

UltraFacility 국제 학술대회 참석 및 관련 연구동향조사, 국제공동연구 수행

출 장 지	UltraFacility 국제학술대회 및 애리조나 주립대(애리조나 피닉스), 예일대학교(코네티컷 뉴헤이븐)
출 장 자	선임연구원 김효전(K-water연구원 상하수도연구소)
출장기간	2026.09.17.~09.26.(8박 10일)
출장목적	☐ 반도체용 초순수 분야 국제 학술대회 UltraFacility 참석 및 포스터 발표(2건), 관련 전문 기관 회의를 통한 연구 동향 파악 및 국제 네트워킹 확대 ☐ 산업통상부 글로벌산업기술협력센터 국제공동연구 수행 ○ 과제명 : 대체수원을 활용한 반도체용 초순수 생산용 저분자 물질 제어 프로토타입 시스템 개발 ○ 해외공동연구기관 : 예일대학교(김재홍 교수)
활동내용	☐ (09.18.(금)~09.19.(토)) 국제 학회 참석 및 애리조나주립대 미팅 ○ 국제학회 Roundtables 참여 및 포스터 발표 * 주제 1: Process-Level Analysis of Urea Behavior in Water Reuse for Reliable UPW Source: A Korean Case Study * 주제 2: Optimization of Current Load Distribution for Energy-Efficient Operation of Two-Stage CEDI in Ultrapure Water Plant ○ 애리조나 주립대 후속 기술 논의 및 관련 시설 견학 ☐ (09.20.(월)~09.24.(목)) 예일대 연구 수행 프로토콜 습득 및 점검 ○ 공동연구 진도 점검 및 행정 서류 진행사항 검토 ○ 보론 제어용 역삼투막 분리막 제조 및 성능 평가 프로토콜 습득 ○ 유레아 제어용 자외선 산화 평가 프로토콜 습득 및 점검 ○ 보론 및 유레아 농도 분석용 분석장비 프로토콜 습득

붙임 1. 주요 일정 및 활동 내용

일 자	출발지	도착지	방문기관	업무수행내용	비고
'26.09.17 (목)	인천 (14:30)	Phoenix (15:18)	-	• 출국(인천→LA→Phoenix)	
	Phoenix (16:30)				
'26.09.18 (금)	08:15	10:15	UltraFacility Conference	• Roundtables 참석 및 네트워크 구축	
	10:15	10:45		• 포스터 발표 2건	
	10:45	11:45		• Ultrapure Water Metrology 세션 참석 - Measuring contamination from 2 to 15nm to characterize UPW and UPW filters - Analysis of trace organic impurities in ultrapure water system by SBSE GC/MS	
	11:45	12:30	-	• 이동(학회장→애리조나주립대)	
	13:30	14:30	Arizona State University	• 국제 네트워킹 : 애리조나주립대 - 국제공동연구과제 내용 공유 - 재이용 관련 기술 및 동향 파악	Dr.Bruce E. Rittmann, YenJung Sean Lai Ph.D
	14:30	18:00		• 견학 : 애리조나주립대 연구시설 - 자외선 산화 및	
'26.09.19 (토)	09:00	12:00	Southwest Water Reuse Treatment Facility	• 견학 : 하수재이용시설 - 공정 구성 및 목표 수질 등 벤치마킹을 위한 시설 견학 수행	Dr. Seungyeob Han
	14:00	15:00	Arizona State University	• 전문가 자문 미팅 : 남주연 교수 - 미생물 산화 기술 적용 및 수소 생산	
'26.09.20 (일)	피닉스 (07:05)	뉴헤븐 (19:00)	-	• 이동(피닉스→뉴욕→뉴헤이븐)	
'26.09.21 (월)	10:00	12:00	Yale University	• 연구과제 진도 점검 미팅 1 <유레아 제어용 자외선 산화 시스템 개발>	김재홍 교수 및 공동연구 참여진
	13:00	18:00		• 실험실 규모 자외선 산화 인프라 점검 및 세부 평가 방안 습득	

'26.09.22 (화)	09:00	11:00	Yale University	• 연구과제 진도 점검 미팅 2	김재홍 교수 및 공동연구 참여진
	12:00	18:00		<보론 제어용 역삼투막 개발> • 분리막 제조 프로토콜 습득 • 실험실 규모 분리막 평가 인프라 점검 및 세부 평가 방안 습득	
'26.09.23 (수)	09:00	12:00	Yale University	<유레아 제어용 자외선 산화 시스템 개발> • 실험실 규모 광섬유 평가 방안 습득	김재홍 교수 및 공동연구 참여진
	13:00	18:00		<저분자 물질 분석 인프라 점검> • 유레아 분석 : TOC 및 LC • 보론 분석 : ICP-OES 및 ICP-MS	
'26.09.24 (목)	09:00	14:00	Yale University	• 해외과견 관련 미팅 • 공동지재권 출원 관련 미팅	박준영 코디네이터, McManus Ben, McGrath Robert
	14:00	17:00		• 예일대학교 국제협력 설명회 준비 및 참석	
'26.09.25 (금)	뉴헤븐 (8:10)	뉴욕 (10:10)	-	• 이동(숙소→공항)	
	뉴욕 (13:10)		-		
'26.09.26 (토)		인천 (17:50)	-	• 귀국(뉴욕→인천)	

- UltraFacility 2026 국제학회 참석 및 포스터 발표(미국 피닉스, 09.18.(금))
- (Roundtables 참석) 3개 주제 토론 참여를 통한 기술 동향 조사
 - 주제 1. What Actually Limits Water Reuse Feasibility?(Keary Burris, Texas Instruments): 하수재이용수의 초순수 원수 활용 제약요인(시설 설계, 장비운영, 생산현실)에 의한 리스크 논의
 - 주제 2. Balancing Arsenic Treatment, Water Reuse, and Environmental Compliance in GaAs Semiconductor Facilities(Jackie Peterson, Qorvo): 반도체 폐수 처리 내 비소 처리 공정 기술 및 규제 요건 논의
 - 주제 3. Building the case for wastewater instrumentation improvements (Yohsi Tabushi, HORIBA): 폐수 무방류의 계측 기기 및 데이터 활용 방안 논의

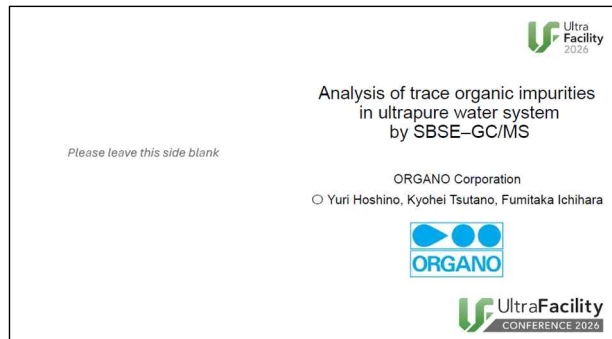
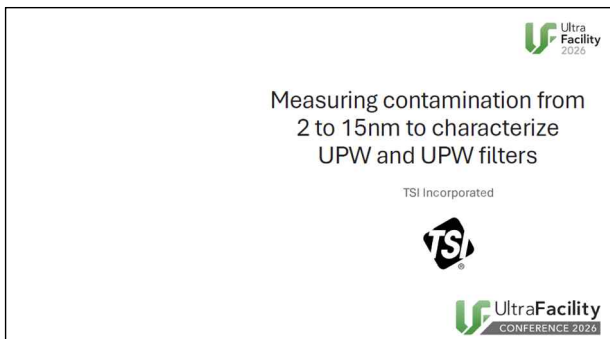
- (포스터 발표) 대체수원 초순수 원수 확보 및 초순수 공정 에너지 효율화
 - Process-Level Analysis of Urea Behavior in Water Reuse for Reliable UPW Source:A Korean Case Study: 유레아 거동 분석
 - Optimization of Current Load Distribution for Energy-Efficient Operation of Two-Stage CEDI in Ultrapure Water Plant: 에너지 효율 운영
- (Ultrapure Water Metrology 세션 참석) 초순수 계측 최신 기술 동향 조사
 - 초순수 계측기 발전에 따라 대체수원의 초순수 원수 활용 시 규제 대상 오염물에 영향을 줄 수 있으므로 초순수 계측 최신기기 세션 참석
 - Measuring Contamination from 2 to 15 nm to characterize UPW and UPW filters(TSI Incorporated, 미국): 분무건조와 이동도 입자크기 분석기 결합을 통한 초미세(2.5~80 nm) 입자 분석 기술 개발 및 검증
 - Analysis of trace impurities in ultrapure water system by SBSE GC/MS (ORGANO Corporation, 일본): 신규 TOC 분석기술(측정한계 0.1 ppb)을 활용한 미량 유기물 오염원 추적(이온교환수지 용출, 2-Ethyl-1-hexanol 잔류)



<Roundtables 세션>



<포스터 발표>



<Ultrapure Water Metrology 세션 참석>

UltraFacility 2026 국제 학회 참석 및 포스터 발표

□ 애리조나주립대 전문가 미팅 및 시설 견학(미국 피닉스, 09.18.(금)~09.19.(토))

○ (전문가 미팅) 하수재이용 기술 및 연구 동향 파악

- Bruce E. Rittmann 교수 및 YenJung Sean Lai 박사 미팅을 통한 국제 공동연구 내용 공유 및 저분자 물질 제거 기술의 평가 방향 논의, 애리조나주 하수재이용수 활용 현황 및 재이용 관련 기술 동향 파악
- 남주연 교수와 미팅을 통한 하수처리 및 재이용 공정에서 미생물 전기발효 적용을 통한 수소 생산 기술의 적용 가능성 검토

○ (연구시설 견학) 연구시설 구축 및 운영 벤치마킹을 위한 견학

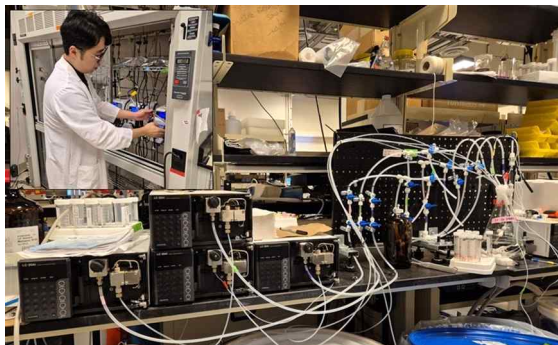
- 애리조나주립대 실험실 견학: 자외선 산화 등 분석평가 인프라 조사
- 하수재이용시설 견학: 공정 구성 및 목표 수질 등 벤치마킹



<전문가 미팅①>



<전문가 미팅②>



<애리조나주립대 연구시설 견학>



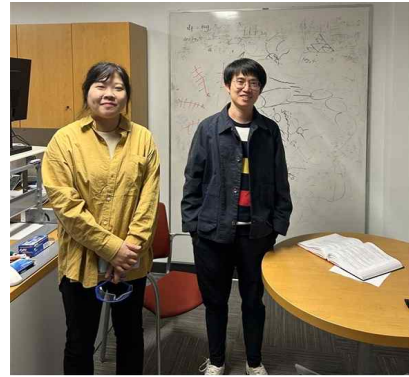
<하수재이용시설 견학>

애리조나주립대(ASU) 전문가 미팅 및 시설 견학

□ 예일대학교 공동기관 인프라 및 프로토콜 점검(미국 뉴헤이븐, 09.21.(월)~09.24.(목))

○ (진도 점검) 김재홍 교수 및 국제 공동연구 참여진 미팅 2회 수행

- 연구 수행 내용 및 정량적·정성적 연구 성과 달성 방안 논의(논문 및 특허 등)
- 프로토타입 현장 구축을 위한 성능 점검 사항 및 설계 진행 상황 논의



<유레아 제어 자외선산화: 김재홍 교수 등> <보론 제어 역삼투막: Mingzhing Zhong 교수 등>

국제 공동연구 진도 점검 미팅

- (서류 검토) 해외파견 및 공동지재권 관련 서류 진행 상황 검토
 - DS-2019 증명서 담당자(McManus Ben)미팅을 통한 서류 발급 상황 검토 및 향후 진행 일정 논의(기존 파견계획 일정(안) 공유 및 시급한 상황 피력)
 - 공동연구기관((주)에코셋(1인, 파견 中), (주)CJK(3인, 10월 파견예정))파견 점검



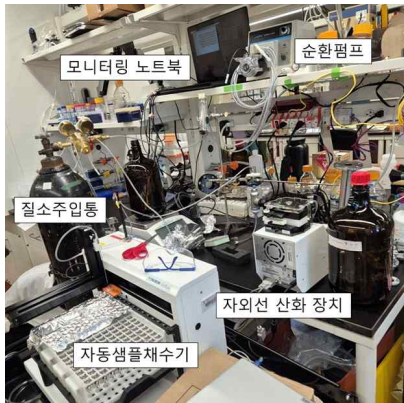
<해외파견 서류 미팅 : McManus Ben>



<해외파견 점검 미팅 : 박준영 코디네이터>

국제 공동연구 행정 서류 검토 미팅

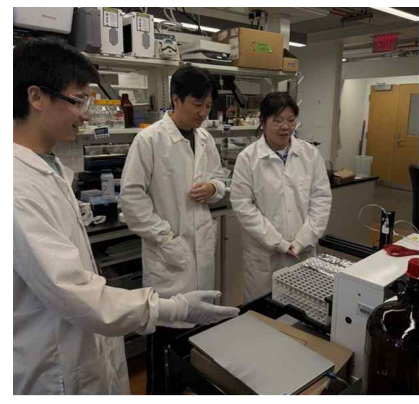
- (인프라 점검) 자외선 산화 실험 인프라 점검 및 세부 평가 방안 습득
 - 반응기 직경 변화에 따른 유레아 제거 성능 비교 평가 참여를 통한 실험실 규모 자외선 산화 장치 구성 및 평가 세부 프로토콜 습득
 - 자외선 산화에 의한 유레아 반응 기작 규명에 활용되는 미세반응기 관찰 장치 구성, 프로그램 해석 등 관련 세부 내용 습득
 - * 자외선 램프 외부 노출로 인해 연구원 보호복 착용 및 실험실 차단 필요
 - 자외선 산화 반응기 효율 향상을 위한 광섬유 평가 장치 및 구성 점검



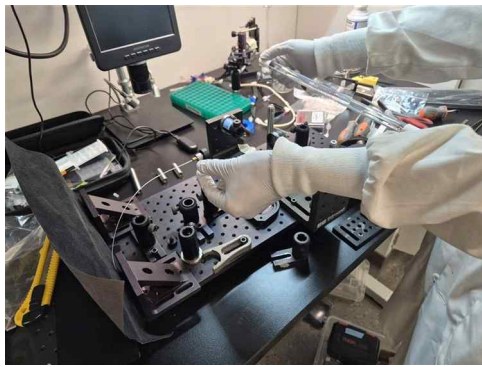
<실험실 규모 자외선 산화 장치>



<산화 반응기 내 램프 결착 >



<실험실 평가 프로토콜 습득>



<산화 반응 기작 해석용 평가 장치>



<광흡수 평가 장치>

유레아 제어용 자외선 산화 시스템 인프라 점검 및 세부 평가 방안 습득

- (인프라 점검) 역삼투막 실험 인프라 점검 및 세부 평가 방안 습득
 - 보론 제어 분리막 제조 프로토콜: 용액 및 분리막 제조 세부 사항 공유
 - 분리막 성능 평가 참여를 통한 실험실 규모 장치 구성 및 세부 프로토콜 습득
 - * 구성: 펌프, 멤브레인 고정셀, 압력계 및 조절 밸브, 생산수 모니터링 장치 등



<실험실 규모 RO 평가 장치>



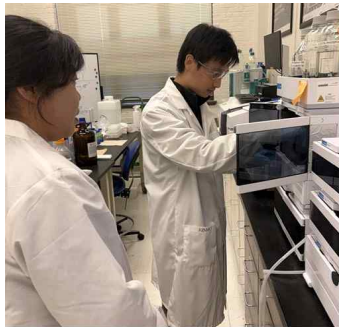
<실험실 평가 프로토콜 습득>

보론 제어용 역삼투막 인프라 점검 및 세부 평가 방안 습득

- (분석 인프라 점검) 보론 및 유레아 농도 분석 장비 프로토콜 습득
 - 유레아: 형광화하여 LC-FLD 분석기(김재홍교수 보유)를 이용하여 농도 분석
 - 보론: ICP-OES(김재홍교수 보유)와 ICP-MS(분석실 보유)를 이용하여 농도 분석



<분석 인프라 점검>



<유레아 분석 프로토콜 습득>



<보론 분석 프로토콜 습득>

분석 인프라 점검

- (국제협력설명회 참석) 예일대학교-주미대사 국제협력 설명회 참석
 - 한—미 연구교류 확대 등을 위한 주미대사 대상 국제 협력설명회 개최
 - * 일시 / 장소: 2026.09.24.(목)(15:30~17:00) / 예일대학교 산학협력센터(KCITY)
 - * KCITY(Korea-Center for Industrial Collaboration-Yale): 공동연구 및 기술 협력 플랫폼
 - K-water—예일대 국제공동연구 추진 현황 공유를 통한 연구과제 홍보



국제 협력설명회 참석

첨 부 1. UltraFacility 2026 개요 및 포스터 발표

□ UltraFacility Conference 2026

- (時/所) 2026. 9. 16(수) ~ 9. 18(금) / 미국 애리조나주 피닉스
- (주 관) GWI(Global Water Intelligence)-글로벌 물 산업 연구 기관
- (주 제) 초순수 오염제어, 친환경 ESG, 초고속 펌 건설

* UltraFacility Conference 2026은 반도체 관련 기술(전력, 초순수, 화학 등)에 특화된 유일한 기술 컨퍼런스로 수율 및 신뢰성, 지속가능성 및 운영우수성, 성장 촉진 3가지 의제에 대한 문제해결을 위한 협력에 초점

- (개 요) 60개 이상 발표, 1,000명 이상의 전문가 참가

* 수처리 및 초순수 전문가, 전력 엔지니어, HVAC(공조) 전문가, 화학분야 전문가와 삼성, 인텔, 마이크론, 글로벌파운드리, TSMC 등 주요 기업의 최종사용자 등

일 정	주요 내용	비고
09.16.(수)	- IRDS 및 SEMI 비공개 실무 세션 - 워크숍 및 기술 쇼케이스 8개 및 초청세션 1개 진행: 차세대 반도체 초순수 관리, 지속가능한 Fab 유지 기술 등	
09.17.(목)	- 개회 전체회의 및 패널 토론 - 기술 세션 12개 진행: SEMI 기준, 무방류, 고순도 화학물질 등 - 포스터 세션	
09.18.(금)	- 시상식 및 라운드테이블 - 기술 세션 4개 진행: 초순수 계측기, 미생물 오염 등 - 포스터세션, 폐회 전체 회의	

□ UltraFacility Conference 발표 포스터

