

「대덕연구개발특구 수소전주기 부품 원스톱 시험·평가·지원 플랫폼 구축」

국외출장보고서

2023. 10



에너지사업본부
에너지사업개발처

■ 목 적

- 최근 수소 품질 불량 이슈로 인해 수소 품질분석에 대한 필요성이 대두되나 한정된 수소 품질분석 및 샘플링 인원과 미숙련자의 시료 채취 시 시료 오염으로 인한 정확한 분석 불가
- 수소전주기센터에서는 현장에서 수소를 직접 채취 시, 오염과 인적 오류 없이 시료를 채취할 수 있는 자동 시료 채취 시스템(가칭 : HASA)을 개발하여 단기간 수소 품질분석을 통한 품질관리시스템 구축
- (국제분석기관) ZSW HyLAB(독일)은 연료전지 및 수소 품질분석 전문 연구기관으로 선진 수소 품질분석 기술 보유 및 국제 비교분석 능력을 보유한 선진 분석기관이며 수소 시료 채취 장치(HySAM) 개발기관으로 시료 채취 기술 공유 및 교류 추진 협의
- (국제학회) ZSW에서 개최하는 FDFC 2023은 수소 품질 및 연료전지 국제학회로 수소 품질 관련 동향 및 기술 습득을 위한 참석
- 당사의 수소 품질분석 고도화 및 시료 채취 장치 개발을 위해 ZSW HyLAB과의 기술 교류, FDFC 2023 발표 및 참석을 통한 선진 수소 품질분석 기술 전수, 시료 채취 장치 벤치마킹, 수소분석 관련 기술 동향 습득으로 당사 수소 품질분석 기술 고도화 및 품질관리시스템 구축

■ 관련근거

- 가스기술연구원-328('21.07.01) “지역 현안 해결형 R&BD 지원사업 시행계획(안)”
- 신에너지연구원-22('23.01.11) “수소 전주기 부품 원스톱 시험·평가·지원 플랫폼 구축과제 2단계 1차년도 시행계획 변경(안)”
- 신에너지연구원-507('23.08.30) “(수소플랫폼) 수소 산업기술 및 시장조사 및 분석을 위한 국외 출장계획(안)”
- 여비규정 제19조의2(국외출장의 관리) 제1항 1호(특정 업무 수행 출장)

II

출장현황

- 출장명 : 수소 산업기술 및 시장조사 및 분석을 위한 국외 출장
- 지 역 : 독일(울름)
- 기 간 : 2023.09.24.(일) ~ 09.30(토) / 5박7일
- 장 소 : ZSW HyLAB, HyFAB
- 대상자 : 오주현 과장, 유호성 과장, 이혜영 연구원
- 상세일정

일 자	출 발	도 착	일 정	
09.24 (일)	대한민국 (인 천)	독 일 (프랑크푸르트)	11:05 ~ 17:40	<ul style="list-style-type: none"> • 출국(인천국제공항 → 프랑크푸르트국제공항) - KE 945(11:05 ~ 17:40) • 현지숙박
09.25 (월)	독 일 (프랑크푸르트)	독 일 (울 림)	06:00 ~ 10:00	<ul style="list-style-type: none"> • 프랑크푸르트 → 울름 이동(2시간, 편도)
	독 일 (울 림)		10:00 ~ 19:00	<ul style="list-style-type: none"> • FDFC 2023 참석 및 발표 - 수소전주기센터 수소 품질분석 동향 발표 * 포스터 발표 제목 : A study on hydrogen analysis and sampling in korea • 현지숙박
09.26 (화)	독 일 (울 림)		09:00 ~ 18:00	<ul style="list-style-type: none"> • FDFC 2023 참석 - 연료전지 기술 세션 참석 • 현지 숙박
09.27 (수)	독 일 (울 림)		09:00 ~ 18:00	<ul style="list-style-type: none"> • FDFC 2023 참석 - 연료전지 & 수소 품질분석 기술 세션 참석 • ZSW 실험실 투어(연료전지 & 수소 품질) • 현지숙박
09.28 (목)	독 일 (울 림)		09:00 ~ 17:00	<ul style="list-style-type: none"> • HyLaB 소개 및 사업 미팅 참석 • 한국가스기술공사 소개 • HyLaB 실험실 투어 • HySaM 수소 품질분석 및 샘플링 시연 참석 • 수소전주기센터 수소 품질분석 소개 • HySaM 시료 채취 기술 관련 협의
	독 일 (울 림)	독 일 (프랑크푸르트)	18:00 ~ 20:00	<ul style="list-style-type: none"> • 울름 → 프랑크푸르트 이동(편도 2시간) • 현지숙박
09.29 (금)	독 일 (프랑크푸르트)	대한민국 (인 천)	19:40 ~ 14:10	<ul style="list-style-type: none"> • 입국(프랑크푸르트 국제공항 → 인천국제공항) - KE 946(19:40 ~ 14:10, +1)

■ FDFC(Fundamentals & Development of Fuel Cell) 2023 학회 참석

○ FDFC 참석 개요

- FDFC 학회에서는 연료전지의 기초와 개발 등에 관한 내용으로 전기화학의 기초에서부터 재료개발과 더불어 단일 셀 그리고 스택의 진단, 제어, 막 전극 접합체의 특성, 연료전지 연료 사용 등 연료전지에 대한 전반적인 내용을 다루는 학회
- 학회 구성
 - 1) 고분자 전해질
 - 2) 고체산화물
 - 3) 알칼리·음이온 연료전지의 시스템 및 구성요소
 - 4) 수소연료에 대한 주제로 구성
- 참석자
 - 독 일 : Helmtoltz Institute Ulm, Fraunhofer, Forschungszentrum Julich GmbH
 - 캐나다 : 토론토 대학교
 - 프랑스 : Universite De Lorraine
 - 중 국 : Wuhan 대학교
 - 인도, Air Liquide社 등에서 연료전지 및 수소 품질 관련 연구자

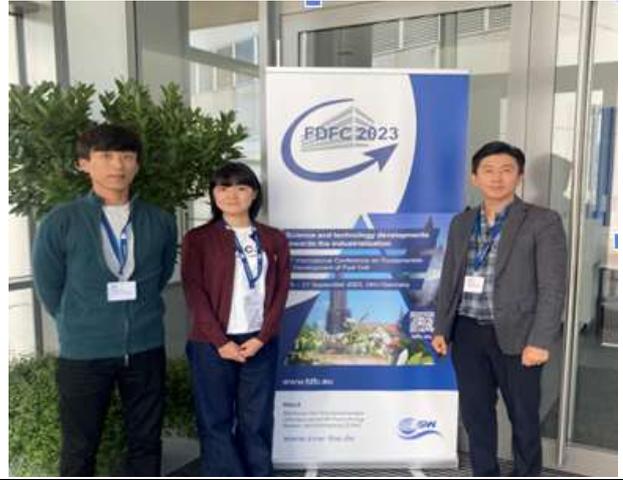
○ FDFC 학회 연구 동향 파악

- 발표자들은 전극 활성물질 개발, 전극 구조 및 구성 특성과 스택의 높은 성능과 셀 내구성을 높이기 위한 연구내용을 발표하였으며, 또한 낮은 비용으로 생산할 수 있는 스택 개발을 목표로 하여 연구를 추진하고 있음
- 이외 연료전지에 대한 상세한 연구내용으로는 스택의 내구성, 상태진단, 스택 작동조건 등을 통한 스택 개발과 더불어 기존 스택 운전 데이터를 통한 모델링(대학교, 연구소) 연구들이 활발히 진행되고 있음
- 학회 참가한 연구자들은 연료전지 효율을 지속적으로 높이기 위한 방법으로
 - 1) 스택 내의 수분 거동, 2) 스택 내 수분 배출 방법, 3) 스택 내 온도 조건 변화 4) 스택 내 x-ray 촬영 등의 실험을 하여 최종 고효율 스택 개발을 위한 연구과제 수행 중

참석현황



학회발표 프로그램



연료전지 시험 관련 질의



Program day 1 Monday, September 25, 2023

09:30-10:15	Registration	
10:30-11:00	Keynote	Michael Stamenović
11:15-11:45	Panel discussion: The necessary of reusable performance losses in PEMFC	Andreas Pfringer
12:30-12:45	PEMFC stack development at Aemc - an insight into high power density	John Aroon
12:45-12:55	Break	
13:00-13:15	Break	
13:30-13:45	Break	
13:45-14:00	Break	
14:00-14:15	Break	
14:15-14:30	Break	
14:30-14:45	Break	
14:45-15:00	Break	
15:00-15:15	Break	
15:15-15:30	Break	
15:30-15:45	Break	
15:45-16:00	Break	
16:00-16:15	Break	
16:15-16:30	Break	
16:30-16:45	Break	
16:45-17:00	Break	
17:00-17:15	Break	
17:15-17:30	Break	
17:30-17:45	Break	
17:45-18:00	Break	
18:00-18:15	Break	
18:15-18:30	Break	
18:30-18:45	Break	
18:45-19:00	Break	

14:00-14:20	Room 1	A dynamic 1D+3D physical model of the PEMFC fuel cell for embedded systems	Hartmut Grottel
14:20-14:40	Room 2	Designing optimal operation during Co-Electrolysis at Solid Oxide Stacks using a nonlinear AC Technique: Total Harmonic Distortion (THD)	Changbin Chen
14:40-14:55	Room 3	Impact of Membrane Surface Area on Oxygen Reduction Reaction and Ionomer for PEM Fuel Cells	Khaled Gholami
14:55-15:10	Room 4	Development of Temperature Compensation of SOC Stack using regenerative Fiber Bragg Gratings	Shengjie Liang
15:10-15:25	Room 5	Quality related simulation of PEM fuel cells: means experiments: Which model complexity is enough until which condition?	Ulrich Fuchs
15:25-15:40	Room 6	Towards State-of-Health prediction of Solid Oxide Fuel Cells: Expanding operational parameters to Electrochemical Impedance Spectroscopy	Christian Marone
15:40-15:55	Room 7	Modeling ionomer water transfer in Polymer Electrolyte Membranes via physics informed machine learning	Zhenqiang Li
15:55-16:10	Room 8	State 3 Closed Loop Recycling of Solid Oxide Cells	Gregoire Bachelier
16:10-16:25	Room 9	Understanding Charge, Mass and Heat Transfer in Fuel Cells for Transport Applications	Stavros Moura
16:25-16:40	Room 10	Advancement of an Open-Cell PEMFC Gasflow and its application on an experimental set-up	Selma Kuchta
16:40-16:55	Room 11	Research and Development of Synthetic Liquid Fuel Production Process with CO ₂ and H ₂ feedstocks	Yiwei Tang
16:55-17:10	Room 12	Impact of water removal on cross-flow polymer electrolyte fuel cell (PEFC) performance	Yiwei Tang
17:10-17:25	Room 13	Participation and Characterization of Real-World PEMFC Stacks as an Anode-Exchange for Protonic Ceramic Cells	Paula Carro
17:25-17:40	Room 14	Controlled Synthesis of Graphene	Seung-Gook Kim

Program day 2 Tuesday, September 26, 2023

09:30-10:15	Keynote	Michael Stamenović
10:30-11:00	Panel discussion: The necessary of reusable performance losses in PEMFC	Andreas Pfringer
11:15-11:45	Panel discussion: The necessary of reusable performance losses in PEMFC	Andreas Pfringer
11:45-12:00	Break	
12:00-12:15	Break	
12:15-12:30	Break	
12:30-12:45	Break	
12:45-13:00	Break	
13:00-13:15	Break	
13:15-13:30	Break	
13:30-13:45	Break	
13:45-14:00	Break	
14:00-14:15	Break	
14:15-14:30	Break	
14:30-14:45	Break	
14:45-15:00	Break	
15:00-15:15	Break	
15:15-15:30	Break	
15:30-15:45	Break	
15:45-16:00	Break	
16:00-16:15	Break	
16:15-16:30	Break	
16:30-16:45	Break	
16:45-17:00	Break	
17:00-17:15	Break	
17:15-17:30	Break	
17:30-17:45	Break	
17:45-18:00	Break	
18:00-18:15	Break	
18:15-18:30	Break	
18:30-18:45	Break	
18:45-19:00	Break	

12:45-13:00	Classifying Error States of PEMFCs by Current Mapping and Cell Voltage Monitoring	João Nogueira
13:00-13:15	Break	
13:15-13:30	Break	
13:30-13:45	Break	
13:45-14:00	Break	
14:00-14:15	Break	
14:15-14:30	Break	
14:30-14:45	Break	
14:45-15:00	Break	
15:00-15:15	Break	
15:15-15:30	Break	
15:30-15:45	Break	
15:45-16:00	Break	
16:00-16:15	Break	
16:15-16:30	Break	
16:30-16:45	Break	
16:45-17:00	Break	
17:00-17:15	Break	
17:15-17:30	Break	
17:30-17:45	Break	
17:45-18:00	Break	
18:00-18:15	Break	
18:15-18:30	Break	
18:30-18:45	Break	
18:45-19:00	Break	

09:30-10:15	Keynote	Michael Stamenović
10:30-11:00	Panel discussion: The necessary of reusable performance losses in PEMFC	Andreas Pfringer
11:15-11:45	Panel discussion: The necessary of reusable performance losses in PEMFC	Andreas Pfringer
11:45-12:00	Break	
12:00-12:15	Break	
12:15-12:30	Break	
12:30-12:45	Break	
12:45-13:00	Break	
13:00-13:15	Break	
13:15-13:30	Break	
13:30-13:45	Break	
13:45-14:00	Break	
14:00-14:15	Break	
14:15-14:30	Break	
14:30-14:45	Break	
14:45-15:00	Break	
15:00-15:15	Break	
15:15-15:30	Break	
15:30-15:45	Break	
15:45-16:00	Break	
16:00-16:15	Break	
16:15-16:30	Break	
16:30-16:45	Break	
16:45-17:00	Break	
17:00-17:15	Break	
17:15-17:30	Break	
17:30-17:45	Break	
17:45-18:00	Break	
18:00-18:15	Break	
18:15-18:30	Break	
18:30-18:45	Break	
18:45-19:00	Break	

We also offer guided tours of the HyFuel - Research Facility for Hydrogen Technology and Fuel Cell Technology.

From 14:00: Visit the ORR

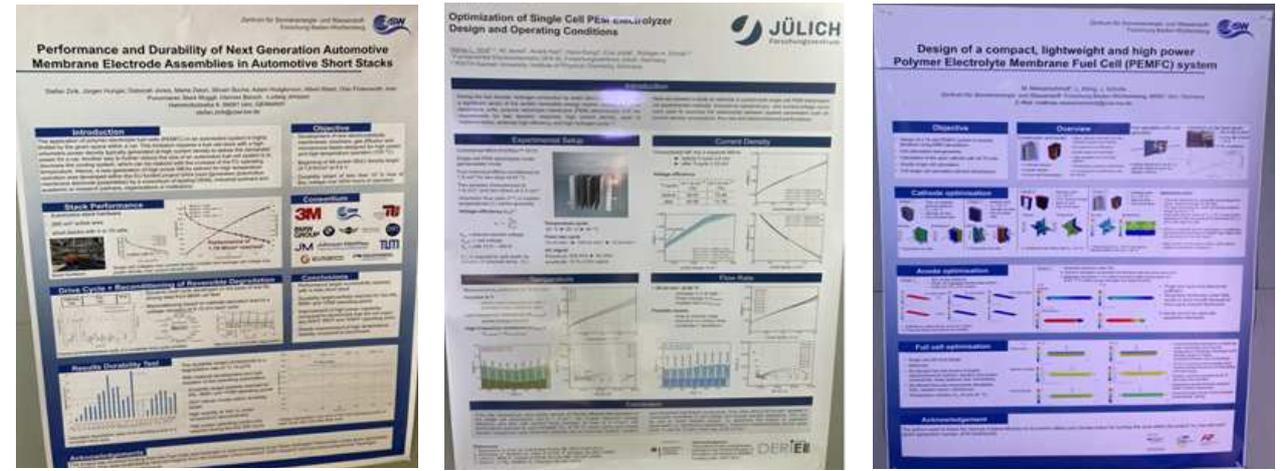
Exhibitor: **AIP**, **SW**, **ZAHNER**

Organizer: **SW**

Program Overview



연료전지 시험 포스터

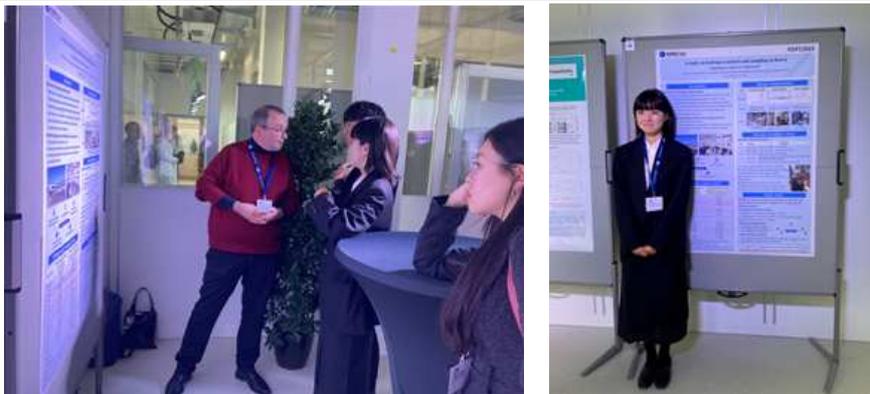


■ FDFC(Fundamentals & Development of Fuel Cell) 2023 발표

○ 포스터 발표

- 발표제목 : A study on hydrogen analysis and sampling in Korea
- 발표자 : 이혜영 연구원

포스터 발표 및 설명



○ 발표 내용

- 국내에서는 국제표준(SAE J2719)을 바탕으로 국내표준(산업통상자원부 고시 제2017-68호)에 따라 수소 품질분석을 실시하며, 수소 품질 불순물에 대한 국내 및 국제 기준은 대부분 동일하나 한국이 특정 성분(HCHO 등)에 더욱 엄격한 기준을 둔다는 점에서 차이점이 있음
- ISO 19880-1에 따르면 직접 샘플링, 병렬 및 직렬 샘플링 방법의 세가지 수소 샘플링 방법이 권장되며, 우리나라에서는 일반적으로 가스 직렬법을 채택하여 연구 중

- 국내에서는 고압가스법에 따라 1.0MPa 이상의 수소를 채취하는 것이 위험성 문제로 불가능하나, 추출수소, 물전기분해 등 수소를 생산하는 국내기업은 기술개발 과정에서 저압(0.5MPa) 수소분석 필요로 수소전주기센터에서는 현재 저압 수소분석 기술개발과 누구나 쉽게 조작하여 수소연료를 자동 샘플링 할 수 있는 가능 장치 개발사항 설명

■ HyLab 투어

○ 투어 개요

- ZSW(Zentrum für Sonnenenergie-und Wasserstoff-ForschungBaden-Württemberg)는 독일 바덴뷔르템베르크주의 태양에너지 및 수소연구센터로서 신재생에너지 분야의 정책 및 산업화에 국제적 경쟁력을 보유한 전문 유럽의 주요 에너지 연구기관
- HyLAB은 ZSW의 수소 품질분석 및 연료전지 전문 연구소로서 HyQ(유럽의 수소 연료 표준화 연구), HyDRAITE(EU의 수소 품질 보증), MetroHyVe(유럽 수소차량 측정기술 개발)의 참여기관으로 국제 비교분석 경험 및 기술 보유
- HyLaB은 수소 품질 분석기술의 선진 연구기관으로서 당사에서 극미량 정량분석이 어려운 불순물(할로젠, 포름알데이드 등) 분석기술을 보유하여 기술 교류를 통한 벤치마킹을 위해 시험시설 견학

ZSW 전경



○ 수소 품질 분석실(HyLAB) 현황 및 주요 협의 사항 (현황파악)

- HyLAB은 국제 수소품질 표준인 ISO 14687, SAE J2719과 독일 DIN EN 17124 기준에 충족하는 수소 품질분석을 수행 중이며, 2019년 MetrohyVe 프로젝트 13개 기간 시험실 간 수소 순도 비교분석 결과, 최대 허용 측정 편차 내에 있는 전 세계 단 3개 실험실 중 하나임

(협의사항)

- 독일 내 수소충전소 및 수소를 생산하는 실험실에서 수소 샘플링 분석실시 및 수소 품질분석을 위해 사용하는 장비 및 시험방법에 대한 질의응답
- 수소 품질분석에 대한 상호비교시험에 대한 가능 여부 논의



○ 연료전지 평가시험실(HyFAB)

(현황과약)

- ZSW는 연료전지 테스트를 위해 와트에서 최대 250kW급 스택 성능테스트 스테이션과 및 풀사이즈 자동차 스택 성능 검증 가능 설비 보유
- 해당 기관은 대부분 Greenlight innovation社 설비를 사용하고 있으며 이외에도 다양한 조건의 스택 성능시험 가능 설비를 보유하고 있고 별도로 데이터수집 가능 자체 개발 프로그램과 스택 자체 제어가능 프로그램 보유로 24시간 연료전지의 데이터 확보가 가능함
- 이 중 특이점은 AI기반 연료전지 테스트 모니터링이 가능한 점으로 실험 중 스택 작동조건에 대한 모니터링이 가능하여 조기에 오류 감지가 가능하며, 스택의 과거 작동조건과 현재 작동조건의 비교가 가능한 것이 특징임

(협의사항)

- 장시간 연료전지 평가시험을 위한 제어 방법과 데이터수집 및 모니터링에 대한 질의 및 협력 방안 논의
- 연료전지 시험 중 안전관리 방법에 대한 질의응답

연료전지 평가 시험실



■ HySaM(Hydrogen SaMpling¹) 및 FSTM(Fueling Station Test Module²) 시연 참석

○ HySaM 장치

(현황과약)

HySaM은 HyLaB에서 개발한 자동 시료 채취 장치로 수소충전소 디스펜서에서 수소 샘플링 가능한 시료 채취 장치이며, 수소샘플링 중 황, 암모니아, 포름알데히드 및 포름산과 같은 화합물이 샘플링 용기 내 흡착 및 반응 방지를 위해 샘플링 배관 내 Sulfinert coating

(협의사항)

HySaM의 작동과 샘플링 방법에 대하여 질의응답을 하였으며, 공사에서 개발 예정인 수소 시료 자동 채취 시스템 내용 소개 및 협력 방안 논의

HySaM 장비



1) 수소 샘플링 장비, 2) 수소충전소 시험 장비

○ FSTM(Fueling-Station Test Module) 장치

(현황과약)

- 독일에서는 DIN EN 17127과 유럽 AFID의 기준에 따라, 수소충전소 운영 전 현장에서 SAE J2601과 ISO 19880-1에 정의된 테스트를 통과한 후 수소충전소 운영 가능
- 상기 기준에 맞는 테스트를 ZSW에서 개발한 FSTM 장비를 사용하여 수소충전소의 연료공급 프로토콜, 차량 신호, 수소충전량 등 확인이 가능하며, 독일 내 26개의 수소충전소의 테스트 완료

(협의사항)

- 이동식 수소충전소 검증장치(FSTM)에 대한 작동 방법에 대한 질의응답을 진행하고 추후 수소전주기센터에서 동일 제품 구매 또는 유사 장치 개발에 대한 협력방안 논의

FSTM 장비



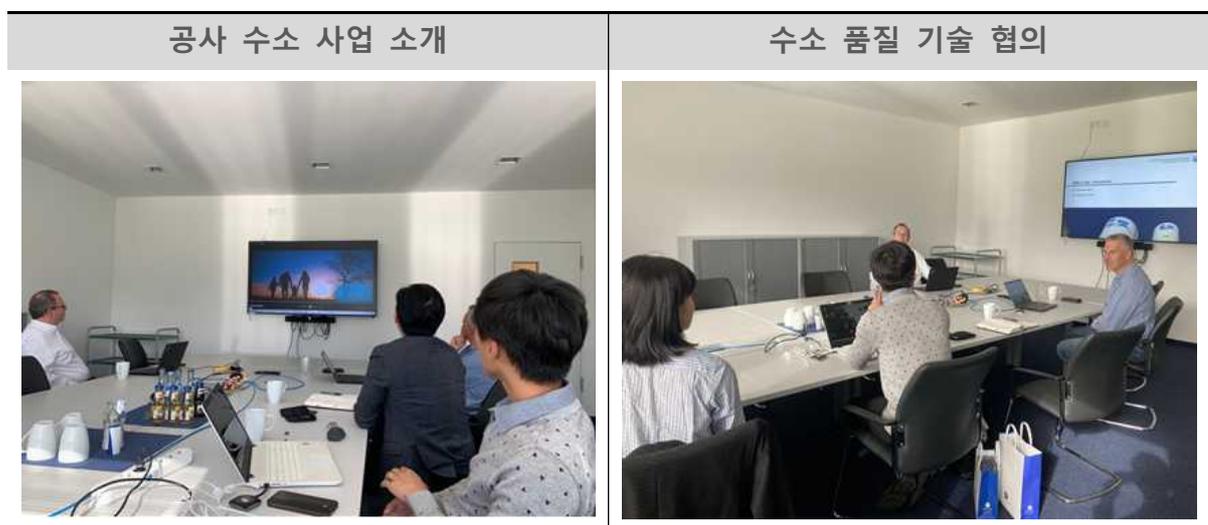
■ 수소 품질분석 기술 협의 및 공사 소개

○ 수소품질 관련 주요 기술 협의 사항

- 수소샘플링 후 사용한 용기에 대한 진공 방법 및 사용 중 기기에 대해 질의하고 사용하고 있는 기기 정보 및 방법을 공사에 제공하기로 협의함
- 수소 품질분석간 불순물흡착 최소화를 위한 샘플링에 사용되는 배관 및 용기 Sulfinert coating 제안
- 현재 ZSW에서는 수소 품질분석 향상을 위해 영국 NPL과 연구를 수행하고 있어 우리공사도 유럽 수소 품질분석 프로젝트 내 수소 품질 상호 비교분석 연구 참가 가능

○ 공사 수소 사업 및 수소전주기센터 수소 품질분석 방법 소개

- 우리 공사에 추진하고 있는 주요 사업을 소개하고, 우리나라의 수소 사업 배경과 공사가 국내에서 추진하고 있는 수소충전소·수소생산설비 구축 및 운영사업의 전반적인 수소전주기센터 현황에 대한 설명 및 질의응답 진행
- 수소전주기센터에서 수행하고 있는 수소 품질분석법(14종 검사항목), 분석기기, 수소샘플링 방법에 대하여 설명하고, 국제 수소 품질기준과 입자농도 분석 방법에 대한 논의 진행



IV 기대효과 및 향후계획

■ 선진 수소분석 전문기관(ZSW) 벤치마킹을 통한 수소 품질분석 기술 고도화

- 해외 수소 품질분석 기술 교류 및 벤치마킹을 통한 당사 수소 품질분석 기술 최적화 및 극미량 분석기술 확보로 분석기술 수준 향상
- 수소 품질분석 기술 고도화를 통한 분석기관으로서 분석 수준 및 정확성 향상, 신뢰성 확보 등 이미지 제고를 통한 분석의뢰로 매출향상 기대
 - 유럽 표준 및 분석기관(NPL, ZSW 등)과 상호비교분석 추진 예정

■ **당사 수소 설비 품질관리 기술 확보**

- 수소 시료 채취 장치 개발 노하우 습득 및 벤치마킹을 통해 당사 개발 기술 확보로 공사 운영 수소생산시설 적용
- 장치 개발을 통한 인적, 시간적 제한 없는 시료 채취로 분석 기간 최소화 가능
- 최단시간 분석기술 확보로 당사 품질관리 기술 및 최적화 시스템 구축

■ (FDFC) 수소 및 연료전지 국제학회 참석을 통한 최신 수소 품질분석 및 연료전지 연구 동향 및 기술 습득

■ **수소 품질 및 연료전지 기술 고도화를 통한 대전 내 수소 기업 지원기술 확대**

- 기술 고도화를 통한 대전 내 수소 기업 선진 수소 품질분석 지원 가능