

Fluorescent Tagging of Polymer Particles with PBN for the Detection of Microplastics in Personal Care Goods(부산대학교)



◀ 이은희(부산대)

복합미생물을 이용한 폐 패각 소멸 처리
(한국뉴욕주립대)

**3M 멤브레인 탈기 기술은
경제적이고 효과적인 방법으로
액체 내 용존 가스를 제어 합니다.**

한국쓰리엠주식회사
필터제품 사업팀
서울시 영등포구 의사당대로 82 하나금융투자빌딩 19층
TEL : 080-033-4114
<http://3m.co.kr>

QR코드를 스캔 하셔서
문의해 주세요.

멤브레인 탈기 기술 적용 분야

	발전소/보일러	전기전자	식음료	제약	산업용 잉크/코팅액
용존 O ₂ 제거	✓	✓	✓	✓	
용존 CO ₂ 제거	✓	✓	✓	✓	
CO ₂ / N ₂ 주입		✓	✓		
미세 버블 제거		✓			✓
용존 NH ₃ 제거	✓	✓	✓		
VOC 제거		✓	✓		

편집인의 말

JKSEE는 “J-K-SEE (제이-케이-씨)”로 불러주십시오.

JKSEE는 지금도 발전하고 있고 앞으로도 발전합니다.

**환경공학 교육과 연구에 일생을 바치신 스승에게 감사드립니다.
그분들의 기록 『대한환경공학회지 JKSEE』가 남기겠습니다.**

1978년 『대한환경공학회』 창립으로 환경공학 교육과 연구 기틀을 잡아나가기 시작한 이후 43년째 되는 2021년 9월 23일 현재 대한환경공학회 회원은 9,835명에 이르렀습니다.

우리나라 환경공학이란 학문의 집을 만들기 위해 벽돌 한 장 한 장 쌓으며 우리나라 최고 최대 『대한환경공학회』를 만들어 오신 많은 분의 수고와 노력에 경의를 표합니다.

이 시대 최고의 환경학술지 『대한환경공학회지 JKSEE』는 그동안 환경공학 발전에 평생을 바치신 이분들의 기록을 담아가겠습니다.

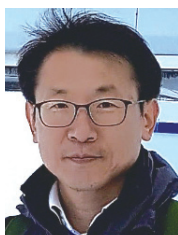
이번 8월에 정년 퇴임하신 대한환경공학회 회원은 20분이셨습니다. 앞으로 대한환경공학회 회원만 아니라 각 학교에서 환경공학을 교육하셨던 다른 분들도 함께 기록으로 남기겠습니다.

이번 달도 2편의 소중한 논문을 투고해 주신 연구자와 귀중한 시간을 할애하여 논문심사를 해주신 5분의 심사자에게 다시 감사드립니다. **여러분들이 있기에 JKSEE가 우리 곁에 있습니다.**

2021년 9월
편집위원장 정승우(군산대)



부 편집위원장



이원태 (금오공대)



주진철 (한밭대)



정석희 (전남대)



김상현 (연세대)

이달의 대담

환경공학 교육과 연구에 일생을 바치신 스승에게 감사드립니다. (2021.8. 정년 퇴임)



고성철

한국해양대학교 해양과학기술융합대학 물류·환경·도시인프라 공학부 환경공학전공에 교수로 재직하였으며, 일반생물학, 환경미생물학, 환경생태학, 환경미생물실험, 환경보건독성학, 생물환경정화, 생태공학, 환경미생물학특론, 생물환경모니터링을 강의하였다.



김병태

대진대학교 환경에너지공학과에서 교수로 재직하였으며, 폐기물관리, 생활폐기물처리, 폐기물처리실험, 환경에너지회수공학 등을 강의하였다.



서규태

창원대학교 환경공학과에서 교수로 재직하였으며, 폐수 고도처리 및 물 재이용, 상·하수도공학 및 설계 등을 강의하였다.



윤춘경

건국대학교 환경보건과학과에 교수로 재직하였으며, 환경수학, 상수처리, 하수관리, 비점오염관리, 수질모델링, 환경보건학을 강의하였다.



이순화

영남대학교 환경공학과에서 교수로 재직하였으며, 상하수도공학, 환경과 공해 등을 강의하였다.



이장춘

전북대학교 공과대학 토목/환경/자원에너지공학부에서 교수로 재직하였으며, 수리학, 수자원공학, 지하수공학을 강의하였다.



이택순

창원대학교 공과대학 환경공학과에서 교수로 재직하였으며, 생물학적폐수처리, 수리학, 환경공학개론 등을 강의하였다.



한기봉

가톨릭대학교 에너지환경공학과에 교수로 재직하였으며, 폐수처리공학, 산업폐수처리공학, 용수자원화공학, 캡스톤디자인을 강의하였다.



한무영

서울대학교 건설환경공학부에서 교수로 재직하였으며, 빗물관리, 지속가능한 물관리를 강의하였다.

이달의 대담

차세대 환경공학의 문이 열리기 바라며

얼마 전 유튜브 방송에서 소개된 “백 년을 살아보니”라고 하는 어느 노철학자의 강연이 생각난다. 그가 구십 세를 살고 돌이켜 보니 인생의 초기 삼십 년은 공부하는 시기였고, 그다음 삼십 년은 돈을 벌고 가정을 꾸렸으며, 육십오 세에 은퇴한 이후의 30년이 과실을 따는 황금기였음을 알게 되었다고 한다. 이는 지난 8월 정년 퇴임을 한 나에게 상당히 깊은 인상으로 다가왔다. 학회 국문 편집장으로부터 퇴임하면서 그동안의 소회를 후학들에게 한마디 남겨달라는 요청을 받고 무슨 얘기를 해야 하나 곰곰이 생각하다가 40년 동안 전공해 왔던 환경공학이라는 학문에 대하여 가지고 있던 소신을 피력하고자 한다.

1960년대 후반 경제개발을 위해 국가적으로 한창 노력을 기울이던 때에 토목공학과 화학공학으로부터 분파되어 1970년대 환경오염에 대한 경각심으로 환경공학이 하나의 학문으로 태동하였다. 이는 당시 열악한 사회적 인식에도 불구하고 환경공학의 발전을 위해 모든 열정을 바친 선배 학자들의 노력 덕분이었다. 그 후 산업화 시대를 거치며 경제성장과 함께 환경오염에 대한 중요성이 국가적으로 인식되면서 대학마다 환경 관련 학과가 생기기 시작하였고 환경공학 인재들이 양성되어 국가기관, 대학, 연구소 그리고 공공 및 민간 기업에 활발하게 진출하였다. 그러나 1997년 IMF라고 하는 국가 재정위기를 맞이하면서 다시 한번 경제 논리에 밀려 환경에 대한 국가 정책은 뒷전으로 물러났고 환경공학도의 진로가 불투명해지기 시작했다. 여기까지가 제1세대 환경공학이었다.

2000년 들어 새천년을 맞아 전 세계적으로 선포되었던 4대 메가트랜드에 환경이 포함되고 기후변화가 화두로 떠올랐다. 나는 이것이 제2세대 환경공학의 시작이라고 생각한다. 2004년 실험실 학생들과 tomorrow라는 영화를 본 적이 있다. 기후변화에 의한 여러 가지 형태의 자연재앙이 지구 곳곳에 일어나고 결국에는 지구가 얼어붙는다는 내용이었다. 20세기 말부터 오염물질로 인식되기 시작한 이산화탄소가 금세기에 기후변화의 주된 원인으로 부각되면서 탄소배출량을 줄이기 위한 국가 간 협정이(2015 파리기후협정) 체결되어 모든 인간 활동에서 탄소배출량을 줄이고자 하는 노력이 우리나라도 탄소 중립 2050의 목표를 세우게 하였다. 그러면 이제 대학에서 배출되는 환경공학도는 무엇을 배워야 하는가? 물론 물, 공기, 폐기물로 구분되는 매체별 오염제어에 관한 공부는 기본적으로 해야 하지만, 오염물질이 발생하는 과정을 파악하여 그 발생을 억제하거나 오염물질이 발생하지 않도록 하는 기술과 최종적으로 배출되는 폐기물로부터 에너지와 유가 자원을 회수하는 방향으로 교과과정을 전환해야 하고, 이를 뒷받침하기 위한 국가 정책 및 사회적인 공감대를 형성하는 노력을 해야 한다. 과거 환경공학을 전공한 선배들은 현장에 가면 기계, 전기, 토목, 건축과 관련된 모든 내용을 알고 있어야 한다는 얘기를 일관되게 해왔다. 이는 대학에서 All round player로서 환경공학도를 길러내는 교육으로 전환해야 함을 시사한다. 현재 매체별로 분화된 환경공학을 통합적으로 이루어내는데 우리 대한환경공학회의 역량을 결집해야 하는 커다란 과제가 아닐까 생각한다. 현실적으로 다소 가능해 보이지 않는 일일지도 모르나 국가 환경정책을 미래 지향적으로 수립하도록 학회 전문가들의 지속적인 건의가 필요하다. 이는 환경부가 환경에 관한 한 각 정부 부처의 Control tower가 되어 국가 환경정책을 수립, 시행하도록 하는 것이다.

나무를 보지 말고 숲을 보라는 말이 있는 것처럼 환경은 모든 지식을 통합하여 볼 때 올바르게 보전할 수 있다는 것이다. 이를 바탕으로 하여 우리 환경공학도들을 꼬끼리 전체를 보고 각 부분의 문제점을 해결해가는 인재로 거듭나도록 육성해야 할 것이다.

백 세 넘게 살면서 여전히 활발한 활동을 하는 노철학자처럼 나도 여태껏 쌓아온 나의 역량을 사회에 환원하여 봉사할 수 있는 길이 무엇인지 찾아봐야겠다는 다짐을 해본다.

편집자주

정년퇴임 하신 스승께 후학에게 남기고 싶은 글을 부탁드립니다.

저자 약력

서규태



동경대학에서 박사학위를 취득하였고, 한국건설기술연구원을 거쳐 창원대학교 교수로 재직하였음. 제19대(2014-2015) 대한환경공학회장으로서 영문학술지 EER(Environmental Engineering Research)의 SCI(E) 등재를 위한 기틀을 마련하였고, 환경부 경남녹색환경지원센터장과 창원대학교 공과대학장을 역임하였음. 대학에서 상·하수도공학과 폐수 고도처리 및 물 재이용 과목을 가르쳤으며, 다수의 국내외 학술지에 논문 게재와 전문학술저서, 국내 특허보유 및 기술 이전 등 우수한 연구 실적을 보였음. (사)한국물학술단체연합회 학술상, 한국물환경학회 학술상, 창원대학교 총장 표창, 경상남도 도지사 표창, 대통령 표창 및 IWA Specialist Conference Best Industrial Recycling Paper Award (WRRS2007), 일본 수환경학회 국제교류기금 해외연구자 초청 등의 수상경력이 있음.



공공 환경기초시설 O&M분야 NO.1

티에스케이워터
수처리 시장을 선도합니다

TSK Global Environmental Solution Provider



이달의 대담

거시적인 안목으로 환경 위상 제고를 부탁드립니다.

환경공학회에서 후학을 위한 글을 의뢰받았을 때 제가 과연 후학들을 위해 무엇을 했는지 되새겨 볼 시간이 되었으며 미력하나마 망설이면서, 우리 환경인들에게 도움이 되었으면 하는 바람으로 한자 적습니다.

우선 환경 분야의 위상을 좀 더 높여야 할 것으로 생각합니다. 글로벌 시대에 모든 선진국가들이 환경에 대한 새로운 인식과 친환경적인 사업계획으로 국가의 도약을 목표로 삼고 있는데 반하여 국내의 환경위상이 타 분야에 비해 너무나 뒤져 있다고 생각합니다. 이것은 환경부 정책이나 사회적으로 나타나는 일을 해결하는 테크닉을 말하는 것이 아니라 환경 문제들을 보다 심각하게 생각하고 대안과 책임소재를 분명히 판단할 수 있는 힘이 우리에게 있어야 된다는 것입니다. 예를 들면 2012년 9월에 구미시에서 불산사고가 발생하였을 시 사고의 원인은 이미 잘 알려진 것과 같이 작업 안전수칙 미준수에 의한 밸브 취급의 오류였습니다. 그해 낙동강 조류문제와 불산사고 대책문제에 대하여 국정감사의 참고인으로 출석하여 구미의 불산사고는 환경사고가 아니라 안전사고라고 국회의원들에게 설명한 적이 있습니다. 누가 봐도 안전사고이며 사고의 책임은 산자부에 있었으며, 환경부의 협조를 요청하여야 하는 것이 처리순서인데 왜 환경부가 모두 덮어서서 정신을 못 차리고 있는지 이해가 안 된다고 했습니다. 매년 때마다 발생하는 봄철의 산불로 인한 생태계파괴, 대기오염, 생활환경 불편 등으로 환경의 영향이 크지만 환경부 담당이 아닌 것처럼, 불산사고가 환경에 미치는 영향이 큰 이유만으로 환경부에 모든 책임을 전과한다는 이야기는 웃기는 일입니다. 이것은 결국 중앙부처의 환경부 위상이 약하기 때문이라고 저는 판단합니다. 또한 환경 관련 모든 규제가 타 중앙부서에 비해 너무 복잡하고 이중적인 규제가 많은 것입니다. 기업체의 관리를 위해 필요한 사항이라고 하지만 어떻게 보면 책임을 회피하기 위한 수단으로 보여질 수도 있다는 것입니다. 화관법과 화평법이라는 엄격한 규제가 있는데 세부적인 물질정보 관리 규제 등은 영세 환경업체에 부담만 주는 결과이며, 협의체를 구성하여 관리하도록 하는 등 지혜롭게 대처하도록 유도하는 것이 바람직한 것으로 생각합니다. 이런 문제들을 위시해서 모든 환경관련 분야의 위상 제고가 중요하다고 판단됩니다.

제가 대한환경공학을 위해 한 일 중에는 '한일 수 환경 심포지엄'을 26회까지 단일 심포지엄으로는 국내 최장 기록의 민간교류를 이끌어 온 것과 이를 기반으로 일본 수환경학회와의 교류가 지금까지 진행되고 있는 결과입니다. 국제적인 교류와 감각을 키우도록 장을 만드는 것도 후학들에게 매우 중요한 일이라 생각합니다.

환경은 매년 새로운 문제가 대두되고 대안의 창의력이 요구되기 때문에 신세대가 해야 할 일들은 지속적으로 증가될 것으로 판단되지만, 우선 파이를 크게 만들려면 선배들이 이루지 못한 환경 분야의 거시적인 대의명분을 세우는 일이 시급하며 반드시 여러분이 합심하여 추진되길 기대합니다.

저는 퇴직 후 영세 환경기업들의 이해를 위해 조금 노력할 예정입니다. 아무쪼록 건승하시고 환경공학의 무궁한 발전을 기원합니다.

편집자주

정년퇴임 하신 스승께 후학에게 남기고 싶은 글을 부탁드립니다.

저자 약력

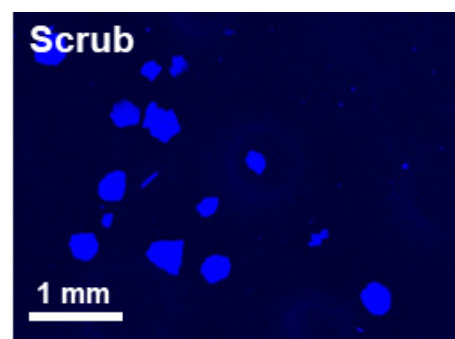
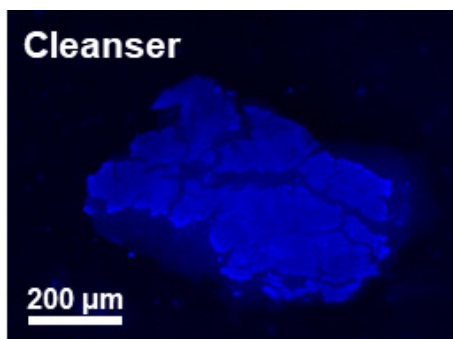
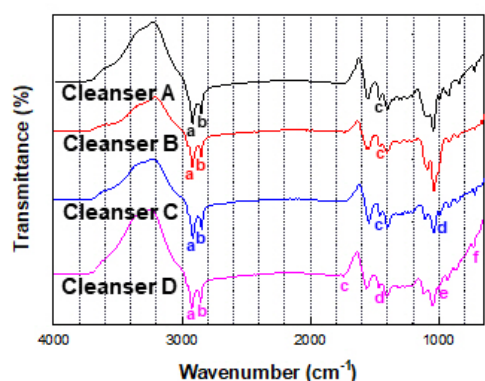


이순화

일본 동북대학교, 창원대학교 조교수를 거쳐 1991년부터 영남대학교 환경공학과 교수로 재직. 대한환경공학회 부회장, 대한상하수도학회 부회장 역임. 상하수도부문 환경인 대통령 표창, 환경부, 지자체 등 다수의 공로상 수상. 환경부, 국토해양부, 행정안전부 등 자문위원 등.

이달의 연구자

2021년 8월호 『이달의 연구』논문은 “Fluorescent Tagging of Polymer Particles with PBN for the Detection of Microplastics in Personal Care Goods(이은희, 이상원, 이승우)”입니다.



생활용품 치약, 세정제 속 미세플라스틱을 형광염색기법으로 분석

최근 미세먼지와 더불어 사람들의 큰 관심을 받고 있는 미세플라스틱은 눈에 보이지 않은 채 소리 없이 해양을 오염시키고 결과적으로 사람 몸에 심각한 피해를 입힌다 하여 ‘제2의 미세먼지’, ‘침묵의 살인자’로 불리고 있다. 실제로, 유럽연합소화기 학회의 보고에 따르면 사람의 대변에서 18 – 172개의 미세플라스틱이 발견되었다고 한다.

이러한 인체 유해 가능성을 근거로, 유럽연합(EU)에서는 일회용 플라스틱 제품 사용을 전면 중단하고, 캐나다는 5mm 이하 미세 플라스틱인 마이크로비즈 (microbeads)를 독성물질로 등록하여 관리하고 있다. 미세플라스틱의 인체 노출을 최소화하기 위해서는 플라스틱 사용량 규제와 더불어, 효과적인 미세플라스틱의 제거, 그리고 빠른 검출을 통한 미세플라스틱 인체 유입 방지 등이 요구된다.

본 연구에서는 일상생활에서 우리가 얼마나 다양한 미세플라스틱에 노출되는지 알아보고자, 흔히 사용하는 생활용품인 치약, 세정제, 스크럽을 대상으로 각 4종류씩 선정하여 형광염색 기법을 기반으로 미세플라스틱을 분석하였다. 검출된 미세플라스틱이 어떠한 소재로 이루어졌는지 알아보기 위해 ATR-

FT-IR을 이용하여 추가 분석을 진행하였다.

실험 결과 모든 시료에서 미세플라스틱이 관찰되었고, 검출된 미세플라스틱은 100 – 600 μm 크기로 둥근형, 납작한형, 불규칙형, 구형 등 다양한 형태의 플라스틱 소재가 포함되어 있음을 확인하였다. ATR-FT-IR 분석결과 검출된 미세플라스틱은 폴리에틸렌 (PE), 폴리프로필렌 (PP), 폴리카보네이트 (PC), 폴리비닐클로라이드 (PVC) 등에 속하는 것을 알 수 있었다. 일부 소재는 화이트닝, 세정력 향상, 각질 박리 등의 목적으로 인위적으로 첨가한 경우도 있지만 용기와 뚜껑으로부터 유입된 것으로 추정되는 폴리머도 포함되어 있었다.

본 연구는 미세플라스틱의 오염이 일상생활에도 만연해 있음을 보여주고, 환경보호 측면뿐 아니라 인체 건강을 위해서도 플라스틱 제재 사용의 자제가 시급함을 시사한다.

본 편집위원회는 이 연구가 연구 일상생활에서 항상 사용하고 있는 생활용품 속 미세플라스틱을 분석하여 그 심각성을 알리고 형광염색기법에 대한 자세한 과정을 보고한 점을 높이 평가하여 이달의 연구자로 선정하였습니다.

이달의 연구자



이은희

이화여자대학교 환경공학과를 졸업하고 동대학원에서 환경미생물에 대한 연구로 석·박사학위를 취득하였다. 현재 부산대학교 미생물학과에 재직하고 있으며, 환경오염물질과 환경미생물 검출을 위한 바이오센서, 미생물과 오염물질의 상호작용 기작 규명, 미량오염물질 제거, 공기청정 필터 항균능 평가 등의 다양한 연구를 수행하고 있다.



부산대학교,응용미생물연구실



본 연구실은 사회적으로 대두되고 있는 여러 가지 환경 이슈를 생물 공학적으로 접근하여 해결하고, 더불어 환경공학적 융합적 인재를 양성하기 위해 끊임없이 노력할 것이다.



SCIE 내 JKSEE 인용 건수

2018년(17건), 2019년(24건), 2020년(19건), 2021(23건)

No.	교신저자	소속	건수	SCIE
1	정승우	군산대학교	3	Appl. Sci., Process Saf. Environ., Chemosphere
2	김현준	동아대학교	2	Int. J. Environ. Res. Public Health, Sustainability
3	김진경, 한상호	영산대학교	1	Sustainability
4	박덕신	한국철도기술연구원	1	Int. J. Environ. Res. Public Health
5	배헌균	계명대학교	1	Environ. Eng. Res.
6	백기태	전북대학교	1	Chem. Eng.
7	손정익	서울대학교	1	Front. Plant Sci.
8	안대희	명지대학교	1	Environ. Eng. Res.
9	유재구	중앙대학교	1	Sustainability
10	정석희	전남대학교	1	J. Water Process. Eng.
11	최희정	가톨릭관동대학교	1	Environ. Eng. Res.
12	한희섭	세종대학교	1	Int. J. Environ. Res. Public Health
13	홍정구	경북대학교	1	Energies
14	Alejandro Vega-Muñoz	Autonomous University of Chile	1	Int. J. Environ. Res. Public Health
15	Ranganathan, Panneerselvam	National Institute of Technology Calicut	1	Biomass Convers. Biorefin.
16	Shi-Weng Li	Lanzhou Jiaotong University	1	J. Water Process. Eng.
17	Shujuan Zhang	Nanjing University	1	Chem. Eng.
18	Soon-An Ong	Universiti malaysia perlis	1	Sustain. Energy Technol. Assess.
19	Xiaoqing Liu, Xihong Lu	Sun Yat Sen University	1	Electrochim. Acta
20	Zhongqing Wei	Tongji University	1	Environ. Sci. Pollut. Res.

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 성심성의껏 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.

이번 호 내용 중 틀린 것은 ?

- 1) 플라스틱 소재분석은 FTIR을 이용한다.
- 2) 사람의 대변에서 미세플라스틱이 18-172개 검출된 적이 있다.
- 3) 부산대 응용미생물연구실은 장수해양바이오혁신인력양성 사업단에 참여
- 4) 부산대 응용미생물실험실의 팀미팅은 화요일에 한다.

정답을 10월 15일까지 ksee@kosenv.or.kr로 성함, 소속, 휴대 전화 번호를 보내주시면 추첨하여 아메리카노 1잔 쿠폰을 보내드립니다.

교육·홍보위원회

기획 : 김종오(교육·홍보위원회 위원장, 한양대학교)

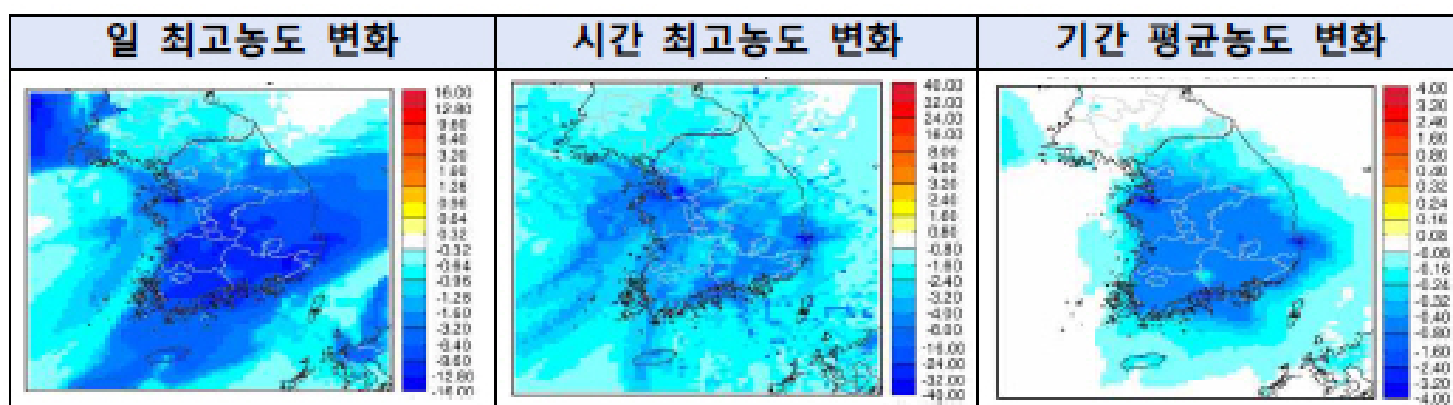
미세먼지 계절관리제

정부는 2019년도부터 매년 12월 1일부터 다음 해 3월 31일까지 4개월간 ‘미세먼지 계절관리제’를 시행했다. 미세먼지 계절관리제는 미세먼지 고농도 시기에 평소보다 강화된 배출 저감과 관리 조치로 고농도 미세먼지 발생의 강도와 빈도를 완화하기 위한 제도로써 그동안 각 부처와 지자체는 배출가스 5등급차 운행제한 등 국민의 실생활에 직접 영향을 미치는 시행 사항을 적극 알리고, 이해 관계자 협의 등을 거쳐 세부 추진계획을 마련, 실행력을 높이고자 준비를 해왔다. 매년 12~3월은 한해 중 고농도 미세먼지

가 가장 빈발하는 시기로 12~3월 초미세먼지 평균농도($29\mu\text{g}/\text{m}^3$)는 그 외 기간(4~11월) 평균농도($20\mu\text{g}/\text{m}^3$) 대비 약 45%↑가 높다. 이에 국가기후환경회의가 국민적인 의견수렴을 통해 정부에 계절관리제 도입을 제안(2019년 10월)하였고, 정부에서 도입 결정을 하여 1. 수송, 발전, 산업, 생활 등 부문별로 추가적인 배출 감축 조치 시행, 2. 지역별로 세부시행계획을 수립하여 이행하고, 지역별 특화된 대책을 함께 추진, 3. 민감·취약계층에 대한 보호를 위해 시설점검 강화 및 한중간 저감 협력을 시행하는 계획을 수립하였다.

2020년 12월부터 시행된 2차 미세먼지 계절관리제에서는 수송, 발전, 산업, 생활 등 부문별 대책의 시행으로 2016년 동 기간 배출량 대비 초미세먼지 직접 배출량을 6,792톤 감축하는 등 지난 1차 계절관리제 보다 강화된 배출감축 조치를 시행했으며 정부는 정책이 시행된 최근 3년 미세먼지 농도와 좋음/나쁨 일수가 개선되었다고 발표하였다. 이에 더불어 초미세먼지, 질소산화물, 황산화물 등 미세먼지 관련 대기오염물질이 기존 대비 약 13% 수준으로 감소하였으며 이로 인해 연평균 초미세먼지의 농도가 감소하는 성과를 달성했다고 주장하였다. *PM_{2.5} 직접배출 4,709톤, SO_x 34,343톤, NO_x 44,186톤, VOC 18,524톤 감축, 평균농도 개선 기여율 34%, 약 $1.4\mu\text{g}/\text{m}^3$

문길주 미세먼지특별대책위원회 위원장은 이러한 결과에 대해 “이러한 노력으로 미세먼지 수준이 다소 개선됐을 것이다. 하지만 최근의 미세먼지 개선은 순전히 우리의 노력 결과라기보다는 코로나19로 인한 경제활동 축소, 기상



〈계절관리기간 농도개선 효과 모델링 결과 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, 푸른색일수록 효과 ↑)〉

여건, 중국의 미세먼지 감축 등이 복합적으로 작용한 결과라고 보는 게 더 합리적일 것”이라며 “뒤집어 생각하면, 우리나라 미세먼지는 외부적 요인에 의해 얼마든지 악화할 수 있음을 의미한다”고 전했다. 그는 이어서 “이것이 우리의 미세먼지 감축 노력이 중요하지 않다는 걸 뜻하진 않는다. 중요한 것은, 우리 내부의 미세먼지 감축 노력을 통해 외부 요인에 의한 미세

먼지 악화 가능성을 줄이는 것이다. 탄소중립과 미세먼지 감축은 다른 게 아니다. 에너지를 절약하거나 오염 배출을 줄이기 위한 노력을 국민 모두가 실천할 때 탄소중립도 비로소 실현 가능하다.”고 말했다.

〈출처〉

미세먼지 정보제공을 위한 마이크로페이지(https://www.blueskyday.kr/intro/intro_1.php)

환경부(<http://www.me.go.kr/cleanair/sub01.do>)

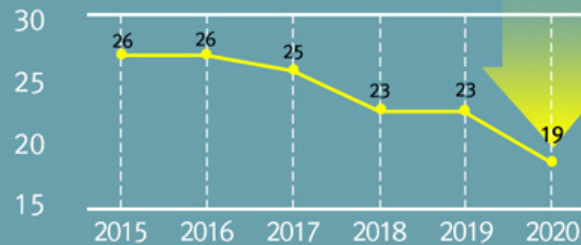
환경부(<http://me.go.kr/kor/webzine/2020/392.html>)

문화일보(<http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2021032901073111000001>)

미세먼지 연평균 농도 $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016년)에서 $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2020년)으로 감소

전국 초미세먼지(PM_{2.5}) 연평균 농도 추이

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



앞선 기술로 세상의 기준이되다

건설 Convergence 4.0

내일을 이끌어 갈 첨단 산업과 세계 일류를 선도하는 GS건설의 완벽한 융합/
미래를 향한 GS건설만의 앞선 기술이 인류의 위대한 역사를 창조하고 있습니다



창조적 열정으로 세상의 가치를 건설하여 신뢰받는 Best Partner & First Company

기획위원회

기획: 강석태(기획위원회 위원장, KAIST)

Water Industry Technologies & Market Insights No. 4(3/3)

저자: K-water연구원 스마트워터연구소

과불화합물의 처리 및 처분 시장 동향 (수석연구원 이경혁) – PFAS treatment market concentrates on waste reduction & total destruction(GWI 5월호, p.40~45)

◎ 미국 내 과불화합물의 정책 및 법적 동향

- 바이든 정부는 최근 과불화합물의 모니터링과 오염 복구(Remediation)를 위해 \$100억의 예산 투입 공표.
- 주별로 과불화합물의 규제를 발효(미시간 포함 6개주), 입안(위스콘신 포함 4개 주)를 하고 있음.
- 정수장에서의 과불화합물 농도가 낮고 물량은 많아 상대적으로 처리 비용이 높으므로 발생원(예, 공장 폐수, 공항, 소화기 약제 사용처 등)의 폐수 및 토양 복원을 목표로 함.

* Evoqua사에서 황성탄(고분자량 PFAS)과 이온교환수지(저분량 PFAS) 혼합공정 특허

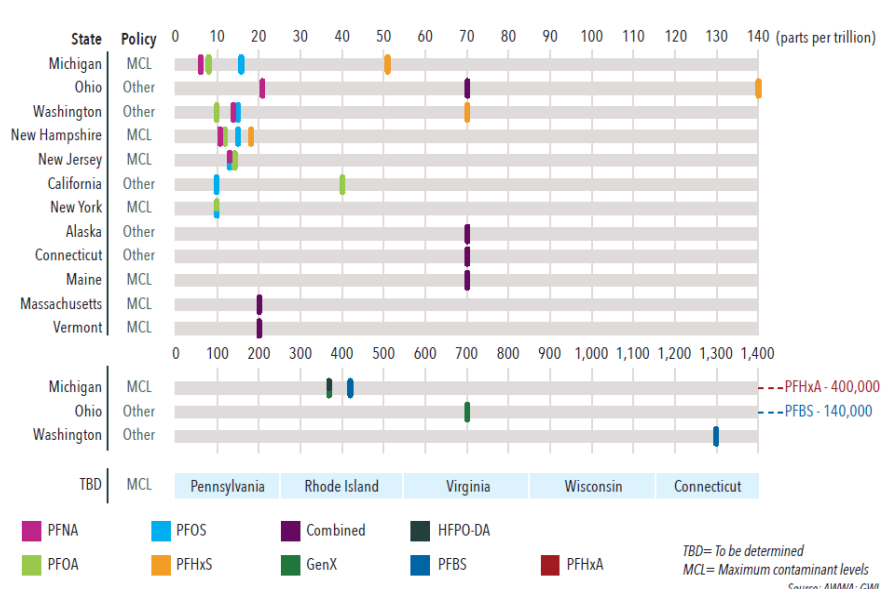
출원 및 캘리포니아 지역에 설치하였으나, PFAS함유 역세척 수, 폐활성탄 처분에 기술 검토 시작.

- 세계적으로 과불화합물의 농축 후 농축수 및 폐흡착제 등의 오염 과불화합물의 완전분해를 위한 다양한 기술개발 및 현장 적용 시도 중.

〈PFAS의 완전분해 처분 기술 현황〉

구 분	기 관	방 법	비 고
호주	Infinite	특수 담체와 철함유 화학적 촉매 이용 분해	- Evoqua 특허 출원 중 - 캘리포니아 지역에 설치 중 - 역세척수, 폐활성탄 처분 고민
미국	Onvector	플라즈마 방식	- 미 공군기지 지하수 및 토양처리 적용
	Surrey 대학	초음파 조사 방식	- PFAS의 완전 분해 여부 연구 중
	Battelle 기념연구소	폐활성탄의 고온 소각 대체가능 화학적 재생방법	
캐나다	BioLargo	전기화학적 막을이용한 농축기술	- PFAS오염 폐기물 최소화 위한 농축 기술 (4톤 물 처리에 12g 폐오염막만 발생)
스웨덴	Chromafora	계면활성제(SELPAXT)를 이용한 폐수중 PFAS 흡수제	- 계면활성제 분리를 위한 UF막공정 필요. (농축 계면활성제 처분 방안 연구 중)
미국	Cyclopure	PFAS선택 흡착제+흡착제 분쇄방식으로 PFAS 파괴	- 미국, 네덜란드에서 모형플랜트 평가 진행 중
	Brown&Caldwell	하수슬러지 소각, 열분해 방법 등을 통한 완전분해	- 최적 소각조건 연구 중
	374Water	고온고압 습식 산화	- RO 및 이온교환수지 재생액 처리

- PFAS의 저농도(ppt 수준) 모니터링 방안으로 TOP(Total Oxidisable Precursor)측정 농도를 지표로 활용하는 방안 시도 중. 미국 수도연구재단은 수중 총유기불소 측정 농도를 지표로 활용하는 방안 연구 착수. 향후 온라인 PFAS 모니터링 방안 또는 장치 필요.
- 미국의 법적 규제에 맞춰 캐나다와 유럽에서도 농도 규제 진행 예정이며, 중국 최초로 심천시 먹는물에서 40ppt(PFOS), 130ppt(PFOA) 규제 시작(2020년 5월 부터)



◎ 시사점

- 미주, 유럽지역을 시작으로 중국도 과불화합물(먹는물) 규제를 시작하였으며, 과불화합물의 잔류 특성을 고려하여 토양 또는 폐수 등에서 완전분해 방법을 고려 중이므로 한국 내 법적 규제 방안 및 다양한 환경 매질에서 완전분해 방안 에 대한 계획 수립 필요
- 국내 정·하수 처리장 슬러지 및 활성탄 재생 시 과불화합물 완전분해 방법(소각, 플라즈마 등)의 연구 필요

폐수무방류(ZLD) 및 방류최소화(MLD) 트렌드 (수석연구원 권순범) – Brine Concentration Market Profile (IDA WATER SECURITY HANDBOOK, 2020–2021, p.20~21)

◎ 폐수무방류(ZLD) 및 방류최소화(MLD) 시장 현황

* ZLD : Zero Liquid Discharge (폐수무방류) * MLD : Minimal Liquid Discharge (방류최소화)

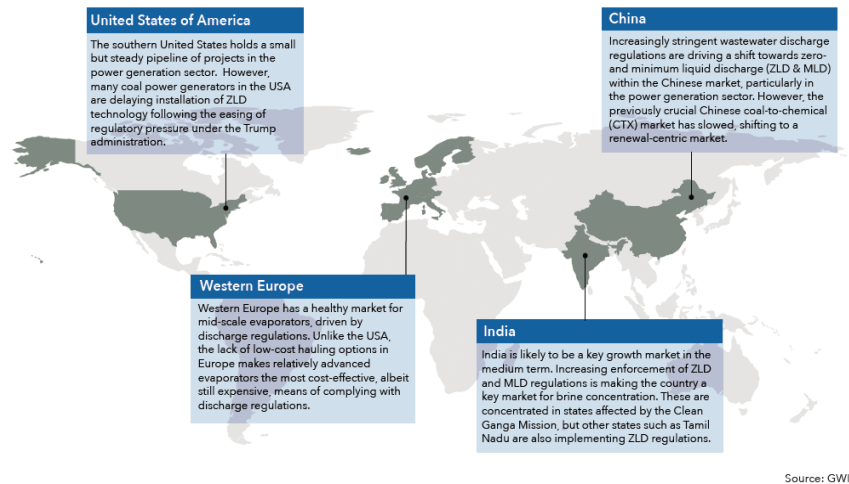
- 농축수 처리시장은 산업폐수 배출 규정에 영향이 매우 큰 산업이며, 현재 성장 추세임에도 아직 CAPEX 지출은 상당히 낮음. 그럼에도 불구하고 2021년에 COVID-19의 영향에서 회복될 것으로 예상되며, 2025년까지 건실한 성장을 보일 것으로 예상됨.

– 미국 : 미국 남부는 발전 부문에서 작지만 꾸준한 프로젝트를 보유하고 있음. 그러나, 트럼프 행정부의 규제 압력 완화에 따라 ZLD 기술 설치를 지연시키고 있음.

– 중국 : 점점 더 엄격해지는 폐수 배출 규제에 의해 중국 시장 중 특히 발전 부문에서 폐수무방류 및 방류최소화 (ZLD & MLD)로 전환되고 있음.

– 서유럽 : 배출규제로 인해 중형 증발기에 대한 시장을 형성 중. 유럽의 상대적으로 우수한 증발기는 비싸지만 배출 규정을 준수하는 가장 효율적인 수단으로 적용 중.

– 인도 : 중기적으로 핵심 성장 시장이 될 가능성이 높으며, ZLD 및 MLD 규정의 강화로 인해 나라는 RO농축수 처리의 핵심 시장이 되고 있음.

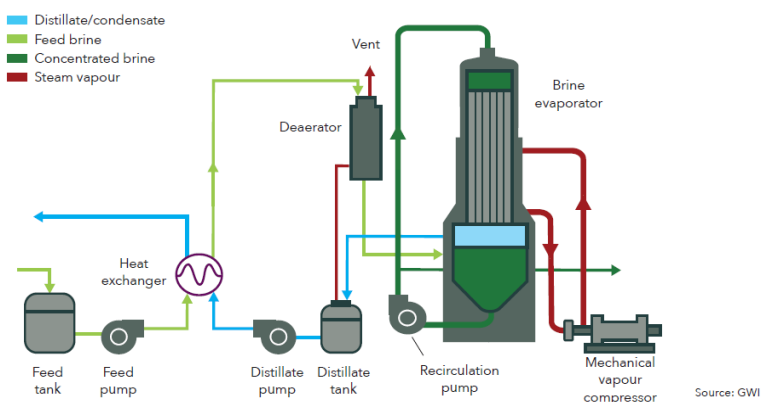


〈주요 국가의 폐수무방류 시장의 기회요인〉

◎ 폐수무방류 시장의 핵심 기술 분야

- 증발기 : 일반적으로 Falling film 증발기가 많이 사용되며, 유량 100 m³/d 이상의 폐수를 TDS 200,000 mg/L 농도로 농축이 가능함.
- 결정화기 : 강제 순환 증발기로도 알려진 결정화기는 증발기에서 농축된 물을 처리하여 쉽게 운반할 수 있는 고체 케이크를 생성하며, 용액에 따라 200,000–700,000 mg/L의 농도로 농축이 가능함.
- 소형/중형 증발기 : 용량 100 m³/d 이하를 처리하는 데 사용되며, 소형 보일러부터 기술적으로 정교한 증발기 장치에 이르기까지 형태가 다양함. 대형 증발기와 유사한 염 농도 범위를 처리하지만 규모는 더 작음.

- 고 회수율 RO공정 : ZLD를 위해 TDS 50,000 mg/L 이상의 원수를 처리해서 최소 70,000 mg/L 이상의 농축수를 생산하는 기술이며, 최근 가습-제습 (HDH; humidification–dehumidification)을 병행한 공정도 사용도 늘어나는 추세임.



〈일반적인 Falling film 증발기 개요도〉

◎ 시사점

- RO 농축수 처리를 통한 ZLD 및 MLD 시장은 동아시아 / 태평양 및 남아시아에서 산업 생산이 증가하고 환경 규제가 강화되는 지역 증가로 최근 가장 유망한 시장이 되고 있음. 특히 국내에서는 탈황(FGD; flue gas desulphurisation) 폐수처리에서 두산중공업도 새로운 시장에 진출하고 있음.
- 장기적으로 세계적으로 엄격한 폐수 수질규정 준수에서 ZLD나 MLD 기술이 매우 중요하기 때문에 새로운 물 프로젝트의 핵심이 될 것으로 예상됨.

회원동정

수상

이창하 / 서울대학교 화학생물공학부

우리 학회 회원이신 이창하 교수가 우수한 연구개발 성과로 과학 기술 발전에 기여한 공로를 인정받아 과학기술정보통신부-한국연구재단 이달의 과학기술인 상 9월 수상자로 선정.



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) – 환경 관련 알고 싶은 내용이나 자료를 질문해주세요.

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

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

2021년 대한환경공학회 국내학술대회

일시

2021년 11월 3일(수)~5일(금)

장소

제주 신화월드

