

경북지역 공공하수처리시설 유입수 및 방류수의 유기물 특성

(경상북도 보건환경연구원, 금오공대)



Gaseous Emission from the Combustion of Premium Motor Spirit (PMS) from the Kaduna Refinery and Petrochemical Company (KRPC) in Nigeria (Obafemi Awolowo University, Technical University)

병렬 설치형 저압막 모듈 배관의 유량 균등 분배 평가에 관한 연구 (경상국립대, K-water 연구원)

프러시안 블루를 담지한 커피박 바이오차의 세균 흡착 제거 (경북대, 환경시설관리주식회사, 한국원자력환경공단)

태양광 발전량 예측을 위한 랜덤포레스트와 순환신경망 비교 (강원대)

COVID-19 바이러스 유행 및 대응책이 중소도시에서의 수돗물 소비에 미치는 영향 연구 (경상국립대)

임목의 수종, 재배지, 재배기간에 따라 생산할 수 있는 바이오에너지의 잠재량 평가 방법론 (강원대)

섬유제품 내 유해화학물질의 제도적 관리 방안 (전남대)

◀ 이기창, 정상섭(경상북도 보건환경연구원)

레저부문

종합리조트부터 레저성 사치까지 국내 레저문화의 가치를 높인다

물류부문

첨단기술과 친환경 설계로 앞선 물류네트워크를 구축한다

종합건설부문

주거 및 도시기반시설의 앞선 역량을 대폭 향상시켜 내실을 건설한다

환경부문

최고급인 수처리 기술로 친환경 비전을 선도한다

건설의 한계를 넘어선

태영의 창조본능

건설을 넘어 환경, 레저, 물류까지 태영의 가능성은 끝이 없습니다

TAEYOUNG

태영건설

46th

태영건설 창립 46주년

www.taeyoung.com

Life Value Creator

TAEYOUNG

Design, Detail, **DESIGN**

편집인의 말

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

지난 5월에는 포용적 녹색회복을 통한 탄소중립 비전 실현을 주제로 열린 P4G 서울 녹색미래 정상회의를 통해 ‘서울선언문’이 채택되었고, 이러한 ‘서울선언문’에서 “기후위기는 환경 문제를 넘어 경제·사회·안보·인권과 연관된 과제들에 영향을 미치는 시급한 국제적 위협”이라고 명시하고, 기후문제 해결을 위해 태양·풍력 에너지 등 재생에너지 발전 비중 확대와 더불어 탈석탄과 청정수소 사용, 지속가능한 물 관리, zero waste 사회로의 전환 등을 주요 과제로 제시하였습니다.

향후 급변하는 시대의 흐름에 발 맞춰 우리나라의 주요 목표인 2050 탄소중립 이행을 위해 우리 환경공학인들도 무거운 책임감과 사명감을 가지고 물, 대기, 폐기물, 토양환경과 순환경제, 에너지, 도시, 식량/농업 등의 환경 및 환경융합 전 분야에서 기존 기술에 탄소중립 기술혁신을 위한 최선의 노력을 다해야 할 것입니다. 다행인 것은 이러한 탄소중립 기술혁신의 물결을 반영하듯 대한환경공학회지에도 폭넓은 주제의 우수한 융복합 논문이 다양한 분야의 투고자로부터 지속적으로 투고되고 있어 투고율 및 인용지수 감소를 겪고 있는 일부 국내학술지 대비 매우 고무적이며, 편집위원들을 대표해서 진심으로 감사드립니다.

한국연구재단 등재지 환경분야 학술지 중 가장 많은 회원수와 가장 높은 KCI 인용지수를 자랑하는 대한환경공학회지가 탄소중립 혁신기술의 개발과 기술교류에도 우리말을 활용해 기술을 발표하고 토론하여 지속가능하고 자생적인 발전을 할 수 있도록 디딤돌 역할을 할 수 있도록 저희 국문편집위원들은 최선을 다할 것을 약속드립니다. 소중한 논문을 투고해 주신 회원분들과 열정을 가지고 심사를 해주시는 심사위원분들께 감사드립니다.

2021년 5월

부편집위원장 주 진 철 (한밭대)



편집위원장



정승우 (군산대)



김상현 (연세대)

부편집위원장



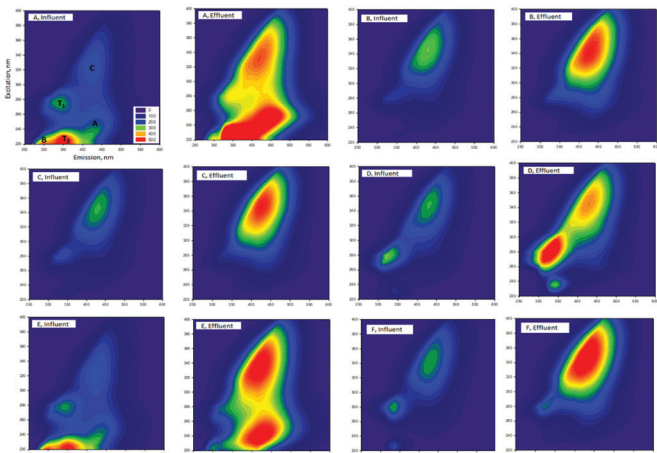
이원태 (금오공대)



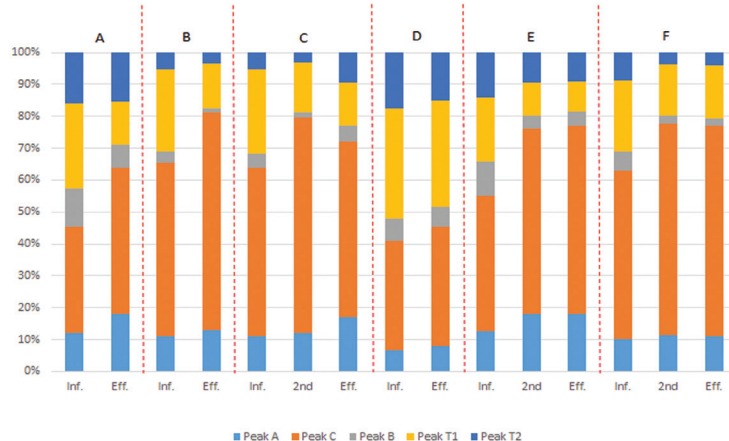
정석희 (전남대)

이달의 연구자

2021년 5월호 『이달의 연구』 논문은 “경북지역 공공하수처리시설 유입수 및 방류수의 유기물 특성(이기창, 박영진, 강귀화, 정미옥, 류동현, 정상섭, 이원태)”입니다.



FEEM spectra of influents and effluents of six STPs (sampled in November, 2020).



Distribution of peak intensities of influents (Inf.), secondary treated wastewater (2nd), and effluents (Eff.) in six STPs.

공공하수처리시설의 유입수/방류수 수질 빅데이터 분석을 통한 유기물질의 특성 상호 비교

하·폐수 내 용존유기물질(dissolved organic matter, DOM)은 의약품, 호르몬물질, 아미노산, 당당류 등 저분자량 유기물질에서 휴믹산, 단백질계, 다당류 등의 고분자량 유기물질에 이르기까지 다양하고 복잡한 특성을 가진 비균질성 혼합물질로 수처리 후에도 호수, 강, 연안해역의 공공수역에 미치는 유기물 부하와 위험성은 여전히 존재할 수 있다. 또한, 유기물질은 염소소독부산물 생성, 막 오염, 배급수관망에서의 생물학적 안전성 등의 문제를 일으키는 원인물질로 유기물질의 유형과 함량에 따라 수처리 공정에도 많은 영향을 준다. 일반적인 유기오염물질관리 수질지표로 화학적산소요구량(chemical oxygen demand, COD), 생물화학적산소요구량(biochemical oxygen demand, BOD), 총유기탄소량(total organic carbon, TOC)을 많이 사용하고 있으나, 총량적 유기물질 농도에 관한 정보만 제공할 뿐 복잡한 DOM의 구조적 특성에 대한 정보를 제공하지는 않는다. 하·폐수 내 DOM은 자연유기물질(natural organic matter, NOM) 성상변화와 정수처리공정에 영향을 미치므로 하·폐수 내 유기물질의 이해와 관리는 반드시 필요하며, 이를 위해서는 유기물에 대한 기초적 특성파악이 무엇보다 중요하다.

본 연구는 경북지역의 공공하수처리시설 중 시설규모 30,000 m³/day 이상인 6곳을 대상으로 유입수 및 방류수의 수질특성과 공정효율 분석은 2013~2020년 동안의 각 시설 운영자료를 활용하였고, 직접 채취한 2020년 시료에 대해서는 형광 excitation emission matrix(EEM) 분석기법을 활용하여 유입수 및 방류수의 용존유기물질(Dissolved Organic Matter, DOM) 성상특성과 생성기원 등을 조사하였다.

분석대상 공공하수처리시설의 유입수와 방류수의 BOD₅/COD_{Mn} 평균비는 각각 1.60과 0.27이었다. 유입수에 대해 8년간 BOD₅/COD_{Mn}비의 변동비율(표준편차/평균×100)은 대상시설 중 A와 E 시설에서 각각 34.7%, 27.6%로 높은 변동비율을 보였으며, 방류수에 대한 변동비율도 각각 33.4%, 47.0%로 높아 유입수의 변동비율이 방류수에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면에 비교적 일정한 BOD₅/COD_{Mn}비율을 가진 유입수를 처리하는 대상시설은 방류수의 BOD₅/COD_{Mn}비율도 안정적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 방류수 수질을 통해 생분해성 및 난분해성 유기물질

의 유입부하변동에 대한 추정이 가능하게 한다. 대상시설에 대한 BOD₅/SS 및 T-P의 평균 제거효율은 각각 97.4%, 97.1%, 94.3%이었고, COD_{Mn} 및 T-N의 평균 제거효율은 각각 85.5%, 64.6%로 나타났다. 유입수와 방류수의 COD_{Mn}/TOC비는 평균 1.6으로 동일하였으며, TOC의 경우 제거효율은 86.5~91.7%이었다.

형광 EEM 분석을 통해 유입수와 방류수에서 확인된 DOM의 대표적 EEM spectra는 peak C(humic-acid like substance) 영역으로 5개의 형광 EEM peak 중 peak C의 평균 분포비율은 각각 45%(33~54%), 55%(37~68%)이었고, 동일한 탄소농도(2 mg-C/L) 조건에서 방류수가 미생물의 대사활동으로 생성된 soluble microbial products(SMP)의 영향으로 형광강도가 유입수보다 강하고 광범위하게 나타났다. 유입수 및 방류수의 fluorescence index(FI) 값은 평균 2.2로 동일하였으며, DOM의 생성기원은 미생물(FI) 1.9로부터 기인한 것으로 나타났다. 방류수의 biological index(BIX) 평균값은 1.0으로 유입수보다 0.2 정도 더 높았으며(p<0.01, n=34), 이는 미생물의 대사활동에 의해 생성된 독립영양 유기물질인 SMP의 영향으로 보여진다. Humification index(HIX) 지수는 자연계에서 유기물질의 생체이용률과 휴믹화 정도를 판단하는 지표로 방류수에 대한 HIX 지수의 평균값은 2.9로 유입수보다 약 2배 높은 통계적 유의한 값을 보여(p<0.01, n=34) 방류수가 유입수보다 화학적으로 더 안정하고 휴믹화된 DOM 성상을 가진 것을 알 수 있었다.

본 연구결과는 조사대상 공공하수처리시설간 유입수 및 방류수에 포함된 유기물질의 거동이 유사하고 대상시설의 생물학적처리공법에 관계없이 다양한 유기물 성상지표가 비교적 균일한 값을 가지는 것으로 나타나 향후 수처리공정에서 유기물질의 특성을 파악하고 효율적으로 제어하기 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 기대한다.

본 편집위원회는 이 논문이 장기간 경북지역 내 다수의 공공하수처리시설의 유입수/방류수의 유기물 분석을 통해 수처리공정의 유기물질의 특성을 상호 비교 및 분석하여 현장에서 활용가능한 자료를 생성한 것을 높이 평가하여 이달의 연구로 선정하였다.

이달의 연구자



이기창

경북보건환경연구원에서 환경연구사로 재직 중이며, 경북대학교 환경공학과에서 박사학위를 취득하였다. 그동안 환경시험분석에 관한 법적업무를 수행하며 시험분석방법개발 및 지역환경현안 관련 연구사업을 수행해 왔으며, 최근에는 지하수 중 자연방사성물질 및 중금속 흡착제거에 관한 연구를 수행하고 있다.



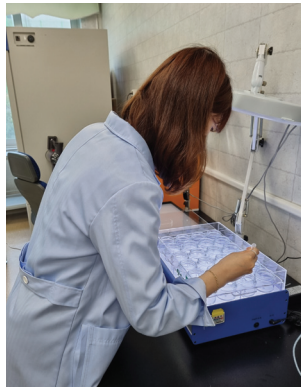
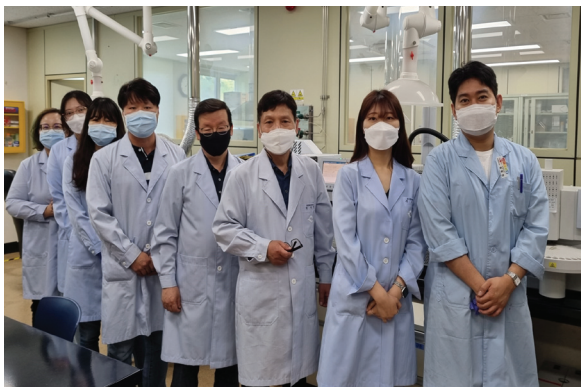
이원태

미국 애리조나주립대학교에서 박사학위를 취득한 후 HDR(Project Engineer), 한국건설기술연구원(수석연구원)에서 근무한 경험이 있고 2011년부터 현재까지 금오공과대학교 교수로 재직 중이다. 다양한 수처리 관련 연구개발과제를 수행하였고, 최근에는 친환경 소독기술, 녹조제거기술, ICT활용 물순환기술 등에 관한 국가연구과제를 수행 중이다. 기술의 실용화를 중요시하여 2017년 산학협력 기술혁신으로 국무총리표창을 받았다.

이 달의 탐방 ...



경상북도 보건환경연구원 수질조사과



과학적 정밀 분석을 통해 최고의 보건환경 정보를 제공하는 경북보건환경연구원

경북보건환경연구원은 감염성 질병의 예방과 확산방지를 위하여 질병유행 예측조사 실시, 기후 및 생활환경 변화에 따른 신종감염질환의 유행예측조사, 농·수산물의 안전성 확보를 위하여 국내산 및 수입 농산물의 잔류농약검사와 방사능물질 오염 여부 검사 등 경북도민의 건강보호를 위해 최선을 다하고 있다. 또한, 쾌적한 대기환경 조성을 위한 악취검사, 실내공기질 검사, 미세먼지 검사 등 실시, 수자원 보호 및 생태환경 확보를 위한 수질모니터링과 생태독성검사 실시, 토양오염도 검사, 지정폐기물여부검사, 골프장잔류농약검사 등의 최신 과학적 분석 정보를 도민들에게 적극적으로 제공하고 있다.

본 연구를 수행한 수질조사과는 매년 미국 환경자원학회(ERA)가 주관하는 수질분야 국제숙련도 시험평가 참여를 통해 '최우수 분석기관'의 공인인증서 획득하며 시험분석결과

신뢰성 및 정확성에 대해 국제적으로 입증받고 있다. 주요 업무는 환경오염물질 배출시설 통합지도·점검에 따른 방류수 수질검사, 공공하수처리시설 유입수 및 방류수 수질검사, 소규모하수처리시설 방류수 수질검사, 가축분뇨 처리시설 방류수 수질검사, 물벼룩을 이용한 생태독성검사, 자가측정실험실의 시험분석교육 등을 수행하고 있다. 또한, 공공하수처리시설 유기물특성 및 공정효율, 유해중금속 및 휘발성유기물질 모니터링, 방류수의 주변 오염부하량 산정, 지하수 중금속 흡착제거 등 공공기관이 수행할 수 있는 다양한 연구사업을 산·학·연 연계하여 진행함으로써 보다 수준 높은 연구성과를 도출하고 있다. 앞으로도 수질조사과는 정확하고 신뢰성 있는 분석데이터를 기반으로 안전하고 쾌적한 수질환경을 위한 실용적 연구성과를 창출하여 도민들의 물 복지 향상에 기여하도록 최선을 다하겠다.

감량화부터 에너지화까지

유기성폐자원 처리도 역시 BKT



www.bkt21.co.kr
bkt@bkt21.com



슬러지 처리비용은 더 부담없게

열가수분해(Draco)를 이용한 감량률 최대 90% 이상
점착구간없이 기존 건조방식 한계 극복



에너지 생산은 더 많게

바이오가스 생산 증대
체류시간 단축, 탈수성 향상



공정은 더 균형있게

최적화된 에너지화(Draco, AAD)
+ 경제적인 폐수처리(AMX) 통합 솔루션



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.

독 자 공 간



이달의 퀴즈

추첨하여 아메리카노 쿠폰을 보내드립니다.

이달의 연구로 선정된 기관의 정확한 명칭은 무엇인가요?

- | | |
|-------------|-------------|
| ① 경북보건안전연구원 | ② 경북산업환경연구원 |
| ③ 경북보건환경연구원 | ④ 경북환경보건연구원 |

정답을 7월 15일까지 ksee@kosenv.or.kr로 성함, 소속, 휴대 전화 번호를 보내주시면 추첨하여 아메리카노 1잔 쿠폰을 보내드립니다.



교육·홍보위원회

기획 : 김종오(교육·홍보위원회 위원장, 한양대학교)

퇴출되었던 인공 살충제, 재허용 법안 추진되다



Birmensdorf 주변 농가에서 건조 수확하는 농부
(출처: Reuters/Arnd Wiegmann)

네오니코티노이드는 천연의 살충제인 니코틴과 유사한 인공 합성 살충제다. 지속적인 약효를 내면서도 인체에 해가 거의 없으며, 여러 종류의 해충에 대해 효과를 발휘하므로 살충제로 많이 이용되고 있다.

이 살충제는 1980년대에 석유회사인 미국의 쉘이 개발을 시작했으며, 제약품 회사인 독일의 바이엘에서 개발을 완료했다. 이 농약은 나오자마자 농업인들로부터 큰 환영을 받았다.

기존 살충제들보다 독성이 덜한데다가, 살포가 아닌 코팅 방식으로 이루어져 있기 때문에 해충들이 기존 살충제들처럼 내성을 키울 수 없어서 농촌에서는 최적의 살충제로 여겨져 왔다. 이처럼 살충제로서의 효능이 입증되면서 네오니코티노이드 사용이 크게 늘어났고,

얼마 전까지만 하더라도 세계에서 가장 많이 사용되고 있는 살충제 중 하나였다.

그러나 전 세계에서 공통적으로 불고 있는 꿀벌 감소 현상이 네오니코티노이드 사용으로 인해 나타나는 현상으로 드러나면서 EU에서는 2013년 해당 성분의 농약 3종을 사용 금지했고, 프랑스도 2018년 EU에서 금지한 3종에 2종을 추가해 사용을 금지하는 법을 제정한 바 있다. (그러나 현재 우리나라와 미국은 네오니코티노이드의 영향을 확정할 수 없다는 코넬대의 연구결과를 받아들여 해당 살충제의 사용을 부분적으로 허용하고 있으며 미국에서는 단 8개 도시에서만 이 살충제 사용을 금지한 상황이다.)

하지만 최근 프랑스 사탕무농가들과 설탕업체가 산업의 존폐를 우려하며 네오니코티노이드 금지에 대해 강력히 항의하자 최근 프랑스 정부가 한시적 허용을 추진하기로 하여 관련 규제를 한시적으로 없애는 법안이 최근 하원에서 통과되었다. 이 법안에 따르면 내년부터 3년 동안 네오니코티노이드계 살충제를 사용할 수 있다.

EU에 가입하지 않은 스위스의 경우 EU의 네오니코티노이드 사용 금지에 참여하지 않았음에도 불구하고 결국 환경보호를 위해 살충제 금지를 고려하지 않을 수 없었다. 따라서 최근 합성 살충제(농약) 사용 금지 법안이 스위스 국민투표에 부쳐졌으나 끝내 부결되었는데 이는 농산물 생산을 줄여 농가에 타격을 입힐 거라는 반대를 극복하지 못한 것 때문이다. 로이터 통신 등 외신에 따르면 13일(현지시간) 실시된 스위스 국민투표 결과, 살충제 사용을 금지하는 법안이 유권자 62%의 반대로 통과되지 못했다. 이와 함께 연 30억 스위스프랑(3조7,300억 원)의 정부 농업 보조금을 살충제와 항생제를 사용하지 않는 농가에만 지급하는 법안도 투표 대상이 됐지만 역시 가결되지 못했다.

두 법안은 살충제가 사람들의 건강과 환경을 위협한다는 문제 의식에서 제안됐다. 그러나 대다수 농장주와 정부의 반대에 부딪혔다. 입법이 성사될 경우 농산물 생산의 20~30%가 감소해 식자재 물가가 오르고 수입 의존도가 높아지리라는 게 주된 이유였다. 스위스 농부 협회 이사 마틴 루퍼는 영국 일간 가디언에 “살충제를 덜 사용해야 할 필요성은 있지만 완전히 금지하는 건 시기상조라는 게 농부들 생각” 이라고 말했다. 농업에 줄 타격과 농산물 가격 상승, 수입 증가는 정부의 걱정거리이기도 했다.

사실 산업혁명 이후로 현대에 이르기까지 폭발적으로 증가하는 인구의 부양을 위해서는 살충제의 사용이 불가피한 측면이 있다. 살충제를 일절 쓰지 않는다면 대규모 농업사업은 불가능하고, 병충해로 인해 경작지 대비 수확량도 큰 폭으로 감소하게 된다. 이런 농업인의 부담 증가는 결국 농산물 가격 상승으로 이어진다. 따라서 완벽한 무해 친환경 살충제 또는 해충에 내성을 지닌 GMO 작물이 개발되기 전까지는 기존 살충제를 이용한 농업이 지속될 수밖에 없다. 그렇지만 친환경 살충제 또는 해충에 강한 작물이 개발되고 살충제를 사용하지 않았을 때의 가격대가 지금의 살충제 사용 후의 가격대와 비슷해 진다면 살충제 사용은 자연적으로 도태되지 않을까.

〈출처〉

The Science Times (<https://www.sciencetimes.co.kr/?p=172149>)

Pollinator Network @ Cornell (<https://pollinator.cals.cornell.edu>)

로이터통신 (<https://www.reuters.com/world/europe/china/swiss-vote-become-first-european-nation-ban-synthetic-pesticides-2021-06-07>)

기획위원회

기획: 강석태(기획위원회 위원장, KAIST)

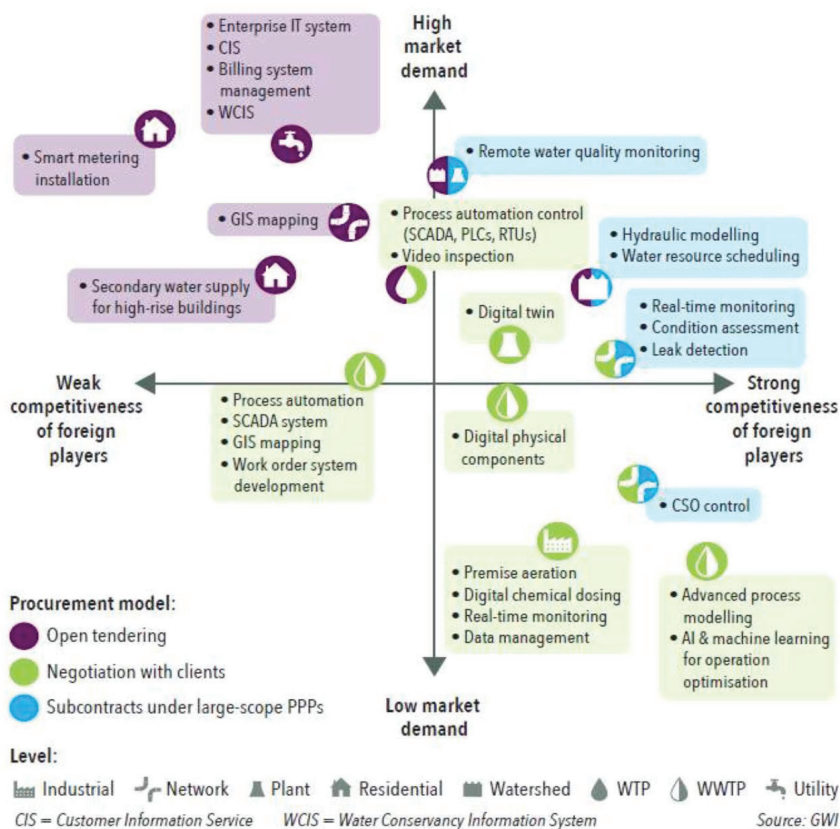
Water Industry Technologies & Market Insights I (2/2)

저자: K-water연구원

3. 다국적 물기업의 중국 디지털시장 진출 모색

◎ 중국의 디지털 워터 시장 현황

- 세계의 디지털 물 기술 공급 업체는 점점 중국 더 현지화 전략을 추구하고, 증가하는 스마트 물 솔루션 수요 대응을 위해 신규 비즈니스 모델을 모색
- * 다국적 물기업은 중국에서 계획, 실시간 데이터 수집 및 물 관련 정보 표시 시장에 관심증가
- 19년 이후 중국 공개 입찰 대상이 되는 모든 디지털 수도 프로젝트 비중
 - 40 % : 사물 인터넷 (NB-IoT) 기반 자동 계량기 인프라
 - 40 % : 유틸리티를 위한 IT 시스템 구축 및 수자원 관리 정보 관리
 - 20 % : 지리정보시스템(GIS) 네트워크 매핑 및 디지털 트윈 업그레이드



〈중국의 디지털 워터 시장 현황〉

◎ 스마트 플랜트 기술분야

- 중국에 있는 5,500개가 넘는 현존하는 도시 폐수 처리장(WWTP) 중 1% 미만이 시뮬레이션, 모델링 및 기계 학습과 같은 기능을 달성하는 고급 공정 제어 표준에 도달하였으나 이 부문에 대한 진입은 여전히 어려움
- 대규모 현지 디지털 솔루션 통합 업체는 중국 정부의 국내 기술 보호로 인해 가격 경쟁력이 매우 높고 국가가 통제하는 최종 사용자로 채택하기 쉬움
- 외국 기업은 중국 디지털 물관리의 턴키 솔루션 공급 업체보다 현지화로 전환, 중국에 없는 기술을 보완하고 현지 공급 업체와 제품통합을 주로 시도
- 중국 기술 생태계에 완전히 통합된 중국산 디지털 솔루션을 생산하기 위해 현지 파트너와 중국 합작 투자를 만드는 것을 추천
- 중국의 디지털 물 솔루션 부서에서는 디지털 트윈 기술을 통해 플랜트 운영자는 설계에서 운영 및 유지 보수 데이터에 이르는 전체 수명주기를 포괄하는 모든 물리적 자산 정보를 역 추적 할 수 있음을 인지하고 있음
- Bentley Systems 및 DHI Group과 같은 인프라 및 수자원 관리 소프트웨어 기업은 디지털 트윈 부문에서 현지 설계기관과의 파트너십을 기반으로 설계 및 엔지니어링에서 플랜트 유지관리 및 운영으로 모델링 능력을 확장 중
- Siemens 및 Schneider Electric과 같은 시스템 자동화 기업은 기존 및 신규 WWTP에서 디지털 트윈 플랫폼을 개발하는 동시에 널리 사용되는 소프트웨어 솔루션을 통합 및 업그레이드하기 위해 고객과의 협상을 통해 접근중

	Foreign digital players	Local digital players
Strengths	- Advanced modelling capabilities. - Mature AI and machine learning algorithms. - Global references & data accumulation.	- Low-cost supply chain. - Flexible business model. - Close connection to utilities & governments. - Better understanding of market demands.
Challenges	- High price. - Limitation in data management. - Lack of localised product design. - Weak connection to utilities & governments.	Lack of advanced data management & analytics expertise.
Key to more success	- Establish local manufacturing base. - Strengthen localised product development. - Develop partnerships with local solutions integrators.	Develop partnerships with innovative international technologies.

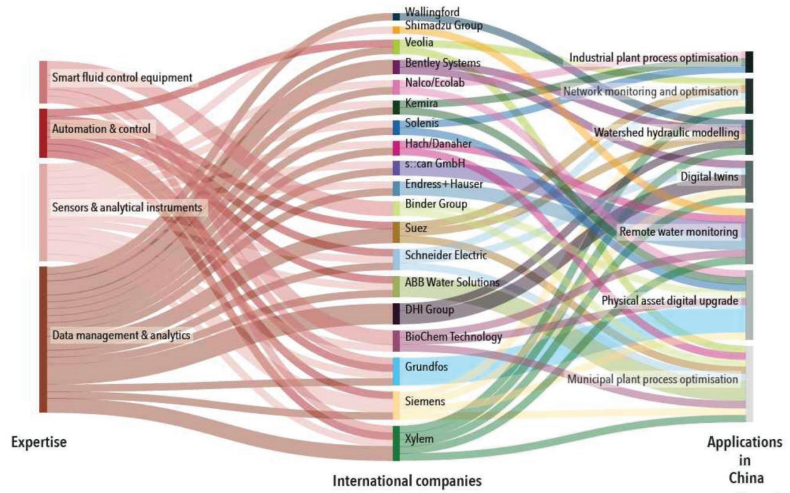
Source: GWI

〈외국 기술이 중국에 진출할 수 있는 열쇠〉



◎ 디지털 물산업 사업분야

- 중국 지자체 부문의 디지털 변환에 대한 수요 증가와 달리 산업 환경에서의 디지털 물 기술 적용은 복잡한 오염 성분과 산업 폐수 품질 및 양의 큰 변동으로 인해 다소 제한적임
- 이러한 제한성을 적극적으로 활동하는 업체는 대부분 Ecolab (Nalco Water), Solenis 및 Kemira와 같은 클라우드 기반 데이터 관리 소프트웨어를 사용하는 지능형 수처리 화학 물질 투여 및 저장 시스템 공급 업체임
- 중국 물산업 고객은 일반적으로 IT 인프라 및 데이터 보안의 차이로 인해 매우 다양한 요구 사항을 가지고 있음. 고객의 디지털 플랫폼에 적용할 수 있도록 개방형 모듈식 맞춤형 솔루션을 만들어야 하는 경우도 있음



〈중국에 있는 디지털 워터 회사에의 사업분야〉

◎ 시사점

- 디지털 물 시장에서 물 관리의 디지털화가 가져 오는 가치는 새롭고 지속적으로 진화되고 있으며, 견고하고 비용 효율적인 센서, 계량기 및 컨트롤러와 같은 새로운 기술은 전체 솔루션을 구축하는 데 중요한 역할을 하고 있음
- K-water도 스마트 기술 기조인 센싱, 계량 및 컨트롤러를 이용한 데이터 취득, 운영 등 토탈솔루션과 디지털트윈에 지속적인 투자와 연구가 필요함

4. 인도 태양광 산업 발전에 따른 초순수 사업 확장

◎ 인도는 대규모 태양광 발전 시설에 대해 9,000 억달러 지원 예정

- 인도 태양광 제조 시설은 초기 단계이며 '23년 까지 10 기가와트(GW)의 제조 능력을 확보하기 위해 23억달러의 직접투자를 목표하고 있어 태양광 제조에 필수적인 초순수 시설 증설 필요
* 태양광 패널 제조용 UPW 품질 요구 사항은 제약의 주사 용수보다 높지만 반도체 펌보다 낮음
- 인도는 현재 약 35GW 태양광 발전 용량을 설치, '22년 까지 100 GW, '30년 까지 280 GW를 설치할 예정
* 인도의 현재 태양광 발전 생산능력은 2.5 GW이나, 향후 3년동안 태양광 수요는 약 36 GW 로 예상

〈인도 태양광 산업의 현황 및 향후 계획〉

구분	제조현황
Adani Solar	1.2 GW/년 제조가능, 1.2 GW/년 제조시설 구축계획
Vikram Solar	현재 모듈 제조가능하며, 향후 3 GW/년 제조능력 구축계획
ReNew Power	2.0 GW/년 제조능력 구축계획
Azure Power	1.0 GW/년 제조능력 구축계획
Tata Power Solar	300~530 MW/년 제조능력 구축계획

◎ 태양광 산업의 초순수 공정 현황

- 태양광 제조는 4단계의 공정을 거치며, 다양한 수질 요구사항이 있음. 셀 제조단계는 물을 가장 많이 사용하는 공정임
- 초순수 공정은 역삼투공정, TOC제거공정, 전기탈염공정(EDI), 카트리지필터, 초순수 공정을 포함하고 있으며, 예비 유닛 확보, 온도 유지를 위한 열교환기, 현장 작업을 최소화 하기위한 스킵드 및 모듈화 작업이 핵심 기술임

〈태양광 모듈 제조공정에 따른 물 사용 필요 공정〉

구분	1단계 공정	2단계공정	3단계 공정	4단계 공정
공정설명	잉곳생산	웨이퍼생산	태양광셀 생산	판넬/모듈 생산
물필요성	낮음	높음	높음	낮음
인도 제조시설	없음	없음	제한적임	제조시설 있음
향후계획	명확치 않음	제한적임	계획있음	계획있음

- 초순수의 수질을 유지하기 위해 탱크 및 파이프의 재료선택도 매우 중요하며, 태양광 제조공정에서는 다양한 화학약품(산)을 포함하여 여러 중화 단계가 필요함

◎ Adani Solar 의 수처리(초순수, 폐수 등) 현황

- Adani Solar는 해상 배출 허가를 받았지만 향후 다른 내륙 공장은 무방류(ZLD) 시스템에 투자 필요하며, 현재 인도의 폐수 처리는 환경 배출 제한 준수가 어려워 ZLD 적용 필요
- 인도는 반도체 및 LCD 시장이 없어 제약 산업을 중심으로 UPW 공급 업체들이 사업을 추진중임
- GE Water & Process Technologies(현 Suez WTS)는 Adani Solar 공장의 UPW(시설용량 2,520m³/d)를 구축, Praj Industries는 폐수처리 시스템 구축
- GE Water는 Adani Solar 공장 UPW 공정 구축을 턴키 방식으로 '16년에 프로젝트를 추진함

◎ 태양광 분야 초순수 시장의 기존기업 및 신규기업 현황

- 기존 제약 UPW 전문가가 대규모 규모와 관련된 복잡성과 기대치로 인해 태양광 PV 시장에 쉽게 접근 할 수 있을지에 대한 의견이 다양하게 갈리나
- 운영 안정성을 위해 기존 브랜드에 대한 고객 선호도, 국제적인 레퍼런스를 보유한 기존 실적이 있는 다국적 기업 중 Suez WTS 가 가장 좋은 위치에 있음
- Suez WTS는 태양광 초순수 분야의 시장을 준비하고 있는 것으로 알려진 Ion Exchange (India) 및 Praj Industry (India) 와 같은 대규모 현지 기업과 치열한 경쟁을 겪을 것으로 예상됨

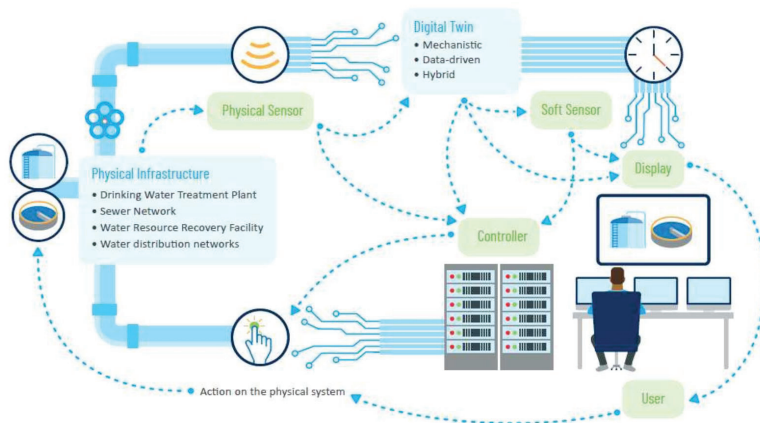
◎ 시사점

- 인도가 세계 최대 태양광 시장으로 부상하고 있으며 현재 35 GW에서 '22년까지 100 GW 태양광 발전 용량을 달성하려는 인도의 에너지 목표는 태양광 산업의 한국 기업에 좋은 기회가 될 수 있음으로 태양광 제조 산업과 초순수 분야를 접목한 기술 제안으로 통합 솔루션을 제공하는 사업 전략 검토
- 인도 초순수 산업의 핵심기업인 GE Water & Process (현 Suez WTS), 신규 기업인 Ion Exchange (India) 및 Praj Industry (India)의 협력을 통한 인도 초순수 시장 해외시장 진출 방안 검토 필요

5. 물 분야 디지털 트윈 적용사례

◎ 물 분야 디지털 트윈 개요

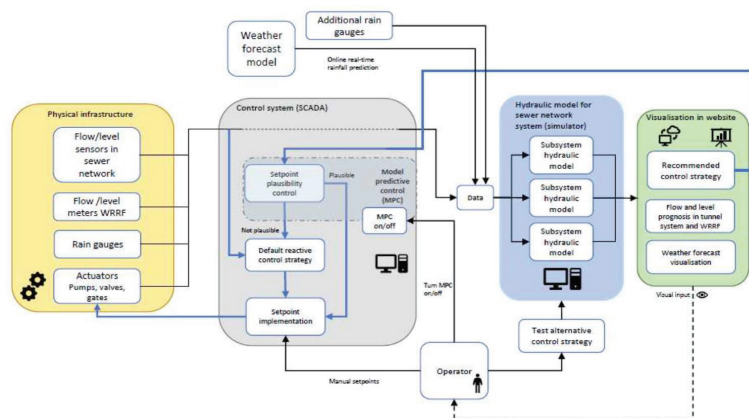
- (정의) 물리적 자산의 디지털 복제본으로 실시간 데이터를 활용하여 물 분야 시스템에 대한 주요 성능을 모사하는 모델의 조합
 - * 디지털 트윈에 대한 세부 범위는 기존 기계적 모델에 일부 추가적인 센서 데이터를 활용하여 보정 빈도를 증가시키는 정도부터 실시간 데이터와 상호작용까지 해석이 다양함
 - * 운영 목적 디지털 트윈은 실시간 데이터와 상호작용이 중요시되지만, 설계 목적 디지털 트윈은 유사 시스템의 과거 운영 데이터가 중요시될 수 있음
- (장점) 핸들링하기 어려운 다량의 데이터를 운영자가 효율적으로 사용할 수 있도록 제시할 수 있으며, 모델기반 제어와 데이터 기반 최적화를 통해 기존 PID 제어대비 효율 개선 및 비용 감소 효과
- (활용범위) 시나리오 분석을 통한 투자계획 수립, 데이터 분석기반 운영자 의사결정 지원, 운영자 교육, 에너지 절약 및 규제 준수를 위한 모델 기반 최적화, 자산관리 등



〈디지털 트윈 적용의 기본 구조도〉

◎ (적용사례 1) 스웨덴 Gotenburg 시 하수망 적용

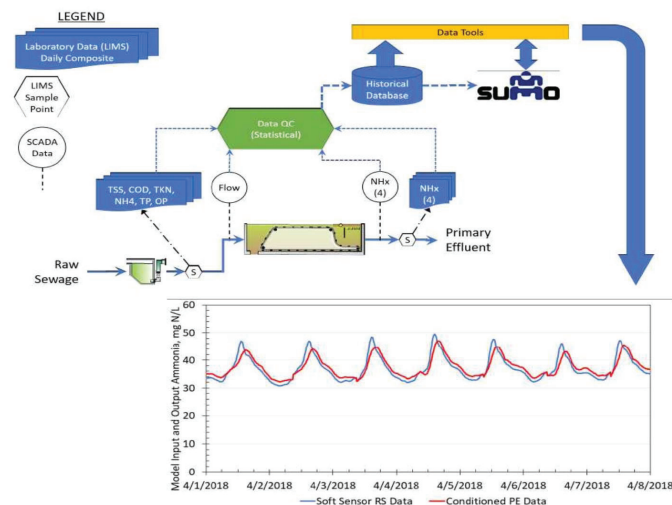
- (배경) 변동성 높은 폭우에 의한 하수 집수 시스템 월류수 (Combined sewer overflow, CSO) 문제로 연간 30억 리터 폐수가 무처리 방류되고 있음
- (원리) 유량/수위 센서 등 물리적 인프라, SCADA 제어 시스템, 수리학적 모델 시뮬레이터, 실시간 강수량 데이터 수집 및 예측, 시뮬레이션 결과 시각화 등의 단위 모듈로 구성되며, 디지털 트윈 적용을 통해 월류수량 예측 및 운영제어 전략 제안 등 운영자의 의사결정을 지원
- (애로사항) 기상예측 모델의 불확실성, 특정 이벤트에 다중 인자가 동시에 영향을 미칠 때의 모델링 접근법, 데이터 관리(품질, 크기, 범위, 시간차 등)
- (기대효과) 신속한 시각화에 따라 의사결정의 신뢰도 향상 가능. Gotenburg의 경우 실시간 제어 전략 시뮬레이션을 통해(이상적으로) 약 50%의 월류수 감소가 예상됨



〈하수망 디지털 트윈 구조도〉

◎ (적용사례 2) 싱가포르 창이 물 재이용 시설 적용

- (배경) 창이 물 재이용 시설의 운영유지관리 효율화, 시설 생산성 및 운영 복원력 향상을 위해 Jacobs과 PUB가 공동 R&D 프로젝트 수행
- (원리) Jacob의 Replica 시뮬레이터(제어)와 Dynamita의 Sumo 시뮬레이터(공정모사)가 쌍방 통신 가능토록 구성하며, 여러 계측 데이터(TSS, COD, TKN 등)로부터 물리적 의미를 도출하여 처리수질을 예측하는 소프트 센서 개념 포함
- (애로사항) 모델 복잡성으로 인해 장시간 소요, 계산속도 향상 필요
- (기대효과) 다양한 운영 시나리오에 대한 비교평가, 향후 5일 이내에 시설에서 발생 가능한 이슈에 대한 경고 등



〈싱가폴 창이 물 재이용 시설 디지털 트윈 적용 구조도〉

학회소식

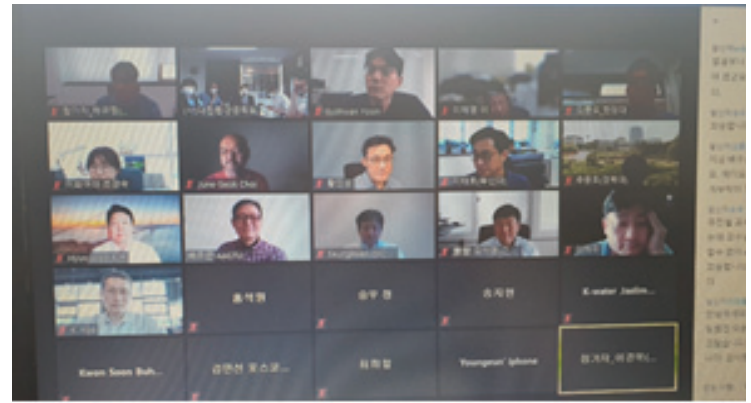
1. 2021년 대한환경공학회 제6회 전문가그룹 학술대회

2021년 대한환경공학회 제6회 전문가그룹 학술대회가 6월 25(목)~26일(금) 양일에 걸쳐 “전문가그룹 지식나눔 및 C-YEP”으로 개최되었다. 올해 전문가그룹 학술대회는 전면 온라인(ZOOM)으로 운영되었으며, 총 6개 전문가그룹의 참여로 스물아홉개의 동영상 강의와 실시간 Q&A 세션, 개·폐회식 등이 진행되었다.



2. 2021년 3차 확대이사회 개최

2021년 6월 25일(금) 학회 사무국(ZOOM 비대면 동시진행)에서 3차 확대이사회가 개최되었다. 36명 참석, 30명 위임으로 이사회가 성립되었으며 총무, 재무, 상임위원회 업무보고가 진행되었다. 또한 2021년 선거관리위원회 인준이 가결되어, 제23대 회장 및 제8대 평의원 선거관리위원회가 구성되었다.



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 제출해 주시기 바랍니다.