

321093  
-2

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
2025축산현안대응산업화기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004348-01

가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어형

스마트 바이오드라이잉 시스템 실증

2022

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

2023.05.31.

주관연구기관 / 한국산업기술시험원  
협동연구기관 / 비케이환경주식회사  
한경대학교

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이닝 시스템 실증”(개발기간 : 2021.04.01. ~ 2022.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

주관연구기관명 : 한국산업기술시험원 (대표자) 김 세 중

협동연구기관명 : 비케이환상주식회사 (대표자) 김 원 중

한경국립대학교 산학협력단 (대표자) 이



주관연구책임자 : 전 용 우

협동연구책임자 : 김 원 중

윤 영 만

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.







최종보고서										보안등급		
										일반[√], 보안[ ]		
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명	사업명		2025축산현안대응 산업화기술개발				
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)	축산시설·환경 개선						
공고번호		제 농축2021-49호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-					
					연구개발과제번호		321093-2					
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 EA0706	50%	2순위 EF0603	30%	3순위 EH0702	20%					
	농림식품과학기술분류	1순위 RC0202	60%	2순위 CA0202	40%	3순위 -	-					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	-								영문	-
연구개발과제명		국문	가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이잉 시스템 실증									
		영문	Demonstration of humid air control type's smart bio-drying system for transformation livestock manure into solid fuel									
주관연구개발기관		기관명	한국산업기술시험원			사업자등록번호		113-82-06228				
		주소	(08389) 서울 구로구 디지털로 26길 87			법인등록번호		254371-0012187				
연구책임자		성명	전용우			직위		센터장				
		연락처	직장전화	02-860-1682		휴대전화		010-4525-1511				
		전자우편	02-860-1689		국가연구자번호		1017 4925					
연구개발기간		전체	2021. 04. 01. - 2022. 12. 31.(1년 9개월)									
		1단계	1년차	2021. 04. 01. - 2021. 12. 31.(9개월)								
			2년차	2022. 01. 01. - 2022. 12. 31.(12개월)								
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		1,050,000	8,000	132,000	-	-	-	-	1,058,000	132,000	1,190,000	-
1단계		1년차	450,000	-	60,000	-	-	-	450,000	60,000	510,000	-
		2년차	600,000	8,000	72,000	-	-	-	608,000	72,000	680,000	-
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고		역할	기관유형
공동연구개발기관		비케이환경(주)	김원중	대표이사	010-5268-9353		baekkoonet@naver.com		공동	중소기업		
		한경대학교	윤영만	교수	010-2618-0355		yyman@hkn.ac.kr		공동	대학		
위탁연구개발기관		-	-	-	-		-		-	-		
연구개발기관 외 기관		-	-	-	-		-		-	-		
연구개발담당자 실무담당자		성명	전미진			직위		주임연구원				
		연락처	직장전화	02-860-1165		휴대전화		010-4380-8058				
			전자우편	mijin028@ktl.re.kr		국가연구자번호		1130 6776				

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

2023년 2월 24일

연구책임자: 전용우 (인)  
주관연구개발기관의 장: 한국산업기술시험원장 김세종 (직인)  
공동연구개발기관의 장: 비케이환경주식회사 대표이사 김원중 (직인)  
위탁연구개발기관의 장: 한경대학교 산학협력단장 정명규 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



## < 요약 문 >

사업명	2025 축산현안대응 산업화기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			-
내역사업명 (해당 시 작성)	축산시설 · 환경 개선			연구개발과제번호			321093-2
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 EA0706	50%	2순위 EF0603	30%	3순위 EH0702	20%
	농림식품 과학기술분류	1순위 RC0202	60%	2순위 CA0202	40%	3순위 -	-%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	-						
연구개발과제명	가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이밍 시스템 실증						
전체 연구개발기간	2021. 04. 1. - 2022. 12. 31. (1년 9개월)						
총 연구개발비	총 1,190,000천원 (정부지원연구개발비: 1,050,000천원, 기관부담연구개발비 : 140,000천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]	기술성숙도 (해당 시 기재)			착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)	기초[ ] 응용[ ] 개발[ √ ]						
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)	지정 공모						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>최종목표</b> : 가축분뇨의 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이밍 시스템 실증</li> <li>○ <b>세부목표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨의 발효 및 고체연료화 시스템 개발(밀폐형 상용화 기술)</li> <li>- 고형연료화를 위한 5 톤/일급 실증 장비 구축</li> <li>- 개발 장비 및 시스템 실증을 위한 표준설계도서 작성</li> </ul> </li> <li>○ <b>생물발효 건조(Bio-drying) + 멤브레인 드라이어(Membrane dryer) 열회수</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 기술은 함수율 65~70% 가량의 우분을 함수율 20% 이하의 가축분뇨 고체연료로 제조하기 위한 생물발효 건조 기반의 에너지 저소비형 건조시스템에 관한 것임.</li> <li>- 제안 공정은 2개 단위공정이 융복합 적용되는 하이브리드 공정체계로 구성되며, 호기성 미생물의 유기물 분해열에 의한 생물발효 건조 공정과, 분리막을 이용하여 선택적으로 건조 배가스 중의 수분만을 제거한 후 재순환시켜 배가스의 현열을 손실 없이 직접 회수하고 잠열을 교환 회수하는 멤브레인 드라이어 공정으로 구성</li> <li>- 생물발효 건조 기술은 이미 상용화 완료된 기술로서, 그간 보급된 설비는 재래식 단순 발효건조기로 다량의 수증기 및 응축수와 악취가 발생하는 것이 단점이며, 이를 해결하기 위하여 멤브레인 드라이어 융복합 적용 공정을 제안함.</li> <li>- 멤브레인 드라이어 관련 성능 목표 : 수분 제거율 90%, 건공기 순환율 80%, 건공기 순환에 따른 현열 회수량 6,749 kcal/hr, 잠열 회수교환 재투입량 6,219 kcal/kg</li> </ul> </li> <li>○ <b>정량적 기술 목표 항목</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증설비 처리규모 : 5 톤/일</li> <li>- 발효건조 체류시간(1차발효 기준) : 7일</li> <li>- 최종제품 함수율 : 20 wt% 이하</li> <li>- 최종제품 저위발열량 : 3,000 kcal/kg 이상</li> <li>- 기타 최종제품 품질 : 환경부 고시 제2018-114호 만족</li> <li>- 멤브레인 드라이어 수분제거율 : 90% 이상</li> <li>- 멤브레인 드라이어 건공기순환률 : 80% 이상</li> <li>- 통합시스템 스마트 연속 운전 : 연속운전 30일 이상</li> </ul> </li> </ul>					

<p>연구개발 목표 및 내용</p>	<p>전체 내용</p>
-------------------------	------------------

- **멤브레인 드라이어 최적 설계인자 도출 및 기존 설비 개보수, 개선**
  - 기보유 멤브레인 드라이어 시스템의 처리량 및 성능 확인
  - 기존 멤브레인 드라이어 시스템을 해체하고 단위설비 상태 점검 및 성능 확인 후 고장 및 파손 부분 보수(컨테이너, 브로워, 집진기, 멤브레인 모듈, 진공 펌프, 온습도 및 유량 센서 등) 및 성능 향상(스웍가스 공급부 수정) 진행
  - 개보수 완료된 멤브레인 드라이어 시스템의 내부 배치 및 구성을 바탕으로 제작도면 작성
- **멤브레인 드라이어 막 오염 분석 연구**
  - 분리막 모듈의 육안관찰, 성능평가(투과도/선택도), 중공사 표면 특성, 소재 특성, 오염도 분석 결과, 기 사용 분리막 모듈의 성능에는 큰 변화가 없으며, 그대로 사용 가능함을 확인하였음. 해체한 분리막 모듈은 신품 모듈로 교체 설치함.
  - (육안관찰) 유입부 약간의 오염 관찰, 배출부 및 중공사 표면 오염 없음.
  - (투과도/선택도) 사용 전·후 투과도 및 선택도 거의 변화 없음.
  - (중공사 표면 특성) SEM 분석 결과 사용 후 중공사 외부 표면 거칠기 증가 및 미세 입자 부착, 내부 표면은 변화 없음, FT-IR 분석 결과 사용 전·후 표면 특성 변화는 없음.
  - (소재 특성) TGA/DCA 분석 결과 열적 특성 변화는 없으며, 인장강도 분석 결과 약간의 열손상 의심
  - (유기물 오염) TOC 분석 결과 사용 후 분리막 내부 유기물 오염 확인 및 ICP 분석 결과 사용 후 분리막의 무기물 오염은 없음.
- **바이오드라이 공정 기술개발 및 실증**
  - 기 보유 수평형 발효건조기 운전을 통한 바이오드라이 개선사항 도출 : 충분한 수분 제거를 위해 발효건조 반응기 이후 2차 반응기와 공기 배출 및 순환을 원활하게 하는 방법 등의 개선이 필요할 것으로 판단
  - 바이오드라이 실증시설 설계기준 도출 : 반응기 용적, 원료 성상, 유기물 분해율, 수분 발생량, 유기물 분해 및 수분 증발 소모에너지 등을 산출하여, 하절기와 동절기로 구분하여 각각의 1·2단 반응조 설계 기준을 도출함.
  - 바이오드라이 실증시설 물질·에너지 수지 산출
  - 바이오드라이 실증시설 설계 및 제작
- **가축분뇨 고체연료화를 위한 최적 펠렛성형기 선정 및 도입**
  - 최적 펠렛성형기 선정을 위해 펠렛성형기 보유·사용시설 방문조사 실시
  - 국내 펠렛성형기 제작업체 3개社 방문, 성형 공정, 투입 조건, 소요동력, 가격 등 조사하여 후보 업체 2개社 선정하여 시험생산 실시
  - 생산 고체연료의 품질, 추가 부대설비, A/S 대응, 가격측면 등을 종합적으로 고려하여 B社의 링다이 방식 성형기로 최종 선정
- **5 톤/일급 바이오드라이 + 멤브레인 드라이어 통합 실증시스템 구축**
  - 실증부지 확보를 위한 후보지(4곳) 현장조사 실시
  - 지리적 여건 및 입지 조건, 운영주체의 협조성, 정책목표 부합성 및 파급효과 등을 평가하여 군위축협을 실증부지로 선정하고, 안정적인 실증시설의 설치 및 운영을 위해 주관기관과 군위축협 간 업무협약(MOU) 체결
  - 5 톤/일급 바이오드라이 및 멤브레인 드라이어 통합시스템 설계·제작·설치 (2022년 9월 준공 완료)
  - 통합 실증시스템 시운전 및 개선점 보완, 습공기 제어 조건 최적화 및 운전 조건 도출, 통합운전 제어 및 모니터링 시스템 구축
  - 시운전 및 개선점 보완 후 통합시스템 연속운전을 41일간 실시함.
  - 연속운전 동안 멤브레인 드라이어의 수분제거율은 평균 91.0%, 건공기 순환율은 평균 81.2% 달성하였으며, 생산된 가축분뇨 고체연료는 모든 항목에서 품질기준을 만족하였음.
  - 5 톤/일급 바이오드라이 + 멤브레인 드라이어 실증시설 연속운전 결과를 기반으로 우분 고체연료(펠렛)의 투입에너지 비용은 75,572.4 원/일, 투입에너지 대비 열량단가는 15.4 원/Mcal로 산출되었으며, 타 건조방식 대비 경제성 있는 공정으로 확인되었음.

<p>연구개발 목표 및 내용</p>	<p>전체 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사 및 활성화 방안 도출</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사 실시</li> <li>- 가축분뇨 고체연료화 활성화를 위한 제도 개선방안 도출 : 가축분뇨 고체연료의 바이오에너지 등록, 가축분뇨 고체연료 이용 활성화를 위한 적정 REC 가중치 부여, 가축분뇨 고체연료 소규모 사용시설 확대, 가축분뇨 고체연료 원료 범위 확대 및 고품질화, 가축분뇨 고체연료 연소회분의 비료화 방안 마련, 가축분뇨 고체연료 보일러 시설의 설치기준 완화, 그 외 가축분뇨 고체연료 활성화를 위한 기술개발 과제 도출</li> </ul> </li> <li>○ <b>가축분뇨 고체연료화 시설 표준화 설계 및 경제성 평가</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료화 제조시설 규모별(10, 50, 100, 150 톤/일) 물질 및 에너지 수지를 분석하고, 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 평가를 수행함.</li> <li>- 발효건조 후 과정에서 발생하는 유기물 분해열을 멤브레인 드라이어로 회수하는 가축분뇨 고체연료 제조시설의 원가는 10, 50, 100, 150 톤/일 시설 규모에서 각각 550, 219, 161, 138 천원/톤을 나타내었으며, 멤브레인 드라이어 대신 부분 화력건조 적용 경우와 비교하여 낮은 원가를 보였음.</li> </ul> </li> </ul>
-------------------------	------------------	--

<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>정량적 연구개발성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실증설비 처리규모 : 5 톤/일 이상</li> <li>- 멤브레인 드라이어 수분제거율 : 99.96%</li> <li>- 멤브레인 드라이어 건공기순환율 : 92.27%</li> <li>- 최종제품 함수율 : 11%</li> <li>- 최종제품 저위발열량 : 3,010 kcal/kg</li> <li>- 최종제품 품질 : 가축분뇨 고체연료 품질기준 만족</li> </ul> </li> <li>○ <b>정성적 연구개발 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 멤브레인 드라이어 최적 설계인자 도출 및 기존 설비 개보수, 개선 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 설비 점검 및 개보수 완료</li> <li>- 조건별 물질·에너지 수지 산정 프로그램 개발(저작권 등록 3건)</li> </ul> </li> <li>◦ 멤브레인 드라이어 막 오염 분석 연구 및 막 세정 기술 검토 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기사용 분리막 모듈 분리 및 해체</li> <li>- 사용 전·후 분리막 모듈 성능특성 비교 및 증공사 표면, 오염물 특성 등 비교</li> </ul> </li> <li>◦ 바이오드라이잉 공정 기술개발 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오드라이잉 공정 운전인자 도출</li> <li>- 실증시설 설계기준 도출 및 물질·에너지 수지 산정</li> <li>- 바이오드라이잉 실증공정 설계 및 제작, 시운전</li> </ul> </li> <li>◦ 가축분뇨 고체연료 성형을 위한 최적 펠렛성형기 선정 및 도입 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 성형기술에 대한 현장조사, 성형실험을 통한 최적 펠렛성형기 선정</li> </ul> </li> <li>◦ 5 톤/일급 바이오드라이잉 + 멤브레인 드라이어 통합 실증시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통합시스템 설계 및 제작, 설치</li> <li>- 통합시스템 운전 및 평가</li> <li>- 시운전을 통한 설비 점검 및 보완</li> <li>- 연속 운전, 공인 시험을 통한 공정 성능평가 수행</li> </ul> </li> <li>◦ 가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사 및 활성화 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사</li> <li>- 가축분뇨 고체연료화 활성화를 위한 제도 개선 방안 도출</li> </ul> </li> <li>◦ 가축분뇨 고체연료화 시설 표준화 설계 및 경제성 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료화 시설 규모별 물질·에너지 수지 분석</li> <li>- 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 평가</li> <li>- 가축분뇨 고체연료화 시설 시설용량별 공통 매뉴얼 제작</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
---------------	--

<p>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<p>○ 연구개발성과의 활용방안</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 가축분뇨 무방류 약취저감형 통합처리 시스템의 Test-bed를 구축하는 연구로서 연구성과는 가축분뇨 공공처리시설 공정반영을 통한 사업화 추진에 활용할 계획임.</li> <li>- 특히 2015년 3월 “가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률” 개정으로 가축분뇨 고체연료화 품질기준이 확정·제도화 되어 환경부 가축분뇨 공공처리사업, 농식품부 가축분뇨 공동자원화 사업에 가축분뇨 고체연료 에너지화 사업 추진이 가능해짐에 따라 개발 공정을 가축분뇨 고체연료 생산을 위한 주 공정으로 반영하여 사업화 추진에 활용할 계획임.</li> <li>- 뿐만 아니라 본 연구성과는 하폐수슬러지나 음식물쓰레기 감량 및 고형연료화에도 적용이 가능하여 하수처리장 및 폐수처리장 대상 사업화 추진이 가능.</li> </ul> <p>○ 연구개발성과의 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (과학·기술적 측면) 개발 단위기술의 고효율성(바이오드라이잉, 멤브레인 드라이어 등), 저에너지 건조기 국산화, 다양한 분야로 기술 확산</li> <li>- (환경적 측면) 가축분뇨 자원화 촉진, 자원화 비율 증가, 온실가스 저감 효과, 신재생에너지 보급 확대</li> <li>- (경제적 측면) 설비 보급에 따른 시장 활성화, 고체연료화 시장 활성화, 전문 운영인력 수요 증가, 신규 시장창출 효과 약 6,000억원</li> <li>- (사회적 측면) 가축분뇨 처리의 새로운 패러다임, 과학기술력 이미지 향상, 생산원가 절감으로 인한 관련 산업의 발전</li> </ul>												
<p>연구개발성과의 비공개여부 및 사유</p>	<p>해당 없음</p>												
<p>연구개발성과의 등록· 기탁 건수</p>	<p>논문</p>	<p>특허</p>	<p>보고서 원문</p>	<p>연구시설 · 장비</p>	<p>기술 요약 정보</p>	<p>소프트 웨어</p>	<p>표준</p>	<p>생명자원</p>		<p>화 합 물</p>	<p>신품종</p>		
	2	2	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	
<p>연구시설·장비 중합정보시스템 등록 현황</p>	<p>구입 기관</p>	<p>연구시설 · 장비명</p>	<p>규격 (모델명)</p>	<p>수량</p>	<p>구입 연월일</p>	<p>구입가격 (천원)</p>	<p>구입처 (전화)</p>	<p>비고 (설치장소)</p>			<p>ZEUS 등록번호</p>		
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>생물발효건조</p>		<p>막건조기</p>		<p>가축분뇨</p>		<p>고체연료</p>		<p>습공기 제어</p>				
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Bio-drying</p>		<p>Membrane dryer</p>		<p>Livestock manure</p>		<p>Solid fuel</p>		<p>Humid air control</p>				

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 .....	13
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	115
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	121
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	123



## 1. 연구개발과제의 개요

### 1) 연구개발과제의 필요성

#### (1) 국내 가축분뇨 발생 및 처리현황

- 2018년 기준 국내 가축분뇨 발생량은 185,069 톤/일로 나타나고 있으며, 축종별로는 한우·말이 24.4%, 젓소 11.0%, 돼지 53.4%, 닭·오리 10.3%, 기타 0.9%를 차지하는 것으로 보고되고 있음.
- 2018년 기준 전국 가축분뇨 처리 현황은 축산농가의 경우 정화처리 5.6%, 퇴비화 67.3%, 액비화 3.3%를 차지하고 있으며, 위탁처리의 경우 공공처리 10.3%, 공동처리 0.3%, 재활용신고자 12.7%, 가축분뇨처리업자 0.4%가 차지하는 것으로 보고되고 있음. 농식품부에서 정책사업으로 추진하는 가축분뇨 공동자원화 시설의 경우, 가축분뇨 재활용신고자에 해당하며, 전체 가축분뇨 처리의 12.7%를 차지하고 있음.
- 2019년 기준 국내 가축분뇨 에너지화 시설은 주로 양돈슬러리의 바이오가스화 시설로서 총 28개 시설이 운영 중에 있음. 이 중 농식품부가 지원한 5개소는 가축분뇨 공동자원화(에너지) 사업으로 추진하였으며, 이들 시설은 음식물류폐기물 및 농산부산물을 시설용량의 30%까지 병합처리 할 수 있는 시설임. 환경부가 지원한 가축분뇨 공공처리 시설은 주로 가축분뇨, 하수, 음식물류폐기물 처리를 위해 지자체를 대상으로 지원하는 시설로서 공공하수 및 음식물류폐기물 처리시설의 경우 가축분뇨를 병합하여 처리하는 바이오가스화 시설임.

#### (2) 가축분뇨 에너지화 기술 현황

- 현재 국내에서 가축분뇨 에너지화에 활용이 가능한 기술은 혐기소화에 의한 바이오가스 생산기술과 성형·건조를 통한 고체연료 생산기술이 있으며 이들 기술의 특징점을 비교하면 다음의 표와 같으며, 가축분뇨 고체연료화의 경우 기술수준이 낮고 직접 연소 이용하므로 에너지 전환 효율이 우수한 장점이 있으나 연소가스 중 대기오염물질 배출에 의한 2차 오염의 관리와 제조과정에서 기타 다양한 폐기물의 혼입 우려가 있어 제품의 품질관리에 어려움이 있음.
- 가축분뇨 고체연료화는 많은 건조에너지가 요구되므로 사용하는 원료의 초기 수분 함량에 따라 경제성이 좌우 되는 특성이 있음. 따라서 경제성 있는 가축분뇨 고형연료 이용 체계를 구축하기 위해서는 기술적인 측면 이외에 발생원(축산농가)에서의 발생 가축 분뇨의 수분함량을 낮추는 가축분뇨 관리 노력이 요구됨.
- 가축분뇨 고체연료 제조기술은 물리학적 또는 열화학적 전환기술이 적용되고 있으며, 물리학적 전환 기술의 경우, 단순 건조 기술을 중심으로 하고 있어 기술적 난이도가 낮아 사업화가 매우 용이한 기술 특성을 지니고 있음.

[표] 가축분뇨의 에너지화 기술 비교

항목	고체연료화	바이오가스화(메탄발효)
기술 특성	성형, 건조 과정을 통한 고형연료 생산기술	메탄발효를 통한 기체 연료 (바이오가스) 생산기술
대상 원료	수분함량이 낮은 고상의 원료 (수분함량 50~80%)	수분함량이 높은 액상의 원료 (수분함량 80~98%)
핵심 기술	건조기술	혐기발효 기술
기술 분야	기계 장치 기술	기계장치, 설비, 전기제어·계측, 생물학적 미생물 제어 기술
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기술수준이 낮고 단순하여 기술보급 확대에 유리</li> <li>· 가축분뇨의 연소열을 이용하므로 에너지 전환 이용 효율이 우수</li> <li>· 가축분뇨 양분총량제 등 토양 오염 저감 효과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 상용화 보급 단계의 기술로 기술 안전성이 상대적으로 높음</li> <li>· 상대적으로 순도가 높은 가스상의 연료로 대기오염 물질 등 2차 오염문제 적음</li> <li>· 생산 제품(메탄)의 활용도가 다양</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 건조에너지 과다소비로 인한 경제성 낮음</li> <li>· 대기오염물질 등 고형연료 이용에서 2차적인 오염원 관리 필요</li> <li>· 제조과정에서 다른 폐기물의 혼입우려가 있어 고형연료 제품의 품질관리에 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 융합 플랜트 기술로서 요구되는 기술 수준이 높음</li> <li>· 생물학적인 전환기술로 공정의 관리 및 효율 유지에 어려움</li> <li>· 혐기소화액의 최종 처리 방안 필수 (정화처리시 경제성 낮음)</li> <li>· 지역적으로 특정한 입지여건 요구</li> </ul>

자료) 가축분뇨 고형연료 제품의 품질·등급 기준 연구(환경부, 2013)

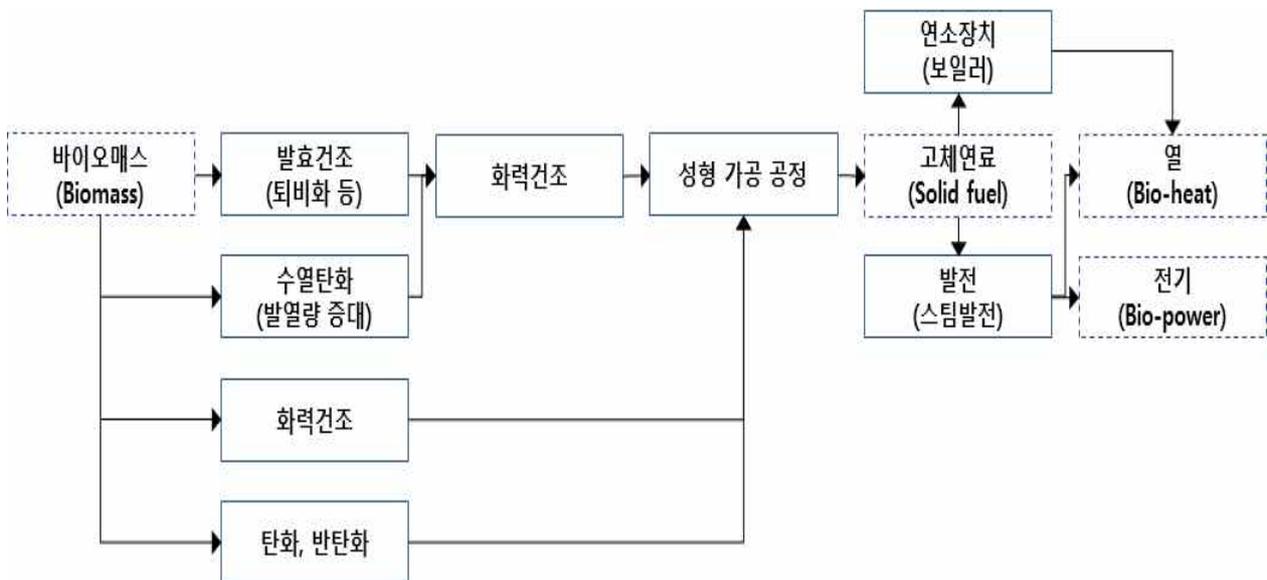
- 환경부는 2015년 가축분뇨 고체연료 품질기준을 설정한 바 있으며, 가축분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시(환경부고시 제2018-114호)에서 모양과 크기, 발열량, 수분, 회분, 황분, 수은, 카드뮴, 납, 크롬 함량을 품질기준 관리 항목으로 설정하고 있음.

[표] 가축분뇨 고체연료의 품질기준

구분		품질기준
모양과 크기	비성형	원형의 경우 40 mm이하
	성형	펠릿제조
발열량	저위 발열량	3,000 kcal/kg 이상 ※일부 에너지회수시: 2,000 kcal/kg 이상
공업 분석	수분	20% 이하
	회분	30%(w/w, 건물기준) 이하 ※화력발전의 경우 회분함량 30% 초과 가능
	황분	2%(건물기준) 이하
중금속	수은 (Hg)	1.2 mg/kg(건물기준) 이하
	카드뮴 (Cd)	9.0 mg/kg(건물기준) 이하
	납 (Pb)	200.0 mg/kg(건물기준) 이하
	크롬 (Cr)	70.0 mg/kg(건물기준) 이하

자료) 가축분뇨 고체연료 시설의 설치 등에 관한 고시(환경부고시 제2018-114호)

- 일반적인 가축분뇨 고체연료 이용기술의 체계는 아래 그림과 같으며, 가축분뇨를 발효건조, 화력건조, 탄화(수열탄화, 반탄화 등) 등으로 통해 수분함량 20% 이하로 제조하고, 3,000 kcal/kg 이상의 발열량으로 제조하고 있음.
- 건조 및 성형과정을 거쳐 제조한 가축분뇨 고체연료는 연소 보일러를 이용하여 열 에너지로 전환·이용하거나 스팀 발전을 통해 전기와 열을 생산할 수 있음.
- 현시점에 적용할 수 있는 상용화 수준의 고체연료 생산기술은 건조, 탄화, 수열탄화 기술이 있으며, 이들 기술은 특히 하수슬러지 최종처리시설에 도입되어 하수슬러지 고형연료 제조에 적용되고 있어 기본적인 공정기술체계가 완성 단계에 있음.



<그림> 가축분뇨 고체연료 생산 및 이용기술 체계

- 가축분뇨 건조기술은 조립건조, 감압식건조, 개질건조(수열탄화), 표면고화 건조 기술이 있으며 모두 외부 열원을 필요로 하는 건조방식으로서 초기투자비, 건조비용 등 고체연료 제조에 많은 비용이 소요되는 단점이 있음.
- 이에 반해 발효건조 기술은 기본적으로 퇴비화 과정에서 가축분뇨 중의 유기물이 호기성 미생물에 의해 분해되면서 발생하는 생물학적 호흡열을 이용하여 수분을 건조하는 기술임. 따라서 가축분뇨 중의 유기물이 감소하여 최종 고체연료 제품의 발열량이 감소하는 특성이 있음. 그러나 별도의 외부 에너지를 투입하지 않고 효율적으로 수분증발을 유도할 수 있어, 매우 경제적인 건조 방식으로 평가되고 있으며, 기존 하수슬러지 고형연료 생산에 적용된 바 있음.
- 일본의 경우, 경제성 있는 가축분뇨 고체연료 생산을 위하여 축산농가에서 발생하는 가축분뇨를 건조시키기 위한 방법으로 일차적으로는 발효건조와 태양건조를 활용하고, 이차적으로 화력 및 폐열 건조를 활용하는 사례가 있음.

[표] 건조방식별 주요 건조 특성

구분	발효건조 (퇴비화)	태양열건조	폐열건조	화력건조
특징	퇴비화시 미생물의 발효열을 이용하여 수분을 증발, 건조효율은 미생물의 활성화에 의존	교반시설을 구비하는 건조 하우스에서 태양열을 이용	연소장치(400 ℃ 정도)나 탄화장치의 폐열(250 ℃ 정도)에 의한 건조	화석연료를 이용하여 직접 또는 간접 가온방식으로 건조
목표 수분 함량	40%(w/w)	20~25 %(w/w)	20%(w/w) 이하	10%(w/w) 이하
소요 시간	약 14~17일	약 5~14일	수시간~3일	수시간~3일
운전효율	1kWh 통풍 동력으로 약 50kg 정도의 수분제거	1 kWh의 교반 동력에 30kg 정도의 수분 제거	통풍 건조 방식인 로터리 킬른식 건조기 이용	건조기술별 건조원리에 따라 상이
비고	발효건조 중에 발생하는 수분과 암모니아, 황화수소와 같은 악취물질의 관리	건조 소요 기간은 계절에 따라 변동	목표수분함량에 따른 운전 시간 변동	건조에너지비용 과다, 경제성이 낮음

주 : 일본 큐슈 지역의 기후조건에서의 건조효율을 나타내고 있음

자료 : 薬師堂 謙一. 2007. 家畜排せつ物の燃烧エネルギー利用の現状と課題, 畜産環境情報 36:3-6.

- 국외의 경우 발효건조 기술은 기계적 생물학적 처리(MBT; Mechanical biological treatment) 시설에서 생물학적 처리공정의 하나로 등장하였으며, 폐기물에 수분이 많은 남부 유럽(이탈리아, 스페인, 프랑스 등)이나 영국 등에서 활발하게 보급되고 있는 기술임.
- 발효건조 기술은 퇴비화시 호기성 미생물의 호흡열을 이용하여 가축분뇨의 수분을 건조시키는 기술로서 가축분뇨 자원화시설 표준설계도(농림축산식품부·환경부·농협중앙회, 2009)에서는 가축분뇨 중 유기물 1 kg 분해시 약 4,500 kcal, 톱밥 중 유기물 1 kg 분해시 약 3,000 kcal로 설계인자를 제시하고 있음.
- 이론적으로 가축분뇨 중 유기물 1kg이 분해되는 경우 발생하는 약 4,500 kcal의 열량은 0℃의 수분 약 6.43 kg을 건조시킬 수 있는 에너지양이며, 톱밥의 경우 1 kg의 유기물 분해시 약 4.29 kg의 수분을 건조시킬 수 있는 에너지양임.

### (3) 정부 정책

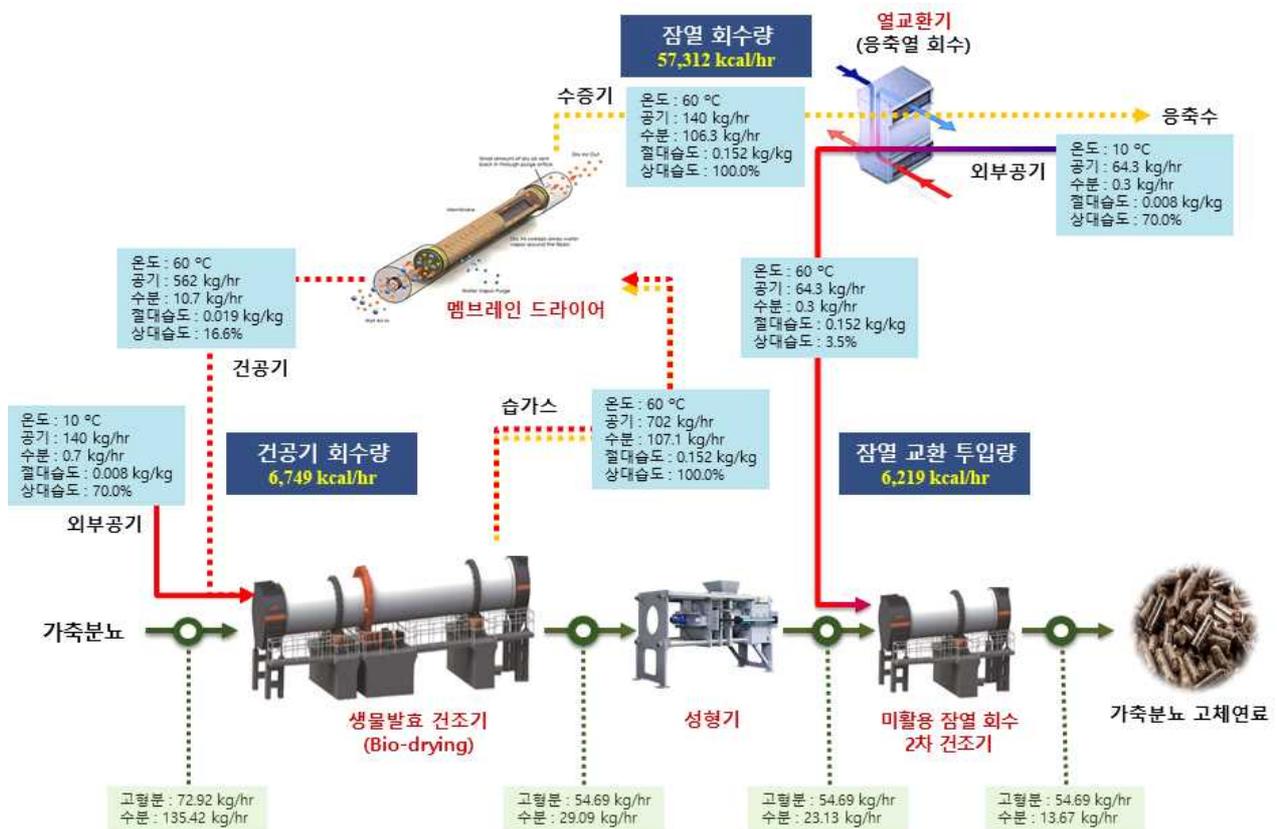
- 정부는 제3차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2009~2030)(산업부, 2008)에서 신·재생에너지 보급량을 2008년 국가 총에너지소비의 약 2.58%(636 만T0E) 수준에서 2030년 약 10.7%(3,303 만T0E)로 확대하는 목표를 수립한 바 있으며, 2017년 정부는 재생에너지 3020 계획을 발표하고 2016년 재생에너지 발전 비중(7%)을 2030년까지 20%까지 확대하는 정책을 추진 중에 있음.

## 2) 연구개발과제의 목표 및 내용

### (1) 연구개발과제의 최종 목표

#### ○ 생물발효 건조(Bio-drying) + 멤브레인 드라이어(Membrane dryer) 열회수

- 대상 기술은 함수율 65~70% 가량의 우분을 함수율 20% 이하의 가축분뇨 고체연료로 제조하기 위한 생물발효 건조 기반의 에너지 저소비형 건조시스템에 관한 것임.
- 제안 공정은 2개 단위공정이 융복합 적용되는 하이브리드 공정체계로 구성되며, 호기성 미생물의 유기물 분해열에 의한 생물발효 건조 공정과, 분리막을 이용하여 선택적으로 건조 배가스 중의 수분만을 제거한 후 재순환시켜 배가스의 현열을 손실 없이 직접 회수하고 잠열을 교환 회수하는 멤브레인 드라이어 공정으로 구성
- 생물발효 건조 기술은 이미 상용화 완료된 기술로서, 그간 보급된 설비는 재래식 단순 발효건조기로 다량의 수증기 및 응축수와 악취가 발생하는 것이 단점이며, 이를 해결하기 위하여 멤브레인 드라이어 융복합 적용 공정을 제안함.
- 멤브레인 드라이어 관련 성능 목표 : 수분 제거율 90%, 건공기 순환율 80%, 건공기 순환에 따른 현열 회수량 6,749 kcal/hr, 잠열 회수교환 재투입량 6,219 kcal/kg



<그림> 제안기술의 개념 및 물질/열수지



# 가축분뇨의 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이잉 시스템 실증

**세부 목표**

- 1 가축분뇨의 발효 및 고형연료화 시스템 개발(밀폐형 상용화 기술)
- 2 고형연료화를 위한 5 톤/일급 실증 장비 구축
- 3 개발 장비 및 시스템 실증을 위한 표준설계도서 작성

**도출 결과물**

- 실증 규모 5 톤/일 ↑
- 저위발열량 3,000 kcal/kg ↑  
최종제품수분 20% ↓
- 멤브레인 드라이어 수분제거율 90% ↑
- 멤브레인 드라이어 건공기순환율 80% ↑

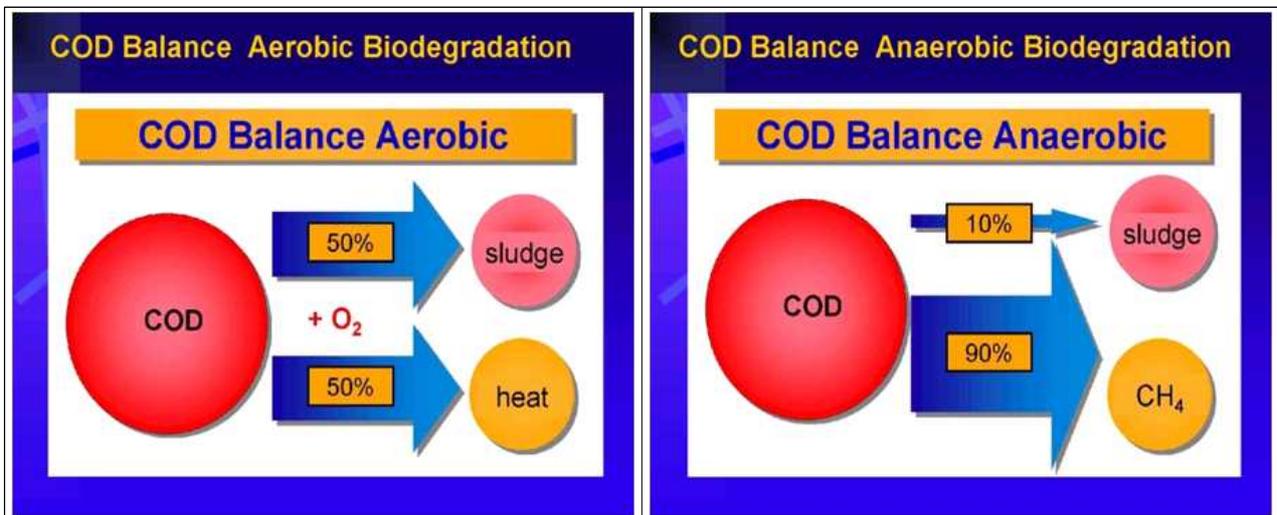
<정량적 기술 목표 항목>

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계 최고 수준	연구개발 전 국내수준	개발 목표치		표준·인증 기준	기준 설정 근거	평가 방법
			성능수준	성능수준	1차 년도	2차 년도			
과제 TRL (1~9단계)			-	-	6	8	-	-	-
1. 실증설비 처리규모	톤/일	20	-	5	-	5	-	RFP 만족	공인성적서
2. 발효건조 체류시간 (1차발효 기준)	일	10	7	10	10	7	-	최고 수준	운전일지
3. 최종제품 함수율	wt%	10	20	20	30	20	ASTM	규격 만족	공인성적서
4. 최종제품 저위발열량	kcal/kg	10	-	2,500	2,500	3,000	환경부고시 2018-114	규격 만족	공인성적서
5. 기타 최종제품 품질	-	10	-	만족	만족	만족	환경부고시 2018-114	규격 만족	공인성적서
6. 멤브레인 드라이어 수분제거율	%	10	-	80	80	90	-	최고 수준	공인성적서
7. 멤브레인 드라이어 건공기순환률	%	10	-	70	70	80	-	최고 수준	공인성적서
8. 통합시스템 스마트 연속 운전	-	20	-	-	로직 개발	연속운전 30일 이상	-	최고 수준	운전일지

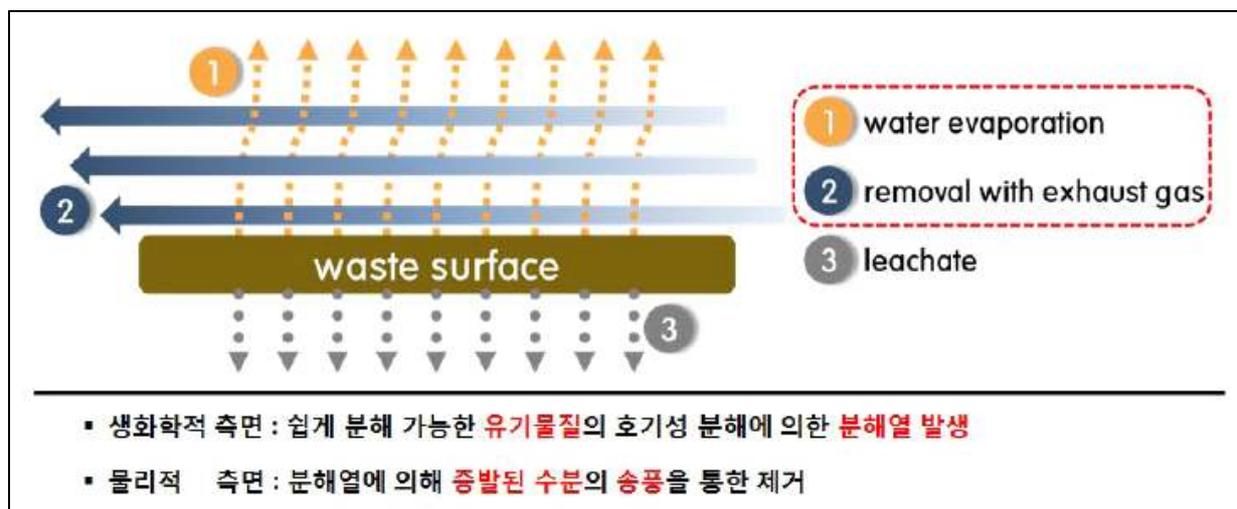
## (2) 연구개발과제의 내용

### ■ 생물발효 건조(Bio-drying) 기술 적용

- Bio-Drying 기술은 생분해성 유기물질의 분해를 위한 최소 공기요구량보다 과잉의 공기를 공급하고, 호기성 미생물에 의한 생분해성 유기물질의 분해시 발생하는 반응열(호흡열)을 이용하여 폐기물 내 수분을 건조시키는 기술임.
- 최근에 개발된 밀폐형 퇴비화 반응기는 발효건조 반응기와 유사한 공정 특성을 가지고 있으나 퇴비화 공정은 운전조건에서 부숙퇴비 생산에 중점을 두고 운전하는 반면, 발효건조 공정은 유입 유기물의 고체연료화를 위하여 건조 효율에 중심으로 두고 운전하는 특성이 있음.
- 본 과제에서 개발하고자하는 Bio-Drying 기술은 최종 제품으로 고체연료를 생산하는 기술로 건조효율을 달성할 수 있는 최적 운전조건의 도출이 핵심 연구내용임.



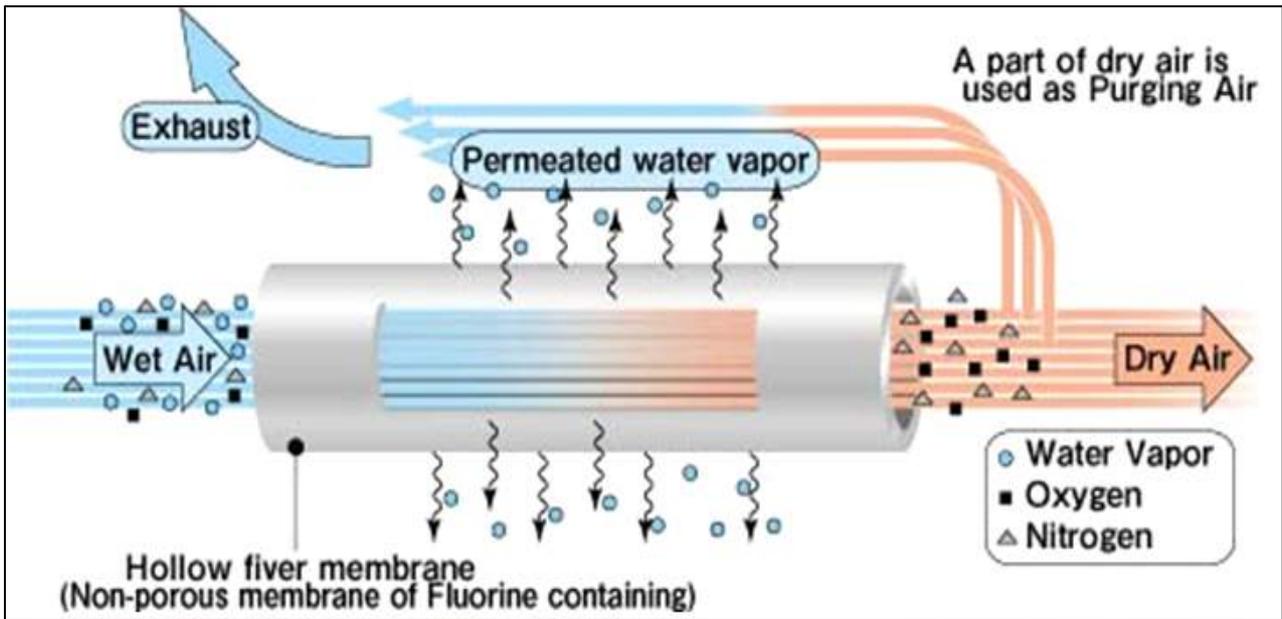
<그림> 호기성 미생물과 혐기성 미생물의 유기물 분해 특성 비교



<그림> Bio-drying 기술의 수분 건조 기작

■ 멤브레인 드라이어(Membrane dryer) 기술의 융합 적용

- 멤브레인 드라이어 기술은 공기와 수분이 가지는 상태 특성에 기초하여 막의 선택적 투과성을 이용, 수증기만을 상변화 없이 회수하는 기술로서 수분만을 선택적으로 제거·회수한다는 것이 가장 큰 특징임.
- 멤브레인 드라이어 기술을 적용하여 건조공정에서 발생하는 습윤 배가스 내의 수분을 제거하고 이와 동시에 폐열(현열 및 잠열)을 회수하고자 하며, 이는 기존의 건조공정 분야에서 적용한 사례가 없는 혁신 융합기술이라 할 수 있음.

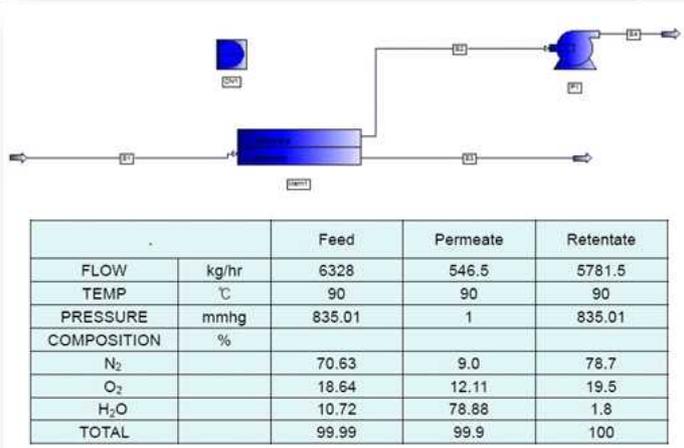


<그림> 멤브레인 드라이어 기술의 기본 개념

- 멤브레인 드라이어 기술을 적용한 시스템은 운전비용이 낮고 여타의 기술에 비하여 수분제거 성능이 월등하여 유입되는 습한 배가스를 온도를 유지하면서 수분만을 선택적으로 제거하여 건공기 형태로 재순환하는 효율이 매우 높음.
- 건조공정에서 증발되는 수증기를 제거하기 위해서는 반드시 공기의 흐름이 동반되어야 하며, 이를 위해 현재 대부분의 경우 외부공기를 유입시키고 있으나 외부공기의 유입은 챔버 내부의 온도를 떨어뜨리고 이로 인해 포화수증기압이 낮아져 건조효율이 저하됨.
- 수분제거 효율이 우수하여 습한 공기에 포함되어 있는 대부분의 약취물질이 멤브레인에서 수분과 함께 분리된다고 할 수 있으며, 이를 통해 건조공정에 대한 밀폐기술만 뒷받침 된다면 폐열회수와 동시에 약취저감 효과도 탁월한 기술이라 할 수 있음.
- 또한, 멤브레인 드라이어 통과 후의 수분의 잠열을 교환하여 후단 추가 건조공정에 별도의 열원 없이 중온도 수준의 열풍을 공급할 수 있음.

- 멤브레인 드라이어 기술을 통한 현열의 직접 회수
- 상변화에 의한 열손실이 발생하지 않는 선택적 수분제거
- 배가스 재순환에 의한 약칭 농축효과

Simulation 결과 (Soave-Redlich-Kwong Equation)



여러 산업분야에서 이미 건조공기 제조를 위한 공정으로 광범위하게 사용되는 기술임.



Innovative & Energy-Effective Technology

<그림> 멤브레인 드라이어 기술의 효과 및 타 산업분야 적용에

관련 특허 및 선행연구 경험 보유

**특허증**  
CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-1716659 호  
Patent Number

출원번호 제 10-2015-0095350 호  
Application Number

출원일 2015년 07월 03일  
Filing Date

등록일 2017년 03월 09일  
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention  
유기성 폐기물 건조장치

특허권자 Patentee  
한국산업기술시험원(254371-\*\*\*\*\*)  
경상남도 진주시 중의로 10(충무공동)

**특허증**  
CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-1721849 호  
Patent Number

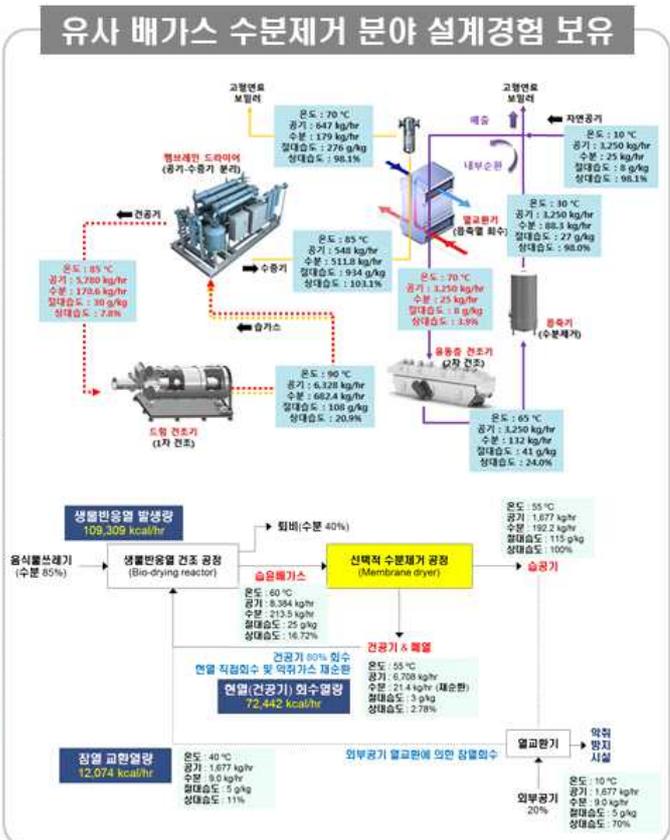
출원번호 제 10-2016-0078956 호  
Application Number

출원일 2016년 06월 24일  
Filing Date

등록일 2017년 03월 27일  
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention  
기체분리막 모듈

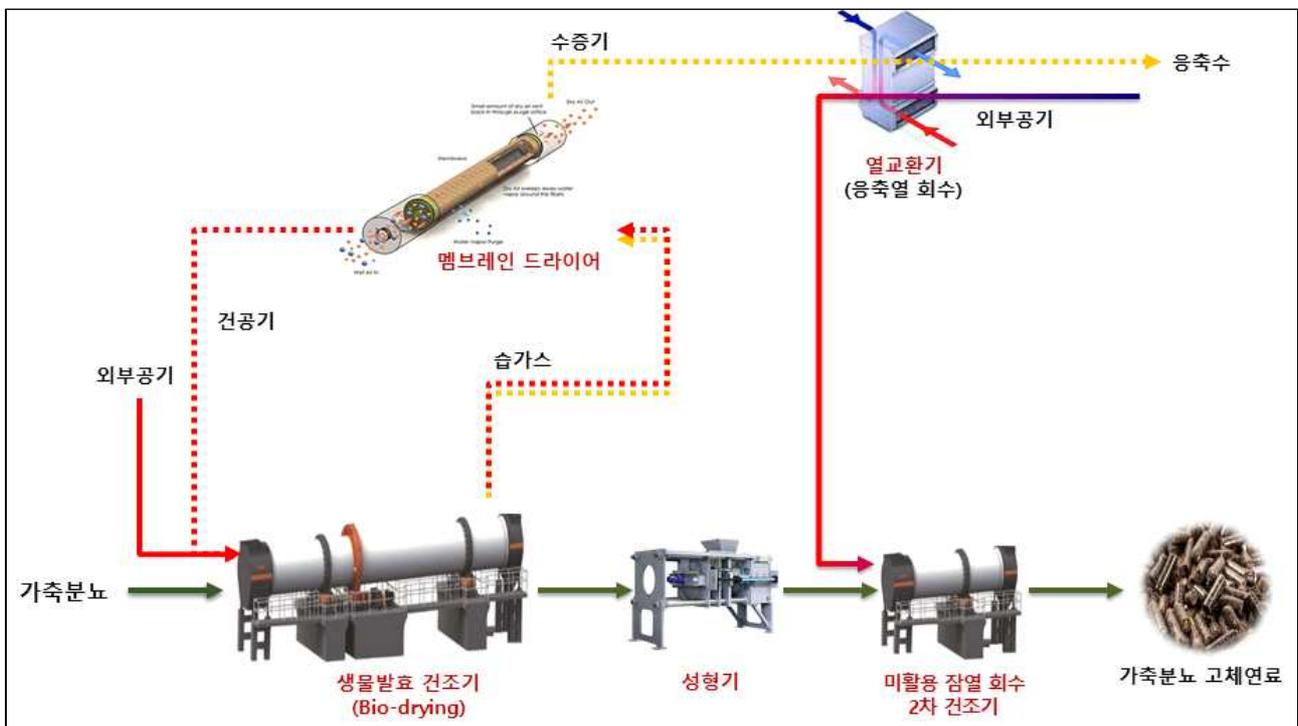
특허권자 Patentee  
한국산업기술시험원(254371-\*\*\*\*\*)  
경상남도 진주시 중의로 10(충무공동)



<그림> 멤브레인 드라이어 기술 보유(주관기관)

■ 기존 문제점 개선 및 건조효율에 주안점을 둔 Bio-drying 공정 개선

- 기존 공정은 수평 저속회전형 반응기로 동력비를 최소화, 완전 밀폐식으로 악취발생 외부유출을 차단, 가축분뇨와 폐사축 등의 혼합물 15일 이내 발효 가능 등의 장점을 가지고 있으나 발효기 자체가 회전함에 따라 외부공기의 추가 주입이 어렵고 일일 처리용량 증가 시, 단위 발효기의 크기를 키우기에는 한계가 있음.
- 따라서 신규 Bio-Drying 반응기는 상기의 단점을 보완하기 위하여 교반방식을 기존 저속회전형에서 내부 저속 스크류 이송식으로 전환함으로써 외부공기 추가 주입이 가능, 건조/발효 효율 향상 및 건조/발효 일수 단축의 효과 기대
- 또한 단위 발효기의 용량도 증대시킬 수 있어서 일일 처리용량 대비 설치 대수를 감소시킬 수 있으며, 외부 하우징을 제작하여 상·하 2단으로 설치가 가능하게 함으로써 소요 부지를 절감할 수 있도록 함.
- 특히, 기존 사이클론을 이용한 수분제거 방식을 Membrane dryer와 연계한 수분제거 방식으로 보완하여 배출 공기의 수분 제거효율을 높이고, Bio-Drying 반응기의 수분 증발 효율을 향상



<그림> 개량 실증기술 공정 체계

■ 스크류형 방식의 고효율 성형기 적용으로 고품질 고체연료 생산

- 고품질의 고체연료 생산을 위해서는 성형 대상 물질의 물리화학적 특성과 전처리 후 물질의 성상 변화 특성을 파악하여 적절한 성형 기술을 적용해야함. 고체연료 성형기술로는 스크류 성형, 플랫 다이스, 링 다이스 등 다양한 기술이 적용되고 있음.

[표] 성형기술의 종류 및 특성

방식	스크류형 (Screw dies)	평판형 (Flat dies)	링형 (Ring dies)
성형원리	스크류 압력으로 선단부 날 구멍으로 압축성형	회전롤러를 이용하여 평판 날 구멍으로 압축성형	회전 날 구멍으로 고정롤러로 압축성형
원리 그림			
투입수분조건	10~17%	5~8%	8~12%
크기	20~30mm	12~18mm	10~20mm
장점	다소 함수율이 높아도 가능	공기이송가능/전력소모량 적음	공기이송가능/전력소모량 적음
단점	전력소모량 많음 유지보수가 어려움	성형조건 제어가 어려움. (건조상태, 선별상태 등)	시설비가 다소 고가 홀 막힘 현상 빈번함.

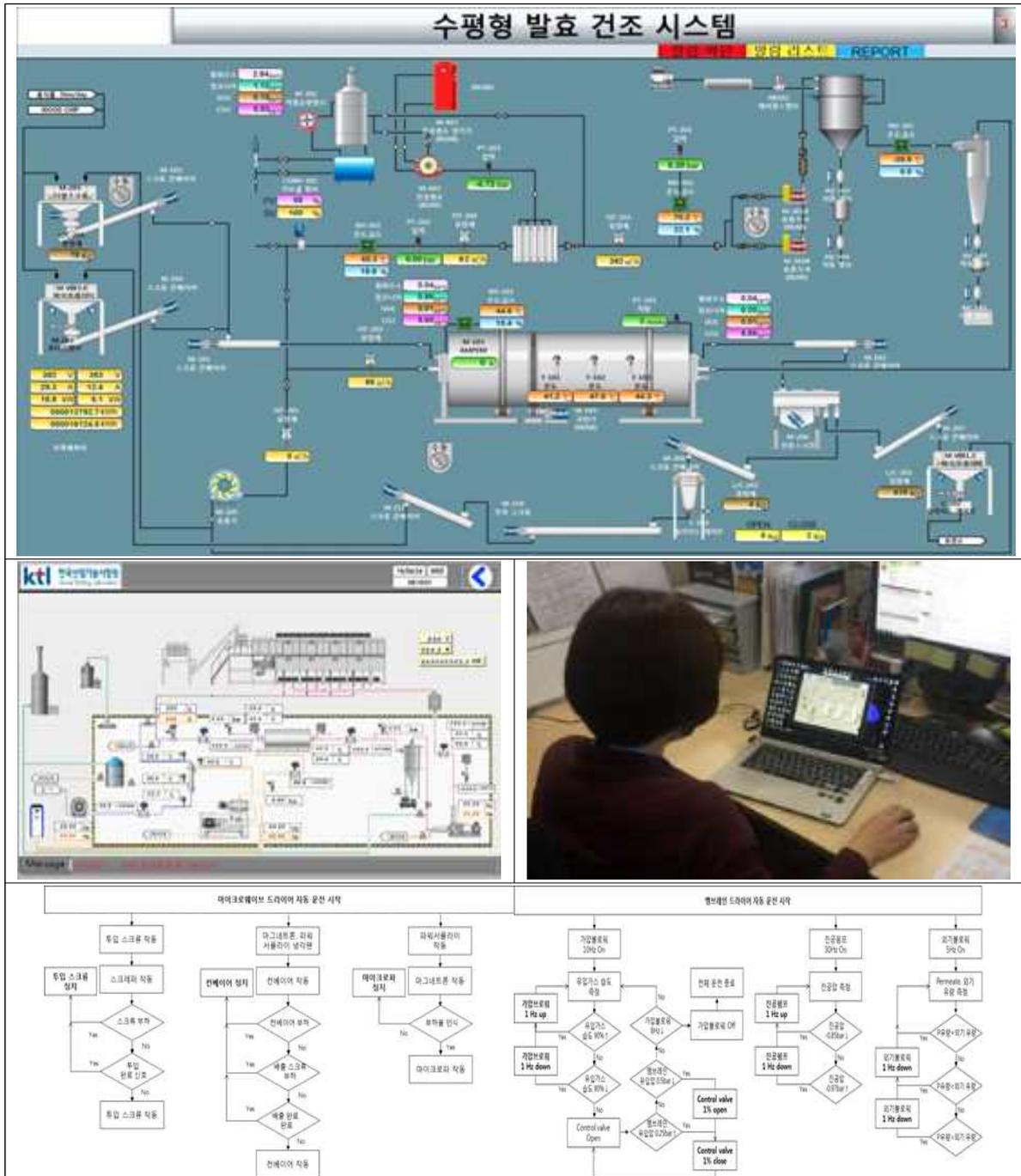
- 플랫 다이스 및 링 다이스 성형장치의 경우 성형 전 투입물의 함수율에 영향을 많이 받아 전처리 조건(함수율, 선별상태 등)에 따라 성형 품질이 달라지는 단점이 존재하나, 스크류 다이스 성형기술은 함수율에 대한 제약이 적어 안정적인 성형이 가능
- 또한 기존 스크류 다이스 기술에 유압실린더 기술을 추가 적용하여 다이스 막힘 현상을 개선하고 고품질의 고체연료 생산이 가능함. 스크류에 의한 이송압축과 유압실린더에 의한 직선 압축력으로 원료를 성형하는 방식으로, 투입물이 스크류에 의해 다이스 부분으로 이송, 분산, 압축된 후 유압실린더에 연결된 다수의 핀을 통해 다이스에 진입함으로써 다이스 홀의 막힘 없이 고품질의 고체연료 생산이 가능함.



<그림> 가축분뇨 고체연료 성형기술 연구 사례(주관기관)

■ 원격 자동 제어 및 모니터링이 가능한 스마트 통합시스템 구축

- 발효건조 시스템으로부터 생산되는 최종제품(고체연료)의 품질 및 수율을 극대화시키기 위해서 Bio-Drying 반응기 내부의 수분 및 온도, 적정 송풍량 관리는 필수적 요소이며, 이에 대한 효율적이고 능동적인 제어가 요구됨.
- 최적 건조효율 제어를 위해 각 단위공정간 유기적인 제어가 가능한 자동운전 프로그램을 개발하고 원격으로 제어 및 모니터링 가능한 스마트 시스템을 구축함으로써 공정 운영의 편의성을 제공함과 동시에 고체연료의 생산품 품질에 대한 예측 및 관리 가능



<그림> 원격 자동 제어 및 모니터링 시스템 구축 사례(주관기관)



- 기존 멤브레인 드라이어 설비와 바이오드라이닝 공정과 연계 적용하기 위하여, 기존 설비의 개보수를 진행하였음. 전체 시스템을 해체하고 단위 설비별로 상태 점검 및 성능을 확인하였으며, 고장 및 파손된 부분을 보수하였음.

[표] 기존 설비 개보수

No.	단위 설비	개보수 내용
1	컨테이너	· 점검 : 하단부 부식 발생, 이동 및 내부 장비 하중에 따른 하단부 변형 발생(찌그러짐) · 개보수 : 하단부 부식 제거, 하부 보강
2	브로워	· 점검 : 이상 없음. 내부 청소 진행
3	집진기	· 점검 : 진공펌프 사용에 따른 외부 변경 발생, 내부 필터 교체 필요 · 개보수 : 외부모양 복원, 내부 녹 제거 및 필터 교체
4	멤브레인 모듈	· 점검 : 헤더 분리 및 내부 청소 진행, 이상 없음 확인
5	진공펌프	· 점검 : 내부 부식 발생, 일부 부품 교체 필요 · 개보수 : 내부 녹 제거 및 부품 교체
6	온습도 및 유량 센서	· 점검 : 작동 확인에 따른 일부 센서 수리 진행



<그림> 컨테이너 하부 보강



<그림> 집진기 외부모양 복원



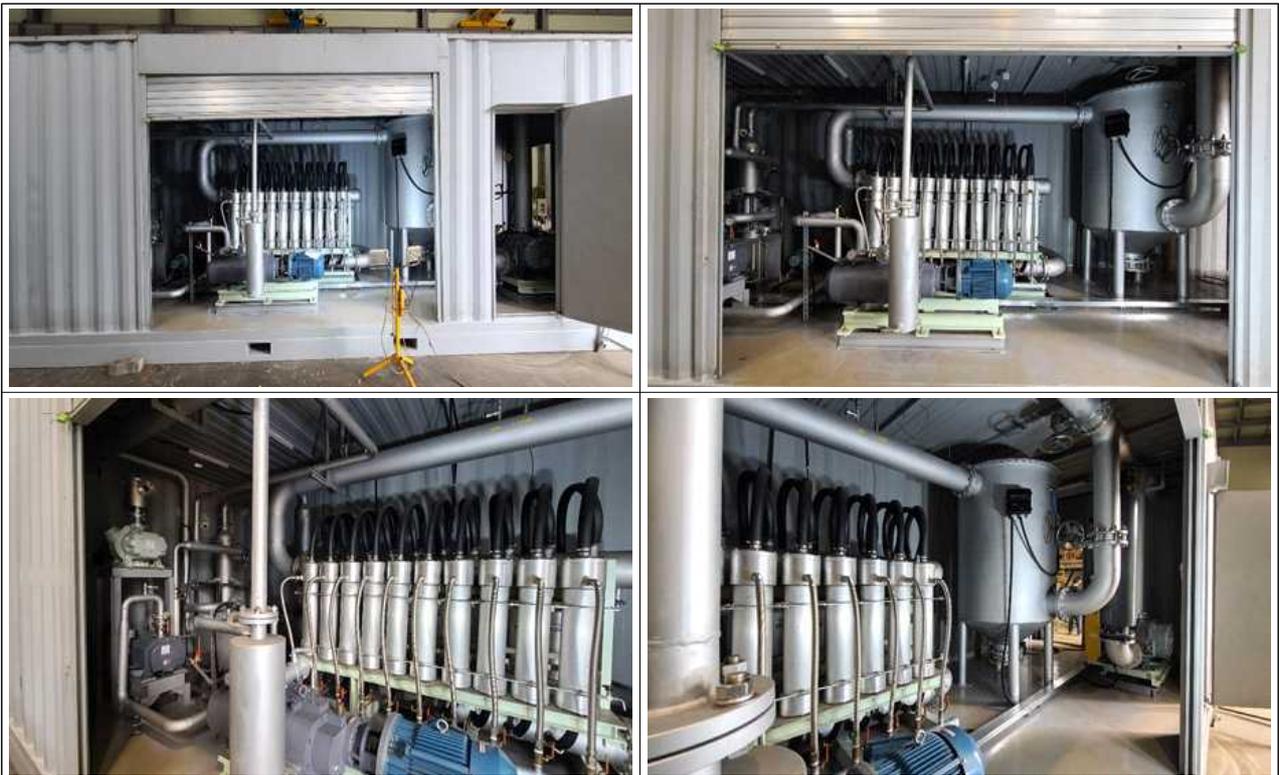
<그림> 집진기 내부 테프론필터 교체 및 세척



<그림> 진공펌프 내부 녹 제거 및 부품 교체

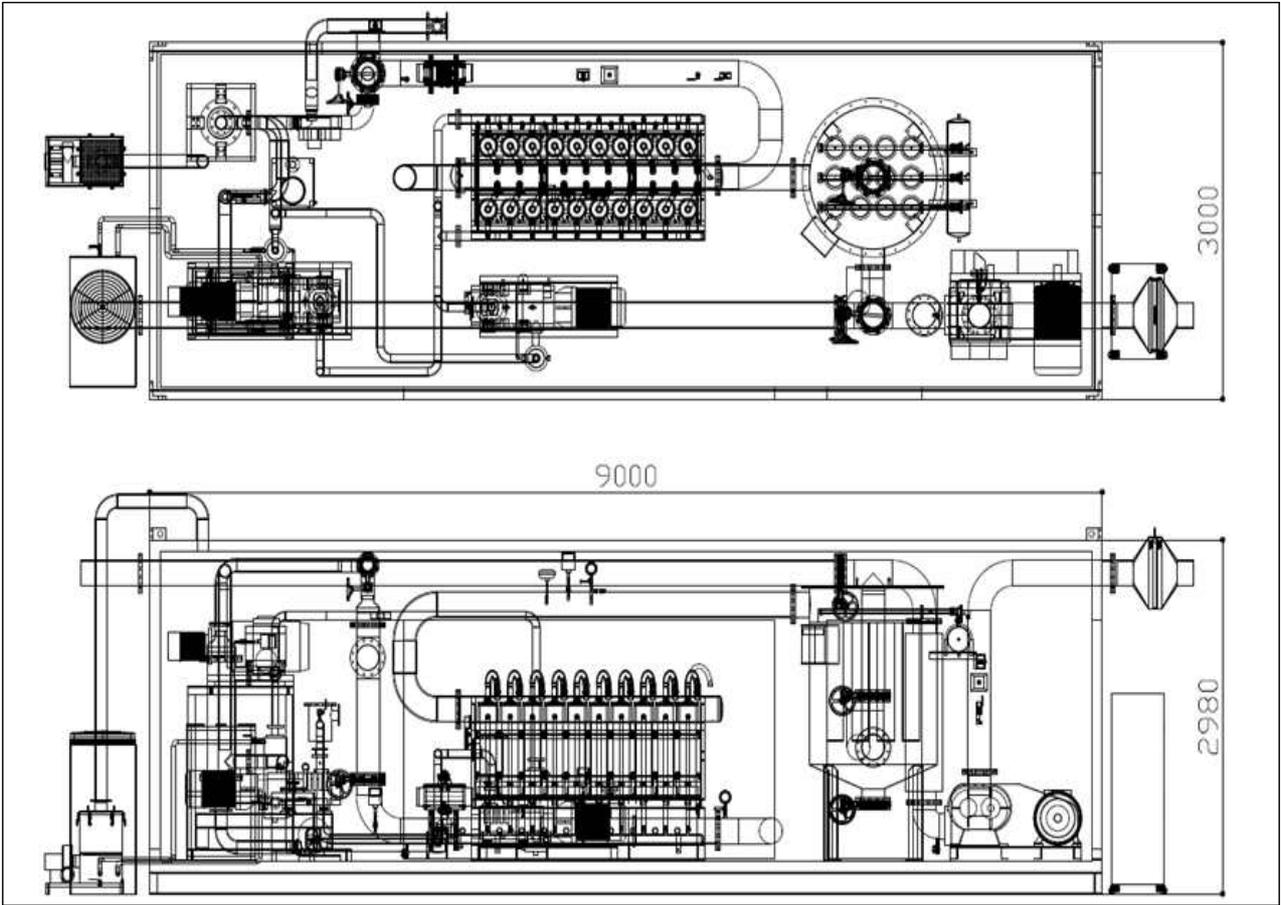


<그림> 멤브레인 모듈 - 헤더 해체 및 점검



<그림> 기존 설비 개보수 완료

- 개보수 완료된 멤브레인 드라이어 설비의 내부 배치 및 구성을 바탕으로 제작도면을 작성하였으며, 이와 같은 제작도면은 바이오드라이잉 공정과의 통합시스템 연계 및 시스템 배치 시에 활용되었음.



<그림> 멤브레인 드라이어 시스템 제작도면

- 기존 설비의 수분제거 성능을 향상시키기 위하여, 기존 스윙가스 공급부를 수정하였음. 수분제거 성능을 높이기 위한 방법으로는 진공펌프를 이용하여 분리막의 공급부/투과부의 압력차를 높게 유지함으로써 수증기 투과율을 높이는 방법 이외에, 공기 등을 스윙가스로 이용하여 투과부 방향으로 공급함으로써 분리막을 투과한 수증기를 효과적으로 제거하는 방법이 있음. 기본 설비에는 스윙가스 공급부가 설치되어 있으나, 각 모듈별로 유량 조절이 용이하지 않고 가스 공급 밸브와 근접하게 설치된 모듈로만 스윙가스가 흐를 수 있는 단점이 있음. 따라서 각 모듈별로 스윙가스 공급을 위한 유량계를 설치하여 모듈별 조절이 가능하도록 설비를 개선하였음. 스윙가스의 유량은 포터블 유량계를 이용하여 쉽게 측정이 가능하도록 함.



<그림> 스윙가스 공급부 개선

## (2) 멤브레인 드라이어 막 오염 분석 연구

- 기존 설비는 악취 물질 및 미량의 슬러지가 포함되어 있는 습공기를 처리하였으며, 이에 재활용을 위하여 기존 사용 분리막에 대한 성능 확인 및 오염도 평가가 필요함. 따라서 가장 손상도가 높을 것이라고 판단되는 유입부 제일 앞단의 분리막 모듈을 분리하여 해체하고 오염도를 분석하였음.

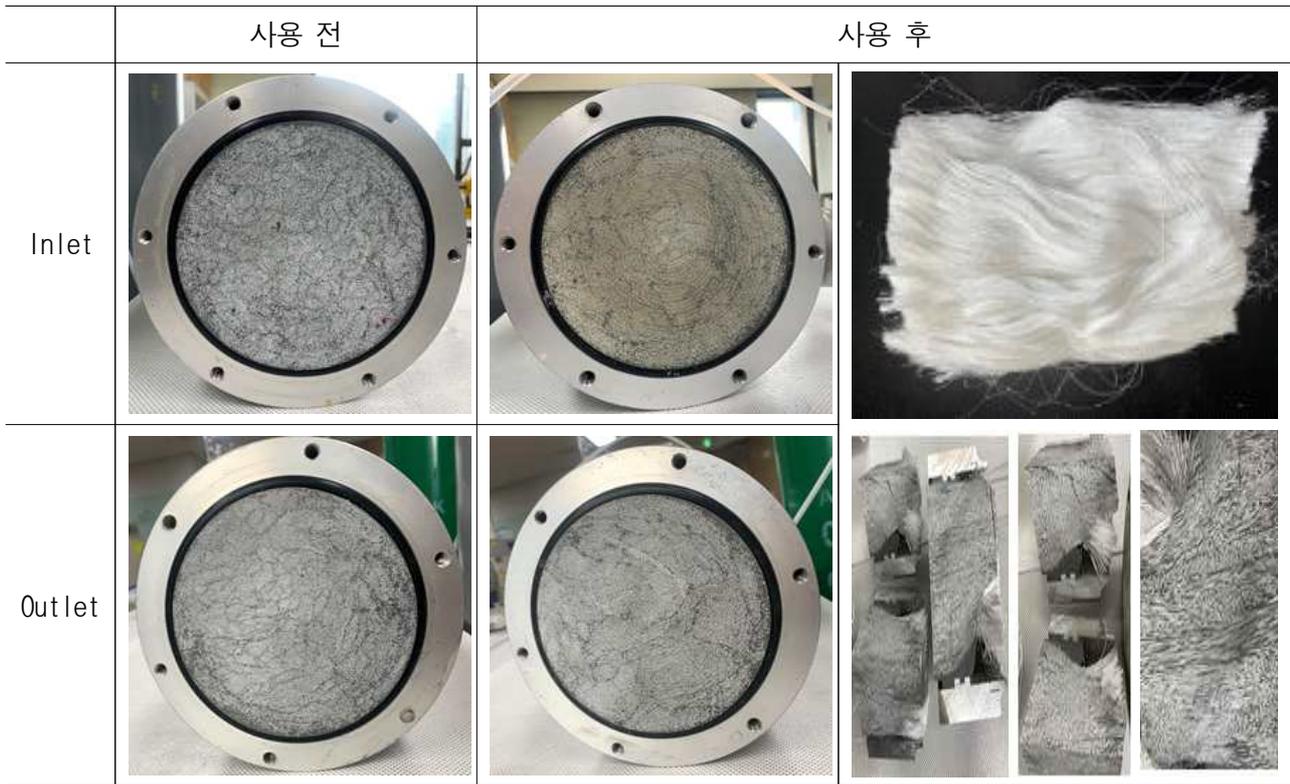


- 세부적인 오염도 분석을 위한 분리막 모듈을 해체하기 전, 기사용 분리막 모듈과 신품 분리막 모듈에 대한 순수가스 투과도 및 혼합가스 선택도를 비교하여 기사용 분리막 모듈에 대한 성능변화를 확인하였음. 또한 분리막 모듈 해체 후, 중공사에 대한 표면 특성과 소재 특성, 오염물 특성을 분석하여 기사용 분리막에 대한 오염도를 평가하고 재사용 가능성 및 교체여부를 확인하였음. 표면특성 분석으로는 SEM을 통해 표면을 관찰하고 오염물이 부착되어 있는 지를 확인하고자 하였으며, FT-IR을 이용해 오염으로 인한 표면 기능기의 변화 및 특정 물질 부착 여부 등을 확인하고자 하였음. 소재 특성으로는 인장강도를 분석하여 기계적 강도의 변화를 분석하였으며, TGA를 이용하여 소재특성 변화 시 나타나는 열적 특성을 확인하였음. 또한 오염물 특성 분석을 위하여 중공사를 산 또는 염기에 침출시켜 유·무기 성분을 용출시키고 이를 TOC 및 ICP로 분석하여 유·무기물의 농도를 확인하였음.

[표] 기사용 분리막의 오염도 평가를 위한 분석 항목 및 내용

항목		분석 내용	비고
성능 특성		O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> 투과도, O <sub>2</sub> ,/N <sub>2</sub> 선택도	-
표면 특성	SEM	표면 확인 및 국부적 원소 분석	-
	FT-IR	표면 기능기 변화 분석	◦ foulant organic species 확인
소재 특성	Tensile strength	기계적 강도 분석	-
	TGA	열화 특성 확인	◦ 건조 ◦ 20-750 °C, 20 °C/min(N <sub>2</sub> gas)
오염물 특성	TOC	유기물 분석	◦ 전처리 방법 ① soaked in 0.1 N NaOH or HCl ② shaking at 100 RPM for 24 h ③ ultrasonicated for 30 min ④ pH 조절 ⑤ pre-filtered with 0.45 μm filter
	ICP/MS	무기물 분석	

- 분리막 모듈 표면 및 중공사를 육안으로 관찰한 결과, 유입부(inlet)에는 색 변화, 약간의 불쾌한 냄새 발생 등 약간의 오염이 관찰되었으나 배출부(outlet, retentate)에는 오염이 관찰되지 않음. 중공사 표면은 육안 상으로 오염이 관찰되지 않았음.



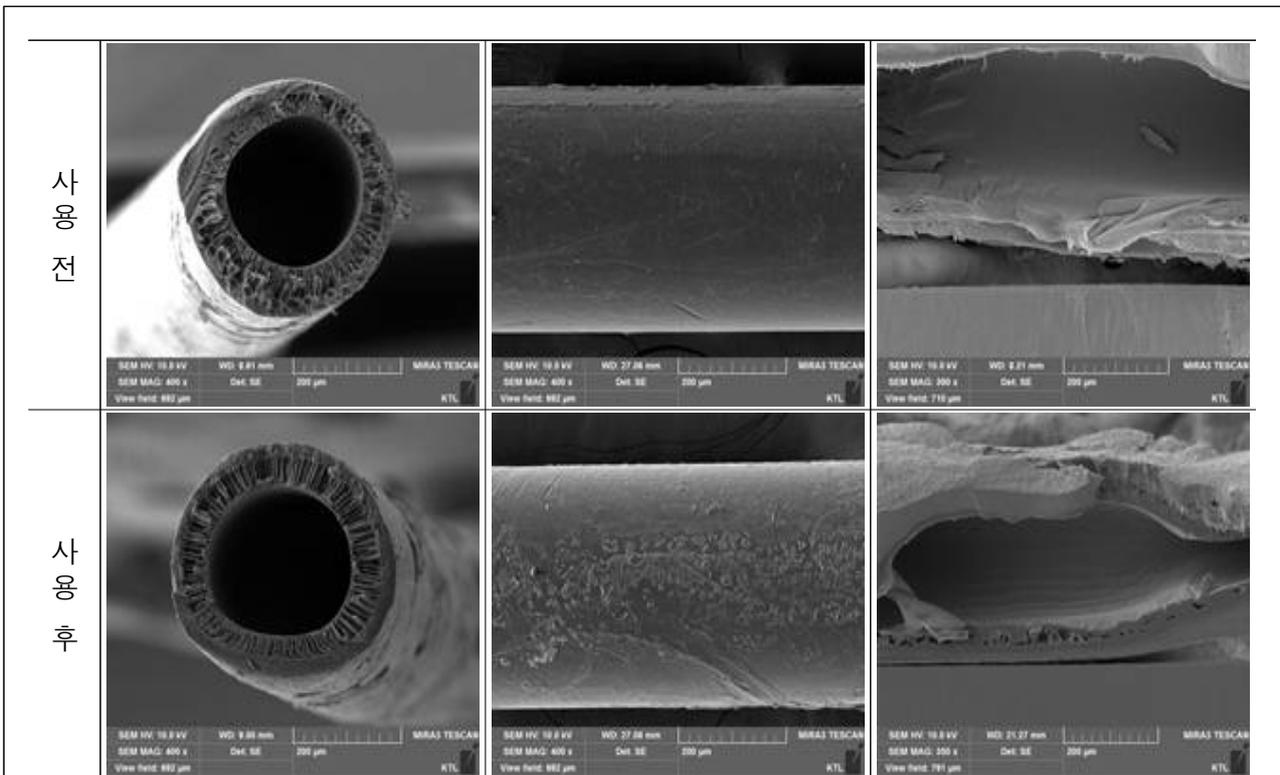
<그림> 분리막 모듈 표면 및 중공사 육안 관찰

- 사용 전·후 분리막 모듈의 성능 변화를 확인하기 위하여, 기사용 모듈 및 신품 모듈에 대해 순수가스( $O_2$ ,  $N_2$ ) 투과도 및 혼합가스 선택도( $O_2/N_2$ )를 측정하였음. 사용 전·후 투과도 및 선택도에 변화 없음을 확인하였으며, 기사용 분리막 모듈 교체없이 그대로 사용하여도 설비 성능에 영향을 미치지 않을 것으로 판단하였음.

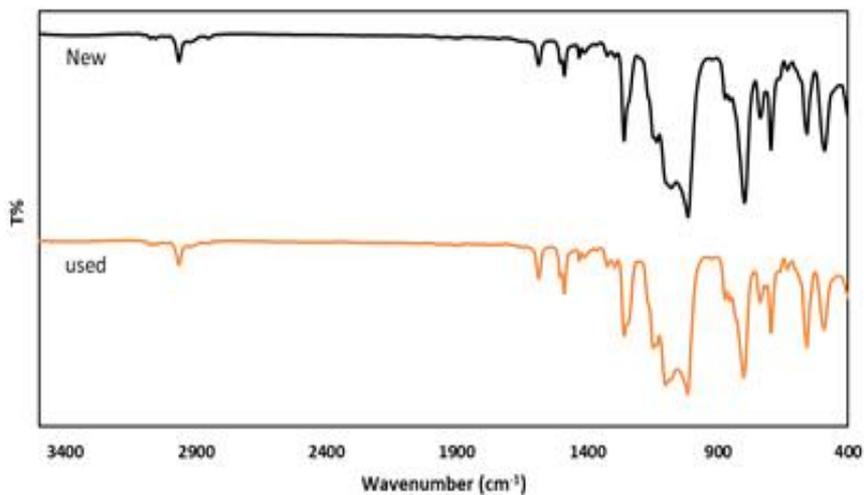


<그림> 분리막 모듈 성능특성 분석

- 사용 전 · 후 중공사 표면의 특성 변화를 확인하기 위해 SEM을 이용하여 중공사 내외부를 관찰하였고, FT-IR을 이용하여 표면 작용기 및 재질 특성을 분석하였음. SEM 분석 결과, 사용 전 중공사 표면에 비하여 사용 후 외부 표면의 거칠기가 증가하고 미세 입자들이 부착되어 있는 것을 확인하였음. 그러나 중공사 내부 표면의 경우 사용 전 · 후 변화가 나타나지 않았고 매우 깨끗한 상태임을 확인하였음. FT-IR 분석 결과 사용 전 · 후 중공사에 대한 표면특성 변화는 관찰되지 않았으며, 이에 SEM으로 관찰한 사용 후 중공사 외부 표면의 변화는 미세 입자들의 부착보다는 사용 환경에 따른 물리적 표면 변화로 판단됨.



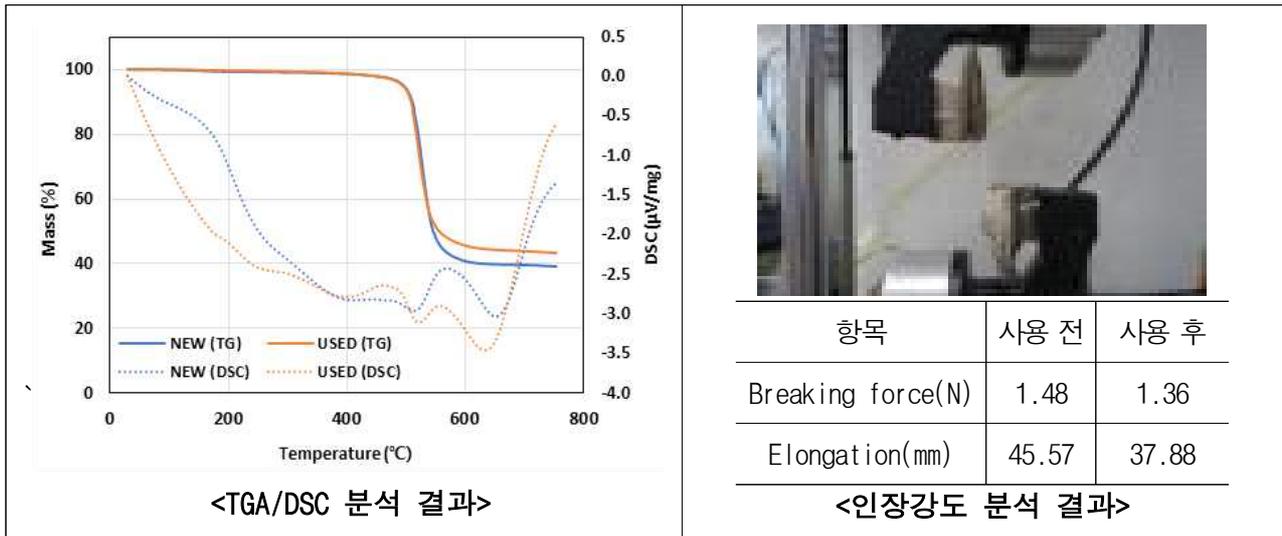
<SEM 분석 결과>



<FT-IR 분석 결과>

<그림> 중공사 표면특성 분석

- 사용 전·후 중공사 소재의 특성 변화를 확인하기 위해 TGA/DSC를 이용한 열분석과 인장강도를 측정하였음. TGA/DCA 분석결과 사용 전·후 중공사의 열적 특성 변화는 관찰되지 않았으나, 인장강도의 경우 사용 후 중공사가 더 낮은 수치를 나타냄. 이는 기존 설비 사용 시 다소 높은 온도(80 ℃ 이상)에 장기간 노출되어 약간의 손상이 나타난 것으로 판단됨.



<그림> 중공사 소재특성 분석

- 사용 후 중공사 내부의 오염물 특성을 확인하기 위해, 일정량의 중공사를 산 또는 염기 용액과 반응시켜 유·무기물을 용출시킨 후 TOC 및 ICP 분석을 수행하였음. TOC 분석 결과, 사용 후 분리막 내부 유기물의 농도가 좀 더 높게 측정되었으며 이는 습공기 내 포함된 유기물 성분에 기인한 것으로 판단됨. ICP 분석 결과, 사용 후 분리막의 무기물에 의한 오염은 발생되지 않음을 확인함.

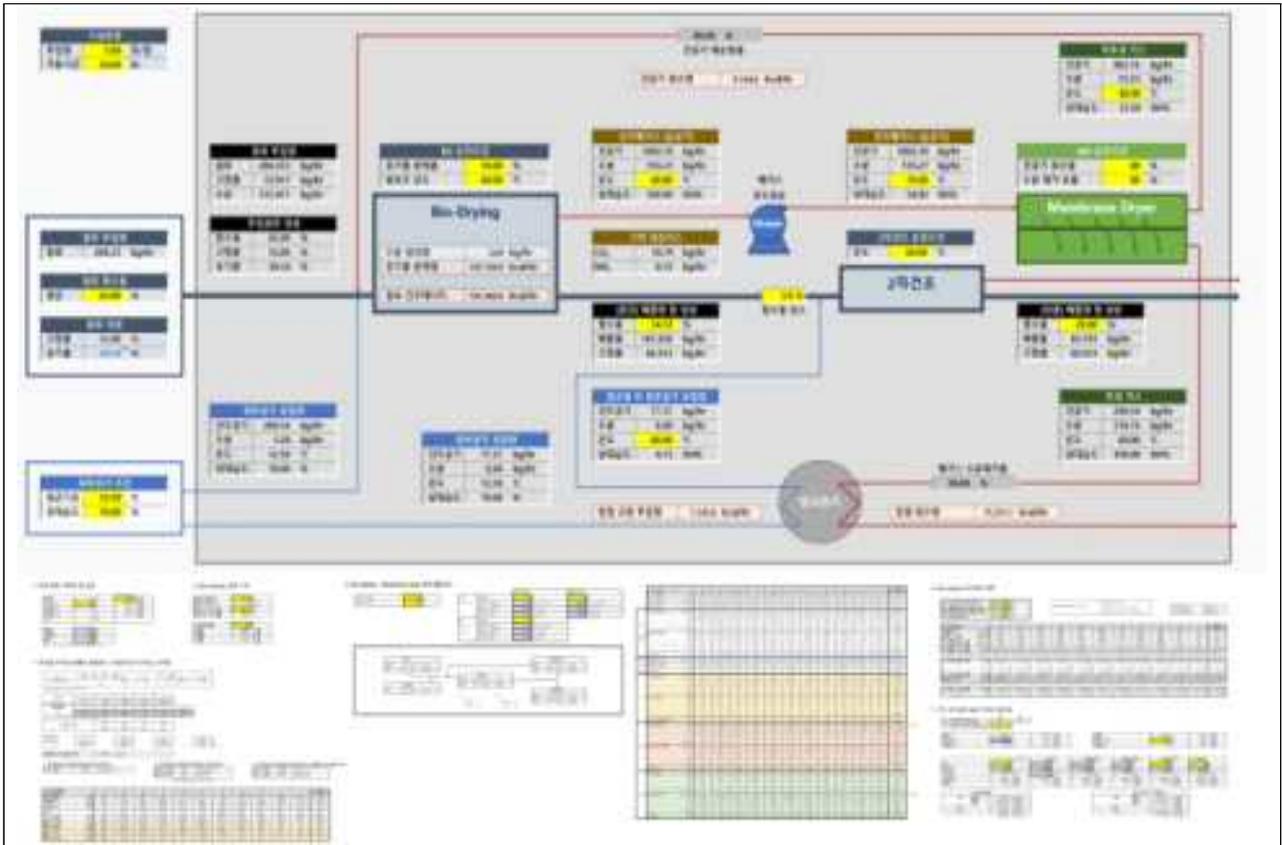


<그림> 중공사 오염물 특성 분석

- 분리막 모듈의 성능, 중공사의 표면특성, 소재특성, 오염물 특성 분석결과, 기사용 분리막 모듈의 성능에는 큰 변화는 없으며 그대로 사용 가능함을 확인하였음. 해체한 분리막 모듈은 신품 모듈로 교체 설치하였음.

### (3) 멤브레인 드라이어 시스템의 물질 및 열수지 재산정

- 발생하는 습공기의 조건에 따른 송풍량을 산정하기 위하여 멤브레인 드라이어 시스템의 물질 및 열수지를 세부적으로 재산정 하였음. 원료 투입량, 건조량(함수율), 바이오드라이잉 운전 조건 등을 입력 변수로 설정하고 이때 필요한 송풍량 및 멤브레인 드라이어 운전 조건이 계산되도록 물질수지 산정 프로그램을 개발하였으며, 개발 프로그램은 한국저작권위원회에 저작권 등록(3건)을 완료하였음.



<그림> 발생 습공기 및 필요 송풍량을 기준으로 한 물질 및 열수지 재산정

<p><b>조건별 물질 및 에너지 수지 산정 및 프로그램 개발</b></p>	<p><b>제 C-2021-037931호</b> 바이오 드라잉-멤브레인 드라이어 융합공정(일반) 물질수지 산정 프로그램  <b>제 C-2021-039732호</b> 바이오 드라잉-멤브레인 드라이어 융합공정(2차 건조) 물질수지 산정 프로그램  <b>제 C-2021-039733호</b> 마이크로파 드라잉-멤브레인 드라이어 융합공정(일반) 물질수지 산정 프로그램</p> <p><b>저작권 등록</b></p>

<그림> 물질 및 에너지 수지 프로그램 저작권 등록(3건)

## 2) Bio-drying 공정 기술개발 및 실증

### (1) 기보유 수평형 발효건조기 운전을 통한 Bio-drying 개선사항 도출

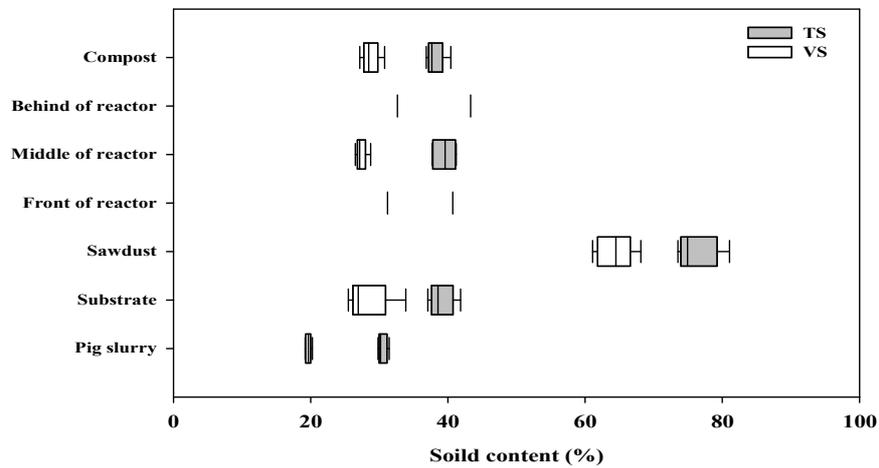
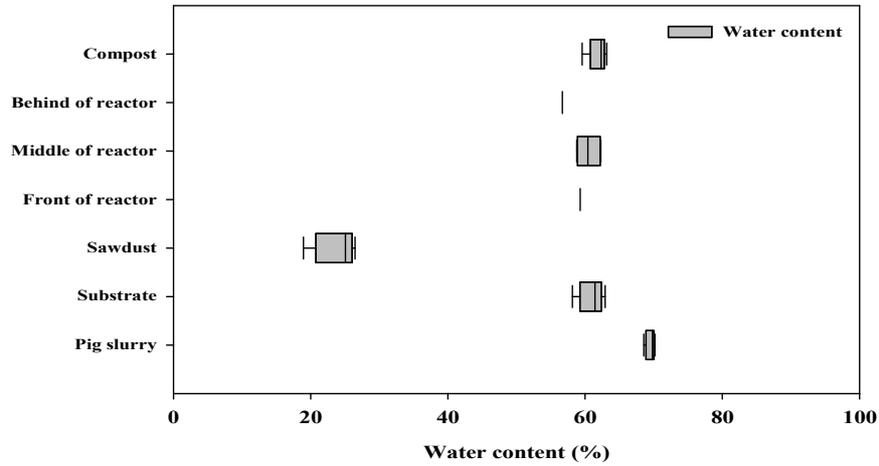
- 본 연구에서는 수평형 반응기를 채택하고 있는 나주시 퇴비업체에서 약 1개월간 돈분 슬러지와 톱밥을 이용하여 퇴비화 반응기를 운전하였으며, 톱밥의 종류와 송풍량의 조건 변화에 따른 반응 단계별 수분, 총 고형물과 유기물함량의 변화를 분석한 결과는 아래의 표와 그림과 같음.
- 삼나무 톱밥을 이용하고 송풍량을 최대로 했을 경우 퇴비화 과정에서 수분은 약 4.46% 감소하였으며, 소나무 톱밥을 이용하고 송풍량을 유동적으로 변경했을 경우 퇴비화 과정에서 수분은 약 8.92% 감소하였음.



<그림> 퇴비화 반응기 공정도 및 샘플링 위치

[표] 퇴비화 반응기 운전 결과(삼나무 톱밥이용, 반응기 송풍량 30%)

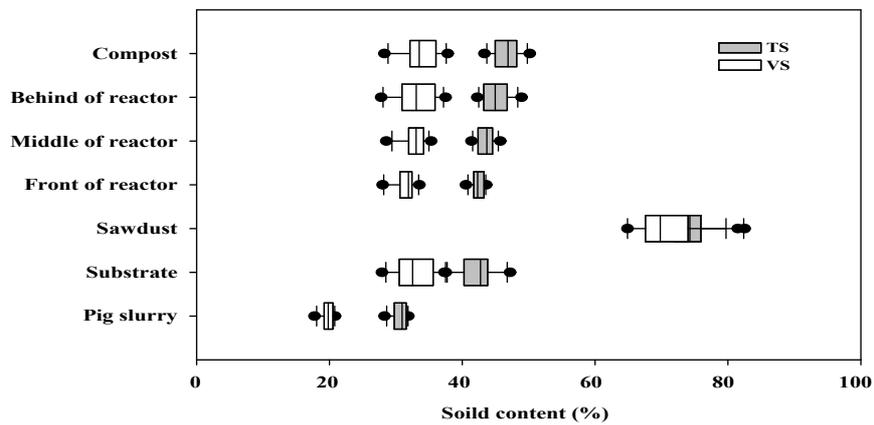
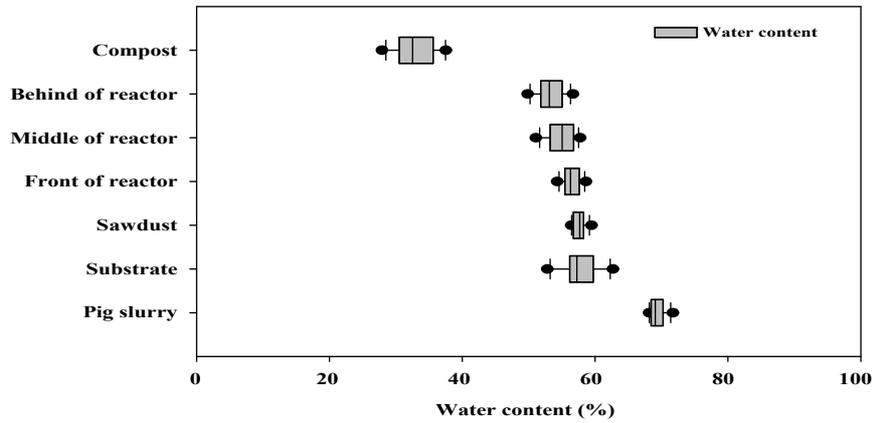
삼나무 톱밥 (1~5day, 송풍량 약 30%)	수분	총고형물	유기물
	%		
① 돈분 슬러지 (Pig slurry)	69.52	30.48	19.62
② 혼합기질 (Substrate)	60.94	39.06	28.22
③ 톱밥 (Sawdust)	23.74	76.26	64.26
④ 반응기 전단 (Front of reactor)			
⑤ 반응기 중단 (Middle of reactor)	60.52	39.48	27.35
⑥ 반응기 후단 (Behind of reactor)			
⑦ 유출 퇴비 (Compost)	61.90	38.10	28.70



<그림> 퇴비화 반응기 운전 결과(삼나무 톱밥이용, 반응기 송풍량 30%)

[표] 퇴비화 반응기 운전 결과(삼나무 톱밥이용, 반응기 송풍량 100%)

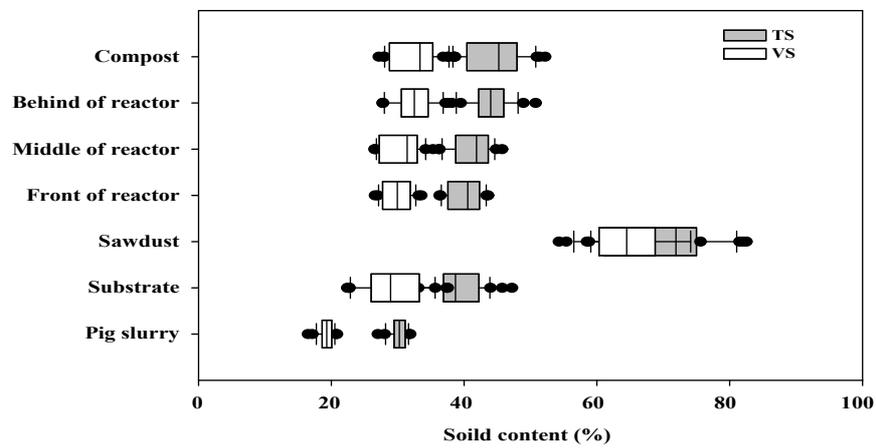
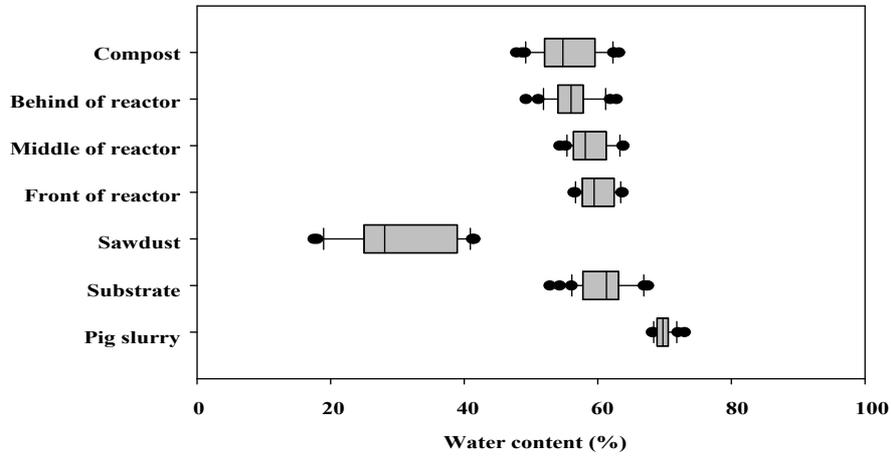
삼나무 톱밥 (6~17day, 송풍량 최대 100%)	수분	총고형물	유기물
	%		
① 돈분 슬러지 (Pig slurry)	69.34	30.66	19.75
② 혼합기질 (Substrate)	57.67	42.33	33.05
③ 톱밥 (Sawdust)	26.07	73.93	69.79
④ 반응기 전단 (Front of reactor)	57.65	42.35	31.37
⑤ 반응기 중단 (Middle of reactor)	56.48	43.52	32.84
⑥ 반응기 후단 (Behind of reactor)	54.92	45.08	33.02
⑦ 유출 퇴비 (Compost)	53.21	46.79	33.73



<그림> 퇴비화 반응기 운전 결과(삼나무 톱밥이용, 반응기 송풍량 100%)

[표] 퇴비화 반응기 운전 결과(소나무 톱밥이용, 반응기 송풍량 유동)

소나무 톱밥 (18~31day, 송풍량 유동적 변경)	수분	총고형물	유기물
	%		
① 돈분 슬러지 (Pig slurry)	70.58	29.42	18.62
② 혼합기질 (Substrate)	63.58	36.42	26.56
③ 톱밥 (Sawdust)	38.85	61.15	59.70
④ 반응기 전단 (Front of reactor)	61.95	38.05	28.37
⑤ 반응기 중단 (Middle of reactor)	60.17	39.83	29.78
⑥ 반응기 후단 (Behind of reactor)	57.10	42.90	32.27
⑦ 유출 퇴비 (Compost)	54.66	45.34	33.63



<그림> 퇴비화 반응기 운전 결과(소나무 톱밥이용, 반응기 송풍량 유동)

- 본 연구 결과, 반응기 내부 공기의 배출·순환이 원활하지 못해 유기물 분해과정에서 생성되는 수분이 응축되어 반응기에 재유입되는 한계로 인해 수분 감소효율이 낮은 한계를 보임.
- 따라서, 충분한 수분 제거를 위해 발효건조 반응기 이후 2차 반응기와 공기 배출·순환을 원활하게 하는 방법 등의 개선이 필요함을 판단하였음.

## (2) Bio-drying 실증시설 설계기준 도출

- 전라남도 나주시 퇴비업체에서 퇴비화 과정을 운전한 결과에서 반응기 내부 공기의 배출·순환이 원활하지 못해 유기물 분해과정에서 생성되는 수분이 응축이라는 한계가 나타났음. 따라서, 본 연구에서는 멤브레인 드라이어 공정을 이용한 2단 반응조를 설계하였으며, 1단 반응조에서 발생한 유기물 분해과정에서의 발생한 에너지를 이용하여 수분건조에 이용하고자 하였음.
- 본 연구에서는 가축분뇨 고체연료 제조원가 분석을 위해 원료(우분) 5 톤/일 제조시설의 물질·에너지 수지를 분석·검토 하였으며, 배기양호(하절기), 배기불량(동절기)로 분류하여 산출하였음. 물질·에너지 수지의 산출근거는 <부록 표 1>에 나타내었음. 배기양호(하절기)의 경우 유기물 분해과정에서 생성되는 수분이 반응기 외부로 배출이 원활하여 추가로 제거할 필요가 없는 경우이며, 배기불량(동절기)의 경우 유기물 분해과정에서 생성되는 수분이 반응기 내부로 재유입되어 추가로 제거하는 과정에서 소모에너지가 필요한 경우임.

### ○ 반응기 용적

- 가축분뇨 고체연료화 시설 물질·에너지 수지 분석을 위한 반응조는 2개의 반응조로 구성되어 있으며, 1단 반응조는 발효건조를 통한 유기물분해와 수분건조를, 2단 반응조는 멤브레인 드라이어 반응조로 1단 반응조에서 발생한 유기물 분해열을 이용하여 추가 건조를 목적으로 함. 각 반응조의 총 용적 및 유효용적은 아래 표와 같음.

[표] 반응조 용적산출

반응조 용적	직경	높이	총용적	유효용적 <sup>1</sup>
1단 반응조(발효 건조)	12.00	3.00	84.78	59.35
2단 반응조(멤브레인 드라이어)	12.00	1.95	35.82	25.07
용적비중(ton/m <sup>3</sup> )	0.80			

<sup>1</sup> 총 용적의 70% 반영.

### ○ 원료 성상

- 가축분뇨 고체연료화의 원료는 우분과 톱밥으로 구성되어 있으며, 각각의 구성비는 아래의 표와 같음.

[표] 우분 성상분석 산출 기준

우분 수분함량 65% 기준	수분	총고형물	휘발성고형물	잔류성고형물
계(%)	65.0	35.00	27.30	7.70
분(%)	41.1	22.10	15.80	6.30
톱밥(%)	23.9	12.90	11.50	1.40
용적비중(ton/m <sup>3</sup> )	0.80			

**[표] 우분 성상분석 산출 결과**

우분 수분함량 65% 기준	수분	총고형물	휘발성고형물	잔류성고형물
계(kg/day)	3,250	1,750	1,363	387
분(kg/day)	2,054	1,106	790	316
톱밥(kg/day)	1,196	644	573	71
용적비중(ton/m <sup>3</sup> )	6.25			

○ 유기물 분해율

- 우분의 유기물 분해는 1단 반응조에서만 일어난다고 가정하였으며, 우분과 톱밥의 분해율 산출 기준은 산출 결과는 다음 표와 같음.

**[표] 1단 반응조 유기물 분해율 산출 기준**

유기물분해율 기준	우분	톱밥
1단(%)	28.0	1.5

**[표] 1단 반응조 유기물 분해량 산출 결과**

유기물 분해율 기준	계	우분	톱밥
유기물 분해량(kg/day)	230	221	9
잔여 유기물(kg/day)	1,133	569	564

○ 수분발생량

- 1kg의 유기물이 분해될 때 0.6kg의 수분이 발생하며, 이 경우는 동절기, 배기불량의 조건에서 수분이 반응기 내부로 응축되는 것으로 가정함. 유기물 분해에 의한 수분 발생량 산출 기준과 결과는 아래 표와 같음.

**[표] 유기물 분해에 의한 수분발생량 산출 기준(동절기, 배기불량)**

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2$
유기물분해량 × (108 ÷ 180) = 유기물분해량 × 0.6

**[표] 유기물 분해에 의한 수분발생량 산출 결과(동절기, 배기불량)**

유기물분해율 기준	계	우분	톱밥
수분발생량(kg/day)	138	133	5

○ 유기물 분해 및 수분 증발 소모에너지

- 유기물 분해과정에서 발생하는 발열량과 발열량으로 인해 수분이 증발될 수 있음. 1kg의 원료 발열량과 수분 증발에 필요한 에너지량 산출 기준과 산출 결과는 아래 표와 같음.

[표] 유기물 분해 발열량 및 수분증발량 산출 기준

에너지 기준	우분	톱밥
유기물 분해 발열량(kcal/kg)	4,500	3,500
수분 증발 에너지량(kcal/kg)	800	800

[표] 유기물 분해 소모에너지, 수분증발량 및 수분잔여량 산출 결과(배기양호, 하절기)

에너지 기준	계	우분	톱밥
1단 반응조 유기물 분해 발열량(kcal/kg) <sup>1</sup>	1,025,260	995,177	30,083
1단 반응조 수분증발량(kg) <sup>2</sup>	1,282	1,244	38
1단 반응조 수분잔여량(kg) <sup>3</sup>	1,968	810	1,159

<sup>1</sup> 유기물 분해량 x 유기물 분해 발열량, <sup>2</sup> 유기물 분해 소모에너지 ÷ 수분 증발 에너지량, <sup>3</sup> 원료 수분 - 수분 증발량.

[표] 유기물 분해 소모에너지, 수분증발량 및 수분잔여량 산출 결과(배기불량, 동절기)

에너지 기준	계	우분	톱밥
1단 반응조 유기물 분해 발열량(kcal/kg) <sup>1</sup>	1,025,260	995,177	30,083
1단 반응조 수분증발량(kg) <sup>2</sup>	1,282	1,244	38
1단 반응조 수분잔여량(kg) <sup>3</sup>	2,106	942	1,164

<sup>1</sup> 유기물 분해량 x 유기물 분해 발열량, <sup>2</sup> 유기물 분해 소모에너지 ÷ 수분 증발 에너지량, <sup>3</sup> 원료 수분 - 수분 증발량.

○ 1단 반응조 설계 기준

- 1단 반응조의 유기물 분해, 수분 증발 등 물질·에너지 수지 분석 결과를 통해 산출한 1단 반응조의 설계 기준은 다음과 같음.

[표] 1단 반응조 설계 기준(배기양호, 하절기)

1단 반응조 설계기준 기준	계	우분	톱밥
총고형물(kg/day)	1,520	885	636
잔여 수분량(kg/day)	1,968	810	1,159
총량(kg/day)	3,489	1,694	1,795
수분 함량(%)	56.42	47.79	64.58
유출용적(m <sup>3</sup> /day)	6.8		
평균용적(m <sup>3</sup> /day) <sup>1</sup>	6.5		
체류시간(day) <sup>2</sup>	9.1		

<sup>1</sup>  $\frac{(\text{원료 유입용적} + 1\text{단 반응조 유출용적})}{2}$

<sup>2</sup> 1단 반응조 유효용적 ÷ 평균용적.

[표] 1단 반응조 설계 기준(배기불량, 동절기)

1단 반응조 성상 기준	계	우분	톱밥
총고형물(kg/day)	1,520	885	636
잔여 수분량(kg/day)	2,106	942	1,164
총량(kg/day)	3,627	1,827	1,800
수분 함량(%)	58.08	51.58	64.68
유출용적(m <sup>3</sup> /day)	6.5		
평균용적(m <sup>3</sup> /day) <sup>1</sup>	6.4		
체류시간(day) <sup>2</sup>	9.5		

<sup>1</sup>  $\frac{(\text{원료 유입용적} + 1\text{단 반응조 유출용적})}{2}$

<sup>2</sup> 1단 반응조 유효용적 ÷ 평균용적

○ 2단 반응조 설계 기준

- 2단 반응조의 유기물 분해는 일어나지 않으며, membrane dryer를 통해 수분함량을 20, 25%까지 건조시킨다고 가정하였을 때 산출한 2단 반응조의 설계 기준은 아래 표와 같음.

[표] 2단 반응조 설계 기준(배기양호, 하절기)

2단 반응조 설계기준 기준	수분함량 20% 기준	수분함량 25% 기준
수분증발 요구량	1,588	1,462
건조 필요 에너지	1,262,145	1,160,812
잔여 수분량	380	507
총량	1,900	2,027
유출용적(m <sup>3</sup> /day)	4.75	5.07
평균용적(m <sup>3</sup> /day) <sup>1</sup>	5.63	5.79
체류시간(day) <sup>2</sup>	4.45	4.33

<sup>1</sup>  $\frac{(2\text{단 반응조 유입용적} + 2\text{단 반응조 유출용적})}{2}$

<sup>2</sup> 2단 반응조 유효용적 ÷ 평균용적.

[표] 2단 반응조 설계 기준(배기불량, 동절기)

2단 반응조 설계기준 기준	수분함량 20% 기준	수분함량 25% 기준
수분증발 요구량	1,588	1,462
건조 필요 에너지	1,270,740	1,169,407
잔여 수분량	380	507
총량	1,900	2,027
유출용적(m <sup>3</sup> /day)	4.75	5.07
평균용적(m <sup>3</sup> /day) <sup>1</sup>	5.63	5.79
체류시간(day) <sup>2</sup>	4.45	4.33

<sup>1</sup>  $\frac{(2\text{단 반응조 유입용적} + 2\text{단 반응조 유출용적})}{2}$

<sup>2</sup> 2단 반응조 유효용적 ÷ 평균용적.

### (3) Bio-drying 실증시설 물질·에너지 수지 산출

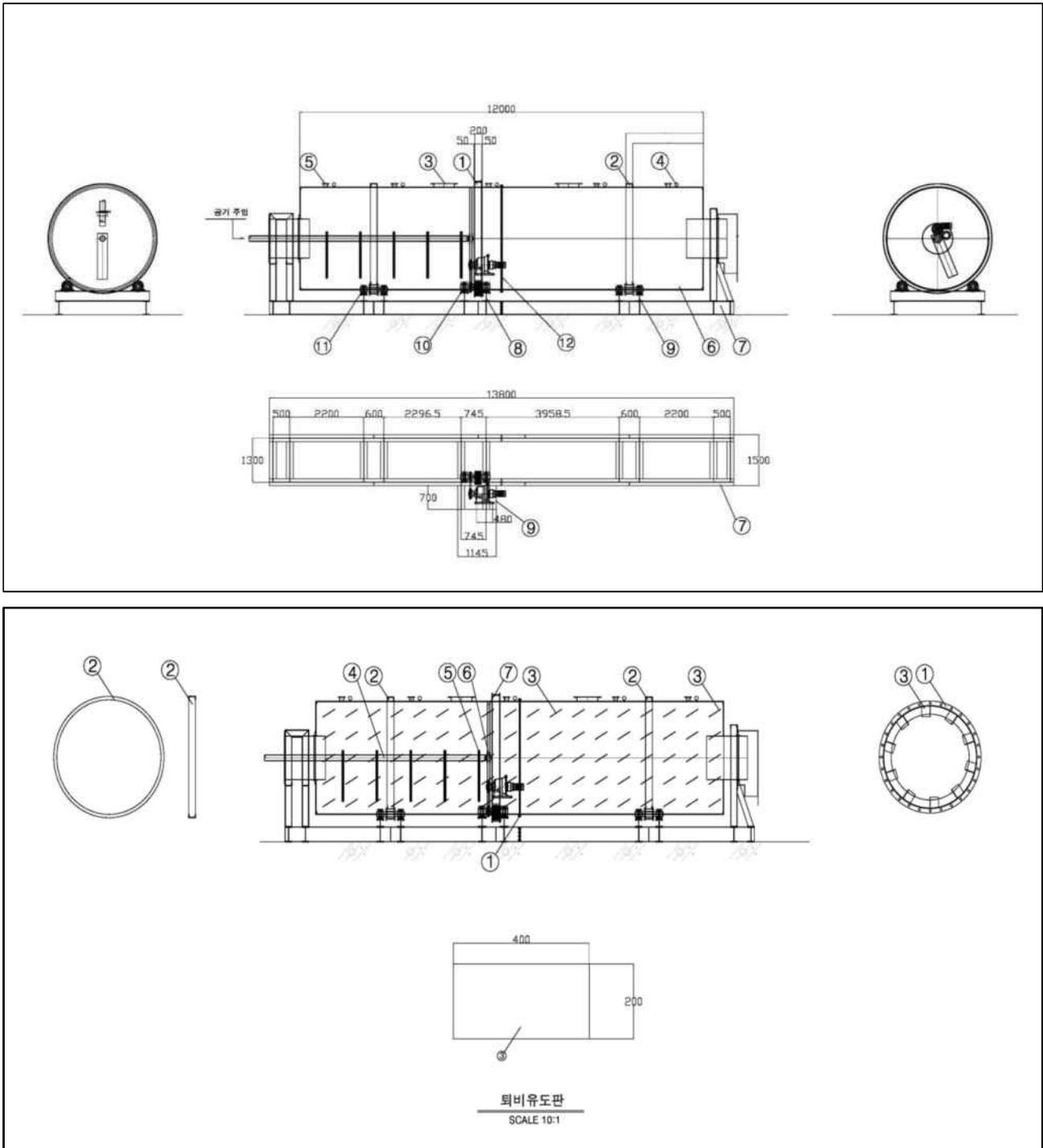
- 상기 도출된 설계 기준으로 5톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질·에너지 수지 산출 결과는 아래 표와 같음.
- 5톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질수지 산출결과를 통해, 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 가축분뇨 고체연료 생산량은 각각 1,900, 2,027 kg/day로 산출되었음. 5톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 에너지수지 산출결과를 통해, 1차 발효건조 반응기에서 유기물분해 발열량은 1,025,260 kcal/day로 산출되었으며, 가축분뇨 고체연료의 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 필요한 에너지는 1,169,407 ~ 1,381,018 kcal/day로 산출되었음

[표] 5톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질·에너지 수지 산출 결과

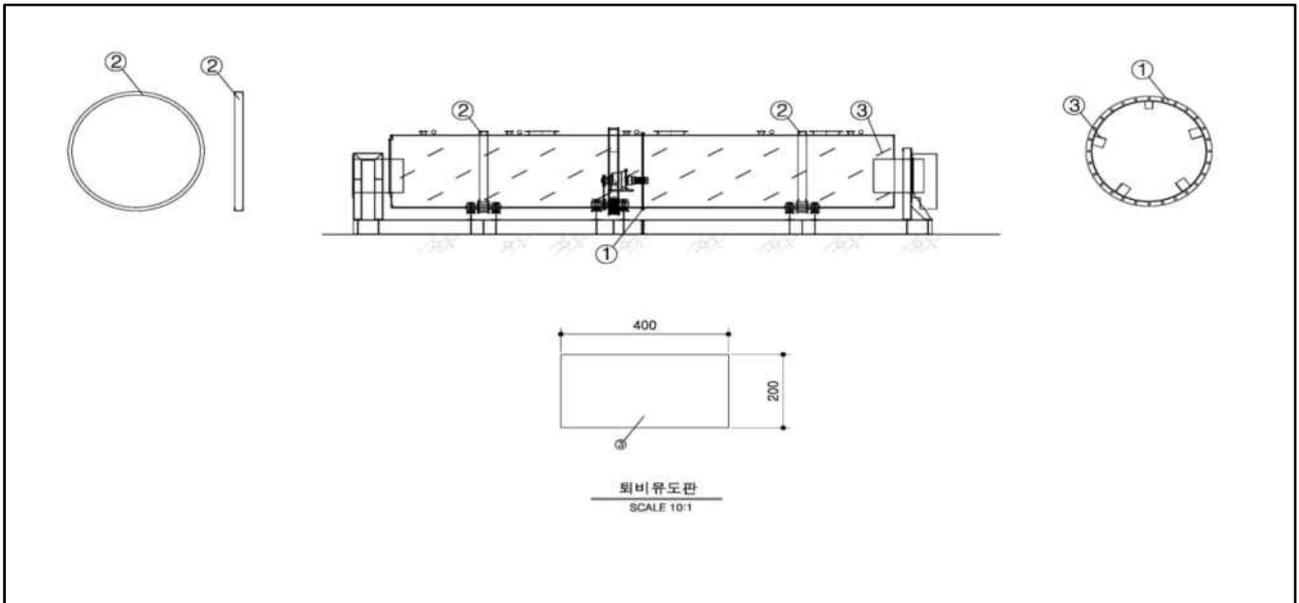
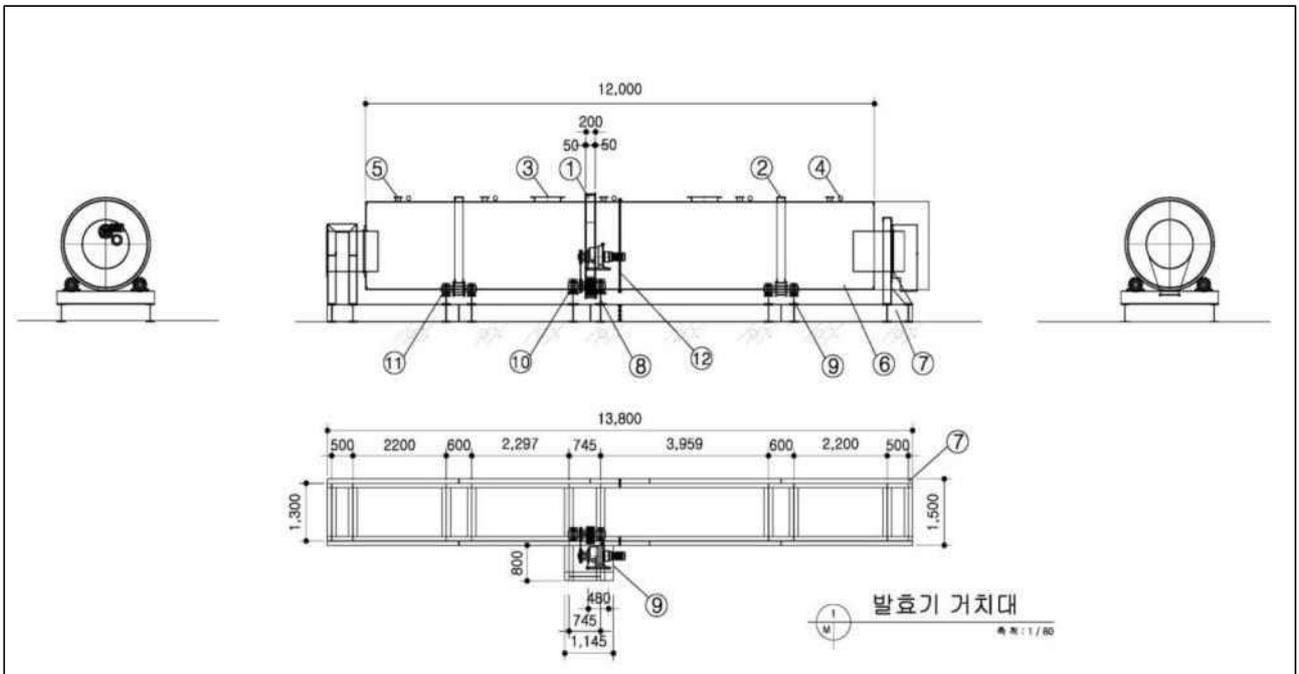
		공정구분 (5 ton/day)	하절기		동절기	
		목표 수분함량(%)	20	25	20	25
투입물질	우분	유입량(kg/day)	5,000	5,000	5,000	5,000
		수분 함량(%)	65	65	65	65
		수분 함량(kg/day)	3,250	3,250	3,250	3,250
		총고형물 함량(%)	35	35	35	35
		총고형물 함량(kg/day)	1,750	1,750	1,750	1,750
		유기물 함량(%)	27.3	27.3	27.3	27.3
		유기물 함량(kg/day)	1,363	1,363	1,363	1,363
		용적비중(ton/m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	0.8	0.8
		유입용적(m <sup>3</sup> /day)	6.3	6.3	6.3	6.3
건조과정	발효건조	유기물 분해량(kg/day)	230	230	230	230
		유기물분해 발열량(kcal/day)	1,025,260	1,025,260	1,025,260	1,025,260
		유기물 잔여량(kg/day)	1,133	1,133	1,133	1,133
		수분 증발량(kg/day)	1,282	1,282	1,282	1,282
		수분 발생량(kg/day)	-	-	138	138
		잔여 수분량(kg/day)	1,968	1,968	2,106	2,106
		총고형물 함량(kg/day)	1,520	1,520	1,520	1,520
		수분 함량(%)	56.42	56.42	58.08	58.08
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	6.8	6.8	6.5	6.5
		일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)	6.5	6.5	6.4	6.4
	멤브레인 드라이어 이용	수분증발 요구량(kg/day)	1,588	1,462	1,726	1,600
		수분증발 필요에너지(kcal)	1,270,740	1,169,407	1,381,018	1,279,685
		수분증발 후 수분함량(kg/day)	380	507	380	507
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	4.8	5.1	4.8	5.1
일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)		5.8	5.9	5.6	5.8	
제품생산	가축분뇨 생산량(kg/day)	1,900	2,027	1,900	2,027	

#### (4) Bio-drying 실증시설 설계 및 제작

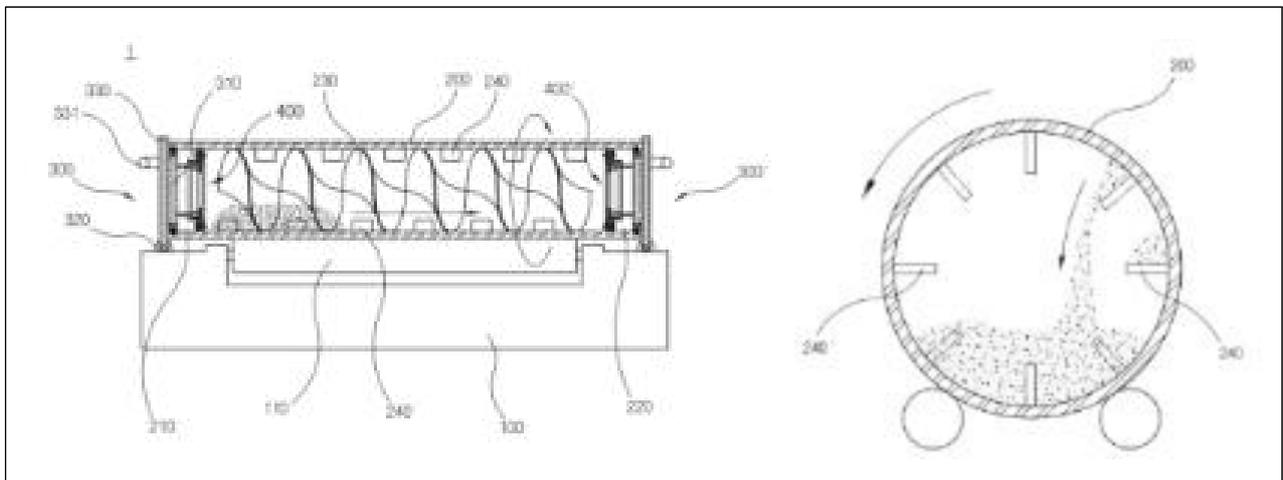
- 상기 도출된 설계기준, 물질·에너지 수지를 바탕으로 1차 발효건조기 및 2차 건조기의 설계를 진행하였으며, 설계 도면은 다음 그림에 나타내었음. 발효 건조기 내부는 공동연구기관인 비케이환경에서 보유하고 있는 특허기술인 뒤집기판을 적용하여 우분의 이송과 교반을 효율적으로 향상시켜 발효 효율의 향상을 도모하였음.



<그림> 1차 발효건조기(Ø3,000) 설계도면



<그림> 2차 발효건조기(Ø1,950) 설계도면



<그림> 적용 특허기술 - 뒤집기판 설치

- 설계도면을 바탕으로 1차 발효건조기 및 2차 건조기를 제작함.



<그림> 1차 발효건조기 및 2차 건조기 제작

### 3) 가축분뇨 고체연료화를 위한 최적 펠릿성형기 선정 및 도입

#### (1) 최적 펠릿성형기 선정을 위한 사례조사

- 가축분뇨 고체연료 성형을 위한 최적 성형기를 선정하고자 펠릿 성형기를 보유하고 있거나 사용하고 있는 참고시설을 방문하여 설비에 대한 조사를 수행하고 자문회의를 진행하였음.

참고 시설	① ㈜미광 (유기질비료 제작업체)
조사 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경주공장은 성형기 운영 중이나, 경산공장은 기계 정비 중</li> <li>· 펠릿화 적정 수분은 약 12~15% 정도. 우분의 경우 25% 정도</li> <li>· 우분의 경우 성형이 어려워 수율이 낮음.(60~70% 정도)</li> <li>· 선별체 size는 5mm 정도</li> <li>· 성형 과정에서 수분 증발량은 약 2~3% 정도</li> <li>· 성형 후 고체연료 함수율이 15~20%일 경우, 유통시에 뭉침현상 발생. 유통(보관)까지 고려한다면 10% 이하로 건조 필요</li> <li>· 성형 방식은 링다이즈 방식이며, 성형기는 외산 다종의 성형기를 이용. 특히 미국 CPM사, 중국산 성형기 이용 중</li> <li>· 본 연구과제에서의 처리규모가 작으니 국산제품 이용하는 것이 용이할 것으로 판단.</li> </ul>

참고 시설	② 규원테크 (가축분뇨 고체연료 연소기(보일러) 제작업체)
조사 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경북도-한전 시범사업으로 축분고체연료를 이용한 열병합발전 사업 추진 중. 축분펠릿보일러 등 내년까지 3개 공장 설치 예정(현재 선정 중)</li> <li>· 성형기로는 우분의 경우 링다이즈 방식에 비해 덜 민감한 조건에서 사용 가능한 플랫다이즈 방식을 추천</li> <li>· 성형공정 전단(건조시설), 후단(냉각, 포장, 출하) 공정 조합이 중요</li> <li>· 성형 후 건조방식은 최종제품의 품질이 떨어지는 단점 존재, 건조 후 성형방식은 성형이 어려운 문제 존재. 성형 후 건조 방식이 성형시 유리하며 제품 품질 유지를 위해 로타리킬른 등 충격이 많이 가는 건조방식 제외</li> <li>· 규원테크 보일러용 펠릿은 8 mm(생산성 높음), 길이는 약 30 mm 정도</li> <li>· 축분 펠릿화시 적정 함수율은 14~15%, 리그닌이 열과 작용하여 접착제 역할을 함. 함수율이 너무 낮으면 성형이 잘 되지 않음.</li> <li>· 펠릿 제조 후 건조 공정이 중요. 축분펠릿보일러(열풍)으로 후처리 추천</li> <li>· 우분펠릿 착화시 기름버너+목재펠릿을 이용하여 800 ℃ 이상 승온 후 우분펠릿 투입</li> <li>· 성형기 여유율 두어 구매 권고(사용자 편의성 고려)</li> <li>· 성형 후 쿨러는 반드시 필요</li> </ul>



<그림> 펠릿성형기 관련 참고시설 방문 및 설비 조사

## (2) 최적 펠렛성형기 구축을 위한 현장조사 및 성형실험 수행

- 국내 펠렛 성형기 제작업체를 방문하여 성형 공정, 투입 조건, 소요동력, 가격 등을 조사하였음. 펠렛 성형 공정은 투입원료의 특성(입자 크기, 함수율 등)이 매우 중요하며 원료의 특성에 따라 펠렛 다이의 홀 등 변경이 필요하므로 제작업체에서는 실제 사용원료(우분)를 바탕으로 펠렛 시험생산을 권고하고 있음. 투입 함수율, 가격, 소요 동력 등을 고려하여 B사와 C사의 펠렛 설비로 시험생산한 후 펠렛 결과를 비교하여 최종 제작업체를 선정하고자 하였음.

[표] 펠렛 성형기 제작업체 방문 및 현장 조사

구분	펠렛 성형기 제작업체		
	A 사	B 사	C 사
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대구시 달서구 소재</li> <li>· 플랫다이 주력</li> <li>· 우분 펠렛화 경험 다수 보유</li> <li>· 플랫다이 성형기 분야 국내에서 가장 유명한 업체</li> <li>· 소모품(die, 롤러) 교체주기 (1,000~1,500 hr)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경기 화성시 소재</li> <li>· 대용량 링다이 주력</li> <li>· 세계 최고 플랫다이 업체 독일 아만다스칼 카피설계 증으로 플랫다이 대응 가능</li> <li>· 우분/계분 성형 경험 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 경북 봉화군 소재</li> <li>· 링다이 방식</li> <li>· 비드(환) 형태 생산물</li> <li>· 중국에서 제작</li> </ul>
추천 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 플랫다이 (원료 특성상 플랫다이가 유리)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 플랫다이 (원료 특성상, 소용량 시 플랫다이가 유리)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 링다이 (가동률, 고장률 측면에서 링다이가 유리)</li> </ul>
공정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선별→성형→냉각</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선별→성형→냉각</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선별→성형→2차성형(환)+냉각→냉각</li> </ul>
전처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 8~10 mm 이내 선별 (거친 톱밥 정도)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 6~8 mm 이내 선별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 5 mm 이내 선별</li> </ul>
투입 함수율	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 10~15% 이하(15% 최적)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 5~25% 이내(15% 최적)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 30~40% 이내</li> </ul>
성형 후 함수율 감소율	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 냉각과정 중 5% 가량 감소 (15% → 10%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 냉각과정 중 2~3% 가량 감소 (15% → 12%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 6.12% 감소(한경대 실험값) (31.75% → 25.63%)</li> </ul>
소요 동력	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 75~100 HP(우분 0.5 ton/h 기준)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 50 HP(우분 0.5 ton/h 기준)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 45 HP(우분 1 ton/h 기준) (RING 30 HP)</li> </ul>
가격	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 약 6,000~7,000 만원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 약 3,000 만원 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 약 2,500 만원</li> </ul>
시험 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험생산 필수(비용 발생)</li> <li>· 원료 20 kg 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험생산 필수</li> <li>· 원료 100 kg 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험생산 권고</li> <li>· 원료 50 kg 필요</li> </ul>
비고	 <p>지름 6 mm × 길이 15~20 mm</p>		

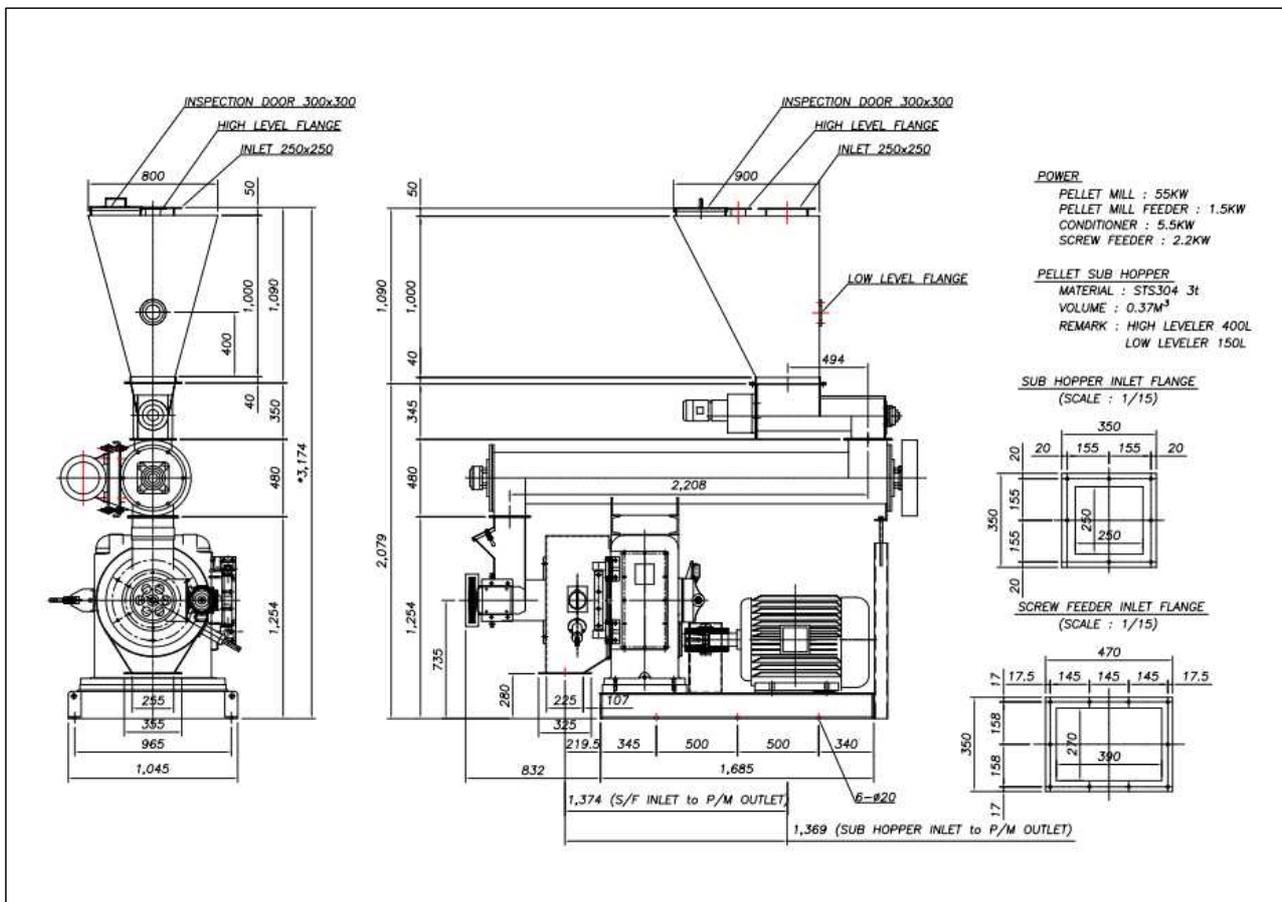
- 군위축협이 협조로 건조된 우분을 입수하여 7-8 mm의 체로 선별한 후, B사와 C사를 방문하여 시험생산을 진행하였음. 시험 결과, 생산 고체연료의 품질, 추가 부대설비, A/S 대응 등을 고려하여 B사 링다이 방식 성형기로 최종 결정함.

[표] 펠릿 성형기 선정을 위한 시험생산 결과

업체	B사		C사
성형 방식	플랫다이	링다이	링다이
장비 사진	 	 	 
시험 결과	 29.9% ⇒ 28.5%	 22.2% ⇒ 19.4%	 39.4% ⇒ 32.3%
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>소용량 설비 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고품질 연료 생산 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전 용이</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재 품질이 좋지 않음. (최적 압축비 조건 결정 등 품질 향상을 위한 연구필요)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>홀 막힘 현상 발생가능성</li> <li>대용량 설비에 적합 (소용량으로 제작 시, 성능 보증 가능여부 확인 필요)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저함수율 시료 투입 불가</li> <li>소음 및 먼지 날림 문제 (싸이클론 등 추가설치 필요)</li> <li>현재 환 형태로 최종 생산, 펠릿 생산 및 사이즈 증대가 가능하다고 하나 시험생산이 불가하여(시험용 링다이는 1종류) 확인이 어려움.</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>압축력 : 링다이 &gt; 플랫다이 (동일 동력 기준)</li> <li>소용량 설비 : 플랫다이 유리</li> <li>유지관리·보수 : 링다이 &gt; 플랫다이</li> <li>동력 : 링다이 &gt; 플랫다이</li> </ul>		

### (3) 최적 펠릿성형기 선정 및 도입

- 현장조사 및 성형실험 후 최종 선정된 B사의 펠릿성형기의 도면은 다음과 같음. 펠릿 성형기는 원료공급을 위한 스크류 피더와 컨디셔너, 링다이 방식의 펠릿기 및 롤러로 구성되어 있음. 링다이의 홀 크기는 7 mm이며, 펠릿의 길이는 조절 가능하도록 설계되었음.
- 펠릿성형기는 1일 건조우분 발생량 및 성형기 가동시간을 고려하여 시간당 200 ~ 300kg의 건조우분을 투입할 수 있는 용량(75마력)으로 선정함. 펠릿성형기의 안정적인 가동을 위하여, 스크류피더 전단에 0.37 m<sup>3</sup> 용량 서브호퍼를 설치할 수 있도록 설계하였으며, 이는 원료생산 2.2톤, 성형기 가동시간 8시간을 가정하면 시간당 275 kg으로 약 30분 정도 저장이 가능한 용량임.



<그림> 펠릿성형기 외형도면



- 안정적인 실증시설의 설치 및 연구의 성공적인 결과 도출을 위하여, 주관연구기관인 한국산업기술시험원과 실증연구부지를 제공하는 군위축협 간의 업무협약을 체결하였으며, 부지 및 유틸리티 제공, 원료(우분)의 공급 및 처리, 기타 공동연구 협력 등에 대한 협력체계를 구축하였음(과제 종료 후 실증시설 소유권 이전 예정).



**“주요 협약내용”**

- 안정적인 실증시설 설치 및 성공적 결과 도출을 위한 상호협력
- 실증시설 설치를 위한 부지 및 유틸리티 제공
- 관련 인허가 및 현장조사 지원
- 실증연구 수행을 위한 가축분뇨 유입 및 처리 지원
- 기타 관련 분야에 대한 교류 및 공동연구 협력




<그림> 한국산업기술시험원-군위축협 간 실증연구를 위한 MOU 체결

○ 5 톤/일급 통합시스템 위치 및 배치 검토

- 통합시스템의 규모, 전력시설, 이동 및 운전 편의성 등을 고려하여 실증부지 내 설치 위치를 검토하였음. 원료의 반입/반출과 중장비 사용이 용이하며, 우천시 대비하여 비가림 시설 내부로 설치 위치를 확정하였음.



<그림> 실증부지 내 설치 위치 검토

## (2) 5 톤/일급 통합 실증시스템 설계 및 제작, 설치

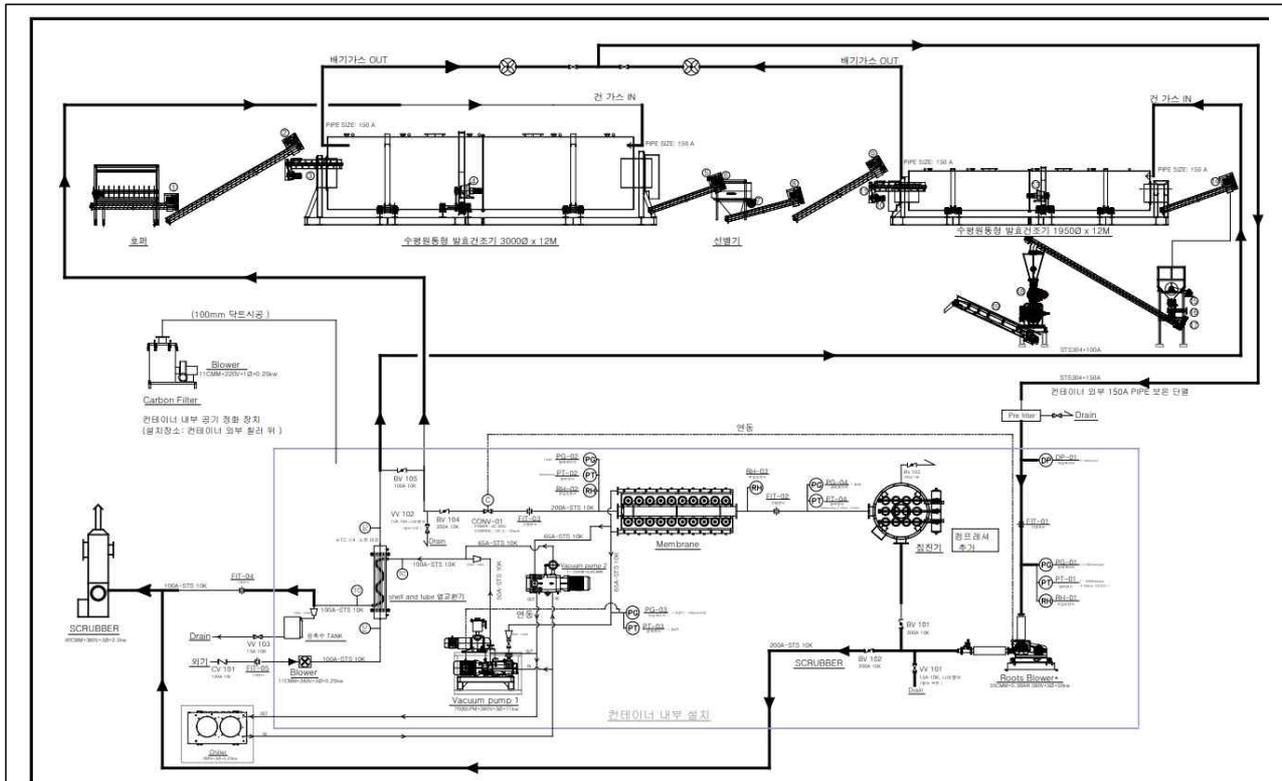
- 본 과제의 5 톤/일 규모 바이오드라이잉 및 멤브레인 드라이어 통합시스템 설계의 주안점은 다음 표와 같음.

[표] 5 톤/일급 통합 실증시스템 설계 중점 고려사항

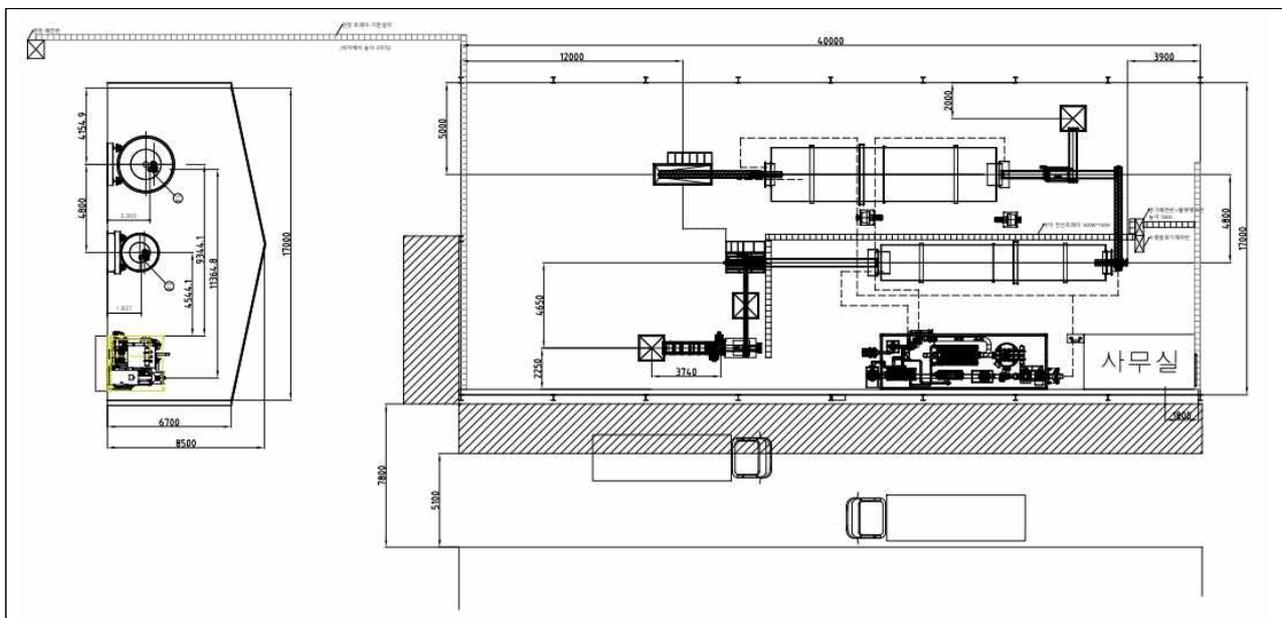
구분	설계 반영사항	
부지 특성	- 가용 부지 면적이 넓으나, 옥내 설치 및 원료 이송장비 이동 동선 등을 고려하여 실증장비 배치 필요	
원료	- 유입 우분 수분함량은 약 55~65%이며, 설계 시 기준은 65%로 설계	
공정 구성	- 바이오드라이어 설계기준을 바탕으로 1단 건조(발효 건조), 2단 건조(멤브레인 드라이어 건조)로 구성 - 고품연료 성형을 위하여 1단과 2단 사이에 선별기를 설치하여, 이물질 제거 및 성형효율 향상을 위한 원료 입도 조절하도록 설계 - 원활한 운영 및 유지관리를 고려, 안정적인 시설 운영이 가능하도록 구성	
배치 계획	- 원료의 유입과 유출 거리를 고려하여 실증시설 내 유입되는 원료의 이송거리와 유출 고품연료의 이송거리를 최소화할 수 있도록 설계 - 바이오드라이어로부터 멤브레인 드라이어까지 습공기 및 건공기 유입·배출 배관 길이를 최소화할 수 있도록 설계	
공사 기간	- 제작 및 설치 기간 약 5 개월 반영(30일 이상 연속운전 기간 고려)	
공정	반입	- 원료는 실증부지(군위축협)의 중장비(스키드로더) 이용하여 투입호퍼로 직접 투입할 수 있도록 설계 - 수분 함량이 높은 우분 특성을 고려하여 투입호퍼에서 발효 건조기까지의 이송은 스크류 컨베이어 적용
	1차 발효건조 및 2차 건조	- 동절기 반응열 손실을 최소화하기 위해 보온재 시공 - 발효건조기 교반장치는 감속모터 사용으로 운전 안전성 향상, 회전 RPM의 제어가 가능하도록 설계 - 수분의 효과적인 배출을 위하여 원료 투입부에서 습공기 배출, 건조우분 배출부에서 건공기 유입되도록 설치 - 수평형 로터리 반응기 특성상 운전시 내부 원료가 한쪽으로 쏠리더라도 반응기 균형을 유지할 수 있도록 반응기 지지구조 보강 설치
	선별	- 성형기의 안정적인 운전 및 성형 효율을 향상시키기 위하여 2차 건조 전 직경 15 mm 원형 타공망이 장착된 트롬멜 선별기를 설치하여 기타 협잡물 및 굵은 입자 등 제거 - 원료의 원활한 이송을 위하여 선별기 전단은 벨트 컨베이어로, 후단 2차 건조기로의 이송은 스크류 컨베이어를 적용하여 투입 안전성을 확보
	성형	- 2차 건조기 후단 건조우분 저장호퍼를 설치하여, 건조우분 일정량 저장 후 성형기가 가동될 수 있도록 설계하여 성형기의 운전 안전성 향상 - 성형 후 고품연료 냉각을 위하여 펠렛 배출부까지 냉각팬이 설치된 밀폐형 벨트컨베이어 설치
	공기 배출	- 멤브레인 드라이어 후단 공기 배출시 악취 관리를 위해 탈취세정탑 반영 - 멤브레인 드라이어를 통해 제거된 수분은 내부 응축수 저장조를 거쳐 배출되도록 설계
	통합 제어	- 습공기 제어를 위하여 온습도 센서 설치 - 바이오드라이어 내부 온도 모니터링을 위해 온도 센서 설치, 유량 확인을 위한 유량계 투입 포트 설치 - 자동운전이 가능하도록 HMI Platform 구축 - 원격 제어 가능한 PLC 체계 구축

○ 바이오드라이잉 및 멤브레인 드라이어 통합시스템 설계

- 바이오드라이잉 및 멤브레인 드라이어 연계 구성을 확정하고 실증시설 설치를 위한 계통도 및 배치도를 작성함. 습공기 제거 효율 향상을 위해 1차 발효건조기와 2차 건조기에서 배출되는 습공기는 모두 멤브레인 드라이어로 유입될 수 있도록 함. 멤브레인 드라이어에서 제거된 건공기는 1차 발효건조기로 재순환되고, 수증기 잠열은 열교환기를 통해 외기와 열교환되어 온풍 형태로 2차 건조기로 공급되도록 함.



<그림> 통합시스템 계통도



<그림> 통합시스템 배치도면

○ 바이오드라이잉 및 멤브레인 드라이어 통합시스템 제작 및 설치

- 제작된 단위설비에 대한 설치 및 연계 연결시공은 다음 표의 시공 일정대로 진행되었음. 배치도를 바탕으로 단위설비를 설치한 후 배관, 전기배선, 기계장비 등 부가적인 설치를 진행하였음.
- 당초 준공 목표는 '22년 6월 이었으나, 구축 중 인허가사항 검토 및 컨베이어 등에 따른 자율안전확인신고를 위한 조치, 무부하 운전에 따른 설비 보수 등으로 약 2개월 정도 지연되어 9월 준공을 완료함.

[표] 통합시스템 제작 및 설치 시공 일정표

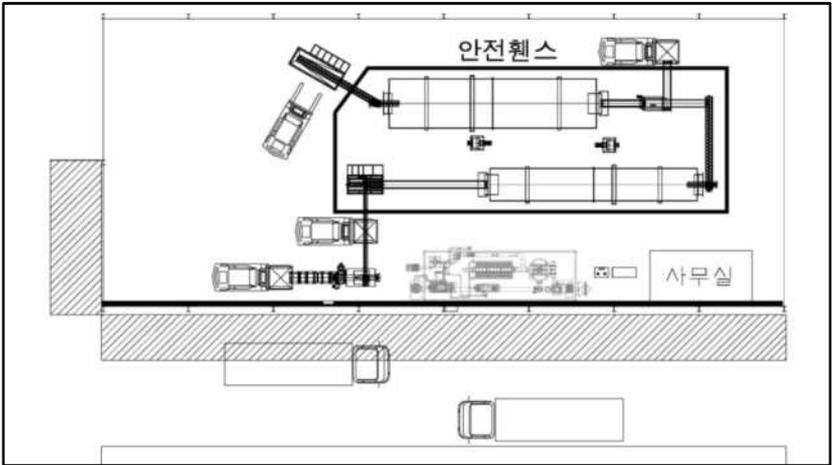
추진사항		2022년									비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
시설 준공 목표 (당초 '22.06→ '22.09)		■									인허가사항 검토 및 자율안전확인신고를 위한 조치로 2개월 지연
시설설치	단위설비 및 부분품 제작	■									2차 건조기 등 제작 완료 (1차년도 연계)
	기계장치 설치 공사				■						단위설비 설치 작업
	전기 및 배관 공사						■				단위설비 연결배관 및 전기 공사
자율안전 확인신고 등 검토	실증부지 인허가 변경사항 검토								■		대기오염물질 배출시설 등 인허가사항 검토
	자율안전확인신고를 위한 조치사항 반영								■		안전펜스 설치 등 반영
시운전	무부하 운전 및 저부하 운전								■		준공 전, 무부하 운전을 통한 장비 보수

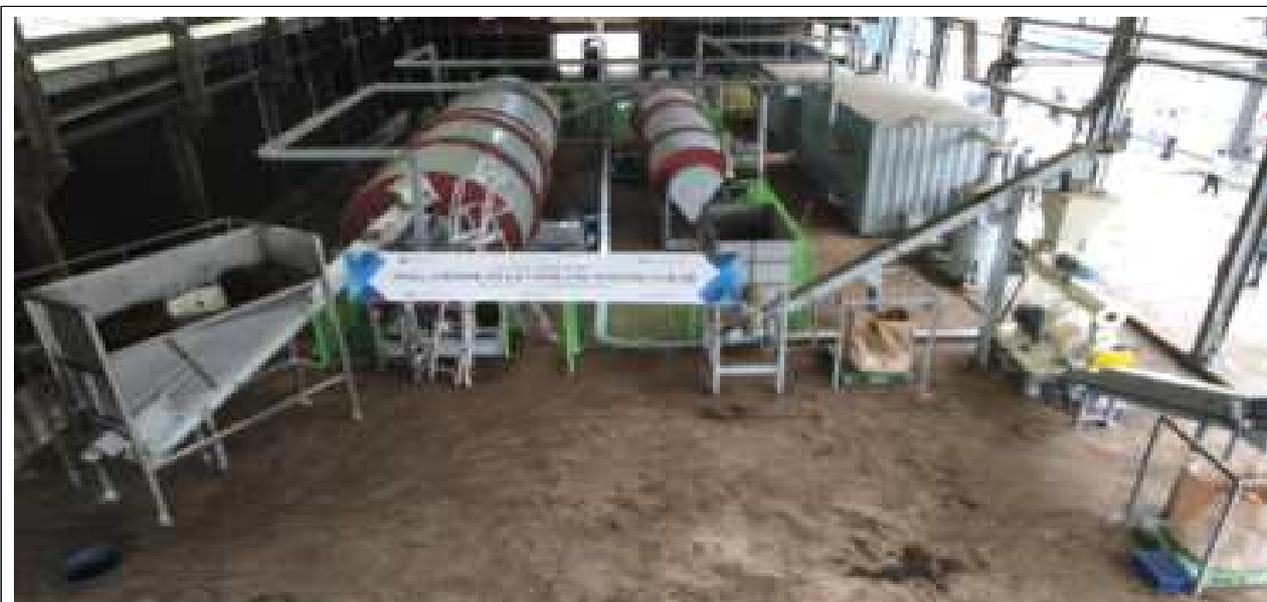


<그림> 통합시스템 현장 설치 모습

- 통합시스템 설치 중, 실증부지 내 가축분뇨 처리방법 변경에 따른 인허가 변경에 대한 의견이 있었으나, 해당 설비는 실증부지 내에서 원료의 반입·반출이 이루어지며 생산된 고형연료는 외부로 반출되지 않으므로 별도 인허가 변경 없이 진행되었음. 다만, 산업안전보건법 제 93조에 따라 단위설비별 원료 이송을 위한 컨베이어 설치 등으로 인해 안전검사가 요구되며, 해당 설비에 대해 자율안전 확인신고를 진행할 경우 안전검사가 면제됨을 확인함. 안전검사는 연구시설 가동 시 필수사항은 아니지만, 실증시설 운전시 안전성을 확보하기 위하여 자율안전 컨설팅을 통해 아래 표와 그림과 같이 시설을 보완하였음.

[표] 자율안전 컨설팅을 통한 시설 보완

No.	보완 전	보완 후	비고
1			<p>체인에 손끼임이 발생되지 않도록 체인덤편개 설치</p>
			
2			<p>운전 중 사람의 접근이 불가능 하도록 안전펜스 설치</p> <p>점검문 개폐시 알람이 울리도록 조치</p>
			



<그림> 통합시스템 설치 완료

[표] 바이오드라이밍 주요 공정 및 장치 사양

No.	장치 사진	장치명	사양
1		투입호퍼	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Volume : 3 m<sup>3</sup></li> <li>· Size : 3,160W*1,160D*3,390H</li> <li>· Material : STS304</li> <li>· Power                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-호퍼로더 : 0.75 kW</li> <li>-경사공급 컨베이어 : 1.5 kW</li> </ul> </li> </ul>
2		1차 발효 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Size : Ø3,000*12,000L</li> <li>· Material : SS400</li> <li>· 총용적 : 84 m<sup>3</sup></li> <li>· 유효용적 50 m<sup>3</sup></li> <li>· Power                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-투입 컨베이어 : 2.2 kW</li> <li>-감속기 : 3.7 kW</li> <li>-배출 컨베이어 : 0.75 kW</li> </ul> </li> </ul>
3		선별기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Size : Ø635*1,500L</li> <li>· Material : STS304</li> <li>· Power :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-구동모터 : 0.2 kW</li> <li>-털이모터 : 0.2 kW</li> <li>-토출컨베이어 : 0.75 kW</li> <li>-배출컨베이어 : 0.75kW</li> </ul> </li> </ul>
4		1차 배출 스크류 컨베이어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Size : Ø210*6,000L</li> <li>· Material : STS304</li> <li>· Power : 1.5 kW</li> </ul>
5		2차 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Size : Ø1,950*12,000L</li> <li>· Material : SS400</li> <li>· 총용적 : 36 m<sup>3</sup></li> <li>· 유효용적 21 m<sup>3</sup></li> <li>· Power :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-투입 컨베이어 : 2.2 kW</li> <li>-감속기 : 1.5 kW</li> </ul> </li> </ul>

No.	장치 사진	장치명	사양
6		2차 배출 벨트 컨베이어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Power : 1.5 kW</li> <li>· Size : 380W*8,000L</li> <li>· Material : STS304</li> </ul>
7		저장호퍼	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Volume : 1.5 m<sup>3</sup></li> <li>· 투입게이트 : 공압</li> <li>· Power : 1.5 kW</li> </ul>
8		건조우분 이송 스크류 컨베이어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Power : 1.5 kW</li> <li>· Material : STS304</li> </ul>
9		펠릿 성형기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Power : 55 kW</li> <li>· Capacity : 0.5 ton/h</li> <li>· Die hole : ∅ 6~8 mm</li> </ul>
10		배출 컨베이어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Power : 1.5 kW</li> <li>· Material : STS304</li> </ul>

[표] 멤브레인 드라이어 주요 공정 및 장치 사양

No.	장치 사진	장치명	사양
1		가압 브로워	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Power : 30 kW</li> <li>· Max. 35 CMM</li> </ul>
2		집진기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Size : <math>\varnothing 1206 \times 1508H</math></li> <li>· teflon micro filter 12 ea (pore size : <math>&lt; 150 \mu m</math>)</li> </ul>
3		멤브레인 모듈	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Type : PSf + PDMS</li> <li>· module : 20 ea</li> <li>· module size : <math>\varnothing 150 \times 762H</math></li> <li>· In/Out Connection Size : 200A</li> </ul>
4		진공펌프	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Pump 1 -7000LPM*380V*3<math>\varnothing</math> -11 kW</li> <li>· Pump 2 -6.8 CMM -11.25 kW</li> </ul>
5		진공펌프 냉각기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 진공펌프 Type: Dry Screw</li> <li>· 380V*3<math>\varnothing</math></li> <li>· Power : 5.25 kW</li> </ul>

No.	장치 사진	장치명	사양
6		응축수 탱크	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Size : 3000W*3000D*5000H</li> <li>· Material : STS304</li> </ul>
7		열교환기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· shell &amp; tube type</li> <li>· Material : STS304</li> </ul>
8		외기용 송풍기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Power : 0.5 kW</li> <li>· max. 11 CMM</li> </ul>
9		압력 게이지	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Range : 0~01Bar , 0~-1Bar</li> <li>· Power : DC24V</li> <li>· Accuracy : +/-0.5%</li> <li>· CONN" : PT 1/2"</li> <li>· OUTPUT : 4~20 mA</li> </ul>
10		온습도 센서 및 유량 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 온습도 센서 : <ul style="list-style-type: none"> <li>-Temp. : +/-0.2℃</li> <li>-Humidity(0~90%) : +/-1.5%RH</li> <li>-Humidity(90~100%) : +/-2%RH</li> </ul> </li> <li>· 유량센서 : <ul style="list-style-type: none"> <li>-0~30 CMM</li> <li>-Output : 4~20 mA</li> </ul> </li> </ul>

### (3) 5 톤/일급 통합 실증시스템 시운전 및 개선점 보완

- 실증부지 내 통합시스템 설치 완료 후, 무부하 운전 및 시운전을 진행하였음. 무부하 운전시 일부 부품 작동 불량 및 체결 오류 사항들을 발견하였으며, 교체 및 보완 진행 후 정상 가동됨을 확인하였음.
- 시운전은 초기 저부하(정상 부하의 50% 조건) 조건으로 우분 원료를 1~3톤/일 범위에서 투입하였음. 저부하 운전 시에는 발효 건조기 내부가 원료로 채워져 있지 않는 상태로, 멤브레인 드라이어 설비는 가동하지 않고 습공기만 배출하여 바이오드라이잉 설비를 점검하였으며 이 때 송풍량은 3~5 m<sup>3</sup>/min으로 유지하였음.
- 1차 발효 건조기 및 2차 건조기로 투입 우분이 이송되어 배출이 시작될 시점에 원료를 목표 처리량인 4~5 톤/일로 투입하였으며, 멤브레인 드라이어를 가동하여 건조기를 1차 발효 건조기로 재순환시키고 외기를 열교환하여 2차 건조기로 공급하였음. 이때 송풍량은 5~10 m<sup>3</sup>/min 범위로 유지하였음.
- 30일 가량 운전 시, 컨베이어 벨트 스크래퍼 설치, 펠렛성형기 컨디셔너 부품 교체 등 일부 설비에 대한 보완사항이 발생하였으며, 수정 조치 후 정상가동을 확인하였음.
- 시운전 및 장비 보완 시 배출된 건조 우분의 수분함량은 평균 35% 수준으로 나타나 연구 목표(20% 이하)에 다소 미흡한 결과를 도출하였으며, 이러한 결과를 반영하여 연속 운전 시에는 송풍량을 9~13 m<sup>3</sup>/min 범위로 유지하여 운전하였음.
- 실증시스템 운전 일정과 시운전 시 장비 개선점 보완사항은 다음 표에 나타내었음.

[표] 실증시스템 운전 일정

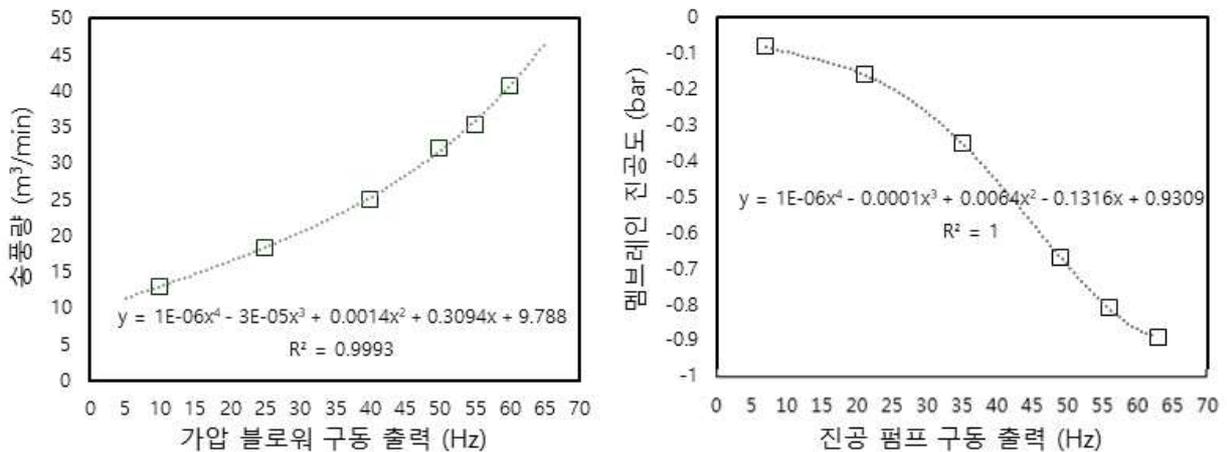
운전 단계	기간	내용	비고 (운전조건 등)
무부하 운전	2022.08.01 ~ 2022.08.15	무부하 테스트 및 하자 보수	- 무부하 운전에 따른 설비 점검 - 통합제어 및 전기 계측 분야 보수 - 안전 펜스 설치 등
시운전 및 장비 보수	2022.08.16. ~ 2022.09.02	바이오드라이잉 설비 시운전 및 설비 보수	- 원료투입 : 1~3톤/일(주중) - 송풍량 : 3~5 m <sup>3</sup> /min - 멤브레인 드라이어 설비 가동하지 않고 습공기 배출
	2022.09.05. ~ 2022.09.16.	바이오드라이잉 설비 및 멤브레인 드라이어 설비 연계 시운전	- 원료투입 : 4~5톤/일(주중) - 송풍량 : 5~10 m <sup>3</sup> /min
	2022.09.19. ~ 2022.09.28.	설비 점검 및 하자 보수	- 원료투입 : 1~2톤/일(주중) - 송풍량 : 5~10 m <sup>3</sup> /min - 경사 컨베이어 및 컨베이어 벨트 등 보수 작업 - 펠렛성형기 모터 인버터 교체 등
운전 모니터링 및 운전 최적화	2022.09.29. ~ 2022.11.08.	바이오드라이잉 설비 및 멤브레인 드라이어 설비 통합 운전 모니터링	- 원료투입 : 4~5톤/일(주중) - 송풍량 : 9~13 m <sup>3</sup> /min

[표] 실증 통합시스템 시운전 및 개선점 보완

No.	단위 공정	개선점	보완사항
1	시스템 제어	일부 장비 제어 불량	개별 부품별 점검 및 정상작동 확인
2	바이오 드라이어	1차 발효건조기 배출컨베이어, 선별기 배출컨베이어	건조 우분이 다음 공정으로 이송되지 못하고 벨트 컨베이어 표면 부착
3		1차 배출 컨베이어	바닥면 설치 이상으로 스크류 축이 이동하여 진동 및 소음 발생
4		협잡물 제거, 고휘연료 생산	선별기를 통해 제거된 협잡물 및 고휘연료 생산량 계측 어려움
5		선별기	우분원료 내 벧짚 등 혼입으로 원통스크린 홀 막힘 현상 발생
6		펠렛성형기	건조우분이 과다하게 성형기로 투입되어 성형기 과부하 발생
7		배출 컨베이어	펠렛 생산 후 냉각이 잘 되지 않아 품질이 다소 불량
8		멤브레인 드라이어	배관
9	센서류		유량계 작동 불량
10	진공펌프		진공 압력 이상
11	가압브로워		건조 우분에 의한 미세 분진 유입으로 작동 오류 발생
			스크래퍼 설치
			스크류 축 조정 및 바닥면에 견고하게 재설치
			협잡물 제거량 및 고휘연료 생산량 계측을 위해 톤백 무게 측정 가능한 저울 추가 설치
			주기적인 원통스크린 청소 필요
			컨디셔너 내부 모터 부품 (소프트스타터) 교체, 투입량 조절
			배출 컨베이어 상단 냉각팬 추가 설치 (1 ea → 3 ea)
			플렌지 재결합
			배관압 고려 유량계 위치 조정
			모터 점검 및 배관 재결합
			브로워 내부 청소가 용이하도록 전단 플랜지 배관으로 교체

#### (4) 습공기 제어 조건 최적화 및 운전 조건 도출

- 건조기 내 송풍량 및 공기 습도 제어는 발효건조 공정의 주요 운전인자임. 송풍량 및 공기 습도 제어는 멤브레인 드라이어 시스템의 가압블로워와 진공펌프의 구동 출력에 따라 결정되며, 따라서 무부하 조건에서 구동 출력 변화에 따른 송풍량 및 진공도를 확인하였음. 무부하 조건이므로 송풍량은 상압 조건에서 측정하였으며, 진공도의 경우 공급가스의 유입없이 실험을 진행함. 이와 같은 조건에서 구동 출력별로 다음 그림과 같은 결과 값을 나타냄. 송풍량의 경우 최대 40 CMM의 송풍량 토출이 가능하며 진공도의 경우 최대 -0.9 bar까지 도달함을 확인하였음.



<그림> 멤브레인 드라이어의 구동장치 출력별 송풍량(左) 및 멤브레인 진공도(右)

- 송풍량 증가 시 발효건조기 내부의 온도가 저하되어 발효건조 효율에 영향을 미칠 수 있으므로 적절한 송풍량 제어가 필요함. 따라서 발효건조공정의 물질수지 결과에 따라 최적 송풍량을 결정하였으며, 발효건조 내부 온도 변화 및 배출물 함수율의 변화에 따라 송풍량을 제어하여 운전하였음. 물질수지 및 시운전 데이터를 기반으로 송풍량 등 실증 통합시스템 운전 조건들은 다음 표에 나타내었음.

[표] 연속운전 기간 동안의 운전 조건 결정

No.	항목	운전 조건
1	투입량	◦ 4.0~5.5 톤/일 범위 투입 (1회 약 3 m <sup>3</sup> , 하루 약 3~4회 투입) ◦ 주말 증장비 사용의 어려움으로 주중 투입을 원칙으로 함.
2	공정 가동시간	◦ 바이오드라이어 및 멤브레인 드라이어 : 24시간 가동 ◦ 펠렛성형기 : 저장호퍼에 건조우분 일정량 저장 후 오전 또는 오후 시간 가동
3	건조기 체류시간	◦ 1차 발효 건조기 : 7일, 2차 발효건조기 : 7일 ◦ 최종 배출까지 총 14일 체류
4	송풍량	◦ 총 송풍량 : 9 ~ 13 m <sup>3</sup> /min 범위로 가동 (1차 발효 건조기 : 3~5 m <sup>3</sup> /min, 2차 건조기 : 7~10 m <sup>3</sup> /min)
5	습공기 제어	◦ 수분제거율 : 90%, 건공기 순환율 : 80%
6	샘플링 및 계측사항	◦ 무게 측정 : 투입량, 배출량(협잡물 배출량, 고품연료 생산량) ◦ 샘플링 및 함수율 측정 : 투입, 1차 배출, 2차 투입, 2차 배출, 고품연료 ◦ 바이오드라이어 온도 계측(총 10 지점), 멤브레인 드라이어 데이터 로깅

### (5) 5 톤/일급 통합 실증시스템 통합운전 제어

- 통합시스템 운전 제어는 단위공정별 로컬 제어반과 로컬 제어반을 연동시킨 통합 제어반으로 구성하였음. 통합제어는 운전 모니터링을 위한 사무실 내부의 데스크탑 PC 외, 운전 편의성을 고려하여 테블릿PC를 이용하여 제어가 가능하도록 하였음. 운전 매뉴얼 및 제어화면은 다음 그림에 나타내었음.

 <p><b>연료기 입문 기술 절차</b></p> <table border="1"> <tr><td>부담률 측정 (반장 제어반)</td><td>핵심요소 관리 운영 측정 핵심요소 관리 운영 측정 모든 측정</td></tr> <tr><td rowspan="6">제어 방법</td><td>1차 배출 전제하여 작동</td></tr> <tr><td>2차 연료기 입문 작동</td></tr> <tr><td>2차 후열 스프링 전제하여 작동</td></tr> <tr><td>상행기 전제하여 작동</td></tr> <tr><td>상행기 대기 작동</td></tr> <tr><td>1차 배출 전제하여 작동</td></tr> <tr><td>3차 연료기 입문 작동</td></tr> <tr><td>1차 연료기 입문 후열 스프링 작동</td></tr> <tr><td>가동장치 대기 작동</td></tr> <tr><td>유동 배출 작동</td></tr> <tr><td>스스로배출 작동</td></tr> </table>	부담률 측정 (반장 제어반)	핵심요소 관리 운영 측정 핵심요소 관리 운영 측정 모든 측정	제어 방법	1차 배출 전제하여 작동	2차 연료기 입문 작동	2차 후열 스프링 전제하여 작동	상행기 전제하여 작동	상행기 대기 작동	1차 배출 전제하여 작동	3차 연료기 입문 작동	1차 연료기 입문 후열 스프링 작동	가동장치 대기 작동	유동 배출 작동	스스로배출 작동	 <p><b>연료기 입문 종료 절차</b></p> <table border="1"> <tr><td>부담률 측 제어</td><td>가동장치 대기 종료 1차 입문 후열 스프링 작동 종료 2차 연료기 입문 후열 스프링 작동 종료 3차 연료기 입문 후열 스프링 작동 종료 가동장치 대기 종료 유동 배출 작동 종료 스스로배출 작동 종료</td></tr> <tr><td rowspan="6">제어 방법</td><td>연료기 배출 전제하여 종료</td></tr> <tr><td>상행기 대기 종료</td></tr> <tr><td>2차 연료기 입문 종료</td></tr> <tr><td>가동장치 대기 종료</td></tr> <tr><td>1차 배출 전제하여 종료</td></tr> <tr><td>3차 연료기 입문 종료</td></tr> </table>	부담률 측 제어	가동장치 대기 종료 1차 입문 후열 스프링 작동 종료 2차 연료기 입문 후열 스프링 작동 종료 3차 연료기 입문 후열 스프링 작동 종료 가동장치 대기 종료 유동 배출 작동 종료 스스로배출 작동 종료	제어 방법	연료기 배출 전제하여 종료	상행기 대기 종료	2차 연료기 입문 종료	가동장치 대기 종료	1차 배출 전제하여 종료	3차 연료기 입문 종료	 <p><b>상행기 작동 절차</b></p> <table border="1"> <tr><td rowspan="3">제어 방법</td><td>스스로배출하여 작동</td></tr> <tr><td>연료기 대기</td></tr> <tr><td>가동장치 작동</td></tr> <tr><td rowspan="3">제어용 PC</td><td>상행기 #1(연료기) 작동</td></tr> <tr><td>상행기 #2(연료기) 작동</td></tr> <tr><td>상행기 #3(연료기) 작동</td></tr> </table>	제어 방법	스스로배출하여 작동	연료기 대기	가동장치 작동	제어용 PC	상행기 #1(연료기) 작동	상행기 #2(연료기) 작동	상행기 #3(연료기) 작동	 <p><b>상행기 종료 절차</b></p> <table border="1"> <tr><td rowspan="3">제어 방법</td><td>가동장치 종료</td></tr> <tr><td>연료기 대기</td></tr> <tr><td>스스로배출하여 종료</td></tr> <tr><td rowspan="3">제어용 PC</td><td>상행기 #1(연료기) 종료</td></tr> <tr><td>상행기 #2(연료기) 종료</td></tr> <tr><td>상행기 #3(연료기) 종료</td></tr> </table>	제어 방법	가동장치 종료	연료기 대기	스스로배출하여 종료	제어용 PC	상행기 #1(연료기) 종료	상행기 #2(연료기) 종료	상행기 #3(연료기) 종료
부담률 측정 (반장 제어반)	핵심요소 관리 운영 측정 핵심요소 관리 운영 측정 모든 측정																																									
제어 방법	1차 배출 전제하여 작동																																									
	2차 연료기 입문 작동																																									
	2차 후열 스프링 전제하여 작동																																									
	상행기 전제하여 작동																																									
	상행기 대기 작동																																									
	1차 배출 전제하여 작동																																									
3차 연료기 입문 작동																																										
1차 연료기 입문 후열 스프링 작동																																										
가동장치 대기 작동																																										
유동 배출 작동																																										
스스로배출 작동																																										
부담률 측 제어	가동장치 대기 종료 1차 입문 후열 스프링 작동 종료 2차 연료기 입문 후열 스프링 작동 종료 3차 연료기 입문 후열 스프링 작동 종료 가동장치 대기 종료 유동 배출 작동 종료 스스로배출 작동 종료																																									
제어 방법	연료기 배출 전제하여 종료																																									
	상행기 대기 종료																																									
	2차 연료기 입문 종료																																									
	가동장치 대기 종료																																									
	1차 배출 전제하여 종료																																									
	3차 연료기 입문 종료																																									
제어 방법	스스로배출하여 작동																																									
	연료기 대기																																									
	가동장치 작동																																									
제어용 PC	상행기 #1(연료기) 작동																																									
	상행기 #2(연료기) 작동																																									
	상행기 #3(연료기) 작동																																									
제어 방법	가동장치 종료																																									
	연료기 대기																																									
	스스로배출하여 종료																																									
제어용 PC	상행기 #1(연료기) 종료																																									
	상행기 #2(연료기) 종료																																									
	상행기 #3(연료기) 종료																																									

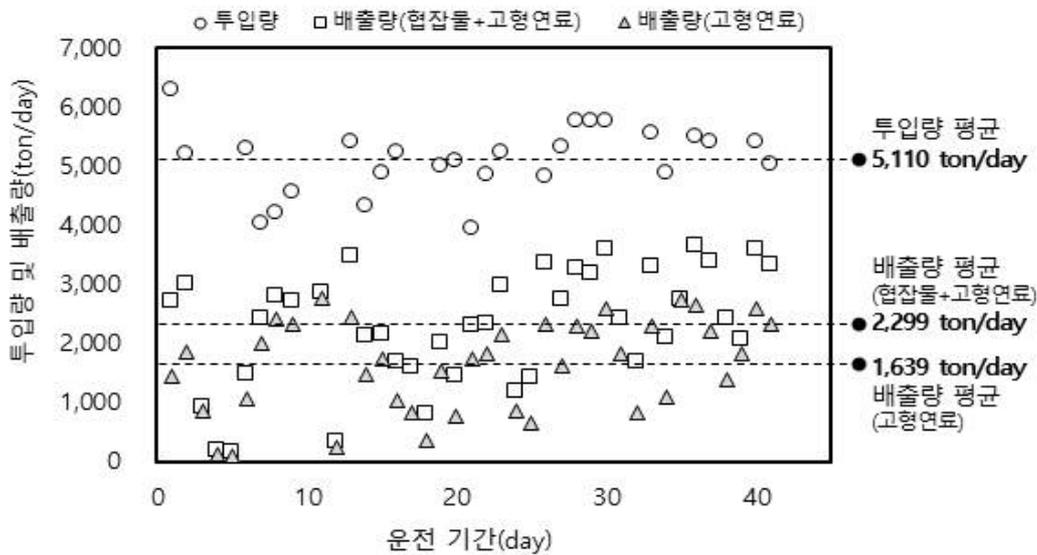
<그림> 단위설비별 운전매뉴얼 작성(별첨자료 수록)



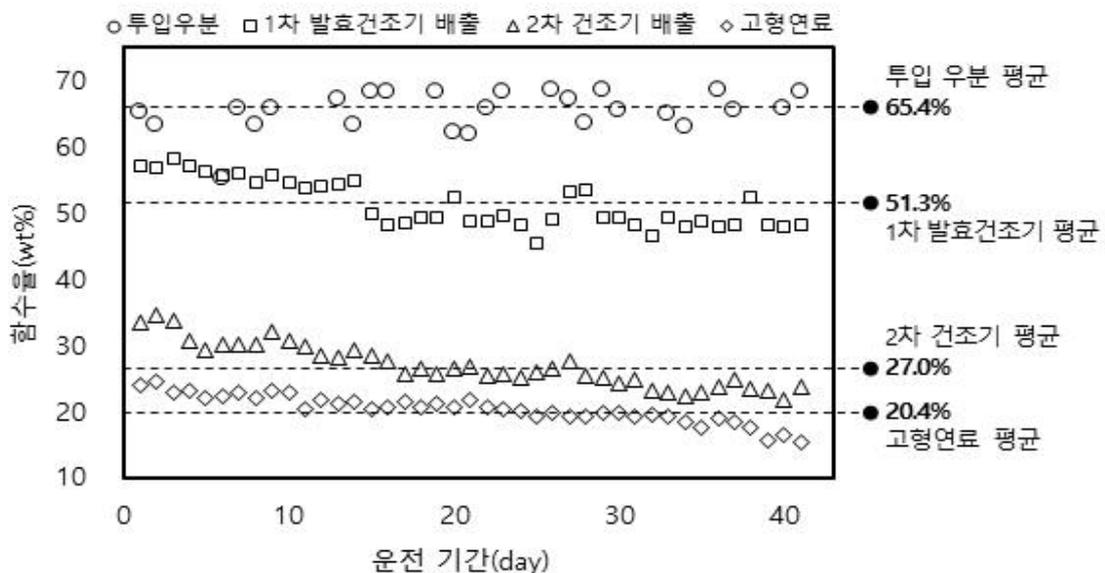
<그림> 5톤/일 규모 실증시스템 통합 제어

## (6) 5 톤/일급 통합 실증시스템 연속운전

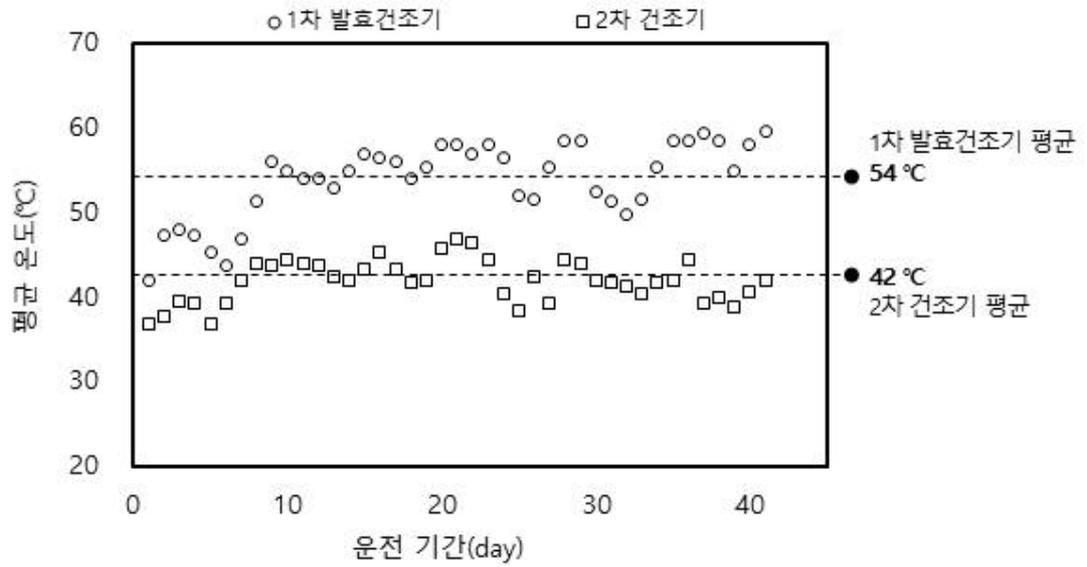
- 시운전 및 개선점 보완 후 통합시스템 실증 운전은 22년 9월부터 11월까지 41일 동안 실시되었음. 상기 도출된 운전 조건을 바탕으로 우분 투입은 4.0~5.5 톤/일 범위로 주중 일일 3~4회 간격으로 투입하였으며, 주말 운전 시 증장비 사용의 어려움으로 원료 투입을 제외하고 협잡물 배출 및 펠릿 생산만 진행하였음. 1차 발효건조기 및 2차 건조기 공급 총 송풍량은 9~13 m<sup>3</sup>/min 범위로 유지하였으며, 멤브레인 드라이어의 컨트롤밸브 및 진공펌프의 구동 출력을 조절하여 건공기회수율 및 수분제거율을 제어하였음. 실증 연속운전 동안의 운전모니터링 결과를 다음 그림에 나타내었음.



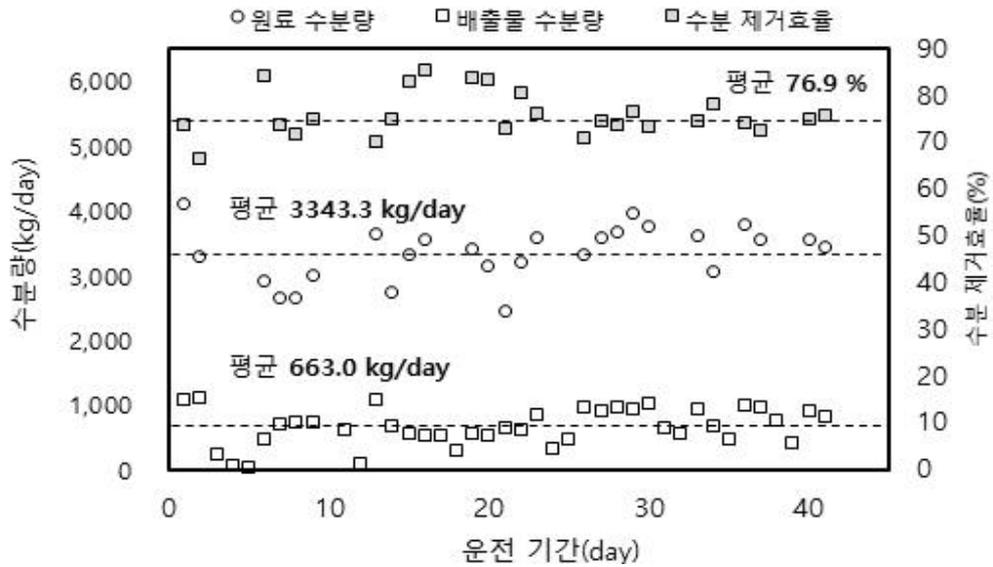
<그림> 통합 시스템 연속운전 기간 중 우분 투입량 및 배출량



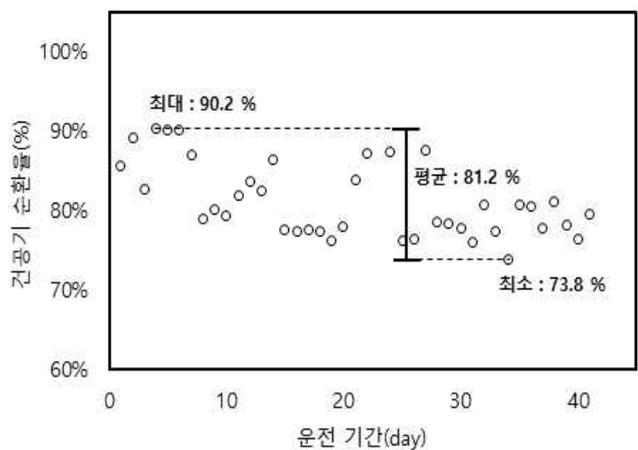
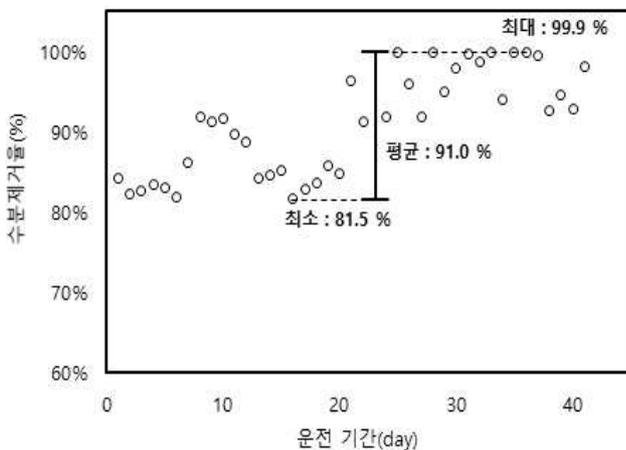
<그림> 통합 시스템 연속운전 기간 중 투입 우분 및 배출 건조물의 함수율 변화



<그림> 통합 시스템 연속운전 기간 중 1차 발효건조기 및 2차 건조기 운전온도 변화



<그림> 통합 시스템 연속운전 기간 중 건조기 내 수분 제거효율 변화



<그림> 통합 시스템 연속운전 기간 중 멤브레인 드라이어 수분제거율(左) 및 건공기 순환율(右)변화

- 연속운전 초기에는 시운전 기간 동안에 투입된 건조물이 배출되어 함수율이 다소 높게 측정되었으나, 연속운전 시작 후 투입된 원료가 배출되는 시점인 14일 이후부터는 배출 건조물의 함수율이 목표성능 이상 측정되며 안정적으로 배출됨을 확인함. 멤브레인 드라이어의 경우 연속운전 동안 수분제거율은 평균 91.0%, 건공기 순환율은 81.2%를 달성하였으며 안정적으로 가동됨을 확인하였음.
- 연속운전 동안 펠릿성형기는 건조된 우분이 저장호퍼에 일정량 저장된 후 200 ~ 300 kg/hr의 처리량으로 4 ~ 8 hr/day로 가동되었으며, 생산된 우분 펠릿은 다음 그림에 나타내었음. 우분 펠릿이 고휘연료제품 품질 기준에 만족하는지 확인하기 위하여 생산된 제품을 샘플링하여 주관기관 내부 고휘연료제품 품질시험을 담당하고 있는 분석센터에 품질 분석을 의뢰하였음. 연속운전 초기 샘플링한 시료의 경우, 함수율 등의 영향으로 저위발열량 값이 기준보다 낮게 측정되었으나, 연속운전 정상화 이후 샘플링한 시료의 경우에는 모든 항목이 품질 기준에 만족하는 것을 확인하였음.



<그림> 건조우분 펠릿성형기 현장 실험(左) 및 생산된 우분 펠릿(右)

시 험 결 과 (Test Results)			
항 목	구 분	우분 펠릿	단 위
저위발열량		2 680	kal/kg (습기준)
고위발열량		3 670	kal/kg (건기준)
수분		18.2	% (습기준)
회분		30.1	% (건기준)
염소		1.39	
황분		0.68	
금속 성분	수은 (Hg)	0.01	mg/kg (건기준)
	카드뮴 (Cd)	0.26	
	납 (Pb)	2.1	
	비소 (As)	0.95	
	크로뮴 (Cr)	40.1	
	탈륨 (Tl)	불검출	
	안티몬 (Sb)	불검출	
	코발트 (Co)	3.1	
	니켈 (Ni)	19.1	
	망간 (Mn)	711.2	
	바나듐 (V)	4.3	
구리 (Cu)	87.7		

※ 비교  
 - 「고형연료제품 품질 시험분석방법」 [환경부고시 제2020-219호]  
 - 불검출(시험결과 표시한계 및 검출한계 이하) : Tl(0.8 mg/kg), Sb(1.5 mg/kg).

\* 본 성적서는 시험의뢰자가 제출한 시료의 시험결과로서 전체 제품의 품질을 보증하지 않음.

시 험 결 과 (Test Results)			
항 목	구 분	우분 펠릿	단 위
저위발열량		3 020	kal/kg (습기준)
고위발열량		3 590	kal/kg (건기준)
수분		7.9	% (습기준)
회분		28.7	% (건기준)
염소		1.44	
황분		0.75	
금속 성분	수은 (Hg)	0.01	mg/kg (건기준)
	카드뮴 (Cd)	0.26	
	납 (Pb)	0.7	
	비소 (As)	불검출	
	크로뮴 (Cr)	31.9	
	탈륨 (Tl)	불검출	
	안티몬 (Sb)	불검출	
	코발트 (Co)	3.1	
	니켈 (Ni)	16.0	
	망간 (Mn)	782.0	
	바나듐 (V)	6.0	
구리 (Cu)	99.4		

※ 비교  
 - 「고형연료제품 품질 시험분석방법」 [환경부고시 제2020-219호]  
 - 불검출(시험결과 표시한계 및 검출한계 이하) : As (0.01 mg/kg), Tl (0.8 mg/kg), Sb (1.5 mg/kg).

\* 본 성적서는 시험의뢰자가 제출한 시료의 시험결과로서 전체 제품의 품질을 보증하지 않음.

<그림> 생산 우분 펠릿 고휘연료제품 품질시험 분석 결과 - 연속운전 초기(左), 정상화 시(右)

### (7) 가축분뇨 고체연료 경제성 비교

- 본 과제의 바이오드라이잉 + 멤브레인 드라이어 통합 공정을 통해 생산된 우분 펠릿이 타 가축분뇨 고체연료 생산 공정에서 생산한 고체연료와 비교하여 경제성을 갖는지 확인하기 위해 본 과제 연속 운전 시 사용된 전력량 등을 고려하여 투입에너지 비용 및 생산 고체연료의 열량 단가를 산출하였음.
- 5 톤/일급 바이오드라이잉 + 멤브레인 드라이어 실증시설 연속운전 결과를 기반으로 우분 고체연료(펠릿)의 투입에너지 비용 및 열량단가는 다음과 같음.

[표] 5 톤/일 규모 실증시설 연속운전 결과 기반 우분 펠릿의 투입에너지 비용 및 열량단가 산출

가축분뇨 처리량 (kg/일)	고형연료 생산량 (kg/일)	전력량(kWh/일)		
		바이오 드라이어	멤브레인 드라이어	펠릿성형
5,110	1,639	393.0	482.5	550.4
투입에너지 비용(원/일) <sup>1)</sup>		투입에너지 비용 대비 열량단가(원/Mcal) <sup>2)</sup>		
75,572.4		15.4		

1) 한국전력 농사용(을, 고압) 전력요금 단가기준 적용(2022.12 기준)

2) 고체연료 저위발열량 품질기준 적용

- 상기 산출된 결과를 바탕으로 100 톤/일 규모로 스케일 업하여 타 가축분뇨 고체연료 생산 공정과 비교해보았을 때, 바이오드라이잉 + 멤브레인 연계공정의 경우 구동 전력 외 추가적인 건조에 필요한 연료비 등이 발생되지 않아 투입에너지 비용이 가장 적고 투입에너지 대비 열량단가가 높아 경제성 있는 공정으로 확인되었음. 다만 바이오드라이잉 공정은 처리 규모대비 설치부지 면적이 넓은 단점이 있어 소규모 농가형 가축분뇨 처리시설로 운영되는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

[표] 가축분뇨 고체연료 생산공정별 투입에너지 비용 및 열량단가 산출

항목	단위	건조방식에 따른 가축분뇨 고체연료 생산공정				
		건조	탄화	반탄화	수열탄화	바이오드라이잉 멤브레인드라이어
시설용량	톤/일	100	100	100	100	100
고체연료 생산량	톤/년	10,086	5,062	6,068	7,072	11,965
전력비	천원/년	145,113	168,175	147,442	206,068	413,759
연료비(LNG)	천원/년	1,152,059	1,365,681	1,371,625	352,550	-
투입에너지 비용	천원/년	1,297,172	1,533,856	1,519,067	558,618	413,759
투입에너지 대비 열량단가	원/Mcal	42.9	101.0	83.4	26.3	11.5

### (8) 5 톤/일급 통합 실증시스템 공인평가

- 본 과제를 통해 구축된 5 톤/일급 실증 통합시스템의 성능을 확인하기 위하여 연속 운전 기간 내 세부 성능목표 항목에 대하여 공인시험을 진행하였음. 공인시험은 연속 운전 시 정상화 조건에서 측정하였음. 모든 항목에 대하여 목표치를 달성하였으며, 시험성적서 및 시험 결과는 다음 표에 요약하였음.

[표] 5 톤/일급 통합 실증시스템 공인시험 결과

No.	항목	단위	시험결과	목표치
1	실증설비 처리규모	kg	5,060	5,000
2	멤브레인 드라이어 수분제거율	%	99.96	90
3	멤브레인 드라이어 건공기순환율	%	92.27	80
4	최종제품 함수율	wt%	11	20
5	최종제품 저위발열량	kcal/kg	3,010	3,000
6	최종제품 품질	-	만족	만족

**시험성적서**  
 시험서 번호: 가을2022-11183  
 회사명: 한국산업기술시험원  
 대표자: 김재홍  
 주소: 경원남도 진주시 중리로 10 (충무공로)

1. 시험명: 생물발효 건조(Bio-drying) 및 동보존인 드라이어 통합시스템  
 2. 평가도형: -  
 3. 접수일자: 2022년 11월 04일  
 4. 시험일자: 2022년 11월 04일 ~ 2022년 12월 14일  
 5. 시험방법: 의뢰자 제시 규정  
 6. 시험결과: 시험결과 참조

시험자: 구경민 **구경민**      승인자: 한인호 **한인호**

**시험결과**  
 시험서 번호: 가을2022-11183

시험항목	시험기준	단위	시험결과
실증설비 처리규모	1일 처리량이 5,000 이상일 것	kg	5,060
멤브레인 드라이어 수분제거율	90 이상일 것	%	99.96
멤브레인 드라이어 건공기순환율	80 이상일 것	%	92.27

이 고 1. 세부시험 결과는 Page 4~6 참조

**TEST REPORT**

시험자: 한국산업기술시험원      접수번호: M083-22-01524  
 주소: 경원남도 진주시 중리로 10 (충무공로)      발급일자: 2022-11-29  
 대표: 구경민      담당: 이재관리뷰      연락처: 1/3

2022-11-16 일자로 의뢰하신 시험에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

**■ 시험 결과 ■**

01. 수분 (고형연료제를 포함 시험 분석방법(환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27))) : %

합당한계	41
결과	11.0

02. 최탄 (고형연료제를 포함 시험 분석방법(환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27))) : %

합당한계	41
결과	26.4

**TEST REPORT**

시험번호: M083-22-01524  
 연락처: 1/3

03. 환분 (고형연료제를 포함 시험 분석방법(환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27))) : %

합당한계	41
결과	0.75

04. 질소 (고형연료제를 포함 시험 분석방법(환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27))) : kcal/kg

합당한계	41
결과	3.010

05. 중금속 합량 (고형연료제를 포함 시험 분석방법(환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27))) : mg/kg

합당한계	41
수은	0.01
카드뮴	0.05
납	1.5
크로뮴	6.0

06. 입자시험 (고형연료제를 포함 시험 분석방법(환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27))) : mm

합당	41
직경	최대 5.0, 최소 0.8, 평균 1.3
입자	최대 32.3, 최소 21.7, 평균 25.0

## 5) 가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사 및 활성화 방안 연구

### (1) 가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사

- 국내 설치·보급 중인 발효건조기 형태별(수직형, 수평형 등) 설치 및 운영 사례 조사
  - 수직형 콤포스터(사이로식), 수평형 콤포스터(로터리 킬른식) 형태별 특징 조사
    - 국내에 설치 보급되고 있는 콤포스터는 수직형과 수평형 콤포스터가 있으며, 수직형 콤포스터는 사이로식이 일반적이며, 수평형 콤포스터는 로타리 킬른식이 일반적임.
    - 사이로식의 수직형 콤포스터는 외부로부터 송풍장치를 이용하여 강제로 공기를 송풍시키고, 이 과정에서 송풍기의 과열공기가 유입되면서 건조효율이 상승하는 특성이 있으며, 로타리 킬른식 수평형 콤포스터는 콤포스터 내부의 습공기를 배기하는 과정에서 외부로부터 콤포스터 내부로 공기가 유입되고 자연스러운 공기접촉 과정에서 발효건조가 진행되는 특성이 있음.

[표] 국내 콤포스터 운영 사례

구분	수직형 콤포스터	수평형 콤포스터
설치모습		
유효용적	70 m <sup>3</sup>	70 m <sup>3</sup>
크기	4,200∅ × 5,860L	1,950∅ × 12,000L × 2ea
송풍방식	브로워 송풍식	공기접촉식
원료	돈분, 우분	돈분, 우분
처리용량	4.5 톤/일	2.5 톤/일
처리기간	3~4일	6~7일
제조물 수분함량	10~25%	20~45%

- 가축분뇨 고체연료 현장 적용(고체연료 보일러 소각, 바이오매스 발전소 발전 사례 등) 사례 조사
- 가축분뇨 고체연료는 '15년 가축분뇨 고체연료 관련 품질기준의 제도화로 여러 언론에서 가축분뇨로 제조하는 친환경 연료로서의 주목을 받기 시작하였으며, '17년에는 돼지분뇨로부터 고체연료를 생산하는 10톤/일 규모 가축분뇨 제조시설이 완공된 바 있음.
- 농촌진흥청에서는 '15년 이래로 가축분뇨 고체연료 제조를 위한 연구를 지속적으로 추진하여 '17년에는 성형 가축분뇨 고체연료 제조 및 고효율 연소장치를 개발하였음.
- '20년에는 영주시 농업기술센터에서 가축분뇨 고체연료와 무연탄을 혼합하여 4,000 kcal/kg 이상의 저위발열량을 가지는 소똥 연탄을 개발하여 농가 및 시설원에 하우스에 공급할 수 있는 기술체계를 완성하였음.
- (주)규원테크에서는 농식품부 국책연구과제로 4 MW<sub>th</sub>급 연소 보일러 개발을 진행중에 있으며, 시설채소하우스 등 소규모 사용시설에 적용할 수 있는 200 kW<sub>th</sub>급 연소 보일러 시제품을 개발하였으며, 연소온도, 효율 및 대기오염방지 분야의 기술 완성도를 향상시키고 있음.

[표] 가축분뇨 고체연료 활용 사례

사례	관련 기사
<p>&lt; '16. 05&gt;</p> <p>- 가축분뇨 고체연료 친환경 연료 이용 가능성 제시</p>	
<p>&lt; '17. 12&gt;</p> <p>- 김해시 양돈분뇨 고체연료 생산 연구시설 현장시연 (한국환경산업기술원)</p> 	<p>돼지 분뇨로 발전연료 및 난방에너지 해결</p> 
<p>&lt; '17.06&gt;</p> <p>- 농촌진흥청 가축분뇨 고체연료 실용화 기술 개발 성공 (농촌진흥청)</p> 	<p>연료·전기료 재탄생... 가축분뇨 '차세대 에너지원' 각광</p> 
<p>&lt; '20.06&gt;</p> <p>- 영주시 농업기술센터 소똥이용 연탄개발</p> <p>- 가축분뇨와 무연탄을 적정비율로 혼합하여 4,000 kcal/kg 이상의 발열량을 가지는 소똥 연탄 개발</p>	<p>영주시, 소똥 활용한 연탄 개발... "일석삼조 효과 기대"</p> 

[표] 200 kWth 연수보일러 개발 사례((주)규원테크, 2020)

공정	공정 모습	
연수보일러 설치 모습		
돈분 및 계분 고체연료		
원료 투입 및 연소 모습		
대기오염물질 제거장치 (원심집진기, 공기에열기, 백필터, SNCR)		

## (2) 가축분뇨 고체연료화 활성화를 위한 제도 개선방안 연구

- 가축분뇨 고체연료 사업 활성화 저해 문제점은 아래의 표와 같으며, 원료분야의 문제점은 ① 한우, 젓소 가축분뇨의 농가 배출량 산정 및 실태 파악의 어려움과 ② 가축분뇨 고체연료 이외의 물질 혼합 불가로 인해 가축분뇨 고체연료 보급 확산이 제한되는 문제점이 있음.

[표] 가축분뇨 고체연료 사업활성화 문제점 : 원료분야

분야	항목	문제점
원료 분야	- 한우, 젓소 가축분 뇨의 농가 배출량 산정 및 실태 파악 불가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 가축분뇨 발생량 (배출량)은 가축분뇨 배출원단위 (환경부 수생태보전과-867, 2008)를 사용하여 추산하고 있으나, 깔짚우사에서 배출되는 한우, 젓소 분뇨는 톱밥, 왕겨 등과 혼합되고, 가축분뇨가 장기간 깔짚우사에 체류하면서 수분증발과 유기물 분해로 인해 감량화되어 발생하는 특성이 있음</li> <li>- 양돈슬러리는 배출원단위와 농가 배출량의 차이가 적으나, 한우, 젓소의 경우 배출원단위 기준 배출량과 실제 농가에서 배출되는 양이 많은 차이를 보임</li> <li>- 한우, 젓소 분뇨의 합리적인 관리와 자원이용 촉진을 위해서는 가축 배설량이 아닌, 농가 배출량의 정확한 파악이 필요함</li> </ul>
	- 가축분뇨 고체연료 이외의 물질 혼합 불가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 가축분뇨 고체연료의 발열량 측정시에 다른 물질과 혼합하지 않은 상태에서 3,000 kcal/kg이상으로 규정하고 있어, 가축분뇨 이외의 물질과 혼합이 불가능한 상황임</li> <li>- 한우, 젓소 농가에서 발생하는 가축분뇨는 이미 깔짚으로 사용하는 톱밥, 왕겨 등과 혼합되어 발생하고 있는 상황으로 가축분뇨의 인정 범위가 모호한 상황임</li> <li>- 특히, 가축분뇨만으로 고체연료를 제조하면서 발열량기준을 충족하지 못하는 문제가 발생하고 있으며, 이의 해결을 위해 발열량을 높이는 톱밥, 무연탄 등 혼합을 통한 발열량 증진 연구사례가 있음</li> <li>- 가축분뇨 고체연료 제조시 농업·농촌에서 발생하는 다양한 바이오매스 (농산부산물 등)와 혼합 제조를 통해 농업·농촌 바이오매스 이용 촉진 유도 필요</li> </ul>

- 현재 가축분뇨 발생량 (배출량)은 가축분뇨 배출원단위 (환경부 수생태보전과-867, 2008)를 사용하여 추산하고 있으며, 가축분뇨 배출원단위는 가축의 배설량을 기준으로 하는 배출단위임.
- 가축분뇨의 배출은 가축의 배설 단계와 축산농가에서 농경지 또는 위탁처리시설로 유출되는 축산농가의 배출 단계로 구분할 수 있으며, 양돈슬러리의 경우, 일반적으로 배설 단계와 배출 단계에서 물량의 변화가 적으나, 깔짚우사에서 배출되는 한우, 젓소 분뇨는 톱밥, 왕겨 등과 혼합되고, 가축분뇨가 장기간 깔짚우사에 체류하면서 수분증발과 유기물 분해로 인해 배설 단계보다 크게 감량화되어 농가에서 배출되는 특성이 있음.
- 따라서, 한우, 젓소 분뇨의 경우 가축의 배설 단계보다는 농가의 배출 단계에서의 발생량이 가축분뇨 관리 및 산업화 측면에서 중요한 의미를 가지며, 합리적인 가축분뇨 관리와 자원이용 촉진을 위해서는 가축의 배설 단계가 아닌, 농가의 배출 단계에서의 배출량 파악이 필요함.
- 또한, 현재 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 가축분뇨 고체연료의 발열량 측정시에는 다른 물질과 혼합하지 않은 상태에서 3,000 kcal/kg이상으로 규정하고 있어, 가축분뇨 이외의 물질과 혼합이 불가한 상황임.
- 한우, 젓소 농가에서 발생하는 가축분뇨는 이미 깔짚으로 사용하는 톱밥, 왕겨 등과 혼합되어 발생하고 있는 상황으로 가축분뇨 고체연료 제조 원료 물질의 인정 범위가 모호한 상황임.
- 특히, 가축분뇨만으로 고체연료를 제조하는 경우, 저위발열량 기준을 충족하지 못하는 문제가 발생하고 있으며, 저위발열량을 향상을 위해 높이는 톱밥, 무연탄 등을 혼합하는 발열량 증진 연구사례가 있음.
- 따라서, 가축분뇨 고체연료 제조시 농업·농촌에서 발생하는 다양한 바이오매스 (농산부산물 등)와 혼합 제조를 가능하게 함으로써 가축분뇨 고체연료화와 농업·농촌 바이오매스 이용 촉진을 동시에 달성 가능함.

- 가축분뇨 고체연료 사업 활성화를 저해하는 가축분뇨 고체연료 제조분야의 문제점은 ① 가축분뇨 고체연료 발열량 품질기준 관리에 어려움과 ② 가축분뇨 고체연료 제조시 과도한 건조에너지 소비의 문제점이 있음.
- 앞에서 지적한 바와 같이, 가축분뇨만으로 고체연료를 제조하는 경우, 저위발열량 품질기준을 충족하지 못하는 문제가 발생하고 있으며, 이는 가축분뇨 고체연료 원료범위를 경종에서 발생하는 바이오매스 (농산부산물 등)와 혼합 제조하여 발열량을 충족시킬 수 있도록 하는 제도의 개선이 요구됨.
- 또한, 가축분뇨 고체연료 제조시 건조를 위한 과도한 에너지가 요구되어 가축분뇨 고체연료 제조시설의 경제성을 저하시키는 문제가 있음, 일반적으로 가축분뇨는 위탁처리비용 단가가 10,000~20,000 원/톤 수준으로 고체연료 제조시 생산원가가 높아 가축분뇨 이용 활성화를 저해시키는 원인이 되고 있음, 따라서 가축분뇨 고체연료 제조시 건조비용 저감을 위한 효율적인 공정체계 연구 및 구축이 필요함.

[표] 가축분뇨 고체연료 사업활성화 문제점 : 제조분야

분야	항목	문제점
제조 분야	- 가축분뇨 고체연료 발열량 품질기준 관리에 어려움	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 가축분뇨 고체연료의 발열량 측정시에 다른물질과 혼합하지 않은 상태에서 3,000 kcal/kg이상으로 규정하고 있어, 가축분뇨 이외의 물질과 혼합이 불가한 상황임</li> <li>- 특히, 가축분뇨만으로 고체연료를 제조하면 발열량기준을 충족하지 못하는 문제가 발생하고 있으며, 이의 해결을 위해 발열량을 높이는 톱밥, 무연탄 등 혼합을 통한 발열량 증진 연구사례가 있음</li> <li>- 가축분뇨는 축산에서 발생하는 바이오매스로서 경종에서 발생하는 바이오매스 (농산부산물 등)와 혼합 제조하여 발열량을 충족시킬 수 있는 제도 개선이 요구됨</li> </ul>
	- 가축분뇨 고체연료 제조시 과도한 건조 에너지 소비 문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료 제조시 건조를 위한 과도한 에너지가 요구되어 가축분뇨 고체연료 제조시설의 경제성을 저하 문제가 발생</li> <li>- 가축분뇨는 위탁처리비용 단가가 10,000~20,000원/톤 수준으로 고체연료 제조시 생산원가가 높아 가축분뇨 이용 활성화를 저해시키는 원인이 되고 있음</li> <li>- 따라서 가축분뇨 고체연료 제조시 건조비용 저감을 위한 효율적인 공정체계 연구 및 구축이 필요함</li> </ul>

- 가축분뇨 고체연료 사업 활성화를 저해하는 가축분뇨 고체연료 사용분야의 문제점은 ① 가축분뇨 고체연료 사용시설을 대규모 사용시설만으로 제한하고 있어 가축분뇨 고체연료 수요처 확보가 어렵다는 점과 ② 가축분뇨 고체연료 REC 가중치 적용 사업화 사례 전무하여, 발전소 등 대규모 사용시설에서 가축분뇨 고체연료 사용사업성 제고를 위한 적정 REC 가중치 부여가 요구됨.

[표] 가축분뇨 고체연료 사업활성화 문제점 : 사용분야

분야	항목	문제점
사용 분야	- 가축분뇨 고체연료 사용시설을 대규모 사용시설만으로 제한	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 가축분뇨 사용시설을 발전소 등 대규모 사용시설로 제한하고 있어 가축분뇨 제조사업의 활성화가 어려움</li> <li>- 다른 고체연료 (석탄 등) 및 유사 고체연료 제품 (SRF, Bio-SRF, 목재펠릿, 목재칩 등)의 경우, 연료의 사용시설을 제한하는 사례는 전무한 상황임</li> <li>- 특히, 대규모 사용시설의 경우 사업 계획, 준비, 추진 상에 장기간이 소요되고, 발전시설의 경우 REC 가중치 등 제도적 개선이 수반되어야 하는 제약이 있어, 가축분뇨 고체연료 제조 및 이용 활성화를 위해서는 소규모 사용시설 (축산농가, 시설체소농가 등)로의 확대가 절실한 상황임</li> </ul>
	- 가축분뇨 고체연료 REC 가중치 적용 사업화 사례 전무	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료 발전사업 사례가 전무하여 가축분뇨 고체연료 REC 가중치 설정 및 제도화가 미흡한 상황임, 따라서 고체연료 대규모 이용시설인 발전사의 경우, 사업성을 이유로 가축분뇨 고체연료 발전사업을 꺼리고 있는 상황임</li> <li>- 가축분뇨는 목질계 바이오매스 다음으로 국내 부존잠재량이 많은 바이오매스 자원으로서 가축분뇨 에너지화 활성화를 위한 REC 가중치 제도화 및 상향 설정이 요구됨</li> </ul>

### (3) 제도개선 방안

#### ① 가축분뇨 고체연료의 바이오에너지 등록

##### ◦ (배경 및 문제점)

- 가축분뇨는 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에서 관리하고 있으며, “가축분뇨”는 “가축이 배설하는 분(糞)·요(尿) 및 가축사육 과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것”으로 규정하고 있어 「폐기물관리법」의 관리대상이 아니며, 따라서, 가축분뇨를 전환시킨 에너지는 폐기물에너지에 해당되지 않음.
- 또한, 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 제2조 제3항에서는 “"자원화시설이란 가축분뇨를 퇴비·액비 또는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조 제2호 바목에 따른 바이오에너지로 만드는 시설”로 규정하고 있고, 동법 제2조 4의 2항에서는 “가축분뇨 고체연료란 가축분뇨를 분리·건조·성형 등을 거쳐 고체상의 연료로 제조한 것”으로 규정하고 있어, 가축분뇨를 전환시킨 바이오가스 및 고체연료는 생물유기체에서 기인하는 바이오에너지로 판단됨.
- 또한 신·재생에너지 산업통계 (산업부, 2019)에서는 「폐기물관리법」 관리대상인 하수슬러지, 폐목재 등으로 제조한 하수슬러지 고형연료와 Bio-SRF (바이오 고형연료)를 바이오에너지로 분류하고 있는 상황임.

##### ◦ (개선방안 및 기대효과)

- “공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙” (신·재생에너지센터 공고 제 2020-20호)에 바이오에너지로 가축분뇨 고체연료 제품을 명시
- 가축분뇨 고체연료 발전사업 RPS 제도 참여 확대, 사업성 있는 적정 REC 가중치를 부여를 통해 가축분뇨 고체연료 발전사업 활성화 가능

##### ◦ (개선(안))

- 개선(안)은 아래 표와 같음

[표] 가축분뇨 고체연료 바이오에너지 인정 방안

구분	기존	개정(안)
근거	<p>– 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법」 제12조의9 등의 규정에 따른 “공급인 증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙” (신·재생에너지센터 공고 제2020-20호)</p>	
내용	<p><b>2</b> 바이오에너지 설비                      생물 유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 연료를 연소 또는 변환시켜 전기를 생산하는 설비를 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재펠릿 및 목재칩</li> <li>2. 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따른 바이오고형연료제품(Bio-SRF)</li> <li>3. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 중 생물기원의 유기성 폐기물</li> <li>4. 「석유 및 석유대체연료 사업법」에 따른 바이오중유</li> <li>5. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 원료의 매립지 가스</li> <li>6. 바이오가스 및 바이오수소</li> <li>7. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 및 「산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정」 제2조에 따른 미이용산림바이오매스</li> <li>8. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 및 「흑액의 품질기준」에 따른 흑액</li> </ol>	<p><b>2</b> 바이오에너지 설비                      생물 유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 연료를 연소 또는 변환시켜 전기를 생산하는 설비를 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 「목재의 지속가능한 이용에 관한 법률」에 따른 목재펠릿 및 목재칩</li> <li>2. 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」에 따른 바이오고형연료제품(Bio-SRF)</li> <li>3. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 중 생물기원의 유기성 폐기물</li> <li>4. 「석유 및 석유대체연료 사업법」에 따른 바이오중유</li> <li>5. 「폐기물관리법」에 따른 폐기물 원료의 매립지 가스</li> <li><b>6. 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 가축분뇨 원료의 가축분뇨 고체연료</b></li> <li>7. 바이오가스 및 바이오수소</li> <li>8. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 및 「산림바이오매스에너지의 이용·보급 촉진에 관한 규정」 제2조에 따른 미이용산림바이오매스</li> <li>9. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 및 「흑액의 품질기준」에 따른 흑액</li> </ol>

② 가축분뇨 고체연료 이용 활성화를 위한 적정 REC 가중치 부여

◦ (배경 및 문제점)

- 가축분뇨는 농산 바이오매스와 함께 농업분야에서 발생하는 주요한 바이오매스 자원으로서 도시에서 발생하는 유기성폐자원의 에너지잠재량 보다 높은 잠재량을 보유하고 있음.
- 가축분뇨의 약 85%가 퇴비, 액비로 제조되어 농경지로 환원되고 있으나, '21년 지역단위 양분관리제도 도입 (환경부) 예정으로 가축사육밀집지역의 경우, 가축분뇨의 농경지 환원이 제한될 수 있어 가축분뇨의 새로운 처리대안이 요구되고 있는 상황임.
- 가축분뇨의 에너지화는 전체발생량의 약 0.5% 수준임, 가축분뇨의 에너지화 비중을 지속적으로 확대해 나가고 있는 해외 선진국 (독일)의 사례와 비교하여 국내 가축분뇨 에너지화는 극히 미미한 상황임.
- 가축분뇨 고체연료화는 품질기준과 사용시설 기준 등이 제도화 되었음에도 불구하고, 제조 및 이용시설의 사업성 미흡으로 사업화 사례가 전무한 실정임.

[표] 국내 바이오매스 에너지 잠재량

구분		이론적 잠재량 (TOE/년)	기술적 잠재량(TOE/년)
임산 바이오매스		12,849,010	9,852,860
축산 바이오매스 (가축분뇨)	한우	626,905	626,905
	육우	28,336	23,336
	젖소	104,793	104,793
	닭	304,820	304,820
	돼지	383,163	196,320
	소계	<b>1,448,017</b>	<b>1,261,174</b>
도시유기성 폐자원	음식물류폐기물	472,762	411,656
	하수농축슬러지	717,533	314,493
	소계	<b>1,190,295</b>	<b>726,149</b>
농산 바이오매스		3,348,263	3,348,263

자료) 2018 신재생에너지백서(산업통상자원부, 2019)

◦ (개선방안 및 기대효과)

- 가축분뇨 고체연료 발전사업의 적정 REC 가중치 부여를 통해 고체연료 발전사업의 사업성을 향상시킴으로써 가축분뇨 고체연료 수요처 확대
- 가축분뇨의 청정에너지 이용체계를 구축과 가축분뇨 고체연료화 활성화로 국가 신재생에너지 보급 목표 달성을 유도, '21년 지역단위 양분관리제도 도입 예정으로 가축분뇨 고체연료화를 통해 농경지로 투입되는 과잉양분을 조절함으로써 지속가능한 농업환경 유지가 가능

◦ (개선(안))

- 개선(안)은 아래 표와 같음

[표] 가축분뇨 고체연료 발전사업 REC 가중치 설정 방안

구분	기존			개정(안)		
근거	- 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제12조의5 등에 의한 신·재생에너지 공급의무화제도를 효율적으로 운영하기 위한 “신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침” (산업통상자원부고시 제2020-105호) “별표 2. 신·재생에너지지원별 가중치”					
내용	구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준	구분	공급인증서 가중치	대상에너지 및 기준
	바이오 에너지	0.25	Bio-SRF, 흑액	바이오 에너지	0.25	Bio-SRF, 흑액
0.5		매립지가스, 목재펠릿, 목재칩	0.5		매립지가스, 목재펠릿, 목재칩	
1.0		기타 바이오에너지 (바이오중유, 바이오가스 등)	1.0		기타 바이오에너지 (바이오중유, 바이오가스 등)	
1.5		미이용산림바이오매스 혼소설비	1.5		미이용산림바이오매스 혼소설비, <b>가축분뇨고체연료 혼소설비</b>	
2.0		미이용산림바이오매스 (바이오에너지 전소설비만 적용)	2.0		미이용산림바이오매스, <b>가축분뇨고체연료</b> (바이오에너지 전소설비만 적용)	

### ③ 가축분뇨 고체연료 소규모 사용시설 확대

#### ◦ (배경 및 문제점)

- 아래의 표는 가축분뇨 고체연료와 유사 고체연료 제품의 품질기준을 비교하였으며, 가축분뇨 고체연료는 Bio-SRF, SRF와 비교하여 회분함량, 황, 염소, 비소, 카드뮴 함량에서 다소 높은 품질기준을 설정하고 있는 상황임.
- 회분함량 등이 높게 설정된 것은 가축분뇨 고체연료 품질기준의 설정당시 다양한 범위의 가축분뇨 원료 범위를 포괄하기 위한 것으로 실제 가축분뇨 중의 회분 및 중금속 함량은 높지 않는 것으로 보고되고 있음.
- 특히, 가축분뇨는 기본적으로 가축의 사료에서 기인하는 특성이 있으므로 가축사료는 사람의 식품과 유사한 성분체계를 가지고 있어 중금속 등의 함량이 높지 않으며, 기존에 양돈분뇨에서의 높은 구리와 아연 함량 문제는 현재는 가축의 사료 제조 시에 추가하고 있지 않는 상황임.
  - \* 구리와 아연은 돼지의 소화효율을 높이고 증체율을 향상시키는 영양특성이 있어 사료에 첨가하여 사료를 제조하였으나, '06년 가축분뇨 액비비용에서 높은 구리, 아연 함량 문제가 발생하여, 자돈 배합사료를 제외하고는 현재는 사료제조시 구리, 아연을 추가하지 않고 있음. 축산농가에서는 자돈에서 발생하는 슬러리의 적정처리를 위하여 자돈 유래 가축분뇨는 별도로 관리하여 공공처리장으로 위탁처리하는 방향으로 관리하고 있음.
- 유사 고체연료의 경우, 고체연료 사용시설은 일정 규모를 제한하는 사례가 없으나, 유사한 품질기준을 가지는 가축분뇨 고체연료는 발전소 등 대규모 사용시설로 제한하고 있어, 가축분뇨 고체연료의 수요처 확보에 어려움이 많은 상황임.
- 따라서, 가축분뇨 고체연료 제조시설의 확산을 위해서는 축산농가, 시설채소 농가 등에서 난방용 또는 건조용 보일러에 가축분뇨 고체연료를 사용할 수 있도록 사용시설을 제한하는 규제를 완화시키는 것이 타당함.
- 소규모 사용시설로 확대 시에 대기오염물질 발생을 우려하는 측면이 있으나, 시설채소농가는 연탄 등 화석연료 연소보일러를 운영하는 사례가 많으며, 연탄의 연소 시에는 가축분뇨 고체연료보다 더 많은 황산화물과 일산화탄소가 배출되는 문제가 있음.
- 소규모 사용시설에서 지속가능한 가축분뇨 고체연료 사용을 위하여 대기오염물질의 배출 특성 연구를 통해 적절한 사용시설 기준을 설정하는 방향으로 발전 방향의 모색이 가능함.

[표] 유사 고체연료 제품의 품질기준 비교

구분	단위	가축분뇨	바이오매스	폐기물	하수슬러지
		고체연료 <sup>1)</sup>	Bio-SRF <sup>2)</sup>	SRF <sup>2)</sup>	고형연료 <sup>3)</sup>
					
크기	mm	≤ 40	성형 ≤ 50 비성형 ≤ 120	성형 ≤ 50 비성형 ≤ 50	≤ 40
길이	mm	-	성형 ≤ 100 비성형 ≤ 120	성형 ≤ 100 비성형 ≤ 50	-
함수량	%(원물기준)	≤ 20	성형 ≤ 10, 비성형 ≤ 25	성형 ≤ 10, 비성형 ≤ 25	≤ 10
회분	%(건물기준)	≤ 30	≤ 15	≤ 20	≤ 35
발열량	kcal/kg(저위발열량)	≥ 3,000	≥ 3,000	≥ 3,500	≥ 3,000
황	%(건물기준)	≤ 2.0	≤ 0.6	≤ 0.6	≤ 2.0
염소	%(건물기준)	-	≤ 0.5	≤ 2.0	-
비소	mg/kg(건물기준)	-	≤ 5.0	≤ 13.0	-
카드뮴	mg/kg(건물기준)	≤ 9.0	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 9.0
크롬	mg/kg(건물기준)	≤ 70.0	≤ 70.0	-	-
납	mg/kg(건물기준)	≤ 200.0	≤ 100.0	≤ 150.0	≤ 200.0
수은	mg/kg(건물기준)	≤ 1.2	≤ 0.6	≤ 1.0	≤ 1.2
사용시설제한여부	-	○	×	×	×

주1) 가축분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시(환경부고시 제2018-114호)

주2) 자원이절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙 제20조의2 별표7 “고형연료제품의 품질기준”

주3) 폐기물관리법 시행규칙 제14조의3제1항 관련 별표5의3 “폐기물의 재활용 기준”

◦ (개선방안 및 기대효과)

- 가축분뇨 고체연료 사용시설은 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제12조의3 “가축분뇨 고체연료의 사용시설”에서 규정하고 있으며, 시설하우스, 가축사육사 등 농업생산 시설 및 농가주택의 난방용, 건조용 보일러 등의 사용시설 확대, 가축분뇨 고체연료 수요처 확대

◦ (개선(안))

- 개선(안)은 아래 표와 같음

[표] 가축분뇨 고체연료 사용시설 확대 (소규모 사용시설 확대)

구분	기존	개정(안)
근거	「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제12조의3 “가축분뇨 고체연료의 사용시설”	
내용	1. 시멘트 소성로(燒成爐) 2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 발전시설 가. 화력발전시설 나. 열병합발전시설 다. 발전용량이 2MW 이상인 발전시설 3. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 시설로서 석탄사용량이 시간당 2톤 이상인 시설 가. 지역난방시설 나. 산업용보일러 다. 제철소 로(爐) 4. 가축분뇨 고체연료의 사용량이 시간당 200kg 이상인 보일러시설	1. 시멘트 소성로(燒成爐) 2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 발전시설 가. 화력발전시설 나. 열병합발전시설 다. 발전용량이 2MW 이상인 발전시설 3. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 시설로서 석탄사용량이 시간당 2톤 이상인 시설 가. 지역난방시설 나. 산업용보일러 다. 제철소 로(爐) 4. 가축분뇨 고체연료의 사용량이 시간당 200kg 이상인 보일러시설 5. 시설하우스, 가축사육사 등 농업생산 시설 및 농가주택의 난방용, 건조용 보일러 시설(다만, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제30조 제4항 나목의 생산농지지역에 위치하는 농업시설 및 농가주택에 해당한다.)

④ 가축분뇨 고체연료 원료 범위 확대 및 고품질화

◦ (배경 및 문제점)

- 위의 표에서 제안한 바와 같이 가축분뇨는 축산분야의 주요 바이오매스로서 농산바이오매스와 더불어 농업·농촌 분야에서 발생하는 주요한 바이오매스 자원임.
- 가축분뇨 고체연료 제조시 경제성 향상을 위하여 수분함량 기준을 20% 수준으로 하고 있어, 저위발열량 3,000 kcal/kg을 만족시키지 못하는 사례가 발생하고 있으며, 저위발열량 충족을 위하여 수분함량을 10% 수준까지 추가 건조해야 하는 경우가 있음.
- 건조시 수분함량이 낮아짐에 따라 잔여수분은 건조물에 더욱 강하게 부착하는 특성이 있어 수분함량 10% 수준까지 추가 건조하는 경우, 물리적인 건조에너지보다 더욱 많은 건조에너지를 요구하는 특성이 있어 추가적인 건조 행위는 가축분뇨 고체연료 제조에 경제성을 저하시키는 원인이 되고 있음.

- 따라서, 고춧대, 가지대, 옥수수대 등 농산 바이오매스 또는 톱밥과 같은 목질계 바이오매스, 케나프 등 초본계 (자원식물계) 바이오매스를 혼입하는 경우, 추가적인 건조 없이 가축분뇨 고체연료의 저위발열량의 충족이 가능함.
- (개선방안 및 기대효과)
- 가축분뇨 고체연료의 품질기준 및 다른 물질의 혼입 여부는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제11조의2 관련 “별표 4의2. 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 기준”에서 규정하고 있으며, 이의 개정을 통해 다양한 바이오매스의 혼합사용이 가능함.
- 가축분뇨와 더불어 미이용되고 있는 농산 바이오매스의 이용 활성화로 농업 부문 바이오매스 산업 활성화에 기여
- (개선(안))
- 개선(안)은 아래 표와 같음

[표] 가축분뇨 고체연료 원료 범위 확대

구분	기존	개정(안)
근거	- 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제11조의2 관련 “별표 4의2. 가축분뇨 고체연료의 성분 등에 관한 기준”	
내용	<p>※ 비교</p> <p>1. 성형제품의 형태는 펠릿으로 제조한 것으로 한정한다.</p> <p>2. 저위발열량(低位發熱量: 연료의 전체 발열량에서 수증기의 숨은열을 뺀 연료의 유효한 발열량)은 다른 물질과 혼합되지 않은 상태를 기준으로 한다.</p> <p>3. 회분[灰分: 유기질이 회화(灰化)된 뒤에 남은 무기물 또는 불연성 잔류물], 황분(黃分: 석탄 등에 불순물로 들어 있는 물질로서 유기 유황, 황산염 등으로 이루어진 것), 금속성분은 건조된 상태를 기준으로 한다. 다만, 화력발전 시설에서 사용되는 가축분뇨 고체연료의 경우에는 회분이 30%를 초과할 수 있다</p>	<p>※ 비교</p> <p>1. 성형제품의 형태는 펠릿으로 제조한 것으로 한정한다.</p> <p>2. 저위발열량(低位發熱量: 연료의 전체 발열량에서 수증기의 숨은열을 뺀 연료의 유효한 발열량)은 다른 물질과 혼합되지 않은 상태를 기준으로 한다.</p> <p>2. 다음의 바이오매스를 서로 혼합한 경우를 포함한다.</p> <p>가. 목질계 바이오매스 (톱밥 등)</p> <p>나. 초본계 바이오매스 (왕겨, 옥수수대 등 농산 바이오매스 및 케나프 등 자원식물계 바이오매스)</p> <p>3. 회분[灰分: 유기질이 회화(灰化)된 뒤에 남은 무기물 또는 불연성 잔류물], 황분(黃分: 석탄 등에 불순물로 들어 있는 물질로서 유기 유황, 황산염 등으로 이루어진 것), 금속성분은 건조된 상태를 기준으로 한다. 다만, 화력발전 시설에서 사용되는 가축분뇨 고체연료의 경우에는 회분이 30%를 초과할 수 있다</p>

⑤ 가축분뇨 고체연료 연소회분의 비료화 방안 마련

◦ (배경 및 문제점)

- 가축분뇨 고체연료 연소회분은 기본적으로 가축분뇨 중의 무기질 성분에서 기인하고 있으며, 가축분뇨의 무기질 성분은 가축의 사료로 이용하는 농산물 (곡류 등)에서 기인함, 또한 가축분뇨를 퇴배, 액비로 제조하여 농경지에 환원이용하고 상황에서 가축분뇨 회분은 식품안전과 농업환경보전 측면에서 안정적으로 사용할 수 있는 비료 자원임.

[표] 가축분뇨 고체연료 연소회분의 재활용 및 처리 방법 비교

구분	비료화	재료화	매립
근거	비료공정규격 설정 및 지정 (농촌진흥청 고시 제 2016-26호)	「자원의 절약 및 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙」 제 2 조 관련 별표 1“재활용제품”	「폐기물관리법」
재활용제품	재 (보통비료 중 그 밖의 비료)	토목·건축자재, 요업제품, 시멘트 대체재	-
원료기준	초목회 (초본, 목본의 재)	시멘트 대체재의 경우 KS L 5405 또는 KS L 5211, 고로슬래그는 KS F 2563 또는 KS L 5210	가정에서 배출되는 쓰레기 (음식물류 제외) 또는 소각재
제도개선	가축분뇨 고체연료의 회분을 비료 원료로 이용이 가능하도록 해당 고시 별표 5 “보통비료 및 부산물비료의 원료”에 신규 지정 필요	-	-
비교	가축분뇨 고체연료 전소 이용 시설에서 발생하는 회분에 해당	가축분뇨 고체연료 혼소 이용 시설에서 발생하는 회분에 해당	처리비용 : 가정폐기물의 경우 36,780 원 /톤, 사업장폐기물의 경우 57,054 원 /톤

자료) 가축분뇨 바이오에너지화 확대를 위한 타당성 조사 (환경부, 2016)

◦ (개선방안 및 기대효과)

- 회분의 비료자원 이용은 「비료관리법」 제4조제1항·제2항·제4항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따른 “비료 공정규격설정 및 지정” (농촌진흥청고시 제2020-28호)의 “별표 5. 보통비료 및 부산물비료 원료”에서 규정하고 있으며, 현재는 초본과 목본의 회분만 사용으로 가능함.

- 따라서, 초본과 목본의 회분과 함께 가축분뇨 회분을 명시하여 제도 개선이 가능함

- 가축분뇨 고체연료의 연소 과정의 부산물을 비료자원으로 활용함으로써 미래 인산질 비료지원 고갈에 대응하고, 가축분뇨 관련 신산업 창출이 가능함.

◦ (개선(안))

- 개선(안)은 아래 표와 같음.

[표] 가축분뇨 고체연료 연소회분 비료이용

구분	기존				개정(안)			
근거	- 「비료관리법」 제4조제1항·제2항·제4항 및 같은 법 시행규칙 제3조에 따른 “비료 공정규격설정 및 지정” (농촌진흥청고시 제2020-28호)의 “별표 5. 보통비료 및 부산물비료 원료”							
내용	구분	비료의 종류	원료의 종류	그 밖의 사항	구분	비료의 종류	원료의 종류	그 밖의 사항
	그 밖의 비료	재	초·목회		그 밖의 비료	재	초·목회, <b>가축분뇨회</b>	

⑥ 가축분뇨 고체연료 보일러 시설의 설치기준 완화

◦ (배경 및 문제점)

- 가축분뇨 고체연료는 「폐기물관리법」 관리대상이 아닌 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 관리대상으로 바이오매스 자원으로 인식하고 있음.

- 그러나 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제12조의3 “가축분뇨 고체연료의 사용시설”에서는 가축분뇨 고체연료의 사용량이 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설에 대하여 “「폐기물관리법 시행규칙」 별표 9에 따른 소각시설의 설치기준 및 같은 법 시행규칙 별표 10에 따른 소각시설의 검사기준에 적합한 시설”로 규정하고 있어, 가축분뇨 고체연료가 폐기물에너지로 인식되는 문제가 발생함.

- 또한, 가축분뇨 고체연료 사용시설인 보일러시설의 설치 및 검사기준은 폐기물의 소각시설에 준하는 경우 까다로운 설치 및 검사기준으로 인하여 사용시설의 확대에 장애가 발생하고 관련 산업의 활성화를 저해하는 문제가 발생함.

- 따라서, 가축분뇨 고체연료 연소에 따른 문제는 「대기환경보전법」 별도로 규정하는 방향으로 하고 현행의 폐기물의 소각시설 설치 및 검사기준을 삭제할 필요가 있음.
- (개선방안 및 기대효과)
- 가축분뇨 고체연료 사용시설 붕 보일러시설의 경우, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제12조의3 “가축분뇨 고체연료의 사용시설” 에서 규정하고 있으며, 폐기물의 소각시설 설치 및 검사기준을 삭제하여 가축분뇨 고체연료 보일러 시설의 설치 및 검사기준을 완화
- (개선(안))
- 개선(안)은 아래 표와 같음.

**[표] 가축분뇨 고체연료 사용시설 확대 (소규모 사용시설 확대)**

구분	기존	개정(안)
근거	- 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙」 제12조의3 “가축분뇨 고체연료의 사용시설”	
내용	4. 가축분뇨 고체연료의 사용량이 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설(「폐기물관리법 시행규칙」 별표 9에 따른 소각시설의 설치기준 및 같은 법 시행규칙 별표 10에 따른 소각시설의 검사기준에 적합한 시설로서 초기 가동시 연소실 출구 온도가 800℃ 이상이 될 때 고품연료제품을 자동 투입할 수 있는 장치를 갖춘 시설만 해당한다)	4. 가축분뇨 고체연료의 사용량이 시간당 200킬로그램 이상인 보일러시설(「폐기물관리법 시행규칙」 별표 9에 따른 소각시설의 설치기준 및 같은 법 시행규칙 별표 10에 따른 소각시설의 검사기준에 적합한 시설로서 초기 가동시 연소실 출구 온도가 800℃ 이상이 될 때 고품연료제품을 자동 투입할 수 있는 장치를 갖춘 시설만 해당한다)

⑦ 기술개발 관련

- 가축분뇨 고체연료 제도 개선과 함께 후속으로 가축분뇨 고체연료 제조 및 사용시설 확대를 위한 애로기술 개발 추진을 위하여 아래 표와 같이 중점 과제를 도출함.

[표] 가축분뇨 고체연료 활성화를 위한 기술개발 과제

분야	번호	기술개발과제	내용 및 효과
원료 분야	①	가축분뇨 (한우, 젓소 등) 농가시설 배출원단위 설정 연구	- 지역별 실재 농가시설 배출량 파악으로 가축분뇨 적정관리 및 산업 활성화 기반 구축
	②	지역단위 양분관리제도 대응 가축분뇨 자원화 통합관리 시스템 개발	- 지역 양분관리제도에 대응하는 가축분뇨 자원화(퇴액비, 에너지화) 통합관리 기술, 정책, 제도 방안 연구
제조 분야	③	농산 바이오매스 및 초본계 바이오매스 이용 가축분뇨 고체연료 고품질화 기술 개발	- 농업·농촌 부문에서 발생하는 바이오매스 전반에 대한 거시적인 접근으로 지역단위 바이오매스 연료 이용체계 구축
	④	경제성 있는 가축분뇨 고체연료 제조기술 개발 및 실증	- 공동자원화 규모 경제성 있는 가축분뇨 고체연료 제조 기술 개발 및 보급 촉진
사용 분야	⑤	가축분뇨 고체연료 전용보일러 개발 및 대기오염 저감 적정기술 개발	- 가축분뇨 고체연료 사용으로 인한 대기오염 문제를 예방하고 소규모 사용시설에 적합한 적정 방기기술을 개발
	⑥	가축분뇨 고체연료 연소회분 비료 제품 개발 및 작물재배 이용 기술 개발	- 가축분뇨 고체연료의 연소회분의 비료 신산업화를 위한 기반기술 구축 및 작물에 대한 적정 사용기술을 개발

## 6) 가축분뇨 고체연료화 시설 표준화 설계 및 경제성 평가

### (1) 가축분뇨 고체연료화 제조시설 규모별(10, 50, 100, 150 톤/일) 물질·에너지 수지 분석

- 본 연구에서는 가축분뇨 고체연료 제조원가 분석을 위해 원료(우분) 5 톤/일 제조 시설에 대한 물질·에너지 수지 분석 결과를 통해 제조시설 유형별 물질·에너지 수지를 제조시설의 시설규모별(10, 50, 100, 150 톤/일)로 분석하였음.
- 가축분뇨 고체연료 제조시설 물질수지 분석은 시설 유형별로 생산되는 가축분뇨 고체연료 제품의 생산량을 산출하였으며, 에너지수지 분석은 시설 유형별로 소비되는 건조에너지량을 산출함.
- 10톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질수지 산출결과를 통해, 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 가축분뇨 고체연료 생산량은 각각 3,801, 4,054 kg/day로 산출되었음.
- 10톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 에너지수지 산출결과를 통해, 1차 발효건조 반응기에서 유기물분해 발열량은 2,050,520 kcal/day로 산출되었으며, 가축분뇨 고체연료의 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 필요한 에너지는 2,338,678 ~ 2,761,934 kcal/day로 산출되었음.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 (10 톤/일) 물질·에너지 수지 산출 결과

		공정구분 (10ton/day)		하절기		동절기	
		목표 수분함량(%)	20	25	20	25	
투입 물질	우분	유입량(kg/day)	10,000	10,000	10,000	10,000	
		수분 함량(%)	65	65	65	65	
		수분 함량(kg/day)	6,500	6,500	6,500	6,500	
		총고형물 함량(%)	35	35	35	35	
		총고형물 함량(kg/day)	3,500	3,500	3,500	3,500	
		유기물 함량(%)	27.3	27.3	27.3	27.3	
		유기물 함량(kg/day)	2,726	2,726	2,726	2,726	
		용적비중 (ton/m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	0.8	0.8	
	유입용적(m <sup>3</sup> /day)	12.5	12.5	12.5	12.5		
건조 과정	발효 건조	유기물 분해량(kg/day)	459	459	459	459	
		유기물분해 발열량(kcal/day)	2,050,520	2,050,520	2,050,520	2,050,520	
		유기물 잔여량(kg/day)	2,266	2,266	2,266	2,266	
		수분 증발량(kg/day)	2,563	2,563	2,563	2,563	
		수분 발생량(kg/day)	-	-	276	276	
		잔여 수분량(kg/day)	3,937	3,937	4,213	4,213	
		총고형물 함량(kg/day)	3,041	3,041	3,041	3,041	
		수분 함량(%)	56.42	56.42	58.08	58.08	
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	13.5	13.5	13.0	13.0	
		일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)	13.02	13.02	12.73	12.73	
	멤브레인 드라이어 이용	수분증발 요구량(kg/day)	3,177	2,923	3,452	3,199	
		수분증발 필요에너지(kcal)	2,541,280	2,338,678	2,761,934	2,559,233	
		수분증발 후 수분함량(kg/day)	760	1,014	760	1,014	
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	9.5	10.1	9.5	10.1	
	일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)	11.3	11.6	11.1	11.5		
제품생산	가축분뇨 생산량(kg/day)	3,801	4,054	3,801	4,054		

- 50톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질수지 산출결과를 통해, 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 가축분뇨 고체연료 생산량은 각각 19,003, 20,270 kg/day로 산출되었음.
- 50톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 에너지수지 산출결과를 통해, 1차 발효건조 반응기에서 유기물분해 발열량은 10,252,600 kcal/day로 산출되었으며, 가축분뇨 고체연료의 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 필요한 에너지는 11,693,389 ~ 13,809,670 kcal/day로 산출되었음.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 (50 톤/일) 물질·에너지 수지 산출 결과

공정구분 (50ton/day)		하절기		동절기		
	목표 수분함량(%)	20	25	20	25	
투입 물질	우분	유입량(kg/day)	50,000	50,000	50,000	50,000
		수분 함량(%)	65	65	65	65
		수분 함량(kg/day)	32,500	32,500	32,500	32,500
		총고형물 함량(%)	35	35	35	35
		총고형물 함량(kg/day)	17,500	17,500	17,500	17,500
		유기물 함량(%)	27.3	27.3	27.3	27.3
		유기물 함량(kg/day)	13,628	13,628	13,628	13,628
		용적비중(ton/m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	0.8	0.8
		유입용적(m <sup>3</sup> /day)	62.5	62.5	62.5	62.5
건조 과정	발효건조	유기물 분해량(kg/day)	2,297	2,297	2,297	2,297
		유기물분해 발열량(kcal/day)	10,252,600	10,252,600	10,252,600	10,252,600
		유기물 잔여량(kg/day)	11,331	11,331	11,331	11,331
		수분 증발량(kg/day)	12,816	12,816	12,816	12,816
		수분 발생량(kg/day)	-	-	1,378	1,378
		잔여 수분량(kg/day)	19,684	19,684	21,063	21,063
		총고형물 함량(kg/day)	15,203	15,203	15,203	15,203
		수분 함량(%)	56.42	56.42	58.08	58.08
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	67.7	67.7	64.8	64.8
		일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)	65.12	65.12	63.63	63.63
	멤브레인 드라이어 이용	수분증발 요구량(kg/day)	15,884	14,617	17,262	15,995
		수분증발 필요에너지(kcal)	12,706,892	1,693,389	13,809,670	12,796,167
		수분증발 후 수분함량(kg/day)	3,801	5,068	3,801	5,068
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	47.5	50.7	47.5	50.7
일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)		56.3	57.9	56.1	57.7	
제품생산	가축분뇨 생산량(kg/day)	19,003	20,270	19,003	20,270	

- 100톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질수지 산출결과를 통해, 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 가축분뇨 고체연료 생산량은 각각 38,006, 40,540 kg/day로 산출되었음.
- 100톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 에너지수지 산출결과를 통해, 1차 발효건조 반응기에서 유기물분해 발열량은 20,505,199 kcal/day로 산출되었으며, 가축분뇨 고체연료의 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 필요한 에너지는 23,386,777 ~ 27,619,341 kcal/day로 산출되었음.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 (100 톤/일) 물질·에너지 수지 산출 결과

공정구분 (100ton/day)		하절기		동절기		
	목표 수분함량(%)	20	25	20	25	
투입 물질	우분	유입량(kg/day)	100,000	100,000	100,000	100,000
		수분 함량(%)	65	65	65	65
		수분 함량(kg/day)	65,000	65,000	65,000	65,000
		총고형물 함량(%)	35	35	35	35
		총고형물 함량(kg/day)	35,000	35,000	35,000	35,000
		유기물 함량(%)	27.3	27.3	27.3	27.3
		유기물 함량(kg/day)	27,257	27,257	27,257	27,257
		용적비중 (ton/m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	0.8	0.8
		유입용적(m <sup>3</sup> /day)	125.0	125.0	125.0	125.0
건조 과정	발효건조	유기물 분해량(kg/day)	4,595	4,595	4,595	4,595
		유기물분해 발열량(kcal/day)	20,505,199	20,505,199	20,505,199	20,505,199
		유기물 잔여량(kg/day)	22,662	22,662	22,662	22,662
		수분 증발량(kg/day)	25,631	25,631	25,631	25,631
		수분 발생량(kg/day)	-	-	2,757	2,757
		잔여 수분량(kg/day)	39,369	39,369	42,125	42,125
		총고형물 함량(kg/day)	30,405	30,405	30,405	30,405
		수분 함량(%)	56.42	56.42	58.08	58.08
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	135.5	135.5	129.5	129.5
		일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)	130.24	130.24	127.26	127.26
	멤브레인 드라이어 이용	수분증발 요구량(kg/day)	31,767	29,233	34,524	31,990
		수분증발 필요에너지(kcal)	25,413,783	23,386,777	27,619,341	25,592,335
		수분증발 후 수분함량(kg/day)	7,601	10,135	7,601	10,135
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	95.0	101.4	95.0	101.4
일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)		112.6	115.8	112.3	115.4	
제품생산	가축분뇨 생산량(kg/day)	38,006	40,540	38,006	40,540	

- 150톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 물질수지 산출결과를 통해, 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 가축분뇨 고체연료 생산량은 각각 57,010, 60,810 kg/day로 산출되었음.
- 150톤/일 규모 가축분뇨 고체연료화 시설 에너지수지 산출결과를 통해, 1차 발효건조 반응기에서 유기물분해 발열량은 30,757,799 kcal/day로 산출되었으며, 가축분뇨 고체연료의 수분함량을 20, 25%로 설정하였을 때 필요한 에너지는 35,080,166 ~ 41,429,011 kcal/day로 산출되었음.

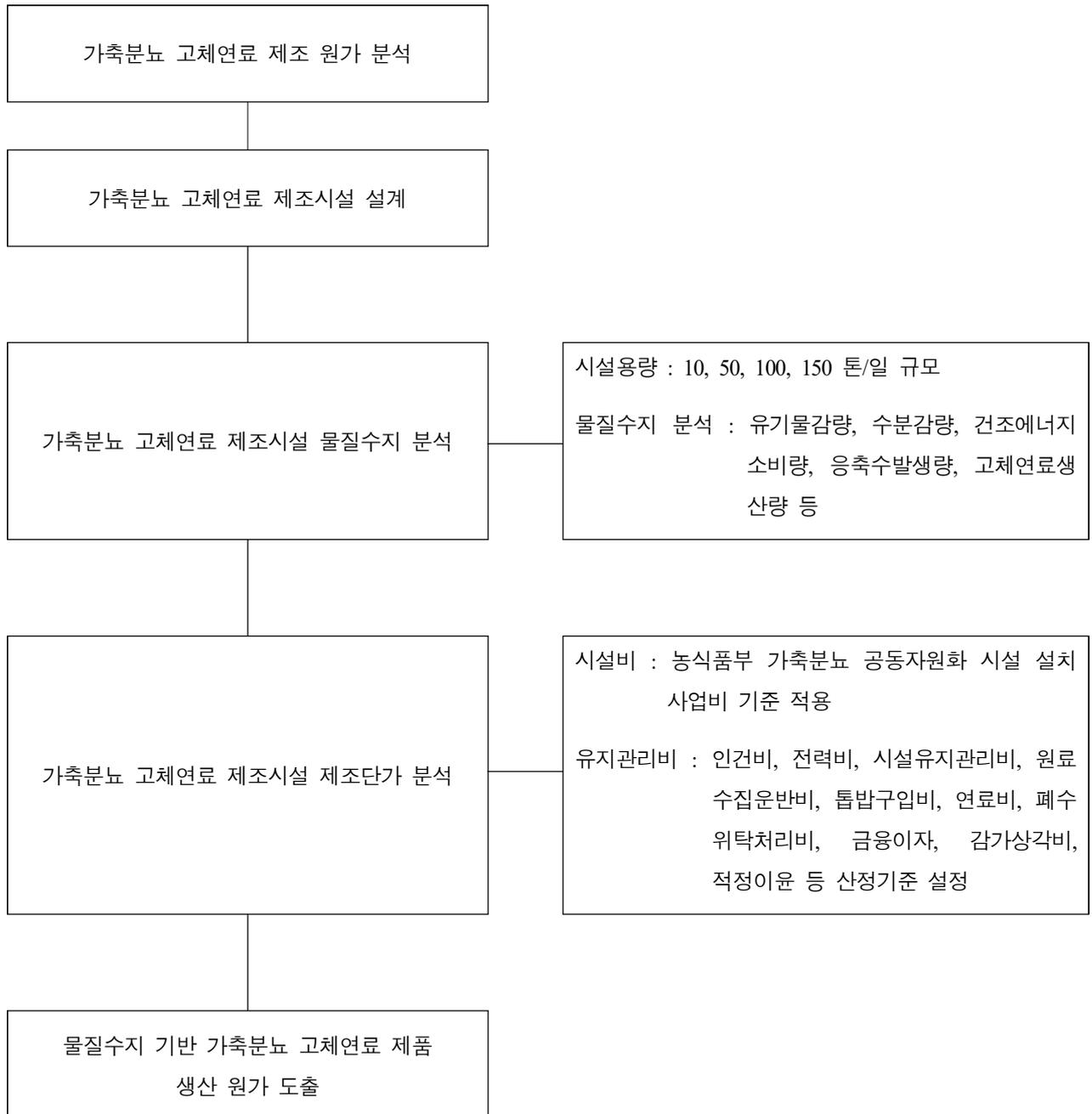
[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 (150 톤/일) 물질·에너지 수지 산출 결과

공정구분 (150ton/day)		하절기		동절기		
	목표 수분함량(%)	20	25	20	25	
투입 물질	우분	유입량(kg/day)	150,000	150,000	150,000	150,000
		수분 함량(%)	65	65	65	65
		수분 함량(kg/day)	97,500	97,500	97,500	97,500
		총고형물 함량(%)	35	35	35	35
		총고형물 함량(kg/day)	52,500	52,500	52,500	52,500
		유기물 함량(%)	27.3	27.3	27.3	27.3
		유기물 함량(kg/day)	40,885	40,885	40,885	40,885
		용적비중 (ton/m <sup>3</sup> )	0.8	0.8	0.8	0.8
		유입용적(m <sup>3</sup> /day)	187.5	187.5	187.5	187.5
건조 과정	발효건조	유기물 분해량(kg/day)	6,892	6,892	6,892	6,892
		유기물분해 발열량(kcal/day)	30,757,799	30,757,799	30,757,799	30,757,799
		유기물 잔여량(kg/day)	33,993	33,993	33,993	33,993
		수분 증발량(kg/day)	38,447	38,447	38,447	38,447
		수분 발생량(kg/day)	-	-	4,135	4,135
		잔여 수분량(kg/day)	59,053	59,053	63,188	63,188
		총고형물 함량(kg/day)	45,608	45,608	45,608	45,608
		수분 함량(%)	56.42	56.42	58.08	58.08
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	203.2	203.2	194.3	194.3
		일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)	195.36	195.36	190.89	190.89
	멤브레인 드라이어 이용	수분증발 요구량(kg/day)	47,651	43,850	51,786	47,986
		수분증발 필요에너지(kcal)	38,120,675	35,080,166	41,429,011	38,388,502
		수분증발 후 수분함량(kg/day)	11,402	15,203	11,402	15,203
		유출용적(m <sup>3</sup> /day)	142.5	152.0	142.5	152.0
일 평균용적(m <sup>3</sup> /day)		112.6	173.7	168.4	173.2	
제품생산	가축분뇨 생산량(kg/day)	57,010	60,810	57,010	60,810	

## (2) 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 평가

### 가. 가축분뇨 고체연료화 시설 제조 원가 분석 기준

- 가축분뇨 고체연료 제조시설의 유형별 제조 원가분석은 아래 그림과 같이 수행하였으며, 4가지 시설유형에 대하여 각각 시설용량 10, 50, 100, 150 톤/일 시설규모에 대하여 물질·에너지 수지를 바탕으로 가축분뇨 고체연료 제조 원가분석을 수행하였음.



<그림> 가축분뇨 고체연료 제조 원가분석 방법

- 가축분뇨 고체연료 제조시설 용량 10, 50, 100, 150 톤/일 규모에 대하여 제조 원가 분석을 수행하였음. 또한, 각각의 가축분뇨 고체연료 제조시설에서 고체연료 제조 원가분석을 위한 산출기준은 아래 표와 같음.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조 원가분석 기준 및 적용

유형구분	원가 분석 기준
시설비 (설치비)	- 농식품부 가축분뇨 공동자원화 (에너지) 시설 설치비 기준 단가 적용 - 공종별 사업비 : 토목 25%, 건축, 25%, 기계 30%, 전기 10%, 기타 15% 적용
인건비	- 2021년 에너지니어링업체 임금실태조사결과(한국에너지니어링협회, 2021) 중급기술자 기준 적용 - 사무직, 기계설비, 전기, 환경, 안전 분야별 인력 배치
전력비	- 기존 공동자원화 (에너지화) 시설 전력사용량 조사 사례 적용 - 농사용(을, 고압), 계약전력 500kW, 운전일수 330일/년 적용
톱밥구입비	- 물질수지 산출 결과에 근거, 톱밥사용량 산출 - 수입톱밥 200원/kg, 국내산톱밥 400원/kg 적용
연료비 (화력건조)	- 물질수지 산출 결과에 근거 - 원료종류 : 가축분뇨 고체연료 제품, LNG, 경유, 등유
폐수 위탁처리비	- 물질수지 산출 결과에 근거, 폐수발생량 산출 - 위탁처리비 10,000원/톤 적용
금융이자	- 3년거치, 7년상환, 연 2% 적용
감가상각비	- 잔존가치 10%, 정액법 적용 - 내구년수 : 기계, 전기분야 10년, 토목, 건축 분야 20년 적용
적정이윤	- 투자금 (자부담+융자, 사업비의 30%)의 8%/년 적용

## 나. 분석기준

### ① 시설비

- 가축분뇨 고체연료 제조시설 설치비는 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업지침 (농식품부, 2020)에 근거하였으며, 공정별 설치비는 기존 사업추진사례에 근거하여 정함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 설치비 기준

항목	시설비			
시설용량(톤/일)	10	50	100	150
금액(천원)	1,118,000	5,150,000	9,200,000	12,150,000

자료) 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업지침(농식품부, 2020).

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 공정별 설치비 기준

시설용량(톤/일)	시설비				비중(%) <sup>1</sup>
	10	50	100	150	
토목(천원)	279,500	1,287,500	2,300,000	3,037,500	25.0
건축(천원)	223,600	1,030,000	1,840,000	2,430,000	20.0
기계(천원)	335,400	1,545,000	2,760,000	3,645,000	30.0
전기(천원)	111,800	515,000	920,000	1,215,000	10.0
기타(천원)	167,700	772,500	1,380,000	1,822,500	15.0
계(천원)	1,118,000	5,150,000	9,200,000	12,150,000	100.0

<sup>1</sup> 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업 사례 조사(자체조사).

② 인건비

- 가축분뇨 고체연료 제조시설의 운영인력은 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업 사례 자체조사자료에 근거하였으며, 인건비 기준은 2021년 엔지니어링업체 임금실태조사결과(한국엔지니어링협회, 2021)에서 중급기술자 기준을 적용

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 운영인력 기준

시설용량(톤/일)	운영인력 <sup>1</sup>			
	10.00	50.00	100.00	150.00
기계설비(인)	1.00	2.00	3.00	3.00
전기(인)	2.00	2.00	2.00	2.00
환경(인)	1.00	1.00	1.00	2.00
사무직(인)	2.00	2.00	2.00	2.00
안전(인)	1.00	1.00	1.00	1.00
계(인)	7.00	8.00	9.00	10.00

<sup>1</sup> 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업 사례 조사(자체조사).

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 인건비 기준

시설용량(톤/일)	인건비 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
기계설비(천원/년)	62,500	125,000	187,500	187,500
전기(천원/년)	124,477	124,477	124,477	124,477
환경(천원/년)	58,559	58,559	58,559	117,118
사무직(천원/년)	108,196	108,196	108,196	108,196
안전(천원/년)	54,098	54,098	54,098	54,098
계(천원/년)	407,830	470,330	532,830	591,389

<sup>1</sup> 2021년 엔지니어링업체 임금실태조사결과(한국엔지니어링협회, 2021)에서 중급기술자 기준 적용.

③ 전력비

- 전력사용량은 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업 사례 자체조사 자료에 근거하였으며, 전력비는 한국전력 농사용(을, 고압) 전력요금 단가기준 적용 2020. 08. 기준)으로 함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 전력비 기준

시설용량(톤/일)	전력비 <sup>1</sup>			
	10.00	50.00	100.00	150.00
전력사용량(kWh/일) <sup>2</sup>	928	4,636	9,273	13,909
전력비(천원/년)	30,187	64,210	137,396	206,094

<sup>1</sup> 한국전력 농사용(을, 고압) 전력요금 단가기준 적용 2020. 08. 기준).

<sup>2</sup> 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업 사례 조사(자체조사).

④ 시설유지보수비

- 시설유지보수비는 전기 및 기계장치 설치비의 5%/년을 기준으로 산출하였음.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 유지보수비 기준

시설용량(톤/일)	시설유지보수비			
	10	50	100	150
전기 및 기계장치 설치비(천원)	447,200	2,060,000	3,680,000	4,860,000
시설유지보수비(천원/년) <sup>1</sup>	22,360	103,000	184,000	243,000

<sup>1</sup> 전기 및 기계장치 설치비의 5%/년.

⑤ 원료수집 및 운반비

- 원료의 수집 및 운반물량 및 횟수는 15톤 압롤트럭 기준으로 자체 산출하였으며, 유류소비량 80 L/대/일, 경유가격 1,391,40 원/L(21년 기준), 차량구입비는 97,000 천원/대 기준, 차량 유지관리비는 차량구입비의 10%/년으로 산출함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 원료 수집 및 운반비 기준

시설용량(톤/일)	수집운반비			
	10	50	100	150
차량수(대) <sup>1</sup>	0.2	0.8	1.7	2.5
유류비(천원/년) <sup>2</sup>	6,122	30,611	61,222	91,832
차량관리비(천원/년) <sup>2</sup>	1,617	8,083	16,167	24,250

<sup>1</sup> 15톤 압롤트럭 기준, 자체산출.

<sup>2</sup> 유류소비량 80 L/대/일, 경유가격 1,391.40 원/L(21년 기준)

<sup>3</sup> 97,000 천원/대 기준, 차량구입비의 10%/년

⑥ 톱밥구입비

- 톱밥구입비는 본 연구의 물질수지 분석결과를 바탕으로 물량을 산출하였으며, 국산 톱밥 400 원/kg을 적용하여 산출함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 톱밥 구입비

시설용량(톤/일)	톱밥구입비 <sup>2</sup>			
	10.00	50.00	100.00	150.00
톱밥사용량(톤/일) <sup>1</sup>	0.50	2.50	5.00	7.50
국산톱밥(천원/년)	66,000	330,000	660,000	990,000

<sup>1</sup> 본 연구의 물질수지 분석결과, <sup>2</sup> 국산톱밥 400원/kg 적용.

⑦ 연료비(화력건조)

- 화력건조를 위한 연료소비량은 가축분뇨 고체연료 제조시설 유형별로 실시한 자체 물질수지 산출 결과를 활용하여 산출하였으며, 연료비 기준은 한국석유공사 가격기준(21년)으로 산정함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 연료비(발효건조 후 부분 화력건조)

시설용량(톤/일)	연료비 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
가축분뇨 고체연료(천원/년)	-	-	-	-
LNG(천원/년)	82,208	411,038	822,076	1,233,114
경유(천원/년)	233,203	1,166,016	2,332,032	3,498,048
등유(천원/년)	160,587	802,936	1,605,872	2,408,809

<sup>1</sup> 한국석유공사 가격기준('21년) 및 자체 물질수지 산출 결과 활용.

연료	고체연료	LNG	경유	등유
가격	0.00	554.34	1,391.40	946.80
단위(한국석유공사)	원/kg	원/Nm <sup>3</sup>	원/L	원/L

⑧ 폐수처리비(건조 응축수 처리)

- 폐수(건조 응축수) 발생량은 가축분뇨 고체연료 제조시설 유형별로 실시한 자체 물질수지 산출 결과를 활용하여 산출하였으며, 응축수 위탁처리비, 10,000 원/톤 적용하여 산출함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 폐수처리비

시설용량(톤/일)	폐수 위탁처리비 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
응축수발생량 (톤/일)	1.57	7.87	15.74	23.60
위탁처리비 (천원/년)	5,193	25,965	51,929	77,894

<sup>1</sup> 가축분뇨 고체연료 제조과정 중 화력건조 응축수 위탁처리비, 10,000원/톤 적용.

⑨ 금융이자 (국비용자)

- 금융이자는 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업지침 (농식품부, 2020)에 근거하였으며, 첫해의 금융 이자비용을 기준으로 산출함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 용자비 상환계획

시설용량 (톤/일)	원금상환 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
1년	-	-	-	-
2년	-	-	-	-
3년	-	-	-	-
4년	31,943	147,143	262,857	347,143
5년	31,943	147,143	262,857	347,143
6년	31,943	147,143	262,857	347,143
7년	31,943	147,143	262,857	347,143
8년	31,943	147,143	262,857	347,143
9년	31,943	147,143	262,857	347,143
10년	31,943	147,143	262,857	347,143
계	223,600	1,030,000	1,840,000	2,430,000

<sup>1</sup> 3년거치, 10년상환.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 용자비 이자 상환계획

시설용량 (톤/일)	이자상환 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
1년	4,472	20,600	36,800	48,600
2년	4,472	20,600	36,800	48,600
3년	4,472	20,600	36,800	48,600
4년	3,833	17,657	31,543	41,657
5년	3,194	14,714	26,286	34,714
6년	2,555	11,771	21,029	27,771
7년	1,917	8,829	15,771	20,829
8년	1,278	5,886	10,514	13,886
9년	639	2,943	5,257	6,943
10년	-	-	-	-

<sup>1</sup> 3년거치, 10년상환.

⑩ 감가상각비

- 감가상각비는 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업비 기준에 근거하였으며, 내구년수는 전기 및 기계 장치 내구년수 10년, 토목건축 내구년수 20년 기준에서 잔존가액 10%에서 정액감액법으로 산출함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 감가상각비

시설용량(톤/일)	감가상각비 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
감가상각비(천원/년)	70,434	324,450	579,600	765,450

<sup>1</sup> 잔존가액 10%, 정액감액법, 전기 및 기계 장치 내구년수 10년, 토목건축 내구년수 20년 기준.

⑪ 이윤

- 적정이윤은 농식품부 가축분뇨 공동자원화(에너지화) 사업비 기준에 근거하여 자부담(현금+융자) 부분을 투자비로 설정하고, 투자비(자부담+융자)의 8%/년 기준으로 산정함.

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설 이윤

시설용량(톤/일)	이윤 <sup>1</sup>			
	10	50	100	150
감가상각비(천원/년)	26,832	123,600	220,800	291,600

<sup>1</sup> 투자비의 8%/년

**다. 가축분뇨 고체연료화 시설 제조 원가 분석 결과**

- 가축분뇨 고체연료 제조시설의 유형별 제조 원가분석은 시설용량 10, 50, 100, 150 톤/일 시설규모에 대하여 물질·에너지 수지를 바탕으로 가축분뇨 고체연료 제조 원가분석을 수행하였으며, 산출결과는 아래의 표에 나타내었음.
- 발효건조 후 부분 화력건조 과정에서 자체 생산한 가축분뇨 고체연료를 사용하는 가축분뇨 고체연료 제조시설 원가는 10, 50, 100, 150 톤/일 시설 규모에서 613, 247, 179, 152 천원/톤을 나타냄.

**[표] 발효건조 후 가축분뇨 고체연료 이용 화력건조 시설용량별 가축분뇨 고체연료 제조원가**

항목		시설용량(톤/일)			
		10	50	100	150
직접편익(천원/년)	가축분뇨처리비	66,000	330,000	660,000	990,000
소계(천원/년)		66,000	330,000	660,000	990,000
비용(천원/년)	인건비	407,830	470,330	532,830	591,389
	전력비	64,210	137,396	137,396	206,094
	차량유지비 (유류대 등)	1,617	8,083	16,167	24,250
	시설유지보수비	22,360	103,000	184,000	243,000
	톱밥구입비(국산)	66,000	330,000	660,000	990,000
	가축분뇨 고체연료	0	0	0	0
	폐수처리비	5,193	25,965	51,929	77,894
	금융이자	4,472	20,600	36,800	48,600
	감가상각비	70,434	324,450	579,600	765,450
소계(천원/년)		642,116	1,419,824	2,198,722	2,946,677
비용편익수지(수익-비용)		-576,116	-1,089,824	-1,538,722	-1,956,677
적정이윤(천원/년)		26,832	123,600	220,800	291,600
가축분뇨 고체연료 생산량(톤/년)		984	4,919	9,839	14,758
원가(천원/톤)		613	247	179	152

- 발효건조 후 부분 화력건조 과정에서 LNG를 사용하는 가축분뇨 고체연료 제조시설 원가는 10, 50, 100, 150 톤/일 시설 규모에서 553, 237, 178, 155 천원/톤을 나타냄.

[표] 발효건조 후 LNG 이용 화력건조 시설용량별 가축분뇨 고체연료 제조원가

항목		시설용량(톤/일)			
		10	50	100	150
직접편익(천원/년)	가축분뇨처리비	66,000	330,000	660,000	990,000
소계(천원/년)		66,000	330,000	660,000	990,000
비용(천원/년)	인건비	407,830	470,330	532,830	591,389
	전력비	64,210	137,396	137,396	206,094
	차량유지비 (유류대 등)	1,617	8,083	16,167	24,250
	시설유지보수비	22,360	103,000	184,000	243,000
	톱밥구입비	66,000	330,000	660,000	990,000
	LNG	27,129	135,643	271,285	406,928
	폐수처리비	5,193	25,965	51,929	77,894
	금융이자	4,472	20,600	36,800	48,600
	감가상각비	70,434	324,450	579,600	765,450
소계(천원/년)		669,244	1,555,467	2,470,007	3,353,604
비용편익수지(수익-비용)		-603,244	-1,225,467	-1,810,007	-2,363,604
적정이윤(천원/년)		26,832	123,600	220,800	291,600
가축분뇨 고체연료 생산량(톤/년)		1,140	5,698	11,397	17,095
원가(천원/톤)		553	237	178	155

- 발효건조 후 부분 화력건조 과정에서 경유를 사용하는 가축분뇨 고체연료 제조시설 원가는 10, 50, 100, 150 톤/일 시설 규모에서 597, 280, 222, 199 천원/톤을 나타냄.

[표] 발효건조 후 경유 이용 화력건조 시설용량별 가축분뇨 고체연료 제조원가

항목		시설용량(톤/일)			
		10	50	100	150
직접편익(천원/년)	가축분뇨처리비	66,000	330,000	660,000	990,000
소계(천원/년)		66,000	330,000	660,000	990,000
비용(천원/년)	인건비	407,830	470,330	532,830	591,389
	전력비	64,210	137,396	137,396	206,094
	차량유지비 (유류대 등)	1,617	8,083	16,167	24,250
	시설유지보수비	22,360	103,000	184,000	243,000
	톱밥구입비	66,000	330,000	660,000	990,000
	경유	76,957	384,785	769,571	1,154,356
	폐수처리비	5,193	25,965	51,929	77,894
	금융이자	4,472	20,600	36,800	48,600
	감가상각비	70,434	324,450	579,600	765,450
소계(천원/년)		719,073	1,804,609	2,968,292	4,101,033
비용편익수지(수익-비용)		-653,073	-1,474,609	-2,308,292	-3,111,033
적정이윤(천원/년)		26,832	123,600	220,800	291,600
가축분뇨 고체연료 생산량(톤/년)		1,140	5,698	11,397	17,095
원가(천원/톤)		597	280	222	199

- 발효건조 후 부분 화력건조 과정에서 등유를 사용하는 가축분뇨 고체연료 제조시설 원가는 10, 50, 100, 150 톤/일 시설 규모에서 576, 259, 201, 178 천원/톤을 나타냄.

[표] 발효건조 후 등유 이용 화력건조 시설용량별 가축분뇨 고체연료 제조원가

항목		시설용량(톤/일)			
		10	50	100	150
직접편익(천원/년)	가축분뇨처리비	66,000	330,000	660,000	990,000
소계(천원/년)		66,000	330,000	660,000	990,000
비용(천원/년)	인건비	407,830	470,330	532,830	591,389
	전력비	64,210	137,396	137,396	206,094
	차량유지비 (유류대 등)	1,617	8,083	16,167	24,250
	시설유지보수비	22,360	103,000	184,000	243,000
	톱밥구입비	66,000	330,000	660,000	990,000
	등유	52,994	264,969	529,938	794,907
	폐수처리비	5,193	25,965	51,929	77,894
	금융이자	4,472	20,600	36,800	48,600
	감가상각비	70,434	324,450	579,600	765,450
소계(천원/년)		695,110	1,684,793	2,728,660	3,741,584
비용편익수지(수익-비용)		-629,110	-1,354,793	-2,068,660	-2,751,584
적정이윤(천원/년)		26,832	123,600	220,800	291,600
가축분뇨 고체연료 생산량(톤/년)		1,140	5,698	11,397	17,095
원가(천원/톤)		576	259	201	178

- 발효건조 후 과정에서 발생하는 유기물 분해열을 멤브레인 드라이어로 회수하는 가축분뇨 고체연료 제조시설 원가는 10, 50, 100, 150 톤/일 시설 규모에서 550, 219, 161, 138 천원/톤을 나타냄.

[표] 멤브레인 드라이어 이용 시설용량별 가축분뇨 고체연료 제조원가

항목		시설용량(톤/일)			
		10	50	100	150
직접편익(천원/년)	가축분뇨처리비	66,000	330,000	660,000	990,000
소계(천원/년)		66,000	330,000	660,000	990,000
비용(천원/년)	인건비	407,830	470,330	532,830	591,389
	전력비	64,210	137,396	137,396	206,094
	차량유지비 (유류대 등)	1,617	8,083	16,167	24,250
	시설유지보수비	22,360	103,000	184,000	243,000
	톱밥구입비	66,000	330,000	660,000	990,000
	멤브레인드라이어 전력비	23,515	35,140	79,255	118,883
	폐수처리비	5,193	25,965	51,929	77,894
	금융이자	4,472	20,600	36,800	48,600
	감가상각비	70,434	324,450	579,600	765,450
소계(천원/년)		665,630	1,454,963	2,277,977	3,065,559
비용편익수지(수익-비용)		-599,630	-1,124,963	-1,617,977	-2,075,559
적정이윤(천원/년)		26,832	123,600	220,800	291,600
가축분뇨 고체연료 생산량(톤/년)		1,140	5,698	11,397	17,095
원가(천원/톤)		550	219	161	138

## 라. 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 분석

- 본 연구에서는 가축분뇨 고체연료 생산원가 도출 결과를 통해 시설규모 150톤/일, 가축분뇨 고체연료를 이용한 건조와 멤브레인 드라이어를 이용한 건조결과를 이용하여 경제성 분석을 진행하였음.
- 가축분뇨 고체연료 발전시설의 경제성 분석은 10 MW급 고체연료 발전시설 계획에 기초하여 실시하였으며, 내부수익률(IRR; Internal rate of return), 편익비용비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV; Net present value) 항목을 분석하였음.
- REC 가중치는 현재 1.0을 기준으로 전기가격은 계통한계가격(SMP) 변동범위로 40-180 원/kWh를 설정하였으며, REC 가중치는 가격변동 범위로 20-160 원/kWh를 설정하여 사업성을 각각 평가하였음.

[표] 가축분뇨 고체연료 발전시설 경제성 분석 기준

구분	분석기준
발전소 규모 (MW)	10
추정투자비(억원)	640(545, 잔존가치 제외)
이용률	80%( 발전효율: 28.4%, 소내전력: 11.68%)
SMP 가격	400-180 원/kWh
REC 가격	20-160 원/kWh
사회적 할인율	5.5%
물가상승률	1.45%
사업비 투자보수율	4.5% (타인자본 3%, 자기자본 8%, 타인과 자기자본의 비율 7:3 적용)

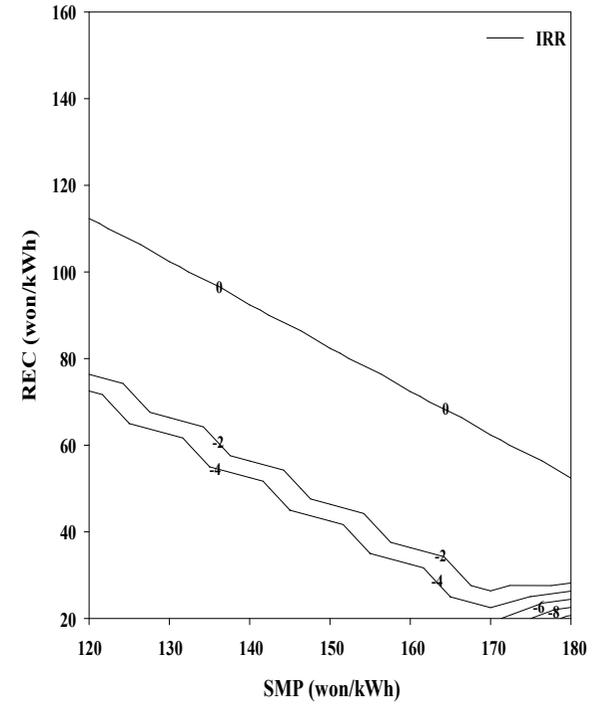
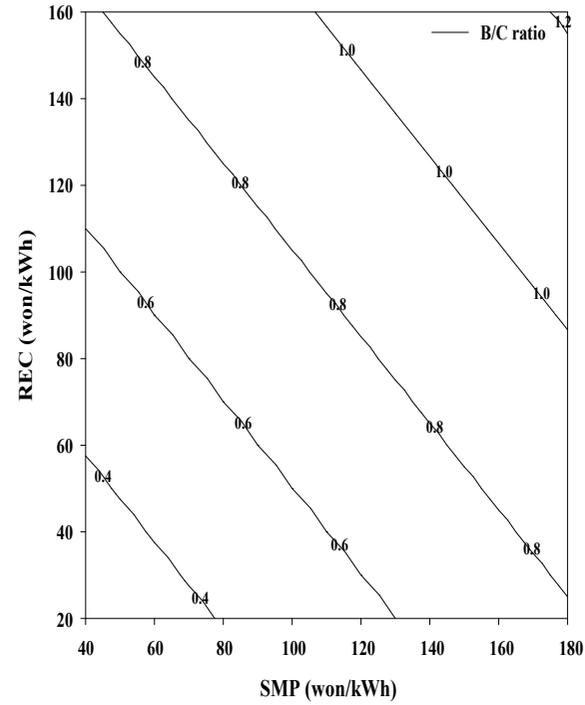
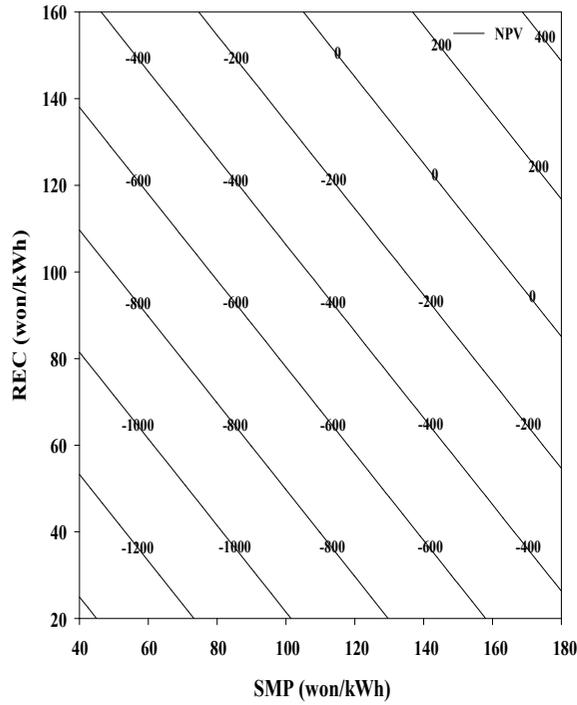
[표] 가축분뇨 고체연료 발전시설 경제성 분석 항목

항목	정의	경제성 판단	비고
편익 비용 비율 (B/C ratio)	- 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것	$B/C \geq 1$	- 이해 및 적용이 쉬움 - 결과나 규모가 유사 대안을 평가할 때 이용
순현재 가치 (NPV)	- 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 제한 값	$NPV \geq 0$	- 적용이 쉽고, 유사 대안을 평가할 때 이용 - 각 방법의 경제성 분석 결과에 차이가 있을 경우 우선적으로 사용
내부 수익율 (IRR)	- 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율 (R)을 구하는 방법으로 사업의 시행으로 인한 순현재가치 (NPV)를 0으로 만드는 할인율	$IRR \geq r$	- 대안선택 시 명확한 기준을 제시하며 예상 수익률을 판단할 수 있음 - NPV 나 B/C 적용 시 할인율이 불분명할 경우 이용

(자료) 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정보완연구 (제5판)(한국개발연구원, 2008).

**마. 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 분석 결과**

- ① 가축분뇨 고체연료 이용 가축분뇨 고체연료 발전사업 경제성 평가(제조원가 152 천원/톤)
  - 가축분뇨 고체연료를 자체 이용하여 가축분뇨 고체연료를 생산하는 공정에서는 SMP 40-100 원/kWh, REC 20-80 원/kWh의 변동범위에서는 사업성이 없는 것으로 평가되었음.
  - 따라서, 가축분뇨 고체연료를 자체 이용하여 가축분뇨 고체연료를 생산하는 공정의 경제성을 위해서는 SMP 180 원/kWh, REC 90 원/kWh 이상 또는, SMP 110, REC 160원/kWh 이상에서 사업성이 나타났음.
- ② 멤브레인 드라이어 이용 가축분뇨 고체연료 발전사업 경제성 평가(제조원가 138 천원/톤)
  - 멤브레인 드라이어를 이용하여 가축분뇨 고체연료를 생산하는 공정에서는 SMP 40-80 원/kWh, REC 20-60 원/kWh의 변동범위에서는 사업성이 없는 것으로 평가되었음.
  - 따라서, 멤브레인 드라이어 공정을 이용한 가축분뇨 고체연료를 생산하는 공정의 경제성을 위해서는 SMP 180 원/kWh, REC 70 원/kWh 이상 또는, SMP 90, REC 160원/kWh 이상에서 사업성이 나타났음.



<그림> 가축분뇨 고체연료 발전사업 경제성 분석 결과(가축분뇨 고체연료 이용, REC 가중치 1.0)

[표] 10 MW급 가축분뇨 고체연료 발전사업 내부수익율 (IRR) 검토 (시설용량 150톤/일, 가축분뇨 고체연료 이용, 제조원가 152천원/톤, REC = 1)

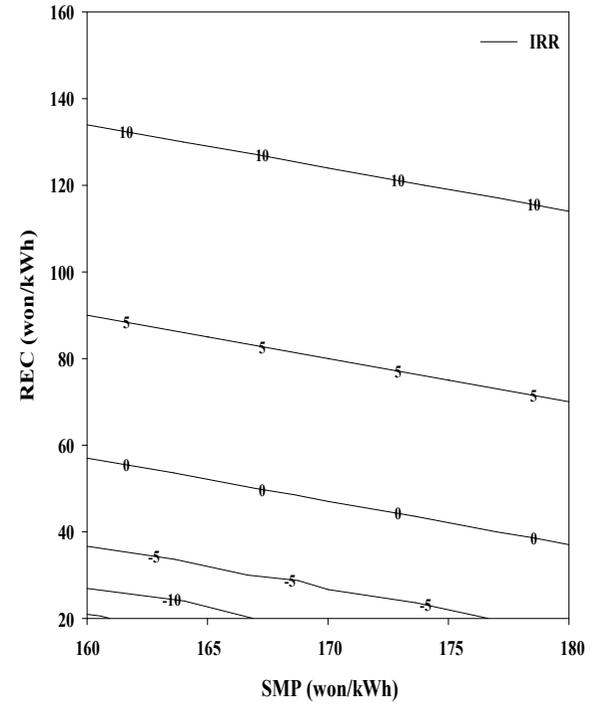
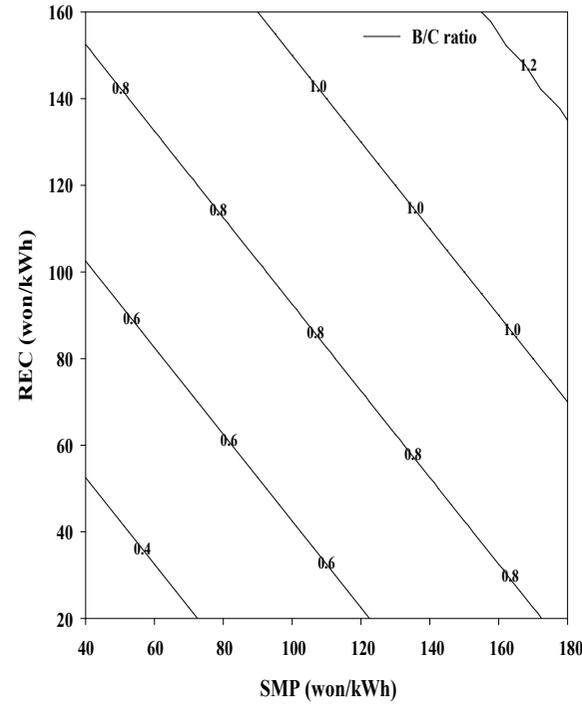
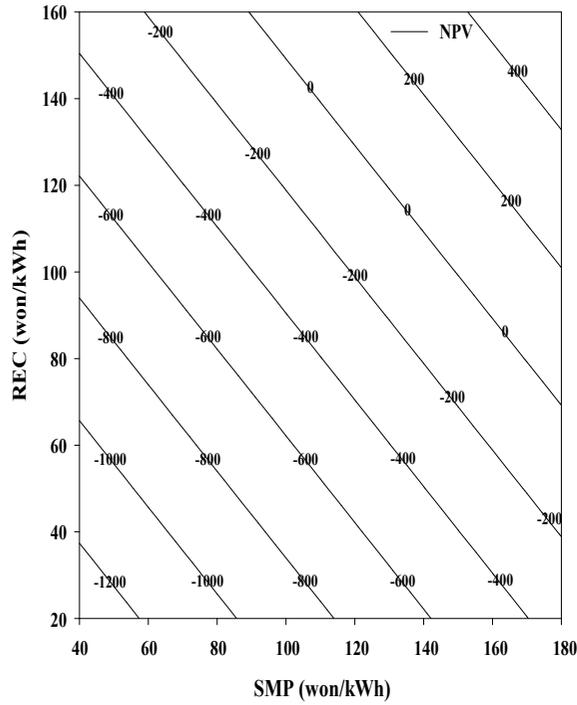
구분		1 REC (원/kWh)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
SMP (원/kWh)	180	-10.7	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%	7.9%	8.9%	10.0%	11.0%	12.0%	13.0%
	170	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%	7.9%	8.9%	10.0%	11.0%	12.0%
	160	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%	7.9%	8.9%	10.0%	11.0%
	150	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%	7.9%	8.9%	10.0%
	140	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%	7.9%	8.9%
	130	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%	7.9%
	120	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%	6.7%
	110	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%	5.6%
	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%	4.3%
	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%	3.0%
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%	1.4%
	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%	-0.5%
	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%	-2.7%
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%	-5.7%
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-10.7%

[표] 10 MW급 가축분뇨 고체연료 발전사업 비용편익비율 (B/C) 검토 (시설용량 150톤/일, 가축분뇨 고체연료 이용, 제조원가 152천원/톤, REC = 1)

구분		1 REC (원/kWh)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
SMP (원/kWh)	180	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>	<b>1.21</b>
	170	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>
	160	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>
	150	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>
	140	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>
	130	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>	<b>1.07</b>
	120	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>	<b>1.04</b>
	110	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98	<b>1.01</b>
	100	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95	0.98
	90	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92	0.95
	80	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89	0.92
	70	0.37	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85	0.89
	60	0.33	0.37	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82	0.85
	50	0.29	0.33	0.37	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78	0.82
	40	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.74	0.78

[표] 10 MW급 가축분뇨 고체연료 발전사업 순현재가치 (NPV) 검토 (시설용량 150톤/일, 가축분뇨 고체연료 이용, 제조원가 152천원/톤, REC = 1, 단위 : 억원)

구분		1 REC ( 원/kWh)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
SMP ( 원/kWh)	180	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0	157.0	220.0	282.0	345.0	408.0	471.0
	170	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0	157.0	220.0	282.0	345.0	408.0
	160	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0	157.0	220.0	282.0	345.0
	150	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0	157.0	220.0	282.0
	140	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0	157.0	220.0
	130	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0	157.0
	120	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0	94.0
	110	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0	31.0
	100	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0	-32.0
	90	-1081.0	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0	-95.0
	80	-1152.0	-1081.0	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0	-162.0
	70	-1223.0	-1152.0	-1081.0	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0	-233.0
	60	-1294.0	-1223.0	-1152.0	-1081.0	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0	-303.0
	50	-1364.0	-1294.0	-1223.0	-1152.0	-1081.0	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0	-374.0
	40	-1435.0	-1364.0	-1294.0	-1223.0	-1152.0	-1081.0	-1010.0	-940.0	-869.0	-798.0	-727.0	-657.0	-586.0	-515.0	-444.0



<그림> 가속분뇨 고체연료 발전사업 경제성 분석 결과(멤브레인 드라이어 이용, REC 가중치 1.0)

[표] 10 MW급 가축분뇨 고체연료 발전사업 내부수익율 (IRR) 검토 (시설용량 150톤/일, 멤브레인드라이어 이용, 제조원가 138천원/톤, REC = 1)

구분		1 REC (원/kWh)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
SMP (원/kWh)	180	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%	10.6%	11.6%	12.6%	13.6%	14.5%
	170	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%	10.6%	11.6%	12.6%	13.6%
	160	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%	10.6%	11.6%	12.6%
	150	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%	10.6%	11.6%
	140	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%	10.6%
	130	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%	9.6%
	120	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%	8.5%
	110	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%	7.4%
	100	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%	6.2%
	90	-	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%	5.0%
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%	3.8%
	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%	2.4%
	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%	0.6%
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	-1.4%
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-15.8%	-7.4%	-3.8%	

[표] 10 MW급 가축분뇨 고체연료 발전사업 비용편익비율 (B/C) 검토 (시설용량 150톤/일, 멤브레인드라이어 이용, 제조원가 138천원/톤, REC = 1)

구분		1 REC (원/kWh)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
SMP (원/kWh)	180	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>	<b>1.21</b>	<b>1.24</b>	<b>1.27</b>
	170	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>	<b>1.21</b>	<b>1.24</b>
	160	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>	<b>1.21</b>
	150	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>	<b>1.19</b>
	140	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>	<b>1.16</b>
	130	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>	<b>1.13</b>
	120	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.10</b>
	110	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>
	100	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>	<b>1.03</b>
	90	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97	<b>1.00</b>
	80	0.43	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94	0.97
	70	0.39	0.43	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90	0.94
	60	0.35	0.39	0.43	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86	0.90
	50	0.31	0.35	0.39	0.43	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	0.86
40	0.26	0.31	0.35	0.39	0.43	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.79	0.83	

[ 표 ] 10 MW급 가축분뇨 고체연료 발전사업 순현재가치 (NPV) 검토 (시설용량 150톤/일, 멤브레인드라이어 이용, 제조원가 138천원/톤, REC = 1, 단위 : 억원)

구분		1 REC ( 원/kWh)														
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
SMP ( 원/kWh)	180	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0	256.0	319.0	382.0	445.0	508.0	571.0
	170	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0	256.0	319.0	382.0	445.0	508.0
	160	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0	256.0	319.0	382.0	445.0
	150	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0	256.0	319.0	382.0
	140	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0	256.0	319.0
	130	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0	256.0
	120	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0	194.0
	110	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0	131.0
	100	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0	68.0
	90	-969.0	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0	5.0
	80	-1040.0	-969.0	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0	-58.0
	70	-1111.0	-1040.0	-969.0	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0	-121.0
	60	-1181.0	-1111.0	-1040.0	-969.0	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0	-192.0
	50	-1252.0	-1181.0	-1111.0	-1040.0	-969.0	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0	-262.0
	40	-1323.0	-1252.0	-1181.0	-1111.0	-1040.0	-969.0	-898.0	-828.0	-757.0	-686.0	-615.0	-545.0	-474.0	-403.0	-333.0

### (3) 가축분뇨 고체연료화 시설 시설용량별 공통 매뉴얼 제작

#### 가. 설치기준 및 세부기준(안)

- 본 가축분뇨 고체연료 제조시설의 설치기준 및 세부기준은 아래 표와 같이 “가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙” 제8조 관련 별표2 “가축분뇨 처리시설의 설치기준”에 근거하여 세부적으로 작성하였음
- 또한, 앞에서 검토한 바와 같이 경제성 있는 가축분뇨 고체연료 제조를 유도하고 기존 가축분뇨 관리체계와의 호환성을 고려하여 일차적으로 가축분뇨 고체연료 건조기술로 퇴비화를 통한 발효건조 및 멤브레인 드라이어 기술을 채택하였으며, 부지 확보 문제 및 다른 기술적 요인으로 인해 퇴비화를 통한 발효건조 및 멤브레인 드라이어 기술 공정의 채택이 어려운 경우 폐열 및 화력건조 공정을 채택하여 가축분뇨 고체연료의 생산이 가능하도록 공정체계를 구성하고 이에 상응하는 세부 시설지침을 마련하였음

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설의 설치기준 및 세부기준(안)

구분	설치기준	세부기준	
시설의 저장용량	가. 반입시설의 저장용량은 시설고장 등 가동중지일 등을 고려하여 생산된 가축분뇨를 모두 저장할 수 있는 정도의 용량이어야 한다.	원료	- 가축분뇨 고체연료 제조에 사용되는 원료는 한우, 젃소 우사에서 발생하는 톱밥 합배출물을 우선적으로 고려한다. - 원료의 밀도(0.7~0.8 kg/m <sup>3</sup> )을 고려하여 용량을 산정
		저장조	- 저장조는 최소 3일 이상의 저장이 가능하도록 용량을 산정한다. - 반입호퍼는 내부식성 재질로 코팅한다. - 이송컨베이어는 2계열로 설치한다. - 악취방지를 위한 반입장 에어커튼, 전동셔터 설치한다.
시설의 사전 악취대책	나. 건조시설에서 가축분뇨를 건조하기 전에 발효 등으로 악취가 발생되지 않도록 하여야 한다.	원료	- 가축분뇨 고체연료 제조에 사용되는 원료는 한우, 젃소 우사에서 발생하는 톱밥 혼합 배출물을 우선적으로 고려한다.
시설의 성능 및 고체연료 품질기준 충족도	다. 가축분뇨 고체연료의 제조자가 제조시설 및 저장시설을 설치하는 경우에는 다음의 요건에 맞게 설치하여야 한다. 1) 가축분뇨 고체연료 품질기준을 맞추기 위하여 수분 함유 기준이내로 건조할 수 있도록 설치할 것. 다만, 보관 중 자연 건조되는 것으로 처리가 가능할	-	-
		전처리	- 협잡물제거 및 균질한 건조 효율을 얻기 위해 파쇄·선별 장치 설치한다.
		이송 컨베 이어	- 이송 컨베이어 설치에서 스크류컨베이어는 45° 이하 경사각을 유지하고, 플라이트컨베이어는 20° 이하의 경사각을 유지한다.

구분	설치기준	세부기준	
	경우에는 제외할 수 있다.	건조 설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 고체연료 생산의 경제성 향상을 위해</li> <li>- 발효건조방식은 목표 수분함량 40~60%(w/w)로 설계하고, 기타 공정을 이용한 건조방식은 목표수분함량 20~30%(w/w)로 설계한다.</li> <li>- 동절기와 하절기 외기온을 고려하여 안정적인 건조시설 용량을 확보한다.</li> <li>- 발효건조공정의 건조 발열량은 가축분뇨(돼지, 한우, 젓소) 분해 유기물 당 4,500 kcal/kg-VS, 톱밥 분해 유기물 당 3,000 kcal/kg-VS로 설계한다(단, 계분의 경우 분해 유기물 당 3,000 kcal/kg-VS로 설계한다).</li> <li>- 발효건조공정의 송풍용량은 일반 개방형 퇴비화 공정의 경우 0.05~0.2m<sup>3</sup>/분·m<sup>3</sup>기준으로 설계하며, 밀폐형 퇴비화 공정의 경우 공정 특성에 따라 송풍량을 증가시킬 수 있다.</li> <li>- 수분의 증발열량은 600~800 kcal/kg-수분을 기준으로 설계하며, 열손실율을 약 20~30% 고려한다.</li> <li>- 밀폐형 건조장치의 경우 건조과정에서 발생하는 수분과 악취는 별도의 포집을 통해 처리가 가능하도록 설계한다.</li> </ul>
	2) 건조기 내부의 예열 및 온도를 조절할 수 있도록 버너 등 충분한 용량의 연소장치를 설치할 것	폐열 건조 및 화력 건조 설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐열건조 및 화력건조의 경우 설계시 에너지(연료)의 투입량과 목표수분함량을 명확히 제시한다.</li> <li>- 폐열건조 및 화력건조의 경우 수분의 증발열량은 600~800 kcal/kg-수분을 기준으로 설계한다.</li> <li>- 밀폐형 건조장치의 경우 건조과정에서 발생하는 수분과 악취는 별도의 포집을 통해 처리가 가능하도록 설계한다.</li> </ul>
	라. 성형시설 또는 가공시설은 건조·선별된 가연물을 일정한 크기와 모양의 가축분뇨 고체연료로 만들 수 있는 시설이어야 한다.	성형· 가공 설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 성형·가공시설은 가축분뇨 고체연료의 품질기준을 충족시킬 수 있도록 설계한다.</li> <li>- 성형·가공과정에서 발생하는 분진은 별도의 흡입을 통해 외부로 확산되지 않도록 설계한다.</li> </ul>
시설의 안전관리	마. 처리시설 및 저장시설에는 연소감지 센서 및 방재	시설 안전	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재예방을 위하여 밀폐형 건조기의 운전 내부온도는 80℃가 상회하지 않도록</li> </ul>

구분	설치기준	세부기준	
	설비 등 화재예방설비를 갖추어야 한다.		<p>설계한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고체연료 저장공간에는 상시 환기가 가능하도록 하고 및 난연성 가스 주입을 통한 자연발화 방지대책을 고려한다.</li> </ul>
시설의 환경관리 (분진 등)	바. 이송 및 저장시설은 생산된 가축분뇨 고체연료의 흘날림을 방지할 수 있어야 하고, 저장시설은 환기가 가능한 구조이어야 한다.	악취 대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 악취방지시설의 악취배출농도는 배출허용기준보다 10~20% 낮게 설정하여 설계한다.</li> <li>- 건조과정에서 발생하는 수분과 악취는 별도의 포집을 통해 처리가 가능하도록 설계한다.</li> <li>- 악취의 포집을 통해 시설 내 음압을 유지토록하며, 작업장별 신선공기의 유입·환기 계획을 수립하여 작업환경을 개선하는 방향으로 설계한다.</li> <li>- 악취포집을 위한 환기횟수는 악취의 강도에 따라 10~15 회/시간으로 설계한다.</li> </ul>
	사. 그 밖에 가축분뇨 고체연료의 설치 등에 필요한 기준은 환경부장관이 정하여 고시한다.	기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전체공정은 가능한 자동화하고, 건조기는 자동 모니터링이 가능하도록 센서를 부착, 자동화 감시체계를 구축한다.</li> <li>- 화재 관련 열감지 센서, 소방안전 관리체계를 수립 설계에 반영한다.</li> </ul>

자료 : “가축분뇨 바이오에너지화 시설의 운영관리 지침을 위한 기초 연구 참고” (환경부, 2015)

## 나. 설치기준 관리지침(안)

- 본 가축분뇨 고체연료 제조시설의 설치기준 관리지침(안)은 아래 표와 같이 “가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙” 제8조 관련 별표2 “가축분뇨 처리시설의 설치기준”에 근거하여 세부적으로 작성하였음

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설의 설치기준 관리지침(안) 1

검사항목	설치기준(공통)	검사방법
시설의 구조 및 환경 안전성	가. 구조물은 토압, 수압, 자체 중량, 그 밖에 무게에 견딜 수 있는 구조이어야 하고 부식되거나 변형되지 아니하는 재료를 사용하여야 한다.	(가)주요장치 및 바닥은 콘크리트 구조물로 설치되었는지 확인한다. (나)실시설계보고서상 구조설계 여부를 확인한다. (다)반입시설의 바닥 및 주요 공정의 바닥이 부식성 물질로 부터 보호되는지 확인 한다
	나. 처리시설의 천장, 바닥 및 벽은 물 또는 가축분뇨 등이 스며들거나 흘러나오지 아니하도록 방수재료로 만들거나 방수재를 사용하여야 한다.	(가)처리시설의 바닥 및 축분원료와 접촉하는 바닥, 벽체부분에 방수처리가 되었는지 확인한다(※콘크리트 구조물의 경우 최소 액체방수를 실시하였는지 확인한다)
	다. 가축분뇨 및 생산된 퇴비·액비·가축분뇨 고체연료를 저장·보관할 때에는 가축분뇨 및 퇴비·액비·가축분뇨 고체연료가 빗물·지표수로 유출되지 아니하도록 비가림시설이나 유출방지턱 등 필요한 설비를 설치하여야 하고, 가축사육과정 중 운동장을 설치하는 경우에는 가축분뇨가 밖으로 유출되지 않도록 가축분뇨 유출방지턱 등 필요한 설비를 설치하여야 한다.	(가)반입시설에 차량출입 시 악취가 외부로 확산되지 않도록 출입구는 자동으로 개폐되어야 하며 내부공기는 악취방지시설로 유입되도록 음압 유지를 확인한다. (나)축분 원료 저장시설은 비가림시설 여부를 확인한다. (다)침출수 및 청소수가 수집되어 처리되는지 확인한다. (라)침출수가 스며나올 우려가 있거나 확인되는 지역은 유출 방지턱 설치 여부를 확인한다.
	라. 가축분뇨를 용이하게 투입할 수 있는 구조로 설치하여야 하며, 점검, 보수 및 오니·스컴·찌꺼기의 청소를 쉽고 안전하게 할 수 있는 구조이어야 한다.	(가)가축분뇨 투입용이성 및 점검, 보수시 대체 저장공간의 확보 여부를 확인한다.
시설의 장비 내구성	마. 펌프 등 기계류는 계속하여 가동될 수 있는 내구성이 있는 구조로 하되 소음과 진동을 방지할 수 있어야 한다.	(가)펌프 등 기계류 인근에 침출수 등 수분 접촉을 피하는 구조로 되어 있는지 확인한다. (나)소음, 진동이 예상되는 브로워, 교반기 등은 밀폐전용공간 부여 또는 소음 방지판의 설치 여부를 확인한다.
	바. 가축분뇨의 배관은 튼튼하고	(가)축분 고체연료 생산을 위한 가축분뇨 이송

	<p>내구력을 가진 구조이어야 하며, 처리과정 중 막힘, 역류 및 누수를 방지할 수 있는 구조이어야 한다.</p>	<p>은 스크류 컨베이어의 경우 45° 이하 경사각 유지, 플레이트 컨베이어의 경우 20° 이하 경사각 유지를 확인한다.</p>
	<p>사. 가스배출장치는 이물질이 유입되지 아니하고 발생가스가 충분히 배출될 수 있도록 설치하여야 한다.</p>	<p>(가)가스배출장치 등은 발생가스가 충분히 배출될 수 있는 구조인지 확인한다.</p>
<p>시설의 악취 대책</p>	<p>아. 악취가 날 우려가 있는 부분은 밀폐하거나 악취를 방지할 수 있는 시설을 설치하여야 한다. 다만, 약품 등을 이용하여 악취를 제거할 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.</p>	<p>(가)처리시설에서 발생된 악취를 제거할 수 있는 악취방지시설 설치 및 처리용량의 적정 여부 현장 확인한다.  (나)악취공정시험방법에 의한 검사기준 및 방법에 따라 측정된 분석결과로 확인한다.  (다)운전자 및 외부인이 불쾌감이 없도록 국부적 또는 전체의 공장동의 악취포집시설 설치 여부를 확인한다.  (라)악취 포집용 덕트는 압력손실이 최소화 되도록 구조적으로 설치되고 덕트 청소가 용이하도록 설치되었는지 확인한다.  (마)악취공기가 적정하게 포집되어 악취방지 시설로 이송되는지 확인한다.</p>
<p>시설의 운전 안전성</p>	<p>자. 가축분뇨의 유입량이 증감되어도 처리시설에는 일정량이 유입되어 처리기능에 지장을 주지 아니하는 구조로 설치하여야 한다(생물학적 처리방법, 물리·화학적 처리방법의 경우에 한해 해당한다).</p>	<p>(가)제조공정설비로 투입되는 축분 원료는 무게가 계량되어야한다.  (나)반입시설의 저장용량은 휴일 및 시설 가동 중지일 등을 감안하여 최소한 3일분 이상의 저장 가능한 용량이어야 한다. 다만, 휴일 및 시설 가동중지일 등을 대비할 수 있거나 별도의 폐기물 저장시설을 갖추고 있는 경우에는 그러하지 아니하다.  (다)반입시설 저장용량은 저장조 각각의 변질을 실측하여 용량을 산정한다.</p>

자료 : “가축분뇨 바이오에너지화 시설의 운영관리 지침을 위한 기초 연구” 참고 (환경부, 2015)

[표] 가축분뇨 고체연료 제조시설의 설치기준 관리지침(안) II

검사항목	설치기준(고체연료)	검사방법
시설의 저장용량	<p>가. 반입시설의 저장용량은 시설 고장 등 가동중지일 등을 고려하여 생산된 가축분뇨를 모두 저장할 수 있는 정도의 용량이어야 한다.</p>	<p>(가)건조시설은 축분 고체연료 생산의 경제성을 제고하기 위하여 퇴비화 방식의 전 발효를 거친 원료 사용하는지를 확인한다.</p> <p>(나)제조공정설비로 투입되는 축분 원료는 무게가 계량되어야 한다.</p> <p>(다)반입시설의 저장용량은 휴일 및 시설 가동중지일 등을 감안하여 최소한 3일분 이상의 저장 가능한 용량이어야 한다. 다만, 휴일 및 시설 가동중지일 등을 대비할 수 있거나 별도의 폐기물 저장시설을 갖추고 있는 경우에는 그러하지 아니하다.</p> <p>(라)반입시설 저장용량은 저장조 각각의 변 길이를 실측하여 용량을 산정한다.</p>
시설의 사전 약취대책	<p>나. 건조시설에서 가축분뇨를 건조하기 전에 발효 등으로 약취가 발생되지 않도록 하여야 한다.</p>	<p>(가)건조시설은 축분 고체연료 생산의 경제성을 제고하기 위하여 퇴비화 방식의 전 발효를 거친 원료 사용하는지를 확인한다.</p>
시설의 성능 및 고체연료 품질기준 충족도	<p>다. 가축분뇨 고체연료의 제조자가 제조시설 및 저장시설을 설치하는 경우에는 다음의 요건에 맞게 설치하여야 한다.</p>	<p>(가)검사신청서에 명기된 축분 원료에 대하여 적절한 고체연료 제조 기능 및 용량을 가지고 있는지 여부를 실제 현장시험을 통하여 판정한다.</p> <p>1)시험시간은 8시간 이상으로 한다.</p> <p>2)계량시설의 정밀도, 종류, 계량방식 등을 확인한다.</p> <p>3)설계된 축분 원료 저장조의 보관기간을 초과한 축분 원료로 시험해서는 아니 된다.</p> <p>(나) 검사 대상 축분 원료는 고체연료제조시설이 설치된 사업장 또는 처리대상지역에서 직접 발생하는 축분 원료로 시험함을 원칙으로 하고, 축분 원료 종류별 조성비는 일정 범위 내에서 목측하여 확인한다. 다만, 축분 원료 조성이 현저히 상이할 경우 종류별로 분리·계량하여 확인한다.</p> <p>(다) 설계시 계획한 시간당 처리능력이상을 갖도록 설치하여야 한다.</p> <p>1)처리능력은 총 축분 원료 투입량(품질기준에 적합한 고체연료를 생산한 경우에 한함)을 시험검사시간으로 나누어 산출한다.</p> <p>2)제조시설이 설계시 계획한 시간당 처리능력 이상을 보유하고 있는지 확인하고, 시설의 연료, 전기, 약품, 유틸리티 등 계획 사용량</p>

		<p>기준에 적합한 범위 내에서 최대 처리능력을 확인한다.</p> <p>3)시설 검사시(승온 및 감온시간을 제외한다) 최대 처리능력시험을 실시하되 시험시간을 2시간 이상으로 한다.</p>
	<p>1) 가축분뇨 고체연료 품질기준을 맞추기 위하여 수분함유 기준 이내로 건조할 수 있도록 설치할 것. 다만, 보관 중 자연 건조되는 것으로 처리가 가능할 경우에는 제외할 수 있다.</p>	<p>(가)발효건조, 태양건조 시설의 경우 추가 가온을 위한 연료 사용여부를 확인한다.</p> <p>(나)발효건조, 태양건조 시설의 설계목표 함수율을 확인하고 시료채취 분석을 통해 부합여부를 확인한다(※발효건조 목표수분함량 40~60%, 태양건조방식 목표수분함량 20~30%)</p>
	<p>2) 건조기 내부의 예열 및 온도를 조절할 수 있도록 버너 등 충분한 용량의 연소장치를 설치할 것</p>	<p>(가)건조시설이 설계시 계획한 연료사용량과 처리시간 이내에서 건조되는지 확인한다.</p> <p>(나)연소장치는 자동으로 운전되어야하며 온도 감지지점, 자동작동 온도구간을 확인하고 감지구간내에서 정상적으로 자동 작동되는지 확인한다.</p> <p>(다)과잉 건조되어 열분해 되는지 확인하기 위한 온도계와 일산화탄소 측정기의 작동을 확인한다.</p> <p>(라)건조물의 수분측정센서가 정상 작동되는지 확인한다.</p> <p>(마)건조설비의 내부 상태를 볼 수 있는 구조인지 확인한다.</p>
	<p>라. 성형시설 또는 가공시설은 건조·선별된 가연물을 일정한 크기와 모양의 가축분뇨 고체연료로 만들 수 있는 시설이어야 한다.</p>	<p>(가)제조되는 고체연료제품의 성형상태가 유지(80% 이상, 6시간 이상 가동)되어야 하며, 크기 및 형상 기준을 만족하는지 확인한다.</p> <p>(나)제조되는 고체연료제품의 성형크기가 일정한지 확인한다.</p> <p>(다)고체연료제품은 시료채취, 분석을 통하여 가축분뇨 고체연료 품질기준에 만족하는지 확인한다.</p> <p>(라)성형·가공시설은 분진발생 문제를 예방하여 밀폐된 구조로 파쇄하고 분진과 마찰열에 의한 수분이 포집되는 구조인지 확인한다.</p> <p>(마)화재발생 방지시설이 설치되었는지 확인한다.</p>
<p>시설의 안전관리</p>	<p>마. 처리시설 및 저장시설에는 연소감지 센서 및 방재설비 등 화재예방설비를 갖추어야 한다.</p>	<p>(가)건조기내 폐기물의 화재를 방지하기 위한 연소감지 센서 및 방재설비가 정상 작동하는지 확인한다.</p> <p>(나)건조시설은 밀폐된 구조로 배기가스가 외</p>

		<p>부로 유출되지 않는지 확인한다.</p> <p>(다)저장시설에 화재감지 및 진압설비가 작동하는지 확인한다.</p> <p>(라)온도의 상승 및 화재의 발생시 고체연료제품을 외부로 배출할 수 있는 구조이어야 한다.</p> <p>(마)저장중인 고체연료제품이 자연발화하지 않도록 주기적인 환기 또는 불연가스 충전이 이루어지는 구조인지를 확인한다.</p>
시설의 환경관리 (분진 등)	<p>바. 이송 및 저장시설은 생산된 가축분뇨 고체연료의 흘날림을 방지할 수 있어야 하고, 저장시설은 환기가 가능한 구조이어야 한다.</p>	<p>(가)반입, 이송, 저장시설동 악취공기를 포집 후 비산먼지를 제거하기 위한 비산먼지 집진설비가 설치되어 있는지 확인한다.</p>
	<p>사. 그 밖에 가축분뇨 고체연료의 설치 등에 필요한 기준은 환경부장관이 정하여 고시한다.</p>	

자료 : “가축분뇨 바이오에너지화 시설의 운영관리 지침을 위한 기초 연구” 참고 (환경부, 2015)



### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

---

###### [주관연구기관 : 한국산업기술시험원]

- 멤브레인 드라이어 최적 설계인자 도출 및 기존 설비 개보수
  - 발생 습윤 배가스량 및 온도에 따른 물질 및 에너지 수지 도출
  - 기존 설비 점검 및 개보수 진행완료
- 물질 및 에너지 수지 재산정
  - 조건별 물질·에너지 수지 산정 및 프로그램 개발(저작권 등록 완료)
- 멤브레인 드라이어의 막 오염 제어를 위한 막 오염 분석 연구 및 막 세정 기술 검토
  - 기사용 분리막 모듈 분리 및 해체
  - 사용 전 후에 따른 분리막 모듈 성능특성 비교 및 중공사 표면, 오염물 특성 등 비교
- 가축분뇨 고체연료 성형을 위한 최적 성형기 선정 및 도입
  - 다양한 성형기술에 대한 현장 및 사례 조사, 성형실험을 통한 최적 펠렛성형기 선정
- 5 톤/일급 Bio-drying + 멤브레인 드라이어 통합시스템 설계 및 제작, 설치
  - 실증연구 후보지 현장조사 및 최적 연구부지 선정
  - 설치계획 수립, 연계설치 부분품 제작, 시설 및 전기 공사, 준공 완료
- 5 톤/일급 Bio-drying + 멤브레인 드라이어 통합시스템 운전 및 평가(기관 공동 수행)
  - 시운전을 통한 설비 점검, 연속 운전, 공인시험을 통한 공정 성능평가 수행

###### [공동연구기관 : 비케이환경주식회사]

- Bio-drying 공정 운전인자 도출
  - 기존 수평형 발효건조기를 활용한 바이오드라이닝 운전인자 도출
- Bio-drying 실증공정 설계 및 제작, 시운전
  - 실증반응기 설계 용량 산정
  - 기본 및 실시설계, 제작

###### [공동연구기관 : 한경대학교]

- Bio-drying 공정 설계기준 도출
    - 실증시설 설계기준 도출 및 물질·에너지 수지 산정
  - 가축분뇨 고체연료화 시설 사례조사 및 활성화 방안 연구
    - 수직형 콤포스터(사일로식), 수평형 콤포스터(로터리 킬른식) 형태별 특징 조사
    - 가축분뇨 고체연료화 활성화를 위한 제도 개선 방안 연구
  - 가축분 고체연료화 시설 표준화 설계 및 경제성 평가
    - 가축분뇨 고체연료화 시설 규모별(10, 50, 100, 150 톤/일) 물질·에너지 수지 분석
    - 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 평가
    - 가축분뇨 고체연료화 시설 시설용량별 공통 매뉴얼 제작
-

## (2) 정량적 연구개발성과

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도	1차년도	2차년도	계	가중치 (%)
		(2021)	(2022)		
지식재산권 - 특허출원	목표	1	1	2	10
	실적	1	1	2	
지식재산권 - 특허등록	목표	-	2	2	10
	실적	-	1	1	
SMART	목표	-	BB	BB	5
	실적	-	BBB	BBB	
기술실시 - 건수	목표	-	2	2	15
	실적	-	3	3	
기술실시 - 기술료	목표	-	20,000	23,000	-
	실적	-	-	-	
제품화	목표	-	2	2	10
	실적	-	2	2	
고용창출	목표	-	3	3	10
	실적	-	3	3	
논문(SCI)	목표	-	1	1	-
	실적	-	-	-	
논문(비SCI)	목표	1	-	1	-
	실적	1	1	2	
논문평균 IF	목표	-	2.0	2.0	10
	실적	-	-	-	
학술발표	목표	2	2	4	10
	실적	2	3	5	
인력양성	목표	-	1	1	10
	실적	-	2	2	
정책활용	목표	1	1	2	5
	실적	-	3	3	
홍보전시	목표	-	2	2	5
	실적	8	3	11	
계(건수만 표기)	목표	5	17	22	100
	실적	12	22	34	

평가 항목 (주요성능)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중(%)	세계 최고	연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		연구개발 실적	목표설정 근거
			성능수준	성능수준	1차년도 (2021)	2차년도 (2022)		
1 실증설비 처리규모	톤/일	20	-	5	-	5	5.06	RFP 만족
2 발효건조 체류시간 (1차발효 기준)	일	10	7	10	10	7	7	최고 수준
3 최종제품 함유율	wt%	10	20	20	30	20	11	규격 만족
4 최종제품 저위발열량	kcal/kg	10	-	2,500	2,500	3,000	3,010	규격 만족
5 기타 최종제품 품질	-	10	-	만족	만족	만족	만족	규격 만족
6 멤브레인 드라이어 수분제거율	%	10	-	80	80	90	99.96	최고 수준
7 멤브레인 드라이어 건공기순환률	%	10	-	70	70	80	92.27	최고 수준
8 통합시스템 연속 운전	-	20	-	-	로직 개발	연속운전 30일 이상	41일	최고 수준

### (3) 세부 정량적 연구개발성과

#### [과학적 성과]

##### □ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	버섯 폐배지의 생화학적 메탄퍼텐셜 분석	유기성 자원화	김창규	30(1)	대한민국	유기성자원 학회	비SCIE	21.12.22.	1225-6498	100%
2	가축분뇨 고체연료 제조 및 발전시설의 경제성 분석	유기성 자원화	김창규	30(2)	대한민국	유기성자원 학회	비SCIE	22.6.14.	1225-6498	100%

##### □ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	CESE-2021	전미진	21.11.6.-7.	온라인	-
2	대한환경공학회 추계 학술대회	전미진	21.11.3.-5.	제주 신화월드	대한민국
3	2022 공업화학회 춘계 학술대회	전미진	22.5.10-12.	제주 국제컨벤션센터	대한민국
4	The 13th conference of the Aseanian Membrane Society (AMS13)	전미진	22.7.4.-6.	싱가포르 난양공과대학	싱가포르
5	CESE-2022	전용우	22.11.26.-27.	Dubai	UAE

#### [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	등록인	등록일	등록 번호		
1	셀룰로오스 아세테이트를 이용한 무결점 고선택도 기체분리막 제조방법 및 그 방법으로 제조된 기체분리막	대한민국	한국산업 기술 시험원	21.12.15.	10-2021-0179733	한국산업 기술 시험원	22.12.28.	10-2483653	30%	-
2	축산분뇨의 악취 저감 액비 생산 및 순환 콤팩트 시스템, 및 이를 이용한 축산분뇨 처리 방법	대한민국	한국산업 기술 시험원	22.11.15.	10-2022-0152705	-	-	-	30%	-

##### ○ 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
1	√			√		√				
2	√					√				

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율
1	바이오 드라잉- 멤브레인 드라이어 융합공정(일반) 물질수지 산정 프로그램	21.06.07.	한국산업기술 시험원	21.10.07.	제 C-2021-03791호	한국산업기술 시험원	100
2	바이오 드라잉- 멤브레인 드라이어 융합공정(2차건조) 물질수지 산정 프로그램	21.06.07.	한국산업기술 시험원	21.10.07.	제 C-2021-03792호	한국산업기술 시험원	100
3	마이크로파 드라잉- 멤브레인 드라이어 융합공정(일반) 물질수지 산정 프로그램	21.06.07.	한국산업기술 시험원	21.10.07.	제 C-2021-03793호	한국산업기술 시험원	100

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	바이오드라이어	22.09.16.	BK환경	경북 군위	가축분뇨 고체연료 제조	60일	-	-
2	멤브레인 드라이어	22.09.16.	한국산업기술 시험원	경북 군위	가축분뇨 고체연료 제조	60일	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	직접실시	가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어 생물발효 건조 기술	비케이환경(주)	2023.4.10.	-	-
2	통상실시권	바이오가스의 이산화탄소 회수장치 등 3건	코리아엔텍(주)	2022.2.28.	20,000천원	20,000천원
3	통상실시권	셀룰로오스 아세테이트를 이용한 무결점 고선택도 기체분리막 제조방법 및 그 방법으로 제조된 기체분리막	(주)케이이씨시스템	2023.4.3.	3,000천원	-

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)	
			2022년	합계
1	가축분뇨 고체연료화 사업	비케이환경주식회사	1	1
3	멤브레인 드라이어 기술개발	한국산업기술시험원	2	2
합계			3	3

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	11
		생산인력	2
	개발 후	연구인력	13
		생산인력	3

## [사회적 성과]

### □ 정책 활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용연도	채택 내용
1	채택	가축분뇨 고체연료 실증 연구 기획	산업통상자원부 (에너지기술과)	2022	태양열(광) 등 재생에너지를 이용한 가축분뇨 고체연료 제조 기술 및 경제성 향상을 위한 사업모델 개발 및 실증
2	채택	가축분뇨 퇴비화 건조공정 실증연구 수행	산업기술평가관리원 (기계로봇장비팀)	2022	가축분뇨 활용 500 kg/일급 퇴비 자동 생산을 위한 에너지 절감형 퇴비화 장치 개발

### □ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	가축분뇨 활용 연구	2022		1	1			2	2				

### □ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비
1	산업통상자원부	태양열(광)기반가축분 뇨고체연료제조및이용 다변화기술개발	태양열(광), 지열 등 재생에너지를 이용한 바이오매스(가축분뇨) 고체연료화 모델 개발 및 경제성, 환경성을 위한 선행 조사·연구	전용우 (공동)	575 백만원
2	산업통상자원부	기계·장비산업기술개발	가축분뇨 활용 500 kg/일급 퇴비 자동 생산을 위한 에너지 절감형 퇴비화 장치 개발	전미진 (공동)	752.2 백만원

### □ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	보도자료	전기신문	KTL-군위축산업협동조합, '탄소 저감 기술' 개발에 맞손	'21.09.15.
2	보도자료	신아일보	KTL, 군위축산업협동조합과 탄소 저감 기술 개발 한 뜻	'21.09.15.
3	보도자료	CNB뉴스	KTL, 군위축산업협동조합과 탄소저감 기술개발 '협력'	'21.09.15.
4	보도자료	기계신문	KTL, 군위축산업협동조합과 가축분뇨 고체연료화 실증연구 추진	'21.09.15.
5	보도자료	전자신문	KTL-군위축산업협동조합, 탄소 저감 기술 개발 맞손	'21.09.15.
6	보도자료	쿠기뉴스	KTL·군위축산업협동조합, 탄소 저감 기술 개발 추진	'21.09.15.
7	보도자료	경북일보	군위축협·한국산업기술시험원, 가축분뇨 고체연료화 실증연구 업무협약	'21.09.15.
8	계간지	IPET창	연구현장을 찾아서 - 가축분뇨, 에너지가 되다	'21년 겨울호
9	보도자료	부산일보	KTL, 군위축산업협동조합과 '탄소 저감기술 개발' 맞손	'22.09.16
10	보도자료	아시아뉴스통신	KTL, 군위축협과 탄소 저감 기술 개발에 '한뜻'	'22.09.16
11	보도자료	투데이에너지	KTL, 가축분뇨 고체연료 기술 실증 기반 마련	'22.09.16

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 멤브레인 드라이어 최적 설계인자 도출 및 기존 설비 개보수	○ 발생 습윤 배가스량 및 온도에 따른 물질 및 에너지 수치 도출 ○ 기존 설비 점검 및 개보수 완료 ○ 조건별 물질·에너지 수치 산정 프로그램 개발	100%
○ 막 오염 분석 연구 및 막 세정 기술 검토	○ 기사용 분리막 모듈 분리 및 해체 ○ 사용 전·후에 따른 분리막 모듈 성능특성 비교 및 중공사 표면, 오염물 특성 등 비교	100%
○ 가축분뇨 고체연료 성형을 위한 최적 성형기 선정 및 도입	○ 다양한 성형기술에 대한 현장 및 사례 조사 ○ 성형실험을 통한 최적 펠렛성형기 선정	100%
○ Bio-drying 공정 설계기준 도출	○ 실증시설 설계기준 도출 및 물질·에너지 수치 산정	100%
○ Bio-drying 공정 운전인자 도출	○ 기존 수평형 발효건조기를 활용한 바이오드라이잉 운전인자 도출	100%
○ Bio-drying 실증공정 설계 및 제작, 시운전	○ 실증 건조기 설계 용량 산정 ○ 기본 및 실시설계, 제작	100%
○ 5 톤/일급 Bio-drying + 멤브레인 드라이어 통합시스템 설계 및 제작, 설치	○ 실증연구 후보지 현장조사 및 최적 연구부지 선정 ○ 설치계획 수립, 연계설치 부분품 제작, 시설 및 전기 공사, 준공 완료	100%
○ 5 톤/일급 Bio-drying + 멤브레인 드라이어 통합시스템 운전 및 평가	○ 시운전을 통한 설비 점검 및 보완 ○ 연속 운전, 공인 시험을 통한 공정 성능평가 수행	100%
○ 가축분뇨 고체연료화 시설 사례 조사 및 활성화 방안 연구	○ 수직형 콤포스터(사일로식), 수평형 콤포스터(로터리 킬른식) 형태별 특징 조사 ○ 가축분뇨 고체연료화 활성화를 위한 제도 개선 방안 연구	100%
○ 가축분뇨 고체연료화 시설 표준화 설계 및 경제성 평가	○ 가축분뇨 고체연료화 시설 규모별(10, 50, 100, 150 톤/일) 물질·에너지 수치 분석 ○ 가축분뇨 고체연료화 시설 경제성 평가 ○ 가축분뇨 고체연료화 시설 시설용량별 공통 매뉴얼 제작	100%

#### 4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이잉 시스템 실증	가축분뇨 고체연료화를 위한 습공기 제어형 스마트 바이오드라이잉 시스템 실증	한국산업기술시험원	출연연 (비영리)	480	480	1	기존 공정개선	해당 없음	-
	가축분뇨 Bio-drying 공정 최적화 및 실증	비케이 환경 주식회사	중소기업 (영리)	540	400	0.74	기존 공정개선	①-①	74.07
	가축분뇨 고체연료화 시설 표준화 설계 개발 및 제도 개선 방안 연구	환경 대학교	대학 (비영리)	170	170	1	신규 기술개발	해당 없음	-
<b>계</b>				<b>1,190</b>	<b>1,050</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### [연구개발성과의 활용방안]

- 본 연구는 가축분뇨 무방류 악취저감형 통합처리 시스템의 Test-bed를 구축하는 연구로서 연구성과는 가축분뇨 공공처리시설 공정반영을 통한 사업화 추진에 활용할 계획임.
- 특히 2015년 3월 “가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률” 개정으로 가축분뇨 고체연료화 품질기준이 확정·제도화 되어 환경부 가축분뇨 공공처리사업, 농식품부 가축분뇨 공동자원화 사업에 가축분뇨 고체연료 에너지화 사업 추진이 가능해짐에 따라 개발 공정을 가축분뇨 고체연료 생산을 위한 주 공정으로 반영하여 사업화 추진에 활용할 계획임.
- 뿐만 아니라 본 연구성과는 하폐수슬러지나 음식물쓰레기 감량 및 고형연료화에도 적용이 가능하여 하수처리장 및 폐수처리장 대상 사업화 추진이 가능.

#### [연구개발성과의 기대효과]





## 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE	-	1	-	-	-
	비SCIE	-	-	-	-	-
국내논문	SCIE	-	-	-	-	-
	비SCIE	-	-	-	-	-
특허출원	국내	-	-	-	-	-
	국외	-	-	-	-	-
특허등록	국내	1	-	-	-	-
	국외	-	-	-	-	-
인력양성	학사	-	-	-	-	-
	석사	-	-	-	-	-
	박사	-	-	-	-	-
사업화	시제품개발	-	-	-	-	-
	상품출시	-	-	-	-	-
	기술이전	-	1	-	-	-
	공정개발	-	-	-	-	-
	매출액(단위 : 천원)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
	기술료(단위 : 천원)	-	200,000	-	-	-



< 별첨 자료 >

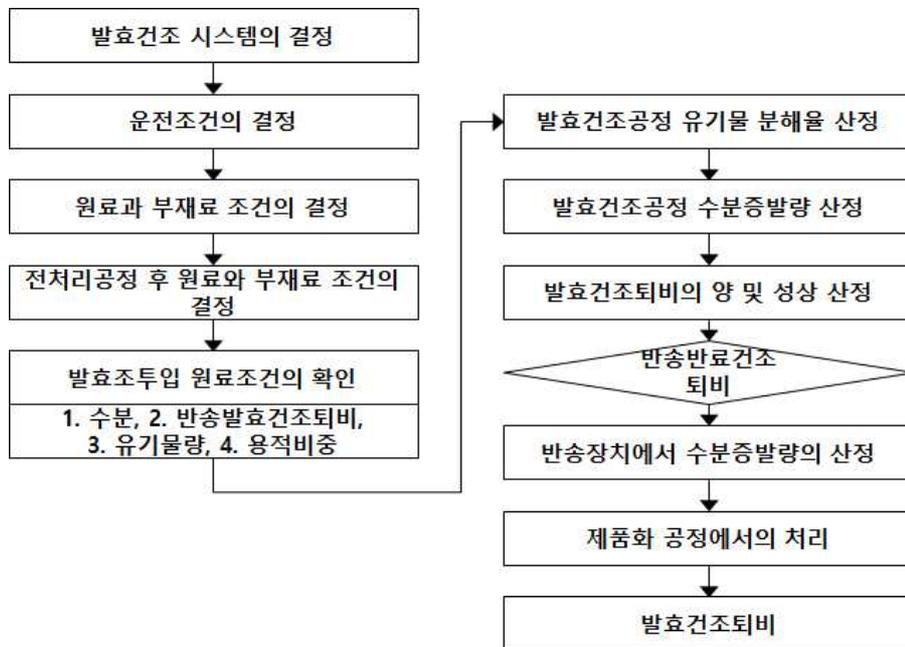
[별첨 1] 물질수지 산출근거 .....	1
[별첨 2] 제작도면 .....	10
[별첨 3] 장비운전 매뉴얼 .....	50
[별첨 4] 시험 성적서 .....	54

**[별첨 1] 물질수지 산출 근거**

**물질수지 계산**

**\* 물질수지 계산 기본 조건**

- 물질수지는 가공원료의 성상(수분, 유기물함량, 용적비중), 발효건조시스템의 전처리 공정(과쇄의 정도, 협잡물의 분별성능), 발효공정(유기물분해율, 수분증발량), 제품화공정(선별, 발효건조물의 순환율)에 따라 변화한다.
- 물질수지의 계산 조건은 아래와 같다.
  - 발효건조 시설의 조건은 정상운전 조건으로 한다.
  - 반송 발효건조 방식은 시설내에서의 물질변화가 없다.
  - 각종원료는 전처리공정에서 균일하게 혼합되고, 발효조 내에서 양호한 호기발효가 진행 되는 조건으로 한다.
  - 발효건조 공정에서 건조중량, 수분, 습윤중량의 수지를 기준으로 한다.



<물질수지 계산 순서>

**\* 발효건조 시스템**

- 전처리공정 : 1차발효건조, 2차발효건조
- 발효건조 공정
  - 1차 발효 : 수평형 로타리식
  - 1차 발효일수 : 일
  - 1차 발효건조공정 총 용적 : 길이 12.00m, 높이 3.00m = 84.78m<sup>3</sup>
  - 1차 발효건조공정 유효 용적 : 1차 발효건조공정 총 용적 \* 70% = 59.35m<sup>3</sup>
  - 2차 발효 : 수평형 로타리식
  - 2차 발효일수 : 일
  - 2차 발효건조공정 총 용적 : 길이 12.00m, 높이 1.95m = 35.82m<sup>3</sup>
  - 2차 발효건조공정 유효 용적 : 2차 발효건조공정 총 용적 \* 70% = 25.07m<sup>3</sup>

**\* 원료조건**

<원료성상>

원료	일처리량	수분			총 고형물			휘발성고형물			분해발열량		용적비중
		계	분뇨	톱밥	계	분뇨	톱밥	계	분뇨	톱밥	분뇨	톱밥	
	(kg/day)	(%)									(kcal/kg)	(ton/m <sup>3</sup> )	
우분	5,000	65.0	41.1	23.9	35.0	22.1	12.9	27.3	15.8	11.5	4,500	3,000	0.80

○ 우분의 양과 성상

- 처리량 = 5,000 kg/일

○ 성상

- 수분 = 65%
- 총 고형물 = 35.00%
- 휘발성 고형물(분뇨) = 15.8%
- 휘발성 고형물(톱밥) = 11.5%
- 잔류성 고형물(톱밥+분뇨) = 7.7%
- 분해발열량(분뇨) = 4,500 kcal/kg
- 분해발열량(톱밥) = 3,000 kcal/kg
- 용적비중 = 0.80 ton/m<sup>3</sup>
- 유입용적 = 6.3 m<sup>3</sup>/day

○ 조성

\* 1차 발효건조 효율

- 건물감소율

<우분 유기물 분해율>

원료	유기물분해율 (%)	1차발효 (%)	2차발효 (%)	분해발열량 (kcal/kg)
우분	28.00	28.00	수분 건조	4,500
톱밥	1.5	1.5	수분 건조	3,000

- 총 건물량(TS) = 1,750 kg/day
- 수분량 = 3,250 kg/day
- 휘발성 고형물-분뇨 건물량 = 총 건물량 \* 휘발성 고형물-분뇨 함량  
= 1,750 kg/day \* 0.158 : 790 kg/day
- 휘발성 고형물-톱밥 건물량 = 총 건물량 \* 휘발성 고형물-톱밥 함량  
= 1,750 kg/day \* 0.115 : 57.00 kg/day

○ 건물분해 증발량

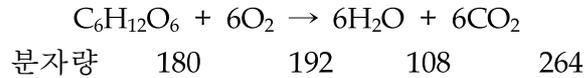
- 휘발성 고형물-우분 분해량 = 휘발성 고형물-우분 \* 1차 발효건조-우분 유기물 분해율  
= 790 kg/day \* 0.28 = 221 kg/day
- 휘발성 고형물-톱밥 분해량 = 휘발성 고형물-톱밥 \* 1차 발효건조-톱밥 유기물 분해율

$$= 573 \text{ kg/day} * 0.015 = 9 \text{ kg/day}$$

- 총 휘발성 고형물 분해량 = 휘발성 고형물-분뇨 + 휘발성 고형물-톱밥 분해량  
 $= 221 \text{ kg/day} + 9 \text{ kg/day} = 230 \text{ kg/day}$
- 우분의 분해발열량 = 4,500 kcal/kg
- 톱밥의 분해발열량 = 3,000 kcal/kg
- 우분의 건물분해 발열량 = 휘발성 고형물-분뇨 분해량 \* 분뇨의 분해발열량  
 $= 221 \text{ kg/day} * 4,500 \text{ kcal/kg} = 995,177 \text{ kcal/day}$
- 톱밥의 건물분해 발열량 = 휘발성 고형물-톱밥 분해량 \* 톱밥의 분해발열량  
 $= 9 \text{ kg/day} * 3,000 \text{ kcal/kg} = 30,083 \text{ kcal/day}$
- 총 호흡 발열량 = 분뇨의 건물분해 발열량 + 톱밥의 건물분해 발열량  
 $= 995,177 \text{ kcal/day} + 30,083 \text{ kcal/day} = 1,025,260 \text{ kcal/day}$

○ 유기물 분해시 수분 발생량(동절기, 배기불량)

$$: \text{유기물분해량} \times (108 \div 180) = \text{유기물분해량} \times 0.6$$



- 우분 유기물 분해시 수분 발생량 = 휘발성 고형물-우분 분해량 \* 0.6  
 $= 230 \text{ kg/day} * 0.6 = 133 \text{ kg/day}$
- 톱밥 유기물 분해시 수분 발생량 = 휘발성 고형물-톱밥 분해량 \* 0.6  
 $= 9 \text{ kg/day} * 0.6 = 5 \text{ kg/day}$
- 총 유기물 분해시 수분 발생량 = 우분 유기물 분해시 수분 발생량  
 + 톱밥 유기물 분해시 수분 발생량  
 $= 133 \text{ kg/day} + 5 \text{ kg/day} = 138 \text{ kg/day}$

○ 수분 증발량

- 수분 증발열량 = 800 kcal/kg-수분
- 총 수분 증발열량 =  $\frac{\text{총 호흡 발열량}}{\text{수분 증발열량}}$   
 $= 1,025,260 \text{ kcal/day} / 800 \text{ kcal/kg-수분} = 1,282 \text{ kg/day}$

○ 1차 발효건조 감소량 = 건물감소율 (하절기, 배기양호)

- 1차 발효건조 후 건물량 = 총 건물량 - 휘발성 고형물 분해량  
 $= 1,750.00 \text{ kg/day} - 230 \text{ kg/day} = 1,520 \text{ kg/day}$
- 1차 발효건조 후 수분량 = 수분함량 - 총 수분 증발열량  
 $= 3,250.00 \text{ kg/day} - 1,282 \text{ kg/day} = 1,968 \text{ kg/day}$

- 1차 발효건조 후 수분함량

$$= \frac{\text{1차 발효건조 후 수분량}}{(\text{1차 발효건조 후 건물량} + \text{1차 발효건조 후 수분량})} * 100$$

$$= \frac{1,520 \text{ kg/day}}{(1,520 \text{ kg/day} + 1,968 \text{ kg/day})} * 100$$

$$= 56.42\%$$

- 1차 발효건조 후 원물량 = 1차 발효건조 후 건물량 + 1차 발효건조 후 수분량

$$= 1,520 \text{ kg/day} + 1,968 \text{ kg/day} = 3,489 \text{ kg/day}$$

- 1차 발효건조 후 용적비중 =  $0.52 \text{ ton/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{- 1차 발효건조 후 유출용적} &= \frac{\text{1차 발효건조 후 원물량}}{\text{1차 발효건조 후 용적비중}} / 1,000 \\ &= 3,489 \text{ kg/day} / 0.52 \text{ ton/m}^3 / 1,000 = 6.8\text{m}^3 \end{aligned}$$

○ 1차 발효건조 감소량 = 건물감소율 + 수분증발량 (동절기, 배기불량)

$$\begin{aligned} \text{- 1차 발효건조 후 건물량} &= \text{총 건물량} - \text{휘발성 고형물 분해량} \\ &= 1,750.00 \text{ kg/day} - 230 \text{ kg/day} = 1,520 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 1차 발효건조 후 수분량} &= \text{수분함량} - \text{총 수분 증발열량} \\ &= 3,250.00 \text{ kg/day} - 1,282 \text{ kg/day} = 1,968 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 1차 발효건조 후 수분량 + 유기물 분해 수분} &= 1,968 \text{ kg/day} + 138 \text{ kg/day} \\ &= 2,106 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

- 1차 발효건조 후 수분함량

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{1차 발효건조 후 수분량} + \text{유기물 분해 수분}}{(\text{1차 발효건조 후 건물량} + \text{1차 발효건조 후 수분량} + \text{유기물 분해 수분})} * 100 \\ &= \frac{(1,968 + 138) \text{ kg/day}}{(1,592.51 \text{ kg/day} + 1,968 + 138 \text{ kg/day})} * 100 \\ &= 58.08\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 1차 발효건조 후 원물량} &= \text{1차 발효건조 후 건물량} + \text{1차 발효건조 후 수분량} \\ &\quad + \text{유기물 분해 수분} \\ &= 1,520 \text{ kg/day} + 1,968 \text{ kg/day} + 138 = 3,627 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

- 1차 발효건조 후 용적비중 =  $0.56 \text{ ton/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{- 1차 발효건조 후 유출용적} &= \frac{\text{1차 발효건조 후 원물량}}{\text{1차 발효건조 후 용적비중}} / 1,000 \\ &= 3,627 \text{ kg/day} / 0.56 \text{ ton/m}^3 / 1,000 = 6.5\text{m}^3 \end{aligned}$$

\* 2차 건조 효율 (멤브레인 드라이어 이용)

○ 하절기 (배기양호) 조건 목표 수분함량 20%

$$\text{- 1차 발효건조 후 수분함량} = 56.42\% (1,968 \text{ kg/day})$$

$$\begin{aligned} \text{- 멤브레인 드라이어 이용 (수분함량 20\%) 2차 건조 수분증발 요구량} &= \\ &= 1,968 \text{ kg/day} - 380 \text{ kg/day} = 1,588 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 건조필요 에너지} &= \text{2차 건조 수분증발 요구량} * \text{수분 증발열량} \\ &= 1,588 \text{ kcal/kg} * 800 \text{ kg/day} = 1,270,740 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 2차 건조 후 수분량} &= \text{수분함량} - \text{총 수분 증발열량} \\ &= 1,968 \text{ kg/day} - 1,588 \text{ kg/day} = 380 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\text{- 2차 건조 후 총 고형물} = \text{1차 발효건조 후 건물량} = 1,520 \text{ kg/day}$$

- 멤브레인 드라이어 2차 건조 후 수분함량

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{2차 건조 후 수분량}}{(\text{2차 건조 후 건물량} + \text{2차 건조 후 수분량})} * 100 \end{aligned}$$

$$= \frac{380 \text{ kg/day}}{(1,520 \text{ kg/day} + 380 \text{ kg/day})} * 100$$

$$= 20.00\%$$

- 2차 건조 후 용적비중 = 0.40 ton/m<sup>3</sup>

$$\text{- 2차 건조 후 유출용적} = \frac{\text{2차 건조 후 원물량}}{\text{2차 건조 후 용적비중}} / 1,000$$

$$= 1,900 \text{ kg/day} / 0.40 \text{ ton/m}^3 / 1,000 = 4.8 \text{ m}^3/\text{day}$$

\* 2차 건조 효율 (멤브레인 드라이어 이용)

○ 하절기 (배기양호) 조건 목표 수분함량 25%

- 1차 발효건조 후 수분함량 = 56.42% (1,968 kg/day)

- 멤브레인 드라이어 이용 (수분함량 25%) 2차 건조 수분증발 요구량 =  
1,968 kg/day - 507 kg/day = 1,462 kg/day

- 건조필요 에너지 = 2차 건조 수분증발 요구량 \* 수분 증발열량  
= 1,462 kcal/kg \* 800 kg/day = 1,169,407 kcal

- 2차 건조 후 수분량 = 수분함량 - 총 수분 증발열량  
= 1,968 kg/day - 1,462 kg/day = 507 kg/day

- 2차 건조 후 총 고형물 = 1차 발효건조 후 건물량 = 1,520 kg/day

- 멤브레인 드라이어 2차 건조 후 수분함량

$$= \frac{\text{2차 건조 후 수분량}}{(\text{2차 건조 후 건물량} + \text{2차 건조 후 수분량})} * 100$$

$$= \frac{507 \text{ kg/day}}{(1,520 \text{ kg/day} + 507 \text{ kg/day})} * 100$$

$$= 25.00\%$$

- 2차 건조 후 용적비중 = 0.40 ton/m<sup>3</sup>

$$\text{- 2차 건조 후 유출용적} = \frac{\text{2차 발효건조 후 원물량}}{\text{2차 발효건조 후 용적비중}} / 1,000$$

$$= 2,027 \text{ kg/day} / 0.40 \text{ ton/m}^3 / 1,000 = 5.1 \text{ m}^3/\text{day}$$

\* 2차 건조 효율 (멤브레인 드라이어 이용)

○ 동절기 (배기불량) 조건 목표 수분함량 20%

- 1차 발효건조 후 수분함량 = 58.08% (2,106 kg/day)

- 멤브레인 드라이어 이용 (수분함량 20%) 2차 건조 수분증발 요구량 =  
2,106 kg/day - 380 kg/day = 1,726 kg/day

- 건조필요 에너지 = 2차 건조 수분증발 요구량 \* 수분 증발열량  
= 1,726 kcal/kg \* 800 kg/day = 1,381,018 kcal

- 2차 건조 후 수분량 = 수분함량 - 총 수분 증발열량  
= 2,106 kg/day - 1,726 kg/day = 380 kg/day

- 2차 건조 후 총 고형물 = 1차 발효건조 후 건물량 = 1,520 kg/day

- 멤브레인 드라이어 2차 발효건조 후 수분함량

$$= \frac{\text{2차 발효건조 후 수분량}}{(\text{2차 발효건조 후 건물량} + \text{2차 발효건조 후 수분량})} * 100$$

$$= \frac{380 \text{ kg/day}}{(1,520 \text{ kg/day} + 380 \text{ kg/day})} * 100$$

$$= 20.00\%$$

$$\text{- 2차 건조 후 용적비중} = 0.40 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{- 2차 건조 후 유출용적} &= \frac{\text{2차발효건조 후 원물량}}{\text{2차발효건조 후 용적비중}} / 1,000 \\ &= 1,900 \text{ kg/day} / 0.40 \text{ ton/m}^3 / 1,000 = 4.8\text{m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

\* 2차 건조 효율 (멤브레인 드라이어 이용)

○ 동절기 (배기불량) 조건 목표 수분함량 25%

$$\text{- 1차 발효건조 후 수분함량} = 56.42\% (1,968 \text{ kg/day})$$

$$\begin{aligned} \text{- 멤브레인 드라이어 이용 (수분함량 25\%) 2차 건조 수분증발 요구량} &= \\ &2,106 \text{ kg/day} - 507 \text{ kg/day} = 1,600 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 건조필요 에너지} &= \text{2차 건조 수분증발 요구량} * \text{수분 증발열량} \\ &= 1,600 \text{ kcal/kg} * 800 \text{ kg/day} = 1,279,685 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- 2차 건조 후 수분량} &= \text{수분함량} - \text{총 수분 증발열량} \\ &= 2,106 \text{ kg/day} - 1,600 \text{ kg/day} = 507 \text{ kg/day} \end{aligned}$$

$$\text{- 2차 건조 후 총 고형물} = \text{1차 발효건조 후 건물량} = 1,520 \text{ kg/day}$$

- 멤브레인 드라이어 이용 2차 건조 후 수분함량

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{2차 건조 후 수분량}}{(\text{2차 건조 후 건물량} + \text{2차 건조 후 수분량})} * 100 \\ &= \frac{507 \text{ kg/day}}{(1,520 \text{ kg/day} + 507 \text{ kg/day})} * 100 \\ &= 25.00\% \end{aligned}$$

$$\text{- 2차 발효건조 후 용적비중} = 0.40 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{- 2차 발효건조 후 유출용적} &= \frac{\text{2차건조 후 원물량}}{\text{2차건조 후 용적비중}} / 1,000 \\ &= 2,027 \text{ kg/day} / 0.40 \text{ ton/m}^3 / 1,000 = 5.1\text{m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

\* 1차 발효건조 반응기의 유효용적

$$\text{○ 1차 발효건조공정 투입 실용적} = \text{길이 } 12.00\text{m, 높이 } 3.00\text{m, 용적 } 84.78\text{m}^3$$

$$\text{○ 1차 발효건조공정 투입 유효용적} = 84.78\text{m}^3 * 0.7 = 59.35\text{m}^3$$

$$\text{○ 1차 발효건조공정 유출물의 용적비중} = 0.52 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{○ 1차 발효건조공정 유출물의 중량} = 3,489 \text{ kg/day}$$

$$\text{○ 1차 발효건조공정의 유출 용적} = 3,489 \text{ kg} \div 0.52 \text{ t/m}^3 \div 1,000 = 6.8 \text{ m}^3/\text{day}$$

○ 1차 발효건조공정의 일 평균 용적

$$\begin{aligned} &= (\text{우분 유입용적} + \text{발효건조공정의 유출용적}) \div 2 \\ &= (6.3 \text{ m}^3/\text{day} + 6.8 \text{ m}^3/\text{day}) \div 2 \\ &= 6.5 \text{ m}^3/\text{day} \end{aligned}$$

○ 1차 발효건조공정의 체류시간 = 유효용적 ÷ 일 평균 투입 용적

$$= 59.35 \text{ m}^3 \div 6.5 \text{ m}^3/\text{day} = 9.11 \text{ day}$$

$$\text{○ 1차 발효건조공정 투입 실용적} = \text{길이 } 12.00\text{m, 높이 } 1.95\text{m, 용적 } 35.82\text{m}^3$$

\* 2차 건조 반응기의 유효용적(멤브레인 드라이어 이용)

$$\text{○ 2차 건조공정 투입 유효용적} = 35.82\text{m}^3 * 0.7 = 25.07\text{m}^3$$

$$\text{○ 2차 건조공정 유출물의 용적비중} = 0.40 \text{ ton/m}^3$$

- 2차 건조공정 유출물의 중량 (수분함량 20%) = 1,900 kg/day
- 2차 건조공정 유출물의 중량 (수분함량 25%) = 2,027 kg/day
- 2차 건조공정 유출 용적 (수분함량 20%) =  $1,900 \text{ kg} \div 0.40 \text{ t/m}^3$   
=  $4.8 \text{ m}^3/\text{day}$
- 2차 건조공정 유출 용적 (수분함량 25%) =  $2,027 \text{ kg} \div 0.40 \text{ t/m}^3 = 5.1 \text{ m}^3/\text{day}$
- 2차 건조공정의 일 평균 용적 (하절기, 배기양호, 수분함량 20%)  
= (1차 발효건조공정의 유출용적 + 2차 건조공정 유출용적)  $\div$  2  
=  $(6.8 \text{ m}^3/\text{day} + 4.8 \text{ m}^3/\text{day}) \div 2$   
=  $5.8 \text{ m}^3/\text{day}$
- 2차 건조공정의 일 평균 용적 (하절기, 배기양호, 수분함량 25%)  
= (1차 발효건조공정의 유출용적 + 2차 건조공정 유출용적)  $\div$  2  
=  $(6.8 \text{ m}^3/\text{day} + 5.1 \text{ m}^3/\text{day}) \div 2$   
=  $5.9 \text{ m}^3$
- 2차 건조공정의 일 평균 용적 (동절기, 배기불량, 수분함량 20%)  
= (1차 발효건조공정의 유출용적 + 2차 건조공정 유출용적)  $\div$  2  
=  $(6.5 \text{ m}^3/\text{day} + 4.8 \text{ m}^3/\text{day}) \div 2$   
=  $5.6 \text{ m}^3$
- 2차 건조공정의 일 평균 용적 (동절기, 배기불량, 수분함량 25%)  
= (1차 발효건조공정의 유출용적 + 2차 건조공정 유출용적)  $\div$  2  
=  $(6.5 \text{ m}^3/\text{day} + 5.1 \text{ m}^3/\text{day}) \div 2$   
=  $5.8 \text{ m}^3$
- 2차 건조공정의 체류시간 (하절기, 배기양호, 수분함량 20%)  
= 유효용적  $\div$  일 평균 투입 용적  
=  $25.07 \text{ m}^3 \div 5.8 \text{ m}^3/\text{day} = 4.4 \text{ day}$
- 2차 건조공정의 체류시간 (하절기, 배기양호, 수분함량 25%)  
= 유효용적  $\div$  일 평균 투입 용적  
=  $25.07 \text{ m}^3 \div 5.9 \text{ m}^3/\text{day} = 4.2 \text{ day}$
- 2차 건조공정의 체류시간 (동절기, 배기불량, 수분함량 20%)  
= 유효용적  $\div$  일 평균 투입 용적  
=  $25.07 \text{ m}^3 \div 5.6 \text{ m}^3/\text{day} = 4.8 \text{ day}$
- 2차 건조공정의 체류시간 (동절기, 배기불량, 수분함량 25%)  
= 유효용적  $\div$  일 평균 투입 용적  
=  $25.07 \text{ m}^3 \div 5.8 \text{ m}^3/\text{day} = 4.3 \text{ day}$

※ 발효조의 유효용적 =  $(Q1+Q2) \div 2 \times t$

Q1 = 투입물의 용량( $\text{m}^3/\text{일}$ )

Q2 = 배출물의 용량( $\text{m}^3/\text{일}$ )

t = 반응기 체류일수

※ 발효 전·후 용적비중

## 2) 발효 전·후 퇴비의 용적중

<표 3-2> 톱밥이용 퇴비원료의 용적중(함수율, 퇴적높이별)

(kg/m<sup>3</sup>)

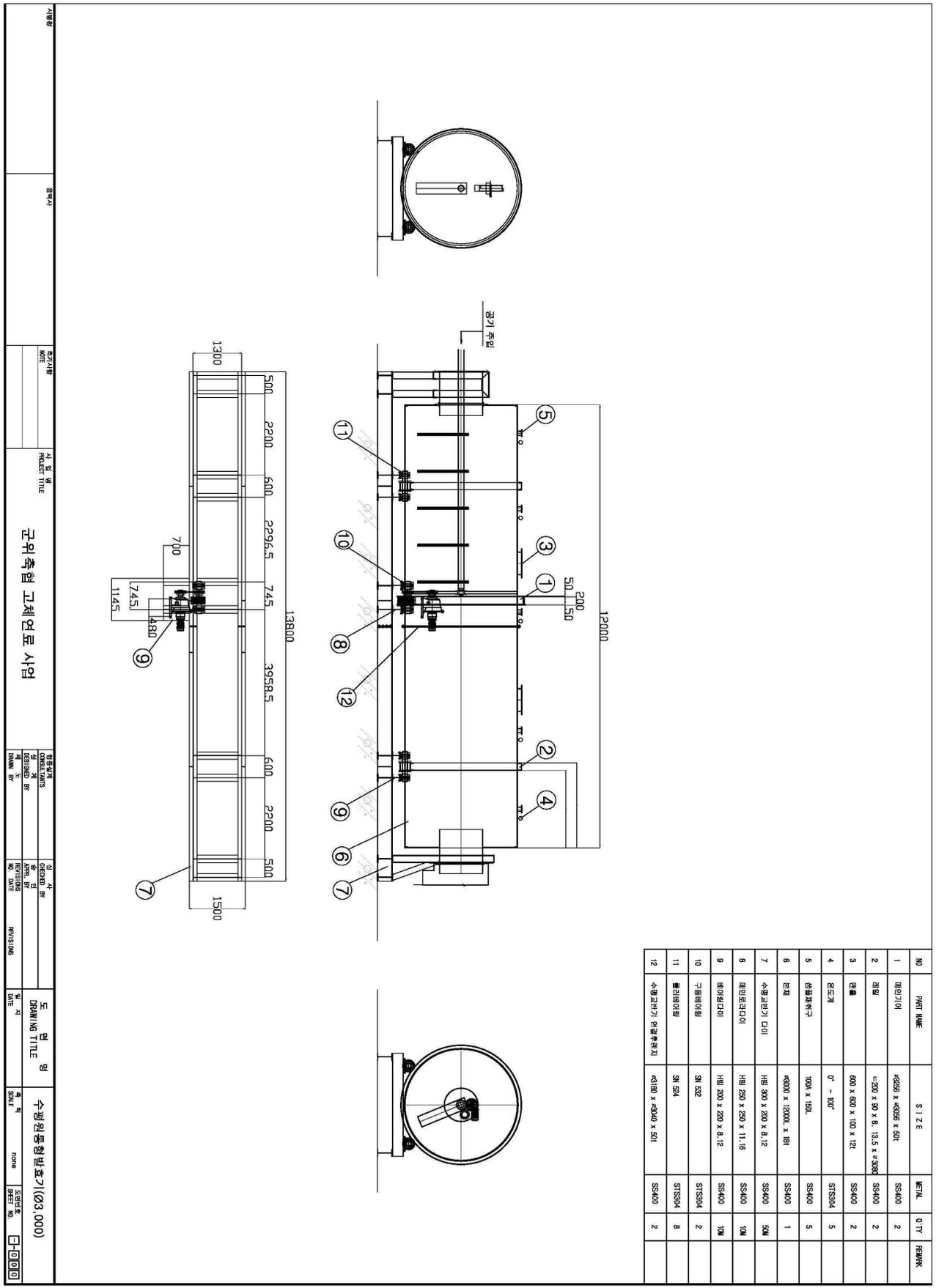
높이 cm 수분 %	50	100	150	200	250
40	400	400	400	400	400
44	400	400	400	400	400
50	400	400	400	400	400
54	400	420	450	470	490
58	470	510	530	560	590
60	510	550	580	610	640
62	590	640	670	680	700
64	670	730	760	760	770
66	720	780	800	800	800
68	760	790	800	800	800
70	790	800	800	800	800
74	790	800	800	800	800

주) 발효 종료시 용적중은 해당 용적중 × 0.9를 한다.

°자 료 : 퇴비화시설의 설계.(표Ⅱ-8) 축협중앙회, 1994



[별첨 2] 제작도면

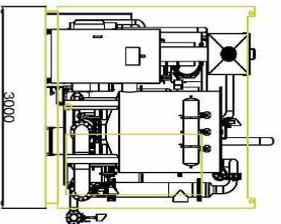
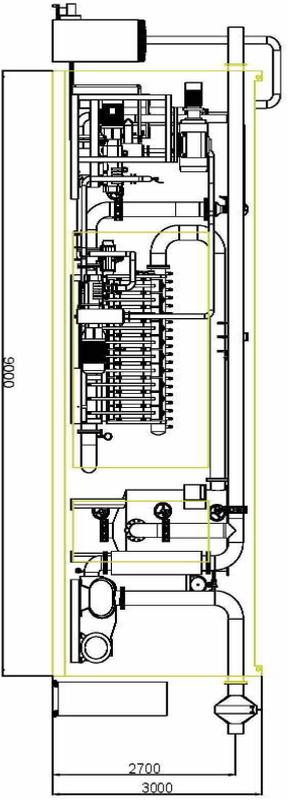
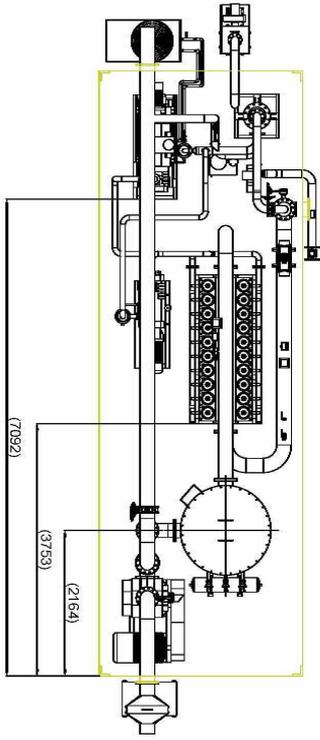
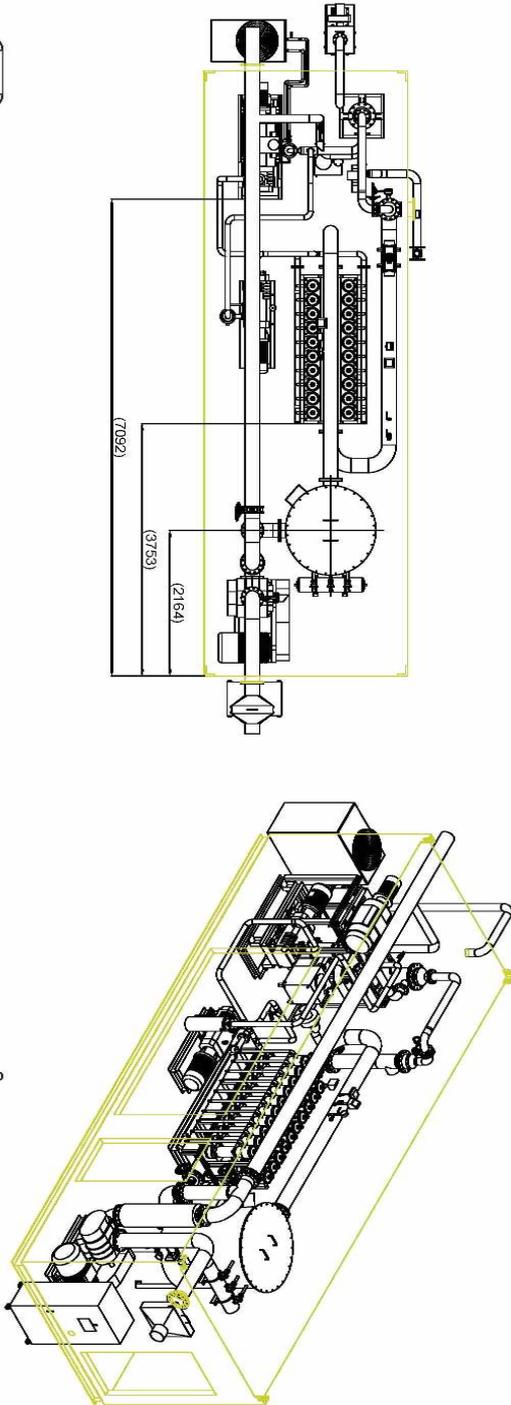


NO	PART NAME	SIZE	MATERIAL	QTY	REMARK
1	배관기어	φ625 x φ655 x 50t	SS400	2	
2	관봉	φ200 x 80 x 8, 13.5 x φ300	SS400	2	
3	관봉	600 x 600 x 100 x 121	SS400	2	
4	콘도켓	0° ~ 100°	STS304	5	
5	배플판(구)	100t x 150t	SS400	5	
6	본체	φ600 x 1200t x 18t	SS400	1	
7	수평코일(다이)	H=300 x 200 x 8.12	SS400	5W	
8	메인코일(다이)	H=250 x 250 x 11.6	SS400	10W	
9	베어링(다이)	H=200 x 220 x 8.12	SS400	10W	
10	구동축(어셈)	SN 522	STS304	2	
11	축(베어링)	SN 524	STS304	8	
12	수평코일(구) 인발(축)기어	φ6180 x φ6340 x 50t	SS400	2	

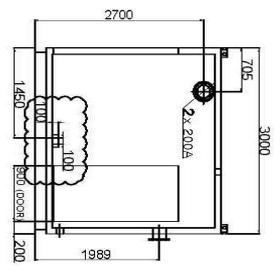
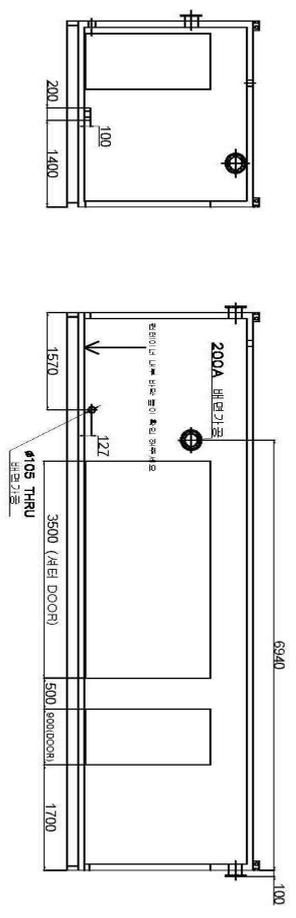
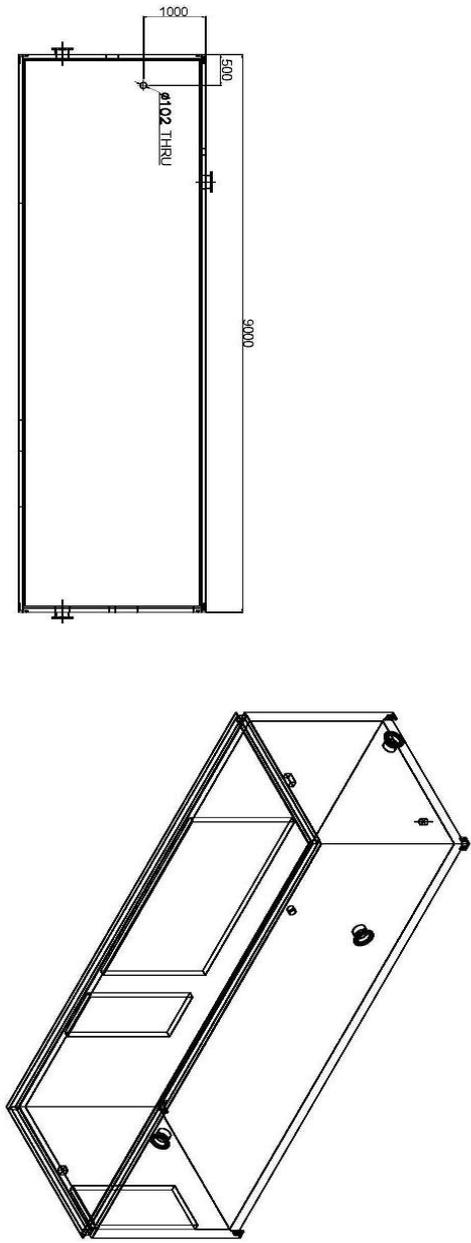
기종명	공역사	도면명	수평인동축(베어링)(φ3,000)
도면번호	도면명	도면번호	도면명
CONSULTANTS	DESIGNED BY	APPROVED BY	REVISIONS
DATE	NO.	DATE	NO.
PROJECT TITLE		DRAWING TITLE	
군위 축첩 교체연로 시연		군위 축첩 교체연로 시연	



- 압력 센서 압력 게이지 장착부 (1/2 소켓)
- 유량 센서, 온습도 센서 장착부 (1/2 소켓) 5DX3D 적용
- 모드 butterfly valve - 기어식 적용



		코리 아엔텍(주)		CLIENT		KTI 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE		ASSEMBLY	
REVISION	DATE	SCALE	UNIT	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPRD	U-JIN BU-AMH					
△		NONE											
△													
△													
SHEET NO		SHEET NO		SHEET NO		SHEET NO							



 권리아엔텍(주)		CLIENT <b>ket</b> 한국산업기술시험원		TITLE 권태이나 assy		DRAWING TITLE 권태이나 assy	
REV/NO	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPRD		
UNIT	SCALE						
-	NONE						



코리아엔텍(주)

CLIENT

한국산업기술시험원

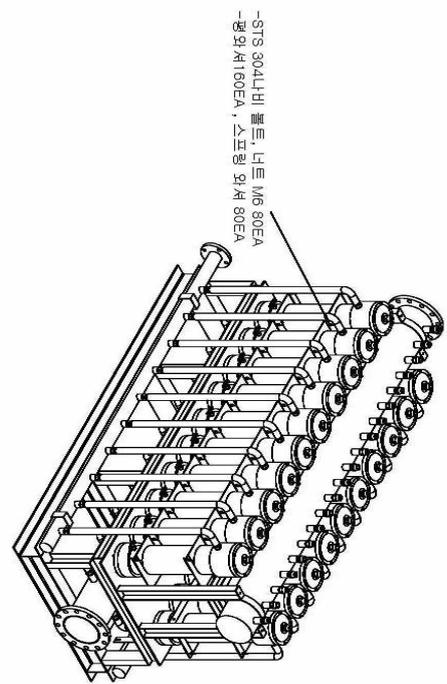
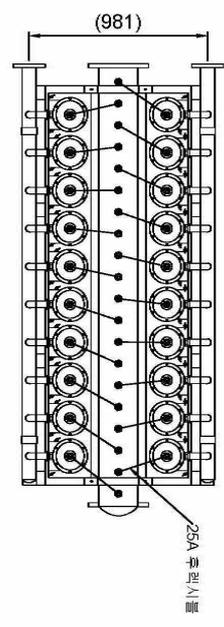
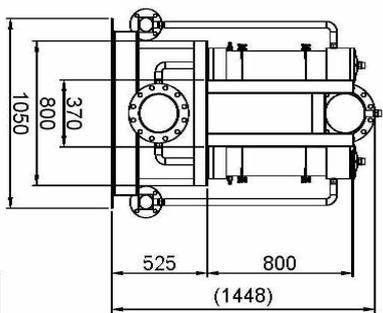
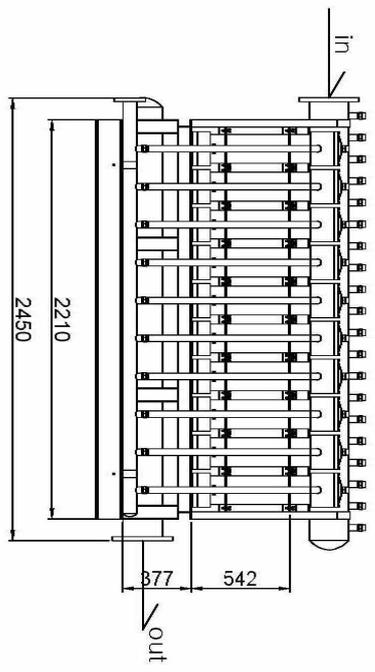
TITLE

멤브레인 section ASSY

DRAWING TITLE

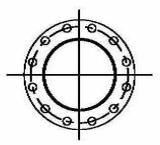
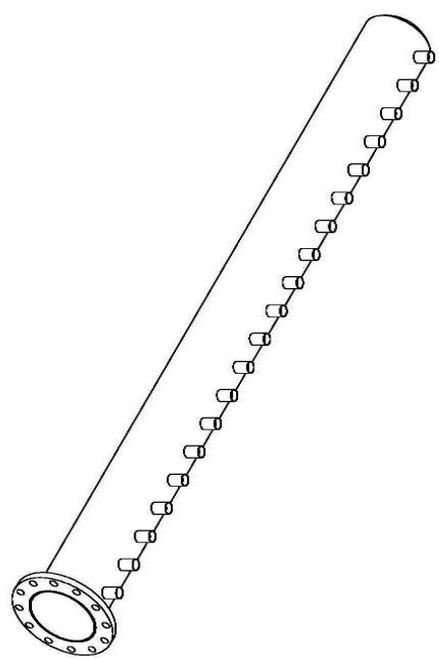
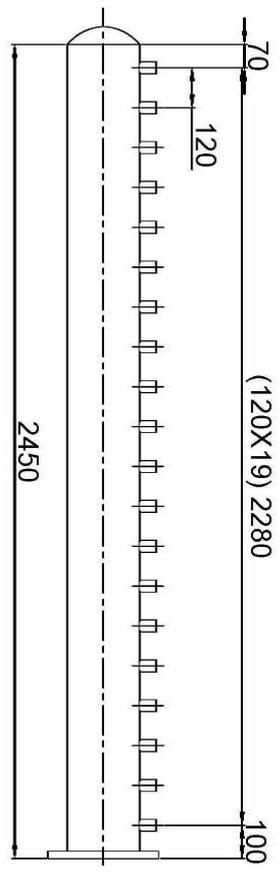
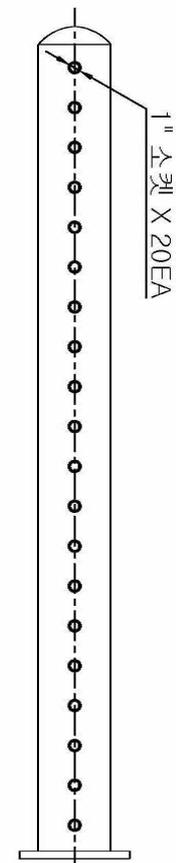
MEMBRANE SECTION ASSY

REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	DRWN.	CHKD.	APPD.
△			U-JIN	BU-ANT	
△					
△					



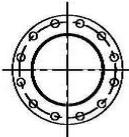
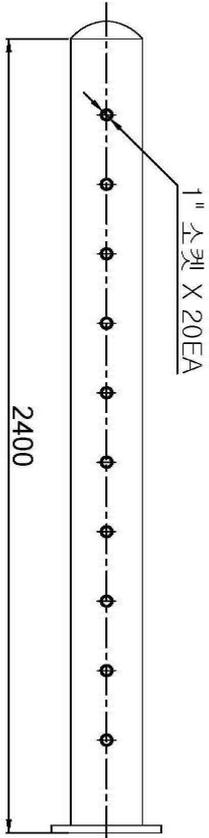
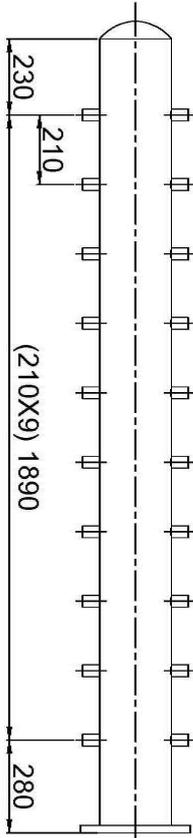
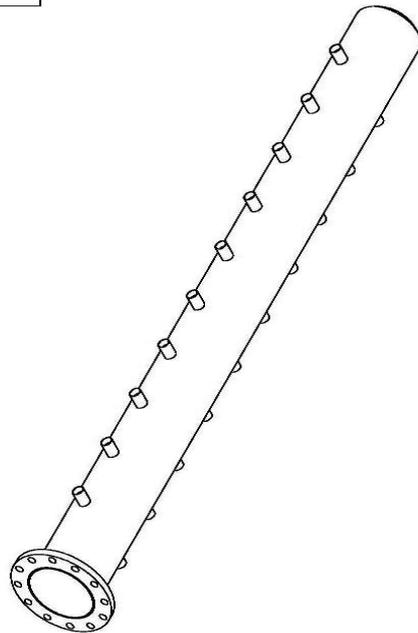


STS 304 200A 10S 1EA  
 200A 10S FLANGE 1EA



 코리아엔텍(주)		CLIENT <b>케이</b> 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE IN LINE 200A PIPE	
REV. NO.	DATE	SCALE	DATE	DESCRIPTION	DRWN.	CHKD.	APPRD.
1		NONE			U-JIN	BJ-AMH	
				SHEET NO.			

STS 304 200A 10S 1EA  
 200A 10S FLANGE 1EA

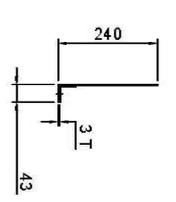
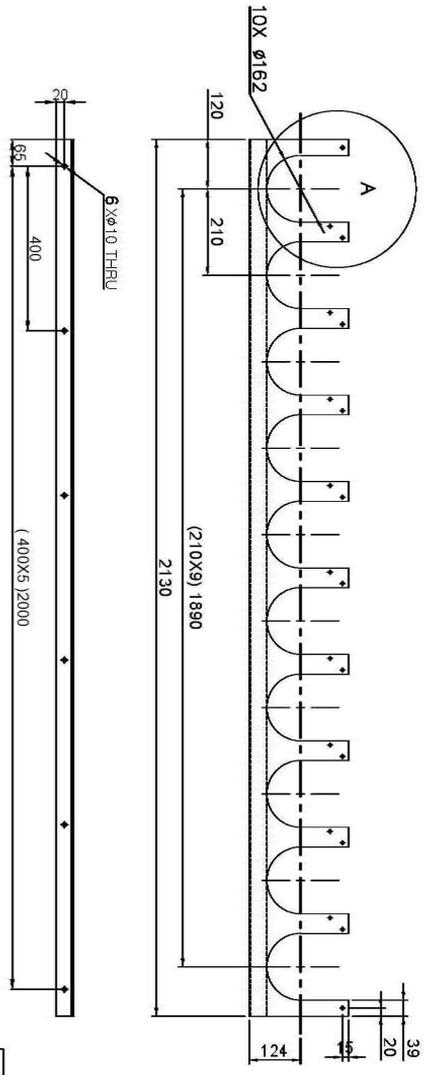
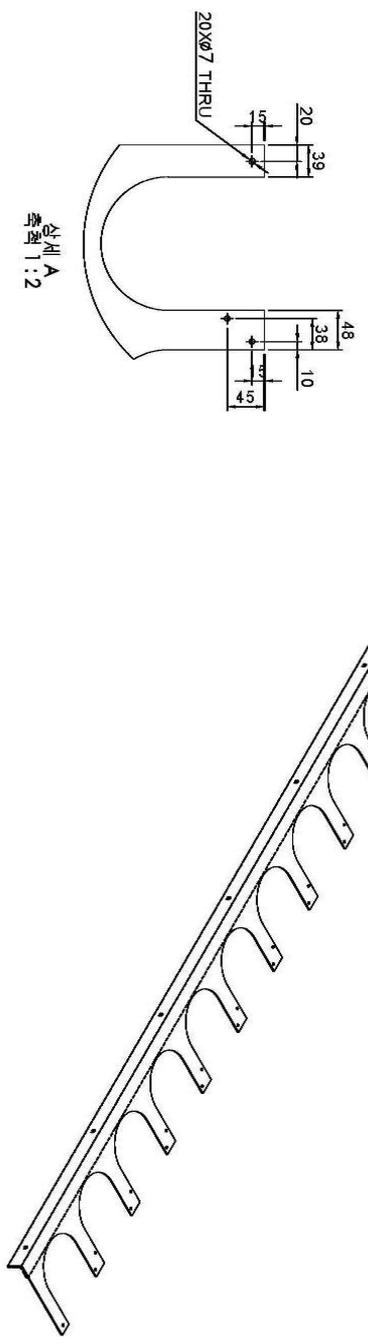


 코리아엔텍(주)		CLIENT <b>KETI</b> 한국산업기술시험원		TITLE	
		DRAWING TITLE OUT LINE 200A PIPE			
REV/NO	DATE	DESCRIPTION	DRWN	BU/ANT	
UNIT	SCALE	DWG/NO	CHNG	APPD	
-	NONE	-	-	-	
△					
△					
△					





-STS 304 3T 4EA  
-기형강 40X40 4EA

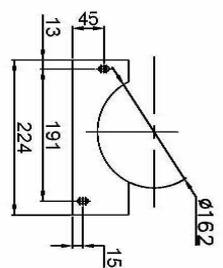
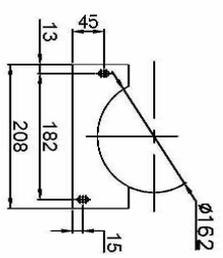
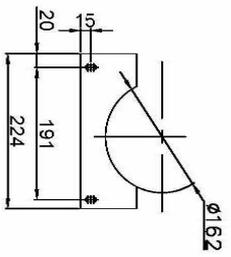


코리아엔텍(주)		CLIENT 한국산업기술시험원		TITLE	
plate - 엠브레인 모듈 고정 1		DRAWING TITLE		DRAWING NO.	
REVISION	DATE	DESCRIPTION		DRAWN	CHECK
NONE	NONE	NONE		U-JIN	BU-ANN
NONE	NONE	NONE		NONE	NONE

STS 304 3T 4EA

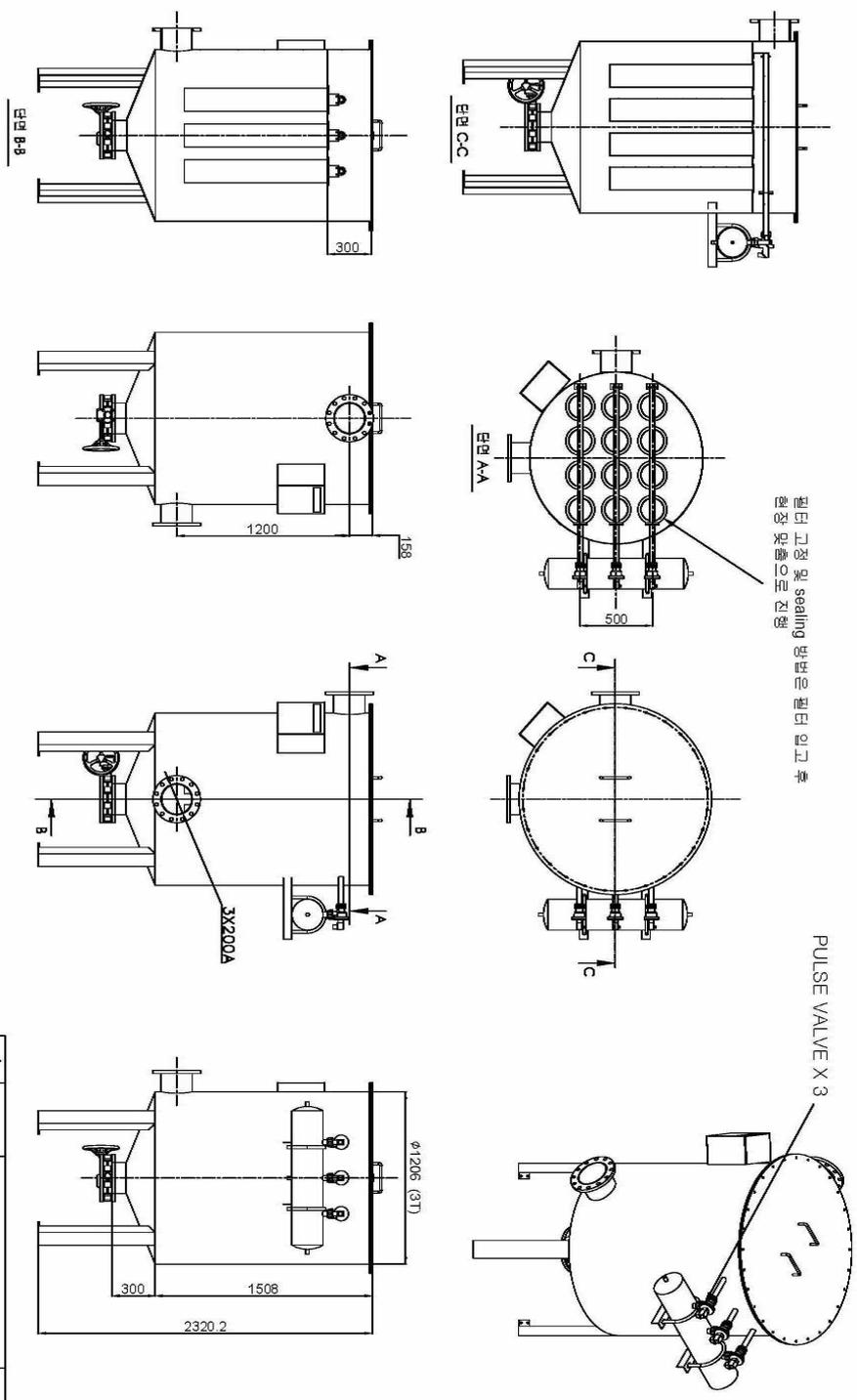
STS 304 3T 16EA

STS 304 3T 4EA



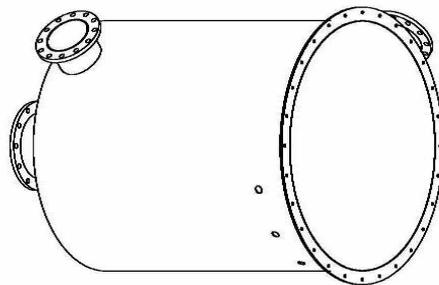
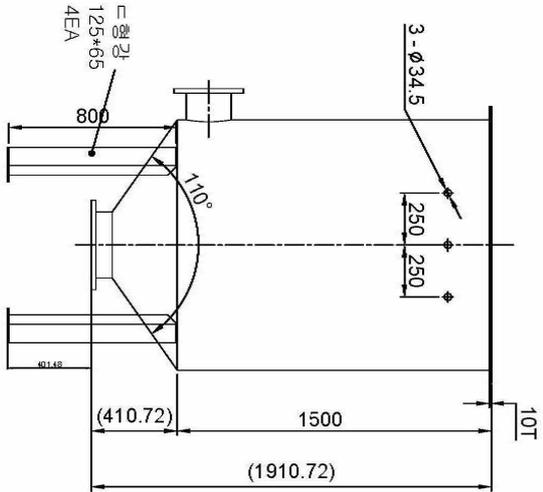
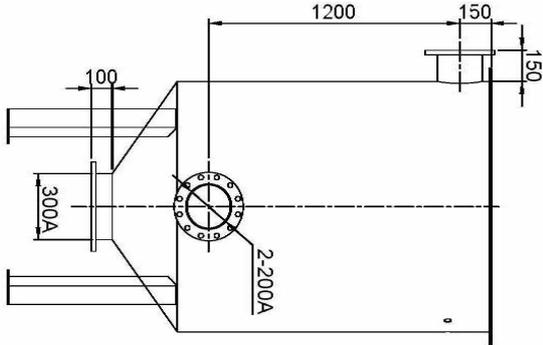
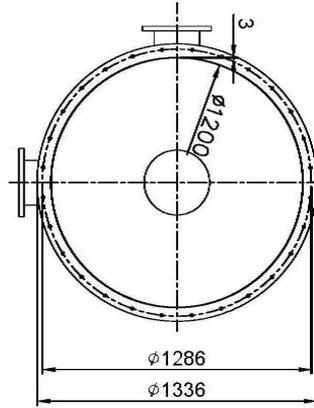
 코리아엔텍(주)		CLIENT <b>케이</b> 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE plate-웹브레인 모듈 고정 2		REV. NO. 1		DATE NONE		DESCRIPTION		DRAW. NO. NONE		SHEET NO.		DRAWN: U-JIN   BU-AMH CHECKED: - APPR: -	
△																			
△																			
△																			

- 집진기 고정 FRAME ㄷ형강에서 PIPE 교체



	CLIENT 코리아엔텍(주)	KETI 한국산업기술시험원	DRAWING TITLE 집진기 ASSY	REF. NO. -	DATE NONE	DESCRIPTION -	DRAWN U-JIN BU-AMH
	TITLE -			UNIT -	SCALE NONE	DWG. NO. -	CHECKED -

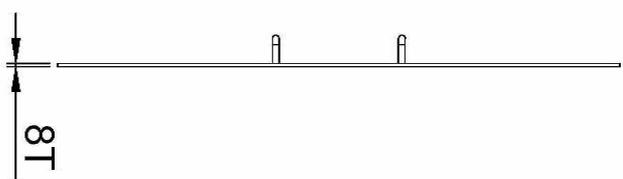
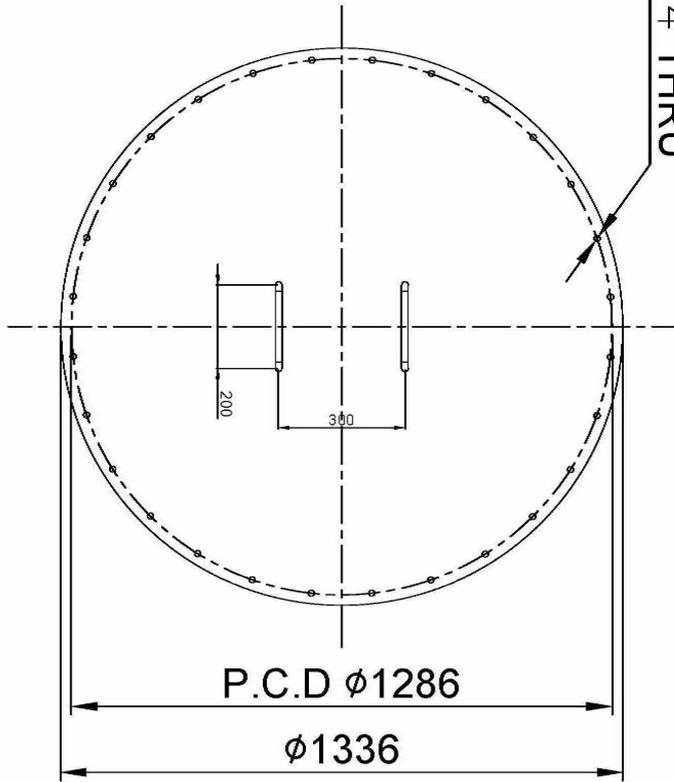
STS 304 3T 적용



		코리아엔텍(주)		CLIENT		KET 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE		REV. NO.		DATE		DESCRIPTION		DRAWN		CHECKED		APPR.	
								원진기 -chamber				NONE						U-JIN BU-JAHN					

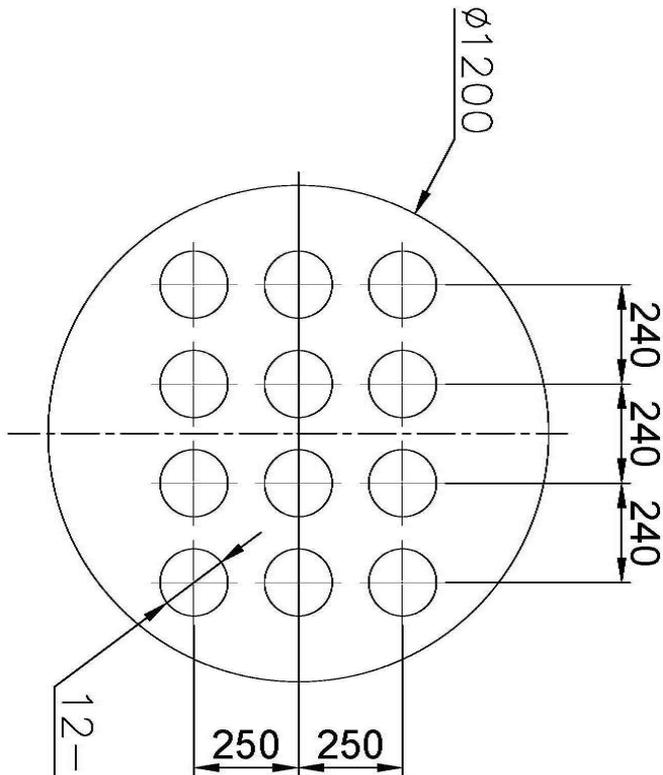
STS 304 8T

28XØ14 THRU



		코리아엔텍(주)		KET 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE		REV. NO.		DATE		DESCRIPTION		DRAWN		CHNG		APPD.	
						잠진기 COVER				U-JIN EJ JAHN											
										SCALE		2005. 10.									
										UNIT		NONE									
										SHEET NO.											

STS 304 3T



 코리아엔텍(주)		CLIENT <b>KEI</b> 한국산업기술시험원		TITLE	
DRAWING TITLE 집진기 - 필터 PLATE		REV. NO. Δ Δ Δ		DATE	
UNIT NONE		SCALE NONE		DESCRIPTION	
DRAWING NO.		DESIGNED BY U-JIN BU-AMT		DRAWN CHNG APPD	
SHEET NO.		CHECKED BY		APPD	





코리아엔텍(주)

CLIENT

한국산업기술시험원

TITLE

Air Tank

DRAWING TITLE

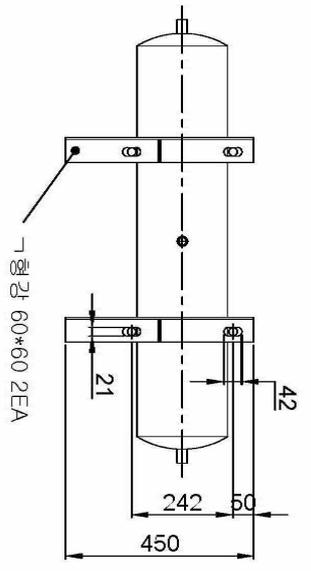
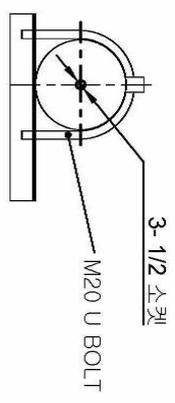
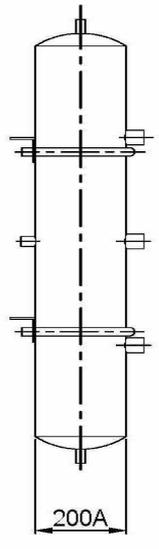
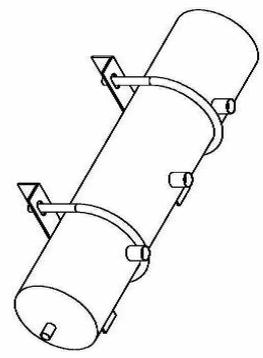
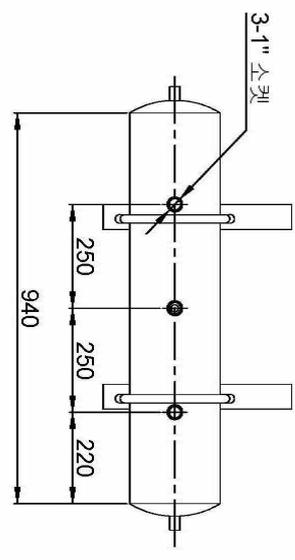
Air Tank

REV/NO	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPD
△			U-JIN	BU-AMH	
△					
△					

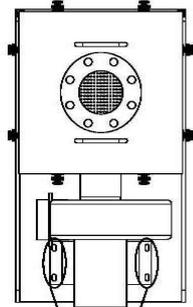
  

UNIT	SCALE	DWG/NO	SHEET/NO
-	NONE		

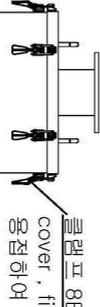
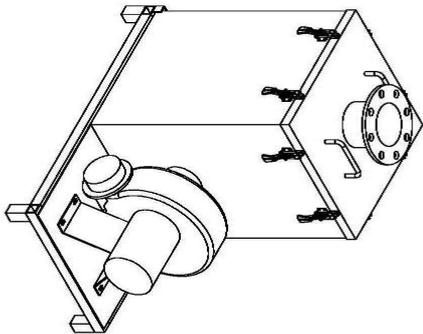
STS 304 200A 10S 적용



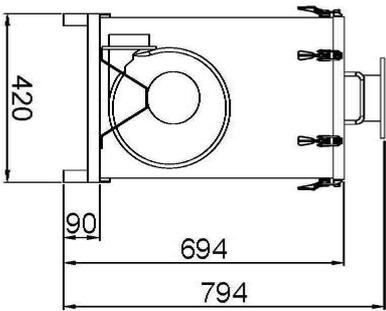
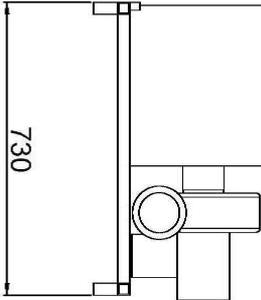
# STS 304 적용



filter case ,blower inlet 체결 후  
원장에서 반덕 plate hole  
기공 하여 고정 할것

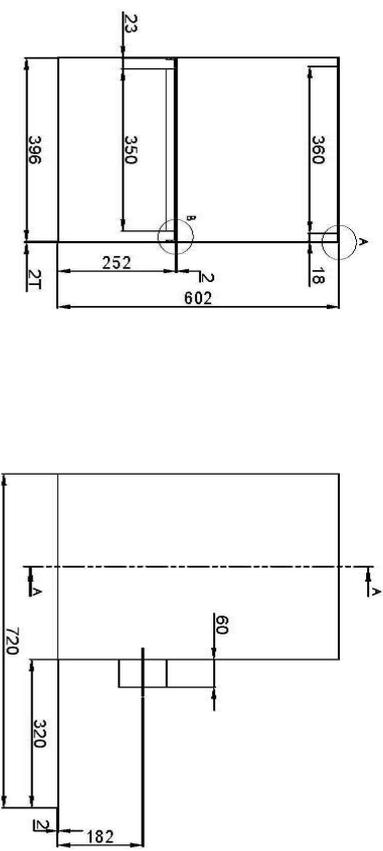
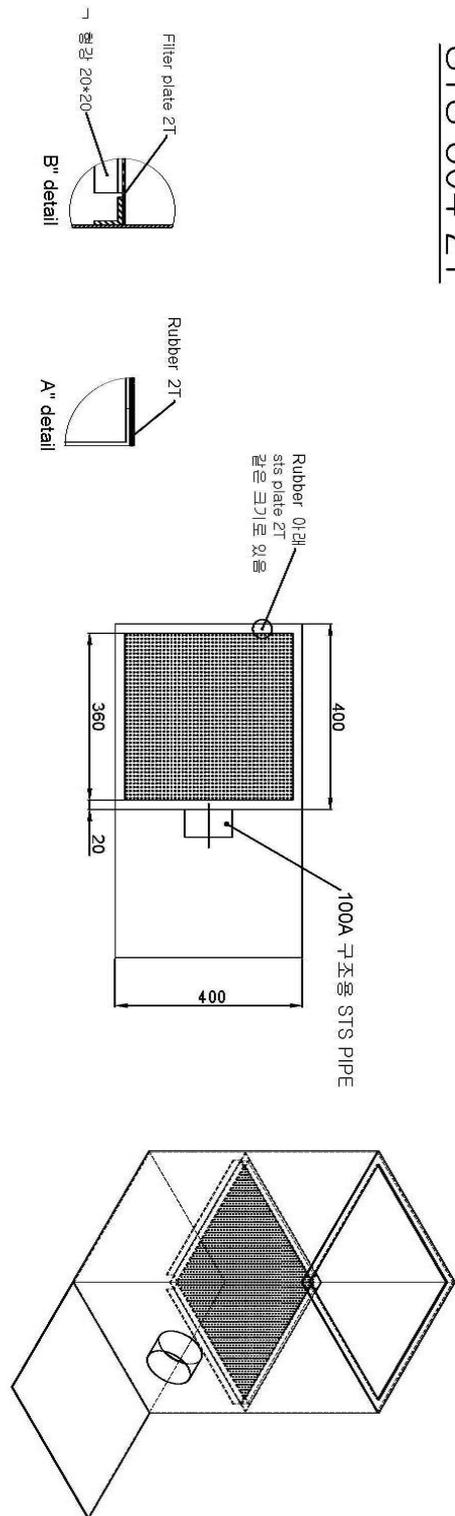


클램프 8EA  
cover , filter case assy 후  
움직이하여 고정 할것



 코리아엔텍(주)		CLIENT <b>KEI</b> 한국산업기술시험원		TITLE	
		DRAWING TITLE Carbon Filter assy			
REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPD
1			U-JIN	BU-ANT	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

# STS 304 2T



코리아엔텍(주)



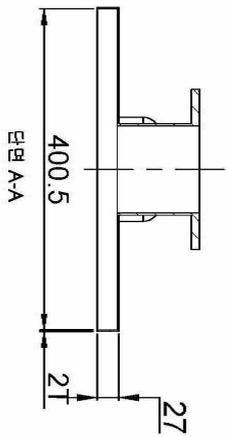
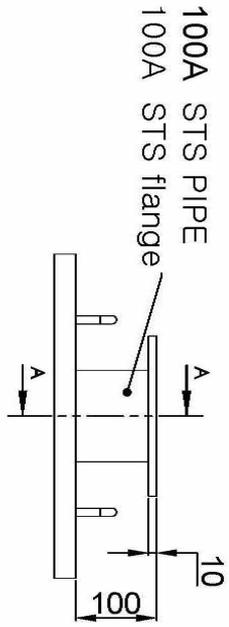
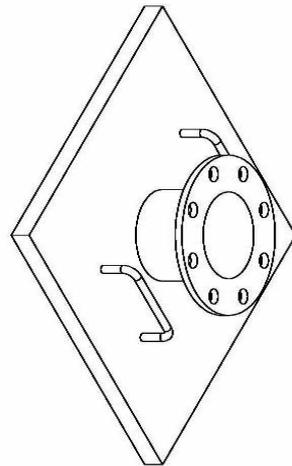
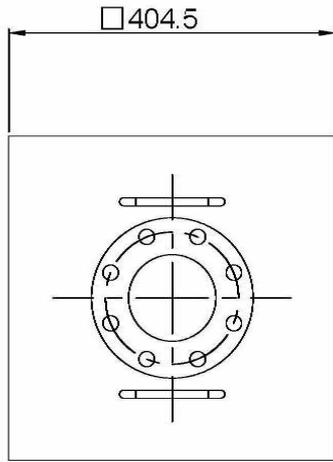
한국산업기술시험원

TITLE

Filter case  
 -Carbon Filter

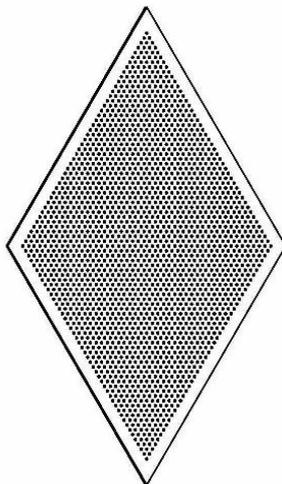
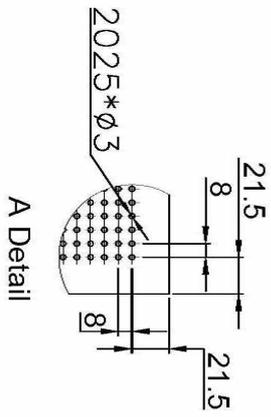
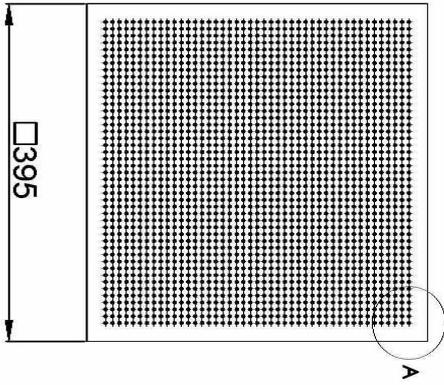
REV. NO	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPD
1			U-JIN	BU-AM	
2					
3					

# STS 304 2T



	코리아엔텍(주)	CLIENT	KET 한국산업기술시험원	TITLE	DRAWING TITLE	REV. NO 001	SCALE NONE	DATE -	DIVISION -	DESCRIPTION Filter cover -Carbon Filter	DRAWING NO -	DRAWN U-JIN	CHECKED BU-AHM	APPR -
	KET	코리아엔텍(주)	KET 한국산업기술시험원	TITLE	DRAWING TITLE	REV. NO 001	SCALE NONE	DATE -	DIVISION -	DESCRIPTION Filter cover -Carbon Filter	DRAWING NO -	DRAWN U-JIN	CHECKED BU-AHM	APPR -

# STS 304 2T



코리아엔텍(주)

CLIENT

한국산업기술시험원

TITLE

DRAWING TITLE  
활성탄 판재  
-Carbon Filter

REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	DRWN.	CHKD.	APPD.
△			U-JIN	BU-AHM	
△					
△					



코리아엔텍(주)

CLIENT

케이 한국산업기술시험원

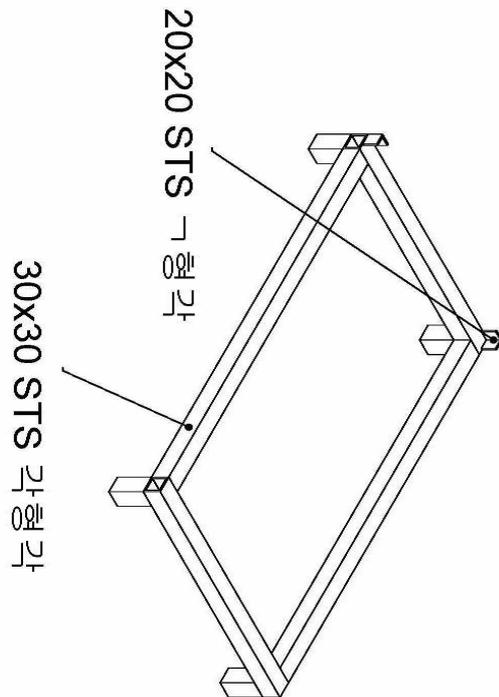
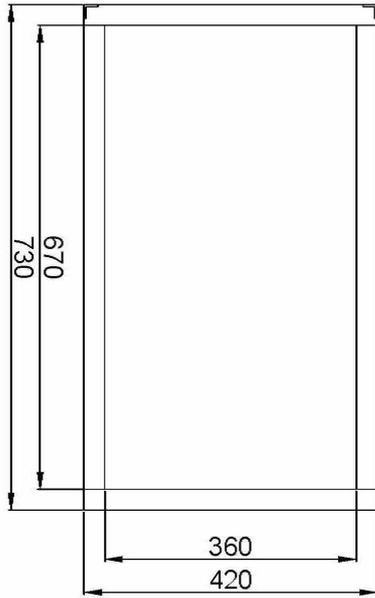
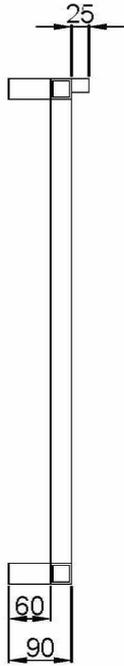
TITLE

DRAWING TITLE  
Filter profile  
-Carbon Filter

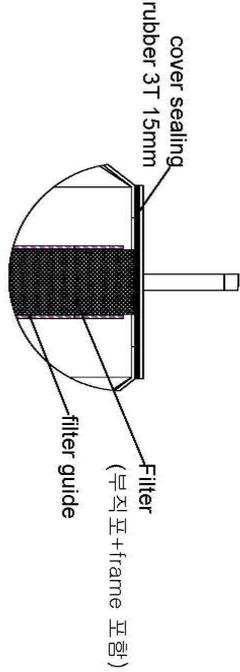
REV. NO	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPD
△			U-JIN	BU-JAHN	
△					
△					

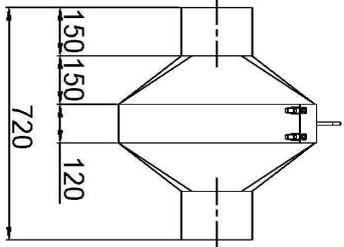
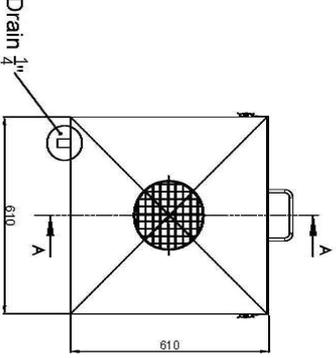
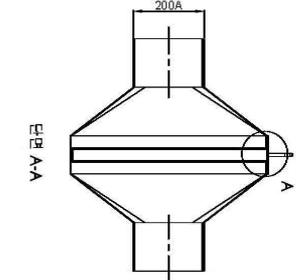
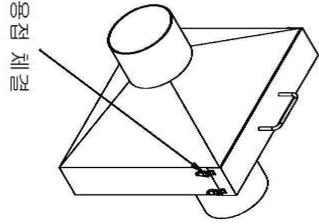
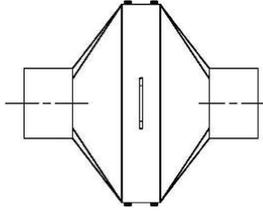
UNIT	SCALE	DWG. NO.	SHEET NO.
-	NONE		



STS 304  
 ※ sealing 중요

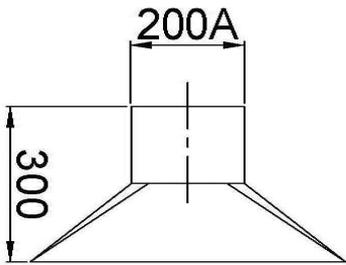
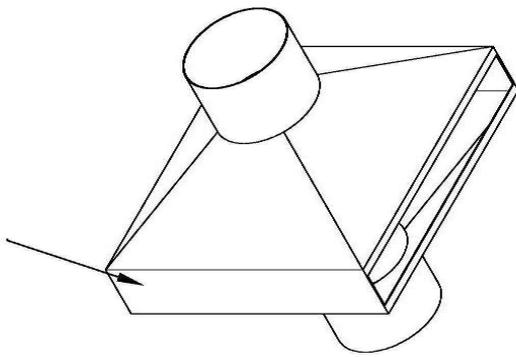
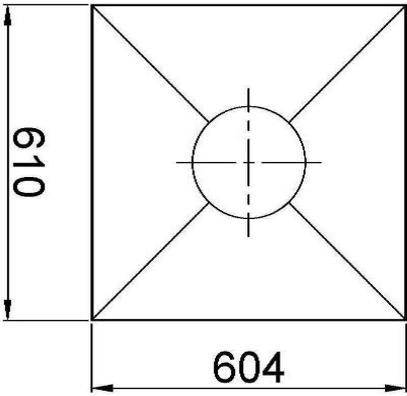
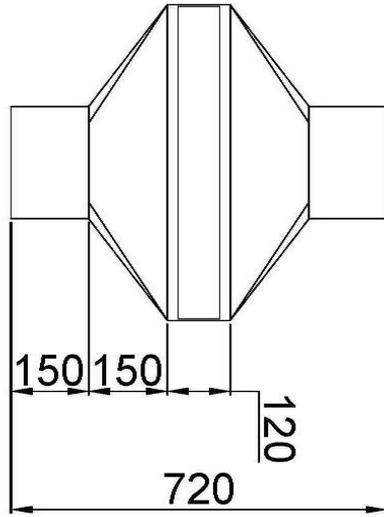


상세 A  
 축척 1:2



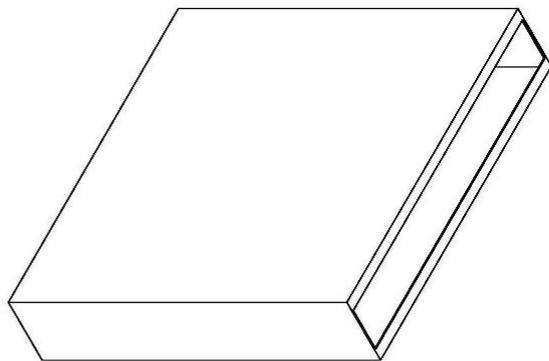
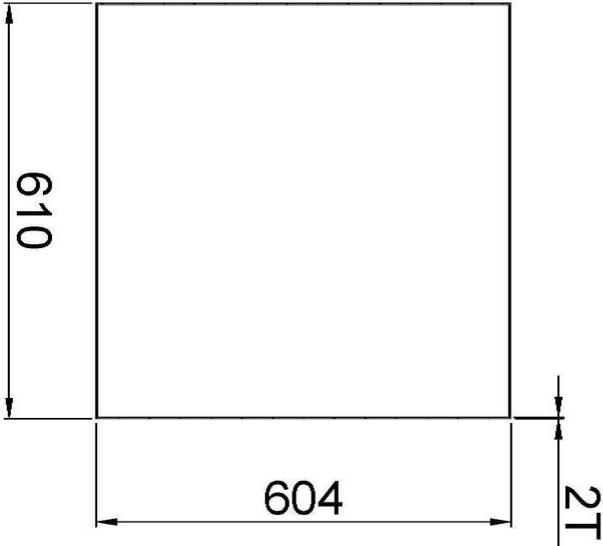
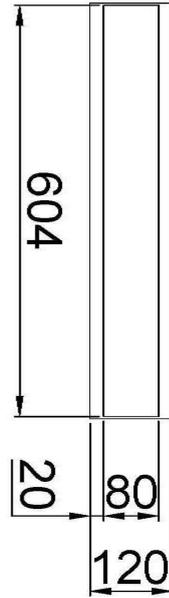
KEDI 한국산업기술시험원		PRELIMINARY TITLE Pre Filter assy	
REV. NO.	DATE	DESCRIPTION	DRWN. CHNG. APPD.
△		drain port 1/4" 추가	U-JIN
△			U-JIN
△			U-JIN
SCALE	DATE	DESCRIPTION	DRWN. CHNG. APPD.
NONE			

# STS 304 2T



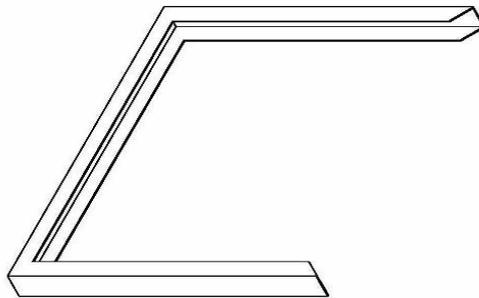
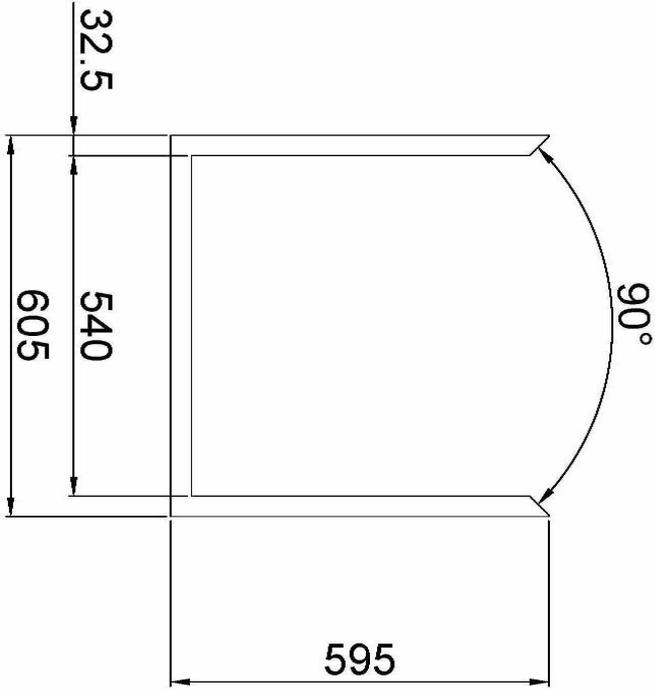
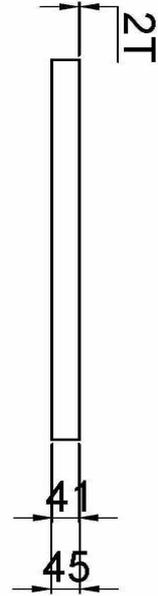
 코리 아엔텍(주)		PREPARE <b>케이</b> 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE Prefilter- frame		REV. NO 1	DATE	DESCRIPTION	DRAWN UJIN	BU-AMT
UNIT NONE	SCALE NONE	DIMS. NO -	SHEET NO -	CHECKED -	DATE	DESCRIPTION	DRAWN UJIN	BU-AMT	DATE	DESCRIPTION	CHECKED -	APPR -

# STS 304 2T



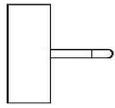
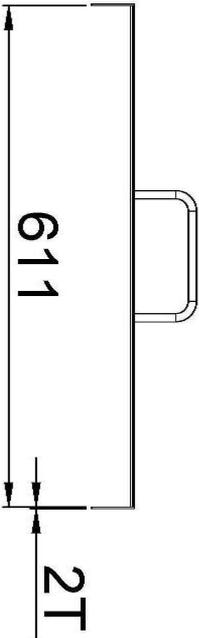
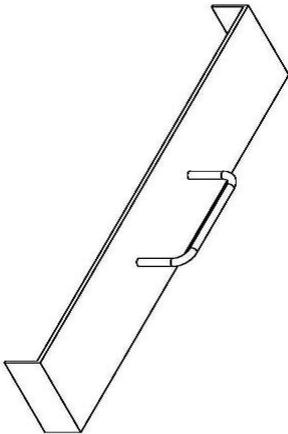
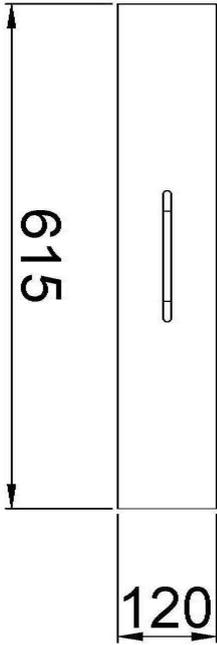
 코리아엔텍(주)		CLIENT  한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE Prefilter- 중간 frame		REV./NO UNIT		SCALE NONE		DWG. NO.		DESCRIPTION		DRAWN CHAO		SHEET NO.	
△																			
△																			
△																			

# STS 304 2T



		코리 아엔텍(주)		한국산업기술시험원		Pre-filter - guide		U-JIN-EU-AHT	
REV. NO	DATE	SCALE	DWG. NO.	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPD		
1		NONE							

# STS 304 2T



 코리아엔텍(주)		CLIENT <b>KCI</b> 한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING TITLE Prefilter- cover		REF. NO. -	DATE NONE	DRAW. NO. -	DESCRIPTION	DRAWN -	CHECKED -	APPR. -
△		△												
△		△												
△		△												



코리아엔텍(주)

CLIENT

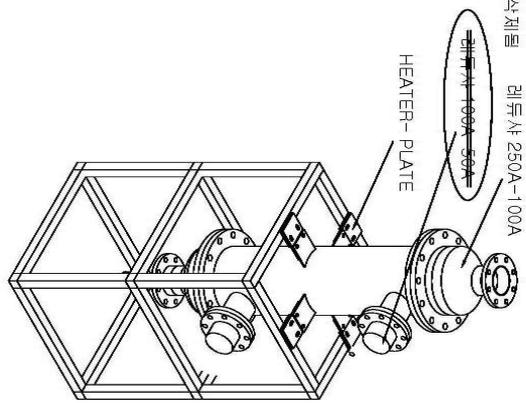
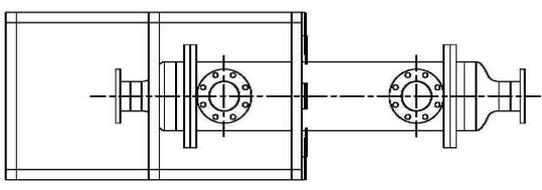
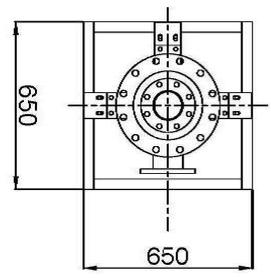
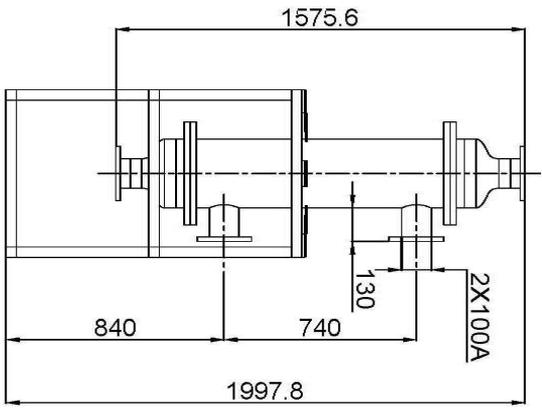
KEDI 한국산업기술시험원

TITLE

DRAWING TITLE

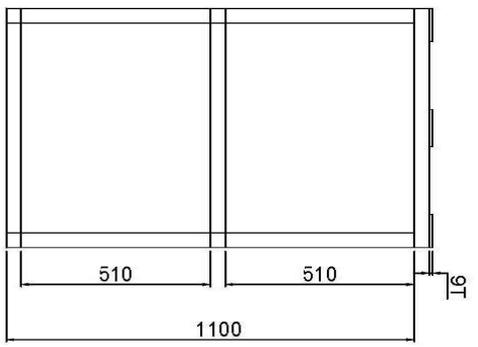
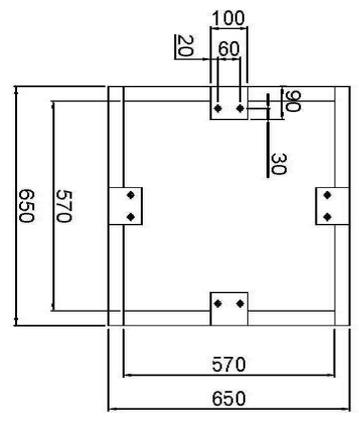
GAS TO AIR HEATER ASSY

REVISION	DATE	DESCRIPTION	DRAWN	CHKD	APPRD
△			U-JIN	BJ	AHH
△					
△					
UNIT	SCALE		SHEET NO		
-	NONE				

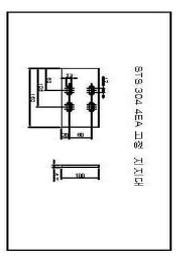
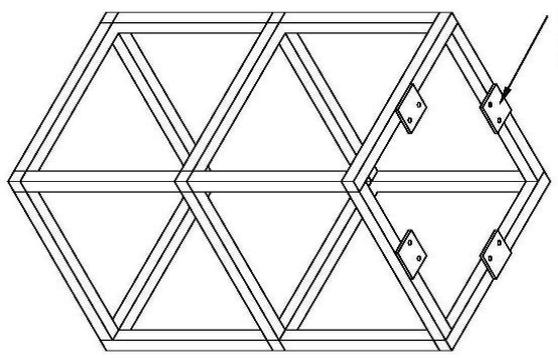


※ 변경) 레두샤 삭제됨 레두샤 250A-100A  
190425

STS 304 40X40 각형강 사용



THATER 고정 PLATE  
4EA



**KET**  
코리아엔텍(주)

CLIENT  
**KCI** 한국산업기술시험원

TITLE

DRAWING TITLE  
HEATER- FRAME

REVISION	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPRD
△			U-JIN	EU-AHN	-
△					
△					

UNIT	SCALE	SHEET NO
-	NONE	-

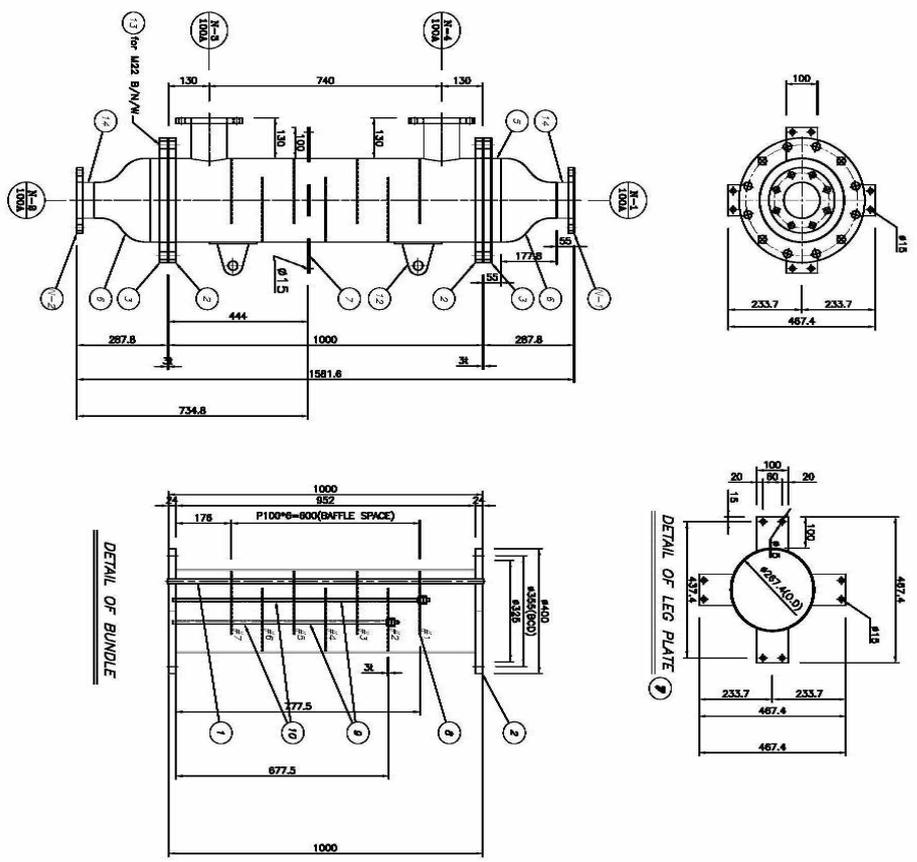


코리아엔텍(주)

CLIENT 한국산업기술평가원

TITLE GAS TO AIR HEATER

REVISION	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD	APPRD
△					
△					
△					



DESIGN DATA

LIQUID MATERIAL	Cold Air	Hot Gas
TOTAL FLOW RATE	720 kg/hr	455 kg/hr
DESIGN PRESS.	0.03 kg/cm <sup>2</sup>	0.03 kg/cm <sup>2</sup>
OPER. TEMP.	25 / 45 °C	90 / 57 °C
IN/OUT TEMP.	NONE	NONE
HYPRO-C TEST PRESS.	2 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>
WEIGHT PER SHELL (APPRX.)	330 kg	90 kg
WEIGHT PER SHELL (APPRX.)	90 kg	423 kg
OPERATING WEIGHT	19	19

NOZZLE SCHEDULE

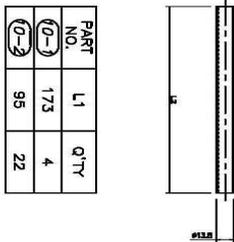
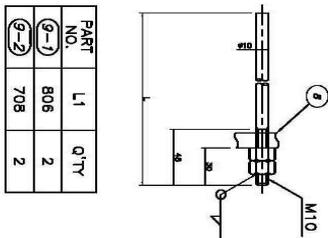
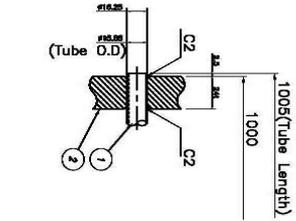
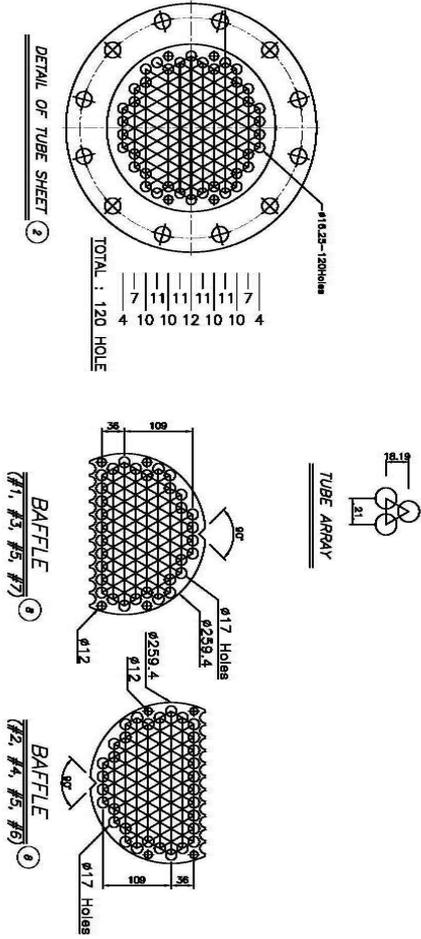
NOZZLE NO.	SIZE	QTY	FLANGE RATING	TYPE FACE	MAT'L	SERVICE	
N-1	100A	1	K8 10K	SO	RF	ST304	HOT AIR INLET
N-2	100A	1	K8 10K	SO	RF	ST304	HOT AIR OUTLET
N-3	100A	1	ANGLE	SO	SO	ST304	COLD AIR INLET
N-4	100A	1	ANGLE	SO	SO	ST304	COLD AIR OUTLET

MATERIAL LIST FOR SET

NO.	DESCRIPTION	SPECIFICATION	MATERIAL	QTY	REMARK
1	TUBE	φ15.88 x 11	ST304-L	120	
2	TUBE SHEET	2264 x 104 RF	ST304	2	
3	CHANNEL FLANGE	2264 x 104 RF	ST304	2	
4	SHELL	2264 x SCH-10	ST304	1	
5	CHANNEL	2264 x SCH-10	ST304	2	
6	FOUNDER	2264 x 100A	ST304	2	
7	LEG PLATE	91	ST304	4	
8	BARFLE	Round Bar φ10	ST304	7	
9	TEE ROAD	Round Bar φ10	ST304	4	
10	SPACER	φ19.3 x 121	Non-Austenitic	2	
11	GASKET	3x	ST304	2	
12	LIFTING LUG	121	ST304	24	
13	BIN/W	1422 x 80L	ST304	24	
14	NOZZLE	100A	ST304	2	

MATERIAL LIST FOR 1SET

NO	DESCRIPTION	SPECIFICATION	MATERIAL	Q'TY	REMARK
1	TUBE	φ1598 x 1t	ST5304+PE	120	
2	TUBE SHEET	250A x 170-PE	ST5304	2	
3	CHANNEL FLANGE	250A x 170-PE	ST5304	2	
4	SHELL	250A x SCH#10	ST5304	1	
5	CHANNEL	250A x SCH#10	ST5304	2	
6	RECOUVER	250A - 100A	ST5304	2	
7	LEG PLATE	9t	ST5304	4	
8	BAFFLE	3t	ST5304	7	
9	TIE ROD	Round Bar φ10	ST5304	4	
10	SPACER	φ138 x 12t	ST5304	-	
11	GASKET	3t	Non-Asbestos	2	
12	LIFTING LUG	12t	ST5304	2	
13	RAINW	1022 x 80L	ST5304	24	
14	NOZZLE	109A	ST5304	2	



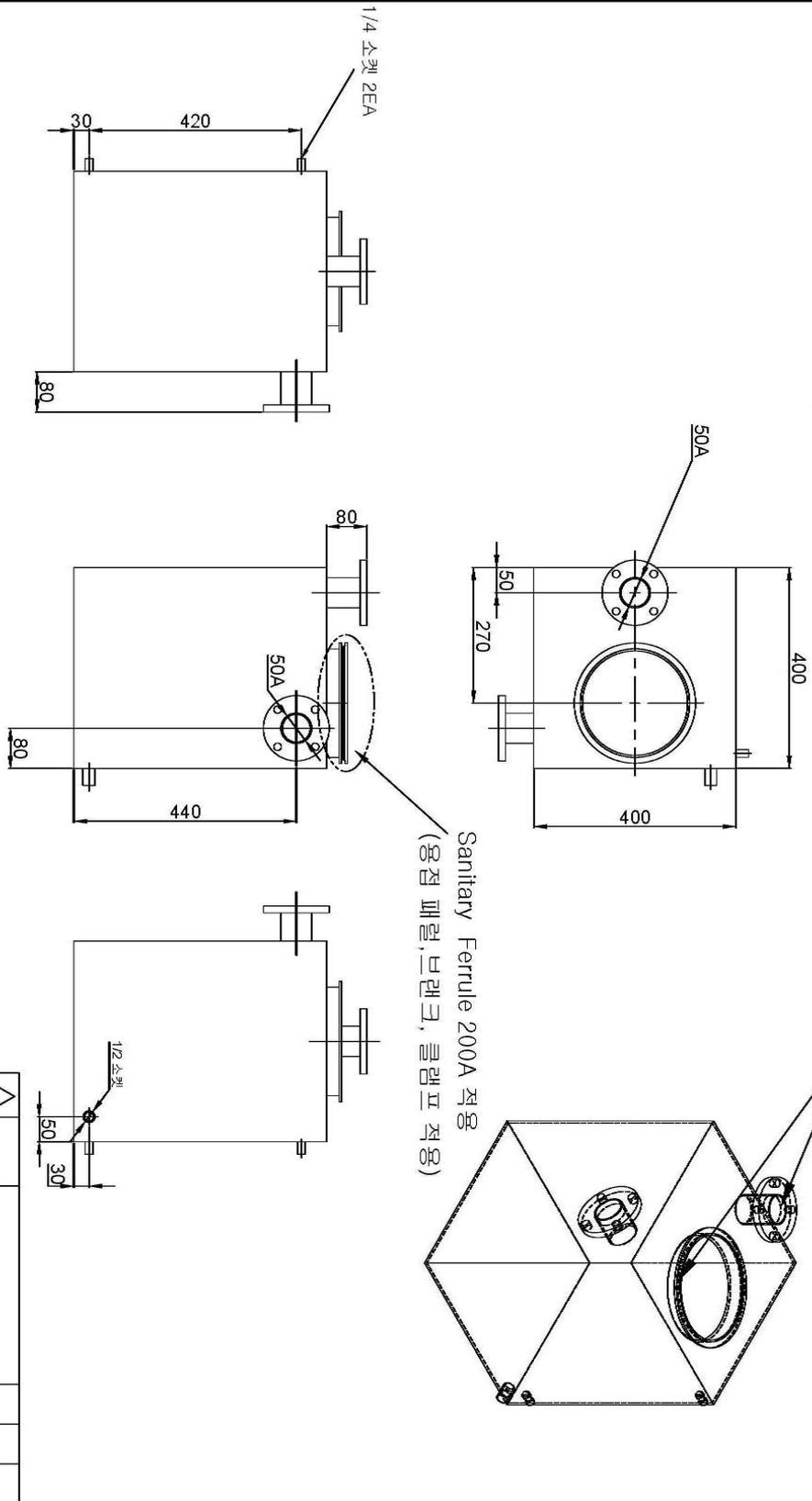
PART NO.	L1	Q'TY
(9-1)	806	2
(9-2)	708	2

PART NO.	L1	Q'TY
(10-1)	173	4
(10-2)	95	22

	코리 아엔텍(주)	CLIENT	KET 한국산업기술평가원
REV. NO.		TITLE	
SCALE		DRAWING TITLE	GAS TO AIR HEATER - 상세도
NONE		REV. NO.	
DATE		DESCRIPTION	
NONE		DRAWN	UJIN BU-AM
NONE		CHECK	
NONE		APPR	

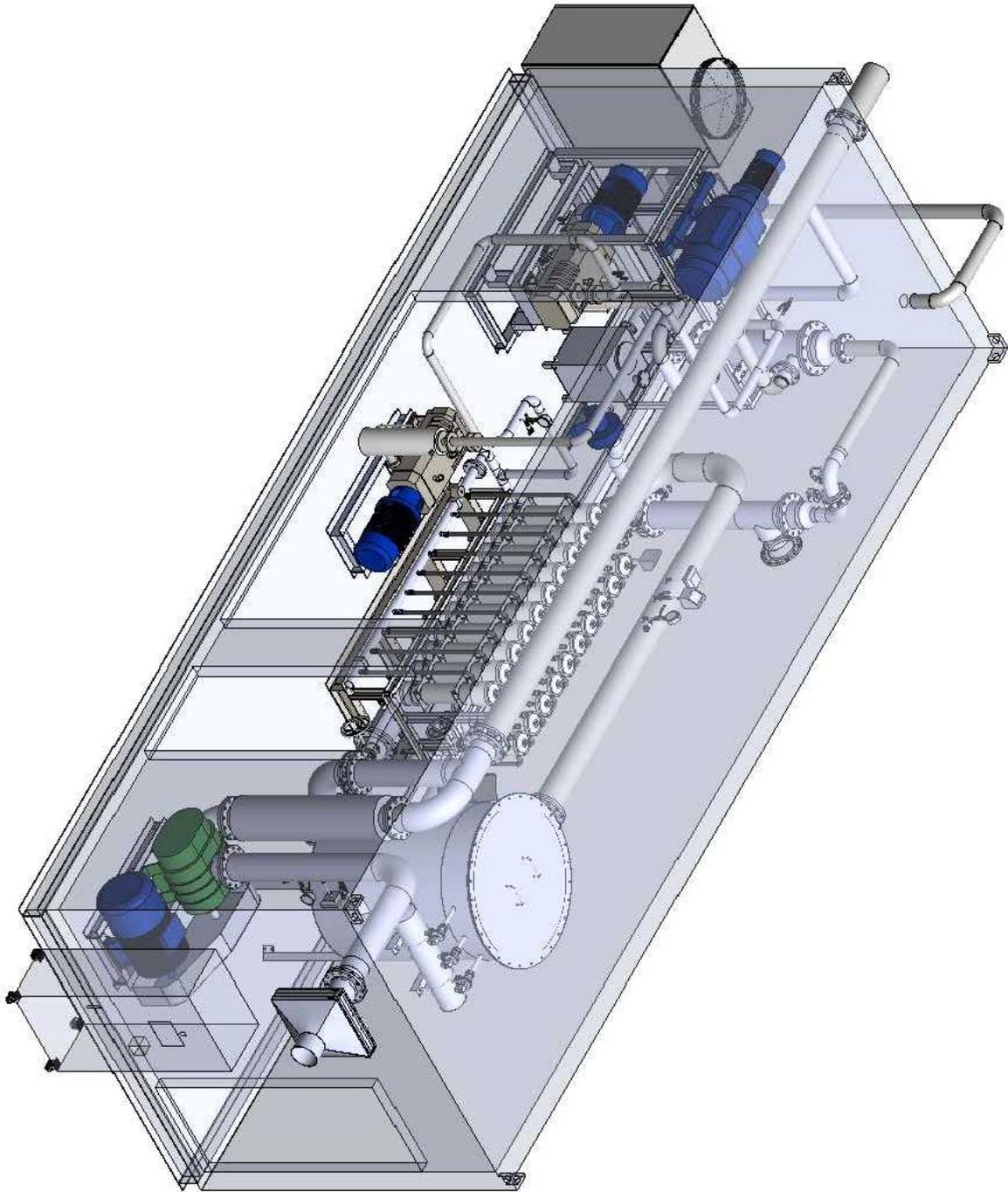
-STS 304 3T 400\*400\*H500

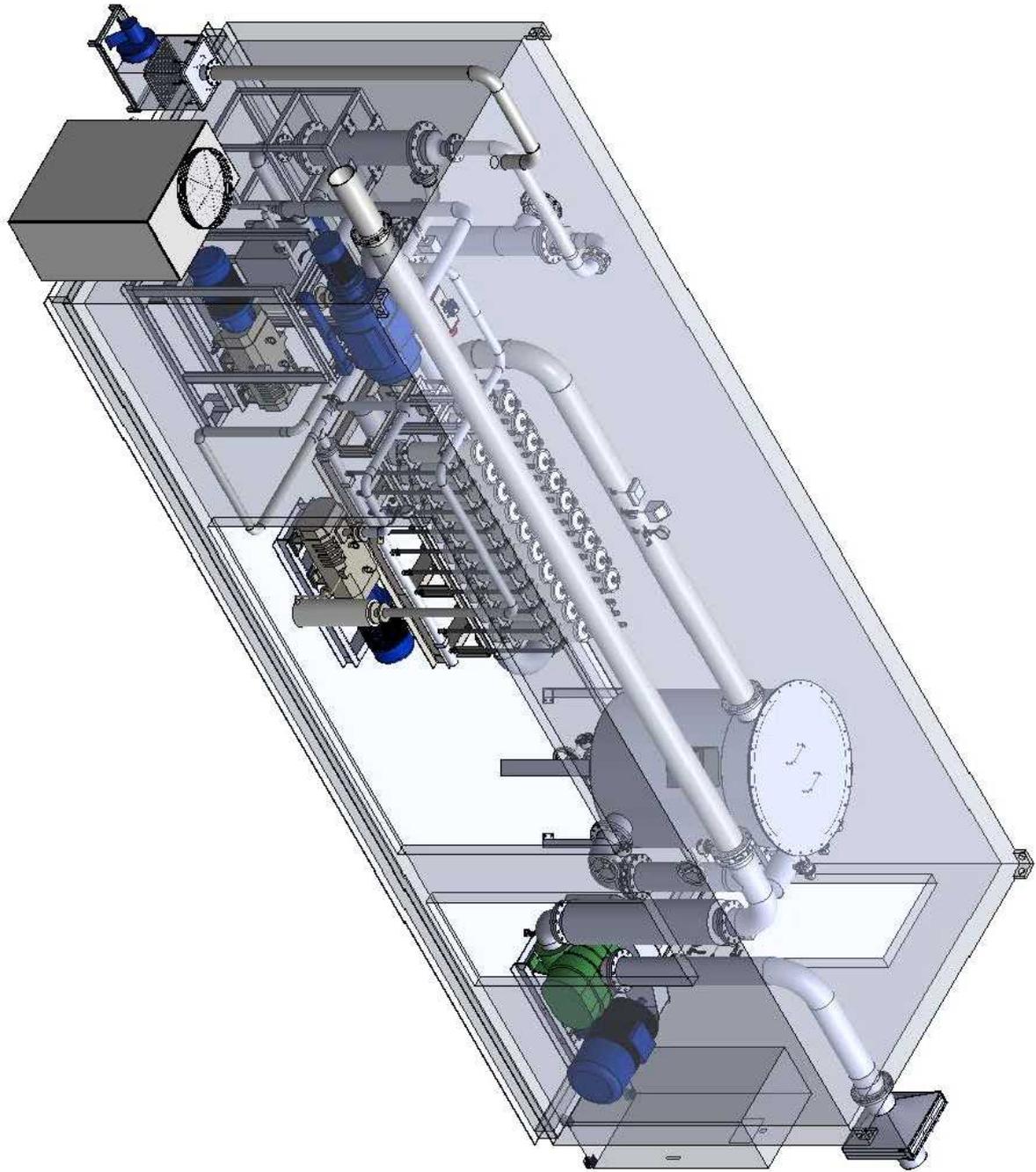
※ 변경) 블라인트 처리 됨-190425

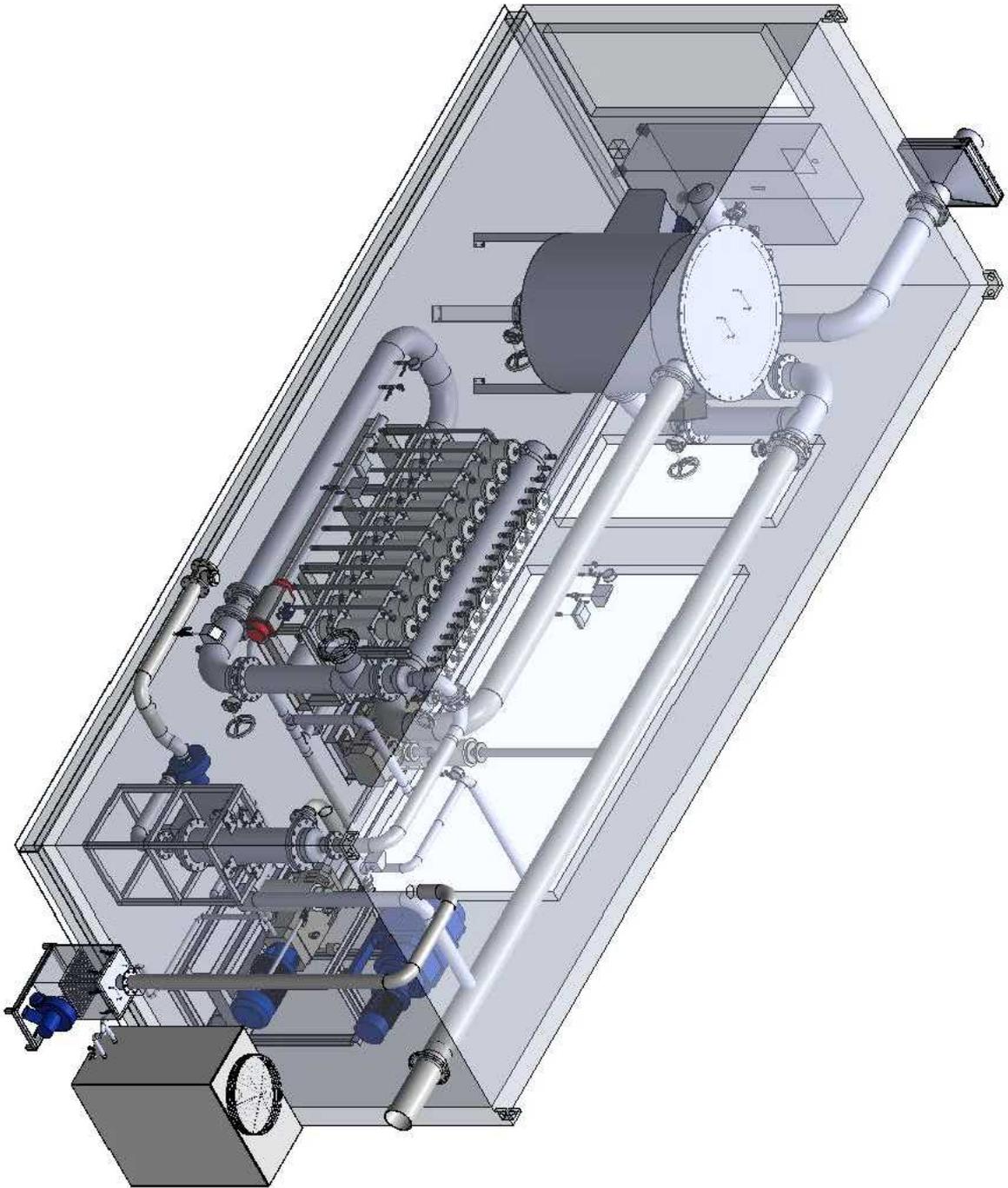


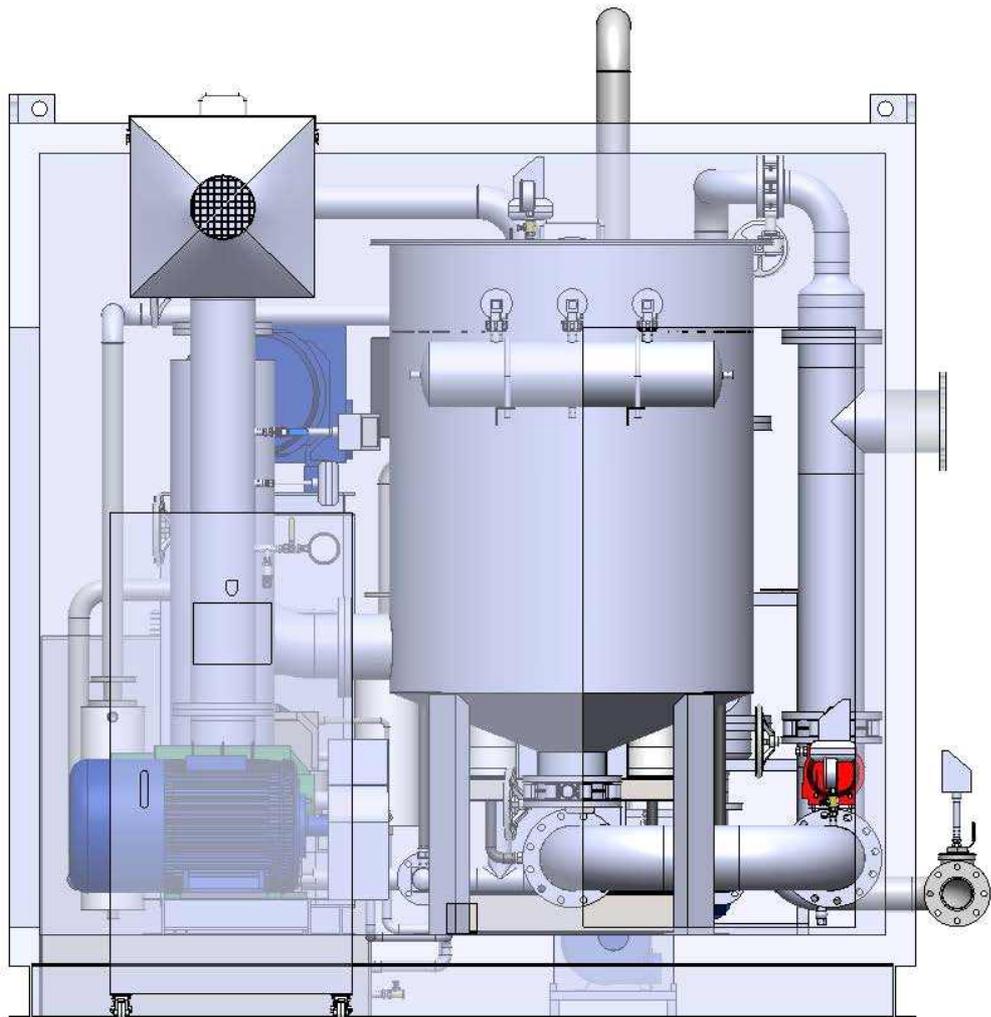
		코리아엔텍(주)		한국산업기술시험원		TITLE		DRAWING NAME		REV. NO.		DATE		DESCRIPTION		DRAWN		SHEET NO.	
								응축수 TANK		-		NONE				U-JIN BU-ATT		-	

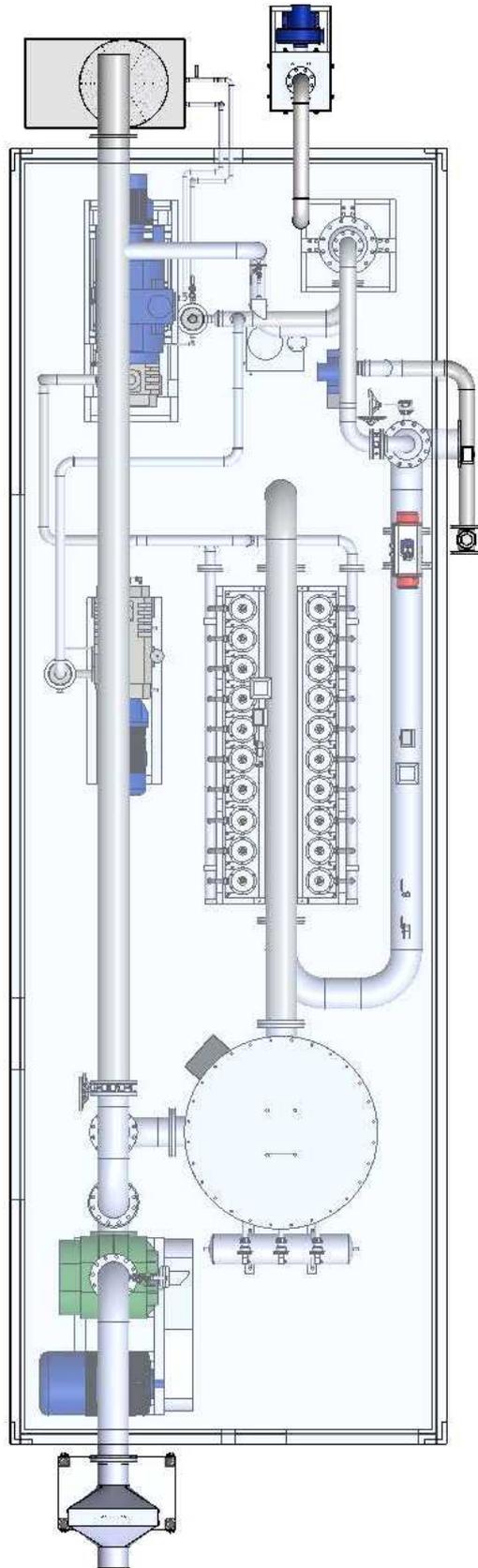
○ 3D 도면

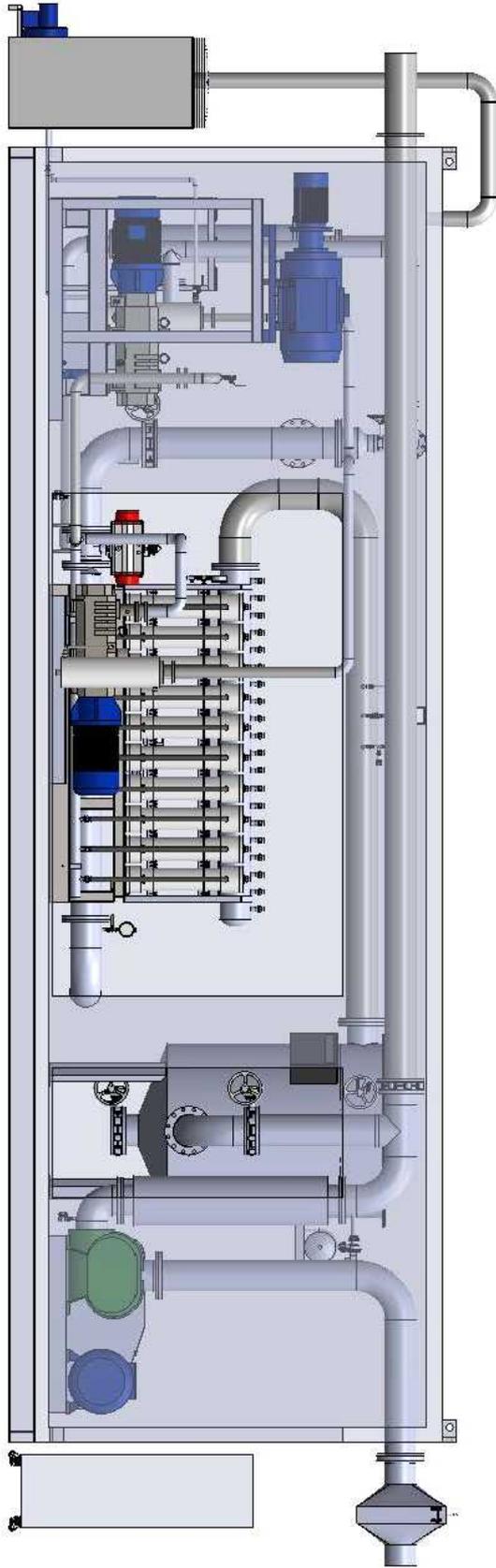


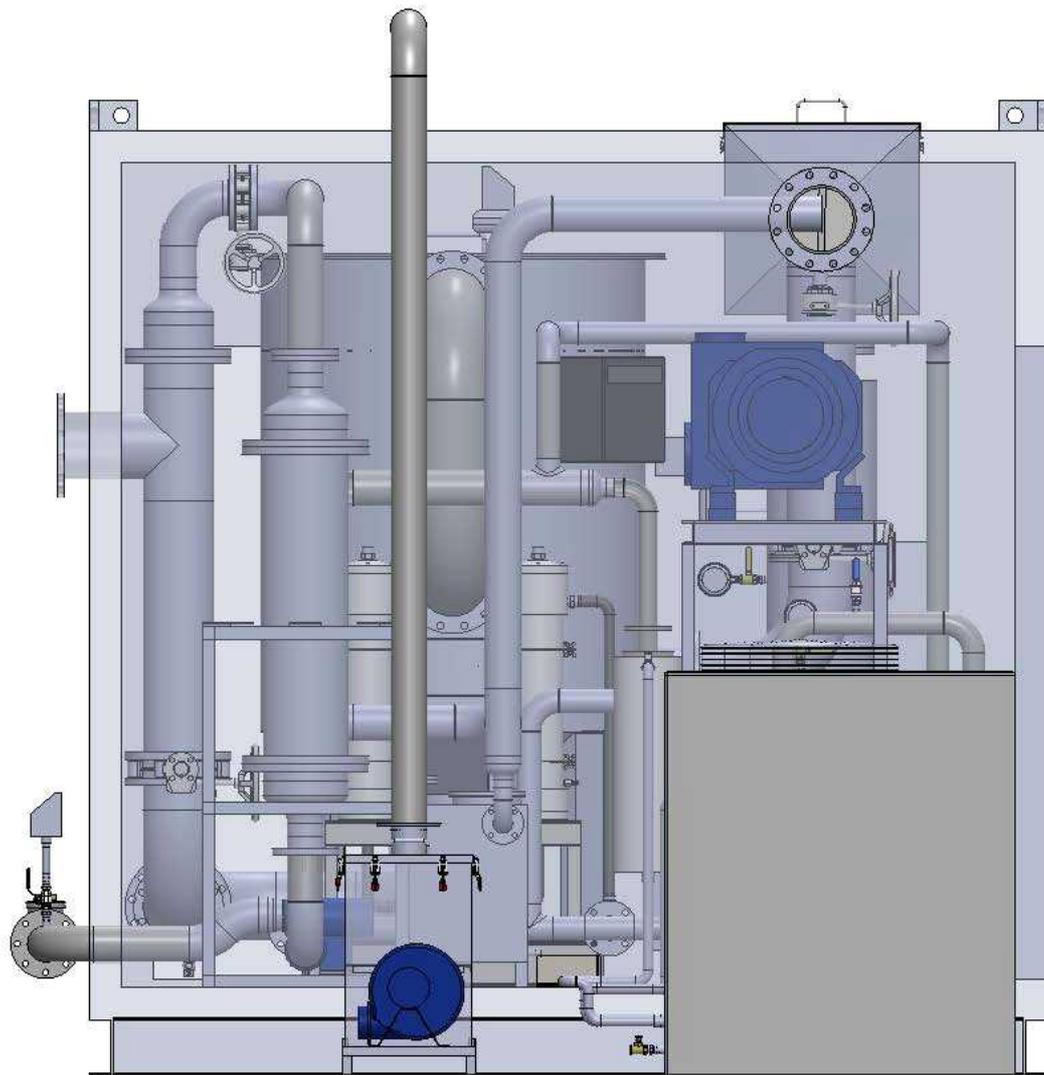












[별첨 3] 장비 운전매뉴얼



건조기 킬른 가동 절차	
투입량 측정 (현장 계량대)	페이로더 공차 중량 측정
	페이로더+우분 중량 측정
	우분 투입
제어 패널	2차 배출 컨베이어 작동
	2차 건조기 킬른 가동
	2차 투입 스크류 컨베이어 가동
	선별기 컨베이어 가동
	선별기 가동
	선별기 털이 모터 가동
	1차 배출 컨베이어 가동
	1차 건조기 킬른 가동
	1차 건조기 킬른 투입 스크류 가동
	호퍼 스크류 가동
	가교방지 장치 가동
투입호퍼 측 버튼	투입 버튼 작동
	스크류버튼 작동

건조기 킬른 종료 순서



건조기 킬른 종료 절차	
투입호퍼 측 버튼	가교방지 장치 종료
	(투입구 육안 확인 후) 호퍼 스크류 종료
	(더이상 올라오는 우분이 없는 것 확인 후) 1차 건조킬른 투입 스크류 종료
제어 패널	호퍼스크류, 1차 건조킬른 투입스크류 종료
	(30분 ~ 1시간 후) 1차 건조킬른 회전 종료
	(더이상 킬른에서 배출되지 않은 것 확인 후) 1차 배출컨베이어 종료
	선별기 털이개 종료
	선별기 종료
	선별기 배출 컨베이어 종료
	2차 투입 스크류 종료
	2차 건조 킬른 종료
	(더이상 킬른에서 배출되지 않은 것 확인 후) 2차 배출 컨베이어 종료

성형기 가동 순서



주의사항

- 1번(이송 스크류) 가동 후 1분 후 2번(투입 벨트)을 연다.
- 3번(투입 스크류) 속도는 15 Hz 로 고정한다.
- 2번(투입벨트)을 열고 3번(투입 스크류) 가동
- 7번(메인 모터) 가동 후 9번(이송스크류) 가동.

성형기 가동 절차	
제어 패널	스크류컨베이어 가동
	피드호퍼 열기
	투입호퍼 가동
	가교방지 가동
테블릿 PC	펠릿 #1(⑦메인모터) 가동
	펠릿 #2(⑧투입벨트) 가동
	펠릿 #4(⑨투입스크류) 가동
	펠릿 #3(⑩투입호퍼) 가동

성형기 종료 순서



주의사항

- 2번(투입스크류) 종료 후 1분 후 3번(투입 벨트)을 닫는다.
- 이후 30초 후 4번(미강 스크류)을 종료한다.
- 펠렛 생산량이 현저히 줄어든면, 5번, 6번을 종료한다.
- 6번 종료 후 보조투입구에 미강을 투입하여 세척한다.
- 미강 펠렛 생산량이 줄어들면 7번부터 종료

성형기 종료 절차

제어 패널	가교방지 종료
	투입호퍼 종료
	피드호퍼 닫음
	스크류컨베이어 종료
테블릿 PC	펠렛 #3(⑩투입호퍼) 종료
	펠렛 #4(⑨투입스크류) 종료
	보조투입구에 미강 투입
	펠렛 #2(⑧투입벨트) 종료
	펠렛 #1(⑦메인모터) 종료

[별첨 4] 시험성적서

Global Reliable Partner KTC



Korea Testing Certification

문서관리번호 : UQCW-1NFL-XZF5

# 시험성적서

성적서 번호 : 기용2022-11183

회사명 : 한국산업기술시험원

대표자 : 김세종

주소 : 경상남도 진주시 충의로 10 (충무공동)

- 1. 시료명 : 생물발효 건조(Bio-drying) 및 멤브레인 드라이어 통합시스템  
- 규격 및 형식 : -
- 2. 성적서의 용도 : 과제제출용
- 3. 접수일자 : 2022년 11월 04일
- 4. 시험일자 : 2022년 11월 04일 ~ 2022년 12월 14일
- 5. 시험방법 : 의뢰자 제시 규격
- 6. 시험결과 : 시험결과 참조

시험자 : 구정모

승인자 : 한민호

- 1. 이 성적서의 결과는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없으며, 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않습니다.
- 2. 이 성적서는 우리 시험연구원의 사전 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며 용도 이외의 사용을 금합니다.
- 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.ktc.re.kr)에서 확인할 수 있습니다.

2022년 12월 14일



## 한국기계전기전자시험연구원장



www.ktc.re.kr [43008] 대구광역시 달성군 구지면 국가산단대로40길 2

TEL : 053-566-4605 FAX : 053-558-8129

서식P708-05(Rev.4)

Page : 1 of 6

이 성적서 발급으로 고객님께서 100 kg의 CO<sub>2</sub>를 저감하였습니다



## 시험결과

성적서 번호 : 기용2022-11183

### 1. 개요

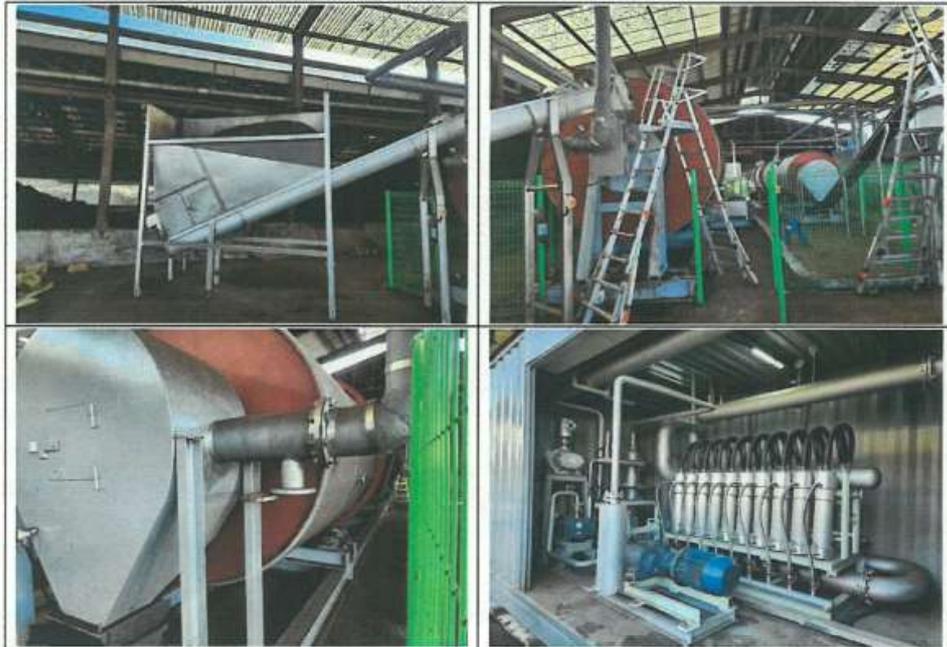
본 시험은 『생물발효 건조(Bio-drying) 및 멤브레인 드라이어 통합시스템』에 대한 내용으로, 의뢰자가 제공한 시료 및 의뢰자가 제시한 규격에 따라 실시하였음

### 2. 적용 또는 인용규격

의뢰자 제시 규격

### 3. 시험시료

- (1) 시 료 명 : 생물발효 건조(Bio-drying) 및 멤브레인 드라이어 통합시스템
- (2) 시험장소 : 경상북도 군위군 군위읍 도군로 2389, 군위축협자연순환농업센터
- (3) 시료사진



# 시험결과

성적서 번호 : 기용2022-11183

## 4. 시험결과(요약)

시험항목	시험기준	단위	시험결과
실증설비 처리규모	1일 처리량이 5 000 이상일 것	kg	5 060
멤브레인 드라이어 수분제거율	90 이상일 것	%	99.96
멤브레인 드라이어 건공기순환률	80 이상일 것	%	92.27
비 고 1. 세부시험 결과는 Page : 4~6 참고			



# 시험결과

성적서 번호 : 기용2022-11183

## 5. 시험결과(세부)

### 5.1 처리량

시험결과					
<p>■ 시험방법</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험시료에 페이로더(공차중량 : 14 410 kg)를 이용하여 1일 기준(8시간) 투입하고 처리가능한 우분의 양을 측정함</li> </ul>					
<p>■ 시험결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투입 횟수 : 4회</li> <li>- 처리량</li> </ul>					
	1회	2회	3회	4회	합계
처리량 (kg)	1 720	1 090	1 390	860	5 060







- 시험사진 -



# 시험결과

성적서 번호 : 기용2022-11183

## 5.2 수분제거율

**시험결과**

■ 시험방법

- 정상작동 중인 시험시료의 드라이 공정 전/후 수분량을 측정하고 아래의 식을 이용하여 수분제거율을 계산함
- 수분제거율(%) =  $\frac{\text{드라이 공정 전 수분량} - \text{드라이 공정 후 수분량}}{\text{드라이 공정 전 수분량}} \times 100$
- 측정값은 시험시료에 설치된 온도계 및 절대습도계의 값이며, 교정된 장비로 측정한 값은 아님
- 수분량은 30초당 1개의 데이터를 추출, 총 3시간 동안 측정하여 평균값을 취함

■ 시험결과

- 수분제거율(%) =  $\frac{11.45376 \text{ kg/hr} - 0.00413 \text{ kg/hr}}{11.45376 \text{ kg/hr}} \times 100$   
= 99.96

- 시험사진 -



# 시험결과

성적서 번호 : 기용2022-11183

### 5.3 건공기순환율

#### 시험결과

■ 시험방법

- 정상작동 중인 시험시료의 입/출력 단 공기의 유량을 측정하고 아래의 식을 이용하여 건공기 순환율을 계산함

$$\text{건공기순환율}(\%) = \frac{\text{1차공정 출력단 유량} + \text{2차공정 출력단 유량}}{\text{1차공정 입력단 유량} + \text{2차공정 입력단 유량}} \times 100$$

- 각 단의 유량은 3회씩 측정하여 평균을 계산함

■ 시험결과

- 건공기순환율(%) = 92.27

측정	유량(m <sup>3</sup> /s)			
	1차 공정 입력	2차 공정 입력	1차 공정 출력	2차 공정 출력
1회	0.063 26	0.050 45	0.070 60	0.031 55
2회	0.064 00	0.050 31	0.071 60	0.034 18
3회	0.064 15	0.049 21	0.071 72	0.035 34
평균	0.063 80	0.049 99	0.071 30	0.033 69



- 시험사진 -

끝.



# TEST REPORT



의뢰자 : 한국산업기술시험원	접수번호 : M283-22-01524
주소 : 경상남도 진주시 충의로 10 (충무공동)	발급일자 : 2022-11-29
품명 : 고품연료	용도 : 자체관리용
의뢰자제시시료명 : 군위축협 비료공장 우분 펠렛(성형)	쪽번호 : 1/3

2022-11-16 일자로 의뢰하신 시료에 대한 시험결과는 아래와 같습니다.

## ■ 시험 결과 ■

### 01. 수분 ( 고품연료제품 품질 시험.분석방법[환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27)] ) : %

	정량한계	#1
	0.1	11.0

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음.

### 02. 회분 ( 고품연료제품 품질 시험.분석방법[환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27)] ) : %

	정량한계	#1
	0.1	26.4

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음.

\*\* 다음페이지 계속 \*\*

FITI 시험연구원



※ 문서 확인 번호 : LRSY-1CPQ-ZXA9 ※

(홈페이지에 접속 후 "성적서확인"메뉴에서 문서 확인 번호를 통해 위 변조 여부를 확인할 수 있습니다.)

#### e-DOCUMENT SERVICE

이 성적서는 제시된 시료에 대한 시험결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 시료명은 의뢰자가 제시한 명칭입니다.  
이 성적서는 FITI와 사전 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 무관함을 알려 드립니다.  
이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본(e-DOCUMENT SERVICE)은 시험결과에 대한 참고용입니다.

접수번호 : M283-22-01524

쪽 번호 : 2/3

**03. 황분 ( 고형연료제품 품질 시험·분석방법[환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27)] ) : %**

	정량한계	#1
	0.01	0.75

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음.

**04. 저위발열량 ( 고형연료제품 품질 시험·분석방법[환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27)] ) : kcal/kg**

	#1
	3 010

주) 의뢰자 제시시료로 시험하였음.

**05. 중금속 함량 ( 고형연료제품 품질 시험·분석방법[환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27)] ) : mg/kg**

	정량한계	#1
수은	0.01	0.01
카드뮴	0.10	불검출
납	1.5	3.17
크로뮴	1.0	60.1

주) 불검출 = 정량한계 미만.  
의뢰자 제시시료로 시험하였음.

**06. 길이시험 ( 고형연료제품 품질 시험·분석방법[환경부고시 제 2020-219 호(2020.10.27)] ) : mm**

		#1
직경	최대	8.4
	최소	5.8
	평균	7.3
길이	최대	32.3
	최소	21.7
	평균	25.0

주) 버니어캘리퍼스도 길이 및 직경을 측정하였음  
의뢰자 제시시료로 시험하였음.

**\*\* 시험 결과 기록 완료 \*\***

**e-DOCUMENT SERVICE**

이 성적서는 제시된 시료에 대한 시험결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 시료명은 의뢰자가 제시한 명칭입니다.  
이 성적서는 FITI와 사전 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 무관함을 알려 드립니다.  
이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본(e-DOCUMENT SERVICE)은 시험결과에 대한 참고용입니다.

접수번호 : M283-22-01524

쪽 번호 : 3/3

**\*\* 시료사진 \*\***



**e-DOCUMENT SERVICE**

- 이 성적서는 제시된 시료에 대한 시험결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 시료명은 의뢰자가 제시한 명칭입니다.
- 이 성적서는 FITI와 사전 서면 동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용도로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
- 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 무관함을 알려 드립니다.
- 이 성적서는 원본(재발행 포함) 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본(e-DOCUMENT SERVICE)은 시험결과에 대한 참고용입니다.



## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2025축산현안대응 산업화기술개발사업 연구개발 과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 2025축산현안대응 산업화기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.