

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	외래동물(사슴류) 서식실태 및 관리방안		
연구기간	2025. 2. ~ 11.		
예산 연구비	35,000 천원		
연구사업 구분	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 √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 checked="" 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 type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구의 목적</p> <p>- 농가 소득 목적으로 사육하였던 사슴(대륙사슴, 붉은사슴 등)이 한라산 및 중산간 지역 등에서 서식하면서 생태계교란 및 농작물 등 피해가 발생하고 있어 자생생물을 보호 하고 외래종(사슴)에 대한 체계적 관리를 도모하기 위함</p> <p>○ 연구의 필요성</p> <p>- 제주는 “섬”이라는 지리적 여건상 야생동물 수용 능력 및 이동성이 제한적이므로 체계적인 관리가 필요 함</p> <p>- 특히, 최근 외래동물인 사슴류의 개체수가 증가하여 사슴류의 서식실태, 피해현황 및 체계적 관리방안을 마련이 필요</p>		

<p>주요 연구내용</p>	<p>○ 연구 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제주도 내 이입된 사슴류를 대상으로 서식분포, 개체수 조사, 이동 경로 등 실태조사를 하여 외래생물 관리에 필요한 자료를 제공하고자 함 <p>○ 연구 추진전략 및 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 조사대상: 도내에 서식하는 사슴류 - 조사방법 <ul style="list-style-type: none"> · 주요 표본 조사지역 선정 · 선조사법 및 정정조사법, 족적 및 분변 조사 등을 이용 · 쌍안경과 고배율 카메라 등을 이용한 육안 관찰 <p>○ 주요 연구 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사슴류 서식분포 조사(개체수, 이동경로 등) <ul style="list-style-type: none"> · 사슴류 종 동정 및 암, 수 구분 조사 조사지 유형 및 지표 분석 · 조사지 유형 및 지표 분석 · 선호먹이, 일일 먹이량 분석 - 피해현황 조사(자생생물 및 농작물 등 피해 등) - 사슴류 관리방안 제시(피해예방 방법 및 개체수 조절 방안 등) - 사슴류 인위적 개체수 조절에 따른 도내 여론 조사 	
<p>주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황</p>	<p>한라산 국립공원 내 포유류 분포특성(2003, 한라산연구소 조사연구보고서) 제주 외래동물 분포와 서식현황(2010, 한라산연구소 조사연구보고서) 중산간지역 외래동물(사슴류)생태연구(2023 한라산연구부)</p>	
<p>연구성과 활용방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 활용주체: 지방자치단체 - 활용대상지역: 제주특별자치도 - 활용시기: 2026년 이후 - 제주지역내 외래종(사슴류) 현안문제 해결 시 정책수립을 위한 기초자료로 활용 - 관련 법률 개정 제안 요청(환경부) 및 자체 조례 개정 검토 	
<p>주요 키워드 (3개 이상)</p>	<p>한글</p>	<p>외래종, 사슴, 생태계교란</p>
	<p>영문</p>	<p>Alien species, Deer, Ecosystem disturbance</p>

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	건강하고 쾌적한 제주 양돈환경조성을 위한 악취 및 열환경 평가 연구		
연구기간	2025. 2. ~ 11.		
예산 연구비	35,000 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 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 checked="" type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input checked="" 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</p> <p>- 기후변화로 심화되고 있는 여름철 제주 양돈 악취 및 고온 스트레스 (폭염) 영향을 정량적으로 평가하고 친환경 동물 복지 및 쾌적한 작업 근로 조건을 마련하여 건강하고 쾌적한 제주 양돈 환경을 구축하고자 함</p> <p>○ 연구의 필요성</p> <p>- 제주 양돈산업은 감귤에 이어 농축산물 생산액의 전체 2위(14.5%)를 차지하고 있는 주요 산업으로 2023년 4분기 기준으로 267농가에서 543,540두를 사육하고 있음(국가통계포털, 2023)</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> - 악취와 기상 조건과의 상관관계를 바탕으로 맑고 바람이 약한 전형적인 기상 조건 하에서 선정된 양돈 농가내 악취 및 열환경문제가 심각한 비육돈사에서 대표 악취물질(NH₃)과 열쾌적성 기상인자 (기온, 습도, 풍속, 풍향, 단파 및 장파복사) 측정 - 고해상도 3D 시뮬레이션 모델을 이용하여 연구 대상지인 비육사내 악취 물질의 이동 및 실외 확산 분석 - 폭염 조건 하에서 실내 열환경 조건에 따른 돼지와 작업자의 열쾌적성 3D 모델링 수행 - 측정 데이터를 바탕으로 3D 시뮬레이션 모델의 정확도 검증 - 기상조건 및 다양한 환풍조건 변화에 따른 악취 물질 및 돼지, 인체 (작업자) 열쾌적성 예측 - 돈사내 발생 악취 및 동물과 작업자의 열스트레스 개선에 따른 건강하고 쾌적한 양돈 환경 조건 제시
<p>주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 돈사 악취 제거: 돈사내 발생하는 악취물질을 제거하기 위해서 국내외 다양한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 추세임. 양돈 뿐만 아니라 닭, 양, 소 등의 축산업에서 발생하는 악취 문제를 해결하는 방법은 크게 다음과 같이 분류하고 국내외 연구가 진행되고 있음 (Cao et al., 2023) <ul style="list-style-type: none"> (1) 사료 개선: 저조단백질 사료, 사료 내 효소첨가제 (2) 주거관리: 소변과 대변의 분리, 깔짚 첨가제로 사용되는 흡착제 사용, 바이오차 (3) 실내환경 개선: 분뇨표면 살포제 사용 (4) 분뇨관리: 반투과성 막 덮개 퇴비 시스템, 반응기 퇴비화 기술, 슬러리 덮개, 슬러리의 산성화 (5) 배출공기의 세정: 바이오스크러빙, 다단계 습식 스크러버, 바이오필트레이션 등의 기법과 관련된 연구가 진행되고 있음 - 돈사 악취 관련 모델링: Calpuff 모델, ENVI-met 모델, Fluent 모델 <ul style="list-style-type: none"> (1) Calpuff: 지형도, 3차원 풍향, 풍속, 온도, 혼합고, 난류를 고려한 비정상상태 가우시안 퍼프 모델인 Calpuff 모델은 축사에서 발생한 악취물질의 이동 확산 시뮬레이션 연구에 국내외에서 많이 사용되고 있음(임광희, 2019) (2) ENVI-met: 고해상도 3D CFD 모델로 독일 Mainz 대학에서 개발되어 미기상 이동과 확산에 활용되고 있는 모델로 1.0m의 고해상도 시뮬레이션이 가능하여 돈사 내부 및 주변 환경의 악취 물질 및 열환경 시뮬레이션에 적합함(Lee, 2015; Lam et al. 2021) (3) Fluent: Navier-Stokes 방정식을 바탕으로 유한체적법을 사용하는 비정렬 격자 계산 프로그램으로 돈사 내부에서 발생하는 악취 오염물질의 미세한 이동 확산 예측에 적용이 가능한 모델임(김소영

	<p>등, 2014; Ladia, 2023)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 돼지의 열쾌적성: 동물이 느끼는 열쾌적성은 기온(건구온도), 온습도 지수(Temperature-Humidity Index, THI), 비엔탈피, 인지평형온도(Apparent Equivalent Temperature, EAT)로 구성되며 현재 오스트리아, 독일, 브라질 등 국외에서 연구가 이루어지고 있으나 국내에서는 돼지의 열쾌적성에 대한 연구가 매우 미흡함 - 인체 열쾌적성: 인체가 느끼는 열감각은 인체를 둘러싸고 있는 주변 열환경과 인체 에너지 수지가 결합된 열생리학적 프로세스에 의해 결정되며 인체 주위의 주요 기상인자인 기온, 습도, 풍속, 평균복사온도의 영향을 받음. 인체가 느끼는 열쾌적성은 단순한 기온, 습도의 인자로 설명될 수 없으며 인체 열에너지 수지 모델에 기초하여 주요 기상인자, 인체 조건 등을 종합적으로 고려하여 평가되어야 함. 인체 열쾌적성 연구는 독일, 스웨덴, 미국의 선진국을 중심으로 활발하게 연구되고 있으며 한국에는 적용된 사례가 극소수임. 특히 여름철 폭염에 따른 밀폐된 돈사 공간 내에서 노동자의 열스트레스에 관한 연구는 국내에서 전무한 실정임 - 현재 추진 중인 과제: 2024년 「지자체-대학 협력기반 지역혁신사업」의 일환으로 “탄소배출 제로와 냄새 저감을 위한 동물친화형 스마트팜 연구” 과제의 연구원 참여 	
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> - 활용주체: 제주도청 친환경축산정책과 - 활용대상지역: 제주도 양돈 농가 - 활용시기: 연구종료 후 2~3년 이내 - 학문: 연구결과물의 SCI 논문 게재(예상저널: Climatic Change) - 정책: 과제 수행으로 도출된 돈사 내 악취 및 열 스트레스의 정량적인 평가 기법 및 결과, 양돈 환경 개선 방안의 친환경축산정책과에서 수행하는 정책의 기초 자료로 활용 	
주요 키워드 (3개 이상)	한글	기후변화, 돈사, 환기, 악취, 암모니아, 열 스트레스
	영문	Climate change, Pig housing, Ventilation, Odor, NH ₃ , Heat stress

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	양식장 배출수로 인한 오염실태 분석 및 제주연안 환경 관리방안 연구		
연구기간	2025. 2. ~ 11.		
예산 연구비	35,000 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 checked="" 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 type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구의 목적</p> <ul style="list-style-type: none"> - 육상양식시설 배출수 실태조사를 통해 제주도에 맞는 수산물 양식 시설 배출수 수질기준 등을 재검토하여 필요시 배출수 수질기준 재설정 및 관리 방법 등 개선 <p>○ 연구의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제주특별자치도 수산물 육상양식시설 배출수 수질기준 및 관리 등에 관한 조례」(이하 "도 조례")에서 정하는 바에 따라 양식시설의 배출수 수질기준 등에 대하여 타당성 검토를 위한 배출수 실태조사가 필요함 		

<p>주요 연구내용</p>	<p>○ 연구 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도내 양식장 배출수 관리를 위한 수질기준 재설정을 위한 실태조사 및 수질기준 타당성 검토 <p>○ 연구 추진전략 및 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도내 양식장 배출수 실태조사(수질분석) - 양식장 배출수 수질기준 타당성 검토 <p>○ 주요 연구 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도내 양식시설 중 표본 30개소에 대한 수질검사 실시 - 유입수, 배출수에 대하여 분석 실시 (시료수 약 500개) - 양식시설 배출수 수질기준 등 타당성 검토(오염물질 연안확산 모델링 등을 통하여 수질기준 항목을 COD항목을 TOC 기준으로 변경) - 양식시설 배출수로 인한 연안오염 분석 	
<p>주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 제주특별자치도 육상양식시설 배출수 수질기준 설정('23) • 양식장 배출수 저감시설의 효율분석 및 오염물질 배출현황 조사('24년) 	
<p>연구성과 활용방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 활용주체: 제주특별자치도 - 활용대상지역: 제주도내 양식장 - 활용시기: '26년 - 현재 양식장 배출수 수질기준을 TOC 변경 및 현재 수질기준 타당성을 검토하여 양식장 지도점검에 적극 활용할 계획임 	
<p>주요 키워드 (3개 이상)</p>	<p>한글</p>	<p>양식장 배출수 수질기준</p>
	<p>영문</p>	<p>Aquacultural Effluents standard</p>

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	에코순환수처리 장치를 통한 슬러지 감량화		
연구기간	2025. 2. ~ 11.		
예산 연구비	50,000 천원(센터 부담금: 35,000천원, 외부기관 부담금: 15,000천원)		
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 checked="" 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 type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구의 목적</p> <ul style="list-style-type: none"> - 하수처리장에서 발생되고 있는 하수의 생슬러지를 감량화하여 처리 비용 절감과, 포화상태인 매립 면적도 줄이는 데 목적이 있다. - 제주의 경우 슬러지 60,979톤 발생, 처리비용 229,000원/톤 2024년 기준 <p>○ 연구의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2003년 1월 1일부터 유기성 오니의 직매립 금지 - 런던의정서에 의해 2011년이후 폐기물해양투기 금지, 처분 문제 부각 - 방류수질 기준강화에 따라 고도처리공정에서 발생된 슬러지에는 고 		

	<p>농도의 영양염류(N, P)를 함유하여 2차오염이 유발되지 않는 최종처분 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 슬러지 최종처분 방안 한계, 처분비용 상승으로 막대한 예산 지출 - 다단식토양블럭식 에코정화시스템을 채용한 진달래발 무방류시스템이 2018년부터 현재까지 6년간 슬러지 배출 없이 정상적으로 가동되고 있다. 그 정화 처리 시스템에 따라 하수처리장에서도 슬러지가 감량될 수 있는지에 대한 연구가 필요.
주요 연구내용	<p>○ 연구 목표</p> <p>○ 하수처리장에서 처리되고 있는 하수슬러지 감량화 현황</p> <ul style="list-style-type: none"> - 혐기성 소화조를 이용하고 전처리에 가용화기술들을 적용하고 있으나, 슬러지 감량은 20~50%정도로 기술적인 한계 - 무기성 슬러지인 총인슬러지 발생량 증가로 소화효율 저하 문제 부각 - 하수처리장에서 발생하는 생슬러지의 60% 감량이 목표 <p>○ 연구 추진전략 및 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 오존처리 이용과 활성슬러지 공법을 혼합한 슬러지 저감 <p>○ 주요 연구내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지하수 보존을 위하여 한라산국립공원에 2017년부터 설치 운용되고 있는 토양미생물을 이용하여 슬러지를 제거하는 무방류 순환 오수처리 시설인 다단층토양블럭식 에코정화시스템 방식의 일부를 적용하여 연구 <p>○ 에코정화시스템의 수질 검사 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 윗세오름 무방류 시스템 처리조별 수질검사 결과를 SS는 1포기조에서 63.86%, 유량조에서는 87.35%, 최종처리수인 집수조에서는 94.82% 각각 개선되었다. SS는 1포기조에서 77.90%, 유량조에서 91.35%, 집수조에서는 96.29% 개선된 것으로 나타났다. - 어리목 제2주차장 무방류 시스템 처리조별 수질검사 결과를 살펴보면 2022년 05월 10일 실시한 1차 수질검사 결과, SS는 1포기조에서 25.00%, 유량조에서는 96.38%, 집수조에서는 98.25% 개선되었고, 2022년5월 26일 2차로 실시했던 수질측정 결과, SS는 1포기조에서 나빠졌으나, 유량조에서 94.39%, 집수조에서는 96.09% 개선된 것으로 나타났다.
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<p>1) 소화조 반송시스템 적용(서울시 탄천물재생센터)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소화조 유출슬러지의 30~50%를 소화조 투입전단 슬러지 저류조로 자연유화 반송시켜 혐기성균을 사전 혼합 및 식종(생물반응조 외부 반송) - 소화율 44.4% → 49.7%, 투입DS 대비 가스발생량 77.4% 증가 (워터저널, 2016년 기사) <p>2) 고열호기성세균을 이용한 감량화 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가용화시설에서 약 55~65℃ 활성슬러지를 가열하여 활성슬러지를 보

	<p>호 하는 점성물질이 해제되고, 고온호기성세균이 가열에 의해 활성화, 효소를 분비하여 세포벽을 파괴하고 파쇄가 이루어져 원형질의 용출 발생하는 원리로 슬러지가 생물반응조로 유입되어 잉여슬러지 감량화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 공사비 및 유지관리비가 높고 설치면적이 다소 넓어야 함
	<p>3) 오존산화를 이용한 감량화 (리오시스템)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 오존산화력을 이용하여 세포벽을 산화시켜 슬러지를 가용화시킨 후 생물반응조로 유입시켜 최종적으로 이산화탄소로 분해되고 일부는 생체 합성에 사용되어 잉여슬러지 감량화 - 공사비 및 유지관리비가 높고, 오존발생공정이 다소 복잡하고 유지가 어려움 - 감량율 33.1%
	<p>4) 금속밀의 마찰력 및 마찰열을 이용한 감량화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 잉여슬러지를 농축 후 금속밀파쇄기에 유입시키고 금속밀을 상호 운동시켜 불과 불사이의 마찰력과 마찰열에 의해 활성슬러지의 세포벽을 강제적으로 파쇄하여 가용화 시킨 후 생물반응조로 유입시켜 최종적으로 이산화탄소로 분해되고 일부는 생체합성에 사용되어 잉여슬러지 감량화 - 유지관리가 다소 복잡, 약품주입 등으로 유지관리비 증대, 설치면적 넓음 - 감량율 31.4%
	<p>5) 초음파에 의한 감량화 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초음파 조사 시 발생하는 공동에 의해 슬러지 입자의 크기 감소뿐만 아니라 세포벽 파괴에 의한 세포 내 유기물질을 유출시켜 소화조내의 미생물 증식과 활성화를 증대하여 혐기성 소화효율 향상시켜 감량화 - 초음파 진동자등의 지속적인 수선유지가 필요, 슬러지감량율이 낮음 - 감량율 10.2%
	<p>6) 산화제를 이용한 슬러지감량화: 바이오-다이어트법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 바이오-다이어트법은 OH라디칼의 산화력을 이용한 처리법으로 OH라디칼은 강력한 산화력을 가지고 있어 잉여슬러지 중의 박테리아 살균처리, 세포벽 가수분해, 세포질의 저 분자화가 가능하기 때문에 슬러지를 생분해 가능한 상태로 전환하여 슬러지 감량화 - 산화제(SL제) 무기계 산화제와 반응보조물질을 혼합제조한 액상제 - 초음파 진동자등의 지속적인 수선유지가 필요, 슬러지감량율이 낮음 - 감량율 27.5%
	<p>7) 참고문헌</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 워터저널, 탄천물재생센터 바이오가스 증산 방안 연구(2016년 기사) 2) 이미디어, 김덕진 팀장, 하수슬러지 감량화기술 동향(2006년 기사)

	<p>3) 서울시 하수슬러지 처리 다변화 방안(서울연구원, 2023년)</p> <p>4) 경기도 하수슬러지 감량화 및 최종처리방안 연구(경기개발연구원, 2012년)</p> <p>5) 오존을 이용한 하수 슬러지의 감량화에 관한 연구(제주대 논문, 2006년)</p> <p>6) 하수슬러지 가용화와 하수처리 운전조건 개선을 통한 하수슬러지 발생저감 연구(서울시립대 논문, 2009년)</p> <p>7) 최종 하수처리장 슬러지의 추가감량을 위한 슬러지 전처리 연구(2014년)</p> <p>8) 전기분해를 이용한 하수 슬러지 감량(부경대, 한남대 논문, 2006년)</p> <p>9) 국토일보, 탄소중립 시대, 지자체 하수슬러지 감량은 선택 아닌 필수 (부경테크, 2021년)</p> <p>10) 워터저널, 초음파 이용 하수슬러지 감량화(단국대, 2006년 기사)</p> <p>11) 2014년 유기성폐자원 에너지 활용시설 현황</p>
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> - 활용주체: 제주상하수도 본부, 세계유산본부 - 활용대상지역: 제주지역, 하수처리장 - 활용시기: 4계절 <p>○ 연구개발성과의 활용방안</p> <p>[기술적 성과]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토양 고도 처리 방식과 오존을 이용한 토양접촉식 무방류 정화시스템 기술향상 가능 - 기존 슬러지 발생이 적은 이동형 하우징 설치방식을 적용한 정화시스템의 소형.경량화 기술향상 가능 <p>[경제적 성과]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수자원 절약, 상하수도 설치비 절약, 정화조 청소비 절약 및 슬러지 매립장 시설이 현재보다 작아도됨 - 이동형 하우징구조물로 제작되면 토지굴착을 하지 않으며, 재 이동설치가 가능하여 경제적인 정화시스템임 <p>[활용 성과]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상하수도 관로 설치가 어려운 곳, 상수원 확보가 어려운곳, 계곡이나 강 지류에 오수를 방류할 우려가 있는 시설물의 화장실, 하수처리장과 연계되지 않는 시설물의 화장실에 무방류 화장실용 정화시스템을 제공 가능함. - 정화시스템 별도 시설 및 화장실 공간 일체형 모두 설치가능 - 소화조가 없는 하수처리장에 슬러지 저감 시설 대체 가능 <p>○ 연구개발성과의 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 토양접촉식 무방류 화장실용 정화시스템개발을 통한 정화시스템 설계 기술 확보 - 소형 모듈형 정화시스템 시작품을 통한 시스템 검증 - 1단계 예비연구를 통해 설계 기술개발과 시작품을 통해 2단계 사업

	<p>화 R&D 과제 진행시 시제품을 제작하여 실증연구를 통해 정화시스템의 제품신뢰성 확보 예정</p> <p>· 또한, 지자체 조례 제·개정, 정책 채택 및 제언, 지침 반영 및 제언, 데이터베이스 구축, 매뉴얼 작성 및 보급, 실험기준 정립, 특허출원·등록, 사업화 방안 등 활용계획을 구체적으로 작성</p> <p>○ 기술보호 및 지식재산권 확보 방안</p> <p>- 현재 (유)에코정화시스템은 1건의 토양접촉식 정화시스템의 특허등록을 진행하였음 (명칭:토양식 고도처리 순환 재이용 시스템, 등록번호 : 10-2112732)</p> <p>- 본 과제를 통해 토양블럭조 및 및 오존처리방식을 혼합한 슬러지 저감 시스템의 특허출원진행 예정임</p>	
주요 키워드 (3개 이상)	한글	슬러지 감량화, 토양미생물처리, 오존처리,
	영문	Sludge reduction, Soil microbial treatment, Microbial sterilization treatment using ozone

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	제주지역 폐플라스틱 제로화를 위한 친환경 건설재료 개발		
연구기간	2025. 2. ~ 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"/> 현안기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학협력연구 (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</p> <p>- 본 연구과제의 목적은 <u>제주지역에서 발생하는 폐플라스틱과 건설폐기물을 재활용하여 무시멘트 기반의 저탄소 친환경 건설재료를 개발</u> 하고, 이를 통해 지역사회 내 매립되는 자원의 재활용을 통한 환경보전에 있음.</p> <p>○ 연구의 필요성</p> <p>1) 제주지역 폐플라스틱: 제주지역 폐플라스틱 배출량은 연 72,000톤이 넘으며, 이중 재활용되는 비율은 50%에 그치고 있는 실정임. 제주도는 2040년까지 플라스틱 50%에 머물고 있는 플라스틱 재활용률을 100%까지 확대해 소각 및 매립을 제로화 한다는 목표를 제시하고 있음.</p>		

	<p>2) 제주지역 건설폐기물: 환경부 보고서에 따르면 2021년 기준 제주지역에서는 174만톤의 폐기물이 발생하고 있으며, 이중 약 57%인 99만톤이 건설폐기물에서 발생하고 있어 자원의 재활용에 건설산업의 역할이 중요한 실정임. 전국적으로 건설폐기물을 기계적으로 파쇄하여 회수한 순환골재의 재활용이 검토되고 있으며, 이를 통한 폐기물 매립량 저감과 환경보전 방안이 추진되고 있음.</p> <p>3) 제주지역 친화형 무시멘트 건설재료 필요: 제주도 내 건설현장에서는 콘크리트 구조물에서 필수적인 원재료 중 하나인 시멘트를 100% 육지에서 반입하고 있는 실정임. 따라서, 육지에서 시멘트를 반입하기 위해 운송비가 추가로 더 소요되고 있어 타 지역대비 높은 건설비용이 요구되고 있음. 따라서, 콘크리트 배합 시 시멘트 양을 최소화한 제주지역 친화형 친환경 건설재료 개발을 통해, 도내 건설현장의 육지의존도를 낮추는 연구가 필요함.</p> <p>4) 건설분야 이산화탄소(CO₂) 배출량 저감을 통한 2050 탄소중립 추진: UN 환경보고서에 따르면 CO₂ 배출의 38%를 건설산업에서 배출하는 것으로 보고되었으며, 우리 정부는 탄소저감 방향을 적응적 감축에서 능동적 대응으로 전환하였으며, 재활용을 통한 “순환경제로 지속가능한 산업 혁신 촉진”을 탄소중립 5대 방향 중 하나로 설정함.</p>
<p>주요 연구내용</p>	<p>○ 연구 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 건설재료인 콘크리트에 필요한 천연골재를 제주지역 폐플라스틱과 순환골재로 대체하여 압축강도 21MPa 이상의 저탄소 친환경 건설재료를 개발 <p>○ 연구 추진전략 및 방법</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 연구과제 추진을 위해 1) 사용되는 원재료인 폐플라스틱과 순환골재(건설폐기물)의 원재료적 특성을 분석 후, 2) 친환경 건설재료를 개발하여 역학적 성능(압축강도 및 탄성계수) 분석하고, 3) 경제성 및 CO₂ 발생량 분석을 수행하고자 함. <p>○ 주요 연구 내용</p> <p>1) 천연골재 대체를 위한 원재료 특성 분석 및 부착성능 개선:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제주지역에서 발생한 폐플라스틱의 밀도 및 입도 분포 분석 - 제주지역 건설폐기물에서 발생한 순환골재의 밀도 및 입도 분포 분석 - 건설재료의 역학적 성능 개선을 위한 플라스틱-결합재 계면 부착성능 분석 및 개선 <p>2) 역학적 성능 분석을 통한 친환경 건설재료 개발:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 천연골재를 폐플라스틱과 건설폐기물에서 발생한 순환골재로 대체하여 제작한 친환경 콘크리트와 천연골재를 활용한 일반 콘크리트의 압축강도 및 탄성계수 비교분석 (ASTM 시험법에 따른 목표강도: 21 MPa)

	<ul style="list-style-type: none"> - 알칼리활성화제(Ca²⁺)를 사용한 결합재를 활용한 무시멘트 콘크리트와 시멘트를 활용한 일반 콘크리트의 압축강도 및 탄성계수 비교분석 - 역학적 성능 분석을 통한 구조재료 활용 가능성 분석 <p>3) 개발된 친환경 건설재료의 경제성 및 CO₂ 발생량 분석:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 사용한 결합재, 폐플라스틱 및 순환골재의 원가와 역학적 성능을 복합적으로 고려한 최적 배합비율 결정 - 일반 건설재료 대비 폐플라스틱을 재활용한 건설재료의 CO₂ 저감량 분석 	
주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 기존의 폐플라스틱을 재활용하여 건설재료에 활용하는 기술은 주로 폐플라스틱의 물리적 재활용에 의존하며, 이는 폐플라스틱의 열화와 품질 저하 문제를 초래하고 있는 실정임. - 전 세계적으로 파쇄된 폐플라스틱, 파쇄과정 중 발생한 플라스틱 부산물 및 펠렛화한 폐플라스틱을 활용하여 건설재료를 만드는 기술들이 개발되고 있으며, 낮은 압축강도 등을 보완하기 위해 섬유를 혼입하는 방법도 검토하고 있음. - 또한, 폐플라스틱을 천연골재 대체용으로 콘크리트에 포함되는 연구가 수행되고 있으나, 역학적/내구적 성능 확보에 어려움이 있는 실정임. - 국내에서는 생활 플라스틱 폐기물과 화력발전소 부산물을 활용한 플라스틱 철도 침목 개발 등의 연구가 이루어지고 있어, 국내와 해외 기술격차가 크지 않은 것으로 파악됨. - 국내외 모두 개발된 폐플라스틱 활용 건설재료의 내구성 검토 및 구조성능 검토는 미흡한 실정이며, 구조재료로 활용하기 위한 설계기준 등의 개발이 필요한 실정임. 	
연구성과 활용방안	<ul style="list-style-type: none"> - 활용주체: 제주지역 건설업체 - 활용대상지역: 제주도 전지역 - 활용시기: 과제 종료(2025년 말) 이후 <ul style="list-style-type: none"> - 비구조용 건설 재료: 개발된 친환경 저탄소 건설재료를 활용하여, 비구조용 재료인 벽돌, 경계석, 보도블럭 및 단열재로 활용성이 높을 것으로 판단됨. - 구조용 건설 재료: 개발된 건설 재료에 대한 내구성 검토 및 설계기준에 대한 후속 연구 수행 후 구조용 건설 재료로 활용이 가능할 것으로 판단됨. - 제주지역내 건설산업에 기여: 폐플라스틱 재활용 기술 활성화 및 지역 건설 산업 활성화에 기여할 수 있을것으로 판단됨. - 학술대회 발표 및 SCI 학술지 게재: 다수의 학술대회 발표 및 학술지 게재를 통해 수행한 연구성과의 확산을 기대함. 	
주요 키워드 (3개 이상)	한글	폐플라스틱; 재활용; 건설재료
	영문	Waste Plastic; Recycling; Construction Materials

연구개발사업계획(안) 제안서

제안과제명	AI(Artificial intelligence)를 활용한 제주지역 내 탄소저감 양식시스템 효능 검정 및 예측 모델 개발		
연구기간	2025. 2. ~ 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"/> 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"/> 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 checked="" type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구의 목적</p> <p>- 제주지역 내 수산양식산업에서 배출되는 탄소를 제어하기 위한 친환경 탄소저감 양식시스템을 개발하여 저감효능을 검증하고, AI를 활용하여 예측모델을 개발하여 향후 제주 양식산업에 적합한 시스템을 제안한다.</p> <p>○ 연구의 필요성</p> <p>- 제주지역의 수산양식산업은 지역 경제의 중요한 역할을 담당하고 있으며, 2025년 스마트양식장 클러스터 사업지로 제주 양식장이 선정됨에 따라 약 8만 3,000m² 규모의 스마트양식 클러스터가 들어설 예정이다. 스마트양식은 기술 및 에너지 집약적인 양식 시스템으로, 효율적인 생산이 가능하지만 그만큼 탄소 발생에 대한 환경문제를 해결해야 하는 과제가 동반된다. 기존의 양식산업 또한 생산 과정에서 사용되는</p>		

에너지와 사료 공급, 폐수 처리 등에 기인하여 상당한 양의 탄소를 배출하고 있으며, 이러한 상황에서 기후변화 대응을 위한 탄소저감 대책 마련이 요구된다.

- 2020년 환경부는 '2050 장기저탄소발전전략'과 '2030 국가온실가스감축목표'를 발표하며, 탄소중립을 달성하기 위한 다양한 정책적 노력을 기울이고 있다. 하지만, 양식산업 분야에서는 여전히 탄소중립을 위한 연구는 초기 단계에 머물러 있어 실질적인 탄소 저감 대책이 필요하다. 이에 따라, 양식업에서의 탄소 배출량을 감소시키는 동시에 양식산업의 지속가능성을 높이기 위한 친환경적인 접근이 필요하다.



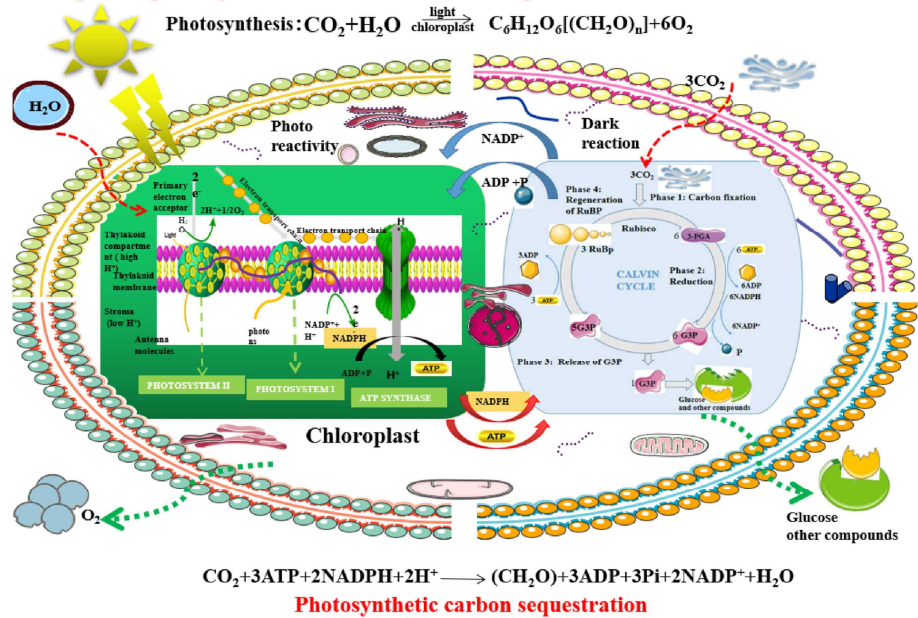
[그림 1] 제주지역 스마트양식 클러스터 선정



[그림 2] 양식장 탄소 배출량 추정치

- 미세조류를 이용한 친환경적 탄소저감 양식시스템은 탄소저감을 위한 효과적인 해결책으로 주목받고 있다. 미세조류는 광합성 과정을 통해 이산화탄소를 고정하여 탄소 격리 측면에서 탄소저감에 기여할 수 있으며, 특히 바이오매스 생산을 통해 의료, 화학공업 및 바이오에너지 등 다양한 분야에서 활용이 가능하다. 이러한 생물학적 특성을 활용한 양식제어시스템은 환경친화적일 뿐만 아니라, 양식 환경 내 탄소 동력을 개선하여 탄소중립에 기여, 양식산업의 지속가능성을 가질 수 있다.

Principles of photosynthesis and the electron transport chain



[그림 3] 미세조류의 광합성 탄소 고정에 대한 개략도 (Dahai et al., 2024)

- AI를 이용한 예측 시스템을 통해 양식장 내 생물의 밀도별 발생하는 탄소를 예측하고, 이를 제어하기 위한 시스템 내 미세조류의 바이오 매스를 산정할 수 있다. AI 기반 예측 시스템을 이용하여 정확하게 탄소 배출량을 산출하고, 이를 기반으로 한 맞춤형 저감 대책을 수립하고 최적의 관리전략을 제공함으로써 탄소저감을 위한 체계적인 접근을 가능하게 한다.



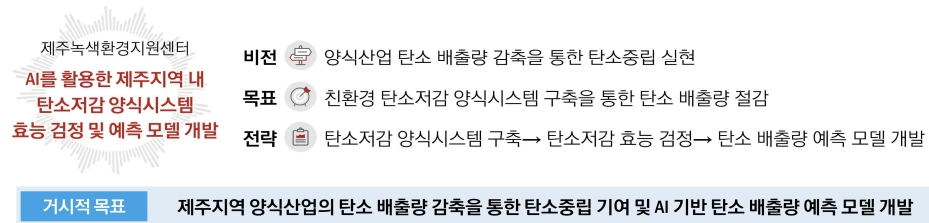
[그림 4] AI 기술을 적용한 스마트 양식 기술 (Ubina et al., 2023)

주요 연구내용

○ 연구 목표

- 수산양식환경 시스템 내 미세조류의 탄소저감 효율을 확인하고, 친환경 탄소저감 양식시스템 구축을 통해 제주지역 양식산업에서 배출되는 탄소를 저감하여 탄소중립에 기여한다.

- AI 기술을 이용하여 양식장 내 사육생물의 밀도에 따라 변화하는 탄소 배출량을 산정하고 예측모델을 개발하여, 효율적인 탄소저감 양식시스템 구축의 기반을 마련한다.



[그림 5] 본 연구과제의 비전 및 목표

○ 연구 추진전략 및 방법

- 본 연구는 양식산업에서 배출되는 탄소를 감축하기 위해 미세조류를 이용한 친환경 탄소저감 양식시스템을 구축하고, AI 기반 탄소 배출량 예측 모델 개발을 통해 제주지역 탄소중립에 기여하는 연구로, 원활하고 효율적인 진행을 위해 3단계의 단계별 목표를 수립



[그림 6] 본 연구과제의 추진전략 및 방법

- **1단계(2월~3월) 연구:** 탄소저감을 위한 친환경 양식시스템 개발
 - 탄소저감을 위한 친환경 양식시스템 선진 사례 검토
 - 친환경 탄소저감 양식시스템 설계 및 검토
 - 친환경 탄소저감 양식시스템 제작 및 구축
- **2단계(4월~7월) 연구:** AI를 이용한 탄소저감 양식시스템 효능 검증
 - 미세조류를 이용한 탄소저감 양식시스템 구축 및 효능 검증
 - 탄소 배출량 및 저감 효율 데이터베이스 구축
- **3단계(8월~11월) 연구:** AI 기반 탄소 배출량 예측 모델 개발
 - 구축된 데이터베이스 기반 탄소 배출량 및 시스템별 탄소저감 효율 예측 모델링
 - AI 기반 양식시스템 내 탄소 배출량 예측 모델 개발

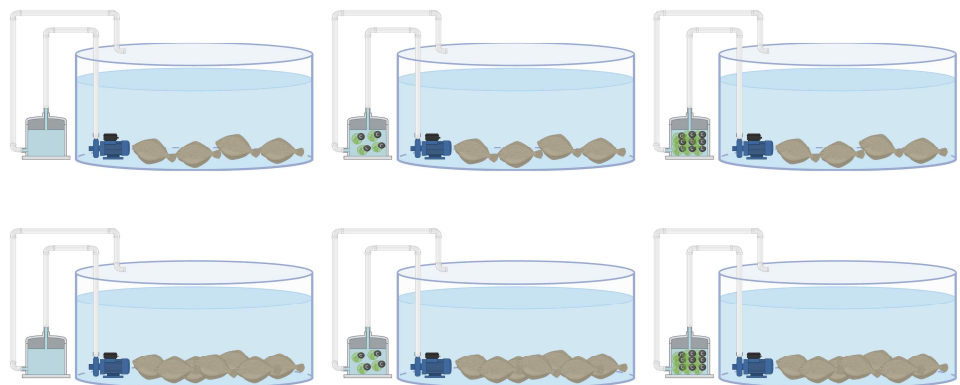
연구 추진 일정



[그림 7] 본 연구과제의 연구 추진 일정

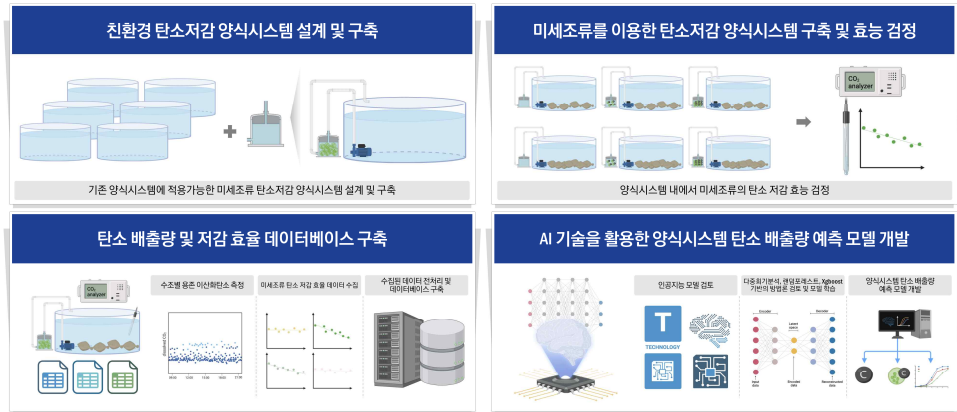
○ 주요 연구 내용

- 친환경 탄소저감 양식시스템 설계 및 구축
 - 미세조류를 이용한 양식시스템에서 미세조류의 양, 밀도, 배치 방식 등의 실험환경을 반영할 수 있는 변수 정의
 - 탄소 배출량 추정할 수 있는 환경변수 정의
 - AI 모델의 학습에 사용할 수 있는 독립 및 종속변수 정의
 - 탄소 배출량을 다각적으로 분석하기 위한 데이터 수집 시스템 구축
- 미세조류를 이용한 탄소저감 양식시스템 구축 및 효능 검정
 - 실험 변수를 수치화 및 정규화할 수 있는 방법론 선택
 - 양식시스템 설계 방식에 따른 탄소 배출량 감소량 분석
 - 통계적 방법론을 이용한 미세조류의 효능 검정
 - 산점도 분석 및 pearson 상관계수 비교분석 방법론 등 검토
 - 효능 검정 결과에 따라 수집 및 관리가 필요한 변수를 조정 및 결정



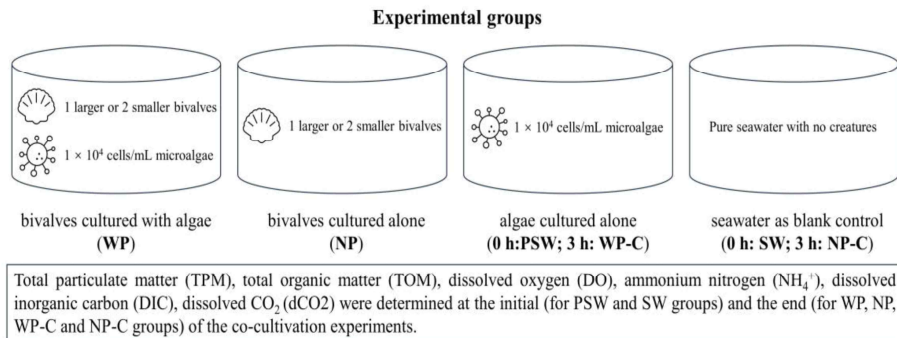
[그림 8] 미세조류를 이용한 탄소저감 양식시스템 효능 검정

- 탄소 배출량 및 저감 효율 데이터베이스 구축
- AI 기술을 활용한 양식시스템 탄소 배출량 예측 모델 개발
- 데이터 특성을 고려한 설명가능한 인공지능(eXplained Artificial Intelligence) 모델 검토
- 다중회귀분석, 랜덤포레스트, Xgboost 기반의 방법론 검토 및 모델 학습
- 변수중요도(variable importance) 기능을 통한 원인 변수 추적하기 위한 분석을 수행
- 회귀계수 분석을 통한 각 변수의 영향도를 분석



[그림 9] 본 연구과제의 주요 연구 내용

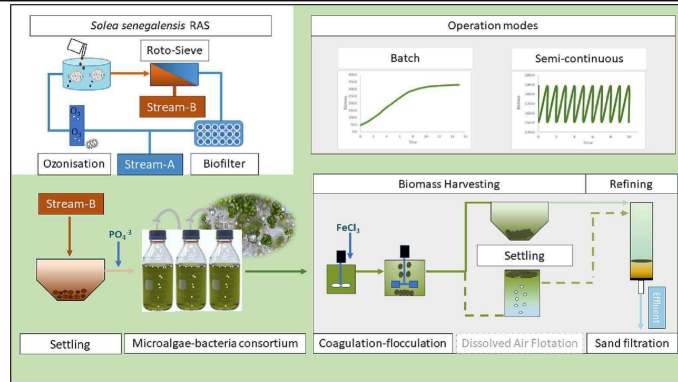
- 2024년 중국에서 Liang et al.(2024)는 이매패류와 미세조류의 공동 배양 시스템을 개발하여 탄소저감 및 수질 정화에 대한 긍정적인 영향을 확인하였다. 이매패류의 석회화를 통한 탄소 격리 및 여과 섭식에 의한 용존 유기탄소 제거와 미세조류의 광합성을 통한 탄소 고정에 의한 양식 환경 내에서의 탄소 역학을 연구하였으며, 탄소 저감을 위한 이매패류-미세조류 공동 배양 모델을 개발하였다.



[그림 10] 이매패류 및 미세조류 공동배양 실험 개략도 (Liang et al., 2024)

- 2023년 스페인에서 Perales-Pérez et al.(2023)는 고영양 양식폐수를 재활용하기 위해 양식폐수에서 미세조류와 박테리아를 공동 배양한 후, 염화철 처리하여 생성된 바이오매스를 응집, 침전하여 수거하는 기술을 개발하였다. 본 기술을 통해 양식폐수의 총질소, 총인 및 용존유기탄소의 높은 제거효율을 확인하였으며, 순도 높은 미세조류 바이오매스 회수 효율을 달성하였다.

주요 연구내용에 대한 국내외 기술현황



[그림 11] 미세조류-박테리아 공동배양을 실험 개략도 (Perales-Pérez et al., 2023)

- 2024년 노르웨이에서 Borg-Stoveland et al.(2024)는 연어 양식 폐수를 이용하여 미세조류의 배양 가능성을 확인하였다. 실험적 환경 내에서 실험에 사용된 3 종의 미세조류 모두 양식 폐수 처리 가능성을 확인 하였으며, 특히 육상 순환여과식 양식시스템의 환경 오염에 대한 해결책으로 미세조류 배양 시스템을 강조하였다.
- 2024년 스페인에서 Pájaro et al.(2024)는 담치 양식의 탄소 발자국을 추정하기 위한 예측 모델을 개발하였다. 환경 조건, 담치의 생리적 조건(성장률, 호흡, 배설 등)을 입력하여 양식된 담치의 패각 및 육 질부의 탄소 발자국 예측 모델을 구현하였다.
- 2022년 대한민국에서 이준호 et al.(2022)는 모듈러 건축물의 전 생애주기 탄소배출량 예측모델 개발 연구를 수행하였다. 생산, 시공, 폐기단계의 탄소배출량을 산정하였고 MLR, RF, GBRT, KNN, SVR등의 기계학습 알고리즘을 이용하여 예측모델을 구축했다.
- 2024년 중국에서 Ma et al.(2024)는 도시의 고형 폐기물 소각 시설에서 발생하는 이산화탄소 농도를 예측하기 위한 데이터 기반의 예측 모델링을 수행하였다. 기계학습 기반의 알고리즘을 활용하여 높은 성능의 예측모델을 구축 및 검증하였다.

연구성과 활용방안

- 활용주체: 양식어가
- 활용대상지역: 제주 및 전국
- 활용시기: 2025년
- 기존 양식시스템에 적용가능한 친환경 탄소저감 양식시스템을 개발하여 제주 및 전국 양식어가에서 활용할 수 있는 실용적인 기술을 개발
- 본 연구에서 탄소저감 양식시스템 효능 검정을 통해 개발된 '미세조류를 이용한 친환경 탄소저감 양식시스템' 관련 기술에 대한 특허 1건 출원
- 친환경 탄소저감 양식시스템 및 AI 기반 양식시스템 내 탄소배출량 예측 모델 개발에 대한 연구 결과를 활용하여 SCI급 논문 1편 게재

주요 키워드 (3개 이상)

한글

탄소중립, 탄소저감, 친환경 양식시스템, 인공지능, 예측모델링

영문

Net-Zero, carbon reduction, eco-friendly acuaculture system, artificial intelligence(AI), predictive modeling