

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
첨단생산기술개발사업 2019년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003127-01

# 그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120 KW에서 60 KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발

최종보고서

2020. 02. 10.

주관연구기관 /(주)존인피니티

농 립 축 산 식 품 부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 귀하

본 보고서를 “그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발에 관한 연구(연구개발 기간:2018. 04. 26~2019. 12. 31.) “과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 02. 10.

주관연구기관명 : (주)존인피니티 기술연구소  
주관연구책임자 : 조 인 철  
세부연구책임자 : 조 인 철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라서 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	118066-2	연구기간	2018.04.26~2019. 12.31		단계 구분	(해당단계)/ (총 단계)
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업				
	사업명	첨단생산기술개발사업				
연구과제명	과제명	그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발				
	세부 과제명	그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발				
연구책임자	해당단계 참여연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: -명	해당단 계 연구개 발비	정부:170,000천원 민간:56,666천원 계:226,666천원		
	총 연구기간 참여연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: -명	총 연 구개발 비	정부:170,000천원 민간:56,666천원 계:226,666천원		
연구기관명 및 소속부서명	(주)존인피니티/기술연구소			참여기업명: -해당사항 없음		
국제공동연구	상대국명: -해당사항 없음		상대국 연구기관명: -해당사항 없음			
위탁연구	연구기관명: -해당사항 없음		연구책임자: -해당사항 없음			

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	-해당사항 없음
-------------------------	----------

### 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	-해당사항 없음										

### 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장 비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
-해당사항 없음								

## 요 약 문

연구의 목적 및 내용	<p>I. 제 목 그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120 KW에서 60 KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발</p> <p>II. 연구개발의 목적 및 필요성</p> <p>○ 온열 난방 초기에는 가스, 등유 등을 이용한 보일러를 사용하였고, 전기보일러는 2008년도이후 축열식, 심야전기용 등이 상용화되었으며, 농업용 그린하우스용 고용량 전기보일러가 작물재배용 전기보일러가 널리 보급되어 사용되고 있지만, 전기 소비량이 매우 커 시설하우스 재배농가의 원가부담이 되고 있는 실정이다.</p> <p>-가스보일러의 경우는 화석연료를 연소하여 에너지를 사용하므로 유해물질이 배출되며, 근래의 전기보일러의 경우는 시즈 니크롬선 메탈히터를 장착한 직간접형으로 전기소비량이 크며, 열효율이 낮은 문제를 갖고 있으며, 사용수명도 매우 낮아 운영비용도 매우 크다.</p> <p>-시설농가의 그린하우스용 전기보일러시스템으로 120KW 전기보일러로 난방용을 60KW 전기보일러를 개발 현재의 시설농가의 전기보일러 대체로 에너지를 약 50%이상 절감할 수 있도록 개발하였다.</p> <p>-본 개발제품은 침수형 고용량 세라믹히터를 장착하여 공급가를 약 50%정 낮추어 시설농가에 보급할 예정이다.</p> <p>○ 연구개발 필요성</p> <p>-현재 그린하우스 내 재배작물은 토마토, 파프리카, 딸기, 호박, 참외, 수박 등으로 그린하우스의 온도가 일정온도가 유지되어야 한다. 난방 방식은 다음과 같이 전기보일러 방식이 타 방식에 비하여 연료비가 적게 들어 전기보일러를 대부분 난방용으로 채택하고 있다.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">전기보일러</th> <th style="width: 20%;">가스보일러</th> <th style="width: 20%;">경유 보일러</th> <th style="width: 20%;">화덕 보일러</th> <th style="width: 20%;">기타</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">* 출처 : 통계청 (2016)</p> <p>-전기보일러는 전국에서 120KW급 전기보일러를 가동하는 농가는 약 10,000개 농가가 존재하고 있으며, 120KW 전기보일러로 하우스 143평 2개동을 난방하고 있으며, 보조 난방으로 경유 보일러가 같이 사용되어 소비전력량은 120KW 이상이다.</p> <p>-농가의 애로점은 겨울철에 전력비가 120KW 보일러 2개 가동시(하우스 143평/120KW x 2 개동=286평) 전력비가 약 800만원이상 소요되어 농가의 큰 부담이 되어 도 단위에서도 현재까지 뚜렷한 대책을 찾지 못하고 있음. 농가의 전력비 절감을 위한 전기보일러의 소비전력량을 50%정도 낮추는 기술개발이 절실한 실정으로, 본 연구를 통하여 개발하였다.</p>	전기보일러	가스보일러	경유 보일러	화덕 보일러	기타	40	10	30	10	10
전기보일러	가스보일러	경유 보일러	화덕 보일러	기타							
40	10	30	10	10							

### Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

1차년도 : 그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발

-농업용 전기보일러의 핵심부품 및 에너지 절감형 전기보일러 개발

- 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 기술개발
- 고용량 세라믹히터의 고신뢰성 기술 개발
- 120kw 농업용 전기보일러에서 60kw의 전기보일러로 개발

○ 기존의 120kw 농업용 전기보일러를 60kw의 전기보일러로 대체 가능한 호환성 전기보일러 개발

-그린하우스 난방용 전기보일러의 핵심부품 시험분석 및 전기보일러 성능 평가

- 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 시험분석
- 고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석
- 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 성능평가

2차년도 : 그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발

-농업용 전기보일러의 핵심부품 및 에너지 절감형 전기보일러 개발

○ 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 및 고용량 세라믹히터 모듈화 기술개발

- 120kw 농업용 전기보일러에서 60kw의 전기보일러로 개발
- 고용량 히팅 물탱크 설계 및 최적의 열교환 라지에이터 기술개발
- 송풍시스템 및 중앙제어방식 개발

-농업용 전기보일러 ICT 적용기술 및 신뢰성분석

○ 그린하우스 난방시스템 온도 및 습도, CO2 가스농도 모니터링 ICT기술 개발.

- 물탱크 히팅모듈 온도 컨트롤러 PCB 설계 및 위상제어 기술개발
- 그린하우스 난방성능 실증을 위한 시설농가 작물성장 검증
- 고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석
- 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 시스템 성능평가

연구개발성과	<p>IV. 연구개발결과</p> <p>본 연구는 2차년도에 걸쳐 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 및 고용량 세라믹히터 모듈화 기술개발을 수행하였다</p> <p>1) 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-고용량 세라믹히터(<math>Al_2O_3</math> 96%)가 물속에서 가열시 깨지지 않고 내구수명을 갖게 세라믹조성물, 발열저항패턴, 소성조건 등의 공정조건을 농업용 전기보일러에 적용 가능한 세라믹히터 개발.</li> <li>-3 kW 전력 세라믹히터를 2개를 6 kW 모듈화하여 물탱크에 장착할 수 있도록 설계 및 제작.</li> <li>-전기보일러 세라믹히터 14모듈(84 kW)을 설치하여 열효율이 극대화되도록 Power를 나추는 연구를 수행함.</li> </ul> <p>2) 그린하우스 난방용 전기보일러 종래의 그린하우스 호환용 70 kW전기보일러 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-전기보일러용 Water Tank용량 및 히터모듈 히팅구조 설계</li> <li>-열교환 라지에이터 및 송풍기 전기설계 및 제작</li> <li>-전기보일러용 Water Tank의 유체 온도 균일화 방안 설계 및 적용 제작</li> <li>-히팅 컨트롤러 PCB 및 구동 시스템 설계 및 시제품 제작</li> </ul> <p>3) 고용량 세라믹히터 및 전기보일러 성능평가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-고용량 세라믹히터 전기적 특성 및 기계적 특성 평가</li> <li>-전기보일러용 고용량 세라믹히터의 내구성 시험평가</li> <li>-농업용 전기보일러 시제품 제작 및 소비전력 측정</li> </ul> <p>4) 120kW 농업용 전기보일러에서 60kW의 전기보일러로 개발</p> <p>시즈히터 120kW로 구동되는 물탱크를 현재 2700CC물탱크를 1000CC물탱크로 콤팩트화하여 60kW로 세라믹히터를 모듈화하여 집중적으로 발열되도록 구조를 최적화 설계를 통한 에너지 절감 50% 절감가능한 구조로 개발.</p> <p>5) 고용량 히팅 물탱크 설계 및 최적의 열교환 라지에이터 기술개발</p> <p>물탱크내에 장착된 히터를 가열하여 물온도를 80℃로 가열된 물을 상기 온풍기내에 장착된 라지에이터에 물을 순환하면서 팬을 돌려 물의 온도를 공기로 열교환하여 왼쪽의 사진과 같이 시설하우스 내부의 온도를 작물 에 최적의 온도를 유지하여 컨트롤 되게 개발함.</p> <p>6) 송풍시스템 및 중앙제어방식 개발</p> <p>고용량의 전기보일러용 물탱크의 고용량(120kW)의 브리커, 송풍기 브리커등 전기보일러의 전기제어가 수동으로 농민이 전기스위치를 올려 작동되는 방식으로 매우 불편하고 전기안전성이 취약한 상태로 ICT적용 원격제어가 가능하도록 개발함.</p> <p>7) 그린하우스 난방시스템 온도 및 습도, CO<sub>2</sub> 가스농도 모니터링 ICT기술 개발</p> <p>그린하우스내의 온도, 습도센서를 장착하여 하우스내의 온도, 습도, 관리를 ICT 기술을 접합하여 ON-Line으로 하우스내의 작물조건을 컨트롤할 수 있으며, 전기보일러를 구동할 수 있도록 개발하였다.</p> <p>8) 물탱크 히터모듈 온도 컨트롤러 PCB 설계 및 위상제어 기술개발</p> <p>고용량 세라믹히터를 장착하여 장시간 사용하여 위상제어에 의한 듀티값을 제어하여 세라믹히터에 가해지는 부하를 줄이고 히터의 용량을 올릴 수 있도록 PCB 제어회로를 개발함.</p> <p>9) 충남 금산 소재 시설농가 깻잎 작물 성장 효과 검증</p> <p>충남 금산 소재 시설하우스에서 겨울철 작물 성장효과를 검증 하였다.</p> <p>10) 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 시스템 성능평가</p>
--------	---

<p>연구개발성과 의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>- 국내·외 농업용 전기보일러는 대부분 물탱크 안에 시즈히터가 장착된 보일러가 대부분이며 주로 우리나라 시설농가들의 시설난방으로 많이 쓰이고 있다. 2016년 기준 시설 농가수는 296,384 농가이며 전기보일러로 시설 난방하는 농가는 약 30%인 88,915농가일 것으로 예상함.</p> <p>-국내·외 농업용 전기보일러는 시즈히터를 사용하며 세라믹히터를 적용한 직접 가열형 전기보일러는 없으며, 세라믹히터는 시즈히터 대비 소비전력이 약 30-50%정도 에너지 절감 효과가 있음.</p> <p>-기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기보일러의 효율극대화로 인한 에너지 절감기술 개발.</li> <li>○ 세라믹 히터의 고용량 전기보일러의 적용기술로 전기온수기, 냉난방기 등 관련 히팅 사업으로 확대가능성 높아짐.</li> <li>○ 유로 히팅 기술 개발로 전기자동차 및 수소연료전지자동차의 히팅모듈에도 기술 적용가능.</li> </ul> <p>-사회적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전기보일러의 전기 사용량 절감으로 에너지사용량 절감 기여</li> <li>○ 시설하우스 재배 농가의 소득 증대로 농촌 사회의 안정화.</li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>시설하우스</p>	<p>난방용보일러</p>	<p>소비전력</p>	<p>에너지절감</p>	<p>농업용 보일러</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Green House</p>	<p>Heating boiler</p>	<p>Power Consumption</p>	<p>Energy saving</p>	<p>Agricultural boiler</p>

# S U M M A R Y

## I. Title

**Developed agricultural electric boiler with energy saving of less than 60KW from existing 120KW electric boiler for green house heating**

## II. Purpose and Demand of R&D

Development of agricultural electric boiler with energy savings of more than 50% from 120KW to less than 60KW.

Density: 3.7 g / cm<sup>3</sup>

3-Point Flexural Strength: 310 MPa

Vickers Hardness / Load 500g: 13.7 GPa

Leakage current: <0.25 mA

Durability: 5,000 Cycle

Electric Power Consumption: Below 60 KW

Energy saving; 50% savings

Calorie: 270,000 Cal / 60KW

Yield Assessment: 10% Increase

## III. Details of R&D

-Currently, green house crops include tomatoes, paprika, strawberries, pumpkins, melons, and watermelons. As the heating method, the electric boiler method has a lower fuel cost than other methods, and most electric boilers are adopted for heating.

-There are about 10,000 farmhouses operating 120KW-class electric boilers nationwide, and 120KW electric boilers are heating 2 buildings of 143 pyeong of the house. More than 120KW.

-The farmer's trouble point is that when operating two 120KW boilers in winter (House 143 pyeong / 120KW x 2 dong = 286 pyeong), the cost of electricity is over 8 million won. Not found The development of reducing electric power

consumption of electric boilers by 50% to reduce power costs of farms is urgently needed.

-Development of a 60KW electric boiler for heating with a 120KW electric boiler as an electric boiler system for a green house of a facility farm. The electric boiler of a current facility farm has been developed to reduce energy by about 50% or more.

-This technology development will be supplied to facility farms by lowering the supply price by about 50% by installing submerged high capacity ceramic heaters. In addition, it was developed to be compatible to operate at low power by connecting the developed product to the electric boiler currently in operation.

#### IV. Application of R&D result

-Most domestic and foreign electric boilers are boilers equipped with sheath heaters in water tanks. As of 2016, the number of households with facilities is 296,384 and the number of households heating facilities with electric boilers is expected to be 88,915, about 30%.

-Domestic and foreign agricultural electric boilers use sheath heaters, and there are no direct heating electric boilers with ceramic heaters. Ceramic heaters have energy savings of about 30-50% compared to Sheath heaters.

- 1) Development of energy saving technology by maximizing efficiency of electric boiler.
- 2) The application of high-capacity electric boilers to ceramic heaters is likely to expand into related heating businesses such as electric water heaters and air conditioners.
- 3) With the development of Euro heating technology, the technology can be applied to both heating of electric vehicle and hydrogen fuel cell vehicle.
- 4) Contribution to energy consumption by reducing electricity consumption of electric boilers
- 5) Stabilization of Rural Society by Increasing Income of Farmhouse Growers

## C O N T E N T S

Chapter 1 Outline of R&D -----	13
Chapter 2. Importance and Necessity of R & D-----	16
Chapter 3. Domestic and International Technology Development -----	18
Clause 1 Domestic situation -----	18
Clause 2 Foreign situation-----	25
Clause 3 ontents and results of R&D -----	27
Chapter 4 Goal and achievement of R&D -----	29
Clause 1 Final goal -----	29
Clause 2 Step goal and degree of achievement -----	30
Clause 3 Contents and results of R&D -----	30
1. R & D Performance and Results-----	3
3 -----	0
Clause 4 Results of research (papers, patent applications, etc.) -----	210
Clause 5 Goal achievement and contributions from related fields-----	216
1. Goal and degree of achievement -----	216
가. Final goal -----	216
나. Step goal and degree of achievement-----	216
2. Self evaluation degree of achievement-----	217
Chapter 5 Application of R&D results-----	219
Chapter 6 Performances-----	222
가. Table of performances -----	222
나. Presentation and publication of papers -----	222
다. Patent pending and registration -----	222
다. Technology charge collection status-----	223
라. Commercialization Status-----	223
마. Human Resource Utilization-----	223
사. Economic and Social Ripple Effects-----	223
Chapter 7 Foreign technical information obtained during R&D -----	224
Clause 1 Investigation of similar research case -----	224
1. Foreign case -----	224
2. Domestic case -----	225
3. Analysis and evaluation of investigated research case -----	228
Clause 2 Comparison of Domestic/Foreign specific technologies level -----	228
Clause 3 Budget and character of world market -----	229
1. Main market -----	229
2. Budget of market -----	229
3. Character of world market -----	229
4. Foreign company that have this technology -----	229
Chapter 7 Equipment Status-----	229
Chapter 8 References -----	230
Chapter 9 Appendix (Test Report, Drawing, Blueprint)-----	231

## 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 -----	11
제 2 장 연구개발의 중요성과 필요성 -----	15
제 3장 국내외 기술개발 현황 -----	17
제 1 절 국내 기술수준 및 시장현황 -----	17
제 2 절 국외 기술수준 및 시장현황 -----	24
제 3 절 연구개발 수행 실적 -----	26
제 4 장 연구개발 목표 및 달성도 -----	28
제 1 절 최종목표 -----	28
제 2 절 연구개발 단계목표 및 달성도-----	29
제 3 절 세부 연구 목표별 주요연구 내용 및 결과 -----	30
1. 연구개발 수행내역 및 결과-----	30
제 4 절 연구실적(논문, 특허출원 등) -----	210
제 5 절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도-----	216
1. 연구개발 목표 및 목표달성도 -----	216
가. 최종목표-----	216
나. 단계별 목표 및 달성도-----	216
2. 목표달성도에 대한 자체평가 -----	217
제 5 장 연구개발 결과 및 성과 활용 방안 -----	219
제 6 장 연구성과 -----	222
가. 연구개발결과의 성과 및 활용목표 대비 실적 -----	222
나. 논문게재 성과 - -----	222
다. 지적재산권 출원.등록-----	223
라. 기술료 징수현황-----	223
마. 사업화현황- -----	223
바. 인력활용 양성성과-----	223
사. 경제사회적 파급효과-----	223
제 7 장 연구개발과정에 수집한 해외 과학기술정보-----	224
제 1 절 유사연구사례에 대한 조사현황 -----	224
1. 외국의 경우 -----	224
2. 국내의 경우 -----	225
3. 조사한 연구개발 사례에 대한 자체분석 및 평가결과 -----	228
제 2 절 국내외 세부기술 수준 비교표 -----	228
제 3 절 세계 시장규모 및 성격 -----	229
1. 주시장-----	229
2. 시장규모 -----	229
3. 세계시장 성격 -----	229
4. 본 기술을 보유하고 있는 외국회사 -----	229
제 7 장 연구시설 장비현황 -----	229
제 8 장 참고문헌 -----	230
제 9 장 부록(시험성적서,도면,설계도)-----	231

## 제 1 장 연구개발 과제의 개요

사업명	농림축산식품부기술개발사업		기술분야		농기자재	
단위과제명	그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120 kW에서 60 kW이하로 50 %이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발					
주관 연구기관	(주)존인피니티		주관연구책임자		조인철	
총 연구기간 (년차)	2018 .04. 26 ~ 2019. 12 . 31 .(21개월)		연 참여인력		10명	
	2차년					
연구개발비 (천원)	년도	정부출연금	기업체부담금			계
			현금	현물	소계	
	1차년도	70,000	2,333	21,000	23,333	93,333
	2차년도	100,000	3,333	30,000	33,333	133,333
합계	170,000	5,666	51,000	56,666	226,666	
연구요약	<p>-현재 그린하우스 내 재배작물은 토마토, 파프리카, 딸기, 호박, 참외, 수박 등으로 그린 하우스에 온도가 일정온도가 유지되어야 한다. 난방 방식은 다음과 같이 전기보일러 방식이 타 방식에 비하여 연료비가 적게 들어 전기보일러를 대부분 난방용으로 채택하고 있다.</p> <p>-전기보일러는 전국에서 120KW급 전기보일러를 가동하는 농가는 약 10,000개 농가가 존재하고 있으며, 120KW 전기보일러로 하우스 143평 2개동을 난방하고 있으며, 보조 난방으로 경유 보일러가 같이 사용되어 소비전력량은 120KW 이상이다.</p> <p>-농가의 애로점은 겨울철에 전력비가 120KW 보일러 2개 가동시(하우스 143평/120KW x 2개동=286평) 전력비가 약 800만원이상 소요되어 농가의 큰 부담이 되어 도 단위에서도 현재까지 뚜렷한 대책을 찾지 못하고 있음. 농가의 전력비 절감을 위한 전기보일러의 소비전력량을 50%정도 낮추는 본 개발이 절실한 실정이다.</p> <p>-시설농가의 그린하우스용 전기보일러시스템으로 120KW 전기보일러로 난방용을 60KW 전기보일러를 개발 현재의 시설농가의 전기보일러 대체로 에너지를 약 50%이상 절감 할 수 있도록 개발하였다.</p> <p>-본 개발제품은 침수형 고용량 세라믹히터를 장착하여 공급가를 약 50%정도 낮추어 시설농가에 보급할 예정임. 또한 현재 가동하고 있는 전기보일러에 본 개발제품을 연결하여 저전력으로 가동할 수 있도록 호환성을 갖는 연구도 병행하였다.</p>					

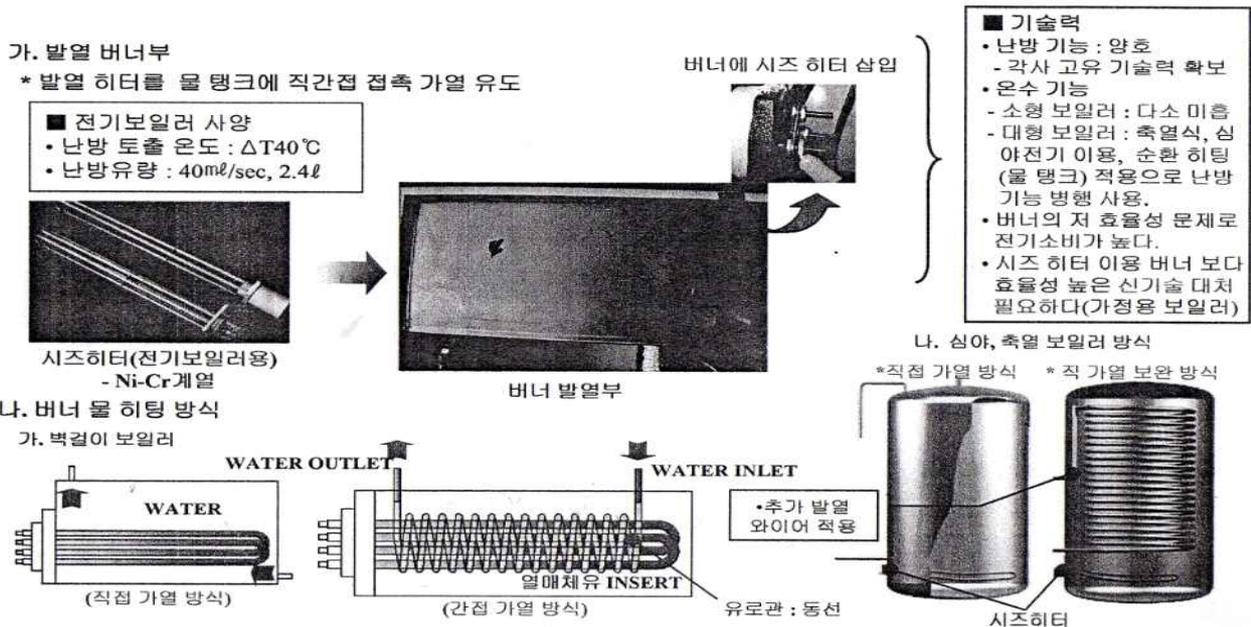
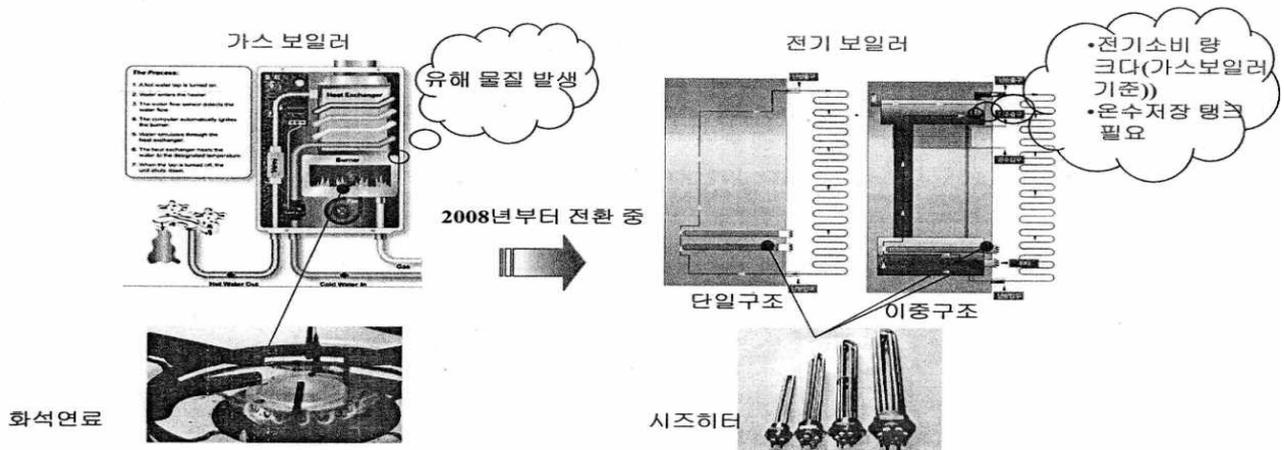
<연구개발 대상 및 기술·제품의 개요>

○ 연구개발 개요

○ 온열 난방 초기에는 가스, 등유 등을 이용한 보일러를 사용하였고, 전기보일러는 2008년도이후 축열식, 심야전기용 등이 상용화되었으며, 농업용 그린하우스용 고용량 전기보일러가 작물재배용 전기보일러가 널리 보급되어 사용되고 있지만, 전기 소비량이 매우 커 시설하우스 재배농가의 원가부담이 되고 있는 실정이다.

-가스보일러의 경우는 화석연료를 연소하여 에너지를 사용하므로 유해물질이 배출되며, 근래의 전기보일러의 경우는 시즈 니크롬선 메탈히터를 장착한 직간접형으로 전기소비량이 크며, 열효율이 낮은 문제를 갖고 있으며, 사용수명도 매우 낮아 운영비용도 매우 크다.

○ 현재의 전기보일러 및 핵심부품



현재의 시설농가의 겨울철 난방용 전기보일러이며 본 연구팀이 제안한 50% 에너지 절감형 개발 농업용 전기보일러 개요도이다.



Figure 1. Overview of Development Technology

-상기 그림 1의 시설농가의 그린하우스용 전기보일러시스템으로 120KW 전기보일러로 난방용을 60KW 전기보일러를 개발 현재의 시설농가의 전기보일러 대체로 에너지를 약 50%이상 절감할 수 있도록 개발하였다

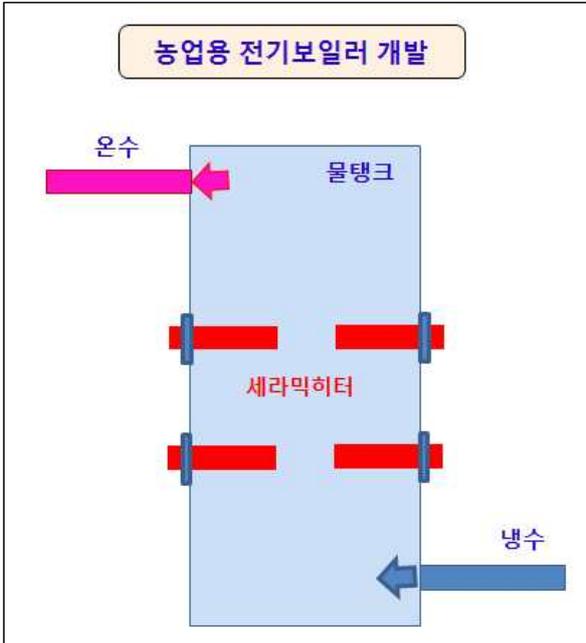


Figure 2. Principle Diagram of Agricultural Electric Boiler

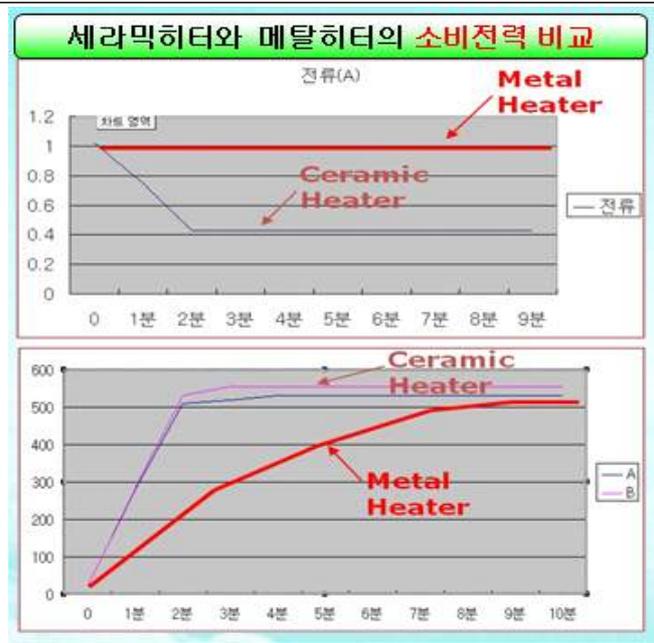


Figure 3. Power consumption comparison between ceramic and metal heaters



소비전력: 120KW(30KW x 4set=120KW)/시스히터  
 난방면적: 118m<sup>2</sup>/30KW x 4set=472mm<sup>2</sup>/120KW (143평)  
 외형치수: ∅xH(mm)/1590x2308(mm)  
 축열조 용량: 2700 Liter  
 축열량: 135,000cal x 4set=540,000 cal/120KW  
 온도조절범위: 30~80°C  
 최고사용압력: 1.0 kgf/cm<sup>2</sup> (98 kPa)  
 정격전압: 삼상 380V, 60Hz

Figure 4. Kyungdong Navien electric boiler (for agriculture)



소비전력: 120KW(30KW x 4set=120KW)/시스히터  
 난방면적: 118m<sup>2</sup>/30KW x 4set=472mm<sup>2</sup>/120KW (143평)  
 외형치수: ∅xH(mm)/1500x2195(mm)  
 축열조 용량: 2700 Liter  
 축열량: 135,000cal x 4set=540,000 cal/120KW  
 온도조절범위: 30~80°C  
 최고사용압력: 1.0 kgf/cm<sup>2</sup> (98 kPa)  
 정격전압: 삼상 380V, 60Hz

Figure 5. Kyitunami electric boiler (for agriculture)

-상기의 그림5은 현재 국내 시판중인 농가용 전기보일러 제품으로 판매가가 약 900만원~1,000만원으로 고가로 공급되고 있다.

-본 개발제품은 침수형 고용량 세라믹히터를 장착하여 공급가를 약 50%정도 낮추어 시설농가에 보급할 예정임. 또한 현재 가동하고 있는 전기보일러에 본 개발제품을 연결하여 저전력으로 가동할 수 있도록 호환성을 갖는 연구도 병행하였다

-상기 그림1과 같이 개발 전후의 그래프에서 소비전력은 50% 절감인 60kw이며, 1농가당 에너지 절감액은 120kw전기보일러가 2대로 가정 하였을 경우 4,087,584원/월 에너지비용이 절감된다.

-상기 데이터를 근거로 강원도에서만 약 시설재배 농가에 약 10,000대의 전기보일러가 공급 가동되고 있어 누적 에너지 절감액은 약 800억원/월으로, 겨울철 난방기간을 5개월로 가정하면 약 4,000억원의 농가소득 증대 효과가 있다고 분석되어 개발이 시급한 실정이다.

## 제 2 장 연구개발의 기술·경제·사회적 중요성과 필요성

### ○ 연구개발 필요성

-현재 그린하우스 내 재배작물은 토마토, 파프리카, 딸기, 호박, 참외, 수박 등으로 그린하우스에 온도가 일정온도가 유지되어야 한다. 난방 방식은 다음과 같이 전기보일러 방식이 타 방식에 비하여 연료비가 적게 들어 전기보일러를 대부분 난방용으로 채택하고 있다.

전기보일러	가스보일러	경유 보일러	화덕 보일러	기타	합계(%)
40	10	30	10	10	100

\* 출처 : 통계청 (2016)

-전기보일러는 전국에서 120 KW급 전기보일러를 가동하는 농가는 약 10,000개 농가가 존재하고 있으며, 120 KW 전기보일러로 하우스 143평 2개동을 난방하고 있으며, 보조 난방으로 경유 보일러가 같이 사용되어 소비전력량은 120 KW 이상이다.

-농가의 애로점은 겨울철에 전력비가 120KW 보일러 2개 가동시(하우스 143평/120KW x 2 개동=286평) 전력비가 약 800만원이상 소요되어 농가의 큰 부담이 되어 도 단위에서도 현재까지 뚜렷한 대책을 찾지 못하고 있음. 농가의 전력비 절감을 위한 전기보일러의 소비전력량을 50%정도 낮추는 본 개발이 절실한 실정이다.

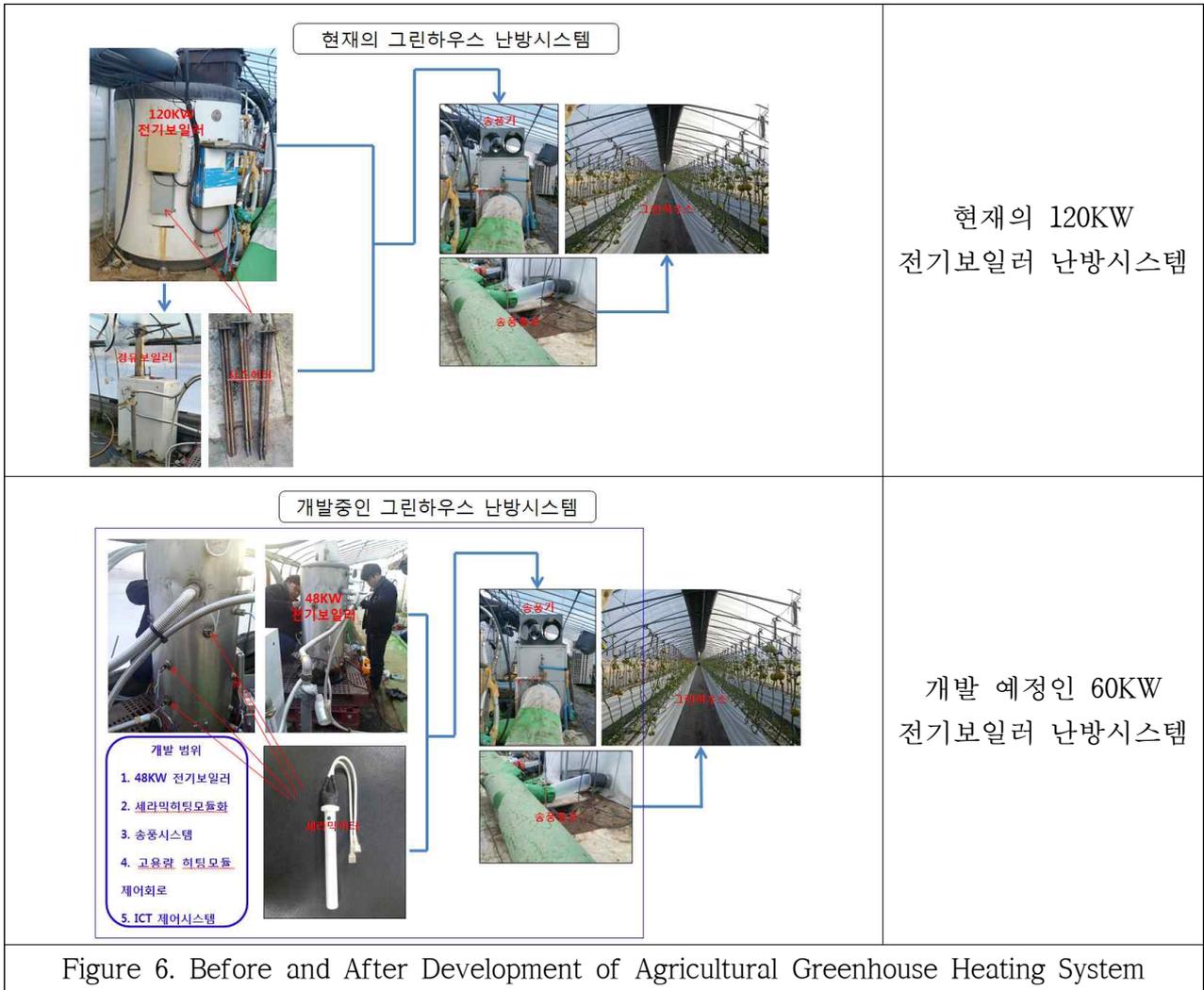


Figure 6. Before and After Development of Agricultural Greenhouse Heating System

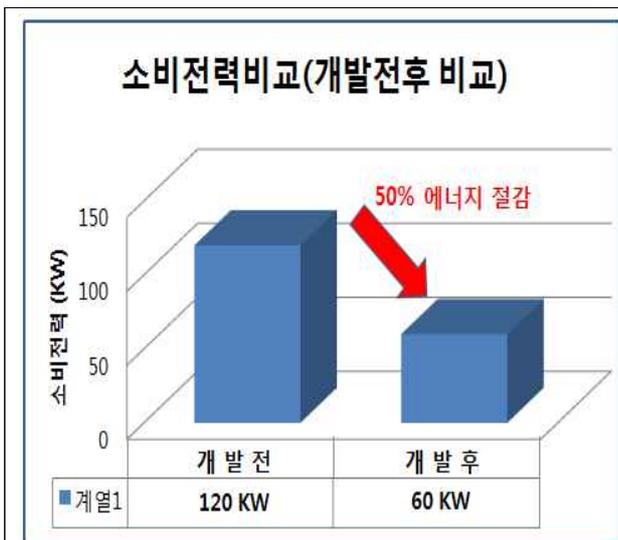


Figure 7. Power consumption comparison before and after development

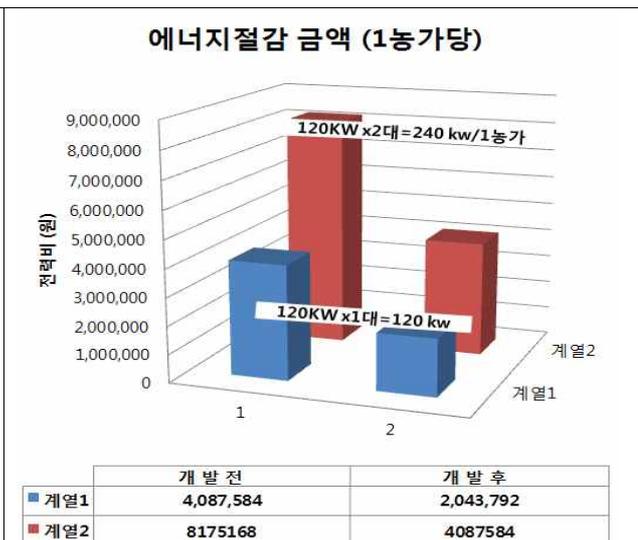


Figure 8. Energy cost savings per farmer before and after development

-상기 그림.7,그림.8과 같이 개발 전후의 그래프에서 소비전력은 50% 절감인 60kw이며, 1농가

당 에너지절감액은 120 kw전기보일러가 2대로 가정하였을 경우 4,087,584원/월 에너지비용이 절감됨.

-상기 데이터를 근거로 강원도에서만 약 시설재배 농가에 약 10,000대의 전기보일러가 공급 가동되고 있어 누적 에너지 절감액은 약 800억원/월으로, 겨울철 난방기간을 5개월로 가정하면 약 4,000억원의 농가소득 증대 효과가 있다고 분석되어 개발이 시급한 실정이다.

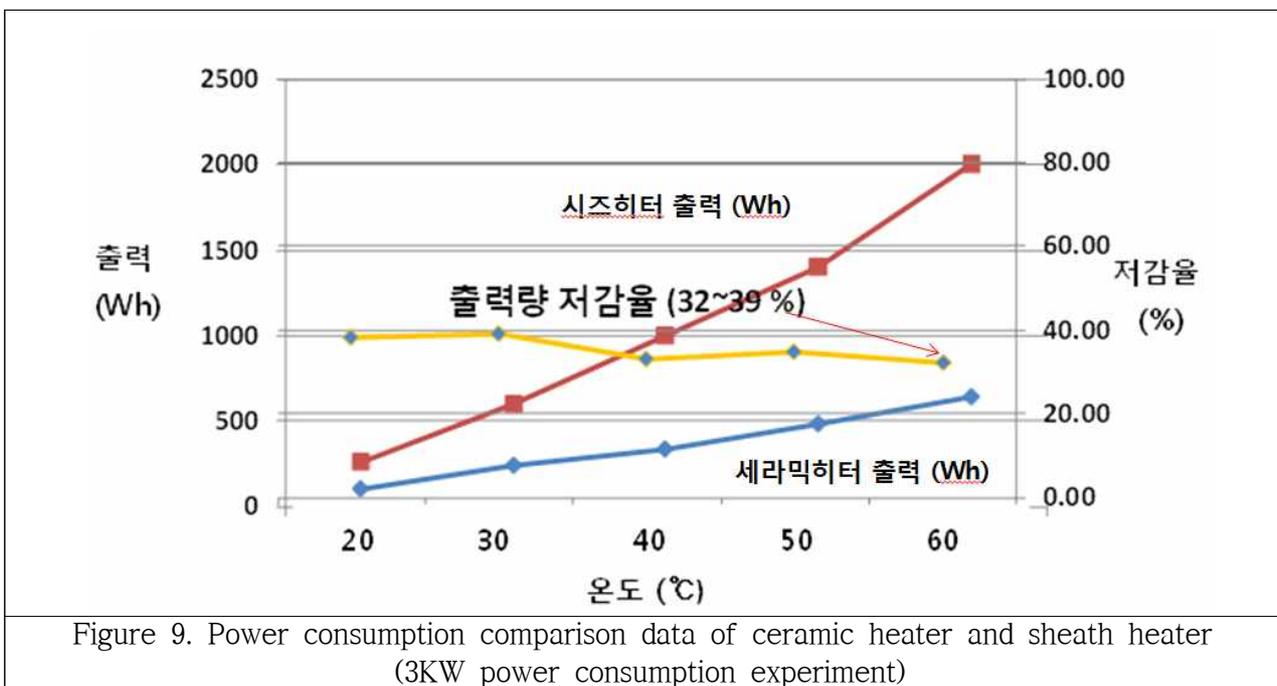
### 제 3 장 국내외 기술개발 현황

#### 제 1 절 국내 기술 수준 및 시장현황

##### ○ 기술현황

- 국내·외 농업용 전기보일러는 대부분 물탱크 안에 시즈히터가 장착된 보일러가 대부분이며 주로 우리나라 시설농가들의 시설난방으로 많이 쓰이고 있다. 2016년 기준 시설 농가수는 296,384 농가이며 전기보일러로 시설 난방하는 농가는 약 30%인 88,915농가일 것으로 예상함.

-국내·외 농업용 전기보일러는 시즈히터를 사용하며 세라믹히터를 적용한 직접가열형 전기보일러는 없으며, 세라믹히터는 시즈히터 대비 소비전력이 약 30-50%정도 에너지 절감 효과가 있다.



-상기 그림.9와 같이 3KW급 시즈히터와 세라믹히터의 소비전력량을 비교한 실험 데이터이다.

-세라믹히터와 시즈히터를 3,000 CC의 물속에 전압 AC 220V를 인가하여 승온속도와 물온도를 최고부하를 주었을 때 시즈히터는 승온속도가 늦으며, 소비전력이 높게 나타나고 있음, 세라믹히터가 시즈히터 대비 약 32~39% 소비전력량이 절감되는 분석결과로 나타나고 있다.

Table 1. Number of farms by facility type

시설 농가수	자동화 비닐하우스	일반 비닐하우스	유리온실	버섯재배	기타	합계(농가수)
146,985	13,727	131,378	501	2,834	959	296,384

\* 출처 : 통계청 (2016)

- 현재 국제유가 및 원자재 값 상승으로 에너지원의 90%이상을 수입에 의존하는 우리나라의 시설재배농가의 시설투자비와 난방비용이 상승하게 된다.

- 시설농가들은 겨울철 난방이 필수이므로 이에 따라 영농비의 40%이상을 난방비용으로 차지하고 있다. 그러므로 시설재배농가의 경제성이 악화되며 농업의 경쟁력뿐만 아니라 국가경쟁력에도 악영향이 될 수 있다.

- 세계 각 국가에서 지구온난화로 인해 온실가스를 줄이고 있다. 발전소에서 전기를 생산할 때 화석연료를 사용하므로 온실가스가 방출되는데 시설농가의 전기보일러에 들어가는 전력은 600평기준 120KW/h의 전력이 소비된다. 120KW/h당 이산화탄소 배출량은 56kg CO<sub>2</sub> 이다.

- 현재 강원도 시설재배농가에서 120KW 전기보일러를 1농가당 2대가 설치 가동되어 겨울철 난방비가 약 800만원이 지출되어 원가부담이 매우 높기 때문에, 시설농가들의 난방비 절감이 절대적으로 필요함.(당사는 춘천에 위치한 영농조합에 당사의 기술을 적용하는 시험을 선행적으로 연구하여 가능성을 확인하였으며, 농가에서는 큰 기대를 갖고 있다.)

-현재 시설농가에 설치된 기존 120 kw 전기보일러를 60 kw 전기보일러 개발하여 대체시 50% 이상 에너지 절감된다.

-농업용 1kw/h당 47.31원이며 기존 전기보일러 120kw/h 24시간 사용시 120kw×24h x 30일 ×47.31원/kw/h=4,087,584원으로 2대 가동시 8,175,168 원/월 에너지 비용이 지출된다.

-60kw 전기보일러 개발하여 24시간 사용 시 60kw×24h x 30일 ×47.31원/kw/h = 2,043,792원으로 2,043,792원/월 절감효과가 있다.

-보통 시설농가에서 120 KW급 전기보일러가 2대가 설치되어 가동되고 있는 상황으로, 전기비용이 2,043,792원/월/대 x 2대 = 4,087,584원/월 에너지 비용이 절감된다..

-120 KW/h당 이산화탄소 배출량은 56 kg CO<sub>2</sub>, 60kw/h당 이산화탄소 배출량 28.0 kg CO<sub>2</sub> ⇒ 28.0 kg CO<sub>2</sub> 저감. 즉 월단위로 계산하면, 60 kw/h x 0.47 kg.CO<sub>2</sub>/Kw/h x 30일 = 838.8 kg .CO<sub>2</sub>/월 저감된다.

### ○ 시장현황

○ 현재 메탈니크롬선히터에 의한 시설농가용 전기보일러가 산업화되어 있으며, 전기보일러도 시즈히터

를 사용하므로 농가용으로 사용시 전기소모량이 120W/대 이상 소요되어 시설농가용으로 전력비가 농가의 큰 부담이 가증되고 있다.

○ 물순환 방식의 전기보일러는 현재는 120KW가 장착 가동되고 있으며, 본 연구에서 60KW로 개발할 시 시설 재배 농가에 우선적으로 진출 가능하다.

○ 현재 시설재배 농가용으로, 시즈히터를 장착한 전기보일러가 주로 공급되고 있으며, 세라믹히터를 장착한 직접가열방식은 없는 상황으로 물속에 침수한 상태로 직접 물순환하는 세라믹히터는 국내 제조기술은 전무하며 일본 미국, 유럽 등 선진국 회사들이 기술 및 제품을 독점하고 있는 상황이다.

○ 국내의 물순환 전기보일러의 경우 다수의 회사가 제품을 출시하고 있지만, 시즈 금속히터를 장착하므로 고장율이 높고, 소비전력이 높고 안전성도 미흡하여 소비자 불만이 많은 상태로 기술완성도가 매우 낮은 수준이다.

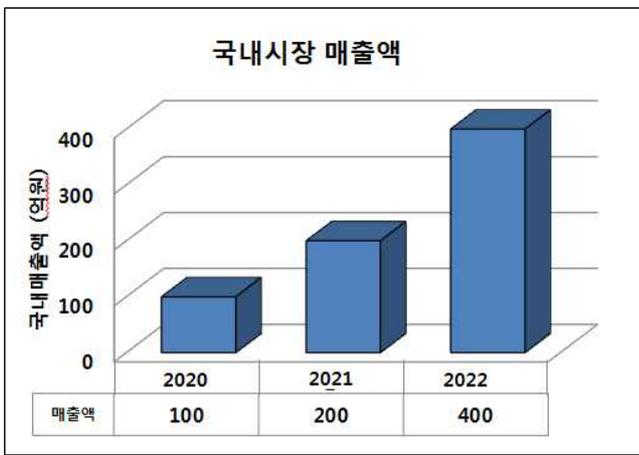


Figure 10. Domestic Market Sales Plan

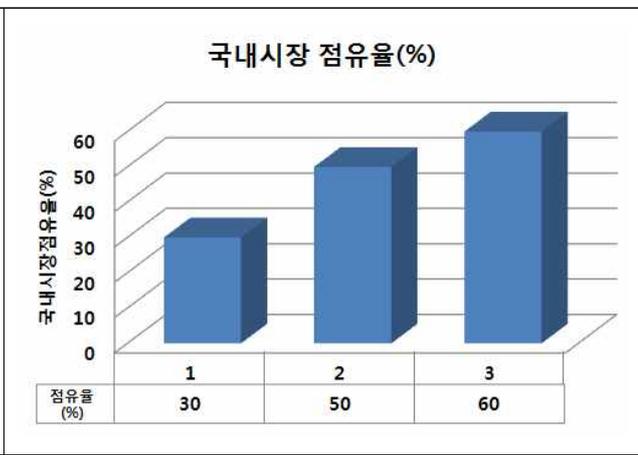


Figure 11. Domestic Market Share (Source: Statistics Korea (2016))

○ 현재는 보일러 업체인 경동나비엔, 귀뚜라미, 대성보일러 등이 농가용으로 생산 공급하고 있으며, 고가로 시판가 900만원~1000만원에 판매되고 있다.

- 현재 기 공급된 120KW 전기보일러가 국내 시설농가에 강원도만 약 10,000대가 공급되어 가동되고 있는 실정으로 본 연구에서 호환사양으로 저소비전력의 보일러를 장착하여 기존의 시설을 활용하면서 전기소비가 낮은 방법을 찾아 적용할 예정이다.

- 이러한 방법으로 시설농가의 전기보일러는 강원도만 10,000대로 가정 할 시에 공급 단가를 1,000,000원/대 x 10,000대 = 10,000,000,000원의 시장이 있다.

### ○ 경쟁기관현황

- 시즈히터를 장착한 농업용 보일러 제조업체는 다음과 같다.

경쟁사	제품명	예상 매출액(억원)
경동 나비엔	Electric Boiler	500
꾸뚜라미	Electric Boiler	500
대성보일러	Electric Boiler	400
기타	Electric Boiler	100

-알루미나(Al2O3) 조성의 메탈라이징 세라믹히터의 경우 당사는 현재 물속에서 220Vac 5000W 까지 개발이 완료되어 시판하고 있는 실정이다.

-알루미나조성의 세라믹히터는 현재 당사의 기술수준은 AC 220V Max 5000W까지 개발이 완료 되어 전기보일러, 순간온수기등에 장착되고 있다.

-당사의 개발 제품에 대한 사양은 다음과 같다.

개발부품	사양 (단위:mm)	소비전력 (단위:W)	비고
Pipe Type Ceramic Heater	∅11.5(OD)x∅6.5(ID)x115(L)	1200~1600W	비데기용
	∅14.5(OD)x∅9.0(ID)x120(L)	2500~3000W	비데/온수기용
	∅13.0(OD)x∅8.0(ID)x122(L)	2500~2800W	비데/온수기용
	∅14.5(OD)x∅10(ID)x120(L)	2800~3200W	비데/온수기용
	∅14.5(OD)x∅10(ID)x135(L)	3000~3500W	비데/온수기용
	∅15.0(OD)x∅10(ID)x150(L)	3000~3500W	비데/온수기용
Rod Type Ceramic Heater	∅10.0(OD)x80(L)	800~5000W	비데/온수기용

-선진제품중 물속에서 구동하는 전기보일러용 세라믹히터 제품이 일본 kyocera(사)가 생산하는 제품을 당사에서 분석한 결과는 다음 그림.11과 같음.



Figure 12. Photo of Kyocera products in Japan (industrial alumina ceramic heater)

### ○ 지식재산권현황

-기술적으로도 세라믹히터 관련 특허를 갖고 타사와 차별화된 고가의 제품을 생산하고 있다

-관련특허는 다음과 같다.

번호	종 류	지식재산권명 (발명의 명칭)	출원 (등록)일	출원(등록) 기관명	출원(등록)국 명	출원(등록)번호
1	특허출원	직수형 온수공급장치	2015.09.01	(주)존인피니 티	대한민국	특허출원 제10-2015-012341 9
2	특허출원	침수형 직접가열식 봉상 형 메탈라이징 세라믹히 터의 제조방법	2015.09.24	(주)존인피니 티	대한민국	특허출원 제10-2015-013537 3
3	특허출원	온수공급장치	2016.08.30	(주)존인피니 티	대한민국	특허출원 제10-2016-011162 2
4	특허해외출 원	직수형 온수공급장치	2016.09.10	(주)존인피니 티	중국	DFP16KR2797
5	특허출원	내구수명이 향상된 순간 온수장치	2017.10.20	(주)존인피니 티	대한민국	특허출원 제10-2017-013675 9
6	디자인 등록출원	온수기용 본체 케이스	2017.10.26	(주)존인피니 티	대한민국	30-2017-0049754
7	특허등록	침수형 직접가열식 봉상 형 메탈라이징 세라믹히 터의 제조방법	2015.09.24	(주)존인피니 티	대한민국	특허등록 제10-

1. 특허명칭 (Filed Patent Name)	특허명: 침수형 직접가열형 봉상 및 파이프형 내열충격성 메탈라이징 세라믹히터 제조방법
2. 등록 특허명 (Filed Patent Name)	침수형직접가열형 봉상 및 파이프형 내열충격성 메탈라이징 세라믹히터 제조방법 (Immersion direct heating rods and pipe-type thermal shock resistance metallizing a ceramic heater manufacturing method)
3. 기술요약서 (Technical summary)	본 발명은 메탈라이징 세라믹히터(MCH: Metallizing Ceramic Heater)를 물속에 침수한 상태로 전압을 인가하여 순간적으로 가열하여 물속에서 열교환이 이루어지도록 히팅 유로를 형성하여 $\Delta t=99^{\circ}\text{C}$ 까지 히팅한 온수를 제조할 수 내열충격성 세라믹소재를 적용한 조성물 및 제조공법이다. 세라믹히터는 알루미나계를 주성분으로 고열전도성 세라믹분말인 AlN, BN, Zircon, Mullite, Cordidrite, Petallite소재를 이용한 저열창 및 고열전도성 조성물을 원료조합, 슬러리탈포, 테이프캐스팅방법으로 그린쉬트를제조후 W-Paste 발열배선을 하여 고용량 세라믹히터 max. 5000W까지 물속에서 내구성 및 전기적 안전성을 갖는 봉상 및 파이프형메탈라이징 세라믹히터를 발명하였다.핵심기술은 고열전도성 세라믹 조성물, 내구성이 강한 병렬형 발열 인쇄 패턴 설계, 열팽창계수를 고려한 등간격의W-발열패턴등이 본 발명에서 개발되었다.
Figure 12. Manufacturing technology of high capacity ceramic heater using alumina composition	

1.출원특허명 (Filed Paten Name)	냉온보일러{Boiler for supplying cold and hot water}
2.기술요약서 (Technical summary)	본 발명은 냉온보일러에 관한 것으로서, 가열냉각부를 통해 온수 또는 냉수를 선택적으로 공급하여 구들장 등과 같은 생활공간을 가열하는 난방모드 뿐만 아니라 이를 냉각하는 냉방모드를 제공할 수 있고, 온수와 냉수를 단시간에 공급할 수 있는 냉온보일러에 관한 것이다.
3.영문(English)	The present invention relates to a cold furnace, is supplied to the hot water or cold water through the heating and cooling by selectively as well as in heating mode for heating the living space, such as gudeuljang may provide a cooling mode for cooling it, the hot and cold water in a short period of timeIt relates to a boiler capable of supplying hot and cold.

1.출원특허명 (Filed Paten Name)	직수형 온수 공급장치(Staight type hot qater supply device)
2.기술요약서 (Technical summary)	본 발명은 직수형 온수공급장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 가열 유체를 순간적으로 가열하여 온수가 지속적으로 공급되도록 하면서도 온수를 끊김없이 자연스럽게 공급할 수 있을 뿐만 아니라 열교환관의 진공현상을 미연에 방지하여 열화에 따른 열교환관 또는 히터부의 손상을 미연에 방지할 수 있는 직수형 온수공급장치에 관한 것이다.
3.영문(English)	The present invention relates to a straight male hot water supply device, and more particularly, the heating fluid instantaneously heated to ensure that hot water is continuously supplied, while not only offer a natural hot water seamless to prevent the cavitation of the heat pipe in advanceIt relates to straight male hot water supply apparatus capable of preventing damage to the heat exchange tube or the heater portion in advance of the deterioration.

○ 국내외특허를 검색한 결과 세라믹히터에 대한 특허는 본 과제를 제안한 당사가 관련 특허를 3건 출원된 상태이며, 관련특허는 반도체용 히터, LED용 히터, 기타 세라믹히터는 국내외에서 다수 검색되고 있다.

○ 본 과제를 제안하는 관련 된 세라믹히터의 특허 출원 현황은 다음 표.2와 같다.

Table 2. Domestic and overseas related intellectual property right

지식재산권명	지식재산권출원인	출원국/출원번호
①온도센서내장형 구동형 세라믹 히터	(주)존인피니티	한국/특2009-0099557
②DC구동형 세라믹히터	(주)존인피니티	한국/특2009-0099546
③ 세라믹발열체의 제조	(주)한조세라믹	한국/특1991-0019605
④ 세라믹 히터	(주)스마트텍	한국/특2005-0083532
⑤ 세라믹발열체	(주)씨엠테크	한국/특2007-0006018
⑥ AIN세라믹히터	쌍용양회공업(주)	한국/특1995-0011565
⑦ 무선고대기	유승안	한국/특2006-0088873
⑧면상발열체 및 그 제조방법	두원공과대학산학협력단	한국/특허10-0758136
⑨전기 핫플레이트	(주)티앤비나노텍	한국/특2009-0011724
⑩세라믹카본히터 및 제조방법	가부시끼가이샤아이싱크	한국/특2004-0023765
⑪내열결정화 유리를 이용한 면상히터의 제조 방법	아프로시스템(주)	한국/특2008-0097698
⑫세라믹 면상발열체	정경욱	한국/특허10-0857387
⑬박막발열체 조성물	박순세	한국/특2010-0124107
⑭면상발열체	연세대산학협력단	한국/특2010-0103448

## 제 2 절 국외 기술 수준 및 시장현황

### ○ 기술현황

○ 미국, 일본의 Coors(사), 교세라(사)가 세계시장을 선점하고 있으며 Ceramic Metallizing 원천 기술과 관련제품의 최고 기술수준으로 신뢰성이 우수하다.

○ 현황)

①세라믹히터의 고강도화.②고내열충격성.③절연저항100MΩ 이상.④누설전류 5mA 이하.⑤내전압이 Max.4,750V이상.⑥리드선의 접착강도 3Kg이상이 요구되고 있으나, 국내기술은 매우 미흡한 수준으로, 물속 직접 가열방식의 세라믹히터는 전량 일본등에서 수입하고 있는 실정이다.

① 일본의 교세라가 세계시장을 선점하고 있다.

② 미국의 COORS(사)는 Ceramics Metallizing 원천기술과 관련제품의 최고 기술수준이다.

③ 미국의 이미용기용 제품에서 그동안 PTC 히터를 사용하던 것을 세라믹히터로 교체하고 있어 대량 수요가 예상되고 있다.

④ 자동차용 히터로 채택하여 출고되어 대량 수요가 창출되고 있는 상황이다.

⑤ 세라믹히터의 응용분야가 급속하게 확대되어 신제품이 적용되고 있다.

○ 가격경쟁력)

① 일본 교세라 제품의 평균단가가 30,000원/개이다

② 개발시 국내제품의 예상단가는 20,000원/개이다.

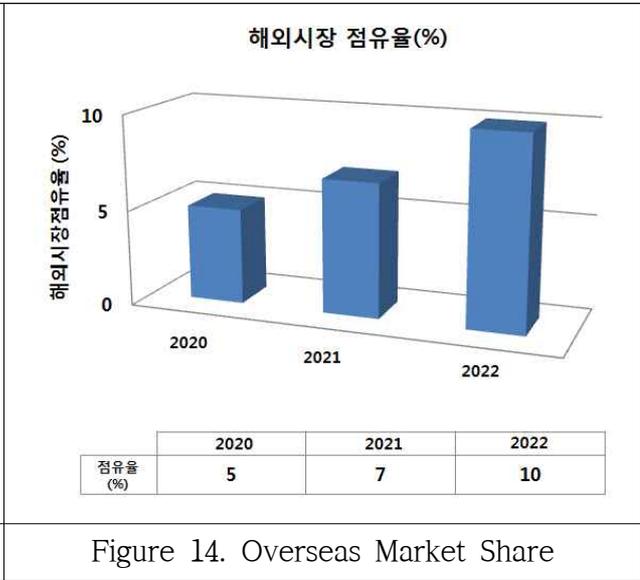
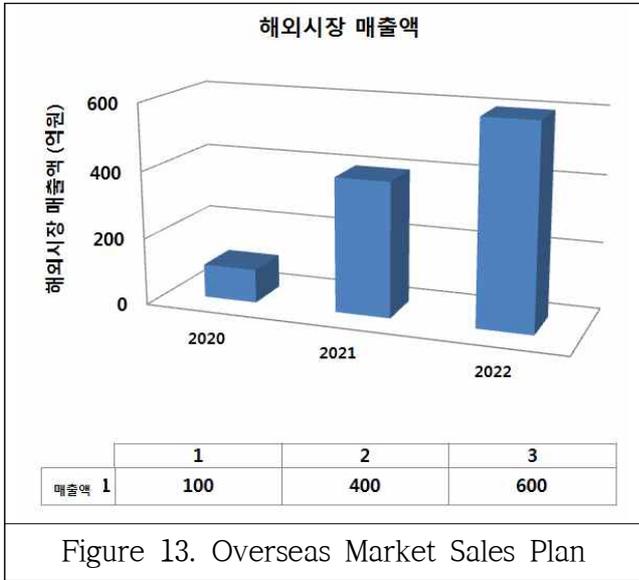
③ 당사는 대량생산 체제를 구축하여 15,000원/개로 공급하고 있다.

④본 기술개발로 현재의 세라믹발열체에 정격전압의 50%정도 사용하던 제품을 Free Voltage Ceramic Heater 생산 시 제품생산원가의 절감으로 인하여 시장 공급가격은 50%정도의 올려서 15,000원/개로 공급하여도 경쟁력이 있을 것으로 예상된다.

### ○ 시장현황

Table 3. Market Status

구분		(2020년) 과제 종료 후 1년	(2021년) 과제 종료 후 2년	(2022년) 과제 종료 후 3년	3년 누적 합계	수요처
국 내	시장점유율(%)	30	50	60	140	영농조합, 법인농장, 개인농장
	국내매출액(억원)	100	200	400	700	
해 외	시장점유율(%)	5	7	10	22	러시아, 일본 중국BOSAN CO. 중국 학여무역(합)
	해외매출액(억원)	100	400	600	1,100	



○ 경쟁기관 현황

Table 4. Competitive Institutions

경쟁사	제품명	예상 매출액(억원)
KYO Cera Co., LTD(일본)	Ceramic Heater	1,000
NGK CO., LTD(일본)	Ceramic Heater	500
COORS Co., LTD(미국)	Ceramic Heater	400
TOTO Co., LTD(일본)	Electric Boiler	3,000
CHRONOMITE LABORATORIES INC.(미국)	Electric Boiler	1,000

### 제 3 절 연구개발 수행실적

연구논문 발표집 (2019년 개최지: 한국/코엑스)

<p>1. 논문 제목 (Paper title)</p>	<p>질화규소와 동판의 활성금속 접합시 계면층의 확산거동이 접합강도에 미치는 영향 (Influence of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Bond Strength in Bonding Silicon Nitride and Copper)</p>
<p>1. 논문 요약본 (Paper Summary)</p>	<p>활성금속 접합법에서 질화규소와 동판의 접합시 계면층의 확산거동이 접합강도에 미치는 영향을 연구하였다. 활성금속 페이스트중의 Ti원소가 동판 금속과 질화규소 세라믹스와 접합에 큰 영향을 미치며, 질화규소 경계면의 활성금속인 Ti를 함유하는 Ag-Cu 합금을 브레이징재로 하여 동금속판을 질화규소(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) 기판에 접합시 접합강도 및 전단강도 시험결과에서도 Ti 함량이 3wt%에서 5wt%까지 증가하다가 10wt%에서는 하락하는 결과를 얻었다. 이는 TiN상이 접합강도를 지배하지만, 소결조제로 이루어진 입계상이 많으면 이 TiN상에 더하여 입계상에 용해된 Si가 입계상을 통하여 확산되고 과잉의 Ti와 반응하여 Ti규화물(Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>)을 형성하며, 열팽창계수 차이에 의하여 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>사이에서의 계면박리가 발생하고, 현저한 접합강도의 저하를 나타내고 있다.</p> <p>In the active metal bonding method, the effect of the diffusion behavior of the interfacial layer on the bonding strength was investigated. The Ti element in the active metal paste has a great influence on the bonding between the copper plate metal and the silicon nitride ceramics, and the copper metal plate is bonded to the silicon nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) substrate by using an Ag-Cu alloy containing Ti, the active metal of the silicon nitride interface, as the brazing material. In the test results of adhesion strength and shear strength, the Ti content increased from 3wt% to 5wt% and decreased at 10wt%. This is because the TiN phase dominates the adhesion strength, but when there are many grain boundary phases composed of a sintering aid, Si dissolved in the grain boundary is diffused through the grain boundary phase and reacts with excess Ti to form Ti silicide (Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>). Interfacial separation between Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / Ti<sub>5</sub>Si<sub>3</sub> occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, which shows a significant decrease in the adhesion strength.</p>
<p>포스터 발표 신청 (Application for poster presentation)</p>	
<p>신청 학회 (Application Society)</p>	<p>한국세라믹학회</p>

## Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper

Cho Inchiul\*, Ahn Minwoo, Kim Jongmin, Kim Kyunsook

Zone Infinity Co., Ltd. Pyeongsong-ro, 11700, Korea

### Introduction

- In the active metal bonding method, the effect of the diffusion behavior of the interfacial layer on the bonding strength was investigated.
- The Ti element in the active metal paste has a great influence on the bonding between the copper plate metal and the silicon nitride ceramic, and the copper metal plate is bonded to the silicon nitride substrate by using an Ag-Cu alloy containing Ti. The active metal of the silicon nitride interface, as the brazing material. In the result of adhesion strength and shear strength, the Ti content increased from 2wt% to 3wt% and decreased at 10wt%. This is because the Ti phase dominates the diffusion strength, but when there are many grain boundary phases composed of a stringing sil<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dissolved in the grain boundary is diffused through the grain boundary phase and reacts with excess Ti to form Ti silicide (TiSi<sub>2</sub>).
- Interfacial separation between SiN<sub>4</sub> / TiSi<sub>2</sub> occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, which shows a significant decrease in the adhesion strength.

### Experiment - Active Metal Ingredient Ratio

Sample	Brazing material (wt%)			Active metal (wt%)		Ti (wt%)
	Ag	Cu	Ti	Si	Sn	
10wt-Ti	70	20	2	10	10	10
20wt-Ti	70	20	2	10	10	20
30wt-Ti	70	20	2	10	10	30

- Add SiN<sub>4</sub> (70) to SiN<sub>4</sub> (10) and mixed 70:10 in the table above for 40rpm, 60hour. Silicon was added as solvent, and the mixed metal powder was dried in a oven for 30min at 80°C.

### Experiment - Bonding Copper and Substrate

- Pre-treatment of the SiN<sub>4</sub> substrate - surface roughness Ra=2 μm
- Pre-heating 200 Mach, 30min at 300°C screen
- Brazing - Vacuum Electric Furnace, 920°C, 10 min

### Experiment - Measuring Methods

- Micro structure (SEM-EDS) analysis on Ag-Cu
- Shear strength (SiN<sub>4</sub> and metal) and shear strength (Cu and metal)
- Adhesion strength (SiN<sub>4</sub> and metal) and shear strength (Cu and metal)

### Result - Starting Materials Analysis

- In this experiment, a copper (Cu) metal plate was bonded by a brazing method in order to bond to silicon nitride substrate. As the brazing material, an Ag-Cu alloy containing an active metal such as Ti was used.

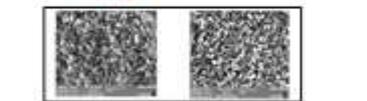


Figure 1. SEM images of SiN<sub>4</sub> substrate surface before and after treatment.

- Figure 1 shows metal fracture surface and (b) etching texture photograph of a silicon nitride (SiN<sub>4</sub>) substrate as a starting material.

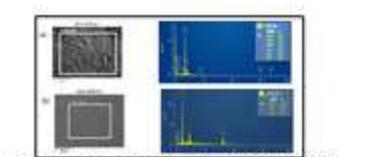


Figure 2. EDS analysis results of SiN<sub>4</sub> substrate and Cu metal plate.

- Figure 2 shows the results of the EDS element analysis of (a) silicon nitride (SiN<sub>4</sub>) substrate and (b) copper (Cu) metal plate.
- As Cu and Ni were added as a stringing sil<sub>3</sub>N<sub>4</sub> during silicon nitride sintering and are detected. In EDS analysis results, the intensity of the copper metal plate was 0.2mm, and the purity was 99.9% of the copper plate.

### Result - Cu/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Substrate Analysis

- The results of X-ray mapping analysis of the copper-nitride substrate joint surface using SEM-EDS are as follows:

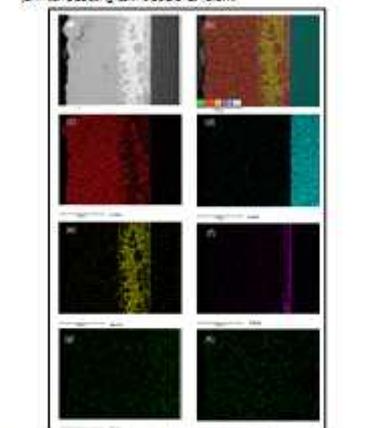


Figure 3. X-ray mapping analysis of the joint surface.

- The results of X-ray mapping analysis of the joint surface are as follows:

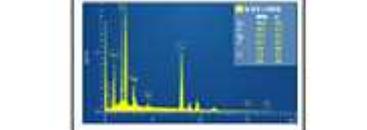


Figure 4. EDS analysis results of Cu/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> substrate.

- In the active metal method of joining a metal plate to a silicon nitride substrate by using an Ag-Cu alloy containing Ti as an active metal as a brazing material, the bond strength of the interface gradually increased by the diffusion behavior of the interface product and the interfacial diffusion behavior of the active metal.
- In this case, the interface product is a Ti phase formed at the interface between the brazing material and the silicon nitride.
- In the description of the formation process of Ti phase, when silicon nitride ceramic is sintered with the brazing material during the treatment, Si and Ti gradually diffuse into the interface with the brazing material.
- Because Ti is produced, and grain growth at grain boundaries in a specific crystallographic orientation, Ti and silicon nitride have a definite continuity, and bond strength increases.
- In order to obtain strong bonding strength, it is important to gain Ti sufficiently in the interfacial layer between the brazing material and the silicon nitride.
- Figure 3. X-ray mapping results show that Ti element is formed in a band shape on the silicon nitride surface boundary layer.
- The reason why Ti diffuses into the band of high concentration in the SiN<sub>4</sub> interface is the process of dissolving SiN<sub>4</sub> in the melting of the glass.



- When Ti is much as the starting sil<sub>3</sub>N<sub>4</sub> is formed by reacting with Si diffused at the interface



- Ti silicide is not only low strength but also has a coefficient of thermal expansion of 9.2x10<sup>-6</sup>/K, which is about three times greater than the thermal expansion coefficient of 2.2x10<sup>-6</sup>/K of SiN<sub>4</sub>.
- Because of this, interfacial separation between SiN<sub>4</sub> / TiSi<sub>2</sub> occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, resulting in a decrease in bonding strength. In order to improve the bonding strength, it is necessary to reduce the grain boundary phase.

### Result - Cu/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Substrate Analysis

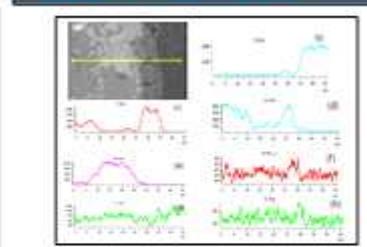


Figure 5. X-ray mapping analysis of the joint boundary.

- In the X-ray mapping analysis of the joint boundary of Figure 5, the Ti element in the active metal element is analyzed by the silicon nitride Si phase element and the band-shaped diffusion of the Ti element reacts with SiN<sub>4</sub> to form TiSi<sub>2</sub> and Ti<sub>2</sub>.
- In order to increase the bonding strength, it is very important to increase the Ti phase and to control the TiSi<sub>2</sub> phase to be minimized.
- The TiSi<sub>2</sub> phase is formed by TiSi<sub>2</sub> generated from the silicon nitride ceramic layer by increasing the diffusion generation force of the interface as the glass phase of the grain boundary increases.



Figure 6. EDS analysis results of Cu/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> substrate.

- In the result of X-ray mapping in Figure 6, the band-shaped variation of the area diffusion layer according to the Ti content of the brazing material Ti and TiSi<sub>2</sub> phase was analyzed.
- XRF Ti content increased to 20wt%, 30wt% and 10wt%, the band-shaped interface diffusion layer increases.

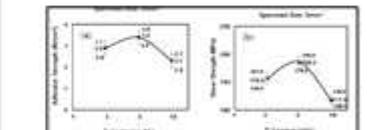


Figure 7. Change in bond strength and shear strength.

- Bond strength and shear strength test results showed that the Ti content increased from 20wt% to 30wt% and then decreased at 10wt%.
- In the shear strength fracture pattern, the silicon nitride and the ceramic part of the copper plate joint surface are deeply damaged. This is because the grain boundary Ti phase (TiSi<sub>2</sub>) is generated inside the silicon nitride boundary layer and fracture occurs in the ceramic part. The strength value is believed to drop significantly at 10wt%.

### Conclusion

- When bonding a metal plate to silicon nitride substrate using an Ag-Cu alloy containing Ti as an active metal as a brazing material, the bonding strength is greatly influenced by the diffusion behavior of the interface product and the interfacial diffusion behavior of the active metal.
- As Ti content increased, TiSi<sub>2</sub> diffused in the silicon nitride diffusion layer at the SiN<sub>4</sub> interface.
- Si reacted with excess Ti to form TiSi<sub>2</sub>, and the liquid phase control of the interface showed strength and inverse contraction.
- In order to form TiSi<sub>2</sub>, the interfacial separation between SiN<sub>4</sub> / TiSi<sub>2</sub> occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, which leads to a significant decrease in the bonding strength. Therefore, it is necessary to reduce the grain boundary phase in order to increase the bonding strength.
- In the bond strength and shear strength test results, the Ti content increased from 20wt% to 30wt% and then decreased at 10wt%.

## 제 4 장 연구개발 목표 및 달성도

### 제 1 절 최종 목표

○그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발

- 1)밀도(Density) : 3.7 g/cm<sup>3</sup>
- 2)굽힘강도 (3-Point Flexural Strength) :310 MPa
- 3)비커스경도(Vicker's Hardness/Load 500g) : 13.7 GPa
- 4)누설전류 : < 0.25 mA
- 5)내구성 : 5,000 Cycle
- 6)전기소비전력 : 60 KW 이하
- 7)에너지 절감 ; 50 % 절감
- 8)열량 : 270,000 Cal/60KW
- 9)수확량 평가 : 10% 증대

#### 1. 최종목표

- 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 및 고용량 세라믹히터 기술개발
- 고용량 세라믹히터의 고신뢰성 기술 개발
- 120kw 농업용 전기보일러에서 60kw의 전기보일러로 개발
- 기존의 120kw 농업용 전기보일러를 60kw의 전기보일러로 대체 가능한 호환성 전기보일러 개발

#### 2. 세부목표

- 전기보일러용 고용량 침수형 세라믹히터 개발
- 고용량 세라믹히터를 작용한 히팅시스템 설계 및 개발
- 고용량 히팅 물탱크 설계 및 최적의 열교환 라지에이터 기술개발
- 송풍시스템 및 중앙제어방식 개발
- 그린하우스 난방시스템 온도 모니터링 ICT기술 개발.
- 물탱크 히티모듈 온도 컨트롤러 PCB 설계 및 위상제어 기술개발

## 제 2 절 연구개발 단계목표 및 달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용	
1차 년도 (2018)	그린하우스 난방용 전기보일러의 소비 전력 120 kW에서 60 kW이하로 50% 이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발	농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터	100	○농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 기술개발	
		그린하우스 난방용 전기보일러 호환용 70 kW 전기보일러 개발	100	○고용량 세라믹히터의 고신뢰성 기술 개발	
			100	○120 kW 농업용 전기보일러에서 70 kW의 전기보일러로 개발	
	그린하우스 난방용 전기보일러의 핵심 부품 시험분석 및 전기보일러 성능평가	고용량 세라믹히터 및 전기보일러 성능평가		100	○기존의 120 kW 농업용 전기보일러를 70 kW의 전기보일러로 대체 가능한 호환성 전기보일러 개발
				100	○농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 시험분석
				100	○고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석
		100	○농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 성능평가		
2차 년도 (2019)	그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120 kW에서 60 kW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발	○120 kW 농업용 전기보일러에서 60 kW의 전기보일러로 개발	100	○기존의 시스히터 120KW로 구동되는 물탱크를 현재 2700CC물탱크를 1000CC물탱크로 컴팩트화하여 60KW로 세라믹히터를 모듈화하여 집중적으로 발열되도록 구조를 최적화 설계를 통한 에너지 절감 50% 절감 가능한 구조로 개발	
		○고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석	100	○세라믹히터를 3~4KW의 히터를 4개로 묶어서 패키지화하여 Power를 집약적으로 발열하고, 컴팩트화할수 있도록 전기보일러 히팅 물탱크 설계를 수행	
		○열교환 송풍시스템 및 중앙제어방식 개발	100	○본 연구에서는 시설농가에서 디지털 제어방식으로 중앙제어가 가능한 콘트롤시스템을 개발하여 시스템 관립 치 운영면에서 편리하고 열효율을 향상시키도록 개발	
	농업용 전기보일러 ICT 적용기술 및 신뢰성분석	○그린하우스 난방시스템 온도 및 습도, CO <sub>2</sub> 가스농도 모니터링 ICT기술 개발		100	○그린하우스내의 온도를 장착하여 하우스내의 온도관리를 ICT기술을 접합하여 ON-Line으로 하우스내의 작물조건을 콘트롤 할 수 있도록 전기보일러 개발
			○현재의 난방대비 개발 시제품 적용 시설농가 그린하우스 실증 작물성장 비교	100	○금산 그린하우스 농장에서 깻잎 농장하우스내부의 난방 및 작물 성장 실증시험.

### 제 3 절 세부연구목표별 주요연구내용 및 결과

#### 1. 1차 년도 연구개발 수행 내용 및 결과

##### 1-1. 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 개발.

##### 1-2. 문헌검토

##### 가. 메탈라이징 세라믹히터(MCH-Ceramic Heater) 문헌조사

1) 일본K사 제품에 대한 XRD(X-선회절분석) 및 SEM-EDS 분석결과 하기 그림과 표에 나타났다. 주성분은  $\text{Al}_2\text{O}_3$  96%였으며, 주결정상은  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 였다. 첨가제로  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ 가 검출되었으며, 부결정상은 Aluminosilicate( $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ )로 나타났다.

또한 MOR굽힘강도는 186 MPa, 열전도율은 15.0 W/mK였으며 저항은 12 $\Omega$ , 열팽창계수는  $75 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ , 표면거칠기(Roughness)는  $\text{Ra}=0.5\mu\text{m}$ 로 분석되었다.

Table 5. Dimensions and Characteristics of Foreign Products

치수 (WxLxT,mm)	성분(wt%)			MOR강도 (MPa)	열전도도 (W/mK)	저항 ( $\Omega$ )	열팽창계수 ( $\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ )	표면거칠기 (Ra,mm)
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$					
30x70x2.0t	96.0	2.5	0.8	186	15.0	12	75	0.5

\*열팽창계수는 Alumina기판에 대한 측정값임.

XRD에 의한 세라믹히터 소결체의 광물상 분석결과는 다음 그림.15와 같다.

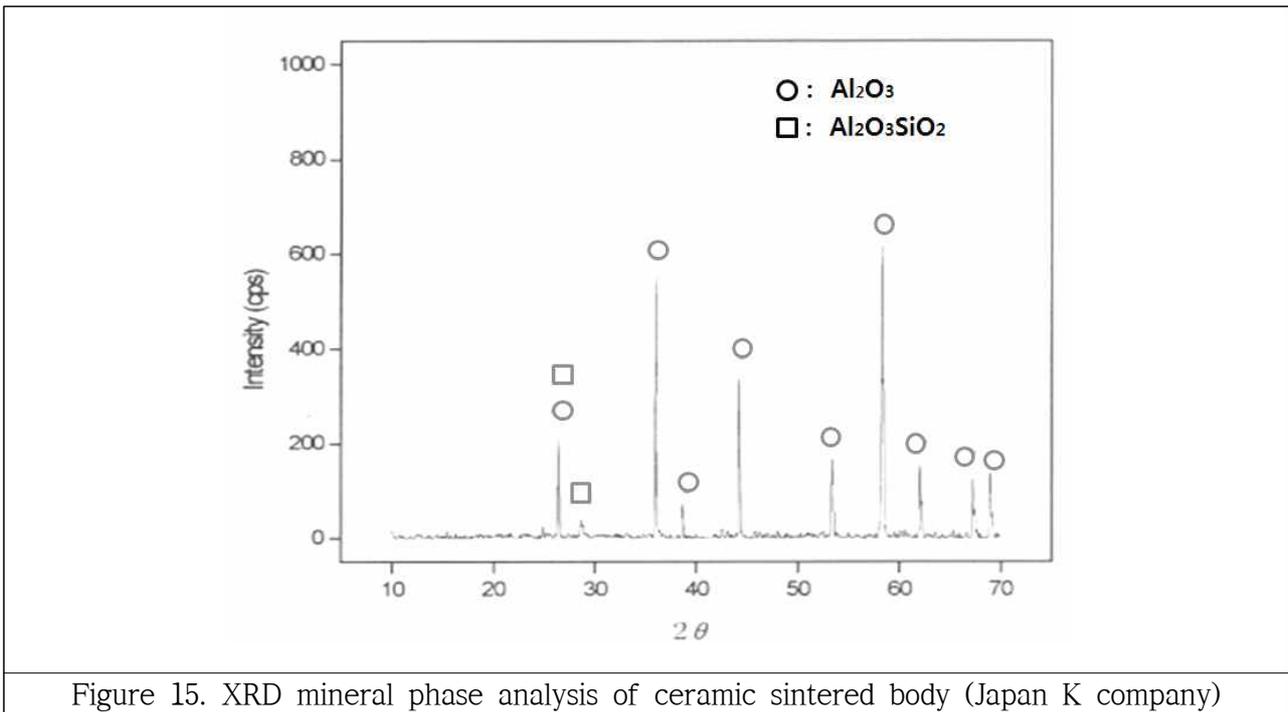


Figure 15. XRD mineral phase analysis of ceramic sintered body (Japan K company)

2) 본 연구에서 그동안 문헌 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

Alumina소결에 미치는 천연광물 첨가제의 영향의 연구에서 99%이상의 알루미나( $Al_2O_3$ )에 천연 원료인 Kaolin, Talc, Calcite광물을 첨가하여 소성후 알루미나 함량을 96%가 될때 1600~1650°C에서 소성하여 액상을 생성시켜 치밀화가 쉽게 일어나도록 하거나, 입자간의 고용체를 미량 존재하게 하여 급격한 입자성장을 억제할 수 있는가를 검토하였다.

그 결과 Kaolin, Talc, Calcite를 0.46:0.27:0.27비율로 첨가시 밀도가  $3.78g/cm^3$ 로 치밀화 하였고 또한 천연광물중 Talc가  $MgAl_2O_4$  Spinel을 형성하여 입자성장을 억제하고 있다고 나타내고 있다.

한편 “AlN분말 합성에 있어서 LiF, BaF<sub>2</sub>첨가효과” 및 “AlN기판의 제조기술”에서는 고순도 AlN분말을 합성하는 방법”과 이 분말을 이용하여 기판을 제조하는 방법을 연구하였는데 고열 전도성( $Al_2O_3$ : 20W/m·K, AlN: 100~180W/m·K, 절연내압( $Al_2O_3$  100kV/cm, AlN140~170kV/cm), 높은 굽힘강도( $Al_2O_3$ 20~30kg/mm<sup>2</sup>), AlN(40~50kg/mm<sup>2</sup>) 특성을 나타냄을 알 수 있었다.

또한 C-BN 연삭숫돌제조 기술개발에 BN이 열전도율이 크고 ( $Al_2O_3$  20W/m·K, BN 130W/m·K), 열팽창계수가 AlN과 거의 비슷하며 압축강도도 매우 높다는 것을 알 수 있다.

“Saw Filter용 세라믹 표면실장형 히터 개발”에서 보면 SMD소자를 제조하는 방법 중 고온과 저온에서 동시소성 할 때로 구분할 수 있으며, 고온에서 소성한 경우 92~96%  $Al_2O_3$ 와 6.0%의  $Cr_2O_3$ 로 그린쉬트를 테이프캐스팅하고 그 위에 W-전극으로 회로를 인쇄하여 Laminating한 후 1550~1600°C로 소성한 것과 60~70%  $Al_2O_3$ 와 30~40% Glass frit를 첨가한 후 고온에서 동시 소성(Co-Firing)하여 표면 실장형 히터를 제조 할 수 있다고 하였다.

따라서 상기 검토한 연구내용을 성형, 인쇄, 적층, 소성, 도금 기술 등을 본 연구개발에 응용하였다.

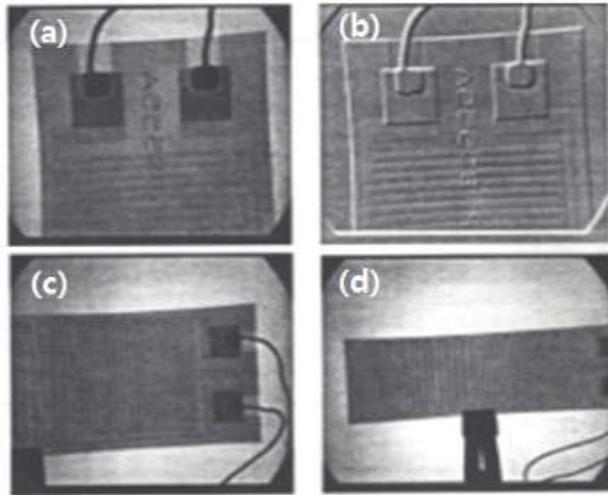


Figure 16. Analysis of ceramic heater heating pattern of foreign products  
 (a) Front side of lead wire attachment (b) Rear side of lead wire attachment (C) Front side of W-Lead wire attachment side and circuit part (d) Front side of circuit part

### 3) 문헌조사 결과

“W-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>동시소성 적층기판에 있어서 전기로 분위기 효과” 연구에서 Camber 현상, 치밀도, 기공율, 평탄도 W-전극의 브레이징 특성은 수소와 수분량에 영향을 받는다고 하였는데 특히 camber를 줄이고 소결체를 치밀화 시키고자 할 때는 수소량을 줄이고(75~23%) 수분양을 증가시킬 때 즉 산소분압이 높을수록 가능하다고 하였다.

“알루미나와 텅스텐의 동시소결 및 Metallizing에 있어서 계면 접착강도에 관한 연구” 에서 알루미나 세라믹스의 배치조성, 유기물 조성, 전극조성을 연구하였다.

Bonding Strength는 metallizing 두께가 두꺼울수록(10~15 $\mu$ m), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>함량이 93%, 1600 $^{\circ}$ C일때 가장 높게 나타난다고 보도하였으며, 천연광물(Talc, Clay) 첨가는 Bonding strength에 영향을 미치는데 Talc가 1000 $^{\circ}$ C에서 분해하여 MgO와 SiO<sub>2</sub>로 나타나고 있으며, Clay는 1400 $^{\circ}$ C 정도에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.SiO<sub>2</sub>계로 되어 앞서 생성된 MgO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.SiO<sub>2</sub>계의 액상(Liquid Phase)이 생성되고 이때 생성된 액상은 1500 $^{\circ}$ C에서 Mullite가 생성되면서 없어지며 이 Mullite가 강도를 증진시킨다고 하였다. 한편 “알루미나-W 동시소성에 의한 다층패키지 제조시 적층조건에 따른 camber의 변화” 와 “알루미나 세라믹스와 금속과의 접합거동” 연구에서 적층압력이 높고 알루미나 쉬트의 밀도가 높을수록 camber값등이 감소하고, 접합강도는 Metallizing온도가 증가할수록 증가하는데 그 이유는 Metallizing온도에서 생성되는 유리상과 밀접한 관계가 있다고 보고하고 있다.

## 나. 세라믹기판의 조성설계

세라믹히터용 세라믹 기판의 조성으로는 외국제품 분석결과 자료 및 문헌검토결과 등을 참고로 하여 설계하였다.

현재까지 저가로 생산되고 있는 세라믹기판은 주로 알루미나를 주성분으로 한 기판이 가장 많이 사용되고 있으며, 일부 특수용도로 고열전도성 기판으로는 AlN, BeO기판이 있다.

알루미나를 주성분으로 하는 경우 알루미나 함량이 94%이상 높으면 열전도율과 강도는 높으나 Hard metal과의 접착력이 낮아 알루미나 함량을 92~94%로 낮춘 경우가 일반적으로 사용된다. 그러나 92~94% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용하는 경우는 접착력은 우수하나 열전도율과 강도가 낮아 히터로 사용되었을 때 전력이 높고 열-cycle이 반복될수록 파괴가 일어나는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 소비전력은 낮추고 물속에서 사용 중 파괴가 일어나지 않으며 metal과의 접착강도가 우수한 히터를 제조하고자 알루미나 함량을 91~93%로 하고 고열전도성과 고강도를 나타낼 수 있을 것으로 예측되는 성분으로 BN, AlN, Mullite, Zircon 및 천연광물 Kaolin, Talc, Calcite)을 첨가하였다.

또한 소결체의 치밀화 및 입자성장 제어는 천연광물이 할 수 있을 것으로 예상되어 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>함량은 91~99% 범위로 설정하고 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량에 따라서 첨가되는 성분도 변화하여 실험하였다.

**다. 순간가열장치에 대한 특허 조사.**

순간가열 히팅모듈에 대한 특허 조사 결과는 다음과 같다.

1.출원특허명 (Filed Paten Name)	전기보일러
기술요약서 (Technical summary)	본 발명은, 원통형의 단면 형상을 가지며, 내부에 물이 충전되도록 물 유입관이 마련되고, 타측에는 온수 배출관이 마련된 수조와; 수조의 내부에 다수 배열 설치되어 충전되는 물을 가열하기 위한 전열 히터와; 수조의 외측에 소정간격 이격되도록 설치되되, 수조와 동일 재질의 금속으로 성형된 가열통과; 가열통과 수조 사이의 공간부상에 복수 배열 설치되어 수조를 가열하는 가열 히터;를 포함하여 된 것으로서, 물이 급수 공급되는 수조의 외측에 수조의 외면을 가열하기 위한 가열 히터가 복수 마련됨으로써 내부의 전열 히터와 함께 수조내의 물의 온도를 빠른 시간내에 높은 온도로 가열시킬 수 있게 된다. 따라서 보일러의 열효율의 상승을 꾀할 수 있는 것은 물론이고, 전기세의 절감 및 대용량화가 가능한 효과가 있다.
출원인	김원영
출원번호	10-2009-0062830
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	농업용 전기 보일러
기술요약서 (Technicalsummary)	본 발명은 농업용 전기보일러에 관한 것이다. 본 발명에 의하면, 축열조의 하부 영역에서 난방수가 채워진 하부히터 고정부재 내부에서 히팅을 하게 됨에 따라 난방수가 신속하게 설정 온도로 히팅이 이루어지면서 난방수가 상부 영역으로 상승하게 됨에 따라, 내부로 리턴되어 공급되는 냉각수와 온도 차이에 의한 대류현상으로 신속하게 혼합됨으로써 난방수의 온도를 빨리 올리게 되어 효율이 높아져 전력소모가 줄어 농가용으로 사용할 수 있는 경제적으로 유용한 효과가 제공된다.
출원인	주식회사 삼광 에프.이.에스
출원번호	10-2010-0011030
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	순간전기보일러
기술요약서 (Technical summary)	본원 발명은, 발열유니트를 드럼에 수납장착하고 발열유니트에 의해 냉각수를 가열하도록 된 순간전기보일러에 있어서, 돌기를 가공한 발열유니트와, 드럼과, 좌우측덮개플랜지의 몸체에 발열유니트를 끼움과 동시에 고무패킹을 조립하기 위한 끼움구멍을 가공하고 이에 인접하여 캡너트를 나사체결하기 위한 체결 나사부를 가공하여 되는 좌우측덮개플랜지와, 상기 끼움구멍에 끼워 조립하는 고무패킹과, 이 고무패킹에 밀착되어 고무패킹을 압착하기 위한 턱와셔캡너트를 구비하고, 상기 좌우측덮개플랜지는 체결볼트를 사용하여 드럼에 체결고정하고, 돌기를 가공하고 있는 발열유니트를 상기 좌우측덮개플랜지의 끼움구멍을 관통하여 끼우고 이상태에서 턱와셔를 개재하여 고무패킹을 압입한 다음 캡너트를 좌우측덮개플랜지에 체결 고정하므로써 상기 캡너트는 고무패킹을 발열유니트쪽으로 압착하고 이에따라 고무패킹은 턱와셔를 통하여 돌기를 압착하면서 발열유니트를 지지장착 하도록 하여 되는 순간전기보일러.
출원인	김정순
출원번호	10-2010-0018609
1.출원특허명	폐 가스용기를 이용한 하우스용 전기보일러

(Filed Paten Name)	
기술요약서 (Technical summary)	본 발명은 버섯재배, 화초 등과 같은 작물을 재배하는 비닐하우스의 내부의 온도를 최적 상태로 유지시킴과 동시에 적절한 습도를 유지하도록 한 폐 가스용기를 이용한 하우스용 전기보일러로, 물탱크(100) 내에 전기히터(200) 및 온도센서(S)가 설치되고, 상기 전기히터(200)에 의해 데워진 물을 받이랑 사이에 지그재그로 설치하기 위한 온수파이프(300)와, 상기 온수파이프(300)에 물을 공급 및 제어하기 위한 밸브를 가지는 공급파이프와, 상기 공급파이프와 물탱크 사이에 설치되어 물을 순환시키기 위한 순환펌프(10)와, 상기 물탱크내의 온도 및 전기히터의 온도를 조절하기 위한 제어부(110)를 가지는 전기보일러에 있어서, 상기 물탱크(100)는 폐 가스 용기이며, 상기 온수파이프(300) 상에 방열수단(310)이 다수 설치되고, 하우스 내부는 습도조절장치에 의해 습도가 유지되도록 구성된다. 상기 습도조절장치(400)는 상기 전기히터(200)를 감싸도록 이중관으로 형성된 원통형상의 몸체(410)와, 상기 몸체 선단에 설치되어 수압에 의해 개폐되는 체크밸브(420)와, 후단에 수직으로 형성되며 토출구(431)를 가지는 배출파이프(430)와, 상기 배출파이프의 선단 쪽에 설치되어 습도 제어장치(401)에 의해 실내 습도가 높으면 가열된 수증기를 복귀파이프(440)를 통해 물탱크(100)로 보내고, 습도가 낮으면 하우스 내로 배출하도록 한 리턴밸브(450)로 구성된다.
출원인	방성혁
출원번호	10-2010-0135605
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	전기축열식 냉난방 히트펌프장치
기술요약서 (Technical summary)	본 발명은 각종 열원을 이용한 히트펌프 장치에 있어서 열원의 불균형에 의한 히트펌프 성능저하와 가스, 유류등 일반 보일러에 비해 장비가격이 고가여서 설치비용 등이 높고, 고장 확률이 높아 효율은 좋으나, 소비자 만족도는 미미한 것으로 여겨왔던 종래의 히트펌프를 개선한 것으로서, 특히 공기열원 히트펌프의 경우 외부 증발기에 과다한 적상이 되어 혹한기 외기가 -10℃ 이하로 떨어지면 영상 7℃에서의 생산열량 대비 55%이하로 반감되어 전력 소모량 대비 COP.효율이 1.4이하로 되고 생산 열량이 줄어든 원인에 의해 결국엔 난방효율 EEP.가 저하되는 단점이 있어왔던 히트펌프 장치를 현저히 개선하여, 1차 전기히터를 이용한 축열 기능에 의해 히트펌프의 증발열원을 안정적으로 확보, 이 열원을 이용하여 히트펌프를 가동시 압축효율 및 증발효율이 배가되어 65℃ 이상의 온수와 0℃ 이하의 냉수를 날씨, 열원 불균형 등 제반 영향을 받지 않고 안정되게 생산할 수 있는 전기축열식 냉난방 히트펌프에 관한 것이다.
출원인	김종석
출원번호	10-2011-0007622
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	농업용 전기가열기의 순환수 가온 장치
기술요약서 (Technical summary)	본 고안은 전기가열기에서 가열된 용수는 온풍기의 방열핀으로 순환되어 온풍기의 방풍으로 비닐하우스 내부공간을 가온하는 비닐하우스의 가온 장치에 있어서 방열핀을 거친 냉각된 순환수는 전기히터와 열원이 다른 온수보일러에서 가열하고, 가열된 순환수는 전기가열기의 수조로 유입되어 순환이 이루어지게 구성한 것이다. 이와 같은 본 고안은 혹한기에는 전기가열기의 전기히터와 온수보일러의 순환수는 직렬로 연결되어 동시 작동시

	켜 사용하므로 효율이 증대되고, 기온이 상승 되면 온수보일러는 off시킨 상태로 사용할 수 있게 되므로 편리하고 경제적인 특징이 있다.
출원인	김희찬
출원번호	20-2007-0000480
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	농업용 전기가열기의 용수 가온 장치
기술요약서 (Technical summary)	본 고안은 농업용 전기가열기의 용수 가온 장치에 관한 것이며 수조에 전기히터가 구비되는 전기가열기에서 수조의 용수를 열원이 다른 온수보일러에서 가열시켜서 전기가열기의 수조로 유입시켜 수조내의 용수가 열 시간을 단축하고 효율을 증대시킬 수 있도록 함에 목적이 있다. 본 고안은 전기가열기에서 가열된 용수는 온풍기의 방열핀으로 순환되어 온풍기의 방풍으로 비닐하우스 내부공간을 가온하는 비닐하우스의 가온 장치에 있어서 수조내의 용수를 가열하는 전기히터와는 별개인 열원이 다른 온수보일러에서 가열하고, 가열된 용수는 수조로 다시 유입시키는 수조내의 용수를 가온하는 구성이다. 이와 같은 본 고안은 혹한기에는 전기가열기의 전기히터와 온수보일러를 동시 작동시켜 수조내의 용수를 조기 가온하고, 기온이 상승 되면 온수보일러는 off시킨 상태로 사용할 수 있게 되므로 편리하고 경제적인 특징이 있다.
출원인	김희찬
출원번호	20-2007-0000485
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	농업용 축열식 전기 보일러
기술요약서 (Technical summary)	본 고안은 농업용 축열식 전기 보일러에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 상대적으로 용량이 큰 대형 가열로의 내부에 상대적으로 용량이 적은 순간 가열로를 수용시키고, 이 순간 가열로에 복수의 전열히터를 설치하여서, 전열히터를 통해 소량의 난방수가 저장된 순간 가열로를 신속한 가열하고 이 가열된 난방수를 순환관을 통해 순환시켜 난방공간의 순간 난방이 가능하고, 상기 순간 가열된 난방수를 저장한 순간 가열로와 이를 수용한 대형 가열로 사이에 열교환 작용과 순환구를 통한 난방수의 순환작용이 이루어져, 대형 가열로에 저장된 난방수의 가열시키고 이를 순환관을 통해 순환시켜 난방공간의 지속적이고 안정적인 난방이 가능하도록 구성한 농업용 축열식 전기 보일러에 관한 것이다.
출원인	변재분
출원번호	20-2009-0002813
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	전기 온수기(electric water heater) ELECTRIC WATER HEATER
기술요약서 (Technical summary)	To provide an electric water heater allowing the comfortable use of hot water on the second or higher floor even if buried underground. SOLUTION: The electric water heater has a heat storage tank whose maximum hot water storage capacity is in a range of 750-1,250 L; a heat insulating material for covering the heat storage tank; a heat source part for heating hot water in the heat storage tank utilizing electric power; and a heat exchanger tube for heating water for hot water supply using hot water heated by the heat source part, as a heat source. The heat storage tank is formed of stainless steel with a thickness of 1.0-2.5 mm and constituted to allow the internal space to communicate with outside air. This electric water heater is useful as an electric water heater for a detached house because

	space saving and a low running cost can be achieved.
출원인	株式会社エコテック
출원번호	20265315 (2008.10.14)
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	전기 보일러 ELECTRIC BATH HEATER
기술요약서 (Technical summary)	자동적으로 온수의 낮은 온도를 올리기 위해 가능하게 한다. 구성 : 언제 전력 공급이 놓인 것이 작동하고, 자속을 생성함에 있어 결과로서 생김으로써, 고주파 전류는 초고주파 발전기에 연결된 가열 코일 19에 흘러들며, 그것이 가열 탱크 12와 자기 회로 클로우징 부재 20과 20 '의 제 2 가열 탱크 13의 만든 자로에 흘러들고 그리고 열을 생성한다. 가열 탱크 11이 배스터브 16에 전달한 추운 또는 온수로 충전되기 때문에, 상기 물이 즉시 가져가고 열전도에 의해 가열되고, 그 자체의 온도를 상승시킨다. 온도가 추운 또는 온수를 올렸고 효과적으로 배스터브 16.COPYRIGHT에서 추운 또는 온수의 온도를 기름에 있어 결과로서 생김으로써, 가열 탱크 11을 위로 향하여 들어가고, 배스터브 16 안으로 탱크 11에서 outflowing 커넥팅 홀 12b를 밀려든다
출원인	松下電器産業(株)
출원번호	출원번호 :58013441 등록번호 : 01715981
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	전기 보일러 ELECTRIC BOILER
기술요약서 (Technical summary)	To attempt to raise the efficiency of electric current conduction and to prevent the short-circuit accident in the electric line by fixing the upper section and holding freely the lower section of an evaporation pipe in a casing and at the same time arranging a feed water pipe, steam pipe, flow rate restricting orifice, and bus bar. CONSTITUTION: In a casing 1 an evaporation pipe 4 with a plurality of windings is fixed and held to a support beam 3, and its lower section is set apart by the distance between two adjacent windings and the pipe 4 is supported by a distance rod with the freedom of expanding and shrinking in the up-and-down direction. At the outer and upper section of the casing 1 is supply water inlet nozzle 6, steam outlet nozzle 9, and bus bar 10 for electric power supply are arranged, and the nozzles 6 and 9 are connected respectively to the inlet and outlet of the evaporation pipe 4 through orifices 7 and 8. And, the bus bar 10 and the inlets and outlets and central sections of a plurality of the evaporation pipes 4 are connected electrically. With this constitution the elongation due to thermal expansion is absorbed at the lower section with the freedom of expansion and shrinking, and there is no fear that the accident of short circuit in the electric lines may develop or a reduced efficiency of electric current conduction in the bus bar 10 may occur.
출원인	TOSHIBA CORP TOSHIBA ENG CO LTD
출원번호	63188254 (1988.07.29)
1.출원특허명 (Filed Paten Name)	[일본]온수기 WATER HEATER
기술요약서 (Technical summary)	To lengthen the service life by a method wherein the inner surface of a boiler body made of titanium added carbon steel material is lined with glass lining and the electro-chemical protection is applied to the boiler body. CONSTITUTION: The boiler body 1 of the water heater is made of titanium added carbon steel and the inner surface of the boiler body 1 is lined with glass lining 2. An electrode 8 for

	electro-chemical protection is provided to protect the interior of the boiler body 1 from corrosion by applying DC voltage between the boiler body 1 and the electrode 8, due to the str...
출원인	松下電器産業(株)
출원번호	출원번호 :55124852 등록번호 : 01392006

#### 라. 현재의 기술 현황 및 핵심기술개발

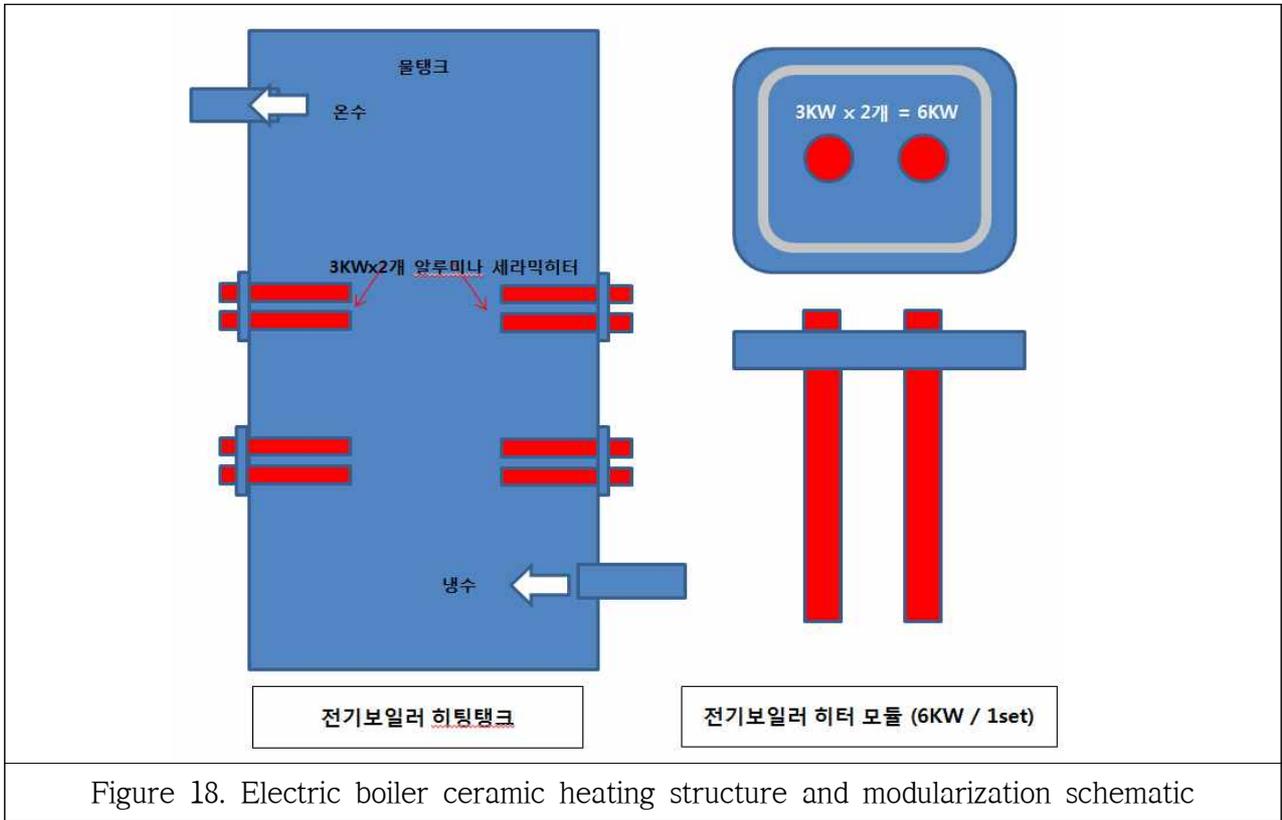
-현재 시즈히터 120 kW 파워로 구성되어 물탱크내에 직접가열형으로 구동되고 있으나, 승온속도가 늦고, 소비전력이 매우 높은 단점이 있다.



Figure 17. High-capacity sheath heater photo for current K boiler heating

-본 연구는 4 kW 알루미나질 세라믹히터로 물속에서도 장시간 고장이 없이 고신뢰성을 갖도록 제조공정상의 핵심공정 기술개발을 수행하여 당사에서 농업용 보일러용 고용량 세라믹히터를 개발하였다.

-하기 알루미나 세라믹히터 당사 제품을 농업용 전기보일러용으로 최적의 DEMENSION, POWER, 내구성을 향상시키기 위한 소재설계 및 보일러용 히팅모듈화 기술개발을 수행하여 농업용 전기보일러에 적용시험을 수행하였다.



-본 연구에서 세라믹히터를 농업용 전기보일러에 적용하기 위한 핵심기술 개발내용은 다음과 같다.

- 세라믹히터 알루미나소재 그린쉬트 기술개발
- 고용량 W-Paste 발열패턴닝 인쇄공정 기술개발
- 고용량 알루미나소재 메탈라이징 동시소성 기술개발
- 고용량 알루미나 세라믹히터 단자부 브레이징 기술개발

-농업용 난방용 세라믹히터는 그린하우스 내부의 온도를 작물성장에 적합한 온도로 항상 유지되어야 하기 때문에 농업용 히팅시스템은 겨울철에 약 5개월간은 실시간 물탱크내의 온도를 가열하여야 하므로 가혹한 사용조건이다.

-이러한 가혹조건에서도 물탱크내에 장착된 세라믹히터는 3 kW히터를 2개/set를 14set 장착할 시 84 kW로 설계하여 제작하였으며, 실제 발열시 구동 전력은 70 kW이하가 되도록 1차년도에 연구하였다.

### 1-3. 국내외(사) 세라믹히터 제품 분석

가) 일본제품(KYOCERA CO.) 세라믹히터의 분석

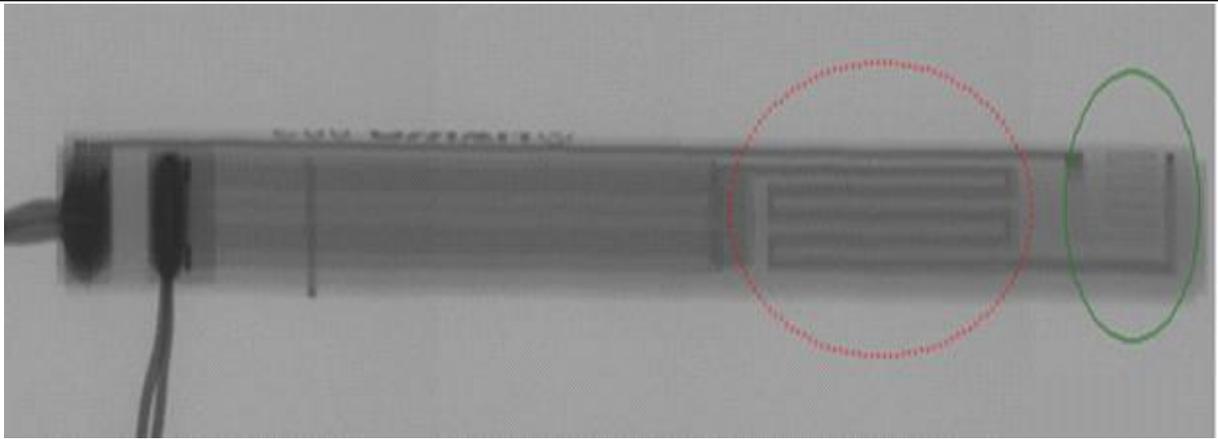
-세라믹히터는 일본의 교세라(사)제품으로 당사는 일본제품의 전기적 특성 및 내부 발열체 저항 및 센서 저항을 Micro Focus X-Ray Analysis를 이용하여 내부 패턴을 분석하였다.(그림.20 화살표 제품 분석)



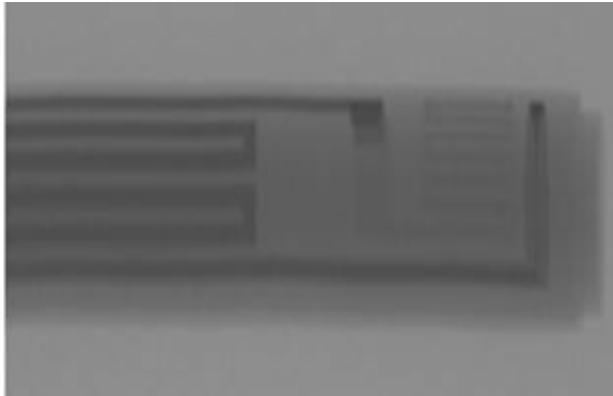
Figure 20. Ceramic heater for hot water from K Company, Japan

-또한 세라믹소재의 조성 및 미세조직을 분석하여 내열특성을 갖는 소재, 발열부 및 센서부의 조성을 심층적으로 분석을 실시하였다. 세라믹 미세조직 및 조성은 SEM(Scanning Electron Microscope), EDS(Energy Dispersive Spectrometer)장비를 이용하여 분석을 실시하였다.

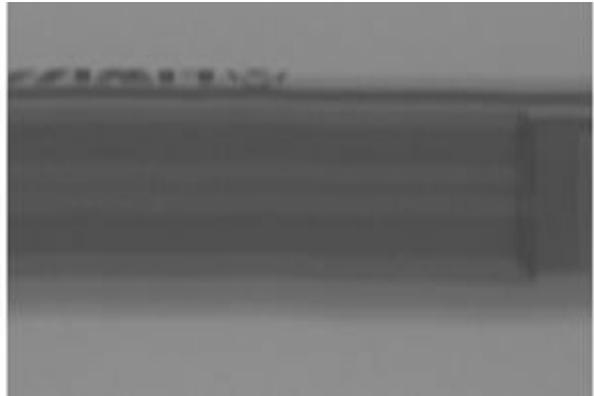
-Micro Focus X-Ray Analysis 분석결과는 다음 그림.20과 같다.



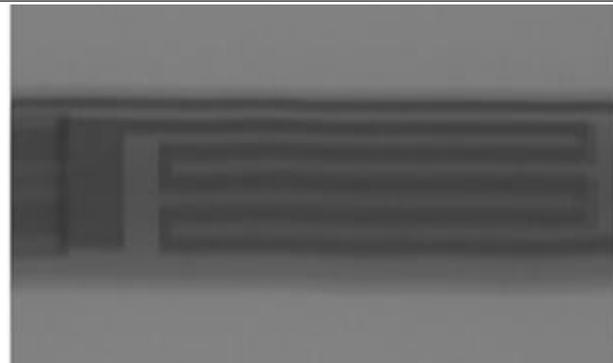
Sample - 0°(발열부: ⊙ 센서부: ⊙)



Sample -Top



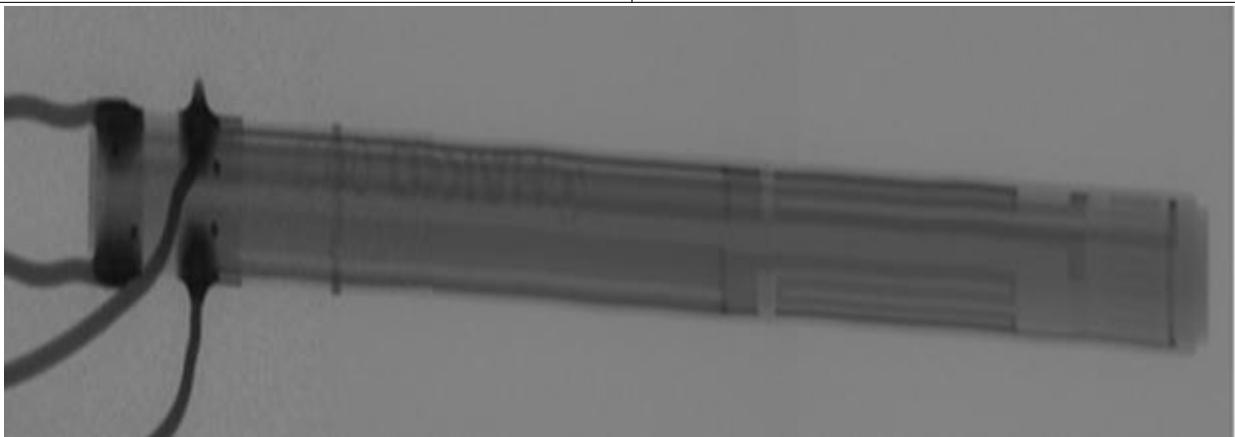
Sample -Center1



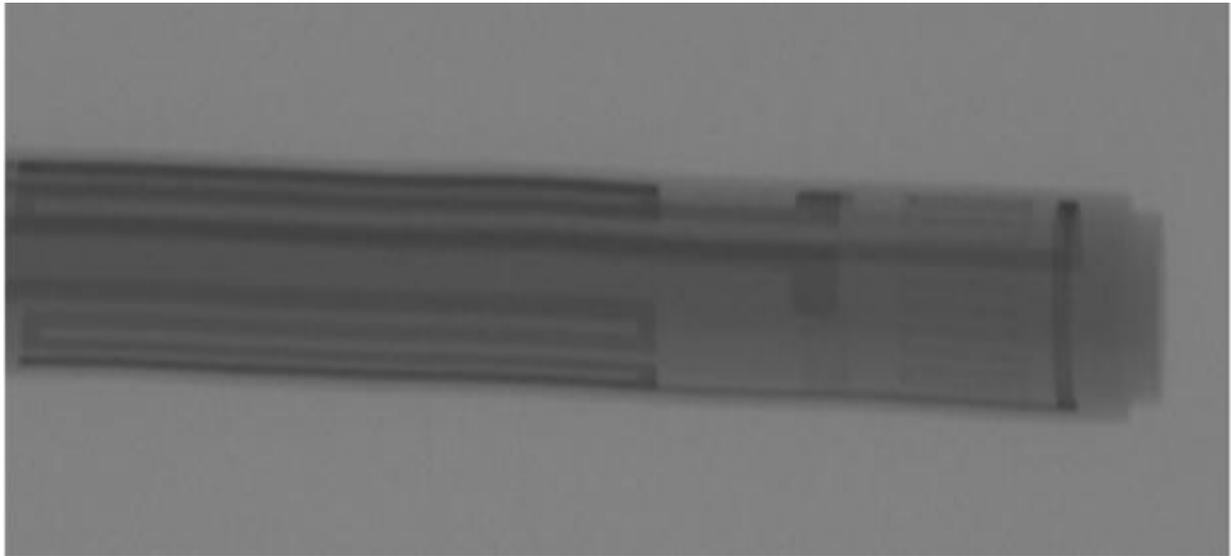
Sample - Center2



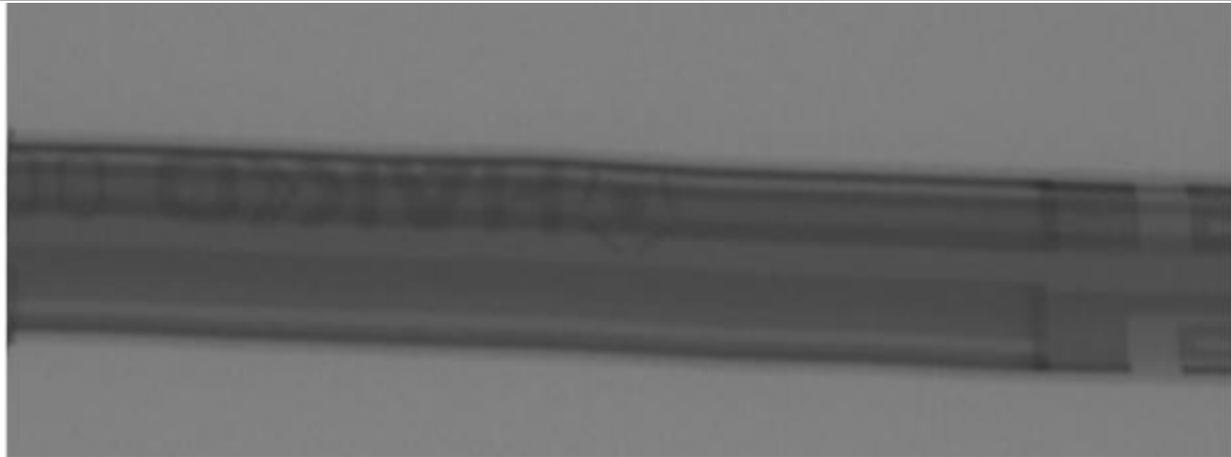
Sample - Bottom



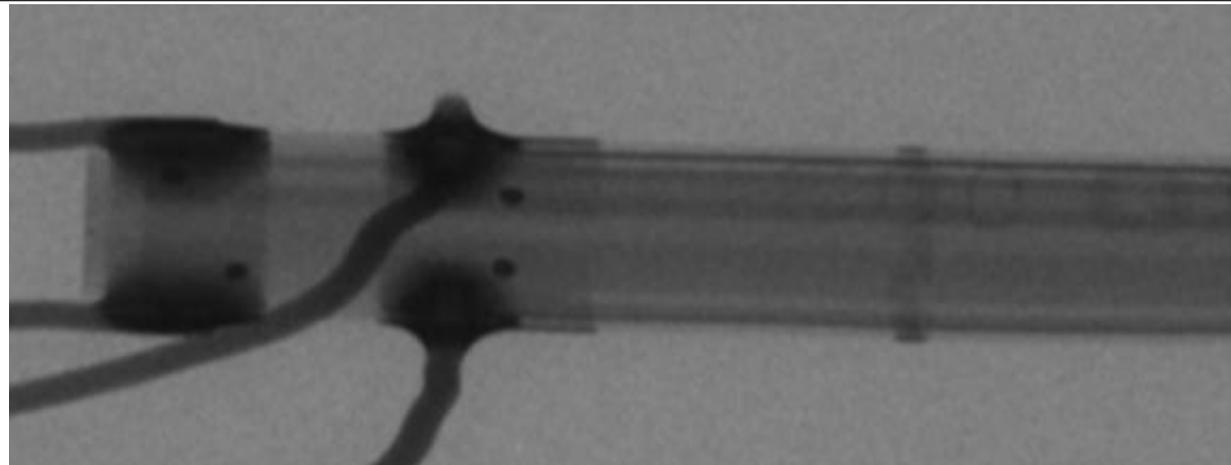
Sample -120°



Sample -120°



Sample -120° -Center



Sample -240° -Bottom

Figure 21. Non-destructive analysis of ceramic heaters for Japan's H water heater  
(By Micro Focus X-Ray Analyser)

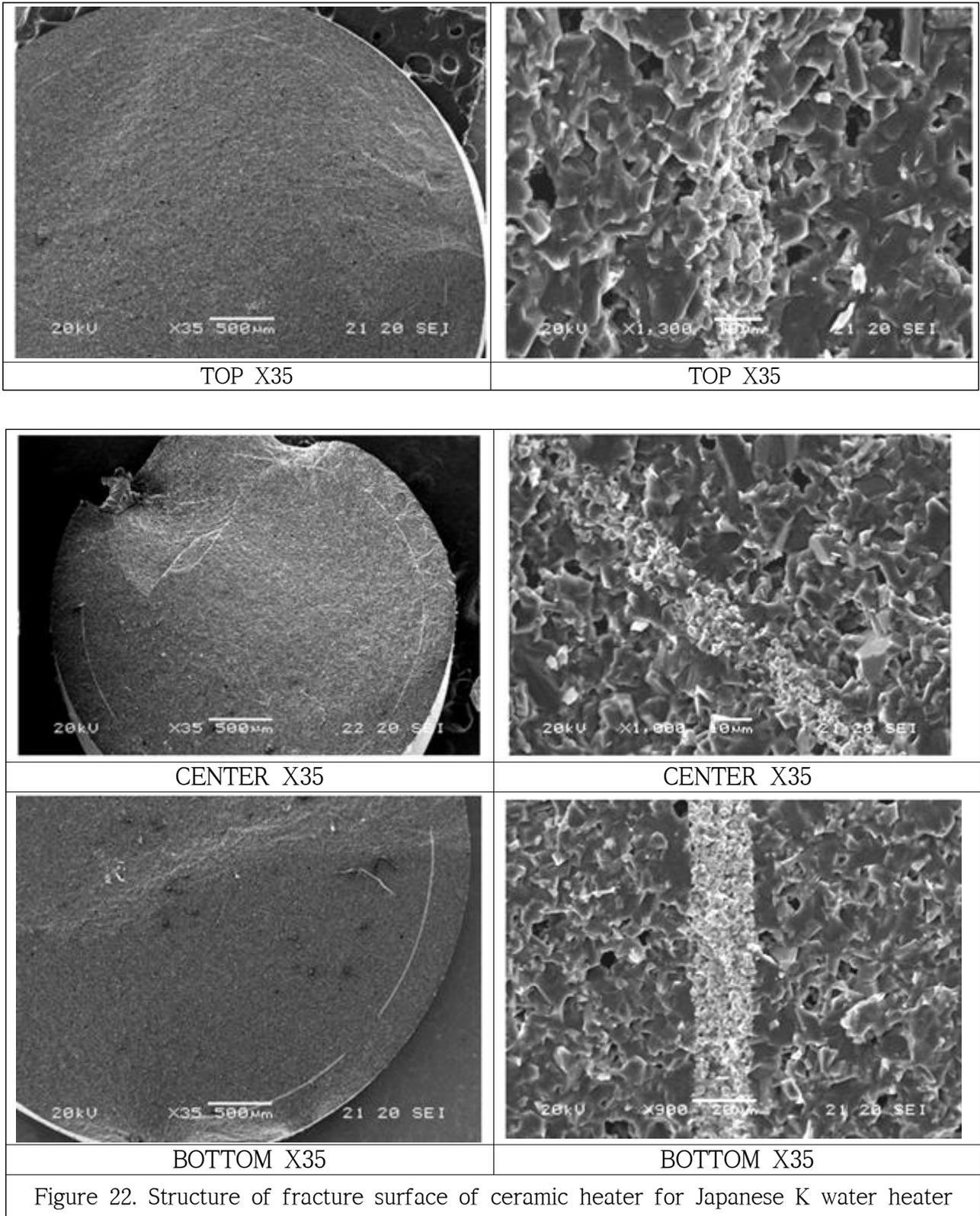
- 상기 그림 21은 Micro Focus X-Ray Analyser를 이용하여 비파괴 내부구조를 관찰하였다.
- 센서저항부 패턴과 발열저항부 패턴 형태를 분석하였으며, 센서부 패턴이 히터 끝단에 장착되었으며, 그 위부분에 발열저항 패턴이 형성된 것으로 분석 되었다.
- 전기적특성 분석 결과는 다음 표.6과 같다.

Table 6. Evaluation of Electrical Characteristics of Ceramic Heaters for Japan K Company Water Heaters

Input Voltage(Vac)	발열저항( $\Omega$ )	센서저항( $\Omega$ )	Power(W)
220	10~30	45.4~46.0	1000~2500

\*온수기용 세라믹히터 SIZE :  $\varnothing$ 11.5 X L115

- SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용한 미세구조 분석결과는 다음 그림.22와 같다.



일본 K(사) 세라믹히터의 파단면을 SEM(주사전자현미경)을 이용하여 분석한 결과는 그림 24와

같다.

분석 Area는 세라믹히터 파단면(Fracture Surface)을 SEM으로 미세구조를 관찰하였다. 또한 전극의 두께 및 Ceramic 소결체의 조직, 전극의 조성, Brazing Metal, Lead Wire의 화학 성분을 SEM-EDS로 분석하였다.

상기 그림 22의 SEM 미세조직 분석결과 전극층과 Ceramic Body 층과 Metallizing 접합상태는 매우 양호한 상태로 Ceramic과 W-전극층의 원소가 확산되어 치밀한 조직으로 강고한 접합력을 나타내고 있다. W-전극층의 두께는 표 67과 같이 분석되었다.

Table 7. Analysis results of W-electrode layer

Sample 명	W(텅스텐)-Thickness	Metallizing 접합상태
a)저항체 부위	30 $\mu$ m	Good
b)전극 부위	28 $\mu$ m	Good
c)니켈도금 부위	0.7 $\mu$ m	Good

그림 23에서 Ceramic 소결체층과 Core형 Road Ceramic의 파단면 조직을 SEM으로 관찰한 미세조직을 나타내었다.

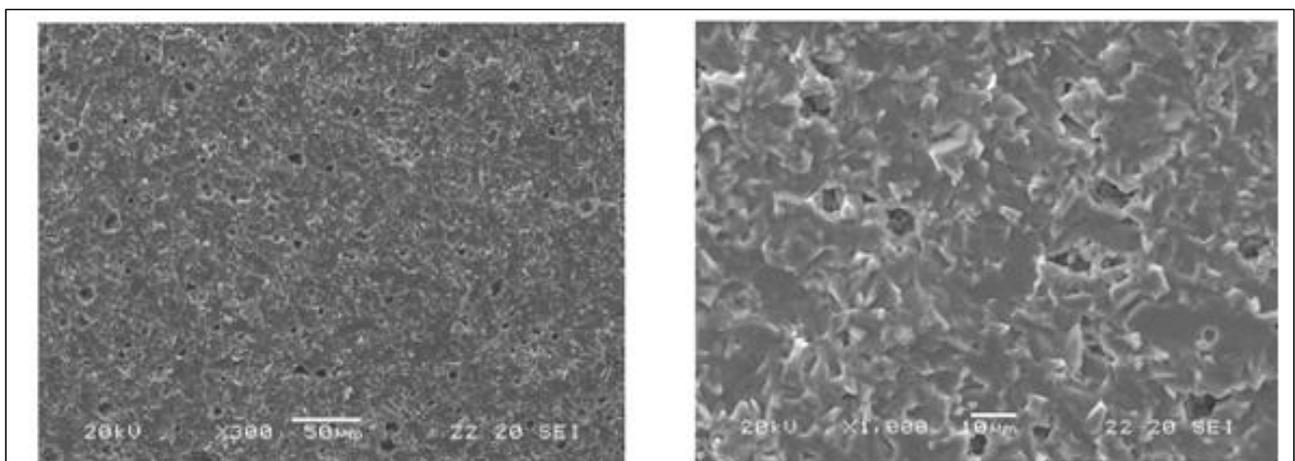


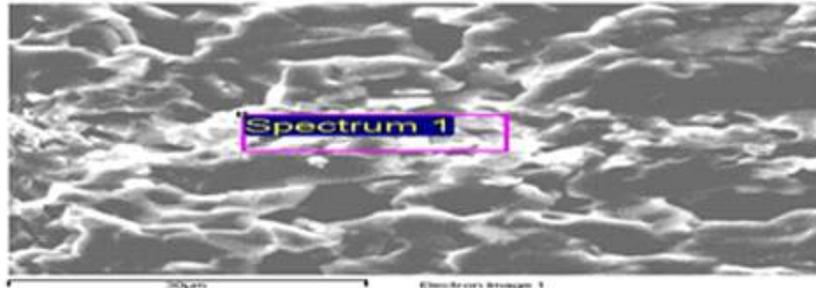
Figure 23. Japan H Company Ceramic Heater BODY Determination Surface Microstructure Analysis(By SEM)

상기 그림 23의 SEM조직 사진에서 보는 바와 같이 Ceramic Heater는 Alumina결정으로 10 $\mu$ m이하의 기공(pore)이 소량 존재하며 내외부 Ceramic 조직도 치밀한 상태로 소결상태가 양호하였다.

또한 Plate형 Ceramic Heater의 W-저항 패턴층의 성분과 전극층과 Lead Wire의 Brazing Metal 성분, Lead Wire의 성분을 EDS로 원소분석을 시행하였다.

각 부위의 EDS 원소분석 결과는 그림 24, 그림 25, 그림 26과 같다.

- EDS(Energy Dispersive Spectrometer) 분석결과는 다음 그림 24~그림 26과 같다.



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
Number of iterations = 4

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Mg MgO 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
W W 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	4.56	10.03	16.70	CO2
Mg K	0.64	0.70	1.07	MgO
Al K	15.54	15.21	29.35	Al2O3
Si K	3.01	2.83	6.43	SiO2
Ca K	1.23	0.81	1.72	CaO
W M	35.47	5.10	44.73	WO3
O	39.56	65.33		
Totals	100.00			

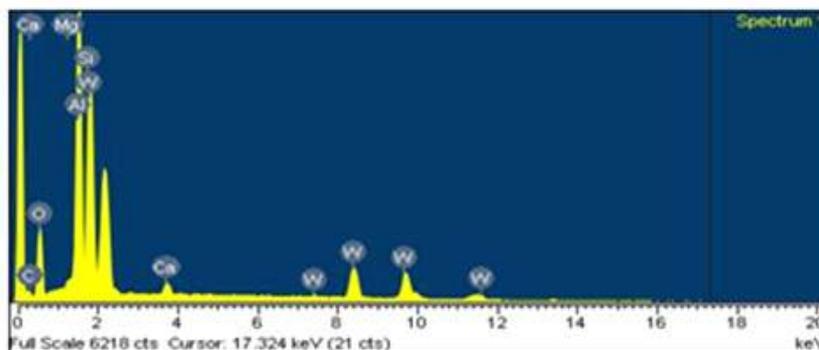
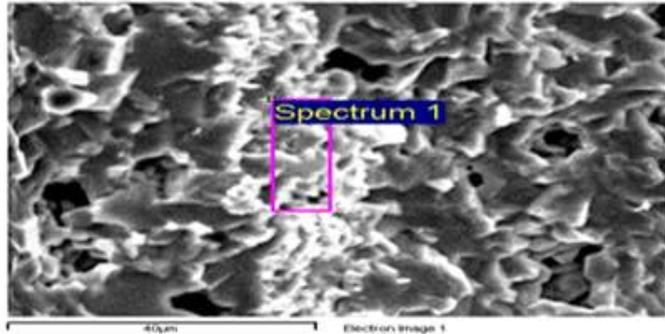


Figure 24. Resistance pattern layer EDS (Energy Dispersive Spectrometer) analysis of ceramic heater



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
Number of iterations = 4

Standard :  
C CaCO<sub>3</sub> 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO<sub>2</sub> 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
W W 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	6,48	12,21	23,73	CO <sub>2</sub>
Al K	21,00	17,62	39,67	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	2,86	2,30	6,11	SiO <sub>2</sub>
Ca K	0,91	0,51	1,27	CaO
W M	23,17	2,85	29,22	WO <sub>3</sub>
O	45,59	64,51		
Totals	100,00			

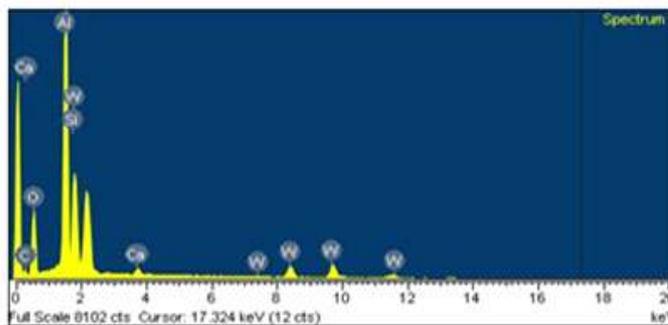
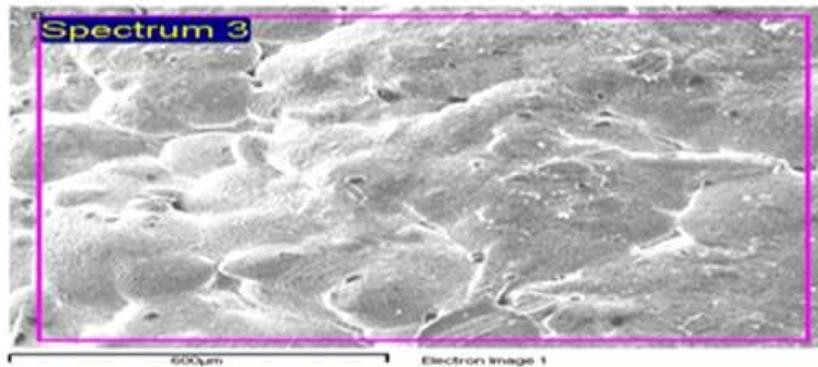


Figure 25. Analysis of resistance pattern layer EDS (Energy Dispersive Spectrometer) of ceramic heater



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
Number of iterations = 4

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Cu Cu 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ag Ag 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	7.83	19.83	28.70	CO2
Al K	0.68	0.77	1.29	Al2O3
Cu K	23.78	11.38	29.77	CuO
Ag L	37.46	10.56	40.24	Ag2O
O	30.24	57.47		
Totals	100.00			

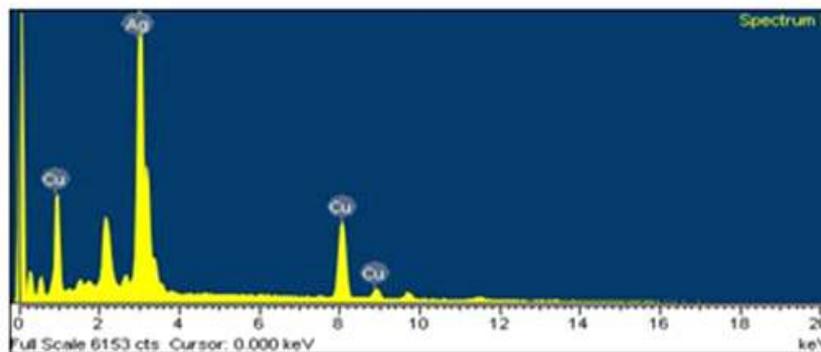


Figure 26. EDS (Energy Dispersive Spectrometer) Analysis of Lead Wire Junction of Ceramic Heater

상기 EDS 원소분석 결과를 종합하면 표 8과 같다.

Table 8. Elemental Analysis of EDS

Sample	Element	함량(wt%)
Inert W-Pattern	W	35.47
	Ca	1.23
	Al	15.54
	Total	100.00
Brazing Metal	Ag	99.06
	Al	0.94
	Total	100.00
Lead Wire	Ni	99.13
	Al	0.87
	Total	100.00

상기 제품은 선진 외국사의 제품으로 당사는 선진제품의 저항패턴분석결과를 참고로 새로운 저항패턴을 개발, 외국제품의 문제점도 반영하여 보다 우수한 “고용량 세라믹히터의 소재 및 전극조성 개발” 기술을 적용한 제품을 개발하였다.

Table 9. Dimensions and Characteristics of Foreign Products

치수 (폭×너비×두께,mm)	성분(wt.%)			강도 (MPa)	열전도도 (W/m·k)	저항 (R <sub>25</sub> , Ω)	열팽창계수 (×10 <sup>-7</sup> /°C)	표면 거칠기 (Ra, μm)	파괴 전압 (V)
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO						
∅ 14.5(OD)X∅ 9.0(ID)X120(L)	91.2	5.4	1.9	175	14.9	32	75(기판상)	0.9	270이상

\* 열팽창계수는 Alumina 기판에 대한 값

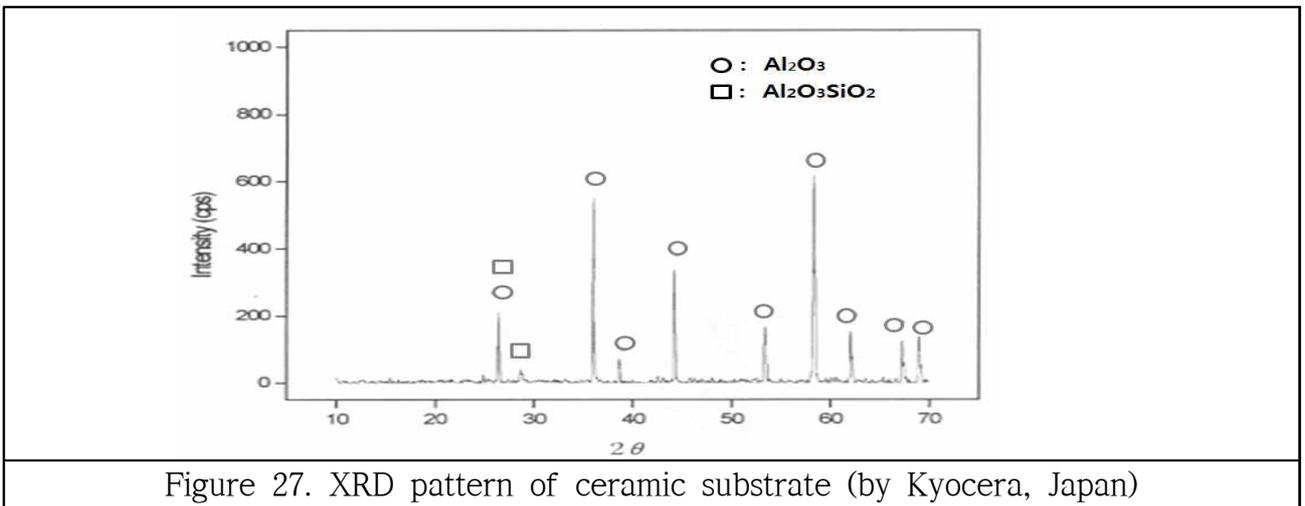
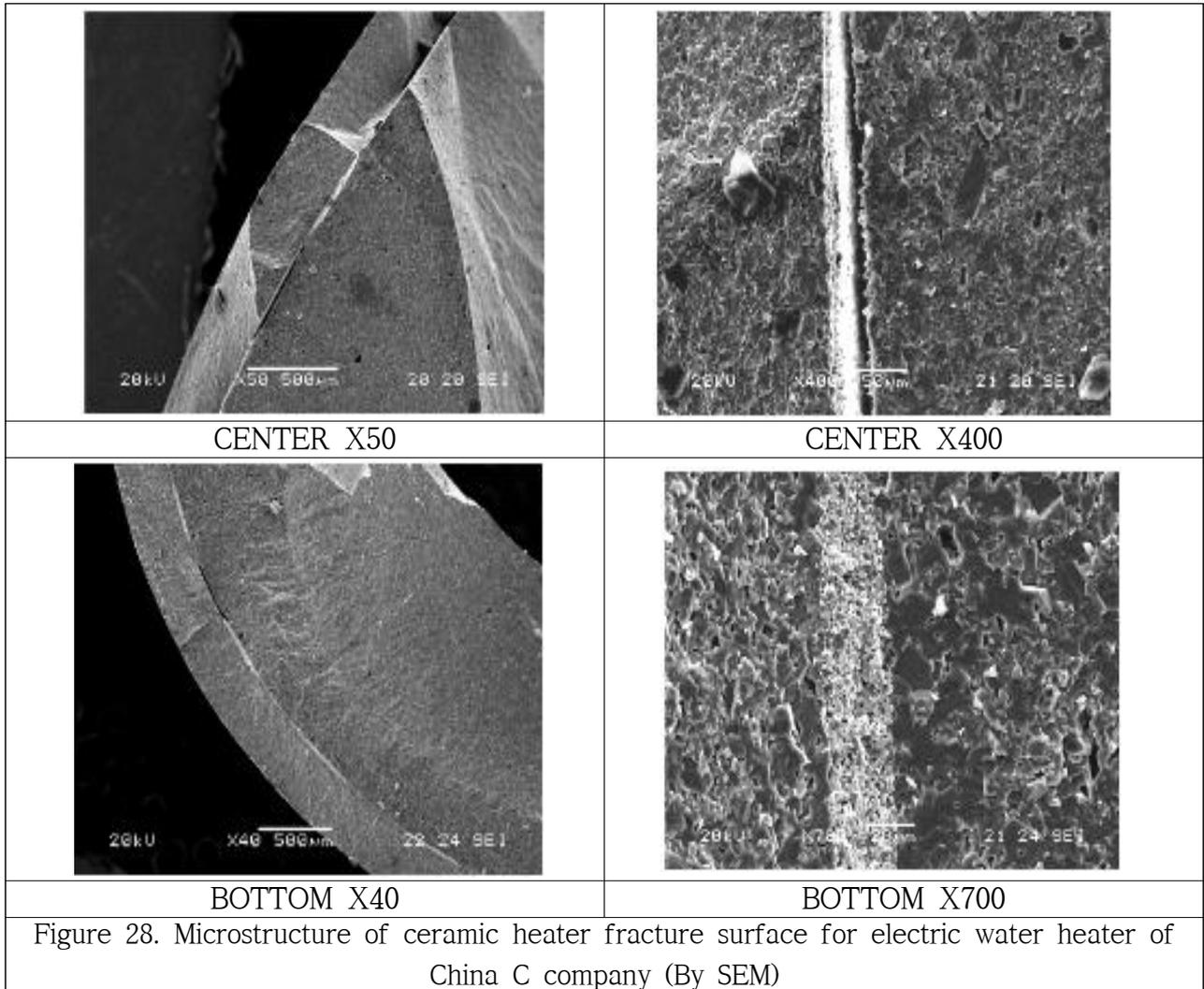


Figure 27. XRD pattern of ceramic substrate (by Kyocera, Japan)

상기 제품은 선진 외국사의 제품으로 당사는 선진제품의 저항패턴 설계망을 참고로 새로운 저항패턴 설계도를 개발하였다.

또한 외국제품의 문제점도 반영하여 보다 우수한 “물속에서 직접가열형 고용량 세라믹히터”를 개발하여 상용화 하였다.

나) 중국제품(C사) 세라믹히터의 분석



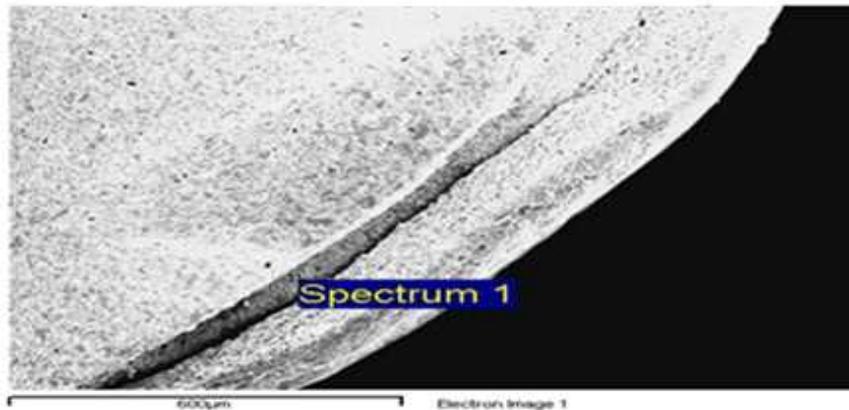
중국 C(사) 온수기용 Rod Type 세라믹히터의 파단면을 SEM(주사전자현미경)을 이용하여 분석한 결과는 다음 그림 28.과 같다.

분석 Area는 세라믹히터 파단면(Fracture Surface)을 SEM으로 미세구조를 관찰하였다.

또한 전극의 두께 및 Ceramic 소결체의 조직, 전극의 조성, Brazing Metal, Lead Wire의 화성분을 SEM-EDS로 분석하였다.

상기 그림 28의 SEM 미세조직 분석결과 전극층과 Ceramic Body 층과 Metallizing 접합상태는

매우 불량한 상태로 Ceramic과 W-전극층의 원소가 미확산되어 박리된 조직으로 기공이 형성되어 있다.



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	4.32	6.90	15.82	CO2
Al K	43.82	31.19	82.80	Al2O3
Si K	0.64	0.44	1.38	SiO2
O	51.21	61.47		
Totals	100.00			

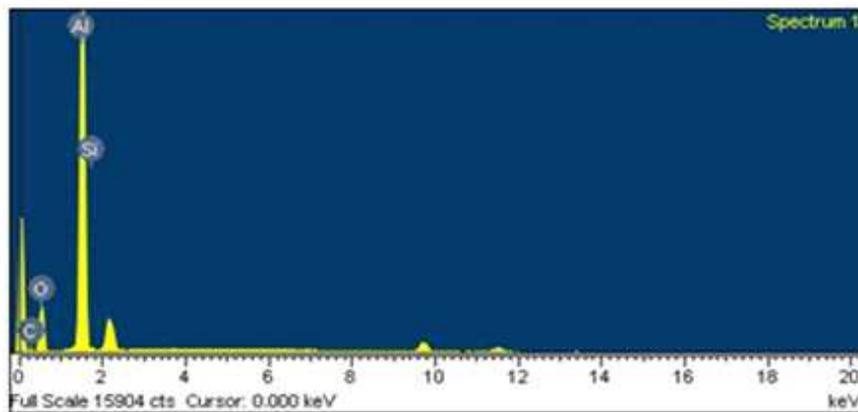


Figure 29. EDS (Energy Dispersive Spectrometer) Analysis of Ceramic Heater Layer

W-전극층의 두께는 표 10과 같이 분석되었다.

Table 10. Analysis of W-electrode Layer

Sample 명	W(텅스텐)-Thickness	Metallizing 접합상태
a) 저항체 부위	27 $\mu$ m	Poor
b) 전극 부위	19 $\mu$ m	Poor
c)니켈도금 부위	0.4 $\mu$ m	Normal

그림 28에서 Ceramic 소결체층과 Core형 Road Ceramic의 파단면 조직을 SEM으로 관찰한 미세조직을 나타내었다.

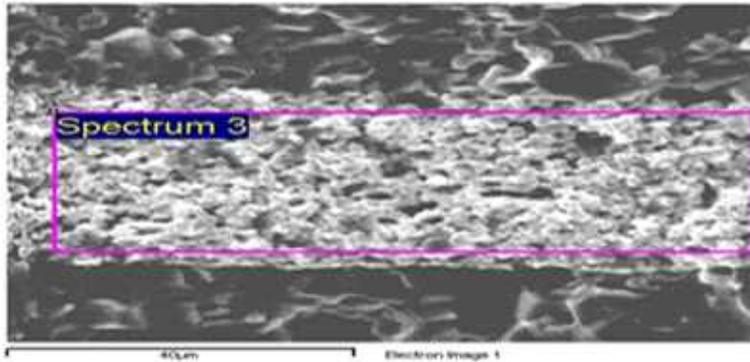
또한 Core형 Ceramic Heater의 W-저항 패턴층의 성분과 전극층과 Lead Wire의 Brazing Metal 성분, Lead Wire의 성분을 EDS로 원소분석을 시행하였다.

각 부위의 EDS 원소분석 결과는 그림 30~그림 31과 같다.

하기 그림 30~그림 31의 EDS 원소분석 결과를 종합하면 표 11과 같다.

Table 11. Elemental Analysis of EDS

Sample	Element	함량(wt%)
Innert W-Pattern	W	62.5
	Ca	5.83
	Al	0.25
	C	2.83
	O	29.3
	Total	100.00
Brazing Metal	Ag	68.00
	Al	32.00
	Total	100.00
Lead Wire	Ni	98.10
	Al	1.90
	Total	100.00
Ceramic Body	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	82.80
	SiO <sub>2</sub>	1.38
	기타	15.82
	Total	100



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
W W 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	2,84	9,04	10,40	CO2
Na K	0,25	0,41	0,33	Na2O
Al K	5,83	8,26	11,01	Al2O3
W M	62,05	12,91	78,26	WO3
O	29,03	69,39		
Totals	100,00			

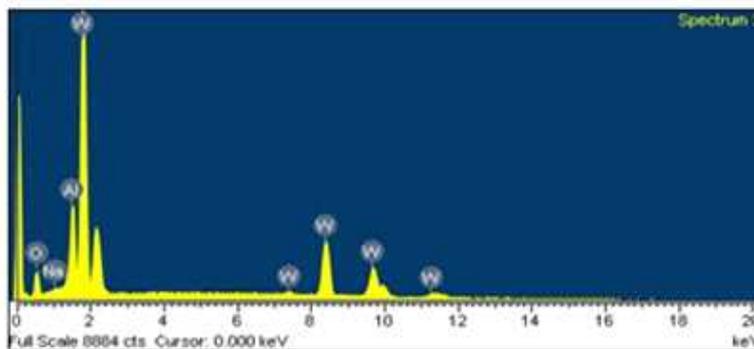
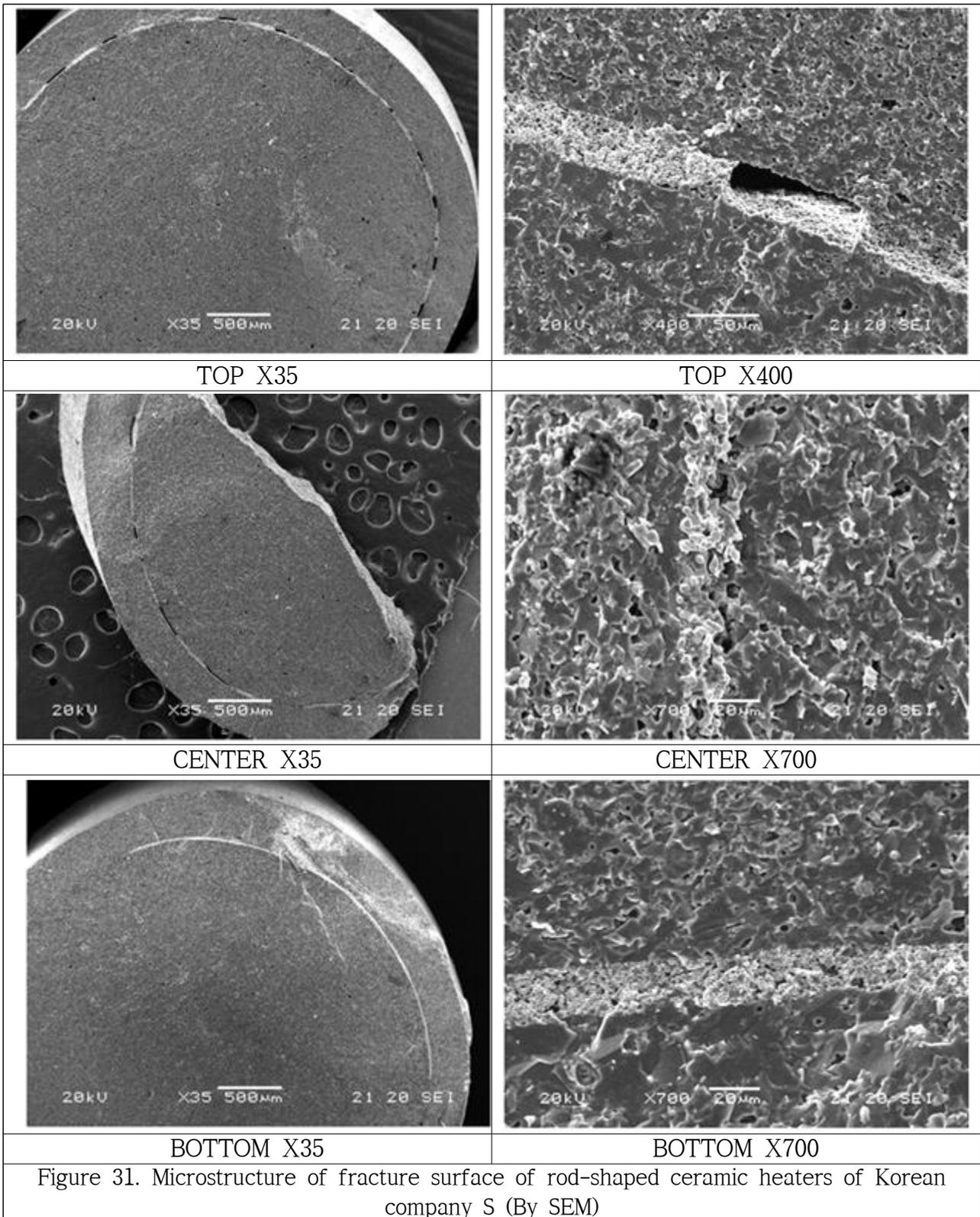


Figure 30. Analysis of resistance pattern layer EDS (Energy Dispersive Spectrometer) of ceramic heater

다) 한국제품(S사) 세라믹히터의 분석



한국 S사 생산 세라믹히터의 파단면을 SEM(주사전자현미경)을 이용하여 분석한 결과는 다음 그림 31과 같다.

분석 Area는 세라믹히터 파단면(Fracture Surface)을 SEM으로 미세구조를 관찰하였다.  
또한 전극의 두께 및 Ceramic Body의 조직, 전극의 조성, Brazing Metal, Lead Wire의 화학성분을 SEM-EDS로 분석하였다.

상기 그림 33의 SEM 미세조직 분석결과 전극층과 Ceramic 소결체 층과 Metallizing 접합상태는 매우 불량한 상태로 Ceramic과 W-전극층의 원소가 확산층에 기공(Pore)이 존재하여, 불량한 상태를 나타내고 있다.

이러한 미세조직에서 기공이 존재하는 것은 전기적으로 내전압, 누설전류 및 물속에서 가동시 전기적인 안전성이 문제가 되고 단시간에 파손되어 고용량으로 제조하기는 매우 어려운 기술 수준으로 평가 된다.

W-전극층의 두께는 표 12.와 같이 분석되었다.

Table 12. Analysis of W-electrode Layer

Sample 명	W(텅스텐)-Thickness	Metallizing 접합상태
a)저항체 부위	39 $\mu$ m	Poor
b)전극 부위	19 $\mu$ m	Good
c)니켈도금 부위	0.5 $\mu$ m	Good

그림 31에서 Ceramic Body층과 Core형 Rod Ceramic의 파단면 조직을 SEM으로 관찰한 미세조직을 나타내었다.

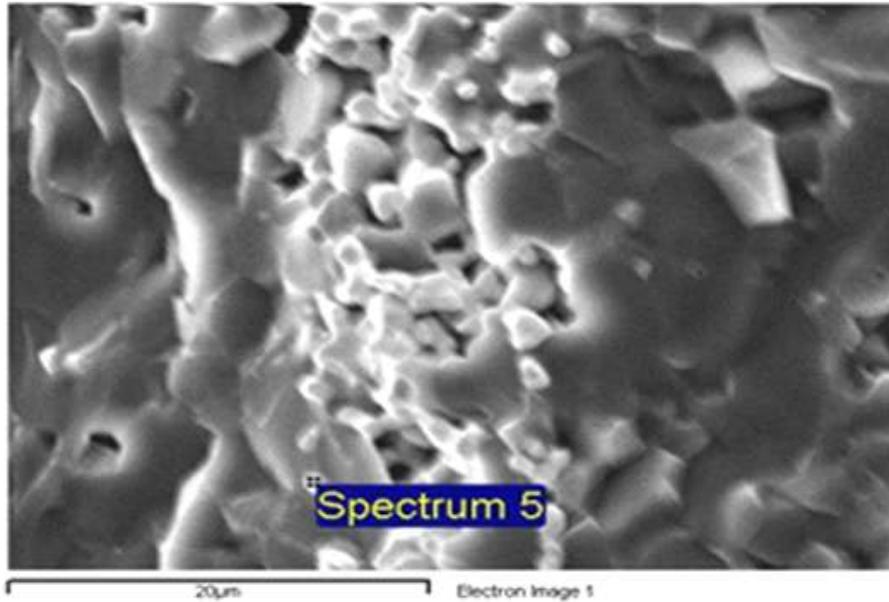
또한 Rod Type Ceramic Heater의 W-저항 패턴층의 성분과 전극층과 Lead Wire의 Brazing Metal성분, Lead Wire의 성분을 EDS로 원소분석을 실시하였다.

각 부위의 EDS 원소분석 결과는 그림 32~그림 33과 같다

상기 EDS 원소분석 결과를 종합하면 표 13과 같다.

Table 13. EDS Elemental Analysis Results

Sample	Element	함량(wt%)
Inert W-Pattern	W	83.12
	Al	8.07
	O	8.81
	Total	100.00
Brazing Metal	Ag	99.16
	Al	0.84
	Total	100.00
Lead Wire	Ni	99.54
	Al	0.46
	Total	100.00
Ceramic Body	Al	12.34
	W	49.37
	O	33.29
	기타	5.0
	Total	100



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
W W 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
O K	38.29	55.78
Al K	49.37	42.65
W M	12.34	1.57
Totals	100.00	

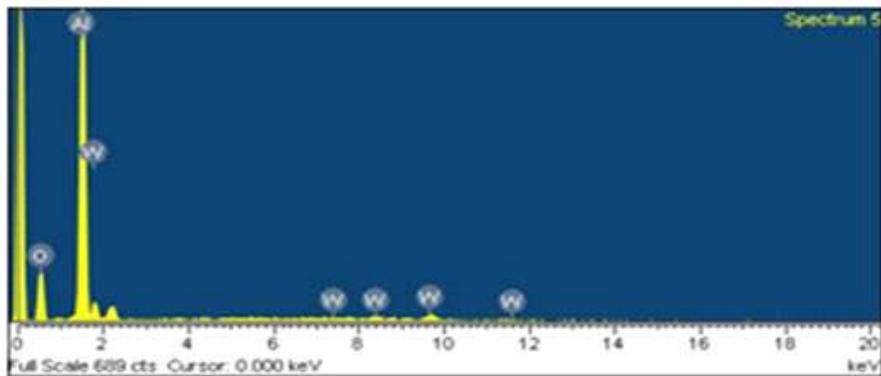
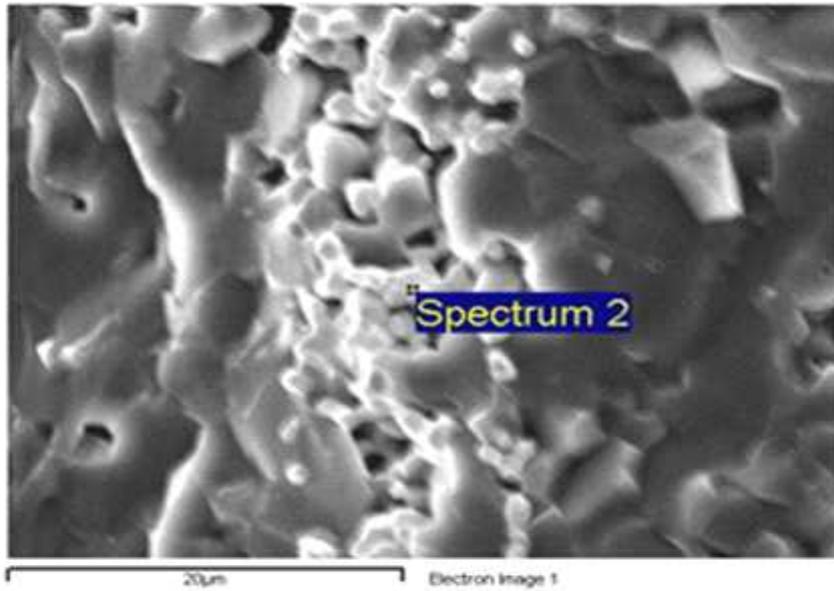


Figure 32. Analysis of resistance pattern layer EDS (Energy Dispersive Spectrometer) of ceramic heater



Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
W W 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
O K	8.81	42.29
Al K	8.07	22.97
W L1	83.12	34.73
Totals	100.00	

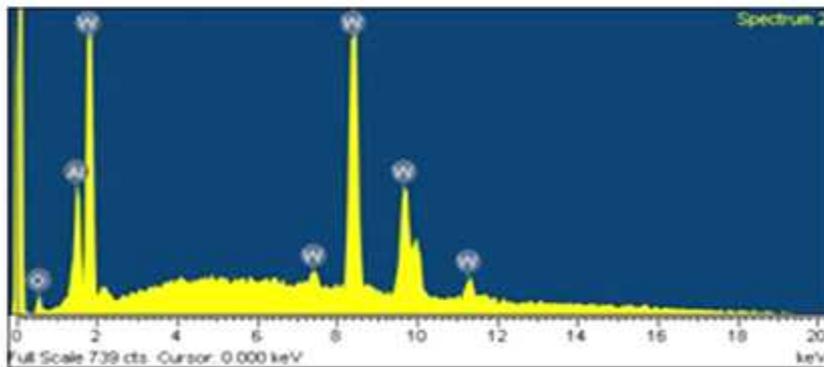


Figure 33. Analysis of resistance pattern layer EDS (Energy Dispersive Spectrometer) of ceramic heater

-전장의 국내외 전기보일러용 세라믹히터를 분석한 결과를 바탕으로 다음과 같은 핵심기술을 본 기술개발을 통하여 개발하였다.

-개발 핵심기술은 다음과 같다.

- 1) 물속에서 직접가열형 농업용 전기보일러용 세라믹히터 개발
  - a) 세라믹히터의 알루미나( $Al_2O_3$ )조성별 Metallizing 기술확립.
  - b) 세라믹Body의 고강도화로 기계적 특성향상.
  - c) 고열충격성, 저열팽창계수를 갖는 재료를 설계한 고신뢰성 기술확립.
  - d) 통전 시험 시 절연저항이 DC500V에서  $100M\Omega$  이상 ( $25^\circ C$ ), Leak Current가 3mA이하로 전기적 고안전성 확보.
  - e) 내전압이 AC 3,750 ~ 4,750 volts에 견디는 고신뢰성 기술확보.
  - f) 리드선의 접착강도가 3 kg이상에서 견디는 Metallizing기술확보

#### 1-4. 연구개발내용

##### 가) 농업용 전기보일러용 Ceramic Heater 3 kW 고용량 개발

-파이프형(3 kW급) 농업용 전기보일러용 세라믹히터

##### a) 고온 동시소성 그린쉬트 조성물 기술개발

세라믹히터를 제조하기 위하여 미국, 일본 선진회사의 기술현황에서 세라믹히터의 고강도화, 고내열충격성, 절연저항 100MΩ 이상, 누설전류 5mA이하, 내전압이 Max.4,750V이상, 리드선 접착강도 3kgf이상 등의 제작 조건을 만족하고 1600℃ 이하의 Metallizing동시소성이 가능한 세라믹조성물을 개발하고자 다음과 같이 실험을 하였다.

출발조성물의 화학조성은 표 14와 같다

Table 14. Composition for simultaneous heating of ceramic heaters (sintering temperature: 1600 °C, H<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> atmosphere)

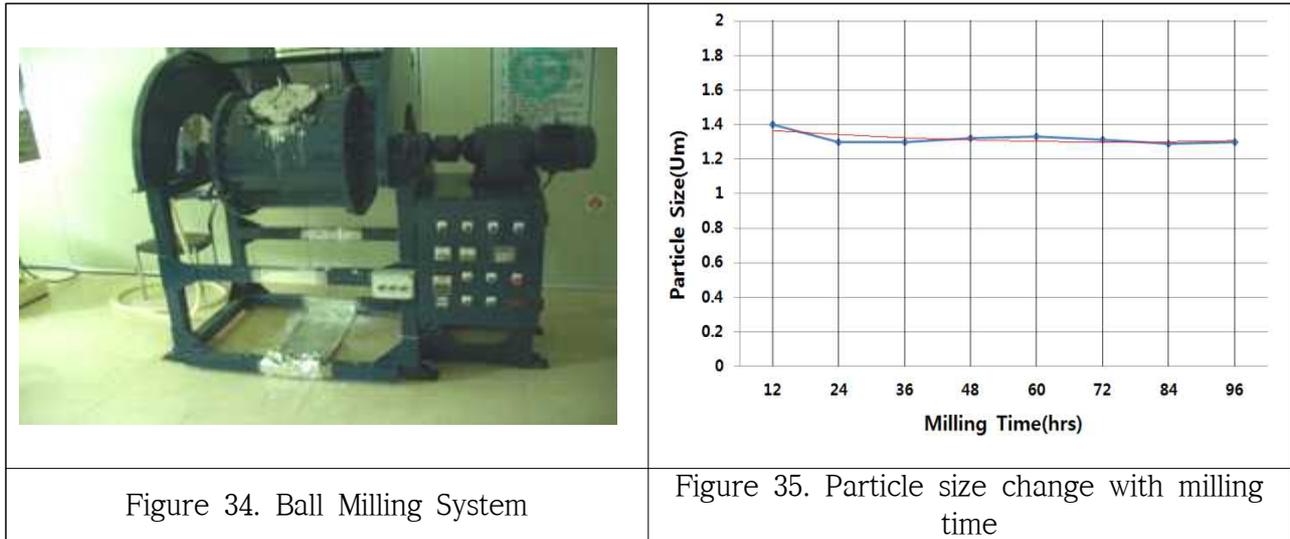
시료명	화학조성(Wt%)						Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	특성		
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	h-BN	Mullite Zircon	Kaolin	Talc	Calcite		흡수율 (%)	강도 (MPa)	열전도율 (W/m.k)
NO.1	91			4.0	2.5	2.5	94.2	0.23	180/250	19.7
NO.2	80		3(Zircon)	4.0	1.6	1.4	92.5	0.09	230/240	16.5
NO.3	78			6.0	2.5	2.5	92.1	2.13	160/180	16.1
NO.4	80			5.0	3.0	3.0	92.1	0.08	170/190	16.8
NO.5	93		3(Mullite)	5.4	3.2	3.2	91.9	0.11	200/220	15.5
NO.6	85	3(h-BN)		4.0	1.6	1.4	91.9	0.07	250/350	23.4
NO.7	95	3(AlN)		4.0	2.5	2.5	91.7	3.26	110/120	14.8

상기 NO.1~NO.7 Batch를 325mesh를 전통한 원료를 사용하여 다음과 같은 공정으로 제조하였다. 상기표의 조성물을 용매와 분산매만 첨가하여 그림 36과 같은 Ball Mill에서 Milling 한후 입자크기를 조사하여 본 결과 그림 35.에 나타내었다.

전체적으로 보면 혼합시간이 길어지면 입자크기는 작아지며 24시간 milling한 경우는 90%이하

가 5 $\mu\text{m}$ 이하이었다. 그 이상 Milling 시간이 연장되어도 입자크기 분포는 크게 변화하지 않는 것으로 나타났다.

따라서 본 실험에서는 분쇄가 가장 잘 이루어지는 48시간을 Milling 시간으로 하고 1차 milling 시간은 19시간으로 하였다.



1. 소성온도를 1600 $^{\circ}\text{C}$  2시간 소성하면  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Corundum) 주결정상과  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ,  $\text{MgSiO}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  결정이 혼재되어 나타나며 잔존의  $\text{SiO}_2$ 는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 반응하여 Mullite( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ )도 같이 나타난다.

본 배치실험에서  $\text{Al}_2\text{O}_3$  78~95wt%, 첨가제로 Kaolin, Talc, Calcite을 7~11wt% 천연광물로 3wt% h-BN, AlN, Mullite, Zircon을 첨가하여 환원분위기로 1600 $^{\circ}\text{C}$ 에서 소성한 후 특성평가를 수행하였다. 그 결과를 상기 표 13.과 하기의 그림 38에 나타내었다.

소결후 흡수율을 보면  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 함유량이 비슷하더라도 출발원료  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 천연광물량이 다르면 흡수율이 다르게 나타났다 그 이유는 Talc, Calcite, 첨가량이 작게 첨가되면 소결온도에서 액상량이 적게 생성되고 Kaolin량이 많으면 내화도가 높기 때문이다. 또한 AlN을 첨가한 NO.7은 소결이 완전하지 않아서 흡수율이 높게 나타나고 있으며, 이는 AlN 자체 소결온도가 높기 때문에 CaO나  $\text{Y}_2\text{O}_3$ 를 소결조제로 일정량 첨가해야 되고 또한 진공중에서 소결하여야 하나, 소결조제, 소결방법이 차이가 있어 소결이 되지 않은 것으로 예상된다.

하기 그림 36은 상기 표 13.에서 나타낸 조성으로 소결한 후 생성된 결정상을 분석하기 위하여 XRD분석을 시행하여 그 결과 그림 36에 나타냈다.

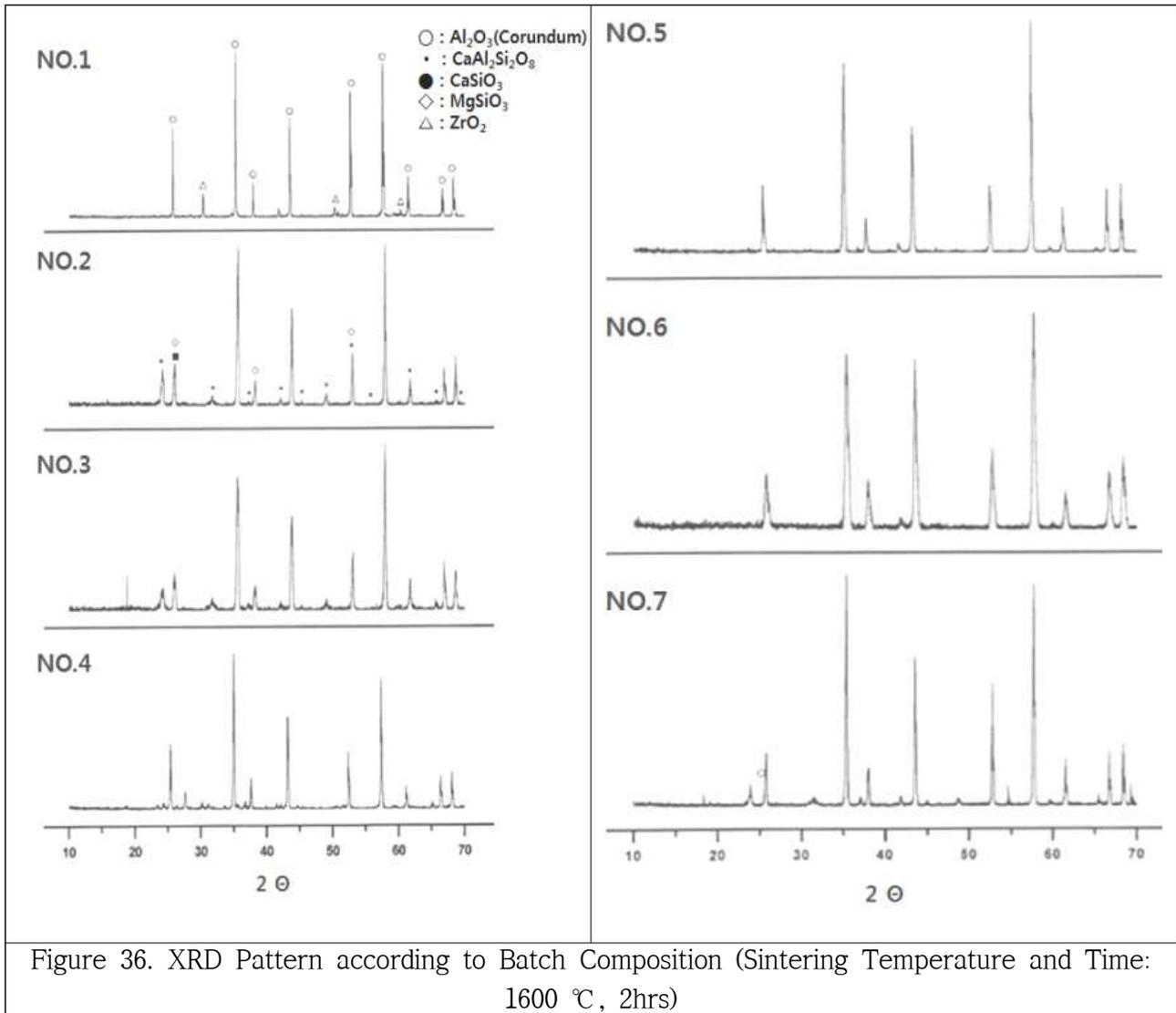


Figure 36. XRD Pattern according to Batch Composition (Sintering Temperature and Time: 1600 °C, 2hrs)

상기 NO.2은 ZrO<sub>2</sub>결정상이, NO.3, NO.4 CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 결정상이 생성되었고 NO.5는 CaSiO<sub>3</sub>,와 MgSiO<sub>3</sub>결정상이, NO.1은 CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 결정상이 미미하게 생성된 것으로 분석되었다. NO.6, NO.7 은 BN, AlN을 첨가한 조성으로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>결정상외에 부결정상은 분석되지 않는다.

또한 그린쉬트에 W-전극을 인쇄한 후 1600,℃ 1650℃에서 환원분위기로 소결한 후 소결된 세라믹히터 표면에 대하여 표면거칠기를 측정하고 그 결과를 나타내었다.

표면거칠기 값은 외국제품(Ra 0.8μm)과 비교하여 표면거칠기가 0.3~0.45μm로 양호하였다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량에 따라서 94%의 경우가 92%보다 소결온도에 대하여 1600℃가 1650℃보다 높게 나타나고 있다. 이는 알루미나에 천연광물만 첨가하였을 때 보다 천연광물외에 BN을 첨가한 조성이 약간 양호한 거칠기를 나타나고 있다. 이는 소결정도의 차이라고 사료된다.

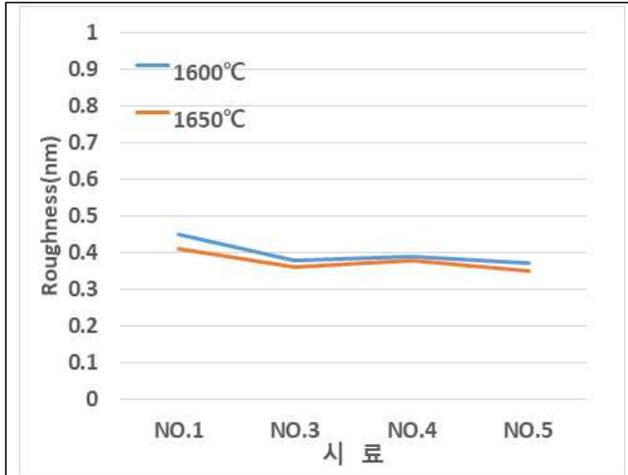


Figure 37. Surface roughness by firing temperature

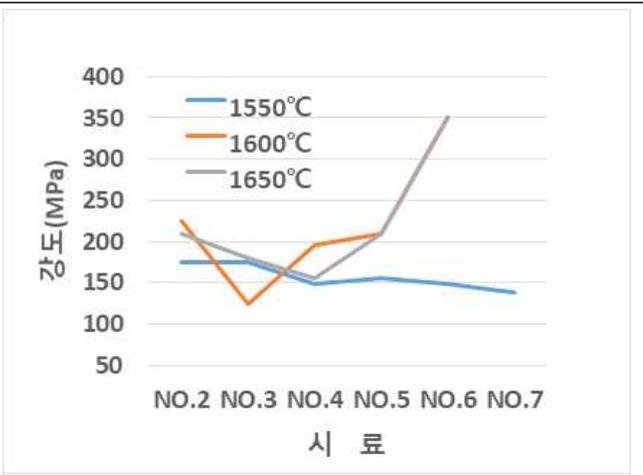


Figure 38. Strength test according to composition change by firing temperature

상기 그림 38은 소성온도에 따른 조성별로 강도값을 나타내고 있다. 알루미나에 천연광물만 첨가한 NO.3, NO.4의 경우 1550~1650°C 강도값이 160~189MPa로 나타나고 있다. 천연광물만 첨가한 NO.3, NO.4를 비교하면 1550°C에서 소성한 강도값은 천연광물 첨가량이 많은 NO.3의 강도값이 높고, 1600°C의 경우 천연광물 첨가량이 적은 NO.4가 NO.3보다 높은 값을, 1650°C에서 소성한 강도값은 NO.3이 NO.4보다 높은 값을 나타내었으나 대체로 비슷하다.

알루미나에 천연광물을 첨가하고 그 외 Zircon과 Mullite를 첨가한 시료 NO.2와 NO.5의 경우 강도 값이 천연원료만 첨가한 조성보다 각각 30%, 15%씩 증가하였으며, BN을 첨가한 경우 85%가 증가하였다. 그러나 AlN을 첨가한 경우는 1550°C 외에는 낮은 값인 110MPa의 값을 얻었으나 그이상의 온도에서는 소성분위기 및 방법차이로 인해 표면에 camber현상으로 강도 값을 구할 수 없었다.

세라믹히터를 제조할 때 고순도 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 천연원료만 첨가하여 제조하는 것보다는 BN, Zircon 및 Mullite를 첨가하여 제조하게 되면 미세구조가 치밀화하고 기공이 작아지고 결정입자가 균일하게 성장하여 고강도를 나타내므로 히터로 사용시 열적 Cycle의 반복으로 인한 crack이 일어나는데 이를 방지 할 수 있을 것으로 판단된다.

하기 그림 39는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>함량을 소결 후 92%가 되게 하고 각종 첨가제를 첨가하여 소결하였을 시, 1550°C와 1600°C에서 소성된 세라믹 소결체의 열전도도를 측정하여 그 결과를 나타냈다. 알루미나에 천연광물만을 첨가한 것과 천연광물과 Zircon, Mullite를 함께 첨가한 NO.3, NO.4, NO.2 및 NO.5는 1550°C나 1600°C에서 소결한 경우 1550°C에서 소결한 NO.3를 제외하고 거의 비슷한 열전도도 값인 15.4~16.5W/m.K를 나타내었다.

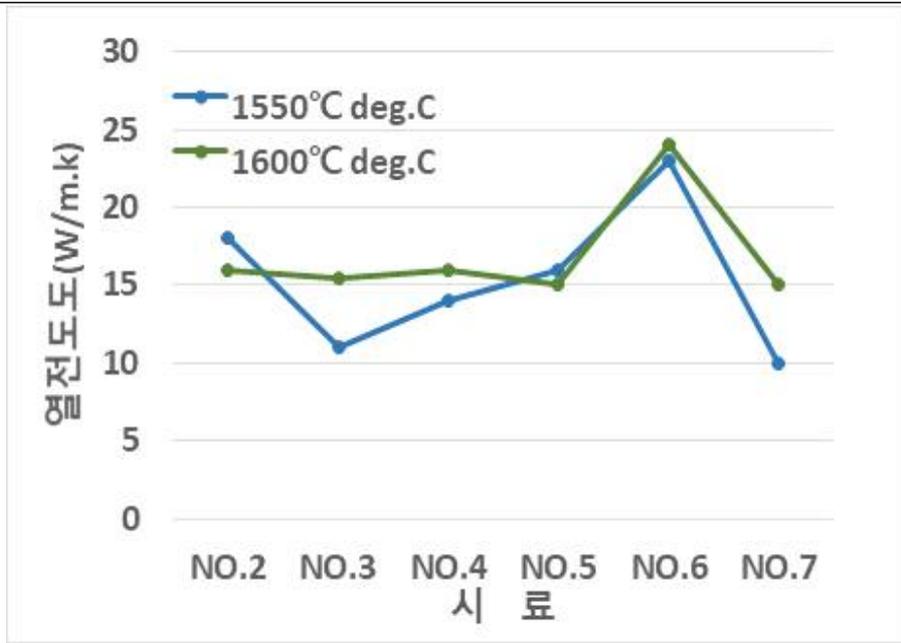


Figure 39. Thermal conductivity with composition change

AlN을 첨가한 NO.7와 1550°C 에서 소성한 NO.3의 경우 열전도도가 약 10W/m.K로 낮게 나타났는데 그 이유는 AlN의 경우 소성조건이 다르기 때문이며, NO.3의 경우 소성온도가 낮아 입자 성장이 충분하지 못한 결과로 판단된다. 그러나 알루미나에 천연광물과 BN을 첨가한 시료 NO.6는 1550°C 나 1600°C 에서 소결한 경우 알루미나에 천연광물만을 첨가한 경우보다 40%정도 높은 열전도도를 나타내었다. 본 연구에서는 세라믹히터가 고열전도성을 갖는 조건은 92% 알루미나조성에 천연광물을 첨가하고 BN을 3% 정도 첨가하여 환원분위기로 1550°C 나 1600°C 에서 소성하는 것이 최적의 조건이라고 판단된다.

**b) 고온 동시소성 W-전극 Paste제조 기술개발**

금속과 세라믹을 Metallizing 접합하는데는 금속도체로서 Ni, Cu, Ag 등이 사용되며, 고온형으로는 Au, Pt, Pd, W, Mo, Mn, Mo-Mn이 주로 사용되고 있다.

일반적으로 고온형 W와 Alumina와 Metallizing을 주로 활용하고 있으며, W, Mo 금속분말입자 크기는 1 $\mu$ m이하이다.

W, Mo 만으로는 Alumina Body와 W-저항체와의 반응이 쉽지 않으므로, W-Paste 제조시 무기분말(Mo, Mn, O<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>,등)을 첨가하여 세라믹과 Metal의 접합을 하도록 무기성분이 고온에서 열확산하여 접합강도를 형성할 수 있도록 저항체를 제조한다.

전극은 금속분말, 무기분말 및 유기물로 구성되며, 본 과제에서 금속분말과 무기분말의 비율

64:36으로 하고 유기물량은 고형분에 대하여 50 wt% 첨가하였다.

저항체 제조는 금속분말과 무기분말을 다음 배합비로 Weighing한후 Alcohol 600cc를 넣고 Ball Mill로 24시간 분쇄한 후 건조시키고 건조된 분말에  $\alpha$ -Terpinol, n-Butyl Carbitol Acetate, Ethyl Cellulose를 Ball Mill에 넣어 5일간 혼합한 후, Three Roll Mill로 균일 혼합, 탈포하여 점도를 약 140,000cps로 조정하여 사용하였다.

Table 15. W-electrode paste composition experiment

Sample	W	Mo	MnO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	비고
No.1	64.0	3.0	3.0	26.5	0.6	2.4	0.6	양호
No.2	77.0	2.0	2.0	15.4	0.6	2.4	0.6	양호
No.3	84.4	1.0	1.0	10	0.6	2.4	0.6	양호

상기 표 15의 조성 저항Paste는 더블 닥터블레이드(double docter blade)기를 이용하여 t=1.5mm로 테이프 캐스팅(tap casting)한 그린쉬트에 Pattern 인쇄한다.

인쇄는 다음 그림 40의 장비를 사용하였으며, Viscosity는 70,000cps로 조정한 Paste를 Green Sheet 위에 인쇄하였다.



Figure 40. Screen Printer

그린시트는 110×130mm 크기로 절단한 후 인쇄기(Printer)로 스크린 인쇄하며, 이때 인쇄스크린은 325메쉬(mesh)로 하였으며, Tension은 X:0.85, Y:0.84로 하였다. 인쇄선의 두께는 20 $\mu$ m 정

도가 되게 하고, 이때 스크린인쇄는 상기 표 14.의 Paste 조성으로 이루어진 메탈라이징 페이스트를 사용하였다.

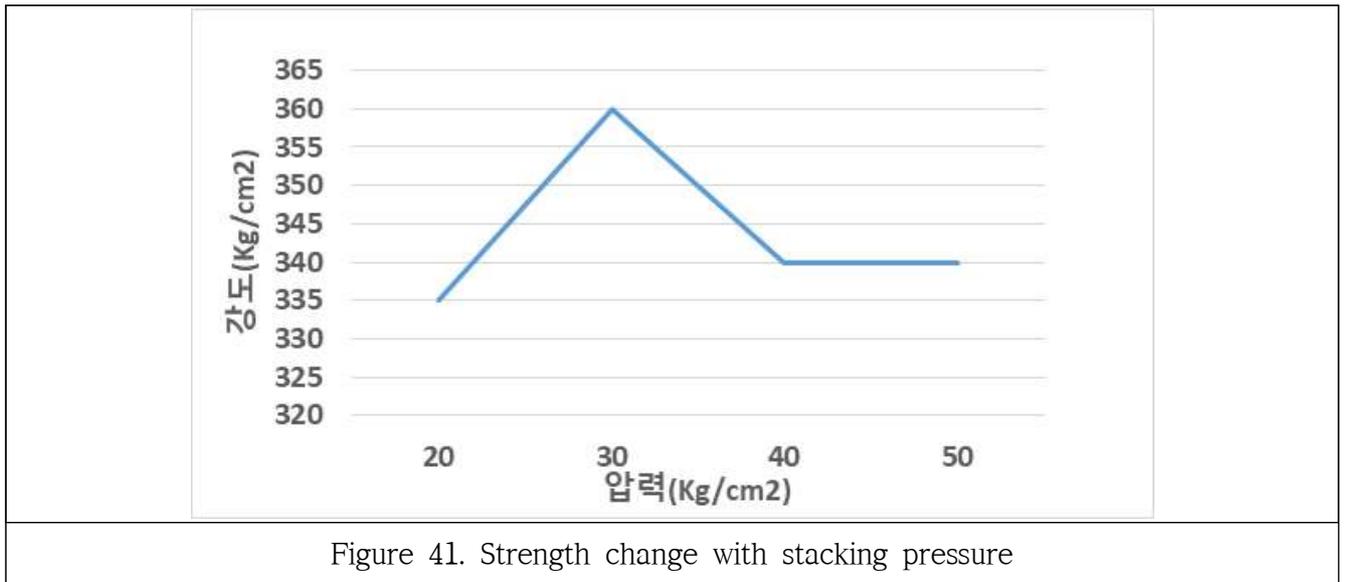


Figure 41. Strength change with stacking pressure

상기 그림 41의 실험 결과 적층압력이 30 kgf/cm<sup>2</sup>일 때 강도가 359 kgf/cm<sup>2</sup>로 가장 양호한 결과를 얻을 수가 있었다. 본 Paste 실험에서도 압착(Laminating)온도는 90℃ 압력은 30kgf/cm<sup>2</sup>, 유지시간은 2분을 주었다.

이와 같이 제조된 적층 성형체는 다음과 같은 단계를 거쳐 메탈라이징 소성되어 세라믹 히터를 제조하여 특성을 평가하였다.

첫째, 적층성형체의 잔류용매, 가스 및 결합제의 제거를 위해 600℃에서 탈지시킨 후 질소 분위기에서 800℃까지 1℃/분의 상온속도로 가열하여 2시간 유지시켜야 하는데, 이러한 이유는 상기와 같이 1℃/분의 상승속도를 서서히 가열하여야만 바인더를 충분히 제거할 수 있으며, 세라믹 소결체의 형태가 변형되는 것을 방지할 수 있으며, 소결체내의 기공의 결함을 방지할 수 있다.

둘째 단계에서는 소성로내의 분위기를 질소와 수소의 혼합가스 비를 1:1로 바꾸어 환원분위기에서 1350℃까지 0.7℃/분, 최고 소성온도는 1600℃까지 1℃/분으로 승온시켜야 하는데, 이러한 이유는 상기와 같이 상승속도를 서서히 가열하여야만 기판의 형태가 변형되는 등 기타의 결함을 방지할 수 있는 것이며, 1600℃에서 2시간-4시간 동안 충분한 시간 동안 유지하여 소성하므로써 세라믹히터를 제조하였다.

소결된 세라믹히터를 밀도, 표면평행도, 전기저항 등을 측정한 결과, 표 11.의 Batch 조성물중 No.2, No.4 Sample이 전기적 특성이 가장 우수한 결과를 얻었다

표 16은 W-Paste 2종류를 회로선상의 선폭 변화에 따른 저항값을 측정하여 비교하였다.

Table 16. Resistance Comparison with Line Width

(단위:Ω)

선 폭 페이스트 종류	2.5mm		3.5mm	
	A	B	A	B
1	196.4	166.1	146.0	120.9
2	196.8	161.8	147.3	121.4
3	200.8	163.4	154.0	125.4
4	203.4	166.3	155.1	126.1
5	20.46	168.7	153.9	122.7
합 계	1002	825.3	756.3	616.5
평균값	200.4	165.1	151.3	123.3

W-인쇄회로 설계도는 다음 그림 42.와 같다.

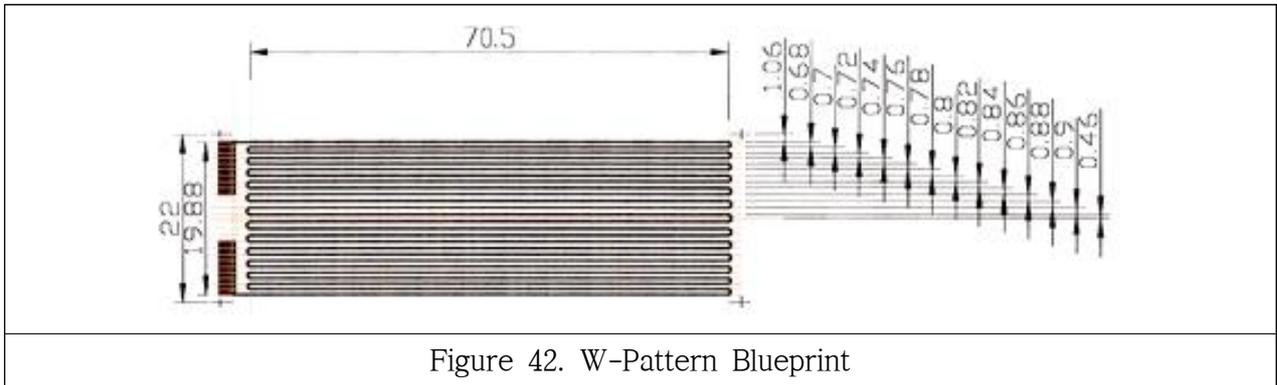


그림 44는 선폭 설계도면을 제시하였으며, W-Paste 회로 설계에 따라 110V, 220V용 저항은 110V=50~90Ω, 220V=10~30Ω으로 개선 110V은 저항치 기준은 ± 2.5Ω, 220V의 기준은 ±2.5Ω으로 설계 하였으며, 단위 면적당 텅스텐-패턴수가 많게, 선폭은 2.5mm로 양호한 특성을 나타냈다.

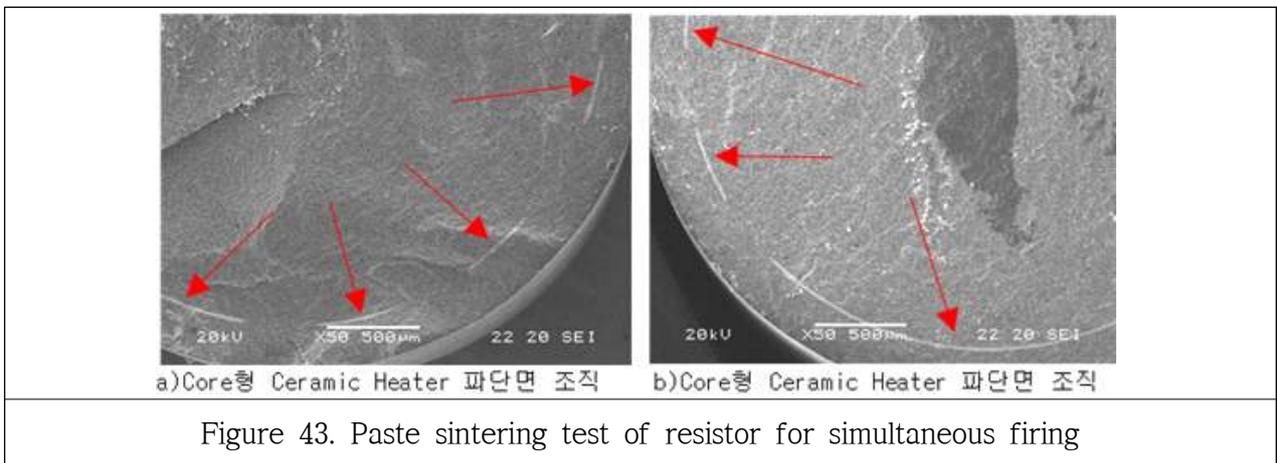


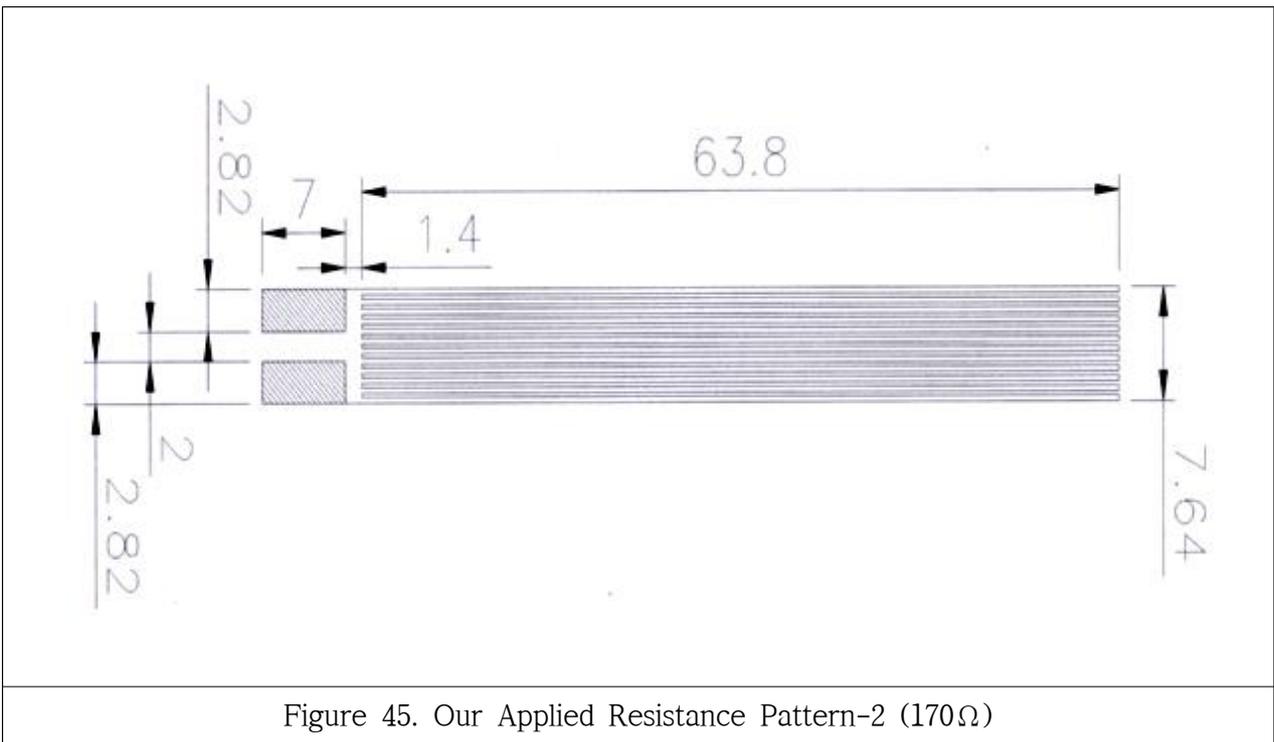
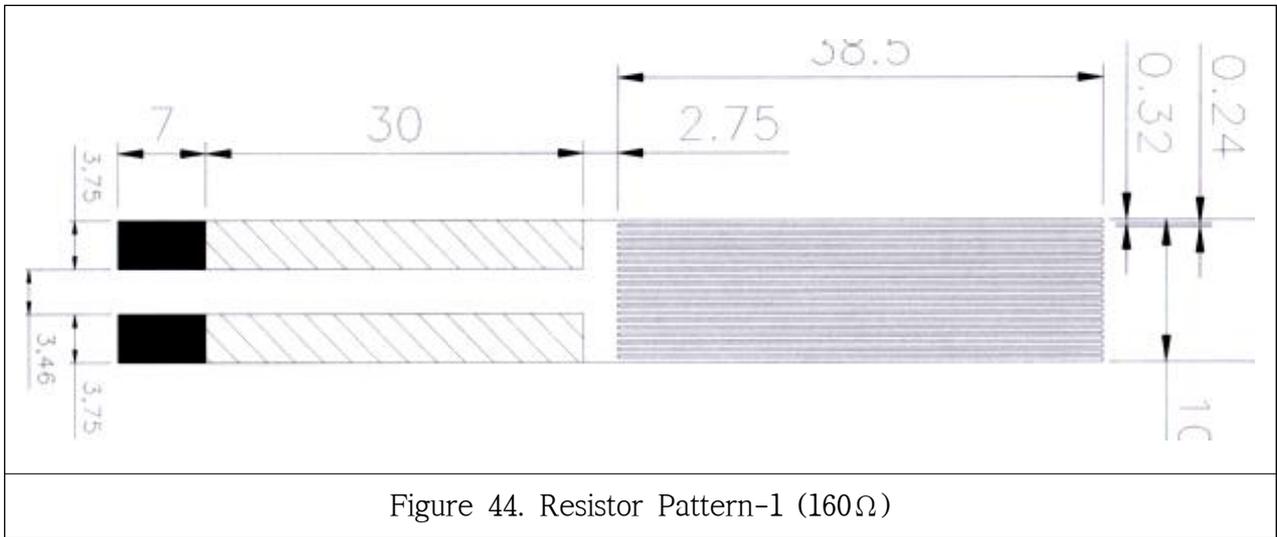
Figure 43. Paste sintering test of resistor for simultaneous firing

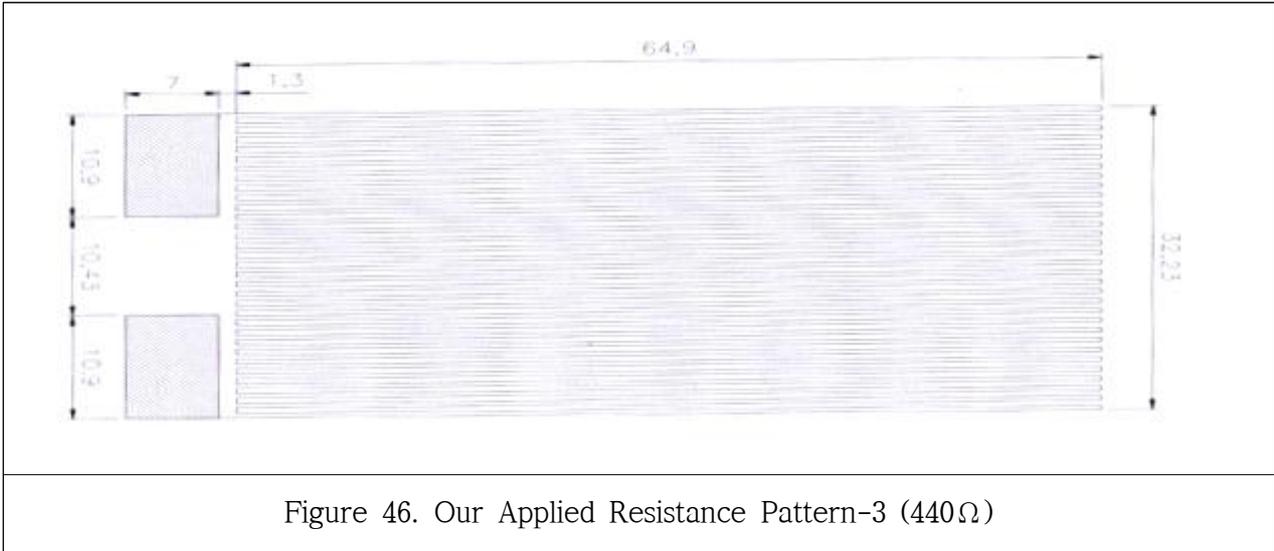
상기 그림 43은 SEM 파단면 조직사진에서와 같이 저항체의 평균 수축율은 16%로 Core와 그린 쉬트상의 저항 Pattern이 강고한 상태로 Metallizing 소성된 상태이다.

화살표 표시한 부분은 Ceramic 그린쉬트와 Core부분이 완전하게 밀착된 상태로 저항체 Paste 와 Ceramic Body와의 접합이 양호한 상태로 나타났다.

### c) W-전극 패턴(Pattern) 설계 기술개발

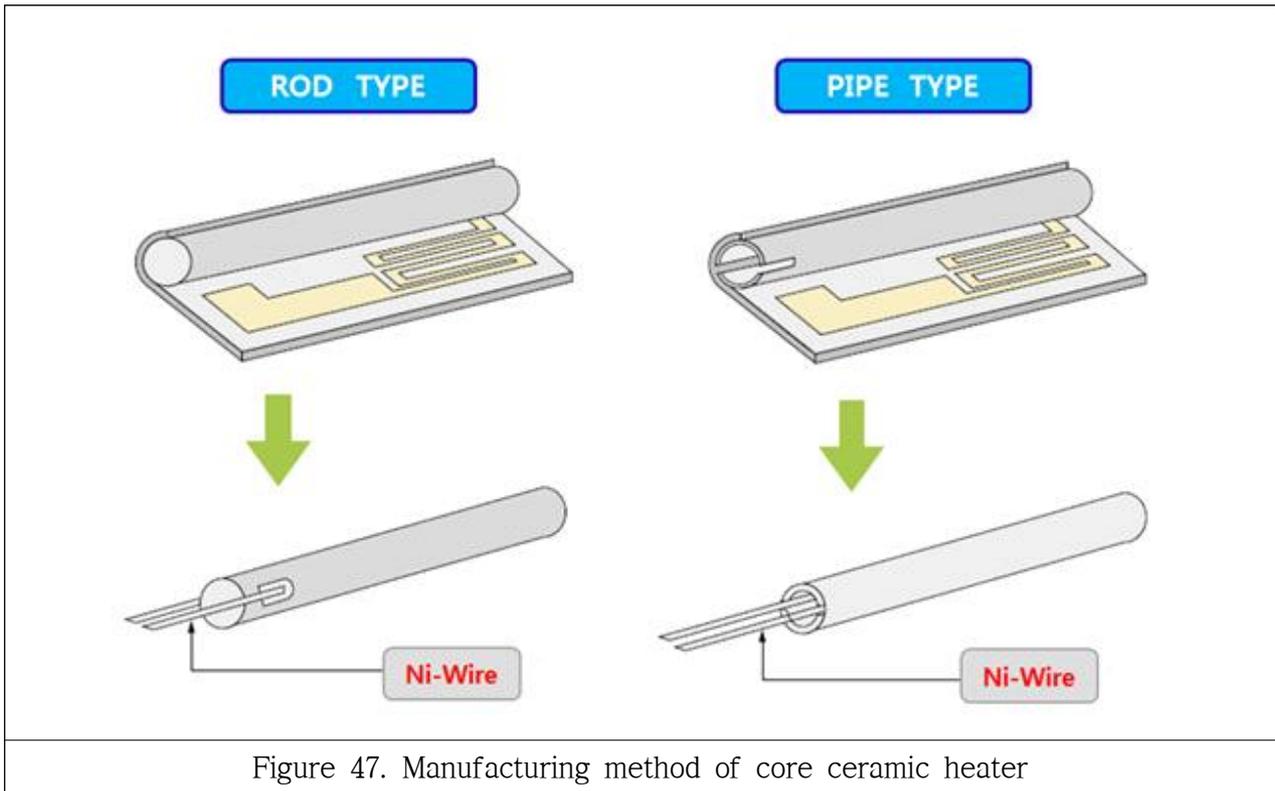
Core형 세라믹히터의 발열 저항체의 Pattern 설계는 전장의 일본 K(사)의 제품을 X-Ray 비파괴시험과 SEM, EDS 분석결과를 종합하여 Patterning 설계하였다.





압출기로 성형한 Green상태의 Rod와 W-전극으로 회로를 인쇄한 Green Sheet를 그림 47과 같이 Rolling하여 Core형 히터용 Green Body를 제조하였다.

상기 그림 44. 그림 45. 그림 46의 저항 패턴을 Rolling하여 Core형 세라믹히터를 제조하였다. 제조방법은 다음 그림 47과 같다.



d) Metallizing 동시소성용 세라믹 Tape Casting 기술개발

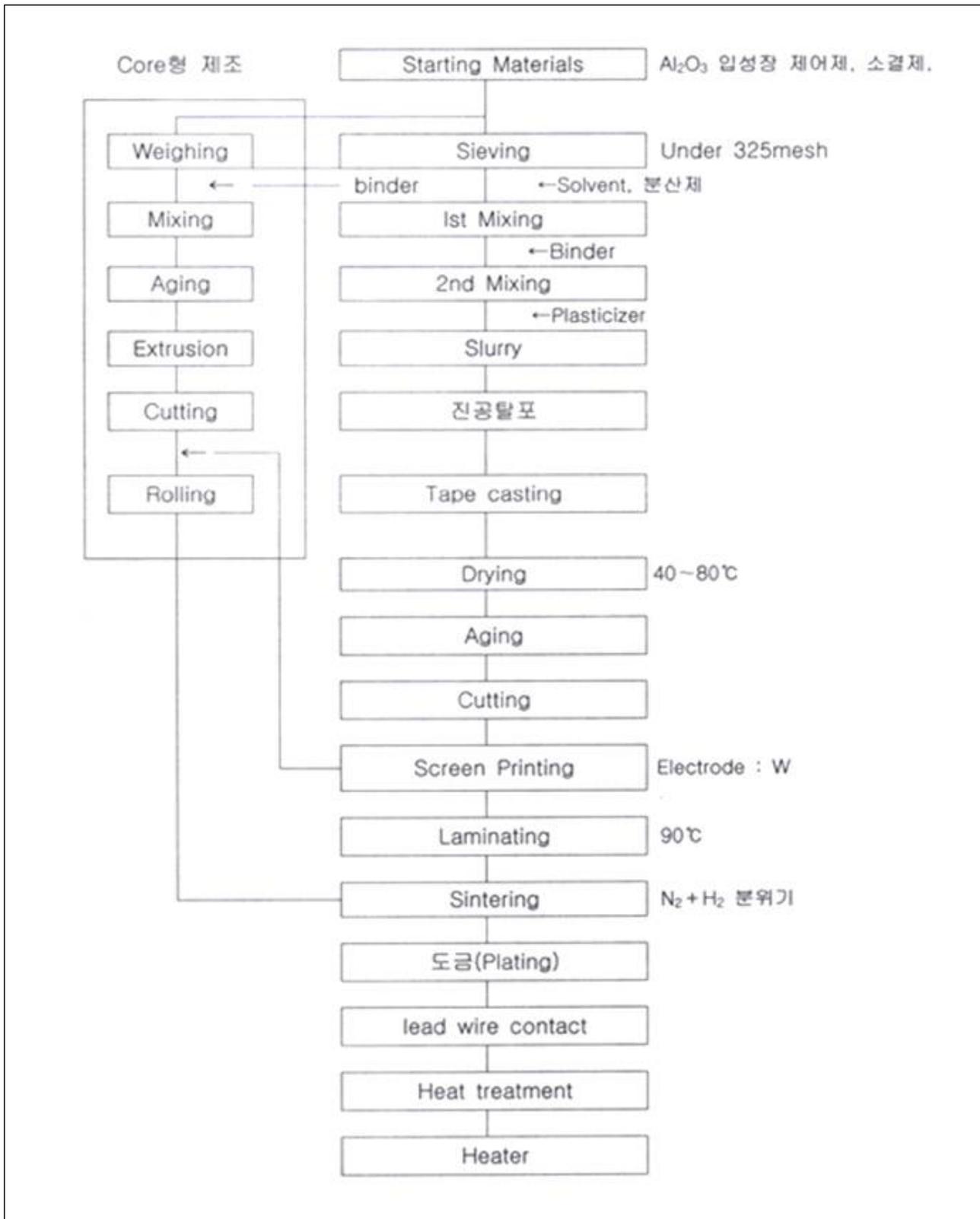


Figure 48. Manufacturing Process of Ceramic Heater

(1) 조성 : 기본 조성을 소결후  $Al_2O_3$  함량이 91~94wt%로 첨가제는 7~11wt%를 천연광물 (Kaolin, Talc, Calcite)로 3wt% BN, AlN, Mullite, Zircon을 첨가하여 환원분위기에서 1600°C로 소성한후 특성을 측정하였다.

실험결과 최적의 조성은 천연광물 첨가한 조성에 BN, AlN조성이 가장 좋은 것으로 나왔다. 그러나 여러 요인(작업성 원가 등)을 고려하여 강도 170MPa, 최대발열온도 1,000°C, 사용온도 800°C, 세라믹 동소성온도 1,600°C 이하, 최고 3000W 목표치를 달성하기 위하여 Batch 조성 시험을 하였다.

-조성실험 : ①Bending(소성 시 기관의 변형), ②표면상태, ③흡수율, ④소결 온도 (소결상태) 확인을 Batch 실험하여 강도, 표면 거칠기, 밀도, 수축율, 흡수율 등을 고려하여 최적 조건을 결정하였다.

(2) 1차 배합 : 조성된 원료 100g, ball 100g. Ethanol 80g을 알루미늄나 pot에 넣고 24hr 동안 milling mixing을 한다, Ethanol의 양은 65~80%까지 변화하면서 조성물의 Milling 상태의 입자 크기 변화로서 결정(80%)하였고 Milling Time은 19hr 이후부터는 입자 크기의 변화가 미비하므로 19hr로 결정하였다.

(3) 1차 배합물 건조 : 80°C에서 완전 건조 시킨다.

(4) 1차 배합물 Sieving : 40mesh체를 이용하여 체질 후 밀봉하여 보관한다.

(5) 2차 배합 : 1차 배합물에 binder를 혼합하며, Binder는 미국 Butvar사 PVB 사용하였다. Milling mixing time은 1차 배합물 + Binder를 혼합하여 24hr mixing한 후 2차 배합물 + 가소제를 넣고 6hr mixing한다.

Binder는 30~45%까지 변화하면서 실험한 결과 35~45%(계절별 점도 변화)로 결정하였다. 혼합비는 ①원료 : 100g ②binder : 35%(여름), 40%(겨울) ③ball : 100g을 투입하여 2차 Milling한다. Binder는 밀봉 상태에서 18°C 이하의 온도에서 보관한다.

(6) 진공탈포 : 진공탈포기에서 기포를 제거하기 위해서(성형 시 기포가 발생되면 Sheet 불량 발생) 교반하면서 기포를 제거 하며, 탈포시간은 30~40min동안 하여 점도를 조정한다.

(7) Tape casting(성형)

진공 탈포가 끝난 배합물을 tape casting법을 이용하여 Green Sheet(기관)을 제조하는 공정으로, Tape Caster(성형기)를 이용하여 그린쉬트를 성형한다. 성형 속도는 성형기의 RPM을 3으로 한다. (Sheet의 두께 편차 조정)

Sheet 두께 조정은 Chamber에서 원하는 Green Sheet 두께를 내기 위하여 Gate Blade을 조절한다.

Table 17. Optimum Sheet Width According to Film Width

필름폭(mm)	180	200	230	250	320
Sheet 폭(mm)	160	180	210	230	280

(예: sheet 두께를 0.4mm로 맞추려면 gate blade의 높이는 1mm로 하고, sheet 두께를 0.3mm로 맞추려면 gate blade의 높이는 0.8mm로 조절한다.)

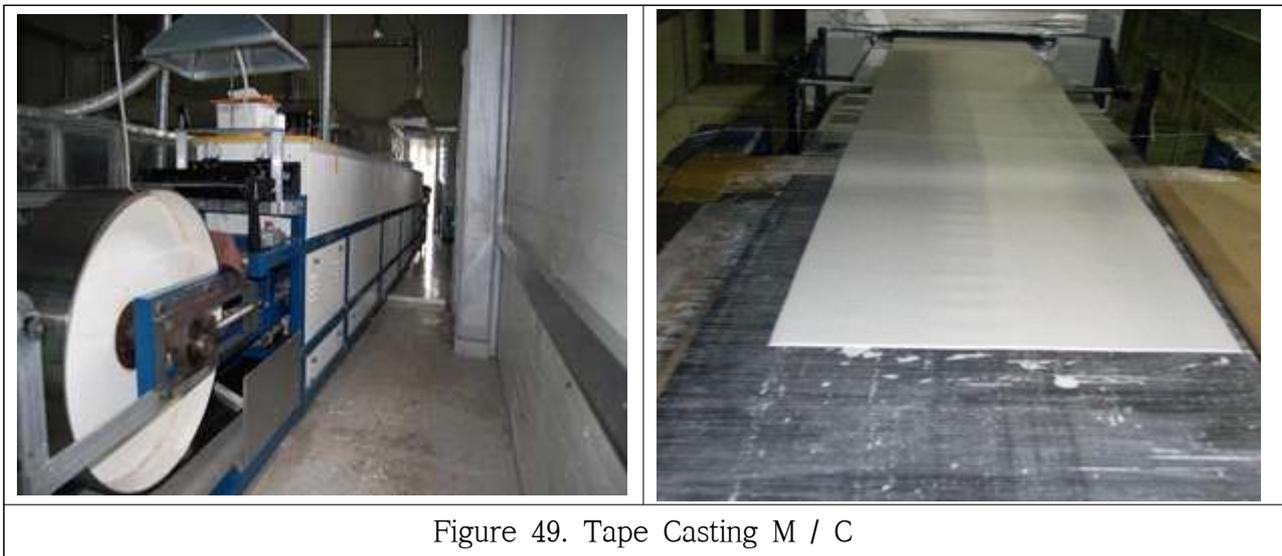


Figure 49. Tape Casting M / C

Tape Casting용 FILM은 ①Tape Caster용 특수 필름을 사용한다 (SK에서 구입), ②필름은 sheet의 폭을 조절한다 (180~320mm). 필름 폭이 크면 생산성은 높아지나 Sheet의 밀도 편차 및 두께 편차가 발생되므로 폭이 작은 것이 품질 편차를 줄일 수 있다. 생산성을 고려하여 주로 180~230mm을 사용한다.

상기 그림 49.는 당사 보유 Tape Casting M/C으로 건조 System이 부착된 Tape Casting 장비로 건조 chamber는 4개 있으며, ❶ Chamber : 20℃, ❷ Chamber : 40℃, ❸ Chamber : 60℃, ❹ Chamber : 80℃로 조정하여 Chamber를 통과 하면서 Sheet가 건조 되도록 구성되어 있으며, 건조 System이 없는 기계는 바로 재단하여 건조 시키며, Si-Coating 필름 면 위에 Casting한다.

성형된 Sheet는 필름과 같이 재단하여 건조대에 넣고 건조실로 이동 시켜서 40~80℃에서 24hr 건조 후 상온에서 7일간 보관 후(휘발성분 휘발시간임) 다음 공정을 하는 것이 좋다,

성형 시 점검 내용으로는 다음과 같다.

- ㉠ 배합물의 점도(2000cps)
- ㉡ Blade 상태 점검
- ㉢ 배합물의 탈포 상태
- ㉣ sheet의 enR와 폭 편차(점도가 중요)
- ㉤ tape caster 속도
- ㉥ 배합물의 건조 방지
- ㉦ 실내 온도, 습도

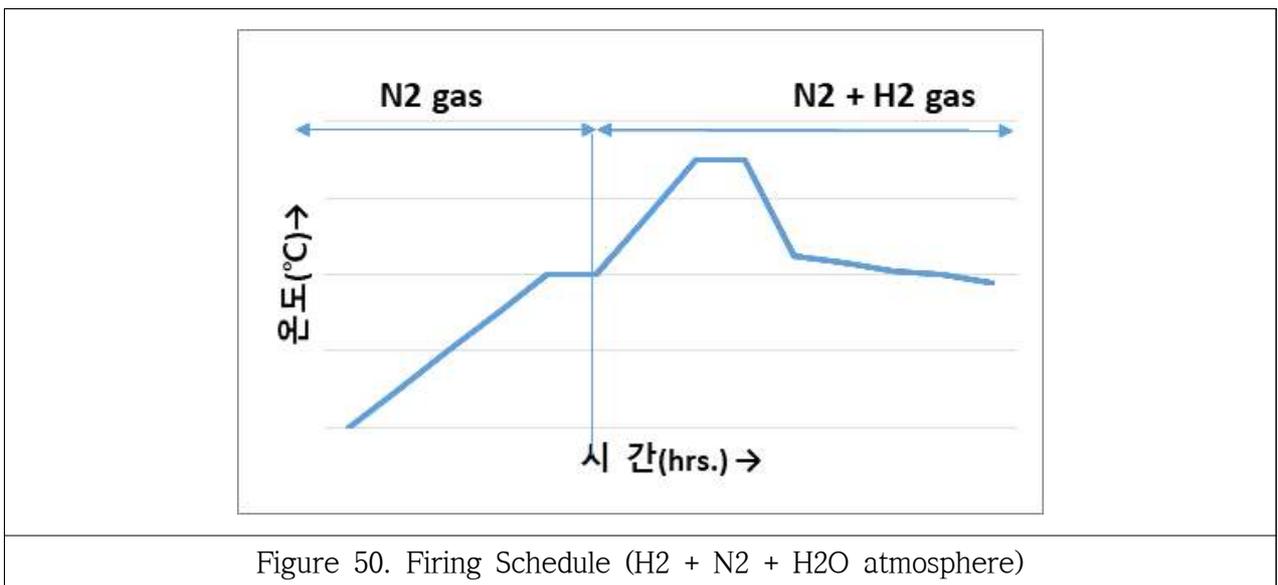
**e) Metallizing 동시소성 기술개발**

소성은 1차적으로 저온에서 유기물을 충분하게 제거하여야 하며 2차적으로는 히터용 기판으로 사용할 수 있도록 완전하게 치밀화가 이루어짐과 동시에 W-전극이 세라믹 Body와 충분하게 접착하여야 한다.

W-전극은 공기중에서 소성하면 산화되어 히터로서 사용할 수 없으므로, W-전극이 산화되지 않고 히터로서 사용하기 위하여는 환원분위기에서 소결하여야 한다.

다음 그림 30.과 같은 Schedule로 하여 800℃까지는 질소분위기로 하여 유기물을 충분하게 탈지(Burn Out)시킨 다음 그 이후 Schedule에서는 질소와 수소를 혼합한 가스를 2cc/min으로 통과시키면서 소성하였다. 이때 가습 혼합가스분위기를 유지하기 위하여 물량이 4.2V/O(Dew Point 30℃)가 되게끔 하였다.

그림 50는 Metallizing 소성 Schedule의 온도구배를 나타내고 있다.



상기의 소결 (Sintering)과정을 종합하면 다음과 같다.

㉑유기물 제거 단계: 250℃~700℃, ㉒조성물의 치밀화 단계: 1350℃, ㉓환원 분위기 조성 : N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> gas사용, ㉔텅스텐의 산화 방지, ㉕시료 150 ea 기준 소결 시간 및 온도 구배 이다. 시료가 1000ea와 150ea의 온도구배 차이를 다음 표로 비교분석 하였다.

온도	시간	비고
0℃ ~ 250℃	1hr	150℃ 까지 N <sub>2</sub> 만 투입 150℃ 에서 N <sub>2</sub> (3)+H <sub>2</sub> (1)로 투입 사전에 건조를 충분히 하여 중요치 않음
250℃ ~ 370℃	2hr	Binder 연소 370℃ 에서 N <sub>2</sub> (2)+H <sub>2</sub> (3)으로 투입
370℃ ~ 700℃	2hr	450℃ 에서 냉각수 가동 Binder 연소
700℃ ~ 1000℃	2.5hr	
1000℃ ~ 1300℃	3hr	
1300℃ ~ 1550℃	4hr	
1550℃ ~ 1550℃	1hr	
1550℃ ~ 1250℃	1hr	열충격 방지
400℃		H <sub>2</sub> 투입 중단, N <sub>2</sub> (3)으로 투입
300℃		N <sub>2</sub> 투입 중단

㉖ 시료가 1,000EA일 경우의 schedule

온도	기준(150EA)	1,000EA	차 이
0℃ ~ 250℃	1hr	2hr	1hr
250℃ ~ 370℃	2hr	5hr	3hr
370℃ ~ 700℃	2hr	4hr	2hr
700℃ ~ 1000℃	2.5hr	4hr	1.5hr
1000℃ ~ 1300℃	3hr	4hr	1hr
1300℃ ~ 1550℃	4hr	6hr	2hr
1550℃ ~ 1550℃	1hr	1hr	.
1550℃ ~ 1250℃	1hr	1hr	.
계	16.5hr	29hr	12.5hr

㉗ Gas 변화

-Binder 연소시간 연장: 250~700℃

-물성시간 연장: 1000℃~1550℃

온도	기준(150EA)		1,000EA	
	N <sub>2</sub> gas	H <sub>2</sub> gas	N <sub>2</sub> gas	H <sub>2</sub> gas
0℃ ~ 370℃	3	1	5	1
370℃ ~ 1350℃	2	3	2.5	4.5



Figure 51. Metallizing Furnace

상기 그림 51 사진은 세라믹히터 Metallizing 소성로이며, 수소와 질소, 습윤 혼합가스 분위기 소성로이다.

본 연구에 의하여 고온소성 즉 1600℃ 고온 소성하여 Metallizing 접착강도, 소결밀도, 전기적안전성을 향상시켜 물속에서 안정적으로 직접가열 할 수 있도록 고용량 세라믹히터를 개발하였다.

전장에서 기술한 기술개발로 세라믹히터를 제조하므로써 생산량 증가, 불량률감소, 품질안정, 내열충격성이 크게 향상 시킬 수가 있었으며, 물속에서도 안정적으로 온수를 제조할 수 있도록 상용화 개발을 수행하였다.

당사가 개발한 제품을 SEM으로 파단면 조직을 관찰하여, 내부 W-Metallizing 접합상태와 저항체 두께를 분석한 결과는 그림 52와 같다.

SEM 분석결과 Core형 Ceramic Heater의 파단면 미세조직을 관찰한 결과 그림 54와 같이 W-저항체와 Ceramic Body와 강고하게 접합되어 있으며, W-Metallizing 두께는 13 $\mu$ m이었다.

W-Paste중의 Inorganic 성분인 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO가 Ceramic 소결체와 계면 확산되어 접합상태가 양호한 조직으로 관찰되었다.

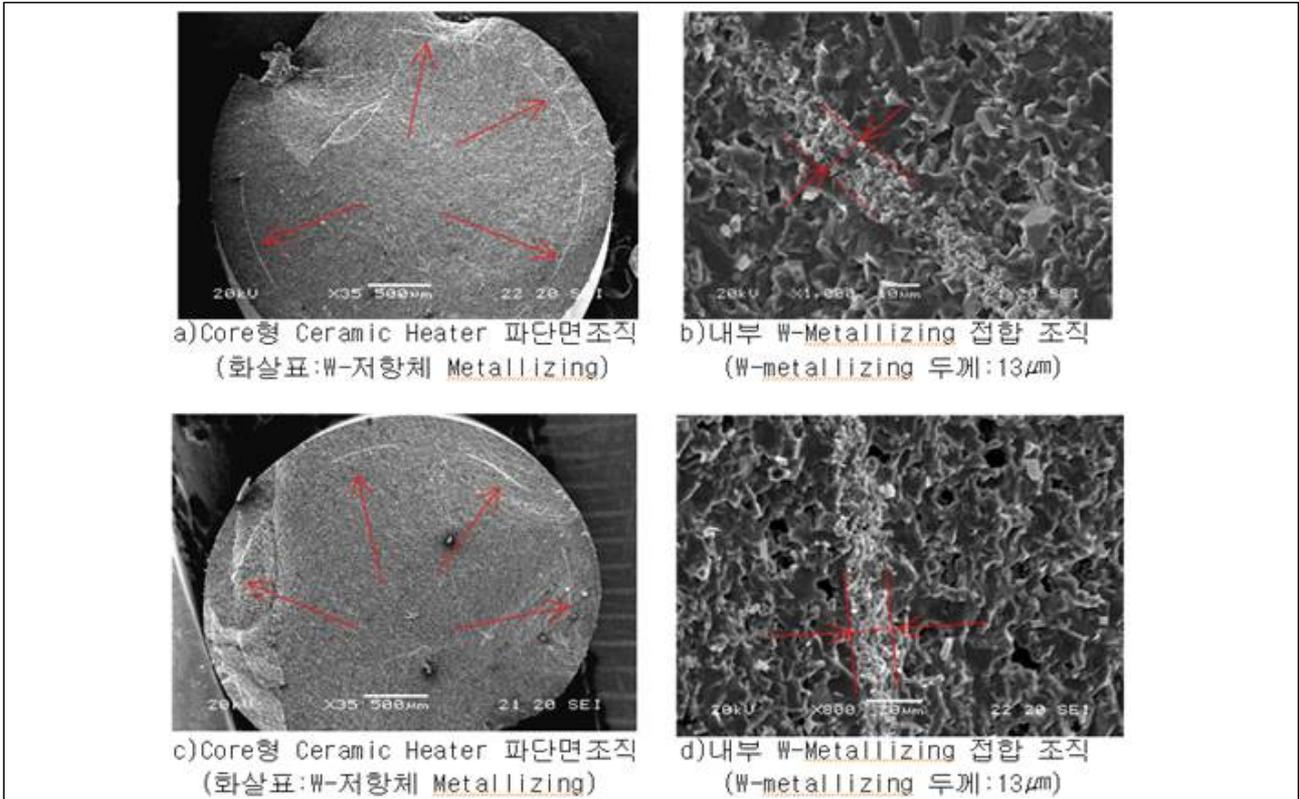
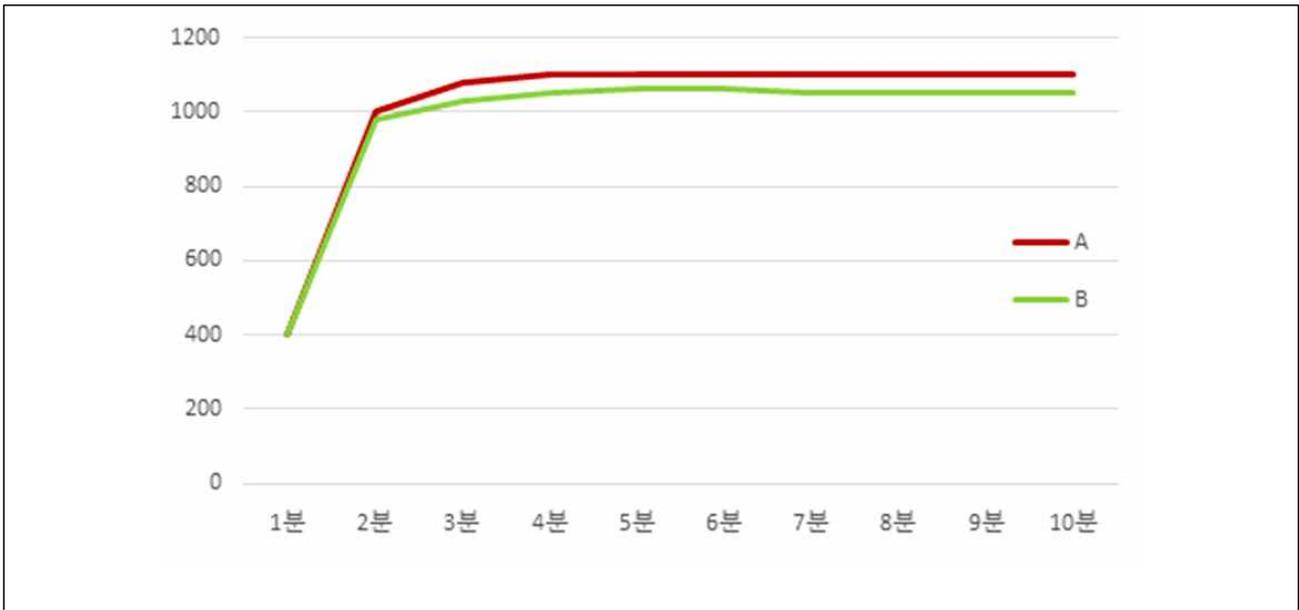


Figure 52. Textured picture of co-fired core ceramic heater fracture surface

f) 특성평가

-최고 온도 실험



A: 일본 Core형 세라믹히터 B: 당사 소성 Core형 세라믹히터

Figure 53. Pothermic curve of temperature rise rate and maximum temperature

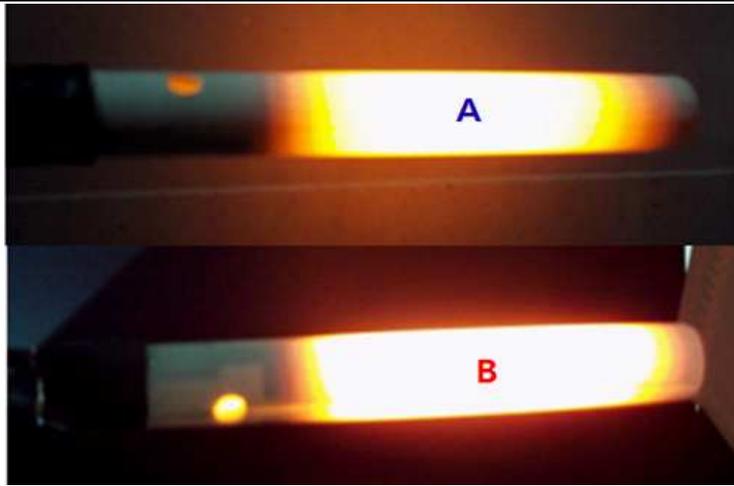


Figure 54. Core type ceramic heater temperature measuring point

그림 54와 같이 길이 방향으로 위치를 정하고 , 그 첫 번째 위치를 A라 정하고 이때 환경온도는 상온 25℃에서 시료의 저항은 38Ω이었으며 시료 히터 사양은 L 120mm, Ø 14.5이며 시험 결과는 그림 53과 같다. 시험전압은 교류 220V에서 3.4A의 전류 값을 갖고 있으며, 소비 전력은 748W이고, 발열 온도는 위치 A에서 1,100℃로 측정되었다.

이때 사용한 비접촉식 온도계는 미국의 Lay tech사 제품으로 측정하였다.

#### -내열충격성시험

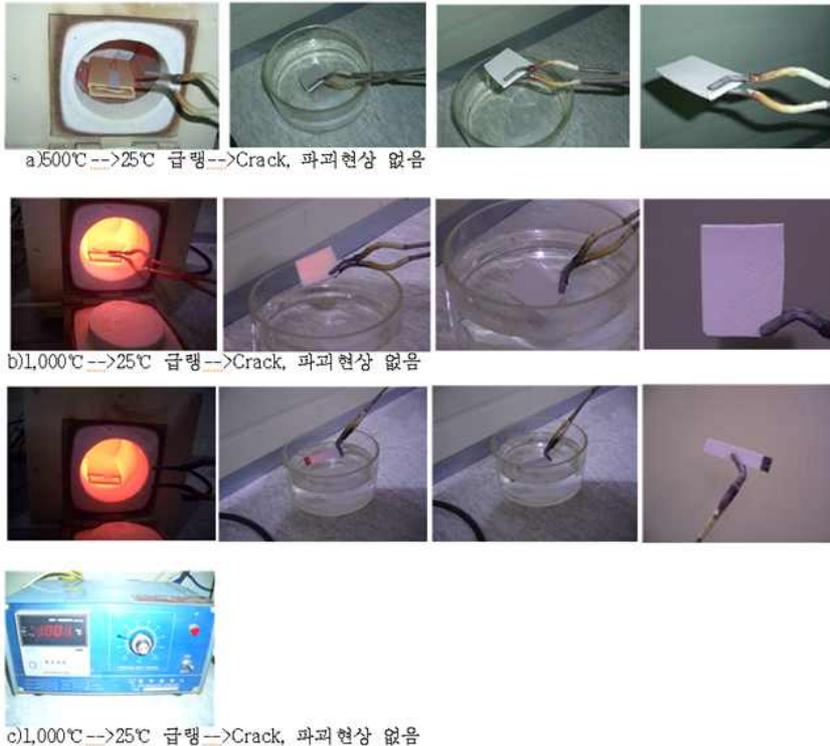


Figure 55. Thermal shock resistance test

상기 그림 55와 같이 소결시편과 ceramic Heater를 제작한 시편을 500℃, 1,000℃로 가열하여 수조(25℃)에 집어넣어 급랭시켰다.

급랭시킨 시편을 외관으로 관찰한 결과 Crack, 파괴현상이 나타나지 않았다.

**-저항값에 따른 소비전력 실험**

Core형 세라믹히터의 양단자를 저항값을 측정하고 220V를 인가하여 열평형이 이루어질 때의 소비전력을 측정한다. 측정시스템은 그림 56을 사용하여 측정하였다.



Figure 56. Ceramic Heater Power Consumption Measurement System

측정결과는 다음 표 18과 같다.

Table 18. Power consumption according to the resistance of the core ceramic heater

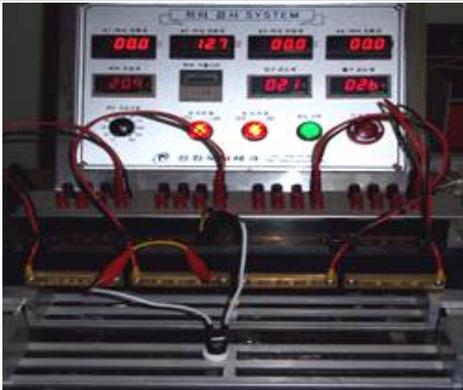
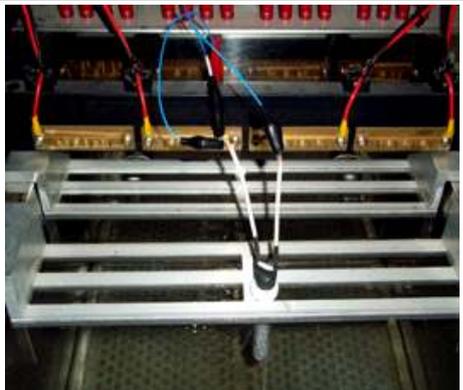
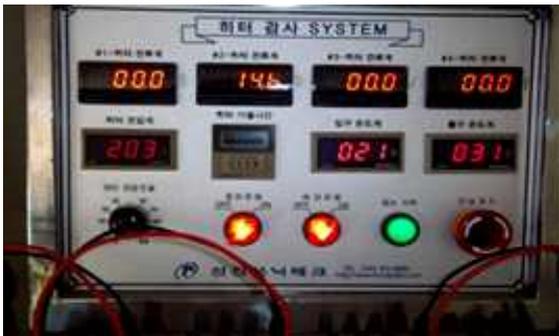
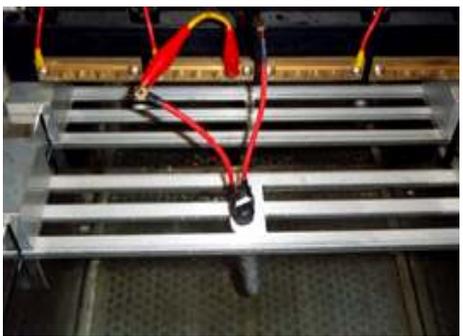
저항값( $\Omega$ )	전력값(W)	비고
14.4	2600	$\varnothing 14.5(\text{OD}) \times \varnothing 9.0(\text{ID}) \times \text{L}120$
10.9	3000	$\varnothing 14.5(\text{OD}) \times \varnothing 10(\text{ID}) \times \text{L}120$
10.5	3500	$\varnothing 14.5(\text{OD}) \times \varnothing 10(\text{ID}) \times \text{L}135$

**-개발된 세라믹히터 시제품의 부하시험**

침수형 세라믹히터 시제품에 대한 전압 인가시 물속에서 정상적으로 발열하여 깨지지 않는지의 내구성 시험을 실시하였다.

본 시험을 위하여 제조한 세라믹히터 부하시험 장치를 이용하여 시험하였다.

시험결과는 다음과 같다.

	
	
<p>1) <math>\varnothing 14.5(\text{OD}) \times \varnothing 10(\text{ID}) \times 120(\text{L})</math> 220V (3,000W)</p>	
	
	
<p>2) <math>\varnothing 13.0(\text{OD}) \times \varnothing 8.0(\text{ID}) \times 122(\text{L})</math> 220V (3,000W)</p>	
<p>Figure 57. Ceramic heater prototype load test</p>	

상기 그림 57과 같이 물속에서 전압을 인가하여 발열 부하시험을 실시한 결과 시제품이 깨지거나 단선된 사례는 없이 안전하게 구동되는 것으로 분석되었다.

본 연구를 통하여 측정장치를 개발하여 시험한 결과 Input voltage가 전압인가 시 고용량으로 220V 정격전압으로 올라가지 못하는 문제가 있었다. 2차년도에는 시험장치를 보완하여 시험을 수행하였다. 시험결과는 다음 표 19와 같다

Table 19. Electric load test results

시험 GRADE	저항( $\Omega$ )	전류(A)	인가전압(V)	측정 전류(W)
3000W	10.9	13.8	206	2,842
3500W	10.7	14.4	209	3,010
4,000W	8.7	15.9	204	3,243

**나) 농업용 전기보일러용 세라믹히터 및 제어기 PCB설계 및 개발**

-본 연구를 통하여 개발된 세라믹히터를 보다 안정적으로 물속에서 구동하도록 구동회로와 PCB를 설계하여 시제품을 제작하였다.

구동회로 개발실적은 다음과 같다

1) 농업용 전기보일러용 세라믹히터(MCH)의 제어회로 PCB설계 및 개발

-전기보일러용 Ceramic Heater - Power 300W급 PCB설계 및 제어회로 개발

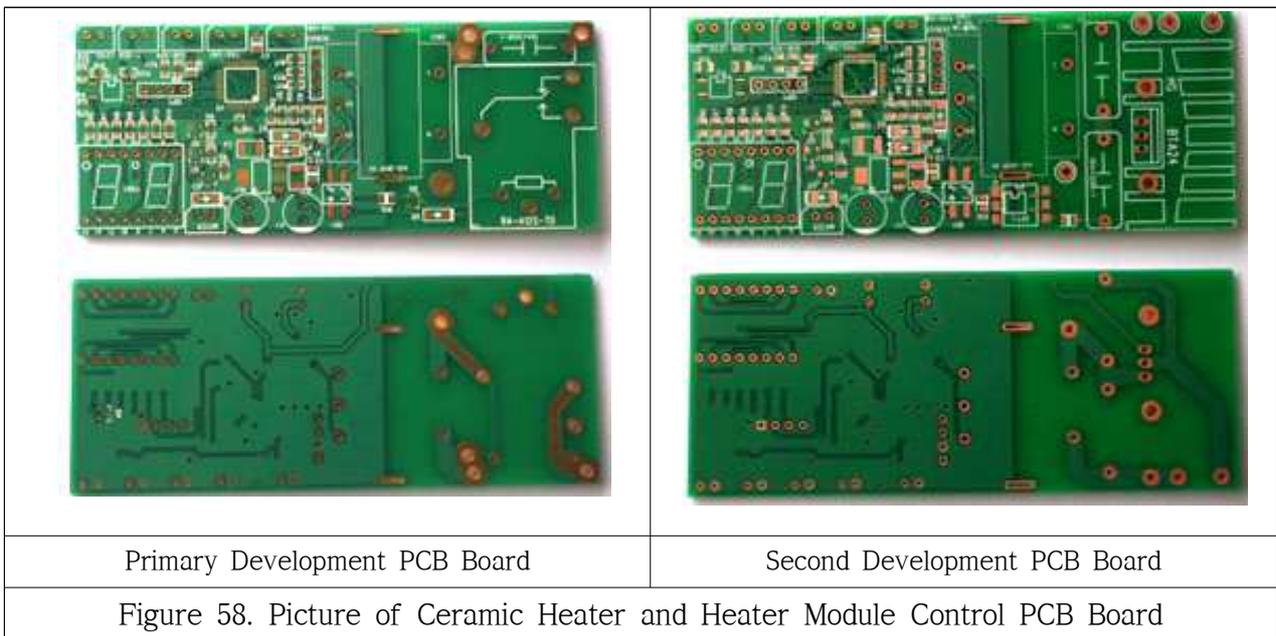
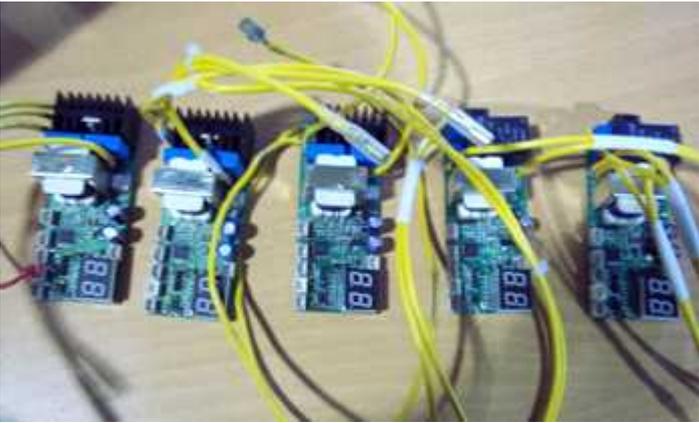


Figure 58. Picture of Ceramic Heater and Heater Module Control PCB Board

-상기 그림 58은 세라믹히터 및 히팅모듈 Control PCB Board 시제품 사진이다.  
전기보일러용 PCB 회로설계를 변경하여 시장 Need에 맞게 온수유량, 온수속도, 소비전력을 고려하여 개발하였다.

<p>트라이악 구동 PCB 회로 시제품</p>	
<p>릴레이 구동 PCB회로 시제품</p>	
<p>Figure 59. Heating Module and PCB Circuit Prototype</p>	

1) 상기 그림 59은 온도 컨트롤 PCB 제어회로를 나타낸 것으로 트라이악 구동과 릴레이구동 제어회로 실장 PCB로써, 개발된 PCB회로 시제품 사진이다.

다) 세라믹히터 개발 시제품 및 특성평가

농업용 전기보일러용 세라믹히터 개발제품			
제품명	규격 (단위 : mm)	소비전력 (단위 : W)	비고 (사진)
Pipe Type Ceramic Heater	∅13.0(OD)x∅8.0(ID)x122(L)	2500~3,000W	
	∅14.5(OD)x∅10(ID)x120(L)	2,800~3,200W	
	∅14.5(OD)x∅10(ID)x135(L)	3,000~3,500W	


**Zoneinfinity Co., Ltd**  
 #1107, Swalam-ri, Pyungtaek-CITY, GYEONGGI-DO, 451-852, KOREA  
 TEL: 82(0)31 662 7923 FAX: 82(0)31 662 7924  
<http://www.zoneinfinity.com>

Figure 60. Prototype Ceramic Heater for Agricultural Boiler

-개발 시제품

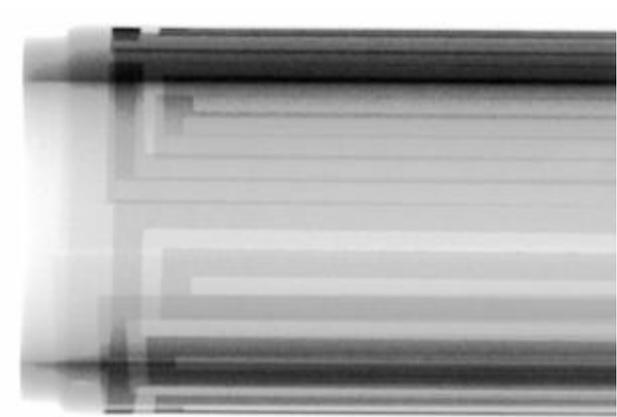
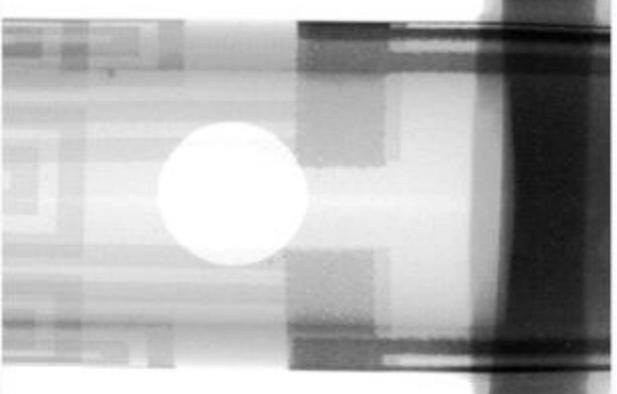
	
1) ∅ 13.0(OD) × ∅ 8.0(ID) × 122(L) 220V (3000W)	2) ∅ 14.5(OD) × ∅ 10(ID) × 120(L) 220V (3000W)
	
3) ∅ 14.5(OD) × ∅ 10(ID) × 135(L) 220V (3500W)	

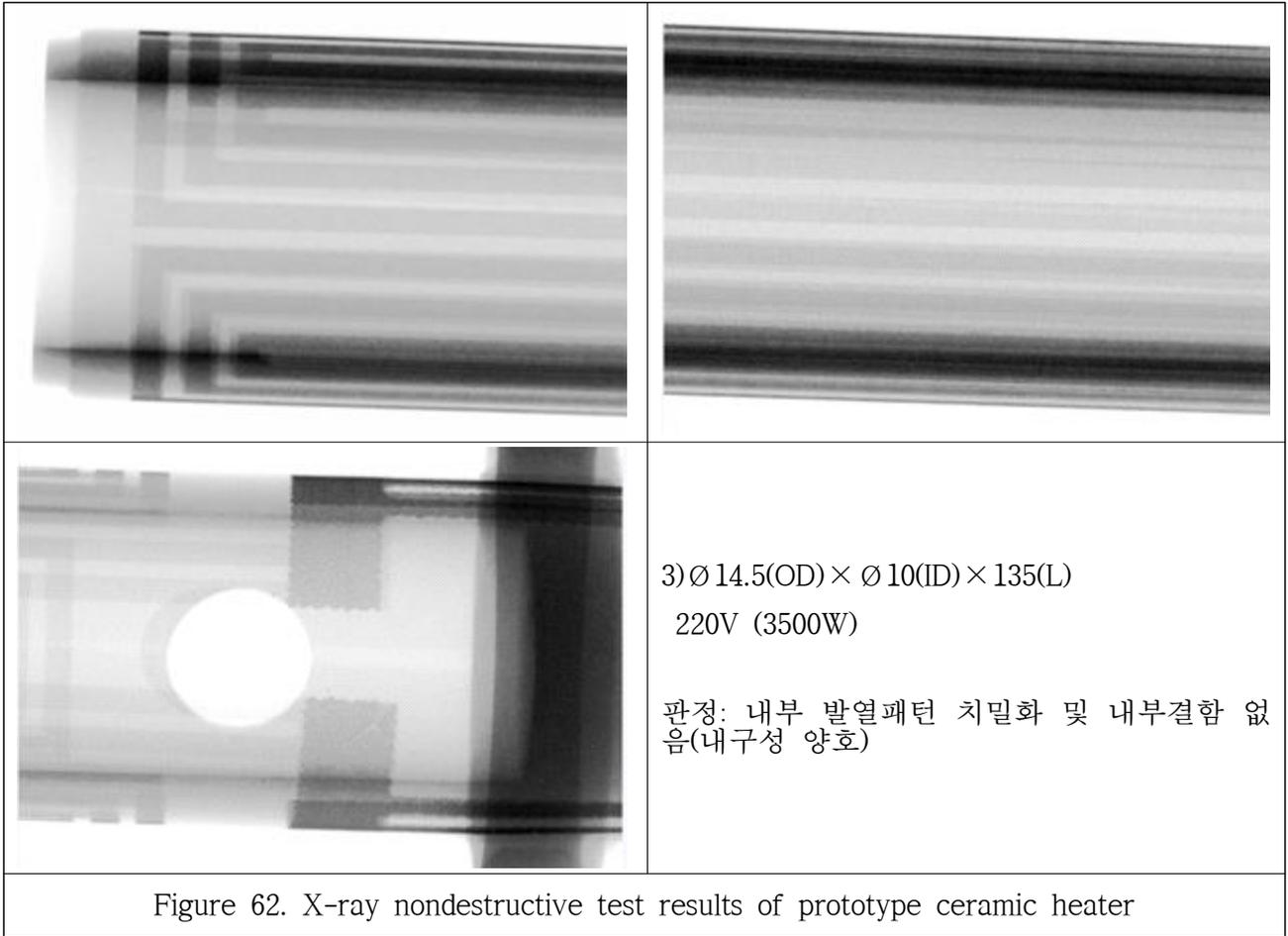
Figure 61. Ceramic heater prototype for electric boilers developed for the first year

상기 그림 61는 개발된 농업용 전기보일러용 세라믹히터 시제품으로 용량은 3,000W, 3,500W급을 개발한 시제품 사진이다.

**-개발 시제품 특성평가**

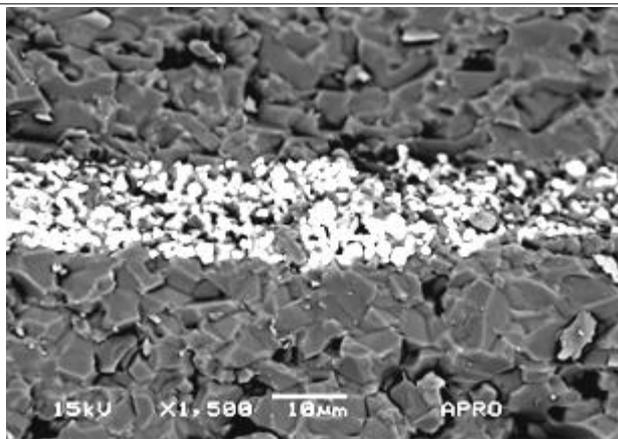
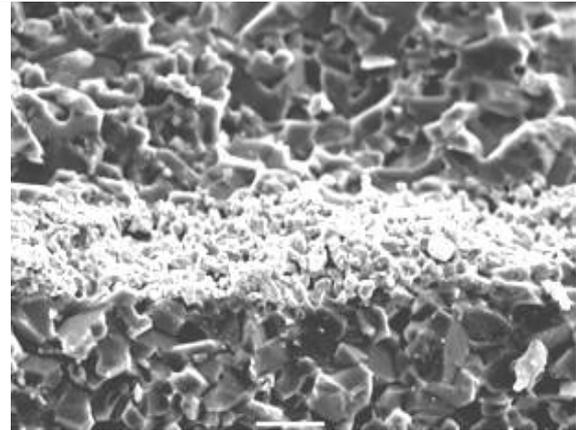
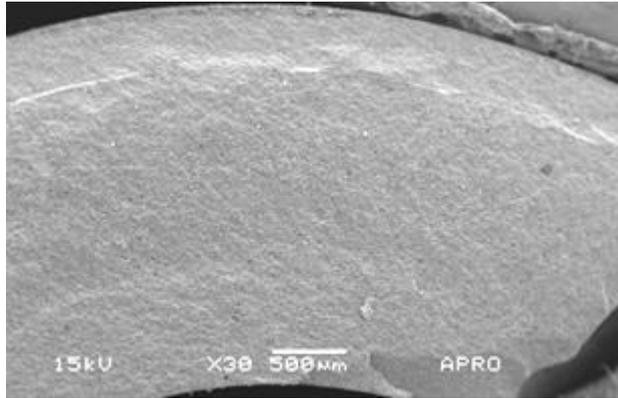
전장의 개발 세라믹히터 시제품을 X-Ray 비파괴 검사장치를 이용하여 내부결함을 분석하였다. 분석결과는 그림 62와 같다.

	<p>1) <math>\varnothing 13.0(OD) \times \varnothing 8.0(ID) \times 122(L)</math> 220V (3000W)</p> <p>판정: 내부 발열패턴 치밀화 및 내부결함 없음(내구성 양호)</p>
	
	<p>2) <math>\varnothing 14.5(OD) \times \varnothing 10(ID) \times 120(L)</math> 220V (3000W)</p> <p>판정: 내부 발열패턴 치밀화 및 내부결함 없음(내구성 양호)</p>



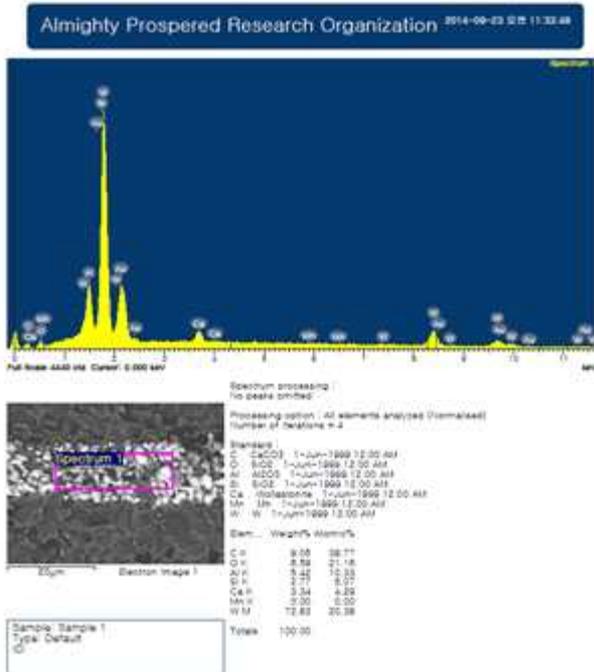
상기 그림 62.은 세라믹히터 시제품에 대한 내부결함을 X-ray 비파괴검사를 통하여 분석한 결과 내부결함은 없는 것으로 나타나고 있다.

개발 세라믹히터 시작품 파단면 미세구조 및 화학조성 분석(By SEM-EDS)



1)  $\varnothing 14.5(\text{OD}) \times \varnothing 10(\text{ID}) \times 135(\text{L})$   
220V (3500W)

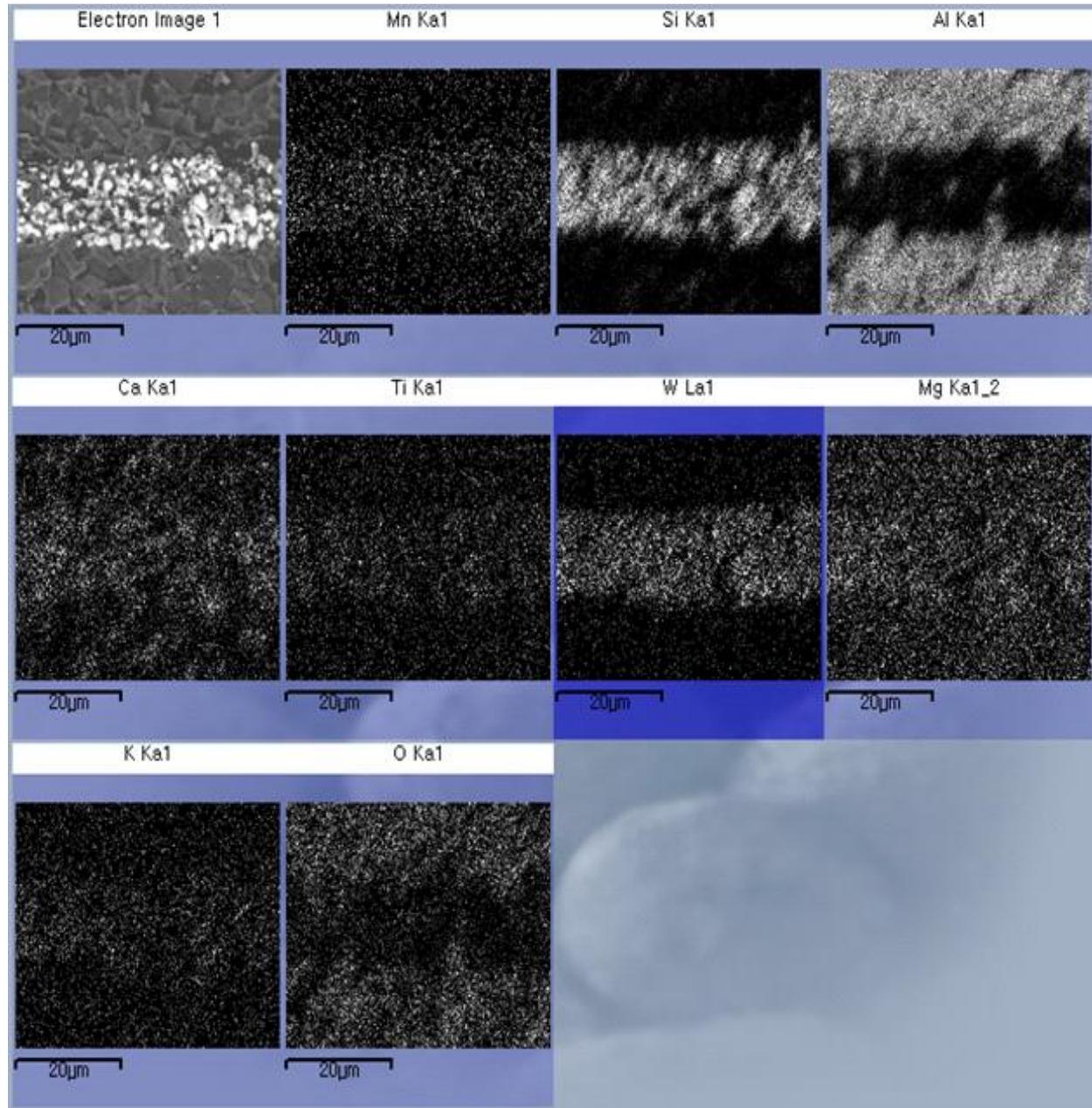
판정: 내부 발열패턴 치밀화 및 내부 결합 없음(내구성 양호)



판정: 내부 발열 패턴층의 원소분석결과 W-metal 분말과 무기질성분(Al, Si, Ca,기타)이 고온 Metalling 소성시 반응하여 치밀화 함. (내구성 양호)

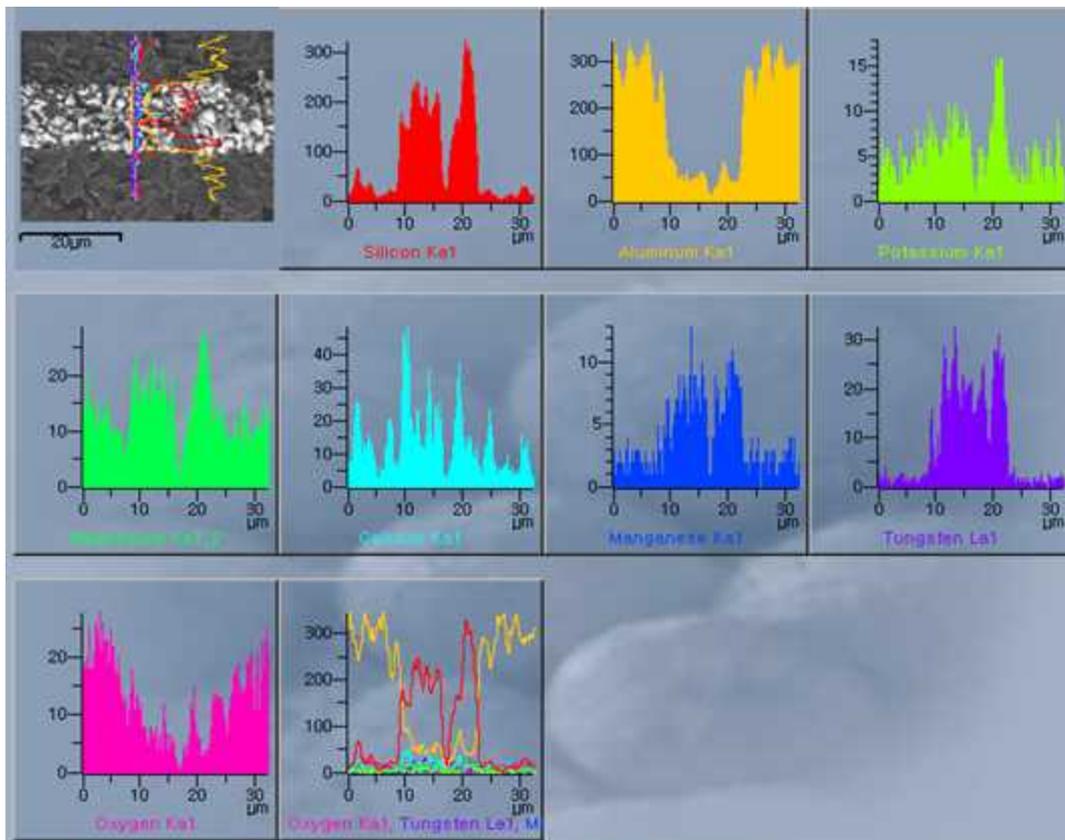
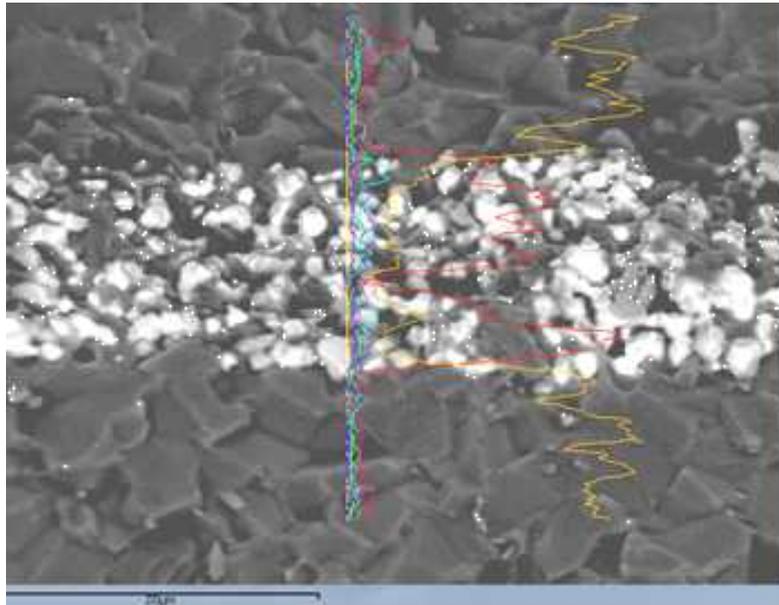
Figure 63. X-Ray Mapping Analysis (By EDS) of Internal Electrode Layer of Development

# Ceramic Heater



판정: 발열패턴층 W-element 검출되고 Si, Al, Ti, Mg, K, Ca, O가 전극층과 알루미나 소결체에 확산 반응함 (내구성양호)

Figure 64. X-Ray Line Analysis of Internal Electrode Layer of Development Ceramic Heater (By EDS)



판정: 발열패턴층 W-element 검출되고 Si, Al, Mg, K, Ca, O가 전극층과 알루미나 소결체에 확산 반응함 (내구성양호)

-시험성적서 (OPERATION VOLTAGE: 110V, 220V)

### Test Report of Ceramic Heater

No.:TT20140224001

Date	October 24, 2018	Specification	∅11.5(OD)x∅6.5(ID)x115(L)			
Quantity	5ea	Model	Water heater. Water Purifier, Bidet			
Purpose	Commodity( ) Pilot Product( ) Sample( O ) Others( )					
Customer	TOTO Co., Ltd					
No.	Item	Inspection Contents	Specified	Inspection Record	Result	Remark
1	Dimension	Length	115±1.5mm	113.8~115.0mm	OK	
		Diameter	∅11.5±0.2mm	11.5~11.7mm	OK	
2	Electric Characteristic	Resistance(at 25°C)	8~9Ω	8.3~8.9Ω	OK	
		Rating input voltage	<b>110V</b>	<b>110V</b>	OK	
		Power	1200±100W	1130~1250W	OK	
		Withstand test of insulation	2,500V/5mA/1sec	0.5~0.7mA	OK	
		Leakage current(at AC110V)	≤0.25mA	0.17~0.22mA	OK	
		Insulating resistance(at AC110V)	≥100MΩ	Pass	OK	
3	Endurance	Endurance (On-Off test voltage frequency)	Over3000cycle(60sec On-180sec Off)	Pass	OK	
4	Appearance	Appearance	smooth, no crack, no pinholes, No concraves	Pass	OK	
Prepared by:	S.J.KIM		Check up	IC,CHO		

 Zoneinfinity Co.,Ltd

### Test Report of Ceramic Heater

No.:TT20140224002

Date	October 24, 2018	Specification	∅11.5(OD)x∅6.5(ID)x115(L)			
Quantity	5ea	Model	Water heater. Water Purifier, Bidet			
Purpose	Commodity( ) Pilot Product( ) Sample( O ) Others( )					
Customer	TOTO Co., Ltd					
No.	Item	Inspection Contents	Specified	Inspection Record	Result	Remark
1	Dimension	Length	115±1.5mm	113.8~115.0mm	OK	
		Diameter	∅11.5±0.2mm	11.5~11.7mm	OK	
2	Electric Characteristic	Resistance(at 25°C)	21~23Ω	21.5~22.8Ω	OK	
		Rating input voltage	<b>220V</b>	<b>220V</b>	OK	
		Power	1600±100W	1550~1650W	OK	
		Withstand test of insulation	2,500V/5mA/1sec	0.5~0.7mA	OK	
		Leakage current(at AC110V)	≤0.25mA	0.18~0.22mA	OK	
		Insulating resistance(at AC110V)	≥100MΩ	Pass	OK	
3	Endurance	Endurance (On-Off test voltage frequency)	Over3000cycle(60sec On-180sec Off)	Pass	OK	
4	Appearance	Appearance	smooth, no crack, no pinholes, No concraves	Pass	OK	
Prepared by:	S.J.KIM		Check up	IC,CHO		

 Zoneinfinity Co.,Ltd

Figure 65. Ceramic Heater Test Report for Electric Boiler (110V, 220V)

**-전기적 특성 시험 결과**

한국기계전기전자시험연구원(KTC)에서 시제품에 대한 시험 결과는 다음과 같다.

**1. 개요**

본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료, 시험기준 및 방법에 따라 측정한 결과임.

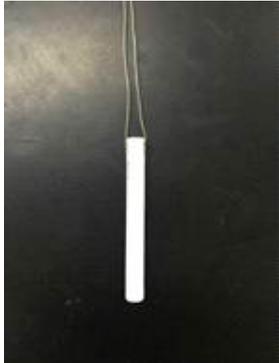
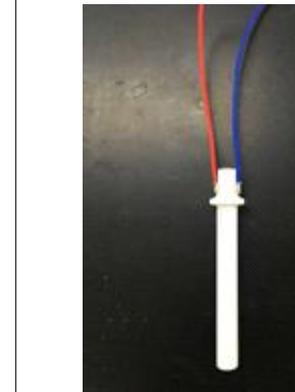
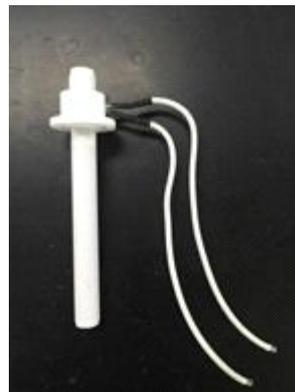
**2. 적용 또는 인용규격**

의뢰자제시규격

**3. 시험시료**

- (1) 시료명 : 세라믹히터
- (2) 모델명 : -
- (3) 제조회사 : (주)존인피니티
- (4) 시료수 : 7 개
- (5) 사진

**사 진**

			
시료 1 : 400 W	시료 2 : 1 700 W	시료 3 : 3 000 W	시료 4 : 3 500 W
			
시료 5 : 5 000 W	시료 6 : 3 000 W	시료 7 : 5 000 W	

**-전기적 특성 시험 결과**

한국기계전기전자시험연구원(KTC)에서 시제품에 대한 시험 결과는 다음과 같다.

**1. 개요**

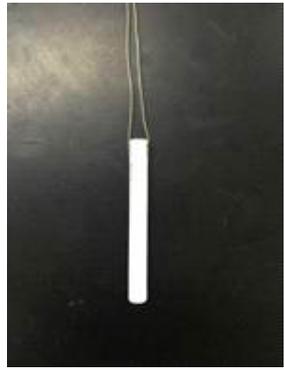
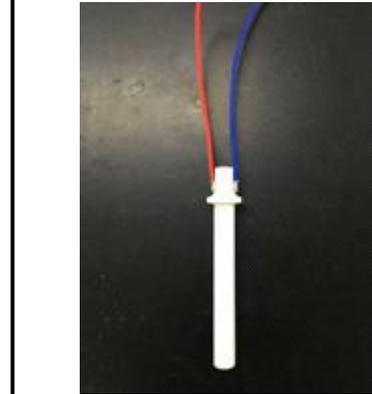
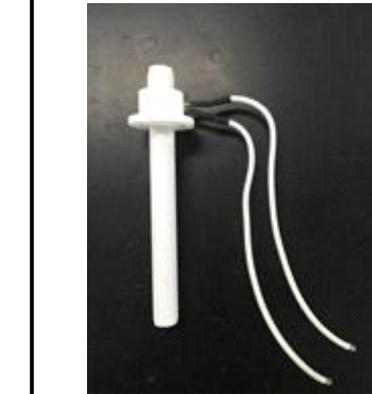
본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료, 시험기준 및 방법에 따라 측정된 결과임.

**2. 적용 또는 인용규격**

의뢰자제시규격

**3. 시험시료**

- (1) 시료명 : 세라믹히터
- (2) 모델명 : -
- (3) 제조회사 : (주)존인피니티
- (4) 시료수 : 7 개
- (5) 사진

사진			
			
시료 1 : 400 W	시료 2 : 1 700 W	시료 3 : 3 000 W	시료 4 : 3 500 W
			
시료 5 : 5 000 W	시료 6 : 3 000 W	시료 7 : 5 000 W	

#### 4. 시험기준 및 방법

구분	시험항목	시험기준	시험방법
성능	수중절연저항	100 MΩ 이상일 것.	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항을 측정한다.
	수중절연내력	1 분간 인가 시 견딜 것.	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험한다. - Cutoff Current 설정 : 5 mA
	누설전류	3 mA 이하일 것.	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류를 측정한다.
	소비전력	측정값.	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 소비전력을 측정한다.
	소비전류	측정값.	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 소비전류를 측정한다.
	절연내력	1 분간 인가 시 견딜 것.	시료의 전원선 일괄 부분과 은박으로 쌓여진 외곽 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 3,750 V를 인가하여 시험한다. - Cutoff Current 설정 : 1 mA

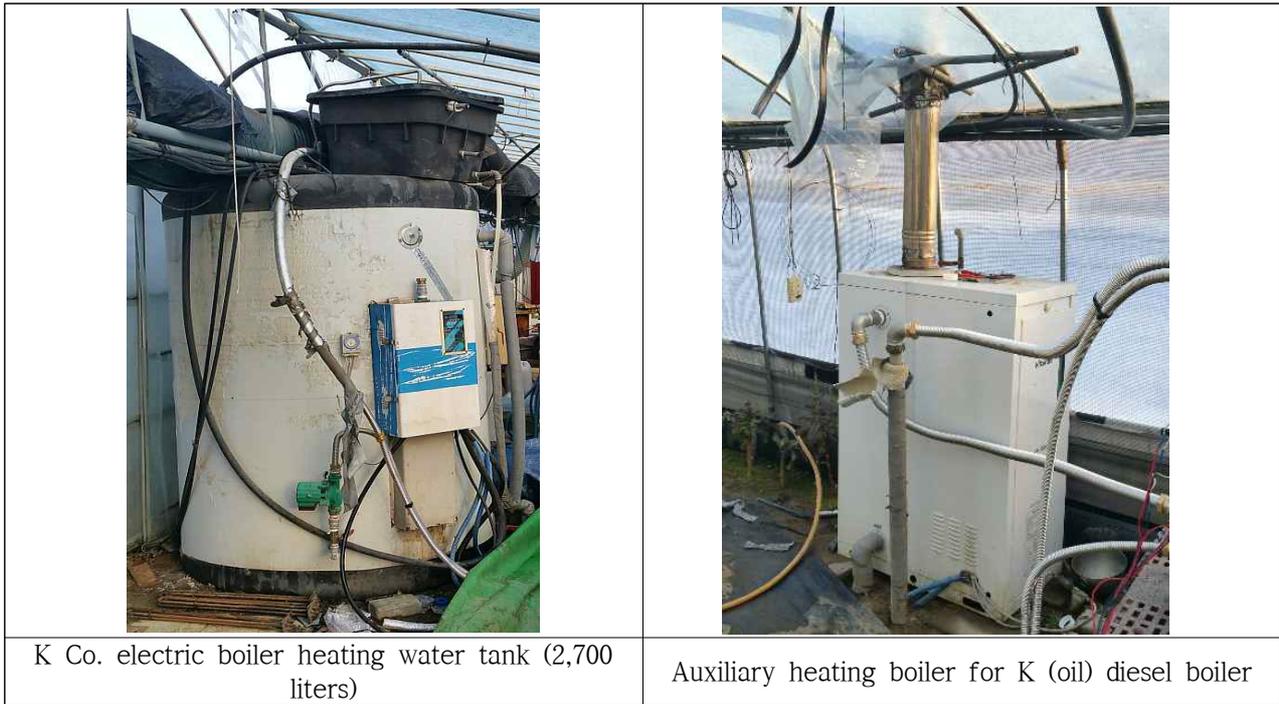
5. 시험결과

구분	시험항목	단위	시험결과						
			시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5	시료 6	시료 7
성능	수중절연저항	MΩ	1 000 이상	-	-				
	수중절연내력	-	견딜	견딜	견딜	견딜	견딜	-	-
	누설전류	mA	0.01	0.18	0.03	0.21	0.05	-	-
	소비전력	W	506.8	1 635.7	3 343.1	3 439.1	4 212.3	3 501.8	4 672.3
	소비전류	A	2.3	7.4	15.3	15.4	19.1	15.8	21.3
	절연내력	-	견딜	견딜	견딜	견딜	불량	견딜	견딜

6. 비고

2. 그린하우스 난방용 전기보일러 호환용 70kW전기보일러 개발.

○ 기존의 120 kW 농업용 전기보일러를 1차년도 70 kW의 전기보일러로 대체 가능한 호환성 전기보일러 기술개발을 수행하였다.



-현재의 농가용으로 보급된 K(사) 전기보일러 히팅 물탱크(2,700리터)와 보조 난방 경유보일러 사진으로, 현재는 시즈히터가 120 kW 구동되는 상태로, 전력비를 낮추기 위한 70 kW 히팅 물탱크를 추가로 설치하여 구동시 현재의 120 kW 물탱크에 연결하여 호환성을 갖게 개발하기 위하여 기존의 시설농가에 보급하여 전기료를 낮출 수 있도록 기술개발을 수행하였다.

-하기의 사진은 70 kW 세라믹히터를 장착하여 추가적인 히팅 물탱크를 설치하여 기존 시설을 활용할 수 있도록 보일러를 개발 하였다.

-농업용 전기보일러 사양은 다음 표.20과 같다

Table 20. Agricultural Boiler Specifications

항 목		사 양	비 고
농업용 전기보일러	외형치수	Ø1140 x 1630H	
	물탱크 용량	1,200 Liter	
	세라믹히터 Power	84 kW	시즈히터 비교분석용 10 kW 장착
	사용전압	히팅부: 3P, 380V 제어부: 단상 220V	
열교환온풍기	열교환온풍기	AC 1P 220V 60Hz	
	소비전력	400W	

개발할 농업용 전기보일러 설계

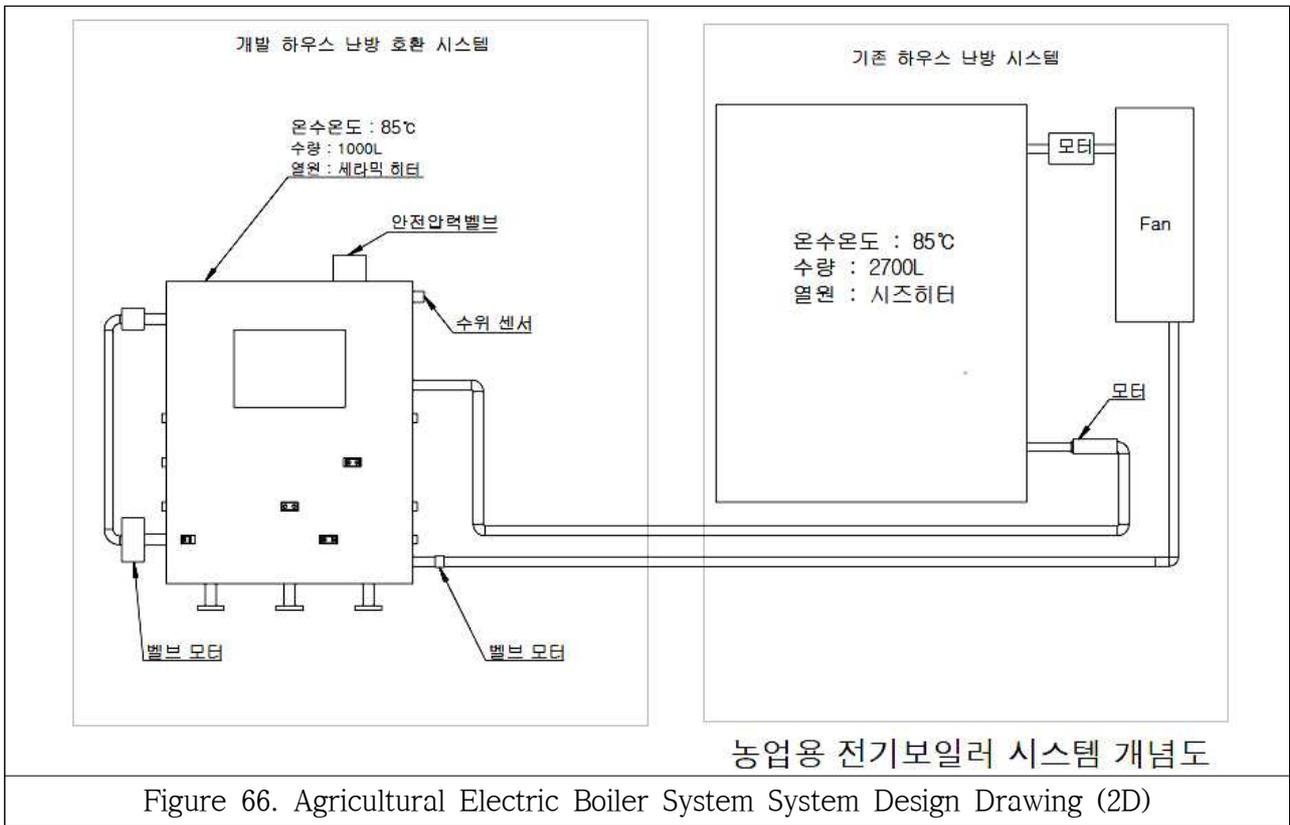


Figure 66. Agricultural Electric Boiler System System Design Drawing (2D)

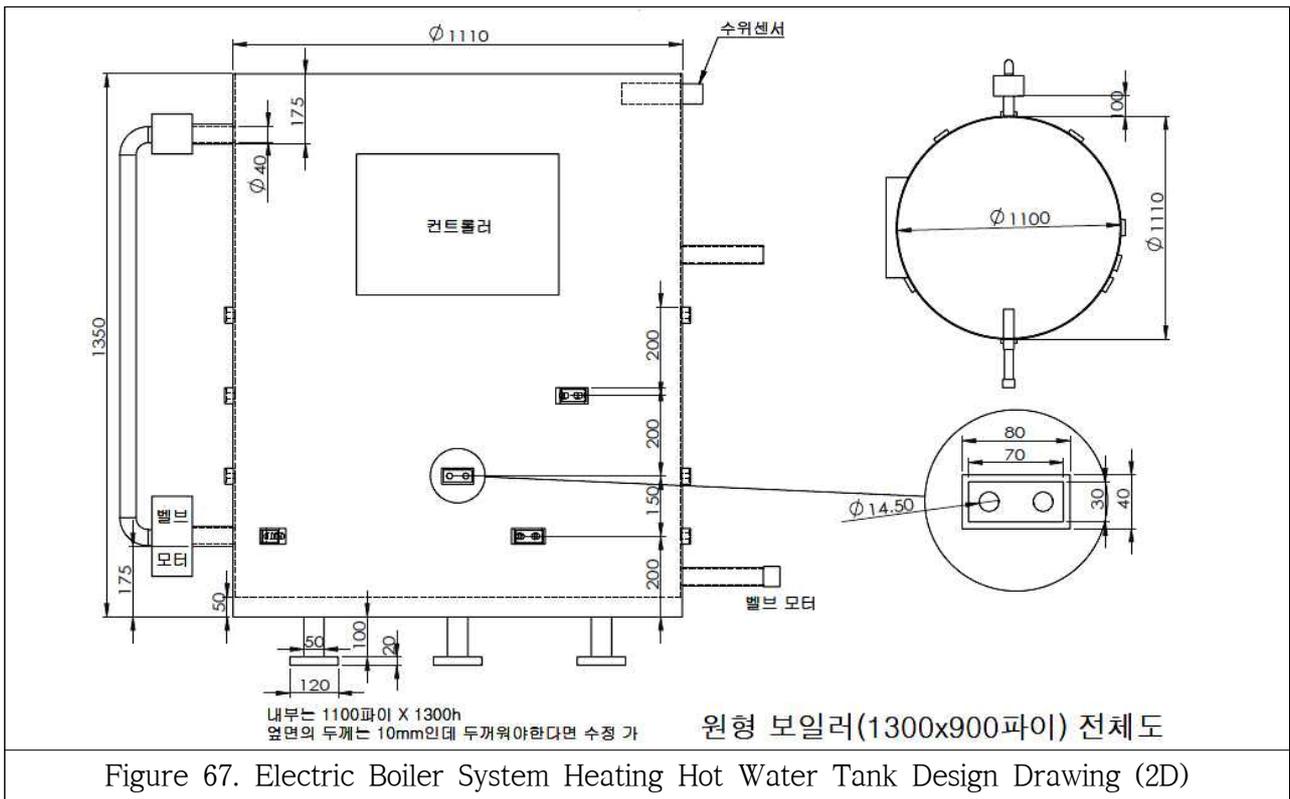
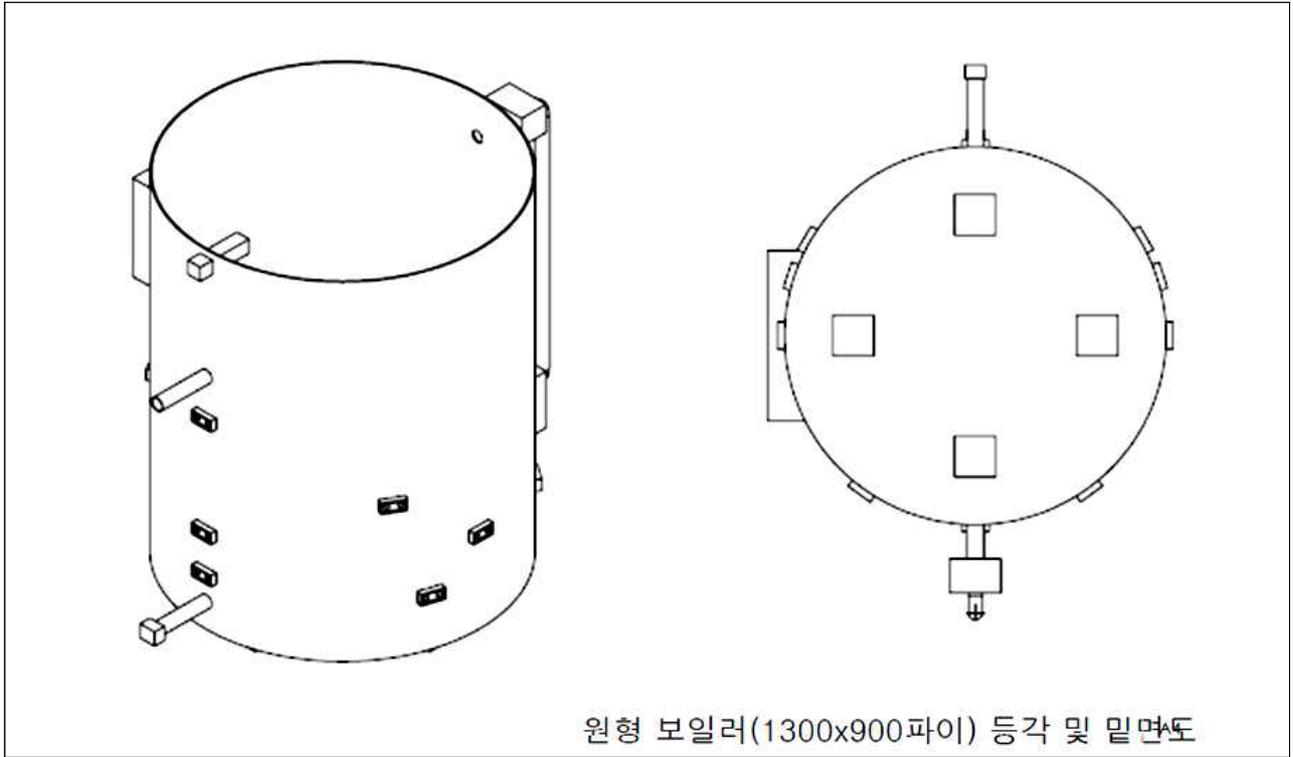
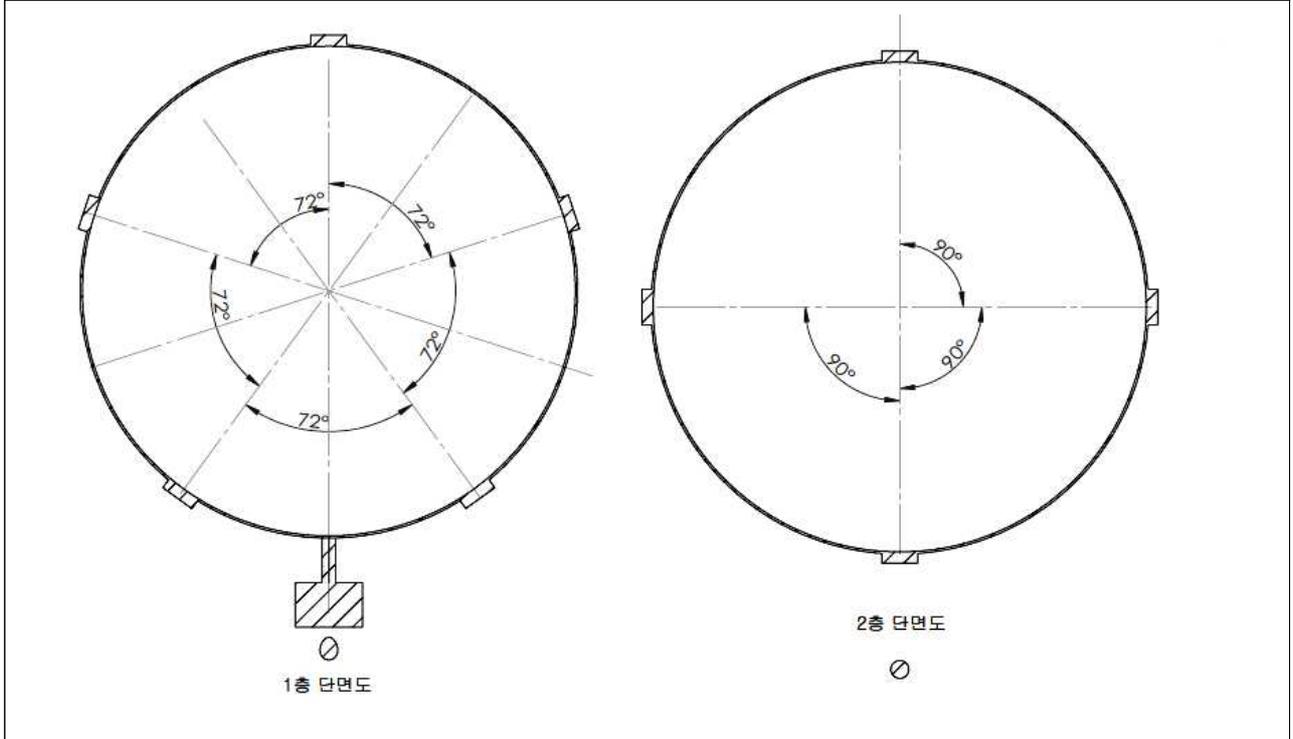


Figure 67. Electric Boiler System Heating Hot Water Tank Design Drawing (2D)



원형 보일러(1300x900파이) 등각 및 밑면도

Figure 68. Design drawing of the electric boiler system for agriculture (3D)

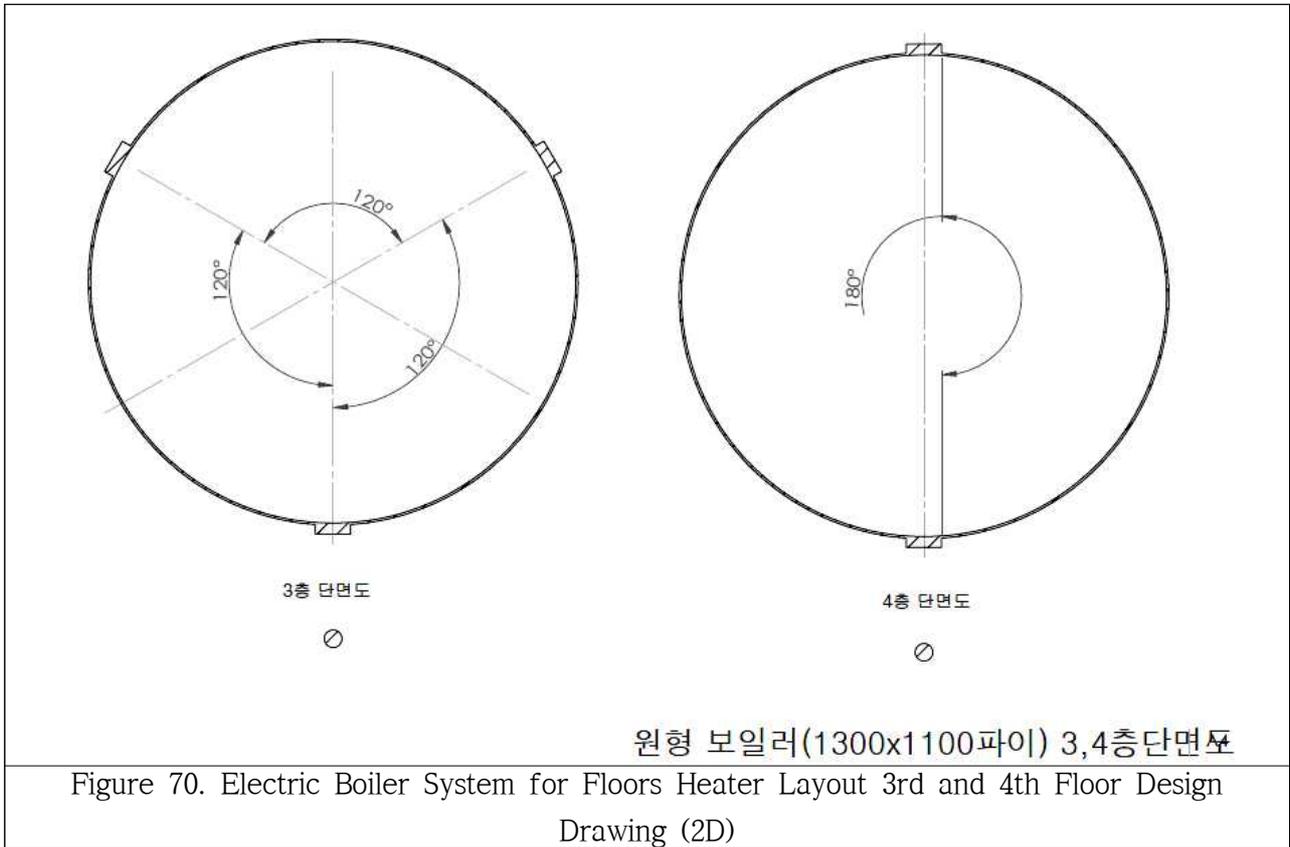


1층 단면도

2층 단면도

원형 보일러(1300x1100파이) 1,2층단면도

Figure 69 Agricultural boiler system interlayer heater layout 1, 2 floor design drawing (2D)



-상기 설계도면은 농업용 전기보일러 및 열교환온풍기 설계도면으로 기존의 그린하우스 난방에 호환성으로 개발하여 온수온도 85℃, 2,700리터 물탱크에 120 kW전력을 사용하고 있는 시스템에 소비전력을 절감하기 위하여 별도의 1,200리터 전기보일러 및 열교환 온풍기의 설계도면이다.

-현재의 열원으로 시즈히터를 사용하고 있으나, 세라믹히터 84 kW를 원통형 온수탱크 수직방향으로 4단으로 하부부터 5개, 4개, 3개, 2개를 장착하게 설계하였으며, 개당 3 kW히터 2개를 1셋트로 히팅 모듈화 하였다.

-상기도면은 농업용 전기보일러의 세라믹히터, 온도센서, 수위센서, 안전밸브를 설계에 반영하였으며, 온수 탱크 내에 세라믹히터가 순간적으로 고온으로 발열 시 물이 순간적으로 증발하여 기포가 발생할 시 세라믹히터가 깨지는 현상이 예비 시험때 발생하였다.

-이러한 급격한 발열에 의한 물기포 발생을 억제하기 위하여 상부에 순환펌프를 설치하여 탱크내의 물을 순환시켜 물이 급격하게 끓는 현상을 방지하게끔 설계에 반영하였다.



Figure 71. Picture of water tank welding and drilling of heater part



Fig. 72. Heater 6 kW Module Tank Welding Picture



Fig. 73. Painting appearance of the weld heater on the ceramic heater installation



Figure 74. Installation of ceramic heater fixing jig in water tank



Picture of installation of inlet and outlet of water tank



Picture of installing hot water circulation in water tank



Mounting Electric Controller

Figure 75. Photo installation of prototype electric heater and heater for agricultural boiler

세라믹히터 6 kW/set 장착



Ceramic heater mounting photograph (1)



Photo after installing ceramic heater (2)



Photo after installing ceramic heater (3)



Photo after installing ceramic heater (4)



Photo after installing ceramic heater (5)

Fig. 76. Picture of the installation of four sets of four stages (84 kW) of ceramic heaters in a water tank

-상기 그림 76은 온수탱크내 세라믹히터가 물속에서 발열 가열하도록 수직 방향으로 4단으로 총 14세트( $3\text{kW} \times 3\text{ea} = 6\text{kW}/\text{set}$ )를 설치하였다. 최하단부부터 5 세트를 설치하여  $5\text{set} \times 6\text{kW} = 30\text{kW}$ , 다음층에 4 세트를 설치  $4\text{set} \times 6\text{kW} = 24\text{kW}$ 를, 다음층에 3 세트를 설치  $3\text{set} \times 6\text{kW} = 18\text{kW}$ 를, 다음층에 2 세트를 설치  $2\text{set} \times 6\text{kW} = 12\text{kW}$ 로 구동하도록 설치하였다.

-1차년도 연구에서는 4단으로 세라믹히터를 설치하여 상기와 같이 84kW를 구현하였다. 본 실험에서는 70kW이하로 구동하여 기존의 전기보일러 대비 열효율을 비교 하였다

열교환 라지에터 및 온풍기 전기설계 및 제작

온풍기 제작 사양은 다음과 같다.

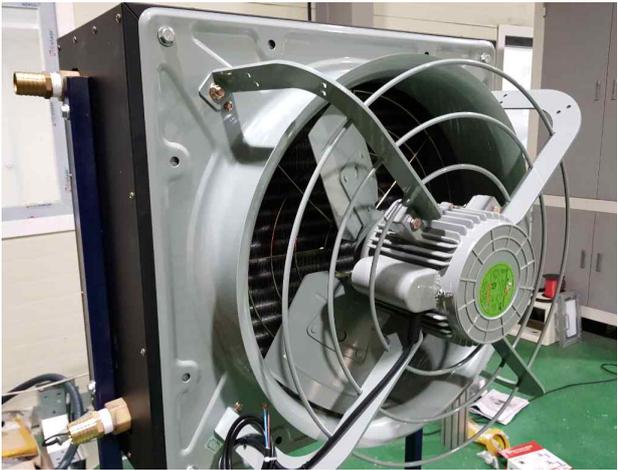
1)외형치수: 670L × 630 H × 800 W

2)사용전압: 220V

3)소비전력: 400W

4)최대풍량: 125 fm<sup>3</sup>/min

상기와 같은 사양으로 하기 그림 77.과 같이 제작하였다.

	
<p>Heat exchanger</p>	<p>Internal heat radiation coil structure and ventilation heat exchange prototype</p>
	
<p>Hot Water Inlet and Outlet Structure of Hot Air Heater</p>	<p>Heat exchanger fan fan 400W motor</p>
<p>Figure 77. Photograph of the papacy blower</p>	

## 농업용 전기보일러 제어시스템 개발

1)현재의 그린하우스에 장착된 전기보일러 및 콘트롤러 시스템은 하기 그림 78.과 같이 고용량의 전기보일러용 물탱크(2,700 Liter)의 고용량(120kW)의 브리커, 송풍기 브리커등 전기보일러의 전기제어가 수동으로 농민이 전기스위치를 올려 작동되는 방식으로 매우 불편하고 전기안전성이 취약한 상태이다.



Figure 78. Control system mounted on electric boiler at current facility farm

-전기보일러용 전기콘트롤러 시스템은 1차년도 기술개발은 70kW급 히팅모듈을 장착하여 1200 Liter용량의 온수탱크를 4단으로 하단부터 5세트(5set × 6kW/set= 30kW), 4세트(4set × 6kW/set= 24kW), 3세트(3set × 6kW/set= 18kW), 2세트(2set × 6kW/set= 12kW)로 총 84kW 파워로 히터를 구성하였으며, 실제로 Operating Power는 70kW이허로 구동되도록 기술개발을 하였다.

-제어시스템은 릴레이구동 방식을 채택하였으며, 회로도과 개발제품은 다음과 같다.

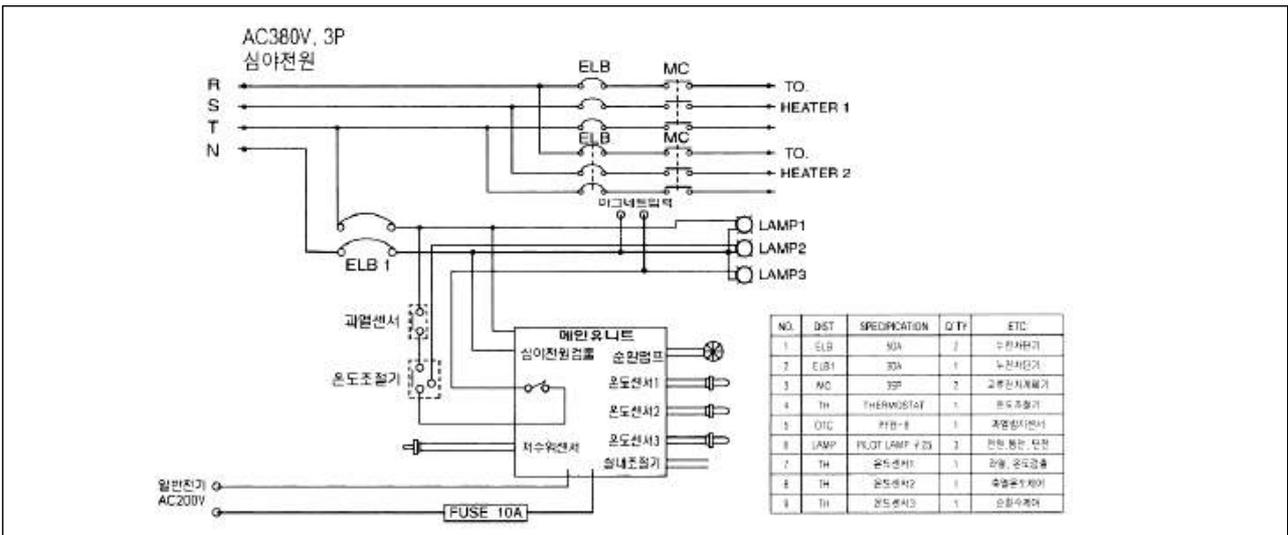
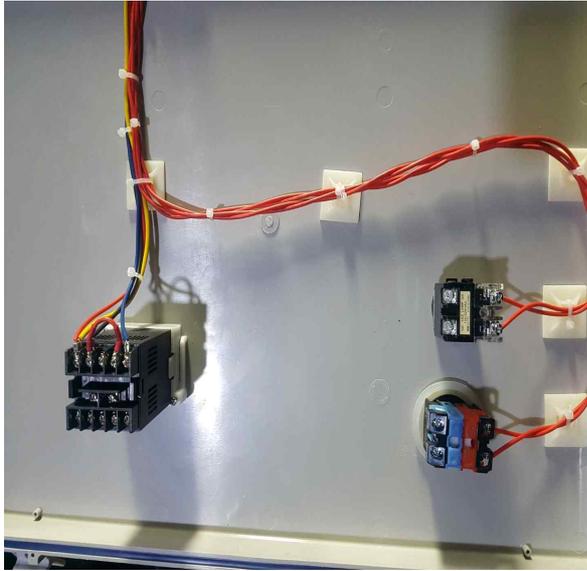


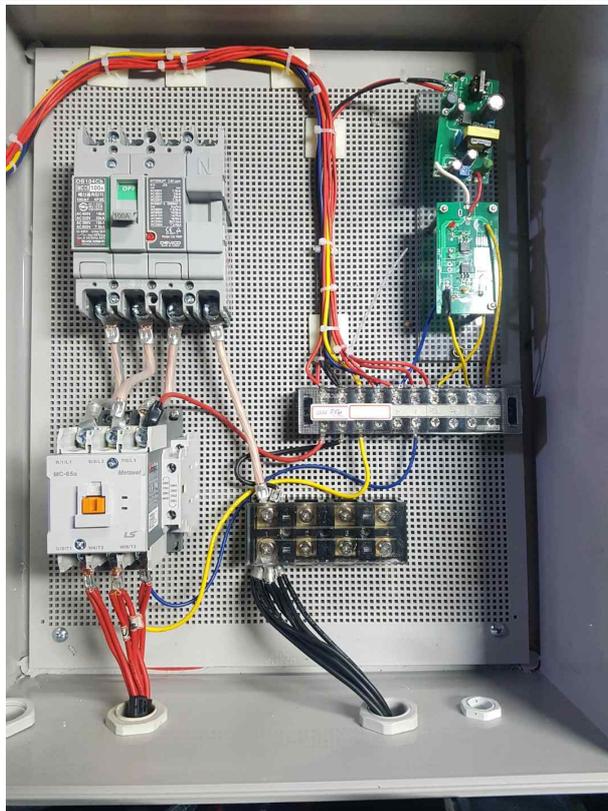
Figure 79. Design drawing of agricultural electric boiler control unit(Input: 380V, 3P)



Picture of the control box



Temperature controller display



Picture of the control box

Figure 80. Picture of Ceramic Heater PWM Control System

-컨트롤러 기능은 다음과 같다.

1)사용전원: 380V, 3P

2)안전회로: ①수위검출기: 저수위센서 장착 ②온도센서1: 보일러 온도와 과열을 검출하기 위한 온도센서(K-type 장착) ③온도센서2: 축열온도 제어를 위한 온도센서(K-type 장착) ④온도센서3: 보일러 환수온도를 검출하기 위한 온도센서(K-type 장착)

온도 제어시스템은 하기의 통합형 제어기(ADT5000R) 기성품을 장착하여 전기보일러의 실내온도조절을 할 수 있도록 시제품을 제작하였다.

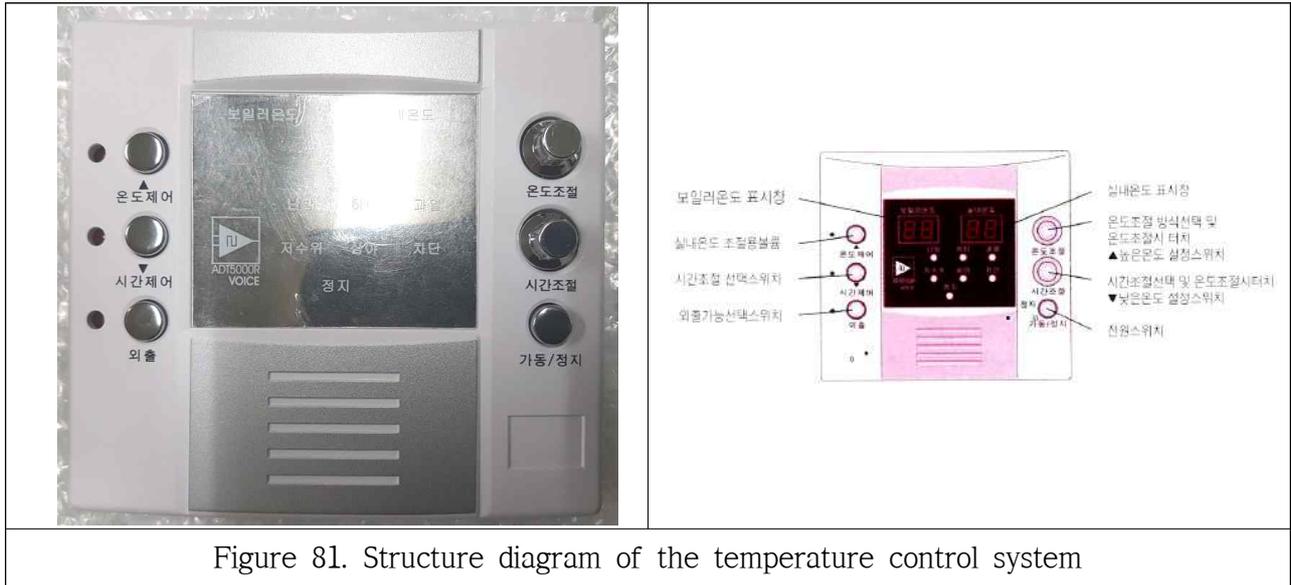


Figure 81. Structure diagram of the temperature control system

-기능은 다음과 같다.

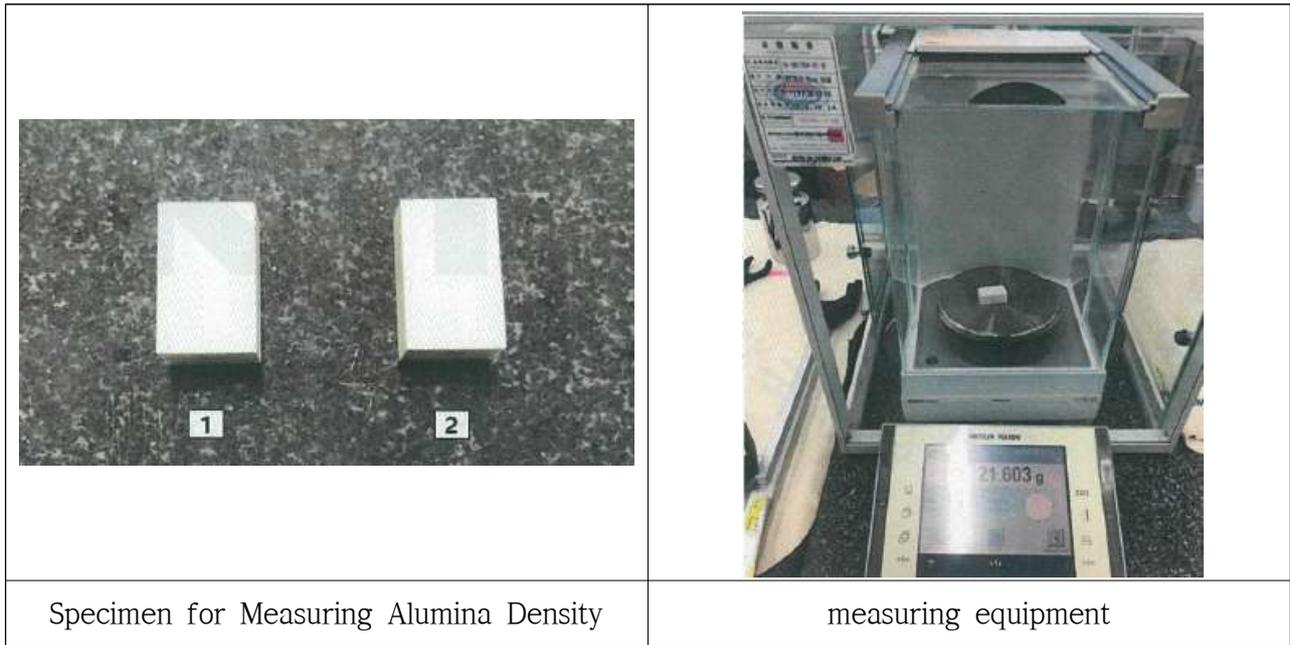
- 1) 보일러온도: 현재의 보일러 내부의 물의 온도를 검출한다.
- 2) 하우스내부온도: 현재의 하우스 내부온도를 표시한다.
- 3) 난방: 출수구 순환펌프 가동 시 점등하도록 설계하였다.
- 4) 차단: 전기차단시 점등된다.
- 5) 히터: 히터에 전원이 투입시 점등된다.
- 6)과열: 보일러 내부의 물온도가 95℃ 이상일 경우 점등된다.
- 7) 저수위: 보일러 내부의 물이 부족할 경우 점등된다.

### 3. 그린하우스 난방용 전기보일러의 고용량 세라믹히터 시험분석 및 전기보일러 성능 평가

#### ○ 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 시험분석

##### 1) 세라믹히터 밀도 측정

알루미나 소결체를 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 96% 세라믹히터와 동일소재로 시험용 금형을 이용하여 약 100kg/mm<sup>2</sup>의 하중으로 성형하여 1650℃ 2시간 소성하여 하기 사진과 같은 밀도(Density) 시험용 시편을 제조하였다.



측정에 사용된 장비는 다음과 같다.

장비명	제작회사 및 형식	기기번호	교정유효일자	교정기관
전자식저울	Mettler toledo/XP5003S	1127361716	2019.12.27	KTL
표준측정기	CARL ZEISS/600106-9901	51465	2019.09.01	KTL

측정결과는 다음과 같다.

시료	부피(Volume, cm <sup>3</sup> )	질량(Weight, g)	밀도(Density, g/cm <sup>3</sup> )
No.1	5.888	22.441	3.811
No.2	5.932	21.603	3.642
평균(Mean)	5.91	22.02	3.73

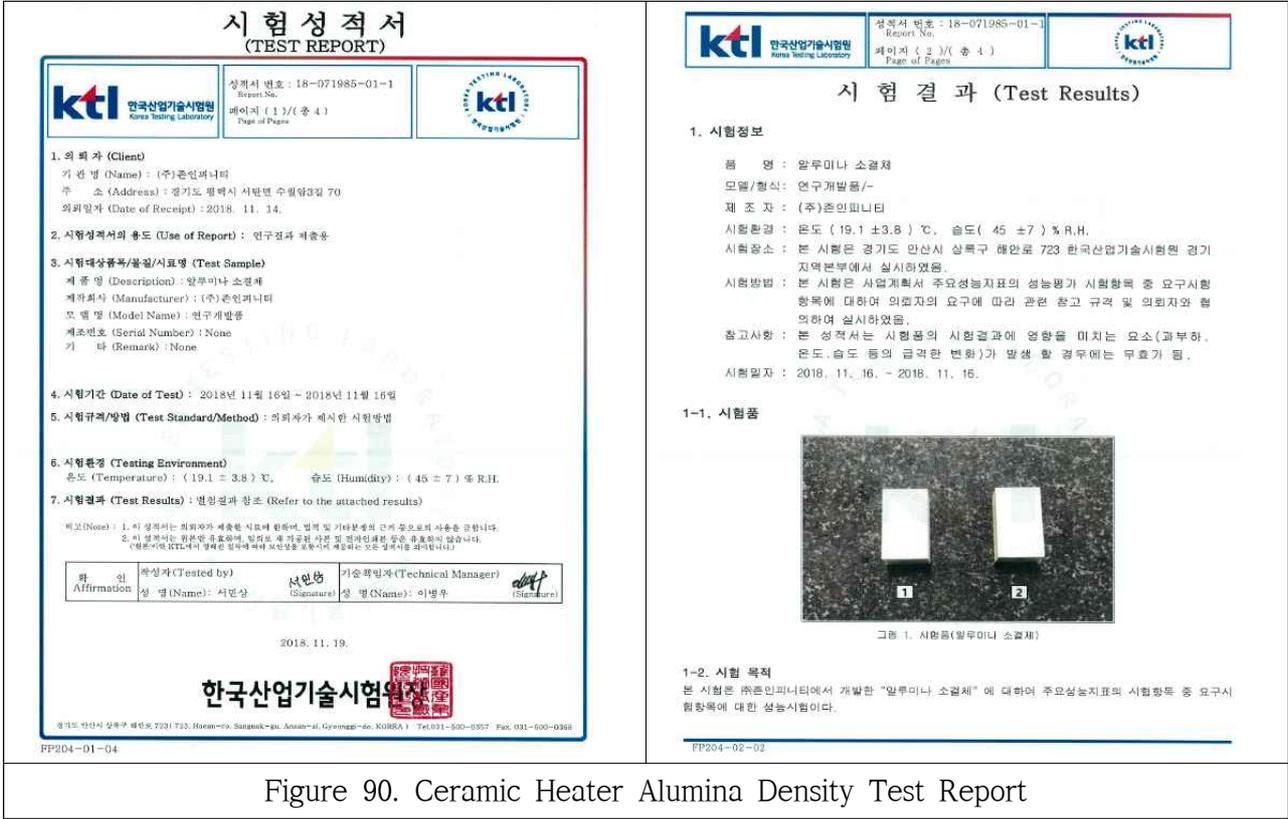
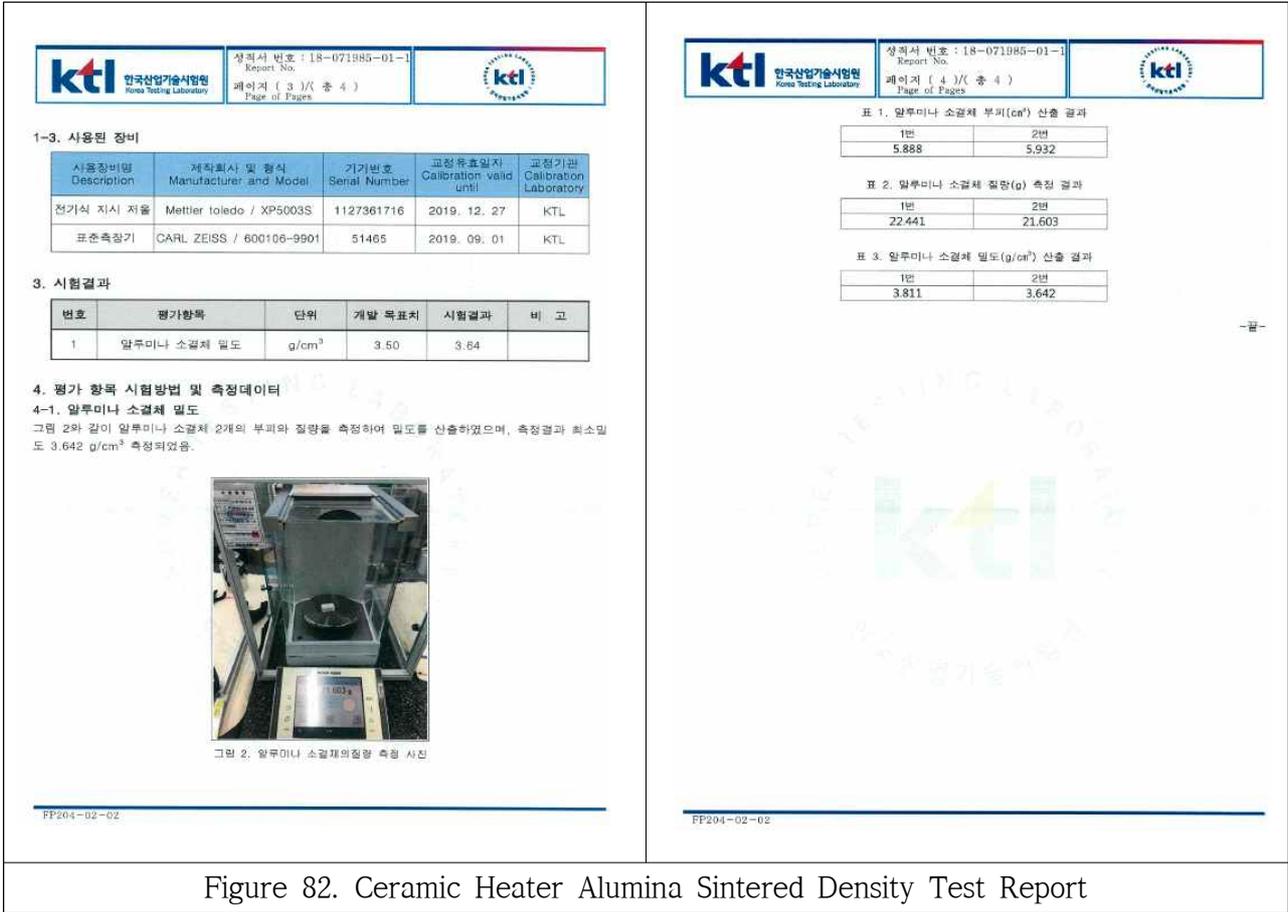


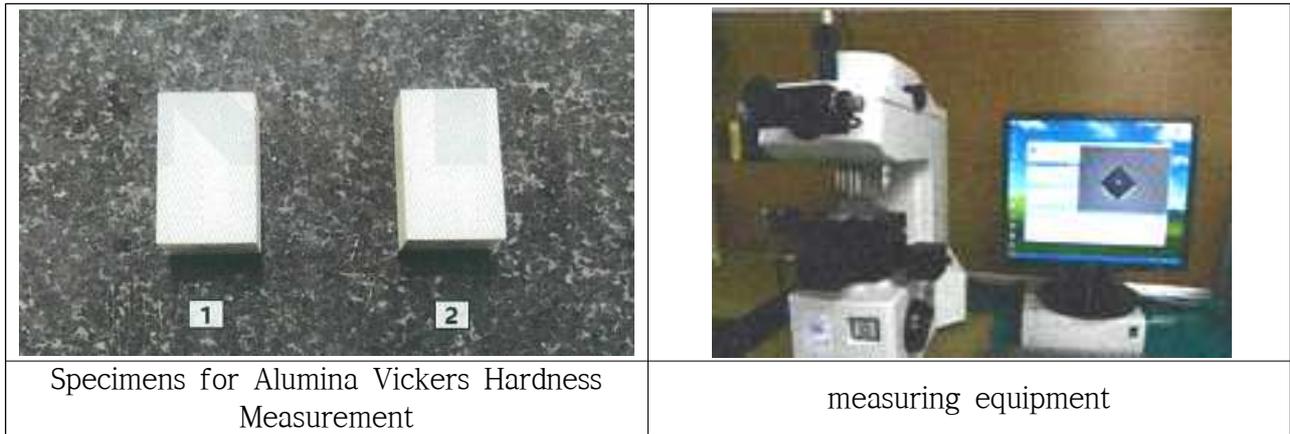
Figure 90. Ceramic Heater Alumina Density Test Report



## 2) 비커스 경도(Vicker' s Hardness)시험

상기 알루미늄아 밀도시편을 Diamond Paste로 lundlgkfh 미세 연마하여 경면을 만들어 비커스경도 측정을 하였다.

시험장비는 다음과 같다.



장비제원은 다음과 같다.

장비명	제조회사	모델명
Micro Vicker' s Hardness Tester	Mitutoyo / Japan	HN-100

측정결과는 다음과 같이 측정되었다.

시료		Vickers Hardness Tester			
		1	2	3	평균(Mean)
NO.1	단위 :kg/mm <sup>2</sup>	1461	1406	1430	1,432.33
	단위 :GPa	14.8	14.3	14.6	14.55

## 시험 성적서



성적서 번호 : NR-18-2956  
페이지 ( 1 ) / 총 ( 5 )

**(주)아프로 R&D**  
www.apro.re.kr

**1. 의뢰자**

- \* 기관명 : 존인피티
- \* 주소 : 경기도 팔택시 서탄면 수월암 3길 70
- \* 의뢰일자 : 2018. 11. 12.

**2. 시험성적서의 용도 : 품질 관리용**

**3. 시험대상품목/물질/시료명 : 세라믹 히터용 알루미늄 시편**

**4. 시험기간 : 2018. 11. 12. ~ 2018. 11. 26.**

**5. 시험규격/방법 : 경도, 밀도 측정**

**6. 시험결과 : 결과 보고서 참조**

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 부정 개품에 대한 품질을 보증하지 않습니다.  
2. 이 성적서는 유효성, 선전, 광고 및 소송절차로 사용 될 수 없으며, 복사본은 효력을 발생하지 않습니다.

확인	작성자 성명 : 우장준	기술책임자 성명 : 권경득
----	-----------------	-------------------

2018년 11월 26일

**(주) 아프로 R&D 대표이사 (인)**



서울시 구로구 디지털로 33길 28, 202, 203, 204, 205 호 (구로동, 우림비즈니스센터 1차)  
Tel : 02-2108-1119 Fax : 02-2108-1559

APRO-QP-24-02

## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2956  
페이지 ( 2 ) / 총 ( 5 )

**(주)아프로 R&D**  
www.apro.re.kr

**1. 분석 목적**

- 세라믹 시료의 비커스 경도계를 이용한 경도측정 및 벤니어 캘리퍼스 와 정밀저울을 이용한 밀도 측정.

**2. 분석 시료**



알루미늄 시편

**3. 분석 장비**

장비명	제조 회사	모델명	교정 일자
Hardness Testing Machine	Mitutoyo	HM-122	-
정밀저울	SHIMADZU	AUX220	2018. 05. 04
Digimatic Caliper	Mitutoyo	CD-30C	2018. 05. 03

APRO-QP-24-02

## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2956  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 5 )

**(주)아프로 R&D**  
www.apro.re.kr

**4. 시험 사진**



비커스 경도시험



정밀저울 무게 측정

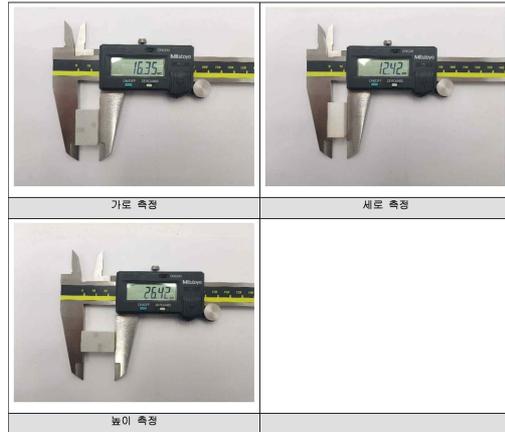
APRO-QP-24-02

## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2956  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 5 )

**(주)아프로 R&D**  
www.apro.re.kr



APRO-QP-24-02

## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2956  
페이지 ( 5 ) / 총 ( 5 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

### 5. 시험 결과

#### 5.1. 경도 측정 결과

<Test Conditions>  
[Holding Time : 10 sec], [Load : 1 kgf]

No.	Sample	Vickers hardness Test (Unit : Hv)			Average
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	
알루미나	Sample #1	1461	1406	1430	1432

#### 5.2. 밀도 측정 결과

<Test Conditions>  
-각각연체 시편의 폭, 두께, 길이, 무게를 측정하여 이를 밀도로 환산함

No.	Sample	폭(cm)	두께(cm)	길이(cm)	무게(g)	밀도(g/cm <sup>3</sup> )
알루미나	Sample #1	1.635	1.242	2.642	20.1241	3.75

- 끝 -

APRO-QP-24-02

Figure 83. Alumina Density and Vickers Hardness Test Report

### 3)세라믹히터의 굽힘강도 시험

- 소결된 기판을 연마한 후 절단하여 곡강도용 시편을 준비하였다. 3점 곡강도는 500 kg load cell로 cross head speed 0.5 mm/min, span 25.4 mm의 조건으로 파괴하중을 구한 뒤 다음 식으로 구하였다. 이때 한 시편 당 3개씩 측정된 후 평균값을 정하였다. 시험규격은 JIS-R-1601을 준용하였다.

$$S = 3PL/2bd^2$$

여기서

- S = 곡강도
- P = 파괴하중
- L = span
- b = 시편의 폭
- d = 시편의 두께

측정장비는 다음 사진과 같다.

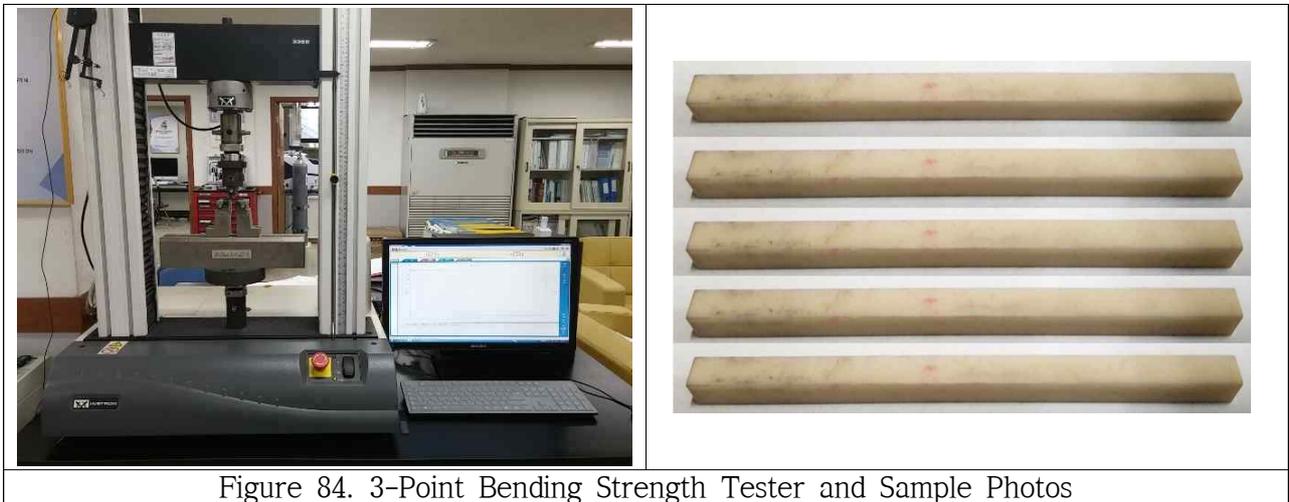


Figure 84. 3-Point Bending Strength Tester and Sample Photos

측정결과는 다음과 같이 측정되었다.

시료	3-point Bending Strength (MPa)					평균(Mean)
	1	2	3	4	5	
NO.1	443.17	450.00	451.22	450.15	469.7	452.85

-상기 측정결과 5개의 시편을 제작하여 측정된 결과는 5개 평균값이 452.85 Mpa로 측정되었다. 1차년도 목표치가 270 MPa보다 물성값이 높게 나타나고 있으며 농업용 전기보일러는 고용량의 히터(3KW x 2ea= 6Kw/set)를 물속에서 내구성을 보장하여야 하므로 기계적강도가 매우 중요한 변수이다.

-이러한 기계적강도는 공정기술을 최적화 기술을 개발하므로서 알루미늄히터의 물성을 향상시킬 수 가 있었다.

## 시험 성적서



성적서 번호 : NR-18-2957  
페이지 { 1 } / 총 { 4 }

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

1. 의뢰자
  - \* 기 관 명 : 존인피니티
  - \* 주 소 : 경기도 용인시 서탄면 수월왕 3길 70
  - \* 의뢰일자 : 2018. 11. 12.
2. 시험성적서의 용도 : 품질 관리용
3. 시험대상품목/물질/시료명 : 세라믹 진터용 알루미나 시편
4. 시험기간 : 2018. 11. 12. ~ 2018. 11. 26.
5. 시험규격/방법 : JIS-R-1601 : 1995 / 3점 굽힘 시험
6. 시험결과 : 결과 보고서 참조

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 영으로 시험한 결과로서 전체 적용에 대한 품질을 보증하지 않습니다.  
2. 이 성적서는 총보, 선전, 광고 및 소송행위로 사용 될 수 없으며, 복사본은 효력을 발생하지 않습니다.

확인 성명 : 유창준	기술책임자 성명 : 권경득
----------------	-------------------

2018년 11월 26일

(주) 아프로 R&D 대표이사



서울시 구로구 디지털로 33길 28, 202,203,204,205 호 (구로동, 우정미래비즈니스센터 1차)  
Tel : 02-2108-1119 Fax : 02-2108-1559

APRO-QP-24-02

## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2957  
페이지 { 2 } / 총 { 4 }

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

1. 분석 목적
  - 세라믹 소결 시료에 대해 UTM을 이용한 3점 굽힘강도 시험을 진행함.
2. 분석 시료



### 3. 분석 장비

장비 명	제조 회사	모델 명	교정 일자
UTM	JINAN TE	WOW-20	2017. 10. 30

### 4. 시험 조건

- [1] 시료 상태 : 초기 시료 ( 길이 / 45mm, 폭 / 4mm, 두께 / 3mm )
- [2] 시료 수 : 알루미나 2 EA
- [3] 굽힘 속도 : 0.5mm/min

APRO-QP-24-02

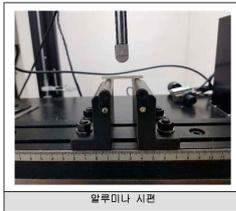
## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2957  
페이지 { 3 } / 총 { 4 }

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

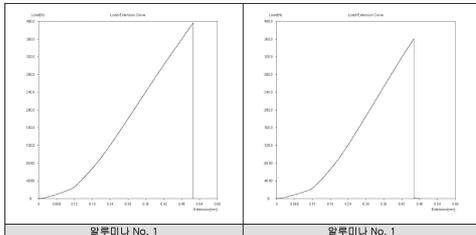
### 5. 시험 사진



알루미나 시편

### 6. 시험 결과

The Picture of result :



APRO-QP-24-02

## 결과 보고서



성적서 번호 : NR-18-2957  
페이지 { 4 } / 총 { 4 }

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

### [표 1] 3 Point 굽힘 강도 시험 결과

[Unit : Mpa]

Sample	하중(N)	표점거리(mm)	폭(mm)	두께(mm)	굽힘 강도
알루미나 #1	396.35	30	4	3.02	488.90
알루미나 #2	360.54	30	4	3.06	433.17
평균					461.04

- 끝 -

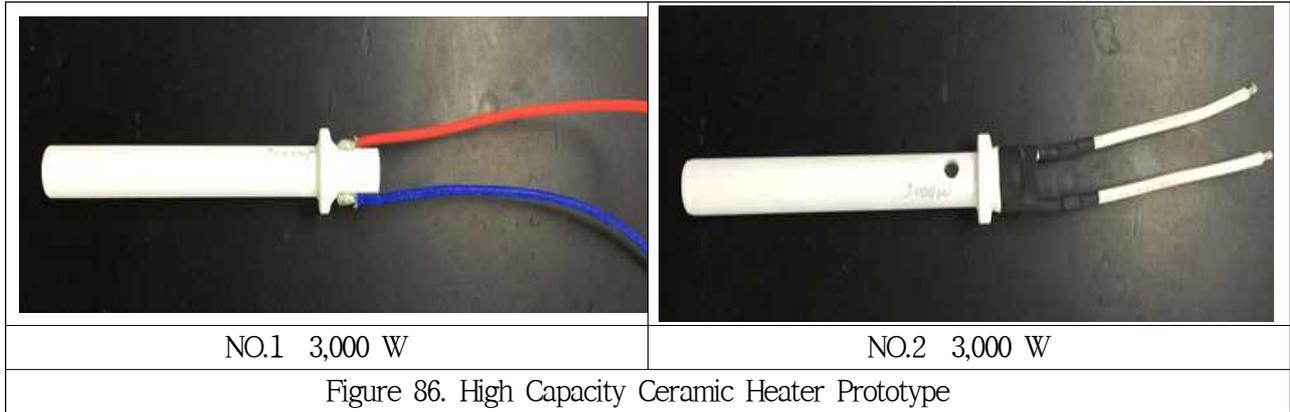
APRO-QP-24-02

Figure 85. Alumina 3-point Bend Test Report

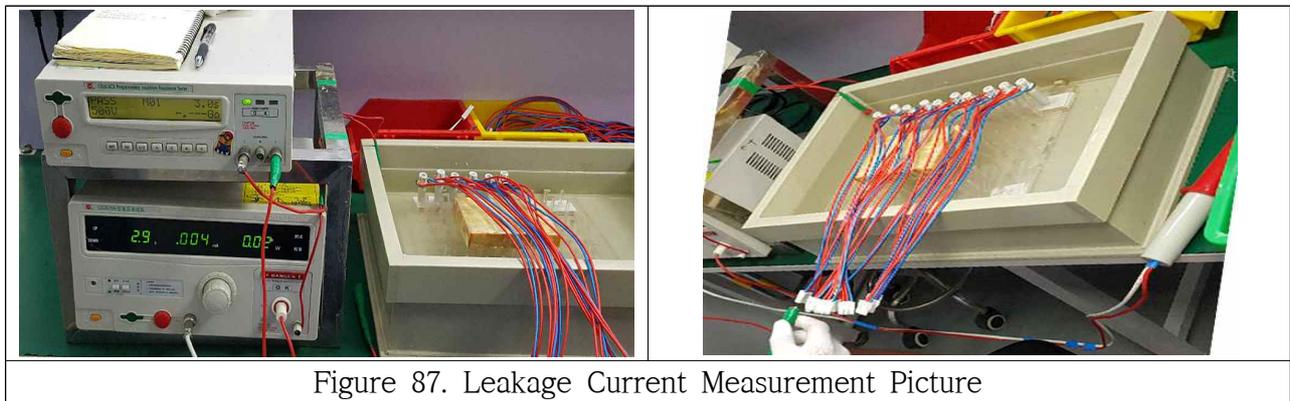
#### 4)세라믹히터의 전기적 특성 평가

##### 4-1) 누설전류 측정

세라믹히터를 물속에서 AC 220V 인가 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류값을 측정한다. 1차년도 연구에서 누설전류 목표값은 0.25mA이하로 설정하였다.



측정장비는 다음과 같다.



상기와 같이 누설전류 측정 시스템 (Leakage Current Tester)을 이용하여 세라믹히터를 물속에 침수시켜 일정전원을 인가한 후 물과 전선과의 전류값을 측정하였다 측정결과는 다음 표.21과 같이 측정되었다.

Table 21. Leakage Current Measurement Results

시료	누설전류 (mA)					평균(Mean)
	1	2	3	4	5	
NO.1	0.03	0.07	0.14	0.05	0.07	0.07
NO.2	0.07	0.04	0.10	0.05	0.04	0.06

3,000W 2종류의 세라믹히터의 누설전류를 각각 5개씩 측정한 결과는 0.06~0.07mA로 목표치 0.25mA이하보다 낮게 측정되었다. 또한 한국 전기안전기준은 3mA이하이다.

이러한 결과는 물속에서 전기적으로 안전성이 매우 높은 시험 결과이다.

## 시험 성적서



시험서 번호 : NR-18-2933  
페이지 ( 1 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

**1. 의뢰자**

- 기 관 명 : (주) 큰인피니티
- 주 소 : 경기도 평택시 시반면 수월암리 1107번지
- 의뢰일자 : 2018. 11. 19.

**2. 시험성적서의 용도 : 품질 관리용**

**3. 시험대상품목/유형/시료명 : 세라믹형터**

**4. 시험일자 : 2018. 11. 19.**

**5. 시험규격/방법 : 누설전류 평가**

**6. 시험결과 : 결과 보고서 참조**

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시험 및 시험 방법으로 시험한 결과로서 시험 정확에 대한 책임을 보증하지 않습니다.  
2. 이 성적서는 총보, 사진, 광고 및 소송용으로 사용 될 수 없으며, 복사본은 효력을 발생하지 않습니다.

작성자	작성일자	기술책임자
성명 : 정 지 우	(인)	성명 : 권 경 목

2018년 11월 27일

(주) 아프로 R&D 대표이사 (인)

서울시 구로구 디지털로 33길 20, 202,203,204,205호 211호 (구로동, 우동이앤지점빌딩 1차)  
Tel : 02-2108-1119 Fax : 02-2108-1559

APRO-OP-24-02

## 결과 보고서



시험서 번호 : NR-18-2933  
페이지 ( 2 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

**CONTENTS**

1. 개요	3
2. 제품 정보	3
2.1. 제품 제조사	3
2.2. 제품 사진	3
3. 시험조건 및 결과	4
3.1. 누설전류 평가	4

## 결과 보고서



시험서 번호 : NR-18-2933  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

**1. 개요**

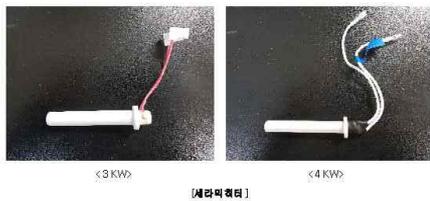
이 시험은 고객이 요청한 Sample에 의해 시험이 진행되며, 고객요청 규격에 의거하여 규격된 시험 및 시험을 진행한다.

**2. 제품 정보**

**2.1. 제품 제조사**

기관명 : (주) 큰인피니티  
제품명 : 세라믹형터  
모델명 : -

**2.2. 제품 사진**



APRO-OP-24-02

## 결과 보고서



시험서 번호 : NR-18-2933  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

**3. 시험조건 및 결과**

**3.1. 내전압 평가**

시험 항목	내전압 평가		
	고객 명	시험 목적	품질관리 용
고객 명	(주) 큰인피니티	시험 목적	품질관리 용
품 명	세라믹형터	시험 자	정 지 우 (02-2108-1119)
모 델 명	-	시험 날짜	2018. 11. 19.
시험 규격	고객사 요청 규격	페이지	3
시험 결과	시험결과 참조		

1) 이 시험은 고객이 요청한 Sample에 의해 시험이 진행되며, 고객요청 규격에 의거하여 규격된 시험 및 시험을 진행한다.

**2) 시험 사진**



APRO-OP-24-02

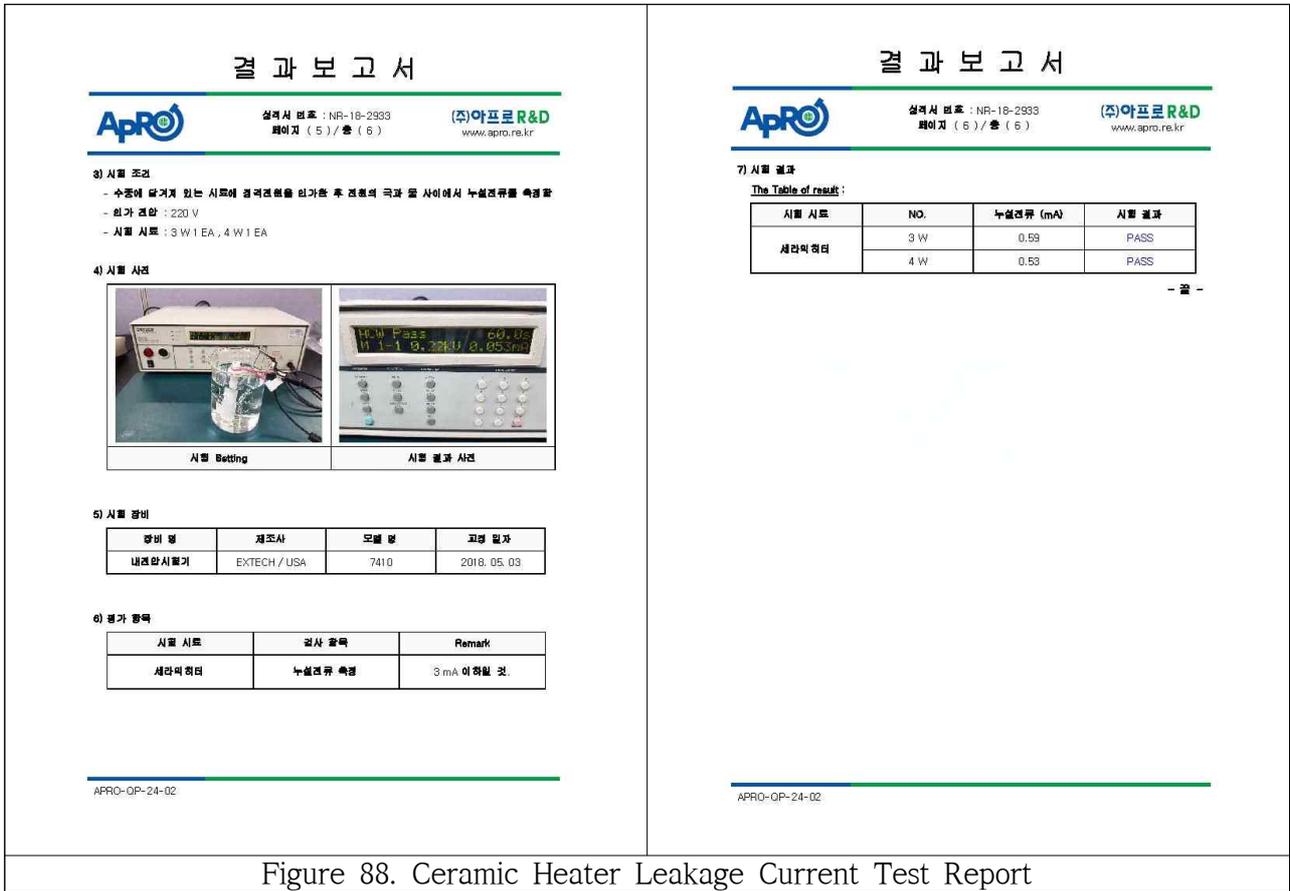


Figure 88. Ceramic Heater Leakage Current Test Report

#### 4-2) 수중 절연저항 측정

수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각 각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항을 측정한다.

측정장비는 상기 누설전류 측정기의 수조에 넣고 물과 전선의 극과의 절연저항측정기를 이용하여 수중절연저항을 측정한다.

전기적 안전기준은 100 MΩ 이상으로, 측정결과는 다음 표 22.와 같다.

Table 22. Measurement result of underwater insulation resistance

시료	수중절연저항 (MΩ)				
	1회	2회	3회	4회	5회
NO.1	1,000이상	1,000이상	1,000이상	1,000이상	1,000이상
NO.2	1,000이상	1,000이상	1,000이상	1,000이상	1,000이상

#### 4-3) 수중 절연내력 측정

수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 1,500 V

를 인가하여 시험한다.

- Input Voltage : AC 1,500 V
  - Cutoff Current 설정 : 5 mA
  - 1분간 인가하여 견딜 것(한국 전기안전기준)
- 측정결과는 다음 표 23.과 같이 측정되었다.

Table 23. Measurement results of underwater dielectric strength

시료	수중절연내력				
	1회	2회	3회	4회	5회
NO.1	견딤	견딤	견딤	견딤	견딤
NO.2	견딤	견딤	견딤	견딤	견딤

#### 4-4) 절연내력 측정

시료의 전원선 일괄 부분과 알루미늄금속 지그에 세라믹히터 발열체 주위를 도전체로 만들고 외곽 사이에 각 각 전극을 연결한 후 내전압측정기를 이용하여 AC 4750 V를 인가하여 시험한다.

- Cutoff Current 설정 : 1 mA
  - 1초간 인가 시 견딜 것 (한국 전기안전기준)
- 측정결과는 다음표 24.와 같이 측정되었다.

Table 24. Measurement results of dielectric strength

시료	절연내력				
	1회	2회	3회	4회	5회
NO.1	견딤	견딤	견딤	견딤	견딤
NO.2	견딤	견딤	견딤	견딤	견딤

#### 4) 물리화학적 특성 평가

가) 결정상 분석

XRD(X-Ray Diffractometer, X-선회절분석기)를 사용하였으며 측정조건은 다음과 같음.

- 40kV, 30mA
- CuK  $\alpha$  , 1.541862 A
- Scan Range: 10-90 deg.

사용장비 제원은 다음과 같다.

장비명	제조회사	모델명
X-Ray Diffractometer	BRUKER Co., LTD	D8 ADVANCE

나) 미세구조 관찰

분말의 미세구조 관찰을 위하여 주사전자현미경(SEM) 및 투과전자현미경(TEM)을 사용하였으며, 한국산업기술시험원(KTL), 목포에 있는 세라믹산업종합지원센터 등의 장비를 활용 하였음.

사용장비 제원은 다음과 같다.

장비명	제조회사	모델명
Scanning Electron Microscope	TESCAN / CZECH	VEGA 3

다) 성분분석

금속 불순물 등의 원소분석은 ICP 발광분광 분석기 및 EDS(Energy Dispersive Spectrometer)를 사용하여 원소분석을 하였다.

○ 고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석

1) 세라믹히터의 내구성 시험

세라믹히터의 내구성시험은 내구성시험장치로 10분 ON - 1분 OFF 전압인가 Cycle 시험을 실시하였다.

이하 실험장비와 내구성시험 사진은 다음과 같다.

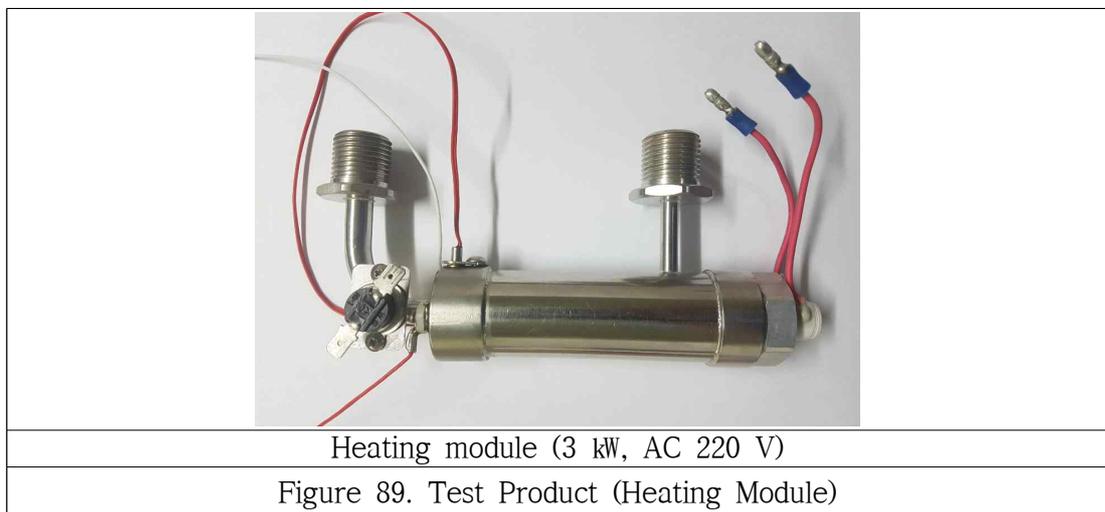
가) 실험목적

검수장비 시험모듈 작동 방법 숙지 및 온수기 히터 테스트

나) TEST 조건

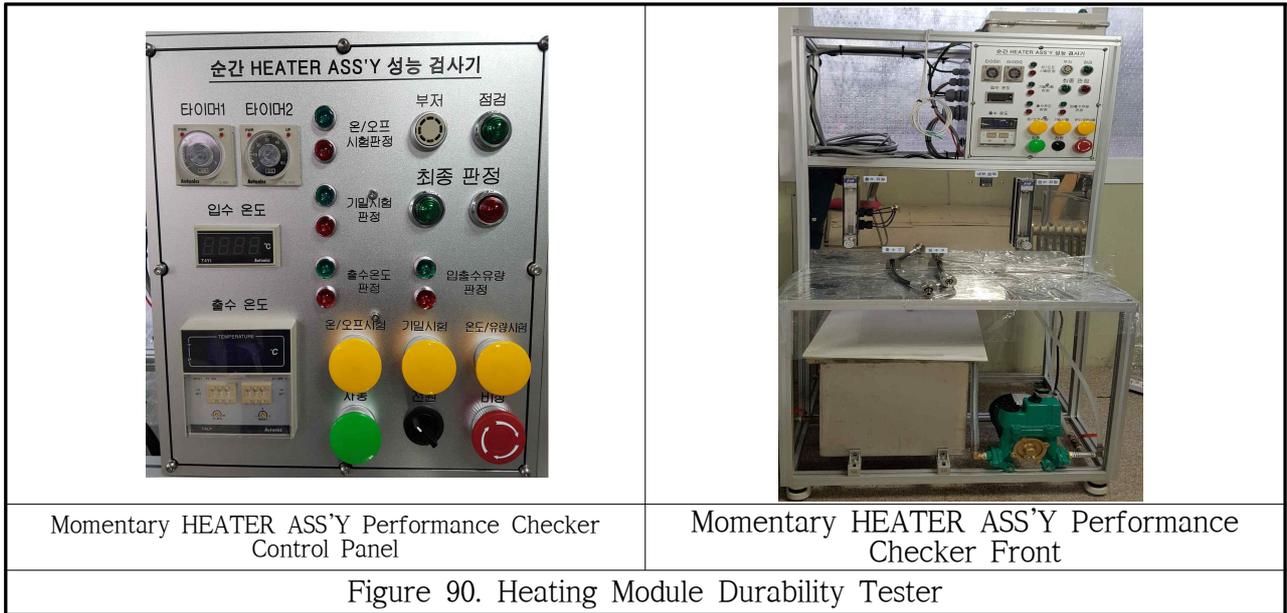
- 그림 2와 같이 순간 HEATER ASS' Y 내구성검사기에 시험품을 장착하여 유량은 2 LPM, 출수 온도 45 °C 이상으로 10분 On, 1분 Off를 1 cycle로 3,000 cycle을 시험하여 평가함.
- 시료수는 1개를 장착하여 시험함.
- 고정판정조건: 히팅모듈의 단선, 단락, 파손, 누수 등을 고장으로 판정함.

다) 시험품



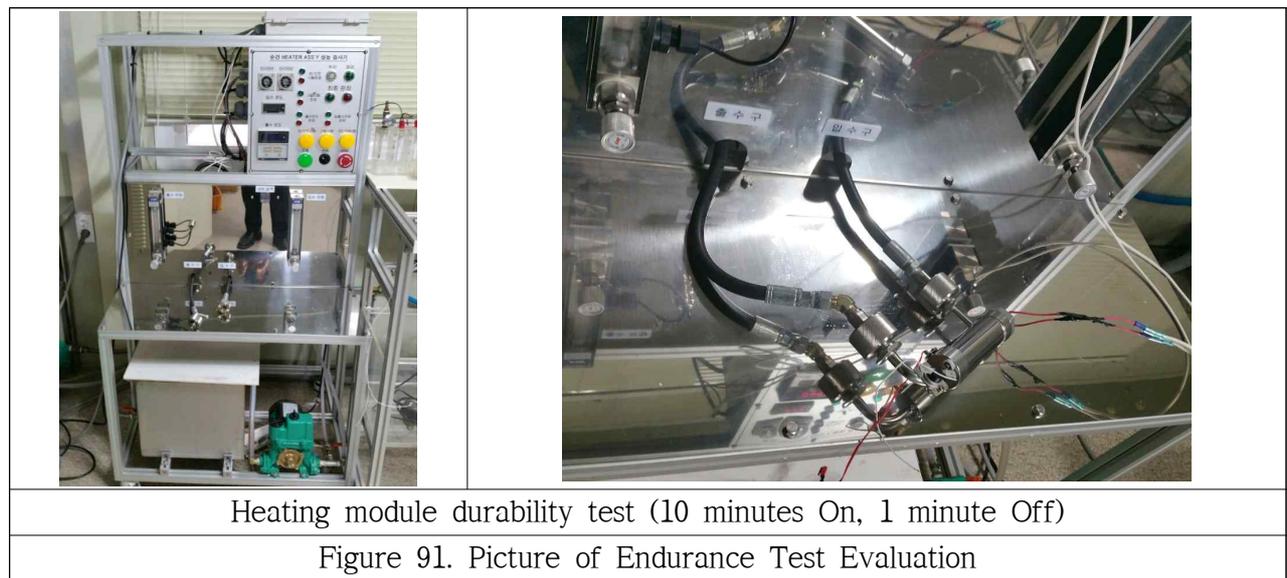
라) 사용된 장비

사용장비명 Description	제조 회사 및 형식 Manufacture and Model	기기번호 Serial Number	교정유효일자 Calibration valid unit	교정기관 Calibration Laboratory
HEATER ASS'Y 내구성 검사기	(주)이든이엔지	170412	-	-
DIGITAL HiTESTER	HIOKI / 3803	080894634	2018.03.31	KTL



마) 시험결과

번호	평가항목	단위	개발목표치	시험결과	비고
1	히팅모듈 내구성시험	Cycle	> 3,000	3,000	1차년도



바) 히팅모듈 내구성시험 측정데이터

표 1. 측정데이터

Cycle	상태	사진
0 Cycle	<p>정상                      (입수온도: 24.0℃                      출수온도: 49.0℃                      유량: 2 LPM)</p>	
1,000 Cycle	<p>정상                      (입수온도: 24.0℃                      출수온도: 51.1℃,                      유량: 2 LPM)</p>	

<p>2,000 Cycle</p>	<p>정상 (입수온도: 24.8℃ 출수온도: 46.0℃, 유량: 2 LPM)</p>	
<p>3,000 Cycle</p>	<p>정상 (입수온도: 24.6℃ 출수온도: 45.0℃, 유량: 2 LPM)</p>	

# 시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : PN 100317-01-1  
Report No.  
페이지 ( 1 ) / ( 총 6 )  
Page of Pages



- 1. 의뢰자 (Client)**  
기관명 (Name) : ㈜온인코퍼티  
주소 (Address) : 경기도 광덕시 서탄면 수월암3길 70  
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2018. 09. 12.
- 2. 시험성적서의 용도 (Use of Report)** : 연구결과 제출용
- 3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)**  
제품명 (Description) : 히팅모듈 (3 kW, AC 220V)  
제작회사 및 모델명 (Manufacturer and Model Name) : ㈜온인코퍼티 / 연구개발품  
제조번호 (Serial Number) : None  
기타 (Remark) : None
- 4. 시험기간 (Date of Test)** : 2018. 09. 14. ~ 2018. 10. 24.
- 5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method)** : 시험결과참조
- 6. 시험환경 (Testing Environment)**  
온도 (Temperature) : ( 25.0 ± 3.0 ) °C, 습도 (Humidity) : ( 65 ± 10 ) % R.H.
- 7. 시험결과 (Test Results)** : 시험결과 참조 (Refer to the attached results).

비고(Notes) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며,  
(The test results contained apply only to the test sample(s) supplied by the client)  
2. 우리 원의 사진 등의 값이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사를 할 수 없습니다.  
(This test report shall not be reproduced in full or in part without approval of the KTL in advance.)

확인 Affirmation	작성자(Tested by) 성명(Name) : 서민상 (서민상)	기술책임자(Technical Manager) 성명(Name) : 이병윤 (이병윤)
-------------------	--	--

2018. 11. 14.

한국산업기술시험원장



경기도 안산시 상록구 새천년 723 (221 Hwanan-1il, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, KOREA) TEL:031-500-0011 FAX:031-500-0388



성적서 번호 : PN 100317-01-1  
Report No.  
페이지 ( 2 ) / ( 총 6 )  
Page of Pages



## ● 시험결과 요약

시험항목	정량적 목표	평가방법	시험결과
히팅모듈 수명시험	3,000 cycle 이상	· 평정기준 - 단선, 단락, 파손 - 누수 및 이상 현상	이상없음 (3,000 cycle)

## ● 독자

1. 개요
2. 시험품
3. 시험조건 및 결과

FP204-02-02



성적서 번호 : PN 100317-01-1  
Report No.  
페이지 ( 3 ) / ( 총 6 )  
Page of Pages

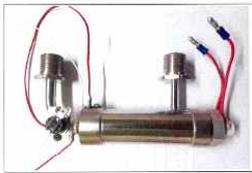


## 1. 개요

본 시험은 ㈜온인코퍼티에서 개발한 "히팅모듈"에 대하여 주요성능지표의 시험항목 중 내구성시험에 대한 시험 결과이다.

## 2. 시험품

- 2.1 일반사항  
(1) 품명 : 히팅모듈  
(2) 시험품 수 : 1대(3 kW, AC 220 V)
- 2.2 형상



## 3. 시험조건 및 결과

### 3.1 시험조건

- (1) 시험 및 측정을 위한 환경조건은 시험시료가 사용하는 일반적인 환경에서 실시한다.
  - 온도 : (22~28) °C
  - 습도 : (65~75) % R.H.

### 3.2 내구성시험 평가

- (1) 히팅모듈을 순간 HEATER ASSY 성능시험기에 시험품을 장착하여 유량 2 LPM, 출수 온도 45 °C 이상으로 10분 ON, 1분 OFF를 1 cycle로 하여 5,000 cycle 시험을 실시하여 히팅부품의 단선, 단락, 파손, 누수 상태를 확인하였음.

FP204-02-02



성적서 번호 : PN 100317-01-1  
Report No.  
페이지 ( 4 ) / ( 총 6 )  
Page of Pages



## (2) 히팅모듈 내구성시험 평가 장면



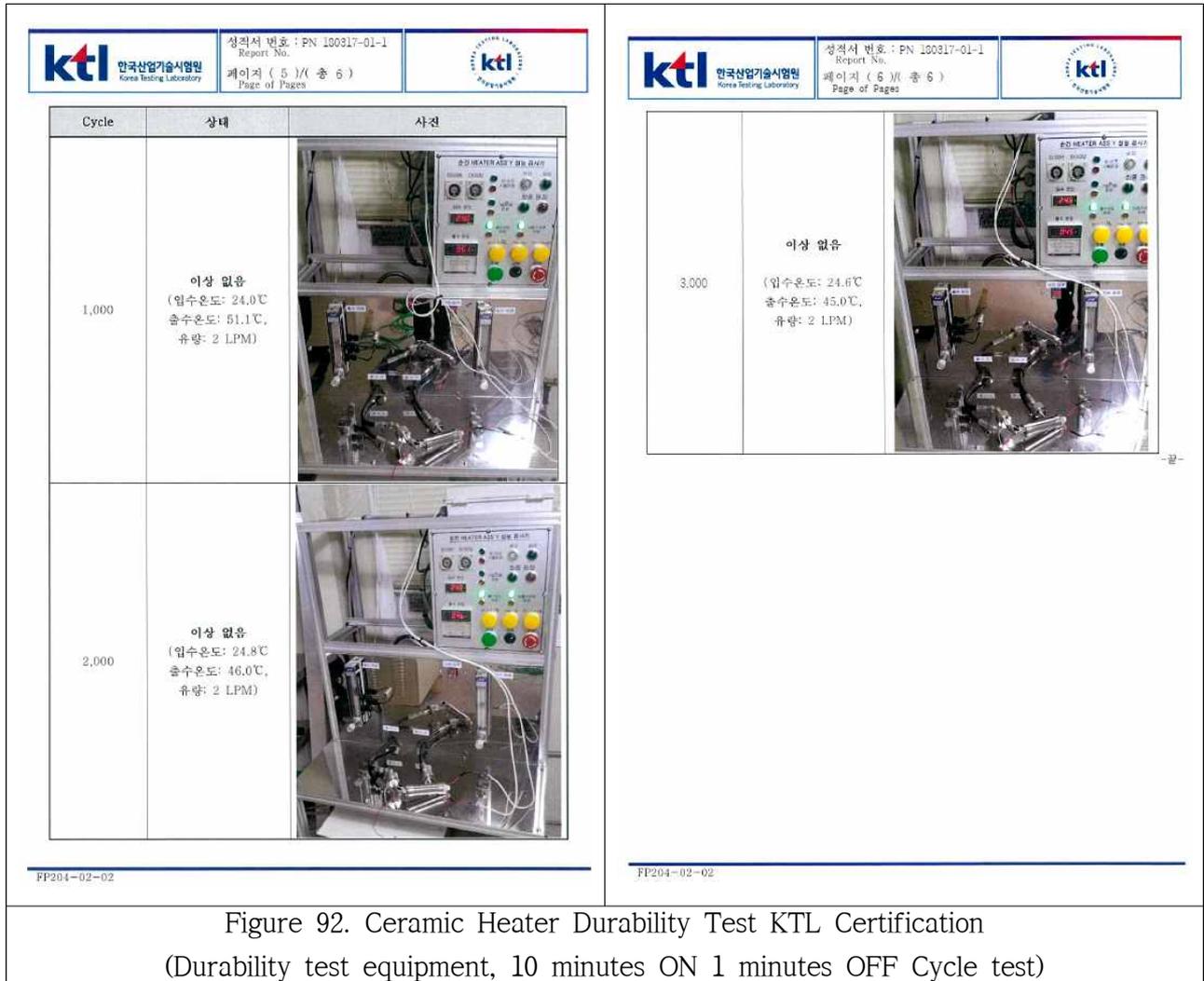
히팅모듈 내구성 시험 (10분 On, 1분 Off)

## 3.3 시험결과

- (1) 내구성시험 측정데이터

Cycle	상태	사건
0	이상 없음	
	(입수온도: 24.0°C 출수온도: 49.0°C 유량: 2 LPM)	

FP204-02-02



### ○ 고용량 세라믹히터의 전기보일러 장착시 고장분석

-농업용 전기보일러 물탱크에 세라믹히터를 장착하여 고용량으로 가동시 순간가열에 의한 물의 끓음 현상에 의한 기포가 발생되어 세라믹히터의 표면에 고열이 발생하여 알루미나 세라믹 소재가 발열선(W) 부위에서 용융되어 파괴되는 문제가 발생하였다.

-이러한 물속에서 최대부하를 반복적으로 전압 인가 시 알루미나 세라믹의 발열 텅스텐 패턴 층에서 물의 흐름이 빠르게 열교환이 이루어질 때에는 히터의 발열부에서 깨짐이 발생하지 않는다. 물탱크내에서 고용량의 세라믹히터가 최대부하를 받을 때 물이 히터발열체 부근에서 순간적인 기체화 현상이 기포가 형성되어 기포의 크기가 mm단위이상일 때 순간적으로 약 1,800℃ 이상 기포부위에 발열 시 Alumina( $Al_2O_3$  96% 조성)의 Flux조성인 알카리(Na, K) 성분이 용융 온도를 낮추는 현상이 발생된다.

-이러한 순간적인 발열에 의한 기포의 형성을 최대한 억제하기 위하여 상기 2D, 3D 도면설계 단계에서 이러한 고장원인을 해소하기 위한 방안을 반영하여 설계 및 제작하였다.

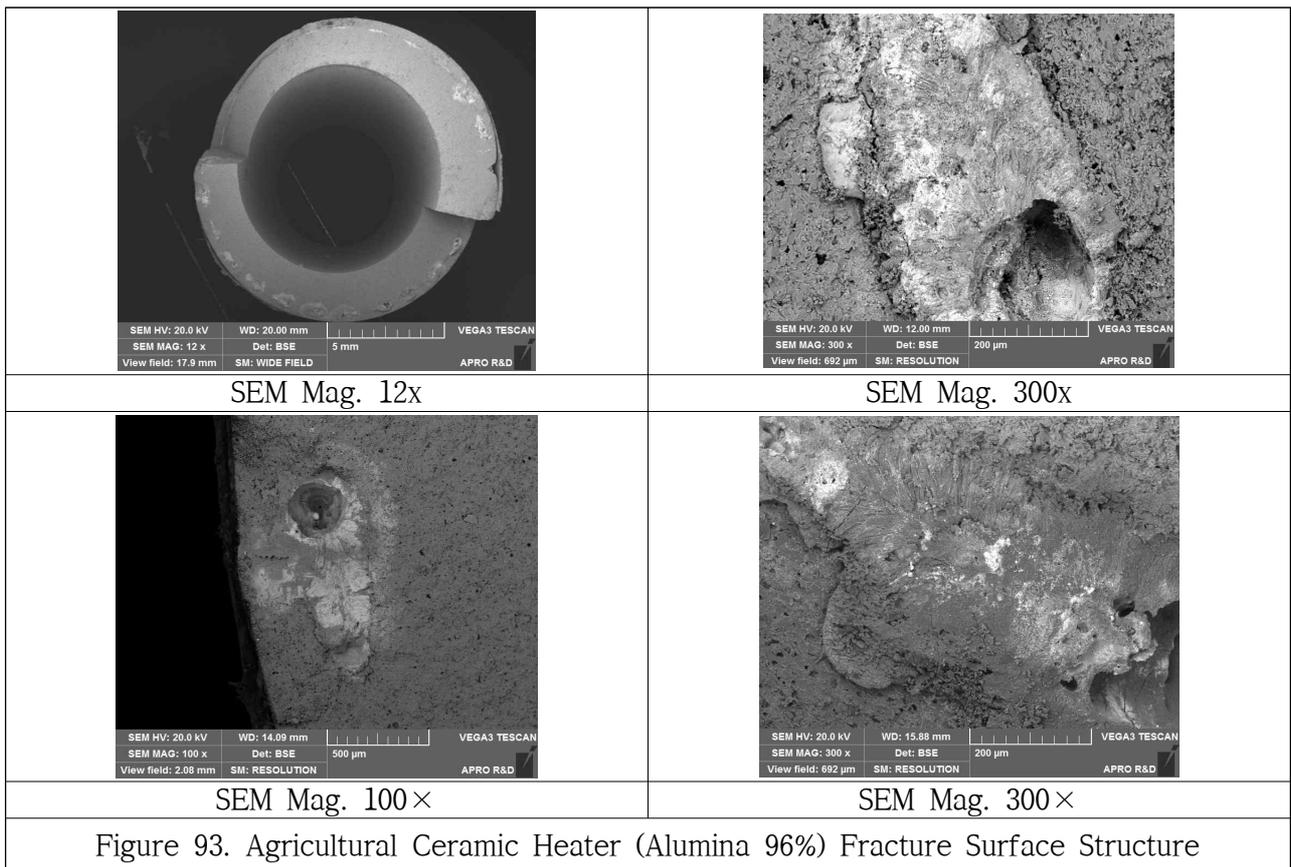
-1차년도에 물탱크의 유체역학적인 열적 거동과 스트레스 분석을 통하여 이러한 문제를 시뮬레이션 모델을 통한 정확한 원인을 규명할 수 있었다. 이러한 유체역학적인 열적거동과 스트레스 모델분석은 한국산업기술시험원(KTL)에서 분석하였다.

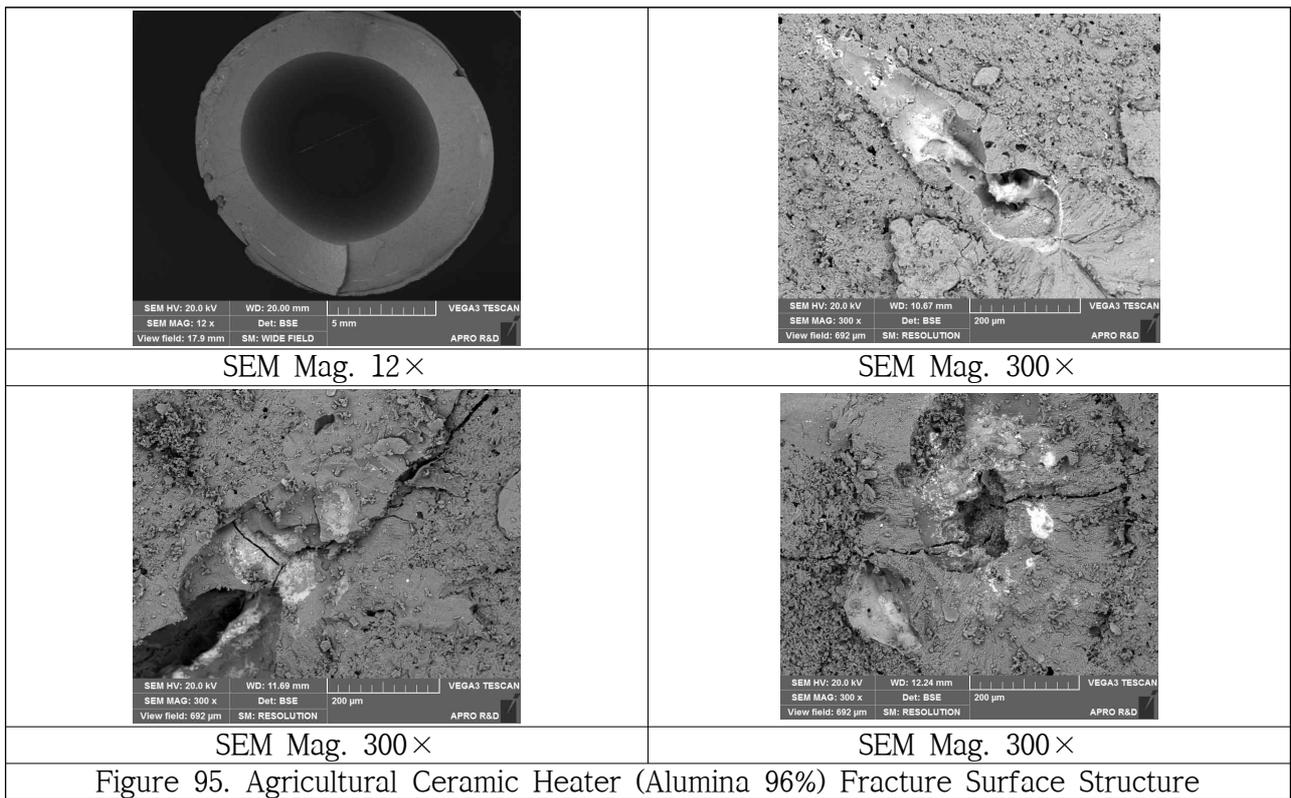
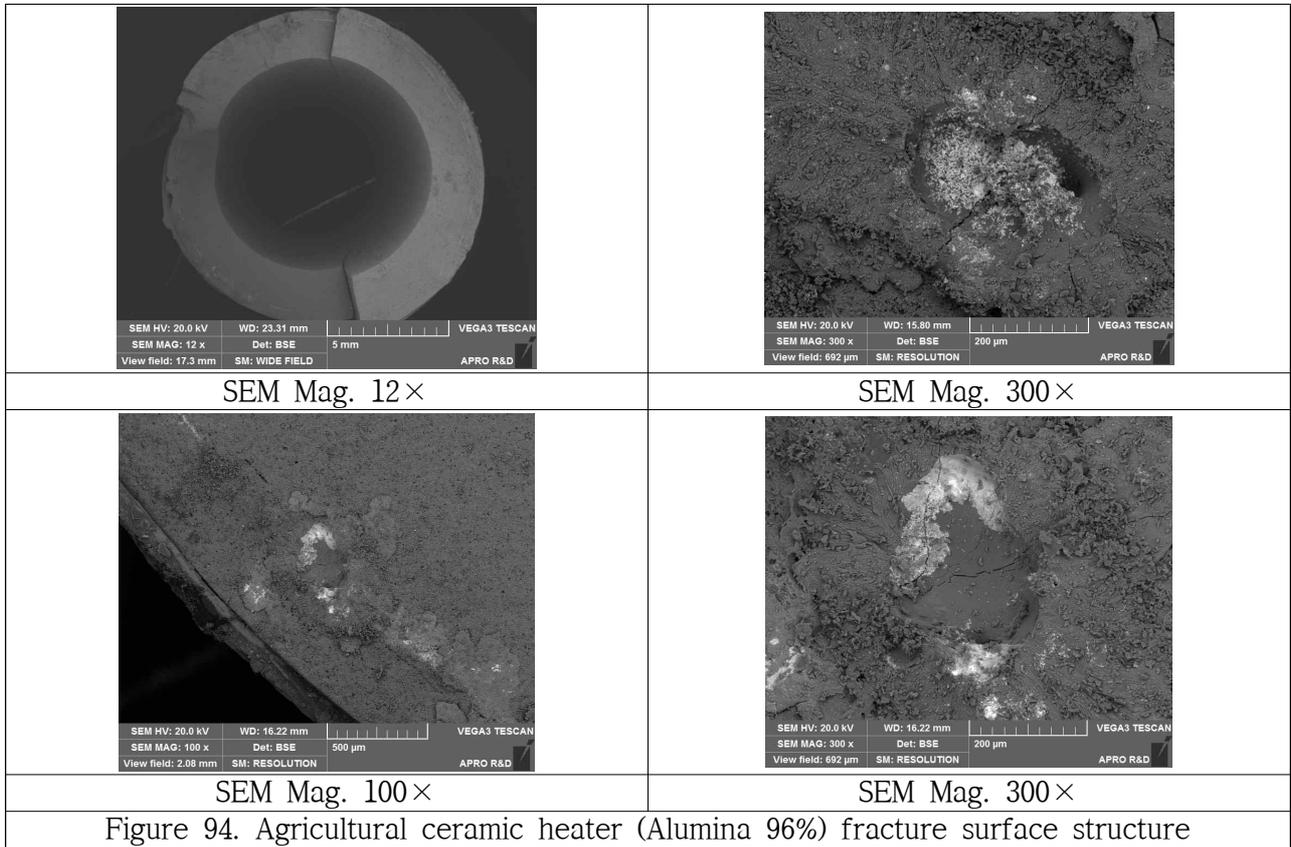
-먼저 1차년도에 물속에서 상기 원인에 의하여 발생된 세라믹히터 파손고장 샘플에 대한 고장 분석을 실시하였다. 고장원인분석을 위한 분석장비 제원은 다음과 같다.

분석장비명	사양	분석항목	비고
Scanning Electron Microscope	VEGA3 TESCAN	Fracture Surface	정상 샘플 고장샘플
Energy Dispersive X-ray Spectrometer	OXFORD/UK	Element Analysis & X-Ray Map Analyse	고장샘플

**-고장 샘플 분석**

1) 하기 그림 93,그림 94,그림 95는 SEM 파단면조직으로 고장시편 3개의 제품을 분석한 결과이다.





2) 하기 그림.96은 고장시편의 용융부위를 EDS X-ray Mapping Analysis로 분석한 결과이다.

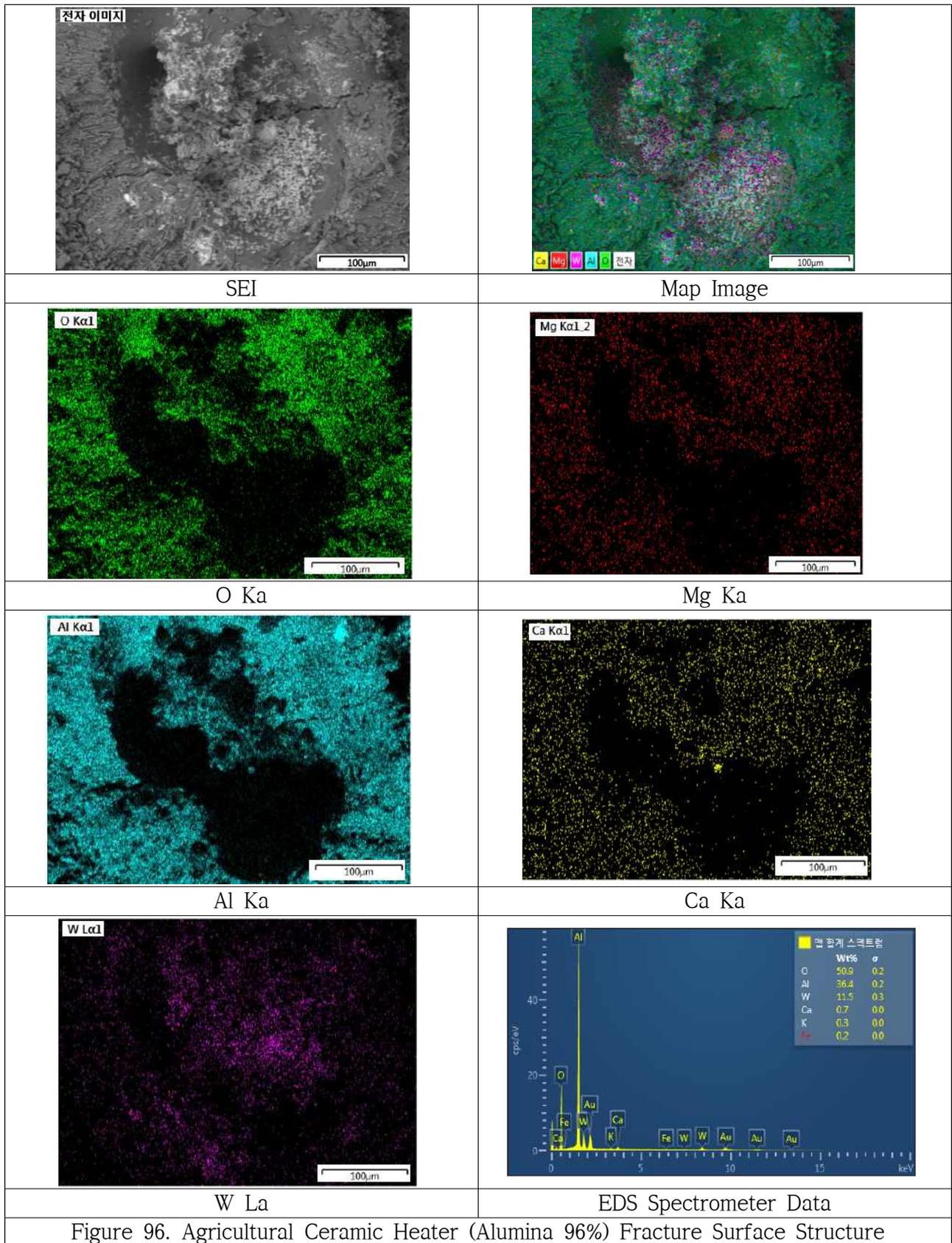
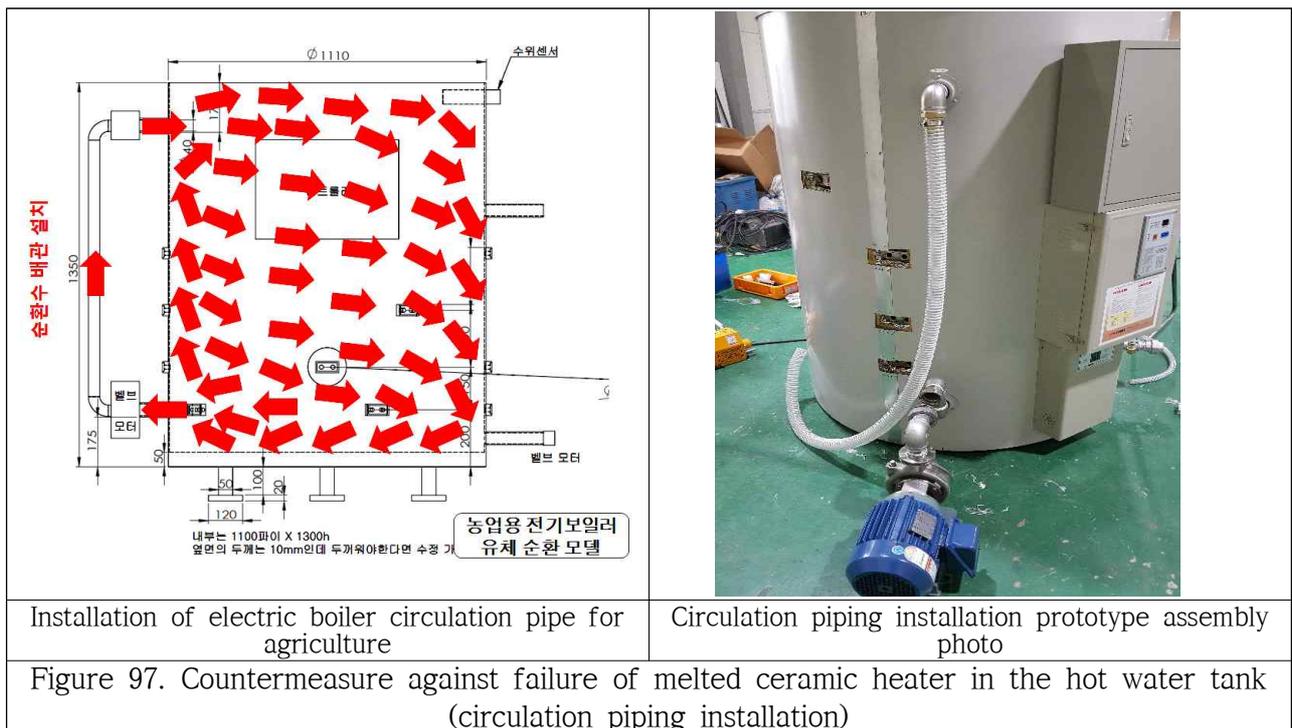


Figure 96. Agricultural Ceramic Heater (Alumina 96%) Fracture Surface Structure

-상기 고장시편의 SEM 파단면 조직분석 결과는 다음과 같다.

- o W-발열패턴층에서 물속에서 구동시 기포에 의하여 텅스텐 발열부에서 알루미나 소결체와 같이 용융되어 고열로 구멍이 뚫려있는 상태에서 알루미나가 Melting 현상을 관찰할 수가 있었다. 3개의 고장시편을 SEM을 이용하여 100×~300×로 분석하였다.
- o 고장시편의 파단면 용융부위에 대한 EDS분석결과 W La, Ca Ka, Mg Ka원소가 용융부에서 검출되는 현상은 Ca, K, Fe 성분이 알루미나( $Al_2O_3$ )조성을 고온발열에 의한 용융 파괴로 분석되었다.
- o 이러한 고장은 알루미나세라믹히터가 갖는 한계로 세라믹히터가 물속에서 순간적으로 고온 발열 시 물의 흐름에 의하여 열교환이 원활하게 이루어져야 하는 필수조건이다.  
X-Ray Spectrum에서도 W 11.5wt%, Ca 0.7wt%, K 0.3wt%, Fe 0.2wt% 존재하는 것으로 보아 알카리 Flux성분에 의한 알루미나조성이 용융되어 메탈성분인 W, Fe 성분이 세라믹 소결체에서 용융 끓음 현상이 발생하는 것으로 분석되었다.
- o 이러한 고장원인은 물속에서 구동시 기포가 발생하는 문제에 기인되고 있다. 기포는 순간 고온 발열시 물의 끓는 현상은 자연적인 현상으로 물이 정체될 시에는 물이 끓어 기포가 발생하는 소리를 밖에서도 들을 수가 있었다. 고열발생에 의한 물의 기포발생을 제어하기 위하여 물탱크의 설계를 물탱크내부의 상부와 하부를 펌프를 연결하여 물을 고압으로 순환하여 물탱크 내의 히터의 열교환이 쉽게 이루어지도록 하여 기포 발생을 제어하도록 시제품에 반영하였다.



3) 하기 그림 98.은 정상시편의 정상부위를 SEM을 이용하여 파단면조직을 관찰하였다.

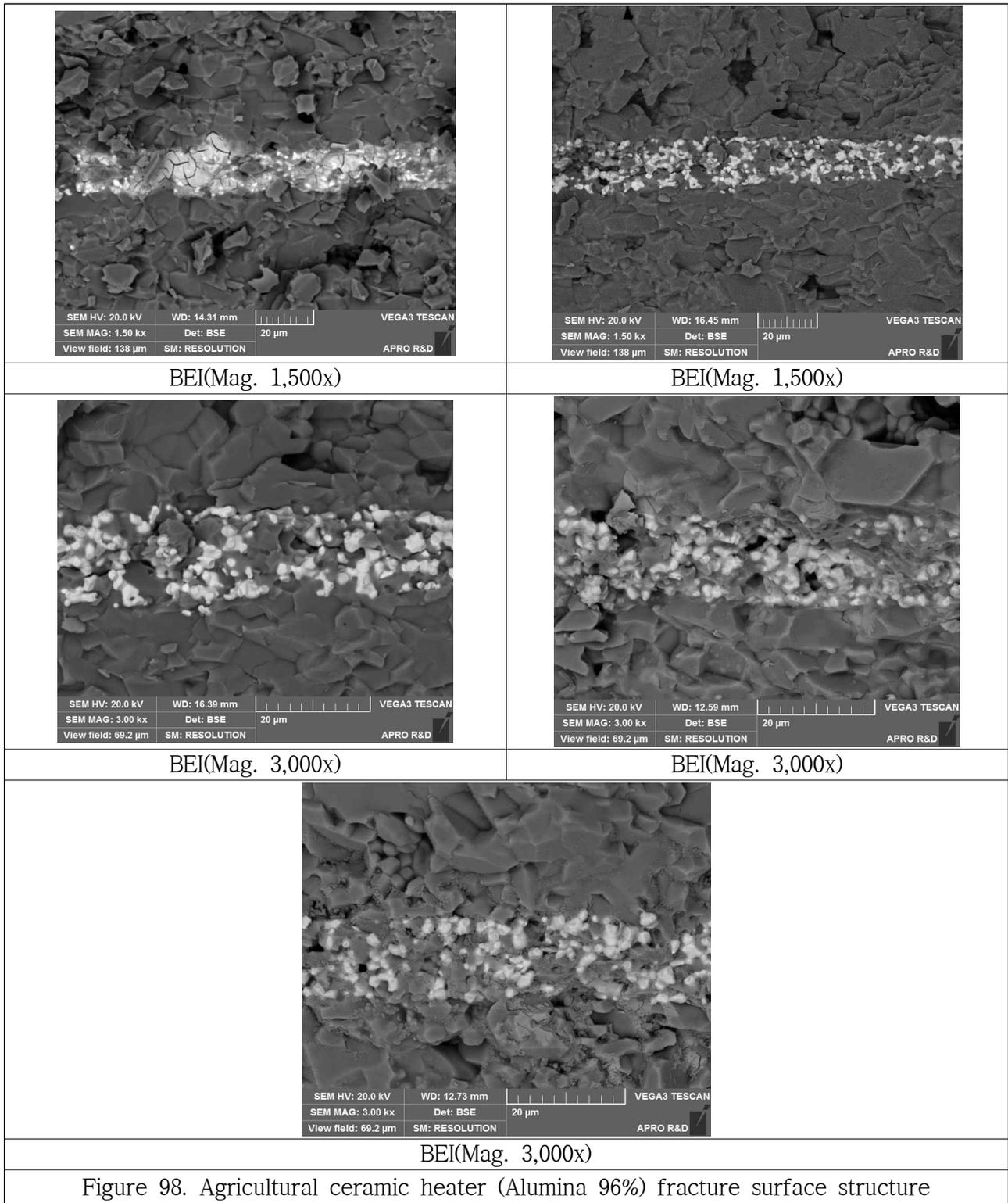


Figure 98. Agricultural ceramic heater (Alumina 96%) fracture surface structure

-상기 SEM 조직은 알루미나 히터 정상적인 파단면 미세조직으로 흰색부위가 W-Pattern층으로 통전시 고온 발열하는 부위이다.

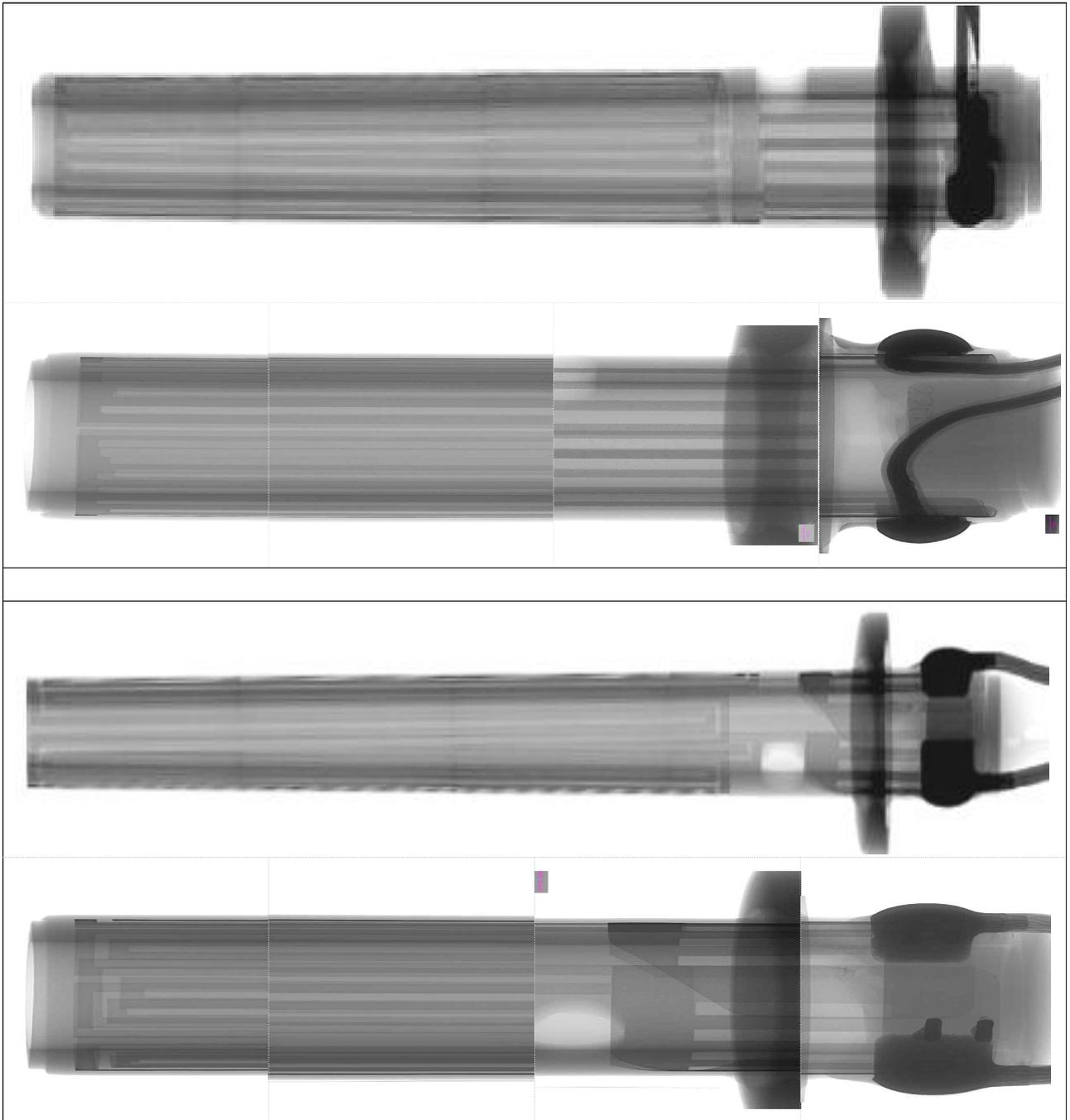
-정상적으로 사용한 후 내부 파단면을 SEM으로 1500x-3,000x로 관찰하여 텅스텐 발열층의 변

화를 관찰한 결과 용융현상, 크랙 등 결함이 검출되지 않았으며, 텅스텐(W) 메탈과 알루미나 세라믹이 메탈라이징 접합이 양호하게 관찰되며, 알루미나 소결체층에 W-Paste의  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ , Mo-Mn 등의 성분이 알루미나층에 침투하여 확산된 상태이다.

-상기의 정상가동 세라믹히터의 경우 물속에서 고온 발열시 물의 유속에 의한 열교환이 원활하게 이루어지면 세라믹히터의 텅스텐 발열층이 용융, 크랙, 파손 고장이 없을 것으로 분석되었다.

-2차년도에는 1차년도에 구축한 농업용 전기보일러를 활용하여 열효율 극대화를 위한 에너지 절감, ICT 기술접목 등의 추가로 개발하여 농가에 양산제품을 종래의 농업용 전기보일러보다 전기 소비전력 약 40%이상 절감되며, 단가도 낮게 공급하기 위한 연구를 수행하였다.

4) 하기 그림 99는 정상시편을 X-ray Micro Focus Analysis를 이용하여 내부투과 조직을 관찰하여 내부 결함여부를 분석하였다.



Normal sample-2 (upper photo: full, lower photo: enlarged)

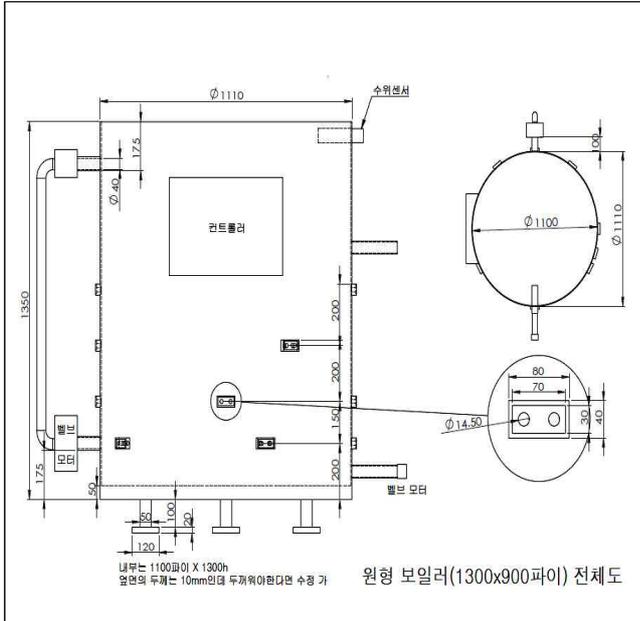
Figure 99. Penetration internal defect analysis by X-Ray Micro Focus Analysis of normal specimens

- 상기와 같이 내부 결함분석을 실시한 결과 2개 정상 시편 모두 상기 데이터와 같이 물속에서 정상적으로 사용 시 내부결함이 없는 것으로 분석된다.

○ 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 성능평가

1) 농업용 전기보일러 전기소비전력 측정

농업용 전기보일러는 온수탱크내에 4단으로 세라믹히터를 3 kW × 2개/set로 6kW/set로 최하단부를 1단으로 볼 때 5set를 균등하게 등각으로 설치하였으며, 2단부에 4set, 3단부에 3set, 4단부에 2set를 설치하였다.



Hot Water Tank Design Drawing



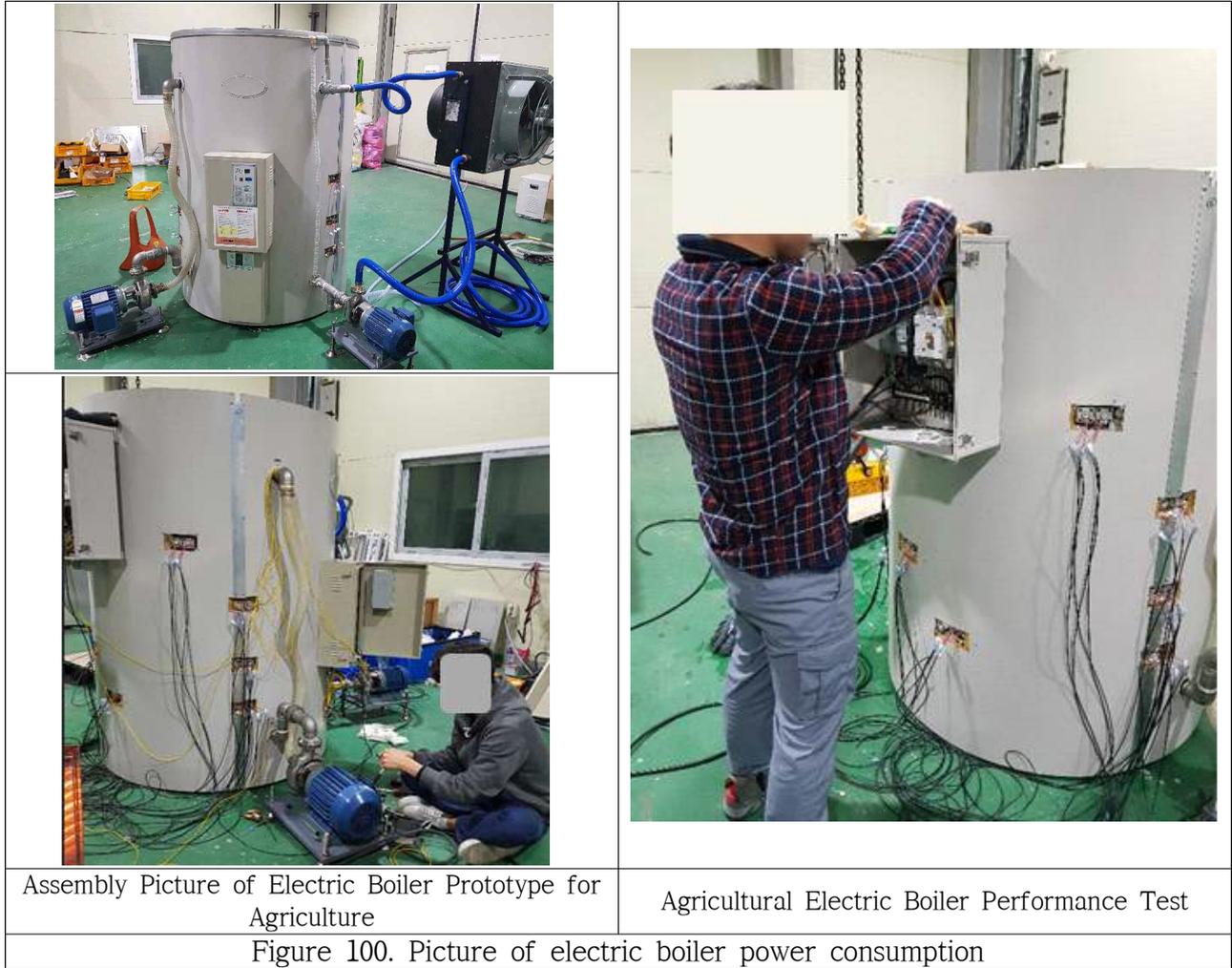
Ceramic Heater Installation Picture



Ceramic Heater Installation Picture



Hot Air Heat Exchanger Picture



-상기 그림 100.과 같이 농업용 전기보일러를 제작하였다. 제작사양은 농업용 그린하우스 난방에 적용하기 위하여 84kW히터를 장착하였으며, 구동전력은 70kW이하로 작동하여 온수탱크의 온도 85℃를 순간적으로 승온되어 온수가 열교환 온풍기를 통과하므로써, 열풍기의 온도와 온수탱크의 승온속도, 소비전력을 측정하였다.

측정항목별 측정장비, 시험방법은 다음과 같다.

측정항목	장비명	시험방법
온수탱크 온도(℃)	Data Logger(Japan)	-온수탱크내 물온도 실시간 측정 -출수구 온수온도 실시간 측정
승온속도(min.)	Data Logger(Japan)	-탱크내 만수시 85℃ 도달시간
소비전력(W)	Ampher Meter	-인가시의 소비전력
열교환기온도(℃)	Data Logger(Japan)	-열교환 온풍기의 온도 실시간 측정

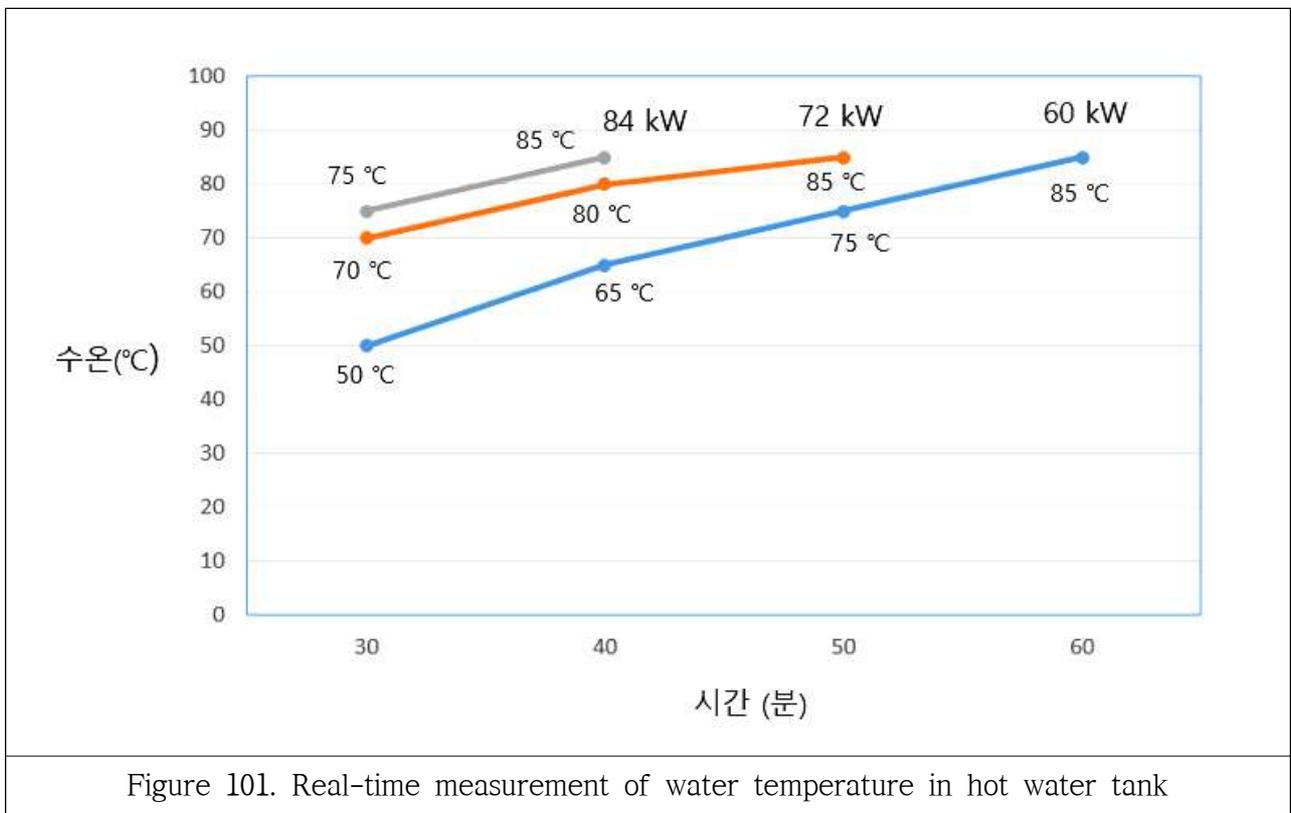
-상기의 시험방법으로 농업용 전기보일러 성능을 측정 하였다. 측정 결과는 다음과 같다.

1) 온수탱크 온도 승온시험

Table 25 Hot water tank temperature rise test

(물탱크 용량: 1,200 리터)

가열시간	60 KW	72 KW	84 KW
30 분	50	70	75
40 분	65	80	85
50 분	75	85	-
60 분	85	-	-



2) 승온속도 시험

Table 26. Temperature Rate Test

(물탱크 용량: 1,200 리터)

가열시간	60 KW	72 KW	84 KW
85°C 도달시간	60분	50분	30분

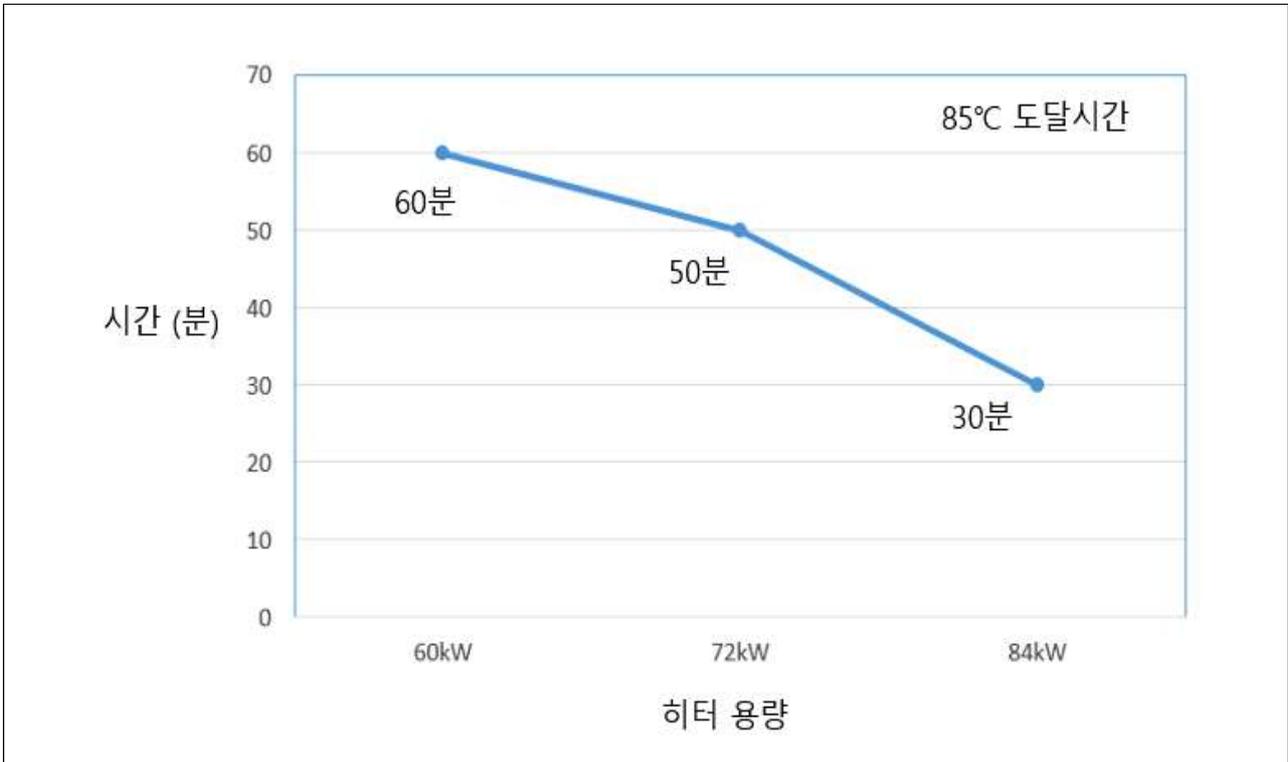


Figure 102. Real-time measurement of 85 °C arrival time when full in tank

3) 소비전력 측정

Table 27. Power consumption measurements

(물탱크 용량: 1,200 리터)

가열시간	60 KW	72 KW	84 KW
AC 380V 인가시의 소비전력	6KW x 10 SET	6KW x 12 SET	6KW x 14 SET
	Max. Power: 65KW NOMal Power: 56KW	Max. Power: 75KW NOMal Power: 67KW	Max. Power: 87KW NOMal Power: 79KW



Figure 103. Real-Time Measurement of Power Consumption

#### 4) 열교환기 온도 측정

Table 28. Heat Exchanger Temperature Measurement

(물탱크 용량: 1,200 리터)

가열시간	60 KW	72 KW	84 KW
30 분	48	67	72
40 분	62	76	82
50 분	72	81	-
60 분	82	-	-

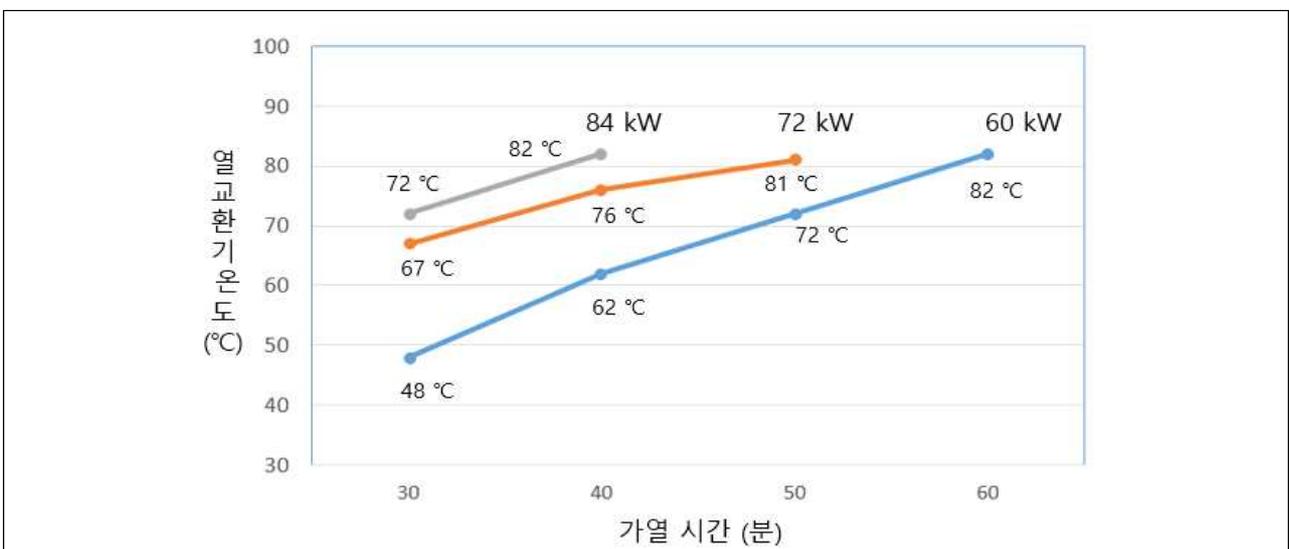


Figure 104. Real-time measurement of temperature of heat exchanger fan

## 2) 에너지절감 효율 측정

현재의 시즈히터장착 농업용 전기보일러가 전국의 하우스에서 사용되고 있는바 1차년도 연구에서 현재의 농업용 보일러와 전력량을 비교하고 승온속도, 소비전력, 열교환기 온도 등을 시험분석하여 세라믹히터 장착과 에너지 절감효과를 분석하였다.



Figure 105. Design and manufacture of a 13kW sheath heater mounted in a hot water tank

-상기 그림 105와 같이 농업용 전기보일러를 제작시 시즈히터를 장착하도록 설계하여 물 1200리터용량에 시즈히터 13kW급을 설치하여 세라믹히터와 열효율을 비교하기 위한 전기보일러 1차 시제품을 제작하였다.

-측정항목별 측정장비, 시험방법은 다음과 같다.

상기 시제품 사진에서 시즈히터 13kW, 세라믹히터 13kW로 구동하여 하기의 시험을 실시하였다.

측정항목	장비명	시험방법
소비전력(W)	Ampher Meter	-인가시의 소비전력

상기의 시험방법으로 농업용 전기보일러 성능을 시즈히터와 세라믹히터의 열효율을 측정하였다. 측정 결과는 다음과 같다.

측정조건은 하기와 같다.

- 1) 세라믹히터: 6KW x 2ea =12 KW
- 2) 시즈히터: 13 KW/set
- 3) 물탱크용량: 1200 리터
- 4) 인가전압: AC 380V

가) 소비전력 측정

Table 29. Power consumption measurements

종 류	85℃ 도달시간	소비전력	비고
세라믹히터	360분(6시간)	8.0 KW	
시즈히터	720분(30시간)	13 KW	

-상기 측정결과와 같이 세라믹히터는 85℃ 도달시간을 측정한 결과 360분으로 낮았으며, 시즈히터는 720분으로 약 2배정도의 시간이 더 소요되어 세라믹히터는 승온속도가 시즈히터 대비 2배 정도 빠르다.

-소비전력도 세라믹히터가 85℃ 도달시의 전력값이 8.0KW이었으며, 시즈히터는 13KW로 세라믹히터의 소비전력이 약 37% 낮은 것으로 분석 되었다.

나) 승온속도 측정

Table 30. Temperature rise measurement

(실내온도: 10℃)

전압인가 시간(분)	세라믹히터(℃)	시즈히터(℃)	비고
30	16	12	
60	27	15	
90	36	18	
120	45	23	
150	51	26	
180	57	31	
210	63	35	
140	69	39	
170	72	43	
210	75	48	
240	78	52	
270	80	55	
300	83	58	
330	84	61	
360	85	64	
390	-	67	
420	-	69	
450	-	71	
480	-	73	
510	-	75	
540	-	77	
570	-	79	
600	-	80	
630	-	82	
660	-	83	
690	-	84	
720	-	85	

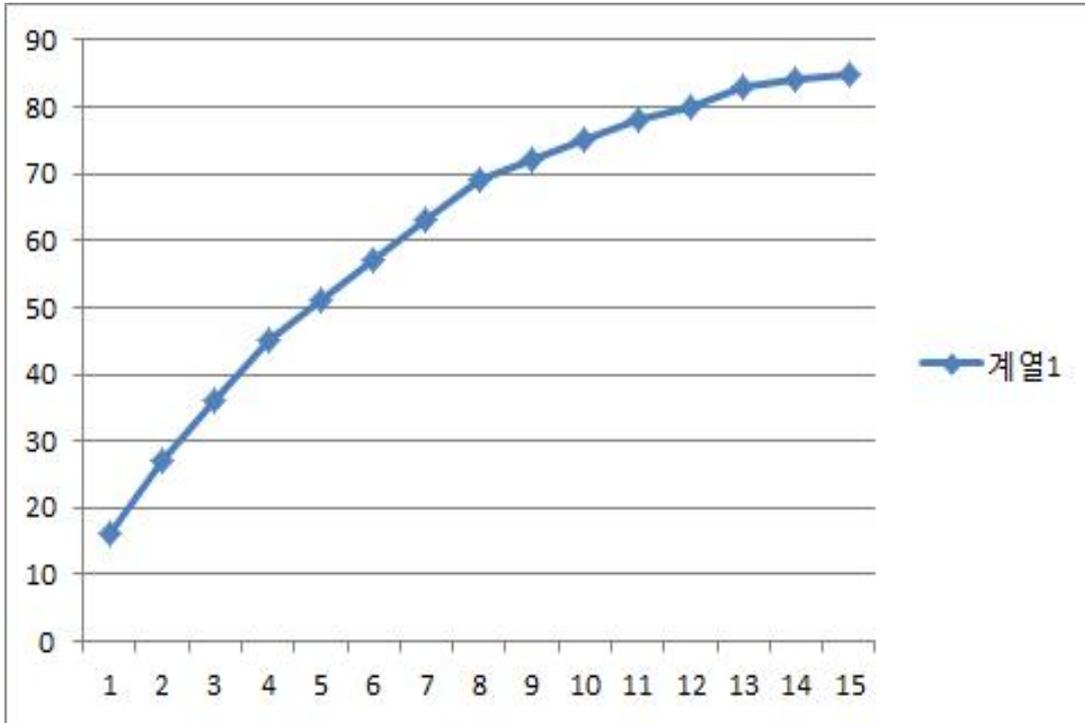


Figure 106. Real-time measurement of power consumption when ceramic heater (12 KW) is applied

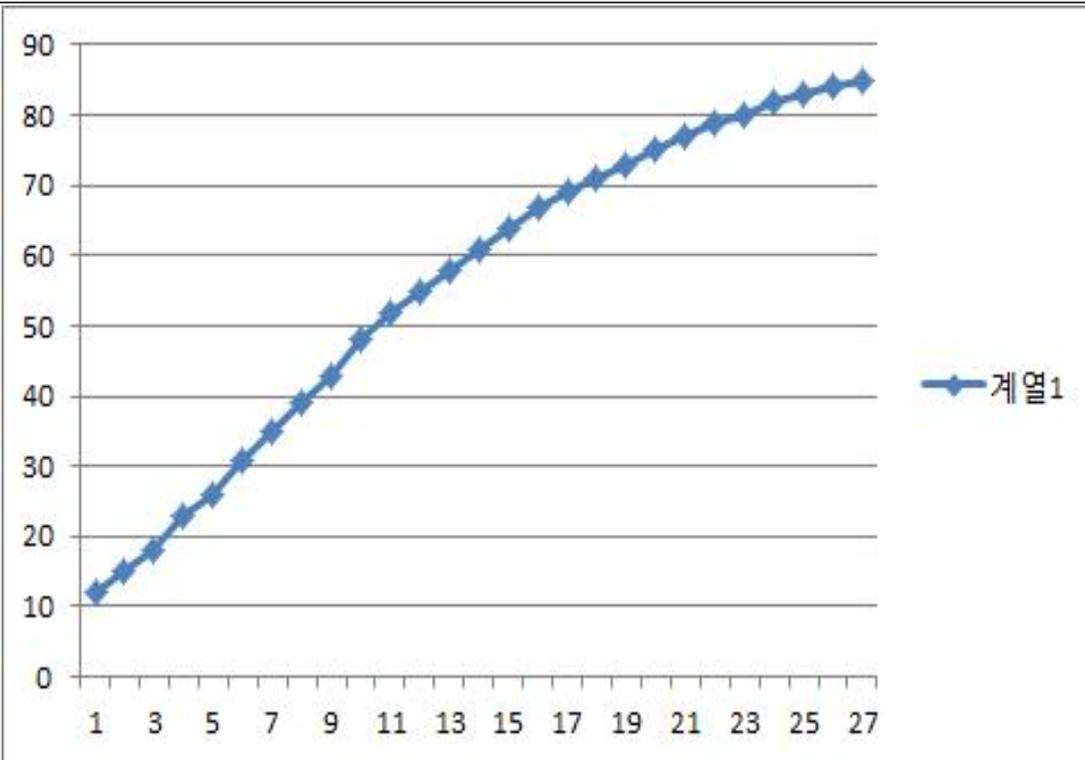


Figure 107. Real-time measurement of power consumption when sheath heater (13 KW) is applied

## 1-5. 2차년도 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 전술과 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 농업용 보일러의 전기에너지 절감과 작물생육 효과 향상과 더불어 전기안전성 취약, 시즈히터봉의 잦은고장, 수동조작으로 인한 인건비 상승등의 문제점을 고려 운영비용을 절감 할수 있는 내구수명향상, 무인온도조절, 전기에너지 절감등 농민의 생산성을 향상 시킬 목적으로 농업용 전기보일러를 개발하였다

물탱크내에 3KW급 세라믹히터를 물속에 직접 침수시켜 가열하므로서 온수를 공급하도록 하며, 장착한 세라믹히터는 순간적으로 약 1000℃까지 승온되므로 물속에서 끓음에 의한 기포가 세라믹히터 표면에 발생하여 단선고장을 일으키기 때문에 탱크내부의 상하부에 펌프를 설치하여 탱크내부의 물을 순환시키도록 하여, 세라믹히터의 파손을 방지 할 수 있고, 세라믹히터의 효율을 극대화 시킬 수 있는 내구수명이 향상된 농업용 전기보일러를 개발하였다.

전기에너지를 절감하기 위하여 침수형 세라믹히터 3KW급 20개를 장착하여 총 60KW급으로 종래의 농업용 전기보일러 120KW급과 동등의 발열량과 소비전력을 50%정도 절감하도록 고안하였다.

물탱크내의 수위를 일정 수위로 조절가능하도록 수위계를 장착하여 항상 일정한 수량 및 온도를 유지하도록 탱크내의 세라믹히터를 ON-OFF방식의 주파수제어방식을 적용하여 순간적으로 설정온도에 도달 하도록 하였으며, 종래의 물탱크 용량도 2,700리터에서 1200리터로 소형화 하였으며, 이는 소량의 물탱크내의 물을 열풍기 순환 공급하여, 열교환된 물이 탱크내의 수온을 떨어뜨리더라도 세라믹히터의 승온속도가 순간적으로 약 1000℃이상으로 승온되어 물을 가열하여 설정된 온도에 빠르게 도달 할 수가 있어 물탱크의 용량이 작아도 온수공급이 가능하도록 개발하였다.

### ○ 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터 모듈화 기술개발

-하기 그림 108.과 같이 세라믹히터를 3~4KW의 히터를 4개로 묶어서 패키지화하여 Power를 집약적으로 발열하고, 콤팩트화 할 수 있도록 전기보일러 히팅 물탱크 설계를 수행 하였다.

-물탱크의 히팅 모듈화 적정 Power 및 히팅구조를 최적화하여 열효율을 높이도록 설계에 반영 하였다.

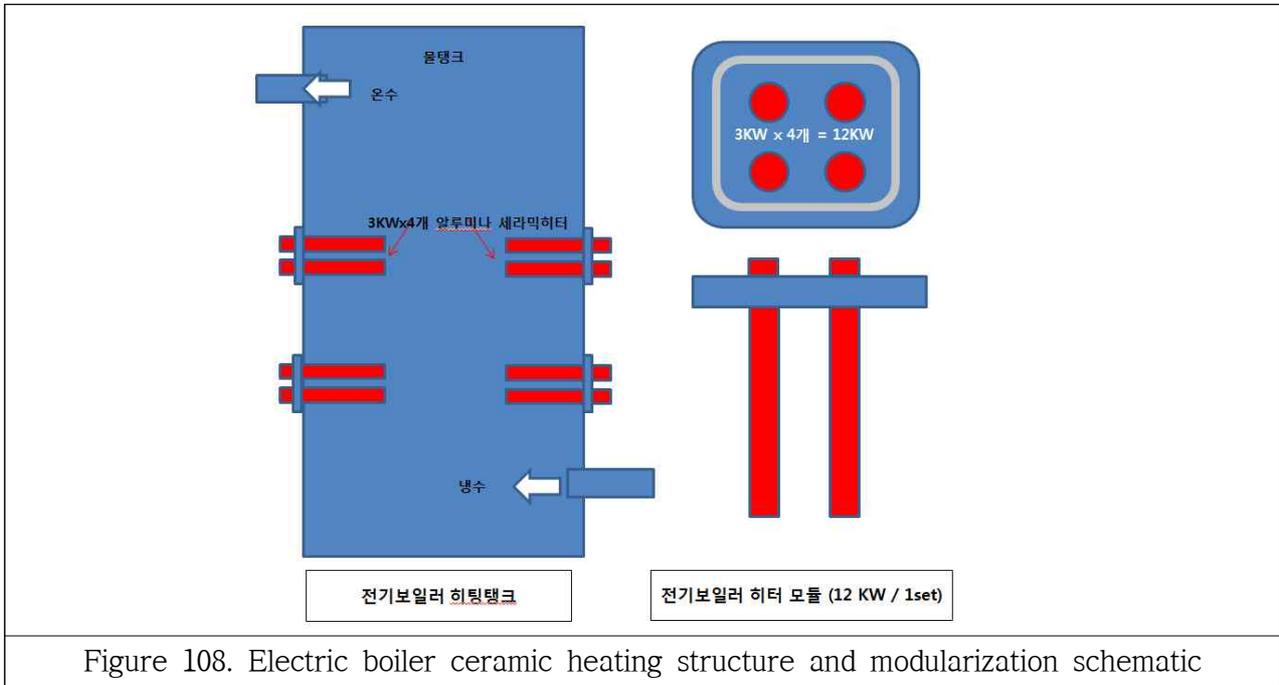


Figure 108. Electric boiler ceramic heating structure and modularization schematic

물탱크 내부의 외벽에 세라믹히터 3KW급 2개를 한셋트로 장착하여 총 14셋트를 설치하여 총 84KW급으로 세라믹히터를 설치하여 사용 용량은 그린하우스 작물성장 조건에 따른 온도를 설정하여 소비전력량을 설정하도록 하였으며, 물속에서 세라믹히터가 내구수명이 보장되도록 원형의 물탱크내에 등간격으로 설치하였다.

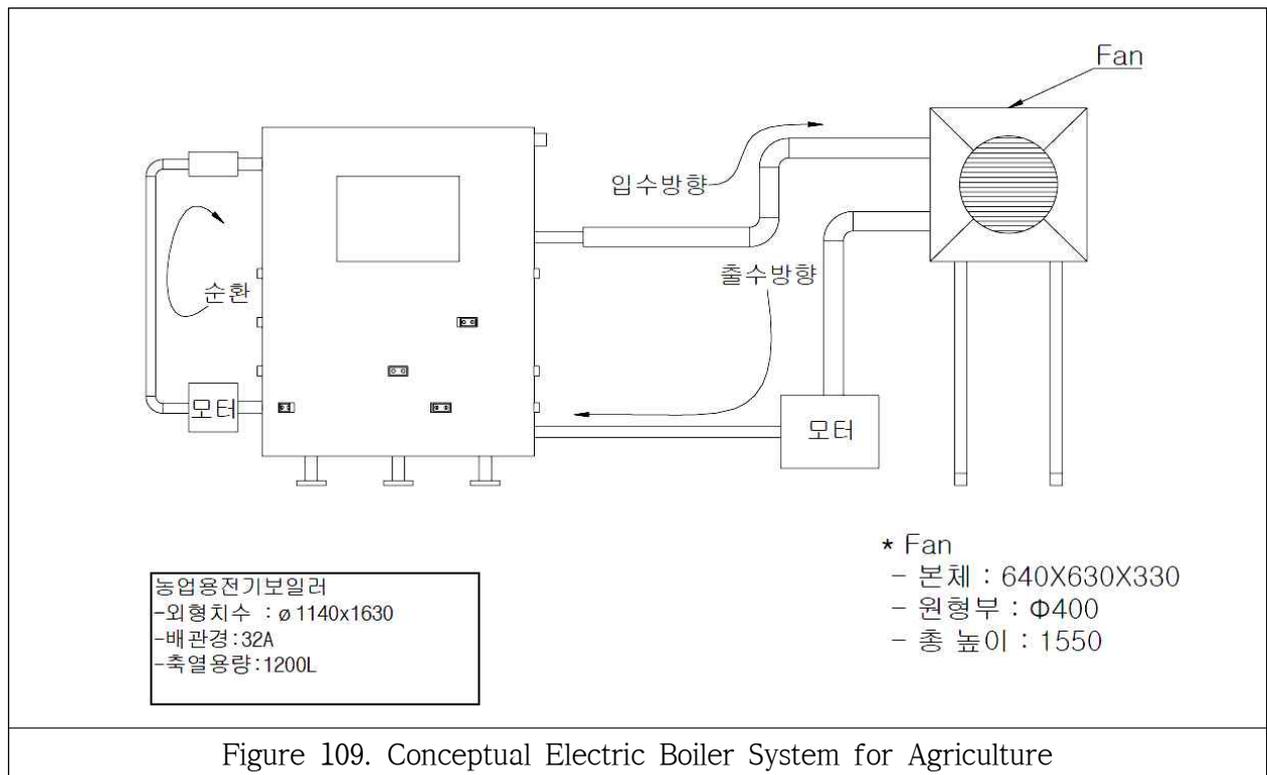


Figure 109. Conceptual Electric Boiler System for Agriculture

물탱크내의 세라믹히터를 설치하여 가온된 물탱크와 온수를 열풍기로 공급하는 모터, 온수를 열풍기의 열교환 장치에서 열풍으로 설정온도의 열풍으로 그린하우스내에 공급하여 하우스 난방을 할수 있도록 한 시스템이다.



Figure 110. Photograph of electric boiler for agriculture

○ 120kw 농업용 전기보일러에서 60kw의 전기보일러로 개발

-상기 그림 110.과 같이 기존의 시즈히터 120KW로 구동되는 물탱크를 현재 2700CC물탱크를 1000CC물탱크로 컴팩트화하여 60KW로 세라믹히터를 모듈화하여 집중적으로 발열되도록 구조를 최적화 설계를 통한 에너지 절감 50% 절감가능한 구조로 개발하였다

시즈히터 120KW로 구동되는 물탱크를 현재 2700CC물탱크를 1000CC물탱크로 컴팩트화하여 60KW로 세라믹히터를 모듈화하여 집중적으로 발열되도록 구조를 최적화 설계를 통한 에너지 절감 50% 절감 가능한 구조로 개발하였다

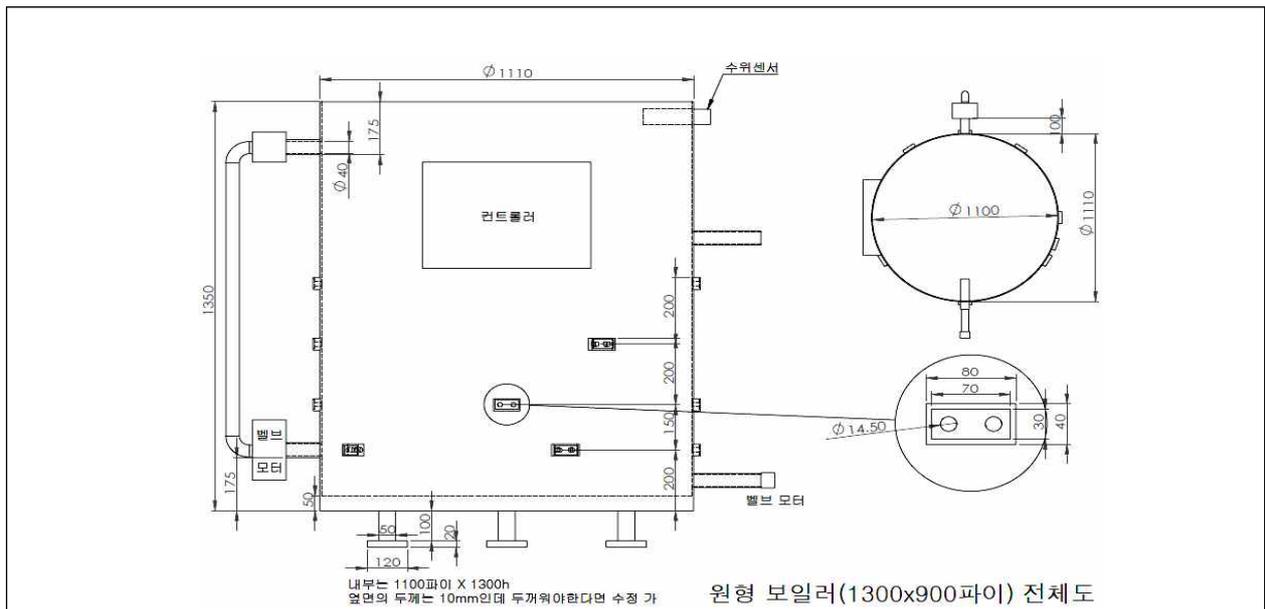
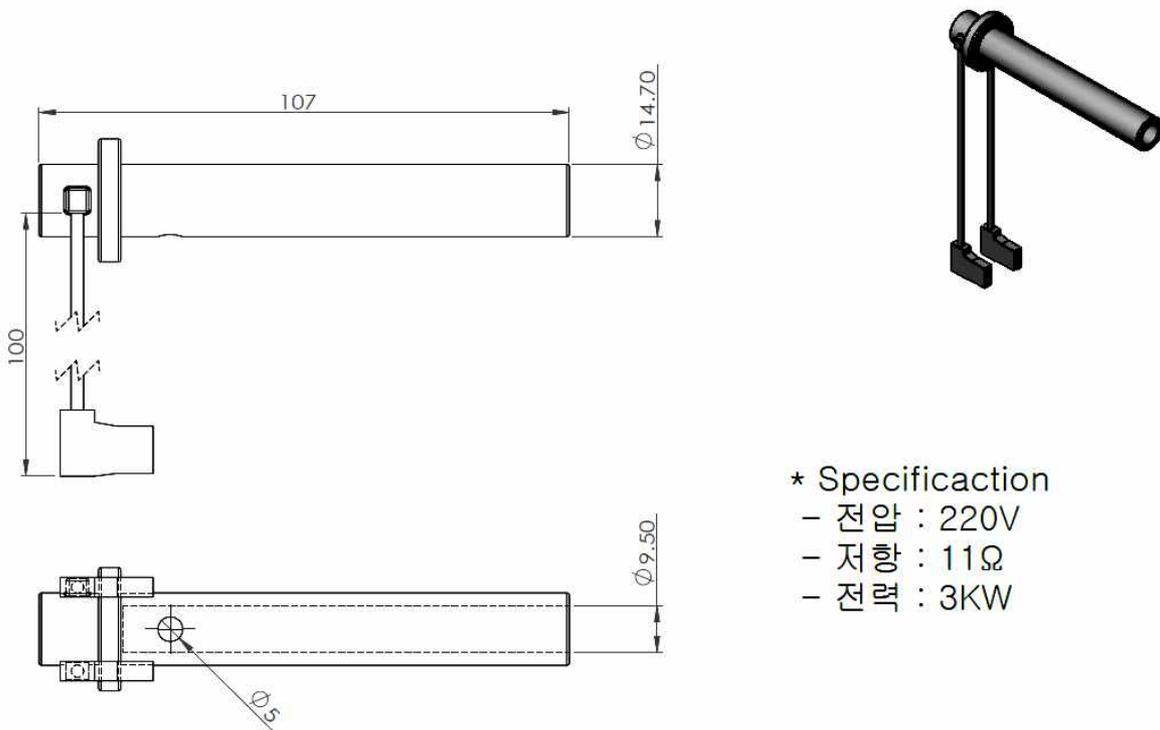


Figure 111. Mounting diagram of ceramic heater inside agricultural boiler water tank

원형의 물탱크 오벽에 물속에 침수되도록 세라믹히터를 2ea/set가 되도록 4층으로 설치하였다.



Figure 112. High capacity ceramic heater for mounting electric boiler



- \* Specification
- 전압 : 220V
  - 저항 : 11 $\Omega$
  - 전력 : 3KW

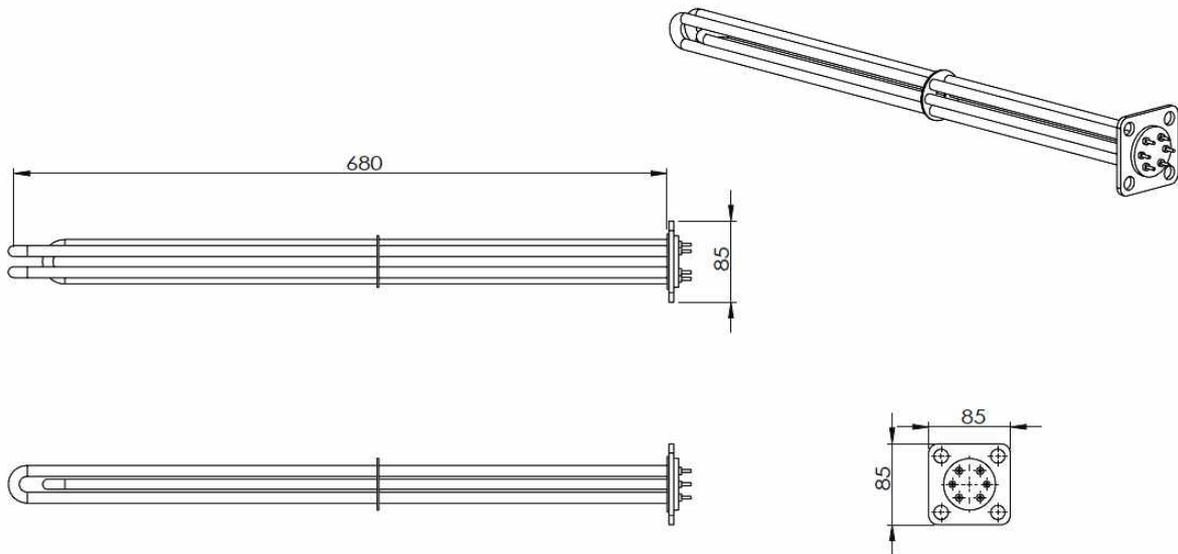
Figure 113. Capacity 4KW alumina ceramic heater

상기 그림 113. 도면의 3KW급 세라믹히터를 장착하고 있으며, 2개를 한셋트로 총 14셋트를 장착하여 84KW급 용량으로 보일러를 제작하였다.

따라서 본 발명의 농업용 전기보일러의 경우는 작물의 종류에 따른 최적의 온도를 조절하도록 발명하여 종래의 시즈히터봉 장착한 농업용 보일러대비 약 1/2정도의 전력으로도 그린하우스 운영이 가능하다.



Figure 114. Sheath heater for conventional agricultural electric boilers



- \* Specification
- 전압 : 380V
  - 전력 : 13KW

Figure 115. Capacity 13KW Sheath Heater

상기 그림 112.에 제시한 세라믹히터를 장착하여 전기에너지 절감과 내구수명향상의 장점이 있지만 종래의 시즈히터봉을 장착한 농업용보일러는 전기소모량이 크고 내구성이 떨어지는 문제를 갖고 있었다. 종래의 농업용 보일러에 장착한 시즈히터봉의 실물사진과 도면 그림 114, 그림 115.에 제시하였다.

물탱크 내부의 수온이 균일하게 가열되도록 4층으로 등간격으로 하기 그림 117. 도면과 같이 설치하였다.

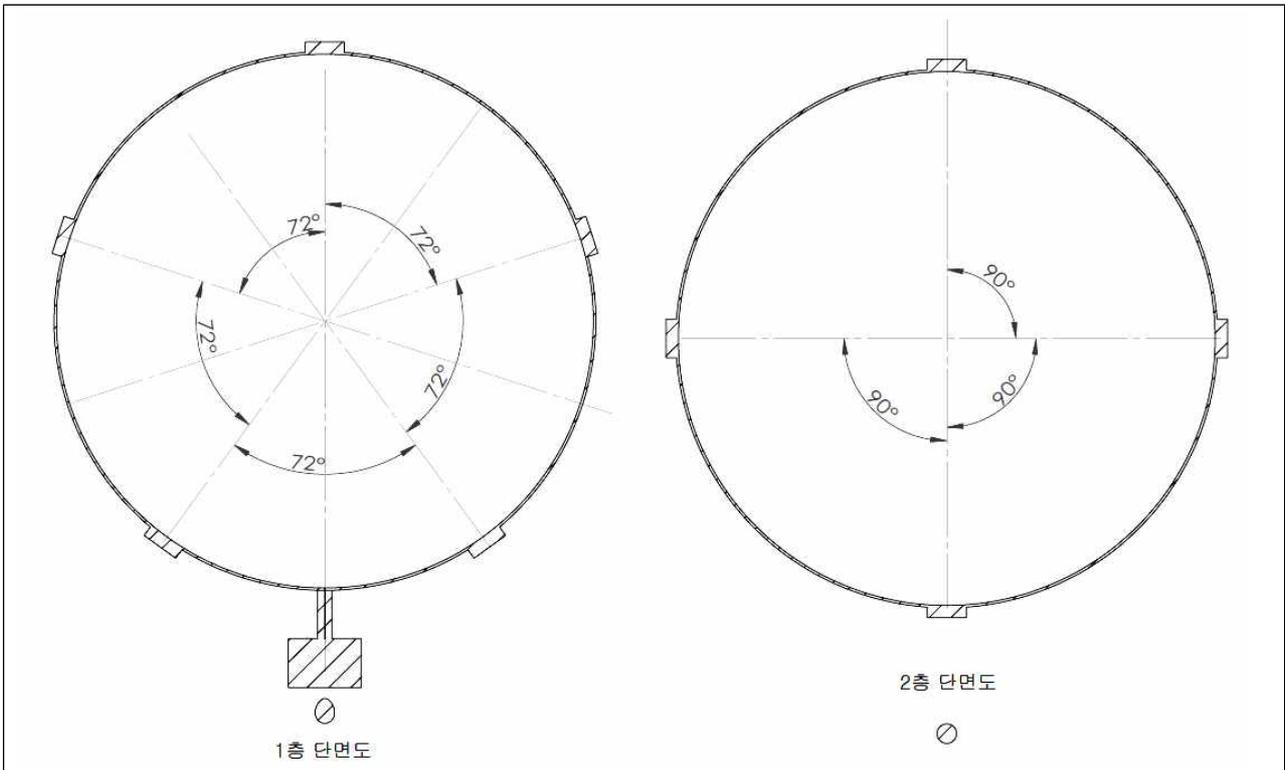


Figure 116. Circular boiler (1300x1100 pie) 1,2-layer ceramic heater layout

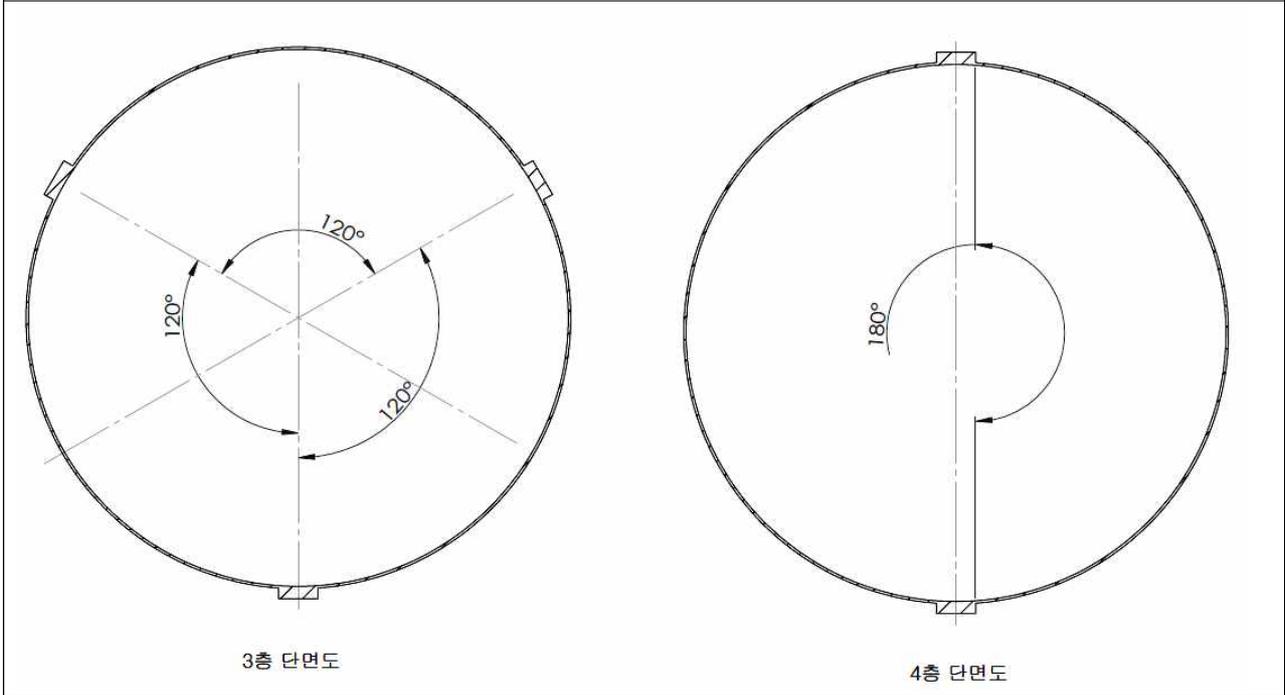


Fig. 117. Circular Boiler (1300x1100 Pie) 3, 4 Layer Ceramic Heater Layout

상기 그림 116, 그림 117.에 장착된 세라믹히터는 본 발명자가 발명한 특허등록 제10-1770790 호 “침수형 직접가열형 봉상형 메탈라이징 세라믹히터의 제조방법”의 세라믹히터를 농업용 전기보일러에 응용하여 제품화 하였다.



Figure 118. Measurement of power consumption of agricultural electric boilers (Measurement Institution: Agricultural Technology Commercialization Foundation)

○ 고용량 히팅 물탱크 설계 및 최적의 열교환 라지에이터 기술개발

하기 그림 119.은 농업용 전기보일러 열교환 온풍기 도면이다.

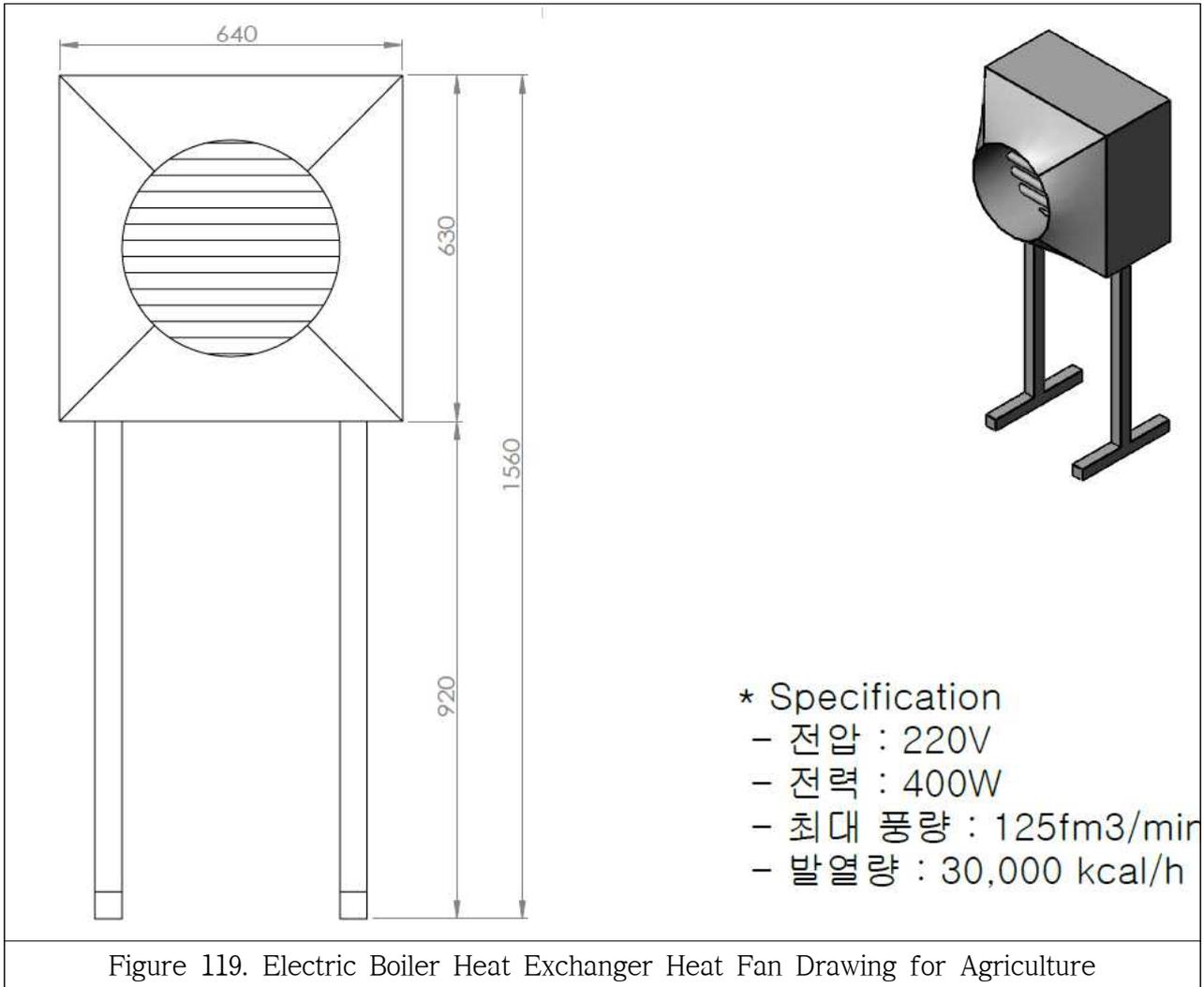


Figure 119. Electric Boiler Heat Exchanger Heat Fan Drawing for Agriculture

상기 설계도면은 농업용 전기보일러 및 열교환온풍기 설계도면으로 기존의 그린하우스 난방에 호환성으로 개발하여 온수온도 85℃, 2,700리터 물탱크에 120 kW전력을 사용하고 있는 시스템에 소비전력을 절감하기 위하여 별도의 1,200리터 전기보일러 및 열교환온풍기의 설계도면이다.

현재의 열원으로 시즈히터를 사용하고 있으나, 세라믹히터 84 kW를 원통형 온수탱크 수직방향으로 4단으로 하부부터 5개, 4개, 3개, 2개를 장착하게 설계하였으며, 개당 3 kW히터 2개를 1셋트로 히팅 모듈화 하였다.

상기 그림 119.도면은 농업용 전기보일러의 세라믹히터, 온도센서, 수위센서, 안전밸브를 설계에 반영하였으며, 온수 탱크 내에 세라믹히터가 순간적으로 고온으로 발열 시 물이 순간적으로 증발하여 기포가 발생할 시 세라믹히터가 깨지는 현상이 발생하였다.

이러한 급격한 발열에 의한 물기포 발생을 억제하기 위하여 상하에 순환펌프를 설치하여 탱크 내의 물을 순환시켜 물이 급격하게 끓는 현상을 방지하게끔 설계에 반영하였다.

농업용전기보일러 세라믹히터 6kw/set 히팅부는 온수탱크에 세라믹히터 3kw급 2개를장착하도록 하기와 같이 제작하여 히터부 사이에 O-ring을 끼워 넣어 조립 후 히터부 에서 누수가 발생하지 않도록 설계하였다.



Figure 120. Ceramic heater 6 KW / set

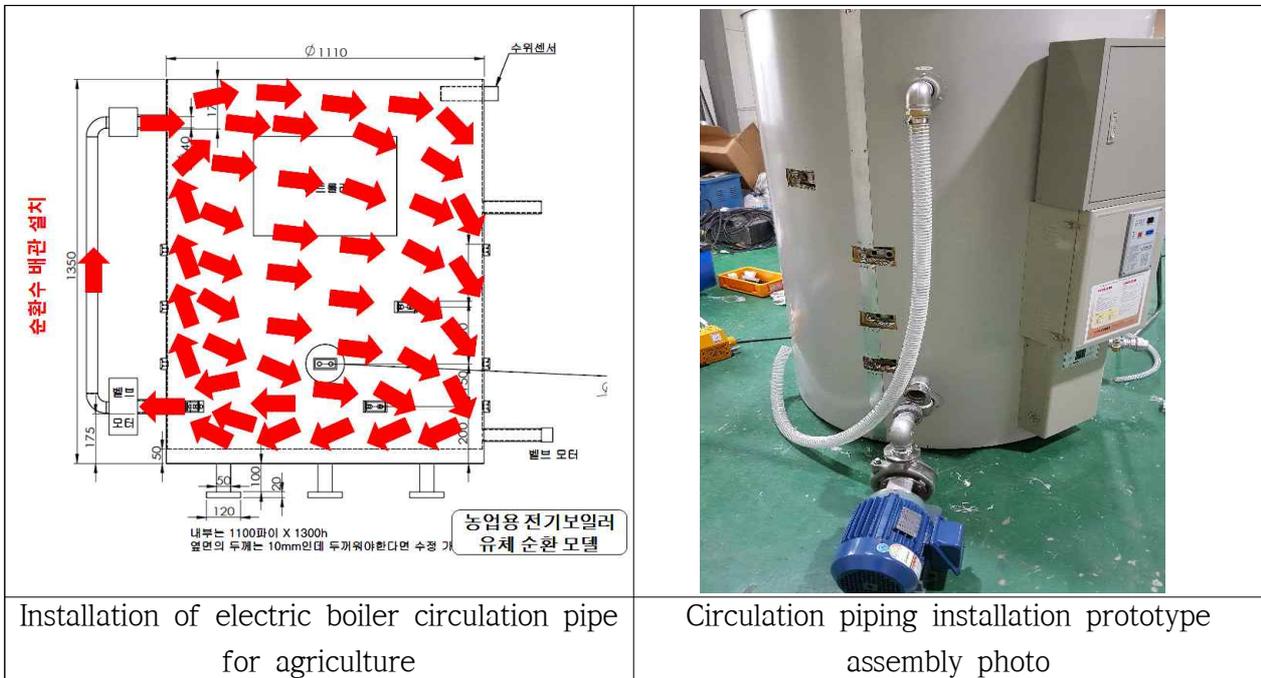
상기 그림 120.은 온수탱크내 세라믹히터가 물속에서 발열 가열하도록 수직 방향으로 4단으로 총 14세트( $3\text{kW} \times 3\text{ea} = 6\text{kW}/\text{set}$ )를 설치하였다. 최하단부부터 5 세트를 설치하여  $5\text{set} \times 6\text{kW} = 30\text{kW}$ , 다음층에 4 세트를 설치  $4\text{set} \times 6\text{kW} = 24\text{kW}$ 를, 다음층에 3 세트를 설치  $3\text{set} \times 6\text{kW} = 18\text{kW}$ 를, 다음층에 2 세트를 설치  $2\text{set} \times 6\text{kW} = 12\text{kW}$ 로 구동하도록 설치하였다.

-본 연구에서는 4단으로 세라믹히터를 설치하여 상기와 같이 84kW를 구현하였다. 본 실험에서는 70kW이하로 구동하여 기존의 전기보일러 대비 열효율을 비교 하였다

-전기보일러용 전기컨트롤러 시스템은 1차년도 기술개발은 70kW급 히팅모듈을 장착하여 1200 Liter용량의 온수탱크를 4단으로 하단부터 5세트( $5\text{set} \times 6\text{kW}/\text{set} = 30\text{kW}$ ), 4세트( $4\text{set} \times 6\text{kW}/\text{set} = 24\text{kW}$ ), 3세트( $3\text{set} \times 6\text{kW}/\text{set} = 18\text{kW}$ ), 2세트( $2\text{set} \times 6\text{kW}/\text{set} = 12\text{kW}$ )로 총 84kW 파워로 히터를 구성하였으며, 실제로 Operating Power는 70kW이하로 구동되도록 하였다.

물속에서 구동시 기포에 의하여 텅스텐 발열부에서 알루미나 소결체와 같이 용융되어 고열로 구멍이 뚫려있는 상태에서 알루미나가 Melting 현상을 관찰할 수가 있었다.

이러한 고장원인은 물속에서 구동시 기포가 발생하는 문제에 기인되고 있다. 기포는 순간 고온 발열시 물의 끓는 현상은 자연적인 현상으로 물이 정체될 시에는 물이 끓어 기포가 발생하는 소리를 밖에서도 들을 수가 있었다. 고열발생에 의한 물의 기포발생을 제어하기 위하여 물탱크의 설계를 물탱크내부의 상부와 하부를 펌프를 연결하여 물을 고압으로 순환하여 물탱크내의 히터의 열교환이 쉽게 이루어지도록 하여 기포 발생을 제어하도록 시제품에 반영하였다



온수탱크 내부 세라믹히터 용융파손 고장 대책으로 본 발명은 상기의 원인분석을 통하여 세라믹히터의 내구성을 향상하는 기술을 발명 할 수가 있었다.

농업용 전기보일러 전기소비전력 측정을 통하여 종래의 시즈히터 대비 소비전력이 50%정도 절감하는지의 실험을 하였다.

농업용 전기보일러는 온수탱크내에 4단으로 세라믹히터를 3 kW × 2개/set로 6kW/set로 최하단부를 1단으로 볼 때 5set를 균등 등각으로 설치하였으며, 2단부에 4set, 3단부에 3set, 4단부에 2set를 설치하였다.



Figure 121. Installation of a pump for circulation of an internal flow path of an agricultural electric boiler

상기 그림 121. 사진과 같이 농업용 전기보일러를 제작하였다. 제작사양은 농업용 그린하우스 난방에 적용하기 위하여 84kW히터를 장착하였으며, 구동전력은 70kW이하로 작동하여 온수탱크의 온도 85℃를 순간적으로 승온되어 온수가 열교환 온풍기를 통과하므로써, 열풍기의 온도와 온수탱크의 승온속도, 소비전력을 측정하였다.





Figure 122. Photo of current plant farm high capacity heat exchange radiator operation

상기 그림 122.와 같이 물탱크내에 장착된 히터를 가열하여 물온도를 80℃로 가열된 물을 상기 온풍기내에 장착된 라지에이터에 물을 순환하면서 팬을 돌려 물의 온도를 공기로 열교환하여 왼쪽의 사진과 같이 시설하우스 내부의 온도를 작물 에 최적의 온도를 유지하여 컨트롤 될 수 있도록 제작하였다..

이러한 열교환 라지에이터를 중앙집중식 제어로 열교환이 최적 효율이 유지되도록 풍량, 라지

에이터 열교환능력 등을 향상시켜 열효율을 올리도록 개발하였다

물탱크내에 장착된 히터를 가열하여 물온도를 80℃로 가열된 물을 상기 온풍기내에 장착된 라지에이터에 물을 순환하면서 팬을 돌려 물의 온도를 공기로 열교환하여 왼쪽의 사진과 같이 시설하우스 내부의 온도를 작물에 최적의 온도를 유지하여 컨트롤 할 수 있다.

상기 그림 122.은 금산 깻잎 하우스 내부에 본 개발 농업용 전기보일러를 설치하여 운영중인 동작사진이다.

○ 송풍시스템 및 중앙제어방식 개발



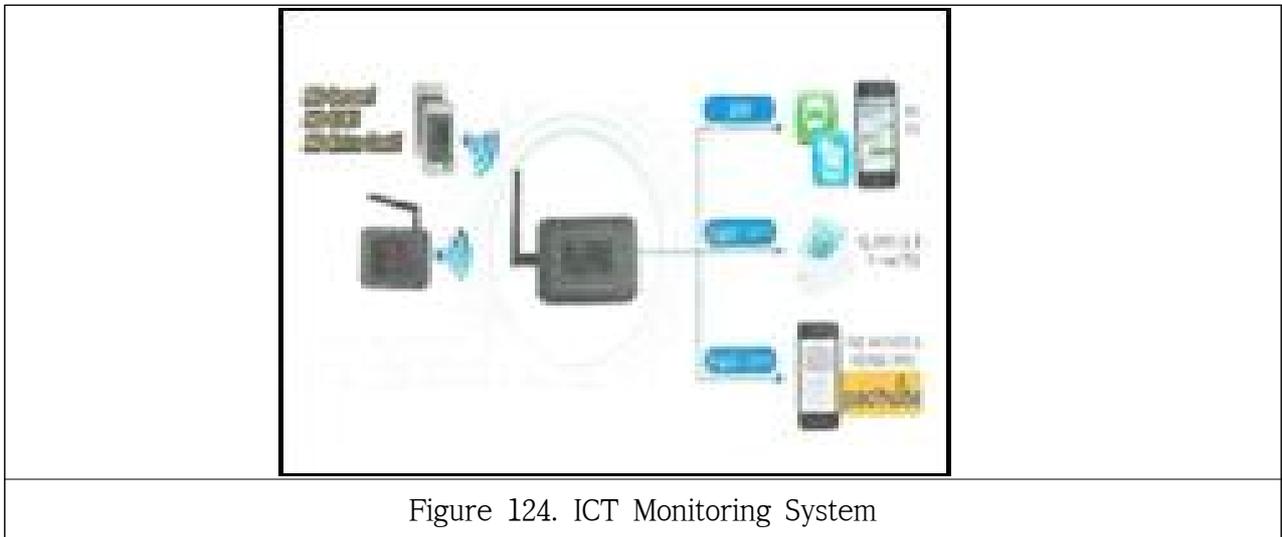
Figure 123. Control system mounted on electric boiler at current facility farm

중래의 농업용 고용량의 전기보일러용 물탱크의 고용량(120KW)의 브리커, 송풍기 브리커등 전기보일러의 전기제어가 수동으로 농민이 전기스위치를 올려 작동되는 방식으로 매우 불편하고 전기안전성이 취약한 상태이었다.

-본 연구에서는 시설농가에서 디지털 제어방식으로 중앙제어가 가능한 콘트롤시스템을 개발하여 시스템 관리 및 운영면에서 편리하고 열효율을 향상시키도록 개발하였다.

고용량의 전기보일러용 물탱크의 고용량(120kW)의 브리커, 송풍기 브리커등 전기보일러의 전기제어가 수동으로 농민이 전기스위치를 올려 작동되는 방식으로 매우 불편하고 전기안전성이 취약한 상태임

○ 그린하우스 난방시스템 온도 및 습도, CO2 가스농도 모니터링 ICT기술 개발



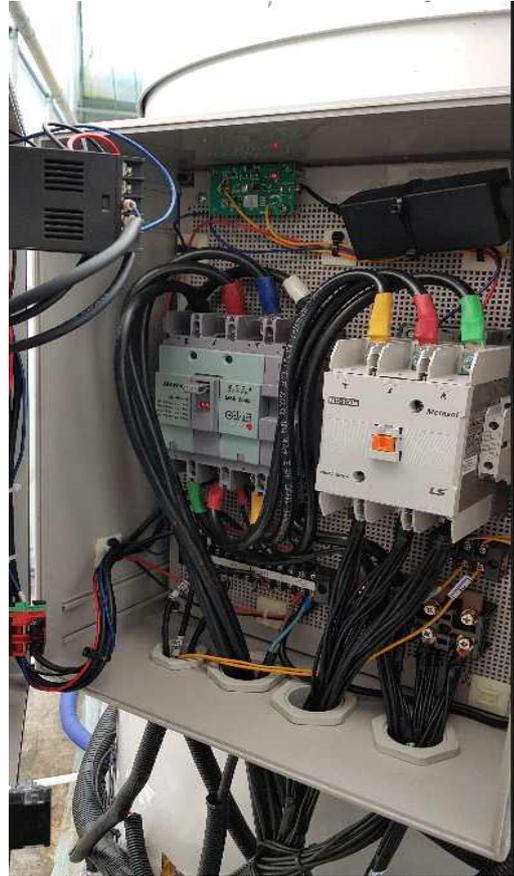
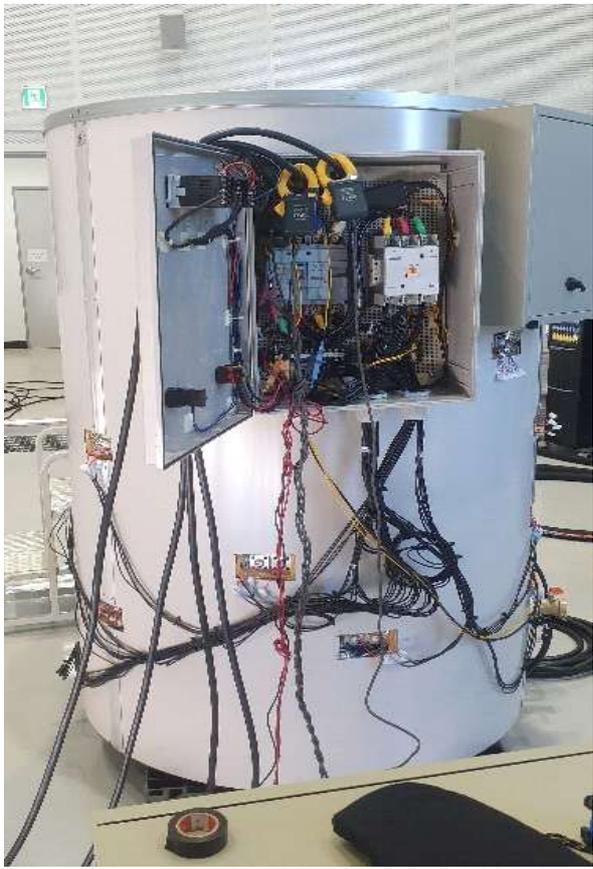
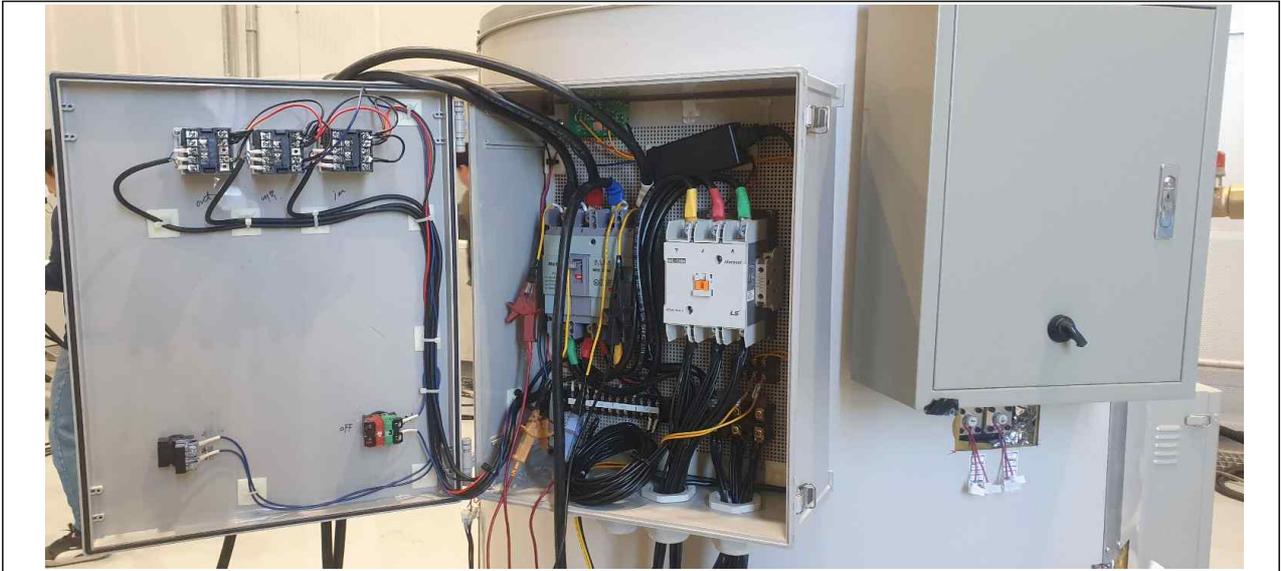
상기 사진과 같이 그린하우스내의 온도, 습도 센서를 장착하여 하우스내의 온도, 습도, 관리를 ICT기술을 접합하여 ON-Line으로 하우스내의 작물조건을 콘트롤 할 수 있도록 전기보일러를 구동할 수 있도록 개발하였다.

그린하우스내의 온도, 습도센서를 장착하여 하우스내의 온도, 습도, 관리를 ICT 기술을 접합하여 ON-Line으로 하우스내의 작물조건을 콘트롤할 수 있도록 전기보일러를 구동할 수 있도록 다음과 같이 개발하였다.



Figure 125. Screen capture of ICT applied control board and mobile phone control for agricultural boiler

○ 물탱크 히티모듈 온도 컨트롤러 PCB 설계 및 위상제어 기술개발



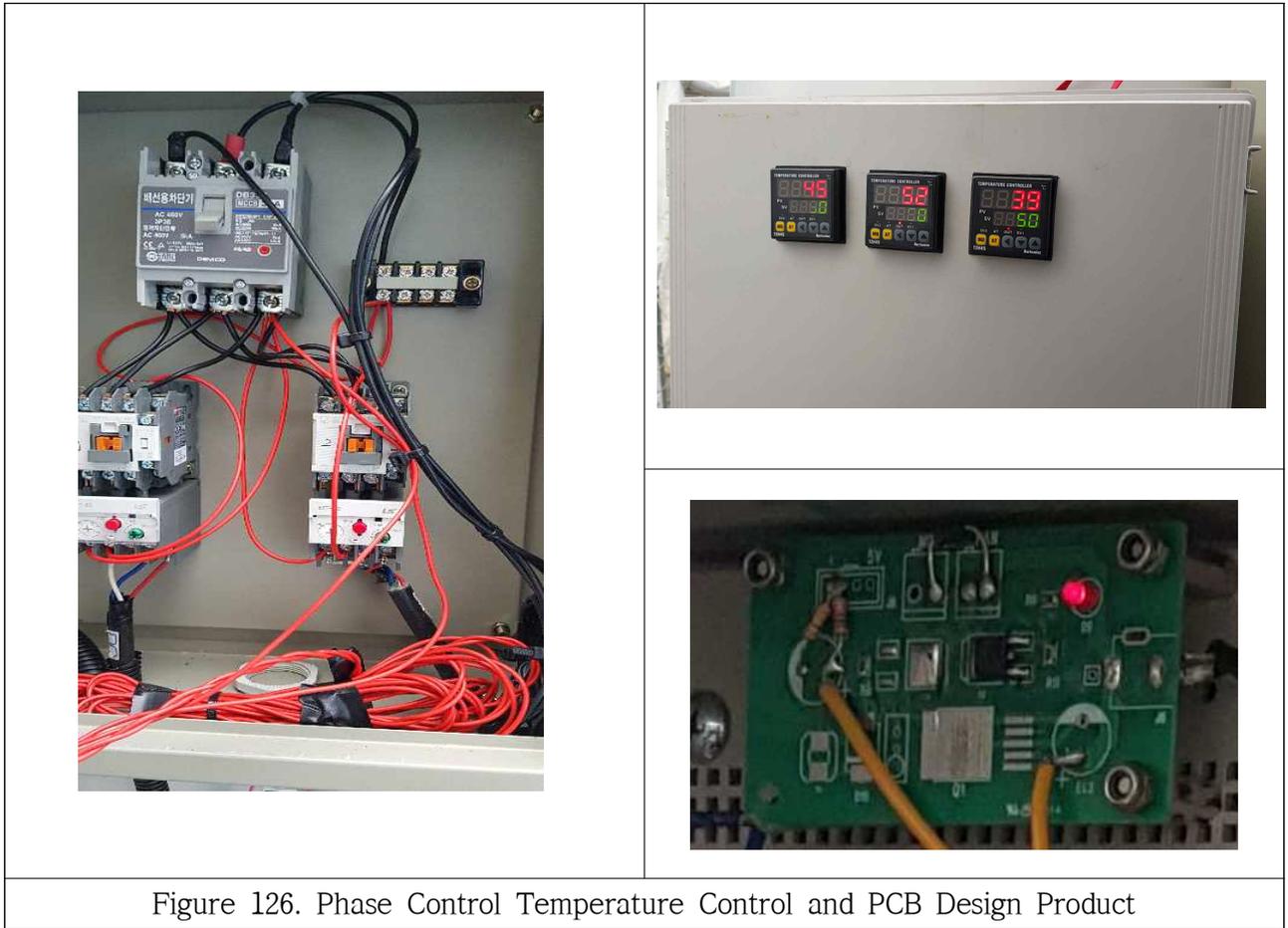


Figure 126. Phase Control Temperature Control and PCB Design Product

상기 그림 126.과 같이 고용량 세라믹히터를 장착하여 장시간 사용하여 위상제어에 의한 듀티값을 제어하여 세라믹히터에 가해지는 부하를 줄이고 히터의 용량을 올릴 수 있도록 PCB 제어 회로를 개발하였다.

고용량 세라믹히터를 장착하여 장시간 사용하여 위상제어에 의한 듀티값을 제어하여 세라믹히터에 가해지는 부하를 줄이고 히터의 용량을 올릴 수 있도록 PCB 제어회로를 개발하였다.

○ 고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석

-보일러용 세라믹히터 전기적 특성시험

3Kw 세라믹히터의 절연내력, 수중절연내력, 수중절연저항, 소비전력 및 소비전류, 누설전류를 측정하였다. 측정결과는 다음과 같다.

## 시험 결과

성적서 번호 : T2019-

### 1. 개요

본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료, 시험조건 및 방법에 따라 측정된 결과임.

### 2. 적용 또는 인용규격

적용 : 의뢰자 제시 규격

### 3. 시험 시료

- (1) 시료명 : Ceramic Heater
- (2) 모델명 : ZI-CERA-3000W
- (3) 정격 : AC 220 V
- (4) 제조회사 : (주)존인피니티
- (5) 시료수 : 1 [EA]



그림 1. 시료 사진

# 시험결과

성적서 번호 : T2019-

## 4. 시험조건 및 방법

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준
절연내력	시료의 전원선 일괄 부분과 은박으로 싸여진 외과 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 3 000 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)
수중절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)
수중절연저항	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100MΩ 이상일 것
소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값
누설전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA 이하일 것

Figure 128. Test results of Korea Institute of Machinery and Electronics Testing

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-

## 5. 시험 결과

### 5.1 절연내력 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
절연내력	시료의 전원선 일괄 부분과 은박으로 쌓여진 외곽 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 3 000 V 를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜



(a) 시험 사진 ①



(b) 시험 사진 ②

그림 2. 절연내력 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-

## 5.2 수중절연내력 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
수중 절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜



(a) 시험 사진 ①



(b) 시험 사진 ②

그림 3. 수중절연내력 시험 사진

# 시험 결과

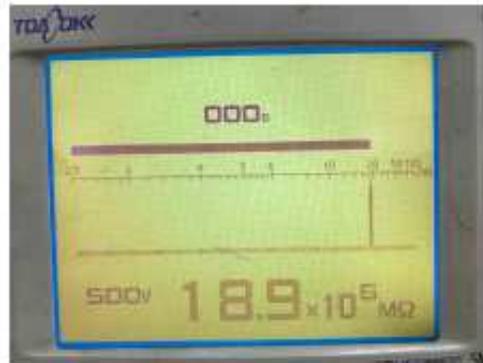
성적서 번호 : T2019-

## 5.3 수중절연저항 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
수중 절연저항	수중에 담겨져 있는 시르의 권선선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100MΩ 이상일 것	$18.9 \times 10^5 \text{ M}\Omega$



(a) 시험 사진 ①



(b) 시험 사진 ②

그림 4. 수중절연저항 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-

## 5.4 소비전력 및 소비전류 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과						
소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 시트에 광격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>소비전력 [kW]</th> <th>소비전류 [A]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>2.9771</td> <td>13.5717</td> </tr> </tbody> </table>	구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]	#1	2.9771	13.5717
구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]							
#1	2.9771	13.5717							



(a) 시험 사진



(b) 시험 결과

그림 5. 소비전력 및 소비전류 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-

## 5.5 누설전류 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과	
누설전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 건원의 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA 이하일 것	구분	결과 [μA]
			#1	13.36    13.55



(a) 시험 사진



(b) 시험 결과 #1

그림 6. 누설전류 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-

## 6. 시험 결과 요약

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과						
절연내력	시료의 전원선 일괄 부분과 온박으로 쌓여진 외과 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 3 000 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜 것						
수중 절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜 것						
수중 절연저항	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각 각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100MΩ 이상일 것	18.9 × 10 <sup>6</sup> MΩ						
소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>소비전력 [kW]</th> <th>소비전류 [A]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>2.98</td> <td>13.57</td> </tr> </tbody> </table>	구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]	#1	2.98	13.57
구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]							
#1	2.98	13.57							
누설전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA 이하일 것	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th colspan="2">결과 [μA]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>13.36</td> <td>13.55</td> </tr> </tbody> </table>	구분	결과 [μA]		#1	13.36	13.55
구분	결과 [μA]								
#1	13.36	13.55							

# 시험결과

성적서 번호 : T2019-

## 7. 시험에 사용된 장비

장비명	장비번호	모델명 (제조사)
내전압시험기	2557	T055051A (Kikusui)
Insulation Resistance Tester	1460	SM8220 (TOA)
Digital Power Analyzer	1969	WT3000 (Yokogawa)
AC Power source	1971	61505 (Chroma ATE Inc)
Leakage Current Tester	2585	ST5540 (Hioki)
Digital Multimeter	2575-02	87 (Fluke)

## 8. 비고

- 진행된 시험은 특별한 언급이 없는 한 IEC 60068-1에 따른 다음의 대기 조건에서 실시됨.

- (1) 온도 :  $(25 \pm 10)$  °C
- (2) 상대습도 :  $(50 \pm 25)$  % R.H.

## 시험결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
1. 절연내력	시료의 전원선 일괄부분과 은박으로 쌓여진 외곽 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 3000V를 인가하여 시험. -Cut Off Current 설정: 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딤
2. 수중절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 1500V를 인가하여 시험. -Cut Off Current 설정: 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딤
3. 수중절연저항	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물사이에 각각 전극을 연결한 후 DC 500 V를 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100 MΩ 이상일 것	18.9 x 10 <sup>6</sup> MΩ
4. 소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 사료에 정격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값	소 비 전 력:2.9771KW 소 비 전 류:13.5717A
5. 누설전류	수중에 담겨져 있는 사료에 정격전원을 인가한 후 전원과 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA이하일 것	13.36 μA 13.55 μA

## 시험장비

장비명	장비번호	모델명(제조사)
내전압측정기	2577	TOS5051A (KIKUSUI)
Insulation Resistance Tester	1460	SM8220 (TOA)
Digital Power Analyser	1969	WT3000 (YOKOKAWA)
AC Power Source	1971	61505 (CHROMA ATE INC)
Digital Current Tester	2585	ST5540 (HIOKI)
Digital Multimeter	2575-02	87 (FLUKE)

## -내구성시험결과

세라믹히터(3KW)의 사용수명을 분석하기 위하여 가속수명시험을 수행하였다. 시험조건은 히터 ON-OFF Tester M/C에 시험품을 장착하여 가속인자(230V, 250V, 270V)에서 전압을 3분 ON, 1분 Off를 1Cycle로 하여 10,000Cycle을 시험하였다. 각 시험시료수는 5ea로 하며, 고장판정은 알루미나히터의 단선, 단락, 파손상태를 확인하였다. 시험결과는 다음과 같다

# 결과보고서

---

성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 7 )(주)아프로R&D  
www.apro.re.kr

1. 개요

본 시험은 ㈜준인피니티에서 개발한 "알루미나 히터"에 대하여 의뢰자 요구에 대한 성능시험이다.

2. 제품 정보

2.1. 제품 제조사

기관명 : ㈜준인피니티  
제품명 : 알루미나 히터(Alumina Ceramic Heater)  
모델명 : N/A

2.2. 제품 사진



알루미나 히터

---

APRO-QP-24-02

Figure 136. Apro R & D Company durability test results

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 3. 시험조건 및 결과

### 3.1. 수명시험

시험 항목	수명시험		
고객명	쑤존인피니티	시험 목적	연구결과 제출용
품명	알루미나 히터	시험자	우창준 (82-2-2108-1119)
모델명	N/A	시험 날짜	2019. 09. 24. ~ 2019. 12. 03.
시험 사항	고객단 요청 사항	페이지	4
시험 결과	시험결과 참조		

1) 이 시험은 고객이 요청한 Sample에 의해 시험이 진행되며, 고객요청 사항에 의거하여 규정된 시험 및 시험을 진행한다.

### 2) 시험 사진



APRO-QP-24-02

Figure 137. Apro R & D Company durability test results

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 5 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

### 3) 시험 조건

- 히터 ON/OFF Tester M/C에 시험품을 장착하여 가속인자(230V, 250V, 270V)에서 전압을 3분 ON, 1분 OFF를 1 Cycle로 하여 10,000Cycle을 시험한다. 각 시험시료는 5EA로 하며 알루미늄 히터의 단선, 단락, 파손 상태를 확인한다.

### 4) 시험 사진



### 5) 평가 항목

시험 시료	검사 항목	Remark
알루미늄 히터	수명 시험	판정기준: 단선, 단락, 파손
		파손 시 Cycle 을 체크하여 가속인자별 수명 확인
		분포함수: Weibull 분포
		가속변수와의 관계: Arrhenius
		회귀분석표

APRO-QP-24-02

Figure 138. Apro R & D Company durability test results

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 6 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 6) 시험 결과

### (1) 가속수명시험 측정 Data

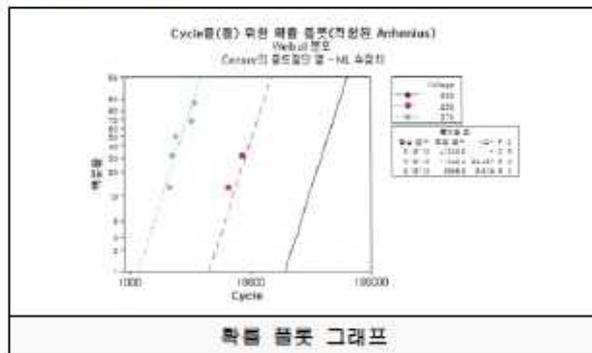
Sample No.	가속변수(인가전압)		
	230V	250V	270V
알루미늄 히터 1	10,000 Cycle	10,000 Cycle	2,400 Cycle
알루미늄 히터 2	10,000 Cycle	8,500 Cycle	2,100 Cycle
알루미늄 히터 3	10,000 Cycle	9,500 Cycle	2,200 Cycle
알루미늄 히터 4	10,000 Cycle	10,000 Cycle	3,400 Cycle
알루미늄 히터 5	10,000 Cycle	6,500 Cycle	3,200 Cycle

### (2) 회귀분석표

예측 변수	계수	표준오차	Z	P	95.0% 정규 Ci	
					하한	상한
질면	-27.2959	4.70641	-5.80	0.000	-36.5203	-18.0716
Voltage	1.65021	0.217793	7.58	0.000	1.22334	2.07708
형상모수	5.12112	1.59189			2.78464	9.41803

\*로그 우도 = -59.214

### (3) Cycle을 위한 확률 플롯(백분율)



APRO-QP-24-02

Figure 139. Apro R & D Company durability test results

# 결과 보고서



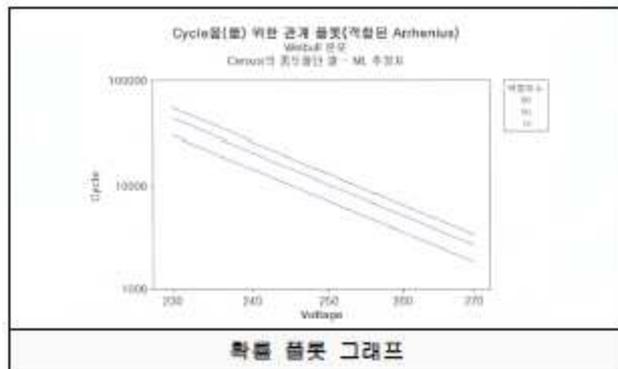
성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 7 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## (4) 백분위 표

백분율	Voltage	백분위수	표준 오차	95.0% 정규 Ci	
				하한	상한
90	220	120446.00	53902.800	50102.40	289553.0
90	230	55669.90	19376.900	28141.40	110128.0
90	250	12993.20	2189.800	9338.10	18078.9
90	270	3375.56	307.390	2823.79	4035.15

## (5) Cycle을 위한 확률 플롯(Cycle-Voltage)



## (6) 가속수명

Voltage(V)	Cycles	수명(시간)
220	120446.00	8029.7
230	55669.90	3711.3
250	12993.20	866.2
270	3375.56	225.0

- 끝 -

APRO-QP-24-02

Figure 140. Apro R & D Company durability test results

가속시험 결과

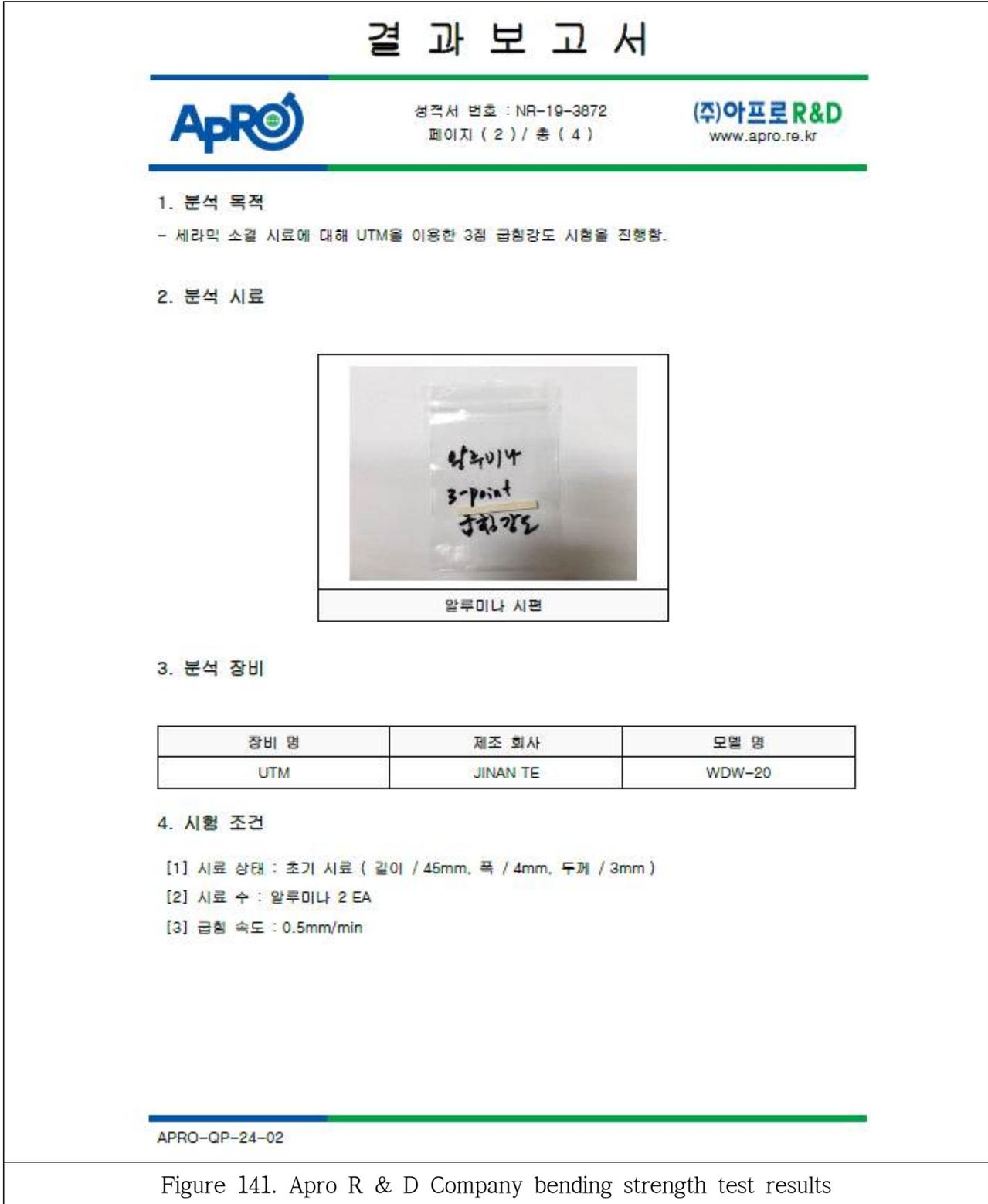
Table 30. Accelerated Life Test Results

Voltage(V)	Cycles	수명(시간)
220	120446.00	8029.7
230	55669.90	3711.3
250	12993.20	866.2
270	3375.56	225.0

상기 가속시험 결과에서 220V 인가시 사용수명은 120,446 Cycle, 8029.7 시간으로 분석 되었다

-굽힘강도 (Flexural Strength) 시험

굽힘강도시험은 UTM(Universal Testing Machine)장비를 이용하여 3-point Bending Strength 시험을 하기와 같이 시험하였다. Loading Speed는 2 mm/sec로 측정하였다



# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-3872  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 4 )

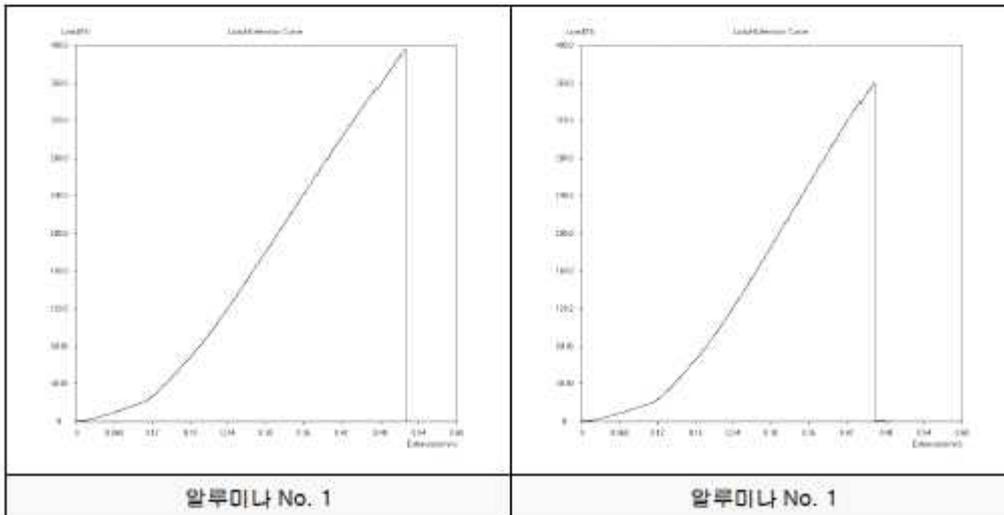
(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 5. 시험 사진



## 6. 시험 결과

The Picture of result :



APRO-QP-24-02

Figure 142. Apro R & D Company bending strength test results

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-3872  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 4 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

[표 1] 3 Point 굽힘 강도 시험 결과

Sample	하중(N)	표점거리(mm)	폭(mm)	두께(mm)	굽힘 강도(Mpa)
알루미나 #1	396.35	30	4	3.02	488.90
알루미나 #2	360.54	30	4	3.06	433.17
평균					461.04

- 끝 -

APRO-QP-24-02

Figure 143. Apro R & D Company bending strength test results

시험결과는 굽힘강도(Bending Strength) 평균값은 461.04MPa)fh 측정되었다.

-밀도(Density) 시험 결과

밀도 시험방법은 아르키메데스법으로 측정하였으며, 밀도(Density) 측정값은 3.610 g/cm<sup>3</sup>이었다

## 시험 성적서

한국기술교육대학교 산학협력단 충남 천안시 동남구 송절로 1600 Tel : 041-580-4890 Fax : 041-580-4981	성적서번호: G2019-09870 페이지( 1 )/(총 1 )	
---	---------------------------------------	---

1. 의뢰자
  - 기관명: ㈜ 존인퍼니터
  - 주소: 경기도 평택시 서탄면 수월암3길 70(1107-1, 1107-2)
2. 시험대상품목/물질/시료 설명  
알루미늄나 소결체
3. 시험기간  
2019. 12. 26. (1일)
4. 시험방법  
아르키메데스법 밀도 측정
5. 시험결과

샘플명	Density (g/cm <sup>3</sup> )	기타
알루미늄나 소결체	3.610	-

이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.  
 성적서 권위확인용 (전화) 041-580-4880, (이메일) emtc@koreatech.ac.kr로 연락주시길 바랍니다.

확 인	작성자 성명: 박용현	기술책임자 성명: 권수경
--------	----------------	------------------

2019. 12. 27.

### 한국기술교육대학교 공용장비센터 (인)



Figure 144. .Density test results of Korea University of Technology and Education

## 밀도 측정 결과

---

No.	Name.	1st (g/cm <sup>3</sup> )	2nd (g/cm <sup>3</sup> )	3rd (g/cm <sup>3</sup> )	4th (g/cm <sup>3</sup> )	5th (g/cm <sup>3</sup> )	mean (g/cm <sup>3</sup> )
1	존인피니 터	3.611	3.609	3.609	3.610	3.610	<b>3.610</b>

상기 시험성적서의 밀도 값은 시료 5 ea의 측정값을 평균한 밀도 값을 나타내고 있다.

## -누설전류(Leak Current) 시험 결과

누설전류 측정은 수중에 세라믹히터를 담구어 정격전운을 인가한후 전원의 극과 물사이에서 누설전류를 측정한다. 인가전압은 220V, 시료종류는 3KW, 4Kw 2종류를 측정하였다.

# 결 과 보 고 서

---

성격서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 6 )(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

**1. 개요**  
이 시험은 고객이 요청한 Sample로 진행되며, 고객요청 규격에 의거하여 시험을 진행한다.

**2. 제품 정보**

**2.1. 제품 제조사**  
기관명 : (주) 존인피니티  
제품명 : 세라믹히터  
모델명 : -

**2.2. 제품 사진**



<3 KW>



<4 KW>

[세라믹히터]

---

APRO-QP-24-02

Figure 145. Apro R & D company leakage current test results

# 결과 보고서



성격서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 3. 시험조건 및 결과

### 3.1. 내전압 평가

시험 항목	내전압 평가		
고객 명	(주) 존인피니티	시험 목적	품질관리 용
품 명	세라믹히터	시험 자	우 창 준 (82-2-2108-1119)
시험 규격	고객사 요청 규격	페이지	3
시험 결과	시험결과 참조		

1) 이 시험은 고객이 요청한 Sample에 의해 시험이 진행되며, 고객요청 규격에 의거하여 규정된 시편 및 시험을 진행한다.

### 2) 시험 사진



APRO-QP-24-02

Figure 146. Apro R & D company leakage current test results

# 결과 보고서



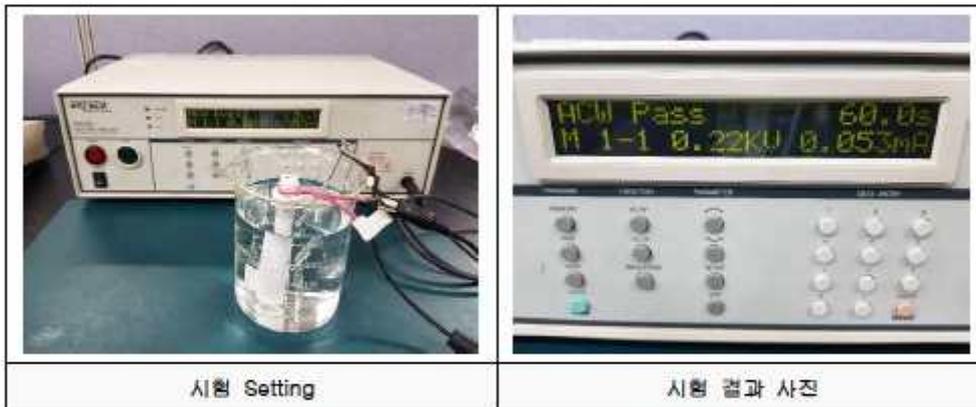
영격서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 5 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

### 3) 시험 조건

- 수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류를 측정함
- 인가 전압 : 220 V
- 시험 시료 : 3 W 1 EA , 4 W 1 EA

### 4) 시험 사진



시험 Setting

시험 결과 사진

### 5) 시험 장비

장비 명	제조사	모델 명	교정 일자
내전압시험기	EXTECH / USA	7410	2019. 04. 08

### 6) 평가 항목

시험 시료	검사 항목	Remark
세라믹히터	누설전류 측정	3 mA 이하일 것.

APRO-QP-24-02

Figure 147. Apro R & D company leakage current test results

# 결과 보고서



성격서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 6 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 7) 시험 결과

The Table of result :

시험 시료	NO.	누설전류 (mA)	시험 결과
세라믹히터	3 W	0.059	PASS
	4 W	0.053	PASS

- 끝 -

APRO-QP-24-02

Figure 148. Apro R & D company leakage current test results

측정결과 3KW 세라믹히터의 누설전류 0.059 mA, 4KW 세라믹히터는 0.053 mA로 측정되었다.

-경도(Vicker' s Hardness)시험 결과

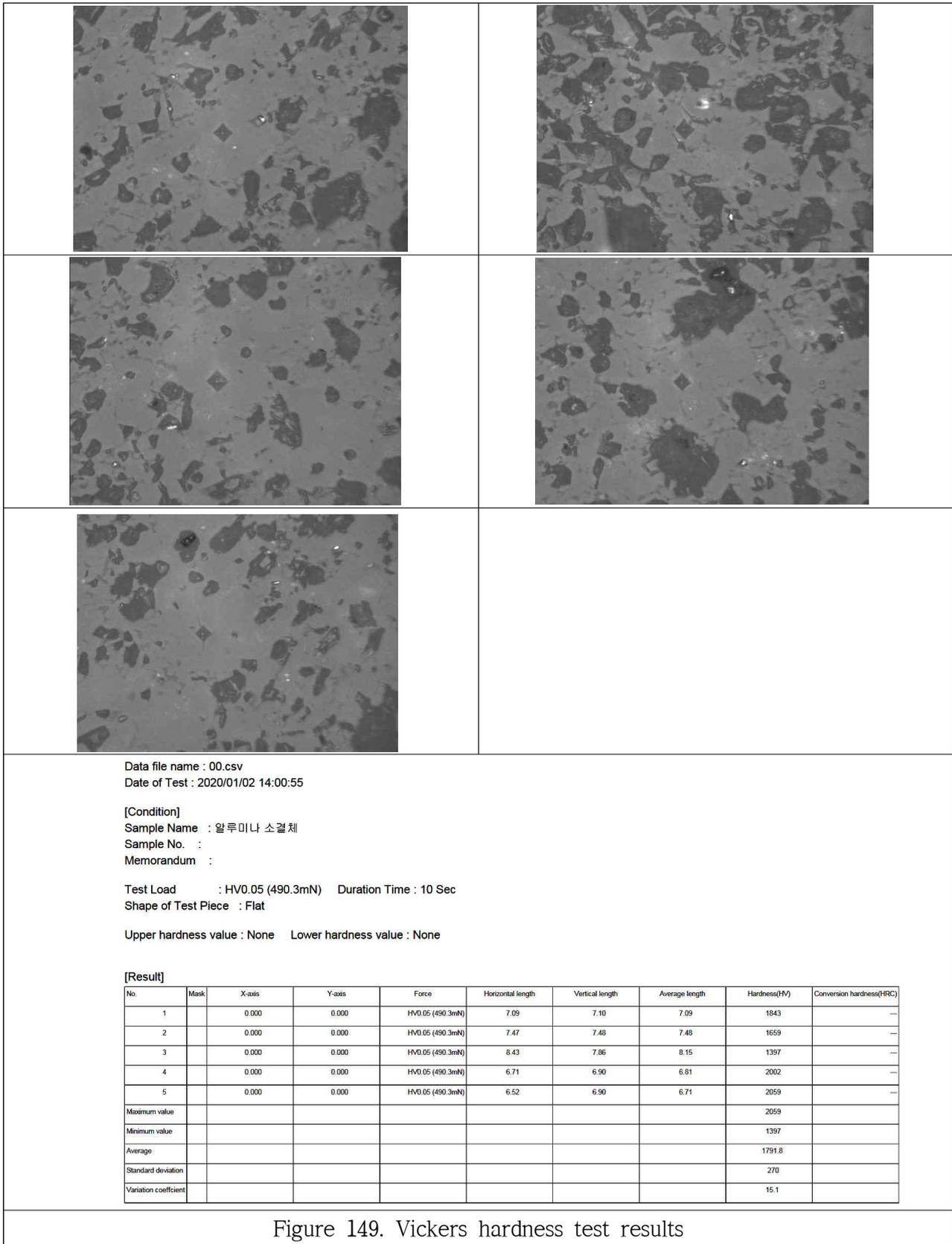


Figure 149. Vickers hardness test results

경도(Vickers Hardness) 시험결과

측정조건: Test Load: HV0.05 (490.3mN), Duration Time: 10 sec

$d_1$	$d_2$	$d_{aver.}$	Hardness(HV)
7.09	7.10	7.09	1843
7.47	7.48	7.48	1659
8.43	7.86	8.15	1397
6.71	6.90	6.81	2002
6.52	6.90	6.71	2059
Max. Value			2059
Min. Value			1397
Average Value			1791.8

-상기 측정결과에서와 같이 비커스 경도 측정경과 5회 평균값은 1791.8fh 측정되었다.

○ 농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 시스템 성능평가

농업용 전기보일러 개발제품의 농업기술실용화재단(전북익산소재)에서 정격난방능력 시험을 하기 그림과 같이 실시하였다.

시험내용은 다음과 같다.

Table 31. Rated Heating Performance Test Results for Agricultural Boiler Foundation

기종명	형식명	시험항목	규격 (정격난방능력)	검정번호
전기보일러	ZI-AEB-001	난방성능	192270 kj/h (45920 kcal/h)	19-FACTMP-251
	ZI-ABE-002		41720 kj/h (9960 kcal/h)	19-FACTMP-252
	ZI-ABE-003		36890 kj/h (8810 kcal/h)	19-FACTMP-253

전북 익산소재 농업기술실용화재단 센터에 당사가 개발한 농업용 전기보일러를 운송 입고하여 하기 사진과 같이 난방성능시험을 하였다.

형식명 ZI-AEB-001모델은 60 KW 세라믹히터를 장착한 보일러로 시험조건은 급수량 1.95 m<sup>3</sup>/h, 입구 물온도 48.1℃, 출구 물온도 71.7℃에 도달 할 때까지의 난방능력, 전체평균소비전력, 에너지이용효율을 측정하였다.

측정결과는 다음과 같다.

형식명	난방능력	소비전력	에너지이용효율	비고
ZI-AEB-001	192275 kj/h (45920 kcal/h)	55.4 kwh	96.5 %	세라믹히터 60KW(71.7℃)

형식명 ZI-AEB-002모델은 15 KW 세라믹히터를 장착한 보일러로 시험조건은 급수량 1.08 m<sup>3</sup>/h, 입구 물온도 47.6 ℃, 출구 물온도 56.8 ℃에 도달 할 때까지의 난방능력, 전체평균소비전력, 에너지이용효율을 측정하였다.

측정결과는 다음과 같다.

형식명	난방능력	소비전력	에너지이용효율	비고
ZI-AEB-002	41720 kj/h (9960 kcal/h)	14.0 kwh	82.9 %	세라믹히터 15KW(56.8 ℃)
	-	12.1 kw/h	-	13

형식명 ZI-AEB-003모델은 13 KW 시즈 히터를 장착한 보일러로 시험조건은 급수량 1.10 m<sup>3</sup>/h, 입구 물온도 47.9 °C, 출구 물온도 55.9 °C에 도달 할 때까지의 난방능력, 전체평균소비전력, 에너지이용효율을 측정하였다.

측정결과는 다음과 같다.

형식명	난방능력	소비전력	에너지이용효율	비고
ZI-AEB-003	36890 kj/h (8810 kcal/h)	13.3 kwh	77.3 %	시즈히터 13KW (55.9 °C)

### 연구개발 목표

평가 항목		최종목표	달성치	달성도(%)
농업용 전기보일러	전기소비전력	60 KW 이하	60 KW	100
	에너지 절감	50 % 절감	50 %	100
	열량	270,000 Cal/60KW	45920 kcal/h / 60 KW	> 100

### 승온속도에 따른 소비전력 변화

하기 그림과 같이 승온속도 변화에 따른 소비전력 측정결과는 다음과 같다.

Table 32. Power Consumption by Temperature Rate

항목	물 온도		
	57 °C	70 °C	80 °C
세라믹 히터 장착	12.1 kwh	55.4 kwh	88.7kwh
시즈 히터장착	13.3 kwh	72.57 kwh	177.8 kwh
에너지 절감	9.0 %	31 %	50 %

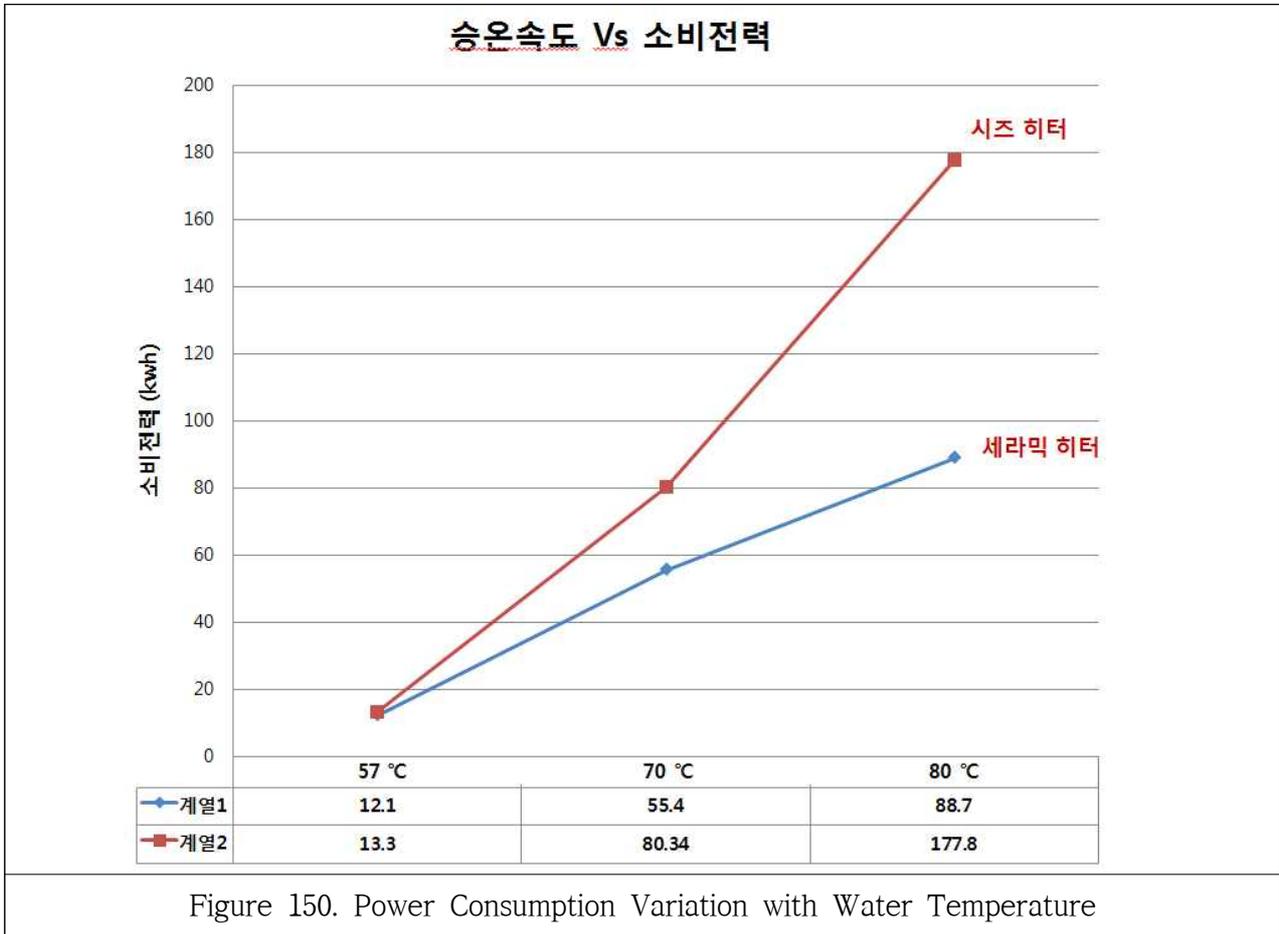


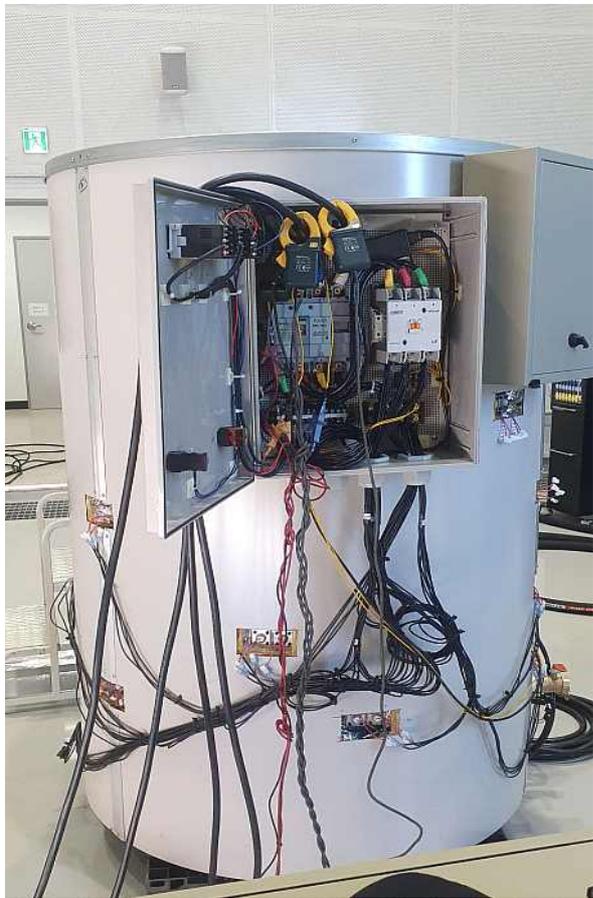
Figure 150. Power Consumption Variation with Water Temperature

상기 그림 150.과 같이 물온도를 높아 질수록 소비전력은 시즈히터, 세라믹히터 모두 증가하는 경향이며, 시즈히터와 세라믹히터 장착시 소비전력 비교분석한 결과 세라믹히터 장착한 보일러의 성능이 물 57℃ 9%, 70 °C 31 %, 80 °C 50% 소비전력이 절감되는 것으로 분석되고 있다.

### -60KW 농업용 보일러 성능시험 (세라믹 히터 장착)

60KW 세라믹히터 장착한 보일러의 난방성능을 농업기술실용화재단에서 시험하는 사진을 하기 그림 151.에 나타내었다.





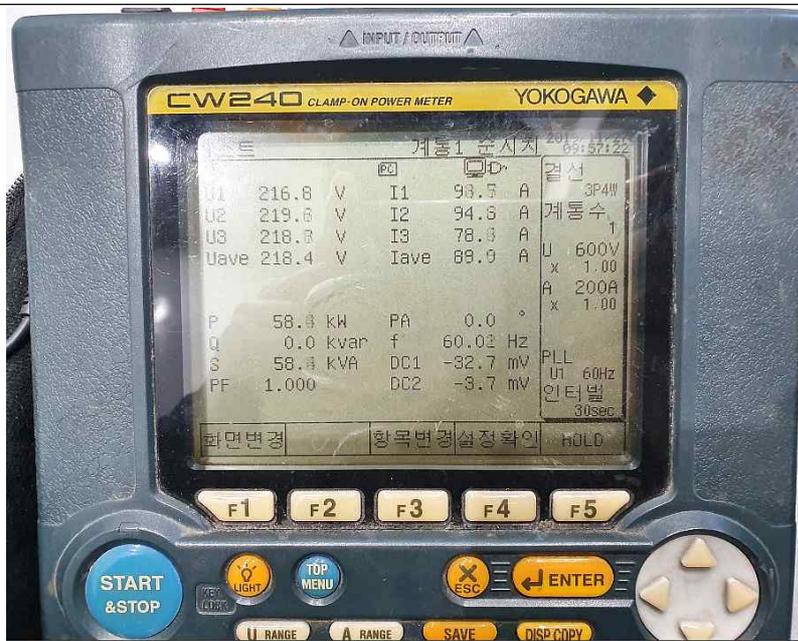


Figure 151. Agricultural Boiler Foundation Agricultural Boiler Test Results

### -15KW 농업용 보일러 성능시험 (세라믹히터 장착)

15kW 세라믹히터를 장착한 보일러의 난방성능을 농업기술실용화재단에서 시험한 사진으로 하기 그림 152.와 같다



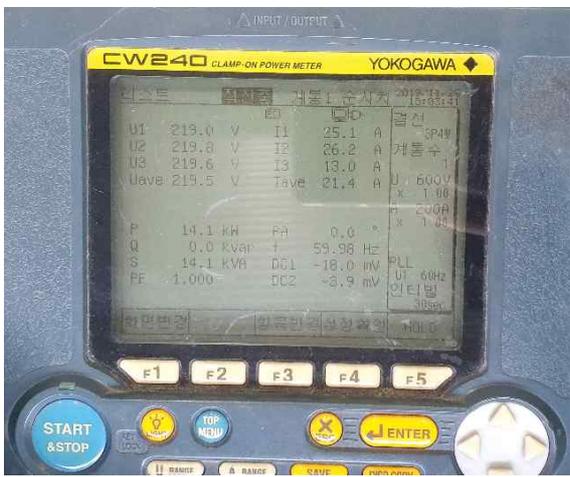


Figure 152. Agricultural Boiler Foundation Agricultural Boiler Test Results

-13KW 시스히터 장착 보일러 성능시험

13 kw 시스히터를 장착한 보일러의 난방성능을 시험하는 사진으로 하기 그림 153.과 같다



Figure 153. Agricultural Boiler Foundation Agricultural Boiler Test Results

## 10. 실증적용을 통한 식물재배 및 에너지절약 효과 입증

전술의 제조공정으로 제조한 농업용 전기보일러를 실제로 충남 금산소재 농가의 그린하우스에 설치하여 깻잎 작물재배시험을 실증적으로 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 본 실증연구에서 중점적으로 연구한 내용은 다음과 같다.

- 겨울철 그린하우스 실내온도 상승 및 유지 효과 검증
- 겨울철 그린하우스 작물재배에 따른 식물성장 효과 검증
- 그린하우스 에너지절감 효과 검증

### 10-1) 연구개발 수행내용 및 목표달성도

가. 핵심 및 세부연구수행 결과

#### (1) 연구 수행 방법

충남 금산에 위치한 깻잎 재배 농가를 대상으로 농업용 전기보일러 실증 시험을 수행하였다. 시험 품종은 ‘입들개 깻잎’ 이었고, 식재 시기는 01월 20일 깻잎 모종을 식재 하였다. 시험 조사는 농업용 전기보일러 가동 후 실시간 Data Logger를 이용하여 온실 내부 온도를 측정하였으며, 깻잎의 생육을 조사하였다.

- 환경 조사 : 온도를 10분 단위로 측정하여 주야간으로 구분한 후 일평균 값으로 측정하였다.
- 생육 조사 : 깻잎의 성정 발육상태를 육안으로 조사하였으며, 농장의 종래의 난방장치를 사용했을 시의 생육상태를 대조구로 개발 난방장치를 설치했을 때의 생육상태를 처리구로 하여 비교하여 식물성장 효과를 검증하였다.
- 에너지 절감 : 에너지 절감효과는 적산전력계를 설치하여, 개발 난방장치를 일정기간 가동 하여 누적 전력량을 측정하였다. 종래의 시즈히터 장착 난방장치의 소비전력과 비교 검토하여 에너지 절감액을 산출하였다.

#### (2) 연구 결과

농업용 전기보일러를 하우스내부에 설치하여 깻잎을 식재하여 보일러를 가동하여 내부 온도상승효과와 에너지절감효과, 작물 생육상태를 조사하였다.

금산소재 비닐하우스 시설 농가전경은 그림 과 같다. 그림 155.은 종래의 비닐하우스 천장에 매달린 공기 가열형 난방장치(6KW/set)를 3대를 장착한 하우스 135평의 하우스 내부 사진이다

-충남 금산소재 농장 그린하우스 시설농가 전경



Figure 154. Geumsan Farmhouse House Facilities



-상기 그림 155.은 종래의 하우스 천장에 설치된 공기 가열형 난방장치(6kw/set)이며, 120평 하우스에 3대가 설치되어 있다.

-본 실증시험에서 에너지절감효과 산출을 위한 대조구로 120평 하우스의 난방시의 누적소비전력량을 측정하여 본 개발 농업용 전기보일러와 대비 전기에너지 절감효과를 상대비교하였다.

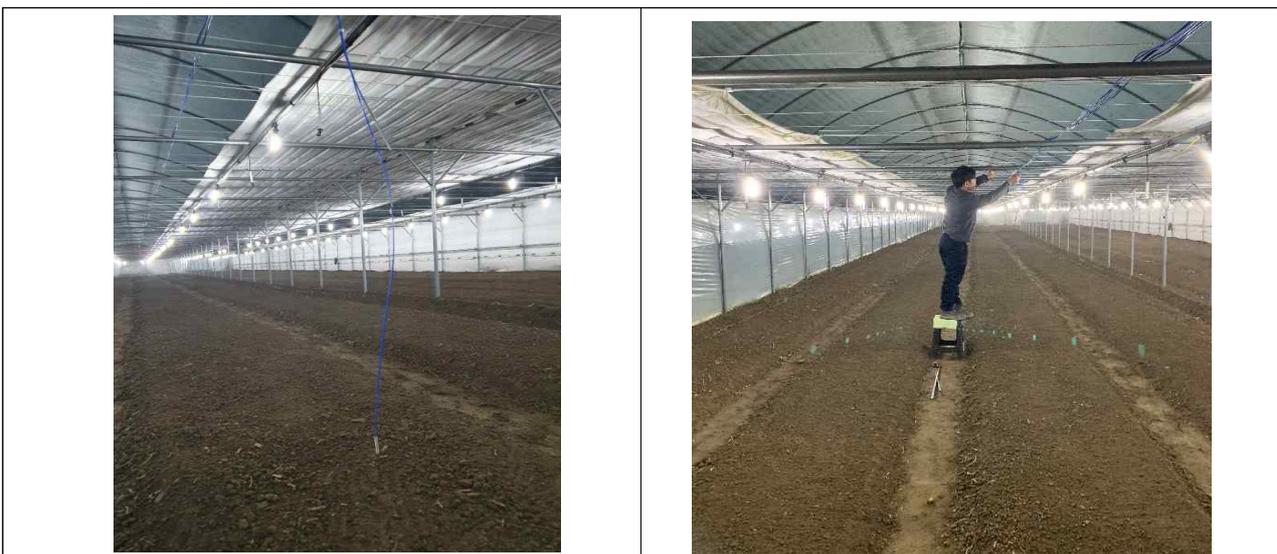
- 작물 식재 작업(2020년 01월 08일)



Figure 156. Sesame Leaf Plant Preparation Photo

상기 그림 156.은 하우스 내부에 깻잎을 식재하기 위한 정지작업과 농업용 전기보일러 설치 작업사진으로, 전북대학교 박\*\* 교수님의 현장 기술지도를 받아 하우스 내부의 온도구배를 측정하기위한 온도센서 설치 작업을 하였다.

- 하우스 온도구배 측정용 온도센서 설치작업 (2020년 01월 10일)



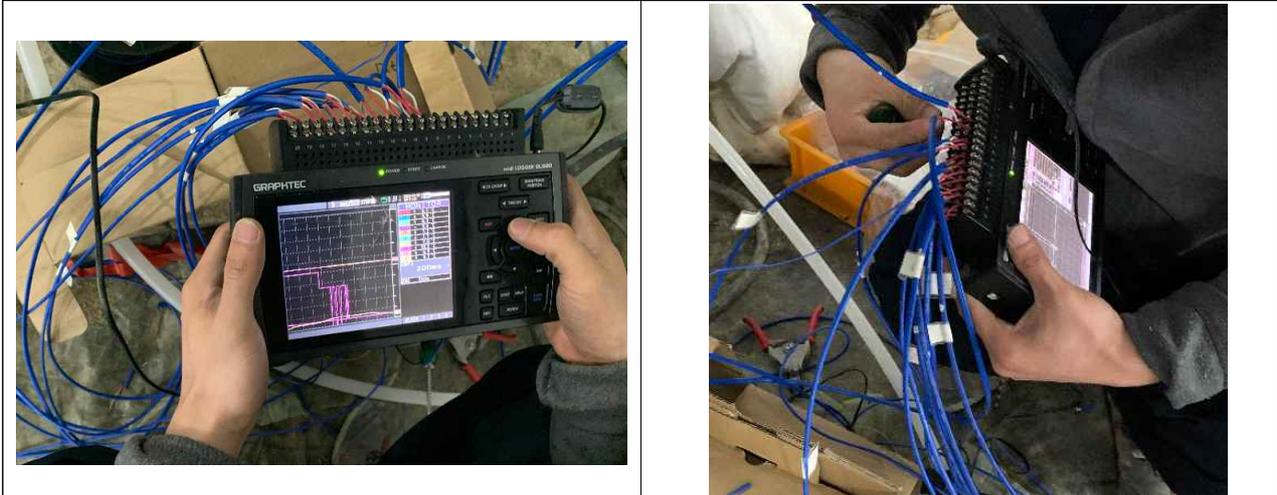


Figure 157. Sesame Leaf Plant Preparation Photo

상기 그림 157.은 하우스 내부에 온도센서를 설치하여, Data Logger에 연결하는 사진으로 하우스 내부 난방 성능을 측정하였다

- 작물 식재 작업(2020년 01월 20일)

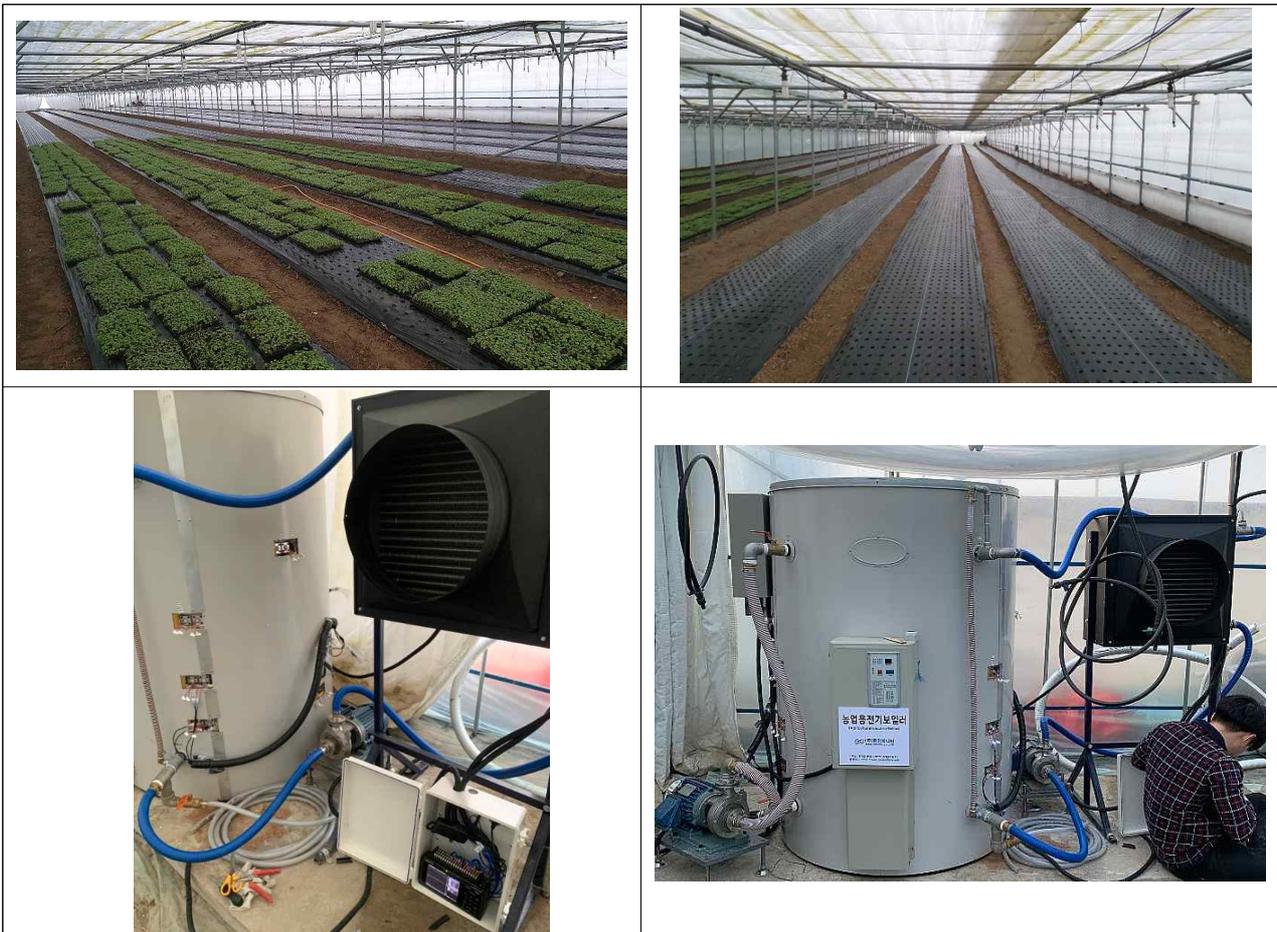




Figure 158. Seedlings and Planting of Sesame Leaf Crops in Greenhouse.

-하우스 내부의 농업용 전기보일러를 설치하여 깻잎을 심어 난방시험을 하는 사진으로 보일러의 온수온도를 50℃로 셋팅시 보일러의 순환수가 48-50℃로 유지되는 상승되는 것을 나타내고 있다.

-또한 처음 보일러 가동시의 전선적력계의 숫자를 5에서 시작하여 전기 누적 사용량을 측정하였으며, 하우스 내부 온도가 균일하게 상승 및 유지 되는 것으로 분석되고 있다.

- 갯잎 작물 성장상태 (2019년 01월 28일)

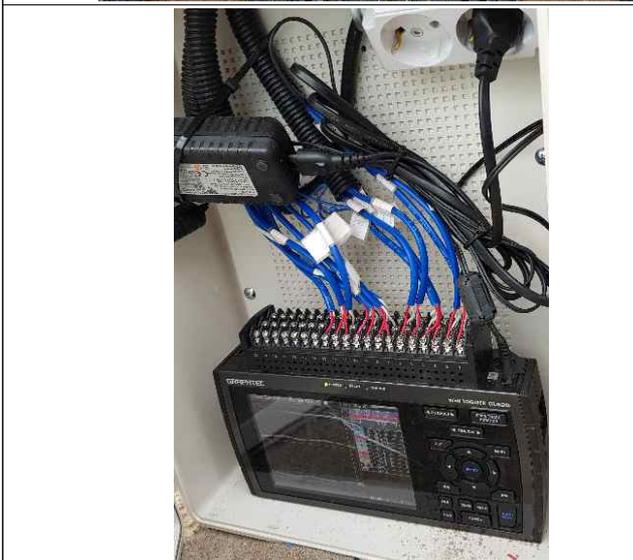




Figure 159. Growth on January 28

-상기 그림 159.는 2020년 01월 20일 식재한 후 01월 28일 8일 경과후의 깻잎 생육상태를 나타내고 있다.

- 깻잎 작물 성장상태 (2019년 02월 11일)



Figure 160. Growth status on February 11

-상기 그림 160.은 2020년 01월 20일 식재한 후 02월 11일 22일 경과후의 깻잎 생육상태를 나타내고 있다.

### -작물성장 효과 검증

전장의 깻잎의 실증시험을 통한 성장효과는 정량적으로 분석하기에는 시간적으로 부족하여, 농가에서 종래의 공기가열형 난방기를 이용한 하우스 깻잎 생산량과 현재 개발 전기보일러를 이용한 수확량을 비교 검증하였다.

분석방법은 농가의 동일 면적의 깻잎 생산량을 종래의 공기가열형 난방기 적용 생산량을 대조구로 하였으며, 전기보일러 적용 생산분을 처리구로 하여 생산량을 비교 분석하였다.

깻잎의 종자는 “입들개 깻잎” 수확량은 하우스 1동당 135평으로 약 50 Box를 수확하고 있으며, 본 개발 전기보일러를 이용하여 시설하우스 2개동의 난방을 하며, 1개동의 면적은 135평(약 448 m<sup>2</sup>)으로 2개동 총면적 270평(896 m<sup>2</sup>)이며, 전기보일러 용량은 36KW로 가동하였다.

금산 농장에서는 종래의 공기가열형(시즈히터 장착) 난방장치의 경우 1동당 50 Box를 수확하였으나, 본 개발 전기보일러의 난방장치 가동하에서는 전술한 깻잎 성장속도가 향상되어 1동당 60 Box를 수확하고 있다.

결과적으로 하기 표 32.와 같이 대조구(공기가열형 난방)의 경우 50 Box/1동 x 2동=100 Box를 생산 하고 있으며, 처리구(직접가열형 전기보일러 난방)는 60 Boxx 2동=120 Box를 생산하고 있다.

깻잎의 중량은 2 kg/Box로 60Box X 2동= 120 Box를 생산하고 있으며, 총무게는 120 Box X 2 kg/Box = 240 kg을 생산하고 있다.

생산한 깻잎은 친환경 농산물로 친환경 단체를 통하여 학교급식, 마트(롯데마트,이마트 등)에 납품되고 있는 실정으로 본 연구로 농가 소득은 금액적으로도 약 20%정도 향상된 것으로 분석되고 있다.

Table 33. Sesame Leaf Production Comparison

항목	대조구	처리구
주간 생산량	50 BOX / 100 kg / 135평/1동	60 BOX / 120 kg / 135 평/1동
수확량 증대효과	100%	120%
금액(납품 평균)	20,000원/Box X 100Box /2동=2,000,000원 /week	20,000원/Box X 120Box /2동=2,400,000원/week

상기 표 32.에서와 같이 대조구에 비하여 처리구의 하우스 생산량이 증가하는 경향으로 나타나고 있다.

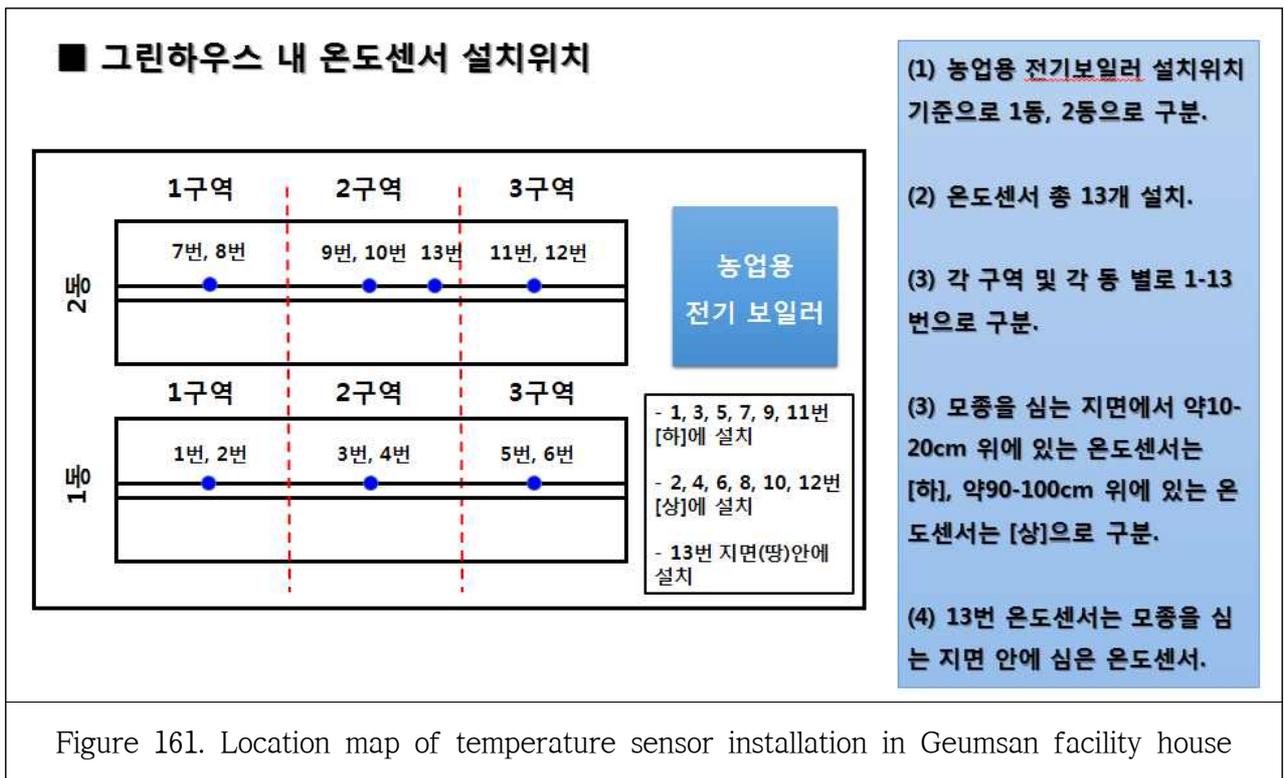
개발 전기보일러 적용 난방 그링하우스의 작물 수확량이 종래의 공기가열형 난방기에 비하여 연구목표치 약 10%이상 수확량 증대효과가 있는 것으로 분석되고 있다.

- 하우스 내부 온도 구배 시험

하우스 내부의 온도센서 설치 위치는 다음 표 34와 같다.

Table 34. Location of temperature sensor inside the house

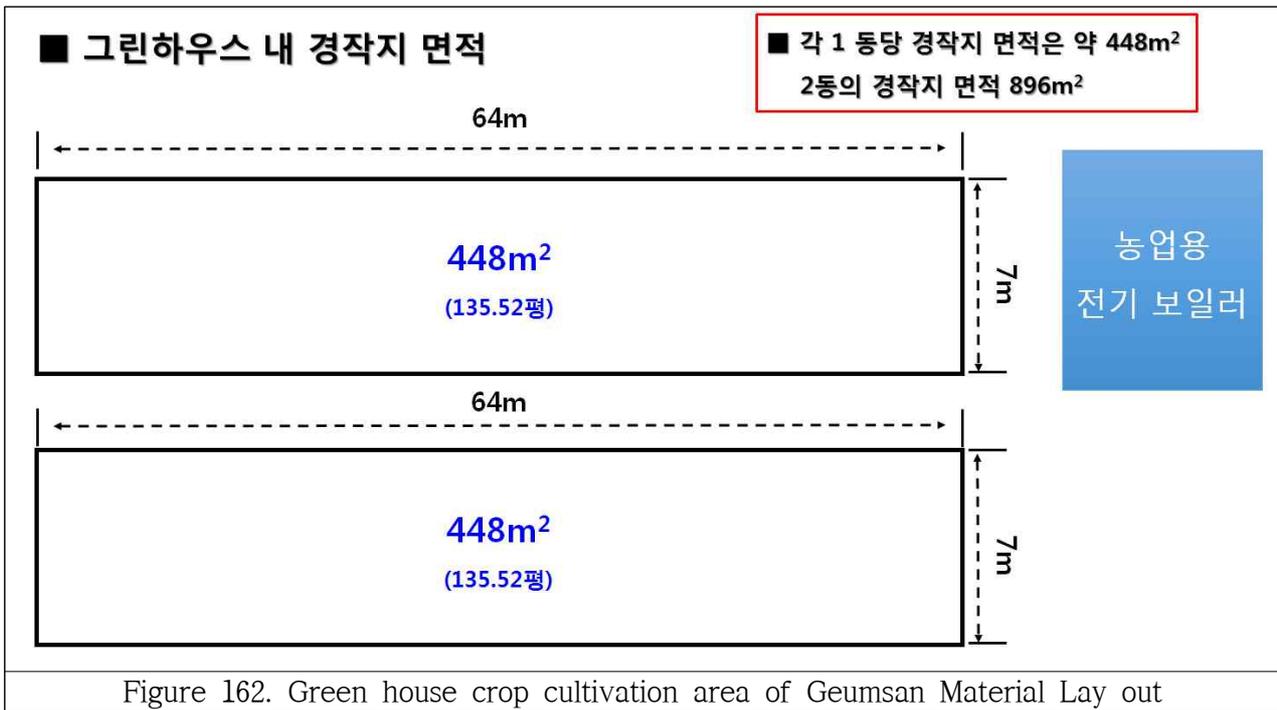
구역	1동	2동	비고
1구역	1번 : 하 2번 : 상	7번 : 하 8번 : 상	(1) 농업용 전기보일러 설치위치 기준으로 1동, 2동으로 구분. (2) 온도센서는 총 13개 설치하였으며 구역 및 동별로 1-13번으로 구분함. (3) 모종을 심는 지면에서 약10-20cm의 위치에 있는 온도센서는 [하], 약90-100cm의 위치에 있는 온도센서는 [상]으로 구분 함. (4) 13번 땅은 온도센서를 모종을 심는 지면에 심은 온도센서임.
2구역	3번 : 하 4번 : 상	9번 : 하 10번 : 상 13번 : 땅	
3구역	5번 : 하 6번 : 상	11번 : 하 12번 : 상	
		농업용 전기보일러 위치	



상기 그림 161.과 같이 하우스 2개동에 13개의 온도센서를 상하로 설치하여 실시간 온를 모니

터링 하였다.

그린하우스 네 경작지 면적은 각 1동당 약 448m<sup>2</sup>으로 2개동의 면적이 896m<sup>2</sup>이다.



상기 그림 162와 같이 그린하우스 내부의 Lay Out로 본 개발 농업용 보일러의 위치와 작물 재배 면적의 도면이다.

총 2개동으로 1개동당 135평(약 448m<sup>2</sup>)으로, 2개동 면적이 270평(896m<sup>2</sup>)의 배치도이다.

하기 그림 163.은 2020년 01월 28일부터 01월 31일 까지 그린하우스 내부 온도를 실시간 측정 한 결과이다. 상기 쌍봉은 주간대의 온도를 나타내고 있으며, 적색 점선 내부의 그래프는 야간대인 18:00-익일 09:00까지의 약 15시간씩 전기보일러가 가동된 그래프이다.

온도센서 13본은 재배지 땅속에 심어놓은 온도센서의 온도를 나타내고 있으며, 하우스 내부온도보다 높게 나타나고 있으며, 특히 야간대에 높게 나타나고 있다. 이는 주간대에는 큰 차이가 없지만 야간대의 지표면 온도가 상승하는 원인은 주간대 태양열에 의한 지표면에 축적된 열이 야간대에 발산되는 영향으로 추정되고 있다.

그림 164, 그림 165, 그림 166..에서 그린하우스 상부, 하부, 지표면 의 온도 편차가 보기 위하여 측정된 Data를 야간시간대 전기보일러 가동시의 그린하우스 내부의 온도구배를 측정한 결과를 분석한 결과이다.

그래프에서번호가 짝수인 온도센서가 상부에 위치하고 있으며, 홀수 번호가 하부에 위치한 온도센서의 온도값이다. 13번 온도센서는 지표면의 온도 값으로 짝수인 상부 위치의 온도가 약 1-2℃ 높게 나타나고 있으며, 홀수인 하부 위치의 온도는 상대적으로 낮게 검출되고 있다. 또

한 지표면의 온도는 하우스 내부온도보다 약 3-4°C 높게 나타나고 있는 경향이다.

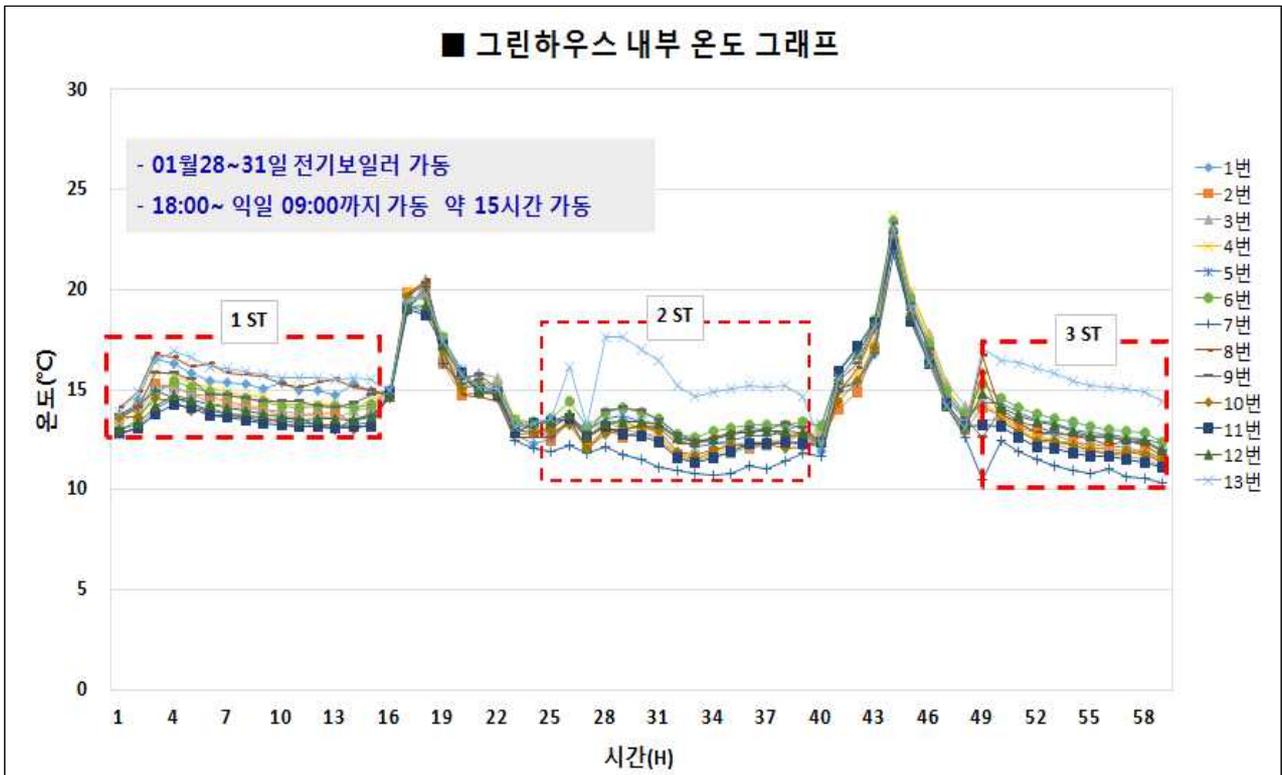


Figure 163. Real-time measurement result of green house temperature (measurement device: Data Logger)

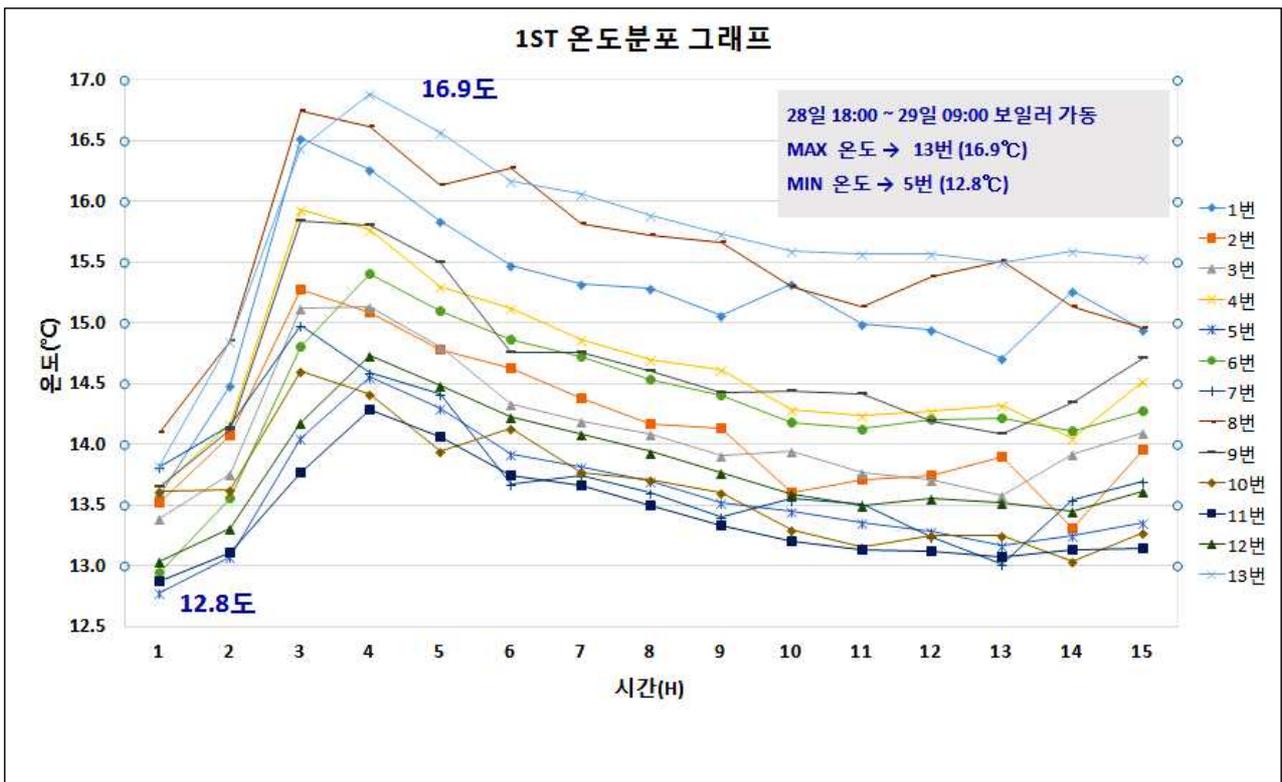


Figure 164. Phase, middle and surface temperature measurement results inside the green house (Measurement equipment: Data Logger)

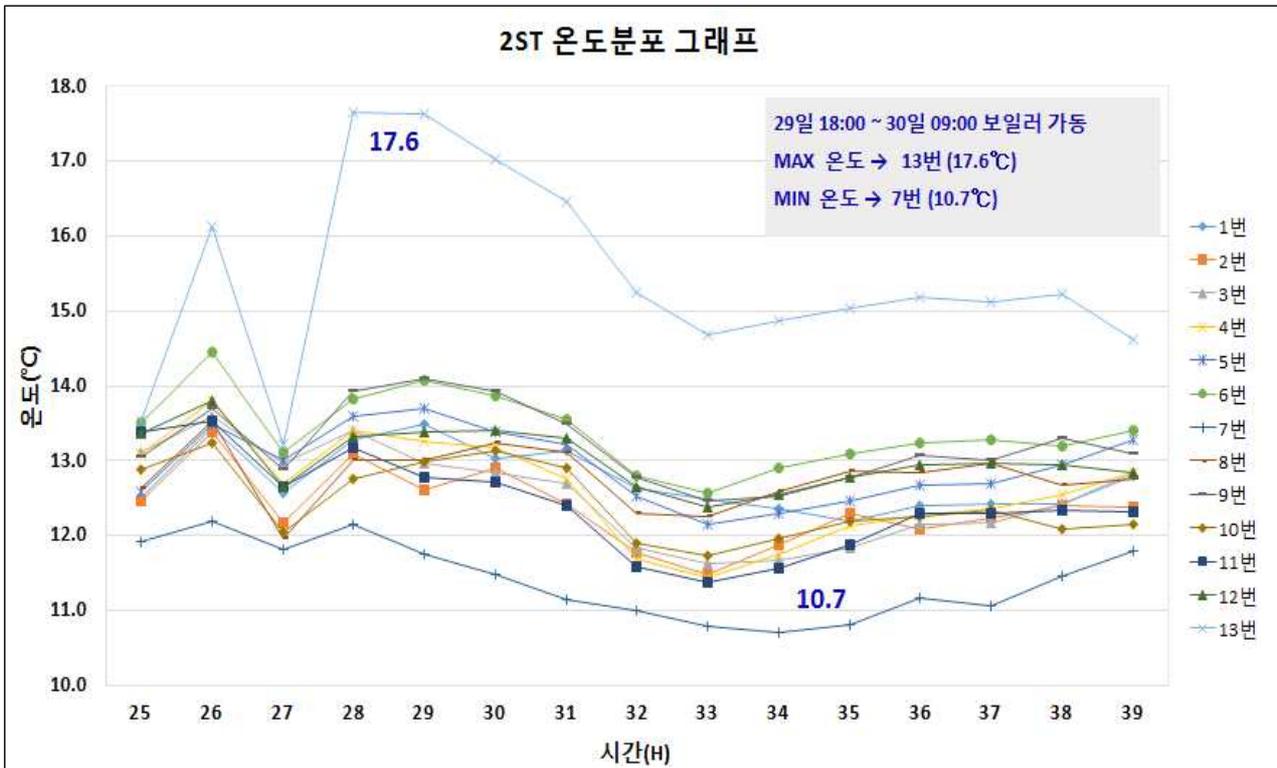


Figure 165. Phase, middle and surface temperature measurement results inside the green house (Measurement equipment: Data Logger)

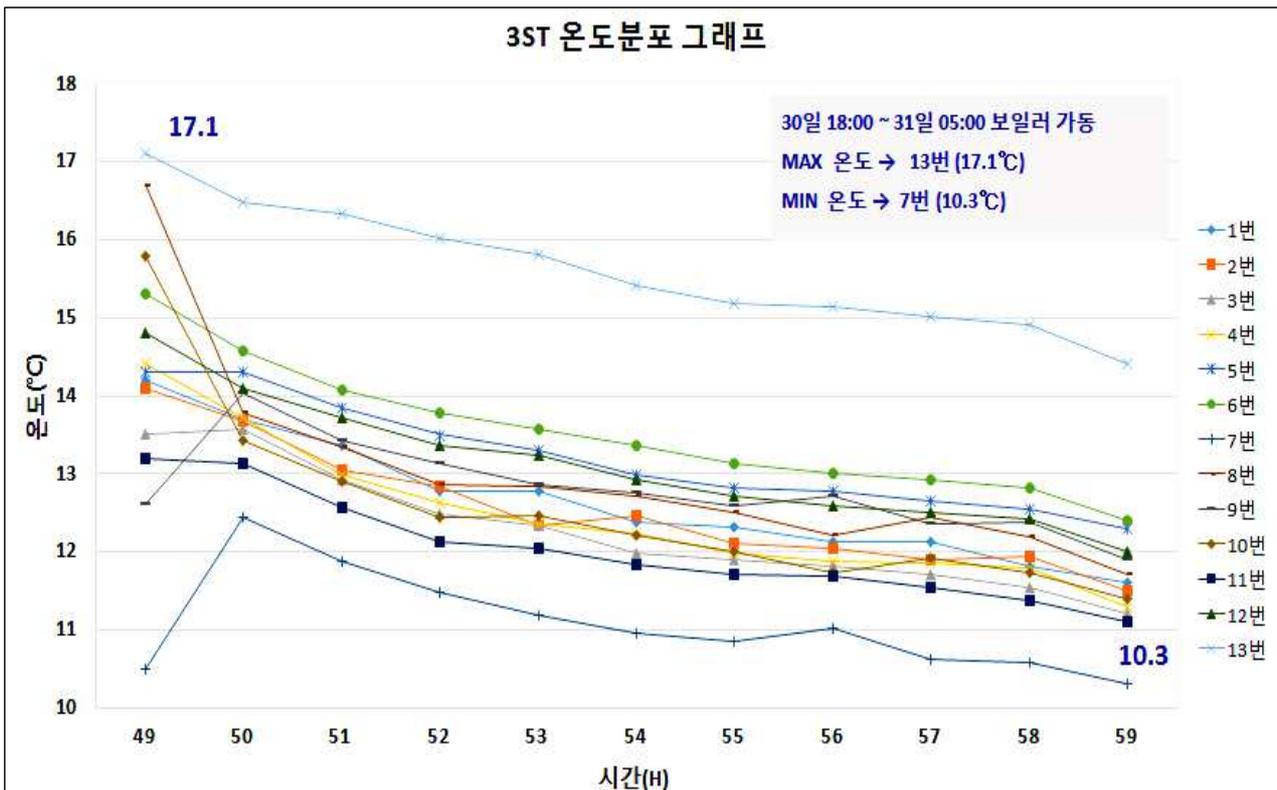


Figure 166. Phase, middle and surface temperature measurement results inside the green house (Measurement equipment: Data Logger)

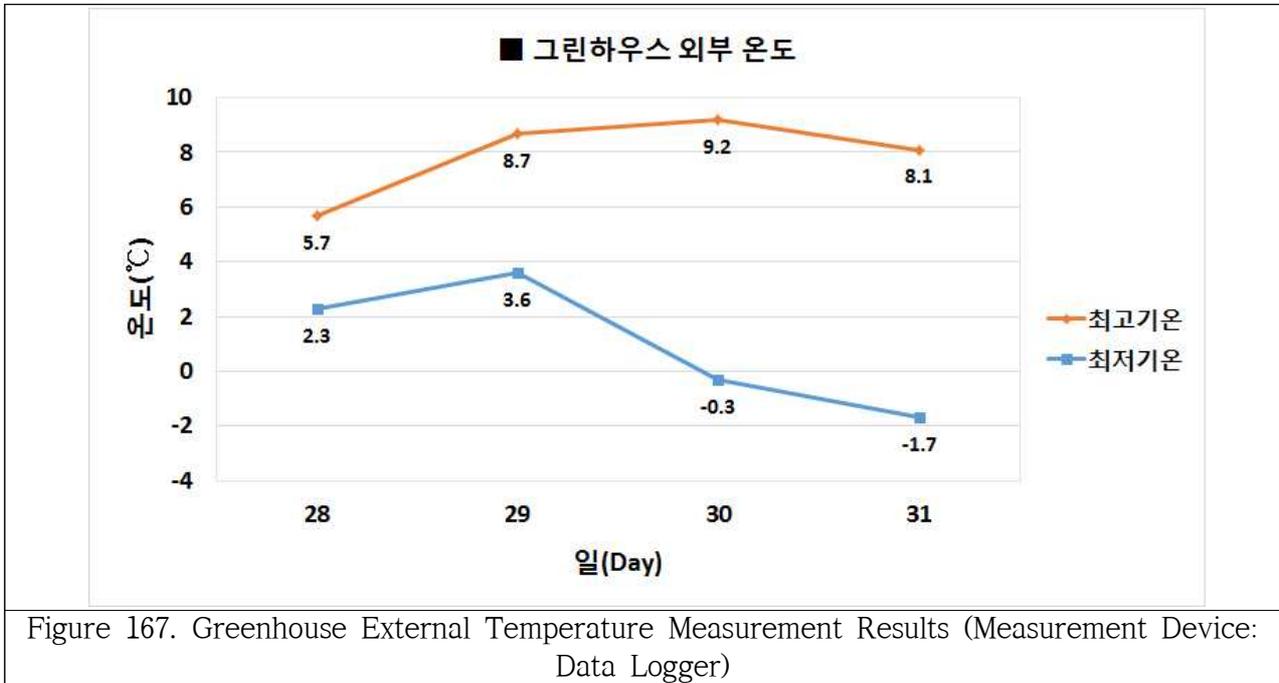


Figure 167. Greenhouse External Temperature Measurement Results (Measurement Device: Data Logger)

상기 그림 167.은 하우스 외부의 최고 온도, 최저온도를 실시간 측정된 온도값을 나타낸 그래프이다. 최고온도값은 주간대의 온도이며, 최저값은 야간대의 하강온도를 나타내고 있다. 충남 금산소재의 그린하우스 외기온도를 나타낸 자료이며, 외기 최저온도가 영하 1.7℃로 2020년 1월 28일-31일까지의 날씨가 예년에 비하여 높았기 때문이다.

갯잎의 하우스 내부 최적 온도가 15℃로 바깥 외기온도는 낮에는 최고 9.2℃, 밤에는 최저 -1.7℃로 나타나고 있다.

본 개발 농업용 전기보일러를 장착한 하우스의 온도상승효과는 다음과 같다.

그림 168.의 그린하우스 내부 Lay Out에서 전기보일러가 일직선으로 온풍을 공급하는 형태로 초기에는 하우스 내부의 송풍이 전기보일러 가까이는 온도가 15℃ 이상으로 관리되고 있으나, 멀어질수록 온도구배가 낮아지는 경향으로 온풍의 흐름이 하우스 끝단부까지 가지 않아 나타나는 현상으로 파악되고 있으며, 이러한 영향으로 그림 163.의 그린하우스 내부 온도그래프에서 X-축의 온도센서가 하우스 끝단부가 낮게 검출되어 그래프 상에서도 기울어지는 경향으로 나타나고 있다.

이러한 온도구배를 없애기 위하여 송풍구의 온풍을 순환하도록 배풍 비닐관을 하우스내부에 끝단부에서 순환되도록 개선하여, 하우스 내부의 온도를 균일화 하도록 개선하였으며, 농가의 전력비를 낮추기 위하여 현재 2개동 270평(896m<sup>2</sup>)을 36 kw전력으로 전기보일러를 가동하고 있다. 보통 270평의 하우스를 120 kw보일러를 현재 가동하고 있었으며, 올해 겨울철 날씨가 작년에 비하여 높은 점을 감안하더라도 농가의 에너지절감 효과는 매우 큰 것으로 평가 받고 있다.



Figure 168. Improved air circulation during green house heating

Table 35. In-house Temperature Rise Effect on Agricultural Boiler Operation

일자	외기온도		하우스 내부온도		온도차이		비고
	주간	야간	주간	야간	주간	야간	
20.20. 01. 28	5.7	2.3	16.9	12.8	△11.2	△10.5	18:00~익일 09:00
20.20. 01. 29	8.7	3.6	20.5	11.5	△11.8	△7.90	
20.20. 01. 30	9.2	-0.3	23.7	10.5	△14.5	△10.8	
20.20. 01. 31	8.1	-1.7	15.2	10.3	△12.1	△12.0	

상기 표 35.에서와 같이 본 개발 농업용 전기보일러 가동시 하우스 내부의 온도 상승효과를 상  
기 결과를 분석한 결과 바깥온도와 하우스 내부 온도차이를 나타내고 있다.

보일러 가동시의 야간대의 하우스 온도상승효과는 약 10℃ 상승되어 깻잎 생육에 적절한 경제  
적인 온도를 설정하여 가동되어 농가의 좋은 평판을 받고 있다.

-에너지 절감 효과 검증



-상기 그림 169.는 농업용 전기보일러의 그린하우스 작물 실증시험시 소비전력량을 종래의 시즈히터 대비 전력량을 비교 분석하였다.

Table 36. Energy saving effect of conventional radiators and developed electric boiler radiators

(측정기간: 2020. 01. 23. - 2020. 02. 11)

항 목	누적 소비전력(KWh)	비용(원)	비고
시즈히터 보일러	6,048	6,048kwh X 47.31원/kwh=286,130원	36 KW x 1 set
개발 보일러	3,981	3,981kwh X 47.31원/kwh=108,341원	6 KW x 3 set
에너지 절감효과	2,067 (51%)	-	-

-상기 표 36.에서 종래의 보일러와 개발보일러의 전기에너지 절감효과를 분석한 결과 본 과제를 통하여 개발한 농업용 전기보일러가 종래의 시즈히터 장착 난방장치에 비하여 51%의 에너지절감효과가 나타나고 있다.

## 제 4 절. 연구실적

2019년도 국내연구논문 발표 (2019년 개최지: 한국/코엑스, 세라믹학회)

<p>1. 논문 제목 (Paper title)</p>	<p>Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper</p>
<p>1. 논문 요약본 (Paper Summary)</p>	<div data-bbox="598 436 1157 929" data-label="Image"> </div> <p>In the active metal bonding method, the effect of the diffusion behavior of the interfacial layer on the bonding strength was investigated. The Ti element in the active metal paste has a great influence on the bonding between the copper plate metal and the silicon nitride ceramics, and the copper metal plate is bonded to the silicon nitride (<math>\text{Si}_3\text{N}_4</math>) substrate by using an Ag-Cu alloy containing Ti, the active metal of the silicon nitride interface, as the brazing material. In the test results of adhesion strength and shear strength, the Ti content increased from 3wt% to 5wt% and decreased at 10wt%. This is because the TiN phase dominates the adhesion strength, but when there are many grain boundary phases composed of a sintering aid, Si dissolved in the grain boundary is diffused through the grain boundary phase and reacts with excess Ti to form Ti silicide (<math>\text{Ti}_5\text{Si}_3</math>). Interfacial separation between <math>\text{Si}_3\text{N}_4</math> / <math>\text{Ti}_5\text{Si}_3</math> occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, which shows a significant decrease in the adhesion strength.</p>
<p>포스터 발표 신청 (Application for poster presentation)</p>	<div data-bbox="446 1422 1404 1848" data-label="Image"> </div>
<p>신청 학회 (Application Society)</p>	<p>한국세라믹학회</p>

**Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper**

In chul, Cho\*, min woo, An, jong min, Kim, kyung tak, Kim  
zoneinfinity co., ltd technical research center\*

**Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper**

**ABSTRACT**

In the active metal bonding method, the effect of the diffusion behavior of the interfacial layer on the bonding strength was investigated. The Ti element in the active metal paste has a great influence on the bonding between the copper plate metal and the silicon nitride ceramics, and the copper metal plate is bonded to the silicon nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) substrate by using an Ag-Cu alloy containing Ti, the active metal of the silicon nitride interface, as the brazing material. In the test results of adhesion strength and shear strength, the Ti content increased from 3wt% to 5wt% and decreased at 10wt%. This is because the TiN phase dominates the adhesion strength, but when there are many grain boundary phases composed of a sintering aid, Si dissolved in the grain boundary is diffused through the grain boundary phase and reacts with excess Ti to form Ti silicide ( $\text{Ti}_5\text{Si}_3$ ). Interfacial separation between  $\text{Si}_3\text{N}_4$  /  $\text{Ti}_5\text{Si}_3$  occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, which shows a significant decrease in the adhesion strength.

Key Words: Silicon Nitride, Active Metal Bonding, Interface Diffusion Behavior, Adhesion Strength, Active Metal **Brazing**

## Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper

Cho Inghule\*, Ahn Minwoo, Kim Jongmin, Kim Kyungtaek

Zone Infinity Co., Ltd, Pyeong-gang-ro, 11700, Korea

### Introduction

- In the active metal bonding method, the effect of the diffusion behavior of the interfacial layer on the bonding strength was investigated.
- The Ti element in the active metal paste has a great influence on the bonding between the copper paste metal and the silicon nitride ceramic, and the copper metal plate is bonded to the silicon nitride substrate by using an Ag-Cu alloy containing Ti, the active metal of the silicon nitride interface, as the brazing material.
- In the test results of adhesion strength and shear strength, the Ti content increased from 2wt% to 5wt% and decreased at 10wt%. This is because the Ti phase controls the adhesion strength, but when there are many grain boundary phases composed of a shrinking  $\beta_2$  dissolved in the grain boundary is diffused through the grain boundary phase and reacts with excess Ti to form Ti silicide (TiSi<sub>2</sub>).
- In interfacial separation between Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> / TiSi<sub>2</sub> occurs due to the difference in coefficient of thermal expansion, which shows a significant decrease in the adhesion strength.

### Experiment - Active Metal Ingredient Ratio

Sample	Brazing Material (wt%)		Active Material (wt%)		Sum (wt%)
	Ag	Cu	Ti	SiO <sub>2</sub>	
Sample 1	70	30	2	10	112
Sample 2	70	30	5	10	115
Sample 3	70	30	10	10	120

- A 20 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Parts Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Ball and mixed Paste in the ratio above for 60mm, 60hour, a silicon was added as solvent, and the brazing metal powder was dried in a oven at 80 °C.

### Experiment - Bonding Condition and Substrate

- Preparation of the Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> substrate - 5 Surface Roughness, Por 2 μm.
- Paste Printing-500 Mesh, Stroke 2mm, Stroke Screen
- Brazing - Vacuum Electric Furnace, 920 °C, 10 min.

### Experiment - Measuring Methods

- Micro Structure-SEM-EDS and X-ray EDS on VEGA
- Shear Strength-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and metal plate bonded to 20mm
- Adhesion Strength-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and metal plate was bonded to 20mm brazing.

### Result - Starting Materials Analysis

- In this experiment, a copper (Cu) metal plate was bonded by a brazing method in order to bond to silicon nitride substrate. As the brazing material, an Ag-Cu alloy containing an active metal such as Ti or Zr was used.



Figure 1. SEM microstructure images of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> substrate (a) Before brazing (b) After brazing at 920°C.

- Figure 1 shows the (a) fracture surface and (b) etching surface photograph of a silicon nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) substrate as a starting material.

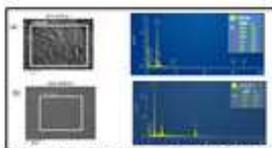


Figure 2. Element analysis results (a) EDS analysis of Copper Paste (b) EDS analysis of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> substrate. (c) X-ray EDS analysis of Cu-Paste.

- Figure 2 shows the results of the EDS element analysis of (a) silicon nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) substrate and (b) copper (Cu) metal plate. (c) XED and XED were added as a starting material during silicon nitride brazing and analyzed. In EDS analysis results, the contents of the copper metal plate was 62.9mm, and the purity was 99.9% oxygen-free copper plate.

### Result - Cu/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Substrate Analysis

- The results of X-ray mapping analysis of the copper-silicon substrate joint surface using SEM-EDS are as follows.

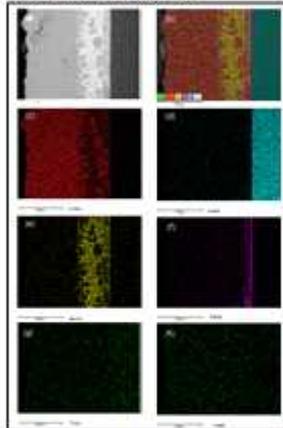


Figure 3. X-ray mapping analysis of Copper-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Substrate Joint Surface (a) Si, (b) Cu, (c) Ti, (d) Ag, (e) O, (f) N, (g) S, (h) Zn, (i) Fe, (j) Al, (k) Ca, (l) Mg, (m) Pb, (n) Zn, (o) Ni, (p) Cr, (q) V, (r) Mo, (s) W, (t) Sn, (u) Bi, (v) Pb, (w) In, (x) Hg, (y) Tl, (z) Bi, (aa) Po, (ab) At, (ac) Rn, (ad) Fr, (ae) Ra, (af) Ac, (ag) Th, (ah) Pa, (ai) U, (aj) Np, (ak) Pu, (al) Am, (am) Cm, (an) Bk, (ao) Cf, (ap) Es, (aq) Fm, (ar) Md, (as) No, (at) Lr, (au) Lu, (av) Yb, (aw) Tm, (ax) Er, (ay) Ho, (az) Dy, (ba) Y, (bb) Sc, (bc) Ti, (bd) V, (be) Cr, (bf) Mn, (bg) Fe, (bh) Co, (bi) Ni, (bj) Cu, (bk) Zn, (bl) Ga, (bm) Ge, (bn) As, (bo) Se, (bp) Br, (bq) Kr, (br) Rb, (bs) Sr, (bt) Y, (bu) Zr, (bv) Nb, (bw) Mo, (bx) Tc, (by) Ru, (bz) Rh, (ca) Pd, (cb) Ag, (cc) Cd, (cd) In, (ce) Sn, (cf) Sb, (cf) Te, (ch) I, (ci) Xe, (cj) Ba, (ck) La, (cl) Ce, (cm) Pr, (cn) Nd, (co) Pm, (cp) Sm, (cq) Eu, (cr) Gd, (cs) Tb, (ct) Dy, (cu) Ho, (cv) Er, (cw) Tm, (cx) Yb, (cy) Lu, (cz) Hf, (ca) Ta, (cb) W, (cc) Re, (cd) Os, (ce) Ir, (cf) Pt, (cg) Au, (ch) Hg, (ci) Tl, (cj) Pb, (ck) Bi, (cl) Po, (cm) At, (cn) Rn, (co) Fr, (cp) Ra, (cq) Ac, (cr) Th, (cs) Pa, (ct) U, (cu) Np, (cv) Pu, (cw) Am, (cx) Cm, (cy) Bk, (cz) Cf, (ca) Es, (cb) Fm, (cc) Md, (cd) No, (ce) Lr, (cf) Lu, (cg) Yb, (ch) Tm, (ci) Er, (cj) Ho, (ck) Dy, (cl) Y, (cm) Sc, (cn) Ti, (co) V, (cp) Cr, (cq) Mn, (cr) Fe, (cs) Co, (ct) Ni, (cu) Cu, (cv) Zn, (cw) Ga, (cx) Ge, (cy) As, (cz) Se, (ca) Br, (cb) Kr, (cc) Rb, (cd) Sr, (ce) Y, (cf) Zr, (cg) Nb, (ch) Mo, (ci) Tc, (cj) Ru, (ck) Rh, (cl) Pd, (cm) Ag, (cn) Cd, (co) In, (cp) Sn, (cq) Sb, (cr) Te, (cs) I, (ct) Xe, (cu) Ba, (cv) La, (cw) Ce, (cx) Pr, (cy) Nd, (cz) Pm, (da) Sm, (db) Eu, (dc) Gd, (dd) Tb, (de) Dy, (df) Ho, (dg) Er, (dh) Tm, (di) Yb, (dj) Lu, (dk) Hf, (dl) Ta, (dm) W, (dn) Re, (do) Os, (dp) Ir, (dq) Pt, (dr) Au, (ds) Hg, (dt) Tl, (du) Pb, (dv) Bi, (dw) Po, (dx) At, (dy) Rn, (dz) Fr, (ea) Ra, (eb) Ac, (ec) Th, (ed) Pa, (ee) U, (ef) Np, (ef) Pu, (eg) Am, (eh) Cm, (ei) Bk, (ej) Cf, (ek) Es, (el) Fm, (em) Md, (en) No, (eo) Lr, (ep) Lu, (eq) Yb, (er) Tm, (es) Er, (et) Ho, (eu) Dy, (ev) Y, (ew) Sc, (ex) Ti, (ey) V, (ez) Cr, (fa) Mn, (fb) Fe, (fc) Co, (fd) Ni, (fe) Cu, (ff) Zn, (fg) Ga, (fh) Ge, (fi) As, (fj) Se, (fk) Br, (fl) Kr, (fm) Rb, (fn) Sr, (fo) Y, (fp) Zr, (fq) Nb, (fr) Mo, (fs) Tc, (ft) Ru, (fu) Rh, (fv) Pd, (fw) Ag, (fx) Cd, (fy) In, (fz) Sn, (ga) Sb, (gb) Te, (gc) I, (gd) Xe, (ge) Ba, (gf) La, (gg) Ce, (gh) Pr, (gi) Nd, (gj) Pm, (gk) Sm, (gl) Eu, (gm) Gd, (gn) Tb, (go) Dy, (gp) Ho, (gq) Er, (gr) Tm, (gs) Yb, (gt) Lu, (gu) Hf, (gv) Ta, (gw) W, (gx) Re, (gy) Os, (gz) Ir, (ha) Pt, (hb) Au, (hc) Hg, (hd) Tl, (he) Pb, (hf) Bi, (hg) Po, (hh) At, (hi) Rn, (hj) Fr, (hk) Ra, (hl) Ac, (hm) Th, (hn) Pa, (ho) U, (hp) Np, (hq) Pu, (hr) Am, (hs) Cm, (ht) Bk, (hu) Cf, (hv) Es, (hw) Fm, (hx) Md, (hy) No, (hz) Lr, (ia) Lu, (ib) Yb, (ic) Tm, (id) Er, (ie) Ho, (if) Dy, (if) Y, (ig) Sc, (ih) Ti, (ih) V, (ij) Cr, (ik) Mn, (il) Fe, (im) Co, (in) Ni, (io) Cu, (ip) Zn, (iq) Ga, (ir) Ge, (is) As, (it) Se, (iu) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv) Cr, (iv) Mn, (iv) Fe, (iv) Co, (iv) Ni, (iv) Cu, (iv) Zn, (iv) Ga, (iv) Ge, (iv) As, (iv) Se, (iv) Br, (iv) Kr, (iv) Rb, (iv) Sr, (iv) Y, (iv) Zr, (iv) Nb, (iv) Mo, (iv) Tc, (iv) Ru, (iv) Rh, (iv) Pd, (iv) Ag, (iv) Cd, (iv) In, (iv) Sn, (iv) Sb, (iv) Te, (iv) I, (iv) Xe, (iv) Ba, (iv) La, (iv) Ce, (iv) Pr, (iv) Nd, (iv) Pm, (iv) Sm, (iv) Eu, (iv) Gd, (iv) Tb, (iv) Dy, (iv) Ho, (iv) Er, (iv) Tm, (iv) Yb, (iv) Lu, (iv) Hf, (iv) Ta, (iv) W, (iv) Re, (iv) Os, (iv) Ir, (iv) Pt, (iv) Au, (iv) Hg, (iv) Tl, (iv) Pb, (iv) Bi, (iv) Po, (iv) At, (iv) Rn, (iv) Fr, (iv) Ra, (iv) Ac, (iv) Th, (iv) Pa, (iv) U, (iv) Np, (iv) Pu, (iv) Am, (iv) Cm, (iv) Bk, (iv) Cf, (iv) Es, (iv) Fm, (iv) Md, (iv) No, (iv) Lr, (iv) Lu, (iv) Yb, (iv) Tm, (iv) Er, (iv) Ho, (iv) Dy, (iv) Y, (iv) Sc, (iv) Ti, (iv) V, (iv)

## 출원 번호 통지서

출원 일자 2019.11.13  
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)  
출원번호 10-2019-0145053 (접수번호 1-1-2019-1164567-59)  
출원인명칭 (주) 존인피니티(1-2004-027284-0)  
대리인성명 특허법인(유한) 해담(9-2015-100041-6)  
발명자성명 조인철  
발명의명칭 세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러

## 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.  
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr> 특허마당-PCT/마드리드  
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내  
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

**【서지사항】**

**【서류명】** 특허출원서  
**【출원구분】** 특허출원  
**【출원인】**  
**【명칭】** (주) 존인피니티  
**【특허고객번호】** 1-2004-027284-0  
**【대리인】**  
**【명칭】** 특허법인(유한) 해달  
**【대리인번호】** 9-2015-100041-6  
**【지정된변리사】** 박준영  
**【포괄위임등록번호】** 2017-005055-2  
**【발명의 국문명칭】** 세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러  
**【발명의 영문명칭】** Agricultural Electric Boiler with Ceramic Heater  
**【발명자】**  
**【성명】** 조인철  
**【특허고객번호】** 4-2003-001370-9  
**【출원언어】** 국어  
**【심사청구】** 청구  
**【취지】** 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.  
  
대리인 특허법인(유한) 해달 (서명 또는 인)

Figure 170. Proof of patent application for agricultural electric boiler

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러 {Agricultural Electric Boiler with Ceramic Heater }

### 【기술분야】

【0001】 본 발명은 세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전력소모를 크게 절감할 수 있을 뿐 아니라 신속하여 용수를 가열하여 온수공급효율을 현저하게 향상시킬 수 있는 세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러에 관한 것이다.

## 【요약서】

### 【요약】

본 발명은 세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러에 관한 것으로서, 내부에 용수가 수용되는 수용공간이 형성된 탱크부와, 상기 탱크부의 일측에 다수개가 상하방향으로 이격된 다단 구조로 설치되고, 일측이 상기 수용공간 내에 배치되어 상기 용수를 가열하는 세라믹 히터와, 상기 탱크부의 내부 일측에 설치되고, 상기 탱크부 내 용수의 수위를 검출하는 수위센서 및 다수의 상기 세라믹 히터 구동을 제어하되, 검출된 상기 용수의 수위 이하에 위치한 상기 세라믹 히터가 구동하도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 세라믹 히터가 적용된 농업용 전기보일러를 제공한다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 다수의 고효율 세라믹 히터 다단으로 설치하고, 수위에 따라 이를 독립구동하여 세라믹 히터의 파손을 방지하면서도 용수를 효율적으로 가열함으로써 전력소모를 크게 절감할 수 있을 뿐 아니라 신속하여 용수를 가열하여 온수공급효율을 현저하게 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

## 제 5 절 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

### 1. 연구개발 목표 및 목표 달성도

#### 가. 최종 목표

○그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120KW에서 60KW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발
1)밀도(Density) : 3.7 g/cm <sup>3</sup>
2)굽힘강도 (3-Point Flexural Strength) :310 MPa
3)비커스경도(Vicker's Hardness/Load 500g) : 13.7 GPa
4)누설전류 : < 0.25 mA
5)내구성 : 5,000 Cycle
6)전기소비전력 : 60 KW 이하
7)에너지 절감 ; 50 % 절감
8)열량 : 270,000 Cal/60KW
9)수확량 평가 : 10% 증대

#### 나. 단계별 목표 및 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
○그린하우스 난방용 전기보일러의 소비전력 120 kW에서 60 kW이하로 50%이상 에너지 절감된 농업용 전기보일러 개발	○농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고용량 세라믹히터	100
	○그린하우스 난방용 전기보일러 호환용 70 kW 전기보일러 개발	100
	○고용량 세라믹히터 및 전기보일러 성능평가	100
	○120 kW 농업용 전기보일러에서 60 kW의 전기보일러로 개발	100
	○고용량 세라믹히터의 고신뢰성 시험분석	100
	○열교환 송풍시스템 및 중앙제어방식 개발	100

## 2. 목표달성도에 대한 자체평가

평가의 착안점	자 체 평 가
<p>농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고효율 세라믹히터 핵심 기술 개발.</p> <p>1)세라믹히터 밀도(Density): 3.7 g/cm<sup>3</sup></p> <p>2)세라믹히터 굽힘강도(Flexural Strength): 310 MPa</p> <p>3)세라믹히터 비커스경도(Vicker's Hardness/Load 500g):13.7 GPa</p> <p>4)세라믹히터 누설전류: &lt; 0.25 mA</p> <p>5)세라믹히터 내구성: 5,000 Cycle</p>	<p>-농업용 그린하우스 난방용 전기보일러 고효율 세라믹히터 핵심 기술 개발</p> <p>1)물속에서도 고효율의 세라믹히터가 깨지지 않고 안정적으로 구동할 수 있는 Alumina 배치조성물 개발</p> <p>2)고효율 저항 발열체 패턴 설계</p> <p>3)메탈라이징 소성시 소성온도 및 소성시간, H<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>가스분위기 조절 등 소성공정 최적화 기술개발</p> <p>4)세라믹히터의 전기적 안정성 및 내구성 확보기술개발</p> <p>-고효율 세라믹히터 히팅모듈 6 kW/set 설계 및 시제품 제작</p> <p>-현재의 120 kW 전기보일러의 50% 에너지절감을 위한 물탱크내의 히팅모듈 배치 설계 및 시제품 제작(시험용으로, 14모듈x6kW=84kW로 제작하였으며 1차년도는 70kW Power로도 열효율이 나오도록 유로기술개발)</p> <p>-상기와 같이 1차년도에는 기술개발목표 대비 100% 달성하였으며, 2차년도에는 농업용 전기보일러시제품을 제작하여 농가에 보급할 수있도록 기존 전기보일러에 병행하여 에너지를 절감하는 모델과 새로운 모델을 저가에 농가에 공급할 수 있도록 ICT 기반 기술을 접목하는 연구수행하였다.</p>
<p>그린하우스 난방용 전기보일러 호환용 60 kW 전기보일러 개발.</p> <p>1)농업용 전기보일러 소비전력: 60 kW 이하</p> <p>2)농업용 전기보일러 에너지절감: 50%(종래 보일러 대비)</p>	<p>-전기보일러용 히팅 Water Tank(용 량: 1,500 Liter) 내 히팅모듈 열효율 극대화를 위한 히팅위치 설계 및 시제품 제작</p> <p>-열교환 라지에이터 송풍기 전기설계 및 시제품 제작</p> <p>-전기보일러용 Water Tank의 유체 온도 균일화 방안 설계 및 적용으로 기존의 120 kW 농업용 전기보일러를 60 kW의 전기보일러로 대체 가능한 종래의 그린하우스호환성 전기보일러 개발.</p> <p>-히팅 컨트롤러 PCB 및 구동 시스템 설계 및 시제품 제작</p> <p>-기술개발목표 달성도는 100% 달성하였으며, 기존 그린하우스 재배농가에 보급된 120KW급 전기보일러에 본 개발 전기보일러를 호환성 있게 개발하므로서 전기 소비전력을 약 50% 절감할 수 있도록 개발하였다.</p> <p>-1200리터 물탱크내부에 세라믹히터 6KW(3kw x2ea)를 모듈화기술개발과 히팅존 설계를 통하여 에너지절감효과를 시제품제작을 통하여 검증하였다.</p>
<p>고효율 세라믹히터 및 전기</p>	<p>-고효율 세라믹히터 전기적 특성 및 기계적 특성 평가</p>

<p>보일러 성능평가</p> <p>1)세라믹히터의 SEM, EDS, 내전압, 누설전류 등 시험 분석</p> <p>2)세라믹히터의 물속에서 소비전력, 내구성 Cycle 시험</p> <p>3)농업용 전기보일러 시제품 성능평가 및 소비전력 절감 분석</p>	<p>1)세라믹히터의 누설 전류값 측정(Current Measurement Instrument)</p> <p>2)소비전력 측정(Power Meter)</p> <p>3)세라믹히터의 소결밀도 측정</p> <p>4)세라믹히터의 굽힘강도 측정</p> <p>5)세라믹히터의 비커스경도 측정</p> <p>-전기보일러용 고용량 세라믹히터의 내구성 시험평가</p> <p>1)10분 ON, 1분 OFF 사이클 시험을 실시하여 내구성이 5,000 cycle(사용수명:8000시간) 이상이 되도록 개발하였음.</p> <p>-농업용 전기보일러 시제품 제작 및 소비전력 측정</p> <p>1)시제품 제작</p> <p>2)전기보일러의 소비전력 및 기존 전기보일러와의 에너지절감 비교</p> <p>-상기 전기보일러 핵심부품 시험평가 및 전기보일러 내구성시험을 목표 대비 100% 달성하였다.</p>
<p>120 kW 농업용 전기보일러에서 60 kW의 전기보일러로 개발</p> <p>1)전기소비전력 : 60 KW 이하</p> <p>2)열량 : 270,000 Cal/60KW</p>	<p>시즈히터 120kW로 구동되는 물탱크를 현재 2700CC물탱크를 1000CC물탱크로 콤팩트화하여 60kW로 세라믹히터를 모듈화하여 집중적으로 발열되도록 구조를 최적화 설계를 통한 에너지 절감 50% 절감가능한 구조로 개발하였다.</p>
<p>열교환 송풍시스템 및 중앙 제어방식 개발</p>	<p>고용량의 전기보일러용 물탱크의 고용량(120kW)의 브리커, 송풍기 브리커등 전기보일러의 전기제어가 수동으로 농민이 전기스위치를 올려 작동되는 방식으로 매우 불편하고 전기안전성이 취약한 상태를 ON-Line 상에서 전기보일러 작동가능하게 개발하였다.</p>
<p>그린하우스 난방시스템 온도 및 습도, CO<sub>2</sub> 가스농도 모니터링 ICT기술 개발</p>	<p>그린하우스내의 온도, 습도센서를 장착하여 하우스내의 온도, 습도, 관리를 ICT 기술을 접합하여 ON-Line으로 하우스내의 작물조건을 컨트롤할 수 있도록 전기보일러를 구동할 수 있도록 개발하였다.</p>
<p>물탱크 히터모듈 온도 콘트롤러 PCB 설계 및 위상제어 기술개발</p>	<p>고용량 세라믹히터를 장착하여 장시간 사용하여 위상제어에 의한 듀티값을 제어하여 세라믹히터에 가해지는 부하를 줄이고 히터의 용량을 올릴 수 있도록 PCB 제어회로를 개발하였다.</p>
<p>현재의 난방대비 개발 시제품 적용 시설농가 작물 성장 비교</p> <p>1)수확량 평가 : 10% 증대</p>	<p>충남 금산의 시설하우스에서 겨울철 깻잎 작물 성장효과를 검증하였다.</p>

## 제 5 장 연구개발결과 성과 및 활용방안

본 연구가 종료될 시점이면 농업용 전기보일러를 시설농가에 적용할 수 있어, 그동안 그린 하우스 재배 농가에서 어려움을 겪고있는 겨울철 하우스 작물 재배시 전기기료, 인건비등 운영비에 대한 애로점을 해결하기 위하여 에너지절감형 농업용 전기보일러를 개발하여, 농가에서 실증시험을 통하여 에너지절감, 온도상승효과, 작물성장효과 등을 종래의 공기가열형 시즈히터장착한 난방기와 비교 검토한 결과 종래의 난방기에 비하여 에너지절감 등 우수한 효과를 검증 할 수 있었다.

연구개발에 따른 기대성과 및 파급효과는 다음과 같다.

### -기술적 측면

- 전기보일러의 효율극대화로 인한 에너지 절감기술 개발.
- 세라믹 히터의 고용량 전기보일러의 적용기술로 전기온수기, 냉난방기 등 관련 히팅 사업으로 확대 가능성 높아짐.
- 유로 히팅 기술 개발로 전기자동차 및 수소연료전지자동차의 히팅모듈에도 기술 적용가능.

### -사회적 측면

- 전기보일러의 전기 사용량 절감으로 에너지사용량 절감 기여
- 시설하우스 재배 농가의 소득 증대로 농촌 사회의 안정화.

### -경제적 측면

○ 2016년 기준 시설 농가수는 296,384 농가이며 전기보일러로 시설 난방하는 농가는 약 30%인 88,915농가일 것으로 예상함.

○ 시설농가들은 겨울철 난방이 필수이므로 이에 따라 영농비의 40%이상을 난방비용으로 차지하고 있다. 그러므로 시설재배농가의 경제성이 악화되며 농업의 경쟁력뿐만 아니라 국가경쟁력에도 악영향이 될 수 있음.

○ 세계 각 국가에서 지구온난화로 인해 온실가스를 줄이고 있다. 발전소에서 전기를 생산할 때도 화석연료를 사용하므로 온실가스가 방출되는데 시설농가의 전기보일러에 들어가는 전력은 600평기준 120KW/h의 전력이 소비된다. 120KW/h당 이산화탄소 배출량은 56kg CO<sub>2</sub> 임.

○ 현재 시설농가에 설치된 기존 120kw 전기보일러를 60kw 전기보일러 개발하여 대체시 50% 이상 에너지 절감.

○ 농업용 1kw/h당 47.31원이며 기존 전기보일러 120kw/h 24시간 사용시 120kw×24h x 30일

×47.31원/kw/h=4,087,584원으로 2대 가동시 8,175,168 원/월 에너지 비용이 지출됨.

○ 60kw 전기보일러 개발하여 24시간 사용 시 60kw×24h x 30일 ×47.31원/kw/h = 2,043,792원으로 2,043,792원/월 절감효과.

○ 보통 시설농가에서 120KW급 전기보일러가 2대가 설치되어 가동되고 있는 상황으로, 전기비용이 2,043,792원/월/대 x 2대 = 4,087,584원/월 에너지 비용이 절감됨.

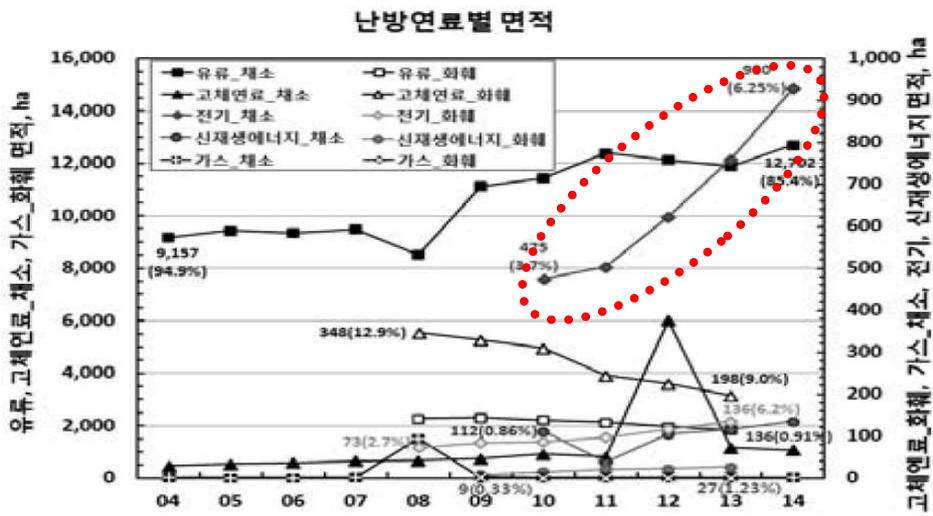
○ 120KW/h당 이산화탄소 배출량은 56 kg CO<sub>2</sub>, 60kw/h당 이산화탄소 배출량 28.0 kg CO<sub>2</sub> ⇒ 28.0 kg CO<sub>2</sub> 저감. 즉 월단위로 계산하면, 60 kw/h x 0.47 kg.CO<sub>2</sub>/Kw/h x 30일 = 838.8 kg .CO<sub>2</sub>/월 저감됨.

연구개발 결과의 활용방안은 다음과 같다.

- 2020년도 농업용 전기보일러의 신기술 인증 및 전기안전인증 추진
- 시설농가의 정부보조금 지원으로 적은비용으로 보급확대
- 시설농가의 야간작업시간 하우스 온도관리를 위한 작업자 대기 등의 문제를 ICT기술접목으로 무인화가 가능하게 함으로써, 운영비 절감하도록 함.
- 시설농가의 본 개발품의 설치 시범농장 운영으로 홍보 확대

-사업화 계획

○ 시설을 이용한 농업에서 최근에 농용전기를 이용한 난방면적이 급증하여 채소의 경우 4년간(2010~2014년)의 경우 475 ha에서 930 ha, 화훼의 경우 5년간(2008~2013년) 73 ha에서 136 ha로 증가한다.



<출처: 한국농업기계학회 2015 추계학술대회 논문집, 난방에너지 관련 국내원예시설 현황( '04~' 14년) 분석, 권진경의 6인, 20(2):309-310

○ 향후 미세먼지 등 환경 문제로 인해 유류와 고체연료 등의 화석연료의 증가는 억제되고 신재생 에너지의 보급은 아직 미미한 관계로 전기에 의한 재배면적은 계속 증가할 것으로 판단된다.

○ 개발 완료시 120 kW(저수용량 25,000kg)의 농업용 전기보일러를 50 kW(저수용량 500 kg)의 용량으로 절감하여 시설재배 농가에 보급한 후 전국적으로 모든 시설재배 농가에 보급할 시 시설농가의 생산원 단위중 전기료로 약 50%로 절감 가능한 1농가당 4,000,000원의 에너지 절감효과가 있다.

Table 37. Commercialization Plan

사업화 구분	제품개발단계		Pilot Plan 단계		Mass Product 단계	
	개발 단계	시제품 단계	시제품 보급	양산화 설비 구축	양산화 시험 생산	양산화 생산
사업화 기간	2018 년	2019 년	2020 년	2021 년	2022 년	2023 년
사업화 내용	제품 개발	개발제품 농가에 시험운전	개발제품 농가 보급	양산화 공장 증축	양산화 공정 개선	양산화 생산 (년1,000대)

## 제 6 장 연구성과

### 가. 연구개발결과의 성과 및 활용목표 대비 실적

#### (1) 연구성과 목표

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표										연구기반지표										
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		SCI	비SCI	논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시		
											백만원					백만원	백만원			명	백만원
단위	건	건	건	1건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건				
가중치	10			10		50							10	10			10				
최종목표	1					2							1	4			1				
1차년도									1					2							
2차년도	1			1		2	400	200	1	1			1	2			1				
계	목표	1	0	0	1	0	2	400	200	2	0	1	0	0	0	1	4	0	0	1	0
	달성	1	0	0	0		2	0	0	2	0	1	0	1	0	1	4	0	0	2	0

#### (2) 연구성과 활용 목표

(단위 : 건수)

구분	특허출원	기술실시	제품화	고용창출	기술인증	논문	학술발표	홍보전시	기타
활용건수	목표	1	1	2	1	1	1	1	
	달성	1	-	2	2	1	1	2	

### 나. 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
201911	Effect of Diffusion Behavior of Interfacial Layer on Adhesion Strength in Bonding Silicon Nitride with Copper	In Churl, Cho	min woo, An, jo ung min, Kim, Kyung tak, Kim	-	JOURNAL OF Ceramic Society	163(10)	국내	비SCI

다. 지적재산권 출원.등록 성과

출원된 특허의 경우					등록된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
201011113	세라믹히터가 적용된 농업용 보일러	(주)존인피니티	대한민국(한국)	10-2019-014053	-	-	-	-	-

라. 기술료 징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
0	0	0	0

마. 사업화 현황

사업화명	사업화내용	사업화 업체 개요				기대출액	당해연도 매출액	매출액 합계
		업체명	대표자	종업원수	사업화형태			
해당사항	없음							

바. 인력활용/양성 성과

(1) 인력지원 성과

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	금산	기타지역
2	1	2	1		4		1	1	

(2) 장단기 연수지원 성과

장기 (2월 이상)		단기 (2월 미만)	
국내	국외	국내	국외
0	0	0	0

(3) 산업기술인력 양성 성과

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
해당사항없음					

사. 경제사회 파급효과

산업지원 성과 (단위 : 건)				고용창출 성과 (단위 : 명)		
기술지도	기술이전	기술평가	합계	창업	고용창출	합계
4	0	0	4	0	2	2

## 제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보

### 제 1 절 유사 연구사례에 대한 조사 현황

#### 1. 외국의 경우

##### ○ 기술현황

○ 미국, 일본의 Coors(사), 교세라(사)가 세계시장을 선점하고 있으며 Ceramic Metallizing 원천 기술과 관련제품의 최고 기술수준으로 신뢰성이 우수하다.

##### ○ 현황)

①세라믹히터의 고강도화.②고내열충격성.③절연저항100MΩ 이상.④누설전류 5mA 이하.⑤내전압이 Max.4,750V이상.⑥리드선의 접착강도 3Kg이상이 요구되고 있으나, 국내기술은 매우 미흡한 수준으로, 물속 직접 가열방식의 세라믹히터는 전량 일본등에서 수입하고 있는 실정이다.

❶ 일본의 교세라가 세계시장을 선점하고 있음.

❷ 미국의 COORS(사)는 Ceramics Metallizing 원천기술과 관련제품의 최고 기술수준임

❸ 미국의 이미용기용 제품에서 그동안 PTC 히터를 사용하던 것을 세라믹히터로 교체하고 있어 대량 수요가 예상되고 있음.

❹ 자동차용 히터로 채택하여 출고되어 대량 수요가 창출되고 있는 상황임.

❺ 세라믹히터의 응용분야가 급속하게 확대되어 신제품이 적용되고 있음.

##### ■ 가격경쟁력:

❶ 일본 교세라 제품의 평균단가가 30,000원/개이다

❷ 개발시 국내제품의 예상단가는 20,000원/개이다.

❸ 당사는 대량생산 체제를 구축하여 15,000원/개로 공급하고 있다.

❹ 본 기술개발로 현재의 세라믹발열체에 정격전압의 50%정도 사용하던 제품을 Free Voltage Ceramic Heater 생산 시 제품생산원가의 절감으로 인하여 시장 공급가격은 50%정도의 올려서 15,000원/개로 공급하여도 경쟁력이 있을 것으로 예상된다.

##### ○ 경쟁기관 현황

Table 38. Competitive Institutions

경쟁사	제품명	예상 매출액(억원)
KYO Cera Co., LTD(일본)	Ceramic Heater	1,000
NGK CO., LTD(일본)	Ceramic Heater	500
COORS Co., LTD(미국)	Ceramic Heater	400
TOTO Co., LTD(일본)	Electric Boiler	3,000
CHRONOMITE LABORATORIES INC.(미국)	Electric Boiler	1,000

## 2. 국내의 경우

-현재 그린하우스 내 재배작물은 토마토, 파프리카, 딸기, 호박, 참외, 수박 등으로 그린하우스에 온도가 일정온도가 유지되어야 한다. 난방 방식은 다음과 같이 전기보일러 방식이 타 방식에 비하여 연료비가 적게 들어 전기보일러를 대부분 난방용으로 채택하고 있음.

Table 39. Aggregate of Greenhouse Heating Systems for Agriculture

전기보일러	가스보일러	경유 보일러	화덕 보일러	기타	합계(%)
40	10	30	10	10	100

\* 출처 : 통계청 (2016)

- 국내 · 외 농업용 전기보일러는 대부분 물탱크 안에 시즈히터가 장착된 보일러가 대부분이며 주로 우리나라 시설농가들의 시설난방으로 많이 쓰이고 있다. 2016년 기준 시설 농가수는 296,384 농가이며 전기보일러로 시설 난방하는 농가는 약 30%인 88,915농가일 것으로 예상함.

-국내 · 외 농업용 전기보일러는 시즈히터를 사용하며 세라믹히터를 적용한 직접가열형 전기보일러는 없으며, 세라믹히터는 시즈히터 대비 소비전력이 약 30-50%정도 에너지 절감 효과가 있음.

Table 40. Number of Farms by Facility Type

시설 농가수	자동화 비닐하우스	일반 비닐하우스	유리온실	버섯재배	기타	합계(농가수)
146,985	13,727	131,378	501	2,834	959	296,384

\* 출처 : 통계청 (2016)

-현재 시설재배 농가용으로, 시즈히터를 장착한 전기보일러가 주로 공급되고 있으며, 세라믹히터를 장착한 직접가열방식은 없는 상황으로 물속에 침수한 상태로 직접 물순환하는 세라믹히터는 국내 제조 기술은 전무하며 일본 미국, 유럽 등 선진국 회사들이 기술 및 제품을 독점하고 있는 상황이다.

-현재는 보일러 업체인 경동나비엔, 귀뚜라미, 대성보일러 등이 농가용으로 생산 공급하고 있으며, 고가로 시판가 900만원~1000만원에 판매되고 있다.

Table 41. Related patent searches

지식재산권명	지식재산권출원인	출원국/출원번호
①온도센서내장형 구동형 세라믹 히터	(주)존인피니티	한국/특2009-0099557
②DC구동형 세라믹히터	(주)존인피니티	한국/특2009-0099546
③ 세라믹발열체의 제조	(주)한조세라믹	한국/특1991-0019605
④ 세라믹 히터	(주)스마텍	한국/특2005-0083532
⑤ 세라믹발열체	(주)씨엠테크	한국/특2007-0006018
⑥ AlN세라믹히터	쌍용양회공업(주)	한국/특1995-0011565
⑦ 무선고대기	유승안	한국/특2006-0088873
⑧면상발열체 및 그 제조방법	두원공과대학산학협력단	한국/특허10-0758136
⑨전기 핫플레이트	(주)티앤비나노텍	한국/특2009-0011724
⑩세라믹카본히터 및 제조방법	가부시끼가이샤아이싱크	한국/특2004-0023765
⑪내열결정화 유리를 이용한 면상히터의 제조 방법	아프로시스템(주)	한국/특2008-0097698
⑫세라믹 면상발열체	정경욱	한국/특허10-0857387
⑬박막발열체 조성물	박순세	한국/특2010-0124107
⑭면상발열체	연세대산학협력단	한국/특2010-0103448

○ 유사특허 조사

특허 명	특허내용	유사성
폐 가스용기를 이용한 하우스용 전기보일러, 한국-1165920)	본 발명 폐 가스용기를 이용한 하우스용 전기보일러는,[0025] 물탱크 내에 전기히터 및 온도센서가 설치되고, 상기 전기히터에 의해 데워진 물을 발 이랑 사이에 지그재그로 설치하기 위한 온수파이프와, 상기 온수 파이프에 물을 공급 및 제어하기 위한 밸브를 가지는 공급파이프와,상기 공급파이프와 물탱크 사이에 설치되어 물을 순환시키기 위한 순환펌프 와, 상기 물탱크 내의 온도 및 전기히터의 온도를 조절하기 위한 제어부 를 가지는 전기보일러에 있어서,[0026] 상기 물탱크는 폐 가스 용기이며, 상기 물탱크 본체의 상부에 급수탱크가 설치되고, 상기 물탱크 내에 있 는 물의 온도와 전기히터의 온도를 측정 및 조절하기 위한 온도센서와 과전류가 흐르는 것을 방지하기 위한 차단기가 더 설치되고, 상기 전기 히터는 저전력 세라믹히터인 것을 특징으로 한다.	해당없음 (물속히터를 시스 히터를 장착하고, 물을 60-70℃로 땅속으로 순환방 식임)
메탈라이즈 발 열층을 가지는 알루미늄질 세라믹히터, 일본 -1996-0315967	특정 온도 이하에서 가열부의 열 용력을 감소시키고, 온도차를 제한함 으로써 열 충격 저항과 내구성을 향상시킨다. 때 갑자기 원통형 또는 칼 럼 세라믹 body.SOLUTION에서 파묻히는 W, Mo 및 주성분으로서의 Re 와 같은 고용점 금속을 갖는 발열 저항체의 측면 표면 위의 원주 방향 의 상승 온도 : 발열 저항체 4의 온도가 3 초에서 900° ; C에 빨리 상 승할 때 원주 방향에 있는 온도차가 만든다 100° ; C 이하. 부분 6을 잡아늘인 발열 저항체 4와 리드는 세라믹 그린 시트 3의 표면에 형성되 고 관통 홀 7을 가진 후면 부분에 형성된 전극용 패턴 8에 결합된다. 이 와 같이 준비된 세라믹 그린 시트 3은 가열 저항기 소자 4가 배치되고 베이킹되도록 세라믹 봉 2의 표면에 가까이 접촉시킨다. 그 타임에, 발 열 저항체 4의 패턴 너비가 중앙부에 있는 저항값이 만들도록 조절되고 외부 주변 부분과 따라서, 원주 방향에 있는 온도차에 있는 저항값의 75-95%가 만든다	해당없음 (알루미나그 린쉬트에 금 속저항페이 스트를 인쇄 하는 공정은 유사하나 조 성물,발열패 턴이 다름)
수조수 보온용 히터, 일본 -1999-0003769	물이 히터의 아웃사이드에 배열된 전도성 물질의 만든 셸로부터의 어 스 회로를 도입하는 것에 의한 해로운 외부 양상 없이 내측에 침투할지 라도 전기적 누출과 감전의 사고를 방지한다. 솔루션 : 스테인리스강과 같이 A 전도성 셸 2가 내측 위의 발열 몸체 1b, 그리고 금속, 알루미늄, 마그네시아와 같은 높은 열 전도도와 높은 열저항성을 갖는 소재의 가 루를 가지는 세라믹히터 1의 아웃사이드에 배열되거나, 시멘트가 욕탕 물의 워밍과 보관 온도를 위해 히터 장치를 입수하기 위해 히터 1과 셸 2 사이에 충전된다. 물이 히터 표면 또는 절연을 브레이크시킴으로써 내 측에 침투하고, 접지용이 만들고, 누출 사고 예방하는 것을 특징으로 한 다.	해당없음 (발열체로 서 스펀에 발열 체를 넣고 세 라믹분말 을 충전하여 제작한 히터 를 적용)

-상기 유사 중복 특허검색에서 제시한 특허를 검토한 결과 본 과제에서 연구하는 알루미늄 세라믹히터의 조성물, 고용량화, 물속에서 직접 가열하는 방식, 물속에서 파손되어도 발열패턴의 누설전류가 안전기준치 이하로 전기적 안전성 확보, 농업용 전기보일러는 고용량세라믹히터를 집적화 하는 모듈기술이 적용됨, 이러한 농업용 전기보일러에 장착하고자하는 핵심기술은 상기 인용된 특허와는 차별성 및 독창성이 있으며 향후 본 연구에서는 상기 기술을 적용한 차별성을 갖는 핵심기술을 특허출원 하였다.

### 3. 조사한 연구개발사례에 대한 자체분석 및 평가결과

-현재 국내 시설재배 농가용으로, 시즈히터를 장착한 전기보일러가 주로 공급되고 있으며, 세라믹히터를 장착한 직접가열방식은 없는 상황으로 물속에 침수한 상태로 직접 물순환하는 세라믹히터는 국내 제조기술은 전무하며 일본 미국, 유럽 등 선진국 회사들이 기술 및 제품을 독점하고 있는 상황이다.

-국내의 물순환 전기보일러의 경우 다수의 회사(경동 나비엔, 귀뚜라미, 대성보일러, 기타)가 제품을 출시하고 있지만, 시즈 금속히터를 장착하므로써 고장율이 높고, 소비전력이 높고 안전성도 미흡하여 소비자 불만이 많은 상태로 기술완성도가 매우 낮은 수준임.

-유사 중복 특허검색에서 제시한 특허를 검토한 결과 본 과제에서 연구하는 알루미나 세라믹히터의 조성물, 고용량화, 물속에서 직접 가열하는 방식, 물속에서 파손되어도 발열패턴의 누설 전류가 안전기준치 이하로 전기적 안전성 확보, 농업용 전기보일러는 고용량세라믹히터를 집적화 하는 모듈기술이 적용됨, 이러한 농업용 전기보일러에 장착하고자하는 핵심기술은 상기 인용된 특허와는 차별성 및 독창성이 있으며 향후 본 연구에서는 상기 기술을 적용한 차별성을 갖는 핵심기술을 특허출원 하였다.

### 제 2 절 국내외 세부기술 수준 비교표

Table 42. Comparison of Domestic and International Technology Level

항목	핵심요소기술	구 분	
		국내	국외 선진국
그린하우스 난방용 전기보일러 기술개발	1)농업용 전기보일러 고용량 세라믹히터 제조기술	◎	◎
	2) 고용량 세라믹히터 장착 히팅시스템 설계기술	○	◎
	3)고용량 히팅 물탱크 및 라지에이터 열교환 기술	◇	◎
	4)송풍시스템 및 위상제어 기술	○	◎
	5)그린하우스 난방시스템 ICT 제어기술	◇	○

◎ 상용화 단계 ○ 실용화 초기단계 ◇ 연구개발단계 - No activity

### 제 3 절 세계 시장규모 및 성격

1. 주시장(국가 또는 지역) : 한국, 미국, 유럽, 일본, 중국, 러시아 등

2. 시장규모

Table 43. Domestic and International Market Size

구 분	현재의 시장규모	예상되는 시장규모
세계시장규모	1,000 백만\$	(2022년) 1,500 백만 \$
한국시장규모	200,000 백만원	(2022년) 300,000 백만원

\*Kotra 세계무역시장 현황(2016년)

\*삼성증권 기업상장사 경영현황전망(2018년)

3. 세계시장의 성격 (해당란에 모두 표시)

- 안정성이 큼                       영속성이 있음  
 성장성이 있음                       독점성 (또는 과점성)이 있음

4. 본 기술을 보유하고 있는 외국회사는?

국내: 경동나비엔, 귀뚜라미, 대성보일러, 기타                      5개사 미만

국외: 독일 Kholer Co. 미국 COORS Co. Chronomite Laboratories Inc. 일본 Panasonic Co. TOTO CO.

5개사 이상

### 제 7 장 연구시설·장비 현황

-해당사항 없음

## 제 8 장 참고문헌

- [1] 하우스 시설농가의 난방방식 통계, 통계청 (2016년)
- [2] 시설종류별 농가수, 통계청 (2016년)
- [3] 특허출원 제10-2015-012341 직수형 온수공급장치
- [4] 특허출원 제10-2015-0135373, 침수형 직접가열식 봉상형 세라믹히터의 제조방법
- [5] 특허출원 제10-2016-0111622, 온수공급장치
- [6] 해외특허출원 DFP16KR2797, 직수형 온수공급장치
- [7] 특허출원 제10-2017-0136759, 내구수명이 향상된 순간온수장치
- [8] 특허-일본-1996-0315967, 메탈라이즈 발열층을 가지는 알루미늄나질 세라믹히터
- [9] 특허-한국-1165920, 폐 가스용기를 이용한 하우스용 전기보일러
- [10] 특허-일본-1999-0003769, 수조수 보온용 히터
- [11] 특허-일본-2004-0023765, 세라믹카본히터 및 제조방법
- [12] 1) P.F. Bencher and S.A. Halen, Ceramic Bulletin, 58, 582 (1984)
- [13] 岩本信也. 日本材料学会誌, 22(4), 185 (1986)
- [14] 高塩治男, 工業材料, 32 (7), 44 (1984)
- [15] Y.Tsunawaki, N.Iwamoto, T.Hattori, A.Mituishi, J. Non-Cryst. Solids, 44, 369 (1981)
- [16] 岩本信也, 梅咲則正, 高温学会誌, 10 (4), 132 (1984)
- [17] B.O. Mysen, D. Virgo, C.M. Scarfe, Am. Mineral., 65, 690 (1980)
- [18] S.M. Johnson and D.J. Rowcliffe, J. Am. Ceram. Soc., 68, 468 (1985)
- [19] 生原幸雄, 梅咲則正, 岩本信也, 日本金屬学会講義要旨集, 昭和 61年度春基 (第98会 東京) 大会
- [20] W.D. Kingery, H.K. Bowen and D.R. Uhlmann, "Introduction to Ceramics", John Wiley&Sons, New York, 1975, p.117~23
- [21] N.A. torpov, Trans Intern. Ceram. Congr., 17th, London, 1960, p.438
- [22] 田中俊, 郎, 井出浩一, テレビジョン学会誌, 38, 226(1984)
- [23] 田中俊, 郎, 學振124委資料, 124-24-28-84 (1984.11)
- [24] 田中俊, 郎, 泰形材, 26, 36, (1985)
- [25] 康利, 桶瑞, 八木, 窯業協會年會講演概要集, P.429 (1984)
- [26] 西川, 青木, 谷本, 西田, 康本, 窯業協會基礎討論會概要集, p.79 (1985, 1)
- [27] T.Yamada, A.Kono,K.Yokoi,16th Int. AWS Brazing Conf.(1985.5)

제 9 장 부 록: 시험성적서, 도면, 설계도

# 시험성적서

성적서 번호 : T2019-13749

회 사 명 : (주)코인피니티

대 표 자 : 조인철

연락처 : 031-662-7923

주 소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암3길 70

- 1. 시 료 명 : Ceramic Heater
- 규격 및 형식 : ZI-CERA-3000W
- 2. 성적서의 용도 : 품질관리용
- 3. 접수일자 : 2019.11.14
- 4. 시험일자 : 2019.11.14 - 2019.12.11
- 5. 시험방법 : 의뢰자 제시 규격
- 6. 시험결과 : 결과 참조

시험자 : 김수경

김수경

승인자 : 형재필

형재필

- 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
- 2. 이 성적서는 우리 시험연구원의 사전 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며 용도 이외의 사용을 금합니다.
- 3. 이 성적서의 사본은 무효입니다.

2019년 12월 11일



## 한국기계전기전자시험연구원



www.ktcre.kr 15809 경기도 군포시 흥안대로27번길 22  
TEL : 1899-7654, FAX : 031-455-7307

서식P708-05(Rev.2)

Page: 1 of 10

시험성적서 (절연내력, 수중절연내력, 수중절연저항, 소비전력, 소비전류, 누설전류)

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 1. 개요

본 시험성적서는 의뢰자가 제시한 시료, 시험조건 및 방법에 따라 측정된 결과임.

## 2. 적용 또는 인용규격

적용 : 의뢰자 제시 규격

## 3. 시험 시료

- (1) 시료명 : Ceramic Heater
- (2) 모델명 : ZI-CERA-3000W
- (3) 정격 : AC 220 V
- (4) 제조회사 : (주)존인피니티
- (5) 시료수 : 1 [EA]



그림 1. 시료 사진

# 시험결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 4. 시험조건 및 방법

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준
절연내력	시료의 전원선 일괄 부분과 은박으로 덮여진 외곽 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 3 000 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)
수중절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)
수중절연저항	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100MΩ 이상일 것
소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값
누설전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA 이하일 것

시험성적서 (절연내력, 수중절연내력, 수중절연저항, 소비전력, 소비전류, 누설전류)

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 5. 시험 결과

### 5.1 절연내력 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
절연내력	시트의 전원선 일괄 부분과 은박으로 쌓여진 외곽 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 3 000 V 를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜 것



(a) 시험 사진 ①



(b) 시험 사진 ②

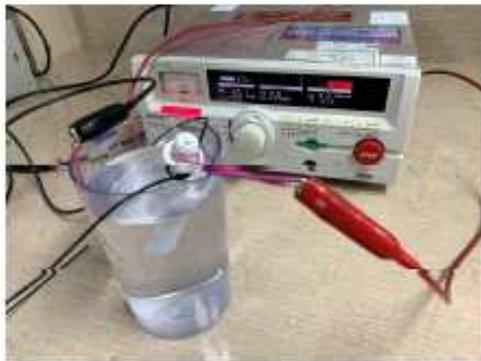
그림 2. 절연내력 시험 사진

# 시험결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 5.2 수중절연내력 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
수중 절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딤



(a) 시험 사진 ①



(b) 시험 사진 ②

그림 3. 수중절연내력 시험 사진

# 시험결과

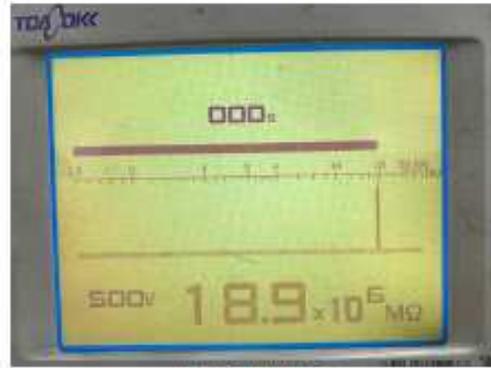
성적서 번호 : T2019-13749

## 5.3 수중절연저항 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과
수중 절연저항	수중에 담겨져 있는 시료의 권선선 입괄 부분과 물 사이에 각각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100MΩ 이상일 것	$18.9 \times 10^6 \text{ M}\Omega$



(a) 시험 사진 ①



(b) 시험 사진 ②

그림 4. 수중절연저항 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 5.4 소비전력 및 소비전류 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과						
소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 시트에 정격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>소비전력 [kW]</th> <th>소비전류 [A]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>2.9771</td> <td>13.5717</td> </tr> </tbody> </table>	구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]	#1	2.9771	13.5717
구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]							
#1	2.9771	13.5717							



(a) 시험 사진

Urms1	219.365
Irms1	13.5717
P1	2.9771
Ihd1	0.598
Q1	0.0191
λ1	0.99998
φ1	0.367
IU1	59.980

(b) 시험 결과

그림 5. 소비전력 및 소비전류 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 5.5 누설전류 시험 결과

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과						
누설전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA 이하일 것	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th colspan="2">결과 [μA]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>13.36</td> <td>13.55</td> </tr> </tbody> </table>	구분	결과 [μA]		#1	13.36	13.55
구분	결과 [μA]								
#1	13.36	13.55							



(a) 시험 사진



(b) 시험 결과 #1

그림 6. 누설전류 시험 사진

# 시험 결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 6. 시험 결과 요약

시험항목	시험조건 및 방법	시험기준	시험결과						
절연내력	시료의 전원선 일괄 부분과 은박으로 씌어진 외과 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 3 000 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 1 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜 것						
수중 절연내력	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각 각 전극을 연결한 후 AC 1 500 V를 인가하여 시험 - Cutoff Current 설정 : 5 mA	견딜 것 (절연파괴가 없을 것)	견딜 것						
수중 절연저항	수중에 담겨져 있는 시료의 전원선 일괄 부분과 물 사이에 각 각 전극을 연결한 후 DC 500 V 절연저항계를 이용하여 절연저항 측정	100MΩ 이상일 것	18.9 × 10 <sup>6</sup> MΩ						
소비전력 및 소비전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 소비전력 및 소비전류 측정	측정값	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>소비전력 [kW]</th> <th>소비전류 [A]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>2.98</td> <td>13.57</td> </tr> </tbody> </table>	구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]	#1	2.98	13.57
구분	소비전력 [kW]	소비전류 [A]							
#1	2.98	13.57							
누설전류	수중에 담겨져 있는 시료에 정격전원을 인가한 후 전원의 극과 물 사이에서 누설전류 측정	3 mA 이하일 것	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>결과 [μA]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>#1</td> <td>13.36    13.55</td> </tr> </tbody> </table>	구분	결과 [μA]	#1	13.36    13.55		
구분	결과 [μA]								
#1	13.36    13.55								



# 시험결과

성적서 번호 : T2019-13749

## 7. 시험에 사용된 장비

장비명	장비번호	모델명 (제조사)
내전압시험기	2557	TOS5051A (Kikusui)
Insulation Resistance Tester	1460	SM8220 (TOA)
Digital Power Analyzer	1969	WT3000 (Yokogawa)
AC Power-source	1971	61505 (Chroma ATE Inc)
Leakage Current Tester	2585	ST5540 (Hioki)
Digital Multimeter	2575-02	87 (Fluke)

## 8. 비고

- 진행된 시험은 특별한 언급이 없는 한 IEC 60068-1에 따른 다음의 대기 조건에서 실시됨.

- (1) 온도 :  $(25 \pm 10)$  °C
- (2) 상대습도 :  $(50 \pm 25)$  % R.H.

# 시험성적서

한국기술교육대학교 산학협력단  
충남 천안시 동남구 중절로 1600  
Tel : 041-580-4890 Fax : 041-580-4981

성적서번호: G2019-09870  
페이지( 1 )/(총 1 )



1. 의뢰자
- 기관명: ㈜ 존인피너티
  - 주소: 경기도 평택시 서탄면 수월암3길 70(1107-1, 1107-2)

2. 시험대상품목/물질/시료 설명  
알루미늄 소재

3. 시험기간  
2019. 12. 26. (1일)

4. 시험방법  
아르키메데스법 밀도 측정

5. 시험결과

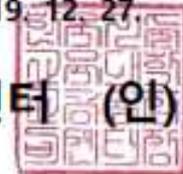
샘플명	Density (g/cm <sup>3</sup> )	기타
알루미늄 소재	3.610	-

이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.  
성적서 진위확인은 (전화) 041-580-4890, (이메일) [emtc@koreatech.ac.kr](mailto:emtc@koreatech.ac.kr)로 연락주시길 바랍니다.

확 인	작성자 성명: 박용현	기술책임자 성명: 권수경
--------	----------------	------------------

2019. 12. 27.

한국기술교육대학교 공용장비센터 (인)



시험성적서 (밀도)

# 시험 성적서



성적서 번호 : NR-19-3872  
페이지 ( 1 ) / 총 ( 4 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

1. 의뢰자

- 기관명 : 존인피니티
- 주소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암 3길 70
- 의뢰일자 : 2019. 10. 28.

2. 시험성적서의 용도 : 품질 관리용

3. 시험대상품목/물질/시료명 : 세라믹히터

4. 시험규격/방법 : 세라믹 히터에 대한 3점 굽힘 강도(3 Point Bending Test) 시험 진행.

5. 시험결과 : 결과 보고서 참조

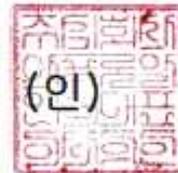
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않습니다.

2. 이 성적서는 홍보, 견적, 광고 및 소송용으로 사용 될 수 없으며, 복사본은 효력을 발생하지 않습니다.

확 인	작성자 성 명 : 우 창 준	 (서명)	기술책임자 성 명 : 권 경 특	 (서명)
-----	--------------------	---	----------------------	---

2019년 11월 04일

(주) 아프로 R&D 대표이사



서울시 구로구 디지털로 33길 28, 202,203,204,206 호,211 호 (구로동, 우원이비즈니스터 1차)

Tel : 02-2108-1119 Fax : 02-2108-1669

APRO-QP-24-02

시험성적서 (굽힘강도)

# 결과 보고서



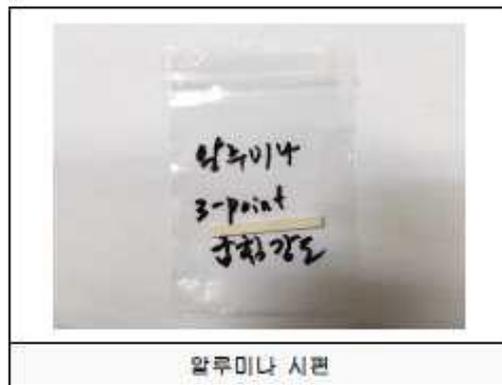
성적서 번호 : NR-19-3872  
페이지 ( 2 ) / 총 ( 4 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 1. 분석 목적

- 세라믹 소결 시료에 대해 UTM을 이용한 3점 굽힘강도 시험을 진행함.

## 2. 분석 시료



## 3. 분석 장비

장비 명	제조 회사	모델 명
UTM	JINAN TE	WDW-20

## 4. 시험 조건

- [1] 시료 상태 : 초기 시료 ( 길이 / 45mm, 폭 / 4mm, 두께 / 3mm )
- [2] 시료 수 : 알루미늄 2 EA
- [3] 굽힘 속도 : 0.5mm/min

APRO-QP-24-02

시험성적서 (굽힘강도)

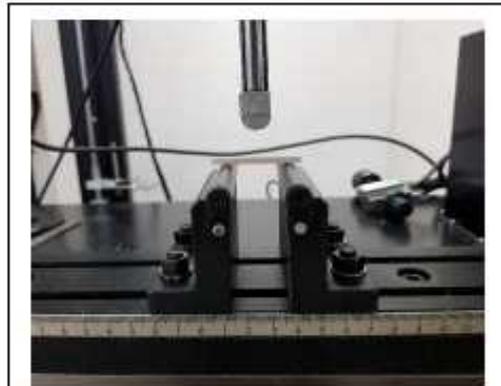
# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-3872  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 4 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

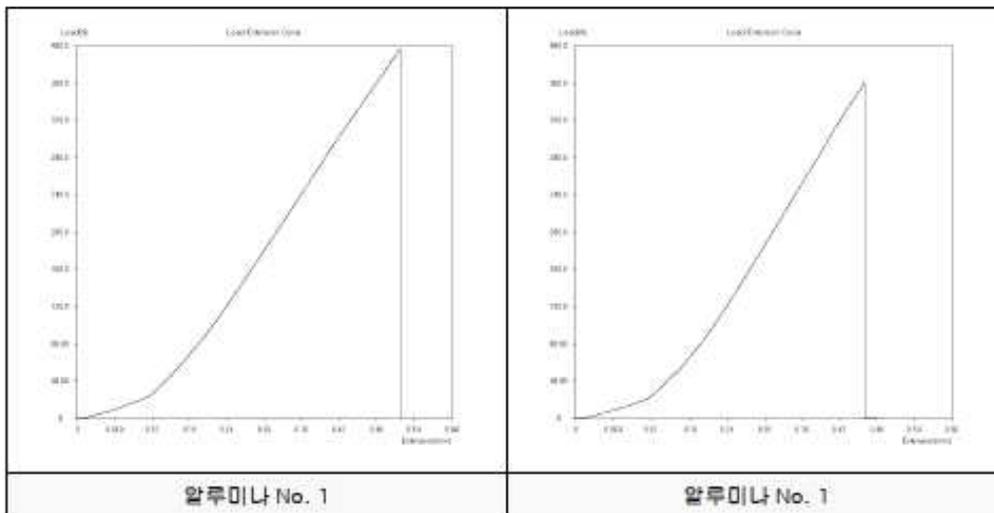
## 5. 시험 사진



알루미늄 시편

## 6. 시험 결과

The Picture of result :



APRO-QP-24-02

시험성적서 (굽힘강도)

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-3872  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 4 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

[표 1] 3 Point 굽힘 강도 시험 결과

Sample	하중(N)	표점거리(mm)	폭(mm)	두께(mm)	굽힘 강도(Mpa)
알루미늄 #1	396.35	30	4	3.02	488.90
알루미늄 #2	360.54	30	4	3.06	433.17
평균					461.04

- 끝 -

APRO-QP-24-02

시험성적서 (굽힘강도)

# 시험 성적서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 1 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 1. 의뢰자

- 기관명 : ㈜존인피니티
- 주소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암 3길 70
- 의뢰일자 : 2019. 09. 24.

## 2. 시험성적서의 용도 : 연구결과 제출용

## 3. 시험대상품목/물질/시료명 : 알루미나 히터(Alumina Ceramic Heater)

## 4. 시험기간 : 2019. 09. 24. ~ 2019. 12. 03.

## 5. 시험규격/방법 : 고객 한 요청 사항

## 6. 시험결과 : 결과 보고서 참조

- 비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 견정 제품에 대한 품질을 보증하지 않습니다.  
2. 이 성적서는 홍보, 견적, 광고 및 소송용으로 사용 될 수 없으며, 복사본은 효력을 발생하지 않습니다.

확 인	작성자 성 명 : 우 창 준		기술책임자 성 명 : 권 영 복	
-----	--------------------	---	----------------------	---

2019년 12월 09일

(주) 아프로 R&D 대표이사 (인)



서울시 구로구 디지털로 33길 28, 202,203,204,205호,211호 (구로동, 우림이비즈센터 1차)

Tel : 02-2108-1119 Fax : 02-2108-1559

APRO-QP-24-02

시험성적서 (내구성시험)

# 결 과 보 고 서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 2 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## CONTENTS

1. 개요	3
2. 제품 정보	3
2.1. 제품 제조사	3
2.2. 제품 사진	3
3. 시험조건 및 결과	4
3.1. 수명시험	4

APRO-QP-24-02

시험성적서 (내구성시험)

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 1. 개요

본 시험은 ㈜존인피니티에서 개발한 "알루미나 히터"에 대하여 의뢰자 요구에 대한 성능시험이다.

## 2. 제품 정보

### 2.1. 제품 제조사

기관명 : ㈜존인피니티

제품명 : 알루미나 히터(Alumina Ceramic Heater)

모델명 : N/A

### 2.2. 제품 사진



알루미나 히터

APRO-QP-24-02

시험성적서 (내구성시험)

# 결 과 보 고 서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 4 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.ra.kr

## 3. 시험조건 및 결과

### 3.1. 수명시험

시험 항목	수명시험		
고객 명	㈜존인피니티	시험 목적	연구결과 제출용
품 명	알루미나 히터	시 험 자	우 창 준 (82-2-2108-1119)
모 델 명	N/A	시험 날짜	2019. 09. 24. ~ 2019. 12. 03.
시험 사항	고객 탄 요청 사항	페이지	4
시험 결과	시험결과 참조		

1) 이 시험은 고객이 요청한 Sample에 의해 시험이 진행되며, 고객요청 사항에 의거하여 규격된 시편 및 시험을 진행한다.

### 2) 시험 사진



APRO-QP-24-02

시험성적서 (내구성시험)

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288

페이지 ( 5 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D

www.apro.re.kr

### 3) 시험 조건

- 히터 ON/OFF Tester M/C에 시험품을 장착하여 가속인자(230V, 250V, 270V)에서 전압을 3분 ON, 1분 OFF를 1 Cycle로 하여 10,000Cycle을 시험한다. 각 시험시료는 5EA로 하며 알루미늄 히터의 단선, 단락, 파손 상태를 확인한다.

### 4) 시험 사진



### 5) 평가 항목

시험 시료	검사 항목	Remark
알루미늄 히터	수명 시험	판정기준: 단선, 단락, 파손
		파손 시 Cycle 을 체크하여 가속인자별 수명 확인
		분포함수: Weibull 분포
		가속변수와의 관계: Arrhenius
		회귀분석표

APRO-QP-24-02

시험성적서 (내구성시험)

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288  
페이지 ( 6 ) / 총 ( 7 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 6) 시험 결과

### (1) 가속수명시험 측정 Data

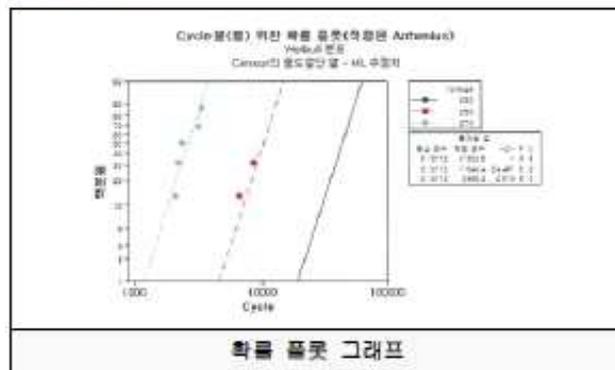
Sample No.	가속변수(인가전압)		
	230V	250V	270V
알루미늄 히터 1	10,000 Cycle	10,000 Cycle	2,400 Cycle
알루미늄 히터 2	10,000 Cycle	8,500 Cycle	2,100 Cycle
알루미늄 히터 3	10,000 Cycle	9,500 Cycle	2,200 Cycle
알루미늄 히터 4	10,000 Cycle	10,000 Cycle	3,400 Cycle
알루미늄 히터 5	10,000 Cycle	6,500 Cycle	3,200 Cycle

### (2) 회귀분석표

예측 변수	계수	표준오차	Z	P	95.0% 정규 Ci	
					하한	상한
절편	-27.2959	4.70641	-5.80	0.000	-36.5203	-18.0716
Voltage	1.65021	0.217793	7.58	0.000	1.22334	2.07708
형상모수	5.12112	1.59189			2.78464	9.41803

\*로그 우도 = -59.214

### (3) Cycle을 위한 확률 플롯(백분율)



APRO-QP-24-02

시험성적서 (내구성시험)

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-4288

페이지 ( 7 ) / 총 ( 7 )

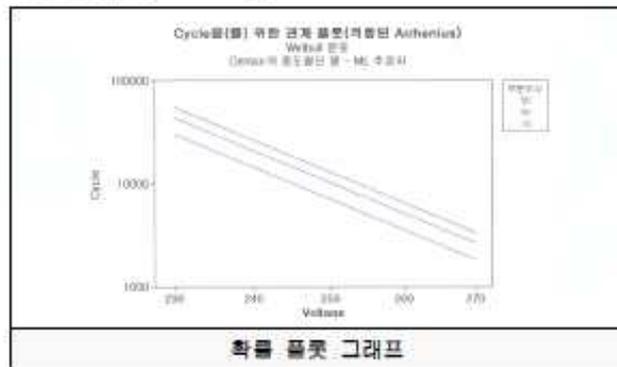
(주)아프로 R&D

www.apro.re.kr

## (4) 백분위 표

백분율	Voltage	백분위수	표준 오차	95.0% 정규 Ci	
				하한	상한
90	220	120446.00	53902.800	50102.40	289553.0
90	230	55669.90	19376.900	28141.40	110128.0
90	250	12993.20	2189.800	9338.10	18078.9
90	270	3375.56	307.390	2823.79	4035.15

## (5) Cycle을 위한 확률 플롯(Cycle-Voltage)



## (6) 가속수명

Voltage(V)	Cycles	수명(시간)
220	120446.00	8029.7
230	55669.90	3711.3
250	12993.20	866.2
270	3375.56	225.0

- 끝 -

# 시험 성적서



성적서 번호 : NR-19-3868

페이지 ( 1 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D

www.apro.re.kr

## 1. 의뢰자

- 기관명 : 존인피니티
- 주소 : 경기도 평택시 서탄면 수월왕 3길 70
- 의뢰일자 : 2019. 10. 28.

## 2. 시험성적서의 용도 : 품질 관리용

## 3. 시험대상품목/물질/시료명 : 세라믹히터

## 4. 시험규격/방법 : 누설전류 평가

## 5. 시험결과 : 결과 보고서 참조

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료 명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않습니다.

2. 이 성적서는 홍보, 언론, 광고 및 소송용으로 사용 될 수 있으며, 복사본은 효력을 발생하지 않습니다.

확인	작성자 성명 : 우창준		기술책임자 성명 : 권경득	
----	-----------------	---	-------------------	---

2019년 11월 04일

(주) 아프로 R&D 대표이사 (인)



서울시 구로구 디지털로 33길 28, 202,203,204,206 호,211 호 (구로동, 우림이비즈센터 1차)

Tel : 02-2108-1119 Fax : 02-2108-1669

APRO-OP-24-02

시험성적서 (누설전류)

# 결 과 보 고 서



성적서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 2 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## CONTENTS

1. 개요	3
2. 제품 정보	3
2.1. 제품 제조사	3
2.2. 제품 사진	3
3. 시험조건 및 결과	4
3.1. 누설전류 평가	4

APRO-QP-24-02

시험성적서 (누설전류)

# 결 과 보 고 서



성적서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 3 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 1. 개요

이 시험은 고객이 요청한 Sample로 진행되며, 고객요청 규격에 의거하여 시험을 진행한다.

## 2. 제품 정보

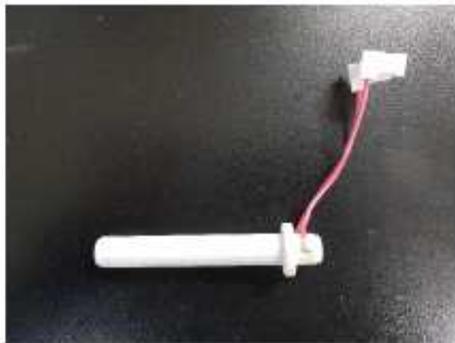
### 2.1. 제품 제조사

기관명 : (주) 존인피니티

제품명 : 세라믹히터

모델명 : -

### 2.2. 제품 사진



<3 KW>



<4 KW>

[세라믹히터]

APRO-QP-24-02

시험성적서 (누설전류)

# 결 과 보 고 서



성적서 번호 : NR-19-3868

페이지 ( 4 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D

www.apro.re.kr

## 3. 시험조건 및 결과

### 3.1. 내전압 평가

시험 항목	내전압 평가		
고객명	(주) 존인피나티	시험 목적	품질관리 등
품명	세라믹히터	시험자	우창준 (82-2-2108-1119)
시험규격	고객사 요청 규격	페이지	3
시험결과	시험결과 참조		

1) 이 시험은 고객이 요청한 Sample에 의해 시험이 진행되며, 고객요청 규격에 의거하여 규정된 시험 및 시험을 진행한다.

### 2) 시험 사진



APRO-QP-24-02

시험성적서 (누설전류)

# 결과 보고서



성적서 번호 : NR-19-3868  
페이지 ( 6 ) / 총 ( 6 )

(주)아프로 R&D  
www.apro.re.kr

## 7) 시험 결과

The Table of result :

시험 시료	NO.	누설전류 (mA)	시험 결과
세라믹히터	3 W	0.059	PASS
	4 W	0.053	PASS

- 끝 -

APRO-QP-24-02

시험성적서 (누설전류)

수신 ㈜준인피너티 대표이사 조인철 귀하  
(경유)

제목 전기보일러 성능시험 결과 알림

1. '19.11.25.자로 귀사에서 신청한 다음 전기보일러의 성능시험 결과를 붙임과 같이 알려드립니다.

- 다 음 -

기종명	형식명	시험항목	규격 (정격난방능력)	검정번호
전기보일러	ZI-AEB-001	난방성능	192 270 kJ/h (45 920 kcal/h)	19-FACTMP-251
	ZI-AEB-002		41 720 kJ/h (9 960 kcal/h)	19-FACTMP-252
	ZI-AEB-003		36 890 kJ/h (8 810 kcal/h)	19-FACTMP-253

2. 아울러, 제출된 검정용도의 제품은 30일 이내에 대표자 명의의 인수증을 제출하고 찾아가시기 바라며, 해당기간 내에 찾아가시지 않을 시 농업기계 검정 및 안전관리 세부 실시요령 제8조제3항의 규정에 따라 처리 할 수 있음을 알려드립니다.

붙임 전기보일러 성능시험 성적서 각 1부. 끝.

농업기술실용화재단이사장



인구원 김은국 ICT기재검정팀 2019. 12. 13.  
정팀장 김영태

협조자 연구원 한철우 연구원 한치국

시험 ICT기재검정팀-1482 (2019. 12. 13.) 접수

우 54667 전라북도 익산시 광동로 457, 농업기술실용화재단 (송학동) / www.fact.or.kr

전화번호 063-919-1753 팩스번호 063-919-1589 / kimeunkuk@efact.or.kr / 비공개(5,6)

국민과 함께하는 농생명 기술사업화 중심 기관

시험성적서 (전기보일러 난방성능)

제 FACT19-0920 호

## 농업기계 성능시험 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 : 조인철
- 나. 사업자등록번호 : 124-86-02860
- 다. 주소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암3길 70
- 라. 상호 : (주)존인퍼니티

### 2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 전기보일러
- 나. 형식명 : ZI-AEB-001
- 다. 형식 및 규격 : 직접연식, 정격난방능력 192 370 kJ/h(45 920 kcal/h)

### 3. 시험 번호 : 19-FACTMP-251

### 4. 시험성적 : 불합

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규정」 제4조 제2항에 따라 시험신청한 지  
대에 대한 성능시험 성적입니다.

2019년 12월 13일

농업기술실용화재단 이사장



시험성적서 (전기보일러 난방성능/60KW 세라믹히터 장착)

## 시험성적

1. 기종명 : 전기보일러
2. 시험번호 : 19-FACTMP-251
3. 형식명 : Z1-AEB-001
4. 형식 : 직접열식
5. 규격 : 정격난방능력 192 270 kJ/h(45 920 kcal/h)
6. 시험 성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

- 길이 1 140 mm
- 폭 1 140 mm
- 높이 1 630 mm
- 중량 300 kg

#### 6.1.2 발열부(규격 및 성능설명서에 의함)

- 발열체의 종류 전기히터(세라믹히터)
- 히터 전기용량 60.0 kW

#### 6.1.3 온도조절·감지장치

- 온도조절방식 자동제어식
- 온도감지장치 개수 2 개(온수, 실내)

#### 6.1.4 물 입·출구

- 입·출구 내경 32 A(호칭지름)
- 개수 각 1 개

### 6.2 성능시험

#### 6.2.1 난방성능

##### 시험조건

- 대기온도 20.1 ℃
- 상대습도 56.1 %R.H.
- 사용전원 218.1 V(3상4선, 상전압평균)



## 시험성적

· 급수량	1.95 m <sup>3</sup> /h
· 입구 물온도	48.1 ℃
· 출구 물온도	71.7 ℃
· 난방능력	192 275 kJ/h(45 924 kcal/h)
· 전체평균소비전력	55.4 kWh
· 에너지 이용효율	96.5 %

## 7. 시험제품 개요

본 기대는 와전류회전체를 발열체로하는 직접열식 전기보일러로 발열체의 정격소비전력은 60.0 kW 이며, 정격난방능력은 192 270 kJ/h(45 920 kcal/h)

## 8. 시험결과

본 검정은 「농업기술실용화재단 분석검정 의뢰 및 처리규정」 제5조에 따라 실시한 성능시험성적으로 농업용난방기 시험방법 중 난방성능 시험방법을 준용하여 실시되었음

책임연구원

김영래

선임연구원

박진근

박진근

연구원

김은국

김은국

연구원

백선욱

백선욱



2-2

시험성적서 (전기보일러 난방성능/60KW 세라믹히터 장착)

## 농업기계 성능시험 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 : 조인철
- 나. 사업자등록번호 : 124-86-02860
- 다. 주소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암3길 70
- 라. 상호 : (주)준인퍼니터

### 2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 전기보일러
- 나. 형식명 : Z1-AEB-002
- 다. 형식 및 규격 : 직접연식, 정격난방능력 41 720 kJ/h(9 960 kcal/h)

### 3. 시험 번호 : 19-FACTMP-252

### 4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규정」 제4조 제2항에 따라 시험신청한 기  
대에 대한 성능시험 성적입니다.

2019년 12월 13일

농업기술실용화재단 이사장



시험성적서 (전기보일러 난방성능/15KW 세라믹히터 장착)

## 시험 성적

- 1. 기종명 : 전기보일러
- 2. 시험번호 : 19-FACTMP-252
- 3. 형식명 : ZI-AEB-002
- 4. 형식 : 직접열식
- 5. 규격 : 정격난방능력 41 720 kJ/h(9 960 kcal/h)
- 6. 시험 성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

- 길이 1 140 mm
- 폭 1 140 mm
- 높이 1 630 mm
- 중량 300 kg

#### 6.1.2 발열부(규격 및 성능설명서에 의함)

- 발열체의 종류 전기히터(세라믹히터)
- 히터 전기용량 15.0 kW

#### 6.1.3 온도조절·감지장치

- 온도조절방식 자동제어식
- 온도감지장치 개수 2 개(온수, 실내)

#### 6.1.4 물 입·출구

- 입·출구 내경 32 A(호칭지름)
- 개수 각 1 개

### 6.2 성능시험

#### 6.2.1 난방성능

##### 시험조건

- 대기온도 20.1 ℃
- 상대습도 56.1 %R.H.
- 사용전원 219.1 V(3상4선, 상전압평균)



시험성적서 (전기보일러 난방성능/15KW 세라믹히터 장착)

## 시험성적

· 급수량	1.08 m <sup>3</sup> /h
· 입구 물온도	47.6 ℃
· 출구 물온도	56.8 ℃
· 난방능력	41 726 kJ/h(9 966 kcal/h)
· 전체평균소비전력	14.0 kWh
· 에너지 이용효율	82.9 %

## 7. 시험제품 개요

본 기대는 전기히터(세라믹히터)를 발열체로하는 직접열식 전기보일러로 발열체의 정격소비전력은 15.0 kW 이며, 정격난방능력은 41 720 kJ/h(9 960 kcal/h)

## 8. 시험결과

본 검정은 「농업기술실용화재단 분석검정 의뢰 및 처리규정」 제5조에 따라 실시한 성능시험성적으로 농업용난방기 시험방법 중 난방성능 시험방법을 준용하여 실시되었음

책임연구원	김영태	선임연구원	박정근	연구원	김은국	연구원	백선욱
김영태		박정근		김은국		백선욱	



2-2

시험성적서 (전기보일러 난방성능/15KW 세라믹히터 장착)

## 농업기계 성능시험 성적서

### 1. 신청인

- 가. 성명 : 조인철
- 나. 사업자등록번호 : 124-86-02860
- 다. 주소 : 경기도 평택시 서탄면 수월암3길 70
- 라. 상호 : (주)존인코너티

### 2. 시험 용도의 제품

- 가. 기종명 : 전기보일러
- 나. 형식명 : ZI-AEB-003
- 다. 형식 및 규격 : 작집열식, 정격난방능력 36 890 kJ/h(8 810 kcal/h)

### 3. 시험 번호 : 19-FACTMP-253

### 4. 시험성적 : 불임

「농업기술실용화재단 분석시험 의뢰 및 처리규정」 제4조 제2항에 따라 시험신청한 기  
대에 대한 성능시험 성적입니다.

2019년 12월 13일

농업기술실용화재단 이사장



시험성적서 (전기보일러 난방성능/13KW 시즈히터 장착)

## 시험 성적

- 1. 기종명 : 전기보일러
- 2. 시험번호 : 19-FACTMP-253
- 3. 형식명 : Z1-AEB-003
- 4. 형식 : 직접열식
- 5. 규격 : 정격난방능력 36 890 kJ/h(8 810 kcal/h)
- 6. 시험 성적



### 6.1 구조

#### 6.1.1 기체의 크기

· 길이	1 140 mm
· 폭	1 140 mm
· 높이	1 630 mm
· 중량	300 kg

#### 6.1.2 발열부(규격 및 성능설명서에 의함)

· 발열체의 종류	전기히터(시즈히터)
· 히터 전기용량	13.0 kW

#### 6.1.3 온도조절·감지장치

· 온도조절방식	자동제어식
· 온도감지장치 개수	2 개(온수, 실내)

#### 6.1.4 물 입·출구

· 입·출구 내경	32 A(호칭지름)
· 개수	각 1 개

### 6.2 성능시험

#### 6.2.1 난방성능

##### 시험조건

· 대기온도	20.1 ℃
· 상대습도	56.1 %R.H.
· 사용전원	219.6 V(3상4선, 상전압평균)



2-1

시험성적서 (전기보일러 난방성능/13KW 시즈히터 장착)

## 시험성적

· 급수량	1.10 m <sup>3</sup> /h
· 입구 물온도	47.9 ℃
· 출구 물온도	55.9 ℃
· 난방능력	36 898 kJ/h(8 813 kcal/h)
· 전체평균소비전력	13.3 kWh
· 에너지 이용효율	77.3 %

## 7. 시험 제품 개요

본 기대는 전기히터(시즈히터)를 발열체로하는 직접열식 전기보일러로 발열체의 정격소비전력은 13.0 kW 이며, 정격난방능력은 36 890 kJ/h(8 810 kcal/h)

## 8. 시험 결과

본 검증은 「농업기술실용화재단 분석검정 의뢰 및 처리규정」 제5조에 따라 실시한 성능시험성적으로 농업용난방기 시험방법 중 난방성능 시험방법을 준용하여 실시되었음

책임연구원 김영태	김영태	현임연구원 박전근	박전근	연구원 김은국	김은국	연구원 백선욱	백선욱
--------------	-----	--------------	-----	------------	-----	------------	-----



시험성적서 (전기보일러 난방성능/13KW 시즈히터 장착)

### 3 2019년도 전시회 참가 실적

#### 1) China International Green Kitchen and Bathroom Expo 2019

전시회명	China International Green Kitchen and Bathroom Expo 2019	장 소 :	중국 상해
전시기간	2019. 7. 17~19	참 석 자	안민우, 김경택, 남상규
전시내용	질화규소히터 알루미늄히터 세라믹히터가 적용된 직수형 전기온수기 및 전기보일러, 반도체용 세라믹히터 BSC		



China International Green Kitchen and Bathroom Expo 2019

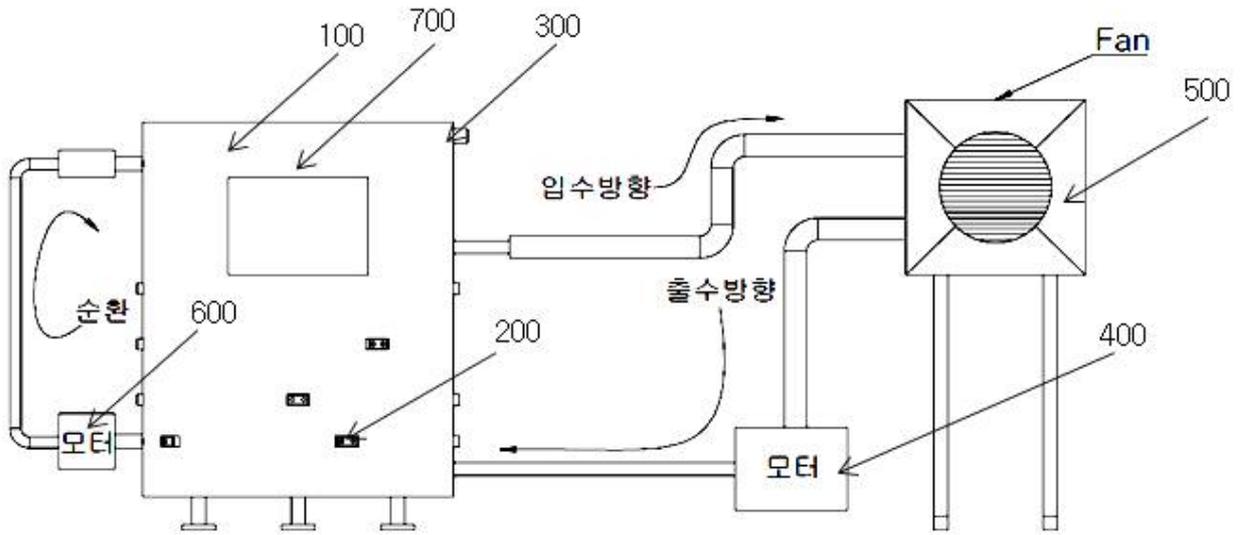
#### 2) ABC 2019 국제첨단세라믹전시회

전시회명	ABC 2019 국제첨단세라믹전시회	장 소 :	한국 KINTEX
전시기간	2019. 7. 03 ~ 05	참 석 자	조인철, 김종민, 이재환
전시내용	질화규소히터 알루미늄히터 세라믹히터가 적용된 직수형 전기온수기 및 전기보일러, 반도체용 세라믹히터 BSC		



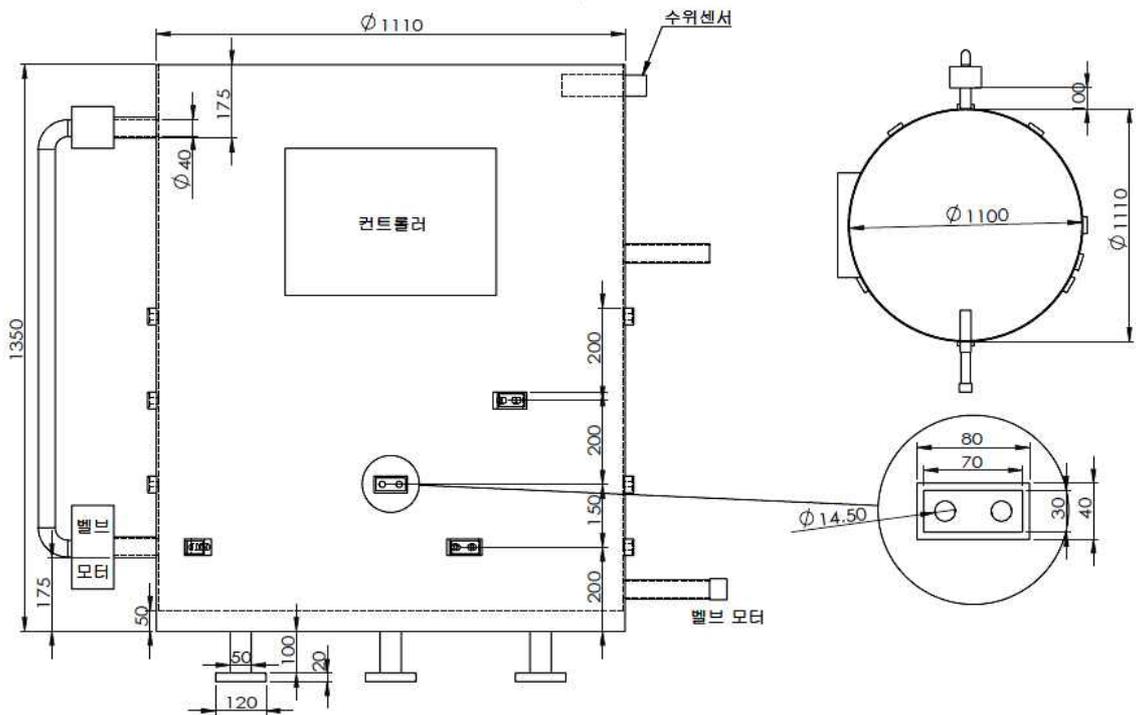
ABC 2019 국제첨단세라믹전시회

2019년 전시회 참가실 (홍보전시)



**농업용 전기보일러**  
 - 외형치수 :  $\phi 1140 \times 1630$   
 - 배관경 : 32A  
 - 사용용량 : 1200L

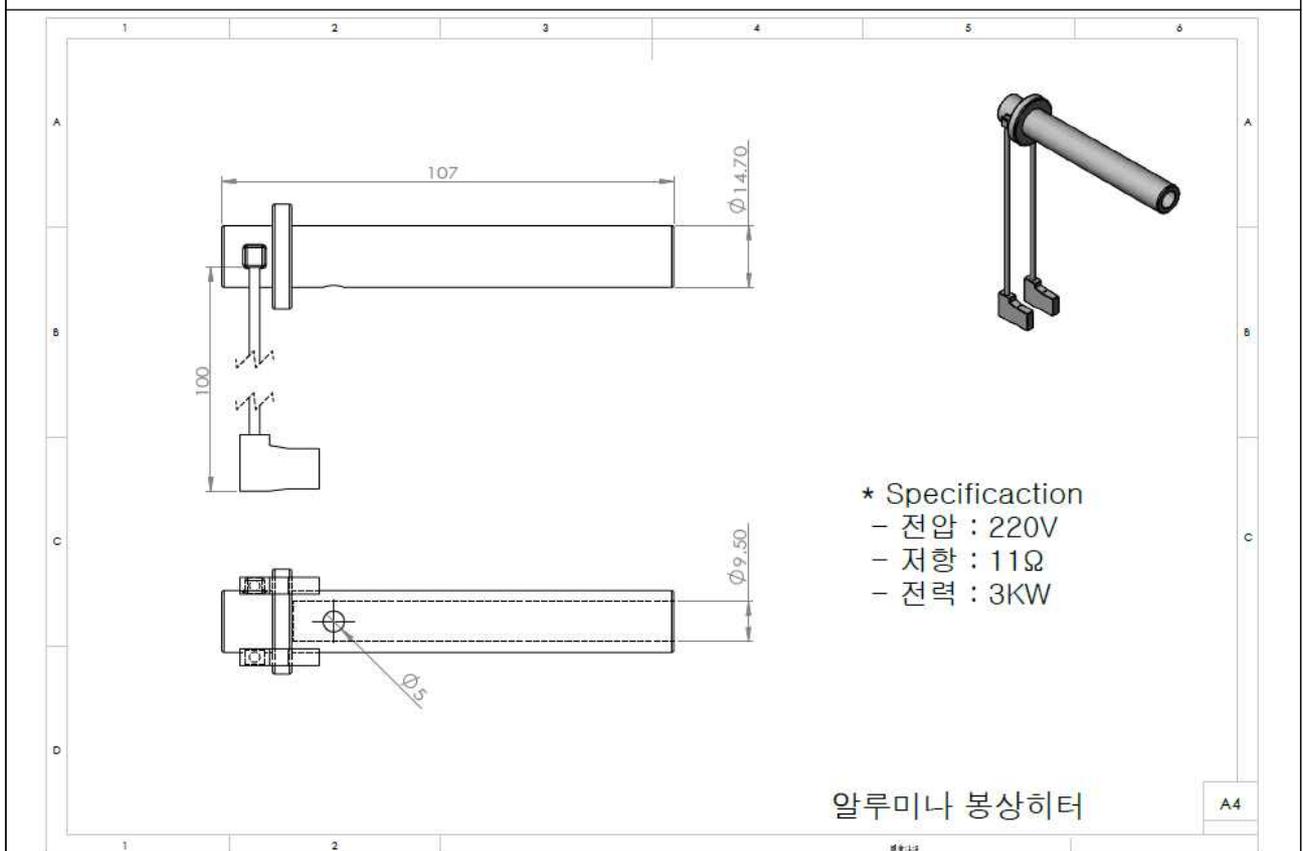
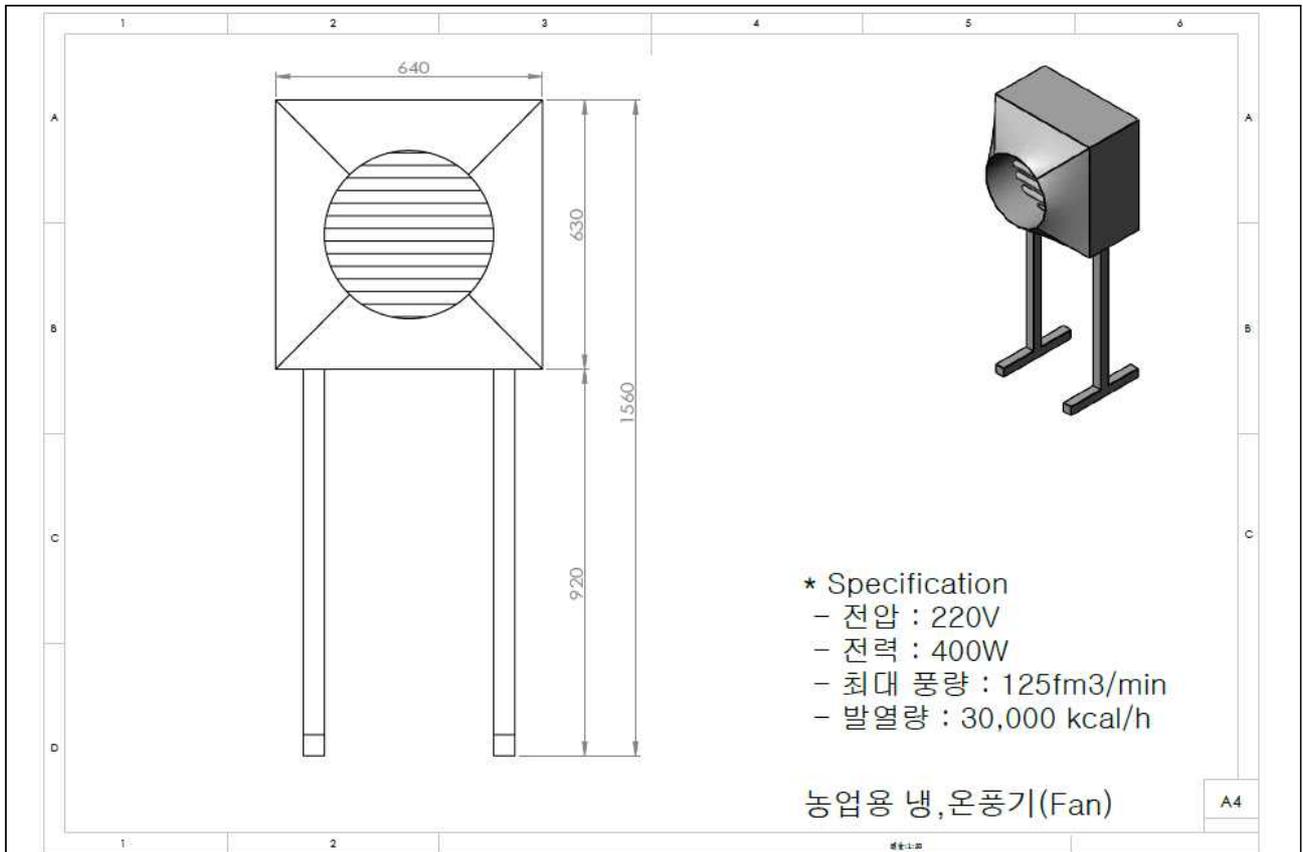
\* Fan  
 - 본체 : 640X630X330  
 - 원형부 :  $\phi 400$   
 - 총 높이 : 1550



내부는 1100파이 X 1300h  
 앞면의 두께는 10mm인데 두꺼워야한다면 수정 가

원형 보일러(1300x900파이) 전체도

농업용 전기보일러 설계도면



농업용 전기보일러 설계도면

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 “첨단생산기술개발사업”의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 “첨단생산기술개발사업”의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.