

2021. Winter Vol.12

# 서울기술 연구

기획특집  
‘가상과 현실의 연결,  
메타버스 시대’



# CONTENTS

2021. Winter Vol.12



## 2 기획특집

공익적 가치 창출의 기회: 공공분야와 메타버스  
경험과 배움의 가능성 확장: 교육산업과 메타버스  
메타버스의 현재와 미래: 게임산업과 메타버스

## 16 기술 동향계

테스트베드 서울 실증사업을 통한 전기 이륜차 주행 및 배터리 성능 검증  
지하관로의 손상감지를 위한 유지관리 기술  
배달쓰레기 해결을 위한 도시 현황 및 AIoT 기술  
자동차 배출 대기오염물질 관리 정책·기술의 미래  
한반도 격자기반 기후변화 시나리오 상세화 자료 생산 소개  
기후 위기 취약계층과 주거 건물의 에너지 성능 진단 기술

## 38 신기술 시대

지하 안전사고 예방을 위한 지하공간 데이터 품질검증 개선방안  
수소생산을 위한 수전해 기술동향 및 전망  
교량 유지관리 고도화를 위한 철거교량 활용 연구  
핀테크(FinTech) 기술과 활용  
대기 중 오존의 두 얼굴  
2050 탄소중립 기술혁신 방향  
태양전지 기술 동향과 한계효율 극복을 위한 탠덤 태양전지 개발

## 62 Road & 人

## 65 일상과 기술

## 66 SIT NEWS

## 서울기술연구

발행일 2021년 12월 10일

발행인 박진순

발행처 서울기술연구원

주소 (03909) 서울시 마포구 매봉산로 37(삼암동)

DMC산학협력연구센터 8층

전화 02-6912-0900

홈페이지 [www.sit.re.kr](http://www.sit.re.kr)

편집위원장 김경민

편집위원 강신영, 권민지, 박준용, 윤선권,

전혜준, 정수경, 정중호, 조가영

편집간사 송지현

디자인·제작 ㈜KS센세이션 02-761-0031

Special Edition

## ‘가상과 현실의 연결, 메타버스 시대’



### 01

#### 공익적 가치 창출의 기회: 공공분야와 메타버스

김혜진 서울기술연구원 데이터사이언스센터 수석연구원

### 02

#### 경험과 배움의 가능성 확장: 교육산업과 메타버스

권민지 서울기술연구원 데이터사이언스센터 전임연구원

### 03

#### 메타버스의 현재와 미래: 게임산업과 메타버스

윤성범 서울기술연구원 데이터사이언스센터 전임연구원

# 공익적 가치 창출의 기회: 공공분야와 메타버스

김혜진 / 서울기술연구원 데이터사이언스센터 수석연구원

메타버스의 시대를 맞이한 지금, 소수의 기업들이 이를 독점하게 되면 정부나 공공 기관들의 공공서비스에 개입할 수 있는 역할이 작아지게 된다. 따라서 이러한 공공기능의 실패로 전략하기 전에 공공에서 더욱 관심을 가지고 메타버스를 도입하고 저마다의 활용을 시도해 볼 때이다.





## 1. 민간에서 공공분야로 확장하고 있는 메타버스

지난 9월 15일 메타버스 플랫폼 ‘이프랜드(Ifland)’의 가상회의장에서 열린 제12차 디지털 뉴딜반 회의에서 메타버스 등 핵심 유망분야에 2025년까지 약 2.6조 원을 집중적으로 투자하기로 했다(<그림1> 참고). 특히, 제조, 의료, 교육 등 주요 공공·민간 부문에서 메타버스 등의 핵심 분야를 확대 추진하기로 했다. 2019년 6월에는 정보통신산업진흥원의 주간기술동향에서 <표1>과 같이 공공복지를 실현하기 위한 VR/AR 기술과 콘텐츠의 적용 현황이 소개되기도 했지만[1], 복지를 넘어 더욱 다양한 공공서비스에 XR 기술을 포괄하는 개념인 메타버스를 활용하는 시도는 이제 막 시작되고 있다.

## 2. 공공분야의 메타버스 활용 사례와 시사점

최근 메타버스를 공공분야에 활용하는 사례가 우후죽순처럼 많아지고 있어 그 효용성이나 성공적인 활용 유지 가능성에 대한 논란도 커지고 있다. 하지만 누구도 부인할 수 없는 대세인 메타버스 시대에서 빅테크 기업이나 새로운 가치 창출에 성공한 소수의 기업들이 독점하게 되면 정부나 공공 기관들의 공공서비스에 개입할 수 있는 역할이 작아지게 된다[2]. 따라서 이러한 공공기능의 실패로 전락하기

전에 공공에서 더욱 관심을 가지고 메타버스를 도입하고 저마다의 활용을 시도해 볼 때이다. 이에 최근까지 공공분야에서 메타버스를 활용하는 사례와 그 시사점을 살펴보고자 한다.

서울시는 메타버스 플랫폼 ‘제페토(ZEPETO)’에 ‘서울창업허브 월드’를 만들어 오픈했다(<그림2> 참고). 여기에는 서울의 우수한 스타트업 64개와 서울시의 창업지원시설을 볼 수 있도록 홍보 전시관, 1인 방송 스튜디오, 컨퍼런스 홀, 스타트업 오피스 등이 구현되어 있다. 광주 북구에서는 ‘제페토’에 ‘북구청년월드’를 만들어 청년들과 소통하고 청년 정책을 효과적으로 홍보하는데 메타버스 활용을 시도하고 있다(<그림3> 참고). 과거에는 <표1>과 같이 의료, 교육 등의 공공복지에서 XR 기술이 주로 활용되었다면 이제는 공공서비스와 관련한 전시, 홍보, 행사, 회의가 메타버스를 기반으로 활발하게 적용되고 있다. 특히, 메타버스에서는 시공간적 경험의 확장이 손쉽게 이루어질 수 있는 만큼 확장된 경험을 통해 인식과 공감력이 향상되고 이에 기반해 개인과 사회의 행동이 변화될 수 있는 구조이다[2]. 따라서 게이미피케이션(gamification)을 접목한 스토리 기반의 콘텐츠가 메타버스에 적용되면

표 1. 공공복지 실현을 위한 VR/AR 적용 현황[1]

복지 유형	기술 적용 사례
의료 (진료, 치료, 재활 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>수술 이미지 트레이닝 교육</li> <li>정신과적 치료(고스공포증을 비롯한 다양한 공포증 극복)</li> <li>화상환자의 통증 조절 - VR 의료 비디오게임을 활용한 주의분산치료(distraction therapy)</li> <li>외상 후 스트레스 장애(PTSD) 극복</li> <li>가상현실 기술을 활용한 알츠하이머(노인성 치매) 조기 진단 방법</li> </ul>
사회적 문제 해결을 위한 솔루션 (취약계층, 고령화 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>치매 예방 및 인지강화에 활용</li> <li>VR관련 디바이스(햅틱 장비)를 활용한 장애인 케어</li> </ul>
보편적 복지형태 (심리안정, 교육, 취업 면접 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>가상현실로 실전 면접을 미리 경험하여 면접 공포증 등을 극복</li> <li>삶의 만족도를 높일 수 있는 다양한 복지 콘텐츠 개발</li> <li>발달장애인을 위한 직업훈련</li> </ul>
단순 일상생활에 대한 도움과 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>일상생활에서의 대인 서비스(노인 돌봄 등)</li> </ul>

그림 1. 과학기술정보통신부의 디지털 경제 선도를 위한 초연결 산업육성방안



주진 과제	수요 창출 (대형 프로젝트 추진)	기반 확충 (실용사업 구축, 인력양성)	기술 혁신 (융합·핵심기술 R&D)	환경 조성 (규제정비, 표준 마련)
메타버스	XR 융합 프로젝트	개방형 메타버스 플랫폼	VR/AR 핵심원기술 개발	가상융합경제 발전법 검토
블록체인	물류·제조 대량 프로젝트	기술혁신(사물인터넷)	물류·제조 핵심원기술 개발	개인정보보호법 개정 등
디지털트윈	제조·물류 등 산업·환경 트윈	3D 공간정보 구축	연립 핵심기술개발 등	트윈 간 상호운용 표준개발
지능형로봇	서비스·제조·의료·로봇 실증	원도·제조로봇 실증사업추진	로봇융합 표준공정기술 개발	협동로봇 안전인증
클라우드	민간 클라우드 우선 도입	클라우드 교육과정 확대	클라우드 기반 AI 연구개발추진	보안인증제도, 보안인증 지원
사물인터넷	IoT 융합사업 추진	IoT 테스트베드, 고도화	자율형 IoT 기술개발	AI 산업용 컴퓨팅력 간소화

공공의 사회적 가치가 중요한 친환경이나 팬데믹 상황의 정책 홍보와 실행에 더욱 효과적으로 사용할 수 있을 것이다.

중소벤처기업부는 '가상융합경제 발전전략'에서 민생 공공서비스 분야로 전국의 전통시장정보를 VR지도로 구축하는 방안과 소상공인 점포들의 XR 기술 활용을 지원하여 경영환경을 개선하는 방안을 사회문제 해결형 XR 확산 전략으로 추진하고 있다[3]. 이에 발맞추어 오미요리연구소는 메타버스 플랫폼 '게더타운'에서 '서울 전통시장 메타버스 푸드투어'를 만들어 서울의 주요 전통시장과 식문화를 경험할 수 있도록 했다.<sup>1)</sup> 이처럼 전통시장과 소상공인들이 메타버스 환경으로 손쉽게 자신의 사업장을 구축하여 상품을 홍보 및 경험하고 판매할 수 있도록 하는 지원이 더욱 필요할 것이다.

또한, 서울시는 디지털트윈 기술로 Virtual Seoul(S-Map)을 구축하여 도시계획, 교통, 안전 등 다양한 분야에서 시뮬레이션을 통해 도시 문제를 해결하는데 메타버스를 활용하고 있다.<sup>2)</sup>

특히, 시민들이 활용할 수 있는 개방형 디지털트윈 플랫폼으로 더욱 발전할 전망이다. 디지털트윈의 구축에 비용이 많이 드는 만큼 초기에 구축된 버전을 바탕으로 변화되는 최신 정보들이 꾸준히 업데이트되도록 시민들의 역할을 넓히고 그에 대한 적절한 보상이 이루어지는 공공의 사업 모델 또한 생각해 보아야 할 것이다.

1) 오미요리연구소, 메타버스 서비스 '게더타운'에 '서울 전통시장 메타버스 푸드투어' 오픈, <https://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=931012>  
 2) 서울 그대로 가상공간에, 도시 전역 '디지털트윈' 구축, <https://www.lak.co.kr/news/boardview.php?id=10950>

그림 2. 서울시의 메타버스 기반 '서울창업허브 월드' 3)

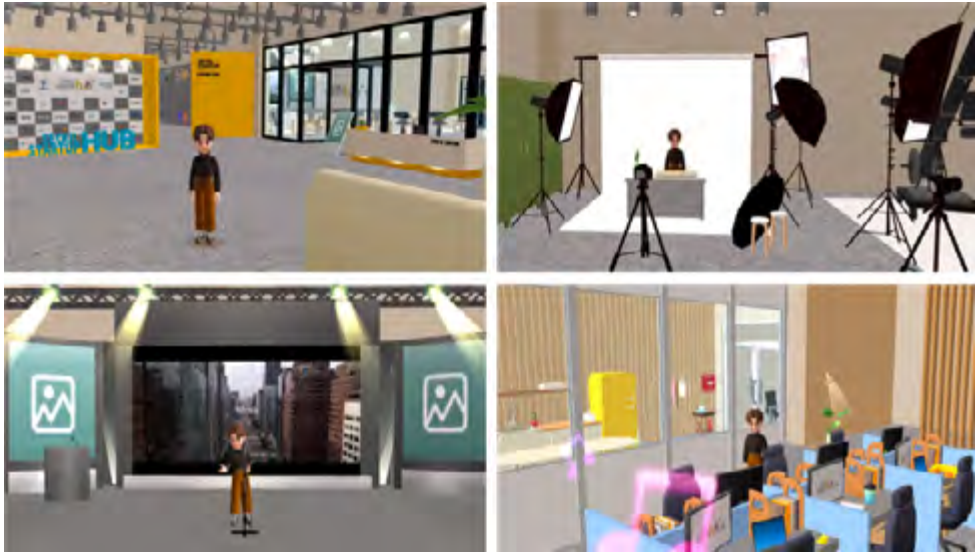


그림 3. 광주 북구의 메타버스 기반 '북구청년월드' 4)

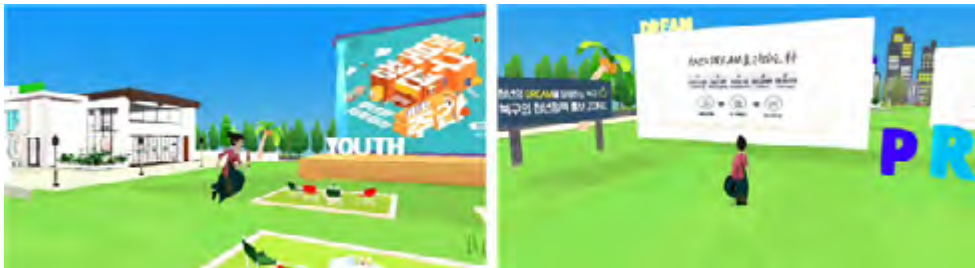
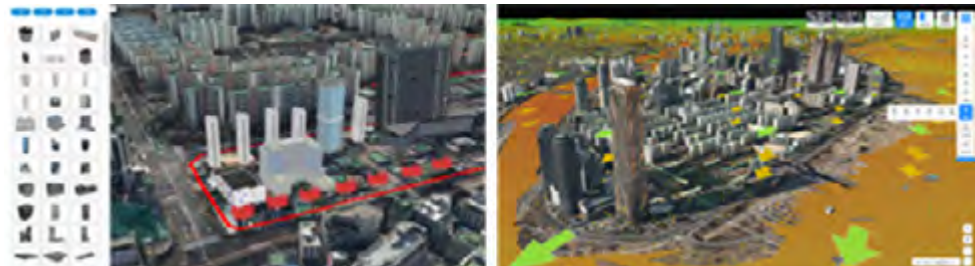


그림 4. 서울시의 디지털트윈 기반 Virtual Seoul(S-Map) 5)



3) 서울시, 메타버스에 스타트업 지원 공간 오픈, <https://www.ajunews.com/view/20210527100816528>

4) "MZ세대 청년 모여라"... '광주 북구 메타버스 청년월드' 가보니, <http://www.aetimes.com/news/articleView.html?idxno=140819>

5) S-map(Virtual Seoul), <https://news.seoul.go.kr/gov/archives/528155>

3. 서울시의 '메타버스 서울' 구현 추진


서울시는 지난 11월 3일 <그림 5>와 같이 '메타버스 서울' 기본 계획을 마련하고 2026년까지 이를 추진하기 위한 로드맵을 발표하였다. 본 계획에는 공공과 민간의 메타버스 동향과 수요를 기반으로 경제, 교육, 문화관광, 소통, 도시, 행정, 인프라의 7개 분야에 약 20개의 추진과제가 담겨있다. 물론 기존의 온라인 민원서비스의 한계도 극복하지 못한 채

메타버스로의 진입이 다양한 연령층을 대상으로 하는 공공서비스에 적합한지, 또 이에 대한 원활한 활용이 가능한지에 대한 우려도 제기되기도 하지만 각 분야에 시도해보지 못한 메타버스를 도입하고, 문제들을 연구 발전시켜나가는 것은 미래 산업 도입 관점에서 당연히 필요한 것이다.<sup>6)</sup>

그림 5. 서울시의 '메타버스 서울' 구현의 비전 및 로드맵<sup>7)</sup>



6) 2023년 가상민원실 '메타버스서울'에 기대-우려 와글와글, <https://moneys.mt.co.kr/news/mwView.php?no=2021110607328096950>  
 7) 서울시, '메타버스 시장' 구현...자재 플랫폼 구축 추진, <https://m.etnews.com/20211103000187>

특히, 메타버스 서비스가 그동안 민간 플랫폼을 중심으로 제공되어 복잡하고 다양한 공공서비스를 구현하고 통합하는데 부족한 부분을 공공주도의 전 분야 행정서비스에 메타버스 생태계를 구현하여 해결하려는 계획은 상당히 고무적이라 할 수 있다. 서울시 전 분야의 실제 데이터에 인공지능 기술이 결합 및 발전하고, 스토리가 있는 콘텐츠가 꾸준히 개발된다면, 전 연령층과 장애인, 취약계층 등이 모두 포함된 사용자가 참여함으로써 콘텐츠를 더욱 발전시킬 수 있게 되는 공공 비즈니스 모델이 구축된다면 성공적인 공공서비스 메타버스 생태계로 자리 잡게 될 것으로 기대한다. 

## ☞ 참고문헌

- [1] 김효용. (2019). VR/AR 기술 및 콘텐츠를 통한 공공복지 실현. 주간기술동향. 1902호. 14~24.
- [2] 오연주. (2021). 메타버스(Metaverse)에서 창출하는 공공의 가치. KPC4IR. ISSUE BRIEF. No.14.
- [3] 과학기술정보통신부. (2020). 디지털뉴딜 성공의 초석이 될 '가상융합경제 발전전략' 발표. (<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=&bbsSeqNo=94&nntSeqNo=3179684&searchOpt=ALL&searchTxt=>)

## 경험과 배움의 가능성 확장: 교육산업과 메타버스

권민지 / 서울기술연구원 데이터사이언스센터 전임연구원

교육 산업은 매년 지속적으로 감소하는 출산율에도 상대적으로 영향을 덜 받으며 성장하고 있다. 최근 코로나19 장기화 상황에서는 비대면 교육이 활성화되며 인공지능(AI), 메타버스(metaverse) 등의 기술과 교육의 결합을 뜻하는 에듀테크(EduTech) 산업이 급성장하였다.<sup>1)</sup> 빅데이터, 인공지능을 기반으로 개인 맞춤형 교육을 제공하고 메타버스를 활용한 실감형 교육 콘텐츠 제공으로 배움의 경험을 확장하고 있다. 이에 본 기사에서는 교육 산업에서의 메타버스 기술 및 비즈니스 동향을 소개하고자 한다.





그림 1. 출생아 수 및 합계출산율 (출처: 통계청)



그림 2. 초중고 1인당 월평균 사교육비 (출처: 통계청)



## 1. 기술 동향

메타버스(metaverse)는 메타(meta)와 유니버스(universe) 두 단어의 합성어로 현실과 다른 가상의 세계를 뜻하는 개념이다.<sup>2)</sup> 메타버스의 구성요소는 가상세계에서 나를 표현해 주는 아바타, 각 아바타들과 오브젝트들이 위치하고 있는 공간, 표정, 제스처 등 아바타가 취하는 행동, 아바타가 공간에서 활동하며 얻는 보상이나 거래를 위한 시스템이다.<sup>3)</sup>

비대면 교육의 한계점인 쌍방향 소통과 몰입감을 극복하기 위한 기술로 메타버스가 떠오르고 있다. 메타버스를 통해 대면 교육 공간보다도 더 한계가

없는 가상의 공간을 제공해 적극적이고 직접적인 학습을 수행할 수 있게 되었다. 그 예로 어학의 경우 학습자가 좋아하는 캐릭터가 등장해 해당 언어를 구사하는 국가에서 체험을 하며 학습을 진행하여 어학연수와 유사한 효과를 얻을 수 있다.

이러한 메타버스 콘텐츠는 지속적으로 발전하여 출시되는 오쿨러스, 홀로렌즈 등과 같은 기기와 5G 네트워크의 발전으로 더욱 활용도가 높아지고 있다. 기기의 한계점으로 제시되었던 무게, 해상도, 피로감과 관련된 문제들이 점차 완화되고 있으며 수많은 글로벌 IT기업들이 기기 출시를 준비하고 있다.

그림 3. MS 홀로렌즈2 (출처: 마이크로소프트)<sup>4)</sup>



## 2. 비즈니스 동향

‘호두랩스’는 유·초등 영어회화 학습 1위 기업으로 3D 콘텐츠를 통해 아이들이 주인공이 되어 가상의 캐릭터들과 영어로 대화하며 학습하는 환경을 제공한다. 교육자의 의존도가 높고 경험의 격차가

그림 4. 오쿨러스 QUEST 2 (출처: 오쿨러스)<sup>5)</sup>



1) 뉴스기사, <http://www.iconsumer.or.kr/news/articleView.html?idxno=21389>  
 2) 김상현, 최희수, 메타버스를 활용한 역사교육콘텐츠 개발 방안, 한국콘텐츠학회논문집, 2016.  
 3) 김지현, 가상현실, 증강현실이 메타버스인가?, SAMSUNG SDS ITE 크놀로지, 2021.  
 4) <https://www.microsoft.com/ko-kr/hololens/hardware>  
 5) <https://www.oculus.com/quest-2/>

그림 5. 호두잉글리시 (출처 : 호두잉글리시 홈페이지)<sup>6)</sup>



그림 6. 아이스크림 XR 스포츠 (출처 : 아이스크림 미디어 홈페이지)<sup>7)</sup>



그림 7. 나를 찾는 VR모험 (출처 : 로라아트플랜 홈페이지)<sup>8)</sup>



6) <https://hodoenglish.com>

7) <https://www.i-screammedia.com>

8) <http://www.roro-art.com/>



큰 어학 문제를 IT 기술을 활용해 해결하고자 하며, '호두잉글리시' 영어회화 서비스를 시작으로 책 읽기, 프로그래밍, 예체능 등 타 영역으로의 확장을 준비 중에 있다.

'아이스크림 미디어'는 메타버스 기반의 교육 콘텐츠를 제공하는 기업으로 초등학교 교사들을 위한 학습 콘텐츠 제작을 위한 플랫폼 '아이스크림S'을 제공하고 있으며, 이는 전국 93% 이상의 초등학교에서 활용되고 있다. 또한 아이들의 체육 활동을 위한 플랫폼인 '아이스크림 XR 스포츠'를 제공한다. 제한된 공간에서의 체육활동 몰입도를 높이고, 스포츠에 영어, 수학 등의 학습 요소를 첨가하여 아이들이 신체활동을 하며 학습할 수 있는 환경을 제공한다.

'로라아트플랜'은 VR 게임을 통해 MBTI와 같은 인적성검사를 수행할 수 있는 콘텐츠를 제작하였다. 언어 능력이 낮은 아이들의 경우 설문을 읽고 이해하여 답안을 선택하는 데 어려움을 겪어 부모가 대신 검사를 하는 경우가 많은데, 이는 검사의 객관성을 저하시킨다. VR 게임을 통한 성향 검사에서는 아이들이 직접 게임 속 상황에서 여러 가지 선택을 하게 되고, 그 결과를

기반으로 아이들이 지닌 성향에 대해 결과 보고서를 제시해 준다. 이를 통해 조기에 아이들의 기질을 파악하고 교육 및 진로에 참고할 수 있다. [SIT](#)

## 메타버스의 현재와 미래: 게임산업과 메타버스

윤성범 / 서울기술연구원 데이터사이언스센터 전임연구원

1992년 미국의 한 SF 소설<sup>1)</sup>에서 등장한 메타버스의 개념은, 최근 4차 산업혁명의 새로운 키워드로 각광받고 있으며, 학계 및 산업 분야에서도 메타버스의 개념을 정의하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 이러한 급진적 전개는 전 세계적 COVID-19 사태로 인하여 사람 간의 소통이 온라인 플랫폼으로 전향되고, 이를 통해 현실 세계에서의 만남이 아닌, 가상/온라인 세계에서의 만남이 익숙해지며 더욱 빠르게 진행되었다고 표현된다.





## 1. 다양한 방식으로 우리 삶과 연계된, 메타버스

메타버스를 정의하기 위해 다양한 전문가들이 각자만의 개념과 정의를 논하고 있으며, '디지털트윈과 AR/VR의 융합', '가상세계에서 구현되는 현실세계' 등 다양한 4차 산업 기술의 집합체라고 정의되고 있다. 메타버스에 대한 다양한 개념 중 하나로서, 메타버스는 실제 세계와 연동되는 가상의 세계<sup>1)</sup>라고 논하며 이를 통하여 사용자는 본인이 '현실 세상에서 경험해 보지 못한 일을 경험하고 본인의 자아를 실현하는 창구'로 활용될 수 있다고 표현한다. 많은 사람들은 메타버스 개념에 대해 완전히 새로운 세상일 것이라고 생각하지만, 사실 메타버스는 다양한 방식으로 우리의 삶에 매우 밀접하게 연계되어 있다.

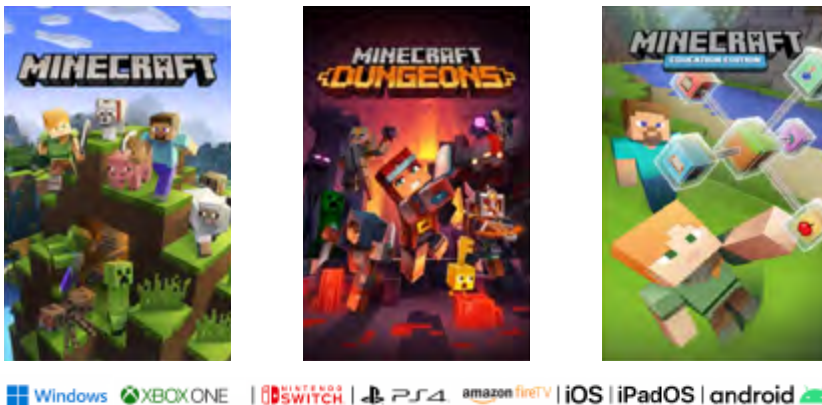
많은 사람들이 책, 영화, 게임 등 다양한 미디어 매체를 통하여 본인이 직접 경험해보지 못한 세상을 이해하고 경험해보는 창구로 활용하고 있다는 것은 이미 자명한 사실이다.

이 중 게임은 사회적 통념 상 상대적으로 낮은 연령층의 선호도가 높고, 혹자에 의해서 '유해한' 미디어 매체로 해석되기도 하였다. 그러나 근래에 들어 메타버스가 각광받기 시작하며, '게임'의 분야에서는 이미 다양한 방식으로 메타버스가 적용되고 있음을 확인할 수 있다.

대표적인 '메타버스 게임'으로 언급되는 '마인크래프트'<sup>3)</sup>와 '로블록스'<sup>4)</sup>는 메타버스의 개념이 각광받기 이전부터 꾸준히 다양한 유저층을 보유하고 있으며, 지속적으로 다양한 유저들의 유입이 지속되고 있는 게임이다.

2011년 출시된 마인크래프트의 경우 단순히 목적이 주어지고, 해당 목적을 완수하면 게임이 끝나는 기존 게임의 개념이 아닌, 유저가 직접 목적을 추가하고 게임 유저들만의 작은 '사회'를 만들 수 있는 월드(또는 서버)라는 개념이 존재한다. 같은

그림 1. Minecraft & Roblox 및 플레이/접근 가능 플랫폼



1) Stephenson, N. (1992). Snow Crash  
 2) Lee, J. Y. (2021). A Study on Metaverse Hype for Sustainable Growth. International journal of advanced smart convergence, 10(3), 72-80.  
 3) 마인크래프트 (<https://www.minecraft.net/ko-kr>)  
 4) 로블록스 (<https://www.roblox.com/>)



Windows | macOS | VIVE | oculus | XBOX ONE | android | iOS | iPadOS

월드에서 접속한 유저는 해당 월드내부에서 부여되는 다양한 목적을 이루기 위해 협업하거나, 경쟁하며 그들만의 작은 ‘사회’를 만들어간다. 이러한 월드 중에는 최근 유명해진 ‘오징어 게임’을 마인크래프트 내부에 구축하여 직접 오징어게임을 가상세계에서 진행해보는 등 실제 현실에서 진행해 보지 못하는 다양한 경험을 온라인상에서 진행해 보는 경험의 창구로 활용되고 있다.

또 다른 게임인 로블록스의 경우 2006년 출시 이후로 꾸준히 유저가 증가하다 최근 COVID-19 사태 이후로 급격하게 성장하고 있는 게임이다. 이 게임의 특징으로는, 유저 개인이 본인을 꾸미는 치장용 물품의 거래가 매우 활발하게 진행되고 있다는 점이다. 개인의 취향과 성향을 게임 내 사회에 반영하기 위하여 다양한 치장용 물품을 만들어내고 이를 구매하기 위해 게임 내부 화폐인 ‘로벅스(Robux)’, 또는 실제 화폐를 사용하기도 하며, 이러한 로블록스 세상의 치장물품을 전문적으로 디자인하고 생산하는 인원이 존재하기도 한다.<sup>5)</sup> 또한 근래 COVID-19 사태로 인하여 현실에서 주춤했던 다양한 행사들이 로블록스 메타버스

내부에서 개최되기도 하는 등 실제 세상에서 발생할 일들이 로블록스 시스템 내에서 구현되고 있다.

국내 게임 개발사인 펄어비스에서 개발 중인 도깨비<sup>6)</sup> 또한 이러한 메타버스의 개념을 게임에 담겠다는 목적을 가지고 게임을 개발하고 있다. 개발사는 본 게임 내에서 SNS를 적극적으로 활용하여 게임 내 메타버스 환경을 구축하겠다는 포부를 밝혔으며, 향후 게임이 개발됨에 따라 국내만의 메타버스를 구축하는데 일조할 수 있을 것이라 판단된다.

언급된 속칭 ‘메타버스형 게임’들은 메타버스 세계를 구성함에 있어 각자만의 특징을 가지고 있다. 그러나 이러한 게임들이 공통적으로 보유하고 있는 특성 중 하나는, 다양한 플랫폼 -컴퓨터, 스마트폰, 게임용 콘솔 등-에서 해당 게임들을 플레이할 수 있다는 점이다.

5) <https://www.voguebusiness.com/technology/digital-fashion-surges-in-a-sales-downturn-forma-drest>

6) 펄어비스 도깨비 (<https://dokev.pearlabyss.com>)

그림 2. 펠어비스 '도깨비'



근래 유행하는 메타버스의 개념으로서 AR/VR이 각광받고 있지만, 이는 사용자가 메타버스에 접근하기 위한 수단으로 사용되며, 이러한 수단을 보유하고 없으면 메타버스 세상에 접근할 수 없다는 단점을 지니게 된다. 이와 반대로, 다양한 플랫폼을 통하여 접근할 수 있는 '메타버스형 게임'은 다양한 계층의 사람들이 손쉽게 접근할 수 있기에, 메타버스의 의미를 지닐 수 있게 된다.

기존 게임 산업은 단순한 즐길 거리라는 이미지를 가지고 있었다. 그러나 게임 산업이 발전해 나아감에 따라, 게임 엔진을 통해 실제 세상이 동일하게 구현되고, 게임상에서 유저들이 자체적으로 '사회'를 구축함에 있어, 게임은 이제 단순한 즐길 거리가 아닌 유저가 직접 구축해 나아가는 참여형 메타버스가 되어갈 것이다. [sit](#)



# 테스트베드 서울 실증지원 사업을 통한 전기 이륜차 주행 및 배터리 성능 검증

한인숙 / 서울기술연구원 기술혁신센터 혁신평가팀 전임연구원

서울기술연구원은 배달용 오토바이의 미세먼지 문제해결에 기여하고자 지난 1년간 '20년도 테스트베드 서울 사업 선정기업인 ㈜바이젠, 에임스와 함께 서울대공원, 서울 시내 등지에서 전기 이륜차 신기술 실증을 진행하고, 올해 8월 유의미한 결과를 도출하며 성공적으로 기술 실증을 완료하였다.

## 서울 미세먼지의 주범 배달용 오토바이

최근 코로나19로 인해 배달을 이용한 음식 주문이 늘어나면서, 배달용 오토바이(이륜차)의 수요와 이용이 급증하고 있다. 서울시 미세먼지 주범으로 빠지지 않는 하나가 배달용 이륜차다. 내연기관을 가진 이륜차는 미세먼지의 주요 원인 중 하나인 질소산화물을 소형차보다 6배나 많이 내뿜는다고 알려져 있기 때문이다. 정부와 지자체는 내연기관 이륜차를 전기 이륜차로 바꾸려는 정책을 발표하기도 했지만, 여기에는 기술적인 한계가 존재한다. 기존 전기 이륜차의 1회 충전 시 주행거리는 약 40~50km로, 내연기관 이륜차의 주행거리 150km에 비교할 때 매우 짧은 편이다. 이처럼 '짧은 주행거리'와 '긴 충전 시간'은 전기 이륜차 시장 확장에 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 서울기술연구원 기술혁신센터는 전기 이륜차의 기술적 한계 극복하기 위해 관련 신기술을 보유한 중소기업 (주)바이젠, 에임스와 함께 지난 1년간 실증을 진행하였다.

## 4차 산업혁명 혁신기술을 활용하여 도시문제를 해결하는 테스트베드 서울 실증지원 사업

서울기술연구원은 신기술접수소를 통해 2019년부터 4차 산업혁명 관련 핵심 기술이 적용되고 서울의 도시문제 해결에 기여할 수 있는 제품과 서비스의 실증을 지원하는 사업을 하고 있다. 본 사업은 우리나라가 GDP 대비 R&D 총투자금액이 높은 데 반해 실제로 상용화되는 기술은 적다는 문제의식에서 출발한 사업으로 우수한 기술력을 보유한 스타트업·중소기업의 실증을 지원하는 사업이다. 서울기술연구원은 본 사업을 통해 2020년까지 신기술 62건을 선정하고, 중소기업에 총 248억 원을 지원했다. 올해 연말까지 본 사업을 통해 신기술 선정을 계속해 나갈 예정이다. 또한, 서울기술연구원 기술혁신센터는 사업 운영뿐만 아니라, 본 사업에 실증기관으로 참여하여 우수한 기술력을 보유한 중소기업과 함께 2019년도부터 실증도 함께 진행하고 있다.



그림 1. 에임스(왼쪽), 쉼바이젠(오른쪽), 서울대공원 현장 실증 모습



그림 2. 에임스는 대공원 실증을 통해 배터리 충전식(nanu)과 배터리 교환식의 주행거리 효율 차이를 검증. 에임스의 nanu 주행거리가 평균 63.5%로 더 높게 측정됨



**‘전기이륜차6단 초소형 자동변속기’를 개발한(썬바이젠과**

**‘전기이륜차배터리 공유 플랫폼’을 개발한에임스**

’20년도 테스트베드 서울 실증지원 사업의 선정기업인 (썬바이젠과 에임스는 전기 이륜차 신기술을 보유한 기업으로 서울기술연구원 기술혁신센터가 실증기관이다. (썬바이젠은 기존 자동변속기 부품의 대부분을 차지하고, 연료의 10% 이상을 소모하는 유압장치 없이 다단 자동변속이 가능한 ‘6단 전기 이륜차 자동변속기’를 개발했다. 자체 개발한 자동변속기는 변속기와 모터를 일체화하고, 유압장치 없이 변속이 가능하기 때문에 기존 변속기의 10분의 1 이하로 크기를 줄여차체중심에 부착하는 방식이다.

또한, (썬바이젠은 IT기술을 접목하여 모터제어장치와 변속제어장치, 그리고 자동변속기를 통합한 ‘통합형 파워트레인 시스템’을 구축했다.

자동변속기가 장착된 전기 이륜차의 현장 실증을 서울대공원, 서울 등지에서 성공적으로 마쳤다. 그 결과, 부피는 최소화하면서도 같은 배터리 용량으로 주행거리가 약 30%로 향상되었으며, 등판능력도 49.1% 향상되었다. 또한, 이번 실증을 통해 한국에너지기술연구원과 한국전자기술연구원에서 1) 최고속도, 가속도, 최대등판능력, 2) 변속기 동력 전달 효율에 대한 공인인증시험성적서를

그림 3. 에임스 nanu 스테이션(배터리 충전기)



발급받아 정량적 성과도 도출하였다. (주)바이젠은 기존 전기 이륜차의 한계인 에너지 효율 부문을 크게 개선할 것으로 기대된다. 현재 (주)바이젠은 INNO Design과 3륜용 변속기 파워트레인 샘플 공급 계약 체결, Hero Motocorp를 포함한 인도 내 주요 8개 이륜, 삼륜차 제조사와 미팅을 진행하며 해외로 사업영역을 확장하고 있다.

에임스는 ‘전기 이륜차 배터리 교환·충전 플랫폼, nanu(나누)’의 실증을 완료하였다. ‘nanu(나누)’ 앱을 통해 실시간으로 배터리 잔량을 확인하고, 충전기가 설치된 위치에서 배터리를 간편하게 교체, 충전할 수 있다. 그동안 전기 이륜차 시장 확장에 걸림돌이었던 배터리 충전 문제의 대안이 될 것으로 기대된다. 또한, 사물인터넷(IoT) 기술을 적용하여 배터리의 이상징후를 사전에 체크하고 문제 발생 시 원격 차단을 통해 배터리 사고를 미리 예방할 수 있다.

현재 에임스는 지속적인 개발을 통해 nanu 배터리 사용이 가능한 타사 완성차와 연계 상품을 출시하고 있으며 현대캐피코와 nanu 플랫폼 개발 계약 체결하고, 현대그룹 본사와 대구에서 또 다른 실증을 준비하고 있다. 올해 6월에는 남미 볼리비아의 친환경 전기스쿠터 및 배터리 교환 스테이션 보급사업 시장에 진출하며

그림 4. 변속기의 모터 결합 측정 시험



그림 5. 변속기 자체 효율 측정 시험

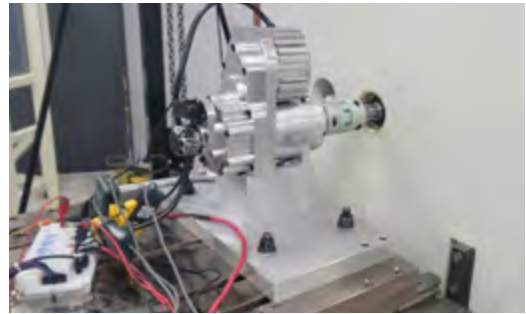


그림 6. 최고속도, 가속도, 최대등판능력 등 차량 시험



해외까지 사업영역을 넓히고 있다.

(주)바이젠과 에임스는 본 사업 취지처럼 중소기업과 스타트업이 자체적으로 진행하기 어려운 기술실증 지원을 통해 혁신기술의 고도화 및 사업화 속도 가속화를 이루었고, 궁극적으로 배달용 이륜차의 미세먼지 문제해결에 기여할 것으로 기여된다.

그림 7. 에임스 배터리 공유 서비스 플랫폼(nanu)



그림 8. nanu 앱에서 배터리 잔량 및 nanu 스테이션(충전기) 위치 확인 가능



그림 9. nanu 스테이션에서 사용한 배터리 반납 후 충전된 배터리 인수 가능



### 기술혁신센터 신기술접수소 SNS 홍보

기술혁신센터는 작년부터 코로나19로 인해 일반 시민, 기업 등을 대상으로 한 대면홍보가 어려워짐에 따라 신기술접수소에서 운영 중인 사업 홍보영상과 사업 담당자 및 선정기업 인터뷰 영상을 제작하여 Youtube, Facebook, 카카오톡을 통한 비대면 홍보를 진행하고 있다.

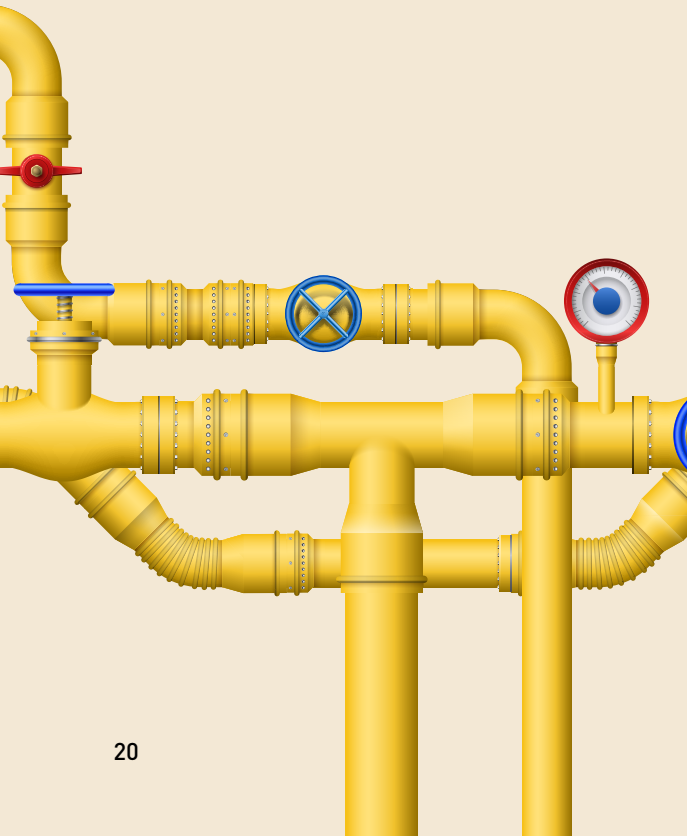
관련 영상은 매체별 서울기술연구원 계정 또는 신기술 접수소 홈페이지(seoul-tech.com)에서 확인할 수 있다. [.stf](https://www.seoul-tech.com)



# 지하관로의 손상감지를 위한 유지관리 기술

박민철 / 서울기술연구원 도시인프라연구실 수석연구원

서울기술연구원은 지하관로 스마트 모니터링 기술을 2022년까지 개발완료하고 실용화 및 서울시 도입을 목표로 하고 있다. 이 기술이 서울시의 지하관로를 선제적으로 유지관리하고 파열사고를 예방할 수 있기를 기대해 본다.



## 1. 서론

서울시는 지하공간 종합기본계획수립(서울시, 2006)에 따라 심도별로 지하공간과 매설된 주요 시설물을 구분하고 있다. 천심도(0.0 ~ 5.0m)에 매설된 주요시설물은 통신시설, 상수도관, 하수도관, 가스관, 개착식 전력구, 송유관, 광역상수도관이다. 저심도(0.0 ~ 20.0m)에는 지하차도, 지하상가, 지하주차장, 지하보도, 대형건축물의 터파기 및 기초보강, 지열공 설치 등이 있다. 중심도(20.0 ~ 40.0m)에는 지하철, 터널형 전력구, 도로/철도터널 등이 있다. 대심도(40.0m 이하)에는 장심도터널, 도수터널, 유류비축기지, 방사성폐기장 등이 있다. 현재 서울시 지하시설물 연장(52,697km)은 도로연장(8,245km)에 비해서 약 7배로 지하공간이 포화상태이며, 지하공간 개발에 대한 안전관리와 제도적 장치가 필요하다(서울시 지하안전관리계획, 2020). 지하시설물의 안전점검은 <표 1>과 같이 관련 법규에 따라 수행되고 있다.

지하시설물 중에서 천심도에 매설된 지하관로는 다른 시설물에 비해 배관과 전력선, 그리고 통신선이므로 상대적으로 손상이나 파손이 될 확률이 높다. 그리고 손상이 발생할 경우 지표면에 영향을 미쳐 다양한 2차 피해를 유발하게 된다. 지하관로는 안전점검 및 정밀진단을 통한 사후 유지관리로는 파열 사고 등을 사전에 예방하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이러한 문제를 해결하고자 최근에는 첨단기술을 활용한 점검 기술 그리고 모니터링 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 서울기술연구원에서도 열수송관 손상감지 기술부터 지하관로의 모니터링 기술 그리고 GIS 기반의 플랫폼 기술까지를 2019년도부터 개발하고 있으며 2022년에 완료할 계획이다.

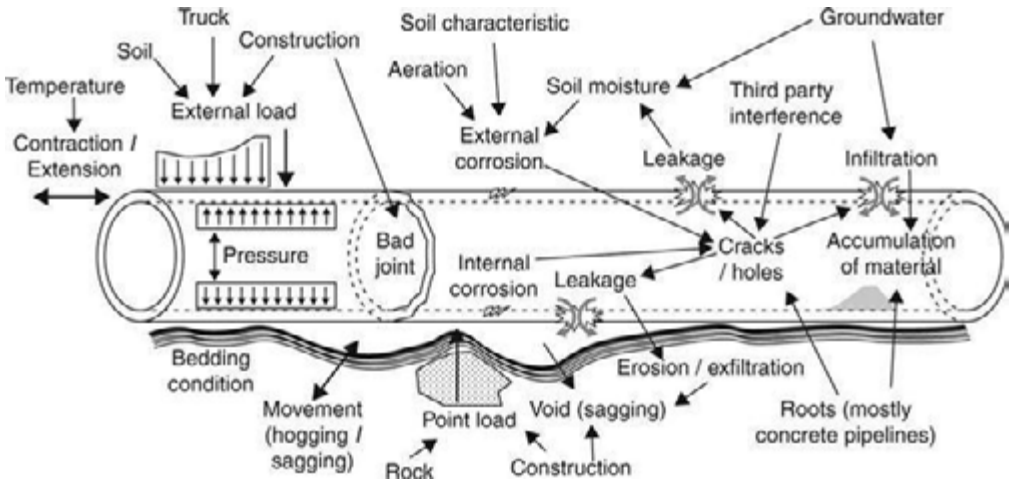
## 2. 물리탐사를 이용한 지하관로의 누수 감지 기술

<그림 1>은 지하관로의 손상 요인을 나타낸 것이다. 땅속에 매설된 지하관로는 외력과 온도신축, 흙의 특성과 지하수, 기초지반 등의 영향을 받아 균열과 구멍 등의

표 1. 지하시설물 안전점검 관련 법규 및 실시 주기(서울시 지하안전관리계획, 2020)

분야	관리기관	연장	점검근거	점검대상	점검주기	점검기관
상수도	서울시상수도 사업본부 외 4개	13,889	시설물안전법 수도법	상수도관	정밀진단(5년 1회) 정밀점검(2년 1회) 정기점검(반기 1회)	용역업체 및 자체점검
하수도	25개 자치구 4개 물재생센터	11,186	하수도법	하수BOX	정밀점검(2년 1회) 정기점검(반기 1회)	용역업체 및 자체점검
전기	한국전력공사 외 1개	3,260	소방시설법 전기사업법	(전력구) 소방시설, 전기시설	연 2회 3년 1회	소방전문업체 전기안전공사
전기통신	정보통신보안담당관 외 10개	9,864	소방시설법 전기사업법	(통신구) 소방시설, 전기시설	연 2회 3년 1회	소방전문업체 전기안전공사
가스	한국가스공사 외 6개	9,897	도시가스 사업법	가스관	정기점검(연 1회), 수시점검	한국가스안전공사
열수송관	한국지역난방공사 외 4개	784	집단에너지 사업법	열수송관	정기점검(연 1회) 자체점검(연 1회)	한국에너지공단 자체점검
공동구	서울시설공단 서울시설공단	266 266	시설물안전법	구조물 본체	정밀진단(5년 1회) 정밀점검(2년 1회) 정기점검(반기 1회)	용역업체 및 자체점검
			소방시설법 전기사업법	소방시설 전기시설	연 2회 3년 1회	소방전문업체 전기안전공사

그림 1. 지하관로의 손상 요인(O'Day et al., 1986)



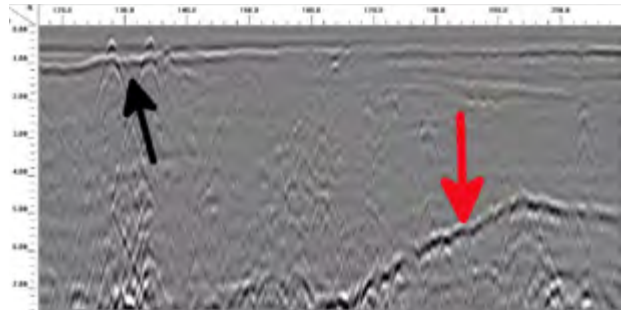
손상이 발생되고 누수가 발생된다. 강관인 열수송관이 구조적으로 파손되기는 어려우며 주로 연결부나 기초지반의 부등침하로 인해 손상이 발생된다. 하지만, 땅속에 매설된 지하관로의 손상을 육안으로 확인할 수 없기에 간접적인 방법을 이용하게 된다.

지하관로의 누수탐지 기술은 대표적으로 전자파를 이용한 GPR(Ground Penetrating Radar)이다. 물리탐사 기법의 하나로써, 전자파를 지표면에 방사시킨 후 반사체에서 되돌아온 반사파를 <그림 2>(a)와 같이 감지하는 것이다. 하지만, <그림 2>(b)와 같이 지하관로의 존재 유무나 누수

그림 2. 지하관로 누수탐지를 위한 GPR 기술

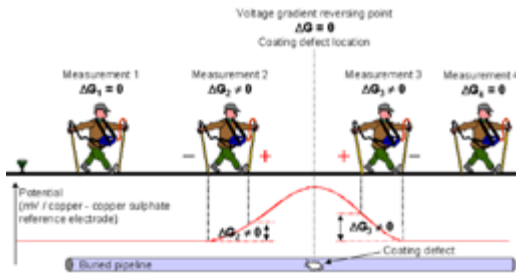


(a) GPR 기법(미국 SiteScan 사)

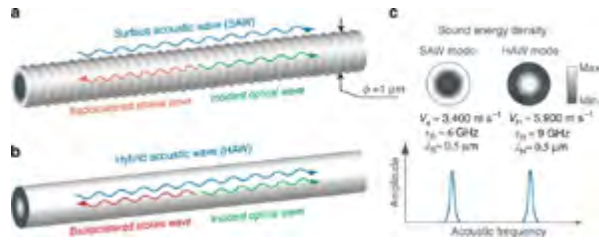


(b) GPR 이미지(미국 MME 사)

그림 3. 지하관로 누수탐지를 위한 물리탐사 기술



(a) DCVG (Direct Current Voltage Gradient) 탐측법



(b) Hybrid 음향기술 (HATs) (Beugnot, et al., 2014)

여부를 획득된 영상정보에서 정확히 판단하기는 어렵다. 따라서, 지하관로의 누수를 감지하는 것보다 지하 공동 또는 싱크홀을 탐사하기 위한 목적으로 활용되고 있다. GPR 기법은 지상 또는 지표면에 전자파를 방사시킨 방법이며, 전자파 외에도 전류나 음향을 방사시키는 방법도 있다<그림 3 참조>. 하지만, 음향을 이용한 방법은 매설된 지하관로 주변의 소음으로 인해, 누수 여부나 정확한 위치를 감지하기는 매우 어렵다. 전류를 이용한 방법도 이러한 물리적 한계가 있다.

**3. 분포형 센서를 이용한 지하관로의 누수 감지 기술**

물리탐사를 이용한 누수 감지 기술 외에도 손상을 실시간 감지하기 위해서는 모니터링이 가능한 센싱 기술이 필요하다. 연장이 매우 긴 지하관로의 손상을 감지하기

위해서는 토양수분계 또는 지중 온도계를 무수히 많이 설치하여야 한다<그림 4 참조>. 이러한 지점형 센서의 공간적 한계를 개선한 것이 분포형 센서이다. 분포형 센서는 수리구조물의 침윤선이나 침투거동을 파악하기 위한 연구용 목적으로 많이 활용되었다. 분포형 센서는 케이블에 전기 또는 빛을 주사한 후 반사파의 특성을 분석하여 물리량을 측정하는 방식이다. 전기를 이용하는 방식은 TDR(Time Domain Reflectometry)이고, 빛을 이용하는 방식은 OTDR(Optical Time Domain Reflectometry)이다. TDR은 전기를 이용하므로 모체가 금속이고, OTDR은 빛이므로 석영으로 만들어진 유리를 사용한다. OTDR은 빛을 매개로 하므로 온도 측정에 적합하고, TDR은 전기펄스를 매개로하므로 유전율 변화에 의한 토양수분량 측정에 적합하다.

그림 4. 지하관로의 손상감지를 위한 지점형 센서와 분포형 센서의 개념 비교(Glisic and Yao, 2012)

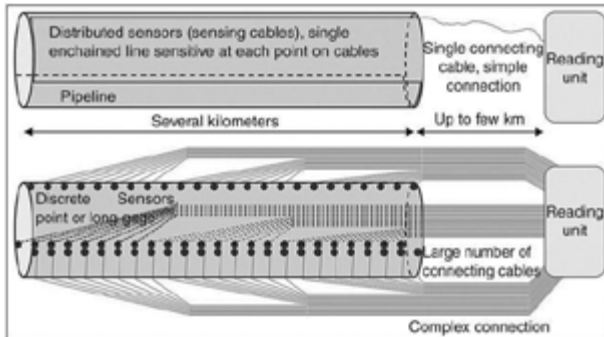


그림 5. 기존 토양수분센서와 지하관로 손상감지용 분포형 TDR센서 비교(서울기술연구원, 2020)



#### 4. 결론

서울기술연구원에서는 2020년에 지하관로의 손상을 감지할 수 있는 분포형 TDR 기술을 개발하였다<그림 5참고>. 이 기술은 분포형 TDR센서(계측선)와 TDR계측기기로 구성되며, 최대 1km까지 10cm간격으로 계측이 가능하다. TDR계측기에서 생성된 약 250mV의 전기펄스를 분포형 TDR센서에 주사하게 되고 반사되어오는 전기펄스를 감지하여 지하관로 손상에 의해 유발되는 주변 지반의 토양수분량 또는 지중 온도 변화를 감지하게 된다. 분포형 센서(계측선)는 전기펄스가 이동하는 평광선(스테인리스 스틸)에 PVC(Poly Vinyl Chloride)로 피복된 계측선(Line)으로 내구성이 높고 m당 2,000원으로 광케이블에 비해 매우 저렴하다. 또한, 100m 단위의 롤(Roll) 형태로 제작되어 현장에서 운반 및 설치가 간편하고, 함께 개발된 연결 키트(Kit)로 10분 내로 쉽고 빠르게 접합할 수 있다.

천심도에 매설된 지하관로의 선제적 유지관리를 위해서는 누수 또는 손상을 감지할 수 있는 기술의 개발과 운영이 필수적이다. 하지만, 땅속에 매설된 관로의 손상을 감지하는 것을 기술적으로 매우 어려운 부분이므로 대부분의 관리주체에서는 펌프와 밸브에 설치된 압력계로 누수 발생 유무를 판단하고 있다. 본문에 기술된 물리탐사와 분포형 센서 기술은 첨단 기술의 발전과 함께 활발히 연구 중에 있으며, 실제 운영이 가능할 단계까지 지속적인 고도화가 필요하다. 서울기술연구원에서도 지하관로 스마트 모니터링 기술을 2022년까지 개발완료하고 실용화 및 서울시 도입을 목표로 하고 있다. 이 기술을 통해 서울시의 지하관로를 선제적으로 유지관리하고 파열사고를 예방할 수 있기를 기대해 본다. [sIT](#)



# 배달쓰레기 해결을 위한 도시 현황 및 AIoT 기술

강신영 / 서울기술연구원 생활환경연구실 전임연구원  
이지애 / 서울기술연구원 생활환경연구실 전임연구원

온실가스 저감 및 탄소중립을 실현하기 위해서는 중장기적인 대책이 필요하다. 이를 위해 정책적으로 일회용품 사용을 감축하기 위한 중장기적 로드맵을 추진하고 있으며 2022년까지 주요 일회용품 사용 35% 감축을 목표로 하고 있다.

## 배달쓰레기 현황 및 정책 동향

1인 가구 증가와 COVID-19 감염병으로 인한 비대면 문화가 확산되면서 배달, 포장 음식에 대한 수요가 많아지고 있다. 통계청에 따르면 온라인을 통한 음식서비스 거래액은 2020년 17조 3,828억으로 2019년 9조 7,329억에서 약 80% 증가했으며, COVID-19 발생 이전인 2017년 2조 7,326억과 비교하면 530%로 대폭 증가했다. 배달에 사용되는 음식포장용기는 주로 일회용 합성수지(플라스틱, 비닐)로 배달이 증가할수록 배달쓰레기 배출량 또한 증가하는 실정이다. 국내 포장용기 생산량(21개 배달용기 생산업체 조사 기준)은 2020년 110,957톤으로 2017년 73,501톤 대비 51% 증가했다.<sup>1)</sup> 배달쓰레기의 발생은 배달 수요량에도 영향을 받지만, 음식물의 과대포장과 일회용품을 남발, 실질적으로 낮은 일회용기 재활용률 또한 중요한 요인이다. 따라서 폐기물 발생의 원천 감량, 더 나아가 온실가스 저감 및 탄소중립을 실현하기 위해서는 일회용 배달용기를 감량하고 표준화하는 방안과 여러 번 재사용이 가능한 다회용기를 활용하는 것 등 중장기적인 대책이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위해 정책적으로 일회용품 사용을 감축하기 위한 중장기적 로드맵을 추진하고 있으며 2022년까지 주요 일회용품 사용 35% 감축을 목표로 하고 있다. 배달쓰레기 감축 정책의 경우 다회용기 시범사업 운영, 친환경 포장소재 활용 등이 있으며 2030년까지 포장 재질의 변경 또는 다회용기로 대체하는 것을 세부 추진목표로 설정하고 있다.<sup>2)</sup> 환경부에서는 배달용기의 표준화를 추진하고 있으며 2021년 6월 25일 경기도 외 배달관련 기관과 '다회용 배달·포장용기 사용 업무협약'을 체결하고 경기도 화성시 동탄에서 다회용기 시범사업을 운영 중이다.





### 배달용 다회용기 활용에 대한 시민 및 상인 인식 조사

다회용기 활용 활성화를 위해 실질적인 사용자인 시민과 상인의 인식 분석이 중요하다. 시민의 경우 서울시 거주 20세 이상 남녀로 최근 1개월 이내 배달음식 이용 경험자를 대상으로 총 800표본 조사하였다. 조사 내용으로는 배달음식 이용현황, 다회용기 활용에 대한 인식, 다회용기 인프라 구축에 대한 태도를 확인하였다. 세부 항목으로는 배달음식 이용 빈도 및 주문방법, 일회용기 폐기물로 인한 불편 경험, 선호 다회용기 재질, 다회용기 사업 시 참여 의향 등을 조사하였다. 소상공인의 경우 대학가 밀집지역으로 배달빈도가 높은 서대문구 소재 소매 점포를 대상으로 총 311표본 조사하였다. 조사 내용으로는 배달음식서비스 운영현황, 다회용기 활용에 대한 인식, 다회용기 인프라 구축 관련 태도를 확인하였다. 세부 항목으로는 음식배달 일회용기 종류, 일회용기 구입 비용 부담 정도, 다회용기 선호 재질, 다회용기 사업 시 참여 의향 및 호감도 등을 조사하였다.

시민 대상 설문 결과 주 1회 이상 배달, 1회 주문 시 3만 원 이상 주문하는 heavy user 비중은 50% 내외로 비대면 배달서비스 이용이 일상적 패턴으로 자리 잡고 있음을 확인하였다. 일회용기 폐기물로 인한 불편경험은 60% 이상 불편함을 느끼고 있어서 상당수가 폐기물 문제를 인식하고 있음을 확인했다. 다회용기를 활용할 경우

다회용기 위생관리정도, 반납편의성을 우선 중요요소로 인식하고 있으며 선호하는 다회용기 재질로는 응답자의 50% 이상이 '스테인리스' 재질을 선호하는 것으로 조사되었다. 다회용기 사업 참여의향에 대해서는 60% 이상참여의향이 있는 것으로 확인되었다(그림 1, 2 참조).

상인 대상 설문 결과 하루 평균 배달 건수는 28.5건 정도로 특히 중식, 패스트푸드점 등의 업종에서 배달 건수가 상대적으로 많았다. 음식 배달용 용기 구입은 전체 경비 지출에서 평균 5.2% 차지하며, 용기 구입 비용에 대해 43.4%가 부담을 느끼는 것으로 조사되었다. 다회용기 전환이 시급하다고 생각하는 용기로는 찜/탕용기 26%, 소스용기 20.9% 순으로 높았다. 다회용기를 활용할 경우 26.7%가 적극적 홍보 및 공감대 형성을 최우선 고려요소로 생각하고 있었다. 상인의 경우도 70% 이상 높은 비율로 '스테인리스' 소재를 선호하는 것으로 조사되었다. 다회용기 사업 참여 의향은 29.3% 정도 긍정적인 태도를 보였고 중립적인 태도가 대부분인 것으로 조사되었다(그림 3, 4 참조).

설문조사 결과 적정 재질 및 형태를 고려한 표준 다회용기 제작, 다회용기 활용에 대한 적극적 홍보와 긍정적 인식 형성이 우선시 되어야 할 것으로 판단되며, 인센티브 등의 유도책을 다양하게 검토할 필요가 있다.

그림 1. 서울시 시민대상 다회용기 사업 중요도 및 예상문제점 IPA\*분석

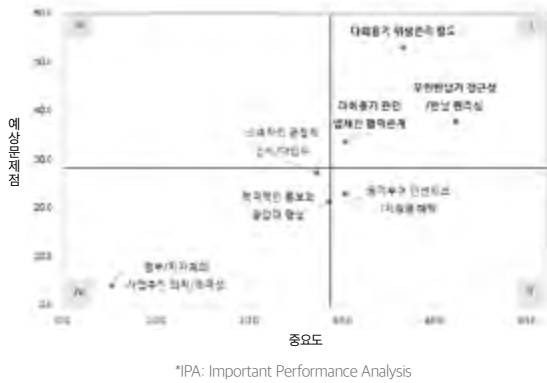


그림 2. 서울시 시민대상 다회용기 사업 참여 의향



그림 3. 세대문구 상인대상 다회용기 사업 중요도 및 예상문제점 IPA 분석

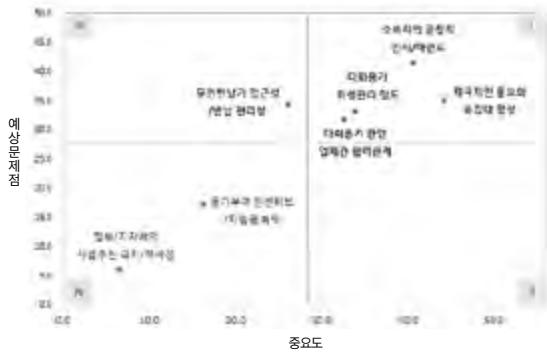
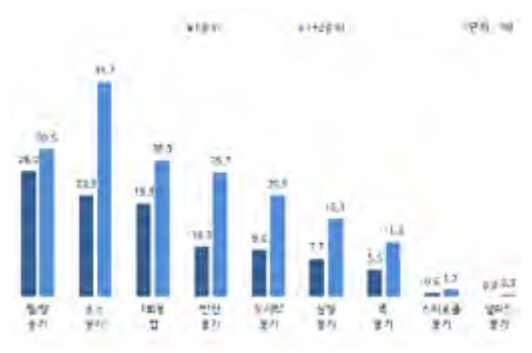


그림 4. 세대문구 상인대상 다회용기 활용이 시급하다고 생각하는 용기



### 다회용기 회수장치(RVM) 적용 AIoT 기술

배달쓰레기 문제해결을 위해 제작한 다회용기를 회수하기 위해 두 가지 회수방법을 적용할 수 있다. 다회용기 회수방법은 거점회수, 문전회수 방식이 있다. 다회용기 회수는 거점에서 실시간으로 회수장치의 적재상태를 파악하여 일괄적으로 회수하는 방법이 시간적·비용적인 측면에서 효율적이다. 이를 위해서 다회용기와 회수장치의 지능적인 운영을 위한 AIoT 기술을 적용할 수 있다.

AIoT는 Artificial intelligence Internet of Things로, 지능형 사물인터넷을 의미한다. 이는, AI(Artificial Intelligence)와 IoT의 합성어로, 클라우드 컴퓨팅과

엣지 컴퓨팅을 모두 포괄하는 것을 말한다. 이를 통해 회수장치와 같은 단말에서 발생하는 데이터를 클라우드 서버로 전송, 관리할 수 있다.

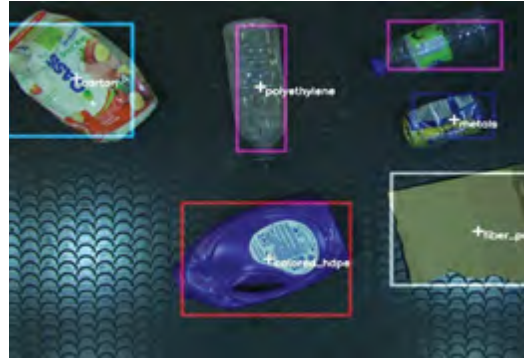
다회용기 회수에서 중요한 역할을 하는 회수장치는 RVM(Reverse Vending Machine)으로, 용기 또는 재활용품을 분류, 회수하는 장치이다. 최근 AI와 IoT 기술 기반의 회수장치 등이 개발되고 있으며, 국내에는 슈퍼빈의 네프론(Nephron)과 해외에서는 Machinex의 SamurAI 등이 있다.

AI는 논리, 확률에 근거하여 환경 또는 데이터를 학습하고 인지, 추론, 행동한다. AI는 비전(Vision),

그림 5. 3D 물체인식 기반 폐기물 선별 회수장치인 슈퍼빈의 네프론 활용 모습 (※자료 : 환경부)



그림 6. 이미지 인식을 통한 재질 분류 (※자료 : Machinex)



자연어처리(Natural Language Processing) 분야에서 활발히 사용되고 있다. 회수장치에서는 주로 이미지 인식을 통해서 물체를 인지하고 분류하는 역할을 한다. 회수장치에 내장된 센서(Sensors)는 적재량(Fill-level) 측정, 다회용기의 상태를 인지하여 데이터를 서버로 전송하여 기록한다. 여기서 회수장치는 다회용기를 감별하고 데이터를 전송하는 등 중요한 역할을 한다. 다회용기 회수와 사용자인식을 위한 IoT 기술은 사용용도, 통신 범위, 데이터 용량에 따라 구분될 수 있다. IoT는 모든 사물들이 연결되어 있다는 의미로, 1999년 RFID를 통한 기술이 처음 도입되어 지속적으로 발전되었다. 이 외에도 일차원 데이터인 Barcode, 이차원데이터인 QRcode, 근거리 통신망인 NFC와 Bluetooth 등의 프로토콜이 기기와 용기에 장착되어 활용될 수 있다. 이러한 기술 적용은 효율적인 분산 자원 관리와 시스템 자동화를 가능하게 하고, 공공적인 측면에서는 다회용기 사용과 이에 대한 긍정적인 인식을 제고할 수 있을 것으로 보인다. [s.t](#)

#### ☞ 참고문헌

- [1] 배달용기 감량을 위한 표준화 및 개선방안 연구, 2021, 환경부
- [2] 1회용품 함께 줄이기 계획, 2019, 환경부 외 관계부처 합동
- [3] Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach
- [4] Machinex, <https://www.machinexrecycling.com>



# 자동차 배출 대기오염물질 관리 정책·기술의 미래

이주형 / 서울기술연구원 기후환경연구실 전염연구원

자동차 배기가스는 도심지 대기질에 심각한 영향을 미치고 있다. 이에 따라 유럽 연합(EU)은 세계적 보건 위기 속에서 자동차 배기가스로 인한 대기 오염 근절을 위해 이전보다 엄격한 『Euro 7 배출 규제 정책』 수립을 준비하고 있다.



## 『Euro 7 배출 규제 정책』 수립 준비

자동차 배기가스의 오염물질은 사람의 호흡기 및 심혈관 질환을 포함하여 건강에 심각한 악영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 국내에서는 『대기환경보전법 시행규칙』에 『제작차배출허용기준』을 마련하여 자동차의 배출가스 규제가 이루어지고 있으며, 규제대상 오염물질은 대표적으로 질소산화물(NOx), 일산화탄소(CO), 입자상물질(PM), 암모니아(NH<sub>3</sub>) 등이 있다.

배기가스는 도심 지역의 복잡한 도로 환경에서 다양한 물질들과 반응하여 도심지 초미세먼지 발생의 중추적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 일시적인 교통 제한이 발생하는 경우 지역적으로 대기질 개선 효과가 분석·보고되고 있다. 일례로 2011년 미국 로스앤젤레스의 I-405 고속도로를 36시간 폐쇄하는 동안 도로 인근 극초미세먼지(UFP, UltraFine Particles)와 초미세먼지(PM2.5) 농도가 각각 83%, 60% 감소한 것으로 나타났다. 이렇듯 자동차 배기가스는 도심지 대기질에 심각한 영향을 미치고 있으며, 같은 맥락에서 유럽 연합(EU)은 세계적 보건 위기 속에서 자동차 배기가스로 인한 대기 오염 근절을 위해 이전보다 엄격한 『Euro 7 배출 규제 정책』 수립을 준비하고 있다.

새로운 배기가스 정책에서는 이전 정책에서 규제가 이루어지고 있지 않았던 모든 오염물질을 규제할 것으로 예측되고 있다. 여기에는 자동차의 배기관에서 다량으로 배출되어 신체 깊숙이 침투할 수 있는 극초미세먼지(UFP) 외에도 현재는 대형 차량에 대해서만 측정·규제가 이루어지고 있는 암모니아가 있다. 『서울대기질 평가보고서(2019)』에 따르면 서울시 초미세먼지 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 2차 오염물질인 이온 성분으로 전체 초미세먼지 중량의 총 53%를 차지하고 있으며, 2차 무기성 미세입자 전구물질인 암모니아는 대기 환경에서 화학반응을 통해 질산염(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) 또는 다양한 암모늄을 함유한 황 화합물을 생성하기 때문에 암모니아는 서울시 초미세먼지 유발물질로 지목되고 있다.

그림 1. 교통량 제한에 따른 대기질 개선효과<sup>1)</sup>



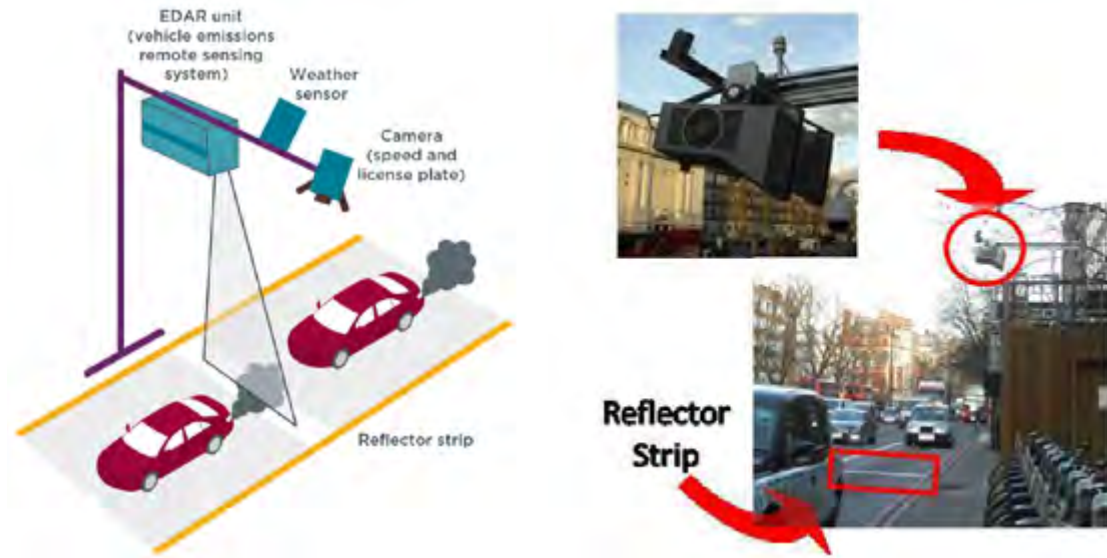
장기적인 관점에서 차량의 연식에 따른 자동차 배기가스 배출량 변화를 인지하고 자동차의 전체 수명 동안 배출기준을 준수하기 위한 정책 개정이 이루어져야 한다. 이를 위해서는 포괄적인 자동차 검사 및 유지보수 기술을 위하여 자동차 전체 수명동안 배기가스 제어 효과를 보장하도록 해야 한다. 일반적으로 경유 차량의 경우 차량 수명과 관계없이 질소산화물 배출량이 일정한 수준으로 유지될 것이라고 여겨졌으나 차량 수명을 고려한 장기 배출가스 측정 연구에 따르면 수명이 줄어들수록 배기가스 배출량이 증가하는 것으로 나타났다.<sup>2)</sup> 유럽의 필수 내구성 구간인 80,000km까지 주행하는 동안 일산화질소(NO) 배출은 Euro 2, 3 적용 경유 차량의 경우 각각 22%, 10% 증가하는 것으로 나타났으며, 차량의 노후화로 인해 스위스 취리히 시의 차량배출 질소산화물이 5-11% 증가한 것으로 추정되었다. 위와 같은 이유로 자동차의 성능과 안전·편의성 유지를 목적으로 온-보드 진단 시스템(OBD: On-Board Diagnosis) 시스템을 이용해 엔진이나 차량의 상태를 실시간 측정하는 기술이 개발되고 있다. OBD 시스템은 차량의 각종 시스템 상태를 운전자에게 가시화하여 제공하는 데 이를 통해 유해 대기오염물질의 배출을 제어하는 후처리시스템의 성능을 확인할 수 있다. 또한

OBD 시스템은 오염물질의 배출량을 직접 측정하지는 않지만 잠재적으로 높은 배출량으로 이어질 수 있는 시스템 오작동을 감지하여 차량 배기가스 제어 시스템의 정상작동을 보장하며 오작동이 발생한 경우 운전자에게 그 정보를 제공하여 차량을 적절하게 유지·관리하는 동시에 차량의 전체 수명 동안 배기가스 기준을 충족할 수 있도록 보조하는 역할을 할 수 있다.

자동차 배기가스 내 오염물질 관리 대상이 늘어날 것으로 예상됨에 따라 자동차 배출량 모니터링 기술에 대한 수요가 증가하고 있다. HEAT(Hager Environmental & Atmospheric Technologies)사에서 개발한 원격 감지 장치 EDAR는 차량이 측정 장비를 지날 때 자동차의 실제 배기가스 배출량을 측정하는 기술로 운전을 방해하지 않고 실시간으로 측정이 이루어진다는 장점이 있다. 기술의 구성장치를 살펴보면 레이저 광원과 감지기가 도로 상단에 부착되어 있는데, 레이저 빛은 도로 표면에

1) Quiros, D. C., Zhang, Q., Choi, W., He, M., Paulson, S. E., Winer, A. M., ... & Zhu, Y. (2013). Air quality impacts of a scheduled 36-h closure of a major highway. *Atmospheric Environment*, 67, 404-414.  
 2) Chen, Y., & Borken-Kleefeld, J. (2016). NO<sub>x</sub> emissions from diesel passenger cars worsen with age. *Environmental science & technology*, 50(7), 3327-3332.

그림 2. 자동차 배기가스 배출량 원격 측정 기술<sup>3)</sup>



설치된 반사판(Reflector Strip)에서 산란한다.

배기가스 물질( $\text{CO}_2$ , CO, NO,  $\text{NO}_2$ , PM) 농도에 따라 감쇠한 레이저 광원 세기를 이용해 차량에서 배출되는 오염물질의 농도를 산출한다. 이를 통해 기존의 차량 배기가스 시험법보다 저렴한 비용으로 다수의 차량에 대해서 빠르고 독립적인 검사를 수행할 것으로 기대된다. [sft](#)

3) Ropkins, K, DeFries, T. H., Pope, F., Green, D. C., Kemper, J., Kishan, S., ... & Hager, J. S. (2017). Evaluation of EDAR vehicle emissions remote sensing technology. Science of the Total Environment, 609, 1464-1474.



# 한반도 격자기반 기후변화 시나리오 상세화 자료 생산 소개

김다홍, 전혜원 / (주)유역통합관리연구원 연구원  
조재필 / (주)유역통합관리연구원 연구소장  
윤선권 / 서울기술연구원 안전방재연구실 연구위원

기후변화에 대한 대응으로 1997년 선진국들의 수량적인 온실가스 감축의무를 규정한 교토의정서가 채택되었으며, 2015년에는 기존의 교토의정서 체제를 넘어 모든 국가가 온실가스 감축을 위해 노력하는 신기후체제의 근간이 될 파리협정이 채택되어 전 지구적인 참여가 이루어지고 있다.



## 1. 서론

기후변화는 화산폭발로 인한 먼지와 이산화황 방출과 같은 자연적 요인 및 인간 활동에 의한 온실가스 배출 증가로 인한 온실효과 등의 요인으로 지구의 평균적인 기후가 변동하는 것을 의미한다. 국제적인 차원에서 기후변화와 관련된 연구 및 보고는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)를 통해 이루어지고 있으며, 4차 보고서(AR4, Fourth Assessment Report)를 비롯해 5차 보고서(AR5, Fifth Assessment Report)에서는 지구온난화의 주요 원인이 인위적 온실가스 배출량 증가임을 높은 신뢰수준에서 '거의 명백하다'고 규명하는데 이르렀다. 지구온난화로 인한 기후변화는 기상이변, 해수면 상승 등을 초래하여 생태계 및 농업, 수자원, 질병, 재난·재해 등 인류 활동 전반에 영향을 미치고 있다. 기후변화에 대한 대응으로 1997년 선진국들의 수량적인 온실가스 감축의무를 규정한 교토의정서가 채택되었으며, 2015년에는 기존의 교토의정서 체제를 넘어 모든 국가가 온실가스 감축을 위해 노력하는 신기후체제의 근간이 될 파리협정이 채택되어 전 지구적인 참여가 이루어지고 있다.

## 2. 기후변화 시나리오 소개

시나리오	사회경제지표
SSP1-2.6	재생에너지 기술 발달로 화석연료 사용이 최소화되고 친환경적으로 지속가능한 경제성장을 이룰 것으로 가정
SSP2-4.5	기후변화 완화 및 사회경제 발전 정도를 중간 단계로 가정
SSP3-7.0	기후변화 완화 정책에 소극적이며 기술개발이 늦어 기후변화에 취약한 사회구조를 가정
SSP5-8.5	산업기술의 빠른 발전에 중심을 두어 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발이 확대 될 것으로 가정

미래 기후변화 전망 자료는 기후변화 시나리오 개발 관련 국제사업인 CMIP(Coupled Model Intercomparison Project)의 표준 실험체계를 통해 생산되어 제공되고 있는 전지구 규모의 자료를 사용한다. 현재 최신 프로젝트인 CMIP6의 ESGF 포털에서는 60개 이상의 GCM에 의해 생산된 자료가 제공되고 있으며, 여기에는 한국 기상청의 KACE-1-0-G 모형도 포함되어 있다. 기후 모델링 기술의 발달과 함께 온실가스 배출 및 사회-경제 시나리오를 정교하게 고려하는 최신 자료를 활용하는 것이 기후변화 대응 및 적응 대책 수립에 있어서 바람직하며, 단일 모형을 사용하는데서 발생하는 불확실성을 고려하기 위해 다수의 모델링 결과를 통합적으로 활용하는 것이 필요하다. 현재 국내에서는 2020년도에 「제3차 국가 기후변화 적응대책(2021~2025)」이 마련되었으며, 국제적으로는 IPCC의 제6차 종합보고서(AR6, Sixth Assessment Report)가 2022년 발간예정이다.

### 3. 기후변화 시나리오 상세화

기후변화 시나리오 공간상세화는 기후예측 모형으로부터 생산된 자료의 낮은 해상도(수십 km~수백 km)를 시·군·구의 적응대책 수립 등과 같이 지역적 활용을 위해 높이는 작업을 의미한다. 한반도 지역에 맞춰 기후변화 시나리오의 공간해상도를 높이는 상세화 작업을 실시한 일련의 과정은 다음과 같다. 먼저, 미래 기간에 대해 기후변화 시나리오 상세화를 통해 미래 기후가 어떻게 변화할 것인지 예측하기에 앞서, 과거 기간에 대해 기후변화 시나리오 상세화를 실시하고, 과거 관측자료와(실제 관측값)의 비교를 통해 상세화 정확도를 확인하는 작업이 필요하다. CMIP6 재현기간(Historical)은 30년 기간(1981~2010)으로 선정하였으며, 재현기간에 대해 상세화 결과의 기후 재현성이 검증되면, 근미래(2011~2040), 중간미래(2041~2070), 먼미래(2071~2100)에 대해 상세화 자료를 생산하도록 한다.

통계적 기법을 이용한 기후변화 시나리오 상세화

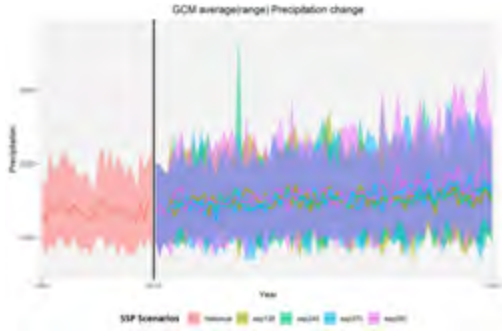
자료를 생산하기 위해서는 최종적으로 생산될 결과물과 동일한 공간해상도를 가지는 관측 자료가 필요하다. 본 연구에서는 장기간의 관측 자료가 존재하는 기상청의 60개 ASOS(Automated Synoptic Observing System) 관측소 자료와 고도, 경사 등의 정보를 바탕으로 IDW-IGSRM(Inverse distance weighting - Improved GIS-based on Independent Slope Model) 기법을 적용해 생산된 3km 격자형 관측자료를 사용하였다.

기후변화 시나리오의 특정 기상 관측소별 상세화 방법의 경우 EQM(Empirical Quantile Mapping) 기법을 사용하여 월별로 독립적으로 적용함으로써 GCM으로부터 생산된 자료의 30년 기후 평균 특성과 일단위 자료의 누적분포(ccumulative distribution)를 동시에 보정할 수 있는 SQM(Simple Quantile Mapping) 상세화 기법을 적용하였다. 3.0km 해상도의 격자기반 상세화 자료의 경우 SQM 방법과 동일한 기법을 사용하되, 많은 수의 격자를 동시에 생산할 수 있도록 개발된 SQMGrid 패키지를 SSP 기후변화 시나리오를 고려할 수 있도록 수정하여 사용하였다.

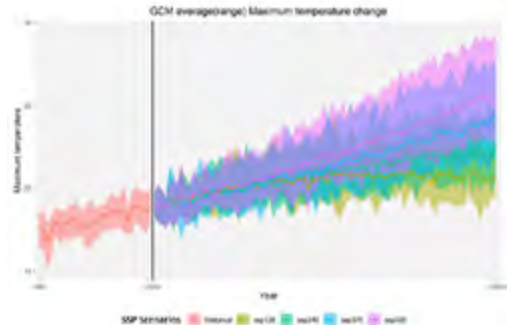
### 4. 극한기후지수를 활용한 상세화 자료의 재현성 평가 및 기후 특성 변화 전망

생산된 일단위(daily) 기후변화 시나리오 상세화 자료는 다양한 목적 및 방법에 활용될 수 있으나 일반적으로 두 가지 방법론에 주로 활용되고 있다. 첫 번째 방법은 농업 분야의 작물생육 또는 양분유출 모형 등 추가적인 모델링 분석의 입력자료로 활용하여 기후변화에 따른 분야별 영향의 정교한 분석이 가능하다. 하지만 제한점으로 많은 비용과 시간이 필요하다는 한계점이 있다. 두 번째 방법은 국가 단위의 기후변화 취약성 평가 및 적응정책 수립에 있어서 기후노출(Exposure) 인자로서의 극한기후지수(Climate Extreme Index)의 추출에 활용하는 것이다. 이는 모델링 기반의 정교한 기후변화 영향평가와는 달리 상세화 자료로부터 특정

그림 1. 기후변수의 과거기간(1981~2010) 및 미래기간(2011~2100)동안의 연 변화량 분석



GCM average(range) Precipitation change



GCM average(range) Maximum temperature change

목적의 취약성 평가에 중요하다고 판단되는 기후특성 인자를 추출하여 대리변수로 활용함으로써 과거기간 대비 미래 기간동안의 변동성을 개략적으로 파악하는 방법이다. 기후변화 감시를 위한 극한기후지수 생산 관련 국제협력을 담당하는 전문가 그룹에서 제공하는 27개의 ETCCDI(Expert Team on Climate Change Detection and Indices) 극한기후지수를 활용하여 분석하였다. 27개의 극한기후지수는 강수량의 경우 연강수량, 1일최대강수량, 최대무강우일수(CDD)를, 기온의 경우는 연최고최대기온, 서리일수(FD) 등을 포함하고 있다.

**5. 상세화 시나리오 재현성 평가 및 미래 기후 예측 결과**

수집된 강수량, 최고기온, 최저기온, 상대습도, 풍속, 일사량의 6개 변수에 대한 연단위 변동성을 60개 관측소를

대상으로 상세화된 자료의 공간적 평균을 이용하여 살펴보았다. <그림 1>은 강수량 및 최고기온에 대한 결과이다. 강수량 및 기온은 모든 SSP 시나리오에서 미래 기간으로 갈수록 증가하는 경향을 보였으며, 증가율은 SSP5-8.5 시나리오에서 가장 높은 결과를 보였다.

기후변화에 따른 강수량 관련 기후 특성의 미래 변화 분석에 앞서 수행된 재현성 평가 결과 중 연평균 값과 관련된 기후지수인 연강수량에 대한 결과는 <그림 2>와 같다. 동일 과거기간에 대한 관측자료(Observed)와 상세화자료(Historical) 사이의 차이(percent)는 가장 낮은 값을 보이는 격자와 가장 높은 값을 보이는 격자들에서 -0.5%에서 1.5% 사이의 범위를 보여 재현성에 있어서 우수한 결과를 보였으며, 강원도의 동해안 인근에서 재현성이 가장 낮은 결과를 보였다.

그림 2. 관측자료와 CMIP6 상세화 자료를 활용한 재현성 평가 (연강수량)

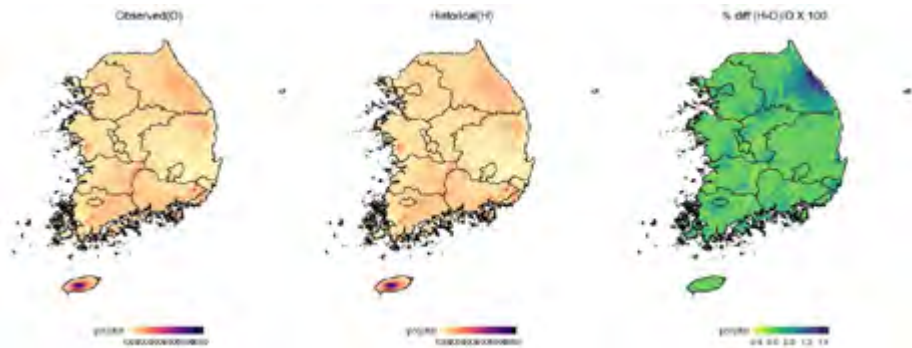
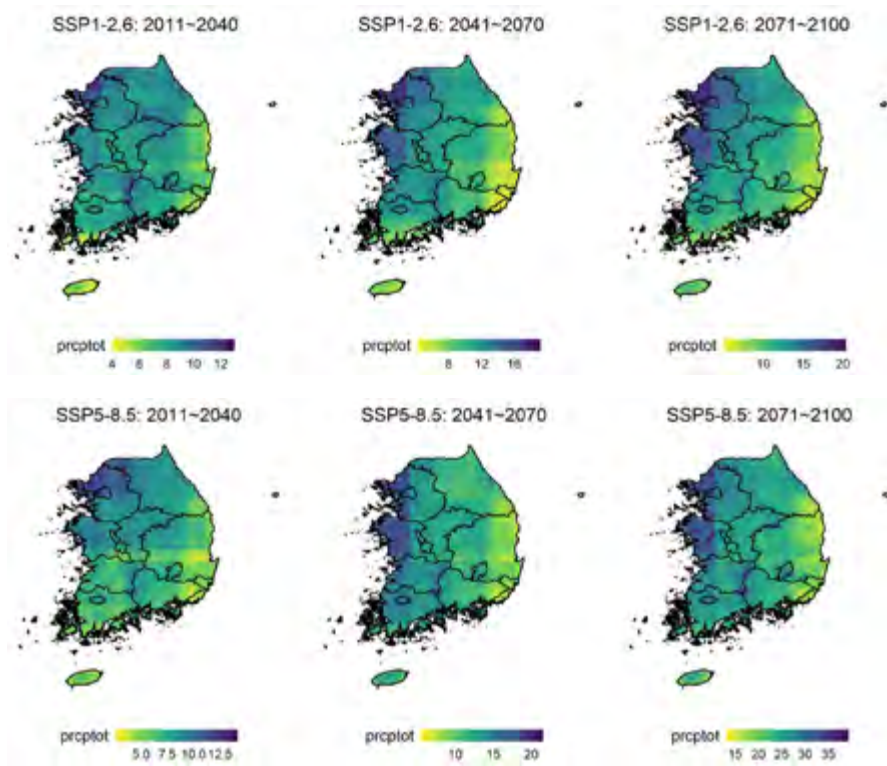



그림 3. SSP 시나리오 및 미래기간 별 연강수량 증가율(%)의 공간적 분포 (연강수량)



재현성 평가 결과가 양호하다고 판단하였으므로, 기후변화 시나리오를 이용해 미래 기간에 대해 연강수량의 미래 변화 분석을 수행한 결과 중 일부는 <그림 3>과 같다.

연강수량의 변화율은 동일 SSP 시나리오에서는 근미래(2011~2040)에서 먼미래(2071~2100)로 갈수록 변화율이 증가하는 경향을 보였으며, 동일 미래 기간 내에서는 SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 중에서 SSP5-8.5에서 가장 높은 변화율을, 그리고 SSP1-2.6에서 가장 낮은 변화율을 보였다. 이는 먼미래 기간에서 근미래 기간과 비교하여 더욱 두드러지는 경향을 보였다. 또한 북서부 지역이 동남해안 지역과 비교하여 증가폭이 높게 나타났다.

## 6. 결론

IPCC 6차 보고서에 사용되고 있는 SSP 신기후변화 시나리오 자료를 활용하여 기후변화에 따른 한반도 지역의 강수량 및 기온 등의 기후 특성 변화를 분석하였다. 지역적인 기후변화의 공간적 특성을 살펴보기 위해 3.0km 해상도의 과거 관측자료를 사용하여 미래 기후변화 특성을 살펴 본 결과 SSP 시나리오에 따라 정도의 차이는 있지만 강수량 및 평균 기온의 증가가 한반도 전체적으로 전망되고 있다. 이는 지자체의 적응 정책 수립에 있어서 홍수 및 폭염 등 기후변화에 따른 부정적인 영향을 최소화하기 위한 다양한 대책 마련이 필요한 것을 의미한다. 또한 기후변화에 대한 적응 정책 수립과 함께 기후변화의 주범인 온실가스 감축을 위한 지속적인 노력이 함께 수반되어야 할 것이다. 



# 기후 위기 취약계층과 주거 건물의 에너지 성능 진단 기술

조기영 / 서울기술연구원 스마트도시연구실 수석연구원

에너지 취약계층이 지속적으로 증가하고 있는 가운데 국내 환경에 맞게 데이터를 충분히 확보하여 에너지 빈곤의 기준이 정확하게 마련할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 탄소중립을 위한 간접지원 방안인 물리적인 진단방법으로 노후 주거 건물의 창호, 벽체 등 이미지 인식 기법을 통해 디지털 데이터 DB를 구축 등을 통하여 증거기반의 정책 기반도 마련되어야 한다.



## 기후위기에 따른 에너지이용 소외계층 (에너지 취약계층 (energy poverty))

기후위기 시대를 막는 2050 탄소중립(Net-zero) 시나리오와 2030 국가 온실가스 감축목표 상향안이 발표됨에 따라 사회적 약자에 대한 '에너지 복지' 도 공적 영역에 있어서 중요한 사안이다. 2005년 7월에 단전가구에 촛불화재로 여중생 사망사건을 계기로 저소득층의 에너지 기본권 보장을 중요하게 생각하는 여론이 형성되었다. 에너지는 인간의 삶에 필수적인 요소로 공공재적인 성격을 지니고 있으며, 에너지가 갖는 필수적인 특성과 저소득층 에너지 사용 여건이 어려움을 고려할 때 에너지 분야의 다양한 지원을 통한 주거 에너지효율 향상 방안 마련이 필요하다. 현재 에너지의 문제는 에너지 공급망의 붕괴 가능성, 에너지 생산, 공급, 소비 과정에서 발생하는 온실가스 배출문제, 에너지 취약계층의 지속적인 증가에 있다.

에너지 빈곤은 냉난방 및 취사 등에 필요한 최소한의 에너지를 공급받지 못하는 경우로 에너지 소비 비용이 가구 소득의 10% 이상인 가구로 에너지 빈곤은 의식주 비용의 감소, 신체적 또는 심리적 질환, 영양섭취 부족, 가계부채의 증가, 사회적 소외 동반으로 이어질 수 있다.

## 에너지 빈곤에 영향을 미치는 요인

에너지 빈곤에 영향을 미치는 요인으로는 가계 소득, 에너지 효율, 에너지가격이 있으며 현재 지원 방식은 직접 지원 방식으로는 특별요금적용 현물 지원과 간접지원 방식으로는 주택 및 가전 기기에 대한 에너지 효율 지원이 있다. 에너지 취약계층 지원은 복지와 건강의 개선, 생활 안정, 에너지의 효율적인 이용, 에너지 지출비용 절약, 에너지 공급자들의 연체료 손실 예방, 온실가스 배출량 감축, 고용창출 등 다양한 사회적 편익을 동시에 거둘 수 있는 정책으로 저소득층일수록 주택에너지 효율성이 낮은 경우가 많다. 그 이유로는 지역난방 등 저가로 이용할 수 있는 에너지 공급망이 없으며 에너지의 공급보다는

그림 1. 저소득 가구의 에너지 사용실태



그림 2. 에너지 빈곤에 영향을 미치는 3대 요인



표 1. 직접지원방식과 간접지원방식의 강약점

구분	유형	강점	약점
직접지원	가격과 요금의 보조 현금과 현물의 지급 에너지 공급중단 유예	• 빠른 정책전달 속도 • 긴급지원 가능 • 정책 체감 효과 큼	• 탄소저감에 부정적 • 지속적인 재정부담 • 모럴 헤저드 가능
간접지원	난방개선 단열개선 고효율 기기보급	• 탄소저감 감축효과 • 효과 지속적이며 장기적 • 일자리 창출효과	• 정책 전달 속도가 느림 • 긴급지원으로는 부적합 • 행정비용 증가 가능성

주택 에너지 효율을 향상시키는 방향을 검토하는 것이 바람직하다.

**온실가스 저감을 위한 주거환경 에너지 성능 진단 기술**

미국의 경우, 주택단열지원 프로그램인 WAP(Weatherization Assistance Program) 운영 중이며, NEAT(National Energy Audit Tool)을 프로그램을 통하여 저소득층 가구의 건물 구조 및 난방방식 등을 입력하면, 에너지 소비량 따라 추정되는 비용절약 금액과 추천된 설비개선에 따른 목록 등과 함께 경제성을 고려한 에너지 효율적인 대책방안을 제시하고 있다.

국내의 경우는 도시재생 사업의 일환으로 에너지 진단플랫폼을 개발하였으며, 에너지성능 현장 측정

장치, 현장 측정데이터 수집 프로그램과 측정데이터 기반 에너지성능 정량화 프로그램으로 구성되었다. 에너지와환경 미터링 모듈을 건축물의 필요한 벽면에 부착하면, 설치지역의 기상정보를 토대로 건물의 온도, 실내환경, 표면온도, 온열 환경, 보일러 가동 수준 등의 측정이 가능하다. 진단 플랫폼은 서울특별시 도시재생사업에 적용되었으며 향후 에너지 취약계층을 위한 주거환경 개선을 위한 확대 적용이 필요하다.

**에너지 취약계층을 위한 데이터에 근거한 제도 및 정책 마련 필요**

우리나라의 경우, 2010년에 발의된 에너지 복지법이 있지만, 이를 추진할 수 있는 법적 근거가 미비하며

그림 3. National Energy Audit Tool (NEAT)

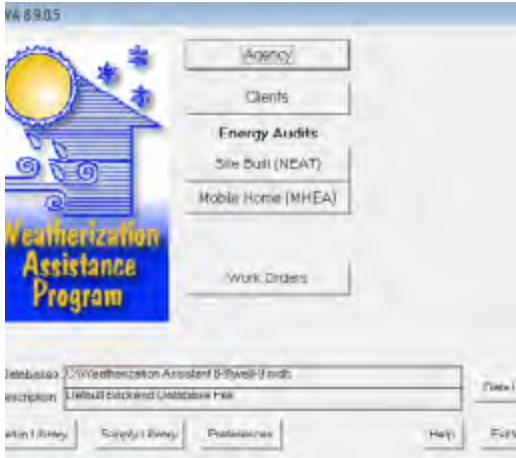


그림 4. 에너지 성능 진단 플랫폼



국가의 역할 소극적 수준 에너지 기본권 보장과 에너지 취약계층을 위한 법률 제정 추진 필요하다. 현재는 사회 복지제도 안에서 기초생활 수급 및 긴급지원이 이루어지며 에너지 빈곤층 지원 정책은 에너지법에 기초해 이루어지고 있으며 정책 목표, 지원 대상 및 방식, 전달 체계, 에너지 진단 가구 진단방법 등의 마련이 필요하다.

선진국에서는 에너지 빈곤을 위하여 에너지복지법을 통하여 에너지 부담 가격 완화뿐 아니라 기후변화 대응, 신재생에너지 체계 도입 등 국가가 처한 상황과 국가 전략에 따라 에너지 빈곤을 우선적으로 해결하고자 한다.

따라서 우선적으로 에너지 빈곤과 에너지 이용에 대한 인식 확대를 위하여 에너지 사용에 대한 통계기반 데이터가 구축되어야 한다. 특히 국내 환경에 맞게 혹서기, 혹한기 운습도 등 주거환경, 에너지 사용량, 에너지 지출 비용, 사용하는 에너지원 등 데이터를 충분히 확보하여 에너지 빈곤의 기준이 정확하게 마련할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 탄소중립을 위한 간접지원 방안인 물리적인 진단방법으로 노후 주거 건물의 창호, 벽체 등 이미지 인식 기법을 통해 디지털 데이터 DB를 구축 등을 통하여 증거기반의 정책 기반 마련이 필요하다. [sif](#)

**참고문헌**

- [1] 한국일보, 2010.06.13. 에너지 빈곤, 기본적 인권문제다
- [2] 가스저널, 2019.3.18. 앱 기반 노후 건축물 에너지 성능 진단 플랫폼 개발
- [3] 가스신문, 2020.05.06. 에너지복지법, 저소득층 지킬 따뜻한 울타리
- [4] 박광수, 사회적 약자에 대한 에너지 지원 제도 개선방안 연구, 에너지 경제 연구원, 2006
- [5] 미국 에너지부 WAP, <http://apps1.eere.energy.gov/weatherization>

NEW TECHNOLOGY + 01

# 지하 안전사고 예방을 위한 지하공간 데이터 품질검증 개선방안

배상근 / LH한국국토정보공사 공간정보연구원 책임연구원

지하공간에서 발생하는 생활기반시설의 안전사고는 인적·물적 피해를 일으키고 막대한 사회적 비용을 소모시킨다. 그러나 이러한 사고의 상당수는 사전에 충분히 예방할 수 있으며, 이를 예방하기 위해선 지하공간 데이터의 정확성과 신뢰성을 향상시켜야 한다.



## 1. 개요

상·하수도, 가스, 전기, 지하철, 지하도상가, 지하차도... 우리가 일상생활에서 늘 이용하는 시설물이다. 이러한 시설물은 우리 생활에 반드시 필요한 기반 시설물로서 국민 생활을 좀 더 편리하고 윤택하게 한다. 주요 기반 시설물이라는 사실 외에 이들의 또 다른 공통점은 모두 '지하공간'에 위치한다는 점이다. 급속한 도시화·산업화 등으로 인해 지하공간 개발이 활발히 이루어지면서, 공간의 효율적 활용을 위해 다양한 시설물을 지하에 매설하였다. 이렇듯 지하공간은 우리 국토의 일부이자 많은 기반 시설물이 위치한 소중한 자원이기 때문에, 안전하고 효율적으로 이용하고 관리하는 것이 매우 중요하다. 그러나 그동안 지하공간 데이터의 구축과 관리는 지상에 비해 상대적으로 미흡했던 탓에 여러 사건·사고가 발생하였다.

특히 1994년 서울 아현동 가스폭발사고와 1995년 대구 상인동 가스폭발사고는 국내에 GIS가 본격적으로 도입되고 제1차 국가지리정보체계(NGIS) 사업이 추진되는 계기가 되었다. 정부 주도의 이 사업을 통해 지형도, 지적도, 지하시설물도 등 종이도면에 대한 전산화 작업이 이루어졌다.

그로부터 약 20년이 지난 2014년에는 전국 각지에서 싱크홀이 연이어 발생함에 따라 국가 차원에서의 대책을

마련하기 시작하였고, 그 해결책의 일환으로 2015년부터 15종의 지하정보를 통합한 지하공간통합지도 구축사업이 진행되고 있다. 그러나 이후에도 서울 아현동 통신구 화재, 고양시 온수관 파열, 서울 상도동과 경기도 구리시 지반 침하 등 지하공간에서의 사고가 지속되고 있어, 지하공간 데이터 품질 향상이 매우 필요한 시점이다. 따라서 본고에서는 지하공간의 안전사고 예방과 효율적 관리를 위해 지하공간 데이터의 품질을 검증하기 위한 개선방안을 제시하고자 한다.

## 2. 지하공간 데이터 품질검증 개선방안

현재 국내에서 사용되는 대표적인 공간데이터 품질기준으로는 국토교통부의 「국가공간정보센터 운영 세부규정」, 「실내공간정보 구축 작업규정」, 「지하공간통합지도 제작 작업규정」과 국토지리정보원의 「3차원 국토공간정보구축 작업 규정」 등에 포함된 품질검사 기준이 있다. 이 기준들은 공간데이터 품질 관련 국제 표준인 ISO 19157을 기반으로 제정되었으며, 데이터의 완전성, 논리일관성, 위치정확성, 주제정확성, 시간정확성 등을 점검함으로써 품질을 평가한다.

이 중 「지하공간통합지도 제작 작업규정」은 2018년에 제정되어 지하공간통합지도 구축사업 시 데이터 구축 및

표 1. 「지하공간통합지도 제작 작업규정」의 데이터 품질검사 기준

품질 요소	세부요소	세세부 요소	품질검사 기준	품질검사 방법 및 대상		
				지하시설물 (구조물형)	지하시설물 (관로형)	지반
안전성	누락	대상객체 누락	표준데이터 항목의 누락된 객체 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
논리 일관성 (기준)	개념 일관성	세밀도(가시화) 일관성	세밀도(가시화) 제작기준에 맞게 제작되었는지 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
	위상 일관성	2차원정보 일관성	2차원 정보의 위상조건 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		3차원정보 일관성	3차원 정보의 위상조건 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
위치 정확성 (공간)	절대적 또는 외적 정확성	기준좌표계 정확성	기준좌표계의 적용 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		2차원 위치정보 정확성	2차원 정보의 위치정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		3차원 위치정보 정확성	3차원 정보의 위치정확성 확인	실내검사 (표본20%) 현장검사 (표본 2%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
상대적 또는 내적 정확성	2차원정보 경계인접	2차원 정보의 경계인접부 정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사	
		3차원정보 경계인접	3차원 정보의 경계인접부 정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
주제 정확성 (속성)	분류 정확성	항목 분류 정확성	표준데이터 항목의 분류 정확성 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
	논리 정확성	논리정확성	구조화 테이블 설계서 적용여부 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
	속성 정확성	속성내용 불일치	속성내용 불일치 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
		속성내용누락	속성내용 누락 확인	실내검사 (표본20%)	실내검사 (표본1%)	실내 (전수)검사
기타	관리파일 작성오류	메타데이터 누락	메타데이터의 작성 및 오류여부 확인	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사
	성과품 누락	성과품 누락	최종성과품의 누락여부 확인	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사
	성과 탑재 적정성	성과 탑재 적정성	최종성과품의 시스템 환경 탑재 적정성 확인	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사	실내 (전수)검사

품질검사에 활용되고 있다. 기존 데이터와 향후 구축될 데이터 간 일관성 및 호환성을 유지하기 위해서는 기존과 완전히 다른 신규 기준을 개발하는 것보다는 기존 내용의 수정·보완을 통해 실무자들의 업무 효율성을 제고하는 것이 더 효과적일 것이다. 따라서 본고에서는 현재의 품질검사 기준을 토대로 이를 개선하기 위한 방안을 제시하였다.

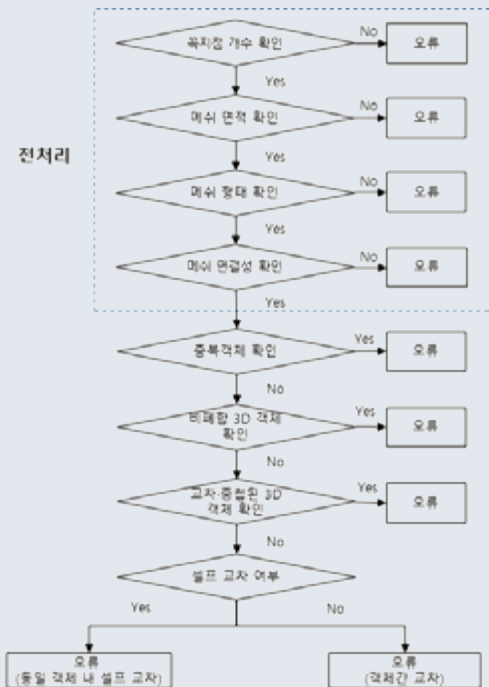
<표 1>은 「지하공간통합지도 제작 작업규정」의 품질검사 기준이다. 표에서도 볼 수 있듯이 품질검사 기준이 매우

모호하고 불명확하다. 예를 들어 '논리 일관성' 중 '2차원정보 일관성'의 품질검사 기준은 "2차원 정보의 위상조건 확인"이라 기술되어 있다. 어떠한 2차원 정보의 어떠한 위상조건을 확인하고, 어떠한 경우에 오류로 판단할 수 있는지에 대한 구체적인 내용이 전혀 명시되어 있지 않다. 이로 인해 검수과정에서 작업자의 주관적인 판단이 개입할 여지가 매우 크고 이는 곧 검수방법의 통일성과 일관성을 결여시킴으로써, 결과적으로는 데이터의 품질을 저하시키는

표 2. 지하공간 데이터 품질검사 기준 개선방안(예시)

현재 작업규정 내 항목				신규 개발 항목				
품질요소	세부요소	세부요소	품질검사 기준	품질검사 방법	품질검사 규칙(알고리즘)	Flow Diagram	해결 가능 오류유형	비고
연관성 (일관성)	연속 관측	2차원정보	- 2차원 데이터에 대한 위상조건 적정성 확인	- 2차원 데이터의 공간적 위상 및 기하구조 적정성 확인	1. (동일한 위치 내) 중복된 객체 추출 2. 비폐합된 폴리곤 추출 3. 교차 중첩한 객체(포인트 라인, 폴리곤) 추출 (라인 및 폴리곤 유효표지, 폴리곤의 라인간, 포인트와 폴리곤, 라인과 폴리곤의 교차 중첩)		해결 가능 오류유형 제시	
		3차원정보	- 3차원 모델에 대한 위상조건 적정성 확인	- 3차원 데이터의 위상 및 기하구조 적정성 (누락/중복/교차중첩 등) 확인	1. 전처리 1-1. 단위 메쉬를 구성하는 꼭짓점 개수 확인 1-1-1. 기준과 동일: 통과 1-1-2. 기준과 다름: 오류 1-2. 단위 메쉬 면적 확인 1-2-1. 면적기준 내: 통과 1-2-2. 면적기준 밖: 오류 1-3. 단위 메쉬 형태 유효성 확인(edge 길이, 비율 등) 1-3-1. 유효범위 내: 통과 1-3-2. 유효범위 밖: 오류 1-4. 단위 메쉬의 연결성 확인 1-4-1. 기준 개수(N개) 이상의 메쉬와 연결성 존재: 통과 1-4-2. 기준 개수(N개) 미만의 메쉬와 연결성 존재: 오류 2. (동일한 위치 내) 중복된 객체 추출 3. 비폐합된 3D 객체 추출 4. 교차 중첩된 3D 객체 추출 (셀프교차, 객체 간 교차)		객체 중복, 비폐합 객체, 객체 교차 및 중첩	

표 3. 데이터 자동검수를 위한 세부절차 및 기준(예시)



<3차원 데이터 위상일관성 품질검증 절차>


1. 전처리
  - 1-1. 단위 메쉬를 구성하는 꼭짓점 개수 확인
    - 1-1-1. 기준과 동일: 통과
    - 1-1-2. 기준과 다름: 오류
  - 1-2. 단위 메쉬 면적 확인
    - 1-2-1. 면적기준 내: 통과
    - 1-2-2. 면적기준 밖: 오류
  - 1-3. 단위 메쉬 형태 유효성 확인(edge 길이, 비율 등)
    - 1-3-1. 유효범위 내: 통과
    - 1-3-2. 유효범위 밖: 오류
  - 1-4. 단위 메쉬의 연결성 확인
    - 1-4-1. 기준 개수(N개) 이상의 메쉬와 연결성 존재: 통과
    - 1-4-2. 기준 개수(N개) 미만의 메쉬와 연결성 존재: 오류
2. (동일한 위치 내) 중복된 객체 추출
3. 비폐합된 3D 객체 추출
4. 교차 중첩된 3D 객체 추출 (셀프교차, 객체 간 교차)

장애요인이 될 가능성이 높다. 따라서 현재 품질검사 기준을 더 명확화·구체화하여 검수방법을 통일하고, 대부분 육안검수 위주로 진행되고 있는 현재의 검수체계를 품질검증 소프트웨어를 이용한 자동검수체계로 전환하여야 한다. 이에 본고에서는 <그림 1>과 같이 현재 품질검사 기준을 개선하고자 하였다. 현재의 품질검사 항목에 품질검사 방법, 품질검사 규칙, Flow Diagram, 해결 가능 오류유형과 같은 품질검사 항목을 추가함으로써 정확하고 일관된 검수를 할 수 있도록 개선하였다.

특히 품질검사 규칙 항목의 경우 공간데이터의 기하학적 구조와 위상관계를 정의한 기존 자료들을 분석하여, 도형정보의 위상일관성, 위치정확성 등을 검수하기 위한 세부적인 규칙과 알고리즘을 제시하였다. 또한 <표 2>와 같이 데이터 자동검수를 위한 검수 절차와 오류판단 기준을 제시하였다.

### 3. 마치며

지하공간에서 발생하는 생활기반시설의 안전사고는 인적·물적 피해를 가져오고, 막대한 사회적 비용을 소모시킨다.

그러나 이러한 사고의 상당수는 사전에 충분히 예방할 수 있으며, 지하공간 데이터의 정확성과 신뢰성을 향상시키는 일은 바로 그 예방책의 첫걸음이라 할 수 있다. 지하공간 데이터의 품질향상을 통해 우리 국민 모두가 늘 안전하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있기를 기대한다. 

NEW TECHNOLOGY + 02

# 수소생산을 위한 수전해 기술동향 및 전망

이창현 / 단국대학교 에너지공학과 교수  
산업통상자원부 수소경제실무위원회 위원

수소 공급량 충족을 위한 현실적인 방안들이 국내 기술적/경제적 상황에 맞게 구체화되고 있다. 특히 재생에너지와 연계된 그린수소를 생산하는 것이 가장 바람직하지만, 재생에너지 확대 한계 및 부하변동성 이슈, 국내 재생에너지 품질 등을 종합적으로 살펴봐야 할 시점이다.



## 수소경제, 3대 국가전략분야로 선정

제5차 혁신성장관계장관회의(18.08)를 통해 “수소경제”가 3대 국가전략분야로 선정된 이후 “세계 최고수준의 수소경제 선도국가로의 도약”이라는 비전 하에, 19년 1월 수소경제활성화 로드맵을 발표하였다.

수소경제활성화 로드맵에서는 1) 수소전기차·연료전지 세계시장 점유율 1위 달성, 2) 화석연료 자원 빈국에서 그린 수소 산유국으로 진입이라는 목표가 선언적으로 제시되었다. 이를 위해, ‘18년부터 ‘40년까지의 수소 수요량 및 공급

방식, 수소가격 변화 추이를 제시하였는데, 세부적으로는 ‘40년까지 공급량 증가율은 ‘18년 대비 400배 증가하고, 수소가격은 3,000원/kg 수준으로 절감시키면서, 공급방식을 1) 부생수소, 2) 추출수소, 3) 수전해 수소, 4) 해외생산 수소의 형태로 다변화 하려는 계획이다(표 1). 이후, 세계 최초의 “수소경제법”이 제정되어, 수소경제 전반에 대한 법적 근거를 마련하고, 이를 통해 한국가스공사/ 수소융합얼라이언스/ 한국가스안전공사가 수소 유통/진흥/안전 전담기관으로

표 1. 수소경제활성화 국가비전(19.01. 산업통상자원부)

### □ 수소 공급 및 가격

		2018년	2022년	2030년	2040년
공급 · 가격	공급량 (=수요량)	13만톤/年	47만톤/年	194만톤/年	526만톤/年 이상
	공급방식	①부생수소(1%) ②추출수소(99%)	①부생수소 ②추출수소 ③수전해	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④해외생산 ※ ①+③+④ : 50% ② : 50%	①부생수소 ②추출수소 ③수전해 ④해외생산 ※ ①+③+④ : 70% ② : 30%
	수소가격	- (정책가격)	6,000원/kg (시장화 초기가격)	4,000원/kg	3,000원/kg

선정되었다. “적응적(Adaptive) 감축”에서 “능동적(Proactive) 대응”으로 탄소중립, 경제성장, 삶의 질 향상 동시달성이라는 비전 하에 발표된 탄소중립 추진전략(20.12)이 발표되었고, 신유망 저탄소산업 생태계 조성 정책 방향에 따라 수소화가 이루어질 계획이다. 탄소중립 정책 추진에 따라, 수소는 수소전기차의 연료 물질로서가 아니라, 탄소중립을 위한 재생에너지의 부하변동성에 따라 발생하는 유휴전력을 저장하는 에너지 전달체(energy carrier)로의 인식전환이 이루어지고 있다. 그 결과, 부생수소 및 수전해 수소를 제조하는 방식에 있어, 재생전력과 연계해 통해 탄소발자국(carbon footprint)으로 독립을 꾀하는 노력이 이루어지고 있다.

넓은 의미의 수전해는 물에 전기를 가해, 산화-환원반응을 통해 수소를 생산하는 전기화학공정을 의미하는데, 반응 조건 및 사용되는 물에 따라, 1) 고분자전해질수전해(Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolysis, PEMWE), 2) 알칼리인 수전해(Alkaline Water Electrolysis, AWE), 3) 염수전해(Saline Water Electrolysis, SWE)로 분류된다. 모든 수전해 장치는

그림 1에서 제시된 바와 같이, 산화반응이 발생하는 산화극(Anode)과 환원반응이 발생하는 환원극(Cathode), 산화극과 환원극 사이에 위치하여 전극 간 물리적 접촉을 차단시키면서 특정 이온의 이동통로로 작용하는 분리막(Membrane)으로 구성된다.

PEMWE에서는 산화조(Anode reservoir)와 환원조(Cathode reservoir) 양쪽에 순수한 물을 공급하는 반면, AWE에서는 산화조와 환원조 양쪽에 1-6 M KOH 수용액이 공급되어진다. PEMWE와 AWE를 비교할 경우, 산화극 및 환원극 반응의 차이와 분리막을 통해 이동하는 이온 종류의 차이(H<sup>+</sup> in PEMWE vs OH<sup>-</sup> in AWE)는 있지만, 전체 전기화학반응 관점에서 볼 때 산화극에서는 산소(O<sub>2</sub>)가, 환원극에서는 수소(H<sub>2</sub>)가 발생하는 면에서 동일하다. 반면, SWE의 산화조에는 3.5-25 wt.% 농도의 NaCl 수용액이, 환원조에는 0-30.7 wt.% 농도의 NaOH가 각각 공급된다. SWE에서의 분리막을 통해 산화극의 Na<sup>+</sup>가 환원극으로 이동하며, 반응 결과물로 산화극에서 염소(Cl<sub>2</sub>)가, 환원극에서 가성소다(NaOH)와 수소가 동시에 발생한다.

그림 1. 수전해 및 염수전해 작동원리

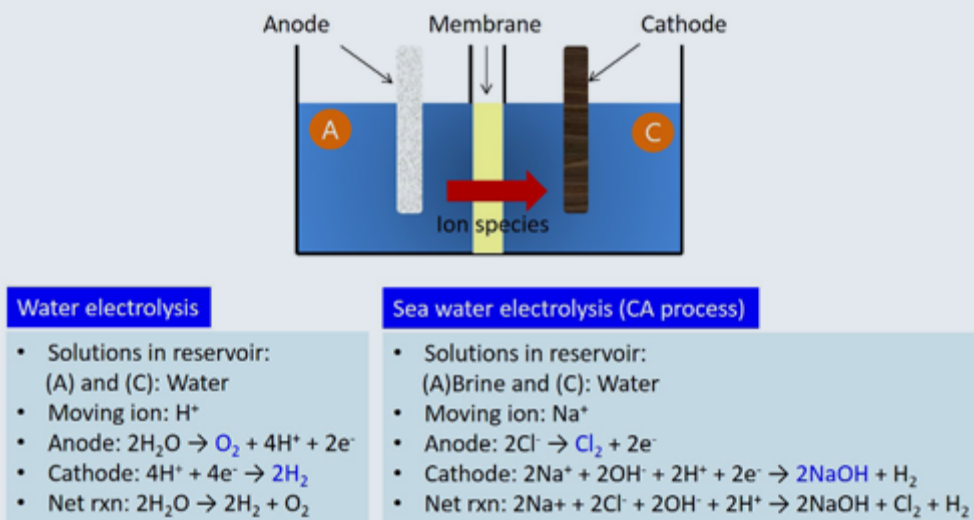
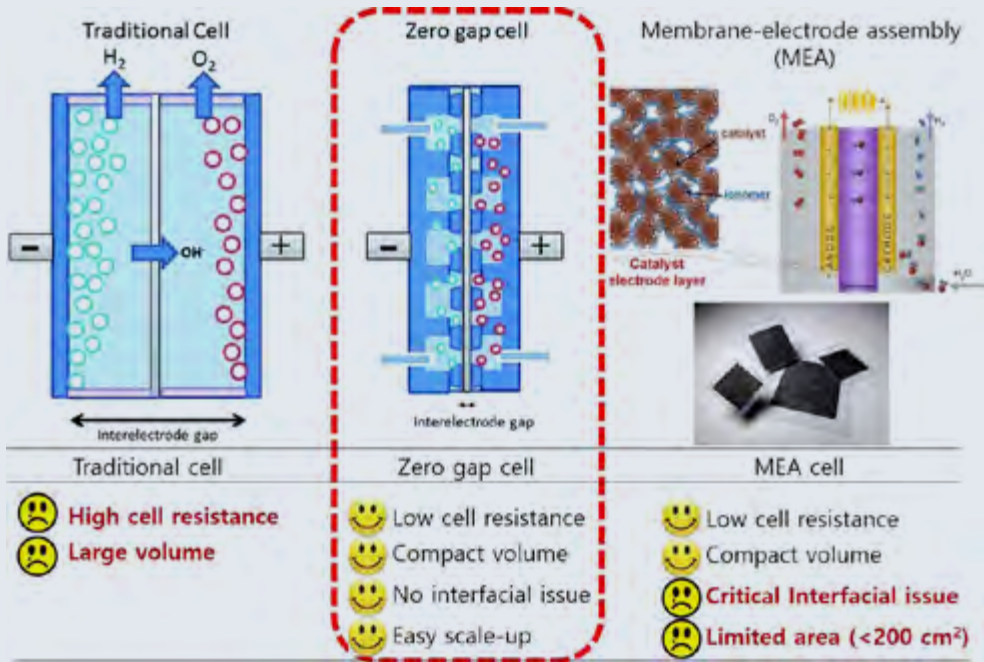


그림 2. 수전해 셀의 구성 및 장단점



<그림 2>는 수전해 셀의 구성과 장단점을 보여준다. Traditional cell은 판형 산화극 및 환원극이 넓은 부피의 전해조에 침지시킨 구조로, 산화극-분리막-환원극 사이가 넓어, 매우 높은 계면저항을 나타낸다. 반면, 매쉬(mesh) 형태의 구조를 갖는 산화극 및 환원극을 분리막에 긴밀히 접촉시킨 상태인 zero gap cell의 경우, 상대적으로 낮은 셀저항과 계면저항을 유지시킬 수 있으며, 외부에서 가공한 다공성 전극구조를 쉽게 분리막과 체결시킬 수 있어 대면적화에 매우 유리하다. 특히, 이러한 zero gap cell은 비교적 낮은 저항을 유지하는 KOH나 NaCl/NaOH가 용해된 수용액을 전해질로 사용하는 AWE나 SWE에서 채택되어, 사용되고 있다. 반면, 순수 물을 전해질로 사용하는 PEMWE에서는 전극과 분리막 간 계면저항을 최소화시키기 위해, 분리막 양쪽에 전극에 코팅되는 개념인 막-전극 어셈블리(Membrane-Electrode Assembly, MEA)를 사용한다. 현재 수전해 기술의 핵심 키워드는 1) 동일 수소생산시

소요되는 전력량 저감, 2) 고내구성 확보, 3) 안전성 확보, 4) 재생에너지와 연계된 그린수소 생산시 발생하는 부하변동 대응성 확보이다. 각 키워드와 관련된 기술개발동향은 하기와 같다. '19년 수소경제활성화 로드맵에서 제시된 수소 공급량 충족을 위한 현실적인 방안들이 국내 기술적/경제적 상황에 맞게 구체화되고 있다. 이상적으로는 수전해, 특히 재생에너지와 연계된 그린수소를 생산하는 것이 가장 바람직하지만, 재생에너지 확대 한계 및 부하변동성 이슈, 국내 재생에너지 품질 등을 종합적으로 고려할 필요가 있다. 우선적으로 대량생산이 가능한 추출수소 비율을 일정 수준 유지하면서, 발생된 CO<sub>2</sub>를 포집-활용하는 기술이 추가 도입된 블루수소 형태로의 전환이 고려되고 있다. 수전해 수소의 경우, 그린수소를 지향하되, 국내 재생에너지를 활용하는 수소 비율 대비, 우수한 품질을 갖는 해외 재생에너지를 수소 형태의 에너지 전달체로 공급받는

### 1) 동일 수소생산시 소요되는 전력량 저감·수전해 경제성을 좌우하는 핵심인자

- 이론전압(물: 1.23 V vs 염수: 2.20 V)에 준하는 전압 달성을 위한 분리막 및 전극의 과전압 방지 기술개발
- 전기화학반응을 통해 발생한 수소 및 산소 배출을 위한 수전해 셀 설계기술
- 전해셀 이외의 전기 및 기계설비(Balance of Plant, BOP)기술

### 2) 고내구성 확보

- 열적-화학적-전기화학적 내구성을 갖는 핵심소재·부품·시스템 기술
- 수전해셀 열화(degradation) 유발 조건 연구 및 이를 토대로 한 운전조건 확립

### 3) 안전성 확보


- 수소 확산(hydrogen crossover) 방지기술
- 수소 내 산소 농도 및 산소 내 수소 농도 검출 및 저감기술

### 4) 부하변동대응성 확보

- 재생에너지 부하변동에 따른 핵심소재·부품·시스템 단의 대응기술
- 재생에너지 직접 연계 실증운전기술(Power-to-Gas, Hydrogen Energy Storage System (HESS) 등)

표 2. 수소공급계획(20.08. 에너지경제연구원)

연도	로드맵 공급목표	수소 생산방식의 포트폴리오(권고안)			
		추출수소 (천연가스)	수전해 수소 (재생에너지)	수입수소 (해외 그린수소)	기타
2030	194만톤	97만톤	20만톤	19만톤	58만톤
2040	526만톤	158만톤	37만톤	300만톤	31만톤

비율을 약 10배로 하는 모델(표 2) 채용을 검토하고 있다. 전 세계 어디든 다양한 수소 소스가 있으므로 지구상 가장 평등한 에너지라는 수식어를 갖던 수소에너지가 재생에너지와 연계됨에 따라 지역적 불평등성을 갖는 에너지로 변화하고 있다. 국내 자급 개념의 수소에너지에서 벗어나, 재생에너지 품질이 우수한 해외 생산거점에서 고도화된 수전해 국산화 기술을 통해 생산된 수소를 수입하는 수정모델로의 전환이 가장 현실성 있는 경제성 확보 전략이 될 것이라는 것은 이제 자명하다. 

NEW TECHNOLOGY + 03

# 교량 유지관리 고도화를 위한 철거교량 활용 연구

박준용 / 서울기술연구원 도시인프라연구실 전임연구원

국내에서는 국토교통부 연구사업으로 중소 노후교량 실증 기반 성능 및 보수보강 평가 연구를 노후교량 장수명화 연구단에서 총괄하여 수행 중에 있다. 아울러 서울시 또한 서울시설공단, 서울기술연구원 등 관계기관과 협력체계를 구축하여 철거교량 활용을 통한 노후교량의 성능개선/수명연장방안을 마련하고 있다.

## 서론

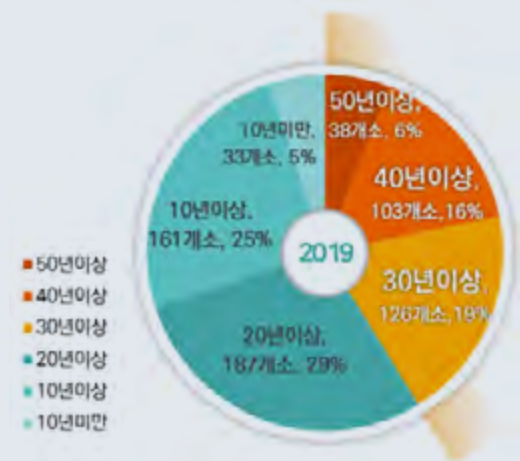
국내에 많은 교량들이 70~80년대에 건설되었으며 그 당시 건설된 교량들은 현재 30년가량 사용되어 노후교량으로 분류되는 시점이다. 서울시에 건설된 교량의 사용 연한 또한 <그림 1>과 같이 조만간 30년 이상 교량이 50%를 넘어설 것으로 보인다.

시설물이 노후화되면서 크고 작은 사고들이 발생하고 있으며, 서울시에서 관리 중인 교량에서도 강선손상이 발생하여 이를 복구하기 위해 시민이 차량통행에 불편을 겪은 사례가 있다. 이어서 국내 전문가들이 투입되어 원인 규명 및 대응책 마련을 위해 연구를 수행 중에 있다.

그러나 실제 손상/사고 발생 시 원인 규명에 참고할 데이터가 없어 상태파악 및 대처에 신속함이 떨어지는 등 어려움을 겪으면서, 노후 교량의 사고에 빠른 대응을 하기 위해 철거되는 교량을 활용하여 손상유형, 열화특성 등의 데이터를 확보하여 노후교량 사고에 선제적 대응하기 위한 기반 마련이 주목받고 있다.

이는 교량 노후화 가속으로 인해 철거 혹은 성능개선을 목적으로 지속적으로 철거되는 교량이 발생하기 때문에, 이전에는 단순 폐기되는 교량들을 효율적으로 활용하여 노후교량 유지관리에 기여하기 위함이다.

그림 1. 서울시 교량의 노후화 수준



## 철거교량 활용 현황

국내에서는 국토교통부 연구사업으로 중소 노후교량 실증기반 성능 및 보수보강 평가 연구를 노후교량 장수명화 연구단에서 총괄하여 수행중에 있다[2].

이 연구사업에서는 기존에 실증을 통해 객관적으로 성능을 평가하기 어려워 상태평가 기반 혹은 모사화된 실험을 바탕으로 평가해 온 상황을 극복하고 철거교량을 활용한 실험검증 방식으로 전환하여 객관적인 성능 및



보수보강 효과를 평가하고자 하였다.

철거교량을 대상으로 직접 파괴하는 등 기존에 실험실에서 수행하기 어려운 다양한 실증 실험을 수행하고 손상된 부재에 보수보강을 수행하여 보수보강 성능을 검증하며, 보수보강 계획수립에 중요한 변수 중 하나인 보수보강 비용 산정의 기준도 마련하고 있다. 또한, 노후교량의 손상유형, 열화특성 등 다양한 데이터를 지속적으로 관리 및 활용하기 위해 실증DB 구축을 수행하여 보수보강 시점/공법 등의 유지관리 의사결정을 위한 기반 데이터로 활용하고자 한다.

### 철거교량 활용 방안

서울시에서도 서울시설공단과 서울기술연구원 등 관계 기관과 협력체계를 구축하여 철거교량 활용을 통한 노후교량의 성능개선/수명연장방안을 마련하고 있다. 손상에 대한 선제적 대응, 사고의 사전예방을 위한 기반 마련을 기본방향으로, 철거교량의 조사 및 시험을 통해 데이터를 확보 및 축적하여 1차적으로 철거교량 활용 매뉴얼을 정립하여 장기적인 관점에서 철거교량을 활용하여 주요 손상유형, 열화특성 등의 데이터를 확보하고 관리할 수 있는 기반을

마련할 예정이다. 다음으로 확보된 데이터를 기반으로 성능평가 및 유지관리 계획수립에 관한 연구를 수행하여 노후교량 유지관리 제도를 개선하고자 한다. [ST](#)

### 참고문헌

- [1] 이기세, 김정환, 이진욱, 박준용, 정호영. (2019). 서울시 시설물 유지관리 체계의 개선 방안, 서울기술연구원.
- [2] 김현중, 권승희, 박영석. (2018). 중소 노후교량의 장수명화를 위한 실증기반 실험검증. 콘크리트학회지, 30(4), 14-20.

NEW TECHNOLOGY + 04

# 핀테크(FinTech) 기술과 활용

핀테크 주요 기술적 이슈와 산업은 보안 및 개인정보보호, 데이터, 하드웨어, 인프라, 적용 및 관리, 서비스 모델 등이 있다. 또한 핀테크 전반에서 금융 규제와 함께 보안 및 개인정보보호가 중요한 이슈로 떠오르고 있다.

이지애 / 서울기술연구원 생활환경연구실 전임연구원  
강신영 / 서울기술연구원 생활환경연구실 전임연구원



## 핀테크 정의와 동향

핀테크(Financial Technology, Fintech)는 금융 산업분야의 새로운 기술로 데이터 보안부터 금융 서비스 모두를 포괄한다. 이는 디지털 금융에서 파생되어 금융 기술을 강조한 언어로, 테크핀(TechFin)이라고도 불린다. 이전에는 모바일 결제, 온라인 결제 및 인터넷 뱅킹 등으로 국한되었지만, 최근에는 금융플랫폼 혁신으로 기능이 확장되고 더욱 높은 평의성을 제고하고 있다. 이는 AI, 데이터사이언스, 플랫폼 등 기술의 융합으로 금융비서 역할등을 수행하는 서비스를 사용자의 니즈(Needs)에 맞게

보이지 않는 곳에서도 제공할 수 있게 한다. 또한, 이전에는 불가능하다고 여겨지던 은행 간 금융정보 공유 또한 오픈뱅킹으로 이루어지고 있다.

핀테크 주요 기술적 이슈와 산업은 <그림 1>과 같이 보안 및 개인정보보호, 데이터, 하드웨어, 인프라, 적용 및 관리, 서비스 모델로 구분할 수 있다<sup>[2]</sup>. 데이터와 장비 시설에 기반하여 서비스 모델도출과 응용이 가능하며 핀테크 전반에서 금융 규제와 함께 보안 및 개인정보보호가 중요한 이슈이다.

그림 1. 핀테크 주요 이슈 (※ 자료 : Keke Gai et al., 2018.)

데이터 지향	시설 및 장비	적용	서비스 모델
데이터 분석	재정 자본	모바일 앱	내부 서비스
데이터 마이닝	분산 서버	e-커머스	클라우드 컴퓨팅
데이터 전처리	무선 네트워크	위험관리	스마트 시티
데이터 중복제거	프로토콜	자산 관리	데이터 서비스

보안 및 개인정보보호

핀테크의 발전은 모바일 네트워크, 빅데이터, 신뢰관리, 클라우드 컴퓨팅, 이미지 프로세싱, 데이터 등 기술 발전에 기반하고 있다. 국내에서는 2015년부터 정보기술·금융 융합 지원 방안을 추진하여 핀테크 생태계 조성에 힘쓰고 있으며, 국제모바일 결제시장의 규모는 2017년 122.1억 달러에 달했으며, 간편결제 서비스 시장 또한 2018년 1조 45.5억 수준으로 앞으로도 4차산업혁명의 진전과 함께 핀테크의 확장이 기대될 것으로 보인다.

### 핀테크 기반 기술

모바일은 핀테크의 중요한 기반기술이다. 스마트폰, 태블릿 PC는 이동 중에도 온·오프라인 서비스를 이용할 수 있게 한다. 모바일기기는 칩셋을 내장하고 있어, NFC 태깅을 통하여 결제하는 기능을 제공한다. NFC가 없더라도 마그네틱보안전송(MST)은 무선으로 신용카드 정보를 전송하여 결제할 수 있다. 또한, 간단히 바코드(barcode)나 QR코드를 이용하여 PG(payment gateway)사에 정보를 요청해 결제를 진행하기도 한다. 저전력 블루투스 기술인

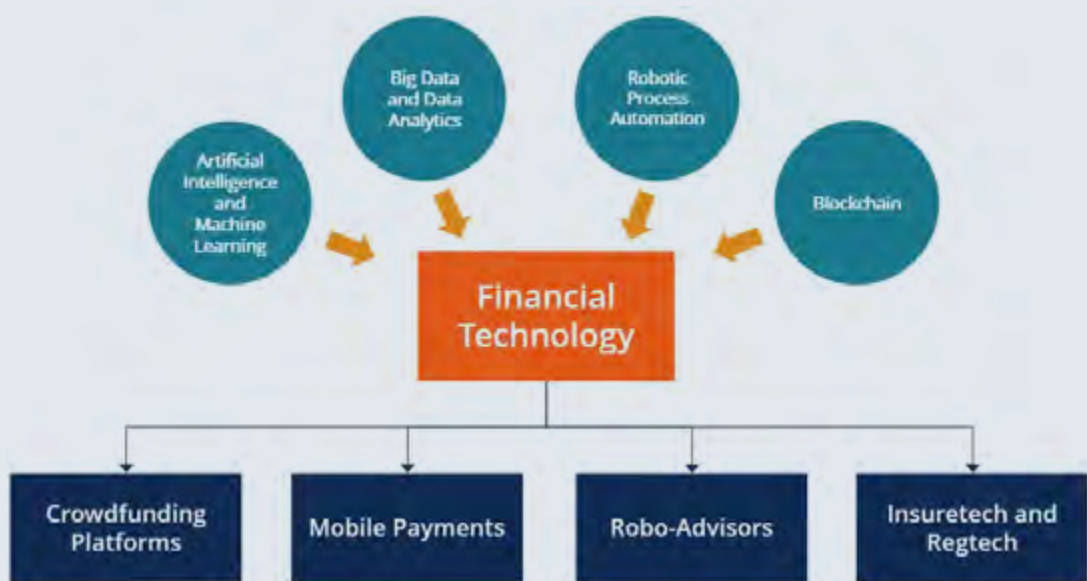
비콘(beacon)은 계속적으로 신호를 송출하고, 사용자의 위치정보를 파악하여 자동으로 고객의 스마트폰에서 결제가 이루어지는 기능을 제공할 수 있다.

블록체인(Blockchain)은 데이터 블록을 체인형태로 분산하여 저장하는 기술이다. 이러한 탈중앙화(Decentralized)는 거래정보의 복사본을 거래자 모두가 보유하게 하여 위·변조 시도를 방지할 수 있다. 블록체인이 길어질수록 보안성은 더욱 강해지며, 임의의 데이터를 일정 길이로 변환하여 저장하는 해시(Hash)를 통해서 블록을 추가할 수 있다.

RPA(Robotic Process Automation)는 사람이 수행하던 반복적인 수동작업을 로봇이 대신하는 프로세스이다. 주로, 통계 및 데이터 수집, 규정 준수 및 관리, 커뮤니케이션 마케팅, 거래관리 등을 담당한다.

빅데이터와 데이터 분석은 핀테크의 중요 기술로, 데이터 마이닝을 통해서 데이터의 추세, 패턴, 상관관계 등을 분석할 수 있다. 관리자 측면에서는 사용자 니즈 만족을 위한 전략 수립 및 시스템 안전관리가 가능하고, 사용자 측면에서는

그림 2. 핀테크 기술과 분야(※ 자료 : CFI)



개인별 맞춤형 서비스를 제공받을 수 있다. 이러한 서비스는 데이터 분석과 알고리즘을 통해 예측, 평가, 결정 등이 가능하다.

AI는 인간의 학습, 추론, 지각능력을 구현하기 위해 기계를 지능화하는 것을 의미한다. AI 알고리즘은 사용자데이터 또는 빅데이터를 분석하여 분류, 예측, 추론, 결정을 할 수 있도록 한다. 이는, 핀테크에서 가장 중요한 기술 중 하나로 신용평가, 사기탐지, 규정준수, 자산관리 등을 가능하게 한다.

보안은 개인정보를 다루는 핀테크에서 중요한 기술이다. 보안 서비스는 CIA(Confidentiality, Integrity, Availability)으로 정의되어 기밀성, 무결성, 사용성 있게 제공되어야 한다. 보안서비스는 사용자 인증, 부정거래탐지(fraud detection) 등을 통해서 안전을 보장할 수 있다.

이러한 기술들은 핀테크에 적용되어 클라우드 펀딩, 모바일 결제, 로보어드바이저, 인슈어테크 등의 금융서비스를 제공하게 한다.

### 핀테크 활용분야

핀테크는 금융기능별로 지급결제, 자금중개, 위험관리, 정보관리에 적용할 수 있다. 지급결제 기능의 경우 화폐적 가치를 지급수단을 이용하여 이전하는 것으로 인터넷·모바일뱅킹, 결제 등이 포함되며 간편송금 및 결제로 분류할 수 있다. 핀테크 기술을 활용할 경우 모바일디바이스를 이용하여 공인인증서나 보안카드 없이 이체가 가능하며 관련 주요 핀테크 기업으로는 삼성페이, Alipay, Venmo, TransferWise 등이 있다.

자금중개 기능의 경우 자금이 필요한 부문에 여유자금을 공급하는 서비스로 예금, 대출, 자산운용 등이 포함된다. 이는 P2P(Peer to Peer lending) 금융으로 오프라인 점포를 거치지 않고 빅데이터 플랫폼 등을 활용하여 개인 간 거래 대상을 연결해 준다. 대표적으로 클라우드 펀딩(Crowd funding), P2P 대출, 인터넷은행 등이 있다. 관련 주요 핀테크 기업으로는 Kickstarter, Lending Club, Wealthfront, FidorBank 등의 기업이 있다.

위험관리 기능의 경우 경제 주체가 부담할 수 있는 위험 요소들을 감소, 분산하는 것으로 보험과 파생금융업무 등이 포함된다. IT를 활용한 보험서비스는 보험(Insurtech)과 기술(Technology)을 합쳐 인슈어테크(Insuretech)라고도 부르며 관련 핀테크 기업으로는 Bought by many 등이 있다. 정보관리 기능의 경우 금융정보의 수집, 분석 등을 통해 정보의 격차를 해소하는 것으로 신용정보업무 등이 포함된다. 개인의 카드, 보험 등의 금융서비스를 통합적으로 관리할 수 있는 개인자산관리나 신용평가를 제공하는 서비스가 있으며 관련 주요 핀테크 기업으로 TrustCloud, CREDScore, Mint 등이 있다.

### 사례 1) 간편결제를 통한 세금 납부<sup>[9]</sup>

행정안전부에서는 ‘지방세 모바일 고지·납부제’를 통해 모바일디바이스를 이용하여 지방세를 납부하는 ICP 융합 공공서비스를 제공하고 있다. 납부방식의 경우 기존 현금납부, 계좌이체, ATM 등과 더불어 카카오페이, 네이버페이, 페이코의 핀테크 플랫폼을 활용할 수 있다. 이를 통해 고지·납부에 소요되는 비용을 절감할 수 있고 창구방문 등의 절차를 간편화할 수 있다.

### 사례 2) 로보어드바이저를 통한 자산관리<sup>[10]</sup>

로보어드바이저(로봇(Robot)+어드바이저(Advisor))는 AI 기반 온라인 자산관리 서비스로 투자자문형, 투자일임형이 있다. 투자자의 성향에 맞춰 빅데이터 분석 등을 통해 포트폴리오 제공, 투자상품 제시하는 기능 등을 갖고 있다. 은행 및 증권회사로 하나, 신한, NH농협, 미래에셋, 에임(AIM) 등이 로보어드바이저 서비스를 제공하고 있으며, 관련 정책으로 금융위원회에서 로보어드바이저 활성화를 위해 법 개정안 입법예고하였다. 비대면으로 투자가 가능하고 수수료가 낮은 장점 등으로 인해 투자 진입장벽을 낮춰 대중성을 가질 것으로 판단된다. [ST](#)

그림 3. 간편결제를 이용한 세금 납부 (※ 자료 : 행정안전부)



그림 4. 로보어드바이저를 활용한 투자 과정 (※ 자료 : 효성 FMS)



## ▣ 참고문헌

- [1] 이성훈 외, 핀테크 기술 및 보안동향, 전자통신동향 분석, 제3권, 제4호, 2015.
- [2] Keke Gai et al, A survey on Fintech, Journal of Network and Computer Applications, pp.262-273, 2018.
- [3] 신호원, 블록체인을 통한 공공서비스 혁신, Diloitte, 2019.
- [4] 품목별 보고서-핀테크, 2019, 정보통신산업진흥원
- [5] 핀테크의 발전 배경과 주요 동향, 2016, 정보통신정책연구원
- [6] 국내의 핀테크 서비스 및 정책 동향, 2017, 박병주, 광진
- [7] 최유정 외, 국내 핀테크 기업의 기술 환경 분석, 한국정보통신학회논문지, Vol. 24, No. 10, pp.1384-1389, Oct. 2020.
- [8] 대한민국 정책브리핑, 핀테크, <https://www.korea.kr/>
- [9] '이제 스마트폰으로 지방세 고지받고 납부하세요', 2019, 행정안전부 정책브리핑
- [10] '금융 트렌드: 로봇이 자산 관리를? 금융권 로보어드바이저의 현황과 전망', 2019, 효성FMS뉴스룸

NEW TECHNOLOGY + 05

# 대기 중 오존의 두 얼굴

구자호 / 연세대학교 대기과학과 교수

그간 우리 사회는 미세먼지에 큰 관심을 가져왔으나 오존에 대해서는 다소 중요성을 인식하지 못하였다. 이제는 한반도 대기에서 오존이 일으킬 수 있는 문제가 절대 과소평가할 수준이 아니며, 과학자들의 꾸준한 연구뿐만 아니라 국가 정책의 큰 관심 역시 요구된다.



## 대기 중 오존 물질의 기본적인 특징 및 현황

‘성층권 오존층 파괴’, ‘어름철 오존주의보’ 등, 대기 환경과 관련하여 오존이라는 물질에 대해 많은 이야기가 거론되고 있다. 하지만 이런 익숙한 느낌에 비해 일반적으로 오존에 대해서 이해하고 있는 정도는 많이 부족한 상황이다. 우리나라에서 대기환경 이슈라고 하면 미세먼지나 이산화탄소 같은 온실기체 문제가 우선적으로 언급이 되곤 하지만, 실상 현재 가장 큰 문제가 되고 있는 물질은 바로 오존이다. 북극의 오존층은 예년과 달리 파괴되는 빈도가 증가하고 있으며 한반도 지표의 오존 농도는 모든 지역에서 일괄적인 증가 추세를 보이고 있는 데다, 심지어 코로나19로 인해 대부분의 대기오염 물질은 줄어들었지만 오존은 오히려 증가하는 모습도 보이고 있기 때문이다. 본 기고를 통해 대기 중 오존이라는 물질의 기본적인 특징과 현황에 대해 짚어보고자 한다.

우선 대기 중의 오존은 성층권 오존과 대류권 오존으로 나뉘며, 이 두 오존의 의미는 완전히 상반된다는 점을 먼저 이야기할 필요가 있다. 몇 년 전 [Bad girl, good girl]이라는 노래가 유행했던 적이 있었는데, 오존은 대기 중 어느 고도에 위치하느냐에 따라 마치 그 노래 제목처럼 Bad ozone이 되기도 하고 Good ozone이 되기도 한다. 성층권의 오존은 good ozone이다. 약 20-25km 고도에 오존층이

존재하는데 이 오존층은 우주에서부터 유입되는 강한 자외선을 흡수해 주는 역할을 한다. 자외선의 경우 가장 강한 자외선C는 오존층을 지나면서 100% 흡수가 되고 그다음으로 강한 자외선B도 95% 가량 흡수가 된다. 나머지 5%의 UV-B는 지표로 유입이 되는데 우리가 이 자외선B에 노출될 경우 피부 홍반 발생 및 피부 세포 DNA 파괴에 따른 피부암 발생 가능성 증가와 같은 피해를 입을 수 있다. 물론 자외선B는 우리 피부에서 비타민D를 합성화시키는 긍정적인 측면도 가지고 있지만 유해한 측면이 훨씬 강하기 때문에 성층권 오존층이 큰 파괴 없이 보존되어야 할 필요성이 존재한다.

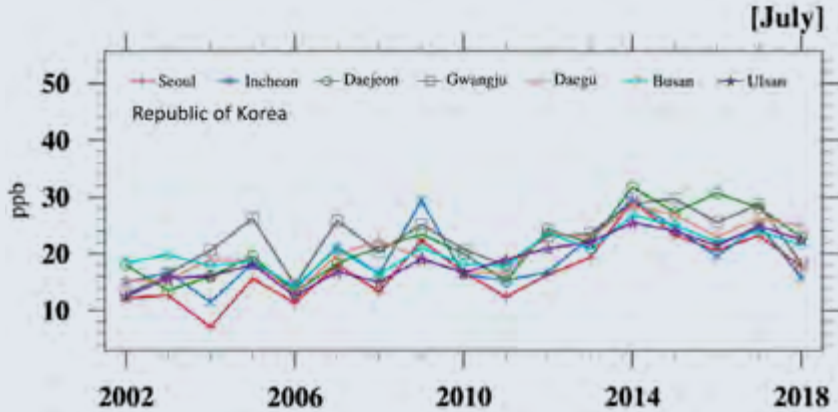
반면 지표 부근 대류권 오존의 경우는 우리에게 bad ozone으로서 성층권과 반대로 그 농도를 줄이는 것이 매우 필요하다. 오존은 그 자체가 매우 반응성이 높은 물질로서 공기 중에서 만나게 되는 모든 물질들의 화학 반응을 일으키는 경향이 있는데 (이를 화학적으로 산화시킨다고 표현함), 대류권 오존 농도가 너무 높아지면 호흡기 및 피부에 자극을 주어서 여러 가지 질환을 일으킬 수 있고, 심지어 식물의 성장에도 위대한 영향을 주게 된다. 이런 측면에서 대류권 오존은 감소시켜야 할 필요가 존재한다. 성층권 오존과는 반대되는 접근이 필요한 것이다.



안타깝게도 산업화가 급속도로 진행됨에 따라 성층권 오존은 줄어드는 방향으로, 대류권 오존은 늘어나는 방향으로 농도 변화 추이를 나타내고 있는 상황이다. 먼저 성층권 오존의 경우에는 널리 알려져 있다시피 프레온 가스라고 흔히 불리는 염화불화탄소 배출의 영향에 의해 파괴가 일어난다. 염화불화탄소는 1970년대부터 냉장고/에어컨 등에서 사용하는 냉매 물질 및 스프레이 등에서 사용하는 추진재로 그 활용도가 급격하게 증가하면서 대기 중 농도도 높아지기 시작했는데, 대류권에서는 상당히 높은 안정성을 가지기 때문에 한 번 배출되면 대기 중에 수십 년 가량 체류할 수 있게 된다. 이 과정에서 강한 대류현상을 만나게 되면 성층권으로 유입이 되고, 대류권에 비해 훨씬 강한 태양복사 에너지를 성층권에서 받게 되면 광분해가 되면서 염소 라디칼을 배출하게 된다. 이 염소 라디칼은 반응성이 굉장히 높아서 오존조차도 산화시킬 수 있는 능력을 가진다. 즉, 성층권 오존층의 파괴는 기본적으로 이 염소 라디칼에 의해서 발생하게 된다.

여기서 흥미로운 점은, 왜 유독 이 성층권 오존 파괴 반응이 남극에서 크게 일어나 오존홀 현상으로까지 이어지는가 하는 부분이다. 앞서 설명한 염소에 의한 오존 파괴 반응은 비록 촉매 반응이지만 메탄 및 질소산화물과 같은 다른 화학물질들이 관여하면서 염산(HCl)이나 질산화염소(CINO3)와 같은 물질로 변할 수 있고, 이 경우에는 염소의 반응성이 약해져서 성층권 오존 파괴 속도가 느려질 수 있다. 그런데 만약 구름이 존재하게 되면 염산과 질산화염소가 구름에 의해 제거되면서 염소 라디칼이 다시 활성화될 수 있는 조건이 만족되게 된다. 문제는, 일반적으로 성층권은 매우 건조한 지역이라 구름이 잘 생성되지 않는다는 점이다. 하지만 남극의 겨울 및 초봄에는 기온이 영하 80도 이하까지 내려가는 조건이 형성되고 이에 따라 매우 건조한 공기조차도 포화되어 구름을 생성할 수 있게 된다. 이렇게 생성된 구름을 극성층권구름(polar stratospheric cloud)라고 하며, 남극 성층권에서는 이 극성층권구름 형성 빈도가 높기 때문에

그림 1. 한국 7대 광역시 7월 오존평균 추이 (구자호 외, 2019년 한국기상학회 가을학술대회)



염소 라디칼 활성화도 촉진되고 그래서 성층권 오존 파괴도 강하게 일어나게 된다.

대류권 오존 농도 증가의 메커니즘은 이와는 다르다. 앞서 언급했듯이 염화불화탄소는 대류권에서 안정성이 높기 때문에 오존 파괴에 영향을 주는 염소 라디칼의 생성으로 이어지지 않는다. 대류권 오존은 다른 물질의 영향을 받는데, 바로 질소산화물(NOx)와 휘발성유기탄소(volatile organic compound, VOC)의 농도에 의해서 결정이 된다. 그런데 질소산화물의 경우 주요 배출원이 자동차의 내연기관 및 화력발전소이며 VOC는 산업지역의 유기용매 활용과정에서 다량 배출되곤 한다. 즉, 인위적인 활동에 의해 NOx와 VOC 배출이 높아지고 이로 인해 대류권에서 오존의 생성이 촉진된다. 문제는, 이 두 물질의 비율에 따라 오존 생성 메커니즘이 달라질 수 있다는 점이다. 한국 및 중국과 같이 질소산화물 배출량이 높은 지역에서는 오존 감축을 위해 VOC 농도 조절이 필요하지만 VOC 배출 비율이 높은 조건에서는 반대로 질소산화물이 오존 감축에 더 높은 민감도를 가진다. 이런 비선형적인 특성은 대류권 오존 감축 전략을 수립하는 데 있어 높은 난이도를 제공하고 있고, 특히 VOC의 경우에는 산업활동 이외에 숲에서도 다량 배출되기 때문에 복잡성이 더 커지는 측면이 있다.

이렇듯 대기 중 오존은 성층권과 대류권에서 서로

다른 두 가지 얼굴을 가지고 있다. 결론적으로 오존에 의한 이득을 최대화하고 피해를 최소화하기 위해서는 성층권 오존을 보호함과 동시에 대류권 오존을 줄이려는 노력을 기울여야 한다. 성층권 오존의 경우 다행스럽게도 2000년대부터 감소 추이가 약해지면서 최근에는 남극 성층권 오존층이 회복되고 있다는 진단이 연이어 발표되고 있다. 이는 1987년 세계 각국 정상들이 염화불화탄소의 배출을 줄이기 위한 몬트리올 의정서에 긴급히 동의하여 노력을 기울여온 덕분이다. 하지만 최근 여전히 일부 지역에서 염화불화탄소의 불법 배출이 일어나는 것으로 보고되고 있으며 몬트리올 의정서의 규제를 받지 않는 염화불화탄소 및 오존파괴물질(예: 디클로로메탄) 또한 높은 배출량을 보이고 있기 때문에 좀 더 많은 노력이 요구된다. 더군다나 최근 10년 동안 이전에는 크게 발견되지 않았던 북극 오존층의 파괴가 발생하고 있는데, 기후변화에 따른 현상이라 보고는 있지만 정확한 원인은 규명되지 않은 상황이다. 전세계 70%의 인구가 북반구에 거주함을 감안할 때 북극 오존층 파괴 빈도가 증가한다면 기존 남극 오존층 파괴보다 훨씬 더 큰 악영향이 예상되므로 여전히 성층권 오존에 대한 연구가 깊이 수행될 필요가 있다.

대류권 오존의 피해를 줄이기 위해서는 해당 지역의 오존량이 질소산화물과 VOC 중 어떤 물질에 더 큰



민감도를 가지는지 확인하는 작업이 우선되어야 한다(이를 화학적으로 NOx-limited regime, VOC-limited regime이라고 함). 이를 통해 어느 물질을 줄이는 것이 좋을지 전략을 잘 마련해야 한다. 질소산화물의 경우 최근 여러 저감기술이 개발되고 있고 모니터링도 잘 이루어지는 편이지만, 문제는 VOC이다. 아직 VOC 상시 관측은 난이도가 높은 편이며 여러 배출원들에 대한 불확실성도 크기 때문에 VOC 물질에 대한 이해도를 높이기 위해 여러 연구가 수행될 필요가 있다고 보여진다. 현재 한국에서는 상당히 뚜렷한 오존 증가 추세가 나타나고 있는 데다(그림1) 이 고농도 수치가 6-7km 정도 상공에서도 발견이 되고 있는데 이는 화학현상 뿐만이 아닌 대기 순환 및 역학적인 특성과의 관련성도 있음을 의미하므로 기상, 기후분야 연구자들의 노력도 중요하게 요구된다.

지금까지 대기 중 오존의 두 얼굴에 대해서 살펴보았다. 그동안 우리 사회가 미세먼지에 대한 관심은 크게 가져왔으나 오존에 대해서는 다소 중요성을 크게 인식하지 못한 경향이 있다. 하지만 북극 성층권 오존층 파괴 빈도 증가 및 동아시아 대류권 오존 농도의 지속적 증가 추이

등 한반도 대기에서 오존이 일으킬 수 있는 문제가 절대 과소평가할 수준이 아닌 만큼 깊은 고민이 필요한 시점이다. 과학자들의 꾸준한 연구 못지않게 국가 정책의 큰 관심 역시 요구된다. [ST](#)

NEW TECHNOLOGY + 06

# 2050 탄소중립 기술혁신 방향

이민아 / 녹색기술센터 기술총괄부 박사

2021년 10월 기준으로 파리협약에 대한 당사국 197개 국가 중 140여 개 국가가 탄소중립을 선언함으로써 탄소중립은 본격적으로 글로벌 아젠다로서 위치를 공고히 하게 되었다. 특히 세계 경제를 이끄는 G20 모든 국가가 탄소중립을 선언하였기 때문에 세계시장은 온실가스 감축 노력 없이는 향후 기술, 시장, 산업에서의 경쟁력이 하락되어 국제사회에서 도태될 가능성이 높다. 따라서 세계 주요국들은 탄소중립과 관련하여 법 제·개정, 국가전략 및 계획수립, 중·장기 R&D 예산 편성 등 다수의 정책을 시급히 발표하고 있는 중이다.



## 세계 주요국, 탄소중립을 선언하다

미국은 2021년 1월 미국 조바이든 대통령이 취임한 이래로 가장 적극적으로 탄소중립 관련 정책을 발표하고 있는 국가 중 하나이다. 취임식 당일 트럼프 전 대통령이 탈퇴한 파리기후협약에 대해 복귀 지시를 하고, 국내외 기후위기 대처 행정명령(Executive Order on Tackling the Climate Crisis at Home and Abroad)에 서명함으로써 “기후변화”를 미국의 국가안보와 외교정책 중심 아젠다로 공식화하였다. 또한 2월에는 일자리창출 및 기후위기대응을 위한 미국 혁신 계획(Biden-Harris Administration Launches American Innovation Effort to Create Jobs and Tackle the Climate Crisis)을 수립하여 기후변화대응에 대한 혁신연구기관인 ARPA-C 출범을 선언하고, 수소 등 10대 기후혁신기술을 선정하였다. 미국 2022년 예산안(FY2022)에 따르면 향후 10년 동안 ARPA-C에 150억 달러, 기후변화 관련 연구에 50억 달러, 에너지기술에 150억 달러 등 총 350억 달러가 투자될 계획이다.

일본의 경우에는 2020년 10월 탄소중립을 선언하고, 2021년 4월 미국이 개최한 기후정상회의에서 2030년 온실가스 감축목표를 2013년 대비 종전의 26%에서 2배 상향하여 46%까지 감축하겠다고 발표하였다.

그리고 지구온난화대책법 개정을 통해 2050년 탄소중립 목표를 법제화하고, 지난 2020년 12월에 발표한 2050년 탄소중립에 따른 녹색성장전략을 온실가스 감축량 목표 상향에 따라 수정하고 해상풍력, 수소, 원자력 등 14개 중점산업에 대한 연구개발부터 실증, 상용화까지 집중적으로 투자할 계획으로, 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)에 10년동안 2조엔의 그린이노베이션기금을 조성하여 중점 산업분야의 연구개발에 지원하는 중에 있다.

독일의 경우에는 2019년 5월 탄소중립을 선언하고 같은 해 10월 기후행동프로그램과 기후보호법 제정에 대한 2030 기후패키지를 발표하였다. 기후보호법에는 2050년 탄소중립 목표에 대한 내용이 담겨있지 않는 등의 이유로 2021년 4월 독일연방헌재판소에서 위헌판결을 받게 되면서 독일은 2045년 탄소중립 목표로 시기를 조정하고, 2030년까지 1990년 대비 55%에서 65%로 상향하게 되었다. 그리고 탄소중립 목표 상향에 따라 건물효율화, 에너지전환, 산업, 수송 등 분야에 22년부터 즉시 80억 유로가 조성되는 등 기술개발에도 노력하고 있는 중이다.

영국은 2008년 세계최초로 기후변화법을 제정한

표 1. 주요국 탄소중립 목표연도 및 관련 주요정책

국가	탄소중립		주요 정책
	목표연도	법제화유무	
미국	2050	-	(21.1월) 파리기후협약 복귀 (21.1월) 국내외 기후위기 대처 행정명령 (21.2월) 일자리 창출 및 기후위기 대응을 위한 미국 혁신계획 (21.3월) 미국일자리계획 발표 (21.7월) 민주당 탄소국경세 법안 발의
일본	2050	법제화	(20.10월) 2050년 탄소중립 선언 (21.4월) 2030년 온실가스 감축목표 상향계획 발표 (21.5월) 지구온난화대책법 개정 (21.6월) 2050년 탄소중립에 따른 녹색성장전략 수정 (21.7월) 지구온난화대책계획 수정
독일	2045	법제화	(19.5월) 2050년 탄소중립 선언 (19.10월) 2030 기후패키지 발표 (21.4월) 기후보호법 위헌 판결 (21.5월) 2030년 온실가스 목표 상향 및 2045년 탄소중립 목표연도 수정
영국	2050	법제화	(19.6월) 2050년 탄소중립 목표 선언 및 기후변화법 개정 (20.11월) 녹색산업혁신에 대한 10대 중점계획 수립 (20.12월) 에너지 백서 발간 (21.4월) 6차 탄소예산 통과 (21.10월) 탄소중립전략 수립
프랑스	2050	법제화	(19.11월) 2050년 탄소중립 선언 및 에너지기후법 제정 (21.8월) 기후와 회복법 제정 (21.10월) 프랑스2030 발표

※ 출처: 이민아, 이구용 (2021) 주요국 탄소중립 기술정책 동향 (II)

국가이며, 2019년 6월에는 G7국가 중 최초로 2050년 탄소중립 목표를 담은 법을 개정하였다. 2020년 11월에는 녹색산업혁신에 대한 10대 중점계획을 수립하고, 탄소중립 혁신 포트폴리오를 통해 10대 기술을 선정하고 연구개발을 진행 중이다. 또한 영국 글래스고 COP26을 앞둔 2021년 10월에는 탄소중립에 대한 최상위계획인 탄소중립 전략 수립을 통해 2030년까지 수송, 에너지, 항공연료 등 여러 분야에서 온실가스 감축을 하기 위한 노력을 수행 중이다.

프랑스는 2019년 11월 2050년 탄소중립 목표를 법제화한 국가이며, 2021년 10월 프랑스 2030 정책수립을 통해 대규모 투자계획을 발표하였다. 향후 5년간 에너지/산업, 수송, 농식품, 의료, 문화 등에 총 300억 유로를

투자할 계획이다. 특히 에너지전환 분야에는 80억 유로가 투자될 계획이며, 이 중에는 소형모듈원자력(SMR)을 포함한 원자력, 수소, 태양광, 해상풍력 등이 핵심분야로 언급되었다.

우리나라의 경우 2010년 10월 탄소중립 선언을 하고, 같은 해 12월 2050 탄소중립 추진전략을 수립하였다. 그리고 2021년 9월 저탄소 녹색성장기본법을 폐지하고 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장기본법을 제정하고 2050년 탄소중립 목표 및 2030년 온실가스 목표 2018년 대비 35% 이상 내용을 포함하였다. 그리고 같은 해 10월에는 2030년 온실가스 목표를 2018년 대비 40%로 발표하고, 2050년 탄소중립 시나리오를

표 2. 우리나라 탄소중립 핵심기술분야

구분	10대 핵심분야
탄소중립 기술혁신 추진전략 (21.3월)	①태양광/풍력, ②수소, ③바이오, ④철강·시멘트, ⑤석유화학, ⑥산업공정, ⑦수송, ⑧건물, ⑨디지털화, ⑩CCUS
탄소중립 연구개발투자전략 (21.3월)	①재생에너지, ②수소경제, ③전력네트워크, ④친환경 자동차, ⑤수요관리 및 고효율, ⑥산업공정 혁신, ⑦CCUS, ⑧청정연료 및 자원순환, ⑨핵융합, ⑩적응 및 흡수

발표하였다. 탄소중립 관련 기술의 경우 탄소중립 기술혁신 추진전략에서 10대, 탄소중립 연구개발 투자전략에서 10대 핵심분야 및 30개 세부분야 및 플랫폼을 선정하였다.

주요국은 탄소중립 목표를 선언하고 강력한 거버넌스 하 연구개발 추진전략 수립을 통해 대규모 투자규모를 발표하고 있다. 공통점은 에너지/발전분야의 저탄소화로써 수소, 해상풍력, 바이오, 태양광 등의 신재생에너지를 적극 활용하고, 재생에너지의 간헐성을 극복하기 위한 에너지저장시스템에도 기술개발 노력을 기울이고 있다. 또한 철강, 시멘트, 석유화학 등 온실가스 다배출분야 산업, 건물효율향상, 도로/항만/철도 등 수송분야의 저탄소화를 위한 기술혁신에도 많은 투자가 이루어지고 있다. 다만, 차이점으로 원자력발전에 대한 활용가능성인데, 탈원전을 선언한 독일을 제외하고, 미국, 일본, 영국, 프랑스는 소형모듈원전(SMR)을 중심으로 원자력발전에 대한 기술개발이 이루어질 전망이다.

우리나라의 경우 2030년 및 2050년 온실가스 감축목표를 모두 법제화하고, 탄소중립 관련 최상위계획인 2050 탄소중립 추진전략 또한 수립하여 탄소중립 목표에 가장 적극적인 국가 중 하나이다. 탄소중립 관련 중점기술로서 태양광, 풍력을 중심으로 재생에너지, 수소, 산업, 수송 등 다른 주요국들과 비슷한 다양한 저탄소화 기술들이 선정되었다. 다만 독일과 같이 탈원전을 선언한 국가로서 원자력의 경우 탄소중립 관련 기술에는 제외가 되었다.

다른 주요국들의 탄소중립 관련 기술정책과 제일 큰 차이점은 중점기술 선정한 후 투자규모를 발표하는데 늦어지고 있다는 점이다. 한국판 뉴딜 내에는 비R&D

예산이 R&D예산보다 상대적으로 많이 편성되어 있다. 향후 철강, 시멘트, 석유화학, 반도체 디스플레이 등 제조업 중심 온실가스 다배출산업의 수출에 크게 의존하고 있는 우리나라는 유럽과 미국의 탄소국경세에 대한 대응이 시급한 숙제 중 하나이며, 향후 산업경쟁력을 키우기 위해서는 저탄소화 기술이 다양하고 빠르게 개발될 필요성이 있다. [ST](#)

# 태양전지 기술 동향과 한계효율 극복을 위한 탠덤 태양전지 개발

김기홍 / 한화큐셀 페로브스카이트 개발팀장

지구 온난화로 인해 현재 폭염, 폭설 등의 이상기후 현상이 지속되고 있는 상황에서 국제사회에서는 기후 이상에 대한 심각성을 인지하고 이에 대한 대책을 위해 교토의정서 및 파리협정을 비준하여 발표가 된 바 있다. 이에 발맞춰 정부에서도 탄소중립에 대한 의지를 강하게 표명하고 있으며 기본적으로 2050 탄소중립 계획을 마련하고 있는 상황이다.



## 신재생에너지로 각광받고 있는 태양광 에너지

탄소중립의 5대 기본 방향 중 하나인 깨끗하게 생산된 전기, 수소의 활용확대를 위하여 신재생에너지에 기반한 에너지의 발전이 필수적인 상황이며, 태양광 에너지의 경우 신재생에너지의 가장 각광받고 있는 에너지원으로써 매년 전 세계 설치량은 지속적으로 성장하여 21년에는 코로나 상황에도 불구하고 160GW 이상이 설치될 것으로 예상되고 있고, 전체 설치량 기준으로 전체에너지원 중 4번째, 신재생 에너지원 중에선 가장 많은 설치량을 가진 것으로 확인되고 있다.

현재 태양전지 셀은 태양전지의 기관 및 광 활성층으로써 결정질 실리콘 웨이퍼를 사용하는 결정질 실리콘 태양전지가 전체 시장의 95% 이상을 차지하고 있으며, 결정질 제품 중에서도 단결정 실리콘 제품이 80% 이상의 시장을 차지하고 있다. 이는 다결정 실리콘 웨이퍼 제품 대비 단결정 제품이 높은 효율 및 출력을 가진 특성, 생산기술 개발에 따른 수율 개선, 미세직경 와이어를 이용한 웨이퍼 슬라이싱 기술 적용을 통한 단가저감등의 효과에 이유가 있다. 이에 따라 박막형 태양전지 제품의 경우 상대적으로 낮은 효율/출력의 특성을 가지고 있어 Utility시장 등의 주요 태양전지 시장에서의 점유율을 점차 잃어가게 되고 건물형 태양전지 등 특수 적용 시장에서의 활용도가 검토되고 있는 상황이다.

현재 주류를 이루고 있는 결정질 실리콘 태양전지 기술의 경우 여러 가지 구조의 제품들이 개발 및 생산되고 있으며 현재 가장 널리 사용되는 태양전지 구조는 PERC(Passivated Emitter Rear Cell)이라는 기술로써 한화큐셀에서 세계 최초로 개발 및 생산에 적용한 기술이다. 종래에는 태양전지 웨이퍼 하부에 바로 알루미늄 전극이 닿는 구조의 Al-BSF라고 불리는 태양전지 기술이 제작에 주로 활용되었으나, 이 부분에서의 커리어의 재결합 등을 통한 손실 부분 등으로 낮은 발전효율을 가지고 있었다. 이에 웨이퍼 결함을 보완할 수 있는 패시베이션 특성을 가진 절연막을 웨이퍼와 전극 사이에 삽입함으로써 상기 언급된

그림 1. 군산 수상 태양광 단지에 설치된 한화큐셀의 Q.PEAK 태양광 모듈 (결정질 실리콘 제품)



그림 2. 한화큐셀의 PERC (Q.ANTUM)기술

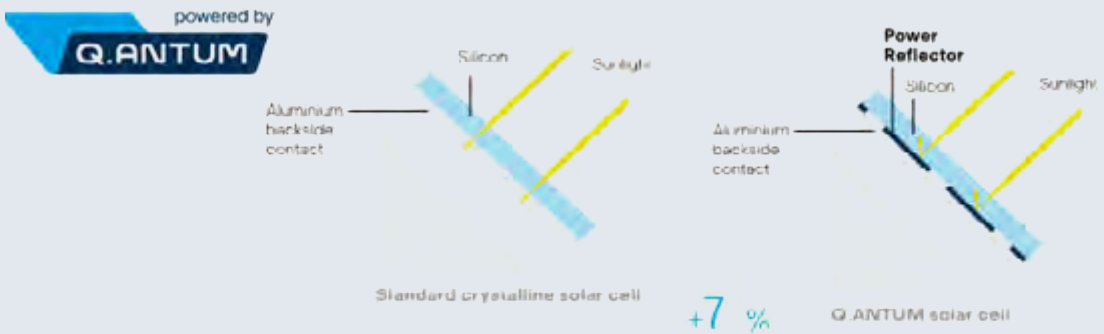


그림 3. N형 결정질 실리콘 태양전지 기술 비교

	PERC (Passivated Emitter Rear Cell)	HJT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer)	TOPCON (Tunnel oxide passivated contact)
셀 구조			
웨이퍼	P형	N형	N형

표면 재결합을 최소화하고, 웨이퍼 내로 조사된 빛을 해당 막에서 재 반사함으로써 광의 재흡수를 높여 발전효율을 높이는 PERC 기술이 널리 적용되게 되었다.

PERC 기술의 양산화 이후에도 현재 태양광 제품의 출력요구가 계속 높아지고 있으며 출력 상승을 위한 차세대 태양전지 기술의 개발이 지속적으로 진행되고 있는 상황이다. 가장 주요하게 개발 및 양산 적용되고 있는 기술로는 N형 결정질 실리콘 태양전지 기술인 TOPCON (Tunnel Oxide Passivated Contact)과 HJT(Heterojunction with Intrinsic Thin layer)이다.

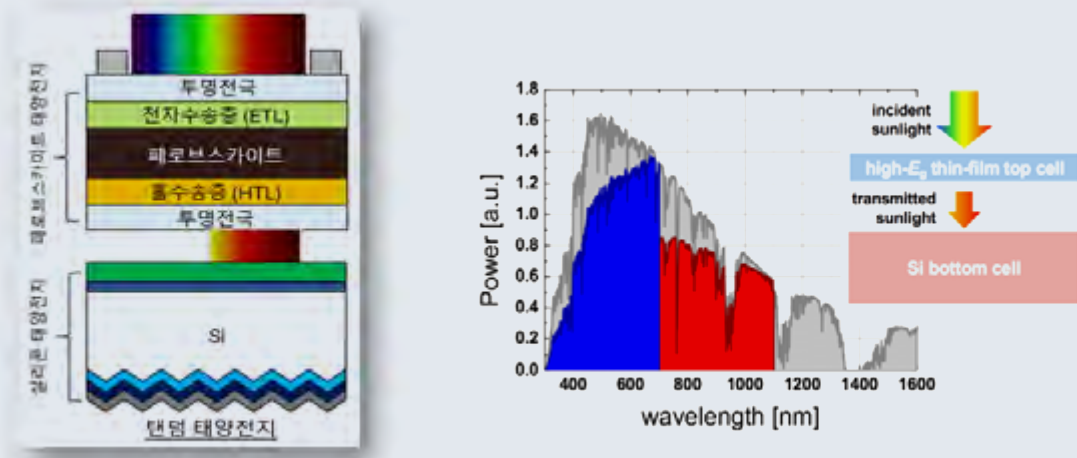
TOPCON 기술은 종래의 PERC 기술이 패시베이션 효과를 가진 절연막을 활용함에도 웨이퍼와 하부 전극 간의 접촉을 만들기 위한 부분적인 절연막이 열려있는

부분을 만들어야 하는데 이 부분에서의 재결합 등의 결함을 최소화하기 위하여 별도의 접촉을 위한 통로가 필요 없이 SiOx와 Poly 실리콘층으로 Tunnel junction 구조를 구현하여 전면적인 접촉에 의한 태양전지 구조를 구현한 기술이다.

실제 생산 구현 가능한 효율 기준으로 PERC기술의 경우 24%가 최대 가능효율로 예상되고 있으며, N형 고효율 결정질 실리콘 제품(TOPCON과 HJT)는 25~26%의 효율최대치를 가질 것으로 예상되고 있으며 이런 효율/출력 개선 이점을 따라서 2025년에는 100GW 수준까지 전 세계 생산 Capacity가 증가할 것으로 전망되고 있다.

다만 2025년 이후 또다시 결정질 실리콘 효율개선의 실용적 한계인 26.7%에 도달할 것으로 예상되고 있으며 태양광 시장의 출력개선 요구는 계속될 것으로 예상되어

그림 4. 페로브스카이트 결정질 실리콘 탠덤 태양전지 및 흡수 파장



결정질 실리콘의 효율을 넘어서는 한계돌파형 태양전지 기술의 개발이 요구될 것으로 예상된다.

결정질 실리콘 태양전지의 한계효율을 넘어서는 차세대 태양전지로는 탠덤 태양전지가 주요 후보로 고려되고 있으며 이미 주요 연구기관에서 소자 구현 및 상용화 기술을 연구하고 있는 상황이다.

탠덤 태양전지는 서로 다른 종류의 태양전지가 결합되어 있는 구조로써 2 터미널 탠덤 태양전지의 경우, 상부 태양전지와 하부 태양전지가 직렬로 연결되어 하나의 태양전지처럼 구동하는 형태이다. 2 터미널 탠덤 태양전지로서 가장 주요하게 고려되는 구조는 상부는 페로브스카이트 태양전지로 이루어져 있고, 하부는 결정질 실리콘 태양전지가 monolithic하게 형성된 구조이다.

발췌(흡수파장) : “OPTICAL LOSS ANALYSIS OF SILICON WAFER BASED SOLAR CELLS AND MODULES, Zhe Liu, DOI: 10.13140/RG.2.2.26172.74881

페로브스카이트 결정질 실리콘 탠덤 태양전지는 상부셀에서는 단파장의(자외선~가시광선) 고에너지 광을 흡수하고, 하부셀에서는 장파장의(적외선) 영역의 광을 주로 흡수함으로써 서로 다른 광 영역대 흡수로 상호 보완적인 관계로 효율을 극대화할 수 있다.

결정질 실리콘 태양전지의 이론적 효율한계가 29.1% (실질적 생산 효율한계는 26.7%)인데 반해 탠덤 태양전지의 이론적 효율 한계는 44% 수준으로 예상되고 있으며, 이미 현재 여러 기관에서 29%가 넘는 효율을 구현하여 연구결과를 발표하고 있다.

다만 아직 연구 초기 상태이기 때문에 연구실 수준의 1인치 이하 소면적 공정을 현재의 결정질 실리콘 태양전지의 크기인 6인치 이상의 제작이 가능한 공정을 개발하는 부분, 그리고 해당 공정을 구현할 수 있는 제조 설비, 페로브스카이트 주요 소재의 대량 생산화, 그리고 신뢰성을 높이는 기술등의 기술개발이 이루어져야 상업화가 가능할 것이며, 이에 대한 셀/모듈 제조업체뿐만 아니라, 연구기관, 소부장 기업 및 정부 지원 등의 다각적인 협력개발이 필요하다.

현재 한화큐셀에서는 국내 우수 연구기관 및 소부장 기업과 협력하여 “발전량 증대를 위한 효율 26%급, 6인치 페로브스카이트/결정질실리콘 탠덤 태양전지 셀 제작기술 개발”의 정부 R&D 과제를 수행하고 있으며, 해당과제를 통해서 6인치 이상의 고효율, 고안정성 탠덤 태양전지를 개발할 예정이다. [ST](#)

## SIT 직원 인터뷰 (4)



김정욱 / 연구기획실 연구위원

### 1. 안녕하세요, 자기소개와 맡은 업무/연구분야 소개 부탁드립니다.

안녕하세요. 지난 5월 입사한 김정욱입니다. 지금 담당하고 있는 업무는 서울싱크탱크협의체(SeTTA) 운영과 지식재산권 등의 연구원 성과 관리를 담당하고 있습니다. 주요연구분야는 도시인프라, 안전·방재 분야 등에 공간정보를 활용하여 GIS 기반의 지식플랫폼을 구축하는 것입니다.

### 2. 입사 전에는 어떤 업무/연구를 하셨었나요?

차세대융합기술연구원 시흥스마트시티 실증지원센터에서 지역수요에 기반한 스마트시티 서비스 모델 개발 연구를 진행했습니다. 한국국토정보공사 공간정보연구원에서는 3차원 공간정보 오픈플랫폼인 바이월드(V-World)의 인프라 고도화 기술개발을 수행했습니다.

### 3. 작년에 입사하셨는데, 지금까지 서울기술연구원에서 일하시면서 가장 인상 깊었던 점 한 가지 부탁드립니다.

제가 처음 주관했던 지식재산권심의위원회에서 요식행위로 위원회를 진행하지 않고 참여 구성원 모두, 안전에 대해 열린 토론과 함께 발전적인 방향을 찾으려고 노력하는 모습이 인상적이었습니다. 외적으로는 사업수행을 위해 서울시 담당부서와 협의 때 시정의 업무적 지원·보완이 필요한 사항에 대해 전략 수립 등의 연구를 적극적으로 요청하시는 모습에서 앞으로 우리 연구원 그리고 제가 할 수 있는 재미있는 일들이 많을 것이라는 생각이 들었습니다.

### 4. 앞으로 우리 연구원에서의 목표와 포부가 있다면 한 말씀 부탁드립니다.

지금까지 공공의 역할은 민간의 혁신을 지원하는 든든한 조력자 역할만을 수행했습니다. 그러나 최근의 사회변화에서 공공 부문은 다른 모습을 보이고 있습니다. 이런 흐름의 가장 중요한 변화 요인은 과거보다 공공에서 트랜스포메이션이 가능한 데이터를 생산하고 있기 때문입니다. 저는 우리 연구원이 “슬기로운 서울생활”을 이끄는 데 더욱 적극적인 역할을 담당할 수 있도록 작은 힘이나마 보태고 싶습니다. [s.it](#)



한지현 / 기후환경연구실 연구위원

### 1. 안녕하세요, 자기소개와 맡은 업무/연구분야 소개 부탁드립니다.

안녕하세요. 저는 지난 5월에 기후환경연구실에 입사하여 기후 변화 완화 및 적응 관련 업무를 담당하고 있는 한지현입니다. 입사 후 폭염 발생 및 영향 저감을 위한 기술분석을 수행하였습니다. 현재는 기후변화로 인한 서울시의 자치구별 오존 농도의 변동 특성에 대해 연구하고 있으며, 서울시 탄소중립 기술정책 로드맵수립 등의 연구를 준비하고 있습니다.

### 2. 입사 전에는 어떤 업무/연구를 하셨었나요?

저는 대기오염과 기후변화 관련하여 다양한 연구를 수행하였습니다. 졸업 후에는 위성 데이터와 배출 인벤토리의 공간분석을 통해 대기오염물질의 변동 특성과 그 배출원을 추정하였습니다. 또한, 국가 대기오염물질 배출량 산정 및 개선을 위한 사업장 대기배출원 조사 및 대기배출원관리시스템을 운영하였습니다.

### 3. 작년에 입사하셨는데, 지금까지 서울기술연구원에서 일하시면서 가장 인상 깊었던 점 한 가지 부탁드립니다.

서울시의 대기질 개선과 기후변화 문제 해결을 위하여 시민, 지자체 공무원, 각 분야의 전문가 등 다양한 구성원들이 함께 어우러져 역동적으로 서울시의 현안을 해결하고자 노력한다는 점에서 생동감이 넘쳐 보였습니다. 그 안에서 우리 서울기술연구원의 연구진들이 도시, 환경, 안전, 데이터사이언스 등 전분야에 걸쳐 다양한 기술의 연구를 통해 이러한 지역사회 거버넌스의 한 축을 담당하고 서울의 발전에 이바지한다는 점에서 매우 인상 깊었습니다.

### 4. 앞으로 우리 연구원에서의 목표와 포부가 있다면 말씀 부탁드립니다.

우선, 코로나로 인해 연구원분들에게 제대로 인사드리지 못했는데 이런 기회를 주셔서 감사드립니다. 저는 인구, 사회, 경제, 환경 등 여러 분야의 자료들을 접목하여 다양한 관점에서 서울시 기후변화의 완화와 적응, 그리고 대기질 개선을 위한 융복합형 연구를 수행하고 싶습니다. 이를 바탕으로 100년이 지나도 우리의 후손들이 웃으며 행복하게 살 수 있는 지속가능한 서울시를 만드는 데 기여하고 싶습니다. [s.t](#)

# SIT 직원 인터뷰 (4)



유진권 / 지진안전센터 수석연구원

## 1. 안녕하세요, 자기소개와 맡은 업무/연구분야 소개 부탁드립니다.

안녕하세요. 2021년 5월, 서울기술연구원의 새로운 식구가 된 유진권입니다. 저는 지진안전센터 소속으로 지진재난 안전교육을 위한 콘텐츠 및 교육커리큘럼 개발 업무와 지반분야 내진 관련 업무를 담당하고 있습니다.


## 2. 입사 전에는 어떤 업무/연구를 하셨었나요?

한국수자원공사에서 선임연구원으로 근무하며 물인프라시설 (댐, 보)의 내진성능평가 업무와 인프라시설 안전관리를 위한 평시 및 홍수기 계측데이터 분석업무를 수행하였습니다. 또한, 재난 발생 시를 대비한 「지진위기대응 매뉴얼」, 「댐·보 위기대응매뉴얼관리 및 전직원 지진모의훈련, 내진관련 사내 교육 업무를 담당하였습니다.

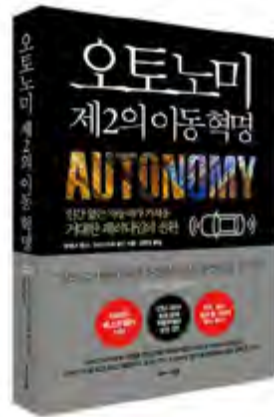
## 3. 작년에 입사하셨는데, 지금까지 서울기술연구원에서 일하시면서 가장 인상 깊었던 점 한 가지 부탁드립니다.

자유로운 의사소통을 통해 자기 스스로를 한 단계 더 발전시켜 나가려는 구성원들의 모습이 매우 인상적이었습니다. 서로 다른 전공의 전문가들이 서로의 의견을 적극적으로 공유하여 생각의 깊이를 더하고 연구의 영역을 넓혀가는 모습은 저에게도 새로운 자극이 되었으며, 연구원에 애정을 가지고 더 적극적으로 활동해 나아가야겠다는 스스로의 다짐을 하게 된 계기가 되었습니다.

## 4. 앞으로 우리 연구원에서의 목표와 포부가 있다면 한 말씀 부탁드립니다.

서울은 국내뿐만 아니라 전 세계적으로도 주목받고 있는 인구 1,000만의 매우 중요한 대도시입니다. 이러한 서울의 싱크탱크 역할을 수행하는 서울기술연구원의 일원으로서 자부심을 갖고 서울시의 현안문제 지원은 물론, 재난·재해로부터 시민을 지키는 가치 있는 연구를 수행해 나갈 수 있도록 노력하겠습니다. 감사합니다. 

# 제2의 이동성 혁명의 시작



저 자: 로렌스 번스,  
크리스토퍼 숄겐  
출판사: 비즈니스북스  
출판일: 2019.03.31

5G 자율주행기술의 상용화가 현실이 되었다. 지난 10년 동안 구글, 테슬라, 우버와 같은 실리콘밸리기업은 인간의 개입 없이 자율주행만으로 움직이는 자동차를 개발하였다. 이는 자동차 산업 역사상 가장 놀라운 혁명이 아닐 수 없다. 이제 업계는 무인차를 넘어 전기차, 자동차 공유 서비스, 자율주행 기술 이 세 가지 트렌드가 결합된 완전히 새로운 '이동 시스템'에 관심이 쏠리고 있다. 이에 저자는 단순히 전기차 또는 자율주행차량의 시대가 오는 것이 아닌 인간이 이동하는 방식이 바뀌고 있다고 설명했다. 130년 동안 큰 변화가 없던 자동차 운송 부문에서 중대한 변화가 일어나고 있는 것이다. 휘발유 차량이 도로를 지배해왔던 과거와는 달리 운행건수당 또는 월간 지불 방식으로 비용을 내는 모빌리티 서비스로 변화하고 있다.

한편, GM 출신이자 현재 구글 웨이모(Waymo) 고문으로 활동하는 저자는 이 책을 통해 자율주행차의 발전상과 숨겨진 뒷이야기를 흥미롭게 담아냈다. 상용화에 한 걸음 더 다가간 이 기술은 비단 자동차 산업뿐만 아니라 우리 일상생활의 모습도 송두리째 바꿀 것이라고 시사했다. 교통사고 사망자를 줄이고, 석유로 인해 생긴 정치적 문제를 해결하고, 환경오염을 줄이는 것들이 그 예가 될 수 있다. <오토노미, 제2의 이동혁명>을 통해 편안한 이동 경험을 제공하기 위한 실리콘밸리 괴짜들의 끝없는 도전과 실패 그리고 성공기를 만나보자. [sft](#)



# SIT NEWS

2021. Winter Vol.12



## 서울기술연구원, 2021 서울 빅데이터포럼 공동 주관



서울기술연구원은 지난 11월 24(수)~25일(목) 양일간 '팬데믹 이후 도시의 도전과 미래'라는 주제로 '2021년도 서울 빅데이터포럼'을 서울연구원, 서울특별시, 서울시립대 및 서울디지털재단과 함께 공동주관했다. 올해로 3회째를 맞이한 빅데이터 포럼에서는 포스트 코로나시대, 도시의 도전과 미래, 데이터로 본 코로나 시대의 도시 불평등과 격차 등 6개의 세션이 유튜브로 비대면 생중계되었으며, 서울기술연구원은 이중 25일 '메타버스 도시 서울, 디지털 전환기술이 가져올 도시 변화와 대응'이라는 세션을 한국복잡계학회와 함께 주관했다. 최준영 서울기술연구원 데이터사이언스센터장의 주제로 열린 토론에서는 디지털 전환이 가져올 도시 주거의 변화 등 부문별 트렌드에 대한 발표에 이어서 심도 있는 토론이 이어졌다. 발표자로는 카미유 비로스 OECD 정책분석관, 김태현 서울기술연구원 스마트도시연구실장, 나종연 서울대 소비자학과 교수 등이 나섰으며, 이어진 패널토의에서는 안영수 서울신용보증재단 소상공인정책연구센터장, 뇌과학자 장동선 등이 참여해 열띤 토론을 이어갔다.





## 서울기술연구원, 고인석 초대원장 퇴임식 개최



서울기술연구원에서는 지난 10월 8일(금) 고인석 초대원장님의 퇴임식이 개최되었다. 이날 행사에서는 고인석 원장의 퇴임사, 감사패와 꽃다발 증정식, 직원들의 메시지 영상 상영 등의 순서로 진행되며 격려와 감사가 이어졌다. 고인석 원장은 지난 2018년 10월에 서울기술연구원 제1대 원장으로 부임해 3년간 연구원의 연구기반 구축에 힘쓰며 직원과의 소통에 앞장서는 한편, 풍부한 현장 경험을 바탕으로 조직의 안정적 정착에 기여했다.

## 서울기술연구원, 2021년도 하반기 신입직원 채용



서울기술연구원에서 실시하는 올해 하반기 채용인원은 총 3명으로 총무회계, IT(정규직) 및 생활환경(일반계약직) 각 1명씩을 채용할 예정이다. 선발 절차는 ▲서류심사 ▲인적성 검사 ▲1차 면접 ▲2차 최종 면접 등으로 이뤄지며 수습 임용일은 내년도 2022년도 1월 중으로 예정되어 있다. [sIT](#)

