J.플라즈마를 이용한 건조탄화장치

플라즈마를 이용한 건조탄화장치로 배출된 음식물쓰레기를 봉지채 투입하여 98% 이상 감량하는 장치

개발목표

- 플라즈마를 이용한 탄화장비를 개발하여 음식물쓰레기를 발생지에서 수거와 폐기과정 없이 현장에서 98%까지 감량 가능한 기술 개발
- 패키지화된 장치로 주거단지 등에서 음식물쓰레기를 처리 가능한 장비 개발

개발내용

- 플라즈마를 이용한 음식물 쓰레기 처리장치 개발
  - 플라즈마를 이용한 주거단지내(100세대, 80kg/일) 규모의 처리장치를 개발함



구 성 품	플라즈마 설비, 제어/계측, 계량/저장/이송 설비 등
일일 처리량	80kg 이상 (98%이상 감량)
소 모 전 력	30kW (100가구 기준, 80kg/일 처리)
냄새(악취)	없음(자동세척, 음압, 파봉없음)
처리 음식물	모든 일반 음식물 (조개껍질 및 생선뼈 포함)
주 요 기 능	봉지째 투입 2개 투입구 운영 (연속투입)

• 세부 사양 및 특징
  - **RFID 카드**로 인식하고 투입-무게 확인, 자동문(장비 비접촉 방식) 장치
  - RFID 카드 관리용 기기 및 소프트웨어 제공
  - 자동/수동 운전가능: 유지보수 관리상 편의 기능 제공
  - 냄새(악취): 없음 - 음압설비 및 **악취 발생물 모두 처리**
  - 처리가능 음식물: 일반음식물 쓰레기 외 **조개껍질, 생선뼈, 계란껍질** 등
  - 처리시간: 5분 내외/kg
  - 처리량: 96% 이상 감량
  - 부산물: 4% 이하의 무기물(탄화부산물)
  - 자동 내부 물청소로 냄새 및 벌레 발생가능 오염물 제거
  - 사용이력 저장 및 제공(정전시 유지) - USB 이용으로 저장가능, 편의성 제공
  - 최적의 크기 10.4인치 LCD 화면 - 화면 내 기타 공지사항 수록가능
  - 외부 물청소 가능
  - 처리 중 연속 투입 가능(24시간 투입가능)
  - 온수공급 기능(자체 냉각수 및 발생 합성가스 이용)
  - 중앙 전산망 관리(부품단위 고장파악 가능, 누적 처리량 관리 가능)

• 시험분석
  - 부산물, 배출가스 등에 대한 시험분석 완료
  - 인체에 유해한 중금속 물질 불검출

탄화 부산물 분석

분 석 결 과			
분석항목		참조.공정 규격일부	분석결과
규격	유기물(%)	30이상	50.18
유해 성분	비소(mg/kg)[건물중]	45이하	1.64
	카드뮴(mg/kg)[건물중]	5이하	0.21
	수은(mg/kg)[건물중]	2이하	불검출
	납(mg/kg)[건물중]	130이하	0.24
	크롬(mg/kg)[건물중]	200이하	2.77
	구리(mg/kg)[건물중]	360이하	26.68
	니켈(mg/kg)[건물중]	45이하	3.24
	아연(mg/kg)[건물중]	900이하	103.64
그밖의 규격	유기물대 질소의비	45이하	36.10
	염분(%)[건물중]	2.0이하	4.51
	수분(%)	55이하	17.34
	염산불용해물(%)	25이하	11.31
공정 규격 외	질소전량(%)	-	1.39
	인산전량(%)	-	3.73
	칼리전량(%)	-	4.39

부산물 발열량: 4,758[Kcal/kg]

배출 수질검사

시험항목	허용기준	측정결과	시험항목	허용기준	측정결과
Cu	3mg/L	0.251	1.1-디클로로에틸렌	0.3mg/L	불검출
Pb	0.5mg/L	0.011	1.2-디클로로에틸렌	0.3mg/L	불검출
As	0.25mg/L	0.005	클로로포름	0.8mg/L	0.020
Hg	0.005mg/L	불검출	염화비닐	1.0mg/L	불검출
CN	1mg/L	0.635	아크릴로니트릴	1.0mg/L	불검출
Cr^{6+}	0.5mg/L	불검출	브로모포름	0.3mg/L	불검출
Cd	0.1mg/L	불검출	디클로로메탄	0.2mg/L	불검출
페놀	3mg/L	1.834	PCB	0.003mg/L	불검출
벤젠	0.1mg/L	불검출	DEHP	0.8mg/L	불검출
유기인	1mg/L	불검출	1.4-다이옥산	4.0mg/L	불검출
테트라클로로에틸렌	0.1mg/L	불검출	아크릴아미드	-	불검출
트리클로로에틸렌	0.3mg/L	불검출	나프탈렌	0.5mg/L	불검출
셀레늄	1mg/L	불검출	폼알데히드	5.0mg/L	불검출
사염화탄소	0.04mg/L	불검출	n-H(광)	5mg/L	0.8
에피클로로히드린	0.3mg/L	불검출		이하	여백

- 탄화 부산물 발열량 계산

탄화부산물 성분

1.1 탄화부산물 3성분 조성

조성명	수분	회분	휘발분	고정탄소	계
구성비(%)	3.09	11.26	38.04	50.70	103.09
조정 구성비(%)	3.00	10.92	36.90	49.18	100.00

1.2 탄화부산물 가연분 조성

조성명	C	H	O	N	S	계
보고서 구성비(%)	34.12	1.07	10.37	2.38	1.22	49.16
조정 구성비(%)	69.41	2.18	21.09	4.84	2.48	100.00
전체 구성비(%)	59.74	1.87	18.16	4.17	2.14	86.08

1.3 탄화부산물 전체 성부조성

조성명	수분	불연분	C	H	O	C	S	비고
구성비(%)	3.00	10.92	59.74	1.87	18.16	4.17	2.14	100.00

2 탄화부산물 발열량 계산

2.1 고위발열량

H_h = 8,100C + 34,000(H-O/8) + 2,500S = 4,758[Kcal/kg]

2.2 저위발열량

H_L = Hh - 600(9H + W) = 4,639[Kcal/kg]

• 전시용 장비 개발

- 전시 및 홍보를 위한 시작품 제작





세부 사양 및 특징

- RFID 카드 인식기능, 자동Door(장비 비접촉 방식) 구동 기능 구현
- 투입 무게 확인 기능(LCD 화면, LED 판넬)
- 처리 동영상 상영 가능
- LCD화면에 정보 표시 기능

J-1, 3 최적화 플라즈마 반응로 개발

80kg/일 처리 가능한 플라즈마 반응로의 고효율화

개발목표

• 플라즈마 토치와 반응로의 개발을 통해 반응성과 운전 효율을 증가함

개발내용

• 1. 배치형 반응로
  - 반응성 검증용 배치타입 반응로
  - 배기가스는 중앙 하부 배출, 단열시공, 내부 배치용기의 체적 변경및 높이조절 가능 설계



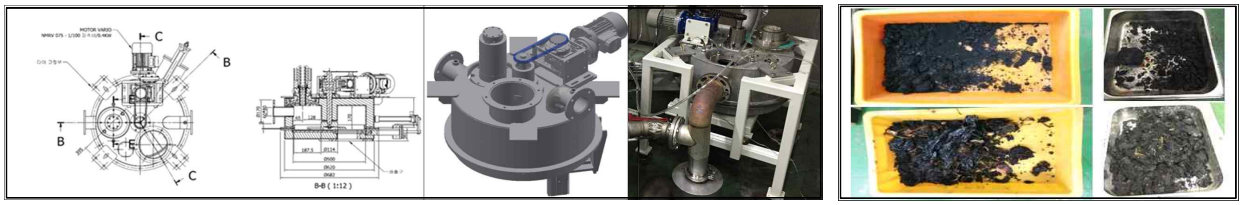
  - 결과 : 감량율 80~90%, 배기 위치에 따른 특성변화, 탄화막 형성에 따라 미처리 부분 발생

• 2. 파쇄 및 연속 투입형 반응로
  - 파쇄 후 처리방식, Screw-feeder로 연속 투입형, 점검창 부착형 반응로



  - 결과 : 슬러지화 되어 뭉침현상, 반응성 저조, 탄화막 형성, 파쇄 후 이동경로 오염(악취-벌래 등)

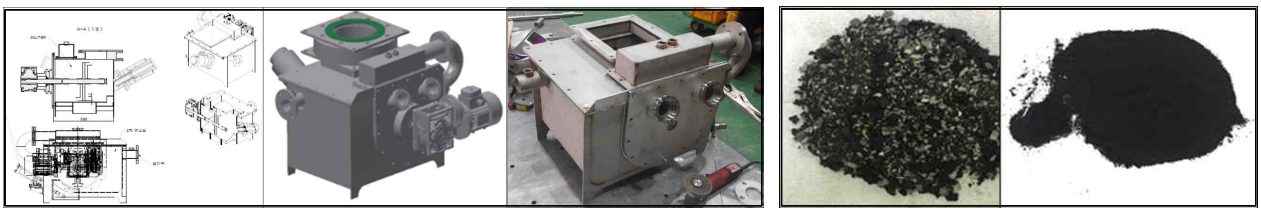
• 3. 봉지투입 및 교반형 반응로
  - 봉지투입형, 수평형 교반기, 투입/배출 Door 존재, 단열시공, 최대 10Kg 투입용량 반응로



- 결과 : 교반을 통한 효율 증가, 교반성에 따른 감량율 변화(80~95%), 배출 Door의 수명 한계(Leak 발생)

• 4. 봉지투입 및 수직교반형 반응로

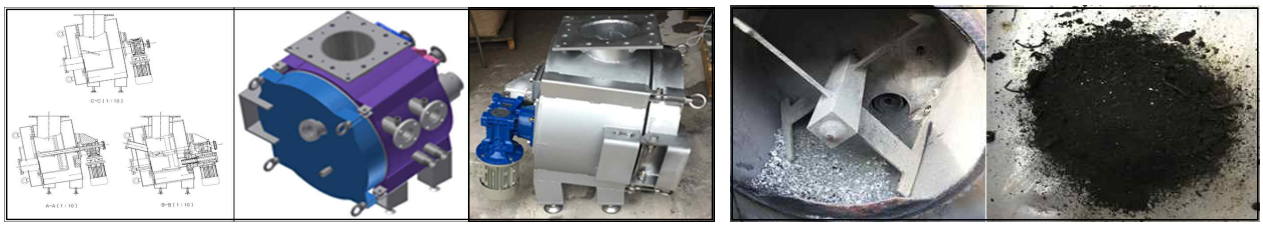
- 봉지투입형, 단열시공, 점검창, 자동배출구, 수직 교반형 반응로



- 결과 : 감량율 98% 달성, 배출구와 배기라인을 통한 가루형태 탄화 부산물 배출, 자동배출구의 내구성 감소 현상

• 5. 수직교반 및 밀폐형 반응로

- 봉지투입형, 단열시공, 점검창, 배출구제거(Fly 탄화물로 배기라인에서 포집), 수직 교반형 반응로



- 결과 : 감량율 98% 달성, 배기라인을 통한 가루형태 탄화 부산물 배출, 자동배출구의 제거로 내구성 증대(밀폐형)

• 효율 증가율

반응로 형태	출력 [kW]	1kg 처리시간 [min]	감량율 [%]
①형	38	15	90
②형	30	-	-
③형	30	10	95
④형	30	6	98
⑤형	24	6	98

※ ①형 → ③형 효율 증가율

38kW x 15분 → 30kW x 10분 : 195% 증가

추가 감량율 5%증가: 최종 205% 효율증가

※ ①형 → ⑤형 효율 증가율

38kW x 15분 → 24kW x 6분 : 406% 증가

추가 감량율 8%증가: 최종 439% 효율증가

J-2 플라즈마 토치 제어용 정류기(시제품)

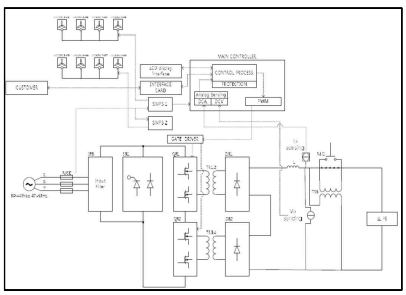
플라즈마를 이용한 음식폐기물 건조탄화장치의 플라즈마 토치를 제어하기 위한 소형 정류기 개발

개발목표

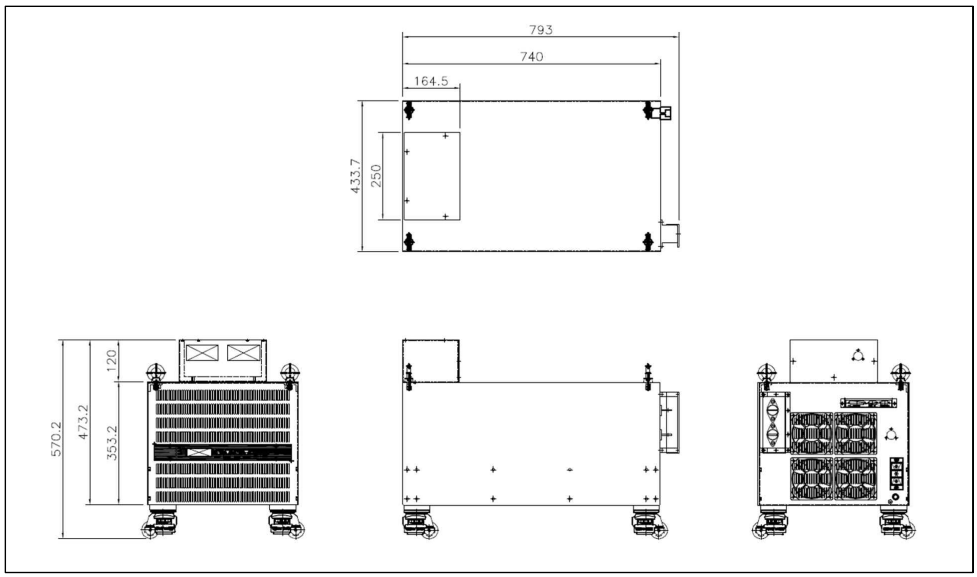
• 30kW급 소형 국산화 정류기 개발 및 시제품 제작

개발내용

• 30kW급 플라즈마 토치를 안정적으로 제어 및 운용할 수 있고, 제품화 가능한 크기와 형태를 지닌 플라즈마 정류기

- 정격입력: AC 3상 380V(47~63Hz)
- 입력전압범위: AC 380V(±10%)
- 입력전류: 50.6A 이하
- 정격출력: DC 300V, 100A, 30kW
- 제어방식: 정전류 방식
- 과전류 보호: 150A 이상
- 중량: 80kg
- AC/DC Convertor로 강제 공랭식 전원장치
- Noise, Surge등으로부터 토치 및 시스템을 안전하게 보호하기 위하여 입/출력 절연설계
- AC/DC Convertor의 회로 방식은 고효율의 PSPWM Switching 방식으로 설계되어 있으며 스위칭 주파수는 50khz 대역에서 동작, 또한 DSP 기술을 채택한 고솔제어 응답특성
- RS-485 통신을 사용하여 원격제어 가능



성능 제원표

구분	항목	내용
입력특성	정격입력 전압(Vin)	AC 3상, 380V 47~63Hz
	최대입력전류	50.6A 이하 (입력 AC 342V 최대 부하조건)
	정격 입력전압 변동범위	AC 342V ~ AC 418V
출력특성	정격 출력전압	Max 300V
	정격 출력전류	Max 100A (단, No Load/No Voltage에서는 정상 동작하지 않는다.)
	정격 출력전력(Po)	30.000KW
	Ripple 전류	RMS 값 ±5%
	측정조건	출력전압: Oscilloscope Bandwidth 20MHz에서 100:1 Probe사용하여 측정 출력전류: Shunt Resistance를 이용하여 Digital Multi Meter를 사용하여 측정
	측정위치	제품의 출력 Pin에서 측정
보호기능	로컬 조작 금지	통신으로 설정되어 있을 경우 출력 파라메터 값 조작이 불가능하며, 동작 중 사용자의 임의 조작 가능성을 방지함
	과전류 제한 보호	150A 이상
효율	본 AC/DC Converter는 다음과 같은 효율 조건을 만족한다.	
	입력전압	AC 3상, 380V
	부하조건	DC 300V/100A
	효 율	% 이상(출력 저항에 따라 효율이 변할 수 있음.)
역률	본 AC/DC Converter는 다음과 같은 역률 조건을 만족한다.	
	입력전압	AC 3상, 380V
	부하조건	DC 300V/100A
	역 률	% (Min)이상
환경특성	본 AC/DC Converter는 다음과 같은 조건에서도 .	
	동작 주위 온도	0 ~ 40 ℃
	동작 주위 습도	10~95 %
	저장 주위 온도	0 ~ 55 ℃
	저장 주위 습도	10~95 %
	냉 각 방 식	강제 공냉식

J-4 자동화를 위한 시스템 설계

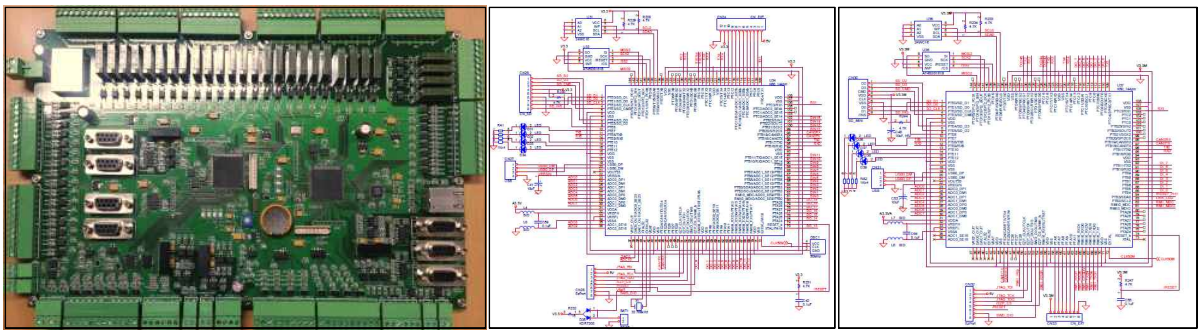
플라즈마를 이용한 음식폐기물 건조탄화장치의 제품화를 위한 자동화 시스템 설계 및 시제품 제작

개발목표

- 플라즈마를 이용한 음식폐기물 처리장치의 제품 자동화 시스템 개발 및 시제품 제작

개발내용

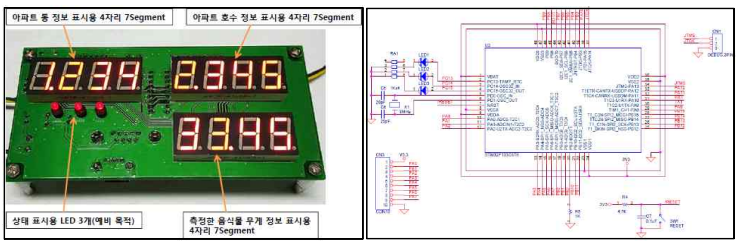
- 투입, 계량, 이송, 저장, 운전, 배출, 고장대응 및 정보전달을 위한 자동화 전용 컴퓨터 개발



전용 컴퓨터 제원

- Power: 24VDC
- Control 전원, Digital 신호 전원, Analog 신호 전원 독립 기능
- Dual CPU Board: Freescale 144pin MK60DN512VLQ10(100MHz, 512KBytes Flash, 128KByte SRAM)
- AI : 0~10V, 18ch, AO : 0~10V, 1ch
- DO : Relay output, 28ch, DI : 0~24VDC, 24ch
- CAN port: 4ch, LAN port: 1ch, RS-485: 5ch, RS-232: 7ch

- 무게표시 LED 판넬 개발

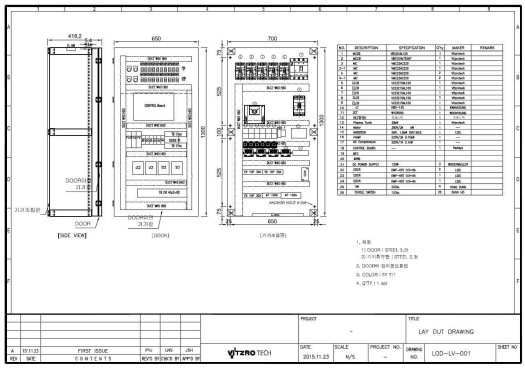


제원

- Power: 12~24VDC
- STM32F103x8 MCU(ARM Cortex-M3 Core)
- 통신:RS-232C,115200bps

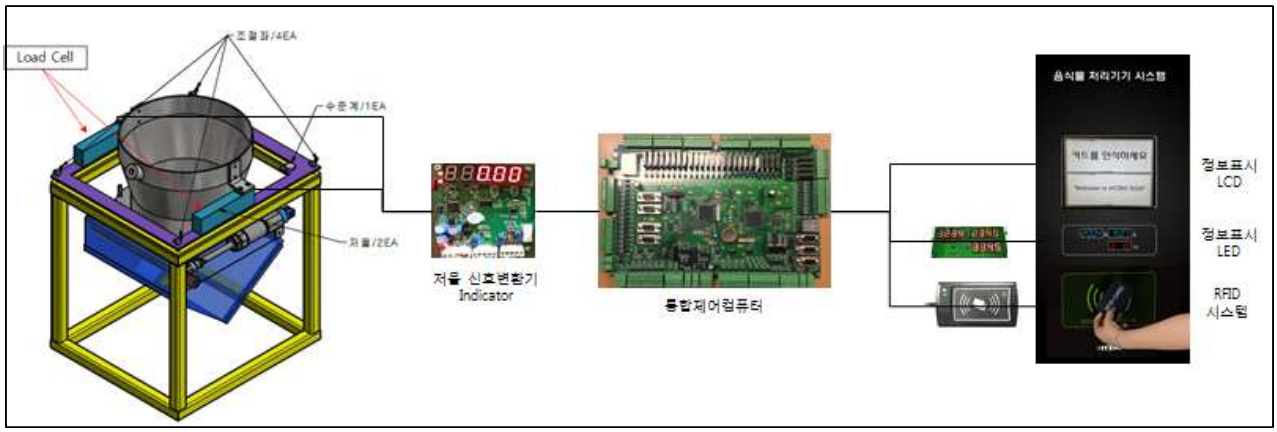
• 통합 제어를 위한 제어 배전반 시스템 개발





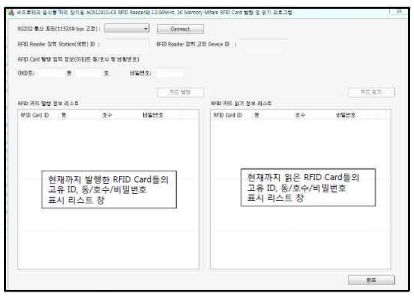
- 자동/수동 운전 선택 가능, 각 구성 요소의 개별 제어 가능, 누전 및 과전류 전원 차단기능 및 2중 판넬 구조

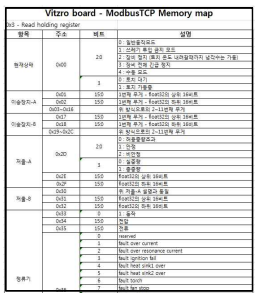
• RFID, 정보안내화면 및 저울시스템 연동 구성

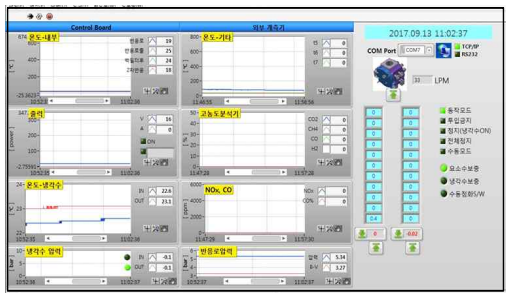


- 사용자 RFID 카드 인식 → 봉지형태 음식물 투입 → 안정상태 후 저울 무게정보 전달 → 통합제어컴퓨터분석 → 동, 호수 및 무게 정보표시(LCD & LED) 단계의 연동 시스템 구성

• RFID 카드 발급 소프트웨어 및 외부 모니터링 시스템 개발







- RFID 카드 발급용 프로그램 개발, 장치 상태 외부 모니터링을 위한 ModbusTCP 메모리맵 시스템 개발 적용

J-5 음식물 반입량에 따른 계량방안 및 과금체계 확립

플라즈마를 이용한 음식폐기물 건조탄화장치의 제품화를 위한 계량방안 및 과금체계를 위한 정보 제공 방법 개발

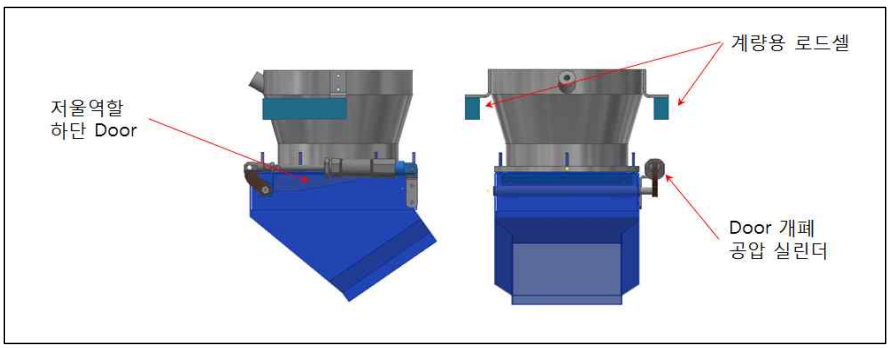
개발목표

- 플라즈마를 이용한 음식폐기물 처리장치의 계량장치를 개발 및 제작하고, 계량정보 저장 및 제공방법 개발

개발내용

- 투입, 계량을 위한 저울 시스템 제작



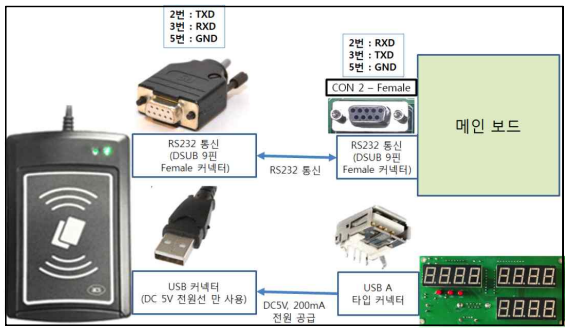


- 저울 시스템 계량 설정
  - Lode Cell: CBCA-20L, 큐리오텍
  - 최소 0.01kg부터 최대 10kg까지 측정
  - 2초이내 영점 조절
  - 메인컴퓨터와 통신 설정: 9600bps
  - 투입구 열림(수거)시간을 초단위로 설정 가능
  - 음식물 쓰레기 투입 시 설정값 이상이거나 이하일 경우 수거를 하지 않도록 설정 가능, 투입구가 닫히지 않거나 무게가 설정값 이하면 투입구가 다시 열리면서 안내 (너무 크거나 무거운 투입물 투입시 장비의 처리 능력 한계에 따라 문제 발생 가능성을 방지)

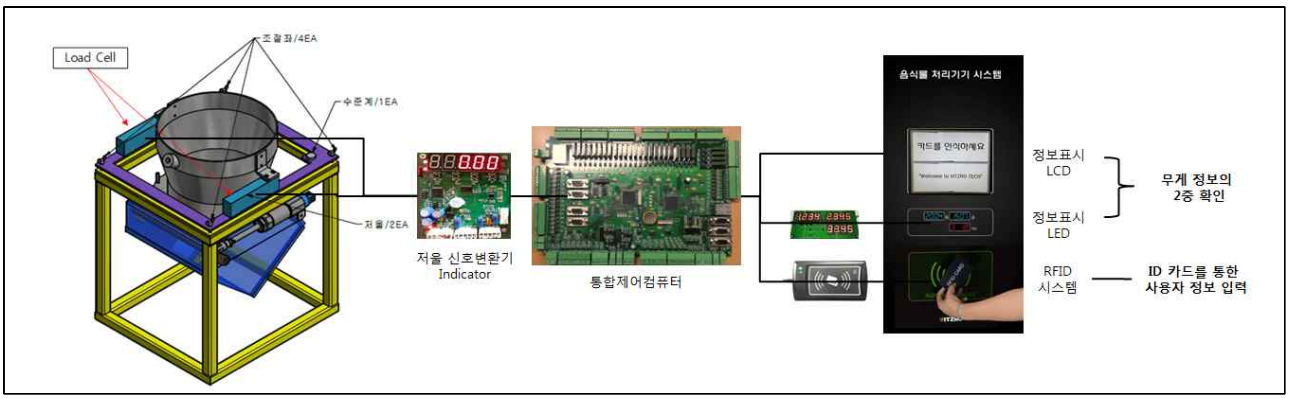
- RFID 카드 시스템 제작
  - 동/호수/비밀번호 설정 가능한 RFID 제작
  - RF 주파수: 13.56 MHz,(ISO 1443 Type A and B 카드) 1k 메모리
  - 통신거리: 10Cm

- RFID 리더기: ACR1281-C8(RS232 타입)





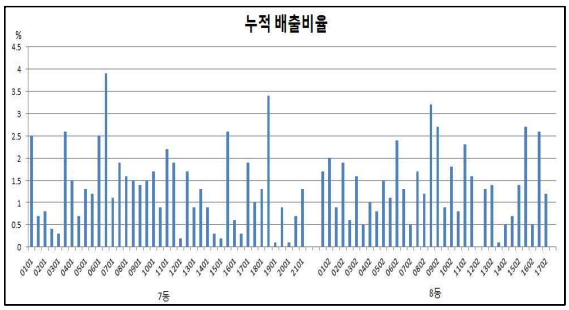
- 계량정보 저장 및 사용자 정보 전달 방법 개발
  - 메인제어 컴퓨터가 계량된 무게값을 LCD 윈도우 컴퓨터에 전송하고 LCD 컴퓨터는 저장장치에 기록
  - LCD보다 환경 내구성이 우수한 LED 표시 기능 추가



- 외부 USB 연결 단자 및 정보 전달
  - 외부 USB 연결 시 저장 DATA를 자동으로 USB로 복사 전달
  - 정전 시 내부 메모리에 저장된 DATA 자동 보호
  - 저장 DATA를 이용한 사용정보 분석 및 과금 가능



2017-09-20 20:19	1707	1102	0.28
2017-09-20 21:17	1708	201	0.19
2017-09-20 21:33	1707	402	0.99
2017-09-20 21:49	1708	501	0.59
2017-09-20 23:22	1707	302	0.49
2017-09-20 23:45	1707	1802	0.76
2017-09-21 5:21	1708	402	1.44
2017-09-21 6:13	1707	1601	0.55
2017-09-21 7:01	1708	1001	0.44
2017-09-21 7:19	1707	1301	0.5
2017-09-21 8:10	1708	1702	0.88
2017-09-21 8:20	1707	2101	0.95
2017-09-21 8:20	1707	2101	0.58
2017-09-21 8:26	1708	1002	0.77
2017-09-21 8:37	1708	1501	0.32



  - 날짜/시간/동/호수 별 사용정보 기록 및 사용정보 분석
  - 사용량에 따른 운영비 부과 가능

J-6 최적 방지시설 설계 및 시스템 운전

플라즈마를 이용한 음식폐기물 건조탄화장치의 방지시설을 설계하고 연속 운전 가능하도록 개발

개발목표

• 플라즈마를 이용한 음식폐기물 처리장치의 방지시설 개발

개발내용

• 스프레이타워를 이용한 분진 및 백연 제거



– 결과 : 분진제거효과는 확인되나, 타는맨새, 수증기(백연)은 배출되고, CO 및 NOx등의 가스는 미처리 상태로 배출됨

• Scrubber와 촉매를 이용한 가스처리



– 결과 : 분진제거 및 NOx, CO처리가 이루어 지나 음식물 투입량에 따라 미처리 가스가 배출됨

• Cyclone 추가를 통한 분진 제거 및 촉매 변경



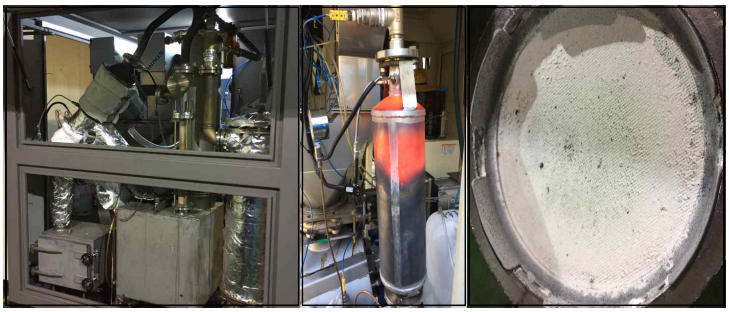
– 결과 : 분진의 별도 배출로 배출수의 수질 정화 효과 개선, 촉매의 막힘으로 연속처리 성능 미흡

• 요소수 투입을 통한 가스처리



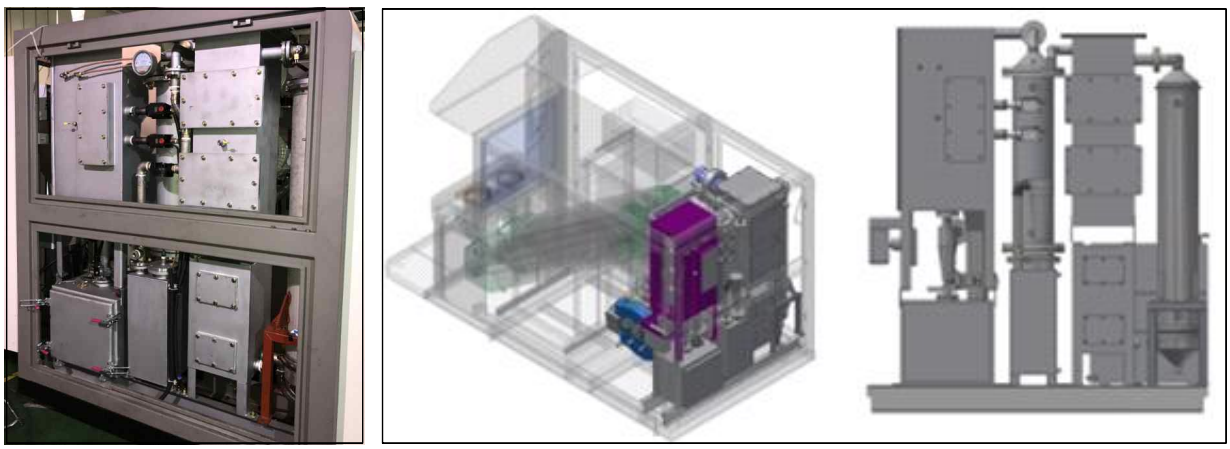
- 결과 : 요소수 투입으로 NOx 처리 성능 확인, 요소수 투입량 및 노즐 형태에 따른 처리량 변동 확인, 투입된 음식물의 방해에 따른 처리 미흡 발생

• 자동차 DPF 필터를 통한 분진 및 가스처리



- 결과 : 탄화물 별도 분리 후 배출가스 처리, 누적 분진으로 DPF 막힘 발생 및 발화로 내구성 저하 발생

• **Cyclone-백필터-Scrubber-2차반응로-열교환기-촉매-흡착탄-배출블로워 방지시설 완성**



- 결과 : 성공적인 탄화물 별도 분리, 백필터 사용으로 누적 분진에 대한 내구성 확보 및 연속 사용기능 확보, 2차반응로를 통한 발생가스 처리 기능 확보, 완성형태로 연결된 방지시설로 가스처리 기능과 발생가스를 온수로 전환가능한 방지시설 완성

핵심성과

- 특허등록
  - 특허번호 제10-1718006호
  - 특허명 : 플라즈마 토치를 이용한 음식쓰레기 처리 장치 및 방법

- 건조탄화기기(EcoBank) 주요사양
  - 일일처리량 : 80kg 이상 (98%이상 감량)
  - 부산물 : 2% 이하의 탄화물(숯가루, 연구단에서 전량 수거해감)
  - 소모전력 : 30kW(100가구 기준, 80kg/일 처리)
  - 처리음식물 : 모든 일반음식물(조개껍질 및 생선뼈, 동물뼈 포함)
  - 주요기능 : 냄새 없음. 봉지상태로 투입. 2개 투입구 운영(연속투입 가능). 내부 자동 물청소 기능
  - 관리기능 : RFID 카드로 인식하고 무게 확인. 자동문, CCTV녹화기능.
  - 처리시간 : 5분/kg

기대효과 및 활용방안

- 일반음식물 외 동물 뼈 등 처리 가능
  - 음식물쓰레기가 아닌 동물 뼈, 조개껍질 및 생선뼈 등을 분리하지 않고 처리 가능
- 악취발생 제로
  - 고온 플라즈마 처리로 음식물을 짧은 시간에 탄화시켜 악취발생 최소화
  - 봉지 형태로 배출 및 처리위치까지 미 파봉 형태로 전달되어 악취발생 가능성 최소화
- 자원순환기능
  - 온수 공급기능 : 탄화 과정에서 남은 열을 온수(약 50-60℃)로 순환활용
  - 탄화 부산물 재활용 : 발열량이 우수하여 고체 연료로 재활용 가능
- 2차 오염원 제거
  - 탄화물 형태로 성질 변경된 부산물에 의해 침출수 및 2차 오염원 발생 제로
  - 탄화물 형태의 부산물에 의해 수분 흡수에 의한 음식물 쓰레기로의 재순환 없음
  - 봉지 형태로 음폐수를 동시 처리하여 별도의 음폐수 발생 및 처리 필요 없음
- 정확한 배출 정보 취합
  - 배출 및 처리 정보의 취합으로 배출정보를 이용한 활용과 미처리 발생에 대한 정보 취합 가능 및 대책 수립 시 이용 가능

J-7 건조탄화기기(EcoBank)를 이용한 주거단지 시범사업

플라즈마를 이용한 건조탄화기기(EcoBank)의 성과물을 주거단지에 적용하여 상용화를 도모하기 위한 시범사업

개발목표

- 플라즈마를 이용한 건조탄화장비의 주거단지 적용을 통해 상용화 가능성을 높이고 경제성 및 운전효율을 개선함

개발내용

- 시범사업 개요
  - 시범사업 대상 : 후곡태영 17단지 7동과 8동(총 76세대)
  - 시범사업 기간 : 2017년 9월 1일 ~9월 30일
  - 시범사업 방법 : 아파트 외부공간에 에코뱅크를 설치하고, 주민들이 음식물쓰레기를 배포한 봉지에 담아 직접 기기에 투여하는 방식

- 주민배포 물품
  - 시범사업 설명자료, 에코뱅크 사용 매뉴얼, 음식물쓰레기 봉투, 세대별 ID 카드






- 현장설치 모습
  - 주차장 1면 내에 에코뱅크 설치





- 물탱크, 가스장비 등 보조설비 설치



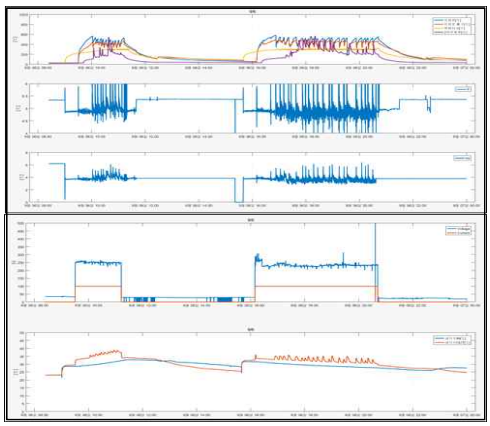

- 주민이용 모습



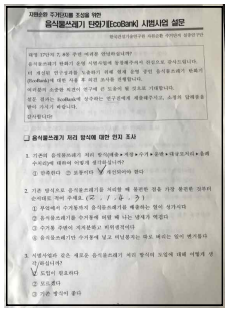


- 모니터링 시스템 운영
  - 현장 모니터림 프로그램 운영 및 상태 모니터링





- 설문조사 수행

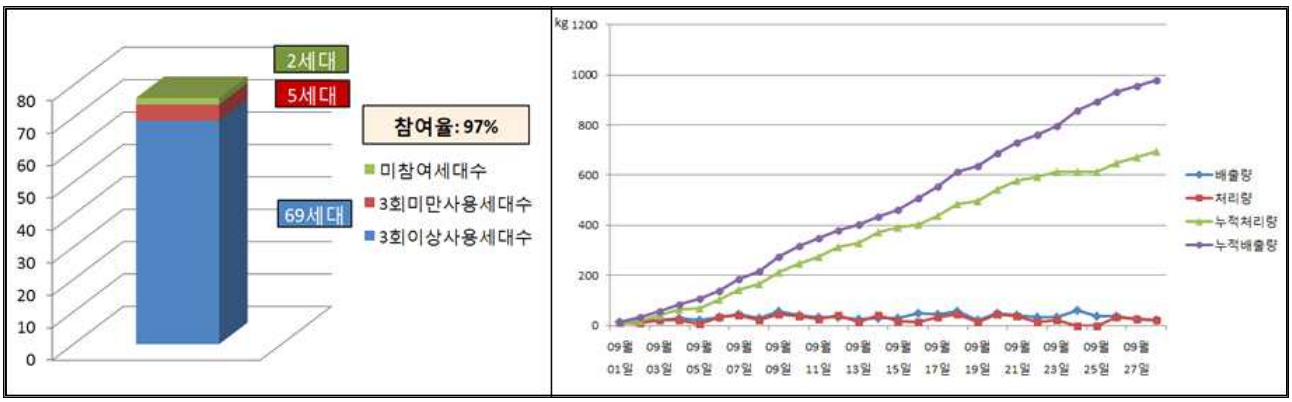



최종성과

- 현장에서 악취 및 소음 Test 결과
  - 복합악취 측정 결과 배연 시 최대 7.6, 주입구 주변 6.2로 거의 냄새가 나지 않음 (대기상태의 복합악취는 4.5)
  - 토치 가동 시간에 기계 주변 측정결과 약 63.5-65.5dB 가량 발생함



- 처리 및 탄화 부산물 배출
  - 9월 1일~28일 까지 총 700kg 처리 완료 후 부산물 약 26Kg 발생함
  - 부산물 발생량 약 3.7%



기대효과 및 활용방안

- 주거단지 내 발생하는 음식물쓰레기 성상에 맞는 기기 성능 개선
- 주민들의 사용 패턴 분석을 통한 운전효율 개선 및 경제성 도모
- 자원순환 주거단지 추진을 위한 주민들의 기초 인식변화 제공