

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	빅데이터 기반 인천항 VSR 정책 분석 및 탄소배출량 저감 방안 도출		
연구기간	2025년 3월 ~ 2025년 11월(9개월)		
예산 연구비	40,000,000원		
과제분류	연구분야 및 세부연구분야		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
<input checked="" type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <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"/> 하수처리시스템 <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"/> 음식물쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물관리 기타 <input type="checkbox"/> 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"/> 폐광토양오염, 지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input checked="" type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input checked="" type="checkbox"/> 온실가스배출량 감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권 거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	1. 연구목적 <input type="checkbox"/> 선박 이동 빅데이터를 활용하여 탄소 배출량 계산 ○ 인천항 인근 AIS 데이터를 활용하여 선박의 세밀한 이동 경로와 실제 속도를 분석하여 기존의 단순 추정 방식이 아닌 실제 경로 기반으로 탄소 배출량을 보다 정밀하게 산정하여 인천항 VSR 정책의 탄소 감축 효과를 측정 <input type="checkbox"/> 머신러닝 기반의 선박 이동 경로 및 속도 변화 분석 ○ 선박의 이동 경로와 속도 변화를 분석하는 인공지능 기술을 적용하여 인천항 주변의 특정 구간에서 속도와 배출량이 증가하는 구간을 파악함으로써 선박의 탄소 배출량이 증가하는 패턴을 추출 <input type="checkbox"/> 시나리오 분석을 통한 최적의 정책 도출 ○ 다양한 VSR 정책 시나리오를 적용한 배출량 변화 모의실험을 통해 인천항의 탄소 배출량 감축을 위한 최적의 정책 도출 <input type="checkbox"/> 탄소중립·녹색성장 달성을 위한 정책 제안 ○ 선박의 속도 증가로 인해 탄소 배출량이 증가하는 인천항 주요 구역을 대상으로 집중적인 규제와 조치를 마련하여, 인천광역시의 탄소중립 및 녹색성장에 맞춘 효과적인 배출량 감축 정책을 제안		

2. 연구 필요성

○ 초국경 거래와 국제 화물운송의 확대에 따른 탄소 배출량 증가

- 해상운송은 전 세계 무역의 80% 이상을 차지하며, 온실가스 배출량은 해상 운송 증가에 따라 2050년까지 2008년 대비 최대 130% 증가할 것으로 예상
- 2040년 이후에는 전체 배출량의 10%를 초과할 것으로 예측
- 해상 운송에서의 탄소 배출량 감소는 기후 변화 대응에 필수적인 과제

○ 기후변화로 인해 세계적 해결 과제로 대두한 탄소 감축

- 2018년 IMO는 2008년 대비 2050년까지 국제 해운의 총 GHG 배출량을 50% 이상 줄이는 것을 목표를 설정했으며, 2023년에 발표된 새로운 전략에서는 2050년까지 '순배출 제로(net-zero)'를 달성하는 것을 목표로 하는 중
- 유럽연합은 2017년부터 MRV(Monitoring, Reporting, and Verification) 시스템을 도입하여, 유럽 항만에 정박하는 5,000GT 이상의 모든 선박에 대해 탄소 배출량을 추적하고 있음
- 인천광역시도 이러한 글로벌 흐름에 맞추어 '인천광역시 탄소중립 녹색성장 기본계획'에 근거하여 인천항을 중심으로 하는 물류 분야의 탈탄소화 실현을 향한 강력한 친환경 정책 추진 필요

○ 물류 분야의 탄소 감축을 위한 인천항의 VSR 정책 시행 현황

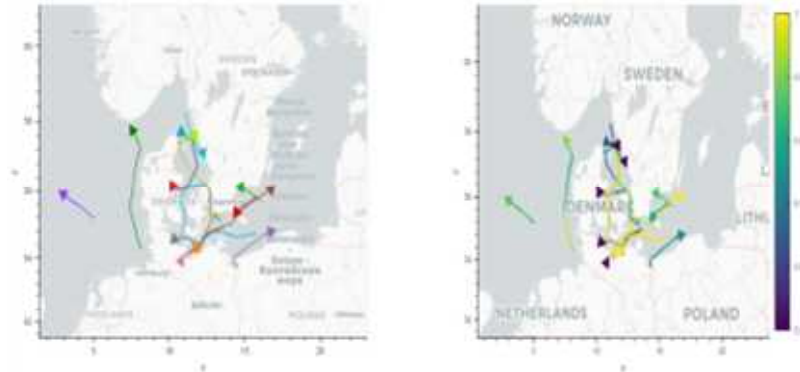
- 인천항은 글로벌 물류 항만으로 화물 처리량 기준으로 세계 27위, 컨테이너 항만 기준으로 세계 50위 규모를 자랑하며, 인천항 인근의 선박 활동으로 인해 발생하는 탄소 배출량이 많으며, 이는 기후변화에 큰 영향을 미침
- 인천항은 2019년부터 VSR(Vessel Speed Reduction) 정책을 시행하고 있으며, 이는 선박이 특정 해역에서 속도를 제한하여 탄소 배출을 감소시키고, 환경 보호와 지속 가능한 해양 운송을 목표로 함
- 인천항에서 시행 중인 VSR 정책의 참여 선박 수는 매년 증가하고 있으며, 2019년 도입 당시 대상 선박 중 31%만 참여했지만, 2023년에는 68%까지 참여율이 증가하여 정책의 중요성이 더욱 부각되고 있음

○ VSR 정책 평가와 효율 향상을 위한 선박 활동과 탄소 배출 분석

- 선박의 탄소 배출량은 속도에 크게 영향을 받지만, 기존 연구들은 선박의 상세한 이동을 반영하지 않아 정책 효과가 과소평가될 가능성이 있으며, 단순한 추정치를 사용해 선박의 움직임을 분석하여 속도 변화가 발생하는 구간과 배출량이 증가하는 주요 지점을 명확히 파악하는데 어려움이 있음
- 인천항과 같은 해상 교통량이 많은 지역에서 VSR 정책은 중요한 과제로, 주요 탄소 배출원을 파악하고 이를 효과적으로 규제함으로써 많은 탄소 배출을 감축할 수 있는 잠재력이 있음
- 본 연구에서는 인천광역시의 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위해, 인천에서 시행 중인 VSR 정책이 실제로 탄소 배출량 절감에 얼마나 효과적인지 선박의 위치 정보를 실시간으로 수집하는 AIS(Automatic Identification System) 빅데이터를 활용하여 평가. 또한, 인공지능 기반 선박 패턴 분석을 통해 속도 변화와 배출량 변화를 분석하여 배출량이 증가하는 주요 구간을 식별하고, 효과적인 탄소 감축 정책을 제시함으로써 인천광역시의 탄소중립 및 녹색성장 기본계획 실현에 기여하고자 함

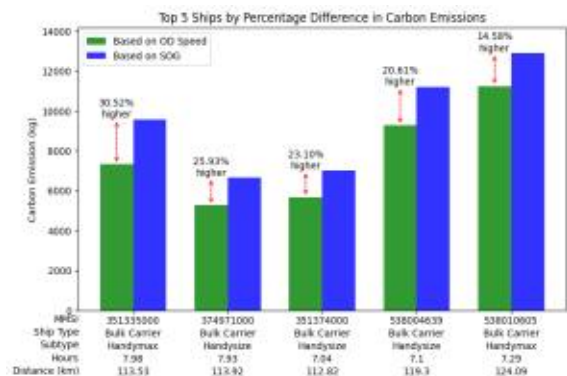
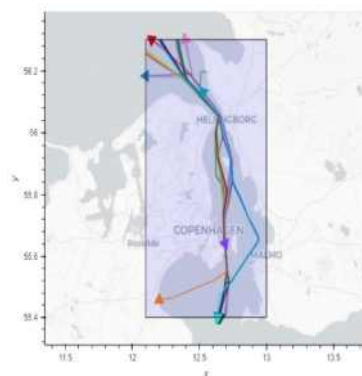
○ AIS 빅데이터와 GIS를 활용한 선박 이동 경로와 속도 변화 분석

- 본 연구에서는 인천항을 오가는 선박의 이동 경로를 분석하기 위해 AIS 빅데이터를 GIS(Geographic Information System)와 결합하여 사용함. AIS는 선박의 위치, 속도, 방향 등 다양한 정보를 짧은 주기로 제공하여 선박 운항 중 배출된 탄소량을 상세하게 산정할 수 있으며, GIS는 이러한 정보를 공간적으로 시각화하고 분석하는 도구로 활용됨. 이를 통해 인천항에서 이동하는 선박의 경로와 배출량 변화를 보다 정확하고 직관적으로 파악할 수 있으며, VSR 구역 내 속도 변화 및 특정 지점에서 발생하는 공간적 패턴을 분석함으로써 탄소 배출 감소 효과를 명확하게 평가하고, 정책의 효율성을 높이는 데 기여할 수 있음



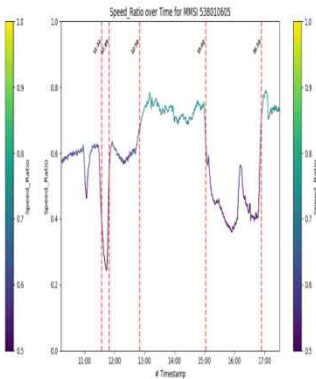
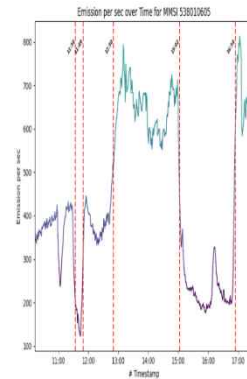
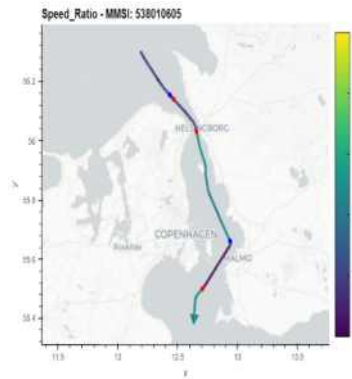
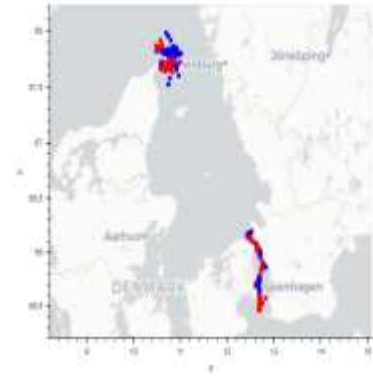
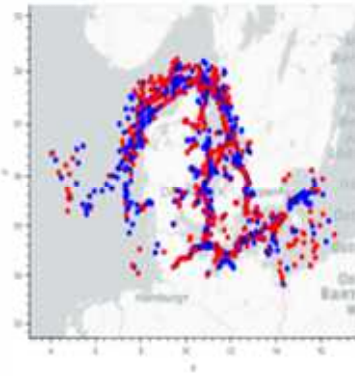
○ AIS 데이터 분석을 통한 인천항 VSR 정책의 탄소 배출 저감 효과 평가

- 선박 속도는 탄소 배출량에 직접적인 영향을 미침. 선박이 속도를 높이면 탄소 배출량이 크게 증가하는데, 이를 반영하여 배출량을 계산함. 특히, 선박 속도가 증가할수록 연료 소비와 배출량이 속도의 세제곱에 비례하여 급격히 증가하는 '프로펠러 법칙'을 적용하여, AIS 데이터를 기반으로 각 구간별 탄소 배출량을 계산함. 이를 통해 VSR 정책의 도입이 실제로 탄소 배출량을 얼마나 줄였는지 구체적으로 평가



○ 머신러닝 알고리즘을 통한 인천항 인근 탄소 배출량 증가 지점 추출

- 선박의 탄소 배출량이 증가하는 주요 지점을 찾기 위해 선박의 속도 증감을 추출하는 머신러닝 알고리즘을 사용하여 속도 변화 지점을 탐지함. 이를 통해 VSR 구역 내 선박 속도가 증가하는 구간을 파악하고, 인천항 내 탄소 배출량이 증가하는 주요 패턴을 분석하여 탄소 배출량을 효과적으로 줄일 수 있는 중요한 구간을 식별



○ 다양한 시뮬레이션을 통한 인천항 탄소중립에 맞는 최적안 도출

- 속도 제한 구간, 속도 수준을 조정하여 다양한 시나리오를 설정함. 각 시나리오에 따른 배출량 및 운항 시간 변화를 시뮬레이션하고, 탄소중립 및 녹색성장 달성을 목표로 환경적, 경제적, 운영적 측면을 종합적으로 고려한 최적의 정책 방안을 도출함


○ 저속 운항을 통한 탄소 배출량 감축

- 저속 운항은 선박 속도를 줄여 연료 소비와 온실가스 배출을 감소시키는 전략으로, 운영 효율성을 높이고 배출을 최대 60%까지 줄일 수 있음 (Balcombe et al., 2019). 현재 유럽 해역, 그리스 연안 해운, 북극 항로 등에서 이 전략의 효과를 연구한 사례가 있으며(Boersma et al., 2015; Karountzos et al., 2024; Jing et al., 2021), 이러한 연구들은 선박의 연료 소비와 배출량 감소에 중점을 두고 있음
- 그러나 기존 연구들은 선박의 상세한 속도 변화를 반영하지 못하고 시종점 기반 속도를 사용하여 배출량을 추정하는 한계를 가짐. 이러한 방법은 실제 배출량을 정확히 평가하지 못하고, 배출 증가 구간을 파악하기 어려움. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 인공지능 기술을 활용하여 선박의 이동 경로와 속도 변화를 분석함

○ AIS 빅데이터와 배출량 산정

- AIS 데이터는 선박의 위치, 속도, 방향 등의 정보를 실시간으로 제공하여 배출량 산정에 높은 정확성을 제공함(Jalkanen et al., 2009). AIS 데이터를 활용한 연구들은 해양 안전과 환경 보호를 위해 다양한 분야에서 진행되어 왔으며, 배출량 추정에 있어 중요한 역할을 해옴(Yang et al., 2019)

주요 연구내용에
대한 국내외
기술현황

	<div>○ 선박 이동 분석을 통한 탄소 배출 분석</div> <div><div>- 선박의 실제 이동 경로와 속도 변화 분석은 배출량이 증가하는 구간을 파악하고, 이를 통해 탄소 배출 감소 전략의 효과를 극대화할 수 있는 방법을 제시함. 선박 이동 분석과 유사한 방식으로 자전거, 차량, 사람들의 이동 데이터를 활용한 다양한 연구가 진행되고 있으며(Straub & Graser, 2015; Su et al., 2022; Chen et al., 2017), 이를 통해 이동 패턴을 분석하고 최적의 경로를 도출하고 있음</div><div>- 선박의 경우 육상 네트워크와 달리 자유롭게 이동할 수 있기 때문에 이동 경로와 속도 변화를 분석하는 것이 더 복잡함(Wen et al., 2014). 본 연구에서는 이러한 복잡성을 해결하기 위해 속도 증감 추출 인공지능을 활용하여 선박 이동 중 속도가 증가하는 주요 지점을 자동으로 분석함. 이를 통해 VSR 정책의 효과를 검증하고, 개선 방향을 제시할 수 있음</div></div> <div>○ 연구의 한계와 목표</div> <div><div>- 기존의 저속 운항 전략 및 AIS 데이터 기반 배출량 산정 연구는 선박의 세밀한 움직임을 반영하지 못하고 있으며 정확한 배출량 분석이 어려움. 또한, 이동 분석 연구는 도로 네트워크에 주로 적용되어 선박의 자유로운 이동 패턴을 분석하는 데 한계가 있음</div><div>- 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 선박의 상세한 이동을 반영한 AIS 데이터를 사용하고, 인공지능 기술을 적용하여 선박의 이동 경로와 속도 변화를 반영한 탄소 배출량 산정 방법을 제시함. 이를 통해 인천항의 VSR 정책 효과를 평가하고, 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위한 실질적인 정책 방향을 제안함</div></div>													
연구성과 활용방안	<table><tr><th colspan="2">성과항목(주요성능)</th><th>단위</th><th>목표치</th><th>측정방법</th></tr><tr><td colspan="2">SCI/SSCI급 국제학술지 논문 출판</td><td>편수</td><td>2편</td><td>논문 게재 여부</td></tr></table>				성과항목(주요성능)		단위	목표치	측정방법	SCI/SSCI급 국제학술지 논문 출판		편수	2편	논문 게재 여부
	성과항목(주요성능)		단위	목표치	측정방법									
	SCI/SSCI급 국제학술지 논문 출판		편수	2편	논문 게재 여부									
	활용내용		활용기관	활용가능 기간 및 대상										
	VSR 정책 개선을 위한 정책 제안 및 채택		인천항만공사	<div>- 연구 완료 후 6개월 이내</div> <div>- 인천항만공사의 VSR 정책 수립 및 개선에 적용</div>										
	선박 이동 및 배출량 산정 매뉴얼 작성		인천항만공사, 해양수산부, 환경부	<div>- 연구 완료 후 1~2년 내</div> <div>- 매뉴얼을 배포하여 국내외 해운 산업에서 활용</div>										
해운 및 항만 정책 수립을 위한 제안		인천광역시, IMO, UNCTAD	<div>- 연구 결과를 통해 향후 1~3년 내</div> <div>- 국제 해운 및 항만 정책 개선을 위한 협의에 활용</div>											
주요 키워드 (3개 이상)	한글	VSR, 탄소 배출량 산정, 머신러닝, 빅데이터, 선박 이동 분석												
	영문	Vessel Speed Reduction Program, Carbon Emission, Machine Learning, Big Data, Ship Movement Analysis												
평가 의견 ※ 연구계획서 작성 시 반영	<div> 선박의 규모별 온실가스 배출량에 미치는 영향분석 후 적용이 필요한 최소 규모 선박을 결정할 필요가 있음</div>													

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	초분광 영상과 인공지능 학습을 통한 인천 남동유수지 주변지역의 쓰레기 자동 탐지 방법에 관한 연구		
연구기간	2025년 3월 ~ 2025년 11월(9개월)		
예산 연구비	60,000,000원		
과제분류	연구분야 및 세부연구분야		
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input checked="" type="checkbox"/> 조사연구 <input type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학협력연구 (해당사항에 V표)	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"/> 하수처리시스템 <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"/> 음식물쓰레기 처리 <input checked="" type="checkbox"/> 폐기물관리 기타 <input type="checkbox"/> 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"/> 폐광토양오염, 지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량 감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권 거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input checked="" type="checkbox"/> 기타	
연구의 목적	1. 연구목적 <input type="checkbox"/> 남동 유수지 쓰레기 자동 탐지를 위한 초분광 영상의 인공지능 학습데이터 구축 연구 <ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능 학습데이터 구축을 위한 초분광 영상 촬영 방법 정립 ○ 초분광 영상을 이용한 유수지 내 쓰레기 유형별 분광 정보 분석 ○ 쓰레기 유형별 분광정보를 통한 학습 데이터 구축 ○ 자동 탐지 및 쓰레기 발생량 추정 알고리즘 개발 및 검증 <input type="checkbox"/> 초분광 영상을 이용한 인천 유수지내 쓰레기 탐사 및 발생 현황 조사 <ul style="list-style-type: none"> ○ 초분광 영상 자료 획득 및 자동 탐지 알고리즘 적용 ○ 인공지능 응용 모델을 활용하여 유수지 내 쓰레기를 자동으로 탐지 ○ 쓰레기 발생 현황조사 및 GIS 데이터베이스 구축 2. 연구 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 인천 남동유수지는 환경적으로 중요한 역할을 하는 습지로, 철새들의 서식지 이자 도시물 관리를 위한 핵심 지역임. ○ 그러나 유수지 주변 지역에 넓은 범위에 산발적으로 쓰레기가 모여 있으며, 이는 악취를 유발하고 집중호우 시 쓰레기가 바다로 유입되어 해양쓰레기의 원인이 되고 있음. ○ 남동유수지는 저어새와 같은 멸종위기종의 번식지로, 환경단체와 시민들이 주기적으로 쓰레기를 수거하고 서식지를 보호하는 활동을 하고 있으나, 이러한 노력만으로는 문제를 근본적으로 해결하기 부족함. 		

- 따라서 효율적인 쓰레기 모니터링을 위해서는 항공 촬영을 통한 이미지 획득과 자동화된 탐지 방법이 필요함.
- 남동 유수지 내 쓰레기 발생량을 상시 모니터링하고, 효과적인 자동 탐지모델을 개발하여 환경 보호와 지속 가능한 관리를 위한 기초자료를 제공할 필요가 있음.



그림 9 연구 대상지역



그림 10 남동유수지 쓰레기 현황

<https://www.incheonin.com/news/articleView.html?idxno=96021>



그림 11 남동유수지 쓰레기 발행 현황

□ 지역환경 현안문제 부합성

- 인천시 습지보전 실천계획 수립
 - 인천시가 수립중인 '습지보전실천계획'은 남동유수지와 송도 갯벌 등 인천 지역 습지를 보전하기 위한 중장기 계획이 2024년까지 용역을 통해 인천 지역 습지의 현황조사와 보전 목표를 설정하며, 2025~2029년 동안 실행될 예정이며, 주요 보전 시책과 자원 조달 방법을 마련할 계획이며, 남동유수지 쓰레기 처리 문제도 이 과정에서 다뤄질 수 있음.
 - 특히 쓰레기 문제는 오염물질 관리와 함께 환경 개선을 위한 중요한 항목이 될 것으로 기대됨.
- 인천시 시민단체 활동
 - 인천시 시민단체들은 남동 유수지 쓰레기 문제 해결을 위해 다양한 프로젝트를 진행하고 있음. 인천환경운동연합의 경우 2023년부터 저어새 둥지 서포터즈 운영을 통해 남동유수지 주변 정화 활동을 진행하면서 쓰레기 문제를 해결하려고 노력하고 있음.



그림 12 인천환경운동연합 서포터즈 활동

<https://inchon.ekfem.or.kr/posts/j5tLY5>

- 스마트 해양환경 관리 시스템
 - 인천시는 해양 쓰레기 문제를 효과적으로 해결하기 위해 스마트 해양환경관리 시스템을 도입해 운영하고 있음.
 - 이 시스템은 첨단 기술을 활용하여 해양 환경을 실시간으로 모니터링하고 관리하는 것이 특징임.
 - 2022년부터 해양수산부 주관의 '탄소중립 오션 뉴딜 사업'에 의해서 시작된

	<p>이 시스템은 2025년까지 약 70억원의 예산이 투입될 예정이며, 현재는 자월도에서 시범 운영중임.</p> <p>- 이후 영흥도, 덕적도 등 인천의 여러 도서 지역으로 확장할 계획임</p>																
주요 연구내용	<p>□ 인공지능 학습데이터 구축</p> <ul style="list-style-type: none">○ 유수지 내 쓰레기 유형별 학습데이터 구축을 위한 현장 조사○ 인공지능 학습데이터 구축을 위한 초분광 영상 촬영○ 초분광 영상을 이용한 유수지 내 쓰레기 유형별 분광정보 분석○ 유수지 내 쓰레기 바운딩박스 및 폴리곤 데이터 라벨링을 통한 구축 보완 <p>□ 유수지 내 쓰레기 자동탐지를 위한 인공지능 응용모델 최적화</p> <ul style="list-style-type: none">○ 유수지 내 쓰레기 자동 탐지를 위한 인공지능 응용모델 최적화○ 유수지 내 쓰레기 발생량을 정량화하기 위한 인공지능 응용모델 최적화 <p>□ 인천 유수지 내 쓰레기 탐사 및 발생 현황 조사</p> <ul style="list-style-type: none">○ 인천 유수지 전체에 대한 드론 촬영○ 인공지능 학습데이터를 이용하여 인천 유수지 내 쓰레기 자동탐사○ 유수지 내 쓰레기 발생 현황분석을 위한 GIS DB 구축 및 지도화																
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<p>□ 드론 영상의 활용 및 정확도 향상 연구</p> <ul style="list-style-type: none">○ 드론 속도와 쓰레기 인식률에 관한 연구<ul style="list-style-type: none">- 정동원, 이유정, 이석훈. (2021). 드론의 속도와 쓰레기 인식률에 관한 연구. 한국정보기술학회논문지, 19(5), 39-50, 10.14801/jkiit.2021.19.5.39○ 해안 쓰레기의 정확한 데이터 획득을 위한 드론 비행경로 보정에 관한 연구<ul style="list-style-type: none">- 김종현, 이석훈, 정동원. (2019-06-13). 해안표착 쓰레기의 정확한 데이터 획득을 위한 해안 영상 데이터 기반의 드론 비행경로 보정에 관한 연구. Proceedings of KIIT Conference, 대전. <p>□ 딥러닝 및 AI를 이용한 모니터링 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none">- 최경아. (2021). 드론 및 AI를 이용한 해안 쓰레기 모니터링 체계: 제주도 사례 중심으로. 대한공간정보학회지, 29(4), 127-138, 10.7319/kogsis.2021.29.4.127- 김흥민, 박수호, 한정익, 예건희, 장선웅. (2022). 위성 및 드론 영상을 이용한 해안쓰레기 모니터링 기법 개발. 대한원격탐사학회지, 38(6), 1109-1124, https://doi.org/10.7780/kjrs.2022.38.6.1.12																
연구성과 활용방안	<p>□ 성과항목 목표치</p> <table><tr><th>성과항목(주요성능)</th><th>단위</th><th>목표치</th><th>측정방법</th></tr><tr><td>인천 유수지 내 쓰레기 조사</td><td>매</td><td>1,000</td><td>드론을 이용하여 촬영된 영상수 측정</td></tr><tr><td>유수지 내 쓰레기 검출률</td><td>%</td><td>70%</td><td>육안 탐지를 기준으로 검출률 계산</td></tr><tr><td>학술논문</td><td>건</td><td>1</td><td>학술논문 게재</td></tr></table>	성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법	인천 유수지 내 쓰레기 조사	매	1,000	드론을 이용하여 촬영된 영상수 측정	유수지 내 쓰레기 검출률	%	70%	육안 탐지를 기준으로 검출률 계산	학술논문	건	1	학술논문 게재
성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법														
인천 유수지 내 쓰레기 조사	매	1,000	드론을 이용하여 촬영된 영상수 측정														
유수지 내 쓰레기 검출률	%	70%	육안 탐지를 기준으로 검출률 계산														
학술논문	건	1	학술논문 게재														

	□ 연구성과 활용방안			
	활용내용		활용기관	활용가능 기간 및 대상
	인천 남동 유수지 내 쓰레기 탐사 및 처리		남동구청	2025~2027년/ 치수과, 미래전략과
	인천 남동 유수지 내 쓰레기 저감 종합계획 수립		인천광역시	2025~2027년/ 환경기후정책과
주요 키워드 (3개 이상)	한글	남동유수지, 쓰레기, 악취, 인공지능, 드론		
	영문	Namdong Detention Basin, Debris, Stench, AI, Drone,		
평가 의견 ※ 연구계획서 작성 시 반영	<div>☞ 쓰레기의 면적분포, 종류뿐만 아니라 정량적 분석이 가능하도록 학습이 필요한 AI 기술개발 필요</div> <div>☞ 인공지능 학습데이터 활용을 위한 구체적인 데이터 확보 전략과 정량적 목표 설정 필요</div> <div>☞ 남동유수지 포함 연구지역 범위를 대폭 확대할 필요가 있음</div>			

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	인천시 4·5종 사업장 악취 개선을 위한 업종별 최적의 방지시설 제안		
연구기간	2025년 3월 ~ 2026년 11월(2년)		
예산 연구비	(1차 년도) 50,000 천원 (2차 년도) 50,000 천원		
과제분류	연구분야 및 세부연구분야		
<input type="checkbox"/> 환경정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input checked="" type="checkbox"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학협력연구 (해당사항에 V표)	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"/> 하수처리시스템 <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"/> 음식물쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물관리 기타 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링 위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input checked="" type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염, 지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량 감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권 거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타	
연구의 목적 및 필요성	<input type="checkbox"/> 연구목적 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구는 인천시 관내 4·5종 사업장에 대하여 악취 관리가 필요하다고 판단됨에 따라 업종별 악취 성상 분석을 통해 업종별로 특화된 악취 방지시설 및 악취 관리방안을 제안하는 것을 목표로 함 ○ 제안 내용을 바탕으로 설계 자료를 작성하고, 시범 운영(Pilot test)을 실시하여 설계의 적정성 검토를 통해 제안 내용의 신뢰성을 확보하고자 함 <input type="checkbox"/> 연구의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 인천시 관내 4·5종 사업장에서 배출되는 오염물질을 관리하기 위해 소규모사업장 방지시설 설치지원사업 등을 진행하고 있으나 대부분 대기오염 물질 제어에 집중되어 있음 ○ 또한, 현재 운영 중인 방지시설은 각 시설의 악취 특성과 맞지 않거나, 용량 부족과 유지관리 미흡 등의 문제가 있어 악취를 효과적으로 처리하지 못하고 있음 ○ 따라서, 4·5종 사업장의 악취 관리를 위해 악취 저감 효과와 경제성을 모두 고려하여 각 업종에 맞는 최적의 악취 방지시설 설계를 제안하고자 함 <input type="checkbox"/> 지역환경 현안문제 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 인천시 내 남동국가산업단지와 주안국가산업단지 등 총 18개의 산업단지가 위치하고 있으며, 인천시 내 환경오염물질 배출사업장의 경우 약 95%가 4·5종 사업장으로 조사됨 		

	<ul style="list-style-type: none">○ 인천은 산업단지가 도심에 위치하거나 주거지역과 인접하여 있어 사업장에서 배출되는 악취 및 오염물질로 인한 영향이 큰 편으로 인천시 내 악취를 개선하기 위해서는 4.5종 사업장의 악취 관리가 필요함												
주요 연구내용	<div><div><div>□ (1차년도) 인천시 관내 4.5종 사업장 대표군 선정<ul style="list-style-type: none">○ 인천시 관내 4.5종 사업장 업종 분류 및 주요 업종 파악<ul style="list-style-type: none">- 인천시 4.5종 사업장의 주요 업종을 연구 대상 업종으로 선정○ 업종별 악취 조사 대상 사업장 선정<ul style="list-style-type: none">- 악취 조사는 업종별로 대표 사업장 3곳을 선정하여 진행- 사업장 선정은 각 사업장의 생산량 및 가동율을 고려하여 각 업종을 대표하는 사업장으로 선정함</div><div><div>□ (1차년도) 사업장 업종별 악취 성상 조사<ul style="list-style-type: none">○ 업종별 조사 대상 사업장 악취 관리 현황 조사○ 업종별 조사 대상 사업장 악취 성상 조사<ul style="list-style-type: none">- 업종별 선정된 조사 대상 사업장 악취 측정 및 분석- 업종별 조사 대상 사업장의 악취 분석결과를 기준으로 해당 업종의 악취 성상 및 특성 자료로 활용</div><div><div>□ (1차년도) 사업장 업종별 악취 특성과 경제성을 고려한 악취방지시설 제안<ul style="list-style-type: none">○ 사업장 업종별 악취 성상 조사 내용을 바탕으로 각 업종에 최적화된 악취 및 방지시설 관리 방안 제안<ul style="list-style-type: none">- (예시) 인천시 4.5종 사업장 대표군</div><table><tr><th>사업장 대표군(예시)</th><th>주요 악취 물질[※]</th><th>최적의 관리 방안 (예시)</th></tr><tr><td>펄프제조공장</td><td>황화수소, 메틸머캅탄, 황화합물 등</td><td>생물탈취법</td></tr><tr><td>도장공장</td><td>케톤.알데하이드류, VOCs 등</td><td>활성탄 흡착탑</td></tr><tr><td>주물제조공장</td><td>암모니아, 트리메틸아민, 질소화합물 등</td><td>습식 세정탑</td></tr></table><div>※참고자료: “주요 업종별 악취 특성 연구”, 부산광역시 보건환경연구원보 제 14권, 산업환경과, 김시영 외</div><ul style="list-style-type: none">○ 경제적 타당성을 고려한 각 사업장에 가장 적합한 악취 방지시설 설계자료 작성</div><div><div>□ (2차년도) 설계 적정성 검토<ul style="list-style-type: none">○ 악취 방지시설 설계 자료를 바탕으로 시범 운영(Pilot test) 진행<ul style="list-style-type: none">- 시범 운영(Pilot test) 대상 사업장 선정- 시범 운영(Pilot test) 가동 기간 및 일정 조율○ 시범 운영(Pilot test) 결과를 바탕으로 설계의 적정성 판단</div></div></div></div></div>	사업장 대표군(예시)	주요 악취 물질 [※]	최적의 관리 방안 (예시)	펄프제조공장	황화수소, 메틸머캅탄, 황화합물 등	생물탈취법	도장공장	케톤.알데하이드류, VOCs 등	활성탄 흡착탑	주물제조공장	암모니아, 트리메틸아민, 질소화합물 등	습식 세정탑
사업장 대표군(예시)	주요 악취 물질 [※]	최적의 관리 방안 (예시)											
펄프제조공장	황화수소, 메틸머캅탄, 황화합물 등	생물탈취법											
도장공장	케톤.알데하이드류, VOCs 등	활성탄 흡착탑											
주물제조공장	암모니아, 트리메틸아민, 질소화합물 등	습식 세정탑											
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<div><div>□ (국내) 산업단지 업종별 악취 배출 특성 분석 및 적정 방지기술 도출¹⁾<ul style="list-style-type: none">○ 문헌 조사를 통해 악취물질 별 처리방법에 따른 제거효율을 비교 분석하여 아래 [표 1.]과 같이 악취 물질별 최적의 제거방안 결론을 도출하였으며, [표 1.]의 내용을 참고하여 [표 2.]와 같이 최적의 악취 방지시설을 선정함</div></div>												

- 시설 적용부지 특성, 폐수처리 가능 여부, 방지시설의 설계 인자 등에 따라 제안된 방지시설의 종류와 효율이 달라지기 때문에 모든 시설에 적용하기에는 한계가 있음

표 7. 악취 물질별 최적의 제거방안 도출 내용¹⁾

악취 물질	제거 방안
황화수소, 메틸메르캅탄	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
암모니아, 트리메틸아민	흡수(H ₂ SO ₄ /HOCl)
알데하이드 계열	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
휘발성 유기화합물(VOCs)	흡착(활성탄), Bio-filter (Wood chips)

표 8. 최적의 악취 방지시설 선정 결과¹⁾

업종	주요악취물질	제안된 악취방지시설
고무 및 플라스틱제품 제조업	부틸아세테이트	흡착(활성탄)
기타 목재가구 제조업	부틸아세테이트	흡착(활성탄)
기타 인쇄업	트리메틸아민, 부틸아세테이트	흡착(활성탄)
의료용 물질 및 의약품 제조업	아세트알데하이드	흡착(활성탄)
전자부품 제조업	아세트알데하이드	흡착(활성탄)
1차 금속 제조업	아세트알데하이드	흡수(H ₂ SO ₄ /HOCl)
비금속 광물제품 제조업	황화수소	흡수(H ₂ SO ₄ /HOCl)
가죽/가방 및 신발 제조업	트리메틸아민	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
금속가공제품 제조업	트리메틸아민	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
부직포 및 펄트 제조업	부틸아세테이트	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
식료품 제조업	메틸메르캅탄	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
코크스/연탄 및 석유정제품 제조업	황화수소, 메틸머캅탄	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
펄프/종이 및 종이제품 제조업	황화수소, 메틸머캅탄, 아세트알데하이드	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
하수/폐수 및 분뇨처리업	황화수소, 메틸머캅탄	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
화학물질 및 화학제품 제조업	아세트알데하이드, 황화수소	이중 습식충진탑 (NaOH/HOCl)
목재 및 나무제품 제조업	부틸아세테이트	Bio-filter (Wood chips)

□ Emission and odour control in Kraft pulp mills²⁾

- Kraft 펄프 공장에서 발생하는 악취 원인이 되는 황화수소, 메틸머캅탄, 디메틸머캅탄, 디메틸디설파이드와 같은 환원황 화합물을 처리하기 위해 악취를 포함한 가스를 수집하여 이산화 황 화합물과 메탄올을 분리하고, 전용 소각 장치로 보내 소각함으로써 악취 물질을 제거하는 방법이 제안됨
- 이 방법은 소규모 펄프공장에서는 설치나 운영에 경제적 부담의 우려가 있으며, 복잡한 설비가 요구되어 유지관리가 어려운 한계가 있음

	1) "산업단지 업종별 악취 배출 특성 분석 및 적정 방지시설 도출", 실내환경 및 냄새 학회지 제22권 1호, 2023 3월 2) Journal of Cleaner Production Volume 11, Issue 7, November 2003														
연구성과 활용방안	<div>□ 성과항목 목표치</div> <div>○ 4.5종 사업장에서 배출되는 악취가 배출허용 기준 이하로 유지되도록 함</div> <table><tr><th>성과항목(주요성능)</th><th>단위</th><th>목표치</th><th>측정방법</th></tr><tr><td>악취 방지시설 설치 사업장 배출 농도</td><td>배</td><td>500배 이하</td><td>악취 측정 및 현장조사</td></tr><tr><td>사업장 주변 지역 악취 농도</td><td>배</td><td>10배 이하</td><td>악취 측정 및 현장조사</td></tr></table>			성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법	악취 방지시설 설치 사업장 배출 농도	배	500배 이하	악취 측정 및 현장조사	사업장 주변 지역 악취 농도	배	10배 이하	악취 측정 및 현장조사
	성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법											
	악취 방지시설 설치 사업장 배출 농도	배	500배 이하	악취 측정 및 현장조사											
	사업장 주변 지역 악취 농도	배	10배 이하	악취 측정 및 현장조사											
	<div>□ 연구성과 활용방안</div> <div>○ 인천시 4.5종 사업장의 업종별 악취 성상 분석을 통해 업종별 악취 배출 물질 및 특성 데이터베이스 구축</div> <div>○ 4.5종 사업장의 업종별 악취 방지시설 설치 및 관리 방안 악취 매뉴얼 제공</div> <table><tr><th>활용내용</th><th>활용기관</th><th>활용가능 기간 및 대상</th></tr><tr><td>인천시 관내 4.5종 사업장 업종별 악취 성상 및 특성 자료 DB화</td><td>환경부, 인천시 등</td><td>-</td></tr><tr><td>4.5종 사업장의 악취방지시설 설치 및 악취 관리 방안 매뉴얼 작성 및 제공</td><td>환경부, 인천시 등</td><td>-</td></tr></table>			활용내용	활용기관	활용가능 기간 및 대상	인천시 관내 4.5종 사업장 업종별 악취 성상 및 특성 자료 DB화	환경부, 인천시 등	-	4.5종 사업장의 악취방지시설 설치 및 악취 관리 방안 매뉴얼 작성 및 제공	환경부, 인천시 등	-			
활용내용	활용기관	활용가능 기간 및 대상													
인천시 관내 4.5종 사업장 업종별 악취 성상 및 특성 자료 DB화	환경부, 인천시 등	-													
4.5종 사업장의 악취방지시설 설치 및 악취 관리 방안 매뉴얼 작성 및 제공	환경부, 인천시 등	-													
주요 키워드 (3개 이상)	한글	악취 관리, 악취 방지시설, 4.5종 사업장													
	영문	Odor Management, Odor Control Facility, Class4 and 5 industrial facilities													
평가 의견 ※ 연구계획서 작성 시 반영	특허, 신기술 공법의 적용 가능성 검토 필요함														

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	인천산업단지에서 배출되는 이산화탄소의 직접 전환을 통한 그린 케미컬 및 연료 생산용 전기화학 텐덤 셀 및 촉매 개발 연구		
연구기간	2025년 2월 ~ 2025년 11월(10개월)		
예산 연구비	50,000,000원		
과제분류	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	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리시스템 <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"/> 음식물쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물관리 기타 <input type="checkbox"/> 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"/> 폐광토양오염, 지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input checked="" type="checkbox"/> 온실가스배출량 감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권 거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>1. 연구목적</p> <p><input type="checkbox"/> 인천광역시 산업단지에서 배출되는 이산화탄소를 전구체로 활용하여, 텐덤 기반 전기화학적 합성기술을 통해 net-negative CO₂ 달성</p> <p>○ 전기화학적 텐덤 시스템을 도입하여, 기존의 단일 시스템에서 달성하지 못한 C₃ 이상의 탄화수소화합물을 선택적으로 합성하고자 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 단일 물질 선택도, 패러데이 효율 (>40%, 기존 연구결과 <15%) - 이산화탄소 단일 전환 효율 (>50%) - 기존 공정대비 이산화탄소 감축도 (>90%) 달성 (포집 고려시, net negative 달성) <p>2. 연구의 필요성</p> <p>○ 2050 탄소중립 실현을 위해 CCUS 기술개발에 대한 중요성이 지속적으로 대두되고 있음. 현재까지 국내에서는 주로 이산화탄소를 포집 및 저장하는 (CCS) 기술개발에 집중했으며, 여러 실증 사업이 진행 중임. 그러나, CCS 기술만으로는 실질적으로 이산화탄소를 절감하는 것에는 한계가 존재한다는 사실이 보고됨 (국가 온실가스 감축 목표 대비 이산화탄소 저감 및 지구 온도 상승 측면에서 불충분함을 보고함). 따라서, 이산화탄소 활용을 통해 경제성 있는 고부가가치 탄화수소 화합물을 생산하는 CCU 기술에 대한 연구개발이 필요한 상황임.</p> <p>○ 기존의 top down 방식의 나프타 열분해 방식을 통한 이산화탄소 전환 방식은</p>		

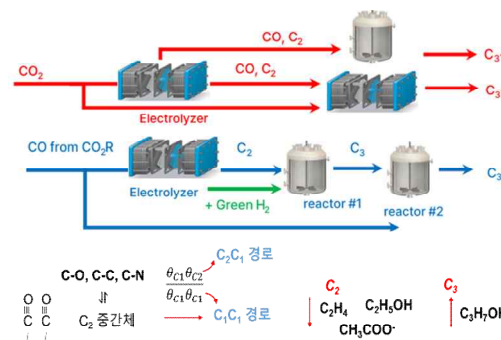
고온/고압을 요구하고, 공정 중 이산화탄소가 추가적으로 발생시키므로 새로운 방식인 **태양에너지 기반의 전기화학적 합성 기술**이 대두되고 있음.

○ 그러나, 전기화학적 합성을 위한 제한된 촉매의 종류, 낮은 산물 선택, 이산화탄소의 낮은 전환 효율로 인해 경제성 부분에서 기존의 방식을 대체하는데 어려움을 겪고 있음. 따라서 **고선택성 촉매 개발 및 반응기의 텐덤화**를 통해 경제성 있는 전기화학적 이산화탄소 전환 기술을 개발하는 것이 필요함.

3. 지역환경 현안문제 부합성

- 인천시는 2045년 탄소 중립 조기 실현을 목표로 하는 대표 도시이나, 국가 제공자료의 인천광역시 온실가스 배출량은 2019년 기준 66.7백만톤 CO₂eq로 국가 배출량 (701.3백만톤) 대비 9.5%를 차지하고 있으며, **국내에서 2번째로 높은 이산화탄소 발생량을 기록함.**
- 특히, **산업부문 온실가스 배출량**은 인천지역 총배출량 대비 16.3%로 에너지부문과 더불어 가장 높은 비율을 차지하고 있음.
- 따라서, 산업단지에서 배출되는 이산화탄소를 효과적으로 감축하고 이를 산업적으로 활용할 수 있는 **전기화학적 이산화탄소 변환 기술**은, 그린 케미컬 및 연료의 합성을 통해 **이산화탄소 순환 시스템을 구축**하는 데 필수적인 개발요소임.

□ 전기화학적 C₃₊ 생산용 전기화학 텐덤 셀 및 전기 촉매 개발



[C₃₊ 합성을 위한 전기화학적 텐덤 시스템 및 예상되는 반응 기작 모식도]

- 고선택성 C₁/C₂ feedstock 생산용 이산화탄소 전환 전기 촉매 개발
- C₁/C₂ feedstock 기반 chain growth 및 C-C, C-N, C-O coupling 유도를 위한 텐덤 전기 촉매 개발
- C₁-C₁, C₁-C₂ coupling 가능성 예측 및 반응 환경 조성
- 텐덤 시스템 내 수율 손실 방지 및 분리 비용 감소를 위한 반응물 직접 활용이 가능한 업사이클링 시스템 설계
- 실시간 분광학 분석을 통한 반응 기작 연구

□ 기술 경제성 및 전주기 과정 평가

- 전체 시스템의 에너지 비용 및 이산화탄소 저감 예측을 통한 개발된 기술의 실현 가능성 확인 및 지속 가능한 목표 설정

주요 연구내용

주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<div>□ 국외 기술 개발 현황</div> <div>○ Toshiba, Simmens, LiSA, Twelve 등의 기업에서 이산화탄소 활용을 통한 C₁/C₂ 생산 실증화 연구를 운영 중임. 또한, 전기화학적 합성 기술을 활용하여 C₃ 이상의 탄화수소 화합물을 생산하는 프로젝트에 착수함.</div> <div>□ 국내 기술 개발 현황</div> <div>○ 한국과학기술연구원, 포항공과대학교 및 다수 대학에서는 주로 전기화학적 이산화탄소 환원을 통해 C₁/C₂ 합성을 위한 촉매 개발 및 단위 셀 연구를 주로 수행함.</div> <div>○ LG 화학, SK E&S, Sk 이노베이션 등의 기업에서 CCU 실증화를 위한 파일럿스케일의 플랜트 및 설비에 투자를 하고 있으며, 이산화탄소 전환용 촉매 개발에도 참여하고 있음.</div>																															
연구성과 활용방안	<div>□ 성과항목 목표치</div> <table><tr><th>성과항목(주요성능)</th><th>단위</th><th>목표치</th><th>측정방법</th></tr><tr><td>이산화탄소 전환 효율</td><td>%</td><td>50% 이상</td><td>가스크로마토그래피 및 전기화학 시스템 활용</td></tr><tr><td>단일 물질 선택도 (패러데이 효율)</td><td>%</td><td>40% 이상</td><td>가스크로마토그래피, NMR 및 전기화학 시스템 활용</td></tr><tr><td>이산화탄소 감축도</td><td>% (kg-CO₂e/kg-product)</td><td>90% 이상 - 3 미만</td><td>전주기 과정 평가</td></tr><tr><td>논문 발표 (SCI 급)</td><td>건</td><td>2건 이상</td><td>논문 DOI 증빙</td></tr></table> <div>□ 연구성과 활용방안</div> <table><tr><th>활용내용</th><th>활용기관</th><th>활용가능 기간 및 대상</th></tr><tr><td>Carbon to Green 전략 개발 사업에 적용 가능한 모델로 활용 가능함</td><td>인천석유화학을 포함한 산업단지</td><td>2025년 이후</td></tr><tr><td>탄소중립 녹색성장 및 지방 기후위기 적응 대책 마련을 위한 사업 방안 제시</td><td>지자체 및 정부 산하기관</td><td>2025년 이후</td></tr></table>			성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법	이산화탄소 전환 효율	%	50% 이상	가스크로마토그래피 및 전기화학 시스템 활용	단일 물질 선택도 (패러데이 효율)	%	40% 이상	가스크로마토그래피, NMR 및 전기화학 시스템 활용	이산화탄소 감축도	% (kg-CO ₂ e/kg-product)	90% 이상 - 3 미만	전주기 과정 평가	논문 발표 (SCI 급)	건	2건 이상	논문 DOI 증빙	활용내용	활용기관	활용가능 기간 및 대상	Carbon to Green 전략 개발 사업에 적용 가능한 모델로 활용 가능함	인천석유화학을 포함한 산업단지	2025년 이후	탄소중립 녹색성장 및 지방 기후위기 적응 대책 마련을 위한 사업 방안 제시	지자체 및 정부 산하기관	2025년 이후
성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법																													
이산화탄소 전환 효율	%	50% 이상	가스크로마토그래피 및 전기화학 시스템 활용																													
단일 물질 선택도 (패러데이 효율)	%	40% 이상	가스크로마토그래피, NMR 및 전기화학 시스템 활용																													
이산화탄소 감축도	% (kg-CO ₂ e/kg-product)	90% 이상 - 3 미만	전주기 과정 평가																													
논문 발표 (SCI 급)	건	2건 이상	논문 DOI 증빙																													
활용내용	활용기관	활용가능 기간 및 대상																														
Carbon to Green 전략 개발 사업에 적용 가능한 모델로 활용 가능함	인천석유화학을 포함한 산업단지	2025년 이후																														
탄소중립 녹색성장 및 지방 기후위기 적응 대책 마련을 위한 사업 방안 제시	지자체 및 정부 산하기관	2025년 이후																														
주요 키워드 (3개 이상)	한글	이산화탄소 환원, 전기화학, 탠덤 시스템, 전기촉매, 전주기 과정 평가																														
	영문	CO ₂ reduction, Electrochemistry, Tandem system, Electrocatalysts, Life cycle assessment																														
평가 의견 ※ 연구계획서 작성 시 반영	☞ 지역 현안에 대한 고려와 과제 수행 후 지역사회에 대한 구체적 기여 제시 필요																															

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	에너지절감형 탄소포집/액화/악취저감 시스템 개발		
연구기간	2025년 3월 ~ 2026년 11월(2년) (1년차 : 2025. 3 ~ 11 2년차 : 2026. 3 ~ 11)		
예산 연구비	총 연구비	120,000천원 (1년차 : 60,000천원 2년차 : 60,000천원)	
	기업부담	36,000천원 (1년차 : 18,000천원 2년차 : 18,000천원)	
과제분류	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"/> 하수처리시스템 <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"/> 음식물쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물관리 기타 <input type="checkbox"/> 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"/> 폐광토양오염, 지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input checked="" type="checkbox"/> 온실가스배출량 감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권 거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	1. 연구목적 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 포집/액화 및 악취저감 일체형 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 기술 대비 에너지 절감형 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 포집: 직접배출량 감축 효과 - 소요 에너지 절감: 간접배출량 감축 효과 <input type="checkbox"/> 시설의 소형화, 고도화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 소형화, 모듈화 설비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 컴팩트 한 저에너지 고효율 모듈화 설비 개발로 편의성 및 경제성 달성 - 도시미관 저해, 고도 제한 등의 문제 해소 ○ 국가 온실가스 감축에 기여 <ul style="list-style-type: none"> - 악취 저감을 통한 주민 수용성 제고 - 친환경 기술 개발을 통한 청정 도시 이미지 		
	2. 연구의 필요성 <input type="checkbox"/> 인천광역시의 온실가스 감축 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 2019년부터 코로나-19의 영향으로 에너지소비량이 감소하여 온실가스 배출량 역시 감소 추세를 보이거나 여전히 전국 17개 광역자치체 중 5번째 온실가스 다배출 도시 <ul style="list-style-type: none"> • 총배출량 중 간접배출량의 감소폭이 커 전체 배출량이 감소하는 효과를 보이지만 직접배출량은 여전히 증가 추세 • 코로나-19가 종식되었고, 이상기후가 현실화되면서 에너지사용량의 증가와 함께 온실가스 배출량 증가 가능성 		

[표] '18~'20 인천광역시 온실가스 배출량(중복카테고리 제외 기준) (단위: 천톤CO₂-eq)

구분	2018	2019	2020	18년 대비 20년 증감
직접배출량	15,709	15,634	16,180	3.0 %
간접배출량	16,676	15,579	13,540	-18.8 %
총 배출량	32,385	31,213	29,719	-8.2 %

○ '2030 인천광역시 온실가스 감축 로드맵(2018)' 달성 여부 불확실

- 인천광역시는 '2030 인천광역시 온실가스 감축 로드맵(2018)'을 통해 BAU 대비 31% 감축을 목표로 지속적인 노력이 필요
- 직접배출량 및 간접배출량 모두 감축 필요

3. 지역환경 현안문제 부합성

○ 환경기초시설에 대한 혐오시설 인식

- 대부분 환경기초시설은 주민 혐오시설로서 시설 위치 주변을 고려한 현장 특화 기술개발 필요
- 자원순환센터(소각장)
- 바이오가스화(하수처리, 축산분뇨처리, 매립지 등)시설
- 주민들의 인식 전환을 유도하여 주민수용성 제고 필요

주요 연구내용

□ 이산화탄소 포집/액화 및 악취저감 일체형 시스템 개발

- 이산화탄소 발생원에 모듈 형식으로 설치하여 Plug & Play 가능한 소형화, 모듈화 설비 개발
- 이산화탄소 압축 공정시 발생하는 열을 회수/재이용하여 전체 에너지효율 개선
- 악취 유발물질인 황화합물, 질소화합물을 함께 포집하여 저감하는 기술개발

♣ 1년차 : 2 Nm³/h급 Lab scale 탄소포집 시스템 개발

- 기존 화학흡수공법 대비 흡수탑 높이 30% 이상 줄인 다단흡수탑 기술개발
- 공정 내 발생 열에너지 재이용을 통해 기존 화학흡수공법 대비 에너지 효율 20% 이상 높인 에너지 최적화 기술개발
- 소요 동력비, 접촉시간, 접촉효율, 흡수제 교체주기 최적화를 통한 최적 운전조건 도출

♣ 2년차 : 50 Nm³/h급 Pilot scale 탄소포집/액화 하이브리드 시스템 개발

- 모듈타입 이산화탄소 포집/액화 일체형 시스템 개발
- 이산화탄소 및 기타 악취 유발 물질 복합 포집 시스템 개발
- Test bed 현장 설치 및 운전
- 포집효율, 악취 처리 효율, 에너지 효율 단계별 평가

주요 연구내용에
대한 국내외
기술현황

□ 국내 기술 현황

- 선택적 촉매 환원법(selective catalytic reduction(SCR))
 - 300~400 °C 온도하에서 배기가스와 환원제가 동시에 촉매층에서 접촉함으로써 배기가스 내의 NOX를 환원제(NH₃)와의 선택적반응에 의해 질소(N₂)와 수증기(H₂O)로 환원시키는 방법
 - 사용되는 환원제로는 암모니아수(주로 25% 암모니아 용액), 요소(50% Urea 용액) 등이 사용되며 SCR 촉매전단에 주입하여 배기가스 중에 분사

□ 해외 기술 현황

○ 중국

- micro-nano bubble(MNB)이 물속에서 붕괴될 때 큰 비표면적, 높은 물질전달효율 등의 특성을 이용하여 MNB를 포함하는 수용액은 산화 능력이 높은 산화제이며 가스 용해도를 향상시켜 용액이 NOX 및 SO₂ 제거에 관한 연구

	<div>- 본 연구에서 MNB는 컬럼 반응기에서 특정 농도의 Na2SO3 수용액과 연도 가스를 재활용하여 MNBGLS를 생성하는데 사용, MNB수용액은 NOx 및 SO2 제거에 사용</div> <div>○ 일본</div> <div>- MNB로 합성된 재활용 가능한 촉매 MFe2O4 (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn)를 사용하여 연도 가스에서 NOX와 SO2를 동시에 제거하기 위한 NOX-SO2-MFe2O4-MNB 시스템 개발</div> <div>- NOX 제거 효율은 87.7%, SO2 제거율은 실온에서 100%를 달성</div>																																			
연구성과 활용방안	<div>□ 성과항목 목표치</div> <table><tr><th>성과항목(주요성능)</th><th>단위</th><th>목표치</th><th>측정방법</th></tr><tr><td>이산화탄소 포집율</td><td>%</td><td>90</td><td><div>• 배가스 sampling 및 성분 분석</div><div>• (실제 발생량/이론적 발생량)*100</div></td></tr><tr><td>악취 저감</td><td>희석배수</td><td>300 이하</td><td><div>• 복합악취: 공기희석관능법</div><div>• 지정악취: 기기분석법</div></td></tr><tr><td>에너지 효율</td><td>기준설비 대비 %</td><td>70</td><td><div>• (개발설비 효율/기준설비 효율)*100</div></td></tr><tr><td>특허</td><td>건</td><td>2</td><td><div>• 연차별 각 1건</div></td></tr><tr><td>논문</td><td>건</td><td>1</td><td><div>• 국내 저널 게재</div></td></tr></table> <div>□ 연구성과 활용방안</div> <table><tr><th>활용내용</th><th>활용기관</th><th>활용가능 기간 및 대상</th></tr><tr><td>이산화탄소 포집 및 악취저감</td><td>인천환경공단</td><td>자원순환센터(소각장)</td></tr><tr><td>바이오가스 고질화 및 탄소포집</td><td>인천시 공공하수처리시설, 수도권매립지공사</td><td>바이오가스 플랜트</td></tr></table> <div>○ 적용 대상(안)</div> <div>- 인천환경공단 : 광역소각장 3곳 신설, 남부권의 송도소각장 대보수 추진</div> <div>- 바이오가스화 시설 : 공공하수처리시설, 수도권매립지공사 추진</div> <div>○ 사업화 방안(안)</div> <div>- 제품 판매: 운영 및 유지관리, 매뉴얼 작성 및 보급, 최적 운전기준 정립</div> <div>- 생산품 판매: 포집 이산화탄소 활용사업 운영(액탄, 드라이아이스 등)</div> <div>- 탄소배출권 거래: 사업주의 탄소배출권 거래 컨설팅</div>			성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법	이산화탄소 포집율	%	90	<div>• 배가스 sampling 및 성분 분석</div> <div>• (실제 발생량/이론적 발생량)*100</div>	악취 저감	희석배수	300 이하	<div>• 복합악취: 공기희석관능법</div> <div>• 지정악취: 기기분석법</div>	에너지 효율	기준설비 대비 %	70	<div>• (개발설비 효율/기준설비 효율)*100</div>	특허	건	2	<div>• 연차별 각 1건</div>	논문	건	1	<div>• 국내 저널 게재</div>	활용내용	활용기관	활용가능 기간 및 대상	이산화탄소 포집 및 악취저감	인천환경공단	자원순환센터(소각장)	바이오가스 고질화 및 탄소포집	인천시 공공하수처리시설, 수도권매립지공사	바이오가스 플랜트
	성과항목(주요성능)	단위	목표치	측정방법																																
	이산화탄소 포집율	%	90	<div>• 배가스 sampling 및 성분 분석</div> <div>• (실제 발생량/이론적 발생량)*100</div>																																
	악취 저감	희석배수	300 이하	<div>• 복합악취: 공기희석관능법</div> <div>• 지정악취: 기기분석법</div>																																
	에너지 효율	기준설비 대비 %	70	<div>• (개발설비 효율/기준설비 효율)*100</div>																																
특허	건	2	<div>• 연차별 각 1건</div>																																	
논문	건	1	<div>• 국내 저널 게재</div>																																	
활용내용	활용기관	활용가능 기간 및 대상																																		
이산화탄소 포집 및 악취저감	인천환경공단	자원순환센터(소각장)																																		
바이오가스 고질화 및 탄소포집	인천시 공공하수처리시설, 수도권매립지공사	바이오가스 플랜트																																		
주요 키워드 (3개 이상)	한글	탄소포집/활용/저장, 화학흡수, 악취저감, 에너지저감, 모듈화																																		
	영문	CCUS, Chemical Absorption, Reduction of odor, Energy Reduction, Modularization																																		
평가 의견 ※ 연구계획서 작성 시 반영	<div>☞ 기술 적용을 위한 장치 추가로 에너지 사용량 추가에 따른 온실가스 배출량과 감축 온실가스량의 편익 분석 필요(외부 및 내부 감축사업의 적정성 검토 등)</div> <div>☞ 실제 산업체에 적용하는 Pilot 연구를 구체화하여야 함</div>																																			