

320023-01

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농축산자재산업화기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003640-01

미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 조리기구 시스템 개발 최종 보고서

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리기구 시스템 개발

2021년 7월 19일

주관연구개발기관 / (주)씨코전자
공동연구개발기관 / 한국대동지공업(주)
/ 부산대학교
/ 에너지인증연구소

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리기구 시스템 개발”(개발기간 : 2020. 04. 29 ~ 2021. 04.28)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021년 07월 19일

주관연구개발기관명 : (주)씨코전자 (대표자) 한병관(인)

공동연구개발기관명 : 한국대동지공업(주) (대표자) 박재열(인)

위탁연구개발기관명 : 부산대학교 산학협력단 (대표자) 최경민(인)

위탁연구개발기관명 : 에너지인증연구소 (대표자) 허유산(인)

주관연구책임자 : 위민주

공동연구책임자 : 조병열

위탁연구개발책임자 : 안영철

위탁연구개발책임자 : 이승갑

국가연구개발혁신법 시행령 제33조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

사업명	농축산자재산업화기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		320023-01	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0899	50 %	EA0705	30 %	EA0707	20%
	농림식품 과학기술분류	RC0499	50 %	RC0299	30 %	RC0399	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리기구 시스템 개발						
총 연구개발비	총 400,000천원 (정부지원연구개발비: 300,000천원, 기관부담연구개발비: 100,000천원, 지방자치단체: 0천원, 그 외 지원금: 0천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표(<input checked="" type="checkbox"/>)	
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기 집진 방식의 가격 대비 70% 수준의 음식점 미세먼지 및 유해물질 저감 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 초미세입자 제거효율 99% 달성 - 초미세먼지 배출농도 25$\mu\text{m}/\text{m}^3$ - 복합악취 제거 효율 90% - 200nm 이하의 입경을 가지는 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 시스템 개발 - 200nm 이하의 입경을 가지는 나노 필터 개발 				
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> ○ 음식점 미세먼지 및 유해물질 저감 시스템 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 전체 시스템의 형상 설계 및 제작 - 다중 필터 및 송풍기의 설계 및 제작 - 공기의 유동을 고려한 유체역학적 기구 설계 ○ 음식점 미세먼지 99% 제거를 위한 다중 필터링 집진 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 90% 이상의 유분을 제거 할 수 있는 SUS Demister+Cyclone 복합 유분 집진 시스템 개발 - 초기 대비 99% 이상의 분진을 제거 할 수 있는 다단 집진 시스템 개발 ○ 음식점 복합악취 90% 제거를 위한 광촉매 살균 탈취 장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 90% 이상의 복합 악취를 제거할 수 있는 광촉매 살균 탈취 장치 개발 ○ 200nm 이하의 입경을 가지는 필터 제작을 위한 고속전기방사 시스템 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> - 고속전기방사 장치의 노즐 블록 설계 - 나노 입경을 필터 생산을 위한 시스템 설계 				

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 논문 발표 2건 <ul style="list-style-type: none"> - 다단 필터링 시스템을 적용하여 99% 이상의 미세 먼지 포집이 가능한 업소용 주방 후드의 성능 관련 내용 ○ 특허출원 2건 <ul style="list-style-type: none"> - 음식점 미세먼지 99% 제거를 위한 다중 필터링 집진 시스템 개발 관련 내용 ○ 보고서 원문 1건 <ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리기구 시스템 개발 보고서 ○ 연구시설·장비 2건 <ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리기구 시스템 1건 - 전기 방사 나노 필터 제작 장비 1건 ○ 기술요약정보 <ul style="list-style-type: none"> - 기술정보요약 보고서 1건
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단계별 제품화 및 판매 전략 <ul style="list-style-type: none"> - 단계별 제품을 개발하여 제품화 후 1차로 종업원 10인 이하 치킨 전문점 75,182 곳을 중심으로 판매망 확보, 굽는 요리가 많은 고기집, 생선구이집으로 판매범위 확대 예정 <p>[기술적 측면]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 단계별 제품을 개발하여 대용량의 미세먼지 및 유해물질 저감 시스템 개발해 대기오염 배출 업체 등에 미세먼지 및 유해 물질 저감 및 악취 제거 분야에 적용 ○ 미세 먼지 저감 및 악취 제거 기술을 응용하여 친환경기술 관련 시장 진출을 기대 <p>[경제적·산업적 측면]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 대량생산체계 구축하고, 단가를 낮춘 소형 외식업용 제품을 개발하여 기존 적용되고 있는 전기 집진 방식 대비 낮은 금액으로 영세 업체 적용할것으로 판단됨 <p>[사회적 측면 등]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 높은 단가로 인해 소형 외식업체에 적용하기 어렵던 미세먼지 저감 및 복합 악취 제거 시스템을 소형 외식업체용으로 공급하여, 상가지역에서 발생한 악취로 인한 민원 해결
---------------------------	--

연구개발성과의
비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	3	2										
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	전기방사		나노 필터		싸이클론		광촉매 필터		정전필터			
영문핵심어 (5개 이내)	Electrospinning		Nano filter		Cyclone		Photocatalyst filter		Electret-filter			

〈 목 차 〉

1장 개발기술의 개요 -----	6
2장 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 -----	7
1절. 다단 필터링 시스템을 적용하여 99% 이상의 미세 먼지 포집이 가능한 업소용 주방 후드 개발 및 제작 -----	7
2절. 전기 방사를 통한 나노 필터 생산 시스템 개발 및 제작 -----	21
3절. 전기 방사를 통한 나노 필터 생산 시스템의 설계 및 제작 지원 --	32
4절. 다단 필터링 시스템을 적용하여 99% 이상의 미세 먼지 포집이 가능한 업소용 주방 후드의 개발 지원 및 성능 평가 수행 -----	43
3장 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 -----	53
1절 연구수행 결과 -----	53
1. 정성적 연구개발성과 -----	53
가. 전기 집진 방식의 가격 대비 70% 수준의 음식점 미세먼지 및 유해물질 저감 시스템 개발-----	53
나. 세부 개발 목표 및 개발 내용 -----	54
2. 정량적 연구개발성과 -----	69
3. 세부 정량적 연구개발성과 -----	73
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 -----	76
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 -----	77

제 1장 개발기술의 개요

제 1절 개발기술의 개요

1. 기술 개요

- 국민들의 생활수준이 급격히 상승하고, 환경의 질에 대한 관심이 높아지면서 생활공간 주변에서 발생하는 악취 및 미세먼지에 대한 민원이 증가하는 추세
- 음식점 등에서 배출되는 악취물질은 비규제 대상으로 오염물질에 대한 배출 허용 기준이 없어 생활공간 주변에서 주요 민원 요인
- 특히 직화구이나, 튀김 요리 등 다량의 유증기가 발생하는 한식조리 과정에서 많은 미세먼지와 악취 물질이 발생
- 현재 음식점에서는 단순 배기나 희석 배기 수준의 시스템이 대부분
- 일부 음식점에서는 전기 집진 방식을 활용한 시스템을 적용중
- 본과제를 통해 기존의 음식점에 사용되고 있는 미세먼지 및 악취 제거 시스템을 획기적으로 개선하여 저감 성능을 향상시키고, 비용을 절감하고자함

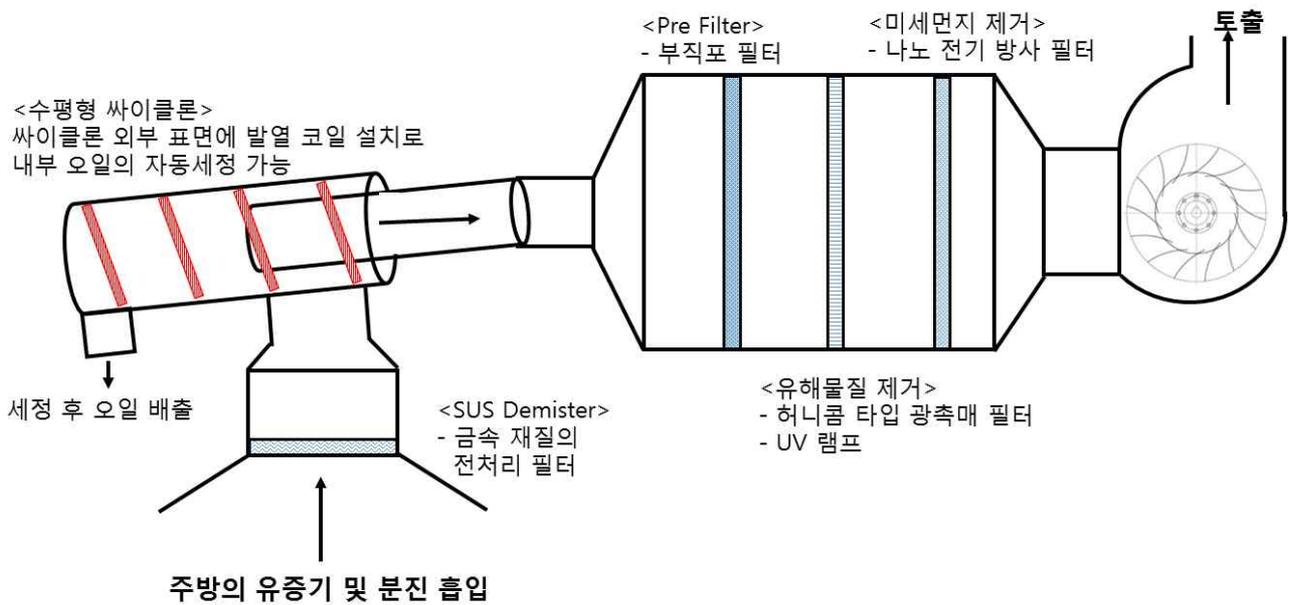


그림 1-1. 개발하고자 하는 악취 및 미세먼지 저감 시스템의 개요

- 그림 1-1은 본과제에서 개발하고자 하는 악취 및 미세먼지 저감 시스템의 개요로 주방 내부에 SUS Demister와 Cyclone을 설치하여 유분의 90% 이상을 포집하고 건물 외부에 위치하는 다단계 필터링 시스템에서는 미세 먼지와 악취를 저감하는 5단계의 처리 시스템으로 구성됨
- 유분의 비율이 높은 한식조리의 특성을 반영하여 세척이 가능한 SUS Demister와 Cyclone에서 대부분의 유분을 제거하고 교체에 부담이 적은 Pre Filter에서 나머지 유분을 제거 할 수 있도록 필터를 설계하고 제작
- 시스템의 차압 등을 확인 할 수 있는 기능을 구현하여 사용자가 수명을 예측하고 확인 할 수 있도록 제품을 개발
- Cyclone의 탈착이 용이하도록 설계하여 주기적으로 cyclone 내부에 발생한 파울링을 제거하여 cyclone 내부 오염에 따른 문제점을 보완
- Cyclone에 설치된 발열 코일의 과열을 확인할 수 있는 센서를 부착하여 이상 과열시 알람이 될 수 있도록 제품을 설계
- 씨코전자 및 한국대동지공업에서 보유한 광촉매 필터 기술을 활용하여 시스템의 풍량과

차압을 고려한 필터의 적용을 통해 악취 및 유해 물질 제거

표 1-1. 기존 기술과의 차별성

기술내용	기존 기술	개발기술
수명 예측	- 경험에 의한 사용자의 판단	- 시스템의 차압 확인을 통한 필터의 교환 예측 표기
유분 세정	- 분해 후 유분 세척	- 수평형 싸이클론의 외부에 발열 코일을 부착하여 유분이 표면에 부착하지 않고 하부에 포집되어 셀프 클리닝이 가능한 구조이며 탈착이 가능하도록 하여 내부 세척도 수행할 수 있도록 개발 - Cyclone에 설치된 발열 코일의 과열을 확인할 수 있는 센서를 부착하여 이상 과열시 알람이 될 수 있도록 제품을 설계
악취 및 유해 물질 제거	- 탈취 필터를 활용한 악취 제거 수준	- 광촉매 필터와 UV를 조합하고 주관에서 보유한 광촉매 공기 살균 및 탈취기 기술을 응용하여 악취 및 공기 살균

- 필터 제작 전문 업체인 한국대동지공업(주)에서 내구성이 높은 전기 방사 기반의 나노 필터 제작 시스템과 나노 필터 개발을 수행
- Lab Scale의 장비에서 나노 필터 제작 시스템을 구축하고 나노 필터를 생산한 경험이 있는 부산대학교에서 전기 방사 필터 시스템의 설계와 제작을 지원
- 주관기관에서 전체적인 시스템의 디자인 및 제작을 수행하고, 시스템에 적합한 SUS Demister와 Cyclone 및 광촉매 필터의 설계를 수행
- 참여기업인 한국대동지공업(주)에서는 시스템에 적합한 Pre Filter와 나노 HEPA Filter의 개발을 담당함
- KOLAS 시험 인증을 보유한 참여기업 (주)ECL에서는 시스템의 평가를 수행함

제 2장. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

제 1절. 다단 필터링 시스템을 적용하여 99% 이상의 미세 먼지 포집이 가능한
업소용 주방 후드 개발 및 제작

1. 살균 탈취가 가능한 활성탄 필터에 광촉매 코팅된 허니컴 필터 개발 (광촉매 허니컴 스프레이 제조장비 구축)

가. 허니컴 구매 : 용도에 맞는 허니컴(Honeycomb)을 구매한다.

- 세라믹 허니컴 : 가스 스택등 열이 있고 세척등을 통해 재사용이 빈번한곳에 사용
- 제올라이트 허니컴 : 일반적인 공장 및 사무실에 사용
- 활성탄 허니컴 : 유기물을 포집후 광촉매 분해시 제올라이트 허니컴과 병행사용
- 3D필타 : 유기물을 포집후 광촉매 분해시 사용되나 압력손실이 많아 대용량 전열교환 장치용으로는 사용불가
- 오존필타 : UV에서 발생하는 오존 제거시 사용

<표준품>

폭 : 245 +/- 2mm, 높이 : 125 +/- 2mm,
두께 : 10 +/- 1mm, 중량 : 95 +/- 30g



그림 2-1. 수입 활성탄 필터

- 탈취 효과를 높이기 위해 활성탄 필터를 이용한 허니컴 필터 제조하기로 함.

나. 이산화티타늄(TiO_2)희석 : 광촉매연구소에서 수입된 이산화 티타늄액 PSO-419A를 희석 한다.

- 정밀저울 사용하여 원액을 50ml 비커사용하여 측정하면서 원액통에서 붓는다.
- 정제수 50ml을 정밀저울 사용하여 비커 사용하여 따른다.
- 원액과 정제수를 20,000rpm 믹서기 사용하여 2분간 혼합 한다.
- 혼합된 이산화티타늄과 95% 에틸알코올과 1:1비율로 혼합한 후 믹서기 사용하여 3분간 혼합한다.



그림 2-2.

Materials Safeties Data Sheet

Manufacturers Information:

Photocatalytic Materials Incorporated
1-10 Sakurayama-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, Japan
tel.81-52-838-7758 fax.81-52-838-7768

Date of Documented: 02/12/2004
Date of Amended: 03/10/2012

1. Name of the material : Photocatalyst Sol PSO-419A

2. Characterization

Single / Mixture component:	Mixture Components	
Contained Chemicals:	Titanium Dioxide	9.5 %
	Dispersion agent	0.9 %
	Water	89.6 %

3. Categorizations of hazards

Category: Acidic liquid

Hazards:: The steam of this material is activated as anesthetics, when it's absorbed.

If exposed repeatedly, it causes stimulation on the mucous membrane, giddiness, and a headache.

Stimulates eyes, noses and skins. When it's absorbed from skin, presents toxic symptoms

Environmental effects: No data

그림 2-3.

다. 이산화티타늄 허니컴필타 제조

- 저압 스프레이 M/C을 준비한다.
- 전용 스프레이 건을 연결한다.
- 허니컴을 스프레이 위치에 놓는다.
- 스프레이건에 연결된 액통에 희석된 이산화티타늄액을 넣는다.
- 스프레이건의 선단부 노즐을 패턴에 맞추어 좌우로 중첩해 나가면서 상부에서 하부로 스프레이 한다.
- 스프레이건의 선단부 노즐을 패턴이 맞추어진 상태에서 상하로 세팅후 좌측에서 우측으로 스프레이 한다.
- 이렇게 함으로서 1회 코팅이 되었으며, 살균률과 탈취률을 높이기 위해 총 2회 코팅을 한다.
- 코팅된 허니컴을 건조로에 투입하여 80℃에서 60분간 건조한다.

라. 스프레이건 보수 :

- 이산화티타늄액 스프레이후는 반드시 정제수 사용하여 세정해야한다.
- 작업이 끝나면 완전히 분해해서 노즐부가 막히지 않도록 세정후 조립관리가 필요하다.



그림 2-4.

2. 필터 설계

가. 활성탄 필터 설계

<개선품>

높이 : 316 +/- 2mm 폭 : 125 +/- 2mm

두께 : 10 +/- 1mm 중량 : 100 +/- 30g

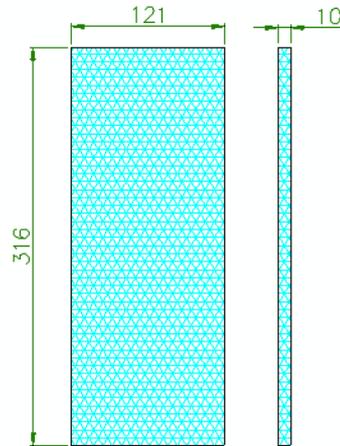


그림 2-5. 활성탄 필터 도면

3. 유증기 제거용 메쉬필터 설계 및 제작

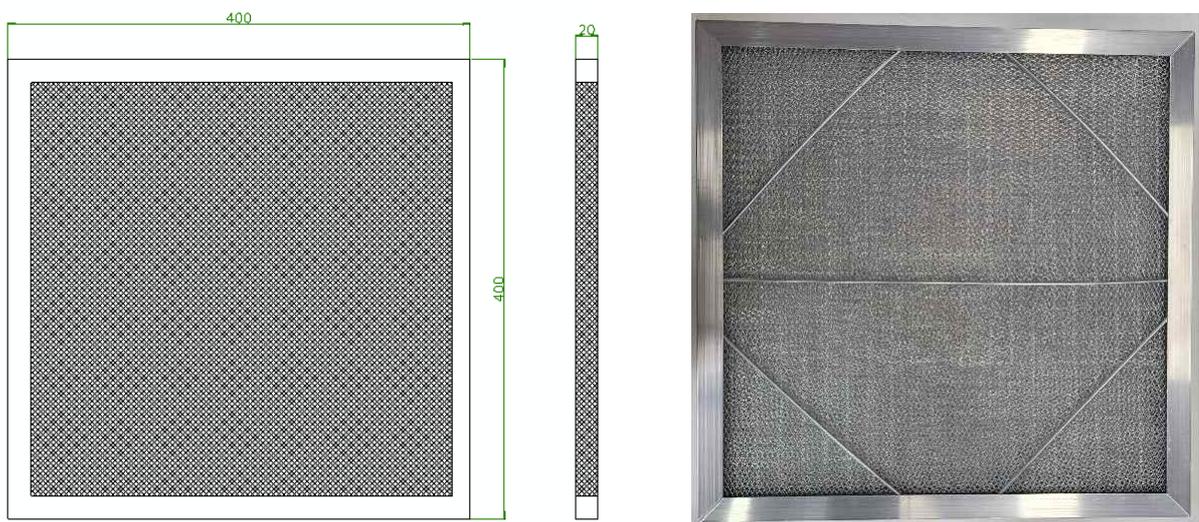


그림 2-6. 메쉬 필터 도면 및 필터 사진

4. 광촉매 살균 탈취 부 도면 설계

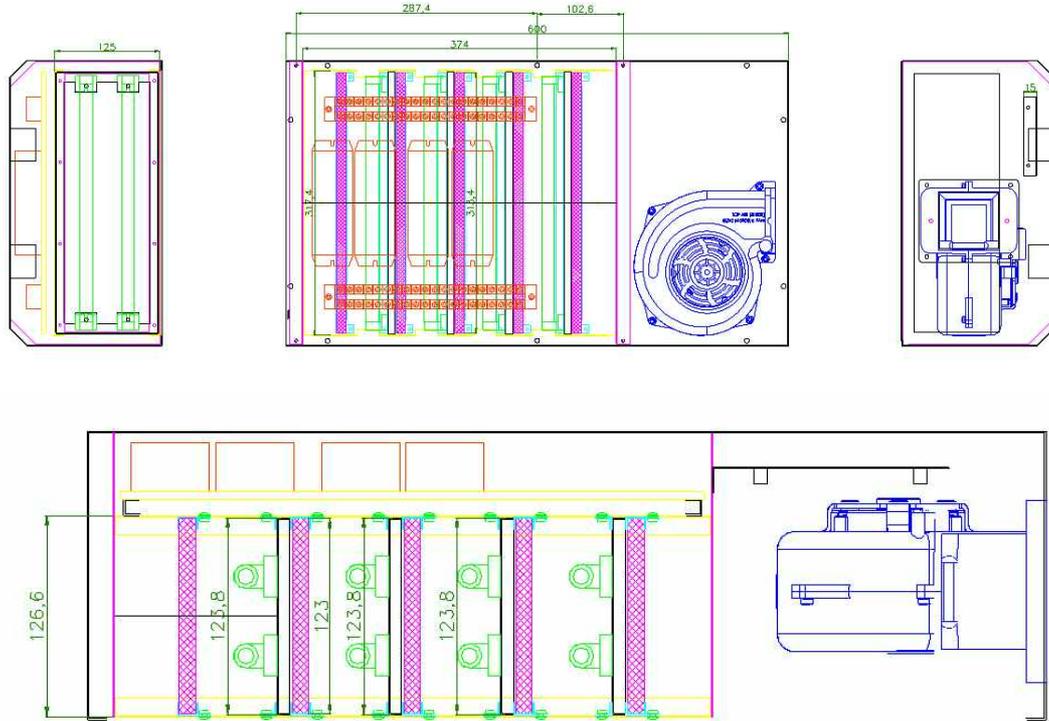


그림 2-7. 1차 광촉매 살균 탈취 부 설계



그림 2-8. 1차 광촉매 살균 탈취 부 제작

- 가. 1차에 제작된 광촉매 살균 탈취부는 대만에서 수입한 허니컴 필터 5개와 UVC Lamp 8개로 구성되어 있다.
- 나. 모터는 BLDC 250CMH를 사용하였으며, 허니컴 필터의 탈취율을 확인하고자 설계 및 제작하였다.
- 다. 5종가스 시험 결과 평균 약 60 % 수준으로 확인되었고, 대만에서 수입한 허니컴 필터 대신 참여기업((주)한국대동지공업)에서 개발한 탈취필터의 경우 동일 조건으로 평균 약 90% 성능을 확인할 수 있었다.

5. 광촉매 살균 탈취부 컨트롤 할 회로 및 프로그램 설계

- 가. 100CMH~ 1000CMH 용량의 BLDC모터를 컨트롤하고, 광촉매 부 전원 공급 및 유증기 포집 장치 열선을 제어 할 수 있는 컨트롤러 개발 함.
- 나. 컨트롤러 회로

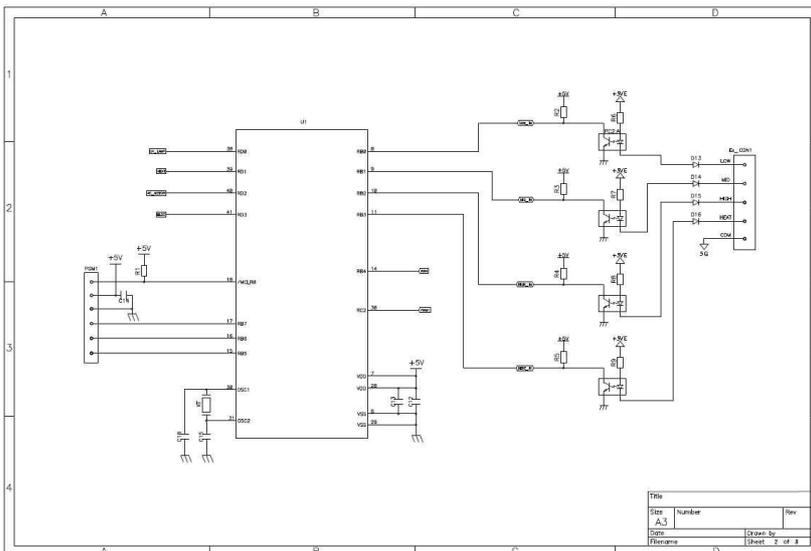
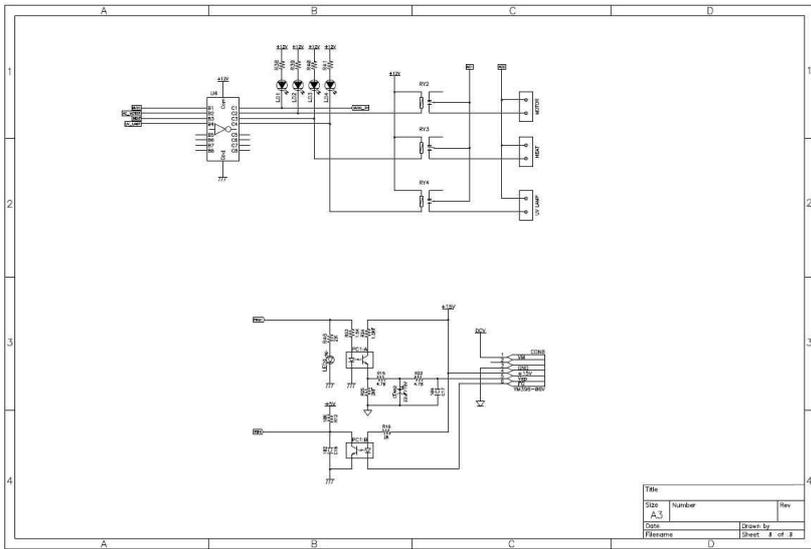
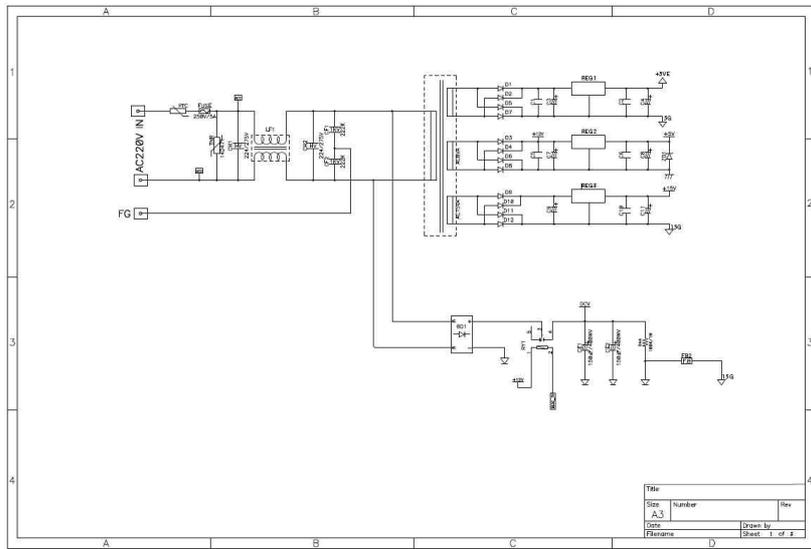


그림 2-9. 컨트롤 PCB 회로 개발

다. 컨트롤러 펌웨어 프로그램

```
#pragma config LVP = OFF // Single-Supply ICSP disabled
#pragma config STVREN = OFF // Stack full/underflow will not cause Reset
#pragma config MCLR = EXT_MCLR // MCLR pin enabled; REB input pin disabled
#pragma config XINST = OFF // Instruction set extension and Indexed Addressing mode disabled

// Turn off all code protection
#pragma config CPD = ON, CP1 = ON, CP2 = ON, CP3 = OFF, CPB = OFF, CPD = OFF
#pragma config WRT0 = OFF, WRT1 = OFF, WRT2 = OFF, WRT3 = OFF, WRTB = OFF, WRT0 = OFF
#pragma config EBTR0 = OFF, EBTR1 = OFF, EBTR2 = OFF, EBTR3 = OFF, EBTRB = OFF
^/
/-----/
Description: Constant Definitions
/-----/
^/
/-----/
Description: MACRO Definitions
/-----/
^/
/-----/
Description: Function Prototypes
/-----/
void InterruptServiceHandlerHigh (void);
void InterruptServiceHandlerLow (void);
/-----/
Description: Variable declarations
/-----/
^/

SWTFlg SoftTimer [sTimerCNT]; //TimerTbl SoftTimer;

o0B_flg
    tRtc_flg, // RTC Timer 1sec Control
    t1s_flg, // Timer 1sec Control
    t300ms_flg, // Timer 300ms Control
    t100ms_flg, // Timer 100ms Control
    t10ms_flg, // Timer 10ms Control
    t1ms_flg, // Timer 1ms Control
    t100us_flg; // Timer 100us Control

w0B_flg
    key3CNFlg, // Key Scan Flag
    keyST3Flg, // Key Status Flag
    OpModeFlg, // Operating Mode
    ErCodeFlg, // Error Code Flag
    sysST3Flg; // System Status Flag

#ifdef DEBUG
extern w0B_flg // PORT D
    iSoanD, // Input Soan. IBuff
    iTempD, // Input Temp. Temp
    i3PreD, // Key 누름 시점
    iKeepD, // Key 계속 누름
    i3ReID, // Key 놓음
    iBuffD; // Input Buffer Data

extern o0B_flg // Display
    Lod_PWR, // Power
    Lod_LAMP; // Lamp
```

그림 2-10. 컨트롤 PCB 펌웨어 개발(일부 캡처)

6. 2차 광촉매 살균 탈취 부 도면 설계 및 제작

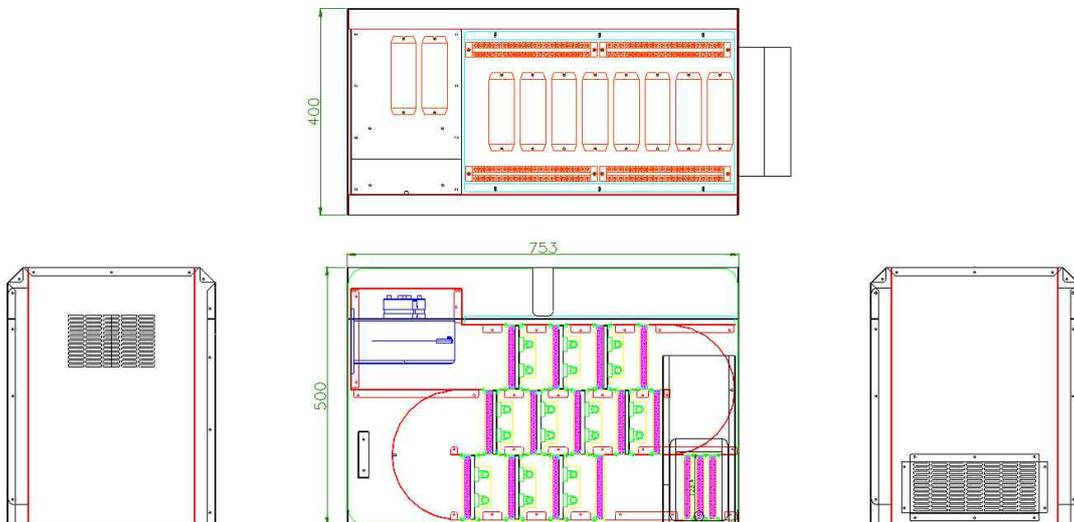


그림 2-11. 2차 광촉매 살균 탈취 부 설계

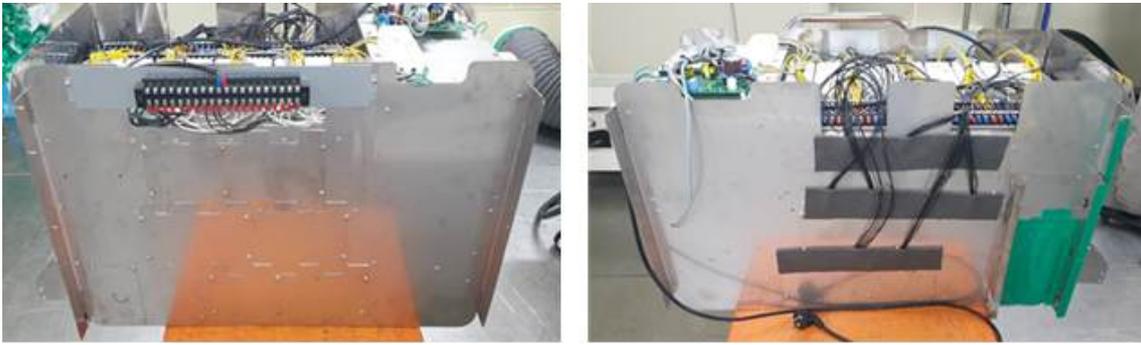


그림 2-12. 2차 광촉매 살균 탈취 부 제작

가. 2차에 제작된 광촉매 살균 탈취부는 참여기업((주)한국대동지공업)에서 개발한 탈취필터를 이용한 허니컴 필터 13개, 집진필터 3개와 UVC Lamp 20개로 구성되어 있다.
 나. 모터는 BLDC 500CMH를 사용하였으며, 필터 압력별 풍량 및 소비전력을 확인하고자 설계 및 제작 하였다.

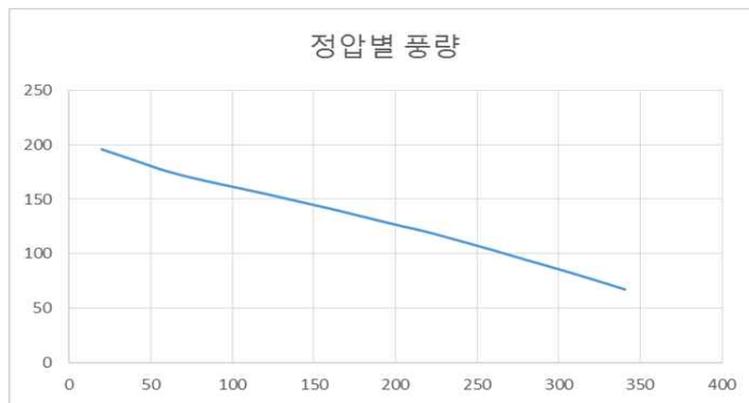


그림 2-13. 필터 압력별 풍량 및 소비전력 그래프(에너지인증연구소 시험 결과)

표 2-1. 필터 압력별 풍량 및 소비전력 결과(에너지인증연구소 시험 결과)

압력(Pa)	풍량(m³/h)	소비전력(W)
20.0	195.8	269.8
40.0	185.7	269.6
60.1	175.6	269.3
80.2	168.0	269.3
100.2	161.5	269.1
120.3	155.0	269.0
140.4	148.1	269.4
160.4	141.3	269.5
180.2	134.0	269.6
200.5	126.6	269.9
219.6	120.0	269.7
240.5	111.4	270.0
260.5	103.1	270.5
280.5	94.3	271.0
300.6	85.7	271.2
320.9	76.6	271.0
340.5	67.5	271.1

7. 유증기 포집 장치 1차 설계 및 제작

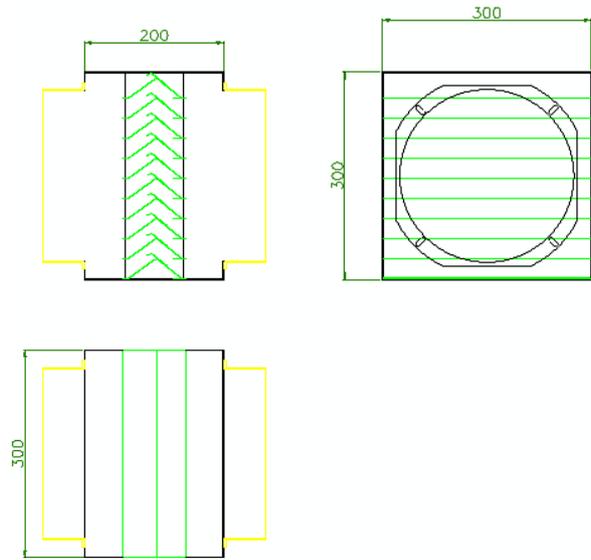


그림 2-14. 1단 유증기 포집 장치 설계 도면



그림 2-15. 1단 유증기 포집 장치 제작 실물

표 2-2. 1단 시료 포집효율 1차 시험 결과

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 169 g = 331 g (약 34 %)
시험 전 무게	192 g	490 g	
시험 후 무게	235 g	616 g	
포집 무게	43 g	126 g	
		총 169 g	

표 2-3. 1단 시료 포집효율 2차 시험결과

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 223 g = 277 g (약 45 %)
시험 전 무게	165 g	503 g	
시험 후 무게	227 g	664 g	
포집 무게	62 g	161 g	
		총 223 g	

8. 유증기 포집 장치 2차 설계 및 제작

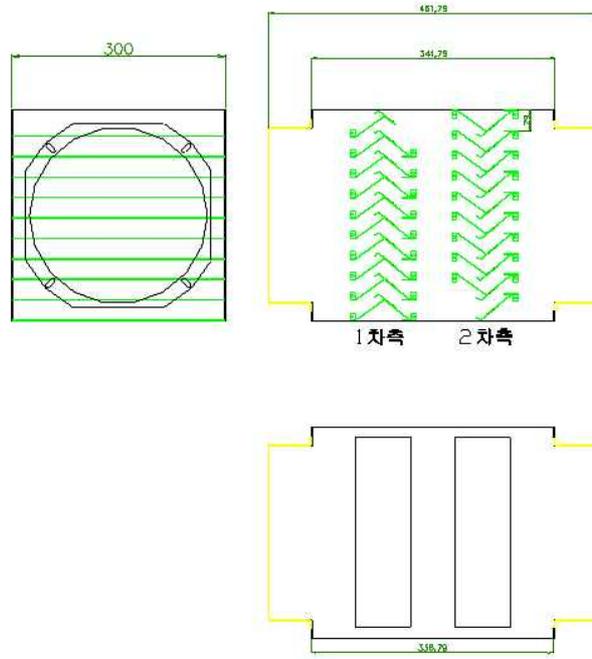


그림 2-16. 2단 유증기 포집 장치 설계 도면



그림 2-17. 2단 유증기 포집 장치 제작 실물

표 2-4. 유증기 포집장치 히터 성능분석 결과

히터 전원 인가 전	히터 전원 인가 후 (오일 포집통 제외)	히터 전원 인가 후 (오일 포집통 부착)	FAN 작동 후(최대)
약 21.5 °C	약 43 °C	약 52.1 °C	약 30.0 °C

유증기 포집장치 히터 온도

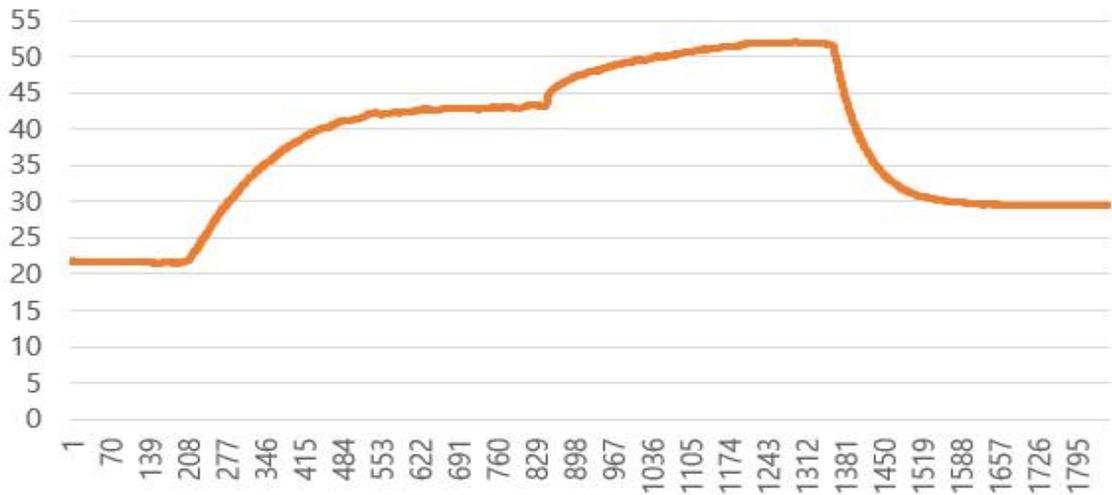


그림 2-18. 유증기 포집장치 히터 성능분석 결과 그래프

가. 유증기 포집장치의 히터 OFF 포집효율

- 총 포집무게가 317g 으로 포집효율이 약 63%의 결과확인

표 2-5. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 시험결과 (히터 OFF)

	필터	포집통	
시험 전 무게	114 g	503 g	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 317 g = 183 g (약 63 %)
시험 후 무게	203 g	731 g	
포집 무게	89 g	228 g	
	총 317 g		

나. 유증기 포집장치의 히터 ON 포집효율

- 히터 ON하고 30분 뒤 측정(1차 시험), 1시간 뒤 재측정(2차 시험)
- 1차 시험결과(히터 작동 후 30분) 총 포집무게가 359g 으로 포집효율이 약 72%의 결과가 확인되었고 2차 시험결과(히터 작동 후 60분) 총 포집무게가 432g 으로 포집효율이 약 86%의 결과 확인
- 히터 작동 시간이 증가 할수록 유증기 포집효율 증가 확인

표 2-6. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 히터 ON 1차 시험 (히터 30분 작동)

	필터	포집통	
시험 전 무게	112 g	403 g	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 370 g = 130 g (약 74 %)
시험 후 무게	170 g	715 g	
포집 무게	58 g	312 g	
	총 370 g		

표 2-7. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 히터 ON 1차 시험 (히터 60분 작동)

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 459 g = 41 g (약 91 %)
시험 전 무게	115 g	474 g	
시험 후 무게	178 g	870 g	
포집 무게	63 g	396 g	
	총 459 g		

9. 3차 광촉매 살균 탈취 부 도면 설계 및 제작

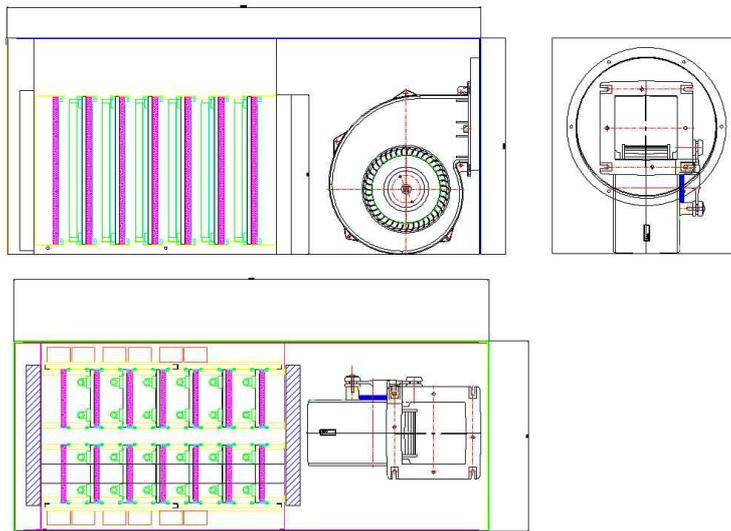


그림 2-18. 3차 광촉매 살균 탈취 부 제작



그림 2-19. 3차 광촉매 살균 탈취 부 제작

- 가. 3차에 제작된 광촉매 살균 탈취부는 참여기업((주)한국대동지공업)에서 개발한 탈취필터를 이용한 허니컴 필터 14개, 집진필터 3개와 UVC Lamp 22개로 구성되어 있다.
- 나. 모터는 BLDC 1000CMH를 사용하였으며, 최종 시제품으로 제작되었으며, 살균 탈취 및 미세먼지 저감 성능을 확인하고자 설계 및 제작 하였다.
- 다. 살균 시험은 챔버 내부에 풍속 8m/s 기준으로 시험하였음.

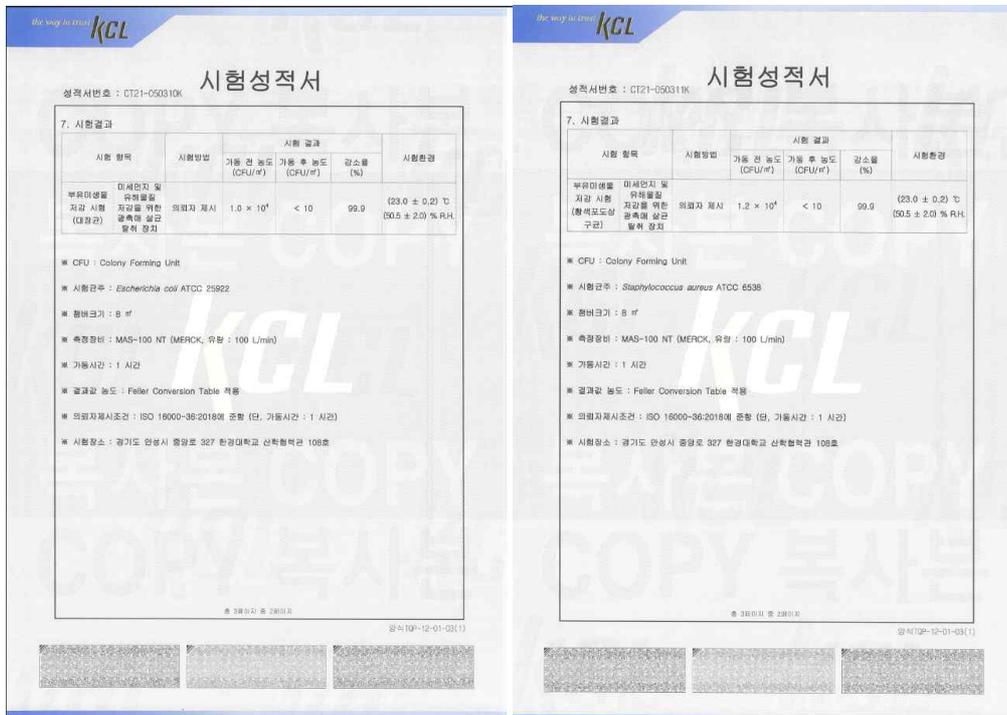


그림 2-20. 광촉매 살균 탈취 부 부유 미생물 저감 시험 성적서

10. PLC를 이용한 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 컨트롤러 설계 및 제작

- 가. 미세먼지 센서를 이용한 미세 먼지 농도에 따른 자동 동작 시스템 구축.
- 나. CO2센서를 이용한 자동 동작 시스템 구축
- 다. PLC 프로그램 설계

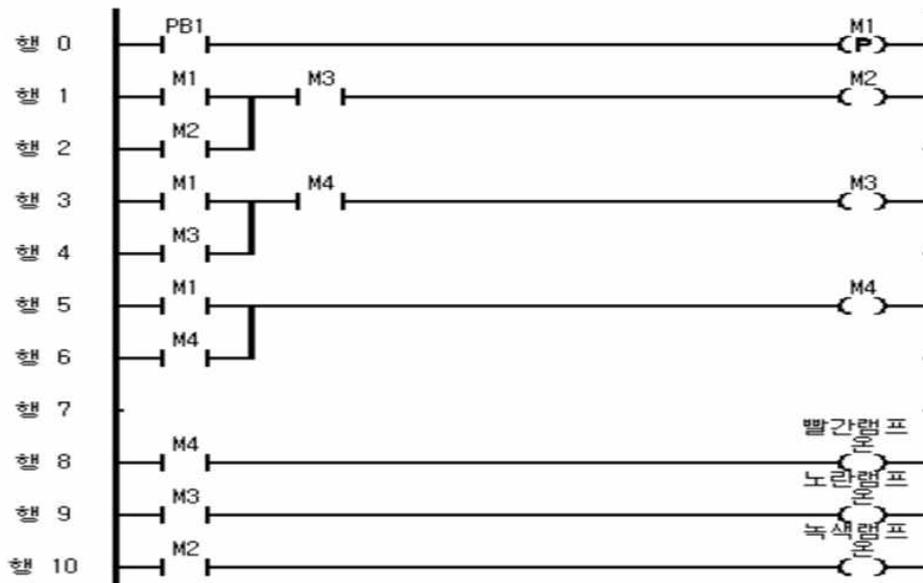


그림 2-21. 광촉매 살균 탈취 부 부유 미생물 저감 시험 성적서

11. 컨트롤러 제작

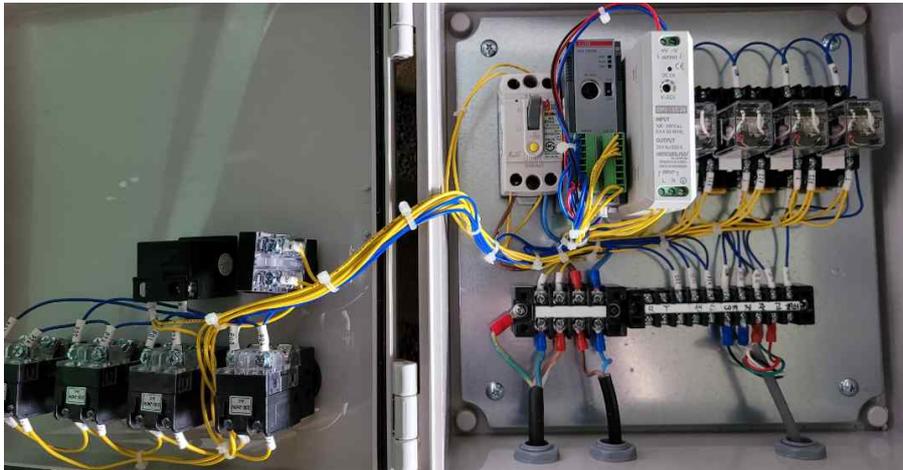


그림 2-22. 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 컨트롤러

가. 미세먼지 센서 및 CO₂센서 이용 자동 동작 시스템 구축

- 미세먼지 센서와 CO₂ 센서는 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 시스템이 동작하지 않더라도 주변 미세 먼지와 CO₂ 농도를 실시간 체크해 일정 농도 이상 올라갈시 세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 시스템을 자동으로 동작시켜 유해 물질을 배출하는 시스템을 구축하였다.



그림 2-23. 미세먼지 센서와 CO₂ 센서

제 2절. 전기 방사를 통한 나노 필터 생산 시스템 개발 및 제작(한국대동지공업)

1. 각 필터설계 및 해석을 통한 초기 필터 개발안 확립

- 가. 일반적으로 먼지를 제거하는 필터의 구성은 먼지크기에 따라 그 구성을 달리한다.
먼지크기에 따라 Pre, Medium, HEPA등 크게 3가지로 구분한다.
- 나. 일상생활에서 가장 많이 발생하는 생활먼지는 그 크기가 PM 10으로 사이즈가 크고 이것을 제거하는 필터를 Pre 필터라고 한다.
- 다. PM 10 보다 작은 먼지를 미세먼지라고 칭하는데 PM 5사이즈 정도이고 이것을 제거하는 필터를 Medium 필터라고 한다.
- 라. PM 2.5사이즈를 초미세 먼지라고 하며 이것을 제거하는 필터를 HEPA 필터라고 한다.
- 바. 필터의 여과효율은 필터를 통과하는 풍속과 절곡주름의 높이, 산의 간격 및 여과면적에 따라 다르며 기본적으로 효율을 높이기 위해선 여과면적을 증가시키는 것이 중요함.
- 사. 여과면적의 감소는 공기가 통과하는 유입면적을 줄이게 하여 압력손실이 증가되며 필터수명 또한 줄어들게 됨.
- 아. 공기청정기나 공기순환기 필터의 최적의 설계치를 도출하기 위해서는 필터원단의 선정 및 구조설계, 절곡주름의 높이와 산의 간격을 검토하여 최대 여과면적을 확보하고 압력손실을 줄일 수 있도록 설계하는 것이 중요함.
- 자. 기존의 헤파필터 기술은 통상적으로 Polypropylene(PP)과 Polyester(PET) 조합의 합성 섬유로 0.3 μ m DOP 입자로 압력손실이 20~50 mmAq를 보이므로 본 개발에서는 이를 해결하기 위해 기공도가 높고 압력손실을 최소화 할 수 있는 정전 Fiber 원단을 적용하였음.
- 차. 필터의 절곡은 나이프 타입, 로터리 타입 등 몇 가지 방식이 있으나 공기의 일정한 흐름을 유지시키기 위한 Mini Pleat 방식으로써, 50mm 간격으로 핫멜트 라인을 적용하여 유량 및 유속에서 변형이 없이 필터 강도를 유지할 수 있도록 설계하였음.
- 카. 또한, 필터프레임의 경우 12면 종이프레임에서 발생하는 차압을 해결하기 위해 PET프레임을 이용하여 4면 부직포 프레임 설계를 적용하였음.
- 타. 종이프레임이 경우 필터미디어와의 접착이 완벽하게 이루어지지 않아 Leak 발생의 소지가 높으므로 부직포 프레임으로 핫멜트 접착을 통해 이를 해결할 수 있도록 설계하였음.

2. 각 필터구조설계 및 제작

- 가. Pre Filter 구조설계 및 제작
 - 가로 350 X 세로 300 X 두께 10(mm)로 설계하고 부직포는 PE재질의 두께 5mm로 압출 PVC의 FRAME에 초음파로 융착하여 부착하는 방법으로 제작 하였음. (그림 2-24)
 - 제작의 효율성을 높이기 위하여 350 x 300 사이즈에 맞도록 초음파융착을 한번에 작업이 가능한 전용 HORN을 제작하여 작업의 효율성을 높였음.

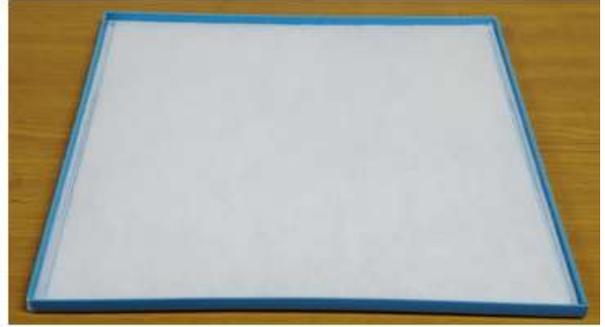
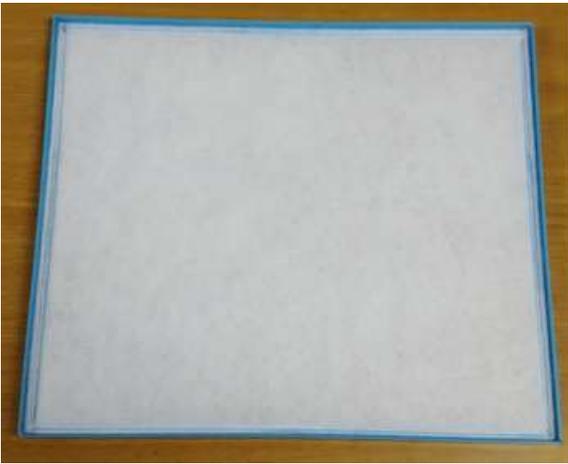


그림 2-24. 프리필터 완성품

나. Medium Filter 구조설계

- 가로 350 X 세로 300 X 두께 20(mm)로 설계하고 미니플리트 절곡 주름방식으로 Melt-blown Layer 70gms에 PET LM supporting Layer 70gms과 합지하고 부직포 프레임 적용해서 0.2~0.5mm Hot Melt 접착 설계를 통해 Leak를 방지하도록 하였음. (그림 2-25 참조)

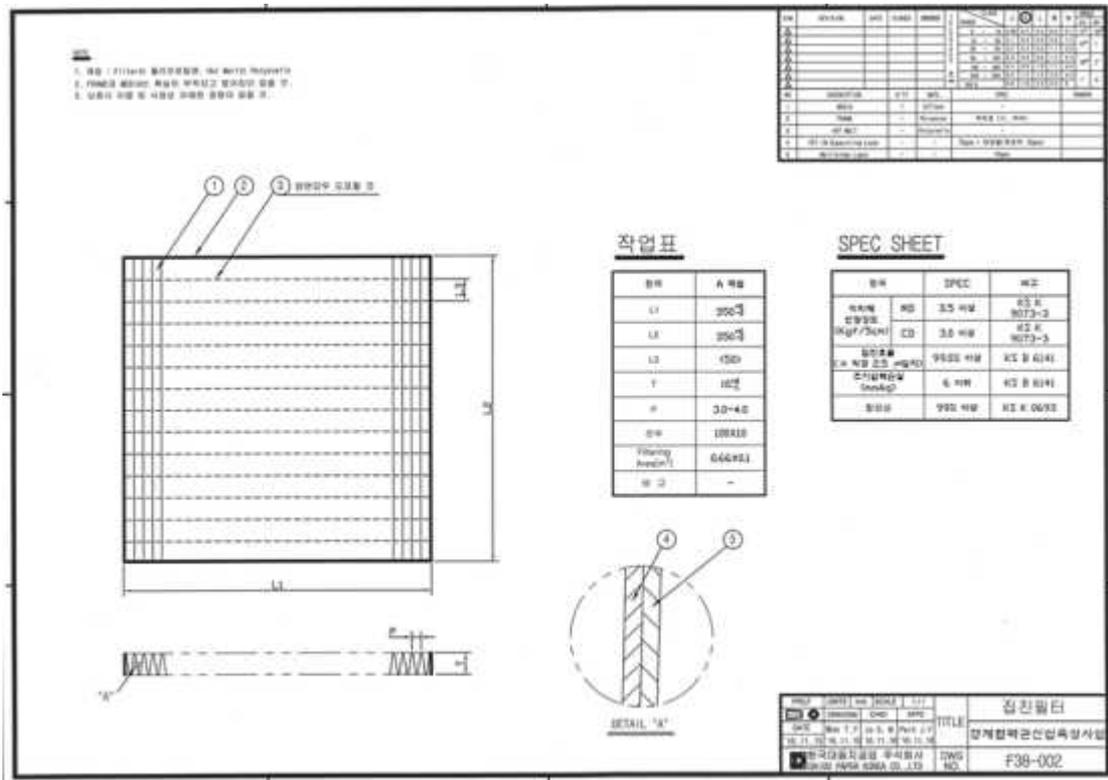


그림 2-25. Medium 필터 설계도

다. HEPA Filter 구조 설계

- 가로 350 X 세로 300 X 두께 25(mm)의 규격으로 미니플리트 절곡 주름방식으로 Nano Fiber(정전) Layer 0.5~1gms, Melt-blown Layer 70gms, PET LM supporting Layer 70gms 으로 구성하였음. 12면 종이프레임 대신 4면 부직포 프레임 적용하고 Leak 방지를 위한 0.2~ 0.5mm Hot melt 접착으로 설계하였음. (그림 2-26 참조)



그림 2-28. Mini Pleat 장면

- 누설량 최소화를 위한 원단과 Flame 제작
- 공기청정기나 공기순환기 집진필터 프레임 제작방법은 (그림 8)과 같이 12면 종이 프레임을 이용하여 ㄷ자 절곡방식으로 제작하여 수동 핫멜트 접착기를 통해 EVA 핫멜트 수지를 녹여 필터 PACK과 접착하는 방식이었음.
- 이 방식은 견고하게 접착되지 않아 공기의 누설(Leak)이 발생하기 쉽고 구조상으로 표면에 마찰되어 압력손실이 발생하고, 또한 공정이 까다로울 뿐만 아니라 습기나 수분이 유입되는 환경에서는 적절하지 않아 본 개발에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 (그림 6)과 같이 4면 부직포 접착방식을 적용하였음.



그림 2-29.존프레임과의 비교



그림 2-30. 부직포 프레임의 핫멜트 분사 전후

- 4면 프레임은 Leak 방지와 표면마찰, 압력손실 저감을 위해 (그림7)과 같이 150g PET(두께 1.2T) 재질에 0.5mm 두께로 Hot melt 분사장치를 통해 일정하게 분사하여 필터의 4면을 2면씩 나누어 각각 접착하는 방식임.
- 폭 1,000mm 부직포 프레임을 HEPA 필터 30T, Medium 20T용으로 각각 절단 가공하여 핫멜트 분사장치가 구비된 필터접착기를 통해 제작된 필터프레임 지그에 절곡된 필터 PACK과 접착함.



그림 2-31. 기존 종이프레임



그림 2-32. 부직포 프레임

- 이로 인하여 (그림 9, 10)과 같이 제작된 필터 PACK과 필터프레임은 견고하고 공기의 누설이 없이 제작되었음.

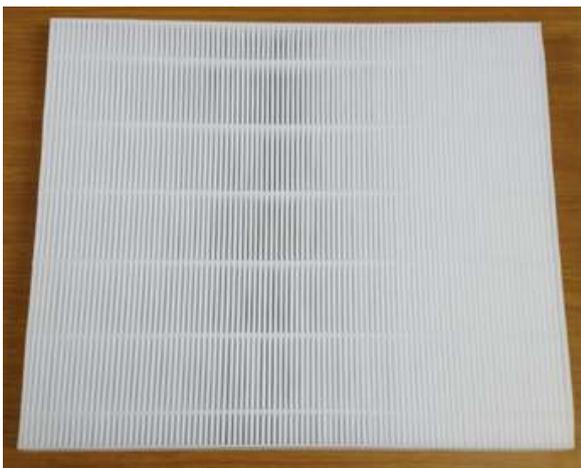


그림 2-33. 완성된 Medium Filter 및 HEPA Filter

마. 탈취 Filter 구조 설계 및 제작

- 기존의 탈취필터는 입상활성탄 소재를 활용한 하니컴 타입의 벌집구조로 압력손실이 높은 단점을 가지고 있었으나 이를 해결할 수 있는 콜게이트 타입으로 설계하였음.
- 탈취필터 여과효율은 콜게이트 내의 통과풍속과 라이너 및 스페이서의 간격에 따라 다르며, 접촉면적을 증가시키는 것이 중요하지만 접촉면적의 증가는 공기유입 면적이 줄어들어 압력손실이 발생하게 됨.
- 콜게이트 타입의 필터설계는 스페이서 및 라이너의 간격을 조절하여 접촉면적을 달리할 수 있어 풍량과 압력손실을 최소화하고 탈취효율을 최대로 발휘할 수 있도록 탈취 원지는 평량 85g/m²의 것으로하고 CELL 높이는 2.0으로 그림 11.과 같이 설계하였음.

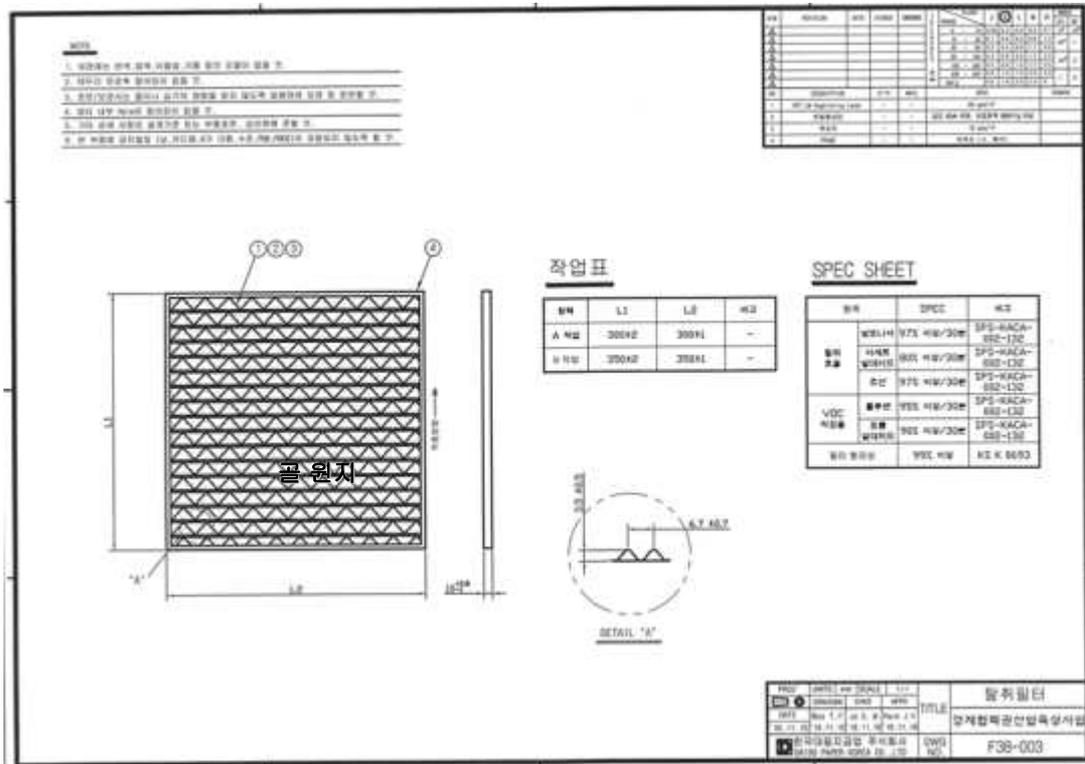


그림 2-34. 탈취필터 설계도

사. 탈취 필터 제작

라이너 원지

- 탈취필터를 제작하기 위한 콜게이팅 공정은 다음과 같음.

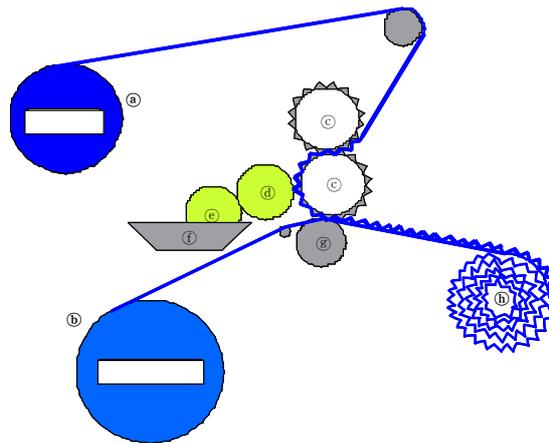


그림 2-35. 콜게이터 타입 필터 공정 프로세스

표 2-8. 공정별 개발 프로세스

공정	공정별 개발 프로세스
1단계	라이너 및 스페이서 부직포 원단 (골원지 ①, 라이너 원지 ②)의 분석 및 선정.
2단계	콜게이터 설비 (골피치 및 높이를 결정시키는 roller ③)을 이용하여 필요한 골의 형상을 1차적으로 개발.
3단계	골 형상 완료 후, 라이너 원지 ②를 roller에서 골 형상을 완료 한 후 접착제 ④ 통과 roller ③, ④를 통해 골마루에 균일하게 도포하고 roller ⑤를 통해 압착하여 접착.
4단계	골 원지와 라이너 원지를 접착한 후, 접착이 완료되는 시간 동안 보관.

- (그림 12) 및 (표 1)과 같은 공정을 거쳐 탈취필터를 300*121*10t 사이즈로 제작하여 5대 가스 제거효율을 측정한 결과 (표 2)와 같이 전체 효율이 낮게 측정되었고 그중에 알데히드 계열이 매우 낮은 수준을 나타내었다.

표 2-9. 5대 가스 제거 효율 시험 결과 (첨착액 코팅전)

씨코 탈취 필터 5대가스 제거 효율 시험								2020.8.19
5대 Gas	초기	5분	10분	15분	20분	25분	30분	제거 효율
Acetaldehyde	10.17	9.41	9.17	9.04	8.75	8.62	8.65	15.0%
Acetic Acid	10.68	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.0%
Ammonia	9.87	3.78	2.22	1.68	1.46	1.39	1.21	87.8%
Toluene	10.23	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.0%
Formaldehyde	10.23	5.04	2.95	2.17	1.74	0.94	0.82	92.0%
Total 제거 효율 (%)								78.9%

아. 탈취 필터 코팅

- 탈취효율 향상을 위한 첨착액 코팅
- 탈취필터의 5대가스 탈취효율을 측정한 결과 전체 효율을 올리기 위해 첨착액을 코팅하기로 하였고 첨착액은 전문업체에 제작을 의뢰하여 입수하였다.
- 첨착액 코팅법에는 Dip, 그라비아 및 Spray 코팅방법이 있지만 Dip 코팅은 많은 양의 물질을 코팅할 수 있는 장점은 있으나 코팅량 조절의 단점이 있고, Spray 코팅은 액상에서의 비산이 많고 코팅공정이 길어 적합하지 않으므로 탈취필터 코팅은 양 조절이 가능하고 비교적 단 시간 내에 코팅할 수 있는 그라비아 코팅기를 이용하여 코팅 하기로함.
- 알데히드 등의 가스제거를 위한 첨착액 코팅은 콜게이팅 작업을 거쳐 블록이 완성된 후 정측으로 커팅 된 필터상태에서 코팅 공정이 필요하므로 그라비아 코팅은 (그림13)와 같이 탈취필터 개발에 있어 유용하게 사용할 수 있었음



그림 2-36. 그라비아 코팅장치



그림 2-37. 코팅된 탈취필터

- 위와 같은 침착액 코팅 공정을 거친 탈취필터를 장착하여 5대가스 제거효율을 재측정한 결과 코팅전 대비하여 10% 이상향상된 90.9%의 성능향상을 달성할 수 있었다.

표 2-10. 5대 가스 제거 효율 시험 결과 (침착액 코팅후)

씨코 탈취 필터 5대가스 제거 효율 시험								2020.10.17
5대 Gas	초기	5분	10분	15분	20분	25분	30분	제거 효율
Acetaldehyde	10.11	8.35	7.15	6.79	5.21	4.08	3.02	70.1%
Acetic Acid	10.42	2.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.0%
Ammonia	10.03	4.21	3.05	2.20	1.65	1.24	0.94	90.6%
Toluene	10.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.0%
Formaldehyde	10.05	4.87	3.05	2.33	1.84	0.88	0.61	93.9%
Total 제거 효율 (%)								90.9%

3. 나노 방사 장치 개발

- 가. 나노 방사장치 개발을 위해 나노플랜이라는 업체와 협업을 통해 샘플을 제작하여 원단의 집진효율을 측정하였으나 3차에 걸친 Sample 진행에도 불구하고 목표한 집진효율과는 차이가 많은 최고효율 43.7%로 매우 낮은 결과를 얻었음.

나노플랜 1차 Sample 제작안 (7/29일)

추진 일정

- 7/22일 : 도유기계공업, 나노플랜 Meeting
- 7/29일 : 나노플랜 2차 Meeting (협안 실패)
- 7/29일 (오후) : CCL7D 제공 및 Sample 요청됨.
- 8/5 : 1차 Sample 제작수령
- 8/11 : 2차 Sample 평가
- 8/14 : 2차 Sample 제작수령

1차 Sample 시험 결과

제작 방법	시료	1차 (8/11)		2차 (8/14)	
		차입 (mmAq)	효율 (%)	차입 (mmAq)	효율 (%)
CASE 1	#1	2.7	58.79	4.14	37.77
	#2	2.2	43.25	1.29	30.9
	#3	-	-	1.0	17.15
CASE 2	#1	2.58	41.82	5.18	37.3
	#2	2.41	43.66	2.83	30.84
	#3	-	-	2.85	34.67
CASE 3	#1	2.64	42.4	-	-
	#2	2.99	43.66	-	-
CASE 4	#1	1.78	18.38	-	-
	#2	2.27	22.95	-	-
CASE 5	#1	1.72	18.76	-	-
	#2	1.91	20.16	-	-

비고

- 성진 E11 0.13 / 96.822
- 성진 E13 4.19 / 99.976

그림 2-38. 나노플랜 Sample 제작안 및 시험 결과

- 나. 집진효율 개선을 위하여 나노 NC라는 업체와 협업을 통하여 Sample을 Test한 결과 85%의 높은 집진효율을 달성 하였고 이를 바탕으로 나노 방사 장치 개발을 공동 추진 함.
- 다. 나노방사의 결과물을 산출하기 위하여 다음과 같은 구성이 필요함.

- 나노 방사의 원료를 투입하는 장치
- 나노 방사를 하기위한 원단을 Unwinding, Rewinding 할수 있는 장치
- 나노 방사 원료를 원단에 방사하기 위한 Multi Nozzle 장치
- Nozzle에서 방사되는 원료의 압력 및 원단의 속도등을 제어하는 Main Part
- 이러한 요소들을 고려하여 (그림 16)과 같이 개략도를 작성하였고 이를 바탕으로 관련 부품들을 제작하여 (그림 17)과 같이 나노방사 장치를 완성하였다

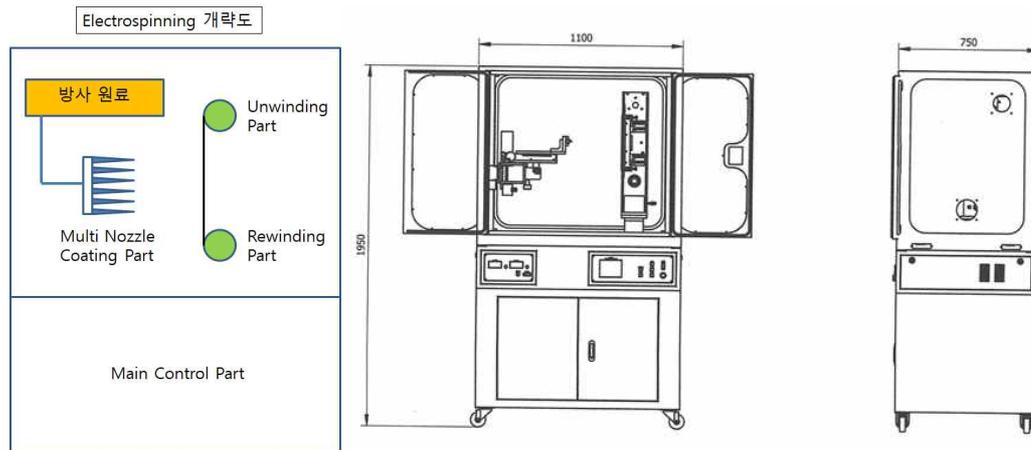


그림 2-39. 나노 방사장치 개략도



그림 2-40. 나노 방사장치 완성품



그림 2-41. 나노 방사장치 가동 모습

4. 나노 방사 장치 인증기관 평가

- 가. 나노 방사장치를 개발하고 결과물의 목표 달성을 평가받기 위하여 한국의류시험연구에 출장 평가시험을 의뢰하였고 시험관의 현장 출장시험 (그림 19)을 통하여 평가한 결과
- 전기방사장치의 방사 속도는 목표 10m/h 대비 13.7m/h로 목표달성
 - 나노 필터 섬유 평균 직경은 200 nm이하 대비 174.2 nm로 목표달성 하였다.



그림 2-41. 나노 방사장치 평가 방법 협의 및 시험관 평가 모습

5. 나노 방사 장치 인증기관 평가 결과

제 3절. 전기 방사를 통한 나노 필터 생산 시스템의 설계 및 제작 지원(부산대학교)

1. 유증기 포집 장치 설계 및 해석

가. 유증기 포집 장치 해석 모델

- 조리시 발생하는 물질중 대부분을 차지하는 것을 유증기이고, 유증기의 경우 점도가 높고 배출 덕트와 필터 등에 부착이 되기 때문에, 포집 시스템의 수명 연장을 위해서는 포집 시스템 전단부에 유증기를 처리할 수 있는 장치가 필요
- 본 연구에서는 포집 시스템 전단에서 유증기를 처리하기 위해 다양한 선행 연구를 참고 하였으며 Cyclone, Impactor, Condensing scrubber 등을 1차적으로 고려하였음
- 점도가 높고 벽면에 부착하려는 성질이 큰 유증기의 특성, 포집 장치 차압의 크기와 포집 성능을 고려하여 Impactor 방식을 응용한 그림 2-1 형상으로 진행

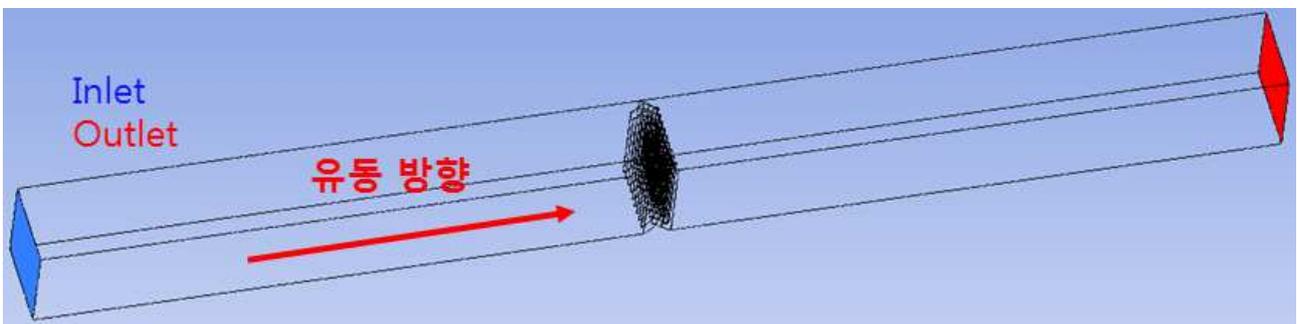


그림 2-43. 유증기 포집 장치의 1차 모델 형상(그림 변경)

- 그림 2-44, 2-45는 유증기 포집 장치의 유동 방향을 나타내고 있음
- 그림 2-45에서와 같이 유증기는 유로가 좁아지는 유증기 포집 장치의 가운데 부분과 끝부분에서 공기는 통과를 하고, 상대적으로 질량이 큰 유증기는 블레이드에 부착되면서 유증기가 포집이 되는 방식

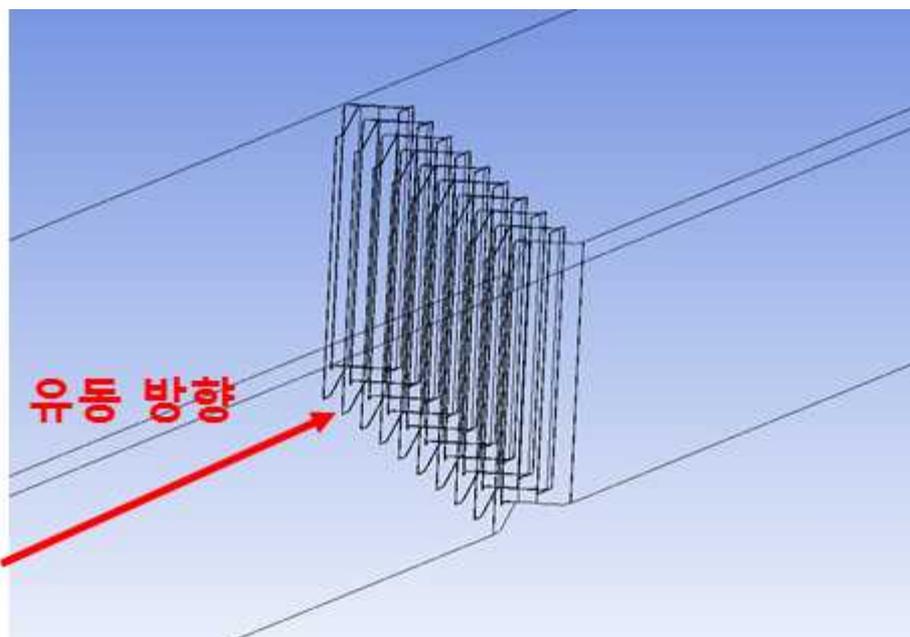


그림 2-44. 유증기 포집 장치의 형상 및 유동 방향

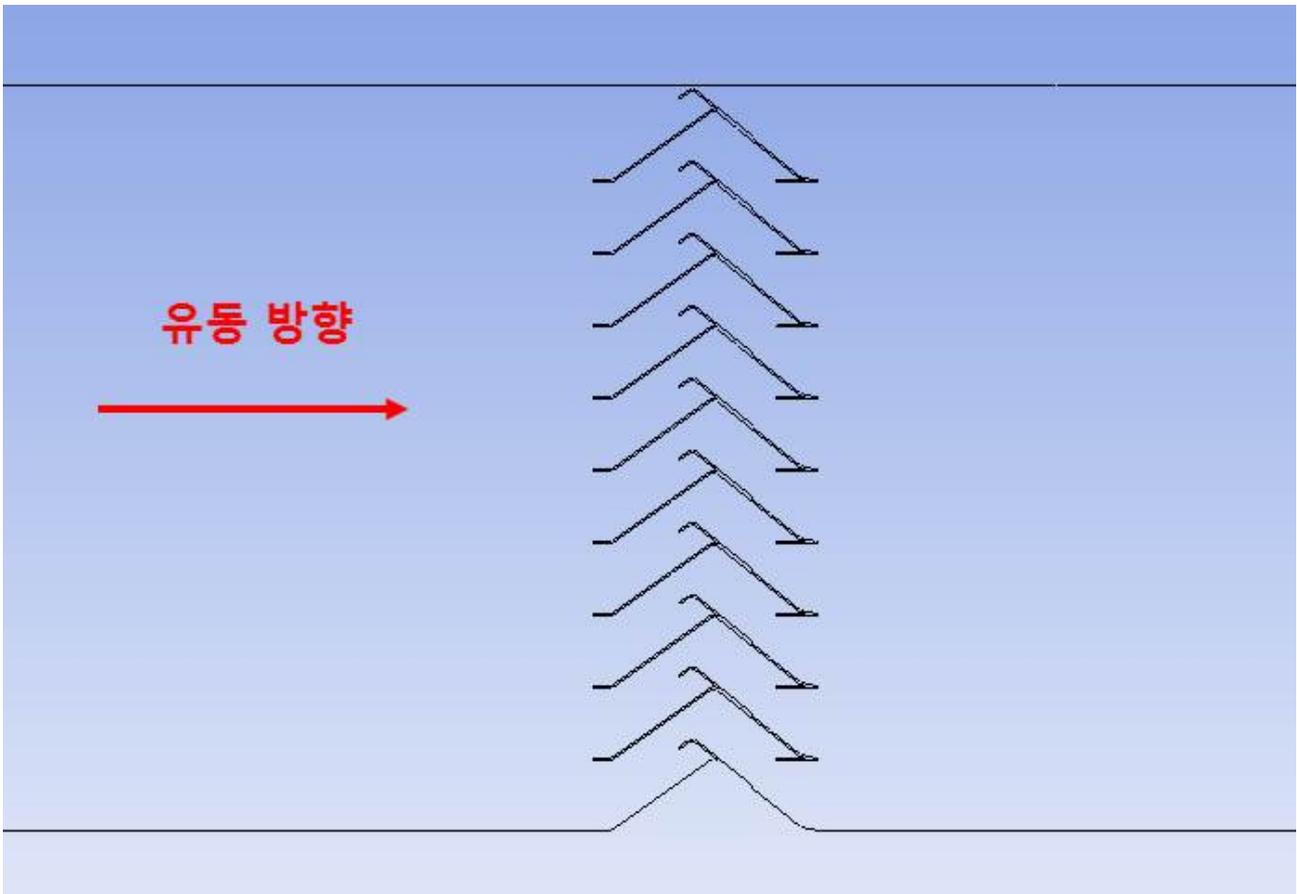


그림 2-45. 상부에서 바라본 유증기 포집 장치의 형상

나. 유증기 포집 장치 해석 조건

- 그림 2-46는 1차 설계한 유증기 포집 장치의 유동 해석을 위한 해석 도메인으로 Inlet 측의 유속을 2.5m/s로 설정하여 해석을 유공 해석을 수행
- 해석 형상의 모델링과 격자는 Ansys 2019 R3 버전의 자체 SW를 활용하였으며, 유동해석은 Fluent 2019 R3 버전을 활용하였음

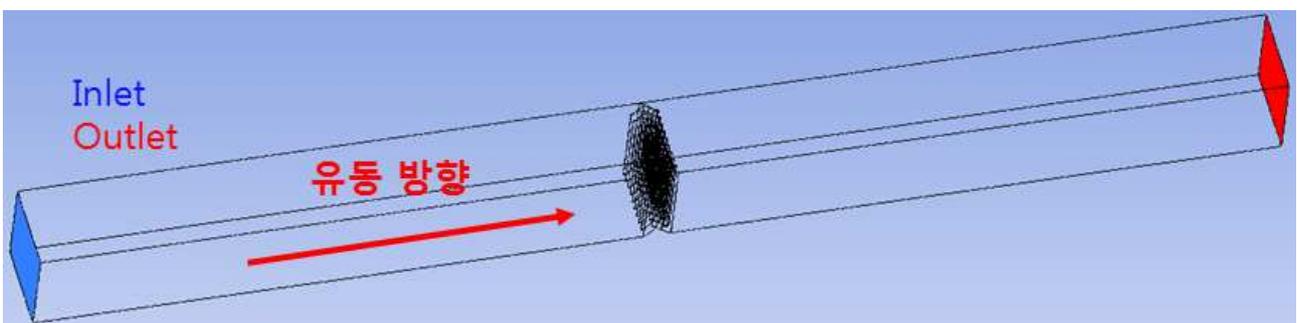


그림 2-46. 유증기 포집 장치 해석을 위한 해석 도메인

다. 유증기 포집 장치 해석 결과

- 그림 2-47는 유증기 포집 장치 유동 해석의 결과로 입구 유속 2.5m/s 조건에서 전후단의 차압은 70 Pa 수준

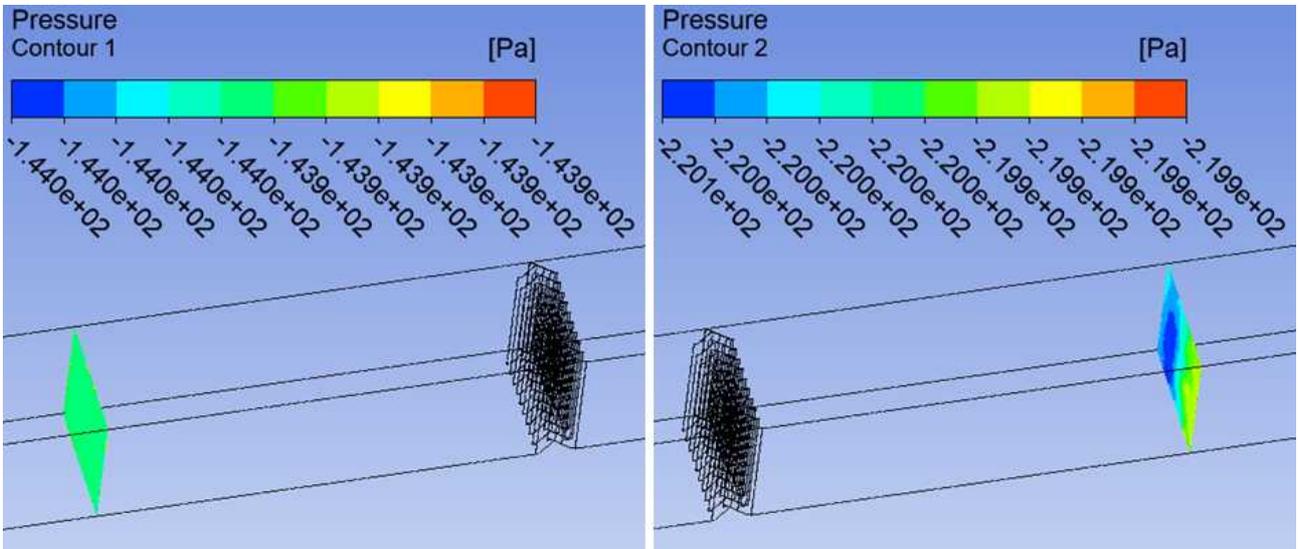


그림 2-47. 유증기 포집 장치 전후단의 차압 분석

- 그림 2-48은 유증기 포집 장치의 Stream Line으로 V자 형태의 유증기 포집 장치를 통과하면서 출구의 유동이 한쪽으로 치우치는 것을 확인 할 수 있음

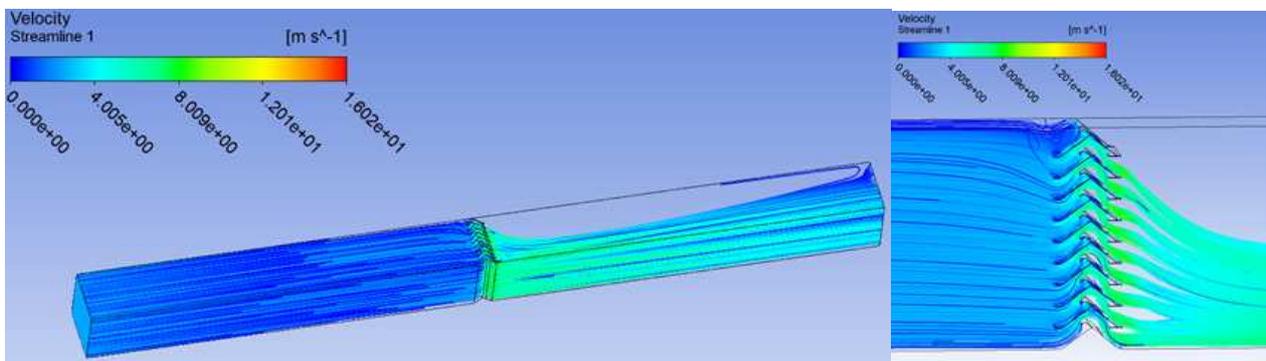


그림 2-48. 유증기 포집 장치 전후단의 Stream Line

라. 유증기 포집 장치 설계 및 제작

- 그림 2-49은 1차 설계(안)을 반영하여 제작한 유증기 포집 장치로 참여 기관인 ECL에서 성능 평가를 수행



그림 2-49. 1단 유증기 포집 장치 제작 형상

- 그림 2-50은 2차 설계(안)을 반영하여 제작한 유증기 포집 장치로 Impactor를

2단으로 적용하였고, 블레이드에 히터를 부착하여 자체 세정 기능을 가질 수 있도록 제작하였음

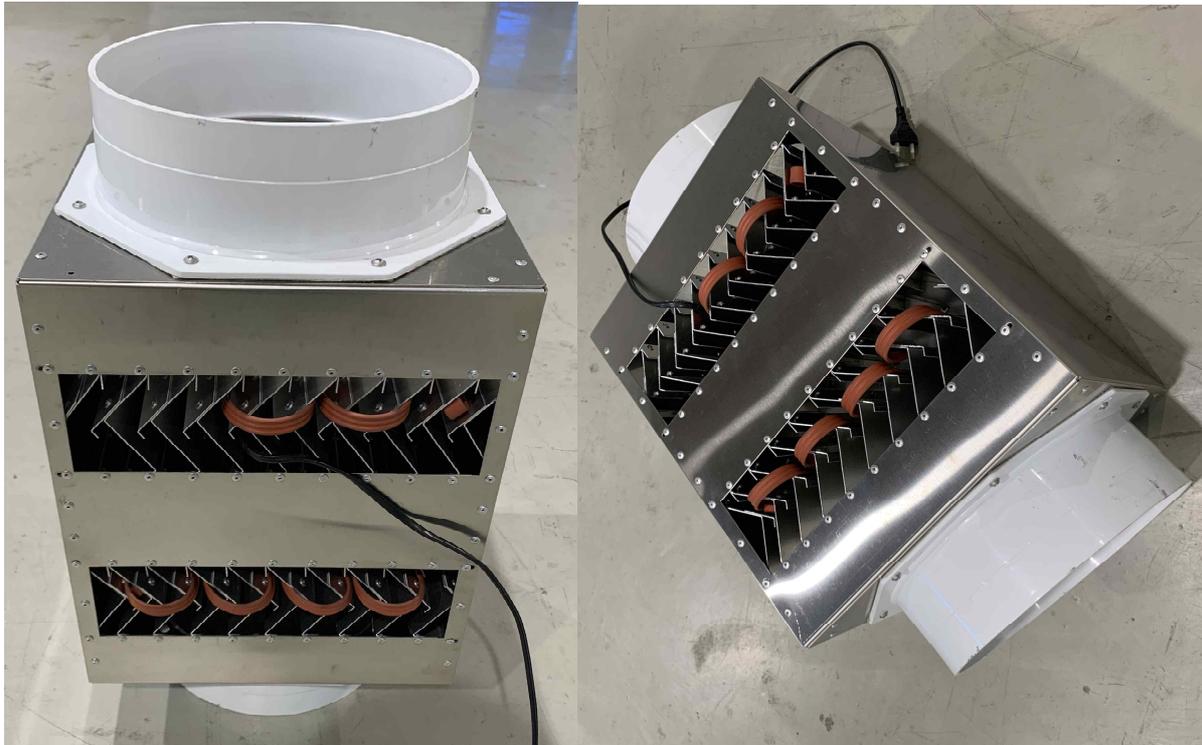
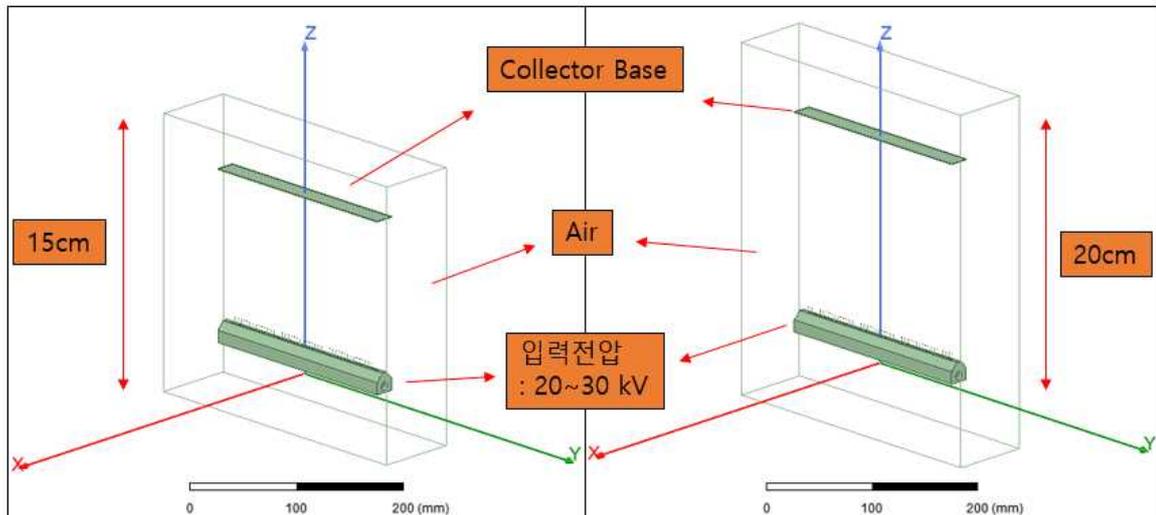


그림 2-50. 2단 유증기 포집 장치 제작 형상

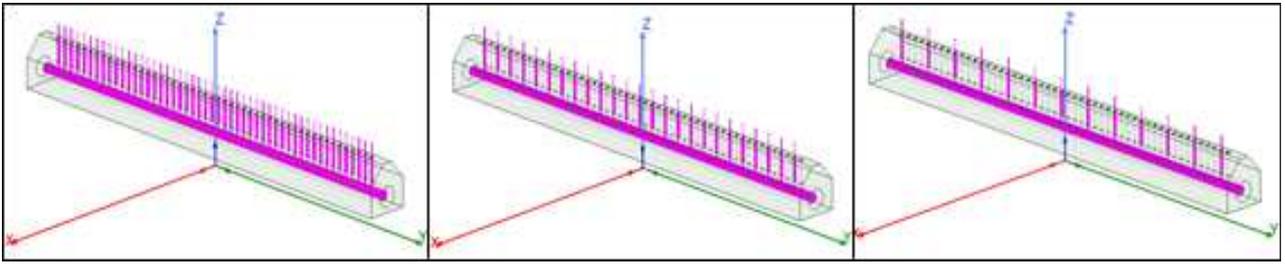
2. 전기 방사 시스템의 전기장 해석

가. 전기 방사 해석 조건

- 입력 전압 및 노즐과 Collector Base 사이의 거리를 변수로 전기장 해석 수행
- 그림 2-9는 전기장 해석을 위한 모델의 형상과 해석 조건을 나타내고 있음
- 해석 형상의 모델링은 Ansys 2019 R3 버전의 자체 SW를 활용하였으며, 전기장 해석은 Ansys Maxwell 2019 R3 버전을 활용하였음



(a) 노즐과 Collector Base 거리에 따른 해석 모델, 15cm / 20cm



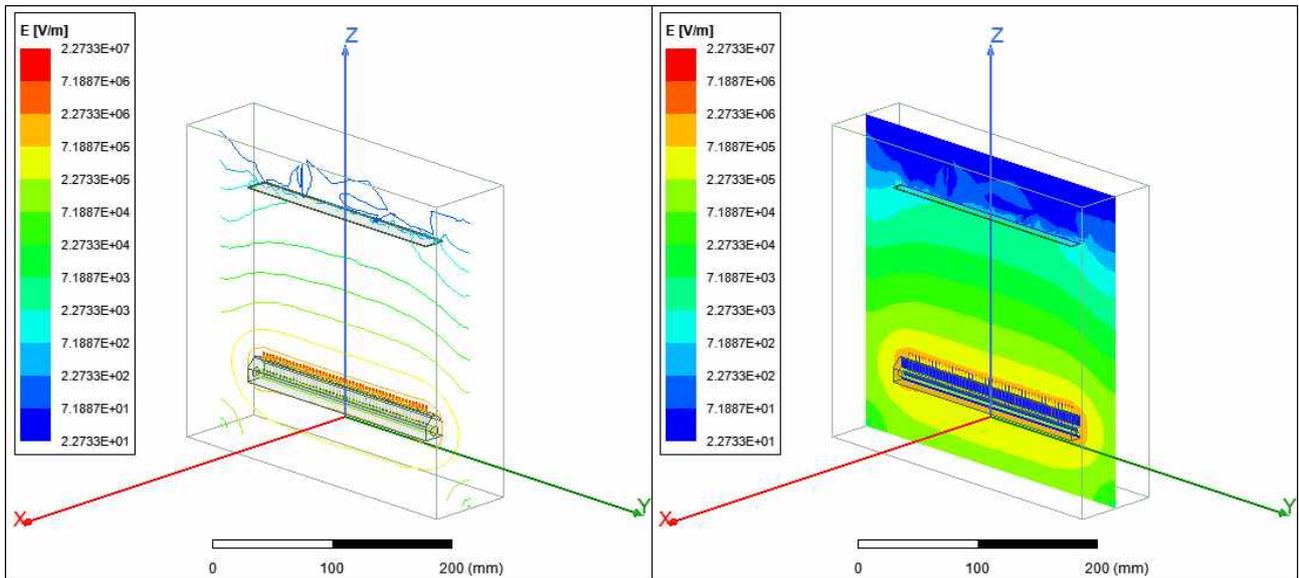
(b) 노즐 수에 따른 해석 모델, 50개 / 25개 / 13개
 그림 2-51. 전기장 해석을 위한 모델의 형상

표 2-11. 전기장 해석의 주요 경계 조건

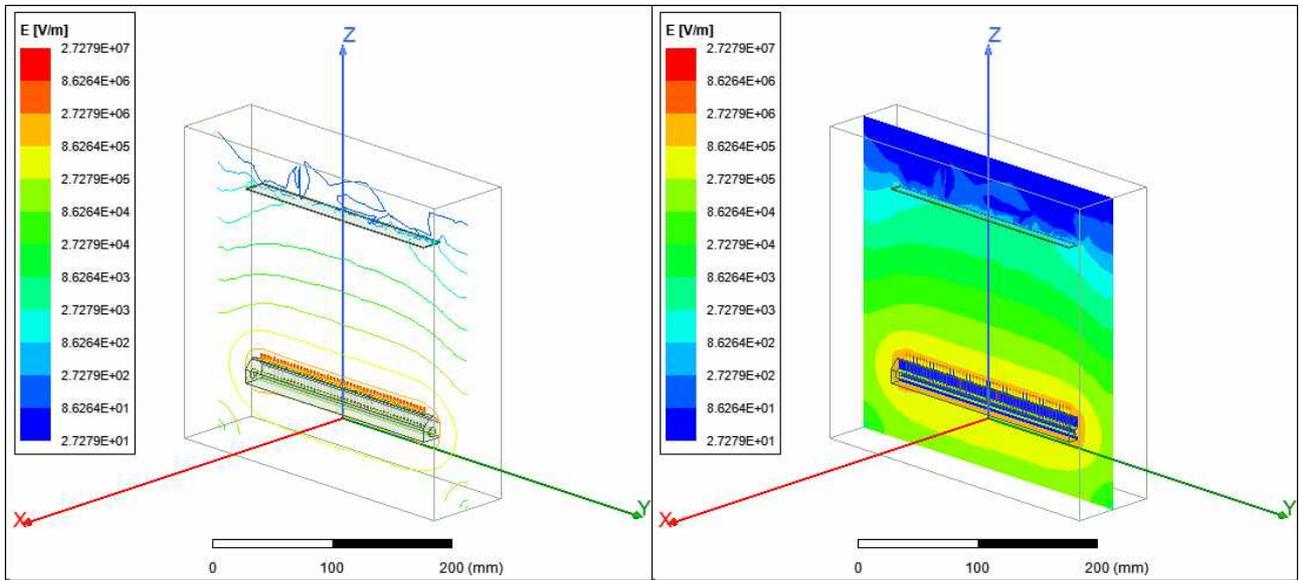
	입력전압(kV)	노즐과 Collector Base 사이의 거리(cm)	노즐 숫자
Case 1	20	15	50
Case 2	24	15	50
Case 3	28	15	50
Case 4	30	15	50
Case 5	20	20	50
Case 6	24	20	50
Case 7	28	20	50
Case 8	30	20	50
Case 9	30	20	25
Case 10	30	20	13

나. 전기 방사 해석 결과

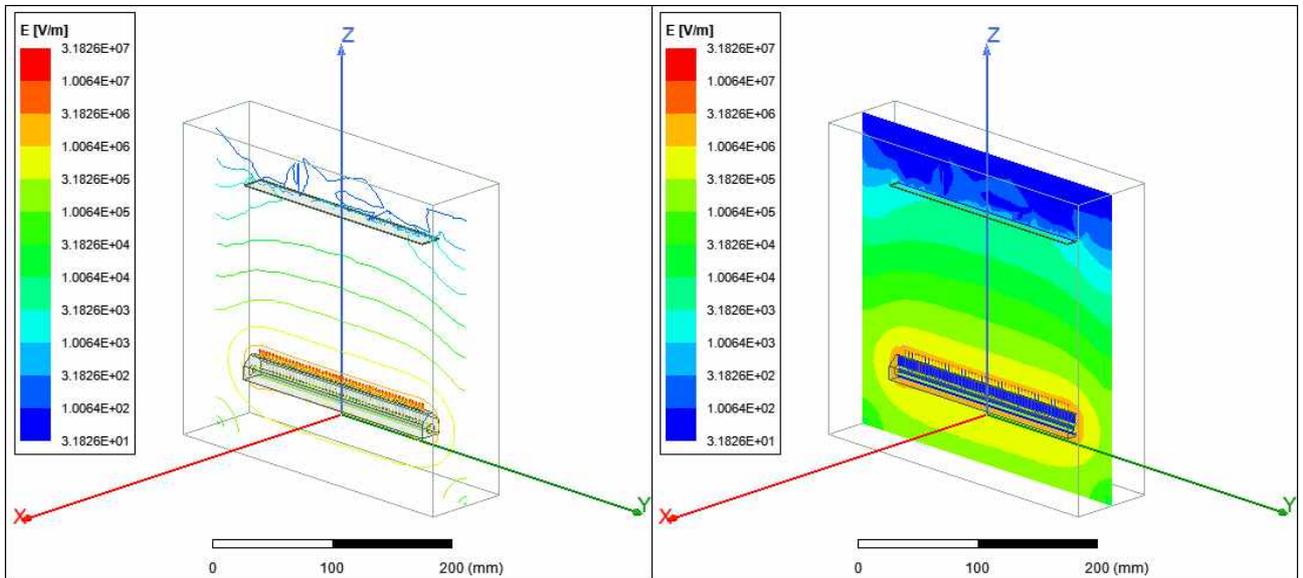
- 그림 2-10은 Case 1~4인 조건에서의 해석 결과를 나타내고 있음
- 전압이 증가할수록 Collector Base 주변의 전기장이 안정적인 분포를 나타내고 있음



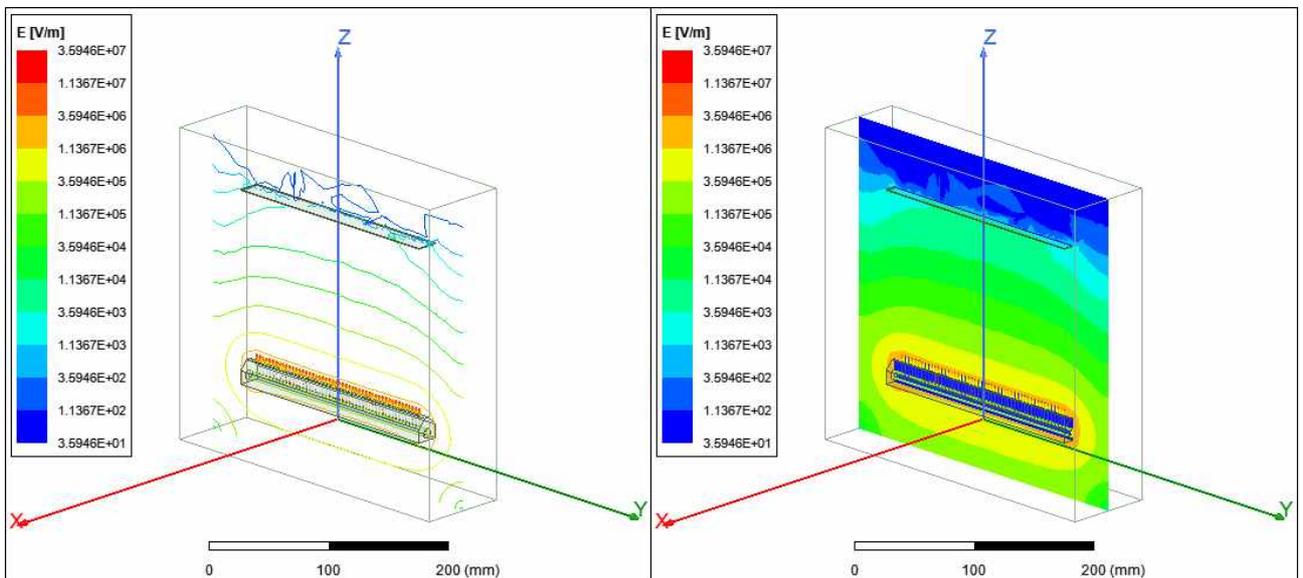
(a) Case 1 (20kV, 15cm, 50개 조건)



(b) Case 2 (24kV, 15cm, 50개 조건)



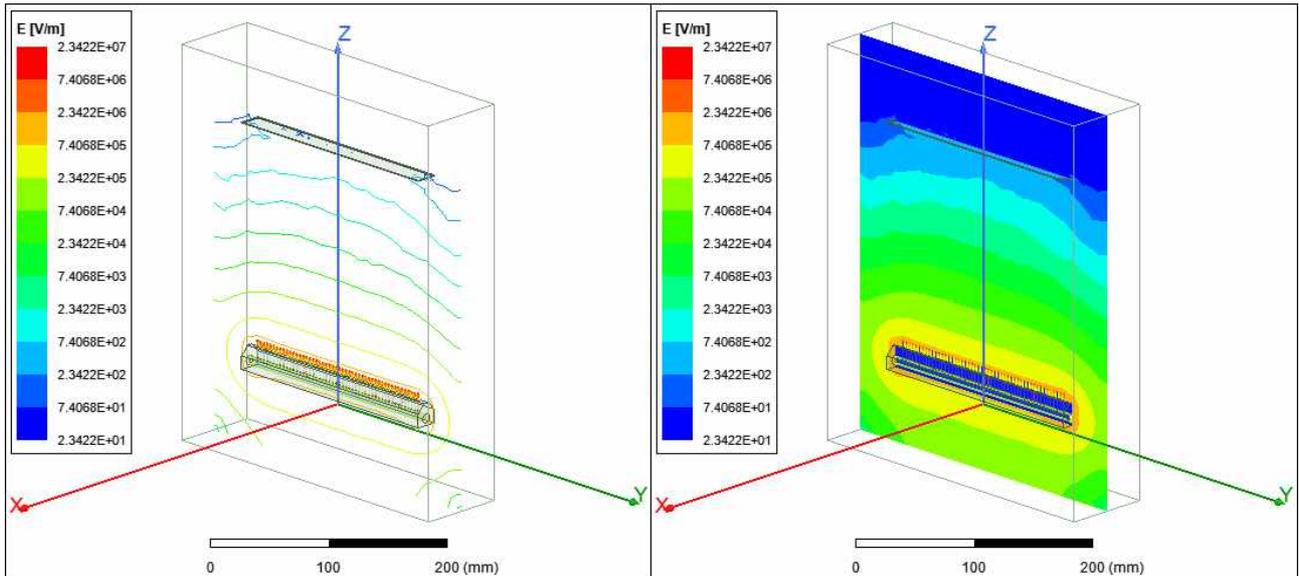
(c) Case 3 (28kV, 15cm, 50개 조건)



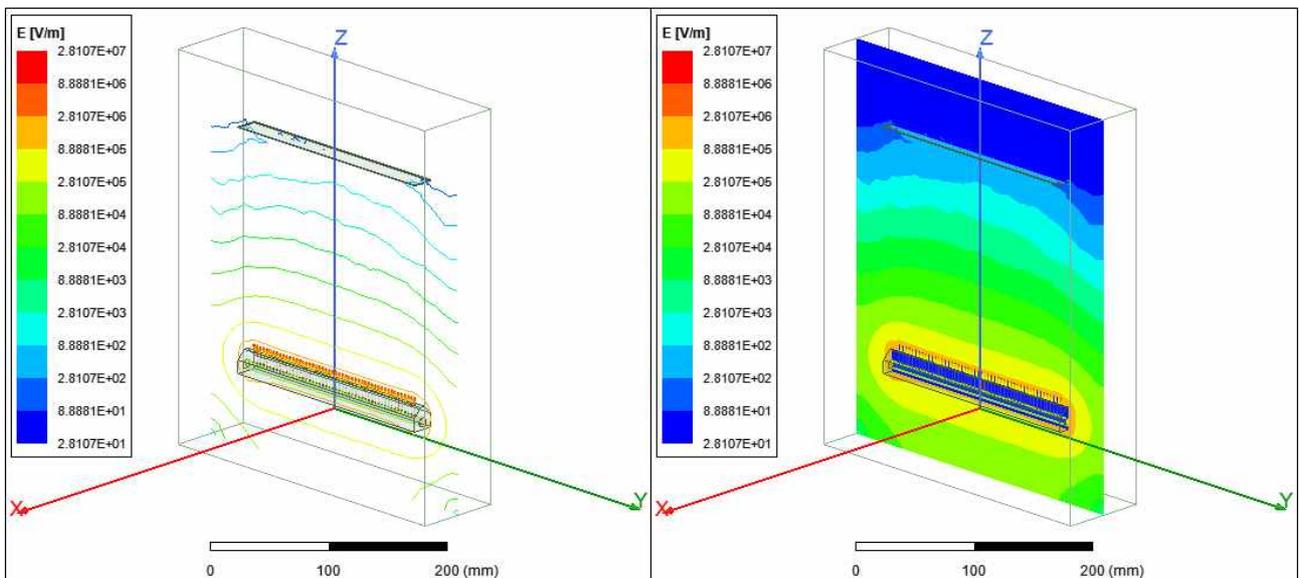
(d) Case 4 (30kV, 15cm, 50개 조건)

그림 2-52. 전기장 해석 결과(노즐과 Collector Base 사이의 거리 15cm)

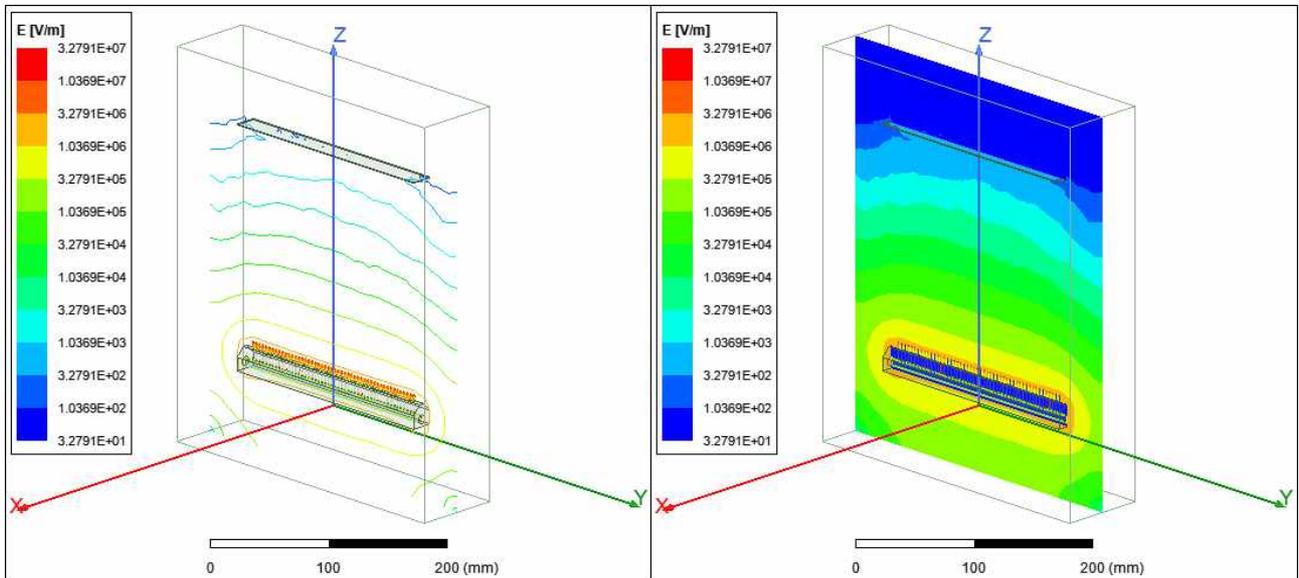
- 그림 2-11은 Case 5~8인 조건에서의 해석 결과를 나타내고 있음
- Case 1~4와 마찬가지로 전압이 증가할수록 Collector Base 주변의 전기장이 안정적인 분포를 나타내고 있음
- 노즐과 Collector Base 사이가 15cm인 조건에 비해 20cm인 조건이 Collector Base 주변의 전기장이 안정적인 분포를 나타내고 있음



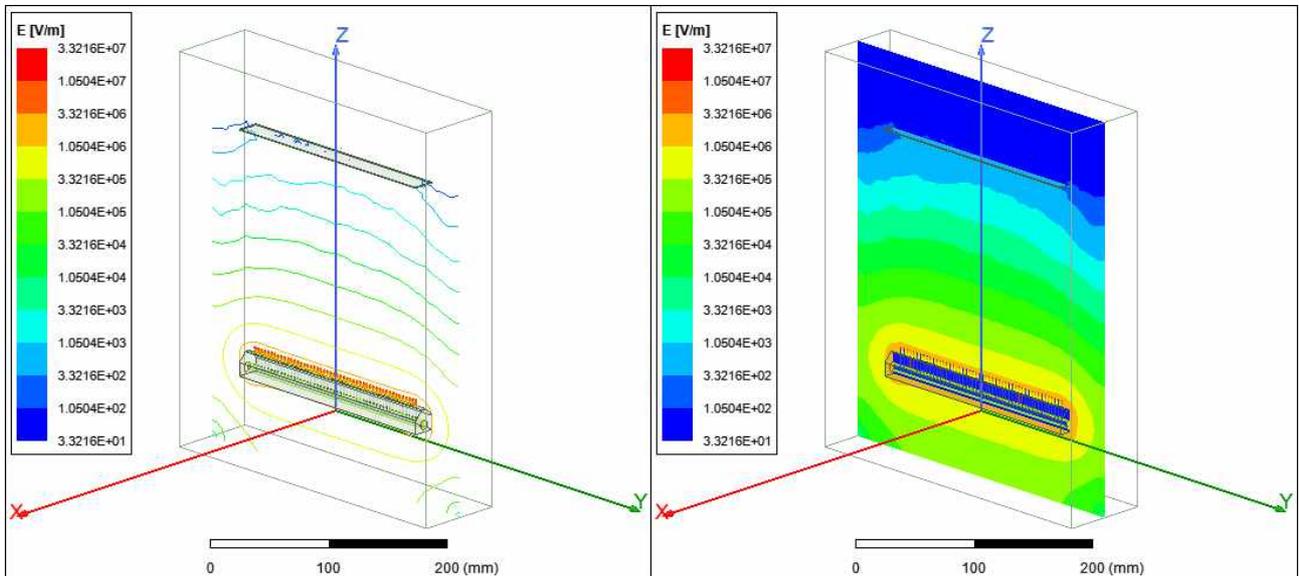
(a) Case 5 (20kV, 20cm, 50개 조건)



(b) Case 6 (24kV, 20cm, 50개 조건)



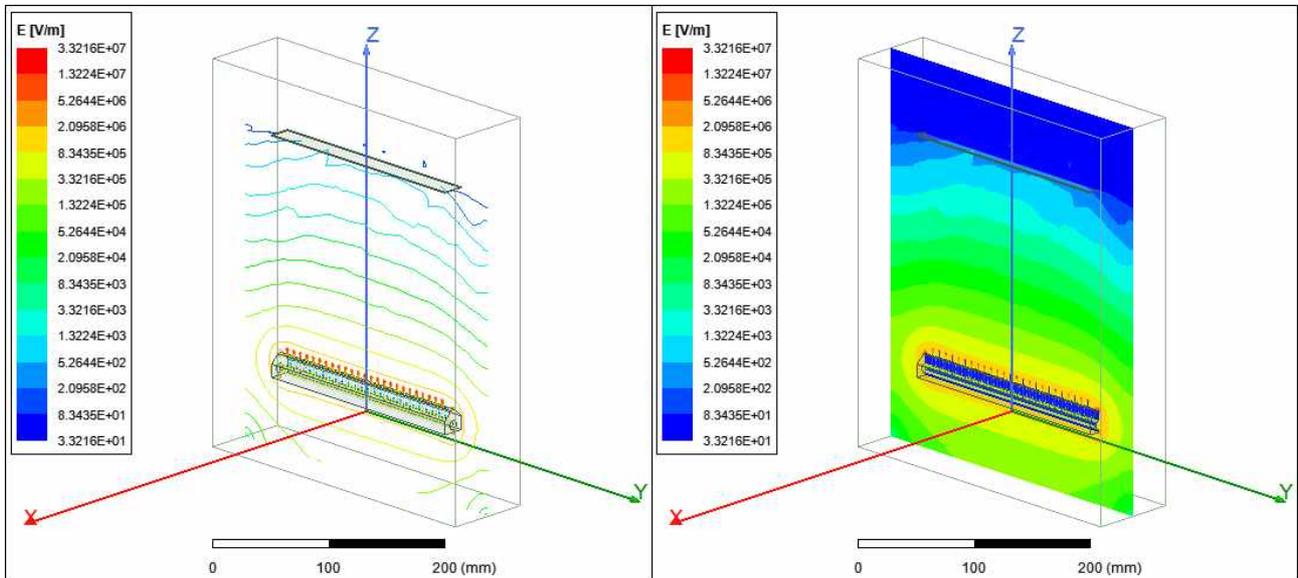
(c) Case 7 (28kV, 20cm, 50개 조건)



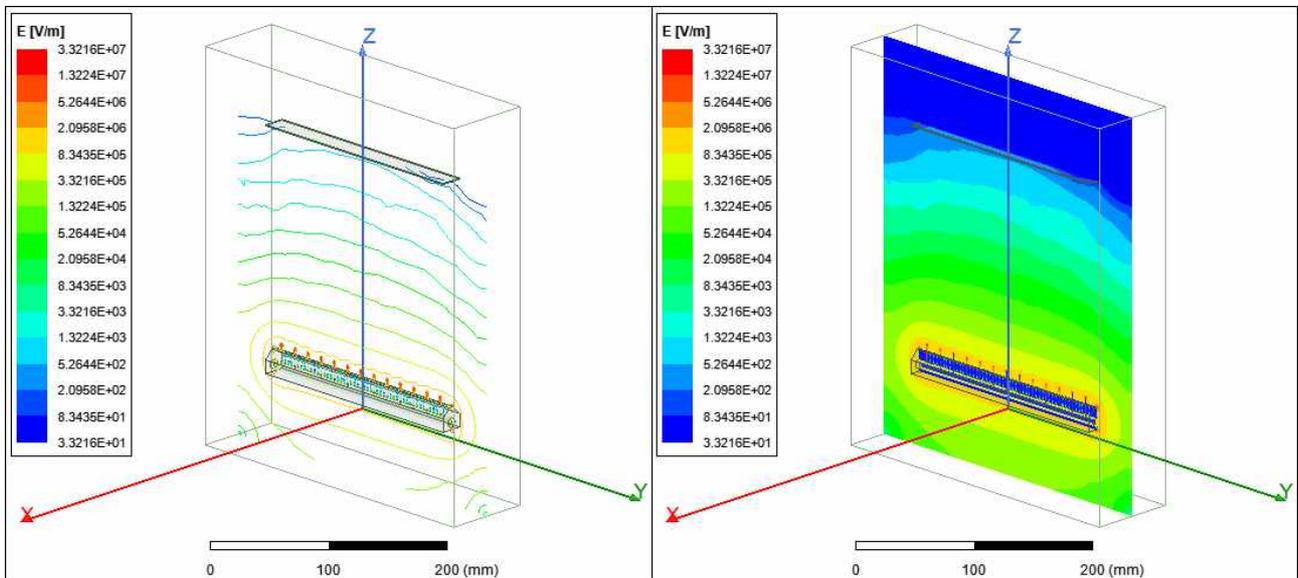
(d) Case 8 (30kV, 20cm, 50개 조건)

그림 2-53. 전기장 해석 결과(노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm)

- 그림 2-12는 Case 8인 조건에서 노즐 숫자만 변경하여 전기장 해석을 수행
- 노즐의 숫자가 50개인 Case 8 조건에 비해 Collector Base 주변의 전기장 분포가 다소 불안정한 것을 확인 할 수 있음



(a) Case 9 (30kV, 20cm, 25개 조건)



(b) Case 10 (30kV, 20cm, 13개 조건)

그림 2-54. 전기장 해석 결과(노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm)

3. 전기 방사 나노 필터의 직경 분석

가. 전기 방사 나노 필터 제작 시스템

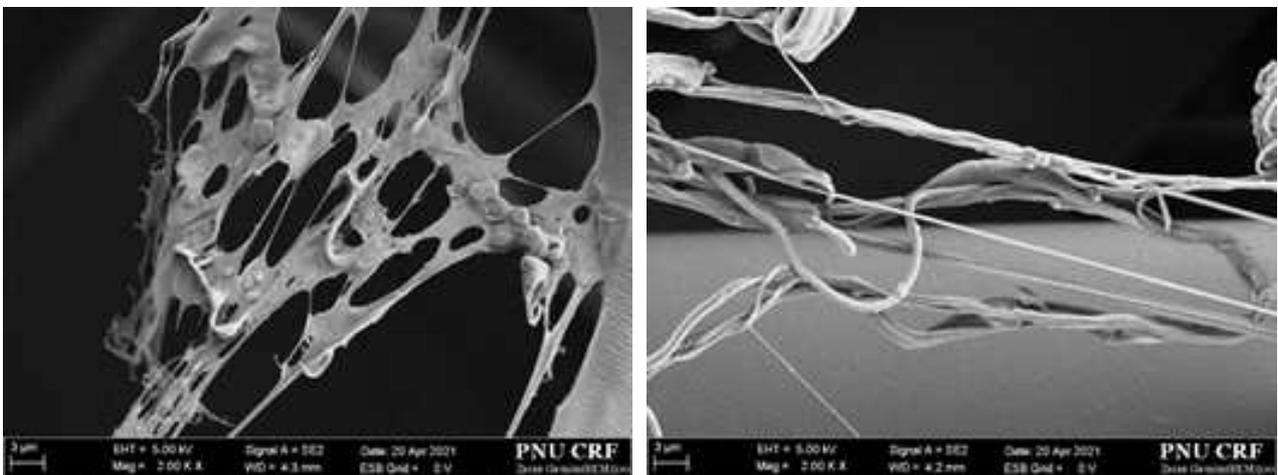
- Roll to Roll 타입의 Collector Base에 부직포 필터를 배치하고 멀티 노즐을 가진 방사부에서 부직포 필터 방향으로 전기 방사
- Roll의 회전 속도와 멀티 노즐에서의 분사유량 조절을 통해 생산 속도가 결정됨
- 멀티 노즐과 Collector Base 사이의 거리와 전기장의 세기 등을 조절하여 최적의 생산 조건 분석
- PVDF 분말을 사용하였고, Base 용액은 DMAc와 Acetone을 7:3 비율로 사용
- 교반 장치를 사용하여 최종적으로 PVDF 17% 용액을 제조하여 실험 수행



그림 2-55. 고속 전기 방사 나노 필터 제작 시스템

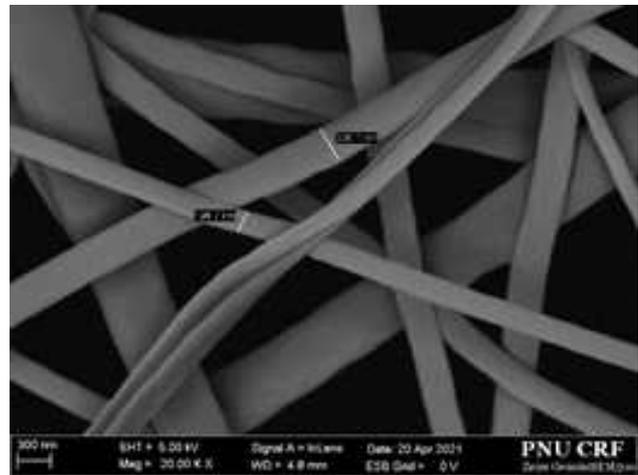
나. 전기 방사 나노 필터 샘플 제작(1차)

- 1차 실험에서 멀티 노즐과 Collector Base 사이의 거리가 각각 15, 20cm이고, 입력전압이 20, 24kV인 경우에 대해 샘플 제작 및 SEM 촬영 수행
- 입력 전압이 20kV인 조건에서는 방사된 섬유의 뭉침 현상이 매우 컸고, 나노 사이즈의 섬유가 거의 생성이 되지 않았음
- 입력 전압 24kV 조건에서는 나노 사이즈의 섬유 생성이 시작 되었고, 섬유 표면과 섬유의 직경이 20cm인 조건에서 더욱 안정적으로 생성됨



(a)노즐과 Collector Base 사이의 거리 15cm (b)노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm

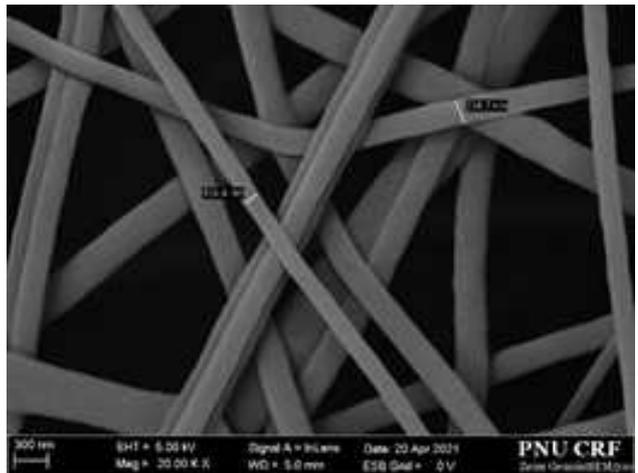
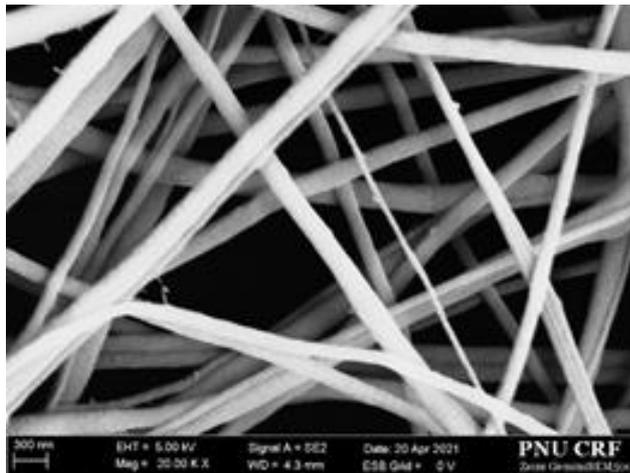
그림 2-56. 전기 방사 나노 필터 SEM 촬영 결과(20kV)



(a)노즐과 Collector Base 사이의 거리 15cm (b)노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm
 그림 2-57. 전기 방사 나노 필터 SEM 촬영 결과(24kV)

다. 전기 방사 나노 필터 샘플 제작(2차)

- 2차 실험에서 멀티 노즐과 Collector Base 사이의 거리가 각각 15, 20cm이고, 입력전압이 28kV인 경우에 대해 샘플 제작 및 SEM 촬영 수행
- 입력 전압이 28kV인 조건에서는 멀티 노즐과 Collector Base 사이의 거리에 관계 없이 200nm 이하의 섬유 직경을 가지는 전기 방사 나노 필터가 안정적으로 생성됨



(a)노즐과 Collector Base 사이의 거리 15cm (b)노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm
 그림 2-58. 전기 방사 나노 필터 SEM 촬영 결과(28kV)

라. 전기 방사 나노 필터 샘플 제작(3차)

- 3차 실험에서 멀티 노즐과 Collector Base 사이의 거리가 각각 20cm이고, 입력 전압이 30kV인 경우에 대해 샘플 제작 및 SEM 촬영 수행
- 28kV의 SEM 사진은 스케일 바의 길이가 300nm이고, 30kV의 SEM 사진은 스케일 바의 길이가 200nm
- 멀티 노즐과 Collector Base 사이의 거리가 각각 20cm이고, 입력 전압이 30kV인 조건에서는 섬유의 직경이 안정적으로 200nm 이하인 것을 확인

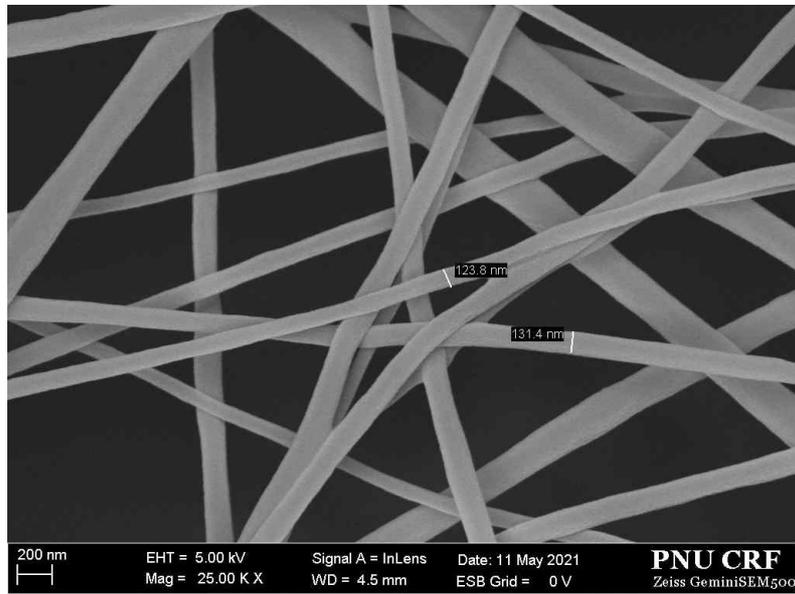


그림 2-59. 전기 방사 나노 필터 SEM 촬영 결과(거리 20cm, 30kV)

제 4절. 에너지인증연구소

1. 집진장치 성능분석

가. 집진장치 제품분석

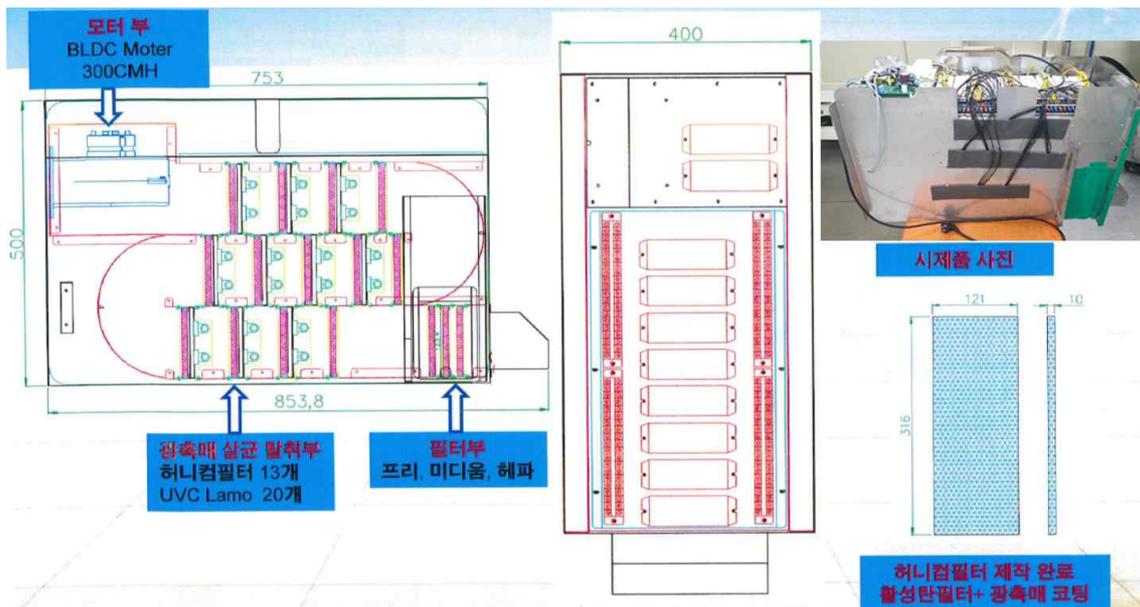


그림 2-60. 집진장치 구조

- 집진장치 외형

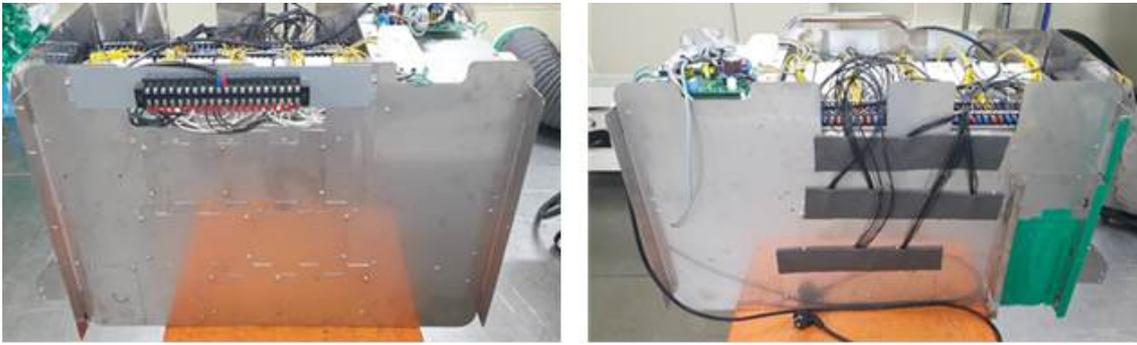


그림 2-61. 집진장치 회형 (전/후면)

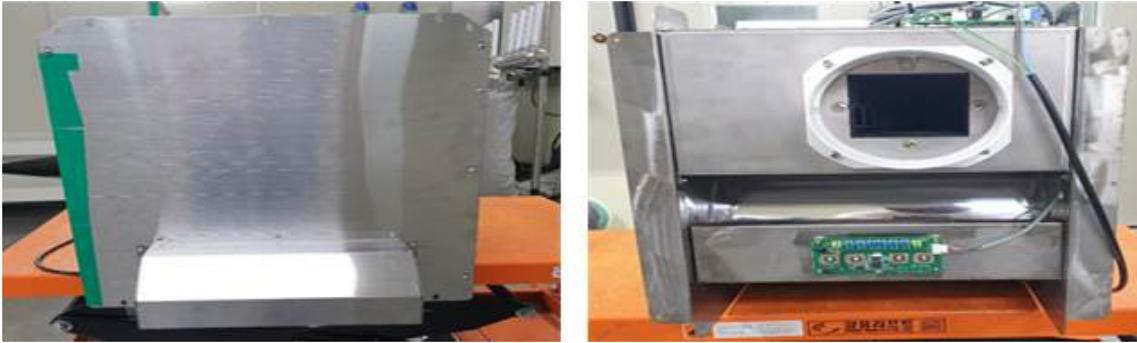


그림 2-62. 집진장치 측면

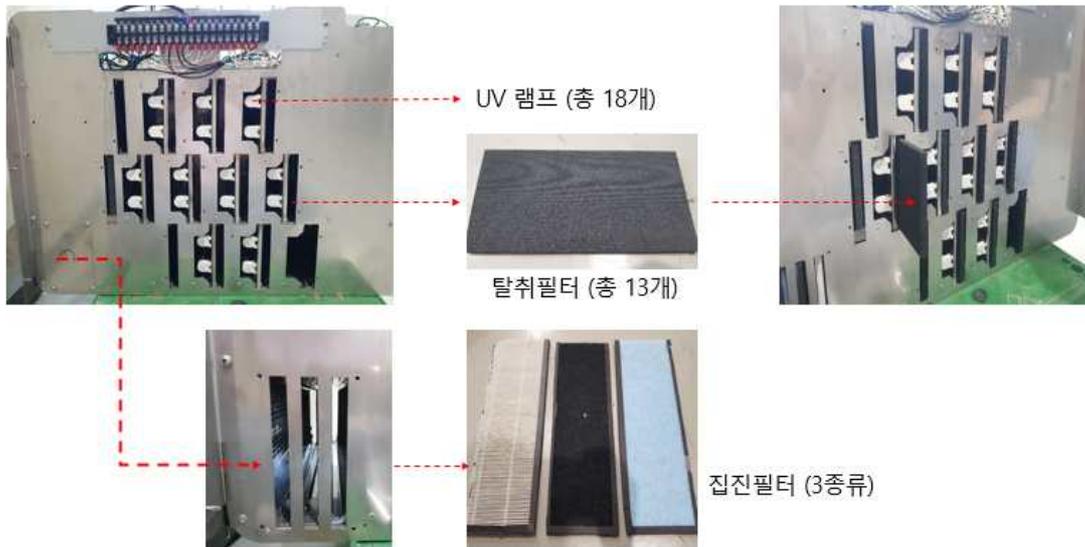


그림 2-63. 집진장치 구성

나. 집진장치 풍량, 압력 등 단계별 성능분석

- 풍량시험은 KS B 6311에 규정하고 있는 복합노즐에 의거 정격 주파수의 정격 전압에서 급기량을 측정하고 풍량 조절장치가 있어(1단~4단) 단계별 풍량, 소비전력, 압력 측정
- 기외 정압은 0 Pa 으로 설정하고 측정

표 2-11. 단계별 측정결과

항목	풍량 (m ³ /h)	소비전력 (W)	차압 (Pa)
1단	131.7	249.0	41.11
2단	160.3	251.1	39.38
3단	184.1	260.6	35.04
4단	203.7	272.3	34.38

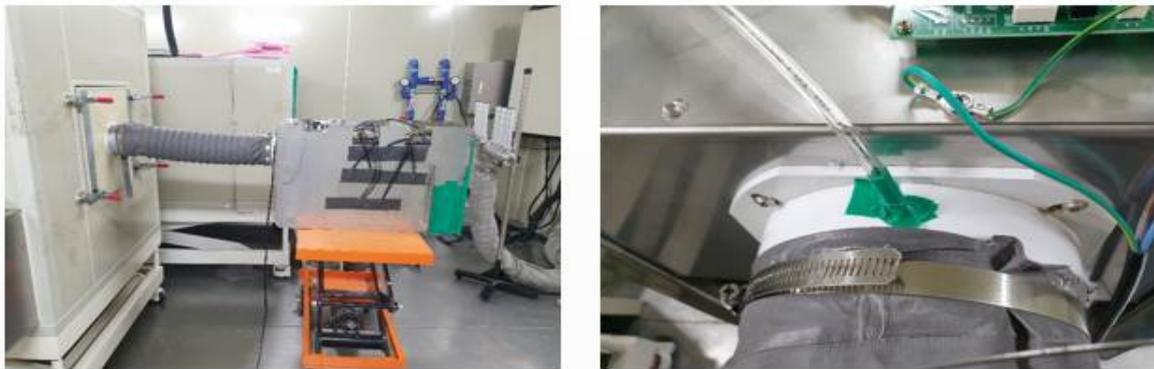


그림 2-64. 시험사진

다. 집진필터(3종류)의 압력별 풍량 및 소비전력 분석

- 필터의 수명 예측을 위한 필터 압력별 풍량 및 소비전력분석
- 기내 필터부분에 임의 압력을 주어 풍량 변화를 측정

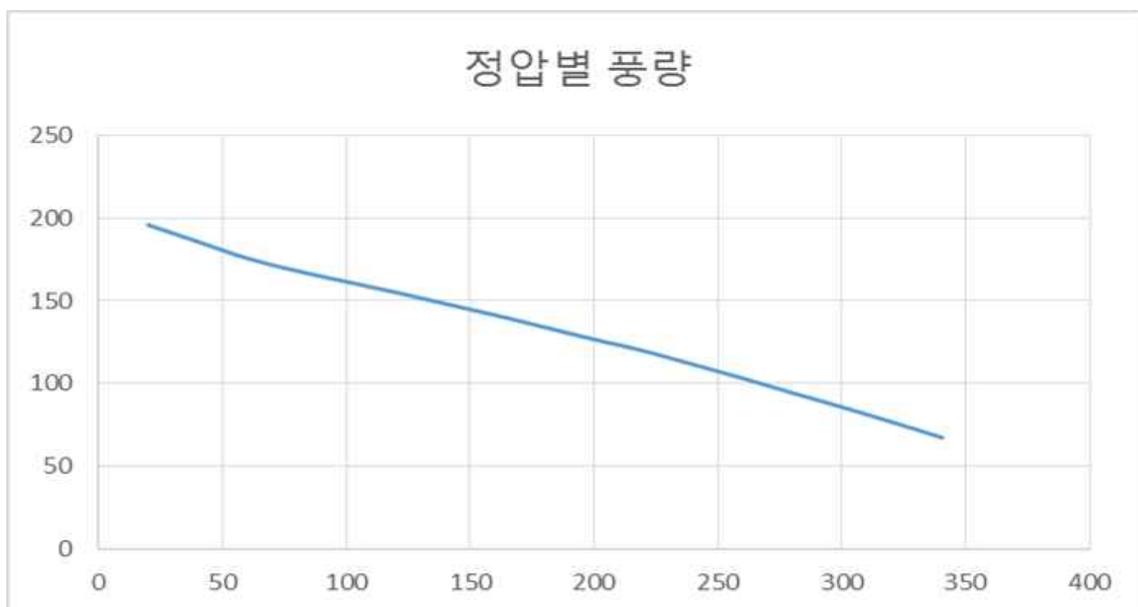


그림 2-65. 정압별 풍량 그래프

표 2-12. 필터 압력별 풍량 및 소비전력 결과

압력(Pa)	풍량(m ³ /h)	소비전력(W)
20.0	195.8	269.8
40.0	185.7	269.6
60.1	175.6	269.3
80.2	168.0	269.3
100.2	161.5	269.1
120.3	155.0	269.0
140.4	148.1	269.4
160.4	141.3	269.5
180.2	134.0	269.6
200.5	126.6	269.9
219.6	120.0	269.7
240.5	111.4	270.0
260.5	103.1	270.5
280.5	94.3	271.0
300.6	85.7	271.2
320.9	76.6	271.0
340.5	67.5	271.1

라. 참여기업((주)한국대동지공업) 에서 개발한 탈취필터 탈취 능력 측정

- 기존 수입되고 있는 탈취필터의 경우 5종가스 시험 결과 평균 약 60 % 수준
- 참여기업((주)한국대동지공업)에서 개발한 탈취필터의 경우 동일 조건으로 평균 약 90% 성능확인



기존 탈취필터(수입)



개발용 탈취필터

그림 2-66.



그림 2-67. 탈취필터 적용 위치

2. 유증기의 포집율 성능분석 (관성충돌 방식의 유증기 포집)

가. 유속 및 차압 측정시험 실시

- 유증기 포집장치를 풍동에 설치 후 기준 유속으로 설정, 이때 입/출구 차압측정
- 유속 2.48 ~ 2.95 (m/s) 로 설정
- 차압: 29.0 ~ 30.0 (Pa)

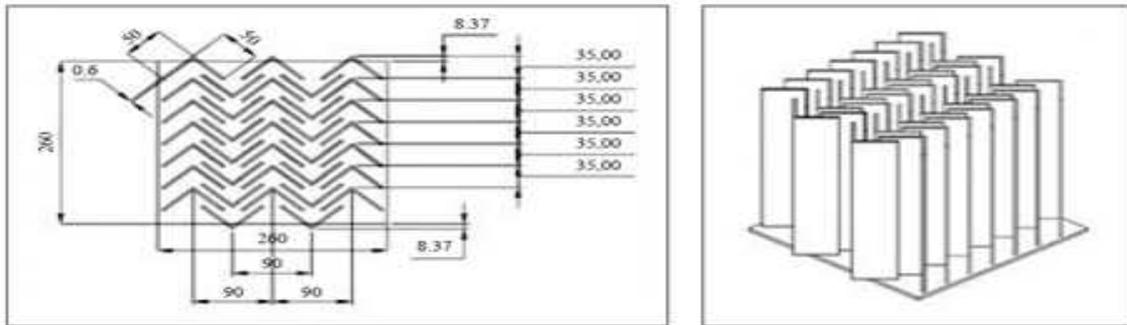


그림 2-68. 유증기 포집장치 형상

나. 유증기 포집율 성능분석

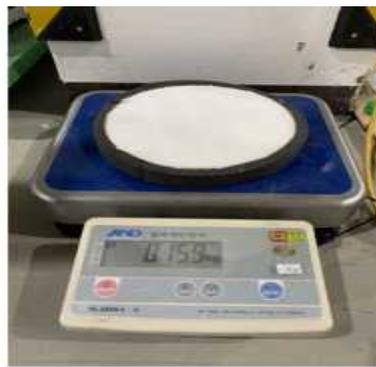
- 포집통 및 포집용필터(H13등급)의 초기 무게 측정 후 유증기 포집장치(덕트)에 설치하고
기준 유속으로 작동.
- 이때 유증기(오일) 500g 분사. 시험완료 후 포집용 필터 무게 측정 및 포집통 무게 측정



그림 2-69. 유증기 포집장치 설치 사진



필터 초기



필터 후기



포집통 초기



포집통 후기

그림 2-70.

다. 유증기 포집시험결과

- 1차 시료 (관성충돌 방식의 유증기 포집장치 1단)
- Impactor를 1단으로 적용하였고 1단의 경우 총 포집무게가 169g ~ 223g 으로 포집효율이 약 34% ~ 45%의 결과확인



그림 2-71. 1단 유증기 포집 장치 제작 형상

표 2-13. 1단 시료 포집효율 1차 시험 결과

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 169 g = 331 g (약 34 %)
시험 전 무게	192 g	490 g	
시험 후 무게	235 g	616 g	
포집 무게	43 g	126 g	
총 169 g			

표 2-14. 1단 시료 포집효율 2차 시험결과

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 223 g = 277 g (약 45 %)
시험 전 무게	165 g	503 g	
시험 후 무게	227 g	664 g	
포집 무게	62 g	161 g	
총 223 g			

- 2차 시료 (관성충돌 방식의 유증기 포집장치 2단)
- Impactor를 2단으로 적용하였고 1단의 경우 총 포집무게가 261g ~ 286g 으로 포집효율이 약 52% ~ 57%의 결과확인

표 2-15. 2단 시료 포집효율 1차 시험

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 261 g = 239 g (약 52 %)
시험 전 무게	111 g	472 g	
시험 후 무게	165 g	679 g	
포집 무게	54 g	207 g	
총 261 g			

표 2-16. 2단 시료 포집효율 2차 시험

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 286 g = 214 g (약 57 %)
시험 전 무게	113 g	503 g	
시험 후 무게	192 g	710 g	
포집 무게	79 g	207 g	
	총 286 g		

- 3차 시료 (관성충돌 방식의 유증기 포집장치 2단 및 히터 적용)
- 1차, 2차 측정 결과를 반영하여 제작한 유증기 포집 장치로 Impactor를 2단으로 적용하였고, 블레이드에 히터를 부착하여 자체 세정 기능을 가질 수 있도록 제작

라. 유증기 포집장치의 히터 성능분석

- 3차 시험 진행 전 블레이드에 부착된 히터 성능 분석
전원을 인가하고, 오일 포집통 부착 후 FAN 작동했으며, 각각의 온도를 측정
- 히터 전원 인가 전 온도는 약 21.5 °C에서 전원 인가 후 약 43 °C로 약 21 °C 상승 (오일 포집통 제외)
- 또한 오일 포집통 부착 후 온도는 약 52.1 °C로 부착 전 대비 약 9 °C 상승
최대 온도 약 52.1 °C에서 FAN 작동 시 평균 30 °C 유지



그림 2-71. 2단 유증기 포집 장치 제작 형상

표 2-17. 유증기 포집장치 히터 성능분석 결과

히터 전원 인가 전	히터 전원 인가 후 (오일 포집통 제외)	히터 전원 인가 후 (오일 포집통 부착)	FAN 작동 후(최대)
약 21.5 °C	약 43 °C	약 52.1 °C	약 30.0 °C

유증기 포집장치 히터 온도

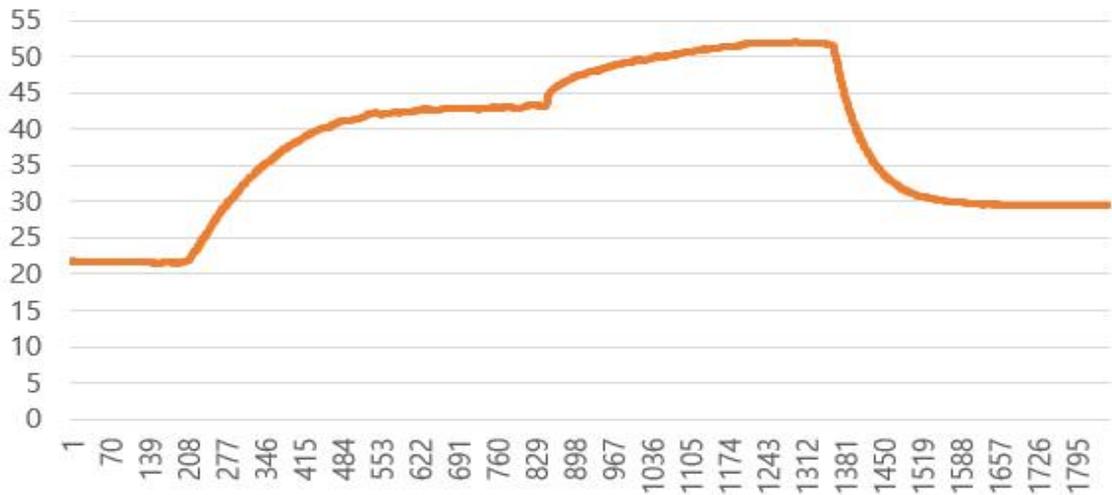


그림 2-72. 유증기 포집장치 히터 성능분석 결과 그래프

마. 유증기 포집장치의 히터 OFF 포집효율

- 총 포집무게가 317g 으로 포집효율이 약 63%의 결과확인

표 2-17. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 시험결과 (히터 OFF)

	필터	포집통	
시험 전 무게	114 g	503 g	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 317 g = 183 g (약 63 %)
시험 후 무게	203 g	731 g	
포집 무게	89 g	228 g	
	총 317 g		

바. 유증기 포집장치의 히터 ON 포집효율

- 히터 ON하고 30분 뒤 측정(1차 시험), 1시간 뒤 재측정(2차 시험)
- 1차 시험결과(히터 작동 후 30분) 총 포집무게가 359g 으로 포집효율이 약 72%의 결과가 확인되었고 2차 시험결과(히터 작동 후 60분) 총 포집무게가 432g 으로 포집효율이 약 86%의 결과 확인
- 히터 작동 시간이 증가 할수록 유증기 포집효율 증가 확인

표 2-18. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 히터 ON 1차 시험 (히터 30분 작동)

	필터	포집통	
시험 전 무게	112 g	403 g	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 370 g = 130 g (약 74 %)
시험 후 무게	170 g	715 g	
포집 무게	58 g	312 g	
	총 370 g		

표 2-19. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 히터 ON 1차 시험 (히터 60분 작동)

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 459 g = 41 g (약 91 %)
시험 전 무게	115 g	474 g	
시험 후 무게	178 g	870 g	
포집 무게	63 g	396 g	
	총 459 g		

제 3장. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

제 1절 연구수행 결과

1. 정성적 연구개발성과

가. 전기 집진 방식의 가격 대비 70% 수준의 음식점 미세먼지 및 유해물질 저감 시스템 개발

- 미세먼지 제거효율 99% 달성
- 유입되는 유증기의 농도가 25,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하인 경우 미세먼지 배출농도는 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 배출 달성 (돼지고기 구이시 발생하는 유증기+분진의 농도가 대략 6,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준¹⁾)
 - 시스템의 전단에 설치될 Impactor 타입의 유증기 포집 장치의 유증기 포집 효율은 90% 수준(자체 평가)
 - 포집이 가장 어려운 0.3 μm 크기의 입자를 99% 이상 포집하는 최후단 필터(부산테크노파크 시험)
 - 유입되는 유증기의 온도가 25,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 조건에서 Impactor 통과후 유증기의 농도는 2,500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이고, 최후단의 필터 통과후 유증기의 농도는 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
- 복합악취 제거 효율 95% 달성
- 13.7 m/h의 제작 속도를 가지는 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 시스템 개발
- 평균 직경이 174.2 nm 입경을 가지는 나노 필터 개발
- 99.9% 항균 효율을 가지는 후드 시스템 개발

<성능지표 목표 및 측정방법>

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중	개발 목표치	최종 개발 결과	평가기관
1. 미세먼지 제거효율	%	30	99	99	부산테크노파크
2. 미세먼지 배출농도	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20	25	유입되는 유증기의 농도가 25,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 조건에서도 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 배출 달성	자체평가 + 부산테크노파크
3. 복합악취 제거 효율	%	20	90	95	부산테크노파크
4. 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 장비의 방사 속도	m/h	10	10	13.7	한국의류시험연구원
5. 나노 필터 섬유 평균 직경	nm	10	200	174.2	한국의류시험연구원
6. 항균 효율(대장균, 포도상 구균)	%	10	99	99.9	KTR

1) 봉춘근 외, 2011, 고기구이에서 발생하는 입자상물질의 배출특성에 관한 연구, 대한환경공학회지

Table 1. Size distribution of particulate matters by cascade im-
pactor (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Size (μm)	Pork	Pork Seasoning	Beef	Beef Seasoning
~0.06	338	248	158	45
0.06~0.2	271	135	45	271
0.2~0.38	7	0	0	0
0.38~0.66	17	0	113	68
0.66~1.18	139	113	474	338
1.18~1.95	26	23	902	789
1.95~3.2	3,360	2,381	2,774	2,007
3.2~7	857	1,105	564	226
7~13	1,015	564	451	338
TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6,030	4,569	5,481	4,082

나. 세부 개발 목표 및 개발 내용.

- 1) 전기 집진 방식의 가격 대비 50% 수준의 음식점 미세먼지 및 유해물질 저감 시스템 설계 및 제작

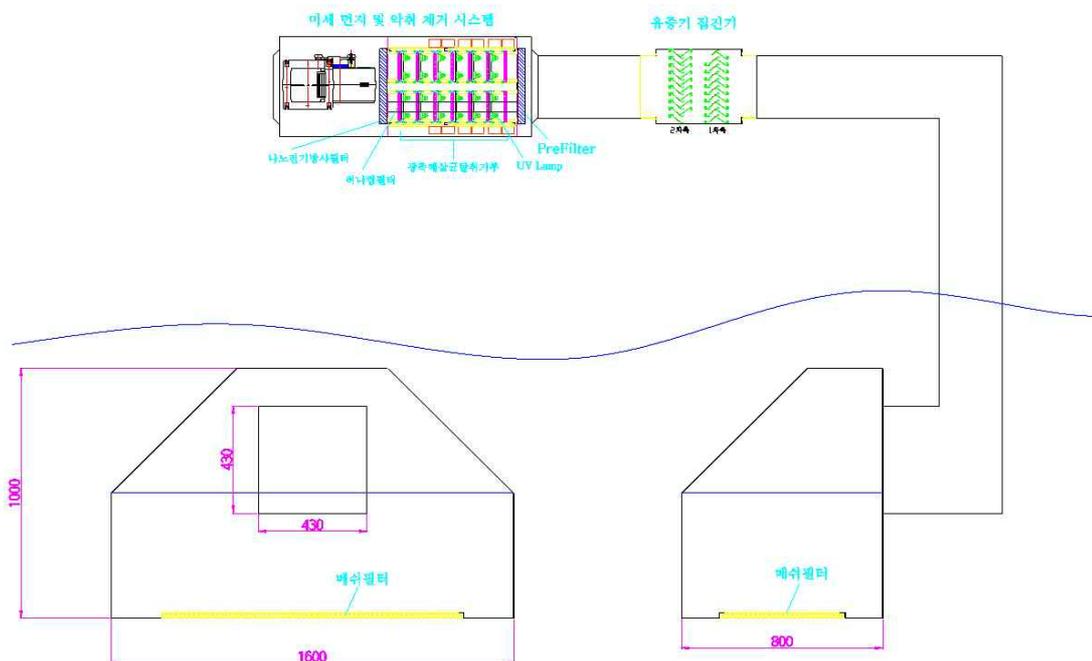


그림 3-1. 전체 시스템의 형상 설계 및 제작



그림 3-2. 전체 시스템의 사진

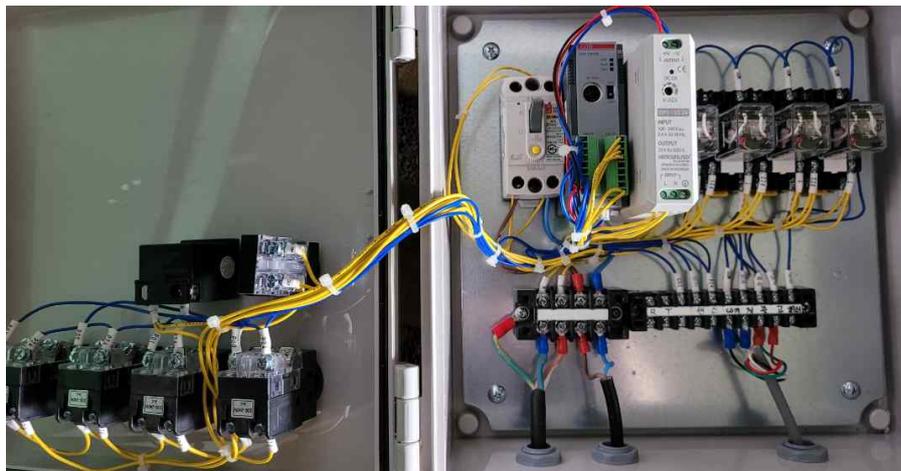


그림 3-3. 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 컨트롤러

가. 미세먼지 센서 및 CO2센서 이용 자동 동작 시스템 구축

- 미세먼지 센서와 CO2 센서는 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 시스템이 동작하지 않더라도 주변 미세 먼지와 CO2 농도를 실시간 체크해 일정 농도 이상 올라갈시 미세먼지 및 유해물질 저감을 위한 한식 조리 기구 시스템을 자동으로 동작시켜 유해 물질을 배출하는 시스템을 구축하였다.



그림 3-4. 미세먼지 센서와 CO₂ 센서

2) 90% 이상의 유분을 제거 할 수 있는 SUS Demister, 유분 집진 시스템 개발.

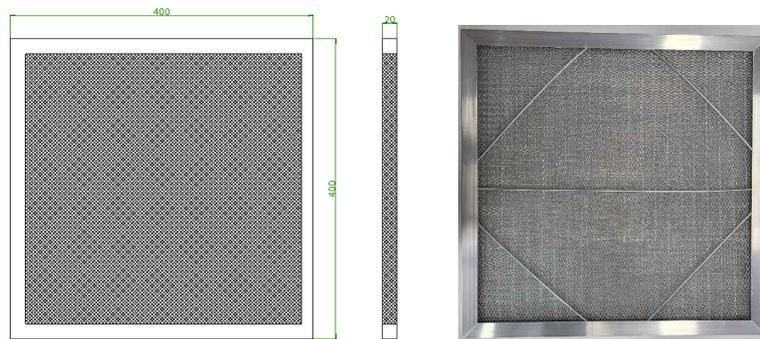


그림 3-5. 메쉬 필터 도면 및 필터 사진

- 조리시 발생하는 물질중 대부분을 차지하는 것을 유증기이고, 유증기의 경우 점도가 높고 배출 덕트와 필터 등에 부착이 되기 때문에, 포집 시스템의 수명 연장을 위해서는 포집 시스템 전단부에 유증기를 처리할 수 있는 장치가 필요
- 본 연구에서는 포집 시스템 전단에서 유증기를 처리하기 위해 다양한 선행 연구를 참고 하였으며 Cyclone, Impactor, Condensing scrubber 등을 1차적으로 고려하였음
- 점도가 높고 벽면에 부착하려는 성질이 큰 유증기의 특성, 포집 장치 차압의 크기와 포집 성능을 고려하여 Impactor 방식을 응용한 그림 2-1 형상으로 진행

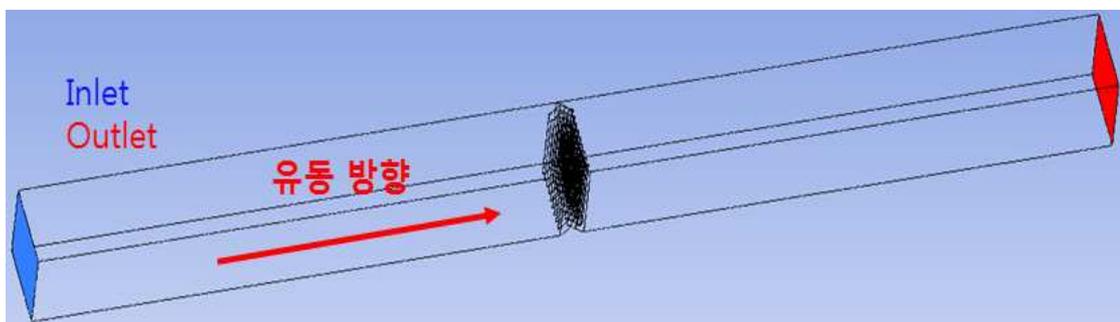


그림 3-6. 유증기 포집 장치의 1차 모델 형상(그림 변경)

- 그림 2-44, 2-45는 유증기 포집 장치의 유동 방향을 나타내고 있음
- 그림 2-45에서와 같이 유증기는 유로가 좁아지는 유증기 포집 장치의 가운데 부분과

끝부분에서 공기는 통과를 하고, 상대적으로 질량이 큰 유증기는 블레이드에 부착되면서 유증기가 포집이 되는 방식

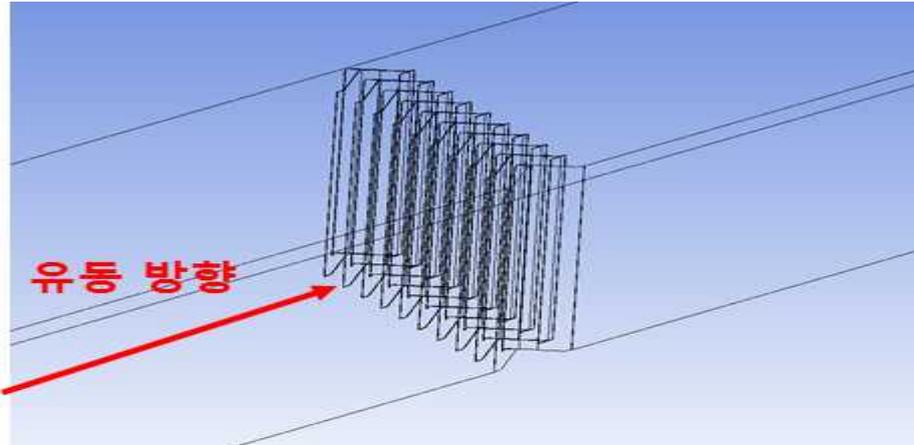


그림 3-7. 유증기 포집 장치의 형상 및 유동 방향

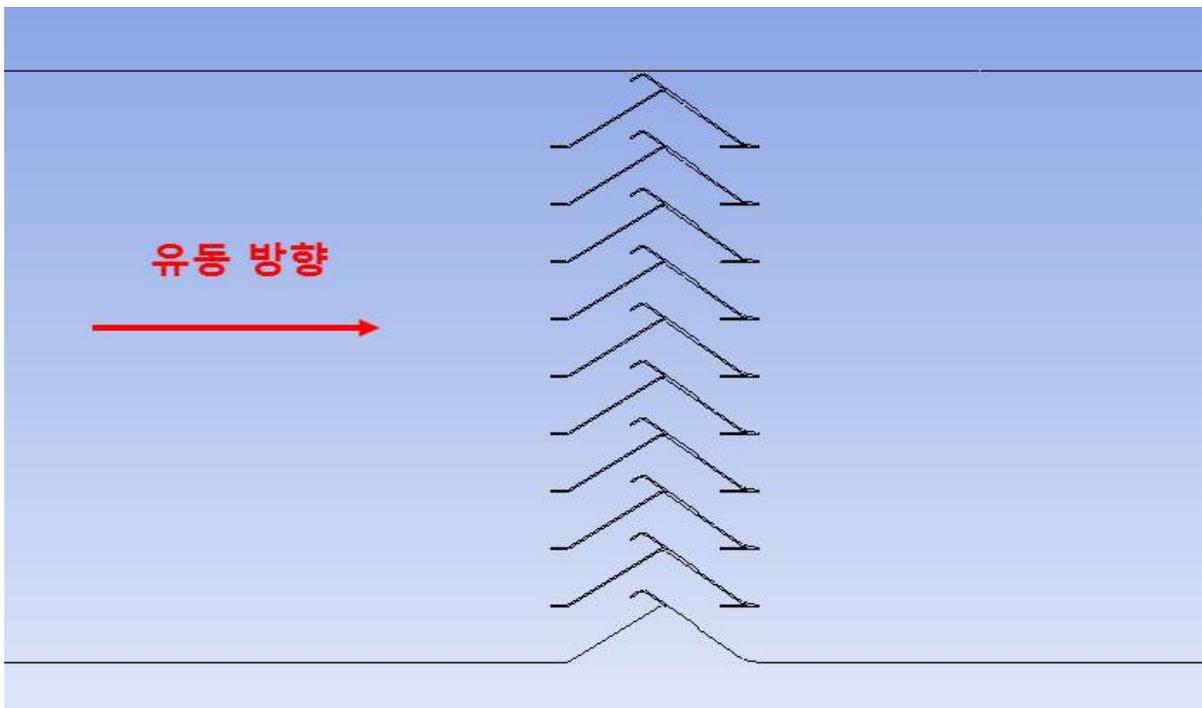


그림 3-8. 상부에서 바라본 유증기 포집 장치의 형상

○ 유증기 포집 장치 해석 조건

- 그림 2-46는 1차 설계한 유증기 포집 장치의 유동 해석을 위한 해석 도메인으로 Inlet 측의 유속을 2.5m/s로 설정하여 해석을 유공 해석을 수행
- 해석 형상의 모델링과 격자는 Ansys 2019 R3 버전의 자체 SW를 활용하였으며, 유동해석은 Fluent 2019 R3 버전을 활용하였음

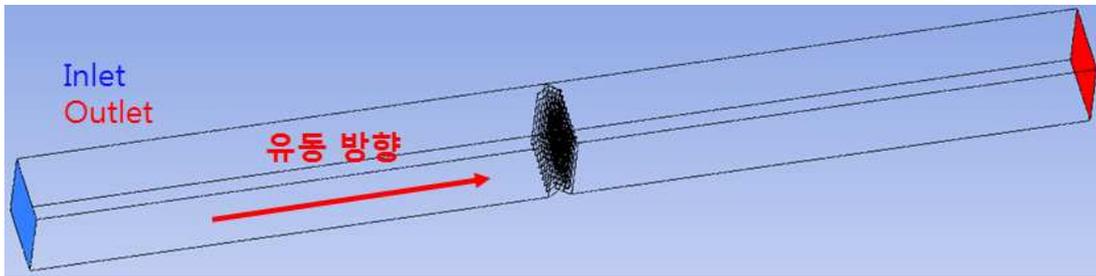


그림 3-9. 유증기 포집 장치 해석을 위한 해석 도메인

○ 유증기 포집 장치 해석 결과

- 그림 2-47는 유증기 포집 장치 유동 해석의 결과로 입구 유속 2.5m/s 조건에서 전후단의 차압은 70 Pa 수준

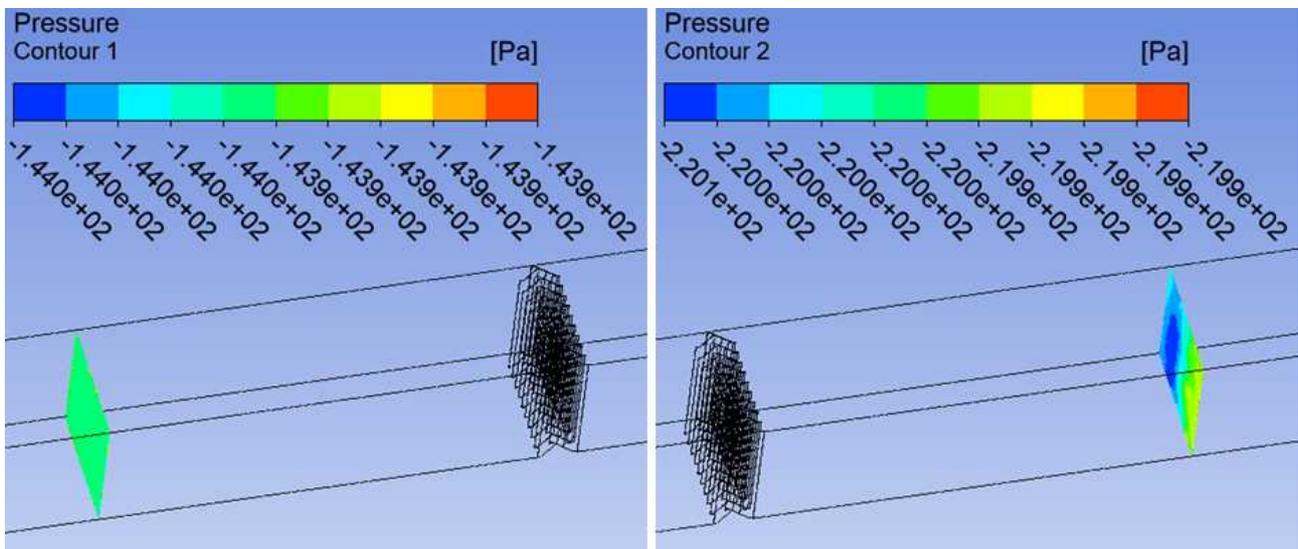


그림 3-10. 유증기 포집 장치 전후단의 차압 분석

- 그림 2-48은 유증기 포집 장치의 Stream Line으로 V자 형태의 유증기 포집 장치를 통과하면서 출구의 유동이 한쪽으로 치우치는 것을 확인 할 수 있음

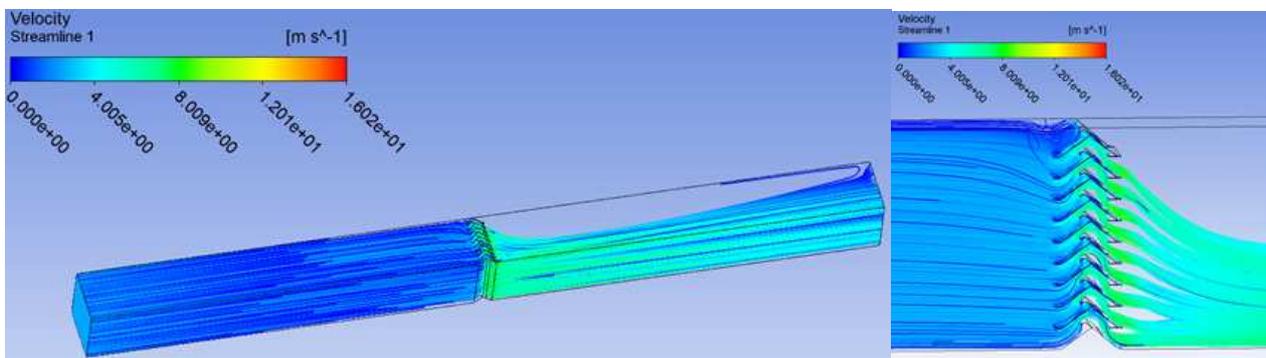


그림 3-11. 유증기 포집 장치 전후단의 Stream Line

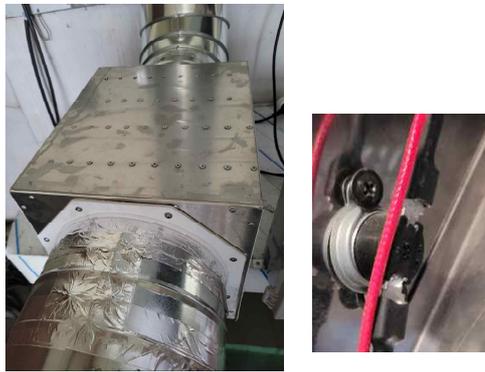


그림 3-12. 2단 유증기 포집 장치 제작 실물

	필터	포집통	입구필터 및 덕트 내 오일 500 g - 459 g = 41 g (약 91 %)
시험 전 무게	115 g	474 g	
시험 후 무게	166 g	870 g	
포집 무게	51 g	396 g	
	총 459 g		

표 3-1. 히터가 적용된 2단 시료 포집효율 히터 ON 시험 (히터 60분 작동)

- 유증기 포집 장치 내부에 바이메탈센서를 적용해 80도 이상시 히터가 동작하지 않도록 설계하였다.

3) 음식점 복합악취 90% 제거를 위한 광촉매 살균 탈취 장치 개발

- 3차에 제작된 광촉매 살균 탈취부는 참여기업((주)한국대동지공업)에서 개발한 탈취필터를 이용한 허니컴 필터 14개, 집진필터 3개와 UVC Lamp 22개로 구성되어 있다.
- 모터는 BLDC 1000CMH를 사용하였다.

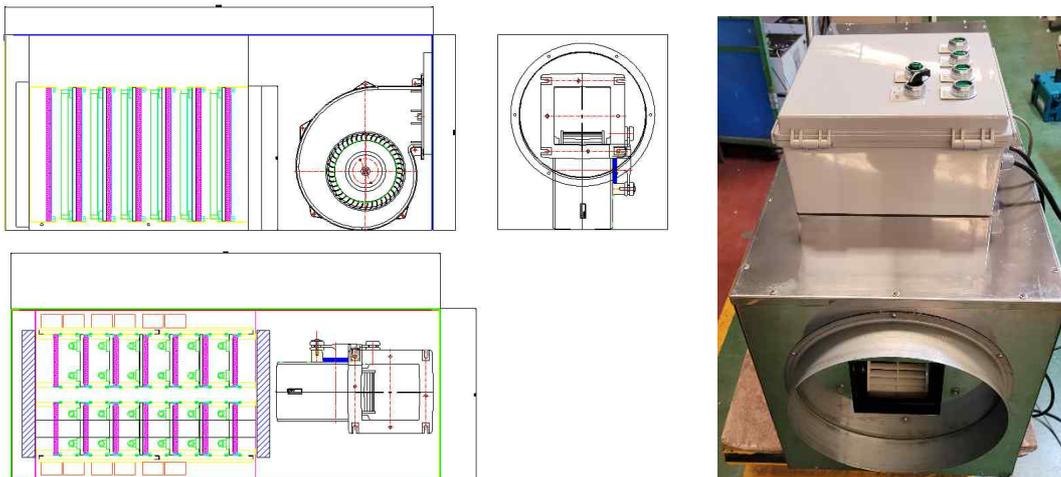
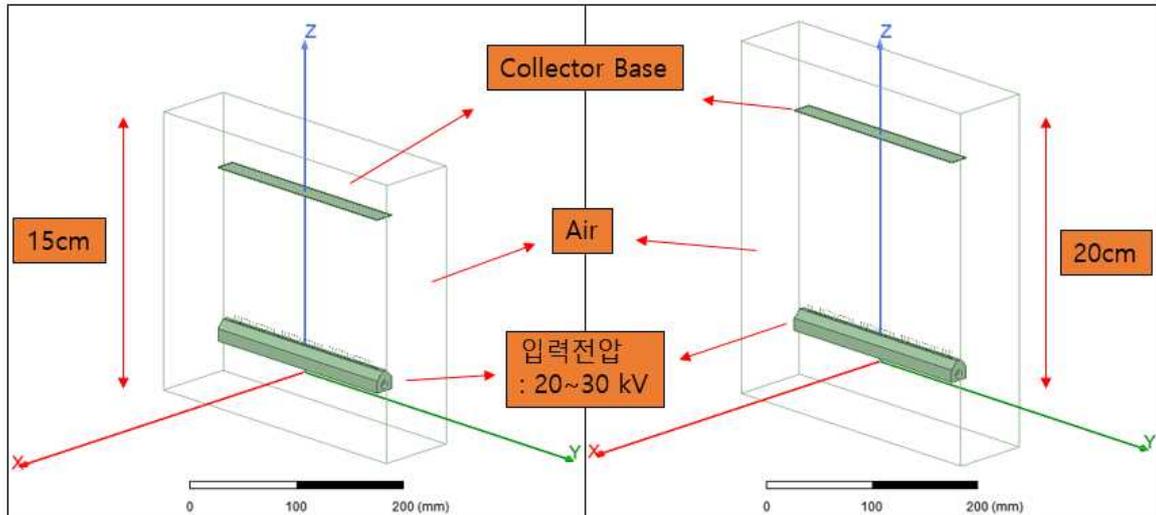


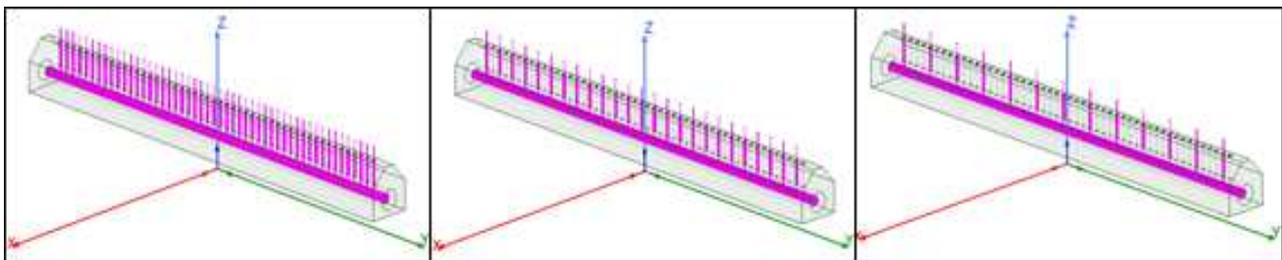
그림 3-13. 광촉매 살균 탈취부 설계 및 제작

5) 전기방사부 전기장 해석

- 입력 전압 및 노즐과 Collector Base 사이의 거리를 변수로 전기장 해석 수행
- 그림 2-9는 전기장 해석을 위한 모델의 형상과 해석 조건을 나타내고 있음
- 해석 형상의 모델링은 Ansys 2019 R3 버전의 자체 SW를 활용하였으며, 전기장 해석은 Ansys Maxwell 2019 R3 버전을 활용하였음



(a) 노즐과 Collector Base 거리에 따른 해석 모델, 15cm / 20cm



(b) 노즐 수에 따른 해석 모델, 50개 / 25개 / 13개

그림 3-16. 전기장 해석을 위한 모델의 형상

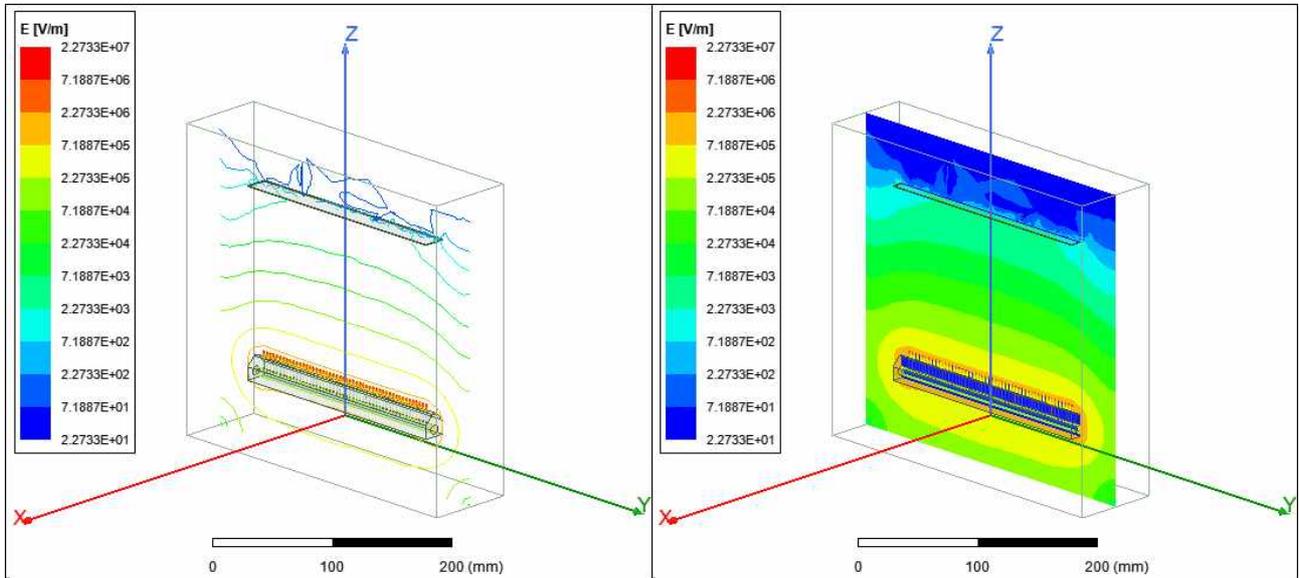
표 3-2. 전기장 해석의 주요 경계 조건

	입력전압(kV)	노즐과 Collector Base 사이의 거리(cm)	노즐 숫자
Case 1	20	15	50
Case 2	24	15	50
Case 3	28	15	50
Case 4	30	15	50
Case 5	20	20	50
Case 6	24	20	50
Case 7	28	20	50
Case 8	30	20	50
Case 9	30	20	25
Case 10	30	20	13

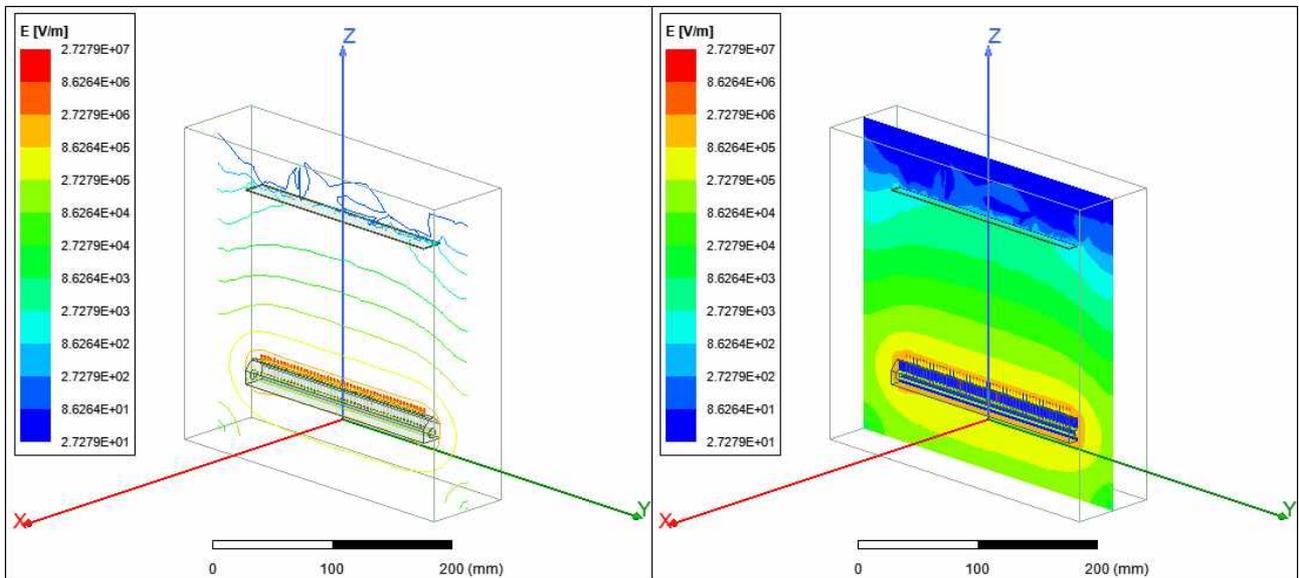
○ 전기 방사 해석 결과

- 그림 2-10은 Case 1~4인 조건에서의 해석 결과를 나타내고 있음

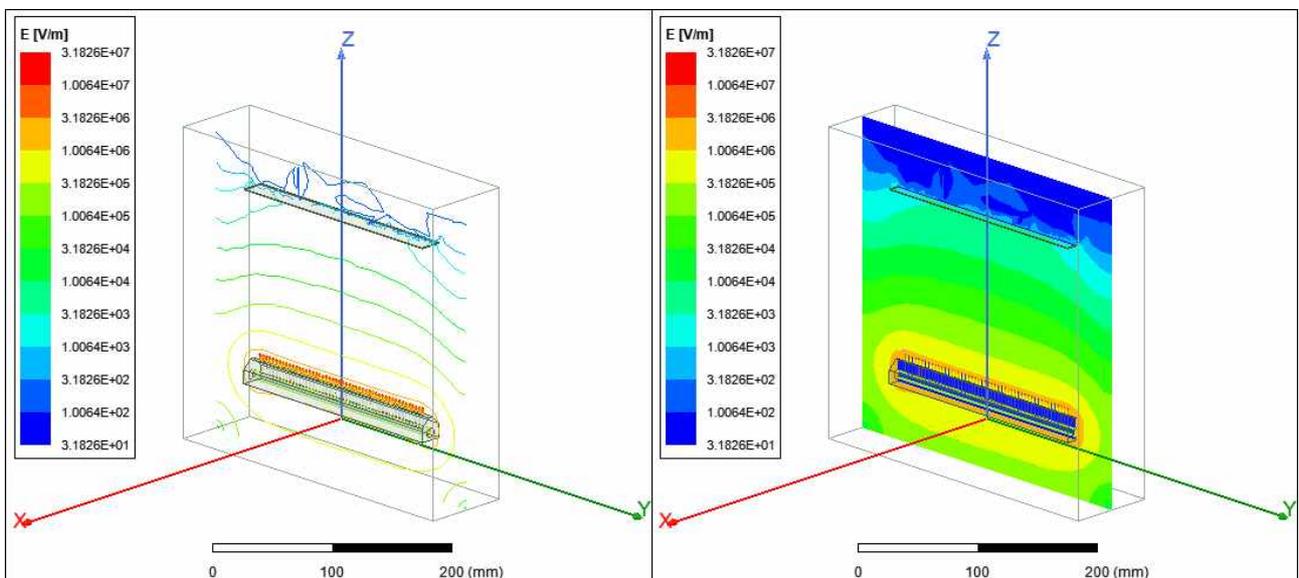
- 전압이 증가할수록 Collector Base주변의 전기장이 안정적인 분포를 나타내고 있음



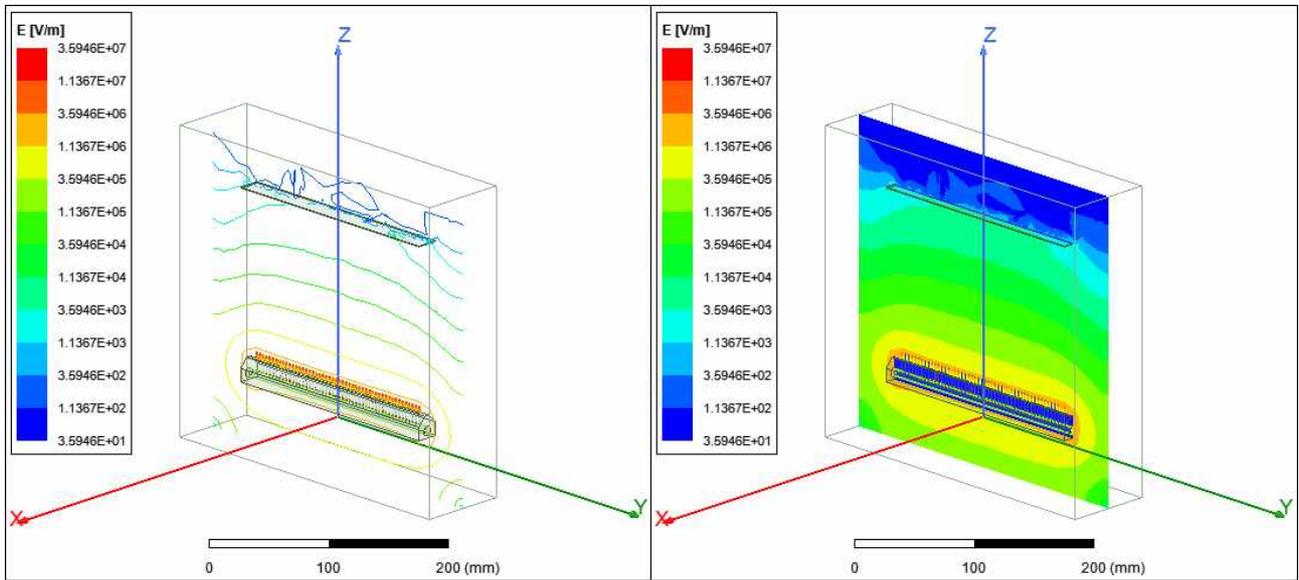
(a) Case 1 (20kV, 15cm, 50개 조건)



(b) Case 2 (24kV, 15cm, 50개 조건)



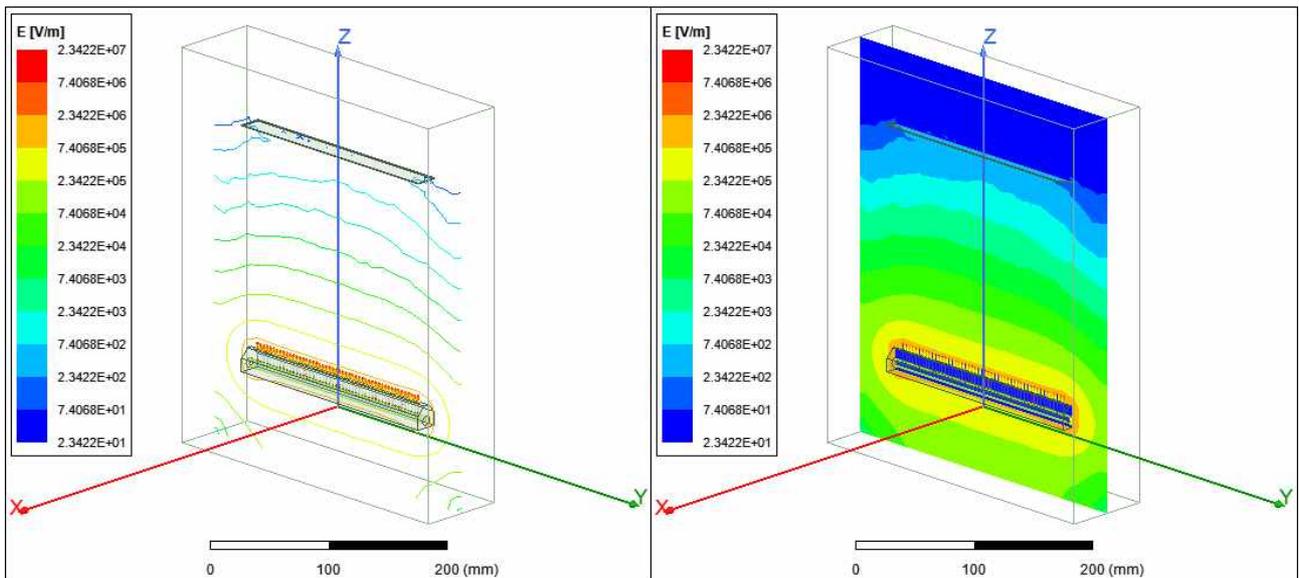
(c) Case 3 (28kV, 15cm, 50개 조건)



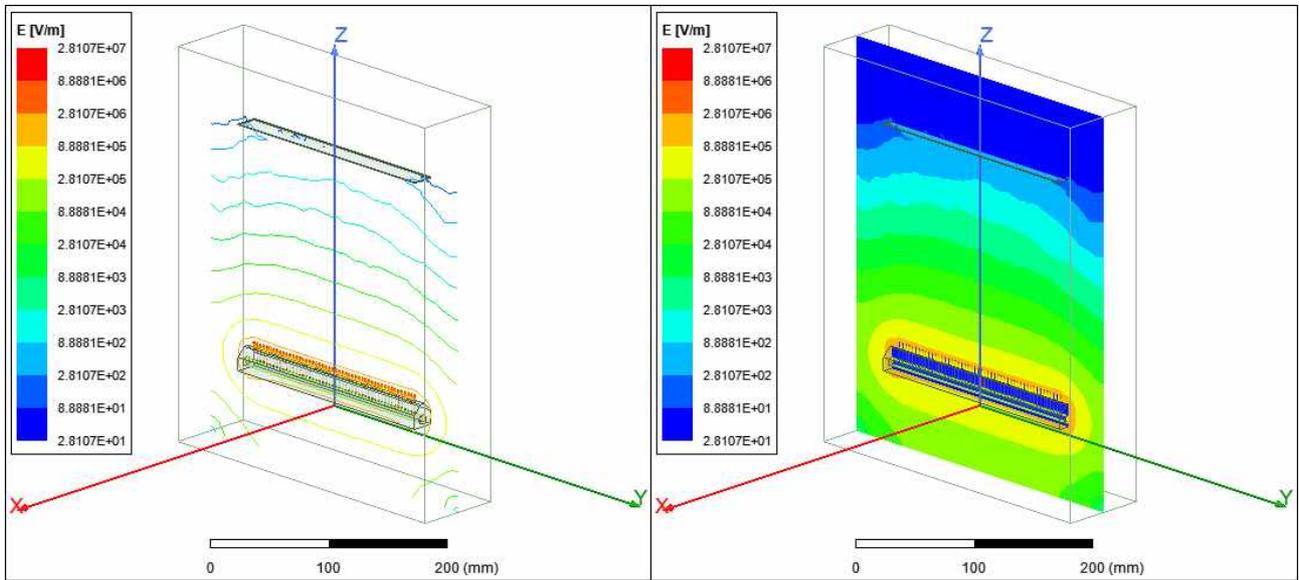
(d) Case 4 (30kV, 15cm, 50개 조건)

그림 3-17. 전기장 해석 결과(노즐과 Collector Base 사이의 거리 15cm)

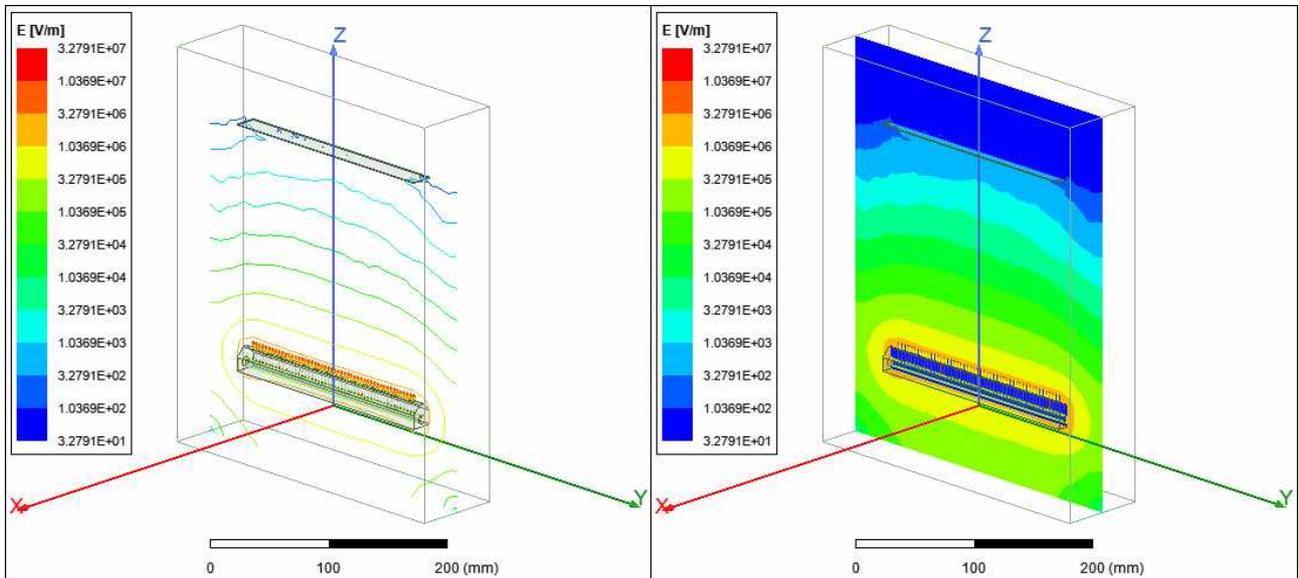
- 그림 2-11은 Case 5~8인 조건에서의 해석 결과를 나타내고 있음
- Case 1~4와 마찬가지로 전압이 증가할수록 Collector Base 주변의 전기장이 안정적인 분포를 나타내고 있음
- 노즐과 Collector Base 사이가 15cm인 조건에 비해 20cm인 조건이 Collector Base 주변의 전기장이 안정적인 분포를 나타내고 있음



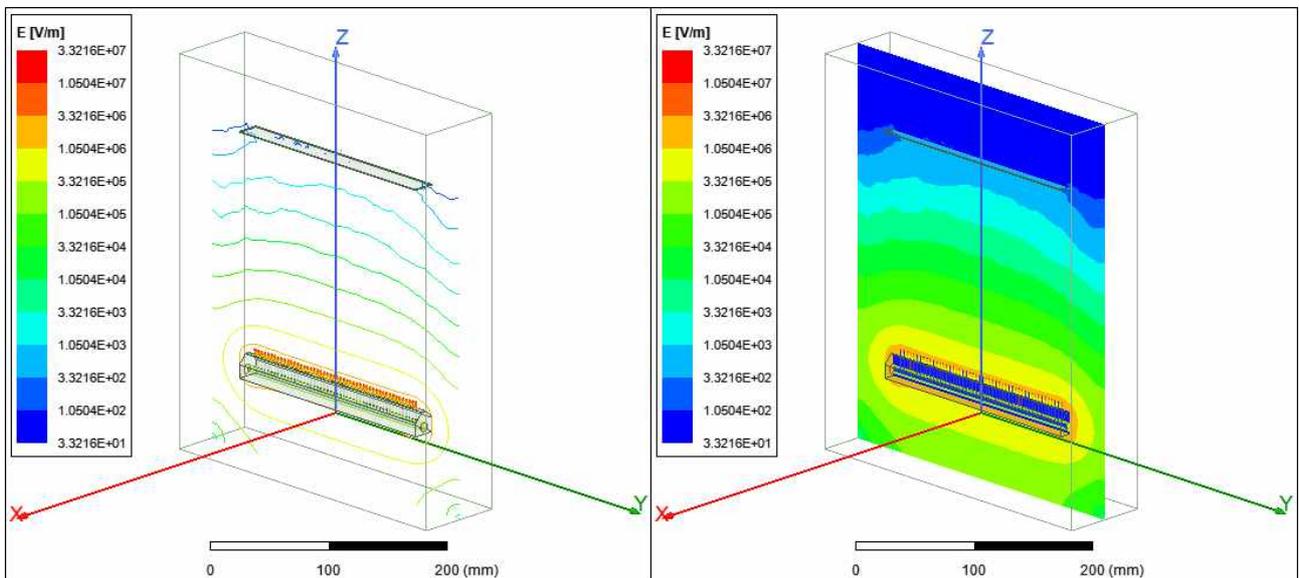
(a) Case 5 (20kV, 20cm, 50개 조건)



(b) Case 6 (24kV, 20cm, 50개 조건)



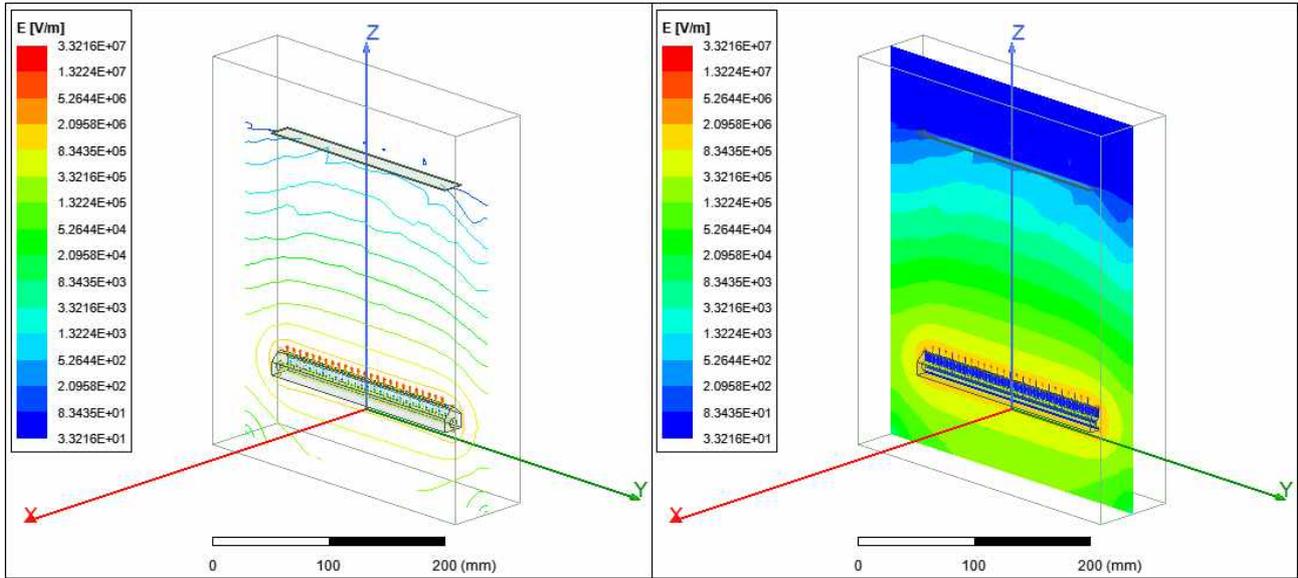
(c) Case 7 (28kV, 20cm, 50개 조건)



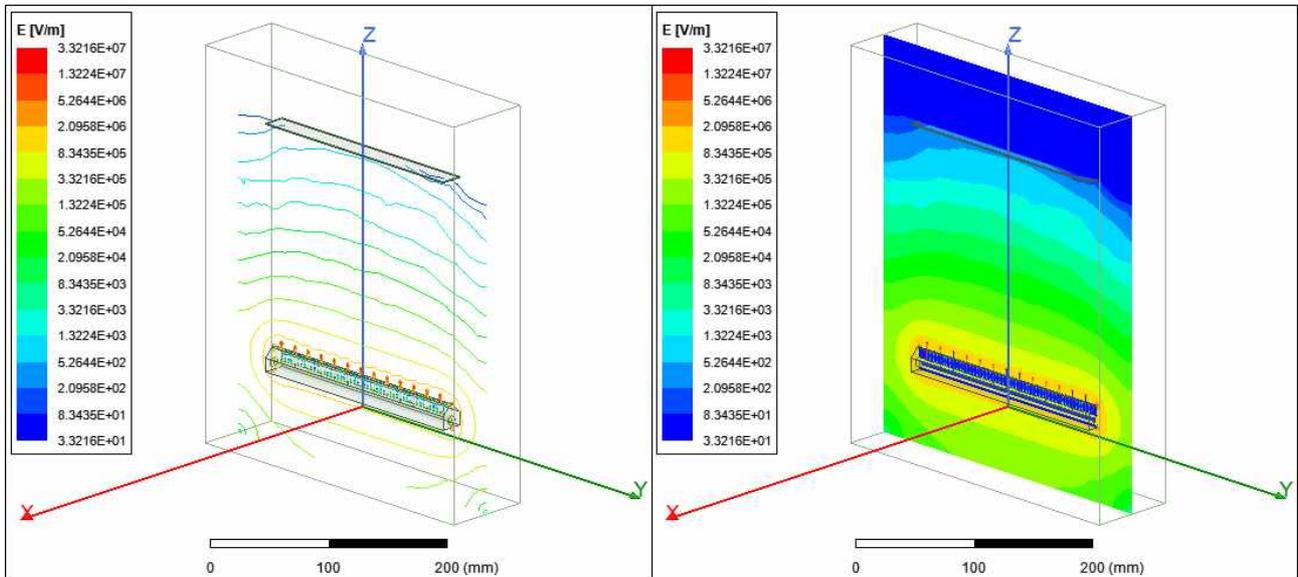
(d) Case 8 (30kV, 20cm, 50개 조건)

그림 3-18. 전기장 해석 결과(노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm)

- 그림 2-12는 Case 8인 조건에서 노즐 숫자만 변경하여 전기장 해석을 수행
- 노즐의 숫자가 50개인 Case 8 조건에 비해 Collector Base 주변의 전기장 분포가 다소 불안정한 것을 확인 할 수 있음



(a) Case 9 (30kV, 20cm, 25개 조건)



(b) Case 10 (30kV, 20cm, 13개 조건)

그림 3-19. 전기장 해석 결과(노즐과 Collector Base 사이의 거리 20cm)

6) 174.2 nm 이하의 입경과 13.7 m/h의 제작 속도를 가지는 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 시스템 설계 및 제작

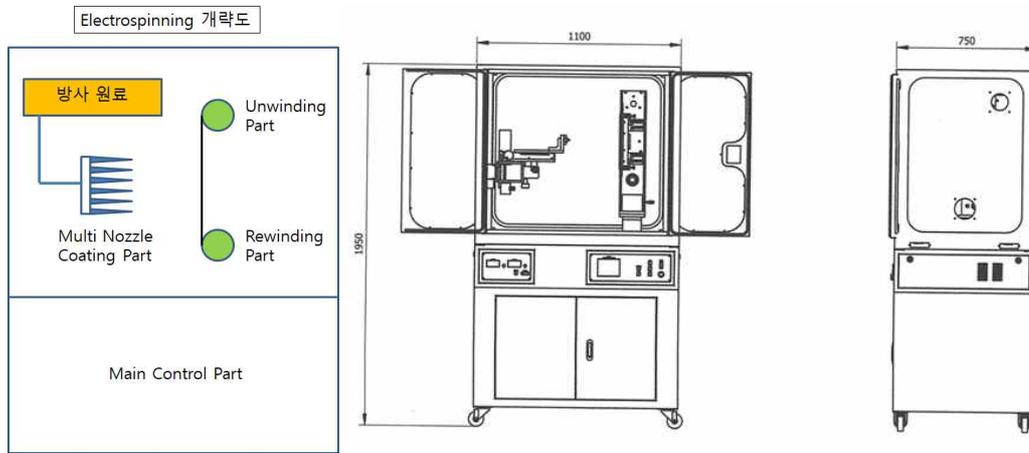


그림 3-20. 나노 방사장치 개략도



그림 3-21. 나노 방사장치 완성품

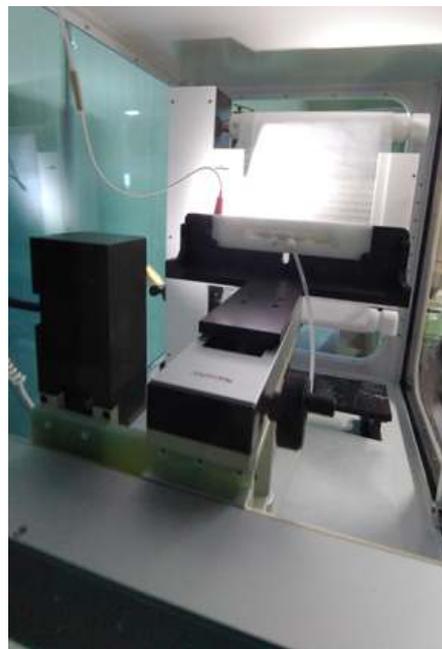


그림 3-22. 나노 방사장치 가동 모습

KATRI 산업환경연구센터 부산광역시 동래구 영도동길 46(우유1) 연구센터 웨이스타워301 6100
 T : 051-800-2700-9 F : 051-800-2710 www.katri.re.kr 전자 문서 전송서비스

시험 성적서

신 청 자 : 한국대동지공업주식회사 KATRI NO : BSH21-0000775
 주 소 : 부산 강서구 과학산업로 477 (고사동) 접수일자 : 2021.04.27
 발급일자 : 2021.04.30
 재 출 자 : (주)와이 과사시험 1팀 통 도 : 통찰관리팀
 시 료 명 : 전기방사 나노필터 PAGE(S) : 1 / 4

시 험 항 목	시 험 결 과
물단위유속도 (m³/h) : 산황자 과사 시험방법	시험1
	13.2 14.4 13.4

•주) 1. 산황자 모형에 의해 산황자 시험기를 촬영한 현장 평가용.
 2. Es-robot 물 이용현황 사진 및 전기 방사된 필터를 측정용.
 3. 전압 : 30KV
 4. Po11 용액 1.2
 5. 노즐거리 : 35cm
 6. 50cm 방사필터의 사진을 분석하여 결과값으로 함.

부유물질량 (mg) : 전자현미경 (185 171 150 185 171) (5~ 174.2)

•주) 1. Es-robot 물 이용현황 전기방사된 필터의 부유 물질 측정용.
 2. 전자현미경-SEM-EDX
 3. 장비모델명 : Hi (achi) 05000Nriba EDX
 4. 촬영각도 5개를 측정 결과의 평균값을 측정값으로 함.

[시험사진명칭]

한국의류시험연구원

시 험 자 : 오 세 도 기술책임자 : 오 세 례

시험장소 : 부산광역시 강서구 계동로 265, 주식회사 비전테크빌 101호

비고 1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명칭으로 시험한 결과로서 실제 제품에 대한 품질 보증용서는 아닙니다.
 2. 이 성적서는 당 시험연구원의 시험 성적에限り 효력이 있으며, 온도, 습도 등 사용조건에 사용될 수 없으며, 온도, 습도 이외의 사항을 증명합니다.
 3. 이 성적서는 KOLAS 인증에 부합함을 증명합니다.

KATRI 산업환경연구센터 부산광역시 동래구 영도동길 46(우유1) 연구센터 웨이스타워301 6100
 T : 051-800-2700-9 F : 051-800-2710 www.katri.re.kr 전자 문서 전송서비스

KATRI NO : BSH21-0000775
 PAGE(S) : 2 / 4

IMAGE

사진01. 나노필터 액



사진02. Es-robot 노즐



사진03. 전기방사기 (Es-robot-1)



사진04. 전기방사기 (Es-robot-2)



비고 1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명칭으로 시험한 결과로서 실제 제품에 대한 품질 보증용서는 아닙니다.
 2. 이 성적서는 당 시험연구원의 시험 성적에限り 효력이 있으며, 온도, 습도 등 사용조건에 사용될 수 없으며, 온도, 습도 이외의 사항을 증명합니다.
 3. 이 성적서는 KOLAS 인증에 부합함을 증명합니다.

KATRI 산업환경연구센터 부산광역시 동래구 영도동길 46(우유1) 연구센터 웨이스타워301 6100
 T : 051-800-2700-9 F : 051-800-2710 www.katri.re.kr 전자 문서 전송서비스

KATRI NO : BSH21-0000775
 PAGE(S) : 3 / 4

IMAGE

사진05. 전기방사용 (1)



사진06. 전기방사용 (2)-나노필터



사진07. 주사전자현미경 사진 (1)

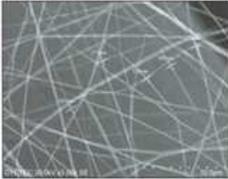
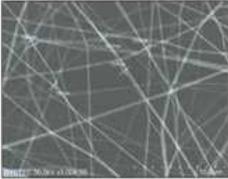


사진08. 주사전자현미경 사진 (2)



비고 1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명칭으로 시험한 결과로서 실제 제품에 대한 품질 보증용서는 아닙니다.
 2. 이 성적서는 당 시험연구원의 시험 성적에限り 효력이 있으며, 온도, 습도 등 사용조건에 사용될 수 없으며, 온도, 습도 이외의 사항을 증명합니다.
 3. 이 성적서는 KOLAS 인증에 부합함을 증명합니다.

KATRI 산업환경연구센터 부산광역시 동래구 영도동길 46(우유1) 연구센터 웨이스타워301 6100
 T : 051-800-2700-9 F : 051-800-2710 www.katri.re.kr 전자 문서 전송서비스

KATRI NO : BSH21-0000775
 PAGE(S) : 4 / 4

IMAGE

사진09. 주사전자현미경 사진 (3)

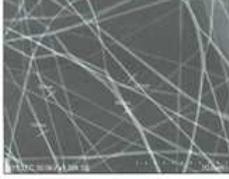


사진10. 주사전자현미경 사진 (4)

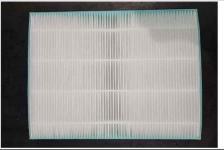


비고 1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명칭으로 시험한 결과로서 실제 제품에 대한 품질 보증용서는 아닙니다.
 2. 이 성적서는 당 시험연구원의 시험 성적에限り 효력이 있으며, 온도, 습도 등 사용조건에 사용될 수 없으며, 온도, 습도 이외의 사항을 증명합니다.
 3. 이 성적서는 KOLAS 인증에 부합함을 증명합니다.

그림 3-23. 나노 방사장치 시험 성적서

7) 미세먼지 제거효율 99%인 나노 필터 개발.

시험 결과

 재단법인 부산테크노파크 부산광역시 광서구 과학산단1로 60번길 31 Tel : 051-320-3573 Fax : 051-320-3559		성적서번호 : BTP-2021-0528 페이지 (2) / (총 2)												
1. 시험결과														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시험항목</th> <th>단위</th> <th>시험결과</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>입자 포집률</td> <td>0.3 μm</td> <td>%</td> <td>99.0</td> </tr> <tr> <td>통기 저항</td> <td>Pa</td> <td></td> <td>223</td> </tr> </tbody> </table>		시험항목	단위	시험결과	입자 포집률	0.3 μm	%	99.0	통기 저항	Pa		223		
시험항목	단위	시험결과												
입자 포집률	0.3 μm	%	99.0											
통기 저항	Pa		223											
○정격유량 : 433 m ³ /h														
2. 제품사진														
														
정면		후면												
3. 비교														
상류 입자량 (counts/liter)	하류 입자량 (counts/liter)	상류 배경입자량 (counts/liter)	하류 배경입자량 (counts/liter)											
153 689.7	2 329.7	10 662.7	898.3											
끝.														

BTP-QP-22-02-1/2 (5)

제정일자(2010.12.01) / 개정일자(2020.03.01)

그림 3-24. 나노필터 시험 성적서

8. 99.9% 항균 효율을 가지는 후드 시스템 개발(풍속 8m/s 기준으로 시험).

- 광촉매 필터와 UV 램프 기술을 활용하여 99% 이상의 항균 성능을 구현

the way to trust KCL		<h3>시험성적서</h3>			
성적서번호 : CT21-050311K					
7. 시험결과					
시험 항목	시험방법	시험 결과		시험환경	
		가동 전 농도 (CFU/#)	가동 후 농도 (CFU/#)	감소율 (%)	
부유미생물 지감 시험 (항색포도상 구균)	미세먼지 및 유해물질 지감을 위한 광촉매 살균 필터 장치	의뢰자 제시 1.2 × 10 ⁴	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) °C (50.5 ± 2.0) % R.H.
※ CFU : Colony Forming Unit ※ 시험균주 : <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538 ※ 챔버크기 : 8 m ³ ※ 측정장비 : MAS-100 NT (MERCK, 유량 : 100 L/min) ※ 가동시간 : 1 시간 ※ 결과값 농도 : Feller Conversion Table 적용 ※ 의뢰자제시조건 : ISO 16000-36:2018에 준함 (단, 가동시간 : 1 시간) ※ 시험장소 : 경기도 안성시 중앙로 327 한경대학교 산학협력관 108호					
총 3페이지 중 2페이지					
양식 10P-12-01-03(1)					

the way to trust KCL		<h3>시험성적서</h3>			
성적서번호 : CT21-050310K					
7. 시험결과					
시험 항목	시험방법	시험 결과		시험환경	
		가동 전 농도 (CFU/#)	가동 후 농도 (CFU/#)	감소율 (%)	
부유미생물 지감 시험 (대장균)	미세먼지 및 유해물질 지감을 위한 광촉매 살균 필터 장치	의뢰자 제시 1.0 × 10 ⁴	< 10	99.9	(23.0 ± 0.2) °C (50.5 ± 2.0) % R.H.
※ CFU : Colony Forming Unit ※ 시험균주 : <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 ※ 챔버크기 : 8 m ³ ※ 측정장비 : MAS-100 NT (MERCK, 유량 : 100 L/min) ※ 가동시간 : 1 시간 ※ 결과값 농도 : Feller Conversion Table 적용 ※ 의뢰자제시조건 : ISO 16000-36:2018에 준함 (단, 가동시간 : 1 시간) ※ 시험장소 : 경기도 안성시 중앙로 327 한경대학교 산학협력관 108호					
총 3페이지 중 2페이지					
양식 10P-12-01-03(1)					

그림 3-25. 광촉매 살균 탈취 장치 향균 시험 성적서

(2) 정량적 연구개발성과

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계	n단계	계	가중치 (%)
			(2020~2021)	(YYYY~YYYY)		
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허출원	목표(단계별)	2		2	30
		실적(누적)	2		2	30
	기술실시	목표(단계별)	1		1	10
		실적(누적)	1		1	10
	제품화	목표(단계별)	1		1	20
		실적(누적)	1		1	20
	매출액	목표(단계별)	300,000		300,000	15
		실적(누적)	291,180		291,180	14.55
	고용창출	목표(단계별)	2		2	15
		실적(누적)	2		2	15
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	학술발표	목표(단계별)	2		2	10
		실적(누적)	3		3	10
		목표(단계별)				
		실적(누적)				
계			300,017		300,017	100
			291,197		291,197	99.55

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (2020~2021)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1 미세먼지 제거효율	%	30				99		부산테크노파크
2 미세먼지 배출농도	µg/m ³	20						부산테크노파크
3 복합악취 제거 효율	%	20				95		부산테크노파크
4 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 장비의 방사 속도	m/h	10				13.7		한국의류시험연구원
5 나노 필터 섬유 평균 직경	nm	10				174.2		한국의류시험연구원
6 향균 효율 (대장균, 포도상 구균)	%	10				99.9		KTR

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2020 (사)대한설비공학회 부울경지회 정기총회 및 학술대회	강울호, 송해은, 양수광, 안영철	2020년 10월 30일	아스티호텔 부산	대한민국
2	2020 (사)대한설비공학회 부울경지회 정기총회 및 학술대회	송해은 강울호, 양수광, 안영철	2020년 10월 30일	아스티호텔 부산	대한민국
3	대한설비공학회 2020 동계학술발표대회	강울호, 송해은, 전병현, 안영철	2020년 11월 20일	한국과학기술회관(서울)	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	업소용 주방 배기 시스템	대한민국	(주)씨코전자	2021. 03. 25	10-2021- 003843 1					100	✓
2	업소용 주방 배기 시스템의 미세먼지 포집장치	대한민국	한국대동 지공업 주식회사	2021. 04. 19.	10-2021- 005028 8					100	✓

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
	√	√								

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

○ 국제 표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	업소용 주방 배기 시스템		씨코전자	씨코전자	업소용			

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	특허	업소용 주방 배기 시스템	(주)씨코전자	2021년 4월 28일	2,100,000	
2	특허	업소용 주방 배기 시스템의 미세먼지 포집장치	한국대동지공업(주)	2021년 4월 28일	2,100,000	

사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
전기 방사를 통한 나노 필터 생산 시스템 개발 및 제작	2021	320,298		320,298	세금계산서 매출
합계		320,298		320,298	

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(천원)	100,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		0	6,900,000	12,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
국내			0	0.1	0.2
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		종업원 10인이하 제품 출시 후 10인 이상 매장용 모델 개발 예정.			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		0	520,000	102,000	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	전기 방사를 통한 나노필터 생산 시스템 개발 및 제작	한국대동지공업		1	1
2		에너지인증연구소	1		1
합계			1	1	2

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	1
		생산인력	1

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황														
			학위별				성별		지역별								
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타				

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 미세먼지 제거효율	○ 미세먼지 제거효율 99% 달성	○100%
○ 미세먼지 배출농도	○ 유입되는 유증기의 농도가 25,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 조건에서도 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 배출 달성	○100%
○ 복합악취 제거 효율	○ 복합악취 제거율 95% 달성	○100%
○ 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 장비의 방사 속도	○ 나노 필터 제작을 위한 고속전기방사 장비의 방사 속도13.7m/h 달성	○100%
○ 나노 필터 섬유 평균 직경	○ 나노 필터 섬유 평균 직경174.2nm 달성	○100%
○ 항균 효율(대장균, 포도상구균)	○ 대장균과 황색포도상구균 99.9% 살균	○100%
○ 유분 제거율	○ 유증기 제거 장치로 인한 유분 제거율 91%	○100%

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1. 산업적 활용 방안

- 1) 높은 단가로 인해 소형 외식업체에 적용하기 어렵던 미세먼지 저감 및 복합 악취 제거 시스템을 소형 외식업체용으로 공급하여, 상가지역에서 발생한 악취로 인한 민원 해결
- 2) 단계별 제품을 개발하여 제품화 후 1차로 종업원 10인 이하 치킨 전문점 등을 중심으로 판매망 확보하고 추후 굽는 요리가 많은 고기 집, 생선구이 집 등으로 판매 범위 확대 예정.
- 3) 민원이 많이 발생하는 튀김 요리 전문점을 비롯하여 미세먼지와 냄새가 많이 발생하는 업소 중심으로 사업을 확대해나갈 예정.
- 4) 음식점 중심으로 사업을 진행 후 미세먼지와 냄새로 인해 민원이 많이 발생하는 현장 중심으로 제품 군을 확대하여 사업을 진행할 예정임.

2. 과학기술적 활용 방안

- 1) 증기와 같은 액상의 유해 물질 포집에 적합한 새로운 포집 기술의 개발.
- 2) 증기를 포함한 액상의 유해물질을 포집하는 전처리 장치로 활용.
- 3) 존 기술 대비 높은 포집 효율 및 세척 성능을 가지고 있어 기존에 유증기 및 액상의 유해물질 포집 장치를 대체할 것으로 기대.
- 4) 존에 보급된 조리 시설에 사용되고 있는 후드 장치와 조합되어 다양한 응용이 가능할 것으로 기대.

3. 향후 조치

- 1) KC 인증 진행.
- 2) 압력센서를 활용하여 필터 무게 측정 후 LED Lamp를 이용해 필터 교체 알림 기능 추가.

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE	매년 목표치
	비SCIE	
	계	
국내논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
특허출원	국내	
	국외	
	계	
특허등록	국내	
	국외	
	계	
인력양성	학사	
	석사	
	박사	
	계	
사업화	상품출시	
	기술이전	
	공정개발	
제품개발	시제품개발	
비임상시험 실시		
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상
		2상
		3상
	의료기기	
진료지침개발		
신의료기술개발		
성과홍보		
포상 및 수상실적		
정성적 성과 주요 내용		

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산자재산업화기술연구개발사업 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산자재산업화기술연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.