도료의 사용량은 증가하고 있어 적절한 방지기술의 도입과 VOCs 배출관리가 요구된다.

② 인쇄 (printing) : 인쇄는 잉크와 용제를 혼합하여 종이나 섬유 표면에 색깔과 문양을 표현하는 작업으로, 표면 코팅과 기술적으로 큰 차이가 없다. 인쇄 방식에 따라 스크린(screen), 마스터(master), 오프셋(offset), 그라비아(gravure) 인쇄로 구분하며, 도심에 위치한 소규모 인쇄소에서는 스크린과 마스터 인쇄를 주로 수행한다. 인쇄과정에서는 잉크와 용제에 함유된 다양한 VOCs 성분들이 방출되며, 명확한 배출허용기준이 없어 별다른 처리를 하지 않고 대기 중으로 직접 배출되고 있다. 특히 용제에 다량 함유된 케톤류 VOCs는 악취와 오존전구 물질이며, 보다 엄격한 관리가 요구된다.

③ 세탁 (dry cleaning) : 소규모 세탁업의 드라이클리닝은 섬유의 오염물질을 제거하는 세탁공정과 세탁 후 세탁물에 잔류된 용제를 증발시키는 건조공정으로 구성된다. 세탁공정에 사용하는 용제로는 석유계, 퍼클로로에틸렌(PCE), 불소계 등이 있으며, 현재 국내 세탁시설의 95% 이상은 석유계 용제를 사용하고 있다. 석유계 세탁용제는 등유와 유사한 alkanes와 cycloalkanes 성분의 탄화수소 혼합물이다. 현행 대기환경보전법에서는 드라이클리닝 용량 30 kg 이상의 세탁시설만을 대기오염물질 배출시설로 지정하여 관리하고 있으며, 국내 세탁소의 약 95.7%에 해당하는 용량 30 kg 미만의 소규모업소(2018년 기준 32,109개소)는 VOCs를 전혀 처리하지 않고 공기 중으로 직접 방출하고 있다. 소규모 세탁업체 1개소에서는 연간 610 kg의 VOCs를 배출하고 있는 것으로 추정된다.

3. 소규모 VOCs 배출원 관리

(1) 신소재 적용 최적가용기술 (Best Available Technology, BAT)

도심 생활밀착형 소규모 VOCs 배출원에 대한 실질적인 관리 및 규제를 위해서는, VOCs 배출을 효과적으로 줄이면서도 경제성 있는 최적가용기술의 개발과 적용이 요구된다. 최근 VOCs의 효율적인 흡착과 산화를 위해 탄소구조촉매, 무기 나노흡착제, 충전흡수제, 내구성 전극 등의 신소재가 개발되고 있으며, 신소재를 최적화하여 조합한 최적가용기술이 소규모 VOCs 배출원 관리에 효과적으로 적용될 것으로 기대된다.

(2) 소규모 시설 통합 공동관리



그림 2. 자동차 도장시설에서 배출되는 VOCs 저감설비에 대한 공동관리 서비스 모델

소규모 배출원의 특성상 VOCs 저감설비나 장치를 전문적인 관리인에 의해 안정적으로 운전하기 어려우며 소모품 교체와 같은 단순 유지관리도 쉽지 않은 실정이다. 따라서 현장 상황을 고려하여 다수의 개별 시설을 통합하여 공동 관리하는 유지관리 서비스업이 환경관리의 비즈니스 모델로 제시되고 있다. 통합관리 서비스는 자동 제어와 실시간 원격 모니터링을 기반으로 다수의 유사한 사업장을 공동 관리함으로써 현실적이고 효과적인 VOCs 배출제어가 가능할 것으로 기대된다.

저자 약력



송지현

세종대학교 건설환경공학과 교수로 재직 중이며, University of Texas at Austin에서 박사학위를 취득하였다. 대기오염물질 제어기술에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다.



김대근

서울과학기술대학교 환경공학과에서 교수로 재직 중이며, University of Cincinnati에서 박사학위를 취득하였다. 현재 대기 및 실내환경 내 오염물질의 측정/분석, 제어, 관리에 관한 연구를 수행하고 있다.

기획위원회

기획 : 강석태(기획위원회 위원장, KAIST)

[두산연강환경학술상 2020년 우수상]

Evaluation of the current contamination status of PFASs and OPFRs in South Korean tap water associated with its origin

국내 수도물에서의 과불화화합물과 유기인계 난연제 오염 및 오염원 평가

저자 ; Heejeong Park, Gyojin Choo, Hyerin Kim, Jeong-Eun Oh

학술지명(발행일): Science of The Total Environment (2018년 9월)

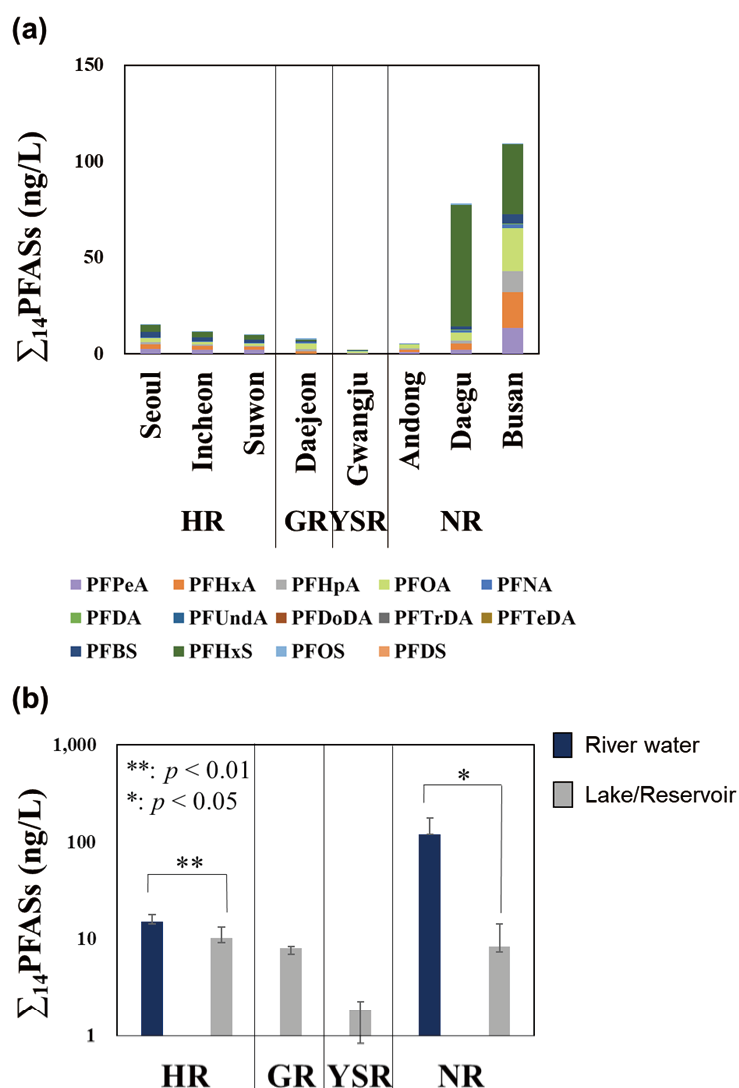


Fig. 1. Perfluoroalkyl substance (PFAS) concentrations in tap water according to (a) region and (b) tap water origin (HR: Han River; GR: Geum River; YSR: Yeongsan Seomjin River; NR: Nakdong River)

1991년 낙동강 페놀 오염사건을 시작으로 빈번하게 발생한 유해화학물질 수질 오염 사고로 인해 하천수를 상수원으로 사용하는 국내 수도물의 미량 유해물질 노출 우려와 위해성이 지속적으로 제기되어 왔다. 다양한 종류의 미량유해화학물질이 검출되고 있으며 그 중에서도 대표적인 미량유해물질인 과불화화합물 (PFASs, Perfluoroalkyl substances)과 유기인계 난연제 (OPFRs, Organophosphate flame retardants)가 다수의 문헌을 통해 수도물 중에 빈번하게 검출되는 것으로 보고되었다. PFASs의 경우 섬유, 전자제품의 세척제, 계면활성제 등 다양한 산업분야에서 사용되는 물질이며 (Prevedouros et al., 2006; Zushi et al., 2008), OPFRs은 방염제 및 가소제로 널리 사용되는 물질로서 (Marklund et al., 2005) 인체 유해성이 보고되면서 국제적으로 사용 및 생산에 대한 규제가 시작되었다 (Stockholm Convention, 2009; European Union, 2014).

이에 따라, 본 연구에서는 국내 대표적인 4대 수계 (한강, 낙동강, 금강, 영산·섬진강)를 상수원으로 하는 8개의 도시 (서울, 인천, 수원, 대전, 광주, 안

동, 대구, 부산)의 수도물을 대상으로 14종의 PFASs와 9종의 OPFRs을 분석하여 국내 수도물에서의 PFASs 및 OPFRs의 오염 실태를 파악하였다. 모니터링 결과, 총 PFASs의 농도는 1.44 ~ 224 ng/L (중간값: 11.9 ng/L), 총 OPFRs 농도는 74.0 ~ 342 ng/L (중간값: 151 ng/L) 수준으로 검출됨을 확인하였다. 이와 더불어, 상수원 종류에 따른 유해물질 오염의 차이를 확인하기 위해 국내 상수원으로 주로 이용되는 강 본류, 저수지로 구분하여 원수 종류에 따른 수도물의 오염실태를 확인하였다. 분석 결과, 상수원이 본류의 하천수를 사용하는 경우 저수지

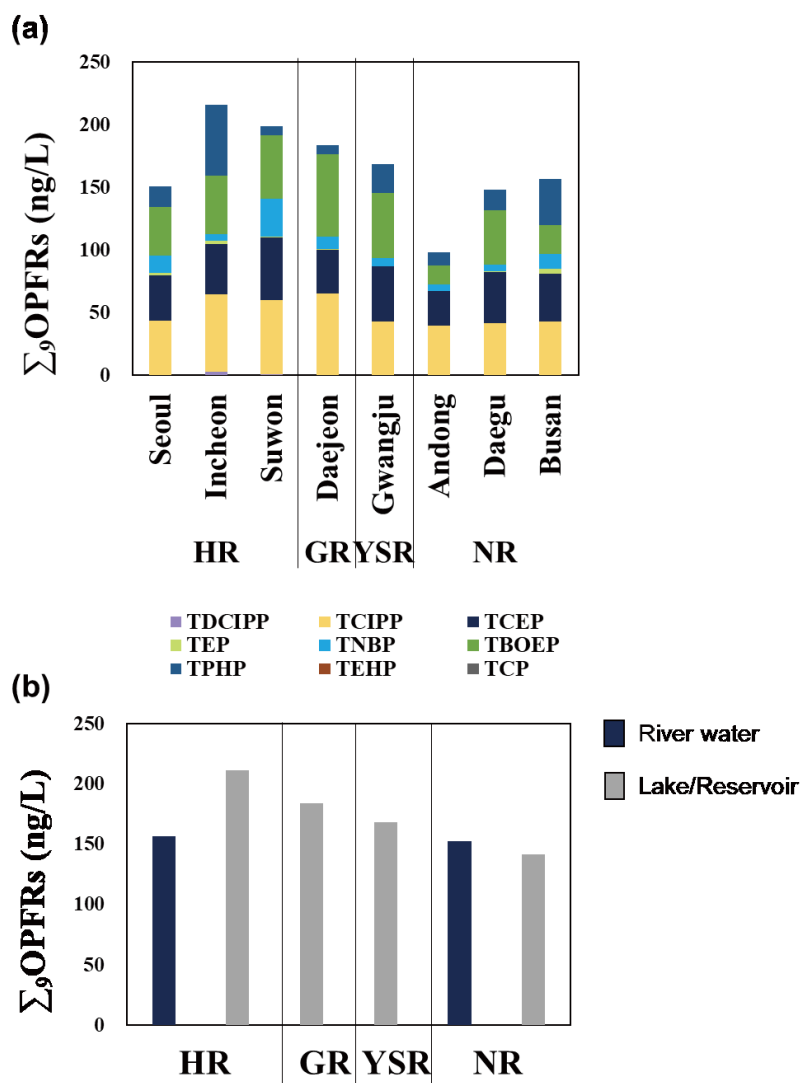


Fig. 2. OPFR concentrations in tap water according to (a) region and (b) tap water origin

를 사용하는 경우에 비해 수돗물의 PFASs 농도가 통계적으로 유의미하게 높게 검출되었다. 특히, 낙동강 하천수를 상수원수로 사용하는 지역(안동, 대구, 부산)에서 상류 (4.98 ng/L), 중류 (78.1 ng/L), 하류 (109 ng/L)로 갈수록 수돗물에서의 총 PFASs 농도가 급격히 증가하는 것을 확인하였다. 이를 통해 강 본류 주변에 위치한 산업단지 및 하수처리장 방류수와 같은 오염원이 수돗물 중 PFASs 오염에 영향을 미치는 것을 추정할 수 있었다. 낙동강 하류지역 수돗물에서의 저분자 PFASs (특히 PFHxS)의 농도의 증가는 PFOA와 PFOS의 사용 규제로 인해 규제가 되지 않는 저분자 PFASs의 사용이 증가함을 추정할 수 있었다. 반면, OPFRs의 경우 PFASs와 달리 상수원 종류에 따른 수돗물에서의 유의미한 농도 차이는 나타나지 않았지만 정수장에서 멀어질수록 OPFRs 농도가 높아짐을 확인할 수 있어 급수관이나 급수과정에서의 OPFRs 오염가능성을 추측할 수 있었다.

본 연구에서 평가된 수돗물 섭취로 인한 인체노출량은 46.8 ng/person/day (PFASs) 및 254 ng/person/day (OPFRs)로 나타났다. 이는 해당 물질의 하루당 섭취량을 추정한 값이며, 본 연구에서 평가된 결과는 일일섭취허용량을 초과하지는 않으나 강 본류를 원수로 하는 지역에서의 위해도가 타 지역에 비해 높게 평가되었다. 특히나 대구 지역의 수돗물에서 PFHxS의 농도가 호주의 먹는 물 기준인 70 ng/L를 초과하여 검출된 만큼, 이에 따른 적절한 조치가 필요함을 제시하였다.

본 연구에서 보고된 국내 수돗물에서 미규제 오염물질인 과불화화합물과 유기인계 난연제의 오염 현황과 낙동강 지역 수돗물에서의 높은 PFHxS 검출 결과는 국내 수돗물에서의 과불화화합물 오염 문제를 인지하고 과불화화합물의 관리 방안을 마련하는데 도움을 주었다. 또한 본 연구를 통해 배출원에서의 화학물질 사용에 따른 수돗물에서의 유해물질 오염, 수돗물 사용 원수 종류에 따라 수돗물의 유해물질 오염이 달라질 수 있음도 함께 제시하였다.

저자 약력



오정은

이화여자대학교에서 학사(1994), 서울대학교에서 석사(1996), POSTECH에서 박사(2001) 학위를 취득하였다. 미국 조지아텍과 EPA의 박사후 연구원을 거쳐 2004년 부산대학교 사회환경시스템공학과 교수로 부임하여 현재 정교수로 재직하고 있다. 2006년 환경부장관 표창, 2015년 한국환경분석학회 학술상, 2020년 환경의 날 기념 근정포장을 수상하였고 현재 한국환경분석학회 부회장, 대한환경공학회 영문학술지 “EER” 및 국제전문학술지 “Emerging Contaminants”의 편집위원을 맡고 있다.

회원동정

임명

정재우 / 경상국립대학교 부총장

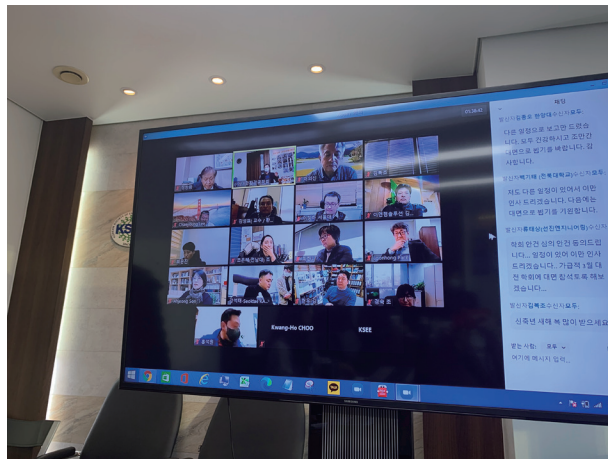
우리 학회 회원이신 정재우 교수가 2021년 3월부로 경상대학교와 경남과학기술대학교가 통합된 경상국립대학교 부총장으로 취임.



학회소식

1. 2021년 1차 이사회 개최

2021년 2월 18일(목) 학회사무국(& 온라인zoom)에서는 2021년 1차 이사회가 개최되었다. 26명 참석, 24명 위임으로 이사회가 성립되었으며, 총무, 재무, 상임위원회 업무보고가 진행되었다. 심의의결 안건으로는 회장선거 규정 제7조(선거운동) 개정(안)이 가결되었으며, 신입회원 및 종신회원 총 20명에 대한 인준이 진행되었다.



회원동정 및 환경정보 요청

대한환경공학회 회원님들께서는 아래 내용 중 학회 회원들과 공유하고 싶은 내용이 있을 경우 학회로 보내주시기 바랍니다.

- ▶ 보직임명 / 승진 / 수상 등의 내용
- ▶ 최신 환경정보(학회 회원들과 공유하고 싶은 환경기술 동향, 최신 기술내용 및 사례)
- ▶ 환경 관련 Question(환경 Q&A) – 환경관련 알고 싶은 내용이나 자료를 질문해주세요.

* 보직임명 / 승진 / 수상 등의 내용을 보내주실 경우, 소식과 함께 게재될 본인 사진 제출을 부탁드립니다.

* [설문지]를 작성하여 이메일(eer@kosenv.or.kr)로 제출해 주시기 바랍니다.

제3회 한국막학회-
대한환경공학회 공동 심포지엄
분리막 기반 신기술과 인증

일시 2021년 3월 18일(목)

장소 대전 유성호텔 그랜드볼룸

