

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	사물인터넷(IoT) 계측기기 데이터 분석을 통한 대구광역시 악취관리지역 관리방안 연구		
연구기간	2025. 2 ~ 2025. 11		
예산 연구비	30,000천원(참여기업체명: _____, 부담금: _____ 천원)		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input checked="" type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학연협력연구 (해당사항에 √표)	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input checked="" type="checkbox"/> 기타
	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<div style="text-align: center;">○ 소규모 대기배출업체의 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 설치 의 무화</div> <div style="text-align: center;">- 대기환경보전법 제32조에 따라 대기배출 4·5종 사업장은 '25.6.30까 지 배출시설과 방지시설에 사물인터넷(IoT) 측정기기를 설치하고 관 리하여야 함</div> <div style="text-align: center;">- 측정기기 부착시기, 유예 및 특례</div>		

- 신규 사업장 : 가동개시 신고일까지 부착
- 시행령 시행일부터 '23. 6. 30.까지 가동개시 4종 사업장
→ '23. 6. 30.까지 부착·전송
- 시행령 시행일부터 '24. 6. 30.까지 가동개시 5종 사업장
→ '24. 6. 30.까지 부착·전송
- 시행령 시행전 가동개시 사업장 : '25. 6. 30.까지 부착·전송

○ 한국환경공단, 소규모대기배출시설관리시스템(그린링크) 운영

- 소규모대기배출시설관리시스템(그린링크, greenlink.or.kr)은 대기배출 업체에 설치된 사물인터넷(IoT) 정보를 접속권한을 부여받은 담당자 (사업장, 지자체 등)가 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 말하며, 한국환경공단이 운영하고 있음
- 소규모 대기배출업체의 배출시설과 방지시설의 동시 가동여부를 원격으로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 세정수조의 pH 데이터, 배출구 전후 온도데이터, 활성탄 및 여과백의 차압 등을 확인하여 방지시설의 적정 효율을 판단하는 정보로 활용 가능함
- 소규모대기배출시설관리시스템(그린링크)을 구축·운영하고 있지만 데이터를 활용한 소규모 대기배출업체의 관리방안은 미흡한 실정으로 이에 대한 연구가 필요하다 판단됨



○ 2024년, 대구광역시 최초 약취관리지역이 지정됨에 따라 집중관리가 필요한 상황이며, 그린링크 데이터를 활용한 관리방안 사례지로 적합하다 판단됨

- 지정고시 현황(2024.6.1. 시행) 및 염색산업 세부현황 (단위: 업체수)

약취관리지역(849,684m ²)	업체수	업종	통합허가대상
대구염색산업단지 (서구 비산동·평리동·이현동 일원)	127 (연구소1 포함)	섬유염색가공업125 기타2	52

- 섬유염색가공업의 주요 약취배출시설인 다림질시설, 코팅시설, 건조 시설 등은 동시에 대기배출시설로서 IoT 측정기기 설치대상이기 때문

	<p>에 그린링크 시스템으로 분석 가능함</p> <p>○ 그린링크 데이터 분석 및 조치 매뉴얼 개발을 통해 대기배출업체 환경 시설의 효율적 관리 가능</p>
주요 연구내용	<p>○ 대구광역시 약취관리지역(대구염색산업단지) 내 사물인터넷(IoT) 설치 현황 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대상지 내 사업장 전수 조사 <ul style="list-style-type: none"> · 사물인터넷 설치 여부 · 제조사, 게이트웨이 및 계측기 개수 등 - 사물인터넷(IoT) 계측기기 데이터 전송여부 확인 - 설치된 계측기기의 적정 관리여부 <ul style="list-style-type: none"> · 계측기 교체 및 수리 빈도 확인 · 적정 위치 유지 여부 등 확인 <p>○ 그린링크 데이터 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 비정상가동* 사업장에 대한 원인 분석 <ul style="list-style-type: none"> * 대기배출시설 가동시 방지시설 미가동상태 - 데이터 적정성 의심* 사업장에 대한 방지시설 운영상태 확인 <ul style="list-style-type: none"> * 계측기기의 값이 정상범위 밖이라고 판단되는 상태 - 업종(주생산제품)별 특성 분석 - 방지시설별(전기집진시설, 촉매반응을 이용하는 시설, 직접연소에 의한 시설 등) 데이터 특성 분석 <p>○ 관리매뉴얼 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 설문 조사 및 분석 : 사업장 담당자 및 지자체 담당공무원 - 그린링크 데이터 분석 사례별 관리매뉴얼 제작
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<p>○ TMS굴뚝원격감시체계 : Cleansys</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cleansys는 TMS(Tunnel Monitoring System) 굴뚝 원격 감시 체계의 한 종류이며, 이 체계는 굴뚝 내부의 상태를 실시간으로 감시하고, 이상 현상을 탐지하여 안전한 운영을 보장하는 역할을 수행함 - 다양한 센서와 카메라를 사용하여 굴뚝 내부의 온도, 압력, 가스 농도, 연기 등의 데이터를 실시간으로 수집하며, 이 데이터는 중앙 제어실 또는 운영자의 스마트폰 등에서 확인할 수 있으며, 알림 기능을 통해 이상 상태가 감지되면 즉시 경고를 보내줌 - 원격 모니터링 기능을 제공하여, 굴뚝이 위치한 지역과는 상관없이 어디서든 굴뚝 상태를 모니터링할 수 있으며, 이를 통해 운영자는 굴뚝의 상태를 실시간으로 파악하고, 필요한 조치를 취할 수 있음



TMS 굴뚝원격감시체계 구성도

○ IoT 대기질 모니터링 시스템


- 부산 신평·장림산업단지에서 운영을 시작한 환경개선 지원센터 옥상에 사물인터넷(IoT) 기술을 활용해 산업단지 내 대기오염 물질을 실시간으로 감시하고 입주 기업에 알려주는 시스템이 도입됨
- 센터는 사물인터넷 기반 모니터링 시스템을 구축해 산업단지 내 대기오염 물질 확산 상황을 실시간 측정·분석하고 관련 정보를 기업들에 곧바로 제공함



부산 신평·장림산업단지 환경개선 지원센터 옥상에 설치된 모니터링 센서
(출처: 산업통상자원부)

○ 대만 대기질 모니터링 시스템(MOENV)

- 대만에서는 대기오염원, 오염물질의 특성 및 근본 원인 및 확산 방법을 이해하여 대기오염을 예방하기 위해 각 지역에서 대기질 모니터링을 실시하고 있으며 대만 환경보호국(EPA)에서는 대기질 모니터링 시스템을 구축하여 모니터링 자료를 통합·관리하고 있음
- 대기질 모니터링 시스템은 국가 전체 모니터링 시스템을 기본으로

	<p>하여 각 지역의 환경 보호 부서, 특수 산업 단지, 대규모 기업, IoT 센서에서 측정된 정보를 종합하여 홈페이지에 실시간으로 공개하고 있음</p> <p>- 또한 일일 대기질 지수와 미세먼지 모니터링 정보, 휘발성 유기화합물 농도, 국가 교통 모니터링 정보, 대기 원격 감지에 대한 정보들도 공개하고 있음</p> <div data-bbox="459 504 1385 835">  <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">공기질 지표 AQI</th> </tr> <tr> <th colspan="3">중대 32</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>미세 먼지 PM₁₀ 시간별 이동 평균(μg/m³)</td> <td>5.5</td> <td>무우 미립자 PM₁₀ 시간별 이동 평균(μg/m³)</td> </tr> <tr> <td>일산화탄소 CO 시간별 농도(ppm)</td> <td>0.30</td> <td>이산화황 SO₂ 시간별 농도(ppm)</td> </tr> <tr> <td>미세 먼지 PM_{2.5} 시간별 농도(μg/m³)</td> <td>8</td> <td>무우 미립자 PM_{2.5} 시간별 농도(μg/m³)</td> </tr> <tr> <td>일산화탄소 CO 시간별 농도(ppm)</td> <td>0.60</td> <td>비메탄 탄화수소 NMHC 시간별 농도(ppm)</td> </tr> <tr> <td>풍향 Wind Direct 시간별 평균(도)</td> <td>312</td> <td>습도 RH 시간별 평균(%)</td> </tr> <tr> <td>오존 O₃ 시간별 이동 평균(ppb)</td> <td>22</td> <td>이산화질소 NO₂ 시간별 이동 평균(ppb)</td> </tr> <tr> <td>이산화황 SO₂ 시간별 이동 평균(ppb)</td> <td>0.4</td> <td>이산화질소 NO₂ 시간별 이동 평균(ppb)</td> </tr> <tr> <td>오존 O₃ 시간별 이동 평균(ppb)</td> <td>9</td> <td>풍속 Wind Speed 시간별 평균(m/s)</td> </tr> <tr> <td>이산화질소 NO₂ 시간별 이동 평균(ppb)</td> <td>19</td> <td></td> </tr> <tr> <td>이산화질소 NO₂ 시간별 이동 평균(ppb)</td> <td>0.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>이산화질소 NO₂ 시간별 이동 평균(ppb)</td> <td>0.2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="949 768 1385 835"> <p>공기질 표시기(AQI)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>범위</th> <th>색상</th> <th>의미</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-50</td> <td>초록</td> <td>좋은 공기</td> </tr> <tr> <td>51-100</td> <td>노랑</td> <td>보통</td> </tr> <tr> <td>101-150</td> <td>주황</td> <td>주의</td> </tr> <tr> <td>151-200</td> <td>빨강</td> <td>불편</td> </tr> <tr> <td>201-300</td> <td>보라</td> <td>위험</td> </tr> <tr> <td>301-500</td> <td>검정</td> <td>매우 위험</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p>대만 환경부 중앙 모니터링 데이터</p>		공기질 지표 AQI			중대 32			미세 먼지 PM ₁₀ 시간별 이동 평균(μg/m³)	5.5	무우 미립자 PM ₁₀ 시간별 이동 평균(μg/m³)	일산화탄소 CO 시간별 농도(ppm)	0.30	이산화황 SO ₂ 시간별 농도(ppm)	미세 먼지 PM _{2.5} 시간별 농도(μg/m³)	8	무우 미립자 PM _{2.5} 시간별 농도(μg/m³)	일산화탄소 CO 시간별 농도(ppm)	0.60	비메탄 탄화수소 NMHC 시간별 농도(ppm)	풍향 Wind Direct 시간별 평균(도)	312	습도 RH 시간별 평균(%)	오존 O ₃ 시간별 이동 평균(ppb)	22	이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	이산화황 SO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	0.4	이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	오존 O ₃ 시간별 이동 평균(ppb)	9	풍속 Wind Speed 시간별 평균(m/s)	이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	19		이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	0.2		이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	0.2		범위	색상	의미	0-50	초록	좋은 공기	51-100	노랑	보통	101-150	주황	주의	151-200	빨강	불편	201-300	보라	위험	301-500	검정	매우 위험
공기질 지표 AQI																																																														
중대 32																																																														
미세 먼지 PM ₁₀ 시간별 이동 평균(μg/m³)	5.5	무우 미립자 PM ₁₀ 시간별 이동 평균(μg/m³)																																																												
일산화탄소 CO 시간별 농도(ppm)	0.30	이산화황 SO ₂ 시간별 농도(ppm)																																																												
미세 먼지 PM _{2.5} 시간별 농도(μg/m³)	8	무우 미립자 PM _{2.5} 시간별 농도(μg/m³)																																																												
일산화탄소 CO 시간별 농도(ppm)	0.60	비메탄 탄화수소 NMHC 시간별 농도(ppm)																																																												
풍향 Wind Direct 시간별 평균(도)	312	습도 RH 시간별 평균(%)																																																												
오존 O ₃ 시간별 이동 평균(ppb)	22	이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)																																																												
이산화황 SO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	0.4	이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)																																																												
오존 O ₃ 시간별 이동 평균(ppb)	9	풍속 Wind Speed 시간별 평균(m/s)																																																												
이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	19																																																													
이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	0.2																																																													
이산화질소 NO ₂ 시간별 이동 평균(ppb)	0.2																																																													
범위	색상	의미																																																												
0-50	초록	좋은 공기																																																												
51-100	노랑	보통																																																												
101-150	주황	주의																																																												
151-200	빨강	불편																																																												
201-300	보라	위험																																																												
301-500	검정	매우 위험																																																												
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 약취관리지역에 대한 집중관리로 약취 개선 및 민원 감소 ○ 환경시설 관리에 소홀한 4·5종 배출업체의 효율적 관리 가능 ○ 사물인터넷 데이터 활용방법에 대한 관리매뉴얼 개발로 소모품 교체 주기 등 방지시설 적정 운영 가능 ○ 대구시 대기질 개선을 통한 쾌적한 생활환경 조성 ○ 이상 오염원에 대한 신속한 대응으로 민원발생 요인 저감 등 생활질 향상 																																																													
주요 키워드 (3개 이상)	한글	그린링크, 사물인터넷, 약취관리지역, 대구염색산업단지																																																												
	영문	Greenlink, Internet of Things, Odor control area, Daegu Dyeing Industrial Complex																																																												

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	대구지역 하폐수 처리 부생가스의 이산화탄소-메탄 개질 촉매반응 적용을 통한 수소에너지 생산		
연구기간	2025. 2 ~ 2025. 11		
예산 연구비	30,000천원		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input checked="" type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학연협력연구 (해당사항에 √표)	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input checked="" type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량 산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성			

대구지역 하폐수 처리 부생가스의 이산화탄소-메탄 개질 촉매반응 적용을 통한 수소에너지 생산

세부 연구 목표

대구지역 하폐수 처리장 부생 바이오가스의
이산화탄소-메탄 개질 반응용 맞춤형 촉매 개발

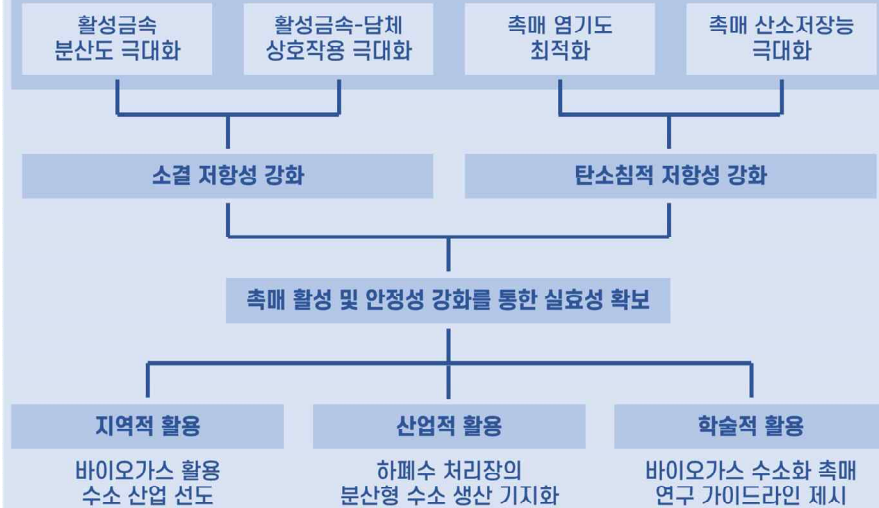
연구 필요성

- 수소 생산 원료 확보가 어려운 **대구광역시**의 지리적 한계 극복 기여
- 대구녹색환경센터** 탄소중립 기반 구축 주요 추진과제에 기여
- 온실가스 배출 저감 및 수소에너지 생산을 통한 **환경 개선** 기여

Ni-MgO-CeO₂ 촉매 세부 제조 변수 단계적 최적화 연구 추진 전략

2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월
전구 침전물 농도 최적화 촉매 제조		전구 침전물 속성 온도 최적화 촉매 제조		전구 침전물 냉각 온도 최적화 촉매 제조		전구 침전물 냉각 속도 최적화 촉매 제조		침전제 적정 속도 최적화 촉매 제조	
	전구 침전물 농도 최적화 성능 평가		전구 침전물 속성 온도 최적화 성능 평가		전구 침전물 냉각 온도 최적화 성능 평가		전구 침전물 냉각 속도 최적화 성능 평가		침전제 적정 속도 최적화 성능 평가
전구 침전물 농도 최적화 특성 분석		전구 침전물 속성 온도 최적화 특성 분석		전구 침전물 냉각 온도 최적화 특성 분석		전구 침전물 냉각 속도 최적화 특성 분석		침전제 적정 속도 최적화 특성 분석	

전구 침전물 핵 형성 속도 및 핵 성장 속도 조절을 통한 촉매의 물리화학적 특성 개선 유도



연구팀의 역량

관련연구 수행 경험

- 풍부한 열화학 촉매 신규 개발 경험
SCIE 논문 51편 게재 (메탄 개질 반응 14편)
특허 등록 5건, 출원 1건
- 다양한 종류의 부생가스 수소화 경험
천연가스, 바이오가스, 코크오븐가스,
폐기물 매립가스, 폐기물 가스화 합성가스
- 연구참여인력: 7명
교수 1명, 석박사통합과정 2명,
석사과정 2명, 학부연구참여 2명

보유 연구 인프라



촉매 제조 장치

촉매 반응 장치



Micro-GC

AutoChem III

1. 대구지역 환경 특성 부합성

- 기후변화에 대한 대응을 위해 탄소 중립적 에너지 사용이 주목받고 있으며, 그 과정에서 수소에너지가 주 에너지원으로 크게 주목받고 있음. 수소는 생산과정에서의 탄소 배출 및 사용 여부에 따라 크게 그레이/블루/그린수소로 구분되며, 전 세계적으로 그린수소의 사용을 통한 에너지 확보를 최종적인 목표로 삼고 있음 [1].
- 그린수소는 재생에너지 기반 수전해 기술로 생성된 수소와 바이오가스의 개질을 통해 생산된 수소로 구분될 수 있으며, 무한대에 가까운 원료인 물을 기반으로 수소를 생산할 수 있는 수전해 기술 기반 그린수소가 큰 주목을 받고 있음.
- 그러나, 대구는 내륙에 위치하므로 수도권 및 해안가의 광역도시에 비해 수원의 확보가 불리하여 자체적인 물 분해 기반 수소에너지 생산 시 경제성이 떨어지며, 타지역에서 생산된 수소를 공급받을 경우에도 이송 및 저장이 어려운 수소의 특성으로 비용적 문제가 발생함 [2]. 이러한 이유로 대구의 수소경제사회로의 안정적 진입을 위해서는 적절한 대안이 필요한 실정이며, 바이오가스 개질에 기반한 분산형 현장 수소 생산 시스템의 적용을 통한 수소에너지의 자체적 공급이 고려될 필요가 있음.
- 바이오가스 개질 기반 그린수소를 생산하기 위해서는 바이오가스의 확보 및 적절한 전환 공정 시스템의 구축이 필요함. 대표적인 바이오가스의 생성원은 하폐수 처리장이며, 하폐수 처리장의 2차 처리(생물학적 처리) 진행 시에 많은 양의 바이오가스가 발생함.
- 바이오가스는 주로 메탄(50~75%)과 이산화탄소(20~50%)로, 소량의 황화수소, 수소, 암모니아 및 기타 미량가스로 구성되어 있으며 [3], 적절한 열화학 촉매반응 공정의 적용을 통해 그린수소의 생산이 가능함 [4].
- 대구는 내륙에 위치하여 수자원의 관리가 매우 중요하며, 이에 따라 체계적인 하폐수 처리 시스템이 구축되어 있음. 생활 하수처리를 위한 달서, 성서 하수처리장 등이 설치되어 있으며, 산업폐수처리를 위한 구지, 서대구, 매곡 등의 폐수처리장이 설치되어 있음 [5]. 즉, 대구는 광역도시 전체에 고르게 분산되어 있는 바이오가스 생성원을 이미 확보하고 있는 상태이며, 이를 바이오가스 기반 분산형 그린수소 생산 시스템으로 발전시킬 수 있는 가능성이 높음.
- 그러나, 대구광역시에서 생성되는 대부분의 바이오가스는 황화수소 제거 공정 적용 후 단순 배출 또는 소각되고 있는 실정이며, 이는 대기오염물질 배출 측면에서는 규제 기준을 만족하나, 주요 온실가스인 메탄과 이산화탄소를 배출한다는 측면에서 매우 큰 한계점이 있음.
- 바이오가스는 열화학 촉매반응 공정 중 하나인 이산화탄소-메탄

개질 반응($\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$)을 통해 수소로 전환될 수 있으며, 이는 주요 온실가스인 이산화탄소와 메탄을 반응물로 활용하여 제거하고, 신에너지인 수소를 생산한다는 측면에서 기후변화 문제 해결에 매우 핵심적인 반응임.

- 본 연구에서는 대구지역 하폐수 처리장에서 발생하는 바이오가스로부터 수소를 생산하기 위한 이산화탄소 개질 반응용 촉매를 개발하여 지역 내 기술 적용 가능성에 대해 탐구하고자 함.

2. 지역센터 과제 적정성

- 대구녹색환경지원센터의 중장기 로드맵 2차 환경개선 플랫폼은 탄소중립을 포함하며, 저탄소사회 구현을 위한 탄소중립 기반 구축을 목표로 함 ([그림 1]). 주요 추진과제로 기후변화 & 저탄소 대응체계 구축, 오염물질 배출업체 에너지 효율화, 실천하는 저탄소사회 구축이 제시되어 있음.

저탄소사회 구현을 위한
탄소중립 기반 구축

주요 추진과제 I

기후변화 & 저탄소 대응 체계 구축
오염물질 배출업체 에너지 효율화
실천하는 저탄소 사회 구축

[그림 1] 대구녹색환경지원센터
중장기 로드맵 추진전략

- 바이오가스로부터 수소를 생산하기 위한 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매 개발은 주요 온실가스인 이산화탄소와 메탄을 반응물로 이용하여 제거할 뿐만 아니라, 차세대 궁극적 에너지원으로 주목받고 있는 수소를 생산하여 저탄소 대응 체계와 에너지 효율을 증대시키므로 대구녹색환경지원센터의 목표와 부합성이 매우 높음.
- 또한, 하폐수 처리시설을 분산형 현장 수소 생산 기지로 탈바꿈하는 것에 있어 기반을 마련할 것으로 기대하며, 이는 대구광역시의 수소에너지 자체 수급에 기여할 수 있는 주요 방안으로 기대됨.
- 따라서, 지속가능한 저탄소 안심 사회를 실현하기 위한 대구녹색환경지원센터의 비전과 본 연구의 제안 주제는 그 연계성을 고려하였을 때, 지역센터 과제로써의 적정성이 매우 높다고 판단함.

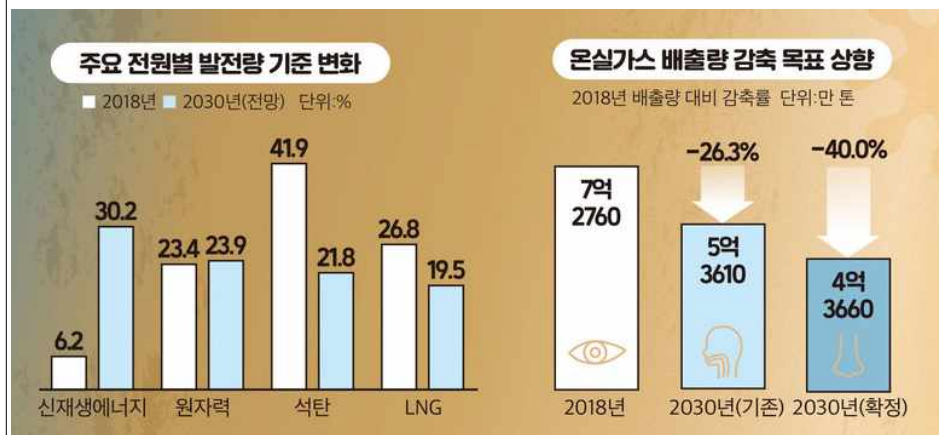
3. 환경개선 목적 부합성



[그림 2] 하수처리 공정도 및 바이오가스 발생 지점 (출처: 동두천시 홈페이지)

- 하폐수 처리장 공정 중 생물반응조, 소화조 등에서 발생하는 바이오가스([그림 2])의 주성분은 이산화탄소와 메탄으로, 대기오염물질 제거 공정을 거치더라도 온실가스를 과량 배출한다는 측면에서 환경 문제가 발생함.
- 바이오가스는 대부분 단순 배출 또는 소각 처리되고 있는 실정임. 소각 처리 시에는 열에너지를 얻고, 지구온난화지수가 높은 메탄을 이산화탄소로 변환하여 배출한다는 측면에서 상대적으로 친환경적이거나, 여전히 이산화탄소를 과량 배출한다는 한계점이 있음.
- 이러한 바이오가스에 적절한 열화학 촉매반응 공정을 적용하면, 화학제품의 원료로 폭넓게 사용되는 합성가스 및 수소에너지의 생산이 가능함.
- 즉, 이산화탄소-메탄 개질 반응($\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$)을 통해 주요 온실가스인 이산화탄소와 메탄을 제거하면서, 신에너지인 수소에너지를 생산한다는 측면에서 환경개선에 관한 목적 부합성이 매우 뚜렷함.

4. 연구의 시급성



[그림 3] 온실가스 배출량 감축 목표 상향 (출처: 영남경제신문)

- 현재 한국은 '2030 국가온실가스 감축목표(NDC)'([그림 3])와 '수소경제활성화로드맵([그림 4])'을 통해 2040년까지 연료전지차 620만 대 보급, 1,200개의 수소충전소 설치, 15GW의 연료전지 발전용량 확보를 목표로 함. 이는 국가 경제의 새로운 성장 동력을 마련하고, 청정 에너지원으로써의 수소 활용을 극대화하기 위한 중장기 전략임.
- 상기의 국가적 목표를 달성하기 위해서는 대구광역시에서도 적절한 노력을 기울여야 하나, 지역적 한계로 인해 다소의 어려움이 예상되어, 관련한 대응 방안의 수립이 시급함.
- 이러한 어려움을 극복하기 위해 본 연구에서는 대구광역시에 고르게 분산되어 있는 하폐수 처리장의 분산형 현장 수소 생산 기



[그림 4] 수소경제활성화로드맵 목표치 (출처: 뉴시스)

지화를 제안하며, 핵심 공정으로 활용되는 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매를 개발하고자 함.

5. 연구의 목표

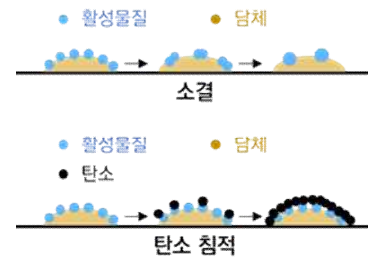
본 연구에서는 대구지역 하폐수 처리장에서 발생하는 바이오가스로부터 수소를 생산하기 위한 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매를 개발하여, 지역 내 고르게 분산되어 있는 하폐수 처리장 기반 분산형 현장 수소 생산 시스템 구축에 기여하고자 함. 이를 통해 대구광역시의 수소경제사회 진입을 가속화하고, 온실가스 제거를 통해 환경 문제 해결에 기여하고자 함.

주요 연구내용

1. 연구의 내용 및 범위

- 바이오가스의 주성분은 이산화탄소와 메탄이며, 바이오가스의 이산화탄소-메탄 개질 반응 적용 시 이산화탄소와 메탄을 반응물로 사용할 수 있음. 메탄과 이산화탄소는 열화학적으로 분해가 어려운 매우 안정적인 물질이기 때문에, 촉매를 사용하더라도 반응 시 고온(800 °C 내외)이 필수적으로 요구됨.
- 그러나, 촉매는 고온에 노출되면 활

성물질(Ni)이 유동성을 가지며 서로 뭉쳐 반응이 가능한 표면적이 급격히 떨어지는 소결 현상이 발생하며 ([그림 5] 상단), 이는 촉매 성능의 하락으로 이어짐.



- 또한, 이산화탄소와 메탄 모두 탄소를 포함하는 물질이므로, 촉매 표면에 탄소가 침적되는 현상([그림 5] 하단)으로 촉매 성능 저하가 발생할 수 있음.
- 상기의 활성물질 소결 및 탄소침적 현상은 이산화탄소-메탄 개질 반응에서의 촉매 성능 저하를 유발하는 가장 주요한 제한 요소로, 이를 개선할 수 있는 촉매의 개발이 필요함.
- 본 연구자는 선행연구로 천연가스뿐만 아니라 매립가스(바이오가스)와 코크오븐가스를 대상으로 이산화탄소-메탄 개질 반응용 Ni 기반 촉매를 개발한 경험이 있으며, 이 과정에서 Ni-MgO-CeO₂ 계열의 촉매가 우수한 성능을 나타냄을 확인함. 상기 촉매의 경우, 촉매의 조성 최적화 및 최적 제조법 도출 등에 관한 연구를 기수행한 바 있으나, 세부 제조 변수의 최적화를 통한 추가적인 성능 증진 가능성이 높음. 따라서, 본 연구에서는 Ni-MgO-CeO₂ 촉매를 개선 모델로 지정한 후 성능 개선 연구를 수행하고자 함.
- 상기의 최적 촉매 제조법 도출 과정에서 공침법을 통해 제조한 촉매가 이산화탄소-메탄 개질 반응에서 가장 우수한 성능을 나타냄을 확인하였음. 이에 따라 공침법으로 제조된 Ni-MgO-CeO₂ 촉매를 기준으로 삼고 세부 제조 변수에 관한 최적화 연구를 진행하고자 함.
- 본 연구에서는 세부 제조 변수의 단계적 최적화를 통한 바이오가스의 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매의 성능 증진을 목표로 하며, 구체적인 최적화 대상은 다음과 같음: 전구 침전물 농도, 전구 침전물 숙성 온도, 전구 침전물 냉각 온도 및 냉각 속도, 침전제 적정 속도
- 여기서, 전구 침전물은 완성된 촉매로 되기 이전의 침전물 상태를 의미하며, 상기의 세부 제조 변수의 조절에 따라 전구 침전물 생성 및 노출 환경이 달라짐.
- 상기의 변수들은 전구 침전물의 핵 형성 및 성장 속도에 영향을 주는 것으로 보고된 바 있으며[6-9], 이는 결국 촉매의 활성물질-담체 상호작용, 산소저장능 등의 핵심적인 물리화학적 특성을 변화시킴. 이들은 촉매의 소결 저항성 및 탄소침적 저항성에 영향을 주는 핵심 성능 영향 인자임. 따라서, 단계적인 세부 제조 변수 최적화를 통한 촉매의 성능 증진을 유도할 수 있을 것으로 기대하며, 아래와 같이 바이오가스의 이산화탄소-메탄 개질 반응 맞춤형

[그림 5] 소결, 탄소침적에 의한 촉매 성능 저하

형 촉매의 정량적인 개발 목표치를 수립하였음.

[표 1] 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매 정량적 개발 목표치

항목	목표치
촉매 활성(열역학적 평형전환율 대비)	CH ₄ 전환율 > 80%
촉매 안정성	> 100 h
기체 공간 속도(=가스 처리 용량)	GHSV > 1,000,000 h ⁻¹

2. 연구의 난이도



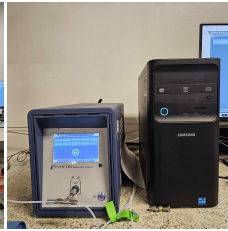
[그림 6]

촉매 제조 장치
(약 1천만원)



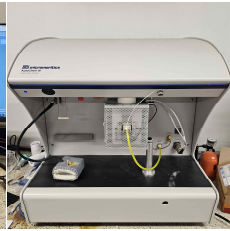
[그림 7]

촉매 반응 장치
(약 5천만원)



[그림 8]

Micro-GC
(약 6천만원)



[그림 9]

AutoChem III
(약 2억원)

- 바이오가스의 이산화탄소-메탄 개질 반응 맞춤형 촉매 개발을 위해서는 다양한 고가의 실험 인프라와 재료가 필수적으로 요구됨. 대표적으로 촉매 제조 장치(초자류, 특수가열장치, 감압장치, 냉각기 등 포함)([그림 6]), 촉매 반응 장치(기체 주입 장치, 가열로, 수증기 포집장치 등 포함)([그림 7]), 메탄 및 이산화탄소의 전환율을 확인하기 위한 Micro-GC(Gas Chromatography)([그림 8]), 촉매의 물리화학적 특성을 분석하기 위한 AutoChem III 장비([그림 9]) 등이 대표적이며, 이 외에도 기타 초자류, 시약류, 가스류 등이 필요함. 이에 따라 다소 진입장벽이 높은 분야이나, 본 연구실은 상기의 연구 인프라가 구축되어 있는 상태임.
- 본 연구는 실효성을 위해 대구광역시 하폐수 처리장에서 발생하는 바이오가스(황, 암모니아 제거 공정 후단)의 조성 평균치 및 발생 범위에 대한 정보 조사가 요구되나, 정보 공개가 다소 예민할 수 있는 분야로 정보 접근 및 수집이 어려울 수 있음. 각 하폐수 처리장에 연락을 취하여 정보 획득을 시도할 예정이며, 정보 획득이 어려울 경우, 문헌 등에 보고된 하폐수 처리장 바이오가스 평균 조성치를 활용할 예정임.
- 발생하는 바이오가스 조성의 범위가 일정하지 않을 경우, 넓은 범위의 가스 조성에 대응이 가능한 촉매 개발이 필요하므로, 적절한 반응 실험 및 맞춤형 개발에 어려움이 있을 것으로 예상됨. 이에 대한 대응을 위해 관련 정보의 획득이 가능할 경우, 획득 정보에 기반하여 이산화탄소와 메탄의 최소/최대 범위를 고려하여 다양한 조성 범위의 가용성을 확인할 수 있는 실험을 병행할 예정임. 정보 획득이 어려울 경우, 기보고된 문헌에 기반하여 최소/최대 범위를 고려하고자 함.

- 기보고된 문헌에 의하면 일반적인 바이오가스의 조성은 메탄(50~70%)과 이산화탄소(20~50%)로 [3], 소량의 황화수소, 수소, 암모니아로 구성되어 있음. 즉, 바이오가스의 주성분은 메탄과 이산화탄소이며, 이들은 매우 안정적인 물질이므로 원활한 반응을 위해서는 고온이 필요함. 고온에서 안정적인 활성을 나타내기 위해서는 소결 저항성의 확보가 필요하며, 이를 위해 활성물질과 담체 간의 상호작용을 극대화할 수 있는 방안을 도출하고자 함.
- 또한, 메탄과 이산화탄소는 모두 탄소를 포함하고 있기 때문에, 반응 중 부다반응 및 메탄 분해 반응에 의한 탄소침적이 예상됨. 안정적인 촉매 활성의 유지를 위해서는 탄소침적 저항성의 확보가 필요하며, 이를 위해 산/염기도 조절 및 산소저장능의 증진을 위한 방안을 도출하고자 함.
- 본 연구자는 열화학 촉매반응 전문가로 이를 주제로 51편의 SCIE 논문을 게재하였음. 그 중 메탄 개질 반응용 촉매 개발과 관련하여 14편의 SCIE 논문을 게재하였으며, 1편의 특허가 등록된 바 있음. 기구축 연구 인프라 및 풍부한 연구 경험을 바탕으로 상기의 어려움을 극복하고자 함.

3. 연구 추진전략 및 방법



[그림 10] 촉매 공침법 제조 단계

- 공침법을 통한 촉매 제조 과정은 일반적으로 상기 [그림 10]과 같이 8개 단계를 거쳐 제조되며, "3) 침전제(KOH) 주입"단계에서 전구 침전물이 생성됨.
- 최적화 대상 세부 제조 변수(전구 침전물 농도, 전구 침전물 숙성 온도, 전구 침전물 냉각 온도, 전구 침전물 냉각 속도, 침전제 적정 속도)는 모두 전구 침전물의 핵 형성 및 성장 속도에 영향을 주는 것 변수로, 최적화를 통해 촉매의 물리화학적 특성을 개선하여 소결 및 탄소침적 저항성 확보를 통해 촉매 성능을 증진시키

고자 함.

- 결론적으로, 바이오가스의 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매의 개발 및 성능 증진을 목표로 단계적인 세부 제조 변수 최적화를 진행하고자 하며, [그림 11]과 같이 변수에 따른 연구 추진 체계를 수립하였음. 이어서, 상세한 세부 제조 변수 및 최적화 전략을 기술하였음.

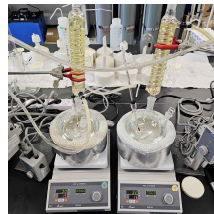


[그림 11] 연구 추진 전략



[그림 12]

전구 침전물
농도 최적화



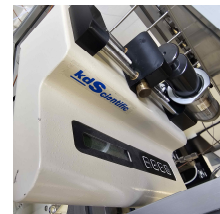
[그림 13]

전구 침전물
숙성 온도 최적화



[그림 14]

전구 침전물 냉각
온도/속도 최적화



[그림 15]

침전제 적정
속도 최적화

- **전구 침전물 농도 최적화:** 전구 침전물의 농도는 전구 침전물 핵 형성 환경에 큰 영향을 주는 요소로 알려져 있음. 예비 실험에서 담체(CeO₂)의 목표 제조량을 기존 제조량인 3 g 대비 크게 증가시킨 30 g(500 mL round-bottom 3-neck flask 기준)으로 설정하여 제조를 시도한 결과, 침전제 적정 시 간헐적으로 교반이 일어나지 않는 것을 확인함. 이는 촉매 성능의 재현성을 저하시키는 제한 요소로 작용할 것으로 판단하여, 여러번의 시도 끝에 재현성 확보가 가능한 최대 제조량을 20 g으로 설정함. [그림 12]와 같이 20 g을 최대 침전량으로 설정 시 무리 없이 교반이 가능한 것을 확인하였음. 따라서, 침전 목표량을 1, 3, 8, 16, 20 g으로 달리하여 최적 전구 침전물 농도를 도출하고자 함. 성능이 유사할 경우, 더 높은 농도를 최적점으로 도출하고자 함.
- **전구 침전물 숙성 온도 최적화:** 전구 침전물의 숙성 온도는 시약의 용해도 및 전구 침전물 핵 형성/성장 속도에 큰 영향을 주는 요소로 알려져 있음. 3-neck flask를 고르게 가열할 수 있는 특수 가열 장치인 Heating mantle([그림 12, 13])을 활용할 예정이며,

증류수의 끓는점을 고려하여 전구 침전물 숙성 온도(25, 50, 60, 80, 90 °C)를 달리하여 최적 숙성 온도를 도출하고자 함.

- **전구 침전물 냉각 온도 및 속도 최적화:** 전구 침전물의 냉각 온도 및 속도는 전구 침전물 핵 형성/성장 속도에 큰 영향을 주는 요소로 알려져 있음. [그림 14]의 냉각 장치(저온항온수조)를 이용하여 전구 침전물의 냉각 온도와 냉각 속도를 달리하여 최적 냉각 환경을 도출하고자 함. 냉각 목표 온도는 80, 60, 40, 25, 10 °C로 설정하고자 하며, 냉각 속도는 서랭(상온 노출)과 급랭(항온수조(2 °C) 노출)으로 구분하여 온도 환경이 침전물 형성 및 결정화에 미치는 영향을 파악하고자 함.
- **침전제 적정 속도 최적화:** 침전제 적정 속도는 전구 침전물 핵 형성/성장 속도에 직접적인 영향을 주는 요소로 알려져 있음. [그림 15]의 실린지 펌프를 이용하여 침전제(15 wt% KOH 용액) 적정 속도를 5, 10, 20, 30, 50 mL/min으로 달리하여 최적 적정 속도를 도출하고자 함.
- 상기의 모든 세부 연구 추진 전략에서 변수 조절에 따른 촉매의 물리화학적 특성 변화가 예상되며, 이 과정에서 활성물질-지지체 간의 상호작용 및 촉매의 산소저장능 변화가 예상됨. 촉매의 소결 및 탄소침적 저항성에 핵심적인 영향을 미치는 상기의 인자에 대한 변화를 명확히 관찰하기 위해 다양한 특성분석을 진행하고자 하며, 필요에 따라 외부 기관에 시험분석을 의뢰할 예정임. 이를 통해 촉매 성능 증진의 핵심 영향 인자를 도출하고자 함.

4. 연구비의 적정성

- 본 연구의 수행을 위해서 3천만원의 연구비를 책정하였으며, 구체적인 활용처는 아래와 같음.

[표 2] 연구비 책정 계획 및 세부 내역

항목	세부 내역	금액(원)
연구시설·장비비	미계상	0
연구재료비	촉매 제조 시약류	10,085,389
	촉매반응기 관련 피팅류	1,000,000
	실험 관련 초자류	2,000,000
	가스류	2,500,000
연구활동비	외부 전문기술 활용비	7,500,000
	학회 등록비	800,000
	출장비	908,000
부가가치세	과세과제에 해당	2,727,273
간접비	직접비의 10%	2,479,338
총 연구비		30,000,000

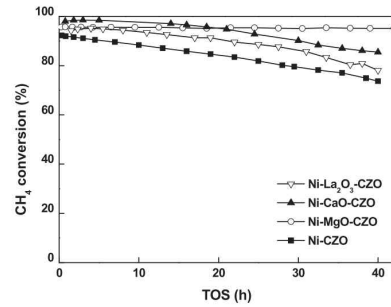
- 본 연구에 필요한 높은 비용의 핵심 연구 인프라는 기구축되어 있는 상태이므로, 연구 시설·장비비는 계상하지 않았음. 단, 아래와 같이 연구재료비와 연구활동비를 계상함.
- **촉매 제조 시약류:** 활성 금속인 Ni 전구체, 지지체인 Ce 전구체,

	<p>조촉매인 Mg 전구체, 침전제로 사용되는 KOH 수용액 제조를 위한 전구체 등</p> <ul style="list-style-type: none"> • 촉매반응기 관련 피팅류: 바이오가스의 이산화탄소-메탄 개질 반응에 맞추어 기구축 반응기 수정/보완하기 위해 필요한 서스관, 테플론관, 페럴 세트, 유니온, 밸브 등 • 실험 관련 초자류: 재현성이 우수한 촉매 제조를 위한 메스실린더, 삼목 플라스크, 비이커, 용량 플라스크 등 • 가스류: 바이오가스 조성 모사 가스(메탄, 이산화탄소), 반응 가스 조성 기준 불활성가스(질소), Micro-GC 운전을 위한 가스(헬륨, 아르곤), 촉매 특성분석 장치 운전을 위한 가스(헬륨, 아르곤, 질소) 등 • 외부 전문기술 활용비: 촉매의 물리화학적 특성 분석을 위한 XRD(X-ray diffraction), XPS(X-ray photoelectron spectroscopy), XAFS(X-ray absorption fine structure), Raman spectroscopy, TGA(Thermogravimetric Analyzers), BET(Brunauer-Emmett-Teller), TEM(Transmission electron microscopy) 등 외부 기관 시험분석 의뢰 비용 • 출장비: 외부 전문기술 활용처 방문, 학회 참석 등 <p>5. 연구기간의 적정성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 본 연구의 수행을 위해서는 세부 변수별 촉매 제조, 촉매 성능 평가를 위한 반응, 특성 분석을 위한 전처리, 촉매 특성 분석 진행이 요구되며, 각 단계에서 요구되는 기간은 아래와 같음 <ul style="list-style-type: none"> - 촉매 제조: 촉매 1개당 1주일(공침-건조-소성 기간 포함) - 촉매 반응 실험: 촉매 1개당 성능테스트 1일, 안정성 테스트 3일 - 촉매 특성분석을 위한 전처리 및 특성분석: 전처리 조건별 상이 • 또한, 단계적 최적화를 계획하고 있으므로, 선행연구 결과의 후속 연구 반영을 위한 세부 계획 조정에 소요되는 시간에 대한 고려가 필요함. • 이를 고려하여 제한된 연구 기간에 적절한 연구 계획을 수립하였으며, 세부 사항은 상기 연구 추진 계획에 나타내었음.
<p>주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황</p>	<p>1. 국내외 바이오가스 활용: 단순 연소 기반 열병합 발전 기술 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> • 서울시 난지물재생센터에서는 하수처리장에서 발생하는 바이오가스를 연소하여 전력과 열을 생산하는 CHP(Combined Heat and Power) 시스템을 운영하고 있음. 이는 전력 생산과 함께 남은 열을 회수하여 하수처리장의 난방 등에 활용되고 있음. • 부산의 수영 하수처리장에서는 바이오가스를 정제하여 도시가스로 공급하는 시스템을 운영하고 있음. 하수처리장 소화조에서 발

	<p>생한 바이오가스의 메탄 농도를 높이는 정제 공정을 통해 고순도의 메탄으로 전환하고, 이를 도시가스 공급망에 연결하여 사용하고 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 스웨덴 말뫼 하수처리장은 바이오가스를 정제하여 차량 연료로 활용하고 있음. 메탄을 고순도로 정제한 후 지역 내 대중교통 및 상업용 차량에 연료로 공급하고 있음. • 독일 슈투트가르트 하수처리장은 바이오가스 기반 열병합 발전을 통해 에너지 자립 시스템을 구축하였음. 이곳에서 발생하는 바이오가스는 주로 전력을 생산하고, 남은 열은 인근 건물의 난방으로 활용되고 있음. • 단, 열이 필요하지 않은 상황에서는 상기의 과정에서 생성된 열이 활용될 수 없으며, 바이오가스의 소각 시 과량의 이산화탄소를 배출한다는 한계점이 있음. <p>2. 국내외 바이오가스 활용: 수소 생산 기술 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> • 경남 창원 의창동 물재생센터에서는 바이오가스를 수소로 전환시키는 시범사업을 진행하고 있음. • 스페인에서는 마드리드의 Canal de Isabel II의 주도 하에 하수처리장에서 발생한 바이오가스를 수소로 전환하는 프로젝트를 운영하고 있음. • 상기 2개의 활용 사례는 본 사업에서 제안한 방법과 유사하나, 바이오가스에 존재하는 메탄을 별도 과정을 거쳐 분리한 후 수증기와 반응시키는 방식을 택하고 있어, 이산화탄소 분리/포집 비용 및 CCU 기술 적용 측면에서의 개선이 필요함. • 네덜란드의 웨이켄 하수처리장에서는 바이오가스를 수소로 전환시킨 후 이를 연료전지에 적용하여 전력을 생산하고 있음. 단, 메탄을 직접 전기 분해하여 수소와 이산화탄소로 분리하는 기술이 적용되고 있으므로, 에너지 효율 및 경제성에 대한 개선이 필요한 상황임. <p>3. 국내외 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매 개발 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> • 이산화탄소-메탄 개질 반응은 탄소원을 포함하며 고온이 요구되므로, 탄소 침적 및 소결 저항성의 확보가 필요함. • 탄소침적에 대한 저항성을 확보하기 위해 촉매의 산소저장능 증진에 관한 연구가 진행된 바 있음. 환원성 담체를 활용하여 촉매의 산소저장능이 향상될 경우, 침적된 탄소를 기화시켜 탄소침적에
--	---

대한 저항성을 증진시킬 수 있는 것으로 보고됨 [10].

- 탄소침적에 대한 저항성을 확보하기 위해 촉매의 염기도 조절에 관한 연구가 진행된 바 있음. 탄소 침적은 촉매에 산점에서 발생하는 것으로 알려져 있어, MgO 등 염기도를 보유한 물질을 조촉매로 첨가하여 촉매의 염기도를 조절할 경우 탄소침적에 대한 저항성을 증진시킬 수 있는 것으로 보고됨 [11].



[그림 16] 조촉매의 종류에 따른 촉매 성능 비교

- 소결에 대한 저항성을 확보하기 위해 촉매의 활성물질-담체간의 상호작용을 극대화하는 연구가 진행된 바 있음. 이를 위해 Ni의 함량 최적화 [12], 최적 촉매 제조법 도출 [6], 나노구조체 적용 [13] 등 다양한 연구가 보고되었으나, 공침법으로 제조한 촉매의 세부 제조 변수 최적화에 관한 연구는 다소 미흡한 실정임.

1. 지역사회 활용 방안



[그림 17] 대구 1호 성서 수소충전소
(출처: 경향신문)



[그림 18] 대구 1호 친환경 수소 시내버스 (출처: 전기신문)

연구성과 활용방안

- 대구광역시 하폐수 처리장의 분산형 현장 수소 생산 기지로의 발전은 결과적으로 분산형 수소 충전소의 설치로 이어질 수 있으며, 이를 통해 지역사회의 친환경 교통 체계(수소차, 수소버스 등) 구축 및 탄소중립 선도에 기여할 수 있음.
- 특히, 대구광역시는 2030년까지 수소버스 및 충전 인프라 확충 방안 등을 담은 친환경 시내버스 도입계획을 수립한 바 있으므로 [14], 친환경 교통 체계 구축에 있어 지역사회에서의 활용 가치가 매우 높다고 판단됨([그림 17, 18] 참조).
- 결론적으로 대구광역시의 수소경제사회로의 안정적 진입에 기여할 수 있을 것으로 기대됨. 개발된 촉매 및 설계 공정은 대구광역시쓰레기매립장 등 매립 폐기물로부터 발생하는 바이오가스로부터의 수소 생산으로 확장 적용이 가능할 것으로 기대됨.

2. 산업적 활용 방안



[그림 19] 대구 달서천 사업소
(출처: 워터저널)



[그림 20] 하폐수 처리장 기반 분산형 수소 생산 기지 (출처: DALL-E)

- 하폐수 처리장([그림 19])의 분산형 현장 수소 생산 기지로의 발전([그림 20])은 기피 시설을 신에너지 인프라로 탈바꿈시킬 수 있으며, 이에 따른 혐오 시설 기피 현상 완화 및 주민들의 편의성 향상이 기대됨.
- 하수처리장에서 바이오가스 개질 기반 그린수소를 생산할 수 있게 된다면 개발된 촉매 및 설계 공정은 대구뿐 아니라 전국 하폐수 처리시설의 분산형 수소 생산 기지화의 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대됨.
- 이산화탄소-메탄 개질 반응의 적용을 통해 하폐수 처리장에서 배출되는 주요 온실가스(이산화탄소, 메탄)의 단순 배출을 억제하고자 함.
- 개발된 촉매 및 설계 공정은 폐기물 매립지에서 발생하는 바이오가스로부터의 수소 생산으로 확장 적용이 가능할 것으로 기대됨.
- 개발된 신촉매의 실효성이 확인되면, 촉매 상용화를 위한 스케일업 생산의 기반 자료로 활용될 수 있음.

3. 학술적 활용 방안

- 전구 침전제의 노출 환경 변화에 따른 핵 형성 및 성장 속도 변화에 대한 기반 자료 제시를 통해 다양한 화학 공정에서 활용되는 공침법 기반 제조 촉매 대상으로 폭넓게 확장 적용이 가능할 것으로 기대됨.
- 이산화탄소-메탄 개질 반응용 촉매 성능 향상에 있어 전구 침전제 노출 환경이 촉매의 물리화학적 특성 변화에 미치는 영향에 대한 연구 기반 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대됨.
- 개발된 촉매는 폐기물 매립가스(바이오가스) 맞춤형 촉매 개발 연구로의 확장 적용이 가능할 것으로 기대됨.
- 소결 및 탄소침적 저항성이 강화된 신촉매 개발을 통한 학술 논문 투고 및 특허 출원이 가능할 것으로 기대됨.

주요 키워드
(3개 이상)

한글

하폐수 처리장, 바이오가스, 이산화탄소-메탄 개질 반응, 수소, 촉매

영문

Sewage treatment plant, Biogas, Carbon dioxide reforming of methane, Catalyst, Hydrogen

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	대구시 전기차용 폐배터리 재활용을 위한 양극 직접재활용 기술개발		
연구기간	2025. 2 ~ 2025. 11		
예산 연구비	30,000 천원		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input checked="" type="checkbox"/> 환경기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학연협력연구 (해당사항에 v표)	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input checked="" type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구의 목적 및 필요성</p> <p>▶ 전기차동차 폐배터리 처리 문제가 “미래 모빌리티의 중심” 대구광역시의 새로운 환경적 도전과제로 부상함.</p> <p>▶ 폐배터리에는 중금속 및 유해 물질이 포함되어 있어, 환경 오염의 위험성이 크고, 배터리의 주요 소재인 리튬, 코발트, 니켈 등의 희유 금속 회수와 재활용이 필수적.</p> <p>▶ 본 연구는 직접 재활용 공정을 통해 배터리의 원재료를 최대한 유지하면서 자원을 회수하는 것을 목표로 함.</p>		

- ▶ 직접 재활용은 강산을 사용하지 않아 폐수와 관련된 추가적인 환경 부담을 줄일 수 있음.
- ▶ 폐배터리 재활용 선순환 인프라 구축은 자원 내재화와 에너지 절감을 실현할 수 있음.
- ▶ 대구광역시는 이러한 문제에 대해 정책 수립 및 인프라 개발을 통하여 선제적으로 대응하고 있으나, 추가적인 기술 개발과 연구가 필요함.

최근 전 세계적으로 심화되고 있는 환경문제로 인해 내연기관차에서 전기차로의 전환이 빠르게 진행되고 있음. 전기차는 화석연료를 사용하지 않고, 운행 중 온실가스를 배출하지 않아 기후 변화 완화에 중요한 역할을 하고 있음. 또한, 태양광, 풍력, 수력 등 재생가능한 에너지원과 결합함으로써 지속가능한 에너지 사용을 촉진하는 핵심 대안으로 주목받고 있음. 이러한 이유로 전기차의 보급을 급속히 확대되고 있으며, 이는 환경보호와 지속 가능한 발전을 위한 필수적인 변화로 자리 잡고 있음.

전기차의 보급이 급속히 확산되면서 다양한 이점이 부각되고 있지만, 새로운 도전 과제도 함께 대두되고 있음. 그중에서도 가장 중요한 문제 중 하나는 **전기차의 핵심 부품인 배터리의 수명에 따른 폐배터리 처리 문제**임. 전기차 배터리는 보통 8~10년의 수명을 가지며, 시간이 지나면서 배터리 성능이 점차 저하됨. 이러한 성능 저하로 인해 전기차 배터리는 결국 폐기되거나 교체가 필요하게 됨.

현재 전기차 보급이 초기 단계에서 점차 중기 단계로 넘어가면서, 초기 도입된 전기차의 배터리들이 수명을 다해가고 있음. 이로 인해 국내 폐배터리 배출량 추이를 전망한 그림 1과 같이 폐배터리 발생 문제가 가시화되고 있으며, 이는 환경적, 경제적, 사회적 측면에서 심각한 도전 과제로 부각되고 있음. 폐배터리는 단순히 폐기물로 끝나는 것이 아니라, 재활용과 자원 회수가 가능하기 때문에 새로운 산업적 기회로도 볼 수 있음. 하지만 이와 동시에 배터리의 안전한 처리와 재활용 기술의 발전, 그리고 관련 법적 규제의 마련이 절실히 요구되고 있음. 폐배터리 처리 문제는 전기차의 친환경성을 유지하기 위해 반드시 해결해야 할 핵심 과제가 되고 있음.



출처 : 한국환경정책·평가연구원, 대구시 제공

<그림 1. 국내 폐배터리 배출량 추이 전망>

구분 (단위: 대)	보급실적					누적
	~2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	
전기차	90,923	46,713	100,427	164,486	162,605	565,154
승 용	88,909	31,329	71,517	123,920	115,817	431,492
승 합	840	1,016	1,290	2,074	2,820	8,040
화 물	1,150	14,320	27,566	38,417	43,940	125,447
기 타	24	48	54	21	28	175

출처 : 환경부(2024), “전기·수소차 보급 및 충전인프라 구축 현황”

<표 1. 국내 무공해차 보급 현황>

이러한 국내 폐배터리 배출량 추이를 증명하듯이, 국내에서도 전기차 보급이 빠르게 확산되고 있음을 표 1에서 확인할 수 있음. 또한, 정부의 다양한 지원 정책이 전기차 시장 성장을 촉진하고 있음. 이와 같은 전기차 시장의 성장은 환경 보호뿐만 아니라 새로운 산업적 기회를 창출하고 있음.

대한민국을 포함한 많은 국가들이 환경 보호와 자원 절약을 목표로 내연기관 차에 대한 규제를 강화하고 있으며, 전기차와 관련된 새로운 규제도 도입되고 있음. 특히, 전기차 생산 과정에서의 탄소 배출과 자원 사용에 대한 규제가 강화되고 있음. 이러한 규제는 전기차 제조사들이 생산 과정에서 탄소 배출을 줄이고, 자원 효율성을 높이기 위해 노력하도록 유도하고 있음.

정책	내용	추진 기간
안전기준 마련	<ul style="list-style-type: none"> EV 배터리를 안전하게 탈거 및 보관하기 위해 폐차업·정비업 등이 갖추어야 할 사업장 시설 기준 마련(국토부) 재활용 배터리 특성을 고려한 폐기물 안전기준 고도화(환경부) 섬 지역(제주도 등)에서 발생하는 사용후 배터리를 안전하게 운송하기 위한 ‘사용후 배터리 해상운송 가이드라인’ 마련(해수부) 	‘24년~추진 예정
전주기 안전관리	<ul style="list-style-type: none"> 성능평가 - 배터리 탈거전 재제조·재사용·재활용 활용 용도 구분 잔존성능·안정성 등 상세 평가(국토부, 환경부·산업부) 안전검사 - 재제조·재사용 배터리를 탑재한 EV의 안전한 작동 여부 등 검사기준 마련(국토부) 사후검사 - 사용후 배터리를 탑재한 EV·ESS의 지속적인 안정성 확보 및 품질 유지 검사기준 마련(산업부·국토부) 	‘24년~추진 예정
성능평가 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 사용후 배터리 성능평가 소요 시간의 대폭 단축이 가능한 평가기술·장비 개발 지원(환경부·산업부) 자동차 제작사 배터리 관리 시스템을 활용하여 사용후 배터리 성능을 평가하는 시범사업 추진(환경부) 반납 의무가 있는 사용후 배터리 성능평가를 대량 처리 가능한 ‘배터리 인라인 자동평가센터’ 운영(환경부) 	진행 중
반납 의무 제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> 반납 의무 배터리의 민간 운송부담 완화 및 안정성 강화를 위해 폐차장, 운송업체와 협업하여 회수 시범사업 실시 기존 거점수거센터 입찰제도 개선을 통해 반납 의무 배터리 입찰 참가자 비용 부담 완화 연구개발 등 공익목적에 위한 배터리 활용 시, 무상·저가 지원 	진행 중

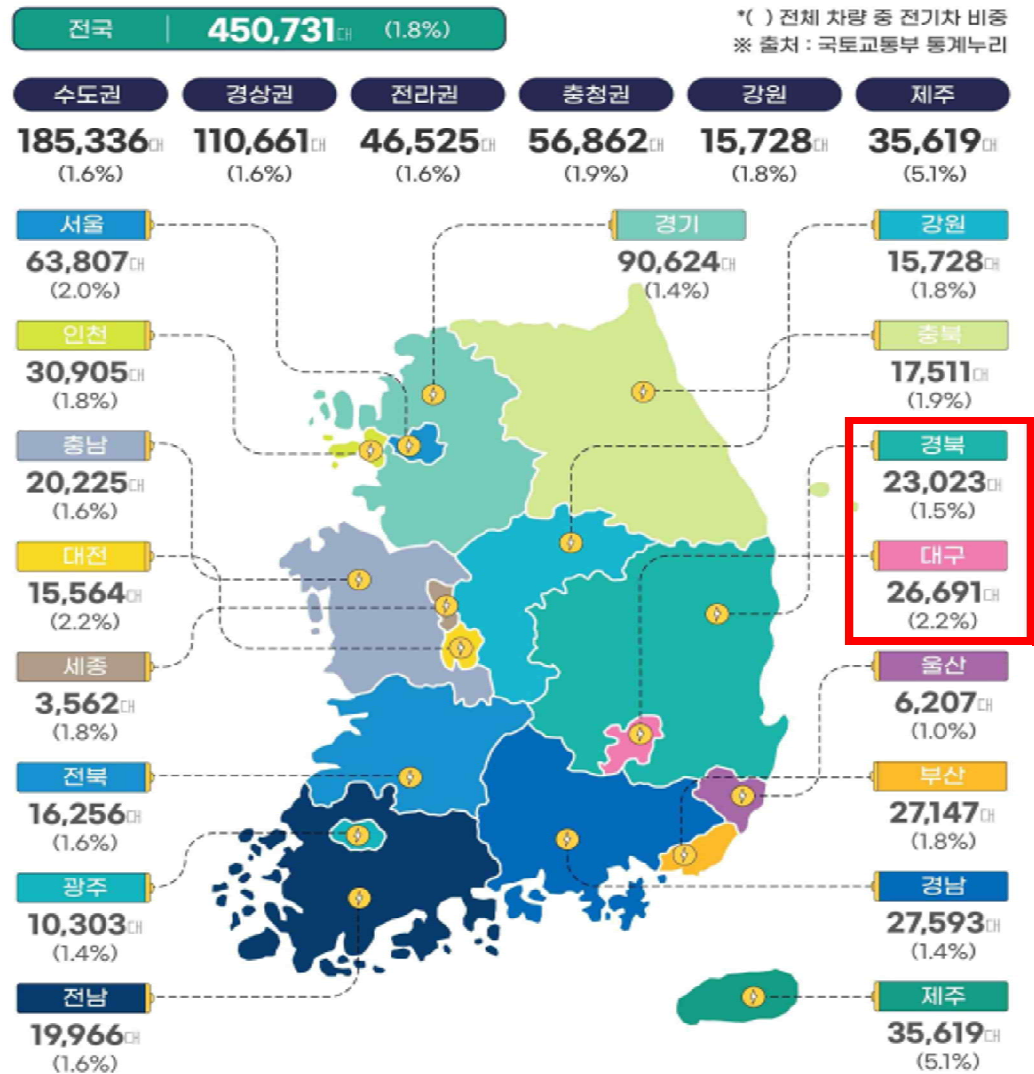
출처 : 관계부처 합동(2023),

“핵심 광물 공급 안정화 및 사용 후 배터리 생태계 조성을 위한 이차전지 전주기 산업경쟁력 강화 방안”

<표 2. 국내 폐배터리 정책 동향>

동시에 표 2에 정리한 2023년 12월 관계부처 합동 보고서 내용과 같이, 폐배터리의 처리와 재활용에 관한 법적 요구사항도 점차 엄격해지고 있음. 정부는 2030년을 전후로 폐배터리 시장 규모가 대폭 확대될 것으로 전망하며, 배터리 산업의 글로벌 경쟁력을 강화하기 위해 폐배터리 순환자원으로 지정하고 배

터리 자원순환 집적단지 건설 및 재활용 선도 프로젝트를 적극적으로 추진하고 있음. 그 예시로 지난 2023년 12월, 배터리 산업 전 분야에 5년(2024년 ~ 2028년) 간 28조 원 이상의 정책금융을 지원한다고 밝힘. 정부는 폐배터리의 안정성을 강화하기 위해 단계별 안전기준을 마련하고, 3단계 안전 점검(성능평가 - 유통 전 안전검사 - 사후검사) 시스템을 도입하여 폐배터리에 대한 신뢰성을 높이고자 함. 또한, 반납 의무 배터리 제도를 개선하여 민간 운송 부담을 완화하고 회수의 안정성을 강화하고자 함. 환경부, 국토부, 산업부가 주도적으로 정책을 추진하고 있음. 이처럼 국가적으로 폐배터리 문제 해결을 위한 관심이 커지고 있으며, 재활용 기술 개발과 실용화가 시급해지고 있음.



출처 : 전력거래소(2023), “전기차 및 충전기 보급 이용현황 분석보고서”

<그림 2. 국내 지역별 전기차 등록 현황, 2023. 5월>

전력거래소에서 발표한 그림 2의 자료에 따르면, **대구광역시의 전기차 등록 대수는 26,691대로 집계되었으며, 이는 전체 차량 대비 약 2.2%의 비중을 차지하고 있음.** 전기차 비중이 전국에서 2번째로 높은 것으로 나타남. 이러한 수치는 **대구시가 전국적으로 전기차 보급에서 선도적인 역할**을 하고 있음을 보여줌. 이는 **대구광역시가 친환경 교통수단의 확대와 환경 보호 및 도시의 지속 가능한 발전을 위해 적극적으로 노력하고 있음**을 보여주는 대표적인 근거라고 할 수 있음.

대구시 전기차 보급현황

▶ 대구시 보급현황

계(대)	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년
년도별	2,257	5,540	6,139	3,941	6,893	9,705
(누계)	(2,848)	(8,388)	(14,527)	(18,468)	(25,163)	(34,868)

출처 : 대구광역시 대구공공시설관리공단, “대구시 전기차 보급현황”

<그림 3. 대구시 전기차 보급현황>

또한, 대구광역시 공공시설관리공단에서 보고한 그림 3의 자료에 따르면, 대구의 전기차 보급은 코로나19 사태로 인한 경제적 침체기 이후에도 꾸준히 증가하고 있음. 전기차의 도입 초기에는 대중의 인식 부족과 인프라의 미비로 인해 보급이 더딘 편이었으나, 최근 몇 년간 정부 및 지자체의 정책적 지원과 함께 충전 인프라가 크게 확충되면서, 전기차 보급이 가속화되고 있음.

향후 발생할 폐배터리 문제에 관해 선제적으로 대비하기 위하여 대구광역시는 다양한 정책과 사업을 적극적으로 추진하고 있음. 그 예시로 대구광역시는 2023년부터 2025년까지 약 175억 원을 투입해 달성군에 '전기 모빌리티 융합 사용후 배터리 시험평가센터'를 구축하고 있음. 이 센터는 전기차 배터리의 안전성과 잔존 성능을 평가하며, 배터리 재사용을 위한 시제품 개발 및 전문 인력 양성 등을 지원함.

또한, 대구광역시는 폐배터리 재활용과 관련된 산업 생태계를 구축하기 위해 달성 2차산업단지에 폐배터리 시험평가센터뿐만 아니라 '2차전지 산업 순환파크' 조성도 추진 중임. 이러한 노력은 대구와 경북 지역의 그린 배터리 산업을 활성화하고, 관련 기업들을 지원하는 데 중점을 두고 있음.

구분	수도권	충청권	호남권	영남권
소재지	경기도 시흥시	충청남도 홍성군	전라북도 정읍시	대구광역시 달서구
건축면적	1,480m ²	1,075m ²	1,362m ²	1,456m ²
보관용량 폐배터리	1,097개	636개	1,320개	400개
시설전경				

출처 : 환경부(2021)

<표 3. 권역별 미래폐자원 거점수거센터 현황>

'21년 환경부에서 발표한 내용에 따르면, 전기차 보급 확대로 늘어나는 폐배터리의 회수·재활용 체계를 지원하기 위해 전국 4개 권역에 미래폐자원 거점수거센터를 준공하고 운영에 들어간다고 발표하였음. 이 중 영남권의 운영을 맡은 대구광역시는 성서공단에 위치한 센터를 통해 주로 전기차에서 발생하는 폐배터리를 수거하고 재활용하는 역할을 하고 있음.

그러나 이 미래폐자원 거점수거센터에도 몇 가지 문제점이 존재함. 예를 들어, 폐배터리를 보관하는 과정에서 화재 위험이 증가할 수 있으며, 이를 위해 능동적 화재 대응 시스템을 도입했음에도 불구하고 완전한 안전을 보장하기는 어려움. 또한, 표 3과 같이 현재 영남권 센터의 폐배터리 보관 용량이 400개로,

	<p>향후 급증할 폐배터리 양을 고려할 때 매우 부족한 실정임. 따라서, 적절한 시기에 신속하게 폐배터리를 재활용하여 자원을 회수하는 것이 필수적임.</p> <p>폐배터리는 환경적으로 위험한 중금속과 유해 물질을 포함하고 있어, 적절한 관리와 재활용이 이루어지지 않을 경우 심각한 환경 오염을 유발할 수 있음. 또한, 배터리 생산에 사용되는 리튬, 코발트, 니켈과 같은 희귀 자원들은 한정된 자원이므로, 이들을 효과적으로 회수하고 재활용하는 것은 자원 낭비를 줄이고, 경제적 효율성을 높이는데 필수적임.</p> <p>따라서, 본 연구의 목적은 전기차 폐배터리의 재활용 방식 중 직접 재활용 공정(Direct-recycling)을 연구하여, 폐배터리가 환경에 미치는 부정적인 영향을 최소화하고, 배터리의 주요 소재들을 효율적으로 회수하여 자원 재활용을 촉진하는 것임. 직접 재활용 방식은 배터리의 원재료를 최대한 유지하면서 재활용할 수 있는 기술을 개발하는 것으로, 폐배터리에서 자원을 재활용함으로써 새로운 배터리를 만들 때 필요한 원재료의 채굴을 줄이고, 희유금속 자원의 내재화를 실현할 수 있음. 또한, 현재 대부분 기업들이 채택하고 있는 습식 공정과 달리 강산을 사용하지 않기 때문에 추가적인 폐수 발생을 방지하고, 환경적 부담을 줄이는 데 기여함으로써 전기차의 친환경적 이점을 극대화할 수 있음.</p> <p>폐배터리 재활용 선순환 인프라의 구축이 현재 대두되는 사회적 환경문제 및 에너지 효율의 장기적인 해결책이 될 것임. '원료 공급 - 배터리 제조 - 배터리 이용 - 폐배터리 수거 - 재활용 공정(원료 회수) - 원료 공급'이라는 지속적인 사이클 순환을 통하여 특정 국가에 집중적으로 매장되어 있는 희유금속에 대한 대외 수입 의존도를 낮추고, 광물 자원이 부족한 국내의 금속 자원 내재화를 실현할 수 있음. 또한, 폐기물 배출 감소와 장기적인 에너지 절감의 효과도 기대할 수 있음.</p> <p>결론적으로, 전기차 보급의 급증으로 폐배터리 처리 문제는 환경적으로 매우 심각한 사안으로 부각되고 있음. 이로 인해 폐배터리의 재활용 및 자원 회수 기술 개발이 시급히 요구되고 있음. 이러한 상황에서 대구광역시가 환경적 책임감을 바탕으로 전기차 폐배터리 관련 정책 수립과 인프라 발전을 통해 미래에 발생할 문제에 선제적으로 대응하고 있는 것은 매우 긍정적인 신호임. 그러나 기술 개발 및 연구에 대한 더 많은 투자와 노력이 필요하다고 생각됨.</p> <p>따라서, 전기차 폐배터리 재활용 연구는 단순한 필요를 넘어 필수적인 과제임이 분명함. 본 연구가 대구광역시의 폐배터리 처리 문제 해결 및 재활용을 통한 자원 회수를 선도적으로 이끌 것이고, 환경 보호와 대구광역시의 지속 가능한 발전을 위한 강력한 기반이 될 것이라고 확신함.</p>
주요 연구내용	<p>○ 연구의 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 전기자전거용 리튬이차전지 배터리를 활용한 선행 연구를 통해 직접 재활용 기술 개발 ▶ 실제 전기차 폐배터리에 본 연구 기술 적용 ▶ SCIE 급 국제 저널 1편 게재 ▶ 전기차 폐배터리에서 직접 재활용 기술 적용 후 상용화 가능성 검토 ▶ 향후 직접 재활용 공정 디자인/설계/고도화 추가 연구 진행

분기별 목표	
‘25. 1분기 (1차 목표)	<ul style="list-style-type: none"> 전기차 대비 비교적 적은 용량의 선행연구 제품(주에코타이탄 전기자전거) 폐배터리 수거 (예시 - 타이탄 700 전기자전거 배터리 성능 : 21Ah, 48V, 최대 소비 전력 800W) 폐배터리 방전 및 분해 진행 Ball milling 장비를 이용하여 양극재 파·분쇄를 진행함으로써, Black Powder 획득 <p>〈결과물〉 실제 상용화되고 있는 전기자전거 폐배터리를 통하여 선행 연구 진행. 이를 통해 전처리 과정 진행 및 Black powder 획득</p>
‘25. 2분기 (2차 목표)	<ul style="list-style-type: none"> ICP-OES 장비를 이용하여 Black Powder 구성원소 조성 분석 진행 전체 Black powder 내 Li 함량 조사 손실된 리튬을 보강하기 위해 LiOH·H₂O를 이용하여 Black Powder와 재합성 <p>〈결과물〉 Black powder 내 구성원소 조성 분석 및 양극재 재합성 진행</p>
‘25. 3분기 (3차 목표)	<ul style="list-style-type: none"> 재합성된 양극재 전극 제조 및 2032 코인셀 타입 배터리 제조 Battery cyclor를 이용하여 전기화학적 테스트 진행 (셀 성능 평가) XRD, ICP-OES 등을 이용하여 추가 분석 진행 <p>〈결과물〉 재합성된 양극재를 통해 제조된 코인셀 배터리의 성능을 평가하여 직접 재활용 기술의 효과 검증</p>
‘25. 4분기 (4차 목표)	<ul style="list-style-type: none"> 실제 전기차 폐배터리에 본 연구 기술 적용 SCIE 급 국제 저널 1편 게재 지속적인 배터리 성능 테스트 및 기술 보안을 통하여 상용화 가능성 검토 <p>〈결과물〉 실제 전기차 폐배터리에 본 연구 기술 적용 및 향후 상업화 가능성 검토 및 추가 연구 진행. 더불어, SCIE 급 국제 저널 1편 게재.</p>

○ 연구의 추진 전략 및 방법

연구 수행 내용	연구 추진 기간										
	2025년										
	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	
· 전기자전거 폐배터리 수거											
· 폐배터리 직접 재활용 기술개발											
· 배터리 제조 및 성능 평가											
· 재활용된 배터리셀 테스트배드화											
· 실제 전기차 폐배터리 본 연구 기술 적용											
· 직접 재활용 공정 고도화											

○ 주요 연구 내용




연구범위	연구 내용
액체전해질 기반 리튬 이차전지 셀 방전 및 분해 기술 최적화	<ul style="list-style-type: none"> 폭발 및 화재에 대한 안정성을 고려하여 최적의 방전 조건 수립 배터리 4요소(양극, 음극, 분리막, 액체전해질)를 정확히 분리 양극박과 양극재 사이의 바인더 역할을 하는 PVDF(Polyvinylidene fluoride)를 잘 녹이기 위한 용매 스크리닝 <p>예시. N-Methyl-2-pyrrolidone(NMP), Deep Eutectic solvent(DES) 등</p>
Black Powder 획득 및 조성 분석	<ul style="list-style-type: none"> Ball milling을 통해 물리적 파분쇄 과정을 진행한 후, Black Powder 획득 ICP-OES를 분석을 통해 Black Powder 내 구성원소 조성비 분석
직접 재활용 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> LiOH·H₂O를 재합성시 투입함으로써, 손실된 리튬 보강 Tube furnace를 활용하여 합성 진행 및 온도 최적화
2032 코인셀 타입 배터리 셀 제조	<ul style="list-style-type: none"> 합성이 완료된 양극재를 이용하여 양극 전극 제조 2032 코인셀 타입 배터리 하프셀(Half-cell) 제조
배터리 셀 성능 평가 진행	<ul style="list-style-type: none"> Battery cyclor를 활용하여 배터리 셀 성능 평가 (초기 충·방전 용량 및 용량 유지력 등 분석) CV(Cyclic Voltamemery) 평가를 통한 전기적 활성 화학적 산화·환원 반응 분석 EIS(Electrochemical Impedance Spectroscopy) 평가를 통한 임피던스 분석

실제 전기차 폐배터리를 이
용한 연구 기술 적용

- ‘영남권 미래폐자원 거점수거센터’에 비치된 실제 전기차 폐배터리에 본 연구 기술인 직접 재활용 기술 적용 실험
- 추가적인 연구를 통해 상용화 가능성 검토

○ 기재보유역량

<p>[Glove Box]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 코인 셀 제조 및 분리 시, 화학 반응이나 물질의 안정성을 위해 Box 내 Ar 분위기 상태에서 ($H_2O < 2.0$ ppm, $O_2 < 0.1$ ppm) 산소와 수분을 차단 	<p>[Tube Furnace]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 고온 질소 분위기 상태에서 특정 온도로 열처리하여 원하는 구조로 합성 가능 • 열분해를 통해 폐배터리로부터 분해·해체 작업을 용이하게 함 	<p>[Vacuum Oven]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 배터리 제조 시, 활물질 속 들어있는 유기용매 및 수분을 제거하여 완벽한 건조를 위해 사용
<p>[Muffle Furnace]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 고온에서 배터리 셀을 가열하여 안정적으로 완전 방전시키기 위해 사용 • 고온 열처리를 통하여 양극박을 소성시켜 Al Foil과 활물질을 분리를 도움 	<p>[Thinky Mixer]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 활물질 제조 시 사용되는 화학 물질 및 입자를 효율적으로 혼합에 사용 • 분당 회전 속도 및 시간을 조정하여 원하는 값을 설정하여 장비 실행 가능 	<p>[Electrode Coater]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 원하는 두께와 속도를 설정한 후, 활물질을 집전체 위 도포되도록 도움 • 도포된 모든 지점에서 균일한 두께 형성
<p>[Roll press]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 제조된 전극 특정 압력을 가해 집전체와 활물질의 접착성을 증가시켜 전극의 용량 밀도를 높이는 역할 	<p>[Hydraulic Crimper]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 글로브 박스 내 제조한 코인 셀에 유압을 가하는데 사용 • 코인형태의 셀을 압착하여 접착성을 높여 용량 밀도를 높임 	<p>[Scanning Electron Microscope]</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 진공에 놓은 시료를 전자선을 주사하여 표면 형상, 입체 구조, 입자 크기 등과 같은 시료의 특성 분석에 이용

[Electrochemical Impedance Spectroscopy]	[Battery Cycler]	[Ball Milling]
		
<ul style="list-style-type: none"> EIS를 사용하여 배터리 셀의 전체 임피던스(저항)를 측정함 	<ul style="list-style-type: none"> 제조된 배터리 셀을 Battery Cycler를 이용해 다양한 충·방전 조건에서 배터리의 성능을 평가를 통해 실질적인 성능을 확인할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 폐배터리의 양극재와 같은 고체 물질을 파분쇄하거나 균일하게 물질을 혼합하는 데 사용 폐배터리에서 분리된 양극재를 Ball Milling을 통해 미세한 입자로 파분쇄

○ 연구의 기대효과

1. 환경적 효과

가) 폐기물 감소 및 오염 방지

폐배터리를 재활용하면 매립지나 소각장에서 처리되는 배터리 폐기물의 양을 줄일 수 있음. 배터리에는 중금속과 유해 물질이 포함되어 있어, 적절히 처리되지 않으면 토양과 수질 오염을 유발할 수 있음. 재활용은 이러한 환경 오염을 방지하는 데 기여할 것임. 또한, 기 상용화된 습식 침전 재활용 방식 대신 직접 재활용 방식을 연구함으로써, 재활용 시 발생하는 폐수 문제를 해결할 수 있음.

나) 자원 절약을 통한 국내의 금속 자원 내재화 실현

폐배터리 재활용을 통해 자원을 절약함으로써 국내의 금속 자원 내재화를 실현할 수 있음. 배터리에는 리튬, 코발트, 니켈 등 중요한 금속들이 포함되어 있으며, 이들 금속은 대부분 해외에서 수입됨. 그러나, 폐배터리에서 이러한 희유 금속들을 회수하고 재활용한다면, 국내에서 확보할 수 있는 금속 자원의 양을 크게 늘릴 수 있음.

다) 탄소 배출량 감소 및 에너지 절감 효과

새로운 배터리를 제조하는 데 필요한 원자재를 채굴하고 가공하는 과정에서 상당한 양의 에너지가 소비되며, 이는 탄소 배출로 이어짐. 재활용을 통해 에너지 소비를 줄이고, 탄소 발자국을 감소시킬 수 있음.

2. 경제적 효과

가) 원자재 비용 절감

폐배터리 재활용을 통해 회수된 희유 금속은 새로운 배터리 제조에 사용되어, 이를 통해 원자재 비용을 크게 절감할 수 있음. 이는 배터리 생산 비용을 줄이고, 전기차 가격을 낮추는 데 기여할 수 있음.

나) 에너지 효율성 향상

폐배터리 재활용은 새로운 원자재를 추출하고 가공하는 과정보다 에너지 소비가 적기 때문에, 제조 공정의 전체적인 에너지 효율성을 높일 수 있음. 이는 생산 비용을 절감하는 동시에 산업 전반의 경쟁력을 강화하는 데 기여할 것임.

다) 공급망 안정화

폐배터리 재활용을 통해 확보된 원자재는 글로벌 공급망의 안정성에 기여할 수 있음. 특히 리튬, 코발트, 니켈과 같은 원자재는 특정 국가에 집중되어 있어 예상치 못한 사회적 문제가 발생할 시에 공급망 리스크가 존재함. 폐배터리 재활용은 이러한 리스크를 줄이고, 원자재 공급의 안정성을 높이는 데 기여할 것임.

3. 사회적 효과

가) 새로운 고부가가치 신사업 기반으로 미래 일자리 창출

기존에 없던 고부가가치 신사업의 인프라를 기반으로 산학연 인력양성을 도모하고, 미래 일자리 창출에 기여할 것임. 이는 경제 성장과 대구, 경북 지역 경제 활성화에 크게 기여할 것임.

나) 독자적인 국내 원천기술 확보를 통한 국제 경쟁력 강화

폐배터리 재활용 기술개발은 독자적인 국내 원천기술을 확보하여 국제 경쟁력을 강화하는 데 중요한 역할을 함. 배터리 재활용은 전기차와 에너지 저장 시스템(ESS), Personal Mobility(전기자전거, 전동스쿠터 등) 산업과 함께 가야하는 필수적인 산업으로, 글로벌 시장에서의 경쟁력을 확보해야하는 필수적인 산업임. 이를 통해 글로벌 폐배터리 시장에서의 선도하는 국가 혹은 대구광역시 지자체의 주도적인 역할을 할 수 있음.

다) 사회적 책임 강화

폐배터리 재활용을 통해 사회적 책임을 강화하는 것은 대구광역시의 이미지 개선에도 중요한 역할을 할 수 있음. 기업들이 재활용 기술을 통해 사회적 책임을 다하고, 환경 보호와 지속 가능한 발전을 추구하는 모습을 보일 때, 기업의 이미지뿐만 아니라 지역 사회의 이미지를 높이는 데도 기여함. 특히, 대구광역시는 환경 친화적인 도시로서의 이미지를 강화하고, 지속 가능한 도시 발전을 추진하는 데 있어 중요한 위치에 있다고 생각함. 폐배터리 재활용에 대한 더욱 큰 관심을 가진다면, 현재 추진하고 있는 '2차전지 산업 순환파크'와 같이 대구를 친환경 선도 도시로 자리매김하는 데 기여할 것임.



<그림 4. 대구광역시 중심의 이차전지 선순환 인프라 구축>

주요
연구내용에
대한 국내외
기술현황

○ 국내 폐배터리 재활용 기업 기술현황

	포스코HY 클린메탈	에코프로 CNG	성일하이텍	새빛캠	두산리사이클 솔루션
설립 연도	2021년	2020년도	2017년도	2017년 본 사업 진행	2023년
주 공정 방식	습식 공정	습식 공정	습식 공정	습식 공정	건식 공정
주요 제품	<ul style="list-style-type: none"> 탄산 리튬 황산 니켈 황산코발트 황산 망간 	<ul style="list-style-type: none"> 리튬황산염 니켈/코발트/망간 복합액 	<ul style="list-style-type: none"> 탄산 리튬 황산 니켈 황산코발트 황산 망간 전해 구리 	<ul style="list-style-type: none"> 탄산 리튬 인산 리튬 니켈/코발트/망간 복합액 	<ul style="list-style-type: none"> 탄산 리튬 수산화 리튬

<표 4. 국내 폐배터리 재활용 기업>

○ 국외 폐배터리 재활용 기업 기술현황

	BRUNP RECYCLING	GEM	Umicore	Li-Cycle	Lithion
소재지	중국	중국	벨기에	캐나다	캐나다
설립 연도	2015년	2006년 본 사업 진행	2010년 본 사업 진행	2016년	2018년
주 공정 방식	직접 재활용	습식	건식	습식	습식
주요 제품	<ul style="list-style-type: none"> 탄산리튬 수산화리튬 수산화니켈 수산화코발트 수산화망간 인산철 	<ul style="list-style-type: none"> 탄산리튬 황산니켈 황산코발트 황산망간 알루미늄 파우더 구리 파우더 	-	<ul style="list-style-type: none"> 탄산리튬 황산니켈 황산코발트 	<ul style="list-style-type: none"> 탄산리튬 황산니켈 황산코발트 흑연

<표 5. 국외 폐배터리 재활용 기업>

표 4와 같이, 국내 폐배터리 재활용 기업 중 대부분은 습식공정을 채택하고 있음. 더불어, 국외 폐배터리 재활용 기업을 표 5를 통해 살펴보면 중국의 한 회사를 제외하고 대부분 습식공정을 채택하고 있음. 즉, **현재 국내에서는 직접 재활용(Direct-Recycling) 방식을 채택하는 기업이 없음**. 전 세계적으로도 본 연구 방식으로 공정을 진행하는 곳은 미미한 상황임.

따라서, 공정이 복잡하고 에너지 소비가 크며, 추가적인 폐수 문제를 발생시키는 단점을 가진 습식 침전 공정과는 달리, 전처리 된 폐배터리 소재를 그대로 재활용하는 직접 재활용 공정 방식을 연구개발 한다면, 공정 단순화, 비용 및 에너지 절감 효과를 가져오고, 폐수 문제를 해결할 수 있을 것임.

○ 국외 폐배터리 재활용 관련 정책 규제

국가	규제	내용
미국	인플레이션감축법	<ul style="list-style-type: none"> 미국 바이든 행정부는 미국 제조업의 부활 및 경제 활성화를

(U.S.A.)	(IRA) ^[1]	<p>목적으로 IRA를 발효함.</p> <ul style="list-style-type: none"> EV 배터리의 핵심 광물의 일정 비율 이상이 미국 또는 미국과 자유무역협정을 맺은 국가에서 추출, 가공된 것이어야 함. 핵심 광물의 일정 비율 이상이 북미에서 재활용된 것이어야 함. 배터리 부품의 일정 비율 혹은 그 이상이 북미에서 생산 혹은 조립되어야만 함. 이와 같은 조건이 성립되었을 때만 판매한 EV 1대당 총 7,500 달러 규모의 세액공제 혜택을 얻을 수 있음.
유럽연합 (EU)	배터리법 (Battery Regulation) ^[2]	<ul style="list-style-type: none"> 생산자책임재활용제도 도입을 통해 사용후 배터리 수거 목표 설정 및 재활용 효율성을 강화하고자 함. 사용후 배터리로부터 핵심 원자재 물질 회수 최소 기준 준수하여야 함. 새로운 배터리 생산 시 사용후 배터리로부터 재활용된 원료 사용 최소 비율을 준수하여야 함.
	핵심원자재법 (CRMA) ^[3]	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 전략원자재의 EU 연간 수요 대비 역내 채굴 10%, 가공 40%, 재활용 25%까지 생산역량 확대함. 2030년까지 전략원자재의 각 밸류체인에서 역외 특정국에 대한 공급 의존도 65% 이하로 감축함. EU 핵심 광물 34종 중 코발트, 배터리용 리튬, 니켈, 망간, 천 연흑연 등의 배터리 핵심 원자재가 선정되었음.

출처 : [1] FEDERAL REGISTER(2023), "Section 30D New Clean Vehicle Credit"

[2] 유럽의회(2023), "Establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending regulations"

[3] 유럽의회(2024), "An EU critical raw materials act for the future of EU supply chains"

<표 6. 국외 폐배터리 재활용 관련 정책 규제>



출처 : 유럽의회(2023), "Establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending regulations" 결의안을 기초로 재구성

<그림 5. EU 신규 배터리 생산 시, 폐배터리 필수 재활용 비율>

표 6과 같이 미국 인플레이션감축법(IRA), EU 배터리법, EU 핵심원자재법 등 전 세계적으로 배터리에 대한 법규 제정을 강화하고 있음. 그 중에서도 EU 배터리법 제8조에 따르면 배터리 신규 생산 시, 공정에 필요한 원자재의 총 비율 중 폐배터리의 재활용만을 통해서 얻어진 원자재의 최소 함유 비율을 그림 5와 같이 제정하였음. 반면, 국내에서는 아직 이와 같은 명확한 재활용 비율에 대한 법적 규정이 부재한 상황임. 이러한 차이는 글로벌 트렌드와 비교했을 때, 국내 배터리 산업에서 국제적 경쟁력을 유지하기 위해서는 향후 관련 기술개발과 법적 기반 마련이 시급한 것을 시사함.

따라서, 국내에서도 위와 같은 명확한 규제가 제정될 것을 사전에 준비하여, 보다 친환경적이고 효율적인 재활용 방식을 도입하기 위해 직접 재활용 기술개발을 통해 선제적으로 대응하는 것이 필요함. 이를 통해 글로벌 시장에서의 경쟁력을 유지하고, 지속 가능한 배터리 산업 발전에 기여할 수 있음.

연구성과 활용방안	○ 연구의 성과 지표 및 목표	
	성과 지표	성과 목표(정략적 기재)
	학술대회 참석 (폐배터리 직접 재활용을 통한 Li ⁺ 손실 보강)	구두 1건, 포스터 2건 이상 발표 (한국전기화학회, 한국공업화학회, 한국에너지기후변화학회 등)
	학회지 논문 게재 (폐배터리 직접 재활용을 통한 Li ⁺ 손실 보강)	SCIE급 1건 게재 (Korean Journal of Chemical Engineering, Chemical Engineering Journal, Advanced Functional Materials 등)
	○ 연구 성과 활용내용(계획)	
	성과 지표	활용기관
	활용가능기간/대상	
주요 키워드 (3개 이상)	한글	이차전지, 전기차, 폐배터리, 직접 재활용 공정
	영문	Secondary Batteries, Electric Vehicle, Waste batteries, Direct-recycling process

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	기후위기 시대 적응을 위한 공공하수처리시설 운영 대책 수립		
연구기간	2025. 3. ~ 2025. 12.		
예산 연구비	40,000천원		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input checked="" type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링, 위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input checked="" type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 매년 계속되는 기후위기에 따른 국지성 호우, 폭우 등의 자연재난으로 전국 하.폐수처리시설의 침수, 파손 등의 피해가 해마다 증가, 반복되고 있음.</p> <p>○ 강우시 시설용량 이상의 하수가 유입되면 초과량에 대하여 1차 처리 후 방류구로 방류하고 있지만, 한계 용량을 넘어서거나 방류구보다 하천수위가 높으면 강물이 역류하여 환경기초시설의 침수로 직결됨.</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대구지역의 공공하수처리시설은 준공 20년 이상의 노후화된 시설물이 대부분(전국 노후화율 평균 40%)으로 최근 기후위기 트렌드를 반영한 대안이 필요함. ○ 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」제 41조 등에 따라 대구공공시설관리공단(대구환경공단)도 효율적인 기후위기 적응대책 수립.이행 추진 대상기관(2022. 4월 제정)임
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구 목표 <ul style="list-style-type: none"> - 기후위기로 반복되는 국지성 호우 및 폭우에도 안정적인 시설 운영이 가능한 공공하수처리시설 운영 대책 및 비상 매뉴얼 수립 ○ 연구 내용 및 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 기상자료와 연계한 기후변화에 따른 대구지역 하수처리시설 재해 예상 시나리오 작성 <ul style="list-style-type: none"> • 최근 기상청 데이터와 하수처리장별(2~3개소) 유입유량(Q), 하천 수위 등을 연계한 상황별 예상 시나리오 작성 • 시설 운영 담당자와의 면담을 통한 시나리오 검토 - 시나리오별 하수처리시설 취약 정도 진단(하수처리시설 관로, 하천수계 등) <ul style="list-style-type: none"> • 하수처리시설 유입 특성 분석(초기우수 분석결과, 차집관로 현황도 등 활용) • 비상상황 발생시 하수처리시설 정상운영 방해인자 및 시설운영 취약 정도 파악 • 시나리오별 유입부하 변동에 따른 하수처리 프로세스 모델링 수행 (기존 플랜트에 대한 유기물 및 수리 부하 영향 검토, 강우시 플랜트 성능 및 단위 공정별 적정성 검토 등) - 기존 비상대응 매뉴얼을 활용한 기후위기 대응 매뉴얼(안) 작성 <ul style="list-style-type: none"> • 기존 매뉴얼의 비상 시 대응방법 적절성 검토 • 개발 시나리오가 반영된 하수처리시설별 신규 매뉴얼 작성 (시설의 개선 및 운영 방법 변경 여부 등 제안) • 시설 운영 담당자와의 면담을 통한 시나리오 검토 ○ 기대효과 및 파급효과 <ul style="list-style-type: none"> - 공단 하수처리시설 운영 현안사항에 대한 해결방안을 제시함으로써 급변하는 기후 위기에 대응한 선제적 시설운영 방법 모색 및 안정적인 처리수질 확보 가능 - 시설 증설 및 공정 운영방법 다변화 등 분야별 대응체계 확립으로 시설 운영 효율화 추진 - 하·폐수처리시설의 기후위기 대응 운영 매뉴얼 작성·활용으로 물환경 생태계 긍정적 가치창출 가능

주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<ul style="list-style-type: none">○ 대전 하수도 기후위기 적응대책 수립(리셋컴퍼니, 2023)○ 기후위기 대응을 위한 도시침수 관리 정책 개선방안 연구(한국환경연구원 2022)○ 하수처리시설 침수피해 분석 모형 소개(한국수자원학회 2021)○ 상하수도시스템의 기후변화 적응전략 및 적응비용 추정연구(한국환경연구원 2012)														
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none">○ 연구 성과 지표 및 목표<table border="1"><thead><tr><th>성과 지표</th><th>성과 목표(정량적 기재)</th></tr></thead><tbody><tr><td>학회지 논문 게재</td><td>1건 이상</td></tr><tr><td>공공하수처리시설 기후위기 대응 매뉴얼 작성</td><td>1건 이상</td></tr></tbody></table>○ 연구 성과 활용내용(계획)<table border="1"><thead><tr><th>활용내용(계획)</th><th>활용기관</th><th>활용가능기간/대상</th></tr></thead><tbody><tr><td>공공하수처리시설 기후위기 대응 매뉴얼 사업장 배포 및 현실화</td><td>대우공공시설관리공단 전국하수처리시설</td><td>계속</td></tr></tbody></table>			성과 지표	성과 목표(정량적 기재)	학회지 논문 게재	1건 이상	공공하수처리시설 기후위기 대응 매뉴얼 작성	1건 이상	활용내용(계획)	활용기관	활용가능기간/대상	공공하수처리시설 기후위기 대응 매뉴얼 사업장 배포 및 현실화	대우공공시설관리공단 전국하수처리시설	계속
성과 지표	성과 목표(정량적 기재)														
학회지 논문 게재	1건 이상														
공공하수처리시설 기후위기 대응 매뉴얼 작성	1건 이상														
활용내용(계획)	활용기관	활용가능기간/대상													
공공하수처리시설 기후위기 대응 매뉴얼 사업장 배포 및 현실화	대우공공시설관리공단 전국하수처리시설	계속													
주요 키워드 (3개 이상)	한글	하수처리시설, 국지성호우, 폭우, 하수처리 모델링													
	영문	WWTP, Localized torrential rains Rainfall, Heavy rain, Sewage Treatment modeling													

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	지속가능 자원순환형 현수막 재활용 섬유 복합 하드 보드 개발		
연구기간	2025. 2 ~ 2025. 11		
예산 연구비	30,000천원 (참여기업 부담금 : 현금(6,000천원),현물(3,000천원))		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input checked="" type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input checked="" type="checkbox"/> 산학연협력연구 (해당사항에 √표)	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구 목적:</p> <p>- 대구경북 지역의 현수막 폐기물 문제를 해결하기 위해, PET 원단으로 제작된 현수막을 수거하여 전처리 한 후 이를 재활용하여 섬유 복합 하드보드를 개발하여 대구경북 지역에서 발생하는 대량의 현수막 폐기물의 자원화 및 환경 오염 문제를 동시에 해결하기 위한 방안 제시하고자 함.</p> <p>○ 연구 필요성:</p> <p>- 대구경북 지역은 매년 다양한 행사 및 광고 목적을 위해 현수막</p>		

	<p>을 대량으로 사용하고 있으며, 이로 인해 사용 후 폐기되는 현수막은 지역 환경에 심각한 피해를 주고 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 현수막은 내구성을 위해 PET 원단이 주로 사용되며, 염료와 코팅으로 인해 재활용이 어려워 매립 또는 소각되는 경우가 많음. 이는 미세 플라스틱 및 유해 화학물질 방출을 유발하여 토양 및 대기 오염을 일으킴. - 대구경북 지역은 산업화로 인해 폐기물 관리에 대한 인프라가 부족하고, 특히 대규모 현수막 폐기물 처리 문제는 지역 사회의 중요한 환경 현안으로 대두되고 있음. - 현수막 폐기물을 효과적으로 처리할 수 있는 새로운 재활용 기술의 개발이 필요함. - <u>현수막 PET 원단의 전처리 기술을 개발함으로써 기존 재활용 공정의 한계를 극복하고, 재활용된 섬유 복합 소재를 활용하여 환경 친화적이고 경제적인 하드보드를 생산하는 것을 목표로 함.</u>
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수거된 현수막의 오염물 제거를 위한 전처리(클리닝) 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 현수막에 포함된 잉크, 염료, 먼지 등 오염물 제거를 위한 물리적·화학적 클리닝 방법 연구 - 수용성 세정제, 유기 용매, 열처리, 초음파 처리 등의 다양한 클리닝 공정 최적화 ○ 오염물이 제거된 현수막 원단의 커팅 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 재활용 원단의 규격화를 위한 커팅 기술 연구 - 섬유의 길이 및 균일성을 유지하며 하드보드 제조에 적합한 커팅 기술 개발 ○ 재활용 커팅 섬유와 하드보드용 기재와의 혼화성 향상을 위한 섬유 표면 처리 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 재활용 섬유의 표면 에너지 조절을 통한 기재와의 혼화성 향상 기술 연구 ; 플라즈마 처리, 화학적 개질 등을 활용한 섬유 표면 처리 공정 개발 ○ 재활용 섬유와 하드보드용 불포화 폴리에스터 혼합 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 재활용 섬유와 불포화 폴리에스터 수지의 최적 혼합 비율 도출 - 기계적 성질을 개선하기 위한 수지의 경화 속도, 접착 성능 최적화 ○ 현수막 원단 재활용 섬유 복합 하드보드 제조 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 전처리, 커팅, 표면 처리 및 혼합 공정을 기반으로 한 복합 하드보드 제조 공정 구축 - 성형 기술 및 제조 조건 최적화
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 기술 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 폐현수막 재활용 연구: 국내에서 현수막 재활용을 위한 물리적 및 화학적 처리 기술이 연구되고 있으며, 염료 및 코팅 제거를 위한 화학 처리 공정에 대한 연구가 진행 중. - PET 재활용을 통한 복합 소재 개발: PET 병을 재활용하여 고부가가치 복합재료를 개발하는 연구가 진행 중. - 정부 주도의 폐기물 재활용 프로젝트: 환경부 및 지방자치단체에서 주관하는 폐플라스틱 재활용 기술 개발 사업 진행 중이며, 폐기물 수거 및 처리 인프라 확충에 초점. ○ 해외 기술 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 미국: 염료 제거 및 섬유 복합재료로의 활용을 위한 표면 처리 기술이 상업화 단계에 있음. 재활용 PET로 만든 복합재료가 다양한 산업 분야에서 사용되고 있음. - 유럽 : EU는 순환 경제 정책의 일환으로 폐기물 재활용을 촉진하고 있으며, 고분자 폐기물 재활용 기술에 대한 연구가 활발히 이루어짐. 독일, 네덜란드 등의 국가에서는 재활용 섬유를 활용한 복합재료 및 건축 자재 개발이 진행 중.

	<ul style="list-style-type: none"> - 일본: PET 재활용 기술이 발달해 있으며, 고효율 염료 제거 및 재활용 섬유로 복합재를 제조하는 기술이 상용화됨. - 중국: 세계 최대의 폐플라스틱 처리 국가로, 폐기물 자원화를 위한 기술 개발에 집중하고 있음. 산업 폐기물을 섬유로 재활용하여 다양한 산업 재료로 활용하는 연구가 늘어나고 있음. 	
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 활용주체 및 활용대상지역 <ul style="list-style-type: none"> - 활용주체; 대구경북 지역의 지자체 환경부서(폐기물 처리 관련 부서), 플라스틱 및 섬유 재활용 관련 기업체, 정부 산하기관(한국환경공단), 민간단체(재활용 촉진 NGO) - 활용대상지역: 대구경북 지역 내 산업단지 및 공공시설, 폐기물 관리 취약 지역, 현수막 사용이 많은 대규모 행사 개최 지역 ○ 지자체 조례 제·개정 및 정책 채택 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 성과를 바탕으로 폐현수막의 효과적인 수거 및 재활용을 촉진하기 위한 지자체 조례를 제·개정. 이를 통해 대구경북 지역의 현수막 폐기물을 줄이고, 재활용된 소재의 활용을 장려하는 정책을 마련. - 현수막 폐기물 관리 및 재활용 정책 제안: 연구 결과를 활용하여 현수막의 수거, 처리 및 재활용 절차를 명확히 하는 지침을 수립하고, 지자체 및 정부 산하기관에 정책 채택을 제안. ○ 특허출원 및 등록 <ul style="list-style-type: none"> - 연구 결과로 개발된 오염물 제거 기술, 섬유 표면 처리 기술, 재활용 섬유 복합 하드보드 제조 기술 등에 대해 특허를 출원하고, 등록 절차를 완료하여 지식재산권 확보. ○ 사업화 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 섬유 복합 하드보드 상용화 및 제품 개발: 연구 성과로 도출된 재활용 섬유 복합 하드보드를 참여기업이 사업화 방안을 모색. 이를 위해 재활용 제품 인증을 받거나, 환경 친화적 건축 자재로 상용화할 수 있는 제품군을 개발하여 시장에 출시. - 재활용 원료 공급망 구축: 폐현수막의 수거 및 재활용 섬유 원료 공급을 위한 지역 내 순환 경제 시스템을 구축하고, 관련 기업체와의 협업을 통해 안정적인 재활용 원료 공급망 형성. ○ 지속 가능한 재활용 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 대구경북 지역 내 폐현수막 수거 및 재활용 시스템을 지속적으로 운영할 수 있는 체계를 마련. 친환경적 재활용 구조를 확립. ○ 국내외 확장 가능성 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 타 지역으로 기술 확장: 대구경북 지역에서 성공적인 기술 적용 및 재활용 시스템 운영 후, 전국적으로 해당 기술을 확장할 수 있는 방안 마련 및 타 지역으로의 전파 및 협력 방안 마련. 	
주요 키워드 (3개 이상)	한글	현수막 재활용, 섬유 복합, 하드보드
	영문	Banner Recycling, Fiber reinforced composites, Hard board

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	달성습지 탄소 흡수·저감량 조사연구 및 도심 습지로서의 가치분석		
연구기간	2025. 2 ~ 2025. 11		
예산 연구비	30,000천원(참여기업체명: _____, 부담금: _____ 천원)		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input checked="" type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링, 위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학연협력연구 (해당사항에 √표)	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input checked="" type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<ul style="list-style-type: none"> 과거 습지 관리는 자연경관, 야생생물, 자연경관에 대한 보호가 중점이나 최근 기후 변화에 따른 탄소흡수원으로서의 관리에 대한 중요성이 대두됨 지역 최대 습지인 달성습지의 탄소 흡수량 산정을 통한 가치분석을 통하여 습지 관리의 필요성에 대한 기초자료 확보 및 향후 정책적 관리 방안 마련 		
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 달성습지의 위치적, 공간적 분석을 통한 생태적 가치 분석 달성습지 내 기후 변화에 따른 식물 종의 증감 분석 		

	<ul style="list-style-type: none"> • 달성습지 내 늪, 수목, 수생식물 등의 탄소 흡수량 및 저장량 조사 • 달성습지 내 생태환경 요소별 탄소 감축 특성 분석 • 달성습지의 탄소 감소 효과 분석 및 효율적 관리 방안 제시 	
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<ul style="list-style-type: none"> • 하천 습지의 탄소흡수원 조사를 위한 산업용 드론 기반의 지형조사 방법론 연구(대한환경공학회) • 국내 내륙습지 부문 온실가스 배출량 산정을 위한 추진 방안 연구 - 분류체계 및 배출·흡수계수를 중심으로 - (한국기후변화학회) • 내륙습지 총량관리제도의 고찰 및 도입 방안 제안(한국습지학회) 	
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> • 환경부와 대구광역시 등 중앙·지방 정부의 습지 관리 정책자료 및 습지 관련 시설(달성습지생태관 등) 유지관리와 시민 교육·홍보를 위한 자료로 활용 • 대구광역시에 산재한 습지들의 탄소 저감량 산정 및 가치산정의 기초자료 및 활용·관리 방안에 대한 기본자료로 활용 	
주요 키워드 (3개 이상)	한글	내륙습지, 탄소흡수량 산정, 습지의 가치, 습지의 효율적 관리
	영문	Inland wetland, Calculation of Carbon Absorption Amount, Value of wetlands, Management of wetlands