

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

발간등록번호

11-1543000-003719-01

## 질소 거품 안락사 및 알칼리가수분해를 활용한 가축살처분 융합시스템 개발

---

2021.11.23

주관연구기관 / 에스티아이

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “질소 거품안락사 및 알칼리가수분해를 활용한 가축살처분 융합시스템 개발”(개발기간 : 2018.11.15 ~ 2021.08.14)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021.11.05

주관연구개발기관명 : 에스티아이 서 태 일



주관연구책임자 : 윤 석 훈

국가연구개발혁신법 시행령 제33조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서										보안등급 일반[v], 보안[ ]	
중앙행정기관명								사업명			
전문기관명 (해당 시 작성)								사업명 내역사업명 (해당 시 작성)			
공고번호								총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
								연구개발과제번호			
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0701	35 %	EC0104	30 %	EI1001	20 %	EH0702	10 %	LB0506	5 %
	농림식품과학기술분류	RB0201	40 %	RC0202	20 %	AB0203	20 %	CA0202	10 %	SA0204	10 %
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문		질소 거품 안락사 및 알칼리 가수분해를 활용한 가축살처분 융합시스템 개발							
		영문		Development of carcass disposal convergence system using nitrogen bubble euthanasia and alkaline hydrolysis							
주관연구개발기관		기관명		㈜에스티아이				사업자등록번호		514-81-62275	
		주소		(우)대구시 달성군 다사읍 세천로7길39				법인등록번호		170111-0337049	
연구책임자		성명		윤석훈				직위		소장	
		연락처		직장전화		055-716-1851		휴대전화			
				전자우편		ysh@sti.kr		국가연구자번호			
연구개발기간		전체		2018. 11. 15 - 2021. 08. 14( 33개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1단계		. MM. DD - YYYY. MM. DD( 년 개월)					
				n단계		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD( 년 개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비			합계			연구개발비 외 지원금	
		현금		현금		현물		현금		현물	
총계		735,000		25,000		220,000		760,000		220,000	
1단계		1년차		201,000		7,000		60,000		208,000	
		2년차		267,000		9,000		80,000		276,000	
		3년차		267,000		9,000		80,000		276,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편	
										비고	
										역할	
										기관유형	
연구개발담당자 실무담당자		성명		장민호			직위		주임연구원		
		연락처		직장전화		053-716-1851		휴대전화			
				전자우편		jmh@sti.kr		국가연구자번호			

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

2021년 11월 5일

연구책임자: 윤석훈 (인)

주관연구개발기관의 장: 서태일 (자인)



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명												총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)												연구개발과제번호			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0701	35 %	EC0104	30 %	EI1001	20 %	EH0702	10 %	LB0506	5 %				
	농림식품 과학기술분류	RB0201	40 %	RC0202	20 %	AB0203	20 %	CA0202	10 %	SA0204	10 %				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)															
연구개발과제명		질소 거품 안락사 및 알칼리 가수분해를 활용한 가축살처분 융합시스템 개발													
전체 연구개발기간		2018. 11. 15 - 2021. 08. 14( 33개월)													
총 연구개발비		총 980,000천원 (정부지원연구개발비: 735,000천원, 기관부담연구개발비 : 245,000천원)													
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[v] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]					기술성숙도 (해당 시 기재)			착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )					
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)															
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)															
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	본 과제를 통하여 축산농가에서 전국적으로 발생하는 자연 폐사 가축 및 가축 전염성 폐사 가축을 고통 없이 빠르게 안락사 시키며, 현장에서 처리하는 개념이 아닌 가축 사체 전용 이송 차량으로 통하여 거점처리로 이송하여 2차 오염 없이 낮은 비용으로 처리하는 가축 사체 융합형 처리 시스템 (Convergence system)을 구축 하고자 함.													
	전체 내용	현재 가축 전염병 발생 시 대응 긴급 대응 지침을 보면 가축 전염병 발생 시 안락사 처리 함이 등재 되어 있으나, 2 차 전염 방지를 위하여 빠른 처리가 중점적으로 이루어 짐에 제대로 된 안락사가 이루어지지 않고 있음. 이에 자사에서는 기존 질소 거품 안락사 장비 대비 5 배 이상의 효율성을 가져 빠르게 처리 가능하며, 차량 탑재용으로 변경 이동성을 극대화 장비를 개발 하고자 함. 자사에서는 Alkaline hydrolysis를 활용한 폐사가축 처리기 및 매몰지 처리 장비 개발을 완료 하였으며, 실제 현장에서 적용되고 있는 상황임. 가수분해시스템은 저온 저압에서 운행 되어 악취 및 스팀의 발생이 최소화 되어 민원 발생이 적으며, 완전멸균 처리 가능한 시스템 임. 자사에서는 거점처리시스템 개발에 맞추어 전문 이송 장비 개발을 통하여 완벽한 융합시스템 구축을 진행 하고자 함													
	1단계 (해당 시 작성)	목표													
	n단계 (해당 시 작성)	내용													

연구개발성과	본 과제를 통하여 자사에서 구축하고자 하는 시스템은 가축 전염병 발생 시 안락사를 시작으로 거점 처리 시설로의 이송 후 처리를 진행 하는 융합시스템(Convergence system)을 개발함에 있음. 이 시스템은 가축 전염병에만 대응 하는 것이 아니라 자연 폐사 및 일반 폐사가축, 도축장에서 발생하는 폐기물 처리가 가능한 이점이 있음.												
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	본 과제를 통하여 구축한 융합시스템 도입을 통하여 가축 전염병 발생 시 2차 오염 없이 신속한 처리 가능한 시스템 구축 완료가 가능함. 이 거점 처리 시설은 가축 전염병 발생 외 일반 폐사가축 사체 처리도 가능하며, 향후 발생 부산물에 자원화 활용을 통하여 수입 자원의 대체가능 기대.												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		
								생명 정보	생물 자원		정보	실물	
	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	안락사		동물 사체		멸균		거점 시설		비 매물처리				
영문핵심어 (5개 이내)	Euthanasia		Animal carcass		Sterilization		Base Facility		Non buried				

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

# 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 .....	6
가. 연구개발의 필요성 .....	6
나. 연구개발 대상 국내·외 현황 .....	15
다. 최종목표 .....	26
라. 세부목표 .....	26
마. 연차별 개발목표 및 내용 .....	27
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 .....	29
가. 대용량 안락사 장비 적용 거품액 제조 및 제조장치 개발 .....	29
나. 잔류 거품 제거 장치 개발 .....	38
다. 질소거품발생기 및 시스템 개발 .....	41
라. 대용량 안락사 장비(시작품) 개발 .....	51
마. 대용량 안락사 장비(시제품) 개발 .....	58
바. 동물 안락사 TEST를 위한 장비 개발 .....	68
사. 질소거품발생기 개선품(이동식 질소거품발생기) 개발 .....	72
아. 가축전염병 및 일반폐사가축 대응 가능한 전용 이송 차량 개발 .....	74
자. 완벽 밀폐 구조로 대기압 이상 가압 대응 가능 구조 개발 .....	88
차. 내 외부 소독 시스템 구축 기술 개발 .....	95
카. 거점처리시설 구축용 기초 운행 선정 .....	101
타. 효율성 증대를 위한 분쇄 및 밀폐 기술 개발 .....	108
파. 폐사가축의 알칼리가수분해 처리를 위한 거점처리장비 제작 .....	116
하. 거점처리융합시스템 구축 .....	139
거. 질소거품액 및 알칼리가수분해액 위해성 평가 .....	144
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	146
가. 연구수행 결과 .....	146
나. 목표 달성 수준 .....	148
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	149
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	150

# 1. 연구개발과제의 개요

## 가. 연구개발의 필요성

- 1) ㈜에스티아이는 자동화 장비제조 기술을 바탕으로 한 농가에서 발생하는 자연폐사 및 감염성 폐사가축 사체를 안락사, 이송, 처리까지 통합 처리 시스템을 개발하여 살처분 대상 동물의 고통을 최소화한 동물 복지형 안락사 시스템 개발 및 일반 농가 및 매몰지 대응 폐사가축 처리기 개발을 완료
- 가) 자사에서서는 질소 거품을 이용한 동물 인도적 안락사 장비를 개발. 현행 안락사의 경우 이산화탄소 및 전살, 타격 등 동물에게 고통을 주는 방법으로 사용되고 있으나 당사에서 개발한 기술은 비 활성 가스인 질소를 활용하여 동물의 호흡 시 저 산소증을 통한 기절 후 안락사 되는 기술임.
- 나) 폐사가축 처리기술은 알칼리 가수분해를 활용하여 감염성으로 가축이 폐사하거나 살처분하여 대량의 폐사가축의 발생 및 소형·대형 동물의 일반 폐사가축 발생에 대응 가능한 0.1 - 5톤급 폐사가축 처리가 가능함. 본 장비의 가장 큰 특징은 완전 밀폐 하에 처리가 가능하며, 멸균 방법 중 가장 확실하고 각종 문헌에 잘 알려진 알칼리 가수분해(Alkaline hydrolysis) 기술을 통하여 완전 멸균 처리가 가능한 장치를 기반으로 하고 있음. 특히 대량의 폐사 가축 발생 시 가축의 운송 및 이동 불가능한 폐사가축 발생 지역으로 투입되어 발생지에서 살처분 가축을 바로 액화 처리 가능하고 이동성을 극대화한 장치 개발이 필요함.
- 2) 본 과제를 통하여 축산농가에서 전국적으로 발생하는 자연 폐사가축 및 가축 전염성 폐사가축을 고통 없이 빠르게 안락사 시키며, 현장에서 처리하는 개념이 아닌 가축 사체 전용 이송차량으로 통하여 거점처리로 이송 2차 오염 없이 낮은 비용으로 처리 하는 가축사체 융합형 처리 시스템 (Convergence system)을 구축 하고자 함.

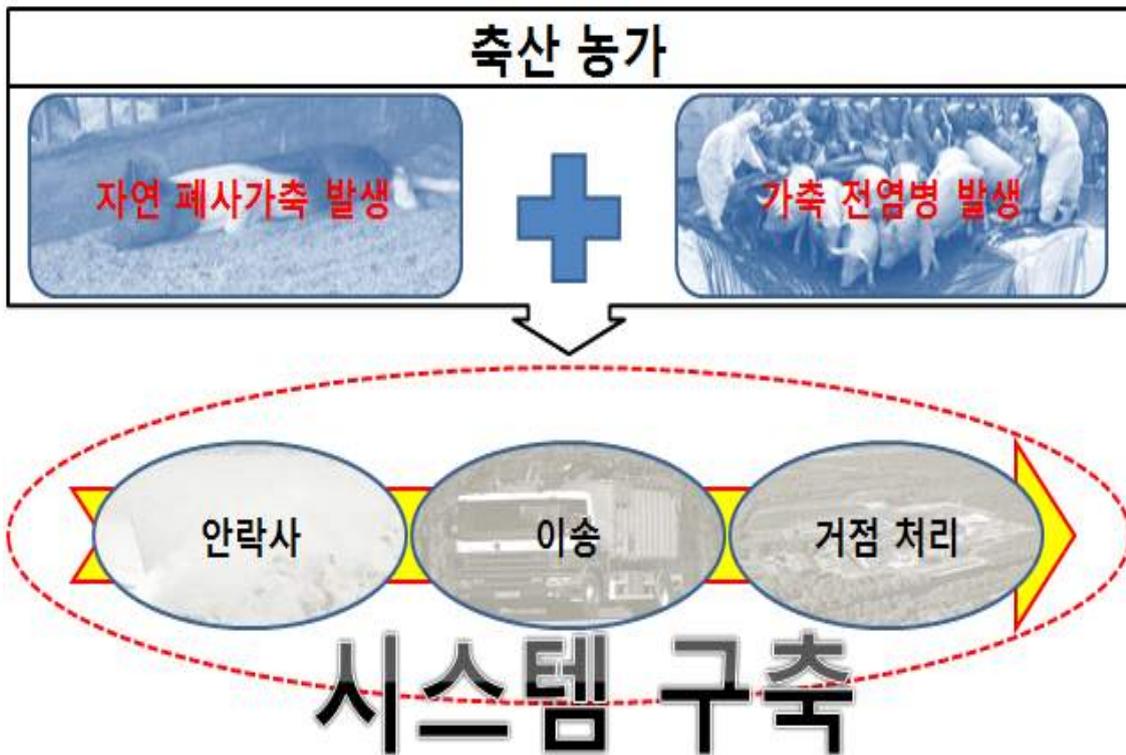


그림 1) 개발 시스템 개념도

3) 국내의 축산업은 고도성장을 이루고 있고 그에 따른 축산규모 및 사육두수는 매년 증가하고 있으나, 기상이변 및 이전에 없었던 가축전염병 발병에 의한 피해가 점점 커지고 있음.

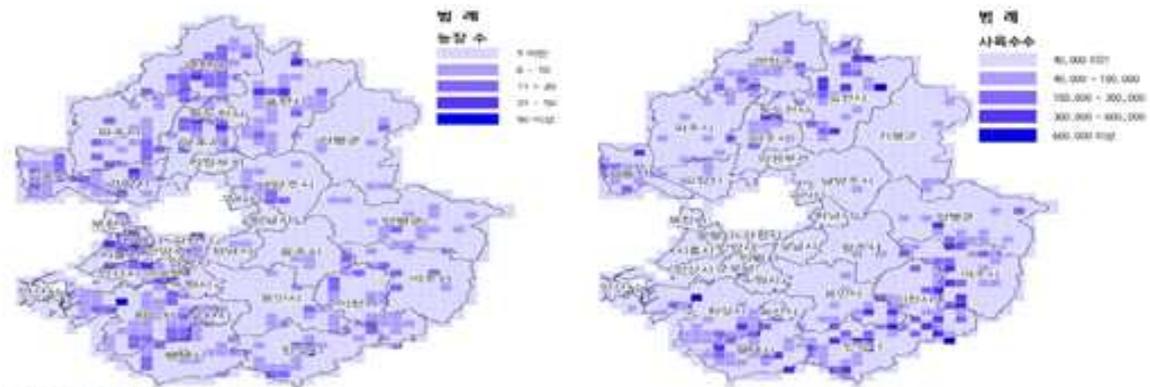
표 1) 축산농가의 축종별 사육두수 현황 (단위 : 천두)

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
한우	2,020	2,201	2,430	2,635	2,922	2,950	3,059	2,918	2,759	2,659
젖소	464	453	446	445	430	404	420	424	431	425
돼지	9,382	9,606	9,087	9,585	9,881	8,171	9,916	9,912	10,090	9,971
닭	119,181	119,365	119,784	138,768	149,200	149,511	146,836	151,337	156,410	163,017

- 가) 국내 축산업 생산액은 1970년 1.2조 원에서 2013년 20조 원으로 증가하였으며, 전체 농축산업 생산액의 30% 이상을 차지할 정도로 중요한 산업으로 성장하고 있음.
- 나) 축산업의 고도성장으로 인한 집약화 및 대규모화에 따라 사육두수는 매년 꾸준히 증가하고 있는 추세임.
- 다) 이에 축사 면적의 확대와 도시 개발이 상충, 소위 도시민 주거지와 축사의 공존 형태, 지속으로 축산 환경에 대한 인근 지역민들의 불만 고조, 민원 발생이 심각해지는 등 가축산업이 환경오염의 한 원인으로 오도되고 있음.
- 라) 국내 축산업은 대부분 과도한 밀집 사육으로 인해 환경적으로 열악하며, 고온·다습하거나 저온·저습하여 가축 폐사율이 매우 높음.
- 마) 최근 가축전염병 및 기상이변에 의한 자연폐사율(전체 가축수의 약 7~8% 정도) 증가로 인한 축산 농가의 경제적 피해가 증가하면서 폐사가축의 처리 문제와 처리 후 환경에 미치는 영향이 세계적인 문제로 떠오르고 있음.

**4) 공장식 축산, 밀집사육 등으로 가축질병이 급속히 인근지역으로 확산**

- 가) 국내 축산업은 축산농가가 밀집된 가운데 공장식 축산으로 발전
- 나) 국내 축산업은 WTO, FTA 등에 대응한 경쟁력 확보를 위해 규모화, 전문화 방향으로 발전하면서 공장식 축산증대.
- 다) 농가당 사육규모가 빠르게 증가하면서 사료, 분뇨, 축산상품 등 운송을 위한 외부의 차량, 사람 등의 축사 출입 증가.
- 라) 수도권 3km2 이내 50농가 이상, 60만수 이상 가금사육 밀집 지역 다수



자료: 경기도 내부자료

그림 2) 3km2당 가금류 농가수(좌), 사육수수(우)

- 마) 국내 축산업은 시설 미흡 농가를 중심으로 AI, 구제역 등 바이러스가 유입된 이후 인근 농장으로 빠르게 확산되는 구조적인 문제점 내재.
- 바) 축산업 허가제(2016.02.23. 50m2 초과) 시행에도 불구하고 여전히 존재하는 시설 미흡 농장은 AI, 구제역 등 방역에 취약함.
- 사) 시설 미흡 농장은 야생조류 등에 의한 각종 바이러스에 노출된 것으로 추정
- 아) 현재 공무원, 전문가 등은 AI, 구제역 등이 발병한 경험이 있는 농장에서 지속적으로 발병하는 경우가 적지 않다고 언급.
- 자) 경기도의 시설미흡으로 판단되는 농장이 경기도 전역에 걸쳐 고루 분포
- 차) 시설이 미흡한 방역 취약 농장을 중심으로 유입된 바이러스는 농장 출입 인원, 차량 등의 이동이 빈번하게 발생하는 국내 축산업 환경으로 인해 빠르게 인근 농장으로 확산되는 문제점 노출
- 카) 2010~2011년 국내 전역에 확산되었던 구제역은 농장 출입이 빈번하게 이루어지는 축분 차량에 의한 확산이 주요 원인 가운데 하나로 추정
- 타) 2016~2017년 산란계를 중심으로 빠르게 확산된 AI의 주요 감염 확산 원인 가운데 하나로 계란 이송 차량으로 인한 전염 추정



그림 3) 경기도 시설미흡 농장 현황(좌), 공장식 축산 사육 현황(우)

### 5) AI, 구제역 발병 지속으로 가축질병에 의한 피해규모 확대

- 가) AI는 2000년 이후 6차례 발병했으며, 2016년 역대 최대의 피해 발생
- 나) AI는 2000년대 이후 대략 2년 주기로 발병이 반복되고 있으며, 피해규모가 갈수록 확대되고 있음. 2016~2017년 AI 발병에 의한 살처분 규모는 22,550천수(2017년 1월 5일 기준), 피해규모는 2,612억 원으로 추정되어 지며, 축종별 사육규모 대비 살처분 비중은 산란계 24.3%, 오리 23.9%에 달함.
- 다) 구제역 또한 발병이 지속되고 있지만, 백신처방 이후 규모는 크게 감소함. 2010~2011년 구제역이 전국으로 확산되면서 살처분 3,480천수, 피해규모는 27,383 억 원에 달하였으나 백신처방 이후 발병 및 살처분 규모 축소되었으며, 구제역 발병에 따른 축종별 사육규모 대비 살처분 비중은 소4.5%(151천두), 돼지 33.5%(3,318천두)에 달함.

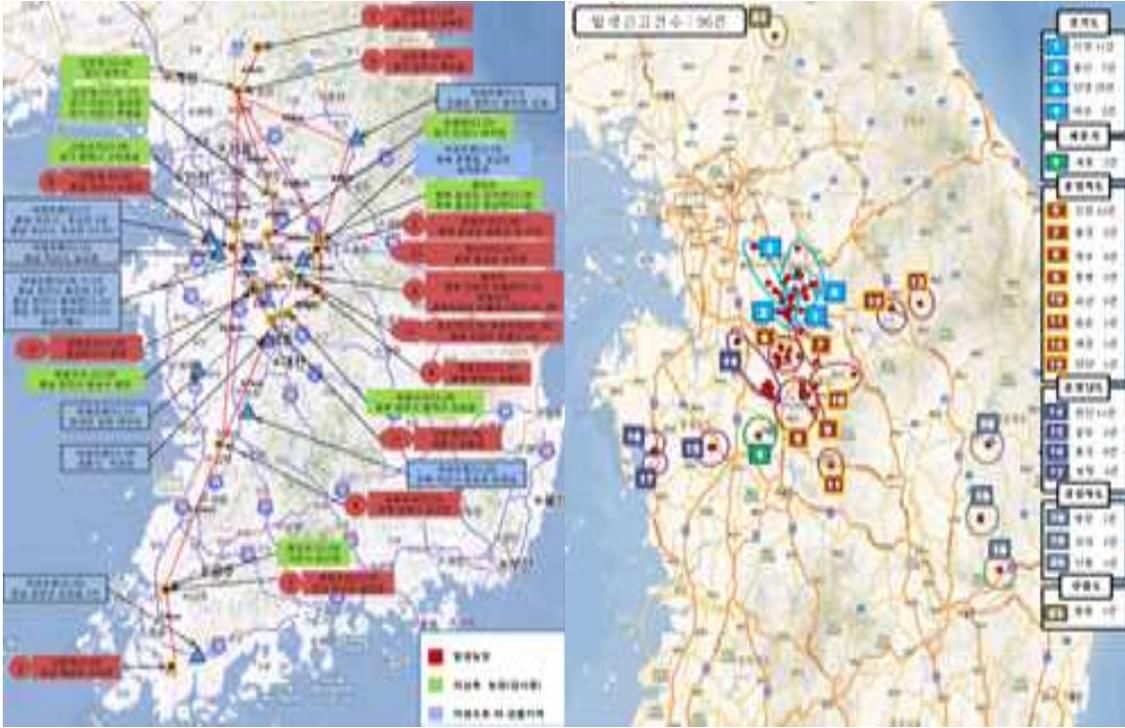


그림 4) AI 발생 (2014년 1월)(좌), 구제역 발생 (2011년)(우)



그림 5) 구제역, AI 살처분 및 피해액(농림축산 식품부 발표 자료)

6) 2013년 이후 AI, 구제역 발병에 따른 세계 살처분 규모, 한국 최대

- 가) 2013~2016년 기간 동안 백신처방 유무와 관계없이 AI, 구제역 발병에 따른 세계 살처분 대비 한국의 비중은 AI는 두 번째, 구제역은 최대로 발생
- 나) 세계 최대 축산물 생산국이며 AI, 구제역 상시 발생국인 중국의 살처분 규모가 작은 이유는 백신처방에 따른 예방적 살처분 규모가 작기 때문으로 판단되어 짐.
- 다) 2013~2016년 기간 동안 AI 발병에 따른 세계 살처분 규모 대비 국가별 살처분 비중은 미국 35.3%, 한국 34.4%, 멕시코 19.4% 등으로 세계 2위로 높음.
- 라) 2013~2016년 기간 동안 구제역 발병에 따른 세계 살처분 대비 국가별 살처분 비중은 한국 41.9%, 잠비아 14.4%, 러시아 7.8%로 세계 1위임.
- 마) 구제역의 경우 한국도 백신처방(2012년) 이후 살처분 규모 크게 감소하였으나, 2018년 아프리카 돼지 열병 발생으로 축산 농가의 긴장도 증가.

<13/16년 세계 AI에 따른 살처분 현황> <13/16년 세계 구제역에 따른 살처분 현황>

국가	살처분 수	전세계 대비	국가	살처분 두수	전세계 대비
미국	49,241,700	35.3%	한국	208,000	41.9%
한국	47,922,000	34.4%	잠비아	71,500	14.4%
멕시코	27,065,817	19.4%	러시아	38,705	7.8%
중국	5,997,442	4.3%	보츠와나	31,280	6.3%
대만	5,606,198	4.0%	남아프리카공화국	28,075	5.7%

자료: 농림축산검역본부, "AI·구제역 발생국 현황(2017.3.15.)"를 토대로 작성

주 동 자료에서 감염만 있고 살처분이 누락된 국가는 사육규모를 살처분 규모로 추정해서 산정

그림 6) 2013~2016년 가축전염병 전세계 현황



자료: 농림축산검역본부, "AI·구제역 발생국 현황(2017.3.15.)", OIE 재구성

그림 7) 2011년 7월 ~ 2017년 3월 기간 동안 세계 AI, 구제역 발생국 현황

7) AI, 구제역 모두 사람, 차량, 분변 등을 매개로 한 전파가 주요 원인

- 가) AI 바이러스는 접촉, 구제역은 접촉 및 공기를 통해 전파.
- 나) AI는 주로 감염된 조류의 호흡기 분비물이나 분변 등에 접촉한 야생동물, 사람, 차량 및 농기구 등을 통해 전파.
- 다) 구제역은 바이러스에 오염된 분변 등에 직접 접촉뿐만 아니라 사람, 차량 등을 매개로 하여 전파되기도 하고, 특히 공기를 통해서 전파 가능.
- 라) 국내에서 유행하는 AI, 구제역 모두 사람, 차량을 매개로 한 전파가 주요한 원인으로 추정.
- 마) 2013~2014년 발병한 2012건의 AI 주요 감염 경로는 야생조류 28.3%, 축주 및 관계자 27.4%, 차량 26.9%, 가축이동 7.1% 등으로 추정.
- 바) 2014~2015년 발병한 83건의 구제역 주요 감염 경로는 가축운반차량 54.2%, 사료차량 18.9%, 인근전파 12.6% 등으로 추정.

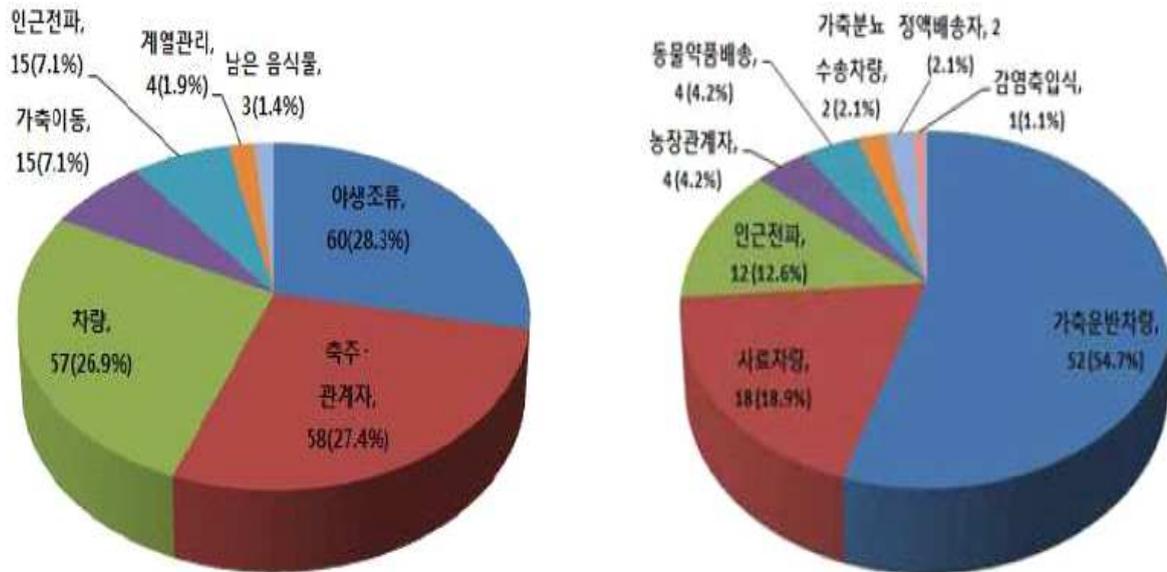
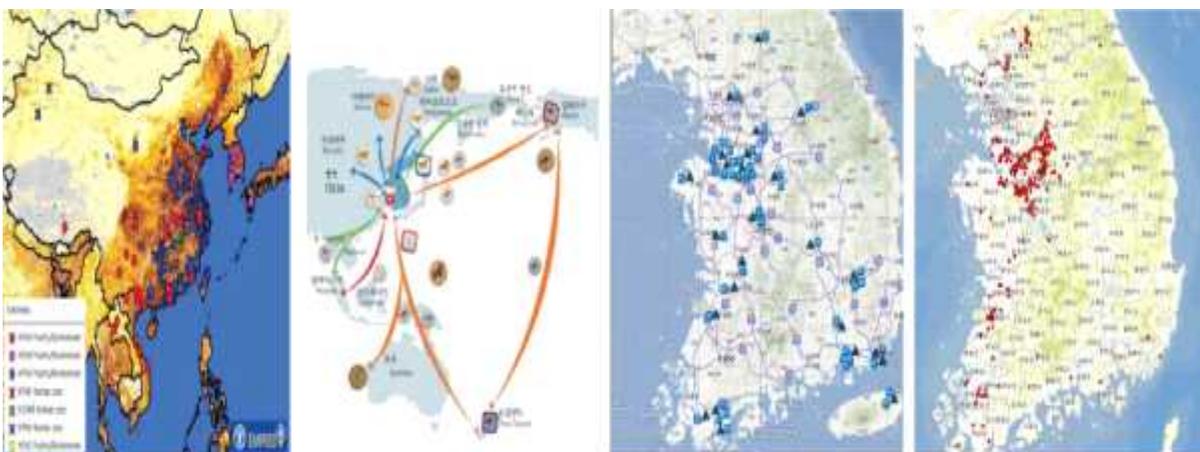


그림 8) AI의 발병 및 확산 원인(2014)(좌), 구제역 발병 및 확산 원인(2015)(우)

### 8) 철새, 빈번한 국제 교류 등으로 AI, 구제역 등 상시 발병 가능성 확대

- 가) AI, 구제역 상시 발생국인 중국을 포함해 아시아 전 지역에 걸친 국가 간 철새, 사람 등의 빈번한 왕래로 AI, 구제역 상시 발생 가능성 확대
- 나) AI 바이러스의 국내 유입의 주요 원인으로 추정되고 있는 철새는 AI 상시 발생국인 중국을 포함해 아시아 전역을 대상으로 활발하게 이동
- 다) 철새는 AI가 빈번하게 발생하고 있는 중국 동해안에서 한반도까지 비행하는데 8시간 내외 소요
- 라) 국내 AI는 주로 철새가 도래하는 인근지역에서 시작해 주변 농가로 빠르게 확산
- 마) 구제역은 사람에 의해 국내에 유입된 이후 수의사, 차량 등에 의해 인근 지역의 농장으로 확산되는 것으로 추정
- 바) 2009년 1월 포천, 연천지역에서 발생했던 구제역은 외국인 근로자, 4월 강화, 김포 등 지역에서 발생하였던 구제역은 농장주의 해외여행에 의해 바이러스가 유입된 것으로 추정



자료: 충북대학교 왼쪽, 서천조류생태전시관(오른쪽)

자료: 농림축산검역본부(2017.02.11.기준)

그림 9) AI 발생지역 및 철새 이동경로(좌), 야생조류 및 농가의 AI 발병 지역(우)

9) 현재 가축사체 처리 방법 및 문제점

- 가) 가축전염병에 감염된 가축 사체의 경우, 살처분 한 즉시 소각 및 매몰 등으로 처리를 해야 하지만, 국내 축산 환경 여건상 대부분 매몰에 의해 처리.
- 나) 가축의 자연폐사율은 소 5%, 돼지 12%, 닭 5%로 1년 평균 약 13,176천두(소 171 천두, 돼지 1,365천두, 가금류 11,639천두)가 자연 폐사되고, 폐기물관리법에 의거 폐기물이 5톤 이상일 경우 소각 및 관리형 매립 시설에 매립 처분되나, 5톤 미만의 경우 별도의 규정이 없으므로 축산 농가에서는 불법 투기 및 불법 매립으로 처리.
- 다) 2014년 기준으로 구제역 및 AI 발생으로 인해 전국에 조성된 가축 매몰지는 4,950여 곳으로 구제역 및 AI의 추가 발생으로 인한 매몰지 수가 계속해서 증가.
- 라) 조성된 매몰지 수는 경기도 2,292개소 (16.31%)로 가장 많고, 경상북도 1,135개소(22.93%), 강원도 470개소 (9.50%), 충청남도 417개소 (8.43%)이 그 뒤를 이음.

표 2) 2015년 이후 매몰 처리 방식

구분		소계	인천	광주	대구	울산	부산	세종	경기	강원	충남	충북	전북	전남	경북	경남	
합계	매몰지수	767	5	2		2	4	11	255	24	144	82	130	88	9	11	
	조성방식	FRP 저장조 등	421	5	1			3		133	3	122	48	85	4	9	8
		액비저장조 등	23							12			9				
		미생물매몰	211		1				11	31	21	17	24	19	79		3
		일반매몰	108					1		75		5	1	26	5		
		일반+FRP 혼합	4							4							
'15년	매몰지수	311	2	2		2	2		89	18	73	17	43	50	8	5	
	조성방식	FRP 저장조 등	183	2	1			2		62	2	70	11	16	4	8	5
		액비저장조 등	15				2			7			6				
		미생물매몰	90		1					2	16	3		22	46		
		일반매몰	19							14				5			
		일반+FRP 혼합	4							4							
'16년 ~ 4월	매몰지수	22							1		19		2				
	조성방식	FRP 저장조 등	17						1		16						
		미생물매몰	5								3		2				
'16년 11월 ~	매몰지수	434	3				2	11	165	6	52	65	85	38	1	6	
	조성방식	FRP 저장조 등	221	3				1		70	1	36	37	69		1	3
		액비저장조 등	8							5			3				
		미생물매몰	116						11	29	5	11	24		33		3
		일반매몰	89					1		61		5	1	16	5		

10) 매몰지 조성으로 인한 2차 환경오염 및 가축사체 미 부패 문제

- 가) 정상적으로 매몰지가 조성되었을 경우에도 매몰처리는 가축사체의 부패에 따른 침출수 및 악취 발생으로 인해 토양, 지하수 및 주변 환경을 오염시킬 수 있는 가능성이 매우 높기 때문에 적절한 관리대책이 필요함.
- 나) 전국적인 매몰지 발생으로 인해 토양 및 지하수 오염문제가 발생되고 있으며, 부실 매몰로 인한 식수원, 지하수 오염 및 악취로 인한 2차 환경피해가 여러 지역에서 발생되고 있음.
- 다) 살처분 가축 매몰 시 2차 오염 방지를 위해 침출수의 지하침투 방지를 위한 시설 설치 후 매몰을 실시해야 하나 일부 지자체의 부적절한 매몰지 선정, 침출수 방지 시설 부실 등으로 침출수에 의한 지하수 오염 및 작물피해 등 2차 환경오염이 불가피한 실정.

라) 감사원 연구결과 기존 매몰지의 가축사체 부패정도가 매우 미미하여 매몰지 안정화에 장기간이 소요되고 있는 것으로 조사되었으며 가금류 사체 매물로 인한 2차 환경오염 및 매몰지 법적 매물 기간(3년) 종료 후 미분해 사체 처리 문제를 사전에 방지하기 위해 살처분된 가금류 사체의 안전하고 신속한 처리방안 마련이 시급한 상황.



그림 10) 매몰지 침출수에 의한 토양오염

### 11) 가축매몰지 이설 현황

가) 2015년 감사원 자료에서 경기도에서 침출수 유출 우려, 부적절한 매몰지 선정 등의 사유로 기존 매몰지 150개소의 사체를 다른 곳으로 이설하는 등 총 247개소에서 이설작업이 이루어 졌음.

표 3) 전국의 가축매몰지 이설 현황(2015년 감사원 발표 자료)

(단위: 개소)

계	경기	충남	충북	경북	강원	인천	부산
247	150	24	19	48	4	1	1

자료: 환경부

나) 그러나 침출수 유출이 확인되어 이설조치 하였더라도 사체만 이설할 뿐 침출수로 이미 오염된 토양은 장기간 방치함에 따라 감사 시 이설 후 2년이 지난 매몰지 주변의 토양을 깊이별로 분석한 결과 기존 매몰지 주변 토양에서 오염지표 물질인 암모니아성 질소가 배경 지역 토양의 6~70배로 검출되는 등 기존 토양 오염이 확인됨.

표 4) 기존 매몰지 주변 토양의 오염 사례(경기도 안성시)

(단위: mg/l, cfu/ml)

구분	배경지역 토양					기존 매몰지 주변 토양			
	1m	3m	5m	7m	7.5m	1m	3m	5m	7.5m
암모니아성 질소	2	18	102	67	4	21	283	696	238
사체 유해물질	1	4	24	15	1	5	60	107	51
병원성 미생물 (Clostridium perfringens)	115	15	미검출	미검출	5	350	765	10	미검출

자료: 환경부

12) 매몰지 가축사체 분해 실태

가) 당초 농림축산식품부에서는 3년 이내에 매몰된 사체가 완전히 분해될 것으로 추정하였기 때문에 ‘가축전염병 예방법’ 등에 매몰 3년 이후 별다른 오염 징후가 없을 경우 발굴 및 이용이 가능하도록 규정하고 있으나 실제로 3년이 지나도 가축사체가 원형 그대로 유지되는 등 가축사체의 유기 화학적 미분해 현상이 광범위하게 나타나는 것으로 확인



그림 11) 가축사체 미분해 현황 사진(감사원 보고 자료)

나) 이러한 가축사체가 완전히 분해되기도 전에 ‘가축전염병 예방법’에서 정한 발굴 등의 금지기간 3년이 지나자 토지 소유자들은 매몰지 내부 가축사체의 완전 분해 여부와 상관없이 매몰지 평탄화 작업을 한 후 매몰지를 활용하기 시작함.

표 5) 발굴 등의 금지기간이 지난 경기도 관내 가축매몰지의 활용 사례

(단위: 개소)				
계	경역	건축	광터	연장면적
2,227	1,273	83	846	25

주: 2014. 12. 9. 기준

자료: 환경부

다) 자연폐사 가축 및 가축전염병 발생 직후 추가 확산의 방지를 위해 살처분 가축을 단시간에 대량으로 매몰한 결과, 부적절한 매몰지 선정과 지침 미준수 방수 처리로 인한 침출수, 악취, 전염병 등의 2차 환경오염이 가축 매몰지에서 발생.



그림 12) 매몰지 문제점

### 13) 매몰지 미확보, 살처분 및 매몰 인력 부족 등으로 매몰 지연 문제 발생

- 가) 긴급행동매뉴얼의 24시간 이내 살처분 원칙에도 불구하고 AI 발생 시 10만 수 살처분 및 매몰에 평균 5.7일 소요(농림축산식품부 연구보고서 - AI, 구제역 확산의 쟁점과 대응과제)
- 나) 축산농가는 관계 법령에 따라 매몰지를 확보하였지만, 실제 매몰이 이루어질 때 땅 주인의 반대로 매몰 지연상황이 발생함. 2016년 AI 발생 시 경기도 A지역의 경우 31개 살처분 농장 가운데 13개 농장이 임대농장 임.
- 다) “가축전염병 기동방역기구 운영요령”은 시·군 중심의 현장 기동조치팀을 구성해 운영하도록 명시하고 있지만, 살처분 및 매몰 인력 부족으로 외국인노동자까지 고용하는 상황 발생
- 라) 지방방역을 현장 지휘하는 지역 방역관 부족도 문제점으로 대두
- 마) 김형권의원(2017년)은 228개 시·군·구 가운데 70곳은 가축방역관 부재, 450개의 가축방역 공동방제단은 전문성 미흡 등 문제점 지적

## 나. 연구개발 대상의 국내·외 현황

### 1) 국내 기술 수준 및 시장 현황

#### 가) 안락사 처리 현황

- (1) 구제역 및 AI 발생으로 인해 살처분 시 안락사 처리에 대한 관심이 증가 하고 있으며, SOP를 통해 기준을 마련하고 있으나 현장 적용이 어렵다고 평가되어짐.
  - > 가금류의 경우에는 CO<sub>2</sub>가스에 의한 안락사 방법이 제시되어 있으나 살처분 시 별도의 용기로 이송이 필요하여 산란계 등에 적용이 힘들며, 처리 시 고통이 심한 것으로 알려짐.
  - > 돼지의 경우에는 약물 (KCL, Succinylcholine)에 의한 방법이 사용되지만 약물수급의 어려움과 안락사 처리가 잘 안 되는 문제점이 발생.
  - > 소의 경우에는 돼지의 경우와 같이 약물에 의한 방법 적용이 어려우며, 안락사 처리를 위해선 정확히 정맥에 주입되어야 하는 어려움이 발생.
- (2) 최근 발생된 AI 및 구제역은 전국적으로 확산되어 발생하였으며, 대량으로 발생하는 처분 가축의 안락사처리 방안은 CO<sub>2</sub>가스처리법이 있으나 가금류에만 해당되어 대량의 살처분 가축의 안락사처리방법의 연구는 전무한 실정.
- (3) 국내 살처분 가축의 안락사 방법 및 처리방안에 대한 정확한 연구 및 지침 부족한 실정이며 “사살, 전살, 타격, 약물사용 등의 방법 중에서 현장에서 사용이 용이하고 신속하게 완료할 수 있는 방법적용에 대한 기술만 있어 정확한 안락사 방법에 대한 기술 내용 및 약물종류를 마련하지 못하고 있음.
- (4) 이에 동물의 고통을 최소화 하여 동물 복지에 부합하며, 축종에 상관없이 적용 가능한 안락사 기술 개발이 요구되어짐.



그림 13) 안락사 현장 투입

**나) 폐사가축 이송 시스템 현황**

- (1) 2구제역 및 AI 발생 시 가장 중요한 사항은 초기 진압을 통하여 2차 전염을 미연에 방지하는 것이 중요.
  - > 2018년 9월 농림부 발표 자료를 보면 AI 방역을 위하여 AI 발생 시 반경 500m에서 3 km<sup>2</sup> 으로 예방적 살처분 거리 확대됨. 이는 이전 제한적 살처분에 의한 2차 간염 확산에 따른 조치로 방역에 대한 관심도 증가.
- (2) 2014년 AI 발생 및 확산 관련 보고서를 보면 26.9% 이상의 경우 차량을 통한 2차 전염이 이루어지는 것으로 확인 됨.
- (3) 국내의 경우 일반폐사가축 및 전염병 폐사가축의 이송 가능한 차량에 대한 개발이 이루어지지 않음.
  - > 전국적으로 동물 사체 및 동물성 잔재물을 활용하는 공장이 20 여개 가량 존재 하고 있으나, 전용 차량이 아닌 일반 차량 및 폐기물 차량을 통하여 이송. 이에 인근 농가에서 민원 발생 제기 사례 증가.
  - > 구제역 및 AI 등 가축 전염병 발생 시 별도의 전문 이송 차량의 부재로 일반 차량을 이용한 이송을 하고 있으며, 이를 통한 2차 오염 문제 제기 되어 짐.



그림 14) 가축사체이송

- (4) 일반 폐사 및 전염병 폐사가축 사체를 전문적으로 이송 가능한 완전 밀폐형 차량 개발 필요.

**다) 가축사체의 처리 기술 현황**

- (1) 우리나라는 매년 구제역 및 AI에 의해 많은 피해가 발생하고 있으나, 실제 현장에 적용 가능한 기술이 없어 매립처리 및 FRP를 이용한 매립 등 멸균이 아닌 처분을 중심으로 처리함.

표 6) 전염성 병원균 별 멸균 방법

	멸균조건			비고
	Temp.	Time	Press	
구제역	76 °C	7 sec	1 atm	pH 11 이상에서 빠르게 멸균
AI	75 °C	5 min	1 atm	Alkaline 조건에서 바이러스 불활성
프리온	134 °C	18 min	3 atm	소각 및 매립으로 멸균 불가

<div style="text-align: center;">(주)에스티아이 보유 기술</div>				
기술명	Temp.	pH	Press	비고
Alkaline hydrolysis	90-150 ℃	12-14	1-5 atm	사용 환경에 따라 다양한 조건 적용 가능하며, 각종 병원성균 및 바이러스 완전 멸균

(2) 국내의 경우 전염병으로 살처분 가축사체 처리는 가축전염병 예방법 제 22조에 따라 신속히 소각 및 매몰해야 하며, 그 외의 전염병에 전염된 가축의 사체에 대해서도 적절히 처리를 해야 하지만 국내 축산 환경 여건상 방역차원의 긴급 매몰을 실시하고 있는 실정으로, 대규모 매몰 대상 살처분 가축의 증가로 부적절한 곳에 묻거나 매몰 방식을 준수하지 않고 매몰하는 사례가 보고됨.

> 매몰에 의한 침출수, 악취 등의 2차 오염이 발생되면서 종래의 방법과 달리 살처분 가축 처리 방법을 개선하고 환경오염을 최소화하기 위한 연구가 활발히 진행 되고 있음.

표 7) 대표적인 가축사체 처리방법 개선 및 연구현황

구분	처리방법	현황 및 문제점
매몰방식 보완	① 매립	- 매몰 후 3년간 관리 비용 발생 - 매몰지 부족 - 2차 환경오염 유발
	② 호기성·호열성 미생물 이용 매몰법	- 매몰형, 침출수 방지 및 퇴비 활용 * 비용부담 (돼지 600두당 6백만 원)
	③ 간이 저장조 저장법	- 원통형, 침출수 방지 및 액비활용 * 설치비용 소요 (200톤당 32백만 원) * 가축분뇨 액비 저장조 활용
	④ FRP (물통) 이용 사체 저장법	- 소규모 처리 및 관리의 필요
	⑤ 사체 고열과쇄 후 매몰/재활용법	- 간편 처리, 침출수 증발 및 퇴비 활용 * 고비용 (설치비 10-12억 원)
	⑥ 원위치 지중 열탄화 매몰 또는 재활용법	- 침출수, 악취제거 및 병원성 미생균 멸균 * 처리비용 미정 (약 1.5억 원)
비매몰 방식	① 이동식 소각법	- 잔재물 적음 (2-3%), 이동관리문제 * Hurikan 1000 (4.2억 원/대, 처리 1 톤/h)
	② 렌더링법	- 침출수 방지 및 재활용, 사체운송 위험 * 처리능력 (돼지 200두/일/개소), 처리비용 (성우 12-25만 원/두)
	③ 스팀 멸균처리법	- 오염방지, 잔존물 (20-36%) 처리 * 2톤용 돼지 120두/일 처리 (300백만 원)
	④ 가수분해	- 고효율, 단시간 처리 - 완전 멸균 - 악취 방지 - 침출수 방지 : 2차 오염 예방 - 부산물의 활용성이 높음

(3) 현재 대규모 매물처리 방식에서 중·소규모의 매물 시에는 수정·보완된 매물 처리 방법이나 렌더링(Rendering), 소각 등의 다양한 비매물식 처리방법이 시도되고 있으나, 인적·물적 자원이 지속적으로 지원되어야 하는 등 문제점이 여전히 잔존해 있는 실정.

## 2) 국외 기술 수준 및 시장 현황

### 가) 안락사 처리 현황

(1) 동물의 소규모 안락사 방법은 Penetration, Captive Bolt, Exsanguination, Pithing, KCl Injection 등에 국한된 방법연구가 수행. (미국 아이오와 주립대학, 2009) 미국수의 사회 (AVIMA, 1978) 는 동물의 안락사법에 대한 평가기준을 마련.

표 8) EU에서 사용하고 있는 축종별 안락사 처리방법

동 물	단순 기절방법	기절 및 안락사 방법
소, 송아지	Mechanical, Electrical	Electrical
양	Mechanical, Electrical	Electrical
돼지	Mechanical, Electrical	Electrical
	Gas Mixtures	Gas Mixtures
가금류	Gas Mixtures	Mechanical, Electrical
		Gas Mixtures
말		Free Bullet

> 가축 안락사에 관련하여 EU에서 현재 사용되고 있는 방법은 기계적(Mechanical) 처리 방법으로는 Free Bullet, Penetration captive bolt, Percussive Blow 방법이 있으며, 전기적(Electrical) 처리방법으로는 Electrodes eletrocution 및 Waterbath eletrocution 방법이 있음. 가스(Gas Mixtures) 처리방법으로는 CO<sub>2</sub> 가스, 가스혼합 CO 가스, Hydrogen Cyanide 가스 처리방법이 있음. 약물 주입(Lethal injection) 처리방법은 안락사를 위한 목적으로 마취제를 과량 사용하는 방법으로 즉, 근 신경계를 차단하여 마취 상태에서 죽게 하는 방법으로 가축의 스트레스 발생 없이 안락사 시키는 방법 활용.

(2) 현재 전 세계 적으로 소량의 폐사 가축 발생의 경우 기계적, 전기적 방법의 적용이 가능한 것으로 판단하고 있으나, 구제역 및 AI 등 다량의 폐사 가축 발생 시 대응 가능한 기술로 가스 처리방법이 중점 적으로 연구 되어 짐.

> 이에 대한 사용 가스는 크게 두 개로 나누어 짐. 첫 번째는 자체 독성을 가지고 있어 체내 투입 시 기관지 및 호흡기에 영향을 주어 소량의 가스로 높은 효과를 주는 활성 가스로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO) 등이 사용 되어 짐. 두 번째는 비 반응성 가스로 안정성이 높아 대기 중에 존재 하며, 체내 투입 시 자연스러운 호흡을 통하여 안락사 시켜 지는 비 활성 가스로 질소(N<sub>2</sub>), 헬륨(He) 이 사용 되어 짐.

> 비 활성 가스와 활성 가스 중에 대표적인 가스 비교가 아래와 같음. 활성 가스의 경우 약 60 % 이상의 농도가 요구되어 지지만, 비 활성 가스의 경우 95% 이상의 농도가 요구 되어 됨.

(3) 세계적으로 비활성 가스를 사용한 안락사 방법이 중점적으로 연구되어 지며, 95% 이상의

농도 유지를 위하여 별도의 Foaming system 개발 및 현장 적용 진행 중.

표 9) 활성 및 비 활성 가스 기술 비교

공 법	내 용
CO2 Gas (활성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hypercapnia(과탄산증)+Hypoxia(저산소증)에 의한 질식사 유도</li> <li>- 진정효과 없음, 공기보다 무거워 바닥부터 가스 차오름, 냉기 발생</li> <li>- 동물 및 사람은 CO2 수용체 가지고 있어 CO2 흡입 및 노출시 기피 현상 발생</li> <li>- CO2 가스는 약산성으로 점막에 자극을 유도하여 노출시 고통이 수반됨</li> <li>- 숨막힘, 두부 흔들기 등 질식사 전 의식소실이 없어 고통을 동반.</li> <li>- 액화가스, 드라이아이스 활용, 작업시 위험성이 있어 작업자 안전성 확보 필요</li> </ul>
N2 Gas (비 활성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anoxia(무산소증)에 의한 마취(의식소실) 후 안락사 유도</li> <li>- O2보다 우선 호흡됨, 공기와 쉽게 섞여 공간내 N2를 채우는데 어려움</li> <li>- 동물 및 사람은 N2 수용체 없음, N2 흡입 및 노출시 기피현상 없음</li> <li>- 경련은 유발되지만 두부 흔들기 등 고통 동반없이 점진적 안락사 처리됨</li> <li>- N2 gas-foam 활용한 방법 적용필요(액화 N2 가스 활용시 공기보다 가벼워 공기 중 O2 제거가 어려우며 95%이상의 질소 충전 불가능)</li> <li>- N2 가스에 노출시 인체에 해가 없어 작업자의 안전성이 확보됨</li> </ul>



그림 15) 소규모 농장처리 : 휴대용 N2 gas-foam 발생장치



그림 16) 대규모 농장처리 : 이동용 N2 gas-foam 발생장치



그림 17) Gas-Foam 현장 적용

## 나) 폐사가축 이송 및 처리 시스템 현황

- (1) 전 세계 국가 중 구제역 및 AI 등에 대한 동물사체 및 일반폐사가축 사체의 처리 우수 국가로 전 세계 적으로 Benchmarking 하는 국가로 네덜란드 선정 할 수 있음.
  - > 사육 밀도가 높고 집약형 축산업을 하고 있으며, 이러한 환경은 국내 축산 농가 분포 패턴과 유사함.
  - > 네덜란드에서 구제역이 발생한 2001년 소 240만 마리, 돼지 1,220만 마리를 사육 하였으며, 26개 농가에서 구제역 발생 1~2km 예방적 살처분을 시행 하여 2,985곳 에서 26만 7000마리 살처분 처리
- (2) 네덜란드는 국토의 전면적이 우리나라의 약 1/5로 41,526 km<sup>2</sup>의 크기로 지대가 낮아 매립지 선정에 어려움을 겪음. 이에 가축전염병 및 일반 폐사가축 발생에 대응 가능한 거점형 처리시설(Rendac)을 운영.
  - > 1일 2,600 이상 처리 가능한 시설을 네덜란드, 룩셈부르크, 벨기에, 독일에서 설치 운영 중
  - > 공사 성격으로 민간 기구에서 운영하지만 정부에서 감독하며 예산을 지원.
  - > 자체 방역설비를 갖춘 완전 밀폐형 운송차량을 통하여 전국적으로 발생하는 가축사체를 2차 전염 없이 안전하게 이송.
  - > 가축 전염병 확산에 의해 처리 용량의 한계 운영 시 사체를 냉동처리 후 연속 처리를 진행.



그림 18) 네덜란드 Rendac 전경

(3) 네덜란드 국내의 경우 2011년 기준 83 대의 특수 이송차량을 운행 중이며, 이를 실시간 관측을 통해 가축 전염병 발생 시 2차 전염을 최소화 함.

- > 완전 밀폐 특수 차량으로 가축사체 외부 노출에 의한 2차 전염 최소화
- > 단독 운행 가능하게 사체 이송 시설을 설치하고 있으며, 사체 상차 후 발생 지역 이송 시 차량타이어 등 2차 전염 주 발생 부분 자체 세척 기능 보유.



그림 19) 실시간 관리 시스템 (좌), 동물 사체 전용 이송 차량 (우)

(4) 전국적으로 발생한 동물 사체를 거점 처리 시설을 통하여 완전 멸균 처리를 진행 하며, 이때 발생한 부산물의 경우 Bio-mass 처리 진행.

- > 사체를 5cm 이하로 절단 후 85 ℃에서 저온 살균을 진행 하며 이후 133 ℃ 이상에서 20 분 소독 후 최종 부산물 분리.
- > 수분 70 %, 지방 10 %, 기타 부산물 20%로 분리 되는 부산물 중 유지 성분의 경우 연료 및 자원으로 활용하며, 기타 부산물의 경우 소각 처리.

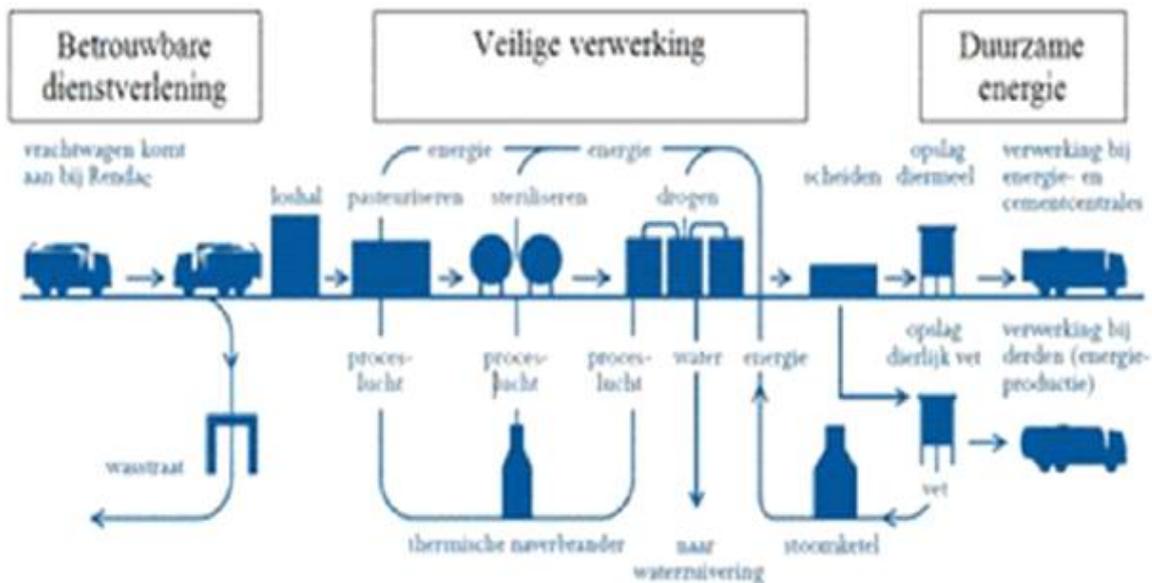


그림 20) 네덜란드 Rendac 처리 모식도

(5) 영국, 스웨덴 등 축산 선진국에서는 주로 구제역 등 질병 감염 가축사체를 운송 차량을 이용하여 렌더링(고온고압의 스팀처리) 방식으로 처리하며, 소규모 발생 시 소각 및 매물처리 하고, 최근 알칼리 가수분해 방법을 이용하여 학교 및 제약회사 등의 연구기관에서 소규모

로 개발하여 연구가 진행되고 있음.

(6) 영국에서는 2001년 구제역이 발생되자 가축 600만 마리를 살처분한 후 소각(29%), 매립(28%), 매립(22%), 매몰(18%)의 순으로 사체를 처리하였음.

(7) 영국에서는 침출수가 유출될 경우에도 지하수 오염을 최소화할 수 있도록 사용 관정으로 부터 250m 이상, 토양 조건이나 매몰 규모에 따라 500m 이상 떨어져야 하고, 매몰지 하부가 지하수면으로부터 최소 1m 이상 떨어지도록 선정

> 영국 정부에서 매몰지 사체 분해에 대한 장기 모니터링을 실시한 결과 사체 매몰 후 완전 분해 시 까지 10~12년 정도 소요되었고, 오염물질은 초기 5년 간 총 발생량의 약 70% 정도가 유출되며, 매몰지 침출수에 식중독, 랩토스프리증 등 각종 질병을 일으킬 수 있는 병원성 미생물이 있어 일반 매립지보다 가축매몰지가 인체 건강을 더 크게 위협하는 것으로 발표함.

표 10) 영국의 가축사체 처분방법별 정리

구 분	처분방법	현장사진	특징
소각 (Incineration)	발생농가 외부의 소각(화장)시설로 운반소각		<ul style="list-style-type: none"> <li>사후관리 필요 없음</li> <li>다량의 사체 처리 부적합</li> </ul>
정제 (Rendering)	발생농가 외부 정제시설로 운반, 소형화 후 처리		<ul style="list-style-type: none"> <li>환경적인 위험요소 적음</li> <li>다량의 사체 처리 부적합</li> </ul>
위생매립지에 매립 (Licensed landfill)	매립지로 운반 바이러스제거 후 쓰레기의 5~10%로 매립		<ul style="list-style-type: none"> <li>안정화 조기 진행</li> <li>침출수 다량 발생</li> </ul>
농경지 등에 매몰 (Burial)	농장 인근 또는 대규모 매몰지에 매몰		<ul style="list-style-type: none"> <li>산속매 대량 사체처리 가능</li> <li>사후관리가 어려움</li> </ul>

자료: 국립환경과학원 자료 재구성

(8) 전 세계 적으로 비 매몰 처리에 대한 연구가 적극적으로 이루어지고 있으며 신규 처리 기술인 Alkaline hydrolysis 방식은 1994 년부터 개발을 통해 관련 장비들이 판매 및 사용 되고, 환경 친화적인 처리 방법으로 각광받고 있음.

> 미국 캔저스 주 가축방역센터에서 발간한 ‘Carcass Disposal : A Comprehensive Review’에서 체내 주요 물질인 Protein, Carbohydrate, Nucleic acid 등을 분해 가능한 기술임을 서술.

> 광우병(BSE)의 발생 인자인 병원성 프리온은 접힌 구조(Folding structure)로 이루어져 높은 내열성, 내화학성을 나타내며, 단백질 분해 효소 나열, 방사선 및 포르말린 처리 등

의 방법으로 감염력 저하는 가능하지만 완전 멸균은 불가능한 것으로 알려져 있음.

> Hydrolysis의 방법은 세균 및 병원균을 멸균이 아닌 원천적으로 분해하는 방법으로, 실제 ‘WHO’의 광우병에 대한 멸균 방법 Guideline에서 Hydrolysis를 통하여 처리하는 것을 권장. (WHO Guidelines on Tissue Infectivity Distribution in Transmissible Spongiform Encephalopathies, 2006)

(9) Alkaline hydrolysis는 해외에서 소각 및 매립 방법으로는 처리가 힘든 프리온 단백질 (광우병)의 완전처리가 가능한 기술로 알려짐.

(10) 미국, 캐나다, 영국에서는 사람 및 동물 처리·장례 방법으로 승인하고 있으며, 이외 가축  
> 해외의 경우 1990년대부터 실험동물 및 각종 해부학 재료, 바이러스에 오염된 동물 사체, 해부학 폐기물을 별도의 이송에 따른 2차 오염을 방지할 수 있는 기술로 Alkaline hydrolysis를 활용 하여 각종 연구소 및 대학기관에 설치 활용하고 있음.

> Alkaline hydrolysis는 완전 멸균이 가능한 기술로 의료 폐기물 발생 시 발생 지역에서 완전멸균 처리할 수 있도록 각 국에서 허가되어 각종 의료 기관에서 활용되어 짐.

> 구제역 바이러스는 76℃ 하에 7초나 pH 11.0 이상에서 빠르게 사멸되며, AI 바이러스는 75℃ 이상 5분 내에 완전 사멸하며 알칼리 조건 하에 AI 바이러스가 불활성 되는 것으로 알려짐(AI 특별 홈페이지, Journal of Life Science 2007 vol. 17. No. 3. pp.340-344).

사체 처리 및 의료 폐기물, 실험 폐기물 처리 기술 개발이 활발히 이루어 짐.

표 11) Alkaline hydrolysis 장례 및 장묘 관련 허가 지역

국가	지역				
캐나다	온타리오주		퀘벡주	서스캐처원주	
미국	캘리포니아주 미시건주 미네소타주	메인주 아이다호주 네바다주	콜로라도주 일리노이주 오리건주	조지아주 케자스주 버몬트주	플로리다주 메릴랜드주 와이오밍주
영국	햄프셔				



그림 21) Alkaline hydrolysis를 활용 사례

## 유기성 폐기물 처리기 설치 및 운영 사례

업체/기관명	설치시기	처리 대상	처리주기
Albany Medical Center	1993	설치류, 토끼류, 양, 돼지, 염소	1회/일
Allergan, Inc.	2001	설치류, 토끼류	1회/일
Biocon, Inc.	2002	설치류	2회/주
Colorado State University	2002	해부학 재료, 광우병 포유류	2회/일
Genentech, Inc.	2003	설치류, 토끼류	2회/주
Smithkline Beecham, Glaxo	1997	설치류, 토끼류	2회/주
Health Canada, Winnipeg	2000	TSE 감염 설치류	
Illinois Department of Agriculture	2003	가축, 로드킬, 사슴	1회/일
Florida Division of Animal Industry	2003	동물 부검 조직 물류	1회/일
Lexicon Genetics, Inc.	2002	설치류	1회/일
Methodist Hospital	2001	돼지, 양, 해부학 의료 폐기물	
Research Foundation For Mental Hygiene	2003	TSE 감염 설치류	3회/주
Sierra Biomedical, Inc.	2002	원숭이, 동물성 폐기물	1회/일
Immunex	2003	설치류	
South Dakota State University	2003	해부학 의료 폐기물	1회/일
Humane Society of St. Joseph County, Inc.	2002	고양이, 개, 안락사 동물	1회/주
State University of New York, Binghamton	2002	설치류, 해부학 의료 폐기물	4회/주
Smithkline Beecham Pharmaceuticals, Rennes	1998	설치류	
Texas A&M Research Foundation	2002	가축, 말	1회/일
Tranxenogen, Inc.	2002	닭	1회/일
Tulane University Medical Center	2003	원숭이	1회/일
University of Florida	1998	실험동물 폐기물	1회/일
USDA-APHIS, Ames	2003	TSE 감염 설치류	
USDA-ARS, Laramie	2000	실험동물 폐기물	
State of Wisconsin and USDAAPHIS	2003	합격판정 TEST, CWD 감염 사슴	
WR2		가축	
Seiko Intemational-Obahiro University, Tokyo	2003	TSE 감염 설치류	
Instiute for Animal Health, Edinburgh	2000	동물성 폐기물	
Florida State Anatomical Board	1996	해부학 의료 폐기물	1회/일

\*Report prepared by the National Agricultural Biosecurity Center Consortium Carcass Disposal Working Group

## 해외 의료폐기물 처리 설치 운영 사례

업체/기관 명	지역	업체/기관 명	지역
Albany Medical Center	뉴욕주	Institute of Animal Health	영국
Alberta Agri Food Lab	앨버타주	IU Health Group	인디애나주
Alcon Labs	텍사스주	Kansas State University	미국, 뉴욕
Allergan	캘리포니아주	La Trobe University	오스트레일리아
Amgen	워싱턴주	San Diego Zoo	캘리포니아주
Auburn University	앨라배마주	USDA	아이오와주
Binghamton University	뉴욕주	Mayo Clinic	뉴욕주
BioPort	미시간주	Medical Waste Services	뉴저지주
Boston University	매사추세츠주	Merck Boston Research	뉴욕주
Children's Hospital	오하이오주	Methodist Hospital	인디애나주
Colorado State University	콜로라도주	USDA Laramie ARS	와이오밍주
CSL Behring	오스트레일리아	Mississippi State University	미국, 미시시피주
Elba Diagnostics	아이다호주	White Rose Environmental	영국
Embrex	노스캐롤라이나주	Mt. Sinai Medical Center	뉴욕주
Health Canada	캐나다	NIH	메릴랜드주
FLI Reims	독일	Northwestern University	일리노이주
Ft. Sam Houston	텍사스주	USDA	워싱턴주
Geisinger Health	버지니아주	Ohio State University	오하이오주
Genentech	캘리포니아주	Penn State	텍사스주
Glaxo, Smith, Kline	펜실베이니아주	Pfizer	미시간주
Glaxo, Smith, Kline	프랑스	Rockefeller University	뉴욕주
Sterile Technologies Group	아일랜드	University of Hawaii	하와이주
Wil Research	오리건주	University of Kentucky	켄터키주
Syngenta Crop Protection	노스캐롤라이나주	University of Louisiana	루이지애나주
Texas A&M	텍사스주	University of Minnesota	미네소타주
Tokyo University	일본	University of Pennsylvania	펜실베이니아주
Tulane Primate Center	루이지애나주	University of Wisconsin/	위스콘신주
UC-Lawrence Livermore	캘리포니아주	Virginia Hospital Center	텍사스주
University of Colorado	콜로라도주	University of Georgia	조지아주
University of Florida	플로리다주	Hershey Medical Center	펜실베이니아주
Ohio Department of Agriculture	오하이오주	Sierra Biomedical Charles River	네바다주

\* BioSAFE engineering

## 다. 최종목표

- 1) 가축 전염병 확산방지를 위한 전 축종용 대응량 안락사 기술 개발 (1차년도)
  - 가) 동물의 복지를 고려한 효율적이고 신속한 안락사 기술 개발
  - 나) 질병 전파를 신속히 차단하는 1분당 25루베 이상 발포 가능 기술 개발
- 2) 가축 전염병 확산방지용 전용 이송 시스템 개발 (2차년도)
  - 가) 가축전염병 및 일반폐사가축 대응 가능한 전용 이송 차량 개발
  - 나) 완벽 밀폐 구조로 대기압 이상 가압 대응 가능 구조 개발
  - 다) 내 외부 소독 시스템 구축 기술 개발
- 3) 대응량 폐사가축 대응 가능한 거점 처리 시설 시스템 구축 (3차년도)
  - 가) 거점 처리시설 구축용 기초 운영 조건 선정
  - 나) 효율성 증대를 위한 분쇄 및 밀폐 기술 개발
  - 다) 파일럿 장비 개발 및 운영

## 라. 세부목표

- 1) 본 과제를 통하여 자사에서 구축하고자 하는 시스템은 가축 전염병 발생 시 안락사를 시작으로 거점 처리 시설로의 이송 후 처리를 진행 하는 융합 시스템(Convergence system)을 개발 함에 있음. 이 시스템은 가축 전염병에만 대응 하는 것이 아니라 자연폐사 및 일반 폐사가축, 도축장에서 발생하는 폐기물 처리가 가능한 이점이 있음.
  - 가) 현재 가축 전염병 발생 시 대응 긴급 대응 지침을 보면 가축 전염병 발생 시 안락사 처리 함이 등재 되어 있으나, 2 차 전염 방지를 위하여 빠른 처리가 중점적으로 이루어 짐에 제대로 된 안락사가 이루어지지 않고 있음.
  - 나) 자사에서 개발안 안락사 기술은 현재 긴급 대응 지침에도 등록되어 있으며, 실제 구제역 및 AI 현장에 적용. 그러나 현장 적용 사례 분석 결과 단일 농장에서 발생하는 가축전염 병에는 대응이 가능하지만, 2018 년 발표와 같이 3 km 이내 살처분 시 72시간 이내 처리 는 어려울 것으로 판단 되어 짐.
  - 다) 이에 자사에서는 기존 질소 거품 안락사 장비 대비 5 배 이상의 효율성을 가져 빠르게 처 리 가능하며, 차량 탑재용으로 변경 이동성을 극대화 장비를 개발 하고자 함
  - 라) 특히 단일 장비로 AI 및 구제역 전 축종에 도입이 가능 최적화 된 안락사 장비를 개발 하 고자 함.
- 2) 2012년 이후 가축 전염병 발생 시 비 매물 처리 중심으로 처리 하고자 하였으나, 실제 현장에서는 FRP 및 PE 탱크를 통한 매물을 중심으로 진행 하고 있음. 비 매물 처리의 한가지 방법으로 사용 되고 있는 렌더링(Rendering) 기술은 사체를 고온·고압의 스팀으로 열·멸균 후 부산물을 퇴비 등에 활용하고 지방은 기름이나 바이오 디젤 등의 제조에 사용되고 있는 기술이지만, 실제로는 사체 더미의 외부만 멸균 처리되는 미봉책에 불과한 방법.
  - 가) 가축사체 처리가 제대로 되지 않으므로 현장에서 기피되고 있으며, 운영 시 다량 발생하 는 스팀으로 인한 민원이 끊임없이 제기되고 있음.
  - 나) 렌더링 방법은 개선을 거듭 하지 못하고 현재 연구도 수행되지 않고 있어 구제역 발생 시 사용하지 않고 있는 실정.
- 3) 현재 국내 정책의 방향은 해외 사례를 벤치마킹 하여 거점 처리시설을 구축 하고자 함.
  - 가) 이동형 처리 기술의 경우 발생지에서 처리 함에 따라 이동을 최소화 하여 2 차 오염을 최

소화 할 수 있음. 그러나 완벽한 운행이 가능한 장비가 시장에 제시 되지 않아 실제 운행 되지 않는 상황 임.

나) 이에 FRP 및 PE를 통한 매몰이 진행 되고 있음. 그러나 지속적인 가축전염병 발생 및 추가 매몰지의 확보에 어려움에 매몰지 확보가 불가능 하여 2차 환경오염의 원인으로 제기.

4) 자사에서는 Alkaline hydrolysis를 활용한 폐사가축 처리기 및 매몰지 처리 장비 개발을 완료 하였으며, 실제 현장에서 적용되고 있는 상황임. 가수 분해 시스템은 저온 저압에서 운행 되어 악취 및 스티프의 발생이 최소화 되어 민원 발생이 적으며, 완전멸균 처리 가능한 시스템 임.

가) Alkaline hydrolysis 시스템을 활용한 거점 처리 시설 개발을 통하여 가축 전염병 및 일반 폐사가축 처리용 시설을 개발 하고자 함.

5) 거점 처리 시설 개발에 있어 요구 되는 장비는 동물 사체를 2차 오염이 없이 이송 가능한 시스템 임. 국내의 경우 동물 사체 이송용 처리 장비가 없으며, 일반 차량을 통한 이송에 2차 전염 발생 가능성이 높음. 국외의 경우 전문 이송 차량을 통하여 오염 및 민원 최소화.

가) 자사에서는 거점 처리 시스템 개발에 맞추어 전문 이송 장비 개발을 통하여 완벽한 융합 시스템 구축을 진행 하고자 함

6) 이때 발생하는 처리 부산물은 동물성 유지 및 육분 등으로 재활용 가능 형태로 전환 가능.

가) 소각 및 매몰 방법으로 가축사체를 처리할 경우, 가축사체의 재활용 불가함.

나) 국내 가축 재활용에 대한 연구는 가축 분뇨의 퇴비화가 주를 이루며, 가축사체의 재활용 연구는 미미하고, 그 연구 규모가 lab 수준임.

다) 당사의 가축사체 처리 기술로 가축사체 처리 후 생산되는 액상 부산물은 아미노산 함량이 높아서 비료·사료의 원료로 이용가치가 뛰어나며, oil 성분은 사료의 원료로서 사용이 가능하고, 또 분리된 뼈는 인질비료로 토양의 지력을 높이는 데 사용 가능함.

라) 본 사업을 통해 가축사체 처리 후 생산되는 액상부산물을 단순히 비료의 형태로 바꾸는 것이 아닌, 산업화를 통해 고기능성 액상비료를 개발하여 농가의 소득 증대와 경쟁력 강화에 큰 기여를 하고자 함.

마) 부산물 활용에 관련하여 순천대학교 공동개발을 통하여 제조된 액체 비료 검증을 완료 하였으며, 폐기물로 분류되는 가축 사체를 처리함과 동시에 자원의 재활용기술 하는 융합 시스템 구축은 최고의 시너지 효과를 창출할 것으로 사료됨.

## 마. 연차별 개발목표 및 내용

1) 대용량 안락사 처리 시스템 구축 (1차년도)

가) 자사에서는 현재 소형 안락사 장비를 개발하여 AI 및 구제역 현장에 적용.

(1) 현행 Spec.은 25 m<sup>3</sup> 처리 시 20 분 가량 소요. 이는 가축전염병 긴급 대응 매뉴얼(SOP)에 따른 평균 축산 농가(양계 100,000 수, 양돈 5000 수)에 대한 24 시간 이내 처리 가능.

(2) 그러나 2018 년 농림 축산 식품부 발표에 따르면, 발생 농장을 중심으로 3 Km<sup>2</sup>에 대한 살처분으로 변경. 국내 축산 환경이 대부분 지역에 물려 있는 점을 고려해 보면, 현행 시스템에 대한 안락사 적용이 어려울 것으로 판단 되어짐.

나) 자사에서 개발하고자 하는 대용량 폐사가축 처리기능 현장 적용 사례를 근거로 하여 현장 접근성 및 효율을 극대화 하고자 함

(1) 질소 가스 발포 시스템을 개선하여 대용량으로 대응 가능한 시스템을 구축하고, 기존

대비 5배 이상의 효율을 가진 장비 개발

- (2) 차량에 상하차가 가능하고 단독 운행이 가능한 장비 시스템을 개발 가축 전염병 비 발생시 하차하여 일반 차량으로 운행 가능 하며, 가축 전염병 발생 시 상차하여 가축 방역 장비로 전환 가능한 시스템 개발

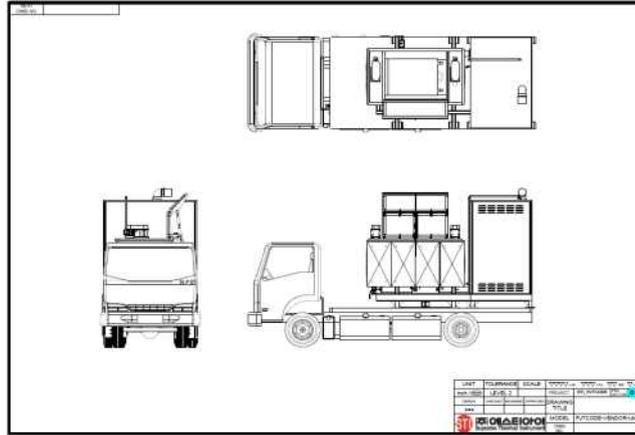


그림 22) 폐사가축 안락사 시스템

2) 가축전염병사체 및 폐사가축사체 운송시스템 개발 (2차년도)

가) 거점 처리 시설 구축에 있어 처리 방법 및 효율성이 기본 적으로 요구 되어 지나, 이를 활용 가능한 기술의 기본 요구 사항 중 이송 시스템에 대한 개발이 중요함.

(1) 현행 일반 차량을 통한 이송은 외부에 가축 사체가 노출 되어 민원 발생의 주요 원인이 되며, 특히 가축 전염병 발생 시 2차 전염의 원인이 되어 짐.

나) 해외의 경우 전문 이송 시스템을 개발하여 가축 사체 이송 시 발생 가능한 2 차 오염을 미연에 방지하였으며, 실시간 관리를 통하여 가축 전염병에 대응 시스템 강화.

다) 자사에서는 국내에 전무한 가축 사체 이송 시스템 개발을 위하여 해외 사례를 벤치마킹 하여 전문 이송 시스템을 구축 하고자 함.

(1) 개발 장비는 완전 밀폐 구조로 대기압 이상의 내압이 가해져도 외부로의 누출이 없음.

(2) 내 외부에 세척이 가능한 시스템이 자체 구축되어 있어 이송시 발생 할수 있는 2차 전염 방지 기술 도입

(3) 다양한 작업환경에 적용 가능한 크레인 및 처리 시스템 등 다양한 모듈 시스템 개발

라) 거점형 처리 시스템 구축을 위하여 처리 조건 확립 및 3차년도 대응준비

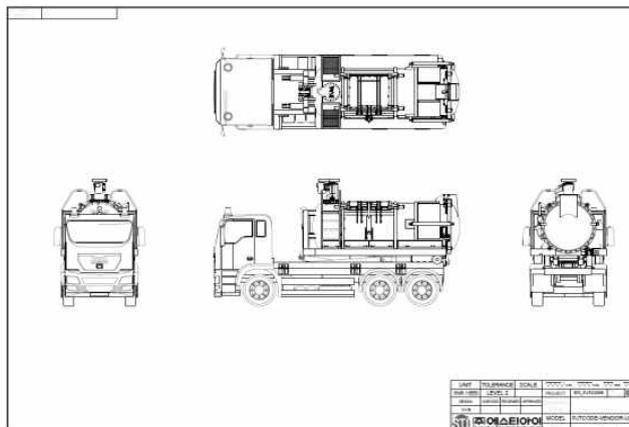


그림 23) 폐사가축 이송시스템

### 3) 거점처리시스템 구축 및 개발 (3차년도)

가) 자사에서서는 1차, 2차년도 개발 기술을 기반으로 하여 총괄적인 융합시스템 (Convergence system)의 최종 기술인 거점처리시설에 대한 Pilot 장비를 개발 하고자함.

나) 거점 처리 시설은 5 톤 이상의 물량을 4시간 이하 처리를 목표로 진행하고자 함

(1) 자사에서서는 이전 매물지 처리 및 일반폐사가축 처리 시스템을 개발하였으며, 처리 시간은 5시간 이상으로 운행 되어 짐.

다) 장비 내 분쇄 시스템을 도입하여 장비의 처리 효율 극대화 설계 도입 예정

(1) 기존의 시스템의 경우 야외에 노출이 된 분쇄부와 멸균 처리를 진행하는 처리부가 별도로 구성되어 있어 가축 전염병 사체 처리 시 분쇄부에 대한 멸균 문제가 제기되어 지며, 2차 전염에 대한 원인 중 하나로 알려짐.

(2) 자사에서서는 분쇄부와 처리부를 일체화 하여 전 공정에 대한 완전 멸균 처리를 진행하며, 분쇄를 통하여 처리 효율을 극대화 가능한 시스템 개발

라) 본 과제를 통하여 자사에서서는 거점형 Pilot 장비를 개발 운영 하여 처리 효율성 및 시장성 기초 Data를 확보 하며, 차후 거점형 기본 Modeling화.

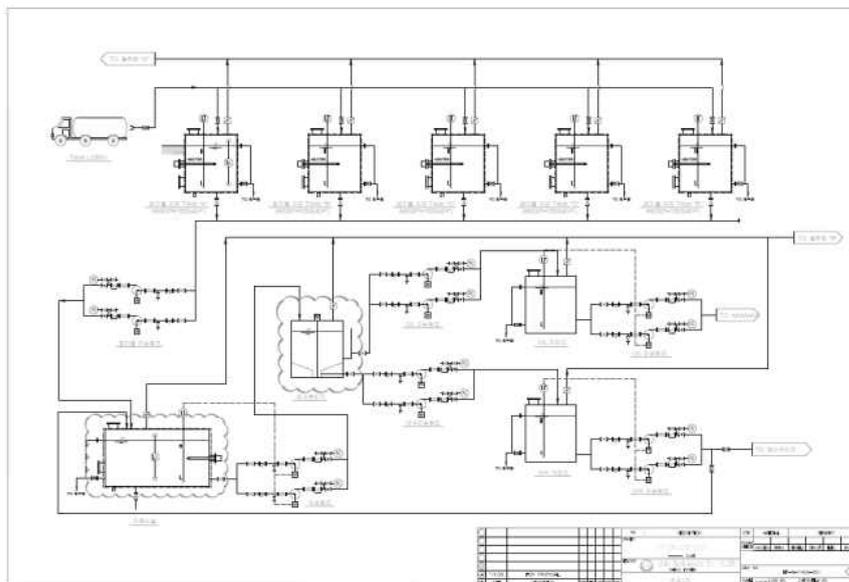


그림 24) 폐사가축 거점처리 시스템

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 가. 대용량 안락사 장비 적용 거품액 제조 및 제조장치 개발

가) 개발내용

(1) 본 시스템 개발 전 안락사 전용으로 개발된 거품액의 최적 제조 조건 확립 및 Lab. Test 용 장비 개발.

(2) 대용량 안락사 장비 개발에 앞서 현재 가스거품을 이용한 안락사 방법은 국내에 유일하게 본사에서 기술을 보유하고 있으며 그로인해 동물 안락사 전용 거품액은 보급되고 있지 않음. 이에 안락사 처리 환경에 맞게 동물에 자극이 적고 토양에 문제를 야기 시키지 않는 원재료를 사용하여 개발된 거품액(특허, 제10-1709091호)의 현장 적용을 위한 제조 조건 및 제조 장비를 개발.

나) 도면

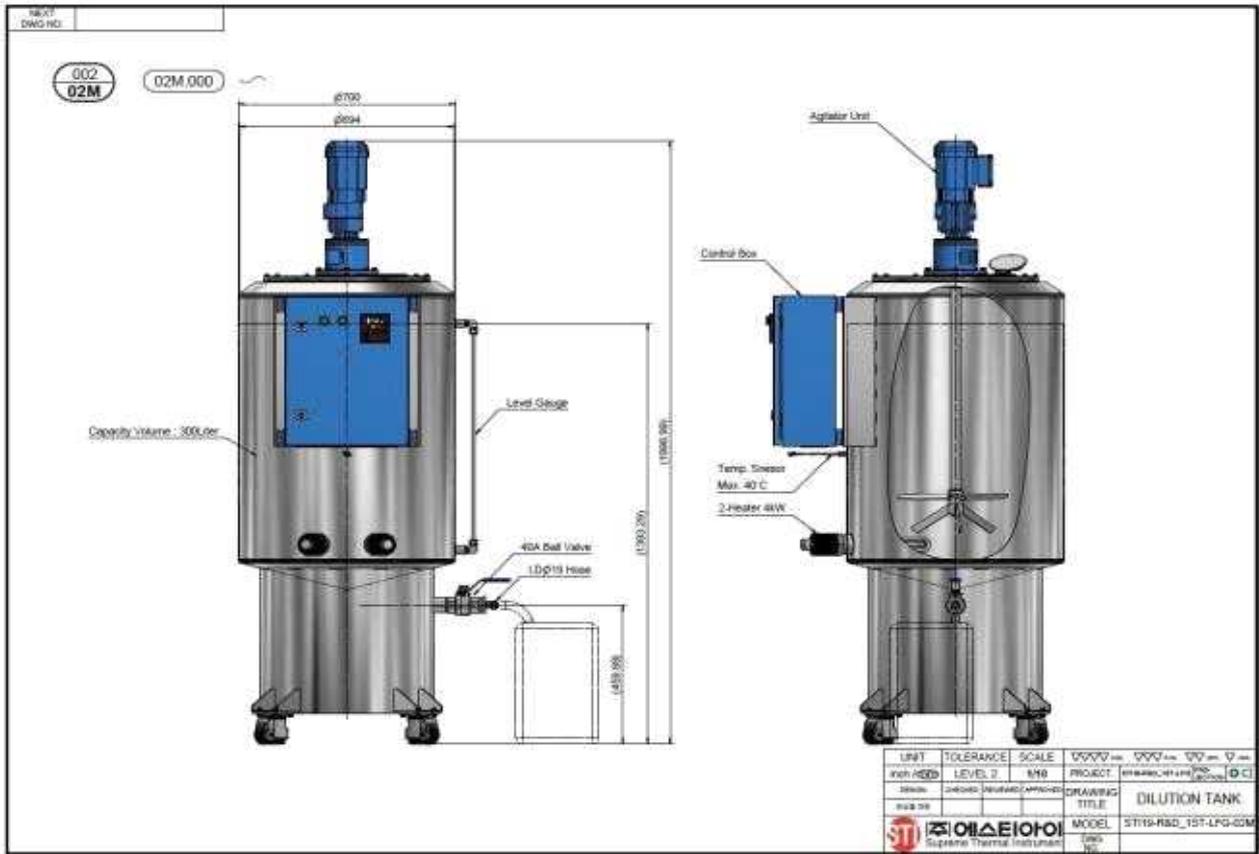


그림 25) 장비 전체 도면

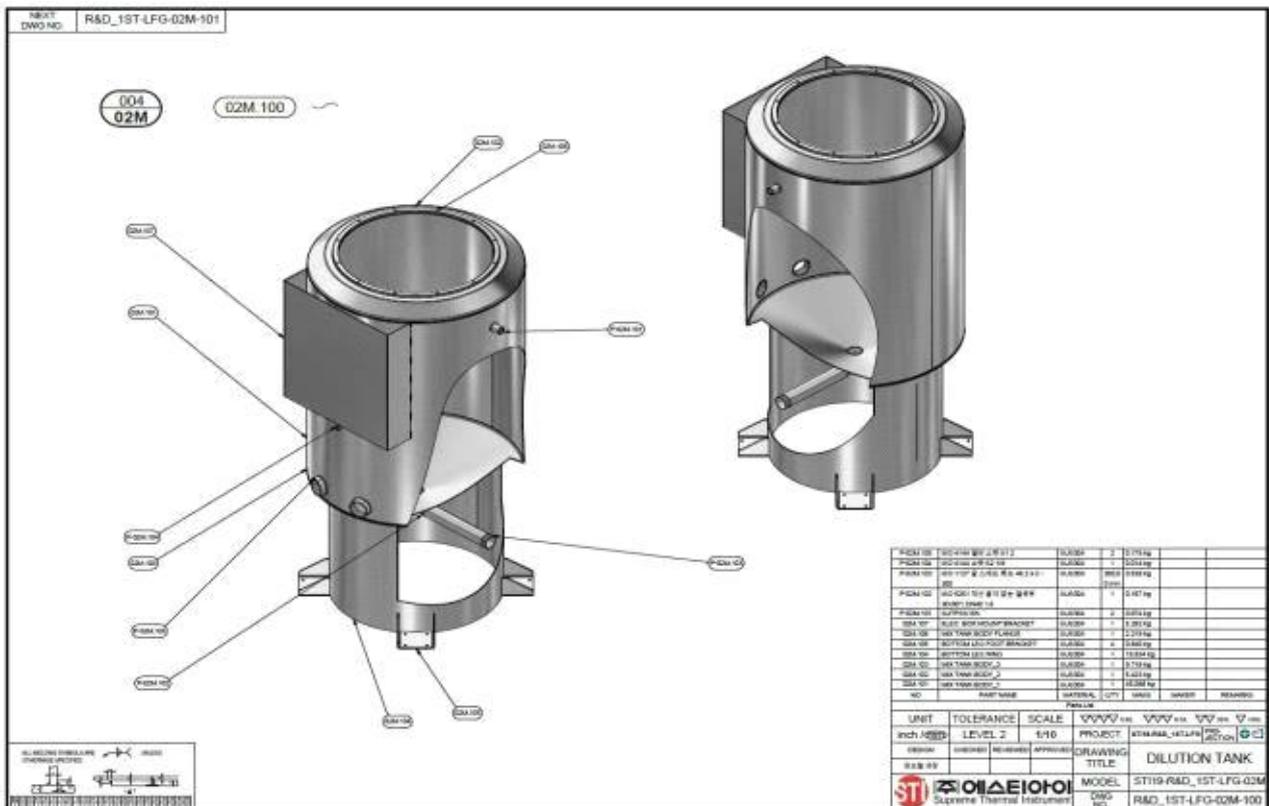


그림 26) 챔버 도면

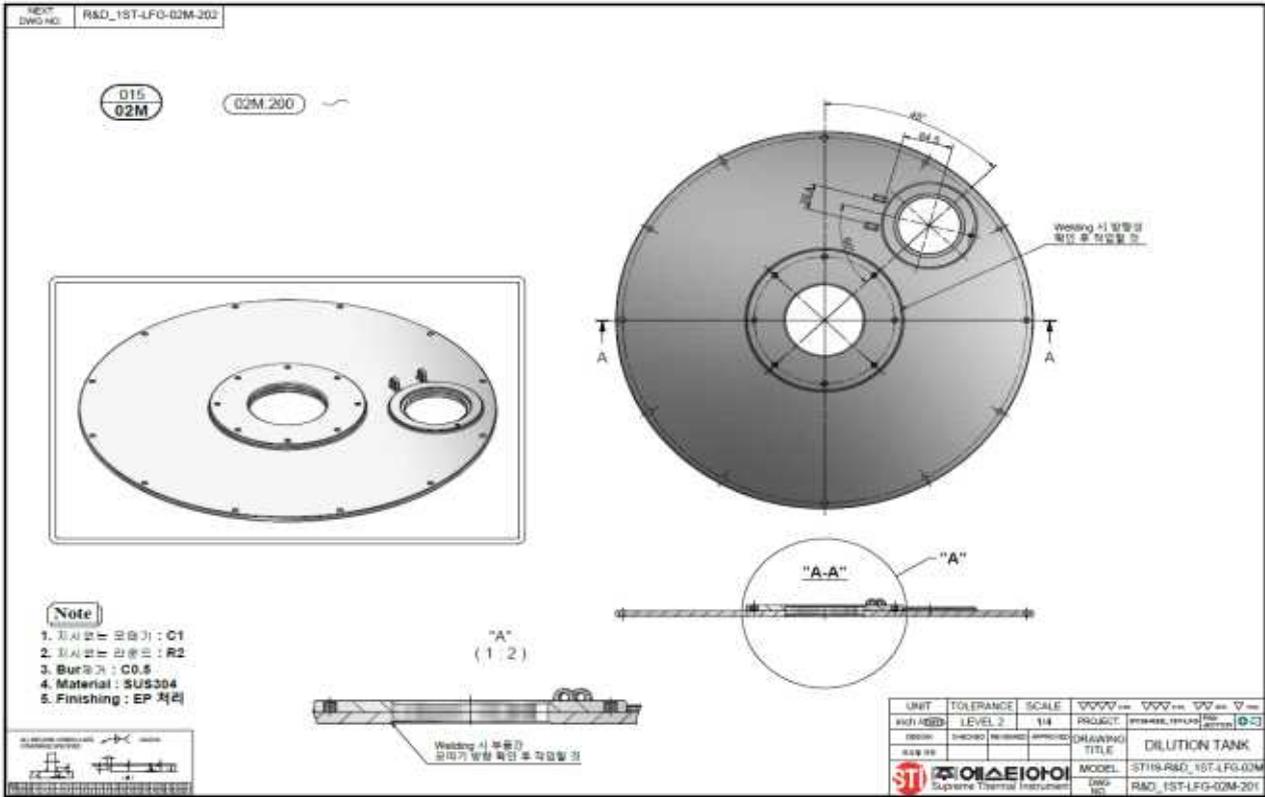


그림 27) 도어 도면

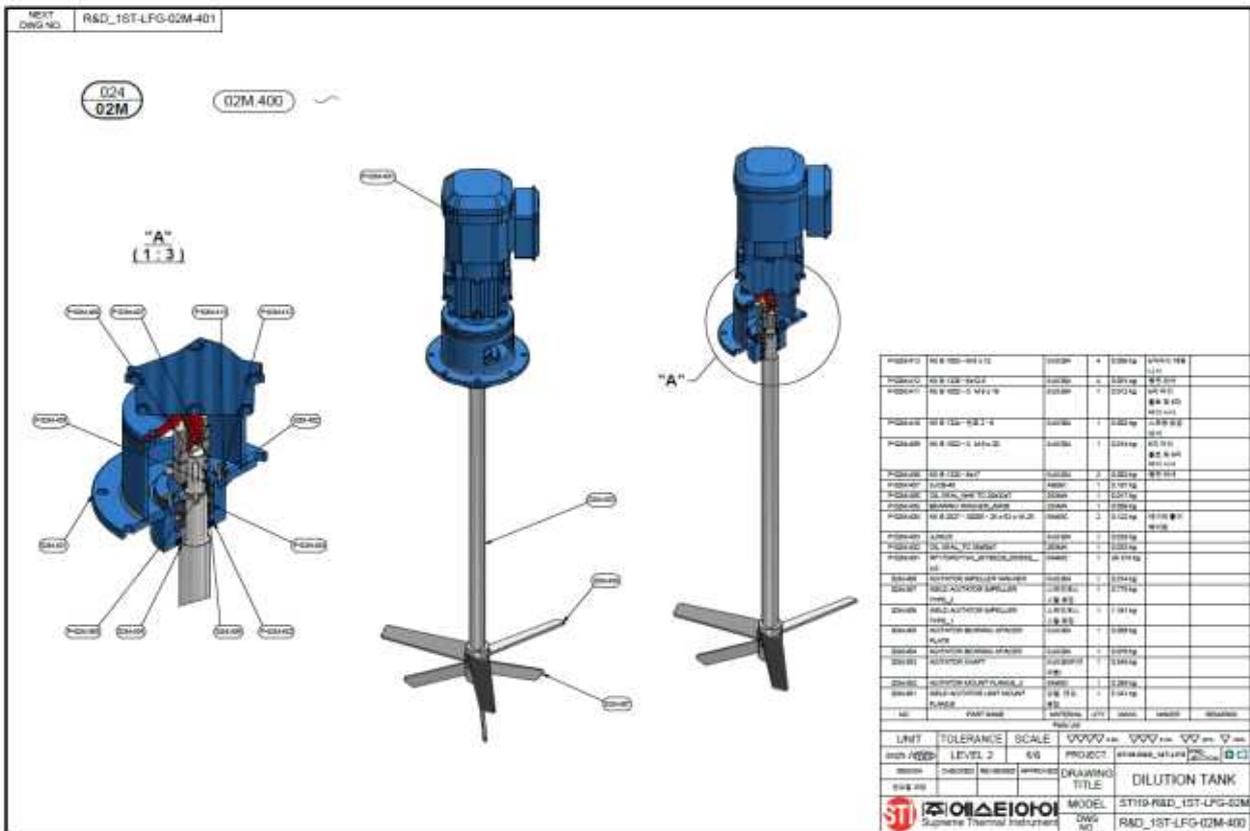


그림 28) 교반기 도면

다) 제작 사양

표 12) 거품액 제조장치 상세 사양

분 류		거품액 제조 장치
규 격	챔버 용량(L)	300
운행 조건	온도(℃)	30~40(Max.50)
	압력(atm)	≥1
	교반속도(rpm)	300~400(max. 500)
type	컨트롤	레버(수동)
	배수	중력 배수
가열체		전기히터 (4kW *2ea = 8kW)
교반속도(rpm)		300

라) 장비 제작



그림 29) 장비 제작 사진

마) 장비 Lab. Test 조건 확립

(1) 조건 실험

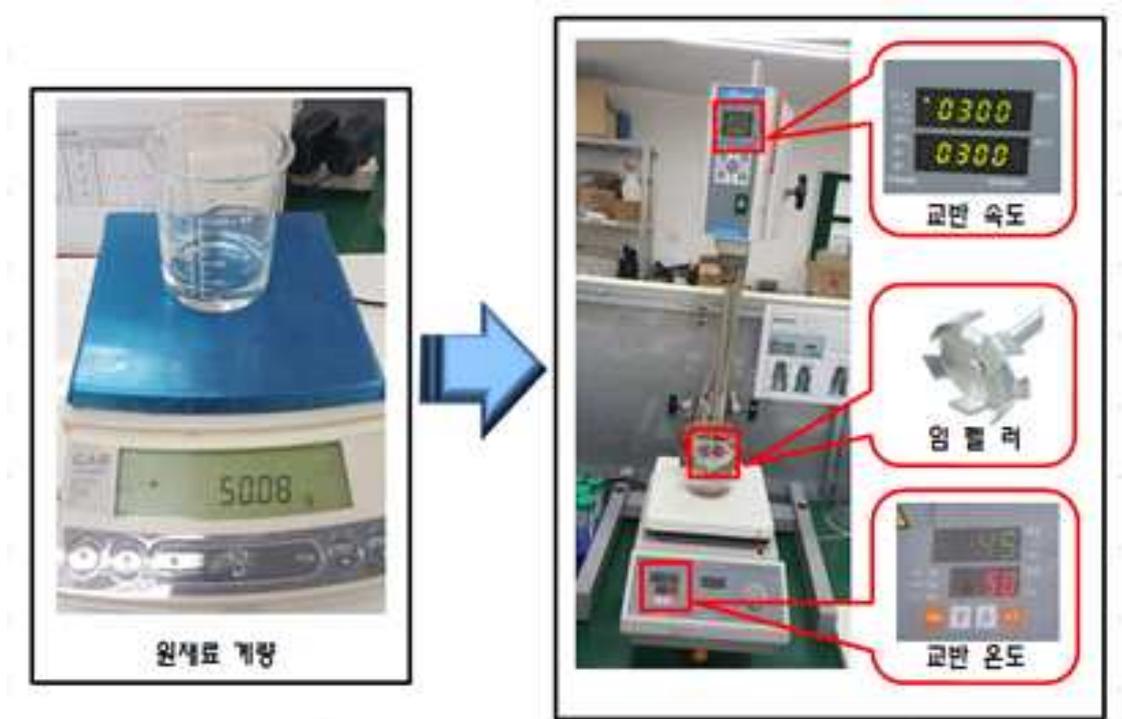


그림 30) Lab. 조건 모식도

① Lab. Test 조건

㉠ 원재료 각각의 Melting Point 및 Boiling Point를 고려하여 교반온도 선정하였고, 교반에 따른 분산 효율을 높이기 위한 조건으로 임펠라 구조, 교반속도, 교반 시간을 선정

② 조건 확립 결과

표 13) 조건 확립 결과

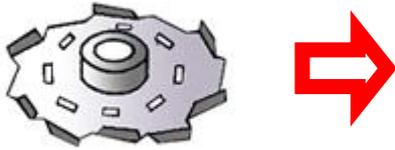
항 목	내 용	항 목	내 용
교반속도(rpm)	300	교반 시간(hr.)	5
교반온도(℃)	50	임펠라 구조	Dispersed Turbin
<Lab. 교반순서> 원재료 계량 -> 조건설정(온도, 시간, 속도) -> 교반			

(2) 개선 필요 사항

① Scale up 생산 시 Lab. Test 결과와 상이한 물성결과가 도출될 수 있으므로 고려하여 임펠라 구조, 교반시간의 증가가 필요함.

㉠ 개선 사항 임펠라 구조 변경

표 14) 임펠라 변경 사항

항목	고점도	저점도	비 고
Pic.			거품액의 점도 43CP(저점도)
구조	Dispersed Tubbine	Pitched Paddle	
용도	고속용, 고점도의 분쇄, 에멀전 화	저, 중속용, 중점도의 혼합, 용 해	
변경 내용	거품액의 제조 시 제조 온도(50℃)에서는 저점도(43CP)이며 측면 및 하부 방향으로 회전시켜 분산 효율을 극대화		

(3) Lab. 제조 거품액 & 대상품 대비 물성 비교

① 물성 비교 결과

㉞ 용도가 다르지만 거품의 발포, 저장 안정성, 기포유지시간의 물성을 중점으로 하여 대상품 대비 거품액의 물성은 유사하거나 뛰어나나 토양오염성 및 피부 저자극성의 원재료로 대체하여 유사 배합비를 도출

표 15) 거품액&대상품 물성비교

항목	대상품	거품액	규 정
형 상	열은 갈색 액체	열은 갈색 액체	-
비 중 (-)	0.98±0.03	0.98±0.03	KS A 0601
pH	5.6	5.0	-
어는점 (℃)	-13.5	-15	KS M 0003 : 2011
고형분 (%)	28.3	39.9	KS M 6638
기포성	기포 부피(ml)	620	600
	지속 시간(hr.)	8	8
	기포 크기(mm)	3	5
	발포율(%)	800	900
저장 안정성 (층분리)	-10 ℃	無	無
	20 ℃	無	無
	50 ℃	無	無

② 비교 물성의 주요 Factor 및 물성에 미치는 영향

표 16) 기포 물성

항목		비 고
어는점		겨울철 사용함으로 낮은 온도에서 결빙이 되지 않음이 유리 (결빙이 거품액의 물성 저하 요인이 됨)
기포 성	지속시 간	안락사 시 발생 거품의 유지가 길수록 유리
	기포크 기	기포크기가 3~5mm 적합 (거품의 크기가 3mm 이하일 경우 사용되는 거품액 소모량 大) (거품의 크기가 5mm 이상일 경우 안락사 되는 가축의 움직임에 쉽게 파포가 이루어져 거품 유지력 저하)
	발포율	거품액 소모량 및 안락사 처리 시간에 영향을 줌 (발포율이 좋을수록 유리)
저장안정성		여름철 보관 온도 및 겨울철 사용온도에 따른 물성 비교 시 물성 변 화가 無

(4) Pilot 장비 운행 시험

① 운행 시험 목표

㉠ Lab. 조건과 동일한 물성을 가지는 거품액 제조



그림 31) 거품액 제조 순서

② 운행 시험 결과

㉠ Lab. & Pilot 장비 적용 제조 물성 비교 시 동일한 물성을 가짐.(어는점, 기포성, 저장안정성)

㉡ Lab. 제조 시 Oil Bath에 비커를 사용하여 균일 온도 분포가 가능하였으나 Pilot 제조시 히터를 사용하여 가열함으로 가열 후 교반하여 제조 시 Setting 온도보다 15~20℃ 이상 순간적으로 상승되는 현상을 보임.

㉢ 가열 후 교반 시 히터 주변에 국부적으로 가열된 거품액이 교반 시 균일하게 온도가 분포되면서 승온되는 현상이 나타나는 것으로 사료되고 이는 교반과 함께 가열함으로써 온도 상승 문제 해결함.

표 17) 거품액(Lab.) & 거품액(Pilot) 물성 비교

항목	거품액(Lab.)	거품액(Pilot)	규 정
형 상	열은 갈색 액체	열은 갈색 액체	-
비 중 (-)	0.98±0.03	0.98±0.03	KS A 0601
pH	5.0	5.0	-
어는점 (°C)	-15	-15	KS M 0003 : 2011
고형분 (%)	39.9	39.9	KS M 6638
기포성	기포 부피(ml)	600	610
	지속 시간(h)	8	8
	기포 크기(mm)	5	5
	발포율(%)	900	910
저장 안정성 (층 분리)	-10 °C	無	無
	20 °C	無	無
	50 °C	無	無

(5) 대량 생산 시 Process

① 대량 생산 시 원재료 코드화로 인한 제품 생산의 기밀화, 원재료의 계량의 용이성을 위한 일정온도(30°C)에서 보관, 원재료 투입 및 교반, 제품 포장 순으로 진행하고 제품의 안정화를 위해 1주 보관함으로 거품액의 물성을 안정화 시켜줌.

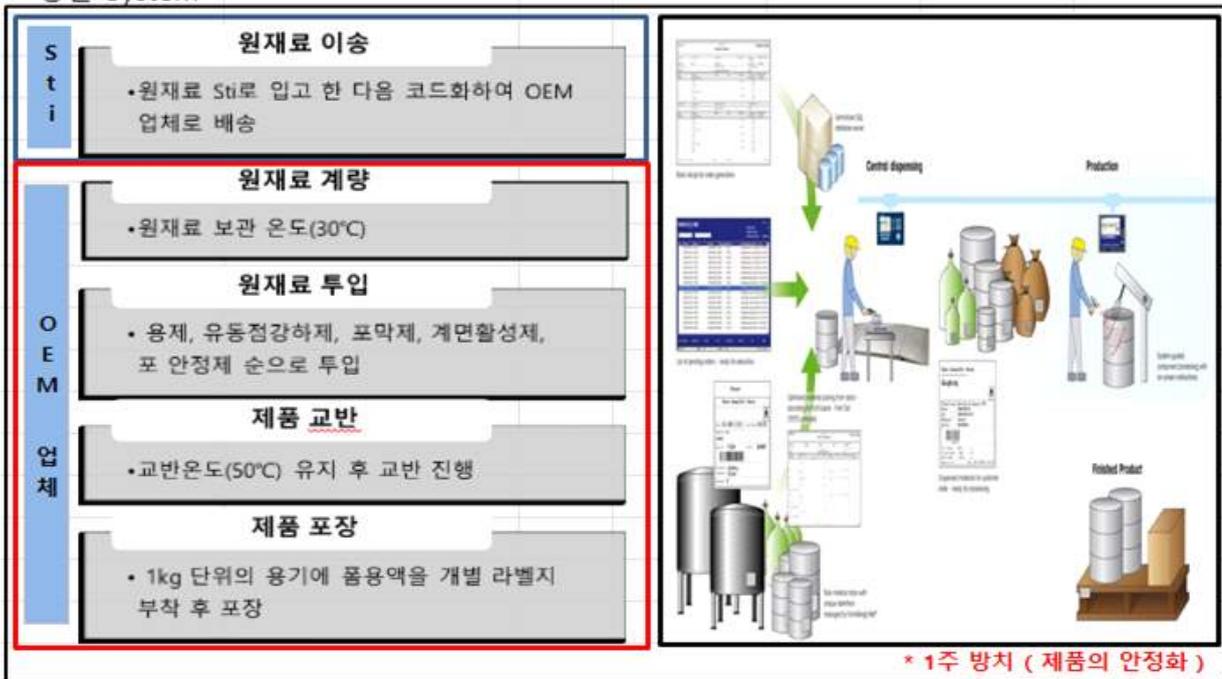


그림 32) 대량 생산 process

(6) 거품액 토양오염도 검사

- ① AI 및 구제역 등의 전염병 가축의 안락사 시 사용되는 거품이 2차 오염의 문제를 발생 시키는 부분을 미연에 방지하기 위한 검사 진행
- ㉠ 시료 채취

표 18) 시료채취 기준

항 목	내 용	시료 채취 사진
거품액 도포기준	거품액 도포량(L/m <sup>3</sup> )= 1회 거품액 사용량 (L)/채움 부피(m <sup>3</sup> ) 0.02L = 300L/15m <sup>3</sup> 트레일러 거품액 면적 당 발포율에 따른 거품액 도포 후 시료 채취	
채취기준	토양환경보전법 시행규칙 17조 토양환경보전법 시행규칙 1조 2항 <별표 1>에 표기된 항목	
비교방법	거품액 도포 전 토양(1.Blank 토양)과 도포 후 토양(2.거품액 적신 토양)을 비교	

② 분석 결과

- ㉞ 우려 지역 1지역 기준으로 볼 때 1.Blank 토양 & 2.거품액 적신 토양 모두 기준치 이하로 검사결과 도출되어 거품액이 토양에 미치는 영향이 없음을 확인.
- ㉟ 1.Blank 토양 & 2. 거품액 적신토양 비교 시 불소 함량이 2.거품액 적신토양의 수치가 높음을 확인되었고 거품액을 수돗물에 희석하여 도포 시 수돗물에 포함된 소독물질인 불소의 영향으로 사료됨.

시 료 명 : 토양오염조사용역

[단위:mg/kg]

물 질	시료 별 분석결과		정량한계	우려기준		
	PR19_044 1. Blank 토양	PR19_044 2. 거품액 적신 토양		1지역	2지역	3지역
카드뮴	N.D	N.D	0.40(AAS)	4	10	60
구리	45.0	27.5	1.0(AAS)	150	500	2,000
비소	2.27	5.87	0.10(FIAS-AAS)	25	50	200
수은	N.D	N.D	0.05(FIAS-AAS)	4	10	20
납	18.0	20.1	4.0(AAS)	200	400	700
6가크롬	N.D	N.D	0.5(UV)	5	15	40
아연	118.3	111.1	2.0(AAS)	300	600	2,000
니켈	10.4	10.3	4.0(AAS)	100	200	500
불소	82	115	10(UV)	400	400	800
유기인화합물	N.D	N.D	0.05(항목별,GC-MS)	10	10	30
폴리클로리네이티드비페닐	N.D	N.D	0.05(GC-ECD)	1	4	12
시안	N.D	N.D	0.2(UV)	2	2	120
페놀류	N.D	N.D	페놀0.02/PCP0.1 (GC-FID)	4	4	20
벤젠(B)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	1	1	3
톨루엔(T)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	20	20	60
에틸벤젠(E)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	50	50	340
크실렌(X)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	15	15	45
석유계총탄화수소	N.D	N.D	50(GC-FID)	500	800	2,000
트리클로로에틸렌	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	8	8	40
테트라클로로에틸렌	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	4	4	25
벤조(a)피렌	N.D	N.D	0.005(GC-MS)	0.7	2	7
1,2-디클로로에탄	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	5	7	70

그림 33) 거품액 토양오염도 분석결과

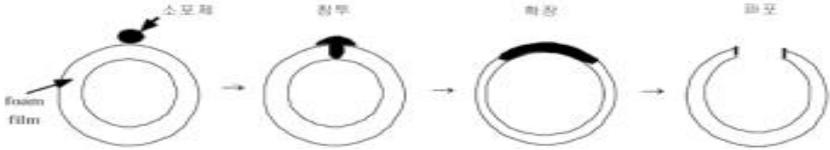
## 나. 잔류 거품 제거 장치 개발

가) 개요

- 대용량 안락사 장비 개발과 동시에 안락사 후 잔류된 거품을 신속 처리를 위한 거품 제거 장치 개발

나) 거품제거제 선정

표 19) 거품제거제 비교

항 목	실리콘계 소포제	알 코 올
노즐 분사 가능 여부	실리콘 입자가 노즐을 막힐 가능성 有 (막힘없는 노즐 사용으로 문제 해결)	막힘 현상 無
토양 잔류 문제 여부	無	
실험 사진		
희석비율	물:실리콘소포제 = 1:5	알코올 단독 사용 대비 물:알코올 = 1:1 희석시 거품제거 시간이 2배 이상 소요 희석 비율이 물:알코올 = 1:1보다 물의 비율이 증가하면 물과 동일한 파포력을 보임
파포 메카니즘	 <p>물리적인 침투를 통한 거품 파포</p>	

- (1) 알코올 사용 시 실리콘계 소포제보다 노즐 분사에 유리한 부분은 있지만 원액 사용 시 금액이 비싸고 온도 및 안락사 처리되는 막사에서 안정성 문제가 발생할 부분을 고려하여 실리콘계 소포제 사용이 유리함.

다) 거품제거 장치 Concept

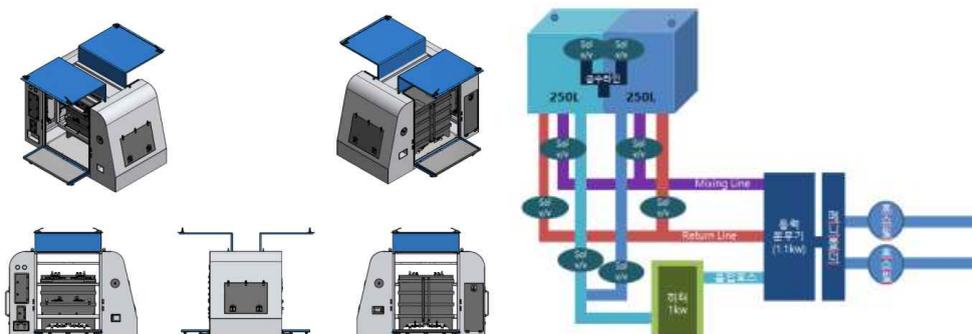


그림 34) 거품제거장치 개략 예시 도면

- (1) 텡 바디 형태로 오픈이 가능한 구조로 외부 환경(비, 눈)에서도 이송 가능한 장비로 사용 가능하게 제작
- (2) 처리시간을 줄이기 위한 250mL 챔버를 순차적으로 순환하여 사용 가능한 시스템 적용
- (3) 220V 3kW 최소화의 전력 사용
- (4) 겨울철 동파 문제 해결을 위한 동력분무기 사용으로 잔류 액의 제거 가능

라) 도면

- (1) 장비 전체

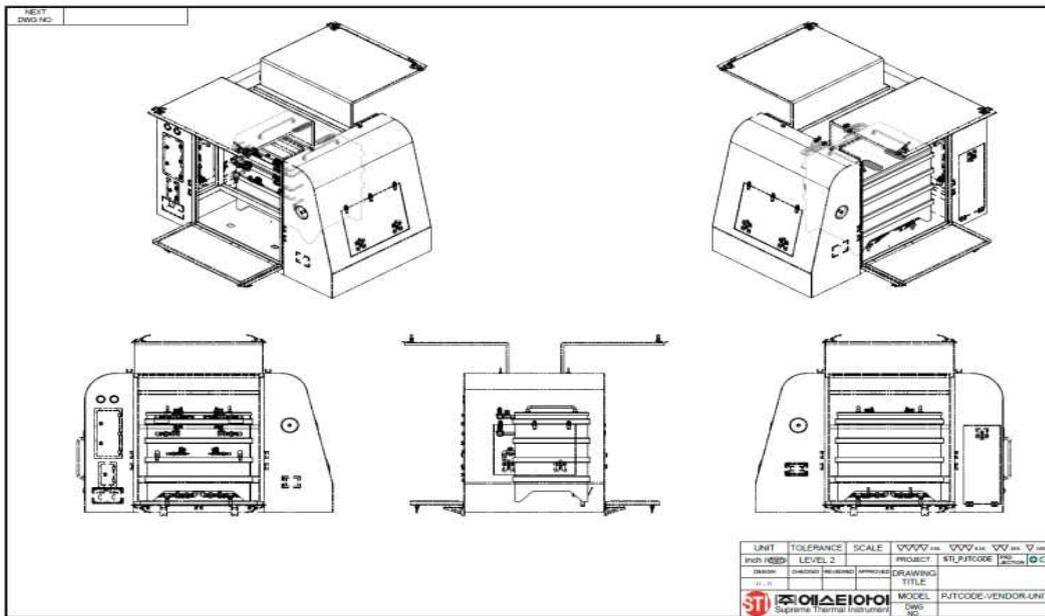


그림 35) 장비 전체 도면

- (2) 챔버 외.내부

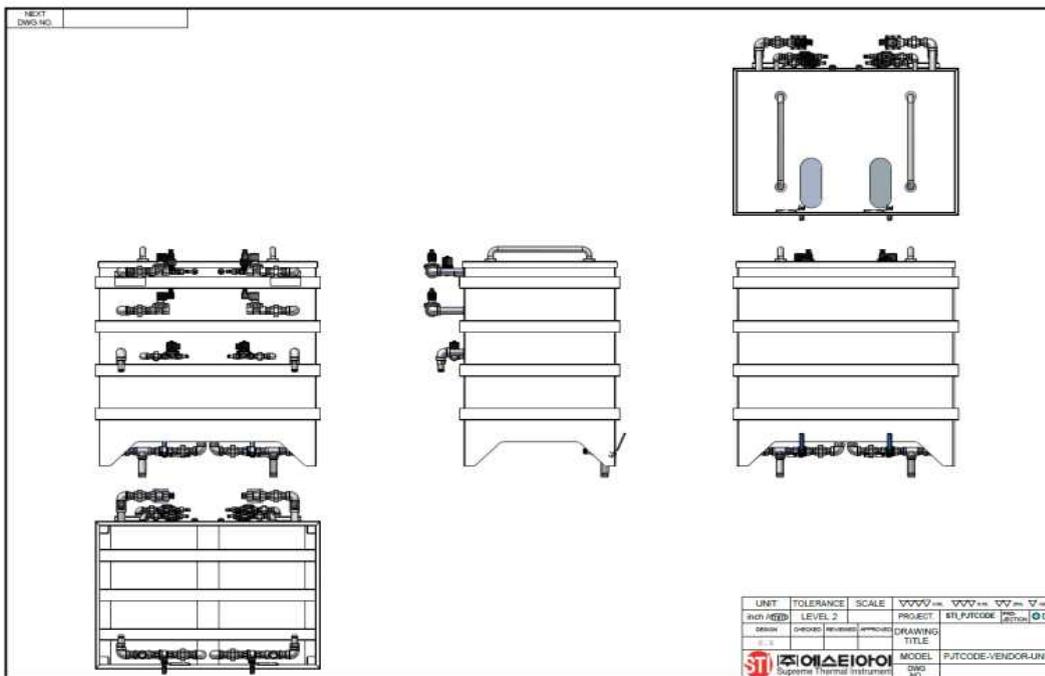


그림 36) 챔버 외형 도면

마) 장비 제작



그림 37) 장비 제작 사진

바) 제작 사양

표 20) 제작사양표

분류		거품액 제조 장치
규격	챔버 용량(L)	500
type	컨트롤	Auto Control
	배수	중력 배수
동력분무기(kW)		1.8

사) 시운전 결과

- (1) 급수(1.5kg/cm<sup>2</sup>, 호스내경(13mm))하여 20분 250ml 챔버 채움과 동시 연속 급수 및 순환 시스템 확인 결과 순환시스템 정상 가동
- (2) 토출 시 노즐의 막힘 현상이 없었으며 거품 과포성 우수

표 21) 시 운전 기준 형태별 처리 사양

항목		막사	구덩이
막사 규격	안락사 시 처리 규격 (m <sup>3</sup> )	200	50
소포제	소포제사용량 (L/m <sup>3</sup> ) <거품 1m <sup>3</sup> 당 사용량 >	6	
	막사 처리시 총 사용량 (L)	600	150
	희석 비율 (물 : 거품액 )	15 : 1	
	제거 시간 (s/m <sup>3</sup> )	15	
동력분무기	토출압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	25	
	유량 (L/min)	30	

## 다. 질소거품발생기 및 시스템 개발

가) 개발 배경

- (1) 대용량 안락사 장비 개발에 있어 거품발생기의 개발 가장 중요하며 거품의 액화 비율이 적고 거품 발포율이 좋은 거품발생기 개발 필요
- (2) 거품발생기 개발 전 본사에서 개발 제작된 동물 안락사 트레일러 거품발생기의 경우 토출되는 거품 양이 적어 대량 처리가 어려워 다른 구조의 거품발생기 개발이 필요성 확인.
- (3) 대용량 질소 가스거품의 해외 처리 장비의 경우 대용량 처리 가능한 형태로 구성되어 처리되고 있으며 선진의 기술을 보유하고 있는 네델란드의 기술을 바탕으로 10분에 25m<sup>3</sup>를 효율적으로 처리 가능하며 이를 데이터화 할 수 있는 장치를 개발 진행



그림 38) 대규모 농장처리 : 이동용 N<sub>2</sub> gas-foam 발생장치(네델란드)

나) 제작 컨셉 및 방향

- (1) 1톤 차량에 적합한 구조 선정
- (2) 거품액 및 가스라인의 가운을 위한 시스템 구조 선정
- (3) 차량 탑재 시 아웃트리거 DC, AC 겸용 사용 가능한 시스템
- (4) 아웃트리거 유압시스템 안정성 검증
- (5) 거품발생기 외형 구조 및 장착 위치 선정
- (6) 10분당 25m<sup>3</sup> 거품발생 가능한 장비

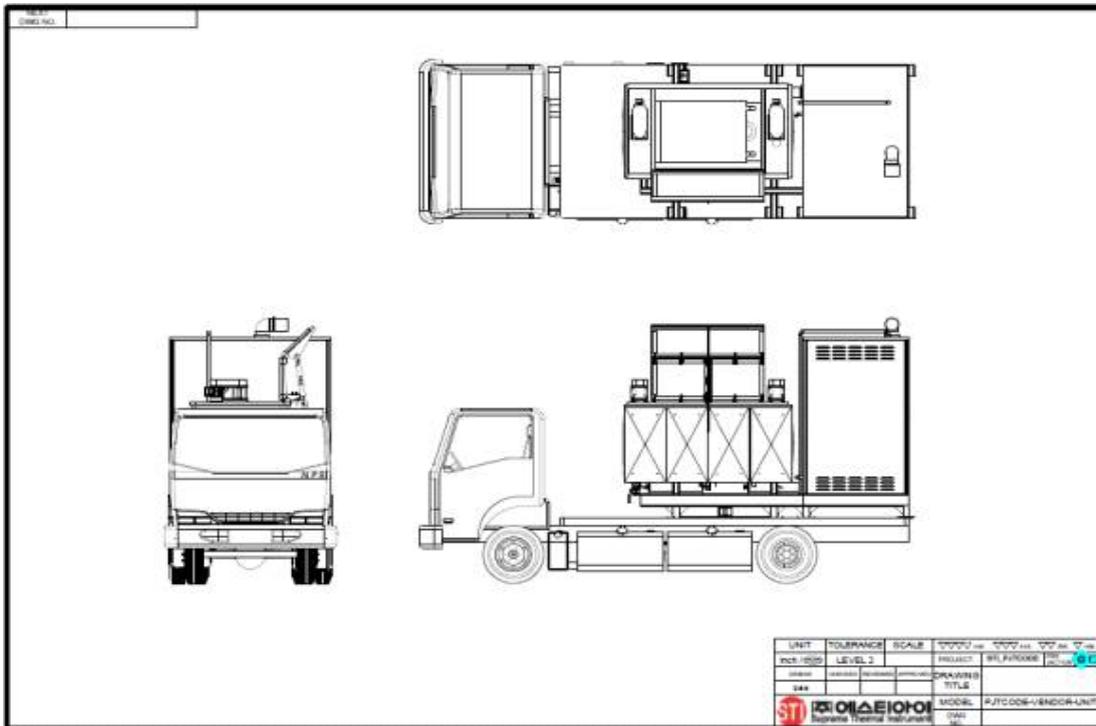


그림 39) 대용량 안락사 장비 컨셉도

다) 대용량 거품발생기 (다구경 분배기에 집합되어 가스를 밀어주는 형태)

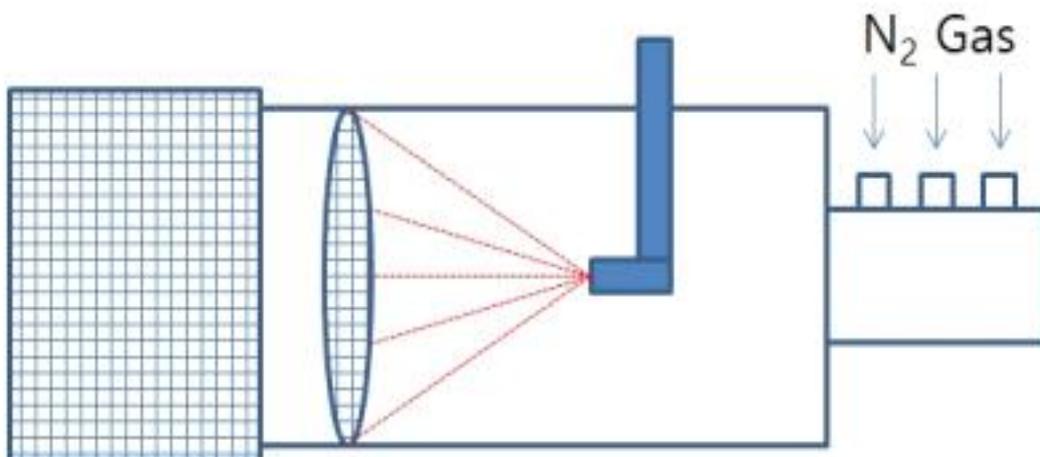


그림 40) 다구경 분배기 구조

(1) 장비도면  
 (가) Ø100

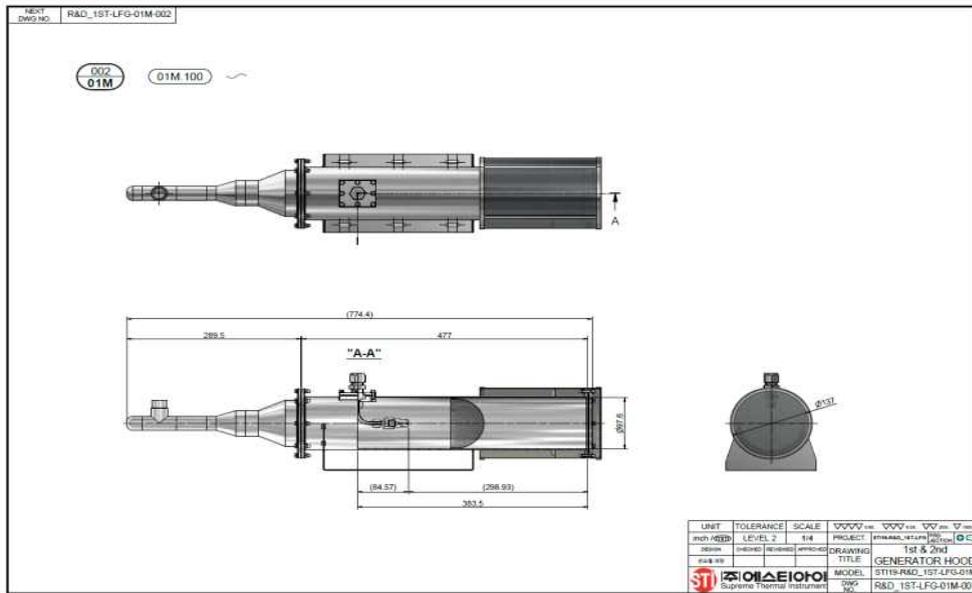


그림 41) Ø100 분배기 도면

(나) Ø300

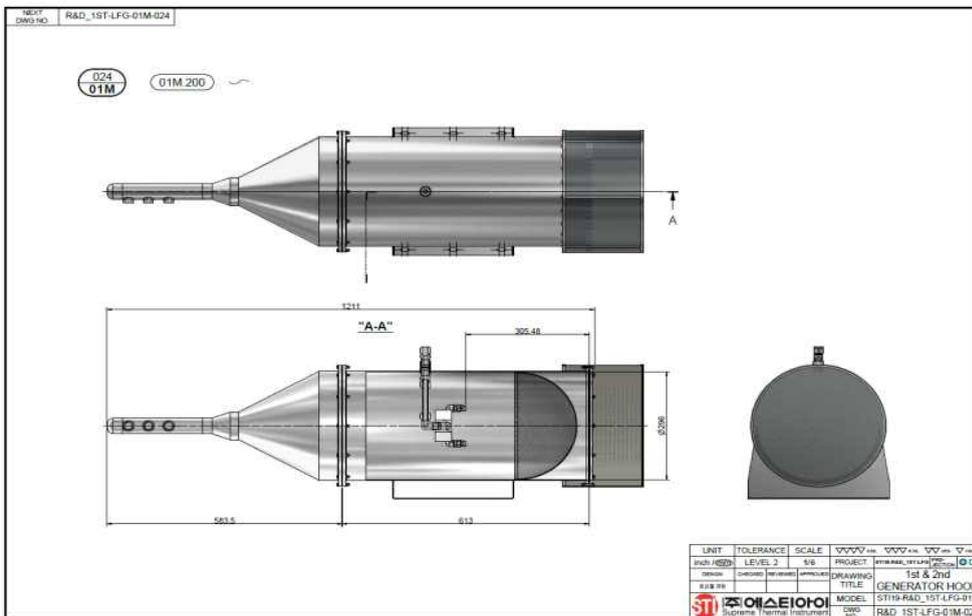


그림 42) Ø300 분배기 도면

(2) 실험 결과

- ① 크기가 다른 거품 토출구(Ø100, Ø300)를 가스투입 방법(다구경분배기에 집합되어 가스를 밀어주는 형태)로 거품발생량 확인
  - ㉠ 액화 비율 : Ø100 < Ø300
- ② 다구경 분배기에서 가스가 모여 확산 시 다구경 분배기에서 토출구의 구경 차이에 따른 확산 차이가 압력손실 및 액화비율에 영향을 줌
  - ㉠ 가스사용량 : Ø100 < Ø300

- ③ Ø100 대비 Ø300의 경우 확산 시 생성된 거품을 밀어 주기 위해서 압력손실을 보상할 수 있는 가스량 필요
- ④ 대구경 분배기 형태로 가스를 주입 시 가스 유량 및 가스 압력을 충당하기 위한 대유량 집합기 사용이 요구됨.
- ⑤ Ø100, Ø300 토출경에 따라 가스소모량 및 액화비율을 최소화할 수 있는 가스 주입 방법의 변경을 통한 실험 진행
- ⑥ 거품발생기 효율성을 위한 point
- ⑦ 품 토출 구경, 메쉬망 크기 및 간격, 노즐 각도 및 유량, 가스 주입 방법

표 22) Ø100 & Ø300 거품발생기 거품 발생 비교

항목	토출경		
	Ø100	Ø300	
Pic.			
채움 시간(s)	198	60	
거품액사용량(L/min)	3	8.5	
가스사용량(L/min)	5	19	
액화비율(%)	5	10	
펌프	양수량(L/min)	3520	
	출력(HP)	1/2	
노즐	오리피스(mm)	1.5	3
	분사각도(°)	60	
메쉬망	개수	3	
	크기(mesh)	20	

라) 대용량 거품발생기 (노즐 및 금속발포미세기공체를 통해 가스를 균일 분사로 밀어주는 형태)

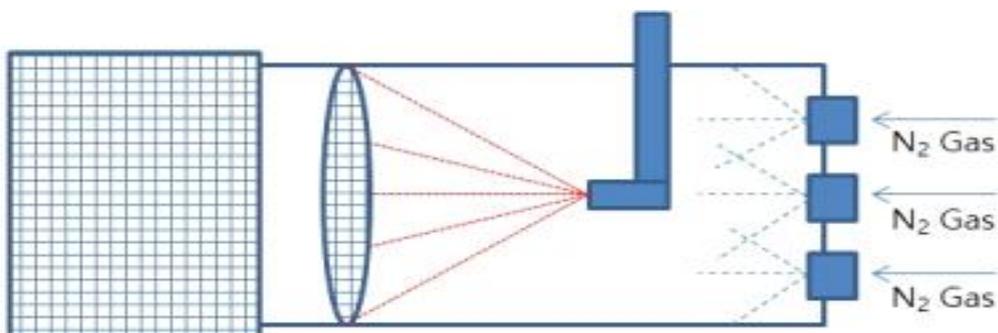


그림 43) 거품 발생기 구조

(1) 장비도면

① Ø300

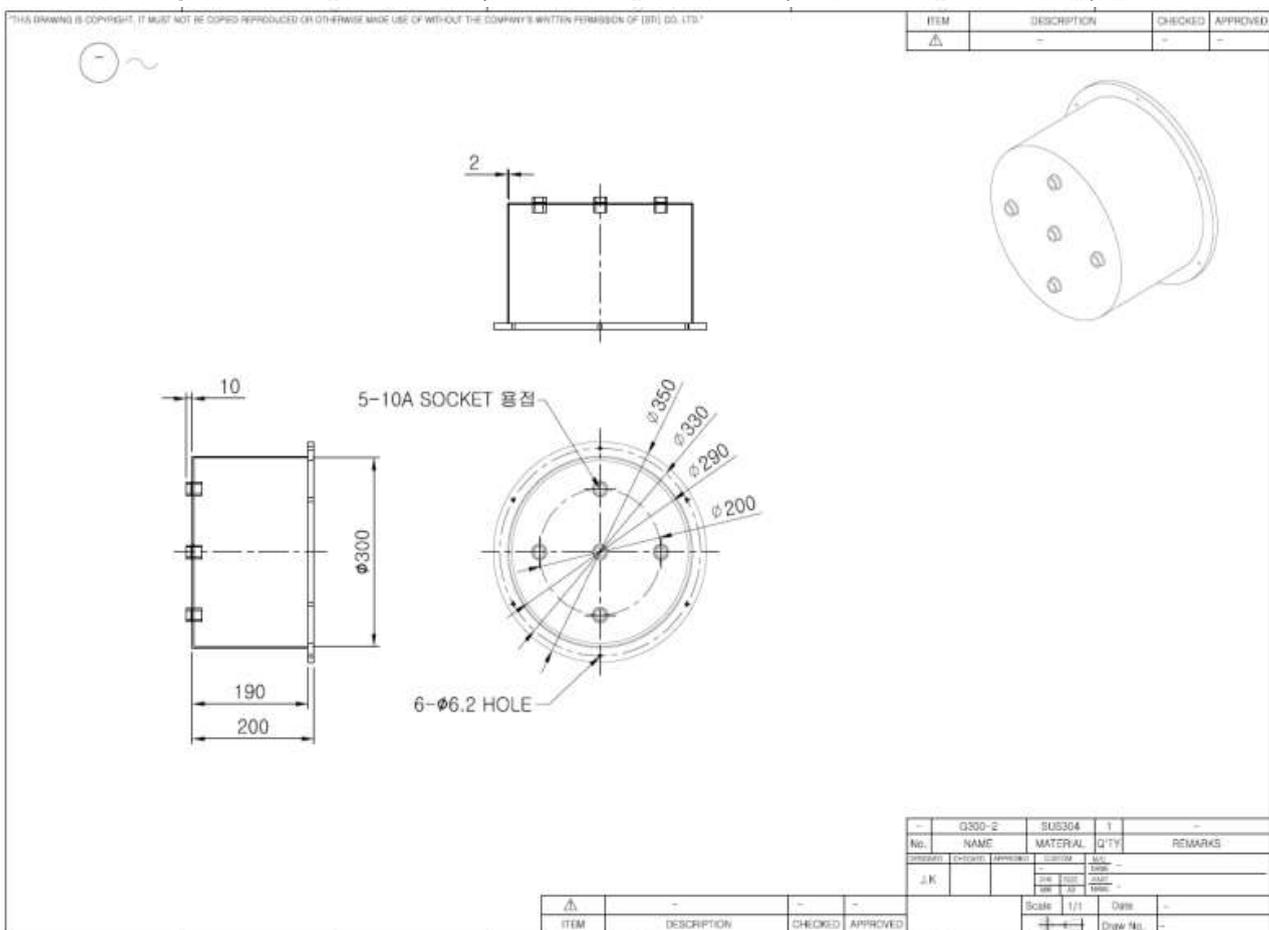
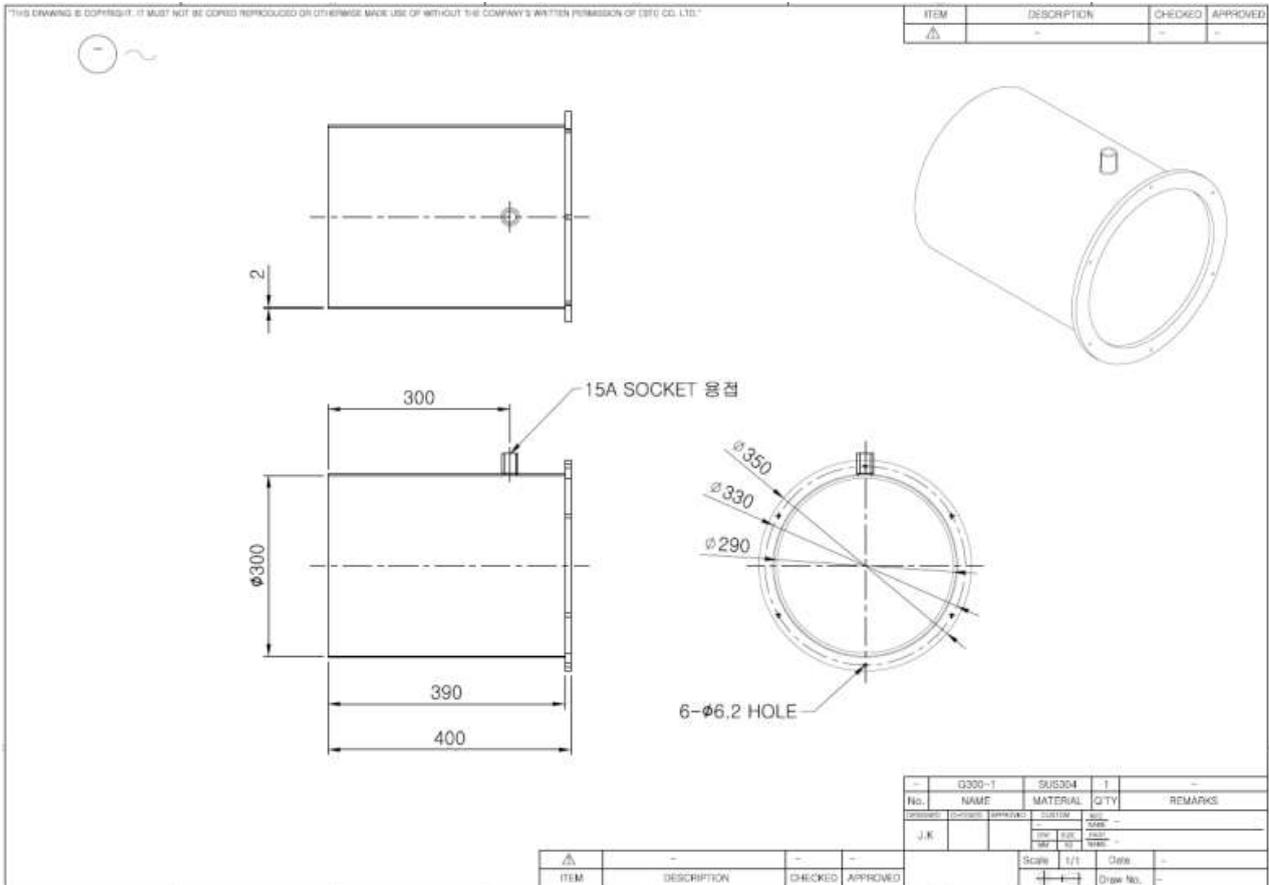


그림 44) Ø300 분배기 도면

② Ø400

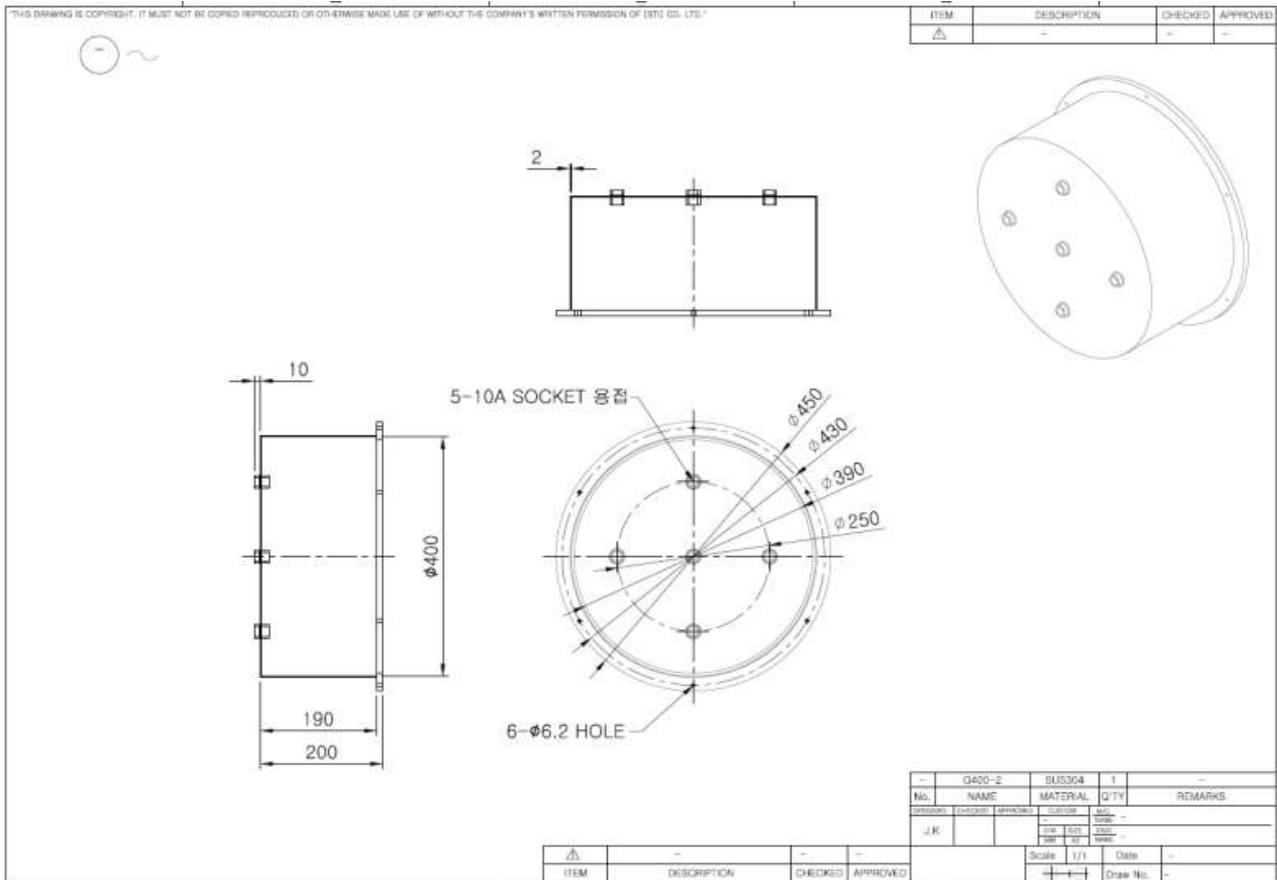
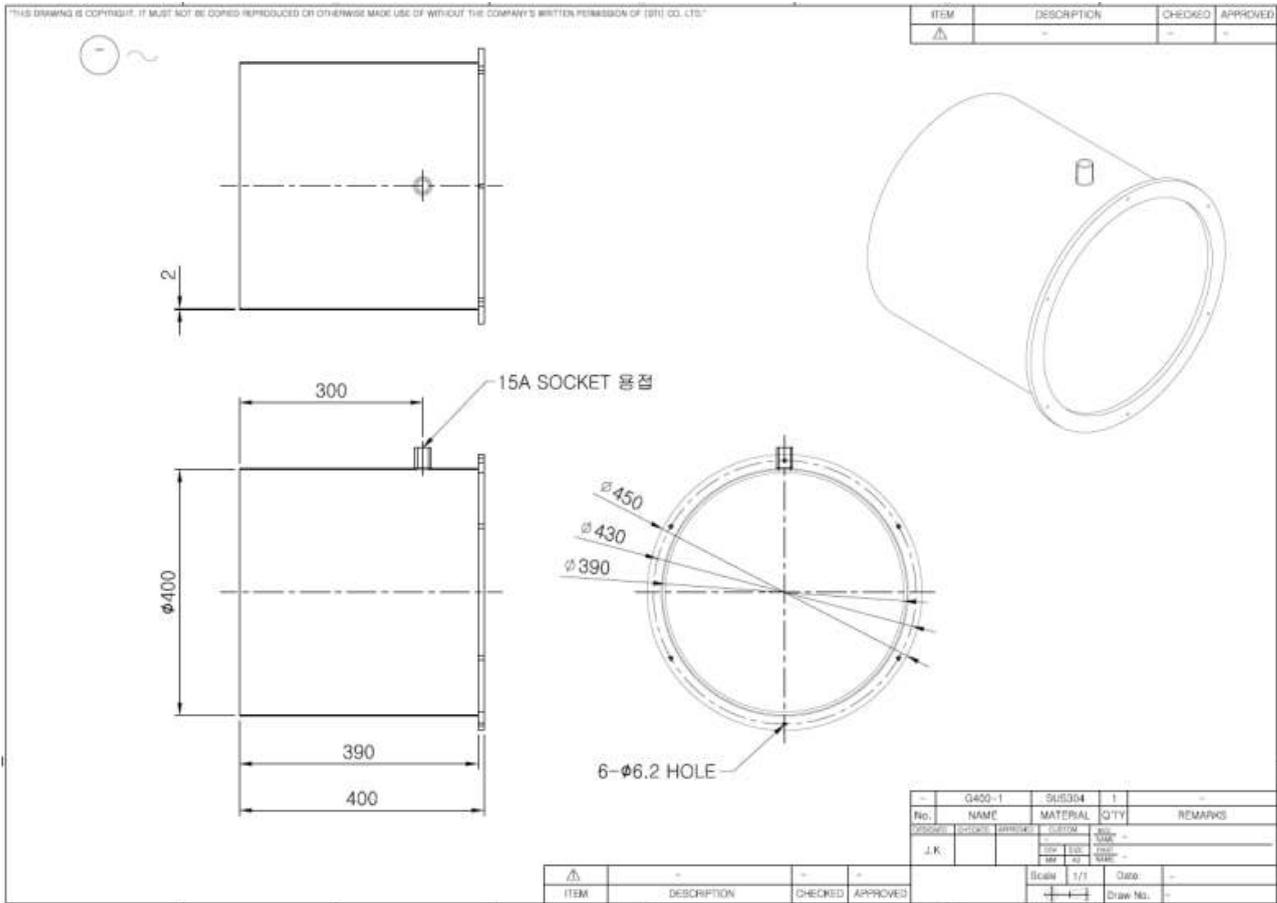
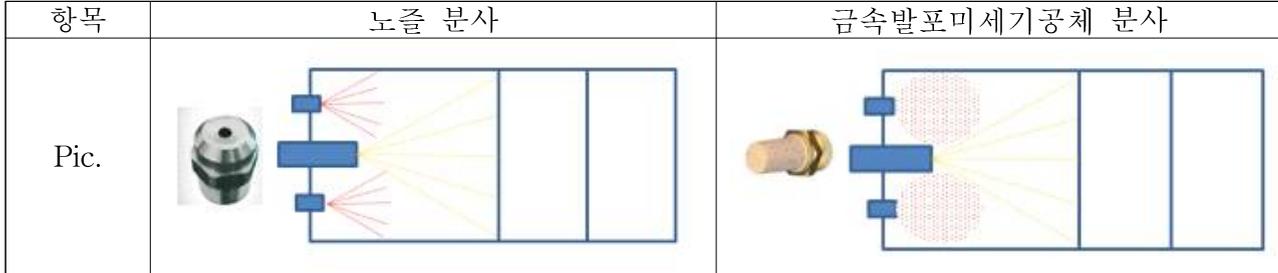


그림 45) Ø400 분배기 도면

(2) 실험 결과

- ① 가스 주입 방법 중 밀어주는 압력을 증가 시키고 균일 확산을 위한 방법으로 노즐과 금속발포미세기공체를 사용하여 거품발생 양상 확인

표 23) 노즐 분사 비교표



- ② 채움 시간, 액화 비율
  - ㉠ 노즐 < 금속발포미세기공체
  - ㉡ 노즐 사용 시 가스 노즐이 액 노즐 분사 시 간섭으로 인한 거품발생량 및 액화 비율 상승
- ③ 가스 사용량
  - ㉠ 풀콘 형태의 작은 오리피스(1.5mm) 노즐로 가스가 토출되어 압력을 상승하여 분사 되지만 유량은 작게 토출되어 사용량이 적음.
  - ㉡ 토출 구경에 따른 거품 발생
    - ㉢ Ø100, Ø300의 경우 가스량의 조절로 액화 비율 및 발생량을 조절이 가능하나 Ø400의 경우 토출구의 거품발생에 따른 가스를 밀어주는 압력 부족으로 액화 비율이 증가
    - ㉣ 1톤 차량 적용 시 가스 토출 유닛 구성 크기가 제한적이므로 추가적인 가스 사용이 어려움
- ⑤ 개선 방향 및 진행사항
  - ㉠ 토출 구경 및 가스 투입 방법에 따른 거품발생 양상을 확인한 결과 가스 주입 방법은 은소음기를 사용하여 토출구(Ø100, Ø300)를 적용한 대용량 거품발생기 제작에 적용

표 24) 노즐 & 금속발포미세기공체 사용에 따른 거품 발생 비교

항목	노즐	미세기공체	노즐	미세기공체	노즐	미세기공체
	Ø100		Ø300		Ø400	
채움 시간(s)	216	180(↓)	60	50(↓)	96	80(↓)
거품액사용량(L/min)	2.5	2.5(=)	7	7(=)	8	8(=)
가스사용량(L/min)	2.5	3(↑)	17	19(↑)	18	20(↑)
액화비율(%)	10	5(↓)	19	8(↓)	25	20(↓)
펌프	양수량(L/min)	3,520				
	출력(HP)	1/2				
거품액 노즐	오리피스(mm)	1.5		3		3
	분사각도(°)	60				
가스 노즐	오리피스(mm)	1.5		1.5		1.5
	분사각도(°)	60		60		60
메쉬망	개수	3				
	크기(mesh)	20				

항목	노즐	금속발포미세기공체
Ø100		
Ø300		
Ø400		

그림 46) 실험결과 비교 사진

마) 가스 및 거품액 가열 시스템 확립

- (1) 가스 거품 발생 시 온도에 따른 거품 발포율 차이가 20% 이상 나므로 온도 승온을 통한 발포율 상승 필요
- (2) 거품액 가열 방법 선정



그림 47) 전기 히터를 이용한 거품액 직접 가열 처리 시스템



그림 48) 버너를 이용한 거품액 직접 가열 처리 시스템

(3) 조건

- ① 15°C5 승온(5°C(겨울철 수온) - 20°C(상온))
- ② 챔버 용량 (800L)
- ③ 승온시간 (30min)

표 25) 전기히터, 버너 사용량 비교표

항목		전기 히터	버너
사용량	열량(kcal/h)	-	$Q=CM(T_2-T_1)$ $1\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) * 800\text{kg} * (20^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) * 2$ $= 24,000\text{kcal}$
	전기(kWh)	$24,000\text{kcal}/860\text{kcal/kwh}$ $= 27.9\text{kwh}$	40W

(4) 결과

- ① 20°C까지 가열시키기 위해서 전기 히터 및 버너 비교 시 버너 사용이 유리
- ② 전염병 가축 안락사 처리 시 전기 수급을 고려하여 최소한의 전기를 사용하는 것이 유리하며 발전기를 사용하여 전기를 수급하더라도 적은양의 전기를 사용함으로써 발전기 크기를 줄일 수 있음.

(5) 가스 가열 방법 선정



그림 49) 가온기, 전기히터

표 26) 가온기 전기히터 사용량&승온시간 비교

항목	가온기	전기 히터
전기 사용량(kwh)	200w*4=0.8kw	1kw
승온시간(min/20℃)	2	3

① 대구경 분배기 각각에 가온기 설치를 통한 가열방법이 같은 온도(20℃)를 가열하기 위한 시간적 효율이 우수하나 가온기에서 토출되는 유량이 적어 적용이 어려워 전기 삽입히터를 적용.

바) 차량 상하차 시스템 확립

(1) 유압 장치 Test



그림 50) 아웃트리거 장비 장착 전 시운전

(2) 아웃트리거 제작 사양

표 27) 아웃트리거 제작 사양

아웃트리거	총 리프트 하중 : 3,000kg 이상 하중 리프트 스트로크 : 1000mm 수직 유압 실린더 인출 방식
유압 UNIT.	아웃트리거 작동유 공급
전원	AC 220V/DC 24V

(3) 결과

① 상하 아웃트리거 작동 시 문제 없음

# 라. 대용량 안락사 장비(시작품) 장비 개발

가) 도면

(1) 전체도면

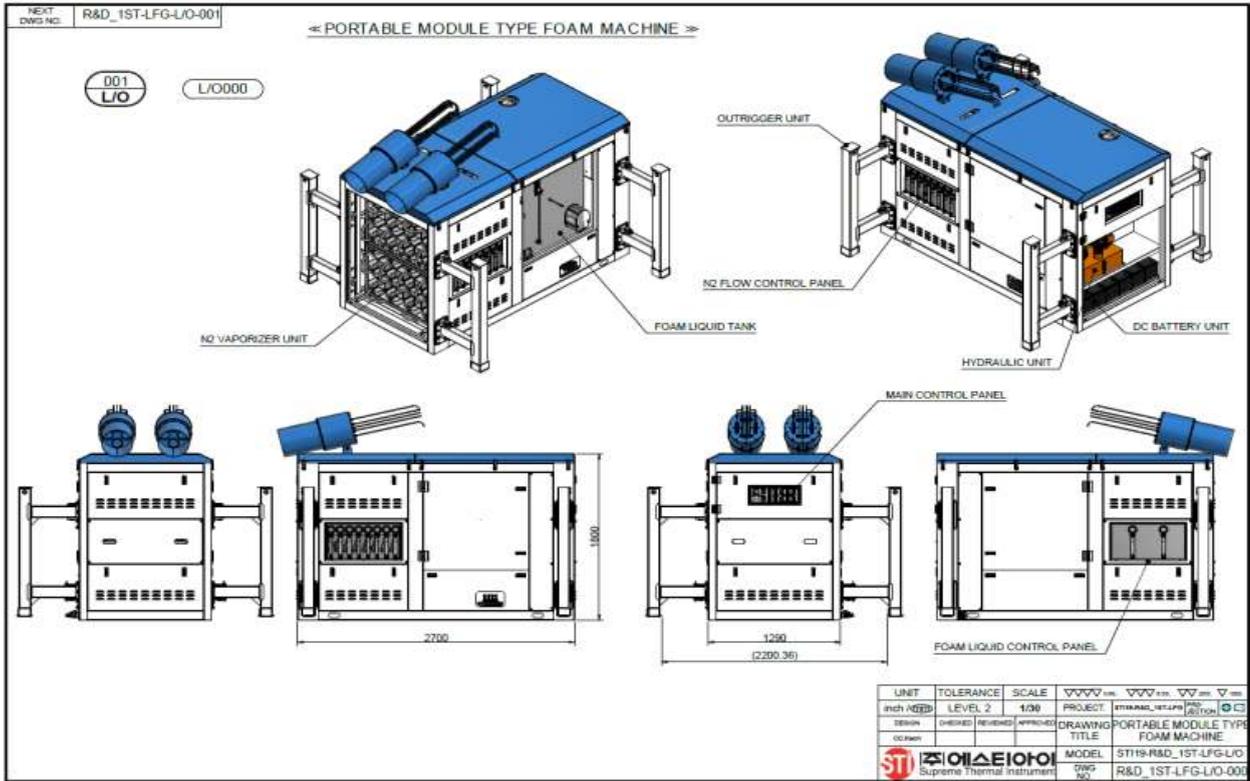


그림 51) 대용량 안락사 시작품 장비 도면

(2) 프레임

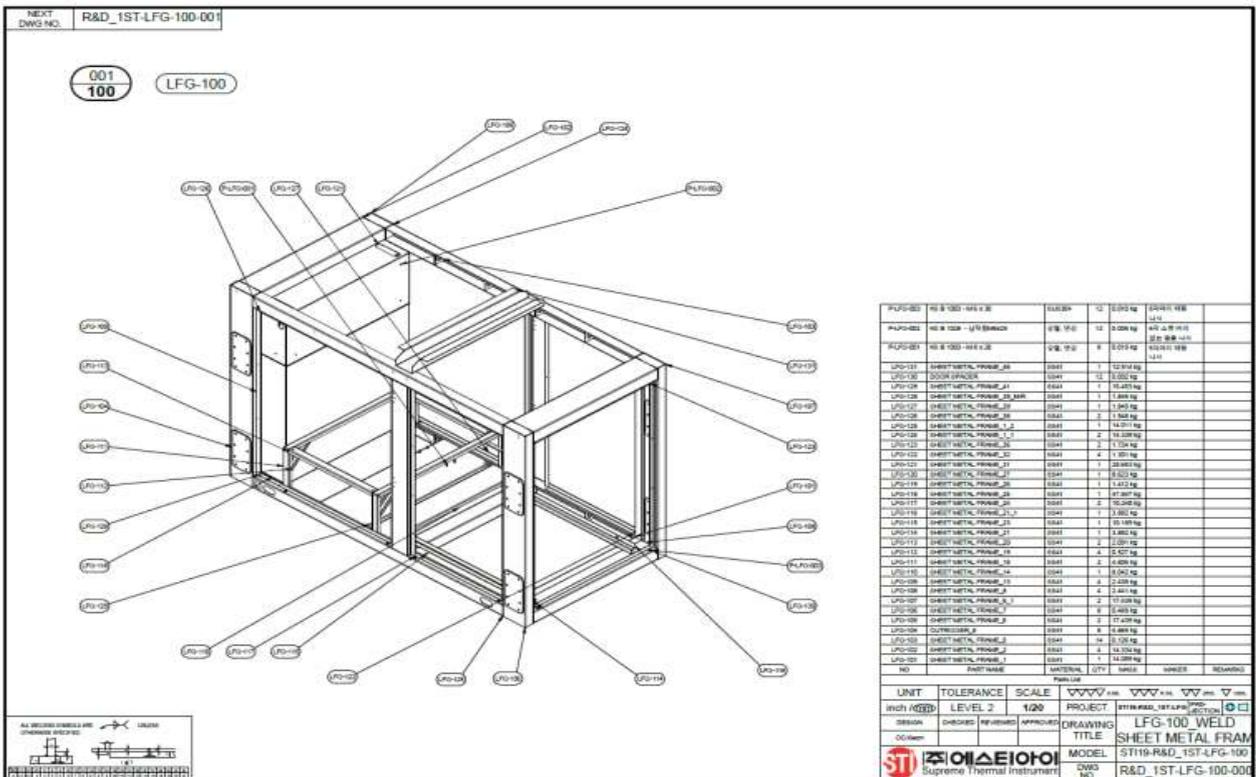


그림 52) 프레임 도면

(3) 거품액 챔버

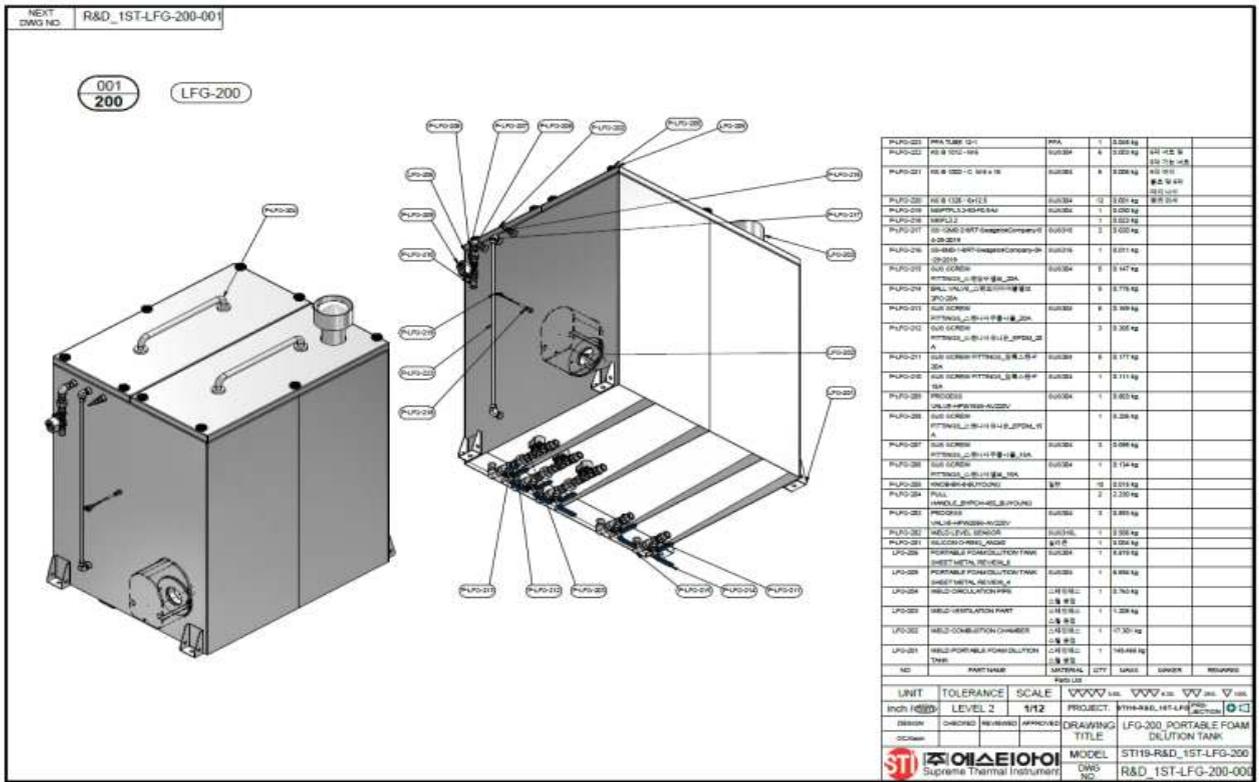


그림 53) 거품액 챔버 도면

(4) 가스 다구경 분배기

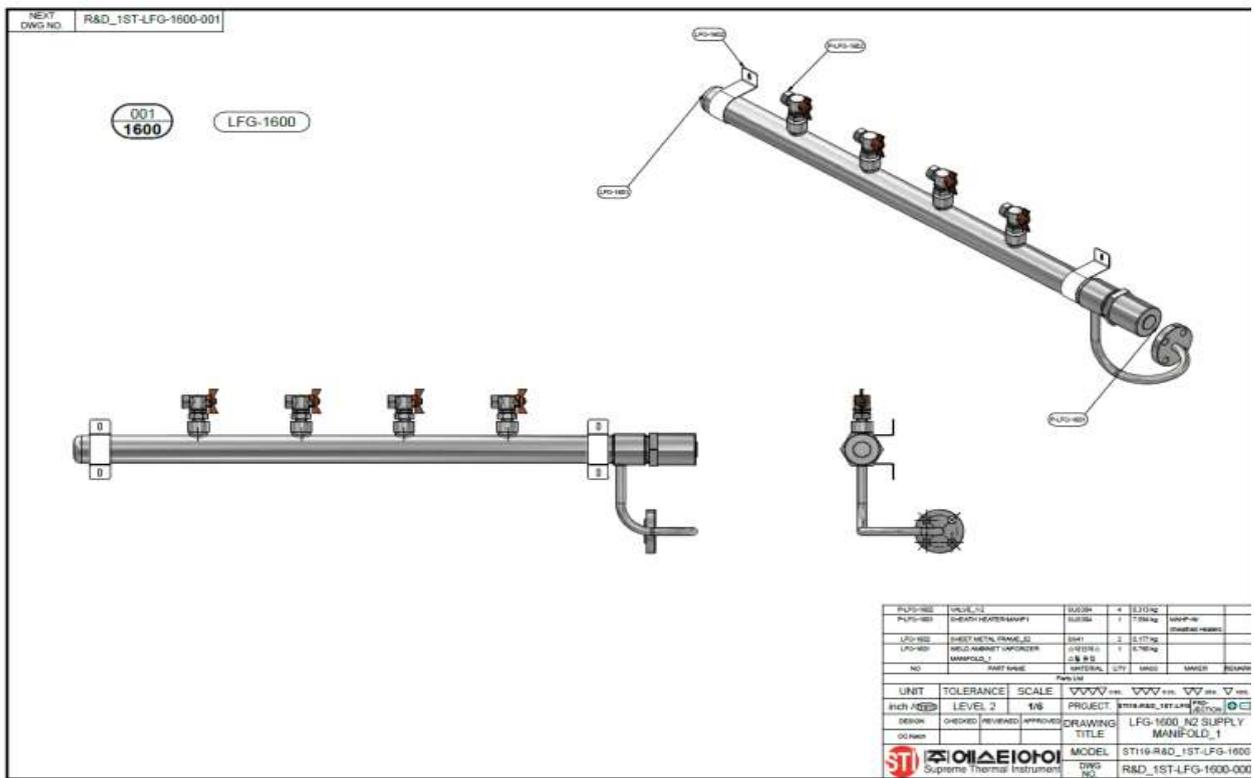


그림 54) 가스 다구경 분배기 도면

(5) 거품발생기

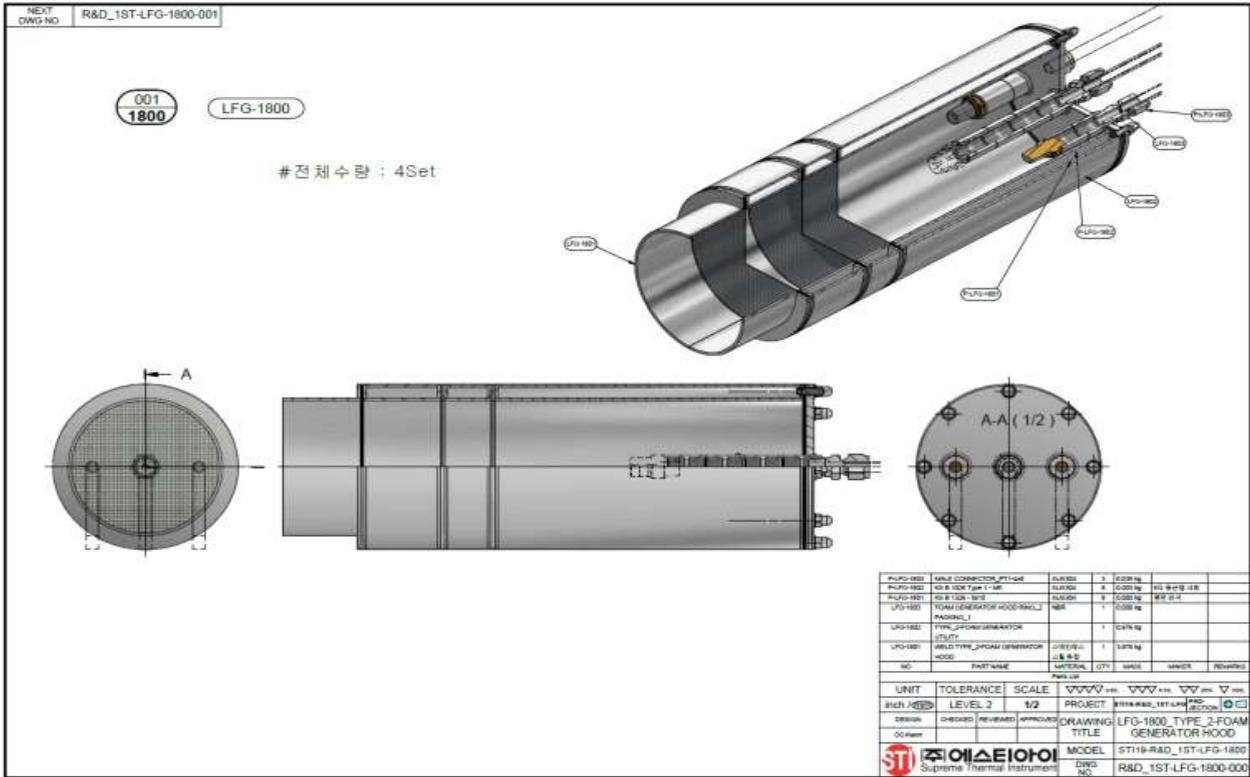


그림 55) 거품발생기 도면

(6) 거품발생기 커버

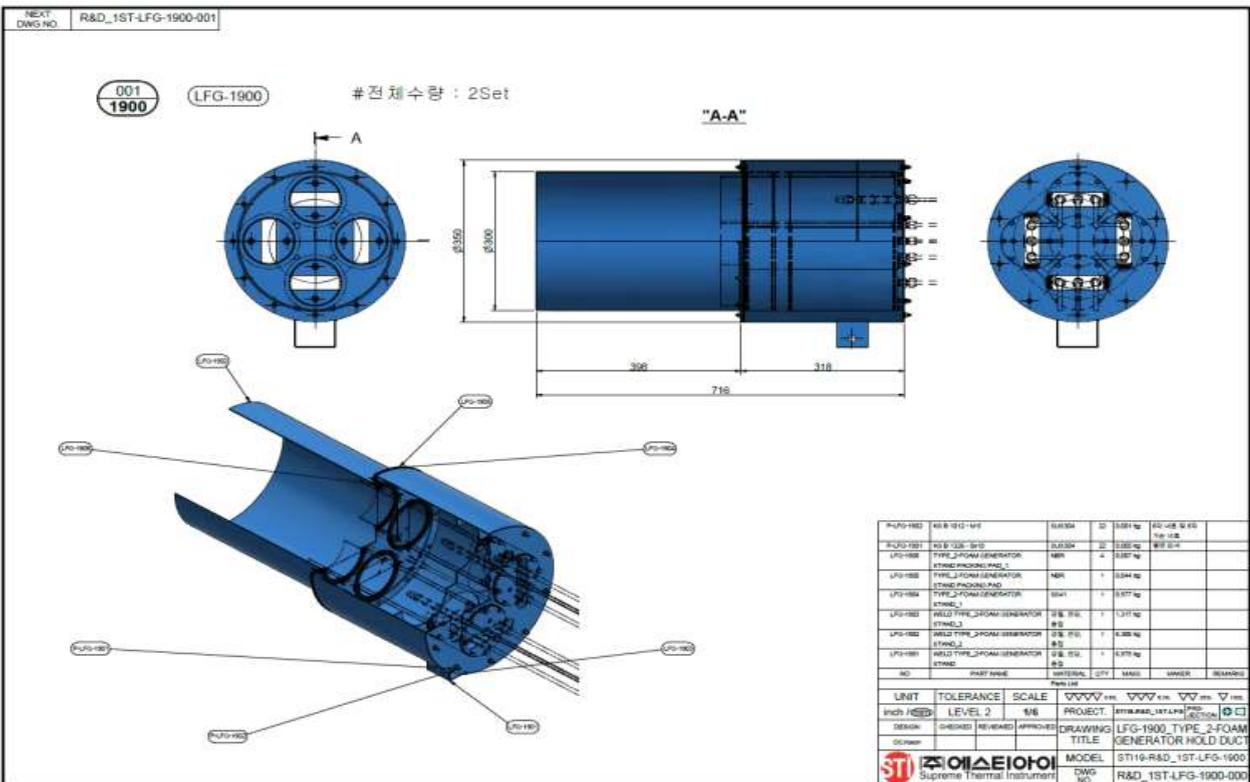


그림 56) 거품발생기 커버 도면





그림 58) 장비 제작 사진

다) 제작 사양

표 28) 안락사 장비 사양표

분류		대용량 안락사 장비(시작품)
규격	외부규격(mm)	2,700 * 1,220 * 2,513
	거품액 챔버(L)	800
가열체	가스	전기 히터 1kw *2ea
	거품액	오일버너 85,000kcal
급수		Auto Control
배수		Auto Control
컨트롤 타입		button
장비 상하차		아웃트리거(유압)

라) 결과

(1) 유압 운행

① AC/DC 아웃트리거 가동 시 문제 無

② 아웃트리거 구동 시 수평계 등의 별도 장비가 필요로 하며, 장비의 중량으로 인한 아웃트리거 속도 조절 요구됨.



그림 59) 운행 사진

마) 시운전



그림 60) 거품 발생기 형태 및 토출 양상

- ① 개발 조건(25m<sup>3</sup>/10분)에 적합한 Ø100 규격의 거품발생기를 4개를 사용 거품 발생 토출 양상 확인
- ② 거품노즐 분사 각도의 경우 1차 메쉬망에 전체 면적이 부딪혀 거품이 발생되고 이후 가스 소음기를 통해서 Ø100 면적을 일정한 압력으로 밀어 주어 액화비율이 3% 이내 거품 발생되어 액화 비율 최적화와 가스 및 거품액 소모량 최적화 가능

표 29) 거품 발생 토출 결과

항 목	내 용
거품발생기 구경	Ø100 * 4ea
거품액 사용량 (L/min)	10 * 2ea
가스 사용량 (L/min)	16 * 2ea
투입시간 (s/m <sup>3</sup> )	25

바) 개선사항

- ① Ø100의 거품발생기의 개수의 확대로 거품의 양을 증가 시킬 수 있으나 현장 적용에 용이한 1톤 트럭에 적용하기 위해서 기화기 및 거품발생기 수를 증가하기 어려움
- ② 토출 구경이 큰 거품발생기를 사용하여 거품 발생 효율을 증가 시키는 시스템 구성 필요
- ③ 거품 발생기 거품발생 후 안락사 필요한 장소까지 이송 가능한 시스템 구성 필요
- ④ 거품액의 경우 물과 거품액을 희석하는 시스템 구성을 통한 거품액 발생 효율 및 사용자 편의성 증대

# 마. 대용량안락사장비(시제품) 장비 개발

가) 도면

(1) 전체도면

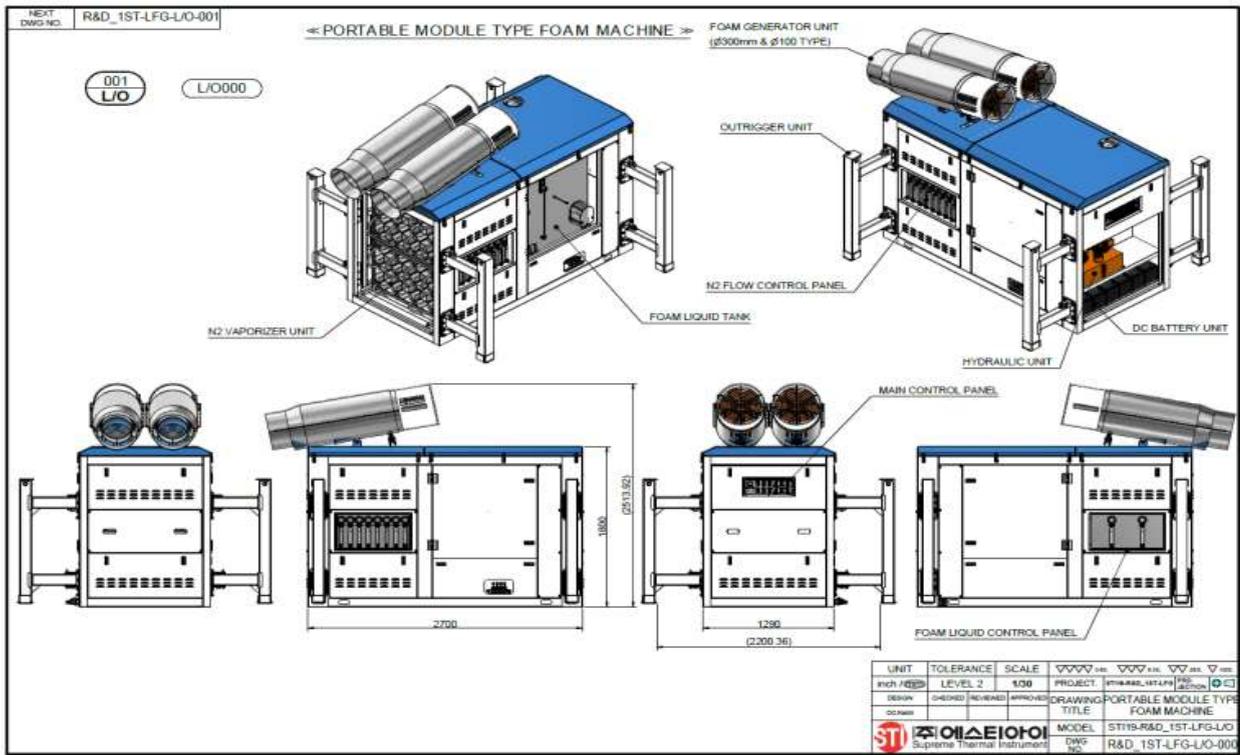


그림 61) 대용량안락사장비 전체도면

(2) 프레임

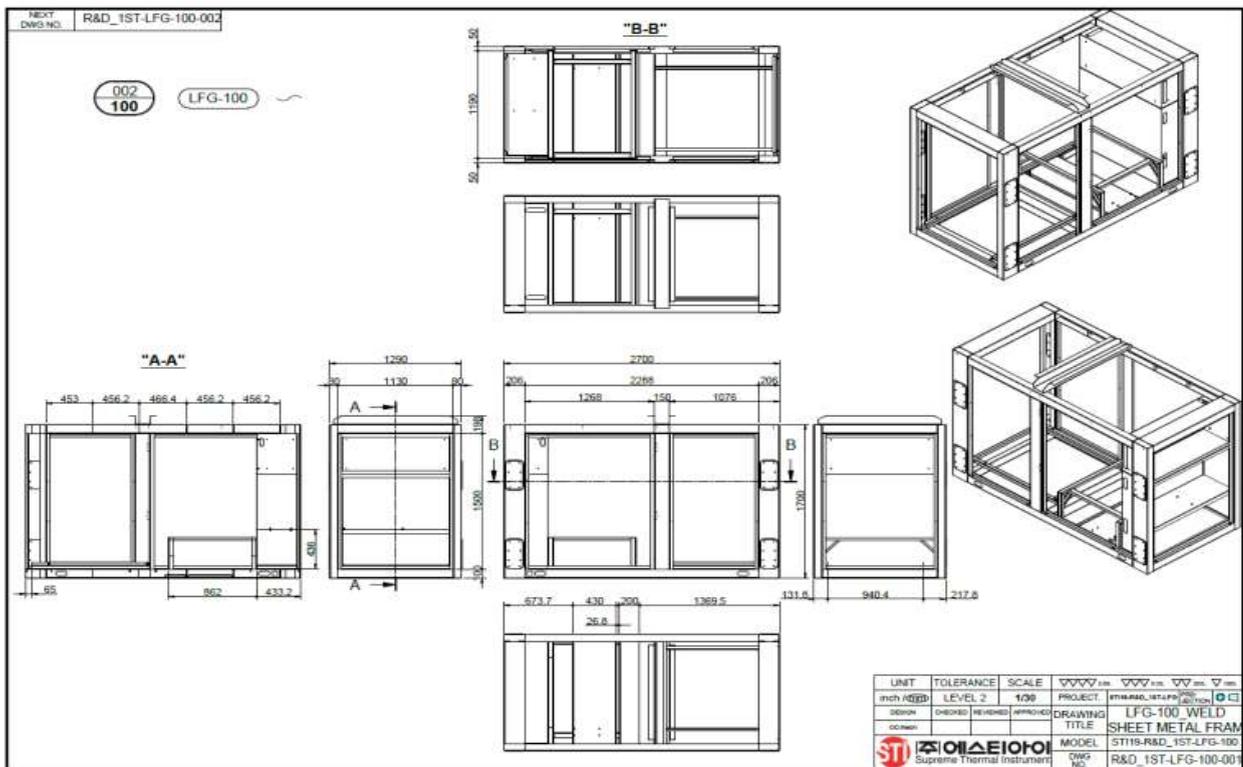


그림 62) 프레임 도면

(3) 챔버

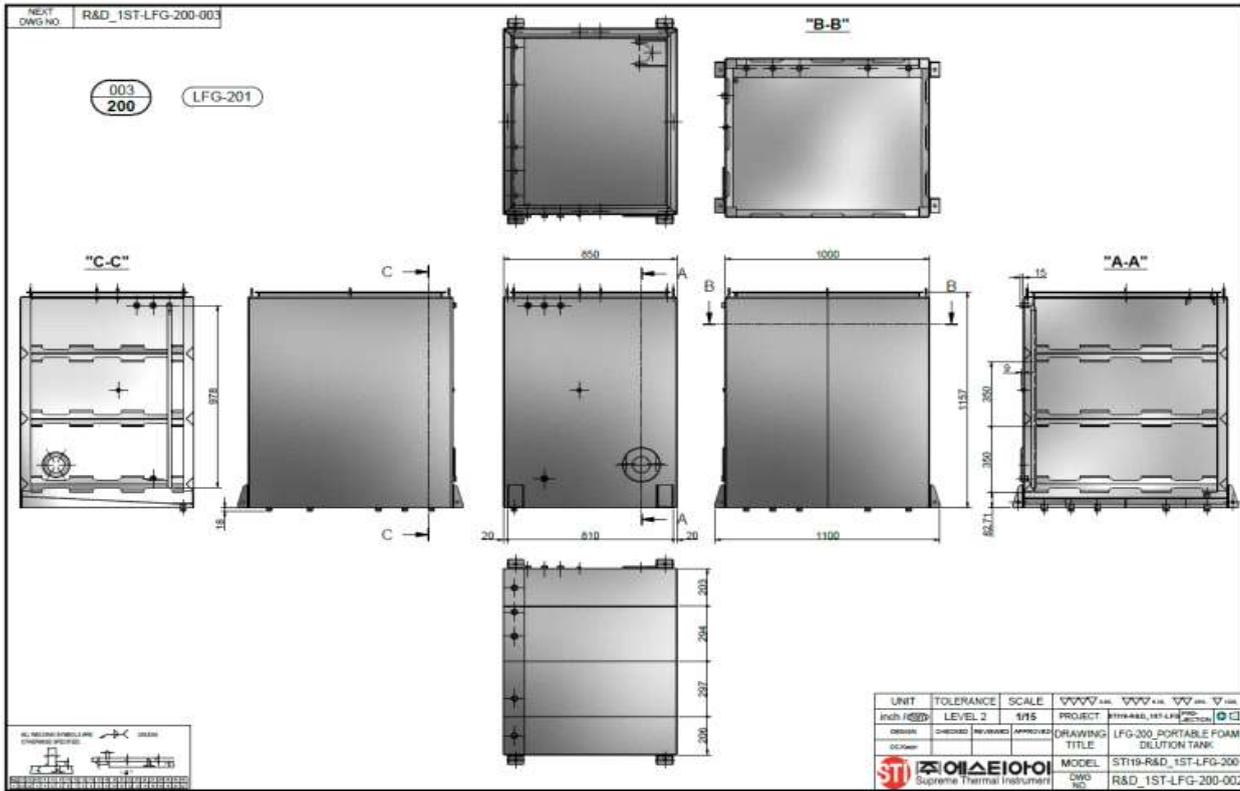


그림 63) 챔버 도면

(4) 다구경 분배기

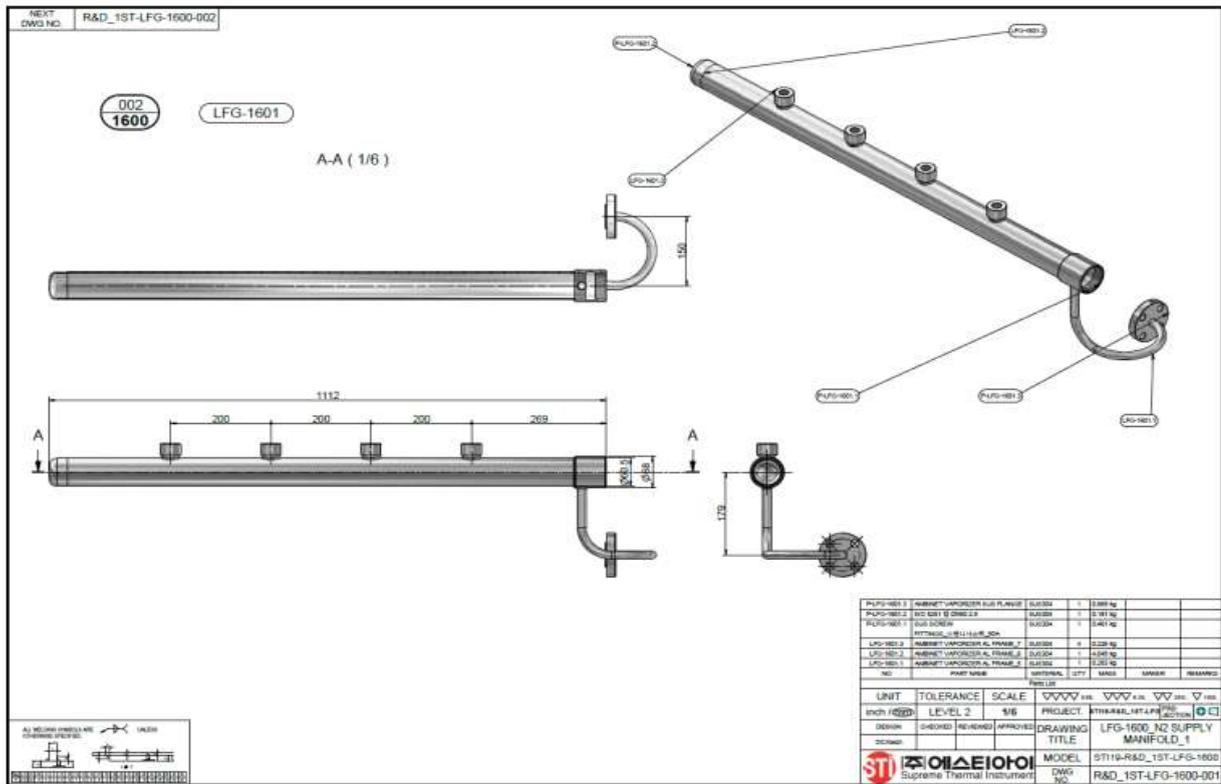


그림 64) 다구경 분배기 도면

(5) 연통

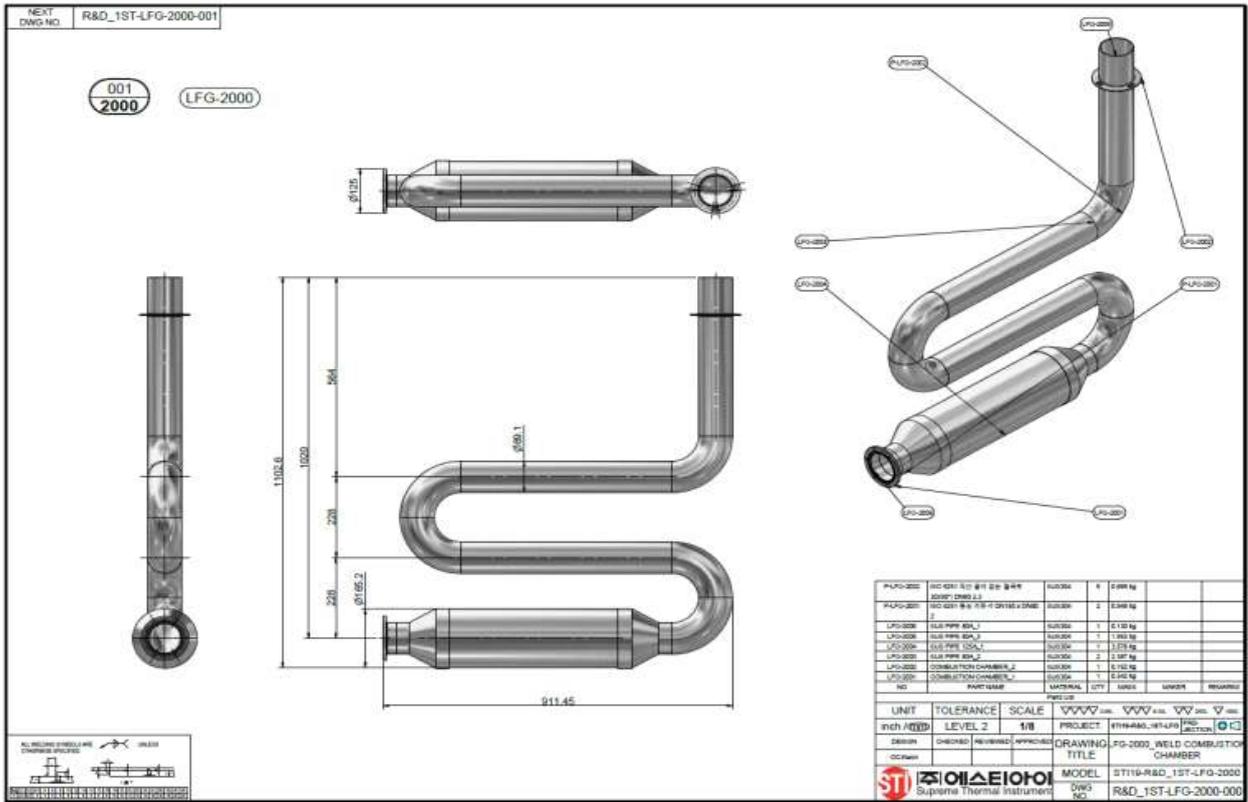


그림 65) 연통 도면

(6) 거품발생기

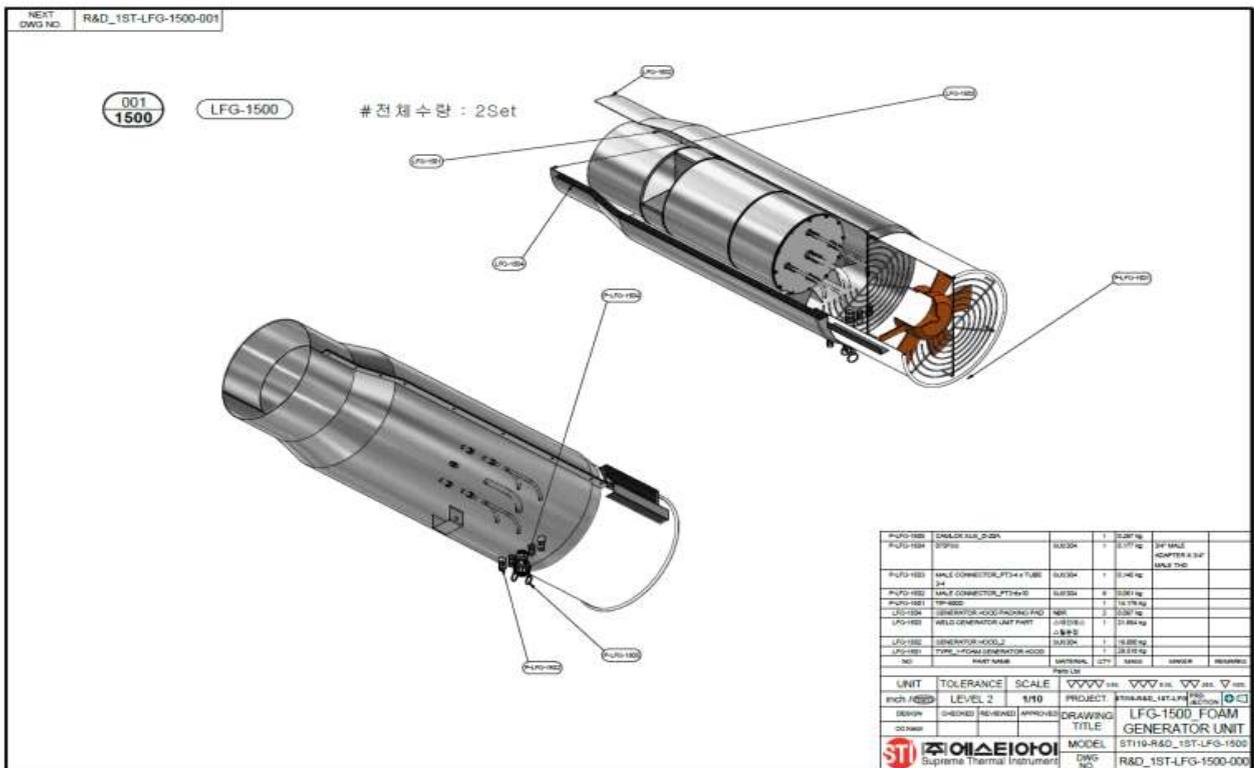


그림 66) 거품발생기 도면

(7) 아웃트리거

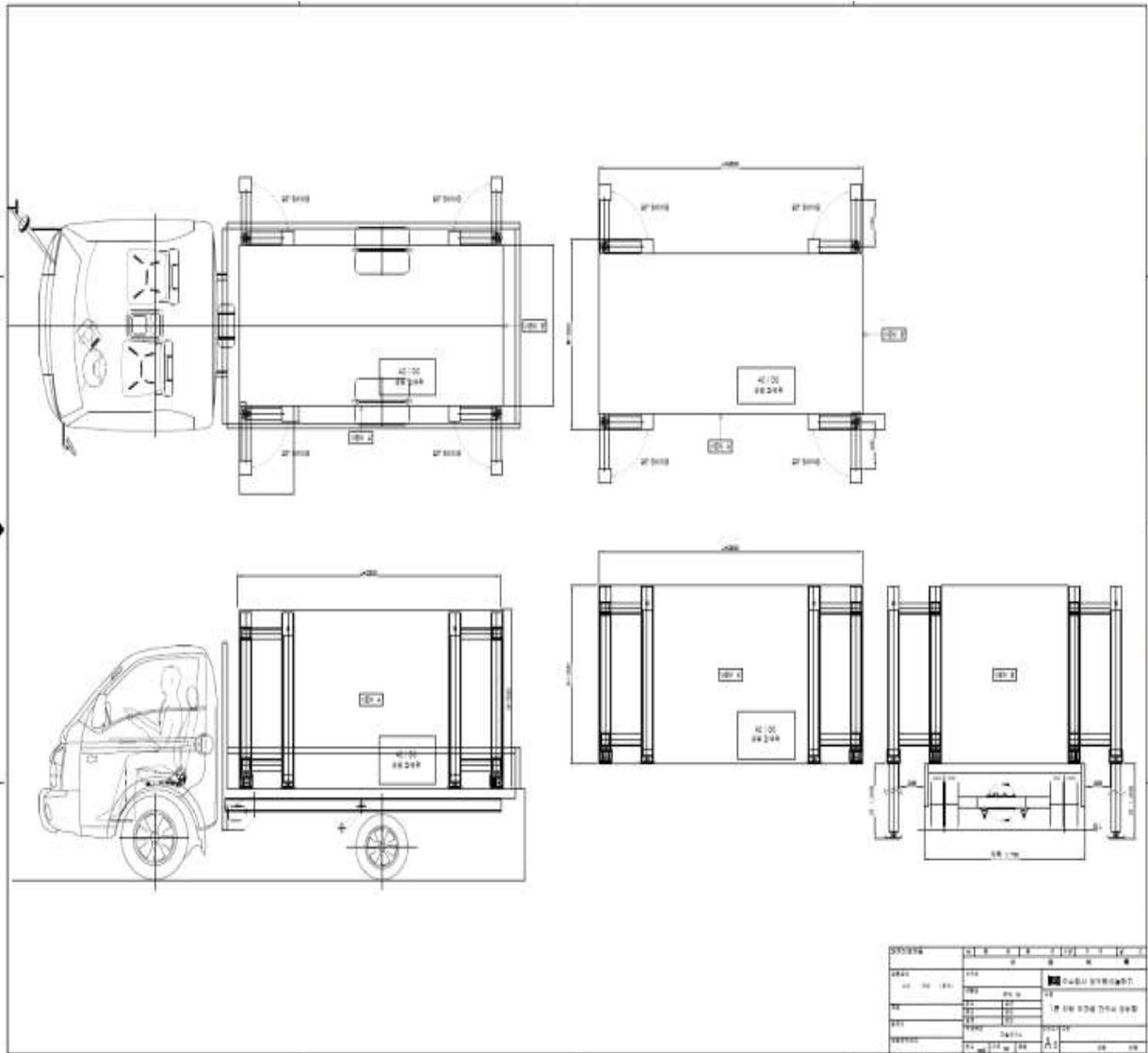


그림 67) 아웃트리거 도면

나) 장비제작





그림 68) 장비 제작 도면

다) 제작사양

표 30) 제작 사양

분 류		대용량 안락사 장비(시작품)
규 격	외부규격(mm)	2,700 * 1,290 * 2,513
	거품액 챔버(L)	800
가열체	가 스	전기 히터 1kw *2ea
	거품액	오일버너 85,000kcal
거품액 순환		자동순환(펌프)
거품 이송		배풍기(10,560m <sup>3</sup> /h)
급 수		Auto Control
배 수		Auto Control
컨트롤 타입		button
장비 상하차		아웃트리거(유압)

라) 시운전 결과

- ① 액 노즐에서 분사하여 거품 토출 시 토출구에서 70%정도 채워져서 나오며 액화 비율은 15%발생
- ② 1차 메쉬망에 부딪히는 면적 및 가스의 간섭을 통한 거품 발생률 저하 발생



그림 69) 노출 체결 및 토출 양상

표 31) 대용량 거품 발생기 거품 발생 및 소모품 사용량

항목	대용량 거품 발생기(시제품)
거품발생기 구경	300 파이 * 2ea
거품액 사용량 (L/min)	8 * 2ea
가스 사용량 (L/min)	16 * 2ea
투입시간 (s/m <sup>3</sup> )	45

② 거품 발생기 외관 커버를 체결하고 배풍기를 사용하여 토출된 거품을 밀어주는 양상 확인

㉞ 인버터를 사용하여 풍량 조절 컨트롤 함.



항목	사양	항목	사양
전원(V/Hz)	220/60	소비전력(W)	990
날개크기(mm)	470	풍량(m <sup>3</sup> /h)	10,560

그림 70) 거품발생기 체결 및 사양

마) 개선 사항 및 개선

(1) 분사노즐

① 다량의 노즐(6ea) 및 방향을 조절 가능한 장치를 체결하여 문제 해결



그림 71) 노즐체결 및 토출 양상

표 32) 대용량 거품 발생기 개선 거품 발생량 및 소모품 사용량

항목	대용량 안락사 장비(시제품 개선)
거품발생기 구경	300 파이 *2ea
거품액 사용량 (L/min)	10 * 2ea
가스 사용량 (L/min)	16 * 2ea
투입시간 (s/m <sup>3</sup> )	22.5

(2) 거품액 교반 장치

- ① 내부 챔버에 펌프를 이용하여 액을 순환 시켜면서 파이프에 타공을 통해 교반 효율을 높임.
- ② 액 공급 및 순환 장치를 같이 사용함으로써 사용자 편의성 증

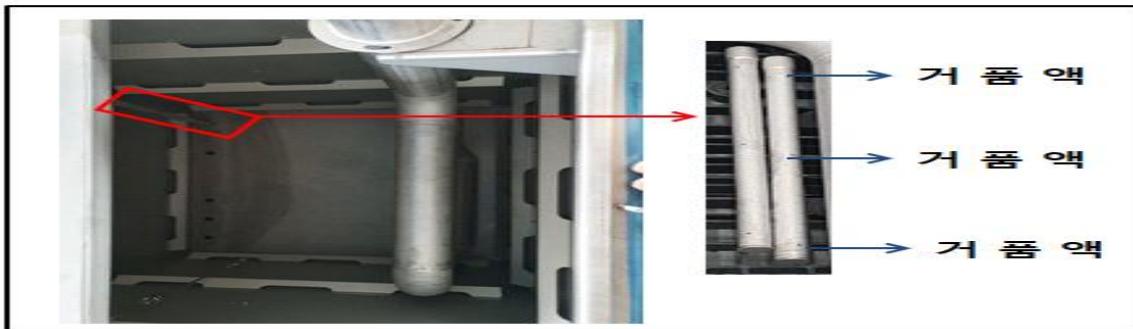


그림 72) 거품액 순환 시스템 구성

바) 대용량 안락사 장비 인증

- (1) 안락사 인증(자체 실험 - 동물 안락사 장비 적용)

표 33) 포유류 가금류 안락사 비교

항목	포유류	가금류
Pic.		
축종	토끼	닭
안락사 시간 (min)	3	5
안락사 기준	움직임 無	날개 짓 無
특이사항	돼지 안락사 취급이 어려워 토끼로 대체	

- ① 동물 안락사 시간에 대한 인증을 하기 위한 기관이 없으며 안락사에 대한 기준이 명확하지 않아 인증이 어려움
- ㉔ 자체적인 안락사 Test를 통해 안락사 시간 확인 진행
- ㉕ 닭의 경우 안락사 직전 날개 짓을 하며 이후 육안 및 청각을 통한 안락사 여부를 판단
- ㉖ 돼지를 통한 안락사 진행이 되어야 하나 취급이 어려워 토끼로 대체하여 실험하였음
- ㉗ 거품 채움 후 움직임을 확인하여 안락사 여부 확인
- ㉘ 안락사후 닭 기도 해부 후 자연스러운 호흡을 통한 안락사 확인



그림 73) 인도적 안락사 확인

- 기도 내부 점막 손상이 없고 자연스러운 호흡으로 인한 거품이 채워져 있음.

(2) 거품액 채움시간(한국섬유기계융합연구원)

- 시험방법 : 거품 채움 시간 측정을 위하여 별도로 제작된 1m<sup>3</sup>의 박스에 거품 투입을 시작하여 완료하기까지 소요 시간을 스톱워치를 이용하여 측정  
총 5회 시험을 하여 시간 평균값을 구하고 25m<sup>3</sup>에 대한 거품 채움 시간을 계산  
※ 박스 size (가로x세로x높이) : 1 m x 1 m x 1 m



<거품 채움 측정 시작 - #1>



<거품 채움 측정 중 (11초 경과) - #1>

		단위 [ 초 ]
시험 구분	측정값	거품 채움 시간 (1 m <sup>3</sup> 기준)
	#1	
#2		16.47
#3		19.03
#4		19.18
#5		19.90
평균		19 초

※ 평균값은 소수첫째자리 올림

거품 채움 시간 (총 25 m <sup>3</sup> 기준)	7분 55초
--------------------------------------	--------

그림 74) 거품 채움 시간

① 인증 결과

- ㉔ 대용량 안락사 장비 처리 기준  $25m^3/10min$  이상을 목표로 하여 개발하였고 인증 결과  $25m^3/7min55s$  으로 목표치 이상으로 시간을 단축
- (3) 거품 유지시간(한국섬유기계융합연구원)

거품 유지 시간 측정

개요 및 시험방법

- 거품을 채운 후 일정 시간 경과 후 거품 감소량을 측정하여 거품이 유지되는 시간 확인
- 시험방법 :  $1m^3$ 의 박스 총 5개에 거품을 모두 채우고 일정 시간 경과 후 거품 감소량을 확인

시험결과

시험 구분	거품 감소량
① 30분 경과 후	거품 감소 거의 없음
② 1시간 경과 후	거품 감소 거의 없음

※ 측정 시간 내에서는 거품의 감소가 거의 없어 거품 감소량 확인이 불가함

참고그래프



< 거품 유지 시간 측정 전 모습 >



< ① 30분 경과 후 - 거품 유지 모습 (33분 52초 경과)>



< ② 1시간 경과 후 - 거품 유지 모습 (1시간 1분 33초 경과)>

끝.

그림 75) 거품 유지시간

- ① 인증 결과 : 거품의 유지 시간은 안락사 시간을 고려하여 30분 이상 유지를 목표로 하였으나 1시간이상에서도 거품이 거의 변화 없이 유지함을 확인.

## 바. 동물 안락사 Test를 위한 장비 개발

가) 개발 개요

(1) AI 및 구제역 전염병 동물의 인도적안락사 및 처리시간을 측정하기 위한 장비 제작

나) 도면

(1) 전체도면

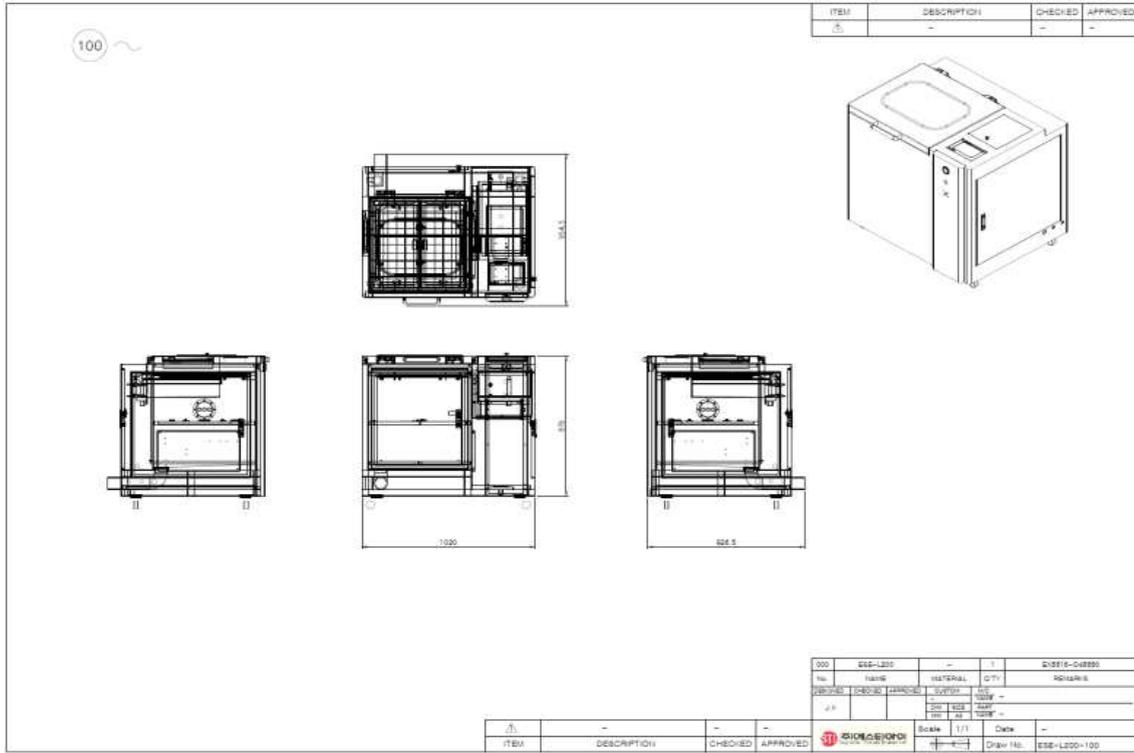


그림 76) 동물안락사 test 장비 도면

(2) 하부프레임

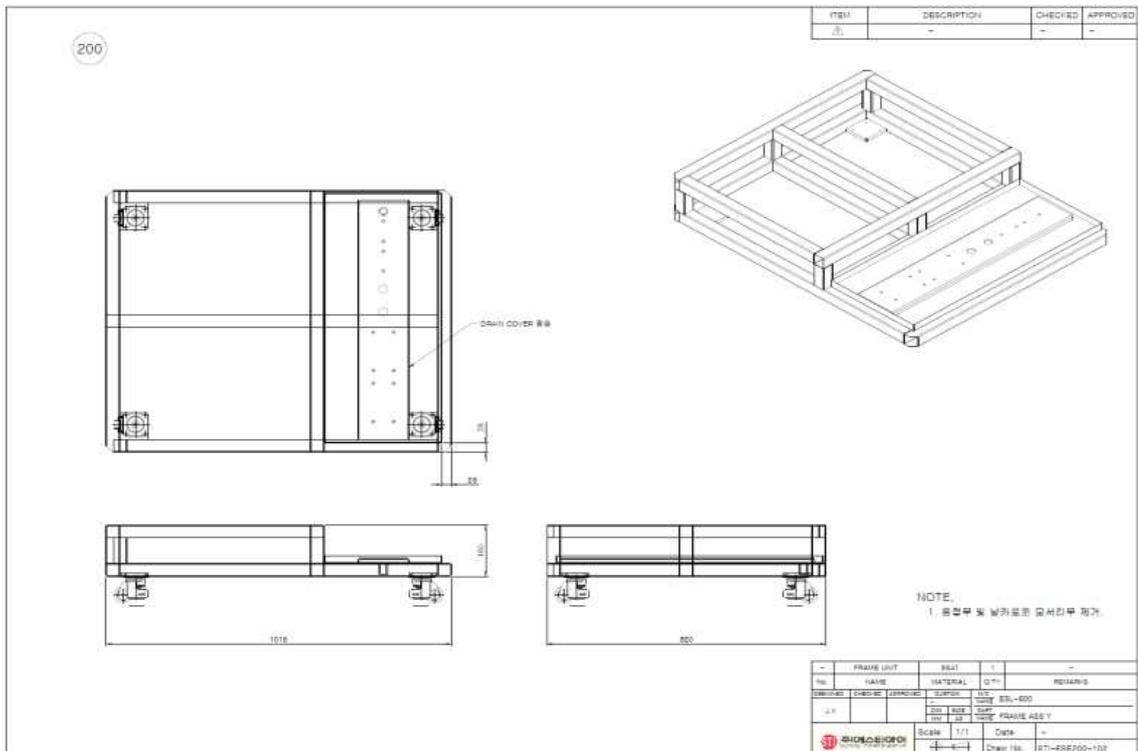


그림 77) 하부프레임 도면

(3) 챔버

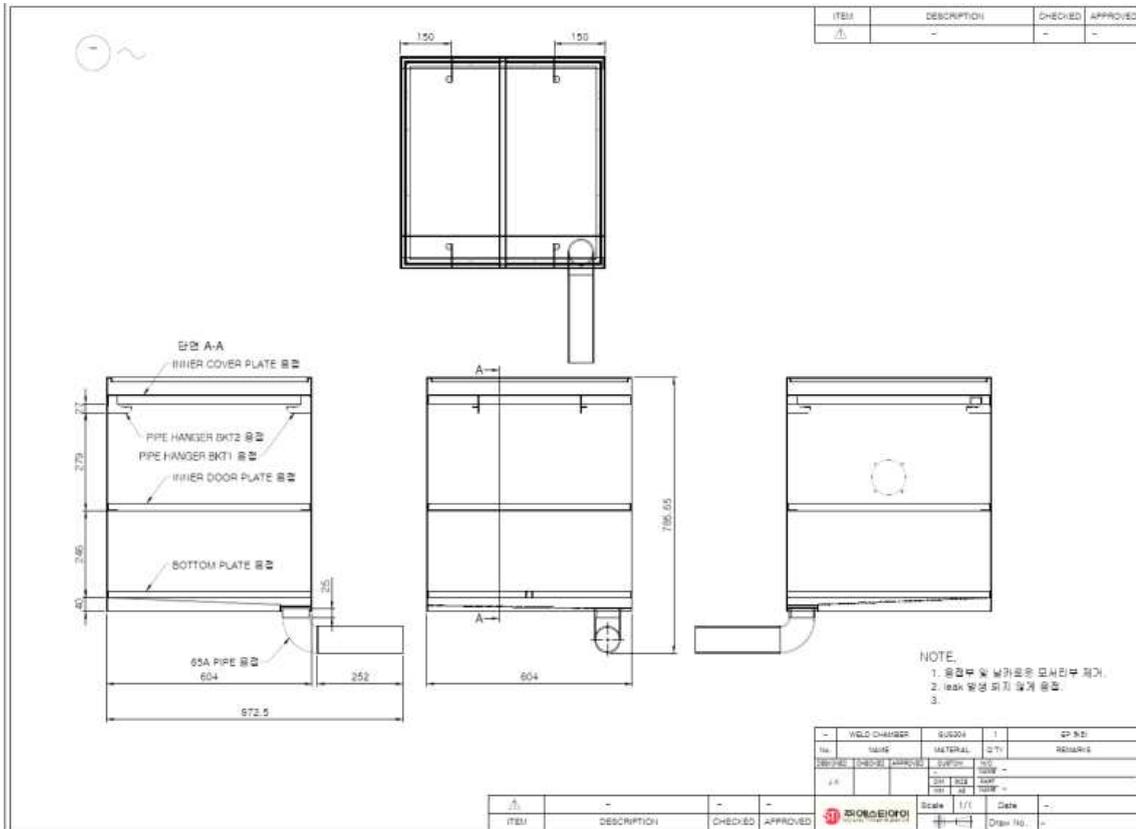


그림 78) 챔버 도면

(4) 상부도어

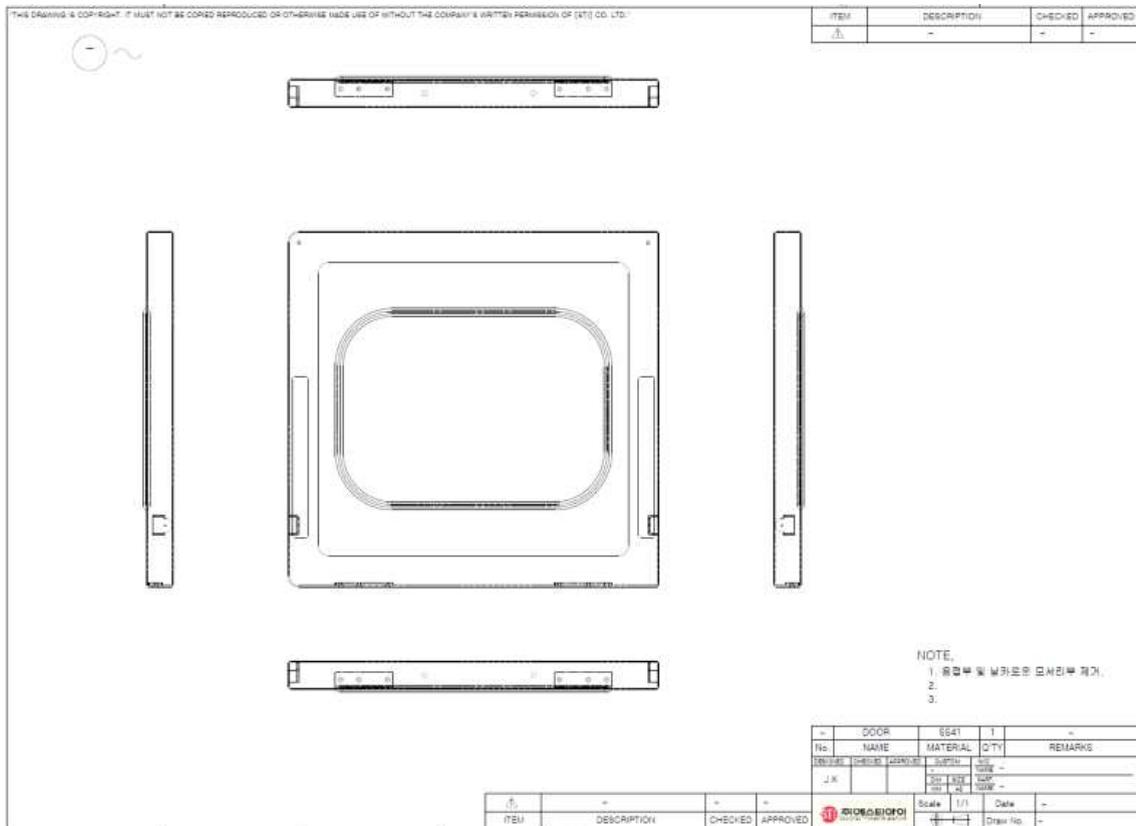


그림 79) 상부도어 도면

(5) 거품발생기

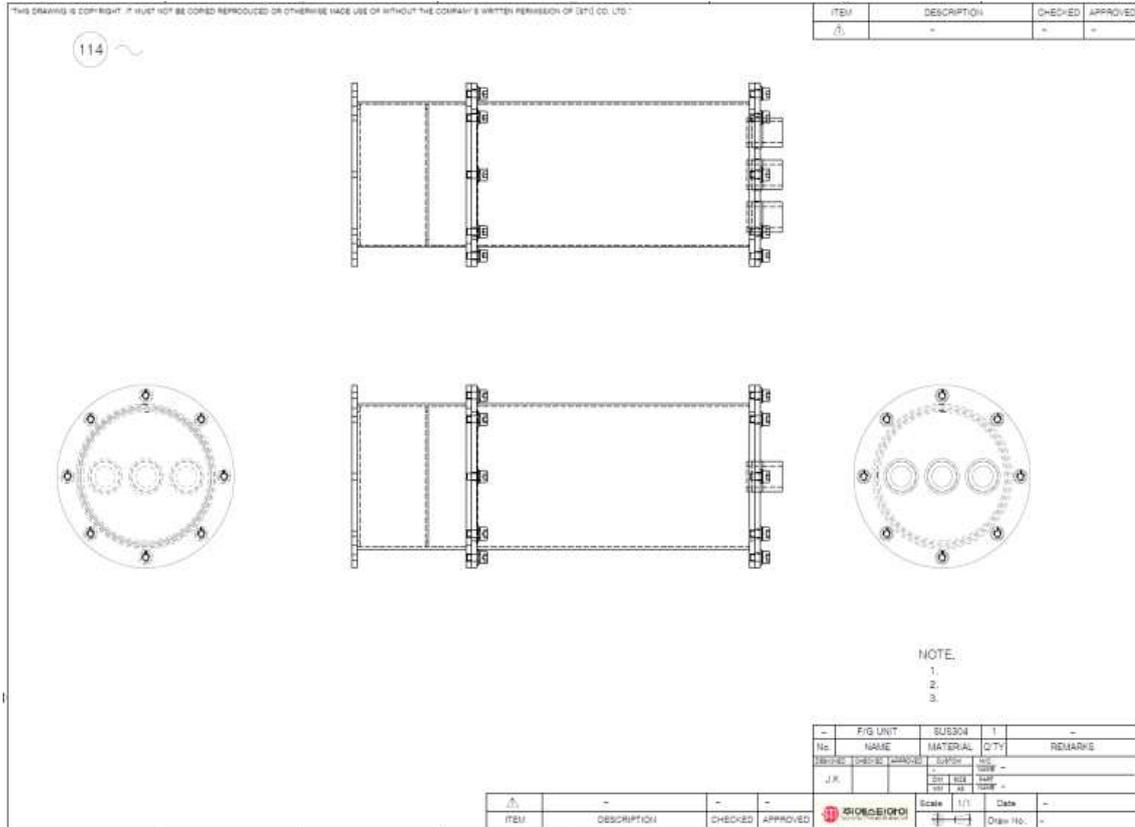


그림 80) 거품발생기

(바) 하부 그레이팅

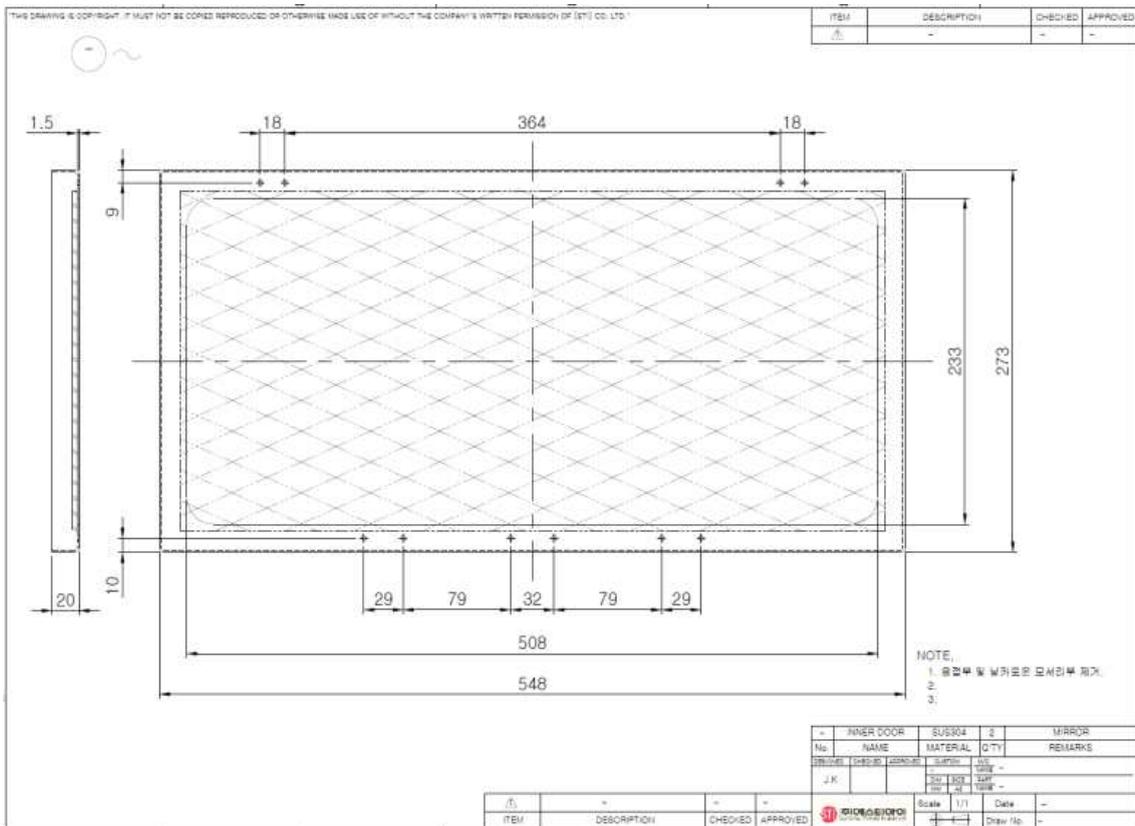


그림 81) 하부 그레이팅 도면

다) 장비제작

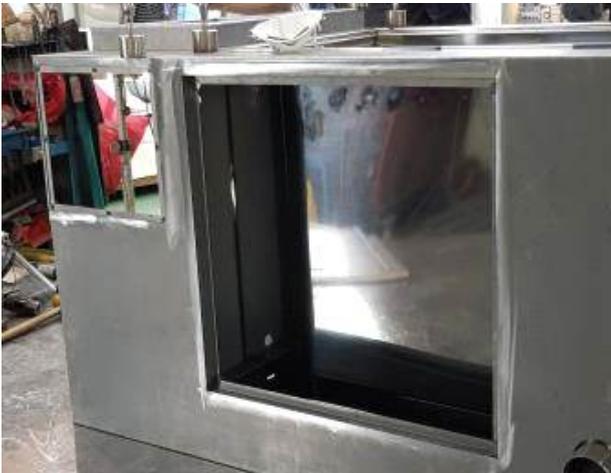


그림 82) 장비 제작 사진

라) 제작 사양

표 34) 제작 사양

분 류		거품액 제조 장치
규 격	외부규격(mm)	750*960*963
	내용적(mm)	550*600*690
type	컨트롤	Touch panel
	급수	직수
	거품발생기	조건확립 거품발생기 (가스 금속발포미세기공체적용)
전기(V)		220

사. 질소거품발생기 개선품(이동식 질소거품발생기) 개발

가) 개요

- (1) 1차년도에 개발된 질소거품안락자 장비의 경우 거품발생기가 본체 및 챔버 작동부와 일체형으로 되어 있어 장비 전체가 이동하기 어려운 곳은 적용이 어려운 문제가 있어 거품발생기만 별도로 모듈형식으로 이동할 수 있도록 설계 및 제작하였음.

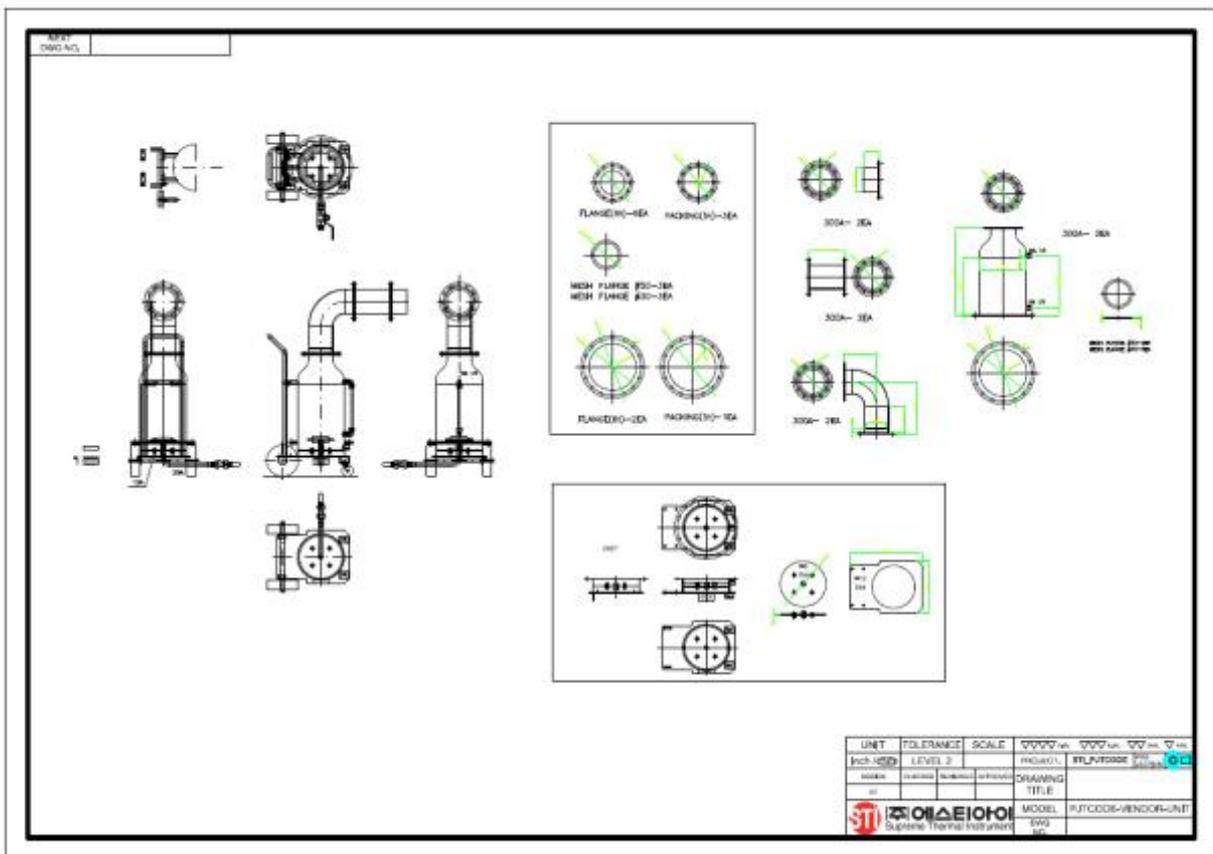


그림 83) 이동식 거품발생기 도면

나) 이동식 거품발생기 제작

- (1) 거품발생기 챔버 하단에 노즐을 설치하여 거품이 크기와 모양이 일정하게 발생하도록 하였으며, 이동이 용이하도록 바퀴를 설치 및 손잡이 등을 부착하였음.
- (2) 질소거품발생시 누설을 방지하기 위해 제작 완료 후 내부 압력 변화 테스트를 실시함.



질소거품 발생 노즐



거품발생부 챔버 연결



거품이동로연결



이동식거품발생기완성



기밀테스트

그림 84) 이동식 거품발생기 제작 과정



거품발생테스트



질소거품

그림 85) 이동식 거품발생기 거품 발생 테스트

아. 가축전염병 및 일반폐사가축 대응 가능한 전용 이송 차량 개발  
가) 폐사가축의 안전한 이송을 위한 차량 탑재형 폐사가축 적재함 개발

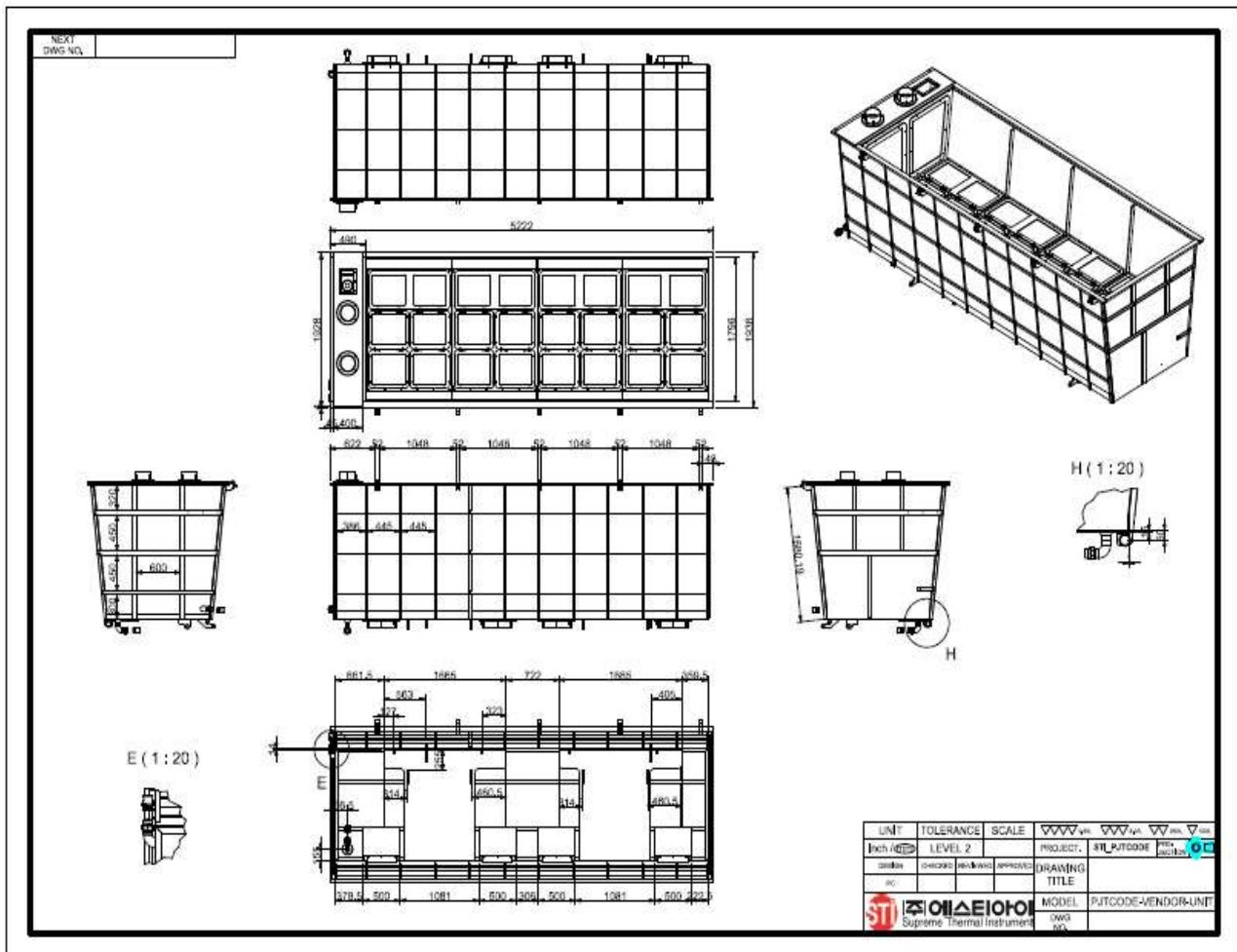


그림 86) 폐사가축 이송용 적재함 도면

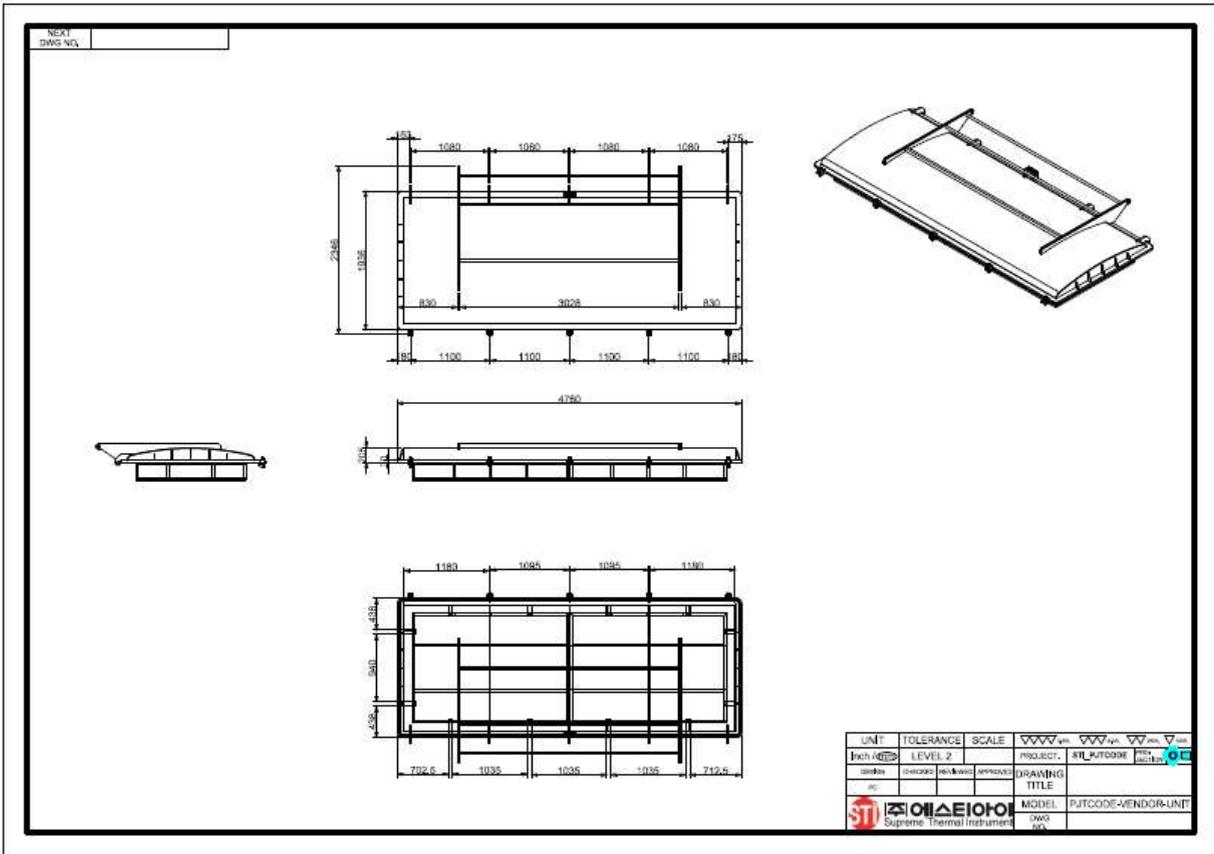


그림 87) 폐사가축 이송용 적재함 덮개

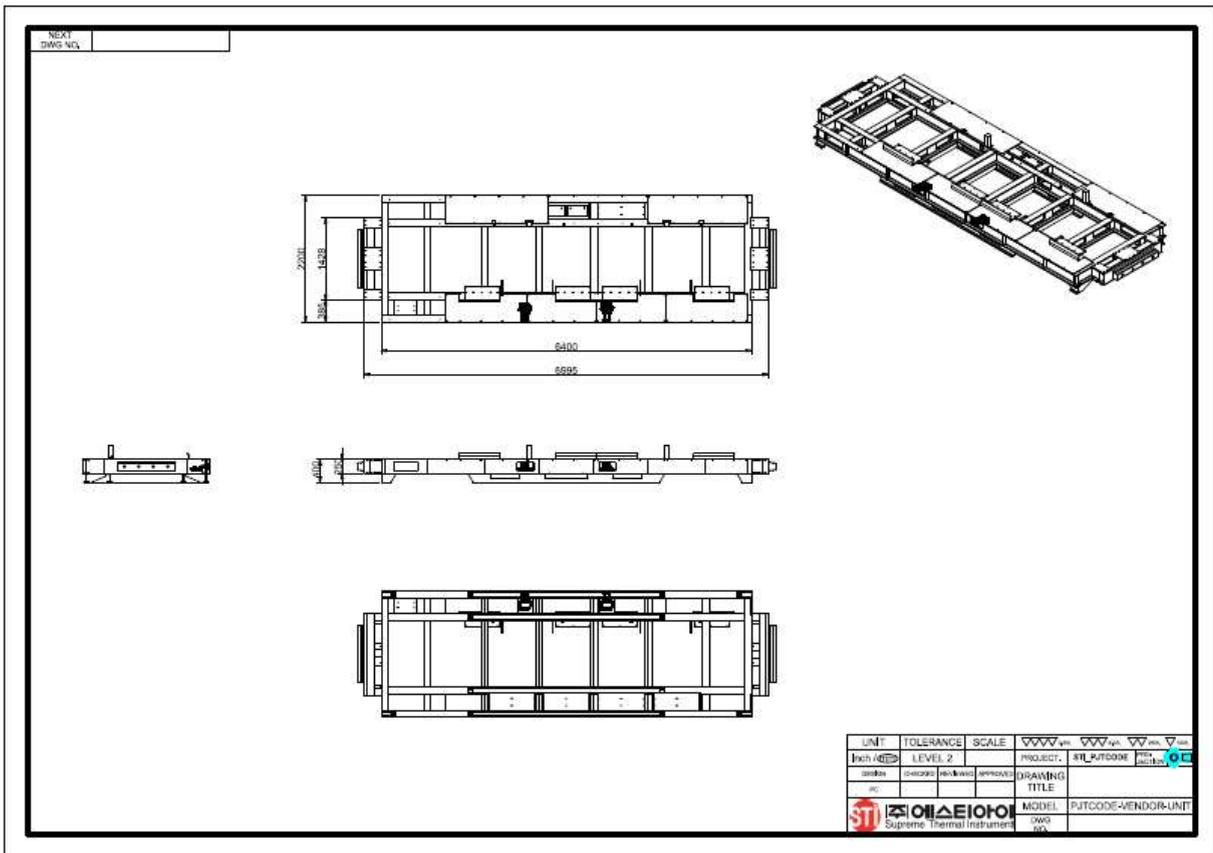


그림 88) Frame 도면



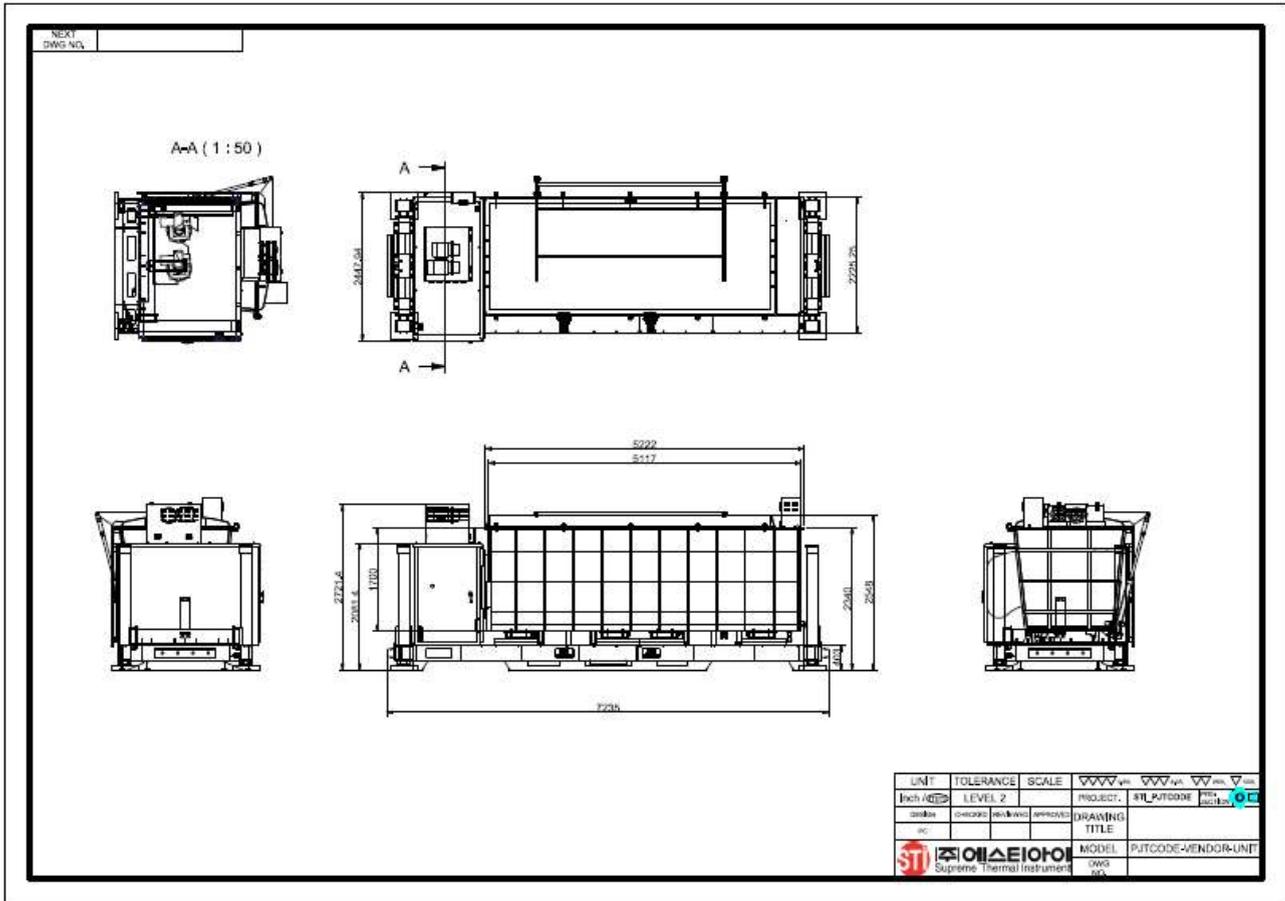


그림 91) 폐사가축 이송용 장비 도면

표 35) 적재함 제원

항목		내용
적재함	길이	5,222 mm
	너비	1,936 mm
	높이	2,012 mm
	부피	12.8 m <sup>3</sup>
중량	중량	2,500 kg
	최대적재량	5,000 kg
	총중량	7,000 kg

(1) 적재 Deck 설계

(가) 적재함 총 부피(volume) 및 형태 설계

(나) 적재물 배출 형태 선정 및 검토

(다) Square 및 Trapezoid 형태에 따른 적재함 설계 검토

(라) 일반적으로 적재함의 경우 대부분 Square 형태로 이루어져 있으며 액상의 경우 horizontal cylinder 형태로 차량에 탑재하여 이동하게 되어 있어 가축 사체 이송 적재

함의 경우도 차량에 탑재하여 이동해야 되므로 사체 투입 및 이동을 고려하여 Square 형태의 Deck로 제작 검토하였음.



그림 92) 기존 차량 탑재 적재함 형태

- (마) 적재물 배출 시 보통 앞부분을 덤프하여 적재함 뒤로 배출하는 형태가 주로 사용되는데 가축사체처리기로 배출 시 빠르게 투입할 방법과 적재함 내·외부를 효율적으로 세척 및 소독을 할 수 있는 방안을 검토하였음.
- (바) 본 개발 장비는 적재함이 사이드 덤프 방식으로 대량의 적재물을 옆으로 덤프하는 방식으로 적재할 양이 많은 경우 적재함을 서로 연결이 가능하며 공간이 협소한 장소에서 효과적이며, 가축 처리장비로 빠른 시간 내에 배출하여 신속하게 옮길 수 있는 장점이 있음.
- (사) 리어 덤프는 가장 흔히 사용되는 방식으로 후방 적재함이 열리는 덤프므로 향후 차량 일체형으로 제작될 경우 리어 덤프 방식도 함께 고려해야 하는 방식임.



그림 93) 형태사이드 덤프(좌), 리어 덤프(우)

- (아) 본 장비는 측면으로 기울여서 배출하는 형식으로 사이드 덤프 방식을 채택하였는데 일반 적인 적재 deck의 경우 적재물 배출 시 deck gate가 설치되지만 폐사가축 이송 장비의 경우 폐사가축으로부터 발생하는 오염물질의 유출이 없어야 하므로 deck gate를 설치가 불가능함.
- (자) 적재함을 square type으로 제작할 경우 배출구 또는 deck gate가 없어 적재물이 한번에 배출이 되지 않을 가능성이 있어 측면으로 90도 이상 기울여야 하는 문제점을 극복하고자 적재함 밑면이 짧고 윗면이 넓은 형태의 Trapezoid(사다리꼴) type 적재함을 설계하였음.
- (차) Trapezoid 형태가 되면 적재 Deck를 측면으로 90도로 기울였을 때 deck 윗부분이 아

래로 경사면이 되므로 square type과 비교해 더욱 원활히 적재물의 배출이 이루어질 수 있는 장점이 있음.

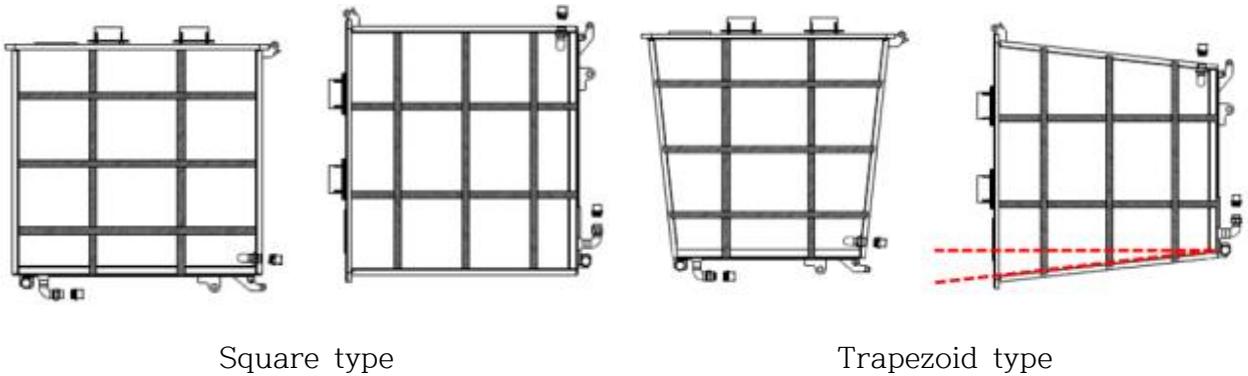


그림 94) 형태에 따른 적재함 설계 검토

- (카) 폐사가축 5톤 가량 적재 시 적재함의 길이가 약 5 m 정도 되기 때문에 적재물의 무게로 인해 내압을 견디지 못하고 적재 deck의 전후측면의 강판이 변형 등으로 오염물의 유출 등 문제가 발생할 수 있으므로 보강프레임을 설치하여 내압 또는 충격에 따른 강도를 확보하고자 하였음.
- (타) 적재함의 측면 강도를 확보하기 위해 보강프레임을 약 45 cm정도 간격으로 설치를 하였으며 좌우 측면과 전후면에도 동일하게 보강프레임을 적용하여 설치하였음.

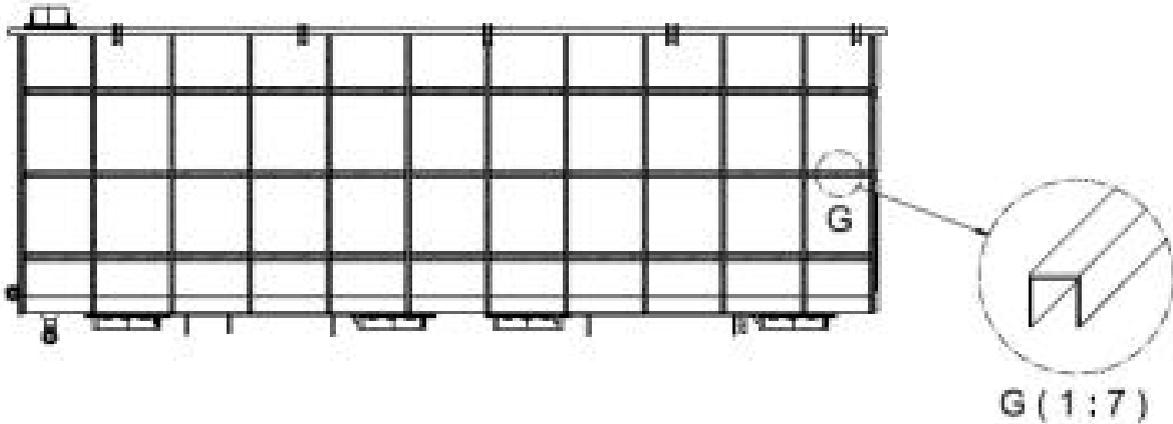


그림 95) 적재함 측면 보강프레임 설계도

나) 장비제작

- (1) 적재 Deck 설계본 장비는 폐사가축을 적재하여 이송할 수 있는 장비로 1) 적재함, 2) 적재함 밀폐용 덮개, 3) 적재함 받침대, 4) 아웃트리거, 5) 유압시스템, 6) 전기실로 구분되어지는 장비임.
- (2) 적재함은 상부 오픈형으로 5톤 가량 적재가 가능하며, 적재함 상부에는 덮개를 설치하여 폐사가축 이송 시 오염물 외부 유출이 없도록 제작되었으며, 차량 탑재 및 폐사가축 적재 시 전도 방지를 위해 아웃트리거를 설치하였으며, 유압실린더 등을 적용 및 설치하여 적재함 회전(덤핑) 및 아웃트리거 작동이 가능하도록 제작되었음.
- (3) 현장 또는 전기 공급이 불가능한 긴급상황 시 작동이 가능하도록 배터리를 설치하였으며, 화재 및 폭발의 위험성이 적고 고출력, 고수명을 가진 리튬인산철 배터리를 적용하였음.



적재함 제작



받침대 제작



적재함 및 받침대 결합



아웃트리거 제작



덮개 제작 및 결합



아웃트리거 결합



유압호스 및 전기작업



유압실린더 및 모터 설치



그림 96) 장비 부분별 제작 과정



그림 97) 폐사가축 이송장비 완성

다) 장비 주요기능 및 구성

(1) 장비 주요 기능

(가) 5톤 차량 탑재 가능 구조

(나) 아웃트리거 설치하여 별도 장비 없이 차량 탑재

(다) 가축사체 5톤 적재 및 밀폐 구조

(라) 적재물 배출을 위한 적재함 회전(덤핑) 기능

(2) 본 개발 장비는 대량의 폐사가축을 적재하여 거점시설까지 이송할 수 있으며, 차량 일체형이 아닌 차량과 별도로 분리되는 형태로 제작된 개발품으로 차량 일체형으로 제작될 경우 대량의 폐사가축 발생이 없을 시 차량을 방치해야 되는 문제가 있으나 차량과 분리되므로 폐사가축 발생 시에만 탑재 및 배치하여 운영할 수 있는 장점이 있음.

(3) 적재함에 아웃트리거가 설치되어 있어 차량 탑재 시 별도의 장치 없이 차량에 탑재할 수 있으므로 신속한 대응이 가능하며 작업 인원을 최소화할 수 있음.

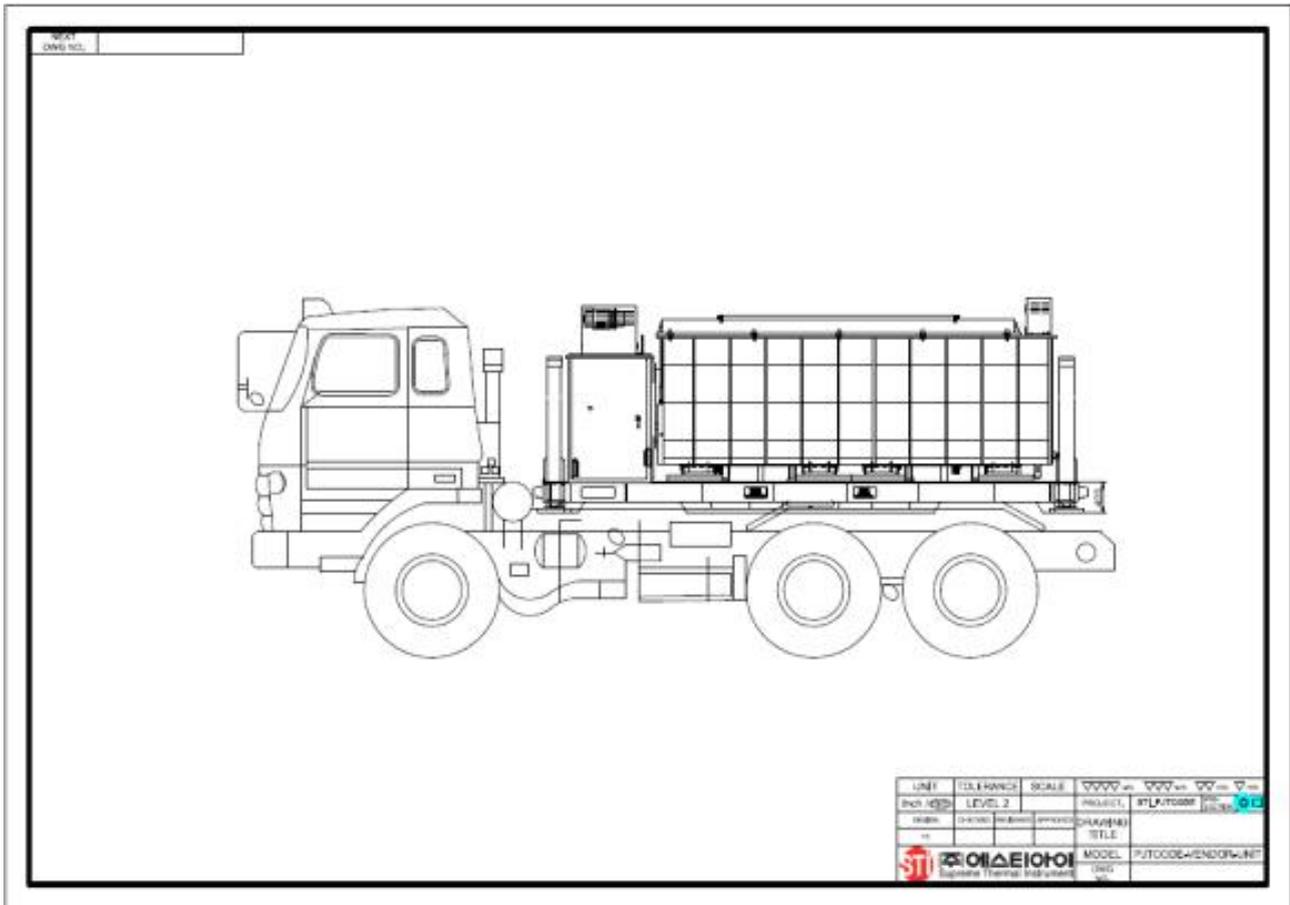


그림 98) 폐사가축 이송용 적재함 차량 탑재 도면





그림 99) 폐사가축 이송용 적재함 실제 차량 탑재 과정

- (4) 폐사가축이송을 위한 본 장비의 특징은 폐사가축으로부터 발생하는 오수 등에 의한 부식방지를 위해 적재함과 적재함 덮개 모두 sus304 재질을 사용하였음. 5톤 가량의 가축 사체 적재 시 사체의 비중과 사체 간 공간을 고려할 때, 전체 부피의 약 50% 정도가 유효할 것으로 예상되어 10 m<sup>3</sup> 이상 필요할 것으로 판단하였고 total volume 12.8 m<sup>3</sup>으로 제작되었음.
- (5) 살처분 현장에서 질식사 후 거점처리 시설로 이동하는 시스템으로 안전하게 이동이 보장되어야 하나, 내압 구조를 가진 형태로 제작될 경우 가축 사체 적재의 어려움과 과도한 비용이 발생할 수 있어 대기압보다 약간의 압력(~0.01 kgf/cm<sup>2</sup>)정도만 견딜 수 있도록 설계하고, 상부 오픈형태로 적재함을 설계하여 가축사체의 투입이 용이하도록 하였음.
- (6) 이송 후 가축 사체 처리장치로 투입 시 효율성을 높이기 위해 측면 회전(side dumping) 방식을 채택하여 원활한 사체 투입과 적재함 세척이 용이하도록 하였으며, 측면 회전 시 적재함이 전도될 가능성을 고려하여 유압조절밸브와 stopper를 설치하여 일정 수준까지만 덤핑될 수 있도록 구성하였음.

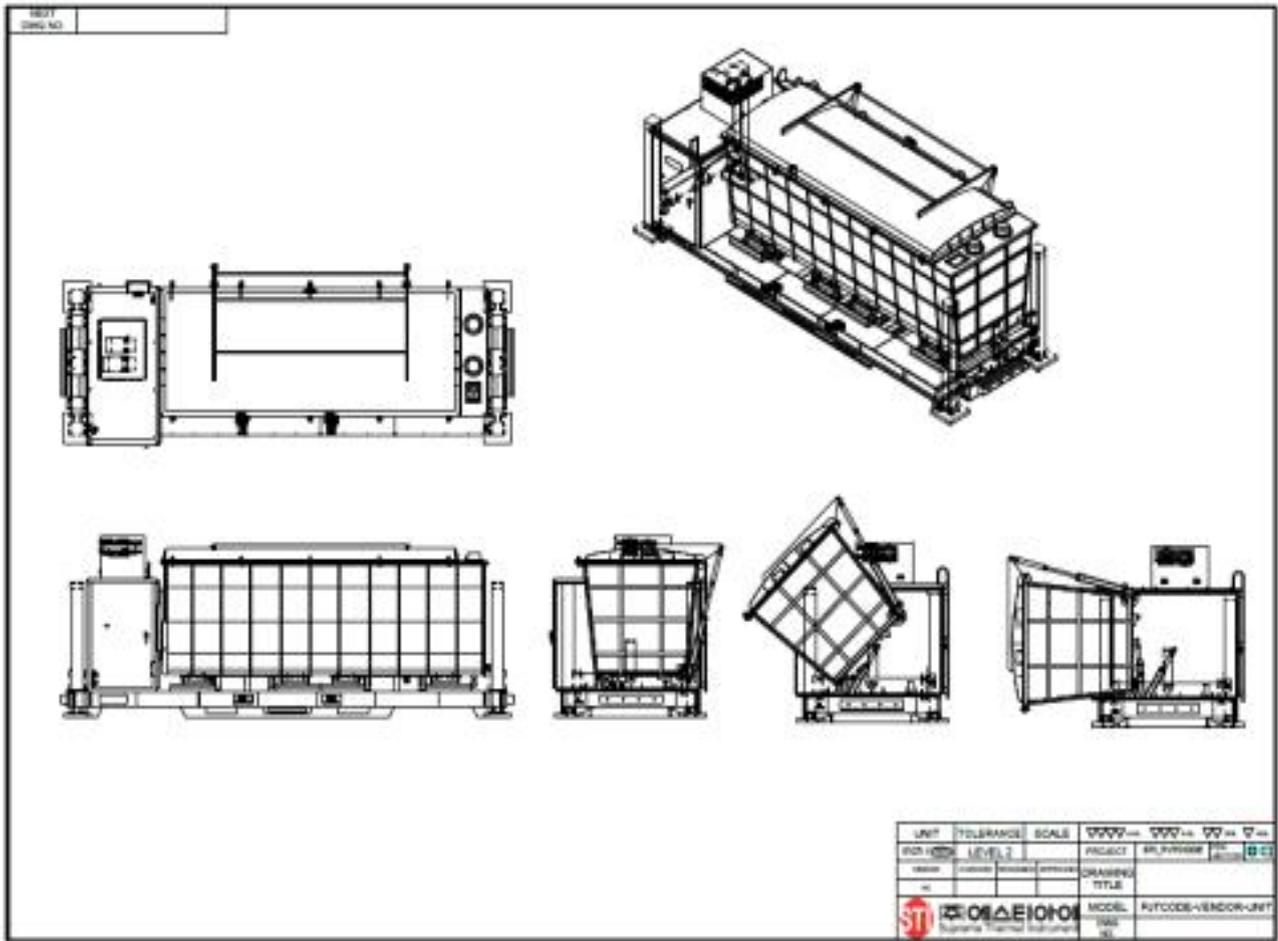


그림 100) 적재함 회전(덤핑) 도면

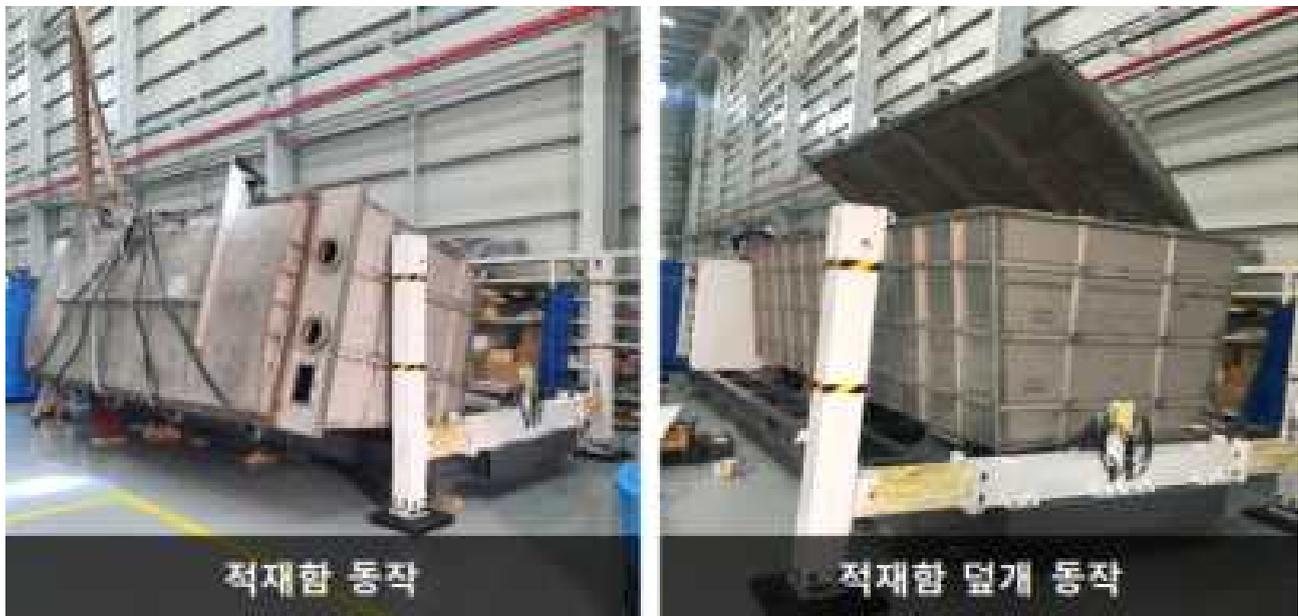


그림 101) 적재함 회전(덤핑) 및 덮개 작동 테스트

라) 주요항목

NO	항목	내용	사진
1	적재함	5,000kg 적재 및 이송 가능한 적재함 제작 및 설치	
2	적재함 덮개	유압실린더에 의한 작동되는 적재함과 동일한 재질의 밀폐형 덮개	
3	유압식 잠금장치	적재함 밀폐를 위한 유압식 잠금장치	
4	적재함 받침대	차량과 적재함 연결을 위한 받침대	
5	아웃트리거	작업 시 차량 전도방지, 자력 상하차를 위한 아웃트리거 설치	
6	유압식 실린더	적재물 배출 및 세척을 위한 적재함 회전용 유압실린더	

7	조작부	적재함 회전 및 유압시스템 작동 적재함 내 온도 감시	
8	배터리	리튬이온 인산철 배터리 고출력, 고수명 충격, 고온, 화재 등 발생 시 폭발의 위험이 적어 안정적임.	

마) 사양 및 성능

NO	항목	사양 및 성능												
1	적재함	<p>○ 폐사가축이송용 밀폐 구조</p> <table border="1" data-bbox="488 1173 1378 1379"> <tr> <td>MATERIAL</td> <td>SUS304</td> </tr> <tr> <td>LOCK TYPE</td> <td>클램프 잠금</td> </tr> <tr> <td>SIZE</td> <td>W5222*D1936*H2012</td> </tr> <tr> <td>WEIGHT</td> <td>2500kg</td> </tr> <tr> <td>VOLUME</td> <td>12.8m3</td> </tr> </table>	MATERIAL	SUS304	LOCK TYPE	클램프 잠금	SIZE	W5222*D1936*H2012	WEIGHT	2500kg	VOLUME	12.8m3		
MATERIAL	SUS304													
LOCK TYPE	클램프 잠금													
SIZE	W5222*D1936*H2012													
WEIGHT	2500kg													
VOLUME	12.8m3													
2	아웃트리거	<p>○ 자주식 아웃트리거 2조 (체크밸브 부착형)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SIZE : W2188* D257*H1988</li> <li>- OUTRIGGER (TUBE&amp;BEAM) ASSY 4 set</li> <li>- CYLINDER (내경Φ80*ST1500)</li> <li>- CYLINDER (내경Φ40*ST540)</li> </ul>												
3	유압시스템	<p>○ 적재함 회전용 실린더 (HYD-CYLINDER CB80B-B720)</p> <table border="1" data-bbox="488 1785 1378 2112"> <tr> <td>TUBE IN DIA.</td> <td>Ø80</td> </tr> <tr> <td>ROD DIA.</td> <td>Ø45</td> </tr> <tr> <td>STROKE</td> <td>720</td> </tr> <tr> <td>WORKING PRESSURE</td> <td>140kgf/cm2 (14.3MPa)</td> </tr> <tr> <td>TEST PRESSURE</td> <td>210kgf/cm2 (21.4MPa)</td> </tr> <tr> <td>WORKING SPEED</td> <td>8~300mm/sec</td> </tr> </table>	TUBE IN DIA.	Ø80	ROD DIA.	Ø45	STROKE	720	WORKING PRESSURE	140kgf/cm2 (14.3MPa)	TEST PRESSURE	210kgf/cm2 (21.4MPa)	WORKING SPEED	8~300mm/sec
TUBE IN DIA.	Ø80													
ROD DIA.	Ø45													
STROKE	720													
WORKING PRESSURE	140kgf/cm2 (14.3MPa)													
TEST PRESSURE	210kgf/cm2 (21.4MPa)													
WORKING SPEED	8~300mm/sec													

		<table border="1"> <tr> <td>WORKING TEMPERATURE</td> <td>-10 ~ 80°C</td> </tr> </table> <p>○ 덮개용 실린더 (HYD-CYLINDER CB80B-B340)</p> <table border="1"> <tr> <td>TUBE IN DIA.</td> <td>Ø80</td> </tr> <tr> <td>ROD DIA.</td> <td>Ø45</td> </tr> <tr> <td>STROKE</td> <td>340</td> </tr> <tr> <td>WORKING PRESSURE</td> <td>140kgf/cm<sup>2</sup> (14.3MPa)</td> </tr> <tr> <td>TEST PRESSURE</td> <td>210kgf/cm<sup>2</sup> (21.4MPa)</td> </tr> <tr> <td>WORKING TEMPERATURE</td> <td>8~300mm/sec</td> </tr> </table> <p>○ 유압모터1</p> <table border="1"> <tr> <td>TYPE</td> <td>MSR116L</td> </tr> <tr> <td>OUT PUT</td> <td>7.5kW</td> </tr> <tr> <td>VOLTAGE</td> <td>48V</td> </tr> <tr> <td>CURRENT</td> <td>190A</td> </tr> <tr> <td>TORQUE</td> <td>4.17kg-m</td> </tr> <tr> <td>RATING</td> <td>1HOUR</td> </tr> <tr> <td>BEARING</td> <td>6207zz/6206zz</td> </tr> <tr> <td>MAX.SPEED(RPM)</td> <td>1750</td> </tr> </table> <p>○ 유압모터2</p> <table border="1"> <tr> <td>TYPE</td> <td>TEFC</td> </tr> <tr> <td>OUT PUT</td> <td>3.7kW</td> </tr> <tr> <td>VOLTAGE</td> <td>220/380V</td> </tr> <tr> <td>TORQUE</td> <td>2.11kg-m</td> </tr> <tr> <td>MAX.SPEED(RPM)</td> <td>1755</td> </tr> </table>	WORKING TEMPERATURE	-10 ~ 80°C	TUBE IN DIA.	Ø80	ROD DIA.	Ø45	STROKE	340	WORKING PRESSURE	140kgf/cm <sup>2</sup> (14.3MPa)	TEST PRESSURE	210kgf/cm <sup>2</sup> (21.4MPa)	WORKING TEMPERATURE	8~300mm/sec	TYPE	MSR116L	OUT PUT	7.5kW	VOLTAGE	48V	CURRENT	190A	TORQUE	4.17kg-m	RATING	1HOUR	BEARING	6207zz/6206zz	MAX.SPEED(RPM)	1750	TYPE	TEFC	OUT PUT	3.7kW	VOLTAGE	220/380V	TORQUE	2.11kg-m	MAX.SPEED(RPM)	1755
WORKING TEMPERATURE	-10 ~ 80°C																																									
TUBE IN DIA.	Ø80																																									
ROD DIA.	Ø45																																									
STROKE	340																																									
WORKING PRESSURE	140kgf/cm <sup>2</sup> (14.3MPa)																																									
TEST PRESSURE	210kgf/cm <sup>2</sup> (21.4MPa)																																									
WORKING TEMPERATURE	8~300mm/sec																																									
TYPE	MSR116L																																									
OUT PUT	7.5kW																																									
VOLTAGE	48V																																									
CURRENT	190A																																									
TORQUE	4.17kg-m																																									
RATING	1HOUR																																									
BEARING	6207zz/6206zz																																									
MAX.SPEED(RPM)	1750																																									
TYPE	TEFC																																									
OUT PUT	3.7kW																																									
VOLTAGE	220/380V																																									
TORQUE	2.11kg-m																																									
MAX.SPEED(RPM)	1755																																									
4	배터리	<p>○ 리튬인산철 배터리</p> <table border="1"> <tr> <td>NOMINAL VOLTAGE(V)</td> <td>12.8V</td> </tr> <tr> <td>NOMINAL CAPACITY(Ah)</td> <td>100Ah @ 0.2C Discharge, 25°C</td> </tr> <tr> <td>STANDARD CHARGING CONDITION(V, A)</td> <td>14.6V ±1.5%, 20A (End Current : 1A)</td> </tr> <tr> <td>STANDARD DISCHARGING CONDITION(A)</td> <td>20A (0.2C) Relative Capacity: ≥100%</td> </tr> <tr> <td>OPERATION TEMPERATURE(°C)</td> <td>Charge : 0~+55°C Discharge : -20~+60°C</td> </tr> <tr> <td>DISCHARGE CUT-OFF VOLTAGE(V)</td> <td>11.2V</td> </tr> <tr> <td>CYCLE LIFE</td> <td>≥3,500cycle (75% DOD, 초기용량의 60%기준)</td> </tr> </table>	NOMINAL VOLTAGE(V)	12.8V	NOMINAL CAPACITY(Ah)	100Ah @ 0.2C Discharge, 25°C	STANDARD CHARGING CONDITION(V, A)	14.6V ±1.5%, 20A (End Current : 1A)	STANDARD DISCHARGING CONDITION(A)	20A (0.2C) Relative Capacity: ≥100%	OPERATION TEMPERATURE(°C)	Charge : 0~+55°C Discharge : -20~+60°C	DISCHARGE CUT-OFF VOLTAGE(V)	11.2V	CYCLE LIFE	≥3,500cycle (75% DOD, 초기용량의 60%기준)																										
NOMINAL VOLTAGE(V)	12.8V																																									
NOMINAL CAPACITY(Ah)	100Ah @ 0.2C Discharge, 25°C																																									
STANDARD CHARGING CONDITION(V, A)	14.6V ±1.5%, 20A (End Current : 1A)																																									
STANDARD DISCHARGING CONDITION(A)	20A (0.2C) Relative Capacity: ≥100%																																									
OPERATION TEMPERATURE(°C)	Charge : 0~+55°C Discharge : -20~+60°C																																									
DISCHARGE CUT-OFF VOLTAGE(V)	11.2V																																									
CYCLE LIFE	≥3,500cycle (75% DOD, 초기용량의 60%기준)																																									
5	조작부	○ 컨트롤러																																								

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조작 방식 : 무선스위치</li> <li>- 기능 :</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 조작스위치 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유압모터 : ON/OFF</li> <li>- 적재함 : 회전/복귀</li> <li>- 덮개 : OPEN/CLOSE</li> <li>- 덮개잠금 : LOCK/UNLOCK</li> <li>- 내부온도 확인</li> </ul> </li> </ul>
6	동작사양	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 적재함 덮개 작동 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열림 : 70초 이내</li> <li>- 닫힘 : 60초 이내</li> </ul> </li> <li>○ 배출 및 회전 작동 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 배출 : 130초 이내</li> <li>- 복귀 : 120초 이내</li> </ul> </li> </ul>

## 자. 완벽 밀폐 구조로 대기압 이상 가압 대응 가능 구조 개발

- 가) 폐사가축과 같은 폐기물 수집·운반차량의 경우 밀폐형 차량으로 수집·운반되어야 보건상 문제나, 미관상 민원발생 소지가 적으며, 덮개를 설치하여 오염물의 유출 및 누출이 방지된 상태로 운반이 가능함.
- 나) 적재함 밀폐성을 위해 적재함 부피 1/100 정도로 축소된 챔버를 제작하여 밀폐성 테스트를 우선 진행하여 적절한 방법의 밀폐용 방안과 밀폐도를 확인하였음.
- 다) 제작된 챔버에 내부 압력이 0.2 kgf/cm<sup>2</sup>이 될 때까지 공기를 충전한 후 압력감소 여부에 따라 밀폐 정도를 확인하였으며, 밀폐 방법은 고무패킹 2종과, 오링 1종을 사용하여 밀폐도 테스트를 진행하였음.



그림 102) 밀폐 테스트용 용기 덮개



그림 103) 소형 챔버 밀폐 테스트

라) 고무패킹 2종 모두 챔버 내부 압력을 0.15kgf/cm<sup>2</sup>까지 충전 한 후 밀폐 여부를 확인하였으나 30초 이내 챔버 내부 압력이 낮아지는 현상이 나타나 후보에서 제외하였음.



그림 104) 고무패킹 밀폐테스트(상), O-ring 밀폐 테스트(하)

마) 오링의 경우 고무패킹에 비해 상대적으로 밀폐성 높아 오링이 적합하다고 판단되어 폐사가축 이송 적재함에는 오링을 적용하였으며 상부 오픈형으로 적재함과 덮개가 밀착되는 부분에 오링을 설치하여 내부를 밀폐할 수 있는 구조로 제작하였음.



그림 105) 적재함 덮개 및 덮개 실린더

바) 밀폐 테스트는 덮개를 덮은 상태에서 에어컴프레서를 이용하여 압축공기를 공급하여 압력을 높이는 방식으로 테스트하였고, 실제 적재함에는 오링을 적용 및 부착하였으며, 이송 중 적재함이 전복되거나 전도되는 상황이 발생했을 때 덮개가 열리는 것을 방지하기 위해 잠금장치를 설치하였음.

사) 적재함의 밀폐도를 측정하기 위해 소형챔버와 동일한 방법으로 내부에 공기를 주입하여 내부 압력을 0.04 kgf/cm<sup>2</sup> 충전한 후 밀폐도 자체 측정하였음..



그림 106) 폐사가축 이송용 적재함 덮개

아) 폐사가축을 적재 후 거점처리시설까지 이송 시 약 1시간이 소요될 것으로 가정하여 최소 1시간 이상 내부 압력의 감소 여부를 확인하였는데 적재함 내부에 공기를 충전한 후 1시간이 경과하여도 내부 압력이 감소하는 현상이 없어 내부가 완전 밀폐가 되는 것으로 확인되어 내부로부터 악취 또는 병원균이 유출될 가능성이 작을 것으로 판단됨.





그림 107) 폐사가축 적재함 밀폐도 자체 테스트

자) 적재함의 밀폐도 시험분석은 국가공인시험기관에 의뢰하였으며, 시험 조건은 밀폐도 최종 개발목표 0.01atm(1kPa)보다 고압 조건인 0.02atm(2kPa)에서 시험이 진행되었으며, 시험성적서에 나타난 바와 같이 압력을 가한 후 1시간 후에도 압력이 0.02atm(2kPa)으로 유지되었음.



그림 108) 밀폐도 시험

표 36) 밀폐도 시험 결과

구분	밀폐도 목표	시작 압력	1시간 후 압력	시험기관
폐사가축 이송시스템 (이송적재함)	0.01 atm (1.01 kPa)	0.02 atm (2.0 kPa)	0.02 atm (2.0 kPa)	한국산업기술시험원 (KTL)

# 시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : 20-047136-01-2  
Report No.  
페이지 ( 1 ) / ( 총 3 )  
Page of Pages



**1. 의뢰자 (Client)**

기관명 (Name) : (주)에스티아이  
주소 (Address) : 대구광역시 달성군 다사읍 새천로7길 39  
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2020. 07. 22.

**2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 과제제출용**

**3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)**

제품명 (Description) : 폐사가속 이송시스템  
제조회사 (Manufacturer) : 의뢰자가 제시한 시험품  
모델명 (Model Name) : 이송 적재함  
제조번호 (Serial Number) : \* \* \*  
기타 (Remark) : \* \* \*

**4. 시험기간 (Date of Test) : 2020년 08월 03일 - 2020년 08월 06일**

**5. 시험장소 (Location of Test) :**

KTL 고정시험실  
 현장시험 (주소 : 대구광역시 달성군 다사읍 새천로7길 39)

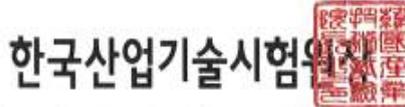
**6. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 후면참조**

**7. 시험결과 (Test Results) : 후면참조**

비고(Notes) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 한하여, 법적 및 기타분쟁의 근거 등으로의 사용을 금합니다.  
2. 이 성적서는 원본만 유효하며, 임의로 재가공된 사본 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.  
(원본이란 KTL에서 발행된 전자에 따라 보안성을 포함하여 제공하는 모든 일의서를 의미합니다.)  
3. 아래의 QR코드를 스캔하여 성적서의 원본내용 확인이 가능하며, KTL 본관 원본과의 동일성은 고객원용홈페이지(customer.ktl.re.kr)의 "성적서 원본확인"창에서 비교가능 합니다.

확 인 Affirmation	작성자(Tested by)	기술책임자(Technical Manager)
	성명(Name): 유지영	성명(Name): 강병구

2020. 08. 06.



경기도 안성시 상북구 배현로 7231 723, Haeon-ro, Sangbuk-gu, Anseong-si, Gyeonggi-do, KOREA | Tel.031-500-0192 Fax. 031-500-0195

FP104-05-00



※ 위 마크는 추후 전자확인용 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

## 시험 결과 (Test Results)

### 1. 시험품 정보

- 1.1 품명 : 폐사가속 이송시스템  
 1.2 모델명 : 이송 적재함  
 1.3 크기 : ( 5 222 × 1 936 × 2 012 ) mm



그림 1 시험품 사진

### 2. 시험 규격 / 방법

#### 2.1 기밀 시험

- 1) 그림 2와 같이 시험품을 측정장비에 연결한다.
- 2) 1.0 kPa 이상의 공압을 인가하여 안정화 이후 시작 및 1시간 후의 압력을 측정한다.



그림 2 시험 사진

FP104-06-00



※ 위 마크는 추후 전자확인용 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

	성적서 번호 : 20-047136-01-2 Report No.	
	페이지 ( 3 ) ( 총 3 ) Page of Pages	

3. 시험결과

시험종명	시작 압력	1시간 후 압력	비고
폐사가족 이송시스템 (이송 적재함)	2.0 kPa	2.0 kPa	-

4. 시험장비

장비명	제조사	모델
Data Acquisition System	DEWETRON	Dewe-1201
Pressure Transmitter	Sensys	PSHK0001BCPG

이상 끝.

FP104-06-00



또 위 마크는 추후 전자확인용 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

그림 109) 이송 적재함 밀폐도 시험 성적서

## 차. 내 외부 소독 시스템 구축 기술 개발

- 가) 폐사가축 이송 후 이송 적재함에 감염병균 또는 다양한 균들이 잔류 할 수 있으며, 이러한 병원균들은 세척 및 소독을 하지 않을 경우 2차 오염 및 전염이 발생할 수 있으므로 적재함의 세척 및 소독은 필수적인 사항임.
- 나) 세척 소독 시 단순히 물 세척을 하게 되면 적재함은 세척이 되더라도 세척수에 흘러나간 병원균이 하수 또는 대기 중으로 확산이 되는 문제점이 있으므로 세척과 동시에 소독이 될 수 있는 구조의 소독 시스템이 필요함.
- 다) 적재함에 묻어 있는 이물질을 신속하게 제거하기 위해서 적절한 물리적인 힘을 필요로 하는데, 본 장비는 최대 120 bar의 압력으로 분사하여 적재함의 이물질들을 신속하게 제거 할 수 있음.
- 라) 오존 발생 장치를 설치하여 오존 수를 제조, 제조된 오존 수를 세척 노즐을 통해 분사함으로써 세척과 동시에 소독을 실시 할 수 있도록 구성하여 신속한 세척이 가능함.

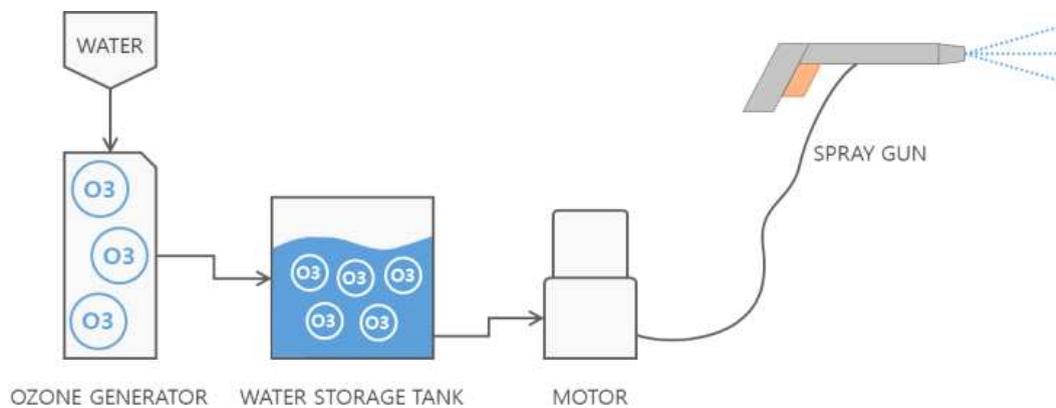


그림 110) 고압세척소독 시스템 구성도

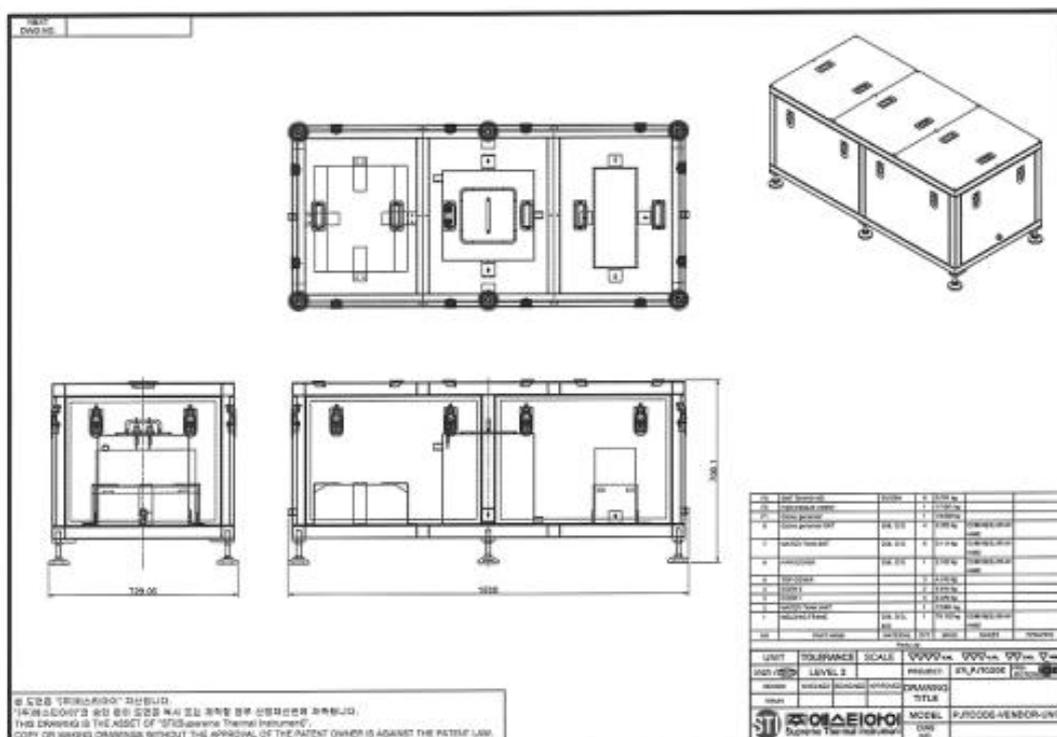


그림 111) 고압세척소독 시스템 도면



그림 112) 고압세척소독 시스템 내·외부

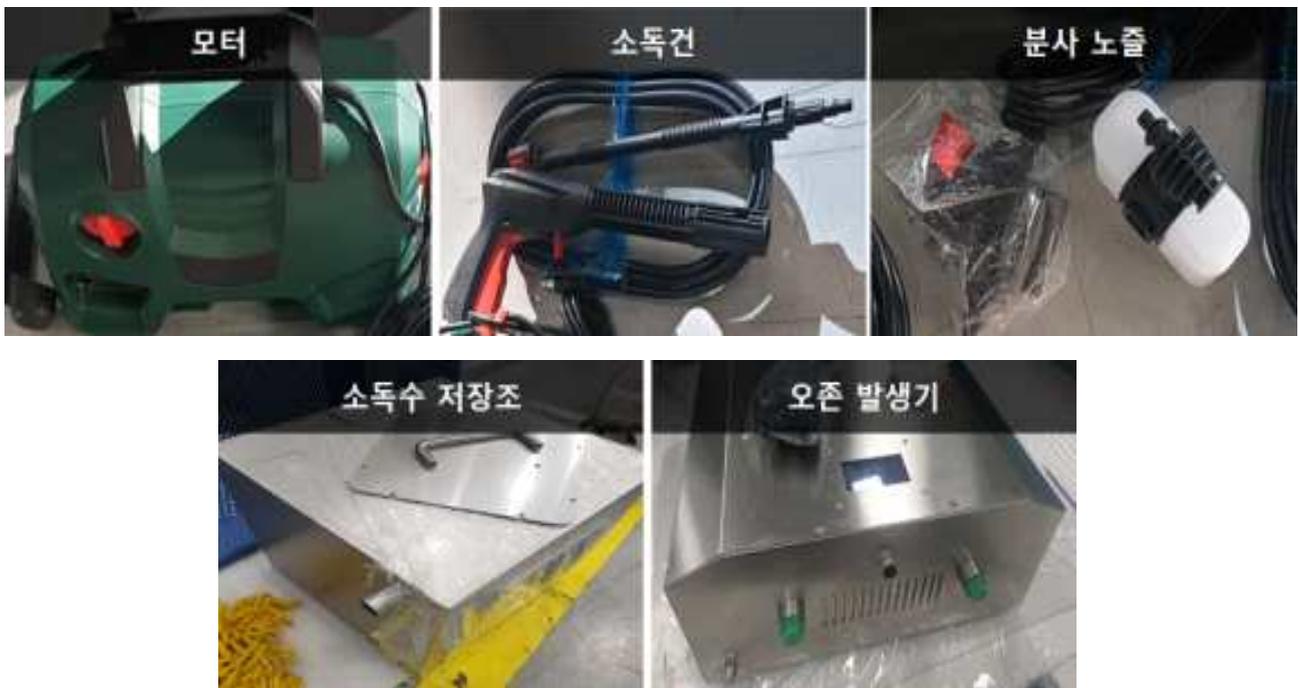


그림 113) 고압세척소독기 부품



그림 114) 고압세척소독기 완성품 및 세척수 분사

마) 세척 노즐은 세척수 분사 시 목표지점에 도달했을 때 특정 지점 주변에 세척수가 커튼 형태로 동시에 분사되어 적재함, 장비 등에 묻어 있는 병원균을 내부에서 소독할 수 있는 Cone spray type으로 되어야 하며 노즐 분사 반경이 너무 넓으면 세척 소독 효과가 낮아질 수 있으므로 적절한 분사 반경과 1차 세척 소독 후 틈새나 굽어 있는 곳은 상대적으로 세척이 안 될 수 있으므로 세척수가 일직선인 solid stream spray type의 강력한 수압으로 세척 가능한 노즐의 형태가 되어야 함.



그림 115) 세척소독기 노즐에 따른 세척수 분사 형태

- 바) 소독기 성능을 확인하기 위해 폐사가축으로부터 발생하는 이물질 및 유해균 제거 실험을 실시하였으며, 세척수에 따른 성능을 비교하였고, 세척시간 변경에 따른 세척소독 성능을 비교하였음.
- 사) 일반세균 및 대장균 등을 분석하기 위해 액상 상태의 샘플이 필요하여 세척 후 잔존하는 세척수를 샘플링하였으며, 샘플 A는 세척을 하지 않은 샘플이며, 샘플 B는 수돗물 세척 샘플, 샘플 C는 세척소독장비 세척 샘플, 샘플 D는 세척소독장비를 이용한 세척시간 증가된 샘플임.



그림 116) 세척 소독 테스트 샘플

아) 샘플 A의 경우 중온일반세균이  $2.1 \times 10^5$  CFU/mL 나타났으며, 일반 수돗물로 세척한 샘플 B에서는  $3.5 \times 10^4$  CFU/mL로 83%가 감소되었으며, 세척소독기로 세척한 샘플 C의 경우 99.99% 감소된 13 CFU/mL로 나타났음. 세척시간을 두배로 증가시킨 샘플 D에서는 일반세균이 검출되지 않았음.

자) 대장균은 모든 샘플에서 나타나지 않았는데 상황에 따라 매일 가축의 상태가 다르기 때문

에 대장균군은 확인할 수 없었음.

표 37) 소독시스템 결과

시험항목	샘플명	단위	결과치	시험방법
중온일반세균	Sample A	CFU/mL	$2.1 \times 10^5$	국립환경과학원고시 제2018-66호(2018.12.21.)
	Sample B	CFU/mL	$3.5 \times 10^4$	국립환경과학원고시 제2018-66호(2018.12.21.)
	Sample C	CFU/mL	13	국립환경과학원고시 제2018-66호(2018.12.21.)
	Sample D	CFU/mL	불검출	국립환경과학원고시 제2018-66호(2018.12.21.)
총대장균군	Sample A	개/mL	불검출	국립환경과학원고시 제2018-63호(2019.12.24.)
	Sample B	개/mL	불검출	국립환경과학원고시 제2018-63호(2019.12.24.)
	Sample C	개/mL	불검출	국립환경과학원고시 제2018-63호(2019.12.24.)
	Sample D	개/mL	불검출	국립환경과학원고시 제2018-63호(2019.12.24.)

\* 시험결과 성적서 참조

표 38) 주요항목

NO	항목	내용	사진
1	세척건	장비 세척용 건	
2	노즐	Jet nozzle 채택으로 신속한 세척 가능	
3	모터 펌프	강력한 수압 발생, 최대 120 bar	

4	오존발생기	오존수 제조를 위한 오존발생장치 폐사가축에 의한 병원균 제거	
5	챔버	오존수 저장을 위한 챔버. 오존이 일으키는 부식성에 대비하여 내식성이 뛰어난 SUS 챔버 채택	

표 39) 주요사항 및 성능

NO	항목	사양 및 성능																	
1	세척기	○ 세척기 <table border="1" data-bbox="480 1048 1374 1496"> <tr> <td>MOTOR POWER(W)</td> <td>1,500</td> </tr> <tr> <td>MAX. PRESSURE(bar)</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>MAX. FLOW RATE(L/H)</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td>PUMP TYPE</td> <td>3 cylinder</td> </tr> <tr> <td>NOZZLE</td> <td>Fixed fan jet nozzle</td> </tr> <tr> <td>MAX. WATER TEMPERATURE(°C)</td> <td>40°C</td> </tr> <tr> <td>WEIGHT</td> <td>4 kg</td> </tr> <tr> <td>SIZE</td> <td>230 × 340 × 160</td> </tr> </table>		MOTOR POWER(W)	1,500	MAX. PRESSURE(bar)	120	MAX. FLOW RATE(L/H)	350	PUMP TYPE	3 cylinder	NOZZLE	Fixed fan jet nozzle	MAX. WATER TEMPERATURE(°C)	40°C	WEIGHT	4 kg	SIZE	230 × 340 × 160
MOTOR POWER(W)	1,500																		
MAX. PRESSURE(bar)	120																		
MAX. FLOW RATE(L/H)	350																		
PUMP TYPE	3 cylinder																		
NOZZLE	Fixed fan jet nozzle																		
MAX. WATER TEMPERATURE(°C)	40°C																		
WEIGHT	4 kg																		
SIZE	230 × 340 × 160																		
2	오존발생기	○ 오존발생유닛 <table border="1" data-bbox="480 1574 1374 2000"> <tr> <td>OZONE</td> <td>500 mg/h</td> </tr> <tr> <td>PSA OXYGEN CONCENTRATOR IN-BUILT</td> <td>1.0 LPM</td> </tr> <tr> <td>OZONATED WATER CONCENTRATION</td> <td>5.0~8.0 ppm (ozone dissolved in water)</td> </tr> <tr> <td>WATER FLOW</td> <td>200~2000 l/h</td> </tr> <tr> <td>PRESSURE</td> <td>3 bar</td> </tr> <tr> <td>WATER TEMPERATURE</td> <td>5~30°C</td> </tr> </table>		OZONE	500 mg/h	PSA OXYGEN CONCENTRATOR IN-BUILT	1.0 LPM	OZONATED WATER CONCENTRATION	5.0~8.0 ppm (ozone dissolved in water)	WATER FLOW	200~2000 l/h	PRESSURE	3 bar	WATER TEMPERATURE	5~30°C				
OZONE	500 mg/h																		
PSA OXYGEN CONCENTRATOR IN-BUILT	1.0 LPM																		
OZONATED WATER CONCENTRATION	5.0~8.0 ppm (ozone dissolved in water)																		
WATER FLOW	200~2000 l/h																		
PRESSURE	3 bar																		
WATER TEMPERATURE	5~30°C																		

- 시험성적서

BEYOND ASIAN HUB TOWARD GLOBAL WORLD

## TEST REPORT

우 13819 경기도 과천시 교육원로 98(중랑동) TEL 063394-1910 FAX 063394-1915  
 연락처번호 : TAK-2020-894741 영 수 일 자 : 2020년 07월 19일  
 대 표 자 : 서태일 시험번호일자 : 2020년 07월 02일  
 업 체 명 : (주)케이스타이 업 체 명 : (주)케이스타이  
 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28

시 료 명 : 가축병원균 생검(A)

시험결과					
시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법	시험방법
총균양분세균	CFU/mL	-	-	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)
총대장균군	개/mL	-	불검출	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)

국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 먹는물수질공정시험기준  
 국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 수질오염공정시험기준  
 - 용도 : 제품중(농)시험기준(가용성가용)  
 비고 : 1. 이 성적서는 객체가 제시한 시료 및 시료량으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 영위사의 잔취확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code에 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 총보, 잔보, 냉고 및 수송용 등으로 사용할 수 없으며, 별도 허가의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(제발행)과 동일한 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본(가발행)은 효력이 없습니다.

BEYOND ASIAN HUB TOWARD GLOBAL WORLD

## TEST REPORT

우 13819 경기도 과천시 교육원로 98(중랑동) TEL 063394-1910 FAX 063394-1915  
 연락처번호 : TAK-2020-894741 영 수 일 자 : 2020년 07월 19일  
 대 표 자 : 서태일 시험번호일자 : 2020년 07월 02일  
 업 체 명 : (주)케이스타이 업 체 명 : (주)케이스타이  
 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28

시 료 명 : 가축병원균 생검(B)

시험결과					
시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법	시험방법
총균양분세균	CFU/mL	-	-	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)
총대장균군	개/mL	-	불검출	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)

국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 먹는물수질공정시험기준  
 국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 수질오염공정시험기준  
 - 용도 : 제품중(농)시험기준(가용성가용)  
 비고 : 1. 이 성적서는 객체가 제시한 시료 및 시료량으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 영위사의 잔취확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code에 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 총보, 잔보, 냉고 및 수송용 등으로 사용할 수 없으며, 별도 허가의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(제발행)과 동일한 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본(가발행)은 효력이 없습니다.

Kang Minhyeong 박성자 : 김민영 Tel : 02-2982-3988

Jin-Sik Cho 김승식 : 주진식 Tel : 157-0811(AGS 9-48)

2020년 07월 02일

### KTR 한국화학융합시험연구원

무연초 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-CP-PH-FD-0006 ARKTX 201

Kang Minhyeong 박성자 : 김민영 Tel : 02-2982-3988

Jin-Sik Cho 김승식 : 주진식 Tel : 157-0811(AGS 9-48)

2020년 07월 02일

### KTR 한국화학융합시험연구원

무연초 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-CP-PH-FD-0006 ARKTX 201

BEYOND ASIAN HUB TOWARD GLOBAL WORLD

## TEST REPORT

우 13819 경기도 과천시 교육원로 98(중랑동) TEL 063394-1910 FAX 063394-1915  
 연락처번호 : TAK-2020-894741 영 수 일 자 : 2020년 07월 19일  
 대 표 자 : 서태일 시험번호일자 : 2020년 07월 02일  
 업 체 명 : (주)케이스타이 업 체 명 : (주)케이스타이  
 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28

시 료 명 : 가축병원균 생검(C)

시험결과					
시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법	시험방법
총균양분세균	CFU/mL	-	13	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)
총대장균군	개/mL	-	불검출	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)

국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 먹는물수질공정시험기준  
 국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 수질오염공정시험기준  
 - 용도 : 제품중(농)시험기준(가용성가용)  
 비고 : 1. 이 성적서는 객체가 제시한 시료 및 시료량으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 영위사의 잔취확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code에 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 총보, 잔보, 냉고 및 수송용 등으로 사용할 수 없으며, 별도 허가의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(제발행)과 동일한 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본(가발행)은 효력이 없습니다.

BEYOND ASIAN HUB TOWARD GLOBAL WORLD

## TEST REPORT

우 13819 경기도 과천시 교육원로 98(중랑동) TEL 063394-1910 FAX 063394-1915  
 연락처번호 : TAK-2020-894741 영 수 일 자 : 2020년 07월 19일  
 대 표 자 : 서태일 시험번호일자 : 2020년 07월 02일  
 업 체 명 : (주)케이스타이 업 체 명 : (주)케이스타이  
 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28 주 소 : 대구 달성군 다사읍 세천로7길 28

시 료 명 : 가축병원균 생검(D)

시험결과					
시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법	시험방법
총균양분세균	CFU/mL	-	불검출	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)
총대장균군	개/mL	-	불검출	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)	국립환경과학원고시 제 2019-66호(2019.12.21)

국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 먹는물수질공정시험기준  
 국립환경과학원고시 제2019-66호(2019.12.21) : 수질오염공정시험기준  
 - 용도 : 제품중(농)시험기준(가용성가용)  
 비고 : 1. 이 성적서는 객체가 제시한 시료 및 시료량으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 영위사의 잔취확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code에 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 총보, 잔보, 냉고 및 수송용 등으로 사용할 수 없으며, 별도 허가의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(제발행)과 동일한 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본(가발행)은 효력이 없습니다.

Kang Minhyeong 박성자 : 김민영 Tel : 02-2982-3988

Jin-Sik Cho 김승식 : 주진식 Tel : 157-0811(AGS 9-48)

2020년 07월 02일

### KTR 한국화학융합시험연구원

무연초 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-CP-PH-FD-0006 ARKTX 201

Kang Minhyeong 박성자 : 김민영 Tel : 02-2982-3988

Jin-Sik Cho 김승식 : 주진식 Tel : 157-0811(AGS 9-48)

2020년 07월 02일

### KTR 한국화학융합시험연구원

무연초 확인용 QR code

Page: 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-CP-PH-FD-0006 ARKTX 201

그림 117) 가축병원균 시험 성적서

## 카. 거점처리시설 구축용 기초 운행 선정

가) 거점처리장비는 알칼리가수분해기술을 이용하여 가축사체를 액상으로 분해하는 과정으로 알칼리약품과 물의 촉매반응을 통하여 처리하는 방식임.



그림 118) 알칼리가수분해 처리과정

나) 가수분해 조건 실험

(1) 알칼리가수분해 Lab test

(가) 실험조건

- ① 운행조건 선정을 위하여 알칼리가수분해 Lab test 실시.
- ② 고기시료에 알칼리가수분해 반응을 위해 촉매제인 알칼리제(KOH)와 물을 투입하고 온도를 가하여 분해하는 방식으로 실험.



그림 119) 가수분해 test 준비 시료

- ③ 실험 대상물인 고기시료가 가장 잘 분해되는 최적의 조건을 찾기 위해 KOH 비율(수용액과 KOH의 비율)과 온도조건을 변경하였음.

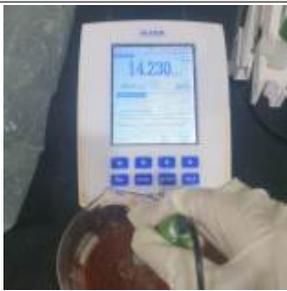
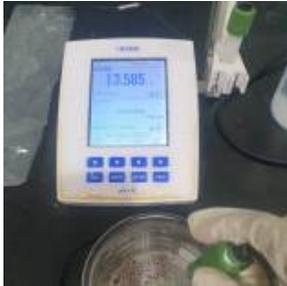
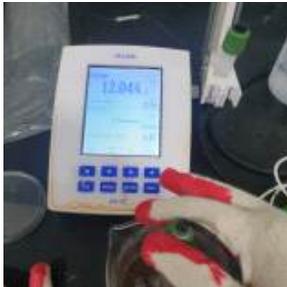
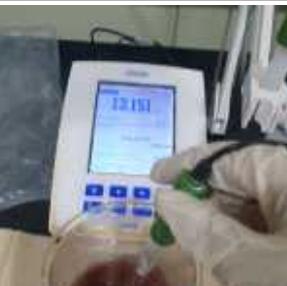
표 40) 알칼리가수분해 조건 Lab test 조건

NO	시료(g)	물(mL)	KOH(g)	KOH 투입량 (%)	온도(℃)	시간(hr)
1	100.15	200	45.03	15%	120	5
2	100.16	200	45.05	15%	90	5
3	100.45	200	30.03	10%	90	5
4	100.48	200	15.07	5%	90	5
5	100.67	250	45.55	15%	85	5
6	99.94	200	45.04	15%	85	5

(나) 실험결과

① 조건별 실험 결과

표 41) 알칼리가수분해 조건 Lab test 결과

NO	잔존 시료량	pH	결과
1			잔존량 : 0g pH : 14.230 고기가 모두 분해하였으나 가열온도(120도)가 높아 수분이 일부 증발하여 폐액잔존량이 줄어들었음.
2			잔존량 : 0g pH : 13.585 고기가 모두 분해하였고 고기시료 포함된 지방으로 인해 폐액 상부에 지방성분 또는 기름 뜨는 현상이 있었음
3			잔존량 : 0.81g pH : 13.418 고기시료가 일부 잔존하였으며 KOH의 낮은 함량으로 인하여 미분해 된 것으로 보임
4			잔존량 : 8.14g pH : 12.044 고기시료가 잔존하였으며 KOH함량이 낮아질수록 시료가 덜 분해되는 것을 확인
5			잔존량 : 0g pH : 12.767 물 투입량을 늘리고 온도를 낮춘 결과 고기시료가 모두 분해하였음.
6			잔존량 : 0g pH : 13.151 물 투입량을 줄인결과 고기시료가 모두 분해하였음.

② 결론

- ㉞ KOH의 투입량 및 반응온도 조건 변경에 따른 알칼리가수분해 실험 결과 물의 양이 많을수록, KOH 투입량이 많을수록, 온도가 높을수록 알칼리가수분해에 의한 실험대상물의 분해정도가 증가됨을 확인하였음.

표 42) 적정 조건

반응시간	온도	물 투입량	KOH 투입량
5시간	85도이상	사체무게의 1배이상	15%이상

(2) 가수분해 소형장비 test

(가) Lab test에서 선정된 조건을 토대로 scale-up 테스트를 수행하기 위해 멧돼지 사체를 가수분해 소형장비를 이용하여 테스트를 수행하였음.

(나) 실험준비

- ① 멧돼지는 죽은 지 하루정도 지난 사체로 별도의 처리를 하지 않고 죽은 사체 그대로 테스트를 진행하였음.

② 실험조건

사체무게	물	KOH	반응시간	반응온도
200 kg	300 kg	75 kg	5 hr	85℃

테스트에 사용된 멧돼지는 약 200 kg으로 사체:알칼리 수용액 비율을 1.875로 하였으며, 분해온도는 85℃, 분해시간은 5시간동안 수행하였음.



그림 120) 멧돼지사체 가수분해 실험과정

(다) 실험결과

- ① 알칼리 가수분해 반응 5시간 후 처리물 확인 결과 멧돼지 사체는 모든 조직들이 암갈색의 액상으로 변화되었으며, 폐액 상부에 거품과 약간의 지방 및 기름 성분이 존재하고 있음을 확인할 수 있었음.
- ② 사체의 뼈를 확인하기 위해 폐수용액을 제거하고 장비 내부에 남아 있는 잔존물을 확인한 결과, 사체의 피부조직 등 모든 유기물들은 제거되었으며 동물의 뼈만 남아 있음을

확인하였음.

③ 남겨진 뼈는 기존 뼈와는 다르게 강도가 약해져 쉽게 부서지는 것을 알 수 있었음.



그림 121) 가수분해처리완료(좌), 폐액배출후 잔존물(우)

다) 폐액 중화 실험

(1) 폐액 중화의 필요성

(가) 알칼리가수분해 후 발생한 폐액은 pH 12이상의 강알칼리성으로 위탁처리 시 처리 단가가 높으며 폐액에서 악취가 많이 발생함.

(나) 폐액을 중화하게 되면 위탁처리 시 비용이 절감되며 중화처리과정에서 폐액 내의 암모니아가 제거되어 폐액 자체에서 발생하는 악취가 줄어 듦.

(2) 실험내용

(가) 폐액은 pH12 이상의 강알칼리성의 수용액으로 중화 처리하기 위해서는 염산, 질산, 황산 등의 산성 물질과 반응시켜 중성화를 해야되는데약품 사용의 안전성과 취급의 편의성을 고려하였을 때 구연산을 사용하는 것이 가장 적절하다고 판단하였음.

(나) 중화처리 실험은 폐액 1L 대상으로 구연산을 투입하면서 투입량에 따른 pH 변화에 따라 투입된 구연산의 양을 측정하였음.

표 43) 구연산 투입량

no	pH	구연산 투입량 (g)
1	12.659 → 11.114	5g
2	11.114 → 10.547	5g
3	10.547 → 10.080	5g
4	10.080 → 9.680	5g
5	9.675 → 9.280	5g
6	9.280 → 8.390	5g
7	8.390 → 7.515	5g
8	7.515 → 7.213	1g
총 투입량		36g



그림 122) 중화실험

(다) 폐액 1L를 pH 12.659에서 pH 7.213까지 총 36g의 구연산이 투입되었음.

(라) 중화처리시 필요 약품량

폐액당 필요 중화제량	36g/L (36kg/ton)
-------------	------------------

라) 배수장비 선정 및 TEST

(1) 장비선정 시 주요 고려사항

(가) 매몰지 및 살처분 현장에서 사체를 투입할 때 모래, 흙, 톱밥 등 다양한 이물질이 챔버에 섞여 들어가게 됨. 따라서 챔버 내부에 있던 이물질들이 혼재한 상태에서도 배수 기능이 원활하게 작동해야 함.

(나) 가축사체처리 후 발생한 폐액은 IBC 탱크로 이송하여 임시보관하며 IBC탱크에 보관된 폐액은 폐수처리업체에 위탁 처리하는 것으로 함.

(다) 90도의 고알칼리 성분을 가지는 폐액을 배수하기 위해선 해당 폐액에 내약품성 및 고온에 내성이 있는 배관 재질을 고려함.

① EPDM 케미칼 (CHEMICAL)

- 사용온도 : -20℃ ~ 100℃

- 사용압력 : MAX 16BAR

(라) 파쇄기를 거쳐나온 이물질의 크기를 고려하여 50~70mm의 내경을 가지는 배관 구경을 선정.

(마) 배수량 총 5톤을 신속하게 배수할 수 있는 높은 마력의 펌프가 필요함.

(2) 펌프선정

(가) 펌프사양

- ① 유량 : 19.3m<sup>3</sup>/hr (max 28m<sup>3</sup>/hr)
- ② 토출압력 최대 16bar
- ③ 모터 : 7.5HP (380V), 10HP
- ④ 인버터장착, 정방향 역방향 운전 가능
- ⑤ 펌프호스내경 : ø65mm
- ⑥ 최대 3~5cm이내의 이물질 및 점도가 높은 시멘트 몰탈, 물엿, 슬러지등의 이송이 가능

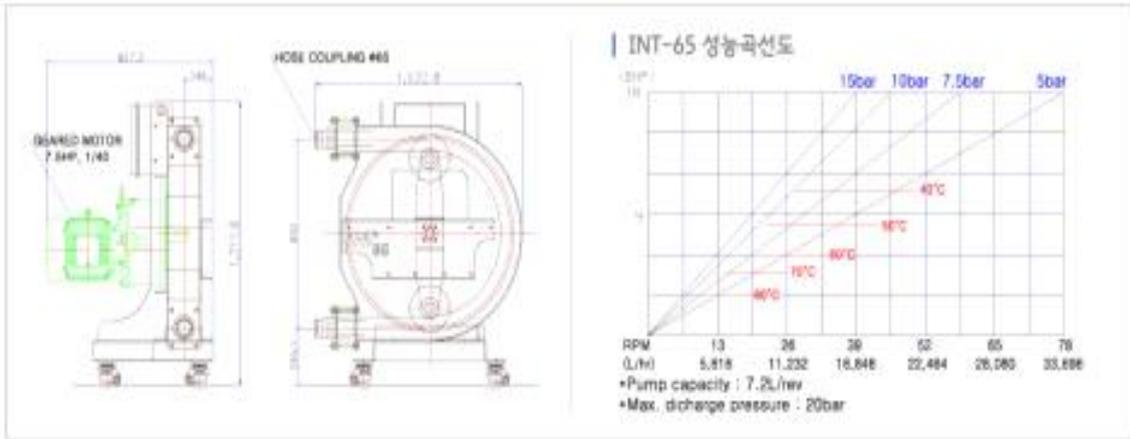


그림 123) 펌프 성능 곡선



그림 124) 슬러지펌프 INT-65

### (3) 배수 TEST

#### (가) 실험개요

- ① 흙이나 이물질이 유입된 상태에서도 배수가 가능하여야 하기 때문에 해당조건에서 펌

프의 배수 능력이 되는지 확인하기 위함.

- ② 사용펌프 : INT-65 (배수능력 분당 0.46톤)
- ③ 바스켓사이즈 : 1m\*1m\*0.5m
- ④ 펌프의 배수능력이 분당 0.46톤이므로 거점처리장비 용량 5톤을 처리하기 위해서는 11분의 배수시간이 필요한 것으로 계산됨.

(나) 실험방법

- ① 바스켓에 물과 흙을 3:1 비율로 투입하여 혼합한 후 흙탕물을 제조함.
- ② 흙탕물을 펌프로 흡입하여 다시 바스켓으로 배출하는 방식으로 계속 순환시킴.
- ③ 11분동안 펌프를 가동하여 해당시간동안 원활한 배수가 가능한지 확인.



그림 125) 물과 흙 혼합 제조

(다) 실험결과

- ① 11분동안 펌프를 가동시킨 결과 해당시간동안 원활하게 배수가 되는 것을 확인.
- ② 달걀껍질, 돌맹이, 나무뿌리등의 여러 이물질이 투입하였지만 무리없이 펌프의 배수가 가능함.
- ③ 실제 현장 적용시에는 폐수의 높은 온도(90℃)와 고알칼리의 내성이 있는 배관을 사용해야 원활한 사용이 가능할 것으로 보임.



그림 126) 배수펌프 테스트

## 타. 효율성 증대를 위한 분쇄 및 밀폐 기술 개발

### 가) 개요

- (1) 가축사체를 파쇄할 경우 물과 사체가 반응하는 반응면적이 커지기 때문에 처리효율을 높일 수 있음. 따라서 가축사체를 파쇄할 수 있는 파쇄장비의 도입이 필요함.

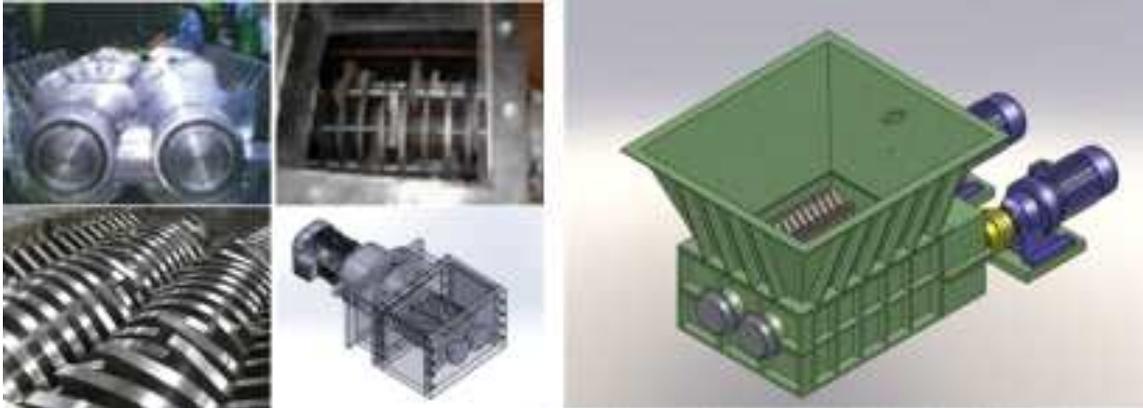


그림 127) 파쇄기 사진

- (2) 바이러스에 감염된 사체의 바이러스 외부 유출 및 오염을 방지하기 위해 파쇄물은 거점 처리장비로 이송이 되는 과정에서 외부 유출이 없도록 하여야 함.
- (3) 알칼리가수분해 반응은 사체의 단백질 성분이 분해하면서 암모니아가 발생하기 때문에 악취가 발생함.
- (4) 따라서 가수분해 반응 중에는 완벽한 밀폐가 되어야하며 악취 및 바이러스의 외부 유출을 방지하기 위하여 거점처리장비의 밀폐기술이 도입되어야 함.

### 나) 파쇄기 장비 선정

#### (1) 파쇄 형태

- (가) 파쇄기는 칼날의 회전축 개수에 따라 1축파쇄기, 2축파쇄기로 구분 됨.



그림 128) 일축파쇄기(좌), 이축파쇄기(우)

- (나) 1축 파쇄기는 회전 드럼이 한 개만 설치되어 있는 파쇄기로 파쇄할 대상물을 압력으로 회전 칼날의 누르는 힘으로 파쇄가 되는 방식으로 주로 경량의 재료를 파쇄할 때 사용 되는 파쇄기 임.

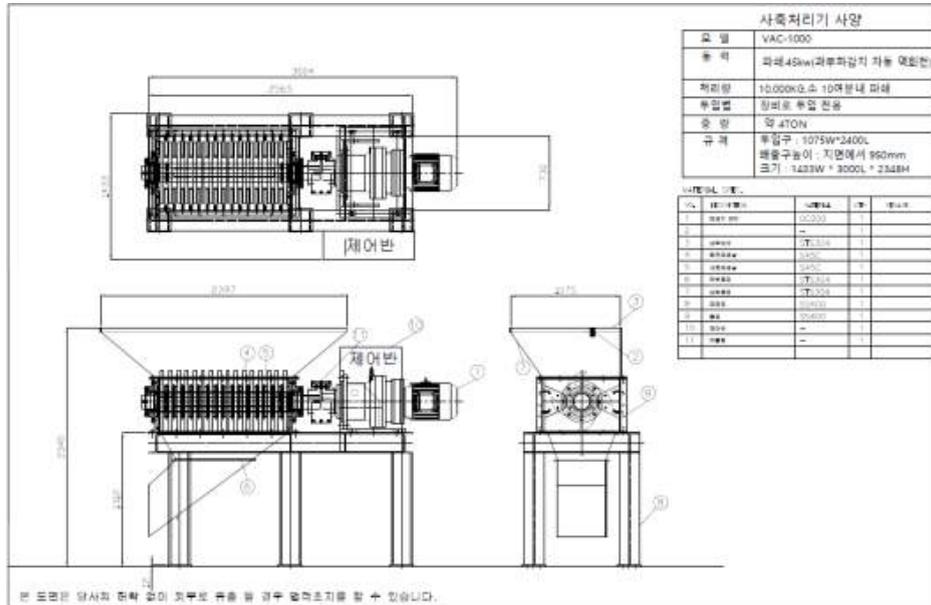


그림 129) 일축파쇄기 도면

(다) 2축파쇄기는 회전이 주축과 종축으로 얽히는 파쇄기로 파쇄물을 2개의 칼날에 의해 파쇄가 되는 형태로 대량의 재료를 파쇄할 때 사용 됨.

(라) 매물지 및 살처분현장에서의 대량 사체처리에 대응이 가능하면서 크기는 최대 소를 처리할 수 있을 만큼의 사이즈가 되어야함. 소의 경우 돼지보다 훨씬 질긴 가죽을 가지고 있으므로 2개의 칼날이 서로 맞물려 찢으면서 파쇄가 가능한 2축 파쇄기를 사용하는 것이 효율적임.

(2) 파쇄물 크기 선정

(가) 파쇄물의 적정 크기를 선정하기 위해서 효율적인 가수분해가 가능하면서도 장비 챔버 구조 및 배관 구경 등을 고려하였을 때 폭 60mm미만의 파쇄물이 형성되는 것이 적당함.

(나) 파쇄물의 크기는 2개의 회전 칼날의 폭과 축의 간격으로 조절이 가능하며 파쇄물의 크기를 고려하여 설계.



그림 129) 칼날에 의해 결정되는 파쇄물의 크기

다) 파쇄물 이송방안 검토

(1) 파쇄된 가축사체를 거점처리장비로 이송하기 위해서 필요한 컨베이어 방식 중 범용적으로 사용하는 벨트식 컨베이어와 스크류컨베이어 방식이 주로 사용됨.

표 44) 컨베이어 종류

종 류	스크류 컨베이어	벨트 컨베이어
사진		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스크류 형태의 칼날이 회전하며 파쇄물을 이송하는 형태로 밀폐식 구조가 가능함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 벨트를 사용하여 물품을 이송할 수 있는 컨베이어이며 벨트의 종류에 따라 다양한 작업이 가능함</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밀폐식 구조로 악취 및 전염성 바이러스 전파 방지</li> <li>• 핏물 및 액체로 인한 외부 오염 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조립이 간편하여 이동식으로 제작 가능</li> <li>• 가격이 저렴</li> <li>• 청소 및 수리가 용이함</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 청소 및 수리 시 번거로움</li> <li>• 무게가 무겁고 제작 비용이 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 악취 발생 우려</li> <li>• 핏물이 흘러내려 오염 발생</li> <li>• 개방형 구조로 인한 전염성 바이러스 전파 우려</li> </ul>

(2) 파쇄기를 통해 파쇄된 사체를 처리기로 이송할때는 전염성 바이러스 전파 및 오염된 파쇄물이 컨베이어 외부로 유출되지 않도록 하기 위해서 상대적으로 간단한 벨트 컨베이어 방식보다는 밀폐가 가능한 스크류컨베이어 방식이 적절한 것으로 판단하였음.

(3) 거점처리장비와 파쇄기는 가축사체가 발생한 지역 근처까지 출동하여 현장에 설치가 되어야 하므로 파쇄기 및 스크류컨베이어는 현장으로 이동할수 있도록 장비가 구성되도록 트럭에 탑재가 가능한 형태가 되어야 함.

(4) 파쇄기의 스크류컨베이어는 파쇄물이 거점처리장비 두 대의 챔버에 투입될 수 있도록 스크류컨베이어 배출구가 좌, 우 방향으로 이동 및 회전이 가능한 형태로 구성되어야 함.

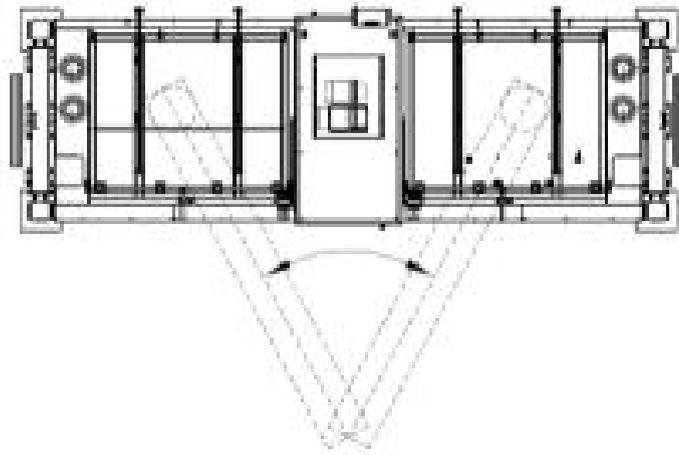


그림 130) 컨베어스크류 회전 반경

라) 밀폐기술 개발

- (1) 2차년도 이송장비 제작 시 개발 된 밀폐기술을 토대로 O-ring 또는 가스켓을 이용한 밀폐방식 적용.



그림 131) O-ring(좌), 가스켓(우)

- (2) 배관 및 연소로 구조물에서는 밀폐성이 뛰어난 O-ring을 사용하여 밀폐성을 극대화하여 누수 및 악취발생을 최소화.
- (3) 챔버 및 챔버도어 결합부에는 도어의 넓은 면적을 커버하기 위하여 가스켓 방식의 밀폐를 채택하였음.



그림 132) 챔버도어 가스켓 밀폐구조

(4) 스크류컨베어의 회전반경에도 파쇄물이 외부로 누출되지 않도록 파쇄물이 배출되는 파쇄기하단에 밀폐구조의 스키투방식을 적용함.



그림 133) 파쇄기하단 스키투방식의 밀폐구조

마) 도면

(1) 파쇄기 LAY-OUT

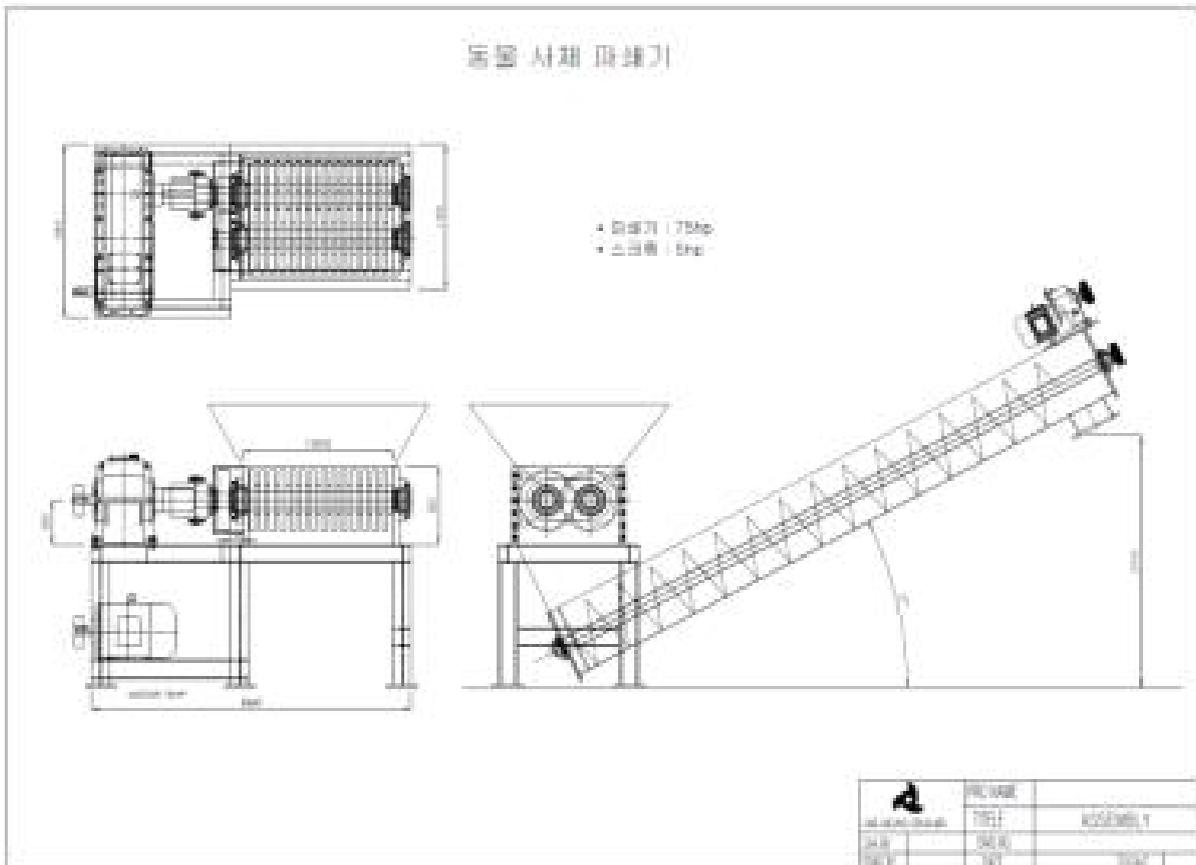


그림 134) 파쇄기 + 컨베어스크류

(2) 파쇄기

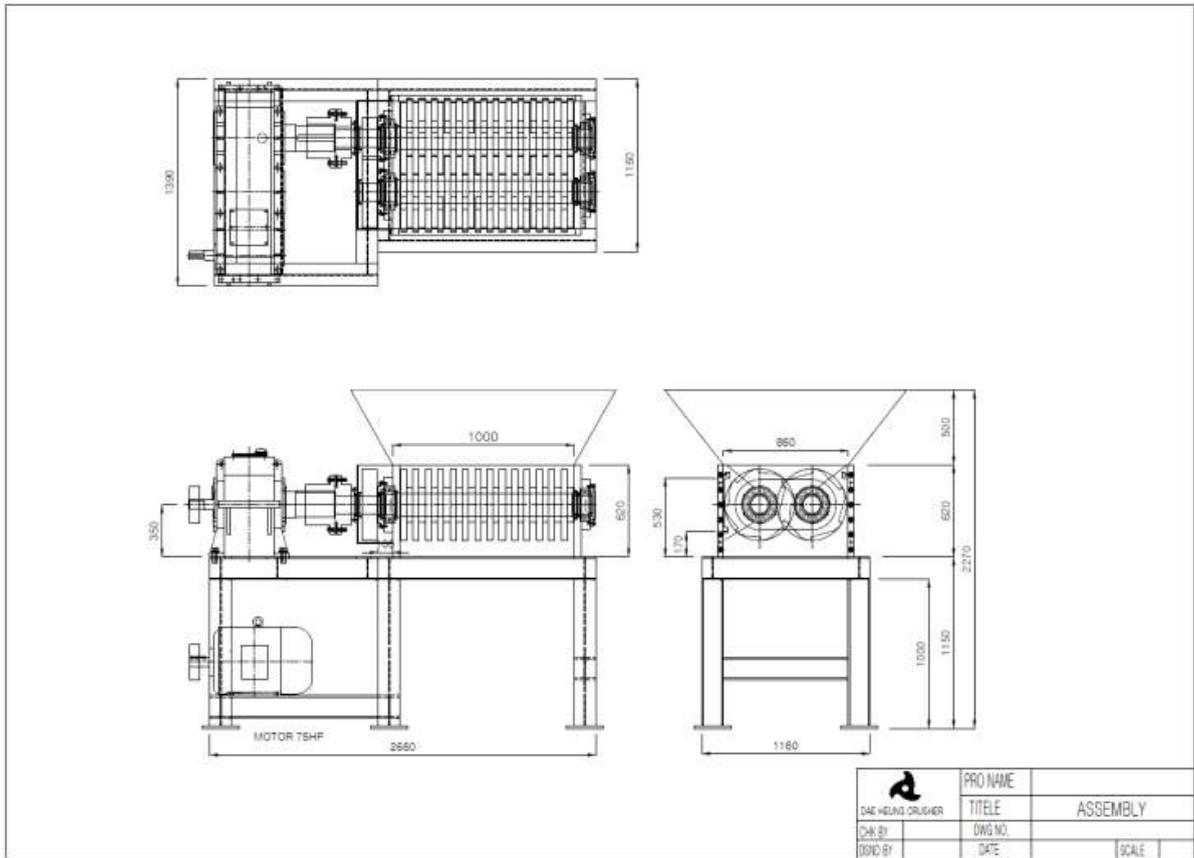


그림 135) 파쇄기 도면

(3) 컨베어스크류

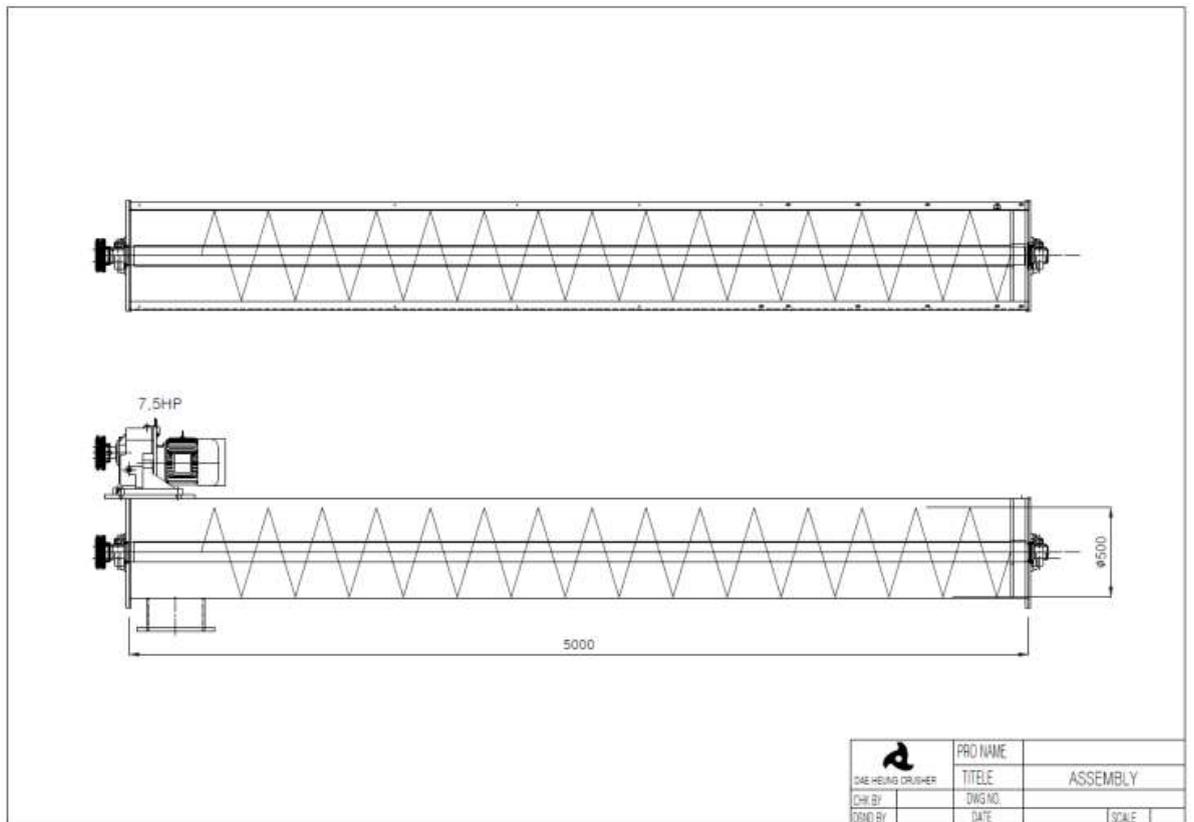


그림 136) 컨베어스크류 도면

바) 장비 제작





그림 137) 제작 사진

사) 파쇄기 제작품



그림 138) 파쇄기 최종 제작품

표 45) 장비 사양

- 파쇄기 사양
  - SIZE : 2660\*1390\*2270mm
  - 처리용량 : 200~300kg/분
  - 구성 : 컨베어스크류, 파쇄기본체, 칼날부, 기동부, 프레임
  - 처리물 : 닭, 돼지, 송아지, 소 등
  - 전력 : 60kW
  - 파쇄물의 외부유출이 없는 밀폐방식의 구조
- 주요기능
  - 컨베어스크류의 원통형 밀폐구조로 이송중 잔여물에 의한 오염 최소화
  - 컨베어스크류 구조물의 탈부착형식으로 트럭 탑재가 가능
  - 컨베어스크류의 이동 및 회전이 가능함.
  - 2축파쇄기, 75HP 모터로 질긴가죽의 소 사체까지 파쇄가 가능한 사양
  - 정방향, 역방향 자동 및 수동 개별 운전 가능
- 세부장비 파트별 사양
  - 컨베어스크류

형태	모터	이송스크류	재질
U자형 밀폐	5HP	ø500*5000L	SUS304

- 파쇄기 본체

BODY SIZE	베어링	기어장치
1000*800mm	롤테이프	3:2

- 칼날부

육각샤프트	회전날	구성
200*1500	ø480*60mm	고정스크래퍼, 스페이스 링

- 기동부

모터	감속기 (기어박스)
75HP	60:1

- 프레임

철판두께	구조	SIZE
6T	H빔	2660*1160*1150mm

## 파. 폐사가축의 알칼리가수분해 처리를 위한 거점처리장비 제작

가) 개요

- (1) 3차년도 거점처리시설은 1차년도의 가축안락사, 2차년도의 폐사가축이송과 연계되어 폐사가축을 처리하기 위한 최종단계로 알칼리가수분해 기술을 이용하여 폐사가축을 처리하며 주위 토양이나 대기오염물질을 발생시키지 않는 친환경적인 장비임.

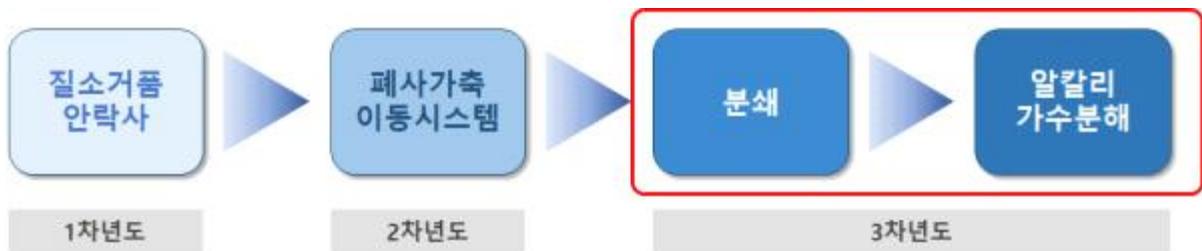


그림 139) 3차년도 목표

- (2) 알칼리가수분해는 알칼리성 수용액과 사체가 반응하여 단백질 성분이 아미노산 단위로 분해하는 과정으로 물과 사체의 반응면적이 넓어질수록 가수분해의 효율성이 높아지므로 가축파쇄 장비와 연계할 경우 효과가 증대됨.



그림 140) 알칼리가수분해 처리방식

(3) 가축전염병 발생장소에 따라 살처분 지역이 매번 바뀌는 특성상 거점처리장비 또한 이동식으로 제작 할 필요성이 있음. 또한 전염병 발생지점의 최대한 가까운 장소에 설치가 되어야 이송거리가 짧아져 신속하고 효율적인 처리가 가능함.



그림 141) 가축살처분 융합시스템 모식도

나) 도면

(1) 거점처리시설 LAY-OUT

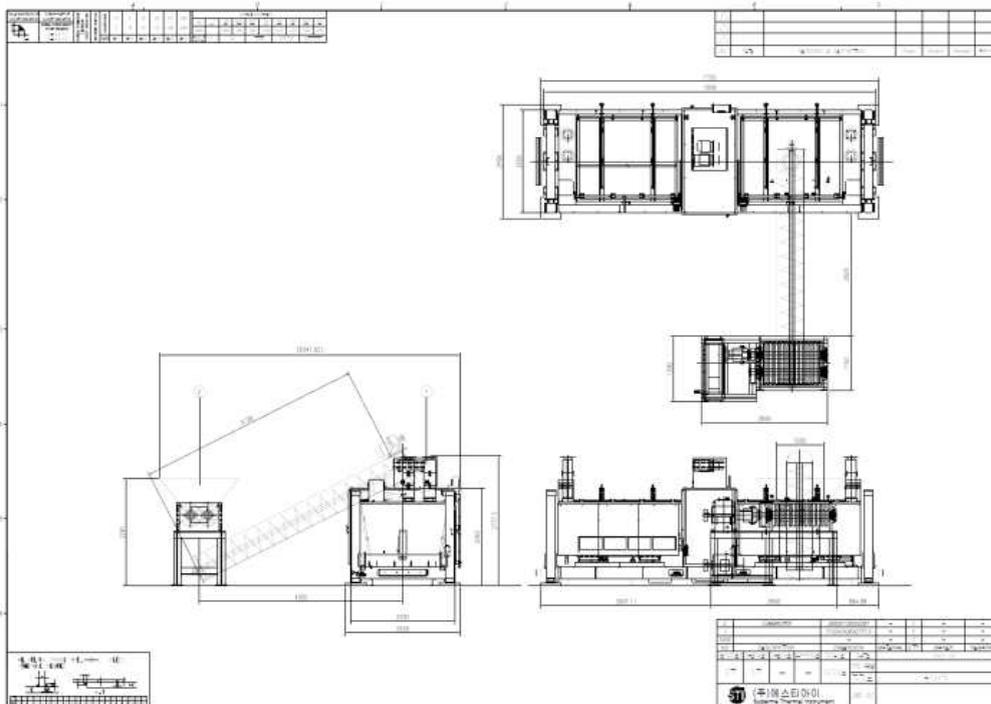


그림 142) 거점처리시설 도면 (거점처리장비+파쇄기)

(2) 거점처리장비

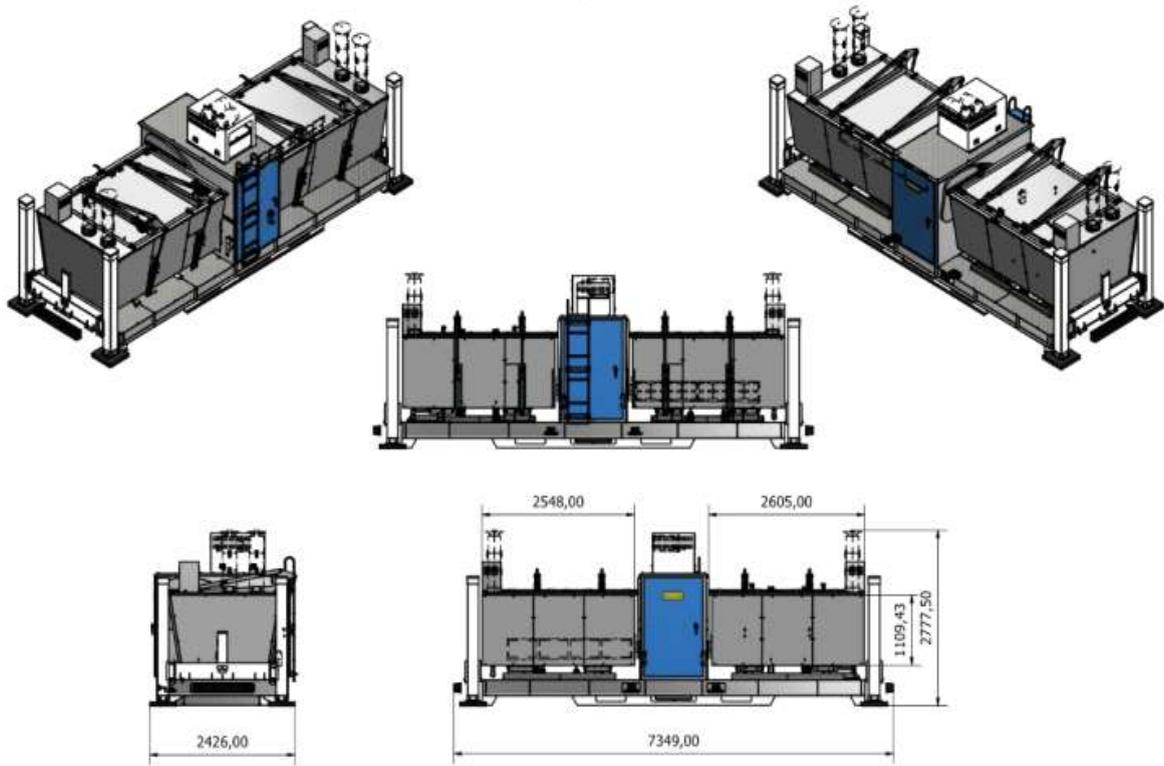


그림 143) 거점처리장비 도면

(3) 프레임

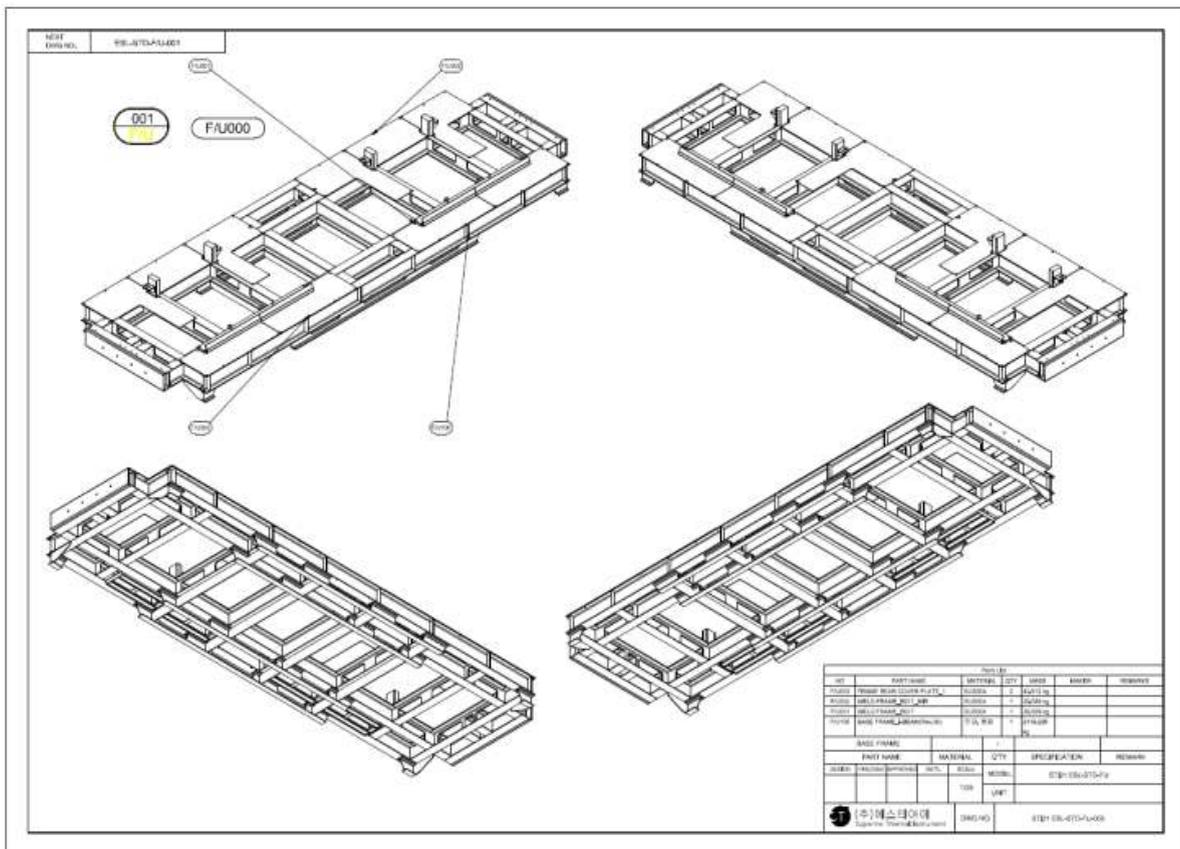


그림 144) 프레임 도면

(4) 챔버





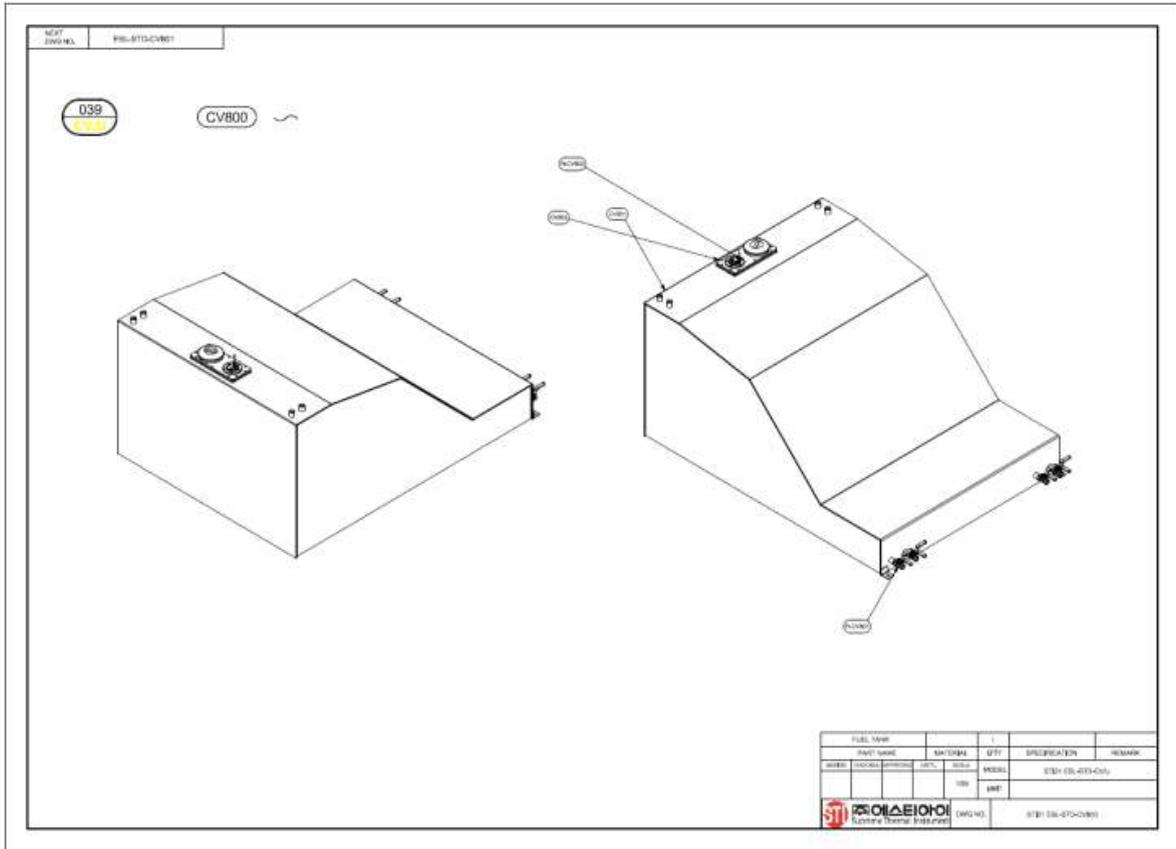


그림 149) 연료 탱크 도면

(9) 유압파워팩

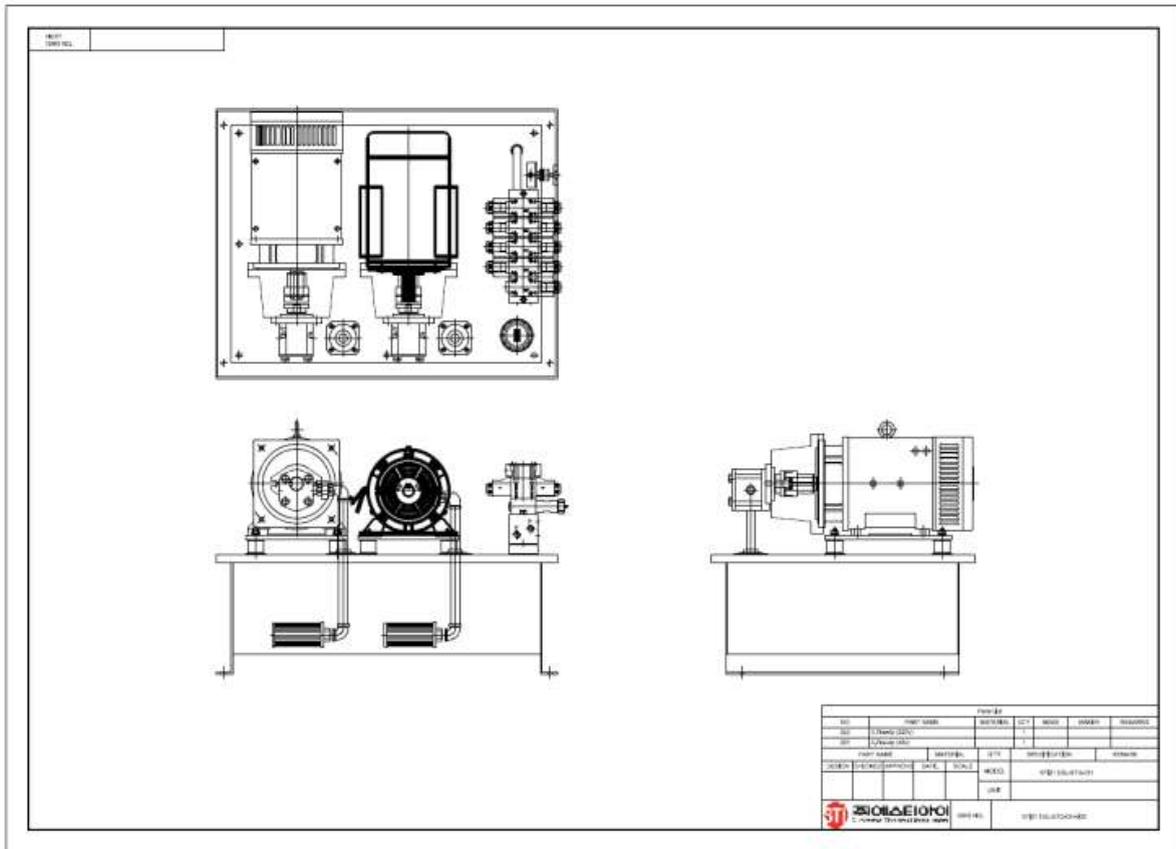


그림 150) 유압파워팩 도면

(10) 교반기

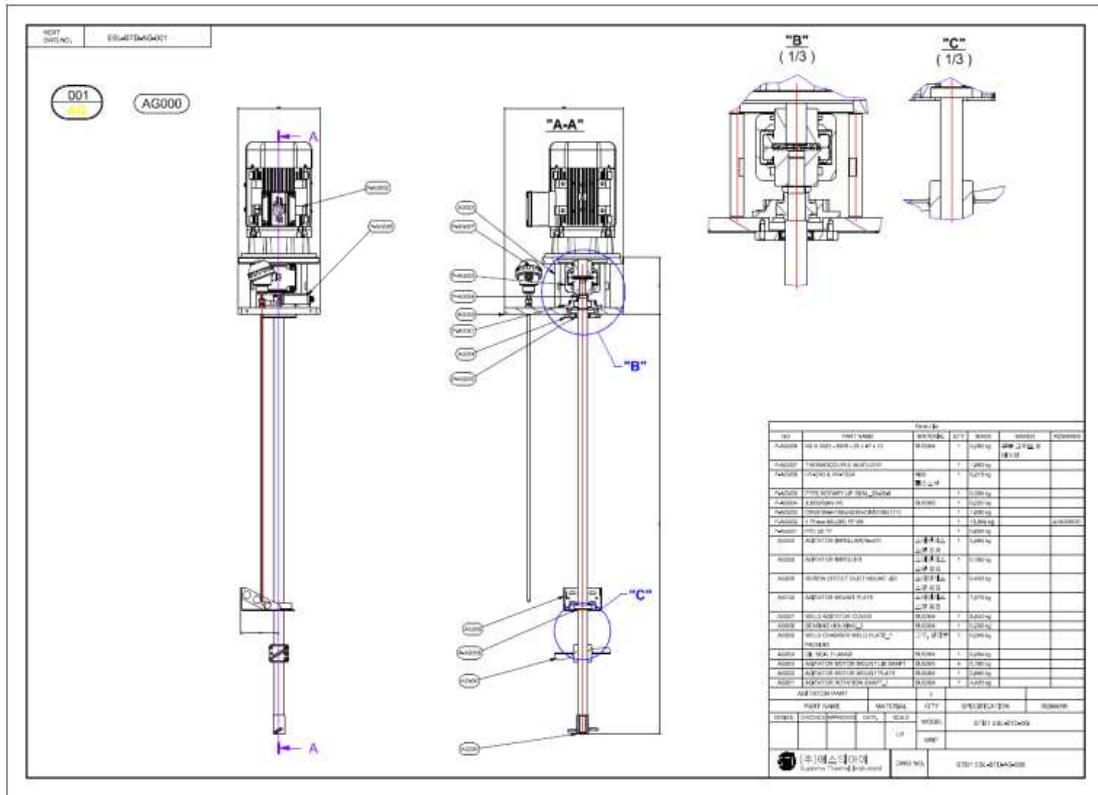


그림 151) 교반기 도면

다) 장비 제작

(1) 아웃트리거 제작

- (가) 아웃트리거는 거점처리장비 프레임에 결합되는 형태로 거점처리장비를 트럭에 탑재하기 위한 용도로 제작함.
- (나) 상,하,좌,우 유압식 작동이 가능하며 유압실린더의 상,하 조작으로 장비를 들어 올린뒤 트럭위에 탑재 하는 방식.





그림 152) 아웃트리거 제작

(2) 거점처리장비 제작

- (가) 거점처리장비에 설치된 챔버 2대는 개별로 가동이 가능함. 챔버당 사체 2.5t 처리가 가능하여 사체발생량 2.5t미만은 챔버 1개만 가동시키는 방식으로 작은량도 효율적인 처리가 가능함. (챔버 2대 가동 시 1회당 최대 5t처리)
- (나) 거점처리장비의 승온속도를 높이기 위하여 챔버당 2대의 연소로유닛을 배치하였음. 챔버내부를 더욱 빠르게 가열하여 목표 온도까지 도달할 수 있어 가수분해 반응을 촉진시킬 수 있음.
- (다) 철망은 가축사체 투입 시 가해지는 하중으로 연소로가 직접 충격 받는 것을 방지하며 각종 이물질이 연소로에 들어와 협착되는 것을 막아줄 수 있음.
- (라) 격자형태의 철망은 이물질 유입은 방지하며 액체는 순환이 가능함. 따라서 가열된 연소로의 온도는 액체를 통해 전달되어 챔버 내부를 원활하게 가열함.



그림 153) 챔버내부 구조

- (마) 연소로의 입구는 화염이 발생하기 원통형의 공간을 두었으며 연소로의 열전달 효율적으로 하기 위해 전열 면적을 넓힌 각각 개별의 원통형 구조로 이어진 후 배기가스는 외부로 배출되는 구조임.

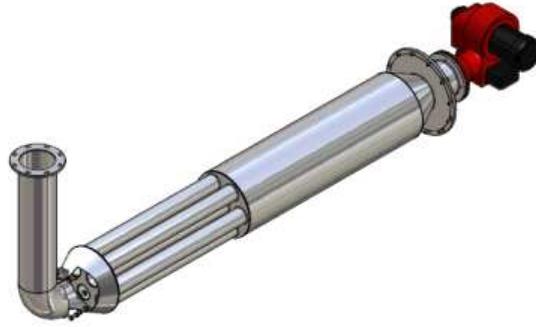


그림 154) 연소로유니트 구조

- (바) 거점처리장비는 트럭 탑재 시 총 높이가 4.2m가 초과하면 트럭 탑재가 불가능하므로 트럭 탑재 제한 높이를 고려하여 상부에 있는 연통은 탈착식으로 트럭 탑재가 가능하도록 제작하여 이동식장비구성이 가능함.
- (사) 컨트롤박스 상부에 설치된 유압팩은 점검 및 수리 시 컨트롤박스 상단까지 올라가야 하므로 작업자가 올라가 점검이 가능하도록 컨트롤박스 후면에 사다리를 설치함.



그림 155) 컨트롤박스 후면 사다리

- (아) 가수분해반응 중 가축사체가 수면위로 떠오르지 않도록 챔버도어 하판에 부착된 누름판이 사체를 눌러주어 효율적인 가수분해가 가능함.



그림 156) 챔버도어 누름판

(자) 프레임 하단에 아웃트리거 상,하,좌,우 컨트롤이 가능한 유압컨트롤 조작부를 설치하여 장비조작은 컨트롤박스 전면에서 이루어지도록 제작함.



그림 157) 유압유닛 조작부

(차) 챔버는 틸팅기능을 이용하여 90도까지 회전이 가능하며 챔버내에 남아있는 잔여물 제거 및 청소가 용이함.

(카) 매몰지 및 가축살처분현장에서 거점처리장비 가동 시 전기가 들어오지 않는 장소에서도 사용이 가능하도록 배터리가 탑재되어 있음.

(타) 제작사진





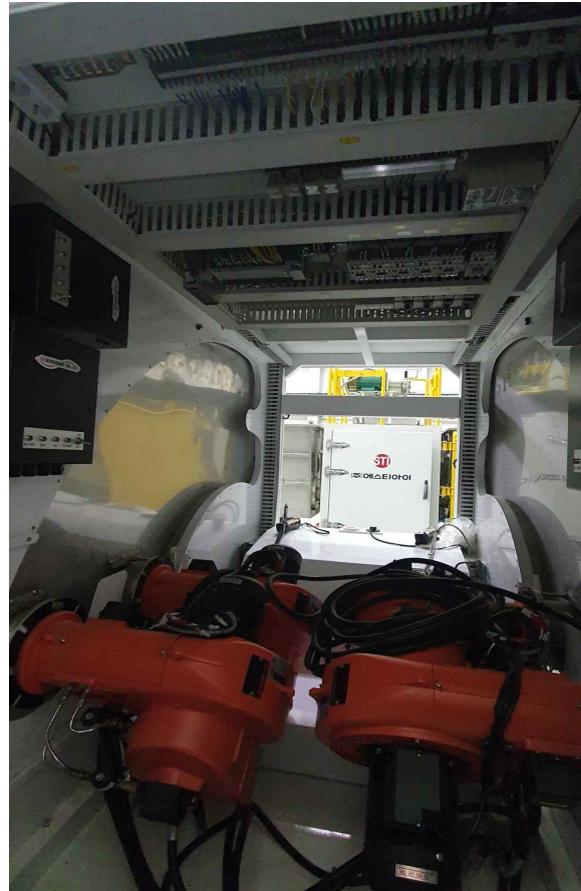


그림 158) 제작 사진

라) 시운전

- (1) 거점처리장비 제작완료 테스트를 위해 시범운행을 진행하였음.
- (2) 가축사체와 약품 대신 물을 투입하여 장비의 작동여부 및 보완사항등을 체크하는 것으로 진행하였음.

표 46) 거점처리장비 시험운행 체크항목

체크방법	체크항목
작동검사	챔버틸팅, 도어열림 및 닫힘, 아웃트리거, 디스플레이, 버너, 교반기
육안검사	누수확인, 구조물이상여부, 온도 승온 및 유지

(3) 거점처리장비의 시험운행은 누수확인, 유압장비, 디스플레이 및 전장부품류, 버너 작동, 교반기, 온도 유지 및 승온 기능등을 체크하였으며 모두 이상없이 정상작동함을 확인함.

거점처리장비 체크 리스트

검사 항목	검사 결과	검사 방법	조치 사항	일정
누수 확인	챔버 A	정상 / 불량	육안 검사	
	챔버 B	정상 / 불량	육안 검사	
	배수 라인	정상 / 불량	육안 검사	
아웃트리거	좌,우 조작	정상 / 불량	작동 확인	
	상,하 조작	정상 / 불량	작동 확인	
디스플레이 작동 확인	터치 작동	정상 / 불량	작동 확인	
	온도 설정	정상 / 불량	85°C	
	시간 설정	정상 / 불량	5시간	
장비 운행	디스플레이 문구	정상 / 불량	문구 확인	
	버너 작동	정상 / 불량	버너 화염	
	교반모터 작동	정상 / 불량	작동 확인	
설정 온도 유지	정상 / 불량	85°C 유지		
도어 밀림	정상 / 불량	육안 검사		

※ 특이사항

① 아웃트리거 작동시 좌우 균형, 지반의 상태를 고려하여 조작함

② 챔버 외부 손으로 접촉 시 고온으로 인한 안전사고 주의  
- 챔버 셔드 커버 감촉

제작 확인

완료
보류

검수 담당자:

제작 담당자:

주에스티아이  
Supreme Thermal Instrument

그림 159) 거점처리장비 체크리스트

(4) 보완사항

- (가) 챔버외부를 손으로 터치하였을 때 고온으로 인한 안전사고가 발생할 우려가 있어 사이드커버를 설치.
- (나) 아웃트리거 조작 시 연약하거나 불안정한 지반에서 조작 시 균형을 잃을 수 있으므로 단단한 지반에서 사용하거나 좌우의 수평 균형을 맞춰가며 조작.
- (다) 거점처리장비 하차시 발판보다 넓은 면적의 고무판을 설치하여 작용하는 하중압력을 분산.
- (라) 장비가동중에는 챔버도어를 오픈하지 않도록 경고 문구 및 작업자 교육 진행.

(마) 챔버회전속도 및 도어 열림, 닫힘 속도 조정



그림 160) 장비 작동 테스트



그림 161) 물 투입 및 승온 테스트

마) 거점처리장비 제작품



그림 162) 거점처리장비 전면



그림 163) 거점처리장비 후면

바) 장비사양

표 47) 거점처리장비 사양

- 거점처리장비 사양
  - SIZE : 7349\*2426\*2777mm
  - 사체처리량 : 최대 6톤
  - 가동시간 : 5시간/회
- 주요기능
  - 아웃트리거가 탑재되어 트럭에 탑재가 가능함 (이동식장비구성)
  - 밀폐방식으로 가동 중 악취 최소화
  - 챔버 틸팅기능으로 세척 및 장비 보수 용이
  - 폐사가축을 알칼리가수분해방식으로 처리하여 대기오염
- 세부장비 파트별 사양
  - 아웃트리거

수량	총리프트하중	리프트 스트로크	방식
2	6,500kg	1500~1600mm	수평, 수직 Cylinder방식

- 프레임

수량	재질	SIZE	
1	SS41	7103*2200*630mm	

- 챔버

수량	재질	수용량	SIZE
2	SUS304	2.6톤	2600*2162*1663mm

- 연소로유닛

수량	모터	노즐	발열량
4	550w	2개	200,000 ~ 400,000Kcal/h

- 유압유닛

수량	형식	전력	볼트
1	DC	3.7kw	48v

수량	형식	전력	볼트
1	AC	3.7kw	220v

- 조작부

형태	기능
버튼식 조작	1. 챔버회전 2. 챔버도어 여닫음 3. 버너 가동 4. 유압펌프 가동
표시 기능	타이머 표시, 온도컨트롤러 표시 (챔버 좌,우)

- 배터리

수량	배터리 사양
8	리튬인산철배터리 : 10A DC14.6V, 50A(MAX) 4S-150A, 20Ch

사) 개발품 성능평가

- (1) 파쇄기 및 거점처리장비 개발품의 성능을 테스트하기 위하여 외부기관 (한국섬유기계융합연구원)에 시험의뢰 하였음.
- (2) 성능평가 시험항목

표 48) 성능평가 시험 항목

NO	항목	목표
1	분쇄시간	1시간
2	처리용량	5톤
3	처리시간	5시간

- (3) 개발품의 성능은 총 5톤의 사체를 1시간 이내에 분쇄하여 5시간 동안 가수분해 처리 가능한 장비로 검증하는 것이 알맞으나 폐사가축 5톤을 현실적으로 공급하기가 어려운

문제가 있어 도축된 돼지 4마리(310kg)를 구매하여 테스트를 진행하게 되었음.



그림 164) 도축돼지 사체

(4) 시험 방법은 아래와 같은 환산법을 통하여 처리성능을 평가하였음.

(가) 분쇄시간 시험

- ① 310kg의 돼지사체를 분쇄하여 총 처리시간을 구함
- ② 초당 처리시간을 계산 :  $310\text{kg} \div \text{처리시간(초)} = \text{초당처리량}$
- ③ 시간당 처리량을 계산 :  $\text{초당처리량} * 3600 = \text{시간당처리량}$
- ④ 시간당 처리량으로 보았을 때 1시간에 5톤 처리가 가능한지 확인

※ 시험결과 : 총 분쇄시간 = 192초

초당처리량 = 1.61kg/s

시간당처리량 = 5796kg/h

※ 5톤규모의 사체 1시간이내에 처리가 가능.

(나) 처리용량 시험

- ① 310kg의 돼지사체를 처리한 후 사체의 잔존물의 무게를 구하여 처리효율을 확인한 후 장비용량을 계산 (모두 분해했다면 처리효율은 100%로 봄)
- ② 처리용량 = 처리효율 \* 장비용량

※ 시험결과 = 뼈를 제외한 사체 잔존물은 없음

= 처리효율 : 100%

= 장비용량 : 5.316m<sup>3</sup>

= 1 \* 5.316m<sup>3</sup> = 5.316m<sup>3</sup>

※ 5.316m<sup>3</sup>의 용량을 처리할 수 있으며 비중이 1인 경우 5.316kg 처리가능, 가축사체는 일반적으로 비중이 1보다 크기 때문에 5.316kg 이상의 사체 처리가 가능함.

(5) 처리시간 시험

- ① 분쇄된 가축사체 310kg을 거점처리장비에 투입하여 가수분해가 5시간내에 처리가 가능한지 확인하기 위한 시험.
- ② 알칼리가수분해는 단백질이 아미노산 단위로 분해하는 반응으로 사체의 무게가 늘어나도 처리시간에는 변화가 없으므로 310kg의 사체가 분해 완료한 시간을 처리 시간으로 봄.

※ 시험결과 = 처리완료 시간 : 5시간

(6) 시험성적서



시험성적서

성적서번호 : KOTMI-21-A132



한국섬유기계융합연구원  
201542 경상북도 경산시 임항로 27  
Tel. 053 819 3100 Fax. 053 819 3119

총 6 페이지 중 1 페이지

- |              |   |
|--------------|---|
| 1. 의뢰자       | 기관명 : ㈜에스티아이<br>주소 : 대구광역시 달성군 다사읍 세천로 7길 39<br>의뢰일자 : 2021년 7월 28일 |
| 2. 시험성적서의 용도 | 개발품의 성능 평가용   |
| 3. 시험대상품목    | 제품명 : 거점처리장비<br>모델명 : -<br>제품번호 : -                                 |
| 4. 시험기간      | 2021년 8월 2일 ~ 2021년 8월 2일   |
| 5. 시험항목 및 방법 | 분쇄 시간<br>처리 용량<br>처리 시간   |
| 6. 시험환경      | 온도 : (24 ± 5) °C, 대기압 : (1012 ± 5) hPa<br>습도 : (75 ± 5) % R.H.      |
| 7. 시험결과      | 다음 쪽 이후의 "시험 결과" 참조   |

이 시험성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험결과이며 용도 이외의 사용을 금합니다.

확인	시험자 성명 : 조 성 진	기술책임자 성명 : 이 민 성
----	-------------------	---------------------

- 주 : 1. 이 시험성적서는 각 장마다 날인된 원본만 유효함.  
2. 이 시험성적서의 결과는 제공된 시료에 대해서만 유효함.  
3. 이 시험성적서의 결과는 선전, 소송 및 기타 법적 요건으로 사용되지 못함.

2021년 8월 9일

한국섬유기계융합연구원장



KOTMI-QP-17-3 (Rev. 1)

KOTMI

1. 시험항목

- (1) 분쇄 시간
- (2) 처리 용량
- (3) 처리 시간

2. 시험대상 및 측정환경

- (1) 시험체 : 거점처리장비



< 거점처리장비 모습 >

- (2) 시험장소 : 시험체 개발품의 설치 장소 ( (주)에스티아이 구미공장 )

복사본 COPY  
COPY 복사본

### 3. 분쇄 시간

#### (1) 개요 및 시험방법

- 시험체인 가축 사체 처리 장비에 돼지 사체 약 310kg을 투입 후 투입 시작부터 분쇄가 완료되는 시점까지의 총 소요 시간 측정
- 돼지 사체 무게 특성상 처음 #1, #2 샘플 분쇄 시 분쇄 시간을 측정하고 크레인 이동 시간을 제외한 #3, #4 샘플 분쇄 시 분쇄 시간을 측정 후 총 분쇄 시간을 계산
- 측정을 통한 조당 분쇄 시간을 산출 계산 후 시간당 분쇄 가능 시간을 산출 계산
- 파쇄기 : DHM1000
  - 사이즈 : 2660\*1390\*2270 mm
  - 파쇄모터 : 75 HP
  - 회전날 : 480\*60 mm
- 시험재 : 돼지 사체 총 310kg

돼지 사체#1	돼지 사체#2	돼지 사체#3	돼지 사체#4
76 kg	79 kg	79 kg	76 kg



<분쇄 장비 모습>

KOTMI-OP-17-3 (Rev. 1)



<분쇄 내부 모습, 작업 전(좌), 작업 가동 진행(우)>

(2) 시험결과

구분	피쇄 무게	총 분쇄 시간	초당 분쇄 시간	시간당 분쇄 가능 시간
측정값	310 kg	192 s	1.61 kg/s	5 796 kg/h

분쇄 완료 시간

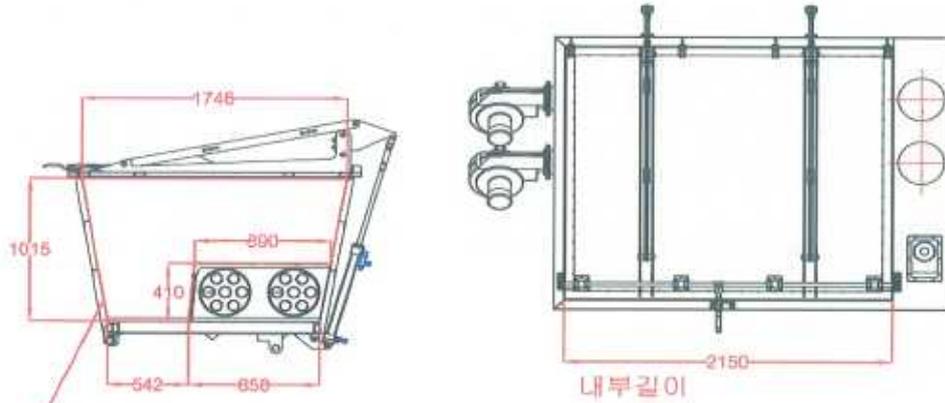
돼지 사체#1-#2	돼지 사체#3-#4
92 s	100 s

4. 처리 용량

(1) 개요 및 시험방법

- 분쇄된 돼지 사체를 거점처리장비에 투입 후 챔버 내부 부피에 따른 챔버 2대의 사체 처리 가능한 용량을 산술 계산
  - 처리 용량 = 장비용량 × 처리효율
- 거점처리장비 챔버의 사이즈를 확인 후 분쇄된 돼지 사체를 투입하고 사체 처리가 완벽히 진행되는지 확인
  - 사체의 유기물이 잔존하지 않을 경우 100% 처리 효율로 간주함
- 챔버 2대 처리용량 및 처리 효율에 따른 처리 가능 용량을 산술 계산
- 가죽 사체 처리 장비 : 의뢰자 제공 도면 기준(챔버 1대 기준)

KOTMI-OP-17-3 (Rev. 1)



내부면적 : 1,236,277mm<sup>2</sup>

<가축처리장비 용량 도면>

(2) 시험결과

구분	내부 면적	내부 길이	챔버 1대 처리 용량	챔버 2대 처리 용량	처리 효율
측정값	1,236,277 mm <sup>2</sup>	2,150 mm	2.658 m <sup>3</sup>	5.316 m <sup>3</sup>	100%
구분	처리 가능 용량				
측정값	5,316 ton				



<가축 사체 투입 모습>



<가축 사체 처리 완료 모습>

KOTMI-QP-17-3 (Rev. 1)

5. 처리 시간

(1) 개요 및 시험방법

- 분쇄된 가축 사체를 거점처리장비에 투입하고 처리 시간이 디스플레이가 가능한 화면에서 5시간 이내로 설정하여 사체 처리를 진행
- 사체 처리 가동 종료 후 챔버 내 잔여물을 확인했을 때 뼈, 지방, 분변을 제외한 사체유기물(살점 및 가축)이 잔존하지 않으면 처리 시간 내 처리 완료
- 잔여물 확인 후 사체유기물이 잔존하지 않을 경우 처리 시간이 종료된 것으로 판단

(2) 시험결과

구분	처리 시간(h)
처리 완료 시간	5 내



<거점처리장비 가동 전>

<거점처리장비 완료 후>



<가축 사체 처리 완료 모습>

KOTMI-Op-1-7-3 (Rev. 1)

그림 165) 성능평가 성적서

## 하. 거점처리융합시스템 구축

### 1) 거점처리융합시스템의 출동 장비

- 거점처리융합시스템(질소거품안락사, 폐사가축이송장비, 거점처리장비)은 출동 장비의 형태로 가축전염병이 발생 장소에 이동하여 안락사 후 이송 및 사체처리를 진행하는 비매몰식 살처분 및 사체 처리시스템임.



그림 166) 대용량질소거품안락사(좌), 가축사체이송장비(중), 거점처리장비(우)

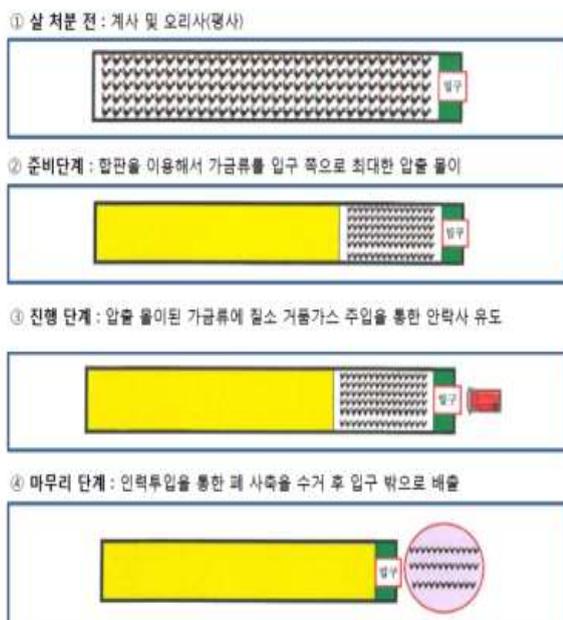


그림 167) 살처분 처리 과정

### 가) 대용량질소거품 안락사장비

- 가축전염병 발생 현장에 투입되어 바이러스에 감염된 가축에게 질소 거품을 살포하는 방식으로 대용량 거품이 발생가능하여 대량 살처분을 필요로 하는 현장에서도 적용이 가능함.
- 가축을 한 방향으로 몰아넣고 최대한 발포면적을 좁힌 후 거품을 발산할수록 효율이 좋음.
- 현장 여건에 따라 평사안락사 또는 구덩이안락사 방식을 사용함.

#### - 평사 안락사 -



#### - 구덩이 안락사 -



그림 168) 평사안락사(좌), 구덩이안락사(우)

- 대용량질소거품 안락사장비는 이동식 거품 발생기를 별도로 장착하여 장비가 진입하기 어려운 곳으로도 진입하여 거품을 살포가 가능함.

나) 가축사체이송장비

- 안락사가 완료된 사체는 전용 이송장비를 통하여 거점처리장비까지 이송함.
- 이송장비는 2차 오염이 발생하지 않도록 내·외부 소독 장치를 이용하여 세척·소독 진행 후 이송하는 것이 원칙임.
- 살처분현장에 거점처리장비 설치가 가능한 경우 이송 단계를 생략하여 즉시 처리하는 것을 우선으로 함.



그림 169) 이송장비(좌), 세척소독기(우)

다) 거점처리장비

- 안락사가 완료된 사체를 이송받아 알칼리가수분해 방식으로 사체를 처리하는 장비임.
- 살처분현장에 직접 장비를 설치하는 것을 원칙으로 하며 설치공간이 없을 시 가까운 인근의 장소에 설치하도록 함.
- 알칼리가수분해의 효율성을 높이기 위하여 가축사체 파쇄장비와 연계하여 사용이 가능함.

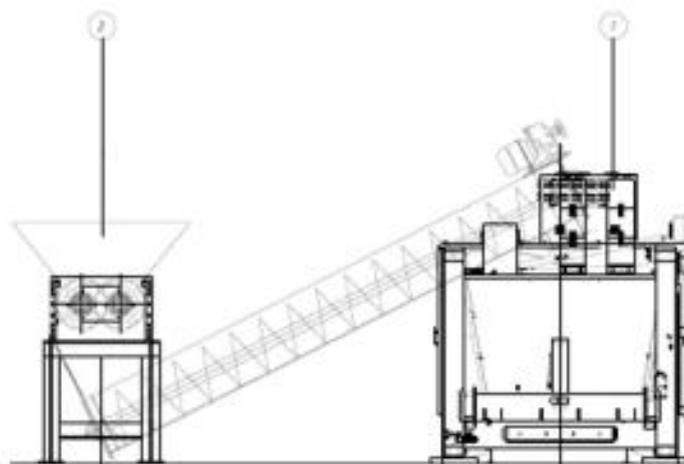


그림 170) 파쇄기와 거점처리장비의 결합

- 폐사가축의 규모 및 현장여건에 따라 거점처리장비는 여러대 설치하여 대용량 처리하는 방식으로 진행이 가능함.

- 가수분해 후 발생한 폐액은 바이러스검사 결과가 나올 때까지 현장에 완전밀폐시켜두어야 하며 바이러스가 제거 되었을 경우 폐기물처리 하도록 함.



그림 171) 파쇄기(좌), 거점처리장비(우)

## 2) 처리 시나리오별 분석

### 가) 살처분 장소에서 직접처리 (현장에서 처리가 가능한 경우)

- 살처분 장소에 출동 장비가 모두 진입 가능하여 현장에서 안락사 후 폐가축 즉시 처리.
- 살처분장소에서 안락사 및 사체처리하는 것을 우선으로 함.
- 살처분장소에 거점처리가 직접 설치될 경우 이송단계는 생략이 가능함.
- 바이러스의 외부 유출을 완전 차단하기 위해 대인소독기와 내·외부 세척 소독장비를 통해 현장의 장비와 인원들은 모두 세척·소독 후 입·출입 하도록 함.



그림 172) 현장 살처분&처리 시나리오

### 나) 살처분 인근 장소에서 처리 (현장 처리가 불가능할 경우)

- 살처분 사체가 많아 다량의 처리장비가 필요로 하거나 살처분 장소에 장비를 설치할 수

없거나, 인근 장소에 별도의 거점처리장비를 설치하여 사체를 처리하는 방식.

- 대량의 사체를 처리할 경우 거점처리장비는 상황에 따라 살처분 현장과 별도의 거점처리 장소에 모두 설치하여 동시에 사체를 처리.
- 거점처리장소와 살처분 장소에 각각 대인소독기와 내·외부 세척 소독장비가 설치되어야 하며 현장의 장비와 인원들은 모두 세척·소독하여 입·출입 하도록 함.



그림 173) 인근장소 살처분&처리 시나리오

### 3) 거점처리융합시스템의 활용 분석

- (1) 대용량 처리가 가능한 거점처리장비를 이용하여 현재 AI, 구제역, CWD 등 가축전염병으로 매몰된 4,950여곳의 전국 매몰지에 남아있는 잔존 가축사체 및 바이러스를 발굴 및 제거하여 토양을 복원하는 매몰지 재복원 사업의 참여를 기대할 수 있음.



그림 173) 전국매몰지현황(좌), 중·소형가축사체처리장비를 이용한 매몰지처리(우)

- (2) 가축전염병 발생 시 매몰이 필요없는 비매몰 처리방식을 보급을 하게 되면 매몰지복원사업에 비용이 들지 않아 장기적인 관점에서 경제적인 이점이 발생할 것으로 보임.
- (3) 질소거품안락사를 통해 가축에게 고통을 주지 않고 안락사가 가능한 인도적인 안락사 기술 보급이 가능하며 다른 안락사 방식에 비하여 안락사 행위자의 외상후스트레스장애(PTSD)를 줄여줄 수 있음.
- (4) 알칼리가수분해 폐액은 칼륨, 질소, 인 등의 영양염류가 풍부하기 때문에 적절한 중화처리를 거쳐 액비로 재이용이 가능함.
- (5) 현재 도축장은 주로 전기를 이용해 기질을 시키고 있으나 이 중 10%는 의식이 있는 채로 도살되며 이 과정에서 가축이 느끼는 고통으로 고기의 육질 저하가 나타나는 문제점을 가지고 있음. 질소거품안락사로 동물이 느끼는 고통을 최소화하여 의식소실을 통한 자연스러운 안락사를 통해 인도적이면서 고기의 육질을 저하시키지 않는 장점을 살려 해당 분야와 관련한 연구기관과 협업하여 연구를 진행할 예정.

표 49) 가축 안락사 방식 비교

항목	질소가스거품	이산화탄소	전기충격
안락사 사용물품	N2+거품액	CO2	전기
안락사방식	질식사(저산소증)	질식사(저산소증+과탄산증)	고전압 방식
통증 유발 유무	고통 동반 없이 점진적 안락사	질식사 전 의식소실 없어 고통을 동반한 질식사	통전으로 인한 일시적 전기 충격
작업 안정성	작업 안정성 확보	작업 위험성 높음	자동화 방식
안락사 농도	95%이상	60~70%이상	가축별로 상이한 전류 사용
단점	안락사까지 시간이 소요	안락사까지 시간이 소요	비기질 가축으로 인한 육질저하

(6) 부산물 활용방안

(가) 알칼리가수분해로 발생한 폐액은 pH13 이상 강알칼리성이며 액상비료로 재활용하는 방안과 폐기물처리로 위탁처리하는 두 가지의 방안이 있음.

① 폐기물로 처리방안 검토 (위탁처리)

- 처리단가 : 170,000원/ton
- 폐액발생량 : 5 ton (장비 1회 가동)
- 폐액처리비용(5톤) : 850,000원

\* 장비 1회 가동으로 폐액 5톤이 발생하며 위탁처리 시 비용은 850,000원으로 산출됨.

② 액상비료로 활용방안 검토 (폐액 중화)

- 액상비료로 활용 시 중화처리과정에서 약품 비용이 소모됨.
- 중화처리시 필요 약품량 : 36kg (폐액 1톤을 구연산으로 중화)
- 구연산 단가 : 77,000원 (25kg)
- 중화처리단가 : 110,880원

- 중화처리비용(5톤) : 554,400원

\* 폐액 5톤을 액비로 재활용 시 최소 554,400원의 비용이 소모됨.



그림 174) 액상비료 제작 과정

(나) 알칼리가수분해로 발생된 폐액은 폐기물로 위탁하여 처리하는 것보다 액상비료로 활용하는 것이 비용이 저렴하고 환경 보호적인 측면에서 가치가 높음. 다만 액상비료로 활용할 경우 추가 공정 도입이 필요하기 때문에 초기 설치비용이 요구됨.

## 거. 질소거품액 및 알칼리가수분해액 위해성 평가

### 1) 질소거품액

#### 가) 위해성·위험성

- (1) 질소거품액의 주성분은 합성계면활성제 혼합물로서 피부에는 저 자극성임.
- (2) 경구 흡입하거나 눈에 접촉 시 다소 자극을 일으킬 수 있음.
- (3) 토양오염도 검사결과 기존 토양과 거품액을 적신 토양의 농도는 큰 차이가 없으며 토양 오염도 기준치 이하임.

시 료 명 : 토양오염조사 용역

물 질	시료별 분석결과		정량한계	우리기준 (단위:mg/kg)		
	PR19_044 1. Blank 토양	PR19_044 2. 거품액 적신 토양		1지역	2지역	3지역
카드뮴	N.D	N.D	0.40(AAS)	4	10	60
구리	45.0	27.5	1.0(AAS)	150	500	2,000
비소	2.27	5.87	0.10(FIAS-AAS)	25	50	200
수은	N.D	N.D	0.05(FIAS-AAS)	4	10	20
납	18.0	20.1	4.0(AAS)	200	400	700
6가크롬	N.D	N.D	0.5(UV)	5	15	40
아연	118.3	111.1	2.0(AAS)	300	600	2,000
니켈	10.4	10.3	4.0(AAS)	100	200	500
몰리브덴	82	115	10(UV)	400	400	800
유기인화합물	N.D	N.D	0.05(항목별 GC-MS)	10	10	30
폴리클로리네이티드비페닐	N.D	N.D	0.05(GC-ECD)	1	4	12
시안	N.D	N.D	0.2(UV)	2	2	120
피롤류	N.D	N.D	페놀0.02/PCP0.1 (GC-FID)	4	4	20
벤젠(B)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	1	1	3
톨루엔(T)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	20	20	60
에틸벤젠(E)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	50	50	340
크실렌(X)	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	15	15	45
석유계총탄화수소	N.D	N.D	50(GC-FID)	500	800	2,000
트리클로로에틸렌	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	8	8	40
테트라클로로에틸렌	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	4	4	25
벤조(a)피렌	N.D	N.D	0.005(GC-MS)	0.7	2	7
1,2-디클로로에탄	N.D	N.D	0.1(GC-MS)	5	7	70

그림 175) 질소거품액 토양오염도 측정 결과

### 나) 취급방법

- (1) 화학물질의 물리·화학적 특성을 고려하여 적절한 재질의 보호장갑 및 보호의복 착용
- (2) 눈의 자극을 일으키거나 유기물질로부터 눈을 보호하기 위해서는 보안경 혹은 통기성 고글을 착용

### 2) 알칼리가수분해액

#### 가) 위해성·위험성

- (1) 주 성분은 KOH(수산화칼륨)이며 인체에 접촉 시 심한 자극을 초래하므로 피부에 접촉하지 않도록 취급.
- (2) 가수분해 후 발생한 폐액에서는 잔류한 KOH 성분으로 인해 피부에 접촉 시 자극이 발생함.



그림 176) 가수분해폐액 수질 검사

나) 취급방법

- (1) 노출되는 입자상 물질의 물리화학적 특성에 맞는 산업안전보건공단의 인증을 필한 호흡용 보호구(안면부 여과식 방진마스크 또는 공기 여과식 방진마스크)를 착용
- (2) 눈에 자극을 일으키거나 기타 건강상의 장애를 일으킬 수 있는 입자상 물질에 대하여 눈을 보호하기 위하여 통기성 보안경을 착용
- (3) 내알칼리성을 가지는 재질의 보호장갑 및 보호의복을 착용

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

- 동물의 복지를 고려한 효율적이고 신속한 안락사 기술 개발
- 질병 전파를 신속히 차단하는 1분당 25루베 이상 발포 가능 기술 개발
- 가축전염병 및 일반폐사가축 대응 가능한 전용 이송 차량 개발
- 완벽 밀폐 구조로 대기압 이상 가압 대응 가능 구조 개발
- 내 외부 소독 시스템 구축 기술 개발
- 거점 처리시설 구축용 기초 운영 조건 선정
- 효율성 증대를 위한 분쇄 및 밀폐 기술 개발
- 파일럿 장비 개발 및 운행

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

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 명, 백만원)

성과지표명		연도	1단계 (2018~2019)	2단계 (2019~2020)	3단계 (2020~2021)	계	가중치 (%)
진담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	특허출원 (건)	목표(단계별)	1	1	1	3	20
		실적(누적)	1	1	1	3	20
	특허등록 (건)	목표(단계별)			0	0	
		실적(누적)			1	1	
연구개발과제 특성 반영 지 표 <sup>2)</sup>	제품화 (건)	목표(단계별)	1	1	1	3	50
		실적(누적)	1	1	1	3	50
	매출액 (백만원)	목표(단계별)			100	100	10
		실적(누적)			16	16	1.6
	고용창출 (명)	목표(단계별)	1	1	1	3	10
		실적(누적)	1	1	6	8	10
	홍보전시 (건)	목표(단계별)	1	0	0	1	10
		실적(누적)	2	0	0	2	10
계	목표(단계별)					100	
	실적(누적)					91.6	

< 연구개발성과 성능지표 >

주요 성능지표	단 위	최종 개발목표	결과	객관적 측정방법
<b>1차년도 : 대용량 안락사 장비 개발</b>				
1. 안락사 처리시간	min.	10분 이하	10분이내 완료 토기3분 / 닭 5분	본사 실험
2. 거품 채움시간	min/m3	1분 이하	7분 55초	한국섬유기계연구원
3. 거품 유지 시간	min	30분 이상	30분 이상 유지	한국섬유기계연구원
4. 토양오염도 검사	오염물질	불검출	기준치 이하	(재)파란 환경연구소
5. 특허 출원	건	1 이상	특허 출원 1건	특허법인 해당
<b>2차년도 : 가축 사체 이송 시스템 개발</b>				
6. 이송량·밀폐도	챔버	5톤이상/0.01atm	5톤이상/0.02atm	한국산업기술시험원
7. 멸균 검사	대장균	100이하	불검출	한국화학융합시험연구원
8. 특허 출원	건	1 이상	특허 출원 1건	특허청
<b>3차년도 : 거점 처리 시스템 개발</b>				
9. 처리 시간	hr	5시간	5시간	한국섬유기계연구원
10. 분쇄 시간	hr	1시간	1시간이내	한국섬유기계연구원
11. 처리 용량	ton	5	5톤이상	한국섬유기계연구원
12. 특허 출원	건	1 이상	특허등록 1건	특허청

### (3) 세부 정량적 연구개발성과

#### [과학적 성과]

##### 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2019	1차년도 연차실적계획서		
2020	2차년도 연차실적계획서		
2021	3차년도 최종보고서		

#### [기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	안락사용가스거품생성 장치	대한민국	주식회사 에스티아이	2019.06.2 1.	10-2019- 0074098						
2	폐사가축이송시스템	대한민국	주식회사 에스티아이	2020.06.1 2.	10-2020- 0071708						
3	안락사용가스거품생성 장치	대한민국				주식회사 에스티아이	2021.05.18	등록 제 10-225613 7호			
4	폐사가축처리장치	대한민국	주식회사 에스티아이	2021.09.2 4.	10-2021- 0126693						

#### [경제적 성과]

##### 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	대용량안락사장치	2019	(주)에스티아이	(주)에스티아이	가축방역			
2	폐사가축이송장비	2020	(주)에스티아이	(주)에스티아이	가축방역			
3	거점처리시설	2021	(주)에스티아이	(주)에스티아이	가축방역			

##### 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2019년	2020년	2021년	
1	가축질병대응기술개발사업	(주)에스티아이	1	1	6	8
합계			1	1	6	8

#### [사회적 성과]

##### 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	아프리카돼지열병 가상방역훈련(CPX)		세종시 안락사장비 CPX 참여	
2	아프리카돼지열병 가상방역훈련(CPX)		대구시 안락사장비 CPX 참여	2019.08.29

[그 밖의 성과]

1차년도에 개발된 안락사용 가스거품 생성장치 특허등록 1건 완료 (대용량안락사장비)

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 가축 전염병 확산방지를 위한 전 축종용 대용량 안락사 기술 개발	○ 대용량질소거품안락사 장비 개발	100
	○ 1시간이상유지가능한 질소폼 기술 개발	100
	○ 25m <sup>3</sup> /min이상 발포가능한 질소거품 기술 개발	100
○ 가축 전염병 확산방지용 전용 이송 시스템 개발	○ 가축사체전용이송장비 개발	100
	○ 완벽밀폐 가능한 구조 개발	100
	○ 내외부 소독시스템 구축	100
○ 대용량 폐사가축 대응 가능한 거점 처리 시설 시스템 구축	○ 거점처리 운행조건 선정	100
	○ 효율성 증대를 위한 분쇄 & 밀폐 시스템	100
	○ 거점처리장비 개발	100

## 4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

- 살처분 대상 가축에게 고통을 유발하지 않는 인도적인 안락사를 시작으로 전염성바이러스의 완전멸균이 가능한 알칼리가수분해까지 한번에 처리가 가능한 가축살처분융합처리시스템으로 브랜드 이미지를 구축이 가능하여 가축방역 분야에서의 기여도를 강화할 수 있을 것으로 사료 됨.
  - 전염병가축살처분현장이나 매몰지복원사업에 참여하여 국내 가축전염병으로 인한 살처분가축, 대량으로 폐사한 가축 및 자원재활용 시장을 개척 및 확대하는 것으로 이바지 할 수 있을것으로 사료됨.
  - 아프리카돼지열병이 지속적으로 확산되는 시점에서 국민들의 가축전염병 예방 의식이 높아져 폐사가축을 처리하는것에 관심이 증가되어 당사의 가축전염병살처분융합시스템에 대한 관심이 증대 될것으로 보여짐.
  - 알칼리가수분해는 타 방식의 렌더링이나 소각, 매몰법에 비해 대기오염, 토양오염을 유발하지 않으면서 변형프리온, 야콥병 등 생존력이 강하고 제거가 어려운 바이러스도 멸균이 가능해 매몰되고 복원이 진행되지 않고 있는 매몰지복원사업에서도의 진출확대가 가능함.
  - 가축사체를 액상형태로 분해시켜 사체부피를 감소시키고 전염병, 세균의 완전멸균을 통해 처리 후 발생한 부산물은 액상비료, 인질비료, 공업용 원료 등 친환경적인 자원으로 재활용이 가능할 것으로 모색 됨.
-

## 5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내		
	국외		
	계		
특허등록	국내		
	국외		
	계		
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발	제작 완료된 시제품 3건 (대용량질소거품안락사, 가축사체이송장비, 거점처리장비) 현장실증을 통한 제품 개발	
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보		제작 완료된 시제품 3건 (대용량질소거품안락사, 가축사체이송장비, 거점처리장비) CPX 참여 및 축산박람회등 홍보 참여	
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 질소 거품 안락사 및 알칼리가수분해를 활용한 가축살처분 융합시스템 개발																											
	(영문) Development of carcass disposal convergence system using nitrogen bubble euthansia and alkaline hydrolysis																											
주 관 연구 기관	(주)에스티아이		주 관 연 구 책 임 자	(주)에스티아이																								
참 여 기 업			윤석훈																									
총 연구개발비 (980,000천원)	계	980,000천원	총 연구 기간	2018. 11 .~ 2021. 08																								
	정부출연 연구개발비	735,000천원	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	9명																							
	기업부담금	245,000천원		내부인원	9명																							
	연구기관부담금			외부인원																								
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축 전염병 확산방지를 위한 전 축종용 대용량 안락사 기술 개발 완료</li> <li>- 가축 전염병 확산방지용 전용 이송 시스템 개발 완료</li> <li>- 대용량 폐사가축 대응 가능한 거점 처리 시설 시스템 구축 완료</li> </ul> </div> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%; text-align: center;">달 성 내 용</th> <th style="text-align: center;">달 성 도 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- 대용량질소거품안락사 장비 개발</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 1시간이상유지가능한 질소품 기술 개발</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 25m<sup>3</sup>/min이상 발포가능한 질소거품 기술 개발</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 가축사체전용이송장비 개발</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 완벽밀폐 가능한 구조 개발</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 내외부 소독시스템 구축</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 거점처리 운행조건 선정</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 효율성 증대를 위한 분쇄 &amp; 밀폐 시스템</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>- 거점처리장비 개발</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">질소거품안락사 기술</td> <td>안락사 대상 가축에게 고통을 느끼지 않고 질소 흡입을 통한 자연스러운 안락사가 가능하며 소량의 실험가축을 안락사를 필요로 하는 축산관련 연구소와 동물병원에 소형장비안락사 장비의 시장 진출이 가능하며 대량의 폐사가축 안락사처리가 필요한 매몰지 및 살처분현장에서도 대용량안락사장비의 시장진입이 가능하여 폐사가축의 소량 및 대량, 규모별 발생량에 따라 다양한 시장진입에 활로를 개척할 수 있을 것으로 보여짐.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">알칼리가수분해 기술</td> <td>아프리카돼지 열병 및 구제역등 전염병이 확산되는 시점에서 자사의 과제로 개발된 폐사가축처리 융합시스템을 적용하여 대량의 폐사가축을 신속하고 효과적으로 처리할 수 있도록 현장 맞춤형 시스템 보급이 가능하며 지자체 및 공공기관과 연계하여 매몰지 복원사업에도 참여하여 국토에 매몰된 가축사체를 발굴하여 토양을 복원하는 사업에도 참여를 할 예정임.</td> </tr> </table>					달 성 내 용	달 성 도 (%)	- 대용량질소거품안락사 장비 개발	100	- 1시간이상유지가능한 질소품 기술 개발	100	- 25m <sup>3</sup> /min이상 발포가능한 질소거품 기술 개발	100	- 가축사체전용이송장비 개발	100	- 완벽밀폐 가능한 구조 개발	100	- 내외부 소독시스템 구축	100	- 거점처리 운행조건 선정	100	- 효율성 증대를 위한 분쇄 & 밀폐 시스템	100	- 거점처리장비 개발	100	질소거품안락사 기술	안락사 대상 가축에게 고통을 느끼지 않고 질소 흡입을 통한 자연스러운 안락사가 가능하며 소량의 실험가축을 안락사를 필요로 하는 축산관련 연구소와 동물병원에 소형장비안락사 장비의 시장 진출이 가능하며 대량의 폐사가축 안락사처리가 필요한 매몰지 및 살처분현장에서도 대용량안락사장비의 시장진입이 가능하여 폐사가축의 소량 및 대량, 규모별 발생량에 따라 다양한 시장진입에 활로를 개척할 수 있을 것으로 보여짐.	알칼리가수분해 기술	아프리카돼지 열병 및 구제역등 전염병이 확산되는 시점에서 자사의 과제로 개발된 폐사가축처리 융합시스템을 적용하여 대량의 폐사가축을 신속하고 효과적으로 처리할 수 있도록 현장 맞춤형 시스템 보급이 가능하며 지자체 및 공공기관과 연계하여 매몰지 복원사업에도 참여하여 국토에 매몰된 가축사체를 발굴하여 토양을 복원하는 사업에도 참여를 할 예정임.
달 성 내 용	달 성 도 (%)																											
- 대용량질소거품안락사 장비 개발	100																											
- 1시간이상유지가능한 질소품 기술 개발	100																											
- 25m <sup>3</sup> /min이상 발포가능한 질소거품 기술 개발	100																											
- 가축사체전용이송장비 개발	100																											
- 완벽밀폐 가능한 구조 개발	100																											
- 내외부 소독시스템 구축	100																											
- 거점처리 운행조건 선정	100																											
- 효율성 증대를 위한 분쇄 & 밀폐 시스템	100																											
- 거점처리장비 개발	100																											
질소거품안락사 기술	안락사 대상 가축에게 고통을 느끼지 않고 질소 흡입을 통한 자연스러운 안락사가 가능하며 소량의 실험가축을 안락사를 필요로 하는 축산관련 연구소와 동물병원에 소형장비안락사 장비의 시장 진출이 가능하며 대량의 폐사가축 안락사처리가 필요한 매몰지 및 살처분현장에서도 대용량안락사장비의 시장진입이 가능하여 폐사가축의 소량 및 대량, 규모별 발생량에 따라 다양한 시장진입에 활로를 개척할 수 있을 것으로 보여짐.																											
알칼리가수분해 기술	아프리카돼지 열병 및 구제역등 전염병이 확산되는 시점에서 자사의 과제로 개발된 폐사가축처리 융합시스템을 적용하여 대량의 폐사가축을 신속하고 효과적으로 처리할 수 있도록 현장 맞춤형 시스템 보급이 가능하며 지자체 및 공공기관과 연계하여 매몰지 복원사업에도 참여하여 국토에 매몰된 가축사체를 발굴하여 토양을 복원하는 사업에도 참여를 할 예정임.																											

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	118096-03		
사업구분					
연구분야				과제구분	단위
사업명	가축질병대응기술개발사업				주관
총괄과제				총괄책임자	
과제명	질소 거품안락사 및 알칼리 가수분해를 활용한 가축살처분 융합시스템 개발			과제유형	개발
연구개발기관	(주)에스티아이			연구책임자	윤석훈
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	9개월	201,000	67,000	268,000
	2차년도	12개월	267,000	89,000	356,000
	3차년도	12개월	267,000	89,000	356,000
	4차년도				
	5차년도				
	계	33개월	735,000	245,000	980,000
참여기업					
상대국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021.10.01

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)에스티아이	연구소장	윤석훈

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	
----	---

## 1. 연구개발실적

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

가축전염병 발생시 가축의 살처분에서부터 거점처리시설로 이동 후 사체처리까지 진행할 수 있는 통합시스템으로 가축전염병예방법에 의거 현장에서 신속하게 대응할 수 있는 시스템임. 질소거품안락사는 가축 질병에 감염된 가축을 질소거품을 이용하여 고통없이 빠르게 안락사를 시킬 수 있어 동물복지와 작업자의 살처분 트라우마를 개선할 수 있는 기술이라고 판단됨. 폐사가축 전용 이송장비는 현장에서 즉시 신속하게 처리가 불가능할 경우 가축전염병의 확산을 방지할 수 있는 밀폐된 공간을 이용하여 거점처리장비로 이송할 수 있다는 점에서 기존의 차량 이동과는 다르게 안전할 것으로 보이며, 거점처리장비는 랜더링이나 소각장비와는 다른 화학적 처리방식인 알칼리 가수분해법으로 환경오염물질 배출없이 폐사가축은 물론이고 짧은 시간 내에 가축전염병 바이러스까지 멸균이 가능하고 차량 탑재가 가능하여 이동이 가능하다는 장점을 가지고 있어서 세가지가 하나의 시스템으로 구축되면 향후 가축질병 발생 시 안전하고 깨끗하게 처리가 가능할 것으로 판단됨.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

매년 가축전염병이 발생되고 있고 대량의 가축들이 살처분 되고 있는 상황에서 작업자의 살처분 트라우마를 개선할 수 있고 폐사된 가축을 안전하고 효율적으로 처리할 수 있는 시스템이라 할 수 있음. 지역마다 가축 사체 처리 시설을 둘 수 없으므로 어디든지 이동이 가능한 거점처리장비를 이용하여 현장에서 신속하고 안전하게 폐사가축 처리와 바이러스를 멸균할 수 있는 기술이므로 2차 피해에 대한 문제점을 해결할 수 있음. 또한 기존에 매몰되어 있는 가축의 경우에도 바이러스가 존재하고 있더라도 본 과제로부터 개발된 알칼리 가수분해 방식인 거점처리장비를 이용하여 사체를 처리가 가능하므로 매몰지 복원을 통해 환경오염을 방지할 수 있음. 본 과제와 연계하여 살처분 및 매몰지 복원 사업 등으로 본 과제의 사업화를 통해 고용창출 및 기업의 이윤을 증대시킬 수 있으며, 가축전염병은 국내뿐만 아니라 해외에서도 발생되고 있으므로 기술 및 시스템의 수출을 통해 외화 확보에도 도움이 될 것으로 판단됨.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

가축질병은 예방이 우선이겠으나 전염병에 감염이 되면 확산을 방지하기 위해 가축의 살처분 및 처리가 불가피하므로 가축전염병 발생 시 우선적으로 적용할 수 있는 기술임. 기존에 가축질병에 감염되어 전국에 조성되어 있는 매몰지는 이미 포화상태이며, 사체가 부패하면서 환경오염을 발생시키는 원인이 되고 있기 때문에 매몰된 사체를 발굴하여 처리하는 매몰지 복원 사업 등에 활용이 가능함. 축산농장에서 가축이 폐사할 경우 불법으로 매립하거나 소각처리를 하고 있는데 축산농가에서 발생하는 자연폐사 가축 처리 및 기타 동물 또는 기타 유기성 폐기물 처리장비로 활용이 가능함.

#### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

장비 제작 시 이동성, 사용성, 효율성 등을 최대한 고려하여 제작하였으며, 개발된 장비의 테스트를 위해 전국의 시군구와 연락하여 매몰지 파악 및 복원 가능여부를 확인하였고, 타 기관과 연계하여 동물 사체 테스트를 수행하는 등 기술 개발에 있어서 성실하게 수행하였음.

#### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 보통

특허 출원 3건, 등록 1건  
가상방역훈련(CPX) 2건

### II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
특허출원	20	20	
제품화	50	50	
매출액	10	1.6	
고용창출	10	10	
홍보전시	10	10	
합계	100점	91.6	

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

가축질병은 예방이 가장 중요하나 가축질병이 발생되면 살처분 및 폐사된 가축의 처리는 필수적으로 필요한 부분이므로 살처분 및 폐사가축 처리 기술의 확보는 반드시 필요함.

현재 다양한 기술들이 개발되어 있으나 보다 동물복지 및 작업자의 안전과 환경오염방지, 2차 확산 방지 등 여러 가지 문제점을 고려한 기술 및 장비가 필요하기 때문에 본 과제를 통해 개발된 기술의 경우 모두 만족한 말한 기술이라 볼 수 있음.

가축전염병이 발생해야만 필요한 기술이므로 안타까운 점이 있으나 기존에 매몰된 사체를 처리하고 본 기술은 사체뿐만 아니라 주변 토양까지 멸균처리가 가능하므로 조성된 매몰지 발굴하여 안전하고 깨끗하게 국토를 복원한다면 본 기술을 사용할 기회가 많이 있을 것으로 판단됨.

## 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 과제는 가축전염병 발생 시 안락사, 사체이송, 거점처리로 이루어진 시스템으로 반드시 지역마다 거점 처리 시설을 설치하는 것이 아닌 현장에서 처리가 불가능 할 경우 현장 주변에 거점처리장비를 설치하여 폐사가축을 처리하는 시스템임.

장비를 제작 및 개발 후 시험을 위해 대량의 가축 및 사체를 확보하는 것뿐만 아니라 동물보호법 등으로 인해 한 마리의 동물 및 사체를 테스트 할 경우에도 어려움이 있었으나 시군구 및 타기관과의 연계를 통해 최대한 객관적인 결과를 도출하고자 하였음.

## 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

당사는 가축 및 전염병과 관련된 업무를 수행하고 있는 회사로 본 과제로 개발된 기술을 사업화하여 더욱 적극적인 비즈니스 활동을 할 것임.





7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구 활용비)	
	특허 출원	특허 등록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
											SCI		비 SCI	논 문 평 판 I F						
단위	건	건	건	평 균 건 수	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건		건	명	건	건		
가중치																				
최종목표			3				24, 000		10									5		
연구기간내 달성실적																				
연구종료후 성과창출 계획			3				24, 000		10									5		

주 의

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