

119087  
-02

농  
축  
산  
가  
온  
시  
설  
용

에  
너  
지  
절  
감  
형

직  
렬  
축  
열  
식

난  
방  
장  
치  
개  
발

2021  
농  
림  
축  
산  
식  
품  
부  
농  
림  
식  
품  
기  
술  
평  
가  
원

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

## 농축산자재산업화기술개발사업 2021년도 최종보고서

11-1543000-003486-01

농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발

2021.05.14.

주관연구기관 / 제주대학교  
참여연구기관 / (주)인터텍

농 립 축 산 식 품 부  
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발”(개발기간 : 2019. 08. ~ 2020. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 12. 31.

주관연구기관명 : 제주대학교 산학협력단 (대표자) 도양희  
참여기관명 : (주)인터텍 (대표자) 김명지, 임연주



주관연구책임자 : 박윤철

참여기관책임자 : 임연주

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	119087-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.08.30.~ 2020.12.31.	단 계 구 분	1/1
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산자재산업화기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발			
연구책임자	박윤철	해당단계 참여연구원 수	총: 9명 내부: 5명 외부: 4명	해당단계 연구개발비	정부:230,000천원 민간:7,700천원 계:237,700천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 9명 내부: 5명 외부: 4명	총 연구개발비	정부:230,000천원 민간:7,700천원 계:237,700천원
연구기관명 및 소속부서명	제주대학교 산학협력단 기계공학과			참여기업명 (주)인터텍	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 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	1	1	1	1							

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약

- 과제명 : 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발
- 주관기관 : 제주대학교 산학협력단, 참여기관 : (주)인터텍
- 과제기간 : 2019.08.30. ~ 2020.12.31.
- 최종목표 : 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발 완료
- 성과 목표 : 100% 달성
- 성능목표 : 생산기술연구원의 공인성적을 의뢰하여 성능목표 100% 달성
- 사업화지표 : 지식재산권 출원 2건, 기술이전 1건, 기술이전료 5백만원,  
고용창출 1명, 기술인증 1건, 비SCI 논문 1건, 학술대회 1건  
(100%달성)

보고서 면수

## 요약문

연구의 목적 및 내용	<p>[1차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설계 및 용량산정</li> <li>○ 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 요소부품 선정</li> <li>○ 실증사이트 열환경 데이터 확보</li> <li>○ 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 제어알고리즘 및 제어기 설계</li> </ul> <p>[2차년도]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농축산 가온시설 맞춤형 복합열원 난방장치 개발</li> <li>○ 에너지 절감형 직렬-축열 기술 개발</li> <li>○ 농축산 가온시설용 최적 온도제어 및 모니터링 기술 개발</li> </ul>																						
연구개발성과	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">구분</th> <th style="width: 10%;">제품화 (건)</th> <th style="width: 10%;">특허 (건)</th> <th style="width: 10%;">기술인증 (건)</th> <th style="width: 10%;">고용창출 (명)</th> <th style="width: 10%;">기술료 (백만원)</th> <th style="width: 10%;">논문 (건)</th> <th style="width: 10%;">학술대회 발표(건)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>개발성과</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>							구분	제품화 (건)	특허 (건)	기술인증 (건)	고용창출 (명)	기술료 (백만원)	논문 (건)	학술대회 발표(건)	개발성과	1	2	1	1	5	1	1
구분	제품화 (건)	특허 (건)	기술인증 (건)	고용창출 (명)	기술료 (백만원)	논문 (건)	학술대회 발표(건)																
개발성과	1	2	1	1	5	1	1																
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<p>[활용계획]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공인인증기관을 통한 장치 인증으로 시설원예현대화 사업 또는 농업에너지이용효율화 사업에 활용</li> <li>○ 농촌진흥청 영농활용 및 정책제안을 통한 지원방안 모색</li> <li>○ 한국농기계공업협동조합 농업기계 등록 추진 및 기술 접목</li> <li>○ 농·축협에서 지원 중인 농축산경영자금 지원 선정 진행</li> <li>○ 축적된 데이터를 활용하여 농가현장 맞춤형 제품선정표 및 매뉴얼 제작 및 배포</li> </ul> <p>[기대효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 냉난방 및 에너지 회수기술의 통합시스템 구축으로 개발된 관련기술을 모두 적용할 수 있는 통합시스템 설계기술 개발</li> <li>○ 가온시설에 투여되는 에너지 효율성 증대와 내부 환경의 정밀제어를 통한 작물 및 가축의 생산성 극대화</li> <li>○ 국내 기후조건에 적합한 에너지 절감형 난방장치를 개발함으로써 온실재배농가의 에너지 비용 절감</li> <li>○ 에너지 절감형 시스템 보급 시 시설농가의 생산성향상으로 가계소득 증가</li> <li>○ 작물의 생육최적 온도제어를 통한 작물생산의 극대화 및 품질 향상</li> <li>○ 단동 및 연동형 농축산 시설에 적합한 에너지 절약형 가온시설 모델 개발을 통하여 국내 및 국제 경쟁력 강화</li> <li>○ 시설원에 에너지 이용 효율화 정책 및 국가 온실가스 감축목표에 기여</li> <li>○ 농자재 연구개발 지원으로 내수증진 및 외국산 농자재 대체 효과 기대</li> </ul>																						
국문핵심어 (5개 이내)	농축산	에너지 절감	직렬	축열	난방장치																		
영문핵심어 (5개 이내)	agro-livestock farms	energy saving	series	thermal storage	heating system																		

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	7
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	19
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	65
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	68
붙임. 참고 문헌 .....	71

<별첨1> 연구개발보고서 초록

<별첨2> 자체평가의견서

<별첨3> 연구성과 활용계획서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구배경 및 필요성

시설원예용 하우스는 농한기라 불리는 겨울철에도 작물의 재배가 가능하고 1년에 4-5회작이 가능하도록 해주기 때문에 고소득을 희망하는 농민들의 수요요구에 의해 자연스럽게 도입되었다. 하지만 대부분의 시설하우스 난방기의 연료가 석유자원인 요즘 시설원예 농가들이 유류가격상승<sup>(1)</sup>으로 인해 동절기에 작물생산비 중 30% 이상이 난방비로 소비된다. 우리나라의 시설원예 경영비 중 온실난방비가 차지하는 비중은 30~40%로 시설원예 선진국의 10~20%에 비해 높은 수준이다.

또한 시설하우스의 난방연료는 약 90%를 유류에 의존하고 있어 국제유가의 변동에 취약한 구조를 가지고 있으며, 생산비 중 연료비의 비중이 높아 시설농가의 경영압박 요인으로 작용하고 있다. Kwon et al.<sup>(2)</sup>의 남부지역 시설과채류재배 하우스의 보온 및 난방실태조사에 따르면 경 유를 이용한 온풍가온이 거의 대부분이라고 조사되었으며, 작물에 따라서는 수익성에 비해 연료비 비중이 높은 작물도 있다는 발표를 하였다. 작물의 생산원가 절감 및 경쟁력 확보를 위하여 생산비 중에서 적지 않은 비중을 차지하는 난방비 절감방안의 모색이 절실히 요구되고 있다.<sup>(3)</sup> 이를 해결하기 위해 농림축산식품부는 2010년부터 지열 히트펌프를 보급대상기종에 포함하여 설치 지원사업을 추진하고 있다.<sup>(4)</sup> 지열 히트펌프 시스템은 초기투자비용이 높다는 단점이 있으나, 투입된 에너지에 대해 방출된 에너지의 비가 크기 때문에 에너지 및 에너지비용을 절약할 수 있는 장점이 있다.<sup>(5)</sup>

히트펌프는 역방향으로 작동할 수 있는 히트엔진이며, 낮은 온도 구역에서 더 높은 온도 구역으로 열을 이동할 수 있는 장치로 정의될 수 있다. 또한 기존 냉난방시스템에 비해 사용 효율이 높기 때문에 많은 응용분야에서 사용이 유리하여 널리 사용되고 있다. 흔히 사용되는 히트펌프의 유형으로는 공기열원 히트펌프(air source heat pump)와 지열원 히트펌프(geothermal, ground source heat pump)의 두 가지가 있다. 폐열 회수와 재생에너지의 사용과 같은 효율적인 에너지의 사용을 통해 이산화탄소의 배출과 지구온난화의 영향을 줄일 수 있다.<sup>(6)</sup>

시설원예용 하우스는 일반 건축물에 비해 피복재의 단열이 취약하고 개방성이 강한 투명재료로 마감되므로 주간과 야간의 복사냉각과 같은 외기조건의 변화에 민감한 반응을 보인다.<sup>(7)</sup> 최근 많은 연구를 통해서 시설원예용 난방장치가 다양해졌지만 아직도 난방비 절감과 난방효율향상을 위한 연구가 요구되고 있다. 시설하우스는 태양에너지를 온실에 저장하여 작물의 성장을 돕는 것을 목적으로 제작된 것으로 태양에너지를 효율적으로 이용하기 위하여 시설하우스 내부의 복사열을 충분히 이용하는 방법도 태양에너지의 이용효율을 높이는 방법이다. 시설하우스 구조상 태양열에 의하여 자연적으로 축적되는 열을 이용한다면 설치면적 및 초기투자비용을 아낄 수 있다.<sup>(8,9)</sup>

시설원예용 난방장치 중에서 보조열원으로 태양에너지를 이용하는 여러 가지 방법이 강구되고 있으며, 지금까지의 태양열 시스템에 관한 연구를 살펴보면 대부분의 연구가 태양열 집열기의 효율을 향상시키고자 하는데 주로 이루어져 왔지만<sup>(10,11)</sup> 시설하우스 구조상 태양열에 의하여 자연적으로 축적되는 열을 이용한다면 설치면적 및 초기투자비용을 아낄 수 있다.<sup>(12,13)</sup> Song et al.<sup>(14)</sup> 연구에서는 PCM축열조와 열펌프시스템의 난방효과에 의하여 50~60%의 에너지 절감효과와 이에 상응한 농업환경보존효과를 얻을 수 있다는 결론을 도출하였다. 이와 같이 시설하우

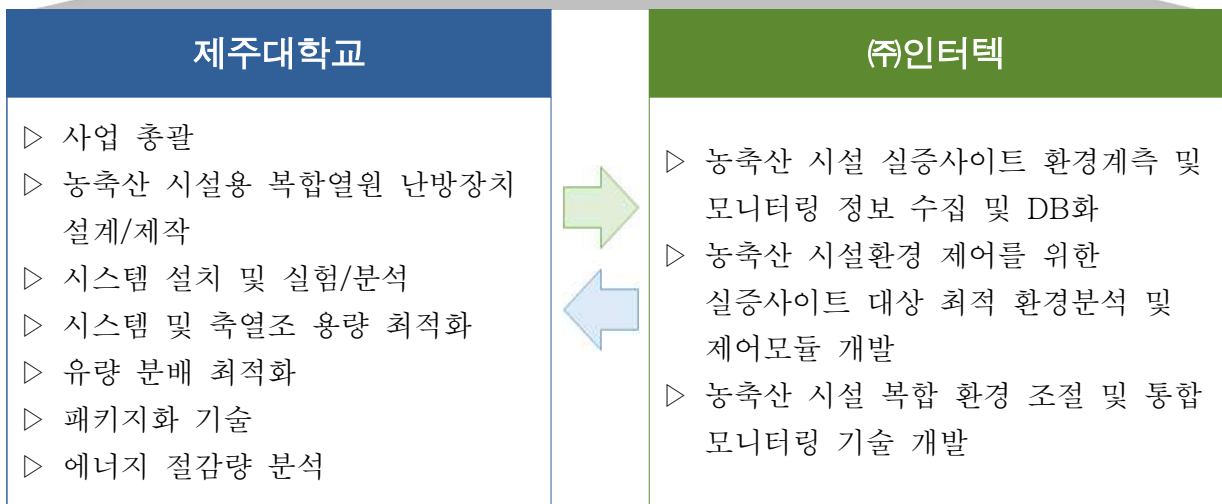
스 난방비 절감을 위한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다.

지금까지 히트펌프 시스템에 관한 연구를 살펴보면 Nam and Gao<sup>(15)</sup>는 태양열과 지열을 통합하여 열원으로 이용하는 히트펌프시스템의 성능예측을 위한 동적 에너지 시뮬레이션을 통해 시스템 성능해석을 하였고, 최적 설계 및 운전 방법 결정을 위해서는 축열조를 포함한 개별 시스템의 용량 설계와 열원 온도를 고려하는 효율적인 운전방법이 중요하다고 하였다. 또한 시설 원예용 히트펌프의 축열운전과 난방운전이 가능한 히트펌프 시스템을 개발한 Jo et al.<sup>(16)</sup>은 시설하우스의 폐열을 이용하기 위해서는 외기온도 15℃ 및 일사량이 270 W/m<sup>2</sup> 이상이 되어야 한다는 결과를 보였다.



## 1-2. 연구개발 목적

# 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발



### 1-3. 연구개발의 필요성

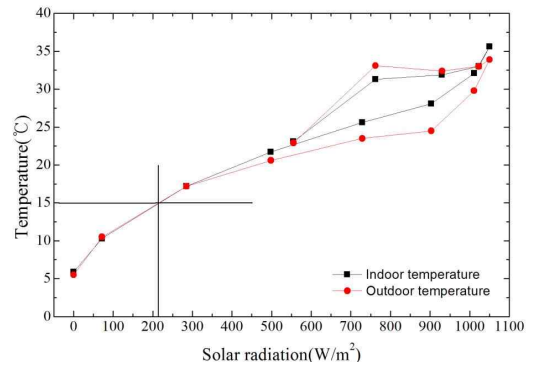
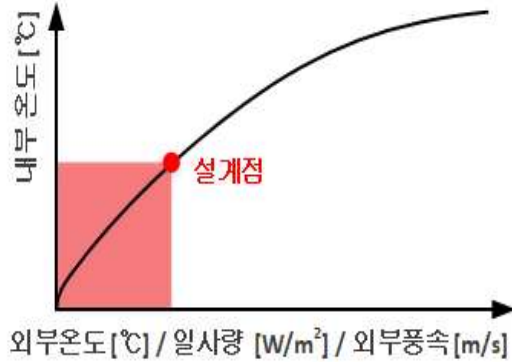
- 전 세계적으로 기후변화에 대한 관심과 노력이 집중되고 있는 실정에서 우리나라도 기후변화협약 대응 및 새로운 경제성장 동력 창출의 기회라는 인식 하에 기후변화 문제에 적극적으로 대응하고 있음.
- 특히 우리나라는 2009년 ‘2020년 온실가스 배출전망(BAU, Business As Usual) 대비 30% 감축’이라는 자발적인 목표를 제시하고, 2011년 저탄소녹색성장기본법을 제정하여 목표 이행을 위해 법적 기반을 마련하였음.
- 이후 2012년 온실가스·에너지 목표관리제 실시, 2014년 온실가스 감축 로드맵 수립, 2015년 배출권거래제 실시, 2010년·2015년 국가 기후변화 적응대책 마련 등 노력을 경주하고 있음.
- 따라서, 국제환경규제에 능동적으로 대응하고, 에너지안보 확보를 위해서는 에너지 소비를 줄일 수 있는 미활용 에너지의 최적이용 및 보급 확대가 필요함.
- 농축산 시설의 경우, 외기온도가 낮은 겨울철이나 저녁에는 지속적인 저온상태로 인해 농작물이나 가축의 생육에 어려움이 있어 지속적인 온도관리가 요구되므로 많은 난방비가 소요는 실정임.
- 가축분뇨처리시설의 경우, 내부와 가축분뇨 온도가 10도 이하로 낮아지면 미생물 움직임이 떨어져 분뇨처리 효율이 급격히 낮아지므로 적정온도 관리가 중요함.
- 원예시설의 경우, 시설 내부의 온도와 토양 온도는 작물의 생육에 중요한 역할을 하며, 주간 시설 내부 토양은 다량의 열을 흡수하여 토양의 온도를 높이고, 야간에는 이것을 다시 방출하는데, 이 같은 환경에서 외기온도가 낮은 야간에는 가온을 하고, 외기온도가 높은 주간에는 환기를 하여 작물의 생육에 적합하도록 기온 및 지온을 조절해 주어야 하므로 온도관리가 매우 중요함.
- 본 연구에서는 기존 혹은 신규 농축산 시설의 상부 잉여열을 이용하고, 외기열을 복합적으로 이용하여 효율적 에너지 사용으로써 에너지 절감과 동시에 농축산 시설 내부 환경의 균일성 증대 등의 환경최적화 기술을 개발함.

## 1-4. 연구개발 범위

### 가. 1차 년도 개발내용 및 범위

#### ■ 주관연구기관(제주대학교)

- 시스템 적용 및 비교분석을 위한 온열환경 측정
  - 시설 내부의 잉여열 및 외부 기상조건(온도, 일사량, 풍속 등)에 대한 데이터 측정을 통해 데이터 확보 및 설계 포인트 확보

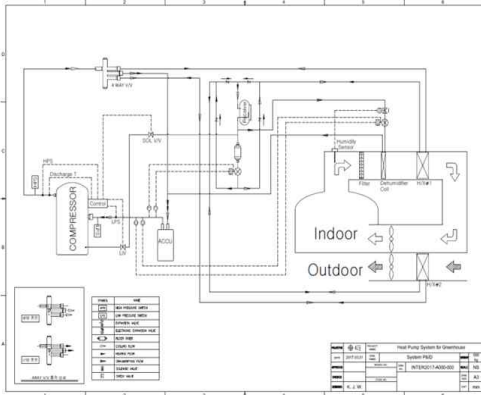


[ 열환경 측정을 위한 설계점 도출 방안 ]



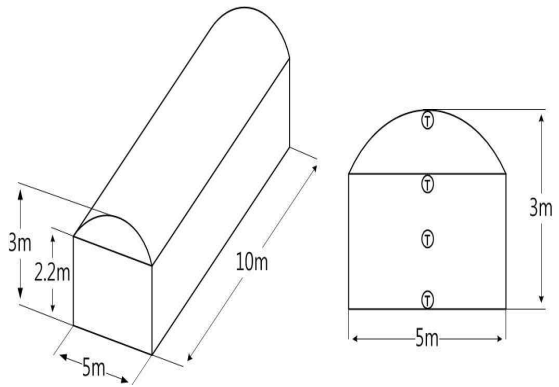
[ 시설 내외부 온열환경 측정 및 에너지 절감량 비교설비 ]

- 대상시설 측정요소: 실외온도, 일사량, 풍속, 실내온도(상중하), 시스템요소별 온도/풍속/압력 등
- 난방장치 설계 및 직렬축열조 용량산정
  - 시설 난방용량 산정을 통한 난방장치 설계
  - 직렬축열조 용량 산정 및 요소부품 설계 및 선정
  - 복합열원 축열방식: 수축열 방식(축열온도: 50°C) 이용 예정
  - 에너지손실 최소화를 위한 축열온도 유지방안(단열/보온) 도출



[ 시스템 설계 및 직렬축열조 ]

- 시스템 적용을 위한 실증사이트 선정
  - 실증사이트 후보군 대상으로 시스템 적용 가능성 파악 및 실증사이트 조기 선정
  - 실증사이트(온실) 후보시설 규모: 5m×10m×3m(가로×세로×높이)
  - 예상 적용지: 저온성작물 재배지



[ 실증사이트(온실) 후보지 및 대상시설 ]

■ 참여기관((주)인터택) :

- 농축산 시설 실증사이트 환경계측 및 모니터링정보 수집 및 DB화
  - ① 농축산 시설 실증사이트 대상 복합열원 활용 사례 조사
    - 농축산 시설 대상, 농작물 및 축산농가의 에너지 이용현황 및 열원 활용 사례 조사
    - 농작물 대상 시설온실의 복합열원 활용 사례 조사 및 냉난방비 절감량 조사
    - 축산 시설 대상, 복합열원 활용 사례 조사 및 적정 생육환경 조성을 위한 환기 등 旣 연구 및 개발된 사례 조사
  - ② 농작물 또는 축산농가의 생육 특성에 따른 열원 또는 에너지원 필요요구량 조사
    - 실증사이트 기상 및 기후적 조건, 재배작물 및 사육가축에 따른 에너지요구량 조사
    - 대상지역의 지질적 특성 및 지하수부존량 등 잠재 열에너지원 조사 및 활용 분석
    - 농작물 또는 축산농가 가축의 종류에 따른 최적생육온도 및 환경유지를 위한 적

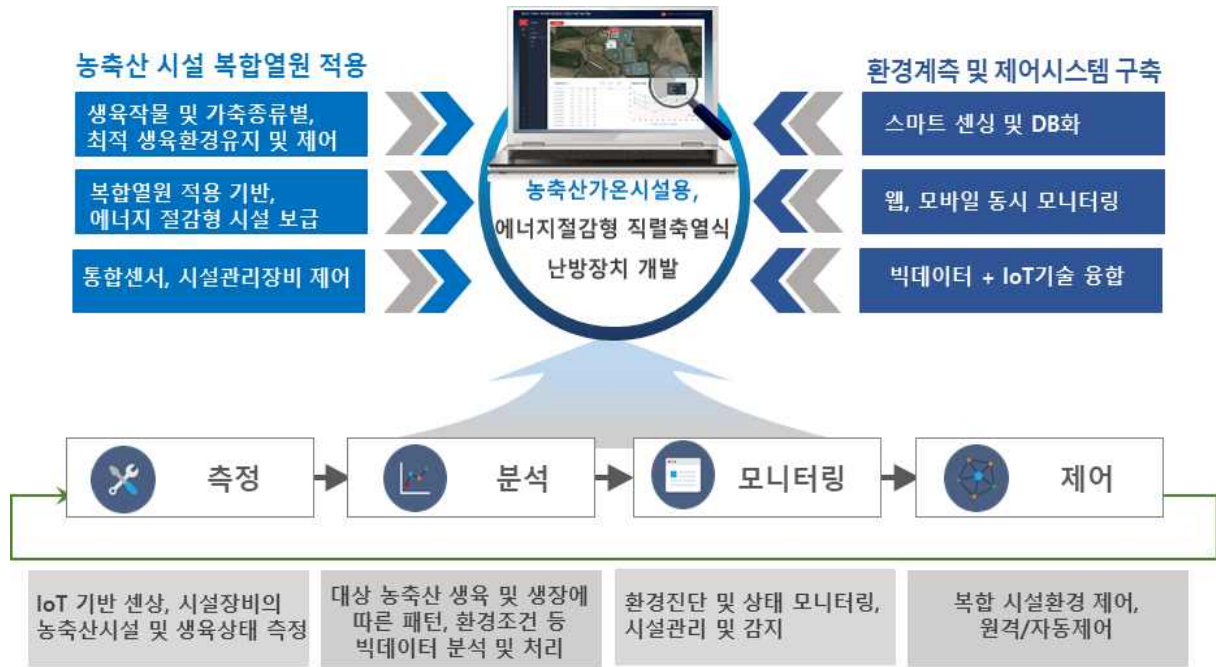
정 온도 조사 및 적정 환경제어값 도출

③ 농축산 시설 실증사이트 대상, 시설환경 계측 및 생육정보 수집 및 DB화

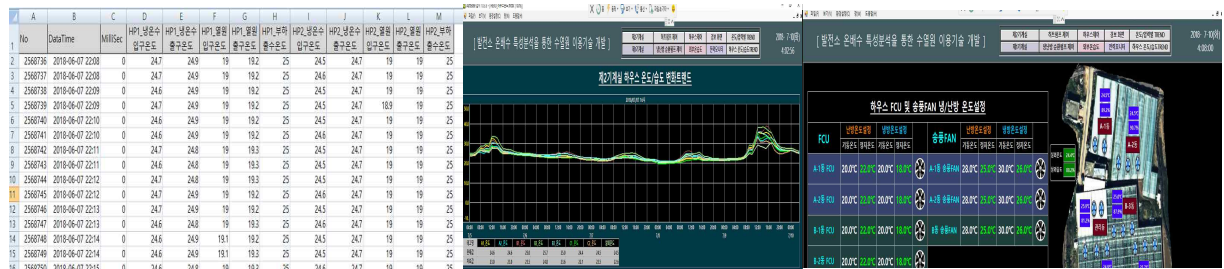
- IoT 기반, 환경 및 생육정보 수집 및 측정 → 분석 → 모니터링 → 제어 등 일련의 프로세스에 대한 Data Base화하고, 지속되는 연차에는(2차년도)에는 농축산 시설의 최적환경 유지를 위한 복합열원 제어 및 모니터링시스템을 구축

④ 농축산 시설 대상 최적 환경제어를 위한 환경계측 및 모니터링 시스템 기초 설계(1단계)

<p>농축산 시설 대상 IoT 기반 환경 계측</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT 기반의 환경관측, 생육상태모니터링 정보, 시설 내외부 환경데이터 수집 및 DB시스템 연계</li> </ul>
<p>DB시스템 구축 및 농축산 시설 대상 환경제어 모듈 설계</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>센싱된 신호를 빅데이터하여 수치화, 지표화하고 농축산 시설대상농작물 및 가축 등의 생육 및 품질향상을 위한 최적환경 분석</li> <li>DB 정보 및 누적된 경험, 정보처리를 통해 최적온도 및 습도, 환기 등 복합환경모델링 구축</li> <li>농축산 시설 환경 및 생육모니터링 정보를 사용자가 직관적으로 이해할수 있도록 UI를 설계하고, 정보의 활용, 제어의 용이성을 위해 기존 설비의 형상을 구체화하여 시각화디자인 구축</li> <li>시각화 사례 및 Sample</li> </ul> <div data-bbox="718 1041 1236 1243" style="text-align: center;"> </div>
<p>아열대작물 생장에 적합한 재배/환경조건 매뉴얼 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로세스화된 시스템의 단계별 환경조건, 생장데이터를 빅데이터 분석을 통해 효과적인 관리 매뉴얼을 정형화</li> <li>‘환경-생육-생장-품질 간’의 상관관계를 분석, 작업오류와 변수 감지, 예측을 통해 정형화된 작업이 가능하도록 매뉴얼 구축</li> </ul>



<농축산 시설 실증사이트 대상, 시설환경 계측 및 생육정보 수집 및 DB화 프로세스>

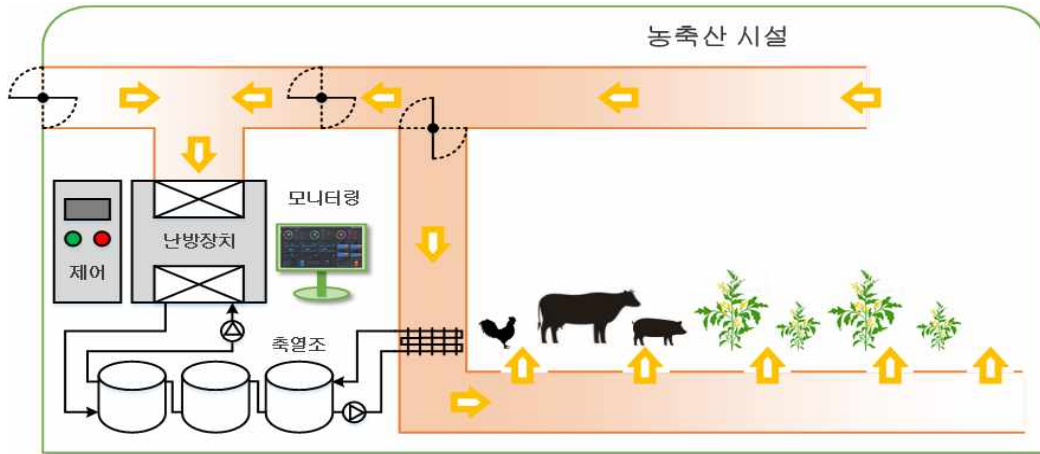


[ 복합열원 활용 기반, 시설온실 냉난방 운영에 따른 데이터 수집 및 제어 모니터링 구축 ]

나. 2차 년도 개발내용 및 범위

■ 주관연구기관(제주대학교) :

- 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설치/실험/분석
  - 난방기간(10~12월) 실증을 통한 난방시험 실시

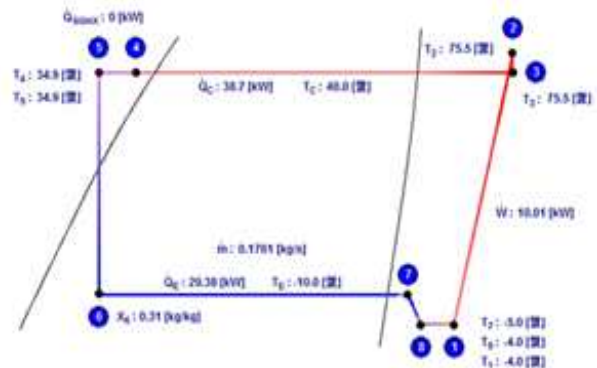
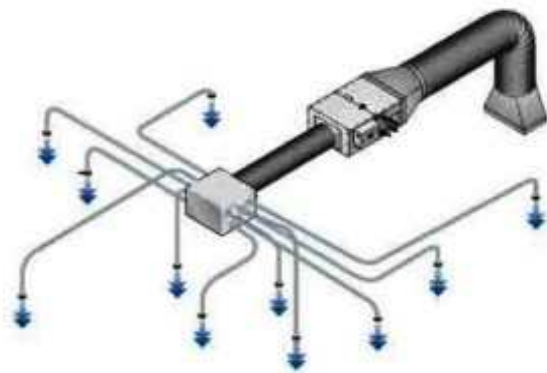


[ 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개요도 ]



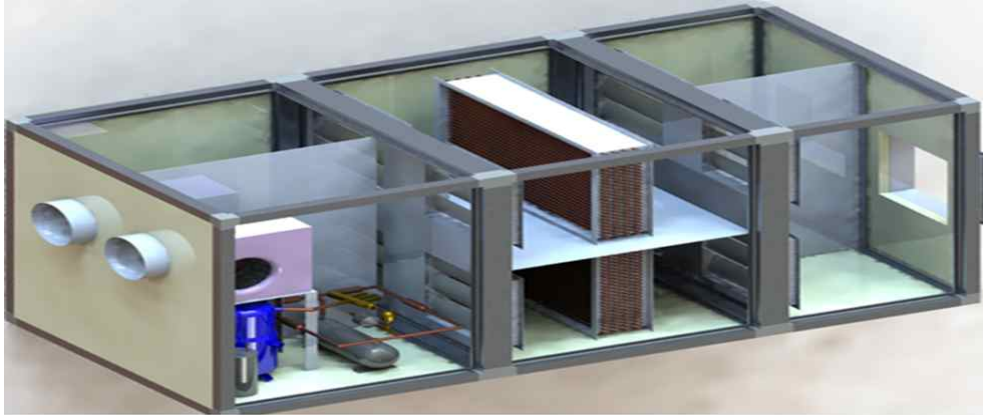
[ 요소별 실험 및 분석 ]

- 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 효율 최적화



[ 시스템 유량분배 최적화 및 사이클 최적화 ]

- 시스템 패키지화 기술 개발
  - 컴팩트한 시스템 기술 개발로 산업화 촉진



[ 시스템 패키지화 ]

- 실증데이터를 바탕으로 비교설비 대비 에너지 분석 실시



높이(H)	4	m	설정온도	18	°C
폭(W)	5.5	m	외기온도	-1.5	°C
길이(L)	25	m	지중온도	9.05	°C
지붕면적	137.5	m <sup>2</sup>	중부하	19.772	kcal/h
전후면적	22	m <sup>2</sup>		5	RT
측면적	100	m <sup>2</sup>		23	kW
합계표면적	259.5	m <sup>2</sup>			
			안전율(10%)	21.749	kcal/h
				6	RT
				25	kW

1) 지붕열을 통한 관류 열부하		4) 지붕난방부하	
Qr=ht(Ts-Td)(1-fr)	68.25 kcal/m <sup>2</sup> ·h	Qr	9.384 kcal/h
ht	3.5 kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C	5) 전후면 난방부하	
Ts(실내설정온도)	18 °C	Qq1	1.502 kcal/h
Td(외기온도)	-1.5 °C	6) 양측면 난방부하	
fr	0	Qq2	6.825 kcal/h

2) 전후면을 통한 관류 열부하		7) 환기 열부하	
Qq1=ht(Ts-Td)(1-fr)	68.25 kcal/m <sup>2</sup> ·h	Qv=hw(Ts-Td)	7.8 kcal/m <sup>2</sup> ·h
ht	3.5 kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C	hw(환기 전열계수)	0.4 kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C
Ts(실내설정온도)	18 °C	Ts(실내설정온도)	18 °C
Td(외기온도)	-1.5 °C	Td(외기온도)	-1.5 °C
fr	0	Qv	2.024 kcal/h

3) 양측면을 통한 관류 열부하		8) 지중 전열부하	
Qq2=ht(Ts-Td)(1-fr)	68.25 kcal/m <sup>2</sup> ·h	Qs=hs(Ts-Tg)	2.1838 kcal/m <sup>2</sup> ·h
ht	3.5 kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C	hs(지표면 전열계수)	0.244 kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C
Ts(실내설정온도)	18 °C	Ts(실내설정온도)	18 °C
Td(외기온도)	-1.5 °C	Ts(지중온도)	9.05 °C
fr	0	Qs	37 kcal/h

[ 에너지 분석 ]

- 사업화를 위한 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 성능인증
  - 국내공인시험기관을 통한 성능인증 실시
  - 온실 내부온도 15°C 기준 10 kW급 시스템 성능인증 실시

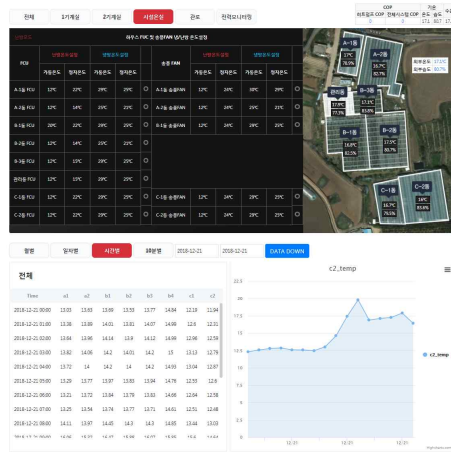
■ 참여기관(주)인터택 :

- 농축산 시설환경 제어를 위한 실증사이트 대상 최적 환경분석 및 제어모듈 개발
  - ① 계측 및 수집된 데이터 기반, 생산성 및 품질향상을 위한 최적 환경분석 및 제어값 설정을 위한 모듈 개발
    - 농축산 시설 내부의 기온/습도 등 1차년도에 습득가능한 기본환경정보 수집 및 정량화
    - 계측 및 수집된 데이터 기반, 생산성 및 품질향상을 위한 최적환경분석 및 제어값 설정을 위한 모듈 개발
    - 농축산 실증대상 시설온실의 다양한 환경요인을 모니터링함으로써, 시설온실 환

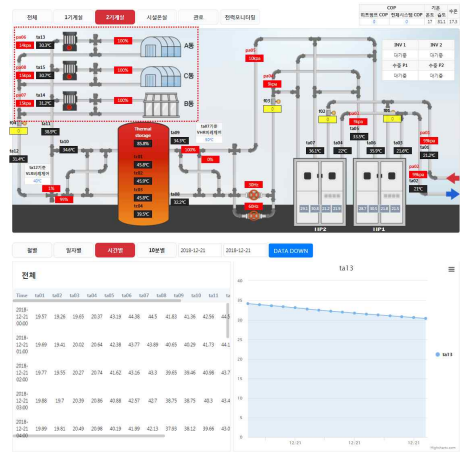


경 및 설비가동, 운전상태를 파악하고 제어가 가능한 방법과 생육단계별, 작물 및 사육가축에 대한 상태 모니터링

- 복합열원 적용 및 실증 운영에 따른 열에너지원 온도, 시기별(계절별) 열에너지원 활용가능온도 및 변수 산정, 시설 및 설비상태에 따른 필요적정온도 및 운전 제어



[ 시설 내부 기온/습도 정보 수집 ]



[ 복합열원 운전정보 수집 및 DB화 ]

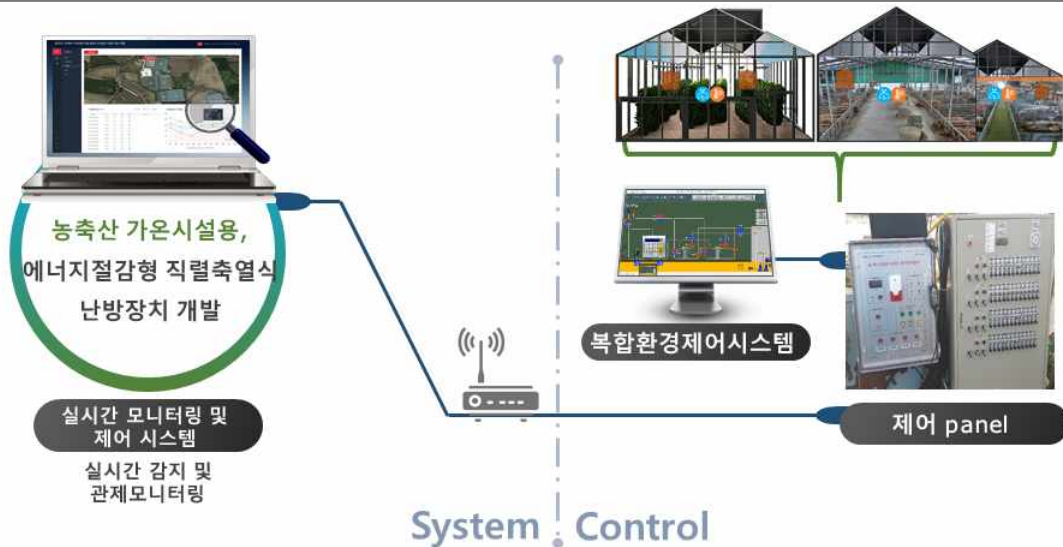
**농축산 시설환경 제어를 위한 실증사이트 대상 최적 환경분석 및 제어모듈 개발**

- ② 최적 환경제어 모듈 및 설비의 실증적용을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석
  - 최적 환경제어를 위한 시설장비의 시설재배 현장적용 및 실증을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석
  - 다양한 환경요인을 모니터링 함으로써 농장 상태를 파악하고 제어가 가능한 방법과 생육단계별 영양 및 생식 생장을 표와 그래프로 시각화
  - 대상 작물 또는 사육가축의 생장 상태를 파악하고 환경설정에 따른 생육상태를 분석하여, 다양한 환경요인과 생육항목을 접목하여 어떤 요인이 영향을 주는 지 동시비교와 상관관계를 분석하여 생산량에 영향을 주는 적합한 생육상태 및 환경 요인 도출

목적	레이아웃
온도관리	농축산 시설 내외부 온도 비교 일일 내 온도 변화 비교, 주/야간 온도 편차 비교
습도 관리	시기별 온실 내부 습도 비교, 환경 설정 방식에 따른 습도 변동 편차
생육정보 모니터링	대상 작물 및 가축의 생육정보(생장길이, 줄기 굵기 등)의 시간변화 및 산점도 주차별 생육 모니터링
환경과 생육과의 관계	환경요인과 생육항목의 관계 모니터링
환경, 생육, 생산량 간 관계	주요 환경, 생육, 생산량 동시 시각화 환경 및 주요 생육항목 상관분석
에너지 비용 절감	온도 유지를 위한 에너지 사용량 비교

- 농축산 시설 복합환경 제어 및 통합모니터링 기술 개발

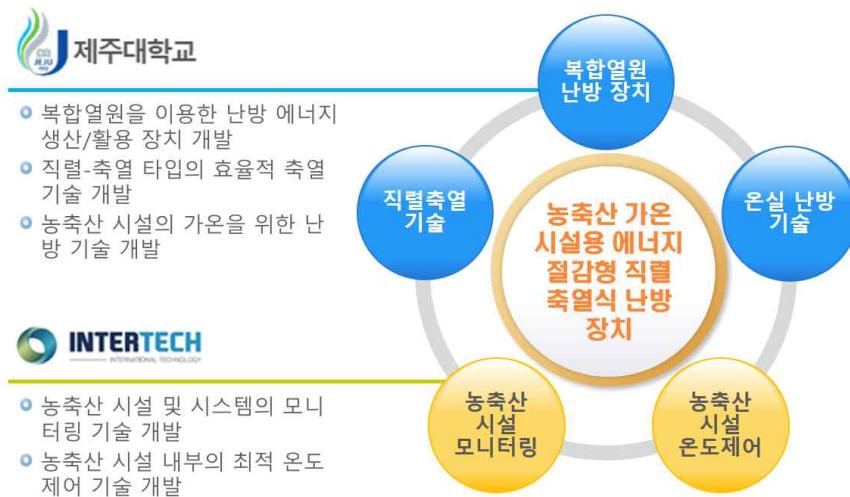
Step 1. 농축산 시설농가 실증사이트 확보	Step 1. 정보수집 및 저장 (모니터링 서버 구축)	Step 3. 데이터 분석 및 가공	Step 4. 복합열원 활용기반, 제어 및 통합모니터링
농축산 시설농가 실증사이트 확보	데이터 측정 및 수집, 안정적인 데이터 수집 체계 마련, 표준화, 모니터링 서버 구축	데이터 분석 및 가공, 시설환경 및 구조, 외부 환경, 기상, 생육조건 등 통합 데이터 분석	농축산 시설농가 복합열원 활용 기반, 제어 및 모니터링 시스템 구축 및 활용



## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 2-1 연구개발 추진전략 및 추진체계

- 본 연구과제는 주관기관인 제주대학교가 既 보유한 복합열원 난방 에너지 생산 기술, 직렬-축열조를 이용한 효율적 축열 기술, 효과적으로 온실을 난방하는 기본 기술을 적용 하였으며, “농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치”를 개발하였음
- 참여기업인 (주)인터텍의 노하우인 농축산시설 첨단 모니터링 기술, 농축산시설의 온도 제어 기술을 적용하여 부하에 대응하여 농축산 시설의 온도 제어기를 개발하였음



연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발	주관연구책임자(박윤철)외 총 12명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	4
대학	1	9

제주대학교
연구책임자(박윤철)외 8명
담당기술개발내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농축산 시설용 복합열원 난방장치 설계/제작</li> <li>• 시스템 설치 및 실험/분석</li> <li>• 시스템 및 축열조 용량 최적화</li> <li>• 유량 분배 최적화</li> <li>• 패키지화 기술</li> <li>• 에너지 절감량 분석</li> </ul>

(주)인터텍
연구책임자(임연주)외 3명
담당기술개발내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증 사이트 데이터 확보</li> <li>• 농축산 시설 전용 제어 알고리즘 개발</li> <li>• 농축산 시설 복합 환경 조절 및 통합 모니터링 기술 개발</li> </ul>

## 2-2 년차별 연구수행 내용 및 결과

### 2-2-1. 1차년도 연구수행 내용 및 결과

#### (1) 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설계 및 용량산정

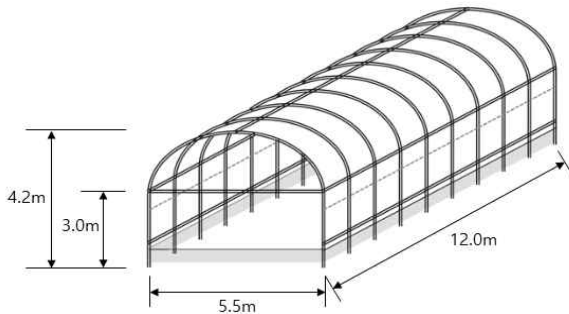
##### ○ 온실부하산정

- 난방설비용량을 결정하기 위해 식 (1)과 같이 작물재배 난방기간 중 최저기온 시간대의 필요 난방 열용량을 산정하였음.

$$Q_g = \{A_g(q_t + q_v) + A_s \cdot q_s\} \cdot f_w \quad (1)$$

여기서,  $Q_g$ 는 최대난방부하량(kcal/h),  $A_g$ 는 온실피복면적( $m^2$ ),  $q_t$ 는 피복면적당 관류전 열손실량(kcal/ $m^2h$ ),  $q_v$ 는 단위 피복면적당 틈새환기 열손실량(kcal/ $m^2h$ ),  $A_s$ 는 온실상면 전(바닥면적,  $m^2$ ),  $f_w$ 는 풍속보정계수(1.0, 일반온실 가정)임.

- 온실내부 설정온도는 15℃로 설정하였으며, 해당온실의 지붕, 전후면 및 측면은 염화비닐필름 피복재로 2중 피복으로 계산하였음.
- 설계외기온도: -2.2℃, 온실면적: 66.0 $m^2$ , 안전율 15%가정 → **최대난방부하: 8,677.9 kcal/h(약 10.09 kW)**



[ 실증사이트(온실) 규모 및 위치 ]

##### ○ 온실부하 산정 지역별 외기온도, TAC(난방,℃)

- 아래표는 온실부하 산정을 위한 지역별 외기온도를 나타낸 것이며, 제주지역의 경우는 난방시기의 외기온도가 육지부 지역보다는 높아 온실의 난방부하량은 감소하지만, 육지부의 경우에도 온실의 난방을 위해서 유류보일러를 사용함에 따라 연료비 감소율은 히트펌프를 사용하여 온실난방을 하는 것이 유리할 것으로 판단됨.

[표 3-1] 온실부하 산정 지역별 외기온도, TAC(난방,℃)

행정구역	1%	2.5%	5%	10%	지중온도
경기도	-18.48	-16.48	-14.58	-12.73	1.50
강원도	-17.72	-15.88	-14.29	-12.59	1.21
충청북도	-18.22	-16.15	-14.35	-12.62	1.59
충청남도	-15.90	-14.14	-12.58	-10.98	2.73
경상북도	-14.03	-12.66	-11.41	-9.92	2.67
경상남도	-10.76	-9.58	-8.49	-7.18	4.90
전라북도	-15.33	-13.51	-11.90	-10.11	3.62
전라남도	-9.54	-8.34	-7.30	-6.20	5.18
제주도	-2.65	-1.65	-0.80	0.15	9.71
서귀포	-2.90	-1.80	-1.00	-	10.37
제주	-2.40	-1.50	-0.60	0.30	9.05

○ 축열조 용량산정

- 축열용량은 성층화를 고려하여 식 (2)와 같이 계산하였음.
- $M_i$ 는 유체의 유량,  $C_{pf}$ 는 유체의 비열,  $T_i$ 는 온도,  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$ 는 성층화 노드 수에 의존하는 함수이며, 본 연구에서는 성층화 노드를 3개 층(상층, 중층, 하층)으로 가정하였음.

$$M_i C_{pf} \frac{dT_i}{dt} = \alpha_i \dot{m}_h C_{pf} (T_h - T_i) + \beta_i \dot{m}_L C_{pf} (T_L - T_i) + UA_i (T_{env} - T_i) \quad (2)$$

- 또한,  $T_L$ 은 부하측의 온도이고,  $T_h$ 는 열원측의 유량이며,  $T_{env}$ 는 외기온도임.
- 축열온도는 50℃로 설정하였고, 노드간의 열손실은 무시하였으며, 열원에서 공급되는 열량을 제외한 추가적인 에너지 공급은 없다고 가정하였음.
- 따라서 결국 에너지변화량은 식 (3)으로 도출되며, 축열조의 열손실을 15%<sup>1)</sup>가정하였을 경우 축열조 용량은 2.98m<sup>3</sup>이므로 **3.0m<sup>3</sup>(물, 3ton)으로 설계**하였음.

$$\Delta E = \frac{V \rho_f C_{pf} \left[ \sum_{i=1}^N T_i - \sum_{i=1}^N T_{i=T_{me0}} \right]}{N} \quad (3)$$

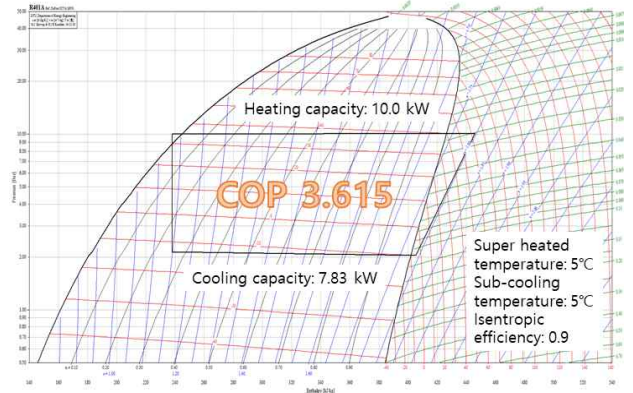
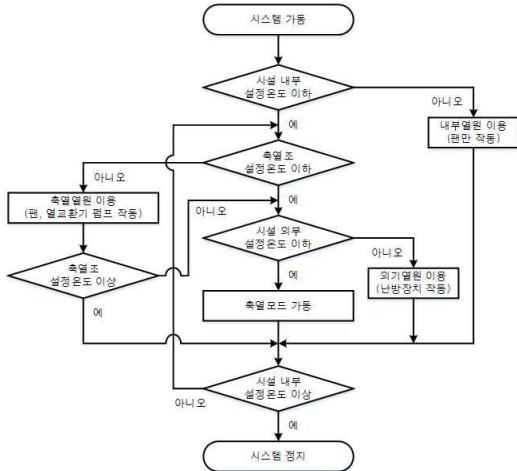
여기서,  $\Delta E$ 는 에너지변화량이며,  $V$ 는 축열조의 체적임.

○ 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 요소부품 선정

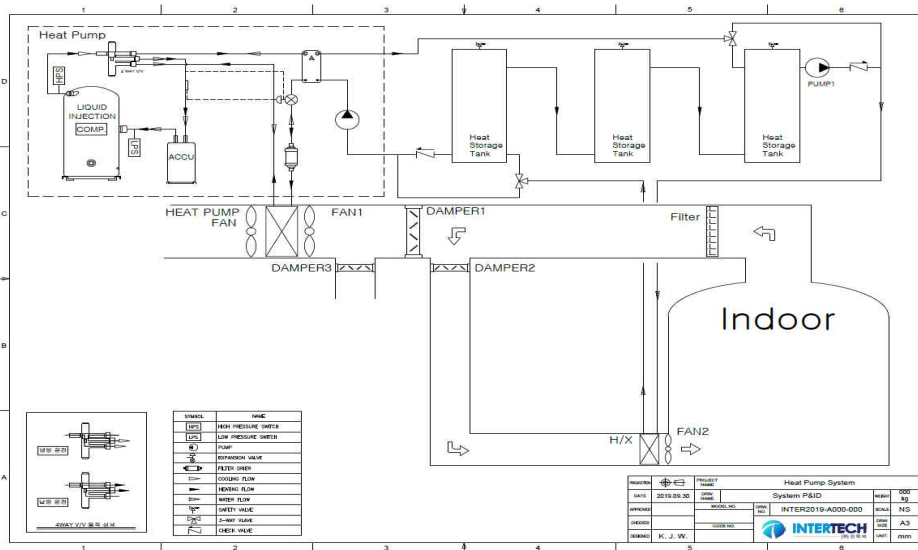
- 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 내·외부 조건별 가동을 요소부품 설계 및 선정
- 아래 그림과 같이 시설 내부온도, 축열조 온도, 시설 외부온도에 따른 최적 운전이 가능하고 난방시스템의 원활한 운전전환이 가능한 구조로 설계하였으며, 난방장치 측에 이용되는 펌프, 배관, AHU(Air Handling Unit)을 설계, 선정하였고, 시설 공급 측의 축열방식, 구동방식에 따른 덕트, 팬, 댐퍼 등의 요소부품을 설계 및 선정.
- 아래 그림과 같이 난방장치의 기본운전에 대한 사이클 설계를 실시하였으며, 응축온

1) Evaluation of a Stratified Multi-Tank Thermal Storage for Solar Heating Applications, Queen's University Kingston, Ontario, Canada, 2009

도 40°C 기준, 응축열량 10kW 기준으로 계산하였을 때, **COP는 3.615**가 도출함.



[ 농축산가온시설용 에너지절감형 직렬축열식 난방장치 운전 흐름도 및 사이클 설계도 ]



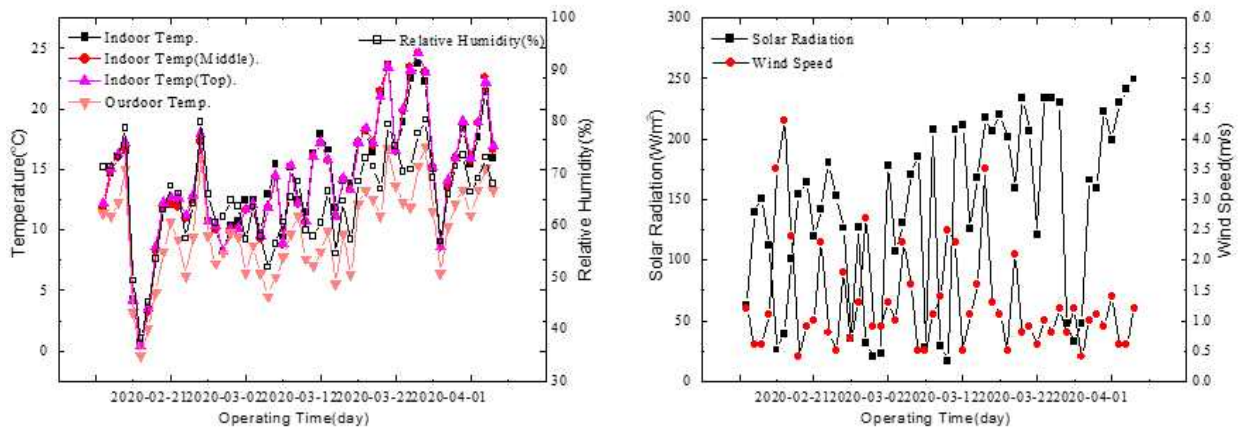
[ 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 P&ID ]

(2) 실증사이트 열환경 데이터 획득

- 시스템 적용을 위한 실증사이트 선정
  - 실증사이트 규모: 가로 5.5m × 세로 12.0m × 높이 4.2m 규모로 구획분할
  - 실증사이트 작물: 15°C 생장 저온성 잔디
- 시스템 적용 및 비교분석을 위한 온열환경 측정 진행 중(2차년도 연계)
  - 측정요소: 실내온도(4개소) 높이(1m)별 측정, 실외온도 1개소, 실외습도 1개소, 실외 풍속 1개소, 실외일사량 1개소 측정

측정요소	센서종류	
실내온도 4개소	열전대(T타입) - 측정범위: -200~400℃	
실외온습도 각 1개소	온습도센서 - 정확도: 2%이내 - 온도측정범위: -50~60℃ - 습도측정범위: 0~100%RH	
실외풍속 1개소	3컵 타입(0~30m/s)	
실외일사량 1개소	일사트랜스미터 - 측정범위: 0~2000 W/m <sup>2</sup> - 스펙트럼 범위: 450~1100nm	

- 실증사이트 열환경 측정  
- 2020년 2월 12일~2020년 4월 5일까지 열환경 측정 후 데이터 분석



[ 농축산가온시설용 에너지절감형 직렬축열식 난방장치 실증사이트 열환경 측정 ]

(3) 농축산 시설 실증사이트 환경계측 및 모니터링정보 수집 및 DB화

- **웹 기반, 환경모니터링 및 관리시스템 1차 구축**
- IoT 기반 열원(잠열)설비 및 관로, 시설온실 냉난방시스템운영을 위한 모니터링 정보
- 시설온실 내외부 환경계측 정보 수집 및 통계처리 및 빅데이터 분석결과 개제를 위한 시스템 1차 구축
- 생육환경 최적화를 위한 시설온실 복합환경제어가 가능하도록, 멀티(동시제어) 설계안 수립 및 시스템 구축
- 농축산 시설 대상 IoT 기반 환경 계측 제어 구축

- 웹 기반 환경모니터링 시스템 디렉토리/DB 구조



[ 모니터링 시스템 디렉토리 구조 ]

[ 모니터링 시스템 데이터베이스 구조 ]

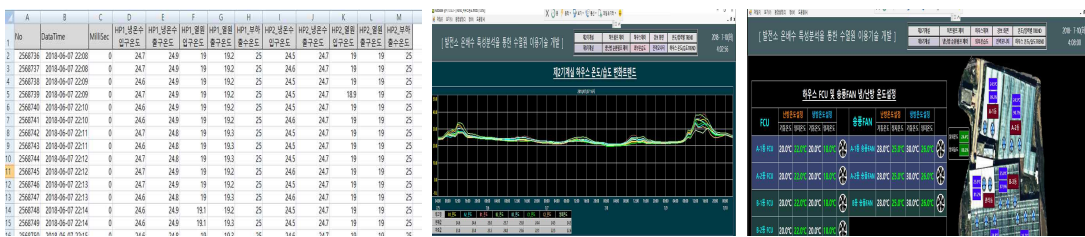
- 웹 기반, 환경모니터링 메뉴 및 콘텐츠



메뉴	컨텐츠 및 서비스
사용자 로그인	관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인
실시간 시설온실	시설온실 온도, 습도 내외부 온도 비교 및 환경 설정 방식에 따른 편차
생육정보 모니터링	대상 작물 및 가축의 생육정보(생장길이, 줄기 굵기 등)의 시간변화 및 산점도 주차별 생육 모니터링
환경, 생육, 생산량 간 관계	주요 환경, 생육, 생산량 동시 시각화 환경 및 주요 생육항목 상관분석
알림	로그인 이력 및 위험 알림 확인



[ 농축산 시설 실증사이트 대상, 시설환경 계측 및 생육정보 수집 및 DB화 프로세스 ]



[ 복합열원 활용 기반, 시설온실 냉난방 운영에 따른 데이터 수집 및 제어 모니터링 구축 ]

[ 1차년도 연구개발 수행내용 및 결과 ]

구분 (연도)	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2019)	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설계 및 용량산정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증사이트 선정 완료</li> <li>• 난방면적 66㎡ 온실의 부하를 산정하였으며, 직렬축열식 히트펌프의 용량은 3RT</li> <li>• (약 10 kW)급으로 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템은 온실 상부의 열과 공기열을 하이브리드 형태로 접목하여 설계함.</li> <li>• 직렬축열 방식은 시스템과 축열조가 직렬 연결된 구조로 열손실(15%)을 고려하여 설계함.</li> </ul>
	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 요소부품 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 난방장치 용량에 따른 펌프, 배관, AHU 등 요소부품 선정 완료</li> <li>• 축열방식 및 구동방법에 따른 덕트, 팬, 댐퍼 설계 완료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 축열조 용량: 3ton/h(직렬축열식)</li> <li>• 축열조 최적배관 구조 설계 완료</li> <li>• 요소부품 설계 및 선정 완료</li> </ul>
	실증사이트 열환경 데이터 확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증사이트 내부온도 및 외부조건(온도, 습도, 일사, 풍속) 측정</li> <li>• 온실내부의 높이에 따른 온도측정으로 잉여열 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증사이트 열환경 측정 장비 확보 완료</li> <li>• 2차년도 연계하여 측정 데이터 확보</li> </ul>
	농축산 시설 실증사이트 환경계측 및 모니터링정보 수집 및 DB화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농축산 시설 실증사이트 대상 복합열원 활용 사례 조사</li> <li>• 농작물 또는 축산농가의 생육 특성에 따른 열원 또는 에너지원 필요 요구량 조사</li> <li>• 농축산 시설 실증사이트 대상, 시설환경 계측 및 생육정보 수집 및 DB화</li> <li>• 농축산 시설 대상 최적 환경 제어를 위한 환경계측 및 모니터링 시스템 기초 설계 (1단계)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 이용현황 및 열원 활용 사례 조사 완료</li> <li>• 실증사이트 데이터 수집 및 작물 생육정보 계측 (2차년 연계진행후 완료)</li> <li>• 웹 기반, 환경모니터링 및 관리시스템 1차 구축 완료</li> </ul>

[ 1차년도 지식재산권 현황 ]

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	에너지 절감형 난방장치	대한민국	제주대 학교 산학협 력단	2019.11 .18	10-2019-0 147893				100%

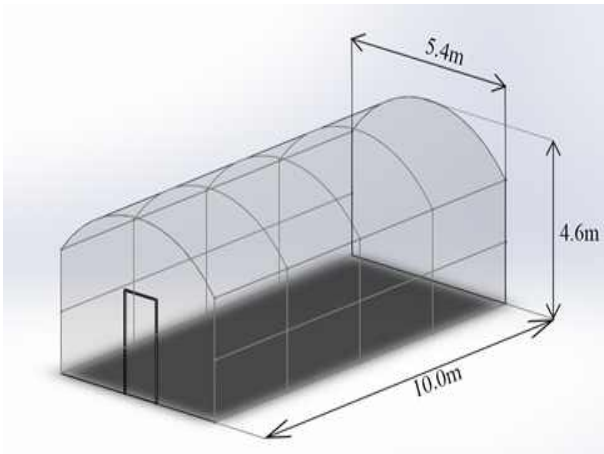
[ 1차년도 국내 및 국제학술회의 발표 ]

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	9 <sup>th</sup> Asia-Pacific Forum on Renewable Energy	박윤철 외 3인	2019. 11. 14.	Maison Glad Hotel, Jeju	Republic of Korea

2-2-2. 2차년도 연구수행 내용 및 결과

(1) 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설치/실험/분석

- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치가 설치된 온실의 규모는 아래 그림과 같이 길이10m × 폭5.4m × 높이4.6m의 온실을 대상으로 함.
- 실증사이트(온실)에 설치된 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치는 아래 그림과 같이 에너지 절감형 난방장치(히트펌프)는 온실외부에 설치되어 있으며, 직렬축열식 축열조는 온실내부에 설치됨.
- 실증사이트(온실)에 설치된 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 시스템 설치 개략도는 아래 그림과 같이 설치됨.



Area(m <sup>2</sup> )	54
Height(m)	4.6
Sidewall (m <sup>2</sup> )	68
Front and back side (m <sup>2</sup> )	45.5
Roof(m <sup>2</sup> )	60
Volume(m <sup>3</sup> )	4857
Thickness(mm)	0.2
Thermal resistance(m <sup>2</sup> °C/W)	0.33

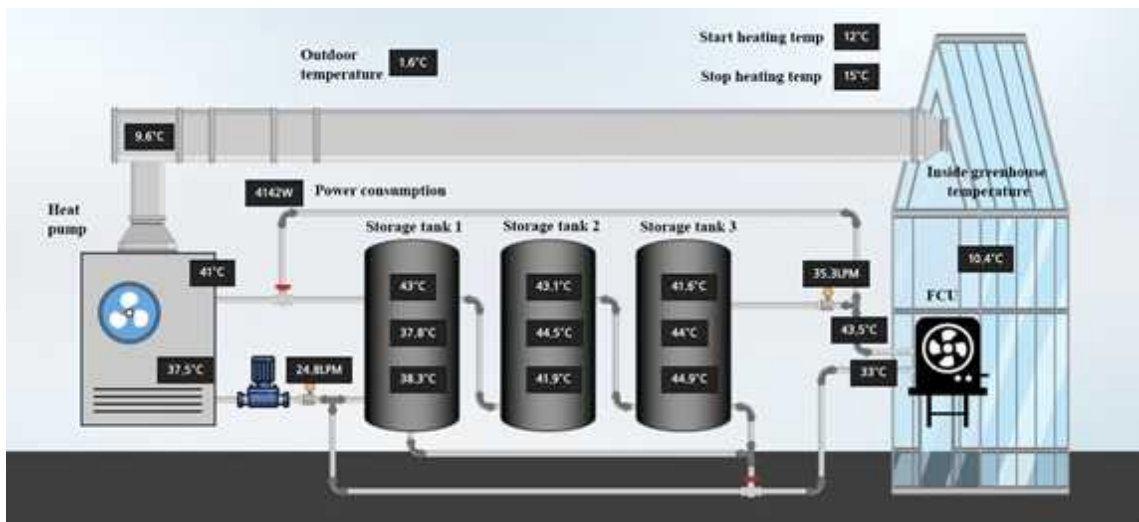
[ 실증사이트 온실 규모]



[ 에너지 절감형 난방장치 설치 사진 - 1 ]



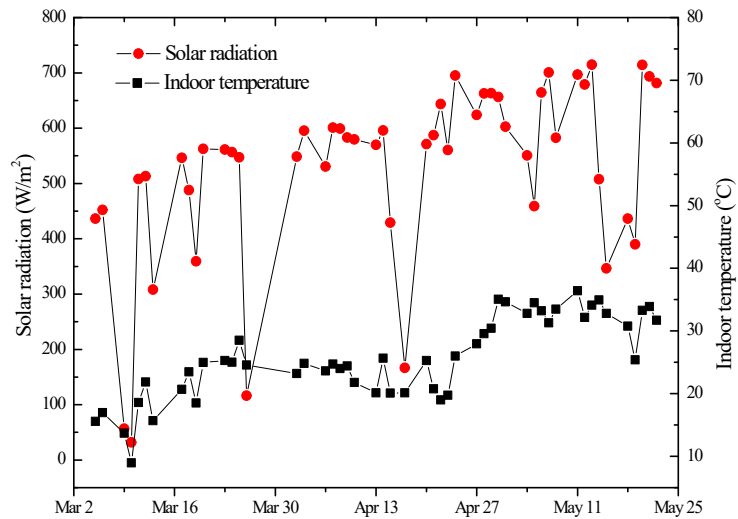
[ 에너지 절감형 난방장치 설치 사진 - 2 ]



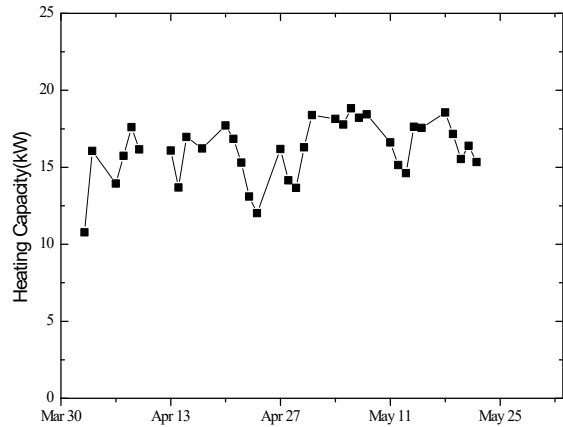
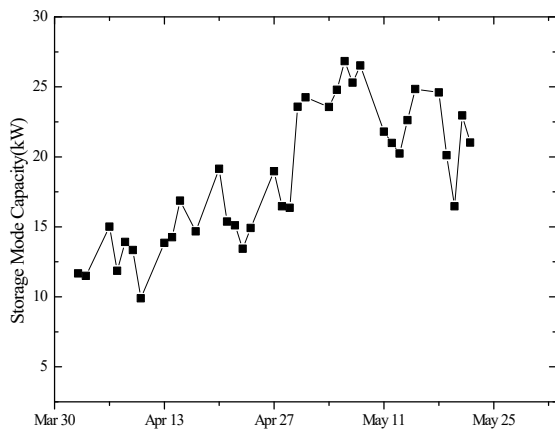
[ 실증사이트 난방장치 시스템 개략도 ]

- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬 축열식 난방장치의 제작 후 실증사이트(온실)에 설치하여 3월 19일 ~ 5월 22일까지 실증운전을 수행하였음.
- 아래 그림은 실증운전시의 날짜별 일사량 및 온실내부 온도를 나타낸 것으로써 실증 운전기간 동안 평균 일사량은 527.9w/m<sup>2</sup>로 나타났고, 실내온도는 25.7°C로 나타남.

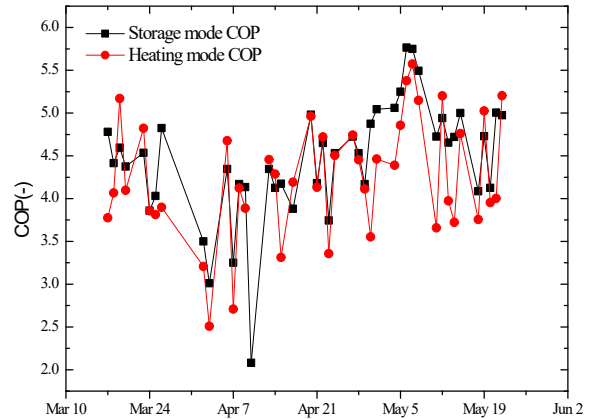
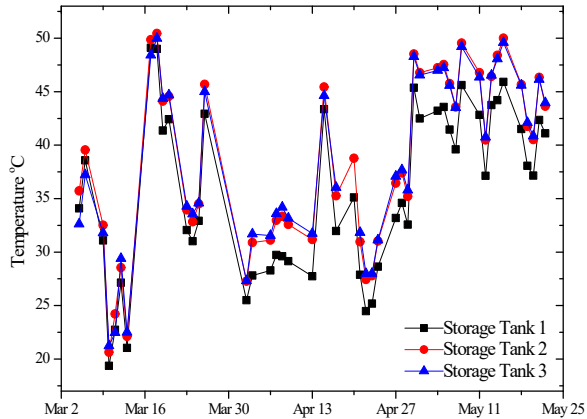
- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설치 후 축열운전에서 난방열량은 평균 18.5kW로 나타났고, 축열운전과 난방장치의 야간운전에서 온실에 공급하는 난방열량은 평균 16.08kW로 측정됨.
- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 운전시의 직렬 축열조 3개의 평균 온도는 40.7°C임.
- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 운전시 축열운전시의 히트펌프 시스템의 평균 COP는 4.46으로 나타났고, 온실난방시의 열펌프 시스템의 COP는 평균 4.24로 나타남.



[ 온실 내부 온도 및 일사량 변화 ]



[ 축열모드 운전시 히트펌프 난방열량 및 온실공급 난방열량 변화 ]



[ 축열조 온도 및 난방장치 COP변화 ]

(2) 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 효율 최적화

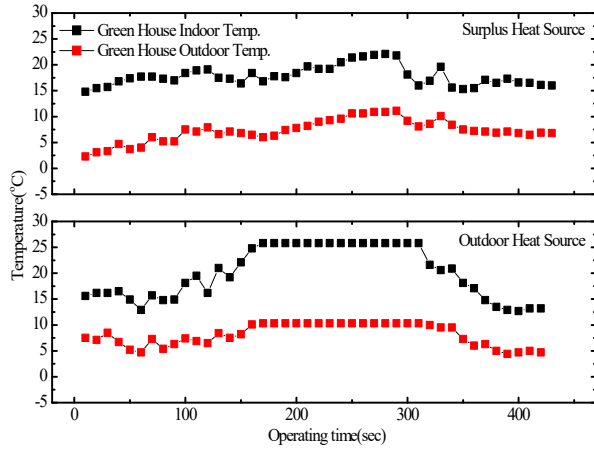
- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 제어기 설치 후 운전 최적화를 통한 효율향상 방안을 마련함.
- 에너지 절감형 직렬 축열식 난방장치의 최적화 운전시의 성능평가를 위해 아래 표와 같이 외기열원 운전과 온실상부의 열원을 이용하는 축열운전을 진행하였음.
- 외기열원온도는 평균 8.1°C로 나타났고, 온실상부의 열원온도는 평균 16.4°C로 나타남.
- 운전 최적화를 위한 비교 성능실험결과 아래표와 같이 외기열원을 이용한 난방장치의 축열열량은 10.8kW, 난방장치의 COP는 2.9로 나타났으나, 온실상부의 열원을 이용한 난방장치의 축열열량은 13.9kW, 난방장치의 COP는 3.7로 나타남에 따라 외기열원을 이용한 난방장치의 난방열량보다 28.7%높게 나타났고, 시스템의 COP보다 27.6% 높게 나타났음.

[ 에너지 절감 난방장치 실증운전시의 운전조건 ]

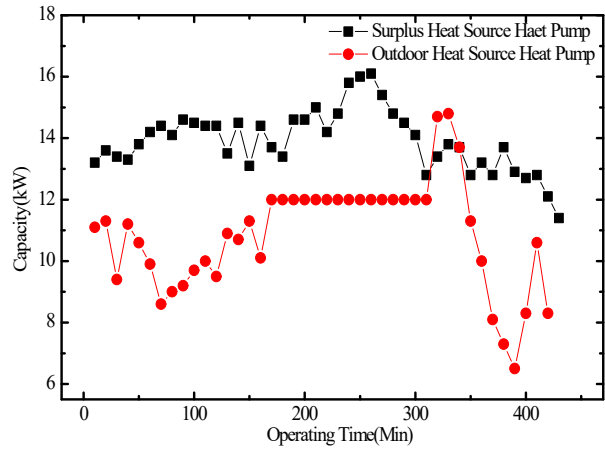
System	Indoor Temperature(°C)	Heat Source Temperature(°C)
Surplus Heat Pump	17.8	16.4
Outdoor Heat Pump	20.1	8.1

[ 실증운전 결과 ]

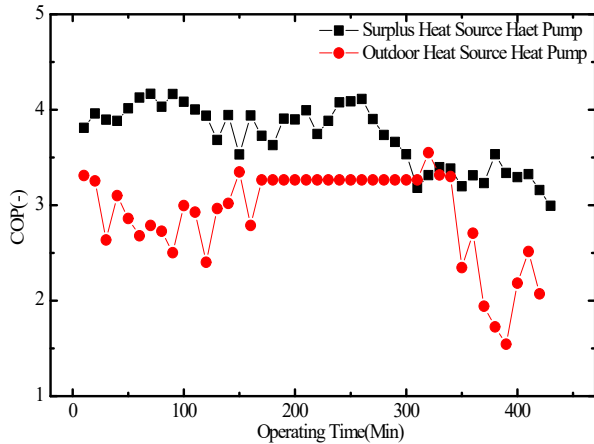
System	Capacity(kW)	Power Consumption(kW)	COP(-)
Surplus Heat Pump	13.9	3.8	3.7
Outdoor Heat Pump	10.8	3.7	2.9



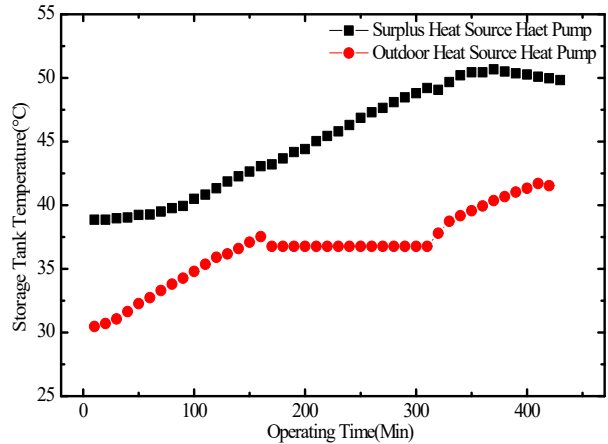
[ 운전시간에 따른 비닐하우스 내·외부 온도변화(축열운전) ]



[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 히트펌프의 축열열량 변화 ]



[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 히트펌프의 COP 변화 ]



[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 축열조 온도변화 ]

- 농축산 가운시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치를 이용하여 온실난방시의 외기열원과 온실상부의 열원을 이용하여 난방장치 운전 성능평가를 진행함.
- 온실난방시의 외기열원을 이용한 난방장치 운전시의 외기온도는 평균 3.5°C이며, 온실상부의 열원을 이용한 난방장치 운전시의 외부 온도는 평균 0.8°C 조건에서 비교 성능평가를 진행함.
- 외기열원을 이용한 난방장치 운전시의 열원온도는 평균 3.5°C로 나타났고, 온실 상부의 열원을 이용한 난방장치 운전시의 열원의 온도는 평균 12.5°C로 나타남.
- 운전 최적화를 위한 난방실험 성능실험결과 아래 표와 같이 외기열원을 이용한 난방장치의 축열 열량은 10.5kW, COP는 2.5로 나타났으나, 온실상부의 열원을 이용한 난방장치의 축열열량은 12.3kW, COP는 3.5로 나타남에 따라 외기열원을 이용한 난방장치의 난방열량보다 온실상부의 열원을 이용하는 시스템의 난방열량이 17.1% 높게 나타났고 시스템의 COP보다 40.0% 높게 나타났음.



[ 실증사이트(온실)의 히트펌프 열원 운전조건 ]

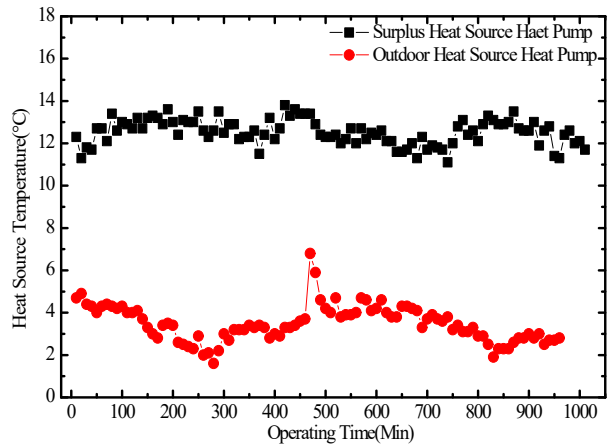
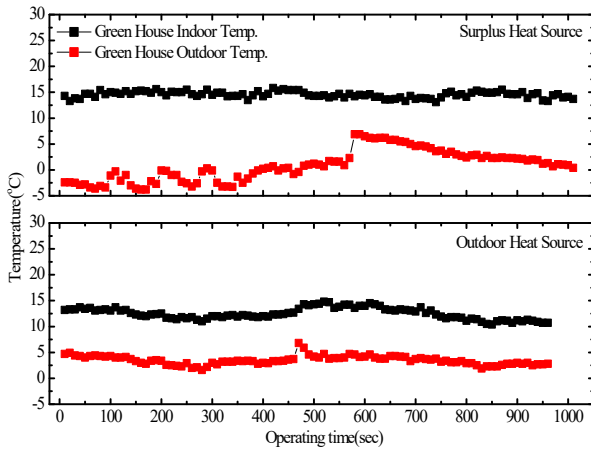
System	Outdoor Temperature(°C)	Heat Source Temperature(°C)
Surplus Heat Pump	0.8	12.5
Outdoor Heat Pump	3.5	3.5

[ 실증사이트(온실) 축열운전 비교 성능평가 결과 ]

System	Capacity(kW)	Power Consumption(kW)	COP(-)
Surplus Heat Pump	12.3	3.5	3.5
Outdoor Heat Pump	10.5	4.2	2.5

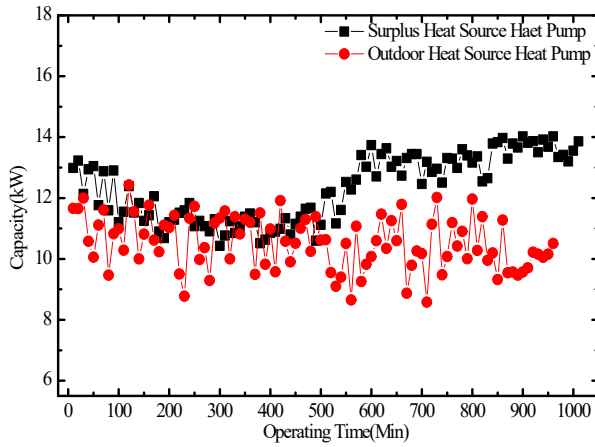
[ 실증사이트(온실) 난방운전 비교 성능평가 결과 ]

System	Capacity(kW)	Operating Time(Min)
Surplus Heat Pump	12.7	1,010(16Hour 50Min)
Outdoor Heat Pump	10.8	960(16Hour 10Min)

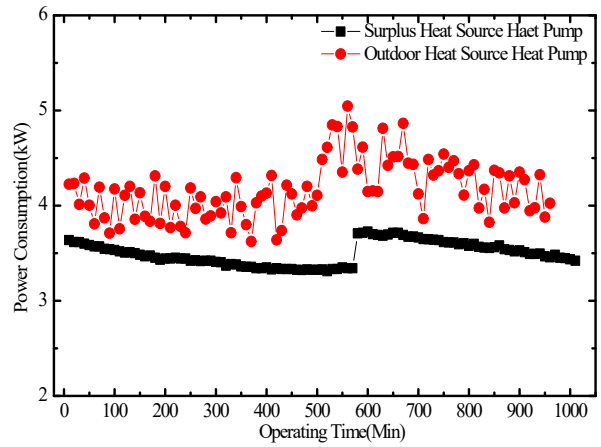


[ 운전시간에 따른 비닐하우스 내·외부 온도변화(난방운전) ]

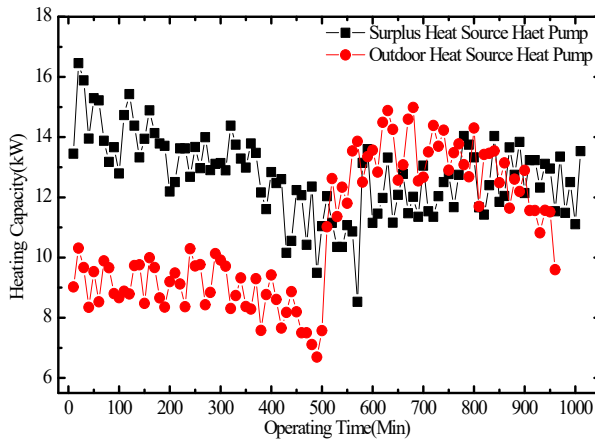
[ 운전시간에 따른 히트펌프 열원온도 변화 ]



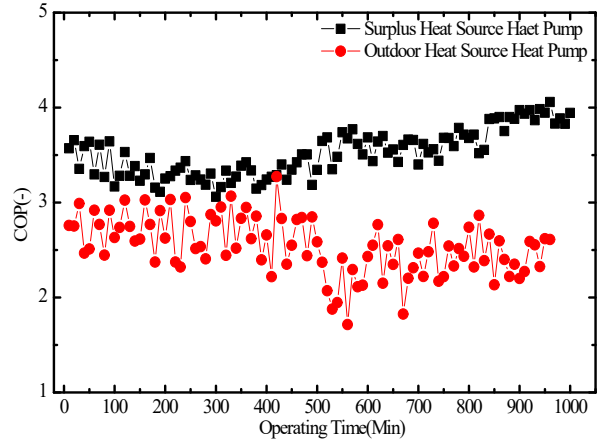
[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 히트펌프의 축열열량 변화 ]



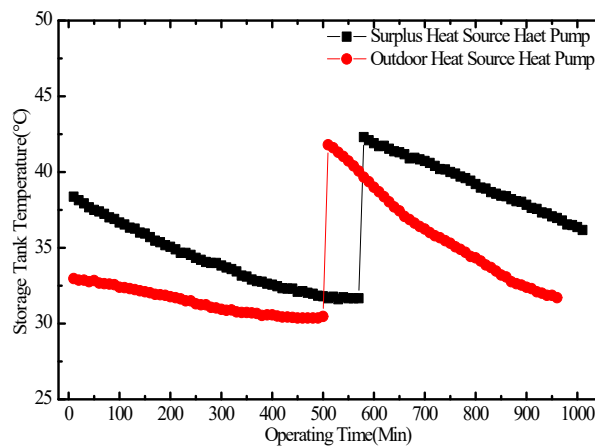
[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 히트펌프 소비동력 변화 ]



[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 난방열량 변화 ]



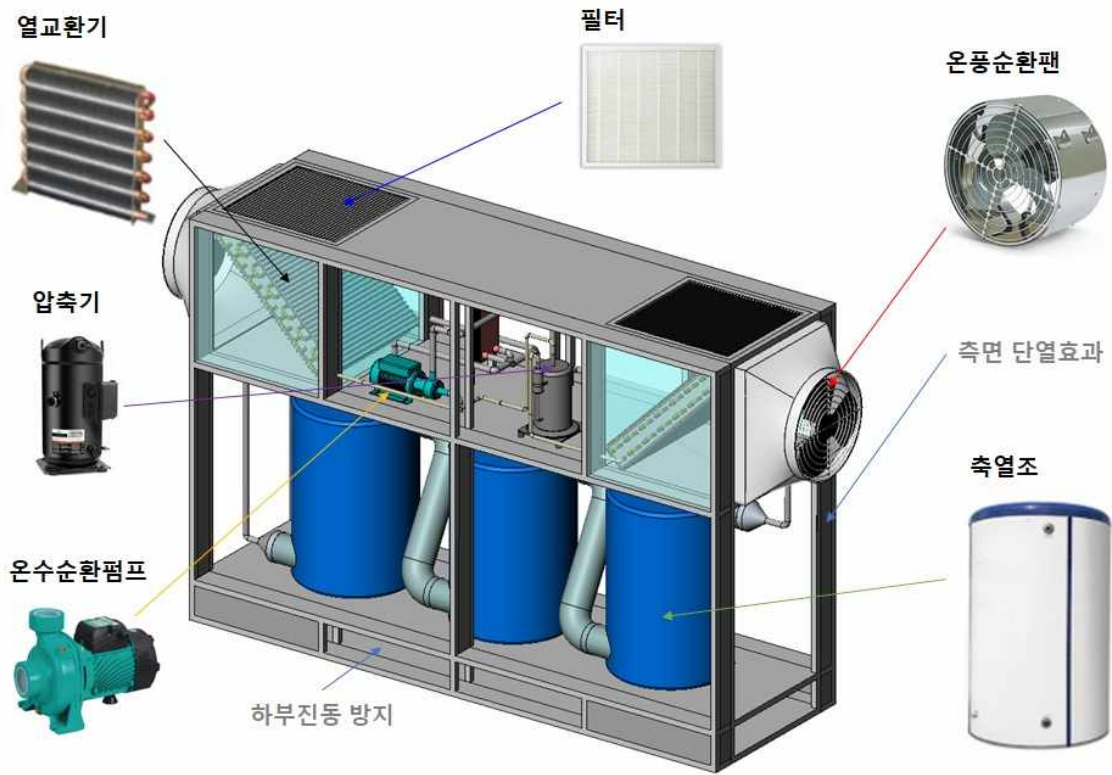
[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 COP 변화 ]



[ 운전시간에 따른 잉열열원 및 외기열원 축열조 온도변화 ]

(3) 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 시스템 패키지화

- 시스템 및 제어기 최적화를 통해 성능평가 완료 후 아래 그림과 같은 제품화 예정.



[ 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열 난방장치 시스템 제품화 개략도 ]

(4) 실증데이터를 바탕으로 비교설비 대비 에너지 분석 실시

■ 유류보일러와 열펌프 연료비 비교

- 실증 데이터를 이용하여 온실용 경유보일러, 등유보일러 및 전기히터를 이용한 난방 장치의 연료비 비교를 진행함.
- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열 난방장치의 연료비는 경유보일러 기준으로 72.1% 절약되며, 전기히터 난방장치 기준으로 57.5% 절약됨.

농사용

- 농사용전력(2) : 일국생산물 위한 양수, 배수펌프 및 수문조작에 사용하는 전력
- 농사용전력(을) : 다음 중 하나에 해당하는 계약전력 1,000kW 미만의 고객으로 농사용전력(갑) 이외의 고객
  - 농사용 목초 또는 건조제에 사용하는 전력
  - 농작물 재배 축산 양잠 수산물양식업, 농작물 저온보관시설, 수확 또는 어촌계의 저온보관시설
  - 농수산물 생산자의 농수산물 건조 시설, 수확 또는 어촌계의 수산물 제빙 냉동시설
  - 농작물 재배 축산 양잠 수산물양식업 고객의 해송 구제(驅除) 및 유인용 전등

- 경유 요금 : 627.9원/Liter(총발열량 : 9,030kcal/Liter)
- 등유 요금 : 617.7원/Liter(총발열량 : 8,770kcal/Liter)

적용일자 : 2013년 11월 21일

구분	기본요금(원/kWh)	전력량 요금(원/kWh)	
갑	360	21.6	
을	저압	39.2	
		여름철(6~8월)	41.9
	고압(A,B)	1,210	
		봄가을철(3~5, 9~10월)	39.9
		겨울철(11~2월)	41.9

※ 12.11.19 이후 기준 농사용(을 별)→농사용(을) 통합 후 농사용(을)로 명칭변경

농사용 전기 전력요금표  
(한국전력공사 2013.11.21.)

[ 제주지역 오피넷 공시기준 ]

[ 농사용 전기 및 유류 연료비 요금비교 ]

[포 5] Heat Pump와 경유보일러 연료비 비교

난방방식	난방용량(kW)	단가(원/kWh)	연료사용량	연료비(원/day)
Heatpump	12.7	39.2	3.5(kW)	3,386
전기보일러	12.7	39.2	12.7(kW)	7,965
경유보일러	12.7	627.9	1.21(Liter/h)	12,156
등유보일러	12.7	617.4	1.25(Liter/h)	12,348

- Heat Pump 연료비2)
  - 난방시간 : 1,920시간(1일 16시간, 120일)
  - 히트펌프 난방용량 : 12.7kW(실 운전 데이터 기준)
  - 히트펌프 난방 전기사용량(kW) : 3.5(실운전 데이터 기준)
  - 히트펌프 난방 연료비(원/day) : 3.5kW×39.2×16=2,195.2원/day
  - 축열시간 : 1,200시간(1일 8시간, 120일)
  - 히트펌프 축열 전기사용량(kW) : 3.8(실운전 데이터 기준)

2) 전기요금은 한국전력 전기요금표 농사용전력(을) 저압을 적용함(기본요금제외)

- 히트펌프 축열 연료비(원/day) :  $3.8\text{kW} \times 39.2 \times 8 = 1,191.7\text{원/day}$
- 경유보일러 연료비 계산<sup>3)</sup>
- 난방시간 : 1,920시간(1일 16시간, 120일)
- 경유발열량(kcal/L) : 9,030
- 경유보일러 효율(%) : 100
- 경유보일러 난방용량(kcal/L) : 9,030(10.5kW)
- 경유보일러 연료소비량(Liter/h) : 1.21(12kW)
- 경유 단가(원/L) : 627.9(면세유 기준)
- 경유보일러 연료비(원/day) :  $1.21 \times 627.9 \times 16 = 12,156.14$

■ 유류보일러와 열펌프 CO<sub>2</sub> 배출량

- 실증 데이터를 이용하여 경유보일러를 이용한 난방장치의 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교한 결과 경유보일러에 대비 44.4% 절감효과가 있음.

[ Heat Pump와 경유보일러 CO<sub>2</sub> 배출량 비교(년간) ]

난방방식	난방용량(kW)	년간 에너지사용량	tCO <sub>2</sub> 배출량
Heat Pump	12.7	7296(kWh)	3.352
경유보일러	12.7	2,323(ℓ)	6.030

- Heatpump CO<sub>2</sub> 배출량
  - 난방용량(kW) : 12.7
  - 전기사용량(kW) : 3.8(실운전 데이터기준)
  - 전력의 이산화탄소 배출계수 : 0.4594(tCO<sub>2</sub>eq./MWh)
  - 에너지 소요량 :  $3.8 * 16\text{시간} * 120\text{일}$
- 경유보일러 CO<sub>2</sub> 배출량
  - 난방용량(kW) : 12.7
  - 효율(%) : 100
  - 경유 이산화탄소 배출계수 : 20.111(tc/TJ)
  - 에너지 소요량 :  $1.21(\ell/\text{hour}) * 16\text{시간} * 120\text{일}$

3) 경유 및 등유발열량은 국제에너지기구(IEA)에서 정한 석유환산톤을 적용함

(5) 사업화를 위한 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 성능인증

- 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 실험조건은 아래 표에 제시된 바와 같으며 시험평가 결과 난방열량은 15.31kW, 소비전력은 3.33kW로 나타남에 따라 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 최종 COP는 4.59로 나타남.

[ 성능인증 시험성적 조건 ]

측정항목		시험결과
난방수 측	입구온도(℃)	44.4
	출구온도(℃)	52.42
	유량(LPM)	27.7
축열조 온도(℃)		49.09

[ 성능인증 시험성적서 결과 ]

System	Capacity(kW)	Power Consumption(kW)	COP(-)
Heat Pump	15.31	3.33	4.59



[ 난방장치 성능평가 결과(시험성적서) ]

- (6) 농축산 시설환경 제어를 위한 실증사이트 대상 최적 환경분석 및 제어모듈 개발
- 직렬축열식 난방장치 개발 실증사이트, 외부기상데이터 수집 및 분석
  - 기상자료개방포털을 통해 실증사이트 인근의 ASOS(제주 184)지점과 AWS(산천단 329)지점의 데이터를 수집하여 2011년부터 2020년까지 10년 자료의 월평균을 분석함
  - 기상청에서 관측된 기상요소의 월평균, 연평균 데이터를 정리하여 아래 표로 정리함

구분		측정항목						
분석 요소		평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 상대습도, 평균풍속 등						
제주지방기상청 제주 ASOS 자료 수집 및 분석 (월평균)								
				월 평 균	평균기온(°C)	17.2		
					최고기온(°C)	26.7		
					최저기온(°C)	10.1		
					강수량(mm)	132.6		
					상대습도(%)	70.8		
					평균풍속(m/s)	3.1		
					최대풍속(m/s)	11.8		
농축산 시설환경 제어 실증사이트 인근 ASOS 지점								
월	기온(°C)			강수량 (mm)	습도 (%)	풍속(m/s)		
	평균	최고	최저			평균	최대	
1월	6.0	15.4	-0.7	57.7	64.7	3.9	12.3	
2월	6.9	18.8	-0.9	61.1	64.5	3.6	11.5	
3월	10.2	22.0	2.0	82.9	63.7	3.3	11.2	
4월	14.6	25.8	6.7	92.5	65.7	3.2	12.7	
5월	19.0	29.6	11.7	77.5	68.9	2.9	11.3	
6월	22.0	30.6	16.2	171.8	81.5	2.6	10.8	
7월	26.7	35.5	20.6	178.6	80.2	2.7	11.4	
8월	27.8	34.7	21.7	280.2	77.9	2.9	12.4	
9월	23.5	30.5	17.4	235.0	76.0	2.8	12.0	
10월	18.9	27.0	11.0	135.6	67.9	3.0	12.8	
11월	13.9	23.3	5.8	85.2	67.5	3.2	11.5	
12월	8.2	17.8	1.1	62.6	64.7	3.9	12.2	
평균	17.2	26.7	10.1	132.6	70.8	3.1	11.8	

구분	측정항목
분석 요소	평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 상대습도, 평균풍속 등

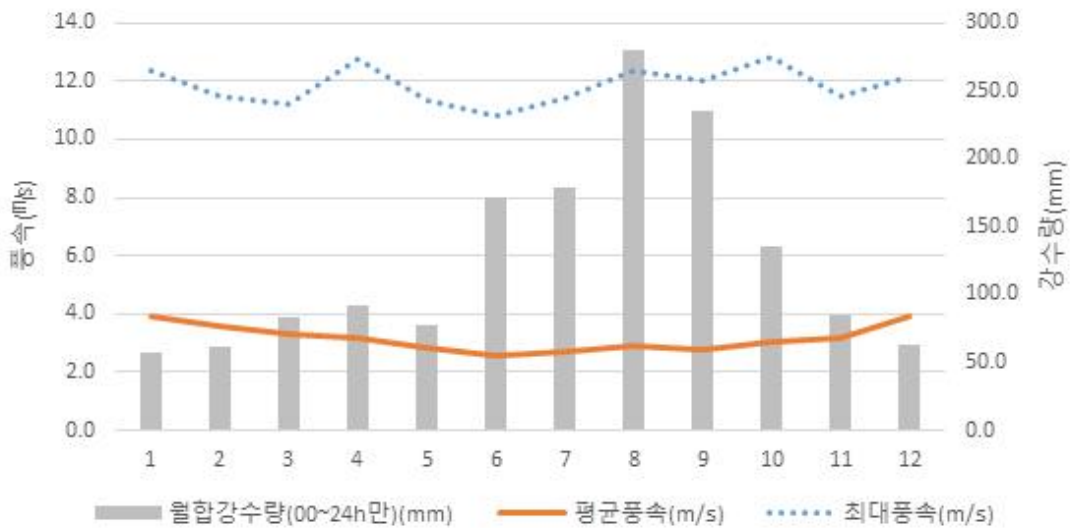
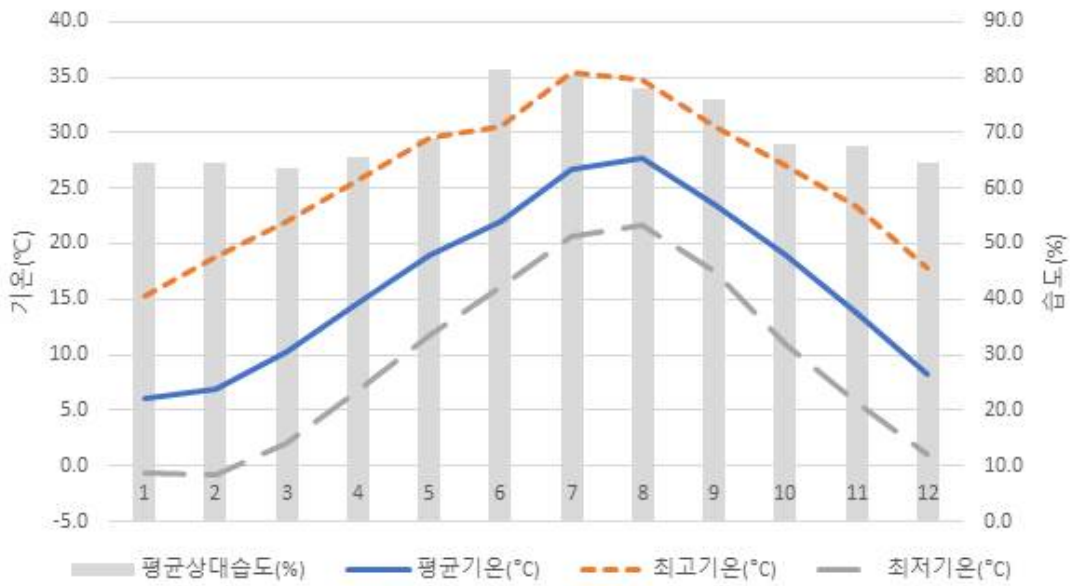
**제주지방기상청 제주 ASOS 자료 수집 및 분석 (연평균)**

	연 평 균	평균기온(℃)	16.5
		최고온도(℃)	25.9
		최저온도(℃)	9.4
		강수량(mm)	126.7
		상대습도(%)	70.3
		평균풍속(m/s)	3.2
		최대풍속(m/s)	11.9
농축산 시설환경 제어 실증사이트 인근 ASOS 지점			

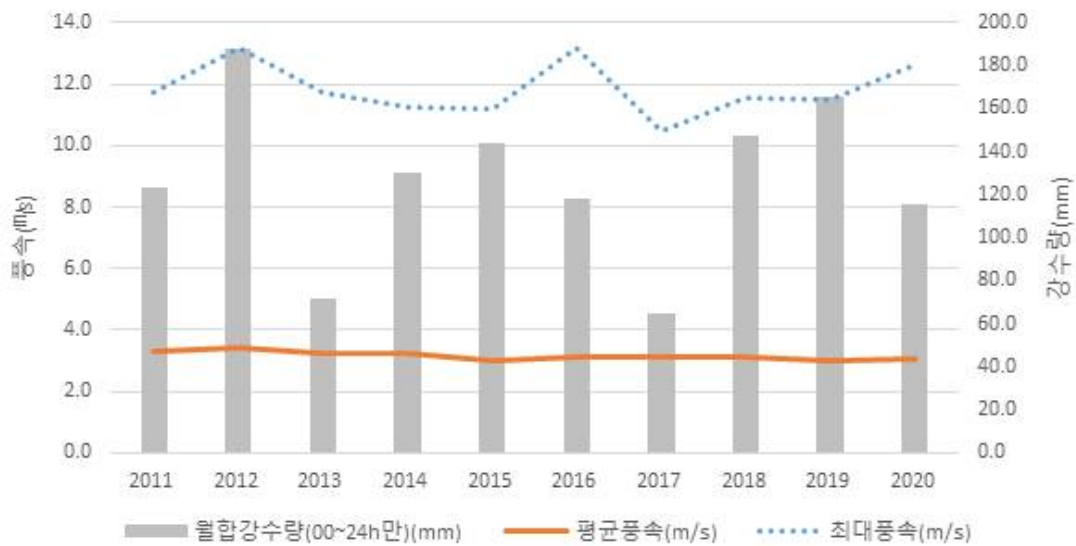
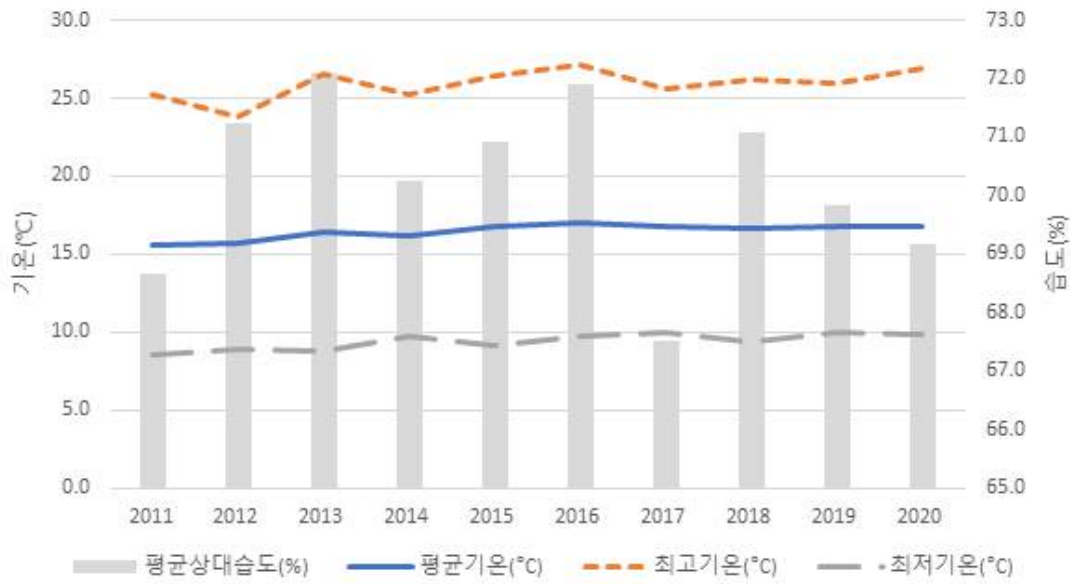
연도	기온(℃)			강수량 (mm)	습도 (%)	풍속(m/s)	
	평균	최고	최저			평균	최대
2011	15.6	25.2	8.5	123.2	68.7	3.3	11.8
2012	15.7	23.9	8.9	187.4	71.3	3.4	13.2
2013	16.5	26.6	8.8	71.6	72.1	3.2	11.7
2014	16.2	25.2	9.7	130.3	70.3	3.2	11.3
2015	16.7	26.4	9.1	144.0	70.9	3.0	11.2
2016	17.0	27.1	9.7	118.0	71.9	3.1	13.2
2017	16.8	25.6	10.0	64.4	67.5	3.1	10.5
2018	16.6	26.2	9.4	147.5	71.1	3.1	11.6
2019	16.8	26.0	9.9	165.0	69.8	3.0	11.5
2020	16.7	26.9	9.9	115.8	69.2	3.1	12.7
평균	16.5	25.9	9.4	126.7	70.3	3.2	11.9



기상청 ASOS(제주 184) - 2011~2020 기상데이터 분석 (월평균)



기상청 ASOS(제주 184) - 2011~2020 기상데이터 분석 (연평균)



구분	측정항목
분석 요소	평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 상대습도, 평균풍속 등

**제주지방기상청 산천단 AWS 자료 수집 및 분석 (월평균)**

	월 평균	평균기온(°C)	13.0
		최고온도(°C)	23.8
		최저온도(°C)	4.2
		강수량(mm)	203.1
		평균풍속(m/s)	2.2
		최대풍속(m/s)	16.2
농축산 시설환경 제어 실증사이트 인근 AWS 지점			

월	기온(°C)			강수량 (mm)	풍속(m/s)	
	평균	최고	최저		평균	최대
1월	1.7	12.9	-6.0	77.8	2.3	16.5
2월	2.9	16.9	-5.6	90.9	2.4	15.5
3월	6.7	20.6	-3.3	111.2	2.3	15.6
4월	11.9	23.9	1.4	159.0	2.3	16.9
5월	16.9	27.7	5.8	135.4	2.2	18.1
6월	19.7	29.4	12.0	219.0	1.9	15.9
7월	23.8	32.8	16.5	293.2	1.9	16.6
8월	24.3	32.7	16.8	466.0	2.1	19.6
9월	19.8	28.2	11.7	444.4	2.0	14.4
10월	14.7	24.9	4.9	216.0	2.1	15.0
11월	9.8	21.0	0.3	128.4	2.1	13.9
12월	3.8	15.0	-4.0	96.1	2.5	16.4
평균	13.0	23.8	4.2	203.1	2.2	16.2

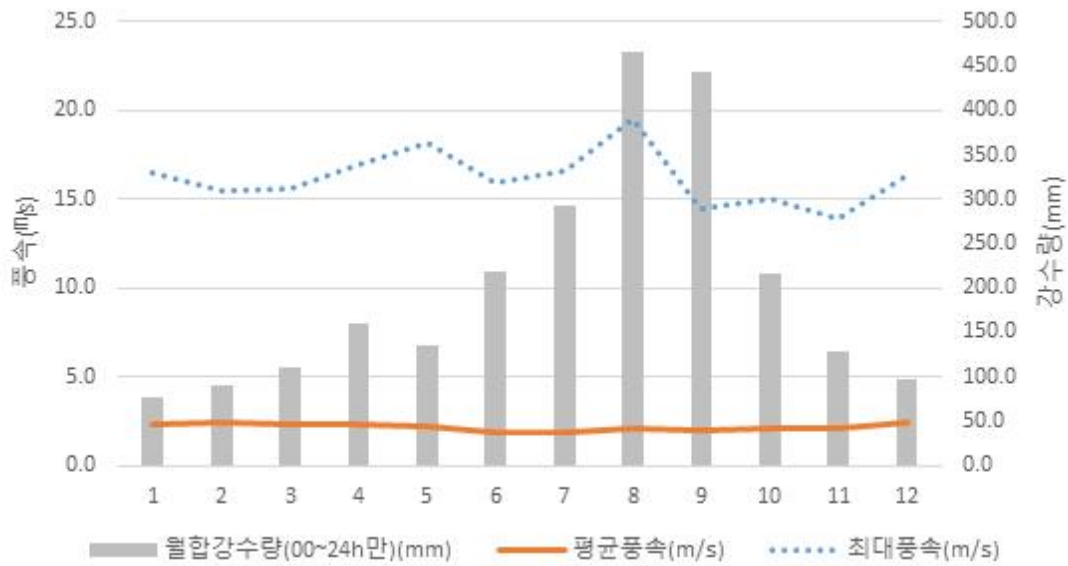
구분	측정항목
분석 요소	평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량, 상대습도, 평균풍속 등

**제주지방기상청 산천단 AWS 자료 수집 및 분석 (연평균)**

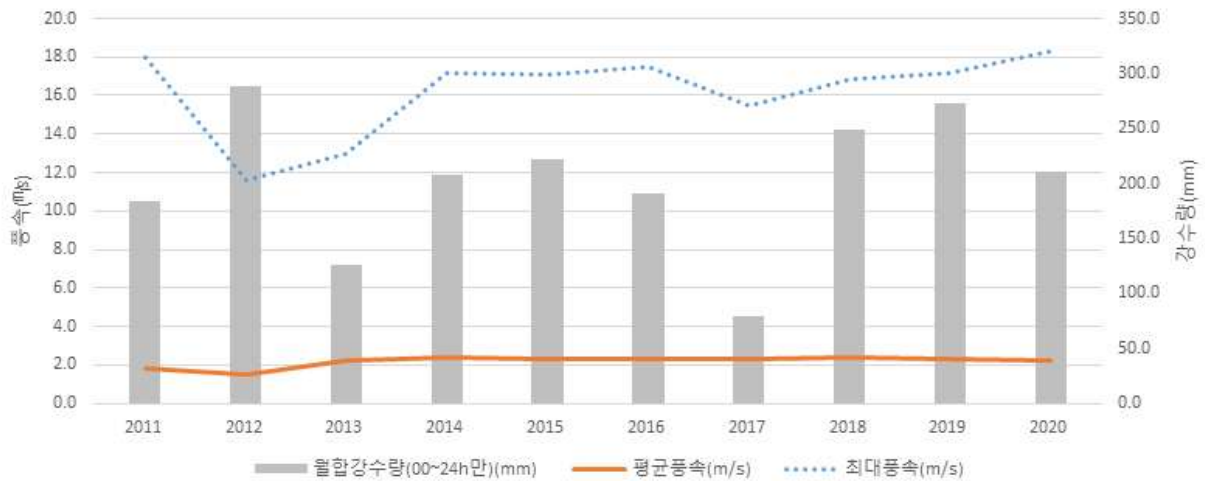
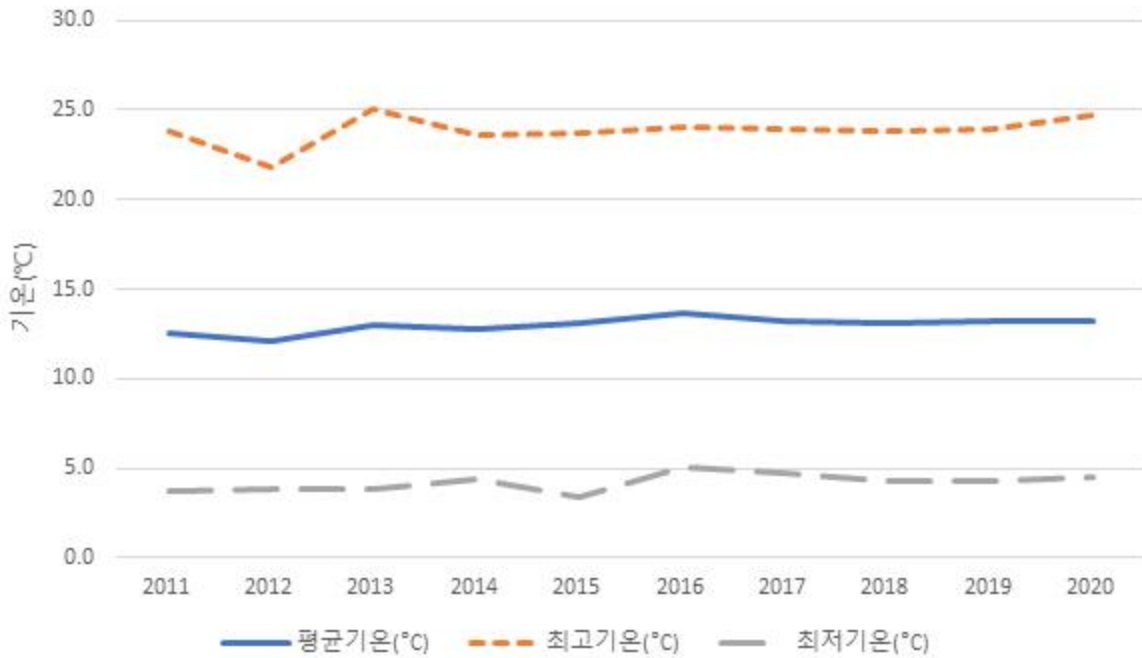
	연 평 균	평균기온(℃)	13.0
		최고온도(℃)	23.8
		최저온도(℃)	4.2
		강수량(mm)	203.1
		평균풍속(m/s)	2.2
		최대풍속(m/s)	16.2
농축산 시설환경 제어 실증사이트 인근 AWS 지점			

연도	기온(℃)			강수량 (mm)	풍속(m/s)	
	평균	최고	최저		평균	최대
2011	12.6	23.8	3.7	184.5	1.8	18.0
2012	12.1	21.8	3.8	288.5	1.5	11.6
2013	13.0	25.0	3.8	125.4	2.2	12.9
2014	12.7	23.5	4.4	208.6	2.4	17.2
2015	13.1	23.7	3.4	222.2	2.3	17.1
2016	13.6	24.1	5.1	190.8	2.3	17.5
2017	13.2	24.0	4.7	78.7	2.3	15.5
2018	13.1	23.8	4.3	249.3	2.4	16.9
2019	13.2	23.9	4.3	272.7	2.3	17.2
2020	13.2	24.7	4.5	210.4	2.2	18.3
평균	13.0	23.8	4.2	203.1	2.2	16.2

기상청 AWS(산천단 329) - 2011~2020 기상데이터 분석 (월평균)



기상청 AWS(산천단 329) - 2011~2020 기상데이터 분석 (연평균)



• 기후환경

- 제주도의 기온과 강수량의 30년 평년값을 기상청 기상자료개방포털을 통해 수집함
- 조회기간은 1981년 ~ 2010년까지의 30년 평년값으로 지점은 제주, 고산, 성산, 서귀포의 네 지점에 해당하며 기상요소는 평균/최고/최저기온과 강수량에 해당함
- 지역적, 지형적인 특성을 많이 받는 제주도의 특성상 4지점의 기후환경 또한 조금씩 차이를 나타내고 있는 것을 확인함
- 평균기온과 최고기온, 최저기온 모두 서귀포 지점이 다른 3지점보다 높았고, 강수량은 성산 지점이 다른 3지점보다 높은 값을 기록함

평년값 (1981~2010)	평균기온(℃)	최고기온(℃)	최저기온(℃)	강수량(mm)
제주(184)	15.8	18.9	12.9	1497.6
고산(185)	15.6	18.4	13.1	1142.8
성산(188)	15.4	19.2	11.9	1966.8
서귀포(189)	16.6	20.2	13.5	1923.0

- 또한, 제주, 고산, 성산, 서귀포 네 지점에 대한 30년 평년 데이터와 2011년 ~ 2020년 10년간의 강수일수와 폭염일수를 월별과 연별, 계절별로 정리하여 표로 나타냄
- 강수일수는 일강수량이 0.1mm 이상인 날의 수를 집계하며, 폭염일수는 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 수를 의미함
- 강수일수는 11년간의 월별 일수와 계절별 강수일수로 정리하여 나타냈으며 폭염일수는 11년간의 월별 일수와 가장 긴 폭염이 있었던 날을 표로 정리함
- 강수일수의 경우 8월이 제일 높은 값을 보였으며 여름과 겨울철에 다른 계절보다 비교적 큰 값을 보였고, 폭염일수는 여름철인 7~9월에 집중된 것으로 나타남

강수일수 평년	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
제주(184)	12.6	10.3	11.2	10	10.4	11.8	12.5	13.5	10.8	7	9.3	10.8
고산(185)	11.4	9.1	10.9	9.3	10.1	11.8	11.9	13.4	9.3	6.1	8	9.7
성산(188)	11.1	9.1	10.9	9.1	9.4	12.4	13	13.6	9.8	5.8	7.7	8.9
서귀포(189)	10.3	9.5	11	10.5	10.7	12.9	14.3	14.2	10.3	6.1	7.4	8.1
폭염일수 평년	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
제주(184)	0	0	0	0	0	0.1	2.8	3	0.2	0	0	0
고산(185)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0	0	0
성산(188)	0	0	0	0	0	0	0.5	0.6	0.1	0	0	0
서귀포(189)	0	0	0	0	0	0	0.8	1.6	0.1	0	0	0

- 실증사이트와 가장 근접한 기상청 ASOS 제주 지점의 강수일수와 폭염일수를 월별 및 연별에 대해 추가 정리함

기상청 제주(184) 지점 강수일수

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평년	12.6	10.3	11.2	10	10.4	11.8	12.5	13.5	10.8	7	9.3	10.8
2011년	12	8	6	9	12	15	11	15	8	5	15	14
2012년	13	20	10	10	6	8	12	17	11	4	13	22
2013년	6	12	6	6	6	17	4	9	10	8	13	12
2014년	7	10	9	9	8	9	15	15	11	6	11	17
2015년	10	9	9	14	9	15	8	11	9	4	18	12
2016년	13	11	8	12	12	14	9	7	16	14	11	10
2017년	9	8	8	6	7	7	4	11	9	9	8	11
2018년	18	11	10	8	12	12	6	10	13	6	6	13
2019년	5	7	9	8	5	8	13	12	17	9	7	7
2020년	10	10	8	6	9	12	18	9	14	4	7	6

(같은 년도의 월별 강수일수를 비교함)

구분	봄 (3~5월)	여름 (6~8월)	가을 (9~11월)	겨울 (12~익년2월)
평년	40	39	28	31
2011년	27	41	28	47
2012년	26	37	28	40
2013년	18	30	31	29
2014년	26	39	28	36
2015년	32	34	31	36
2016년	32	30	41	27
2017년	21	22	26	40
2018년	30	28	25	25
2019년	22	33	33	27
2020년	23	39	25	21



기상청 제주(184) 지점 폭염일수 및 가장 긴 폭염												
구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평년	0	0	0	0	0	0.1	2.8	3	0.2	0	0	0
2010년	0	0	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0
2011년	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0
2012년	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
2013년	0	0	0	0	0	0	12	11	0	0	0	0
2014년	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
2015년	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0
2016년	0	0	0	0	0	0	5	9	1	0	0	0
2017년	0	0	0	0	0	0	14	9	0	0	0	0
2018년	0	0	0	0	0	0	4	11	0	0	0	0
2019년	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0
2020년	0	0	0	0	0	0	2	12	0	0	0	0
(같은 년도의 월별 강수일수를 비교함)												
구분	시작일		종료일		지속일수							
2010년	2010-08-04		2010-08-08		5							
2011년	2011-07-26		2011-07-28		3							
2012년	2012-07-30		2012-07-31		2							
2013년	2013-07-29		2013-08-02		5							
2014년	2014-07-30		2014-07-31		2							
2015년	2015-08-06		2015-08-07		2							
2016년	2016-08-11		2016-08-17		7							
2017년	2017-07-20		2017-07-25		6							
2018년	2018-08-12		2018-08-15		4							
2019년	2019-08-07		2019-08-09		3							
2020년	2020-08-11		2020-08-15		5							

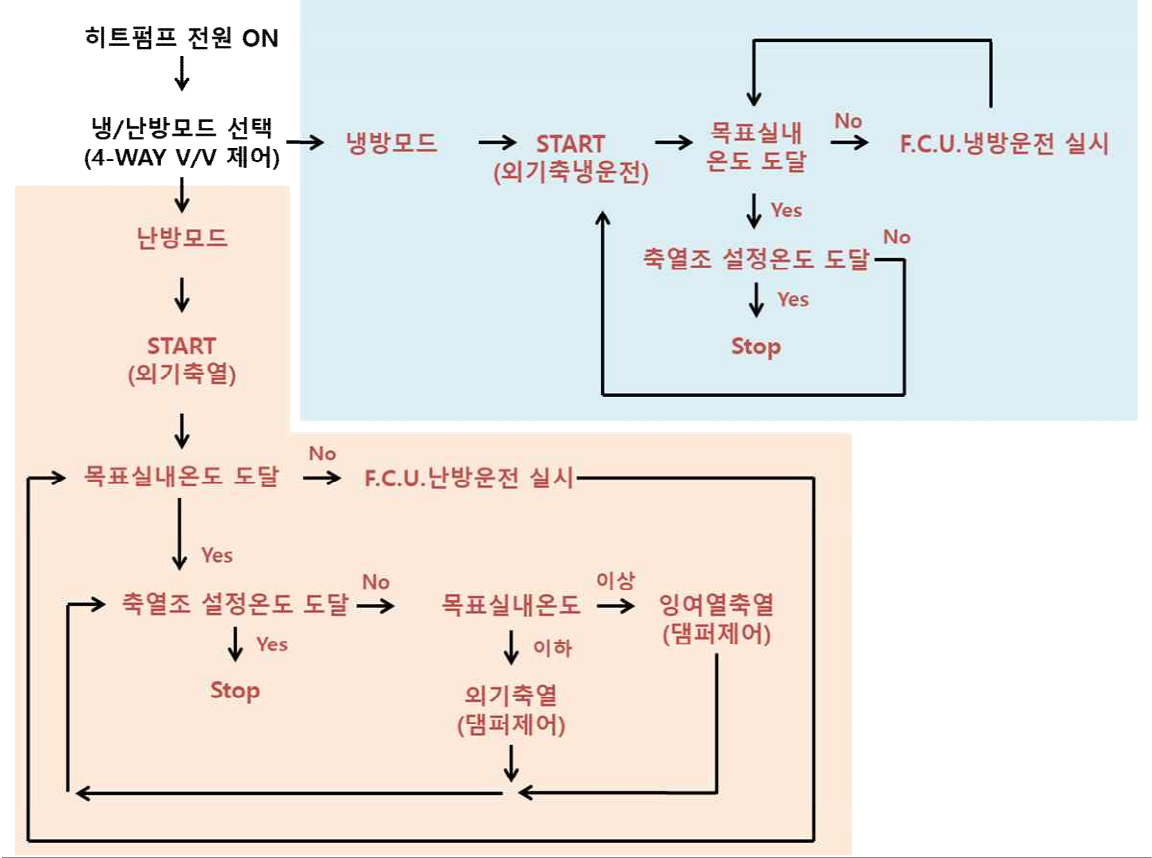
(7) 최적 환경제어 모듈 및 설비의 실증적용을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석

- 최적 환경제어를 위한 시설재배 현장 정보 수집 및 정량적 분석
- 최적 환경제어를 위한 시설장비의 시설재배 현장적용 및 실증을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석
- 다양한 환경요인을 모니터링 함으로써 농장 상태를 파악하고 제어가 가능한 방법과 생육단계별 영양 및 생식 생장을 표와 그래프로 시각화
- 대상 작물 또는 사육가축의 성장 상태를 파악하고 환경설정에 따른 생육상태를 분석하여, 다양한 환경요인과 생육항목을 접목하여 어떤 요인이 영향을 주는 지 동시비교와 상관관계를 분석하여 생산량에 영향을 주는 적합한 생육상태 및 환경 요인 도출

목적	레이아웃
온도관리	농축산 시설 내외부 온도 비교 일일 내 온도 변화 비교, 주/야간 온도 편차 비교
습도 관리	시기별 온실 내부 습도 비교, 환경 설정 방식에 따른 습도 변동 편차
환경과 생육과의 관계	환경요인과 생육항목의 관계 모니터링
환경, 생육, 생산량 관계	주요 환경, 생육, 생산량 동시 시각화 환경 및 주요 생육항목 상관분석
에너지 비용 절감	온도 유지를 위한 에너지 사용량 비교

- 시설온실 환경요인에 따른 생육 복합환경제어 모듈 구조화
- 정적생육 및 복합환경제어를 위한 모의실험 환경조절 및 변수 산정
- 직렬축열식 난방장치 개발을 통해 냉난방 온도 상한값/하한값 설정
- 시설온실 내부, 아열대과수(만감류) 종류 및 특징, 시기별(발화기, 성장, 과수, 수확기) 등 최적환경을 위한 습도 / CO<sub>2</sub> 농도/ 토양수분/ 광도 등의 상한값/하한값 설정 및 Input
- 최적환경조절을 위한 필요 설비 및 운전, 가동중지, 제어값조절 등을 위한 모듈 초기 셋팅
- 당해연도 연구 및 사업수행을 통해 지속적인 냉난방운전 및 생육계측, 시설온실 내부환경계측 및 분석을 통한 실질적 최적환경 제어값을 도출하고자 함.

직렬축열식 난방장치 개발로 시설온실 내부온도에 따른 히트펌프, FCU 등 냉난방운전 생육 복합환경제어 로직



- 온도관리에 따른 냉난방운전 제어값
  - 무리한 조기가온은 품질, 열과 발생 등 영향을 줄수 있으므로, 아열대작물 특성에 따라 가온재배 적정온도 및 환경 분석이 필요시 되며, 생육시기별로 온도관리가 필수적임.

생육초기 (발아 - 개화기, 3~4월)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 뿌리활동 시작</li> <li>• 새순,꽃순 형성</li> <li>• 새순 발아</li> <li>• 개화 및 만개</li> </ul>	주간 20℃, 야간 10℃
생리낙과기 - 과실대비기 (5월)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 봄순 전장, 개화 및 생리낙과</li> <li>- 잎 녹화 시작, 가지 성장</li> <li>- 5월상순 개화, 1차 생리낙과 시작</li> <li>- 5월 하순 1차 낙과 피크</li> <li>- 새뿌리 발생 시작</li> <li>• 온도 상승에 따라 병해충 발생</li> <li>- 총채벌레, 진딧물, 곰팡이 등</li> </ul>	28℃ 이하 (천측장 개방)
※ 여름철	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여름철, 하우스 내 온도상승 최대한 억제</li> <li>• 주야간, 자연온도 유지</li> <li>• 고온 : 과도한 증산작용은 수세 및 품질에 악영향을 줌</li> <li>저온 : 초생재배, 부초피복 등</li> </ul>	
성숙기	15℃ ~ 20℃ 유지(자연온도)	
수확기	2℃ 유지(난방기 없을시, 측창 개방)	

○ 황금향

- 생육초기(발아~개화기)
  - 생리낙과기 온도가 높으면 낙과가 많음
  - 5월이 되면 측장 개폐가 되지 않은 하우스내 온도과 35℃ 이상 올라감
  - 5월부터는 하우스내 온도가 33℃ 이상 올라가지 않도록 해야 함
- 생육중기(과실비대기)
  - 낮 온도가 가능하면 33℃ 이하로 유지되도록 해야 함
- 생육후기(탈색, 착색기 ~ 수확기)
  - 9월 하순부터 이슬 발생유무 확인
  - 10월 이후 평균기온은 25℃ 이상으로 유지(화아분화 억제, 당집적불량)
  - 비, 이슬 유입 차단

황금향				
생육시기	생육상황	온도관리 방법		비고
		최고온도	최저온도	
4월~5월	발아~개화기	28℃	15℃	봄순충실, 요고과, 배꼽과 발생 방지
6월	생리낙과기~착과기	28℃	25℃	-
6월	유과기	보온관리		6월상순까지 보온관리
7월~9월	과실비대기	20℃	28℃	-
10월~11월	탈색, 착색기	20~25℃	15℃	-
12월	수확기	20℃	15℃	당도 향상

○ 레드향

- 생육초기(밭아~개화기)
  - 온도가 너무 낮으면 과실비대가 좋지 않음
  - 지나친 고온관리는 생리낙과가 많아지거나 과실비대기 열과 증가의 요인이 됨
- 생육중기(만개기~비대기)
  - 하우스 내 온도변화가 큰 시기
  - 생리낙과기에 하우스 내 온도가 올라가면 낙과가 많아짐
  - 측창을 열어 고온을 방지해야함
- 생육후기(성숙기~수확기)
  - 냉해와 동해 방지에 주의해야 함

레드향				
생육시기	생육상황	온도관리 방법		비고
		최고온도	최저온도	
4월 초~4월 말	밭아 전~개화	26℃	10℃	주야간 온도 차이가 크면 꼭지 발생
5월 초	만개기	28℃	15℃	온도가 높으면 열과 발생 증가
5월~9월	생리낙과~과실비대기	28℃	자연온도	온도가 높으면 착색 지연
10월~12월	착색기	15~20℃	자연온도	온도가 높으면 부피과 발생
1월 초	성숙기	15℃	1~2℃	-

○ 한라봉

- 생육초기(밭아~개화기)
  - 꼭지깃 발생을 좋게 하기 위하여 주야간 온도차를 15℃ 유지해야함
  - 밭아기때의 저온은 기향과 유발, 개화 기간이 길어짐
- 생육중기(낙과관리~비대기)
  - 지나친 고온은 생리낙과를 조장함
  - 고온을 억제하는 것이 품질, 해거리 방지에 도움이 됨
- 생육후기(성숙기)
  - 과실이 착색되기 시작하면 주간온도 상승 억제(주간 20℃, 야간15℃)

한라봉				
생육시기	생육상황	온도관리 방법		비고
		최고온도	최저온도	
3월 중	발아기	20℃	2℃	-
4월 중~말	개화기	27~30℃	15℃	-
5월~6월	생리낙과	28~30℃	15℃	지나친 고온은 생리낙과 조장
7월~9월	과실비대기	자연온도 관리		산소량 감소 시기
9월~11월	착색기	20℃	15℃	당도 증가 시기
12월	성숙기	10~15℃	0~2℃	-

○ 천혜향

- 생육초기(발아~개화기)
  - 발아기는 저온 및 서리피해가 발생하지 않게 온도유지 해야됨
- 생육중기(낙과관리~비대기)
  - 가을순 발아 염려가 없는 10월까지의 고온을 억제하는 것이 품질과 해거리 방지에 도움을 줌
- 생육후기(성숙기)
  - 과실이 착색되기 시작하면 주간온도 상승 억제 해야함

천혜향				
생육시기	생육상황	온도관리 방법		비고
		최고온도	최저온도	
3월 말~4월 초	발아기	자연온도	15℃	-
4월	개화기	25℃	15℃	-
5월~6월	생리낙과	25℃	15℃	-
7월~9월	과실비대기	자연온도관리		산소량 감소시기
10월~12월	착색기	15~20℃	자연온도	착색과 당축적을 위해 저온 관리
1월~2월	성숙기	15~20℃	2℃	동해 피해 방지

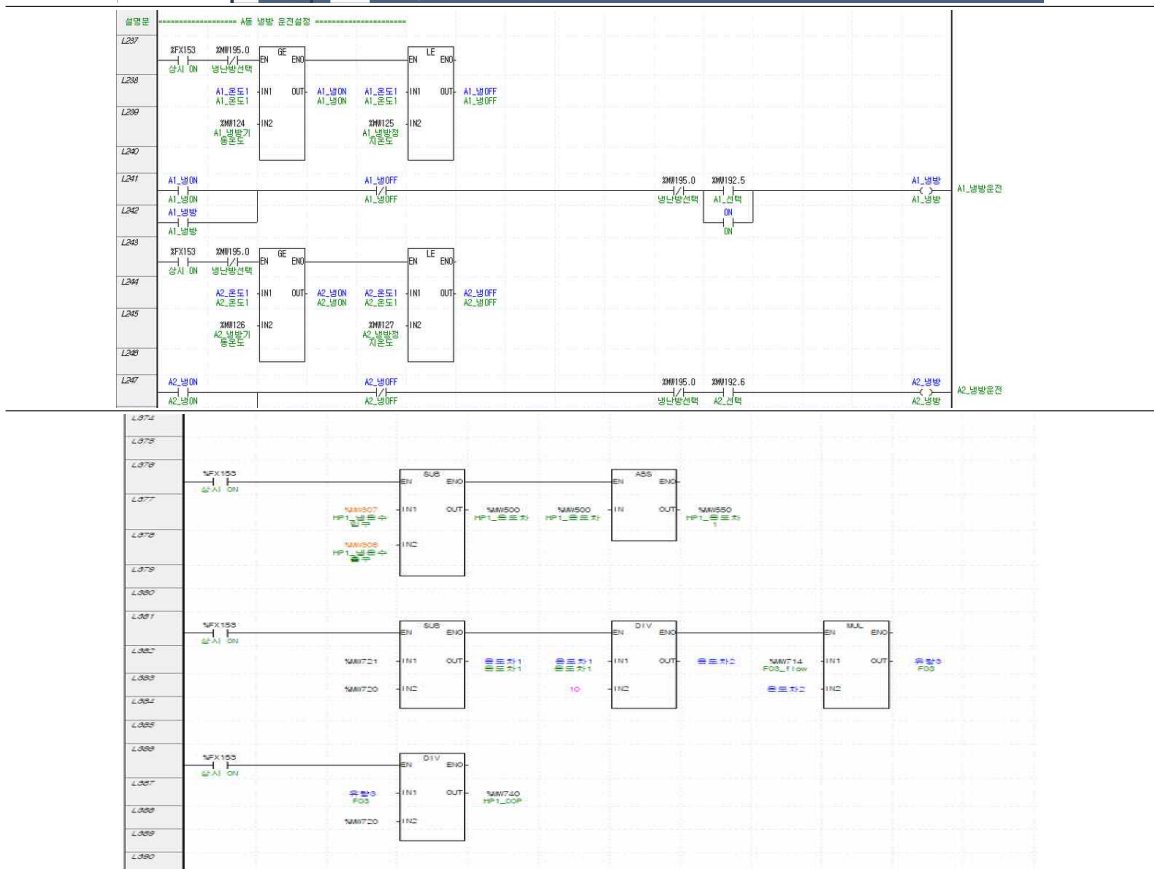
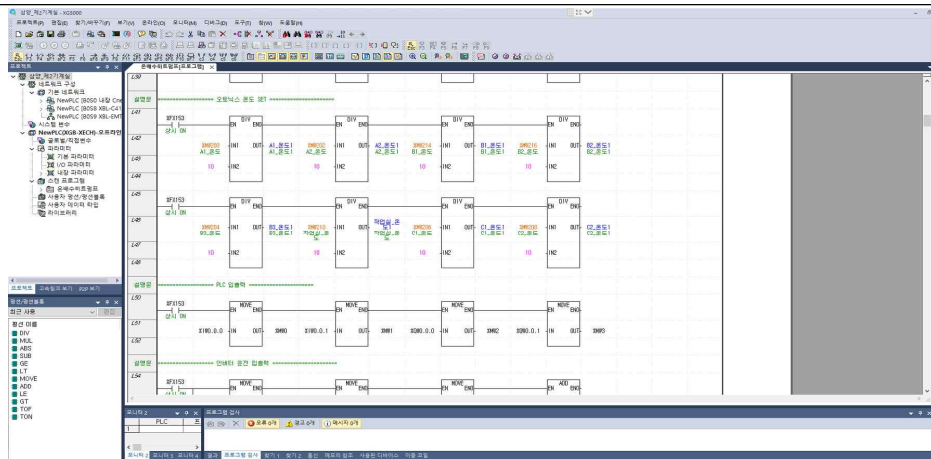
• 토양관리

토양관리	토양개량제 시비, 유기물 시비 및 경운
정지전정	발아 또는 가온 1주일 전 완료. 너무 빠를 경우, 동해 및 탄수화물 결핍 우려
시비	가온 또는 발아 1주일 전, 시비 후 관수

• 관수관리

황금향				
생육시기	생육상황	관수방법		비고
		간격	관수량(톤/10a)	
수확기~발아전	휴면기	2~3주	5~10	수세유지 및 발아촉진
3월중~4월상	발아기	3~5일	20	생육촉진
4월 하	만개기	5~7일	5~10	잿빛곰팡이병 방지
6월 상~9월 하	과실비대기	3~5일	15~20	충분한 관수
10월 상~수확기	착색/성숙기	10~14일	3	당함량에 따라 조절
수확후	수확종료 후	1~2회	20	수세회복
한라봉				
생육시기	생육상황	관수방법		비고
		간격	관수량(톤/10a)	
수확기~발아전	휴면기	2~3주	5~10	수세유지 및 발아촉진
3~4월	발아기	5~7일	20	생육촉진
4월 하	만개기	5~7일	5~10	잿빛곰팡이병 방지
4월 하~6월 하	생리낙과기	5~7일	15~20	충분한 관수
7월 상~10월 상	과실비대기	3~5일	20	과실비대촉진
10월 중~11월 하	착색기	10~15일	10	산함량에 따라 조절
12월상~수확기	성숙기	10~15일	5~10	산함량에 따라 조절
수확 후	수확종료 후	1~2회	20	수세회복
레드향				
생육시기	생육상황	관수방법		비고
		간격	관수량(톤/10a)	
수확기~발아전	휴면기	2~3주	5~10	수세유지 및 발아촉진
3월중~4월상	발아기	5~7일	20	생육촉진
4월 하	만개기	5~7일	5~10	잿빛곰팡이병 방지
4월 하~6월 하	생리낙과기	5~7일	20	충분한 관수
7월 상~10월 하	과실비대기	3~5일	20	열과방지
11월 상~11월 하	착색기	10~15일	10	산함량에 따라 조절
12월 상~2월 중	성숙기	10일	5	물이 끊어지지 않도록
2월 하~3월중	수확종료 후	1~2회	20	수세회복
천혜향				
생육시기	생육상황	관수방법		비고
		간격	관수량(톤/10a)	
수확기~발아전	휴면기	2~3주	5~10	수세유지 및 발아촉진
3월중~4월상	발아기	3~5일	20	생육촉진
4월 중~5월하	만개기	5~7일	5~10	잿빛곰팡이병 방지
6월 상~10월 하	과실비대기	3~5일	20	충분한 관수
11월 상~수확기	착색/성숙기	3~5일	5~10	산함량에 따라 조절
수확후	수확종료 후	1~2회	20	수세회복

- 작물별 요구되는 시설온실 최적환경 구축을 위해, 시설온실 실증사이트 시설온실에 직렬축열식 난방장치설비를 통해 작물별 최적온도제어를 위한 가온 및 냉방을 통한 생육환경구축을 도모하였으며, 현재 본 연구과제를 진행을 위한 무선통신기반 시설내부 온도, 유량 등 데이터 수집 및 냉난방설비 에너지사용 관련 계측센서 등으로 아열대과수 및 작물재배가 가능하도록 유리시설온실에 적용, 실증 적용함.
- 또한 생육시기별 과실나무의 관리, 잎 생장 및 광합성, 꽃, 과실의 생장 등을 관측하고 데이터를 수집하여, 생육데이터와 시설온실 생육환경에 따른 상관분석과 생육모델링 도출을 위한 기초자료를 DB화가 추후 필요함.



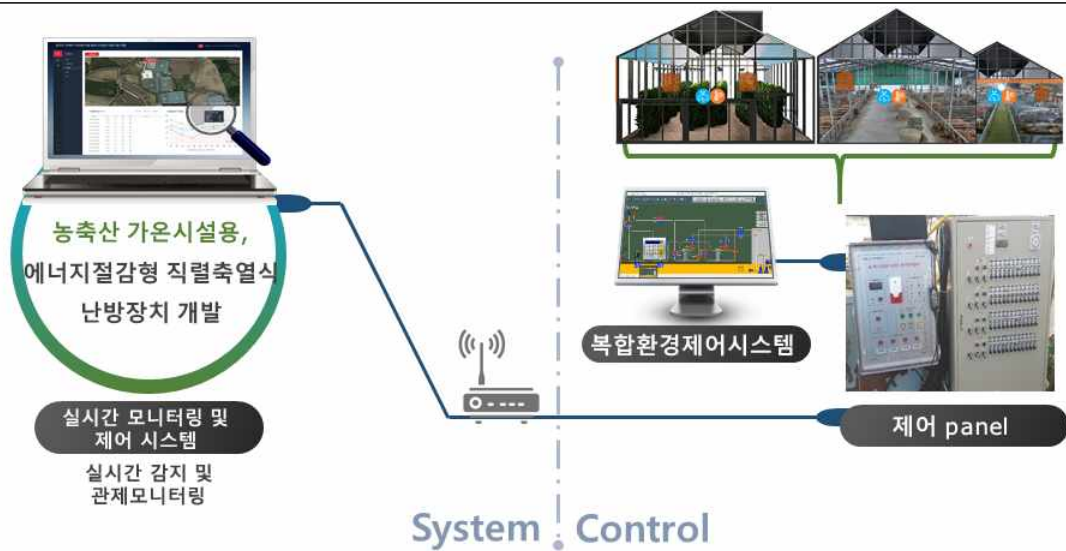
[ 실증사이트 생육정보기반 환경제어 구성도 : 내부온도 일부 ]



(8). 농축산 시설 복합환경 제어 및 통합모니터링 기술 개발

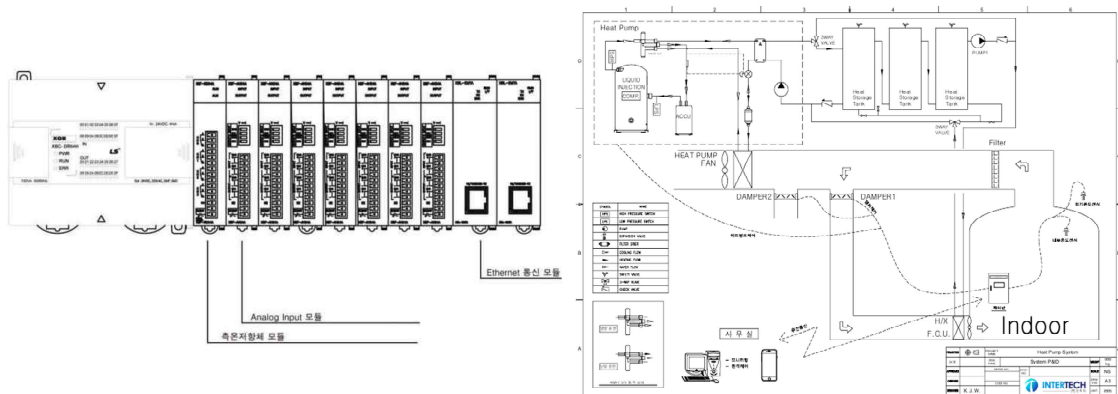
■ 웹 기반 농축산 시설 복합환경 통합모니터링 개발

- 실증사이트 통합모니터링시스템 구축
  - 농축산 시설 최적환경온도 제어를 위한 직렬축열식 난방장치의 실증사이트 현장적용 및 실증을 통한 생육단계별 최적환경 조성을 위한 내부환경요소, 외부환경요소, 생육데이터, 제어데이터를 활용하여 정량적 분석이 가능하도록 통합모니터링시스템 구축
  - 농축산 가온시설 실증사이트에 미니PC, 무선통신 기반 최적 환경/상태 모니터링 Web 시스템 개발 및 적용



■ 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 생육환경제어를 위한 제어시스템 구축

- 제어설비 구축
  - 설계도면 및 자동제어도면



[ 농·축산가온시설 자동제어반 설계 ]



[ 농축산가온시설용 에너지절감형 난방장치 자동제어반 설치 및 적용 ]

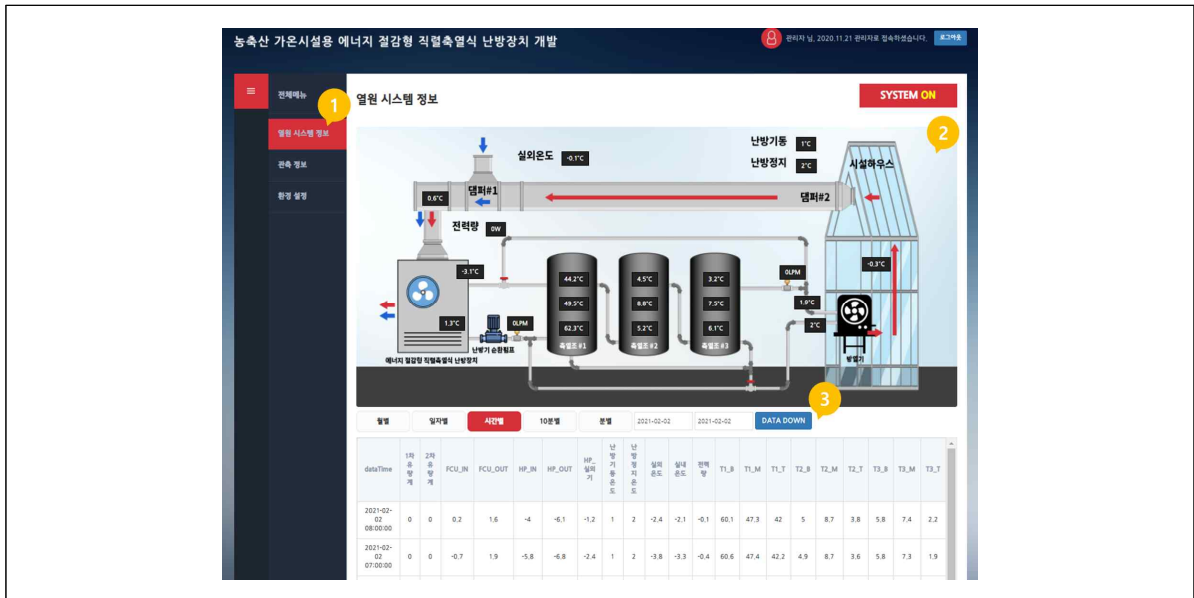
■ 농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 통합모니터링

- 웹 기반, 통합모니터링 메뉴 및 콘텐츠

메뉴	콘텐츠 및 서비스	비고
HOME	메인페이지 및 직렬축열식 난방장치 열원 통합모니터링 한눈보기	메인페이지
관측정보(시설온실)	농·축산가온시설 내부데이터 한눈보기 및 그래프 분석	페이지
관측정보(외기관측)	농·축산가온시설 외기관측데이터 한눈보기 및 그래프 분석	페이지
환경설정(제어)	제어시스템 ON/OFF 및 난방기동/정지 온도설정	페이지
환경설정(알림)	로그인 일반알림 / 시스템 위험 알림	페이지

- HOME(열원 시스템 정보)

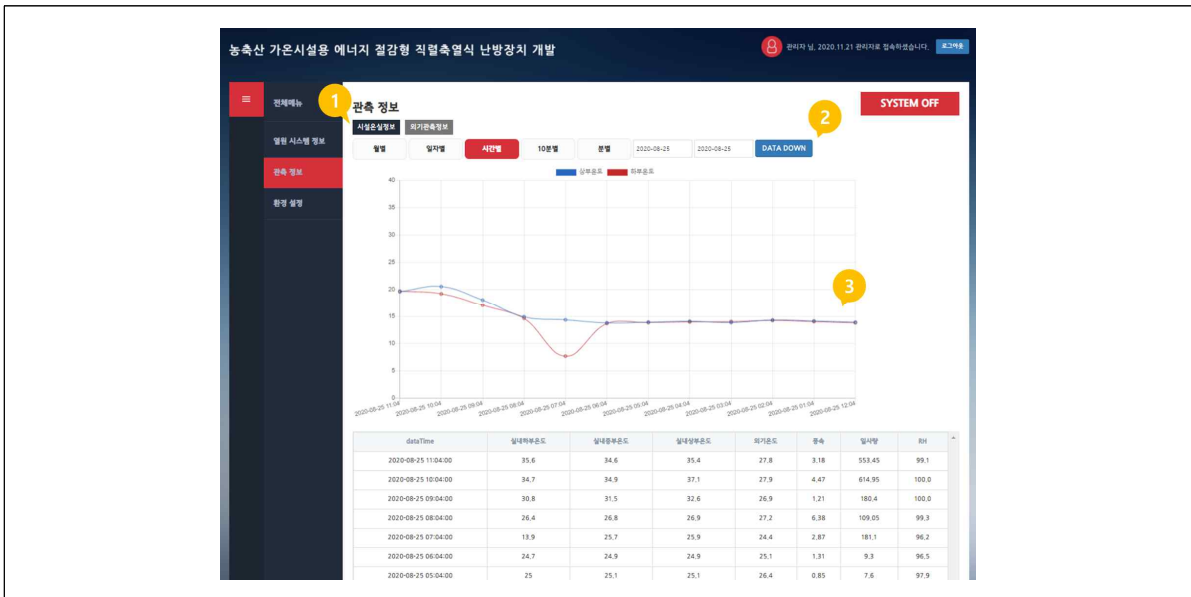
- 메인페이지 및 직렬축열식 난방장치 열원 통합모니터링 한눈보기



1	주메뉴 (열원 시스템 정보)
2	직렬축열식 난방장치 열원 활용 전체 모식도 - 설비 또는 구역별 유량, 온도 데이터 실시간 수집 및 표기
3	농축산 가운데시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 열원정보 시간별 데이터 보기 및 다운로드

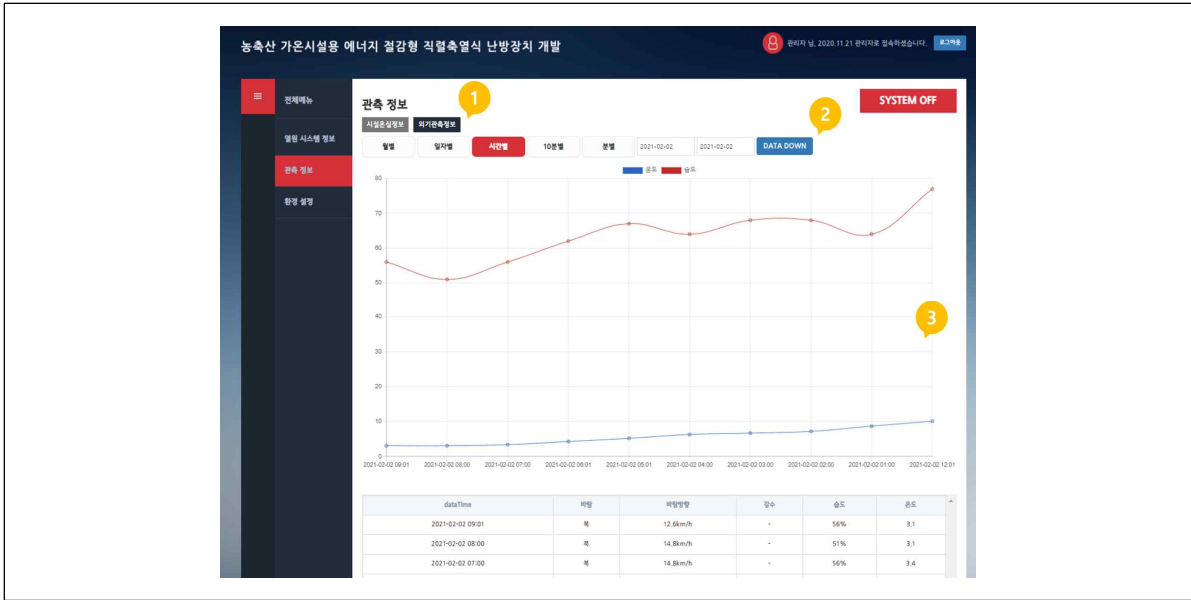
- 관측정보(농축산가온시설 정보)

- 농축산가온시설 내부데이터 한눈보기 및 그래프 분석



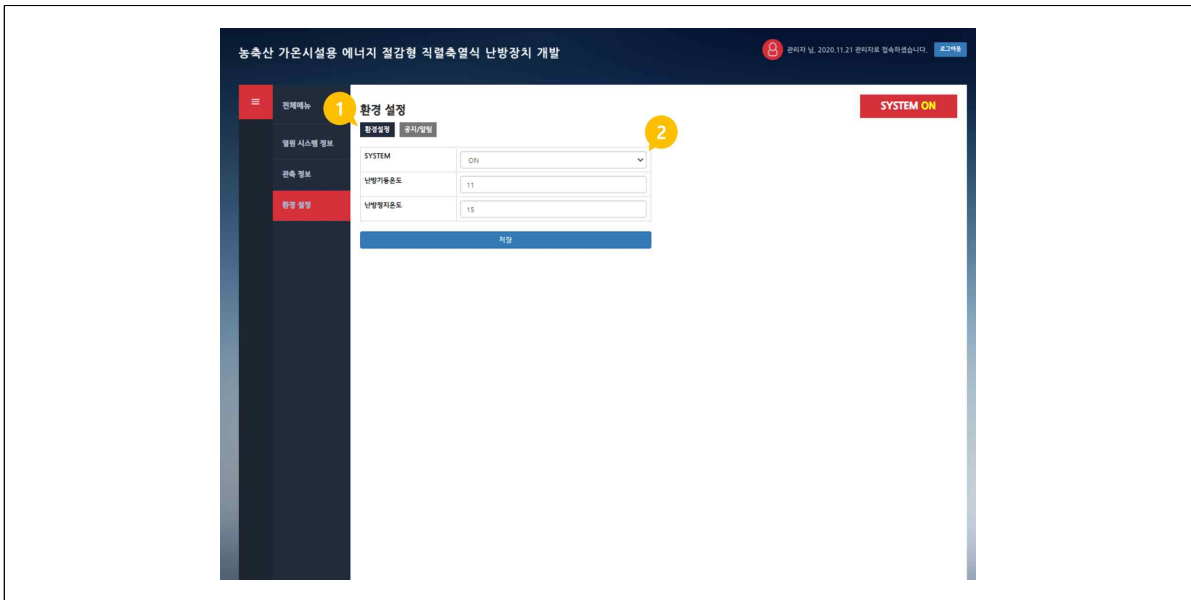
1	농·축산가온시설 내부 상, 중, 하부 온도 상태 모니터링
2	농·축산가온시설 내부 데이터 월별, 일자별, 시간별, 10분별, 1분별 데이터 다운로드
3	데이터 실시간 수집 및 그래프 가시화

- 관측정보(외기관측정보)
- 시설온실 외기관측데이터 한눈보기 및 그래프 분석



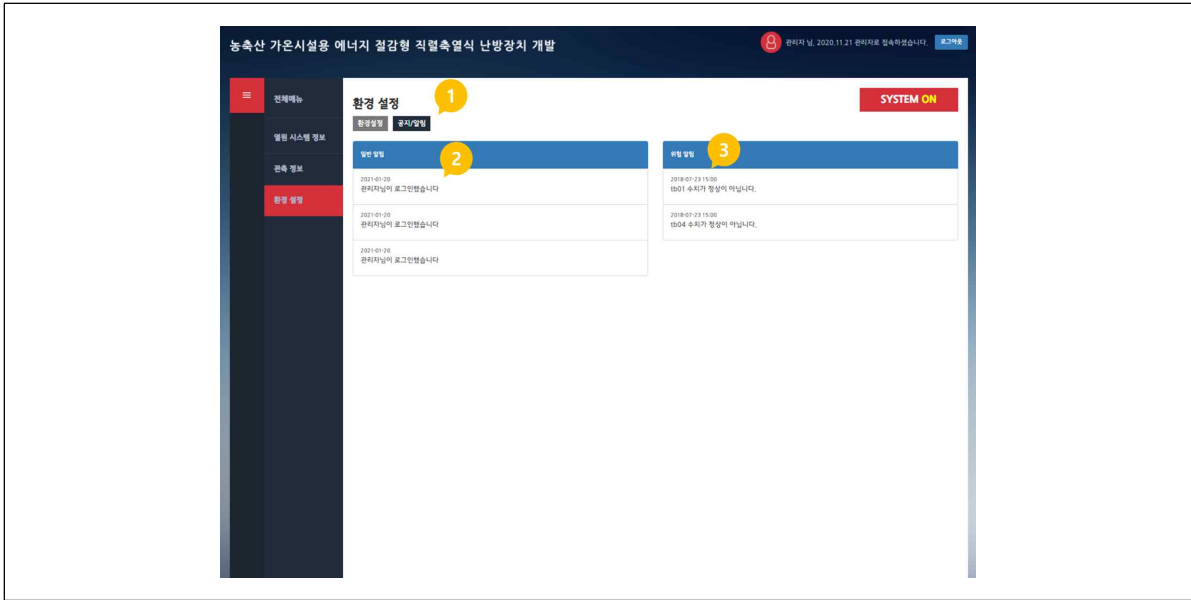
1	시설온실 외기관측데이터(온도, 강수, 습도, 풍향, 풍속) 상태 모니터링
2	시설온실 외기관측데이터 월별, 일자별, 시간별, 10분별, 1분별 데이터 다운로드
3	데이터 실시간 수집 및 그래프 가시화

- 환경설정 (직렬축열 난방장치 제어)
- 제어시스템 ON/OFF 및 난방기동/정지 온도설정



1	직렬축열 난방장치 제어설정
2	직렬축열 난방장치 제어시스템 - 시스템 ON/OFF - 난방기동온도 설정 - 난방정지온도 설정

- 환경설정(공지/알림)
- 로그인 일반알림 / 시스템 위험 알림



1	환경설정 공지/알림
2	로그인 기록 일반알림
3	통합시스템 위험 알림 - 이상 데이터 수치 위험 알림

[ 2차년도 연구개발 수행내용 및 결과 ]

구분 (연도)	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2020)	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설치/실험/분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 난방장치 설치 완료.</li> <li>• 3/19~5/22까지 실증사이트(온실)에서 난방장치 운전을 진행함.</li> <li>• 실증운전 데이터를 이용하여 난방장치의 개선방안 도출.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증사이트(온실)대상으로 난방장치 운전을 통한 난방장치의 운전특성을 분석.</li> </ul>
	농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 효율 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증운전 데이터를 기초로 하여 운전 최적화를 진행함</li> <li>• 난방장치의 축열운전 및 난방 운전시 열원을 외기열원과 온실 상부열원을 이용한 방식을 적용하여 운전 최적화를 진행함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전 최적화를 통해 외기열원을 이용하는 방식보다 온실상부의 열원을 이용하는 방식이 시스템의 효율이 높게 나타남.</li> </ul>
	농축산 가온시설 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 시스템 패키지화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 난방장치의 실증운전 데이터 및 운전 최적화를 통해 시스템의 패키지화를 진행함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패키지화를 위한 도면 작업 완료</li> </ul>
	실증데이터를 바탕으로 비교설비 대비 에너지 분석 실시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증데이터를 이용하여 개발품과 유류보일러의 온실 연료비를 비교함</li> <li>• 실증데이터를 이용하여 개발품과 유류보일러의 CO<sub>2</sub>배출량을 비교함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연료비 비교 결과 유류보일러 대비 72.1% 절감효과.</li> <li>• CO<sub>2</sub>배출량 비교 결과 유류보일러 대비 44.4%의 절감효과.</li> </ul>
	사업화를 위한 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 성능인증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 난방장치 성능인증을 위해 생산기술연구원에서 공인 성적서를 의뢰함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 난방장치 성능인증 결과 난방열량은 15.3kW, 소비전력은 3.33kW로 나타남</li> </ul>
	농축산 시설환경 제어를 위한 실증사이트 대상 최적 환경분석 및 제어모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직렬축열식 난방장치 실증사이트 외부기상데이터 수집 및 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증사이트 인근의 기상청 데이터를 수집하여 2011년부터 2020년 10월까지 외부환경데이터를 정리함.</li> </ul>

[ 2차년도 연구개발 수행내용 및 결과 ]

구분 (연도)	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
2차 년도 (2020)	최적 환경제어 모듈 및 설비의 실증적용을 통한 생육단계별 장애요인 제거, 품질, 생산성 등의 성과 및 활용효과 정보 수집 및 정량적 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최적 환경제어를 위한 시설재배 현장 정보 수집 및 정량적 분석</li> <li>• 시설온실 환경요인에 따른 생육 복합환경제어 모듈 구조화</li> <li>• 온도관리에 따른 냉난방 운전 제어값</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 환경요인과 생육항목을 접목하여 생산량에 영향을 주는 새육상태 및 환경요인 도출</li> <li>• 최적환경값 도출</li> </ul>
	농축산 시설 복합환경 제어 및 통합모니터링 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 웹기반 농축산 시설 복합환경 통합모니터링 개발</li> <li>• 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 제어시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증사이틀의 정량적 분석이 가능한 통합모니터링 시스템 구축</li> <li>• 농축산 가온시설 실증사이틀의 최적 환경/상태 모니터링 Web시스템 개발 및 적용</li> </ul>

[ 2차년도 지식재산권 현황 ]

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	직렬로 연결된 복수개의 축열조를 구비한 난방시스템	대한민국	제주대학교 산학협력단	2020.07.20	10-2020-0089818				100%

[ 2차년도 국내 논문게재 현황 ]

No	논문명	저자	게재일시	저널명	구분
1	발전소 온배수를 이용한 시설원예의 경제성 평가에 관한 연구	박윤철 외 2인	2020. 10. 14.	한국지열에너지학회	국내

[ 2차년도 기술이전 현황 ]

No	기술이전 명칭	기술제공자	기술수요자	기술이전 금액(원)	기여율
1	직렬로 연결된 복수개의 축열조를 구비한 난방시스템	제주대학교 산학협력단	(주) 인터텍	5,000,000	100%

[ 2차년도 성능인증현황 ]

No	시료명	일시	실험장소	시험기관	성적번호
1	복합열원 난방장치(히트펌프)	2020.03.18.	제주대학교 내 온실	한국생산기술 연구원	C20N530004- 01-01

[ 2차년도 제품출시 현황 ]

No	제품명	제품출시 일시	제품 출시 유형	제품번호	기여율
1	에너지절감형 직렬축열식 난방장치	2020.11.20	시제품 (제품출시예정)	J2020-0001	100%

[ 2차년도 고용 현황 ]

No	성명	입사일	고용창출내용	연구과제참여여부	기여율
1	박진희	2020.02.05	연구과제 보조 및 자료조사	참여	100%



### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책활용		기타(타연구활용등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		논문평균IF			학술발표	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건				
가중치	10			20	20	10			20		10			10						
최종목표	2			1	5	1			1		1	1	1							
1차년도	1												1							
2차년도	1			1	5	1			1		1	1								
소계	2			1	5	1			1		1	1	1							
종료 1차년도		1																		
종료 2차년도																				
종료 3차년도																				
종료 4차년도																				
종료 5차년도																				
소계		1																		
합계	2	1		1	5	1			1		1	1	1							

가. 성과지표

성과지표명	세부항목	성과지표명	세부항목
지식재산권	특허출원 2건	기술인증	성능인증 1건
학술성과	국내외 비SCI 1건, 국내외 학술발표 1건	기술실시(이전)	기술이전 1건, 기술료 5,000천원
제품화	시작품 1건	고용창출	고용창출 1건

나. 기술 및 성능 목표

기술/성능 목표	단위	개발목표치		평가방법
		1차년도	2차년도	
난방열량 <sup>4)</sup>	kW		10	공인성적서
소비전력	kW		3.5	공인성적서
에너지 절감율	%		30	동일조건 대비 연료비 <sup>5)</sup> 비교
축열용량	ton	3	3	부하계산서 또는 보고서
축열온도	℃		50	부하계산서 또는 보고서
사이클 설계	식	1	1	사이클 설계집

4) 시스템 성능(COP)은 난방열량/소비전력임.

5) 연료비=연료단가×연료소비량×사용시간×효율

3-2. 목표 달성여부

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	달 성 내 용
특허출원 - 2건	10	100	- 에너지 절감형 난방장치(10-2019-0147893) - 직렬로 연결된 복수개의 축열조를 구비한 난방시스템(10-2020-0089818)
기술이전 - 1건	20	100	- 직렬로 연결된 복수개의 축열조를 구비한 난방시스템 기술이전(주식회사 인터텍)
기술료(백만원) - 5	20	100	- (주)인터텍 기술이전 비 : 5,000,000원
제품화(건) - 1	10	100	- 에너지절감형 직렬축열식 난방장치로 제품출시 예정 - (제품출시확인서 참조)
고용창출(1명) - 1	20	100	- 박진희 (연구과제 보조 및 자료조사업무)
기술인증(건) - 1	10	100	- 복합열원 난방장치(히트펌프) : 생산기술연구원
논문(건) - 1	-	100	- 발전소 온배수를 이용한 시설원예의 경제성 평가에 관한 연구(한국지열에너지학회)
학술대회발표(건) - 1	10	100	- A Study on the Dehumidifying System for Green House(9 <sup>th</sup> Asia-Pacific Forum on Renewable Energy)
난방열량(kW) - 10	-	100	15.31kW(시험성적서 : 생산기술연구원)
소비전력(kW) - 3.5	-	100	3.33kW(시험성적서 : 생산기술연구원)
에너지 절감율(%) - 30	-	100	72.1%(실증운전데이터 기준)
축열용량(ton) - 3	-	100	3(ton)
축열온도(℃) - 50	-	100	50(℃)
사이클 설계	-	100	보고서
합계	100점	100	

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

## 4. 연구결과의 활용 계획 등

### 4-1. 연구개발 결과의 활용방안

- 공인인증기관을 통한 장치 인증으로 시설원예현대화 사업 또는 농업에너지이용효율화 사업에 활용
- 농촌진흥청 영농활용 및 정책제안을 통한 지원방안 모색
- 한국농기계공업협동조합 농업기계 등록 추진 및 기술 접목
- 농·축협에서 지원 중인 농축산경영자금 지원 선정 진행
- 축적된 데이터를 활용하여 농가현장 맞춤형 제품선정표 및 매뉴얼 제작 및 배포



### 4-2. 기대효과

#### [기술적 측면]

- 국내 기상조건에 적합한 복합열원을 이용한 난방장치 개발을 통하여 시스템의 설계 및 제작능력을 향상시키고, 부하특성에 따른 최적의 운전상태 도출로 난방 연료비 절감
- 국내 냉난방 및 에너지 회수기술의 통합시스템 구축으로 개발된 관련기술을 모두 적용할 수 있는 통합시스템 설계기술 개발

#### [경제적·산업적 측면]

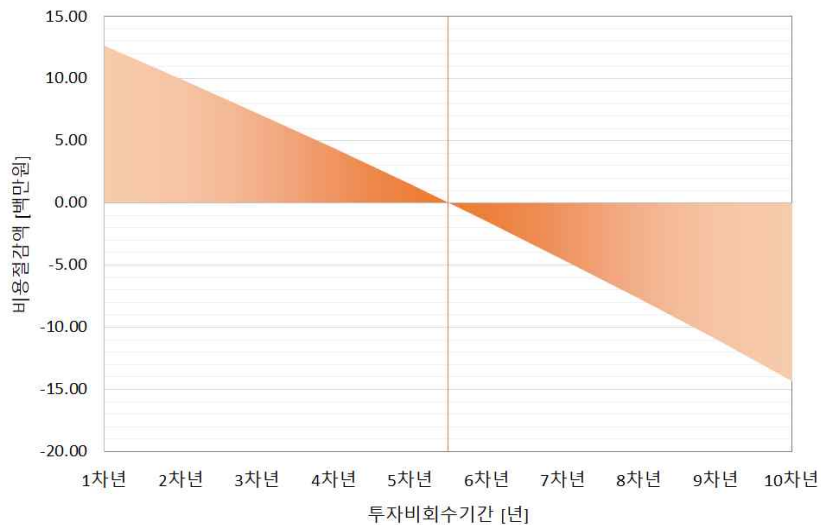
- 가온시설에 투여되는 에너지 효율성 증대와 내부 환경의 정밀제어를 통한 작물 및 가축의 생산성 극대화
- 국내 기후조건에 적합한 에너지 절감형 난방장치를 개발함으로써 인해서 온실재배농가의 에너지 비용 절감
- 에너지 절감형 시스템 보급 시 시설농가의 생산성향상으로 가계소득 증가
- 작물의 생육최적 온도제어를 통한 작물생산의 극대화 및 품질 향상

#### [사회적 측면 등]

- 단동 및 연동형 농축산 시설에 적합한 에너지 절약형 가온시설 모델 개발을 통하여 국내 및 국제 경쟁력 강화
- 시설원예 에너지 이용 효율화 정책 및 국가 온실가스 감축목표에 기여
- 농자재 연구개발 지원으로 내수증진 및 외국산 농자재 대체 효과 기대

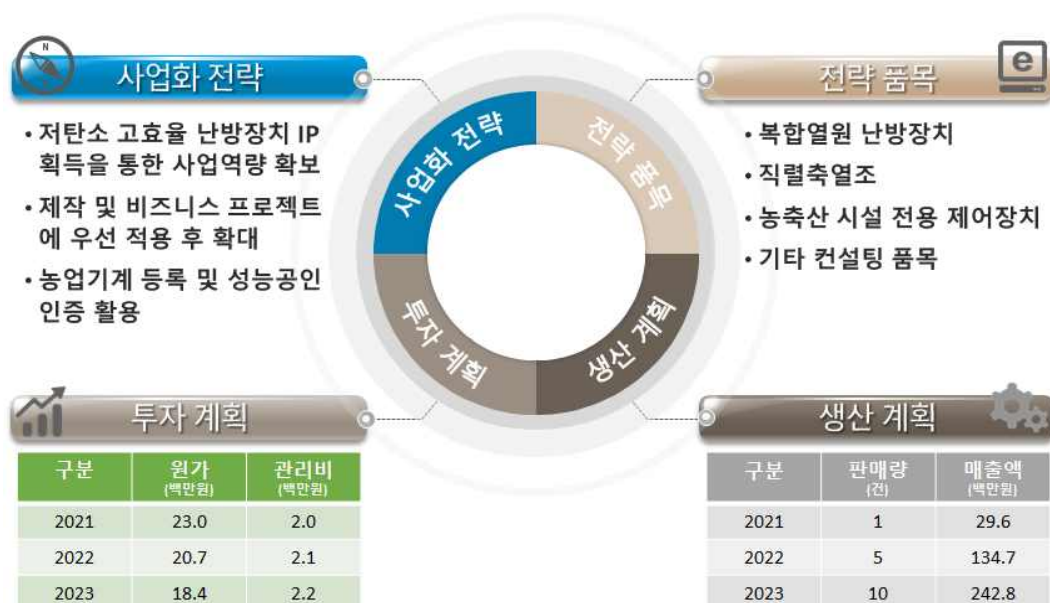
### 4-3. 경제성 분석

- 본 연구과제에서 제안한 시스템은 기존 등유보일러 대비 초기투자비용 회수기간은 5.5년으로 도출되었음(제안시스템 예상원가: 23백만원, 등유보일러 평균가격: 10백만원 가정).
- 비교대상은 등유보일러 대비 제안한 시스템이며, 하루 12시간 가동을 기준으로 하였고, 계산에 이용한 등유가격은 면세유로 리터당 832원, 전기는 농사용(을) 계약 3kW로 가정하였으며, 동일한 열량(10kW)을 이용한다고 가정하였음(경제성장률 3%가정).
- 제안한 시스템은 콤팩트한 구조이므로 설치면적, 부품 수, 고장 증가는 고려 대상이 아니며(고장률은 감소할 것으로 예상됨), 열손실은 기존 시스템 대비 감소할 것으로 기대되나 경제성분석에서는 동일하다고 가정하였음.
- 상세한 경제성 및 에너지 분석은 실제 시험으로 도출된 결과를 바탕으로 실시 예정임.



[ 경제성 분석 ]

### 4.4. 사업화 방안 및 기존기술과 차별성



- 본 연구에서 제안한 기술은 패키지화를 통해 컴팩트한 구조이므로 설치면적이 작고, 심플한 구조를 가지고 있음.
- 제안된 직렬축열조는 효율적으로 열에너지를 이용할 수 있으며, 유지보수가 용이하고, 높이 제약이 없음.



## 붙임. 참고문헌

1. Sa Gyun Kim, Chil Koo Choi, Management Counterplan and Protected Horticulture Affected by Rising of Oil Prices, 2002, The Korean Society for Bio-Environment Control, Vol. 15, No. 1, pp. 1-8.
2. J. K. Kwon, Y. H. Choi, D. K. Park, J. H. Lee, K. Y. Kang, Y. C. Um, 1999, Survey on Insulation and Heating of Greenhouse Grown Fruit Vegetables in Southern Region, KSHS, pp. 218-218.
3. Byoung Woo Park, 1996, Flower Industry And development challenges, Monthly Bulletin of Nonghyup research, Vol. 12.
4. Ryou, Y. S., Kang, Y. K., Jang, J. K., Kim, Y. H., Kim, J. G., and Kang, G. C., 2012, Heat exchanger design of a heat pump system using the heated effluenced of thermal power generation plant as a heat source for greenhouse heating, Journal of Bio-Environment Control, Vol. 21, pp. 372-377.
5. Kang, Y. K., Ryou, Y. S., Kim, J. G., Kim, Y. H., and Jang, J. K., 2013, Analysis on cooling effects of the vertical type geothermal heat pump system installed in a greenhouse for raising seedling, Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 22, No. 1, p. 19.
6. Lim, J. H., 2012, Study on the evaluation on the energy and exergy performance of heat pump heating and cooling system, KIAEBS, Vol. 6, No. 2, pp. 12-126.
7. Choi Dong-Ho, Huh Joung-Chul, Lim Jong-Hwan, Suh Hyo-Duk, 1999, Evaluation of Heating Performance and Analysis of Heating Loads in Single Span Plastic Greenhouse with Electrical of Hot-Air Heating, Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 8, No. 8, pp. 136-149.
8. Morrison, G. L., Budihardjo, I., and Bhnia, M., 2004, Water in glass evacuated tube solar water heaters, Solar Energy, Vol. 75, pp. 135-140.
9. Riffat, S. B., Zhao, X., and Doherty, P. S., 2005, Developing a theoretical model to investigate thermal performance of a thin membrane heat pipe solar collector, Applied Thermal Engineering, Vol. 25, pp. 899-915.
10. Chi S.W., 1976, Heat Pipe Theory and Practice, Willey, pp. 15-34.
11. G. L. Morrison, I. Budihardjo and M. Bhnia, 2004, Water in glass Evacuated Tube Solar Water Heaters, Solar energy, Vol. 76, pp. 135-140.
12. S. B. Riffat, X. Zhao and P. S. Doherty, 2005, Developing a theoretical model to investigate thermal performance of a thin membrane heat pipe solar collector, Applied Thermal Engineering, Vol. 25, pp. 899-915.
13. S. A. Kalogirou, 2003, The potential of solar industrial process heat applications, Applied Energy, Vol. 76, pp. 337-361.
14. H.K. Song, J.G. Ro, J.K. Park, Y.K. Kang, H.C. Kim, 1997, A Study on the Heat pump - Latent Heat Storage System for the Greenhouse Heating, Korean Society for Agricultural Machinery, pp. 113-120.
15. Nam, Y. J. and Gao, X. Y., 2014, Study on the performance prediction simulation of the heat pump system using solar and geothermal heat source, Journal of the Korean Solar Energy

Society, Vol. 34, No. 3, pp. 75-81.

16. Jo, K. H., Park, Y. C., and Ko, G. S., 2015, A study on the performance evaluation of heat pump system using waste heat in greenhouse, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 35, No. 4, pp. 35-41.



[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발				
	(영문) Development of Agricultural Materials for Energy Saving				
주관연구기관	제주대학교		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 기계공학과	
참 여 기 업	(주)인터택			(성명) 박윤철	
총연구개발비 (307,000천원)	계	237,7000	총 연 구 기 간	2019. 8 . ~ 2020. 12 .31 .( 1년 10월)	
	정부출연 연구개발비	230,000	총 연 구 원 수	총 인 원	9
	기업부담금	7,700		내부인원	5
	연구기관부담금			외부인원	4

○ 연구개발 목표 및 성과

- 농축산 가온시설 맞춤형 복합열원 난방장치 개발
- 에너지 절감형 직렬-축열 기술개발
- 농축산 가온시설용 최적 온도제어 및 모니터링 기술개발

[연구개발성과]

구분	제품화 (건)	특허 (건)	기술인증 (건)	고용창출 (명)	기술료 (백만원)	논문 (건)	학술대회발 표(건)
개발성과	1	2	1	1	5	1	1

○ 연구내용 및 결과

[1차년도]

- 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 설계 및 용량산정(완료)
- 농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 요소부품 선정(완료)
- 실증사이트 열환경 데이터 확보(완료)
- 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 제어알고리즘 및 제어기 설계(완료)

[2차년도]

- 농축산 가온시설 맞춤형 복합열원 난방장치 개발(완료)
- 에너지 절감형 직렬-축열 기술 개발(완료)
- 농축산 가온시설용 최적 온도제어 및 모니터링 기술 개발(완료)

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 연구개발을 통한 농축산 가온시설용 에너지절감장치 제품화 - 1건
- 에너지절감형 난방장치 기술인증 - 1건
- 에너지절감형 난방장치 기술이전 - 1건(기술이전료 : 500만원)
- 시설원예현대화 사업 및 농업에너지이용효율화 사업에 활용
- 농촌진흥청 영농활용 및 정책제안 예정
- 한국농기계공업협동조합에 농업기계 등록 추진으로 농가의 보급지원방안 활용

[별첨 2]

## 자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		119087-2	
사업구분	농축산자재산업화기술개발사업				
연구분야	에너지 절감자재		과제구분	단위	
사업명	농축산자재산업화기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발		과제유형	(개발)	
연구기관	제주대학교		연구책임자	박윤철	
연구기간 연구비 (230,000천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2019. 08. 30. ~2019. 12. 31.	105,000	3,500	108,500
	2차연도	2020. 01. 01. ~2020. 12. 31.	125,000	4,200	129,200
	3차연도				
	4차연도				
	5차연도				
	계	2019. 08. 30. ~2020. 12. 31.	230,000	7,700	237,700
참여기업	(주)인터텍				
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021.2.16

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
제주대학교 기계공학과	교수	박윤철

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)

농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치의 연구를 통해 기존 농축산 가온시설에서 사용되는 화석연료를 이용하는 난방장치 대비 연료비를 72.1% 절감할 수 있는 난방장치를 개발함.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수)

기존 화석연료 난방장치를 대체 할 수 있는 난방장치를 개발함에 따라 연료비 절감으로 농축산 농가의 소득증대뿐만 아니라 이산화탄소 절감을 통해 환경적으로도 우수한 기술로써 국가에너지 절약에 기여함은 물론 국가 환경부담 경감에도 크게 기여할 수 있음.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수)

공인기관의 난방장치 성적서 획득으로 인해 개발품의 성능을 인증을 획득함에 따라 개발완료 후 제품화 가능성 증대 및 농축산 농가의 보급확대가 가능함.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수)

제품화수준까지 개발하기에는 다소 부족한 개발기간(16개월) 동안 난방장치의 설계 및 용량산정, 제품화 및 난방장치의 실증(실증사이트가 연구기간 중 이전함)까지 이루어졌으며, 제품화 성능인증과 최적제어연구 뿐만 아니라 제작 완료하였음.

연구 기간 동안 최선을 다해 연구개발을 진행하였으며, 사업계획서에 계상된 연구목표를 모두 달성하였음.

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수)

한국지열학회에 논문을 게재하였으며, 개발과정에서 도출된 지식재산권을 참여기업에 기술이전함으로써 참여기업의 사업화에 기여함

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
특허출원 - 2건	10	100	과제 개발기간 동안 2건의 특허출원함
기술이전 - 1건	20	100	과제 개발기간동안 출원된 특허를 통해 참여기관에 기술이전
기술료(백만원) - 5	20	100	기술이전을 통해 5백만원의 기술이전비용을 징수함
제품화(건) - 1	10	100	기술개발완료후 제품화 출시 예정
고용창출(1명) - 1	20	100	참여기관에 과제를 위한 신규직원으로 1명 채용
기술인증(건) - 1	10	100	생산기술연구원에 의뢰하여 개발품(히트펌프)시스템의 성능인증획득
논문(건) - 1	-	100	과제 개발기간동안 도출된 결과물을 이용하여 논문(한국지열에너지학회) 1건 투고
학술대회발표(건) - 1	10	100	9 <sup>th</sup> Asia-Pacific Forum on Renewable Energy에서 학술대회 발표
난방열량(kW) - 10	-	100	생산기술연구원성능인증 (15.31kW)
소비전력(kW) - 3.5	-	100	생산기술연구원 성능인증 (3.33kW)
에너지 절감율(%) - 30	-	100	실증데이터를 이용한 에너지 절감율 (72.2%)
축열용량(ton) - 3	-	100	직렬축열조 용량(3Ton)
축열온도(℃) - 50	-	100	생산기술연구원성능인증 (49.09℃)
합계	100점	100	

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 연구개발 기간 동안 시스템의 설계, 제작 및 실증사이트의 최적화 제어기 개발등을 통해 사업계획서상의 모든 연구내용 및 성과목표치를 달성하였음.
- 연구개발 완료 후에도 참여기관인 (주)인터텍과 지속적인 교류 및 협업을 통해 개발품의 제품화하여 통하여 농축산 농가소득 증대에 기여할 예정임.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

의견없음

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 향후 제품화 진행시의 시설원예현대화 사업 또는 농업에너지이용효율화 사업에 활용
- 농촌진흥청 영농활용 및 정책제안을 통한 농축산농가의 시설비 지원을 통한 소득증대 방안 모색
- 농·축협에서 지원중인 농축산경영자금 지원선정 진행

#### IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

의견없음
------

2. 연구기관 자체의 검토결과

의견없음
------

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	에너지 절감자재
연구과제명	농축산 가온시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 개발			
주관연구기관	제주대학교		주관연구책임자	박윤철
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	230,000	7,700		237,700
연구개발기간				
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(                      ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:                      )			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표		당초연구목표 대비 연구결과
① 난방열량(kW)	10	15.31
② 소비전력(kW)	3.5	3.3
③ 에너지 절감율(%)	30	72.15
④ 축열용량(ton)	3	3
⑤ 축열온도(℃)	50	50
⑥ 사이클 설계(식)	1	1

\* 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	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF			학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
												SCI	비 SCI							
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10			20	20	10			20		10			10						
최종목표	2			1	5	1			1		1	1	1							
연구기간내 달성실적	2			1	5	1			1		1	1	1							
달성율(%)	100			100	100	100			100		100	100	100							

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	농축산 가온 시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치
②	농축산 가온 시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 제어기
③	농축산 가온 시설용 에너지 절감형 직렬축열식 난방장치 ICT기술

### 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)	현장에로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		V				V	V			
②의 기술		V						V		
③의 기술		V						V		



6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	온실용 난방장치 설치를 통한 농가의 연료비 절감효과
②의 기술	온실용 난방장치 제어기를 통한 최적운전을 통한 연료비 절감효과
③의 기술	ICT 기술을 이용한 난방장치 모니터링 및 농가의 편의성 제공

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	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																			
최종목표		1																	
연구기간내 달성실적																			
연구종료후 성과창출 계획																			

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	직렬로 연결된 복수 개의 축열조를 구비한 난방 시스템		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	5,000천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	이전 완료	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2022년 이후
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	없음(개발 참여기관으로 참여하여 개발을 진행함)		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술이전 시 선행조건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

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