

농축
2018
-58호

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개(), 발간등록번호(○)

발간등록번호

11-1543000-003132-01

농
가
용
착
유
세
척
수
정
화
처
리
장
치
개
발
최
종
보
고
서

2019

농
림
축
산
식
품
부
농
림
식
품
기
술
기
획
평
가
원

농가용 착유 세척수 정화처리 장치 개발 최종보고서

2019.12.31

주관연구기관 / (주)부강테크
위탁연구기관 / (주)애그리로보텍

농 립 축 산 식 품 부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농가용 착유 세척수 정화처리 장치 개발 ”(개발기간 : 2018.04.26~ 2019.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 12. 31

주관연구기관명 : ㈜부강테크 (대표자) 정 일 호 (인)

참여기관명 : ㈜애그리로보텍 (대표자) 함 영 화 (인)

주관연구책임자 : 김장규

참여기관책임자 : 함영화

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	농축2018-58호	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.04.26.~ 2019.12.31	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농림축산식품 연구개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	농가용 착유 세척수 정화처리 장치 개발			
연구책임자	해당단계 참여연구원 수	총: 7명 내부: 7명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:190,000천원 민간: 63,800천원 계:253,800천원	
	총 연구기간 참여연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:326,200천원 민간:108,800천원 계:435,000천원	
연구기관명 및 소속부서명	(주)부장테크		참여기업명: (주)에그리로보텍		
국제공동연구	상대국명:		상대국 연구기관명:		
위탁연구	연구기관명: (주)에그리로보텍		연구책임자: 함영화		

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		제 10-195 7827호	농축 2018- 58호	착유 세척수 정화처 리설비	신기술 인증 : 51-076	제 C-2019- 033455 호					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) 보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 젖소농가에서 발생하는 착유세척수를 방류기준에 맞게 효율적으로 정화처리할 수 있는 보급형 정화처리장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 젖소 사육규모별(50두, 100두 등 2개 규모 이상) 정화장치 개발 - 정화방류수질기준에 적합한 정화기술 및 정화장치 개발 - 착유세척수 정화처리 농가실증 적용 및 매뉴얼 개발 - 착유실의 젖소분뇨 및 우유폐기물의 착유세척수 혼합 사전차단 기술 개발 - 착유시설별 착유세척수의 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발 ○ ICT를 접목하여 유지관리가 용이한 정화장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 운영 편리성과 경제성 확보 - 착유세척수 정화처리 공정의 운영 관리방법 및 진단기술 개발 				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사육규모별 착유 세척수 정화처리 시스템 개발 ○ 환경부 고시 정화시설의 방류수 수질기준(제11조 제1항 관련)에 부합한 시스템 성능확보 ○ 시스템 설치 및 운전 매뉴얼 개발 ○ 착유 세척수 오염원의 사전차단 가이드 구축 ○ 장기운전 성능검증 결과 데이터 확보 ○ 농림축산식품부 신기술(NET) 인증 확보 ○ 개발품의 지적재산권 확보(특허 등록 1건, 특허 출원 1건) ○ 착유 세척수 정화처리 관리시스템 소프트웨어 개발 및 저작권 확보 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발품 사업화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 신기술 인증에 따른 정부지원제도를 활용한 보급 - 축산박람회, 낙농관련 매체 광고를 통한 기술홍보 및 기술소개 세미나 추진 - 농산물 가공 폐수처리, 양액재배 폐수처리 등의 농축산 폐수처리 시장 확대 - 사료업체 협력을 통한 개발품의 보급/운용 사업 전개 (5년 이내 150억 매출 기대) ○ 사회적 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 착유 세척수 처리정책에 대응할 수 있는 솔루션 제공으로 원활한 정책실시 및 환경관련 민원 해소 가능 - ICT 기반시스템을 이용한 농가 자체운영관리 부담 완화와 스마트 농업기반 구축 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>착유실</p>	<p>폐수</p>	<p>전기응집</p>	<p>분리막</p>	<p>정보통신기술</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>milking parlor (milking house)</p>	<p>wastewater</p>	<p>electrocoagulation</p>	<p>membrane</p>	<p>ICT</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	8
2. 연구수행 내용 및 결과	33
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	112
4. 연구결과의 활용 계획 등	116
붙임. 참고 문헌	118
붙임. 부록	118

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농림축산식품 연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농림축산식품 연구개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

가. 착유 세척수 및 착유실 세척폐수의 정의

- (1) 낙농가에서 우분뇨와 함께 착유 시 발생하는 착유실 세척폐수(착유 세척수, 착유세척수, 낙농 세척수라 불림)가 발생함
- (2) 착유 세척수에는 착유장비를 세척하기 위한 산, 알칼리 등의 약품과 젖소의 유방을 세척하는 세정약품을 포함하고 젖소가 염증을 가지고 있는 경우, 병원성 세균이 포함된 폐기우유(단백질, 지방 등), 젖소의 피 등이 포함되어 있고, 구제역 등의 전염병이 진행되는 경우, 살균제 등의 약품들이 혼입됨



<그림 1. 착유 세척수 조성 물질>

- (3) 착유실은 우분·뇨의 유입이 최대한 억제되도록 설계되고 있으나 우분·뇨의 유입을 피할 수 없고 우사의 형태[깎개축사(Loose barn) 및 프리스톨(Freestall)]나 착유방식에 따라 착유 세정수의 수질특성이 달라지므로, 처리현장의 특성, 오염부하, 발생량 등에 따라 세정수 처리장치는 가급적 단순한 구조를 가지면서 처리기준을 만족할 수 있는 장치의 구성이 요구됨

나. 착유세척수의 처리문제 대두

- (1) 2012년 가축분뇨의 해양배출 전면 금지에 이어, 2018년 2월 ‘가축분뇨법’에 따른 미허가축사 적법화 이행 기간 운영지침 발표
- (2) 환경부는 착유 세척수 정화시설을 가축분뇨처리시설에 포함하였으나, 관계부처 합동으로 2019년 9월부터 ‘미허가 축사 적법화’ 정책을 시행
- (3) 축산 환경을 근본적으로 개선하기 위한 종합대책을 실시하는 가운데 축산 농가들의 가축분뇨 처리에 대한 관심이 급격히 증가
- (4) 지금까지 가축분뇨 문제, 축산환경 규제는 주로 양돈 농가를 중심으로 이루어져 상대적으로 환경문제에 관심이 적었던 낙농가들은 환경규제에 대한 대안 부재

(5) 최근 착유 세척수 처리 문제 관련 적법한 처리 방법이 없다는 기사 다수 보도

낙농가, 착유 세척수 처리 "어떡하지?", 한국농정신문 2016.08.13.

착유세척수, 무대책에 낙농가 불안감 증폭, 농수축산신문 2017.01.23

정부, 미허가축사 적법화 지원방안 발표, 이태일리 2018.07.26

착유세정수 처리, 어떻게 해야 하나, 축산신문 2019.11.20

(6) 대부분 낙농가는 단순 저류조 형태의 기초시설이 존재하나, 별도의 처리 없이 방류되는 경우도 있으며, 가축분뇨공공처리장에 반입하여 처리하여 줄 것에 대한 낙농가 주민들의 요구가 있었으나 이는 일시적인 대안일 뿐 적절한 대응책이 나오지 못하고 있음

(7) 2016년 농촌진흥청 국립축산과학원은 ‘착유 세척수 정화처리 기술지침서’를 발간하여 세정수 처리에 대응

다. 농가 환경에 적합한 착유 세척수 정화처리 기술 개발

(1) 세정수 처리를 위하여 통상적으로 정화조(septic tank), 토양정화(soil infiltration)와 같은 단순한 형태의 처리장치를 설치하여 처리하고 있거나, 생물학적 처리공정과 고도처리공정을 조합한 형태의 처리기술이 적용되고 있음. 세정수에 포함된 성분을 고려한 적정 처리방안으로 보기에 부족한 부분이 있으며, 생물담체공정, 생물막공정(MBR) 등의 운영으로 효율성을 기하고자 하고 있으나, 과량의 화학약품 그리고 단백질 및 유지방과 같은 난분해성 유기물 성분이 포함된 착유 세척수는 미생물의 활성 유지가 어려운 부분이 있음

(2) 국내 특허 사례를 보면, 대부분이 착유 세정수에 특화 되었다고 볼 수 없으며, 일반적인 폐수처리 개별 단위장치를 단순 조합하여 착유 세척수 처리장치 특허로 제시하고 있어서 처리 시스템을 안정적인 장치로 사용하기에 다소 부족함이 있음

(3) 국내 ‘착유 세정수 처리장치’ 특허로 조사된 “낙농업용 세정수 정화장치(등록번호 10-1767032(2017.08.03))”는 생물학적 처리에 기반을 두고 포기와 반송을 통해 유기물과 질소를 제거하도록 구성되어 있음. 조사된 다른 특허는 “착유실 오폐수 정화 처리 시스템(등록번호 10-1924498(2018.11.27))”으로 고액분리와 미생물을 이용하여 처리되는 방식으로 구성되어 있음

(4) 발생 형태에 따른 폐수의 수질 특성과 발생량을 고려하지 않아 공정 구성이 과다하고, 불필요한 처리과정과 적정용량의 처리에 대한 대응이 부족한 기존 처리장치의 문제점을 극복할 수 있는 농가 맞춤형 착유 세척수 정화처리 기술을 개발하고자 함

1-2. 연구개발의 필요성

가. 착유세척수의 적정처리 필요

- (1) 우분뇨의 양에 비해 다소 적은 착유 세척수의 기존 처리방식은 가축분뇨처리시설에 연계 유입으로 처리했으나, 착유 세척수에는 세척을 위한 세정제 및 소독제, 초유, 혈유 등 여러 가지 오염물질이 포함되어 있어 정화 및 자원화처리에 저해요소로 대두됨
- (2) 젖소 유두에 묻은 분뇨 세척폐수, 착유기/배관 세척폐수(산/알칼리 세제), 유방염 감염소의 병원성 세균, 유두 소독약품(베타딘 등) 등으로 구성되어 별도의 처리가 필요함
- (3) 낙농업의 친환경적 발전을 위해 착유과정에서 발생하는 폐수의 혼입을 방지하는 별도의 수거라인과 구별된 정화처리는 매우 중요함
- (4) 향후 선진화 대책 이행 및 환경규제에 대비하기 위한 착유 세척수 적정처리기술 개발 및 방안 마련이 시급함



로봇식

바켓식

파이프라인식

텐덤식

<그림 2. 착유기 종류에 따른 구분>



갈개축사



프리스톨

<그림 3. 축사 형태에 따른 구분>

나. 정책실시를 위한 적합 솔루션 부재

- (1) 2016년 3월 가축분뇨법 개정에 따라 축산업의 환경규제가 심해졌고 설상가상으로 2019년 9월 '미허가 축사 적법화' 규제와 2020년 3월 시행예정인 '퇴비부숙도 도입' 문제로 낙농가의 고민이 깊어지고 있음. 정부의 선대책, 후규제 방식과 함께 규제에 대한 대책은 낙농가의 현실을 반영하지 않은 채 허술하게 마련되어 낙농가의 생존을 위협받고 있음
- (2) 또한 연간 약 31억톤의 이산화탄소와 반추동물의 되새김질로 인해 발생하는 메탄가스 및 가축분뇨를 배출하는 낙농가를 환경오염의 주범으로 간주하여 이들에게 환경적이고 사회, 경제적인 솔루션이 필요한 상황임

- (3) 낙농가들은 ‘미허가 축사 적법화’에 따라 착유세정수를 처리하기 위해 방류수 수질기준에 맞는 정화시설을 갖추거나 위탁처리를 해야 함. 그러나 관계부처 합동으로 적법화 완료기간을 두 차례나 유예하면서까지 착유세정수 처리와 관련해 농가들이 믿고 사용할 수 있는 적절한 처리방법을 찾았지만 기존 대부분의 설비들은 고장이 잦고 방류수도 법적 기준을 충족하지 못하는 경우가 많아 근본적인 해결책이 되지 못하고 있음
- (4) 또한 2019년 9월부터 국내 착유세정수 방류기준이 크게 강화됨에 따라 국내 축산농가는 적지 않은 어려움을 호소해왔음. 높아진 방류 수질을 맞출 적정기술이 부재하고, 복잡한 공정과 운영에 대한 어려움, 또 잦은 고장과 과도한 설치면적 요구 등에 대한 문제가 지적되고 있음

다. 연구개발 대상의 국내현황

- (1) 2017년 전체 사육두수 통계 결과, 약 5,000농가에서 약 400,000마리의 젖소가 사육되고 있음
- (2) 실제 착유를 하는 1세 이상의 젖소에서 발생하는 착유 세척수는 약 2,660톤 (350두*7.6L/두·일)이 발생함
- (3) 전국 사육규모별 가구수, 마리수 분포는 다음 표와 같음

<표 1. 2017년 젖소 사육두수 현황 (단위: 천마리,가구,%)>

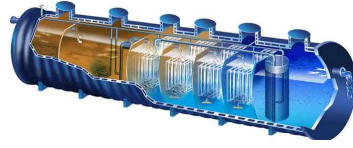
구분		'14.12	'15.12	2016				2017	
				3	6	9	12	3	6
총 마릿수		431	411	409	402	407	404	400	402
가임암소		305	293	292	288	292	291	287	290
연령별	1세미만	86	78	76	74	74	75	74	73
	1~2세미만	81	81	81	81	82	77	76	79
	2세이상	264	252	251	248	251	252	249	250
규모별	50마리미만	52	47	48	49	48	47	46	47
	50~100마리미만	200	194	192	186	186	183	178	181
	100마리이상	178	170	169	168	173	174	176	174
사육 가구수		5,693	5,498	5,481	5,407	5,420	5,354	5,238	5,256
규모별 가구수	50마리미만	1,620	1,553	1,591	1,623	1,600	1,563	1,519	1,505
	50~100마리미만	2,783	2,718	2,681	2,582	2,585	2,547	2,465	2,515
	100마리이상	1,290	1,227	1,209	1,202	1,235	1,244	1,254	1,236
가구당 마릿수(마리)		75.7	74.8	74.5	74.4	75.1	75.5	76.3	76.5

* 통계청 17년 2/4분기 가축동향조사자료

- (4) 약 10개의 업체가 착유 세척수 설비를 제공하고 있으며, 공정 구성은 생물학적 처리를 기반으로 담체를 도입하거나, 혐기/호기 등의 생물반응의 조합으로 구성



“S” 사



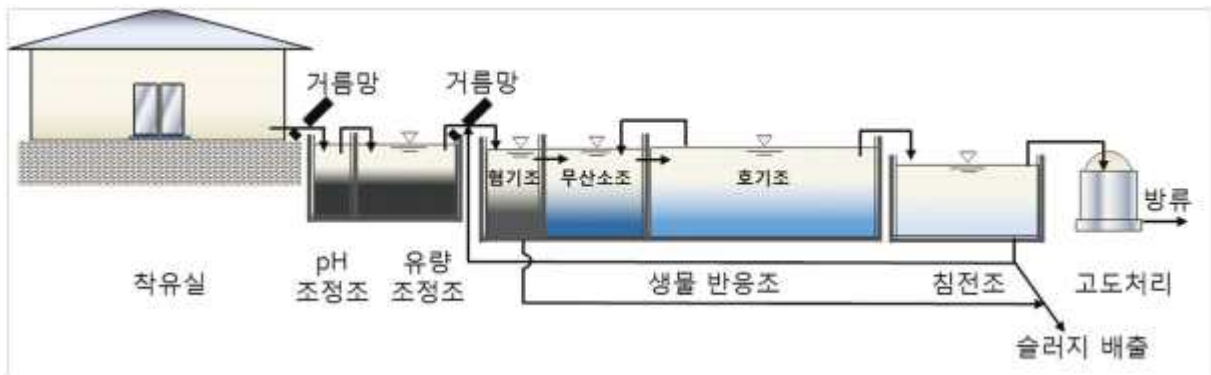
“J” 사



“Y” 사

<그림 4. 착유 세척수 처리시스템 경쟁기술>

- (5) 기존에 출원된 특허 사례를 보면, “낙농업용 세정수 정화장치 [출원번호 1020170054981 (2017.04.28.)]”가 있으며, 생물학적 처리에 기반을 두고 포기와 반송을 통해 유기물과 질소를 제거하는 장치로 구성
- (6) 국립축산과학원이 제시하는 ‘착유 세척수 정화처리 기술지침서’에 제시된 주요 구성은 아래 그림과 같음. 기본공정은 생물학적 처리를 기반으로 영양염류를 제거하는 기작을 반영하여 구성



<그림 5. 착유 세척수 생물학적 처리 공정>

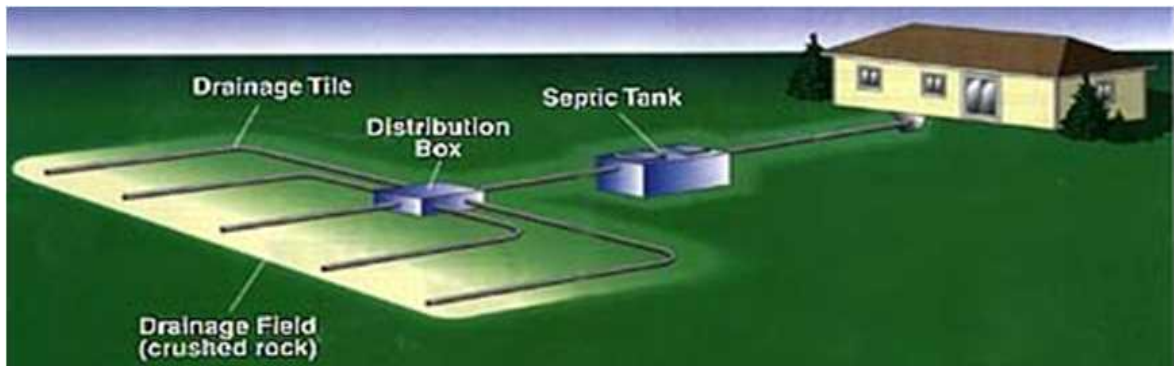
- (7) ICT 융복합 축산 기술의 표준화는 2017년 축사 환경관리 센서 TTA 단체표준 19종이 제정되었으며, 현재 축종별 사양관리 공동규격이 제정을 앞두고 있음. 하지만 사양관리 공동규격의 대상항목은 급이장비, 개체 선별기, 사료 및 음수 관리기 등 사양장비 위주이며, 가축분뇨처리 부문에 관한 내용은 부재함

라. 연구개발 대상의 국외현황

- (1) University of Minnesota에서 연구된 내용을 보면 착유실 세정수를 저장, 처리, 배출의 단계별 방안으로 검토하였는데, 각 단계별 검토 항목은 다음과 같음
 - Storage
 - ▶ Daily haul
 - ▶ Short term
 - ▶ Long term

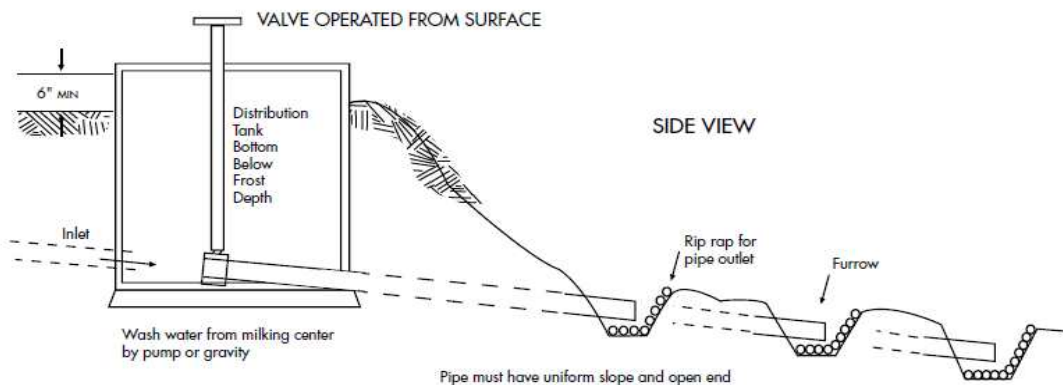
- Treatment
 - ▶ Septic tanks; Settling solids, Floating scum
 - ▶ Aerobic; Aerobic treatment units, Recirculating media filters
 - ▶ Flocculation
 - ▶ Constructed wetland
- Discharge Options
 - ▶ Discharge clean water
 - ▶ Subsurface infiltration; Drain fields
 - ▶ Surface land application; Crop, pasture or wooded land, Grassy filter strip, Terraced ridge/furrow areas, Bark beds

(2) 미주지역에서 적용되고 있는 공정 사례
 (가) Septic tank ; 지하수 오염의 위험성



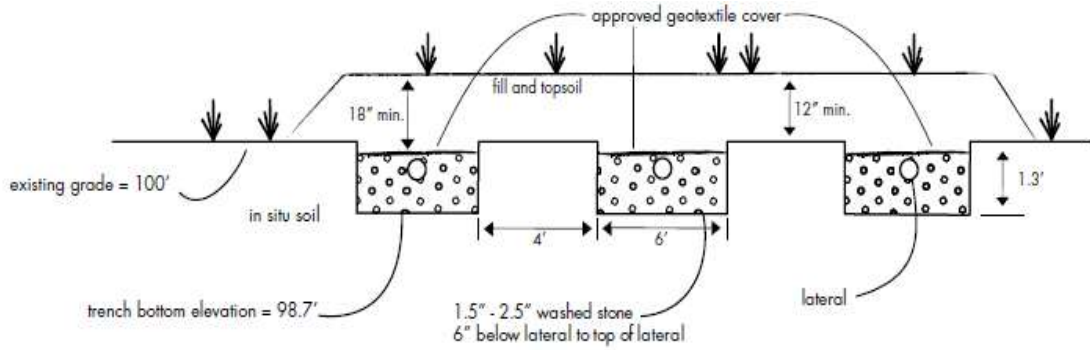
<그림 6. Septic tank 설치 개요도>

(나) Soil Infiltration System ; 지표수로 부터 100미터 이상 떨어진 곳에 구성해야 안전
 • Ridge and Furrow system ; 저렴한 비용, 용이한 유지관리. 추운 기후에서도 운영



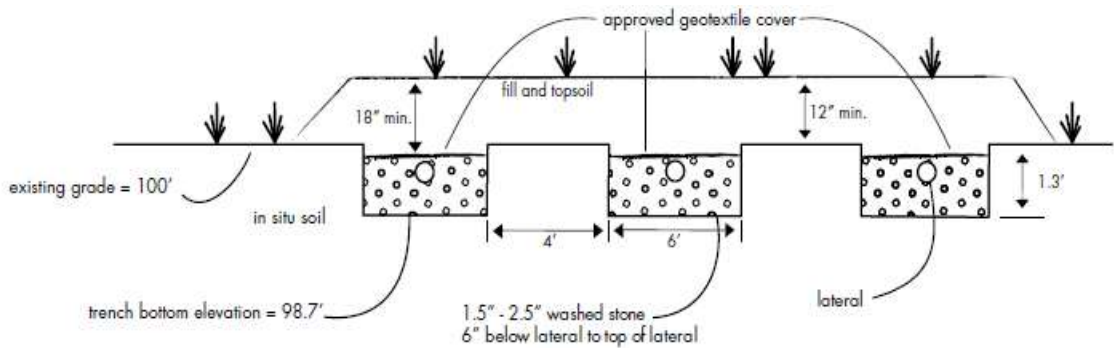
<그림 7. Ridge and Furrow system>

(다) Constructed Wetland ; 유지관리 용이, 대용량 처리가능, 높은 처리수질



<그림 8. Constructed Wetland>

(라) Subsurface Absorption Systems ; soil-covered systems과 organic matter covered systems이 있음. 전처리 저류조를 거쳐 유입되며, 처리 이후 구멍이 뚫린 배관을 거쳐 지중으로 배출함. 낮은 온도에 영향을 받지 않는 장점이 있음



<그림 9. Subsurface Absorption Trench System - Soil Covered>

1-3. 연구개발 범위

가. 연구개발 주요 내용 및 특징

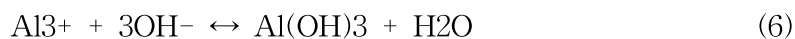
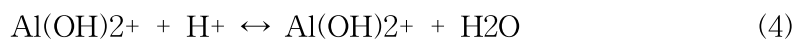
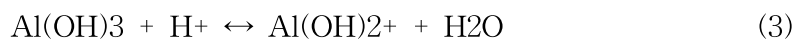
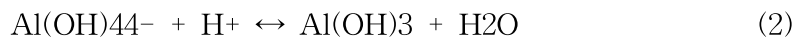
- (1) 본 과제에서는 착유 세척수 처리공정으로 전기분해/응집 공정, 분리막 공정으로 구성하여 세정수의 오염부하 및 특성에 따라 각 영역의 운영조건을 최적화하여 안정적인 처리수질을 제공할 뿐만 아니라, 병원성 세균을 완벽하게 처리하여 줌으로써 질병의 전염을 차단시킬 수 있도록 구성



<그림 10. 착유 세척수 처리 시스템 공정>

(가) 전기분해/응집 공정

- 세정 폐수가 하부에서 상향류로 공급되면서 용해성 전극에 의하여 유기물의 산화, 응집처리 그리고 병원성 세균에 대한 살균 등이 진행됨. 전기분해/응집을 위한 장치는 양극과 음극의 전극 면이 교대로 배치되는 구조로 구성되고, 폐수가 그 사이를 연속적으로 흘러가면서 처리됨. 착유 세정수의 전기전도도는 통상 2.0~5.0mS/cm 범위의 값을 가지며, 전기분해/응집 반응조에 폐수가 체류하는 시간은 수질에 따라 수분내지 1시간 이내의 범위에서 조정되고, 알루미늄 전극은 철 전극보다 비용해성 Al(III)을 방출하여 응집효율이 우수함
- 전기분해/응집은 용해성 anode 에 의해 용출되는 응집제를 형성함으로써 넓은 범위의 용존 물질과 거대분자 물질, 입자성 분산 오염물의 제거가 광범위하게 이루어짐



- 살균과정에 참여하는 주요 산화제는 hypochlorite 이고, 보편적인 살균과정을 수행함. 유리염소 및 결합염소 중은 일반적으로 세포막의 용해를 시작으로 산화가 이루어짐. 산화종의 발생은 폐수 내에서 hydroxyl radical 의 생성(간접 생성) 이나, 전극표면(직접 생성)에서 생길 수 있음



- 운영조건에 따라 3암페어에서 처리시간에 따라 6log 에서 10log 정도의 살균능력을 보이는데, 사전에 수행된 예비실험에서 전기분해/응집 반응조의 운전조건으로 24V, 1암페어, 반응시간 20분으로 처리된 폐수에 대한 대장균 분석결과 유입수에 포함된 600,000 CFU/100ml 대장균이 처리수에서는 검출이 되지 않았음
- 전극에 인가되는 전압은 12~24V 이며, 한 쌍의 전극에서는 2암페어 이하의 전류가 정전압 가변전류 방식으로 공급되도록 구성하여 운영상 안전 측면을 반영하였고, 유입되는 오염부하에 따라 저항값이 정해지면서 자동으로 처리가 제어되어 폐수를 일정하게 방류기준 이하로 정확하게 됨
- 전극의 소재는 알루미늄 전극을 사용하며(철 전극도 사용 가능함), 양극과 음극을 한 쌍으로 하는 다수의 전극 판이 1cm 의 간격으로 배열되고, 양극과 음극을 30초~1분 간격으로 전환하여 전극 표면의 스케일 형성 방지와 균일한 용해성 전극으로서의 역할을 효율화 하여 수명을 연장. 전기분해/응집 반응조 체류시간에 따라 COD 는 60~70%, TN 은 40%, TP 는 95% 이상의 처리가 가능

(나) 분리막 공정

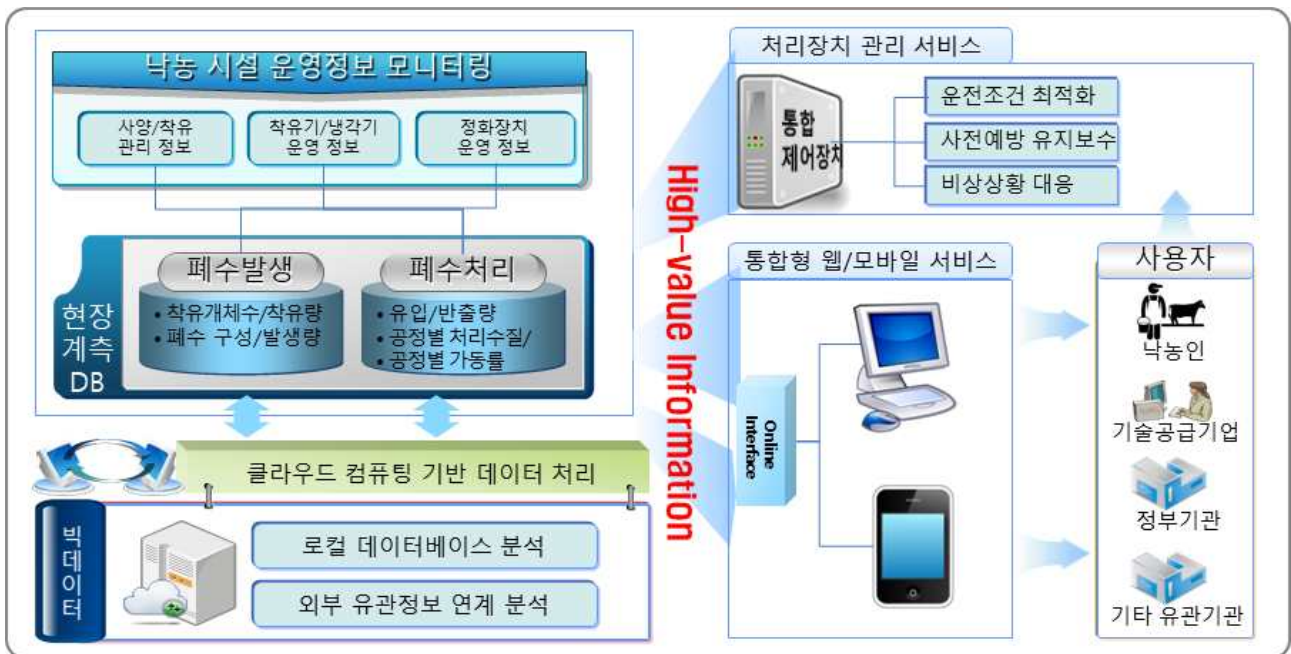
- 분리막 반응조는 0.1 μm 이하의 입경을 가지는 분리막이 장착된 막 모듈을 사용하며, 분리막은 내구성과 성능이 우수한 세라믹으로 장착함
- 전기분해/응집 처리된 폐수에 대하여 정밀여과막(MF) 이하의 공칭공경을 가지는 막을 사용하여 입자성 물질과 함께 용존된 병원성 세균에 대한 정화처리가 함께 이루어짐. 안정적인 수질의 확보와 ICT 기술의 접목을 통하여 운전을 보다 사용자 중심의 시스템으로 구성하는데 용이함



<그림 11. 세라믹 분리막의 우수성>

(다) ICT 기반 운영관리기술 적용

- 각종 계측기를 활용한 정화장치의 단위공정별 운영상태 진단은 물론, 현장의 사양·착유 관리 및 착유기·냉각기 운영 정보의 연계를 통해 폐수의 발생특성을 정보화하고, 이를 단순 정화조부터 다단계 수처리 공정까지 다양한 방식의 세척수 정화장치에 적용하여 운영효율을 최적화 할 수 있는 ICT 기반 운영관리 시스템을 개발하고자 함



<그림 12. ICT 기반 운영관리 시스템>

나. 연구개발 목표 및 평가 방법

(1) 최종목표

(가) 젖소농가에서 발생하는 착유세척수를 방류기준에 맞게 효율적으로 정화처리 할 수 있는 보급형 정화처리장치 개발

- 처리유량 : 1톤/일(50두 기준), 2톤/일(100두 기준)
- 처리수질 : BOD 120이하, SS 120이하, TN 250이하, TP 100이하

(나) ICT를 접목하여 유지관리가 용이한 정화장치 개발

- 처리공정과 연동한 5종 이상의 계측 제어를 갖는 시스템
- 유지관리와 관련한 3종 이상의 제어 알고리즘을 갖는 시스템

(2) 세부목표

(가) 사육규모별 정화장치 개발

- 1톤/일 처리시스템을 기반으로, 단위공정 확장 검토 (2톤/일 처리시스템 개발)
- 규모 확장(Scale-up) 설계 및 제작
- 단위공정 별 탄력적인 운전시간에 대응 가능한 구조 검토
- 용량 증가에 따른 제한요소 도출 및 해결방안 구축
- 단위공정의 안정적인 연계성 (처리 효율, 처리 시간 등)

(나) 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발

- 강화된 적용기준을 목표로 BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하를 만족하는 공정 완성
- 강화된 방류기준에 대응하기 위한생물학적 단위공정, 물리화학적 고도처리공정에 대한 추가 검토
 - ① 전기분해/응집 장치 개발
 - ㉠ 전극 효율 최적화 : 전극 교체주기 및 유지관리 개선, 전극 모듈화 완성
 - ㉡ 슬러지 처리의 용이성을 위한 전극소재 비교
 - ㉢ 전기분해/응집 반응조의 개선
 - ② 분리막 장치 개발
 - ㉠ 유동해석을 통한 모듈 내부구조 최적화
 - ㉡ 모듈 개선사항 반영, 시제품 제작
 - ㉢ 분리막 운영시스템 완성 : 분리막 소재의 수명, 내구성 차별화
 - ㉣ 처리성능 및 유지관리 최적화 완성 : 세정주기, 운전방식 조건별 실험
 - ③ 슬러지 수거 및 처분 방안 검토
 - ㉠ 슬러지 탈수백 구조 개선
 - ㉡ 슬러지 탈수백의 탈수성능 개선 : 여과포 소재 확보 (침전슬러지 탈수 80% 이상)

(다) 농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발

- 2톤/일 규모의 패키지형 장치에 대한 농가 적용 및 운영을 통한 개선방안 도출
- 운전매뉴얼 개발 : 비상시 대응방안, 분리막 역세비교, 전해처리장치
- 설치매뉴얼 개발 : 개발시스템 규격, 안전수칙, 설치조건 등

(라) 오염원의 사전차단 검토

- 장치가동에 따른 유입오염물의 지속적인 모니터링과 근본적인 차단방안 검토
- 유입 오염물의 발생원 파악과 차단방안 검토

(마) 착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발

- 기존 처리장치(저장조/액비화)의 연계 처리성능 개별 검증
- 기존 처리장치의 사례별 구분과 연계처리방안 계열화

(3) 개발 기술의 평가 방법 및 평가 항목

(가) 정량적 목표 항목

<정량적 목표 항목>

평가 항목	단위	가중치 (%)	연구개발 전	개발 목표치		표준·인증 기준	기준 설정근거	평가 방법
			국내수준	1차 년도	2차 년도			
사육규모별 정화장치 개발	m ³ /day	25	일 1톤 처리	일 1톤 처리	일 2톤 처리	-	처리량, 처리시간 산출	자체평가
방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	mg/L	25	정화시설의 방류수 수질기준	BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하		정화시설의 방류수 수질기준	기타지역 해당	수질오염공정 시험기준 : 2018
농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발	-	5	-	실태 조사 보고서	운전, 설치 매뉴얼	-	-	자체평가
오염원의 사전차단 검토	-	5	-	-	-	-	-	자체평가
착유시설별 기존 정화처리 장치 연계 및 운전기술 개발	-	10	-	수질 분석 보고서	DB구축	-	-	자체평가
처리시스템 성능 인증	-	10	-	신기술인증	-	농림축산식품부 신기술(NET)		신기술 인증 평가기준
실시간 공정 모니터링 시스템 개발	-	10	-	5종 이상 계측기 연동	3종 이상 기자재 제어	-	-	자체평가
온라인 운영관리 소프트웨어 개발	-	10	-	3종 데이터 연동	3종 이상 알고리즘 개발	-	-	소프트웨어 저작권 등록

(나) 정량적 목표 항목의 평가방법

- ① 사육규모별 정화장치 개발 착유세척수 일 발생량 및 일 처리량
 - 착유세척수 정화처리 설비의 유입량 및 운전시간, 처리량을 측정하여 산출함
- ② 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발 착유세척수 처리수질
 - 착유세척수 정화처리 설비를 통한 착유세척수 처리수의 수질(BOD, COD, TN, TP, SS)에 대하여 채수한 시료를 수질오염공정시험기준으로 분석함
- ③ 농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발 및 오염원의 사전차단 검토
 - 착유세척수 정화처리 설비의 설치 및 운전 매뉴얼을 구축하고 주요오염원에 대한 사전 차단 가이드를 기술함
- ④ 착유시설별 기존 정화처리 장치 연계 및 운전기술 개발
 - 착유시설별 발생폐수에 대한 수질을 분석하고 기존 정화처리 장치의 운영조건의 문제점을 파악하여 적합한 처리방안을 기술함
- ⑤ 처리시스템 성능 인증
 - ‘농림식품신기술인증제 운영요령’ (농림축산식품부 고시 제2017-2호) 및 ‘신기술(NET) 통합인증요령’ (농식품부 등 8개부처 공동고시)에 의거하여 농림축산식품부에서 주관하는 신기술인증제도에 지원하여 성능 인증을 평가함
- ⑥ 실시간 공정 모니터링 시스템 개발
 - 정화처리 단위기술별 운영상태 진단에 필요한 계측기를 선정하여 각 계측 값을 실시간으로 수집할 수 있는 센서 컨트롤러를 개발하여 현지 계측값과 비교하여 조정함
- ⑦ 온라인 운영관리 소프트웨어 개발
 - 착유세척수 정화처리 설비의 운전조건을 조정할 수 있도록 계측센서의 가변제어 모듈을 개발하고 계측값의 분석을 통해 이상감지 및 관리자 호출을 구현하는 프로그램을 개발하여 소프트웨어 등록

다. 연구개발 계획

(1) 1차년도 연구개발 계획

- 주관연구기관(부강테크) :

개발목표	1차년도 개발목표	정량적 목표
사육규모별 정화장치 개발	1톤/일 규모의 처리시스템 개발	1일 10시간 가동 1톤 처리
방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	물리화학적 처리시스템 개발	BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하
농가실증 적용 및 매뉴얼 개발	현장 환경을 고려한 운전인자 도출	실태조사 보고서
오염원의 사전차단 기술 개발	착유실 구조 및 착유시설 집수장치 검토	착유실 설계 반영목록 구축
착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발	축사구조, 착유시설 및 기존 착유 세척수 정화시설 방류수질 검토	연계처리 수질분석 보고서
처리시스템 성능 인증	농림부주관 신기술인증	신기술 인증 취득

- 위탁연구기관(에그리로보텍) :

개발목표	1차년도 개발목표	정량적 목표
실시간 공정 모니터링 시스템 개발	수질 계측기 선정 및 센서 컨트롤러 개발	5종 이상 계측기 자료 구축
온라인 운영관리 소프트웨어 개발	웹 기반 데이터 수집 및 분석 프로그램 개발	3종 데이터(착유, 착유장비, 세척수 처리장치) 연동

(2) 1차년도 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(부강테크) :

(가) 사육규모별 정화처리 장치 개발

- ① 사육두수 및 발생폐수량, 처리장치의 규모를 고려한 1톤/일 규모의 처리시스템 개발

(나) 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발

- ① 낙농가의 사육두수, 지역에 따라 착유세척수의 농도와 양이 상이하고, 지역과 낙농가의 시설분류에 따라 방류수질기준이 다르므로 이에 따른 검토 수행
- ② 착유 방식과 착유실 환경에 따라 세정수량과 세정수 오염물질 농도, 분뇨의 유입 등 폐수량과 폐수수질의 범위가 넓으므로 탄력적인 운영이 가능한 시스템 검토
- ③ 환경부에서 '19년 1월 1일로 시행하는 수질기준 강화를 고려한 처리시스템 개발(방류수질 기준 : BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100)

<표 2. 정화시설 방류기준 (2019. 1. 1.부터 적용기준)>

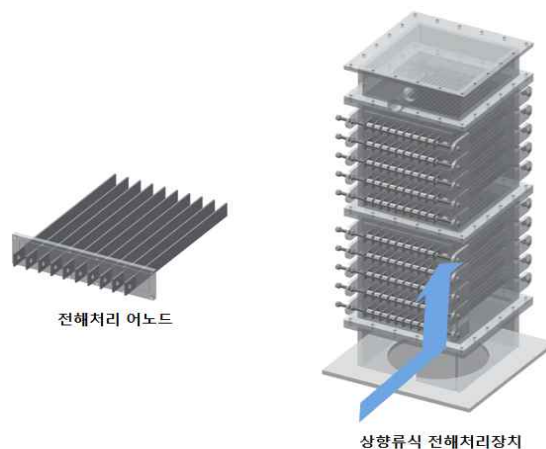
지역	구분 항목	허가대상배출시설을 설치한 자의 처리시설	신고대상배출시설을 설치한 자의 처리시설
		특정 지역 (mg/L)	BOD
	SS	40 이하	120 이하
	TN	120 이하	250 이하
	TP	40 이하	100 이하
기타 지역 (mg/L)	BOD	120 이하	150 이하
	SS	120 이하	150 이하
	TN	250 이하	400 이하
	TP	100 이하	100 이하

* 비교 : 1. 특정지역은 영 12조제1호부터 제5호까지 및 제8호에 해당하는 지역 또는 구역
 2. 기타지역이 특정구역으로 변경된 경우에는 변경 당시 그 지역에 설치된 처리시설에 대하여 그 변경일로부터 3년까
 지는 기타지역의 방류수 수질기준을 적용
 * 특정지역은 상수원 보호구역 상수원 취수시설로부터 유한거리 4km 이내 상류지역 등

- 착유 세척수 처리시스템의 공정구성 기본 개념
 - ▶ 정화처리효율 향상을 위한 고형물 사전 차단
 - ▶ 축사환경 및 시설운영 주체 반영
 - ▶ 착유 세척수의 수질 및 특성 반영
 - ▶ 방류수질기준에 부합한 안정적 처리

④ 전기분해/응집 장치 개발

- ㉞ 전극효율 최적화 : 유속-응집효율 관계분석을 통한 적정 처리시간 도출
 전극형태에 따른 전극수명/교체주기 적정화 방안 검토
- ㉟ 전극 모듈화 기초 설계 및 제작
- ㊱ 후속공정 연계성 효율화 : 입자 크기, 형태의 적정성
- ㊲ 유입 유기물 부하 60% 이상 제거



<그림 13. 전기분해/응집 장치 외형(안)>

⑤ 분리막 장치 개발

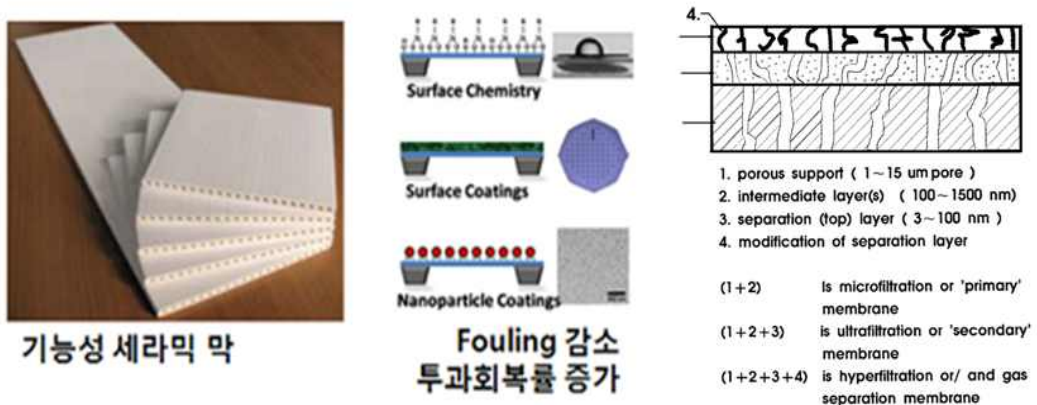
㉠ 내구성이 우수한 분리막의 적용 : 세라믹 분리막 성능 최적화

* 압출 기술을 이용하여 다공성의 세라믹 지지체를 제작하고 다수의 층으로 코팅하는 Multi-Layer 기술을 적용함. 하단에 1,000~15,000nm 공칭공경을 가진 세라믹 지지체, 상단에는 3~100nm를 형성하는 세라믹 활성체가 위치함. 하단부와 상단부를 연결하는 중간층에는 100~1,500nm의 공칭공경을 가진 세라믹을 위치시킴으로써 3단형으로 이루어진 세라믹 막을 적용

㉡ 성능검증 및 모듈 설계

㉢ 유지관리 개선 : 역세주기, 운전주기, 세정방안 도출

㉣ 분리막 처리수 투과도 50 LMH 이상



<그림 14. 세라믹 분리막 구조>

⑥ 슬러지 수거 및 처분 방안 검토

㉠ 슬러지 발생량 및 슬러지 내 알루미늄 함량분석을 통한 퇴비화 처리방안 검토

㉡ 수거방식 및 유지관리 방안 검토

㉢ 슬러지 탈수백의 탈수성능 개선 : 여과포 소재 확보 (침전슬러지 탈수 70% 이상)



<그림 15. 무동력 슬러지 탈수 설비>

(다) 농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발

① 농가 실증 적용을 위한 현장 실태 조사 계획

- ㉠ 처리대상 물질의 오염성분 농도 분석
- ㉡ 시설운영관리 수준 검토
- ㉢ 설치 시 고려사항 확인 (착유 세척수 정화처리 기술지침서 참고)
- ㉣ 축산박람회 등을 통한 경쟁기술 분석 및 농가 애로사항 점검
- ㉤ 계절을 고려한 관리사항 및 설계 반영

<표 3. 정화처리 시설 설치 시 고려사항>

고 려 사 항	세 부 사 항
정화처리시설 설치위치 선정	- 세정수 유입과 처리후 방류가 용이한가? - 빗물, 토사 유입 등 지형적 문제발생 위험은 없는가? - 고온이나 한랭으로 인한 영향으로부터 안전한가? - 청정지역, 상수원보호구역 등 지리적 여건은 어떠한가?
시설설치 여건	- 전기 등 필요시설의 설치가 용이한가? - 공사, 시공이 용이한가? - 시설의 운영과 관리에 문제가 없겠는가? - 설치, 관리 비용이 최소화 될 수 있는가? - 장차 확장 가능성이 있는가?
지역 여건	- 정화처리 및 방류관련 주민민원 발생가능성은 없는가? - 시설설치 시 행정적 문제는 없는가?(해당 지자체에 문의)
시설 설치 시 고려사항	- 설치비용은 적절한 수준인가? - 시설의 크기와 구성은 적절한가? - 설치 업체의 시공능력은 충분한가?(*전문기관에 문의) - 설계대로 시공이 이루어지고 있는가?

* 전문기관 : 축산환경관리원, 농업기술센터, 농협 축산사이버컨설팅부 등

② 매뉴얼 기반 자료 구축

- ㉠ 현장 실태 조사자료 기반 시스템 운전인자 도출
- ㉡ 농장주 의견 반영 및 단위 공정별 유지관리사항 점검
- ㉢ 소모품, 발생폐기물 등의 관리체계 구축



<그림 16. 매뉴얼 기반 자료 구축체계>

(라) 오염원의 사전차단 검토

- ① 착유실 및 착유시설 집수장치 구조 분석을 통한 세정폐수 관리방안 탐색
 - ㉠ 착유실 설계단계의 검토 (구조 개선)
 - ㉡ 세정폐수 발생 단계의 검토 (발생폐수의 전처리 개선)
 - ㉢ 착유실 운영방식의 개선 (축사유지관리 개선)

(마) 착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발

- ① 착유시설별 발생폐수 수질 분석
 - ㉠ 축사 구조에 따른 발생폐수 수질 검토 : 우사 형태 [갈래축사(loose barn), 프리스틀(freestall)]
 - ㉡ 착유기 구조에 따른 발생폐수 수질 검토 : 착유 방식 (일반/로봇, 바켓식, 파이프 라인식, 텐덤식, 헤링본식)
 - ㉢ 기존 처리장치의 개선/연계 처리방안 검토 (저장조/액비화)



지하 매립형 처리시설



개방형 처리시설

<그림 17. 기존 처리장치 현황>

(바) 처리시스템 성능 인증

- ① 농림식품자원부 신기술 인증 수행
- ② 시스템 개선 요소 도출
- ③ 운영 데이터 구축 및 유지관리 인자 도출



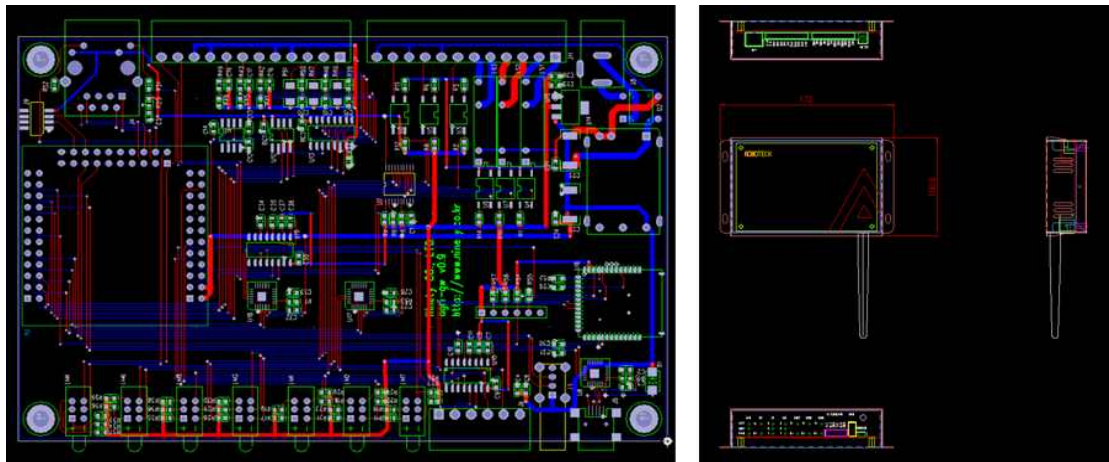
<그림 18. 신기술 인증 마크>

- 위탁연구기관(에그리로보텍) :

(가) 각종 센서를 이용한 운영상태 실시간 모니터링 및 제어 장치 개발 (H/W 부문)

① 실시간 공정 모니터링 시스템 개발

- ㉞ 정화처리장치 구성을 고려하여 단위공정별 운영상태 진단에 필요한 계측기를 선정하고, 각 계측 데이터를 실시간 수집할 수 있는 센서 컨트롤러 개발 계획
- ㉟ 다양한 계측기 통신규격을 고려하여 RS232, 전류(4-20mA), 전압(0-10V) 등 입력이 가능한 포트를 구성하고, 포트 고장 및 확장을 고려하여 여유 포트를 확보하도록 설계
- ㊱ 열악한 환경에서 가동되어 파손이 높은 수질 계측기의 특성을 반영하여 각 센서부는 교체가 용이하도록 커넥터를 구성하고, 컨트롤러 외장 케이스의 경우 Protection Category IP 54 수준의 방수·방진 성능을 갖도록 설계



<그림 19. 계측 및 제어가 가능한 컨트롤러 설계(안)>

- ㊲ 사용자의 편의성 및 운영 안정성을 고려하여 전체 공정의 운영은 물론, 단위 공정별 기자재 상태 및 유지보수 소모품 교체주기를 진단할 수 있도록 계측기를 선정하여 시스템 구성

<표 4. 운영관리를 위한 계측기 선정(안)>

구분	종류	목적	비고
운영지표	온도	<ul style="list-style-type: none"> • 공정 내 처리단계별 수온 측정 • 장치류 과열 및 동파 여부 확인 	
	유량계	<ul style="list-style-type: none"> • 유입, 반출 및 단위공정별 유량 확인 	
	압력	<ul style="list-style-type: none"> • 분리막 처리조 가동상태 확인 	
	전류	<ul style="list-style-type: none"> • 전기분해응집 반응조 가동상태 확인 	
수질지표	pH, EC, 탁도, TDS	<ul style="list-style-type: none"> • 단위공정별 처리성능 	

(나) 데이터 기반 운영관리 프로그램 개발 (S/W 부문)

① 온라인 운영관리 소프트웨어 개발

- ㉞ 수집된 데이터를 활용할 수 있는 서버 또는 클라우드 기반 온라인 프로그램 개발 계획
- ㉟ 센서 컨트롤러의 데이터는 물론, 착유세척수 처리에 영향할 수 있는 농가경영관리 프로그램의 사양관리 현황 데이터, 기타 유관기관 공공데이터 등을 수집할 수 있도록 구성
- ㊱ 다양한 제조사, 종류로 구분되는 ICT 장비의 데이터 수집에 한계가 있는바, 이를 개선하기 위해 축종별로 주로 사용하는 ICT 장비의 통신 사양에 따라 장비와의 직접 통신, 데이터 서버 연계, 데이터 추출(.csv 등)의 3가지 방식으로 데이터 연동 방안을 설계
- ㊲ 공공데이터 연계를 위하여 외부기관에서 OpenAPI 형태로 제공되는 공공데이터를 수집할 수 있는 프로그램 개발
- ㊳ 수집된 데이터를 PC와 스마트 디바이스(스마트폰, 태블릿PC 등)에서 동일한 수준으로 활용할 수 있는 서비스 환경을 구성하고, 손쉬운 정보 활용 및 사용자 경험 반영이 용이하도록 사용자 중심의 UI/UX를 설계 반영



<그림 20. 웹 기반 운영관리 프로그램(안)>

(3) 2차년도 연구개발 계획

- 주관연구기관(부강테크) :

개발목표	2차년도 개발목표	정량적 목표
사육규모별 정화장치 개발	2톤/일 규모의 처리시스템 최적화	1일 10시간 가동 2톤 처리
방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	물리화학적 처리시스템 최적화	BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하
농가실증 적용 및 매뉴얼 개발	운전 및 설치 매뉴얼 개발	운전, 설치 매뉴얼 각 1부
오염원의 사전차단 기술 개발	지속적 모니터링에 위한 유입오염원의 확인	착유실 설계 반영목록 구축
착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발	사례별 연계처리 성능 검증 및 자료구축	연계처리 DB 구축

- 위탁연구기관(에그리로보텍) :

개발목표	2차년도 개발목표	정량적 목표
핵심 기자재 제어 모듈 개발	온·오프 및 가변 제어	3종 이상 기자재 제어
빅데이터 분석을 통한 운영 알고리즘 개발	세척수 발생 및 처리 진단 알고리즘	3종 이상 알고리즘 개발

(4) 2차년도 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(부강테크) :

(가) 사육규모별 정화장치 개발

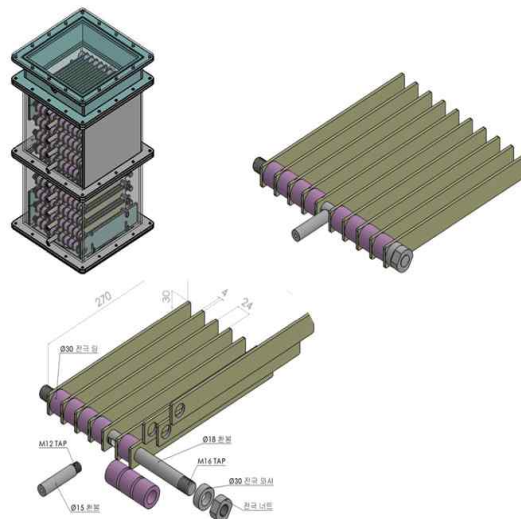
- ① 1톤/일 처리시스템을 기반으로, 단위공정 확장 검토 (2톤/일 처리시스템 개발)
- ② 규모 확장(Scale-up) 설계 및 제작
- ③ 단위공정 별 탄력적인 운전시간에 대응 가능한 구조 검토
- ④ 용량 증가에 따른 제한요소 도출 및 해결방안 구축
- ⑤ 단위공정의 안정적인 연계성 (처리 효율, 처리 시간 등)



<그림 21. 착유 세척수 처리시스템 막모듈 Scale-up>

(나) 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발

- ① 강화된 적용기준을 목표로 BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하를 만족하는 공정 완성
- ② 강화된 방류기준에 대응하기 위한 생물학적 단위공정, 물리화학적 고도처리공정에 대한 추가 검토
- ③ 전기분해/응집 장치 개발
 - ㉠ 전극 효율 최적화 : 전극 교체주기 및 유지관리 개선, 전극 모듈화 완성
 - ㉡ 슬러지 처리의 용이성을 위한 전극소재 비교
 - ㉢ 전기분해/응집 반응조의 개선

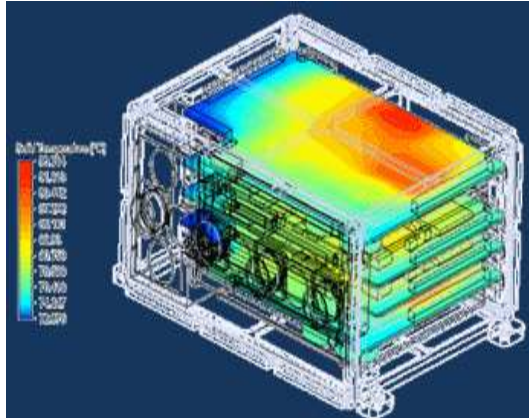


<그림 22. 전극 효율 최적화>

④ 분리막 장치 개발

- ㉠ 유동해석을 통한 모듈 내부구조 최적화

㉔ 모듈 개선사항 반영, 시제품 제작



<그림 23. 분리막 모듈 내부 유동해석(예시)>

- ㉔ 분리막 운영시스템 완성 : 분리막 소재의 수명, 내구성 차별화
- ㉔ 처리성능 및 유지관리 최적화 완성 : 세정주기, 운전방식 조건별 실험
- ⑤ 슬러지 수거 및 처분 방안 검토
 - ㉔ 슬러지 탈수백 구조 개선
 - ㉔ 슬러지 탈수백의 탈수성능 개선 : 여과포 소재 확보 (침전슬러지 탈수 80% 이상)

(다) 농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발

- ① 2톤/일 규모의 패키지형 장치에 대한 농가 적용 및 운영을 통한 개선방안 도출
- ② 운전매뉴얼 개발 : 비상시 대응방안, 분리막 역세비교, 전해처리장치
- ③ 설치매뉴얼 개발 : 개발시스템 규격, 안전수칙, 설치조건 등

(라) 오염원의 사전차단 검토

- ① 장치가동에 따른 유입오염물의 지속적인 모니터링과 근본적인 차단방안 검토
- ② 유입오염물의 발생원 파악과 차단방안 검토

(마) 착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발

- ① 기존 처리장치(저장조/액비화)의 연계 처리성능 개별 검증
- ② 기존 처리장치의 사례별 구분과 연계처리방안 계열화



<그림 24. 기존 시설 방류수 연계처리(안)>

- 위탁연구기관(에그리로보텍) :

(가) 각종 센서를 이용한 운영상태 실시간 모니터링 및 제어 장치 개발 (H/W 부문)

① 핵심 기자재 제어 모듈 개발

- ㉠ 농가에서 관리자가 직접 운영하는 장비의 특성상 공정의 이상을 사전에 진단하고, 필요에 따라 자동 또는 원격으로 일부 기자재를 제어할 수 있는 모듈 개발
- ㉡ 유입 폐수의 부하변동 및 공정 운영환경의 변화에 주요 공정의 운전조건을 조정할 수 있도록 해당 기자재를 온·오프 또는 가변 제어할 수 있도록 모듈을 구성
- ㉢ 현장 관리자의 작업이 요구되는 이상이 발생할 경우 관리자를 호출할 수 있는 경광 등, 사이렌 등 알람 시스템을 설계에 반영

(나) 데이터 기반 운영관리 프로그램 개발 (S/W 부문)

① 빅데이터 분석을 통한 운영 알고리즘 개발

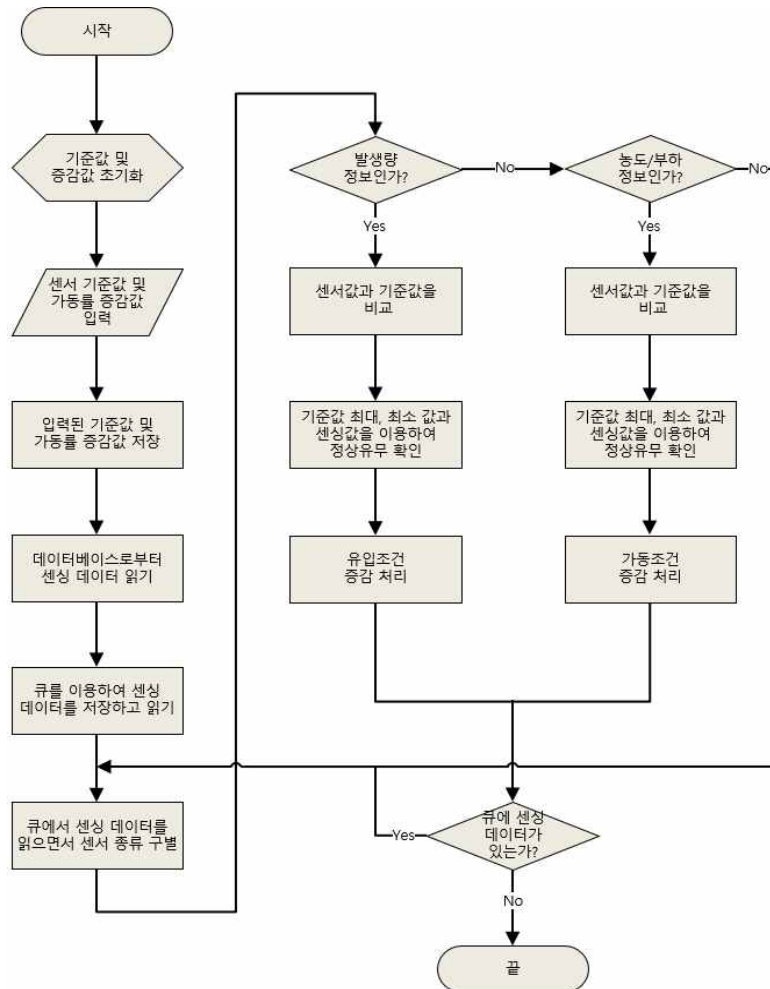
- ㉠ 착유세척수 처리방식은 물론, 이에 영향을 줄 수 있는 낙농시설의 유형별 다양성을 카테고리화 하여 코드관리 시스템 설계

<표 5. 주요 낙농시설의 형태에 따른 분류(안)>

대분류	중분류	소분류	비고
축사바닥	깔짚	재료별	
	프리스트롤	스크레이퍼 / 슬러리 피트	
착유퇴수	분리식	장비 세척수 / 분뇨 / 우유폐기물	
	합류식	장비 세척수 / 분뇨 / 우유폐기물	
착유기	일반	파이프라인 / 로터리 / 사이드바이사이드	
	로봇	제조사별	
냉각기	용량	용량별, 제조사별	
	제어	기계식, 전자식, 프로그램식	
착유세척수 처리	정화조	일반 정화조 / 합병 정화조	
	기타 공정	공정 구성별	

- ㉠ 상기 낙농시설의 구성에 따른 착유세척수의 발생 및 처리 특성을 분석하고, 이를 활용하여 처리방식별 운영 상태를 진단 및 예측 가능한 알고리즘을 개발함. 특히 수처리 장비의 안정적 운영에 필수적인 적정 유지보수를 위한 소모성 부품 수명, 분리막 세척 주기 등을 예측할 수 있는 로직을 중심으로 개발
- ㉡ 다중 센싱 정보 및 빅데이터 기반의 세척수 처리장치 운영 알고리즘을 개발하여, 다양한 정보에 근거하여 정확도가 높은 실시간 자가진단을 구현
- ㉢ 자가진단 알고리즘은 사용자 또는 전문가가 설정한 각 정보별 허용 가능한 기준값을 바탕으로 하며, 해당 기준값과 이와 연계된 장치의 가동률 증감 값 간의 피드백을 측정하여 시설 운영의 정상여부를 판단함. 수집된 센싱 데이터는 데이터베이스로부터 읽어 순차적으로 처리하기 위해 큐에 저장하고, 각 데이터별 큐에서 읽어 처리함

- ㉔ 세척수 처리장치 운영정보 외 착유 및 착유시설 운영 등 각종 데이터를 도입함으로써 계측 정보의 한계를 보완하여 분석의 정확성을 향상시키는 물론, 활용 가능한 정보의 확대를 통해 운전환경 변화에 사전 대응할 수 있는 정보의 생산이 가능함
- ㉕ 자동 계측되는 데이터와 수질기준항목(BOD, COD, SS, TN, TP)의 실제 분석치 간의 상관성 분석을 통하여, 공정의 운영 상태를 직관적으로 파악할 수 있는 지표 개발



<그림 25. 운영 알고리즘 순서도(안)>

② 사용자 매뉴얼 개발

- ㉖ 농가형 환경장비의 특성상 안정적인 시설의 유지보수가 중요하므로, 연구 최종성과 품의 이상적 운용을 위한 사용자 매뉴얼 개발 후 운전매뉴얼에 수록
- ㉗ 농장 관리자는 물론 외부 유지보수 주체를 위한 콘텐츠를 설계에 반영

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 연구개발 추진전략

가. 폐수처리 시스템 개발 추진

- (1) ㈜부강테크(주관기관)는 요소기술 및 장치의 성능 개선과 운영효율 향상 등 폐수처리와 관련한 주요 핵심기술 개발 담당
- (2) ㈜에그리로보텍(위탁기관)은 ICT 관련 전반적인 설계와 하드웨어의 구현 등 기초/기반기술개발 담당
- (3) ㈜부강테크(주관기관)는 사업화 및 성능 장치의 성능검증 담당
- (4) ㈜에그리로보텍(위탁)은 현지 적용된 설비의 유지관리 및 운영 모니터링 개발 담당

나. 요소기술별 협력체계 구축

- (1) 소재 전문기관으로부터 재료 선정 및 가공에 대한 자문(세라믹, 알루미늄)
- (2) 부품 가공/생산 업체와의 협업을 통해 제품 완성도 제고
- (3) 타사 기술수준의 객관적 지표 수립으로 보완사항 도출

다. 농림식품신기술 인증 취득

- (1) 처리용량별 성능인증
- (2) 착유 세척수 발생환경별 시범운영 사이트의 운용

라. 전문가 네트워크 구축 및 기술정보 수집

- (1) 정부출연연구소 등의 전문가 그룹을 통한 기술동향 파악(국립축산과학원)
- (2) 정부가 요구하는 기술 수준의 파악 및 비즈니스 모델 자문(축산환경관리원)
- (3) 관련 산업분야의 전시회, 전문가 세미나 참여

마. 실 수요자를 타겟으로 테스트 베드 구축

- (1) 시범운영을 통한 기술홍보 및 상용화 추진 : 청주시 소재 S목장
순천시 소재 S목장
공주시 소재 C목장
포항시 소재 H목장
- (2) 전시회 참가 등을 통한 기술홍보 추진
- (3) 축사개선을 계획하는 농가에 대한 수요조사 및 사전 테스트 실시방안 도출

2-2. 추진체계, 추진일정

가. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	농가용 착유 세척수 정화처리 장치 개발	주관연구책임자 김장규 외 총 10명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
대기업	1	5 (함영화, 조병호, 전필규, 이창효, 정강엽)
중견기업		
중소기업	1	6 (김장규, 성경환, 이승호, 김윤진, 엄철승, 백상용)
대학		
국공립(연)		
출연(연)		
기타		

주관기관 : (주)부강테크
"보급형 착유 세척수 처리 시스템 개발"
김장규 외 5명
담당기술개발내용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 젖소 사육규모별(50두, 100두 등 2개 규모 이상), 세척기 사용 소득제별 정화장치 개발 ○ 정화방류수질기준에 적합한 정화기술 및 정화장치 개발 ○ 착유세척수 정화처리 농가실증 적용 및 매뉴얼 개발 ○ 착유실의 젖소분뇨 및 우유폐기물의 착유세척수 혼합 사전차단 기술 개발 ○ 착유시설별 착유세척수의 기존 정화처리 장치 연계 및 운전기술 개발

위탁기관 : (주)에그리로보텍
"ICT 기반 착유세척수 정화처리장치 관리 시스템 개발"
함영화 외 4명
담당기술개발내용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 각종 센서를 이용한 운영상태 실시간 모니터링 및 제어 장치 개발 ○ 데이터 기반 운영관리 프로그램 개발

나. 추진 일정

1차년도														
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	사육규모별 정화장치 개발				■	■	■	■	■	■				김장규 (부강테크)
2	방류수질기준에 적합한 정화장치 개발				■	■	■	■	■					
3	농가실증 적용 및 매뉴얼 개발								■	■	■	■	■	
4	오염원의 사전차단 기술 개발									■	■	■	■	
5	착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발										■	■	■	
6	처리시스템 성능 인증								■	■	■	■	■	
7	ICT를 도입한 시스템 개발				■	■	■	■	■	■				허용준 (에그리로 보텍)
8	운영관리 및 진단기술 개발								■	■	■	■	■	

2차년도														
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	사육규모별 정화장치 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			김장규 (부강테크)
2	방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
3	농가실증 적용 및 매뉴얼 개발					■	■	■	■	■	■			
4	오염원의 사전차단 기술 개발			■	■	■	■	■	■					
5	착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발				■	■	■	■	■					
6	핵심 기자재 제어 모듈 개발	■	■	■	■	■	■							
7	빅데이터 분석을 통한 운영 알고리즘 개발			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	허용준 (에그리로 보텍)

2-3. 연구개발내용

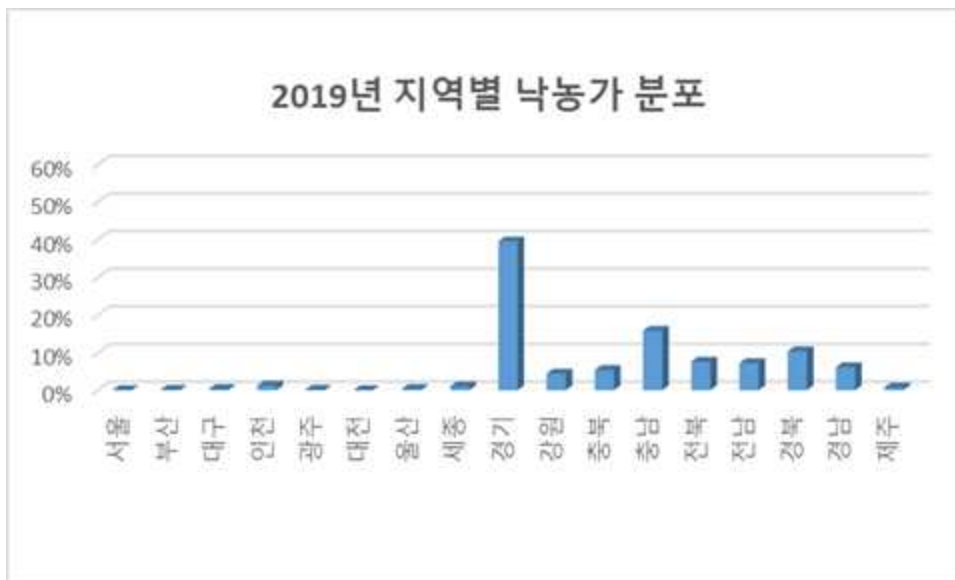
- 주관연구기관(부강테크) :

가. 사육규모별 정화처리 장치 개발

(1) 1톤/일 규모의 처리시스템 개발

(가) 2019년 국내 낙농가 사육현황

- ① 전국 6,200가구(50두 이상 3,600가구) 중 경기도(40%), 충청남도(16%), 경상북도(10%) 순으로 분포되어 있음



<그림 26. 2019년 지역별 낙농가 분포, 통계청>

- ② 약 73%의 낙농가가 50두의 젖소를 사육하고 있고, 50두 기준으로 1.0 ~ 1.5톤/일의 착유세척수가 발생하는 것으로 조사됨

(나) 착유 세척수 정화처리 기술 지침

- 16년 국립축산과학원에서 발간한 착유 세척수 정화처리기술 지침서에 따르면, 국내 낙농업의 지속가능한 발전을 위해 착유 세척수에 대해서 정의하고 올바른 정화처리 및 제도 구축에 대해 제시하고 있음
- 착유 세척수 처리수질은 정화시설 방류수질기준에 부합하여야 하며, 그 기준은 아래와 같음

<표 6. 정화시설 방류수질 기준>

단위 : mg/L		허가대상	신고대상
특정지역	BOD	40 이하	120 이하
	SS	40 이하	120 이하
	TN	120 이하	250 이하
	TP	40 이하	100 이하
기타지역	BOD	120 이하	150 이하
	SS	120 이하	150 이하
	TN	250 이하	400 이하
	TP	100 이하	100 이하

비고 : 1. 이 표에서 특정지역은 영 제12조제1호부터 제5호까지 및 제8호에 해당하는 지역 또는 구역으로 한다.
 2. 기타지역이 특정구역으로 변경된 경우에는 변경 당시 그 지역에 설치된 처리시설에 대하여 그 변경일 부터 3년까지는 기타지역의 방류수수질기준을 적용한다.
 * 특정지역은 상수원보호구역 상수원 취수시설로부터 유한거리 4km 이내 상류 지역 등

- 농가에서 발생하는 착유 세척수의 수질은 축사형태, 착유방식, 착유두수에 따라 상이 하며, 축사에서 발생하는 착유 세척수의 발생량과 대표수질은 아래와 같음

<표 7. 착유 세척수 대표수질(착유 세척수 정화처리 기술지침서, 착유두수 50두 기준)>

착유 작업별		세척수량 (L)	수질(mg/L)				
			BOD	CODcr	SS	TN	TP
착유 준비	자동	75.0	-	-	-	-	-
착유기	자동	366.3	831.9	376.3	514.4	39.9	20.6
원유 냉각기	자동	122.2	808.6	460.6	463.7	45.9	24.2
착유실 바닥	자동	184.1	906.4	971.3	1934.4	236.7	18.0
기타	자동	123.9	896.8	326.3	514.4	43.4	7.5
유두세척(50두)	자동	75.0	212.4	260.3	330.8	29.8	3.3
전체		871.5	800.3	496.7	791.5	81.9	17.2

- 착유두수 50두 기준의 축사에서 일 871.5L의 착유 세척수가 발생하며, 그 대표적인 수질은 BOD 800mg/L, CODmn 496.7mg/L, SS 791.5mg/L, TN 81.9mg/L, TP 17.2mg/L로 구성되어 있음

(다) 미허가 축사 적법화

- 18년 3월 낙농 관계부처(환경부, 농식품부, 국토부) 합동으로 ‘미허가 축사 적법화’ 이행 기간을 시행함으로써 축산 양성화를 위한 애로사항 점검 및 불합리한 제도 개정, 조례 발굴 등을 목적으로 운영하기로 함
- 가축분뇨 배출시설 허가 신청 제출단계에서 착유 세척수 처리시설 계획을 포함하고 19년 9월 적법화를 추진하기로 함



<그림 27. 적법화 이행 절차 흐름>

(라) 착유 세척수 처리기술개발 주안점

① 기술적 차별화

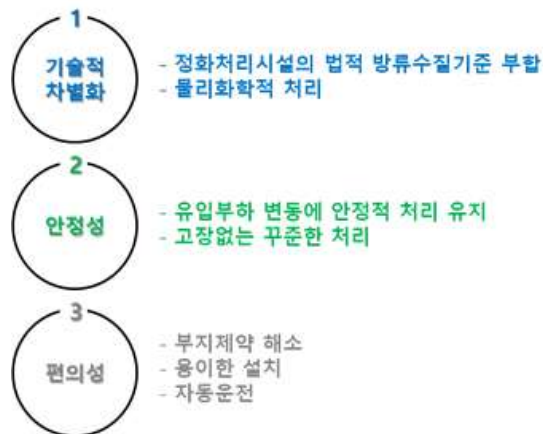
- 발간된 '착유 세척수 정화처리 기술지침서'에서 생물학적처리를 표준처리기술로 제시하고 있고 실제로 보급되고 있는 경쟁기술 또한 생물학적처리를 기반으로 함
- 이는 가축분뇨를 위한 보편적인 처리 형태로 착유 세척수의 특성을 고려하지 않았고 보급농가에 따르면 장치운영관리의 문제가 발생하고 있음
- 산/알칼리 세제 및 소독제의 정기적인 사용을 고려하고 계절적인 영향에 민감하지 않으며 운영관리가 쉬운 물리화학적 처리방식을 통해 기술적 차별성을 가지고 신속한 고객대응을 통해 경쟁사 기술이 가지지 못한 영업적 차별성을 가질 수 있음

② 안정성

- 유입부하 변동 폭이 크고 축사운영에 따라 발생량이 상이하기 때문에 충분한 유량조정조와 스크린을 설치함으로써 장비의 유지관리를 최소로 해야 함
- 공정을 단순하게 설계하여 유지관리사항을 최소로 하고 안정적인 처리를 위해 설계 용량에 여유율을 반영해야 함

③ 편의성

- 축사환경과 운영자의 관리사항을 반영하여 자동운전을 구현하고 시설규모를 최소화하여 설치 시 소요되는 공사기간을 최소화할 수 있는 지상형 구조이어야 함

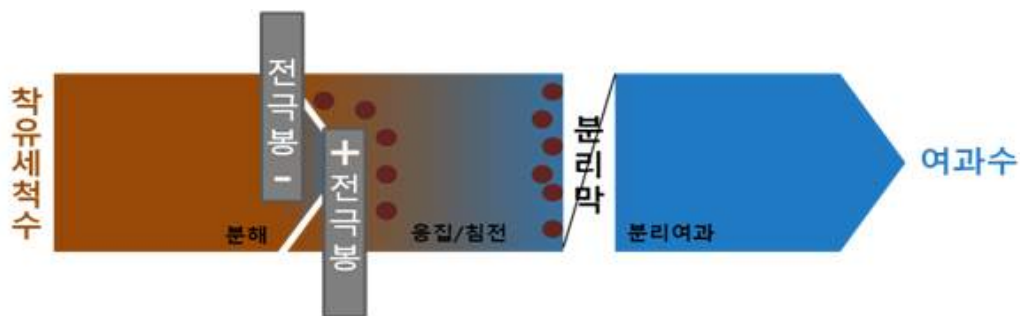


<그림 28. 기술개발 주안점>

(마) 착유 세척수 처리공정 기본 개념

- ① 정화처리효율 향상을 위한 고형물 사전 차단
- ② 소규모/소용량 자체처리 운전방식
- ③ 축사환경 및 시설운영 주체 반영
- ④ 착유 세척수의 수질 및 특성 반영
- ⑤ 방류수질기준에 부합한 안정적 처리

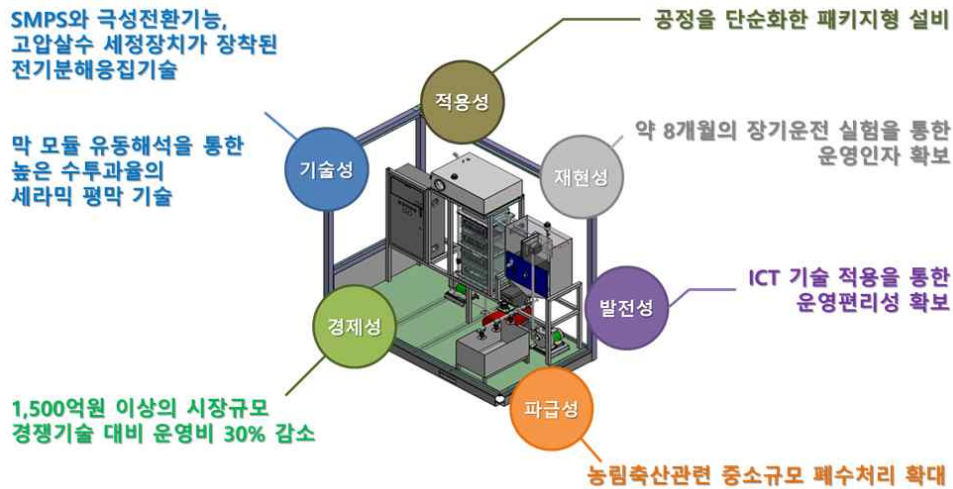
- 고형물 유입을 사전 차단하고 젓소의 사육 상태를 지속적으로 관찰해야하는 축사환경, 일 1톤의 소규모 정화처리, 여러 종류의 세척제가 사용되고 버려지는 착유세척수의 특성을 고려하여 안정적으로 처리할 수 있는 응집 및 여과기반의 물리화학적 패키지 형태로 설계함



<그림 29. 물리화학적 처리 개념>

(바) 물리화학적 처리를 이용한 착유 세척수 정화처리 시스템

- 착유 세척수와 착유 시 발생폐수의 특성 및 축사 환경을 반영하여 전기분해 응집·분리막 공정을 적용한 착유 세척수 정화처리 기술을 개발함
- 본 기술은 아래의 사항을 고려하여 개발하였고 그 세부내용으로 공정을 단순하게 설계할 수 있는 전기분해 응집기술과 분리막 여과기술을 조합한 기술차별성을 확보하였고 이를 구현할 수 있는 기기구조설계를 통해 우수한 품질로 제작하였으며 약 8개월 동안의 장기운전 실험을 통해 운영비용을 경쟁기술 대비 30% 절감하여 경제성을 확보하였음. ICT 기술 도입을 위한 위탁연구를 통해 개발설비의 발전성을 확보하였고 이러한 운영 노하우를 통해 농림축산 관련 중소규모 폐수처리시장에 진입할 수 있는 파급성을 기대할 수 있음



<그림 30. 착유 세척수 정화처리 시스템>

(2) 2톤/일 규모의 처리시스템 최적화

(가) 단위기술의 스케일업을 통한 시스템 확장

- 설비 용량에 대한 규모 확장은 질적인 확장과 양적인 확장으로 구분할 수 있음. 질적인 확장은 설비의 성능에 해당하는 단위기술의 처리효과를 향상시키는 방법으로 응집효율과 여과면적을 증가시킬 수 있고, 양적인 확장은 단위기술을 복수로 추가하여 처리효과를 향상시키는 방법으로 응집기술과 여과기술을 복수로 설계하여 운영을 이원화할 수 있음
- 2톤/일을 처리하기 위한 시스템은 기 개발한 1톤/일 처리시스템을 구성하는 단위기술의 질적 개선방법을 통해 보다 효율적으로 처리가 가능하게 하였음

① 전극소재 및 전원공급방식 개선을 통한 전기분해/응집효율 향상

- 정화처리 과정 중 응집에 대한 성능개선은 응집원의 물리적인 결합과 화학적인 반응을 융합하여 최대화 할 수 있는 조건을 형성시켜야 하고 설비의 형태로 구현되어야 함
- 전기분해/응집원으로 사용하는 알루미늄 합금 전극의 응집효율을 향상시키기 위해 순도가 높은 알루미늄 합금 전극으로의 변경과 부하에 따라 일정한 전류를 공급할 수 있는 직류전원공급방식의 개선, 응집효율을 향상시키기 위한 전처리 및 pH 조정 연구를 진행하였음

② 막면적 증가 및 운영방식 개선을 통한 여과속도 향상

- 착유 세척수의 응집 처리수를 완벽하게 여과시켜야 하는 분리막의 성능개선은 여과속도를 최대화 할 수 있도록 운영방식을 설정해야 하고 막면적을 증가시켜 여과유량을 향상시켜야 함
- 분리막의 운영방식은 펌프 가동에 의한 여과와 역세의 반복운전으로 막 모듈에 따른 적정압력을 설정하고 역세방법과 주기를 설정하여 최대의 여과속도를 구현하였고 응집 처리수와 접촉하는 표면적을 극대화 시킬 수 있는 막의 구조를 변경하여 최대의 여과유량을 확보하였음

<표 8. 스케일 업을 통한 처리효율 검토>

개선요소	개선사항		기대효과
	개선 전	개선 후	
전기분해/응집	정전압 방식	정전류 방식	전극수명 연장
	알루미늄 합금 전극	순 알루미늄 전극	응집효율 향상
	-	전해질 투입	효과없음
	-	pH 조정	효과없음
분리막여과	물 역세	공기 역세	시스템부지 절감
	평막 구조	중공사막 구조	처리용량 향상

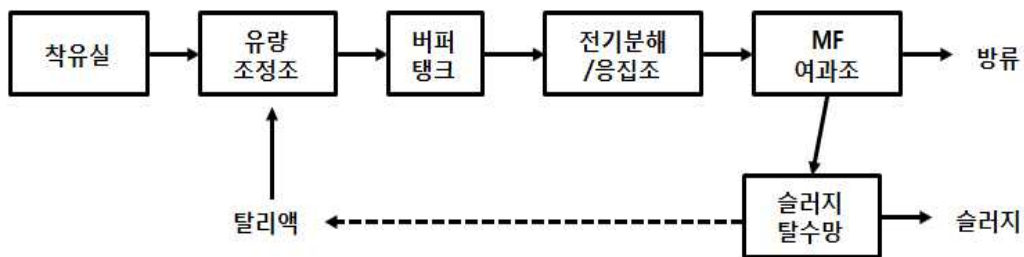
* 위 개선사항에 대한 실험내용은 나. 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발에 수록하였음

나. 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발

(1) 물리화학적 처리시스템 개발

(가) 1톤/일의 정화처리가 가능한 물리화학적 처리장치 설계 및 제작

- 각종 유기물의 처리는 전기분해/응집(electrocoagulation) 공정으로 구성하고, 안정적인 수질 확보와 유지관리의 편의성을 위하여 분리막 장치를 후단에 설치함으로써, 컴팩트한 장치 구성
- 세척수의 오염부하 및 발생 특성에 따라 각 단위공정의 운영조건을 최적화하여 안정적인 처리수질을 제공
- 수질정화와 더불어 병원성 세균을 완벽하게 처리하여 줌으로써 질병의 전염을 차단시킬 수 있도록 장치 구성



<그림 31. 물리화학적 처리공정도>

- 단위기술의 운영인자 파악 및 검토를 통해 시스템 설계규격과 사양 설정 및 문제점 검토 진행

① 전기분해/응집기술 개발

- 전기분해/응집은 일반적으로 수처리 공정에 쓰이는 대표적인 전처리 공정인 약품응집을 착안하여 개발하였음. 약품응집에 응집제로 투입되는 Alum(황산 알루미늄), 철염(염화 제2철)의 Jar-test(자테스트)를 통해 착유 세척수 정화처리에 가장 효율이 높은 Alum을 고려하여 연구가 진행되었음
- 전기분해/응집은 용해성 양극 전극판에 의해 용출되는 Al³⁺가 응집제를 형성함으로써 넓은 범위의 용존 물질과 거대분자 물질, 입자성 분산 오염물의 제거가 광범위하게 이루어짐

- 양이온의 전기적 응집 측면을 고려했을 때, 용해성 소재인 알루미늄 전극과 비용해성 소재인 티타늄 전극의 비교실험을 진행하였음. 실험조건은 두 소재의 전극은 두께 1mm에 가로 1cm, 세로 5cm의 크기로 동일하게 재단하고 처리해야 할 착유 세척수의 용량을 동일하게 하고 일정시간동안 15V의 인가전압에 따른 전류량과 수질을 측정하여 비교하였음. 그 결과, 용해성 전극인 알루미늄의 응집효율이 비교적 우수하였고 비용해성 전극임에도 불구하고 티타늄 전극의 마모상태를 확인하였음

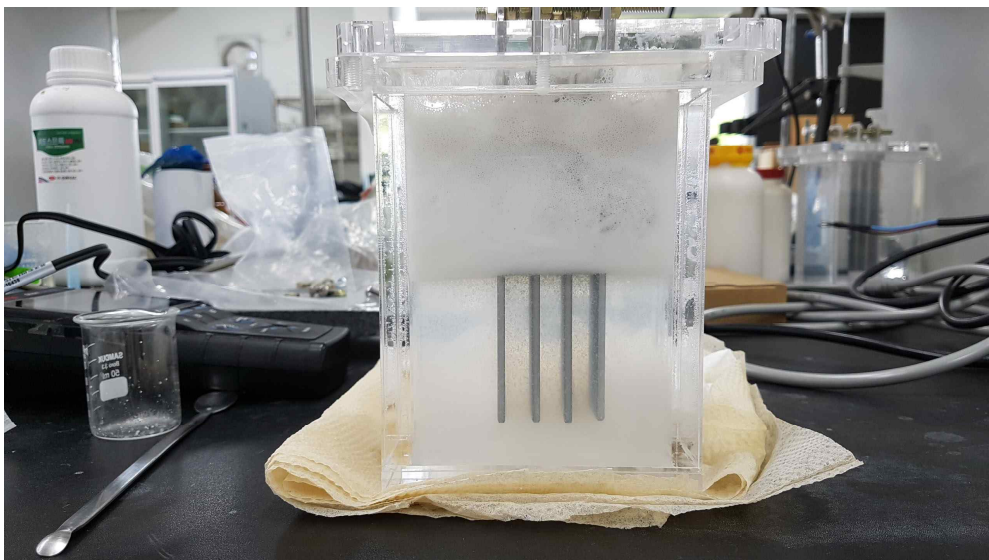
<표 9. 티타늄 전극 응집에 따른 착유 세척수 수질>

티타늄		0	10	20	40	60	90	120
전류(A)		0.026	0.016	0.011	0.0105	0.008	0.009	0.010
pH		2.35	2.38	2.40	2.43	2.45	2.38	2.47
온도(°C)		18.4	20.0	20.2	21.3	22.2	23.4	24.9
COD	1	417	404	399	411	397	420	419
	2	404	402	402	408	399	428	422
	Avg	410.5	403	400.5	409.5	398	424	420.5

<표 10. 알루미늄 전극 응집에 따른 착유 세척수 수질>

알루미늄		0	10	20	40	60	90(200 mL)	120(200 mL)
전류(A)		1.800	0.900	0.7420	0.7900	0.7140	0.860	0.921
pH		9.62	10.04	13.46	12.55	13.30	12.88	10.40
온도(°C)		19.1	25.8	28.7	34.4	38.1	44.0	48.6
COD	1	504	340	336	332	349	348	321
	2	491	322	319	316	321	321	305
	Avg	497.5	331	327.5	324	335	334.5	313

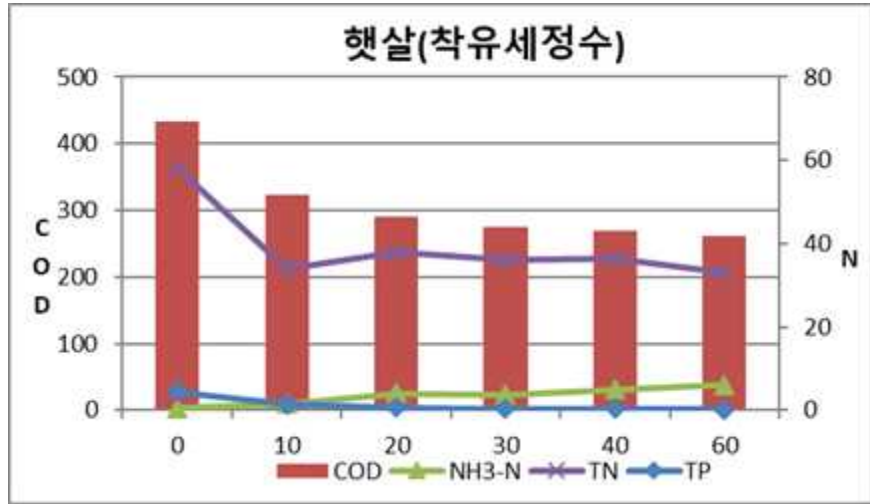
- 따라서 티타늄과 알루미늄 소재의 비교실험결과와 제품의 가격경쟁력을 고려하여 용해성인 알루미늄 소재로 결정하였고 전극면적을 10배로 증가시켜 재현실험을 통해 처리효율에 따른 반응시간을 60분으로 설정하였고 이때 COD 제거율 40%, TN 제거율 43%, TP 제거율 95%를 확인하였음



<그림 32. 알루미늄 전극 사진>

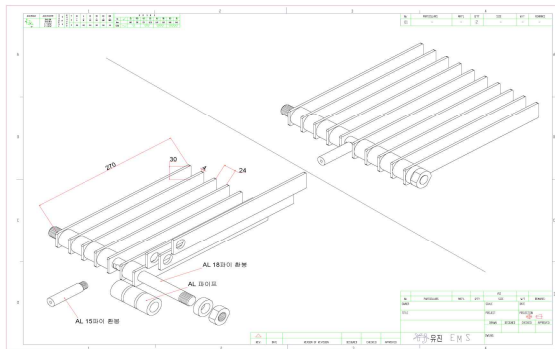
<표 11. 알루미늄 전극 응집에 따른 착유 세척수 수질 재현결과>

햇살(착유세정수)		0	10	20	30	40	60
전류(A)		1.571	0.621	0.540	0.467	0.373	0.287
pH		2.34	4.04	4.11	4.17	4.27	4.85
온도(°C)		19.7	24.0	25.9	27.2	27.8	28.7
COD	1	433	324	291	274	269	261
TN	Avg	58	34	38	36	36.5	33
TP	Avg	4.3	1.39	0.56	0.36	0.26	0.20



<그림 33. 알루미늄 전극 응집에 따른 착유 세척수 수질 추이>

- 전극모듈은 알루미늄 소재의 양극과 음극으로 구성되었고, 전극 면이 1cm 간격으로 교대 배치되는 구조를 가지며, 용해성 전극수명을 최대로 확보할 수 있도록 전극 면적을 설정하였고 세정 폐수가 하부에서 상향류로 공급되면서 유기물의 산화, 응집처리 그리고 병원성 세균에 대한 살균 등이 진행됨



<그림 34. 전기분해/응집 전극모듈>

- 착유 세척수의 전기전도도는 2.0~5.0mS/cm 범위의 값을 가지며, 폐수가 체류하는 시간은 부하에 따라 10분~1시간 범위에서 조정됨
- 유입부하에 따라 인가되는 전류의 양이 자동으로 제어되어 일정한 처리수질을 갖도

록 구성하였고, 전극에 인가되는 전압은 24V 이며, 한 쌍의 전극에서는 1암페어 이하의 전류가 정전압 가변전류 방식(SMPS, Switching Mode Power Supply)으로 공급되도록 구성하여 운영상 안전 측면을 반영함

- 양극 전기판의 전기응집 반응으로 인해 응집물이 전극판 주변에 과다하게 형성되어 전극판의 수명이 저하될 수 있으나, 이를 방지하기 위해 5~10분 간격으로 전극판의 극성을 변환하여 전극표면의 스케일 형성을 방지하고 용해성 전극의 균일한 작용을 통해 수명을 연장함
- 살균과정에 참여하는 산화종의 발생은 폐수 내에서 hydroxyl radical 의 생성(간접 생성) 이나, 전극표면(직접 생성)에서 생길 수 있는데, 통상적으로 운영조건에 따라 3 암페어 이내에서 처리시간에 따라 6log 에서 10log 정도의 살균능력을 갖는 것으로 보고되고 있으며, 본 장치의 운전조건으로 24V, 1암페어, 반응시간 20분에서 처리된 폐수에 대한 대장균 분석결과, 처리수에서 검출되지 않았음

② 세라믹 분리막 기술 개발

- 세라믹 분리막의 착유 세척수 여과성능을 파악하기 위해 단일막의 막간차압(TMP, Transmembrane Pressure)과 플럭스를 도출할 수 있는 기초실험을 진행하였음. 또한 방류수질기준에 부합한 분리막의 적절한 세공크기를 선정하기 위해 0.05um의 막과 0.1um의 막에 대한 비교실험을 진행하였고 막 막힘현상(Membrane fouling)과 플럭스를 고려하여 아래와 같이 0.05um의 막으로 선정하였음

<표 12. 분리막 선정실험 결과>

	기초실험	비교실험
막개수	1 개	좌동
막크기	L0.2cm x W0.2cm	좌동
막면적	0.04 m ²	좌동
세공크기	0.05um	0.1um
플럭스	30 LMH	40 LMH
막간차압	0.75 bar	0.75 bar



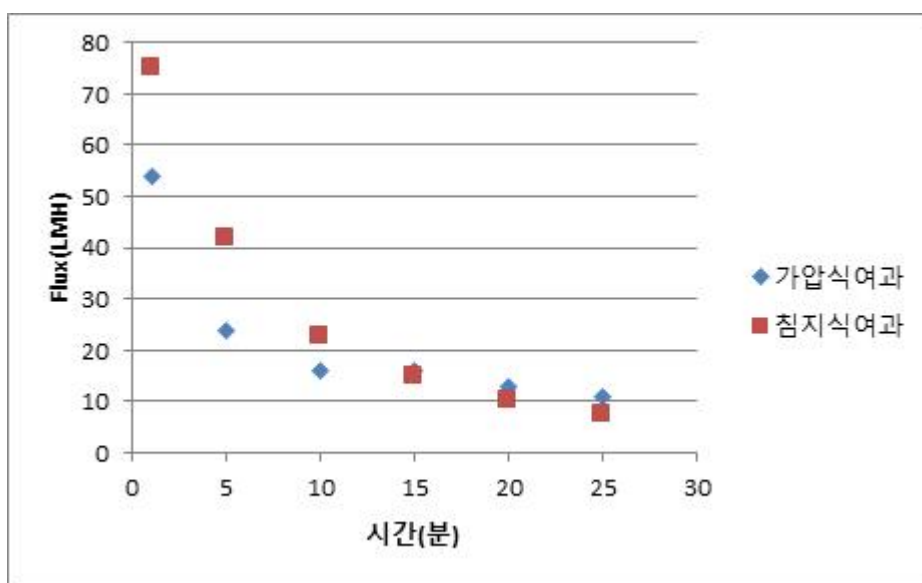
<그림 35. 분리막 선정실험 사진>

- 막 선정 후, 0.05 μ m의 입경을 가지는 분리막이 장착된 막모듈설계와 함께 여과방식에 따른 침지식모듈과 가압식모듈의 성능비교를 진행하였음. 공주시 'C'목장에 테스트 베드를 구축하고 목장에서 발생하는 착유 세척수를 1톤 용량의 집수조에 보관한 후, 동일한 막모듈을 가지고 침지식여과와 가압식여과를 진행하여 그 결과를 비교하였음

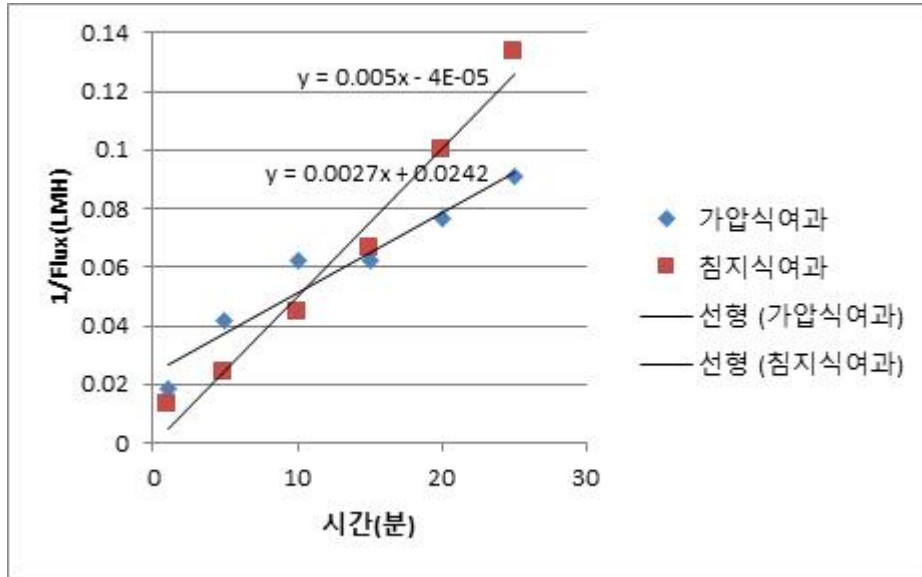


<그림 36. 세라믹 분리막 모듈>

- 침지식여과의 경우, 초기플럭스가 75LMH에서 25분 후 11LMH로 감소하였고 가압식여과의 경우, 초기플럭스가 53LMH에서 25분 후 8LMH로 감소하였음. 가압식여과의 플럭스 감소율이 비교적 우수하지만 침지식여과의 경제적인 설치비와 역세주기와 관련한 초기운전의 높은 플럭스 확보를 고려하였을 때, 침지식여과 방식이 적절하다고 사료됨
- 또한 플럭스 감소에 따른 25분의 여과시간은 단기간에 분리막의 오염을 유발할 수 있기 때문에 10분의 여과시간 설정과 30초의 역세시간을 설정하여 운영함으로써, 분리막의 수명을 최대한 확보할 수 있을 것으로 예상됨



<그림 37. 여과시간에 따른 플럭스비교>

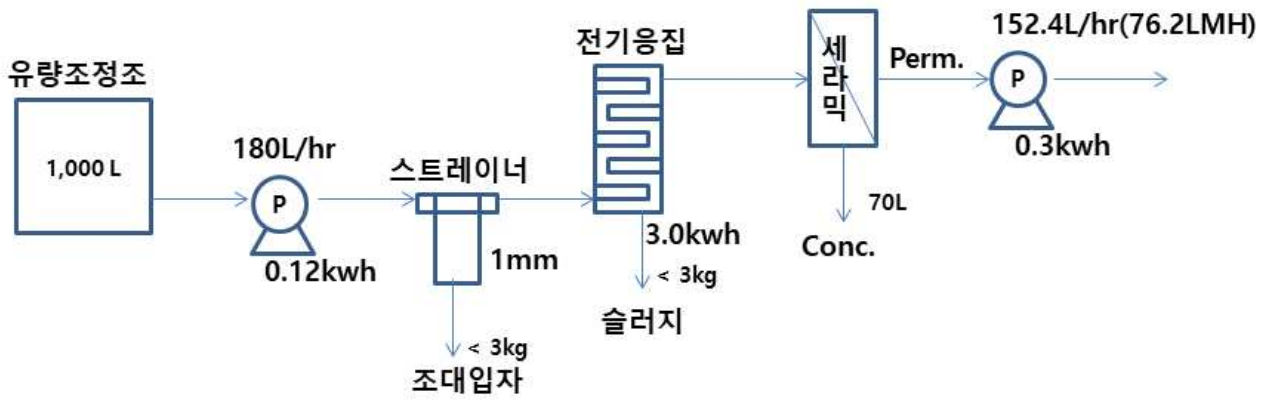


<그림 38. 여과시간에 따른 플럭스 감소율 비교>



<그림 39. 여과방식 비교실험. (좌)침지식여과, (우)가압식여과>

- 전기분해/응집 반응조에서 월류된 응집 혼합물은 분리막에 의해 정밀여과(MF)되며, 최적의 처리용량을 갖도록 여과시간과 역세 주기를 설정하였으며, 분리막의 역세척은 처리수를 활용한 역세를 통해 flux를 유지하도록 구성하였음
- 공주시 'S' 목장 테스트 베드에서 Full-scale 실험을 통해 시스템 전반의 운영사항을 기록하고 처리성과 수질에 대해 검토하였으며, 1톤/일의 착유 세척수를 처리하기 위한 운전시간을 설정하였음



전기분해응집 운전시간

막 여과 운전시간

결과 기반 시뮬레이션

운전시간	0분	20분	330분	450분
Flux	-	150LMH	40LMH	30LMH
압력	0.0bar	0.1bar	0.5bar	0.7bar
처리량	-	0L	860L	1,000L
전력량	0kw	1kw	18.9(16.5+2.4)kw	19.9(16.5+3.4)kw
			전+막	전+막

(단위 : mg/L)

	유량조정조	스트레이너	전기응집	세라믹	방류수질기준
SS	1,200	360	960	0.8	120
TCOD _{cr}	1,802	743	486	103	BOD 120
TN	125	82	73	56.4	250
TP	37	31	1.9	0.16	100

<그림 40. Full-scale 실험 기반 운영사항 검토>

- 착유 세척수 1톤/일을 정화처리 하는데 소요되는 전력량은 약 20kw 내외이며, 약 9 시간의 운전시간이 필요하고 70L의 응집슬러지가 발생할 것으로 예상됨
- 전기분해/응집 반응조 체류시간에 따라 COD 는 70% 이상, TN 은 40% 이상, TP 는 90% 이상의 처리가 가능함
- 분리막 여과 처리수의 COD 는 90% 이상, SS 는 99% 이상, TN 은 50% 이상, TP 는 99% 이상의 처리가 가능하고 이는 기타지역에 해당하는 법적방류수질에 부합함
- 전기분해/응집-MF분리막 처리공정에서 수행된 처리 결과는 아래 표와 같음

<표 13. 물리화학적처리 성능결과>

항목	착유 세척수	전기분해(HRT 20분 기준)		분리막	
		농도	처리효율(%)	농도	처리효율(%)
BOD, mg/L	1,004	109	89.1	72.1	92.8
COD, mg/L	1,802	486	73.0	103	94.2
SS, mg/L	1200	960	-	0.8	99.9
TN, mg/L	125	73	41.6	56.4	54.8
TP, mg/L	37	1.9	94.9	0.16	99.6

③ 슬러지 처리 가이드 구축

- 1톤의 착유 세척수 내 슬러지 발생량을 장기간의 운전결과를 통해 검토하였고, 슬러지 내 알루미늄 함량은 공인분석을 통해 확인하였음. 슬러지 분석 결과와 농가 환경에 맞추어 슬러지 처리에 대한 적합한 방식을 아래와 같이 구축하였음



검 사 성 적 서

의뢰인	성명 / 상호	(주)부강테크	사업자등록번호	211-86-07816
	주소	대전광역시 유성구 유성대로 1184번길 25(신성동)	대표자	정일호
	시료명	가축분뇨응집슬러지		
접수년월일	2019. 09. 19	검사완료일	2019. 09. 20	
접수번호	19-09-FR0138	검사목적	참고용	

검 사 결 과

검사항목	검사기준	결과	비고
유기물 (%)	12 이상	7.17	분석방법 비료품질검사법 규격 농촌진흥청 고시 제 2019-11 호
수분 (%)	85 이하	91.56	
알루미늄(%) (전물중에 대하여)	1.5 이하	1.18	

시험책임자 : 김디승

시험일 : 김지현, 오예진

주) 상기 검사결과는 의뢰인이 당사에 제공한 시료에 대한 분석결과입니다.

2019년 09월 25일
제일분석센터 대표이사 이은미



* 본 검사결과는 비위목적 이외에 광고 및 소송 등의 목적으로 사용하실 수 없으며, 그에 따른 책임은 양사에게 있습니다.

슬러지 처리 가이드(안)

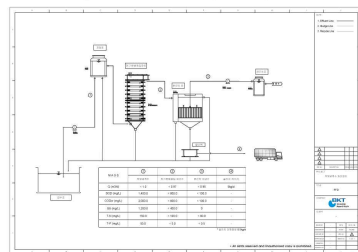
업체정보	①업체명	(주)부강테크	②사업자등록번호	211-86-07816
	③장지명	착유세척수 처리장치		
	④주소	대전광역시 유성구 유성대로1184번길 25		
	⑤설치장소			

⑥오니 발생배경

본 장치는 전기분해/응집과 막여과로 구성된 물리화학적처리장치로서 전기분해/응집 반응조에서 용해성 전극의 양이온이 용출되어 발생폐수의 오염물질과 응집한다. 전기분해/응집장치에서 응집처리된 세척수는 막여과 반응조로 넘어가고 막여과 반응조는 0.05µm의 공정을 가지는 분리막이 장착되어 여과한다. 이때, 분리막에 의하여 여과된 응집 슬러지는 장치구조상 탈수백으로 배출되고 탈수과정을 거쳐 슬러지가 발생된다.

⑦오니 발생량

일 1톤의 착유세척수 중 약 5kg의 슬러지 탈수케이크 발생(함수율 90%), 슬러지 건조중량 기준 0.5kg/day



⑧오니 처리방법

1. 우선안 - 퇴비화 재이용
: [별표6]배출시설 및 처리시설 등의 관리기준(제15조 관련)<개정 2016.12.30> 제 10항에 의거 퇴비단에 혼합하여 준공채수(50일 이후 채수) 성분분석결과 제시
: 비료 공정규격 설정 및 지정<농촌진흥청고시 제2017-18호>의 이화학적 성분분석 규격 부합
Ex) 우분 밀 500kg + 오니 밀 5kg의 혼합물 성분분석(50두 기준)
2. 차선안 - 매립위탁 처리
: [별표5]폐기물의 처리에 관한 규제적 기준 및 방법(제14조 관련)<개정 2018.1.17>에 의거 수거하여 매립

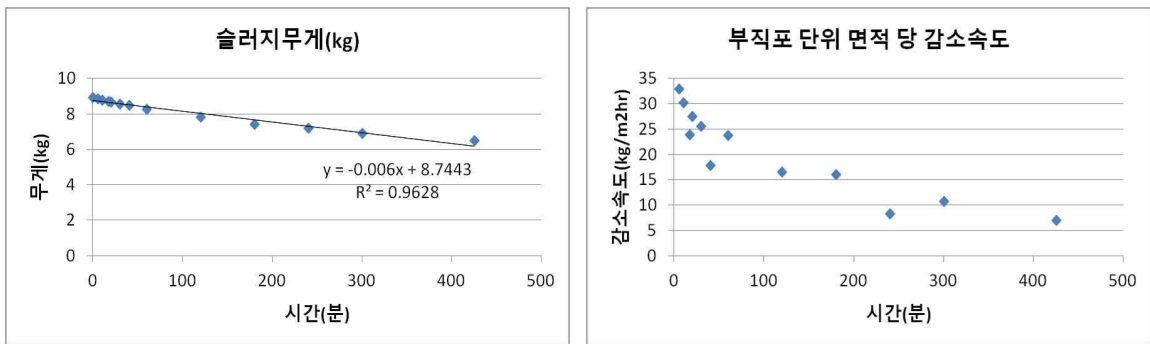
<그림 41. 슬러지 처리 가이드>

- 폐기물 관리법 및 가축분뇨 처리법에 따라 착유 세척수 슬러지에 대한 퇴비처리와 수거위탁처리가 가능함
- 따라서 농가에서 자체적으로 슬러지를 처리하기 위한 배출구조와 부직포 여과를 활용한 중력탈수 형태의 슬러지백을 개발하였고, 이 구조를 통해 일정시간 경과에 따라 함수율을 낮추어줌으로써 슬러지의 무게를 줄여서 관리가 용이하게 하였음



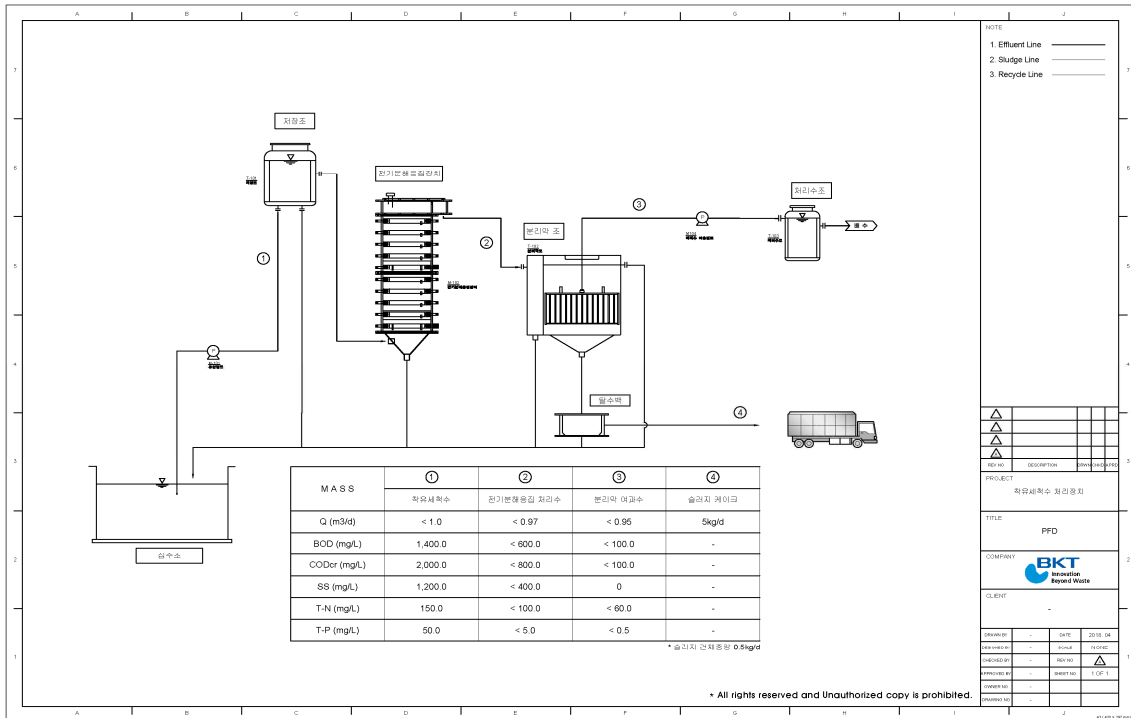
<그림 42. 슬러지 배출구조 및 부직포여과>

- 부직포의 종류에 따른 슬러지 탈수속도를 비교하여 최적의 부직포를 선정 한 후, 부직포의 단위 면적당 슬러지 탈수에 대한 실험을 진행하였음. 그 결과, 착유 세척수 1톤에 대해 슬러지농축액 70L가 발생하고 부직포 단위 면적당 감소속도의 관계를 고려했을 때, 약 15kg의 슬러지 케이크(건체중량 약 1.5kg의 슬러지)가 발생함

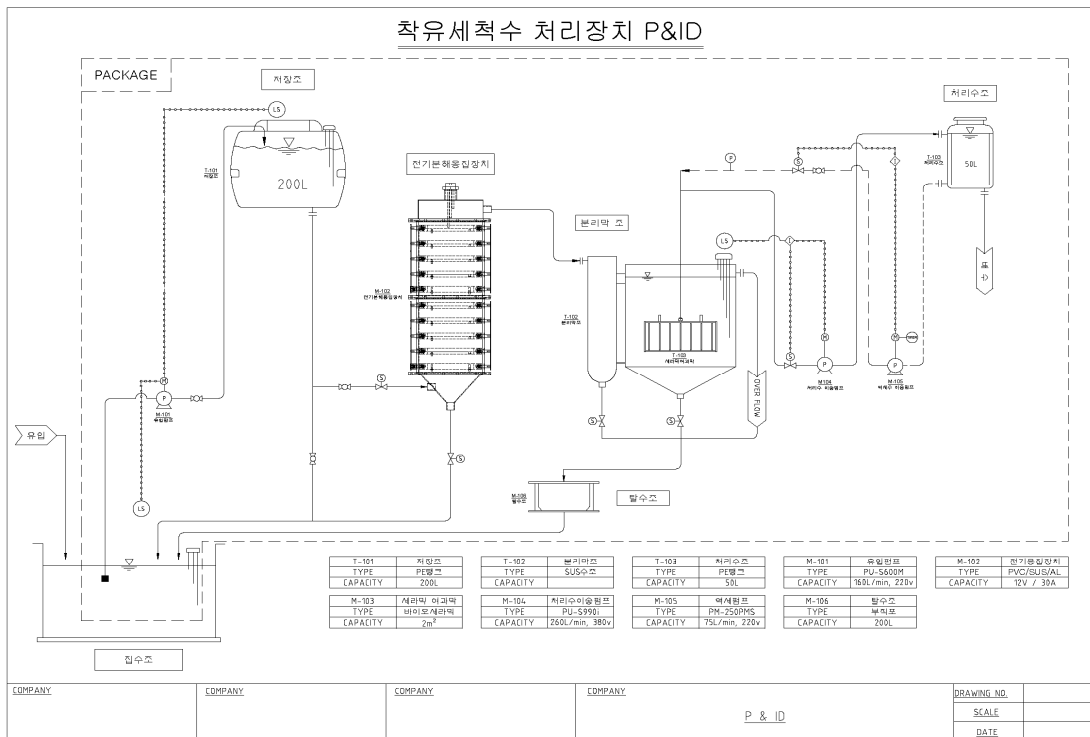


<그림 43. 부직포 단위 면적당 슬러지 탈수속도의 관계>

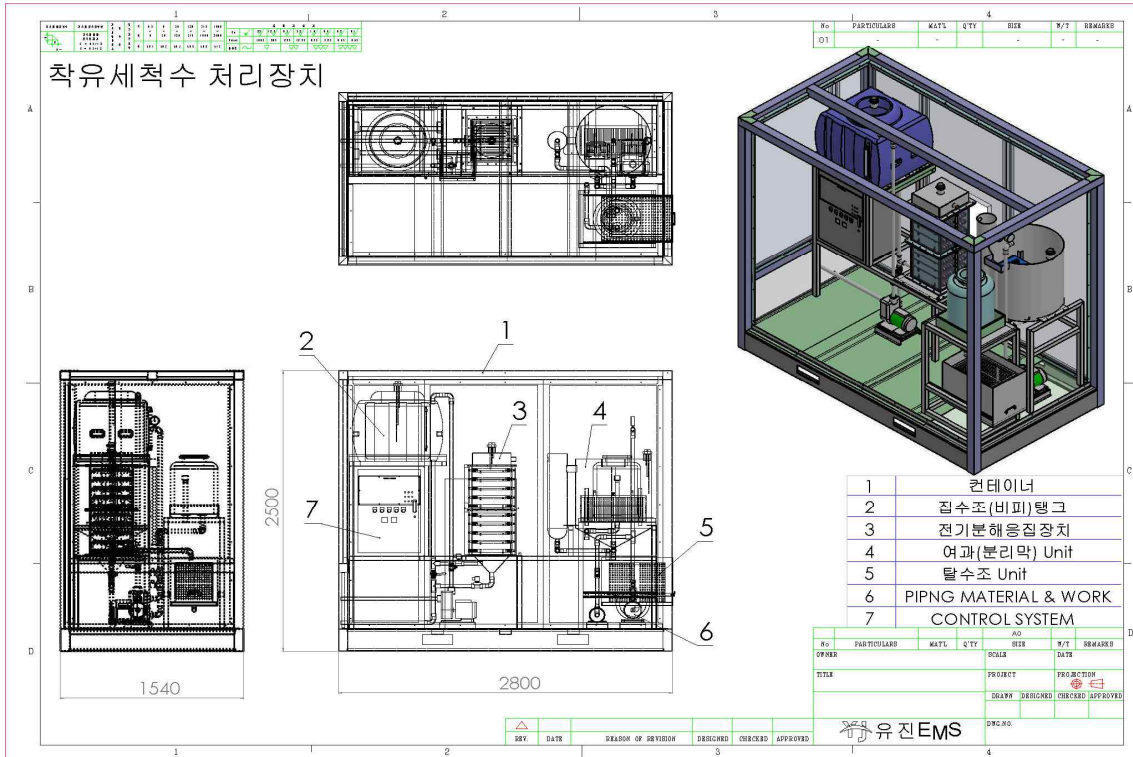
④ 1톤/일의 정화처리가 가능한 물리화학적 처리장치 제작



<그림 44. 물리화학적 처리공정 설계 : PFD>



<그림 45. 물리화학적 처리공정 설계 : P&ID>



<그림 46. 물리화학적 처리공정 설계 : 3D Layout>



<그림 47. 물리화학적 처리시스템>

(2) 물리화학적 처리시스템 최적화

(가) 강화된 방류수질기준에 부합한 물리화학적 처리장치 보완 및 개선

- 1차년도에 제작한 Full-scale 시스템을 운영하였고 다양하게 발생한 기계적 결함과 성능저하원인을 파악하여 원인분석을 통해 착유 세척수의 유입부하 변동을 고려하고 최소한의 유지관리기간을 확보하며 방류수질기준을 부합하기 위한 장치 보완 및 개선을 진행하였음

전기응집 (전극유지관리)	세라믹막 (내구성)	방류수질 (안정성)
<ol style="list-style-type: none"> 1. 전류밀도 검토 2. HRT 검토 3. 전극소재 검토 4. 산세정 검토 5. 고압살수세정 검토 6. 약품응집 검토 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 세라믹막 QC강화 2. 폴리머막 적용 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 폭기산화 검토 2. 오존산화 검토 3. 오존-vMixer 검토 4. AC 검토

<그림 48. 시스템 개선 계획>



<그림 49. 시스템 문제점 도출>

- 위와 같이 전극표면에 스케일이 형성되고 탈리되지 못한 상태로 축적되어 반응조를 폐색시키는 경우가 빈번하였으며, 이는 전기분해/응집 운영에 대한 추가적인 연구가 필요하였음. 이를 포함한 시스템의 안정성과 유지관리를 확보하기 위해 전기분해/응집의 SMPS 전원공급 개선, 전극면적 최적화, 전극세정기술 도입 및 알루미늄 전극

의 순도를 향상시켜 응집효율을 개선하였고, 분리막 여과의 유동해석을 통해 세라믹 소재가 가지고 있는 취성과파괴의 단점을 극복하고 처리성능을 향상시켰으며, 사용자 편의성을 고려하여 응집슬러지의 탈수처리구조를 고안하였음

① 전기분해/응집 모듈 개선

- 1차년도 연구를 통해 전기분해/응집의 효율을 극대화시켰지만, 운전 조건에 따라 전극수명이 짧아지는 역학관계를 연구하여 최적의 전기분해/응집 운영인자를 확보하고 개선하였음
- 알루미늄 전극의 응집효율을 향상시키기 위해 높은 순도의 A1000계열로 변경하였음

합금 번호	결합재	화학성분 %										기타		
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr+Ti	Zr,Ga,v	Ti	개개	합계	Al
<변경 전>														
5052	-	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2	0.15	0.10	-	-	0.05	0.15	나머지	
		이하	이하	이하	이하	-2.8	-0.35	이하			이하	이하		
<변경 후>														
1050	-	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	-	0.05	-	0.03	0.03	-	99.50	
		이하	이하	이하	이하	이하		이하		이하	이하		이상	

<그림 50. 알루미늄 계열에 따른 화학성분도>

- 전기분해/응집기술의 운영에 있어 유입부하를 조성하는 오염물질이 전도체가 되어 전기적 저항을 낮추게 되고 Anode 전극과 Cathode 전극의 간격에 따라 오염물질의 절대량이 많아짐으로써 통전에 영향을 받게 되어 스케일 형성을 촉진시키는 결과를 초래할 수 있음. 또한 전극면적이 넓을수록 직류전원공급장치의 용량이 증가하여 처리시간이 짧고 응집효율이 우수한 반면, 전극면적이 작을수록 직류전원공급장치의 용량이 작아지고 처리시간과 수명이 길어짐. 그러나 시스템 운영을 고려했을 때, 적절한 면적 선정이 전극의 수명을 장기간 연장할 수 있고, 이는 시스템의 유지관리와 밀접한 관계가 있음
- 테스트 베드를 활용하여 적정 전극면적과 전극간격, 전극두께에 대한 전류량을 검토하였고, 그 결과 5mm 두께와 10mm 간격, 0.55m²의 전극면적을 설정하였음

<표 14. 전극면적과 전극간격, 전극두께에 대한 전류량 검토>

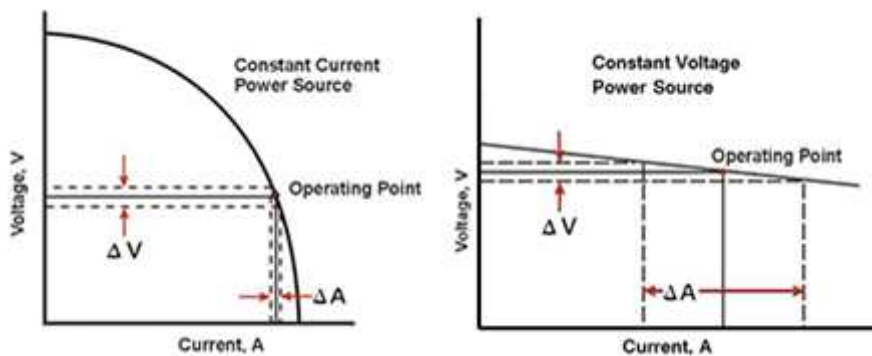
전극길이 (면적) 전극두께, 간격	42cm x 4.2cm x 20EA (0.70m ²)	37cm x 4.2cm x 20EA (0.62m ²)	33cm x 4.2cm x 20EA (0.55m ²)	응집도
5T, 8mm	90A	77 ~ 80A	73 ~ 75A	우수
5T, 10mm	74 ~ 77A	73 ~ 75A	64 ~ 66A	양호
5T, 12mm	81A	61 ~ 63A	53 ~ 54A	미흡

* 전극수명과 안전성을 고려하여 5T두께와 10mm간격, 0.55m²의 전극면적을 설정



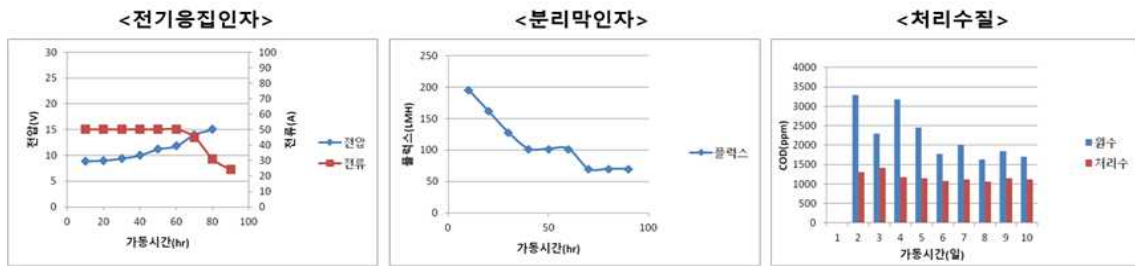
<그림 51. 전극면적과 전극간격, 전극두께에 대한 전류량 검토>

- 전기분해/응집 전극모듈은 합선으로 인한 누전 방지를 위해 엔지니어링 소재로 제작하여 절연 및 단열 기능을 반영하였음. 또한 전극의 교체를 쉽게 할 수 있도록 카트리리지 형식으로 구성하였음
- 1차년도에 적용했던 정전압 가변전류 방식(SMPS, Switching Mode Power Supply)은 운영중 안정적인 측면을 고려하였지만, 유입부하에 따라 알루미늄 이온의 이동저항이 상이하기 때문에 인가되는 전류의 양이 일정하지 않아 전기분해/응집 성능이 불안정하였음. 이를 해결하기 위해 일정하게 전류를 인가할 수 있는 정전류 가변전압 방식(SMPS, Switching Mode Power Supply)을 적용하였음



<그림 52. 정전류방식과 정전압방식의 차이>

- 정전압은 전류 흐름 시, 작은 전압의 변화에도 전류량의 차이가 크게 나타나지만 정전류는 일정한 이온의 양을 용출하기 때문에 전극의 유지관리를 가능하게 함. 또한 정전류는 전극의 스케일을 방지하기 위해 도입한 극성전환에 효과적임
- 이처럼 전류밀도, 유입부하, 체류시간 등의 상관관계에 따라 전극의 수명이 상이하고 해당 인자들을 통하여 전극 스케일을 제어할 수 있으나, 착유 세척수 부하에 따라 동일하게 적용될 수 없으므로 다수의 실험을 통해 운영노하우를 구축하고 별도의 전극 세정기술을 도입해야 함



<그림 53. 최적 전류밀도 도출>

- 청주시 'S'목장 테스트 베드의 착유 세척수를 기준으로 전기분해/응집의 인가전압, 인가전류를 시간별로 측정하였고 분리막 여과속도와의 상관관계를 파악하였음. 그에 따른 처리수질을 검토하여 최적 전류밀도 7.2mA/cm²로 설정하였고, 이때 전극에 인가되는 전류는 30A 이며, 한 쌍의 전극에서는 15V 이하의 전압이 방출되게 조정하였음



<그림 54. 전기분해/응집 전극 카트리지 개선모델>

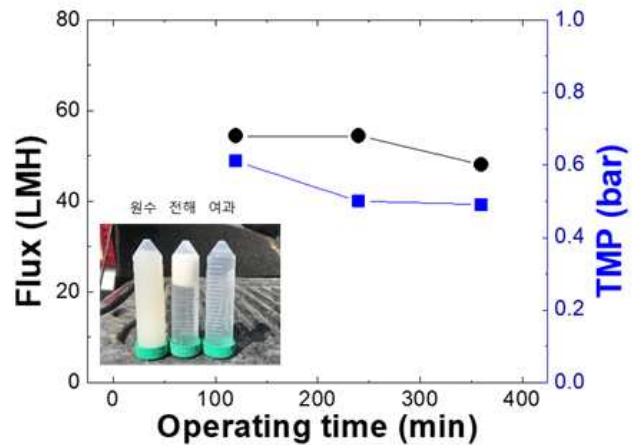
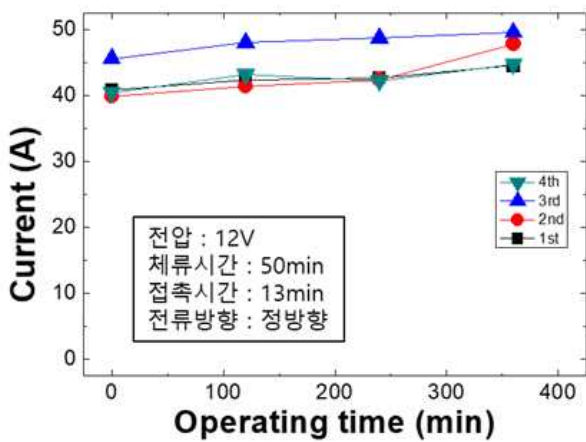
- 본 개발 기술을 사업화하기 위한 경제성 부분의 보완을 위해 연간 운영비의 가장 큰 비율을 차지하고 있는 전극 수명에 따른 카트리지 교체비용을 절감하는 방안을 도출하였음. 세부 방안으로는 전해분해/응집 공정에 대한 운영효율을 개선하기 위해 전류 인가방법, 전극소재 변경, 세정방법 변경 등의 추가 연구를 통해 운영비 절감을 가져올 수 있을 것으로 사료됨
- 또한 비가역적으로 형성되는 전극 스케일을 물리적으로 제거할 수 있는 고압살수 세정장치를 도입하였고, 분사 효율을 높이기 위한 살수 노즐의 개수와 위치를 선정하고 반응조 상부에 장착하였음. 살수 노즐은 약 20bar의 수압으로 5~10분 동안 분사하며, 분사면은 장착된 전극 카트리지의 세로면을 바라보고 분사수가 전극 표면에 붙어있는 스케일을 제거하는 방식으로 구성하였음



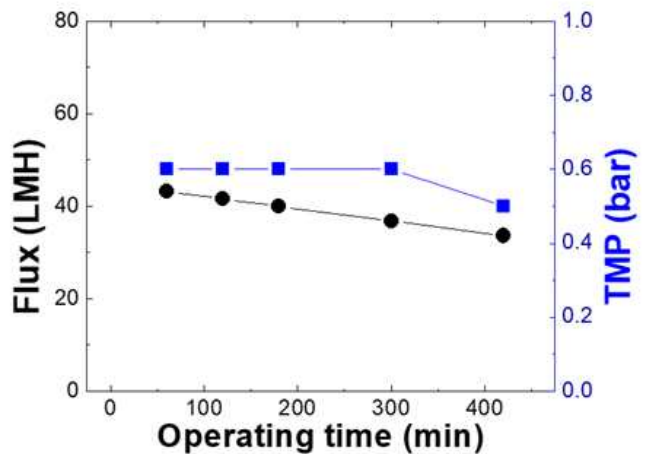
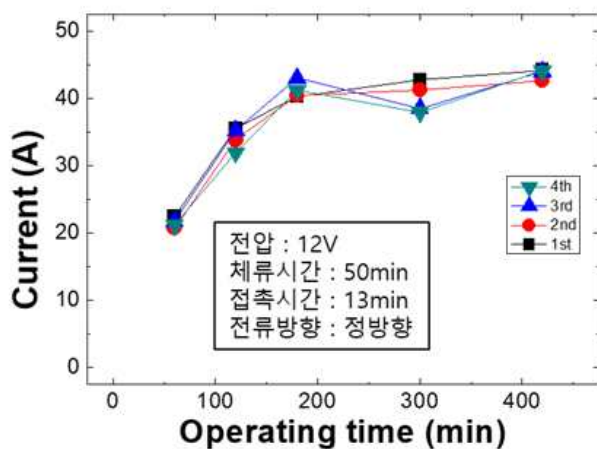
<그림 55. 전극 카트리지가 고압살수 세정장치>

- 10일 동안의 전극 살수세정실험을 통해 전극에 대한 성능 회복율을 인가전류량과 분리막의 여과속도로 검토하고 실험종료 후 전극을 분해하여 육안으로 확인한 결과, 약 80% 이상의 회복율을 달성하였고 10일, 1회의 세정주기를 40일, 1회로 연장함으로써 운영편의성과 안정성을 확보하였음

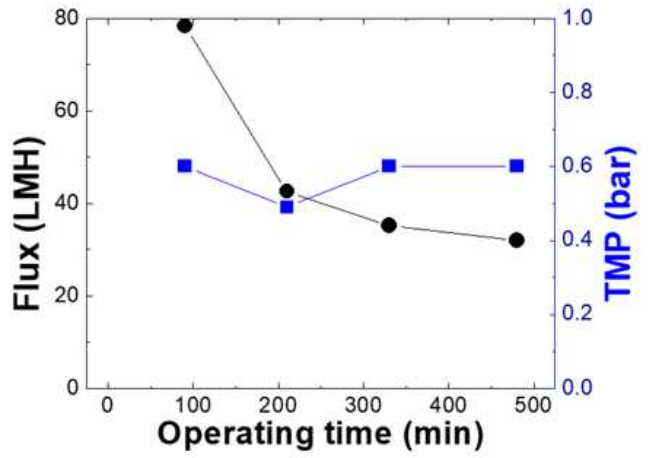
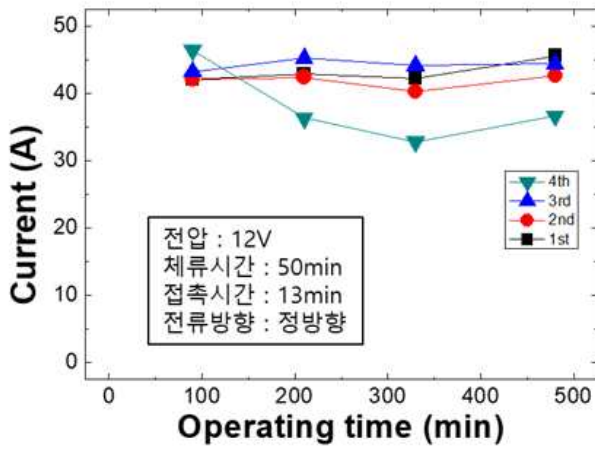
1일차



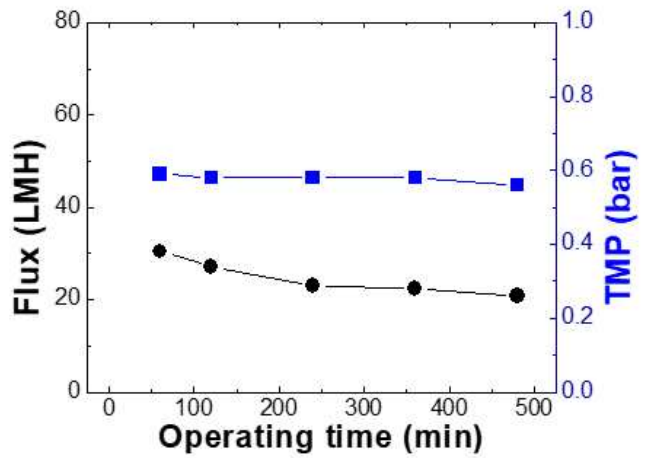
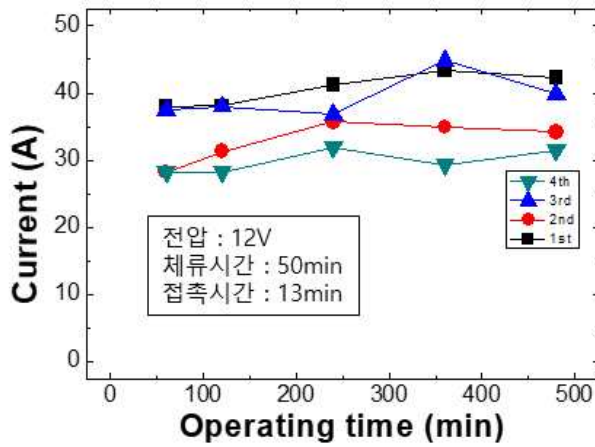
2일차



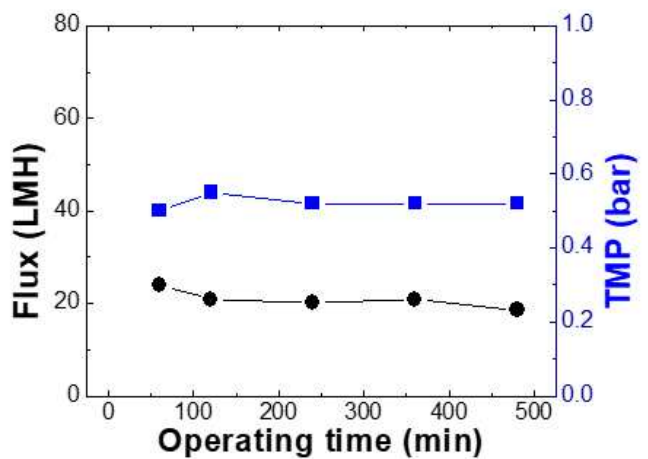
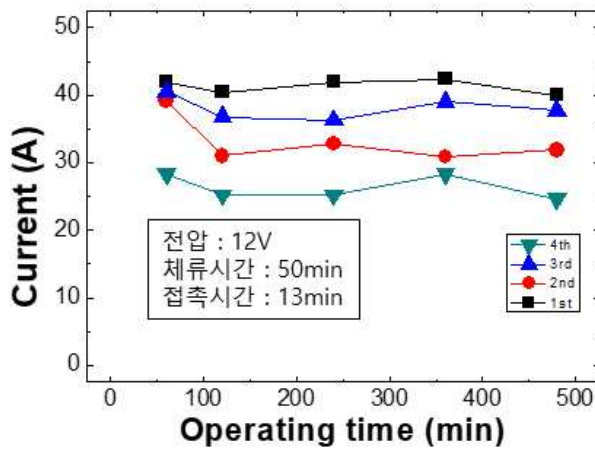
3일차



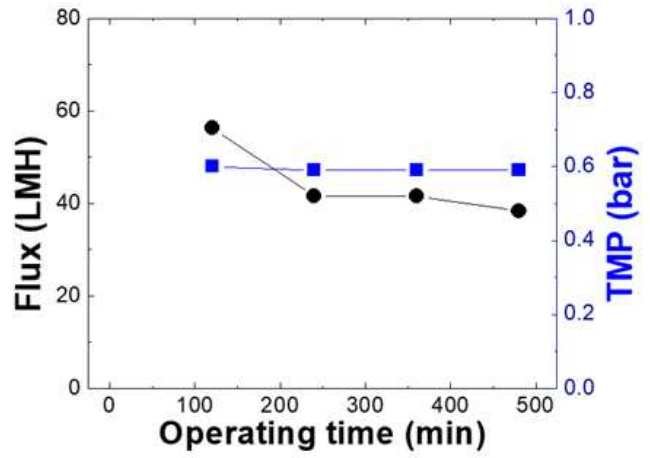
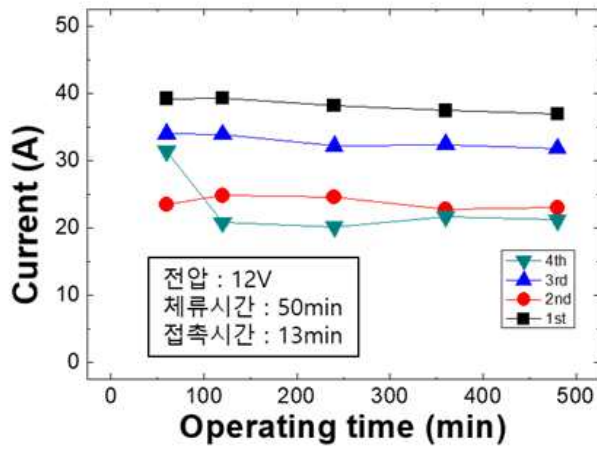
4일차



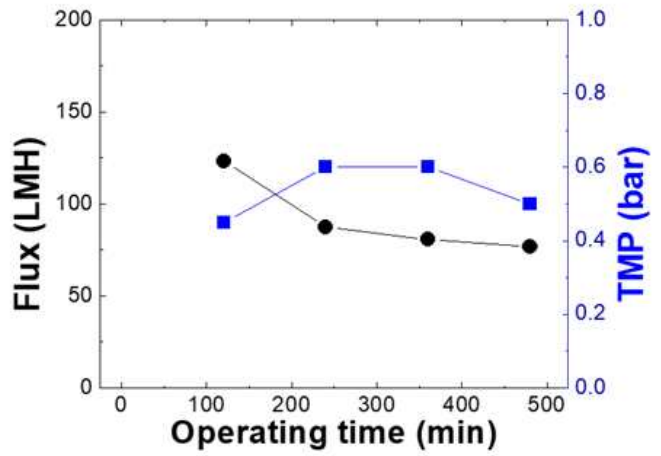
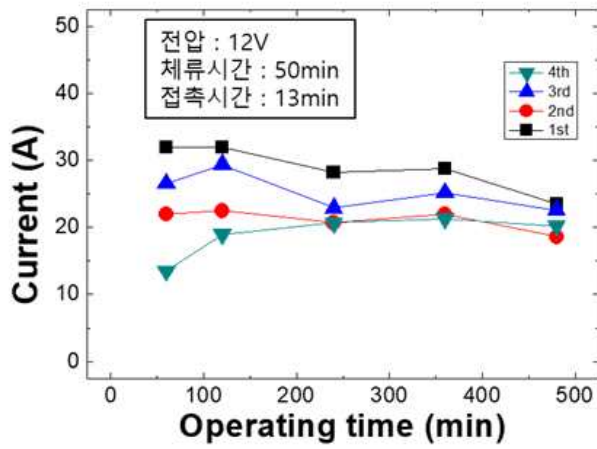
5일차



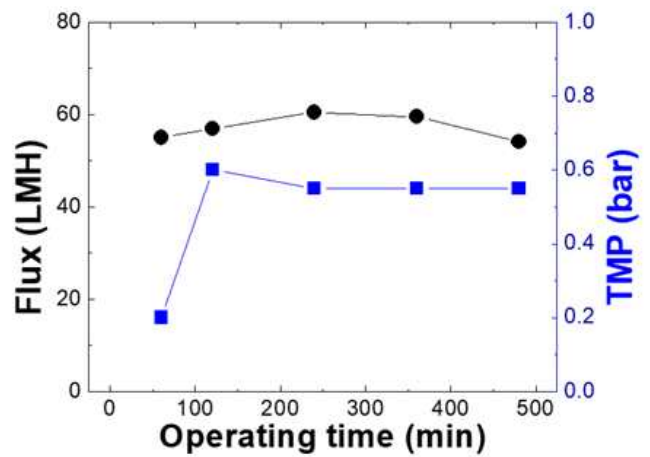
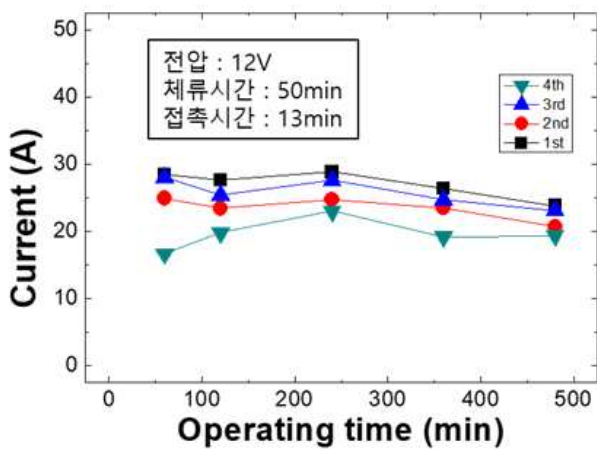
6일차



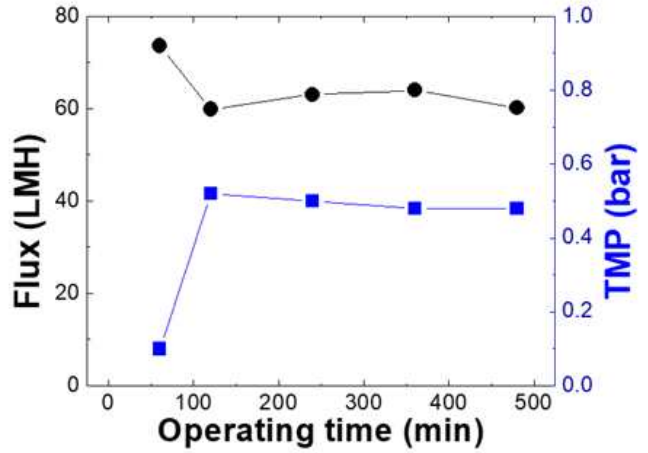
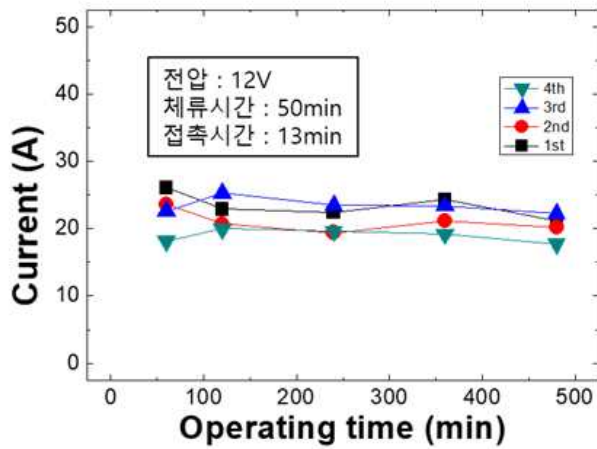
7일차



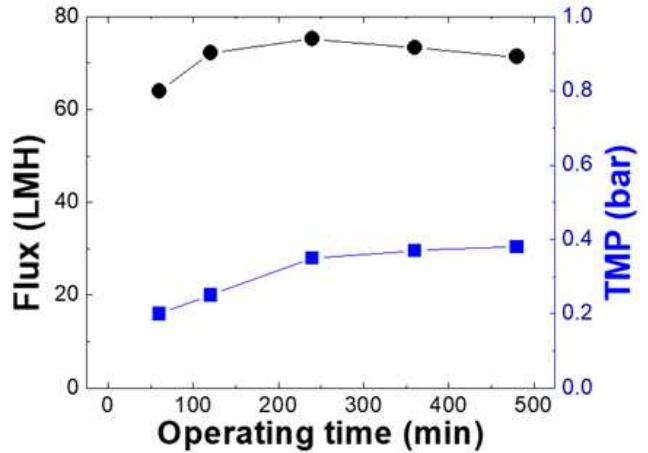
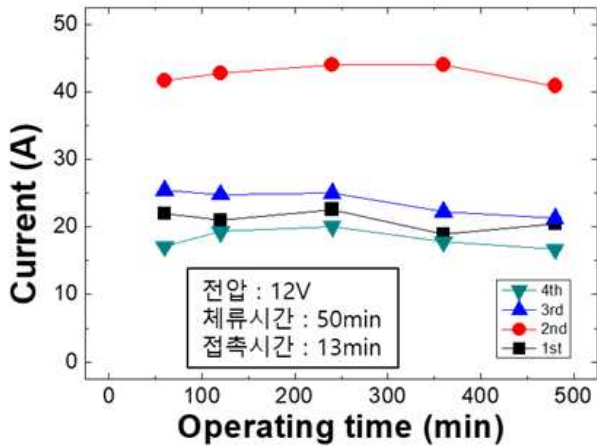
8일차



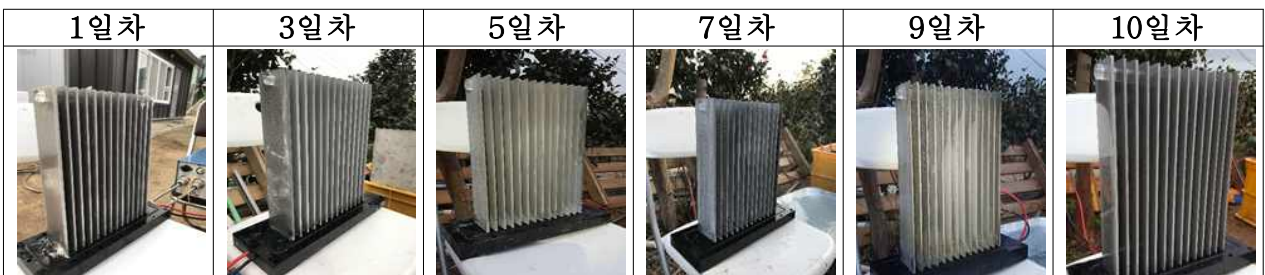
9일차



10일차



<그림 56. 전극살수세정 실험결과>

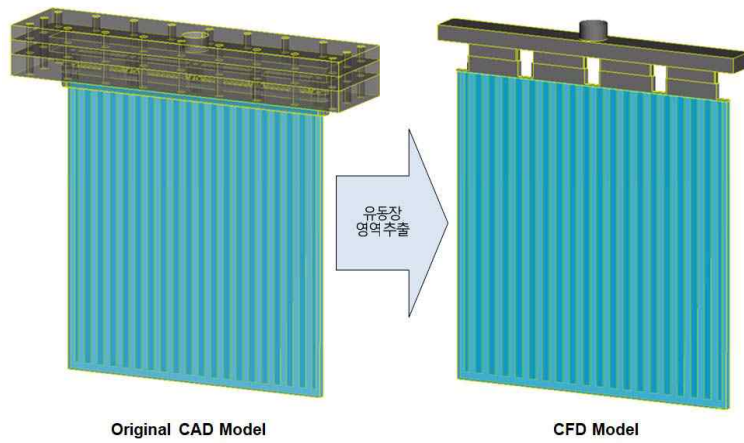


<그림 57. 전극살수세정후 전극상태>

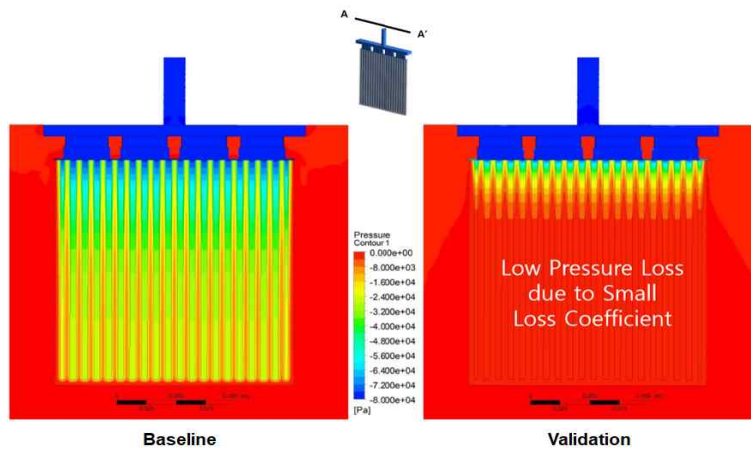
② 세라믹 분리막 모듈 유동해석 및 구조변경

- 분리막 모듈의 처리성능을 향상시키기 위해 단일 막의 구조를 해석하고 검증하여 유동해석의 방향을 설정하였고 모듈 내부에 유체가 이동하는 구조를 변경하여 저항에 따른 압력손실을 최소화하여 처리유량의 30%를 향상시켰음. 그러나 막면적의 한계로

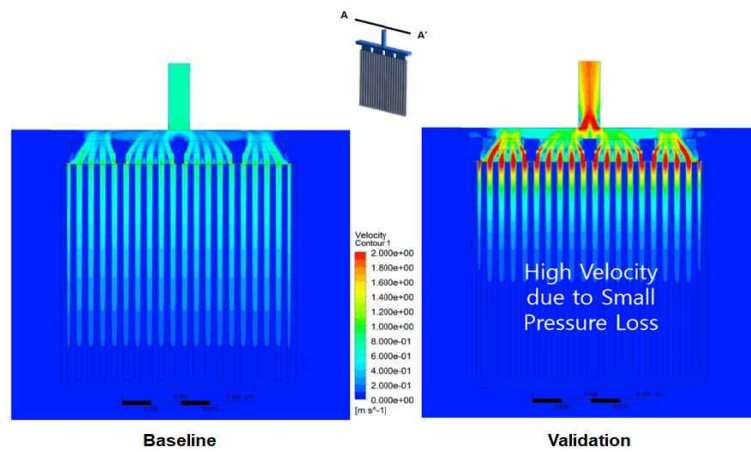
인하여 모듈에 장착되는 단일막의 개수를 늘려 처리량을 확보하거나 모듈의 개수를 추가하는 방안이 모색되었음



<그림 58. 단일 막 구조해석>



<그림 59. 단일 막 압력분포해석>



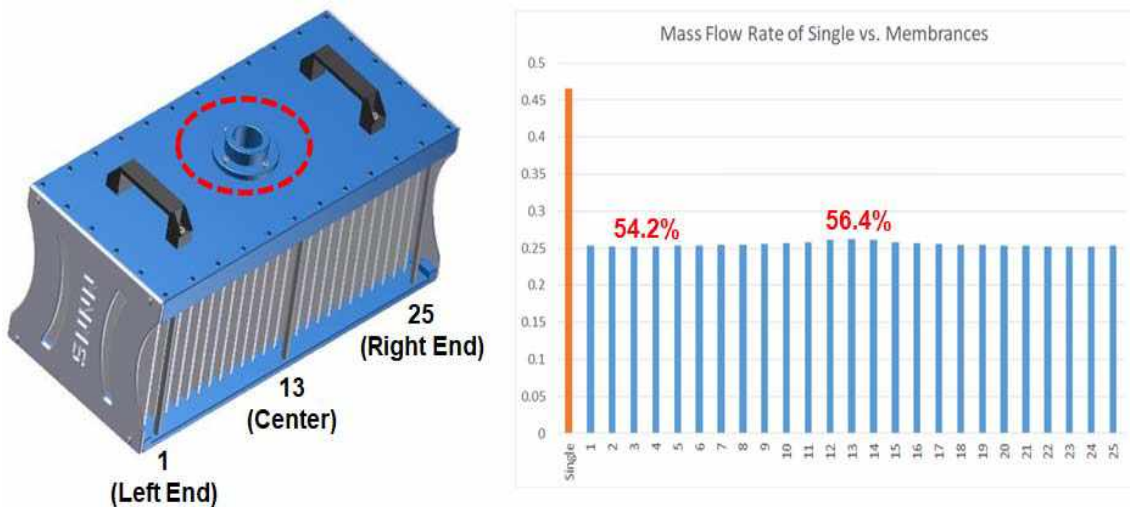
<그림 60. 단일 막 유체이동해석>

- 25장 세라믹 멤브레인 모듈 해석 수행결과, 각 단위 멤브레인에서 흡입되는 유량차이는 Max -3% 이내임
- 모듈 챔버 형상에 따른 유량증가는 0.2%로 미미하며, 가공을 고려 기존형상을 유지
- 25장 세라믹 멤브레인 모듈의 유량 저하의 주요원인은 흡입구 파이프 주위에 발생하는 압력 손실로 판단

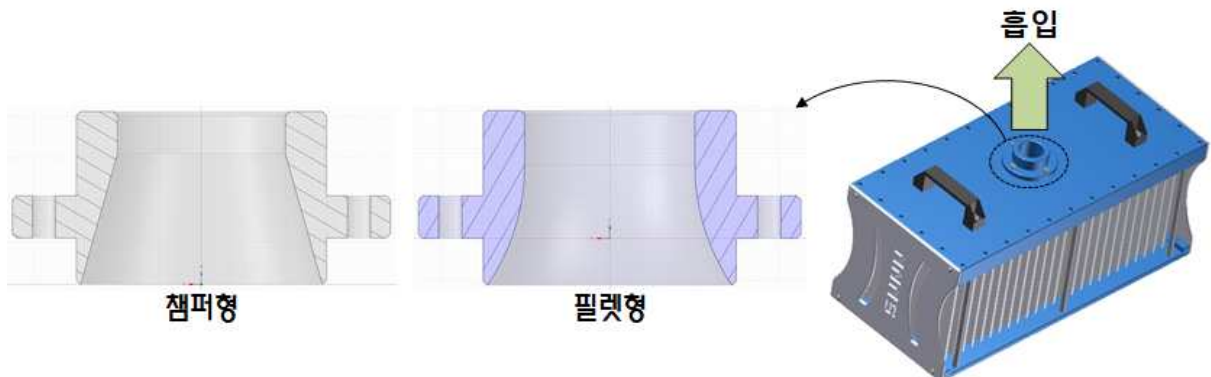
<표 15. 흡입구 형상에 따른 유량증가>

흡입구 형상	Mass Flow Rate(kg/sec)	증가율
기존(일자형)	6.3803	-
개선안1(챔퍼형)	7.3634	15.4%
개선안2(필렛형)	8.4552	32.5%

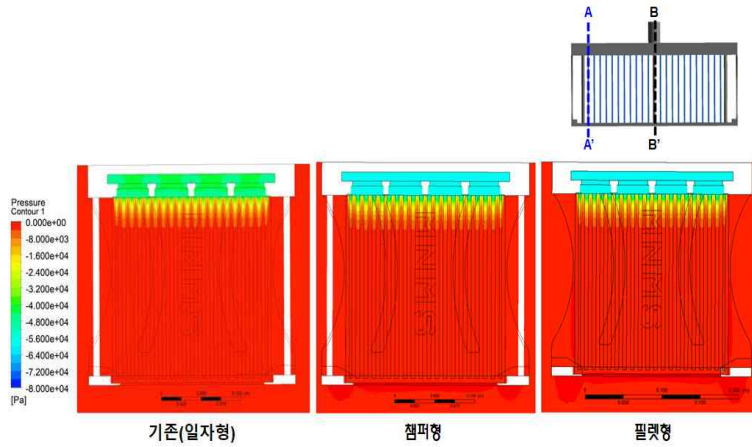
- 흡입구에서 압력손실이 발생되며, 흡입부의 펌프흡입라인과 동일한 직경과 흡입부의 형상을 나팔관 모양의 필렛형으로 개선 방향을 설정하고 실모델 적용 테스트를 통한 검증 진행



<그림 61. 모듈 내부 유체량 분포>

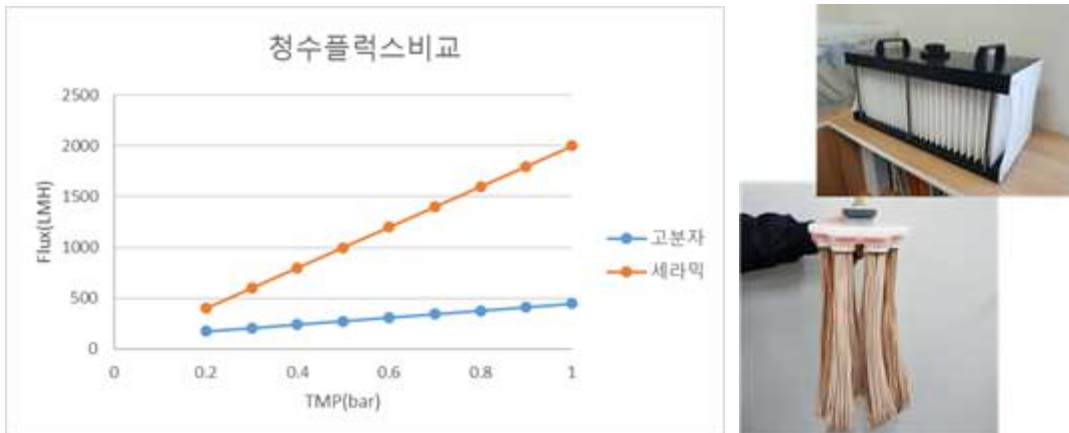


<그림 62. 모듈 구조 변경>



<그림 63. 모듈 내부 압력 분포해석>

- 유동해석을 통해 세라믹 분리막의 처리성능을 향상시켰으나 여과운전 중 발생하는 세라믹의 취성과파괴 빈도가 잦아 비효율적인 가동을 야기시킴. 따라서 위와 같은 문제를 개선하고자 막면적이 넓고 파손의 우려가 없는 중공사형태의 고분자 막을 검토함



<그림 64. 세라믹, 고분자 막의 청수플럭스 비교>

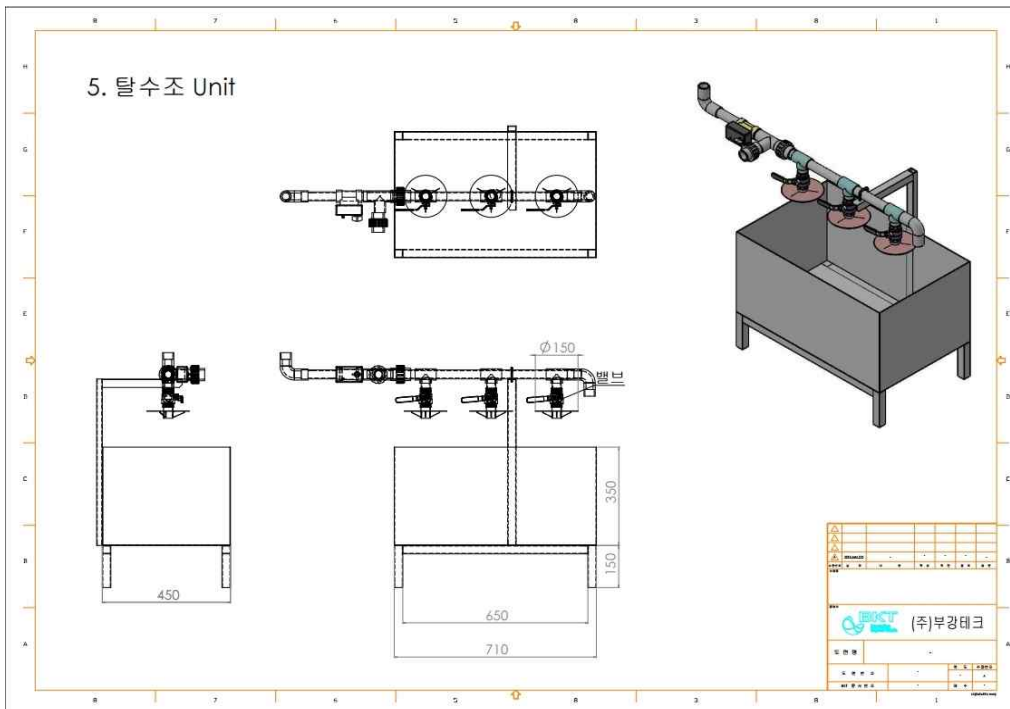
<표 16. 세라믹, 고분자 막의 청수플럭스 비교결과>

종류	세라믹	고분자
모듈당 막면적	1.875m ²	1.59m ²
모듈개수	1개	2개
TMP	0.6bar	0.2bar
Flux	90LMH	40LMH
역세압력	< 1.0bar	해당없음
핸들링	어려움	쉬움
막 형태	평막	관형막

- 여과속도는 세라믹이 2배 이상으로 우수하지만 단위막면적이 매우 높은 고분자 중공사막의 모듈개수를 추가하여 일 처리량을 동일하게 할 수 있고, 향후 사업화 진행시 분리막 운영의 기술적 대안이 될 것으로 사료됨

③ 슬러지 처리 구조 개선

- 처리시스템 내 쾌적한 처리환경을 조성하고 사용자의 관리 편의성을 고려한 슬러지 탈수구조를 개선하였음
- 응집슬러지의 배수 막힘현상을 제거하기 위해 배관의 크기를 넓혔으며, 효율적인 탈수처리를 위해 탈수배관의 개수를 1개에서 3개로 증가시켰음
- 또한 슬러지 탈수백의 소재를 부직포에서 신축성을 가진 코튼으로 변경하여 탈수성능을 개선시켰음



<그림 65. 슬러지 배출구조 설계>



<그림 66. 슬러지 배출구조 개선>

④ 전처리 적용 가능성 검토

- 착유 세척수 처리를 위한 개발 시스템의 고장을 최소화하고 지속적인 운영관리를 위해 전처리를 통해 유입부하를 감소시켜 처리하는 방안을 모색하였음
- 전처리는 유기물을 분해하고 정화하는 주처리의 부하를 줄이기 위해 반드시 필요한 공정이며, 비용의 부담을 줄이기 위해 요구면적을 최소화하고 관리포인트가 적은 물리화학적 처리방법을 주로 적용함. 본 시스템에는 혼입되는 우분을 배제하기 위해 스크린을 집수조에 설치하였고, 전기분해/응집의 성능을 극대화 하기 위해 집수조에 전해질의 기능을 하는 염화나트륨을 투입하여 전기전도도를 높여주었으며, 약품응집과 가압부상처리를 통해 부하를 대폭 감소시켰고 응집기작에 중요한 pH를 조정하여 그 결과를 관찰하였음

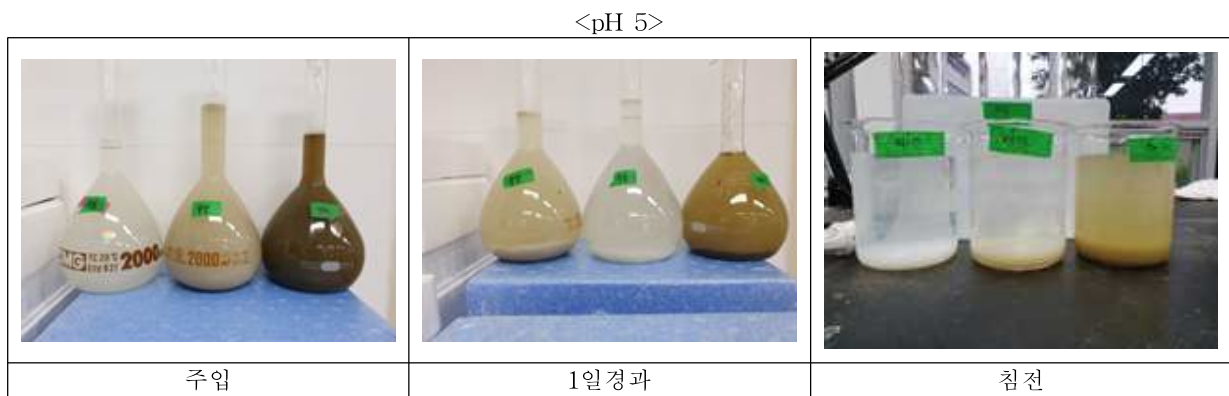
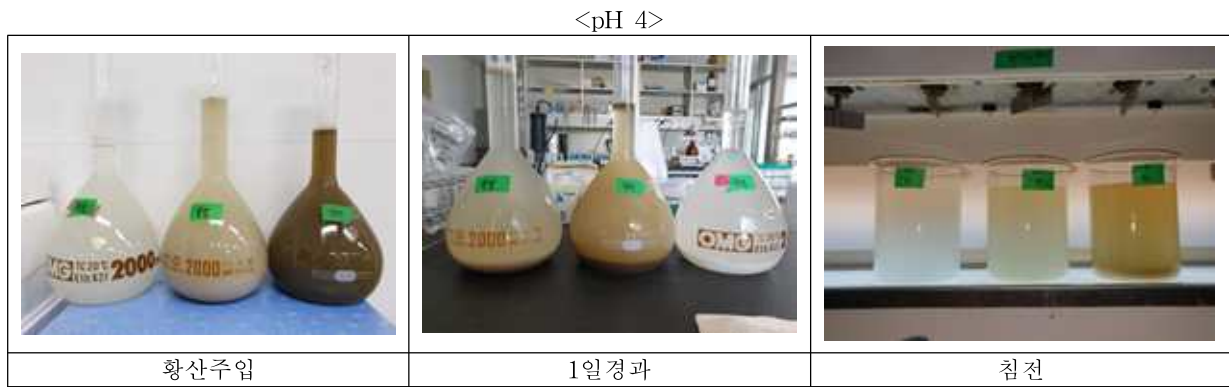


<그림 67. 전처리 스크린 제작 및 설치>

- 전처리 스크린을 통해 구더기, 우유찌꺼기와 같은 혐잡물의 혼입을 차단시켰으며, 이로 인해 유입부하가 약 15% 제거되었음. 이는 시스템의 유입부하를 줄여주고 전기분해/응집의 효율을 대폭 향상시킬 수 있는 중요한 전처리 방법이라 사료됨
- 전해질인 염화나트륨의 투입효과는 수질측면을 고려했을 때 극히 미미하였음
- 착유 세척수의 pH 전처리(약산성)를 통해 유지방 및 단백질을 응고하여 제거시킬 목적으로 검토한 결과, 효율이 소폭 향상되어 도입이 어려울 것으로 사료됨

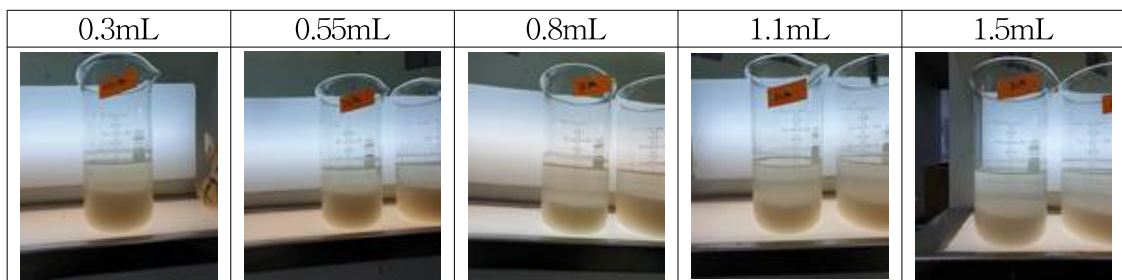
<표 17. pH 전처리에 따른 착유 세척수 수질>

단위: mg/L	미처리		pH 4			pH 5	
	청주 S	청주 S	순천 S	포항 H	청주 S	순천 S	포항 H
원수(TCOD)	2,349	2,055	4,330	6,150	2,055	4,330	6,150
상등수(TCOD)	1,552	2,020	2,575	4,130	1,905	2,585	3,320
제거율	34%	1.7%	40.5%	32.8%	7.3%	40.3%	46%
알럼응집 처리수(SCOD)	1,546	1,640	2,090	2,980	1,700	2,315	3,340
전체 제거율	34.2%	20.2%	51%	51.7%	17.3%	46.5%	45.7%



<그림 68. pH 전처리에 따른 착유 세척수 샘플 상태>

- 약품응집을 통해 형성된 응집슬러지를 분리하기 위해 가압부상조를 설치하여 수질 및 운영관리 측면에서 검토한 결과, 약품은 액상의 황산알루미늄(7%)을 사용했고 자테스트(Jar-test)를 통해 중량비율(wt./wt. %) 0.1%를 투입하였고 체류시간은 2.5시간으로 1톤을 처리하였음

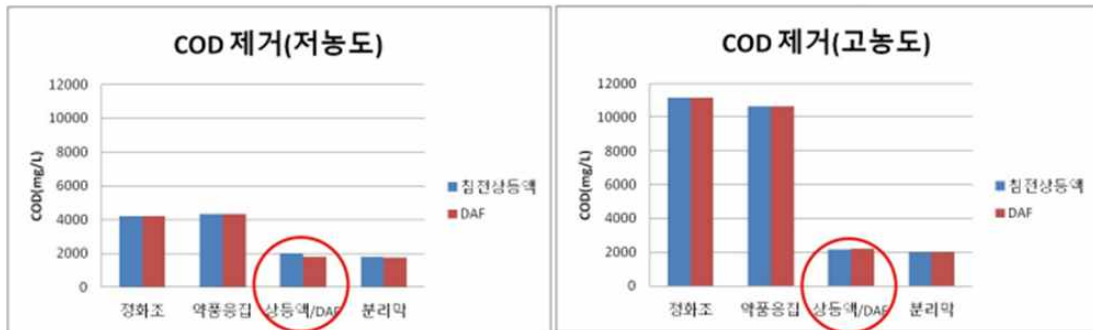


<그림 69. Alum (7%) 자테스트 사진>

- 청주시 S목장의 테스트 베드의 착유 세척수 유입부하변동이 심하여 저농도, 고농도로 나누어 각각의 실험을 진행하였고, 그에 따른 수질분석을 통해 전처리 가능성을 검토하였음



<그림 70. 약품응집 + 가압부상 전처리 실험>



<그림 71. 약품응집 + 가압부상에 따른 수질경향>

- 약품응집, 가압부상을 통해 착유 세척수 내 존재하는 다수의 용존 유기물질을 제거 하였지만, 난분해성 유기물질에 대한 제거가 어려웠고 이는 처리수질에 영향을 미칠 것으로 사료되었음. 전기분해/응집의 전처리로는 우수하지만 시스템의 면적이 커지고 그에 따른 비용이 발생할 가능성이 있음. 난분해성 유기물에 대한 제거를 위한 추가 연구를 통해 전기분해/응집기술의 대체기술로 고려할 수 있을 것으로 사료됨

⑤ 고도처리 적용 가능성 검토

- 향후 강화되는 법적 방류수질기준의 경향에 따라 더 맑게 처리할 수 있는 고도처리 적용에 대해 모색하였음
- 고도처리는 폐수의 색도, 탁도, 이취미 등을 제거하기 위해 방류 전단계에 적용하는 공정이며, 본 연구에서는 오존산화법과 활성탄 흡착법을 검토하였음
- 착유 세척수의 BOD를 제거하기 위해 오존산화실험을 Lab-scale과 Pilot-scale로 진행하였고 저장조에 착유 세척수를 처리한 분리막 처리수를 일정량 보관한 후 오존을

주입하여 시간별로 수질을 측정하였음

<표 18. Lab-scale 오존산화실험 결과>

주입시간(분)	0(막 처리수)	10	20	30	40	50	60	90	180	360
BOD(mg/L)	1,493						1,277	1,179	1,085	1,084
CODcr(mg/L)	1,830	1,658	1,740	1,706	1,676	1,622	1,590	1,544	1,502	1,294



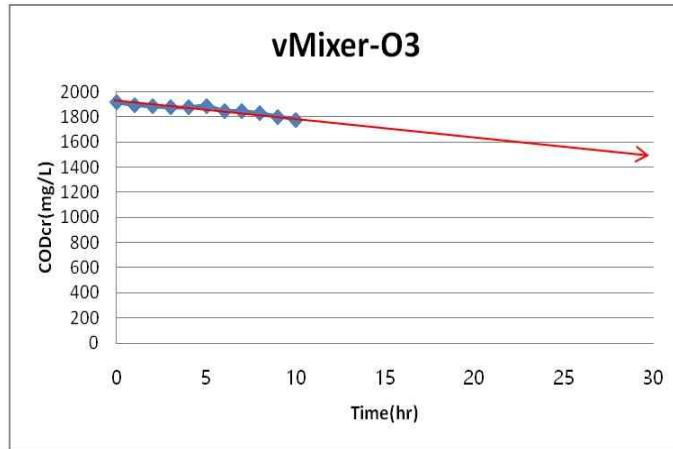
<그림 72. Lab-scale 오존산화실험>

<표 19. Lab-scale 오존산화실험 결과>

주입시간(분)	0(막 처리수)	10	20	30	40	50	60	90	180	360
CODcr(mg/L)	1,920	1,910	1,926	1,896	1,908	1,896	1,894	1,888	1,876	1,850
pH	4.79	4.79	4.78	4.75	4.77	4.77	4.77	4.78	4.76	4.76



<그림 73. Pilot-scale 오존산화실험>

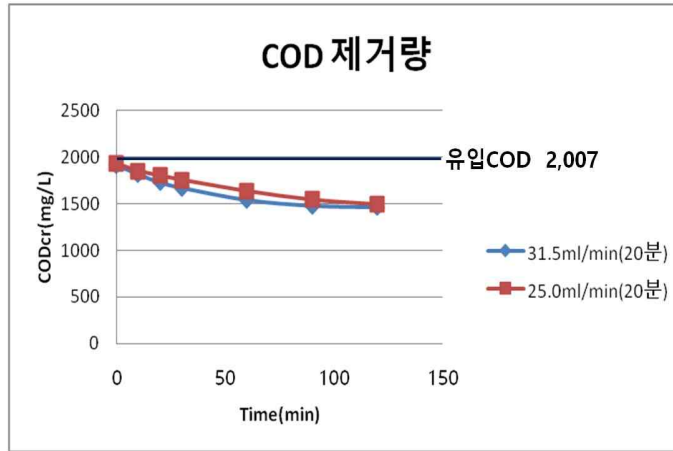


<그림 74. 오존산화시간에 따른 COD 저감속도>

- Lab test 오존주입율(39.68g/g)을 기반으로 3시간 내에 1.5톤 폐수의 COD 300mg/L를 제거하기 위해서 7,500g/hr의 오존발생설비가 필요하고 주입시간 최대 12시간일 경우, 1,875g/hr의 오존발생설비가 필요함. Full-scale의 용량에 해당하는 27g/hr의 기성 오존발생 설비비용의 증가가 예상되고 이를 고려했을 때, 실규모 적용은 어려울 것으로 판단됨
- 활성탄 흡착을 통해 처리수질의 감소경향을 관찰한 결과, 약 95%의 COD를 제거할 수 있지만 활성탄 충전에 대한 과도한 비용이 발생할 것으로 예상됨
- 경제적으로 합리적인 시스템 설계를 위해서 전처리를 통해 유입부하를 감소시켜 고도처리의 운영비용을 절감할 수 있도록 해야 하고 시스템의 주기적인 관리를 통해 지속적인 정화처리가 가능한 환경을 조성해야 함



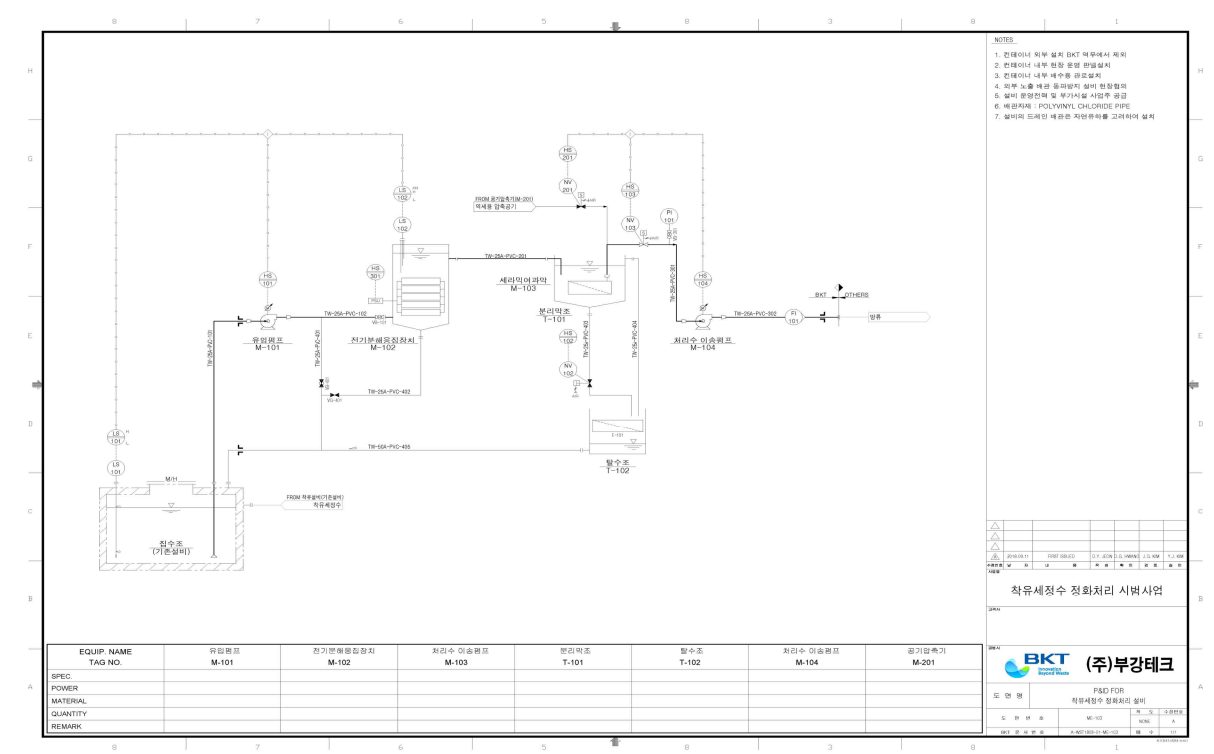
<그림 75. 활성탄 흡착실험>



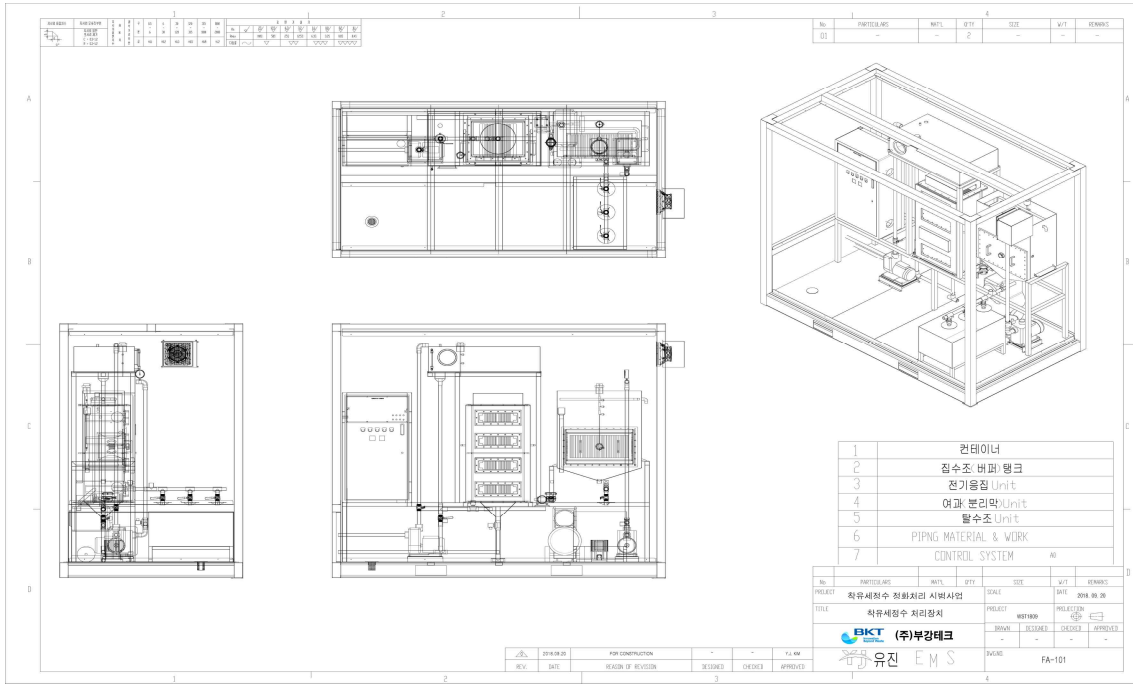
<그림 76. 활성탄 흡착시간에 따른 COD 제거량>

⑥ 2톤/일의 정화처리가 가능한 물리화학적 처리장치 제작

- 2톤/일의 착유 세척수 정화처리 장치에 대한 기술자료를 구축하여 2019년 5월에 특허를 등록(착유실 세정수 처리장치 및 방법, 제10-1957827호, (주)부강테크)하였음



<그림 77. 물리화학적 처리공정도>



<그림 78. 물리화학적 처리공정 Layout>



<그림 79. 물리화학적 처리시스템>

(나) 장기운전을 통한 물리화학적 처리장치 성능검증

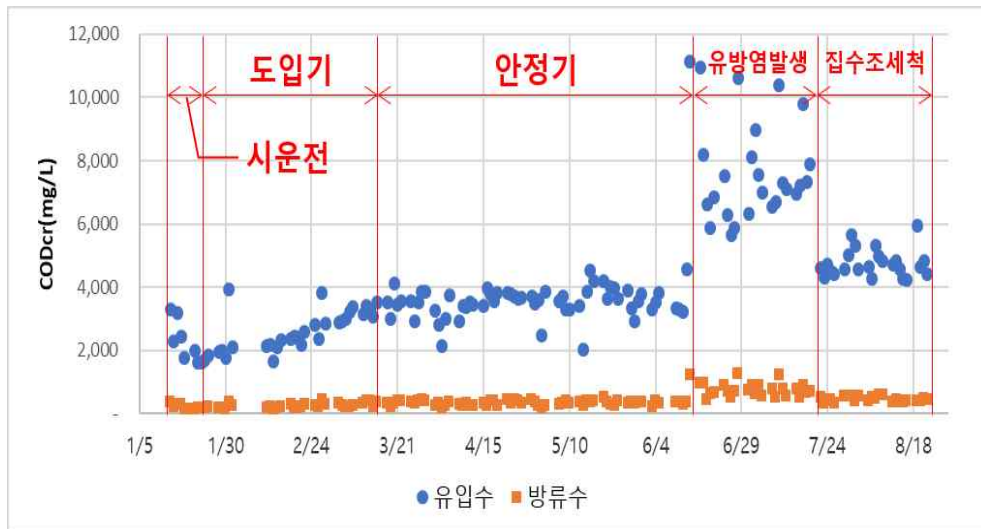
① 처리 수질 검토

- 개선 및 보완이 완료된 후 약 8개월 동안의 장기운전을 통해 전기분해/응집 반응조 체류시간에 따라 BOD와 COD는 90% 이상, TN은 60% 이상, TP는 99% 이상의 처리가 가능하고, 세부내용은 아래 표와 같음

<표 20. 장기운전 평균 처리 수질>

항목	유입수	전기분해		분리막	
		농도	처리효율(%)	농도	처리효율(%)
BOD (mg/L)	1,760	488	72.3	116	93.4
COD (mg/L)	4,199	1,268	69.8	305	92.7
SS (mg/L)	1,251	4,379	-	4.89	99.6
TN (mg/L)	496	277	44.1	181	63.5
TP (mg/L)	192	44	77.1	1.49	99.2

② 장기운전에 따른 처리수질 추이

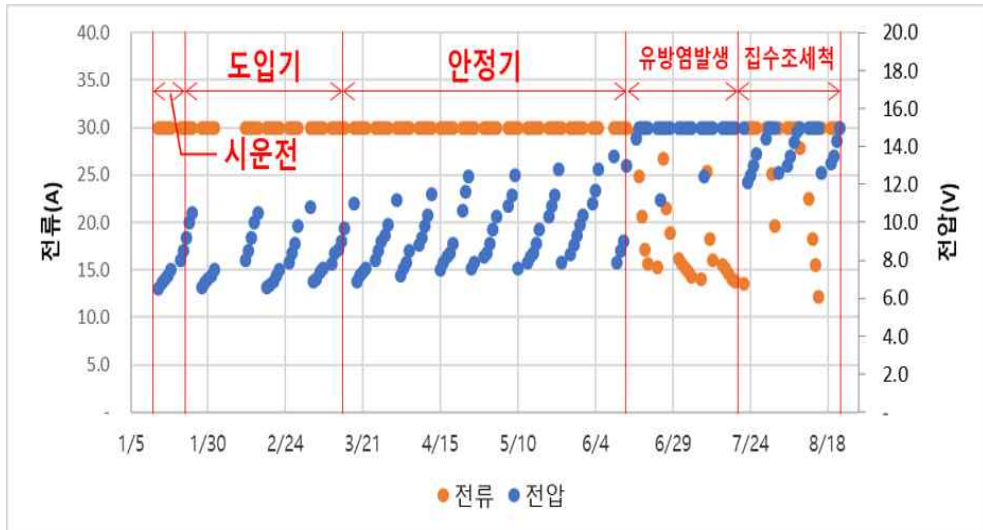


<그림 80. 장기 운전에 따른 COD 농도 변화>

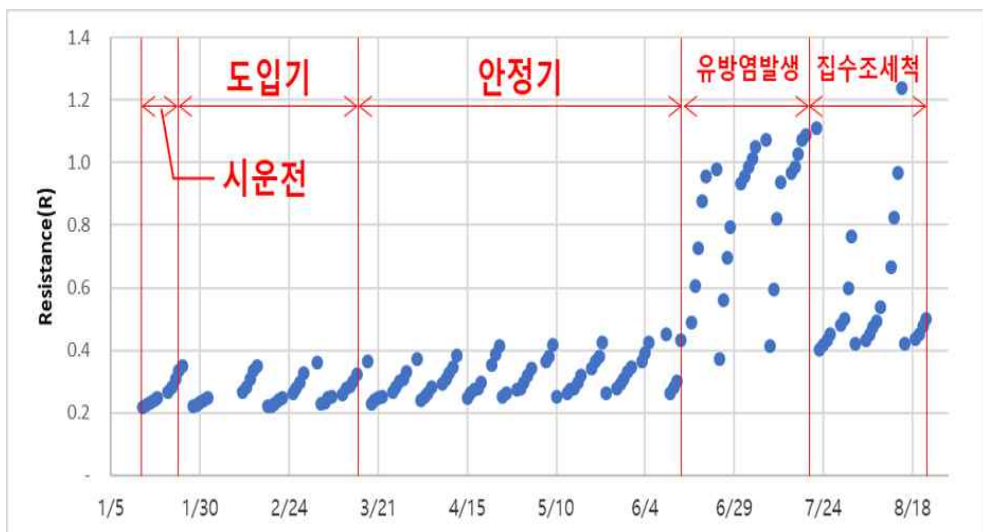
- 1월 초에 진행된 로봇착유기의 시운전 및 초기 운전기간에 걸쳐 세척수가 반입되면서 부하가 상승하였음
- 1월 중순부터 3월 중순까지 약 2개월 동안 사육두수를 점차적으로 증가시키는 과정에서 오염부하도 상승하였음
- 3월말부터 6월 중순까지 약 3개월 동안 안정적인 축사운영에 따라 유입부하의 큰 변동 없이 처리도 안정적인 상태를 보였음
- 6월 중순부터 7월 하순까지 약 1개월 이상 일부 젓소에 유방염이 발생하여 분리착유 및 폐우유가 반입되면서 부하가 급상승하였음
- 7월 하순부터 8월 말까지 약 1개월 동안 유방염 발생에 의해 집수조의 부하가 급상승하면서 부하관리의 어려움을 해소하기 위해 집수조 전면을 세척 후 재가동하였음

③ 장기운전에 따른 전기분해/응집 운영 결과

- 정전류 30A와 가변전압 15V를 설정하고, 전극소재는 알루미늄(함량 99% 이상)을 적용하였음. 장기운전을 위한 전극세정은 운전 종료 후 고압살수세정 1회를 시행하였으며, 보다 안정적인 운영을 위해 2주에 1회씩 산세정을 진행하였음. 운영결과를 고려했을 때, 산세정 없이 고압살수세정만으로 최대 4주의 유지관리 기간을 확보할 것으로 예상됨



<그림 81. 장기운전에 따른 전류 및 전압변화>



<그림 82. 장기운전에 따른 저항변화>

- 로봇착유기 시운전 기간 동안 30A의 정전류가 인가되고 착유 세척수의 부하상승 및 전극 스케일 형성에 따라 저항이 증가되면서 전압 상승이 반복되었음
- 축사운영 도입기간 내 점차적인 부하상승에도 불구하고 안정적인 정전류 유지와 전극세정에 따른 전극상태 회복이 일정하였음
- 축사운영 안정기간 내 안정적인 정전류 유지와 전극세정에 따른 전극상태 회복이 소폭 저하함으로써 국부적인 전극소모가 예상되었음

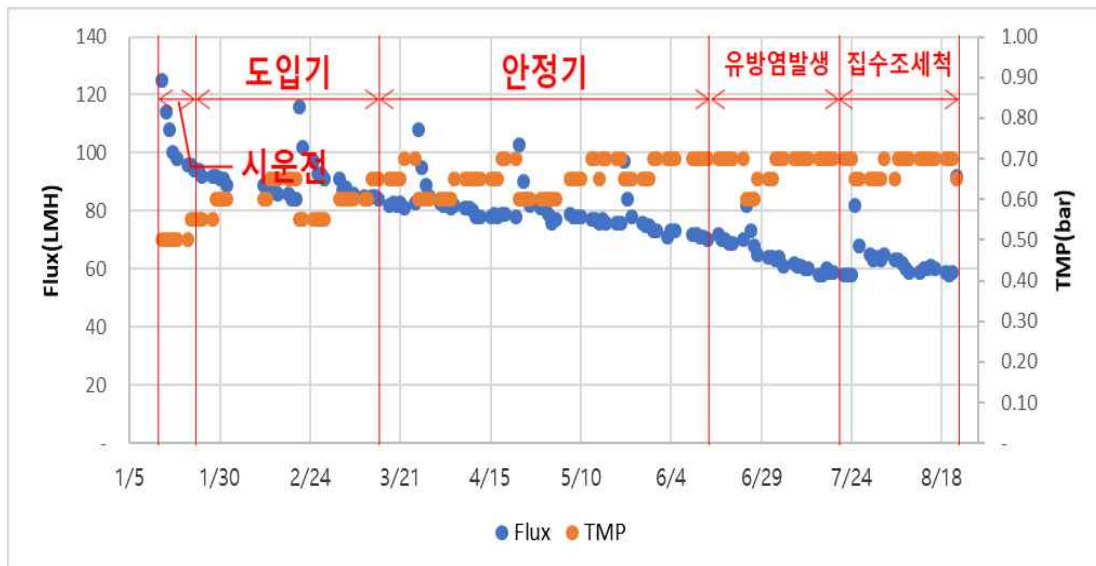
- 젓소의 질병 발생에 따른 부하변동 운전상황 : 유방염 발생기간 내 폐우유 반입에 의한 부하 급상승으로 인해 저항이 급증하고 전극 스케일이 과다하게 형성되었으며, 전압이 제한값에 도달하여 비정상 운전과 응집효율 저하가 발생되었음
- 부하관리의 어려움을 해소하고자 집수조 세척을 통해 원상태로 복구하였으나, 전극 상태의 회복이 불안정하고 응집효율이 저하되었음



<그림 83. 전극 세정 전(좌), 후(우)>

④ 장기운전에 따른 세라믹 분리막 운영 결과

- 세라믹 멤브레인을 적용하여 침지방식으로 운전하였으며, 일정유량으로 10분 운전 후 공기 역세 10초를 반복하여 운전하였음. 막세정은 1개월 주기로 진행하였고, NaOH를 이용한 알칼리 방식을 적용하였음



<그림 84. 장기운전에 따른 Flux 및 TMP 변화>

- 시운전기 기간 내 갑작스러운 부하상승에도 불구하고 안정적인 전기분해/응집 운영으로 1일 2톤 처리용량에서 처리수질이 양호하였음
- 도입기간 내 점차적인 부하상승이 진행되었으나, 전기분해/응집 처리에서 1일 2톤의 처리수질은 양호하였음
- 안정기 중에 여과와 CIP 세정에 따른 플럭스 회복이 소폭 저하함으로써 일부 막 오

염이 예상되었음

- 유방염 기간 내 폐우유 반입에 의한 부하 급상승으로 인해 전기분해/응집 효율이 저하되었고, 1일 2톤을 처리하기 위한 여과시간이 증가되었으나 처리수질은 양호하였음
- 부하관리의 어려움을 해소하고자 집수조 세척을 통해 원상태로 복구하였고, 전기분해/응집 효율이 불안정하여 1일 2톤을 처리하기 위한 여과시간에도 영향을 미쳤으나, 처리수질은 지속적으로 양호하였음

다. 농가실증 적용 및 매뉴얼 개발

(1) 현장 환경을 고려한 운전인자 도출

(가) 착유 단계별 발생오염원 분류 및 조성성분 파악

- ① 9단계의 착유과정을 분석하여 각 단계별 발생오염원을 분류하여 착유 세척수의 조성성분을 파악함

<표 21. 착유 단계별 발생 폐수 성분분류표>

단 계	내 용	폐수 발생원
1단계(관찰 단계)	소독제(베타딘, 글리세린), 건우유, 폐기우유, 생산우, 유방염 감염우, 환축 등 준비 사항 확인	분뇨, 혈유, 건유, 소독제, 병원성세균
2단계(전착유 단계)	유두 세척 전 전착유 실시 및 CMT검사	체세포 고함량 우유, 분뇨
3단계(유두세척 단계)	착유기 부착 전 유두에 서식하고 있는 세균수를 줄이고 유두를 자극	세제(알칼리, 산), 과산화수소, 분뇨
4단계(착유기 부착 단계)	유두를 처음 만지기 시작한 후 60초 이내 진행	분뇨
5단계(착유 단계)	4개의 분방으로부터 균일하게 착유하고 착유기 정렬	분뇨
6단계(끝착유 단계)	적절한 착유 후 유방 내 진공압 잔류 체크	끝착유 손실 우유, 분뇨
7단계(착유기 분리 단계)	정확한 착유기 제거를 이행하여 우유 손실 방지 과착유는 착유시간 연장, 스트레스 원인, 유두 손상 우려	분뇨
8단계(세척 및 소독 단계)	유두 세척/소독 및 착유기 세척/소독	세제(알칼리, 산), 과산화수소, 분뇨
9단계(우유 저장조 세척 단계)	저장된 우유 배출 후 저장조의 세척/소독	세제(알칼리, 산), 과산화수소, 분뇨

- 착유 세척수에는 착유장비를 세척하기 위한 산, 알칼리 등의 약품과 젖소의 유방을 세척하는 세정약품, 젖소가 염증을 가지고 있는 경우 병원성 세균이 포함된 폐기우유(단백질, 지방 등), 젖소의 피 등이 포함되어 있고, 구제역 등의 전염병이 진행되는 경우에는 각종 살균제 등의 약품이 착유 세척수에 혼입되어 들어오고 있어 이를 처리하기 위해서는 다양한 오염원에 대한 처리방식 고려 필요

(나) 테스트 베드의 적정처리 방안

- ① 총 4개의 축사를 테스트 베드로 활용하여 착유 세척수 정화처리 시스템의 스케일업과 성능검증을 진행하면서 경험한 문제점을 파악하고 해결방안을 모색하였음

<표 22. 테스트 베드 현황>

일시	내용	결과
170308	Lab test	일 1톤처리, 자동화, 안정성 협의
170925	Pilot test(공주 C목장)	처리수질 확보 및 Full-scale 운영인자 확보
180423	장비설계 및 제작	전기응집 + 세라믹분리막 적용
180726	Full test(순천 S목장)	성능저하확인(유입부하 BOD 1,000mg/L 초과)
181113	Full test(청주 S목장)	성능저하확인(유입부하 BOD 1,000mg/L 초과)
181122	Full test(포항 H목장)	성능저하확인(일 처리량 부족)

- ② 착유세정수 정화처리 기술지침서 기준을 고려하여 설계한 장비의 과부하로 인해 처리수질, 처리량 확보가 어려워졌고 매주 점검하는 상황을 초래하였음

<표 23. 테스트 베드 문제점 및 해결방안>

문제점	원인	청주 S	순천 S	공주 C	포항 H	해결방안
처리수질 미확보	유입부하	O				전처리 필요
처리량 미확보	전극유지관리				O	전극세정 필요
유지관리 미확보	유입부하	O	O	O	O	전처리 필요
폐우유 혼입	작업자 실수	O	O			혼입배제 필요
권고사항		전처리 및 폐우유의 분류배관 설치필요		전처리 및 우분뇨의 분류배관 설치필요		-

- 4개 축사의 문제점이 다양하게 발생했으며, 특히 유입부하 변동으로 인한 시스템의 유지관리 및 성능저하로 사료되고 약 4개월간 주간점검을 통해 아래와 같이 장비개선을 진행함과 동시에 2톤/일 처리규모의 확장설계에 반영하였음
- 4개 축사 모두 유입부하가 높기 때문에 시스템에 대한 전처리가 필요하고 청주 S목장, 순천 S목장의 경우 폐우유 혼입에 대한 작업자의 실수가 빈번하게 발생함에 따라 별도의 폐우유 분류배관과 저장조의 설치와 폐우유로 인한 수질초과가 예상되므로 활성탄 흡착과 같은 별도의 고도처리가 필요할 것으로 사료됨. 또한 공주 C목장, 포항 H목장의 경우 축사구조에 따라 우분뇨의 혼입이 빈번하기 때문에 보다 청결한 착유관리운영이 필요하고 별도의 우분뇨 분류배관을 퇴비사로 연결시켜 관리하도록 해야 함



<그림 85. (좌)우분뇨 혼입의 경우, (우)폐우유 혼입사례>




(2) 운전 및 설치 매뉴얼 개발

(가) 운전 매뉴얼 구축



① 가동 전 전선 및 배관 점검

- 유입①, 순환② 배관 연결상태 확인
- 처리③ 배관 비치상태 확인
- 설비 전선 연결상태 확인

② 자동운전 가동

순서	조작키	설명
1		전원 스위치를 ON 방향으로 위치해주세요
2		운전선택 스위치를 자동 방향으로 위치해주세요
3		자동운전 버튼을 눌러주세요

③ 자동운전 정지

순서	조작키	설명
1		자동정지 버튼을 눌러주세요
2		전원 스위치를 OFF 방향으로 위치해주세요

(나) 설치 매뉴얼 구축

① 설치 목적

- 본 계획은 착유 세척수 처리설비를 설치한 목장에 시운전 담당자가 안전을 기하도록

하기 위함

- ② 매뉴얼에 기재된 사전 협의사항을 참고하여 설비를 안전하게 설치할 준비를 해야 함
- ③ 설비의 상차, 이동, 하차, 전선 연결, 배관 연결, 시운전 등 일련의 설치 과정에 대해서 기술하였고 시운전이후 비상시 대응을 사례별로 구축하였음

<표 24. 문제발생시 대응방안>

예상 문제점	예상 원인	해결방안
운전 이상	설비 수평설치 미흡	설비 바닥에 수평 받침대로 높낮이 조절
	배관 연결불량	펌프인입배관, 유량조정조 유출배관, 탈수배관, 처리수배관 올바르게 연결
	펌프 공회전	만수확인/동결확인/부식확인/돌맹이 흡입 확인을 위한 분해 점검후 교체
	집수조 수위센서 누전	집수조 수위센서 쉴드 설치(실리콘 완벽 몰딩)
	집수조 수위센서 설치 불량	집수조 깊이와 수위 확인후 수위센서길이 조절
장치 파손	증장비 기계 충돌	파손부위 확인후 대응
운전압력 이상 (플릭스 양호할 경우)	막 압력(TMP) 작동불량	압력계 교체
운전압력 이상 (플릭스 불량할 경우)	역세 배관벨브 파손	로직점검 및 벨브상태 점검/교체
	처리수 배관 파손	신규 배관 교체/기존 배관 폐기
수질 이상	유입부하 증가	수질분석(유입수, 처리수)후 스크린 설치, 전기분해 HRT 증가시켜 SDI30 측정해서 효율 확인/적용
	전기응집 효율 저하	전기분해HRT 증가시켜 SDI30 측정해서 효율 확인/적용
	세라믹 막 깨짐	세라믹 모듈 교체
플릭스 불량 (처리유량 10LMH 이하)	세라믹 막 공기 노출	분리막 수조내 만수상태 항시 유지
	역세 주기 미흡	역세 주기 재검토
	전기응집 효율 저하	전기분해HRT 증가시켜 SDI30 측정해서 효율 확인/적용
전기분해쇼트	조대입자 유입	스크린 설치(위치 협의사항:착유실유입쪽, 펌프인입 쪽)
	전극봉 공기 노출	전기분해장치내 만수상태 항시 유지
	전극봉 끊어짐	전극봉 교체
	배관(유입, 유출)막힘	배관내 유지방 스크립 제거
	제어반 노후	제어반 완벽 밀폐구조로 변경
장치 누수	몰딩제 파손	장치 완전 건조후 보수
	용접부위 노후	장치 완전 건조후 재용접
배관 누수	몰딩제 파손	신규 배관 교체/기존 배관 보수 및 보관
	배관 파손	신규 배관 교체/기존 배관 폐기
분리막 수조 범람	벨브 오작동	로직점검 및 벨브상태 점검/교체
	로직 불량	전기분해 HRT 조정 or 분리막역세주기 조정
탈수백 범람	벨브 오작동	로직점검 및 벨브상태 점검/교체
	로직 불량	벨브 개폐시간 조정

라. 오염원의 사전차단 기술 개발

(1) 착유실 구조 및 착유시설 집수장치 검토

(가) 일반 착유방식 및 착유실 구조 검토

① 바켓식 착유방식

- 바켓식은 부업형 소규모 농가(착유우 15두 미만)에서 이용되며 각 우상에서 진공과 이프와 코크를 설치하여 우유통과 착유장치를 연결하여 사용하는 양동이형 착유방식임. 가장 저렴한 착유시설로 별도의 착유실이 필요하지 않고 착유를 위해 소를 이동시키지 않는 장점이 있음. 그러나 착유에 많은 시간이 소요되고 우유를 냉각기에 옮기는 과정이 필요하며 착유자 근로조건이 열악하다는 단점이 있음

② 파이프라인 착유기

- 파이프라인식은 바켓식에 비해 착유두수가 많은 경우에 이용되는 착유방식으로 우유의 운반물량이 많아지므로 진공파이프와 병행하여 송유관을 설치하여 우유를 냉각탱크로 바로 운반해 주는 시스템임. 우유를 바로 냉각기로 이송하고 별도의 착유실이 필요하지 않다는 장점이 있지만 바켓식보다 비용이 많이 들고 유두에 진공압의 변이가 심한 단점이 있음

③ 헤링본 팔러

- 헤링본 착유시스템은 착유 능력이 상대적으로 높아서 가로 2 세로 8의 헤링본 착유실은 시간당 55~75마리를 착유할 수 있음. 한 가지 결점은 착유실에 있는 모든 젖소의 우유를 다 짜낼 때까지 젖소를 교체할 수 없기 때문에 착유가 늦는 젖소가 있으면 전체 작업 진행을 멈추어야 함

④ 탠덤 팔러

- 탠덤 착유실 시스템은 측면 착유용으로 설계된 것으로 젖소는 피트의 가장 자리를 따라 각각 서 있으며 착유자는 전체 장면을 볼 수 있어 젖소를 주의 깊게 관찰 가능하고, 쉽게 관리할 수 있음. 이 시스템은 개별적으로 작동되므로 모든 젖소의 유방 건강 문제 및 상태를 파악할 수 있음. 각 스톨마다 입구와 출구가 각각 있고 젖소의 착유가 완료되면, 시스템은 자동적으로 젖소를 보내고 다른 젖소로 대체됨. 착유속도가 느린 젖소가 있더라도 전체 착유에 영향을 주지 않음. 대략 120두의 젖소에 대하여 2×4 탠덤은 2×8 헤링본 방식과 비슷한 착유 성과를 기대할 수 있음

⑤ 사이드 바이 사이드 팔러(병렬 착유시스템)

- 병렬 착유실은 120두 이상의 젖소를 보유하는 농장에서 사용하기에 적합한 방법으로 착유실에서 젖소는 작업자가 있는 피트에 대하여 90도 각도로 위치하게 됨. 젖소의 뒷다리에서 직접 착유가 진행되므로 유선에 대한 접근이 안전하고 용이함. 이 장치는 착유 지점 사이를 최단거리로 연결해주고 젖소 뒤편에 있는 보호시스템으로 인해 젖소의 발길질에 차이는 위험성이 줄어들며, 분변은 작업자 위에 있는 분뇨 받이에서 수집되므로 바닥에 떨어지지 않음. 이 시스템의은 젖소의 꼬리가 걸리거나 수 있을 수 있으며 착유하는 동안 농후사료를 먹일 수 없다는 단점이 있음

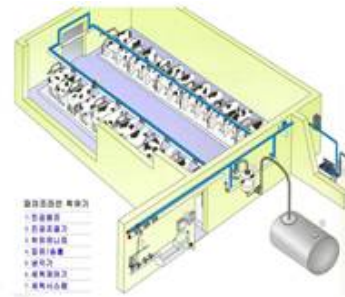
⑥ 로터리 팔러

- 로터리 착유 시스템에서 병렬, 헤링본, 또는 탠덤 착유실과 유사한 방식으로 설치할 수 있음. 젖소가 플랫폼에 각각 들어서서 한 바퀴 돌게 되면 젖소의 착유가 끝나고 끝나지 않을 경우에는 회전대는 젖소의 우유가 다 짜질때까지 자동적으로 속도를 줄

이거나 멈추게 됨. 로터리 시스템은 자동적으로 젖소의 흐름을 통제하는 시스템으로 장치를 조작하는 사람은 어떠한 방해도 받지 않고 착유과정에 집중할 수 있게 됨. 플랫폼은 젖소의 개체수가 150마리 이상일 경우 더욱 적합하며 높은 생산성을 발휘할 수 있고 플랫폼의 성능은 설계, 젖소가 플랫폼에 들어가는 방법 및 시간당 회전수에 따라 좌우된다. 자동화 수준에 따라 시간당 100마리 가까운 착유가 가능함



바켓식 착유기



파이프라인 착유기



헤링본 착유기



텐덤 착유기



사이드 바이 사이드 팔러



로터리 팔러



로봇 착유기

<그림 86. 착유방식종류>

(나) 로봇 착유방식 및 착유실 구조 검토

① 로봇 착유기(자동착유시스템 : Automatic milking system)

- 헤링본이나 텐덤과 같은 최근 착유시설의 발달에도 불구하고 하루 2회 이상 기본적인 착유가 사람에 의해 이루어지는 어려움이 있어 사람이 없어도 착유할 수 있는 방법을 연구하면서 착유에 필요한 로봇 팔, 착유장비, 유도시설 및 추가장비 등으로 구성되어 착유우가 착유시설로 스스로 들어가는 자동착유시스템(AMS)임. 로봇착유기는 사람의 개입 없이 착유우가 착유시설로 스스로 들어가는 시스템으로서 유두세척, 착유, 이송 등이 모두 중앙컴퓨터에 의해 제어되어 무인으로 이루어짐
- 자동착유시스템은 매일 착유를 해야만 하는 육체적 노동에서 탈피할 수 있고 젖소 생체정보를 이용한 정밀관리가 가능하지만 로봇 1대당 착유 가능두수가 제한(약 60두)되어 있고 고가의 장비이므로 경제성과 기본적인 장비관리 능력을 고려하여 설치하여야 함

(다) 일반 착유실 배수시설 및 포집 배관 검토

- 일반 팔러 착유실은 내부 양쪽 벽측을 따라 젖소가 투입되는 공간이 나란히 나열되어 있고, 중앙에는 단층구조의 통로로 구성되어 착유상태를 감시할 수 있도록 만들어져 있음
- 착유실 세척과 배수를 원활하게 하기 위해 벽측과 통로마다 배수홀을 만들었으며 착유실 한쪽으로 포집할 수 있는 구조로 이루어져 있음



<그림 87. 일반 팔러 착유실 내부>

(라) 로봇 착유실 배수시설 및 포집 배관 검토

- 로봇 착유실은 젖소의 체형에 따라 배변부, 유방부 측에 위치한 배수시설이 구성되어 있음. 또한 유방을 세척하고 소독하는 자동기능이 탑재되어 있어 이때 분사되는 세척수의 포집을 위해 바닥에 경사를 두어 배수시설이 구성되어 있음



<그림 88. 로봇 착유실 내부>

(마) 로봇 착유기의 세척수 발생량 추정

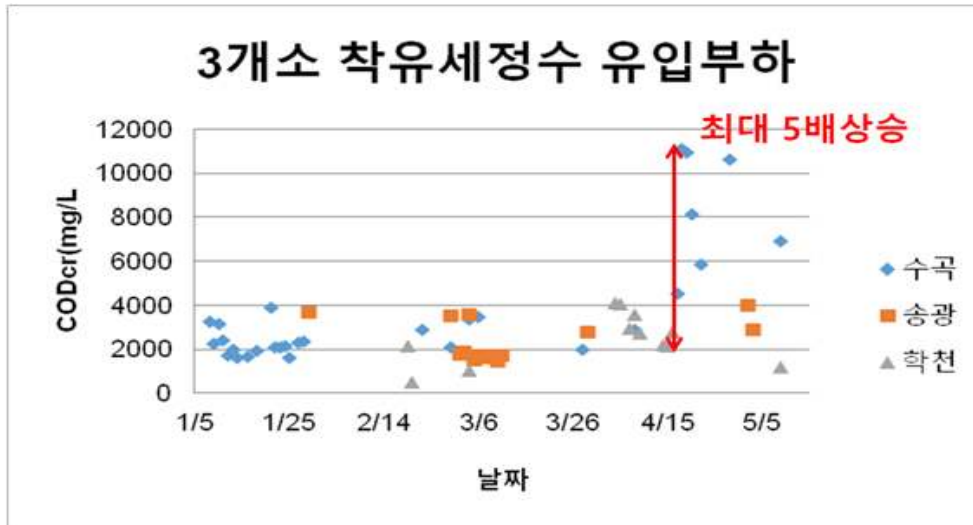
- 로봇 착유기는 젖소가 출입하는 전반의 착유 과정을 제어하고, 착유 전후단계에서 유두와 로봇내부의 우유배관 및 브러쉬를 소독하고 행균으로써 세척을 진행함
- 아래의 표를 통해 일 평균 용수사용량을 분석하였고 로봇 1기당 일 625.2 L의 착유 세척수가 발생하는 것으로 사료됨

<표 25. 로봇 착유기의 일 용수사용량>

종류	목적	횟수/일	1회 사용량(L)	일 사용량(L)	
브러쉬 세척	유두 세척	180	0.39	70.2	
단순 행균	우유배관 세척	180	0.5	90	
주요 세척	사전 행균	우유배관, 시설 세척	3	15	45
	온수 세척	우유배관, 시설 세척	3	30	90
	사후 행균	우유배관, 시설 세척	3	20	60
중간 행균	우유배관 세척	18	15	270	
총량				625.2	

(2) 지속적 모니터링에 의한 유입오염원 확인

- 전남 순천시 소재 축사, 청주시 소재 축사, 포항시 소재 축사, 공주시 소재 축사 총 3개의 축사에 대해서 착유 세척수의 발생량과 유입부하 농도를 모니터링한 결과 발생량과 수질변동이 매우 크게 상이하였음
- 축사별 집수조(유량조정조)의 용량과 축사형태 및 착유두수가 상이할 뿐만 아니라 세척수의 발생량과 수질에 어떠한 연관성을 찾아볼 수 없어 원인을 파악하기 어려움



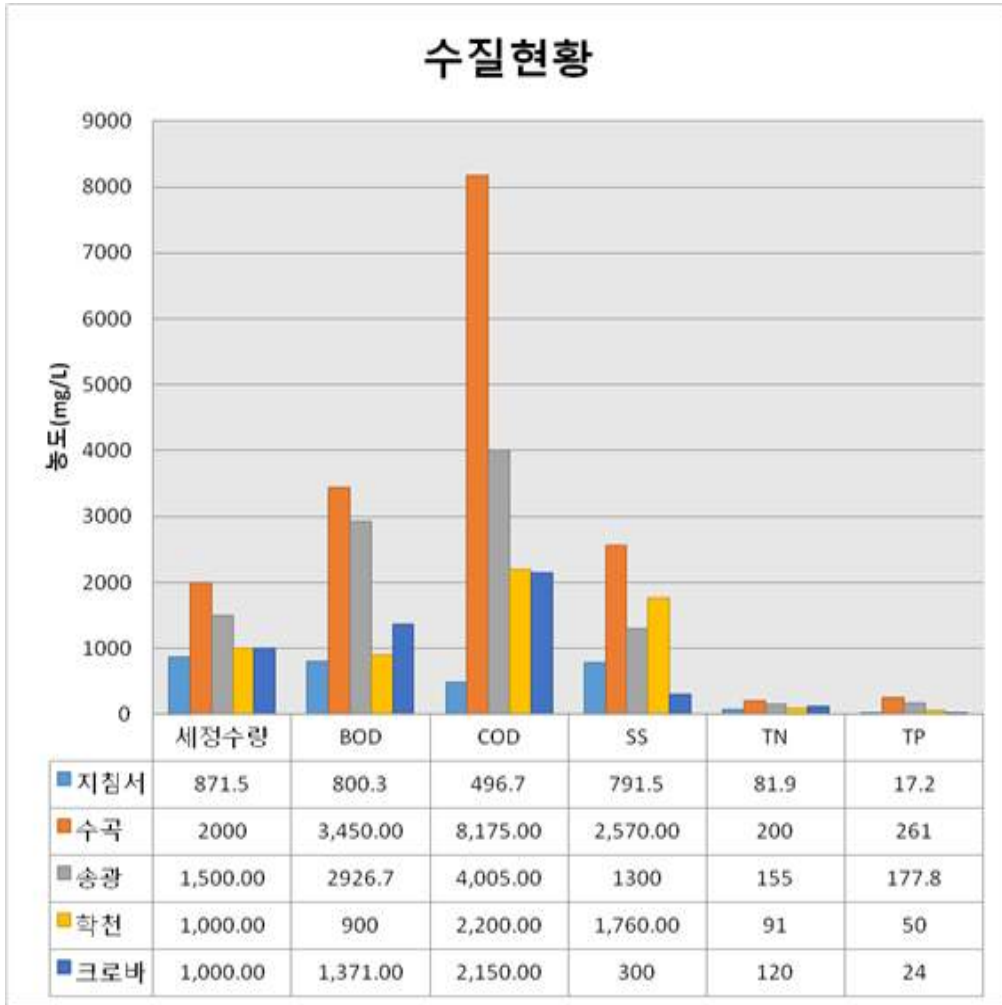
<그림 89. 5개월간 유입부하 변동 추이>

- 3개 축사 중 2개의 축사에서 약 200L의 분리유(혈유, 이상유 등) 유입과 집유하는 과정에서 작업자의 실수로 인한 원유유입을 경험했으며, 그로 인해 2~4배까지의 부하상승을 확인했고 장비성능저하 및 방류수질기준초과의 주된 원인으로 사료됨



<그림 90. 집수조 사진>

- 세척수 부하변동의 안정화를 위해 운영자의 철저한 관리가 필요하며, 20톤 이상의 집수조를 설치하여 안정하게 처리할 수 있도록 환경구축을 반드시 진행해야 함
- 착유 세척수 정화처리 기술지침서의 내용과 다르게 유입BOD가 적게는 120% ~ 430% 높았으며, 발생량은 115% ~ 230% 높게 관찰되었음
- 과도한 유입부하로 인해 BOD 1,000mg/L, 일 1톤 처리기준으로 설계한 장비의 처리량이 저하되고 수질 또한 방류수질기준을 초과하는 상황이 발생함



<그림 91. 축사별 수질현황>

마. 착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발

(1) 축사구조, 착유시설 및 기존 착유 세척수 정화시설 방류수질 검토

(가) 국내 낙농시설 실태 조사 및 착유 세척수 처리현황

① 낙농시설은 각기 다른 용도로 쓰이는 여러 동의 시설물을 조합하여 이루어지고 각 용도별 기능을 보면 소가 생활하는 시설(우사), 사료(조사료, 농후사료)의 보관 및 조리하는 시설, 원유를 저장하는 시설(우유처리실), 분뇨를 저장 처리하는 시설(분뇨 저장조), 관리용 장비의 보관 및 수리시설(장비고) 등으로 구분됨. 이들 시설이 상호 연계 배치되어 하나의 시설군을 이루어 하나의 낙농시설이 됨

낙농시설의 배치설계 시 가축의 생활활동 공간은 소가 요구하는 가장 양호한 환경을 유지하고, 원유의 품질을 유지하면서 관리노동력은 최소화할 수 있도록 하는 것을 목표로 함

② 우리나라 소규모 낙농가의 95%, 대규모 낙농가의 93%는 깔짚우사로 이루어져 있고 우사바닥 깔짚으로 가장 널리 사용되고 있음

- ③ 프리스톨 우사는 사육두수 40 ~ 50마리 이상의 낙농에서 주로 이용되는 형태로 그 구조는 중앙복도식의 활동통로의 양옆으로 휴식을 취할 수 있는 우상이 배치되어 있고 활동통로의 너비에 맞춘 스크래퍼에 의해 분뇨가 우사 밑에 설치한 액상분뇨 저장조로 수거됨. 이 방식은 액상분뇨를 경작지에 환원처리 할 수 있는 충분한 경지면적과 경영 구조가 될 수 있는 목장에서 가능함. 스크래퍼는 우사 내에서부터 구비장까지 완전 자동반출 되도록 시설하는 것이 필요하며 스크래퍼를 설치하지 않는 경우 그레이더 또는 로더를 이용한 우분청소 반출도 가능하겠으나 그만큼 노동력이 소요됨. 스크래퍼나 그레이더로 수거된 분뇨는 계절별로 상태가 다르나 건물함량이 14 ~ 18%의 액상으로 물을 추가하여야 액비로 살포할 수 있으며 사조로부터 뱃짚이나 건초 등이 유입되면 액비화 처리에 지장을 주기도 하므로 주의가 필요함
- ④ 약 30개소의 축사를 조사하여 축사구조, 착유방식, 착유실, 기존 정화시설에 대해서 분석한 결과, 착유두수 및 착유방식에 따라 착유 세척수의 수질이 밀접한 관계가 있는 것으로 사료됨

<표 26. 30개소에 대한 기존 정화시설 조사>

순번	소재지	축사구조	착유두수	착유방식	정화방식
1	옥천	깔짚우사	65	팔러	다단정화조
2	보은	깔짚우사	50	팔러	생물반응조
3	익산	깔짚우사	50	로봇	다단정화조
4	익산	깔짚우사	65	팔러	다단정화조
5	논산	깔짚우사	60	로봇	생물반응조
6	아산	깔짚우사	60	로봇	다단정화조
7	성황	깔짚우사	35	팔러	생물반응조
8	아산	깔짚우사	40	팔러	생물반응조
9	천안	깔짚우사	50	팔러	다단정화조
10	천안	깔짚우사	45	팔러	생물반응조
11	안성	깔짚우사	50	로봇	다단정화조
12	횡성	깔짚우사	40	로봇	다단정화조
13	경기서부	깔짚우사	30	팔러	다단정화조
14	경기서부	깔짚우사	85	팔러	다단정화조
15	경기서부	깔짚우사	40	팔러	다단정화조
16	화성	깔짚우사	40	팔러	다단정화조
17	화성	깔짚우사	60	팔러	다단정화조
18	청주	깔짚우사	60	팔러	다단정화조
19	당진	깔짚우사	50	팔러	다단정화조
20	당진	깔짚우사	65	팔러	생물반응조
21	당진	깔짚우사	70	로봇	다단정화조
22	당진	깔짚우사	50	팔러	다단정화조
23	당진	깔짚우사	40	팔러	다단정화조
24	당진	깔짚우사	80	로봇	다단정화조
25	당진	깔짚우사	80	팔러	생물반응조
26	홍성	깔짚우사	40	팔러	생물반응조
27	홍성	깔짚우사	45	팔러	다단정화조
28	홍성	깔짚우사	60	팔러	다단정화조
29	홍성	깔짚우사	60	로봇	다단정화조
30	홍성	깔짚우사	60	로봇	다단정화조

- 대부분의 농가는 깔짚우사로 운영되고 있으며, 착유방식은 파이프라인, 텐덤식, 헤링본과 같은 일반착유와 로봇착유로 나뉘어져 있음
- 농가에 설치되어 있는 정화조의 형태는 FRP탱크의 생물반응조이거나 콘크리트구조의 다단정화방식으로 방류하고 있지만 정화조 주변환경관리가 미흡할 뿐만 아니라 토사물 유입, 동절기 대응 등 다수의 농가가 각종 외부요인에 대한 대비시설이 미흡하였고 법적방류수질기준에 부합하지 않고 방류되고 있는 상황이었음



<그림 92. 기존 착유 세척수 정화처리 설비>

⑤ 착유 세척수를 정화하기 위한 물리화학적처리와 생물학적처리를 비교하였음

<표 27. 물리화학적처리와 생물학적처리 비교>

구분	생물학적처리	물리화학적처리
외형		
공정구성	약품응집, 활성슬러지	전기분해응집, 분리막여과
처리수질	BOD 5, CODcr 24, SS 13, TN 26, TP 38	BOD 49, CODcr 91, SS 10, TN 49, TP 1
설치형태	매설형	지상 설치형

주요장치	링브로워, 정량펌프	전극모듈, 분리막, 정량펌프
유지관리사항	미생물 운영관리, 약품충진	전극모듈교체, 분리막 화학세정
특징	장점	회분식 정화처리 운영비가 싸다 안정적인 설비운영
	단점	미생물 활성에 따른 처리수질이 다르다 규모가 크다 시운전기간이 길다 슬러지 관리가 어렵다
소비전력	37.7kW	76.5kW
가동시간	24시간/일	20시간/일
크기	W5,900mm × L2,000mm × H2,400mm	W2,800mm × L1,540mm × H2,500mm
무게(가동중량)	10,000kg	2,000kg
처리용량	2.0m ³ /day	2.0m ³ /day

(나) 국외 낙농시설 실태 조사 및 착유 세척수 처리현황

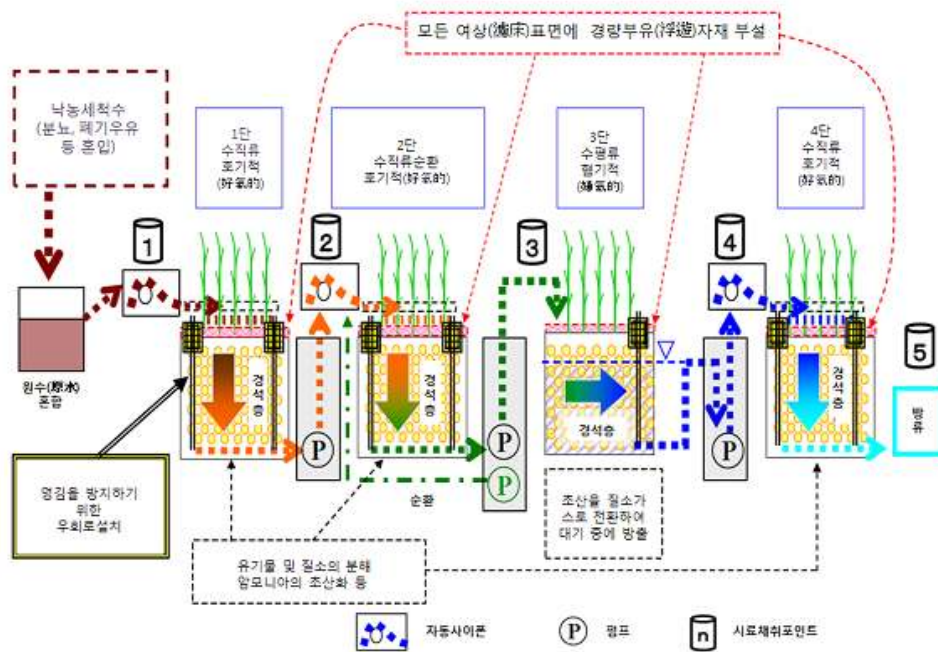
- ① 국외 낙농시설 및 착유 세척수 처리현황을 조사하기 위해 2018년 8월 대전에서 개최한 국제낙농연맹(IDF, International Dairy Federation)에 참가하였음. 독일, 덴마크, 네덜란드를 포함한 유럽국가들은 착유 세척수 내 존재하는 단백질을 추출하는 연구동향이었으며, 센서기반의 낙농산업자재 개발을 활발하게 진행하고 있었음



<그림 93. IDF에 제출된 착유 세척수 유가자원 회수 포스터>

- ② 또한 착유 세척수를 정화하는 방법으로 식물의 뿌리가 심어져 있는 지하를 통과하여 흐르게 하는 복류식 적용사례를 확인하였음. 복류식 인공습지의 여상으로는 갈대를 주로 사용하고 갈대의 주요 기능은 새잎 및 줄기에 의해 흐름이 막히는 것을 경감시키는 효과가 있으며, 동절기에는 단열효과와 함께 수질정화를 촉진하는 미생물이 번식할 수

있는 환경을 제공함



<그림 94. 복류식 인공습지시스템, 猫本健司 외(2013)>

- ③ 종래 유럽방식의 복류식 인공습지시스템을 이용하여 추운 지역에서 고농도의 오수를 처리하는 데에는 다음과 같은 문제가 있는 것으로 나타났음
 유기물에 의해 여상(濾床) 표면에 막힘(clogging) 현상이 나타나 정기적으로 오수처리를 중단할 필요가 있음. 중형여상(縱型濾床)에 오수를 간헐적으로 공급하기 때문에 일반적으로 이용되는 프랑스식 자동 사이폰(siphon)은 정기적으로 청소를 해야 함. 식생이 충분히 생육하기까지는 오수를 투입할 수 없음. 오수 중의 인(磷)의 정화는 주로 흡착에 의해 이루어지므로 여상(濾床)의 인 흡착 능력에 제한이 있음.
 유럽방식의 복류식 인공습지 시스템이 가지는 이 같은 문제점을 파악하고 본 개발 시스템에 반영시켜 향후 수출을 기대할 수 있을것으로 사료됨

(2) 사례별 연계처리 성능 검증 및 자료구축

(가) 착유시스템에 따른 수질검토

- ① 착유 세척수량은 착유실의 운영방식과 농장주의 착유성격에 따라 상이한 것으로 분석되었으며, 축사구조에 따라 우분뇨 혼입여부가 나누어지고 아래 표와 같이 각 착유 단계에서 발생하는 오염원이 다양하였음. 대체적으로 프리스틀 형태의 착유 세척수의 부하가 높았으며 이는 분뇨 유입때문인 것으로 관찰되었음. 수질에 가장 많은 영향을 미치는 오염원은 분뇨와 우유였으며, 세제와 소독제의 이화학적 특성으로 인해 착유 세척수의 pH 변동이 잦고 전기분해/응집효율을 저하시키는 경향을 보였음
- ② 따라서 착유 세척수의 효율적인 정화처리 방법으로 우분뇨를 집수조로 유입되기 이전에 별도의 배수배관을 통해 퇴비사로 연결하고, 이때 배관의 기울기를 조절하여 분뇨

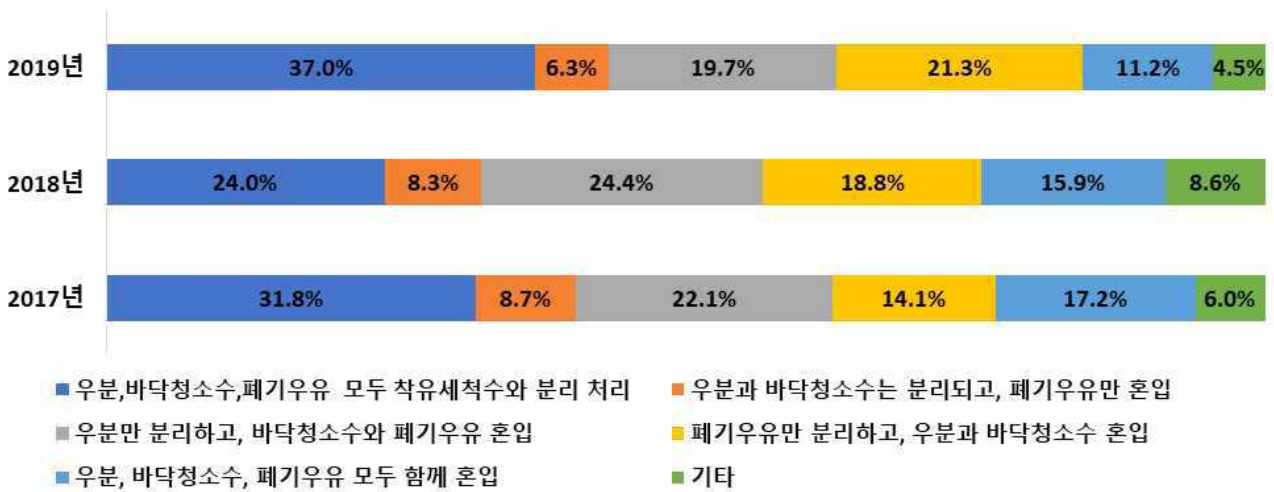
가 원활하게 배출되도록 해야함. 또한 폐우유의 혼입을 방지하기 위한 별도의 배수배관을 통해 폐우유 저장조로 연결하고 저장조의 주기적인 관리를 통해 효율적인 착유 세척수 정화처리를 이행하는게 바람직함

<표 28. 축사별 착유두수, 축사구조에 따른 착유 세척수 조성>

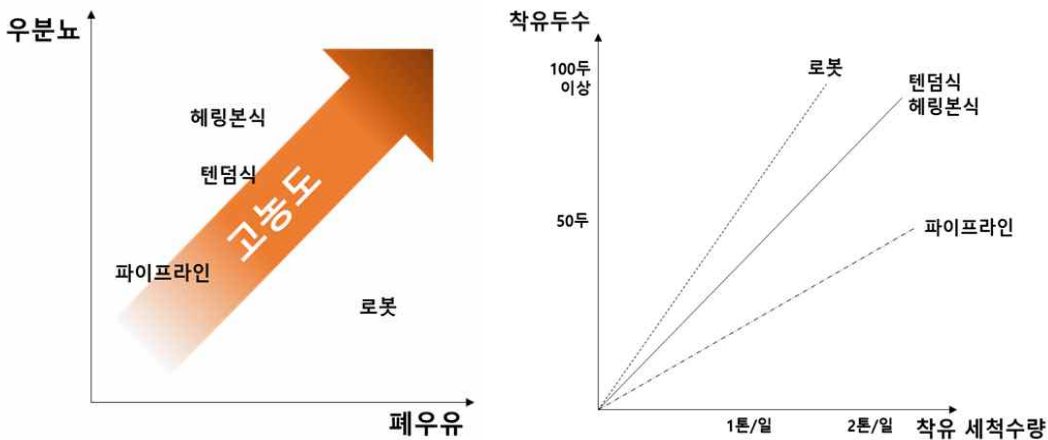
단위 : mg/L	두수	축사구조	세정수량	BOD	CODcr	SS	TN	TP
C목장	88두	갈래	1.0 m3	1,371	2,150	300	120	24
H목장	94두	프리스톨	2.0 m3	2,997	5,650	533	370	61
S목장	70두	갈래	1.5 m3	24	-	33	140	15
H목장	60두	갈래	1.0 m3	266	2,000	167	60	11
D목장	140두	갈래	2.0 m3	249	2,000	200	80	36
W목장	76두	프리스톨	1.5 m3	515	5,650	1,733	230	45
S목장	47두	프리스톨	2.0 m3	3,498	8,175	2,570	200	261
S목장	63두	갈래	1.5 m3	2,926	4,005	1,300	155	178
H목장	29두	갈래	1.0 m3	900	2,200	1,760	120	24

(나) 착유 세척수 배출형태에 따른 수질검토

- ① 현장조사자료와 한국낙농육우협회 낙농정책연구소에서 보고한 2019년 낙농경영실태조사보고서의 내용을 검토하여 우분, 착유실바닥 청소수, 폐우유의 혼입의 경우의 수를 나열하고 착유시스템에 따른 착유 세척수 부하를 분류하였음
- ② 약 35%의 농가가 우분, 착유실바닥 청소수, 폐우유를 모두 분리하여 처리하고 있었고 그 외의 65%가 혼입된 형태로 처리하고 있었음. 이는 국내 낙농산업의 급격한 선진화 속도에 비해 환경적인 정책관리가 미흡하다고 볼 수 있으며, 특단의 정책전환이 없는 한 축소균형이 불가피할 전망으로 전개될 가능성이 매우 큼. 또한 최근 미허가축사와 퇴비부숙도 문제 등 축산의 환경규제가 점차 강화되고 있음. 이 과정에서 낙농은 타 축산부문과 달리 세척수 문제까지 안고 있어 추가적인 투자가 불가피하고 후계자가 없는 고령농가 및 그린벨트지역, 상수원 보호구역 등 입지제한구역의 낙농가 중 상당수가 폐업 내지 규모축소를 강요당할 가능성이 매우 높음



<그림 95. 착유 세척수 배출형태, 낙농경영실태조사보고서(2019)>



<그림 96. 착유시스템에 따른 착유 세척수의 부하 및 수량>

③ 파이프라인식은 진공파이프와 병행하여 송유관을 설치하여 우유를 냉각 탱크로 바로 운반해 주기 때문에 우유를 바로 냉각기로 이송하고 별도의 착유실이 필요하지 않다는 장점이 있어 우분노의 혼입이 비교적 적고 축사 구조에 맞추어 다량의 파이프 길이를 확보해야 하기 때문에 용수사용량이 많음. 그에 비해 헤링본식, 텐덤식은 착유실 내에 젖소들의 배치형태로 나뉘며, 젖소들의 움직임이 가장 많은 착유 방식이기 때문에 우분노의 혼입이 매우 쉬움. 로봇착유식은 ICT기술의 상용화로 최근 보급되고 있으며, 착유실내에 위치한 로봇착유기에 젖소들이 입장하면 용수사용을 최소로 하여 필요한 만큼의 세척제와 약품 주입으로 세척수량은 적지만 비교적 유입부하가 높고 유방염에 대한 대응이 기계적으로 미흡하기 때문에 폐우유 혼입의 가능성이 높음



<그림 97. 착유실 바닥상태, 집유탱크, 착유세정수>

바. 처리시스템 성능 인증

(1) 농림식품신기술(NET) 인증

(가) 사업화 기반 마련

- 농림축산식품부에서 주관하는 농림식품신기술인증제도를 활용하여 개발한 착유 세척수 정화처리 장치의 기술성 및 신뢰성을 제고하고 초기시장 진출기반을 조성하고자 함
- 인증심사 및 평가절차는 농림식품신기술인증제 운영요령에 따라 1차 서류면접심사, 2차 현장심사, 3차 종합심사로 진행되고 다수의 심사를 통해 신청기술의 경제성, 경영성, 기술성, 성능, 적정성, 품질체계를 평가하여 신기술 인증마크를 부여하고 지원 사업의 우대를 받을 수 있음

(나) 심사 내용

① 1차 서류면접

- 신청서류 양식에 의거하여 개발기술 핵심내용, 개발방법, 성과 및 지적권 실적, 국내외 경쟁기술 비교, 시장규모 및 판매계획 등 순으로 기재하여 제출함
- 심사결과, 장기성능 및 경제성 분석이 다소 미흡하지만 지속적인 연구개발을 고려하면 가격경쟁력과 시장성 측면에서 우수한 수준의 기술이라 평가 받음. 또한 처리효율이 우수하여 2020년 강화되는 방류수 수질기준을 준수할 수 있을 것으로 평가 받음

② 2차 현장심사

- 개발기술의 적용현장 및 제조사업장을 방문하여 기술의 성능평가, 시제품의 완성도 및 설계 수준, 신기술 인증 기대효과, 품질체계, 1차 심사결과 보완사항을 확인하여 개발기술의 성능을 평가함
- 심사결과, 법적 방류수질기준에 부합하는 물리화학적처리기술로 낙농가에 필요하고 기술의 판매 계획과 전략이 우수할 뿐만 아니라 품질경영체계를 확보하였기에 인증 유효기간 3년을 부여함

③ 3차 종합평가

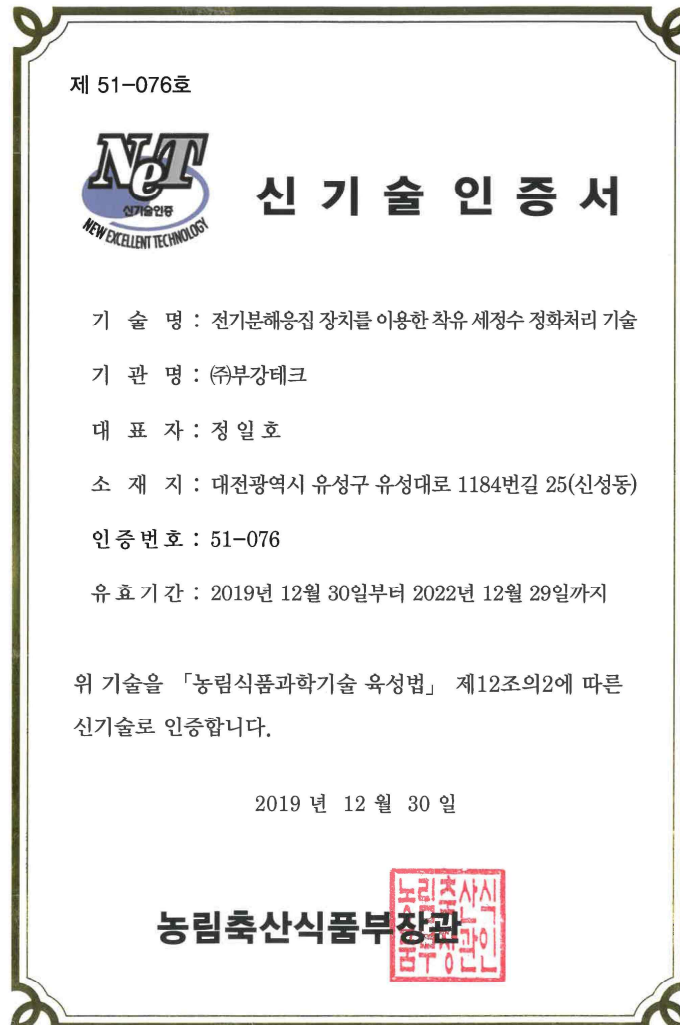
- 1차, 2차 심사의 종합평가로 심사내용에 대한 적정성, 인증기준과의 적합성을 평가함
- 심사결과, 착유 세척수와 착유실 발생폐수를 처리하는 공정으로 생물학적 처리 공정을 갖는 미생물 관리의 어려움을 해소하고 유입수질의 부하 변동을 안정적으로 처리할 수 있도록 물리화학적 처리를 중심으로 구성되어 있으며 전기분해/ 응집 기술과 분리막 기

술을 적용하여 처리효율이 우수하고 기후 및 유입부하 변동에 안정적인 처리효율 유지
가 가능한 기술로 신기술인증 예정기술로 선정되었음

(다) 심사 결과

① 종합 의견

- 본 기술은 착유 세척수와 착유실 발생폐수를 처리하는 공정으로 생물학적 처리 공정을 갖는 미생물 관리의 어려움을 해소하고 유입수질의 부하 변동을 안정적으로 처리할 수 있도록 물리화학적 처리를 중심으로 구성되어 있으며 전기분해/ 응집 기술과 분리막 기술을 적용하여 처리효율이 우수하고 기후 및 유입부하 변동에 안정적인 처리효율 유지가 가능한 기술로 신기술 인증은 적절하다고 평가 받았음
- 착유 세척수 정화처리는 축산농가가 의무적으로 갖추도록 규정되어 있으므로 개발 기술의 활용성이 높을 것이고 기존 생물학적 처리 공정의 문제점을 해결한 우수한 신기술이라 평가 받았음



<그림 98. 신기술 인증서>

- 위탁연구기관(에그리로보텍) :

가. 각종 센서를 이용한 운영상태 실시간 모니터링 및 제어 장치 개발 (H/W 부문)

(1) 실시간 공정 모니터링 시스템 개발

(가) 착유 세척수 정화처리 시설의 생물학적, 물리/화학적 처리공정의 운영상태를 진단하기 위한 계측기 6종을 선정함

- ① 정화처리 공정 내부에 설치되는 온도, 압력, 전력량, EC, pH 센서는 추후 센서의 변경 및 확장을 고려하여 RS-485 통신방식을 사용하는 제품으로 선정하였으며, RS-485 통신포트를 보유한 전용 게이트웨이를 사용함
- ② 공정 외부의 운영 현황 및 환경을 계측하기 위한 온도 및 유량 센서는 I2C 통신방식을 사용하므로, 별도의 게이트웨이를 사용함. 온도 센서는 공정 내부 및 외부를 측정할 수 있도록 별도 구성하며, 공정 내부용 온도는 EC 센서에서 제공됨

<표 29. 운영관리를 위한 계측기 선정>


구분	종류	시양	목적	비고
운영	온도	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: 0 ~ 90℃ • 출력방식: RS-485 	<ul style="list-style-type: none"> • 공정 내 처리단계별 수온 측정(공정 내부) 	
		<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: -40 ~ 123.8℃ • 출력방식: I²C 	<ul style="list-style-type: none"> • 장치류 과열 및 동파 여부 확인(공정 외부) 	
	유량계	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: 0 ~ 30 l/min • 출력방식: I²C 	<ul style="list-style-type: none"> • 유입, 반출 및 단위공정별 유량 확인 	
	압력	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: -1 ~ 1 bar • 출력방식: RS-485 	<ul style="list-style-type: none"> • 분리막 처리조 가동상태 확인 	
	전력량	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: 100A, 3P • 출력방식: Modbus-RTU 	<ul style="list-style-type: none"> • 전기분해응집 반응조 가동상태 확인 	
수질	EC	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: 0 ~ 20mS/cm • 출력방식: RS-485 	<ul style="list-style-type: none"> • 단위공정별 처리성능 	
	pH	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위: 0 ~ 14 • 출력방식: RS-485 	<ul style="list-style-type: none"> • 단위공정별 처리성능 	

(나) 선정된 계측기 중 pH, EC, 압력 센서는 센서부와 센서부의 신호를 통신하는 인디케이터(표시전달부)로 구성되어 있으며, 센서부의 아날로그 신호를 인디케이터에서 RS-485 통신방식으로 전환 출력함

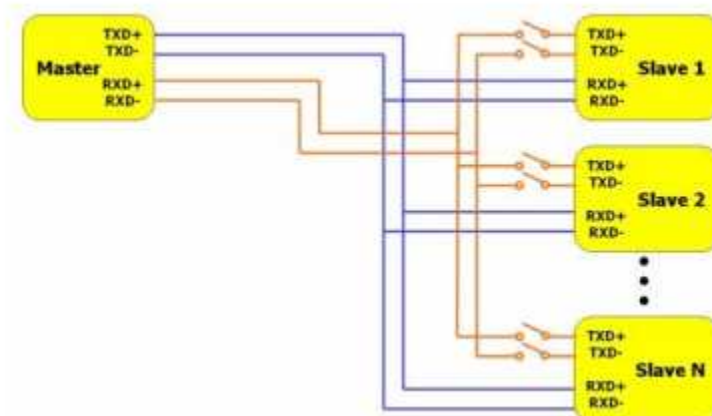
- ① RS-485통신은 시리얼 통신방식으로 한번에 1bit씩 전송이 가능하며, 이에 따라 패러렐 통신에 비하여 장거리 송수신(약 1.2km)이 가능함

② RS-485통신의 최대 drivers 수는 32개임. 즉, 제한된 디바이스 개수를 확장시키고 입출력 전압이 강화된 통신방식이므로 RS485를 이용하여 다수 장비의 네트워크 생성이 가능함. 이를 바탕으로 pH, EC, 압력계는 각 인디케이터를 하나의 게이트웨이에 연결함

<표 30. 센서부와 인디케이터로 분할 구성된 계측기>

구분	센서부	표시부	통신부
pH			
EC			
압력			

③ 단, 지원 통신방식은 half duplex로 데이터를 한번 전송하여 완료된 후에 수신. 동시에 수행이 불가능하나 4선식 방식을 적용하여 이를 개선함



<그림 99. RS-485통신 4선식(4-Wave) 구성 개요도>

	
<p>동시구동 구현</p>	<p>게이트웨이 및 pH인디케이터 결선</p>
	
<p>pH 및 EC 인디케이터 결선</p>	<p>EC 및 압력계 인디케이터 결선</p>

<그림 100. RS-485통신 4선식(4-Wave) 구성>

(다) 전력량 측정기는 3상 최대 100A 전기사양 계측이 가능한 장비로 이상 발생 시 주변 게이트웨이 및 계측기에 이상신호와 고장을 유발할 수 있으므로 별도의 게이트웨이를 활용하여 단독 연동함

- ① 전력량 측정기는 Modbus-RTU 프로토콜을 이용하므로 통합 프로토콜 게이트웨이를 활용하여 데이터를 수집함
- ② 선정 장비의 사양 상 데이터는 비트(0(off)/1(on))와 워드(16bit기반의 아날로그 데이터) 형식임. Master와 Slave구조의 통신방식을 활용하므로, 전송 프레임 내의 데이터가 없는 시간에 전송이 종료됨



<그림 101. 전력량 측정기>

(라) 계측기 연동을 위한 게이트웨이는 RS-485 전용 모듈과 RS232, 전류(4-20mA), 전압(0-10V) 등 다양한 프로토콜의 통신이 가능한 모듈을 구분하여 활용함

- ① 게이트웨이는 클라우드 서버로 인터넷 환경에 유선(LAN) 및 무선(Wifi) 방식으로 연결되어 데이터를 실시간 전송할 수 있도록 구성됨



<그림 102. 통신용 게이트웨이 구성>

- ② 착유 세척수 정화처리 시설이 축사 외부의 별도 공간에 위치하는 특성을 반영하여, 전원 및 통신 환경의 제약을 극복하기 위하여 태양광 패널과 축전지를 연동한 무전원 설비와 Wifi 모듈과 광범위 안테나로 구성된 무선통신 설비를 추가하여 장비 운영환경을 개선하였으며, 방수·방진을 위한 외함 내 게이트웨이를 비롯한 설비를 구성함

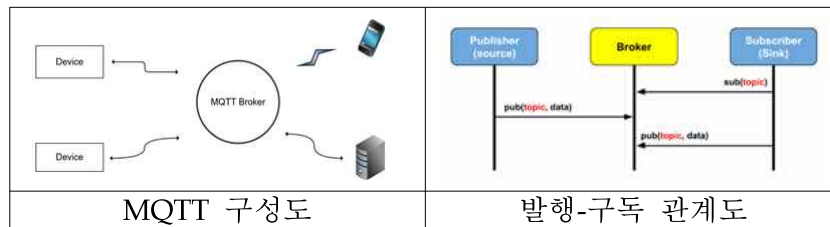


<그림 103. 태양광 전원 공급 및 무선 통신 모듈 구성>

(2) 핵심 기자제 제어 모듈 개발

(가) 착유 세척수 정화처리 시설의 제어를 위한 AWS MQTT 및 새도우 서비스 기반 제어 시스템을 개발함

- ① MQTT(Message Queue TELEMETRY TRANSPORT) 메시징 프로토콜을 기반으로, 중계자(Broker)를 중심으로 통신용 게이트웨이가 주제(Topic) 메시지에 대한 발행(Publish)과 구독(Subscribe)을 수행하도록 구성함. 현재 구축한 시스템에서는 발행인(Publisher)로서 특정 주제에 메시지(센서 데이터)를 발행하고 서버나 기타 장치에서 해당 주제를 구독할 수 있도록 설계함. 물론 게이트웨이 또한 발행과 동시에 구독이 가능하며, 기타 장치에서 발행한 메시지를 구독하여 특정 제어가 가능함. 현재 시스템은 AWS IoT 서비스를 활용하며, MQTT는 MS Azure IoT, IBM 왓슨 IoT, 구글 IoT 등에서도 사용되므로 확장성이 우수함



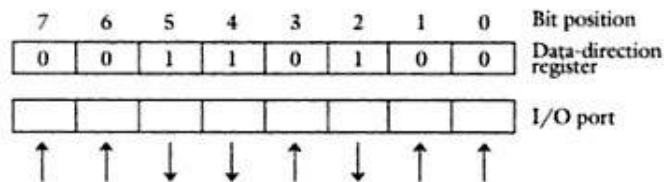
<그림 104. MQTT 주요 개념도>

- ② AWS IoT에서의 장치(Device)는 MQTT 프로토콜로 발행/구독 기능을 수행할 수 있는 장치로서 본 연구에서 개발한 게이트웨이와 같은 임베디드(Embedded) 장치, PC 등이 이에 해당하며, 모든 통신은 SSL/TLS로 암호화되어 수행됨. AWS IoT서비스는 위의 MQTT 프로토콜을 기반으로 기기의 등록, 통신 암호화를 위한 인증서 발행, 모니터링, AWS 타 서비스(AWS lambda, API gateway, S3등)의 연동, PC프로그램에서 활용 가능한 SDK를 지원함
- ③ 게이트웨이를 이용한 전원 관리는 새도우(Shadow) 서비스 기반으로 구성함. Json 메시지를 통해 자신의 상태정보의 변화를 감지한 게이트웨이가 연결된 릴레이에 신호값을 발생시켜 대상하는 장비의 전원을 On/Off 함. 새도우란 디바이스의 상태정보를 실시간으로 검색 및 저장 할 수 있는 서비스의 한 종류이며, 서비스를 사용하기 위해서는 새도우에 예약된 MQTT Topic이 필요함. 이에 주제로 update, get, delete 등을 사용자의 필요에 따라 사용하도록 함. 현재 게이트웨이는 Json 형식의 메시지로 주로 update에 대한 주제를 사용하였으며, IoT 장비는 항상 자신의 새도우 상태를 확인함

MQTT Topic 예시: \$aws/thing/jtech103999/shadow/주제	
세척수 장비 현재상태 on	세척수 장비 현재상태 off
<pre>{ "state" : { "desired" : { "name" : "jtech103999", "power" : "on" } } }</pre>	<pre>{ "state" : { "desired" : { "name" : "jtech103999", "power" : "off" } } }</pre>
	off로 변경 후 update를 실행 시 장비의 전원 공급이 차단됨

<그림 105. 새도우 설정 예시>

④ 게이트웨이의 GPIO(General Purpose Input Output)는 출력용 레지스터로 설정하여 다음 릴레이에 신호를 임의로 주어 장비 전원의 On/Off를 구현하였으며, 입출력용 레지스터는 RS485 통신을 위해서 사용하고 해당 통신을 통해 센서 데이터를 받도록 구성함. GPIO는 마이크로프로세서 MCU의 입력이나 출력을 사용자에게 의해 제어될 수 있는, 집적회로나 전기 회로 기판의 디지털 신호 핀으로, 입력과 출력을 마음대로 선택할 수 있고, 0과 1의 출력 신호를 임의로 만들어줄 수 있는 구조를 가지며, 입력으로 사용할 경우 외부 인터럽트를 처리할 수 있음. 각 포는 데이터 출력용 레지스터(PORTx)와 데이터 입출력 방향 지정용 레지스터(Data Direction Register : DDRx), 그리고 데이터 입력용 레지스터(PINx)로 구분됨



<그림 106. GPIO 설정 예시>

(3) 현장 적용을 통한 성능 검증

(가) 착유 세척수 정화처리 시설에 본 연구과제를 통하여 개발된 하드웨어 패키지를 설치 운영 함

- ① 게이트웨이, 센서 및 인디케이터로 구성된 하드웨어 패키지는 설치 위치에 따라 단위 구성하여 외함을 구성하여 설치함. 침수 상황을 방지하기 위하여 외함을 추가 패킹하였으며, 정화처리 시설의 배관 누수에 영향하지 않도록 공간을 구성함



<그림 107. 센서 및 인디케이터 설치 전경>

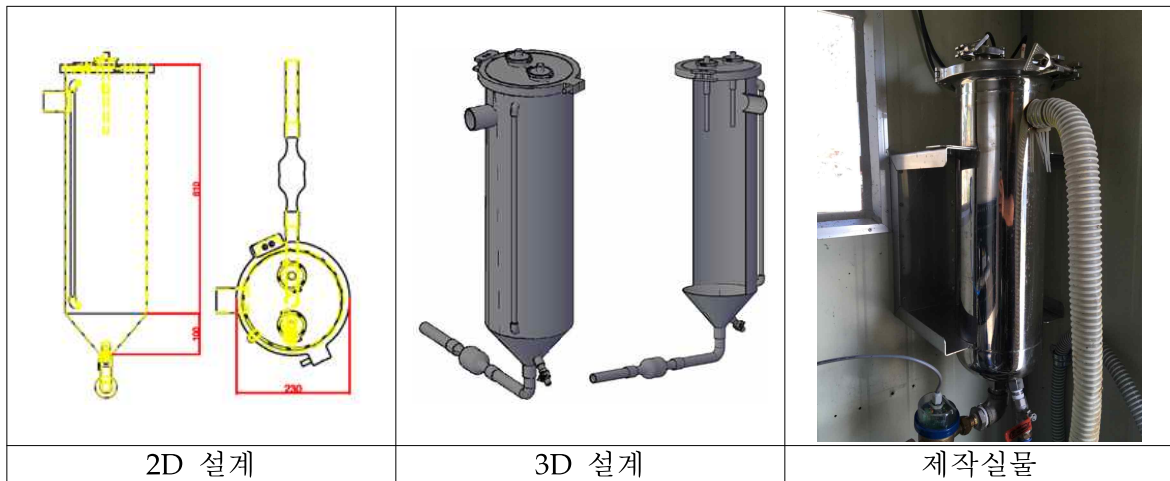
- ② 게이트웨이는 무선 환경을 고려하여 정화처리 시설 외벽에 설치함



<그림 108. 게이트웨이 설치 전경>

(나) 계측기 운영 안정화를 위한 전용 용기를 제작함

- ① 각 계측기는 내구성과 정밀성을 감안하여 산업용 사양으로 선정하여 개발하였으나, 일부 세척수 처리 과정에서 계측이 불안정함을 확인함. 원인파악을 위해 수행한 포터블 계측기와의 데이터 비교를 통하여 유속 및 수위 변화, 특히 저수위 상황에서 계측 불가와 센서 노출로 인한 데미지가 우려됨
- ② 계측기가 항상 수면 아래 위치할 수 있도록 계측기 삽입이 가능한 포트를 가진 상향류 방식의 용기(Vessel)를 구성함



<그림 109. 계측기 운영용 용기>

(4) 전파인증 관련사항

- 게이트웨이 등 성과품에 대한 전파인증은 「전파법」 제58조의3제1항제1호에 따른 적합성평가 면제대상 기자재(제품 및 방송통신서비스의 연구 및 기술개발 등에 사용하기 위한 기자재, 면제수량 1,500대)에 해당하여 인증을 제외함

나. 데이터 기반 운영관리 프로그램 개발 (S/W 부문)

(1) 온라인 운영관리 소프트웨어 설계

(가) 게이트웨이를 통해 수집된 데이터를 클라우드 서비스 기반 저장할 수 있도록 프로그램을 구성함

- ① 클라우드 서비스는 ICT 기반 기술의 운영에 따라 발생하는 컴퓨팅의 대부분을 현장의 PC나 컨트롤러가 아닌 인터넷 클라우드(웹과 서버)서버(또는 웹)에서 구현하게 함을 목적으로 함. ICT 장비 운영에 필요한 소프트웨어적 요소를 사용과 관리의 두 목적으로 설계한 웹서비스를 통해 제공하므로 기존 스탠드 얼론 방식이 가진 한계를 넘어서는 컴퓨팅이 가능함
- ② 본 과제에서 접근한 클라우드 서비스의 개념은 IaaS(Infrastructure as a Service) 모델의 접목으로서 미국 Amazon社에서 제공하는 AWS 서비스를 활용함. IaaS는 클라우드 서비스 구축의 가장 기본이 되는 구성임
- ③ ICT 기반 환경관리시스템과 AWS 서비스를 연동하기 위한 구성과 액세스 방법은 다음과 같음. 메인컨트롤러는 AWS 서비스와 PC를 거치지 않고 직접 통신할 수 있도록 메인PCB의 WiFi 모듈에 별도의 펌웨어 플래쉬(Firmware flash)를 반영함

<표 31. 클라우드 서비스(AWS) 구성 및 액세스>

구분	항목	세부사항
구성	디바이스 게이트웨이	메인컨트롤러가 안전하고 효율적으로 AWS IoT와 통신할 수 있도록 함
	메시지 브로커	메인컨트롤러와 AWS IoT 어플리케이션이 서로 메시지(농장 데이터 정보)를 게시 및 수신할 수 있는 보안 메커니즘 제공, MQTT 프로토콜을 사용하여 직접 게시 및 구독 가능
	규칙 엔진	메시지(농장 데이터 정보) 처리 및 다른 AWS 서비스와 통합서비스 제공, 보안 및 자격 증명 서비스 - AWS 클라우드에서 보안에 대한 공동 책임 제공, 농장 데이터 정보를 안전하게 메시지 브로커로 전송
	레지스트리	AWS 클라우드에서 각 디바이스에 연결된 리소스 체계화, 디바이스(메인컨트롤러) 등록하고 각 디바이스에 최대 3개의 사용자 지정 속성 연결 가능하며 문제 해결하는 능력 개선
	디바이스 새도우	디바이스의 현재 상태 정보를 저장 및 검색하는데 사용되는 JSON문서
	디바이스 새도우 서비스	AWS 클라우드에서 디바이스의 영구적 표현 제공하여 사용자는 디바이스 새도우에 업데이트된 상태 정보를 게시할 수 있고, 디바이스 연결 시 상태 동기화 가능
	디바이스 프로비저닝 서비스	디바이스에 필요한 리소스, 즉 메인컨트롤러 인증서 및 한 가지 이상의 정책을 설명하는 템플릿을 사용하여 디바이스 프로비저닝 가능
	사용자 지정 인증 서비스	Lambda 함수를 사용하여 자신의 인증 및 권한 부여 전략을 관리할 수 있도록 사용자 지정 권한 부여자 정의
	작업 서비스	AWS IoT에 연결되는 하나 이상의 LEMS IoT로 전송 후 실행되는 원격 작업 정의
액세스	AWS SDK	언어별 API를 사용하여 IoT 어플리케이션 구축
	AWS IoT 디바이스 SDK	디바이스에서 실행되며 AWS IoT와 메시지를 송수신하는 어플리케이션 구축

(나) 게이트웨이를 통해 수집된 계측기 데이터는 클라우드 서비스에 수집·저장되며, 온라인 환경에서 호출 가능하도록 프로그램을 구성함

EC센서 ID	EC센서 연결	EC센서 값	EC센서 온도	EC센서 상태
7	on-line	0.00 [mS/cm]	21.8 [°C]	0
pH센서 ID	pH센서 연결	pH센서 값	pH센서 온도	pH센서 상태
4	on-line	4.51	22.2 [°C]	0
PD2센서 ID	PD2센서 연결	PD2센서 값		
1	on-line	0.00 [bar]		

<그림 110. RS-485 게이트웨이 데이터 수신 화면 구성>

(다) 착유 세척수 발생 현황을 파악할 수 있는 착유실 장비 및 환경 데이터를 연동함. 이기종 장비 데이터의 수집을 고려하여 장비와의 직접 통신, 데이터 서버 연계, 데이터 추출(.csv 등)의 3가지 방식으로 데이터 연동 방안을 설계함

<표 32. 착유실 운영정보 구성>

구분	항목	목적	비고
착유기	• 착유두수	• 착유두수 정보 • 착유예정 개체 정보	
	• 착유량	• 우유 생산량 정보 • 착유 세척수 내 이상유, 혈류 등 혼입량 추정	
냉각기	• 세척시간	• 세척 행정에 따른 세척수 발생량 추정	
	• 집유시간	• 세척수 발생 시간 추정	
환경관리기	• 온도, 습도 등	• 착유 세척수 처리시설 운영 환경 정보	

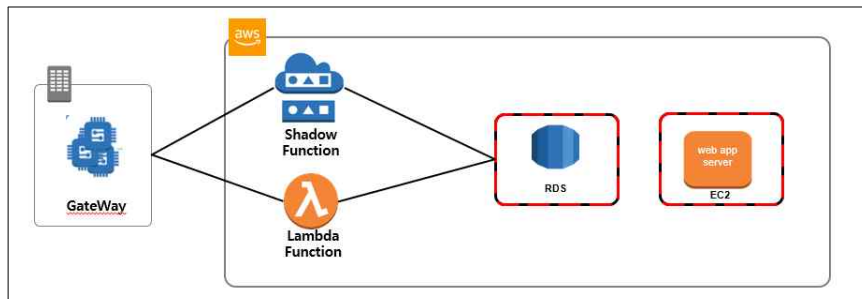


<그림 111. 착유실 운영정보 연동 화면>

(2) 데이터 기반 운영관리 웹 프로그램 개발

(가) 아키텍처 구성 및 기술

- ① 게이트웨이를 통해 수집된 데이터는 클라우드 서비스인 아마존 AWS IoT 서비스내의 람다(Lambda) 기능을 통해 데이터베이스로 저장되는 구조를 적용함. 장비의 상태값을 변경(장비 제어)하는 기능 또한 AWS IoT 서비스 내의 섀도우(Shadow) 기능을 적용함
- ② 기술적 요소로 서버는 자바(java), 클라이언트는 제이쿼리(jquery)로 구성함. 자바의 경우 내부적으로 스프링프레임워크(spring framework)로 구성했고 메뉴별로 컨트롤러로 구현했으며 서비스(dao)의 경우 공통 모듈로 구현하여 컨트롤러에서 쿼리(mybatis)를 바로 호출 할 수 있도록 개발해 편의성을 높임. 화면내의 이미지 및 데이터 처리는 제이쿼리를 활용하여 처리하되 api는 에이작스(ajax) 방식으로 호출함. Html 작성시 장애인차별법 근거한 웹 접근성 표준을 준수함



<그림 112. 클라우드 기반 아키텍처>

(나) 운영 웹 시스템 기능

① 대시보드

- 수질 : 현재 장비로 유입되는 유입수와 처리수의 전도도, pH, 온도를 상대적으로 비교하고 24시간 수치와도 비교할 수 있게 시각화를 함
 - 전도도(mS/cm) : 용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내는 척도로서, 용존성(이온성) 오염물이 많을수록 전기전도도는 높게 측정되는 원리를 활용함
 - pH : 용액의 산성이나 알칼리성의 정도를 나타는 척도로서, 안정적인 처리수는 pH6.5~8.5 수준으로 추정함
- 장비상태 : 전력량, 압력 수치를 보여줌으로 현재 세척수 장비의 가동상태를 보여줌.
 - 전력량(kWh/day) : 공정에서 사용하는 전력의 총량으로 주 동력 수요는 전기분해응집장치에서 발생
 - 압력(bar) : 폐수의 오염물이 분리막을 통해 여과하기 위해 가해지는 압력으로 안정적인 운영 상태에서는 ±1 수준의 압력이 예사외며 분리막이 오염되어있거나 과도한 오염물 발생시 압력이 상승함
- 처리량 : 유량계를 통해 측정된 유입수량과 처리수량을 보여주며 두 수량의 차이를 계산해 슬러지 발생량을 추정함
- 진단신호등 : 항목 수치들을 판단하여 정상(파랑)/주위(노랑)/위험(빨강) 단계를 표시함.



<그림 113. 대시보드 화면>

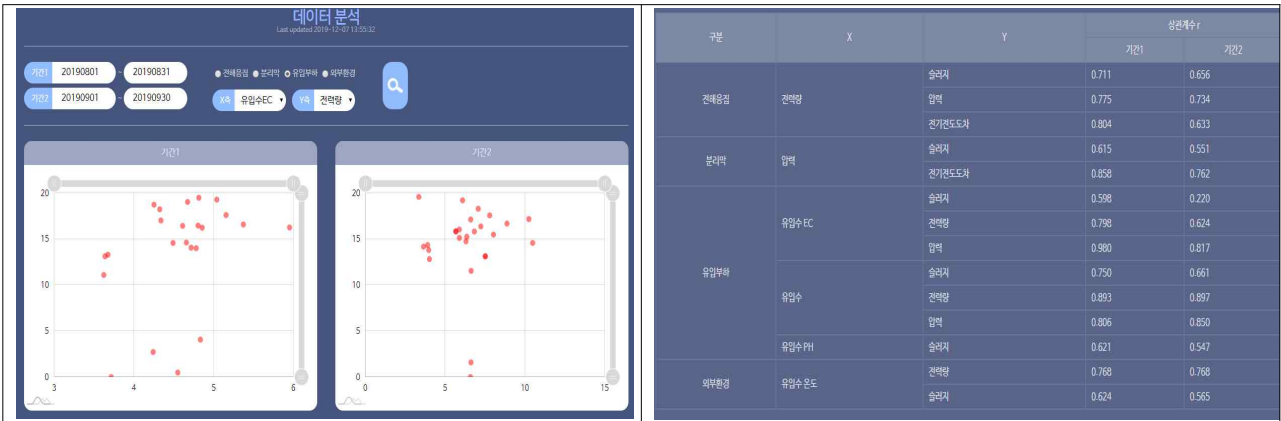
○ 대시보드에서 활용하는 모든 데이터의 정의는 다음 표와 같음.

<표 33. 데이터 정의서>

번호	구분		단위	측정 및 연산	표시기준	세부사항
	대분류	중분류				
1	수량	유입량	L	저장조 내 유량계 값	일일누적량	공정을 통해 유입되는 폐수의 양임.
2		처리량	L	처리수조 내 유량계 값	일일누적량	공정을 통해 처리되어 방류하는 처리수의 양임.
3		슬러지 발생량	L	슬러지 발생량 = 유입량 - 처리량	일일누적량	공정을 통해 농축된 오염물(슬러지)의 양임.
4	수질	전기 전도도	mS/cm	유입수:저장조내EC계값 처리수:처리수조내EC계값	실시간	용액중전해질이온의세기를나타내는척도로서,용존성(이온성)오염물이많을수록전기전도도는높게측정됨. 처리수는폐수보다낮은전기전도도를나타낼것으로추정함.
5		pH	-	유입수:저장조내pH계값 처리수:처리수조내pH계값	실시간	용액의산성이나알칼리성의정도를나타내는척도로서,수소이온농도의지수임. 안정적처리수는pH6.5~8.5수준으로추정함.
6		온도	℃	유입수:저장조내온도계값 처리수:처리수조내온도계값	실시간	공정수전반의온도임.본공정은생물학적처리공정이아니므로의미가크지않음. 계절에따른공정의과열(혹서기)또는동파(혹한기)의위험성확인을위한지표로활용될예정임.
7	장비 상태	전력량	kWh	배전함 내 전력량계 값	일일누적량	공정에서사용한전력의총량임. 주로동력수요는전기분해용집장치이며,기타펌프류임.
8		압력	bar	분리막조 내 압력계 값	실시간	폐수의오염물을분리막을통해여과하기위해가하는압력임. 안정적인운영상태에서는±1수준의압력이예상됨. 폐수내오염물이과다하거나,분리막이오염되어있을경우압력이상승함.

② 중요 관리지표별 상관관계수 데이터 분석 및 시각화

- 장비의 정상적인 운영상태, 이상유무를 진단할 수 있는 네 가지 중요 관리지표(전해응집, 분리막상태, 유입부하, 외부환경)를 설정해 장비 가동기간에 따라 해당 지표가 어떠한 변화가 생기는지 분석할 수 있는 기능을 구현함
- 유입부하의 경우 유입수의 전도도가 높을수록 전기분해 하는데 사용되는 전력량이 높아지는 경향이 있으므로 두 지표간의 상관관계는 1에 가까운 것이 일반적이며, 두 기간을 비교했을 때 수치의 차이가 클 경우 문제가 있을 가능성이 높다는 것으로 유추할 수 있음



<그림 114. 데이터분석 화면>

<표 34. 상관관계 분석 설계>

구분	x		y		목적
	대상	단위	대상	단위	
전해응집	전력량	일일누적	슬러지	일일누적	응집능
	전력량	일일누적	압력	일일평균	응집능
분리막	전력량	일일누적	전기전도도차(유입수-처리수 절대값)	일일평균	응집능
	압력	일일평균	슬러지	일일누적	분리능
유입부하	압력	일일평균	전기전도도차(유입수-처리수 절대값)	일일평균	분리능
	유입수 EC	일일평균	슬러지	일일누적	유입부하 변동에 따른 정화능
유입부하	유입수량	일일누적	슬러지	일일누적	유입부하 변동에 따른 정화능
	유입수 EC	일일평균	전력량	일일누적	유입부하 변동에 따른 응집능
	유입수량	일일누적	전력량	일일누적	유입부하 변동에 따른 응집능
	유입수 EC	일일평균	압력	일일평균	유입부하 변동에 따른 분리능
	유입수량	일일누적	압력	일일평균	유입부하 변동에 따른 분리능
	유입수 pH	일일평균	슬러지	일일누적	원수 pH 변동에 따른 응집능
외부환경	유입수 온도	일일평균	전력량	일일누적	원수 온도 변화에 따른 전력소모(계절영향)
	유입수 온도	일일평균	슬러지	일일누적	원수 온도 변화에 따른 정화능(계절영향)

③ 기타 이기종 장비 연동 모니터링

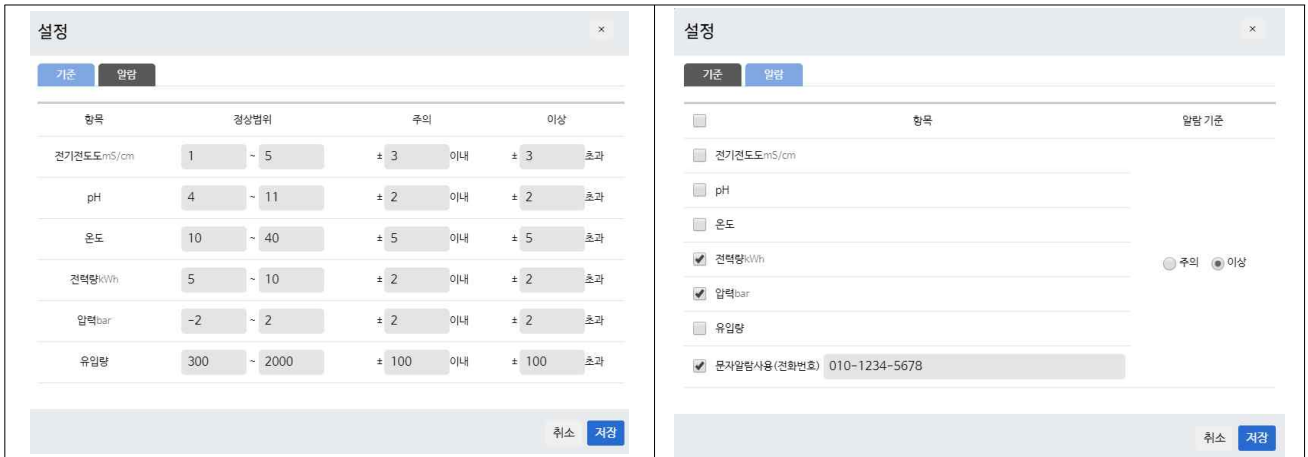
- 착유정보(착유기, 냉각기) : 로봇착유기 데이터를 일일단위로 자동 연동되도록 개발함. 착유두수와 착유량을 조회 할 수 있으며 냉각기가 아닌 분리유, 폐수로 처리된 유량도 별도로 구분하여 세척수로 유입되는 폐수 중 우유 양을 추정 할 수 있는 수치를 표시함
- 환경정보(외기환경측정기) : 외기 온, 습도 측정 장비와 자동 연동되도록 개발함



<그림 115. 장비연동 모니터링 화면>

④ 알람 설정

- 지표별 기준값 설정 : 전기전도도, pH, 온도, 전력량, 압력, 유입량 수치의 정상범위와 주위, 이상 범위를 사용자가 조정할 수 있도록 기능을 구현함
- 문자알람 설정 : 문자로 지표별 주의 또는 이상치 발생 시 알람 여부를 설정할 수 있는 기능을 구현함



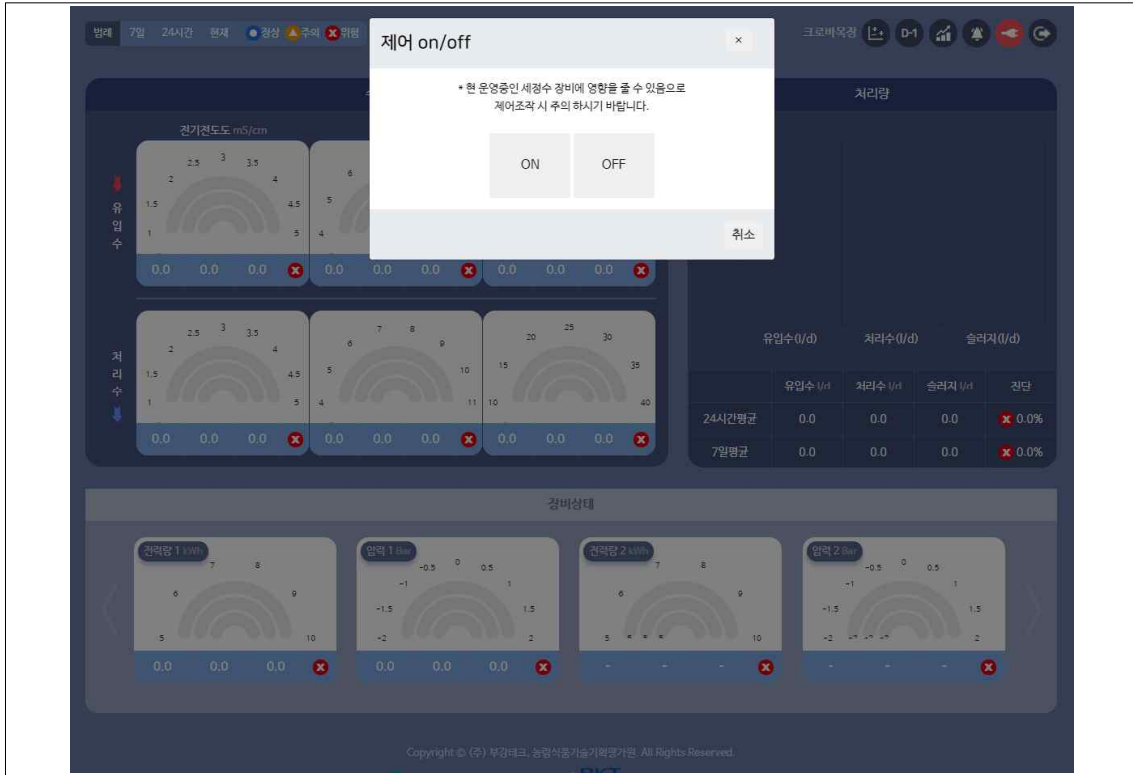
<그림 116. 알람 설정 화면>

<표 35. 데이터 항목별 계측범위 및 안전범위>

항목	신호특성	단위	계측범위	진단		
				양호	주의	이상
pH	실시간	-	1 - 14	4 - 11	±2 이내	±2 초과
EC	실시간	mS/cm	0.0 - 10.0	1.0 - 5.0	±2 이내	±2 초과
압력	실시간	bar	-5 - +5	-2 - +2	±2 이내	±2 초과
온도	실시간	℃	0 - 100	10 - 40	±5 이내	±5 초과
전력량	일일누적량	kW	0 - 300	120 - 240	±50 이내	±50 초과
유량	일일누적량	L	0 - 3000	300 - 2000	±100 이내	±100 초과

⑤ 장비 작동/중지 제어 기능

- 웹페이지를 통해 장비의 전원을 on / off 할수 있는 기능을 구현함
- 제어는 안전을 고려하여 팝업 메시지를 통해 최종 승인을 결정하도록 구성함



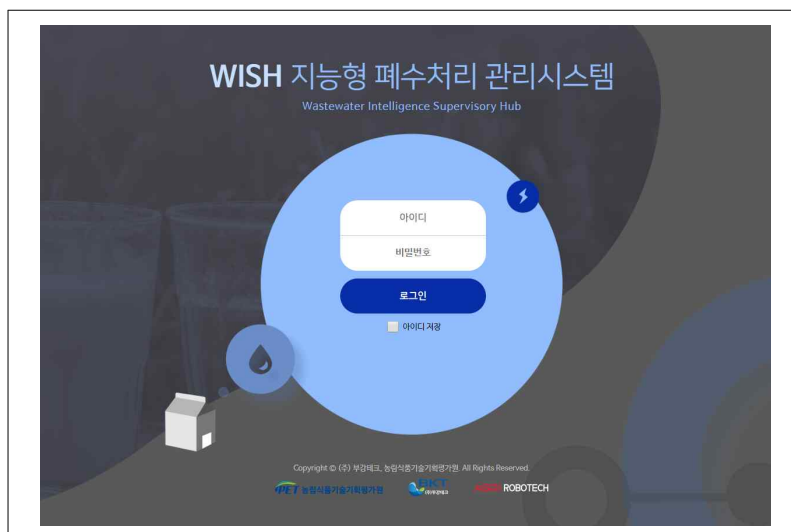
<그림 117. 알람 설정 화면>

(3) 소프트웨어 프로그램 등록

- 웹 프로그램은 「저작권법」 제53조에 따른 프로그램 등록절차에 따라 ‘WISH(Wastewater Intelligence Supervisory Hub, 지능형 폐수처리 관리시스템)’를 저작물 명칭으로 하여 등록을 완료함(프로그램 등록번호: C-2019-033455)

프로그램등록부			
프로그램 등록번호	C-2019-033455		
프로그램의 명칭	WISH(Wastewater Intelligence Supervisory Hub, 지능형 폐수처리 관리시스템)		
창작연월일	2019.11.01	공표연월일	2019.11.01
등록연월일	2019.11.14		
프로그램 저작자	성명 또는 상호	부강테크	주인등록번호 또는 법인 등록번호
	주소 및 국적	대전광역시 유성구 유성대로1184번길 대한민국	
	지 분	1분의 1	
프로그램복제물에 관한 사항	소스파일 File (on-line) 1		
프로그램저작권란			
순위	사 항		
1	등록 부문 프로그램 등록 처리일자 : 2019.11.14 ① 신청인 부강테크 (110111-0639348) 대전광역시 유성구 유성대로1184번길 부강테크 ② 저작(권)자 부강테크(1/1) 110111-0639348 대전광역시 유성구 유성대로1184번길 25 부강테크 ③ 등록원인 저작자 : 부강테크, 창작 : 2019.11.01, 공표 : 2019.11.01 ④ 접수번호 2019-034653 ⑤ 접수일자 2019.11.12 ⑥ 등록일자 2019.11.14		

<그림 118. 프로그램 등록부>




<그림 119. 프로그램 로그인 화면>

2-4. 연구결과

가. 기술적 성과

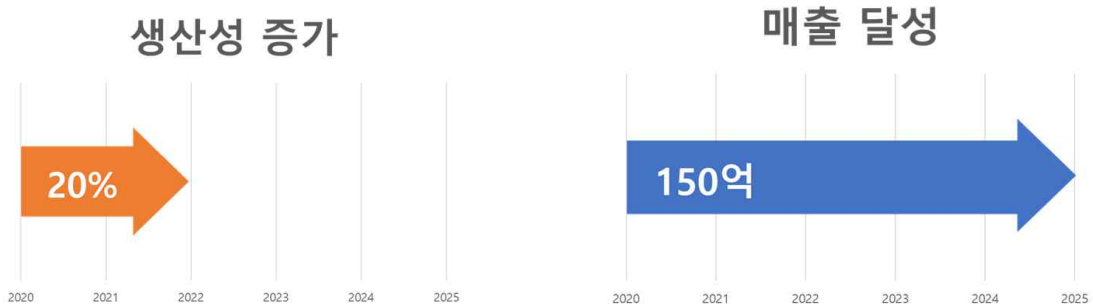
- (1) 방류수질기준에 적합한 착유 세척수 정화처리 시스템 개발 : 1톤/일(착유두수 50두), 2톤/일(착유두수 100두)의 발생량을 갖는 착유 세척수를 방류수질기준(BOD 120 mg/L 이하, SS 120mg/L 이하, TN 250mg/L 이하, TP 100mg/L 이하)에 적합하게 처리하기 위한 물리화학적 처리 시스템 개발과 이를 통한 농가 편의성 향상으로 지속가능한 축산 경쟁력 확보 지원(착유 세척수 정화처리 시스템 개발 및 관련 특허 1건)
- (2) ICT를 적용한 유지관리가 용이한 정화처리 시스템 개발 : 처리공정과 연동한 운영인자 5종(압력, 전기전도도, 온도, pH, 유량)의 계측제어가 가능한 기술개발을 통한 축사 운영 장애요인 해결(온라인 운영관리 소프트웨어 개발 및 관련 등록증 1건)
- (3) 농림축산식품 신기술 인증 취득 : 개발기술의 기술력과 성능검증을 통한 기술신뢰도 확보 및 초기시장 진출기반 조성(농림축산식품 신기술 인증 1건)
- (4) 시범사업을 통한 사업화 기반 마련 : 축산전문기업과 함께 협력시범사업을 추진하여 농가 2개소를 대상으로 보급 및 운영노하우 확보
- (5) 국내 경쟁사 기술 및 제품과의 규격, 성능 사양 비교를 통한 기술차별성 확보 및 100% 국산화 생산체계 구축

구분		생물학적처리	물리화학적처리
외형			
공정구성		약품응집, 활성슬러지	전기분해응집, 분리막여과
처리수질		BOD 5, CODcr 24, SS 13, TN 26, TP 38	BOD 49, CODcr 91, SS 10, TN 49, TP 1
설치형태		매설형	지상 설치형
주요장치		링브로워, 정량펌프	전극모듈, 분리막, 정량펌프
유지관리사항		미생물 운영관리, 약품충진	전극모듈교체, 분리막 화학세정
특징	장점	회분식 정화처리 운영비가 싸다 안정적인 설비운영	연속식 정화처리 규모가 작다 처리수질이 일정하다 시운전 기간이 짧다
	단점	미생물 활성에 따른 처리수질이 다르다 규모가 크다 시운전기간이 길다 슬러지 관리가 어렵다	운영비가 비싸다 슬러지 관리가 쉽다
연간 운영비	전력비	37.7kW * 39.2원/kW * 365d/yr = 540,000원	전력비 76.5kW * 39.2원/kW * 305d/yr = 915,000원
	약품비	2kg * 400원/kg * 365d/yr = 292,000원	전극 교체비 4EA * 250,000원/EA 1회/yr = 1,000,000원
	슬러지 처리비	200,000원/회 * 6회/yr = 1,200,000원	막 화학 세정비 250,000원/회 * 2회/yr = 500,000원
	소계	2,032,000원/년	소계 2,415,000원/년
가동시간		24시간/일	20시간/일

크기	W5,900mm × L2,000mm × H2,400mm	W2,800mm × L1,540mm × H2,500mm
무게(가동 중량)	10,000kg	2,000kg
처리용량	2.0m3/day	2.0m3/day
톤당 처리비	2,800원/톤	3,300원/톤

나. 경제·산업적 성과

- (1) 착유 세척수 처리 관련 정책에 대한 기술적 기반 마련으로 농민 민원 해소 기대
- (2) ICT 기반시스템을 이용한 농가 자체운영관리 부담 완화와 스마트 농업기반 구축
- (3) 다양한 축사구조에 대한 적정 착유 세척수 정화처리기술 등을 축적하여 단기간(3년)에 우수제품 개발이 가능하며, 독보적인 착유 세척수 정화처리 기술력을 선점함으로써 국내 시장에 대한 기술적 우위 확보
- (4) 콤팩트 하고 처리효율이 우수한 제품개발을 통해 제품 생산량의 20%를 해외로 수출하는 이동형 소규모 정화처리 시스템으로 성장
- (5) ‘미허가 축사 적법화’ 규제로 인한 착유 세척수 처리 시장이 최근 5년간 3,000억에 달하며, 저가의 처리제품의 잦은 고장, 수질초과 등으로 인해 재순환되고 있어 향후 5년 내 매출액 150억 달성 기대



다. 사업화 성과

(1) 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.8 억원	
			향후 3년간 매출	80 억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0 % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : 5 % 국외 : %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			해당없음
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			해당없음

(2) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(백만원)				
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			0.8	80	150
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0	5	10
국외		해당없음	해당없음	해당없음	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		중소규모 농림축산관련 폐수처리 적용 - 농산물 가공폐수 처리 - 양액 재배 폐수처리 및 재이용			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	해당없음	해당없음	해당없음	
	수 출	해당없음	해당없음	해당없음	

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

가. 연구개발 목표

(1) 최종목표

(가) 젓소농가에서 발생하는 착유세척수를 방류기준에 맞게 효율적으로 정화처리 할 수 있는 보급형 정화처리장치 개발

- 처리유량 : 1톤/일(50두 기준), 2톤/일(100두 기준)
- 처리수질 : BOD 120이하, SS 120이하, TN 250이하, TP 100이하

(나) ICT를 접목하여 유지관리가 용이한 정화장치 개발

- 처리공정과 연동한 5종 이상의 계측 제어를 갖는 시스템
- 유지관리와 관련한 3종 이상의 제어 알고리즘을 갖는 시스템

(2) 세부목표

(가) 사육규모별 정화장치 개발

- 1톤/일 처리시스템을 기반으로, 단위공정 확장 검토 (2톤/일 처리시스템 개발)
- 규모 확장(Scale-up) 설계 및 제작
- 단위공정 별 탄력적인 운전시간에 대응 가능한 구조 검토
- 용량 증가에 따른 제한요소 도출 및 해결방안 구축
- 단위공정의 안정적인 연계성 (처리 효율, 처리 시간 등)

(나) 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발

- 강화된 적용기준을 목표로 BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하를 만족하는 공정 완성
- 강화된 방류기준에 대응하기 위한생물학적 단위공정, 물리화학적 고도처리공정에 대한 추가 검토

(다) 농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발

- 2톤/일 규모의 패키지형 장치에 대한 농가 적용 및 운영을 통한 개선방안 도출
- 운전매뉴얼 개발 : 비상시 대응방안, 분리막 역세비교, 전해처리장치
- 설치매뉴얼 개발 : 개발시스템 규격, 안전수칙, 설치조건 등

(라) 오염원의 사전차단 검토

- 장치가동에 따른 유입오염물의 지속적인 모니터링과 근본적인 차단방안 검토
- 유입오염물의 발생원 파악과 차단방안 검토

(마) 착유시설별 기존 정화처리장치 연계 및 운전기술 개발

- 기존 처리장치(저장조/액비화)의 연계 처리성능 개별 검증
- 기존 처리장치의 사례별 구분과 연계처리방안 계열화

3-2. 목표 달성여부

가. 정량적 목표

평가 항목	단위	가중치 (%)	연구개발 전	개발 목표치				평가 방법
			국내수준	1차	당해	성과	달성도	
			성능수준	년도	년도	수준		
사육규모별 정화장치 개발	m ³ /day	25	-	일 1톤 처리	일 2톤 처리	일 2톤 처리	100%	자체평가
방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	mg/L	25	-	BOD 120, SS 120, TN 250, TP 100 이하		-	100%	공인 시험성적서
농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발	-	5	-	실태 조사 보고서	운전, 설치 매뉴얼	운전, 설치 매뉴얼	100%	자체평가
오염원의 사전차단 검토	-	5	-					자체평가
착유시설별 기존 정화처리 장치 연계 및 운전기술 개발	-	10	-	수질 분석 보고서	DB구축	-	100%	자체평가
처리시스템 성능 인증	-	10	-	신기술 인증	-	신기술 인증	100%	신기술 인증 취득
실시간 공정 모니터링 시스템 개발	-	10	-	5종 이상 계측기 연동	3종 이상 기자재 제어	-	100%	자체평가
온라인 운영관리 소프트웨어 개발	-	10	-	3종 데이터 연동	3종 이상 알고리즘 개발	-	100%	소프트웨어 저작권 등록

나. 연구성과

일련 번호	개발 내용	성과물	달성도 (%)
1	사육규모별 정화장치 개발	정화장치 1대, 장치 설계 도서 1부	100%
2	방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	공인시험성적서 1부, 특허증 1부	100%
3	농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발	운전 매뉴얼 1부	100%
4	오염원의 사전차단 검토	최종보고서	100%
5	착유시설별 기존 정화처리 장치 연계 및 운전기술 개발	최종보고서	100%
6	처리시스템 성능 인증	신기술 인증서 1부	100%
7	실시간 공정 모니터링 시스템 개발	최종보고서	100%
8	온라인 운영관리 소프트웨어 개발	저작권 등록증 1부	100%

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 해당사항 없음

4. 연구결과의 활용 계획 등

4-1. 현장 적용 방안

- 가. '미허가 축사 적법화' 정책 규제에 따른 농가 대응상황 반영
- 나. 농가별 폐수발생 상황에 능동적으로 대처가 가능한 장치 적용

4-2. 실용화·제품화 방안

- 가. 사용자 의견을 적극 반영한 장치 개발
- 나. 정부지원 연구개발 사업에 의한 지속적인 장치 개선 및 보완
- 다. 신기술 인증을 통한 성능 신뢰 확보
- 라. 지적재산권 확보를 통한 사업화 기반 마련
- 마. 사료업체 협력을 통한 정화시설의 보급/운용 사업전략 수립

(1) 시범사업을 통한 사업성 검토

- 성공적인 제품 보급에 대한 사업화 기반을 마련하기 위해 축산전문기업 'S'사와 함께 협력시범사업을 추진하여 전남 순천시, 청주시 2개소를 대상으로 개발시스템의 선제 보급과 운영을 경험하였음
- 전남 순천시 소재의 S목장은 착유두수 70두, 깔집우사형태, 로봇착유방식, 착유 세척수의 혼입배제구조, 집수조 15톤의 환경이었으며, 착유 세척수 발생량 일 1.5톤, 체류시간 10일 등 착유 세척수의 적정처리 환경기준을 수립하였고 약 15개월의 연구개발기간과 8개월의 검증기간을 통해 착유 세척수의 적정처리를 기술적으로 완성시켰음
- 청주시 소재의 S목장은 착유두수 40두, 프리스톨우사형태, 로봇착유방식, 착유 세척수의 혼입배제구조, 집수조 5톤의 환경이었으며, 착유 세척수 발생량 일 1.3톤, 체류시간 3일로 다소 불안한 처리환경에서 운영하였음. 따라서 개발 설비의 보수 및 비상대응기간을 고려하여 안정적인 운영을 위해 15톤 이상의 집수조 용량의 증가 등 개선요소를 도출하였음
- 또한 시범사업 외에 공주시 소재의 C목장의 테스트 베드 사례 경우, 착유두수 100두, 깔집우사형태, 로봇착유방식, 착유 세척수의 혼입구조, 1차 집수조 20톤, 2차 집수조 3톤의 환경이었으며, 착유 세척수 발생량 일 1.5톤, 체류시간 15일로 안정적인 처리환경에서 운영하였음. 그럼에도 불구하고 착유 세척수와 우분뇨의 혼입구조로 인한 고농도의 유입부하가 설비의 불안정한 운영을 초래할 수 있을 것으로 사료되며, 안정적인 운영을 위해 전처리 스크린 추가, 착유 세척수의 혼입배제구조변경 등 개선요소를 도출하였음
- 매년 연초 지자체별 지정농가를 대상으로 농림축산식품부의 깨끗한 축산환경 조성정책 사업의 일환인 개별축사에 대한 착유 세척수 정화처리 설비 보조금을 지원하고 있어 농가의 비용부담을 완화시키고 있으며, 지역에 따른 법적방류수질기준에 준수하여 올바르게 처리하고 있는지 관리가 시행되고 있음
- 2016년 환경부에서 환경오염 방지를 위해 정화처리 시설에 대한 방류수질기준을 일

차적으로 강화했고 2019년 부영양화의 주요 인자인 총 질소(TN)를 강화시켰으며 현재 공공정화처리시설의 수질측정인자를 TOC로 전환하는 등 향후 수질에 대한 정책 규제가 강화될 것으로 사료됨

<표 35. 정화시설 방류수 수질기준 변화>

구분	특정지역			기타지역			
	현행 (2015.12.31까지)	2016.1.1~ 2018.12.31	2019. 1. 1 부터	현행 (2015.12.31까지)	2016.1.1~ 2018.12.31	2019. 1. 1 부터	
허가대상	BOD	50	40	좌동	150	120	좌동
	SS	50	40	좌동	150	120	좌동
	T-N	260	120	좌동	850	500	250
	T-P	50	40	좌동	200	100	좌동
신고대상	BOD	150	120	좌동	350	150	좌동
	SS	150	120	좌동	350	150	좌동
	T-N	850	500	250	-	600	400
	T-P	200	100	좌동	-	100	좌동

- 시범사업을 통해 아래와 같이 추진일정을 수립하였고 활발한 마케팅 활동과 협력사업으로 사업을 추진할 계획임

<표 36. 사업화 일정>

판매시점까지의 일정계획									
순번	내용	월별 추진 일정							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	협력사업 추진	■	■	■	■	■	■	■	■
2	마케팅 자료 및 양산기반 구축	■	■						
3	국제 축산박람회 참가				■				

4-3. 확대 적용 방안

- 가. 농산물 가공 폐수처리, 양액재배 폐수처리 등의 농업분야 환경개선에 활용
- 나. 이동형 패키지 정화처리 시스템 분야 활용
- 다. 일본 착유세정수 시장 진입

붙임. 참고문헌

1. 착유 세척수 정화처리 기술 지침서, 11-1390906-000304-01, 국립축산과학원
2. 표준영농교본 축산환경과 시설, 국립축산과학원
3. 착유세척수의 발생상황 및 적정관리방안, 2014, 한국낙농육우협회 낙농정책연구소, 조석진
4. 착유시스템 유형별 세척수의 발생량과 특성, 「축산시설환경」, 제14권 제3호, p. 149-158, 2008, 최동윤 외
5. 전기화학(2판), 자유아카데미, 2014, 오승모
6. *Electrochemistry and Electrochemical Engineering*, ISBN 978-1-68095-723-5, 2017, Levitac Acstil Mapatac
7. . 搾乳関連排水の低コスト管理に向けた原水汚濁度合の低減技術. 「強化される畜舎汚水排水基準への技術対応と畜舎汚水処理関連新技術の研究動向」, 農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO), 2013, 猫本健司 외, p. 73-77.

붙임. 부록

1. 착유 세척수 정화처리 시스템 설계도서
2. 특허증
3. 착유 세척수 정화처리 시스템 운전매뉴얼
4. 착유 세척수 정화처리 시스템 설치매뉴얼
5. 성능검증 공인시험성적서
6. 신기술 인증서
7. 온라인 운영관리 소프트웨어 저작권 등록증

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 농가용 착유 세척수 정화처리 장치 개발										
	(영문) Development of the Milk Parlor Wastewater Treatment System										
주 관 연구 기관	(주)부강테크				주 관 연 구	(소속) (주)부강테크					
참 여 기 업	(주)에그리로보텍				책 임 자	(성명) 김장규					
총 연구개발비 (단위: 천원)	계	435,000			총 연 구 기 간	2018.04.26~2019.12.31(1년8월)					
	정부출연 연구개발비	326,200			총 참 여 수	총 인 원	11명				
	기업부담금	108,800				내부인원	11명				
	연구기관부담금	-				외부인원	-				
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <p>가. 연구개발 목표</p> <p>(1) 젖소농가에서 발생하는 착유세척수를 방류기준에 맞게 효율적으로 정화처리 할 수 있는 보급형 정화처리 장치 개발</p> <p style="margin-left: 20px;">-처리유량: 1톤/일(50두 기준), 2톤/일(100두 기준)</p> <p style="margin-left: 20px;">-처리수질: BOD 120이하, SS, 100이하, T-N 250이하, T-P 100이하</p> <p>(2) ICT를 접목하여 유지관리가 용이한 정화장치 개발</p> <p style="margin-left: 20px;">- 처리공정과 연동한 5종 이상의 계측 제어를 갖는 시스템</p> <p style="margin-left: 20px;">- 유지관리와 관련한 3종 이상의 제어 알고리즘을 갖는 시스템</p> <p>나. 연구개발 성과</p>											
구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
예상성과 (N/Y)	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N

○ 연구내용 및 결과

가. 연구내용

- (1) 젓소 사육규모별(50두, 100두 등 2개 규모 이상), 세척기 사용 소독제별 정화장치 개발
- (2) 정화방류수질기준에 적합한 정화기술 및 정화장치 개발
- (3) 착유세척수 정화처리 농가실증 적용 및 매뉴얼 개발
- (4) 착유실의 젓소분뇨 및 우유폐기물의 착유세척수 혼합 사전차단 기술 개발
- (5) ICT 기반 운영시스템 적용
- (6) 착유세척수 정화처리 공정의 운영 관리방법 및 진단기술 개발

○ 연구성과 활용실적 및 계획

(1) 현장 적용 방안

- 축사개선사업에 따른 농가 대응상황 반영
- 농가별 폐수발생 상황에 능동적으로 대처가 가능한 장치 적용

(2) 실용화·제품화 방안

- 사용자 현장 실험을 기반으로 한 장치 개발
- 정부지원 연구개발 사업에 의한 지속적인 장치 개선 및 보완
- 신기술 인증을 통한 성능 검증
- 지적재산권 확보
- 업체간(부강테크-에그리로보텍) 협업에 의한 정화시설의 보급/운용 방식으로 사업화

(3) 확대 적용 방안

- 농산물 가공 폐수처리, 양액재배 폐수처리 등의 농업분야 환경개선에 활용
- 이동형 패키지 정화처리 시스템 분야 활용

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		농축2018-58호	
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	축산업 시설·환경 기계·시스템		과제구분	단위	
사업명	농림축산식품 연구개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	농가용 착유 세척수 정화처리 장치 개발		과제유형	개발	
연구기관	(주)부강테크		연구책임자	김장규	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.04.26.~ 2018.12.31	135,000	45,000	180,000
	2차연도	2019.01.01.~ 2019.12.31	191,200	63,800	255,000
	계		326,200	108,800	435,500
참여기업	(주)에그리로보텍				
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020년 2월 26일

3. 평가자(연구책임자) : 김장규

소속	직위	성명
(주)부강테크	팀장	김장규

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

우수

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

우수

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

아주우수

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

우수

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
사육규모별 정화장치 개발	25	100	착유두수 50두, 100두에 발생하는 착유 세척수의 환경에 맞추어 정화처리 시스템을 개발하였음
방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	25	100	법적방류수질기준에 부합한 정화처리 시스템을 개발하여 특허등록을 완료하였고 향후 수질규제강화에 대한 기술적 대안을 제시하였음
농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발	5	100	낙농환경을 고려한 시스템 운영에 대한 매뉴얼을 제시하였음
오염원의 사전차단 검토	5	100	착유 시스템 구조 및 방식을 검토하였고 그에 따른 오염원의 성상을 분석하여 사전에 차단할 수 있는 전처리의 설치를 대안으로 제시하였음
착유시설별 기존 정화처리 장치 연계 및 운전기술 개발	10	100	국내외 착유 세척수 시설현황과 기술비교를 통해 농가에 적합한 처리가이드를 구축하였음
처리시스템 성능인증	10	100	본 개발 시스템에 대한 신기술 인증 취득을 통해 성능인증을 확보하였음
실시간 공정 모니터링 시스템 개발	10	100	시스템의 운영인자를 선정하여 그 상태를 진단할 수 있는 계측기와 제어 모듈을 포함하는 게이트웨이를 개발하였음
온라인 운영관리 소프트웨어 개발	10	100	게이트웨이를 통해 수집된 데이터를 기반으로 웹으로 운영할 수 있는 클라우드 운영 시스템을 개발하였음
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

연초 환경규제에 의해 낙농업에 필연적으로 발생하는 착유 세척수와 이를 처리하기 위한 기술의 요구사항, 시장규모 등 착유 세척수 정화처리 시장의 전반적인 조사를 통해 연구계획이 상세히 수립되었으며, 농가에 보급할만한 수준의 착유 세척수 정화처리 장치가 연구결과로 도출되었고 농림축산식품부에서 주관하는 농림식품신기술인증을 통해 장치의 기술적 신뢰도를 검증함으로써 향후 추진하는 사업화에 대한 기반을 마련하였음

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

국립축산과학원에서 발간한 ‘착유 세정수 정화처리 기술 지침서’의 내용을 기반으로 다수의 농가를 조사하고 환경규제정책에 준수하여 그에 따른 착유 세척수 정화처리 기술의 개발 및 보완, 검증, 재현, 기술신뢰도 확보 등의 일련의 기술개발과정을 수행하였음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

1) 현장 적용 방안

- 가. ‘미허가 축사 적법화’ 정책 규제에 따른 농가 대응상황 반영
- 나. 농가별 폐수발생 상황에 능동적으로 대처가 가능한 장치 적용

2) 실용화 • 제품화 방안

- 가. 사용자 의견을 적극 반영한 장치 개발
- 나. 정부지원 연구개발 사업에 의한 지속적인 장치 개선 및 보완
- 다. 신기술 인증을 통한 성능 신뢰 확보
- 라. 지적재산권 확보를 통한 사업화 기반 마련
- 마. 사료업체 협력을 통한 정화시설의 보급/운용 사업전략 수립

3) 확대 적용 방안

- 가. 농산물 가공 폐수처리, 양액재배 폐수처리 등의 농업분야 환경개선에 활용
- 나. 이동형 패키지 정화처리 시스템 분야 활용
- 다. 일본 착유세정수 시장 진입

IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

본 연구는 초기시장 진출을 위한 사업화의 기반 마련 일환으로 특허를 등록한 후, 신기술 인증을 취득하였음. 이에 따라 신기술 인증제품의 기술 모방의 우려 및 성공적인 상용화를 위한 일정기간 기술의 보안이 필요할 것으로 사료됨

2. 연구기관 자체의 검토결과

당사의 기술세미나를 통하여 본 연구의 우수성을 인정받았고 개발 시스템을 대상으로 하는 신규사업 진행을 위해 별도의 사업팀을 구성하였음. 따라서 세부요소기술에 대한 공개를 피하고 보안을 유지해야할 것으로 사료됨

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	ET 환경기반 - 축산업 기계 시스템	
연구과제명	농가용 착유 세척수 정화처리 장치개발			
주관연구기관	(주)부강테크	주관연구책임자	김장규	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	326,200,000	108,000,000	0	435,000,000
연구개발기간	2018-04-26 ~ 2019-12-31			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업제이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(사업화)) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 사육규모별 정화장치 개발	정화시스템 설계 도서 1부
② 방류수질기준에 적합한 정화장치 개발	공인시험성적서 1부, 특허증 1부
③ 농가 실증 적용 및 매뉴얼 개발	운전 매뉴얼 1부
④ 오염원의 사전차단 검토	최종보고서 수록
⑤ 착유시설별 기존 정화처리 장치 연계 및 운전 기술 개발	최종보고서 수록
⑥ 처리시스템 성능 인증	신기술 인증서 1부
⑦ 실시간 공정 모니터링 시스템 개발	최종보고서 수록
⑧ 온라인 운영관리 소프트웨어 개발	저작권 등록증 1부

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치		20			10	20		5		20			5		5	10	5		
최종목표		1			1	80 0		1		1			2		1	2	2		
연구기간내 달성실적	1	1			1	80		1		1			0		1	0	2		
달성율(%)		20			10	1		5		20			0		5	0	5		

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	전기응집을 이용한 착유 세척수 정화처리 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술	V	V				V		V		

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	‘미허가 축사 적법화’ 정책 규제에 따른 농가 의견을 적극 반영하여 지속적인 장치 개선 및 보완을 통해 축산관련 전문가의 협력을 통한 정화시설의 국내 보급/운용 사업 및 국외수출 사업전략 수립계획

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	5	10				5	45		5		10			5		5		10	
최종목표		1												1				1	
연구기간내 달성실적	1	1				1	80		1		1					1		2	
연구종료후 성과창출 계획		1					1,500											1	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	전기응집을 이용한 착유 세척수 정화처리 기술		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	2,000,000 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	6개월	실용화예상시기 ³⁾	2021년 7월
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	실시기업은 제공받은 기술과 관련한 일체의 내용에 대한 자체 개발, 원용, 변형, 별도 특허 등록 등을 해서는 아니됨. 또한 이전기업의 재산권인 기술적 자료를 타인에게 누설 또는 타 목적으로 사용할 수 없음.		