

119054
-02

단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전소각기술 연구개발
인수공통전염 가축질병으로 발생한 폐가축 살처분 후의 처리

2021

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

가축질병대응기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003458-01

인수공통전염 가축질병으로 발생한 폐가축
살처분 후의 처리 단계를 혁신적으로 줄인
친환경 완전소각기술 연구개발

2021.04.09.

주관연구기관 / (주)넥스트가스이노베이션

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “인수공통전염 가축질병으로 발생된 폐가축 살처분 후의 단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전소각기술 연구개발”(개발기간 : 2019. 05. 27. ~ 2020. 12. 31.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 04. 09.

주관연구기관명 : (주)빅스트가스 이노베이션 기업부설연구소 (대표자) 안광영, 정현 (현)



주관연구책임자 : 안 광 영



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	119054-02	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.05.27- 2020.12.31	단 계 구 분	최종보고서
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	가축질병대응기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	인수공통전염 가축질병으로 발생된 폐가축 살처분 후의 단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전소각기술 연구개발			
연구책임자	안광영	해당단계 참여연구원수	총: 2명 내부: 2명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:320,000천원 민간:108,000천원 계:428,000천원
		총 연구기간 참여연구원수	총: 2명 내부: 2명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:320,000천원 민간:108,000천원 계:428,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)넥스트가스 이노베이션 기업부설연구소			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	보안등급: 일반, 사유: 보안사항 없음
-------------------------	-----------------------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설· 장비	기술 요약정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
출원번호 / 등록번호		1. 2019-0163839									
		2. 2019-0161345									
		3. 2019-0161358									
		4. 2020-0115349									
		5. 2020-0115348									
		6. 10-2009507									
		7. 10-2009508									
		8. 10-2015582									
		9. 10-2210783									
		10. 10-2210782									

국가과학기술중합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

<p>요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)</p> <ol style="list-style-type: none"> 연구개발 제품 제작을 위한 특허 기술의 완성 연구와 기술을 적용한 초기 시제품 완성 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운용 개념 체계화 효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멸균 소각장비의 연구 개발 연구 대기오염 배출물질이 국내 “대기환경보전법 시행규칙”에 의거한 허용기준에 부합하여 제작된 시제품의 안정성에 대한 자료 확보 특허 출원으로 본 기술보호, 관련 업계 전문가를 대상으로 한 시연회 활동 등으로 인수공통전염 질병에 의한 살처분된 폐가축을 처리함에 있어 본 제품의 상업화 추진 	<p>보고서 면수</p>
---	---------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속히 차단하는 “살처분 폐가축 완전소각처리 시스템”의 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 시제품개발 완성 2. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 제품 제작을 위한 공정 표준화 및 처리 용량 증대를 위한 기술 연구개발(시간당 2톤 이상) 																																	
<p>연구개발성과</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 개발 제품 제작을 위한 특허 기술의 완성 연구와 기술을 적용한 초기 시제품 완성 2. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운용 개념 체계화(개념도 작성) 3. 효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멸균 소각 장비의 연구 개발 연구 4. 개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 대한 자료 확보 5. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 운용을 통한 데이터 수집 및 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 연소 테스트 시연의 실시 																																	
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지식재산권 : 현재 특허출원 7건, 특허등록 5건 2. 사업화 : 현재 기술이전 1건, 제품화 1건 3. 정책 활동 홍보 전시 : 현재 2건 <p style="text-align: center;"><예상되는 연구개발성과 유형></p> <table border="1" data-bbox="443 1397 1433 1576"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설 · 장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">생명 자원</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정 보</th> <th>실 물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예상성과 (N/Y)</td> <td>N</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>						구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명 자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정 보	실 물	예상성과 (N/Y)	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N
구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어									화합물	생명 자원		신품종																
							생명 정보	생물 자원	정 보	실 물																								
예상성과 (N/Y)	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N																							
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>폐가축 처리</p>	<p>폐가축 소각</p>	<p>가축전염병</p>	<p>살처분</p>	<p>축산폐기물 처리</p>																													
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Animal Carcass Disposal</p>	<p>Animal Carcass Incineration</p>	<p>Animal Disease Control</p>	<p>Killing of Animals</p>	<p>Livestock Disposal</p>																													

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

제 1 장 연구개발과제의 개요	7
제 2 장 연구수행 내용 및 결과	23
제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	60
제 4 장 연구결과의 활용 계획 등	66
붙임. 참고 문헌	69
<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서	

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목적

1. 본 연구는 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속히 차단하는 살처분 폐가축 완전소각처리 시스템인 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”시제품 완성을 하고자 함.
 - 가. 개발 제품 제작을 위한 특허 기술의 완성 연구와 기술 적용 시제품 완성 하고자 함.
 - 나. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운전 방법 등 기기 운용 개념 확립
 - 다. 개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 대한 자료를 확보하고자 함.
2. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 제품 제작을 위한 공정 표준화 및 처리 용량 증대를 위한 기술 연구개발(시간당 2톤 이상) 도모 및 국내외 사업 추진 방안 설립
 - 가. 효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멸균 소각장비의 연구 개발 연구가 필요함.
 - 나. 당사의 연구개발 제품 적용을 통한 가금류 살처분 현장의 즉각적인 대응 방안을 정립하여 관계 부처에 사업방안 제안 하고자 함.
 - 다. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 국내 적용 경험 등을 토대로 해외 진출을 위한 각종 특허 확보 및 해외 진출 사업 추진 계획 하고자 함.

제 2 절 연구개발의 필요성

- 고병원성 조류 인플루엔자(HPAI) 바이러스는 전 세계적으로 매년 반복되는 전염병으로써 이를 미연에 방지하지 못하면 그 피해 규모가 클 뿐만 아니라 경제·사회적으로 직·간접 손실이 발생함. 조류인플루엔자 발생에 따른 직·간접 기회손실액은 감염률이 10%일 경우 약 4,920억 원, 30%일 경우 약 1조 4,770억 원으로 추정 됨. 이전 우리나라의 HPAI 발생 추이를 보면 2003년 19건(528.5만 마리), 2006년 7건(280.0만 마리), 2008년 33건(1,020.4만 마리) 이며, 이후에도 2010년 53건(647.3만 마리), 2014년 38건(1,397.2만 마리)으로 전체적으로 증가하는 추세를 보임. (아래 표 1.)

표 1. 국내 고병원성 조류인플루엔자 발생 사례

	발병 시기	발생 건수	방역 조치	재정지출액
고병원성 조류인플루엔자 (HPAI)	'03/04년	19건	528.5만 마리	874억 원
	'06/07년	8건	280.0만 마리	339억 원
	'08년	33건	1,020.4만 마리	1,817억 원
	'10/11년	53건	647.3만 마리	807억 원
	'14/15년	38건	1,397.2만 마리	2,381억 원

- 이러한 HPAI 바이러스는 닭, 칠면조, 오리, 철새 등 여러 종류의 조류에 감염되는 바이러스성 전염병으로 전파속도가 매우 빠르며 직접접촉에 의해 전파되거나 감염된 닭의 분변에 의해 오염된 차량, 사람, 사료, 사양 관리기구에 의한 전파가 발생함. 또한 공기 중 부유물의 이동에 의해서 인접 농가에 전파가 일어날 수 있으므로 집단 바이러스 감염에 크게 기여함. (Kim et al. 2010, Veterinary Microbiology, 141, 362 - 366; Jeong et al. 2016, 현대경제연구원, 16-46)
- 매년 HPAI 바이러스에 잇따른 사고가 발생함에 따라, 전파속도를 빠르게 낮추기 위해 HPAI 바이러스를 신속, 정밀하게 진단하고 이후 바이러스에 감염된 개체수를 줄이며, 신속하게 전파체계를 차단 할 수 있는 기술이 요구되고 있는 실정임.
- 이러한 진단 기술 중 핵산 기반의 분석 기술은 목표 병원체의 존재 유무를 민감하게 검출하는 기술로 알려져 있으며, 중합효소 연쇄반응(PCR)을 통해 목표 DNA를 기하급수적으로 증폭하므로 추가적인 배양을 필요로 하지 않음. 때문에 기존 배양 기반 기술과 비교해 신속하게 정확한 정보를 제공하는 것이 가능함. 그 중에서도 다양한 핵산 기반 분석기술들 중 real-time PCR은 그 민감도가 특히 높은 장점이 있으며, 정량적 검출 정보를 제공하는 것도 가능한 대표적 분석 기술로 알려져 있음. 그러나 정밀하게 진단할 수 있는 시스템이 구축되어 있는 것과는 달리 감염 개체수를 줄이고 신속하게 전파체계를 차단 할 수 있는 기술은 현저히 부족함. (Grace et al. 2003. Clin Chem 49, 1467-1475)
- 백신을 투여하여 몸 속의 면역시스템이 작동시켜 이를 항원으로 인식하고 항체를 만든 후 바이러스에 대항하는 방법은 강력한 효능을 보이며 경제적인 이점을 가짐. 그러나 백신 안에 있는 병원체는 병을 일으킬 만큼 강하지 않더라도 부작용을 초래할 수 있기 때문에 안정성 측면에 대한 신뢰를 확보하기 위해서는 다소 오랜 시간이 소요됨.
- 위 문제를 해결하기 위해 입자 모사 방법을 활용하여 HPAI 바이러스와 유사한 구조를 가진 입자를 개발함. 입자를 H5N1 바이러스(Influenza A virus subtype)에 감염된 닭에 투여하였을 시 투여된 입자를 항원으로 인식하여 H5N1 바이러스 항체가 생성되는 것이 관찰 됨. 이후 specific pathogen-free한 백신 개발이 활발히 이루어지면서 안정성 측면에 크게 기여함. (Park et al. 2012. isirv. 3, 227-490)
- 최근 항원을 코딩하는 유전자를 복제되지 않는 발현 플라스미드로 복제하여 기존의

백신 접종 경로를 통해 숙주에 전달하는 DNA 백신을 이용한 방법은 면역반응 유도에 필요한 항원 전체를 유전자 형태로 이용할 수 있어 광범위한 면역반응을 유도 함. 또한 여러 항원을 하나의 플라스미드 DNA에 삽입이 가능하여 항원 디자인 및 제작이 용이하며 쉽게 대량생산이 가능. 이로써 기존의 egg-based을 기반으로 백신을 제작하는 과정에서 야기 될 수 있는 문제점들을 극복 함. (아래 그림 1.) (Hurt et al. 2018, Front Immunol. 9, 1568-1576)



그림 1. 기존 백신과 DNA 백신의 항체생성과정 모식도

- 그러나 백신을 활용한 방법은 기본적으로 배양과정 및 항체생성 여부 확인, 안정성 검사 등의 절차를 거쳐야 하기에 중·장기적인 관점에서는 우수하나 단기간에 감염된 대량의 가금류 및 가축을 신속히 처리하기에는 여전히 적절한 대응으로 보기 어려움.
- 이를 보완하고자 모니터링을 통해 데이터베이스(DB)를 구축함으로써 예방체계 시스템을 마련하는데 기반을 다짐. 특히 최근에 boosted regression trees(BRT)기법을 통해 질병발생은 가금류의 밀도, 인구밀도, 고도와 연관이 있으며, 이에 대한 감염은 가금류와 물새의 밀집분포, 인구밀도, 물로 덮힌 토지 면적의 비율과 연관이 있다고 보고 됨. (Gilbert et al. 2011, PLoS Pathog. 7)
- 또한 이어지고 있는 대규모 발생을 통해 확인된 HPAI의 국내 유입 및 전파 경로를 좀 더 구체적으로 분석해보면, 중국의 재래시장에서 다양하게 재조합된 HPAI 바이러스가 중국과 한국 간을 이동하는 야생조류를 통해 국내로 유입된 후, 철새도래지 근처 방역 취약 오리 농가에서 1차적으로 확산되는 양상을 나타냄. 오리 농가 밀집 지역에서 증폭된 고농도의 바이러스는 주변 산란계 농가에 쉽게 전파될 수 있으며, 이는 농장 간 인적·물적 이동요소가 많은 산란계 산업의 특성 상 발생 초기 전국 단위의 कै말적 전파로 이어지게 됨. (아래 그림 2.) (Song et al. 2018, 경기도청)

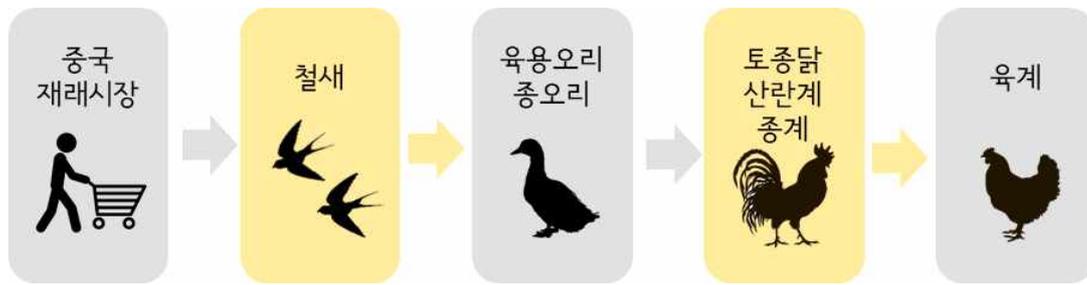


그림 2. 국내 AI 전파 흐름 모식도

- 그러나 HPAI 발생을 사전적으로 완벽하게 예방하는 것은 매우 어렵기 때문에 전염병 발생 시 신속하고 빠르게 대응할 수 있는 체제 마련 및 사후관리시스템 구축을 통한 2차 피해 발생 차단 등의 효율적인 방역체계를 확보하는 것이 필요 함. (Woo et al. 2008, 한국농촌경제연구원)
- 이에 현장의 대응상황으로 가축사체 처리방법으로는 혐기성 분해, 정제 퇴비화, 소각, 매몰, 알칼리 가수분해 등의 처리방식을 활용 함. (아래 표 2.) (Chen et al. 2006, Bioresour. Technol., 97, 1398-1410; Brandon H. et. al., 2018, Waste Management, 81, 71-77)

표 2. 국내 HPAI 발생 시 현장 대응체제

	방법	장점	단점
알칼리 가수분해	고농도의 알칼리성 용액을 이용하여 폐가축 분해	비료 및 바이오가스 등으로 활용 가능	처리과정 기간이 상당하며 용량이 제한적
혐기성 분해	혐기성 세균을 이용하여 유기물을 바이오 기체로 전환	재사용 가능한 에너지 원료로 이용가능	상용화 단계까지 개발수준 미비
소각	소각로에 폐가축을 넣어 소각처분	처리시간이 빠르며 잔류물이 적음	농가 내 시설구축 제한 운송과정중 추가 감염 우려

- 우리나라의 경우 가축전염병예방법[가축전염병예방법 제 20조, 가축전염병예방법 시행규칙 제 25조]에 의해 살처분한 가축사체에 대해 신속히 소각 및 매몰을 하게 됨. 이로 인해 가축전염병으로 인한 매몰지가 급격히 증가하여 총 4,632개소 (구제역 77개, AI 19개시군; 2011. 4. 25 기준)의 매몰지가 발생되었으며 이 중에서 AI의 경우 545만 두가 매몰 됨. (Kang et al. 2013, 농촌진흥청)
- 현재 매몰처리 방식에 대한 문제점으로는 침출수 및 악취 발생, 토양, 지하수 및 주변 환경오염이 있으며, 부적절한 부실 매몰 및 관리 소홀 혹은 사고 등으로 인해 여러

지역에서 토양, 지하수 오염문제 등 2차 환경피해 발생이 불가피한 상황에 놓여 있음. 매물처리 방식을 구체적으로 살펴보면 대형 플라스틱 통에 담아 땅에 묻는 방식이므로 가축 사체의 부패 정도가 매우 미미한 상황에 처하며 이는 매물지 법적 매물기간 (3년) 종료 후 미분해 가축 사체처리 문제를 안고 있는 실정임.

- 이와 같은 현행 대규모 매물처리의 문제점의 보완이 요구되고 있는 상황에서 최근에 대규모 매물처리방식이 예방접종방식으로 전환되어 중·소규모 매물에 적합하게 수정 보완 된 매물처리방식이나 랜더링 (Rendering) 및 소각 등의 비매물 방식으로 처리방식이 다양화 됨.
- 이 중 랜더링 방식은 버리는 가축을 유용성과 가치창출을 위한 안정적인 제품 (가식, 비가식 제품)으로 변환하는 기술로 사체를 고온 고압에서 가열·멸균 후 부산물 중 단백질은 퇴비 등에 활용하고 지방은 기름이나 바이오 디젤 등의 제조에 사용하여 효과적 자원 활용의 대안 중 하나로 제시 됨.
- 하지만 국내에서 랜더링을 할 수 있는 곳은 경기, 전북에 각각 1개소, 충북에 2개소 등 총 4개소로 매우 적을 뿐만 아니라 감염확산 방지를 위해 이동을 최소화하여 현장에서 처리하는 것을 원칙으로 함. 이로 인해 오염 가축을 장거리 이동시켜 랜더링 하는 것은 실질적으로 불가능. 결국 최근 농진청에서는 농가 현장에서 가축을 처리할 수 있는 랜더링 방식에 기반한 고온·고압 친환경 가축처리기를 개발하여 농가에 보급하여 오고 있으나, 여전히 많은 개선사항이 요구 됨.
- 또한 처리 후 남은 부산물을 완전한 액상 물질로 변환할 수 없는 처리 능력의 한계를 극복하지 못하고 결국 잔여물을 매립하게 되는 실정 임. 따라서 근본적인 해결책이 되지 않아, 매립한 부산물에 의해 2차 환경오염이 일어날 가능성이 그대로 남아있는 실정임.

제 3 절 연구개발의 사회문제 기여도

- 국내에서 HPAI 바이러스로 인한 경제적 손실은 매년 수천억 원에 이르며 발병 추이는 전체적으로 점점 증가하는 추세임. 특히 전염성이 빠르므로 한 농가에 발병 시 근처 농가에 전파 가능성이 커지며 이는 기하급수적으로 증가 될 우려가 있음. 이로 인해 해당 농가 및 기업의 1차적 피해와 재정지출 증가뿐만 아니라 관련 산업의 전후방 산업연관 효과를 통해 기회비용이 발생하며, 해당 식료품에 대한 가계의 소비심리 약화, 고위험군 바이러스로 분류되어 사람들까지 전파 가능성 우려로 인해 국민들의 불안함 증대 및 보건체계 비상 등의 파급력을 가지고 있음. 본 연구팀은 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉각적으로 질병 전파를 신속히 차단하는 살처분 폐가축 완전소각처리 시스템인 “모듈형 고열가축사체 멸균소각기” 시제품 완성을 하는 것에 목적을 둬. 기존의 살처분 처리방법 대비 환경

적으로 무해하며, 빠른 처리과정과 적은 처리공간을 차지하므로 설치 후 큰 과급력을 가져올 것이라 기대하며 ‘도’ 단위로 소각로 구축시스템을 확보하여 집단 및 파생적으로 발병되는 전염병에 대응하고자 함. 이로써 전염병 발생 시 신속하고 빠른 대응체제를 구축을 통해 생산단계 및 유통단계에서 발생하는 피해들을 최소화하고 더 나아가 국민들의 안전까지 보호 하고자 함.

제 4 절 국내·외 현황 분석

1. 국외 가축질병대응 현황

가. HPAI 바이러스 유행 대비 연구동향

- HPAI 바이러스는 가축간의 감염뿐만 아니라 사람간의 감염 가능성이 고조되면서 미국의 USDA (US Department of Agriculture), CDC (Centers for Disease Control and Prevention), WHO (World Health Organization) 협력기관들은 경쟁적으로 사람에게 감염 가능한 바이러스에 대한 연구 및 백신개발을 서두르고 있는 실정 임. (아래 표 3.) (Jang et al. 2009, 한국환경농학회 국제심포지엄, 220-227)

표 3. 국외 HPAI 예방을 위한 연구동향

	해외연구동향	연구 수행중인 바이러스의 subtype
USDA	홍콩 분리 바이러스와 미국 내 분리 바이러스를 대상으로 유전자 역 전환 시스템을 이용한 양계백신 개발 연구 수행 중임	H5N1, H9N2
WHO/CDC	1997년 홍콩 분리 바이러스와 최근 동남아시아, 특히 베트남에 서 분리된 H5N1 바이러스를 이용하여 인체용 백신 개발을 위 해 유전자 분석 및 동물실험을 통한 백신 바이러스 선별과 효율성 실험 수행 중이며, 항바이러스 신약개발 연구도 활발히 수행 중임	H5N1, 항바이러스신약개발
WHO	1980년대 중반부터 북아메리카에 야생하는 이동철새에서 조류 인플루엔자 바이러스의 지속적인 분리 및 유전자 분석으로 북 아메리카 대륙에 존재하는	H1-H15, N1-N9 전 subtype

	조류인플루엔자 DB구축을 통해 조기 인플루엔자 경보시스템 체제 구성 중임	
중국	조류인플루엔자 바이러스의 epicenter로 불리며 WHO와 연계 하여 여러 가금과 사람에서 분리되는 인플루엔자 바이러스의 유전자 분석과 동물실험을 통해 동남아시아 전체에 걸친 인플루엔자 바이러스의 모니터링 체계 구축 중임	H1-H15, N1-N9 전 subtype
일본	시베리아 및 중국과 지리적으로 근접한 상황에 맞추어 WHO 협력센터를 주축으로 여러 대학과 연구기관에서 매년 이동철새 및 일본 내 발생하는 인플루엔자 바이러스의 유전학적, 혈청학적 변화를 모니터링하고 있음	H1-H15, N1-N9 전 subtype
한국	국립보건원과 국립수의과학검역원 등에서 2003년 발생한 조류인플루엔자 바이러스의 재발 방지를 위해 조류인플루엔자 바이러스의 지속적인 혈청학적 조사가 진행 중임	H5N1, H9N2

나. 주요 선진국의 살처분 가축의 처리방법 및 연구개발 동향

- 주로 매몰식 가축사체 처리방법 연구개발에 진행 중임.
- 매몰(burial)은 가축사체를 농장 내에 매몰하는 방법으로 Trench burial, Landfill, Mass burial 방법으로 구분할 수 있으며, 각 나라별로 매몰 규정은 약간의 차이가 있음. (아래 표 4.) (Jo *et al.* 2014, 한국연구재단)

표 4. 매몰 방법에 따른 장단점

장점/단점	매몰 방법		
	Trench burial	Landfill	Mass burial
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 신속, 편리, 경제적 • 주변에 노출이 적음 	<ul style="list-style-type: none"> • 신속, 대량 처리 가능 • 안정성이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 대용량 처리 가능 • 안정성이 높음
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 부지선정 어려움 • 환경위해 가능성 높음 • 처리후 재활용 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 안정화 소요기간 불명확 • 부패 기장 파악 어려움 • 운반사고로 인한 2차 피해 발생 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> • 주민의 반대가 심함 • 경제성 떨어짐 • 지속적 모니터링 필요 • 안정화 후에 매몰지역

- 국외 가축 매몰지 사후관리 사업 현황 분석 후 다음과 같은 5가지 시사점을 제시 함.
(Park *et al.* 2012. *국회예산정책처*)
 - (1) 사전예방적 차원의 가축매몰지 선정의 중요성
 - (2) 중장기적인 환경오염 감지를 위한 지속적인 지하수, 지표수 모니터링의 필요성
 - (3) 가축매몰지 등의 지하수·토양오염 부지의 복원 및 재이용을 위한 법·제도적 기반 마련의 필요성
 - (4) 가축매몰지 관리 관련 정부부처간 효율적 협조체계 구축의 필요성
 - (5) 다양한 처리방법 강구의 필요성
- 종합적으로 국외에서는 대부분 매몰처리와 사후관리 중심의 연구가 진행되고 있으며, 소각법, 퇴비화법 등 비매몰법을 부분적으로 시도하는 연구가 진행 중임.
 - (1) 미국: 매몰지 환경영향평가와 가축사체 퇴비화 효율 및 경제성 평가 연구가 진행 됨.
 - (2) 영국: 매몰지의 환경영향평가와 일부 연소법 및 소각법 적용 연구가 진행 됨.
 - (3) 호주: 비매몰식 연구는 진행되지 못하고, 퇴비화법 등 기존연구 고찰 중심
 - (4) 멕시코: 가축사체의 퇴비화법 개발 연구가 진행 됨.
 - (5) 대만: 이전 전기에 의한 살처분이 주요 방법으로 활용 됨. 이 후 매몰지 관리와 관측정 연구를 진행하며 최근 매몰에서 소각으로 연구전환
 - (6) 일본: 매몰지 관리, 토양과 지하수 오염방지 연구와 랜더링 처리연구가 진행 됨.
 - (7) 유럽연합: 살처분 이후 2차, 3차 피해 예방을 위한 지속적인 모니터링 연구와 일부 소각법 적용 연구가 진행 됨.

2. 국내 가축질병대응 현황

가. 국내 가축사체 처리관련 연구개발 동향 (Jo *et al.* 2014, 한국연구재단)

- 농림수산식품부: 구제역 및 AI 가축매몰지 관측정 설치기준 연구와 살처분 가축의 이동·처리 기술 및 단계별 매뉴얼 개발 연구가 진행 중임.
- 농촌진흥청: 살처분 대상가축 안전처리 및 환경위해 저감기술 개발 연구, 친환경 이동식 일체형 가축처리장비 (랜더링법) 및 자원재활용 연구 및 매몰지 발굴사육 퇴비화 연구가 진행 중임.
- 환경부: 가축 매몰에 따른 환경오염관리방안 연구, 가축매몰지 사체분해특성 및 2차 환경오염 통합연구 및 가축매몰지 침출수 소각처리 방안 연구가 진행 중임.

나. 국내 살처분 가축의 처리방법

- 가축사체 처리방법은 크게 매몰식과 비매몰식으로 구분하고 있으며, 아래 표는 현재 우리나라에서 대표적으로 사용되고 있는 가축사체 처리방법별 특성을 비교 함. (Choi *et al.* 2014, 국립축산과학원)

표 5. 국내 가축질병 대응 사업에서 가축사체 처리방법별 특성 비교

사체의 처리 방법	설명	특징
매몰 (소규모)	<ul style="list-style-type: none"> 구제역 및 AI 발생지 인근에 신속한 처리를 위해 조성 매몰지 조성 원칙을 준수하지 못하는 경우 자주 발생 매몰지 침출수에 의한 2차 환경오염 우려 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 신속한 현장처리 낮은 처리비용 매몰지 조성 원칙 준수하기 어려운 상황 발생 매몰지에 의한 2차 오염 (토양 및 지하수 오염 등) 우려 큼
매립 (대규모)	<ul style="list-style-type: none"> 매몰지 조성 원칙을 준수하여 위생적 대규모 매립지 조성 가축 사체를 이동하여 처리 매립지 침출수에 의한 2차 환경오염 최소화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 이동 처리 중간 처리비용 매몰지 조성 원칙 준수 매몰지에 의한 2차 오염 (토양 및 지하수 오염 등) 최소화
소각	<ul style="list-style-type: none"> 고정 혹은 이동 소규모 소각로를 이용한 처리 방식 소각처리 시 대기오염물질 발생 매몰지에 의한 2차 환경오염 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 현장 처리 시 처리 규모 제한적임 높은 처리비용 대기오염 물질 발생 매몰지에 의한 2차 오염 없음
친환경적 소각	<ul style="list-style-type: none"> 고정 혹은 이동 소규모 친환경 소각로를 이용한 처리 대기오염물질 최소화를 위한 시설 이용 매몰지에 의한 2차 환경오염 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 현장 처리 시 처리 규모 제한적임 소각보다 높은 처리비용 대기오염 물질 최소화 매몰지에 의한 2차 오염 없음
멸균처리 및 이용 (렌더링)	<ul style="list-style-type: none"> 고온·고압에 의한 멸균 처리 후 부산물 이용 (퇴비화 등) 고정 혹은 이동 처리시설 이용 매몰지에 의한 2차 환경오염 없음 부산물 이용 장점 	<ul style="list-style-type: none"> 현장 처리 시 처리 규모 제한적임 높은 처리 비용 대기오염 물질 발생 매몰지에 의한 2차 오염 없음 부산물 이용 (퇴비화 등) 가능

○ 기술항목은 위의 표처럼 소각, 매몰, 렌더링, 매립, 퇴비화이며, 이 중 발병지역에서 바로 처리할 수 있는 기술은 매몰과 소각이 대표적임.

표 6. 매몰법과 소각의 특징 및 현장 문제점

구분	기존 처리 방식	
대부분의 가축 전염병 발생 지역에서 행해지는 처리 방법		
매몰	현장 문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 2차 환경 오염 발생 우려 • 막대한 2차 처리비용 발생
	작업 속도가 느려 현장 활용도가 현저히 낮아 이용되지 못 하고 대부분 매몰로 처리	
소각	이동식 열처리 장치 사용 [랜더링 기기]	처리 능력 1,000kg/hour 사용 연료 전기시설[발전기] 잔존물 처리 <ul style="list-style-type: none"> • 액상처리물 : 분뇨처리장 및 오·폐수 처리시설에 배출 • 고형처리물 : 퇴비장에서 사료, 깔짚 및 왕겨 등과 퇴비를 섞어서 처리(농가 무료 공급)
	현장 문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 액상/고형물 등의 잔존물 발생 • 후처리 작업 수반되어 처리과정이 복잡 • 정확한 시료 채출 등을 통해 유해 여부 검사의 절차를 실시해야 하며, 농가 무료 공급에 대한 처리에 대해서도 일일이 확인해야 하는 등 복잡한 사후 절차
	이동식 소각기 [소각로 사용]	처리 능력 600kg/hour - 현저히 부족한 처리량 사용 연료 디젤 : 고가의 연료 비용 잔존물 처리 재와 뼈는 매몰 or 폐기물관리법에 따라 처리
	현장 문제점	악취 등의 발생 : 현장 처리에 민원 발생 우려

- 매몰의 경우 신속한 현장처리 및 낮은 비용 측면에서 장점을 보이지만 현재 처리 방식에서 발생하는 현장 문제점으로 2차 환경오염 발생 우려 및 이후 막대한 2차 처리비용이 발생한다는 점이 있음. 소각의 경우 매몰법에서 발생하는 문제들이 일어나지 않지만, 규모적으로 제한적이고, 발전기를 가동으로 인해 높은 비용이 발생하는 것이 문제가 됨.
- 따라서 질병에 의한 가축사체 처리방법에 대한 국내 기술로는 여전히 부족한 실정이며 이를 개선할 만한 연구들이 지속적으로 행해져야 함. 혹은 이를 대체 할 새로운 기술법이 요구되는 실정 임.

3. 소각에 의한 가축사체 처리 기술

가. 해외시장

- 예전부터 이동식 소각기에 관한 높은 기술 수준 보유
- 시장현황 : 기존 이동식 소각기 시장 존재 (미국, 중국, 독일, 프랑스, 인도, 스페인 등의 제조국) - 저가 보급형의 이동식 소각기들을 주로 제조 함. 대형 소각기의 경우, 대부분 고정식 임. 생산성 낮은 퀄리티의 제품들로 저렴한 가격만을 무기로 아프리카 나 중동으로 수출 중임.
- 영국의 시장현황 : 초기부터 유럽연합(EU)의 가축부산물처리법 허가를 취득, 이동식 소각기 제조, 세계 소각기 시장에서 꾸준히 선두주자 자리를 수성 중

- 경쟁기관현황: 선진 기술을 가진 영국의 대표 소각기 회사 애드필드(Addfield), 웨이스트 스펙트럼(Waste Spectrum), 인시너8(Inciner8)등을 선두로 상당 규모의 제조사 존재

표 7. 최고기술보유국 “영국 3사”의 기술비교

구분			
제조사	Addfield Environmental Systems Ltd.	Waste Spectrum Environmental Ltd.	Inciner8
소재	영국 스태퍼트셔	영국 우스터	영국 사우스포트
장비명	Rapid 1000 Mobile	Hurikan 1000	i8-1000
최대 온도	1,760°C	850°C	1,600°C
사용 연료	경유	경유	경유
소각량/시간	최대 1톤	최대 1톤	최대 900kg
특이사항	대형소각기 선두주자 대형 트레일러 적재형	11년 국내최초 4대 수입에 정이었으나 효율성과 이동 성의 한계로 1대만 구입	대형 트레일러 적재형/전기 사용량이 많음/국내 수입이 력 없음

- 이동식으로 동물 폐사축을 소각하여 처리하는 장치를 제공한다는 점에서 유사한 점이 있으나 3사 모두 트레일러에 소각기를 구성하여 처리용량 및 속도가 현저하게 낮은 상태를 보임.

나. 국내시장

- 기술현황: 현재 당사가 제시하는 방식의 소각기를 제조하는 연구는 진행되지 않음.
- 시장현황: 폐사축 소각기는 현재 국내 경쟁 시장이 없음.
- 경쟁기관현황: 현재 상용되는 폐사축 완전 연소식 소각기 제작 업체 없음.
- 표준화현황: 당사가 제시하는 방식과 유사한 표준화된 기술은 없음.
- 선행특허 분석현황: 설처분 할 가축 또는 조류 등을 현장에서 즉시 소각 처리함으로써 살처분 작업을 간편하면서 신속하게 하여 전염확산을 방지하는데 궁극적인 목표가 유사하나 선행특허는 스팀건조기를 통해 건조한 이후 소각공정이 이루어지는 장치이므로 향후 본 연구에서 제안하는 방식인 즉시 소각시키는 장치와는 처리용량 및 속도 측면에서 차이가 발생 함.

제 5 절 선행연구의 내용 및 결과

1. 기존 소각시설 살처분 가축처리 안전체계 구축연구

- 본 연구에서는 악성 가축전염병 바이러스의 확산을 막는 것 뿐 아니라 2차 환경오염 예방과 공중위생을 최대한 보호하기 위한 시스템을 갖추기 위해 기존에 설치되어 있는 소

각시설에서의 실증실험을 통한 폐가축의 안전처리 체계 구축함.

- 고정식 소각로 실증실험에 앞서 적용성 테스트를 위해 스토커 방식, 로타리 킬른 방식, 플라즈마열분해 가스화 방식의 시설에서 통상운전조건과 동일한 조건으로 가금류 50kg을 투입하였고 폐기물 중 가축 비율을 0~20%까지 증가시키면서 적용성 실험을 실시함.

가. 스토커 방식 소각시설

- (1) 스토커 방식 적용결과 가금류는 회분형태의 바닥재로 배출되지 않고, 투입형태에서 깃털과 표피부분만 연소되고 배출되는 현상을 보이고 있음. 스토커 소각로 특성상 화염과의 접촉면적 및 시간이 짧고, 하부로부터의 공기의 유입으로 하부온도가 낮기 때문에 표면만 연소되는 현상이 발생되었다고 판단 됨. (아래 그림 3.)

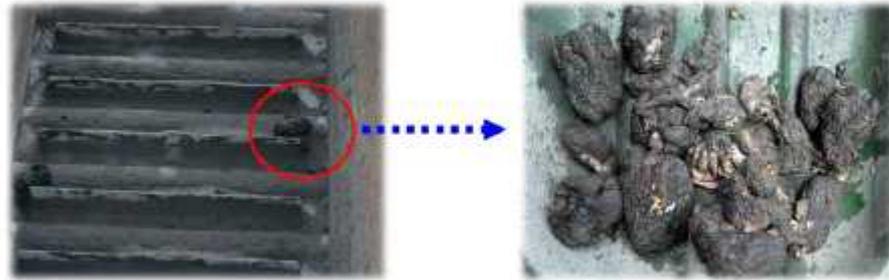


그림 3. 스토커 방식 적용 결과

다. 로타리 킬른 방식 소각시설

- (1) 처리용량이 0.2~2ton/hr의 경우, 대기오염물질 배출현황은 허용기준 200ppm(CO), 150ppm(NOX), 70ppm(SOX) 이내에 모두 만족하는 결과를 보임. 또한 가금류의 투입량이 증가할수록 보일러 후단에서 염소, 염화수소, 암모니아의 농도가 증가하는 경향을 보이고 있으며, 수은과 불소화합물은 감소하는 경향을 보이고 있음. 입자상 물질은 가금류의 투입량에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단 됨.
- (2) 다이옥신의 배출특성 분석결과 보일러 후단에서의 PCDD/DFs(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofuran)의 농도는 가금류의 투입이 증가될수록 증가되는 경향을 보이고 있음. 보일러 후단에서 다이옥신 생성의 촉매 역할을 하는 Cu의 농도는 일정하게 나타나는데, 이와 반응하는 Cl₂, HCl의 농도가 증가됨에 따라 PCDD/DFs의 생성에 영향을 주고 있다고 판단되며, 방지시설을 거치면서 76~85%까지 농도가 감소 됨. 보일러 후단에서의 PCDDs/DFs의 농도가 굴뚝보다 높게 나타난 것은 850℃의 고온공정보다 250~350℃의 냉각시설에서 de novo 합성에 의해 농도가 증가한다는 연구결과와 합치되는 것으로 판단 됨.

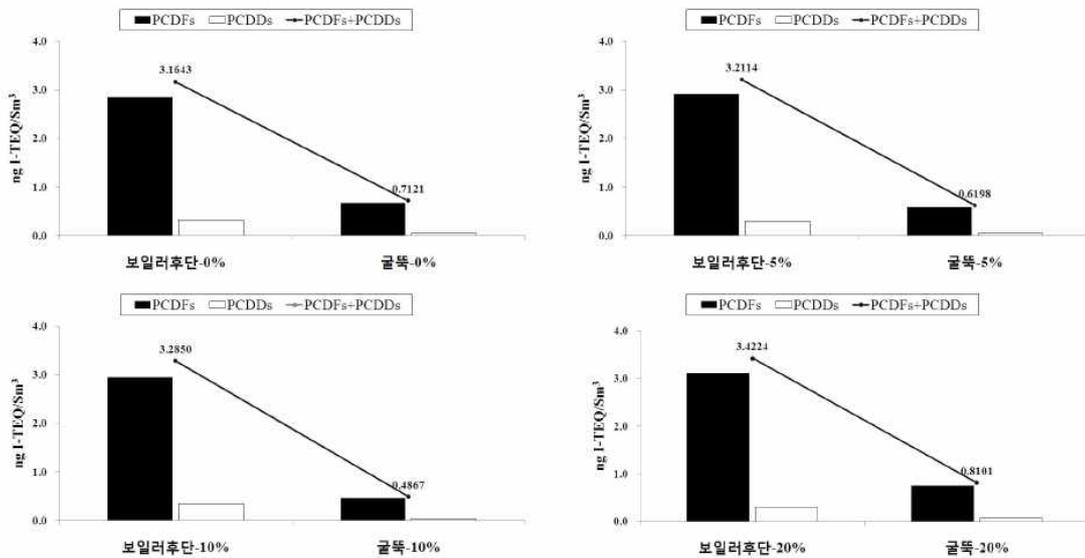


그림 4. 로타리 킬른 소각시설에 따른 지점별 다이옥신 배출 특성

라. 플라즈마열분해 가스화 방식 소각시설

- (1) 대기오염물질의 배출현황은 가금류의 투입량이 증가될수록 NOx와 SOx의 농도가 감소하는 경향을 보이고 있으며, 가스화용융시설의 경우 고온에서 안정적인 처리와 Syngas를 생성을 목적으로 하기 때문에 반응 특성상 CO의 농도가 높게 나타나고 있음. 가스상 물질의 경우 염화수소 및 염소의 농도는 가금류의 투입량이 증가될수록 증가하는 경향을 보이고 있었으며, 입자상 먼지와 크롬의 경우도 통상 운전 조건 보다 가금류의 투입량이 증가될수록 증가되는 경향을 보임을 확인 함.
- (2) 다이옥신의 배출특성 분석결과 보일러 후단에서의 PCDD/DFs (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofuran)의 농도는 가금류의 투입이 증가될수록 증가되는 경향을 보이고 있음. 보일러 후단에서 다이옥신 생성의 촉매 역할을 하는 Cu의 농도는 일정하게 나타나는데, 이와 반응하는 Cl₂, HCl의 농도가 증가됨에 따라 PCDD/DFs의 생성에 영향을 주고 있다고 판단되며, 방지시설을 거치면서 76~85%까지 농도가 감소 됨. 보일러 후단에서의 PCDDs/DFs의 농도가 굴뚝보다 높게 나타난 것은 850℃의 고온공정보다 250~350℃의 냉각시설에서 de novo 합성에 의해 농도가 증가한다는 연구결과와 합치되는 것으로 판단 됨.

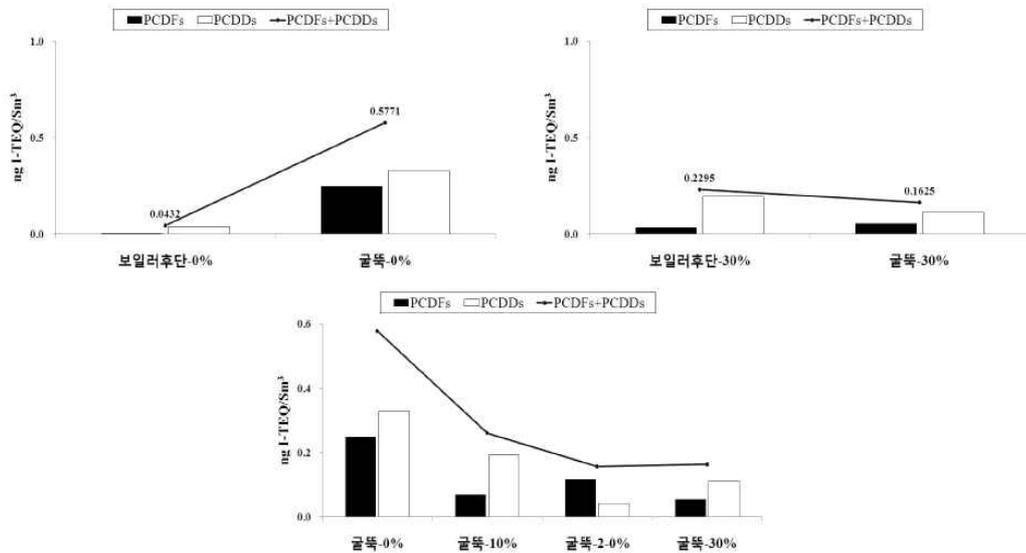


그림 5. 플라즈마열분해 가스화 소각시설에 따른 지점별 다이옥신 배출특성

- 살처분 가축 실증실험을 위해 선정된 로타리 킬른 방식 및 플라즈마열분해 가스화 응용시설에서 운영관리 적정성 여부를 판단하기 위해 중점 점검 사항으로 CO₂와 CO 비를 이용한 연소효율, 유기물의 완전 분해 여부를 판단하기 위한 강열감량 및 대기 오염물질 분석결과 대기오염물질 배출허용기준을 만족하는 결과를 보임.
- 소각시설 방식(스토커 제외) 및 처리량을 고려하여 살가축 처리 가능량을 산정한 결과 총 728 ton/day (생활폐기물 소각시설 255ton/day, 사업장폐 기물 소각시설 473 ton/day)로 산정 됨.
- 가축전염병 발생 시 방역 내 처리로 국한 할 경우, 소각시설>이동소각 순으로 처리하며, 소각시설이 없을 경우에는 이동식 소각시설 처리가 우선 되어 함. 방역·평균차량의 이동이 가능할 경우, 대형가축은 렌더링>소각시설>이동소각시설 순으로 소형가축은 소각시설>이동소각시설>렌더링 순으로의 처리가 합당하다고 판단 함.

2. 이동소각시설 살처분 가축처리 안전체계 구축연구

- 본 연구에서는 폐가축 처리 방법인 매몰법의 대체방안으로써 2차 환경오염을 최소화 하고 안전처리 기술인 이동소각처리 등에 관련한 제도 및 법규에 대해 조사함. 초기 대응이 유리한 이동식 소각시설에 대한 국내 적용가능성을 판단하기위해 기존 소각시설을 준용한 이동식 소각시설을 제작 후 실증을 검증 함.
- 소각시설의 형식은 열분해 방식의 소각시설로 1차 연소실에서 폐기물을 연소장치에 의하여 연소시키는 소각기술을 적용 함. 폐기물은 투입 설비를 이용하여 화상위로 투입되어 연소실에서 완전 연소되고, 이 때 발생된 연소가스는 2차 연소실의 보조연소 장치에 의해 재 연소되어 청정가스만 후단시설로 이송되어지는 구조로 설계 됨.

표 8. 폐사가축 이동식 소각시설 설비사양

구분	설비명	사양
기계설비 및 환경분야	연소로	<ul style="list-style-type: none"> • 200~250 kg/hr (400 kg/회 ~ 600 kg/회) • 12 시간/일 가동(회분식) • 유압장치 및 투입문 × 1 SET • 열분해 연소로
	트레일러	<ul style="list-style-type: none"> • 총중량 : 27,990 kg • 최대적재중량 : 22,000kg • 규격 : W 2,750 × L 12,080 × H 1,665 • 형식 : 저상트레일러
	연소가스처리설비 (대기오염방지시설)	<ul style="list-style-type: none"> • 유해산성가스 제거설비 <ul style="list-style-type: none"> - 분무탑(스프레인 타워) • 분진제거설비 <ul style="list-style-type: none"> - 원심력 집진기
	통풍설비	<ul style="list-style-type: none"> • 이젝터 송풍기 (45 CMM × 400 mmAq) • 덕트 • 연돌 \varnothing 586 × 5 m^H
	기타부대시설	<ul style="list-style-type: none"> • 분무탑 살수 펌프 • 연료공급 설비

- 닭 1,300kg을 투입하여 처리 한 후 오리 1,400kg을 연속적으로 투입 하였으며 소각시설의 용량의 적정성여부를 판단하기위해 과부하 운전 및 연속투입 실시. 800℃ 까지 2차 버너를 이용하여 승온 후 연소실 버너를 가동하여 정상운전 하였으며, 완전연소를 통해 최종적으로 회분형태의 뼈만 배출됨을 확인



그림 6. 폐사가축 이동식 소각시설 및 시운전

가. 이동식 소각시설 방식

- (1) 폐사가축 이동소각시설에서 분무탑 후단에서의 연소가스 및 대기오염물질을 측정. 대기환경보전법 상의 소각시설의 대기오염물질 배출허용기준을 대부분 만족하는 것으로 조사 됨.
- (2) 닭과 오리의 소각처리 시 굴뚝에서 발생하는 PCDD/DFs(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofuran) 경우 각각 0.024, 0.021ng I-TEQ/Sm³을 보이며 가금류의 종류 및 양에는 크게 영향을 보이지 않음. 2차 연소실 후단 및 방지시설의 온도가 일반적인 de novo 합성온도구간인 250~350℃보다 높기 때문에 합성되는 다이옥신의 양이 거의 없거나 일부만 합성되었기 때문으로 판단되며, 이는 대차 방식의 폐사가축 고정식 소각시설에서 배출되는 다이옥신의 농도에 비해 낮게 나타남. 그리고 소각처리의 부산물인 바닥재의 경우, 완전연소로 인해 다이옥신이 두 조건 모두 검출되지 않거나 매우 적은 농도로 검출 됨.

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발의 내용 및 범위

구분	연구개발 목표	연구개발 수행내용
해당기간 (2019.5.27.~ 2020.12.31.)	○ 개발 시제품 제작을 위한 특허기술의 완성 연구와 기술적용 시제품 완성	○ 독자적인 액분사 연료시스템 기술개발 및 특허등록 ○ 액분사 연료시스템 기술을 소각로에 접목시켜 “모듈형 고열 가축멸균 소각기” 시제품 제작
	○ “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운전 방법 등 기기 개념 체계화 (개념도 작성)	○ 시제품 도식화 작업 진행 ○ 각 부품별 현황 및 사양 기입 ○ 운전 방법 및 문제점 발생 시 대처 사항 등을 기입
	○ 효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축멸균소각 장비의 개발 연구	○ 거꾸로 태우는 방법을 도입하여 폐사가축의 소각성능 개선 연구 ○ 변경된 소각 방법에 의해 발생할 수 있는 문제점을 찾고 이를 개선하기 위한 연구 진행
	○ 개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외 기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기 오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인 된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 대한 자료 확보	○ 외부공인 검증기관 테스트 실시하여 자료축적 ○ 내부 간이 측정장비 구비를 통한 배출가스 자료 값 수집 및 데이터화 실시
	○ “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”운용을 통한 데이터 수집과 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 연소 테스트 시연의 실시	○ 소각기의 실제 소각 상황 운전을 실시하여 상황별 운전데이터 수집으로 데이터 축적 ○ 국내 및 국제특허 출원으로 특허 보호 등의 작업 시행과 유관 업계 전문가 초청 상업화를 위한 시연회 등 활동 수행

제 2 절 연구수행 방법·내용 및 결과

1. 개발 시제품 제작을 위한 특허기술의 완성 연구와 기술 적용 시제품 완성

가. 액분사 연료시스템 기술적용 소각기 개발(등록 특허)

- (1) 액분사 연료 시스템이란 LPG(Liquid propane gas), DME(Dimethyl ether) 등의 액체연료를 액체 상태로 직접 분무하여 연소시키는 획기적인 시스템으로서 석탄이나 병커C유 대비 높은 친환경성을 가지며 운전 시 용이성을 보임.
- (2) 기화방식의 LPG, DME 도시가스 등의 연료를 액분사 방식으로 전환하여 최근 환경오염 문제로 산업용 연료시장에서 퇴출 추세에 있는 병커C유의 대체함과 함께 LPG 차량 감소로 인한 “연료용 잉여 부탄”(전기차 및 수소차, 연료전지 차량, 태양광 차량 등의 보급으로 인한 LPG 연료사용 차량 감소)을 산업용, 발전용으로 전환하여 사용하고자 함.
- (3) 액분사 연소방식의 적용으로 기존 기화방식에 설비되어 있는 기화기와 압력조절기의 제거가 가능하게 되었으며 이로 인해 시설공사비 절약(기존 시설대비 30~95%), 시설유지 관리비의 저감효과(기화기운전 전기료, 시설운영에 따른 부품 교체 및 유지보수 등이 기존방식 대비 1% 이하)의 이점을 보임.

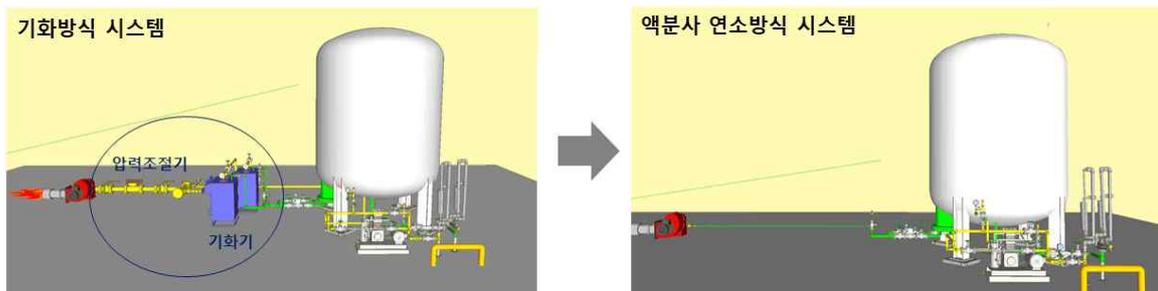


그림 7. 기화방식 및 액분사 연소방식 시스템의 개념도

- (4) 소형 배관만으로 연결되는 간단한 설비이므로 액화가스(프로판, 부탄 등)를 사용할 경우 물론, 시설의 변경 없이 병커C유, 재생유 등도 병행 사용 가능함. 특히 연료 가격 변동에 따라 시설 변경 없이 즉시 연료 전환이 가능하여 유동적인 연료 가격 변동에 대응할 수 있음.
- (5) “LPG 액분사 연소장치”는, LPG 저장탱크의 내부 액상가스를 액체 상태 그대로 직접 가스버너로 연소시켜 고온의 화력을 얻을 수 있음.
- (6) 구성은 LPG 저장 탱크와, 상기 LPG 저장 탱크에서 연결 배관을 통해 액체 상태의 가스를 공급받아 연소시키는 액분사 가스버너를 포함하고, 상기 액분사 가스버너는, 가스량을 조절하는 자동유량 조절 밸브와, 상기 자동 유량 조절 밸브를 통과한 가스 액을 분사시키는 액분사구가 형성되고, 상기 액분사구의 주위에 공기를 공급하는 제 1공기 공급부를 포함하는 액분사 노즐과, 상기 액분사 노즐에서 분사되는 LPG 액과

제1공기 공급부에서 공급되는 공기가 혼합되는 혼합실과, 상기 혼합실에 공기를 공급 하는 제2공기 공급부를 포함하여 이루어 짐. (Korea, Patent NO. 10-2018-0046069, 2018)

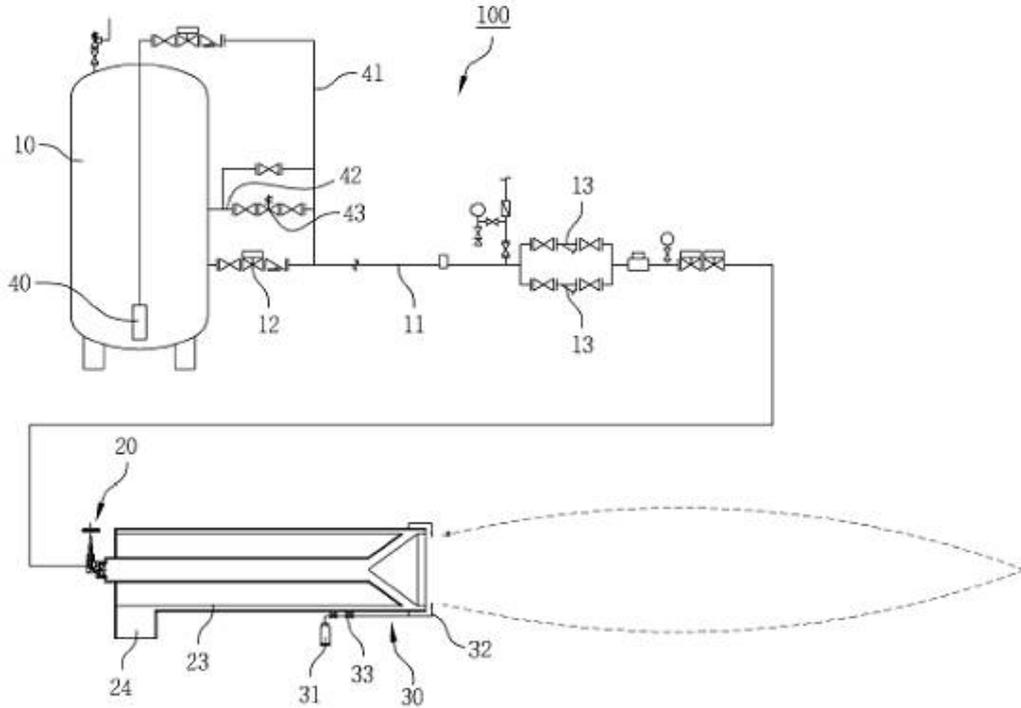


그림 8. LPG 액분사 연소장치 대표도

(7) 본 연구 적용내용: 액분사 연소방식의 적용으로 기존 기화방식에 설비되어 있는 기 화기와 압력조절기의 제거가 가능하게 되었으며 이로 인해 시설공사비 절약(기존 시설대비 30~95%), 시설유지 관리비의 저감효과(기화기운전 전기료, 시설운영에 따 른 부품 교체 및 유지보수 등이 기존방식 대비 1% 이하)의 이점을 보임. (아래 그 림 8.)



그림 9. 전주 부설연구소 시제품 실적용 사례

- (8) (1)번의 본건 연구 외에 당사의 추가적인 현장적용 사례로 토우세라믹 김제공장에 액분사 연소 시스템을 구축하였고 아래의 결과와 같이 시설 공사비 및 유지비 측면에서 비용절감의 이점을 보임. (LPG 연간 사용량 100톤 × 900원/kg × 12개월 = 10.8억원 LPG & 병커C유 혼소 설치 후 1년간의 산출 내역)
- (9) 액분사 연소 시스템의 특성상 시설의 규모가 클수록 시설비 및 유지관리비 절감 효과가 확연히 커짐을 보임.

+α : 제품 퀄리티 상승 & 4% 연료절감

숫자로 보는 토우세라믹 적용 액분사 연소 시스템



※ 설치 후 1년간의 실제 내역

- LPG 연간 사용량
100톤 × 900원/kg × 12개월 = 10.8억원
LPG & 병커C유 혼소 설치 후 1년간의 산출 내역
- 병커C유는 연소 시 발생하는 그을음 등의 이물질(매연)이 가공 벽돌 표면에 착색되어 색상을 매우 어둡게 만들어 제품 퀄리티를 떨어뜨린다
- 기화식 시설물을 액분사 방식으로 바꾸어 사용한 현장에서 약 4%의 연료절감효과 확인



그림 10. 김제공장 시설 공사비 및 유지비 현황

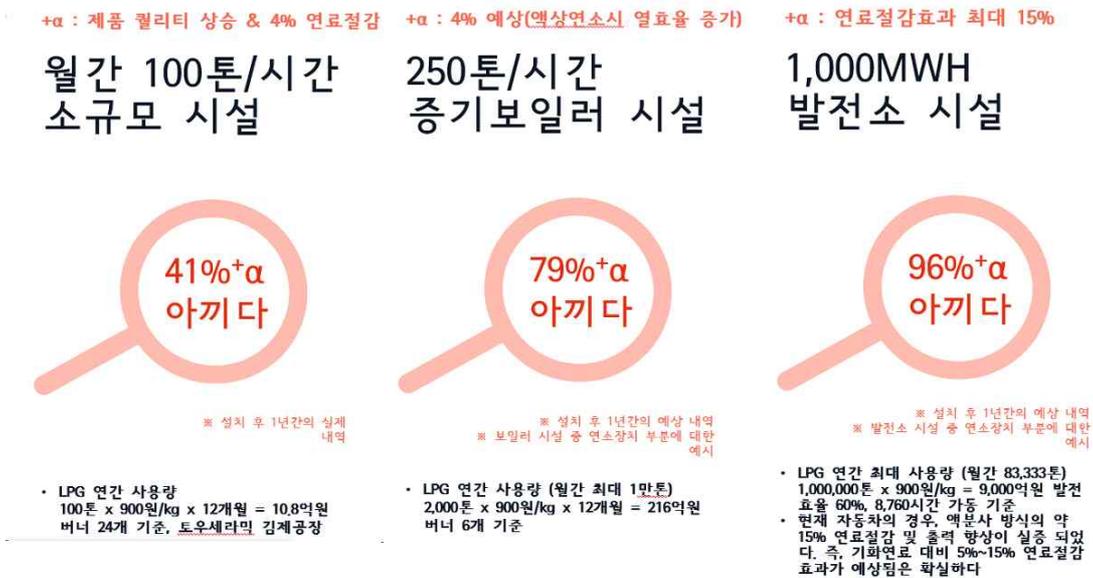


그림 11. 규모 및 시설에 따른 유지관리비 비교

나. 각종 특허기술을 적용한 이동식 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 시제품 제작

- (1) 조류 인플루엔자(AI) 등 전염성 병원균 감염으로 살처분된 폐가축을 발생 현장에서 즉시 완전 소각 처리함으로써, 매물 및 기존의 방식으로 처리하여 발생하는 2차 환경오염 원인을 근본적으로 차단 함. (아래 그림 12.)

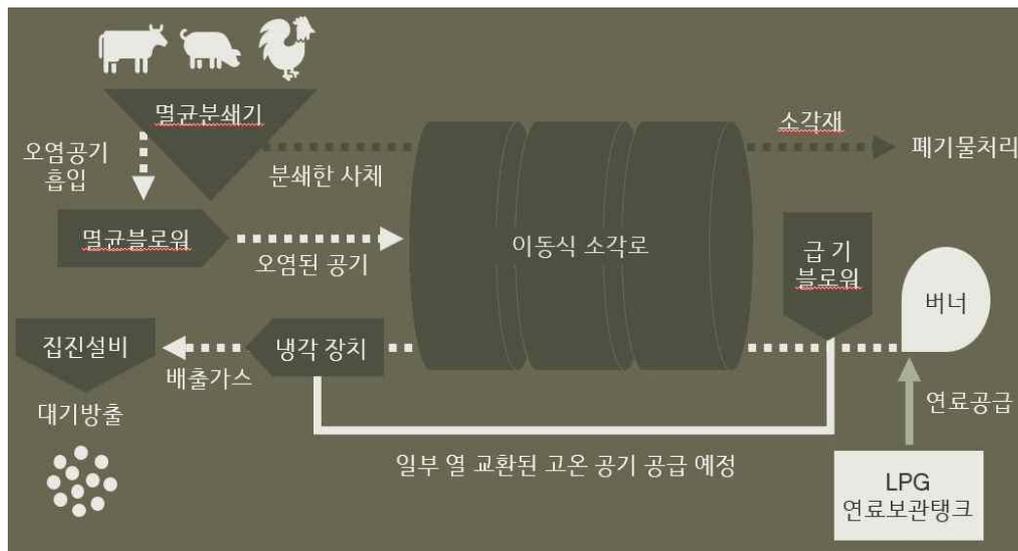


그림 12. 이동식 “모듈형 고열가축사체멸균소각기” 개발설비 흐름도

- (2) 고열로 완전 연소시켜 투입량 대비 3%~5% 정도의 백색 연소재만을 남김
 (3) “LPG 액분사 연소 시스템” 기술 적용 현황
 (가) LPG 연소 시 현재까지 불가능한 기술이었던 아이싱(Icing) 현상 및 베이퍼록 (Vapor-Lock) 현상을 세계 최초로 극복함으로써, 시설 측면에서 기화장치 등 연

관시설을 제거해 버려 이동식 소각기에도 청정 연료이면서 경유 등에 비해 상대적으로 저렴한 LPG를 연료로 사용 가능하게 함. (국내 특허 및 국제 특허 등록 / "세계최초 LPG "액" 분사 시스템")



그림 13. 액분사 연료 시스템이 적용된 폐가축 소각기 도식화

(나) 당사 원천기술인 “LPG 액분사 연소 시스템”을 현장 적용한 “LPG 액분사 소각기”는 가정용 가스용기로 3분 만에 2,000℃ 이상으로 무쇠를 녹여 쇠물로 만드는 강한 화력을 지니고 있음.



그림 14. LPG 액분사 소각기 특징

(4) 소각로 - 이동식의 경우 대부분 차량 고정 설비이나, 당사는 간편 탑재형으로 차량 가격이 제품가격으로 원가 됨을 차단함. 다수의 특허 기술을 적용하여 제작된 멀티 소각로 임.

표 9. 이동식 폐가축 소각로 특징

1. 현장 규모에 따른 소각로 개수 조절	2. 경량화 및 분리형 실현으로 이동성 극대화
---------------------------	------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> ✓ 줄일 때 <ul style="list-style-type: none"> • 소각량이 적은 경우 • 현장 진입로가 협소한 경우 ✓ 작업공간이 협소한 경우 ✓ 늘릴 때 <ul style="list-style-type: none"> • 소각량이 많은 경우 • 2대가 애매한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 투입예산 절감 효과 ✓ 이동형 <ul style="list-style-type: none"> • 빠른 현장 투입 • 본 기계장치 경량화 실현 • 이송 차량은 5톤 트럭 3대 ✓ 진입로가 좁은 현장 <ul style="list-style-type: none"> • 3.5톤 트럭으로 분산 적재가능 하여, 뛰어난 진입력 ✓ 빠른 조립시스템 설계 제작
3. 초고온 화력용 내화재 적용	4. 회전식 킬른 타입 소각로
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 초고온 화력용 내화재 적용 <ul style="list-style-type: none"> • 최대 2,200℃ • 커버 철판 온도 30℃~80℃ 선 • 경량 내화재 - 이동형 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 회전식 킬른 타입 소각로 <ul style="list-style-type: none"> • 소각물 자체 일정 낙하 운동 - 폐가축의 원활한 소각 유도 • 폐가축 소각기 최초 소각로 자체 회전 킬른 타입 • 소각로 내부 스크류 날개 방식 • 보호재 역할 검은 재머를 텀

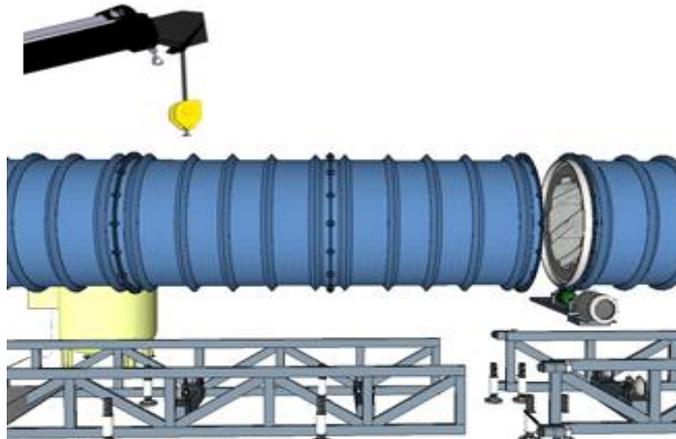
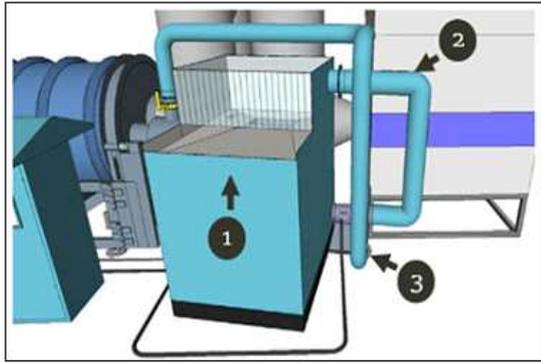


그림 15. 소각로 모식도

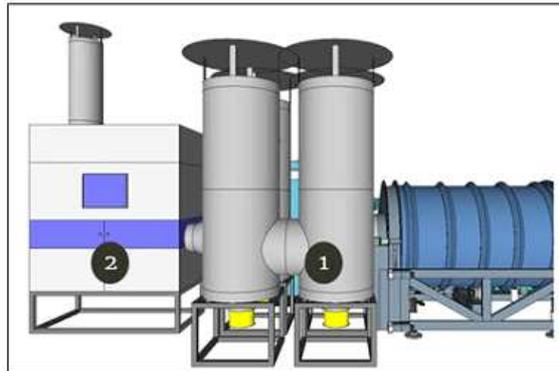
(5) 멸균분쇄 및 수분 분리처리장치 - 다수의 특허 기술을 적용하여 폐사축을 분쇄할 때 병원균의 확산을 막는 “멸균 블로워”를 설치. 멸균 블로워가 강한 공기압으로 밀폐 처리된 분쇄기의 오염된 공기를 빨아들여 고온의 소각로에 불어 넣어 연소시키는 구조



- ① 공기 유출을 차단하는 구조의 멸균 분쇄기
- ② 분쇄기 속의 오염된 공기를 강제로 빨아들이는 멸균 흡기블로워
- ③ 빨아들인 오염된 공기를 소각로로 불어 넣는 멸균 급기블로워

그림 16. 멸균분쇄 및 수분 분리처리장치 모식도

(6) 당사의 다수 특허를 적용한 고열형 냉각, 집진 설비



- ① 냉각장치
- ② 집진장치

그림 17. 고열형 냉각 및 집진 설비 모식도

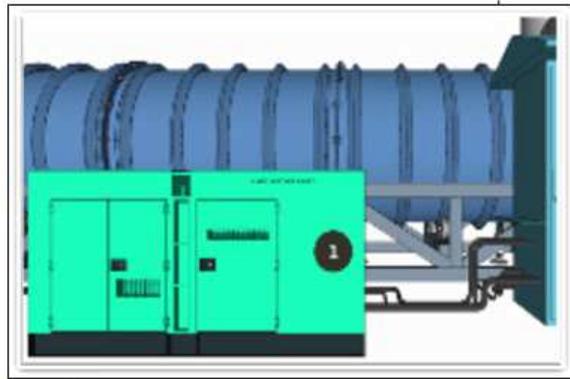
(가) 소각 시 발생하는 가스성 및 입자성 물질은 대기환경보전법 기준에 부합하려면 1,000℃를 넘나드는 고온 상태로 연소가 필요함. 그러나, 이를 집진하기 위해서는 배기가스 온도를 200℃ 이하로 급격히 떨어뜨려야 하는 양면성을 가지고 있음.

(나) 열교환기의 효율을 조사하여 배출가스의 온도가 100~200℃를 유지할 수 있도록 설치 수량을 계산하여 적용

(다) 킬른 타입의 소각로 특성상 분진 및 미세먼지 발생에 대하여 반복 연소 테스트에서 발생량을 체크하여 이에 적절한 충분한 용량의 백필터를 집진기에 설치 후 제거

(라) 현재는 특수 제작한 “고열처리형 냉각 집진설비”의 개발 마무리 단계진행 중이며 향후 적은 비용으로 고온 소각기에 접목하는 부분이 관건임.

(7) 자체 발전 장비 - 대부분의 축산농가들이 사육 과정에서 발생하는 심한 냄새 등으로 인하여 한적한 지역에 축사를 짓고 사육을 하는 관계로 인하여 전력 공급 상태가 양호하지 못한 현장 상황을 고려하여 자체 발전기를 기본 설비로 탑재



① 자체 발전 장비

그림 18. 자체발전장비 모식도

- (가) 현장의 열악한 전력 공급 상황에 따른 작업 지연을 막기 위해 자체 발전기를 기본 설비화
- (나) 전체 기계설비의 구성도 많은 전력을 소모하지 않는 시스템으로 기본 설계
- (8) 중앙 제어 판넬 - 긴급 재난현장의 특성을 고려하여 누구나 조작할 수 있도록 중앙 제어장치 탑재



① 중앙제어판넬

그림 19. 중앙제어판넬 모식도

- (가) 현장의 긴급한 상황에서 있을 수 있는 미숙련 장비 운영자로 인하여 현장 작업 지체 등을 미리 방지하기 위하여 중앙제어장치를 설치 운영
- (나) 일관적인 작업공정 실현 가능
- (다) 전자동 방식을 지향하면서 소각로 내의 연소 온도에 따라 자동으로 소각량을 조절하여 소각온도를 유지함으로써 과운전을 방지하여 과운전 등으로 인한 배출가스 이상 등의 상황을 미연에 시스템으로 차단할 수 있도록 설계 제작
- (9) 당사 다수 특허를 적용한 이동형 모듈형 소각기



- ① 5톤 트럭 3대
- ② 일반트럭 사용
- ③ 차량고정 설비 지양
[차량가격 제품가격에 원가억제]

그림 20. 이동형 모듈형 소각기 모식도

- (가) 이동형으로서 재난현장에 빠른 투입 - 일반형 : 본 기계장치 경량화 실현으로 이송 차량은 5톤 트럭 3대로 충분
- (나) 진입로가 좁은 현장 발생 시, 3.5톤 트럭으로 분산 적재 가능하여, 뛰어난 현장 진입력을 보유
- (다) 간단한 볼팅 작업만으로 설치할 수 있도록 설계 제작한 조립형 기계설비
- (라) 이동 시 장비 소독
 - 소각로 내부는 소각열에 의해 멸균 처리
 - 소각로 외부는 규정된 소독약을 살포해 소독 처리
 - 멸균분쇄기는 폐사축 소각 후 내부에 소독약 처리
 - 기타 장비는 규정된 소독약을 살포하여 소독 처리
 - 차량은 현장의 출입 차량에 대한 일반적인 소독방식으로 소독처리

(10) 고정형 설치화 - 이동식이지만 바닥에 나사만 고정하면, 장소제약 없는 고정형으로서 설치 편의성 극대화 실현

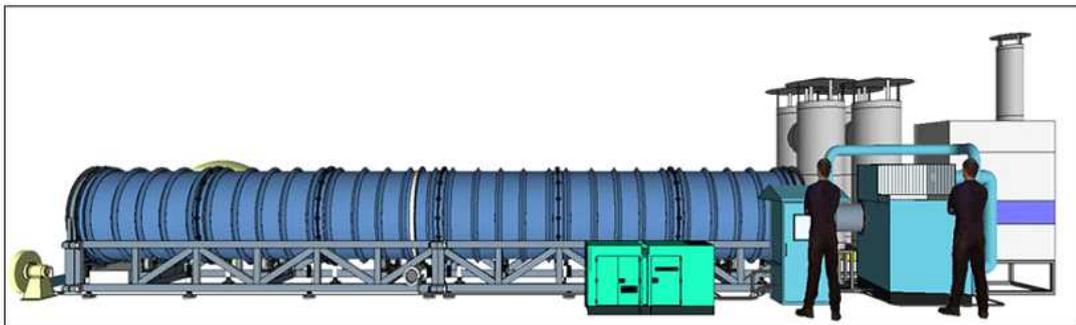


그림 21. 이동식 폐가축 소각로 고정형화 모식도

- (가) 기계 제작 - 당사 공장에서 100% 완제품 형태로 제작 [공기단축] 이송
- (나) 실내 설치 - 원하는 실내 공간에 현장 시공 등의 번거로움이나 협소한 설치간의 경우라도 시공상 공간적 제약 없이 설치 가능
- (다) 외부 설치 - 신속한 현장 작업으로 설치 현장의 상황에 따른 여러 가지 설치작업 상의 문제점 해결

2. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운용 개념 체계화(개념도 작성)

가. 제품의 최근 개선사항 및 구성

- (1) 대량의 폐사가축의 소각을 위해 소각로를 열분해 방식으로 변경 제작
- (2) 기존 로타리 킬른 소각로는 열분해실로 사용하고 2차 연소실을 추가로 제작설치 하여 소각량을 증대 함.
- (3) 소각시 발생하는 대량의 먼지로 백필터의 성능이 저하됨에 따라 멀티사이클론을 설치하여 먼지를 70%제거 함.
- (4) 소각로 구성 (세부사항은 소각기 자료 및 도면 참조) : 열분해실, 2차 연소실, 멀티 사이클론, 투입장치, 백필터, 냉각기, 배기팬, 급기팬

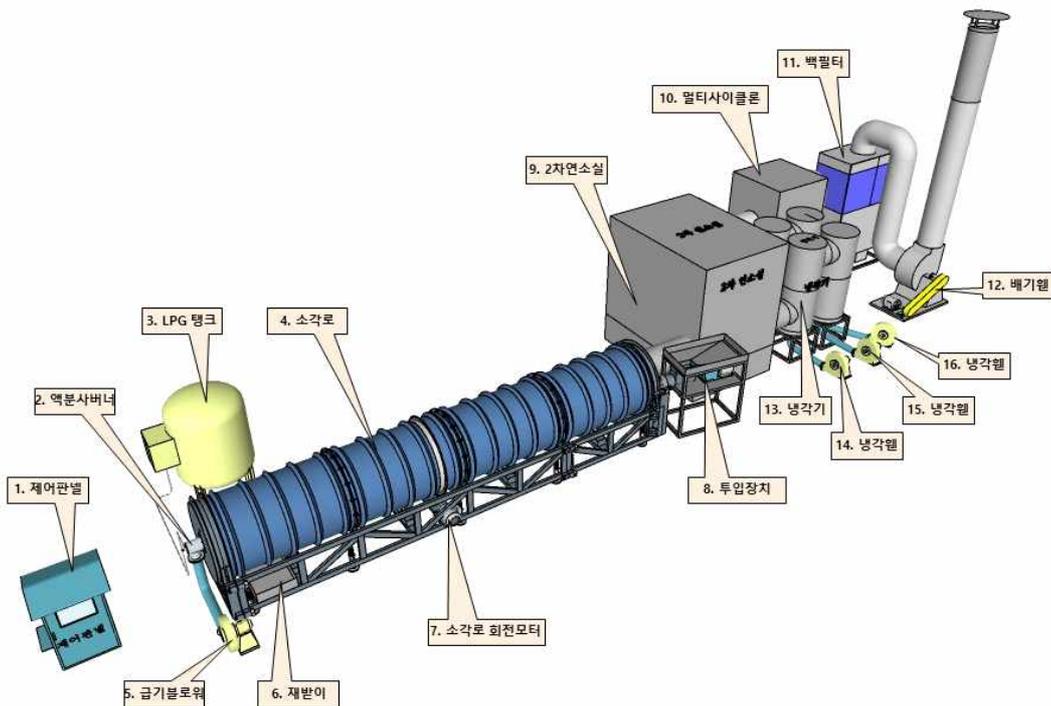


그림 22. 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기 세부도면(조감도) 및 실제사진

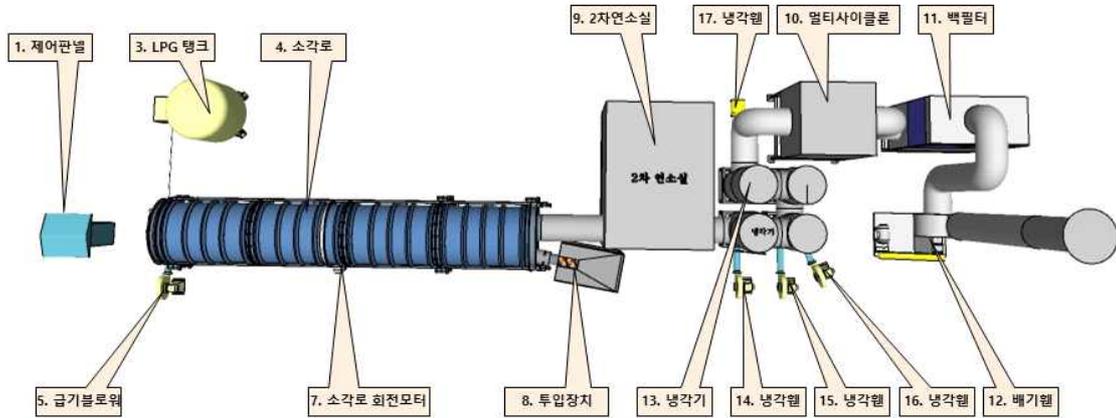
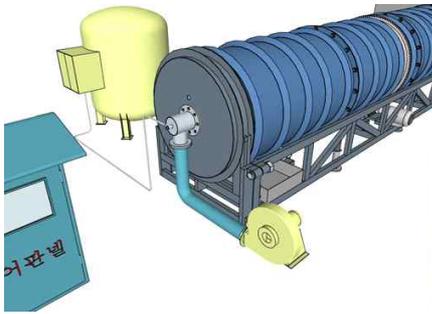
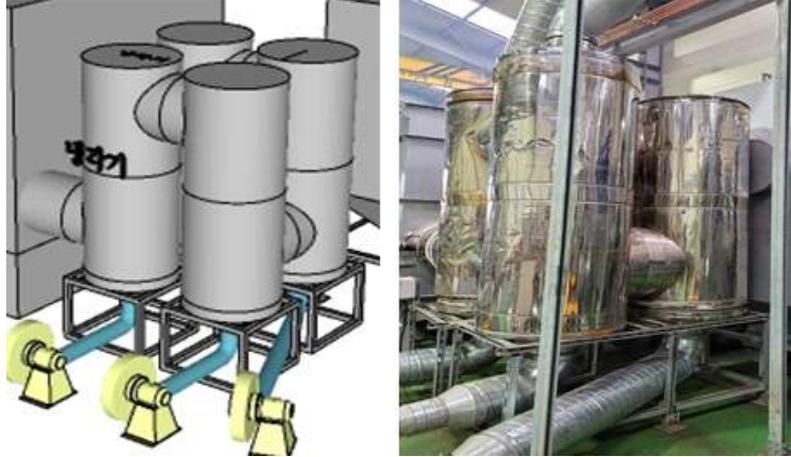
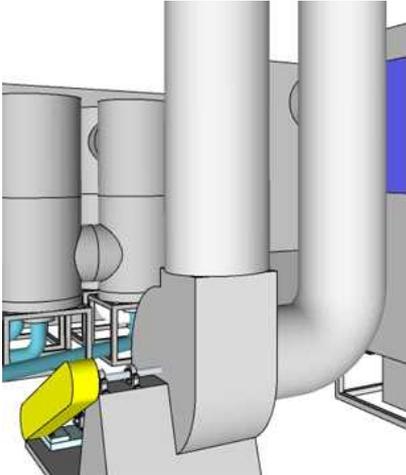
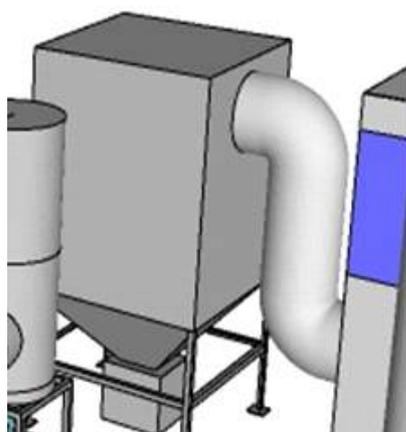


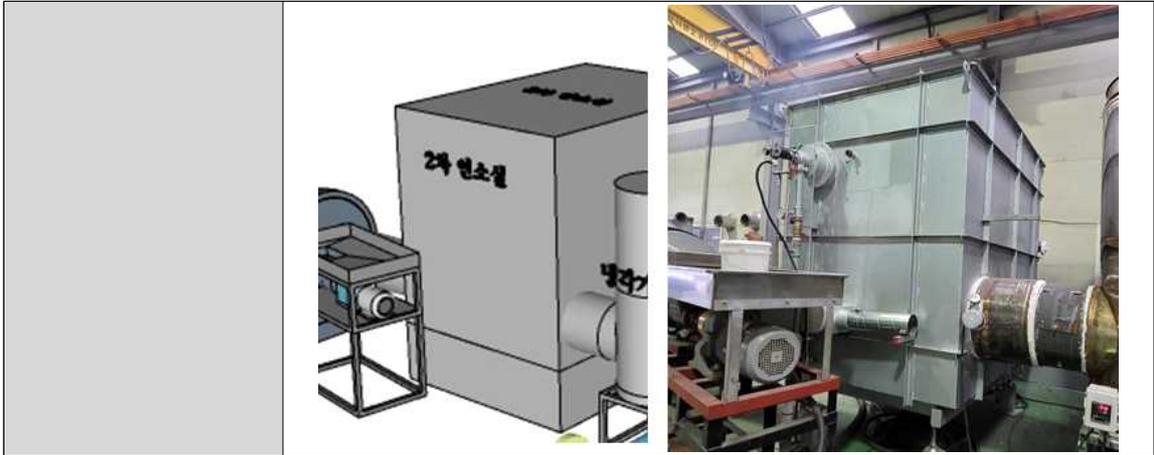
그림 23. 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기 세부도면(평면도)

표 10. 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기 구성 및 세부사항

<p>소각로 (로타리 킬른방식)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 규격 8m(길이)×1.0m(내경)×150mm(두께) • 1.0연소가스처리용량 : 40,000m³/hr • 운전최대온도 : 1,600℃ • 정상운전온도 : 700~900℃ • 회전모터 : 3.7kW • 내화재 : 세라믹 내화재 • 내화재 내구연한 : 10년(6개월 연속운전 기준) • 폐기물 처리용량 : 500만kcal/hr <ul style="list-style-type: none"> - 닭 : 1,000마리/hr(1kg기준) - 돼지 : 10마리/hr(100kg기준)
	
<p>1번 냉각기</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 연소가스처리용량 : 14,000m³/hr • 운전압력 : 250mmAq • 운전온도 : 1,400℃ • 냉각헬 : 5kW

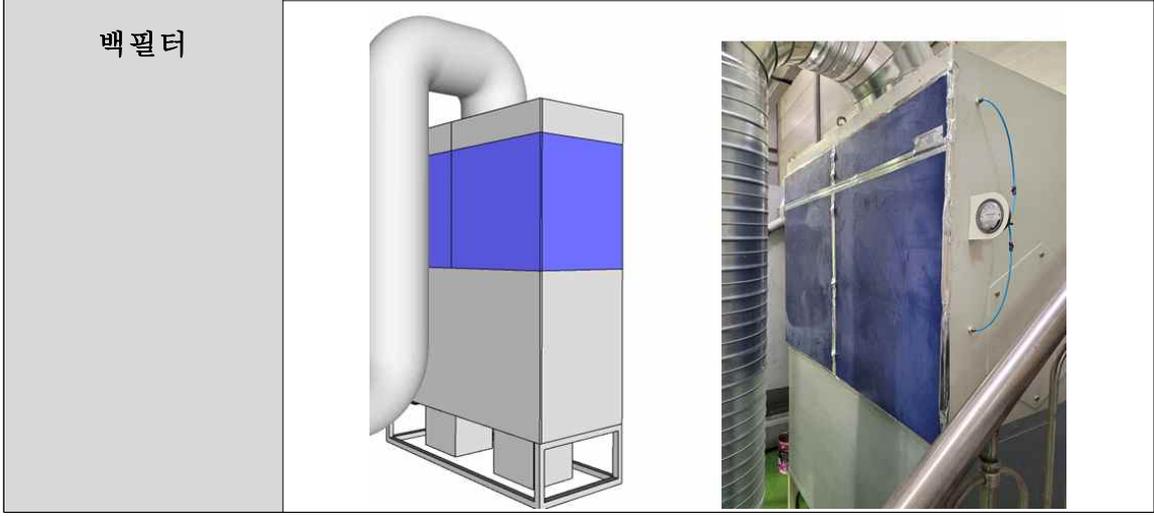
	<ul style="list-style-type: none"> • 입출구 직경 : 600A
2번 냉각기	<ul style="list-style-type: none"> • 연소가스처리용량 : 14,000m³/hr • 운전압력 : 250mmAq • 운전온도 : 1,000℃ • 냉각휙 : 3kW(150A) • 입출구 직경 : 600A
3번 냉각기	<ul style="list-style-type: none"> • 연소가스처리용량 : 14,000m³/hr • 운전압력 : 250mmAq • 운전온도 : 600℃ • 냉각휙 : 3kW(150A) • 입출구 직경 : 600A
4번 냉각기	<ul style="list-style-type: none"> • 연소가스처리용량 : 14,000m³/hr • 운전압력 : 250mmAq • 운전온도 : 400℃ • 냉각휙 : 0.5kW(350A) • 입출구 직경 : 600A
냉각기 사진	
배기휙	<ul style="list-style-type: none"> • 연소가스처리용량 : 16,000m³/hr • 운전압력 : 300mmAq • 운전온도 : 400℃ • 냉각휙 : 15kW • 입출구 직경 : 600A

	 
	<ul style="list-style-type: none"> • 연소가스처리용량 : 14,000m³/hr • 운전압력 : 250mmAq • 운전온도 : 350℃ • 입출구 직경 : 600A
<p>멀티사이클론</p>	 
<p>2차 연소실</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 규격 : 3m(길이)×3m(너비)×4m(높이) • 연소가스처리용량 : 40,000m³/hr • 운전최대온도 : 1,600℃ • 정상운전온도 : 900~1,200℃ • 입출구 직경 : 150A



- 연소가스처리용량 : 12,000m³/hr
- 필터수량 : 160mm×2m×24EA
- 필터교체주기 : 3개월
- Air 공급 : 5kg/cm², 20m³/hr
- 운전압력 : 250mmAq
- 운전온도 : 250℃
- 운전주의사항 : 백필터 온도가 160℃에 도달시 까지 LPG로 예열할 것

백필터



나. 소각로 연소 순서

- (1) 폐사가축을 폐기물 투입장치를 통하여 로타리 킬른 소각로에 투입한다.
- (2) 투입된 폐기물이 소각로 버너방향으로 이동한다.
- (3) 이동하는 폐기물은 건조 후 연소된다. (연소온도 : 700~900℃)
- (4) 연소된 배기가스 및 미 연소된 배기가스는 배기휀에 의해 2차 연소실로 이동한다.
- (5) 2차 연소실에서 미 연소된 배기가스가 완전 연소되면서 악취유발물질 및 다이옥신 등 대기오염물질을 연소한다. (연소온도 : 900~1200℃)

- (6) 완전 연소된 배기가스를 1~4번의 냉각기를 통하여 250℃아래로 냉각된다.
- (7) 멀티사이클론을 통하여 입자가 큰 먼지를 제거한다. (제거효율:80%)
- (8) 백필터 집진기를 통하여 미세먼지까지 제거한다. (제거효율:99.9%)

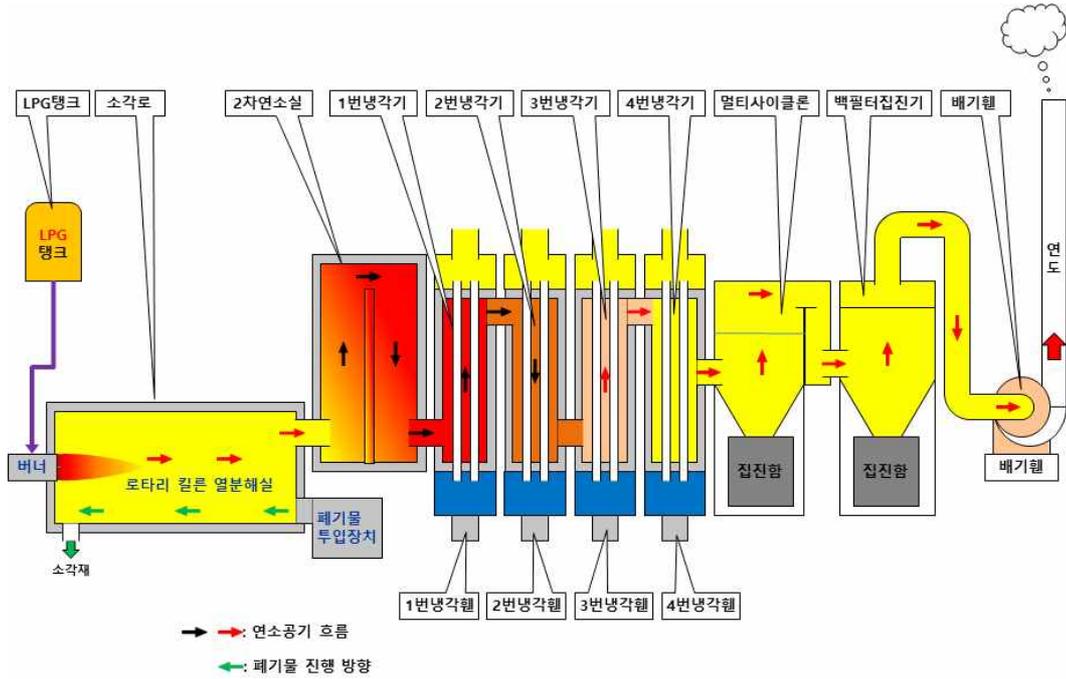


그림 24. 소각기 흐름도

다. 제품의 운전

(1) 소각기 운전 전 사전점검

- ① 발전기 연료는 충분한가?
- ② 소각기 예열화에 LPG는 충분한가?
- ③ 백필터, 멀티사이클론 먼지는 제거하였는가?

(2) 소각기 운전순서

- ① 발전기 기동하여 메인 판넬에 전기를 공급한다.
- ② 배기팬 및 급기팬을 작동한다.
- ③ 냉각기 급기팬을 작동한다.
- ④ 투입장치 작동상태를 점검한다.
- ⑤ LPG 배관의 밸브를 개방한 후 가스누설상태를 점검한다.
- ⑥ LPG 액분사 버너를 점화한다.
- ⑦ 소각로는 천천히 가열한다. (1시간에 걸쳐 승온한다.)
- ⑧ 열분해로(소각로) 입구 및 출구(900℃) 온도를 측정한다.
- ⑨ 2차 연소실 버너를 점화하여 2차 연소실 온도를 900℃를 유지한다.
- ⑩ 백필터 온도가 160℃가 될 때까지 예열한다.
- ⑪ 백필터는 최대 온도가 240℃이하가 되도록 운전한다.
- ⑫ 백필터의 AIR펄스를 작동하여 필터 몸체의 먼지를 제거한다.

- ⑬ 투입장치를 작동하여 폐사가축을 투입한다.
- ⑭ 폐사가축 투입량이 200kg이 넘어가면 열분해로 및 2차 연소실 버너를 소화한다.
- ⑮ 소각재의 상태를 확인한다.
- ⑯ 2차 연소실 온도가 1400℃를 넘지 않도록 소각량을 조절한다.
- ⑰ 소각 후 소각로는 서서히 냉각한다.

라. 소각기 작동 시 주의 사항

- (1) 2차 연소실의 온도는 900℃ 이상을 유지할 것
 - ① 다이옥신의 연소를 통한 제거
 - ② 일산화탄소, 그을음, 유기성화합물질의 연소를 통한 제거
- (2) 가스설비는 반드시 누설 점검을 실시 할 것
 - ① LPG 저장탱크 및 배관등을 비눗물 또는 가스누설검지기 등을 통하여 누설여부를 확인할 것
- (3) 배기팬의 작동상태를 반드시 확인할 것
 - ① 배기팬이 작동하지 않을 경우 소각로가 불완전연소를 일으키므로 반드시 작업중간 수시로 작동상태를 확인 할 것
- (4) 백필터 온도가 160℃ 이상이 되도록 유지할 것
 - ① 폐사가축의 소각 시 다량의 수증기가 발생하여 먼지와 함께 백필터를 막는 상황이 발생한다. 필터를 막은 먼지가 수분과 함께 반죽되어 air 펄스를 사용하여도 먼지를 필터에서 분리할 수가 없기에 이는 필터가 망가지는 원인이 된다. 반드시 수증기의 온도를 높여 건증기로 만들어 필터가 찢지 않도록 해야 한다.
- (5) 소각 시 악취발생은 없는지 확인 할 것
 - ① 정상적으로 900℃ 이상의 온도에서 소각할 경우 냄새가 나지 않아야 한다. 악취가 발생한다는 것은 불완전연소 내지 저온연소가 되고 있으므로 이는 점검이 필요하다.

마. 제품의 A/S 매뉴얼

- (1) 점검사항
 - ① 공동사항
 - ㉠ 회전부위 그리스 주입
 - ② 저장탱크
 - ㉠ LPG 잔량확인
 - ㉡ 안전변 열림확인
 - ㉢ 불필요 밸브 닫힘 확인 및 열림/닫힘 표시
 - ㉣ 배관 연결부위 누설점검
 - ③ 열분해로
 - ㉠ 버너 LPG 누설점검
 - ㉡ Air급 기구 누설점검

- ④ 2차 연소실
 - ㉠ 버너 LPG 누설점검
- ⑤ 멀티사이클론
 - ㉠ 재받이 Ash제거
- ⑥ 백필터
 - ㉠ 재받이 Ash제거
 - ㉡ 필터 상태점검
- ⑦ 전동기류
 - ㉠ 작동상태 및 누전점검

(2) 내화재 상태점검

- ① 크랙 또는 마모에 따른 교체 및 수리점검
- ② 장기 미사용 시 내화재 수분 제거(1달에 1~2회 200℃로 3~5시간 운전하여 건조상태 유지)

3. 효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멸균 소각장비의 연구 개발 연구

○ 인수공통전염 가축 질병으로 발생한 폐사 가축 살처분 현장에서 효과적인 폐사 가축이 신속하고도 완전한 소각을 실현하기 위해 폐사 가축의 소각특성을 파악하고 그 특성에 적합한 현장 형 소각 장비 구현을 목표로 장비의 부분별로 성능을 개선하기 위해 계속된 실증 실험을 시행 함.

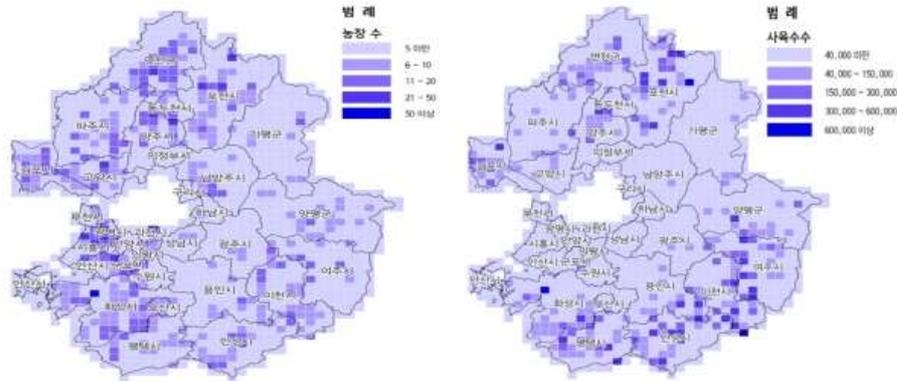
가. 가축별 농가당 발생하는 살처분 수두 조사를 기반으로 실질적으로 현장적용이 가능한 멸균 소각 장비의 요구능력 선정

표 11. 연도별·축종별 농가당 사육규모 추이

단위: 소, 돼지(천 두), 닭(천 수), 농가수(천 호)

연도	한(육)우			젓소			돼지			닭		
	두수 (A)	농가 (B)	A/B	두수 (C)	농가 (D)	C/D	두수 (E)	농가 (F)	E/F	수수 (G)	농가 (H)	G/H
2000	1,590	290	5	544	13	42	8,214	24	342	102,547	210	488
2005	1,819	192	9	479	9	53	8,962	12	747	109,628	136	806
2010	2,922	172	17	430	6	72	9,881	7	1,412	149,200	4	41,444
2015	2,676	94	28	411	5	82	10,187	5	2,037	164,131	3	54,710

자료: 농림축산식품부, 농림축산식품주요통계 2016을 바탕으로 재구성



자료 : 경기도 내부자료

그림 25. 3km²당 농가수(왼쪽) 및 사육수수(오른쪽)

- (1) 수도권 3km² 이내 50농가 이상, 60만수 이상 가금사육 밀집 지역 다수 분포
- (2) 2010, 2015년도를 기준으로 축종에 따른 1농가당 사육규모는 평균 한우 23두, 돼지 1,725두, 닭 48,077수이며 축종별 무게가 약 한우 700kg, 돼지 115kg, 닭 1kg 이므로 1농가에 인수공통전염에 의해 살처분된 가축을 처리하기 위한 양으로는 각 한우 16,100kg, 돼지 198,375kg, 닭 48,077kg임.
- (3) 신속하게 질병의 전파를 차단하기 위해 처리해야 하는 시간은 24시간 이내여야 함.
- (4) 개체수가 많을수록 질병에 대한 확산 가능성이 높기 때문에 이를 우선적으로 고려하여 기준을 닭으로 선정함. 뿐만 아니라 닭이 가장 소규모 이므로 초기에 적용했던 분쇄기로 실험을 진행하기에 이점이 있음. 이에 따라 효율적으로 살처분된 가축을 처리하기 위해 요구되는 장비의 처리량은 2,000kg/hr가 됨.

나. 현장 대응형인 이동식 소각차량의 구현을 위해 차량에 탑승이 가능하도록 소각 시스템의 규모를 축소하고 연소 효율의 증대를 위한 실증 실험 및 연구 진행

(1) 소각로

- ㉠ 소각로의 경우 소각로의 길이를 최소화하면서도 효과적인 연소 효율을 실현할 수 있는 최적의 소각로 길이를 파악하고자 소각로의 길이를 변경하는 공정을 실시하고 그에 따른 반복적인 연소 실험을 시행하면서 연소 효율과의 연관성을 찾는 실증 실험 시행
- ㉡ 제작하고자 하는 이동식 소각차량의 장축의 길이는 8m 이며 (운전석 길이 제외) 연구 초기단계 연소실험을 진행했던 소각로의 길이가 12m 임을 고려하면 소각기의 길이를 줄여야 하는 필요가 있음.
- ㉢ 소각로의 길이를 12m, 10m, 8m로 점차 줄여나가면서 소각 효율에 문제가 없는지 확인하고자 테스트를 진행 함. 소각 대상물은 폐닭으로 선정하였고, 장비의 과부화로 부품 교체 및 재 증설 상황을 미연에 방지하고자 선행연구에서 시행한 500kg/hr로 처리용량을 동일하게 설정하여 실험을 진행함.
- ㉣ 이 결과 일차적으로 8m로 소각로의 길이를 축소하여도 소각효율에 문제가 없음이 확인 됨. 추가적으로 더욱 축소하여 연소 효율 테스트를 진행하려고 하였으나

이보다 더 길이를 축소하게 될 시, 이후 소각기의 최대 처리용량 확인 실험에서 보다 낮은 결과값이 도출되어 선정된 목표치에 미달 할 것을 우려하여 진행하지 않음.



그림 26. 소각로 개선 테스트과정

- ② 소각 대상물을 소각로 후단에 투입하는 거꾸로 태우는 방식에 착안하여 장비의 구조를 전체적으로 개선하여 연소 실험 실시
- ㉠ 일반적인 소각기의 경우 소각로 전반부에 버너를 설치하여 화염을 분사하면서 전반부에 소각 대상물을 투입하여 그 화염을 이용하여 소각대상물을 연소시키는 방식이 일반적이나 이 경우 소각 대상물의 계속된 투입으로 소각로 전반부의 온도가 지속해서 떨어지는 문제가 발생 함. 이를 해결하기 위해 버너를 추가적으로 설치하여 전단부 온도를 1,500도 부근까지 올려야 하는 과정이 요구 됨. 이는 추가적인 설치비용의 발생 뿐 만 아니라 소각 연료량의 증가를 초래하여 소각 비용의 부담을 가중하는 결과를 유발 함.

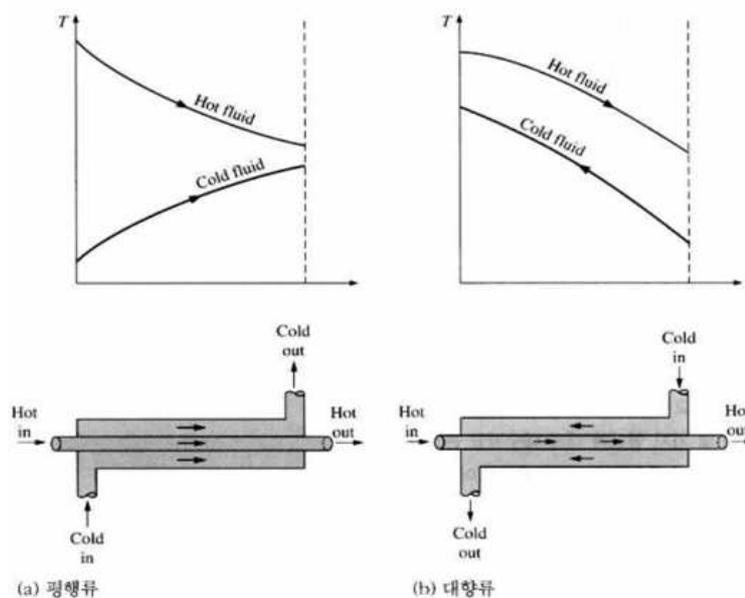


그림 27. 이중관 열교환기의 유동체제 및 이에 관련된 온도분포

- ㉠ 거꾸로 태우는 방식 채택: 후단부에서 화염을 향해 소각대상물을 투입할 경우 소각로가 회전하면서 소각물질을 전단부로 이송하기 때문에 투입 후, 시간이 흘러 갈수록 소각물질의 소각 효율이 증가 함. 이는 기존의 이중관 열교환기 시스템에서 열 교환 효율을 높이는 방법과 동일한 개념이며, 기존 전단부에서 발생하는 급격한 온도저하 문제를 해결 하여 추가적으로 발생하는 경제적인 손실을 예방 함.

향류방향으로 열교환을 하여 소각물질의 연소 효율 증가

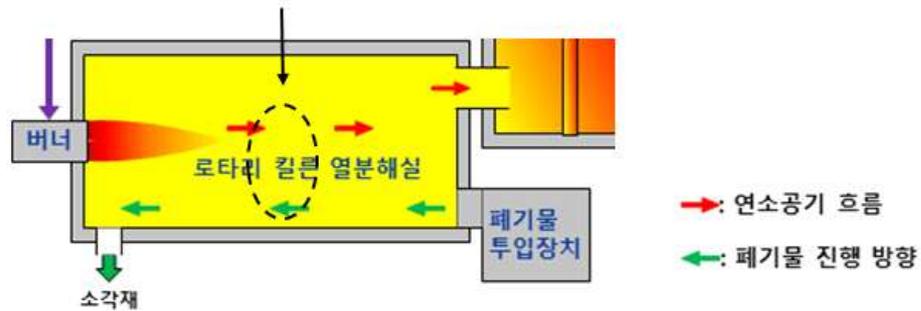


그림 28. 거꾸로 태우는 소각로 방식 개념도 및 실제 이미지

- ③ 소각로 내의 발화 부분의 전단부에서 연소에 필요한 산소가 공급되는 구조로 인해 산소의 공급이 원활하게 이루어지지 않는 문제를 해결
 - ㉠ 원형의 소각로 몸통에 자연 주입식 공기 주입장치를 설치: 소각로 중간 부분 즉 가스화 후 연소가 시작되는 구간에 직경 5cm인 원형 모양의 주입식 공기 주입장치를 12곳 시공하여 충분한 산소공급이 이루어지게 함.
 - ㉡ 추가적으로 공급되는 산소 기체의 양은 베르누이 방정식(식1)을 활용하여 비압축성 기체로 가정한 후 계산을 통해 구함.

$$P + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho gz = const \quad \text{----- 식1}$$

P : 압력, ρ : 밀도, V : 유체의 유속, g : 중력가속도, z : 높이

- ㉔ 소각로 외부지점을 1지점, 내부지점을 2지점이라 설정하였고, 지점 간 높이 차이 거의 0으로 수렴하기 때문에 식1 은 다음과 같이 정리 됨.

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) \quad \text{----- 식2}$$

소각로 외부지점의 압력은 대기압으로 101.325kPa로 가정하였고, 음압이 발생하는 내부의 압력은 87.997kPa로 측정하여 얻음. 또한 1지점에서의 외부의 흐름이 발생하지 않는다고 가정하고 남은 파라미터에 값을 대입하면 내부로 들어오는 공기의 유속이 163.27m/s 임을 알 수 있음. (식3)

$$\sqrt{2 \times \frac{(101.325 - 87.997)kPa}{1.18g/L}} = 163.27m/s = V_2 \quad \text{----- 식3}$$

- ㉕ 공기 주입부분의 직경이 5cm이며, 총 12곳임을 고려하여 소각로 내부로 들어오는 공기의 유량을 구하면 2.56.m³/s 임. 즉 공기 중에 산소가 차지하는 비율이 21% 이므로 유입되는 산소의 유량은 32.31m³/min 이며 이는 소각로 내부의 부피 6.28 m³에 비해 약 5,1배 큰 양이므로 효과적으로 산소의 공급이 이루어 질 것이라 기대함.
- ㉖ 이를 기반으로 장비에 실증 실험을 시행 하여 유의미한 결과를 얻음 (실험 조건 은 소각로 길이에 따른 소각효율 테스트 실험과 동일). 그러나 향후 실험에서 공기주입 장치로 배출가스가 역류하여 뿜어져 나오는 현상이 발생하였고 이에 대한 보장연구가 요망 됨.

(2) 2차 연소실 증설

- ① 킬른 타입 원형 회전식 소각로의 경우 소각 대상물이 중력에 의하여 원형 하단부에 적재되며 연소되는 소각 대상물의 직접적인 연소 부분과 그 연소 부분의 전체 면적을 제외한 나머지 공간인 연소 가스가 연소하는 부분으로 소각로의 내부가 구분 됨. 그러나 앞서 채택한 거꾸로 타는 소각시스템을 가동하게 되면 연소로의 후단 부분 가까운 곳에서 가스화 구간이 설정되게 되어 연소 가스가 일반적인 소각 방식과 비교하여 빠르게 연도로 흘러나가게 되어 배출 가스의 완전한 연소가 어려워지는 문제가 발생 함. 즉 이러한 구조적인 문제와 더불어 배출 가스의 완전한 연소를 담보하고자 소각로 후단부에 2차 연소실을 증설하여 적용 함.

② 2차 연소실 구성

- ㉗ 크기: 길이 3.0m, 너비 3.0m, 높이 4.0m
- ㉘ 구조: 사각형의 내부에 배출 가스가 연소할 수 있는 3실의 분리 방을 두고 내부 벽면은 단열재와 내화재를 사용하여 내부의 온도는 유지되고 외부 표면 온도는 60도 이하로 유지 될 수 있도록 마감 처리 함. 2차 연소실 1실 하단부와 2실 상단부에 각각 독립된 버너 2기를 설치하여 배출 가스 2차 연소온도를 제어 함.

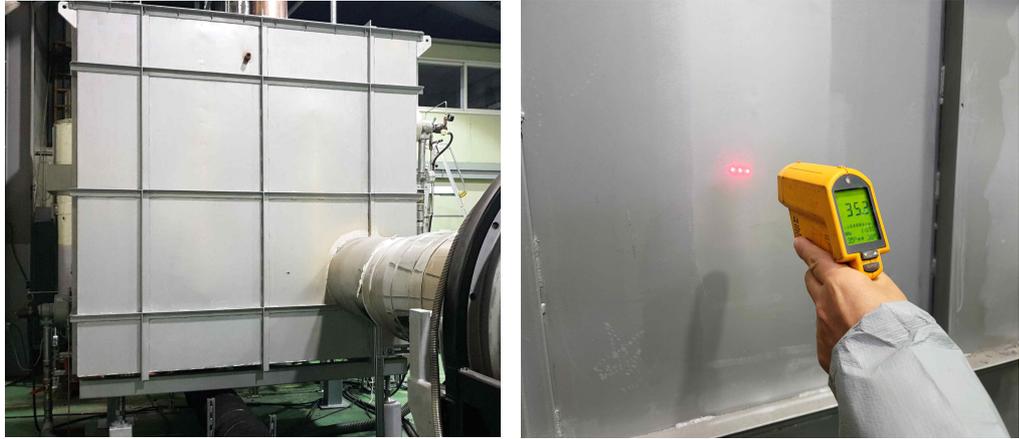


그림 29. 소각로와 인접된 2차 연소실 및 외부온도

(3) 공랭식 열교환기 증설 및 열교환기 배출가스 온도 조절장치 적용

- ㉠ 일반적으로 연소 환경에 따라 900~1,600℃로 2차 연소실을 통과하며 가스상, 입자상유해물질을 연소시킨 배출 가스를 집진기로 보낼 때는 집진기의 집진 필터가 버틸 수 있는 허용 온도 이하로 유지하기 위해 배출가스 온도를 250℃ 이하로 냉각하여야 함. 특히 본 소각기와 같은 회전식 소각로의 경우 상대적으로 먼지 발생량이 많아 먼지 제거에 유의하여야 함.
- ㉡ 2차 연소실 후단에 공랭식 열교환기를 설치하여 온도가 낮아진 배출가스가 집진기에 미치는 영향을 확인하고자, 앞서 진행했던 실험 방법과 동일한 조건을 설정하여 실험을 진행 함.
- ㉢ 반복된 실험 결과 100도까지 급랭할 경우 수분이 다량 발생하여 필터의 먼지 제거 능력을 현저히 저해함을 파악 함. 이에 기존의 1대의 열교환기를 6대로 증설하고 각 열교환기가 담당하는 냉각 성능을 전체적으로 증대함은 물론 미세조정이 가능하도록 설비를 변경하여 실증 시험을 시행 함. 반복된 실험 과정에서 열교환기의 수를 6대로 증설하여 조절 능력을 정교하게 함은 효과적이거나 전체적인 장비의 규모가 비대해지는 부작용이 발생함.
- ㉣ 이를 개선 하고자 가장 고온의 열기를 담당하는 1번 열교환기의 공기펌프에 풍향을 조절할 수 있는 조절기를 적용함으로써 열교환기를 4대로 줄이면서도 집진기 진입 배출 가스의 온도 250도 이하로 통제할 수 있게 됨.
- ㉤ 현재 열교환기 중 1번 열교환기의 경우 고온으로 인한 짧은 사용 수명 등을 보완하기 위한 연구와 보다 정밀한 온도조절 능력을 위한 연구가 필요하며 되도록 구조의 편의성을 위해 분리형이 아닌 일체형 방식의 구조 또한 추가 연구가 이루어져야 함.



그림 30. 열교환기 온도조절 장치 시스템

(4) 집진장치 (배출 가스 후단설비)

① 배출 가스에 대한 집진장치는 1차연도 연구 과정에서 기본적으로 CO, CO₂, O₂, SO_x, NO_x 와 먼지, 카드뮴, 납, 구리, 크롬, 비소 등의 입자상 물질 및 황화수소, 염화수소, 암모니아, 불소화합물 등의 가스상 물질의 배출과 관련하여 최대한 허용치 이하의 안전 범위 내의 기기 성능을 구현해야 함. 이를 위해 연소로의 구조 및 운영 방식의 변화를 기하였으며, 앞서 언급한 2차 연소실 개념을 신설 적용하여 연소 실험을 반복적으로 실증 실험함으로써 장비의 더욱 안정적인 연소 능력 실현을 위한 실험을 시행 함. 이에 대한 실험 방법 및 결과는 이후 대기 오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 실험에서 다룸.

(5) 중앙제어장치 점검 기능 증설

- ① 소각로 회전 속도 조절장치 부착
- ② 각 소각 구간별 자동온도 측정장치의 설치 및 중앙제어화면 연동 표시 기능
- ③ 장비별 가동 전원 장치를 연결하여 중앙 제어 편의성 도모



그림 31. 중앙제어장치 및 모니터화면

다. 온도 설정 및 시간당 투입량 등 각종 운용 상황에 따른 소각처리 능력에 대한 반복적 실험을 시행하여 장비의 시간당, 일당, 연속운전 등에 대한 처리 능력의 정량화된 데이터화 작업

- (1) 제작된 장비의 성능이 앞서 제시했던 목표치인 2,000kg/hr의 처리용량을 갖는지 확인하기 위해 실증 실험 실시
- (2) 소각물질은 공급원 확보의 편리성 및 해당 장비의 투입구의 직경을 고려하여 폐단을 선정하였고, 버너를 이용하여 소각로 내부의 온도가 900℃가 되도록 유지 한 후 천천히 500kg/h에서 목표치인 2,000kg/hr까지 소각물질을 공급하여 연소 결과 확인.
- (3) 소각로 내부의 소각물질이 점차 증가함에 따라 내부 온도가 급격히 감소되어 소각 효율을 저해하는 문제를 제어하기 위해 처리용량이 2,000kg/hr에 도달 할 시 소각로의 회전속도가 3m/min, 이송속도가 1m/min이 되도록 조절하여 운전을 시행 함.
- (4) 소각기의 성능을 테스트한 결과, 안정적으로 소각효율을 보이는 처리용량의 범위에서는 (처리용량 500kg/hr) 투입량 대비 3% 수준의 완전 연소된 하얀 재형태의 잔존물이 발생하였고 반복실험을 통해 동일한 결과를 얻을 수 있음을 확인 함.



그림 32. 소각기 시운전 테스트 후 발생한 재

(5) 그러나 처리용량이 1,800kg/hr이 초과하게 될 경우 운전초기에는 원활하게 소각이 이루어 졌으나 시간이 점차 흐를수록 연소 중 발생하는 가스 및 분진들이 소각로 내부에 점차 쌓인 소각물질로 인해 충분하게 연소되지 않고, 보다 큰 입자 상태로 2차 연소실로 통과 함. 결국 2차 연소실 내부 Honeycomb 구조의 입구를 점차 막아 안정적인 정상상태로 운전하기 어려운 상황에 놓임. 따라서 이를 해결하고자 추가적인 연구가 필요하였고 이에 대한 차후대책은 3장에서 다룰 예정임.

라. 소각대상 가축별 기초 자료조사 및 수율 계산 연구

- (1) 가금류 종류에 따른 성분 및 발열량 등의 기초자료를 기반으로 대형 가축의 대한 소각 가능성 여부 검토 (분석방법 및 결과는 선행연구 자료를 참고함 (Kim et al. 2012, 국립환경과학원)).

① 삼성분 분석: 폐사가축의 삼성분석결과 살과 내장의 경우 수분이 약 72-85%를 차

지하고 있음. 표피의 경우 닭은 종의 특성상 깃털 때문에 90%가 가연분이었고, 특이한 부분은 돼지 표피의 수분이 63%로 높은 반면 소의 표피는 오히려 65%가 가연분 임.

표 12. 폐사가축 삼성분 분석 결과

단위: %

		수분	가연분	회분
닭	살(내장포함)	85.29	11.55	3.16
	표피(털)	5.17	91.89	2.94
	뼈	14.92	16.01	69.08
돼지	살	72.95	26.01	1.04
	내장	74.64	23.91	1.45
	표피	63.23	36.22	0.54
	뼈	38.91	34.36	26.74
소	살	75.50	19.97	4.54
	내장	73.38	24.98	1.64
	표피	30.90	65.16	3.94
	뼈	53.41	28.79	17.80

② 원소 분석: 폐사가축의 원소 분석 결과 C의 경우 닭은 표피(털)에서 다른 부위보다 낮게 나타나고 있었고, 돼지의 경우는 살 부분, 소의 경우는 표피에서 탄소가 낮게 나타나고 있음. H와 O의 경우 부위별로 크게 차이가 없었으나, N의 경우는 닭의 뼈, 돼지의 내장, 소의 내장에서 낮게 나타나고 있었으며, S는 매우 낮은 양이 존재 함.

표 13. 폐사가축 원소분석 결과

단위: %

		C	H	N	O	S
닭	살(내장포함)	55.45	11.24	10.95	21.77	0.60
	표피(털)	46.73	8.44	15.17	29.01	0.65
	뼈	57.45	10.06	8.30	23.64	0.54
돼지	살	42.92	9.09	10.18	36.97	0.84
	내장	54.93	13.11	3.43	27.98	0.63
	표피	54.25	12.34	4.59	28.10	0.72
	뼈	56.24	10.88	9.83	22.34	0.63
소	살	44.38	9.77	8.14	36.98	0.73
	내장	59.10	13.30	2.31	24.51	0.78
	표피	39.90	12.66	5.97	40.81	0.65
	뼈	52.62	10.88	8.44	21.49	0.62

③ 발열량 분석: 닭의 경우는 살과 내장의 분리가 어려워 혼합하여 측정된 결과 233kcal/kg 으로 나타났으며, 돼지와 소의 경우 살보다 내장의 발열량이 높게 나타나고 있음. 측정부위를 무게로 환산하여 종합한 결과 820-935kcal/kg로 나타남.

표 14. 폐사가축 발열량 분석결과

단위: kcal/kg

	살	내장	표피	뼈	소계
닭	233.27		4,916.59	2,895.24	908.31
돼지	728.78	805.15	1,562.38	1,120	825.11
소	810.69	1,089.50	2,988.36	1,340	934.48

④ 발열량의 경우 다음과 같은 식을 이용 함.

$$Q = mC\Delta T \text{ ----- 식4}$$

Q: 발열량, m: 질량, C: 열용량, ΔT: 온도 변화량

⑤ 표 14. 와 위의 발열량 식을 참고하였을 때 단위 1kg당 발생하는 열량은 소가 가장 크고 돼지가 가장 낮음을 보임. 즉 살처분된 대형가축(돼지, 소)을 완전 연소 할 때 닭에 비해 돼지가 소요되는 시간이 빠르며 소의 경우는 느리다는 것을 예상 할 수 있음. 이후 효율적으로 대형가축을 소각처리하기 위해 소각로 승온속도를 조절하고 완전 연소되는 시간을 고려하여 진행해야 함.

(2) 추가적으로 대형 폐사가축의 경우 분쇄기에 쉽게 분쇄될 수 있도록 용량이 보다 큰 투입시설을 제작해야 함. 만일 적절한 공간확보가 우선시 된다면, 투입구 이전에 절단시설을 연결하여 작은 덩어리가 투입구에 들어가도록 하는 공정이 추가 되어야 함. 그러나 이는 장비의 부피가 커지는 상황을 초래하므로 본 연구의 목표와는 성격이 맞지 않을 수 있기에 가능성 여부판단이 우선적으로 이루어져야 하므로 이후 내용은 3장에서 논의 하고자 함.

마. 연소 테스트 실시 횟수 증가에 대한 장비의 부분별 노후 상태, 보수작업 발생 현황 등을 자세히 점검하여 내구성 등에 대한 자료 확보 연구 필요

- (1) 개발제품의 내구성에 따른 사용 연한 등의 검토
- (2) 사용 연한에 따른 장비의 부분별 보수작업 등의 A/S 관리방안 검토
- (3) 소각기 사용에 대한 전반적인 관리 방안 수립: 기본적인 운영 개념도는 제작하였으나, 향후 추가 연구 시 비전문가도 시운전을 할 수 있도록 구체적인 안내서를 제작할 예정임.

4. 개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외 기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기 오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 확보

가. 대기오염물질 배출현황

- (1) 배출된 배출가스는 “대기환경보전법 시행규칙 제15조 별표 8의 대기오염물질의 배출허용기준”에 규정된 규제치 이하로 처리하여 대기 중으로 배출하여야 하며, 이러한 유해물질들을 제거하기 위한 배출가스 처리설비를 설치하여야 함. (환경부령 제 2020, 859호, 일부개정안)
- (2) “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 배출되는 배출가스를 조사하여 현행법 규정에 적합여부를 확인 하는 절차가 필요하여 테스트를 진행 함.
- (3) 제작된 시제품에 다음과 같은 조건과 상태로 폐사가축(닭)을 투입 하였으며 이에 대한 결과는 아래의 표에 기재 함.

표 15. 대기오염 검출 시 조건 및 방법

처리 용량	1,800kg/시간	가동시간	12시간/일
형식	열분해방식 (로타리킬른)	가동방식	준연속식
폐기물 조성 (%)	동물사체류: 100%		
처리공정	1차연소실→2차연소실→열교환기→여과집진기(4기)→연돌		



측정항목	측정위치	측정시간	측정결과	측정방법	측정인원
먼지	배출가스 배출구	2024. 11. 11. 14:00~14:30	18.39 mg/Sm ³	자동측정기	김민준
염화수소	배출가스 배출구	2024. 11. 11. 14:00~14:30	0.73 ppm	자동측정기	김민준
황화수소	배출가스 배출구	2024. 11. 11. 14:00~14:30	0.14 ppm	자동측정기	김민준
NH ₃	배출가스 배출구	2024. 11. 11. 14:00~14:30	12.54 ppm	자동측정기	김민준

측정항목	측정결과	측정방법	측정인원
먼지	18.39 mg/Sm ³	자동측정기	김민준
염화수소	0.73 ppm	자동측정기	김민준
황화수소	0.14 ppm	자동측정기	김민준
NH ₃	12.54 ppm	자동측정기	김민준

시험항목	시험결과	시험방법	시험인원
먼지	18.39 mg/Sm ³	자동측정기	김민준
염화수소	0.73 ppm	자동측정기	김민준
황화수소	0.14 ppm	자동측정기	김민준
NH ₃	12.54 ppm	자동측정기	김민준

그림 33. 배출가스 자체 대기측정 모습 및 외부기관 측정 결과 자료

표 16. 배출가스 조건 및 대기측정 현황

배출가스 유량	공기비 보정 유량	배출가스 속도	배출가스 온도	실측산소 농도	수분량
194.09 Sm ³ /분	172.52 Sm ³ /분	18.39 m/s	148.0 °C	13.0%	4.6%

측정항목	배출허용기준(이하)	측정분석 값	측정분석방법 (기기명)
먼지	20(12) mg/Sm ³	1.8 mg/Sm ³	원통여지법
염화수소	15(12) ppm	0.73 ppm	자외선가시선분광법
황화수소	2(12) ppm	0.14 ppm	자외선가시선분광법
NH ₃	20(12) ppm	12.54 ppm	자외선가시선분광법

F	2(12) ppm	1.758 ppm	자외선가시선분광법
CO	200(12) ppm	불검출	자동측정법
SOx(SO2로서)	30(12) ppm	불검출	자동측정법
NOx(NO2로서)	70(12) ppm	불검출	자동측정법
카드뮴	0.08(12) mg/Sm ³	불검출	원자흡수분광광도법
납	0.4(12) mg/Sm ³	0.112 mg/Sm ³	원자흡수분광광도법
크롬	0.2(12) mg/Sm ³	불검출	원자흡수분광광도법
구리	4(12) mg/Sm ³	0.03 mg/Sm ³	원자흡수분광광도법

- (4) 대기오염물질 중 12가지 측정항목 모두 배출허용기준(20년도)을 만족한 결과를 가지며 산업적으로 가축사체 멸균소각기로서 허용가능성을 보임.
- (5) 배출된 암모니아 가스는 12.54 ppm 으로서 배출허용기준인 20 ppm 보다는 낮지만 다른 대기오염물질 보다 상대적으로 높은 수치를 보이며 이는 고온에서 질소화합물과 산소와 결합하여 생성되는 질소산화물이 보다 적게 생성되어 보이는 결과로 추정됨. (Chae et al. 2007, 한국대기환경학회, 818-821)
- (6) 일반적으로 연소 과정 시 공기 중의 질소와 산소가 만나 질소산화물 중 NOx가 생성되는 주 원인으로 불안정한 기체 CO가 있으며, CO가 발생되지 않는 경우 열역학적으로 안정한 상태가 되어 NOx를 발생시키지 않음. 따라서 주어진 대기조성을 참고하였을 때 발생된 CO가 없으므로 이로 인해 생성된 NOx도 검출이 확인 되지 않음을 알 수 있음. (Lee et al. 2020, KIGAS, 24, 39-47)

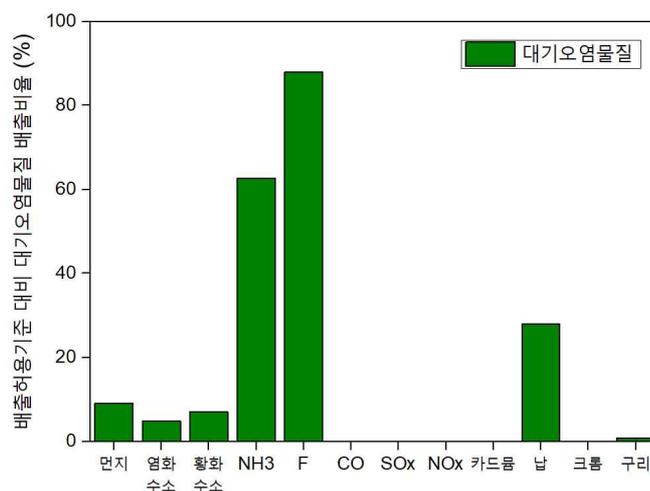


그림 34. 배출허용기준 대비 배출된 대기오염물질 비율현황

(7) 반복된 테스트를 통해 지속적으로 배출허용기준을 초과하지 않음을 확인 함.

나. 다이옥신 및 퓨란류 배출현황

- (1) 「잔류성유기오염물질관리법」 제10조 대기 환경기준의 적합여부, 제11조 측정망의 설치·운영, 제14조 배출허용기준 적합여부, 제18조 배출량조사 및 제19조 잔류성 유기오염물질의 측정과 주변지역 영향조사 등은 잔류성유기오염물질 공정시험기준에 따라 시험 판정이 필요 함. (국립환경과학원고시, 2020, 제2020-55호, 일부개정)
- (2) 제작된 시제품을 통해 배출되는 다이옥신 및 퓨란류 계열은 잔류유기오염물질 공정 시험기준 ES 10902.1a에 따라 시험 측정 됨.
- (3) 처리용량, 가동시간 및 가동방식은 대기오염물질 검출 시와 동일한 조건으로 운행되었으며, 시료채취점은 굴뚝으로 함.

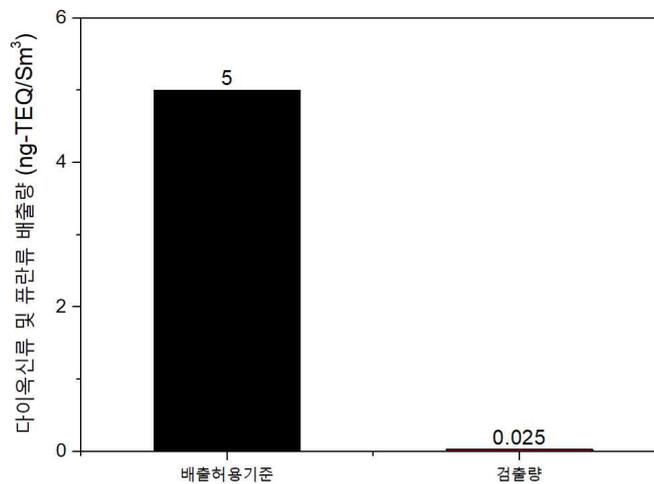


그림 35. 다이옥신 및 퓨란계열 검출현황

(4) 실험 결과 검출량은 0.025ng-TEQ/Sm^3 의 값을 보였고 이는 배출 허용기준보다 약 200배 낮은 수치임을 확인 하였다. 이로써 본 연구로 제작된 소각기는 배출가스에 대해 부합하다고 할 수 있음.

5. “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 운용을 통한 데이터 수집 및 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 연소 테스트 시연의 실시

가. 당사의 장비를 중앙정부 혹은 지자체가 구매 운영하는 경우 전문고가 장비를 담당 공무원이 직접 운용, 보수, 유지 및 관리해야 하는 현장의 어려움을 해소하여 “완전 소각”을 통한 효과적인 인수공통 가축전염병 대응체계의 안정적인 구축안

- (1) 당사의 현장 관리인력 양성 보유를 통해 현장투입 지원체계 구축안
- (2) 수수료 지급 방식의 위탁관리방식 도입을 통한 효율성 제고안

나. 코트라, 중진공 등의 정부 관련 기관의 지원제도 적극 활용가능

- (1) KOTRADML 수출지원 기반활용 사업의 수출 바우처사업(수출지원사업플랫폼) 등을 활용 : 부족한 역량 확보 가능 (수출 초보 기업으로서 부족한 해외 영업 지원, 특허 등의 지식재산권, 홍보, 컨설팅, 시장조사 등)

다. 당사 자체적으로 해외 직접 홍보를 통한 바이어 유치 작업 등의 초기 작업 전개 (전 세계적 COVID-19의 확산으로 인하여 더 이상의 성과를 내지 못함)

- (1) 1차적으로 중국, 동남아 등의 “인수공통감염 가축전염병으로 인한 경제적 피해”가 상당하여 그 처리 기술과 제품에 관심이 높은 국가들을 중심으로 “우선 진출 대상국” 선정 공략
- (2) 당사 중국의 산동성 농업 관련 유관 업계 전문가 접촉 상담 수행. 중국 현지에서 진행되는 해외 신기술 유치 컨퍼런스 등에도 참여하여 높은 관심 속에 세부적인 접촉 요청을 받고 있는 상황에서 시제품 생산 완료 전에 선제적으로 현지 정부인사, 유관 업계 전문가 등을 시연회시 초청 등을 통해 해외시장 진입의 여건 조성 추진

표 17. 유관 업계 전문가 초청 및 소각시연회 세부내용

소각기 소각 시연회			
실시일자	2019.12.02. 10:00	실시장소	(주)넥스트가스이노베이션 전주공장
시연회 진행 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> • 참석자 대상 시연회 사전 브리핑 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 소각기의 구성 및 소각에 대한 기본 원리 및 구조와 효과 등에 대한 전반적인 설명을 실시하여 본 소각기 개발의 필요성과 개발 현황을 설명 • 소각 대상물 : 냉동 닭[1,000kg] / 소각 예정량[500kg/hr] • 소각로 사전 예열 조치 : 소각로 전후단 온도 800℃이상 유지 조치 • 컨베이너 레일을 이용하여 일정량 투입 소각 실시 • 소각 시연 완료 후 대상물의 소각 잔재물 분석을 통한 완전 소각 상태에 대한 브리핑 		
참석자	<ul style="list-style-type: none"> • 중변연합국제무역 내몽골지사 총경리 유병주 • (주)그린에코바이오 대표 송행근 • 대영엔지니어링 대표 최대길 • (주)청담환경 대표 천정훈 • (주)바이오프렌즈 대표 조원준 • (유)대동 회장 이재웅 		
실시 목적 및 효과	가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속히 차단하는 살처분 폐사축의 완전 소각처리 시스템인 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 시제품 개발에 대한 관련업계 홍보를 통해 사전 매출처 확보 등을 위한 소각성능 시연		
	<ul style="list-style-type: none"> • 개발 초기 제품에 대한 개발 방향에 대한 관련업계 전문가들의 다양한 의견 수집 		

	<ul style="list-style-type: none"> • 본 장비의 개발 과정에서 보다 효과적인 개발 방향 모색 기회 마련
--	--

소각기 소각 시연회			
------------	--	--	--

실시일자	2019.12.04. 13:00	실시장소	(주)넥스트가스이노베이션 전주공장
------	-------------------	------	-----------------------

시연회 진행 세부내용	<ul style="list-style-type: none"> • 참석자 대상 시연회 사전 브리핑 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 소각기의 구성 및 소각에 대한 기본 원리 및 구조와 효과 등에 대한 전반적인 설명을 실시하여 본 소각기 개발의 필요성과 개발 현황을 설명 • 소각 대상물 : 냉동 닭[1,000kg] / 소각 예정량[500kg/hr] • 소각로 사전 예열 조치 : 소각로 전 후단 온도 800℃이상 유지 조치 • 컨베이너 레일을 이용하여 일정량 투입 소각 실시 • 소각 시연 완료 후 대상물의 소각 잔재물 분석을 통한 완전 소각 상태에 대한 브리핑
-------------	--

참석자	<ul style="list-style-type: none"> • (주) S.S 에너지 회장 유승진 • 삼오환경 상무 이경수 • 서해대학 총장 황진택 • ROHAS 이사 최호철 • 주식회사 리택 회장 유성렬
-----	--

실시 목적 및 효과	<p>인수공통전염 가축질병 발생지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속히 차단하는 살처분 폐사축 완전소각처리 시스템인 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 시제품개발에 대한 관련업계 홍보</p> <ul style="list-style-type: none"> • 예비 시제품에 제작과 관련하여 관련업계 및 유관기관 전문가들의 다양한 의견 수집 • 향후 추가 연구에 대한 효율적인 개발방향 모색 기회 마련 • 애로사항: 연구개발 기간 중 인간 전염병인 COVID-19의 심각한 진행으로 이동제한이나 거리두기 등으로 인해 집합 행사인 “시연회 개최” 등의 대외 홍보활동 진행의 어려움이 상존
------------	--



그림 36. 유관 업계 전문가 초청 및 시연회 활동사진

- (3) 20년도 2월 전 세계적으로 COVID-19 바이러스 확산 문제가 대두되면서 해외 활동에 큰 어려움을 겪음. 현재 유관 업계 전문가 유치활동은 대부분 중지된 상황임. 라. 수출 실현 시 대상국에 대한 국제특허 출원으로 당사 특허 보호 노력 전개와 해외 시장의 베스트셀러 모델의 소각 처리능력을 앞서는 소각기 연구개발을 전사적으로 추진
- (1) 국내 등록 특허에 대하여 당사와 협약된 변리법인과 상시적으로 연계하여 진출 대상국별 해당국 개별 국제특허 등록을 포함하여 관련 특허 업무를 신속히 추진
 - (2) 수 조원 대의 “국제 폐가축 소각기“ 판매시장 진출의 우호적 위치 확보를 위한 필수 사항으로 판단

제 3 절 연구개발성과

1. 특허 성과

가. 출원 특허

출원일자	재산권 구분	출원등록 구분	발명제목	출원등록인 / 특허권자	출원번호
2018.12.06	특허	출원	다단 연소방식의 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2019-0161345
2019.12.06	특허	출원	모듈형소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2019-0161358
2019.12.10	특허	출원	차량형 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2019-0163839
2020.09.09	특허	출원	다단의 소각로를 구비한 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2020-0115348
2020.09.09	특허	출원	소각시스템	(주)넥스트가스이노베이션	10-2020-0115349
2021.01.27	특허	출원	회전식 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2020-0074961
2021.01.27	특허	출원	회전식소각로 조립체	(주)넥스트가스이노베이션	10-2020-0074962

나. 등록 특허

등록일자	재산권 구분	출원등록 구분	발명제목	출원등록인 / 특허권자	등록번호
2019.08.05	특허	등록	액화가스 버너를 이용한 폐가축 처리용 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2009507
2019.08.05	특허	등록	폐가축 처리용 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2009508
2019.08.22	특허	등록	LPG 직접 분사 연소장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2015582
2021.01.27	특허	등록	회전식 소각장치	(주)넥스트가스이노베이션	10-2210782
2021.01.27	특허	등록	회전식소각로 조립체	(주)넥스트가스이노베이션	10-2210783

2. 산업지원 및 연구성과 활용

가. 기술실시 계약 성과 정보

기술실시 계약체결일	기술실시 계약명	실시권유형	기술실시 기관명	기술실시 업체유형	기술실시 계약금액
------------	----------	-------	----------	-----------	-----------

2021.01.01	후처리 공정이 필요없는 친환경 완전 소각기술 개발	직접 실시	(주)넥스트가 스이노베이션	중소기업	4,480,000 원
------------	--	-------	-------------------	------	-------------

나. 제품실시 확인 정보

제품 출시일	제품명	제품용도	주관 연구기관	해당 기술의 제품출시 유형	해당기술 의 제품 출시 기여율(%)
2020.12	NGI 500	인수공통전염가축질병으로 발생된 폐가축 살처분 후의 후처리 과정을 혁신적으로 줄여 불필요한 예산과 시간적인 낭비 요인을 제거한 친환경 완전 소각	(주)넥스트 가스이노 베이션	시제품 (제품출시 예정)	100%

3. 홍보전시 활동

일시	발표명	주관	장소	발표자
2019.12.02	폐사가축 소각시연회	(주)넥스트가스 이노베이션	전주공장	안광영
2020.12.04	폐사가축 소각시연회	(주)넥스트가스 이노베이션	전주공장	안광영

4. 최종평가 정량성과 실적 종합표

사업명	과제명	주관연구기관	연구책임자
가축질병대응기술	인수공통전염 가축질병으로 발생된 폐가축 살처분후의 후처리 단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전 소각기술 개발	(주)넥스트가스 이노베이션	안광영

(단위 : 건, %, 점)

성과지표	계획	실적	목표달성률	지표달성률	가중치	점수
------	----	----	-------	-------	-----	----

특허 출원	4	7	175.0%	100.0%	0.140	14.00
특허 등록	2	5	250.0%	100.0%	0.200	20.00
품종 등록	-	-	-	-	-	-
기술이전(건)	1	1	100.0%	100.0%	0.060	6.00
기술료(백만원)	-	-	-	-	-	-
제품화(건)	1	1	100.0%	100.0%	0.400	40.00
매출액(백만원)	종료후	-	-	-	-	-
수출액(백만원)	종료후	-	-	-	-	-
고용창출(명)	종료후	-	-	-	-	-
투자유치(백만원)	-	-	-	-	-	-
기술인증	-	-	-	-	-	-
논문(SCI)	-	-	-	-	-	-
논문(비SCI)	-	-	-	-	-	-
논문평균 IF	-	-	-	-	-	-
학술발표	-	-	-	-	-	-
교육지도	-	-	-	-	-	-
인력양성	-	-	-	-	-	-
정책활용	-	-	-	-	-	-
홍보전시	1	2	200.0%	100.0%	0.200	20.00
영농활용	-	-	-	-	-	-
계	9	16	-	-	-	100.0

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1 절 연구개발 목표

1. 해당연구기간 연구목표 및 평가의 착안점

구분	기간	세부연구목표	가중치	평가의 착안점 및 척도
해당연구 기간	2019.05.27 ~ 2020.12.31	개발 시제품 제작을 위한 특허기술의 완성 연구와 기술적용 시제품 완성	30%	독자적인 액분사 연료시스템 기술개발, 특허등록 및 모듈 형고열가축멸균 소각기” 제작 - 처리용량: 2,000kg/hr - 규모: 트레일러 탑재가능 - 처리온도: 1,200℃
		“모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운전 방법 등 기기 운용 개념 체계화(개념도 작성)	10%	시제품 도면 및 도식화 작업과 각 부품별 세부사항 작성, 시운전방법 및 유의사항 작성
		효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멸균 소각장비의 연구 개발 연구	20%	안정적인 소각로 온도 유지, 이동식 시스템 구축을 위한 설비규모 축소, 연소 효율을 높이기 위한 다양한 연구 활동 진행
		개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외 기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기 오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인 된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 대한 자료확보	10%	제작된 시제품에 대하여 대기환경보전법 시행규칙 및 기존 연구자료 등을 기반으로 대기오염물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 배출허용기준 부합성 여부 테스트 및 안정성 자료 확보
		“모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 운용을 통한 데이터 수집 및 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 연소 테스트 시연의 실시	30%	정부 관련 기관의 지원제도 적극 활용 및 당사 자체적으로 유관 업계 전문가 초청 시연회를 통한 유치작업 전개

제 2 절 목표 달성여부

1. 연구개발목표의 달성도

구분	기간	세부연구목표	달성도	내 용
해당 연구 기간	2019.05.27 ~ 2020.12.31	개발 시제품 제작을 위한 특허기술의 완성 연구와 기술적용 시제품 완성	100%	액분사 연료시스템 기술개발을 통해 설치비 및 유지 보수비용 절약효과를 보였으며, 이를 토대로 “모듈형 고열 사축사체 멀균소각기” 시제품을 완성함.
		“모듈형 고열 가축사체 멀균소각기”의 운전 방법 등 기기 운용 개념확립	100%	시제품 조감도, 구성, 성능 시운전 방법 등 기본적인 기기 운용 개념도를 제작 함.
		효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멀균 소각장비의 연구 개발 연구	80%	소각로 길이에 따른 완전연소 여부 확인, 거꾸로 태우는 방식 및 외부공기 유입 통로 확보 등의 소각 효율을 높이는 방법의 개선, 2차 연소실 도입으로 완전연소 도모, 공랭식 열교환기 증축 및 개선으로 인해 열전달 효율 증가 방안을 마련. 폐닭으로 소각물질을 선정하였을 시 최대처리 용량은 1,800kg/hr을 보이나 이보다 더 많은 양을 투입 할 시 정상상태 운용을 보이지 않음. 이후 안정적인 소각처리 능력을 보이는 경우를 확인 할 결과 24시간 기준으로 1,000kg/hr임을 확인 함.
		개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외 기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기 오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인 된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 대한 자료확보	100%	소각로 내 외부 공기 주입과 2차 연소실 증설로 배출되는 대기오염물질 및 다이옥신, 퓨란계의 가스의 허용치가 대기환경보전법에 요구하는 수치보다 적음을 보임
		“모듈형 고열 가축사체 멀균소각기” 운용을 통한 데이터 수집 및 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멀균소각기의 연소 테스트 시연의	60%	유관 업계 전문가 시연회 활동 등을 통해 자사의 기술력과 제품성능을 홍보 하였고 이를 기반으로 해외 진출 사업을 진행하려고 했으나, COVID-19로

		실시		인해 현재 중단된 상황임.
--	--	----	--	----------------

2. 평가의 착안점에 따른 관련분야 기술 발전에의 기여도에 대한 자체 평가

구분	기간	평가의 착안점	달성도	자 체 평 가
해당 연구 기간	2019.05.27 ~ 2020.12.31	<p>독자적인 액분사 연료시스템 기술개발, 특허등록 및 “모듈형 고열 가축멸균 소각기” 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> - 처리용량 : 2,000kg/hr - 규모 : 트레일러 탑재가능 - 처리온도 : 1,200℃ 	70%	<p>폐닭 기준 1,800kg/hr의 최대 처리용량을 보였으나 기존 연구 목표 대비 다소 낮은 수치를 보여 개선사항이 필요하다고 판단함. 그러나 소각로 내 1,200℃ 부근 안정적인 온도변화를 보이며, 향후 이동식 소각 차량을 짐목시키기에 어느 정도 소형화를 달성한 점에서 우수하다고 평가함.</p>
		<p>시제품 도면 및 도식화 세부사항 작성, 시운전방법 및 유의사항 작성</p>	100%	<p>제품의 전체적인 도식화 및 각 부품별 상세정보, 시운전방법, 유의사항을 기입한 부분에 대해서는 우수하다고 판단 함.</p>
		<p>안정적인 소각로 온도 유지, 이동식 시스템 구축을 위한 설비규모 축소, 연소 효율을 높이기 위한 다양한 연구 활동 진행</p>	100%	<p>거꾸로 태우는 방식을 도입하여 안정적인 소각로 내부의 온도변화 및 높은 열전달 효율을 보이는 측면에서 우수함을 보임. 그러나 이후 배출가스의 완전한 연소가 이루어지지 않는 문제점이 발생함. 이는 2차 연소실 증설로 해결하였으며 추후 다단식 공랭식 열교환기를 도입하여 후단 공정에서 집진기의 성능을 저해하는 문제를 방지함.</p>
		<p>제작된 시제품에 대하여 대기환경보전법 시행규칙 및 기존 연구자료 등을 기반으로 대기오염물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 배출허용기준 부합성 여부 테스트 및 안정성 자료 확보</p>	100%	<p>소각로 내 외부 공기 주입과 2차 연소실 증설로 배출되는 대기오염물질 및 다이옥신, 퓨란계의 가스의 허용치가 대기환경보전법에 요구하는 수치보다 적음을 보였고 공인된 외부 기관으로부터 승인을 받음.</p>
		<p>“모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 운용을 통한</p>	60%	<p>유관 업계 전문가 시연회 활동 등을 통해 자사의 기술력과 제품성능을</p>

		<p>데이터 수집 및 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 연소 테스트 시연의 실시</p>	<p>홍보 하였고 이를 기반으로 해외 진출 사업을 진행하려고 했으나, COVID 19로 인해 현재 중단된 상황임.</p>
--	--	--	---

제 3 절 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

1. 추가연구의 필요성 및 차후대책

가. 효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축멸균소각 장비의 성능 개선

(1) 소각로 내부의 스크류 형태인 내화재(날개)의 조립식 형태로 변경

① 연구기간 당시 구조의 편의성을 위해 소각로 내부의 스크류 형태인 내화재와 바깥 부분의 소각로 몸통을 일체형으로 결합하여 운용하였으나, 연소과정 시 소각물질과 접촉하는 부분인 내화재는 온도 상승이 급격하여 빠르게 팽창 되는 것에 비해 소각로 몸통은 천천히 온도가 상승하여 팽창되는 속도가 늦어짐. 이러한 팽창속도의 차이로 인해 내부의 내화재에 균열이 발생하여 소각 효율을 저해함.

② 일체형에서 소각로 안쪽에 내화재를 조립식으로 제작을 하게 되면 소각로 내부의 내화재와 이를 지지하는 소각로 몸통이 분리된 상태로 놓여지기 때문에 열팽창으로 인한 균열 문제가 발생하지 않음.

(2) 처리용량의 증대 및 대형가축의 처리 방안 대책

① 폐담 기준 24시간 이상으로 안정적인 처리하기 위한 용량은 500kg.hr임. 그러나 초기 인수공통전염으로 인해 발생한 폐가사축을 신속하게 처리함에 있어 24시간 기준을 목표로 두었을 때 안정적으로 운전 가능한 처리용량은 1,000kg/hr임. 이보다 더 높은 용량으로 처리하기 위해 후속실험을 진행한 결과 1,800kg/hr 까지 가능했지만 12시간 밖에 정상적으로 운전이 가동되었고 이는 연구목표인 2,000kg/hr의 처리용량에 비해서는 다소 낮은 수치였음.

② 처리용량이 1,800kg/hr이 초과하게 될 경우 운전초기에는 원활하게 소각이 이루어졌으나 12시간 이후 연소 중 발생하는 가스 및 분진들이 소각로 내부에 점차 쌓인 소각물질로 인해 충분하게 연소되지 않고, 보다 큰 입자 상태로 2차 연소실로 통과하게 됨. 결국 2차 연소실 내부 Honeycomb 구조의 입구를 점차 막아 안정적인 정상 상태로 운전하기 어려운 상황에 놓임.

③ 살처분된 가축을 처리하기 위해 요구되는 장비의 처리량은 2,000kg/hr가 필요하므로 효과적인 방역체제 대안으로 활용하기에는 처리용량의 증대가 필수적임.

④ 현재 2차 연소실 내부 Honeycomb 구조의 입구의 직경은 1cm 이므로 2cm인 직경의 부품으로만 교체하게 되더라도 Honeycomb으로 통과하는 연소가스 및 분진의 유량이 1/2배로 저하되기 때문에 현재 처리 용량의 2배를 증가시킬 수 있음.

⑤ 만일 연소가스 및 분진이 쌓여 입구를 점차 막는과정이 동일하게 진행된다 하더라도

직경이 2배가 되면 면적이 4배가 되기 때문에 기존에 소용되는 시간 보다 4배의 가동시간을 보이고, 신속하게 24시간 내에 처리해야 하는 상황에서 충분히 가동할 수 있는 범위 임.

- ⑥ 기존의 세라믹 내화재는 Hard한 특성을 지니고 있으며 밀도가 높고($\sim 1,100\text{kg/m}^3$) 소각로 내부의 예열과정에서 상당한 시간이 소요되는 문제가 있어 Soft한 재질인 세라믹 진공 성형품 으로 대체하여 장비의 경량화 및 예열시간을 단축하고자 함.



그림 37. 세라믹 진공 성형품 (Vacuum Shape) 이미지

표 18. 세라믹 진공 성형품 물리적 특성

		STD RCF Product	HZ RCF Product	
분류	등급 (°C)	1260	1430	
	밀도 (kg/m^3)	280-320	280-320	
물성	수분 함량 (%)	≤ 1	≤ 1	
	선수축률 (%)	≤ 2.5 ($1000^\circ\text{C} \times 24\text{hr}$)	≤ 2.5 ($1325^\circ\text{C} \times 24\text{hr}$)	
	강열감량 (wt%)	≤ 7	≤ 7	
	냉간파괴강도 (MPa)	0.20	0.12	
	열전도율 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	200 °C	0.074	0.078
		400 °C	0.092	0.102
		500 °C	0.103	0.116
600 °C		0.127	0.135	

- ⑦ 대체하고자 하는 내화재의 밀도는 기존 내화재에 비해 약 3배 정도 낮고 탑재된 내화재의 질량이 약 2.3톤 이므로(내화재 두께 0.15mm, 길이 8m) 소각로의 질량을 약 1.5톤으로 줄일 수 있음. 결국 경량화 된 만큼 소각로의 크기를 증가시킬 수 있기 때문에 보다 높은 처리 용량을 보일 것으로 기대함.
- ⑧ 대형 가축을 소각하는 경우 앞서 언급했던 처리용량의 크기를 키우는 것이 필요 할 뿐만 아니라, 투입되는 크기를 줄여야 하는 공정도 거쳐야 하므로 분쇄 장비가 추가

적으로 요구 됨.

- ⑨ 현재 사용되고 있는 대형가축(돼지 기준) 분쇄기의 규격은 가로 2.0m × 세로 1.2m × 높이 1.5m 이며, 추후 이동형 소각차량을 전환 시 추가 적으로 탑재할 수 있는 크기에 부합함. 반면 육우 혹은 젖소의 경우 보다 큰 절단기 및 파쇄기가 요구되어 추가 차량 지원이 필요하지만, 실현가능 하다면 대형가축에 대해서도 무리 없이 처리가 가능하다고 판단 함. 이로써 당사의 기술을 통해 제작된 제품으로 HPAI로 발생으로 살처분 된 가금류뿐만 아니라, 구제역, 광우병 등 질병에 의해 발생한 대형가축에 대해서도 추가설비 도입을 통해 동일한 시스템이 적용 될 수 있을 것으로 기대 함. 즉 소형가축에만 국한되어 있던 인수공통전염 질병에 의한 살처분된 폐가축을 가축별로 구매받지 않고 처리할 수 있어, 발생하는 추가적인 경제적 손실을 막을 수 있으며 가축별 분류되는 현장 대응 절차도 간소화 시킬 수 있음.
- ⑩ 본래 위 처럼 정리한 내용을 기반으로 재 실험을 통해 장비의 신뢰성을 높이고 상업화 가능성을 보이려고 했으나, 단순히 장비를 변형하여 테스트를 진행할 수 없었고 새롭게 제작이 필요하였기에 초기 지급받았던 연구 활동비용으로는 어려움이 있었음. 결국 가능한 실현가능한 범위 내에서 연구를 마무리 지었음.
- ⑪ 이처럼 본 연구는 높은 행정적, 경제적인 이점을 보이므로 추가적인 연구지원을 통해 가축별 소각 시 처리능력, 내구성, 소비연료의 효율성 등의 데이터를 확보하고 정리하는 과정이 필요함.

나. 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 국내적용 경험 등을 기반으로 해외 진출을 위한 각종 특허 확보 및 해외 진출 사업 추진

- (1) 해외 시장의 베스트셀러 모델의 소각 처리능력을 앞서는 소각기 연구개발을 전사적으로 추진 시 수 조원 대의 “국제 폐가축 소각기“ 판매시장 진출의 우호적 위치에 선점할 수 있는 이점이 있다고 판단 함.
- (2) 20년도 전 세계적으로 COVID-19 바이러스 확산 문제가 대두되면서 해외 활동이 제한 됨. 결국 현재는 해외 진출 사업은 중지 된 상태로 연구를 마감함.

제 4 장 연구결과의 활용 계획 등

1. 연구개발결과의 활용방안

- 가. “살처분 폐가축 완전소각처리 시스템”을 기반으로 현장대응형 이동식 소각차량 제작을 통해 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속하게 차단하여 기존 매몰법 및 랜더링 방법으로 처리함에 있어 발생하는 처리공간부족 및 2차 환경오염 문제를 해결할 수 있음.
- 나. 대상 가축 크기에 따른 분쇄기의 도입으로 소형 가축을 포함하여 대형가축에도 본 연구로 개발된 시제품을 활용할 수 있으며 이를 통해 살처분 된 가축의 소각처리를 통합적으로 이룰 수 있음.

2. 기대성과

가. 기술적 측면

- (1) 본 기술은 액분사 연소방식의 적용으로 기존 기화방식에 설비되어 있는 기화기와 압력조절기의 제거가 가능하게 되어 이로 인해 시설비 절약(기존 시설대비 30~95%), 시설유지 관리비의 저감효과(기화기운전 전기료, 시설운영에 따른 부품 교체 및 유지 보수 등이 기존방식 대비 1% 이하)등의 이점을 보임.
- (2) 소형 배관만으로 연결되는 간단한 설비이므로 액화가스(프로판, 부탄 등)를 사용함을 물론, 시설의 변경 없이 병커C유, 재생유 등도 병행 사용 가능함. 특히 연료 가격 변동에 따라 시설 변경 없이 즉시 연료 전환이 가능하여 유동적인 연료 가격 변동에 대응할 수 있음.
- (3) 이 기술을 소각시스템에 접목하여 트레일러에 탑재 가능한 “모듈형 고온 가축사체 멸균소각기”를 제작 하였으며 폐담 기준 최대 1,800kg/hr의 처리용량을 보임.
- (4) 제작된 시제품의 부품별 세부성능 기입, 도식화, 운전방법 등의 운용개념 확립 작업으로 제품의 상용화가 이루어질시 운전 및 보수작업에 있어 보다 편리함을 제공함.
- (5) 소각로 내 외부 공기 주입(배출가스 연소에 필요한 산소 공급)과 2차 연소실 증설로 배출되는 대기오염물질 및 다이옥신, 퓨란계의 가스의 허용치가 대기환경보전법에 요구하는 수치보다 적음을 보였고 공인된 외부 기관으로부터 승인을 받아 본 기술의 상용화시 안정적인 시운전을 보장 함.
- (6) 향후 개발된 시제품의 내구성 향상, 설비규모 최소화 및 다양한 조건에서 소각로 얻은 데이터를 기반으로 가금류, 돼지, 소 등 질병으로 인해 발생하는 살처분된 가축의 통합적인 소각처리 시스템 구축이 가능함.

나. 경제적·산업적 측면

- (1) 조류인플루엔자 발생에 따른 직·간접 기회손실액은 감염률이 10%일 경우 약 4,920억 원, 30%일 경우 약 1조 4,770억 원으로 추정되며 2003년 국내에서 처음 발병 이래로 해마다 점진적으로 증가하는 추세를 보임. 이러한 바이러스는 닭, 칠면조, 오리, 철새 등 여러 종류의 조류에 감염되는 바이러스성 전염병으로 전파속도가 매우 빠르며 직접접촉에 의해 전파되거나 감염된 닭의 분변에 의해 오염된 차량, 사람, 사료, 사양 관리기구에 의한 전파가 발생함. 이에 따른 전파속도를 빠르게 낮추기 위해 HPAI 바이러스를 신속, 정밀하게 진단하고 이후 바이러스에 감염된 개체수를

줄이며, 신속하게 전파체계를 차단 할 수 있는 기술이 요구되고 있는 실정임.

- (2) 본 연구팀은 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉각적으로 질병 전파를 신속히 차단하는 살처분 폐가축 완전소각처리 시스템인 “모듈형 고열가축사체멸균소각기” 시제품 완성을 하는 것에 목적을 두며 기존의 살처분 처리방법 대비 환경적으로 무해하며, 빠른 처리과정과 적은 처리공간을 차지하므로 설치 후 큰 효율을 가져올 것이라 기대함.
- (3) 또한 질병에 의한 살처분된 가축은 해당 농가 및 기업의 1차적 피해와 재정지출을 초래함과 동시에 관련 산업의 전후방산업연관 효과를 통해 기회비용이 발생하기에 잠재적으로 가지고 있는 경제적 파급력이 보다 크며 해외의 경우 국내 보다 더욱 심각한 결과를 야기함으로 미루어 보아 향후 “국제 폐가축 소각기” 판매시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상 됨.
- (4) 관련 산업의 전후방 단계에서 손실되는 경제적인 문제를 해결함과 동시에 국민들이 느끼는 불안감을 없애며, 국내 보건당국에도 큰 기여를 함.
- (5) 가금류에서 발생하는 고위험성 조류독감뿐만 아니라 구제역, 광우병 등 돼지, 소에서 발생하는 살가축 현장에도 접목이 가능하여 질병으로 인해 발생된 살가축을 처리함에 있어 통합적인 시스템 구축이 가능하며 이를 통해 행정적 조치의 간소화 및 추가적으로 발생하는 경제적인 손실을 최소화 시킬 수 있음.
- (6) 대상 가축 크기에 따른 분쇄기의 도입으로 가축별로 살처분된 폐가축 소각이 가능하며 이로써 여러 질병에 의한 전염병 확산을 방지할 수 있음. 뿐만 아니라 ‘도’ 단위로 현장대응형 이동식 소각차량 배치를 통해 집단적으로 발병된 폐가축을 신속하게 처리하여 질병확산에 대응할 수 있는 체제를 마련할 수 있음.

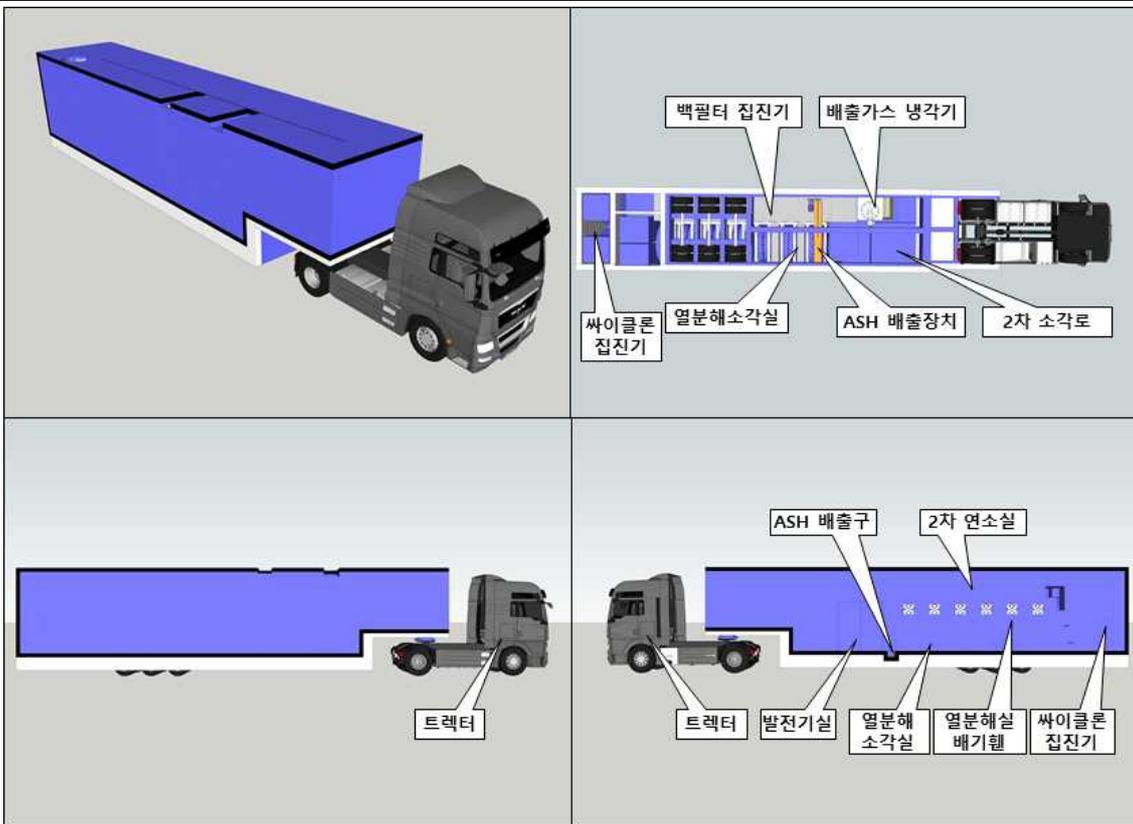


그림 38. 현장 대응형 이동식 폐사가축 멸균소각로 시스템

표 19. 이동식 소각기술을 가진 대표 3사와의 비교현황

구분				
제조사	(주)넥스트가스이노베이션	Addfield Environmental Systems Ltd.	Waste Spectrum Environmental Ltd.	Inciner8
소재	본사 서울 / 공장 전주	영국 스탠퍼드셔	영국 우스터	영국 사우스포트
장비명	N-2000대형소각기	Rapid 1000 Mobile	Hurikan 1000	i8-1000
최대 온도	2,000°C	1,760°C	850°C	1,600°C
사용 연료	기본 LPG(모든 액상 연료)	경유	경유	경유
소각량/시간	1톤~최대 2톤	최대 1톤	최대 1톤	최대 900kg
특이사항	경량화한 모듈형 소각로를 탑재하여 이동 및 소각용량변경이 용이함	대형소각기 선두주자 대형 트레일러 적재형	11년 국내최초 4대 수입에 정이었으나 효용성과 이동성의 한계로 1대만 구입	대형 트레일러 적재형/전기 사용량이 많음/국내 수입이력 없음

붙임. 참고문헌

- Peiris, J. S. M.; Jong, M. D. De; Guan, Y. Avian Influenza Virus (H5N1): A Threat to Human Health. 2007, 20 (2), 243 - 267.
- Lee, E.; Kang, H.; Song, B.; Lee, Y.; Heo, G.; Lee, H.; Lee, Y.; Kim, J. Surveillance of Avian Influenza Viruses in South Korea between 2012 and 2014. 2017, 1 - 10.
- Kim, H.; Lee, Y.; Park, C.; Oem, J.; Lee, O.; Kang, H.; Choi, J.; Bae, Y. Avian In Fl Uenza in Wild Birds. 2012, 18 (3), 3 - 6.
- Kim, H.; Park, C.; Lee, Y.; Woo, G.; Lee, K.; Oem, J.; Kim, S.; Jean, Y.; Bae, Y.; Yoon, S.; et al. An Outbreak of Highly Pathogenic H5N1 Avian Influenza in Korea , 2008. Vet. Microbiol. 2010, 141 (3 - 4), 362 - 366.
- Ungar, S. Global Bird Flu Communication. 2008, 472 - 497.
- Ki, Y.; Heui, S.; Kim, J. A.; Webby, R. J.; Webster, R. G. Avian Influenza Viruses in Korean Live Poultry Markets and Their Pathogenic Potential. 2005, 332, 529 - 537.
- 대기환경보전법 시행규칙 [별표 8] <개정 2020. 12. 30.>. 2020, 15 (12).
- Ii, P.; Lee, S. C. G. K. K. Numerical Investigation of Low-Pollution Combustion with Applying Flue Gas Recirculation in Counterflow Flames : Part II . Analysis of NOx Formation Mechanism. 2020, 24 (4), 39 - 47.
- 구제역 및 Ai 가축매몰지 친환경적 사후관리기법 연구.
- Yi, L.; Lee, Y.; Izzard, L.; Hurt, A. C. A Review of DNA Vaccines Against Influenza. 2018, 9 (July), 1 - 8.
- Park, J.; Lee, D.; Youn, H.; Kim, M.; Lee, Y.; Yuk, S. Protective Efficacy of Crude Virus-like Particle Vaccine against HPAI H5N1 in Chickens and Its Application on DIVA Strategy. 2012, 340 - 348.
- Arias, J. Z.; Reuter, T.; Sabir, A.; Gilroyed, B. H. Ambient Alkaline Hydrolysis and Anaerobic Digestion as a Mortality Management Strategy for Whole Poultry Carcasses. Waste Manag. 2018, 81, 71 - 77.
- Chen, T.; Huang, J. Anaerobic Treatment of Poultry Mortality in a Temperature-Phased Leachbed - UASB System. 2006, 97, 1398 - 1410.
- The, B.; The, A. 새로운 치료제: Dna 치료백신(Vgx-6150). 25 - 33.
- Insight, L. G. B. 백신, 활동 영역을 넓혀가고 있다. 2011.
- Martin, V.; Pfeiffer, D. U.; Zhou, X.; Xiao, X.; Prosser, D. J.; Guo, F.; Gilbert, M. Spatial Distribution and Risk Factors of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 in China. 2011, 7 (3).
- 기고고병원성조류인플루엔자HPAI와백신의활용 Korean Poultry Journal v.50 No.3 , 2018년, Pp.160 - 165. 표정식.
- 연구결과보고서 HPAI 위험도 분석·평가 및 기본계획 수립연구.

- 역대 최고 속도의 조류인플루엔자(Ai) 확산과 경제적 피해. 2016.
- Jang, H. The Outbreaks and Counterplan of Highly Pathogenic Avian Influenza in Korea and Overseas. 2008, 220 - 227.
- 조류인플루엔자 발생의 경제적 영향과 대책. 2008.
- 농촌진흥청 국립축산과학원 수의연구사 정 영 훈.
- 자원재활용 연구 (Development of Environment-Friendly Moving All-in-One Animal Rendering Equipment and Resource Recycling Technology of Animal Waste) 국립축산과학원 농촌진흥청.
- 평가 및 개선 기술개발 (Evaluation of the Influence of Animal Waste Treatment System Types on Viral Pathogen Inactivation) 국립축산과학원.
- 소각을 이용한 살처분 가축처리 및 안전체계 구축 연구(I). 2011. 국립환경과학원. 김기현.
- 소각을 이용한 살처분 가축처리 및 안전체계 구축 연구(II). 2012. 국립환경과학원. 김기현.
- Yunus A. Cengel and Afshin J. Ghajar, "Heat and mass transfer (Fundamentals and applications)", 4th ed., McGraw-Hill Korea, 2011

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 인수공통전염 가축질병으로 발생된 폐가축 살처분 후의 단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전소각기술 연구개발																																						
	(영문) R&D on eco-friendly incineration technology significantly improving process after killing of animals for disease control purposes																																						
주관연구기관	(주)넥스트가스 이노베이션 기업부설연구소				주 관 연 구 책 임 자	(소속) (주)넥스트가스 이노베이션 기업부설연구소																																	
참 여 기 업	-					(성명) 안광영																																	
총연구개발비 (428,000천원)	계	428,000천원			총 연 구 기 간	2019.05.27~2020.12.31																																	
	정부출연 연구개발비	320,000천원			총 참 연 구 원 수	총 인 원	2명																																
	기업부담금	108,000천원				내부인원	2명																																
	연구기관부담금					외부인원	0명																																
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속히 차단하는 “살처분 폐가축 완전소각처리 시스템”의 “모듈형 고열가축사체멸균소각기” 시제품개발 완성 2. “모듈형 고열가축사체멸균소각기” 제품 제작을 위한 공정 표준화 및 처리 용량 증대를 위한 기술 연구개발(시간당 2톤 이상) <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 액분사 연료시스템 기술개발 및 특허 등록, 액분사 연료시스템 기술을 적용한 이동식 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 시제품 제작 2. 제작된 제품의 구성, 운용방법, 사용 시 유의사항 등 운용개념 확립 3. 효율적인 열전달을 위해 소각로에 거꾸로 태우는 방식을 도입, 대기오염 배출물질의 완전 연소를 위한 2차 연소실 증설, 후단 공정의 집진 효율을 높이기 위한 다단식 공랭식 열교환기 설비 4. 공인된 외부기관의 테스트를 통하여 배출되는 대기오염가스가 국내 “대기환경보전법 시행규칙”에 의거한 허용기준에 부합함 5. 최대 1,800kg/hr의 처리용량을 보유하였지만 용량별 테스트를 통해 24시간 기준 지속적으로 장비를 가동하기 위해 적정용량은 1,000kg/hr으로 확인 됨. 6. COVID 19로 확산세로 인해 추진하던 해외 진출 사업은 현재 성과 없이 중단된 상태 임. <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 지식재산권 : 현재 특허출원 7건, 특허등록 5건 2. 사업화 : 현재 기술이전 1건, 제품화 3. 정책 활동 홍보 전시 : 현재 2건, 향후계획 6건 <p style="text-align: center;"><예상되는 연구개발성과 유형></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설 ·장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">생명 자원</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정 보</th> <th>실 물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예상성과 (N/Y)</td> <td>N</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>												구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명 자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정 보	실 물	예상성과 (N/Y)	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N
구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명 자원		신품종																													
								생명 정보	생물 자원	정 보	실 물																												
예상성과 (N/Y)	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N																												

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		119054-02	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야	인수공통감염병관리, 축산업시설/환경기계/시스템		과제구분	단위	
사업명	질병대응기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	인수공통전염 가축질병으로 발생된 폐가축 살처분 후의 단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전소각기술 연구개발		과제유형	개발	
연구기관	(주)넥스트가스 이노베이션 기업부설연구소		연구책임자	안광영	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	19.05.27~19.12.31	130,000	44,000	174,000
	2차연도	20.01.01~20.12.31	190,000	64,000	254,000
	3차연도				
	4차연도				
	5차연도				
	계	19.05.27.~20.12.31	320,000	108,000	428,000
참여기업	-				
상대국	-	상대국연구기관		-	

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

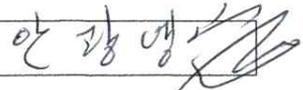
2. 평가일 : 2021.02.15

3. 평가자(연구책임자) : 안광영

소속	직위	성명
(주)넥스트가스 이노베이션 기업부설연구소	연구소장	안광영

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	
----	---

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

기존 기화방식에 설비되어 있는 기화기와 압력조절기 제거를 통해 액분사 연료시스템을 개발하였고 살처분된 폐가축을 처리할 수 있는 소각기에 접목하여 시제품 제작. 이로써 우선적으로 대규모 가금류 살처분 현장에서 즉각적으로 질병전파를 신속히 차단하는 현장대응형 시스템 구축 가능성을 보여 본 연구의 기술개발의 우수성과 활용부분에 대한 창의성이 돋보임.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

기존의 살처분 처리방법 대비 환경적으로 무해하며, 신속한 처리시간과 공간의 제약이 적은 이점을 통해 환경문제를 예방하고 전염병 발생 시 신속한 대응방안으로 보일 것으로 기대함. 이를 통해 생산단계 및 유통단계에서 발생하는 피해들을 최소화하고 더 나아가 국민들의 안전까지 보호 하고자 하는 측면에서 큰 파급력을 보임.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

대상 가축 크기에 따른 분쇄기의 도입으로 가축별로 살처분된 폐가축 소각이 가능하며 이로써 여러 질병에 의한 전염병 확산을 방지할 수 있음. 뿐만 아니라 '도' 단위로 현장대응형 이동식 소각차량 배치를 통해 집단적으로 발병된 폐가축을 신속하게 처리하여 질병확산에 대응할 수 있는 체제를 마련할 수 있음.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

연구기간내에 본 연구팀이 확보한 기술인 액분사 연료시스템을 기반으로 "모듈형 고열 가축사체 멸균소각기" 시제품을 개발함. 이후 소각 처리용량을 높이고자 거꾸로 태우는 방식을 도입하였고 가금류인 닭의 경우 최대 1,800kg/hr까지 끌어올림. 또한 2차 소각로 증설로 인해 배출되는 대기오염가스가 국내 "대기환경보전법 시행규칙"에 의거한 허용기준에 부합하며 이를 통해 시제품이 안정적으로 운용될 수 있도록 함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

특허출원 7건, 특허등록 5건을 보유하여 기존 목표치보다 높은 연구개발성과를 보였으며 기술이전 및 시제품화에 각 1건씩 등록함으로써 기술의 상업화를 이루고자 함. 홍보활동을 통해 본 기술의 우수성과 파급효과에 대해 널리 알림으로써 향후 "폐가축 소각기" 판매시장에 진입 시 높은 우위 점을 점.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
개발 시제품 제작을 위한 특허기술의 완성 연구와 기술적용 시제품 완성	30%	70%	액분사 연료시스템 기술개발을 통해 설치비 및 유지 보수비용 절약효과를 보였으며, 이를 토대로 “모듈형고열사축사체 멸균소각기” 시제품을 완성함.
“모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”의 운전 방법 등 기기 운용 개념 체계화(개념도 작성)	10%	100%	시제품 조감도, 구성, 성능 시운전 방법 등 기본적인 기기 운용 개념도를 제작 함.
효과적으로 폐사 가축 소각을 실현하기 위한 모듈형 고열 가축사체 멸균 소각장비의 연구 개발 연구	20%	80%	소각로 길이에 따른 완전연소 여부 확인, 거꾸로 태우는 방식 및 외부공기 유입 통로 확보 등의 소각 효율을 높이는 방법의 개선, 2차 연소실 도입으로 완전연소 도모, 공랭식 열교환기 증축 및 개선으로 인해 열전달 효율 증가 방안을 마련. 폐담으로 소각물질을 선정하였을 시 최대처리 용량은 1,800kg/hr을 보이나 이보다 더 많은 양을 투입 할 시 정상상태 운용을 보이지 않음. 이후 안정적인 소각처리 능력을 보이는 경우를 확인 할 결과 24시간 기준으로 1,000kg/hr임을 확인 함.
개발 시제품에 대하여 “국립환경과학원과 해외 기관”들의 기존 연구자료 등을 기반으로 대기 오염 배출물질, 다이옥신, 악취, 먼지 등의 허용기준 부합성 여부를 공인 된 외부기관의 테스트를 시행하여 안정성에 대한 자료확보	10%	100%	소각로 내 외부 공기 주입과 2차 연소실 증설로 배출되는 대기오염물질 및 다이옥신, 퓨란계의 가스의 허용치가 대기환경보전법에 요구하는 수치보다 적음을 보임.

<p>“모듈형 고열 가축사체 멸균소각기” 운용을 통한 데이터 수집 및 관련 업계 전문가를 대상으로 한 모듈형 고열 가축사체 멸균소각기의 연소 테스트 시연의 실시</p>	<p>30%</p>	<p>60%</p>	<p>유관 업계 전문가 시연회 활동 등을 통해 자사의 기술력과 제품성능을 홍보 하였고 이를 기반으로 해외 진출 사업을 진행하려고 했으나, COVID-19로 인해 현재 중단된 상황임.</p>
---	------------	------------	---

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 기존 기화방식에 설비되어 있는 기화기와 압력조절기 제거를 통해 액분사 연료시스템을 개발하였으며 이를 살처분된 폐가축을 현장에서 완전소각 처리할 수 있는 폐사축 소각기에 접목하여 시제품을 개발함. 또한 소각 시 배출되는 대기오염물질이 국내 “대기환경보전법 시행규칙”에 의거한 허용기준을 충족하는 소각데이터를 확보함. 소각처리능력 개선을 위하여 “거꾸로 태우는 방식”을 적용할 시 가금류인 폐닭의 경우 최대 1,800kg/hr까지 연소 테스트를 실시하여 유의미한 실험 결과를 도출 하였으나 연속식의 경우에는 장비에 과부하가 발생하여 지속적인 가동성을 확보하지 못함. 금번 연구 과제 수행에 따라 제작된 시제품의 경우 24시간 연속 운전시에 적정한 소각량은 1,000kg/hr가 적정용량임을 확인함. 이처럼 금번 연구개발 과정의 현장 대응 가능한 소각기의 소각량의 한계를 극복하기 위해서는 고내열성 경량화의 내화재의 교체 및 2차연소실 개선 등의 새로운 소각장비의 제작이 필요 함. 즉 살처분된 폐사가축 소각기의 경우 현장 대응형으로써 금번 연구를 통해 당사에서 제안한 “이동형 소각차량 개발” 등의 추가적인 연구 개발이 절실 함. 이처럼 본 연구는 살처분 현장에서 폐사가축을 완전소각으로 신속하게 처리함으로써 가축 질병의 확산을 차단하고 현재 매립 등의 처리로 인해 발생하는 환경오염 문제를 원천적으로 봉쇄하는데 이점을 가지고 있음. 즉 본 연구의 가치는 완전소각이라는 One-Stop 처리방식을 현장에 도입함으로써 현재까지 매년 수 천 억원대대의 비용을 지불하면서도 환경적인 문제를 안고 있었던 동물 인수공통전염 질병대응 체계를 혁신적으로 개선한 것이라 할 수 있음. 이에 대해 정부의 지속적인 연구지원 및 “폐가축 소각기” 시장에 대한 인식의 증대로 본 연구의 실질적인 발전을 도모하고자 하는 노력이 필요 함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구는 자체 기술인 액분사 연료시스템을 소각기에 접목시킴으로써 인수공통전염 질병에 의한 살처분된 폐가축의 소각기로 활용하는 측면에서 우수한 창의성과 제품화를 통해 상업적으로 활용될 수 있는 가능성을 보임으로써 본 연구팀의 연구개발 수행노력의 성실도가 높다고 판단함. 그러나 전 세계적으로 COVID-19 바이러스 확산 문제가 대두대면서 해외 진출 활동이 중단 되었을 뿐만 아니라 연소 테스트를 위한 폐사가축의 공급에도 상당한 어려움이 있었음. 이처럼 COVID-19로 인하여 연구 활동 전반의 어려움이 상존하였음을 평가 시 고려하여 주시기 바람.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구를 통해 가금류인 폐닭의 경우 500kg/hr의 적정 처리용량과 최대 1,800kg/hr의 최대 처리용량을 보였으며 투입량 대비 소각 후 약 3%의 하얀 재형태의 잔존물이 발생하는 것을 통해 인수공통 전염 질병으로 살처분된 폐가축을 처리하는 소각기로써의 상업화 진출의 가능성을 보임. 향후 처리용량의 한계와 더불어 이동성의 한계를 극복하기 위한 장비의 개선 및 추가 실험연구가 필요하다고 판단 됨. 가축 상태에 따른 소각 테스트 및 대상 가축 크기에 따른 분쇄기의 도입으로 가축별로 살처분된 폐가축 소각이 가능하도록 연구개발 범위를 넓힌 추가연구가 필요함. 이후 모듈시스템인 이점을 활용하여 이동식 소각차량을 제작한 후 '도' 단위로 현장대응형 이동식 소각차량 배치를 통해 집단적으로 발병된 폐가축을 신속하게 처리하여 질병확산에 대응할 수 있는 체제를 마련하는데 기여하고자 함. 이처럼 "폐가축 소각기"시장에 대한 경제적인 파급력과 국내 이와 관련된 연구가 아직 진행되지 않는 점을 미루어 볼 때 본 연구의 가치는 상당히 높을 것이라 판단되며 이에 대한 정부의 관심과 지원이 절실하다 여겨짐.

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

-

2. 연구기관 자체의 검토결과

-

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	인수공통감염병관리	
연구과제명	인수공통전염 가축질병으로 발생된 폐가축 살처분 후의 단계를 혁신적으로 줄인 친환경 완전소각기술 연구개발			
주관연구기관	(주)넥스트가스 이노베이션 기업부설연구소	주관연구책임자	안광영	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	320,000 천원	108,000 천원		428,000 천원
연구개발기간	2019.05.27.~2020.12.31			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 인수공통전염 가축 질병 발생 지역 중 우선으로 가금류 대규모 살처분 현장에서 즉시 질병 전파를 신속히 차단하는 “살처분 폐가축 완전 소각처리 시스템”의 “모듈형 고열가축사체멸균 소각기” 시제품개발 완성.	기존 기화방식에 설비되어 있는 기화기와 압력조절기 제거를 통해 액분사 연료시스템을 개발하였으며 이를 살처분된 폐가축을 처리할 수 있는 소각기에 접목하여 시제품 제작 및 운용 개념 확립. 배출되는 대기오염물질이 국내 “대기환경보전법 시행규칙”에 의거한 허용기준을 충족하는 소각 데이터를 확보함.
② “모듈형 고열가축사체멸균소각기” 제품 제작을 위한 공정 표준화 및 처리 용량 증대를 위한 기술 연구개발(시간당 2톤 이상).	소각 처리능력을 높이고자 거꾸로 태우는 방식을 도입하여 소가축인 폐닭의 경우 최대 1,800kg/hr 까지 끌어올렸으나, 장비의 과부하로 인해 지속적인 가동을 보이지 못함. 추후 처리량을 낮추면서 테스트를 진행한 결과 결함 없이 안정적으로 가동하기 위해서는 24시간 기준 1,000kg/hr이 적정용량임을 밝힘. 향후 이러한 한계를 극복하기 위해 장비의 개선 및 추가 실험이 필요하다고 판단 함. 또한 소각기의 경우 고효율의 재료를 선택, 현장대응형 이동식 소각차량화 등의 추가적인 연구개발을 통해 위의 문제를 해결하고자 함.

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	14	20		6		40											20			
최종목표	4	2		1		1											1			
연구기간내 달성실적	7	5		1		1											2			
달성율(%)	175	250		100		100											200			

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	모듈형소각장치
②	다단 연소방식의 소각장치
③	차량형 소각장치
④	다단의 소각로를 구비한 소각장치
⑤	소각시스템
⑥	회전식 소각장치
⑦	회전식소각로 조립체
⑧	LPG 직접 분사 연소장치
⑨	액화가스 버너를 이용한 폐가축 처리용 소각장치
⑩	폐가축 처리용 소각장치

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개발	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술	v					v				
②의 기술	v					v				
③의 기술	v					v				
④의 기술	v					v				

⑤의 기술	v					v				
⑥의 기술	v					v				
⑦의 기술	v					v				
⑧의 기술	v					v				
⑨의 기술	v					v				
⑩의 기술	v					v				

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	모듈형소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
②의 기술	다단 연소방식의 소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
③의 기술	차량형 소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
④의 기술	다단의 소각로를 구비한 소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
⑤의 기술	소각시스템 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
⑥의 기술	회전식 소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
⑦의 기술	회전식소각로 조립체 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
⑧의 기술	LPG 직접 분사 연소장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
⑨의 기술	액화가스 버너를 이용한 폐가축 처리용 소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리
⑩의 기술	폐가축 처리용 소각장치 기술을 이용하여 인수공통전염 질병으로 살처분 된 폐가축을 소각 처리하는 “모듈형 고열 가축사체 멸균소각기”에 활용하여 친환경적으로 완전연소처리

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	정책활용			홍보전시		
												SCI	비SCI						논문평균IF	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치		100																		
최종목표		2																		
연구기간내 달성실적		5																		
연구종료후 성과창출 계획		3																		

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(직접실시)		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

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

주 의

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