

발간등록번호

11-1543000-003372-01

# 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발

2021. 1. 22.

주관연구기관 / 에스지  
협동연구기관 / 순천대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발”(개발기간 : 2018. 09. 10. ~ 2020. 09. 09.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 01. 22.

주관연구기관명 : 에스지

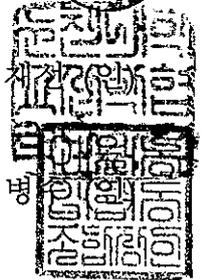
(대표자)

이영재



협동연구기관명 : 순천대학교 산학협력단 (대표자)

허채경



참여연구기관명 : 애월농협

(대표자)

김병

주관연구책임자 : 이영재

협동연구책임자 : 김응곤

참여연구책임자 : 양성



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	118083-02	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.09.10. ~2020.09.09.	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단 위 사 업	농축산물 안전생산 · 유통관리 기술개발			
	사 업 명	농축산물안전유통소비기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발			
연구책임자	이영재	해당단계 참여연구원 수	총: 11명 내부: 11명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부: 75,000천원 민간: 50,000천원 정부 외: 75,000천원 계: 200,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 14명 내부: 14명 외부: 0명	총 연구개발비	정부: 150,000천원 민간: 100,016천원 정부 외: 150,000천원 계: 400,016천원
연구기관명 및 소속부서명	에스지 기업부설연구소			참여기업명	
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	
								생명정 보	생물자 원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장 비명	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"> <li>○ 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 제품 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 진공자외선(VUV) 파장을 활용한 플라즈마 램프 방식의 에틸렌가스 제거 및 살균 기능과 난방 기능의 결합된 제품 개발</li> <li>- 시설하우스 작물 재배 환경을 개선시키고, 무가온 저장고나 저장 시설 등의 작물의 신선도를 올려 저장성을 증가 시킬 수 있는 제품 개발</li> <li>- ICT 기술을 접목시켜 시설물 통합제어가 가능한 플라즈마 가온 선도 유지기 개발</li> </ul> </li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저온 플라즈마 살균 수직 교반 히터 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저온 플라즈마 발생 모듈과 면상 발열 히터를 이용한 살균·히터 시스템 시제품 제작 완료</li> <li>- 1차년도 제품화 플라즈마 공기 살균기 1건, 매출액 1,600천원</li> <li>- 2차년도 제품화 살균·난방 시스템 1건, 매출액 20,000천원</li> </ul> </li> <li>○ 논문 및 학술발표             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구개발과 관련하여 논문 2건, 학술발표 3건 완료</li> </ul> </li> <li>○ 특허             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구개발과 관련된 특허출원 2건 완료</li> </ul> </li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 활용계획             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발 후 5개년 사업화 계획을 수립하여 사업화 진행</li> <li>- 국내외 전시회 참가</li> <li>- 제품 설명회, 홈페이지, 홍보물을 통한 제품 홍보 활동</li> <li>- 전국 대리점 계약을 통한 지역별 점유율 확대</li> <li>- 각 시군의 농업기술센터의 연계와 농협의 융자 지원제도 활용</li> </ul> </li> <li>○ 기대효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저온 플라즈마 분야를 활용한 재배 환경 개선과 작물의 저장 신선도 유지의 기술력 확보로 국내외 시장 경쟁력 확보</li> <li>- 농업뿐만 아니라 축산업과 일반 가정용, 산업용 등의 고품질이 및 바이러스 예방 효과 활용 기대</li> <li>- 상부의 열을 이용한 가온 시스템으로 에너지 절감 효과 기대</li> <li>- 시설물 통합제어를 통한 효율적인 농업 관리</li> </ul> </li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	농업용 전기 히터	저온 플라즈마	에틸렌 저감	저장성	ICT
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	Agricultural electric heater	Cold Plasma	Ethylene gas reduction	Storability	Information and Communications Technologies

\* 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

## 〈 목 차 〉

1장 연구개발과제의 개요 .....	1
1절 연구개발 목적 .....	1
1. 연구개발 개요 .....	1
1. 연구개발 배경 및 필요성 .....	2
3. 연구개발 범위 .....	12
2장 연구수행 내용 및 결과 .....	13
1절 최종 목표 및 평가방법 .....	13
1. 최종목표 .....	13
2. 정량적 목표 .....	14
3. 연구개발 성과목표 .....	16
2절 연구개발 내용 및 개발 범위 .....	17
1. 연차별 연구개발 내용 및 범위 요약 .....	19
2-1. 세부 연구개발 범위<1차년도> .....	19
2-2. 세부 연구개발 내용<1차년도> .....	20
3-1. 세부 연구개발 범위<2차년도> .....	63
3-2. 세부 연구개발 내용<2차년도> .....	64
4. 현장 시험 및 적용 .....	107
5. 연구개발 추진 내용 및 추진 일정 .....	122
3절 연구개발 결과 .....	125
1. 연구개발 결과 .....	126
2. 정량적 목표 및 결과 .....	129
3. 연구개발 성과 .....	140
4. 경제적 성과 .....	150

3장 연구개발 목표 달성도 .....	151
1절 연구개발 목표 대비 결과 .....	151
1. 연구개발 지표의 목표 대비 결과 .....	151
2. 정량적 지표의 목표 대비 결과 .....	153
3. 연구 성과 목표 대비 결과 .....	154
4장 연구결과의 활용 및 사업화 계획 .....	156
1절 연구개발 결과의 활용 및 기대효과 .....	157
1. 연구개발 결과의 활용 및 파급효과 .....	157
2. 기대성과 및 기대효과 .....	158
2절 목표 시장 현황 .....	159
1. 시장규모 파악 .....	159
2. 경쟁 제품 비교 .....	167
3절 사업화 계획 .....	174
1. 사업화 계획 .....	174
2. 시장진입을 위한 단계적 전략 .....	175
3. 대학, 연구소 협력업체, 대기업 등 외부 네트워크 활용 방안 .....	175
4. 생산, 설비투자, 마케팅, 인력확보 등에 대한 추진 전략 .....	175
5. 해외 수출 마케팅 전략 .....	177
6. 시장 변화에 따른 사업화 방안 .....	178
참고문헌 .....	179
[별첨1] 연구개발보고서 초록 .....	1
[별첨2] 자체평가의견서 .....	5
[별첨3] 연구성과활용 계획서 .....	9

# 1장 연구개발과제의 개요

## 1절 연구개발 목적

### 1. 연구개발 개요

본 연구개발은 시설하우스와 무가온 저장고의 재배 환경을 개선하여 농산물의 저장성 증가를 위한 플라즈마 살균과 히터 기능을 결합한 제품이다.

시설하우스 내 생육하는 농산물과 저장시설 내 보관되는 농산물에 있어 적정 온도와 습도를 유지하는 것은 매우 필수적인 요소이다. 또한, 생육 환경에서 발생하는 병해와 저장 시 발생하는 에틸렌 가스(ethylene gas)는 농산물의 생육 및 보관에 매우 큰 영향을 미친다. 이에 완성도 높은 농산물을 소비자에게 공급하기 위해 다양한 환경 요소를 갖춰야 한다.

본 연구개발을 통하여 동절기 시설하우스와 저장 시설에 적합한 난방 및 살균을 수행할 수 있는 수직 형태 시스템의 연구개발을 수행하였다.

본 연구개발 수행 및 결과에 앞서 과제명은 “온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발”이며, 시제품의 가제품명은 “플라즈마 가온 선도유지기”이다.



그림 1 플라즈마 가온 선도유지기

## 2. 연구개발 배경 및 필요성

### 가. 연구개발 배경

#### (1) 제주지역 만감 및 감귤류 동해 피해

국내 감귤의 대부분은 제주지역에서 생산되고 있으며, 매년 600,000톤의 감귤을 생산하여 전국으로 유통하고 있다. 하지만 2016년 01월 이후부터 매년마다 폭설에 따른 동해 피해가 발생되고 있어 감귤 생산에 있어 많은 어려움을 겪고 있다.

온주밀감의 저온 지속시간별 피해형태에 따르면 영하 5.5℃ 이하로 4.5시간 지속될 경우 잎은 10%, 가지는 50%가 얼게 되는 현상을 보이며, 동해 피해를 입은 감귤은 당도가 감소하고 과즙이 마르기시작하면서 산함량이 큰 폭으로 감소하게 된다. 또한, 비중이 감소되고 이취 발생이 급격히 증가한다.

온도 (°C)	지속시간 (hr)	잎	가지
영하 2.0℃	14hr	얼지 않음	얼지 않음
영하 3.5℃	12hr	얼지 않음	일부 얼어붙음
영하 5.5℃	4.5hr	10% 얼어붙음	50% 얼어붙음
영하 5.5℃	7.5hr	33% 얼어붙음	80% 얼어붙음

※ 온주밀감의 추위에 의한 고사 한계 온도 : -10℃

그림 2 온주밀감 저온 지속시간별 동해 피해형태

#### □ 품질조사 결과

##### ○ 당도, 산함량

처리별	당도(°Bx)					산함량(%)					
	1.18	1.25	2.1	2.12	3.14	1.18	1.25	2.1	2.12	3.14	
한라봉	노지	-	14.5	14.1	13.8	15.9	-	1.31	1.10	0.95	0.75
	노지+봉지	12.3	14.5	12.6	13.7	14.4	1.21	1.04	0.77	0.69	0.66
	보조가온	-	11.8	12.2	12.7	-	-	1.10	1.06	1.04	-
	레드향(무가온)	13.7	14.9	13.4	13.6	-	1.20	0.96	0.74	0.55	-

##### ○ 비중 및 이취 정도

처리별	비중				이취정도(0~4)				
	1.25	2.1	2.12	3.14	1.25	2.1	2.12	3.14	
한라봉	노지	0.91	0.85	0.82	0.69	0.4	3.4	3.7	3.3
	노지+봉지	0.88	0.86	0.82	0.74	0.7	2.0	3.3	2.8
	보조가온	0.92	0.91	0.90	-	0	0	0	-
	레드향(무가온)	0.92	0.90	0.84	-	1.4	3.0	3.9	-

# 이취 : 0(없음), 1(발생 시작), 2(조금 있음), 3(심함), 4(매우 심함)

그림 3 감귤류의 동해피해 후 품질변화 조사표

## (2) 국내 시설하우스 난방 현황

우리나라 겨울철 하우스 난방에 있어서 전체 전력비중 95%이상이 야간에 소모되어지고 있으며, 난방 방법 및 하우스의 위치, 지역에 따라 난방비는 조금씩 달라진다. 현재 일반적인 하우스 난방 방법은 증기난방, 온수난방, 온풍난방, 전열난방으로 나눌 수 있는데, 소규모로 운영되는 온실에서는 온풍난방이나 전열난방 등이 이용되고 있고, 대규모로 운영되고 있는 온실에서는 온수난방 방법이 주로 이용되고 있다.

그러나 유류비의 상승으로 인하여 겨울철 시설 내 난방비 절약이 가장 시급히 해결되어야 할 문제로 대두되고 있다. 최근 더욱이 유류비의 급상승으로 인하여 농가 수익성이 현저하게 감소되고 있어 최소한의 연료비로 최대의 난방 효과를 얻을 수 있는 방법들이 개발되어야 할 것이다. 이렇듯 에너지 비용을 절약하기 위하여 보온 효과를 최대로 높이는 동시에 보다 효율적인 난방 방법의 개선이 요구되고 있다. 이러한 시설하우스 외관은 유리나 플라스틱 또는 비닐로 씌워 온실 형태의 구조로 세워지는 것인데, 시설하우스의 내부에는 건조시스템이나 작물의 생육환경 조절시스템으로 온열램프(원적외선 램프), 열풍기, 보일러 등의 난방 설비와 냉각기, 냉풍기 등의 냉방 설비가 설치 및 사용되고 있다.

대부분의 시설하우스는 유류와 전기를 이용하는 온풍난방 방식을 적용하고 있으며, 시설하우스 규모와 형태에 따라 사용 방식의 차이가 있다. 온풍기를 사용하는 중소규모의 시설하우스는 바닥 또는 중방에 온풍기를 위치하여 난방 하는 방식을 사용하고, 유리온실과 같은 큰 규모의 시설하우스는 배기관, 비닐 닥트 등을 이용하여 시설하우스 내부를 난방 한다.

난방기기 및 시스템에 의해 가열된 따뜻한 공기는 밀도가 낮아 가볍고, 가벼운 공기는 상부로 이동하게 된다. 난방의 목적은 시설하우스 내부에서 생육하고 있는 작물의 적정 생육 온도를 맞춰주기 위해서인 반면 제 기능을 못하고 있다. 또한, 상부로 이동된 난방열은 낮은 온도의 외부 접촉면에 도달하여 낮은 온도로 변하게 된다. 이렇듯 시설하우스에서 생육하고 있는 작물은 난방 효과를 제대로 보지 못하고 있으며 생육 작물의 적정온도를 맞춰주기 위해 더 많은 에너지를 소비하여야한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 기존에는 시설하우스 교반용 송풍 팬을 시설하우스 천장 중간 중간에 설치하여 상부 공간에 머무르는 공기를 넓은 하부 공간으로 분사시켜 차가운 공기와 교반시켰으나, 작물이 생육하고 있는 높이 까지 교반 효과를 보기는 어려웠다.

시설하우스의 중방 높이는 적게는 2m에서 작물에 따라 높게는 4m까지 다양하게 설치됨에 따라 기존의 공기 교환기로는 상층과 하층의 공기 순환이 원활하지 않아, 난방장치의 가동으로 하층에 적정온도를 유지하기 위해서는 많은 에너지를 사용해야 하는 단점으로 인해 하층만을 대상으로 하는 시설하우스 난방 장치의 필요성이 제기되는 상태이다.

이러한 시설하우스의 환기여부는 내부의 공기 교환은 물론 온도 및 습도 등의 조절에도 많은 영향을 끼치므로 식물의 발육을 위해 매우 중요하다. 특히, 시설하우스 상부의 공기는 송풍기 등을 설치하지 않으면 환기가 어렵다. 따라서 일반적으로 종래하는 시설하우스 환기 장치는 시설하우스 지붕의 중앙에 구멍을 형성하고 그 구멍을 통해 내부의 공기를 환기시키도록 설치된다.

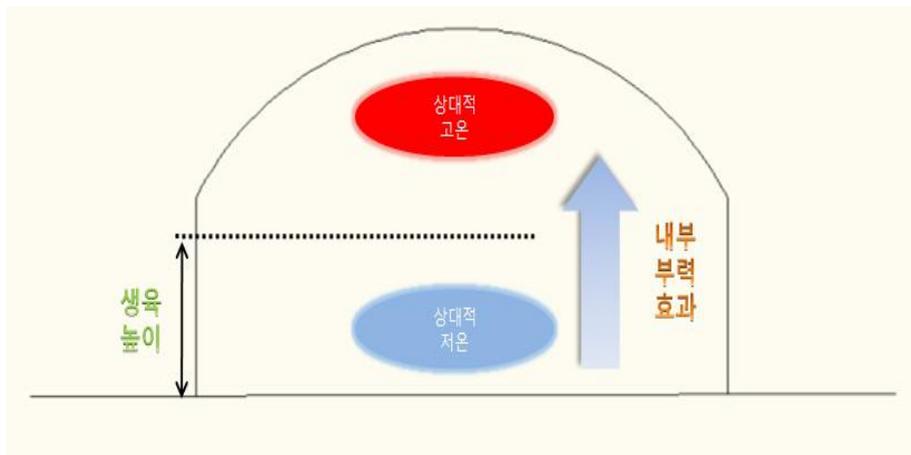


그림 4 시설하우스 내 온도편차



그림 5 국내 타사 전기 히터 및 난방 제품

## (2) 국내 시설하우스 병충해 현황

각종 채소나 과실류를 재배하고 있는 농가에서 겪는 어려움은 곰팡이 및 바이러스 등으로 인한 병충해 피해를 1순위로 꼽을 수 있다. 재배 작물의 경우 과거부터 현재까지 꾸준히 문제시 되고 있으며 전국의 농업기술원 등 농업관련 관계기관에서 이에 대한 대책과 예방관리 등의 연구 및 개발을 꾸준히 진행하고 있다.

일반적으로 식물을 감염시키는 바이러스의 종류는 전 세계적으로 약 1,000여종이 알려져 있으며 국내에서는 약 100여 종이 보고되고 있는데 최근 국가 간 농산물 교역이 크게 증가함에 따라 국내에 존재하지 않던 외국의 병원성 식물 바이러스까지 유입되어 그로 인한 피해가 점차 심해지고 있는 추세이다. 또한, 장마나 태풍이 잦은 국내에서는 곰팡이 피해 또한, 매년 농가에서 겪고 있는 실정이다.



그림 6 식물바이러스로 인한 피해

## (3) 국내 무가온 저장고 및 저장 시설의 작물 신선도 현황

작물의 수확, 저장 시설 보관 등 작물의 수확 이후부터 작물 자체에서 생성되는 에틸렌 가스(ethylene gas)는 작물의 보관 및 관리에 있어 큰 영향을 미치는 호르몬이다. 대체로 식물 호르몬이 화학구조상 간단하게 되어 있지만, 에틸렌은 그 중에서도 가장 간단하면서도 큰 영향을 미치는 호르몬으로 독특하게 기체 상태로 존재하기 때문에 다른 호르몬과 달리 이동이 쉽고 주로 확산에 의해 기공(氣孔)으로 배출한다.

에틸렌은 엡시스산과 함께 물리적 손상, 병원균 침입, 외부의 불량 환경 등의 스트레스에 의해 활발히 생성되는 스트레스 호르몬으로 외부 물질이 원인이 아닌 식물이 자체적으로 생성하여 생성된다. 이러한 에틸렌 가스는 작물의 노화 및 부패를 촉진시키고 작물의 신선도를 떨어트린다.

과일을 포장할 때 조심하는 이유는 단순한 상처예방 뿐만 아니라 에틸렌이 발생하여 식물체의 노화를 진행시키고, 과일, 채소, 꽃 등의 수명에 큰 영향을 줄 수 있기 때문이다.

또한, 에틸렌은 과일의 숙성에 관여하고 노화를 촉진한다는 것 이외에도 스트레스 상황에서 식물체의 생존을 위해 분비되는 호르몬이기 때문에 식물체 내의 항스트레스 물질 합성에 관여하고, 대표적인 항산화물질 안토시아닌과 카로티노이드 합성에 기여하며 다른 색소인 엽록소를 분해하는 과정에도 관여한다. 또한, 식물의 성장을 촉진하는 옥신의 이동을 억제하고 불활성화하여 어리거나 연한 조직 생성을 억제하고 엡시스산 생성을 촉진한다. 1)

이처럼 작물의 수확, 저장, 유통 과정에서 에틸렌 가스가 생성되고, 발생된 에틸렌 가스에 의해 작물의 저장기간 단축, 상품 가치 하락 등의 영향을 줄 수 있는 호르몬이다. 에틸렌 가스 피해 및 작물별 에틸렌 가스에 따른 저장 조건은 아래와 같다.2)

품명	저장온도 (°C)	상대습도 (%)	어는점 (°C)	에틸렌 생성	에틸렌 민감성	
사과	0	90~95	-1.5	매우많음	높음	
배	0	90~95	-1.6	적음	낮음	
포도	-1~0	90~95	-1.4	매우적음	낮음	
감귤	3~5	85	-1.1	매우적음	중간	
단감	0	90~95	-2.2	적음	높음	
복숭아	천도복숭아	5~8	90~95	-1.9	중간	중간
	장호원황도	0	90~95	-2.1	중간	중간
	백도계	8~10	90~95	-2.1	중간	중간
자두	0~1	85~90	-0.8	중간	중간	
살구	0~1	85~90	-1.1	매우적음	낮음	
양앵두	-1~0	90~95	-2.1	매우적음	낮음	
블루베리	-0.5~0	90~95	-1.3	적음	낮음	
대추	0	90~95	-1.6	적음	중간	
참다래	0	90~95	-0.9	적음	높음	

품명	저장온도 (°C)	상대습도 (%)	어는점 (°C)	에틸렌 생성	에틸렌 민감성	
과채류	딸기	0~4	90~95	-0.8	적음	낮음
	참외	5~7	90~95	-1.2	중간	중간
	멜론(네트멜론)	2~5	95	-1.2	많음	중간
	파프리카	7~10	95~98	-0.7	적음	낮음
	풋고추	7~10	90~95	-0.7	적음	중간
	애호박	7~10	95	-0.5	적음	중간
	오이	10~12	85~90	-0.5	적음	높음
	가지	10~12	90~95	-0.8	적음	중간
	수박	10~15	90	-0.4	매우적음	높음
	토마토(50%착색)	8~10	85~90	-0.5	많음	낮음
근채류	무	0~2	95~100	-0.7	매우적음	낮음
	마늘	-2~0	70	-2.7	매우적음	낮음
	양파	0	65~70	-0.8	매우적음	낮음
	당근	0	90~95	-1.4	매우적음	높음
	감자	4~8	90~95	-0.8	매우적음	중간
	고구마	13~15	85~95	-1.3	매우적음	낮음
엽채류	시금치	0	95~100	-0.3	매우적음	높음
	상추	0~5	95	-0.2	매우적음	높음
	겉상추(양상추)	0~2	90~95	-0.2	매우적음	높음
	월동배추	-0.5~0	90~95	-1~2	매우적음	중간-높음
기타	봄·여름배추	0~2	90~95	-0.9~-2	매우적음	중간-높음
	브로콜리	0	95~100	-0.6	매우적음	높음
아스파라거스	2	95~100	-0.6	적음	중간	

그림 7 작물 및 채소별 에틸렌 가스에 따른 저장 조건

1) 마냥 좋아할 일만은 아닌 성숙함, 임병선, 농촌진흥청, 2016, 6~9p  
 2) 과일 채소 저장조건, 농촌진흥청 국립원예특작과학원

#### (4) ICT(스마트팜) 현황<sup>3)</sup>

국내 스마트원예의 ICT 기술은 센서를 활용한 온실 내 자동제어나 원격감지, 원격제어, 농작업의 기계화 등이 원예 산업에서 전형적인 스마트 농업의 유형이다. 국내의 경우 상대적으로 센싱기술에 많은 연구 및 개발을 하고 있다. 그러나 센싱 기술을 제외한 시설과 조절 및 관리 부문에서는 상대적으로 많은 연구가 이루어지고 있지는 않다.

유리 온실 등 대규모 시설이 폭넓게 보급되고 있는 미국이나 유럽에서는 단순히 센싱 기술 뿐만 아니라 조절 및 관리 분야에서 많은 연구와 기술이 개발되고 있다.

국내와 국외의 차이점의 경우 국외에서는 식물광장이 유리온실 위주로 발달되고 있지만 국내는 비닐하우스 위주로 발달되어 있다. 이는 초기 자본금이 많이 들어가는 유리온실의 경우 농가들의 경제적 부담이기 때문이다. 과거 외국의 운영체계를 도입하는 것 위주에서 최근 국내 기술을 이용한 국내 농업 특성에 맞는 스마트 장비들의 개발과 보급이 진행되고 있다.

#### 나. 연구개발의 필요성

##### (1) 에너지 절감 및 효율적 가온을 위한 난방기기의 필요

겨울철 시설하우스 및 저장 시설의 난방은 매우 필수적인 요소이다. 현재 시장을 형성하고 있는 제품들은 바닥에 위치하여 수평 방향으로 시설 전체 또는 부분 난방을 한다. 하지만, 난방열은 상대적으로 따뜻하고 밀도가 낮아 가볍고, 가벼운 공기는 상부로 이동하게 되어 생육 및 저장 작물은 난방 효과를 효율적으로 받지 못하는 문제가 발생한다. 즉, 난방기의 목적에 맞는 효율이 부족하다는 말이며 이에 따라 수직 형태의 난방 기기의 개발이 필요하다.

수직 형태의 난방기기는 하우스 천정 또는 중방에 거치되어 상대적으로 따뜻한 상부의 공기를 흡입하고, 가열을 통하여 난방열을 하부로 공급하는 난방기기이다. 상대적으로 따뜻한 상부의 공기를 회수하여 사용하기 때문에 필요한 난방 온도에 쉽게 도달한다. 즉, 에너지(연료) 절감효과를 볼 수 있는 시스템이다.

또한, 작물의 종류, 환경적인 요소 등에 의해 필요한 난방 위치가 다르며 이를 해결하기 위한 높이 조절 기능, 공기 교반 기능 등 시설하우스에 맞춤형 난방기기가 필요하다.

3) ICT기반 스마트농업 현황분석 및 활성화 방안 연구, 성경일 외, 강원대학교, 2015, 15p

(2) 식물 노화호르몬이라고 불리우는 에틸렌 가스의 발생 저감 또는 효율적인 제어 필요

에틸렌 가스는 과일의 숙성에 영향을 미치지만, 수명 단축에 큰 악영향을 미친다. 이는 천연 식물호르몬으로 농산물을 취급하는 과정에서 발생하고, 저장성(품질)을 떨어뜨리는 요인으로 작용한다. 또한, 작물을 수확하거나 잎을 절단하면 절단면에서 에틸렌 가스가 생성하게 되는데 생성된 에틸렌 가스는 스스로의 합성을 촉진시키는 자가 촉매적 성질 (feedback regulation)을 가지고 있다.

농산물의 수확부터 시작하여 저장과 유통 단계를 거쳐 판매가 시작되는 시점까지 이 기간은 품질 유지가 매우 중요하다. 에틸렌은 미숙과를 빠르고 균일하게 숙성시키는데 이용할 수 있으나 의도하지 않는 노출은 대부분의 채소, 과일에 부정적 영향을 미친다. 또한 에틸렌 가스의 발생은 유통기한을 짧게 만들어 신선한 농산물의 수출의 제한 요인이 되기 때문에 포장, 유통, 저장업에 있어서 매우 중요하다.

일반적으로 에틸렌 발생량이 높은 농산물 또는 품종은 저장성이 낮은 경향이 있다.

이처럼 농산물 자체에서 발생하는 식물노화호르몬에 의해 유통과정에서 상품의 가치가 하락되고 있으며, 에틸렌 가스를 효율적으로 제어 할 수 있는 방법이 필요하다.



그림 8 작물의 에틸렌 가스 피해

(3) 곰팡이 병 억제 및 제거 필요

근래 친환경 농법의 유행으로 시설하우스 작물 재배 시 가장 큰 어려움은 곰팡이균 등의 유해미생물에 의한 작물 피해가 크다. 또한, 수확된 작물의 보관, 유통, 판매 과정에서 환경적인 요인에 의해 곰팡이 병이 발생하게 된다.

발생된 곰팡이 병은 빠른 시간 내 번식을 통해 주변 농산물까지 피해를 입히게 되어 시설하우스 재배 및 저장 시설에서 발생하는 곰팡이 병을 억제하고 제거 할 수 있는 살균 시스템이 필요하다.



그림 9 곰팡이균 등으로 인한 피해

#### (4) 시설물 관리 및 제어를 위한 통합관리 시스템 필요

우리나라 농업 경쟁력을 높이기 위한 방안으로 스마트팜 기술에 대한 논의가 활발하다. 몇 년 전만 해도 스마트팜은 외국 시스템 도입을 통해 선도 농가를 중심으로 파프리카, 딸기, 토마토 등의 재배에 일부 적용되었으나, 스마트팜 주요 장비의 외국 의존에 따라 구조적 한계점에 봉착하고, 농가의 실질적 소득 증가 기여도가 낮은 수준에 머물렀다.

현재 우리나라 농업은 농촌인구의 감소 및 고령화, 곡물자급률 하락, 농가소득 정체, 한반도 기후변화 심화 등의 어려움을 겪고 있으며, 농업 인구의 감소 및 고령화 추세가 뚜렷하게 나타나고 있다. 또한, 수입 농산물은 매년 증가하고 있으며 전체 산업에서 농업 비중은 계속 낮아지고 있다.

이러한 환경 속에서 농업의 경쟁력을 높이기 위해 국내 시설에 맞는 제어가 필요하고, 최적의 시설 농산물의 생육 환경을 유지하여 농산물의 생산성을 제고시켜야한다.

또한 노동인구 및 농지 감소, 농업 경쟁력 약화, 기상 이변 등의 문제를 타개하기 위한 노력의 일환으로 ICT 기반 스마트 농업 기술 도입이 추진되고 있으며, 본 연구개발 시제품인 플라즈마 가온 선도유지기와 시설을 통합적으로 제어할 수 있는 시스템이 필요하다.

시설하우스 및 저장고 등의 시설물(히터, 환기, 제습, 개폐기 등)에 적합하고 효율적인 제

어를 위한 ICT 통합제어시스템의 개발이 필요하다.

(5) 핵심 기술 “저온 플라즈마 살균”의 적용 필요

본 연구개발의 핵심 기술은 “저온 산소 플라즈마(COP)”로 상기 언급한 에틸렌 가스와 곰팡이 균의 억제 및 제거 할 수 있는 진공자외선(VUV) 파장 영역이다. 수직 교반 형태의 전기 히터에 적용하여 시설하우스 및 저장고를 살균 할 수 있는 시스템으로 농산물의 효과적인 생육과 보관에 매우 필요한 살균 시스템이다.

본 연구에 쓰이는 살균·정화 시스템은 “저온 산소 플라즈마(COP)”를 이용한 살균방식으로써 특수한 자외선(Deep UV-280nm 보다 짧은) 파장(100~200nm)을 가지고 광촉매 없이도 “이온과 자유전자”가 포함된 상태로 광이온화 할 수 있다. 매우 강력한 자외선을 이용한 이 플라즈마는 공기 중의 산소분자와 물분자를 선택적으로 광해리(분해)하여 수산화기(hydroxyl radical, OH<sup>-</sup>), 슈퍼옥사이드 이온(O<sub>2</sub><sup>-</sup>), 자유라디칼(free radical), 포토릭 오존(O<sub>3</sub>), 산소원자(O<sub>1</sub>), 수소원자(H<sup>+</sup>), 양이온(positive ion), 자유전자(free electron) 등의 정화제(산화제)를 순간적으로 만들어 낸다. 이렇게 발생된 정화제는 고도의 반응성을 갖고 있어 공기 중의 유해오염물질과 유독성 화학물질을 만나 상호 반응하여 인체에 무해한 무독성 상태로 만들면서 스스로 사라지는데 자외선에 의한 플라즈마 발생은 전기적으로 하전된 입자들의 집합체로 수많은 오염물질 분자를 직간접적으로 파괴한다. 또한, 저온 산소 플라즈마(COP)와 광촉매(TiO<sub>2</sub>계열)가 서로 결합되면 광화학적 산화에 필요한 정화제가 더욱 발생하게 되고 이것들이 상호작용하게 되면 반응속도가 더욱 증가하는 살균·정화 시스템이다.

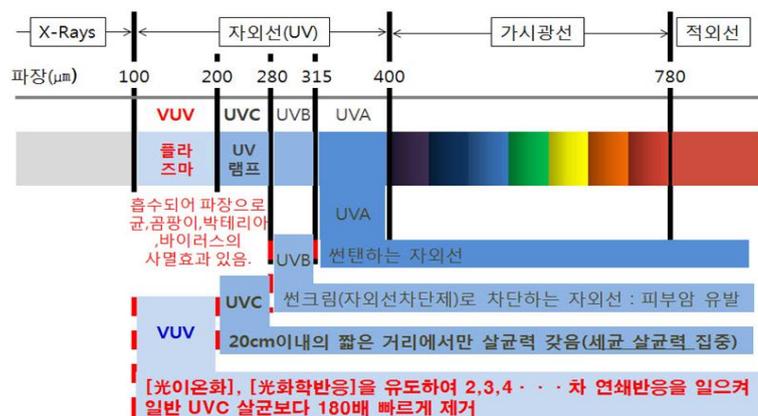


그림 10 자외선 영역별 살균력 효능

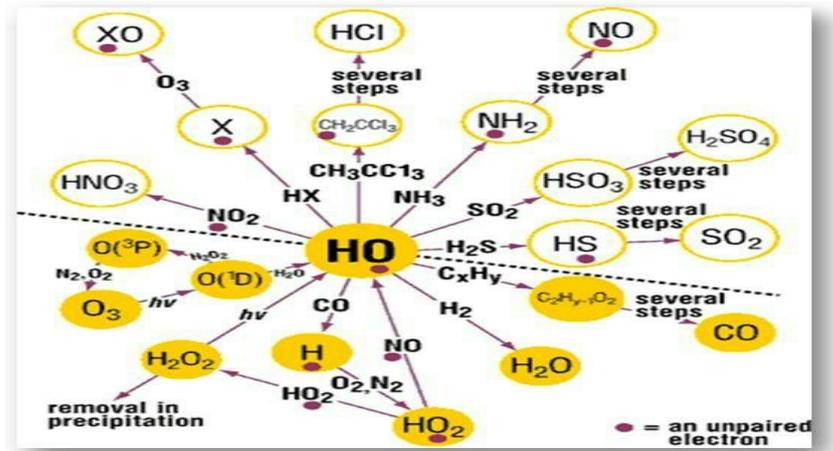


그림 11 수산기와 유해물질 반응 계통도

### 3. 연구개발 범위

#### 가. 시설하우스 및 저장 시설의 가온을 위한 전기 히터 개발 및 적용

- (1) 겨울철 시설하우스 및 저장고 가온을 위한 면상 발열 히터 개발
- (2) 난방 높이 조절이 가능한 히터 시스템 개발
- (3) 상대적으로 따뜻한 상부 열을 이용한 에너지 절감형 구조 개발
- (4) 플라즈마 살균 기능과 히터의 결합구조 적용

#### 나. 플라즈마를 이용한 살균 시스템 개발 및 적용

- (1) 저장고 내 에틸렌 가스 제거를 통한 농산물 저장성 증가
- (2) 시설하우스 및 저장고 내 곰팡이 균 발생억제 및 제거
- (3) 공기 중 오염물질 제거

#### 다. 플라즈마 가온 선도유지 제어 및 시설물 제어 개발 및 적용

- (1) 플라즈마 가온 선도유지기 제어
- (2) 시설물 통합 제어

## 2장 연구수행 내용 및 결과

### 1절 최종 목표 및 평가방법

#### 1. 최종목표

- 온실과 무가온 저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발
- 시설하우스와 저장 시설의 효율적인 난방을 위해 수직 교반 형태의 히터 개발
- 작물 병해 예방과 에틸렌 가스 저감을 위한 플라즈마 살균 모듈 개발
- 면상 발열 히터와 플라즈마 살균 모듈을 결합한 플라즈마 가온 선도유지기 개발
- 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 및 통합제어 시스템 개발

#### 가. 1차년도 목표

- (1) 플라즈마 발생 모듈 개발
- (2) 면상 발열 히터 및 주요 장치 개발
- (3) 제어 프로세스 및 프로그램 개발

#### 나. 2차년도 목표

- (1) 플라즈마 가온 선도유지기 및 제어기 개발
- (2) 플라즈마 가온 선도유지기 현장 적용
- (3) ICT 통합제어 시스템 프로세스 및 프로그램 개발

## 2. 정량적 목표

### 가. 정량적 지표 평가항목 및 목표

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	현재 기술 수준	개발목표치		평가방법
				1차년도 (2018)	2차년도 (2019)	
1. 상하온도편차	℃	15	-	5 이하	3 이하	KTR, 자체시험
2. 항공팡이 시험	%	20	미성장	미성장	미성장	ASTM G 21-15
3. 부유 세균 저감 성능시험	%	15	70	70 이상	80 이상	KCL-FIR-1002:2011
4. 오존방출량시험	ppm	15	0.1	0.1 이하	0.06 이하	SPS-KACA002-132 :2016
5. 실내공기질 시험	%	15	70	70 이상	80 이상	
6. 에틸렌 가스 제거율 시험	%	20	80	85 이상	90 이상	

### 나. 정량적 목표 평가 방법 (사업계획서상 평가 방법)

- (1) 상하온도편차 : 대상 온실이나 저장고 선정 후 시제품을 3시간 가동 후 상단부 4방향과 하단부 4방향에서 온도측정기를 이용하여 온도를 측정 후 각 위치의 상하부 편차 측정
- (2) 항공팡이 시험 : 시험 혼합 포자액이 접종된 배지를 시료 하단에 장치시키고 1시간동안 시제품을 작동시킨 후 그 배지를 5일간 배양하여 곰팡이의 성장유무를 판별
- (3) 부유 세균 저감 성능시험 : 밀폐된 일정 공간 내에 시료를 설치 후 시험 세균이 도말된 배지를 시료 근처에 장치시키고 시제품을 최대 1시간 작동 시킨 후 초기 농도 대비 세균 감소율 측정
- (4) 오존(O<sub>3</sub>) 방출량 시험 : 오존농도측정기를 시험 챔버 또는 장소에 위치시키고 30분이상 워밍업 단계 후 시제품을 설치 및 작동 시켜 오존 농도를 측정하여 결과를 산출

- (5) 실내공기질(TVOC) 시험 : 시험 챔버 또는 장소에 시제품을 설치하고 TVOC 10ppm 정도의 농도를 주입시켜 시료를 30분간 가동시킨 후 내부가스 농도를 측정하여 유해가스 제거율 산출
- (6) 에틸렌 가스 제거율 시험 : 시험 챔버의 밀폐용기에 시제품을 설치하고 에틸렌가스를 시작농도 5ppm정도 주입시키고 시제품을 2시간 가동 후 30분 간격으로 측정하여 결과값 산출

3. 연구개발 성과목표

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시(이전)		사업화					기술인재	학술성과			연구인력	정책영향도		기타(타 연구개발영역)	
	특허출원건수	특허인용건수	특허인용비율	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자인원		논문		학술발표		연구인력	정책제언		홍보건수
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	5	10				20	15	10	10				10	5	5		10		
최종목표	2	1				2	20		2				3	4	2	4	2		
1차년도	1					1			1				1	2	1	2	1		
2차년도	1	1				1	20		1				2	2	1	2	1		
3차년도																			
4차년도																			
5차년도																			
소 계	2	1				2	20		2				3	4	2	4	2		
종료 1차년도		1					100								1	1	2		
종료 2차년도							200		2								2		
종료 3차년도							400		1						1		2		
종료 4차년도							550	50	1								2		
종료 5차년도							700	100	1						1		2		
소 계		1					1,950	200	5						1	3	10		
합 계	2	2				2	1,970	200	7				3	4	3	7	12		

## 2절 연구개발 내용 및 개발 범위

### 1. 연차별 연구개발 내용 및 범위 요약

#### 가. 1차년도 연구개발 내용 및 범위

##### (1) 플라즈마 발생 모듈 개발

- (가) 플라즈마 발생 모듈(40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>) 제작 및 성능테스트
- (나) 플라즈마 발생 모듈의 최적화 및 규격화

##### (2) 면상 발열 히터 시스템 개발

- (가) 면상 발열 히터 제작 및 성능테스트
- (나) 면상 발열 히터 제어기 제작

##### (3) 제어 프로세스 및 프로그램 개발

- (가) 면상 발열 히터 제어 프로세스 및 프로그램 설계



그림 12 1차년도 개발 범위

나. 2차년도 연구개발 내용 및 범위

(1) 플라즈마 살균 방식의 면상 발열 히터(플라즈마 가온 선도유지기) 개발

- (가) 플라즈마 발생 모듈과 면상 발열 히터 시스템 설계 보완
- (나) 플라즈마 가온 선도유지기 제작
- (다) 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 제작

(2) 플라즈마 가온 선도유지기 현장 적용

- (가) 대상 농가에 설치 및 테스트
- (나) 저장고 설치 및 테스트

(3) ICT 통합제어시스템 개발

- (가) ICT 통합제어 시스템 프로세스 및 프로그램 개발
- (다) ICT 통합제어 시스템 제작

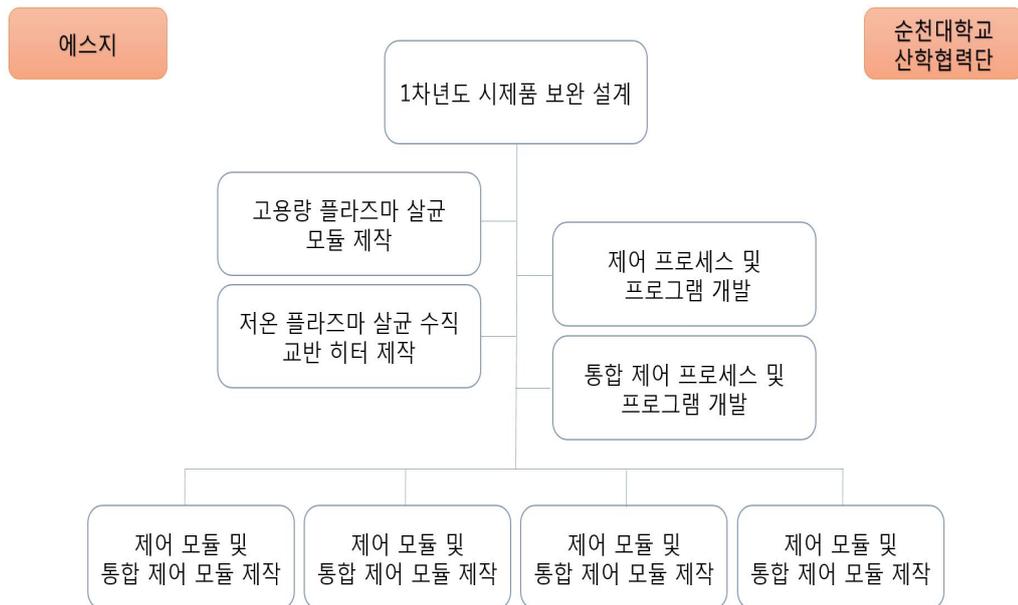


그림 13 2차년도 개발 범위

## 2-1. 세부 연구개발 범위<1차년도>

### 가. 플라즈마 발생 모듈 개발

- (1) 플라즈마 살균 기술의 이해
- (2) 진공자외선(VUV) 램프 방식의 플라즈마 발생 모듈 제작
- (3) 저온 플라즈마와 다른 방식의 살균법과의 비교

### 나. 면상 발열 히터 개발

- (1) 면상 발열 히터 개요
- (2) 면상 발열 히터 제작

### 다. 수직 교반 구조의 히터 주요 장치 개발

- (1) 송풍부(Blower) 개발
- (2) 수직 이동 장치 제작
- (3) 수직 교반 구조의 히터 하우징 제작

### 라. 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기 제작

- (1) 제어 프로세스 및 프로그램 개발
- (2) 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기 제작

### 마. 1차년도 시제품 및 주요 장치

- (1) 시제품
- (2) 주요 장치

## 2-2. 세부 연구개발 내용<1차년도>

### 가. 플라즈마 발생 모듈 개발

#### (1) 플라즈마 살균 기술의 이해

##### (가) 플라즈마의 살균 기술 및 농업 분야의 적용

플라즈마는 물질의 제 4 상태라고도 하며, 전체적으로는 전기적인 중성(neutral)이지만 부분적으로는 이온화된 요소로 이루어진 상태를 말한다. 플라즈마는 이온화된 가스 및 양 또는 음으로 대전된 입자들로 구성되는데, 전자(electron), 자유라디칼(free radical), 양이온, 중성인 원자 및 분자들이 그것들이다. 플라즈마 상태는 낮은 온도의 고체에 에너지를 가하면 액체가 되고 더욱 많은 에너지를 가하면 기체가 되듯이 기체 상태에 더욱 에너지를 가해 원자나 분자들을 양이온과 전자로 분리시키면 생성된다. 에너지를 가하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 연소(combustion), 전기적 방전(electric discharge), 자외선 등이 있다.

플라즈마는 열 플라즈마(thermal plasma)와 비열 플라즈마(non-thermal plasma)로 구분된다. 열 플라즈마는 고온(hot) 또는(equilibrium) 평형 플라즈마라고 불리며, 보통 플라즈마 토치에 의해 만들어진다. 이때 전자와 원자는 열적 평형을 이루고 그 온도차가 거의 없다는 특징이 있다. 이와 같은 상태를 만들기 위해서는 높은 전기 에너지가 필요하며 용접, 절단, 소각, 코팅 등의 작업에 요긴하게 사용되고 있다. 비열 플라즈마는 저온(cold) 또는 비평형(non-equilibrium) 플라즈마라고도 하며, 비교적 낮은 압력 하에서 낮은 에너지를 가지고 쉽게 생성된다. 반응 가스의 온도가 대기의 온도와 비슷하지만 전자의 온도만 그보다 거의 10~100배 정도 높은 상태에 있는 특징이 있다. 감압 하에서는 주로 글로우 방전(glow discharge) 형태를 띠게 되는데 반도체 기판의 에칭, 코팅, 세정 작업이나 표면처리 및 개질 등에 사용된다. 상압이나 고압에서의 비열 플라즈마는 화학적으로 반응성이 매우 큰 반응물을 생성하여, 일반적인 방법으로는 실현되기 어렵거나 불가능한 화학 반응을 촉진시킬 수 있는 특성을 가지고 있다. 이러한 반응물에는 자유 활성기(free radical)를 포함한 이온들 뿐 만 아니라 전자, 자외선(ultraviolet), 여기된 원자(exited atom) 등이 있다. 위에 반응물들은 상대적으로 에너지가 높은 전자들과의 비탄성 충돌(inelastic collision)에 의해 만들어지게 되는데, 전자의 운동에너지가 가스의 원자나 분자의 전리(ionization) 현상을 유도하게 되는 원리로 설명된다.

농업 분야에서 활용이 가능한 플라즈마는 온도가 낮아 이온, 전자, 라디칼, UV 등의 여러 가지의 구성원소를 갖고 있어 그 특성이 매우 다양하다. 이러한 다양한 구성 원소들로 인해 유도된 활성화, 살균, 촉매의 세가지 제어기능을 농식품 분야에 활용 가능하다. 활성화는 플라즈마의 물리적·화학적 자극에 의해 씨앗의 발아율이나 새싹의 성장률을 향상 시킬 수 있다. 플라즈마의 라디칼이나 UV를 이용하여 살균을 할 수 있고, 관련된 적용 분야는 씨앗 살균에서부터 저장, 포장, 유통에 이르기까지 범위가 매우 넓다. 촉매로서의 기능은 전자 및 라디칼에 의해 분자의 해리를 촉진시킬 수 있는데 과일의 저장 시 발생하는 에틸렌 가스의 분해, 공기 중의 질소 고정을 위한 질소 분해 해리 등이 있다.<sup>4)</sup>

#### (나) 연구개발에 사용되는 살균 시스템

본 연구에 쓰이는 살균정화 시스템은 “저온 산소 플라즈마(COP, Cold Oxygen Plasma)”를 이용한 살균방식으로써 특수한 자외선(Deep UV-280nm 보다 짧은) 파장(100~200nm)을 가지고 광촉매 없이도 “이온과 자유전자”가 포함된 상태로 광이온화 할 수 있다. 매우 강력한 자외선을 이용한 이 플라즈마는 공기 중의 산소 분자와 물 분자를 선택적으로 광해리(분해)하여 수산화기(Hydroxyl radical, OH<sup>-</sup>), 슈퍼옥사이드 이온(O<sub>2</sub><sup>-</sup>), 자유라디칼(Free radical) 포토릭 오존(O<sub>3</sub>), 산소원자(O<sub>1</sub>), 수소원자(H<sup>+</sup>), 양이온(Positive ion), 자유전자(Free electron) 등의 정화제(산화제)를 순간적으로 만들어 낸다. 이렇게 발생된 정화제는 고도의 반응성을 갖고 있어 공기 중의 유독성 상태로 만들면서 스스로 사라지는데 자외선에 의한 플라즈마 발생은 전기적으로 하전된 입자들의 집합체로 수많은 오염물질 분자를 직간접적으로 파괴한다. 또한, 저온 산소 플라즈마(COP)와 광촉매(TiO<sub>2</sub>계열)가 서로 결합되면 광화학적 산화에 필요한 정화제가 더욱 발생하게 되고 이것들이 상호작용하게 되면 반응속도가 더욱 증가하는 살균정화 시스템이다.

#### (다) “저온 플라즈마”의 기술적 핵심

- ① 표준 대기압 상온 상태에서 저온 산소 플라즈마(Atmosphere Cold Oxygen Plasma)를 발생시켜, 공기 중 산소분자(O<sub>2</sub>)와 습기(H<sub>2</sub>O) 분자를 선택적으로 “광해리”한다. 이때 공기 중 산소분자(O<sub>2</sub>)의 전자볼트(Electro Voltage)와 습기 분자의 전자볼트(Electro Voltage)는 이온화 에너지가 비교적 강하기 때문에 일반적인 시중의 자외선(UVC) 광파장보다 더 짧고, 광폭이 넓은 출력의 VUV를 이용해야 한다.

4) 플라즈마 기술의 농식품 분야 활용, 유석재, 진공이야기, 2015, 5p

- ② 180nm~400nm 자외선 파장 중에서 산소분자(O<sub>2</sub>)의 광해리에 가장 유효한 스펙트럼을 찾아내 그것을 필수적으로 이용해야만 하고, 플라즈마 상태를 구현하기 위해 사용되는 전기에너지는 상대적으로 매우 적어야 한다.
- ③ 일반적으로 공기 중에서 산소분자(O<sub>2</sub>)를 전리하는 에너지원으로 고전압을 이용한 코로나 방전(Corona Discharge)을 이용하고 있는데, 이때 산소분자(O<sub>2</sub>)의 전리 에너지는 6-7eV(Electron Voltage)이다. 이것은 곧 대기압 상태에서 오존을 발생하려면, 상당히 큰 에너지가 필요하다는 것을 의미한다.
- ④ 고전압 방전 에너지를 흡수한 산소분자(O<sub>2</sub>)는 산소원자(O<sub>1</sub> + O<sub>1</sub>)로 각각 분리되고, 즉시 주변의 다른 산소분자(O<sub>2</sub>)와 결합하여 오존분자(O<sub>3</sub>)상태가 되며, 오존(O<sub>3</sub>)에서 떨어져 나온 O<sub>1</sub>(Singlet Oxygen)을 이용하여 살균하는 메커니즘이다.
- ⑤ 그러나 훨씬 더 적은 에너지를 사용하면서, 오존(O<sub>3</sub>)보다 더 살균력이 강력하고 인체에 안전하고 다양한 산소종(Oxygen Species)과 프리 라디칼(Free radicals)을 발생시키는 것이 곧 “저온 산소 플라즈마” 기술이다. “저온 산소 플라즈마(Cold Oxygen Plasma)” 발생은 잠재된 산화 에너지(Oxidation Energy)를 가진 “산소 화학종”에 의해서 유해 미생물의 세포막을 파괴하는 메커니즘이다.

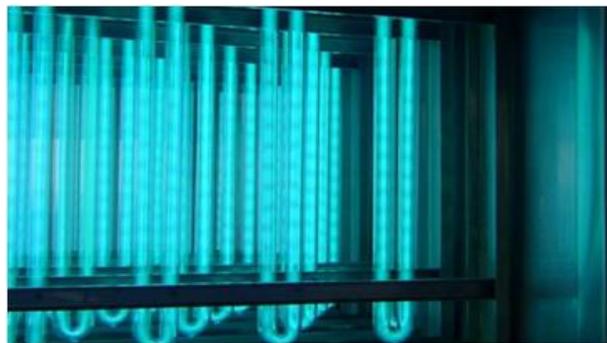


그림 14 저온 플라즈마 발생

- ⑥ 강력한 산화 에너지를 가진 산소 화학종은 사람과 가축에게 전염되는 유해 유기물(Harmful organics)로 의심하는 독성 바이러스(Virus), 박테리아(Bacteria), 곰팡이(Fungus) 및 진균류 등이 증식 또는 기생하는 것을 차단하고 공기 중에 부유하거나 물질에 달라붙어 기생하는 것을 살균한다.



- ⑩ 산소분자(O<sub>2</sub>)의 완벽한 광해리 산소 원자(Oxygen Atom)를 발생시키고, 산소 원자는 오존(O<sub>2</sub>)분자로 구성된 후, 오존 분자에서 떨어져 나온 산소 라디칼(RO<sub>1</sub>)은 탄소(C)와 수소(H)의 결합체인 유기체로부터 수소(H<sup>+</sup>)이온을 빼앗고, 유기체를 파괴하면서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 수분(H<sub>2</sub>O) 상태로 미네랄화 된다.
- ⑪ 자유로운 상태의 산소 라디칼(RO<sub>1</sub>)은 탄화수소에 달라붙어 분해하고, 그 중 일부가 대기 중 습기분자(H<sub>2</sub>O)와 결합하여 2HO<sub>1</sub>(Hydroxyl radical)로 변화되며, 공기 중 유기체를 연속적으로 파괴하기 시작한다. 이때 HO<sub>1</sub>는 습기(H<sub>2</sub>O)와 반응하여 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(Peroxide)로, 반응하고 남은 수소이온(H<sup>+</sup>)은 산소분자(O<sub>2</sub>)와 반응하여 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 각각 환원된다. Peroxide는 유기체와 반응하면 탄소와 수소 이온을 빼앗아 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 수분(H<sub>2</sub>O)으로 미네랄화 한다.
- ⑫ “저온 산소 플라즈마” 장치는 일반적으로 사용되는 UVC보다 훨씬 더 짧고 강력한 파장을 제공함으로써, 공기 중 산소 분자를 광해리 할 수 있다. 이때 발생하는 프리 라디칼, 산소이온, 자유 전자 등이 모두 포함된 “저온 산소 플라즈마” 상태를 만들어 내는 과학기술이다. 전술한 바와 같이 상대적으로 낮은 오존농도에서 기존의 고전압 방전식 오존발생기보다 에너지는 더 적게 소비하지만, 미생물을 살균하고, 동시에 화학물질을 산화 분해하는 강력한 공기정화 메커니즘을 실현한 기술이다.
- ⑬ “저온 산소 플라즈마” 장치는 스스로 발생된 광 오존(Photolic O<sub>3</sub>)을 장치로 재순환시켜, 오존(O<sub>3</sub>)의 자연적인 분해시간(Decay time)을 빠르게 단축시킨다. 이에 따라 VUV 파장을 유효적절하게 발생시키고, 산소 원자(O)와 다양한 산소 이온(O<sup>-</sup>, O<sup>+</sup>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, O<sub>2</sub><sup>+2</sup>) 그리고 오존 분자(O<sub>3</sub>)를 생성하지만, 빠르게 분해하는 것이 가장 큰 특징이다.

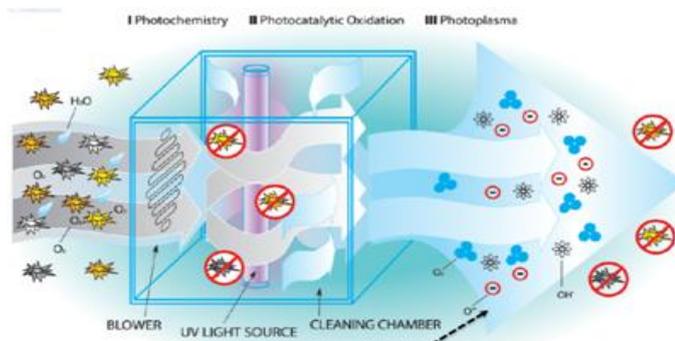


그림 16 확산에 의한 오염물질 분해반응

(2) 진공자외선(VUV) 램프 방식의 플라즈마 발생 모듈 제작

일반적인 시설하우스 및 무가온 저장고의 환경과 면적을 고려하여 플라즈마 용량을 선정하였으며, 1차년도 살균 램프의 용량은 10평형(40m<sup>2</sup>)과 30평형(100m<sup>2</sup>)으로 설계 및 제작을 진행하였다. 플라즈마 발생 모듈은 플라즈마 램프(Plasma lamp)와 안정기(Ballast stabilizer, 安定器)로 구성되어 있다.

(가) 플라즈마 램프(Plasma Lamp)

- ① 플라즈마 램프(Plasma Lamp)의 석영관 제조 시 유리 물질 이외의 특수 물질을 혼합하여 제조하고, 석영관 내부 안쪽에는 금속 물질인 티타늄과 광촉매 물질인 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>), 백금(Pt), 은(Ag) 등을 도포하고 195~216°C의 온도로 열처리하여 형성한다.

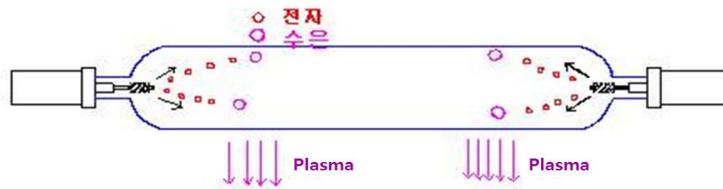


그림 17 플라즈마 램프 설계

- ② 초고진공상태에서 불순물을 제거한 후 램프의 용량에 따라 특수가스의 양을 조절하여 혼입한 후 제작하였으며, 램프의 용량은 40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>로 2가지 플라즈마 램프를 제작하였다.
- ③ 제작된 플라즈마 램프 및 설계규격은 아래와 같다.

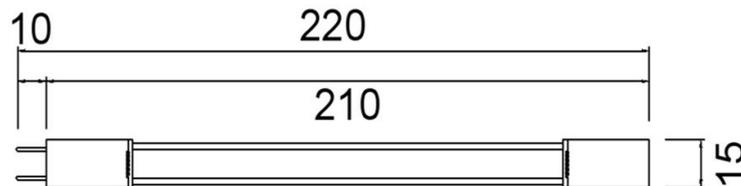


그림 18 플라즈마 램프 설계(40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>)



그림 19 플라즈마 램프(40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>)

(나) 안정기(Ballast stabilizer, 安定器)

- ① 살균 모듈은 진공자외선(VUV, Vacuum UV)으로 100~200nm 대역의 안전한 파장을 형성하였다.

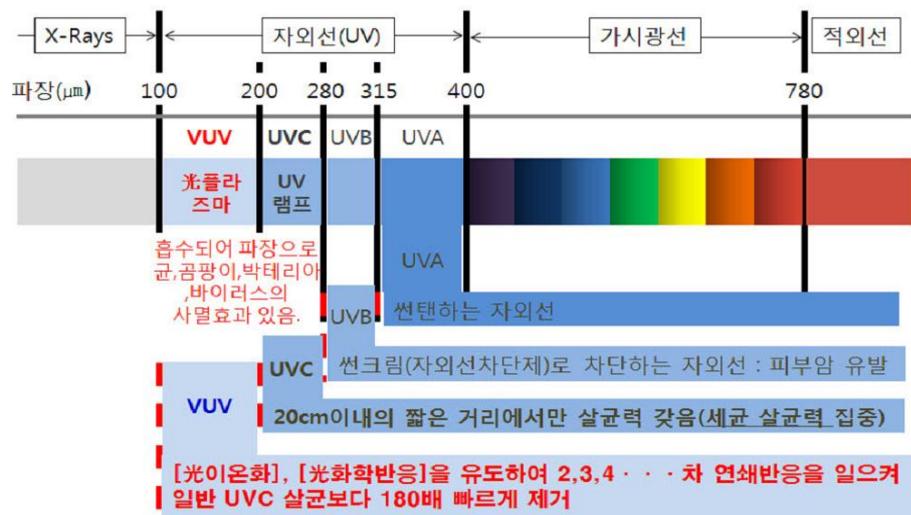


그림 20 자외선 영역별 살균력 효능

- ② 플라즈마 안정기는 전자식 안정기로 상용 전원 주파수(60Hz)를 고주파 변환 회로를 사용, 20~60kHz의 고주파로 변환시켜 플라즈마 램프를 점등시키는 안정기이다.
- ③ 전자식 안정기는 1KV 이상의 전압이 아주 짧은 시간 동안 걸리게 하며 필라멘트를 가열하여 플라즈마를 생성한다.

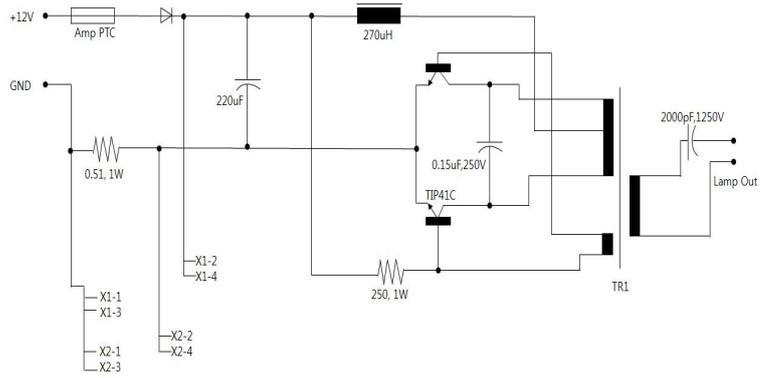


그림 21 안정기(Ballast) 설계



그림 22 안정기[Ballast]

- ④ 소프트-스타트 방식을 이용하여 램프전압을 제한하고, 흑화 방지 및 램프의 수명을 연장시켰으며 전자식 안정기의 원리는 다음과 같다.

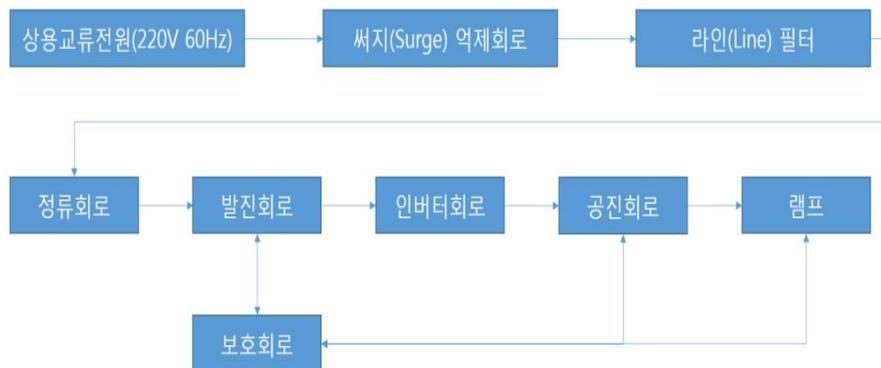


그림 23 전자식 안정기 원리

- ㉓ 써지(Surge)억제회로 : 자연에 의해 발생하는 써지 전압(낙뢰)과 외부전원에 의해 인가되는 써지 전압으로부터 안정기 회로를 보호하는 회로이다.
  - ㉔ 라인(Line)필터 : 모든 전자기기에는 EMI(전자파장해)가 발생하는데 이것을 억제함으로서 EMI규정에 위배되지 않도록 함과 동시에 타 전자기기에 미치는 악영향을 최소화한다.
  - ㉕ 정류회로 : 상용교류전압(220V 60Hz)을 직류전압으로 변환시켜주는 회로이다.
  - ㉖ 발진회로 : 상용교류전압(220V 60Hz)을 고주파변환 신호전압으로 만들어주는 회로이다.
  - ㉗ 인버터회로 : 발진회로에서 생성된 고주파신호로 입력직류전압을 고주파전압(구형파)으로 변환시켜주는 회로이다.
  - ㉘ 공진회로 : 인버터회로에서 발생된 고주파전압(구형파)을 코일과 콘덴서 필터를 통하여 정현파로 변환시켜주는 회로이다.
  - ㉙ 보호회로 : 램프 수명말기 시 램프의 과도한 전류를 감지하여 안정기가 파손되지 않도록 보호해 주는 회로이다.
- ⑤ 안정기 기본 규격은 다음과 같다.
- ㉚ 역률이 90%이상 되어야 한다.
  - ㉛ 전류고조파함유율(KS규격) 고 고조파함유율 : 20-30% 이하
  - ㉜ 전류고조파함유율(KS규격) 저 고조파함유율 : 20% 미만
  - ㉝ 비교효율이 좋아야한다. (1등급 1.18이상, 2등급 1.18 ~ 1.09, 3등급 1.09 ~ 1.00, 4등급 1.00 ~ 0.98, 5등급 0.97미만)
  - ㉞ 써지 보호 회로가 있어, 낙뢰 등에 안정기가 견뎌야한다.
  - ㉟ 램프 수명말기 시 보호회로가 동작하여 안정기를 보호 할 수 있어야 한다.
  - ㊱ 전자식안정기는 순간적으로 고주파 점등을 하기 때문에 램프 수명에 많은 영향을 주므로 소프트-스타트 방식을 채택하여 램프 수명을 연장할 수 있어야 한다.
  - ㊲ EMI(전자파장해)가 KS기술규격 안에 들어야 한다.

(다) 플라즈마 발생 모듈 및 사양

① 플라즈마 발생 모듈 및 가동 중 램프 사진이다.



그림 24 플라즈마 발생 모듈



그림 25 플라즈마 램프 가동 Test

② 플라즈마 발생 모듈 사양은 다음과 같다.

표 5 플라즈마 모듈 사양

플라즈마 램프	크기	8" (20.5cm× $\varnothing$ 15)
	형태	I 자
안정기	출력전압	DC 12V
	소요전력	24W
전원	출력	12V 5.0A

(3) 저온 플라즈마와 다른 방식의 살균법과의 비교

표 6 저온 플라즈마와 다른 살균법과의 비교

구 분	저온 플라즈마	UVC + 광촉매	필터 + 음이온	코로나 방전 음이온 방식
정화방식	진공자외선 (VUV) 살균	광촉매필터 + UVC살균램프	헤파필터와 코로나 방전 복합식	오존 산화방식
부산물 발생여부	저농도 오존 발생 (인체 무해)	저농도 오존 발생	외부는 적지만 내부는 고농도 오존 존재하여 중화필터가 필요	고농도 오존과 질소 산화물 발생
생물학적 오염물질 살균력	매우 우수 공기중과 표면 동시살균 가능	비교적 우수 광촉매 필터 표면에만 국한	낮음 정화기 내부로 들어온 공기만 일부 살균	낮음 고농도 오존을 이용한 산화력
오염물질 제거시간	1분 이내	1~2시간 이상	4~5시간 이상	10시간 정도
탈취 효과	매우 우수	보통	보통	우수
화학적 오염물질 제거 능력	매우 우수 광화학 반응	보통 광촉매 표면에서만 가능	매우약함 필터에서 잡힌 오염물질 정화	보통 고농도 오존을 이용한 산화력
알레르기 물질 제거 능력	매우 우수 알레르기 항원 무해화	보통 광촉매 표면에서만 가능	보통 필터에서 잡힌 오염물질 정화	보통 고농도 오존을 이용한 산화력
유지 관리	매우 간편 간단히 램프만 교체	필터 교체 요구 교체시 높은 유지비	필터 교체 요구 유지관리비가 높음	방전판 등을 주기적으로 관리 요구
소비 전력	낮은 소비전력	보통 교류 220V	비교적 높음 교류 220V, 큰 풍량요구	보통 직류 고전압(220V)

## 나. 면상 발열 히터 개발

### (1) 면상 발열 히터 개요

#### (가) 면상 발열체 개요

전기저항을 갖는 세라믹저항체(탄소층)의 발열부위를 매개로 전기에너지를 열에너지로 변환시켜주는 면상(面狀)의 형태를 가진 발열체로 얇은 면상의 전도성 발열체 위에 금속 전극을 양 끝에 설치한 후 절연재로 절연 처리하여 면 전체를 발열하는 기술이다.

발열체의 소재로는 금속발열체, 비금속발열체, 기타발열체로 나눌 수 있으며, 초기 발열체의 주류는 Fe-Cr-Al계, Ni-Cr계, 고융점 금속(백금, Mo, W, Ta 등)의 금속 발열체를 이용한 봉상형 히터가 가장 많았으며, MgO 등의 무기절연물을 충전한 금속관의 표면에 원적외선 방사물질을 표면 처리한 것이다. 비금속발열체 재질은 탄화규소, 몰리브덴 실리사이드, 란탄크로마이트, 탄소, 지르코니아 등이 이용된다. 기타발열체는 세라믹스 재질과 탄산바륨, 후막저항 등을 이용한 직접 통전형 발열체가 이용된다.

면상발열체는 후막저항을 이용한 직접 통전형 형태로 철, 크롬, 니켈, 백금 등의 금속 박판을 에칭한 발열체와 탄화규소, 지르코니아, 탄소 등의 비금속발열체 등이 있다. 또한 고분자 절연재로 원적외선 방사특성이 우수한 카본블랙(carbon black)과 카본섬유를 코팅하여 저항발열을 이용한 것이 있으며 카본섬유를 직조한 형태의 발열체 등도 있다. 카본은 열과 내구성이 강하며 열전도도가 좋고 열팽창계수가 낮은 가벼운 특징이 있다. 또한 카본은 금속발열체를 에칭하는 것보다 제작이 쉽고 가격이 저렴하여 많이 이용되고 있다.

#### (나) 면상발열체 구조

- (ㄱ) 전극      (ㄴ) 절연물
- (ㄷ) 발열체    (ㄹ) 도전성접착제
- (ㅁ) 발열체(금속박, 카본)
- (ㅂ) 절연물

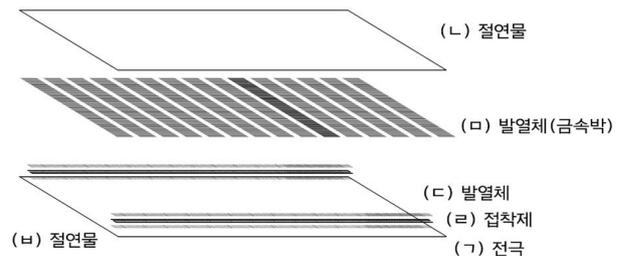


그림 26 면상발열체의 구조도

그림25(면상발열체의 기본형태)의 발열체 한 면의 양쪽에 전극을 부착하고 양면에 고분자 절연물의 라미네이팅으로 이루어진다.

발열체의 종류, 형상 그리고 고분자 절연물의 종류에 따라 각각의 전기적 특성을 갖게 된다. 절연물은 고분자 절연부재로 주로 폴리에스터, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리염화비닐(PVC)을 사용하거나 온도가 올라감에 따라 이들이 연화되어 변형되기 때문에 이들로 이루어진 면상발열체의 최대 사용온도가 100℃ 부근으로 제약을 받는 등의 문제점이 있을 수 있다. 그 외 폴리아미드, 폴리우레탄, 에폭시, 에폭시 수지함침 유리직물, 테플론, 마이카판 등을 사용한다.

일본에서는 마이카의 표면에 도전성 도료를 도금하고, 그 위에 원적외선을 방사하는 세라믹스를 도금하여 도전성 도료에 통전하는 방식의 면상원적외선 방사체와 절연마이카의 한쪽에 금속박 채로된 발열선을 밀착 고정시키는 히터 고정 층을 형성함과 동시에 다른 한쪽에 원적외선 방사효율이 우수하고 마이카의 표면층을 경화시키는 원적외선 경화 층을 형성한 면상발열체가 개발되었다. 국내에서도 마이카판 등의 세라믹재질을 절연물로 사용하여 사용온도가 300℃ 이상이 가능한 제품 개발이 진행되고 있다.

#### (다) 면상발열체의 특징 및 개발 동향

최근 에너지 절약과 환경 문제에 대한 새로운 인식과 함께 많은 국가에서 발열소자로 탄화규소(SiC) 계열과 이규화몰리브덴(MoSi<sub>2</sub>) 계열 등을 이용한 발열체의 제조가 이루어지고 있으며 일본의 경우는 탄소입자에 여러 가지 분말을 소결 후 촉진제를 사용한 발열체의 제조 및 응용분야에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다. 국내에서도 탄소재료를 이용한 제품이 기존의 금속제품 보다 전기적 특성이 우수하게 나오고 있으며 계속적으로 연구되고 있는 실정이다. 탄소재료는 높은 전기전도성, 열전도성, 내열성, 내식성, 내마모성 및 윤활성 등과 같은 전기적, 물리적으로 우수한 특성을 가지고 있기 때문에 광범위하게 사용되고 있다.

원적외선 면상(面狀)발열체는 면상의 절연복사체 내부에 저항발열체(금속박판, 금속산화물의 표면처리, 세라믹스판 타입, 카본블랙, 탄소섬유 타입)를 장착하여 발열체의 전도열에 의해 가열된 복사체로부터 원적외선 복사를 이용하는 방식의 히터로 금속 박판 에칭형의 면상발열체는 전기가 한 선을 통해 흐르기 때문에 어느 한 부분이라도 끊어지면 전체 발열선에 전기가 통하지 않게 되어 면상발열체가 작동을 하지

않게 되고, 발열선이 단락되는 경우에는 그 부분에서 전기저항이 크게 감소하여 고온 발열되기 때문에 화재의 위험성이 있다. 따라서 발열선 단락을 방지하기 위해 발열선 표면에 전기부도체의 절연을 시켜야 하나, 전기부도체는 열 부도체이므로 열전도 특성이 나쁘기 때문에 면상발열체의 발열효율이 크게 저하된다.

카본블랙 후막 발열체의 경우 원적외선 방사특성은 금속 박판 발열체보다 우수하나, 페인팅 공정으로 제조한 카본블랙 후막 발열체에서는 두께 균일성에 문제가 있을 수 있으며 스크린 프린팅 공정으로 제조 시에는 후막처리 할 수 있는 단일 발열체의 크기가 제한된다. 또한 카본블랙 후막 발열체는 후막용 페이스트를 카본블랙 분말과 바인더를 혼합하여 만들기 때문에 후발이나 연소 정도에 따라 전기비저항이 변하며, 이에 따라 후막 발열체의 전기비저항이 시간에 따라 변하는 문제점이 발생할 수 있고, 장시간 사용 시 바인더가 거의 휘발되어 후막 발열체에 균열이 발생하여 전기저항이 급격히 증가하여 발열특성이 현저히 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

이와 같은 금속박판형 발열체와 카본블랙 후막발열체가 지니는 문제점을 해결하기 위해 고분자 내에 전도성 필러(Filler)를 분산시킨 전도성 고분자 발열시트가 개발되었다. 전도성 필러로는 카본블랙 분말이나 입자형상의 금속분말, 임뎀 산화물이나 주석 산화물 같은 전도성 산화물을 분산시키거나 이들을 조합하여 분산이 가능하다. 그러나 금속분말을 분산시킨 경우에는 금속분말 표면에 전기부도체인 산화물 층이 형성됨에 따라 전도성 고분자 발열시트의 전기저항이 크게 증가하여 거의 발열이 되지 않을 수도 있으며 금속성 산화물은 고가이고 전기비저항이 높기 때문에 발열특성이 떨어진다.

따라서 근래에는 카본블랙 분말을 분산시킨 고분자 발열시트가 면상발열체의 주종을 이루고 있다. 그러나 카본블랙 분말을 분산시킨 고분자 발열시트가 우수한 발열특성을 나타내기 위해서는 고분자 발열시트 내에서 카본블랙 분말들 간의 연속적인 접촉이 이루어져 높은 전기전도성이 확보되어야 한다. 그러나 카본의 분산 시 입자형상의 카본블랙 분말 간에 접촉이 어렵기 때문에 많은 양의 카본블랙을 분산시켜야 하고, 카본블랙 분말의 함량을 변화시킬 수 있는 범위가 제한받게 되어 발열특성을 다양하게 변화시키는데 제약을 받는 등의 문제점이 있다.

위와 같은 단점을 보완하여 고분자 시트에 섬유형상의 탄소를 펄프에 그물망 형태로 분산시켜 전기전도성을 높인 탄소섬유 발열체가 개발되어 응용 중에 있다.

(라) 면상발열체의 응용분야 및 신뢰성

전기식 원적외선 히터는 전기에너지가 발열체의 전기저항에 의해 열에너지를 형성하여 복사재료에 의한 열전도로 전달된다. 일반적인 면상발열체는 전기 통전에 의해 발생하는 복사열을 이용하고 있어 온도조절이 용이하고 공기가 오염되지 않아 위생적이며 소음이 없기 때문에 히팅 매트나 패드 등의 침구류에 이용되며, 아파트나 일반주택의 바닥 난방 등의 주거용 난방장치, 사무실이나 작업장 등의 산업용 난방장치와 프린팅건조 및 도장 건조 등 각종 산업용 가열장치, 비닐하우스와 축사, 농산물 건조 시스템과 같은 농업용 설비, 도로나 주차장의 눈을 녹이는 동결 방지장치, 레저용, 방한용, 가전제품, 신발건조 등에도 폭넓게 이용되고 있다.

면상발열체는 최근에 그 이용이 활발해지고 있는 제품으로 현재 유럽 주택 난방의 30% 가량을 대체하고 있으며, 주택 난방분야 외에 산업용 건조기, 농산물 건조기, 건강의료 보조 제품 및 건축부자재로서의 응용이 가능한 신소재, 수출주력 상품이다. 산업전분야에 이용되고 있는 면상발열체는 성능 및 효율성에서 이용가치가 크고 환경친화적이기 때문에 원천기술 확보와 경량화 기술, 저출력 고온 발열 기술 확립을 통한 부품, 소재로서의 미래기술이라고 할 수 있다.

그러나 이러한 면상발열체에 대한 품질 및 신뢰성에 관한 규격은 전 세계적으로 거의 없으며 CE 규격에서 유일하게 규정되어 있는 실정이다.

(2) 면상 발열 히터 제작

(가) 면상 발열체 및 하우징 제작

시설하우스와 저장고의 환경을 고려하고 기존 히터의 단점을 보완한 효율적인 면상 발열 히터 개발을 진행하였으며, 시제품 내부에 탈착이 가능하도록 개발을 진행하였다. 다음은 개발 면상 발열 히터의 초기 개략도이다.

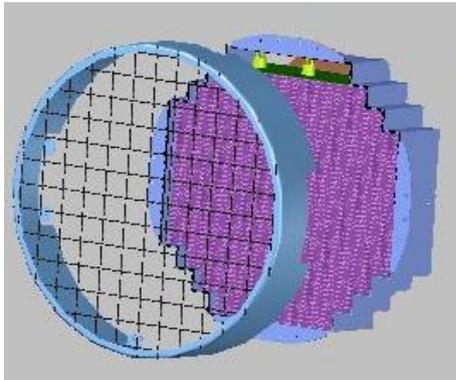


그림 27 면상 발열 히터 개략도

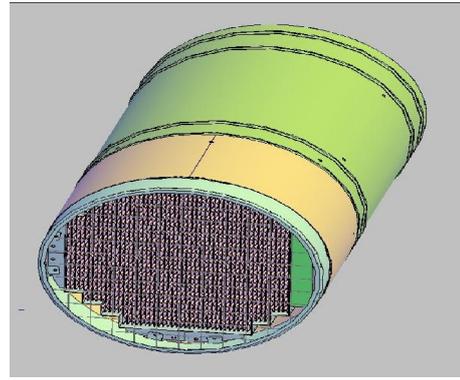


그림 28 히터 조립 개략도

① 면상 발열체 및 히터 제작

- ㉓ 면상 발열 히터의 용량은 66~132m<sup>3</sup> 공간의 최소 난방을 목표로 4kW로 설정하여 설계 및 제작을 수행하였다.
- ㉔ 히터는 얇은 수지시트 안에 발열체를 특수 가공하여 제작하고, 전극 부분에는 은을 증착시켜 안정화를 시켰다.
- ㉕ 발열체의 폭 10mm, 두께 0.1mm이며, 얇은 판형의 면상 발열체를 제작하였다.

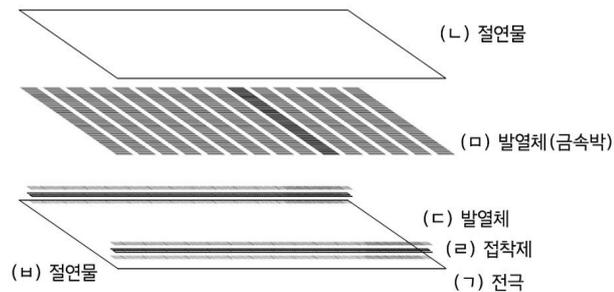


그림 29 면상 발열체 구조

- ㉔ 면상 발열체 히터는 형태 변경이 쉽고, 길이에 따라 난방 용량을 조절할 수 있도록 하였다.
- ㉕ 다음은 제작된 면상 발열체 히터이다.



그림 30 면상 발열 히터

② 면상 발열 히터 하우징 제작

- ㉖ 면상 발열체의 폭에 의해 용량을 결정하고 하우징에 적용할 수 있도록 제작을 진행하였다.
- ㉗ 면상 발열체는 지그재그(S자 형태)로 하우징에 고정이 가능하도록 설계하고, 지르코니아(Zirconia)를 이용하여 안정적으로 변형이 되도록 하였다.
- ㉘ 내열성이 좋고, 낮은 열전도도로 금속에 접합이 가능한 지르코니아 세라믹 막대를 가공하여 면상 발열체의 위치를 조정하여 하우징에 적용하였다.
- ㉙ 4kW 히터 및 하우징에 적용된 지르코니아 세라믹 막대는 18개로 구성되어 있으며, 판형 발열 히터를 2라인으로 형성하여 용량을 맞추었다.
- ㉚ 다음은 면상 발열 히터 하우징과 가공된 지르코니아 세라믹 막대를 적용한 2D 설계도이다.

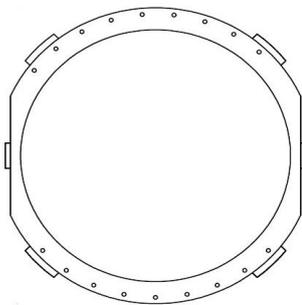


그림 31 히터 하우징

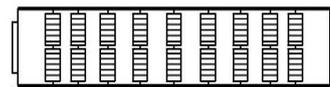


그림 32 히터 하우징(측면)

㉞ 다음은 제작된 히터 하우징 및 면상 발열체이다.



그림 33 히터 하우징



그림 34 면상 발열체

㉞ 히터에 사용된 지르코니아(Zirconia)의 특성은 아래와 같다.

- ㉠ 지르코늄 다이옥사이드(Zirconium dioxide)는 파인 세라믹스(Fine Cerramics)의 한 종류로서 기계적 성질로 인해 금속류의 단점을 보완하여 대체할 수 있는 소재이다.
- ㉡ 높은 용융 온도(약 2,700°C)를 갖는 내열성 재료이며, 낮은 열전도도, 내화학 안전성을 가지고 열팽창성, 고강도 및 고경도의 우수한 재료적 특성을 지니고 있다.
- ㉢ 밀도가 높고 열팽창률(CTE : Coefficient Thermal Expansion)이 금속에 가까워서 금속과 접합이 가능하다.
- ㉣ 고온에서 동작하는 고체 산화를 연료전지 및 고온용 온풍히터 등에서 유용하게 사용한다.



그림 35 지르코니아(Zirconia) 세라믹 막대



그림 36 지르코니아(Zirconia) 세라믹 막대 적용

(나) 면상 발열체 및 히터 하우징 적용

- ① 면상 발열 히터 하우징과 면상 발열체를 결합한 설계도이며, 2kW의 판형 히터를 2라인으로 형성하여 4kW의 히터를 구성하였다.
- ② 히터 자체 안전장치로 과열방지기를 연결하였으며, 제작된 히터는 단상 220V이다.

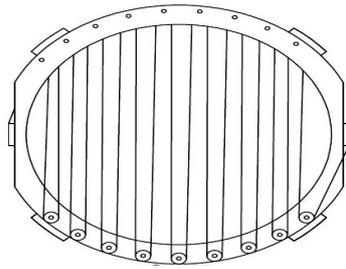


그림 37 면상 발열 히터의 장착

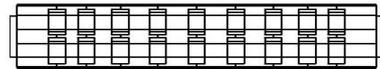


그림 38 면상발열 히터의 장착(측면)



그림 39 히터 연결

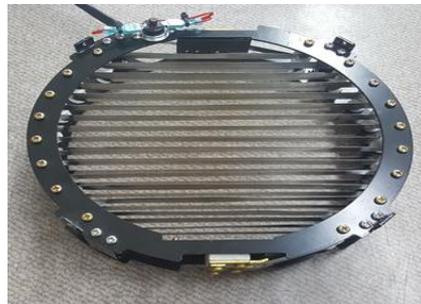


그림 40 면상 발열 히터



그림 41 면상 발열 히터 연결



그림 42 과열방지기 부착

## 다. 수직 교반 구조의 히터 주요 장치 개발

### (1) 송풍부(Blower) 개발

#### (가) 송풍부 제작

- ① 송풍부는 송풍 모터(motor), 송풍 팬(fan), 모터 브라켓(motor bracket)으로 구분하고, 난방열을 효과적으로 전달 할 수 있도록 제작하였다.
- ② 송풍기의 형상 최적화 및 고효율 저소음 설계로 효율적인 송풍기를 설계하고, 고속 회전에 따른 윤활 베어링 설계, 진동 및 소음 등 환경에 적합한 송풍기의 개발을 수행하였다.
- ③ 난방열을 효과적으로 전달할 수 있는 송풍부 구조와 상대적으로 따뜻한 상부의 공기를 하부로 공급하는 구조로 개발을 수행하였다. 또한, 효과적인 난방을 위해 상부 공기의 흡입량을 높일 수 있는 구조와 소음, 방수 등을 고려하였다.
- ④ 공기 흡입부에서 토출부까지 원활한 공기 순환을 위해 기성 모터 제품을 사전 조사하여 방습모터의 개발을 진행하였다.

#### (나) 송풍 모터(Motor) 및 날개(Fan) 제작

- ① 상대적으로 따뜻한 상부 공기의 흡입량을 높이기 위해 기성제품들의 날개 구조와 모터를 파악하고 이를 적용하여 흡입량을 높일 수 있는 송풍 모터 및 날개를 제작하였다.

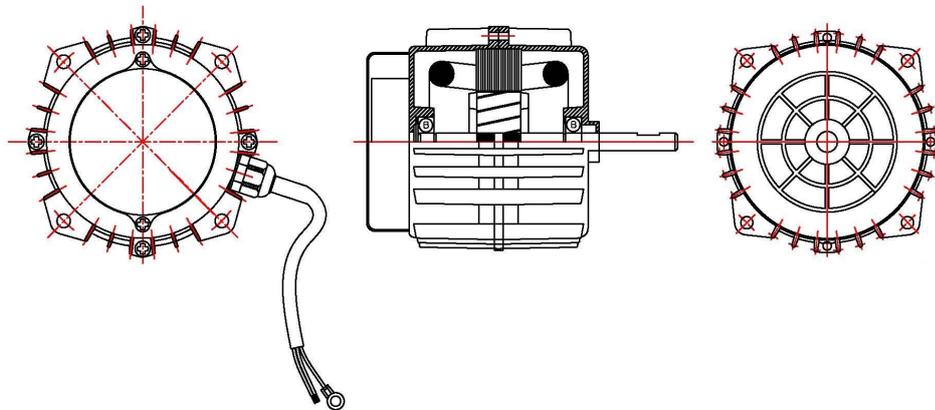


그림 43 송풍부 모터

- ② 송풍 모터는 시설하우스 및 저장고 환경을 고려하여 방습으로 제작을 진행하였다.
- ③ 또한, 기성 제품의 날개와 모터를 활용하여 발생 할 수 있는 소음 문제, 풍량 등을 고려하여 최종적으로 4팬을 적용하여 개발하였다.

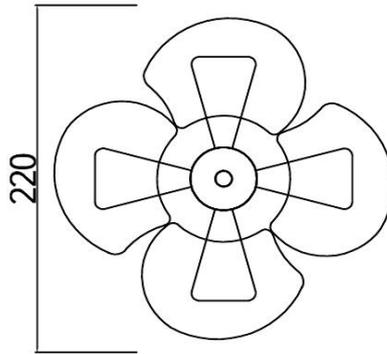


그림 44 날개(fan)

- ④ 날개의 크기는 면상 발열 히터 및 하우징의 크기를 고려하여  $\varnothing 220$ 으로 제작하였으며, 하우징 내부로 결속할 수 있도록 하였다.
- ⑤ 다음은 제작된 모터 제원이다.

표 7 모터 Test data

MODEL	SGP-19	Rating	CONT
Volts	220	Phase	단상
Input	65	Speed	HI
Poles	4P	RPM	1,450
Hz	60	Amps	0.32

표 8 NO-LOAD TEST

Volts	220V	Con.V	355
Watts	44.0	St.V	-
Amps	0.26	Rotation	CW
RPM	1,781	Hz	60

표 9 LOCKED-ROTOR TEST

Volts	220V	Watts	92.0
Amps	0.46	Hz	60

표 10 FULL-LOAD TEST

Volts	220V	RPM	1,450
Speed	Hi	Hz	60
Amps	0.315	Con.V	295
Watts	65.0	Running	1.5H

초기특성값			
Amps	Watts	RPM	W.V
0.34	70.0	1,420	285

표 12 CORE STANDARD

PARTS	STATOR	ROTOR
Do/Di	83/45	44.3/8
Air Gap	-	0.35
Length	20	19.5
Slots	16	14
Skewd	-	1.2
Material	S-60	S-60
Endring	H3.5 × W7.0mm	

⑤ 송풍 모터 및 날개 제작 사진은 아래와 같다.

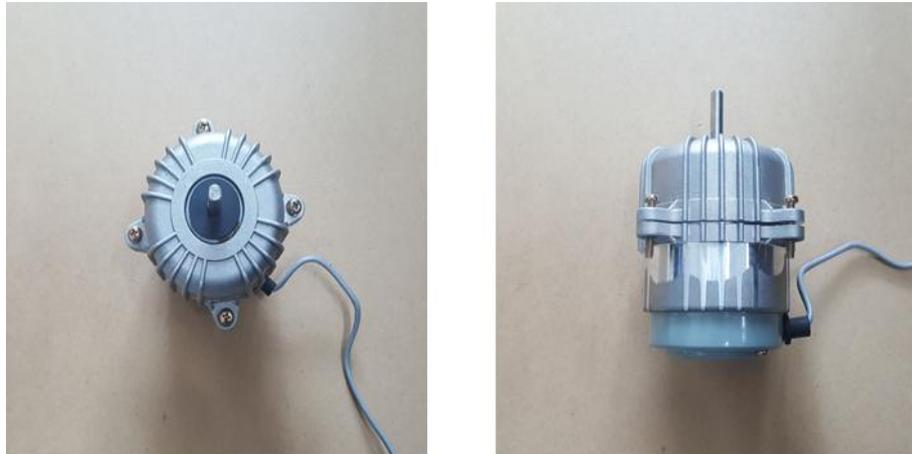


그림 45 송풍 모터



그림 46 날개(Fan)

(다) 송풍 모터 브라켓(Motor bracket) 제작

- ① 시설하우스, 무가온 저장고에서 발생하는 습기 등의 설치 환경과 플라즈마 램프에 의해 생성될 수 있는 부식을 방지하고, 히터 설치 시 안정적으로 고정할 수 있도록 스테인레스(STS304)를 이용하여 망을 제작하였다.
- ② 모터 브라켓의 주목적은 송풍 모터와 송풍 팬을 히터하우징에 고정하는 장치로서 각각 모터와 하우징에 연결할 수 있도록 하였으며, 볼트(Bolt)와 너트(Nut)를 이용하여 모터와 하우징을 결속하였다.
- ③ 히터의 고정 시 비너(Biner)를 이용하여 고정할 수 있도록 모터 브라켓 망의 공간을 충분히 확보하였다. 모터 브라켓 망의 간격은 10mm로 3~4mm의 비너를 이용하여 고정할 수 있도록 충분한 공간을 확보하였다.
- ④ 송풍 모터 브라켓 및 제원은 아래와 같다.

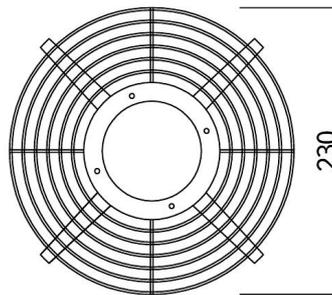


그림 47 송풍 모터 브라켓



그림 48 송풍 모터 브라켓 전/후면

표 13 모터 브라켓 제원

브라켓 크기	∅230	브라켓 높이	45mm
브라켓 망 두께	2mm	브라켓 재질	스테인레스 스틸
고정 방식	하우징 볼트/너트 고정	적용 비너	3~4mm

(라) 송풍부의 적용

- ① 시설하우스 환경을 위한 방습 모터, 소음 감소를 위한 공기 흡입 구조 등을 고려하여 날개를 제작하였으며, 브라켓 망을 형성하여 안정적인 구조의 송풍부를 제작하였다.
- ② 수직 교반 히터에 적용 송풍부는 아래와 같다.

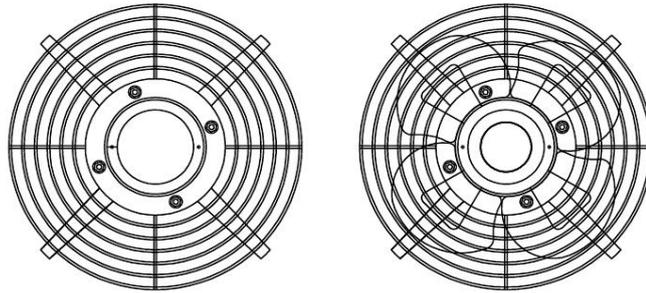


그림 49 송풍 모터, 브라켓, 팬

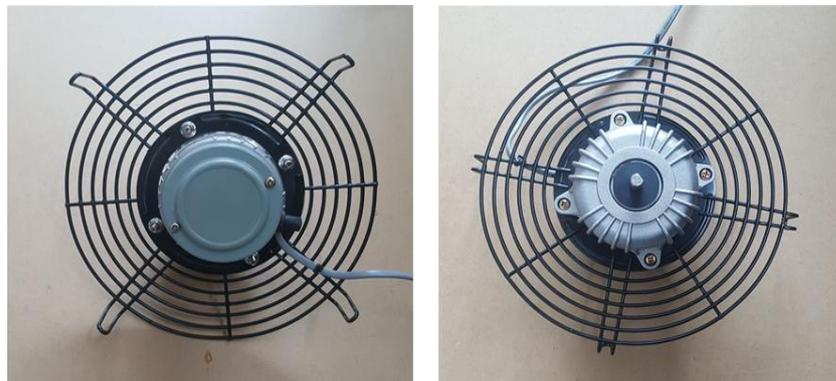


그림 50 송풍부(모터+브라켓)



그림 51 송풍부(모터+브라켓+날개)

## (2) 수직 이동 장치 제작

### (가) 높이 조절용 수직 이동 장치

- ① 상부의 공기를 바닥면까지 공급하기 위한 닥트를 조절하는 장치로 높이 조절용 장치는 와이어가 감겨 있는 형태이다.
- ② 수직이동 장치의 와이어를 잡아당기면 처음 형태로 복구하려는 힘을 가지고 있으며, 장력을 조절하여 시제품에 적용하였다.
- ③ 수직이동 장치의 장력과 플렉시블 주름관, 공기 바람관의 무게를 계산하여 장력을 조절하였으며, 사용자가 원하는 높이에 고정 할 수 있도록 제작 완료하였다.

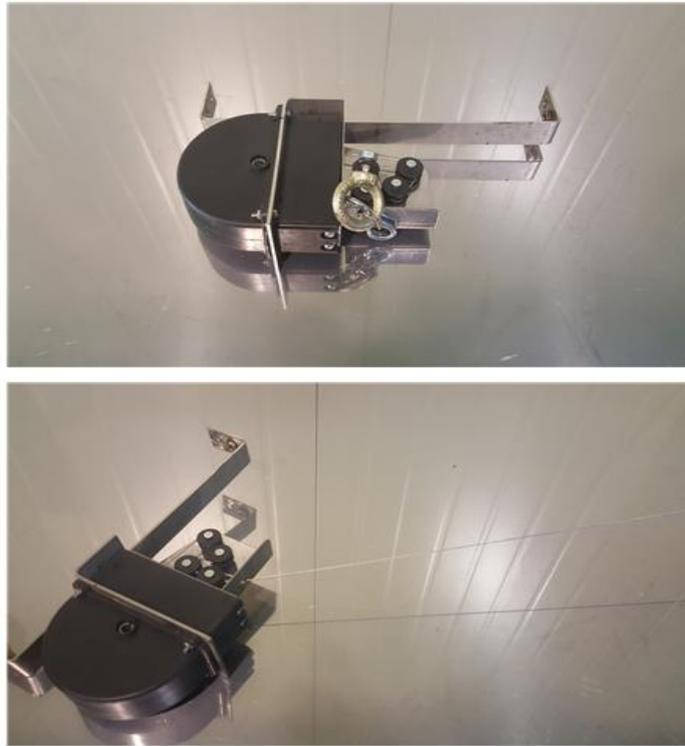


그림 52 수직 이동 장치(와이어 장력)

### (나) 플렉시블 주름관

- ① 면상 발열히터 시스템의 제품 설치 높이에서부터 바닥면까지 난방공급이 이루어지는 시스템으로 기본적인 바닥면까지의 높이는 1.5m 이내로 판단하여 플렉시블 주름관의 최대 길이를 1.5m로 설정하였다.
- ② 플라즈마 영향에 의한 주름관 내부 부식을 고려하여 내부 코팅막이 형성된 주름관을 사용하였고, 플렉시블 주름관의 강선 간격은 20mm이다.

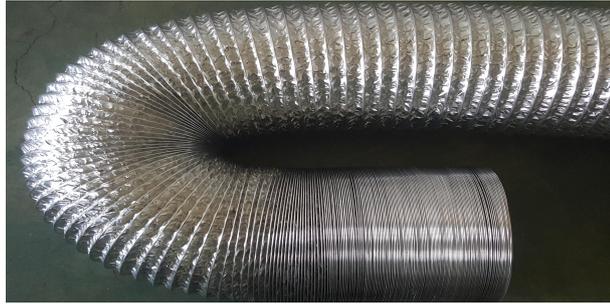


그림 53 플렉시블 주름관

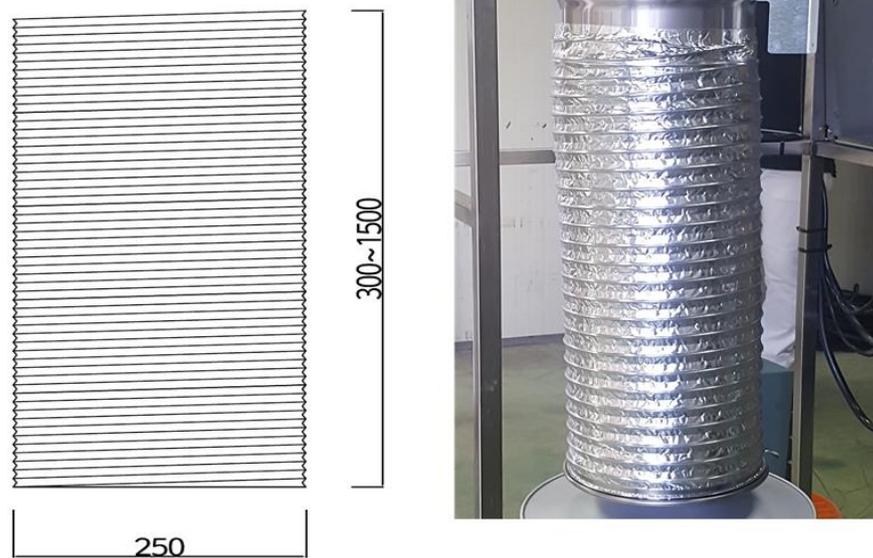


그림 54 플렉시블 주름관의 고정

(다) 주름관 고정 하우징

- ① 플렉시블 주름관 고정 하우징은 플렉시블 주름관 하단부에 연결되는 하우징이다.
- ② 플렉시블 주름관의 역할은 플렉시블 주름관과 와이어의 뒤틀림을 해결하고, 공기 바람판의 고정을 원활하게하기 위함이다.
- ③ 높이 조절 장치 및 플렉시블 주름관의 높이 조절을 위해 중앙부에 높이 조절 장치와 공기 바람판의 연결부를 제작하였다.
- ④ 설치 공간 및 재배 작물의 환경을 고려하여 플렉시블 주름관 고정 하우징은 2가지 타입으로 설계하였다.
  - ㉠ 오픈형 타입 : 360° 오픈형으로 사방으로 난방열 또는 공기가 배출되는 형태



(라) 공기 바람판

- ① 공기 바람판은 수직 교반 히터의 상부에서 흡입되어 난방 된 공기가 하부에 직접 공급되지 않고, 공기 교반 효과를 추가적으로 발생시켜 재배 및 저장고 내 난방열과 살균 공기의 확산을 위한 구조 및 장치이다.

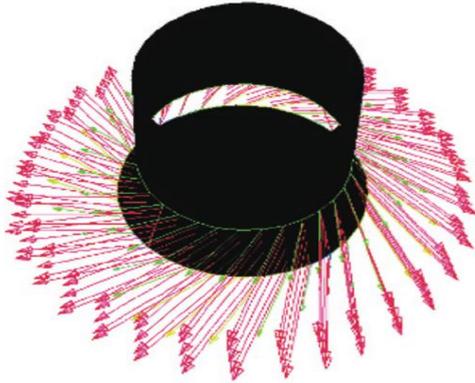


그림 58 공기 교반 효과

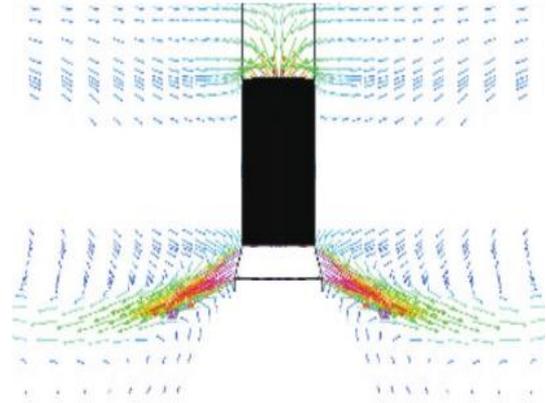


그림 59 주름관 높이를 고려한 공기 교반 효과

- ② 초기에는 스테인레스(STS304) 스틸로 제작을 수행하였으나, 제품의 하단부에 위치하여 사용자의 불편함을 초래하고, 무게로 인한 높이 조절의 문제가 발생하여 알루미늄 소재로 공기 바람판을 변경 제작하였다.
- ③ 공기 바람판은 높이 조절 장치의 장력 범위 내에서 조절이 가능할 수 있도록 가벼운 알루미늄 소재를 이용하여 제작하고, 공기 교반 효과를 극대화시키기 위해 공기 바람판 끝단을 시보리(shibori) 처리하였다.

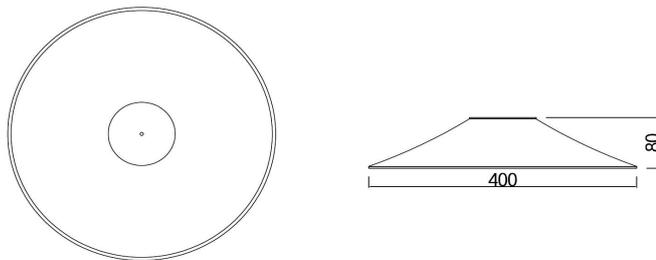


그림 60 공기 바람판(STS304) 설계



그림 61 공기 바람판(STS304) 제작

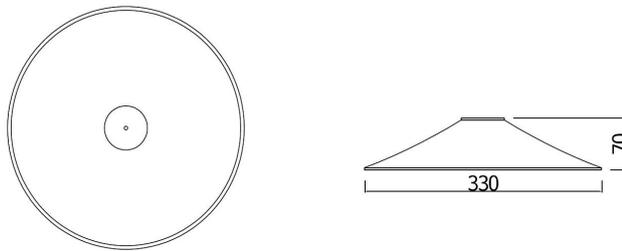


그림 62 공기 바람판(AI) 설계



그림 63 공기 바람판(AI) 제작

(3) 수직 교반 구조의 히터 하우징 제작

(가) 수직 교반 구조의 히터 하우징 제작

- ① 하우징은 시설하우스 환경을 고려하여 스테인레스(STS304) 스틸을 사용하였으며, 설계 규격에 맞게 절단(切斷), 밴딩(banding), 용접(鎔接)하여 면상 발열 히터 시스템 하우징을 제작하였다.
- ② 상부하우징은 송풍부(브라켓, 모터, 팬)를 고정할 수 있도록 하였으며, 하부하우징은 히터와 주름관을 고정 할 수 있도록 제작하였다.
- ③ 하우징의 상부와 하부 끝단은 시보리(shibori) 처리를 하여 하우징의 변형을 고려하였다.
- ④ 하우징과 주요 장치의 연결은 볼트 체결 방식을 적용하였으며, 탭 또는 너트를 연결하도록 하였다.
- ⑤ 하우징 제원 및 제작 사진은 아래와 같다.

표 14 하우징 제원

하우징 재질	스테인레스 스틸
하우징 두께	1.5t
하우징 크기	∅245 × 270mm

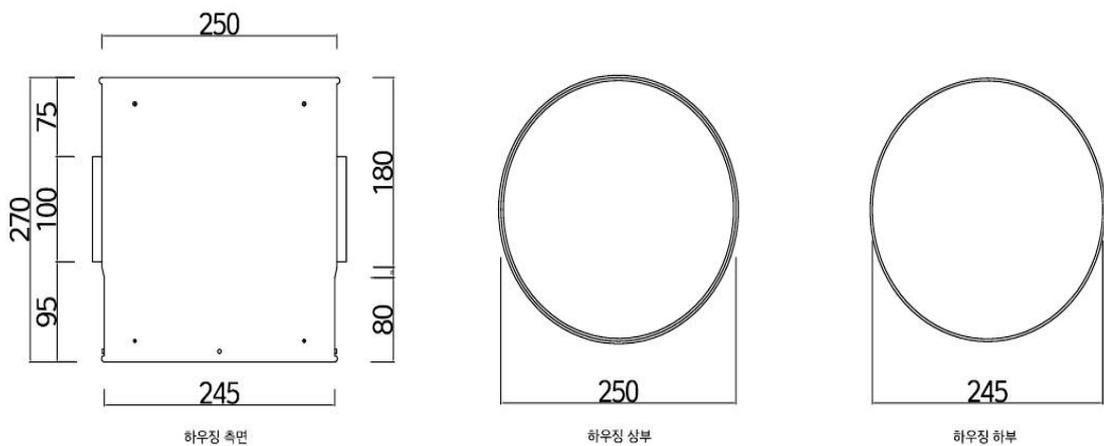


그림 64 수직 교반 구조의 히터 하우징 설계



그림 65 수직 교반 구조의 히터 하우징

라. 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기 제작

(1) 제어 프로세스 및 프로그램 개발

(가) 제어 항목 선정

① 3가지 동작을 위한 프로세서 및 표시/설정을 위한 프로그램을 개발하였다.

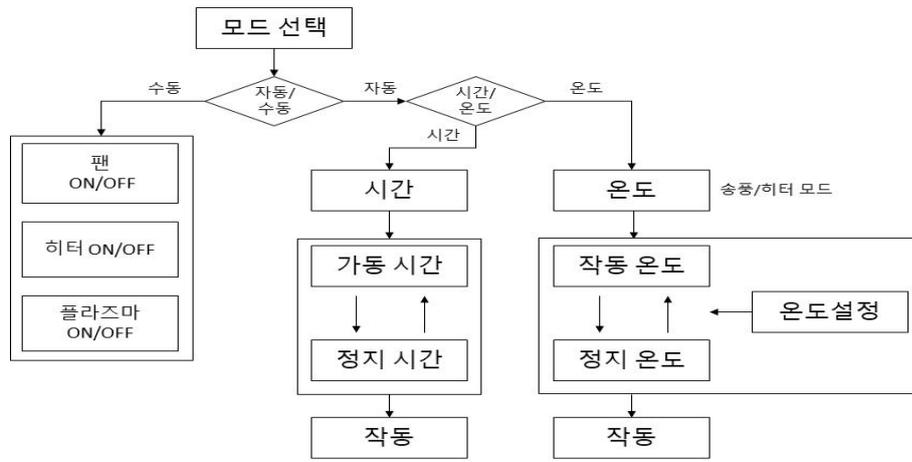


그림 66 3가지 동작 모드 기본 동작 프로세서

표 15 제어 항목 및 설정 리스트

번호	항목 및 설정
1	1.HEATER Setup : off temp
2	2.HEATER Setup : Re-On
3	3.HEATER Start : Delay
4	4.HEATER FAN off : Delay
5	5.FAN Setup : High
6	6.FAN Setup : Low
7	7.RLRAM Setup : RLRAM
8	8.Communications : Comm
9	9.AUTO Start : Mode
10	10.DEVICE ID : ID
12	11.Factory Reset :
13	12.System Version :

- ㉔ 수동 모드는 강제 동작 및 정지 기능을 가지며, 동작은 회로에 장착된 릴레이를 통해 제어된다.

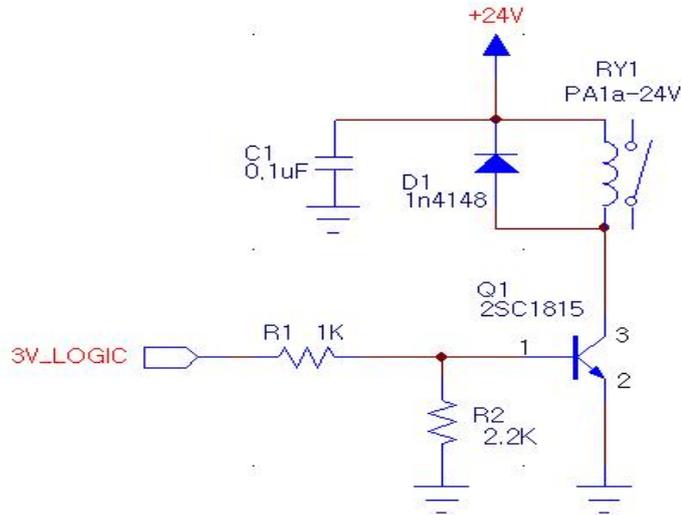


그림 67 릴레이 제어 회로 및 다이오드 보호회로

- ㉕ 자동 모드는 시간을 통해 동작과 설정 온도에 의한 동작으로 나뉜다.
- ㉖ 시간은 RTC(Real Time Clock) 기술을 사용하여 측정한다.

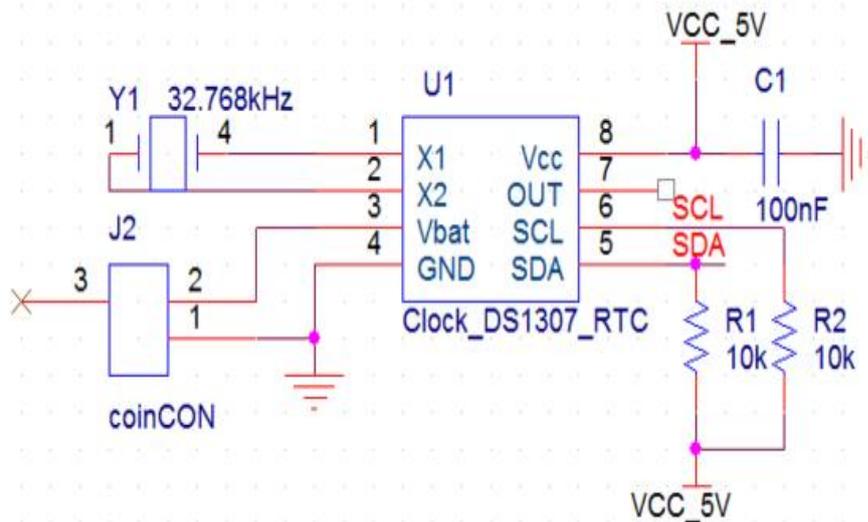


그림 68 RTC 기본 회로

㉞ 온도는 PT100 혹은 온습도 센서를 이용하여 ADC를 통해 수집한다.

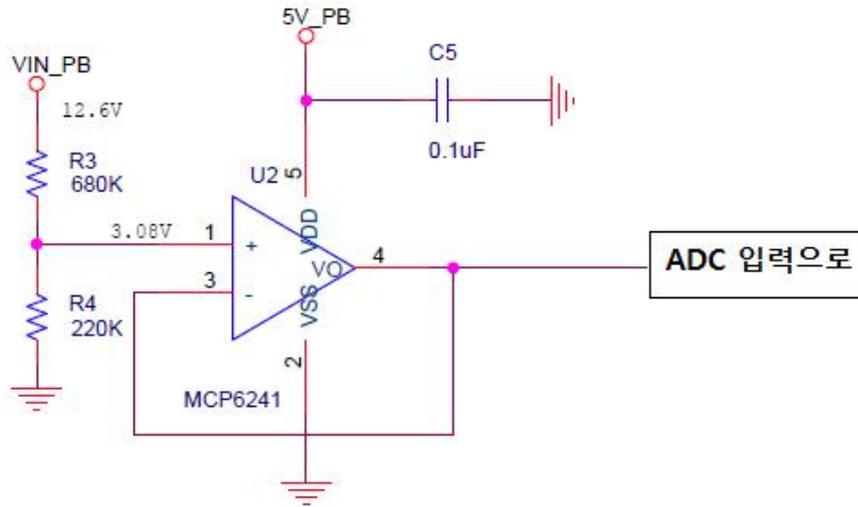


그림 69 ADC 입력 증폭 회로

㉞ 안전장치 제어 방법은 수집된 온도 값을 기준으로 이상 온도 값으로 판단하면 자동으로 차단되는 기능을 프로그램에 적용하였다.

(나) 제어 프로세스 및 프로그램 설계

㉞ 프로그램은 C언어 기반으로 프로그램을 하였으며, MCU를 통해 제어한다.

㉞ 수동모드는 동작 버튼에서 입력된 제어 신호로 On/Off로 동작한다.

㉞ 시간에 의한 제어는 RTC(Real Time Clock) 기반으로 동작한다.

㉞ 온도에 의한 제어는 PT100 혹은 온습도 센서에서 수집된 데이터를 기반으로 동작한다.

	설정범위	기본값	기능
1.HEATER Setup : off temp	1~90°C (도)	12	히터가 꺼지는 온도설정
2.HEATER Setup : Re-On	0~10°C (도)	2	1번 설정온도 대비 히터가 켜지는 온도
3.HEATER Start : Delay	0~30초	1	히터가 켜지기 전 대기시간설정
4.HEATER FAN off : Delay	1~600초	150	히터가 꺼지고 팬이 히터를 식혀주는 시간
5.FAN Setup : High	1~90°C (도)	30	팬이 켜지는 높은 온도 설정
6.FAN Setup : Low	0~90°C (도)	5	팬이 켜지는 낮은 온도 설정
7.RLRAM Setup : RLRAM	ON,OFF		외부 알람 출력 (설치공사 후 설정금지)
8.Communications : Comm	ON,OFF		연동 제어 모드 (설치공사 후 설정금지)
9.AUTO Start : Mode	None, HEATER, FAN		전원이 연결되었을때 시작되는 모드 설정
10.DEVICE ID : ID	0~64		연동 제어 시 그룹 명 (설치공사 후 설정금지)
11.Factory Reset :	상 버튼		공장 초기화 버튼 (설치공사 후 설정금지)
12.System Version :			현재 프로그램 버전

그림 70 제어 항목 및 프로세스 설계

- ② 사용자는 캐릭터 LCD를 통해 동작 상태 확인이 가능하도록 개발 하였다.
- ㉞ 동작모드 표시, 시간 표시, 현재 릴레이 동작 상태 표시
- ㉟ 동작모드 설정 화면 표시



그림 71 캐릭터 LCD 상태 표시

- ③ 비상운전 및 안전장치 기능을 위해 비상버튼 추가, 인터락 회로, 외부 노이즈 차단 바리스터 및 필터 등 보호 회로를 추가하여 설계하였다.

(다) 시험용 모듈 제작 및 성능테스트

- ① PCB 제작 전용 프로그램(ORCAD)을 사용하여 Capture/Layout을 제작하였다.
- ② 양면 FR4 재질로 PCB를 제작하였다.

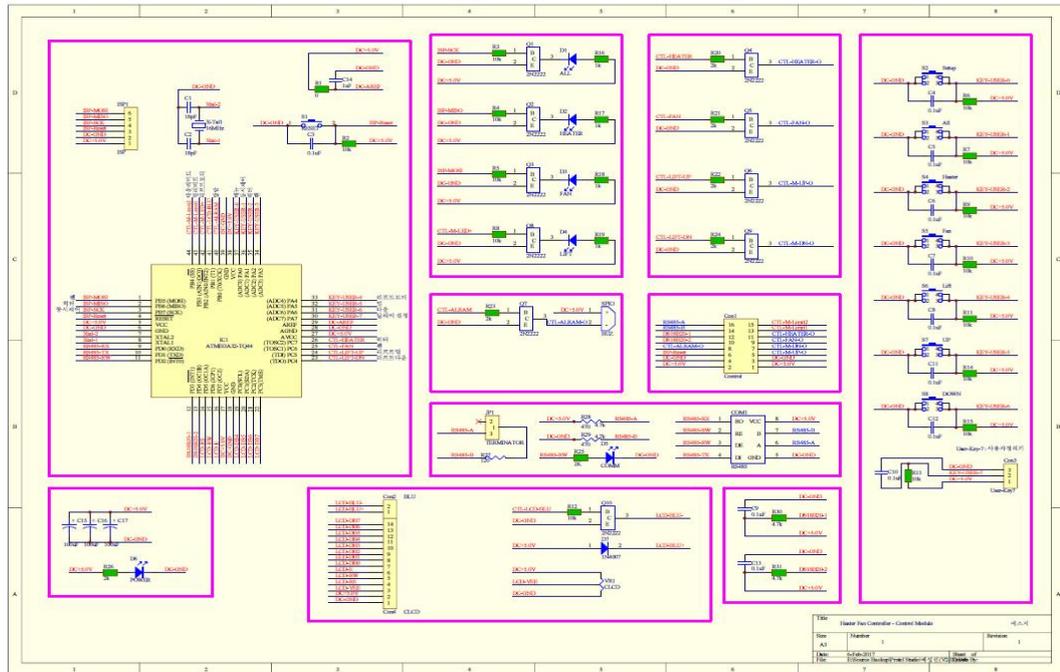


그림 72 제어 보드 전체 회로도

- ② 프로그램은 C언어로 개발되었으며 개발물은 코드비전을 사용하여 개발 완료하였다.

  - ㉠ MCU 전용 컴파일러 사용
  - ㉡ 릴레이 I/O 포트 제어
  - ㉢ 온도 센싱 ADC 데이터 수집

- ③ 부품배치 변경, Layout 오류, PCB 사이즈 변경 등 여러 번 PCB 수정 작업을 진행하였다.

  - ㉠ PAD 오류, 부품 배치 변경
  - ㉡ 노이즈 발생 지점 필터 추가

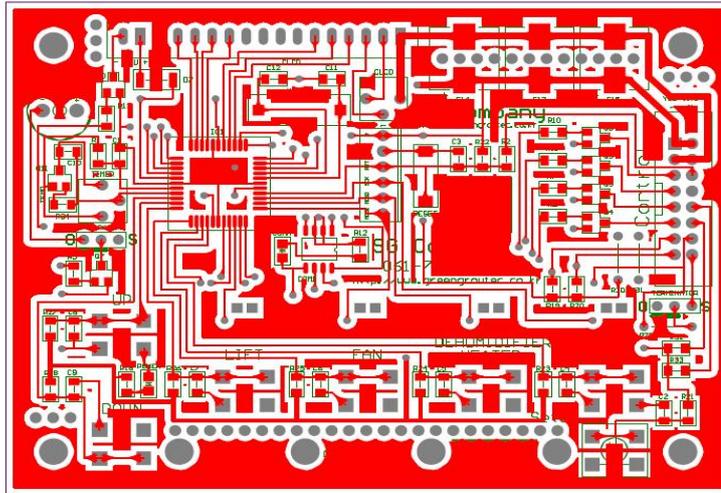


그림 73 제어보드 PCB Layout 앞면

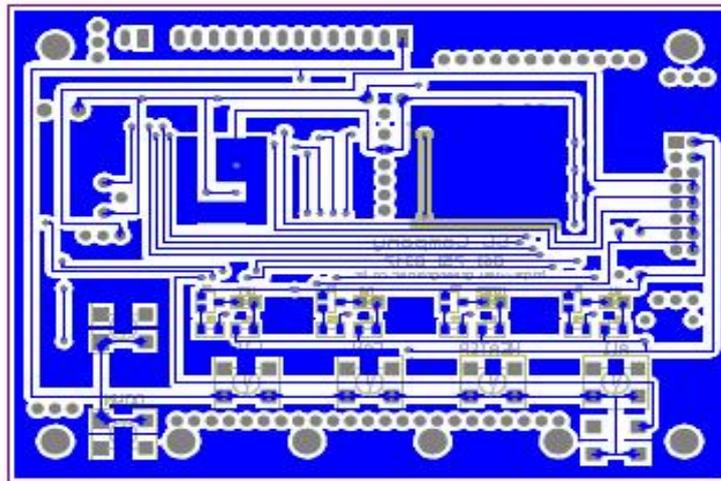


그림 74 제어보드 PCB Layout 뒷면

- ④ 온도를 측정하여 히터모드 또는 팬모드로 동작하게 프로그램을 적용하였다.
- ⑤ 사용자 편의를 위한 상태 표시 LCD 채택, 제어 편의성을 위한 푸시버튼 적용
  - ㉓ 사용자 편의 캐릭터 LCD 적용
  - ㉔ 직관적인 제어를 위한 다수 제어 버튼 적용

(2) 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기 제작

(가) 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기 제작

- ① 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기는 개발된 면상 발열 히터와 주요 장치의 제어를 맡히며, 1차년도에는 면상 발열 히터에 대한 제어의 개발로 시설하우스 및 저장고 환경을 고려하여 제어기 개발을 수행하였다.
- ② 제어기는 협동기관에서 제어 프로그램 및 프로세스를 설계하고 테스트를 진행하였으며, 완료된 프로그램 및 프로세스를 주관기업 제어기에 적용하였다.
- ④ PCB 회로 설계 시 제품 운영 및 유지 보수의 편의성을 위하여 핵심 부품을 탈착이 편리한 모듈식으로 설계하고 제작하였다.
- ⑤ 장비 운용 환경을 고려하였으며 사용자 편의성을 위한 직관적 인터페이스를 개발하였다.
- ⑥ 제어기의 주요 기능 및 제작 사진은 아래와 같다.
  - ㉠ 히터(heater) 자동/수동 : 난방온도 편차 2℃
  - ㉡ 팬(fan) 자동/수동 : 여름철 공기 유동 및 환풍 효과로 사용



그림 75 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기



그림 76 하판(전면)



그림 77 하판(후면)

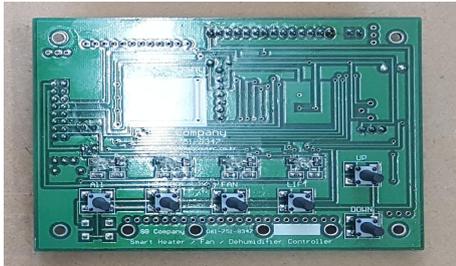


그림 78 상판(전면)



그림 79 상판(후면)

마. 1차년도 시제품 및 주요 장치

(1) 시제품

(가) 플라즈마 발생 모듈(40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>)



그림 80 플라즈마 발생 모듈(40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>)

(나) 수직 교반 구조의 면상 발열 히터



그림 81 수직 교반 구조의 면상 발열 히터(4kW) 시제품



그림 82 수직 교반 구조의 면상 발열 히터 제어기



그림 83 히터부 브라켓 착용 전후



그림 84 송풍부 및 히터 측면

(2) 주요 장치



그림 85 면상 발열 히터

그림 86 송풍부

그림 87 교반 시스템

### 3-1. 세부 연구개발 범위<2차년도>

#### 가. 플라즈마 살균 모듈 및 시험용 모듈 제작

- (1) 고용량 플라즈마 발생 모듈 제작
- (2) 오존(O<sub>3</sub>) 저감 시험용 모듈의 제작 및 시험

#### 나. 플라즈마 가온 선도유지기 제작

- (1) 면상 발열 히터 및 플라즈마의 고정 브라켓 제작
- (2) 플라즈마 가온 선도유지기 송풍부 제작
- (3) 수직 이동 장치 제작
- (4) 플라즈마 가온 선도유지기 하우징 제작

#### 다. 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 제작

- (1) 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 제작

#### 라. ICT 통합제어시스템 개발

- (1) 대상 시설하우스 및 저장고 내·외부 제어 기술 개발
- (2) 통합 제어 프로세스 및 프로그램 설계
- (3) 통합 제어 장치

#### 마. 최종 시제품 및 주요 장치

- (1) 시제품
- (2) 내부 및 주요장치

### 3-2. 세부 연구개발 내용<2차년도>

#### 가. 플라즈마 살균 모듈 및 시험용 모듈 제작

##### (1) 고용량 플라즈마 발생 모듈 제작

1차년도에는 소규모의 저장고 및 저장 시설에 적용이 가능한 플라즈마 발생 모듈의 제작을 진행하였으며, 2차년도에는 시설하우스 및 큰 규모의 저장고에 적용이 가능한 고용량 플라즈마 발생 모듈의 제작을 수행하였다.

##### (가) 고용량 플라즈마 램프(Plasma Lamp)

- ① 플라즈마 램프는 1차년도와 동일하게 석영관을 제조하고 초진공 상태에서 불순물을 제거한 후 램프 용량에 맞춰 특수가스를 혼합하였다.
- ② 시제품의 하우징과 설치 환경을 고려한 결과 크기가 제한적이므로 램프의 형태를 U자로 제작하여 진공 공간을 확대하였다.
- ③ 램프의 살균 용량은  $330\text{m}^2$ , 크기는 11인치이며, 용량과 크기를 제외하고 1차년도와 동일하게 수행하였다.
- ④ 제작된 플라즈마 램프 및 설계도는 아래와 같다.

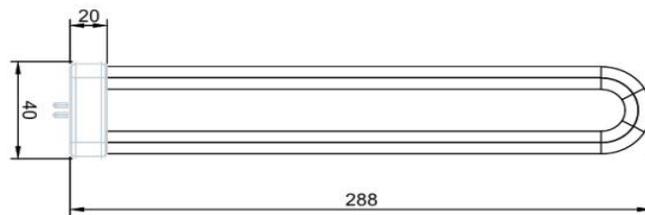


그림 88 플라즈마 램프 설계도 ( $330\text{m}^2$ )



그림 89 플라즈마 램프 ( $330\text{m}^2$ )

(나) 안정기(Ballast stabilizer, 安定器)

① 안정기는 100~200nm 대역의 파장대를 형성하도록 제작하였으며, 100평용 플라즈마 램프(11인치)에 적용이 가능한 안정기이다.

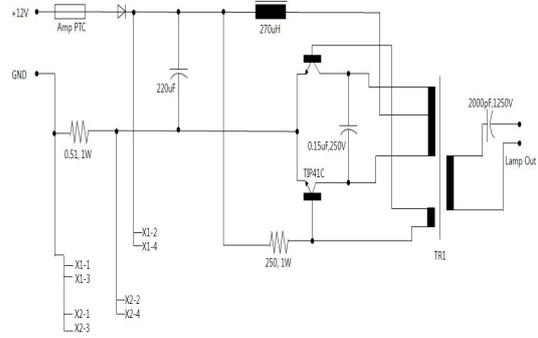
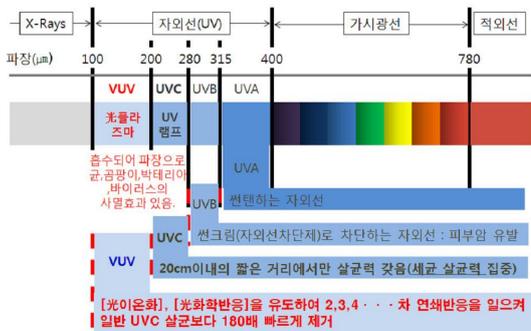


그림 90 자외선 영역별 살균력 효능

그림 91 안정기(Ballast) 설계



그림 92 안정기 (330m<sup>2</sup>)

(다) 고용량 플라즈마 발생 모듈 및 사양

① 플라즈마 발생 모듈 사진이다.



그림 93 플라즈마 모듈 (330m<sup>2</sup>)

② 플라즈마 발생 모듈 사양은 다음과 같다.

표 16 플라즈마 모듈 사양

플라즈마 램프	크기	11" (28.8cm×40×20), Ø14
	형태	U 자
안정기	출력전압	DC 12V
	소요전력	30W
Power	Output	12V 5.0A

(라) 플라즈마 살균 모듈 3D 설계도

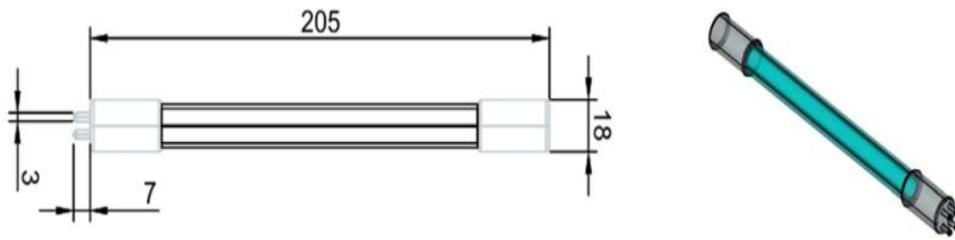


그림 94 플라즈마 살균 모듈 (40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>)

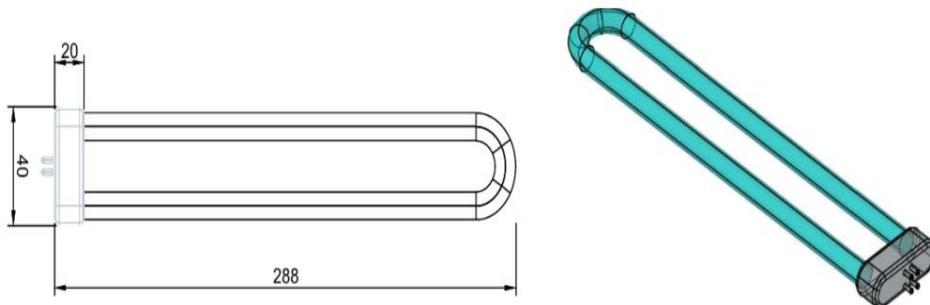


그림 95 플라즈마 살균 모듈 (330m<sup>2</sup>)

(2) 오존(O<sub>3</sub>) 저감 시험용 모듈의 제작 및 시험

1차년도에 개발된 플라즈마 발생 모듈을 이용하여 저장고 내 살균 및 에틸렌 가스 제거를 위한 시험용 살균 모듈을 제작하였다. 또한, 플라즈마 살균 모듈 가동 시 발생하는 소량의 오존(O<sub>3</sub>)을 저감시키기 위해 오존 저감 촉매제를 적용하고 자체 시험을 통해 저감 효과를 확인하였다.

(가) 오존(O<sub>3</sub>) 저감 촉매제의 적용

- ① 오존 저감 촉매제는 시험용 살균 모듈에 적용이 가능하도록 필터 형태로 제작을 진행하였으며, 연구 수행 중 확인된 MD-101 제품을 사용하였다.
- ② 저감 촉매제로 사용된 MD101 제품의 사양과 자체 시험 결과는 아래와 같으며, 낮은 온도에서도 오존 분해 효과를 볼 수 있는 것으로 확인하였다.

표 17 오존 저감 촉매제 사양

성분	CuO > 18 mol%, MnO <sub>2</sub> > 74 mol%, K, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
비표면적	> 300 m <sup>2</sup> /g
크기	3mm, 5/3~12mm
충진밀도	0.65±0.10
함수율	< 5 %



그림 96 오존 저감 촉매제

표 18 실험 조건

촉매	Purelyst MD-101
형태/크기	Pellet/3mm
반응온도	32~44°C
공간속도	10,000h <sup>-1</sup>
오존농도	140ppmv
산소농도	20 vol%

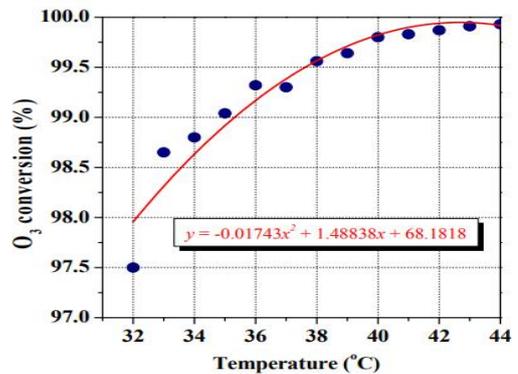


그림 97 온도에 따른 오존 분해 효율

(나) 오존(O<sub>3</sub>) 발생량 저감 시험

- ① MD-101 오존 저감 촉매제를 이용, 플라즈마 발생 모듈에서 발생하는 소량의 오존의 저감 유무를 확인하기 위하여 시험 환경을 제작하고 측정을 진행하였다.
- ② 저감 시험은 40m<sup>2</sup> 용량의 살균램프로 8m<sup>3</sup> 챔버 공간에서 자체 시험을 수행하였으며 실험조건은 아래와 같다.

표 19 실험 조건

챔버 크기	8 m <sup>3</sup>	가동시간	30 분
온도	26±0.2 °C	측정장비	AeroQUAL-500
촉매제 형태	Pellet	촉매제 사용량	30g

- 측정방법

- 초기 농도 측정 : 시험 챔버 내 살균 모듈 30분 가동 후 농도 측정
- 저감 농도 측정 : 시험 챔버 내 촉매제를 넣고 살균 모듈 30분 가동 후 농도 측정



그림 98 측정 챔버



그림 99 촉매제

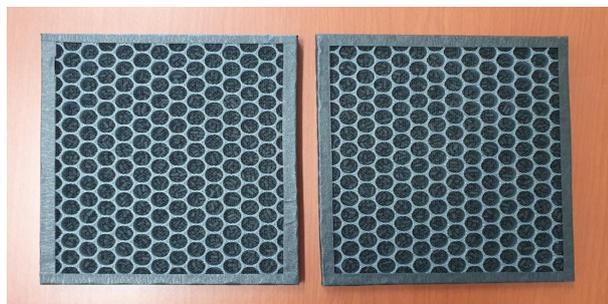


그림 100 허니컴 구조 필터 제작

- ③ 시험 조건과 동일하게 수행한 결과 오존 발생량 저감 효과가 매우 좋게 나타났으며, 결과는 아래와 같다.



그림 101 오존 농도 측정(램프)

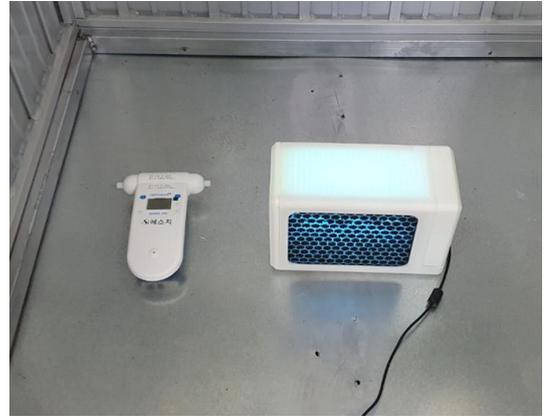


그림 102 오존 농도 측정(램프+촉매제)

- ㉞ 실험 결과 : 오존 발생량 약 96% 감소

㉠ 살균 모듈 + 30분 가동 + 밀폐(8m<sup>3</sup>) : **0.096ppm**

㉡ 살균 모듈 + 촉매제 + 30분 가동 + 밀폐(8m<sup>3</sup>) : **0.004ppm**

오존 촉매 반응 시험 (단위:ppm)		
	초기	30분후
램프(단독)	0	0.096
촉매(단독)	0	0
램프+촉매	0	0.004
VOCs	2.24	1.33
HCHO	0.02	0.01

그림 103 오존 촉매 반응 시험 (자체)

- ㉢ 살균 램프 가동 후 오존 발생량과 촉매제를 활용한 살균 램프 가동 후 오존 발생량 농도 그래프이며, 플라즈마로 발생되는 소량의 오존을 촉매제로 제거 가능함을 확인하였다.
- ㉣ 추가로 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(HCHO) 농도를 측정하였으며, 저감 효과가 있음을 확인하였다.



그림 104 오존 농도 변화



그림 105 VOCs, HCHO 측정

(다) 오존 저감 촉매제의 적용 및 모듈 제작 내용

- ① 1차년도에 개발된 플라즈마 살균 모듈(40m<sup>2</sup>)을 적용하여 맞춤형 크기의 시험 모듈을 제작하였다.
- ② 시험 모듈의 하우징은 플라즈마 살균 모듈을 거치시키고, 살균 공기가 필터를 통과할 수 있는 구조로 설계하며, 3D프린터(3DWOX 7X)를 이용하여 제작하였다.

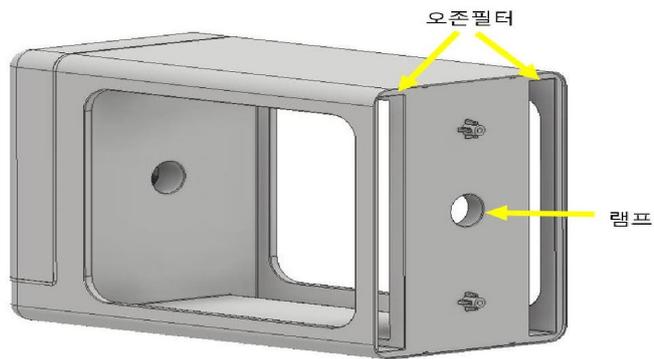


그림 106 모듈 하우징 및 주요 부품 위치



그림 107 모듈 하우징

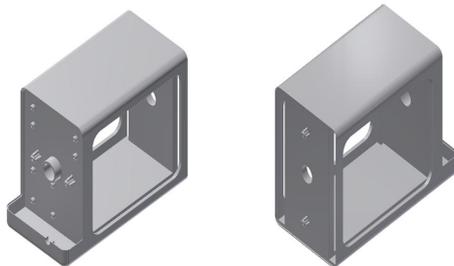


그림 108 모듈 하우징 본체 설계도



그림 109 모듈 하우징 본체



그림 110 모듈 하우징 설계도  
(램프부 덮개)



그림 111 모듈 하우징 설계도  
(제어부 덮개)



그림 112 모듈 하우징  
램프부 덮개



그림 113 모듈 하우징  
제어부 덮개

③ 오존 저감 촉매제는 필터 형태로 통유량에 효율적인 펠릿 형태로 사용하였으며, 촉매제 필터는 허니컴 구조로 적용하고, 망으로 코팅하여 제작하였다.

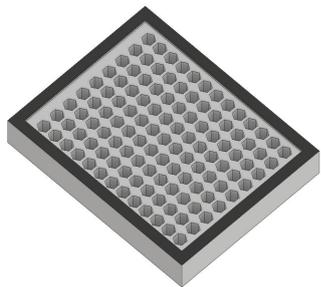


그림 114 허니컴 구조  
필터 설계도

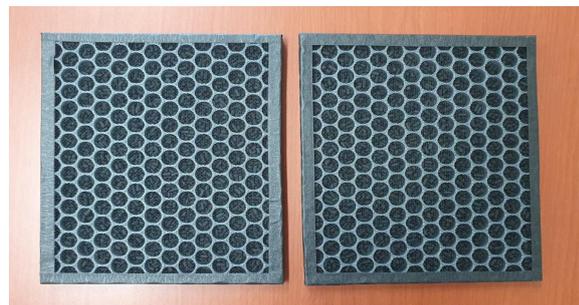


그림 115 허니컴 구조  
필터 제작

④ 시험 모듈의 적용 사진은 아래와 같다.



그림 116 시험 모듈

#### 나. 플라즈마 가온 선도유지기 제작

##### (1) 면상 발열 히터 및 플라즈마의 고정 브라켓 제작

플라즈마 가온 선도유지기 시제품 제작에 필요한 면상 발열 히터의 고정과 플라즈마 발생 모듈을 고정 할 수 있는 브라켓을 제작하였다.

##### (가) 면상 발열 히터 고정 브라켓

- ① 면상 발열 히터는 1차년도에 개발된 4kW의 판형 발열 히터로 안정적이고 효율적인 구조를 갖추고 있어 하우징에 고정할 수 있도록 브라켓을 제작하였다.
- ② 면상 발열 히터는 하우징 상부에 고정하도록 규격이 설계되어 있으며 스테인레스 (STS304) 스틸을 절곡하고 5 $\phi$ 의 탭을 형성하여 하우징 외부에서 쉽고 견고하게

탈부착이 가능하도록 제작하였다.

- ③ 고정 브라켓은 히터 하우징과 전체 하우징을 연결해주는 역할을 한다.
- ④ 면상 발열 히터 하우징과 고정 브라켓의 연결 모습 및 설계는 아래와 같다.

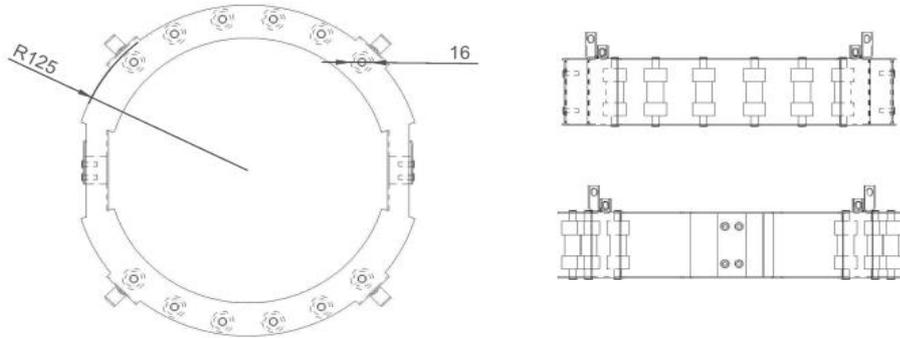


그림 117 히터 하우징 및 고정 브라켓 설계

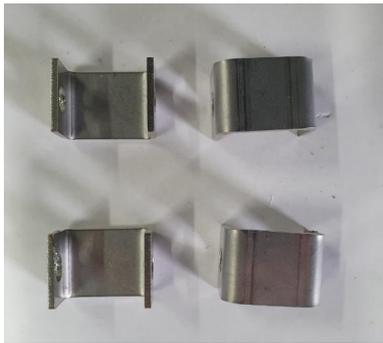


그림 118 히터 고정 브라켓

그림 119 히터 및 고정 브라켓 연결 3D



그림 120 히터 브라켓 고정

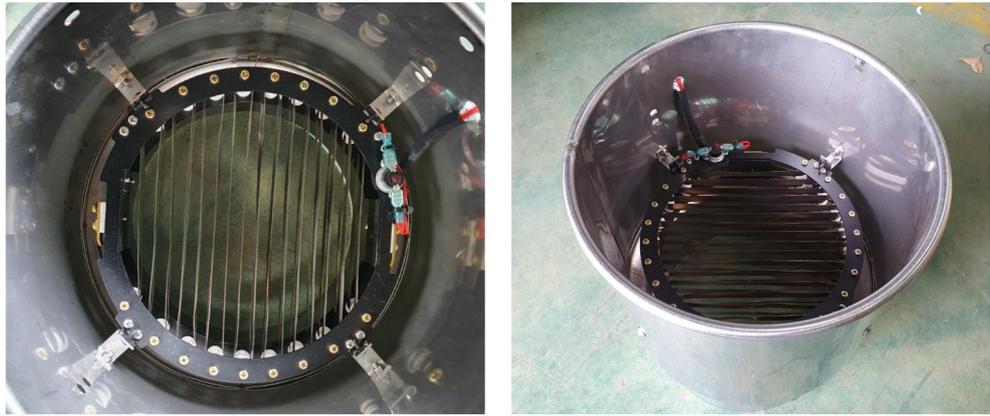


그림 121 면상 발열 히터 및 브라켓의 적용

(나) 플라즈마 발생 모듈 브라켓

- ① 플라즈마 가온 선도유지기에 플라즈마 발생 모듈의 고정을 위해 플라즈마 램프와 안정기의 고정 브라켓을 별도로 제작하였다.
- ② 상부로 흡입되는 공기가 원활하게 이동 할 수 있고, 플라즈마 발생 모듈에 의해 살균될 수 있는 구조로 브라켓을 제작하였다. 또한, 플라즈마 발생 램프의 고정은 브라켓 하단부에서 5mm 거리를 두고 U클립을 이용하여 고정할 수 있도록 하였다.
- ③ 브라켓은 스테인레스 스틸로 두께는 1.5t이며 탭을 형성하여 고정한다.
- ④ 플라즈마 발생 모듈 고정 브라켓 및 설계도는 아래와 같다.

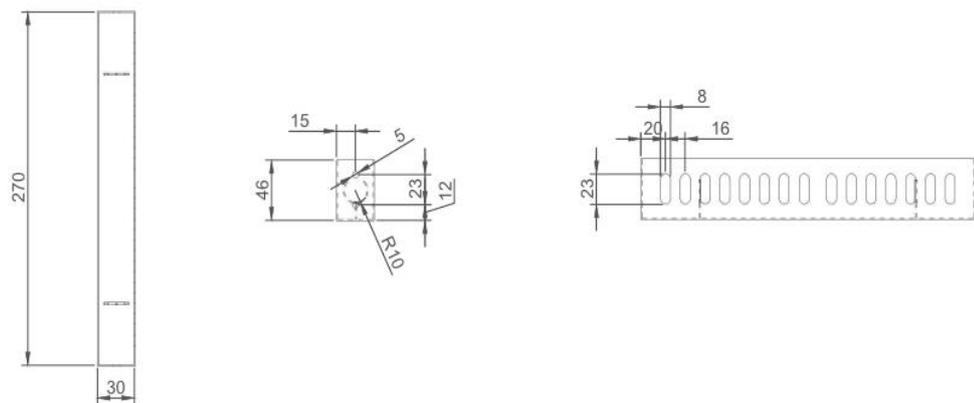


그림 122 플라즈마 발생 모듈 고정 브라켓 2D

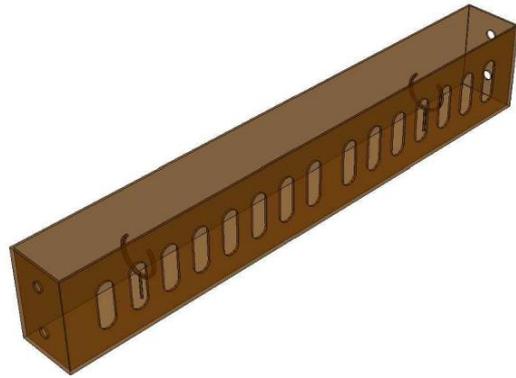


그림 123 플라즈마 발생 모듈 고정 브라켓 3D



그림 124 플라즈마 발생 모듈 브라켓

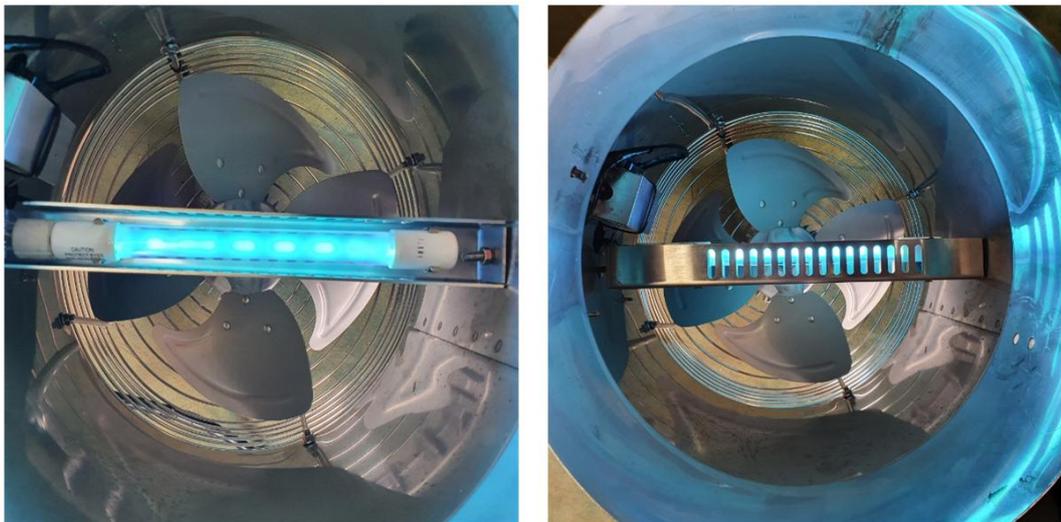


그림 125 플라즈마 발생 모듈 및 브라켓의 적용

(2) 플라즈마 가온 선도유지기 송풍부 제작

(가) 1차년도 송풍기 보완 설계 및 제작

- ① 1차년도 수직 교반 구조의 면상 발열 히터에 적용된 송풍기를 보완하고, 플라즈마 가온 선도유저기에 적합한 송풍기의 개발을 진행하였다. 2차년도 개발에 앞서 1차년도 개발된 송풍기를 보완하고, 시설하우스와 저장고에 적합한 구조를 갖는 송풍기를 개발하고자 전문가의 자문을 받아 설계하였다.
- ② 1차년도 송풍기는 히터 하우스 내부에 장착되어 있는 구조로 외부에 장착되어 있는 구조 대비 풍량이 적고 소음이 더 발생하는 것으로 확인되었다. 이에 따라 모터와 브라켓을 외부로 도출시키고 상대적으로 따뜻한 상부 공기의 유동 및 회수를 통해 하부 난방열로 공급하고자 한다.
- ③ 또한, 구조 변경에 따라 송풍기를 재설계를 진행하고 속도제어용 6극 모터를 제작하였다.

(나) 송풍 모터 및 날개(Fan) 제작

- ① 시설하우스 및 저장고의 다습 환경을 고려하여 방습 모터로 제작하고, 알루미늄과 스테인레스 스틸로 내구성을 높였다.
- ② 송풍 모터의 크기는  $\varnothing 106 \times 132\text{mm}$  이며, 송풍 모터 및 설계도는 아래와 같다.

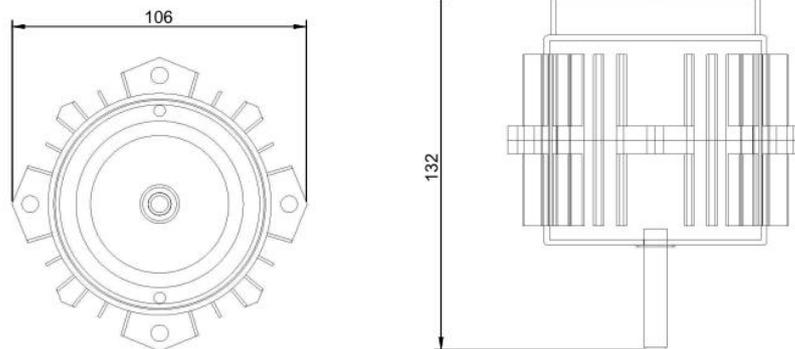


그림 126 송풍 모터

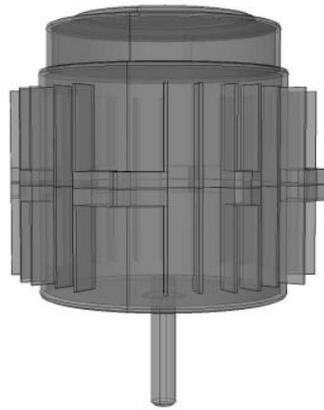


그림 127 송풍 모터 3D

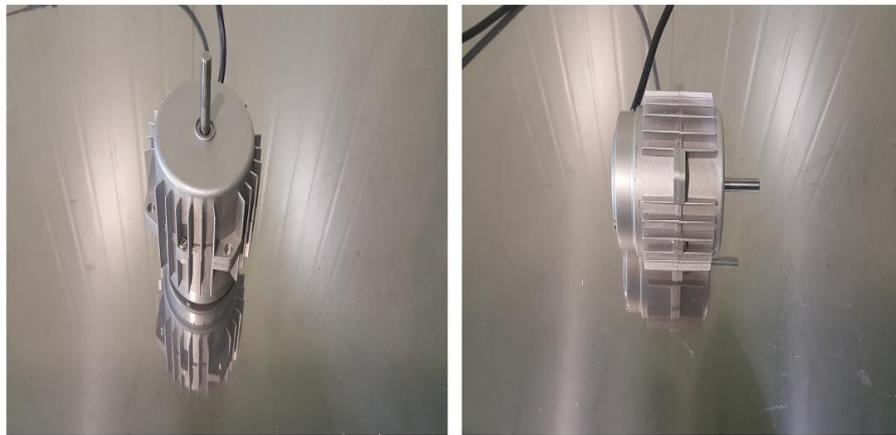


그림 128 모터 제작

③ 날개는  $\varnothing 250$ , 4fan 구조이며, 팬 및 설계도는 아래와 같다.

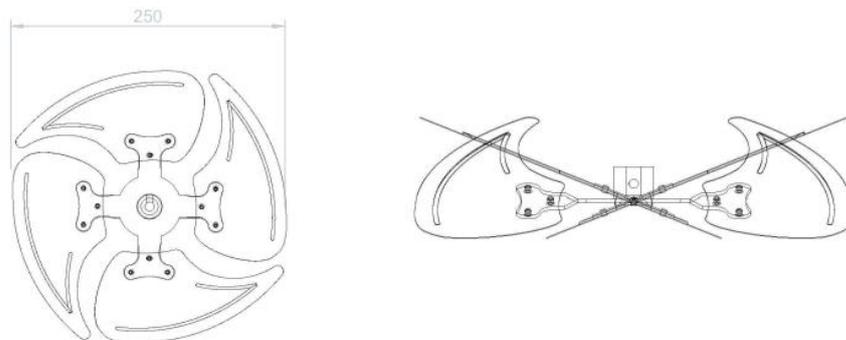


그림 129 날개(fan)



그림 130 날개 3D



그림 131 날개 제작

④ 다음은 최종 시제품의 송풍 모터 사양이다.

표 20 모터 Test data

MODEL	SGP-20	Rating	CONT
Volts	220	Phase	단상
Input	75	Speed	HI
Poles	6P	RPM	1,550
Hz	60	Amps	0.29

(다) 송풍 모터 브라켓 제작

- ① 송풍 모터의 브라켓은 하우징 외부에 장착되는 구조이며 아치형 모양으로 제작하였다. 또한, 외부로 돌출되어 있어 외부에서 흡입되는 비닐, 이물질 등에 의한 문제를 일으키지 않도록 15mm의 작은 간격을 두어 망을 형성하였다.
- ② 하우징에 송풍기를 연결할 시 체결 문제가 발생하는데, 이는 브라켓 연결부 4곳에 4mm 너트를 용접하여 하우징 외부에서 체결이 쉽도록 하였다.

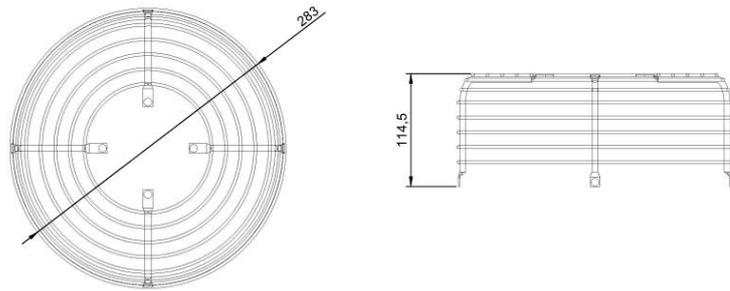


그림 132 송풍 모터 브라켓

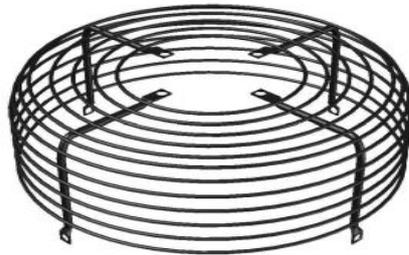


그림 133 송풍 모터 브라켓 3D



그림 134 송풍 모터 브라켓 전/후면

표 21 브라켓 제원

브라켓 크기	Ø285	브라켓 높이	100mm
브라켓 망 두께	2mm, 5mm	브라켓 재질	스테인레스 스틸
고정 방식	하우징 볼트 고정	적용 비너	4mm

(라) 플라즈마 가온 선도유지기 송풍기 적용

① 플라즈마 살균 수직 교반 히터 송풍기 및 하우징과 연결된 모습이다.



그림 135 송풍부 제작



그림 136 송풍부 연결 모습

### (3) 수직 이동 장치 제작

#### (가) 높이 조절용 수직 이동 장치 및 플렉시블 주름관

- ① 높이 조절용 수직 이동 장치는 1차년도 개발과 동일하게 제작하여, 플라즈마 가온 선도유지기에 적용한다.
- ② 수직 이동 장치의 와이어는 최대 길이 1.5m 높이까지 조절이 가능하도록 하였으며, 하부 하우징 양측면에 수직 이동 장치를 거치시킬 수 있도록 하였다. 또한, 바람판을 이용하여 높이 조절이 가능하도록 바람판 하부에 I 볼트를 이용하여 와이어의 장력을 조절하도록 제작하였다.

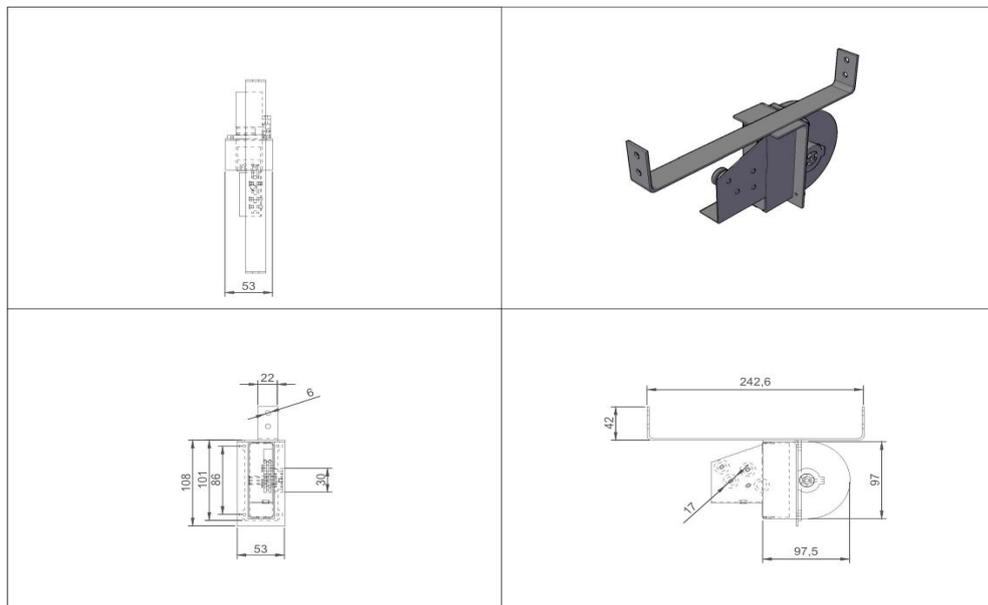


그림 137 수직 이동 장치의 설계 2D, 3D



그림 138 수직 이동 장치(와이어 장력)

- ③ 플렉시블 주름관 또한 1차년도와 동일하게 적용하였으며, 3D 설계 및 플라즈마 가온 선도유지기의 적용 사진은 아래와 같다.



그림 139 주름관 3D



그림 140 플렉시블 주름관 연결

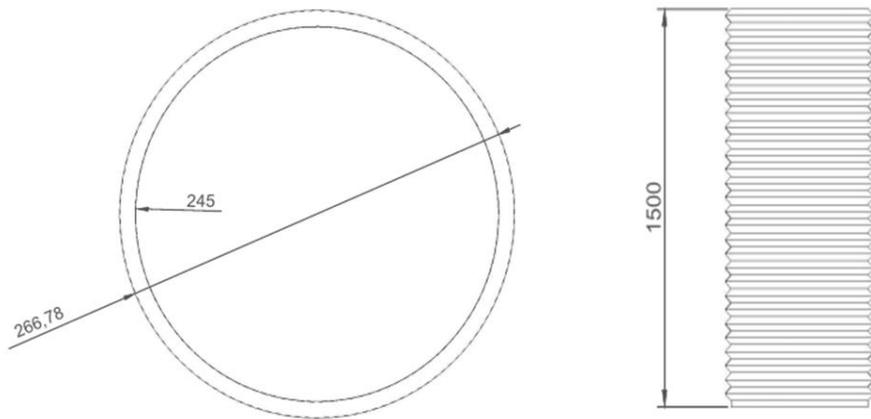


그림 141 주름관 설계도

(나) 주름관 고정 하우징 및 공기 바람판

- ① 주름관 고정 하우징은 플렉시블 주름관의 높이 조절 및 와이어의 뒤틀림 방지 역할을 하며, 주름관 하단에 부착된다. 1차년도와 동일하게 오픈형 타입과 가이드형 타입으로 환경에 맞게 선택적으로 적용이 가능하다.
- ② 높이 조절을 고려하여 스테인레스 스틸에서 알루미늄 재질로 변경된 공기 바람판을 적용하여 시제품의 높이를 조절한다.

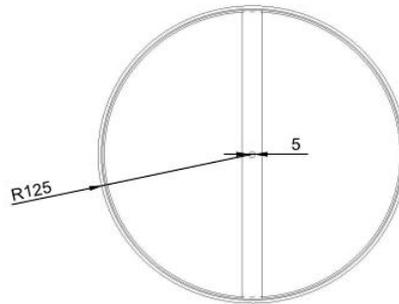


그림 142 고정 하우징 설계

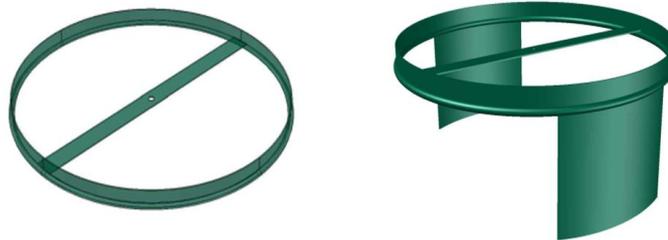


그림 143 (좌) 오픈형 (우) 가이드형 3D 설계



그림 144 (좌) 오픈형 (우) 가이드형 하우징

- ③ 공기 바람판은 제품 상부에서 흡입되어 난방 된 공기가 하부에 직접 공급되지 않고, 공기교반효과를 추가적으로 주어 재배환경에 난방열을 확산하기 위한 시스템이다.

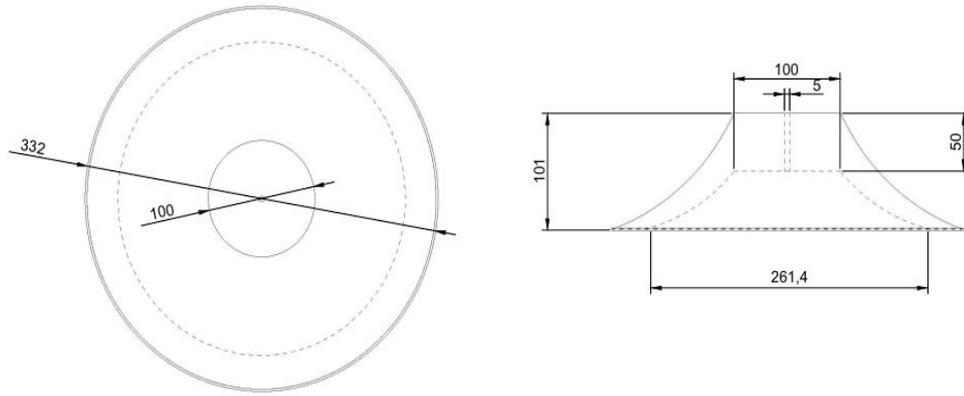


그림 145 공기바람판 설계



그림 146 공기바람판 3D



그림 147 공기바람판(AI)

(4) 플라즈마 가온 선도유지기 하우스징 제작

(가) 플라즈마 가온 선도유지기 하우스징 제작

- ① 하우스징은 면상 발열 히터와 플라즈마 살균 모듈 크기를 고려하여 하우스징 크기를 선정하였다. 또한 시설하우스 작물 재배 시 작물 생육에 영향을 미치지 않고, 사용자의 이동에 불편함을 주지 않는 범위 내로 최소화하여 설계하였다.
- ② 하우스징은 상부와 하부로 구분하여 제작하고, 용접을 통하여 연결하도록 설계하였으며, 이는 시스템의 주요 장치의 규격 대비 높이 조절 플렉시블 주름관의 크기가 정해져있기 때문이다.
- ③ 상부 하우스징은 면상 발열 히터와 플라즈마 살균 모듈을 장착할 수 있도록 하였으며, 상부 하우스징의 상단부는 추가 시보리(shibori) 처리를 통하여 견고하게 하고, 송풍부를 연결 할 수 있는 홈을 형성하였다. 하부 하우스징은 수직 이동과 관련된 장치들을 연결 할 수 있도록 하였으며, 하부 하우스징에 높이 조절 장치를 고정하고, 플렉시블 주름관을 결속 할 수 있도록 하였다.
- ④ 하우스징은 시설하우스 환경을 고려하여 스테인레스(STS304) 스틸을 이용하고 설계 규격에 맞게 절단을 진행하였다. 이후 밴딩과 서포트 용접을 통하여 하우스징 제작을 완료하였다.
- ⑤ 하우스징 제원 및 제작 사진은 아래와 같다.

표 22 하우스징 제원

	상부	하부
하우스징 재질	SUS304	
하우스징 두께	1.5t	
하우스징 크기	282Ø	248Ø

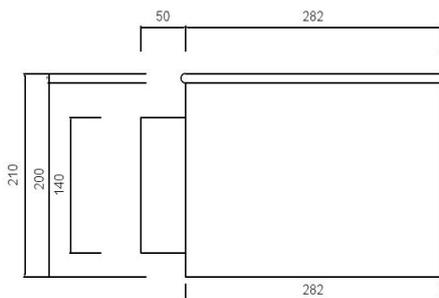


그림 148 상부 하우스징

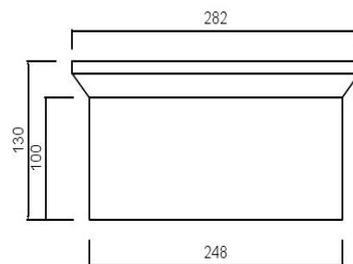


그림 149 하부 하우스징



그림 150 상부 하우징



그림 151 하부 하우징



그림 152 하우징 상판+하판 3D



그림 153 하우징 상판+하판 (측면)

다. 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 제작

(1) 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 제작

① 수동, 자동-시간, 자동-온도 3가지 모드로 설정하여 가동이 가능하다.

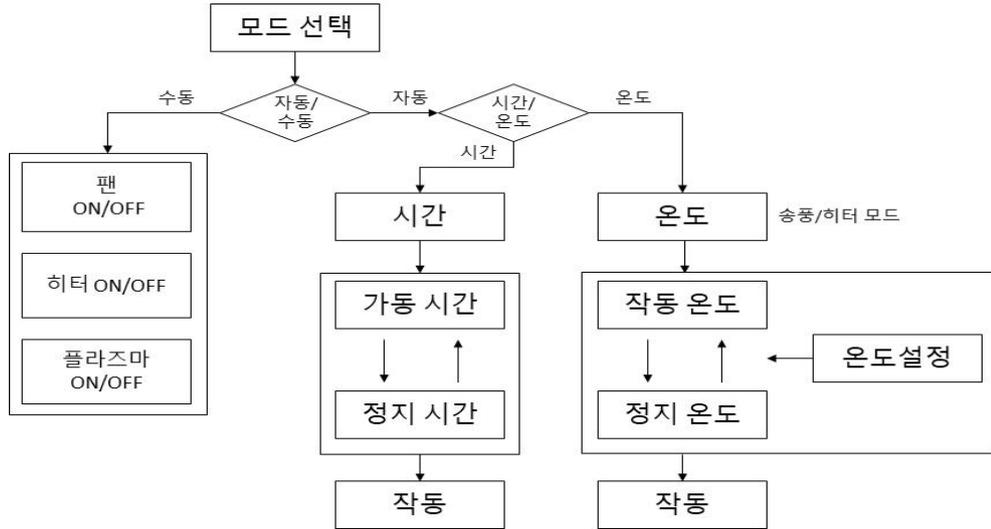


그림 154 3가지 동작 모드 기본 동작 프로세서

- ㉔ 1차년도에 개발된 제어기는 제품 하우징에 부착되어 제어를 할 수 있도록 되어 있는 반면, 2차년도 보완된 제어기는 사용자 임의대로 위치시킬 수 있도록 하였다.
- ㉕ 또한, 플라즈마 살균 면상 발열 히터 외에도 타 제품과의 연결성을 고려하여 삼상 380V와 단상 220V 모두 연결이 가능하다.
- ㉖ 플라즈마 가온 선도유지기 제어를 위한 제어기능 구현 및 시스템 동작 알고리즘을 설계하였다.
  - ㉗ 수동 모드는 동작 버튼에서 입력된 제어 신호로 On/Off 동작한다.
  - ㉘ 시간에 의한 제어는 RTC(Real Time Clock) 기반으로 동작한다.
  - ㉙ 온도에 의한 제어는 PT100 혹은 온습도 센서에서 수집된 데이터를 기반으로 동작한다.
  - ㉚ PCB 제작 전용 프로그램 (ORCAD)을 사용하여 Capture/Layout을 제작하였다.
  - ㉛ 프로그램은 C언어로 개발되었으며 개발 툴은 코드버전을 사용하여 개발하였다.
  - ㉜ 온도 센싱 ADC 데이터를 수집하고, MCU 전용 컴파일러 사용 및 릴레이 I/O포트 제어하도록 제작하였다.

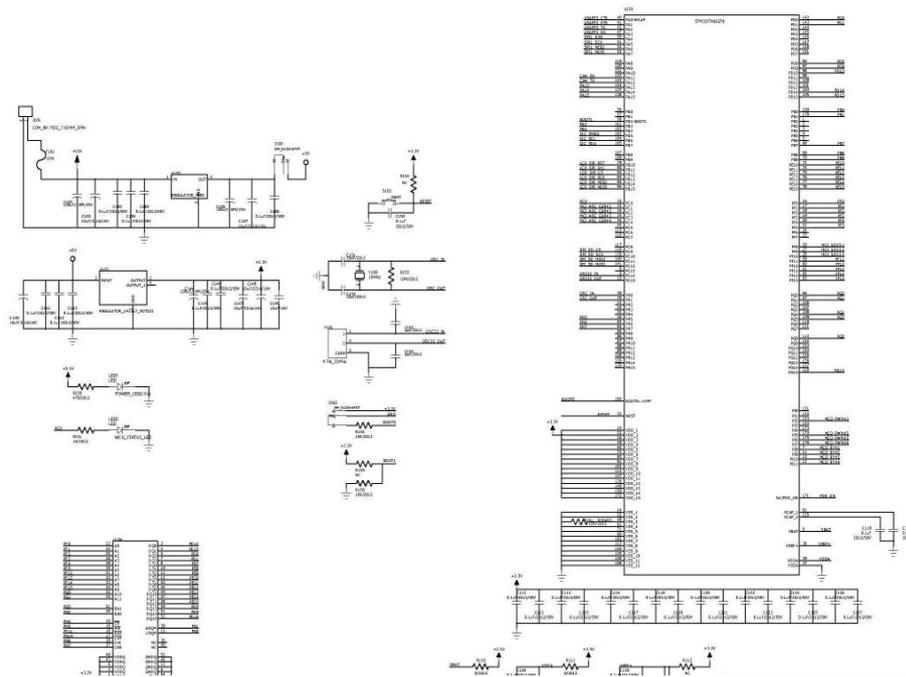


그림 155 제어 보드 전체 회로도

- ⑤ Lap-Scale PCB 제어보드를 개발하였다.
- ㉗ 부품 배치 변경, Layout 오류, PCB 사이즈 변경 등 여러 번 PCB 수정 작업을 진행하였다.
- ㉘ 노이즈 발생에 따라 필터를 추가하고, PAD 오류를 수정하였다.
- ㉙ 온도를 측정하여 가온 모드, 살균 모드로 동작하게 프로그램을 적용하였다.
- ㉚ 직관적인 제어를 위한 다수 제어 버튼을 적용하였다.

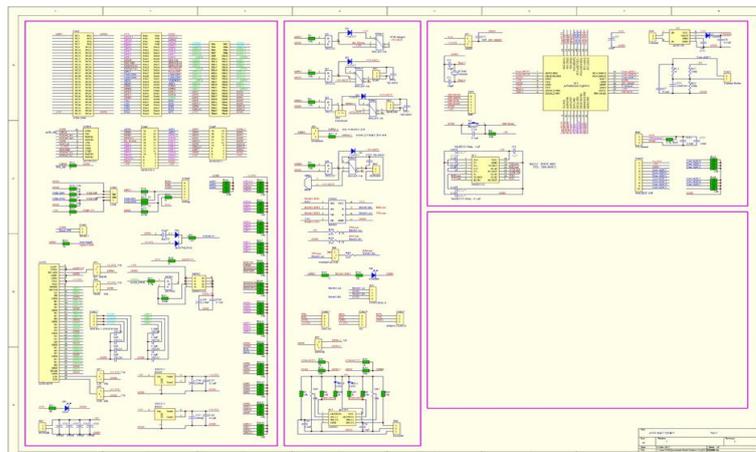


그림 156 Main PCB 회로

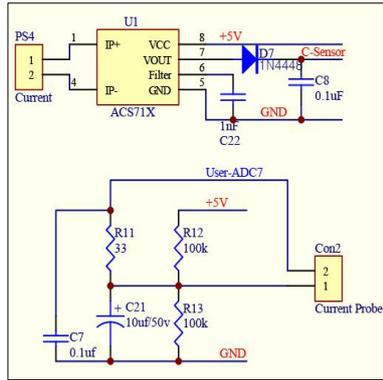


그림 157 전류 센싱 회로

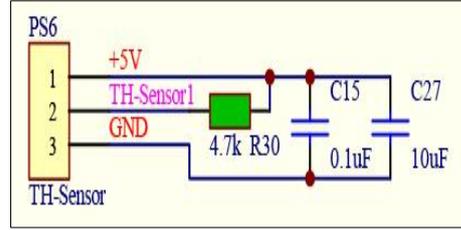


그림 158 온습도 센싱 회로



그림 159 PCB 모듈



그림 160 PCB 모듈



그림 161 플라즈마 가온 선도유지기 제어기

라. ICT 통합제어시스템 개발

(1) 대상 시설하우스 및 저장고 내·외부 제어 기술 개발

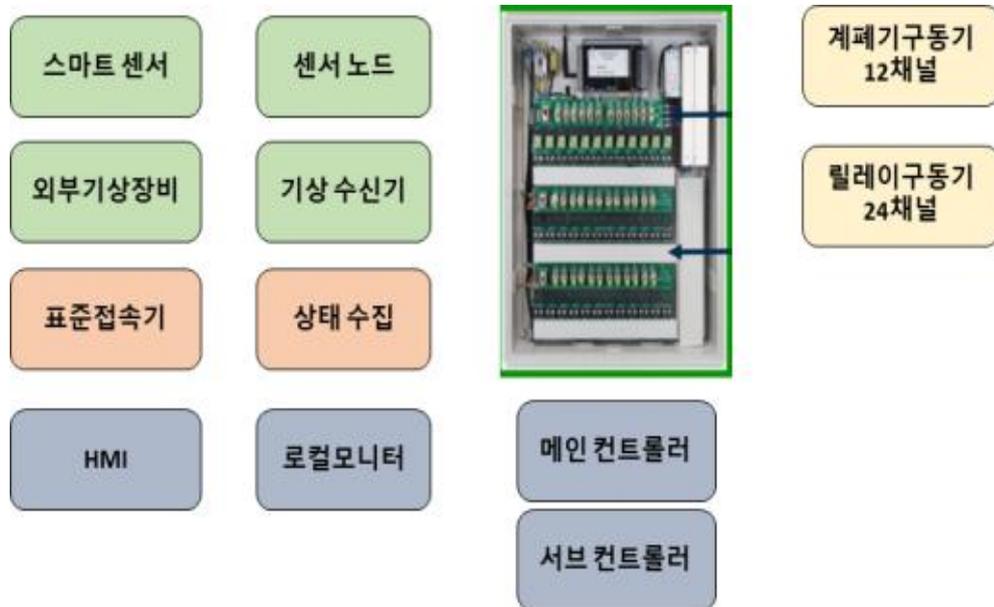


그림 162 제어를 위한 개발 기술 구성도

(가) 내·외부 제어 기술 개발

- ① 시설하우스 및 저장고 내·외부 전반적인 제어를 위한 요소를 선정하였다.
  - ㉓ 온·습도 센서, 에틸렌 센서 등에 따른 제어 요소 선정
  - ㉔ 환풍기, 제습기, 난방기 등 기존 설비와의 연동성 요소 제어
  - ㉕ 모터 개폐기/릴레이 회로 : PCB 설계 최소화
  - ㉖ 자동/수동, 개별 수동 : 조작 스위치 일체화 제작
  - ㉗ 스마트 센서 및 센서 노드 : PNP 기능, 간편한 시공
  - ㉘ 개방형 간이 PLC : 구동기 접촉 초간편, 편리성
  - ㉙ DC 24V SMPS 전원부 : 600W, DC 24V, 80A
  - ㉚ DC 24V SMPS 전원부 : 2,000W, DC 24V, 80A
  - ㉛ 낙뢰방지소자(SPD) 부착 : 원격 낙뢰 방지기능

표 23 통합제어를 위한 기본 구성요소 및 사양

제원		사양
기본기능		센서노드 최대 32개 관리 출력 노드 최대 8개 관리 원격 펌웨어 업데이트
전원		1. 서지 낙뢰 보호기(SPD) 2. DC 12V
통신	외부	Bluetooth(10m 이내) RS-485
	노드	LoRa(최대 1km)
동작환경		온도 : -10 ~ 60℃ 습도 : Max 95% RH
출력노드	릴레이노드	24채널 (AC220, 40A)
	개폐기노드	12채널 (DC24V, 10A) SMPS DC 24V/ 2KW 내장

## (2) 통합 제어 프로세스 및 프로그램 설계

### (가) 통합 제어 구성

통합 제어기는 플라즈마 가온 선도유지기와 시설하우스 및 저장고의 내부 시설을 제어한다.



그림 163 통합 제어 구성도

### (나) 통합 제어 프로세스 및 프로그램 설계

- ① 선정된 제어 항목을 토대로 프로세스 및 프로그램 설계
- ② 기존 설비와의 연동이 가능한 회로 개발
- ③ 장비 운용 환경을 고려한 설계 및 개발
- ④ 사용자 편의성을 고려한 인터페이스 개발
- ⑤ 제어 시스템 고장 시 비상운전이 가능한 회로 개발

(다) Lap-scale 통합시스템 모듈 제작 및 성능테스트

설계된 프로세스 및 회로도를 토대로 Lap-scale의 통합시스템 모듈을 제작하고 개발된 프로그램을 탑재하여 자체성능테스트를 진행한 후 수정 및 보완하여 완성도 높은 최종 프로세스 및 프로그램을 완성한다.



그림 164 ICT 메인 컨트롤러

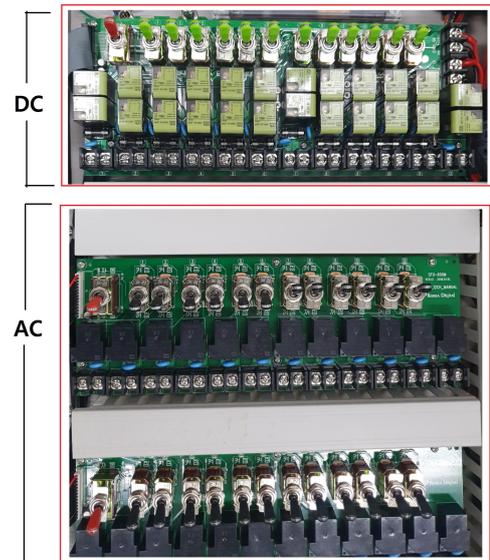


그림 165 DC 12채널, AC 24채널



그림 166 센서노드(온습도센서)

### (3) 통합 제어 장치

#### (가) 기존 제어장치의 실태

시설 하우스는 일반적으로 1대 이상의 제어기를 사용하고 있으며, 주로 창을 열고 닫는 동작을 하는 개폐기의 경우 몇 개까지 동작할 수 있는지에 따라 크기와 가격의 차이가 있고, 환기팬 및 순환팬 등 추가 기능을 필요할 때는 구입처에 별도 주문하여 구입 사용하기 때문에, 표준화된 온실컨트롤러는 없다. 자동기능은 온도 센서에 의한 온도제어로 개폐기를 동작하며, 타이머에 의한 반자동과 스위치의 On-Off 만으로 동작하는 수동의 장치들이 있다.



그림 167 반자동 제어기



그림 168 수동식 제어기

#### (나) 시설하우스 제어요소의 종류

개폐기를 동작시키는 SMPS의 용량은 개폐기의 수량이 많아질수록 커지고 무거워져 제어기 전체의 사이즈와 무게는 SMPS가 대부분을 차지하고 있다. 개폐기를 +/-의 DC 극성의 모터로 일반적인 사양에 의하면 DC 24V/5A로 되어있으며, 초기 기동 동작 시 4~5A의 전류로 동작하고 동작 시 2~3A의 전류가 사용된다. 또한 모터 과 전류 보호를 위해 각 제어부마다 퓨즈의 설치가 필요하다. 8개의 개폐기를 동작 시, 전류=  $8 \times 5A = 40A_{max}$  이며 전력(W)=  $40A \times 24V = 960W$ 가 되며, 실제 SMPS의 용량은 이것보다 큰 용량으로 설계해야한다.

또한 온실 내 환기 및 순환팬 등의 구동기를 사용할 경우 통합제어기는 큰 용량의 전력을 필요로 하나, 구동기의 특성과 종류가 다양하고, 그에 따라 한 축사에 여러 가지의 제어기를 혼용하고 있는 것이 현실이기에 이를 통합 표준화 하는 것은 대단히 어렵다.

표 24 시설 하우스 제어요소

제어요소	사용전압	사용방법	용도
개폐기	DC 24V	통합제어기	창개폐
환기, 유동팬	AC 220V, 단상	통합제어기	환기
제습기	AC 220V, 단상	통합제어기	습도 제어
난방기	AC 220V, 단상	별도 제어	난방
펌프	AC 220/380V 단상/삼상	별도 제어	관수 펌프
조명 등 기타설비	AC 220V, 단상	별도 제어	기타

(다) 통합제어장치의 구성 및 사양

자사가 개발한 통합제어장치는 설치 및 사용함에 있어 간편화를 위해, 전자 스위치 대신 자동/수동 스위치와 개별 ON/OFF 스위치, 릴레이를 부착하여 입력신호에 따른 구동이 가능하게끔 개발하였으며 릴레이 당 개별 단자를 설치하여 설치가 간편하도록 구성하였다.

① 주 전원부 사양

표 25 주 전원부 사양

	MODEL	RSP-2000-24
	OUTPUT	DC 24V , 80A
	INPUT	AC 220V
	SIZE	127x295x41(mm)
	Efficiency	up to 92%

그림 169 개폐기용 SMPS

② 구동 제어부

표 26 구동 제어부 사양

릴레이	개폐기용 12개, DC 24V, 10A
크기	360mm(W)x145mm(L)
기타	모터보호용 퓨즈(10A) 자동/수동 전환 스위치 ON/OFF 스위치



그림 170 DC 개폐기 모터 제어기판

표 27 구동 제어부 사양

릴레이	시설 내 설비 구동기용 12개x2, AC 220V, 40A
크기	350mm(W)x120mm(L)
기타	누전차단기 30A 자동/수동 전환 스위치 ON/OFF 스위치



그림 171 AC 구동부 제어기판

③ 낙뢰보호장치 (SPD)



그림 172 서지보호기  
SPD

축사 주변에 낙뢰나 내부 설비들의 surge 등 매우 짧은 순간의 위험한 과도전압은 축사 내의 각종 센서를 원격수신 받아 제어하는 전기전자설비에 위협이 될 수 있다. SPD를 통해 과전압에 의해 흐르는 전류를 대지로 분류시켜 과전압을 제한하여 전기 전자통신 설비를 보호하고 속류를 단시간에 차단하여 설비 운용을 안정적으로 하기 위해 통합제어장치 전원 인입부에 SPD를 설치한다.

㉔ 기능

- ㉑ 낙뢰로부터의 과도전압 및 노이즈 감쇄
- ㉒ 전원선, 통신선을 통하여 전달되는 서지보호
- ㉓ 전기기기로부터의 개폐로 인한 서지보호

㉔ 사양

- ㉑ 정격전압 : DC 24V
- ㉒ 최대연속사용전압 : DC 48V
- ㉓ 공칭방전전류 : 1.5kA
- ㉔ 최대방전전류 : 3kA
- ㉕ 전압보호레벨 : Up to 64v

㉕ 용어 설명

- ㉑ 최대연속사용전압 (Maximum Continuous Operating Volage)
  - 연속적으로 SPD에 인가할 수 있는 최대 전압의 실효값 또는 직류전압
  - SPD가 동작을 개시하는 전압
- ㉒ 공칭방전전류 (Norminal Discharge Current)
  - SPD에 흐를 수 있는 8/20 $\mu$ s 파형 전류의 파고 값
  - SPD가 무난히 견뎌낼 수 있는 서지전류값
  - SPD의 일반적인 용량으로 제품에 표시토록 한 값
  - 최대방전전류(I<sub>max</sub>)는 공칭방전전류의 2배 값
- ㉓ 전압보호레벨 (Voltage Protection Level)
  - SPD가 과전압을 잔류전압으로 제한하는 능력

(라) 원격제어시스템 구성

개발 장치 시스템 구성은 스마트 통합 제어 시스템(Master)과 센서 모듈(Slave), 디지털 제어 모듈(Slave)로 구성하였다.

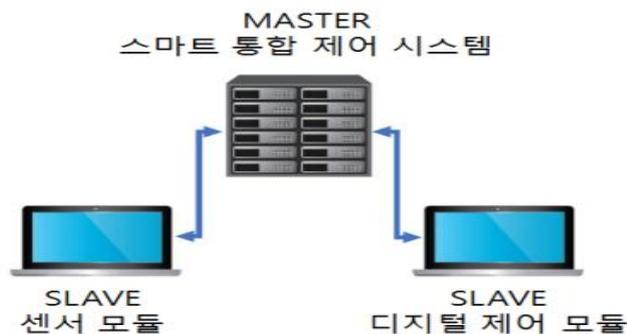


그림 173 시스템 구성

- ① 스마트 통합 제어 시스템과, 디지털 제어 모듈 간의 LoRa WAN 통신 프로토콜
- ㉓ LoRa WAN 통신 프로토콜은 일, 달 단위가 아닌 년 단위의 배터리 수명을 지니며 낮은 비용(모듈 및 라우터 포함)을 지니고 실시간 데이터 보다 특정 주기(분, 시간 단위)의 데이터를 전송하는 IoT 기기 및 센서 등의 어플리케이션 활용에 특화되어 있다.
- ㉔ LoRa WAN 통신 모듈을 활용할 경우 각종 센서들이 자리 잡고 있는 엔드 노드와 게이트웨이의 중간자 역할을 하며 게이트웨이 형태의 LoRa WAN 모듈의 경우 인터넷을 활용하여 네트워크 서버나 어플리케이션 서버단으로 연결할 수 있다.

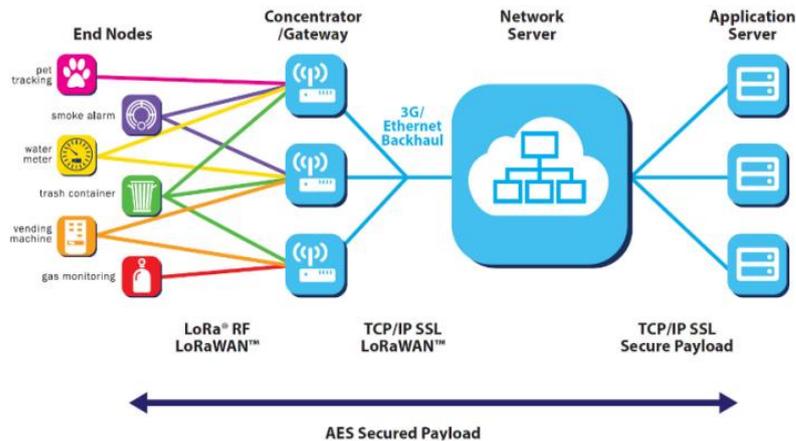


그림 174 LoRa WAN 의 데이터 연결성

- ② 디지털 제어 모듈과 구동 모듈의 RS-485 통신 인터페이스
- ㉓ RS-485 통신은 2선식 방식과 4선식 방식이 있으며 본 제품에서는 4선식 방식을 사용하였다. RS-485 통신은 마스터(Master)와 슬레이브(Slave) 장치로 구분하고 있으며, 하나의 마스터와 다수의 슬레이브 장치 간 상호 연결하는 Multi-Drop 방식으로 사용할 수 있어 다수의 장치 간 통신의 편리성이 있다.
- ㉔ 직렬 통신(시리얼통신)이기에 통신 속도는 그다지 빠르지 않으나 축사현장에 사용하는 데에는 문제가 되지 않으며 현장에서 무선데이터 통신의 문제가 되는 전 파장애가 없고 안정적이면서 저렴한 비용으로 사용할 수 있다.
- ㉕ 개발 장치의 구성은 무선 중계기를 마스터로 하며, 센서 모듈 및 통합제어기를 슬레이브로 하고 있다.

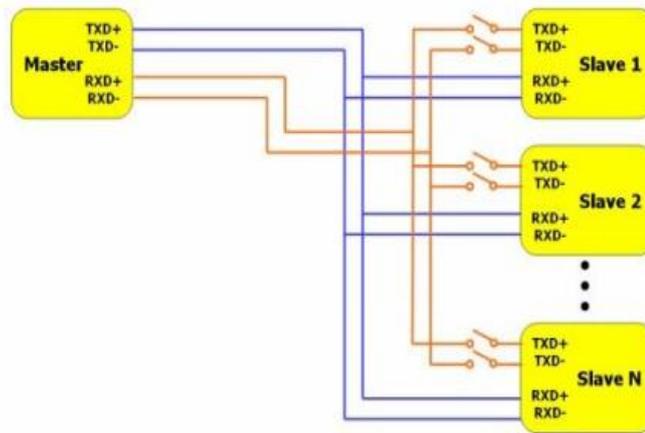


그림 175 RS-485 4선식(4-Wave) 방식

- ㉔ 개발 장치는 위 그림과 같은 4선식 케이블을 사용하였으며, 선은 시중에서 구입 가능한 선으로 각 선마다 색깔로 구분되어 있다. RS-485 통신은 마스터와 슬레이브 간 100 kbps 정도의 속도에서 최대 1.2km까지 통신이 가능하기에 슬레이브가 되는 장치를 수백 m의 거리까지 설치 및 결선이 가능하다.
- ㉕ 센서부를 모듈화하여 독립 시킴으로서 측사 내의 중간 지점 등 원거리 지점에 설치가 가능하다. 이로써, 센서 선의 길이제한에 의한 센서 측정의 어려움이 없어졌고 센서부의 고장으로 메인 모듈을 교체할 필요성이 없어졌다.
- ㉖ 사용자는 센서 모듈을 원하는 지점에 설치하여 센서 모듈에 각종 센서를 추가적으로 연결하고 센싱이 가능하다.

(마) 센서 모듈

① 주요 특징

- ㉗ 센서 모듈은 스마트 통합 시스템과 LoRa WAN 방식의 데이터 통신함
- ㉘ 초기 1회 연동으로 지속적인 데이터 전송 가능
- ㉙ 센서 모듈 1대에 최대 2개의 추가적인 센서 부착 가능
- ㉚ 내부 DIP-Switch를 이용하여 라인오류일 경우 별도의 라인 이용가능
- ㉛ 센서 장치는 사용하는 센서를 자동인식하고 있어 사용자는 온·습도를 제외한 2개의 센서 포트에 임의의 센서를 연결하면 되는 SCN 타입



그림 176 센서 모듈 장치

② 센서 모듈 규격

- ㉓ 센서의 자동인식 기능에 의한 별도의 설정이 필요하지 않음
- ㉔ 센서 입력 포트는 온·습도 포트를 포함한 최대 8포트
- ㉕ LoRa WAN 통신모듈을 사용하여 수백m 지점까지 별도의 통신선이 필요하지 않음
- ㉖ 센서연결 잭은 SCN 타입으로 탈착식 구조이기에 손쉽게 연결가능

표 28 센서 모듈 제원 및 사양

구분		사양
기본기능		최대 8개의 센서 연결 (동일한 종류의 센서는 2개까지 연결)
전원		DC 12V (AC220V 어댑터 포함)
통신	컨트롤러	LoRa (전용 안테나 내장, 최대 1km)
	센서	SM-BUS, RS-485
동작환경		온도 : -10 ~60 °C 습도 : MAX 95 %RH
소모전력		1W 미만
외형치수		130 × 80 mm

③ 스마트 통합 시스템과 센서 모듈 간 통신 프로토콜

표 29 통신 프로토콜

명칭	Start	Device ID		Data[n]				End
Hex	*	0	0	0	0	0	1	#
Field	설명			비고				
Start	* (0x2A) 고정							
Device ID	온도 센서(0x01)부터 차례대로 할당.			0x??				
Data[n]	n은 최대 45 (센서정보 15byte + 센서데이터 30byte)			길이 최대값(54)-9(Header) = 45(최대 송신 데이터 길이)				
End	# (0x23) 고정							

표 30 온습도 코드

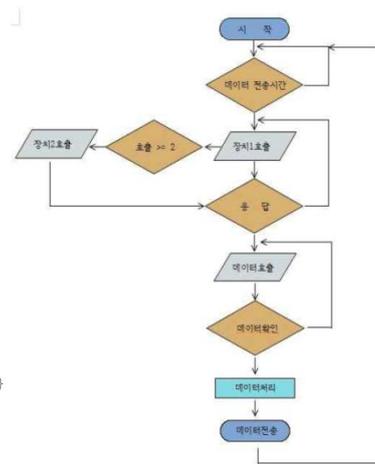
번호	1	2
센서명	온도	습도
코드	0x01	0x02
데이터 & 단위	27.7 °C	66.4 %

④ 스마트 통합 시스템과 센서 모듈 간 동작 플로우 및 메인 루틴 프로그램

```

void main ()
{ int16  idx_id : init_system () ;
  sensor_read() :Reset_RXID () ; dtBF_cnt_max:485 = 0 ;
  for(;;) {
    stand_by () : read_octal_sw () ;
    if(btRX_cp_max:485) {
      btRX_cp_max:485 = 0 ;
      if(RX_ADD == (ADD+0x10)) {
        if(RX_CMD == (TRS+0x10)) { set_clock () ; }
        else if(RX_CMD == (STP+0x10)) { }
        else {
          data_serve () ;
          delay_ms(30) ;
          MAX485_TX : delay_us(500) ;
          for (idx_id = 0;idx_id <= tot_data:idx_id++) { putc(); }
          delay_ms(50) ; MAX485_RX ;
          rain_fall = 0 ;
        }
      }
    }
  }
}
} else {}
} delay_ms(500) ; }

```



Router Sensing Unit Flow Chart

그림 177 센서 모듈 간 동작 플로우 및 메인 루틴 프로그램

(바) 디지털 제어 모듈

디지털 제어 모듈은 스마트 통합제어 시스템의 하위 시스템으로 시스템으로부터 명령을 입력받아 구동 장치를 제어한다. 또한 구동 장치의 작동 상태 데이터를 스마트 통합 제어 시스템으로 설정 시간마다 송출한다.

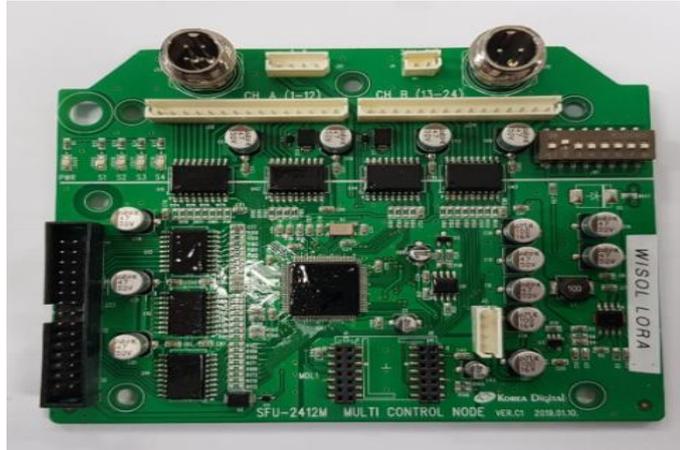


그림 178 디지털 제어 모듈

① 주요 특징

- ㉠ 디지털 제어 모듈은 스마트 통합 시스템과 LoRa WAN 방식의 데이터 통신함
- ㉡ 디지털 제어 모듈은 구동기판과 RS-485 통신 방식의 데이터 통신함
- ㉢ 초기 1회 연동으로 지속적인 데이터 전송 가능
- ㉣ 디지털 제어 모듈 1대에 최대 24개의 DC-AC 장비와 12개의 DC 장비의 연결 가능
- ㉤ 내부 DIP-Switch를 이용하여 라인오류일 경우 별도의 라인 이용가능

② 디지털 제어 모듈 규격

- ㉠ DC-AC 장비는 DIP-15 x 2, DC 개폐 장비는 DIP-30 x 1
- ㉡ 총 36대의 장비의 동시 제어 가능

라. 최종 시제품 및 주요 장치

(1) 시제품



그림 179 플라즈마 가온  
선도유지기



그림 180 ICT 통합제어기



그림 181 플라즈마 가온  
선도유지기 제어기

(2) 내부 및 주요장치

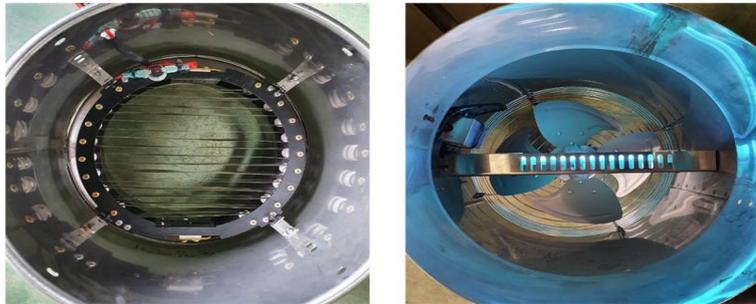


그림 182 면상 발열 히터 및 플라즈마 발생 모듈의 적용



그림 183 플라즈마 가온 선도유지기 하부 및 측면

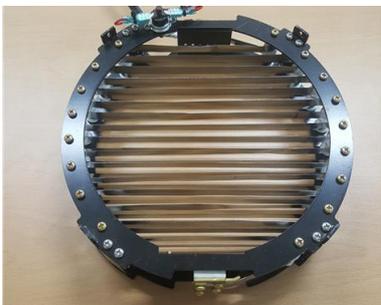


그림 184 면상 발열 히터



그림 185 송풍기



그림 186 교반 시스템



그림 187 플라즈마 모듈(330m<sup>2</sup>)



그림 188 플라즈마 발생 모듈(100m<sup>2</sup>)

#### 4. 현장 시험 및 적용

##### 가. 창원 국화 재배 하우스 적용

###### (1) 플라즈마 가온 선도유지기의 시설하우스 적용

개발된 플라즈마 가온 선도유지기의 성능을 확인하고자 시설하우스에 적용하였다. 시설하우스가 위치한 곳은 창원 마산합포구로 국화를 재배하고 있는 화훼농가이다.

설치 환경은 3연동 중 1동 200평으로 시제품 4대를 하우스 중방에 설치하였다.



그림 189 시제품 현장 적용



그림 190 시제품 현장 적용

나. 제주도 저장 시험 테스트

(1) 저장 시험 공간 설치

(가) 설치 장소 : 제주 농산물산지유통센터(APC), 제주 애월 농협 옆 (참여농협)

(나) 설치 동수 : 2동 (일반 저장 시설 1동, 살균 가동 저장 시설 1동)

(다) 동당 규모 : 3×6m (약 5.5평)

(라) 설치 일자 : 2020년 08월 05일

(마) 저장 컨테이너 설치 사진



그림 191 컨테이너 설치



그림 192 컨테이너 2동 설치



그림 193 제주 농산물산지유통센터(APC)

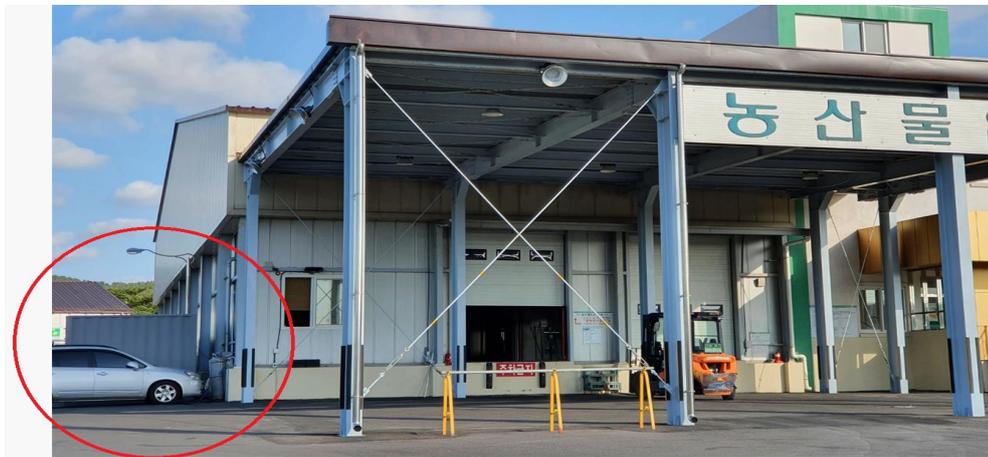


그림 194 컨테이너 설치 장소

## (2) 농산물 저장 시험

제주 애월 농협에 위치한 농산물산지유통센터(APC) 외부에 컨테이너를 설치하고 감귤 및 기타 농산물을 보관하여 에틸렌 가스에 따른 부패 정도를 비교하는 시험을 진행하였다.

시험 공간은 20ft의 드라이 컨테이너(Dry Container)로 2020년 08월 05일에 설치되었으며, 길이 6M, 폭 3M, 높이 2.6M의 약 5.5평 규모이다. 시험 장소에 20ft 드라이 컨테이너를 2동을 설치하였으며, 플라즈마 살균 기능을 가동하는 컨테이너 1동과 살균 기능이 없는 컨테이너 1동이다.

플라즈마 살균 기능이 있는 컨테이너를 컨테이너 A, 살균 기능이 없는 컨테이너를 컨테이너 B로 칭하였다.

(가) 저장고 감귤 저장 시험

저장고 감귤 저장 시험은 설치된 시험 공간 A와 B에 동일한 감귤을 저장하고, 저장된 감귤이 에틸렌 가스에 의해 부패되는 정도를 측정한다.

컨테이너 A와 B에 감귤을 설치한 최초 일자는 2020년 08월 12일이다.

① 감귤의 설치

㉓ 최초 감귤 설치일은 2020년 08월 12이며, 1차년도 개발된 플라즈마 살균기를 적용하여 시험을 진행하였다. 이후 09월 01일부터 플라즈마 살균 수직 교반 히터를 설치하여 시험을 진행하였다.

㉔ 컨테이너 A의 감귤 1Box와 감귤 날개 설치 모습입니다.

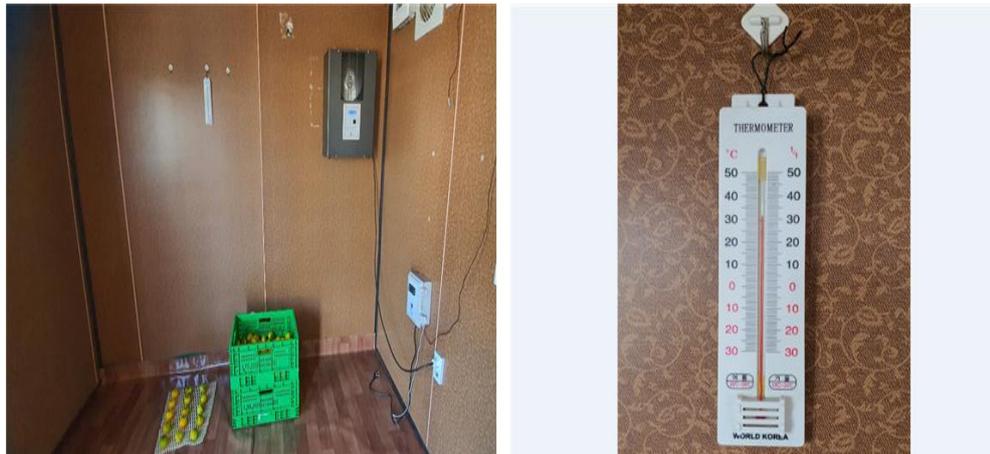


그림 195 컨테이너 A 감귤의 설치



그림 196 감귤 설치(날개)



그림 197 감귤 설치(BOX)

- ㉔ 컨테이너 A에는 1차년도 사업화 제품의 플라즈마 살균기가 설치되어 있으며, 40m<sup>2</sup> 용량의 플라즈마 발생 모듈이 장착되어 있다.
- ㉕ 다음은 컨테이너 B에 설치되어 있는 감귤 설치 모습이다.



그림 198 컨테이너 B 감귤의 설치



그림 199 감귤 설치(날개)



그림 200 감귤 설치(BOX)

## ② 감귤의 보관 및 점검

- ㉖ 컨테이너 A와 B에 설치되어 있는 감귤의 저장 상태를 수시로 확인하였으며, 플라즈마 가동 유무 외에는 동일한 조건에서 보관을 진행하였다.
- ㉗ 플라즈마 살균은 시간 제어로 60분 가동, 20분 정지하도록 하였다.
- ㉘ 최초 감귤 설치일은 2020년 08월 12일이며, 이후 08월 18일을 시작으로 6일, 12일, 20일, 30일, 60일 간격으로 방문하여 감귤을 확인하였다.
- ㉙ 다음은 플라즈마 살균이 가동된 컨테이너 A의 감귤 모습이다.



그림 201 <컨테이너 A> 2020.08.12. (설치일)



그림 202 <컨테이너 A> 2020.08.18. (설치 후 6일)



그림 203 <컨테이너 A> 2020.08.24. (설치 후 12일)



그림 204 <컨테이너 A> 2020.09.01 (설치 후 20일)



그림 205 <컨테이너 A> 2020.09.10. (설치 후 30일)



그림 206 <컨테이너 A> 2020.10.12. (설치 후 60일)

㉔ 다음은 살균 기능이 없는 컨테이너 B 감귤 모습이다.



그림 207 <컨테이너 B> 2020.08.12. (설치일)



그림 208 <컨테이너 B> 2020.08.18. (설치 후 6일)



그림 209 <컨테이너 B> 2020.08.24. (설치 후 12일)



그림 210 <컨테이너 B> 2020.09.01. (설치 후 20일)



그림 211 <컨테이너 B> 2020.09.10. (설치 후 30일)



그림 212 <컨테이너 B> 2020.10.12. (설치 후 60일)

③ 감귤 시험 결과

- ㉓ 5.5평 규모의 컨테이너 내 감귤 설치일로부터 60일 까지 시험 결과 상대적으로 부패 차이가 심하였으며, 위 기간별 사진을 통하여 쉽게 확인이 가능하다.
- ㉔ 시험 결과 감귤 단일에 대해서는 부패가 일어나지 않았다. 하지만 감귤들이 서로 붙어서 보관되는 경우, 즉 박스 단위의 보관 일 경우 부패가 쉽게 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.
- ㉕ 60일 시험 완료 후 사진이며, 플라즈마 살균을 가동한 컨테이너 A에서는 부패가 거의 이루어지지 않았고 노란색으로 서서히 익은 상태이다. 이에 반에 플라즈마 살균을 가동하지 않은 컨테이너 B에서는 감귤 주변에 곰팡이가 많이 발생하였다.



그림 213 (좌) 컨테이너 A (우) 컨테이너 B



그림 214 (좌) 컨테이너 A (우) 컨테이너 B

표 31 플라즈마 가온 선도유지기 가동 저장(실험군)

구 분	6일	12일	20일	30일	60일
곰팡이 / 부패율(%)	0%	0%	0%	1%	3%
냄새	악취 및 오존 냄새 없음				
단단함 정도	단단한 상태			부패가 이루어진 감귤은 조금 짓무른 상태	

표 32 일반 저장 시설(대조군)

구 분	6일	12일	20일	30일	60일
곰팡이 / 부패율(%)	2%	5%	10%	20%	30%
냄새	부패로 인한 악취없음	부패로 인한 악취 냄새 약간 있음		부패로 인한 악취 심함	
단단함 정도	단단한 상태	부패가 이루어진 감귤은 조금 짓무른 상태		부패가 많이 이루어져 80% 이상 짓무른 상태	

표 33 플라즈마 가온 살균기 가동 유무 비교

구 분	살균 가동 저장 시설	살균 미가동 저장 시설
가동 시간	60분 가동, 30분 정지	미가동
곰팡이/부패율(%)	약 3% 이내	약 30%
냄새	악취 및 오존 냄새 없음	부패로 인한 악취 냄새 심함
단단함 정도	부패가 이루어진 감귤을 제외한 감귤은 단단한 상태	부패가 많이 이루어져 단단함을 잃고, 80%이상 짓무른 상태

(나) 그 외 농산물 저장 시험

- ① 에틸렌 가스 생성도가 높은 배, 복숭아, 사과 그리고 채소 중 양배추, 배추, 상추를 저장 공간에 보관하여 변화정도를 확인하였다.
- ② 각 시험 공간에 동일한 조건의 과일과 채소를 넣고 플라즈마 살균을 가동한 컨테이너 A와 살균이 가동되지 않는 B의 부패정도를 확인하였다.
- ③ 과일 및 채소 최초 보관일은 2020년 09월 01일이며, 보관 모습은 아래와 같다.



그림 215 컨테이너 A



그림 216 컨테이너 B

- ④ 컨테이너 내 저장 기간은 10일로 점검일은 2020년 09월 11일이다.
- ⑤ 플라즈마 살균이 가동된 컨테이너 A의 농산물은 컨테이너 B의 농산물 보다 상대적으로 부패가 적게 일어났으며, 배, 복숭아와 같이 에틸렌 가스 발생량이 많은 과일의 부패가 심하게 일어났다.



그림 217 컨테이너 A



그림 218 컨테이너 A



그림 219 컨테이너 B



그림 220 컨테이너 B

(다) 사과 및 복숭아 저장 시험

- ① 에틸렌 가스 생성도가 높은 복숭아와 사과를 저장 공간에 보관하여 7일 후 상태를 비교해 보았다. 설치일은 10월 12일이며, 점검일은 10월 20일이다.
- ② 7일 후 설치 과일의 상부는 부패가 거의 일어나지 않았으나, 하부(접촉면)에는 부패가 매우 빠르게 진행되고 있었다. 이에 부패를 확인하고자 과일을 돌려 확인하였으며, 플라즈마 살균을 가동한 컨테이너 A와 살균이 가동되지 않은 B의 부패 정도는 사진과 같다.



그림 221 살균 컨테이너 A 10월 12일



그림 222 살균 컨테이너 A 10월 20일



그림 223 살균 컨테이너 B 10월 12일



그림 224 살균 컨테이너 B 10월 20일

(3) 플라즈마 가온 선도유지기의 저장고 적용

(가) 제주도에 설치 및 시험을 진행한 컨테이너는 2020년 08월 12일에 설치되어 1차년도 개발된 플라즈마 용량 10평 살균기로 시험을 진행하였다. 이후 2020년 09월 01일부터 플라즈마 가온 선도유지기로 변경하여 시험을 진행하였다.

(나) 시험 내용 및 결과는 위에 나와 있으며 설치 모습은 아래와 같다.



그림 225 플라즈마 가온 선도유지기



그림 226 플라즈마 가온 선도유지기



그림 227 플라즈마 가온 선도유지기  
설치 중



그림 228 플라즈마 가온 선도유지기  
제어기

5. 연구개발 추진 내용 및 추진 일정

가. 연구개발 추진 내용

(1) 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성증가를 위한 플라즈마 히터 개발

(가) 에스지(주관기업)는 플라즈마 발생모듈, 면상 발열 히터 시스템 핵심 기술 개발

(나) 순천대(협동연구기관)는 ICT 통합제어 시스템의 프로세스 및 프로그램 개발

(다) 제주 애월농협(협동연구기관)은 시제품 시험 장소 제공, 개발품 질을 향상시키기 위해 의견 제시 및 개발 상황 점검

연구개발과제	
과제명	온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성증가를 위한 플라즈마 히터 개발

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
대기업		
중견기업		
중소기업	1	5
대학	1	4
국공립(연)		
출연(연)		
기타	1	2

에스지	제주 애월농협	순천대 산학협력단
플라즈마 가온 선도유지기 개발		ICT 통합제어 시스템 프로세스 및 프로그램 개발
담당기술개발내용	개발품 진행상황 점검, 분기별 1회 이상 과제추진현황 공유, 시제품 테스트 장소 제공	담당기술개발내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 플라즈마 발생 모듈</li> <li>· 면상 카트리지 히터시스템</li> <li>· ICT 통합제어 시스템 제작</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 면상 카트리지 히터 시스템 프로세스 및 프로그램</li> <li>· ICT 통합제어 시스템 프로세스 및 프로그램</li> </ul>

나. 연구개발 추진 일정<1차년도>

1차년도														
No	연구내용	기간별 추진 일정												책임자 (소속 기관)
		2018				2019								
		09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	
1	계획수립 및 자료조사	■	■	■	■									이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
2	플라즈마 발생 모듈 설계		■	■	■									이영재 (에스지)
3	플라즈마 발생 제작 및 기초 실험			■	■	■	■							이영재 (에스지)
4	판형 발열 히터 설계			■	■	■	■							이영재 (에스지)
5	방습 모터 설계				■	■								이영재 (에스지)
6	내/외부 하우징 및 내부 부품 설계					■	■	■						이영재 (에스지)
7	각 부위 제작					■	■	■	■					이영재 (에스지)
8	전체 부품 A'ssy								■	■				이영재 (에스지)
9	제어시스템 프로세스 설계	■	■	■	■									김응곤 (순천대)
10	제어시스템 프로그램 설계		■	■	■	■								김응곤 (순천대)
11	제어 시스템 Lap-scale 제작 및 성능테스트				■	■	■	■						김응곤 (순천대)
12	제어기 제작							■	■	■				이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
13	시제품 자체 성능테스트 및 수정보완									■	■	■	■	이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
14	공인 인증 시험 진행										■	■	■	이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)

다. 연구개발 추진 일정<2차년도>

2차년도															
No	연구내용	기간별 추진 일정												책임자 (소속 기관)	
		2019				2020									
		09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08		
1	계획수립 및 자료조사	■	■												이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
2	1차년도 개선사항 점검	■	■												이영재 (에스지)
3	전체 부품 수정설계	■	■												이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
4	시제품 제작		■	■	■	■									이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
5	ICT 통합제어 시스템 프로세스 설계		■	■	■										김응곤 (순천대)
6	ICT 통합제어 시스템 프로그램 설계			■	■	■									김응곤 (순천대)
7	ICT 통합제어기 제작				■	■	■	■	■						이영재 (에스지)
8	시제품 1개 제품의 성능테스트 후 4개 시제품 제작								■	■	■				이영재 (에스지)
9	대상 농가 선정 및 4개의 시제품 설치										■	■			이영재 (에스지)
10	제주 감귤 저장고 테스트											■	■		이영재 (에스지)
11	현장의 실증 테스트 및 수정 보완										■	■	■		이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)
12	공인 인증 시험 진행										■	■	■		이영재 (에스지) 김응곤 (순천대)

### 3절 연구개발 결과

#### 1. 연구개발 결과

##### 가. 연구개발 수행 결과 및 결과물

연구개발 최종목표는 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터의 개발로 1차년도에는 플라즈마 발생 모듈과 면상 발열 히터의 개발을 수행하였으며, 2차년도에는 1차년도에 개발된 모듈을 보완하고 결합하여 최종 시제품인 플라즈마 가온 선도유지기를 개발하였다. 또한, 시제품을 제어할 수 있는 제어기와 시설물을 통합적으로 제어할 수 있는 통합제어기의 개발을 완료하였다.

연구개발 단계에서 시제품(사업화 예정)의 제품화를 진행하고 매출액을 발생시켰다. 본 연구개발을 통해 개발된 시제품은 아래와 같다.



그림 229 플라즈마 가온 선도유지기 및 제어기



그림 230 플라즈마 가온 선도유지기



그림 231 플라즈마 가온 선도유지기  
제어기



그림 232 시설물 통합제어기  
(ICT 통합제어기)



그림 233 공기 살균기  
(플라즈마 살균기)

나. 최종 시제품의 규격 및 성능

(1) 플라즈마 가온 선도유지기 규격 및 성능

표 37 플라즈마 가온 선도유지기 규격 및 성능

구 분		내 용
기체의 크기		∅285×330mm
난방 조절 가능 높이		300~1,500mm
히터	형식	전기
	전격전압	220V
	소비전력	4kW
	크기	∅250×50mm
플라즈마 발생 모듈	형태	I형, U형
	전격전압	DC 12V
	소비전력	24W, 30W
	크기	8인치, 11인치
송풍기	형식	축류식
	송풍방식	하향식
	전격전압	220V
	소비전력	75W
	회전속도	1,550RPM
	극수	6P
	크기	∅285×115mm
난방 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타제품 대비 에너지 절감 효과 (전기 제품 기준) : 상대적으로 따뜻한 열을 이용</li> <li>• 난방 높이 조절에 따른 난방 환경 조절 효과</li> <li>• 수평 난방이 아닌 교반 형태의 난방으로 균일한 난방 효과</li> </ul>	
플라즈마 살균 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에틸렌 가스 제거를 통한 저장성 및 상품 가치 증가 효과</li> <li>• 곰팡이, 세균 등 발생 억제 및 제거 효과</li> <li>• 유해 공기 살균 효과</li> </ul>	

(2) 통합제어기 사양

표 38 통합제어를 위한 기본 구성요소 및 사양

제원		사양
기본기능		센서노드 최대 32개 관리 출력 노드 최대 8개 관리 원격 펌웨어 업데이트
전원		1. 서지 낙뢰 보호기(SPD) 2. DC 12V
통신	외부	Blue tooth(10m 이내) RS-485
	노드	LoRa(최대 1km)
동작환경		온도 : -10 ~ 60℃ 습도 : Max 95% RH
출력노드	릴레이노드	24채널 (AC220, 40A)
	개폐기노드	12채널 (DC24V, 10A) SMPS DC 24V/ 2KW 내장

## 2. 정량적 목표 및 결과

### 가. 정량적 목표 및 성과<종합>

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	현재 기술 수준	개발목표치			
				1차년도(2018)		2차년도(2019)	
				목표	결과	목표	결과
1. 상하온도편차	℃	15	-	5 이하	<b>1.98</b>	3 이하	<b>0.5</b>
2. 항공팬이 시험	%	20	미성장	미성장	<b>미성장</b>	미성장	<b>미성장</b>
3. 부유 세균 저감 성능시험	%	15	70	70 이상	<b>99.9</b>	80 이상	<b>99.9</b>
4. 오존방출량 시험	ppm	15	0.1	0.1 이하	<b>0.057</b>	0.06 이하	<b>0.02</b>
5. 실내공기질 시험	%	15	70	70 이상	<b>68.0</b>	80 이상	<b>90.37</b>
6. 에틸렌 가스 제거율 시험	%	20	80	85 이상	<b>99.5</b>	90 이상	<b>99.5</b>

#### (1) 정량적 성과 요약

1차년도 연차 보고 시 미흡했던 성과를 보완하여 연구개발을 수행하였으며, 2차년도 개발 시제품의 시험 결과 정량적 목표이상의 결과를 달성하였다. 시험은 공인시험기관과 검증된 장비를 활용하여 진행되었다.

#### (2) 사업계획서 대비 변경 내용

사업계획서 내 기재된 평가방법이 변경된 시험은 시험기관의 장비수리(오존 발생량 시험)와 현장시험 불가(실내공기질 시험)로 인하여 시험기관을 변경하여 시험을 진행하였다. 시험기관은 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서 서울대학교 농생명과학공동기기원(NICEM)으로 변경되었으며, NICEM은 실내공기질분야 국제공인시험기관(KOLAS, Korea Laboratory Accreditation Scheme, 인정번호 KT-375호)으로 인정되어 있는 기관이다.

나. 정량적 목표 및 성과<1차년도>

(1) 정량적 목표 및 결과

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	현재 기술 수준	개발목표치		평가방법
				1차년도 (2018)		
				목표	결과	
1. 상하온도편차	℃	15	-	5 이하	<b>1.98</b>	KTR, 현장시험
2. 항공팡이 시험	%	20	미성장	미성장	<b>미성장</b>	KCL, ASTM G 21-15
3. 부유 세균 저감 성능시험	%	15	70	70 이상	<b>99.9</b>	KCL, ISO 16000-36:2018
4. 오존방출량 시험	ppm	15	0.1	0.1 이하	<b>0.057</b>	NAICEM, 현장시험
5. 실내공기질 시험	%	15	70	70 이상	<b>68.0</b>	NAICEM, 현장시험
6. 에틸렌 가스 제거율 시험	%	20	80	85 이상	<b>99.5</b>	KCL, SPS-KACA 002-132:2018

(2) 평가방법 및 내용

(가) 상하온도편차

- ① 시험항목 : 상하온도편차
- ② 시험법 : 공인성능시험기관 검증 장비를 활용한 측정 시험
- ③ 시험방법 : 특정한 시험 환경에서 시제품으로부터 2~3m 거리의 상부 온도와 하부 온도를 3시간 측정하고, 상부 온도와 하부 온도의 평균 온도 차이를 비교한다.
- ④ 결과 및 내용
  - ㉠ 측정 모델 : 전기히터 4kW
  - ㉡ 시험 결과 : 상하온도편차 평균 1.98℃

$$\frac{1.8 + 2.4 + 1.6 + 2.1 + 1.3 + 2.7}{6} = 1.98^{\circ}\text{C}$$

수식 1 상하온도편차 평균 계산

항목	구분	단위	측정값					
			A - A'	B - B'	C - C'	D - D'	E - E'	F - F'
온도편차		℃	1.8	2.4	1.6	2.1	1.3	2.7

그림 234 상하온도편차 측정결과

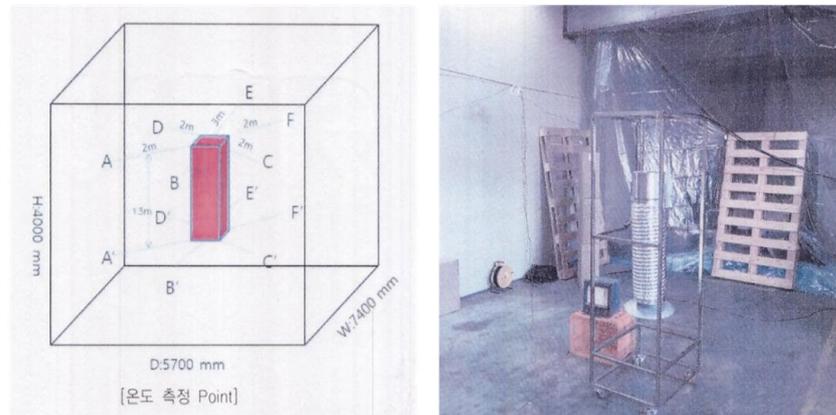


그림 235 상하온도편차 시험

(나) 항공팡이 시험

① 시험항목 : 항공팡이

㉞ 시험균주 : 혼합포자균

검은곰팡이(*Aspergillus brasiliensis* ATCC 9642)

푸른곰팡이(*Penicillium pinophilum* ATCC 11797)

토양곰팡이(*Chaetomium globosum* ATCC 6205)

청색곰팡이(*Trichoderma virens* ATCC 9645)

흑효모균(*Aureobasidium pullulans* ATCC 15233)

② 시험법 : ASTM G 21-15

③ 시험방법 : 시험균주 혼합 포자액이 접종된 배지를 시료로부터 5cm 거리에서 1시

간 동안 노출 시킨 후 5일 간 배양하여 곰팡이 성장 유무를 판단

④ 결과 및 내용

㉞ 시험 결과 : 곰팡이 미성장

시험 항목		시험방법	시험결과	시험환경
항공곰팡이시험	1시간 반응	의뢰자제시	곰팡이 미성장	(29.0 ± 0.2) °C (92.6 ± 0.1) % R.H.

그림 236 항공곰팡이 시험 결과

(다) 부유 세균 저감 시험

① 시험항목 : 부유 세균 저감

㉞ 시험세균 : 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)

MRSA균(*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* ATCC 33591)

대장균(*Escherichia coli* ATCC 25922)

황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)

② 시험법 : ISO 16000-36:2018

③ 시험방법 : 시험챔버 내부에 일정 농도의 시험균주를 분사시키고 시료를 1시간 동안 작동시킨 후 세균 감소율 측정

④ 결과 및 내용

㉞ 시험 결과 : 폐렴균 99.9% 저감, MRSA균 99.9% 저감, 대장균 99.9% 저감, 황색포도상구균 99% 저감

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경	
		가동 전 농도 (CFU/m <sup>3</sup> )	가동 후 농도 (CFU/m <sup>3</sup> )	세균감소율 (%)		
부유미생물 저감 시험 (대장균)	공기살균기	의뢰자 제시	2.2 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) °C (50.1 ± 2.0) % R.H.
부유미생물 저감 시험 (황색포도상구균)	공기살균기	의뢰자 제시	2.0 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) °C (50.2 ± 2.0) % R.H.
부유미생물 저감 시험 (폐렴균)	공기살균기	의뢰자 제시	2.3 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) °C (50.4 ± 2.0) % R.H.
부유미생물 저감 시험 (MRSA)	공기살균기	의뢰자 제시	1.6 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) °C (50.0 ± 2.0) % R.H.

그림 237 부유세균 저감 시험 결과

(라) 오존 방출량

- ① 시험항목 : 오존(O<sub>3</sub>)
- ② 시험법 : 환경부 승인 기관 측정
- ③ 시험방법 : 특정 공간 또는 챔버 내에서 시료를 가동 후 발생하는 오존 방출량 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉞ 시험 결과 : 가동 전 농도 12.85ppb, 장비 가동 후 56.60ppb(0.057ppm)<sup>3</sup>

	TVOC(mg/m <sup>3</sup> )		오존(ppb)	
	농도	표준편차	농도	표준편차
배경농도(09:30~10:05)	0.54	0.93	8.38	1.08
톨루엔 open(10:05~10:35)	8.95	1.83	10.37	4.28
장비 off(10:35~13:35)	4.06	2.01	10.28	1.12
톨루엔 open(13:35~14:10)	3.90	0.79	12.85	0.62
장비 on(14:10~17:10)	2.86	0.90	56.60	7.90

그림 238 오존(O<sub>3</sub>) 발생량 측정 결과

(마) TVOC

- ① 시험항목 : 톨루엔
- ② 시험법 : 환경부 승인 기관 측정
- ③ 시험방법 : 특정 공간 또는 챔버 내에서 액상 톨루엔을 확산시키고 특정 농도에 도달 후 시험 진행을 하며, 시료를 가동하기 전과 후를 비교하여 저감율 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉞ 시험 결과 : 배경농도 0.54mg/m<sup>3</sup>, 액상톨루엔 확산 농도 8.95mg/m<sup>3</sup>, 장비 가동 후 농도 2.86mg/m<sup>3</sup>, 시험결과 68.04%

$$\text{저감율}(\%) = 100\% - \left( \frac{2.86\text{mg}/\text{m}^3}{8.95\text{mg}/\text{m}^3} \right) \times 100\% = 68.04\%$$

수식 2 휘발성유기화합물(TVOC) 저감율 계산

	TVOC(mg/m <sup>3</sup> )		오존(ppb)	
	농도	표준편차	농도	표준편차
배경농도(09:30~10:05)	0.54	0.93	8.38	1.08
틀루엔 open(10:05~10:35)	8.95	1.83	10.37	4.28
장비 off(10:35~13:35)	4.06	2.01	10.28	1.12
틀루엔 open(13:35~14:10)	3.90	0.79	12.85	0.62
장비 on(14:10~17:10)	2.86	0.90	56.60	7.90

그림 239 휘발성유기화합물(TVOC) 저감율 측정 결과

(바) 에틸렌 가스 저감율

- ① 시험항목 : 에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 가스
- ② 시험법 : SPS-KACA002-132:2018
- ③ 시험방법 : 시험 챔버 내부에 일정 농도의 에틸렌 가스를 분사시키고, 2시간 동안 작동시킨 후 에틸렌 가스 제거율 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉞ 시험 결과 : 측정 120min 99.5%이상 감소

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 30 min)	%	(1)	42	(21 ± 1) °C, (45 ± 5) % R.H.
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 60 min)	%	(1)	72	(21 ± 1) °C, (45 ± 5) % R.H.
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 90 min)	%	(1)	91	(21 ± 1) °C, (45 ± 5) % R.H.
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 120 min)	%	(1)	99.5 이상	(21 ± 1) °C, (45 ± 5) % R.H.

그림 240 에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 가스 제거율 결과

다. 정량적 목표 및 성과<2차년도>

(1) 정량적 목표 및 결과

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	현재 기술 수준	개발목표치		평가방법
				2차년도 (2019)		
				목표	결과	
1. 상하온도편차	℃	15	-	3 이하	0.5	KTR, 현장시험
2. 항공팽이 시험	%	20	미성장	미성장	미성장	KCL, ASTM G 21-15
3. 부유 세균 저감 성능시험	%	15	70	80 이상	99.9	KCL, ISO 16000-36:2018
4. 오존방출량 시험	ppm	15	0.1	0.06 이하	0.02	NAICEM, 현장시험
5. 실내공기질 시험	%	15	70	80 이상	90.37	NAICEM, 현장시험
6. 에틸렌 가스 제거율 시험	%	20	80	90 이상	99.5	KCL, SPS-KACA 002-132:2018

(2) 평가방법 및 내용

(가) 상하온도편차

- ① 시험항목 : 상하온도편차
- ② 시험법 : 공인성능시험기관 검증 장비를 활용한 측정 시험
- ③ 시험방법 : 특정한 시험 환경에서 시제품으로부터 2~3m 거리의 상부 온도와 하부 온도를 3시간 측정하고, 상부 온도와 하부 온도의 평균 온도 차이를 비교한다.
- ④ 결과 및 내용
  - ㉠ 측정 모델 : 전기히터 4kW
  - ㉡ 시험 결과 : 상하온도편차 평균 0.5℃

구분 항목	단위	측정값						평균
		A - A'	B - B'	C - C'	D - D'	E - E'	F - F'	
온도편차	℃	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5

그림 241 상하온도편차 측정결과

(나) 항곰팡이 시험

① 시험항목 : 항곰팡이

㉞ 시험균주 : 혼합포자균

검은곰팡이(*Aspergillus brasiliensis* ATCC 9642)

푸른곰팡이(*Penicillium pinophilum* ATCC 11797)

토양곰팡이(*Chaetomium globosum* ATCC 6205)

청색곰팡이(*Trichoderma virens* ATCC 9645)

흑효모균(*Aureobasidium pullulans* ATCC 15233)

② 시험법 : ASTM G 21-15

③ 시험방법 : 시험균주 혼합 포자액이 접종된 배지를 시료로부터 5cm 거리에서 1시간 동안 노출 시킨 후 5일 간 배양하여 곰팡이 성장 유무를 판단

④ 결과 및 내용

㉞ 시험 결과 : 곰팡이 미성장

시험 항목		시험방법	시험결과	시험환경
항곰팡이시험	1시간 반응	의뢰자제시	곰팡이 미성장	(29.0 ± 0.2) ℃ (92.7 ± 0.1) % R.H.

그림 242 항곰팡이 시험 결과

(다) 부유 세균 저감 시험

① 시험항목 : 부유 세균 저감

㉞ 시험세균 : 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)

MRSA균(*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* ATCC 33591)

대장균(*Escherichia coli* ATCC 25922)

황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)

- ② 시험법 : ISO 16000-36:2018
- ③ 시험방법 : 시험챔버 내부에 일정 농도의 시험균주를 분사시키고 시료를 1시간 동안 작동시킨 후 세균 감소율 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉗ 시험 결과 : 폐렴균 99.9% 저감, MRSA균 99.9% 저감, 대장균 99.9% 저감, 황색포도상구균 99% 저감

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			가동 전 농도 (CFU/m <sup>3</sup> )	가동 후 농도 (CFU/m <sup>3</sup> )	감소율 (%)	
부유미생물 저감 시험 (대장균)	수직교반 살균기	의뢰자 제시	1.0 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) ℃ (50.5 ± 2.0) % R.H.
부유미생물 저감 시험 (황색포도상구균)	수직교반 살균기	의뢰자 제시	1.3 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) ℃ (50.5 ± 2.0) % R.H.
부유미생물 저감 시험 (폐렴균)	수직교반 살균기	의뢰자 제시	1.3 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) ℃ (50.5 ± 2.0) % R.H.
부유미생물 저감 시험 (MRSA)	수직교반 살균기	의뢰자 제시	1.0 × 10 <sup>4</sup>	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) ℃ (50.5 ± 2.0) % R.H.

그림 243 부유세균 저감 시험 결과

(라) 오존 방출량

- ① 시험항목 : 오존(O<sub>3</sub>)
- ② 시험법 : 환경부 승인 기관 측정
- ③ 시험방법 : 특정 공간 또는 챔버 내에서 시료를 가동 후 발생하는 오존 방출량 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉗ 시험 결과 : 가동 전 농도 0.02ppb, 장비 가동 후 21.17ppb(0.021ppm)

단계 구분	실험내용	측정시간 (분)	오존(ppb)	
			평균농도	표준편차
1	배경농도	10	0.02	0.06
2	팬 가동+ 램프 on (오존 램프 가동 30분 후 ± 5분 사이에 오존 측정)	10	21.17	0.76

그림 244 오존(O<sub>3</sub>) 발생량 측정 결과

(마) TVOC

- ① 시험항목 : 톨루엔
- ② 시험법 : 환경부 승인 기관 측정
- ③ 시험방법 : 특정 공간 또는 챔버 내에서 액상 톨루엔을 확산시키고 특정 농도에 도달 후 시험 진행을 하며, 시료를 가동하기 전과 후를 비교하여 저감율 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉞ 시험 결과 : 배경농도 1.41mg/m<sup>3</sup>, 액상톨루엔 확산 농도 67.62mg/m<sup>3</sup>, 장비 가동 후 농도 6.51mg/m<sup>3</sup>, 시험결과 90.37%

$$\text{저감율(\%)} = 100\% - \left( \frac{6.51\text{mg/m}^3}{67.62\text{mg/m}^3} \right) \times 100\% = 90.37\%$$

수식 3 휘발성유기화합물(TVOC) 저감율 계산

단계 구분	실험내용	측정 시간 (분)	TVOC (mg/m <sup>3</sup> )	
			평균농도	표준편차
1	배경농도	30	1.41	1.23
2	톨루엔 open + 팬 가동	60	67.62	21.85
3	톨루엔 close + 팬 가동	150	6.51	7.62

그림 245 휘발성유기화합물(TVOC) 저감율 측정 결과

(바) 에틸렌 가스 저감율

- ① 시험항목 : 에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 가스
- ② 시험법 : SPS-KACA002-132:2018
- ③ 시험방법 : 시험 챔버 내부에 일정 농도의 에틸렌 가스를 분사시키고, 2시간 동안 작동시킨 후 에틸렌 가스 제거율 측정
- ④ 결과 및 내용
  - ㉞ 시험 결과 : 측정 120min 99.5%이상 감소

시험항목	단위	시험 방법	시험결과	비 고	시험 장소
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 30 min)	%	(1)	26	(21 ± 1) °C, (45 ± 5) % R.H.	A
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 60 min)	%	(1)	53		
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 90 min)	%	(1)	80		
유해가스 제거율(에틸렌, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , 120 min)	%	(1)	99.5 이상		

그림 246 에틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 가스 제거율 결과

### 3. 연구개발 성과

#### 가. 연구개발 성과목표 및 실적

성과목표	사업화지표										연구기반지표										
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인력	학술성과			교양지도	인력양성	정책협동		기타(타 연구활동영역)		
	특허출원건	특허등록건	표준화(이전)	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	학술발표			연구논문	연구논문		연구논문	연구논문
가중치	5	10				20	15	10	10				10	5	5			10			
최종목표	2	1				2	20	-	2				3	4	2	4		2			
1차연도	목표	1				1	-		1				1	2	1	2		1			
	실적	1				1	1.6		1				1	1	1	2		0			
2차연도	목표	1	1			1	20		1				2	2	1	2		1			
	실적	1	0			1	20		1				1	2	1	2		1			
소계	목표	2	1			2	20		2				3	4	2	4		2			
	실적	2	0			2	21.6		2				2	3	2	4		1			
종료 1차연도		1					100								1	1		2			
종료 2차연도							200		2									2			
종료 3차연도							400		1						1			2			
종료 4차연도							550	50	1									2			
종료 5차연도							700	100	1						1			2			
소계	0	1				0	1,950	150	5				0	0	1	3		10			
합계	2	2				2	1,970	150	7				3	4	3	7		12			

나. 연구개발 성과 세부 내용

(1) 사업화 지표

성과 목표	사업화지표										기술 인양
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 출	투 자 유 치	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건
가중치	5	10				20	15	10	10		
최종목표	2	1				2	20	-	2		
1 차 년 도	목표	1				1	-		1		
	실적	1				1	1.6		1		
	달성율 (%)	100				100			100		
2 차 년 도	목표	1	1			1	20		1		
	실적	1	0			1	20		1		
	달성율 (%)	100	0			100	100		100		
합 계	목표	2	1			2	20		2		
	실적	2	0			2	21.6		2		
	달성율 (%)	100	0			100	100		100		

(가) 지식재산권

- ① 연구개발 기간 내 지식재산권 성과 목표는 특허출원 2건, 특허 등록 1건이다.
- ② 달성된 지식재산권은 특허출원 2건으로 관련 내용은 아래와 같다.

㉞ 1차년도 출원 특허 성과

㉟ 발명의 명칭 : 온습도 조절을 위한 수직형 공기 교반 장치

㊱ 출원번호 : 제10-2019-0091007호

㊲ 출원일자 : 2019년 07월 26일

㊳ 기술내용 요약 : 본 발명은 온습도 조절을 위한 수직형 공기 교반 장치에 관한

것으로서, 더욱 상세하게는 온실이나 무가온 저장고 등에 설치되어 내부의 공기를 골고루 순환시켜 내부 공간 저 영역에서 온도와 습도를 균일하게 유지시킬 수 있는 수직형 공기 교반 장치이다.

㉠ 지식재산권 내 등록된 사사 내용

- 과제고유번호 : 1545018090
- 부처명 : 농림축산식품부
- 연구관리전문기관 : 농림식품기술기획평가원
- 연구사업명 : 농축산물안전유통소비기술개발(R&D)
- 연구과제명 : 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발
- 기여율 : 1/1
- 주관기업 : 에스지
- 연구기간 : 2018. 09. 10. ~ 2019. 09. 09.

㉡ 2차년도 출원 특허 성과

㉠ 발명의 명칭 : 플라즈마를 이용한 공기 교반 살균 장치

㉡ 출원번호 : 제10-2020-0114127호

㉢ 출원일자 : 2020년 09월 07일

㉣ 기술내용 요약 : 본 발명은 플라즈마를 이용한 공기 교반 살균 장치에 관한 것으로, 상세하게는 저장고 내부에 설치되어 내부의 공기를 순환시킴과 아울러 살균처리를 수행하는 공기 교반 살균장치에 관한 것이다.

㉠ 지식재산권 내 등록된 사사 내용

- 과제고유번호 : 1545020404
- 부처명 : 농림축산식품부
- 연구관리전문기관 : 농림식품기술기획평가원
- 연구사업명 : 농축산물안전유통소비기술개발(R&D)
- 연구과제명 : 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발
- 기여율 : 1/1
- 주관기업 : 에스지
- 연구기간 : 2019. 09. 10. ~ 2020. 09. 09.

(나) 사업화(제품화, 매출액)

① 연구개발 기간 내 제품화 및 매출액과 관련된 성과 목표는 제품화 2건과 매출액

20,000천원이다.

② 달성된 성과는 제품화 2건, 매출액 21,600천원이며 관련 내용은 아래와 같다.

㉠ 1차년도 제품화 성과

- ㉠ 사업화 제품명 : 공기 살균기
- ㉡ 사업화 발생년월 : 2019년 07월
- ㉢ 사업화 형태 : 신제품 개발
- ㉣ 사업화 방식 : 자기실시

㉡ 1차년도 매출액 성과

- ㉠ 매출액 발생 제품 : 공기 살균기
- ㉡ 매출액 발생일 및 발생액

매출액 발생일	매출액(원)	비고
2019.07.02	1,600,000	공기 살균기
합계	<b>1,600,000</b>	

㉢ 2차년도 제품화 성과

- ㉠ 사업화 제품명 : 플라즈마 살균 히터 (가온 플라즈마 살균기)
- ㉡ 사업화 발생년월 : 2020년 06월
- ㉢ 사업화 형태 : 신제품 개발
- ㉣ 사업화 방식 : 자기실시

㉣ 2차년도 매출액 성과

- ㉠ 매출액 발생 제품 : 공기 살균기, 플라즈마 살균 히터
- ㉡ 매출액 발생일 및 발생액

매출액 발생일	매출액(원)	비고
2020.06.05	3,000,000	플라즈마 살균 히터
2020.08.06	6,000,000	공기 살균기
2020.09.03	11,000,000	플라즈마 살균 히터
합계	<b>20,000,000</b>	

(다) 사업화(고용창출)

- ① 연구개발 기간 내 고용창출 목표는 신규 인력 2명이다.
- ② 달성된 성과는 연구개발에 필요한 신규인력 2명 채용을 완료하였다.

㉠ 1차년도 고용창출 성과

- ㉠ 신규 채용자 : 김희중
- ㉡ 신규 채용일 : 2019. 03
- ㉢ 과제 참여일 : 2019. 03 ~ 2019. 09

(1차년도 6개월 참여, 2차년도 전체 참여, 결과보고일 기준 재직 중)

㉡ 1차년도 고용창출 성과

- ㉠ 신규 채용자 : 이승민
- ㉡ 신규 채용일 : 2020. 03
- ㉢ 과제 참여일 : 2020. 03 ~ 2020. 09

(2차년도 6개월 참여, 결과보고일 기준 재직 중)

(2) 연구기반 지표

성과 목표		연구기반지표								
		학술성과				교육 지도	인력양성	정책 활용홍보		기타 (타 연구 활용 등)
		논문		논문 평균 IF	학술 발표			정책 활용	홍보 전시	
		SCI	비 SCI							
단위		건	건		건		명	건	건	
가중치					10	5	5		10	
최종목표			3		4	2	4		2	
1차연도	목표		1		2	1	2		1	
	실적		1		1	1	2		0	
	달성율 (%)		100		50	100	100		0	
2차연도	목표		2		2	1	2		1	
	실적		1		2	1	2		1	
	달성율 (%)		50		100	100	100		100	
합계	목표		3		4	2	4		2	
	실적		2		3	2	4		1	
	달성율 (%)		66.6		75	100	100		50	

(가) 논문게재

- ① 연구개발 기간 내 논문 게재는 3건이다.
  - ② 달성된 성과는 1차연도 1건, 2차연도 1건으로 3건 중 2건 게재를 진행하였다.
- ㉠ 1차연도 논문 게재 성과
- ㉠ 논문명 : 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발
  - ㉡ 논문 관련 내용은 아래와 같다.

학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
한국전자통신학회 논문지	김응곤	14권 04호	대한민국	한국전자통신학회	비SCI	2019. 08.31.	ISSN

㉔ 2차년도 논문 게재 성과

- ㉑ 논문명 : 수직교반히터 및 시설물 제어를 위한 통합 제어기 개발
- ㉒ 논문 관련 내용은 아래와 같다.

학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
한국전자통신학회 논문지	김응곤	15권 04호	대한민국	한국전자통신학회	비SCI	2020. 08.31.	ISSN

(나) 학술발표

- ㉑ 연구개발 기간 내 학술발표는 4건이다.
- ㉒ 달성된 성과는 1차년도 1건, 2차년도 2건으로 4건 중 3건 발표를 진행하였다.

㉑ 1차년도 학술 발표 성과

- ㉑ 발표명 : 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발
- ㉒ 학술발표 회의 명칭 : 2019년도 봄철 종합학술대회
- ㉓ 발표자 : 김응곤
- ㉔ 발표일시 : 2019.06.14. ~ 2019.06.15.
- ㉕ 장소 : 부산 벡스코 제1전시관
- ㉖ 국명 : 대한민국

㉒ 2차년도 학술 발표 성과

- ㉑ 발표명 : 정보 통신 기술 기반 농가 시설물 통합 제어 시스템 개발
- ㉒ 학술발표 회의 명칭 : 2020년도 봄철 종합학술대회
- ㉓ 저자 : 김응곤, 김진하
- ㉔ 발표일시 : 2019.06.12. ~ 2019.06.13.

㉔ 장소 : THE-K 경주호텔 본관 2층

㉕ 국명 : 대한민국

㉔ 2차년도 학술 발표 성과

㉗ 발표명 : ICT 통합 시스템 기반 농업용 시설물 제어

㉘ 학술발표 회의 명칭 : 2020년 (사)국제차세대융합기술학회 추계융합학술발표대회

㉙ 저자 : 김응곤, 김진하

㉚ 발표일시 : 2019.06.12. ~ 2019.06.13.

㉛ 장소 : THE-K 경주호텔 본관 2층

㉜ 국명 : 대한민국

(다) 교육지도

① 연구개발 기간 내 교육지도는 2건이다.

② 달성된 성과는 1차년도 1건, 2차년도 1건으로 교육지도를 수행하였다.

㉑ 1차년도 교육지도 성과

㉗ 교육내용 : 습도 및 온도 통합 센서모듈의 제어에 관한 교육

㉘ 교육일시 : 2019년 03월 26일 16:00~19:00(3시간)

㉙ 장소 : 순천대학교 공과대학 3호관 510호

㉚ 교육지도자 : 김종실 (주)휴인텍 대표

㉛ 교육참여자 : 협동연구기관 순천대학교 산학협력단 연구원

㉒ 2차년도 교육지도 성과

㉗ 교육내용

- 기본 제어 시스템 및 루프 시스템 제어에 관한 교육
- 프로세스 설계 흐름도 및 제어 구조에 관한 교육
- 소프트웨어 아키텍처 설계 및 방법론에 관한 교육

㉘ 교육일시 :

- 2020년 03월 26일 13:00~16:00(3시간)
- 2020년 03월 30일 13:00~16:00(3시간)
- 2020년 03월 31일 13:00~16:00(3시간)

㉙ 장소 : 순천대학교 공과대학 3호관 518호

㉚ 교육지도자 : 임창균 전남대학교 교수

㉔ 교육참여자 : 협동연구기관 순천대학교 산학협력단 연구원

(라) 전문 연구 인력 양성

- ① 연구개발 기간 내 인력양성은 4명이다.
- ② 달성된 성과는 1차년도 2명, 2차년도 2명의 인력양성을 수행하였다.

표 49 연구인력양성 현황

No	분류	기준 년도	현 황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	연구인력 양성	2019			2		2					2	
2	연구인력 양성	2020			1	1	2					2	

(마) 홍보전시

- ① 연구개발 기간 내 홍보활동은 2건이다.
- ② 달성된 성과는 2건 중 1건이 달성되었으며, 달성되지 못한 1건은 전시회 참가 업체로 선정되었으나 코로나19로 인한 전시회 취소로 불가피하게 미달성되었다.

㉑ 2019 국제농업박람회

- ㉑ 행사명 : 2019국제농업박람회
- ㉒ 주관 : (재)전라남도국제농업박람회
- ㉓ 행사기간 : 2019.10.17.~10.27 (11일간)
- ㉔ 전시분야 : 농기계, 농자재, 농업용품
- ㉕ 본 연구개발과의 관련성 : 1차년도 개발 제품인 공기 살균기의 홍보, 소비자 의견 수렴, 시설하우스 및 저장 시설의 난방기기 시장 확인 등으로 홍보 및 시장 확보를 위한 전시 참가

㉒ 2020 국제농업박람회

- ㉑ 행사명 : 2020국제농기계자재박람회
- ㉒ 주관 : 한국농기계공업협동조합
- ㉓ 행사기간 : 2020.10.28.~10.31 (4일간)

㉞ 전시분야 : 농기계, 농자재, 농업용품

㉟ 본 연구개발과의 관련성 : 최종 개발 제품을 홍보하고 사업화를 위한 판매처 확보를 하고자 하였으나 코로나19로 인해 전시회 취소

#### 4. 경제적 성과

##### 가. 사업화 성과 및 매출 실적

###### (1) 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.2 억원
			향후 3년간 매출	10 억원
		관련제품	개발후 현재까지	0 억원
			향후 3년간 매출	5 억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 1% 국외 : 0%
			향후 3년간 점유율	국내 : 20% 국외 : 3%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 0% 국외 : 0%
			향후 3년간 점유율	국내 : 10% 국외 : 1%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		- 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		- 위

###### (2) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	현재 사업화가 가능하다고 판단하며, 1년 이내에 안정적인 사업화 형태를 갖출 수 있음			
	소요예산(백만원)	200			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.2	10	20	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	1	20	35
국외		0	3	10	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	- 플라즈마 살균을 이용하여 공기정화와 관련된 제 품 개발(주방 후드 살균기 등) - 천정 환풍 형태의 냉난방기기 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0	-	-	
	수 출	0	-	2	

### 3장 연구개발 목표 달성도

#### 1절 연구개발 목표 대비 결과

##### 1. 연구개발 지표의 목표 대비 결과

##### 가. 연구개발 목표 대비 결과

구분	연구개발 목표	연구개발 결과
최종 목표	온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발	시설하우스 및 저장 시설에 적합한 플라즈마 가온 선도유지기 개발 완료
세부 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설하우스와 저장 시설의 효율적인 난방을 위해 수직 교반 형태의 히터 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율적인 난방을 위한 수직 교반 형태의 히터 시스템 개발 완료</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>작물 병해 예방과 에틸렌 가스 저감을 위한 플라즈마 살균 모듈 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>플라즈마 발생 모듈 개발 완료 및 성능시험을 통한 병해 살균 및 에틸렌 가스 제거율 확인 완료</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>수직 교반 히터와 플라즈마 살균 모듈을 결합한 플라즈마 살균형 히터 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설하우스 및 저장 시설에 적합하고 효과적인 난방 및 살균을 위한 시스템 개발 완료</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>플라즈마 살균형 히터 제어기 및 통합제어 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>난방 및 살균 시스템 제어와 시설물 통합 제어시스템 개발 완료</li> </ul>

##### 나. 연차별 연구개발 목표 대비 결과

##### (1) 1차년도 연구개발 목표 대비 결과

1차년도 연구개발 목표는 플라즈마 발생 모듈과 면상 발열 히터의 개발 그리고 면상 발열 히터를 제어할 수 있는 제어기의 개발이었으며, 2차년도 결합 살균 히터 시스템 개발을 위한 주요 시스템의 연구를 목표로 하였다.

1차년도 연구수행 결과 세균 및 곰팡이 등 유해한 물질을 제거할 수 있는 플라즈마 발

생 모듈을 개발하였다. 플라즈마 발생 모듈은 진공자외선(100~200nm) 영역대로 저장시설에 적합한 40m<sup>2</sup>와 100m<sup>2</sup>의 살균 모듈을 제작하였다. 또한, 살균력을 확인하기 위해 공인성능시험 기관의 시험을 통하여 곰팡이, 세균, 에틸렌의 저감 능력을 확인하였다.

면상 발열 히터 시스템은 얇은 판형 발열 히터를 이용하여 4kW의 히터를 제작하고, 수직 교반 형태의 구조를 갖는 히터를 개발하였다. 효율적인 난방열을 공급하기 위해 높이 조절이 가능하고, 사방으로 열을 공급할 수 있도록 교반 형태로 제작을 완료하였다.

면상 발열 히터 시스템의 제어기는 히터를 제어 할 수 있도록 알고리즘, 프로세스, 프로그램 등을 설계하고, PCB를 제작하여 개발을 완료하였다.

## (2) 2차년도 연구개발 목표 대비 결과

2차년도 연구개발 목표는 1차년도에 개발된 모듈과 시제품을 보완하고, 살균과 히터 기능을 동시에 적용 할 수 있는 플라즈마 살균 면상 발열 히터 시스템의 개발을 목표로 하였다.

2차년도 연구수행 결과 살균 기능과 난방 기능을 결합한 시스템의 개발을 수행하였으며, 사용자 선택에 따라 수직 살균 형태와 난방 형태로 사용이 가능하고, 살균과 난방 기능을 동시에 수행이 가능하도록 개발을 완료하였다. 또한, 이를 구성하고 있는 주요장치와 단독으로 제어 할 수 있는 제어기의 개발을 수행 및 완료하였다.

그리고 플라즈마 발생 모듈의 단독 적용을 위해 오존 저감 촉매제를 적용하고, 시설하우스 및 넓은 저장 시설의 면적에 맞는 330m<sup>2</sup>의 플라즈마 발생 모듈을 제작 완료하였다.

시설하우스와 저장 시설을 관리하기 위해 설치되어 있는 시설물들을 통합적으로 제어할 수 있는 통합제어기의 개발을 완료하였으며, 환기팬, 유동팬, 제습기, 개폐기 뿐 만 아니라 개발된 전기 살균 히터도 제어가 가능하도록 제작을 완료하였다.

## 2. 정량적 지표의 목표 대비 결과

### 가. 정량적 지표 달성 정도

정량적 지표 기준 가중치 100% 대비 1차년도 85%, 2차년도 100% 달성을 완료하였다.

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	개발목표치					
			1차년도(2018)			2차년도(2019)		
			목표	결과	가중치	목표	결과	가중치
1. 상하온도편차	℃	15	5 이하	1.98	15	3 이하	0.5	15
2. 항공팡이 시험	%	20	미성장	미성장	20	미성장	미성장	20
3. 부유 세균 저감 성능시험	%	15	70 이상	99.9	15	80 이상	99.9	15
4. 오존방출량 시험	ppm	15	0.1 이하	0.057	15	0.06 이하	0.02	15
5. 실내 공기질 시험	%	15	70 이상	68.0	0	80 이상	90.37	15
6. 에틸렌 가스 제거율 시험	%	20	85 이상	99.5	20	90 이상	99.5	20
가중치 합계(%)			1차년도		85	2차년도		100

### 나. 정량적 지표 미달성 사유 및 내용

정량적 지표 중 1차년도 실내 공기질 시험이 목표치에 도달하지 못하였으며, 연구개발 보완을 통하여 개발 목표치 이상의 결과값을 달성하였다.

### 3. 연구 성과 목표 대비 결과

#### 가. 연구 성과 달성 정도

총 연구개발 기간 내 연구 성과의 가중치는 90%이며, 사업화 지표 60%, 연구기반지표는 30%이다. 목표를 달성한 연구 성과는 사업화 지표 60% 중 50%를 달성하고, 연구기반지표 30% 중 22.5%이다. 이중 포함되지 않는 10%는 수출액에 대한 사업화 지표이며 연구개발 완료 후 나타나는 성과로 포함되어 있다. 그리고 비SCI 논문의 경우 가중치가 없으나 3건 논문게재 중 2건을 달성하였다.

연구 성과에 대한 가중치 100%에 대한 달성 정도는 **83.3%**이다.

전체(100%)	사업기간 내		사업기간 이후	
	사업화지표	연구기반지표	사업화지표	연구기반지표
성과목표	60%	30%	10%	-
달성정도	50%	22.5%	-	-

성과목표	사업화지표										
	지식재산권			기술실시(이전)		사업화					기술인증
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치	
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건
가중치	5	10				20	15	10	10		
최종목표	2	1				2	20	-	2		
1차연도	목표	1				1	-		1		
	실적	1				1	1.6		1		
	달성율(%)	100				100			100		
2차연도	목표	1	1			1	20		1		
	실적	1	0			1	21.5		1		
	달성율(%)	100	0			100	100		100		
합계	목표	2	1			2	20		2		
	실적	2	0			2	23.1		2		
	달성율(%)	100	0			100	100		100		

성과 목표		연구기반지표								
		학술성과				교육 지도	인력 양성	정책활용홍보		기타 (타 연구 활용 등)
		논문		논문평 관 IF	학술발 표			정책 활용	홍보 전시	
		SCI	비SCI							
단위	건	건		건		명	건	건		
가중치				10	5	5		10		
최종목표		3		4	2	4		2		
1 차 연 도	목표		1		2	1	2		1	
	실적		1		1	1	2		0	
	달성율(%)		100		50	100	100		0	
2 차 연 도	목표		2		2	1	2		1	
	실적		1		2	1	2		1	
	달성율(%)		50		100	100	100		100	
합 계	목표		3		4	2	4		2	
	실적		2		3	2	4		1	
	달성율(%)		66.6		75	100	100		50	

#### 나. 연구 성과 미달성 사유 및 내용

연구 성과 중 사업화 지표 미달성 성과는 특허등록, 연구기반 지표 미달성 성과는 논문, 학술발표, 홍보전시이다.

- (1) 특허 등록 : 1차년도 출원된 특허를 이용하여 등록하고자 하였으나, 1차년도 특허 출원이 늦어지는 관계로 특허 등록을 수행하지 못하였다. 추후 특허 등록 가능 시기에 도달하면 등록을 진행 할 예정이다.
- (2) 논문 및 학술발표 : 논문은 3건 중 2건 게재, 학술발표 4건 중 3건 발표를 진행하였다. 미흡한 내용은 개발진행과 관련하여 게재 및 발표 시기를 맞추기 못하였다.
- (3) 홍보전시 : 홍보전시는 2건으로 1건의 활동을 진행하였다. 미달성된 1건은 2020년 KIEMPSTA에서 개최되는 전시회에 참가업체로 선정까지 되었으나, 코로나19로 인해 개최취소가 되어 진행하지 못하였다. 다른 홍보전시 활동을 추진하고자하였으나, 동일한 사유로 인해 개최가 진행되지 않아서 미달성으로 연구개발을 종료하게 되었다.

## 4장 연구결과의 활용 및 사업화 계획

### 1절 연구개발 결과의 활용 및 기대효과

#### 1. 기술적 파급효과

- 가. 본 연구개발은 플라즈마 살균 방식과 면상 발열 히터 방식의 결합으로 시설하우스의 가온과 병해 증식을 억제시키고, 저장 시설 내 농산물의 신선도를 유지하는데 주목적을 갖는 플라즈마 가온 선도유지기이다.
- 나. 살균효과에 있어서 기존 UVC 살균 램프보다 180배, 오존에 의한 살균보다 2,000배 더 빠르게 살균 효과가 있고 악취까지 분해하는 효과가 있어서 병해 예방효과에 크게 기대된다.
- 다. 플라즈마를 활용한 시스템 및 제품들은 가정용이나 사무실용 등의 시장에 활성화되고 있지만, 농업계열에는 크게 활성화가 되어 있지 않고 있다. 하지만 농업 분야의 청정 환경 분야에 크게 이슈화되고 있는 사회적 분위기를 감안해 보면 기술적인 부분을 활용하여 농업에 활용되는 제품과 융·복합하여 많은 활성화를 가져올 것이다.
- 라. ICT의 경우 일반적인 산업 분야에 많은 활성화가 되고 있지만, 농업 분야의 ICT는 아직도 도입단계라고 할 수 있을 정도로 미흡한 실정이다. ICT 융·복합 부분에 관심이 높아지고 있는 현실을 감안하면 농업 분야에도 많은 활성화가 기대된다.

#### 2. 경제적·산업적 파급효과

- 가. 플라즈마 가온 선도유지기는 곰팡이, 세균, 에틸렌 가스 등 농산물의 생육과 저장 과정에서 유해한 인자로부터 예방 및 살균을 수행하고, 농식품의 고품질 생육과 저장성 증가 제품으로 활용도가 매우 높을 것이다.
- 나. 본 연구 개발 결과로 인해 농업분야에 플라즈마 분야의 접목과 농업 ICT 융복합의 기술적인 경쟁력 확보로 국내 및 해외 시장에도 큰 경쟁력 확보가 기대된다.
- 마. 산업화 및 실용화 과정을 통해 주관기업을 포함한 참여기관의 인력양성과 신규인력 채용

등을 통하여 관련 분야의 인력을 양성하고, 센서 제어 인터페이스 모듈, 원격 제어 관리 모듈 및 환경제어 분야의 생산시스템과 원예학 분야의 인력을 통한 사업화의 활성화가 기대된다.

다. 시설하우스와 저장 시설뿐만 아니라 작업 시설 등에 활용이 가능하므로 광범위하게 본 개발품의 활용이 기대된다.

### 3. 소비자 측면 파급효과

가. 곰팡이, 세균, 에틸렌 가스 등 농산물의 생육과 저장 과정에서 유해한 인자로부터 예방과 살균이 가능하여, 농산물의 고품질 생육과 저장성 증가, 농사 소득 증가, 경쟁력 확보 등의 효과가 기대된다.

나. 겨울철에는 히터 모드로 사용가능하고 여름철에는 내부 공기순환 및 살균 모드로 사용이 가능한 복합적인 제품으로써 에너지 절감효과에 기대된다.

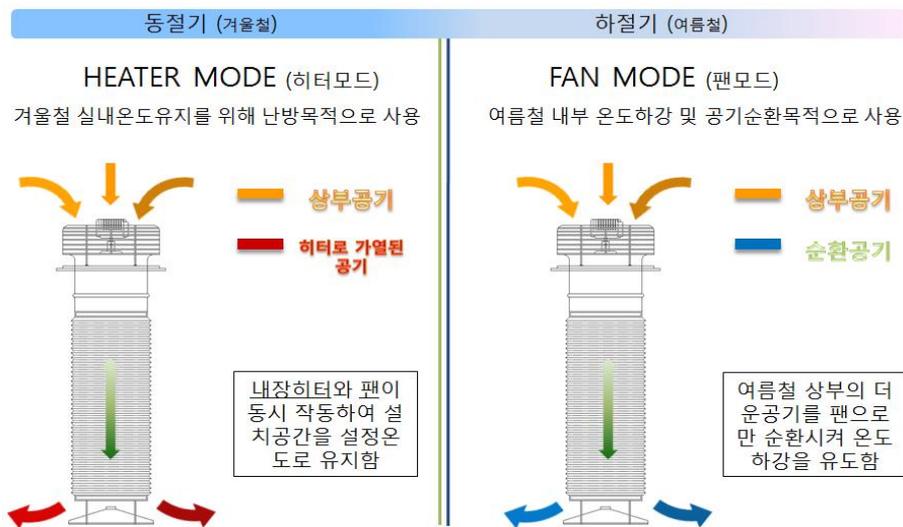


그림 247 제품의 동절기 및 하절기 용도

### 4. 연구성과 활용계획

가. 농수산물 저장시설 및 APC 센터 등에 적용하여 에틸렌가스 제거로 저장성을 증가시키고 곰팡이, 악취, 부유세균 등의 오염물질을 제거

나. 축사, 계사 등 가축과 관련된 시설에 적용하여 각종 냄새를 제거하고 구제역과 고병원성 AI 등과 같은 바이러스를 예방

다. 버섯사의 종균실, 배양실 내부의 곰팡이 제거로 인한 제품 품질 향상  
라. 식품 가공 공장의 부유세균 및 곰팡이 제거를 위한 청결한 환경 유지  
마. 병원, 학교, 일반 가정 등 실내 공기질 개선으로 쾌적한 실내 공간 유지

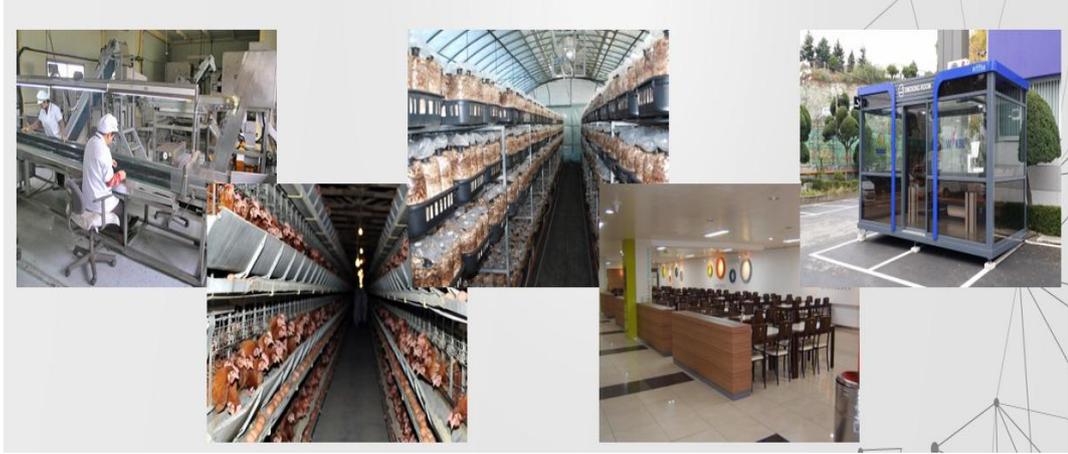


그림 248 성과 활용 계획

## 2절 목표 시장 현황

### 1. 시장규모 파악

#### 가. 목표 시장 및 시장 경쟁력

- (1) 본 연구개발을 통하여 개발된 제품은 살균 기능이 결합된 전기 온풍기이다. 즉, 목표 시장은 시설하우스, 저장 시설 등과 같은 농업용 전기 온풍기 시장에 사업화 및 점유율 증대이다.
- (2) 기존 시장 제품들은 시설하우스 난방, 공기 순환, 살균 기능에 대해 각각의 시스템으로 구성하여 개별 제품들을 설치해야하므로 초기 투자 및 유지비용이 높다.
- (3) 본 연구개발을 통하여 개발된 제품은 위 기능을 결합한 하나의 단일 제품으로 시설하우스 난방과 살균, 공기 순환 기능을 수행함으로써 기존 제품들에 비해 초기 투자비용이 적으며, 특히 시설하우스 저장 시설 등의 현장 상황에 맞춰 적용 및 가동이 가능하다.
- (4) 또한, 기존 난방 방식과는 다르게 상부의 열을 이용한 수직 형태로 겨울철 상대적으로 따뜻한 상부의 열을 이용하여 작물 높이에 맞춰 하부로 난방열을 공급한다. 이에 생육 온도를 맞추기 위해 사용 에너지를 절감할 수 있으며, 장기적으로 보았을 때 매우 효율적이다.
- (5) 위에 언급된 난방, 살균, 공기교반, 에너지 절감 등 기능 및 효과를 소비자들에게 알리고, 적정 제품 가격을 선정하여 목표 시장의 경쟁력을 갖고 점유율을 확대해 나아갈 것이다.

#### 나. 국내외 시장현황

우리 농촌은 논밭 중심의 전통적인 농가의 영농환경이 악화됨에 따라, 고소득 작물의 안정적인 재배가 가능한 비닐하우스의 보급이 급증하는 추세이다. 국내 스마트 온실 적용 가능 면적은 50,598ha로 세계 3위이고, 이 중에서 단동형 82%(41,462ha), 연동형 15%(7,595ha)이며, 스마트온실(환경복합제어 적용 가능) 면적은 15%(7595ha), 스마트 하우스(일반제어) 적용 가능면적은 38%(19,111ha)이다.<sup>5)</sup>

5) 스마트팜 기술동향 및 전망, 김관중, 한국전자통신연구원, 2015, 4p

국내 시설원에 생산액은 5조 7000억원으로 전체 농업생산액의 13%를 차지한다. 수출은 파프리카, 딸기, 토마토 등의 6개 품목을 통해 2억 1000만달러에 달한다.

(1) 가온재배 현황

국내 농업 시설원에 면적의 정체에도 불구하고 가온재배(온실에 온도를 높여 재배하는 것) 면적은 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 농촌진흥청에 따르면 2005년 국내 시설원에 면적은 5만 2,022ha에서 2010년 5만 1,892ha로, 2016년 5만 4,051ha로 11년간 3.9%로 증가했다. 이에 반해 가온면적은 2005년 1만 2,733ha에서 2010년 1만 5,591ha, 2016년 1만 6,932ha로 32.9%가량 증가했다. 시설원에 농가의 난방비는 연간 총 경영비의 20~50% 수준으로 작목의 특성별로 난방비중도 다르게 나타난다. 오이가 23%, 파프리카 25%, 장미 29%, 시설감귤 44% 등 전체 지출에서 높은 비중을 차지하고 있다.

난방 에너지원은 유류가 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 2004년에는 유류가 전체 난방의 94.9%를 차지할 정도로 에너지편중이 심했으며 2009년부터 지열을 비롯한 신재생 에너지가 사용되기 시작했다. 2016년 기준으로 유류가 전체의 80.5%, 신재생에너지 1.5%, 연탄·펠릿 등 고체연료가 8.6%로 나타나 아직까지도 에너지원의 다원화는 이뤄지지 못한 실정이다.

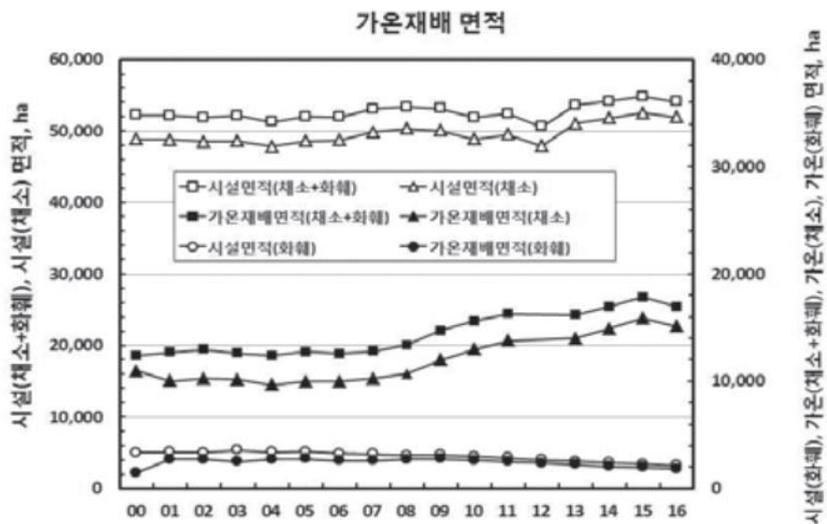


그림 249 가온재배 면적 추이

구분	전체면적 (ha)			가온재배면적 (ha)			채소가온	화훼가온	전체가온
	계(A)	채소	화훼	계(B)	채소	화훼	재배비율	재배비율	재배비율
년도							채소 (%)	화훼 (%)	(B/A, %)
1990	25,450	23,698	1,752						
1995	43,131	40,077	3,054						
2000	52,189	48,853	3,336	12,398	10,952	1,446	22.4%	43.3%	23.8%
2010	51,829	48,835	2,994	15,591	12,951	2,640	26.5%	88.2%	30.1%
2011	52,393	49,537	2,856	16,264	13,771	2,493	27.8%	87.3%	31.0%
2012	50,598	47,924	2,674			2,332	0.0%	87.2%	
2013	53,611	51,058	2,553	16,177	13,980	2,197	27.4%	86.1%	30.2%
2014	54,169	51,787	2,382	16,936	14,882	2,054	28.7%	86.2%	31.3%
2015	54,804	52,526	2,278	17,838	15,878	1,960	30.2%	86.1%	32.5%
2016	54,051	51,909	2,142	16,932	15,100	1,832	29.1%	85.5%	31.3%

▲ 시설원에 전체 면적 및 가온면적 통계(출처: 농촌진흥청)

그림 250 시설원에 면적 및 가온면적 통계

(2) 난방기관련 시장 현황

농기계 관련 미국 시장의 경우 약 316,000천 달러의 규모로 형성되어 있으며 이 중 전기 난방기/온풍기 관련 시장의 경우 87,000천 달러의 규모에서 100,000천 달러의 규모로 성장 중이다. 국내의 농기계관련 시장의 경우 2014년 23,000억원의 시장에서 평균 성장률 3.09%로 2020년에는 28,000억원의 시장규모로 증가추세이다. 또한, 이 중 전기 난방기/온풍기 관련 시장의 경우 2014년 4,500억원의 시장에서 평균성장률 2.79%로 2020년에는 5,000억원 이상의 시장규모로 성장될 전망이다.

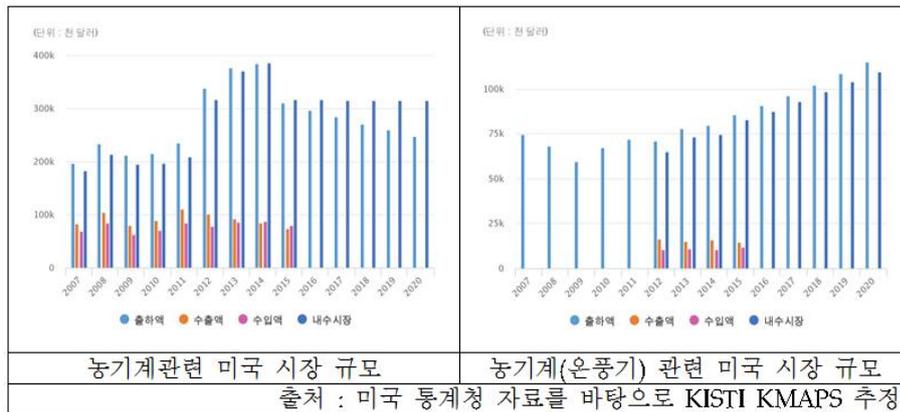


그림 251 미국의 시장 규모

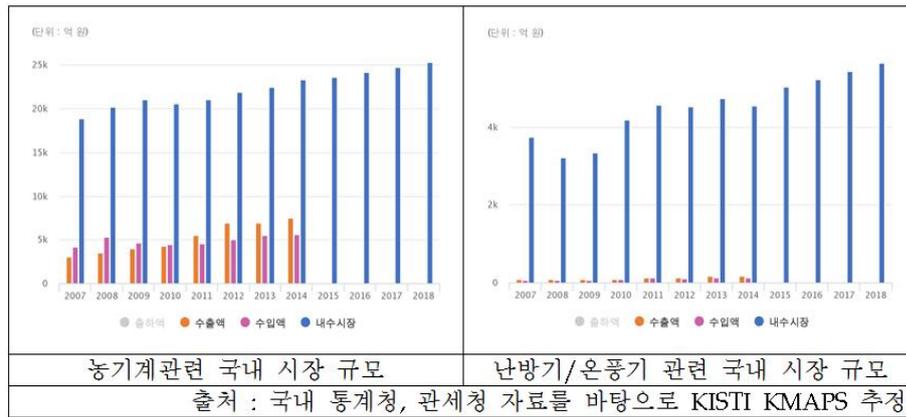


그림 252 국내의 시장 규모

(3) 공기청정관련 시장 현황

국내 공기청정 분야의 관련 시장은 과거 6년간(2005~2010년) 12.2%의 높은 성장률을 기록했다. 국내시장 규모는 2013년 3천억원에서 2014년 5천억원 이상으로 커지고, 국내 보급률은 2010년 12.1%, 2012년 17.2%, 2014년에는 20%를 넘길 것으로 예상되면서 향후 성장 잠재력은 높은 것으로 전망되고 있다.

미국환경보호청(EPA)은 가장 시급히 처리해야 할 환경문제 중 하나로 심각한 실내공기 질 오염문제를 꼽았다. 공기청정분야 관련 제품의 보급률은 유럽 42%, 미국 27%, 일본과 한국이 17%, 중국 1%로 시장성장 가능성이 매우 높게 평가되고 있다. 공기청정분야 관련 제품의 세계시장은 2014년 기준으로 약 41억달러에 이르는 것으로 추정되며, 국가별 비중은 일본 26%, 미국 22%, 중국 22%, 캐나다 10%, 한국 9%, 기타(유럽 등) 11%를 보이고 있다. 2014년~2020년까지 연평균 시장 성장률(CAGR)은 약 40%에 이를 것으로 예측되며, 각국의 시장성장률은 10% 내외로 예측하고 있으나 중국과 한국을 포함한 아시아 지역은 더 높은 성장률을 보일 것으로 전망되고 있다. 특히 중국의 경우 2013년 전년 동기 대비 138% 성장을 기록하여 폭발적인 성장세를 보이고 있으며, 세계 시장 성장을 견인할 것으로 보인다.

구분	2013	2014	2015(E)	2016(E)	2017(E)	2018(E)	2019(E)	CAGR(%)
세계 시장	38	41	48	57	67	78	92	16.1
국내 시장	3,000	5,000	5,600	6,272	7,025	7,868	8,812	12.0

주) 2013년 기준 미국-9%, 한국-12.0%, 중국-34% 등 각국 평균성장률을 기준으로 17.5% 추정  
 자료: Euromonitor Internaional, TechScience, 업계 추정 기초로 KISTI 재작성

그림 253 공기청정분야 관련제품 세계 및 국내 시장 전망

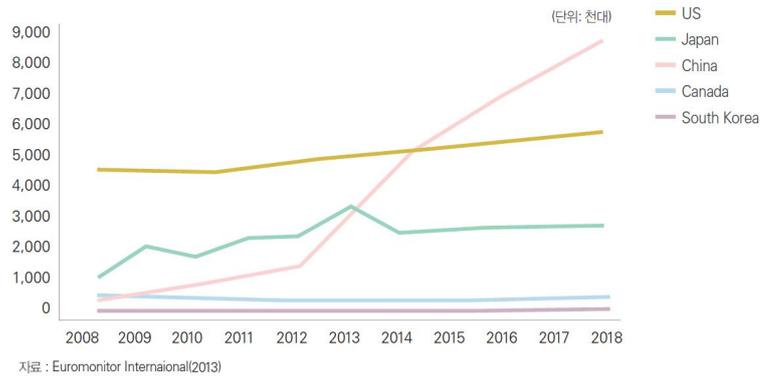


그림 254 공기청정분야 관련제품 상위 5개국의 시장 전망

#### (4) ICT 통합제어(스마트팜) 시장 현황<sup>6)</sup>

##### (가) 스마트팜 국가별 산업 동향

국내 스마트팜은 유통, 소비 등의 분야로 확산되고 있지만, 현재까지는 농업생산을 핵심으로하여 전개되고 있다. 생산 중에서도 모니터링 및 제어단계에 집중되어 있는 것으로 판단되며, 빅데이터 등을 활용한 최적화 알고리즘 개발, 로봇 등과 연계된 자동화 기술 등은 현재 연구개발 단계에 머물러 있는 것으로 파악된다.

현재 우리 농가에 적용되고 있는 스마트팜 시스템은 주로 환경정보(온습도, CO<sub>2</sub>, 조도 등)를 기반으로 스마트 미디어를 통해 재배시설의 개폐 및 제어(보온덮개, 천창, 커튼, 환풍기, 스프링클러, 양액 등)를 하는 수준에 머물러 있다. 향후, 재배 생육정보 기반의 생육단계별 정밀한 작물관리를 위한 생육 최적 환경설정 모델 개발 및 작물생리 장애 병충해 진단의 전문 모델 개발이 요구된다.

네덜란드는 대표적인 스마트팜 국가로서, 국토면적은 우리나라의 1/2에 불과하지만, ICT활용 도입을 통해 세계 2위의 농식품 수출국이 되었다. 네덜란드는 대표적인 원예 국가로 전체 온실의 99%가 유리온실이며, 수십년간 누적된 데이터와 재배환경 최적화 노하우를 바탕으로 각종 센서와 제어 솔루션을 개발하였다. 이러한 농업 ICT기술을 통해 생산량 및 품질 최적화를 도모하고 있으며, 또한 네덜란드 대표기업인 프리바(Priva)사는 세계 최고 수준의 온실 환경 제어 시스템을 생산하여 세계 각국에 수출하고 있다.

미국은 농업에 IoT는 물론 나노 기술, 로봇 기술 등을 본격적으로 접목하려는 시도를

6) 스마트팜 기술 및 시장동향 보고서, 과학기술일자리진흥원, 2019, 4~7p

하고 있으며, 위 기술들을 융합하여 농업에 활용하려고 하고 있다.

일본의 경우 IBM, NEC, 후지쯔, NTT 등 기업들이 농업분야에 ICT기술을 접목하여 다양한 서비스를 제공하고 있으며, IBM은 농산물 이력 추적 서비스, NEC는 M2M 기반 생육 환경 감시 및 물류서비스, 후지쯔는 농업 관리 클라우드 서비스시스템 등이 대표적인 사례이다.

이스라엘은 재배환경 모니터링 분야에 선두주자로 농작물의 크기, 줄기의 변화, 잎의 온도 등 농작물 생장 정보를 자동 측정, 급수 주기와 급수량 자동조절 등으로 정확한 수확량을 예측하도록 하며, 특히 농작물 스트레스 감지 센서개발로 생산량을 40% 이상 증대한다.

#### (나) 스마트팜 시장 동향

세계 스마트팜 시장의 2022년 시장규모는 약 4,080억 달러로 2016년부터 2022년 까지 연평균 약 16.4%정도 성장률로 지속적인 증가를 예상하고 있다.

(단위 : 십억 달러, %)

연도	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
세계시장	196	221	250	283	320	362	408	16.4

\* 출처 : 중소기업전략로드맵

그림 255 세계 스마트팜 시장규모 및 전망

국내 스마트팜 시장은 2017년 4조 4,493억원에서 연평균 5%로 성장하여 2022년에는 5조 9,588억원 규모에 이를 것으로 전망하고 있다.

(단위 : 억 원, %)

연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	CAGR
국내시장	44,493	47,474	50,655	54,048	56,750	59,588	5.0

\* 출처 : 중소기업전략로드맵

그림 256 국내 스마트팜 시장규모 및 전망

스마트팜의 기술수준은 미국을 100% 수준이라 할 때, 네덜란드 99.1%, 일본 97.5%, 독일 93.3% 등의 순서이며, 한국의 스마트팜 수준은 최고기술 보유국 대비 약 70%의 수준으로 기간을 설정하면 약 5년 정도의 격차가 있는 것으로 분석 제시 되고 있다.

수준(%), 격차(년)

구분	한국	미국	일본	영국	네덜란드	독일	호주	중국
기술 수준	75.0	100	97.5	89.5	99.1	93.3	83.4	61.0
기술 격차	5.2	0	0.5	2.3	0	1.2	3.6	7.2

\* 출처 : ㈜비피기술거래(2017), 국내외의 스마트 농업 산업 동향 분석 보고서

그림 257 세계 스마트팜 국가간 기술수준 및 격차

시설원에 부문의 스마트팜 보급 면적은 1,258ha, 전체 시설면적의 1.9% 수준으로 조사되었으며 보급현황은 아래와 같다.

구분		농가수(호)	시설면적(ha)
전체시설(A)		151,496	64,528
ICT 시설W	정부지원	1,047	769
	민간 등	1,578	489
	계(B)	2,625	1,258
비율(B/A)		1.7	1.9

\* 출처 : 한국농촌연구원(2016), 스마트팜 실태 및 성공요인 분석

그림 258 시설원에 스마트팜 보급 현황

#### 다. 지식재산권현황

본 과제에 관련하여 국내의 플라즈마 살균방식의 난방시스템은 지식재산권 등록이 없는 상태이다. 그래서 2000년부터 2017년까지 각 기술에 따른 지식재산권 등록 현황을 KIPRISS에서 분석하였다. 플라즈마와 관련된 기술은 2000년대 초반부터 환경에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 연구가 활발히 진행 중이다. 난방시스템은 설비에 대한 기술이 오래되었고, 구조적인 특허 이외에는 다소 주춤하고 있다. 하지만 에너지 절감형 설비이므로 여전히 관심은 받고 있다.



그림 259 관련 기술별 국내 지식재산권 연도별 등록현황

## 2. 경쟁 제품 비교

### 가. 농업용 전기히터 제품 비교

농업용 전기히터 시장은 매우 넓으며 대표적인 전기히터는 아래 표와 같다. 농업에 사용되는 모든 전기히터는 수평 방향으로 바닥면에 설치되어 난방하거나, 덕트를 이용한 방식을 사용하는 데에 반면, 개발 제품은 상부에서 하부로 공급하고 교반을 통해 난방하는 방식이다.

시설하우스에 적용되는 전기히터는 대부분 4~6kW로 800,000원대의 가격을 형성하고 있다. 또한 수평 방식은 재배 작물 및 저장 농식품에 직접적으로 난방열이 분사되기 때문에 건조하게 만든다.

또한, 난방 및 송풍 외 추가적인 기능을 탑재하고 있지는 않다.

회사명(모델명)	소비전력	사용전압	가격	형태	추가기능
에스지	4kW	220V	650,000 ~700,000	수직 교반	플라즈마 살균 (곰팡이, 세균, 에틸렌가스 등 제거)
사명산업 (SM-A2)	4kW	220V	800,000	수평	없음
(주)토야테크 (SHM-4500(R))	4kW	220V	880,000	수평	없음
(주)코퍼스트 (KRH-4200HW)	4.2kW	220V 380V	920,000	수평	없음
하이룸 (HET 22-0600)	6kW	220V	638,000	수평	없음
(유)유일 (YL09-W)	6kW	220V	720,000	수평	없음
한일지엔코(주) (HN-06)	6kW	220V	1,100,000	수평	없음
대림에너지(주) (DL10-6K)	6kW	220V	1,300,000	수평	없음

나. 신선도유지기(에틸렌가스 제거기) 제품 비교

신선도유지기는 다양한 제품이 나오고 있으나, 시장을 형성하고 있을 만한 규모는 아니다. 대부분의 플라즈마 방전방식을 이용하여 에틸렌 가스를 제거하는 방식을 사용한다. 개발 제품은 플라즈마의 가격만 표기하였으며, 가온 기능은 포함되어있지 않다.

(1) 신선도유지기 제품 현황

회사명	살균 방식	소모전력	가격
에스지	저온 플라즈마 (OH라디칼, 산소계음이온, 광전자 등)	80W	1,000,000 ~1,400,000
Pure Platech (PS-S 01)	AC-DBD(Dielectric Barrier Discharge) 플라즈마를 이용한 대기압 플라즈마 살균	80W	-
존플라즈마 (Plasma)	저온 플라즈마 (OH라디칼, 산소계음이온, 광전자 등)	75W	2,000,000
(주)삼도환경 (PZ-100)	방전 플라즈마 (세라믹봉과 금속전극봉 방전)	100W	1,680,000
경농산업 (KNS-SS05)	플라즈마	250W	-
(주)진진이앤티 (FKC-5)	플라즈마	-	4,960,000
(주)탑프레쉬 (후레쉬골드)	플라즈마 백금촉매필터	320W	1,680,000

(2) 타사 제품과 비교

(가) W사 제품

W사 제품은 7평에서 최대용량 30평까지만 처리할 수 있는 제품으로 소비전력은 100~300W이다. W사 제품은 유전체 장벽 방전 방식의 제품으로 오존(O<sub>3</sub>)발생량이 과다하게 나오는 경향이 있어 밀실에서 장시간 사용하지 못하고 1시간 정도 사용 후 환기를 하거나 환기 설비를 가동해야 하는 단점이 있다.

(나) S사 제품

S사 제품은 플라즈마를 일으켜 생성된 오존에 의해 살균 및 탈취를 하는 제품이다. S사 제품은 고전압 방식의 방전 방식으로 취급 시 주의가 필요하며 부산물로 질소산화

물이 염려되는 제품이다. 마찬가지로 장시간 사용을 못하는 단점이 있어서 40분 가동 후 5시간 대기, 1시간 가동 후 10시간 대기 등의 사용을 권장하고 있다.

(다) 개발 제품

본 연구개발을 통하여 개발된 살균 방식은 플라즈마 방전 형태로써 소비 전력이 최대 80W이며 제품 또한 소형화가 가능하고 24시간 장시간 사용하여도 부산물이 전혀 생성되지 않는 장점이 있다.

다. 저온 플라즈마와 다른 방식의 살균법 비교

구 분	저온 산소 플라즈마	UVC + 광촉매	필터 + 음이온	코로나 방전 음이온 방식
정화방식	진공자외선(VUV) 살균	광촉매필터 + UVC살균램프	헤파필터와 코로나 방전 복합식	오존 산화방식
부산물 발생여부	저농도 오존 발생 (인체 무해)	저농도 오존 발생	외부는 적지만 내부는 고농도 오존 존재하여 중화필터가 필요	고농도 오존과 질소 산화물 발생
생물학적 오염물질 살균력	매우 우수 공기중과 표면 동시살균 가능	비교적 우수 광촉매 필터 표면에만 국한	낮음 정화기 내부로 들어온 공기만 일부 살균	낮음 고농도 오존을 이용한 산화력
오염물질 제거시간	1분 이내	1~2시간 이상	4~5시간 이상	10시간 정도
탈취 효과	매우 우수	보통	보통	우수
화학적 오염물질 제거 능력	매우 우수 광화학 반응	보통 광촉매 표면에서만 가능	매우약함 필터에서 잡힌 오염물질 정화	보통 고농도 오존을 이용한 산화력
알레르기 물질 제거 능력	매우 우수 알레르기 항원 무해화	보통 광촉매 표면에서만 가능	보통 필터에서 잡힌 오염물질 정화	보통 고농도 오존을 이용한 산화력
유지 관리	매우 간편 간단히 램프만 교체	필터 교체 요구 교체시 높은 유지비	필터 교체 요구 유지관리비가 높음	방전판 등을 주기적으로 관리 요구
소비 전력	낮은 소비전력	보통 교류 220V	비교적 높음 교류 220V, 큰 풍량요구	보통 직류 고전압(220V)

다. 농업 ICT 제품 비교

본 연구개발의 ICT는 플라즈마 가온 선도유지기의 원활한 제어와 시설물 관리를 위한 통합제어기이며, 농업 스마트팜의 일부이다. 개발된 농업 ICT는 시설에 사용되는 시설물을 통합적으로 제어할 수 있도록 통합제어반을 만들고, 시설물 제어를 통한 시설 관리 및 유지하는 시스템이다.

다음은 농업 스마트팜과 연구개발에 적용된 기술의 분류이다.

구 분	스마트팜	ICT 정의	적용 ICT 내용 및 향후 계획
제어부 (환기, 측창 등 시설물)	O	O	- 모든 시설물 제어 가능
센서부 (온도, 습도, 토양 등)	O	O	- 온습도, CO <sub>2</sub> 센서 적용 - 토양, 기상장비 등 적용 예정
영상정보 (CCTV 등)	O	X	- CCTV 등 적용 예정
통합제어기 (ICT)	O	O	- 통합제어기 적용
PC, 앱	O	△	- PC 제어 가능 - 앱 개발 적용 예정
관리시스템, 정보활용	O	X	- 필요시 개발 및 적용 예정

\* 스마트팜 : ICT, IOT, Big data, Cloud, AI 등을 포함하는 기술  
\* 연구개발 ICT : 스마트팜의 일부기술

본 연구개발에 적용된 통합제어기는 스마트팜 중의 일부로 통합제어기와 센서부, 제어부로 크게 구성되며, 추후 앱을 통하여 제어가 가능하도록 개발 및 적용 할 예정이다.

다음은 스마트팜의 구성도이며, 향후 개발에 참고자료로 활용될 예정이다.

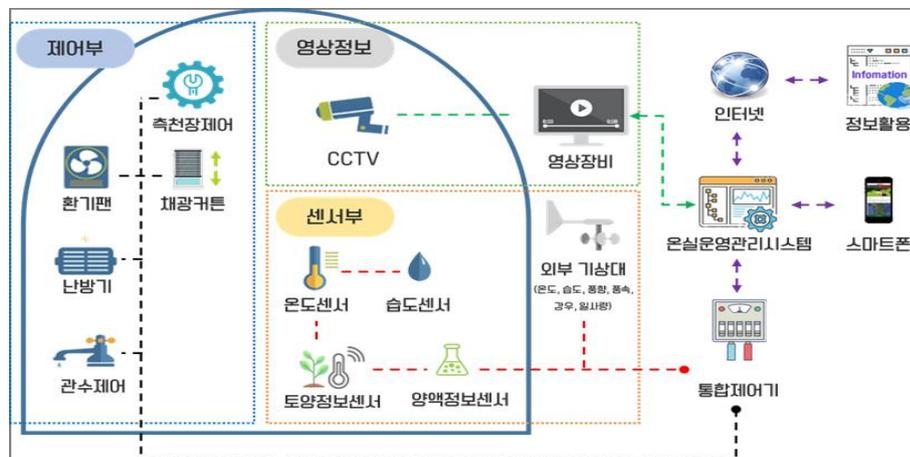


그림 260 스마트팜 구성도

### 3. 경제성 분석 및 경제적 기대 효과

#### 가. 산업규모 및 시장규모

##### (1) 농산물 유통실태 조사 결과에 따른 농산물 생산량

(가) 2018년 조사한 결과를 살펴보면 농산물은 생산자가 생산한 물량이 산지유통인, 생산자단체, 산지공판장, 가공 및 저장시설 등으로 분산되는 것으로 나타났다. 조사대상 14개 품목의 2017년 총생산량은 8,248천톤으로 농산물 총 생산량(10,579천톤)의 77.97% 수준으로 일정수준 이상 대표성을 지니고 있다. 관련 자료는 아래 그림과 같다.

(단위 : 천톤, %)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	연평균 증감율	
엽근 채류	배추	2,585	2,529	1,783	2,681	2,151	2,388	2,539	2,060	1,793	2,396	-0.84
	무	1,402	1,256	1,039	1,237	1,140	1,299	1,297	1,249	1,012	1,159	-2.09
과채류	수박	857	847	679	609	643	673	687	634	570	506	-5.67
	토마토	408	384	325	368	433	389	500	457	390	355	-1.54
	딸기	192	203	232	172	192	217	210	195	191	209	0.91
조미 채소류	고추	124	117	95	77	104	118	85	98	85	56	-8.47
	마늘	375	357	272	295	339	412	354	266	276	304	-2.33
	양파	1,035	1,372	1,412	1,520	1,196	1,294	1,590	1,094	1,299	1,144	1.12
과실류	사과	471	494	460	380	395	494	475	583	576	545	1.65
	배	471	418	308	290	173	282	303	261	238	266	-6.16
	감귤	636	727	615	645	654	655	688	640	610	597	-0.70
	단감	431	278	263	273	286	265	329	304	286	298	-3.99
	포도	334	279	257	227	235	220	229	224	229	190	-6.05
	복숭아	189	135	135	128	135	127	133	154	208	222	1.81
총 계	9,510	9,399	7,874	8,901	8,076	8,832	9,417	8,218	7,764	8,248	-1.57	

자료 : 농림축산식품부, 2017년 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적, 2018.  
통계청, 농작물 생산조사(과실생산량), 2018.

그림 261 농산물 유통실태 조사대상 품목의 생산추이

(나) 모든 농산물은 생산에서 소비까지 유통과정을 거치고, 유통과정 중 직·간접적으로 저장과 관련된 시설에 적용이 가능하여, 제품의 사용화 부분에서 많은 경제성이 있을 것이다.

(다) 본 연구개발과 직접적으로 관련되어 있는 감귤의 유통경로를 보면 2017년 기준 생산량은 597,294톤으로 나타났다.

(2) 농산물 유통(저장) 경로 분석

- (가) 농업인이 생산한 농산물은 일반적으로 농산물 유통의 중추적 역할을 하고 있는 농산물도매시장 반입 이전 산지유통인과 생산자단체, 산지공판장 또는 가공(저장)시설을 경유하는 것으로 나타난다. 저장시설의 경우 생산자 및 생산자단체, 산지유통인, 산지공판장으로부터 물량이 공급되고 있으며, 전체 생산물량의 16.9%가 경유되고 있다.
- (나) 저장시설에서는 양파, 월동배추, 사과, 배, 감귤 등 저장성이 있는 품목의 수급상황을 고려하여 물량을 확보하고 있으며, 양파의 경우 저장업체를 활용하고 그 외 농산물의 경우 자체적인 저장시설을 활용하여 저장하고 있다.
- (다) 저장 물량이 가장 많이 분산되는 유통주체는 농산물도매시장으로 저장 물량의 76.9% (1,072천톤)를 처리하고 있으며, 다음으로 대량수요처 물량 비중의 10.7%(148천톤)로 높게 나타났다.

나. 시장성장률 및 예상 시장 점유율

- (1) 현재 농산물의 신선도유지(에틸렌가스 제거)와 관련된 시장 규모는 매우 작으며, 다양한 방법과 제품으로 저장고에 적용되어 사용을 시작하고 있다. 농업 내 신선도유지 시장은 도입기로 경쟁업체의 수가 많지 않아 시장 규모를 도출하기는 어렵지만, 위 농산물의 생산량과 유통(저장)경로를 확인해 볼 때 시장성장률은 매우 높다.
- (2) 플라즈마 가온 선도유지기는 ‘저온 플라즈마’의 우수한 효과와 가격 경쟁력의 우위를 가지고 3년 이내 시장 점유율과 성장률을 30% 이상이 가능할 것으로 기대된다.

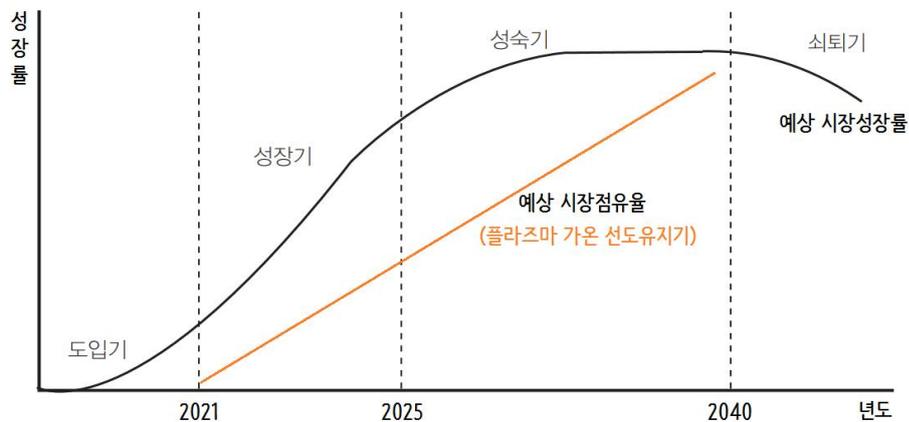


그림 262 시장 점유율 및 성장률

다. 전력소모량 및 기대투입 자원에 대한 경제성 분석

(1) 저장고 내 플라즈마 가온 살균기 적용에 따른 사용 전력량 계산

(가) 제품 1대가 허용할 수 있는 공간의 가온을 위한 24시간 가동 전기요금은 4022.4원이며, 살균을 위한 24시간 가동 전기요금은 309.7원이다. 또한, 30일 동안 종일 가온 및 살균에 의한 전력량은 2,937kwh이며, 전기요금은 129,963원이다.

① 1일 전체 가온 : 농사용 전력(을) 1kwh당 41.9원 × 4kW × 24h = 4022.4원

② 1일 전체 살균 : 농사용 전력(을) 1kwh당 41.9원 × 0.08kw × 24h = 309.7원

③ 30일 전체 가온 및 살균 : (4022.4원 + 309.7원) × 30일 = 129,963원

(나) 저장고의 특성상 최소 가온과 살균을 위한 제품 가동만 하며, 밀폐된 공간으로 온도 변화가 많이 발생하지 않는다. 이에 20~30% 정도의 전력소모가 발생하고, 30% 기준 월 40,000원의 전기요금이 발생한다.

① 129,963원 × 30% = 38,988.9원 (실제 사용 예상 전기요금)

(2) 기대투입 자원에 대한 경제성 분석

(가) 농산물의 신선도유지와 관련된 제품은 160~200만원 가격을 형성하고 있으며, 본 시 제품은 보다 저렴한 120~140만원으로 판매를 고려하고 있다. 또한, 저온 플라즈마 살균 램프의 경우 살균력은 최소 1년 이상으로 보고 있으며, 램프의 교체만으로 효과를 볼 수 있어 타 제품보다 효율적이고 경제적이다.

(나) 통계자료에 의하면 감귤의 경우 매년 600,000톤이 유통되고 있지만, 수확이후 저장, 유통 과정에서 손실되는 양을 고려해 볼 때 제품 활용을 통해 200,000톤 이상의 부패를 막을 것으로 기대된다. (60일 간의 시험 결과 30%의 부패율을 3% 이내로 줄이고, 식물노화호르몬 80% 완화)

라. 경제적 기대효과

(1) 감귤의 매년 평균가격은 5kg 당 6천원에서 7천원을 유지하고 있으며, 최고가는 4만원, 최저가는 2천원으로 차이가 크다. 감귤 판매 가격의 차이는 수확과 저장 그리고 유통 과정에서 차이를 보인다. 또한, 겨울철에 수확된 감귤을 저장고 내 보관하고 몇 개월 후 판매되는 과정에서 감귤의 상태에 따라 가격 차이가 매우 크다. 7)

(2) 저장과 유통에서 발생하는 부패와 병해, 무름병 등에 의해 가격 차이가 크게 발생한다.

7) 제주특별자치도감귤출하연합회,

이에 연구개발 저장시험을 통해 확인된 저온 플라즈마 살균을 통해 농산물의 원물 손실률을 감소시키고, 상품 가치와 가격 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

구분	2011년산	2012년산	2013년산	2014년산	2015년산	2016년산	2017년산	2018년산	2019년산	2020년산
계	6,255	6,201	6,808	5,638	5,267	6,833	7,993	8,075	6,238	6,472
서울가락 도매시장	6,534	6,379	6,968	5,834	5,346	7,129	8,207	8,214	6,393	6,633
부산엄궁 도매시장	6,037	5,926	6,811	5,475	5,076	6,363	7,209	7,627	5,808	6,024
대구북부 도매시장	6,404	6,292	6,968	5,924	5,420	7,061	8,579	8,520	6,633	6,917
인천남촌 도매시장	5,338	5,588	6,042	4,857	4,854	5,924	6,690	7,039	5,593	5,761
광주각화 도매시장	6,277	6,529	6,925	5,756	5,473	6,731	7,966	8,110	6,362	6,366

### 이하 생략

그림 263 감귤 출하 가격동향(단위:원/5kg),  
출처: 제주특별자치도감귤출하연합회

법인명	거래량(톤)	최고가	최저가	평균가
계	475.7	40,000	2,000	6,200
농협가락(공)	116.0	25,000	2,500	6,000
동화청과(주)	75.8	13,000	2,500	5,200
서울청과(주)	123.1	25,000	2,500	6,300
중앙청과(주)	117.2	40,000	3,000	7,200
한국청과(주)	43.6	35,000	2,000	5,700

그림 264 2020년 12월 거래량 및 가격 (단위:원/5kg),  
출처: 제주특별자치도감귤출하연합회

### 3절 사업화 계획

#### 1. 사업화 계획

구 분		사 업 화 년 도					
		2021	2022	2023	2024	2025	
사업목표		농업용 난방 시장 진입 및 제품 홍보		국내 시장 점유율 20% 확보 및 해외 시장 진입		국내 시장 점유율 35% 확보	
사업화 내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국내 전시회 참가</li> <li>· 제품설명회 및 수요 기업 대상 설명회 등 활동 및 홍보</li> <li>· 홈페이지, 홍보물 등을 통하여 수요처 및 수요자에게 제품 홍보 및 판로 마련</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외 전시회 참가</li> <li>· 해외 네트워크를 활용한 해외 파트너 확보</li> <li>· 부처 및 기술혁신기관 등을 통한 해외마케팅 지원사업 등을 활용한 판로 확보</li> <li>· 국내외 시장 활성화</li> </ul>			
투자 계획 (천원)	인 건 비	50,000	50,000	100,000	100,000	200,000	
	재료비 및 설비투자비	100,000	100,000	150,000	150,000	200,000	
	경상운영비	10,000	50,000	100,000	100,000	100,000	
	계	160,000	200,000	350,000	350,000	500,000	
생 산 계 획(대)		25	130	250	400	600	
판매 계획	매 출 (천원)	40,000	200,000	400,000	650,000	900,000	

2. 시장진입을 위한 단계적 전략

- 가. 농업용 히터 및 난방기 시장과 같은 형태로 시장진입
- 나. 농업용 히터 및 난방기 공인 시험 성적 취득 및 이를 바탕으로 제품에 대한 신뢰성을 확보
- 다. 농협, 전시회 등을 활용한 홍보
- 라. 각 대리점 계약을 통한 지역별 점유율 증대
- 마. 농민 신문 농경, 원예 등과 같은 농업정보지를 통한 시장 확대
- 바. 농림축산식품부 대농민 지원사업을 통한 시장성 및 유통망 활성화
- 사. ISO인증, KC인증 등 기술적이고 품질적으로 규정된 요구사항을 만족시키고 유지관리를 통한 고객 만족도 달성

3. 대학, 연구소 협력업체, 대기업 등 외부 네트워크 활용 방안

- 가. 본 기술개발에 참여하는 참여기관 순천대학교와 본 기술개발 목표를 달성하고, 지속적으로 다양한 제품의 설계 및 해석을 진행할 예정
- 나. 중기청 등 수출지원 사업을 통한 수출 판로 개척
- 다. 국내외 농업관련 전시회 활용
- 라. 각 시군의 농업기술센터 연계
- 마. 농협의 용자 지원제도 활용

4. 생산, 설비투자, 마케팅, 인력확보 등에 대한 추진 전략

가. 생산 계획

구 분	구분	단위	2020년	2021년	2022년	합계
플라즈마 살균 수직 교반 히터	시제품	Set	1	-	-	1
	양산품	Set	20	100	200	320
플라즈마 살균기	시제품	Set	1	-	-	1
	양산품	Set	5	30	50	85
합계			27	130	250	407

나. 마케팅 계획

년도	구분	추진계획	비고
2020~	전시회 참가	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 국내농업박람회(전시회) 참가</li> <li>· 2020년 김제, 나주, 대전 등 농업박람회 참가 예정</li> </ul>	2021
		<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 국외전시회 참가</li> <li>· 2022년 이후 참가 예정</li> <li>· 해외 바이어 계약 체결 및 제품 홍보</li> </ul>	2022~
	공급·유통 채널 확보를 통한 판로 개척	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 기술혁신기관, 중기청, 농협 등 마케팅 지원사업을 통한 판로 확보</li> <li>□ 정부보조사업(시범사업, 품질개선사업 등)을 활용</li> <li>□ 해외 네트워크를 활용한 해외 파트너 확보 및 시장성 확대</li> </ul>	사업완료 및 사업화 추진 후
	판매 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 당사의 주력시장인 농업 시설의 이해도를 바탕으로 기존 시장의 영업을 통한 품질의 우수성, 가격경쟁력, 제품성능, 서비스 등 부각</li> <li>□ 시장조사를 통하여 향후 10년 이상 대책을 마련하여 안전한 영업활동 실시</li> <li>□ 각종 국내·외전시회 참가</li> <li>□ 제품 인증 등을 통한 제품 신뢰성 확보</li> </ul>	2021
홍보 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 농민신문, 농경잡지, 지역별 원예설명회, 제품설명회 등 제품 홍보활동 활성화</li> <li>□ 홍보물, 홈페이지, 블로그, 광고, SNS 등을 통한 On/Off-line 홍보활동</li> </ul>	2021~	

다. 홍보 활동을 위한 계획

- (1) 소상공인 제품 판매촉진 지원 사업, 전남테크노파크의 사업화 지원 사업, 기타 기관의 사업화 지원 사업 등을 활용
- (2) 전시회, 사업설명회, 제품설명회 등을 활용
- (3) 동영상, 카달로그, 홈페이지 등의 홍보물 활용
- (4) 정부 보조 사업 활용
  - (가) 농가 보급사업의 일환으로 전국 각 시, 도별로 정부의 보조 사업이 해마다 진행되고 있으며, 이에 각 농가의 사전조사 및 영업활동을 통해 수요 농가를 모집한 후 각 시, 도별로 농업기술센터 등에 신청하여 정부 보조금 50~80%정도를 보조 받아 농가에 보급되도록 활용할 계획
  - (나) 또한, 농림축산식품부에서 시설 재배 농가를 대상으로 지원하고 있는 지원사업을 활

용하며, 농업에너지 이용 효율화 사업<sup>8)</sup>에 적용 및 판매, 설치가 가능하다.

#### 라. 사업화를 위한 핵심인력 확보방안

- (1) 지역 인재들을 우선적으로 채용하고, 당사의 사업 다각화를 위한 노력과 당사에서 원하는 인재 발굴 및 인력양성에 힘쓸 예정
- (2) 사업화 및 양산에 필요한 핵심인력을 채용하고, 채용된 인력에 대한 직무교육 및 투자를 통하여 글로벌 시대에 부응하는 인재 육성 및 보유

### 5. 해외 수출 마케팅 전략

#### 가. 해외시장 진출 계획

- (1) 간접수출 → 직접수출 → 라이선스 → 판매법인 → 합작투자 → 직접투자 순으로 활동 규모 확대
- (2) 해외 시장 진출을 위하여 국내외 전문 무역업체나 해외 바이어를 통한 간접수출을 진행하며, 전문 무역업체의 경험과 지식을 활용
- (3) 이후 자체 수출 관련 부서를 통해 수출을 진행하여 국제 시장 경험 및 지식을 축적하고, 수출에 대한 통제력 강화
- (4) 현재 당사는 수출 경험이 없는 기업으로 신규 시장에 2022년 이내 첫 발판을 구축하는데 목표를 두고 사업화를 추진
- (5) 신규 시장 진출 및 기존 제품 분석을 통하여 Early-Bird 전략을 수립하고 다양한 마케팅 방법을 통한 기존 고객의 제품 사용빈도를 늘려 판매를 촉진시킬 계획

#### 나. 해외시장 진출을 위한 사전 준비

- (1) 수출컨소시엄 지원을 통한 해외시장 개척 활동
- (2) 한국무역협회의 해외 마케팅 적극 참여
- (3) 국내 전시회, 해외 전시회 등을 통한 해외 바이어 연결
- (4) 관련 분야 무역업체 확인 및 협의

8) 농식품사업 시행지침서, 농림축산식품부, 2020

## 6. 시장 변화에 따른 사업화 방안

### 가. 전문가를 통한 시장 변화 분석

- (1) 사업화 활성화 후 반기별 또는 분기별 시장 변화 파악
- (2) 시장 변화에 대응할 수 있도록 국내외 전시회 등 적극 참여
- (3) 제품 인증, 규정 등 보완

### 나. 다변화 시장 대응 지원사업 활용

- (1) 수출 초보기업 컨설팅
- (2) 해외규격인증 취득
- (3) 해외 바이어 정보은행
- (4) 외국어 브로슈어 활용

## 참고문헌

- 1) 마냥 좋아할 일만은 아닌 성숙함, 임병선, 농촌진흥청, 2016
- 2) 과일 채소 저장조건, 농촌진흥청 국립원예특작과학원
- 3) ICT기반 스마트농업 현황분석 및 활성화 방안 연구, 성경일 외, 강원대학교, 2015
- 4) 플라즈마 기술의 농식품 분야 활용, 유석재, 진공이야기, 2015
- 5) 스마트팜 기술동향 및 전망, 김관중, 한국전자통신연구회, 2015
- 6) 스마트팜 기술 및 시장동향 보고서, 과학기술일자리진흥원, 2019
- 7) 농식품사업 시행지침서, 농림축산식품부, 2020
- 8) 제23회 농업전망, 한국농촌경제연구원, 2020
- 9) 한국의 스마트농업 현황과 주요과제, 서윤정, 해외농업농정포커스
- 10) 저온 플라즈마를 이용한 이온 클러스터 공기청정기 개발에 관한 연구, 이창민, 인하대학교, 2005
- 11) 송풍기 기술자료집, SNK Co.
- 12) SPS 축류 송풍기, 한국설비기술협회, 2017
- 13) 특허, 판형 발열체 및 그 제조방법, 10-2004-0045602
- 14) 특허, 하부 피복절연시트와 망사형 직조물을 발열 베이스로 이용한 면상발열체와 그 제조방법, 10-2013-0004532



[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발				
	(영문) Developed plasma heater to increase cultivation environment and storability of greenhouse and non-storage pool				
주관연구기관	에스지	주 관 연 구 책 입 자	(소속) 에스지		
참 여 기 업	순천대학교 산학협력단 (협동연구기관)		(성명) 이영재		
총연구개발비 (천원)	계	400,016	총 연구 기간	2018.09. ~ 2020.09.	
	정부출연 연구개발비	150,000	총 참 연 구 원 수	총 인 원	14
	정부외 연구개발비	150,000		내부인원	14
	기업부담금	100,016		외부인원	-
	연구기관부담금	0			

○ 연구개발 목표 및 성과

1. 기술개발 목표

- ▶ 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발
  - 시설하우스와 저장 시설의 효율적인 난방을 위해 수직 교반 형태의 히터 개발
  - 작물 병해 예방과 에틸렌 가스 저감을 위한 플라즈마 살균 모듈 개발
  - 면상 발열 히터와 플라즈마 살균 모듈을 결합한 플라즈마 가온 선도유지기 개발
  - 플라즈마 가온 선도유지기 제어기 및 통합제어 시스템 개발

2. 정량적 목표

- ▶ 최종 정략적 목표
  - 상하온도편차 : 3℃ 이내
  - 항곰팡이시험 : 곰팡이 미성장
  - 부유세균저감 성능시험 : 80%이상 저감
  - 오존방출량 : 0.06ppm 이하
  - 실내공기질 시험 : 80% 이상 저감
  - 에틸렌가스 제거율 : 90% 이상 저감

### 3. 연구성과 목표

#### ▶ 최종 연구성과 목표

- 지식재산권 : 특허출원 2건, 특허 등록 1건
- 사업화 : 제품화 2건, 매출액 20백만원, 고용창출 2명
- 학술성과 : 논문 3건, 학술발표 4건
- 교육지도 : 2건
- 인력양성 : 4건
- 정책활용홍보 : 홍보전시 : 2건

#### ○ 연구내용 및 결과

##### 1. 기술개발 목표 및 결과

###### ▶ 1차년도

- 플라즈마 발생 모듈 개발  
: 시설하우스 및 저장 시설의 공간과 환경을 고려하여 적정 용량의 플라즈마 발생 모듈(40m<sup>2</sup>, 100m<sup>2</sup>)의 개발을 진행하고, 정량적 목표 달성을 위해 곱광이, 세균저감, 에틸렌저감 등의 시험을 진행하고, 플라즈마 램프에서 발생하는 오존 발생량 등의 시험을 수행하였다.
- 면상 발열 히터 및 수직 형태의 난방 구조 개발  
: 본 연구개발의 목표는 저온 저장고, 무가온 저장고의 적정한 온도 및 살균을 위한 제품의 개발로, 적정한 온도 유지를 위해 4kW의 면상 발열체를 이용하여 히터를 제작하였다. 또한, 기존 난방 방식과의 차별성을 갖는 효율적인 수직 형태의 난방 구조 및 장치의 개발을 진행하였다.
- 수직 형태 히터 제어기 및 제어 프로세스 개발  
: 면상 발열 히터 및 주요 장치를 제어 프로세스 및 프로그램을 개발하고, 제어기의 개발을 수행 완료하였다.

###### ▶ 2차년도

- 플라즈마 가온 선도유지기 개발 및 현장 적용  
: 1차년도에 개발된 플라즈마 발생 모듈과 면상 발열히터, 주요 장치를 보완하고, 수직 형태의 플라즈마 가온 선도유지기에 적용하여 개발하였다. 또한, 플라즈마 가온 선도유지기를 제어할 수 있는 제어기와 프로그램, 프로세스의 개발을 수행하였으며, 플라즈마 가온 선도유지기를 시설하우스 및 저장 시설에 적용하여 에틸렌 가스 저감 효율을 확인하였다.
- ICT 통합제어 시스템 개발  
: 시설하우스 및 저장 시설에 설치되어 있는 시설물을 통합적으로 제어할 수 있는 통합제어기의 개발을 수행하였으며, 개발된 플라즈마 가온 선도유지기 뿐만 아니라, 유동팬, 제습기, 개폐기 등을 통합적으로 제어할 수 있다.

## 2. 연구개발 목표 및 성과 대비 결과

▶ 최종 목표인 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발을 완료하였다. 연차별 연구개발의 수행을 원활하게 하였으며, 최종 시제품의 가제품명은 “플라즈마 가온 선도유지기” 이다.

### ▶ 최종 전략적 목표 대비 달성도

	가중치(%) (합계 100%)	최종 목표	최종 결과	달성도(%)
상하온도편차	15	3℃ 이내	0.5℃	100
항곰팡이시험	20	곰팡이 미성장	미성장	100
부유세균저감 시험	15	80%이상 저감	99.9%	100
오존방출량	15	0.06ppm 이하	0.02	100
실내공기질 시험	15	80% 이상 저감	90.37	100
에틸렌가스 제거율	20	90% 이상 저감	99.5	100

### ▶ 최종 연구성과 목표 대비 달성도

		가중치(%) (합계 100%)	최종 목표	최종 결과	달성도(%)
지식 재산권	특허출원	5	2건	2건	100
	특허등록	10	1건	1건	0
사업화	제품화	20	2건	2건	100
	매출액	15	20,000천원	20,000천원	100
	수출액 <sup>1)</sup>	10	-	-	-
	고용창출	10	2명	2명	100
학술 성과	논문	-	3건	2건	66.7
	학술발표	10	4건	3건	75
	교육지도	5	2건	2건	100
	인력양성	5	4건	4건	100
	홍보전시 <sup>2)</sup>	10	2건	1건	50

비고)

1) 사업화의 수출액은 가중치가 10% 잡혀있으나, 연구개발 종료 이후의 성과로 포함되어 있다. 사업기간 내 전체 가중치의 합은 90%이다.

2) 전시회 미달성 1건은 2020년 KIEMSTA에 참가기업으로 선정되었으나, 코로나19로 인하여 개최가 취소되어 달성하지 못하였다.

○ 연구성과 활용실적 및 계획

▶ 활용 실적 및 계획

- 연구개발한 시제품은 시설하우스와 저장 시설에 적용하여 난방 및 에틸렌 저감 효과를 확인하였다. 이에 시제품(사업화 예정)의 매출액을 발생시켰다.
- 공인시험기관의 시험을 통하여 살균 및 난방 효과를 확인하였으며, 시험 성적서를 활용하여 판매망을 확대해 나갈 계획이다.
- 플라즈마 방식을 이용한 살균 시스템으로 플라즈마 살균과 오존 저감 촉매제를 이용하여 다양한 분야에 적용이 가능하다.

▶ 파급효과

- 연구개발 제품은 공기질의 개선을 가져오고, 가온 및 저장 시설에 적용하여 에너지 절감, 농식품 저장성 증대, 농가 수익 창출, 소비물가 감소 등의 효과를 볼 수 있다.
- 최고기술 국가 대비 70% 수준의 못 미치는 ICT 기술의 적용을 통한 농업 분야의 활성화를 가져온다.
- 산업화 실용화 과정을 통해 주관기업을 포함한 참여기관의 신규 인력 채용 및 인력양성이 기대된다.

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	118083-02			
사업구분	농식품기술개발사업					
연구분야				과제구분	단위	
사업명	농축산물안전유통소비기술개발사업				주관	
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발			과제유형	개발	
연구기관	에스지, 순천대학교 산학협력단, 애월농협			연구책임자	이영재	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	정부 외	민간	계
	1차년도	2018.09.10. ~2019.09.09	75,000	75,000	50,016	200,016
	2차년도	2019.09.10. ~2020.09.09	75,000	75,000	50,000	200,000
	3차년도					
	4차년도					
	5차년도					
	계			150,000	150,000	100,016
참여기업						
상대국	상대국연구기관					

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020. 10. 01.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
에스지	대표	이영재

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.

확 약	
-----	---

## I. 연구개발실적

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

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

연구개발 제품은 시설하우스와 저장시설에 적용되어 플라즈마 살균에 의한 농식품의 신선도를 유지시켜주고, 적정 온도 조절을 위한 가온, 공기 순환을 위한 공기 교반 등의 기능이 결합되고, 농식품의 생육 및 저장 환경에 따라 통합 제어 할 수 있다.

현재 시장을 형성하는 제품들과 차별성을 갖추고 있으며, 에너지 절감 효과를 가져올 수 있는 제품으로 아주 우수한 연구개발 결과를 얻었다.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

개발된 시제품은 일부 사업화가 진행되었으며 매출액이 발생되었다. 최종적으로 사업화 제품을 양산하고 홍보활동을 통해 관련 시장 활성화 및 기업의 성장을 가져올 것이다. 또한, 다양한 분야에서 플라즈마 살균 기술을 도입하고 있으나, 농업관련 시설에는 적용된 제품이 거의 없다. 보다 효율적인 농식품의 생산 및 저장, 유통 등을 위해서는 플라즈마 살균 기술을 적용 할 필요성이 있다고 관하며, 이에 따른 농업 경제 활성화를 가져올 것이다.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구개발은 농업용에 적합하도록 개발을 진행한 제품이지만, 적용 환경에 맞는 구조로 개선하여 플라즈마 살균, 난방 등의 기능을 타 제품 및 산업에 적용이 가능하다. 플라즈마의 우수한 살균 효과를 성능시험으로 확인하였으며, 이 살균 기술을 적극 활용할 예정이다.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

연구개발을 위해 전시회, 카탈로그 등 관련 제품들을 확인하고, 보다 효과적인 제품의 개발을 위해 연구개발을 수행하였다. 연구개발 기간 내 저장고 에틸렌 저감 효과를 확인하고, 시설하우스에 시제품을 적용하여 사업화 가능성을 확인하였다. 이후 저장시설을 새롭게 구축하고 정밀 시험 및 분석을 진행할 예정이다.

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

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

연구개발 성과는 논문 2건과 학술발표 3건, 지적재산권 2건 등을 수행하였으며, 미달성 성과가 발생하였지만, 추가적으로 진행할 예정이며, 관련성과 모두 사사를 기입하여 본 연구개발과 관련된 내용임을 확인이 가능하다.

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
상하온도편차	15	100	
항곰팡이 시험	20	100	
부유세균저감 시험	15	100	
오존방출량 시험	15	100	
실내공기질 시험	15	100	
에틸렌가스 제거율 시험	20	100	
합계	100점	100%	

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

최종 시제품명은 “플라즈마 가온 선도유지기”로 핵심 기술인 플라즈마 살균과 수직 형태의 히터의 개발을 완료하였으며, 계획했던 정략적 목표 대비 높은 결과를 얻었다. 이로 인해 살균 및 난방 효과가 확인되었다.

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

정량적 목표 달성 시 계획했던 시험 기관의 변경이 있었으나, 모든 시험은 공인시험기관 및 국제공인 시험기관을 통하여 시험 진행을 하였다.

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

개발된 제품은 사업기간 내 시제품 형태로 매출액이 발생하였으며, 안정적으로 시장진입 할 수 있도록 사업화를 준비할 예정이다. 또한, 핵심 기술 및 관련 제품에 대한 지식재산권 등의 등록을 통하여 제품을 보호할 것이다.

#### IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함

##### 1. 연구책임자의 의견

--

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

--

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발			
주관연구기관	에스지		주관연구책임자	이영재
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	정부출연 외 연구개발비	총연구개발비
	150,000,000	100,016,000	150,000,000	400,016,000
연구개발기간	2018.09.10. ~2020.09.09			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(연구, 기술이전, 사업화 등) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 온실과 무가온저장고의 재배환경 및 저장성 증가를 위한 플라즈마 히터 개발	- 플라즈마 발생 모듈과 면상 발열 히터의 개발을 각각 수행하고, 수직 형태의 구조에 적용하여 시제품 개발을 완료. - 최종 시제품의 가제품명은 플라즈마 가온 선도 유지기이며, 이를 제어 할 수 있는 제어기의 개발 완료. - 시설물을 통합적으로 제어 할 수 있는 ICT 통합제어기 개발 완료.
② 상하온도편차 최종 3℃ 이하	- 결과 1.98℃ 이하의 온도편차
③ 향곰팡이 미성장	- 결과 향곰팡이 미성장
④ 부유세균 저감시험 80% 이상	- 부유세균 4종에 대한 저감 시험 진행하였으며 모두 99.9% 이상 사멸.
⑤ 오존 방출량 0.06 ppm이하	- 결과 0.02ppm
⑥ 실내공기질 저감시험 80% 이상	- 결과 90.37% 저감
⑦ 에틸렌 가스 제거율 90% 이상	- 결과 99.5% 저감

\* 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		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
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	5	10				20	15	10	10				10	5	5		10			
최종목표	2	1				2	10	-	2			3	4	2	4		2			
연구기간내 달성실적	2	0				2	21		2			2	3	2	4		1			
달성율(% )	100	0				100	100		100			67	75	100	100		50			

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	플라즈마 가온 선도유지기
②	
③	

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소 화 흡 수	외국기술 개 선 개 량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		V				V				
②의 기술										
③의 기술										
.										

\* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	연구개발결과 완제품 형태이며, 국내 시장 진입 및 판매량 확대 국내 안정화 이후 네덜란드, 미국, 이스라엘 등 시설원에 관련 국가로 수출 진행
②의 기술	
③의 기술	
:	

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				20	15	10	10					10	5	5		10	
최종목표	2	1				2	10	-	2			3		4	2	4		2	
연구기간내 달성실적	2	0			1	2	21		2			2		3	2	4		1	
연구종료후 성과창출 계획 (1년이내)		<u>1</u>				<u>1</u>	<u>100</u>		<u>2</u>			<u>1</u>		<u>1</u>				<u>2</u>	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	플라즈마 가온 선도유지기		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간		실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2020.04.01
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>			

- 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) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)



### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술 개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.