

발간등록번호

11-1543000-004389-01

400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발

2023.06.12

주관연구기관 / (주)규원테크

협동연구기관 / 한국에너지기술연구원

협동연구기관 / 대구대학교산학협력단

농 립 축 산 식 품 부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발”(개발기간 : 2021.04.01.~2022.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023.06.12

주관연구기관명 : (주)규원테크 (대표자) 김규원



공동연구기관명 : 한국에너지기술연구원 (대표자) 김종남



공동연구기관명 : 대구대학교 산학협력단 (대표자) 원희철



주관연구책임자 : (주)규원테크 정만수

공동연구책임자 : 한국에너지기술연구원 이현희

공동연구책임자 : 대구대학교 산학협력단 김대기

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

최종보고서				보안등급							
				일반[○], 보안[]							
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명		사업명		농업에너지 자립형산업모델기술개발			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원				내역사업명		목질계바이오에너지 산업화			
공고번호		농축 2021-27호		총괄연구개발 식별번호							
				연구개발과제번호		321002-02					
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0506	40%	LB0802	30%	LB1209	30%				
	농림식품과학기술분류	CA0203	50%	CA0201	50%		%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발								
		영문	Development of 400kW co-firing boiler utilizing Wood chip - Agricultural by-products								
연구개발과제명		국문	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발								
		영문	Development of 400kW co-firing boiler utilizing Wood chip - Agricultural by-products								
주관연구개발기관		기관명	(주)규원테크			사업자등록번호		515-81-39758			
		주소	(38572)경북 경산시 남산면 송내공단길 95			법인등록번호		174811-0055023			
연구책임자		성명	정만수		직위		부사장				
		연락처	직장전화	053-856-5900		휴대전화					
			전자우편			국가연구자번호		10851727			
연구개발기간		전체	2021.04.01.~2022.12.31.(1년9개월)								
		단계	1단계	2021.04.01.~2022.12.31.(1년9개월)							
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원	기관부담	그 외 기관 등의 지원금				합계			
		연구개발비	연구개발비	지방자치단체	기타()						
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
총계		870,000	0	149,400	0	0	0	870,000	149,400	1,019,400	
1단계		1년차	370,000	0	73,400	0	0	370,000	73,400	443,400	
		2년차	500,000	0	76,000	0	0	500,000	76,000	576,000	
공동연구개발기관 등		기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고		
공동연구개발기관		한국에너지기술연구원	이현희	연구원					공동	정부출연연	
		대구대학교 산학협력단	김대기	조교수					공동	대학	
연구개발담당자 실무담당자		성명	변재경		직위		차장				
		연락처	직장전화	053-856-5900		휴대전화					
			전자우편			국가연구자번호		11348653			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2023년 06월 12일

연구책임자: 정만수



주관연구개발기관의 장: (주)규원테크 김 규 원



공동연구개발기관의 장: 한국에너지기술연구원 김 중 남



위탁연구개발기관의 장: 대구대학교 산학협력단 원 희 철



< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		농업에너지 자립형산업모델 기술개발				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)		목질계바이오에너지 산업화				연구개발과제번호 2021300351	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0802	30%	LB0506	40%	LB1209	30%
	농림식품 과학기술분류	CA0203	50%	CA0201	50%		%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술 개발					
연구개발과제명		400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술 개발					
전체 연구개발기간		2021.04.01. ~ 2022.12.31.					
총 연구개발비		총 1,019,400천원 (정부지원연구개발비: 870,000천원, 기관부담연구개발비 : 149,400천원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 작성)		착수시점 기준(6) 종료시점 목표(9)
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발				
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> ○ 연료로 활용 가능한 농업부산물 현황 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 농업 현장 주변에서 발생하는 농업부산물 조사(종류, 발생시기, 발생량, 이용가치 등) - 농업부산물중 버섯배지를 활용하고자함 ○ 보일러 연료 활용을 위한 농업부산물 전처리, 이송 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 형태의 농업부산물을 연소실까지 이송할 수 있는 전처리, 이송시스템 개발 - 농업부산물의 수분 제거를 위해 보일러의 폐열을 이용하여 건조시스템 개발 ○ 농업부산물과 목재칩의 혼소가 가능한 보일러 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 효율 87%이상,출력400KW 급 이상, 연료 변화율 ±30%, 목재칩, 농업부산물 혼소 50% ○ 배기가스 오염물질 배출 저감 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - NOX : 100ppm 이하 먼지 : 40mg/Nm3 이하 ○ 농산부산물-목재칩 혼소 보일러 실증 및 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - 현장 설치하여 가동함(밀양 감농원설치 운전 3개월) 				
	1단계 (해당 시 작성)	목표					
	내용						

연구개발성과	특허출원 2건, 제품화 1건, SCI논문 2건, 비SCI논문 1건
--------	--------------------------------------

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>○ 기술적 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 외국선진 기업이 선점하고 있는 중대형 우드칩 및 농산물 부산물 연소기 보일러 설계, 개발 기술 확보. (열 설계, 구조설계, 안전시스템 O₂자동제어 시스템로직, 연료저장 이송 시스템) - CO₂ 저감, NOX 저감 미세먼지 저감 및 고효율 보일러 개발을 통한 친환경기술 개발 유도. - 완전 자동화된 혼소보일러 개발로 다양한 연료에 대응 가능한 연소기기 개발 체계 확립 - 배가스 폐열회수를 통한 연료건조를 통한 건조비용의 획기적인 저감 가능 <p>○ 산업·경제적 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시설재배, 버섯농장, 공장 등의 에너지 다소비형 산업에서 지구 온난화 방지와 신재생에너지 이용 확대를 위해 석탄 등 화석연료의 일부를 농산물 부산물 및 목질 바이오매스 에너지로 대체. - 버섯배지를 활용한 재생에너지 생산으로 에너지 선순환 체계 확립 및 버섯농가 수익확대 - 산림 바이오 에너지가 적극적으로 활용될 경우 개발에서 소외된 산림 지역의 경제를 활성화하고 FTA 등 자유무역의 흐름 속에서 어려워질 수 있는 면세유 등의 현행 영세 농민 지원 프로그램의 좋은 대안이 될 것으로 기대. - 버섯재배 농가 및 시설재배 단지 에너지자립 시스템 구축으로 농업용 에너지 투입비중이 적은 농업용 에너지 대체 및 재생에너지 연계 체계 구축 <p>○ 정책적 파급효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정부 주도 에너지 자립형 마을 등 신재생 에너지 이용, 보급 촉진. - 국내 생산 신재생에너지원 이용 극대화. - 새로운 일자리 창출을 통한 고용효과 유도. - 목재 및 농산물부산물이 풍부한 동남아, 중국 등 기술 교류 확대. - 파리 기후변화협약 이후 국내 산업용 에너지이용에 대한 CO₂ 배출권 확보 - 버섯배지의 악취관련 민원을 해소함으로써 사회적 손실 비용을 최소화 - 순수 국내핵심적용기술 개발로 인해 해외기술 도입비 및 로열티 감소
---------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-
--------------------	---

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문		특허		보고서 원문		연구 시설·장비		기술 요약 정보		소프트웨어		표준		생명자원		화학물질		신제품	
	논문	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허	특허
	3	3	1																	
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)	목재칩		농업부산물		혼소		고효율		저공해											
영문핵심어 (5개 이내)	Wood chip		Agricultural by-products		Co-firing		High efficiency		Low emission											

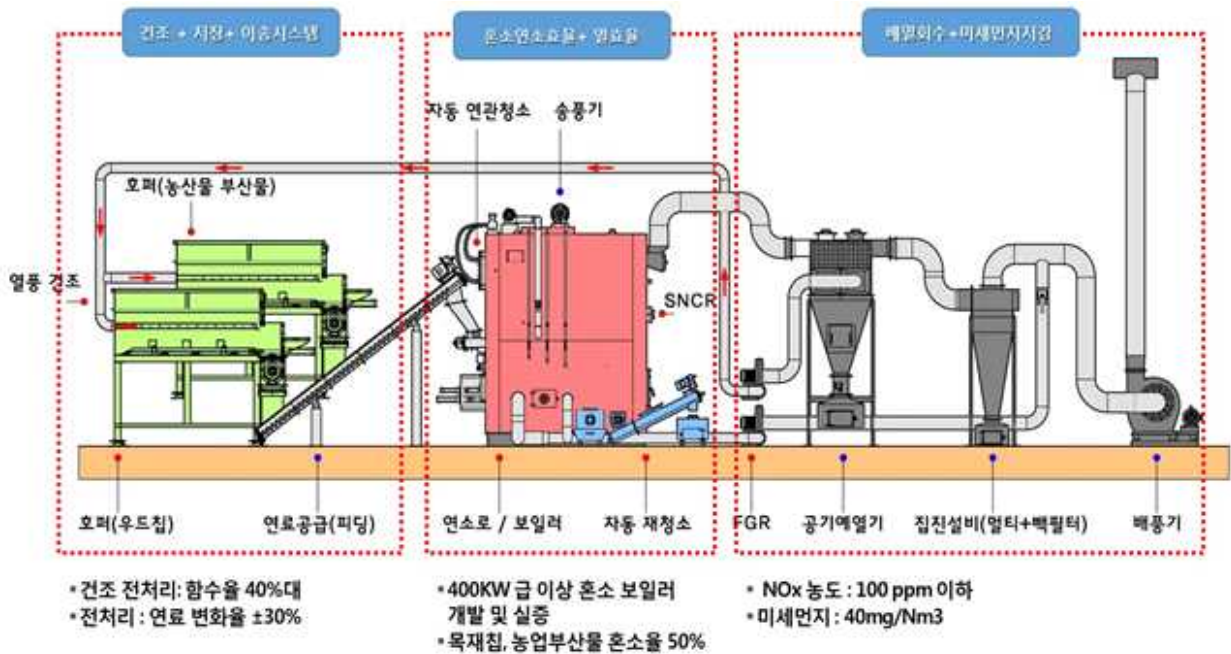
< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

◎ 국내 바이오매스 자원 활용 산업용 보일러 시장 진출을 위한 400KW급 이상 우드칩(Wood chip) - 농업부산물 혼소보일러 연소시스템 기술 개발
 농업부산물은 지속적 자원순환이 가능한 버섯배지를 기준으로 하여 개발, 실증을 하고 개발과정에서 다양한 농업부산물에 대해서 연료분석 및 연소시험을 하여 시스템을 개발하고자 함



<그림 2. 400kW급 우드칩-농산물부산물 혼소보일러 개요>

대상 시스템	400KW급 이상 우드칩-농업 부산물 혼소 시스템	성능향상 및 사양 확보	1. 연소효율 향상 기술 - 보일러 열효율 87% 이상(저위발열량 기준) - 연료 무게 변화 능동 대응(±30% 변동)
			2. 대기오염 저감 기술(NOx, 미세먼지) - NOx 100ppm 이하, PM 40 mg/Nm3 이하
			3. 목재칩- 농업부산물 혼소를 50%이상
			4. O2 공기비 최적의 연소제어 기술 개발
	시스템 안정화	1. 농업부산물, 우드칩 수분제거 건조시스템 개발	
		2. 우드칩-농업부산물 저장 및 이송 시스템 개발	
3. 시제품 설치, 설치 모니터링			

© 규원테크에서 생산중인 우드칩(Wood Chip) 전용 보일러 시스템



<그림 3. 기존 우드칩 200kW보일러 + 싸일로>

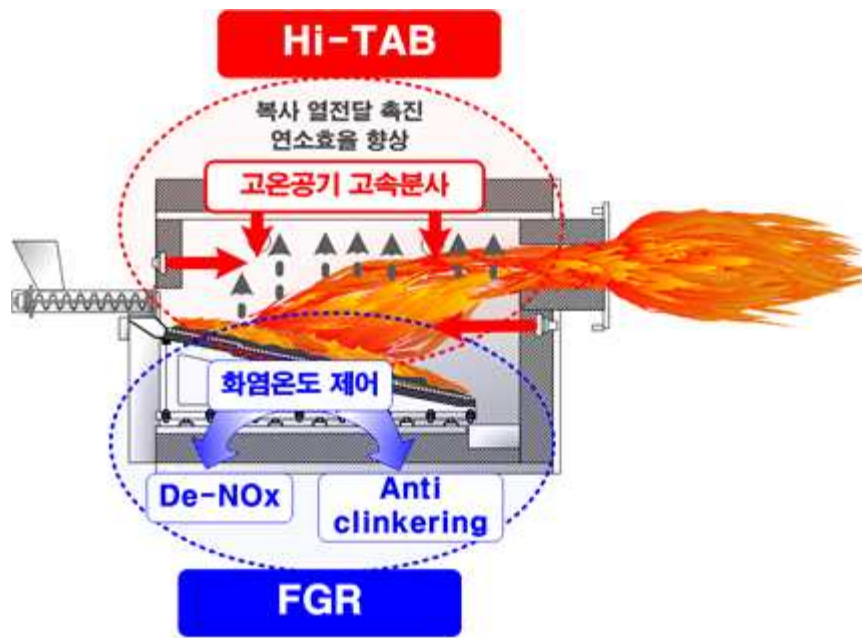


<그림 4. 기존 우드칩 보일러 단면도>



<그림 5. 우드칩 및 우드칩 연소 실시 예>

© 우드칩(Wood Chip) 연소효율 향상 기술 및 NOx 저감기술 개념도



<그림 6. 연소효율 향상 기술 및 NOx 저감기술 개념도>

© 우드칩(Wood Chip) 전용 저장조 및 공급 시스템



<그림 7. Push Feed Discharge>



<그림 8. 차량에 의한 우드칩 이송/공급>

◎ 개발 기술 혁신 및 차별성

핵심기술	기존기술	개발기술	비고
혼소연소기술	없음	목재칩-농산부산물 50%혼소 연소기술로 국내최초임	
보일러 효율(%)	85%	87%이상 (저위)	KS B 8901 목재펠릿보일러
미세먼지함량 (mg/Nm3)	기준 없음	40 이하	
NOx (PPM)	150	100	KS B 8901 목재펠릿보일러
혼소연료저장,이송	없음	두 개의 싸일로로 혼소량을 조절하는 방식	
연료량 변화율	없음	30%까지 출력조정가능하도록 연소기술 개발	
공기량 제어기술	없음	혼소 공기량 제어기술 최초 적용	

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

(1) 1단계 1차년도

○ 수행 과정 및 수행 내용

[주관연구개발기관((주)규원테크)]

1. 혼소 보일러 설계를 위한 배출가스량 계산(목재, 버섯폐배지 배출량 산정)

1) 원소분석법을 이용한 배출 가스량(Q_B) 산정

(1) 목재의 원소 성분 조성 및 공기비

구 분	C	H	O	N	S	ASH	함수율
목재칩	49.8	6.1	42.67	0.3	0.02	1.1	26.8

• 적용 공기비(m) : 1.6 (바이오매스의 경우 공기비를 높게 유지함)

(2) 연소공기량 및 연소가스량 산출

가. 이론 연소공기량(A_0 : $S \text{ m}^3/kg$) 산정

$$A_0 = [1.867C + 5.6(H - O/8) + 0.7S] / 0.21$$

$$= [1.867 \times 0.498 + 5.6(0.061 - 0.4267/8) + 0.0002 \times 0.7] / 0.21 = 4.63 S \text{ m}^3/kg$$

나. 습연소가스량(G_W)

$$G_W = (m - 0.21)A_0 + 1.867C + 11.2H + 0.7S + 0.8N + 1.244W$$

$$= (1.6 - 0.21) \times 4.63 + 1.867 \times 0.498 + 11.2 \times 0.061$$

$$+ 0.7 \times 0.0002 + 0.8 \times 0.002 + 1.244 \times 0.268$$

$$= 8.38 S \text{ m}^3/kg$$

2) 연료의 저위발열량으로부터 연소 가스량(Q_B) 산정

(Rosin식 적용, 고체연료 기준)

(1) 목재제품의 저위발열량(HL) : 3,080 kcal/kg (= 12.895 MJ/kg)

• 적용 공기비(m) : 1.6

(2) 연소공기량 및 연소가스량 산출

가. 이론 연소공기량(A_0 ; $S \text{ m}^3/kg$) 산정

$$A_0 = 1.01 \times HL/1000 + 0.5 = 1.01 \times 3,080/1000 + 0.5 = 3.6108$$

나. 습연소가스량(G_W ; $S \text{ m}^3/kg$) 산정

- 이론 습연소가스량(G'_0 ; $S \text{ m}^3/kg$)

$$G'_0 = 0.89 \times HL/1000 + 1.65 = 0.89 \times 3,080/1000 + 1.65 = 4.39$$

- 실제 습연소가스량(G_W ; $S \text{ m}^3/kg$) 산정

$$G_W = G'_0 + (m - 1) \times A_0 = 4.39 + (1.6 - 1) \times 3.6108 = 6.556 S \text{ m}^3/kg$$

∴ 이상과 같이 2가지 방법으로 최대 배출예상 가스량을 산정한 결과, 원소분석법(A)을 이용한 배출예상 가스량이 많으므로 이를 기준으로 당해시설의 최대 배출가스발생 원단위($Q_B = 8.38 Sm^3/kg$)로 적용함.

- 시간당 최대 배출가스량(Q) 산정

- 배가스 온도 : 200℃ ⇒ 열교환기 출구(최초 방지시설 전단) 온도 기준
- 200kWh = 200 * 860 = 172,000kcal/h
- 최대 연료사용량(W) : 172,000kcal / (3080kcal/kg * 0.87) = 64.2kg/hr

$$Q = \text{습연소가스량}(G_W, Sm^3/hr) \times \text{최대연료사용량}(W, kg/hr)$$

$$= 8.38 Sm^3/kg \times 64.2 kg/hr$$

$$= 537.996 Sm^3/hr = 8.97 Sm^3/min \approx 15.5 m^3/min(at 200^\circ C)$$

3) 원소분석법을 이용한 배출 가스량(Q_B) 산정

(1) 건조 버섯폐배지의 원소 성분 조성 및 공기비

구 분	C	H	O	N	S	ASH	함수율
버섯폐배지	38.2	5.2	56.01	2.6	0.21	14.8	17.0

- 적용 공기비(m) : 1.6 ⇒ 바이오매스 연료의 경우 공기비를 높게 유지함

(2) 연소공기량 및 연소가스량 산출

가. 이론 연소공기량($A_0 : S m^3/kg$) 산정

$$A_0 = [1.867C + 5.6(H - O/8) + 0.7S] / 0.21$$

$$= [1.867 \times 0.382 + 5.6(0.052 - 0.5601/8) + 0.7 \times 0.0021] / 0.21 = 2.92 Sm^3/kg$$

나. 습연소가스량(G_W)

$$G_W = (m - 0.21)A_0 + 1.867C + 11.2H + 0.7S + 0.8N + 1.244W$$

$$= (1.6 - 0.21) \times 2.92 + 1.867 \times 0.382 + 11.2 \times 0.052$$

$$+ 0.7 \times 0.0021 + 0.8 \times 0.026 + 1.244 \times 0.17$$

$$= 5.59 Sm^3/kg$$

2) 연료의 저위발열량으로부터 연소 가스량(Q_B) 산정

(Rosin식 적용, 고체연료 기준)

(1) 버섯폐배지의 저위발열량(HL) : 2,664kcal/kg(= 11.15MJ/kg)

- 적용 공기비(m) : 1.6

(2) 연소공기량 및 연소가스량 산출

가. 이론 연소공기량($A_0; Sm^3/kg$) 산정

$$A_0 = 1.01 \times HL/1000 + 0.5 = 1.01 \times 2,664/1000 + 0.5 = 3.19$$

나. 습연소가스량($G_W; Sm^3/kg$) 산정

- 이론 습연소가스량($G_0'; Sm^3/kg$)

$$G_0' = 0.89 \times HL/1000 + 1.65 = 0.89 \times 2664/1000 + 1.65 = 4.02$$

- 실제 습연소가스량($G_W; Sm^3/kg$) 산정

$$G_W = G_0' + (m - 1) \times A_0 = 4.02 + (1.6 - 1) \times 3.19 = 5.934 Sm^3/kg$$

∴ 이상과 같이 2가지 방법으로 최대 배출예상 가스량을 산정한 결과, 연료의 저위발열량을 이용한 배출예상 가스량이 많으므로 이를 기준으로 당해시설의 최대 배출가스 발생, 원단위 ($Q_B = 5.934 Sm^3/kg$)로 적용함.

- 시간당 최대 배출가스량(Q) 산정

- 배가스 온도 : 200℃ ⇒ 열교환기 출구(최초 방지시설 전단) 온도 기준
- 200kWh = 200 * 860 = 172,000kcal/h
- 최대 연료사용량(W) : 172,000kcal / (2,664kcal/kg* 0.87) = 74.2kg/hr

$$Q = \text{습연소가스량}(G_W, Sm^3/hr) \times \text{최대연료사용량}(W, kg/hr)$$

$$= 5.934 Sm^3/kg \times 74.2 kg/hr$$

$$= 440.3 Sm^3/hr = 7.33 Sm^3/min \approx 12.7 m^3/min(at 200^\circ C)$$

따라서, 목재칩과 버섯배지를 혼소해서 400kWh 출력을 내기위해서는 64.2 + 74.2 = 138.4kg/h 연료가 소모됨

$$\text{배출가스량은 } 15.9 + 12.7 m^3/min(at 200^\circ C) = 28.6 m^3/min(at 200^\circ C)$$

따라서 설계치는 30%안전을 고려하여 40. m³/min(at 200℃)로 설계함

2. Boiler 연소 설비 계산

1) 화격자 면적(m²)

(1) 화격자 개당 면적 : 95 x 375 /1,00,000 = 0.035625m²

(2) 총화격자 (6열 ×5단) = 0.03563 ×6 ×5 = 1.0689m²

2) 화격자 면적 열부하(Kcal/m² · h)

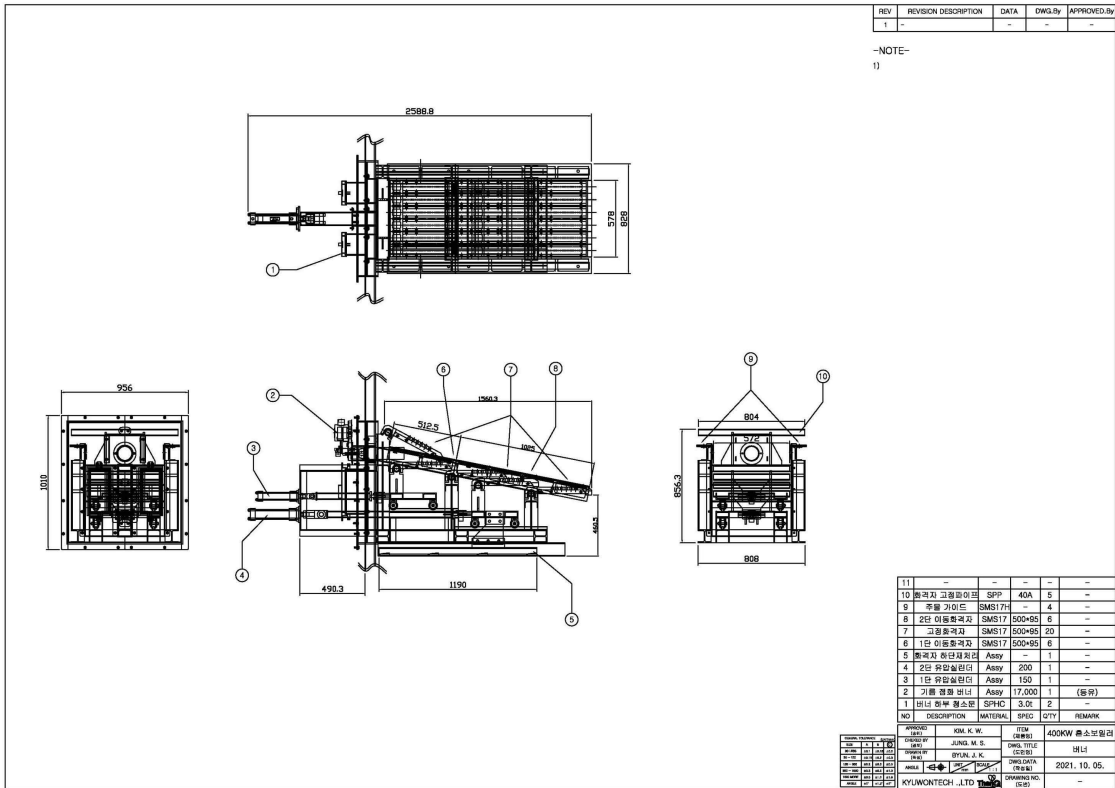
(1) 총 열량 : 344,000 Kcal/h

(2) 면적 열부하 = 총열량 / 화격자 면적

$$= 344,000 Kcal/h / 1.0689 m^2$$

$$= 321,826 Kcal/m^2 \cdot h$$

[→ “1m² 기준 : 400,000Kcal/m² · h 이하” - 열부하 적합]



3) 연소실 체적(m³)

(1) 연소실 체적 : 0.856m x 1.818m x 1.072m = 1.668 m³

4) 체적열부하(Kcal/m³ · h)

(1) 344,000 Kcal/h / 1.668m³ = 206,235 Kcal/m³ · h

[→ 1m³기준 : 300,000Kcal/m³ · h 이하 이므로, 열부하율 적합]



그림 10 연소실+버너 사진

3. Boiler 동체 압력 설계 및 전열면적 계산

1) 보일러 강도계산에 의해 5bar 로 설계함

2) 전열면적 : 보일러를 구성하고 있는 판 또는 관의 한쪽 면이 물에 접하고 그 반대쪽에

연소가스가 접촉하여 열을 물에 전달하는 면적을 말함.

전열면적은 보일러 종류에 따 다르며 개략값은 아래와 같음

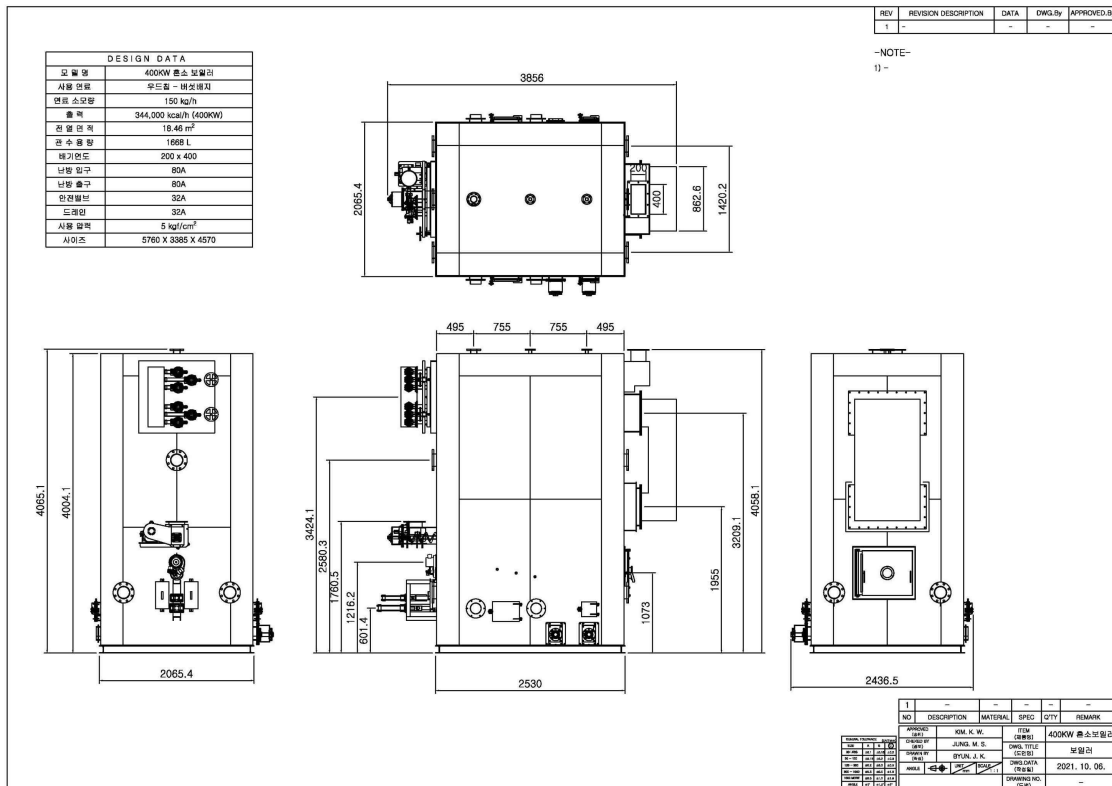
보일러의 종류	증발량[kg/m ² hr]
노통 보일러	20~40
연관 보일러	30~65
노통연관 보일러	30~60
입형 보일러	15~20
수관보일러(소)	25~60
수관보일러(중,대)	50~150

600,000kcal/h 당 40m²을 고려하여 18.46m²로 가정 시 증발량 환산 시 증발률 = $\frac{G_e}{A} [kg/m^2h] = 570.3/18.46 = 30.87kg/m^2hr$ 로 개략값에 비해 안전을 고려하여 설계함

3) 연소실은 수관식, 열교환기는 연관식으로 설계함

재질은 STBH 340 3.2T, 65mm연관사용함

4) 연소흐름패스는 체류시간을 고려하여 3pass 구조로 설계함



5) 강도계산서

연관식보일러 강도계산서

DESIGN DATA			
형 식	연관식보일러		
용 량	344000 kcal/h	진 열 면 적	18.46 m ²
적 용 법 규	신자부 고시 제 2019-16호		
구 분	동체	후열처리여부	YES
유 체 의 종류	HOTWATER	용접이음형식	V형맞대기 양쪽이음
최고사용압력	0.4 MPa (4 kg/cm ² ·g)	방사선 검사	20 %
상 용 압 력	0.3 MPa (3 kg/cm ² ·g)	용접이음효율	95 %
최고사용온도	120.00 °C	부식 여유	1 mm
사 용 온 도	110.00 °C	용 접 분	ASME SFA5.20 E71T-1C
수압시험압력	0.70 MPa (7.0 kg/cm ² ·g)	기압시험압력	MPa kg/cm ² ·g

연관식보일러구조명세서							
회 사 명	규원테크	모 델 명	KWB-1000 TYPE				
최고 사용 압력	0.4 MPa 4 kg/cm ²	승 인 번 호					
진 열 면 적	84.0 m ²	최대 (실정) 증발량	344000	KCAL/H			
보 의 리 구 의 조	명 칭	재 료 명	형 태	최 대 내 경	길이 또는 소반경		
	동 체	SS400	원통형	Φ 982	L 2090 mm	t 9	
	경 판	SS400	평 평	Φ 976	R 50 mm	t 12	
	노 동	평 평	SS400	원통형	Φ	L mm	t
		파 평		모리슨형	Φ	L mm	t
	경 판			평 평	Φ	H mm	t
	1 차	연 관	STBH340E	(외경)	Φ 76.2	12 분	t 3.5
		스테인관	STBH340E	(외경)	Φ 76.2	6 분	t 5.0
	2 차	연 관	STBH340E	(외경)	Φ 76.2	12 분	t 3.5
스테인관		STBH340E	(외경)	Φ 76.2	6 분	t 5.0	
동 체	용접 효율	95 %	이음형식	V형맞대기 양쪽이음			
스테인 종류	재료명	경 (폭)		두께	개 수		
거 싯	SS400	/	mm	t /t	/		
관 스테이	STBH340E	Φ 76.2 / Φ	mm	t 5	12		
봉 스테이		Φ mm					
구 명	맨 홀	400	(mm)	링 두께	mm	평판두께 mm	
	최소 구멍	125 x	(mm)	1 개	수	위 (정부에서)	
	검사 구멍	125 x	(mm)	4 개	저수위	mm	
					상용	mm	
안전밸브	종 류	스프링식	형 식	진량식	호칭경	50 개 수 1EA	
수 면 계	형 식	평평면자식	크 기	220 호칭경		개 수 2EA	
부 속 장 치	절 단 기	재료명	구 경	두께	진열면적		
	공기예열기	재료명	구 경	두께	진열면적		
	버 이 너	종 류	모 델	연 료	연료유량		
송 풍 기	종 류	풍 량	풍 입	진 력			

2. 동체의 최소 두께

1. Code
2. Part : SHELL (Longitudinal Joint)
3. Design Condition : (Under Internal Pressure)

구 분	동 체	수권데이터
항목 및 계산식		
최고 사용 압력 P	MPa kg/cm ²	0.4 3.5
동체판의 안지름 D	mm	982 199.9
허용인장응력(표1) σ _{all}	N/mm ² kg/cm ²	96 9.8
재 질		SS400 SPSP370E
+이음효율 η		0.95 0.36
K 값 (표 2) K		0.4 0.4
불 임 대 α	mm	1 1
tr = $\frac{P \cdot D}{2\sigma_{all} - 2P(1-k)} + \alpha$		$\frac{0.35 \times 982}{2 \times 96.0 \times 0.95 - 2 \times 0.4 \times (1 - 0.4)} + 1$ $\frac{0.35 \times 199.9}{2 \times 78.0 \times 0.95 - 2 \times 0.4 \times (1 - 0.4)} + 1$
계산상 두께 tr	mm	2.89 2.26
** η = 1 일때 th	mm	2.79 1.45
호 칭 두께 t	mm	9 8.2
규격 (-) 복 허용치 - mm		0.65 0.65
실 제 두께 tn	mm	8.35 7.55
최소 두께 (표 3) tm	mm	8 8
검 토 tn ≥ tr		8.35 > 2.89 7.55 > 2.26
t ≥ tm		9 > 8 8.2 > 8

* 용접이음효율은 길이방향 용접이음효율 또는 관경효율중 작은 값을 취함.
** 이음에 없는 동체판의 최소 두께로 경판의 두께 계산 검토에 활용 (온반구형 경판은 제외)

< 표 3 >

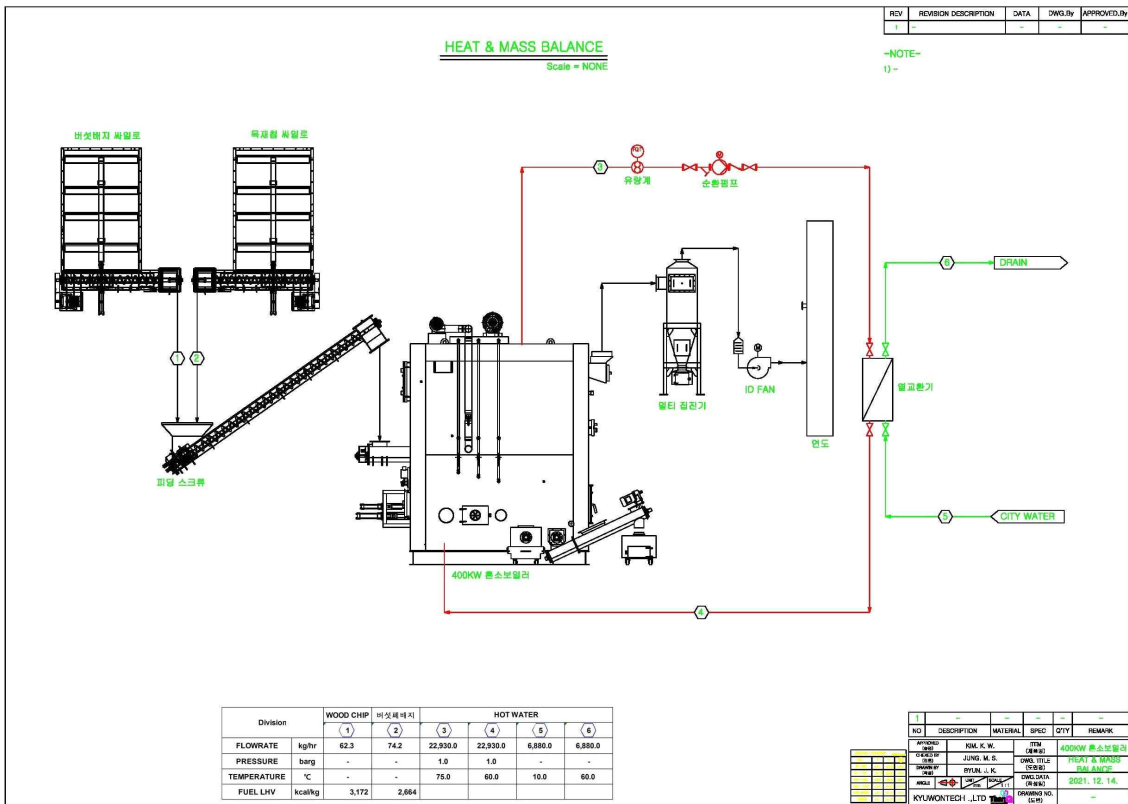
동체의 안지름	동체의 최소두께	비 고
900 mm 이하	6 mm	8 mm (스테인 부착할 경우)
900 ~ 1350 mm	8 mm	
1350 ~ 1850 mm	10 mm	
1850 mm 이상	12 mm	

5. 연관의 최소 피치

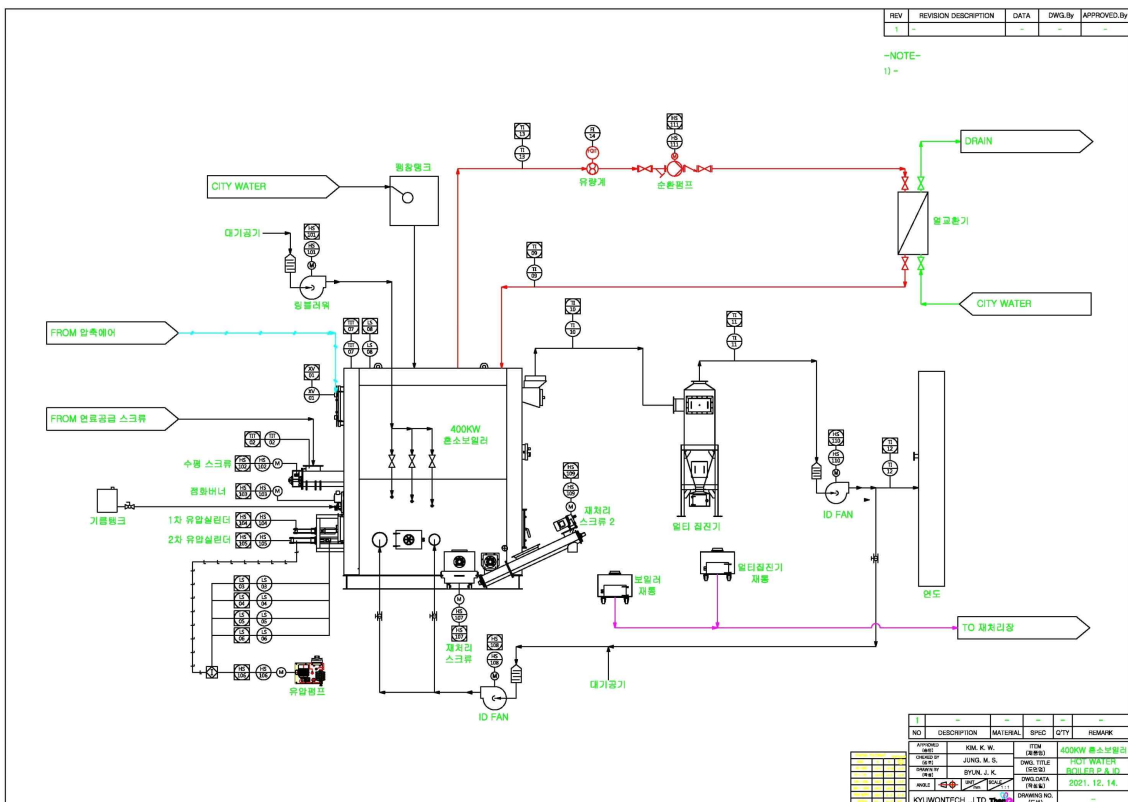
1. Code
2. Part : TUBE SHEET
3. Design Condition : Formular in terms of inside dimension

구 분	경 판 측	
항목 및 계산식		
관구멍의 지름 d	mm	Φ 77.0 Φ
관판의 두께 t	mm	12
$P = (1 + \frac{4.5}{t}) \times d$		$(1 + \frac{4.5}{12}) \times 76.3$ $(1 + \frac{4.5}{0}) \times 0.0$
연관의 최소 구멍간 피치 P	mm	104.9
연관의 실제 구멍간 피치 P'	mm	105.0
검 토 P' ≥ P		105.0 > 104.9 =

4. 보일러 HEAT & MASS BALANCE



5. 보일러 P&ID



7. 순환펌프 / 열교환기 선정 계산

보일러 출력 = 400kW 임으로 344,000kcal/h 임

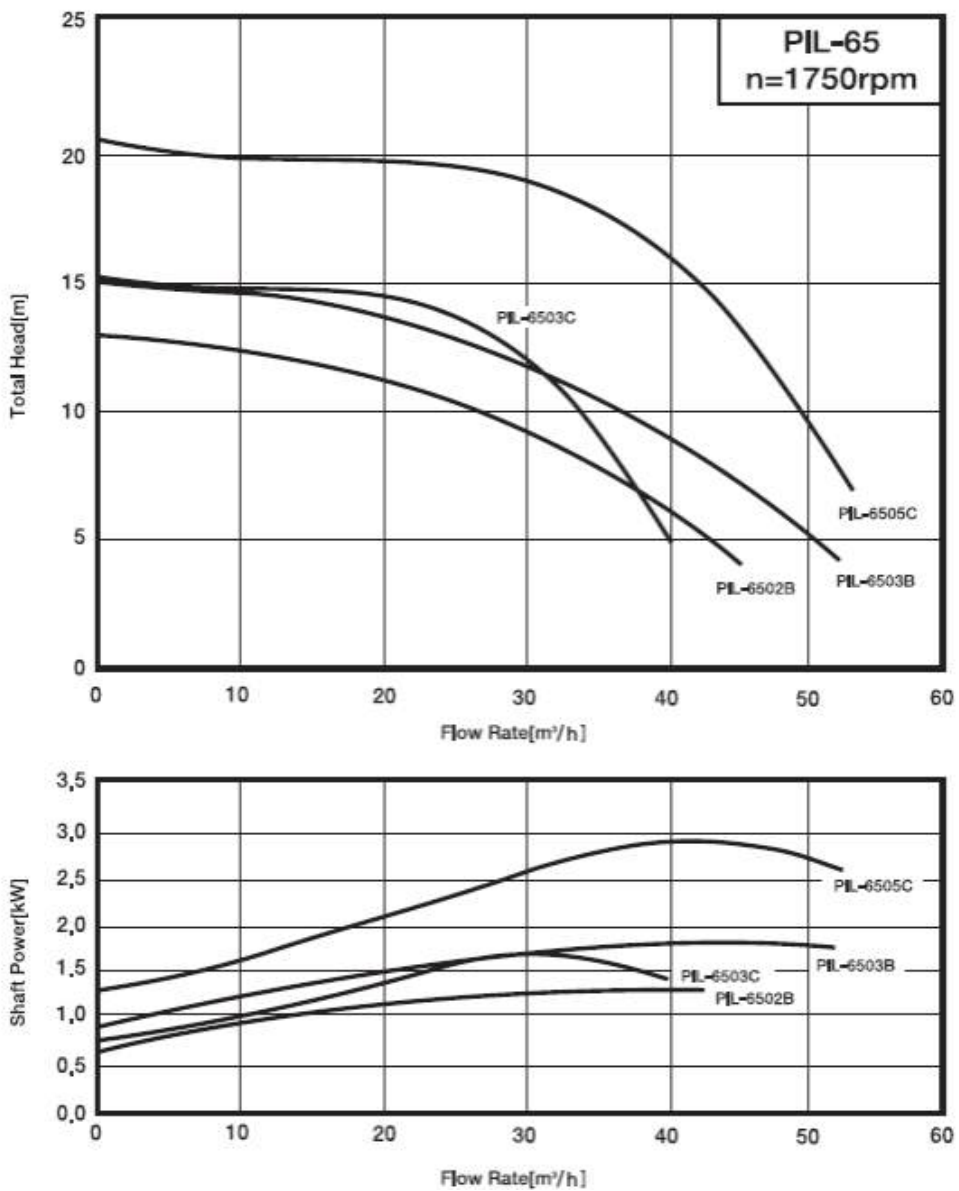
Δt 를 20도 일시 유량은 $344,000 / 20 = 17,200 \text{ l/h} = 17.2\text{m}^3/\text{hr}$

안전을 고려하여 25m³/hr 유량에 양정 10m 펌프 선정함

월로펌프 PIL -650 2B 펌프

소모전력 : 1.5KW , 유량30m³/hr, 압상 9m, 프렌지:65*65

PIL- 6502B~PIL- 6505C



- 열교환기 : 700,000kcal/h 브레이징 판형열교환기 선정함

8. 보일러 후단설비계산 : 멀티집진기

1) 설계조건

- (1) 용량 : 40m³/min
- (2) 형식 : 원심력 집진시설
- (3) 명칭 : MULTI CYCLONE
- (4) 재질 : SPHC

2) 설계계산 산출내용

(1) 몸체규격

- 몸체 : 520 mm(L) x 750 mm(W) x 1461 mm(H)
- 호퍼 : 500 mm(L) x 500 mm(W) x 300 mm(H)

(2) UNIT CYCLONE 규격

- 외통 : OD ϕ 165.2 mm (6 ") [ID ϕ 156 mm]
- 내통 : OD ϕ 114.3 mm (4 ")
- 길이 : 840 mm

(3) 유효단면적(A)

$$A = \frac{\pi}{4} \times (\text{외통내경}^2 - \text{내통내경}^2)$$
$$= \frac{\pi}{4} \times (0.0243 - 0.0131)$$
$$= 0.0088\text{m}^2$$

(4) UNIT CYCLONE 1EA당 처리용량 (Q1)

$$Q1 = A \times V \times S \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

A : UNIT CYCLONE의 유효 단면적 (m²) 0.0088

V : UNIT CYCLONE의 입구유속 (m/sec) 15

$$= 0.0088 \text{ m}^2 \times 12 \text{ m/sec} \times 60 \text{ sec/min}$$
$$= 7.96332 \text{ m}^3/\text{min}$$

(5) UNIT CYCLONE의 수량(N) 산출

$$N = Q \div Q1$$
$$= 70 \text{ m}^3/\text{min} \div 7.96332 \text{ m}^3/\text{min}$$
$$= 5.02303\text{EA}$$

배열을 감안하여 3 x 2 = 6 EA를 선정한다. [설계점 12EA]

3) MULTI CYCLONE의 압력손실(ΔP) 계산

$$\Delta P = \frac{30 \times a \times D^{(1/2)}}{D^2 \times (L+H)^{(1/2)}} \cdot \frac{Ra \times Vi^2}{2g}$$

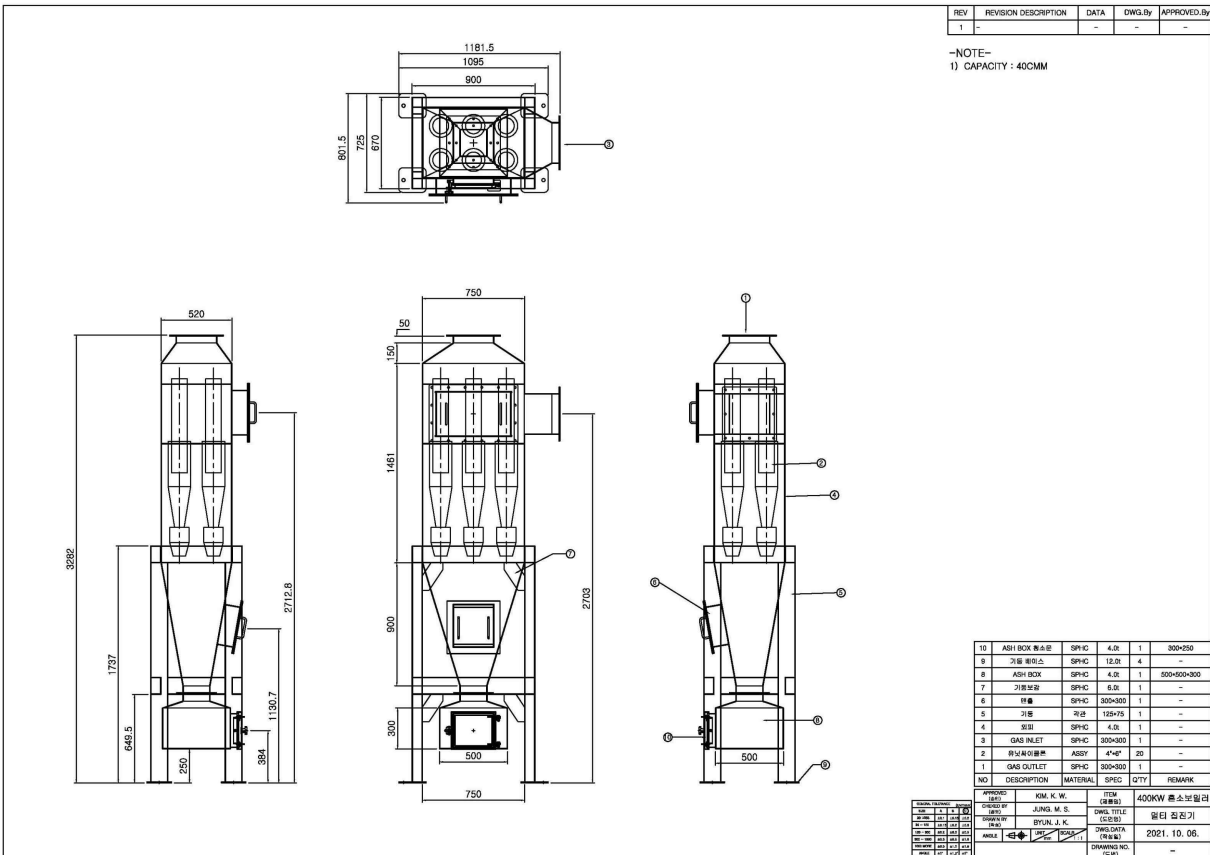
a	UNIT CYCLONE의 입구 단면적	0.01127 m ²
D	UNIT CYCLONE의 원통부 직경	0.1652 Φ m
d	UNIT CYCLONE의 출구관 직경	0.1143 Φ m
L+H	UNIT CYCLONE의 길이 (높이)	0.84 m
Ra	배기가스의 밀도	0.6926 kg/m ³
g	중력가속도	9.8 m/sec ²
Vi	통과유속	15 m/sec

$$\Delta P_1 = \frac{30 \times 0.0112 \times 0.1652^{1/2}}{0.1143 \times 2(0.84)^{1/2}} \cdot \frac{0.6926 \times 15^2}{2 \times 9.8}$$

$$= 2.2956 \times 7.9507$$

$$= 18.2521 \text{ mmAq}$$

- * MULTI CYCLON 압력손실 18.2522 mmAq
 - * MULTI CYCLON 입, 출구 확대 및 축소손실 50 mmAq
 - * 기타 압력손실 0 mmAq
- 총 압력손실(ΔP) 68.25mmAq



9. 보일러 굴뚝 및 주배관 계산

1) 연돌내 배기가스 속도 계산

$$Q = AV$$

Q : 배출가스량 (40m³/min(설계 ID FAN 최대 풍량))

A : 연돌 단면적 (연돌 직경: Φ 0.500m)

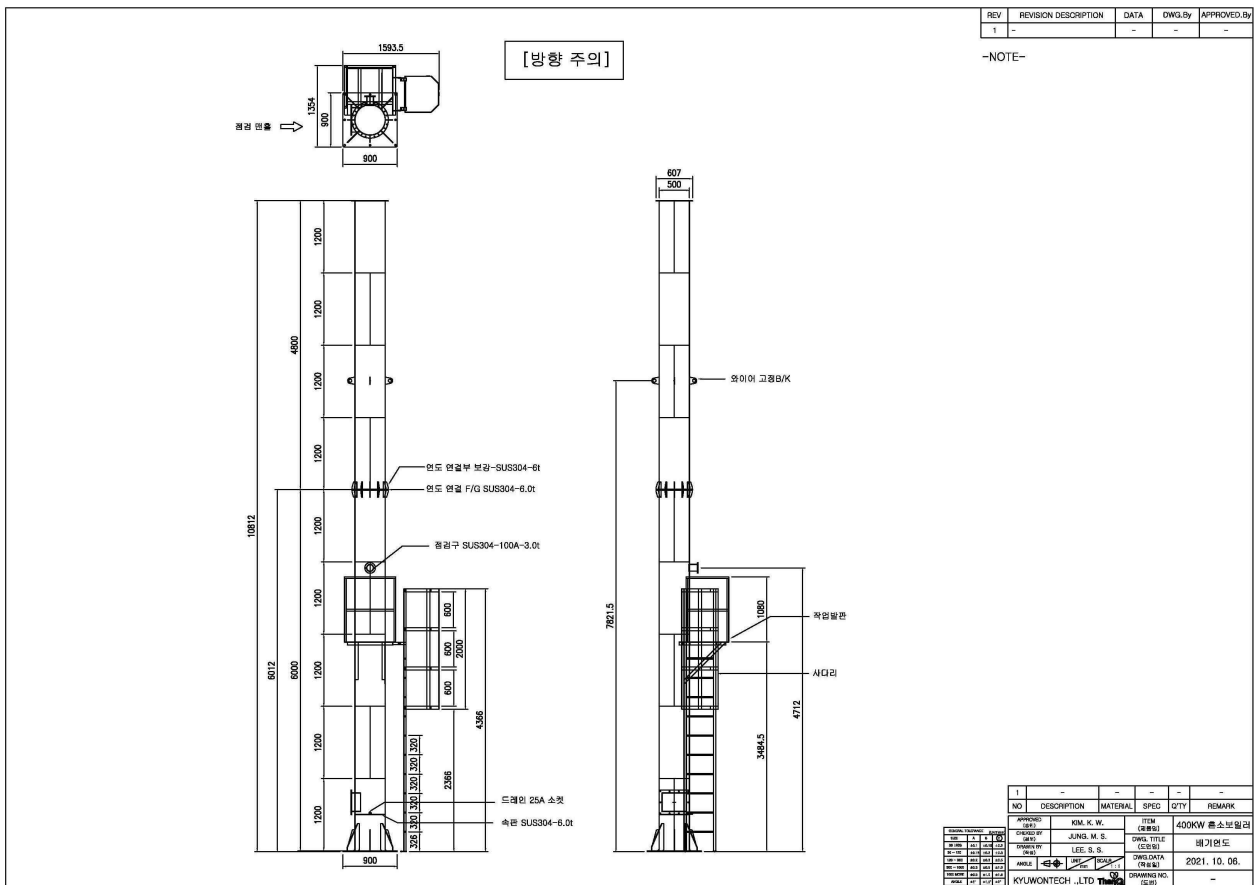
V : 풍속 (m/s)

$$40\text{m}^3/\text{min} = 0.667\text{ m}^3/\text{s}$$

$$0.667 / 0.19625(3.14 \times 0.35^2 / 4) = 3.4\text{ m/s} (V)$$

※ 일반적으로 연돌 내의 배기가스 속도는 자연통풍식 보일러에서 2~5m/s이고 기계통풍식 보일러에서는 3~10m/s로 한다. (세진사 난방시스템 P.109참조)

※ 3.4m/s는 기계통풍식으로 문제가 없음



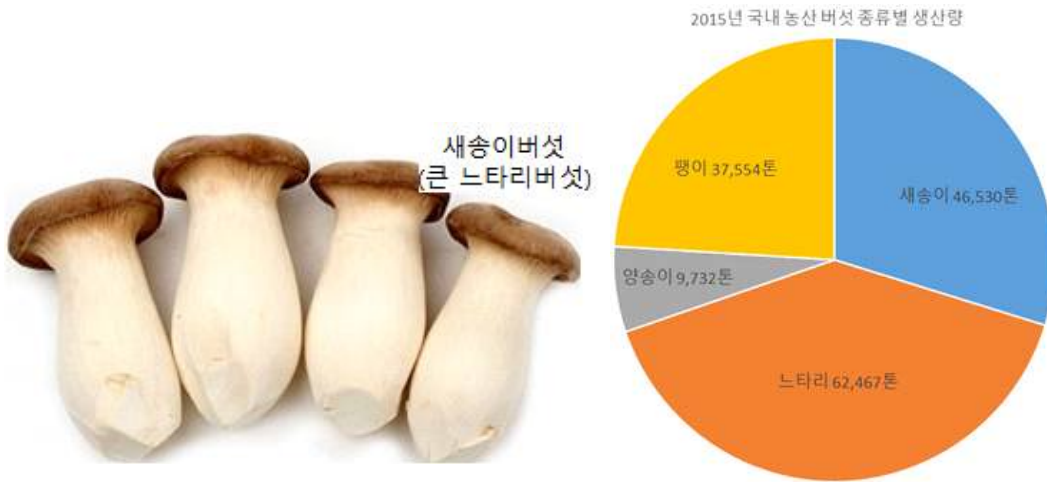
2) 주배관 사이즈 계산

평균 저온수 배관에서 유속은 2.0m/s이내로하여 1.5m/s로 설계함

400kW 보일러 유량 25m³/hr 임을 감안하여 관경은 80mm 이상 되어야 함으로 주배관은 80A로 설계함

10. 버섯폐배지 건조기 설계 및 시험 테스트

1) 시험 폐배지 확보처: 경북 김천시 백산농산



발생되는 버섯폐배지 부산물

구분	1차	2차	평균 수분
버섯 폐배지 (백산농산)	65.0	67.9	66.4

2) 새송이 버섯폐배지 활용성

- 함수율이 높은 새송이 폐배지는 건조가 되지 않을시는 사용처가 거의 없으며, 폐기물 처리되거나 건조될시는 난방에너지 대체 및 활용처가 많아 짐
건조될시 부가가치는 10배이상 높아지며 농가 수익이 극대화됨
- 함수율이 낮은 표고버섯 폐배지는 에너지활용성이 높아 펠릿화로 전처리하여 기존의 전기나 기름 에너지를 대체하여 경제성 절감이 아주 높음

3) 건조기 설계 및 테스트 사진

<p>건조기 건조기 설치사진</p>	<p>야간 가동사진</p>	
		
<p>콘트롤 터치판넬</p>	<p>버너</p>	<p>연소사진</p>
		
<p>교반기 투입전사진</p>	<p>건조건 투입사진</p>	<p>건조 완료된사진</p>
		

건조기 - 1차 버섯배지 건조

◆버섯배지

Lot No. 211208

무게 : 약 1,005kg, 함수율 : 65.6%

◆시험일자

날짜 : 21.12.13

초기 SETTING : 목재펠릿 Φ6 연료 5/5, 교반축 25Hz, ID FAN 30Hz

날 짜	시 각	내 용	물온도	배기온도
12/13	11:00	버섯배지 투입 완료	47.8	75.5
	11:40	연료소모량 측정시작(연료 5/5)	53	80.5
	13:30	연료소모량 변경(연료 6/5) : 물온도 53도, 배기온도 80도 정체	53.2	80.6
		ID FAN 33Hz, 재처리 2/180 적용		
	14:40	측정 1시간 경과. 연료소모량 약 9.8kg(연료 7/5)	58.8	89.2
	15:40	측정 2시간 경과. 연료소모량 약 9.6kg(연료 7/5)	63.4	91.9
	16:40	측정 3시간 경과. 연료소모량 약 11.2kg(연료 8/5)	68.2	108
		방열 송풍기 1, 2번 CLOSE		
	17:20	물온도 70도 달성		
	17:40	측정 4시간 경과. 연료소모량 약 10kg(연료 8/5)	70.1	103.5
	18:40	측정 5시간 경과.	73.3	103.3
	20:20	ID FAN 33Hz, 재처리 5/240 적용	77.2	109.2
	야간건조	연료량 5/5(시간당 약 7kg 소요 예상), ID FAN 33Hz		
		재처리 5/300		
12/14	8:30	연료량 8/5(시간당 약 10kg 소요), ID FAN 33Hz		
		재처리 5/240		
	9:50	물온도 90도 도달. 방열 송풍기 1번 OPEN	90	94
	10:00	연료량 6/5, ID FAN 31Hz, 재처리 5/300, 방열 송풍기 2번 OPEN		
	10:30	연료량 5/5, ID FAN 30Hz, 재처리 5/300, 방열 송풍기 1, 2번 OPEN 유지	92.5	84.6
	11:00	연료량 5/5, ID FAN 33Hz, 재처리 5/300, 방열 송풍기 1, 2번 CLOSE	93.6	79.5
		교반축 30Hz, 건조내부온도 50도 유지		
	14:00	연료량 6/5, 건조내부온도 60도 도달	91.2	84.1
	14:40	연료량 5/5, 건조내부온도 66도. 건조냄새 남	94.7	94.9
	15:00	건조내부온도 63.5도	98.3	93.3
	15:40	연료량 4/5, 건조내부온도 75.7도	100	92
	16:00	연료량 4/5, 건조내부온도 70.3도	99.2	87
	17:00	연료량 4/5, 건조내부온도 86.2도	96.6	89
	17:20	물온도 70도 이상 기준 - 24시간 경과, 건조내부온도 82.4도	96.2	85
	17:30	버섯배지 토출 - 함수율 65%		
		육안으로는 차이가 나나, 함수율은 처음과 다르지 않음.		
		버섯배지 다시 투입		
	19:30	버너 청소(재)		
	20:00	건조 재시작	81.6	84.7
	야간건조	연료량 4/5, ID FAN 33Hz, 재처리 5/300, 교반축 33Hz		
		건조내부온도 52.8도		
12/15	8:20	건조내부온도 58도	80.1	81.6
	9:00	버섯배지 토출(건조 전 버섯배지 총 무게 : 약 1,005kg, 함수율 약 65.6%)		
		건조 후 버섯배지 총 무게 : 약 237kg(-768kg, 함수율 약 11.7%(-53.9%))		
		건조 총 경과시간 : 약 40시간		

건조기 - 2차 버섯배지 건조

날 짜	시 각	내 용	대기온도	물온도	건조내부온도	배기온도
◆버섯배지						
Lot No. 211208						
무게 : 약 1,105kg, 함수율 : 66.5%						
◆시험일지						
날짜 : 21.12.15						
초기 SETTING : 목재펠릿 Φ6 연료 8/5, 교반속 25Hz, ID FAN 33Hz, 방열송풍팬 1번 40% OPEN						
12/15	14:00	버섯배지 투입 완료	16.1	73.7	61.4	98.1
	15:00		16.8	75.2	71.5	111.8
	15:30	버섯배지 건조냄새 남			71.1	
	16:00		15.8	76.7	69.7	114.3
	16:10	연료량 10/5, ID FAN 33Hz 변경 (연료량 8/5가 건조내부 버섯배지 온도상승분과 동일? 물온도 유지)				
	17:00		13.2	79.4	67.1	116.8
	18:00		11.6	82.1	63.1	119.4
	19:00	연료량 4/5 변경	9.1	81.5	62.2	114.5
	20:00	야간건조	8.1	75.5	52.1	98.1
12/16	8:20	연료량 10/5 변경	5.5	63.9	38.3	77.7
	9:00		6.5	71.2	44.1	102.3
	10:00	교반속 27Hz 변경	7.2	89.3	57.2	111.1
	10:30	방열송풍팬 1번 가동	7.8	94.4		
	10:47	방열송풍팬 2번 가동		95.5		
		연료량 9/5 변경				
	11:00	연료량 8/5 변경	8.6	96	43.4	91.3
	12:00	연료량 5/5 변경	8.8	94.7	40	81
	13:00	연료량 7/5 변경	10.9	91.4	36.7	79.1
	14:00	연료량 5/5 변경	11.7	97.7	40.3	86.1
		함수율 약 45%, 연료량 4/5, 재처리 5/330, ID FAN 37Hz, 교반속 27Hz				
	15:00	연료량 5/5 변경	11.5	93.6	42.2	77.4
	16:00		11.1	93.8	51.8	83.5
	17:00	연료량 4/5 변경	9.1	96.4	49.6	81
	18:00	함수율 약 45%	7.2	94.9	44.6	77.9
	19:00	연료량 5/5 변경	6.5	95.5	45.5	79.2
	20:00		5.5	96.5	48.9	78.7
	야간건조	방열송풍팬 1번, 2번 정지 - OPEN				
		연료량 4/5, ID FAN 33Hz 변경 → 야간건조 실패(재처리 시간부족으로 인한 연소로 막힘)				
12/17	8:30	시간 측정 무의미. 건조까지 사용한 총 연료량을 보기로 함. (밤새 내려간 물온도를 다시 올림)				
		연료량 8/5, ID FAN 33Hz, 교반속 27Hz, 방열송풍팬 1번, 2번 OPEN				
	15:00	버섯배지 토출(건조 전 버섯배지 총 무게 : 약 1,105kg, 함수율 약 66.5%) 건조 후 버섯배지 총 무게 : 약 310kg(-795kg, 함수율 약 20.7%(-45.8%)) 총 사용한 연료량 : 약 345kg 건조 총 경과시간 : 약 36.5시간(야간건조 시간제외)				

4) 버섯건조기로 2회건조후 결과





구분	1차	2차	비고
건조전무게(kg), 함수율(%)	1005 / 65.6	1105 / 66.5	간이함수율계적용
건조후무게(kg), 함수율(%)	237 / 11.7	345 / 20.7	
건조시간	40시간	36.5시간	
목재펠릿연료소모량	351kg	345kg	

현재단계에서는 목재펠릿 연료를 사용하였으나 향후 혼소보일러에서 폐열 및 온수를 활용하는 방식으로 개선 예정임

5) 400KWth 혼소보일러 연소성능 테스트

<p>목재칩 단독운전 싸일로</p>	<p>그 제어판넬, 유압실린더, 이송스크류, 공기덕트</p>
	
<p>후면감시창, 수동문짝</p>	<p>재처리스크류</p>
	
<p>FD 팬, 공기에열기+원심식 집진기</p>	<p>목재칩, 버섯배지저장조</p>
	

11. 버너 화격자 변경에 따른 연소성능 테스트 및 결과

	기존	개선
버너 그레이트 사진		
화격자 형상		
1차공기 면적	<p>공기홀 크기(w*h(cm)) * 화격자 당 공기홀 수 (6) * 화격자 수량 (30EA) $0.5*1.8*6*30 = 162\text{cm}^2$</p>	<p>공기홀 크기(w*h(cm)) * 화격자 당 공기홀 수 (8) * 화격자 수량 (60EA) $0.5*1.8*8*60 = 432\text{cm}^2$</p>
연소 특성	<p>O₂ : 11~13% 대 CO : 70~300pm 대</p>	<p>O₂ : 8~11% 대 CO : 50~ 150pm 대</p>

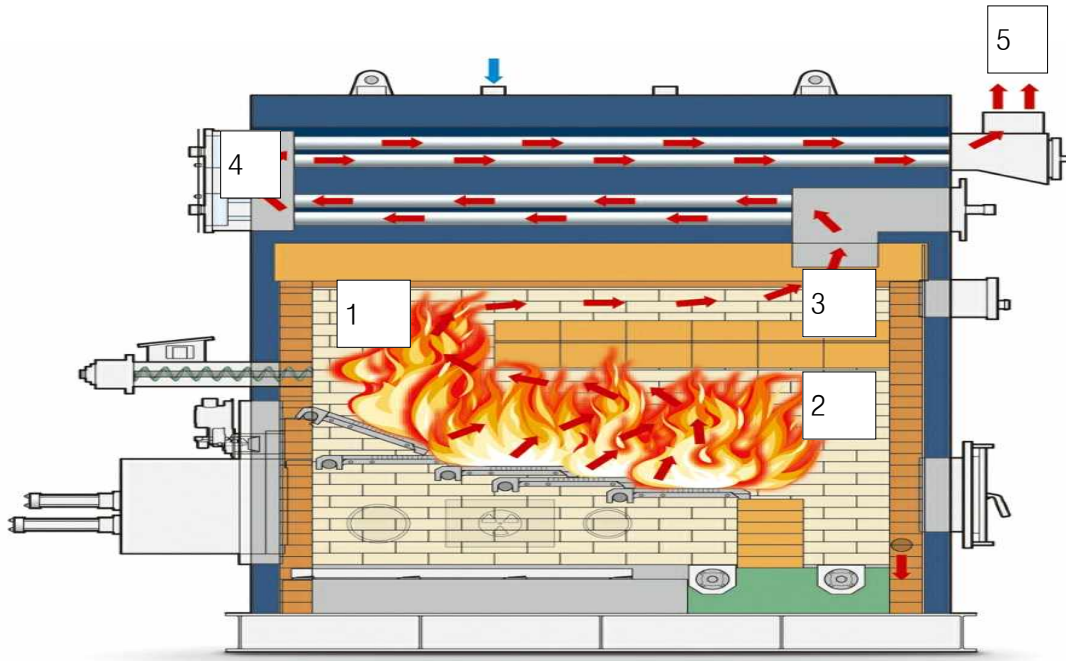
결론 : 개선형 화격자 연소특성이 좀더 안정적 인 결과를 가져옴

12. 우드칩 종류에 따른 연소특성 변화시험

- 연소시간 : 1시간 이상 평균 값임

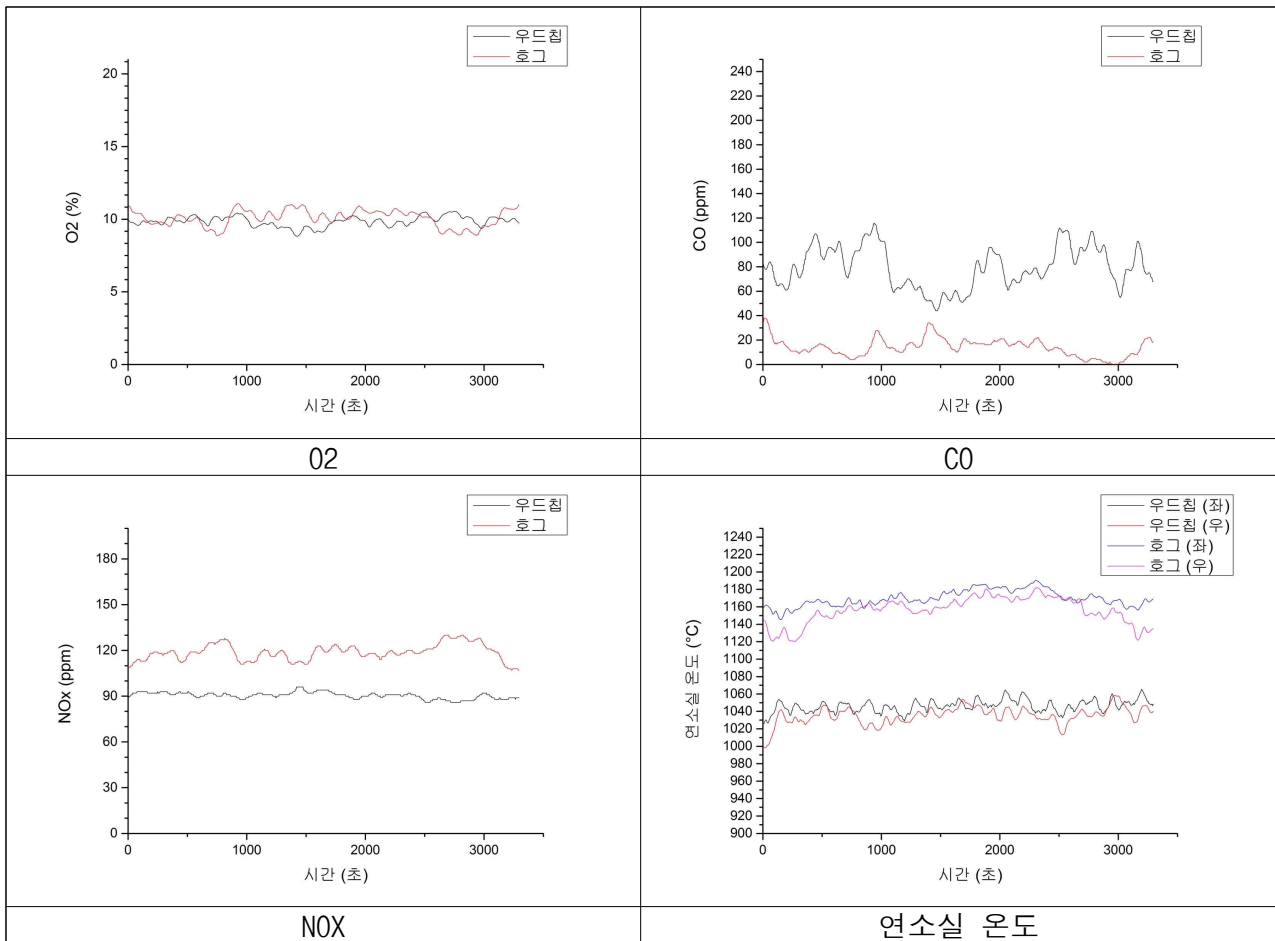
구분		칩형 목재칩	호그
연료사진			
함수율		26.8%	14.9%
저위발열량		3080kcal/kg	3660kcal/kg
연료질소함량		0.3%	0.2%
연소 사진			
연소 특성	O ₂ (%)	9.59	10.47
	CO(ppm)	25	40
	NOX(ppm)	91	123
부위 별온 도타 점 ℃	좌측연소실	1050.8	1143.4
	우측연소실	1056.7	1127.2
	반전연소	718.0	731.2
	연관좌	464.6	474.5
	연관우	432.4	441.9
	배기	268.7	243.2

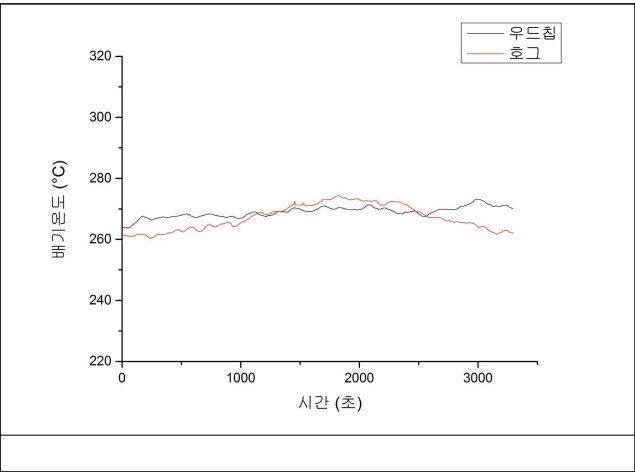
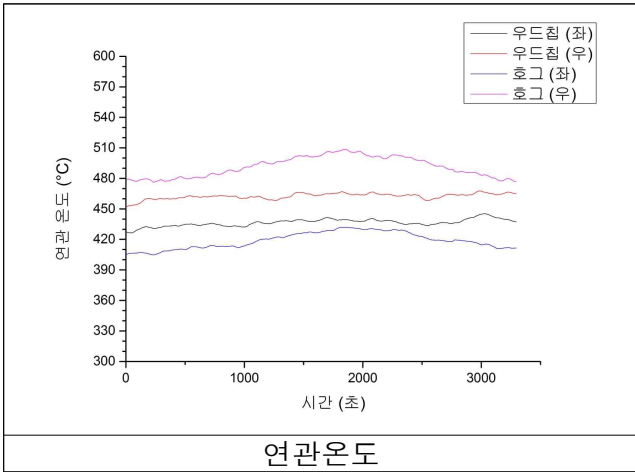
결론 : 함수율이 높은 목재칩과 함수율이 낮은 파쇄칩(호그) 모두 연소성이 양호하였으며, 화염온도가 상대적으로 낮은 목재칩이 NOX 발생이 적게 나옴
질소함유량은 목재칩이 상대적으로 높았음



<온도 타점 부위>

1) 연소가스 및 연소실 온도 그래프





목재칩 공인성적서



REPORT OF ANALYSIS

REPORT NO. : KR201-0019751-2 DATE : Dec. 17, 2021
 RECEIPT NO. : EE21-12-851-2 Page 1 | (1) Pages
 CLIENT : KYUWONTECH. CO., LTD.
 95, Songnaegongdan-gil, Namsan-myeon, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea
 DESCRIPTION OF GOODS : 목재칩
 SOURCE OF SAMPLE : Submitted from KYUWONTECH. CO., LTD.
 DATE OF SAMPLE RECEIPT : Dec. 14, 2021
 LOCATION OF TEST : Permanent Testing Lab On Site Testing
 (Address : 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Uiju-gun, Ulsan, Korea)
 PERIOD OF ANALYSIS : Dec. 14, 2021 ~ Dec. 17, 2021

TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD
Moisture (As received basis)	mass %	26.8	Notification No.2020-219 by Ministry of Environment (10.27.2020.)
Volatile matter (As received basis)	mass %	58.9	
Ash (As received basis)	mass %	0.8	
Carbon (Dry basis)	mass %	49.8	
Hydrogen (Dry basis)	mass %	6.1	
Nitrogen (Dry basis)	mass %	0.3	
Sulfur (Dry basis)	mass %	0.02	
Ash (Dry basis)	mass %	1.1	
Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 480	
Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 080	
Fixed carbon (As received basis)	mass %	13.5	Calculation
Oxygen (Dry basis)	mass %	42.67	

- END OF REPORT -

Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed by Intertek is subject to our standard Terms and Conditions. Intertek's responsibility and liability are limited to the Terms and Conditions which can be obtained at the reverse side of this page or at <http://www.intertek.com/WorkArea/DownloadArea.aspx?ID=2143> for English and <http://www.intertek.com/WorkArea/DownloadArea.aspx?ID=2147> for Korean. This report is made solely on the basis of your instructions and/or information and materials supplied by you and provide no warranty on the tested samples to be true representation of the sample source. The report is not intended to be a recommendation for any particular course of action, you are responsible for acting on you on the basis of the report results. Intertek is under no obligation to refer to or report upon any facts or circumstances which are outside the specific instructions received and assist in responsibility to any parties whatsoever, following the issue of the report, for any matters arising outside the agreed scope of the work. This report does not discharge or release you from your legal obligations and duties to any other parties. You are the only one authorized to permit copying or distribution of this report (and then only in its entirety). Any such third parties to whom this report may be disclosed are on the consent of the report lab or their own risk.

Tested by Deok Woo Kim Technical Manager, Eung Yong Lee

This Report of Analysis is not related to the scope of Korea Laboratory accreditation scheme.

Intertek Kimsco Co., Ltd. Ulsan Testing Center.
 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Uiju-gun, Ulsan, Korea
 Tel +82 52 257 6752, Fax +82 52 276 6792
 www.intertek.com, Email cbakorulsanlab@intertek.com

ITC-QP-Form 17-03 Rev No.00

2019.10.15.



* You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.

호그 공인성적서



REPORT OF ANALYSIS

REPORT NO. : KR201-0019751-1 DATE : Dec. 17, 2021
 RECEIPT NO. : EE21-12-851-1 Page 1 | (1) Pages
 CLIENT : KYUWONTECH. CO., LTD.
 95, Songnaegongdan-gil, Namsan-myeon, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea
 DESCRIPTION OF GOODS : 호그
 SOURCE OF SAMPLE : Submitted from KYUWONTECH. CO., LTD.
 DATE OF SAMPLE RECEIPT : Dec. 14, 2021
 LOCATION OF TEST : Permanent Testing Lab On Site Testing
 (Address : 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Uiju-gun, Ulsan, Korea)
 PERIOD OF ANALYSIS : Dec. 14, 2021 ~ Dec. 17, 2021

TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD
Moisture (As received basis)	mass %	14.9	Notification No.2020-219 by Ministry of Environment (10.27.2020.)
Volatile matter (As received basis)	mass %	68.6	
Ash (As received basis)	mass %	2.1	
Carbon (Dry basis)	mass %	49.1	
Hydrogen (Dry basis)	mass %	6.0	
Nitrogen (Dry basis)	mass %	0.2	
Sulfur (Dry basis)	mass %	0.02	
Ash (Dry basis)	mass %	2.5	
Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	4 030	
Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 660	
Fixed carbon (As received basis)	mass %	14.4	Calculation
Oxygen (Dry basis)	mass %	42.17	

- END OF REPORT -

Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed by Intertek is subject to our standard Terms and Conditions. Intertek's responsibility and liability are limited to the Terms and Conditions which can be obtained at the reverse side of this page or at <http://www.intertek.com/WorkArea/DownloadArea.aspx?ID=2143> for English and <http://www.intertek.com/WorkArea/DownloadArea.aspx?ID=2147> for Korean. This report is made solely on the basis of your instructions and/or information and materials supplied by you and provide no warranty on the tested samples to be true representation of the sample source. The report is not intended to be a recommendation for any particular course of action, you are responsible for acting on you on the basis of the report results. Intertek is under no obligation to refer to or report upon any facts or circumstances which are outside the specific instructions received and assist in responsibility to any parties whatsoever, following the issue of the report, for any matters arising outside the agreed scope of the work. This report does not discharge or release you from your legal obligations and duties to any other parties. You are the only one authorized to permit copying or distribution of this report (and then only in its entirety). Any such third parties to whom this report may be disclosed are on the consent of the report lab or their own risk.

Tested by Deok Woo Kim Technical Manager, Eung Yong Lee

This Report of Analysis is not related to the scope of Korea Laboratory accreditation scheme.

Intertek Kimsco Co., Ltd. Ulsan Testing Center.
 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Uiju-gun, Ulsan, Korea
 Tel +82 52 257 6752, Fax +82 52 276 6792
 www.intertek.com, Email cbakorulsanlab@intertek.com

ITC-QP-Form 17-03 Rev No.00

2019.10.15.

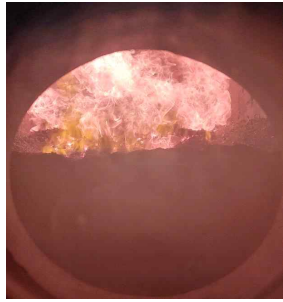





* You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.

13. 연료 공급량 변화에 따른 연소특성

- 목재칩 ,함수율 30.4%
- 무빙그레이트 1단 : 5초가동/5초정지
2단 : 5초가동/20 초정지
- 2차공기팬 가동







연료 변화량	소모량	FD	ID	연 소 특 성				
				o2 (%)	co (ppm)	nox (ppm)	연소실 온도(℃)	연소사진
100% (3/20)	200 kg/h	2500	5000	9.22~9. 60	47~60	47~60	998.4 ~1002.4	
70% (3/29)	138 kg/h	2200	4800	12.00 ~12.28	109 ~118	77	893.3 ~924.7	
50% (3/36)	102 kg/h	1510	3800	13.82 ~14.22	149 ~176	66	821.5 ~891.1	
30% (3/45)	66 kg/h	1002	3200	13.86 ~14.28	216 ~235	59	726.1 ~803	

* 결론 : 목재칩연료는 사이즈가 작고 영김현상이 없어서 같은스크류공급시간에 공급량이 많음, 함수율이 높아서 상대적으로 연소성이 떨어지나, 50%이내에서는 연소성이 우수함.
연소실 온도 1000도정도이며, 상대적 낮은 연소실 온도와 목부가 많아서 NOx값이 적음.

14. 연료 공급량 변화에 따른 연소특성







- 호그연료 사용함수율 : 23.1%
- 무빙그레이트 1단 : 5초가동/5초정지
2단 : 5초가동/20초정지
- 2차공기팬 가동








연료 변화량	소모량	FD	ID	연소특성				
				o2 (%)	co (ppm)	nox (ppm)	연소실 온도(℃)	연소사진
100% (4/8)	162 kg/h	1200	4300	9.85 ~10.96	13 ~35	116~ 119	1103.2	
70% (4/11)	109 kg/h	1000	3700	10.85 ~11.23	41 ~83	104 ~106	967.3	
50% (4/15)	84 kg/h	900	3000	11.43 ~12.95	67 ~95	93 ~101	902.7	
30% (4/18)	48 kg/h	600	1800	11.42 ~12.06	11 ~15	157 ~171	831.2	

* 결론 : 호그연료는 사이즈가 크고 엉킴현상으로 같은 스크류공급시간에 공급량이 적으며, 함수율이 적어서 연소성이 우수함, 연소실 온도 1100도이상 상승함.
연료량에 따른 연소성은 공기량 제어를 통해 연소특성이 200ppm 이하로 아주 양호

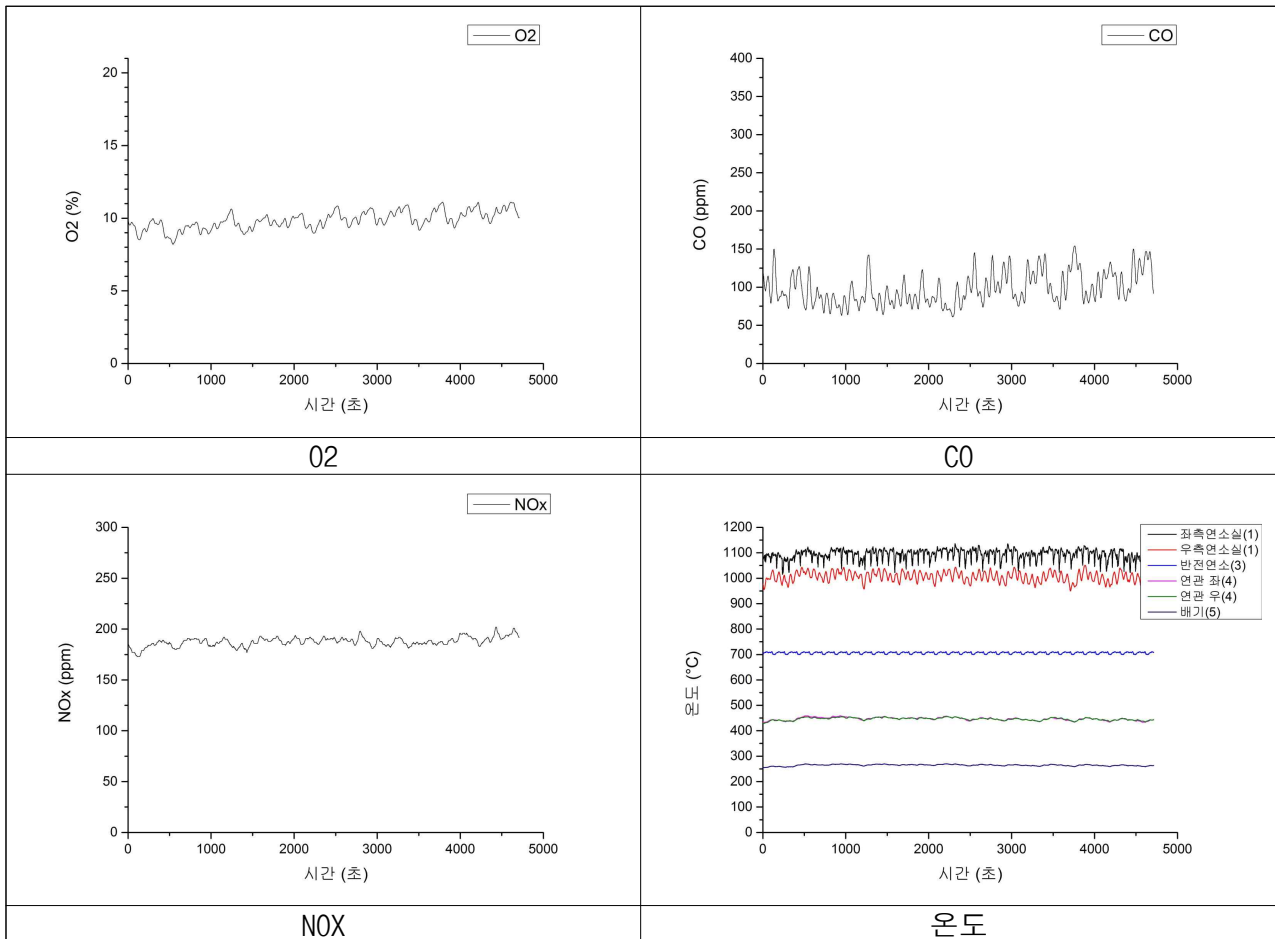
15. 우드칩 + 버섯배지 혼소에 따른 연소특성 변화시험
-1차시험

구분		목재칩	버섯배지	
연료사진				
함수율		30.4%	45.2%	
혼합된 사진		  		
조건		목재칩 70% , 버섯배지 30%		
연소 특성	O ₂ (%)	17.25	연소사진 	
	CO(ppm)	1121		
	NOX(ppm)	31		
부위 별은 도타 접 ℃	좌측연소실	652.3		결론 버섯배지와 목재칩을 일정하게 혼합하기 가 어려우며, 연소상태가 좋지않음 버섯배지 함수율이 높아서 재건조진행함
	우측연소실	623.7		
	반전연소	-		
	연관좌	-		
	연관우	-		
	배기	-		









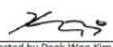





- 2차시험

구분		목재칩	버섯배지
연료사진			
함수율		30.4%	20.7%
설치사진		 <p>버섯배지 공급위치를 최종 투입구 입구단에서 출구단으로 변경하여 목재칩 70%, 버섯배지 30%공급되도록 변경함, 버섯배지는 재건조하여 함수율을 20.7까지 건조함 점화는 목재칩으로 하여, 화염온도 850도 도달이후 버섯배지 투입함</p>	
조건		목재칩 70% +버섯배지 30%	연소사진
연소 특성	O ₂ (%)	9.85	 
	CO(ppm)	98.36	
	NOX(ppm)	187.66	
부위 별온 도타 점 ℃	좌측연소실	1093.07	
	우측연소실	1005.71	
	반전연소	706.49	
	연관좌	446.42	
	연관우	446.00	
	배기	264.49	

- 목재칩 70%, 버섯배지30% 혼소 연소가스 및 연소실 온도 그래프



16. 출력, 효율 자체 테스트

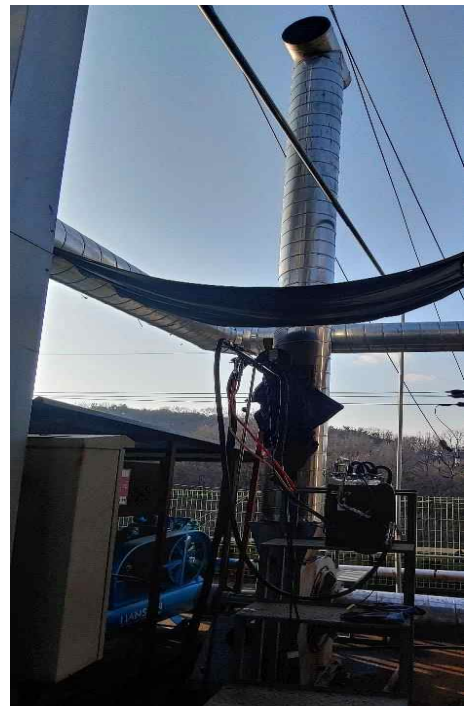
목재칩 공인성적서	버섯배지 공인성적서																																																																																													
 <p>REPORT OF ANALYSIS</p> <p>REPORT NO. : KR201-0019751-2 DATE : Dec. 17, 2021 RECEIPT NO. : EE21-12-851-2 Page(1) / (1) Pages CLIENT : KYUWONTECH. CO., LTD. 95, Songnaegongdan-gil, Namsan-myeon, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea</p> <p>DESCRIPTION OF GOODS : 목재칩 SOURCE OF SAMPLE : Submitted from KYUWONTECH. CO., LTD. DATE OF SAMPLE RECEIPT : Dec. 14, 2021 LOCATION OF TEST : <input checked="" type="checkbox"/> Permanent Testing Lab <input type="checkbox"/> On Site Testing (Address : 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Ulsju-gun, Ulsan, Korea)</p> <p>PERIOD OF ANALYSIS : Dec. 14, 2021 ~ Dec. 17, 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TEST ITEM</th> <th>UNIT</th> <th>TEST RESULT</th> <th>TEST METHOD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moisture (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>26.8</td> <td rowspan="10">Notification No.2020-219 by Ministry of Environment (10.27.2020.)</td> </tr> <tr> <td>Volatile matter (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>58.9</td> </tr> <tr> <td>Ash (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Carbon (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>49.8</td> </tr> <tr> <td>Hydrogen (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>6.1</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Sulfur (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>Ash (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Gross calorific value (As received basis)</td> <td>kcal/kg</td> <td>3 480</td> </tr> <tr> <td>Net calorific value (As received basis)</td> <td>kcal/kg</td> <td>3 080</td> </tr> <tr> <td>Fixed carbon (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>13.5</td> <td rowspan="2">Calculation</td> </tr> <tr> <td>Oxygen (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>42.67</td> </tr> </tbody> </table> <p>- END OF REPORT -</p> <p><small>Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed by Intertek is subject to our standard Terms and Conditions. Intertek's responsibility and liability are limited to the Terms and Conditions which can be obtained at the reverse side of this page or at http://www.intertek.com/Workshop/DownloadDocument.aspx?DocID=1287 for Korea. This report is made only on the basis of the instructions and/or information and materials supplied by you and provide no warranty on the tested materials to any representative of the sample source. The report is not intended to be a recommendation for any particular course of action, you are responsible for acting on any test on the basis of the report results. Intertek is under no obligation to refer to or report upon any facts or circumstances which are outside the specific instructions received and assume no responsibility for any parties whatsoever, following the issue of the report, for any matters arising outside the agreed scope of the work. This report does not discharge or release you from your legal obligations and duties to any other parties. You are the only one authorized to permit copying or distribution of this report (and that only in its entirety). Any such third parties to whom this report may be considered only on the content of the report only on their own risk.</small></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  Tested by Deok Woo Kim </div> <div style="text-align: center;">   Technical Manager, Eung Yong Lee </div> </div> <p>This Report of Analysis is not related to the scope of Korea Laboratory accreditation scheme.</p> <p>Intertek Kimsco Co., Ltd. Ulsan Testing Center. 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Ulsju-gun, Ulsan, Korea Tel +82 52 257 6752, Fax +82 52 276 6792 www.intertek.com, Email cbakorusanlab@intertek.com</p> <p>ITC-QP-Form 17-03 Rev No.00 2019.10.15.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;">    </div> <p style="text-align: center;">* You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.</p>	TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD	Moisture (As received basis)	mass %	26.8	Notification No.2020-219 by Ministry of Environment (10.27.2020.)	Volatile matter (As received basis)	mass %	58.9	Ash (As received basis)	mass %	0.8	Carbon (Dry basis)	mass %	49.8	Hydrogen (Dry basis)	mass %	6.1	Nitrogen (Dry basis)	mass %	0.3	Sulfur (Dry basis)	mass %	0.02	Ash (Dry basis)	mass %	1.1	Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 480	Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 080	Fixed carbon (As received basis)	mass %	13.5	Calculation	Oxygen (Dry basis)	mass %	42.67	 <p>REPORT OF ANALYSIS</p> <p>REPORT NO. : KR201-00197338 DATE : Oct. 13, 2021 RECEIPT NO. : EE21-10-668 Page(1) / (1) Pages CLIENT : KYUWONTECH. CO., LTD. 95, Songnaegongdan-gil, Namsan-myeon, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Korea</p> <p>DESCRIPTION OF GOODS : 목산농산-버섯배지 SOURCE OF SAMPLE : Submitted from KYUWONTECH. CO., LTD. DATE OF SAMPLE RECEIPT : Oct. 07, 2021 LOCATION OF TEST : <input checked="" type="checkbox"/> Permanent Testing Lab <input type="checkbox"/> On Site Testing (Address : 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Ulsju-gun, Ulsan, Korea)</p> <p>PERIOD OF ANALYSIS : Oct. 07, 2021 ~ Oct. 13, 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TEST ITEM</th> <th>UNIT</th> <th>TEST RESULT</th> <th>TEST METHOD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moisture (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>17.0</td> <td>ISO 18134-2:2017</td> </tr> <tr> <td>Volatile matter (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>59.7</td> <td>ISO 18123:2015</td> </tr> <tr> <td>Ash (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>14.8</td> <td>ISO 18122:2015</td> </tr> <tr> <td>Fixed carbon (As received basis)</td> <td>mass %</td> <td>8.5</td> <td>Calculation</td> </tr> <tr> <td>Carbon (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>38.2</td> <td>ISO 16948:2015</td> </tr> <tr> <td>Hydrogen (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>5.2</td> <td>Calculation</td> </tr> <tr> <td>Oxygen (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>56.01</td> <td>Calculation</td> </tr> <tr> <td>Nitrogen (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>2.6</td> <td>ISO 16948:2015</td> </tr> <tr> <td>Sulfur (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>0.21</td> <td>ISO 16994:2016</td> </tr> <tr> <td>Ash (Dry basis)</td> <td>mass %</td> <td>17.8</td> <td>ISO 18122:2015</td> </tr> <tr> <td>Gross calorific value (As received basis)</td> <td>kcal/kg</td> <td>2 989</td> <td rowspan="2">ISO 18125:2017</td> </tr> <tr> <td>Net calorific value (As received basis)</td> <td>kcal/kg</td> <td>2 664</td> </tr> </tbody> </table> <p>- END OF REPORT -</p> <p><small>Except where explicitly agreed in writing, all work and services performed by Intertek is subject to our standard Terms and Conditions. Intertek's responsibility and liability are limited to the Terms and Conditions which can be obtained at the reverse side of this page or at http://www.intertek.com/Workshop/DownloadDocument.aspx?DocID=1287 for Korea. This report is made only on the basis of the instructions and/or information and materials supplied by you and provide no warranty on the tested materials to any representative of the sample source. The report is not intended to be a recommendation for any particular course of action, you are responsible for acting on any test on the basis of the report results. Intertek is under no obligation to refer to or report upon any facts or circumstances which are outside the specific instructions received and assume no responsibility for any parties whatsoever, following the issue of the report, for any matters arising outside the agreed scope of the work. This report does not discharge or release you from your legal obligations and duties to any other parties. You are the only one authorized to permit copying or distribution of this report (and that only in its entirety). Any such third parties to whom this report may be considered only on the content of the report only on their own risk.</small></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  Tested by Deok Woo Kim </div> <div style="text-align: center;">   Technical Manager, Eung Yong Lee </div> </div> <p>This Report of Analysis is not related to the scope of Korea Laboratory accreditation scheme.</p> <p>Intertek Kimsco Co., Ltd. Ulsan Testing Center. 34, Yongam-gil, Chongryang-eup, Ulsju-gun, Ulsan, Korea Tel +82 52 257 6752, Fax +82 52 276 6792 www.intertek.com, Email cbakorusanlab@intertek.com</p> <p>ITC-QP-Form 17-03 Rev No.00 2019.10.15.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;">    </div> <p style="text-align: center;">* You can verify the forgery and authenticity by the barcode at the end of this document.</p>	TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD	Moisture (As received basis)	mass %	17.0	ISO 18134-2:2017	Volatile matter (As received basis)	mass %	59.7	ISO 18123:2015	Ash (As received basis)	mass %	14.8	ISO 18122:2015	Fixed carbon (As received basis)	mass %	8.5	Calculation	Carbon (Dry basis)	mass %	38.2	ISO 16948:2015	Hydrogen (Dry basis)	mass %	5.2	Calculation	Oxygen (Dry basis)	mass %	56.01	Calculation	Nitrogen (Dry basis)	mass %	2.6	ISO 16948:2015	Sulfur (Dry basis)	mass %	0.21	ISO 16994:2016	Ash (Dry basis)	mass %	17.8	ISO 18122:2015	Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	2 989	ISO 18125:2017	Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	2 664
TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD																																																																																											
Moisture (As received basis)	mass %	26.8	Notification No.2020-219 by Ministry of Environment (10.27.2020.)																																																																																											
Volatile matter (As received basis)	mass %	58.9																																																																																												
Ash (As received basis)	mass %	0.8																																																																																												
Carbon (Dry basis)	mass %	49.8																																																																																												
Hydrogen (Dry basis)	mass %	6.1																																																																																												
Nitrogen (Dry basis)	mass %	0.3																																																																																												
Sulfur (Dry basis)	mass %	0.02																																																																																												
Ash (Dry basis)	mass %	1.1																																																																																												
Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 480																																																																																												
Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	3 080																																																																																												
Fixed carbon (As received basis)	mass %	13.5	Calculation																																																																																											
Oxygen (Dry basis)	mass %	42.67																																																																																												
TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD																																																																																											
Moisture (As received basis)	mass %	17.0	ISO 18134-2:2017																																																																																											
Volatile matter (As received basis)	mass %	59.7	ISO 18123:2015																																																																																											
Ash (As received basis)	mass %	14.8	ISO 18122:2015																																																																																											
Fixed carbon (As received basis)	mass %	8.5	Calculation																																																																																											
Carbon (Dry basis)	mass %	38.2	ISO 16948:2015																																																																																											
Hydrogen (Dry basis)	mass %	5.2	Calculation																																																																																											
Oxygen (Dry basis)	mass %	56.01	Calculation																																																																																											
Nitrogen (Dry basis)	mass %	2.6	ISO 16948:2015																																																																																											
Sulfur (Dry basis)	mass %	0.21	ISO 16994:2016																																																																																											
Ash (Dry basis)	mass %	17.8	ISO 18122:2015																																																																																											
Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	2 989	ISO 18125:2017																																																																																											
Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	2 664																																																																																												

구분	효율 시험결과	구분	효율 시험결과
목재칩 저위발열량(kcal/kg)	3,080	버섯배지 저위발열량(kcal/kg)	2,664
목재칩 연료소모량(kg/h)	102	버섯배지 연료소모량(kg/h)	51
환수온도 /출탕온도(℃)	50.45/75.79	순환유량(kg/h)	15300
출력(KW)	421.7kW (387,702kcal/h)	효율(%)	86.15

유량계+ 열교환기+펌프



대기 테스트



18. 목재칩 전소시 배기가스 먼지, 질소산화물 공인테스트 분석결과

1차 측정				2차 측정																																			
<p>[별지 제21호서식]</p> <p style="text-align: center;">대 기 측 정 기 록 부</p> <table border="1"> <tr> <td>① 상 호 (기관명)</td> <td>(주)규원테크</td> <td>② 시 설 별</td> <td>고형연료제품사용시설</td> </tr> <tr> <td>소 재 지 (주 소)</td> <td>경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95</td> <td>종 별</td> <td>중</td> </tr> <tr> <td>대 표 자 (의뢰인)</td> <td>김규원</td> <td>주생산품</td> <td>연구개발</td> </tr> <tr> <td>환 경 기 술 인</td> <td>정만수</td> <td>③ 일 반 환 경</td> <td></td> </tr> </table> <p>③ 측 정 용 도 : 품질관리용</p> <p>④ 의뢰내용 : 대상의 명칭 (측정지점) : 바이오매스 사용시설 - 1차측정 원심력집진시설 40 m³/분 의뢰항목 : 먼지, 일산화탄소, 질소산화물</p> <p>④ 시료채취 : 현장 기상 : 기온 13.8 ℃ 습도 42.0 % 기압 1020.2 mb 풍향 동 풍속 3.5 m/s 배출가스 : 배출가스유량 22.9 S^m/분 산소농도 13.97 % 기타</p> <p>⑤ 측정분석결과 : 채취자의견 : 서류채취번호 1215-E1 채취일시 : 2021년 12월 15일 시료채취자 이종욱 외1명 이종욱 측정항목 : 연구개발 과제기준 측정분석값 측정시간 (환경일에 한함) 측정분석방법 (기기명) 비교 먼지 : 40 (12) mg/S^m 57.9 해당없음 반자동식측정법 (KXC 572-O STACK SAMPLER) 일산화탄소 : 200 ppm 21.7 해당없음 전기화학식법 (Optima 7) 질소산화물 : 100 (12) ppm 69.1 해당없음 전기화학식법 (Optima 7)</p> <p>분석기간 : 12월 15일 ~ 12월 16일 분석책임자 김명주 (인)</p> <p>⑥ 종합의견 : 연구개발 기준에 부적합 함.</p> <p style="text-align: center;">위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다. 2021년 12월 16일</p> <p>상 호 : 건 일 환 경 기 술 소 재 지 : 경남 양산시 교향의봄1길 18 (신기동) 연 락 처 : Tel. 055-388-2778 Fax. 055-389-2779 대 표 자 성 명 : 이 종 욱 (서명 또는 인)</p> <p>※ 의뢰사항과 관련이 없는 난의 경우 "해당 없음" 으로 기재됩니다. GI-QP-21-02 Rev.01</p>				① 상 호 (기관명)	(주)규원테크	② 시 설 별	고형연료제품사용시설	소 재 지 (주 소)	경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95	종 별	중	대 표 자 (의뢰인)	김규원	주생산품	연구개발	환 경 기 술 인	정만수	③ 일 반 환 경		<p>[별지 제21호서식]</p> <p style="text-align: center;">대 기 측 정 기 록 부</p> <table border="1"> <tr> <td>① 상 호 (기관명)</td> <td>(주)규원테크</td> <td>② 시 설 별</td> <td>고형연료제품사용시설</td> </tr> <tr> <td>소 재 지 (주 소)</td> <td>경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95</td> <td>종 별</td> <td>중</td> </tr> <tr> <td>대 표 자 (의뢰인)</td> <td>김규원</td> <td>주생산품</td> <td>연구개발</td> </tr> <tr> <td>환 경 기 술 인</td> <td>정만수</td> <td>③ 일 반 환 경</td> <td></td> </tr> </table> <p>③ 측 정 용 도 : 품질관리용</p> <p>④ 의뢰내용 : 대상의 명칭 (측정지점) : 바이오매스 사용시설 - 2차측정 원심력집진시설 40 m³/분 의뢰항목 : 먼지, 일산화탄소, 질소산화물</p> <p>④ 시료채취 : 현장 기상 : 기온 14.3 ℃ 습도 44.0 % 기압 1020.6 mb 풍향 동 풍속 3.1 m/s 배출가스 : 배출가스유량 21.9 S^m/분 산소농도 14.17 % 기타</p> <p>⑤ 측정분석결과 : 채취자의견 : 서류채취번호 1215-E2 채취일시 : 2021년 12월 15일 시료채취자 이종욱 외1명 이종욱 측정항목 : 연구개발 과제기준 측정분석값 측정시간 (환경일에 한함) 측정분석방법 (기기명) 비교 먼지 : 40 (12) mg/S^m 59.7 해당없음 반자동식측정법 (KXC 572-O STACK SAMPLER) 일산화탄소 : 200 ppm 30.0 해당없음 전기화학식법 (Optima 7) 질소산화물 : 100 (12) ppm 66.0 해당없음 전기화학식법 (Optima 7)</p> <p>분석기간 : 12월 15일 ~ 12월 16일 분석책임자 김명주 (인)</p> <p>⑥ 종합의견 : 연구개발 기준에 부적합 함.</p> <p style="text-align: center;">위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다. 2021년 12월 16일</p> <p>상 호 : 건 일 환 경 기 술 소 재 지 : 경남 양산시 교향의봄1길 18 (신기동) 연 락 처 : Tel. 055-388-2778 Fax. 055-389-2779 대 표 자 성 명 : 이 종 욱 (서명 또는 인)</p> <p>※ 의뢰사항과 관련이 없는 난의 경우 "해당 없음" 으로 기재됩니다. GI-QP-21-02 Rev.01</p>				① 상 호 (기관명)	(주)규원테크	② 시 설 별	고형연료제품사용시설	소 재 지 (주 소)	경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95	종 별	중	대 표 자 (의뢰인)	김규원	주생산품	연구개발	환 경 기 술 인	정만수	③ 일 반 환 경	
① 상 호 (기관명)	(주)규원테크	② 시 설 별	고형연료제품사용시설																																				
소 재 지 (주 소)	경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95	종 별	중																																				
대 표 자 (의뢰인)	김규원	주생산품	연구개발																																				
환 경 기 술 인	정만수	③ 일 반 환 경																																					
① 상 호 (기관명)	(주)규원테크	② 시 설 별	고형연료제품사용시설																																				
소 재 지 (주 소)	경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95	종 별	중																																				
대 표 자 (의뢰인)	김규원	주생산품	연구개발																																				
환 경 기 술 인	정만수	③ 일 반 환 경																																					
먼지	57.9(12)	먼지	59.7(12)																																				
일산화탄소	21.7	일산화탄소	30.0																																				
질소산화물	69.1(12)	질소산화물	66.0(12)																																				
먼지평균	58.8	일산화탄소 평균	25.85	질소산화물 평균	67.55																																		

- 목재칩 전소시 연소 및 질소산화물은 안정된 목표치를 달성하였으나 먼지의 경우 목표치를 초과함.2차년도에는 목재칩과 버섯배지 혼소를 통해 공인시험 예정이며 설계된 백필터를 활용하여 비교 시험 예정임

[공동연구개발기관1(한국에너지기술연구원)]

산소센서는 보통 자동차 배기 매니폴드에 장착되어 있음. 이는 연소된 배기가스 내의 산소 농도와 대기중 산소 농도차로부터 비교를 통해 공연비 제어를 하도록 돕는 센서임. 비교한 값을 엔진 ECU가 판단해 연료 분사시간을 제어하는 원리임.

산소 센서는 리니어 램다 센서와 바이너리 지르코니아 센서 두가지로 나뉘어져 있음. 바이너리 센서는 Narrow Band, 리니어 센서는 Wide Band센서로 불림. 바이너리 센서는 파형의 출력 곡선이 사인 그래프의 형태로 나타나고 좁은 범위의 공연비 상태를 확인 가능함.

지르코니아란 산소차이에 의해 기전력을 발생시키는 물질임. 배기 매니폴드 안에는 삼원 촉매가 있음. 이 앞단과 뒷단 즉, 환원 된 연소가스 내의 산소농도의 차이로 기전력을 발생시키는 원리를 이용함. 기전력을 분석해 농후 상태인지 희박한 상태인지 인식하며 농후하다면 가솔린 분사를 줄이고, 희박이면 가솔린 분사를 늘리면서 이론 공연비에 다가가도록 도움.

지르코니아 센서의 단점은 급격하게 출력이 변화하는 특성 때문에 공연비 검출하는데 한계가 있음. 이를 보완할 수 있는 센서가 리니어 산소센서임. 이는 전류 흐름의 반대로 산소 이온이 이동하는 원리를 접목해 만든 센서임. 차종에 따라 촉매전단에 리니어 타입이 들어가고 촉매후단에 바이너리 타입이 들어가기도 하고 촉매전단에도 바이너리 타입을 사용 촉매후단에도 바이너리 타입을 사용하기도 함.

리니어 산소센서를 개발하게 된 계기는 엔진의 발전 속도에 맞추어 이론공연비를 떠나 넓은 공연비 폭에서 공연비 보정과 학습을 하도록 개선한 것임.

실험 진행을 위해 Narrow Band 램다 센서로써 총 세 가지의 센서를 선정함. FKK, DENSO, HELLA 센서이며, Output Signal이 나오지 않거나, 제조사에서 데이터를 제공하지 않는 센서는 선정에서 제외함.



그림 108 FKK, DENSO, HELLA 램다 센서

해당 램다 센서들은 각 공급사에서 제공하는 매뉴얼 상의 데이터를 통하여 전원 공급 및 Signal 연결을 진행함.

Universal lambda colour wire index:			
A	Signal (Black)		Heater +
B	Ground (Grey)		Heater -
C	Heater (White)		Sensor +
D	Heater (White)		Sensor -

그림 32 DENS0, HELLA 람다 센서 전원 공급 및 Output Signal 연결도

해당 람다 센서들을 20,000kcal/h 용량의 가정용 LNG 보일러에 설치하여 기본적인 데이터 정보를 취득하였음. 또한 내구성 확인을 위한 실험을 진행하였음.



그림 111 람다 센서 가정용 보일러 설치 및 내구성 실험

센서 회사에서 제공하는 데이터와 실측 데이터를 비교하기 위해, 람다 센서들의 Output Signal은 GL840 장비를 통하여 데이터를 기록하였음. 또한 TEST0 350 장비를 통하여 실제 O₂ 퍼센티지와 비교 실험을 진행하였음.

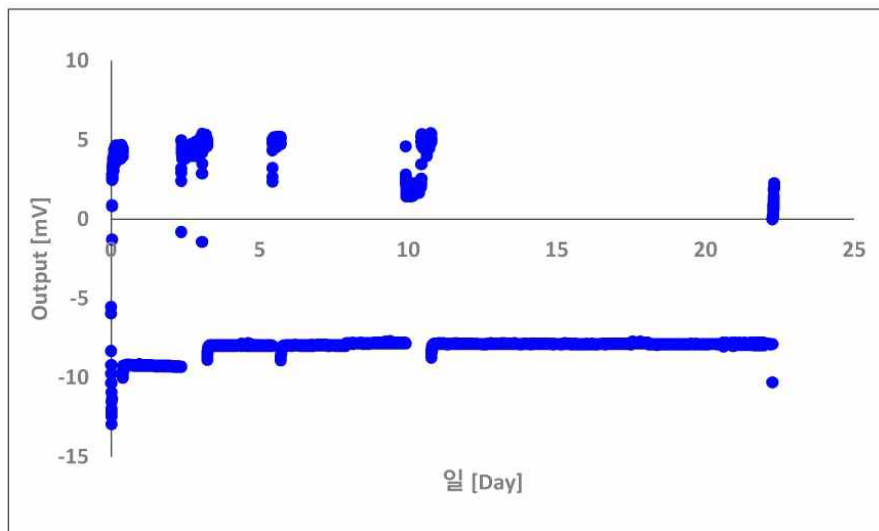


그림 112 람다 센서 내구성 실험 데이터

총 22일 동안 실험 장비에서 데이터를 취득 하였으며, 보일러를 가동하지 않은 날이 더 많았지만, 보일러가 가동하여 Output Signal이 4mV 이상인 데이터와 TEST0 장비상의 O₂ 를 비교하였음.

실험 첫 날과 마지막 날의 Output Signal과의 비교도 진행하였음.

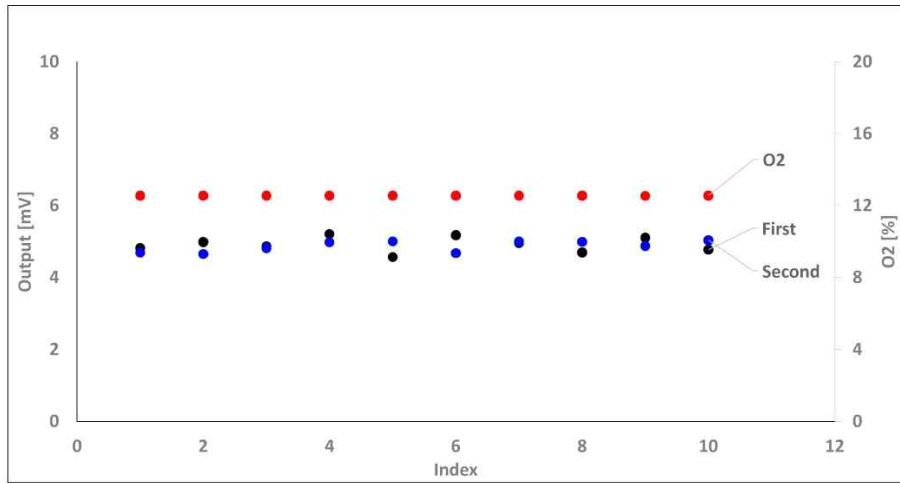


그림 113 TESTO-Lambda Sensor 간 비교

측정 결과로써 TESTO O₂ 데이터를 측정하였으며, 초반 시작시의 람다 센서와 후반 마지막 측정된 람다 센서 Signal 데이터를 비교 하였음. 그래프 상에서 보는 것과 같이 TESTO O₂ 데이터는 매우 일정하게 나오는 것을 확인하였음. 또한 람다 센서 Signal 일정하게 나오는 것을 확인하였음. 한달 동안, 그리고 간헐적인 작동으로는 람다 센서의 내구성의 변화는 거의 없음을 확인하였음. 해당 내용은 조금 더 긴 시간의 측정 기간이 수반되어야 할 것으로 보임.



그림 114 보일러 제어 시스템 확인 산림과학원 우드칩 보일러

산업용 우드칩 보일러 현장에서 보일러 제어를 어떻게 하고 있는지 확인을 하기 위해 산림과학원을 방문하여 보일러 제어 시스템을 확인하였음. 보일러 제어부와 송풍기 및 배풍기의 제어 방법을 확인하였으며, 해당 과제에서 필요한 제어 부분의 내용 자문을 구하였음.

구매한 세 가지의 센서 중에서 FKK 람다 센서를 중심으로 제어 로직 설계를 진행 하였음. FKK 람다 센서의 연결도 및 Signal 결선도는 그림과 같으며, O₂ %에 따른 데이터 Sheet는 그림과 같음.

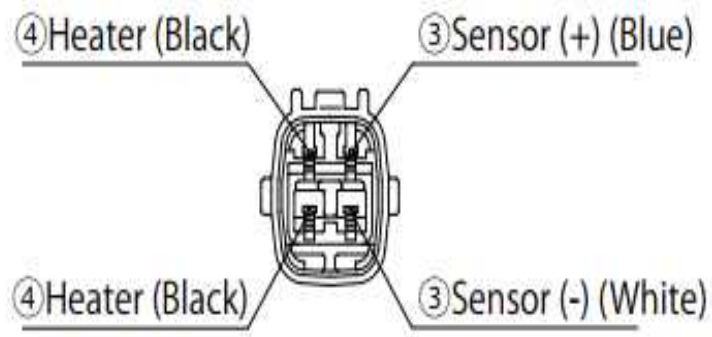


그림 115 FKK 람다 센서 전원 공급 및 Output Signal 연결도

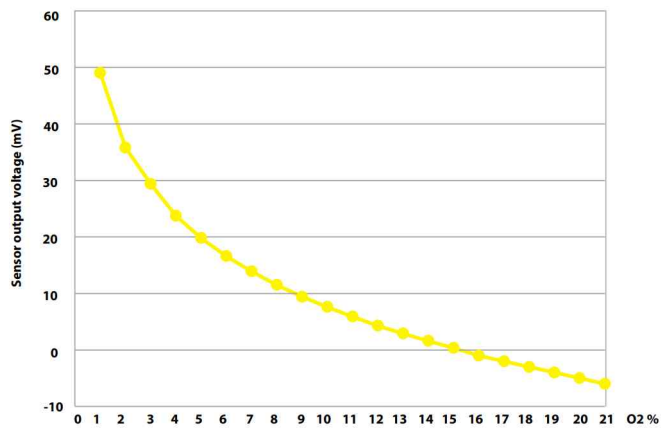


그림 116 FKK 람다 센서 O₂ 퍼센티지에 따른 Output Signal (mV)

일반적으로 LNG가 아닌 목재 연료를 사용하는 보일러에서 연소가 잘 되는 조건에서의 O₂ % 를 기준으로 제어 관련 설계를 진행하고자 하였음.

우선적으로 람다 센서가 아닌 비교적 컨트롤하기 쉬운 K-type 센서를 제어기에 연결함. K-type 센서의 mV 신호를 제어기로 받아서 인버터를 통해 송풍기로의 출력을 조절함. 해당 장비간의 연결은 그림 과 같음.



그림 117 제어기-센서-송풍기 간 연결

제어 장비간 연결 작업 후 실제 제어 작동 확인을 위하여 실험을 진행함.



그림 33 제어기-인버터 간 출력 실험1

그림 과 같이, 현재 온도 16°C 기준으로 목표 온도 값을 40°C 로 셋팅해 놓았을 때, 인버터가 40Hz로 동작하는 것을 확인하였으며, 이때의 출력 %는 73.6% 인것을 확인함.



그림 34 제어기-인버터 간 출력 실험2

또한 온도 Calibrator를 통해 가온을 시켜 현재 온도를 40°C 상황으로 만들어 주었을 때, 인버터는 22.5Hz로 낮춰져서 동작되는 것을 확인하였음. 일반적으로 보일러에서는 가동 중일 때 송풍기 혹은 배풍기가 꺼져 있어서는 안되기 때문에 출력 최소값을 설정해 주었기 때문에 일정 Hz 이상으로 내려가지 않는 조건이 만들어졌음을 확인하였음.

협대역이 아닌 광대역의 Wide Band 램다 센서로도 실험을 진행 하고자 하였음. Wide Band 램다 센서의 경우 Narrow Band 램다 센서보다 제어 가능 영역이 더 넓으며, Output Signal 자체도 더 mV가 아닌 Voltage 신호이기 때문에 노이즈 등의 문제가 덜함.

단점으로는 개별적인 제어기가 추가가 되어야 하는 점이 있음. 또한, 그림과 같이 제조사에서 구입하여 바로 Signal을 측정 하였을 경우 Voltage가 고정되어 출력되어 나오는 현상이 있었음. 해당 문제는 하나의 제조사의 문제가 아니었음. 제조사를 통해 소프트웨어를 제공 받아 따로 설정해 주어야지만 작동을 하는 문제점이 있었음.

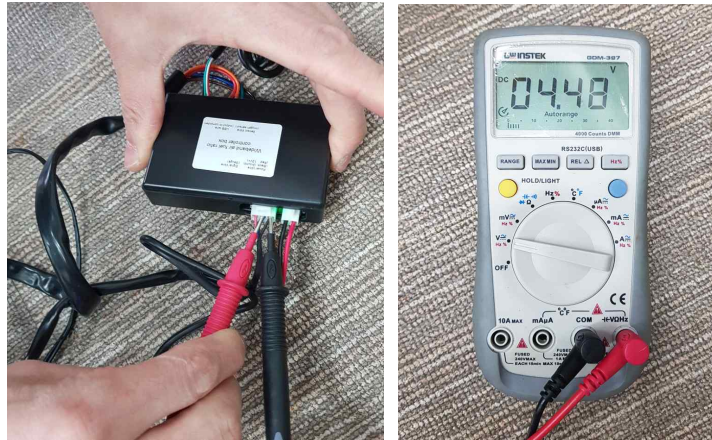


그림 35 Wideband Lambda Sensor Output Signal

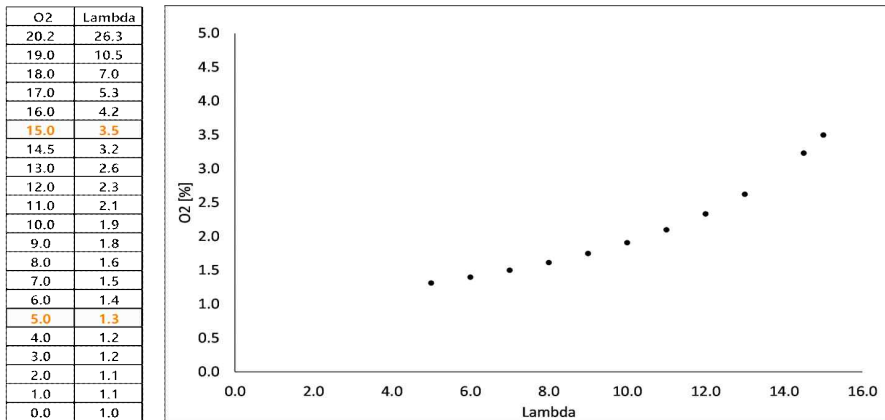


그림 124 Wideband Lambda Sensor Output Voltage for O₂ Percentage

Wide Band 람다 센서의 경우 그림과같이 O₂ 에 따른 람다 값을 따로 설정해 주어야 했으며, 산업용 및 가정용 목재 보일러를 기준으로 연소 제어를 하기 위한 조건으로 O₂ 5%에서 15%까지의 범위를 제어 범위로 설정하였음.



그림 125 가정용 펠릿 보일러

연소 상황에 있어서, 송풍량을 증가시키게 되면, O₂ 값은 연소 상황에 의해서 잠시 감소 되었다가 증가하게 되는데, 이 때문에 O₂ 가 감소 되는 타이밍에 제어가 진행되어서 제어에 문제가 있을 것이라 판단함. 우선적으로 실제로 그러한 현상이 나타나는지 확인하기 위해 그림의 펠릿 보이러 연소 상황에서 송풍량의 인위적인 변화를 통하여 O₂ 값을 측정함.

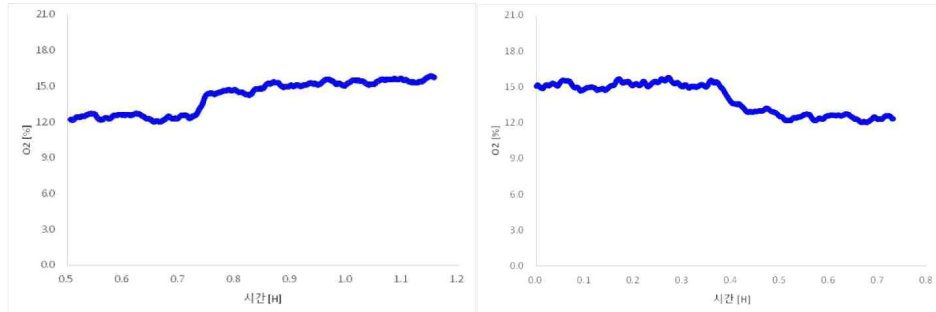


그림 126 송풍량 증가 및 감소에 따른 O₂ 값 변화

측정 결과로 O₂ 값이 송풍량의 변화에 따라서 그대로 증가하거나 감소함을 확인 하였음. 하지만 송풍량이 증가한다고 해서 O₂ 값이 감소했다가 올라가는 경향은 보이지 않았음.

그 이유로서는 TEST0 장비 자체에서 바로 실시간으로 O₂ 값이 측정되는 것이 아니라 평균값을 사용하고, 또한 장비로 들어가기 전 응축수 제거를 위해 체류 공간이 존재 함으로 인해서 그런 현상이 일어났을 것으로 판단함.

실제 펠릿 보이러에서 일반적으로 연소하는 상황에서 제어기를 사용하여 연소하는 동작을 진행함.

그림의 Runtime 35분 전,후로 나누어서 이전에서는 제어기를 사용하지 않은 상황으로, O₂ 값이 평균적으로 12.5%에서 13.5%까지 약 1퍼센트 정도의 차이를 두어 연소가 일어나는 것을 확인하였음.

35분 이후로 제어기를 사용하는 연소에서는 1퍼센트 이하의 차이로 O₂ 값의 변화가 측정됨을 확인하였음. 제어 폭이 더 작아짐을 확인하였으며, 제어 주기도 더 빨라졌음을 확인하였음. 결론적으로 제어기를 사용함이 사용 안했을 때에 비하여 더 정밀한 연소가 가능함을 확인하였음.

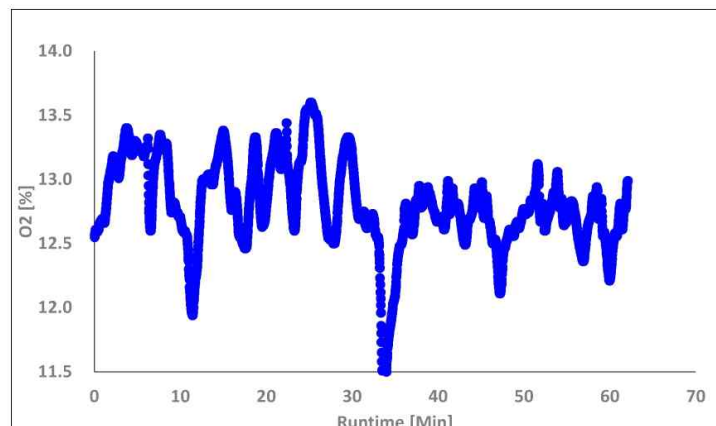


그림 127 제어기 사용 전-후 O₂ 변화

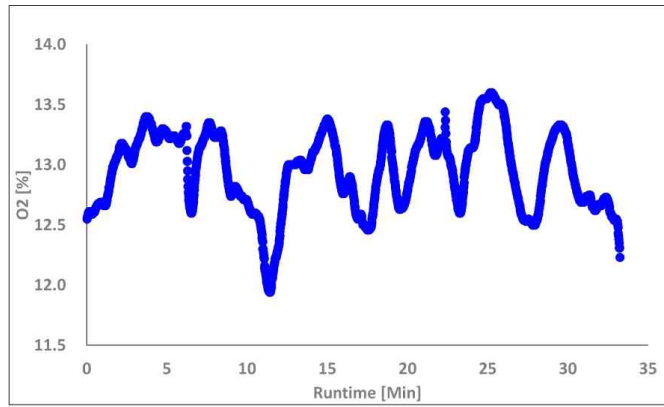


그림 128 제어기 사용 전 O₂ 변화

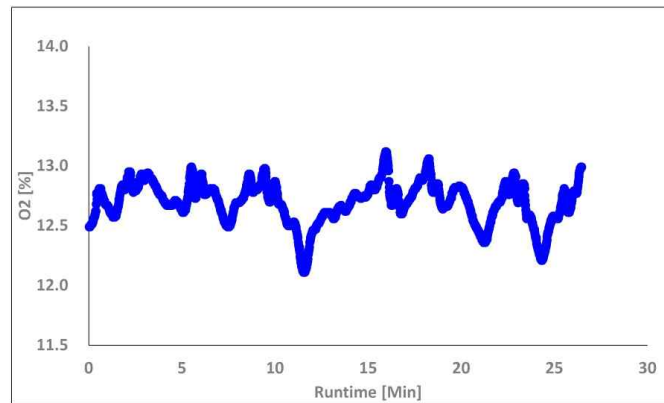


그림 129 제어기 사용 후 O₂ 변화

제어기 사용과 미사용에 대한 성능을 확인한 후에, 실제적으로 연료량이나 송풍량 변화에 따라서 제어가 가능한지를 확인하기 위한 실험을 진행함. 우선적으로 Runtime을 기준으로 0-20분까지는 일반적인 연소 상황을 그래프로 나타냄. 이 때의 펠릿 연료량은 4.26 kg/h로 측정됨. 그리고 연료량의 감소 상황을 만들어 주어서 4.11 kg/h로 연료량 값을 변경 후 O₂ 값을 측정하였을 때, Runtime 20-40분을 기준으로 O₂ 값이 증가함을 확인함. 마지막으로 Runtime 40분 이후로 제어를 통해서 송풍량을 조절하여 처음의 O₂ 값으로 돌아가는 현상을 확인함. 결과적으로 내외부의 환경 변화 때문에 연료량이나 송풍량의 변화가 있을 시, 공기비 제어를 통하여 목적하는 O₂ 값을 유지할 수 있음을 확인함.

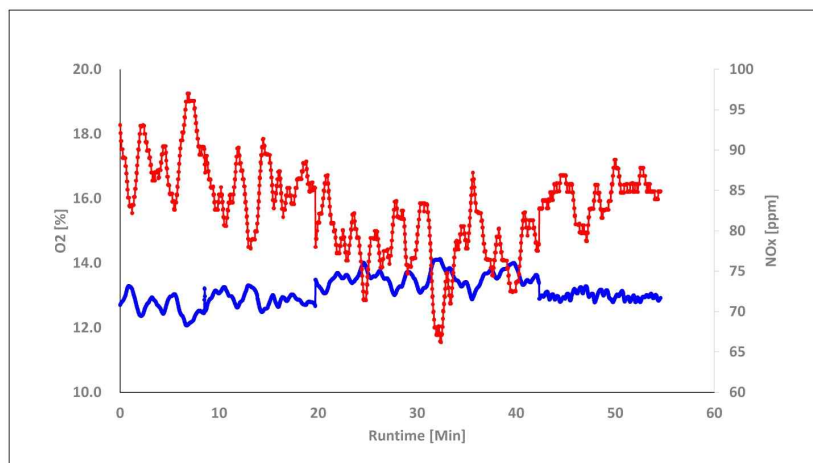


그림 130 연료량 감소 시 O₂ 변화 및 제어기 사용에 따른 효과

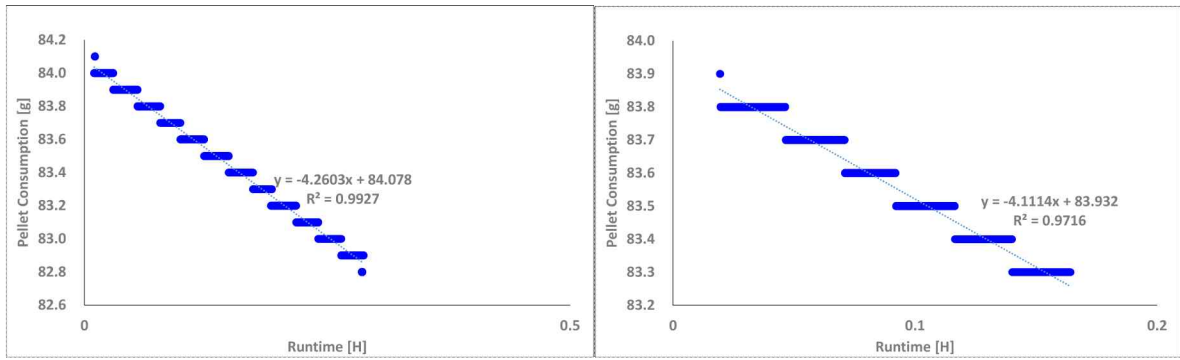


그림 131 목재 펠릿 연료 변화량 (4.26kg/h → 4.11kg/h)



그림 132 우드칩-농업부산물 혼소 보일러

공기비 제어 시험용 우드칩 보일러 제작을 완료 하였으며, 공기비 제어 시스템 및 원격 모니터링 시스템을 적용하여 연소 관련 데이터를 취득 할 예정임.

400kW급농업부산물 혼소 보일러는 연구 주관기관인 (주)규원테크에서 연구내용을 기반으로 하여 설계, 제작하여 실제 농업부산물이 발생하는 공장에 설치할 예정임.



그림 133 실증용 보일러가 설치될 예상 위치

이러한 공장은 개발회사나 연구소에서 멀리 떨어져있고, 공장에 설치될 보일러에 대해 운전 현황을 효과적으로 분석하기 위해서는 보일러 운전에 대한 모니터링을 설치해야 됨. 이러한 보일러 운전 모니터링을 하기 위해서는

1) 보일러 주요 운전 부위에 센서를 선정 및 설치 해야되고, 2) 설치한 센서를 효과적으로 원격 모니터링하기 위한 방법을 도출해야 되며, 3) 이러한 측정 값을 모니터링할 수 있는 프로그램을 개발해야 됨.

- 보일러 운전 모니터링을 위한 센서 선정

보일러 운전 상태를 모니터링하기 위해서는 다음과 같은 센서가 필요할 것이다.

가. 온도센서

: 외기온도, 연소실 온도, 보일러 관수 온도, 보일러 본체 출구 온도, 급수예열기 입 출구 온도(배기가스, 물), 집진기 입출구 온도, 최종 배기가스 출구온도 등

나. 압력센서

: 보일러 본체 압력, 보일러 연소실 압력, 집진기 입출구 압력 등

다. 전력센서(또는 전류센서)

: 보일러 시스템 전체 전력, 각종 전동기 전력(송풍기, 배풍기, 연료 이송) 등

라. 습도센서

: 외기 습도

라. 배기가스 데이터

: 산소센서 출력 등

본 연구에 필요한 센서 등은 1차년도에 선정 및 구매가 되었으며 현장 설치 현황에 따라 구매한 센서들에 대해 수정, 변경할 것임.

위 나열된 센서는 현장 설치 상황에 따라 추가 또는 변경될 수 있으며 보일러 제작시 설치된 센서에서 데이터를 받을 수 있을 것임. 또한 이러한 데이터를 효과적으로 측정 및 저장할 수 있는 데이터 로거를 설치해야됨.

본 연구에서는 아래 그림과 같이 최대 200개 센서 데이터를 측정, 저장할 수 있는 Graphtec사의 GL840을 선정함. GL840은 온도(열전대,PT100등), 전압등의 데이터를 받을 수 있고, 유선 또는 무선으로 데이터를 원격에서 저장할 수 있음. 위에서 나열한 온도 데이터는 모두 측정할 수 있을 것이며, 압력, 전력 및 배기가스 데이터는 전압의 형태로 측정할 수 있을 것임.



GL840 series

Wireless measurement with wireless LAN unit



By connecting to a router, you can easily realize wireless measurement locally or on the Internet. Remote monitoring is also possible.

그림 134 본연구에서 사용할 데이터 로거(GL840, www.graphtec.co.jp)



그림 135 센서 설치 및 데이터 계측 현황 확인

- 보일러 운전 모니터링 프로그램 선정 및 로직 개발

현장에 설치될 보일러에 온습도, 전력, 압력 등 센서를 설치하고 위 데이터 로거에서 데이터를 계측 저장한 후 원격에서 보일러에 설치된 센서에 대한 측정 데이터를 저장, 모니터링 할 수 있는 프로그램을 선정하고 개발하여함.

최근 센서 데이터를 효과적으로 모니터링할 수 있는 방법으로는 1) MQTT(Message Queue Telemetry Transport), 2) cloud서버를 이용한 통신, 3) edge 서버를 이용한 통신 등이 있을 것임.

MQTT 의 경우 낮은 데이터통신 메시지를 통해 통신장비, 모바일 등의 기기에 최적화된 통신 방법으로 MQTT client(데이터 생성하여 브로커에게 송신), MQTT broker(client에 데이터를 수집하여 subscriber에 송신), MQTT subscriber(브로커에게 원하는 데이터를 요청하여 받음)으로 구성되어 있음.



그림 136 MQTT 통신 아키텍처 (www.mqtt.org)

클라우드 서버를 이용한 통신방법으로는 센서기기 제작사에서 공급하고 있는 인터넷 클라우드 또는 대형 클라우드 서버(AWS, 구글클라우드 등)에 계측된 데이터를 송신, 저장하여 클라이언트가 원할 때 데이터를 요청하여 확인할 수 있는 방법임.

이는 초기 설치 비용이 저렴하며 편리하게 데이터 통신, 저장을 할 수 있는 장점이 있지만 지속적인 비용이 발생하며, 서버의 불안정 또는 변경으로 인한 유지보수의 어려움 등이 있음. 옛지 서버를 이용하게 되면 사용자가 원하는 방법으로 데이터 통신 서버의 불안정과 큰 영향없이 측정된 데이터를 효과적으로 수집, 저장할 수 있는 장점이 있지만, 초기에 서버를 구성해야되고 현장에 있는 서버를 주기적으로 유지 보수해야되는 단점이 있음.

본 연구에서는 TCP/IP 통신을 이용하여 연구원에 서버를 설치하여 현장에 설치될 GL840 데이터를 주기적으로 측정, 저장하고 서버에 있는 데이터를 Database 프로그램(MySQL, MariaDB 또는 InfluxDB 등) 사용하여 저장할 예정임.

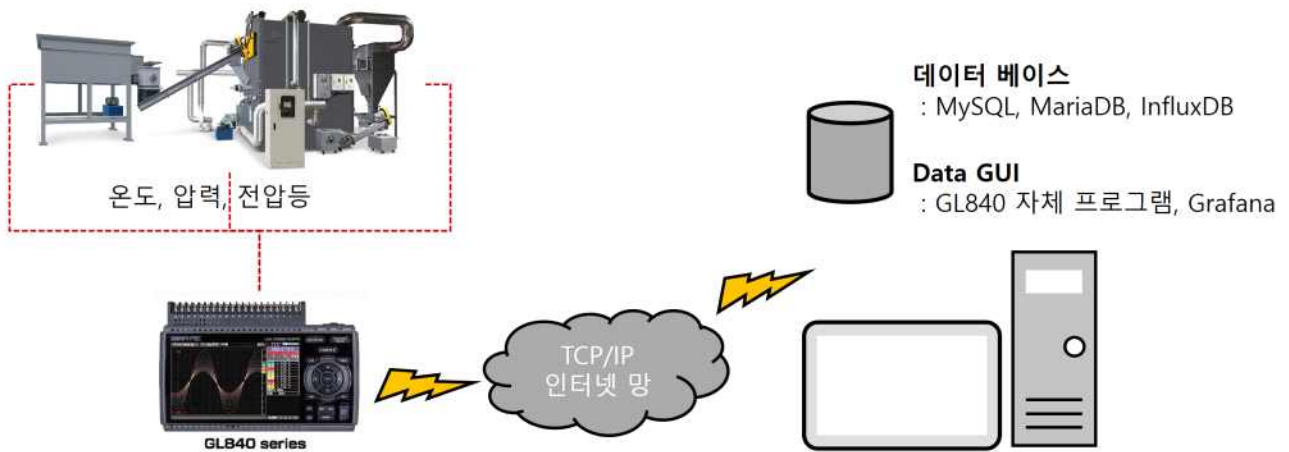


그림 137 현장에 설치될 보일러에 대한 데이터 측정 메카니즘

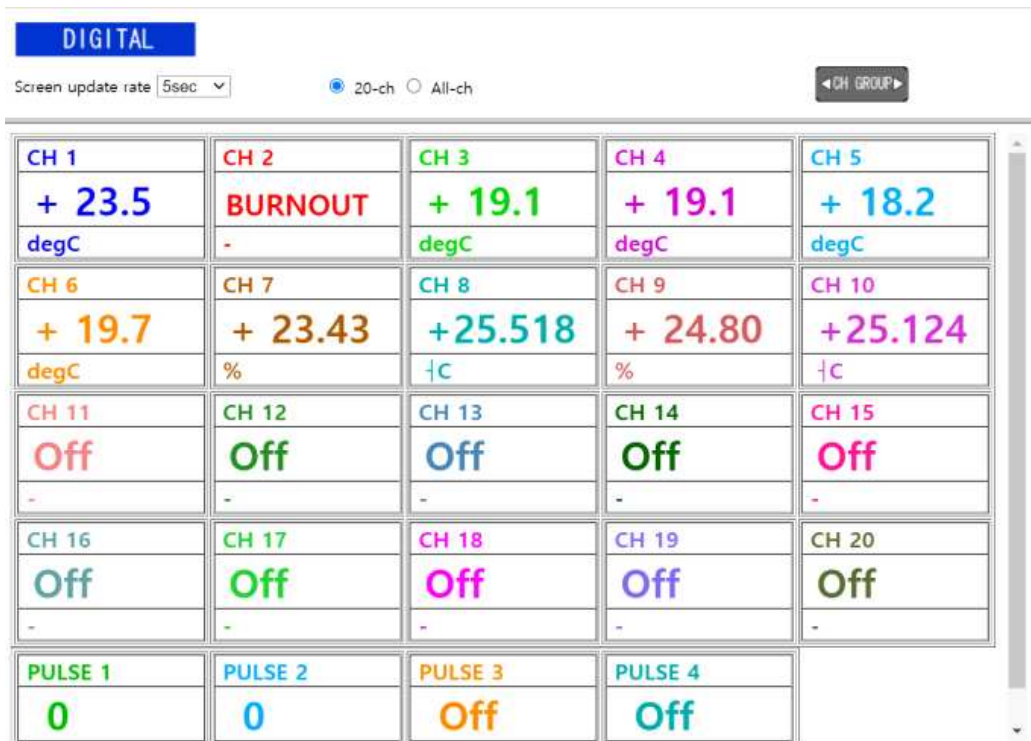
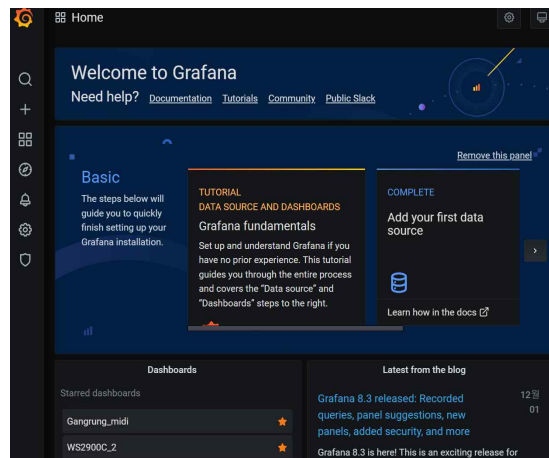


그림 138 TCP/IP 통신을 사용한 데이터 모니터링(예)

InfluxDB

InfluxDB contains everything you need in a time series data platform in a single binary.

Get InfluxDB



Get Started for Free MariaDB Server 10.6

그림 139 인터넷망을 통한 계측 데이터 베이스 구축 및 GUI 모니터링 예시
(InfluxDB, Grafana 및 MariaDB)

1. 연차 연구 계획

- 연료로 활용 가능한 농업부산물 현황 조사
 - 월별 발생량, 배출장소 및 배출형태 관련 문헌연구 및 현장조사
- 우드칩 및 농업부산물 전처리 기술 개발
 - 수분제거를 위한 효율적인 건조시스템 개발
- 농업부산물 연소성 평가를 통한 연료로 이용 가능한 농업부산물의 범위 설정
 - 농업부산물 종류에 따른 기본 특성 및 성상 분석
 - 목재칩 및 농업부산물 혼합에 따른 특성 분석
- 폐열을 활용한 농업부산물 건조 및 전처리 기술
 - 농업부산물 특성에 따른 건조 특성 분석
 - 시스템 적용 농업부산물 적용 건조 조건 도출

2. 농업부산물 현황

1) 국내 바이오매스 현황

최근 신·재생에너지가 대체에너지원으로 주목받고 있는 가운데 농업부산물의 에너지화는 부산물을 이용한 부가가치 창출이 가능하여 농업·농촌에 새로운 소득원이 될 수 있으며 바이오매스 에너지 활용을 통해 이산화탄소를 흡수할 수 있다는 장점을 가지고 있다.<농업부산물의 에너지 활용 방안. 경기연구원. 2016>

농업부산물은 농업활동 과정에서 발생하는 작물의 잔여물로서 볏짚, 쌀겨, 과수 전정기 등이 포함된다. 농업부산물은 발생 잠재량도 많으며 에너지로 이용할 수 있는 양도 신·재생에너지 보급량을 충족시킬 수 있을 정도로 상당량을 보유하고 있다.

우리나라 농촌지역에서 발생되고 있는 농업부산물 바이오매스 자원으로는 미곡, 맥류, 서류, 잡곡 및 과수부산물 등이 있다. 기존 농업부산물 잠재량분석에 대한 문헌자료조사 결과 작물별로 생산단위면적당 부산물 발생량을 추정하였으나 이는 품종, 영농방법, 토양조건, 기상 상태에 따라 바이오매스 양도 변하는 문제점이 발생한다. 최근 이 문제점을 해결하기 위해 농작물 생산량을 기준으로 바이오매스 잠재발생량 환산계수를 산정하여 농업부분 바이오매스 자원 잠재량을 추정하였다. <바이오매스 에너지화 추진전략 개발 계획>

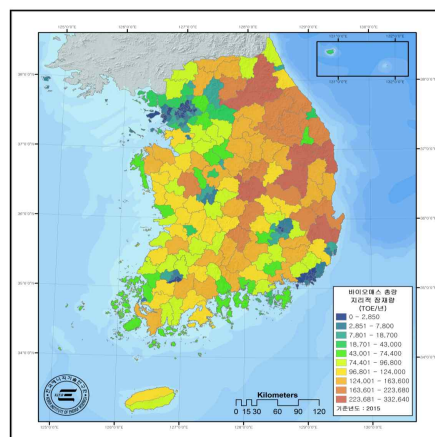


그림 140. 국내 바이오매스 잠재량
 바이오매스잠재발생량(천톤/년) = 작물 생산량(톤)×바이오매스 환산계수

농작물 생산량은 '2013년 농작물 생산통계' 를 활용하였다. 통계자료를 이용하여 작물별 생산량에 부산물 발생량 환산계수를 적용하여 이론적 부존량을 산정하였으며, 이론적 부존량에 함수율을 제외한 건조중량을 가채잠재량으로 추정하였다.

- 이론적 부존량 : 연간 발생하는 바이오매스 총량
- 가채잠재량 : 이론적 부존량에서 함수율을 제외한 건조중량
- 가용잠재량 : 가채잠재량에서 에너지이용률을 적용한 양

농작물 생산량과 환산계수를 활용해 2013년 주요 농작물의 바이오매스 연간 이론적 부존량을 추정하였다.

<농업부문 주요 농작물의 이론적 부존량 추정>

	작물별	생산량(톤)	부산물	환산계수	이론적부존량(ton)
미곡	논벼	4,227,359	벼짚	1.02	4,311,906
			왕겨	0.177	1,783,945
	밭벼	2,653	벼짚	1.062	2,817
			왕겨	0.236	626
맥류	겉보리	18,429	보리짚	1.23	22,668
	쌀보리	29,986	보리짚	0.662	19,851
	맥주보리	12,046	보리짚	0.69	8,312
	밀	27,130	밀짚	0.708	19,208
잡곡	옥수수	80,465	줄기	1.189	95,673
	메밀	1,923	줄기	1.278	2,458
두류	콩	154,067	줄기	1	154,067
			깍지	0.417	64,246
유지류	땅콩	10,875	줄기	1.78	19,358
			깍지	0.278	3,023
	참깨	12,392	줄기	5.8	71,874
	들깨	33,347	줄기	6.14	204,751
서류	감자	727,438	줄기	0.18	130,939
	고구마	329,516	줄기	0.85	280,089
조미채소	고추	117,816	줄기	2.6	306,322
과수	사과	493,701	전정가지	1.316	649,711
	배	282,212	전정가지	0.656	185,131
	감	351,990	전정가지	0.27	95,037
	포도	260,280	전정가지	1.562	406,557
	복숭아	193,243	전정가지	0.367	70,920
합계					8,909,489

<면적당바이오매스 생산량>

Sample	농업부산물	면적당바이오매스발생량 (kg/10a)
논벼 (Paddy rice)	줄기	653.8
	껍데기	118.1
미곡 (Under rice)	줄기	358.0
	껍데기	79.6
보리 (Barley)	줄기	275.0
쌀보리 (Naked Barley)	줄기	298.0
감자 (Potato)	줄기	131.0
고구마 (Sweet potato)	줄기	646.0
옥수수 (Corn)	줄기	566.0
콩 (Soybean)	줄기	168.0
	줄기	70.0
후추 (Pepper)	줄기	294.0
참깨 (Sesame)	줄기	131.0
유채꽃 (Rape)	전정가지	305.0
사과 (Apple)	전정가지	1,899.0
감 (Persimmons)	전정가지	350.0
배 (Pear)	전정가지	1,433.0
포도 (Grape)	전정가지	2,686.0

<5년 평균 곡물생산량>

Sample		2003	2004	2005	2006	2007	2008
쌀	재배면적	1,001,519	983,580	966,838	945,403	942,223	927,995
	면적기준수량	609	679	661	664	630	694
보리	재배면적	8,966	8,559	7,760	7,601	7,548	8,082
	면적기준수량	386	446	487	438	502	464
고구마	재배면적	14,161	16,570	17,178	16,668	21,093	19,451
	면적기준수량	1,898	2,084	1,645	1,715	1,670	1,693
콩	재배면적	80,447	85,270	105,421	90,248	76,267	75,242
	면적기준수량	131	163	174	173	150	176
팥	재배면적	57,502	61,894	61,299	53,097	54,876	48,825
	면적기준수량	230	25	263	220	292	253
참깨	재배면적	35,036	31,843	33,971	31,077	31,321	28,794
	면적기준수량	34	66	69	50	56	68
사과	재배면적	26,398	26,676	26,907	28,312	29,358	30,026
	면적기준수량	1,384	1,339	1,366	1,440	1,484	1,569
배	재배면적	24,061	22,982	21,807	20,656	19,888	18,277
	면적기준수량	1,316	1,966	2,033	2,089	2,350	2,576

<5년 평균 곡물생산량>

작물	생산량 (Ton)	생산량 기준		재배면적기준	
		환산계수	농업부산물 발생량	환산계수	농업부산물 발생량
쌀보리 (Naked Barley)	104,750	0.944	98,884	0.662	69,345
맥주보리 (Beer Barley)	45,172	1.077	48,650	0.690	31,169
밀 (Wheat)	15,024	0.751	11,283	0.708	10,637
고구마 (Sweet Potatoes)	368,324	0.288	106,077	0.368	135,543
콩 (Soy Beans)	105,340	0.500	52,670	0.417	43,927
팥 (Red Beans)	7,102	0.407	2,891	0.368	2,614
옥수수 (Corn)	76,336	1.296	98,931	1.189	90,764
메밀 (Buck Wheat)	2,705	1.733	4,688	1.278	3,457
녹두 (Green Beans)	2,035	0.500	1,018	0.404	822
고추 (Red Peppers)	254,280	2.180	554,330	0.465	118,240
사과 (Apples)	535,324	0.221	118,307	1.316	704,486
감귤 (Tangerines)	629,785	0.172	108,323	0.088	55,421
감 (Persimmons)	258,874	0.348	90,088	0.270	69,896
복숭아 (Peaches)	210,345	0.260	54,690	0.367	77,197
포도 (Grape)	116,159	0.275	31,944	1.562	181,440
자두 (Plums)	51,087	0.383	19,566		
참깨 (Sesame)	12,986	2.050	26,621	2.113	27,439
땅콩 (Peanuts)	8,219	0.491	4,036	0.278	2,285

* 농업부문 바이오매스 환산계수 = $\frac{\text{면적당 바이오매스 발생량}(kg/10a)}{\text{5년 평균 곡물 생산량}(kg/10a)}$

작물 생산량: 농림축산식품통계연보 2020, 90-113, 농림축산식품부
 바이오매스 환산계수: 박우균 외, 2011, 농업부문 바이오매스 자원 환산계수 및 잠재발생량 산정, Korean Journal of Environmental Agriculture

3. 농업부산물 특성 분석

1) 실험 대상 선정

국내에서 발생하는 농업부산물은 주로 벃짚(46%), 왕겨(20%), 과수 부산물(14%)이 큰 비중을 차지하고 있다. 그 중 벃짚이나 왕겨의 경우에는 대부분 가축사료나 퇴비 등으로 재활용되고 있다. 본 연구에서는 「텃밭 재배캘린더」 및 「과일 전정시기」를 활용하여 가장 많은 비중을 차지하고 있는 벃짚과 왕겨를 제외한 국내에서 발생하는 농업부산물을 지역별, 계절별 분류하였다.

<텃밭재배캘린더>

Crop	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
감자												
완두												
양배추												
배추												
브로콜리												
근대												
달걀												
미나리												
부추												
상추												
샐러디												
숙갓												
연다이브치커리												
케일												
파슬리												
강낭콩												
비트												
오이												
청경채												
가지												
고구마												
고추												
땅콩												
옥수수												
일동깨												
양파												

<과일 전정시기>

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
사과												
배												
감귤												
단감												
복숭아												
포도												
토마토												
딸기												

2) 시료 채취



그림 144 농업부산물 채취

3) 농업부산물의 특성 분석 결과

(1) 원소분석

유기 원소분석 또는 원소 미량 분석으로도 알려진 CHONS 원소분석은 샘플에 존재하는 탄소 (Carbon), 수소(Hydrogen), 질소(Nitrogen), 황(Sulphur), 및 산소(Oxygen)의 양을 구하는 분석 방법이다. 대구대학교 중앙기기원 원소분석기(Elemental Analyzer(EA))를 사용하였다.

(2) 원소분석 결과

원소분석기를 이용하여 얻어진 시료별 원소의 구성은 표에 제시된 바와 같이 대부분 탄소(Carbon)가 47% 내외, 수소(Hydrogen)가 6% 내외, 질소(Nitrogen)가 2% 이하로 나타났다. 성분이 비슷한 버섯폐배지#1~버섯폐배지#5는 C,H,O,N,S 순으로 평균 37%, 5%, 46%, 2%, 0.2%로 결과값이 나왔다.

표 42 원소 분석 결과

Sample	Carbon(C)	Hydrogen(H)	Oxygen(O)	Nitrogen(N)	Sulphur(S)
버섯폐배지#1	41.051	5.331	43.084	2.657	0.195
버섯폐배지#2	38.386	5.131	45.152	2.676	0.220
버섯폐배지#3	35.905	5.041	45.394	2.801	0.234
버섯폐배지#4	36.425	4.999	47.684	2.692	0.275
버섯폐배지#5	35.596	4.591	45.749	2.996	0.276
우드칩	51.608	6.613	41.122	0.272	0
호그	47.857	6.004	45.700	0.217	0
사과씨꺼기	45.031	6.693	47.099	1.142	0.035
사과잎	49.534	6.433	41.382	2.504	0.147
사과가지	45.757	5.984	47.139	1.121	0
도토리	47.915	6.056	45.533	0.646	0
석류	46.142	5.392	45.990	1.229	0
무화과	44.395	5.688	48.718	1.343	0.013
대추	43.375	5.293	49.076	2.010	0.245
참깨	40.933	5.376	52.251	0.553	0.146
매실	48.723	5.504	43.472	2.045	0.024
감	48.723	5.741	44.289	0.863	0.091
앵두	44.764	5.380	48.277	1.048	0
자소엽	49.336	5.829	48.276	0.680	0
샤인머스켓	46.325	5.669	47.399	0.759	0
탱자	54.039	5.635	39.338	0.666	0
소나무 껍질	45.145	6.159	46.158	2.333	0.503
코이어배지 RAW	41.000	4.946	52.992	0.582	0.409
코이어배지	48.498	5.131	44.434	1.368	0.538

연료용 목재칩의 경우 제조되는 형태에 따라 목재 연료칩 또는 호그로 구분되며, 연료등급은 연료 내 질소 함량, 회분함량, 발열량에 따라 1급과 2급으로 분류된다. 질소함량 기준으로 연료등급을 분류하였을 때, 목재 연료칩은 질소함량이 1.0이하면 1급과 2급 둘 다 포함되며, 호그는 질소함량이 3.0 이하면 1급, 6.0이하면 2급으로 분류된다. 본 연구에서 사용된 농업부산물 중 버섯폐배지, 사과잎, 대추, 매실, 소나무 껍질은 질소 함량이 약 2%로 분석되어 다른 농업부산물에 비해 다소 높은 질소 함량을 나타내었다. 반면, 우드칩, 호그, 도토리, 참깨, 감, 자소엽, 샤인머스켓, 탱자, 코이어배지의 경우 모두 1.0 이하의 질소 함량을 보여 목재 연료칩 또는 호그와 비교해보았을 때 연료로써 적합할 것으로 판단된다.

물성/등급	목재연료칩		호그	
	1급	2급	1급	2급
질소(N)	≤1.0		≤3.0	≤6.0

(3) 공업분석을 통한 분석 결과

석탄분석에 있어 가장 기본이 되는 공업분석(Proximate Analysis)은 수분(Moisture), 회분(Ash), 휘발분(Volatile Matter), 고정탄소(Fixed Carbon)를 말한다. 수분의 경우 석탄이 함유하고 있는 수분의 양을 나타내는 것이다. 회분은 800℃에서 석탄시료를 회화시켜 회분의 함량을 측정한다. 수분+회분+휘발분+고정탄소=100으로 계산된다. 도가니에 건조된 시료를 넣어 뚜껑을 씌운 상태에서 950℃에서 7분간 강열 후 무게 변화 측정(Volatile Matter)하고, 도가니 뚜껑을 제거하고 750℃에서 3시간 이상 강열 후 무게 변화(Fixed Carbon)를 관찰하여 삼성분 분석을 시행하였다.

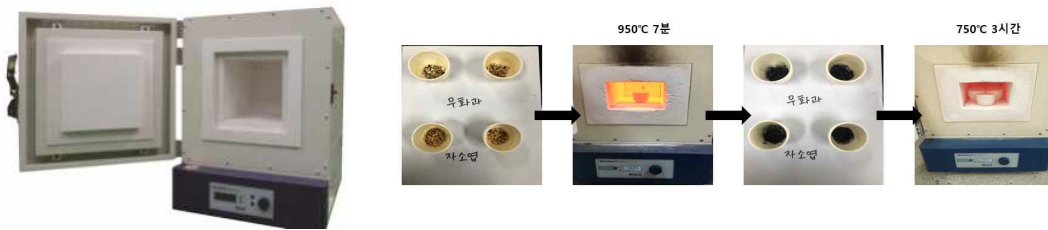


그림 44. 공업분석기

공업분석 결과, 농업부산물은 일반적으로 고정탄소 함량이 15%~28%로 분석되었으며, 휘발분 함량은 66~84%, 회분 함량은 0.2~11.6%로 분석되었다. 반면, 소나무 껍질의 경우, 고정탄소 함량이 80.2%, 휘발분 함량이 18.5%, 회분 함량이 1.4%로 다른 농업부산물에 비해 다소 높은 고정탄소함량을 보였으며, 이로 인해 휘발분 및 회분 함량이 상대적으로 감소한 결과를 보였다.

표 45 공업분석 및 수분함량 분석 결과

Sample	고정탄소(%)	휘발분(%)	ASH(%)	수분함량(%MC)
버페#1	20.4698	71.8117	7.7185	65.28
버페#2	20.1547	71.4090	8.4363	60.18
버페#3	21.0064	68.3683	10.6253	61.56
버페#4	21.9476	66.4034	11.6491	67.56
버페#5	21.9481	67.2604	10.7916	24.46
우드칩	15.7360	83.8792	0.3848	28.33
호그	17.3314	82.4464	0.2222	20.80
사과찌꺼기	16.3975	80.0771	3.5254	86.61
사과잎	19.8937	74.3134	5.7929	64.90

사과가지	20.7903	76.8224	2.3873	63.54
도토리	20.5678	73.6279	5.8043	27.67
석류	21.2081	77.4941	4.1153	29.51
무화과	25.8429	73.0427	2.7477	45.75
대추	24.9954	73.8607	2.3428	30.97
참깨	22.8738	75.8880	1.9470	16.11
매실	24.1924	70.6291	1.7796	11.55
감	25.4058	71.8466	1.6311	33.65
앵두	23.8984	76.3213	3.0589	26.77
자소엽	27.7398	75.9527	4.1941	26.59
샤인머스켓	22.8738	79.8880	2.4707	22.36
탱자	21.0758	79.7209	1.2292	33.58
소나무 껍질	80.2439	18.4663	1.4301	13.36
코이어배지 RAW	17.4475	81.9128	1.6457	35.70
코이어배지	15.3537	83.1221	2.8317	85.82

회분함량 기준으로 연료등급을 분류하였을 때, 목재 연료칩은 회분함량이 1.5이하면 1급, 3.0이하면 2급으로 분류되며, 호그의 경우 회분함량이 5.0이하면 1급, 1.0이하면 2급으로 분류된다. 모든 농업부산물은 우드칩 및 호그에 비해 높은 회분 함량을 나타냈다.

물성/등급	목재연료칩		호그	
	1급	2급	1급	2급
회분	≤1.5	≤3.0	≤5.0	≤1.0

(4) 발열량 분석 결과

소각로를 설계할 때 가장 기본이 되는 쓰레기 질적 특성으로, 쓰레기 1kg를 완전히 연소할 때 발생하는 열량(kcal)을 말한다. 쓰레기(연료)를 연소했을 때에 쓰레기(연료) 속의 수분은 수증기로 되어 연소가스 속에 포함하게 된다. 열량계로 발열량을 측정할 때 쓰레기(연료) 속의 수분 및 연소에 의해 생성된 수분의 응축열을 포함한 열량으로 측정되는 값을 고위발열량(H_h)이라 한다. 고위발열량에서 응축열을 빼고 남은 열량이 유효하게 이용되는 열량을 저위발열량(H_l)이라 한다.

건조된 시료를 지퍼백에 담아 시료를 믹서기에 곱게 간 뒤 발열량계 내에 들어가는 팻에 담아 시료와 함께 들어가는 코일을 10cm에 맞게 잘라준다. 코일과 시료가 닿을 수 있게 시료의 양은 팻의 2/3만큼 채워야 하며 코일은 바닥, 양 옆에 닿지 않도록 해준다. 다음, 발열량계 뚜껑을 닫고 밀폐시킨 후 산소를 이용하여 일정량 주입해 연소할 수 있는 조건으로 만들어준다. 준비된 발열량계를 2L 물에 담긴 통 안에 시료가 흔들리지 않게 유의하며 넣어준다.



그림 47. 발열량 분석

(5) 실험 결과

발열량 분석 결과, 농업부산물의 발열량은 고위발열량을 기준으로 3,617.3 kcal/kg ~ 5,192.83 kcal/kg의 결과를 보였다. 고위발열량 기준으로 성분이 비슷한 버섯폐배지는 3,500 kcal/kg에서 4,000 kcal/kg 사이에 많이 분포되어 있다. 소나무 껍질 같은 형태는 공업분석 결과에서 고정탄소함량 및 Ash 함량이 높아 발열량이 5,000 kcal/kg로 다른 전정가지에 비해 상대적으로 높은 발열량 결과를 나타냈다.

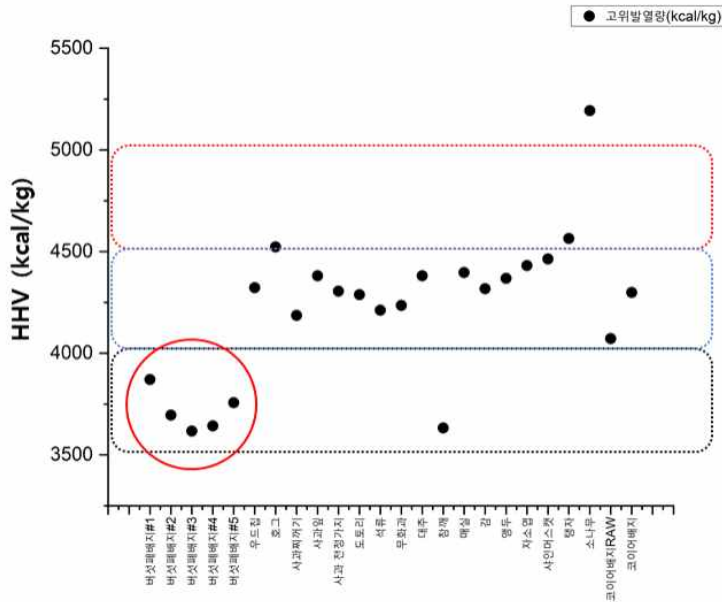


그림 149 고위발열량 그래프

저위발열량 식 $Hl = Hh - 600(9H + W)$

저위발열량 기준으로 봤을 때 BIO-SRF의 저위발열량 기준 3,000 kcal/kg이상인 시료는 수분함량이 높은 버섯폐배지#3, 버섯폐배지#4를 제외하고 연료로써 이용 가능성이 있을 것으로 보인다. 수분함량이 20%로 동일하다고 가정 할 경우 저위발열량은 모든 농업부산물에서 3,000 kcal/kg으로 나타나 수분함량을 조절한다면 모든 농업부산물이 연료로써 이용 가능할 것으로 판단된다. 또한 목재 연료칩 및 호그의 연료등급 이상의 결과값을 나타내었다.

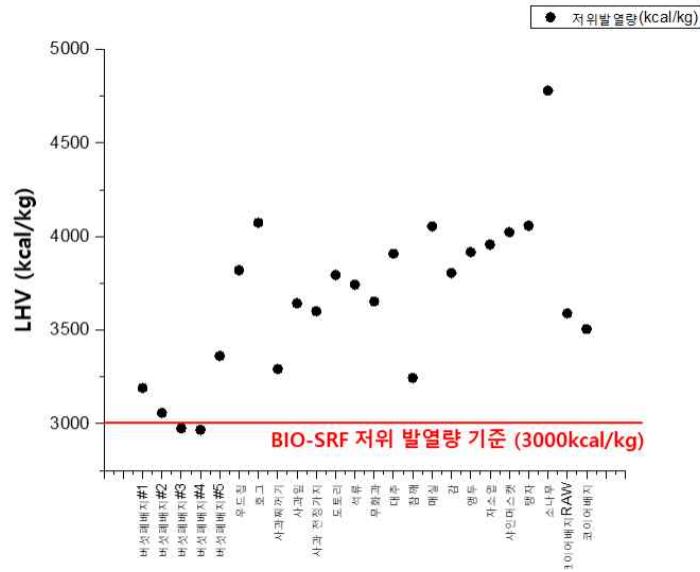


그림 150 저위발열량 그래프

Bio-SRF 기준으로 수분함량 20%로 건조하였을때는 가정하여 저위 발열량을 산정한 결과를 아래와 같이 나타내었다. 전체적으로 3,000 kcal/kg이상의 결과를 나타내었다. 버섯폐배지의 경우는 전체적으로 3,200-3,400 kcal/kg으로 나타났으며 사과 등의 정전 가지의 경우는 평균적으로 3,500 kcal/kg 이상의 발열량을 나타냄을 확인하였다. 이를 바탕으로 버섯폐배지는 평균 3,300 kcal/kg으로 발열량으로 판단되며, 가지의형태의 바이오매스는 3,600 kcal/kg정도로 확인할 수 있었다.

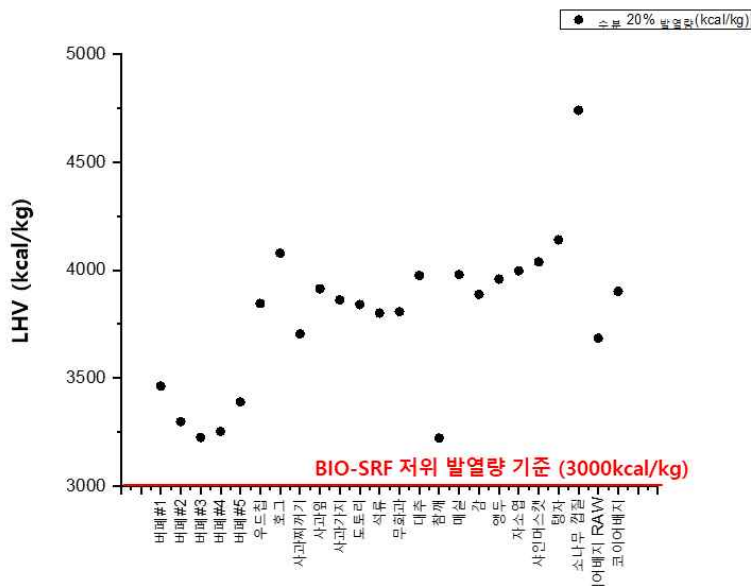


그림 151 수분 20% 저위발열량 그래프

이러한 결과는 목재연료칩의 3급이상의 결과를 만족하는 기준으로 들어가는 경우는 정전가지류로 판단되며, 버섯폐배지는 호그 1등급 정도로 확인할 수 있었다.

[목재 연료칩 및 호그의 발열량에 따른 연료 등급]

물성/등급	목재연료칩		호그	
	1급	2급	1급	2급
발열량(kcal/kg)	≥1889.95, ≥2703.35, ≥3516.75, ≥3947.37			

아래의 표는 고위발열량, 수분을 적용한 저위 발열량, 그리고 건조 후 수분이 20%정도였을 때의 발열량을 나타내었다.

표 49 농업부산물의 발열량 결과

Sample	고위발열량(kcal/kg)	저위발열량(kcal/kg)	수분 20% 발열량
버섯폐배지#1	3870.97	3191.42	3463.10
버섯폐배지#2	3696.11	3057.96	3299.04
버섯폐배지#3	3617.29	2975.72	3225.08
버섯폐배지#4	3643.16	2967.85	3253.21
버섯폐배지#5	3757.24	3362.57	3389.33
우드칩	4322.69	3820.61	3845.59
호그	4522.88	4073.86	4078.66
사과씨꺼기	4186.28	3292.40	3704.86
사과잎	4381.09	3644.31	3913.71
사과 전정가지	4305.54	3601.16	3862.40
도토리	4288.10	3795.06	3841.08
석류	4211.95	3743.72	3800.78
무화과	4235.17	3653.52	3808.02
대추	4380.79	3909.15	3974.97
참깨	3632.70	3245.74	3222.40
매실	4396.71	4055.25	3979.49
감	4317.58	3805.67	3887.57
앵두	4368.63	3917.49	3958.11
자소엽	4431.51	3957.20	3996.74
샤인머스켓	4463.79	4023.50	4037.66
탱자	4564.30	4058.53	4140.01
소나무	5192.83	4780.08	4740.24
코이어배지RAW	4072.09	3590.81	3685.01
코이어배지	4298.86	3506.87	3901.79

4. 농업부산물의 건조 특성 분석

앞서 설명한것과 같이 버섯폐배지의 경우는 수분함량이 평균 60%정도를 나타냈으며, 정전 가지류는 약 30-40%정도를 나타내었다. 폐열 등을 활용한 농업부산물 건조를 위해서 온도별 수분 건조 특성을 분석하였다.

1) 건조 특성 실험

아래의 할로겐 수분 측정기를 통해서 건조 온도의 변화를 105℃, 120℃, 150℃, 180℃, 및 200℃로 증가시키면서 수분의 증발 속도를 측정하여 건조속도식을 계산하였다.

실험 방법은 샘플의 시작무게가 기록되고, 할로겐 방열기가 건조시키며 그 동안 통합 저울이 샘플 무게를 지속적으로 기록한다. 무게의 총 손실은 수분 함량으로 해석된다.



그림 152. 수분측정기(Moisture analyzer)
HC 103

2) 건조 특성 분석

버섯폐배지를 기본으로 앞서 분석한 전체 샘플의 온도별 수분 제거 속도를 분석하였다. 아래의 결과는 버섯폐배지#1과 사과 가지를 이용하여 수분함량을 계산하고 온도를 이용한 수분함량 그래프를 그렸다. X축은 시간, Y축은 수분함량으로 하였고 온도의 상승에 따라서 수분이 제거되어 0%되는 시간을 확인 할 수 있다.

함수율비로 건조속도를 나타냈으며, 건조 온도 105℃, 120℃, 150℃, 180℃, 및 200℃로 건조 시작 후 사과 가지의 함수율을 측정하여 식 (1)과 (2)를 이용하여 각 건조시간에 따른 사과 가지의 무게 변화를 측정하였다.

$$MR = \frac{M_{(t)} - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

$$M_e = \frac{M_0 \cdot M_f - M_m^2}{M_0 + M_f + 2M_m} \quad (2)$$

MR : 수분비율
 $M_{(t)}$: 건조시간에 따른 수분함량 (%)
 M_e : 평형 수분함량 (%)
 M_0 : 초기 수분함량 (%)
 M_m : 건조 중 중간 수분함량 (%)
 M_f : 최종 수분함량 (%)

120°C, 150°C에서 급격히 속도가 증가함을 확인할 수 있으며, 180°C, 및 200°C에서는 비슷한 속도를 보임을 확인하였다. 건조온도별 함수율비를 나타낸 것이며 건조온도 105°C의 건조속도가 건조 종료까지 건조속도가 균일했지만 건조속도는 가장 느리게 나타났다.

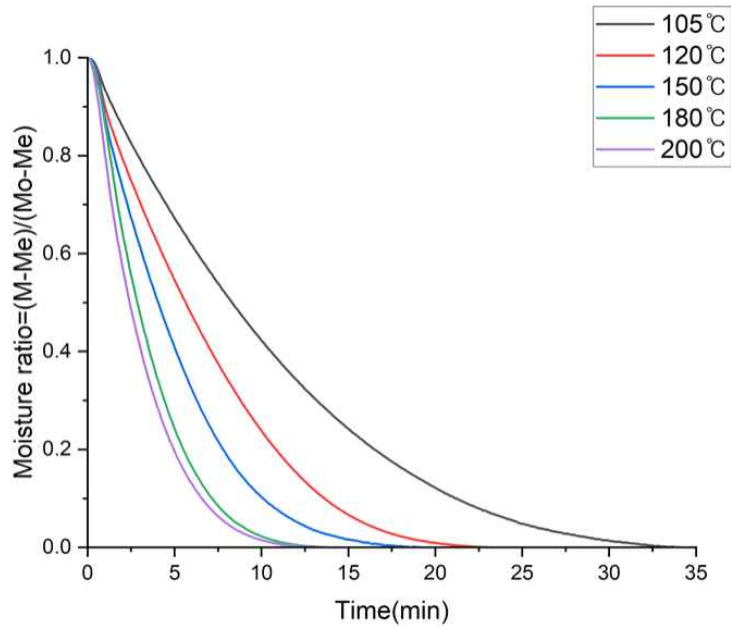


그림 153 버섯페배지#1 건조 특성

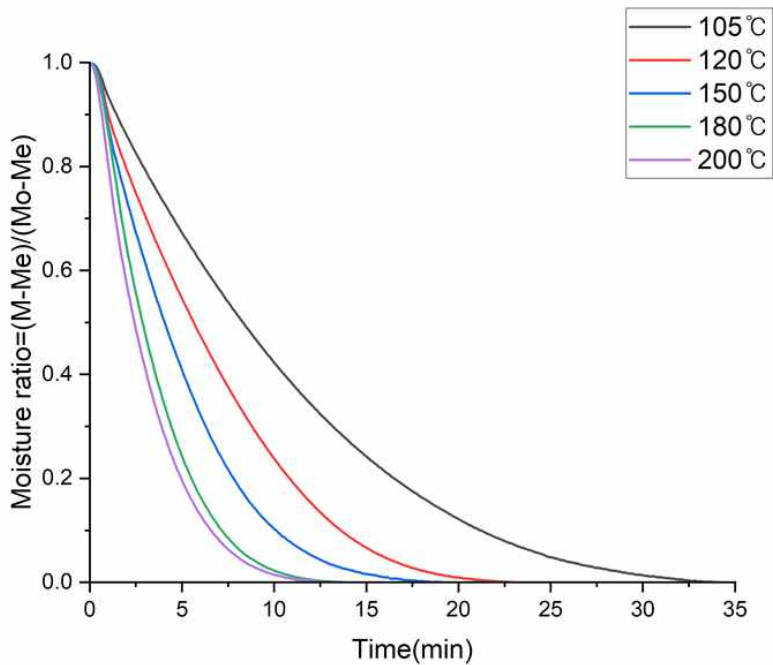


그림 154 사과 정전가지 건조 특성

3) 건조속도식 결과

앞서 얻어진 결과를 바탕으로 평균 수분 제거 속도식을 계산하였다. 평균 수분 증발 속도 결과는 물질의 특성에 따라서 온도에 따른 건조 속도를 나타낼 수 있다.

평균수준 증발 속도식은 아래와 같다

$$\text{평균수분증발속도(건조 속도)} (kg/min) = \frac{\text{증발수분질량}(kg)}{\text{총수분증발시간}(min)}$$

수분증발속도는 건조온도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보아 당연하지만 온도의 증가는 수분제거의 속도를 증가시키고, 제거의 완료 시간을 줄일 수 있다고 보여진다. 아래의 결과는 버섯폐배지의 2종류와 사과정전가지의 온도별 수분제거 속도를 비교하였다. 버섯폐배지의 경우는 우드칩 등을 사용하고 배합 등을 다양하게 하여 사용한다고 알려져 있지만, 잘게 파쇄되어 있어 속도가 정전가지보다는 빠르게 나타나고 있다. 또한 본 실험에서 사용한 정전가지는 전처리에서 1cm미만으로 파쇄하여 사용한 것으로 결국 특성이 반영되어 졌다고 보여진다.

본 결과를 바탕으로 대상 농업부산물의 특성에 따른 수분함량을 확인하고, 활용가능한 폐열의 온도를 확인한다면, 건조시설의 용량 및 속도를 제안할 수 있다.

향수 보일러 상에서 발생하는 폐열의 온도를 확인하고 이를 이용하여 건조 공정 설계 필요한 체류시간 및 용량 계산에 적용하여 보완 할 예정이다.

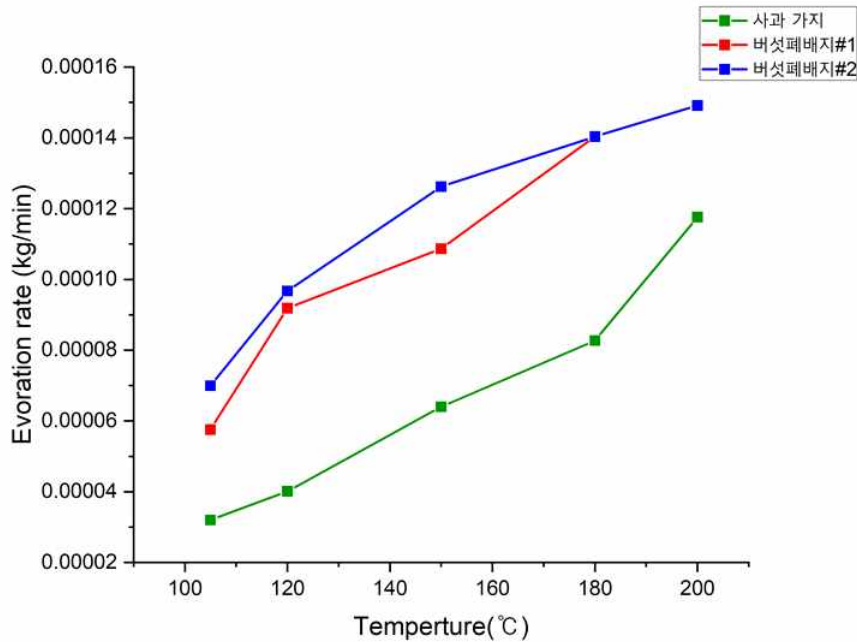


그림 155 온도별 평균 건조 속도 결과

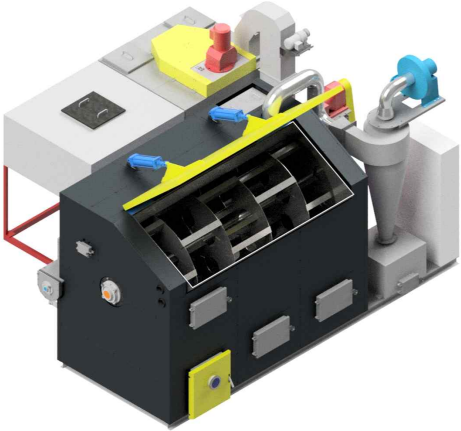
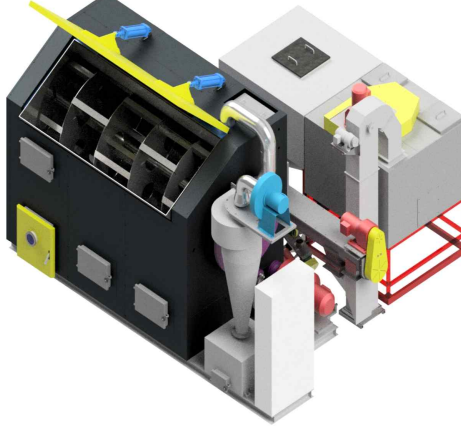
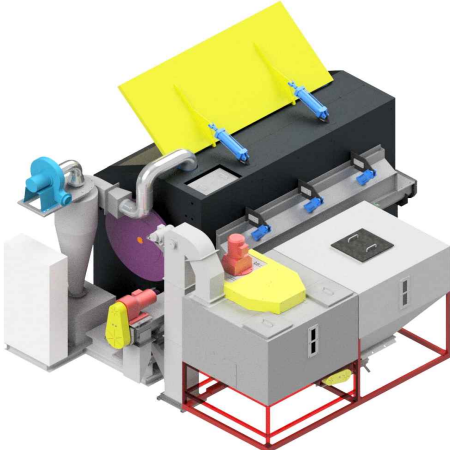
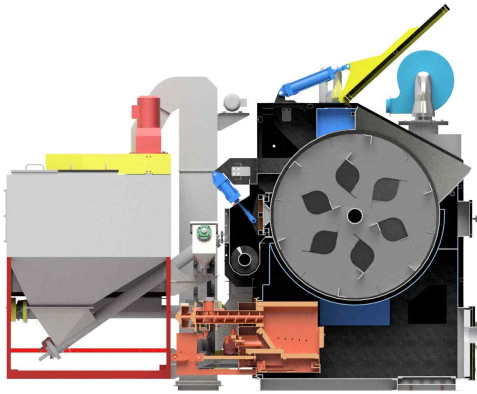
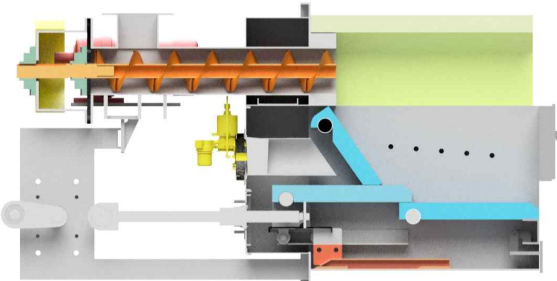
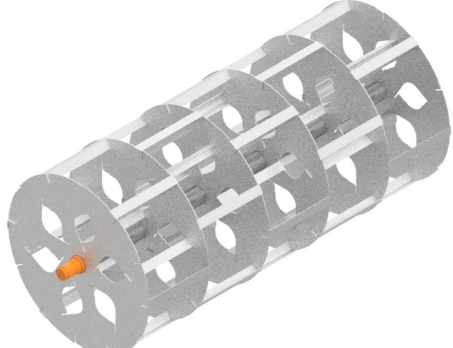
(2) 1단계 2차년도

○ 수행 과정 및 수행 내용

[주관연구개발기관((주)규원테크)]

1. 농업부산물 건조시스템 2차 시제품 개발

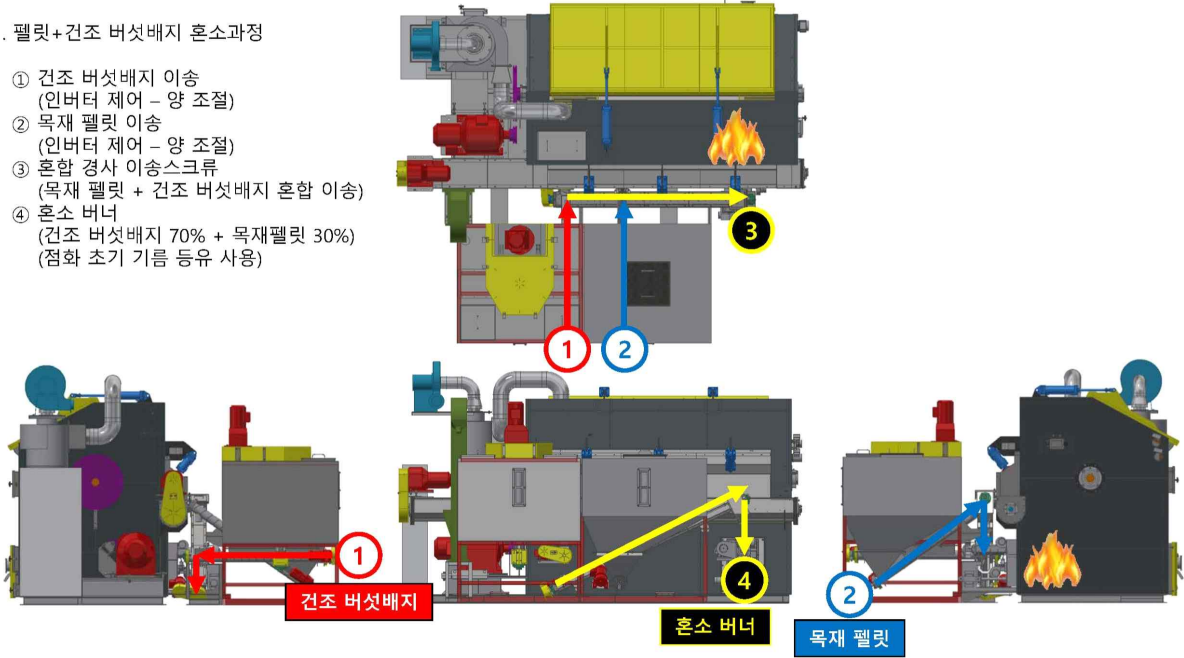
- 버섯배지건조물이 배출시 먼지발생저감 및 원활한 배출을 위해 밀폐형 스크류타입으로 변경
- 연료 혼합호퍼가 적고 혼합율을 조절하기 어려워서 목재펠릿과 버섯배지건조물 호퍼 2개 나누고, 버섯배지건조물은 별도 톤백으로 받을수 있도록 설계 변경
- 버섯배지건조물과 목재펠릿 혼소를 위한 별도 혼합이송장치 설치
- 혼합연료를 연소할수 있는 버너 구조 개선 및 패들 내구성 개선을 위한 형상 변경

3D 모델링 - ISO뷰	
	
3D 모델링 - ISO뷰	우측면
	
버너 3D 모델링 - 단면뷰	교반축 3D 모델링 - ISO뷰
	

○ 버섯배지+목재펠릿 혼소 설명

1. 펠릿+건조 버섯배지 혼소과정

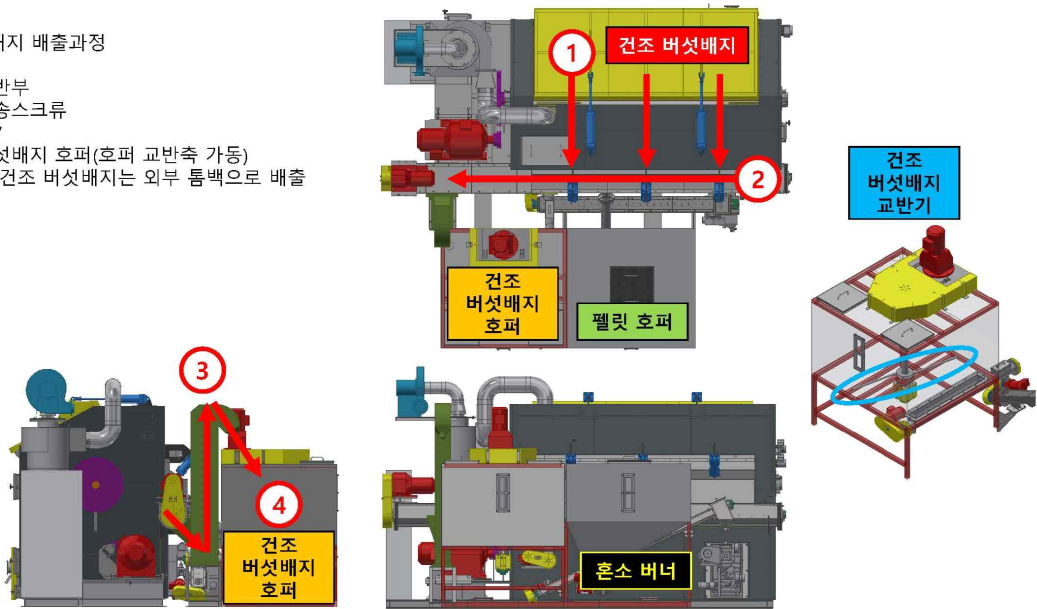
- ① 건조 버섯배지 이송 (인버터 제어 - 양 조절)
- ② 목재 펠릿 이송 (인버터 제어 - 양 조절)
- ③ 혼합 경사 이송스크류 (목재 펠릿 + 건조 버섯배지 혼합 이송)
- ④ 혼소 버너 (건조 버섯배지 70% + 목재펠릿 30%) (점화 초기 기름 등유 사용)



○ 버섯배지 건조물 배출 설명

2. 건조 버섯배지 배출과정

- ① 건조 교반부
- ② 수평 이송스크류
- ③ 버킷 E/V
- ④ 건조 버섯배지 호퍼(호퍼 교반축 가동) → 잉여 건조 버섯배지는 외부 통백으로 배출



○ 제어판넬 터치설정 화면

버너 화격자 청소 및 팬속도설정	연료공급량 설정화면	메인 설정화면

○ 연소사진 및 혼합 연료 투입사진

연소사진	혼합연료 공급 사진
	

○ 제품 세부 사양

구분	역할	제원	
교반기	<ul style="list-style-type: none"> 버섯배지를 투입하여 교반하는 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦재질 : STS 304 6.0t ◦사이즈 : $\Phi 1,462 \text{ mm} \times 3,048 \text{ mm}$ ◦체적 : 5.07 m^3 ◦전열면적 : 10.3 m^2 ◦관수용량 : 약 457 ℓ 	
버너 방식	<ul style="list-style-type: none"> ◦목재펠릿과 버섯배지건조물을 혼소하여 열원발생 장치 ◦화격자 무빙그레이트 방식, 자동 ASH 처리 	<ul style="list-style-type: none"> ◦버너 재질: STS 304 5T ◦화상면적 : 0.103 m^2 	
공기량	F.D	<ul style="list-style-type: none"> ◦전단에서 공기를 압입하는 부품 	<ul style="list-style-type: none"> ◦모델명 : KC-8215EJM-3(기름버너송풍기) ◦풍량 : m^3/min, 풍압: mmAq
	I.D	<ul style="list-style-type: none"> ◦집진후단에서 공기를 유인하는 부품 	<ul style="list-style-type: none"> ◦TBS-S3245T(2HP) 삼성(380V/60Hz) ◦풍량: 2,400 m^3/min, 풍압: 285 mmAq
버너연료 공급 모터	<ul style="list-style-type: none"> ◦버너에서 화실까지 연료를 이송시키는 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦삼성(380V/60Hz) 0.4kW ◦모터를 사용하는 스크류 연료공급 방식 	
호퍼연료 공급 모터	<ul style="list-style-type: none"> ◦호퍼에서 버너까지 연료를 이송시키는 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦삼성(380V/60Hz) 0.4kW ◦모터를 사용하는 스크류 연료공급 방식 	
호퍼 연료 브레이크 모터	<ul style="list-style-type: none"> ◦버섯배지 응고를 막기 위한 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦삼성(380V/60Hz) 2.2kW ◦모터를 사용하는 브레이크 회전방식 	
점화장치	<ul style="list-style-type: none"> ◦연소 전 자동 착화시키는 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦등유 오일버너: 21,000kcal/h 	
전열면 청소	<ul style="list-style-type: none"> ◦대류전열면 재가 퇴적되는 것을 방지하는 장치 	<ul style="list-style-type: none"> ◦수동처리(전열면 청소구 부착) 4개소 	

구분	역할	제원
집진방식	◦먼지 저감을 위해 원심식 제거 장치	◦40CMM 용량의 원심식 집진장치
안전장치	◦ 건조기 안전장치	<ul style="list-style-type: none"> ◦비점화시안전장치 : CDS 화염안전장치 ◦역화방지장치 : 드롭슈터 바이메탈온도센서 ◦교반기과열안전장치 : 동체내부 과열방지 ◦과부하방지 : 교반축 모터 EOCR 적용 ID FAN 인버터 적용 ◦ICT 모니터링 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 교반축 모터, ID FAN 정상가동 소비전력 모니터링 - 각 부위별 온도센서 온도값 모니터링

○ 버섯배지 건조시스템 1호기, 2호기 사양 비교

구분	1호기	2호기	변경 내용
건조부 규격	◦Φ1,150mm * 3,120 mm	◦Φ1,462mm * 3,048mm	◦용량 증대
건조부 용량	◦3m ³	◦5m ³	◦용량 증대
1회 투입량 (부피)	◦약 2m ³ /회	◦약 3m ³ /회	◦건조 용량 증대
교반축 모터	◦5.7kW(7.5HP)	◦7.5kW(10.0HP)	◦건조 용량 증대
ID FAN	◦2.3kW(3.0HP)	◦1.5kW(2.0HP)	◦최적화
버너 재처리 스크류 모터	◦15W	◦삭제	◦버너 타입 변경
투입, 배출 실린더	◦AIR Φ80, Φ63	◦AIR Φ100, Φ100	◦용량 증대에 따른 사양 증대
호퍼 연료 스크류 모터	◦0.75kW(1.0HP) - 1EA	◦0.37kW(0.5HP) - 3EA	◦호퍼 타입 변경
건조물 배출 스크류 모터	◦없음	◦2.2kW(3.0HP)	◦배출 구조 변경
버킷 엘리베이터	◦없음	◦0.37kW(0.5HP)	◦배출 구조 변경

- 버섯건조시스템 1호기, 2호기 사양변경 상세내용
 - 1회 건조용량이 작아 실용성 문제 발생.
 - 건조용량 증대에 따른 건조기 크기와 구조, 전열면적, 버너 등 변경
 - 목재펠릿 호퍼, 버섯배지건조 호퍼 연료 공급 시스템 변경(투입 비율 조정 가능)
 - 교반축 구조 및 제작방법 변경(블레이드 조립타입 → 용접타입 : 내구성 증대)

- ICT 모니터링 시스템 적용
 - 외부 설치전 시험실에서 버섯배지건조 진행시 NH₃, TVOC, 각종 온도 부위 자동 측정하여 모니터링할수 있도록 시스템 구비하여 테스트 진행

ICT 모니터링 - 메인 모듈	소비전력 측정 장치-판넬 적용	대기온도, 습도, 암모니아(NH ₃), TVOC - 측정 센서
		
습공기 온도 - 센서 모듈	화실 온도, 역화 온도 - 센서 모듈	배기가스 온도, 온수 온도 - 센서 모듈
		

화실 온도센서 - 건조기 화실 옆면 적용



역화 온도센서 - 버너 수평 스크류 적용



습공기 온도센서 - 습공기 배출 덕트 적용



온수 온도센서 - 팽창탱크 적용



배기가스 온도센서 - 배기가스 덕트 적용



ICT 모니터링 화면 - 1

[규원테크] 관리 시스템

현재 측정값 - 함체



센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간
온도	22.54 °C	
습도	23.44 %	

현재 측정값 - 규원

센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간
온도	10.64 °C	
습도	26.4 %	
암모니아	0.1 ppm	
TVOC	201 ppm	
이산화탄소	424 ppm	

ICT 모니터링 화면 - 2	ICT 모니터링 화면 - 3																																																									
<p>현재 측정값 - 교반기</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>전력(3상)1</td><td>0.02 kW</td><td></td></tr> </table> <p>현재 측정값 - FAN</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>전력(3상)2</td><td>0.02 kW</td><td></td></tr> </table> <p>현재 측정값 - 습공기</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>온도</td><td>11.53 °C</td><td></td></tr> </table> <p>현재 측정값 - 역화</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>온도</td><td>10.81 °C</td><td></td></tr> </table> <p>현재 측정값 - 배기가스</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>온도</td><td>12.65 °C</td><td></td></tr> </table>	센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	전력(3상)1	0.02 kW		센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	전력(3상)2	0.02 kW		센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	온도	11.53 °C		센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	온도	10.81 °C		센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	온도	12.65 °C		<p>현재 측정값 - 온수</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>온도</td><td>10.5 °C</td><td></td></tr> </table> <p>현재 측정값 - 화실</p> <table border="1"> <tr><th>센서명</th><th>현재값(클릭: 그래프)</th><th>알람발생 시간</th></tr> <tr><td>온도</td><td>15.55 °C</td><td></td></tr> </table> <p>장치 설정값</p> <table border="1"> <tr><th>장치명</th><th>현재값</th><th>설정시간</th></tr> <tr><td>규원-1</td><td>꺼짐</td><td>10월21일 12시08분</td></tr> <tr><td>규원-2</td><td>꺼짐</td><td>10월21일 12시08분</td></tr> <tr><td>규원-3</td><td>꺼짐</td><td>08월16일 11시01분</td></tr> <tr><td>규원-4</td><td>꺼짐</td><td>08월16일 11시01분</td></tr> </table>	센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	온도	10.5 °C		센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간	온도	15.55 °C		장치명	현재값	설정시간	규원-1	꺼짐	10월21일 12시08분	규원-2	꺼짐	10월21일 12시08분	규원-3	꺼짐	08월16일 11시01분	규원-4	꺼짐	08월16일 11시01분
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
전력(3상)1	0.02 kW																																																									
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
전력(3상)2	0.02 kW																																																									
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
온도	11.53 °C																																																									
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
온도	10.81 °C																																																									
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
온도	12.65 °C																																																									
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
온도	10.5 °C																																																									
센서명	현재값(클릭: 그래프)	알람발생 시간																																																								
온도	15.55 °C																																																									
장치명	현재값	설정시간																																																								
규원-1	꺼짐	10월21일 12시08분																																																								
규원-2	꺼짐	10월21일 12시08분																																																								
규원-3	꺼짐	08월16일 11시01분																																																								
규원-4	꺼짐	08월16일 11시01분																																																								

○ ICT 모니터링 약취 및 TVOC 측정결과

주위온도 20.7도 암모니아 0.4ppm	습도 74.9% TVOC 460ppb
	

<표 > 약취물질 항목과 배출허용기준

구분	측정위치	배출허용기준 (희석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위 (희석배수)	
		공업지역	기타 지역	공업지역	기타 지역
복합약취	배출구	1000 이하	500 이하	500 ~ 1000	300 ~ 500
	부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

구분	분석대상 항목		배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용기준의 범위 (ppm)
			공업지역	기타 지역	공업지역
지정악취	암모니아	암모니아	2 이하	1 이하	1 ~ 2
	휘발성유기화합물 (7종) TVOC	스타이렌	0.8 이하	0.4 이하	0.4 ~ 0.8
		톨루엔	30 이하	10 이하	10 ~ 30
		자일렌	2 이하	1 이하	1 ~ 2
		메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13 ~ 35
		메틸아이스부틸케톤	3 이하	1 이하	1 ~ 3
		부틸아세테이트	4 이하	1 이하	1 ~ 4
		i-부틸알코올	4.0 이하	0.9 이하	0.9 ~ 4.0

- 시험결과 암모니아는 0.4ppm으로 기준치 이하이며, TVOC 또한 대부분 기준이하로 측정됨

○ 버섯배지 건조시스템 2호기 - 건조 시험 내용

시험 1) 버섯배지 1차 건조 실험

<버섯배지> 1차 건조실험

DATA : 2022. 07. 06

◆ 건조 전 버섯배지 무게 : 1,508kg, 함수율 : 73.6%

날짜	시간	온수 온도(°C)	건조로 온도(°C)	연소로 온도(°C)	INLET 온도(°C)	배기 온도(°C)	모터(A)	비고
7/6	11:00	34.3	35.8	30.5	33.6	36.2	12	점화 : 펠릿 2,000Hz 회염테스트, 2/18 불꽃유지, 2/8 회력유지
	13:00	70	51.4	144	103	55.1	11.5	중지 : 화격자 모터 파손 교체작업 진행
	15:40	48.1	43.9	63.2	50	44.5	13	재시작 : 모터 수리 완료
	16:00	51.4	44.1	146.1	72.9	45.1		혼소 비례제어 : 펠릿 2/12~22/2,000Hz, 버섯배지 2/24~44/2,000Hz → 불꺼짐
	16:13	51.5	44.8	92.3	63.4	45.4		재시작
	17:00	61.2	47.2	281.7	103.5	50.2	13	
	17:20	63.6	48	354.5	112.1	25.3		온수온도 80도 올린 후, 연료량 줄여서 온도유지되는지 확인 펠릿 3/10~20/3,000Hz, 톨분 2/18~38/2,000Hz
	17:50	76.9	51.8	357.9	126.9	57.4		연료량 변경 펠릿 2/13~33/2000 → 2/8~18/2000 → 3/10~20/3000 버섯배지 2/23~41/2000 → 2/18~36/2000 → 2/18~38/2000
19:09	90	59.3	427	134.6	62.4	13	고온도달	
19:49	80.6	54.2	123.6	81.2	58	15	재점화	
20:15	90	54.3	350.5	124.9	58		고온도달 : 펠릿 3/10~20/3000, 버섯배지 2/18~38/2000	
7/7	9:00	81.8	44.8	70.3	64.7	44	9	밤심 건조 성공, 함수율 59.6%
	9:08	80.5	44.5	80.4	65.2	43.9		재점화
	9:49	89.2	47.5	103.3	82.1	46.5	9	고온도달
	12:15	90	47.6	361	119.3	47.9		고온도달
	13:17							함수율 55.0%
	13:21	80.6	46.4	72.3	64.3	44.2	8.5	재점화 연료량 변경 : 펠릿 2/8~18/2000, 버섯배지 2/18~36/2000, 비례제어 온도설정 90/180/420
	14:13	89.6	49.2	123.2	88.6	47.4		운전중 연소실패, 비례제어 온도 변경 90/200/420
	15:06	80.3	46.6	71.2	63.8	44.5		점화
	15:26							불꺼짐
	16:32	77.2	45	70.2	62	44.8		점화
	17:32	90	49	209.5	103	49.5		고온도달
17:44							건조 완료	

◆ 건조 후 버섯배지 무게 : 655kg(-853kg), 함수율 : 17.8%(-55.9%)

◆ 총 건조 소요시간 : 30.5h

◆ 펠릿 시간당 사용량 : 5.77kg, 버섯배지 시간당 사용량 : 1.22kg, 시간당 입열량 : 20,720kcal

◆ 펠릿 총 사용량 : 176kg, 버섯배지 총 사용량 : 37kg, 총 입열량 : 631,965kcal

▶ 버섯배지 1차 건조 실험 사진

<p>버섯배지 - 건조 전</p>	<p>건조기 패들 - 버섯배지 투입</p>
	
<p>건조기 패들 - 버섯배지 건조 중</p>	<p>건조기 패들 - 버섯배지 건조 완료</p>
	
<p>버섯배지 - 건조 후</p>	<p>버너 - 연소 불꽃</p>
	

실험 2) 버섯배지 2차 건조 실험

<버섯배지> 2차 건조실험

DATA : 2022. 07. 12

◆ 건조 전 버섯배지 무게 : 1,597kg, 함유율 : 82.8%

날짜	시간	온수 온도(°C)	건조로 온도(°C)	연소로 온도(°C)	INLET 온도(°C)	배기 온도(°C)	모터(A)	비고
7/12	11:30	29.6	35.5	30.3	33.1	35.6	12	점화 펠릿 2/10~20/2000, 버섯배지 2/20~32/2000, 온도설정 90/200/420, 화력자 2/28
	12:00	35	37.6	126.9	64.8	37.7	12	
	12:30	46.4	39.4	223.7	80.6	40	12	
	13:00	55.5	40.6	187.2	82.3	41.5	12	
	13:30	62.3	43.1	216.3	86.7	43.8	12	불꺼짐. 버섯배지가 펠릿을 덮어서 연소X. 연료 화력자에 밀려나옴.
	13:55	64.7	43.3	131.2	77.6	44.4		재점화 ; 비례제어 중단, 연료 고정값으로 공급 진행 펠릿 2/12/2000, 버섯배지 2/48/2000 : 불꽃안정. 온도상승 값
	15:00	74	44.5	260.5	97.2	49.6	11	
	15:30	77.3	45.8	271.6	104.1	52.1	11	
	16:00	80.3	47.6	275.1	111.6	54.9	11	온수온도, 불꽃 유지되도록 연료량 조절 펠릿 2/18/2000, 버섯배지 2/58/2000 : 온도하강 값
	16:30	78.4	49	233.6	103.7	55.6	11	펠릿 2/12/2000, 버섯배지 2/48/2000 : 온도 상승되도록 연료량 조절
	17:00	79.6	49.6	299.9	113.9	57	11	
	17:30	81.7	50.8	271.6	113	57.9	10.5	
	17:50	82.4	50.8	297	115	58.1	11	펠릿 2/15/2000, 버섯배지 2/53/2000 : 온도 유지되도록 연료량 조절
	18:30	81.2	51.5	248.1	109.6	58	11	펠릿 2/12/2000, 버섯배지 2/48/2000 : 온도 상승되도록 연료량 조절
	19:00	81.8	50.3	277.6	115.5	58.3	11	
	19:30	82	50.5	276.1	115	58.3	12	
	20:00	83.1	51.5	295	124.2	59.4	12	밤샘건조 시작 펠릿 2/15/2000, 버섯배지 2/52/2000 : 온도 유지되도록 연료량 조절
22:22								불꺼짐. 고온 감속으로 인한 불꺼짐 예상
7/13	9:00	56.5	47.4	41	40.1	48.6	14	점화 펠릿 2/12/2000, 버섯배지 2/48/2000 : 온도 천천히 상승하도록 연료량 적용
	10:00	62.7	46.1	285.4	106.9	48.6	14.5	
	10:30	70.1	49	185.3	96.7	49.7	15	
	11:00	76.3	50.1	307.9	117.3	51.7	16	
	11:30	78.2	51.5	223.8	103	51.7	17.5	
	12:00	78.3	50.5	181.7	92.8	51.3	17.5	연료가 타지않고 불을 밀어내어 연료량 감축 펠릿 2/15/2000, 버섯배지 2/52/2000
	12:20	79.4	51.7	202.8	92.6	52.1		불 밀려남. 정지
	13:07	74.5	50.7	107.5	72.5	49.8	18	점화 펠릿 2/15/2000, 버섯배지 2/52/2000
	13:30	79.4	51.2	210.2	101.5	50.7	17	펠릿 2/15/2000, 버섯배지 2/53/2000 : 온도 상승 유도
	14:00	84	52.4	193.8	113.2	51.6	17	펠릿 2/18/2000, 버섯배지 2/58/2000 : 온도 유지 유도
	14:30	89.7	52.8	171.2	106.1	52.5	16	펠릿 2/25/2000, 버섯배지 2/60/2000 : 불꽃유지 실패
	15:00	90	53	141.6	88.7	51.8	16	고온도달
	15:40	80.5	49.8	84.9	65.7	48.6	15	점화 : 초기연료 20 → 25 변경
	16:00	82	50.2	142.2	84.9	49	14	펠릿 2/18/2000, 버섯배지 2/58/2000
	16:30	83.6	48.9	222.3	103.1	50.3	12	
	17:00	84.7	49.2	158.4	92.3	50.1	12	
	17:30	85.8	48.8	238.5	107.5	50.9	11	
17:50	86.1	49.1	203.7	104.4	51.2	10		
19:00	84.2	48.5	125.4	92.2	49.8	10	밤샘설정 펠릿 3/10~20/2500, 버섯배지 2/18~38/2000, 온도설정 90/250/500	
19:20	90.8	49.1	302.4	116.3	52.6		고온도달	
20:00	83.7	49.3	99	70.8	47.6	9	거의 다 말랐다고 판단. 밤새 교반속 회전과 ID 2000Hz만 진행	
7/14	8:30							건조 종료

- ◆ 건조 후 버섯배지 무게 : 611kg(-986kg), 함유율 : 18.7%(-64.1%), 집진기 집진무게 : 50kg
- ◆ 총 건조 소요시간 : 34h
- ◆ 펠릿 시간당 사용량 : 4.76kg, 버섯배지 시간당 사용량 : 2.02kg, 시간당 입열량 : 19,908kcal
- ◆ 펠릿 총 사용량 : 162kg, 버섯배지 총 사용량 : 68.6kg, 총 입열량 : 676,879kcal



▶ 버섯배지 2차 건조 시험 사진

<p>버섯배지 - 건조 전</p>	<p>건조기 패들 - 버섯배지 투입</p>
	
<p>건조기 패들 - 버섯배지 건조 중</p>	<p>건조기 패들 - 버섯배지 건조 완료</p>
	
<p>건조기 PANEL - 연료공급 설정</p>	<p>배기연도 - 1회로 배기가스</p>
	

실험 3) 버섯배지 건조 실험(ICT 모니터링 시스템 데이터 분석)

건조기 가동				함수율(%)			교반기 전력(kW)		FAN 전력(kW)		온수 온도(°C)		습공기 온도(°C)		화실 온도(°C)		배기가스 온도(°C)		역온도(°C)		
날짜	시작 시간	종료 시간	연속 가동 시간(h)	버섯 폐배지 양(ton)	건조 전	건조 후	감소량	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값
2/7	10:30	9:00	22.5	1.8	53	18	35	4	9	0.27	0.49	13	95	2	57	98	419	38	131	0	14
2/8	16:30	9:00	16.5	1.8	55	16	39	5	11	0.3	0.42	43	93	6	56	116	360	40	144	-1	10

▶ 23. 02. 07 건조 실험 사진

<p>건조기 패들 - 버섯배지 투입</p>	<p>컨트롤 PANEL - 정상 가동</p>
	
<p>건조기 - 전기집진기</p>	<p>버너 - 연소 불꽃</p>
	
<p>배기가스 - 전기집진기 가동X</p>	<p>배기가스 - 전기집진기 가동0</p>
	

ICT 모니터링 시스템 - 합체



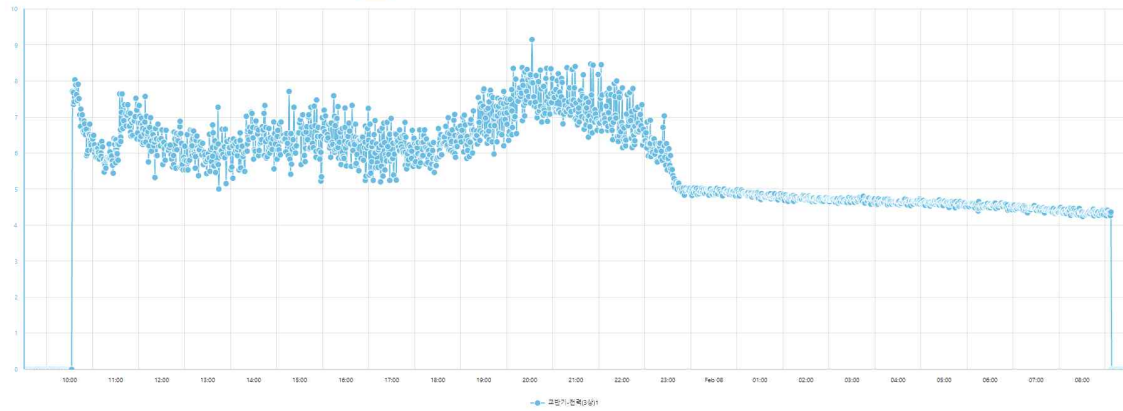
건조기 패들 - 버섯배지 건조 완료



▶ 23. 02. 07 건조 데이터 분석 자료(ICT 시스템)

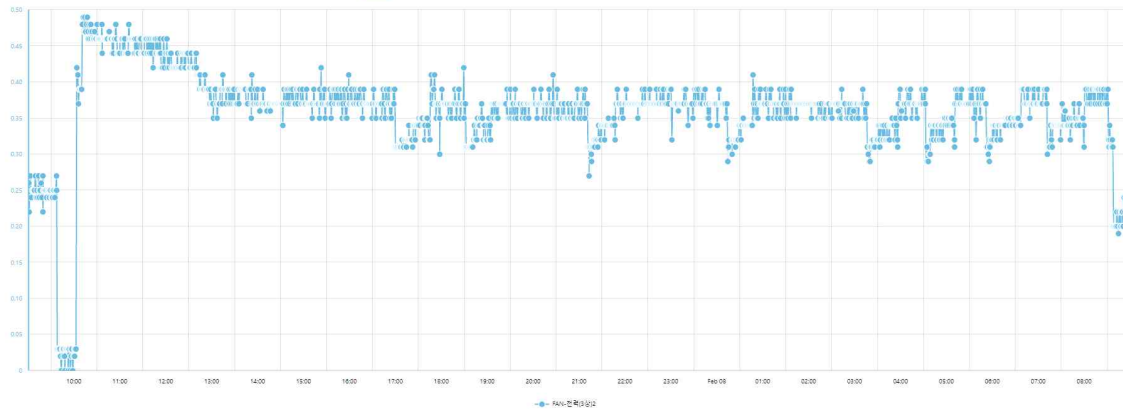
[규원테크] 교반기-전력(3상)1(2023-02-07 09:30:00 ~ 2023-02-08 09:30:00)
기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 적용

[돌아가기](#)



[규원테크] FAN-전력(3상)2(2023-02-07 09:30:00 ~ 2023-02-08 09:30:00)
기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 적용

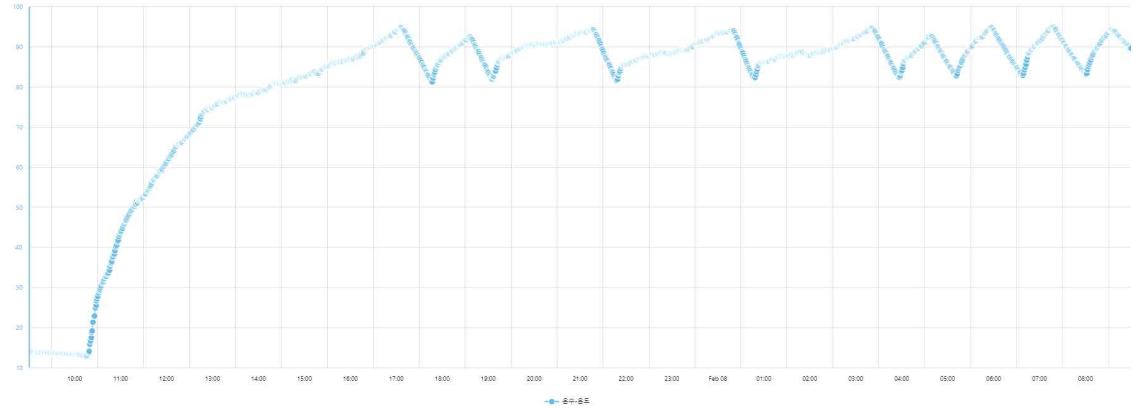
[돌아가기](#)



[규원테크] 온수-온도(2023-02-07 09:30:00 ~ 2023-02-08 09:30:00)

[돌아가기](#)

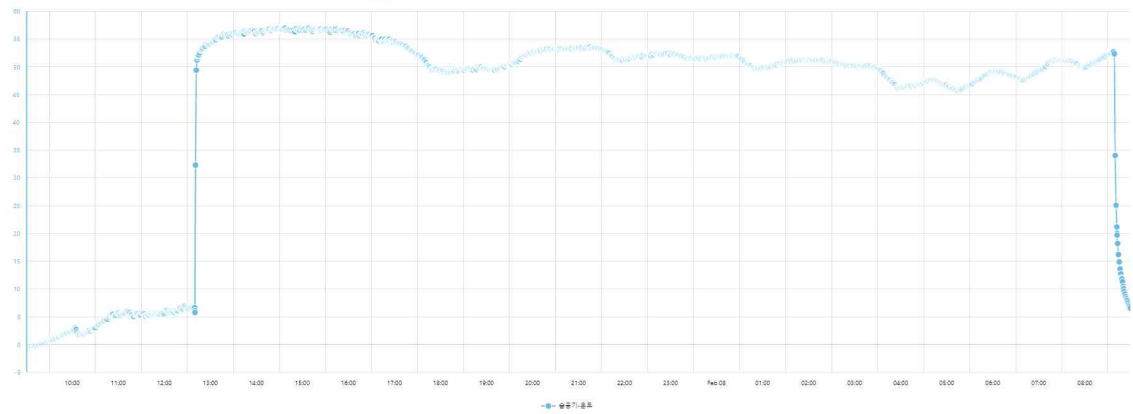
기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 적용



[규원테크] 습공기-온도(2023-02-07 09:30:00 ~ 2023-02-08 09:30:00)

[돌아가기](#)

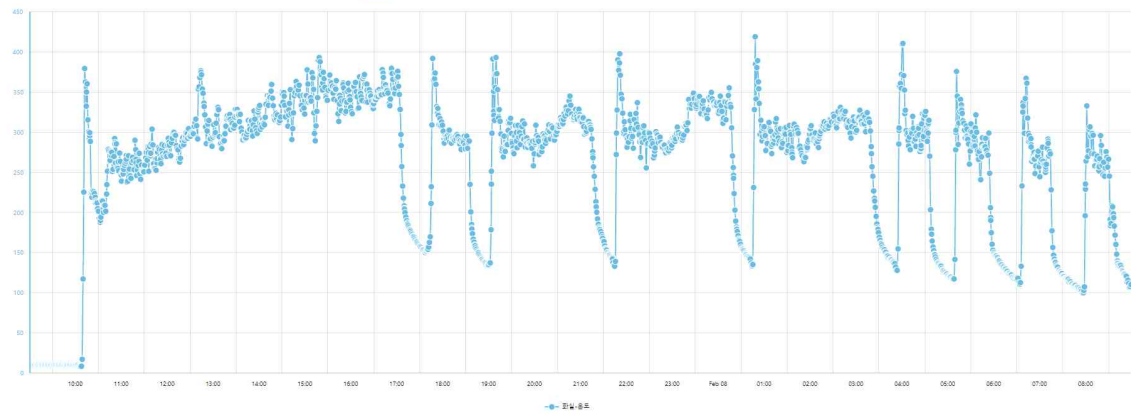
기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 적용



[규원테크] 화실-온도(2023-02-07 09:30:00 ~ 2023-02-08 09:30:00)

[돌아가기](#)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 적용



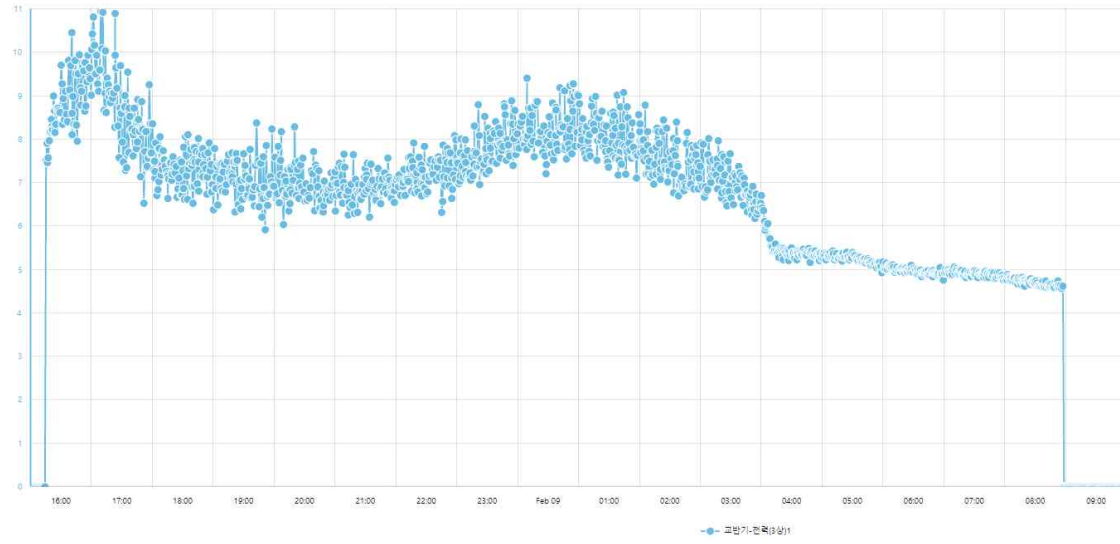
▶ 23. 02. 08 건조 실험 사진

<p>건조기 패들 - 버섯배지 투입</p>	<p>컨트롤 PANEL - 정상 가동</p>
	
<p>건조기 - 정상 가동</p>	<p>버너 - 연소 불꽃</p>
	
<p>배기연도 - 전기집진기 작동0</p>	<p>버너 - 연소 불꽃</p>
	
<p>ICT 모니터링 시스템 - 합체</p>	
	

▶ 23. 02. 08 건조 데이터 분석 자료(ICT 시스템)

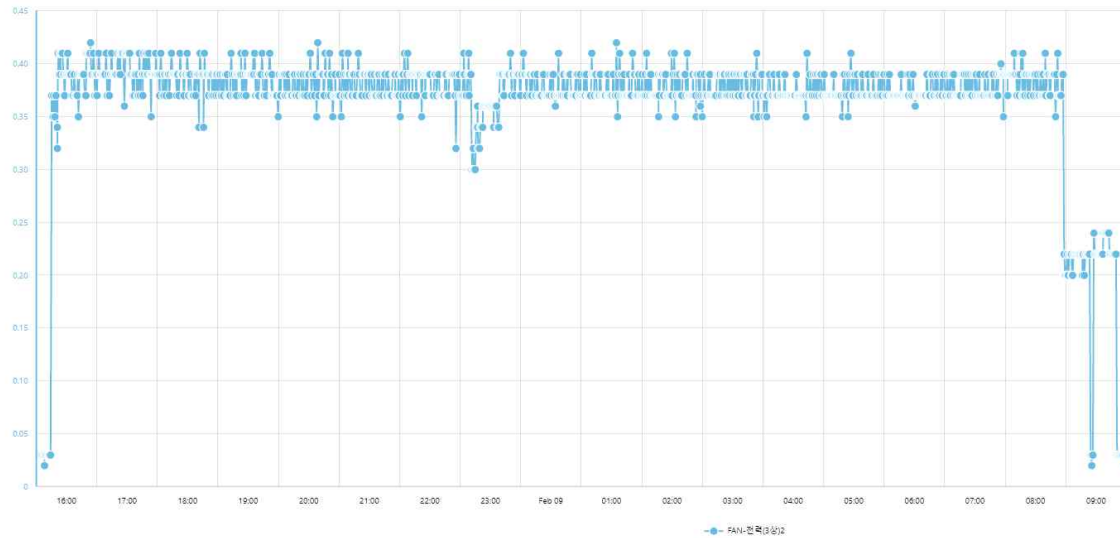
[규원테크] 교반기-전력(3상)1(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 적용



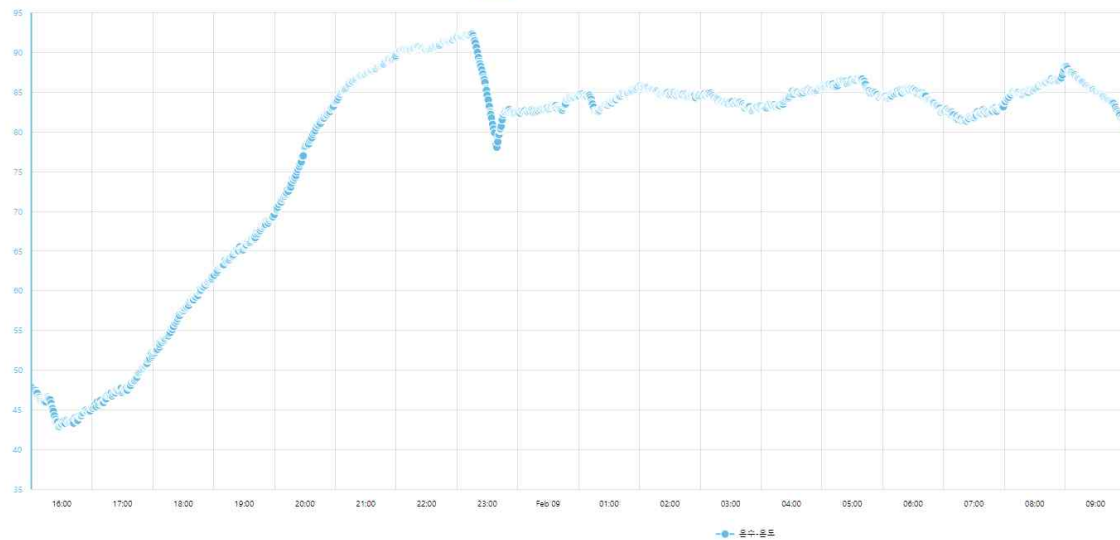
[규원테크] FAN-전력(3상)2(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 적용



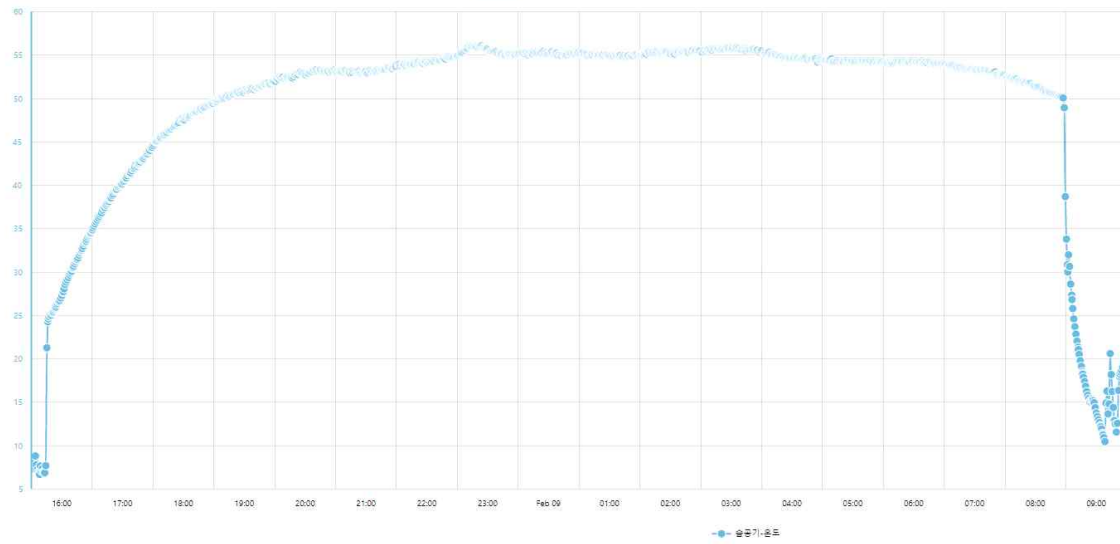
[규원테크] 온수-온도(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 적용



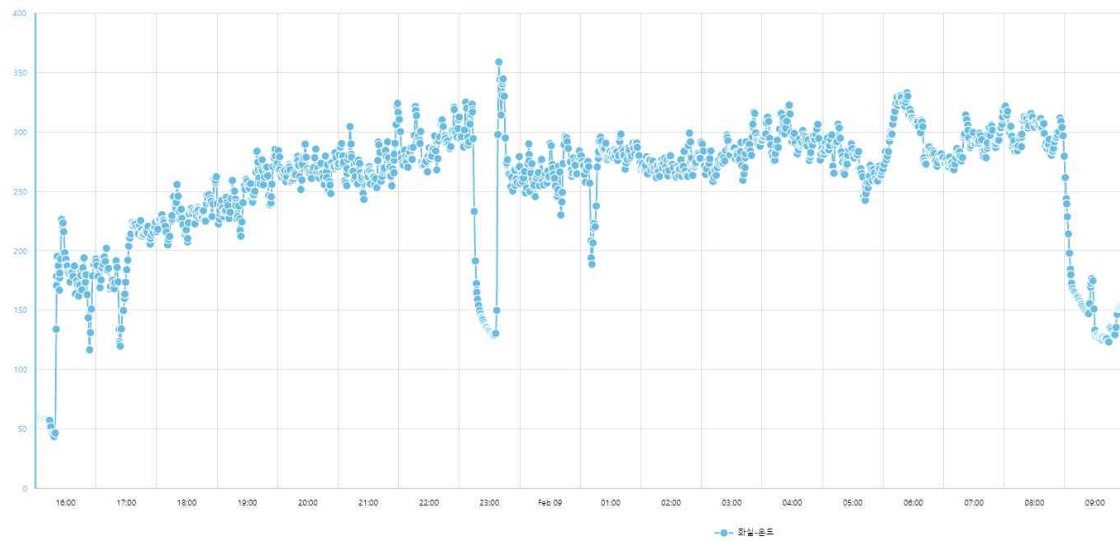
[규원테크] 습공기-온도(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- --:-- 적용



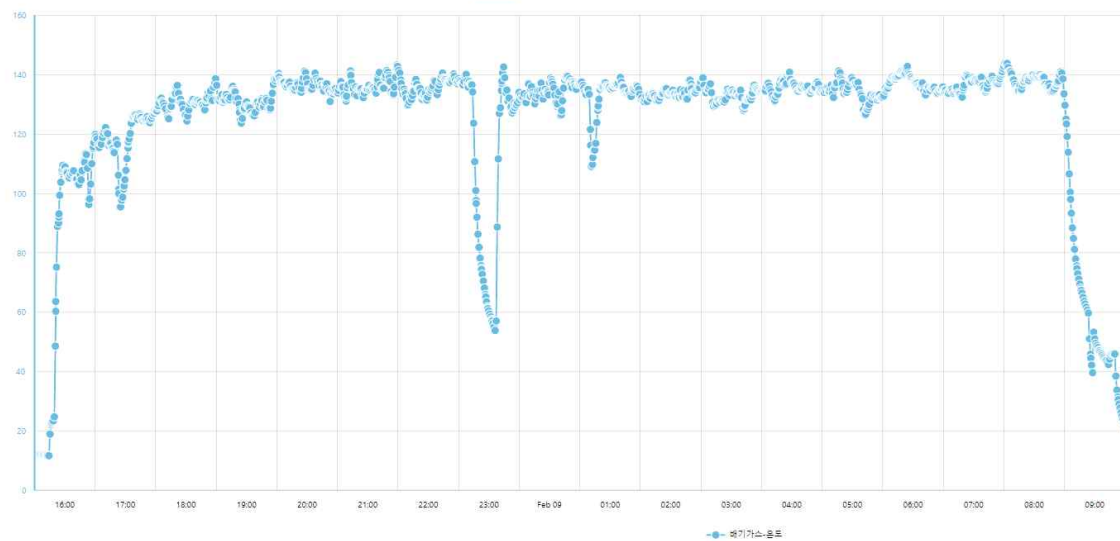
[규원테크] 화실-온도(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- --:-- 적용



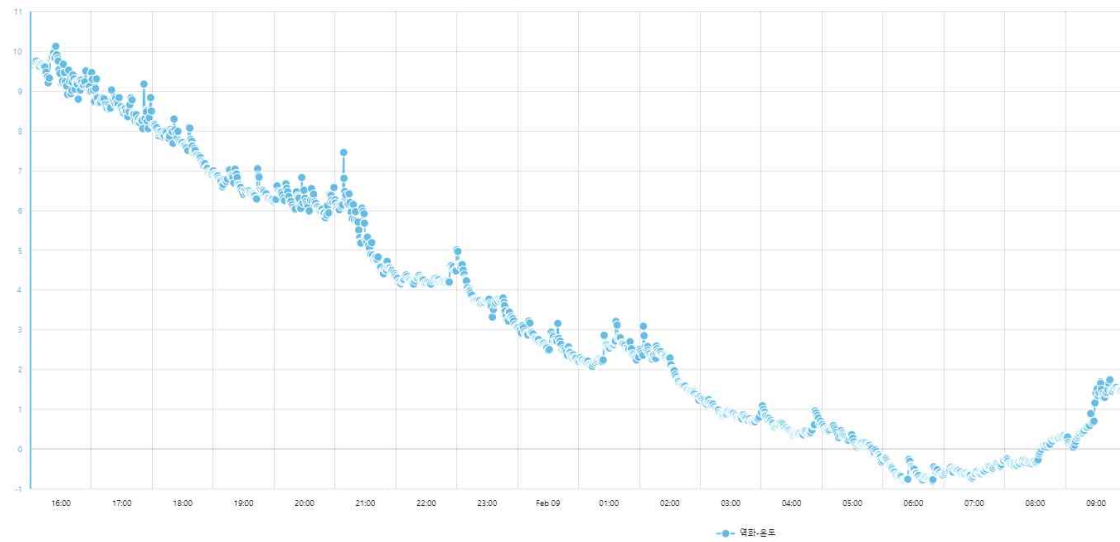
[규원테크] 배기가스-온도(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- --:-- 적용



[규원테크] 역화-온도(2023-02-08 16:00:00 ~ 2023-02-09 16:00:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간):

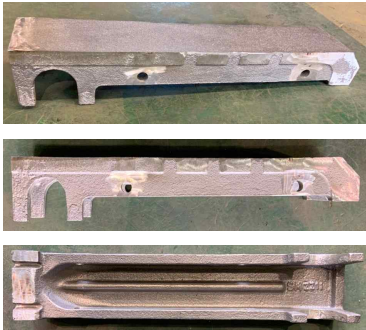
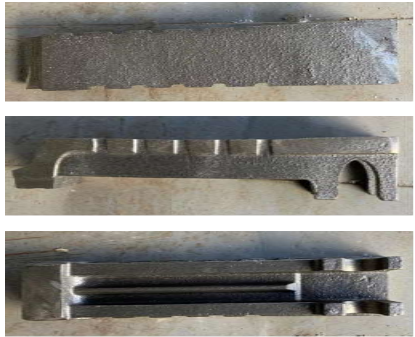
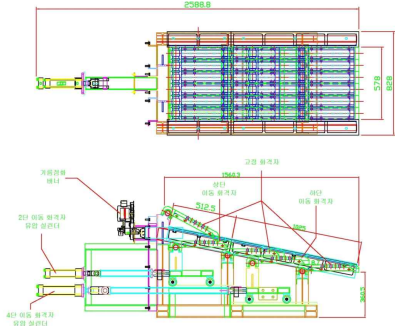
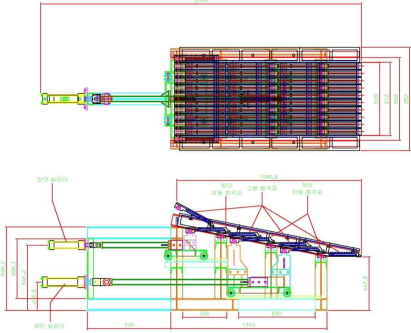
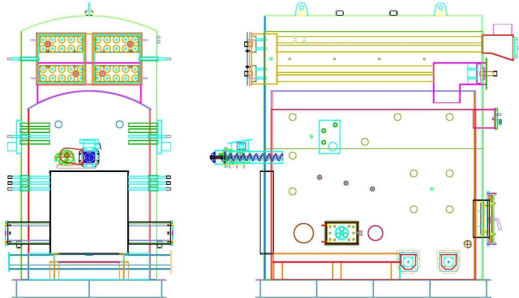
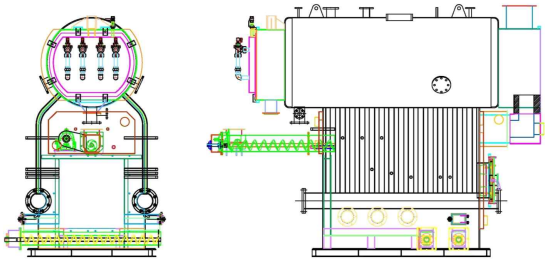


▶ 건조기 - 1호기, 2호기 건조 성능 비교

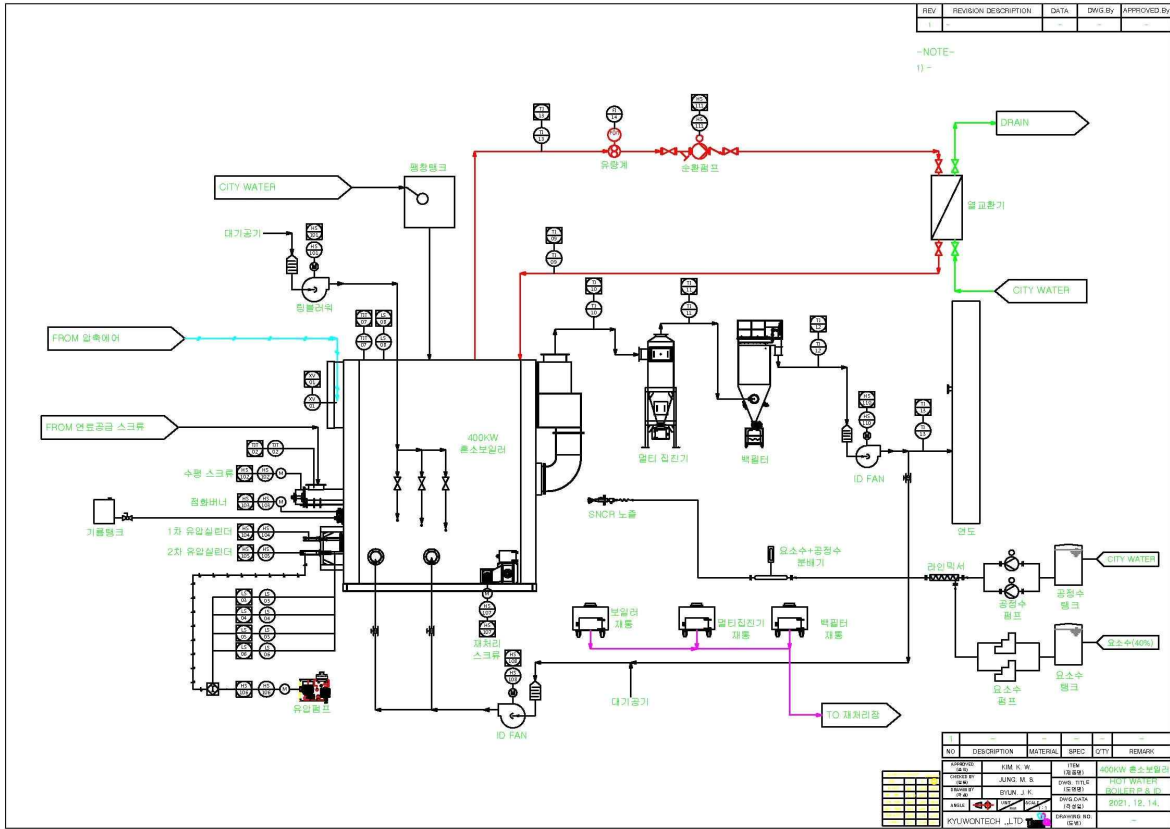
건조기		1호기	2호기
버섯배지 무게(kg)	전	1,005	1,597
	후	237	611
	변화량	-768	-986
함수율(%)	전	65.6	82.8
	후	11.7	18.7
	변화량	-53.9	-64.1
건조 경과시간(h)		36.5	34
연료 사용량(kg)	목재 펠릿	345	162
	건조 버섯배지	0	68.6
총 건조 에너지 열량 (kcal/h)		1,380,000	830,750

2. 목재칩- 농업부산물 혼소보일러 2차 시제품 개발

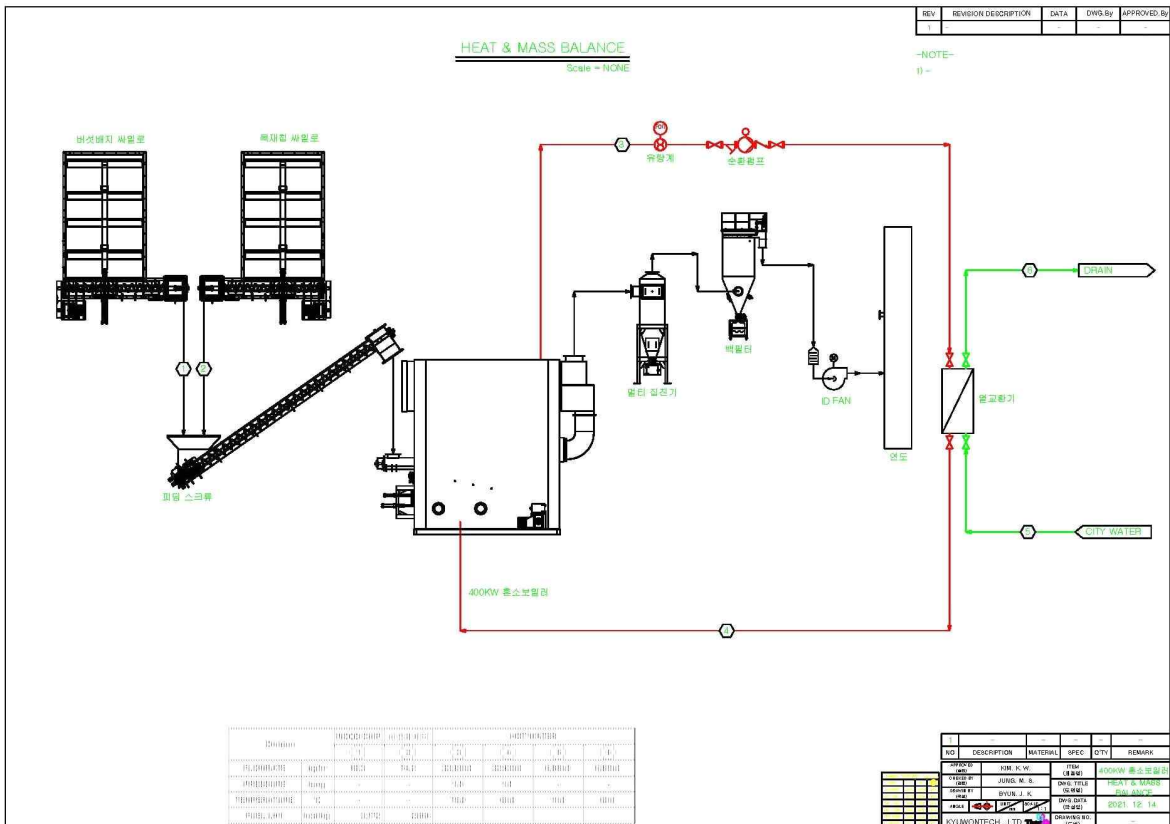
- 1차 시제품 성능결과 버섯배지 건조물 혼소율을 30%까지만 혼소할수 있어, 50%까지 증가하기 위해 버너연소기 설계 변경 및 전열면적 확보를 통해 보일러 효율 및 연소성 확보를 위해 시제품을 설계함

구분	1차 시제품	2차 시제품	
버너그레이트	단수	5단 6열	7단 10열
	화격자 사진		
	버너형상		
보일러도면			
화격자면적	$95 \times 375 / 1000000 = 0.035625\text{m}^2$ $0.03563 \times 6 \times 5 = 1.0689$	$60 \times 370 / 1000000 = 0.0222\text{m}^2$ $0.0222 \times 7 \times 10 = 1.554$	
화격자면적열부하	$344,000\text{kcal/h} / 1.0689\text{m}^2$ $321,826\text{kcal/m}^2.\text{h}$	$344,000\text{kcal/h} / 1.554\text{m}^2$ $221,364\text{kcal/m}^2.\text{h}$	
연소실체적(m ³)	$0.856 \times 1.818 \times 1.072 = 1.668$	$0.867 \times 1.763 \times 1.118 = 1.709$	
체적열부하(kcal/m ³ .h)	$344,000 / 1.668 = 206,235$	$344,000 / 1.709 = 199,436$	
전열면적(m ²)	18.46	32	

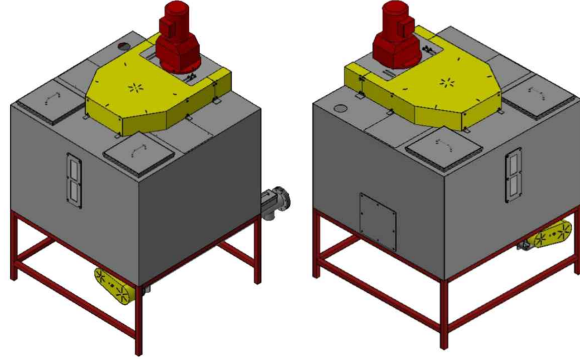
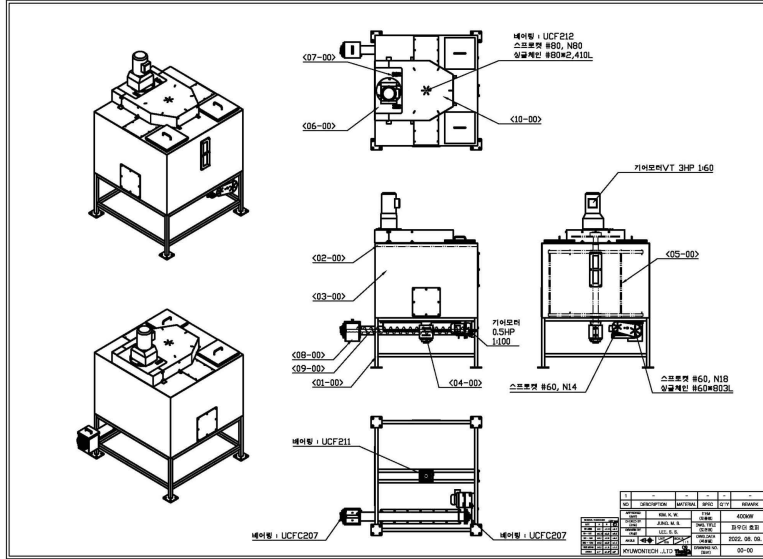
○ 보일러 P&ID



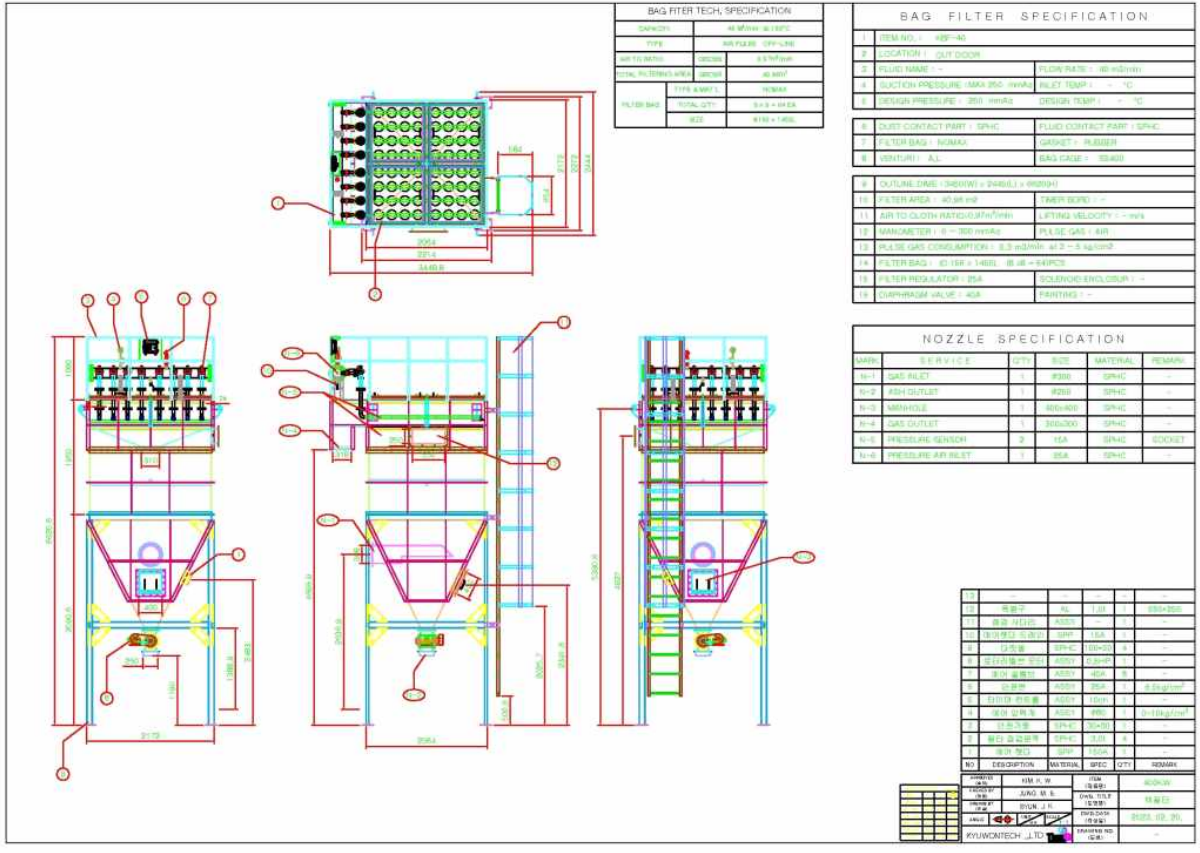
○ 열물질수지(HEAT & MASS BALANCE)



버섯배지 건조물 싸일로



여과집진기 도면



○ 최종 제품 시험실 설치 및 시험사진



보일러 전면부



보일러 후면부



칩호퍼, 버섯배지 호퍼



수평스크류에 2개 이송장치연결부



FD팬 1차공기, 2차공기



제어판넬, 재처리부



목재칩 (치핑칩)



버섯배지 건조물 2664Kcal/kg



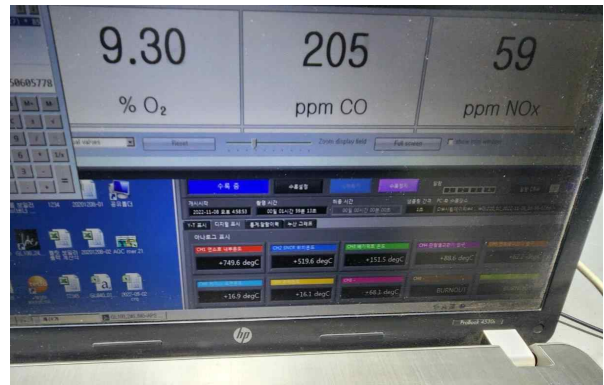
snrcr, 혼합모듈



snrcr 유량계



snrcr 적용시 NO_x



연소사진



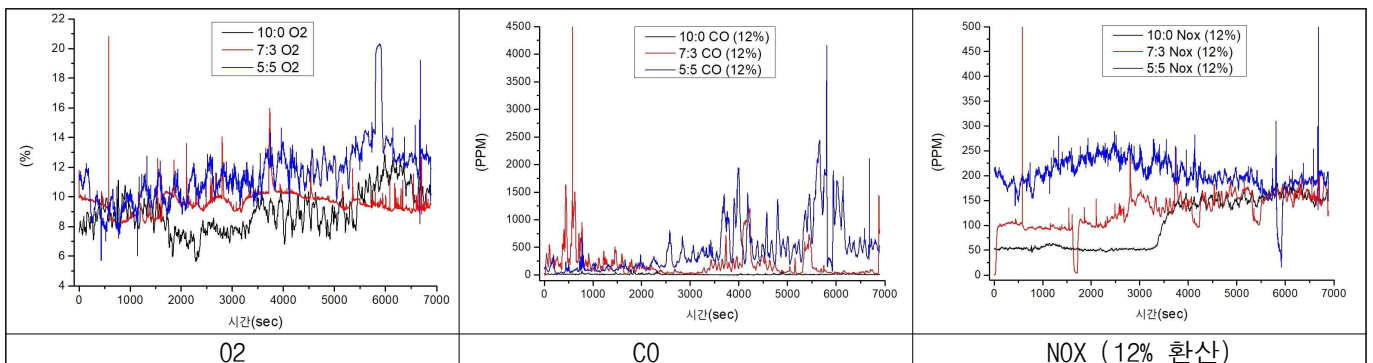
제품 실증현장 출고(15톤 지게차)

3. 목재칩- 농업부산물 혼소보일러 시험 내용

- 목재칩 ,함수율 41.4%, 버섯배지 20.7%
- 공급량에 비례하여 경사 피딩 스크류 속도 조절
- 2차공기팬 가동

TEST ITEM	UNIT	TEST RESULT	TEST METHOD
Carbon (Dry basis)	%	58.8	ISO 16948:2015
Hydrogen (Dry basis)	%	6.2	Calculation
Oxygen (Dry basis)	%	42.78	Calculation
Nitrogen (Dry basis)	%	0.1	ISO 16948:2015
Sulfur (Dry basis)	%	0.01	ISO 16994:2016
Total moisture (As received basis)	%	41.4	ISO 18134-1:2017
Ash (Dry basis)	%	9.3	ISO 18125:2015
Gross calorific value (As received basis)	kcal/kg	2 999	ISO 18125:2017
Net calorific value (As received basis)	kcal/kg	2 497	ISO 18125:2017
Volatile matter (Dry basis)	%	85.7	ISO 18123:2015
Fixed carbon (Dry basis)	%	14.0	Calculation

혼소율	우드칩 100%	우드칩 70% 버섯배지 50%	우드칩 50% 버섯배지 50%
연료공급시간 Hz, (sec)	1700Hz (2/8)	1400Hz (2/14) 6000Hz (1/9)	1400Hz (2/19) 6000Hz (2/7)
연료 소모량 (kg/h)	138	108 48	80.57 72.83
고압 송풍기	0	0	0
FD-FAN (Hz)	2900	3800	4900
ID-FAN (Hz)	4200	3600	5000
화격자 상단 (Hz)	2/15	2/15	1/20
화격자 하단 (Hz)	2/30	2/40	1/25
FGR	X	X	X
SNCR	X	X	X
O2 (%)	8.38	9.59	11.54
CO (ppm)	16.81	235.86	438.86
CO (ppm) 12% 환산	11.98	185.97	215.99
NOX (ppm)	101.67	163.05	417.52
NOX (ppm) 12%환산	72.48	128.56	205.49
SNCR위치 온도 (℃)	651.98	538.86	520.49
화염 사진			



* 결론 : 버섯배지 혼소율이 높아 질수록 CO 발생이 증가하며, 목재칩의 함수율이 너무 높아
서 함수율을 30%대로 낮추어서 테스트 진행함

○ 50%/ 50% 칩 + 버섯배지 건조물 혼소 테스트

- 칩핑칩 (명륜산업) 연료 사용 : 41.4% 목재칩 자연건조하여 35%대로 낮춤
- 보일러 설정

	FD FAN (Hz)	ID FAN (Hz)	화격자 (sec)		연료량 (sec)	
			상단	하단	우드칩	버섯배지
우드칩 50% / 버섯배지 50%	4000	4000	2-25	2-70	2-18	2-7

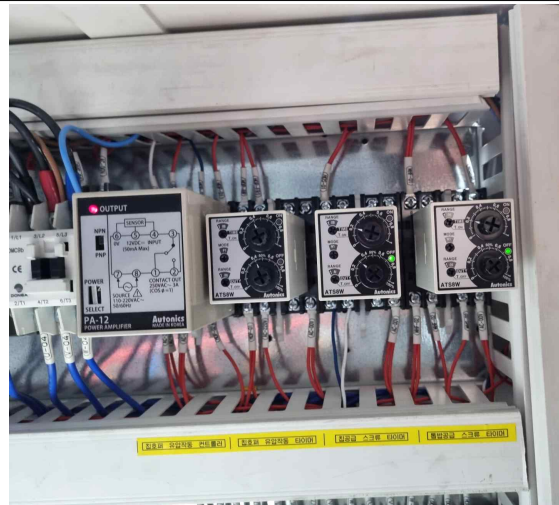
칩:배지	우드칩		버섯배지		입열량	열교환 입구	열교환 출구	유량 (L/MIN)	출력	열효율
	연료량	발열량	연료량	발열량						
5:5	90.33	2477	79.5	2664	435544	88.04	54.63	200	400950	92.06

칩:배지	O2	CO	NOx	(12%) CO	(12%) NOx
5:5	10.25	90.54	202.34	75.81	169.42

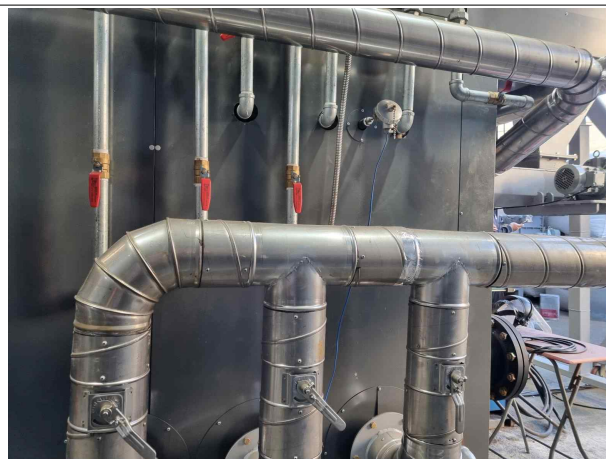
우드칩 50% / 버섯배지 50%



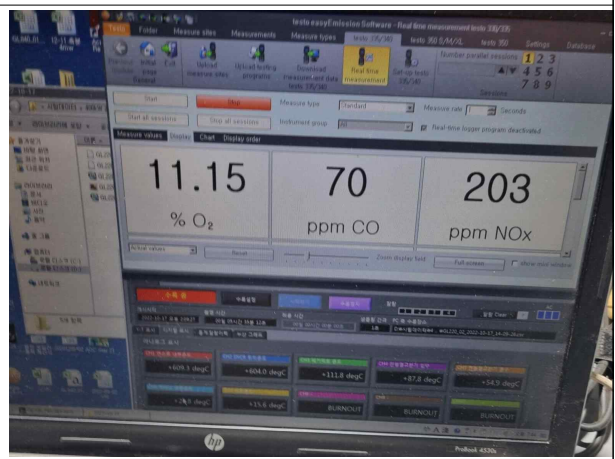
화염사진



연료 투입량 조절 장치



송풍, 고압 공기량 사진



온도 타점계, 연소 분석 사진

- 결론 : 목재칩을 일부 자연건조 5: 5 연소결과 CO 및 질소산화물이 안정적이었음

○ 50%/ 50% 칩 + 버섯배지 건조물 혼소 테스트, FGR 적용테스트

- 칩핑칩 (명륜산업) 연료 사용 : 41.4% 목재칩 자연건조하여 35%대로 낮춤
- 보일러 설정

	FD FAN (Hz)	ID FAN (Hz)	화격자 (sec)		연료량 (sec)	
			상단	하단	우드칩	버섯배지
우드칩 50% / 버섯배지 50%	4200	4100	2/30	2/80	2/18	2/6

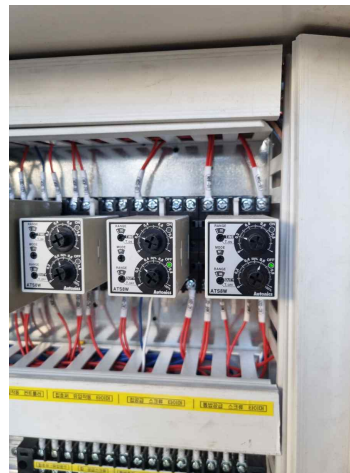
- 재청소 : 15 min
- 시간당 연료소모량
 - 우드칩 : 약 86kg/h(열량 2,477 kcal/kg 기준 : 213,022 kcal/h)
 - 건조버섯배지 : 약 77kg/h(열량 2,664 kcal/kg 기준 : 205,128 kcal/h)
- 설정값
 - ID FAN : 4100Hz, FD FAN : 4200Hz, FGR 100% OPEN, 화격자 2/30, 2/80

칩:배지 비율	우드칩		버섯배지		입열량 kcal/h	열교환 입구 ℃	열교환 출구 ℃	유량 (L/MI N)	출력 kcal/h	열효율 %
	연료량 kg	발열량 kcal/h	연료량 kg	발열량 kcal/h						
50:50	86	2,477	77	2,664	418,150	99.1	68.1	200	357,834	85.5

칩:배지	O ₂	CO	NOx	(12%) CO	(12%) NOx
50:50	13	274	239	308.3	268.9



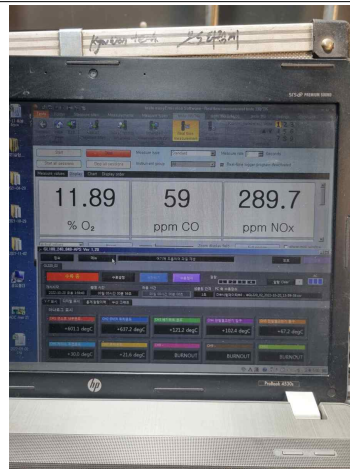
화염사진



연료 투입량 조절 장치



송풍, 고압 공기량 사진

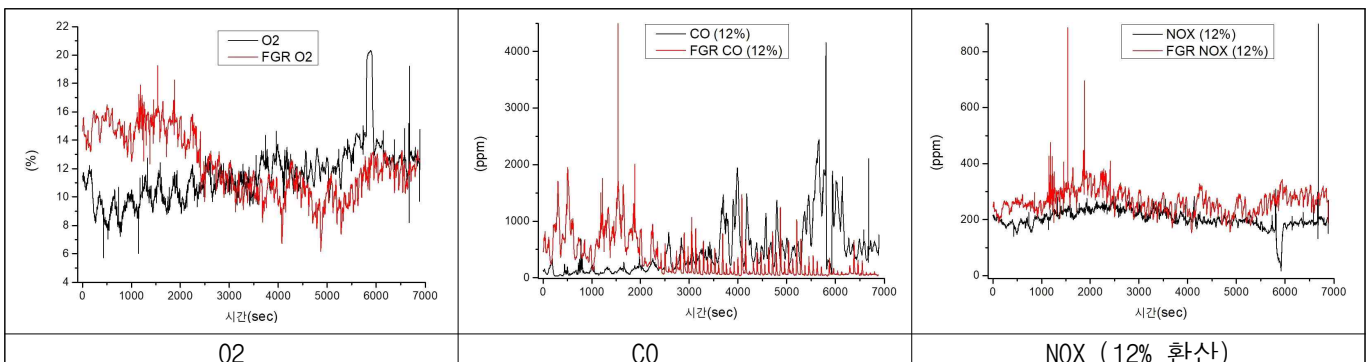


온도 타점계, 연소 분석 사진

결론 FGR 댐퍼 100% OPEN. FD FAN 속도 높여서 배기가스 유입되도록 유도.
 FGR 사용시, 연소로 내부온도 최대 614도. SNCR 위치온도 663.8도 기록.
 50:50 연료가 점차 밀려나와서 화격자를 최대한 늦췄으나 해결되지 못함.
 FGR 사용으로 인한 NOx 저감 효과는 확인되지 않음.


○ 혼소테스트 : 질소산화물 감축을 위한 시험진행 FGR 적용시 결과

혼소율	우드칩 50% 버섯배지 50%	우드칩 50% 버섯배지 50%
연료공급시간 Hz, (sec)	1400Hz (2/19) 6000Hz (2/7)	1400Hz (2/18) 6000Hz (2/6)
연료 소모량 (kg/h)	80.57 72.83	86 77
고압 송풍기	0	0
FD-FAN (Hz)	4900	4200
ID-FAN (Hz)	5000	4100
화격자 상단 (Hz)	1/20	2/30
화격자 하단 (Hz)	1/25	2/80
FGR	X	o
SNCR	X	X
O2 (%)	11.54	12.29
CO (ppm)	438.86	253.28
CO (ppm) 12% 환산	417.52	261.85
NOX (ppm)	215.99	250.83
NOX (ppm) 12%환산	205.49	259.32
SNCR위치 온도 (℃)	520.49	580.22
화염 사진		

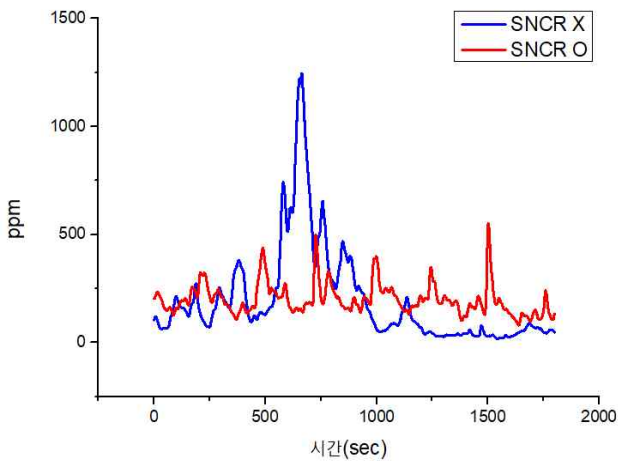


* 결론 : 질소산화물을 낮추기 위해 FGR을 적용하여 급기온도를 50도까지 하였으나
 큰 효과가 발생하지 않음

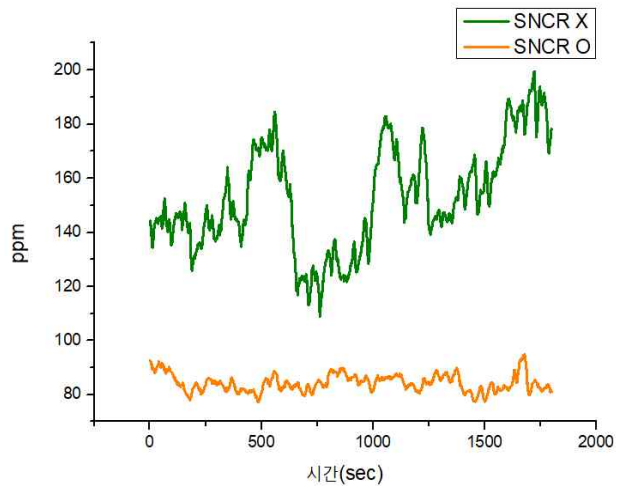
○ 혼소테스트 : 질소산화물 감축을 위한 시험진행 SNCR 테스트 결과

혼소 비율	우드칩 50%, 버섯배지 50%	
연료공급시간 Hz, (sec)	1,400Hz(2/19), 6,000Hz(2/7)	
연료 소모량 (kg/h)	90.32 / 79.5	
고압 송풍기	○	
FD-FAN (Hz)	4,900	
ID-FAN (Hz)	5,000	
화격자 상단 (Hz)	1/20	
화격자 하단 (Hz)	1/25	
FGR	X	
SNCR	X	0
O ₂ (%)	10.97	10.3
CO(ppm)	186.95	237.38
CO(ppm) 12% 환산	195.22	199.69
NO _x (ppm)	170.85	100.07
NO _x (ppm) 12% 환산	152.75	84.29
SNCR 위치온도 (°C)	520.49	538.86
화염 사진		

목재칩(50%) + 버섯배지(50%) 혼소
SNCR 가동 여부에 따른 CO(ppm) 비교



목재칩(50%) + 버섯배지(50%) 혼소
SNCR 가동 여부에 따른 NO_x(ppm) 비교

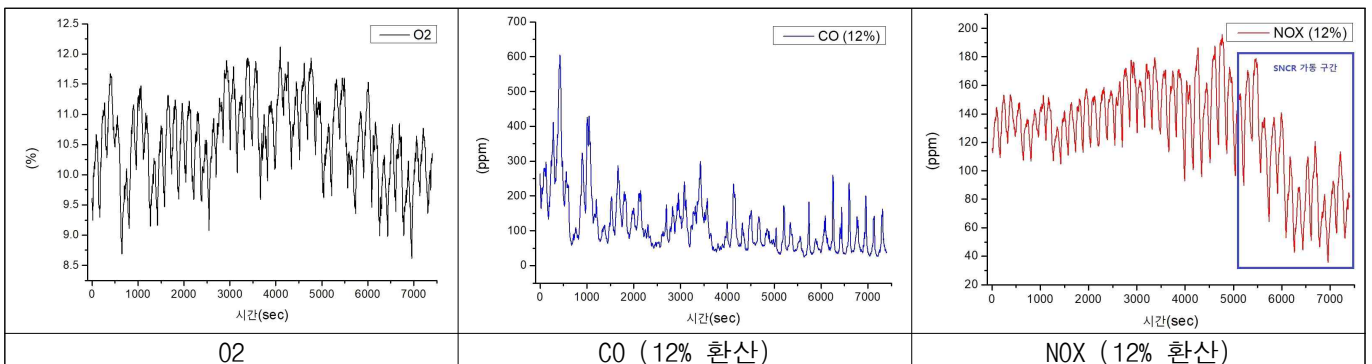


▷ SNCR 가동 시 O₂ 12% 환산 기준으로 NO_x 100ppm이하이며, CO도 안정적으로 나타남.

○ 농업부산물 100% 테스트 (표고버섯배지 펠릿으로 테스트함)

혼소율	표고버섯펠릿 (감농원)	표고버섯펠릿 (감농원)
연료공급시간 Hz, (sec)	2250Hz (2/8)	2250Hz (2/8)
연료 소모량 (kg/h)	150	150
고압 송풍기	0	0
FD-FAN (Hz)	4100	4100
ID-FAN (Hz)	3700	3700
화격자 상단 (Hz)	1/20	1/20
화격자 하단 (Hz)	1/50	1/50
FGR	X	X
SNCR	X	0
O2 (%)	10.84	10.11
CO (ppm)	124.53	84.37
CO (ppm) 12% 환산	110.31	69.73
NOX (ppm)	165.42	105.45
NOX (ppm) 12%환산	146.54	87.15
SNCR위치 온도 (°C)	479.41	516.35

사진



* 결론 : SNCR 가동 하여 요소수량을 조절하여 테스트 결과 NOx가 100PPM이하 저감 효과
확인함

○ 표고버섯 배지 열량 TEST 결과 및 폐배지 상태

표고버섯배지	구분
C	42.628
H	5.498
O	41.147
N	1.42
S	0.893
고정 탄소(%)	19.812
휘발분(%)	71.608
ASH(%)	8.580
수분함량(%)MC	22
HHV(Kcal/kg)	4009.44
LHV(Kcal/kg)	3349.44

열량 분석



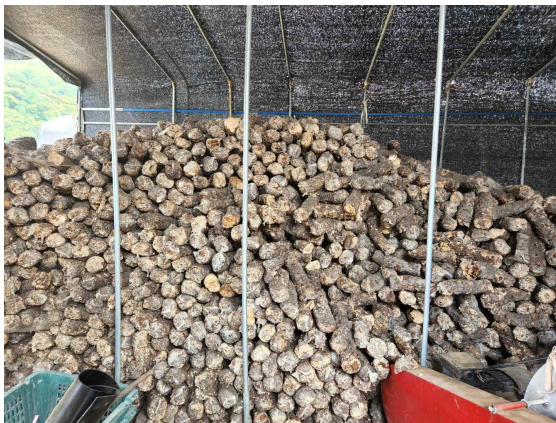
표고버섯배지연료



자체 펠릿 성형기



포대 내부



표고버섯폐배지 자연건조



표고버섯 배지

4. 목재칩- 농업부산물 혼소보일러 공인시험 결과


○ 효율, 출력, 연소측정 : KS B 6205, 8901에 의거 테스트 진행

시험 성적서

제 목 : 400kW급 목재칩-농업부산물 혼소보일러 성능 시험
업 체 명 : 규원테크
주 소 : 경상북도 경산시 남산면 송내리 40-2번지
대 표 자 : 김규원
시 험 일 : 2022. 11. 01. (화)

○ 시험항목 : 400kW급 목재칩-농업부산물 혼소보일러 성능 시험
 ○ 시험장소 : 규원테크 본사
 ○ 시험방법 : KS B 6205 육용강제 보일러의 열장산 방식
 KS B 8901 목재펠릿 보일러
 ○ 시험결과 및 현장 : 불임 1 참조
 ○ 비 고
 1. 본 시험은 ㈜규원테크에서 개발된 400kW급 목재칩-농업부산물 혼소보일러에 연소 시에 열 및 연소효율과 배기가스 조성에 대한 측정시험을 수행한 결과임
 2. 본 '목재칩-농업부산물 혼소보일러 성능 시험'은 고등기술연구원 전문가 2인의 현장 입회평가를 통해 얻어진 결과로 시험관련 사항은 '불임 1'을 참고하기 바람

2022년 11월 01일



고등기술연구원장

[붙임 1]


1. 적용범위
본 보고서는 규원테크에서 개발한 400kW급 목재칩 - 농업부산물 혼소보일러에 대하여 난방효율, 난방출력, 질소산화물 성능시험을 실시함

2. 시험일시/장소
1) 시험일시 : 2022년 11월 1일
2) 시험장소 : 보일러 설치장소, 규원테크 바이오매스 시험실
3) 시험기관 : 고등기술연구원
4) 시험방법 : KS B 8901 2020 목재펠릿보일러
5) 임의시험자 : 송형운 수석연구원, 장은석 책임연구원

2. 시험결과 요약

시 험 항 목	단 위	시 험 결 과	
난방 출력	kW	455.39	
	kcal/h	391,635.4	
난방 효율	%	89.91	
질소 산화물(NOx)	ppm	75.92	
	투입 연료	-	목재칩, 버섯건조배지
연료 소모량	kg/h	목재칩	90.32
		버섯건조배지	79.5
연료저위발열량	Kcal/kg	목재칩	2,477
		버섯건조배지	2,664

3. 시험시료



400kW 목재칩-농업부산물 혼소보일러

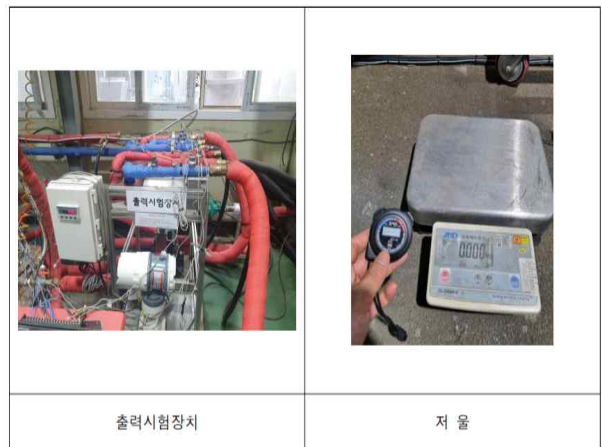
보일러 명판					
모델명	400kW-001	용량	400kW	제조일자	2022.11.01
용량	400kW	연소기종	목재칩, 버섯건조배지	설치장소	규원테크 바이오매스 시험실
제조사	규원테크	설치일자	2022.11.01	시험일자	2022.11.01
시험기관	고등기술연구원	시험방법	KS B 6205, 8901	시험결과	불임 1 참조
연료소모량	목재칩 90.32kg/h, 버섯건조배지 79.5kg/h	난방출력	455.39kW	난방효율	89.91%
NOx	75.92ppm	연료저위발열량	목재칩 2,477Kcal/kg, 버섯건조배지 2,664Kcal/kg	시험장소	규원테크 바이오매스 시험실

보일러 명판

4. 시험시료의 구조



5. 시험장치



시험검사항목	계측기명	기기번호	
난방.온수 출력시험	출력시험장치	온도타점 기록계	C00416991
		유량계	KV13085W
난방 효율, 연료소모량 측정	저울	H20-07705	
질소산화물	연소가스분석기		

6. 연료소비량 시험

6-1 시험방법

연료 소비량 시험은 다음에 따른다.

a) 시험 조건

보일러의 상태는 보일러에 점화한 후 연료 소비량이 가장 많은 상태로 한다.

b) 측정 방법

보일러에 점화 후 연소가 안정되었을 때를 시험 개시 시간으로 하고 시험 개시 시간과 시험 종료 시간의 연료 저장 장치 또는 연료 저장 장치를 포함한 기기의 무게를 측정한다. 다만, 시험 전 무게를 측정하기 전에 연료 저장 장치에 연료를 1/2 이상 채운 후 무게 변화를 측정하고, 이 측정을 2회 이상 반복하여 연속 측정한 값의 차가 1.5%이하가 되었을 때의 산술 평균값을 구하여 연료 소비량을 산출한다.

1) 연료 소비량을 다음 식으로 산출한다.

$$I_s = \frac{A-B}{t \times 1000}$$

여기에서

- I_s : 실측 연료 소비량 (kg/h)
- A : 시험 개시 시 무게 (g)
- B : 시험 종료 시 무게 (g)
- t : 시험 시간 (h)

2) 1)의 실측 연료 소비량으로부터 표시 연료 소비량과의 차를 다음 식으로 산출한다.

$$\Delta I_s = \frac{I_s - I_{sO}}{I_{sO}} \times 100$$

여기에서

- ΔI_s : 표시값과 실측값의 차 (%)
- I_s : 실측 연료 소비량 (kg/h)
- I_{sO} : 표시 연료 소비량 (kg/h)

6-2 시험 결과

시험 항목	단위	시험 결과
목재칩연료소비량	kg/h	90.32
버섯건조배지연료소비량	kg/h	79.50



7. 난방출력 시험

7-1 시험방법

a) 시험 시간

시험 시간은 연소를 시작하여 기기가 열적 평형 상태가 얻어질 때까지 적어도 2시간이상 연소 후 난방 출구 온도와 환수 온도의 차이가 일정한 상태에 도달하였을 때부터 측정을 실시한다. 측정은 30분 이상 2회 측정하여 평균값을 사용한다. 다만, 각각에 대하여 측정 시 계속 또는 1분을 초과하지 않는 주기로 난방 공급과 환수 온도 및 난방 공급 수량을 측정하여 평균을 산출한다.

b) 시험 조건

1) 시험 조건은 그림4 또는 이와 동등한 장치로 하여 제조자에 의해 주어진 설정 상태에서 연료 소비량이 가장 많은 사용 상태로 하고, 난방 출구 온도는 (80±5)°C 로 연속하여 얻어질 수 있도록 하고, 난방 환수구 온도는 난방 출구 온도보다 15K~20K 낮게 조절한다.
2) 난방 배관 내의 수압은 대기 차단식의 경우 100kPa(제조자가 지정하는 사용 수압이 이보다 높을 경우는 그 지정하는 압력)의 수압으로 흐르게 하고, 대기 개방식의 경우 시스템에 물을 채운 상태에서 시험한다. 다만, 난방-온수 결합에는 온수 공급을 중지하여야 한다.

c) 시험 방법

1) 시험방법은 조절 밸브 V1과 V2를 열고 순환 펌프를 연속 운전하면서 조절 밸브 V2를 조절하여 난방 환수구와 난방 출구 온도를 조절하고, 안정된 때부터 시험을 실시한다.
2) 유량(Gh)은 그림4와 같이 무게법이나 유량계법을 사용하여 측정한다.
3) 급수 방법은 그림4와 같이 시스템 또는 정압 탱크의 어느 것을 사용하여도 된다.
4) 그림4의 단열 부분은 충분히 단열시키거나 또는 단열성이 풍부한 배관을 사용하여 가능한



7. 난방출력 시험

7-1 시험방법

a) 시험 시간

시험 시간은 연소를 시작하여 기기가 열적 평형 상태가 얻어질 때까지 적어도 2시간이상 연소 후 난방 출구 온도와 환수 온도의 차이가 일정한 상태에 도달하였을 때부터 측정을 실시한다. 측정은 30분 이상 2회 측정하여 평균값을 사용한다. 다만, 각각에 대하여 측정 시 계속 또는 1분을 초과하지 않는 주기로 난방 공급과 환수 온도 및 난방 공급 수량을 측정하여 평균을 산출한다.

b) 시험 조건

1) 시험 조건은 그림4 또는 이와 동등한 장치로 하여 제조자에 의해 주어진 설정 상태에서 연료 소비량이 가장 많은 사용 상태로 하고, 난방 출구 온도는 (80±5)°C 로 연속하여 얻어질 수 있도록 하고, 난방 환수구 온도는 난방 출구 온도보다 15K~20K 낮게 조절한다.
2) 난방 배관 내의 수압은 대기 차단식의 경우 100kPa(제조자가 지정하는 사용 수압이 이보다 높을 경우는 그 지정하는 압력)의 수압으로 흐르게 하고, 대기 개방식의 경우 시스템에 물을 채운 상태에서 시험한다. 다만, 난방-온수 결합에는 온수 공급을 중지하여야 한다.

c) 시험 방법

1) 시험방법은 조절 밸브 V1과 V2를 열고 순환 펌프를 연속 운전하면서 조절 밸브 V2를 조절하여 난방 환수구와 난방 출구 온도를 조절하고, 안정된 때부터 시험을 실시한다.
2) 유량(Gh)은 그림4와 같이 무게법이나 유량계법을 사용하여 측정한다.
3) 급수 방법은 그림4와 같이 시스템 또는 정압 탱크의 어느 것을 사용하여도 된다.
4) 그림4의 단열 부분은 충분히 단열시키거나 또는 단열성이 풍부한 배관을 사용하여 가능한

한 방열이 적어야 한다.

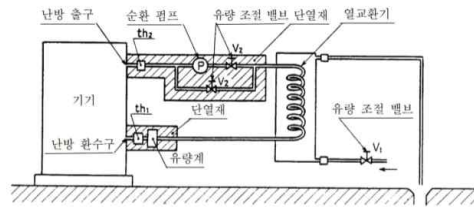


그림 4 - 난방 출력 시험 장치(유량계법)

d) 계산식

1) 난방 출력(대기 차단식)을 다음 식으로 산출한다.

$$H = G_h \cdot C_p \cdot (th_2 - th_1)$$

여기에서

- H : 난방 출력(kW)
- G_h : 출탕량 또는 급수량 (kg/h)
- C_p : 물의 비열, 1.16279×10^{-3} (kWh/kg-K)
- th_1 : 급수 온도 (°C)
- th_2 : 난방 출구 온도 (°C)

2) 난방 출력(대기 개방식)을 다음 식으로 산출한다.

$$H = G_h \cdot C_p \cdot (th_2 - th_1)$$

여기에서

- H : 난방 출력 (kW)
- G_h : 순환 수량 (kg/h)
- C_p : 물의 비열, 1.16279×10^{-3} (kWh/kg-K)
- th_1 : 난방 환수구 온도 (°C)
- th_2 : 난방 출구 온도 (°C)

비고 1

시험하는 동안 설정된 난방 순환 유량은 ±1%를 유지하여야 한다.

비고 2

부피 유량계를 사용하여 부피(L)에서 무게(kg)로 환산하는 경우는 온도에 대하여 밀도를 보정한다.

에너지 단위 환산

1kJ = 1kW·S = 0.94782Btu = 0.23885kcal 1Btu = 1.0551kJ = 0.25200kcal = 778.16 ft·lbf
1J = 1Nm = 10⁷erg = 9.478 × 10⁻⁴Btu 1kcal = 4.1868kJ = 3.9683Btu

7.2 시험결과

시험항목	단위	시험결과
난방출력	kW	455.39
난방출력	kcal/h	391635.4

<비고> 1. 순환 수량 단위 환산 ℓ/h → kg/s
단위환산 : 1kW = 860Kcal/h

1시간 순환 유량 : 12.0000 L
1시간 순환 유량 단위 환산 (L → kg)
12.000 ℓ → 12 m³ x 965.3 kg/m³ = 11,583.6 kg

$$m_1 = 11,583.6 / 3600 = 3.218 \text{ kg/s}$$

※ 물의 비열 단위 환산 Kcal/kg·°C → J/kg·°C

난방수 순환 온도									
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
CH1	연소로 내부온도	598.1	429.3	312	589.6	429.3	607.6693	397	degC
CH2	SNCR 투입온도	405.2	447.9	427	587.9	454	433.5179	463	degC
CH3	배기통 온도	112.0	114.3	127	111.7	114.0	113.8969	124	degC
CH4	연료수온(가) 온도	19.6	19.2	24	19.1	18	18.038	14	degC
CH5	연료수온(가) 온도	14.3	14.3	10	13.8	13.3	14.6041	13	degC
CH6	캐비티 온도	21.3	22.1	12	22.1	20.3	22.8969	14	degC
CH7	캐비티 온도	18	13.3	10	14.7	14.3	13.977	12	degC
CH8	-	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	****	****	degC
CH9	-	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	****	****	degC
CH10	-	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	BURNOUT	****	****	degC

(난방 출수 평균 : 88.04°C , 난방 환수 평균 : 54.60°C)

$$c_1 = at \frac{T_F + T_E}{2} = \frac{88.04 + 54.60}{2} = 71.32^\circ\text{C}$$

70°C 물 비열 : 1. Kcal/kg·°C → 4186.8 J/kg·°C

$$c_1 = 4186.8 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$P_N = m_1 \times c_1 (T_F - T_E)$$

$$= 3.218 \times 4186.8 \times (88.4 - 54.60) = 455391.54 \text{ W}$$

$$= 455.39 \text{ kW}$$

B : 연료소모량 (kg/s)
NCV : 연료의 저위발열량 (J/kg) (연료 공기성적서 별도 첨부)

7.2 시험결과

1시간 연료 소모량 :

-우드칩 : 90.32 kg/h

B = 90.32 / 3600 = 0.02509 kg/s

NCV = 2,477 kcal/kg = 10370.7036 KJ/kg = 10,370,703.6 J/kg

-버섯배지 : 79.5 kg/h

B = 79.5 / 3600 = 0.02208 kg/s

NCV = 2,664 kcal/kg = 11,153.6352 KJ/kg = 11,153,635.2 J/kg

$$Q_B = (0.02509 \times 10,370,703.6) + (0.02208 \times 11,153,635.2) = 50,6473.2 \text{ W} = 506.47 \text{ kW}$$

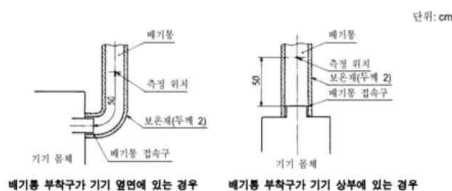
$$\eta_k = \frac{455.39}{506.47} \times 100 = 89.91 \%$$

시험항목	단위	시험결과
난방효율	%	89.91

8. 난방효율

8.1 배출가스 분석 시험

1) 난방출력 시험동안 그림9의 배출가스 온도측정위치와 근접하고 음압이 걸리는 위치에서 연소가스 분석기를 사용하여 계속 또는 1분을 초과하지 않는 주기로 배출가스를 채취하여 건조 연소 가스중의 NOx 농도와 O₂ 농도의 평균값으로 산출하여 다음식으로 산출한다.



6.3 시험사진



목재칩-농업부산물 혼소보일러 설치사진



연료사진(위-목재칩, 아래-버섯건조배지)



온도 타점 기록 사진



유량 측정 사진

7. 난방효율

7.1 시험방법

1) 난방 효율 계산 식은 아래와 같다

$$\eta_k = \frac{Q}{Q_B} \times 100 \%$$

η_k : 난방 효율 (%)

Q : 난방 출력

Q_B : 열입력

$Q_B = B \times NCV$

2) 측정 계산식

$$NO_x = NO_{x,a} \times \frac{21 - O_{2,a}}{21 - O_{2,b}}$$

여기에서

NO_x : 이론 건조 연소 가스 중의 NOx 농도(부피%)

$NO_{x,a}$: 건조연소 가스 중의 NOx 농도 측정값의 평균(부피%)

$O_{2,a}$: 이 표준에서 배출가스내의 표준화된 산소량은 12%로 한다

$O_{2,b}$: 건조 연소 가스중의 O₂ 농도 측정값(부피%)

3) 시험결과 : 1분단위로 측정, 한시간 평균값

구분	O₂(평균)	NOx(평균)	NOx
측정값 (ppm)	10.80	86.04	75.92

4) 시험사진



SNCR 질소저감 설비



400kW 목재칩-농업부산물 배기가스 측정

2) 측정 계산식

$$NO_x = NO_{x,a} \times \frac{21 - O_{2a}}{21 - O_{2s}}$$

여기에서

- NO_x : 이론 건조 연소 가스 중의 NO_x 농도(부피%)
- $NO_{x,a}$: 건조연소 가스 중의 NO_x 농도 측정값의 평균(부피%)
- O_{2s} : 이 표준에서 배출가스내의 표준화된 산소량은 12%로 한다
- O_{2a} : 건조 연소 가스중의 O_2 농도 측정값(부피%)

3) 시험결과 : 1분단위로 측정, 한시간 평균값

구분	O_2 (평균)	NO_x (평균)	NO_x
측정값 (ppm)	10.80	86.04	75.92

4) 시험사진



SNCR 질소저감 설비

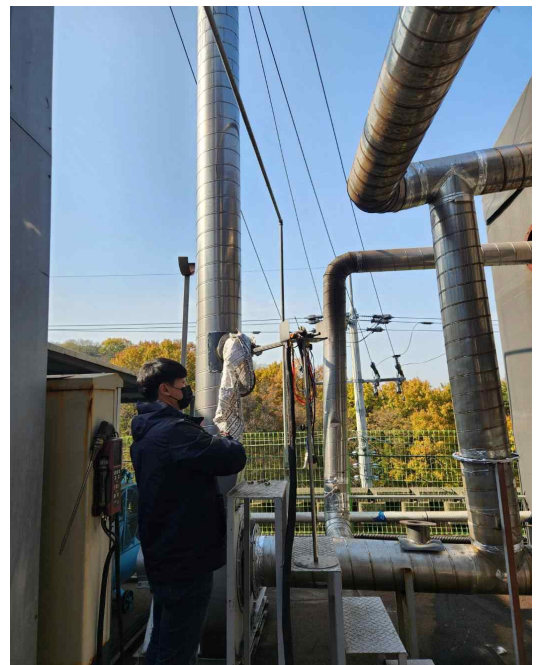
400kW 목재칩-농업부산물 배기가스 측정

위의 시험 결과에 대하여 사실과 같음을 확인합니다.

고등기술연구원 송형운 수석연구원
고등기술연구원 장은석 책임연구원

(확인)
(확인)

○ 먼지테스트 : KXD-502 STACK SAMPLER , 22년 11월 7일



-여과집진기 전단

[별지 제21호서식]

대 기 측 정 기 록 부

① 의뢰인	상 호 (기관명) (주)유원테크	② 시 설 별 고형연료제품사용시설	시 설 명
	소 재 지 (주 소) 경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95		종 별
	대 표 자 (의뢰인) 김규현		주 생산품
③ 의뢰내용	환경 기술 인 정만수	④ 시료채취	연구개발
	측 정 용 도 품질관리용		
	대 상 의 명 칭 (측 정 지 점) 여과집진시설 70m/분		
⑤ 측정분석결과	의뢰항목 먼지	현 장 기 상	기 온 16.0 °C 습 도 30.0 % 기 압 760.9 mmHg 풍 향 북서 풍 속 2.1 m/s
		배 출 가 스	배 출 가 스 유 량 14.5 S ^m /분 산 소 농 도 14.57 % 기 타
		채 취 자 의 견	시료채취번호 1107-D1
		채 취 일 시	2022년 11월 7일 시료채취자 이종욱 외1명 이종욱
		측 정 항 목	연구개발 과제기준 측정분석값 측정시간 (환경질에 한함) 먼지 40 (12) mg/S ^m 54.8 해당없음 먼지동적측정법 (KXD-502 STACK SAMPLER)
		분석기간	11월 7일 ~ 11월 8일 분석책임자 이미현 이아현
		총 합 의 견	위 분석값은 품질관리용 결과임.
		위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다. 2022년 11월 8일	
		상 호 건 일 환 경 기 술 소 재 지 경남 양산시 고향의봄1길 18 (신기동) 연 락 처 Tel. 055-388-2778 Fax. 055-389-2779 대 표 자 성 명 이 종 욱 (사명 또는 인)	
		* 의뢰사항과 관련이 없는 난의 경우 "해당 없음" 으로 기재됩니다. GI-OP-21-02 Rev.01	

대 기 시료채취기록지

시료채취번호 1107-D1

업 재 명 (주)유원테크	기승책임자 이종욱	품질책임자 김규현
배출시설명 목재 펄프 시설용 - 1크크류	방지사설명 여과집진시설 70m/분	측정항목 먼지
측정일 2022년 11월 7일	피도우관 계수 0.811	
날 씨 맑음(구름/흐림/비/눈)	흡인노출직경 (mm) 7.75	
기 온 (°C) 16.0	동 속 계 수 (%) 99.55	
기 압 (mmHg) 760.9	수 분 량 (%) 6.83	
연 료 모 양 : 사각 / 원형	유 속 (m/sec) 6.98	
연 료 직 경 (m) 0.3	표준산소농도 (Oa) 12	
연 료 단 면 적 (m ²) 0.071	실측산소농도 (Oa) 14.57	
여 과 지 번호 1107-D1	공 기 비 1.40	
누출시험(L) : 0.00 후(L) : 0.85	굴뚝단면 및 측정점 배열	ΔHa : 42.6 Yd : 1.00

채취점 번호	시료채취 시간(분)	배출가스 농도(mg/m ³)	오리피스 차압(mH ₂ O)	배출가스 온도(°C)	디지털 가스미터 지시값	가스미터 온도(°C)	회중입만저 출구 온도(°C)	KF		
1	28	1.38	3.55	23.6	99	10.88	42.41	17	13	6.66
2										
3										
4										
5										
평균 (합계)	28	1.38	3.55	23.6	99	채취량: 402.06	20.5	13		6.66

항 목	시료채취 시간(분)	가스미터 온도(°C)	시료채취량(L)	항 목	시료채취 시간(분)	가스미터 온도(°C)	시료채취량(L)
작성 자	이종욱 이아현		시료채취 입회자	정인우 김규현			

- 여과집진기 후단

[별지 제21호서식]

대 기 측 정 기 록 부

① 의뢰인	상 호 (기관명) (주)유원테크	② 시 설 별 고형연료제품사용시설	시 설 명
	소 재 지 (주 소) 경상북도 경산시 남산면 송내공단길 95		종 별
	대 표 자 (의뢰인) 김규현		주 생산품
③ 의뢰내용	환경 기술 인 정만수	④ 시료채취	연구개발
	측 정 용 도 품질관리용		
	대 상 의 명 칭 (측 정 지 점) 여과집진시설 70m/분		
⑤ 측정분석결과	의뢰항목 먼지, 질소산화물	현 장 기 상	기 온 19.0 °C 습 도 25.0 % 기 압 759.6 mmHg 풍 향 북서 풍 속 1.8 m/s
		배 출 가 스	배 출 가 스 유 량 10.8 S ^m /분 산 소 농 도 16.33 % 기 타
		채 취 자 의 견	시료채취번호 1107-D2
		채 취 일 시	2022년 11월 7일 시료채취자 이종욱 외1명 이종욱
		측 정 항 목	연구개발 과제기준 측정분석값 측정시간 (환경질에 한함) 먼지 40 (12) mg/S ^m 7.4 해당없음 먼지동적측정법 (KXD-502 STACK SAMPLER)
		분석기간	11월 7일 ~ 11월 8일 분석책임자 이미현 이아현
		총 합 의 견	위 분석값은 품질관리용 결과임.
		위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다. 2022년 11월 8일	
		상 호 건 일 환 경 기 술 소 재 지 경남 양산시 고향의봄1길 18 (신기동) 연 락 처 Tel. 055-388-2778 Fax. 055-389-2779 대 표 자 성 명 이 종 욱 (사명 또는 인)	
		* 의뢰사항과 관련이 없는 난의 경우 "해당 없음" 으로 기재됩니다. GI-OP-21-02 Rev.01	

대 기 시료채취기록지



시료채취번호 1107-D2

업 재 명 (주)유원테크	기승책임자 이종욱	품질책임자 김규현
배출시설명 목재 펄프 시설용 - 2크크류	방지사설명 여과집진시설 70m/분	측정항목 먼지
측정일 2022년 11월 7일	피도우관 계수 0.811	
날 씨 맑음(구름/흐림/비/눈)	흡인노출직경 (mm) 7.75	
기 온 (°C) 19.0	동 속 계 수 (%) 104.52	
기 압 (mmHg) 759.6	수 분 량 (%) 3.31	
연 료 모 양 : 사각 / 원형	유 속 (m/sec) 5.83	
연 료 직 경 (m) 0.3	표준산소농도 (Oa) 12.0	
연 료 단 면 적 (m ²) 0.071	실측산소농도 (Oa) 16.33	
여 과 지 번호 1107-D2	공 기 비 1.93	
누출시험(L) : 0.00 후(L) : 0.92	굴뚝단면 및 측정점 배열	ΔHa : 42.6 Yd : 1.00

채취점 번호	시료채취 시간(분)	배출가스 농도(mg/m ³)	오리피스 차압(mH ₂ O)	배출가스 온도(°C)	디지털 가스미터 지시값	가스미터 온도(°C)	회중입만저 출구 온도(°C)	KF		
1	27	1.63	2.96	25.1	40	8.92	42.33	28	18	8.44
2										
3										
4										
5										
평균 (합계)	27	1.63	2.96	25.1	40	채취량: 424.41	23.5	14		8.44

항 목	시료채취 시간(분)	가스미터 온도(°C)	시료채취량(L)	항 목	시료채취 시간(분)	가스미터 온도(°C)	시료채취량(L)
작성 자	이종욱 이아현		시료채취 입회자	정인우 김규현			

○먼지 측정 결과

구분	멀티집진기 설치시	여과집진기 설치시	정량목표
먼지측정값(mg/m3)	54.8	7.4	40
여지 사진			

1. 목재칩- 농업부산물 혼소보일러 실증 보일러 설치 시험 결과

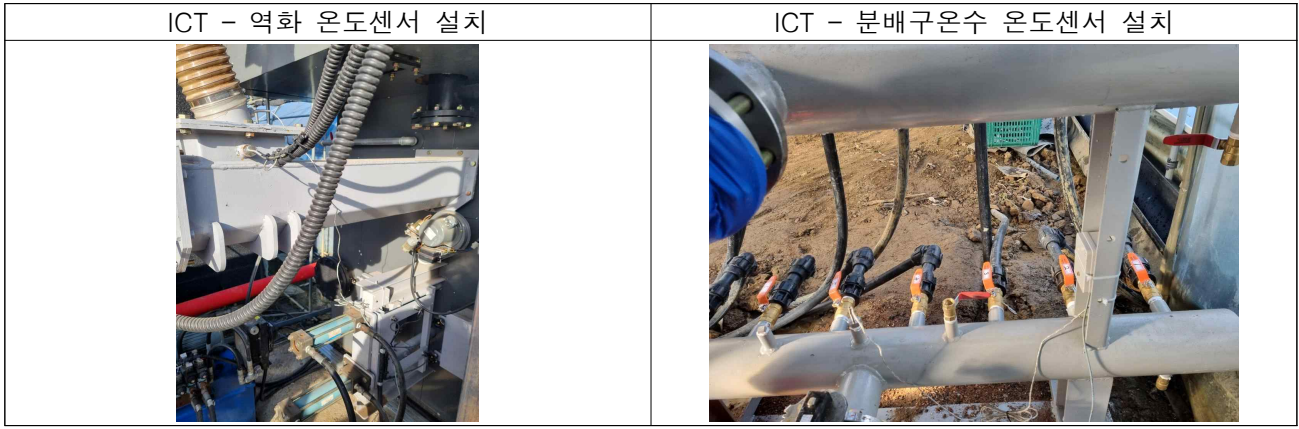
- 밀양 초동면 : 농업회사법인 감농원(표고버섯 재배농장)
- 설치일자 : 22년 12월 2일 ~현재까지 가동
- 설치목적 : 기존에 중국산 보일러를 사용하였으나 난방이 원활하지 않고 한국업체를 찾고 있었으며

인터넷을 통해 당사 업체를 컨택하여 설치하게 됨

- 설치하우스 사이즈 : 200평형 *7동 1400평형 (8m*90미터, 높이 3m)
- 재배작물 : 표고 버섯
- 연료 : 농업부산물 표고버섯 펠릿 100% 사용

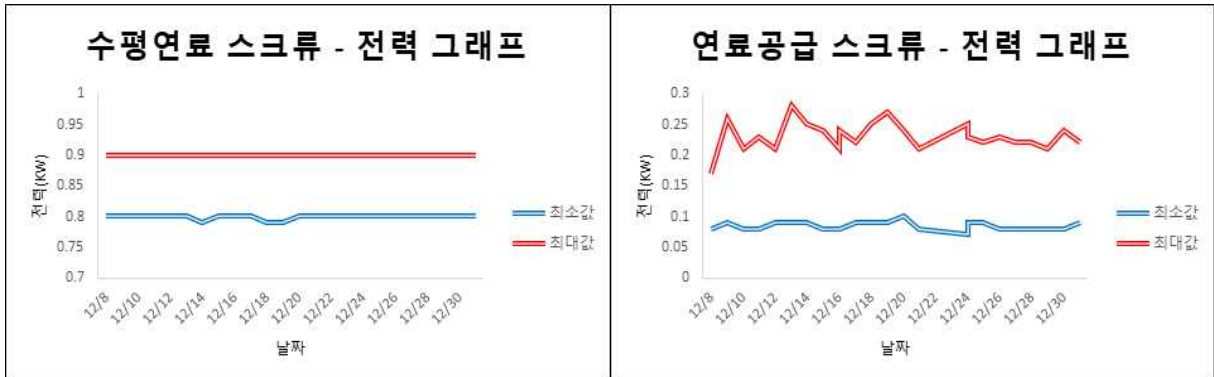
중국보일러	중국보일러 후면	집진기
		
펠릿 성형기	완성된 펠릿 적재	포대 내부 펠릿
		

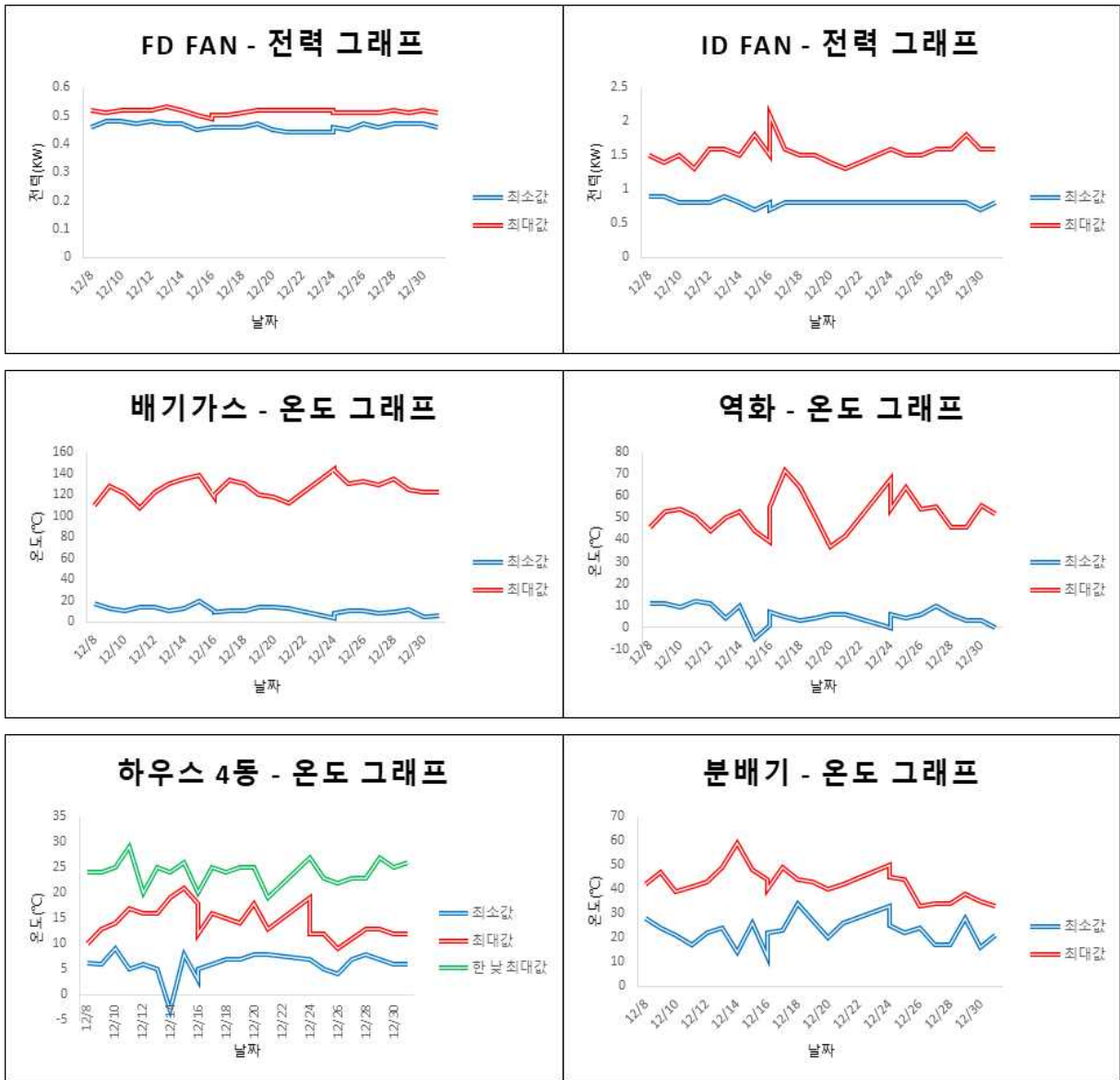
<p>혼소보일러</p>	<p>혼소보일러 측면</p>	<p>혼소보일러 후면</p>
		
<p>연소로 - 연소 불꽃</p>	<p>표고버섯배지</p>	<p>컨트롤 PANEL</p>
		
<p>측면 시설재배 배관</p>	<p>내부 펌프 및 내부배관</p>	<p>ICT 모니터링 시스템 - 함체</p>
		
<p>ICT - PANEL 전류측정장치 설치</p>	<p>ICT - 하우스 4동 온도센서 설치</p>	<p>ICT - 배기 온도센서 설치</p>
		



▶ 22년 12월 목재칩-농업부산물 혼소보일러 실증 데이터 자료(ICT 시스템)

날짜	보일러 가동시간(h)			수평연료 스크류 전력(kW)		연료공급 스크류 전력(kW)		FD FAN 전력(kW)		ID FAN 전력(kW)		배기가스 온도(°C)		역화 온도(°C)		하우스 4등 온도(°C)			분배기 온도(°C)	
	시작 시간	종료 시간	연속가동 시간	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	한낮최대값	최소값	최대값
12/8	16:30	11:00	18.5	0.8	0.9	0.08	0.17	0.46	0.52	0.9	1.5	17	110	11	46	6.2	10	-	28	42
12/9	17:00	9:30	16.5	0.8	0.9	0.09	0.26	0.48	0.51	0.9	1.4	13	128	11	53	6	13	24	24	47
12/10	16:00	10:00	18	0.8	0.9	0.08	0.21	0.48	0.52	0.8	1.5	10	121	9	54	9	14	25	21	39
12/11	16:00	9:30	17.5	0.8	0.9	0.08	0.23	0.47	0.52	0.8	1.3	14	108	12	51	5	17	29	17	41
12/12	15:00	10:00	19	0.8	0.9	0.09	0.21	0.48	0.52	0.8	1.6	14	122	11	44	6	16	20	22	43
12/13	15:30	10:00	18.5	0.8	0.9	0.09	0.28	0.47	0.53	0.9	1.6	11	130	4	50	5	16	25	24	49
12/14	15:30	11:00	19.5	0.79	0.9	0.09	0.25	0.47	0.52	0.8	1.5	13	135	10	53	-3	19	24	14	59
12/15	14:30	4:30	14	0.8	0.9	0.08	0.24	0.45	0.5	0.7	1.8	20	138	-5	44	8	21	26	26	48
12/16	6:00	12:00	6	0.8	0.9	0.08	0.21	0.46	0.49	0.8	1.5	11	118	1	39	3	18	20	12	44
12/16	16:00	10:30	18.5	0.8	0.9	0.08	0.24	0.46	0.5	0.7	2.1	9	120	7	55	5	12	20	22	40
12/17	14:30	10:00	19.5	0.8	0.9	0.09	0.22	0.46	0.5	0.8	1.6	10	134	5	72	6	16	25	23	49
12/18	16:00	11:00	19	0.79	0.9	0.09	0.25	0.46	0.51	0.8	1.5	10	131	3	64	7	15	24	34	44
12/19	16:30	10:00	17.5	0.79	0.9	0.09	0.27	0.47	0.52	0.8	1.5	14	120	4	51	7	14	25	27	43
12/20	16:00	11:30	19.5	0.8	0.9	0.1	0.24	0.45	0.52	0.8	1.4	14	118	6	37	8	18	25	20	40
12/21	16:00	9:00	17	0.8	0.9	0.08	0.21	0.44	0.52	0.8	1.3	13	112	6	42	8	13	19	26	42
12/22	16:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/24	-	11:30	43	0.8	0.9	0.07	0.25	0.44	0.52	0.8	1.6	4	144	0	68	7	19	27	33	50
12/24	16:30	11:00	18.5	0.8	0.9	0.09	0.23	0.46	0.51	0.8	1.6	8	143	6	54	7	12	27	25	45
12/25	16:30	10:00	17.5	0.8	0.9	0.09	0.22	0.45	0.51	0.8	1.5	10	130	4	64	5	12	23	22	44
12/26	17:30	9:00	15.5	0.8	0.9	0.08	0.23	0.47	0.51	0.8	1.5	10	133	6	54	4	9	22	24	33
12/27	17:00	9:30	16.5	0.8	0.9	0.08	0.22	0.46	0.51	0.8	1.6	8	129	10	55	7	11	23	17	34
12/28	16:30	9:00	16.5	0.8	0.9	0.08	0.22	0.47	0.52	0.8	1.6	9	135	6	46	8	13	23	17	34
12/29	18:00	9:30	15.5	0.8	0.9	0.08	0.21	0.47	0.51	0.8	1.8	12	125	3	46	7	13	27	28	38
12/30	17:30	9:30	16	0.8	0.9	0.08	0.24	0.47	0.52	0.7	1.6	5	122	3	56	6	12	25	16	35
12/31	17:30	9:30	16	0.8	0.9	0.09	0.22	0.46	0.51	0.8	1.6	6	123	0	52	6	12	26	21	33

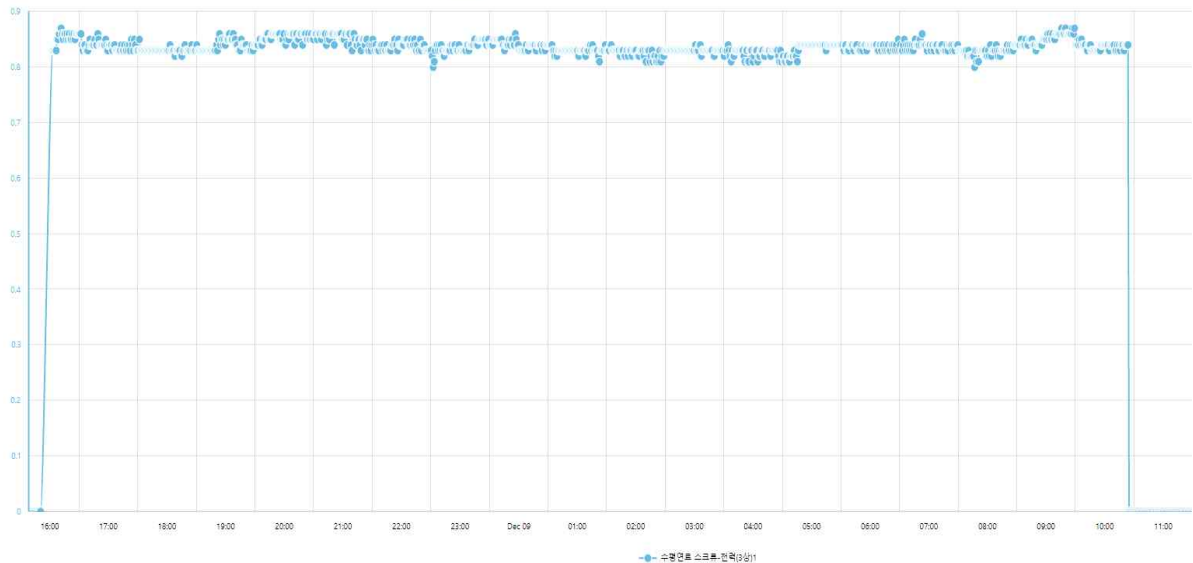




▶ 22. 12. 08 목재칩-농업부산물 혼소보일러 실증 데이터 분석 자료(ICT 시스템)

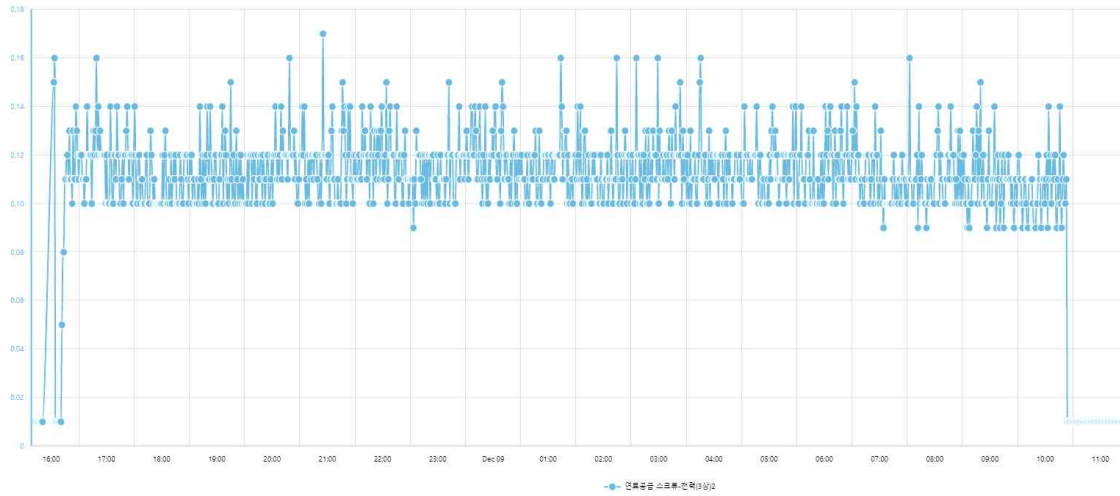
[감농원] 수평연료 스크류-전력(3상)1(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): [연도-월-일] [---] [] 적용



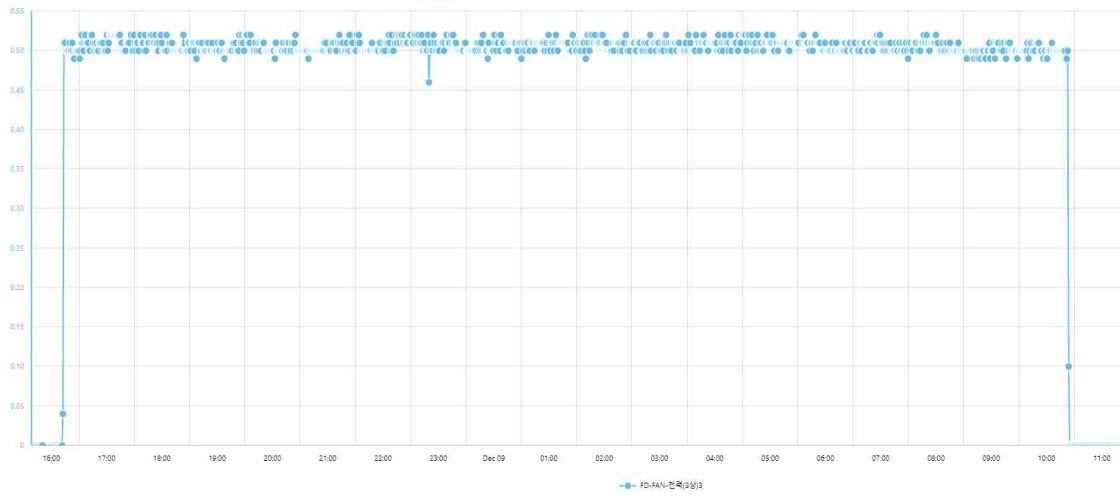
[감동원] 연료공급 스크류-전력(3상)2(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- -- -- 적용



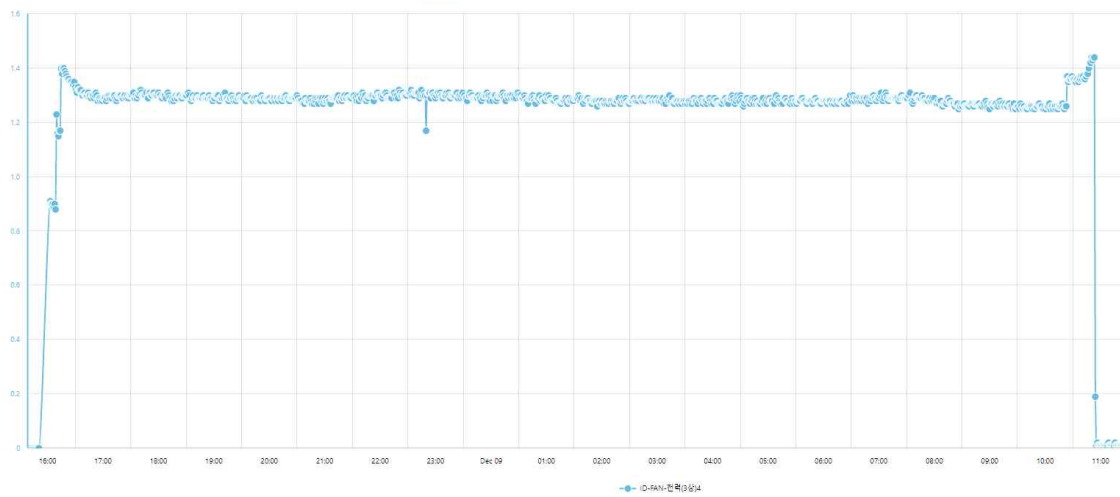
[감동원] FD-FAN-전력(3상)3(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- -- -- 적용



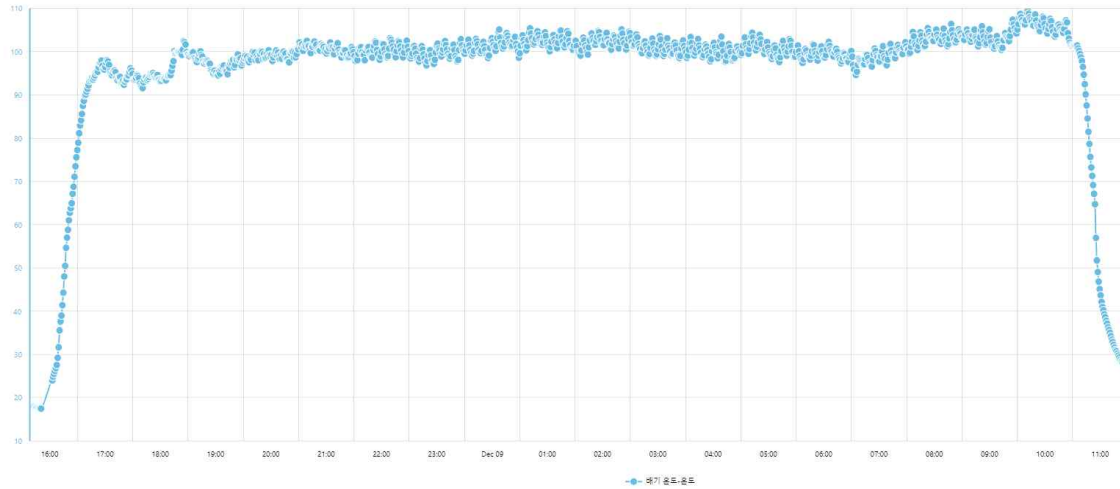
[감동원] ID-FAN-전력(3상)4(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- -- -- 적용



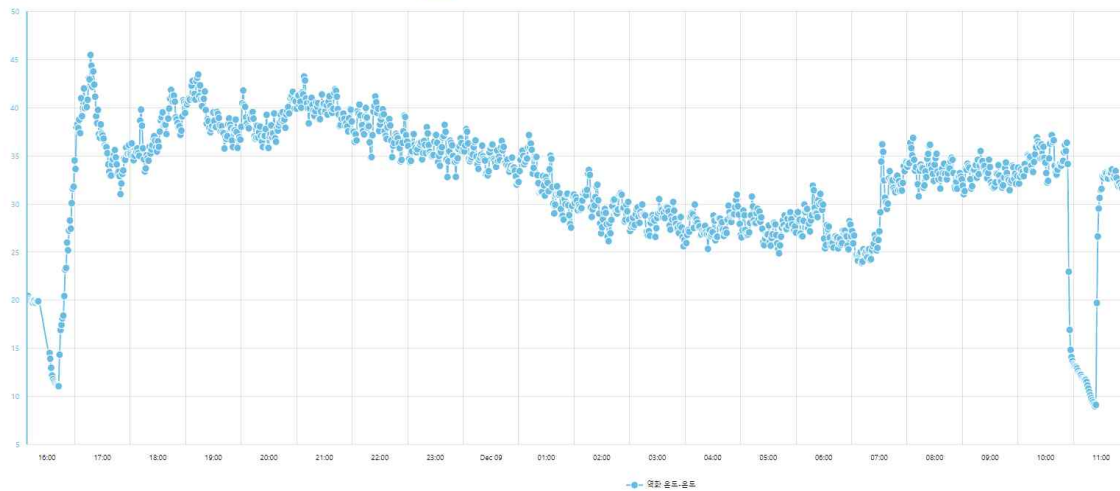
[감농원] 배기 온도-온도(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 적용



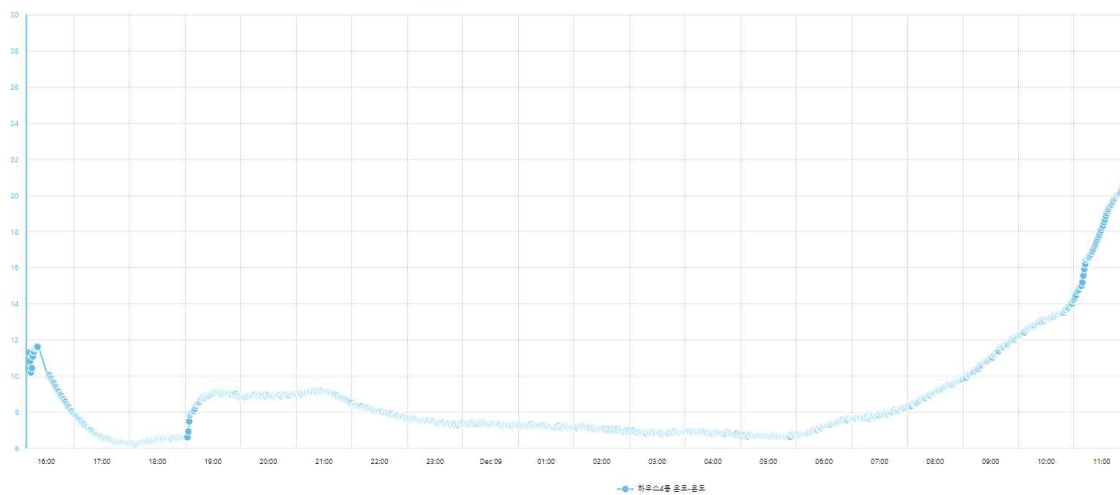
[감농원] 역화 온도-온도(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 적용



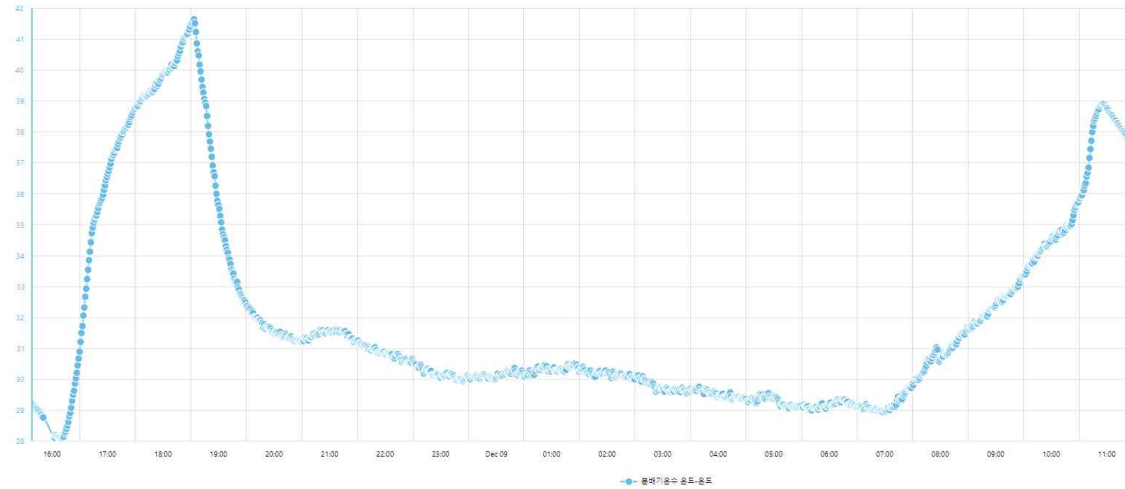
[감농원] 하우스4동 온도-온도(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 적용



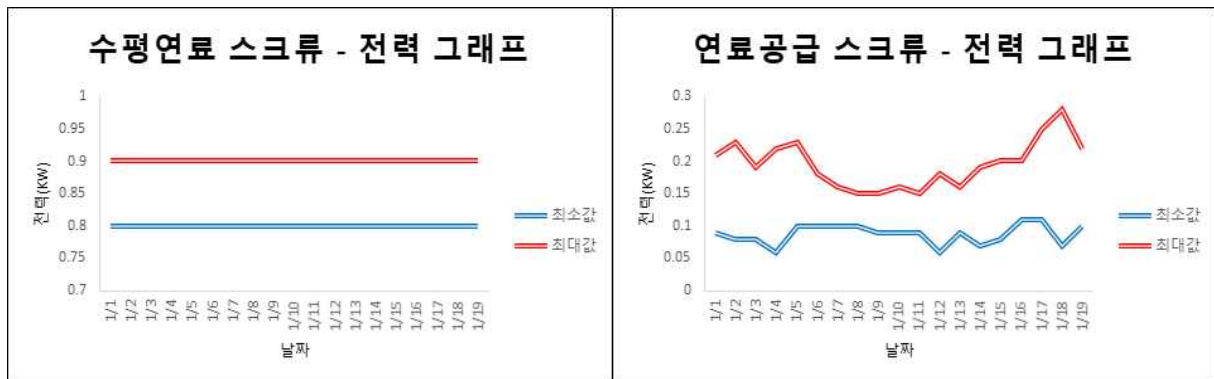
[감동원] 분배기온수 온도-온도(2022-12-08 15:30:00 ~ 2022-12-09 15:30:00)

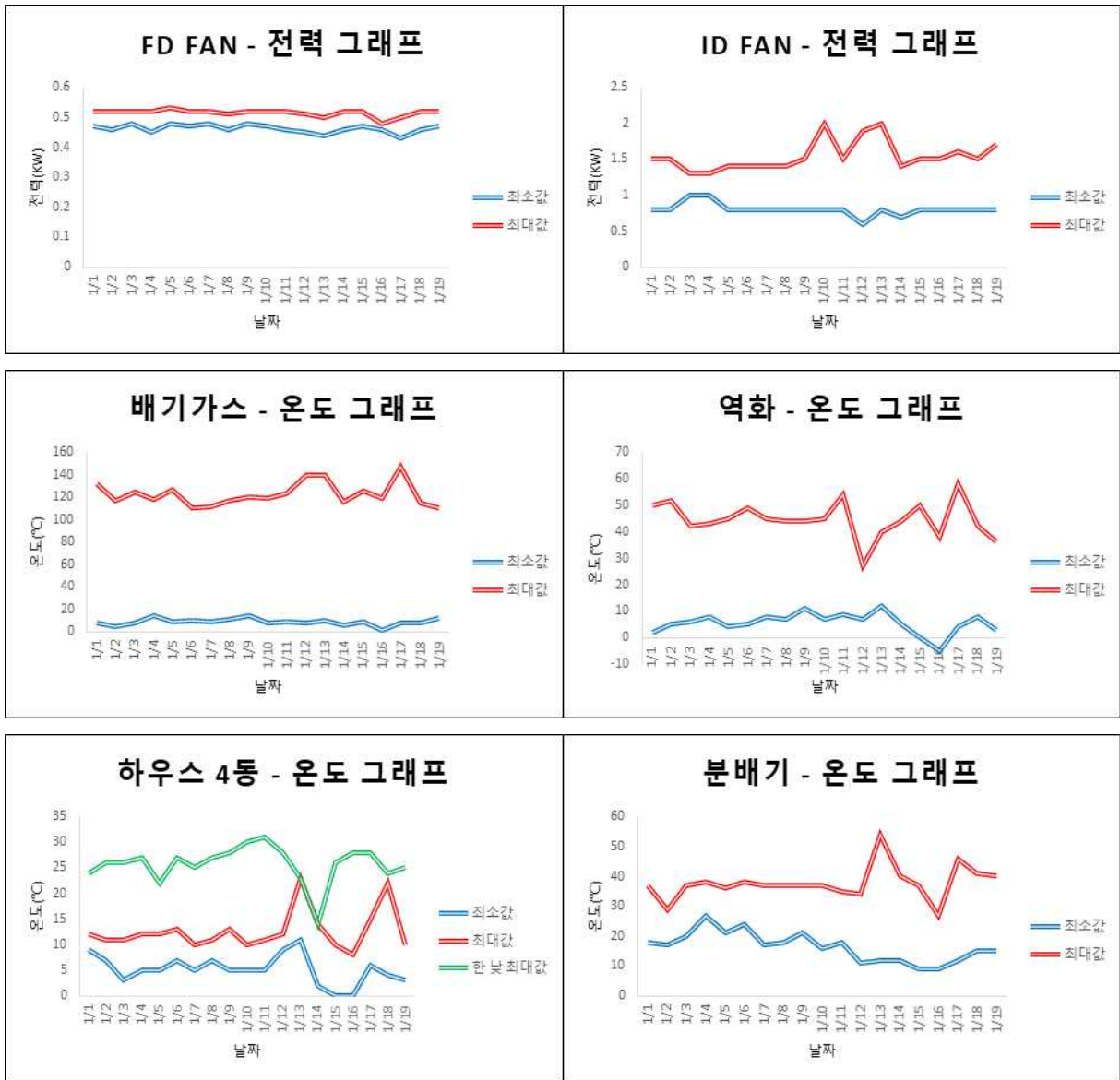
기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- -- -- 적용



▶ 23년 1월 목재칩-농업부산물 혼소보일러 실증 데이터 자료(ICT 시스템)

날짜	보일러 가동시간(h)			수평연료 스크류 전력(kW)		연료공급 스크류 전력(kW)		FD FAN 전력(kW)		ID FAN 전력(kW)		배기가스 온도(°C)		역화 온도(°C)		하우스 4동 온도(°C)			분배기 온도(°C)	
	시작 시간	종료 시간	순가동 시간	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값	한동/최대값	최소값	최대값
1/1	17:30	9:00	15.5	0.8	0.9	0.09	0.21	0.47	0.52	0.8	1.5	8	132	2	50	9	12	24	18	37
1/2	17:30	8:30	15	0.8	0.9	0.08	0.23	0.46	0.52	0.8	1.5	4	117	5	52	7	11	26	17	29
1/3	16:30	9:00	16.5	0.8	0.9	0.08	0.19	0.48	0.52	1	1.3	8	124	6	42	3	11	26	20	37
1/4	16:30	9:00	16.5	0.8	0.9	0.06	0.22	0.45	0.52	1	1.3	14	118	8	43	5	12	27	27	38
1/5	17:00	9:00	15	0.8	0.9	0.1	0.23	0.48	0.53	0.8	1.4	9	127	4	45	5	12	22	21	36
1/6	17:30	9:00	15.5	0.8	0.9	0.1	0.18	0.47	0.52	0.8	1.4	10	110	5	49	7	13	27	24	38
1/7	17:00	8:30	14.5	0.8	0.9	0.1	0.16	0.48	0.52	0.8	1.4	9	112	8	45	5	10	25	17	37
1/8	17:00	8:30	14.5	0.8	0.9	0.1	0.15	0.46	0.51	0.8	1.4	11	117	7	44	7	11	27	18	37
1/9	17:00	8:30	14.5	0.8	0.9	0.09	0.15	0.48	0.52	0.8	1.5	14	120	11	44	5	13	28	21	37
1/10	17:30	8:30	14	0.8	0.9	0.09	0.16	0.47	0.52	0.8	2	8	119	7	45	5	10	30	16	37
1/11	17:30	8:30	14	0.8	0.9	0.09	0.15	0.46	0.52	0.8	1.5	9	123	9	54	5	11	31	18	35
1/12	18:00	24:00	6	0.8	0.9	0.06	0.18	0.45	0.51	0.6	1.9	8	140	7	27	9	12	28	11	34
1/13	10:00	15:30	5.5	0.8	0.9	0.09	0.16	0.44	0.5	0.8	2	10	140	12	40	11	23	23	12	54
1/14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/15	10:30	9:30	23	0.8	0.9	0.07	0.19	0.46	0.52	0.7	1.4	5	116	5	44	2	14	14	12	40
1/16	15:00	4:00	13	0.8	0.9	0.08	0.2	0.47	0.52	0.8	1.5	9	126	0	50	0	10	26	9	37
1/17	7:00	9:30	2.5	0.8	0.9	0.11	0.2	0.46	0.48	0.8	1.5	1	119	-5	38	0	8	28	9	27
1/17	17:00	7:00	14	0.8	0.9	0.11	0.25	0.43	0.5	0.8	1.6	8	147	4	58	6	15	28	12	46
1/18	14:30	9:30	19	0.8	0.9	0.07	0.28	0.46	0.52	0.8	1.5	8	115	8	42	4	22	24	15	41
1/19	17:00	9:30	16.5	0.8	0.9	0.1	0.22	0.47	0.52	0.8	1.7	12	110	3	36	3	10	25	15	40

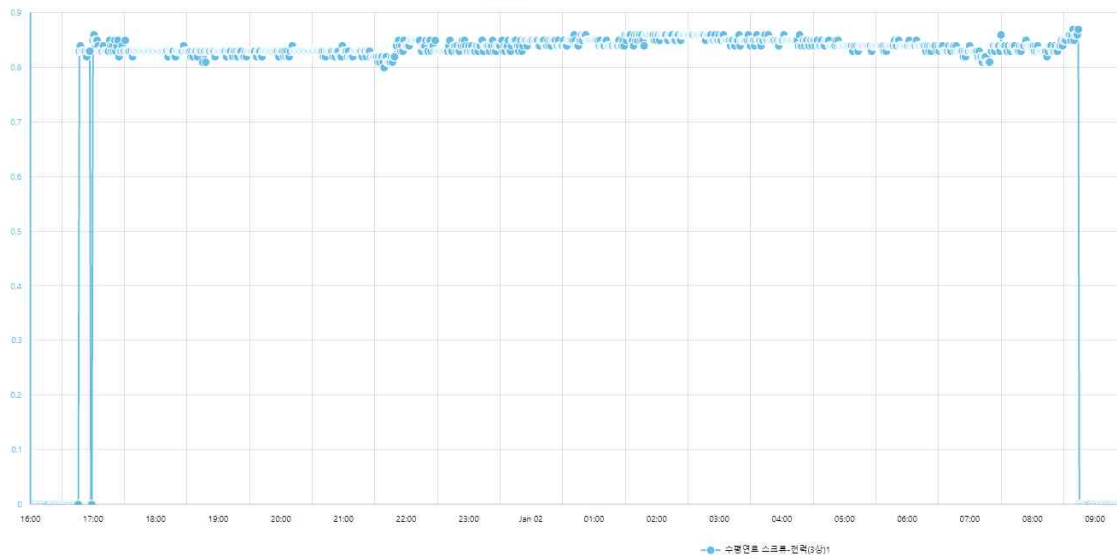




▶ 23. 01. 01 목재칩-농업부산물 혼소보일러 실증 데이터 분석 자료(ICT 시스템)

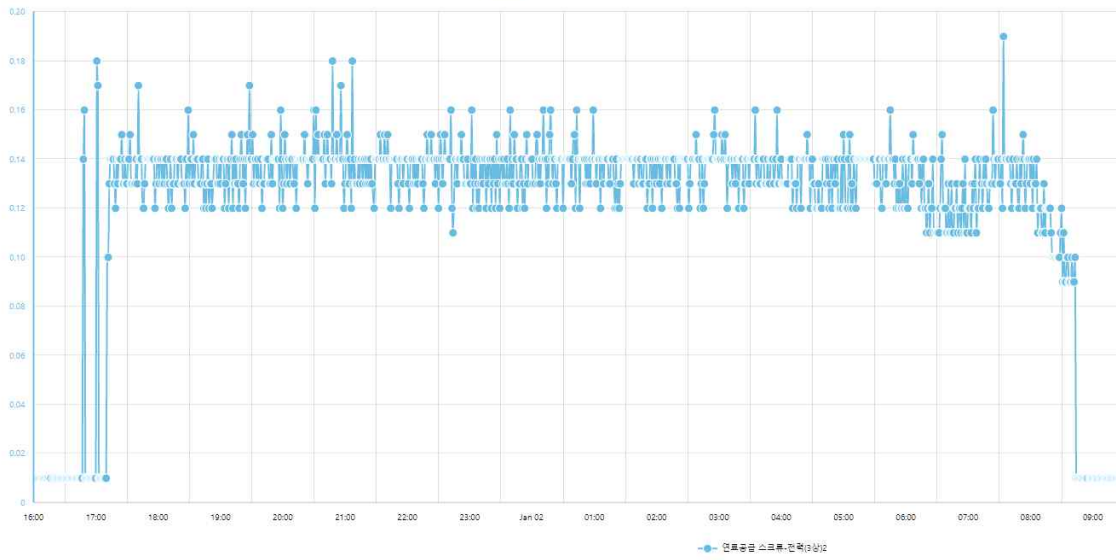
[감농원] 수평연료 스크류-전력(3상)1(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 적용



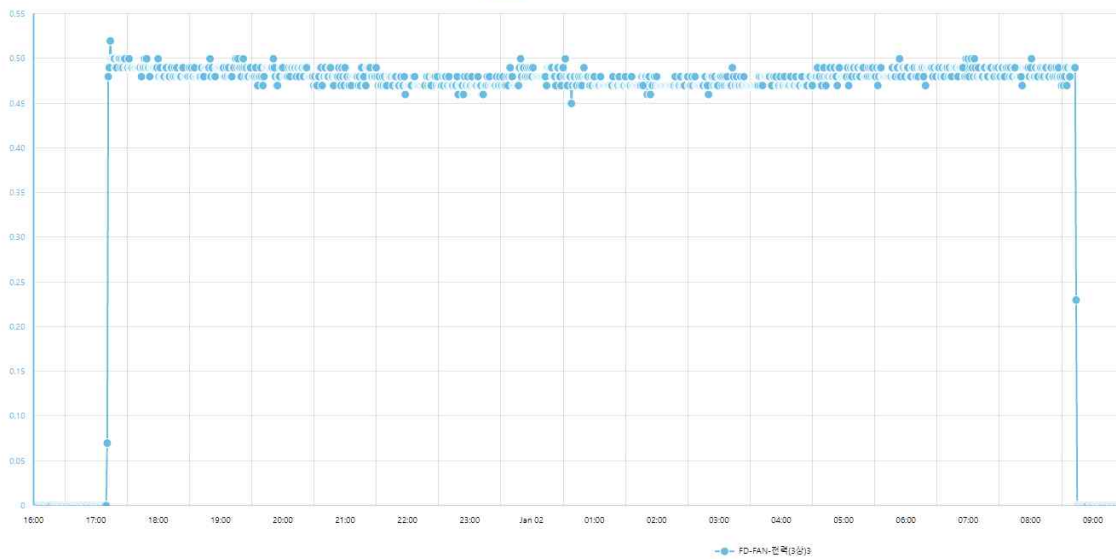
[감농원] 연료공급 스크류-전력(3상)2(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- : -- 적용



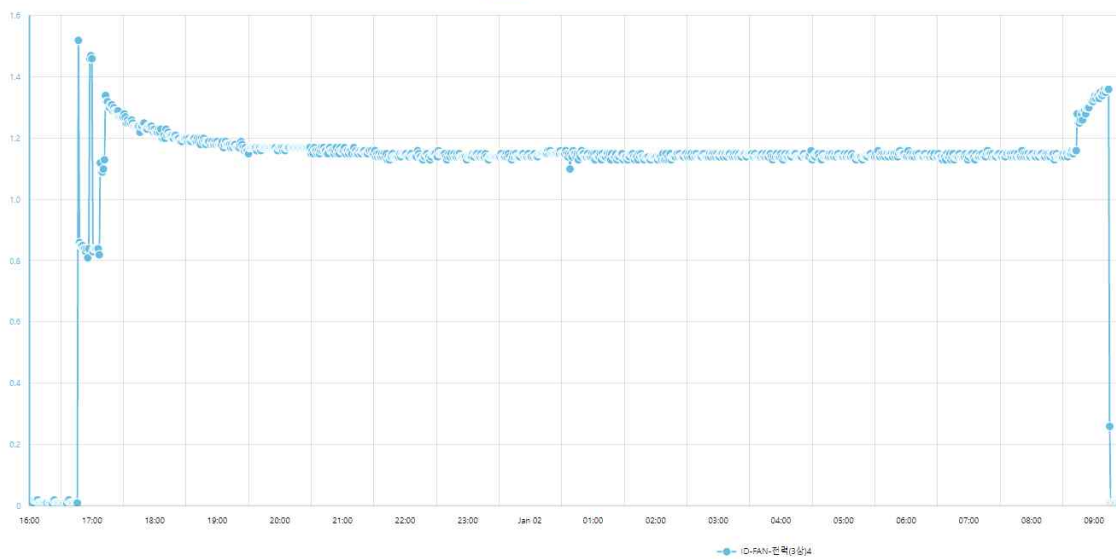
[감농원] FD-FAN-전력(3상)3(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- : -- 적용



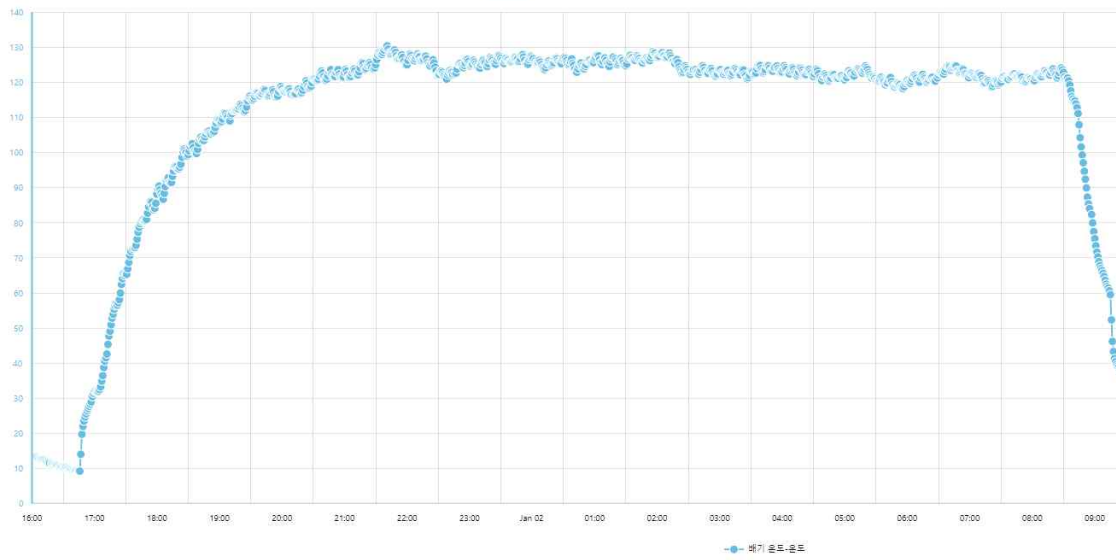
[감농원] ID-FAN-전력(3상)4(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- : -- 적용



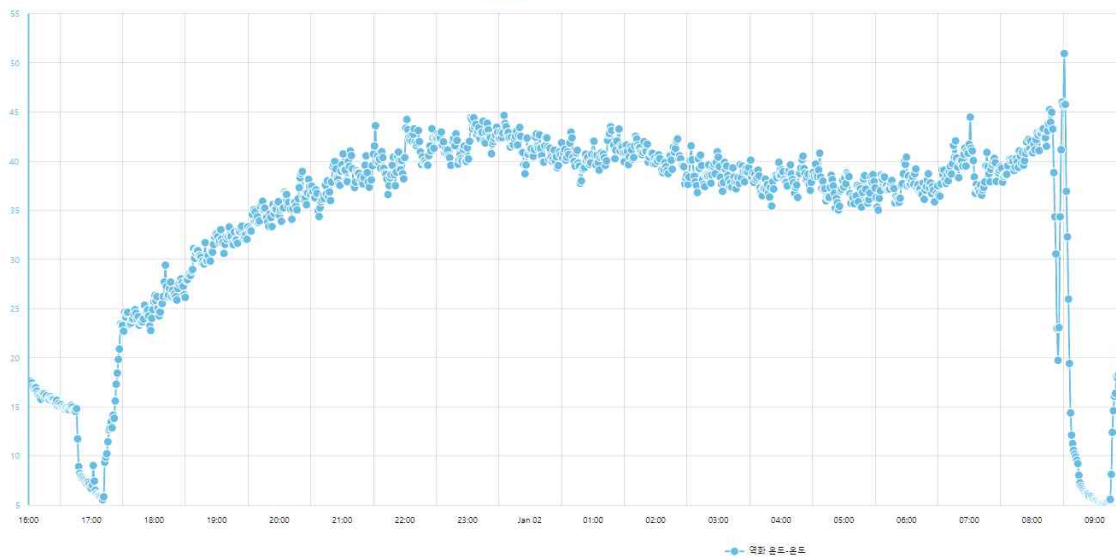
[감농원] 배기 온도-온도(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- : -- 적용



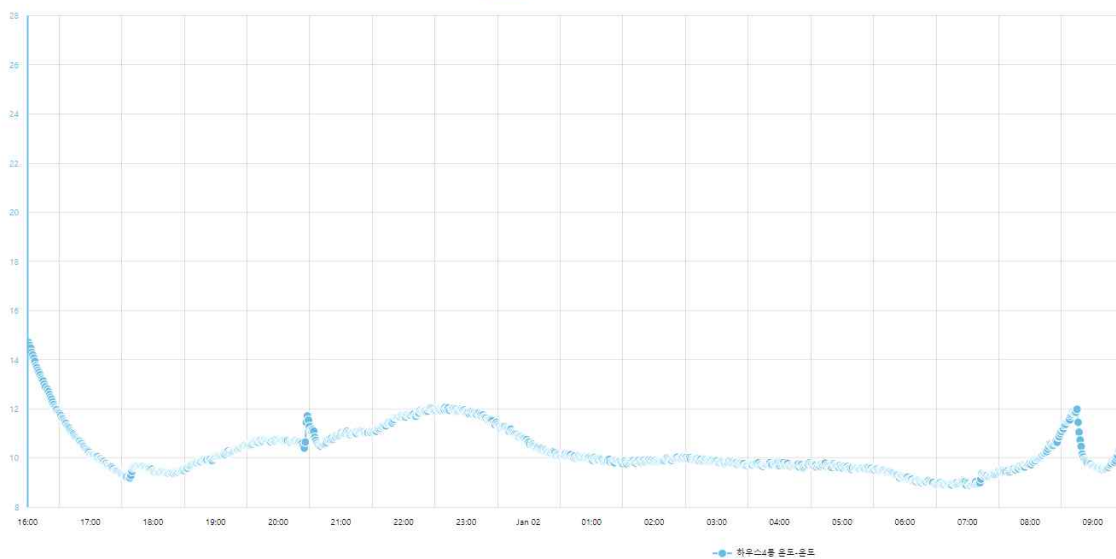
[감농원] 역화 온도-온도(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- : -- 적용



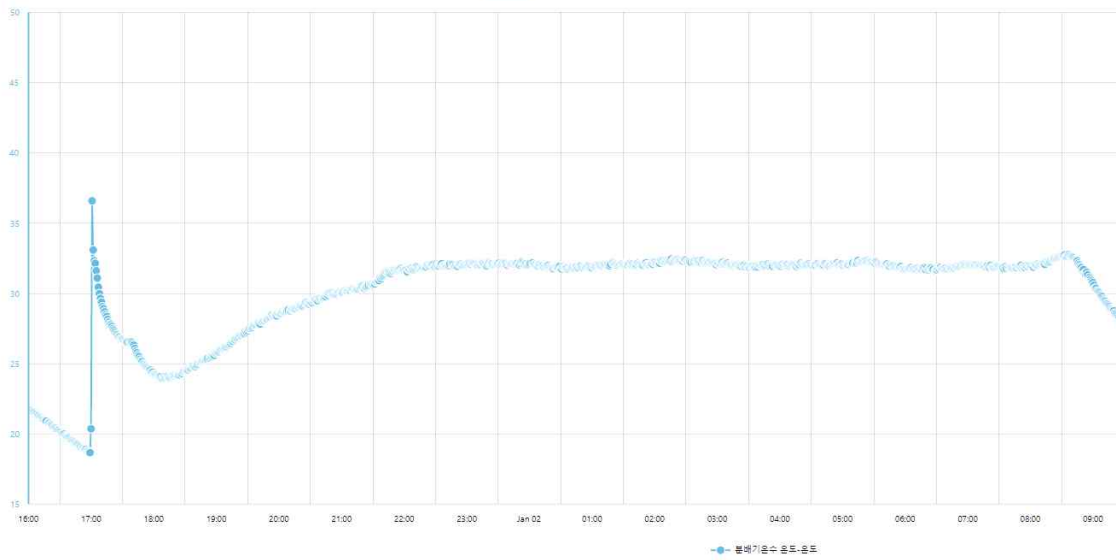
[감농원] 하우스4동 온도-온도(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- : -- 적용



[감농원] 분배기온수 온도-온도(2023-01-01 16:30:00 ~ 2023-01-02 16:30:00)

기준일 선택(기준일로부터 1일간): 연도-월-일 -- --:--



2. 보일러에 대한 난방 부하 계산 및 설치시 투자비 회수 조건 설명

-400kW(344,000kcal/h) 보일러 시설재배 부하계산서

1) 계산의 열부하 계산

$$Q_g = A_g U (T_{in} - T_{out})(1 - f_r)$$

여기서 Qg : 최대 난방 부하(kcal/hr) Ag : 온실표면적(m²)
 U : 난방 부하 계수(kcal/m²·hr·°C) Tin : 설정 실내기온(°C) Tout : 설계 외기온(°C)
 fr : 보온피복에 의한 에너지 절감율

구분	비닐온실	유리온실	비고
온실온도(°C)	10	10	최고
주위온도(°C)	-20	-20	최저
면적(m ²)	4,023	5,408	
보온피복에 의한 에너지절감율	0.5	0.6	
난방부하계수kcal/m ² ·hr·°C	5.7	5.3	
난방기가격(원)	100,000,000원		
투자비용회수 (버섯폐배지사용)	전기대비 56.6%절감 2.5년 내 회수 면세 경유 대비 83.7% 절감 10개월내 회수		등유기름대비

2) 혼소보일러 타 연료 대비 경제성 분석(건조비용 불포함연료) 표고버섯폐배지 등

구 분	목재펠릿	목재칩	목재칩- 농업부산물	면세경유	LPG	농사용전기
연료발열량	4,100	3,300	3,000	9,000	11,000	860
연료단가(원)	290	130	65	1,200	1,400	50
효율 (%)	85	85	85	85	88	99
시간당 연료소모량(kg/h)	99	123	135	45	36	404
하루 소모량(kg/day) 10h	987	1,226	1,349	450	355	4,040
1달소모량(kg/month) 25일	24,677	30,660	33,725	11,242	8,884	101,010
1달 연료비용(month/원)	7,156,385	3,985,740	2,192,157	13,490,196	12,438,017	5,050,505
1년 연료비용(yeat/원)	85,876,614	47,828,877	26,305,882	161,882,353	149,256,198	60,606,061
비교수치	100	56	31	189	174	71

3) 혼소보일러 타 연료 대비 경제성 분석(건조비용 포함연료) 새송이 버섯 등

구 분	목재펠릿	목재칩	목재칩- 농업부산물	면세경유	LPG	농사용전기
연료발열량	4,100	3,300	3,000	9,000	11,000	860
연료단가(원)	290	130	65	1,200	1,400	50
건조비용/kg(원)	0	0	56	0	0	0
효율 (%)	85	85	85	85	88	98
시간당 연료소모량(kg/h)	99	123	135	45	36	408
하루 소모량(kg/day) 10h	987	1,226	1,349	450	355	4,082
1달소모량(kg/month) 25일	24,677	30,660	33,725	11,242	8,884	102,041
1달 연료비용(month/원)	7,156,385	3,985,740	2,192,157	13,490,196	12,438,017	5,102,041
1년 건조비용(month/원)	0	0	22,501,647	0	0	0
1년 연료+건조비용(yeat/원)	85,876,614	47,828,877	48,807,529	161,882,353	149,256,198	61,224,490
비교수치	100	56	57	189	174	71

1. 보일러 제어 실험



[그림 374] 우드칩 보일러 설치

보일러 연소 제어를 위해 한국에너지기술연구원에 우드칩 보일러를 설치하여 실험을 준비하였다 [그림 370]. 보일러와 더불어 연소를 위한 연료를 준비하였으며, 연료는 목재 펠릿을 사용하였다. 그 이유로 우드칩의 경우 우드펠릿보다 발열량 및 밀도가 상대적으로 낮다. 반대로 부피는 크기 때문에 호퍼에서부터 스크류를 통해 연소실까지 연료가 이동하는 방식에서는 목재펠릿이 우드칩보다 보일러에 많이 들어갈 수 밖에 없다. 연료가 많이 들어가는 만큼 우드칩과 비교하여 목재 펠릿으로 보일러에서 같은 열량을 만들기 위해서는 연료가 간헐적으로 들어가야 한다. 안정적인 연소를 위해서는 일정한 속도와 주기로 연료가 투입되어야 한다. 따라서 우드칩 연료는 일정하게 투입되지만 목재 펠릿 연료는 스크류 동작 및 정지 동작이 상당히 텀이 길어지게 투입되기 때문에 안정적이지 못한 연소가 일어나게 된다. 개발하고자 하는 연소 제어 시스템에서는 안정적인 환경보다 불안정한 환경에서의 연소 제어를 하려고 하기 때문에 우드칩 연료가 아닌 목재 펠릿 연료를 사용하여 실험을 진행하고자 하였다.



[그림 375] 보일러 및 방열 배관 설치

보일러는 연료를 연소하여 열을 생산하는 설비이다. 열이 생산만 되고 회수되지 않는다면 과열 등의 위험이 있다. 따라서 보일러의 지속적인 운영을 위해서는 생성되는 열을 방출해주어야 한다. 보일러의 열을 빼기 위하여 배관 라인을 구축하였으며, 그에 따라서 [그림 371]처럼 외부로 연결되는 냉각탑 및 열교환기를 설치하여 열 회수 시스템을 구축해 주었다.



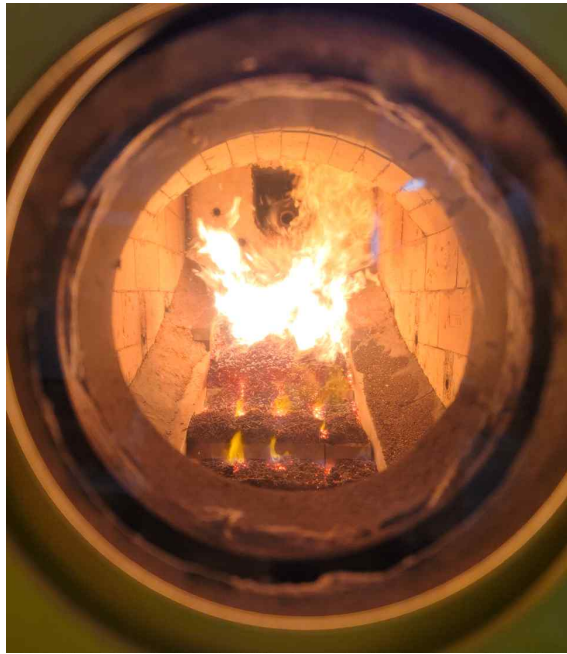
[그림 376] 보일러 내부 연소실 화격자

설치된 보일러의 내부는 [그림 372]과 같으며, 연소되는 연소실 주위는 내화재로 둘러싸여 있는 구조이다. 연료 호퍼로부터 연료가 이송되어 연소실 내부에서 보이는 스크류를 통해 투입되게 된다. 이후 화격자 아래에 있는 점화기를 통해 연소 시작이 이루어지게 되는 구조이다.



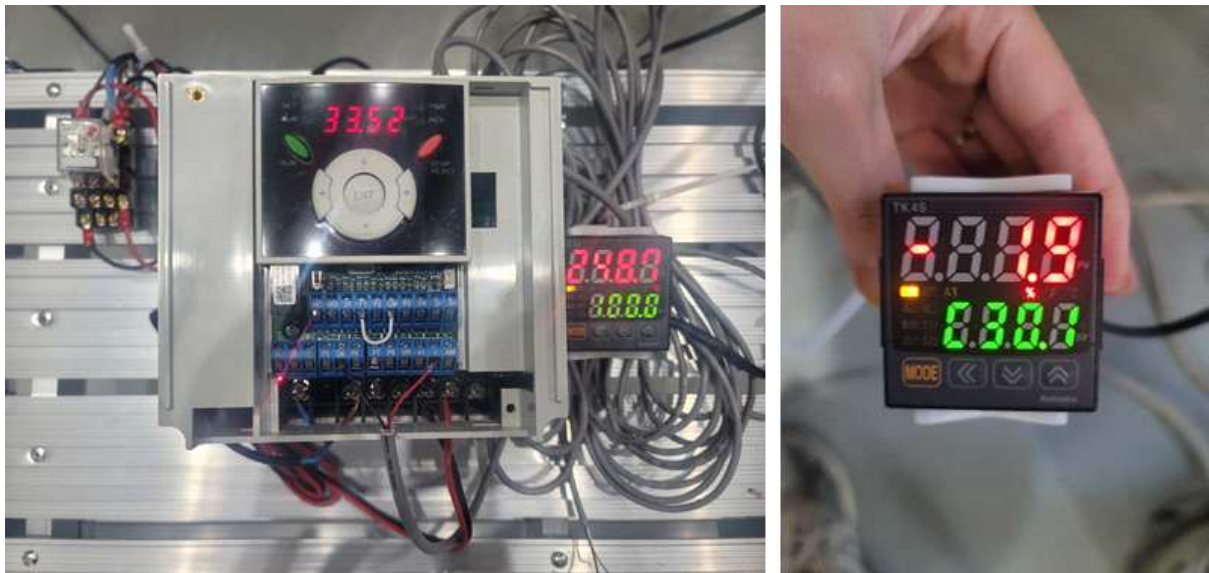
[그림 377] 보일러 내부 연소실

목재 펠릿은 사용하는 경우에 목재칩의 연료와 달리 같은 시간만큼 연료를 투입하더라도 [그림 373]와 같이 연료가 많이 쌓인 상태가 될 수 있다. 이는 연료의 형성 및 상태 등에 따라서 달라지게 되는데, 이런 경우 연료가 과다하게 투입되는 경우 보일러에서 과열 등에 의한 문제가 발생할 수 있기 때문에 연소 제어 뿐만 아니라 연료량의 제어를 통해 적절한 투입량 및 출열량을 확보하는 작업을 진행하였다. 보일러에서 소화 가능한 열량인 100,000kcal/h를 기준으로 연소 실험 및 제어 실험을 진행하고자 하였다.

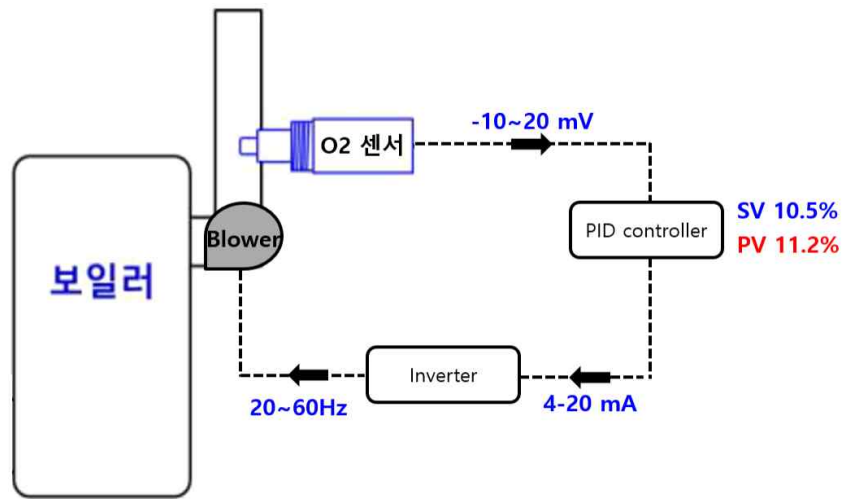


[그림 378] 보일러 연소 사진

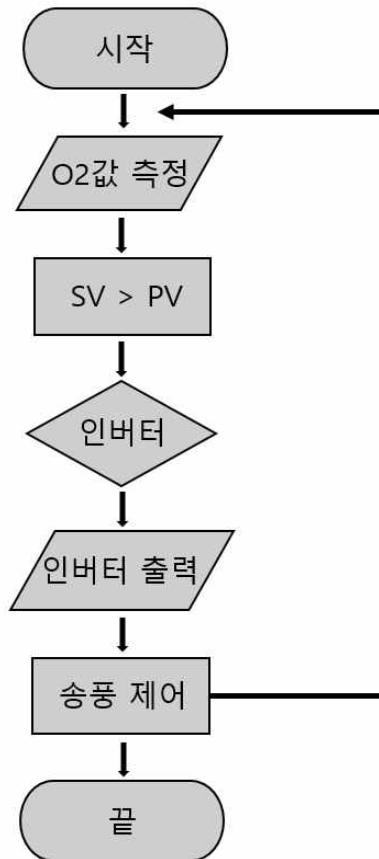
목재 펠릿의 연소는 [그림 374]와 같이 이루어졌다. 화격자 상부에서부터 점화가 시작되어 무빙 스토커를 통해 점차 연소되어 재가 되면서 화격자 하단으로 연료가 이송하게 된다. 이렇게 연소가 완료되어 남은 잔재는 보일러 하단 끝에 있는 스크류를 통해 밖으로 배출될 수 있다.



[그림 379] 보일러 제어기 구성



[그림 380] 보일러 제어 개략도



[그림 381] 연소 제어 순서도

보일러 연소 제어는 1차년도와 마찬가지로 람다센서, PID컨트롤러, 인버터 등으로 구성되었다 [그림 375]. 20,000kcal/h 용량의 목재 펠릿 보일러에서 진행되었던 이전 실험과는 다르게 산업용 보일러에서 진행되어야 하므로 인버터 용량이 증가되었으며, 단상에서 3상으로 전력 변환이 이루어졌다. 제어 구성의 개략은 [그림 376]에 나타났다. 보일러에서 연료가 연소되면 연소 상황에 따라서 O2가 달라지게 된다. O2센서에서는 이 O2값에 따른 mV를 출력하게 되고, PID controller에서 mV값을 입력으로 받아 Set Value와 차이는 만큼의 mA값을 출력하게 된다. 이를 통해 인버터에서 블로워로 전력값을 내보내게 되어 송·배풍기를 운전시킨다. 그에 따라서 연소공기 투입이 달라져 연료의 연소가 달라지게 되며, 목적하는 O2값에 다다를 때까지 변동 운전을 하게 된다. O2센서부터 인버터 출력을 통한 송·배풍 제어의 순서는 [그림 377]과 같다.

연소에서 주의해야할 내용은 가정용 보일러와 다르게 산업용 보일러에서는 연료의 제어 폭이 크다는 점이다. 배출가스의 농도를 측정 해 보았을 때, 가정용 보일러는 O_2 , CO, NO_x 등이 매우 일정적으로 안정하게 측정된다. 반면에 산업용 보일러에서는 연료가 피딩되고 연소되어화격자 상의 연료의 위치가 크게 바뀌게 되는데, 그로인해 연소가 상당히 불안정하게 된다. 따라서 제어가 상대적으로 쉽지않은 부분이 있다.



[그림 382] 온도 측정 및 배기가스 농도 측정 장비 (좌-GL840 / 우-TEST0350)

보일러의 특성을 확인하기 위해 외기온도, 물의 입출구 온도, 배기가스 온도 등을 측정하였다. 보일러 등 온도 및 배가스 측정을 위해 [그림 378]의 GL840 및 TEST0350 장비를 활용하였다. 해당 장비는 Calibration을 통해 검교정을 마친 후에 사용 하였다.

실험 진행에 있어서 몇 가지 문제들이 발생하였으며, 이러한 문제들을 해결 해 가면서 연소 제어를 통해 연구 목표를 이루어 가고자 하였다.



[그림 383] 점화 감지 센서

우선적으로 [그림 379]과 같이 점화 감지 시스템에서 문제가 발생하였다. 보일러는 송풍기 및 배풍기가 달려 있어서 연소를 하게 되어 구성되어 있다. 연소 제어시 송풍기의 Hz를 일정하게 설정 후 배풍기 Hz를 조절하여 O_2 를 제어하게 된다. 배풍기 제어 시 Hz가 낮아질 수도 있고 높아질 수도 있다. 하지만 송풍기 Hz에 비해 과도하게 낮아지는 경우 역화가 발생하여 연료 피딩 스크류쪽에 달려 있는 점화 감지 센서에 문제점이 발생하게 된다. 이러한 현상이 나타나지 않게 제어를

해야함을 알 수 있었다. 센서의 교체를 통해 보일러의 정상 작동이 이루어질 수 있도록 하였다. 이후 최소 Hz값의 설정을 통해 역화가 이루어지지 않도록 실험을 진행하였다.



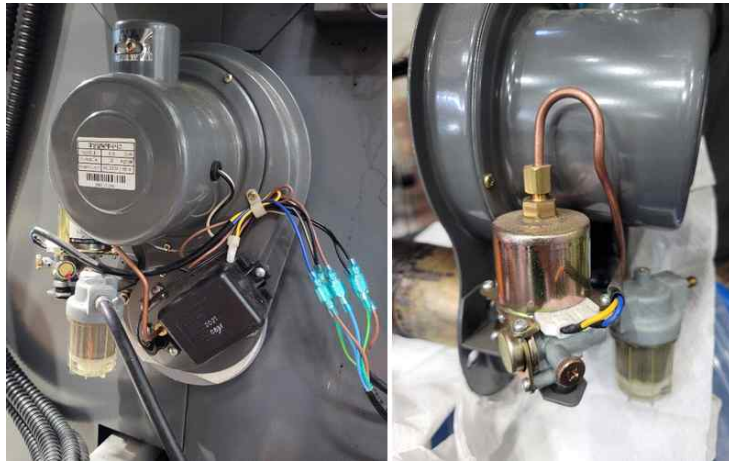
[그림 384] 보일러 실험실 내부

보일러를 연소하는 경우 배기가스의 배출은 필수적인 결과이다. 이 배기가스는 외부로 내보내야 하며, 그에따라서 건물 밖으로 나가는 굴뚝으로 연결되어 있는 곳에 연도를 연결하였다. 목재 연료를 연소하는 경우 초기 점화되는 시기에 연기가 많이 날 수 밖에 없다. 초기 실험에서 이러한 연기가 발생하여 밖으로 제대로 배출되지 않는 문제가 발생하였다[그림 380]. 보일러 설치된 곳으로부터 연도가 길이가 길어서 생긴 문제일 가능성이 있고, 보일러 굴뚝이 막혀서 일어나는 문제일 가능성도 있다. 문제점을 해결하기 위해 연도와 연도사이, 굴뚝 등에서 미세한 구멍 및 틈새를 확실히 막았지만 확실하게 문제가 해결되지 않았다. 그에 따라서 건물 내부 굴뚝으로 보내지 않고 벽을 통하여 밖으로 배출하게 연도를 변경하여 문제점을 해결하여 실험을 진행하였다.



[그림 385] 보일러 배풍기

보일러 배풍기 쪽에도 문제가 발생 하였다[그림 381]. 인버터로부터 연결되어 나오는 배풍기가 제대로 작동하지 않는 문제점이 발생하였으며, 인버터의 Hz값이 증가함에 따라서 배풍기의 RPM이 증가하여야 했지만 변경되지 않는 상태가 확인되었다. 문제 확인 결과 모터쪽의 문제임을 확인하였으며, 팬의 수리 및 교체를 통해 문제점을 해결하여 연소 제어 실험을 진행하였다.



[그림 386] 보일러 점화 시스템



[그림 387] 점화 시스템 분해



[그림 388] 연소 버너 분리

보일러의 초기 점화는 보일러에 설치되어 있는 버너를 통해 이루어지게 된다. 이 버너는 등유 및 점화기 등으로 구성되어 있다[그림 382]. 이 버너 부분에 문제가 생길 경우 점화되지 않아서 보일러의 정지가 이루어지게 된다. 실험 도중 보일러 가동을 해도 점화가 이루어지지 않아 점화 시스템에 문제가 발생 하였음을 인지 하였다. 어느 부분에서 문제가 생겼는지 알 수 없기에 점화기 및 버너 분리를 하였다[그림 383]. [그림 384]. 오일의 정상 유입 여부 및 점화기 작동 여부를 확인하였으며, 정상 작동됨을 확인하였다. 외부에서 버너를 작동시킨 결과 점화가 이루어지지 않

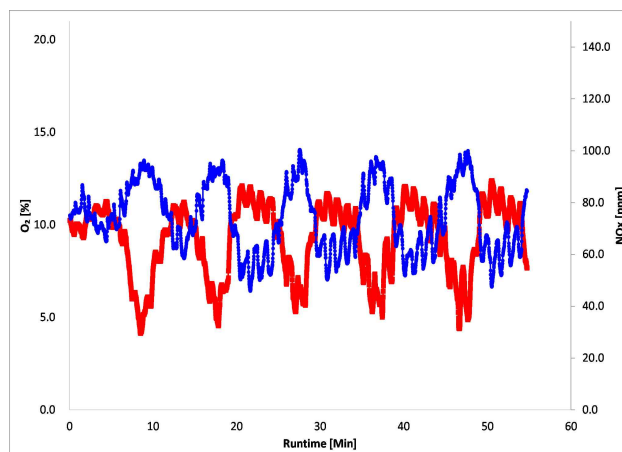
있음을 확인하였다. 점화가 되지 않는 이유로 버너에 부착된 기름 분사 노즐에서 기름이 분사되지 않음을 확인하였고, 고압 공기를 주입하였지만 유체가 흐르지 않음을 확인하여 노즐 내부가 막혔음을 확신했다.



[그림 389] 연소기 노즐 청소

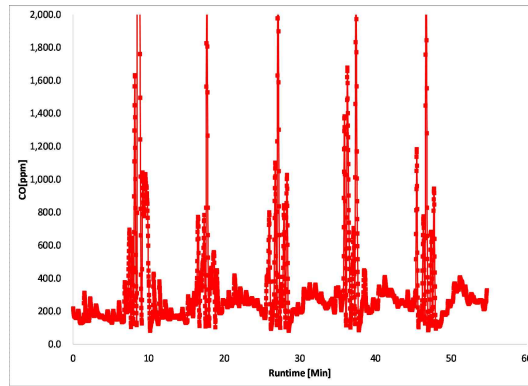
보일러 실험을 위해서는 점화가 이루어져야 하기 때문에 노즐의 청소를 통해 정상 작동을 시켜보고자 하였다. [그림 385]처럼 초음파 세척 장비를 통해 노즐 청소를 진행하였으며, 그에 따라 문제를 해결하여 실험을 진행하였다.

우드칩 보일러 제어 실험 진행 전에 우선적으로 펠릿 연료를 사용하여 보일러에서 연소되는 특성을 확인하고자 하였다. 우선적으로 배풍기 Hz를 고정하여 35Hz와 50Hz 상황에서 연소 제어가 어떠한 방식으로 이루어 지는지 확인 하였다.



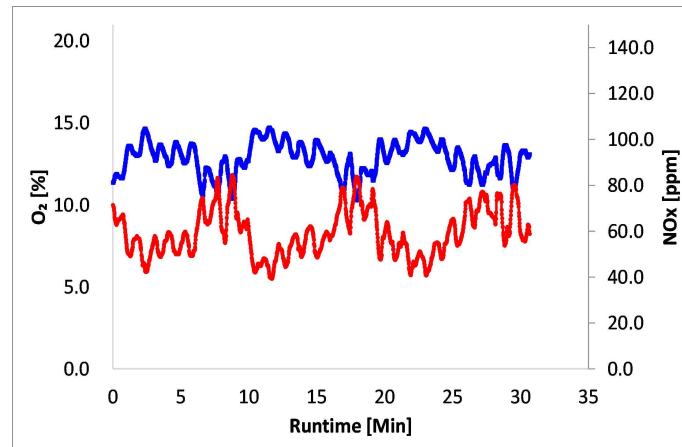
[그림 390] 배기가스 O2 및 NOx (일반 연소 35Hz)

일반 비제어 연소 35Hz 상황에서는 산업용 보일러에서 나타날 수 있는 불안정한 연소 형상이 나타났다[그림 386]. 연소가 잘 될 때는 O2가 안정적으로 측정 되었지만, 산소가 부족한 경우에는 NOx가 60ppm 정도에서 100ppm까지도 올라가는 것을 확인하였다. O2가 10% 정도일 때는, NOx가 낮은 수치를 보이고 있기 때문에 보일러 연소 제어 시 너무 낮지 않은 O2의 제어가 필요한 것으로 확인하였다.



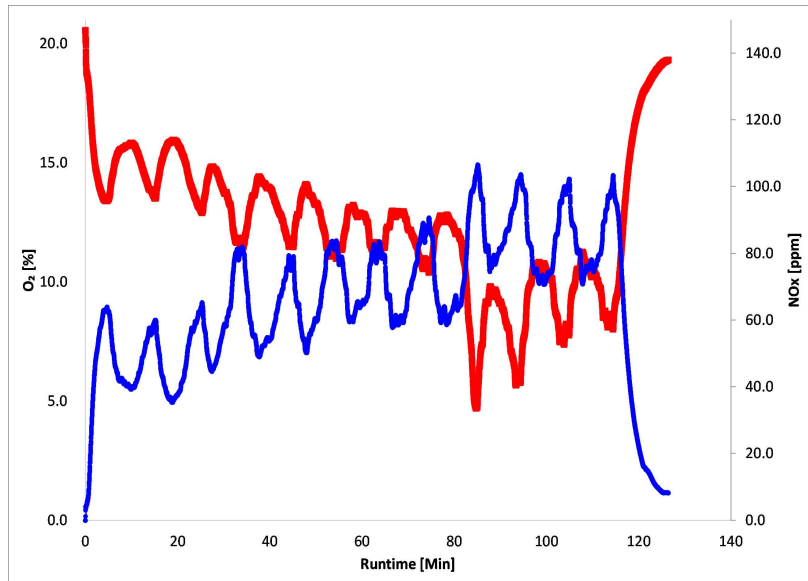
[그림 391] 배기가스 CO (일반 연소 35Hz)

O₂가 낮아짐에 따라 NO_x는 높아졌지만, 산소의 부족으로 인해 불완전연소가 되는 현상이 많이 나타났다[그림 387]. 그에 따라서 CO가 높게 측정되는 경우가 발생하였다. 보통 200~400ppm 정도로 측정 되는 구간도 있지만, 불완전연소가 심하게 일어난 경우에는 2000ppm을 넘어서 측정되기 때문에 이로 인해라도 연소에 대한 제어가 필요함을 알 수 있었다.



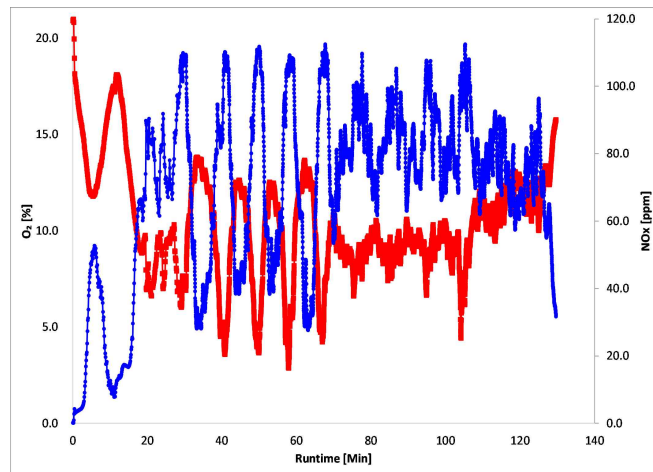
[그림 392] 배기가스 O₂ 및 NO_x (일반 연소 50Hz)

[그림 388]의 실험 결과로 50Hz 송풍에서 O₂ 및 NO_x값의 변화가 있음을 확인하였다. 송풍기 출력 값이 증가함에 따라서 O₂가 5%까지 떨어지지 않게 되었고, NO_x는 60ppm까지 낮게 측정되는 것이 80ppm정도로 최소값이 높게 측정되는 것을 확인하였다.



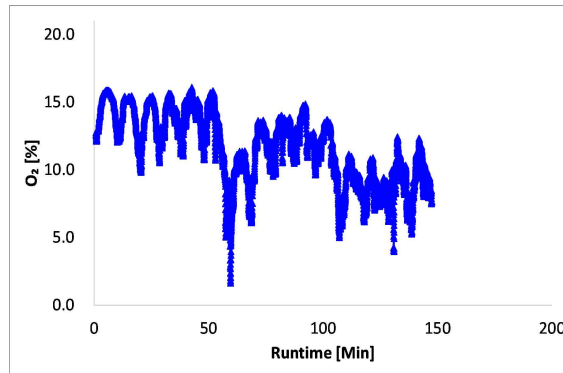
[그림 393] 1차 제어 실험

최초 제어 진행시 [그림 389]의 결과를 얻을 수 있었으며, 제어기의 세팅이 많이 되어있지 않은 상황이기 때문에 그냥 일반 연소와 마찬가지로 높은 O₂ 및 NO_x의 Fluctuation을 확인할 수 있었다. 1차 제어 실험을 통해 제어기 세팅을 변화해 가면서 연료가 연소실 내부 O₂에 따라서 최적으로 연소될 수 있는 조건을 찾아 보고자 하였다.

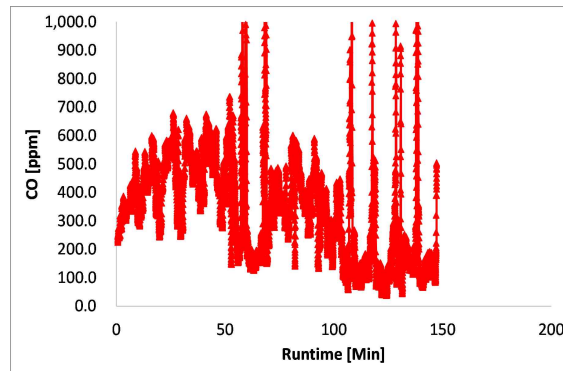


[그림 394] 2차 제어 실험

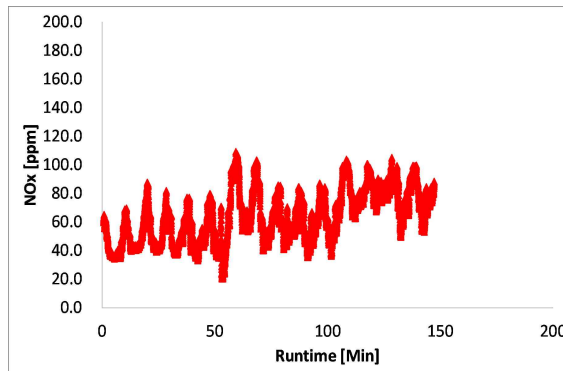
[그림 390]의 제어 실험 2차에서는 1차 제어 실험에서와 다르게 O₂ 및 NO_x의 fluctuation을 감소시키기 위해 제어를 진행하였다. 제어 경우의 수에 따라서 fluctuation이 높아지기도 하고 낮아지기도 하였다. 이러한 결과를 토대로 조금 더 폭이 안정화 될 수 있도록 제어를 진행하여 상당히 많이 폭이 줄어들 수 있도록하여 실험의 결과를 얻었다.



[그림 395] 배기가스 O2 (3차 제어 실험)

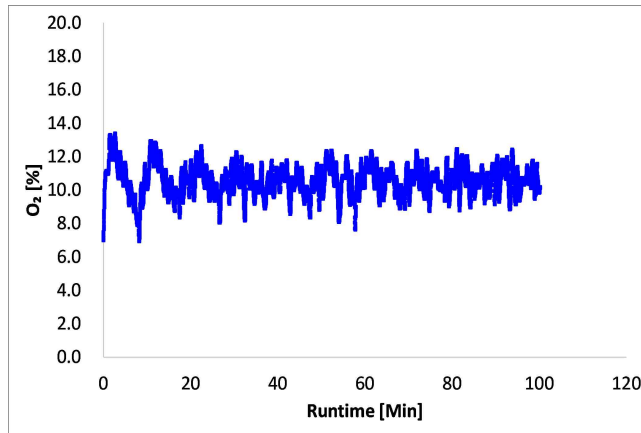


[그림 396] 배기가스 CO (3차 제어 실험)

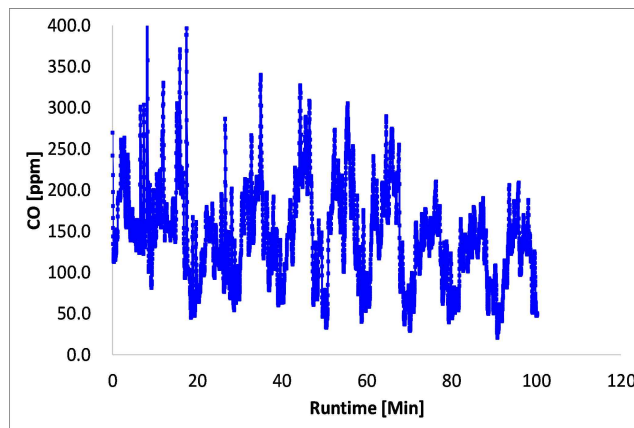


[그림 397] 배기가스 NOx (3차 제어 실험)

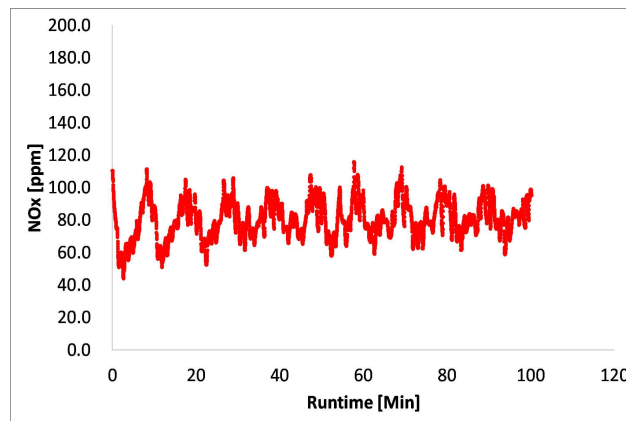
3차 제어 실험에서는 fluctuation의 폭을 상당히 많이 낮춘 상태이며, 폭이 낮아졌다고 하더라도 연소가 잘 일어나는 조건 또한 찾아줘야 한다. 때문에 연소가 잘 일어나는 조건을 찾기 위한 실험을 진행하였다. 일반적으로 연소가 잘 일어난다고 하는 경우 완전연소가 잘 일어나기 때문에 CO는 낮고 NOx가 높게 측정된다. 따라서 해당 조건에 맞는 제어값을 찾아 변경하여 연소를 진행하였다.



[그림 398] 배기가스 O₂ (4차 제어 실험)



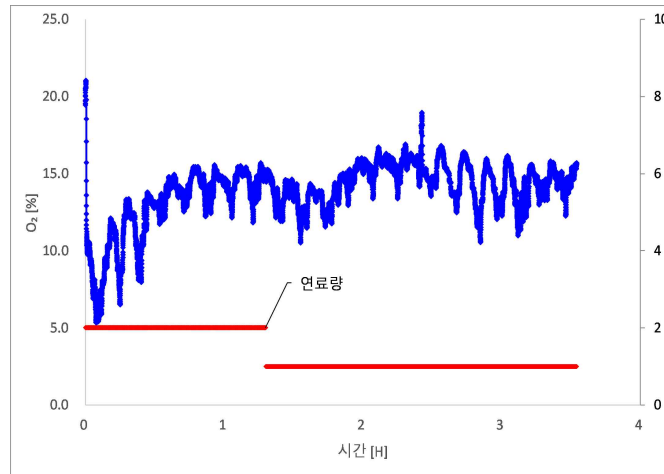
[그림 399] 배기가스 CO (4차 제어 실험)



[그림 400] 배기가스 NO_x (4차 제어 실험)

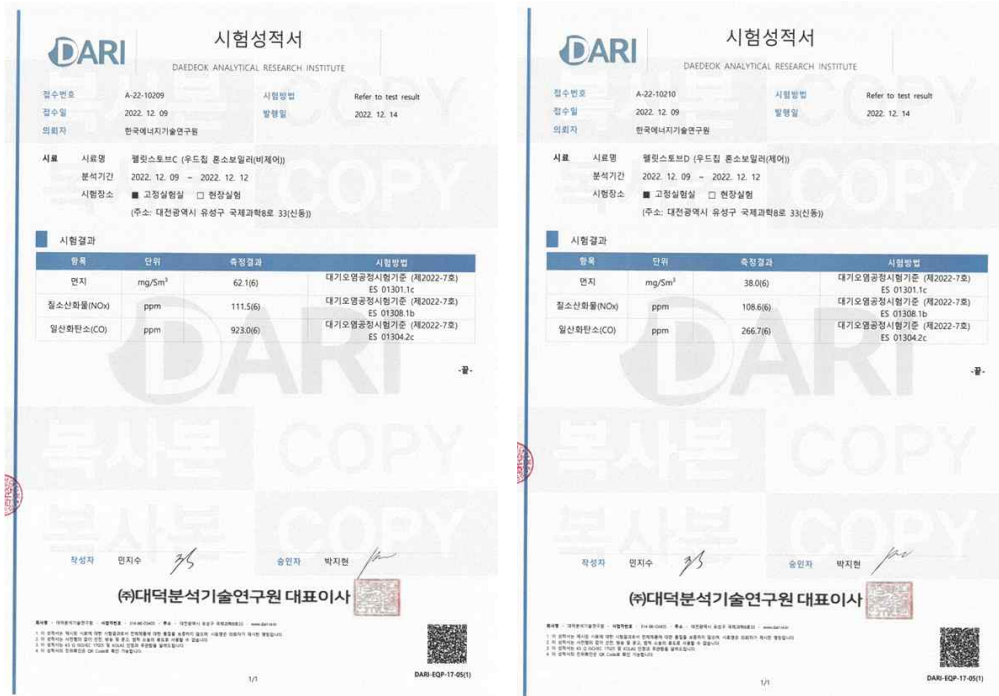
마지막으로 4차 제어 실험에서는 최적 연소 상태에서 일정하고 안정적인 연소가 일어날 수 있도록 제어값을 튜닝하는 작업을 진행하였다. 해당 실험의 결과로 보통 목재펠릿 보일러에서 연소가 잘 일어나는 O₂ 구간인 8~12% 이내로 운전되는 조건을 만들어 주었다. 그에 따라서 NO_x값은 60~100ppm 사이로 측정이 되었지만, CO의 경우에 높으면 2000ppm을 넘어가는 조건에서 최종적으로 50ppm에서 200ppm사이, 평균값 125ppm 정도의 안정적인 값을 확보하였다.

또한 연소 제어를 길게 진행하여 1시간이 지나도록 제어를 진행해도 틀어지지 않고 제어가 잘 되는 것을 확인할 수 있었다.



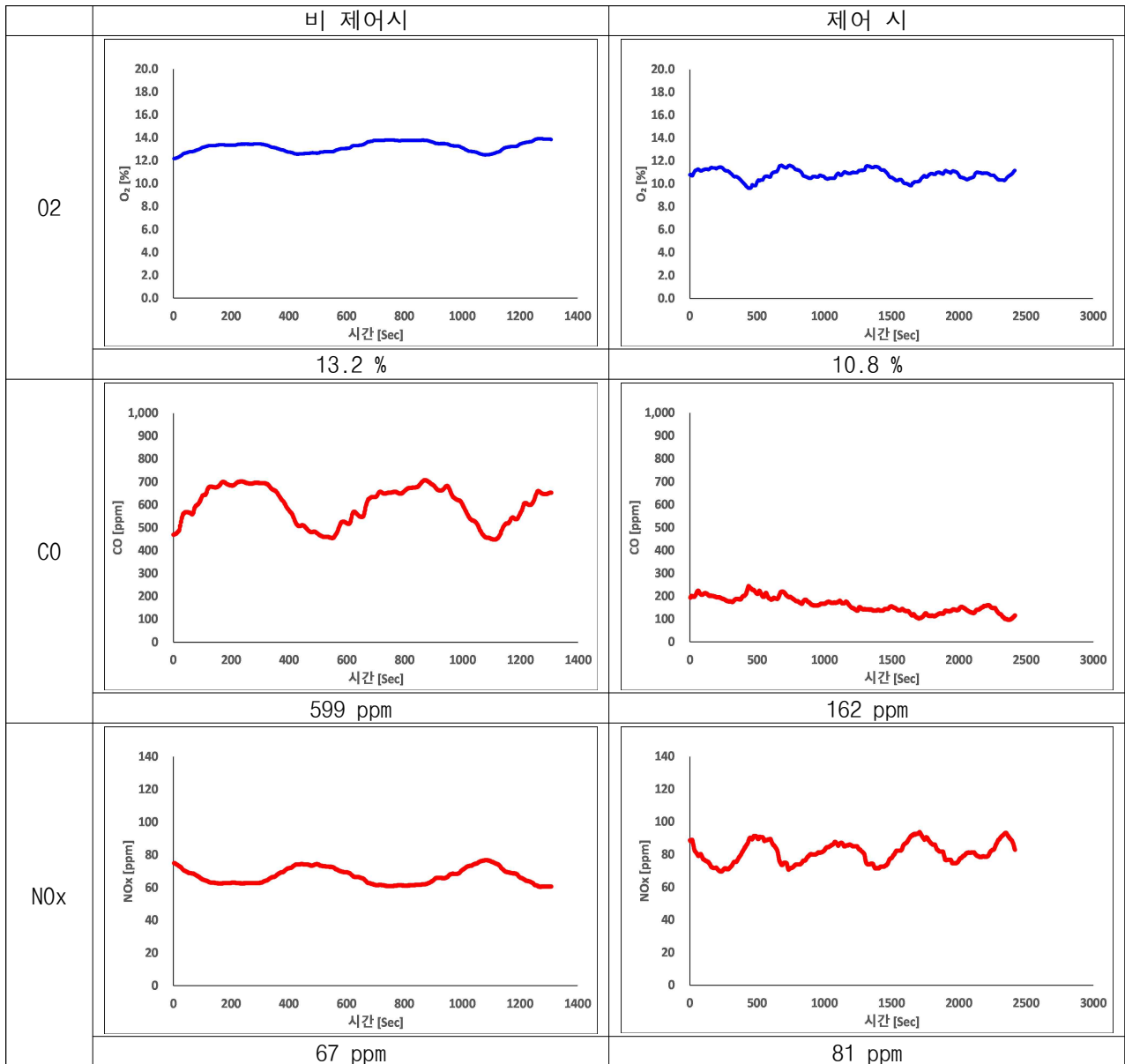
[그림 401] 연료량 변경 실험

연료량 변경 실험을 통해서 연료량이 바뀔때 따라서도 목적하는 O2로 찾아가는지를 확인하였다. 특성 시점에서 연료량의 감소를 통해 배기가스 O2의 변화를 확인 하였으며, 연료량이 감소된 경우 장기적으로는 O2가 늘어나지만 변경 직후에는 반대로 O2가 감소하는 경향이 있다. [그림 397]에서 확인할 수 있듯이 연료량의 감소로 인해 O2가 줄어들었다가 늘어남을 확인할 수 있으며, 제어를 하지 않는 경우에 O2는 더 많이 늘어났을 테지만, 제어를 함으로써 송풍량을 감소시켜 계속 목적하는 O2값으로 유지하는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 402] 우드칩 보일러 비제어(좌) 및 제어(우) 시 미세먼지 측정 결과

우드칩 보일러의 경우 비제어 및 제어 상태를 통해 배기가스 및 미세먼지 배출량을 측정하여 공인 성적서를 받는 절차를 진행하였다. 대덕분석기술연구원에 의뢰하여 미세먼지를 측정한 결과로 비제어 시에는 미세먼지가 62.1 mg/Sm³이 측정되었으며, 제어 시에는 38.0 mg/Sm³이 측정되어 제어 시에 미세먼지 배출값이 줄어들었음을 확인하였다.



보일러 비 제어시에는 평균 O₂가 13% 내외로 측정되었으며, CO는 600 ppm, NO_x는 70 ppm 내외로 측정되었다. 보일러 제어 시에는 비제어 시와 비교하여 O₂값이 줄어든 11% 내외로 측정 되었다. 또한 CO 측정값이 많이 떨어져서 160 ppm 내외로 측정되었으며, NO_x 또한 80ppm 내외로 측정되었다. 보일러 제어를 통해 연소를 잘 시키는 경우 이런 차이가 나타날 수 있으며, 연소가 잘 되는 경우 미세먼지 또한 저감할 수 있는 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

2. 램다 센서 내구성 테스트

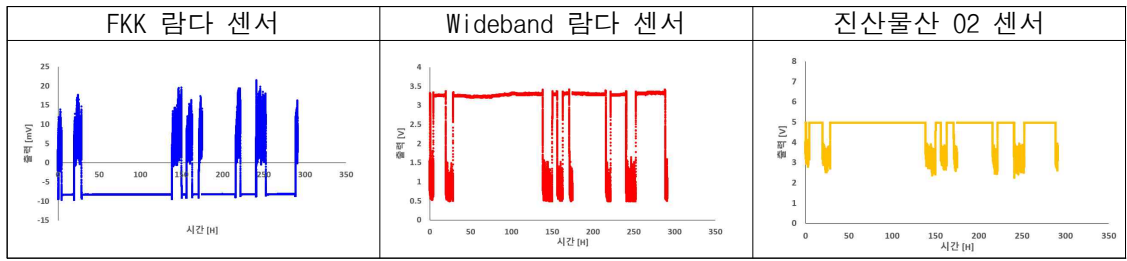


[그림 403] 램다 센서 내구성 테스트용 스토브



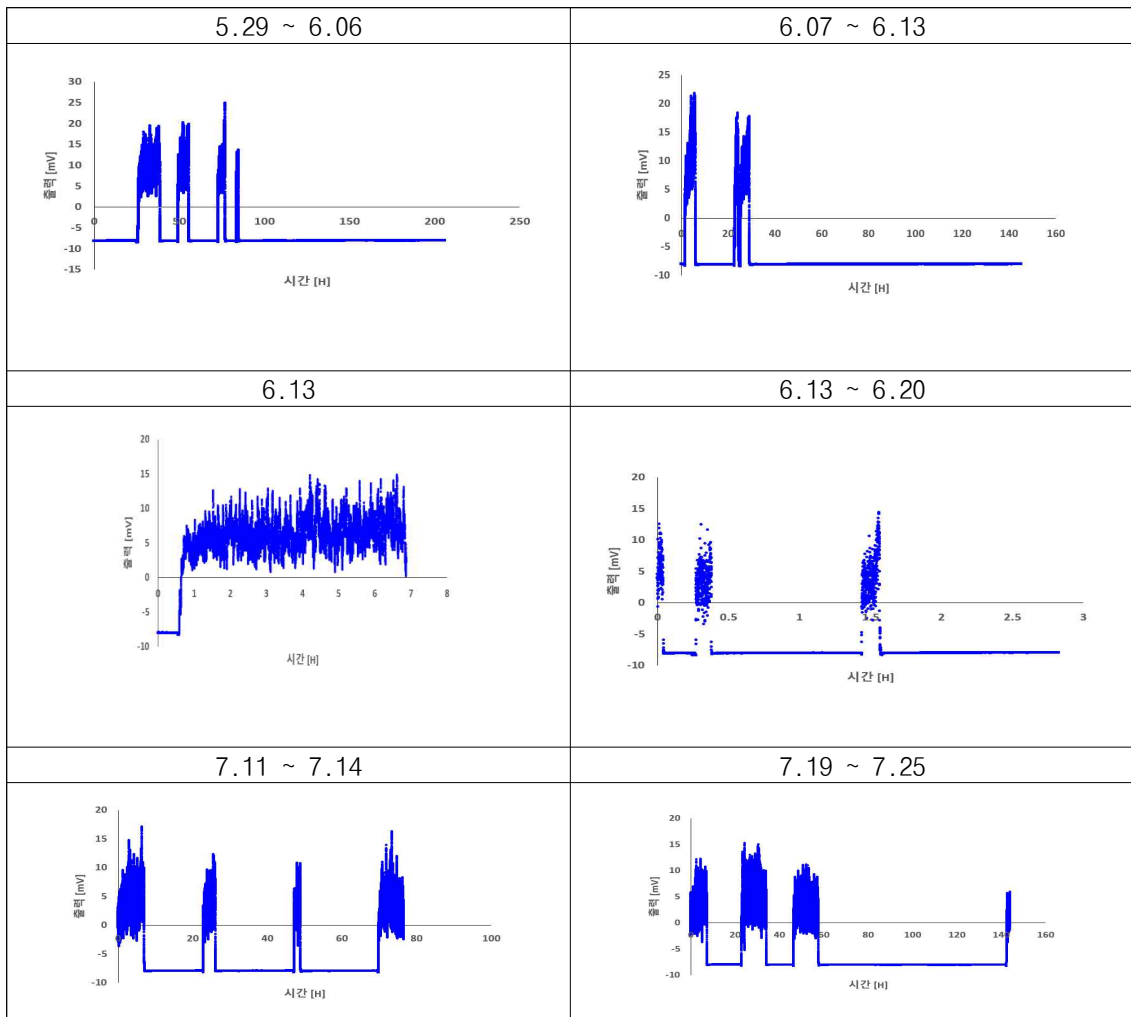
[그림 404] 연소 이후 센서 상태

램다 센서의 내구성 테스트를 위해 [그림 399]의 펠릿 스토브에서 연소를 진행하였다. 예전과는 다르게 깨끗한 연소 배가스 환경인 LNG 가정용 보일러에서 펠릿 연료를 사용하는 기기로 변경 하였다. 그로 인해서 [그림 400]과 같이 램다 센서 등에 많이 분진들로 인해 문제가 발생할 수 있는 환경이 형성 되었다. 내구성을 가혹한 환경에서 테스트하여 실험의 신뢰성을 높여보고자 하였다. 스토브 출구에서 바로 배기가스가 나가는 쪽에는 유속, 위치 등에 의해서 쌓이지 않는 것을 확인 하였다. 배기가스 연통이 올라가는 부분에서는 분진 등이 많이 쌓이는 것을 확인하였다. 몇 가지 종류의 산소 센서의 출력값 측정을 통해 O₂값이 얼마나 달라지는지 등을 확인 하였다.



[표 110] 테스트 시작 시 3가지 종류 산소 센서 출력값

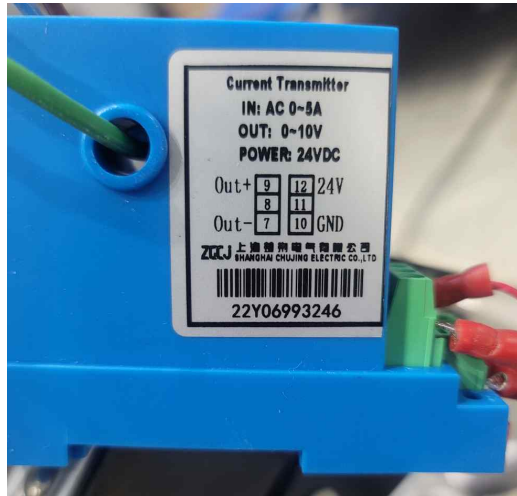
보일러 연소 제어에 필요한 것은 O2값에 따른 출력 데이터를 입력 데이터로 사용하여 송,배풍기를 제어할 수 있어야 한다. 그에 따라서 사용할 수 있는 센서는 여러 가지 종류가 있다. 기본적으로 FKK 람다 센서와 함께 두 가지 종류의 센서에 대해서 내구성 테스트를 진행하였다[표 109].



[표 111] 산소 센서 내구성 테스트

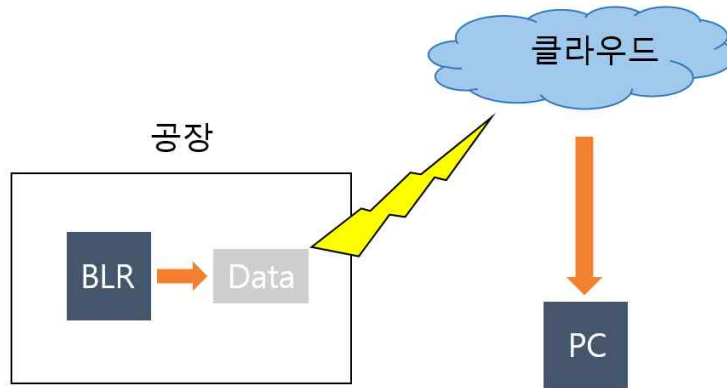
[표 110]에서는 FKK 람다 센서의 내구성 테스트 진행을 나타낸다. 날짜에 따라서 5월 29일부터 7월 25일까지 상황과 여건에 따라서 연소 진행을 한 데이터이다. 내구성 테스트에 있어서 연속적인 데이터 뿐 아니라, 운전 설비가 켜지고 꺼짐에 따른 테스트도 같이 진행하여 어떠한 변화가 있는지 확인 하였다. 다만 운전 설비가 가스가 아닌 목재 연료를 사용하는 설비인 만큼 O2값에 대한 fluctuation은 어느정도 있기 때문에 그것을 고려해 주어야 하였다.

는 장치이다. 해당 장비를 이용하여 원격 모니터링 시스템을 구축해 주었다.



[그림 407] 전력 데이터 측정 장치

온도 센서의 경우 많이 사용하는 RTD 센서 및 K타입 센서를 이용하였고, 보일러 등 설비의 외기온도, 배기가스 온도, 본체온도, 출구온도 등을 측정하였다. 전력 데이터의 경우 출력 데이터가 사용 가능한 [그림 403]의 장치를 이용하였다. 0-2200W 전력을 0-10V로 변환되는 데이터를 받아서 모니터링 하였다. 또한 배기가스 O₂의 경우 0-15% 값을 마찬가지로 0-10V로 변환 출력하여 데이터를 수집·모니터링 하였다.



[그림 408] 클라우드 데이터 수집 및 모니터링

보일러 등 설비에서 수집받은 데이터는 [그림 404]처럼 클라우드 서버로 보내져서 수집 및 저장된다. 이 데이터는 언제든지 PC 및 핸드폰에서 모니터링할 수 있으며, 원하는 기간 및 시간 등을 지정하여 데이터를 확인할 수 있다. 필요한 데이터를 엑셀 파일로 받아서 데이터 분석 등을 할 수 있다.



[그림 409] 원격 모니터링 설비1-1



[그림 410] 원격 모니터링 설비1-2

[그림 405]의 보일러 데이터를 모니터링하기 위해 모터, 피더, 송·배풍기, 보일러 전원 등 전력이 들어가는 부분에 대한 측정을 진행하였으며, [그림 406] 등의 원격 모니터링 설비를 통해 물 온도나 배기가스 온도 등 주요 온도 측정 부위에 대한 모니터링을 진행하였다.



[그림 411] 원격 모니터링 데이터1

원격 모니터링 설비 1의 우드칩 보일러 원격 모니터링 데이터를 확인한 결과이다. 배기가스 O2 및 전력 데이터, 여러 가지 온도 데이터들이 값과 그래프로 표기되어 확인할 수 있었다. 따로 필요한 데이터만을 추출하여 엑셀 파일로 저장할 수 있는 시스템도 구비되어있다.



[그림 412] 원격 모니터링 설비2-1



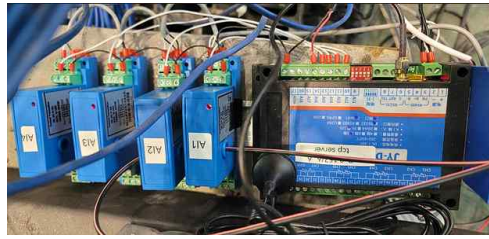
[그림 413] 원격 모니터링 설비 2-2



[그림 414] 원격 모니터링 데이터2



[그림 415] 원격 모니터링 설비3-1



[그림 416] 원격 모니터링 설비 3-2




[그림 417] 원격 모니터링 데이터3

연구원 내의 실험 설비의 모니터링과 더불어 다른 여러 가지 설비에 대해서도 모니터링 계측 시스템을 구성 해 보았다. 목재 펠릿 보일러 뿐 아니라 목재 펠릿 스토브[그림 408] 및 화목 보일러 [그림 411] 등에 대해서도 데이터를 모니터링하여 확인 할 수 있도록 시스템을 구축 해 주었으며, 결과로 여러 가지 데이터 측정 값을 얻을 수 있었다.

4. 정량적 성과



AFORE 2022
Annual Forum on Renewable Energy



한국신·재생에너지학회
The Korean Society for New and Renewable Energy

Co-firing Combustion Characteristics of Woodchip and Spent Mushroom Substrate in a 400kW Stoker Type Boiler






Hyun Hee Lee ^{1*}, Sae-Byul Kang ¹, Jae Joon Choi ¹, Young Jik Youn ¹,
Kyu Won Kim ², Man Soo Jeong ² and Jae Gyeong Byeon ²
Korean Institute of Energy Research ¹
Kyuwontech ²

(a) (b)

1] Introduction

- We studied the co-firing combustion characteristics of woodchip and spent mushroom substrate (b) in a 400kW stoker type industrial boiler (a).
- Type of boiler for burning is a moving grate burner
- Co-firing started after the combustion chamber temperature exceeded 850°C

Fuel type and load	Fuel consump- tion (kg/h)	O ₂ (%)	CO (ppm)	NO _x (ppm)	Temper- ature of combustion (°C)	Com- bustion efficiency
Woodchip 100%	200	18.5	66	64	1103	
Woodchip 70% + Spent mushroom sub- strate 30%	140-174	9.9	79	143	1093	
Woodchip 70%	136	12.1	87	59	900	
Woodchip 50%	102	14.9	124	50	856	
Woodchip 30%	68	14.9	172	48	780	

Fuel item	Unit	Woodchip		Spent mushroom substrate	
		Woodchip	Spent mushroom substrate	Woodchip	Spent mushroom substrate
Moisture	Mass %	26.8	17.0		
Volatile matter	Mass %	38.9	99.7		
Carbon	Mass %	49.8	38.2		
Hydrogen	Mass %	6.1	5.2		
Nitrogen	Mass %	0.3	2.6		
Sulfur	Mass %	0.02	0.21		
Ash (dry basis)	Mass %	1.1	17.8		
Gross calorific value	kcal/kg	3480	2989		
Net calorific value	kcal/kg	3090	2664		
Fixed carbon	Mass %	13.5	8.5		
Oxygen	Mass %	42.67			

2] Result

- Proximate analysis and elementary analysis of woodchip and spent mushroom substrate were performed
- The total fuel entered is 211.4 kg/h when co-firing, and the N content according to the fuel composition is 1.08%.
- As a result of the experiment, it was confirmed that the NO_x values increased significantly
- O₂ was 9.87%, CO was 98 ppm and NO_x was 188 ppm

그림 418 2022 AFORE 학술대회 발표





Article

Co-Firing Combustion Characteristics of Woodchips and Spent Mushroom Substrates in a 400 kW Stoker-Type Boiler

Hyun-Hee Lee ^{1,*}, Sae-Byul Kang ¹, Jae-Joon Choi ¹, Young-Jik Youn ¹, Kyu-Won Kim ², Man-Soo Jeong ²
and Jae-Kyung Byeon ²

¹ Korean Institute of Energy Research, Daejeon 34129, Republic of Korea

² Kyuwontech, Gyeongsan 38572, Republic of Korea

* Correspondence: byul.kang@kier.re.kr

Abstract: The simultaneous firing characteristics of woodchips and spent mushroom substrates (SMS) were studied in a stoker-type industrial boiler. The type of spent substrate intended for combustion consisted of oyster mushrooms. SMS from mushroom farms generally have a high water content. Dryers are therefore used for combustion. The moisture content of SMS was reduced to achieve low moisture to combust sufficiently at about 20%. First, the basic characteristics of the boiler were confirmed by conducting a woodchip combustion test under various operating loads of 30, 50, 70, and 100%. Thereafter, a simultaneous combustion test of woodchips and SMS was performed. During the experiment, exhaust gas concentrations in the boiler combustion chamber were measured, such as the temperature of oxygen (O₂), carbon monoxide (CO), and nitrogen oxides (NO_x). In addition, industrial and basic analyses were performed on woodchips and SMS. The main differences in the fuel analysis results between woodchips and SMS were ash, nitrogen, sulfur content and net calorific value. According to the analysis, the nitrogen content of SMS was 2.6%, which was 8.7 times higher than that of woodchips, and the ash content was also 14.8%, which was 18.5 times that of woodchips. As a result of the combustion experiment, the woodchip experiment revealed that the values of O₂ and CO decreased and the combustion chamber temperature increased as the amount of fuel increased. Due to higher combustion temperature, thermal NO_x also increased. When comparing this combustion test with the co-firing test, there was no significant difference in O₂, CO, and combustion chamber temperature. However, with regard to the NO_x value, the results showed a sharp increase from 64 ppm to 135 ppm. Although the NO_x value increased, SMS had enough heat to be burned as fuel. Therefore, the utility of various agricultural byproducts as fuel has prospects for achieving an effective approach to energy cost reduction.

Keywords: woodchips; spent mushroom substrate; boiler; combustion; co-firing

1. Introduction

The boiler is a facility that is closely related to daily life settings and manufacturing processes. Fossil fuels such as coal, oil and natural gas are widely used worldwide. As a result, environmental problems related to carbon dioxide (CO₂), such as abnormal climatic phenomena, have occurred. Therefore, it is necessary to increase the proportion of renewable energy in order to reduce the use of fossil fuels. Up to now, wood pellet and wood chip have mainly been used as a renewable energy in biomass combustion. There are also many by-products in the field of agriculture, such as rice husk, empty fruit bunch (EFB), palm kernel shell (PKS) and SMS. SMS is especially abundant in agriculture, and its disposal costs are also incurred. So, if SMS is burned in a combustion boiler, fuel and disposal costs can be reduced. To combust solid biomass fuel in a boiler, there are some technologies such as: (1) a fixed bed; (2) a gasification combustor; (3) a moving grate; (4) a fluidized bed combustor; (5) a pulverized burner and so on.

Check for updates

Citation: Lee, H.-H.; Kang, S.-B.; Choi, J.-J.; Youn, Y.-J.; Kim, K.-W.; Jeong, M.-S.; Byeon, J.-K. Co-Firing Combustion Characteristics of Woodchips and Spent Mushroom Substrates in a 400 kW Stoker-Type Boiler. *Energies* **2022**, *15*, 9096. <https://doi.org/10.3390/en15239096>

Academic Editor: Andreas Stinde

Received: 24 October 2022
Accepted: 23 November 2022
Published: 30 November 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Energies **2022**, *15*, 9096. <https://doi.org/10.3390/en15239096> <https://www.mdpi.com/journal/energies>

그림 419 SCI(E) 논문 - Energies

2022년 9.27~10.01에 개최된 Asis-Pacific Forum on Renewable Energy에 참가하여 버섯 배지 연소 관련 학술발표를 진행하였다. 추가로 정량적 성과 목표를 위해 Energies에 제출하여 논문 등록을 진행하였다.

1. 농업부산물 현황

1) 국내 바이오매스 현황

최근 신·재생에너지가 대체에너지원으로 주목받고 있는 가운데 농업부산물의 에너지화는 부산물을 이용한 부가가치 창출이 가능하여 농업·농촌에 새로운 소득원이 될 수 있으며 바이오매스 에너지 활용을 통해 이산화탄소를 흡수할 수 있다는 장점을 가지고 있다.<농업부산물의 에너지 활용 방안. 경기연구원. 2016>

농업부산물은 농업활동 과정에서 발생하는 작물의 잔여물로서 볏짚, 쌀겨, 과수 전정기 등이 포함된다. 농업부산물은 발생 잠재량도 많으며 에너지로 이용할 수 있는 양도 신·재생에너지 보급량을 충족시킬 수 있을 정도로 상당량을 보유하고 있다.

우리나라 농촌지역에서 발생되고 있는 농업부산물 바이오매스 자원으로는 미곡, 맥류, 서류, 잡곡 및 과수부산물 등이 있다. 기존 농업부산물 잠재량분석에 대한 문헌자료조사 결과 작물별로 생산단위면적당 부산물 발생량을 추정하였으나 이는 품종, 영농방법, 토양조건, 기상 상태에 따라 바이오매스 양도 변하는 문제점이 발생한다. 최근 이 문제점을 해결하기 위해 농작물 생산량을 기준으로 바이오매스 잠재발생량 환산계수를 산정하여 농업부산물 바이오매스 자원 잠재량을 추정하였다. <바이오매스 에너지화 추진전략 개발 계획>

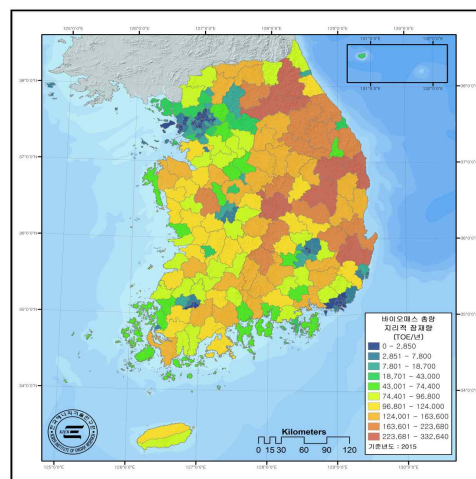


그림 420. 국내 바이오매스 잠재량

$$\text{바이오매스잠재발생량(천톤/년)} = \text{작물 생산량(톤)} \times \text{바이오매스 환산계수}$$

농작물 생산량은 ‘2013년 농작물 생산통계’를 활용하였다. 통계자료를 이용하여 작물별 생산량에 부산물 발생량 환산계수를 적용하여 이론적 부존량을 산정하였으며, 이론적 부존량에 함수율을 제외한 건조중량을 가채잠재량으로 추정하였다.

- 이론적 부존량 : 연간 발생하는 바이오매스 총량
- 가채잠재량 : 이론적 부존량에서 함수율을 제외한 건조중량
- 가용잠재량 : 가채잠재량에서 에너지이용률을 적용한 양

농작물 생산량과 환산계수를 활용해 2013년 주요 농작물의 바이오매스 연간 이론적 부존량을 추정하였다.

<농업부문 주요 농작물의 이론적 부존량 추정>

	작물별	생산량(톤)	부산물	환산계수	이론적부존량(ton)
미곡	논벼	4,227,359	벼짚	1.02	4,311,906
			왕겨	0.177	1,783,945
	밭벼	2,653	벼짚	1.062	2,817
			왕겨	0.236	626
맥류	겉보리	18,429	보리짚	1.23	22,668
	쌀보리	29,986	보리짚	0.662	19,851
	맥주보리	12,046	보리짚	0.69	8,312
	밀	27,130	밀짚	0.708	19,208
잡곡	옥수수	80,465	줄기	1.189	95,673
	메밀	1,923	줄기	1.278	2,458
두류	콩	154,067	줄기	1	154,067
			깍지	0.417	64,246
유지류	땅콩	10,875	줄기	1.78	19,358
			깍지	0.278	3,023
	참깨	12,392	줄기	5.8	71,874
	들깨	33,347	줄기	6.14	204,751
서류	감자	727,438	줄기	0.18	130,939
	고구마	329,516	줄기	0.85	280,089
조미채소	고추	117,816	줄기	2.6	306,322
과수	사과	493,701	전정가지	1.316	649,711
	배	282,212	전정가지	0.656	185,131
	감	351,990	전정가지	0.27	95,037
	포도	260,280	전정가지	1.562	406,557
	복숭아	193,243	전정가지	0.367	70,920
합계					8,909,489

농작물 생산량과 환산계수를 이용하여 이론적 부존량을 구해본 결과, 총 8,909,489ton으로 부산물 중 벼짚(약 4,314천 톤)이 가장 많이 발생되었다.

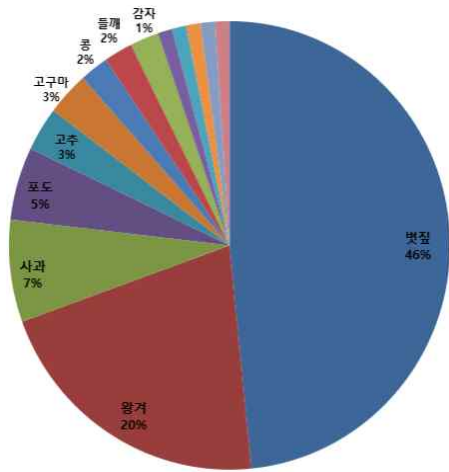


그림 114. 2013년 농업부산물 비율

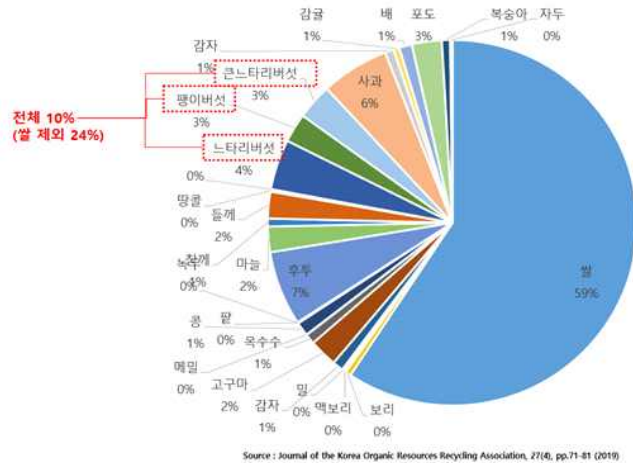


그림 114. 농업부산물 발생 비율 (2017년 기준)>

2013년 농업부산물 비율은 벼 부산물, 과수부산물, 밭부산물 순으로 발생되었다. 전체 농업부산물 중 벼짚이 48%로 가장 많았고, 그 다음 왕겨가 20%로 전체 68% 차지했다. 벼 부산물 다음으로 많았던 과수부산물 중 사과 7%, 포도 5%, 배 2% 순으로 많이 나왔다.

2017년 통계 농업부산물 발생량 10,536,000톤 이상 발생하는 것으로 나타났으며 전체 농업부산물 중 벼짚이 50.3%로 가장 많이 발생하였으며 그 다음 왕겨가 8.7%로 벼 재배 후 발생하는 부산물이 전체 59.0%로 대부분을 차지하고 있었다. 왕겨와 벼짚의 경우는 사료, 축사에 활용률이 높은 반면 기타 농업 부산물은 방치되거나 처리에 어려움이 있다.

특히, 식생활의 변화 등으로 재배량이 증가하고 있는 버섯배지로 사용하고 버려지는 폐배지는 전체가 목재로 이루어져 있지만 높은 수분함량을 나타내어 처리에 어려움이 있다. 대표적인 버섯인 느타리, 새송이, 팽이가 각각 4.4%, 3.1%, 2.5%로 전체의 10%로 높은 농업부산물 배출 비율을 차지하고 있다. 이는 벼짚을 제외하면 24%로 높은 비율을 차지하며, 1,036,200톤/연 발생한다고 추산할 수 있다.

다음 표는 국내의 계절별 농업에 따른 발생 예측되는 농업부산물의 양을 추산한 결과이다. 생산량 기준의 잠재농업부산물과 재배면적을 기준으로 잠재농업부산물의 잔재량을 구해보았다.

$$\text{농업부문 바이오매스 환산계수} = \frac{\text{면적당 바이오매스 발생량}(kg/10a)}{\text{5년 평균 곡물 생산량}(kg/10a)}$$

<면적당바이오매스 생산량>

Sample	농업부산물	면적당바이오매스발생량 (kg/10a)
논벼 (Paddy rice)	줄기	653.8
	껍데기	118.1
미곡 (Under rice)	줄기	358.0
	껍데기	79.6
보리 (Barley)	줄기	275.0
쌀보리 (Naked Barley)	줄기	298.0
감자 (Potato)	줄기	131.0
고구마 (Sweet potato)	줄기	646.0
옥수수 (Corn)	줄기	566.0
콩 (Soybean)	줄기	168.0
	줄기	70.0
후추 (Pepper)	줄기	294.0
참깨 (Sesame)	줄기	131.0
유채꽃 (Rape)	전정가지	305.0
사과 (Apple)	전정가지	1,899.0
감 (Persimmons)	전정가지	350.0
배 (Pear)	전정가지	1,433.0
포도 (Grape)	전정가지	2,686.0

<5년 평균 곡물생산량>

Sample		2003	2004	2005	2006	2007	2008
쌀	재배면적	1,001,519	983,580	966,838	945,403	942,223	927,995
	면적기준수량	609	679	661	664	630	694
보리	재배면적	8,966	8,559	7,760	7,601	7,548	8,082
	면적기준수량	386	446	487	438	502	464
고구마	재배면적	14,161	16,570	17,178	16,668	21,093	19,451
	면적기준수량	1,898	2,084	1,645	1,715	1,670	1,693
콩	재배면적	80,447	85,270	105,421	90,248	76,267	75,242
	면적기준수량	131	163	174	173	150	176
팥	재배면적	57,502	61,894	61,299	53,097	54,876	48,825
	면적기준수량	230	25	263	220	292	253
참깨	재배면적	35,036	31,843	33,971	31,077	31,321	28,794
	면적기준수량	34	66	69	50	56	68
사과	재배면적	26,398	26,676	26,907	28,312	29,358	30,026
	면적기준수량	1,384	1,339	1,366	1,440	1,484	1,569
배	재배면적	24,061	22,982	21,807	20,656	19,888	18,277
	면적기준수량	1,316	1,966	2,033	2,089	2,350	2,576

<5년 평균 곡물생산량>

작물	생산량 (Ton)	생산량 기준		재배면적기준	
		환산계수	농업부산물 발생량	환산계수	농업부산물 발생량
쌀보리 (Naked Bar ley)	104,750	0.944	98,884	0.662	69,345
맥주보리 (Beer Bar ley)	45,172	1.077	48,650	0.690	31,169
밀 (Wheat)	15,024	0.751	11,283	0.708	10,637
고구마 (Sweet Potatoes)	368,324	0.288	106,077	0.368	135,543
콩 (Soy Beans)	105,340	0.500	52,670	0.417	43,927
팥 (Red Beans)	7,102	0.407	2,891	0.368	2,614
옥수수 (Corn)	76,336	1.296	98,931	1.189	90,764
메밀 (Buck Wheat)	2,705	1.733	4,688	1.278	3,457
녹두 (Green Beans)	2,035	0.500	1,018	0.404	822
고추 (Red Peppers)	254,280	2.180	554,330	0.465	118,240
사과 (Apples)	535,324	0.221	118,307	1.316	704,486
감귤 (Tanger ines)	629,785	0.172	108,323	0.088	55,421
감 (Persimmons)	258,874	0.348	90,088	0.270	69,896
복숭아 (Peaches)	210,345	0.260	54,690	0.367	77,197
포도 (Grape)	116,159	0.275	31,944	1.562	181,440
자두 (Plums)	51,087	0.383	19,566		
참깨 (Sesame)	12,986	2.050	26,621	2.113	27,439
땅콩 (Peanuts)	8,219	0.491	4,036	0.278	2,285

* 농업부문 바이오매스 환산계수 = $\frac{\text{면적당 바이오매스 발생량 (kg/10a)}}{\text{5년 평균 곡물 생산량 (kg/10a)}}$

작물 생산량: 농림축산식품통계연보 2020, 90-113, 농림축산식품부

바이오매스 환산계수: 박우균 외, 2011, 농업부문 바이오매스 자원 환산계수 및 잠재발생량 산정, Korean Journal of Environmental Agriculture

2. 농업부산물 특성 분석

1) 실험 대상 선정

국내에서 발생하는 농업부산물은 주로 벼짚(46%), 왕겨(20%), 과수 부산물(14%)이 큰 비중을 차지하고 있다. 그 중 벼짚이나 왕겨의 경우에는 대부분 가축사료나 퇴비 등으로 재활용되고 있다. 본 연구에서는 「텃밭 재배캘린더」 및 「과일 전정시기」를 활용하여 가장 많은 비중을 차지하고 있는 벼짚과 왕겨를 제외한 국내에서 발생하는 농업부산물을 지역별, 계절별 분류하였다.

<텃밭재배캘린더>

Crop	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
감자				■	■	■						
완두				■	■	■						
양배추				■	■	■			■	■	■	
비추				■	■	■			■	■	■	
브로콜리				■	■	■			■	■	■	
근대				■	■	■			■	■	■	
당귀				■	■	■			■	■	■	
미나리				■	■	■	■	■	■	■	■	
부추				■	■	■	■	■	■	■	■	
상추				■	■	■			■	■	■	
샐러디				■	■	■			■	■	■	
쑥갓				■	■	■			■	■	■	
연다이브치커리				■	■	■			■	■	■	
케일				■	■	■			■	■	■	
파슬리				■	■	■			■	■	■	
강낭콩				■	■	■			■	■	■	
비트				■	■	■			■	■	■	
오이				■	■	■			■	■	■	
청경채				■	■	■			■	■	■	
가지				■	■	■	■	■	■	■	■	
고구마				■	■	■	■	■	■	■	■	
고추				■	■	■	■	■	■	■	■	
땅콩				■	■	■	■	■	■	■	■	
옥수수				■	■	■	■	■	■	■	■	
밀통깨				■	■	■	■	■	■	■	■	
양파	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

<과일 전정시기>

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
사과						■						
배	■											■
감귤									■	■		
단감		■	■									
복숭아									■			
포도		■	■									
토마토						■	■	■				
딸기		■	■									

2) 시료 채취



3) 농업부산물의 특성 분석 결과

(1) 원소분석

유기 원소분석 또는 원소 미량 분석으로도 알려진 CHONS 원소분석은 샘플에 존재하는 탄소 (Carbon), 수소(Hydrogen), 질소(Nitrogen), 황(Sulphur), 및 산소(Oxygen)의 양을 구하는 분석 방법이다. 대구대학교 중앙기기원 원소분석기(Elemental Analyzer(EA))를 사용하였다.

(2) 원소분석 결과

원소분석기를 이용하여 얻어진 시료별 원소의 구성은 표에 제시된 바와 같이 대부분 탄소 (Carbon)가 47% 내외, 수소(Hydrogen)가 6% 내외, 질소(Nitrogen)가 2% 이하로 나타났다. 성분이 비슷한 버섯폐배지#1~버섯폐배지#5는 C,H,O,N,S 순으로 평균 37%, 5%, 46%, 2%, 0.2%로 결과값이 나왔다.

표 119 원소 분석 결과

Sample	Carbon(C)	Hydrogen(H)	Oxygen(O)	Nitrogen(N)	Sulphur(S)
버섯페배지#1	41.051	5.331	43.084	2.657	0.195
버섯페배지#2	38.386	5.131	45.152	2.676	0.220
버섯페배지#3	35.905	5.041	45.394	2.801	0.234
버섯페배지#4	36.425	4.999	47.684	2.692	0.275
버섯페배지#5	35.596	4.591	45.749	2.996	0.276
우드칩	51.608	6.613	41.122	0.272	0
호그	47.857	6.004	45.700	0.217	0
사과찌꺼기	45.031	6.693	47.099	1.142	0.035
사과잎	49.534	6.433	41.382	2.504	0.147
사과가지	45.757	5.984	47.139	1.121	0
도토리	47.915	6.056	45.533	0.646	0
석류	46.142	5.392	45.990	1.229	0
무화과	44.395	5.688	48.718	1.343	0.013
대추	43.375	5.293	49.076	2.010	0.245
참깨	40.933	5.376	52.251	0.553	0.146
매실	48.723	5.504	43.472	2.045	0.024
감	48.723	5.741	44.289	0.863	0.091
앵두	44.764	5.380	48.277	1.048	0
자소엽	49.336	5.829	48.276	0.680	0
샤인머스켓	46.325	5.669	47.399	0.759	0
탱자	54.039	5.635	39.338	0.666	0
소나무 껍질	45.145	6.159	46.158	2.333	0.503
코이어배지 RAW	41.000	4.946	52.992	0.582	0.409
코이어배지	48.498	5.131	44.434	1.368	0.538
블루베리	53.346	6.662	35.900	1.449	0.751
자두	48.522	5.524	42.132	1.504	0.026
헛개	45.803	5.567	44.518	1.583	0
호두	46.789	5.693	44.149	1.108	0
복숭아	49.493	5.862	41.472	1.558	0

포도	46.279	5.953	42.567	1.783	0.737
배	45.248	5.859	44.766	1.599	0.537
귤	42.434	5.726	47.600	2.258	1.088
옥수수	29.014	4.762	58.427	4.157	1.304
우드칩	45.091	5.488	46.547	1.062	1.083
쌀대	43.379	5.449	50.118	0.514	0
커피박	55.156	7.331	34.496	1.979	0.082
커피박 건조	54.781	6.954	35.833	1.949	0.063
계분	31.716	4.538	27.663	6.065	1.887
돈분	25.917	3.758	36.786	3.3385	1.516
우분	40.066	5.228	32.386	3.499	0.375

연료용 목재칩의 경우 제조되는 형태에 따라 목재 연료칩 또는 호그로 구분되며, 연료등급은 연료 내 질소 함량, 회분함량, 발열량에 따라 1급과 2급으로 분류된다. 질소함량 기준으로 연료등급을 분류하였을 때, 목재 연료칩은 질소함량이 1.0이하면 1급과 2급 둘 다 포함되며, 호그는 질소함량이 3.0 이하면 1급, 6.0이하면 2급으로 분류된다. 본 연구에서 사용된 농업부산물 중 버섯 폐배지, 사과잎, 대추, 매실, 소나무 껍질은 질소 함량이 약 2%로 분석되어 다른 농업부산물에 비해 다소 높은 질소 함량을 나타내었다. 반면, 우드칩, 호그, 도토리, 참깨, 감, 자소엽, 샤인머스켓, 탕자, 코이어배지의 경우 모두 1.0 이하의 질소 함량을 보여 목재 연료칩 또는 호그와 비교해보았을 때 연료로써 적합할 것으로 판단된다.

물성/등급	목재연료칩		호그	
	1급	2급	1급	2급
질소(N)	≤1.0		≤3.0	≤6.0

(3) 공업분석을 통한 분석 결과

석탄분석에 있어 가장 기본이 되는 공업분석(Proximate Analysis)은 수분(Moisture), 회분(Ash), 휘발분(Volatile Matter), 고정탄소(Fixed Carbon)를 말한다. 수분의 경우 석탄이 함유하고 있는 수분의 양을 나타내는 것이다. 회분은 800℃에서 석탄시료를 회화시켜 회의 함량을 측정한다. 수분+회분+휘발분+고정탄소=100으로 계산된다. 도가니에 건조된 시료를 넣어 뚜껑을 씌운 상태에서 950℃에서 7분간 강열 후 무게 변화 측정(Volatile Matter)하고, 도가니 뚜껑을 제거하고 750℃에서 3시간 이상 강열 후 무게 변화(Fixed Carbon)를 관찰하여 삼성분 분석을 시행하였다.

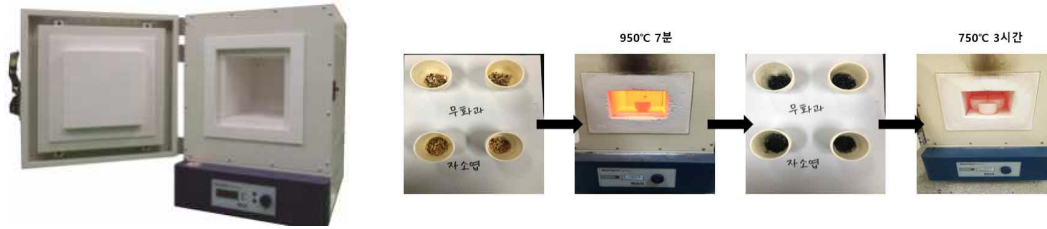


그림 122. 공업분석기

공업분석 결과, 농업부산물은 일반적으로 고정탄소 함량이 15%~28%로 분석되었으며, 휘발분 함량은 66~84%, 회분 함량은 0.2~11.6%로 분석되었다. 반면, 소나무 껍질의 경우, 고정탄소함량이 80.2%, 휘발분 함량이 18.5%, 회분 함량이 1.4%로 다른 농업부산물에 비해 다소 높은 고정탄소함량을 보였으며, 이로 인해 휘발분 및 회분 함량이 상대적으로 감소한 결과를 보였다.

표 123 공업분석 및 수분함량 분석 결과

Sample	고정탄소(%)	휘발분(%)	ASH(%)	수분함량(%MC)
버페#1	20.4698	71.8117	7.7185	65.28
버페#2	20.1547	71.4090	8.4363	60.18
버페#3	21.0064	68.3683	10.6253	61.56
버페#4	21.9476	66.4034	11.6491	67.56
버페#5	21.9481	67.2604	10.7916	24.46
우드칩	15.7360	83.8792	0.3848	28.33
호그	17.3314	82.4464	0.2222	20.80
사과씨꺼기	16.3975	80.0771	3.5254	86.61
사과잎	19.8937	74.3134	5.7929	64.90
사과가지	20.7903	76.8224	2.3873	63.54
도토리	20.5678	73.6279	5.8043	27.67
석류	21.2081	77.4941	4.1153	29.51
무화과	25.8429	73.0427	2.7477	45.75
대추	24.9954	73.8607	2.3428	30.97
참깨	22.8738	75.8880	1.9470	16.11
매실	24.1924	70.6291	1.7796	11.55
감	25.4058	71.8466	1.6311	33.65
앵두	23.8984	76.3213	3.0589	26.77
자소엽	27.7398	75.9527	4.1941	26.59
샤인머스켓	22.8738	79.8880	2.4707	22.36
탱자	21.0758	79.7209	1.2292	33.58
소나무 껍질	80.2439	18.4663	1.4301	13.36
코이어배지 RAW	17.4475	81.9128	1.6457	35.70

코이어배지	15.3537	83.1221	2.8317	85.82
블루베리	77.994	20.406	1.599	6.52
자두	74.336	23.475	2.190	43.78
헛개	78.360	18.792	2.849	16.98
호두	76.947	21.140	1.431	39.73
복숭아	76.199	21.994	1.807	12.92
포도	77.038	20.400	2.569	8.81
배	79.698	18.164	2.138	46.28
귤	84.028	14.494	1.488	43.11
옥수수	77.617	20.152	2.231	78.05
우드칩	85.732	13.084	0.594	16.01
쌀대	80.644	18.816	0.540	12.43
커피박	81.075	17.910	1.015	53.39
커피박 건조	80.703	18.469	0.828	7.83
계분	60.583	11.166	28.251	건조된 상태
돈분	59.380	10.556	30.064	건조된 상태
우분	67.731	14.454	17.362	26.88

회분함량 기준으로 연료등급을 분류하였을 때, 목재 연료칩은 회분함량이 1.5이하면 1급, 3.0이하면 2급으로 분류되며, 호그의 경우 회분함량이 5.0이하면 1급, 1.0이하면 2급으로 분류된다. 모든 농업부산물은 우드칩 및 호그에 비해 높은 회분 함량을 나타냈다.

물성/등급	목재연료칩		호그	
	1급	2급	1급	2급
회분	≤1.5	≤3.0	≤5.0	≤1.0

(4) 발열량 분석 방법

소각로를 설계할 때 가장 기본이 되는 쓰레기 질적 특성으로, 쓰레기 1kg를 완전히 연소할 때 발생하는 열량(kcal)을 말한다. 쓰레기(연료)를 연소했을 때에 쓰레기(연료) 속의 수분은 수증기로 되어 연소가스 속에 포함하게 된다. 열량계로 발열량을 측정할 때 쓰레기(연료) 속의 수분 및 연소에 의해 생성된 수분의 응축열을 포함한 열량으로 측정되는 값을 고위발열량(H_h)이라 한다. 고위발열량에서 응축열을 빼고 남은 열량이 유효하게 이용되는 열량을 저위발열량(H_l)이라 한다.

건조된 시료를 지퍼백에 담아 시료를 믹서기에 곱게 간 뒤 발열량계 내에 들어가는 팻에 담아 시료와 함께 들어가는 코일을 10cm에 맞게 잘라준다. 코일과 시료가 닿을 수 있게 시료의 양은 팻의 2/3만큼 채워야 하며 코일은 바닥, 양 옆에 닿지 않도록 해준다. 다음, 발열량계 뚜껑을 닫고 밀

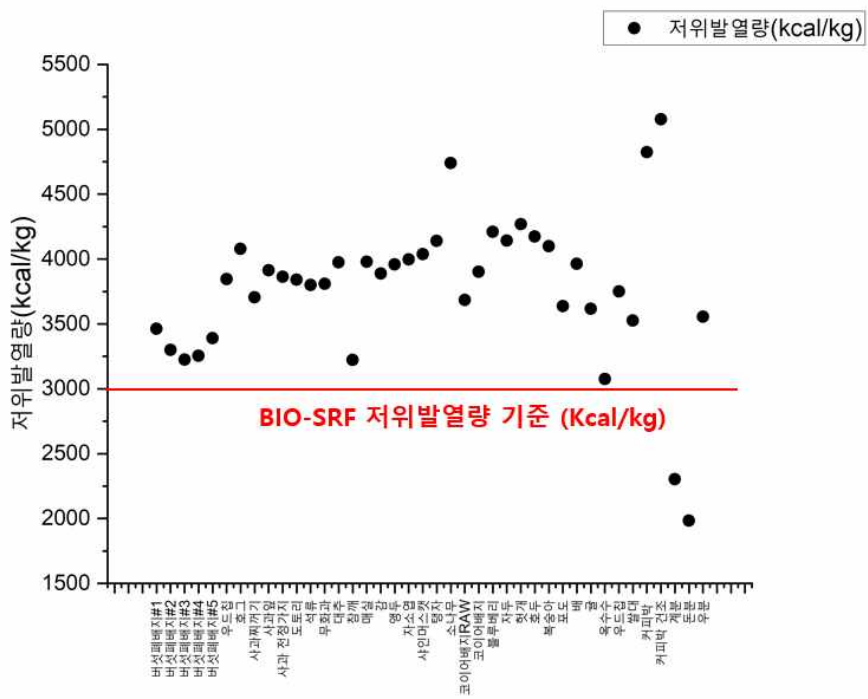


그림 431 수분 20% 저위발열량

아래의 표는 고위발열량, 수분을 적용한 저위 발열량, 그리고 건조 후 수분이 20%정도였을때의 발열량을 나타내었다.

표 127 농업부산물의 발열량 결과

Sample	고위발열량(kcal /kg)	저위발열량(kcal /kg)	수분 20% 발열량
버섯폐배지#1	3870.97	3191.42	3463.10
버섯폐배지#2	3696.11	3057.96	3299.04
버섯폐배지#3	3617.29	2975.72	3225.08
버섯폐배지#4	3643.16	2967.85	3253.21
버섯폐배지#5	3757.24	3362.57	3389.33
우드칩	4322.69	3820.61	3845.59
호그	4522.88	4073.86	4078.66
사과찌꺼기	4186.28	3292.40	3704.86
사과잎	4381.09	3644.31	3913.71
사과 전정가지	4305.54	3601.16	3862.40
도토리	4288.10	3795.06	3841.08
석류	4211.95	3743.72	3800.78
무화과	4235.17	3653.52	3808.02
대추	4380.79	3909.15	3974.97
참깨	3632.70	3245.74	3222.40
매실	4396.71	4055.25	3979.49

감	4317.58	3805.67	3887.57
앵두	4368.63	3917.49	3958.11
자소엽	4431.51	3957.20	3996.74
샤인머스켓	4463.79	4023.50	4037.66
탱자	4564.30	4058.53	4140.01
소나무	5192.83	4780.08	4740.24
코이어배지RAW	4072.09	3590.81	3685.01
코이어배지	4298.86	3506.87	3901.79
블루베리	4692.05	4291.25	4210.25
자두	4558.98	3997.98	4141.98
헛개	4691.91	4287.51	4269.51
호두	4602.15	4054.35	4174.35
복숭아	4537.09	4140.49	4098.49
포도	4081.43	3703.43	3637.43
배	4402.69	3808.09	3964.09
귤	4044.31	3478.51	3616.51
옥수수	3453.98	2726.78	3074.78
우드칩	4168.31	3775.31	3751.31
쌀대	3645.76	3573.76	3525.76
커피박	5337.48	4625.28	4823.28
커피박 건조	5575.45	5149.45	5077.45
계분	2637.75	2637.75	2302.75
돈분	2309.77	2309.77	1984.57
우분	3956.16	3513.36	3555.36

3. 농업부산물의 건조 특성 분석

앞서 설명한것과 같이 버섯폐배지의 경우는 수분함량이 평균 60%정도를 나타냈으며, 정전 가지류는 약 30-40%정도를 나타내었다. 폐열 등을 활용한 농업부산물 건조를 위해서 온도별 수분 건조 특성을 분석하였다.

1) 건조 특성 실험

아래의 할로겐 수분 측정기를 통해서 건조 온도의 변화를 105℃, 120℃, 150℃, 180℃, 및 200℃로 증가시키면서 수분의 증발 속도를 측정하여 건조속도식을 계산하였다.

실험 방법은 샘플의 시작무게가 기록되고, 할로겐 방열기가 건조시키며 그 동안 통합 저울이 샘플 무게를 지속적으로 기록한다. 무게의 총 손실은 수분 함량으로 해석된다.



그림 432. 수분측정기(Moisture analyzer) HC 103

2) 건조 특성 분석

버섯폐배지를 기본으로 앞서 분석한 전체 샘플의 온도별 수분 제거 속도를 분석하였다. 아래의 결과는 버섯폐배지#1과 사과 가지를 이용하여 수분함량을 계산하고 온도를 이용한 수분함량 그래프를 그렸다. X축은 시간, Y축은 수분함량으로 하였고 온도의 상승에 따라서 수분이 제거되어 0% 되는 시간을 확인 할 수 있다.

함수율비로 건조속도를 나타냈으며, 건조 온도 105℃, 120℃, 150℃, 180℃, 및 200℃로 건조 시작 후 사과 가지의 함수율을 측정하여 식 (1)과 (2)를 이용하여 각 건조시간에 따른 사과 가지의 무게 변화를 측정하였다.

$$MR = \frac{M_{(t)} - M_e}{M_0 - M_e} \dots\dots\dots(1)$$

$$M_e = \frac{M_0 \cdot M_f - M_m^2}{M_0 + M_f + 2M_m} \dots\dots\dots(2)$$

- MR : 수분비율
- $M_{(t)}$: 건조시간에 따른 수분함량 (%)
- M_e : 평형 수분함량 (%)
- M_0 : 초기 수분함량 (%)
- M_m : 건조중 중간 수분함량 (%)
- M_f : 최종 수분함량 (%)

120℃, 150℃에서 급격히 속도가 증가함을 확인할 수 있으며, 180℃, 및 200℃에서는 비슷한 속도를 보임을 확인하였다. 건조온도별 함수율비를 나타낸 것이며 건조온도 105℃의 건조속도가 건조 종료까지 건조속도가 균일했지만 건조속도는 가장 느리게 나타났다.

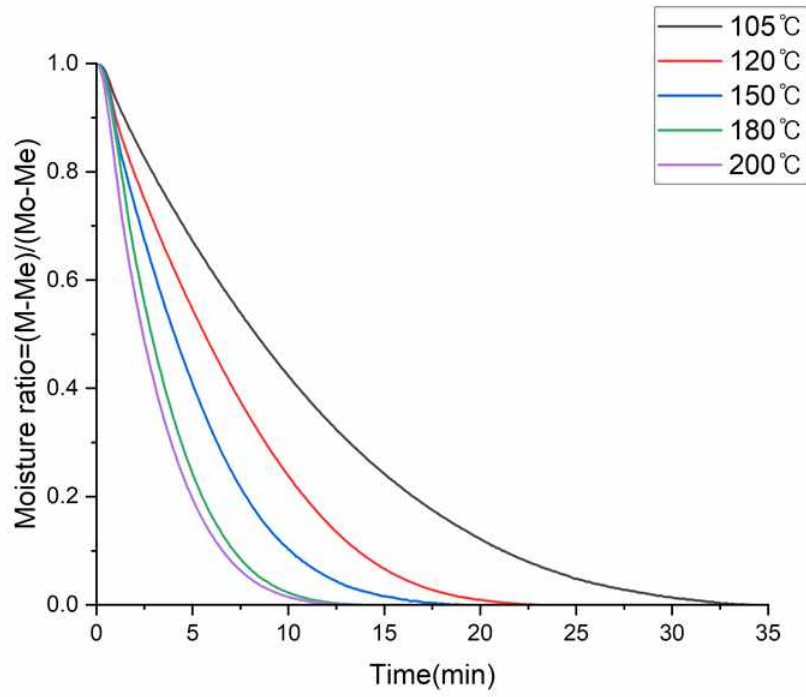


그림 433 버섯페배지#1 건조 특성

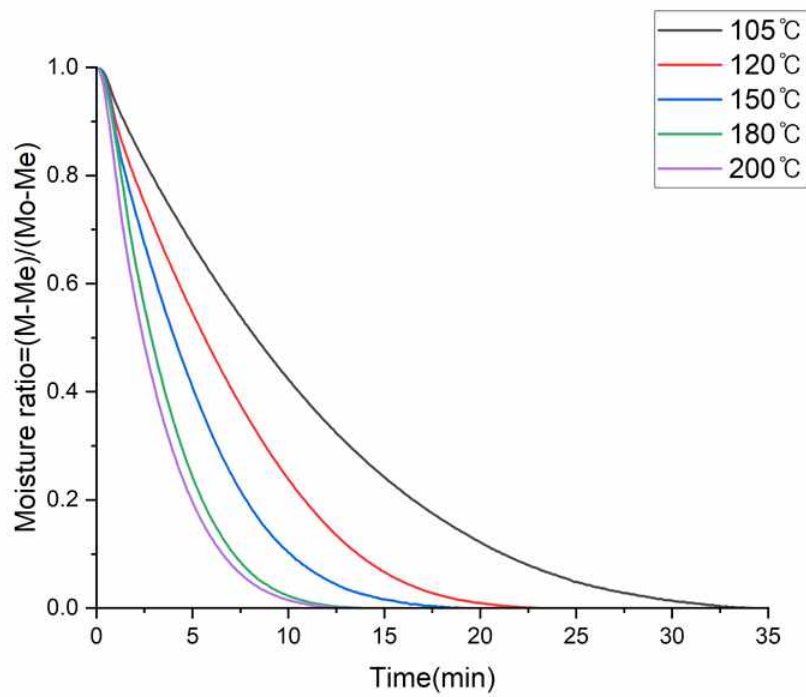


그림 434 사과 정전가지 건조 특성

3) 건조속도식 결과

앞서 얻어진 결과를 바탕으로 평균 수분 제거 속도식을 계산하였다. 평균 수분 증발 속도 결과는 물질의 특성에 따라서 온도에 따른 건조 속도를 나타낼 수 있다.

평균수준 증발 속도식은 아래와 같다

$$\text{평균수분증발속도(건조 속도)} (kg/min) = \frac{\text{증발수분질량}(kg)}{\text{총 수분증발시간}(min)}$$

수분증발속도는 건조온도가 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보아 당연하지만 온도의 증가는 수분제거의 속도를 증가시키고, 제거의 완료 시간을 줄일 수 있다고 보여진다. 아래의 결과는 버섯폐배지의 2종류와 사과전정가지의 온도별 수분제거 속도를 비교하였다. 버섯폐배지의 경우는 우드칩 등을 사용하고 배합 등을 다양하게 하여 사용한다고 알려져있지만, 잘게 파쇄되어 있어 속도가 전정가지보다는 빠르게 나타나고 있다. 또한 본 실험에서 사용한 전정가지는 전처리에서 1cm미만으로 파쇄하여 사용한 것으로 결국 특성이 반영되어 졌다고 보여진다.

본 결과를 바탕으로 대상 농업부산물의 특성에 따른 수분함량을 확인하고, 활용가능한 폐열의 온도를 확인한다면, 건조시설의 용량 및 속도를 제안할 수 있다.

향수 보일러 상에서 발생하는 폐열의 온도를 확인하고 이를 이용하여 건조 공정 설계 필요한 체류시간 및 용량 계산에 적용하여 보완 할 예정이다.

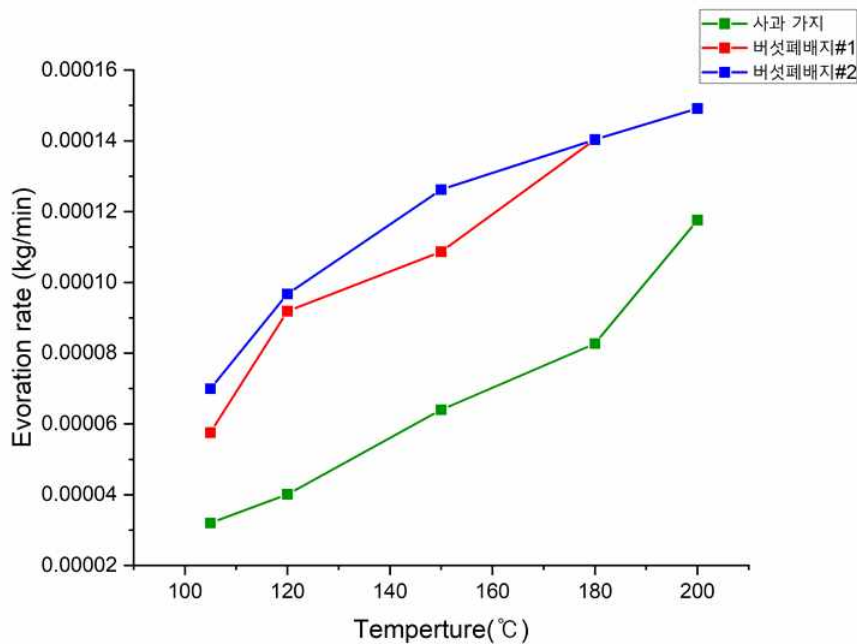
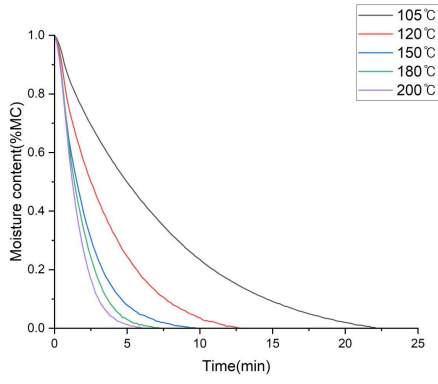


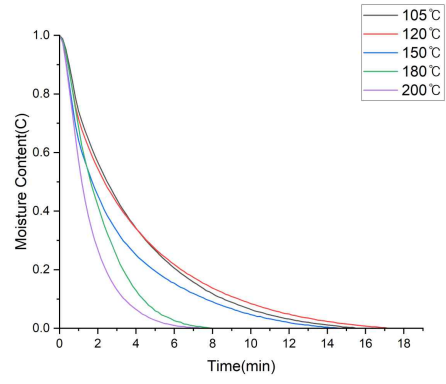
그림 435 온도별 평균 건조 속도 결과

4) 건조특성

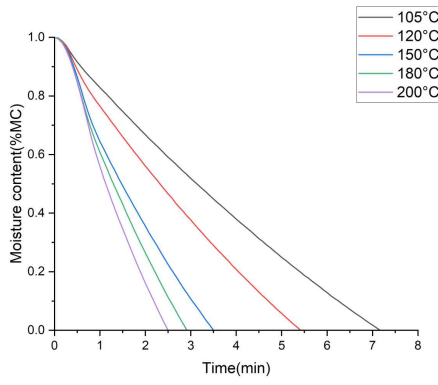
모든 시료 105°C의 건조속도가 건조종료까지 속도가 균일했지만 가장 느리며 건조온도가 높아질수록 속도가 빨라지는 것으로 나타나 건조온도는 건조속도에 매우 의존적인 것으로 생각된다. 과일 전정가지 중 가장 많이 발생하는 사과 전정가지 건조 특성을 알아본 결과 다른 시료들과 비슷하게 건조속도가 균일하였지만 수분이 8개의 시료 중 가장 많은 수분함량을 가지고 있어 건조속도는 가장 느리게 나타났다. 모든 시료가 150°C는 초기에 건조속도가 완만하다가 180°C 이상에서는 함수율이 급격히 감소되는 것을 볼 수 있었다.



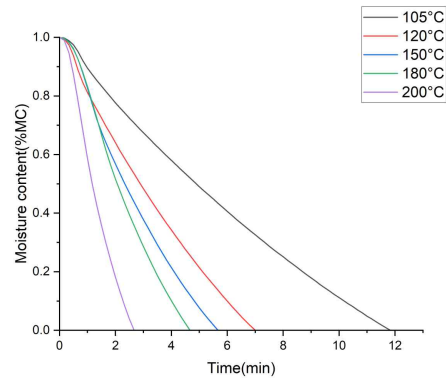
우드칩



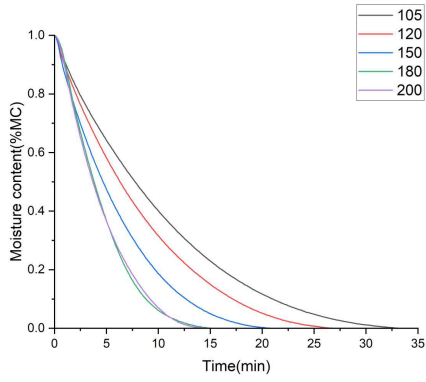
호그



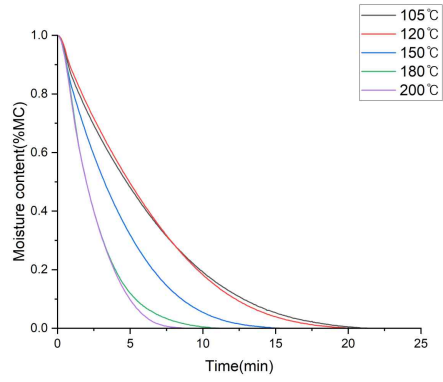
석류



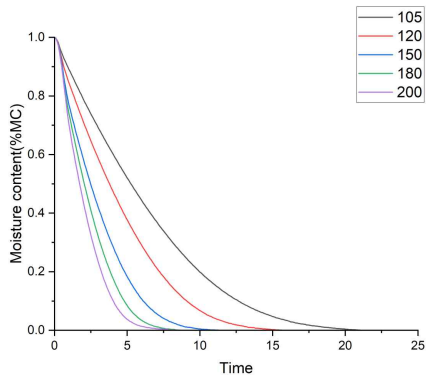
무화과



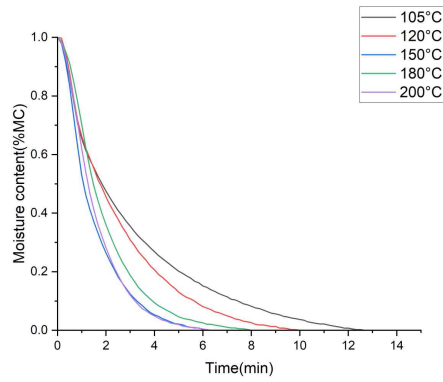
귤



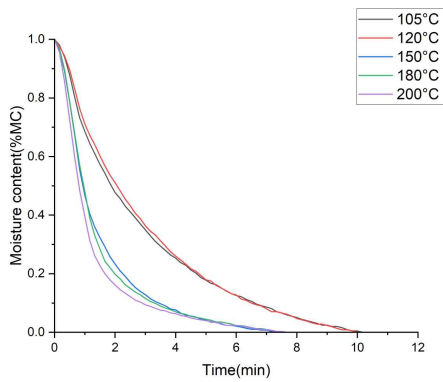
매실



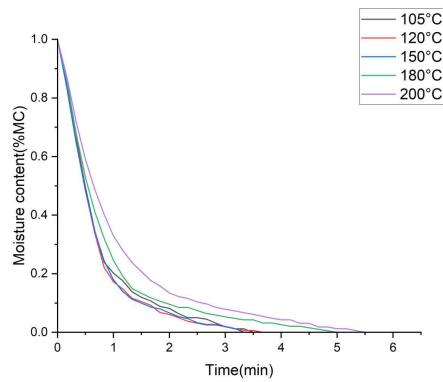
배



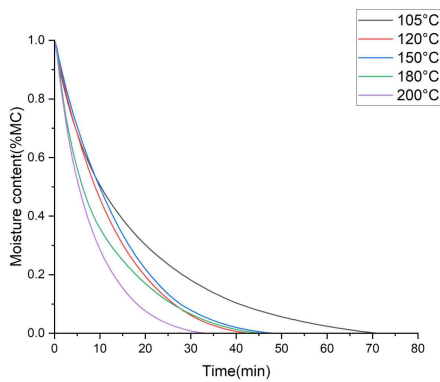
복숭아



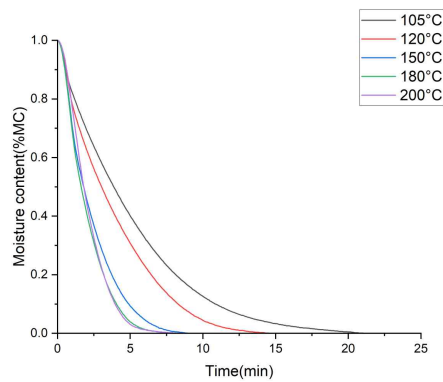
블루베리



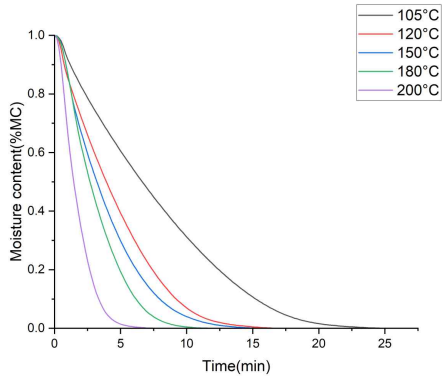
쌀대



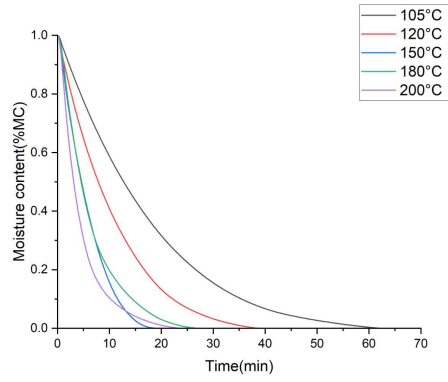
옥수수



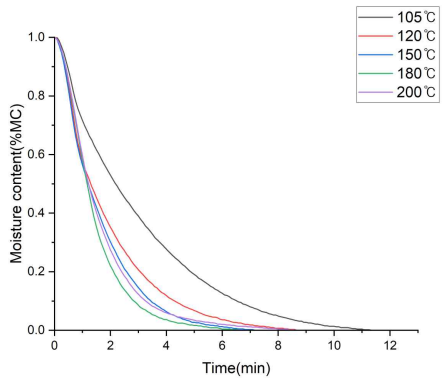
자두



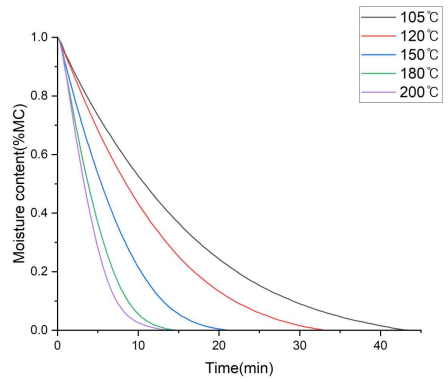
커피박



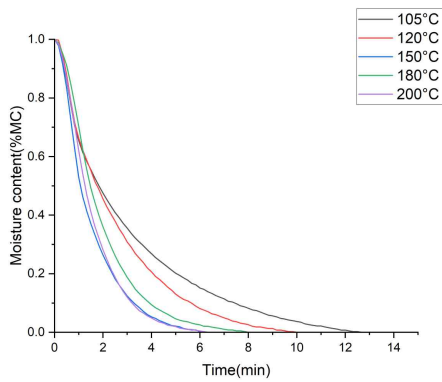
콩비지



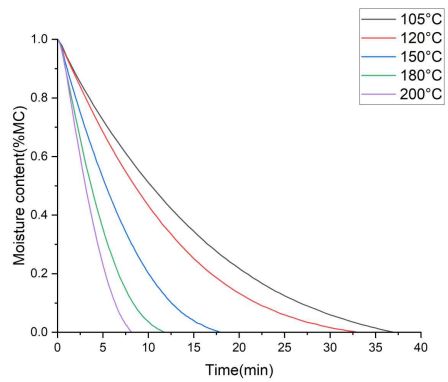
헛개



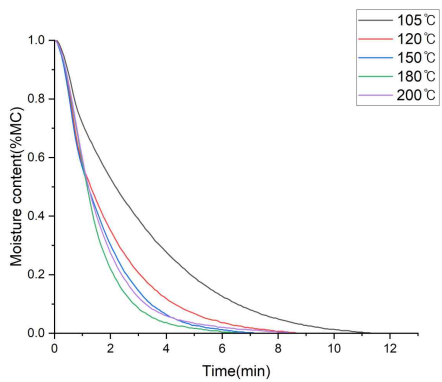
도토리



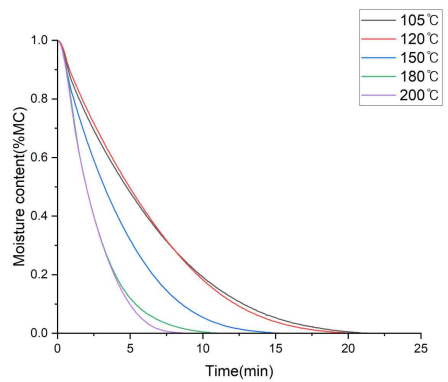
감 33.65 34.09 35.17 35.34 36.01



앵두



자소엽



샤인머스켓

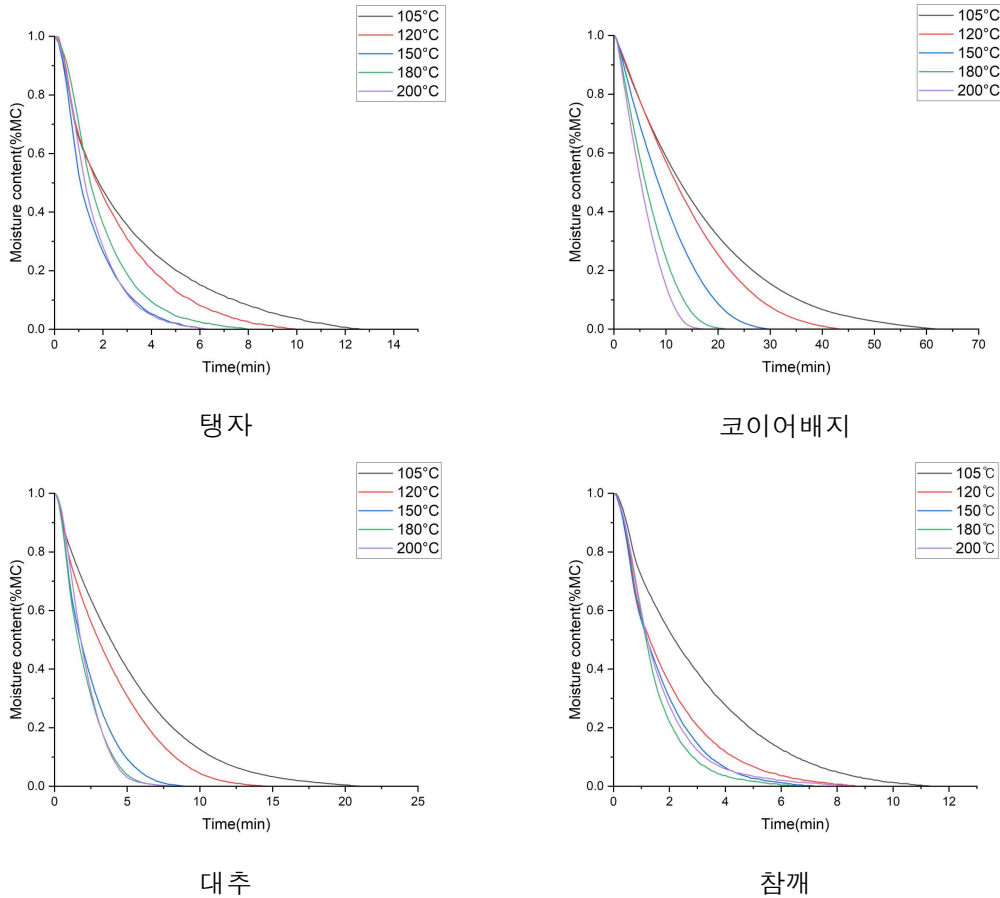


그림17. 농업부산물 함수율비

5) 평균수분증발속도

농업부산물의 건조를 위하여 설정한 온도에 따라 수분을 제거할 수 있는 정도가 달라질 수 있다. 105, 120, 150, 180, 200 5가지의 온도에 따른 농업부산물의 수분증발량 변화를 비교하여 나타내었다. 시료는 버섯폐배지#1, 버섯폐배지#2, 사과, 포도, 호그, 우드칩을 사용하였다. 그 결과 그림에서 보면 버섯폐배지#1, 버섯폐배지#2의 경우 모든 온도에서 일정한 증발량을 가지고 있으며 6개의 모든 시료가 건조온도가 증가함에 따라 수분의 증발속도도 선형적으로 증가되는 양상을 나타내었다 건조 시간을 높이면 건조시간을 빠르게 단축할 수 있음을 보여준다. 온도에 따라 증발속도가 달라지는 경향을 나타내고 있는데 온도가 105°C와 120°C의 경우 약 150~180°C인 경우와 많은 차이를 보이고 있으나 150°C이상인 온도대에는 수분의 증발량의 차이가 나타나지 않는다. 6개의 시료들은 150°C에서 수분이 증발되기 시작했지만 포도와 호그가 180°C 이상 수분이 증발되기 시작하므로 모든 농업부산물 시료 안에 있는 수분을 충분히 증발시키기 위해서는 최소한 180°C의 온도대 이상일 필요가 있다.

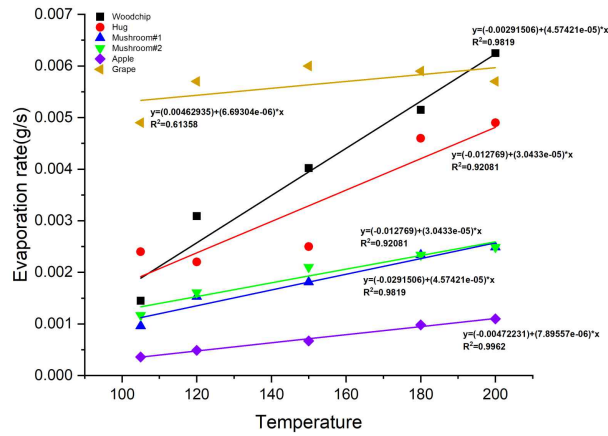


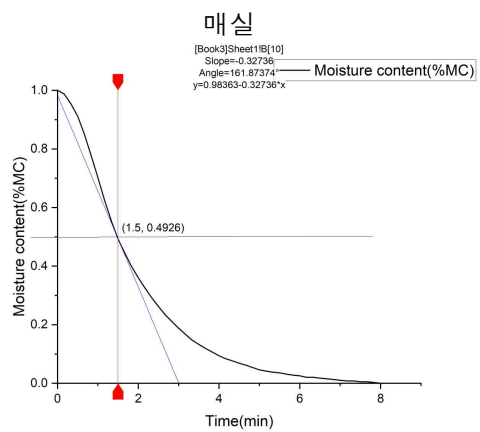
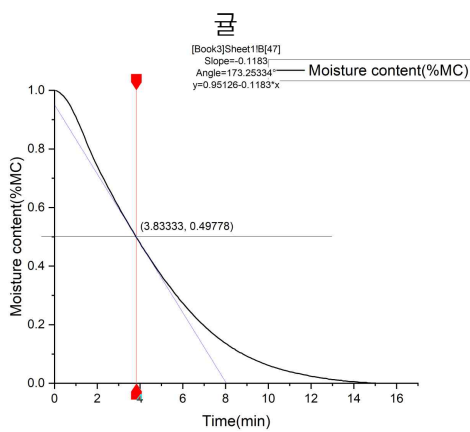
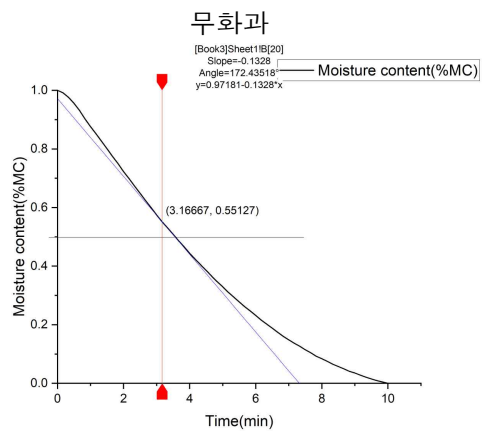
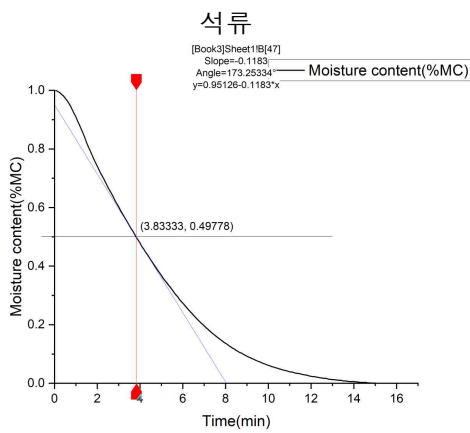
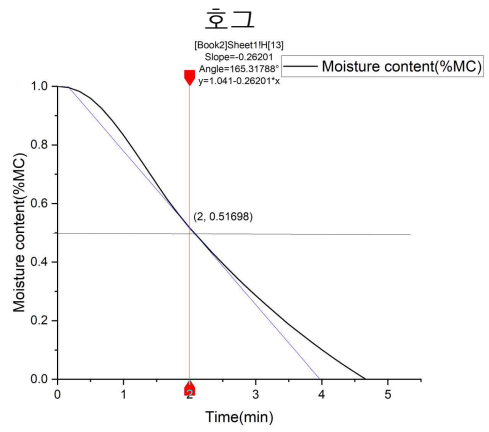
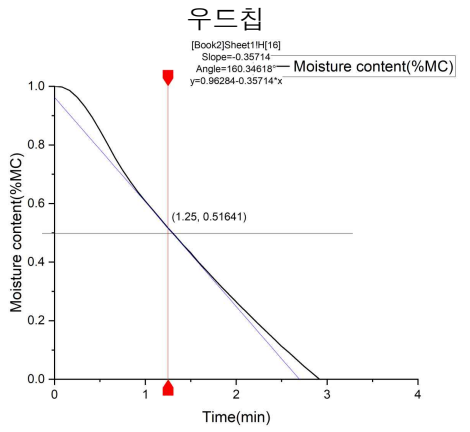
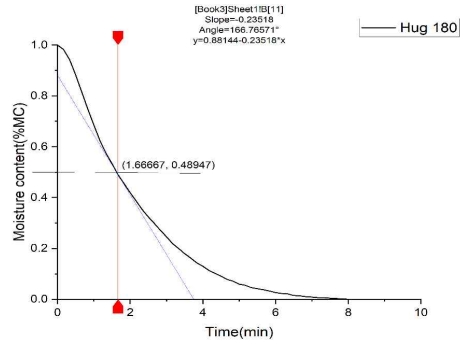
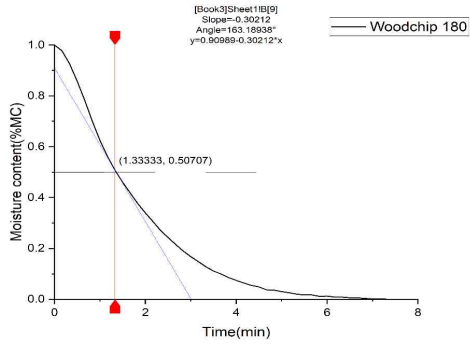
그림 18. 평균수분증발속도

6) 순간속도

6개의 온도 중 180°C 이상의 온도가 급격하게 속도가 빨라지면서 건조효율에 유리한 것으로 나타나 180°C의 온도로 수분 50%일 때 순간속도를 알아보았다. 버섯폐배지는 각각 6.5 g/s, 5.8g/s의 순간속도를 보이고 있고 비슷한 목재 특성을 가진 농업부산물들은 평균 4g/s 순간속도를 가지고 있으며 우드칩과 호그는 3.3g/s, 4.3g/s로 평균 4g/s의 순간속도를 보이고 있다. 과수 전정가지 중 수분함량이 가장 낮게 측정된 복숭아가 1.g/s로 가장 빠른 순간속도를 보이고 있고 가장 많은 수분함량을 가진 사과가 13.2g/s로 가장 느린 순간속도를 보이고 있어 수분함량이 많으면 순간속도가 느려지는 것으로 판단된다.

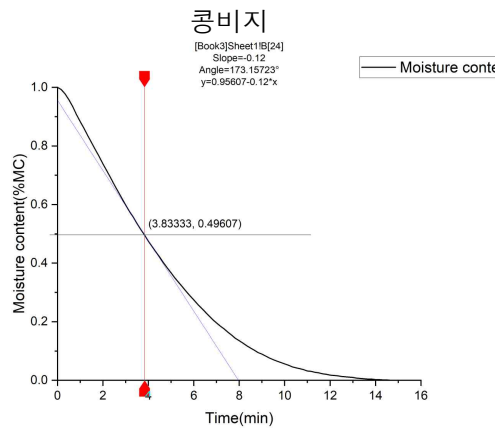
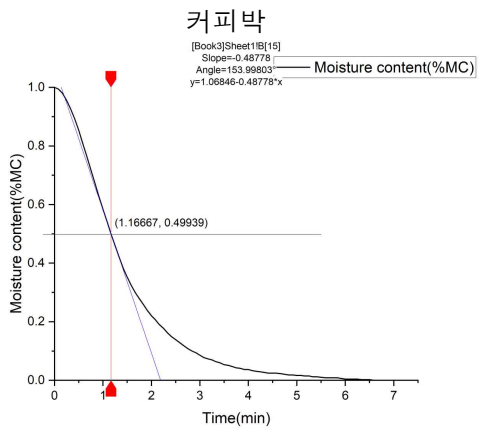
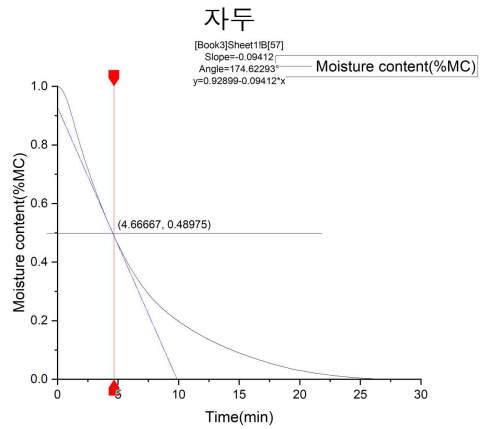
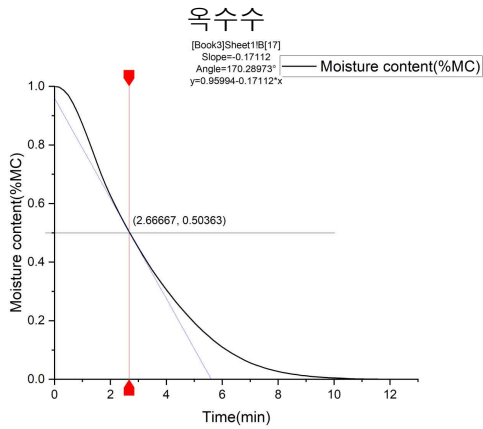
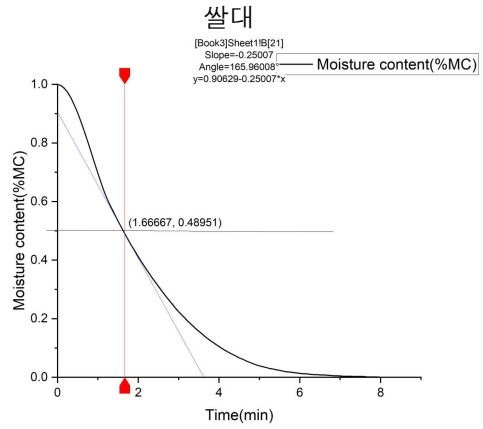
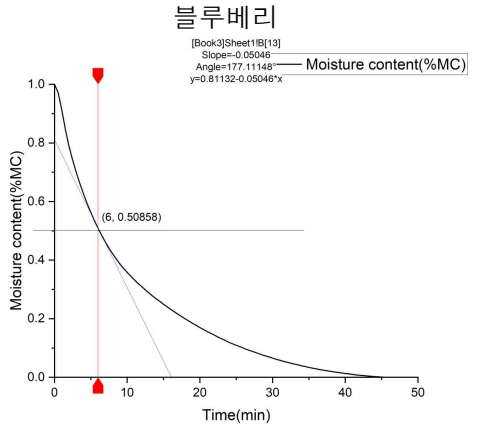
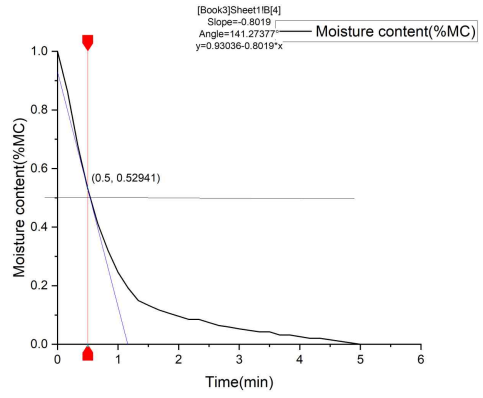
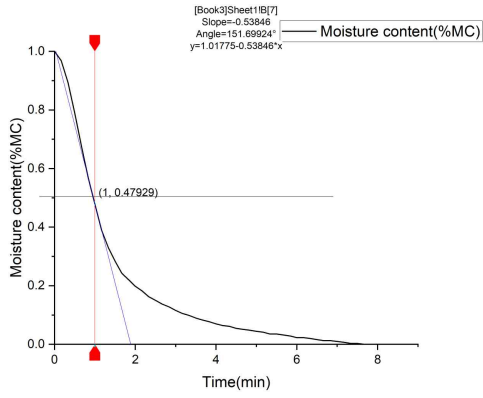
표 132 순간속도

Sample	X	Y	순간속도(g/s)
우드칩	3.02	0.91	3.3
호그	3.75	0.88	4.3
버섯폐배지#1	6.08	0.94	6.5
버섯폐배지#2	5.20	0.9	5.8
사과	12.62	0.95	13.2
석류	1.25	0.97	1.3
무화과	2	1	2
굴	3.8	0.95	4
매실	3.2	0.96	3.4
배	3.8	0.97	3.9
복숭아	1.5	0.98	1.5
블루베리	1	1	1
쌀대	0.5	0.95	0.5
옥수수	6	0.8	7.5
자두	1	0.9	1
커피박	2.67	0.9	2.9
콩비지	4.7	0.91	5.2
헛개	1.7	1	1.7
도토리	3.9	0.94	2.3
감	1.8	0.77	2.3
앵두	3.7	0.92	4
자소엽	2.8	0.8	3.5
샤인머스켓	3.2	0.92	3.4
탱자	2.1	0.84	2.5
코이어배지	6	0.93	6.5
대추	2.1	0.9	2.3
참깨	3.5	0.92	3.8
포도	1.89	1	1.9



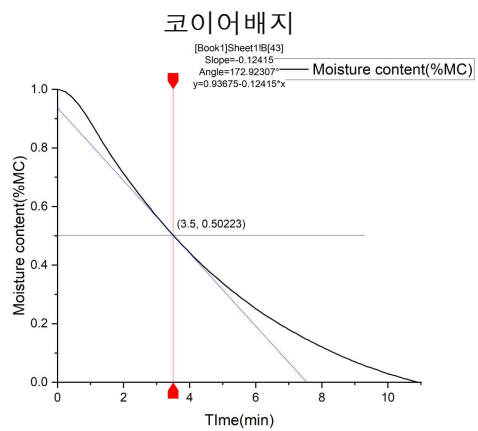
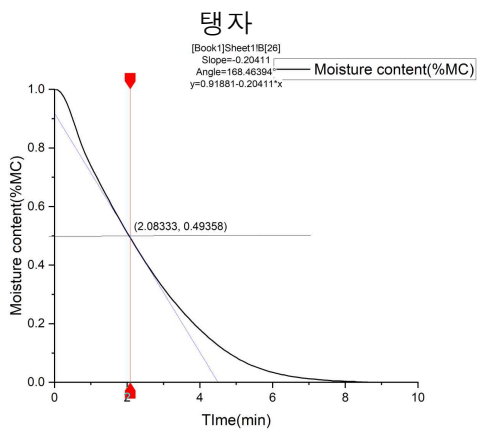
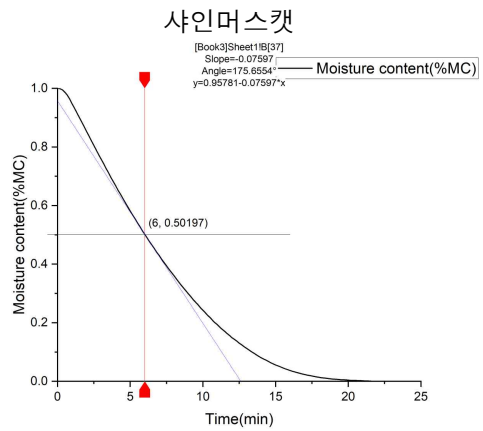
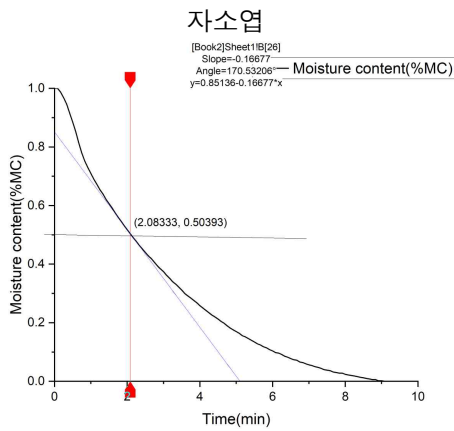
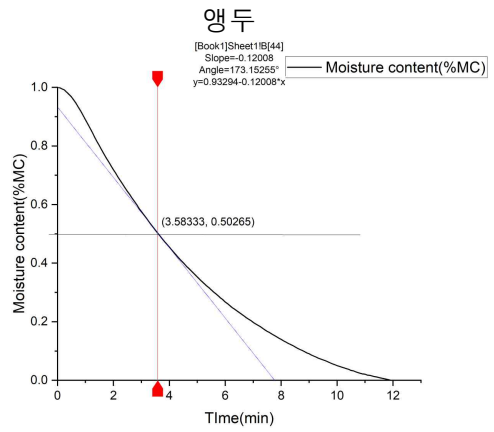
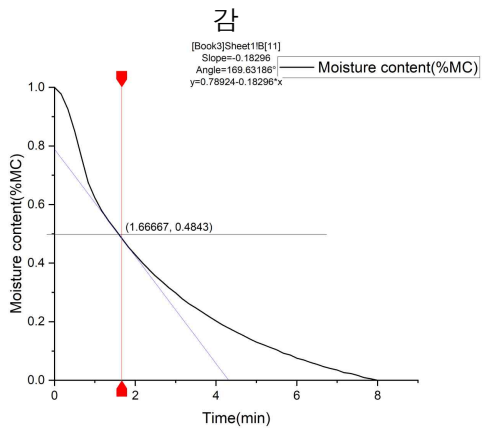
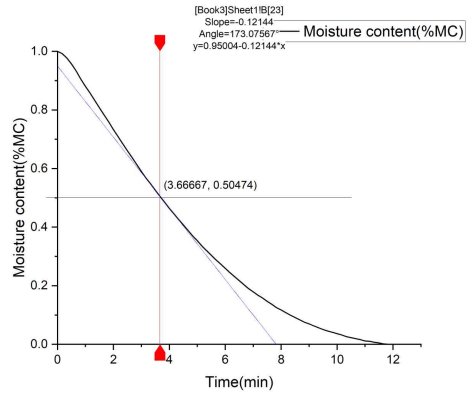
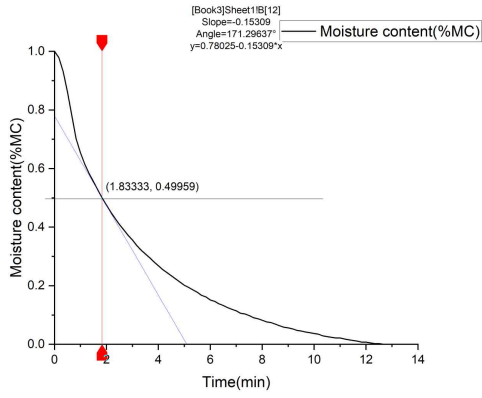
배

복숭아



헛개

도토리



대추

참깨

그림 19. 순간속도

4. 다변량 통계분석

1) 상관행렬(Correlation Matrix), 주성분 분석(Principal Component Analysis)

화학적 분석(원소분석, 공업분석, 발열량)을 시행한 뒤 주성분 분석으로 비슷한 성분을 도출하였다. 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA)은 가장 널리 사용되는 차원 축소 기법 중 하나로, 원 데이터의 분포를 최대한 보존하면서 고차원 공간의 데이터를 저차원 공간으로 변환하는 기법이다.

주성분 분석을 시행하기 전, 각 변수의 중요성과 주성분분석의 결과를 해석하는데 사용되는 상관행렬과 공분산행렬 두 가지 방법이 존재하는데, 상관행렬을 시행하였다.

+1과 -1 사이 값을 가지며 +1은 정의 상관관계, -1은 부의 상관관계, 0은 상관관계가 없음을 의미한다.

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 * \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

표 136. 상관행렬 결과값

		HHV	Ash	N	C
Correction Matrix	HHV	1	-0.46322	-0.48722	0.784955
	Ash	-0.46322	1	0.552130	-0.55281
	N	-0.48722	0.552130	1	-0.69126
	C	0.784955	-0.55281	-0.69126	1

상관행렬 결과, 고위발열량과 Ash함량, 질소의 함량은 -의 값을 가지고 있으므로 상관성이 없다고 판단된다. 탄소함량은 0.784955로 양의 상관관계가 있지만, 0에 근접하지 않으므로 상관성이 있다고 볼 수 있다. Ash함량과 질소함량은 0.552130로 양의 상관관계가 있지만 0에 근접하지 않으므로 상관성이 있다고 볼 수 있으며 탄소의 함량과는 -값을 가지고 있어 상관성이 없다고 판단된다.

주성분분석 식은 같다.

$$\sum = cov(X) = \frac{1}{n-1} XX^T$$

$$\sum A = A^T$$

$$\vec{Z}_1 = \vec{a}_1^T X$$

$$Z = A^T X$$

표 137 농업부산물 PCA분석 결과

Sample	발열량(kcal/kg)	Ash(%)	Nitrogen(N)	Carbon(C)
버섯폐배지#1	-1.07778	0.19854	-0.2055	0.08385
버섯폐배지#2	-1.49236	-0.05689	-0.27587	-0.02477
버섯폐배지#3	-1.96707	-0.09351	-0.20955	-0.2334
버섯폐배지#4	-1.93826	-0.0675	-0.01663	-0.26325
버섯폐배지#5	-1.96864	0.14089	-0.29362	-0.36991
우드칩	1.62188	-0.56739	0.46983	0.35244
호그	1.51824	-0.61717	0.23799	-0.25023
사과씨꺼기	0.40785	-0.38337	0.11504	-0.06933
사과잎	0.21421	0.92852	0.10012	0.44545
사과 전정가지	0.65537	-0.29585	0.02507	-0.09007
도토리	0.74563	-0.34808	0.74411	-0.06435
석류	0.43843	-0.22754	0.21454	0.02115
무화과	0.37516	-0.28262	-0.09655	-0.11493
대추	0.17724	0.17951	-0.47663	-0.20166
참깨	-0.01326	-1.51124	-0.04824	-0.00586
매실	0.64459	0.46653	-0.24075	0.35678
감	1.06032	-0.31717	0.21283	0.16385
앵두	0.60571	-0.30618	0.07036	-0.29529
자소엽	1.08156	-0.18903	0.61656	-0.0117
샤인머스켓	0.96537	-0.33581	0.20187	-0.28489
탱자	1.79096	0.0458	0.54348	0.41858
소나무	0.91306	1.16438	-0.65551	-0.76275
코이어배지RAW	0.35725	-1.10336	-0.11762	-0.44132
코이어배지	0.73728	0.00388	0.14287	0.244
블루베리	1.50072	0.60872	0.22939	0.38847
자두	0.94298	0.29699	-6.19E-04	0.02655
헛개	0.75276	0.35189	-0.12329	-0.39263
호두	1.05342	-0.01948	-0.03915	-0.26781
복숭아	1.01181	0.34285	-0.01101	0.17416
포도	0.23371	-0.05994	-0.17699	0.35267
배	0.52236	0.0418	-0.22891	-0.1231
귤	-0.51857	-0.41383	-0.68835	0.54343
옥수수	-2.82882	-0.42473	-2.11364	0.15041
우드칩	0.3366	-0.91666	-0.16945	0.43122
쌀대	0.31303	-1.45353	-0.05445	0.26479
커피박	1.99883	1.58103	0.01996	0.04445
커피박 건조	2.18661	1.75261	-0.02677	-0.2438
계분	-5.70364	1.45586	0.39038	0.60444
돈분	-5.51106	-0.68283	1.39948	-0.36112
우분	-2.14346	1.1139	0.53524	-0.19455

PC 1과 PC 2의 합이 누적 80%를 초과하므로 중점을 둔다. 주성분 분석 결과, 총 40종의 시료 중 다른 농업부산물보다 버섯폐배지와 우분, 돈분의 Ash 함량이 높기 때문에 - 함량을 가지고 있다. 과일 전정가지의 경우 감, 샤인머스켓, 사과, 앵두 등 비슷한 값을 가지고 있어 그룹화할 때 가깝다는 것을 알 수 있다. 주성분 분석으로 그룹화를 시도했을 때 버섯폐배지, 과일 전정가지 서로 유사한 성분이 함께 그룹화 된 것을 알 수 있었다.

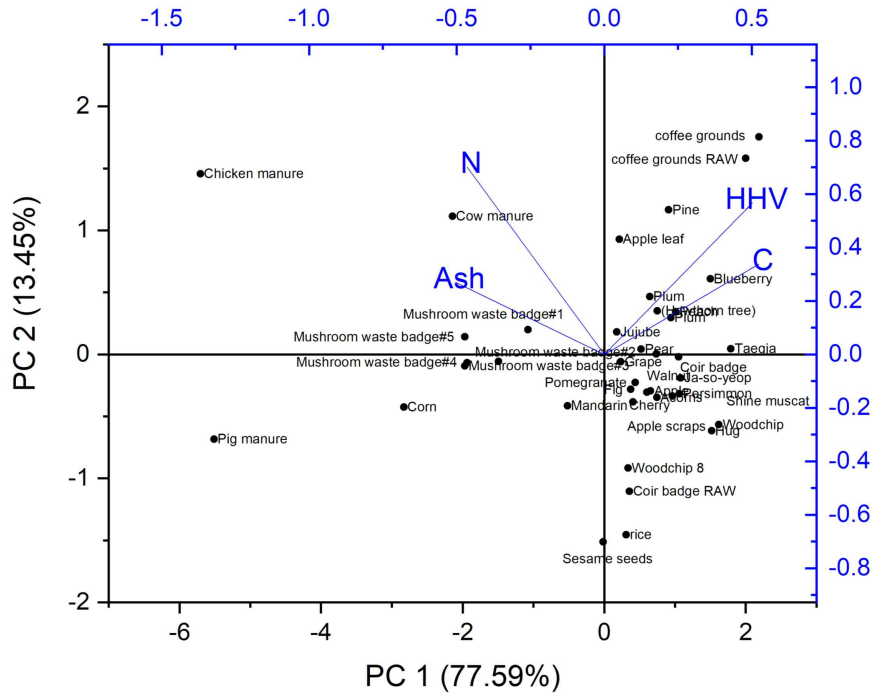


그림 18. 주성분 분석

2) 군집분석(Cluster analysis)

좀 더 자세하게 그룹화하기 위해 군집분석을 이용하였다. 군집분석은 대상들이 지니고 있는 다양한 특성의 유사성을 바탕으로 동질적인 군집으로 묶거나 특성의 유사성을 바탕으로 동일 군집 내에 속해 있는 특성들을 조사할 때 사용된다. 가장 일반적으로 많이 사용되는 유클리디안 거리 식을 사용하였다.

$$d(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_n - x_{Bi})^2}$$

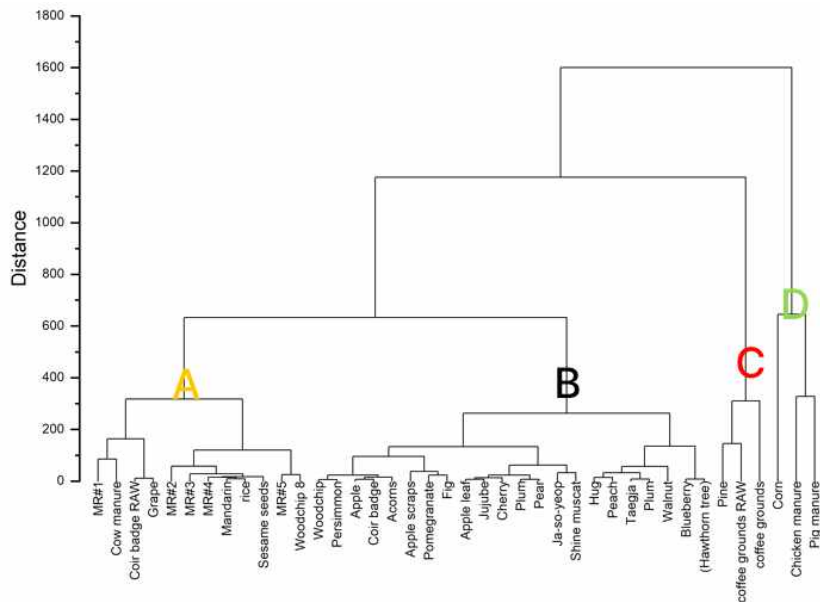


그림 19. 군집분석

그룹 A를 보면 각각의 다른 시료들이지만 3000kcal/kg 대의 발열량을 가진 시료들로 그룹화 되어 있고, 그룹 B는 과일 전정가지, 목재칩으로 그룹화되어 있으며, 평균 발열량 4424.07kcal/kg의 값을 나타냈다. 그룹 C는 커피박과 껍질류로 구성되어 있고 D는 축분연료로 그룹화 되었음을 알 수 있으며 평균 2688.50kcal/kg으로 가장 낮은 발열량을 가지고 있지만 평균 Ash함량이 가장 높은 값을 가지고 있다. 그룹 A를 보면 각각의 다른 시료들이지만 3000kcal/kg 대의 발열량을 가진 시료들로 그룹화 되어 있어 평균 3783kcal/kg이다. 그룹 B는 과일 전정가지, 목재칩으로 그룹화 되었다. 그룹 C는 커피박과 껍질류로 구성되어 있고 D는 축분연료로 그룹화 되었음을 알 수 있다.

표 138 Group A

Sample	발열량(kcal/kg)	Ash(%)	Nitrogen(N)	Carbon(C)
버섯폐배지#1	3870.97	7.7185	2.657	41.051
버섯폐배지#2	3696.11	8.4363	2.676	38.386
버섯폐배지#3	3617.29	10.6253	2.801	35.905
버섯폐배지#4	3643.16	11.6491	2.692	36.425
버섯폐배지#5	3757.24	10.7916	2.996	35.596
우분	3956.16	17.362	3.499	40.066
코이어배지RAW	4072.09	1.6457	0.582	41.000
포도	4081.43	2.569	1.800	46.279
글	3654.31	1.488	2.260	42.430
쌀대	3645.76	0.540	0.514	43.379
참깨	3632.70	1.947	0.553	40.933
우드칩	3778.31	0.594	1.060	45.100
Group A 평균	3783.79 ± 164.21	6.281 ± 5.32	2.008 ± 1.02	40.546 ± 3.34

표 139 Group B

Sample	발열량(kcal/kg)	Ash(%)	Nitrogen(N)	Carbon(C)
우드칩	4322.69	0.3848	0.272	51.608
감	4317.58	1.6311	0.863	48.723
사과	4305.54	2.3873	1.121	45.757
코이어배지	4298.86	2.8317	1.368	48.498
도토리	4288.10	5.8043	0.646	47.915
사과 찌꺼기	4186.28	3.5254	1.142	45.031
대추	4380.79	2.3428	2.01	43.375
앵두	4368.63	3.0589	1.048	44.764
자두	4396.71	1.7796	2.045	48.723
배	4402.69	2.138	1.599	45.248
자소엽	4431.51	4.1941	0.68	49.336
샤인머스켓	4463.79	2.4707	0.759	46.325
호그	4522.88	0.2222	0.217	47.857
복숭아	4537.09	1.783	1.558	49.493
호두	4602.15	1.431	1.108	46.789
블루베리	4692.05	1.599	1.449	53.346
헛개	4691.91	2.849	1.583	45.803
Group B 평균	4424.07 ± 139.74	2.379 ± 1.30	1.145 ± 0.52	47.564 ± 2.50

표 140 Group C

Sample	발열량(kcal/kg)	Ash(%)	Nitrogen(N)	Carbon(C)
소나무	5192.83	1.4301	2.333	45.145
커피박	5337.48	1.015	1.979	55.156
커피박 건조	5575.45	0.828	1.949	54.781
Group C 평균	5368.59 ± 19.20	1.091 ± 0.31	2.087 ± 0.21	51.694 ± 5.67

표 141 Group D

Sample	발열량(kcal/kg)	Ash(%)	Nitrogen(N)	Carbon(C)
옥수수	3117.98	2.231	4.160	29.01
계분	2637.75	28.251	6.065	31.716
돈분	2309.77	30.424	3.335	25.917
Group D 평균	2688.50 ± 406.5	20.302 ± 15.69	4.520 ± 1.40	28.881 ± 2.90

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

특허출원 3건

[10-2021-0130541 / 10-2021-0180638 / 10-2022-0044465]

<p>관인생략</p> <p>출원번호통지서</p> <p>출원일자 20211001 특기사항 심사청구(의) 공개사항(의) 원조번호(PN21058) 출원번호 10-2021-0130541 (원수번호 1-1-2021-1129746-10) 출원인명칭 (주)규원테크(2011-017692-6) 대리인성명 특허법인 다인(2005-100001-1) 발명자성명 김규원 정만수 이승민 권희정 발명의명칭 고체 건조 건조장치</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <p style="font-size: small;">1. 권리의 출원은 권의 길이 항상적으로 원조번호와 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 출원(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다. 2. 출원일 이후 수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입연수액에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 관청 또는 유체국에 납부하여야 합니다. 3. 권리의 주소, 명칭 등 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(명칭), 청정신고서를 제출하여 해당 출원번호에 대한 통보를 받으실 수 있습니다. 4. 기한 상시 절차(연료)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8000)에 문의하여 주시기 바랍니다. 본 사이트의 안내: http://www.kipo.go.kr/서비스안내</p>	<p>관인생략</p> <p>출원번호통지서</p> <p>출원일자 20211216 특기사항 심사청구(의) 공개사항(의) 원조번호(0077) 출원번호 10-2021-0180638 (원수번호 1-1-2021-1460218-54) 출원인명칭 한국에너지기술연구원(1999-900225-5) 대리인성명 특허법인 중연(2010-100021-9) 발명자성명 강재범 이현희 발명의명칭 연소가 연도 억제 기술 서비스 및 방법</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <p style="font-size: small;">1. 권리의 출원은 권의 길이 항상적으로 원조번호와 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 출원(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다. 2. 출원일 이후 수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입연수액에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 관청 또는 유체국에 납부하여야 합니다. 3. 권리의 주소, 명칭 등 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(명칭), 청정신고서를 제출하여 해당 출원번호에 대한 통보를 받으실 수 있습니다. 4. 기한 상시 절차(연료)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8000)에 문의하여 주시기 바랍니다. 본 사이트의 안내: http://www.kipo.go.kr/서비스안내</p>	<p>관인생략</p> <p>출원번호통지서</p> <p>출원일자 20220411 특기사항 심사청구(의) 공개사항(의) 원조번호(PN22021) 출원번호 10-2022-0044465 (원수번호 1-1-2022-0383542-89) 출원인명칭 (주)규원테크(2011-017692-6) 대리인성명 특허법인 다인(2005-100001-1) 발명자성명 김규원 정만수 발명의명칭 고체 건조 및 그 제어방법</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p> <p style="text-align: center;"><< 안내 >></p> <p style="font-size: small;">1. 권리의 출원은 권의 길이 항상적으로 원조번호와 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 출원(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다. 2. 출원일 이후 수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입연수액에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 관청 또는 유체국에 납부하여야 합니다. 3. 권리의 주소, 명칭 등 변경사항이 있을 경우, 즉시 (특허고객번호 정보변경(명칭), 청정신고서를 제출하여 해당 출원번호에 대한 통보를 받으실 수 있습니다. 4. 기한 상시 절차(연료)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8000)에 문의하여 주시기 바랍니다. 본 사이트의 안내: http://www.kipo.go.kr/서비스안내</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

제품화 1건


<첨부3> **농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서**

과제명	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발		
주관연구기관	(주)규원테크	참여기관	한국에너지기술연구원 대구대학교
연구책임자	정만수	연구기간	2021.04.01.-2022.12.31.(1년8개월)
총 정부출연금	870,000,000원		
해당 기술의 제품출시 유형			
시제품(제품출시 예정)	()	기존 제품 공정개선	()
신제품(제품출시 완료)	()	기타	()
제품 출시 실적			
제품명	제품사진	제품용도	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
농업용 펠릿보일러		건조 및 난방용 온수보일러	2022.11 10%

* 첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(매출전표, 세금계산서, 매출원장, 수출계약 등)
** 신제품 R&D는 품목제조보고서 제출 필수
상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.

2022년 11월 30일
연구책임자 : 정만수 (서명 또는 인)

<첨부4> **농림축산식품 연구개발과제 매출 확인서**

과제명	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발		
주관연구기관	(주)규원테크	참여기관	한국에너지기술연구원 대구대학교
연구책임자	정만수	연구기간	2021.04.01.-2022.12.31.(1년8개월)
기업 정보	기업 매출 총액 : 9,250,000,000원		
관련 실적	특허(), 품종(), 소프트웨어(), 디자인(), 상표(), 기타(상품화) 명칭(번호) : 펠릿보일러 기술실시 명칭 : 농업용 펠릿보일러		
해당제품의 매출 실적			
제품명	제품사진	매출액(원)	해당 과제에 매출액 기여율(%)
농업용 펠릿보일러		국내	8,800,000
		국외	

* 첨부 : 당해연도 매출액을 확인할 수 있는 자료(매출전표, 세금계산서, 매출원장, 수출계약 등)
상기와 같이 R&D 기술을 사업화하여 발생한 매출액을 보고합니다.

2022년 11월 30일
연구책임자 : 정만수 (서명 또는 인)

AFOR 2022 (The 11th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy)

P-EE-06

Co-Firing Combustion Characteristics of Woodchip and Spent Mushroom Substrate in a 400 kW Stoker Type Boiler

Haan-Ho Lee^{a,*}, Seo Byul Kang^a, Joo Joon Choi^a, Young Jik Yoo^a,
Kyu Won Kim^a, Men Soo Jeong^a, Jee Gyong Byeon^a

^aKorea Institute of Energy Research, Korea
^aGyujwotech, Korea

Abstract: We studied the co-firing combustion characteristics of woodchip and spent mushroom substrate in a 400 kW stoker type industrial boiler. First, proximate analysis and ultimate analysis of woodchip and spent mushroom substrate were performed. Main difference the analysis results of the fuels are ash, nitrogen, sulfur contents and net heating value (lower heating value). Especially ash content of spent mushroom substrate is 14.8% due to 18.3 times higher than woodchip ash content. Then woodchip combustion tests in the boiler with various operation loads such as 70, 75, and 100% load to confirm the basic characteristics of the boiler. Also, co-firing combustion tests in the boiler with woodchip and spent mushroom substrate were conducted. To compare combustion characteristics of woodchip with that of co-firing of woodchip and spent mushroom substrate, temperature of boiler combustion chamber and the gas concentrations such as oxygen (O₂), carbon monoxide (CO) and nitrogen oxide (NO_x) were measured. There is no significant difference in O₂, CO and combustion chamber temperature. However, NO_x at the gas of co-firing is increased up to 183 ppm compared to 64 ppm at woodchip combustion.

Keywords: Woodchip, Mushroom byproduct, Boiler, Combustion, Co-firing

Acknowledgment:
This study was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET), Business ratio in Agricultural energy independent industrial model technology development (Research number: 22002-02).

*Corresponding Author's E-mail: hylee@kier.ac.kr

Poster Abstracts | Bioenergy
S13

KSWM Korea Society of Waste Management

ISEE2022
2-4 November 2022, Seoul, Korea

Principal component analysis (PCA) of the chemical properties of different types of unutilized biomass in South Korea

Yujin Ju^a, Do-yoon Ryu^b, Daegi Kim^{a, b, *}

^aDepartment of Environmental Technology Engineering, Daegu University, Gyeongsan-si, 715-015, Republic of Korea
^bDepartment of Environmental and Chemical Convergence Engineering, Daegu National University, Gyeongsan-si, 715-015, Republic of Korea

Abstract (200-400 words):

The climatic conditions of South Korea are different from those of Southeast Asia, hence, production of the same kind of biomass for a year is difficult. Conversely, various waste biomass has been developed for a year. Differences in agricultural production during the four seasons results in different types of biomass waste being produced in different seasons. In this study, chemical properties of such biomass waste were analyzed and grouped through principal component analysis (PCA). It can be classified into seven, about as typical agricultural by-products of Korea, mushroom waste media and pruned branches of fruit trees which are mass produced. We collected a total of 30 samples generated their fuel properties were chemically analyzed during different stages of the agricultural production cycle. Woody biomass, such as branches, was found to be high in carbon, while mushroom waste media exhibited high ash content. The average calorific value of wood was 4000 kcal/kg, while that of ground mushroom waste media was 3000 kcal/kg. PCA showed that the unused biomass primarily comprised of stem biomass (which is a woody biomass with high lignin content) and the degraded mushroom waste media, this result could be attributed to the components of the different types of biomass waste. The results of this study can aid in categorizing and growing the different types of biomass generated in Korea based on the similarity in their properties, which can then be collectively used as fuel.

Keywords: bi-fuel, unutilized biomass, agricultural by-product, principal component analysis.

Acknowledgments:
This work was supported by the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Agricultural Energy Self-Sufficient Industrial Model Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MARA)/No. 32102-02 and the Korea Ministry of Environment as Waste-to-Energy-Recycling Human Resource Development Project (UL-NR-22-001).

* Corresponding author: Tel: +82-53-851-6092; Fax: +82-53-851-6093; Email address: daegi@kswm.ac.kr
© 2022 The Authors. Published by Korea Society of Waste Management
Peer review under responsibility of Korea Society of Waste Management.

☑ 홍보전시 1건 [2022 대한민국에너지대전]




23. 1. 28. 오전 11:23 2023 대한민국 에너지대전

전시회 참가 확인서

전시회명	2022 대한민국 에너지대전
전시기간	2022. 11. 02 ~ 2022. 11. 04
전시분야(전시물)	목재펠릿보일러, 펄릿나로, 화목보일러
참가기업 상호	(주)규원테크
주최/주관기관	산업통상자원부/한국에너지공단

상기와 같이 해당 기업에 대하여 2022 대한민국 에너지대전 참가를 확인합니다.

2023년 01월 28일

한국에너지공단 이사장 

<https://koreaenergyshow.energy.or.kr/info/p02.do?no=3257>

1/1

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1년차 (2021)	2년차 (2022)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허출원	목표(단계별)	1		1	10
		실적(누적)	2			
	특허등록	목표(단계별)	1	1	2	15
		실적(누적)				
	학술발표	목표(단계별)	2	2	4	10
		실적(누적)	2	5		
	SCI 논문	목표(단계별)		2	2	
		실적(누적)		2		
	비SCI 논문	목표(단계별)		1	1	
		실적(누적)		1		
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	기술실시	목표(단계별)		1	1	15
		실적(누적)				
	제품화	목표(단계별)		1	1	15
		실적(누적)		1		
	고용창출	목표(단계별)	2	2	4	15
		실적(누적)	2	2		
	정책활용	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)				
	홍보전시	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		1		
계	목표(단계별)	6	12	18	100	
	실적(누적)	5	12	17		

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치	달성내용
			보유국/ 보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (2021-2022)	
1 보일러 열효율 (저위발열량기준)	%	20	없음	없음	없음	87 이상	89.91
2 배기가스 중 미세먼지 함량	mg/Nm3	20	없음	없음	없음	40 이하	7.4
3 배기가스 중 NOx 농도	ppm (02 12%)	20	없음	없음	없음	100 이하	75.92
4 목재칩-농업부산물 혼소율(무게)	%	20	없음	없음	없음	50 이상	50
5 연료량 변화율(무게)	%	20	없음	없음	없음	30 이하	30

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Hydrothermal carbonization improves the quality of biochar derived from livestock manure by removing inorganic matter	Chemosphere	류도윤, 김대기	305	영국	Elsevier	SCIE	2022.10	1879-1298	90
2	Co-Firing Combustion Characteristics of Woodchips and Spent Mushroom Substrates in a 400 kWth Stoker-Type Boiler	Energies	이현희	15	스위스	MDPI	SCIE	2022.11.30	en15239096	
3	농업부산물 바이오매스의 건조 특성 연구	유기성자원학회지	주유진, 김대기			한국유기성자원학회	비SCIE	2023.03		10

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021 추계 폐기물자원순환학회	주유진, 우선영, 류도윤, 김대기	2021.12.02	엘리시안 강촌	대한민국
2	2021 추계 열환경공학회	주유진, 우선영, 류도윤, 김대기	2021.12.17	제주 그라벨	대한민국
3	2022 춘계 폐기물자원순환학회	주유진, 우선영, 류도윤, 김대기	2022.05.12	제주 소노벨	대한민국
4	2022 춘계 열환경공학회	주유진, 우선영, 류도윤, 김대기	2022.06.16	대한상공회의소	대한민국
5	AFORE 2022	이현희	2022.09.30.	라마다 플라자	대한민국
5	2022 추계 폐기물자원순환학회	주유진, 우선영, 류도윤, 김대기	2022.11.02	한국과학기술회관	대한민국
6	2022 ISEE	주유진, 류도윤, 김대기	2022.11.03	한국과학기술회관	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	고체 연료 건조 장치	대한민국	(주)규원테크	2021.10.01	10-2021-0130541				100		
2	연소기 연도 막힘 검출 시스템 및 검출 방법	대한민국	한국에너지 기술연구원	2021.12.16	10-2021-0180638				50		
3	교반 장치 및 그 제어방법	대한민국	(주)규원테크	2022.04.11	10-2022-0044465				100		

※특허우선신청으로 특허등록진행중

○ 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

○ 국내표준

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

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

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

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	400kW 혼소보일러	2022. 12/6	규원테크	밀양	버섯재배	2년		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

※ 기술이전 진행 중

□ 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)		
1	자기실시	기존 제품 개선	국내	농업용펠릿 보일러	농업용펠릿 보일러	(주)규원테크	8,800		2022	10

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
농업용펠릿보일러	2022	8,800		8,800	
합계		8,800		8,800	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		400kW 목재칩- 농업부산물 혼소보일러 개발 및 실증 운전 완료			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2년			
	시설투자 소요예산(천원)	500,000			
	제품단가(천원)	100,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		8,000	1,000,000	2,000,000	
	인력총원	4	2	2	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	1mw 제품				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		-	-	-	
	수출	-	-	-	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	고용창출	(주)규원테크	2	2	4
합계			2	2	4

□ 고용 효과

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

□ 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
1	전시회	2022 대한민국 에너지대전	2022 대한민국 에너지대전 참가	2022.11.02

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)

* 「과학기술기본법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

--

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

2) 목표 달성 수준

핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성목표	달성내용	달성도
1 보일러 열효율(저위발열량기준)	%	87 이상	89.91	100%
2 배기가스 중 미세먼지 함량	mg/Nm3	40 이하	7.4	100%
3 배기가스 중 NOx 농도	ppm (O2 12%)	100 이하	75.92	100%
4 목재칩-농업부산물 혼소율(무게)	%	50 이상	50	100%
5 연료량 변화율(무게)	%	30 이하	30	100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당없음)

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 외국선진 기업이 선점하고 있는 중대형 우드칩 및 농산물 부산물 연소기 보일러 설계, 개발 기술 확보. (열 설계, 구조설계, 안전시스템 O2자동제어 시스템로직, 연료저장 이송 시스템)
- CO2 저감, NOX 저감 미세먼지 저감 및 고효율 보일러 개발을 통한 친환경기술 개발 유도.
- 완전 자동화된 혼소보일러 개발로 다양한 연료에 대응 가능한 연소기기술 개발 체계 확립
- 시설재배, 버섯농장, 공장 등의 에너지 다소비형 산업에서 지구 온난화 방지와 신재생에너지 이용 확대를 위해 석탄 등 화석연료의 일부를 농산물 부산물 및 목질 바이오매스 에너지로 대체.
- 버섯배지를 활용한 재생에너지 생산으로 에너지 선순환 체계확립 및 버섯농가 수익확대

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비(A)	정부지원 연구개발비(B)	정부지원 연구개발비 비율(C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발	(주)규원테크	중소기업 (영리)	669.4	520	77.68%	기존 제품 공정개선	①-①	77.68%
계				669.4	520	-	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
사업화	시제품개발					
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	-	10,000	20,000	30,000	40,000
	기술료(단위 : 천원)	-	10,000	10,000	10,000	10,000

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 별첨자료	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2. 성과증빙자료	1) 특허출원서-제 10-2021-0130541호
	2) 특허출원서-제10-2021-0180638호
	3) 특허출원서-제 10-2022-0044465호
	4) SCI 논문(Chemosphere)
	5) SCI 논문(energies)
	6) 학술발표-2021 한국열환경공학회(국내 발생 농업부산물의 화학적 특성 평가)
	7) 학술발표-2021 한국열환경공학회(수열탄화를 통한 버섯폐배지로부터 연료 특성 변화 연구)
	8) 학술발표-2022 폐기물자원순환학회(주성분분석을 이용한 국내 발생 농업부산물의 연료 특성 평가)
	9) 학술발표-2022 한국열환경공학회(농업부산물의 특성에 따른 온도별 건조특성 분석)
	10) 학술발표-2022 폐기물자원순환학회(국내 미활용 바이오매스의 다양한 종류의 화학적 특성에 대한 주성분 분석(PCA))
	11) 학술발표-AFORE 2022
	12) 학술발표-2022 ISEE
	13) 사업화-제품화
	14) 전시회참가확인서-2022에너지대전
	15) 공인성적서(400kW)
	16) 400kW 목재칩 대기측정 성적서
	17) 1차년도 400kW 설계도서
	18) 2차년도 400kW 설계도서

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	321002-02		
사업구분	농업에너지 자립형 산업모델기술개발				
연구분야				과제구분	단위
사업명	목질계바이오에너지산업화				주관
총괄과제				총괄책임자	
과제명	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발			과제유형	(개발)
연구개발기관	2021.04.01.~2022.12.31			연구책임자	정만수
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	21.04.01.~21.12.31	370,000	73,400	443,400
	2차년도	22.01.01.~22.12.31	500,000	76,000	576,000
	계	21.04.01.~22.12.31	870,000	149,400	1,019,400
참여기업	한국에너지기술연구원, 대구대학교산학협력단				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2023.02.23

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)규원테크	부사장	정만수

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	정만수
----	-----

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 농업부산물(표고버섯폐배지)를 100%활용하여 실증 성공함으로써 소비자 만족도가 아주 높음
- 목재칩과 농업부산물 연료를 50%이상 혼소 할수 있는 시스템을 국내 최초로 개발완료함
- 질소산화물 및 먼지저감 기술을 목표 달성함
- ICT 모니터링이 될수 있도록 설계하여 시설재배단지에 설치함으로써 소비자 만족도 높음
- 람다 센서를 적용하여 공기량 제어를 통해 미세먼지 저감과 연소성을 개선시킴

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 다양한 시설재배 및 건조등의 농장에 설치가능함
- 정부지원 사업을 통한 보급확대가 예상됨
- 온실가스 감축지원 사업 가능함
- 온실 난방의 에너지 제로화 및 버려지는 부산물을 재활용을 통한 농가 수익확대

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 해외수입대체 가능 (중국산 저가제품 등)
- 농업부산물이 풍부한 해외 (동남아시아, 일본) 에 수출 가능함

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 2년만에 국내 최초로 혼소보일러를 개발하여 실증까지 완료함에 대한 성실도가 우수함
- 표고버섯 농장 1400평형에 설치되어 3개월이상 가동됨으로써 실증화에 성공하였으며 소비자 만족도가 아주 우수함
- 버려지는 버섯폐배지를 연료로 활용할수 있는 실증 장소를 섭외하기위해 많은 시간을 투자하였으며, 중국산 보일러 현장을 사용하는곳을 국산화제품으로 교체하고 제품 만족도가 높음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 논문, 학술발표 등 성과달성

II. 연구목표 달성도

핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성목표	달성내용	달성도	평가
1 보일러 열효율(저위발열량기준)	%	87 이상	89.91	100%	공인시험
2 배기가스 중 미세먼지 함량	mg/Nm3	40 이하	7.4	100%	공인시험
3 배기가스 중 NOx 농도	ppm (O2 12%)	100 이하	75.92	100%	공인시험
4 목재칩-농업부산물 혼소율(무게)	%	50 이상	50	100%	자체성적
5 연료량 변화율(무게)	%	30 이하	30	100%	자체성적

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

<ul style="list-style-type: none"> - 외국선진 기업이 선점하고 있는 중대형 우드칩 및 농산물 부산물 연소기 보일러 설계, 개발 기술 확보가 가능함으로써 수입대체 효과 발생 (열 설계, 구조설계, 안전시스템 O2자동제어 시스템로직, 연료저장 이송 시스템) - CO2 저감, NOX 저감 미세먼지 저감 및 고효율 보일러 개발을 통한 친환경기술 개발. - 완전 자동화된 혼소보일러 개발로 다양한 연료에 대응 가능한 연소기기 개발 체계 확립 (농업부산물 중 커피박, 사과박등) - 시설재배, 버섯농장, 공장 등의 에너지 다소비형 산업에서 지구 온난화 방지와 신재생에너지 이용 확대를 위해 석탄 등 화석연료의 일부를 농산물 부산물 및 목질 바이오매스 에너지로 대체가 가능해짐 - 버섯배지를 활용한 재생에너지 생산으로 에너지 선순환 체계확립 및 버섯농가 수익확대 - 버섯재배 농가 및 시설재배 단지 에너지자립 시스템 구축으로 농업용 에너지 투입비중이 적은 농업용 에너지 대체 및 재생에너지 연계 체계 구축 - 정부 주도 에너지 자립형 마을 등 신재생 에너지 이용, 보급 촉진. - 국내 생산 신재생에너지원 이용 극대화. - 새로운 일자리 창출을 통한 고용효과 유도. - 목재 및 농산물부산물이 풍부한 동남아, 중국 등 기술 교류 확대. - 파리 기후변화협약 이후 국내 산업용 에너지이용에 대한 CO2 배출권 확보 - 버섯배지의 건조를 통한 악취관련 민원을 해소함으로써 사회적 손실 비용을 최소화 - 순수 국내핵심적용기술 개발로 인해 해외기술 도입비 및 로열티 감소

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 농업부산물을 100%활용하여 에너지 전환하여 난방을 함으로써 부산물 처리에 대한 고민 및 에너지 비용의 제로화, 온실가스 감축 등 여러 효과가 가능한 당사 제품이 설치된 현장을 확인하시고 평가해주시고 이러한 사업을 많이 보급해 주셨으면 합니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

<ul style="list-style-type: none"> - 장기 모니터링을 통해서 설치효과를 확인하고 정부산하 공무원들에게 홍보하고 세미나를 개최하여 향후 지원 보급사업이 되도록 할려고 함 - 농기계 검증을 통해 시설재배 지원사업이 되도록 함 - 한국남부발전과 협의하여 온실가스 저감 KOC (외부사업)을 진행하고자 함 - 버섯 잡지, 에너지 잡지, 에너지 신문등을 통해 홍보 예정 - 동남아 및 일본등으로 수출할수 있도록 자료 편집 및 홍보자료 작성하고자 함

IV. 보안성 검토

-해당없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

-해당없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

-해당없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야		
연구과제명	400kW급 목재칩-농업부산물 혼소 보일러 기술개발				
주관연구개발기관	(주)규원테크		주관연구책임자	정만수	
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비	
연구개발기간	2021.04.01.~2022.12.31.				
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(제품화) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)				

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 보일러 열효율(저위발열량기준) 87%이상	89.91
② 배기가스 중 미세먼지 함량 40mg/m ³ 이하	7.4
③ 배기가스 중 NOx농(O ₂ 12%)도 100ppm 이하	75.92
④ 목재칩-농업부산물 혼소율(무게) 50%이상	50
⑤ 연료량 변화율(무게) 30%이하	30

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식재산권				기술실시(이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책·홍보		기타 (타연구활동등)	
	특허출원	특허등록	품질등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문				학술발표	정책활용		홍보전시
													SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건			
가중치	10	15			15		15			15				10			10	10		
최종목표	1	2			1		1			4				2	1		4		1	1
당해년도	목표	1	2		1		1			4				2	1		4		1	1
	실적	3	0				1			4				2	1		7		0	1
달성률(%)	100	0			0		100			100				100	100		100		0	100

※ 특허등록 2건 진행중 / 기술(이전) 진행중

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	목재 보일러 공기비 연소 제어 시스템 기술 및 노하우 이전		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	3,000 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(공기비 연소제어 기술 노하우 및 기술 교육 실시)		
이전소요기간	1개월	실용화예상시기 ³⁾	2023년 상반기
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	목재 보일러 공기비 연소 제어 시스템 기술 현장 설치 및 교육 실시		

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

주 의

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