

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

## 기술 사업화 지원사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004741-01

# 축산농장 방역 및 환경 개선사업화

2024.07.29.

주관연구기관 / (주) 엔퓨텍  
공동연구기관/농림축산검역본부

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “축산농장 방역 및 환경 개선 사업화”(개발기간 : 2021.04.01 ~ 2023.12.31.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 07. 29.

주관연구기관명 : (주) 엔퓨텍 (대표자) 이화용 (인)  
공동연구기관명 : 농림축산검역본부 (대표자) 김정희 (인)  
참여기관명 : (대표자) (인)

주관연구책임자 : 이화용 (인)  
공동연구책임자 : 정우석 (인)  
참여기관책임자 : (인)

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.



<b>최종보고서</b>										보안등급		
										일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]		
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명		기술사업화지원사업			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			사업명		내역사업명 (해당 시 작성)		공공기술 사업화 촉진 (축산)			
광고번호		농축2021-41호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		연구개발과제번호		821034-3			
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 소분류 코드명 LB0710	50%	2순위 소분류 코드명 1LB0701	30%	3순위 소분류 코드명 LB0607	20%					
	농림식품과학기술분류	1순위 소분류 코드명 FB0201	50%	2순위 소분류 코드명 RC0202	30%	3순위 소분류 코드명 AB0203	20%					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문										
		영문										
연구개발과제명		국문	축산농장 방역 환경 개선 사업화									
		영문	Commercialization technology development for livestock farm disinfection and environment improvement									
주관연구개발기관		기관명	(주)엔퓨텍			사업자등록번호		215-86-27153				
		주소	(12806)경기도 광주시 곤지암읍 백고개길161번길 24			법인등록번호		110111-2544818				
연구책임자		성명	이화용			직위		대표이사				
		연락처	직장전화	031-744-4547		휴대전화		010-6500-3255				
		전자우편	ceo@enputech.com			국가연구자번호		1089-5577				
연구개발기간		전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)									
		단계	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)								
		(해당 시 작성)	2단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 개월)								
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타( )				합계			연구개발 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물		합계
총계		825,000	27,500	247,500	0	0	0	0	852,500	247,500	1,100,000	
1단계		1년차	225,000	7,500	67,500				232,500	67,500	300,000	
		n년차	300,000	10,000	90,000				310,000	90,000	400,000	
n단계		1년차	300,000	10,000	90,000				310,000	90,000	400,000	
		n년차										
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고					
		역할	기관유형									
공동연구개발기관		검역검사본부	정우석	연구관	010-8432-2002	wjeong@korea.kr	공동		국립연			
위탁연구개발기관												
연구개발기관 외 기관												
연구개발담당자 실무담당자		성명	전형준			직위		부장				
		연락처	직장전화	031-744-4549		휴대전화		010-2278-8189				
		전자우편	rnd@enputech.com			국가연구자번호		1119-3627				

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

2024년 02 월 26 일

연구책임자: 이화용 (인)

주관연구개발기관의 장: (주)엔퓨텍 이 화 용  
 공동연구개발기관의 장: 농림축산검역본부장 김정희  
 위탁연구개발기관의 장:



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

사업명	2021년도 기술사업화지원사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	공공기술 사업화 촉진 (축산)			연구개발과제번호			821034-3
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 소분류 코드명 LB0710	50 %	2순위 소분류 코드명 1LB0701	30 %	3순위 소분류 코드명 LB0607	20%
	농림식품 과학기술분류	1순위 소분류 코드명 FB0201	50 %	2순위 소분류 코드명 RC0202	30 %	3순위 소분류 코드명 AB0203	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명 축산농장 방역 환경 개선 사업화							
전체 연구개발기간 2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)							
총 연구개발비 총 1,100,000천원 (정부지원연구개발비: 825,000천원, 기관부담연구개발비 : 275,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)							
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 7 ) 종료시점 목표( 9 )	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		ASF, AI 차단방역을 위한 축산농가 단위 방역 환경 개선 제품 제조 생산 및 사업화				
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 철새로 인한 AI가 전국에서 발생하고 있고 ASF 감염 멧돼지가 계속 남하하고 있어 언제든 양돈 농가로 전파될 수 있는 지금 농가 단위 방역시설에 대한 업그레이드 필요성이 시급한 시점임</li> <li>▪ 당사는 농림축산검역본부가 개발한 “농도조절이 가능한 살균수 생성장치”와 “차량용 소독 시스템과 이를 이용한 차량 소독 방법” 특허에 대하여 “국유특허권 통상실시권”을 계약 하였음.</li> <li>▪ 특허 제품인 차아염소산(살균수) 생성장치는 농림축산 검역본부로부터 ASF, AI, FMD 바이러스 제거 효능을 인정받아 2020년 방역용 [동물용 의료기] 허가(제205-001호)를 받았음.</li> <li>▪ 이 특허 기술을 적용하여 NET(농림식품신기술인증, 제 23-081호)을 2020년 9월 7일에 받았음.</li> <li>▪ 국유특허와 NET 기술을 적용하여 축산농가에서 필요한 울타리 소독 시스템, 방역실, 전실, 축사 급기 소독 시스템, 축사 내부 안개 분무를 통한 소독 및 악취저감 시스템을 개발 생산하여 사업화하고자 함.</li> </ul>				
	1단계 (21.04.01 ~ 22.12.31)	목표	[ ASF, AI 차단 방역을 위한 축산농가 단위 방역 환경개선 제품 제조 생산 및 사업화 ] ▶ 농장 울타리 소독 및 방역시스템 개발 ▶ HClO+ UV 결합 방역실, 전실 및 장화와 도구 세정 소독 시스템 개발 ▶ 폐사축 보관함 시스템 개발				
	내용	1. 방역실 제작					

		<p>가. 필요성 : ASF 재입식 8대 방역 물품  나. 외부에서 농장으로 들어오는 사람이 샤워, 손 씻기, 환복, 신발 갈아 신을 수 있는 공간  다. 농장 안과 밖을 완전하게 물리적으로 분리하며 소독된 옷, 신발(장화 등)을 갖추도록 함. 전실 내부는 축사 내에서 사용하는 장화와 외부의 작업 장화가 섞여서 교차오염이 되지 않도록 내부를 오염·비오염 구역으로 구획하여, 잠재적 오염성이 있는 외부 의류와 장화를 분리 구별하여 외부에서 농장 내부로 질병이 전파되는 것을 방지하는 역할을 함.  라. 방역 구성품 : 옷장 살균기, 장화 신발 살균기, 휴대전화 살균기 등  마. 크기 : 컨테이너 3×6m를 기본으로 제작</p> <p>2. 전실 제작  가. 필요성 : ASF 재입식 8대 방역 물품. 최근 발생한 AI는 아직 농장 간 전파는 발견되지 않았고 모두 철새에 의해 전파된 것으로 예측됨.  농장 안에 떨어진 철새의 분변을 작업자가 밟고 축사 내부로 들어가 전파되었을 가능성이 있음. 그러므로 작업자는 축사 내부로 들어갈 때는 다시 장화를 세척 소독이 된 장화로 바꾸어 신고, 환복 후 들어가야 함.  나. 전실의 방역용품 : 옷장 살균기, 장화 세척 소독기  다. 소독 방식 : 고효율 소독 시스템 NET 기술 적용</p> <p>3. 울타리 차아염소산수 노즐 제작  가. 필요성 : 외부 울타리에 노즐을 설치해 차아염소산수를 분무하여 외부에서 유입될 수 있는 바이러스의 침투를 방지  나. 울타리 외부의 야생동물 출현 횟수를 파악하기 위해 카메라를 설치해 일정 기간동안의 야생 동물 출현 횟수 파악한 후 통계  다. 소독 방식 : 고효율 소독 시스템 NET 기술 적용</p> <p>4. 폐사축 보관함 제작  가. 필요성 : 질병으로 폐사한 돼지는 법적으로 위탁 처리가 필요함. 그러나 현재 설치되어 있는 폐사축 보관함은 폐사축의 보관과 수거가 불편함.  나. 폐사축 보관함을 지하에 설치하고, 뚜껑을 열어 집게차로 폐사축을 수거하기 용이하게 제작  ○ 방역시설 개발을 위한 평가시스템 적용  - 울타리 소독 시스템, 방역실, 전실, 축사 급기 소독 시스템, 축사 내부 안개 분무를 통한 소독 및 악취저감 시스템 개발시 평가 시스템 적용  * 차아염소산수 분무조건 (분무량, 분무시간, 분무위치 등) 설정  ** NET(농림식품신기술인증, 제23-081호) 기술을 적용한 조건 설정</p> <p>5. 축사내부 환경 개선 및 악취저감 시스템 개발  가. 축사내 환경개선 설계  나. IoT 환경센서 모듈연동 시스템 개발</p>
	<p>2단계 (23.01.01 ~23.12.31)</p>	<p>목표 [ ASF, AI 차단 방역을 위한 축산농가 단위 방역 환경개선 제품 제조 생산 및 사업화 ]  ▶ 고효율 방역 소독 제품화  ▶ HClO+ UV 결합 울타리 소독, 방역실, 전실 제품화  ▶ 폐사축 보관함 시스템 제품화</p> <p>내용 1. 방역실 제품화  ASF 재입식 8대 방역 물품의 하나로 컨테이너 3×6m를 기본으로 하여 옷장 살균기, 장화 신발 살균기등을 구비한 제품</p>

		<p>2. 전실 제품화 유기물 조건하에서도 우수한 살균 성능을 나타내는 고효율 소독 시스템을 적용하고, 옷장 살균기와 장화 신발 살균기가 구비된 전실의 제품화</p> <p>3. 차아염소산수를 적용한 울타리 방역 제품 고효율 소독 시스템 NET 기술 적용한 소독액 분사 시스템</p> <p>4. 폐사축 보관함 제품화 폐사축 보관함을 지하에 설치하고, 뚜껑을 열어 집게차로 폐사축을 수거하기 용이한 형태로 제작.</p> <p>5. IoT 환경 센서와 내부소독 및 악취저감 시설 연동 실증</p>
--	--	--

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 차아염소산(HCIO)+자외선(UV)을 결합한 살균 시스템 평가 및 적용 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 차아염소산의 최적 농도와 자외선 강도를 유기물 조건하에서 최적의 소독 효율을 발휘 할 수 있도록 실험 평가하여 최적 시스템 설정.</li> <li>• 이를 이용하여 장화 살균 소독기 내부 시스템 및 물품 보관실에 적용.</li> <li>• 축산 내 발생하는 악취에 대한 시험 평가를 통한 공기 정화 시스템 구성.</li> <li>• 외부 공기 유입부 정화를 통한 공기를 통하여 감염되는 것을 방지하는 데 활용.</li> </ul> </li> <li>○ 폐사축 보관함 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농장 내 폐사축을 가축 전염병 예방 차원에서 보관하여 농장 외부에서 수거가 쉽도록 구성한 폐사축 보관함을 개발</li> <li>• 농장 울타리 근처 매립형태의 구조물로 폐사축이 발생하였을 때 여기에 보관하면 냉동기에 의해 일정 온도로 유지되어 부패를 방지하고 폐사축 수거 차량이 농장을 직접 방문하지 않고도 쉽게 수거할 수 있는 형태로 구성하였으며 부가 시설로 소독액 세정 시스템도 구비하여 폐사축에 의한 질병 전파를 차단할 수 있게 개발하였다.</li> </ul> </li> <li>○ 장화 살균기 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 방역실 및 전실에서 사용할 수 있는 장화 살균기를 현재 시판되는 제품을 활용하여 세균 및 A 바이러스 실험을 통하여 문제점을 분석하고 차아염소산+자외선의 살균 효능을 각 조건별로 평가 실험하여 살균 효능이 뛰어난 장화 살균기를 개발</li> </ul> </li> <li>○ 울타리 방역 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 분사 노즐을 이용하여 울타리 설치 높이에 따른 분사량과 분사거리를 감수지를 통하여 평가하였으며 이를 통해 울타리 방역의 효율적인 설치 높이와 소독액 분사량제어 시스템을 개발.</li> </ul> </li> <li>○ 방역실 및 전실의 구성 및 이의 이용방안 마련 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 농장을 방문한 사람이 농장에 들어가기 전 차단방역을 위한 샤워, 손 씻기, 환복, 신발 갈아 신을 수 있는 공간을 설계하였으며 구성요소로 옷장 살균기 및 장화 살균기를 개발하였다.</li> </ul> </li> <li>○ IoT 연동 축산 악취 저감 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT 환경센서와 데이터 알고리즘 기반 제어장치를 통하여 축사 발생 악취를 울타리 분무 시스템을 통하여 저감할 수 있는 시스템 개발.</li> </ul> </li> </ul>
--------	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p><b>1) 연구개발성과의 활용방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ASF 차단 방역을 위한 축산농가 소독 방법 및 장치 개선 <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 외부 울타리, 내부 울타리에 주기적으로 차아염소산을 분무하여 조류, 설치류에 의한 전염을 차단하는 데 활용</li> </ul> </li> </ul>
---------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 당사에서 NET(신기술인증)을 받은 차아염소산과 자외선 활성화 장치를 이용한 고효율 소독 시스템을 적용한 방역실은 외부인에 의한 전염병 전파를 차단하는 데 활용.</li> <li>◆ 위 시스템을 적용한 전실은 내부 근무자에 의한 농장 내 전염병 전파를 막는 데 활용.</li> <li>◆ 축사 내 인입 공기 살균 시스템은 외부에서 공기를 통하여 감염되는 것을 방지하는 데 활용.</li> </ul> <p>○ 장화 살균 소독기</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 농장 내에서 방역실 및 전실에 설치하여 농장 내 근무자의 장화에 항상 살균 상태를 유지하게 하여 감염병 전파를 차단하게 한다.</li> </ul> <p>○ 폐사축 보관함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 농장에서 발생한 폐사축을 위생적으로 보관하게 함과 동시에 수거시에도 수거 차량이 농장을 직접 방문하지 않고 울타리 밖에서 수거함으로 차단방역의 효율을 높였으며 소독 세척 장치도 구비하여 위생 관리를 강화하였다.</li> </ul> <p>○ 축산 악취 저감</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ IoT 악취센서 농도에 따라 외부 울타리에서 차아염소산을 분무하여 악취가 농장에서 밖으로 확산하는 것을 방지하는 데 활용.</li> <li>◆ IoT 환경센서 데이터 알고리즘 기반 제어장치를 통하여 축사 내부 차아염소산이 분무 되어 악취가 감소하면 축사 외부에 악취저감장치를 별도로 설치할 필요가 없어 짐.</li> </ul> <p><b>2) 연구개발성과의 기대효과</b></p> <p>○ 기술적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 차아염소산(HOCl)과 자외선(UV) 활성화 장치를 이용한 고효율 소독 시스템 NET 기술을 다양한 방역 기기에 적용하여 기술을 확산함.</li> <li>◆ 부유 세균, 바이러스 소독과 악취저감 동시 효과가 있는 하이브리드 기술 보급으로 관련 국내 기술의 수준을 증대시킴.</li> </ul> <p>○ 산업 경제적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 고효율 소독 시스템을 통한 전염성 질병 전파를 차단 효과를 높여 질병 전파로 인한 살처분에 의한 농장의 경제적 손실, 정부 지자체의 살처분 보상비 예산 절감, 사료 회사 도축장 등 관련 산업의 피해 감소</li> <li>◆ 바이러스 저감, 악취저감을 통한 동물의 건강이 증진됨에 따라 질병이 감소하여 생산성이 증대될 것으로 기대</li> <li>◆ 소독을 위하여 분사하는 차아염소산이 악취를 저감시켜 탈취장치 가동을 줄여 관련 전력비 절감과 약제 사용을 감소시켜 경제적 이득이 기대됨</li> <li>◆ 축사 내부에서 악취를 저감시킨다면 외부로 배출되는 악취량이 감소하여 외부에 탈취시설을 할 필요가 없어 이중 투자로 인한 경제적 손실 감소</li> </ul> <p>○ 환경적 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ IoT 악취센서 데이터값을 기반으로 악취농도가 높으면 울타리 분무 시스템으로 차아염소산을 분무하여 악취를 저감하여 관련 민원 감소</li> <li>◆ 소독에 사용되는 약제를 모두 사용 후 물로 환원되는 친환경 약제인 차아염소산을 사용함으로써 환경부하량이 감소 됨.</li> <li>◆ 축사 내 주기적인 차아염소산 분무를 통하여 암모니아 농도가 감소하여 동물이 더욱 쾌적한 공간에서 살 수 있어 동물복지를 향상 시킬 것으로 기대</li> <li>◆ 축사 내 악취농도가 저감되어 근무자들의 근무환경이 향상되어 근무자 보건에 기여 함</li> </ul>
--	---

연구개발성과의 비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
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)	차아염소산		방역실		전실		급기소독기		동물복지			
영문핵심어 (5개 이내)	Hypochlorous acid		Disinfection Room		Disinfection Room		Input Air sterilizer		Animal welfare			

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	8
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 .....	12
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	137
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	146
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획도 .....	147
6. 참고 문헌 .....	149

# 1. 연구개발과제의 개요

## 가. 연구 필요성

### ○ 가축 전염병의 발생

- 가축 전염병은 세균, 바이러스 등의 병원성 미생물이 동물에 침입, 증식하여 일어나는 질병을 말하는데 환경오염·변화에 따른 신종 및 변종 병원체 출현 가능성이 증가함에 따라 신종 가축 질병이 발생하고 있으며 사람의 신종전염병 중 60%는 인수공통전염병이고, 이들 병원체 중 71% 이상은 동물에서 유래하는 것으로 보고 되는데, 결핵병, 조류인플루엔자, 소해면상뇌증 등 동물과 사람 간에 전파가 되는 인수공통전염병(zoonoses)은 국민건강에 중대한 문제를 일으킨다.
- 최근 국내에 발생하는 가축 질병의 경향은 해외에서 발생된 후 교통의 발달에 따른 인적 교류 및 국가 간의 빈번한 교역의 영향으로 다양한 경로를 통하여 국내에 유입되어 빠르게 재확산되는 경향을 보인다.
- 국제수역사무국(Office International des Epizooties, OIE)의 2010년 가축질병 발생자료에 따르면<sup>1)</sup>, 구제역(foot-and-mouth disease: FMD)은 우리나라를 포함하여 중국, 인도 등 32개국에서, 조류인플루엔자(Avian influenza: AI)는 중국, 러시아, 일본 등 18개국에서 발생했다.
- 소 브루셀라병은 우리 나라를 포함하여 미국, 러시아, 중국, 브라질 등 33개국에서 발생하였으며, 돼지열병은 러시아, 슬로베니아, 그리고 엘살바도르 등에서 발생했다.
- 소 해면상뇌증은 캐나다, 프랑스 그리고 스페인 등에서 발생하였으며, 뉴캐슬병은 우리나라를 포함하여 중국, 인도, 멕시코 등 42개국에서 발생한 것으로 나타났다.
- 아프리카돼지열병은 1920년 아프리카에서 발병하여 사하라 남부 아프리카지역의 풍토병으로 존재하다가 유럽지역으로 유입되었고, 2018년 이후 중국, 동남아시아 등 주변국으로 확산되었으며, 2019년 9월 16일 경기도 파주시 소재 돼지농장에서 우리나라 최초로 발병하였다.
- 아프리카돼지열병 바이러스는 낮은 온도에서도 안정적으로 생존하고 냉동육에서는 길게는 천일까지 장기간 생존하는 것으로 알려져 있고, 사람에게는 전염되지 않는다.
- 주로 바이러스에 감염된 돼지, 야생 멧돼지 또는 침, 분변 등 분비물, 혈액 등과 직접적인 접촉으로 전파되고, 돼지가 바이러스에 감염된 돼지고기나 돼지고기 가공품 등이 포함된 남은 음식물 사료를 섭취하였을 경우에도 감염의 우려가 있다.
- 조류 독감의 경우 감염된 닭의 분변 1g에는 10만 내지 100만 마리의 닭을 감염시킬 수 있는 고농도의 바이러스가 포함되어 있는데, 이러한 분변에 오염된 차량이나 사람, 관리 기구 등을 통해 전파되며, 오염된 쥐나 야생조류에 의하여도 전파될 수 있으며, 바로 인접한 농가 간에는 바이러스에 오염된 공기 중의 부유물이 바람에 의해 이동됨으로써 전파가 일어나는 것도 가능하다.



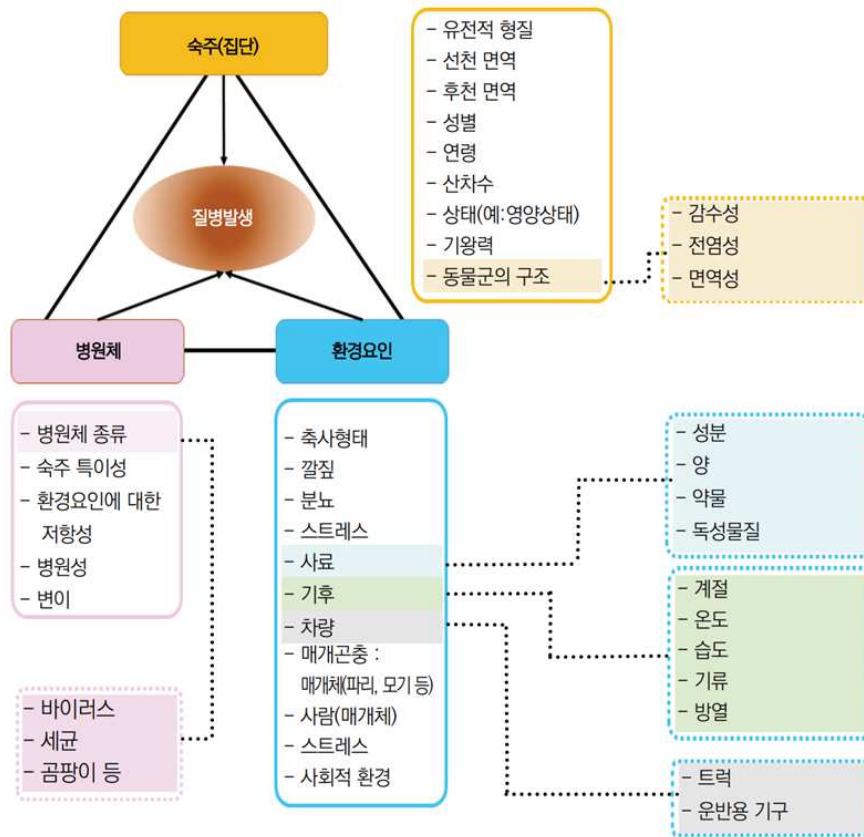


그림 1. 질병 발생과 관련된 다양한 요인

○ 가축 전염병에 의한 경제적 피해

- 가축 질병 피해액은 지난 10년간 2조 1천 378억원 규모이며, 2010년 발생한 구제역으로 1조 9천억 원 피해가 발생.
- 국내 조류인플루엔자(AI)의 경우 '14년 이후 매년 시가 발생하여 평균 1,153억원 재정 지출, 축산물 가격 상승으로 인한 소비자 부담 증가 등 사회적으로 피해 확산.
- 구제역의 경우 2000년 이후 9차례 구제역이 발생하였으며, 발생원인은 해외에서 바이러스가 유입된 이후 다양한 경로를 통하여 전국적으로 확산 된 것으로 추정
- '17년 가축 질병과 관련된 피해액은 830억 원으로 전체 사회재난 피해액(1,092억 원) 대비 76% 수준
- 가축질병전파로 인하여 생산유발 감소, 부가가치 감소, 고용 감소효과 등 가치사슬 전반과, 축산업의 위축으로 인한 축산당사자의 정신적 피해, 식품안전에 대한 불안감 증가, 환경오염 등 다양한 피해를 가져왔다.



그림 2. 가축전염병에 의한 피해 범위

○ 가축 전염병 예방을 위한 차단 방역

- 축산업의 규모는 전 세계적인 인구의 증가, 경제의 발전과 함께 성장하고 있지만 이와 함께 질병 발생으로 인한 피해 규모도 급증하는 추세를 보이고 있어 질병 유입 및 확산 차단을 위한 가장 효과적인 방법은 농장에 대한 차단방역 (biosecurity) 이행에 있다.
- 경제성 위주의 밀실 사육을 할 수밖에 없는 양돈업과 가금 산업에서는 아프리카돼지열병(ASF), 구제역(FMD), 고병원성 조류인플루엔자(HPAI) 등의 악성 가축 질병과 인수공통 질병(zoonosis) 발생위험이 지속적으로 증가하는 추세에 있다.
- 차단 방역은 다양한 분야에서 매우 포괄적인 용어로 사용되고 있지만 축산분야에서는 병원체유입과 확산 위험을 경감시키는데 필요한 조치를 개발하고 이행하는 과정으로 정의 할 수 있다. 차단 방역의 중요성에 대하여 많은 국가에서 관심과 투자를 집중하는 이유는 농장 외부에서 내부로 유입되는 가축전염병을 적극적으로 차단함으로써 질병 발생 가능성과 이차 확산에 따른 농가의 경제적 피해를 최소화하기 위한 것이다. 현재 가축방역은 전염병 조기 감지, 확산 차단에 중점을 두고 있으나, 전염병 유입 및 차단방역에 의한 피해 저감을 위한 시스템 개선 및 조기감시에 따른 신속한 초동대응 시스템이 중요하다.
- 돼지의 흑사병이라고 하는 아프리카돼지열병(African swine fever : ASF)의 국내 전파에 따라 ASF 관련 8대 방역 시설이 전국적으로 설치되도록 하는 법이 의무화되어 농림축산식품부는 8대 방역시설 ( ① 외부 울타리 또는 담장, ② 내부 울타리, ③ 입출하대, ④ 방역실, ⑤ 전실, ⑥ 물품반입시설, ⑦ 방조망, 방충망, ⑧ 축산 관련 폐기물 관리시설) 과 관련한 ‘가축전염병 예방법 시행규칙’을 개정 공포하였는데 개정안에 따라 8대 방역시설 설치가 전국 모든 양돈장으로 확대 적용하여 2023년 12월 31일까지 설치해야 함. 따라서 본 연구는 이와 관련한 시설의 과학적 설계와 관련 소독설비에 적용할 최적의 살균 시스템 체계를 개발하고 이를 검증하고자 한다.

## 1) 주관연구기관 엔퓨텍

### 가. 연구목표

ASF와 AI 차단 방역을 위한 축산 농가 단위 방역환경 개선 제품 제조 생산 및 사업화

- ▶ 전실, 방역실 디자인 개발 및 기구 설계
- ▶ 농장 울타리 소독 및 방역시스템 구상
- ▶ HClO+ UV 결합 방역실, 전실 및 장화와 도구 세정 소독 시스템 개발
  - 디자인 및 기구 설계
- ▶ 폐사축 보관함 지상, 지하형 개발
- ▶ 농장 공기 정화 시스템 실험
- ▶ 농장 악취 제거 시스템 개발

### 나. 연구개발 내용

1. 차아염소산수와 자외선을 이용한 살균 소독 실험 (자사 NET 기술의 응용)
  - 유기물 조건에서의 소독 효율성 이론 및 과학적 검증
  - 고농도 유기물 조건에서의 소독 대상 표면 살균 효과 검증
  - 고농도 유기물 조건에서의 공간 살균 효과 검증
2. 축산 농가 방역시스템 평가 개발
3. 8대 방역 시설에 대한 제품 설계 및 제품화
  - 전실 및 방역실 동선 실험, 설계 및 제품화
  - 폐사축 보관함 설계 및 제품화 (지상형, 매립형)
  - 울타리 방역시스템 실험 및 제품화
4. 옷장 살균기 개발 및 평가 실험
5. 장화 살균기 개발 및 평가 실험
6. 농장 환경 및 급기 소독 시스템 설계 및 평가 실험
7. 농장 내부 및 외부 악취 제거 시스템개발 및 평가 실험

### 다. 연구방법

1. 차아염소산수와 자외선을 이용한 살균 성능 및 농장과 같이 유기물이 공존하는 환경을 인위적인 실험 변수로 정하여 살균 효력을 실험.
2. 농장의 전실 및 방역실 실태를 조사하고, 이를 바탕으로 방역 라인을 설정한 후 전실, 방역실의 도면을 구상하고 방역실의 경우 물품 보관 및 소독실을 포함한 도안을 구상.
3. 농장 인근의 야생동물 출현 횟수를 파악하기 위해 울타리에 카메라를 설치해 야생동물 출현 횟수를 파악하며 외부 울타리를 통해 야생동물의 직접 유입은 막을 수 있으나 대기중으로 확산될 수 있는 바이러스의 유입까지 막을 수 없기 때문에 외부 울타리에 차아염소산수 분사 노즐을 부착해 추가적으로 소독을 진행하는 시스템 개발 추진.
4. 폐사축 보관함의 필요성을 조사하고 농가들의 수요를 조사한다. 선진국의 사례를 분석하고 개발 방향을 확립.

## 2) 공동연구개발기관 검역검사본부

[협동연구과제: 축산농장 방역환경에 대한 평가법 개발 및 적용]

### 가. 연구개발 목표

차단 방역을 위한 축산농가 단위 방역환경 개선 제품 제조 생산 및 사업화를 위한 평가법 개발 및 적용

### 나. 연구개발 내용

1. 국내 보유특허와 NET 기술을 적용된 축산농가의 방역환경 개선을 위한 평가법 개발 및 적용을 위한 사업화 지원
  - 특허 제품 “차아염소산수 생성장치” 및 이 기술을 이용한 NET(농림식품신기술인증, 제23-081호) 적용
2. 축산농가 방역시스템 평가법 개발
  - 생물학적 평가법 개발
  - 교차오염 확인 시험법 개발
  - 정량분석을 통한 방역시설 개발 구축
3. 방역 시설 개발을 위한 평가시스템 적용
  - 울타리 소독 시스템, 방역실, 전실, 축사 급기 소독 시스템, 축사 내부 안개 분무를 통한 소독 및 악취 저감 시스템 개발시 평가 시스템 적용
    - \* 차아염소산수 분무 조건 (분무량, 분무시간, 분무위치 등) 설정
    - \*\* NET(농림식품신기술인증, 제23-081호) 기술을 적용한 조건 설정
4. 현장평가 진행
  - 주관기관에서 전실, 방역실, 물품보관실 등 시제품을 제작하면 소독효능 현장평가를 진행한다.
  - 시험 균주 : 저독성 AI-V
  - 시험 방법 : 유기물 고조건, 간이 진단키트 활용
    - HOCI의 농도조건, 분무 시간, UV 조사 시간은 주관기관과 협의하여 여러가지 조건으로 진행
5. 현장평가 결과에 따른 개선 방향 모색
  - 현장 소독시험 결과를 바탕으로 제품 개선 사항을 제시

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

### 1. 차아염소산수와 자외선을 이용한 살균 소독 실험

가. 고효율 소독 시스템 설계 요소

#### 1) 소독의 개념

소독은 직접 병원미생물의 피해가 없도록 하는 것이며, 멸균 또는 소독이라는 용어로 혼용하여 사용되고 있으며, 이는 용기나 물질에 오염된 병원미생물을 살균 처리하는 데 있어 그 정도에 따라 구별한다. 멸균은 기물에 부착된 모든 미생물을 완전히 사멸시키는 것이고, 소독이라 하면 기물에 존재하는 어떤 목적의 병원미생물을 살균하는 것을 의미한다.

소독은 가축이 전염병에 걸릴 위험성이 있는 병원체와 그 병원체를 전파하는 미생물을 박멸하여 전염병에 의한 피해를 미리 방지하는 하나의 수단이며, 가축전염병의 발생이나 전파를 방지하는 방법은 여러 가지가 있으나 그중에서 소독은 가장 중요한 방법의 하나이다.

이상적인 조건은 소독력이 강력하여 소용량으로 유효하고 물에 녹으며 보존을 오래 할 수 있고 독성이 적고 소독 대상물을 손상하지 않으며 가격이 싸야 할 것 등이다.

나. 고효율 소독 시스템 설계요소

1) 용법에 맞는 소독제 사용

가) 세균, 바이러스, 리켓 차아, 진균등 병원체의 성상에 따라 소독제의 반응이 다르기 때문에 특정 병원체 대상이 아닌 광범위한 소독효과를 내는 소독제를 사용해야한다.

나) 소독제가 피소독물에 미치는 손상을 고려해서 선정해야 하며 사용 용량에 있어서도 피소독 물에 미치는 손상을 최소화하는 사용량을 정한다. 그러지 않으면 피소독물을 부식시키거나 변질시켜 얼룩이나 오염, 기계적 손상등을 초래할 수 있다.

다) 병원체의 유입이 잦고 오염 정도가 높은 환경이라면 소독제의 권장 사용량보다 높게 사용하여야 하며 작용 시간도 길게 두어야 한다.

라) 피소독물에 대한 침투성을 고려하여 사용하여야 하는데 예를 들어 장화를 소독할 경우 소독액이 흠뻑 젖도록하여 소독액이 충분히 침투할 수 있는 여건을 만들어 주어야 한다.

2) 소독력에 영향을 주는 요소

가) 유기물 (분뇨 등의 수세)

분뇨와 같은 유기물과 병원체가 공존하는 경우가 많으며 유기물에 의해 소독력이 감소한다.

유기물을 적절히 제거하거나 유기물의 영향이 적은 소독제를 선택하여 사용해야 한다.

나) 계절 (기온 영향)

소독력은 소독제의 농도, 작용 온도 및 접촉 시간에 의해 결정되는데 계절적 요인으로 인하여 작용 온도가 낮아지거나 습도로 인해 작용 농도가 낮아지면 소독의 효과가 감소한다.

다) 소독제 희석액의 성질

소독제를 희석하는데 사용하는 물의 경도, 수소이온의 농도 (pH) 등이 소독 효과에 좌우.

라) 금속 재질의 부식

소독액이 금속 재질을 부식시키는지에 대한 검토.

표 1. 축산시설별 소독제 희석배수 준수사항

축산·방역시설	장소	희석 배수	소독 대상 조건
농장	농장 입구	일반 조건	세척한 경우
	축사 소독조	유기물 조건	세척하지 않은 경우
	축사 내외부	유기물 조건	
부화장	출입구	일반 조건	세척한 경우
		유기물 조건	세척하지 않은 경우
	발판 소독조	유기물 조건	
거점 소독시설	출입구	일반 조건	세척한 경우
		유기물 조건	세척하지 않은 경우
	발판 소독조	유기물 조건	
소독 차량	도로, 철새 도래지등	유기물 조건	

다. 차아염소산수 (Hypochlorous Acid, HClO)

- 전기분해 생성수(Electrolyzed water, EW)는 염화수소(HCl) 용액 또는 묽은 소금(NaCl)이 포함된

전기분해 장치를 통하여 생성할 수 있으며 장치의 종류, 전해질 및 전기분해 조건에 따라 전기분해 생성수는 산성 전해수, 중성 전해수 및 알칼리 전해수로 분류하며 적용 분야에 따라 크게 식용 알칼리수와 세척, 살균, 소독용 전해수로 나눌 수 있다.

- 강산성 차아염소산수는 강한 염소냄새와 낮은 pH로 주변 금속재료의 급속한 부식 우려와 투입원수의 비효율성 때문에 농업현장으로 폭넓게 적용하기에는 많은 제약이 뒤따랐으나 미산성 차아염소산수는 강력한 살균기능을 나타내는 -OH기를 강산성 차아염소산수보다 더 많은 가지고 있으며<sup>2)</sup>, 다른 전해수들에 비해 야외 작물 재배포장 및 비닐하우스 등지에서 작업자가 안전하게 좀더 저렴한 생산가로 대량 살포가 가능하고 농업환경에 거의 영향을 주지 않는 장점이 있는 것으로 알려져 있다.
- 또한 식물병 방제에 사용되고 있는 기존 농약들의 대부분은 그 적용대상이 매우 한정적이지만 미산성 차아염소산수는 다양한 병원균류들에 대해 세포내 DNA와 효소에 대한 산화적 손상이나 세포막 파괴 등의 다양한 비특이적 살균기작을 가지고 있어 저항성 유발 가능성도 낮을 것으로 예상된다. 이처럼 미산성 차아염소산은 환경적으로 장점이 많을 뿐만 아니라 식물병 방제, 다양한 병원균에 대한 소독제 그리고 축산 전염병 예방의 소독제로도 쓰이고 있으며 호주 농무성은 구제역 바이러스에 대한 소독 효과를 입증하고 있다.
- 횡격막에 의해 양극과 음극이 분리된 상태에서 2개 또는 3개의 세포 전해수를 통과하는 묽은 소금(NaCl)의 전기 분해를 통해 두 가지 종류의 산성 및 알칼리성 전해수를 동시에 생산할 수 있다.
- 산성 전해수(AEW)는 낮은 pH(2.5~3.5), 높은 ORP(1000~1200mV), 유리염소(30~90ppm)를 나타내며 염화물, 차아염소산 (HClO), 염소, 산소 가스가 형성되는 음극에서 생성된다.

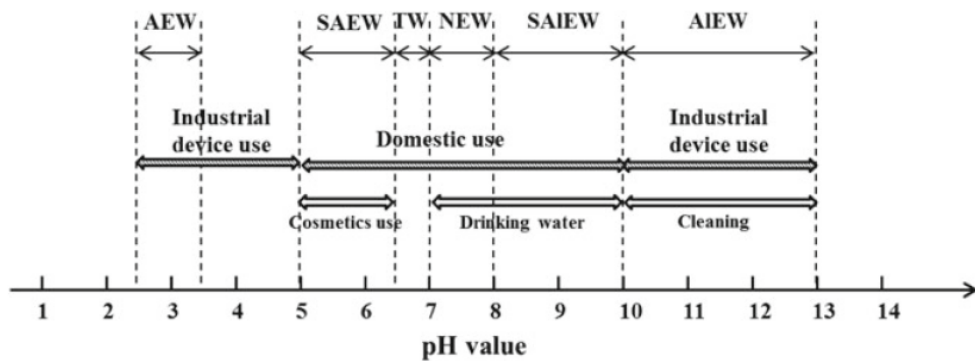


그림 4. 다양한 전해수의 pH 범위 및 그 응용

- 높은 pH(10~13)와 낮은 ORP(-800~900mV)의 알칼리성 전해수 (Alkaline electrolyzed water, AIEW)는 나트륨 이온(Na+)과 하이드록시 이온(OH-)이 수산화 나트륨을 형성하는 음극에서 생성된다.
- 중성 pH(7-8)와 750~900mV의 ORP를 갖는 중성 전해수는 (Neutral electrolyzed water, NEW)는 음극에서 생성되지만 부분적으로 수산화 이온과 혼합되거나 분리막 없이 단일 전기분해 장치를 사용하여 만들 수 있다.
- 5.0~6.5의 pH와 800~900mV의 ORP를 갖는 미산성 전해수(slightly acidic electrolyzed water, SAEW)는 분리막 없는 전기분해 장치를 사용하여 HCl의 전기분해와 NaCl를 결합하여 생성할 수

있다.

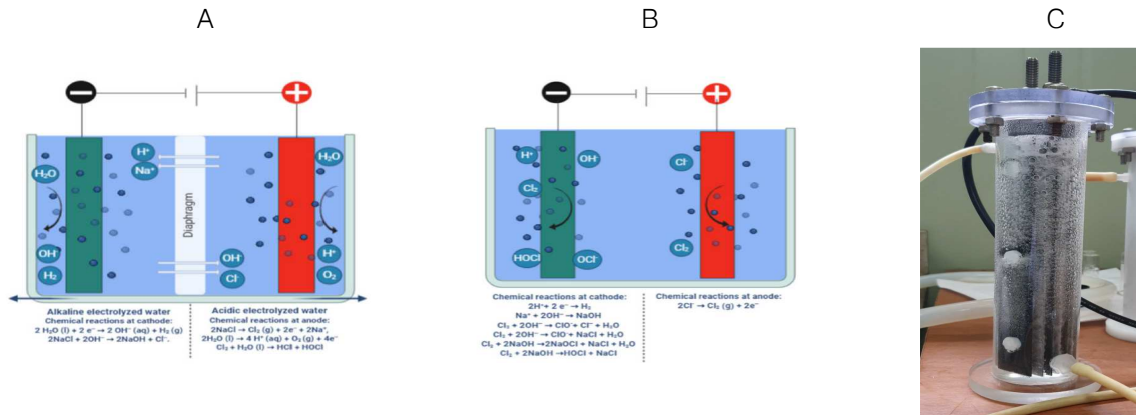


그림 4. 전해수 생성 A: 산성 및 알칼리성 전해수, B : 미산성 전해수, C : 전해수 생성(실험장치)

- 염소( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{OCl}^-$  및  $\text{HOCl}$ ), ORP, pH의 농도는 전해수의 소독 효능에 직접적으로 중요한 역할을 하는데 이 중에서  $\text{HOCl}$ 은 생성 염소 그룹에서도 가장 효과적인 소독효과를 나타내며 염소종의 비율은 용액의 pH에 의존하는데 수용액의 pH 값이 5.0~6.5일 때  $\text{HOCl}$ 의 소독 효능이 동등한 농도의  $\text{OCl}^-$ 보다 80배 높으며 황색포도상구균에 미산성 차아염소산수( $\text{HClO}$ )를 1분간 처리하면 5.8 log CFU/mL 감소하였으나 차아염소산나트륨( $\text{NaClO}$ )은 세균에 의해 3.26 log CFU/mL 감소하였다고 보고된다.<sup>3)</sup>

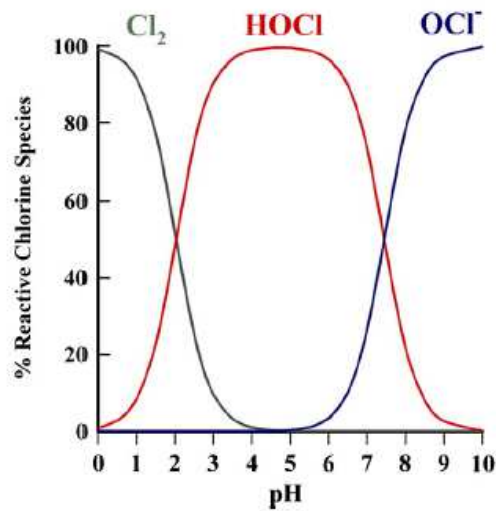


그림 5. pH에 따른 반응성염소종: 염산 분자( $\text{Cl}_2$ ; 녹색), 차아염소산( $\text{HOCl}$ ; 빨간색), 차아염소산( $\text{OCl}^-$ ; 파란색)

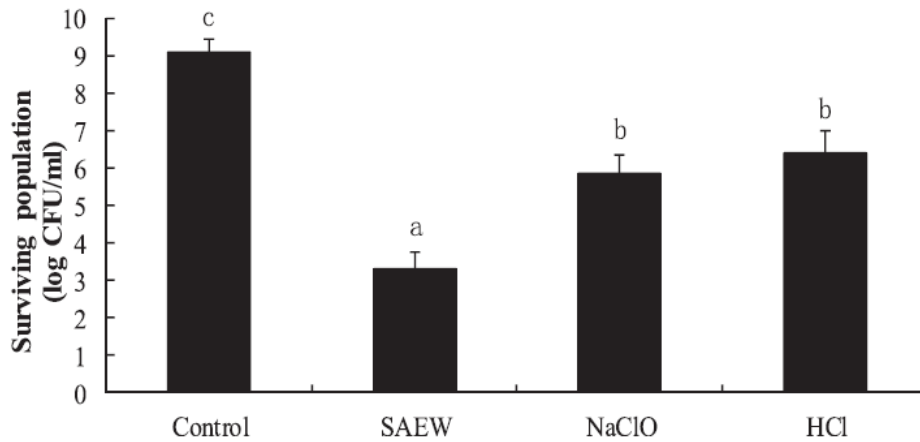


그림 6. 미산성 차아염소산(SAEW), 차아염소산 나트륨 (NaClO) 및 0.1% 염산 (HCl) 처리 후 살아있는 황색포도상구균 (*S. aureus*) 개체군수

- 이는 HOCl과 OCl<sup>-</sup>의 전기적 특성이 다르다는 점으로 설명할 수 있다. HOCl은 중성인 반면, 차아염소산염 이온(OCl<sup>-</sup>)과 박테리아 막은 모두 음성이므로 HOCl은 쿨롱의 법칙에 따라 강력한 살균 효과를 발휘하기 위해 표적 세포에 더 쉽게 침투할 수 있다. 그림 7에 차아염소산수의 살균 메커니즘을 나타내었으며 황색포도상구균을 대상으로 한 실험의 TEM 결과 사진에서 (그림 8) 확인할 수 있다.

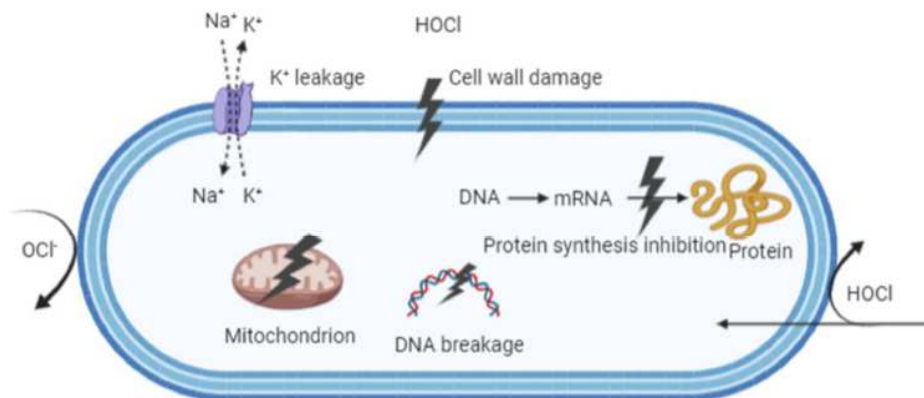


그림 7. 차아염소산수의 소독 살균 메커니즘



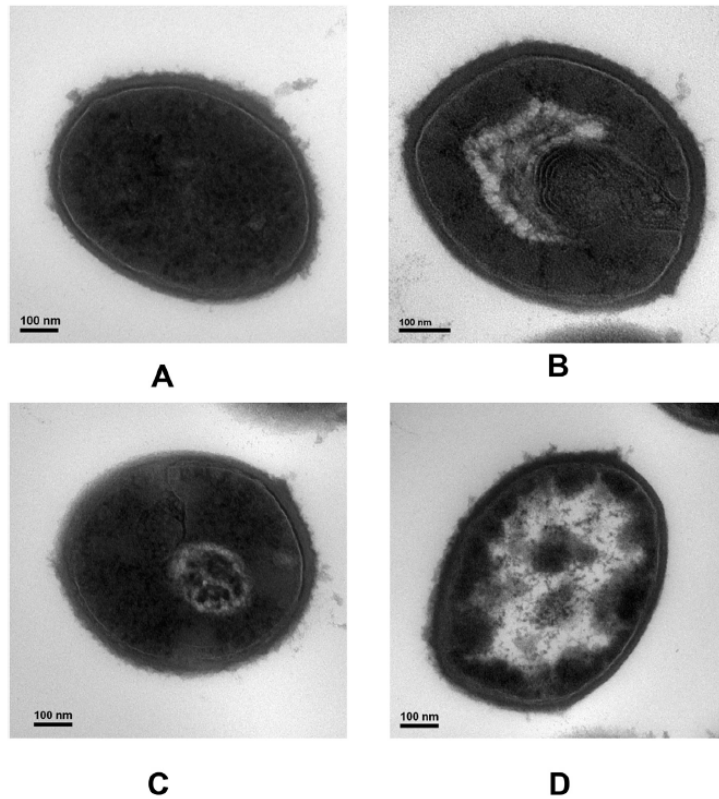


그림 8. 황색포도상구균의 TEM 사진 : (A)소독액 무처리, (B) 차아염소산수(HClO) 로 처리 (31 mg/L, pH 6.01, ORP 810.7 mV), (C) 차아염소산나트륨 (NaClO)로 처리 (27 mg/L, PH 10.89) (D) 0.1% 염산 처리 (HCl, pH 1.65)

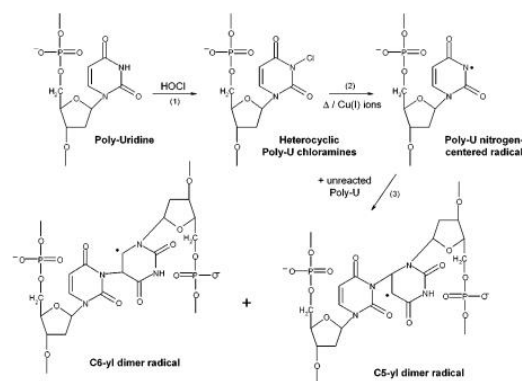


그림 9. 미산성 전해수의 DNA, RNA 및 뉴클레오타이드 손상메커니즘

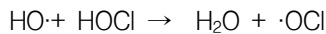
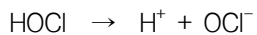
- 차아염소산(hypochlorite, HOCl)은 활성산소종(ROS) 중 하나로 세균 세포막에 침투해 염화나 산화를 통해 병원균을 죽이며 pH 5.0~6.5 사이를 유지하여야 소독 효과가 가장 높다.

라. 차아염소산수와 자외선을 이용한 살균 소독 실험

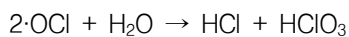
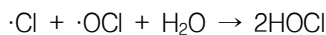
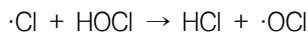
1) OH라디칼 생성 실험

- 여러 산화제 보다 산화력이 매우 강력한 OH 라디칼 ( $\cdot\text{OH}$  2.8eV)은 냄새 원인 물질을 빠르게 분해하므로 차아염소산을 자외선으로 활성화 시켜 여기서 생성된 라디칼로 냄새 물질을 제거하는 효율을 높이하고자 한다. 차아염소산 ( $\text{HOCl}$ )로부터  $\cdot\text{OH}$  라디칼의 양자 수율은 자외선 파장 254nm에서  $1.4 \text{ mol Es}^{-1}$  이며, 308nm에서는  $1.0 \text{ mol Es}^{-1}$  이다.<sup>4)</sup>  $\text{OCl}^-$ 의 양자수율은 파장 254nm, 313nm, 365nm에서 각각 0.278, 0.127,  $0.08 \text{ mol Es}^{-1}$ .<sup>5)</sup> 따라서 pH 7에서 수용성 염소 종 ( $\text{HOCl}$ ,  $\text{OCl}^-$ )의 물 흡광계수 피크는 약 300nm에서 나타나며  $\text{HOCl}$ , 과  $\text{OCl}^-$ 로부터 생성되는  $\cdot\text{OH}$  라디칼의 양자 수율은 자외선 파장이 약 310nm에서 보다 254nm에서 더 높게 나오므로 실험에 사용한 자외선 램프의 파장대는 254nm 영역의 UVC 램프를 사용한다.

가) 자외선을 이용한  $\text{HOCl}$ ,  $\text{OCl}^-$  의 광분해 반응.



여기서  $\cdot\text{Cl}$  과  $\cdot\text{OCl}$  은 다시  $\text{HOCl}$ 을 분해하는 라디칼로 작용한다.



- OH 라디칼( $\cdot\text{OH}$ )은 생성량을 직접적으로 측정하기 어려워 전기 분해시  $\cdot\text{OH}$ 과 선택적으로 반응하는 것으로 알려진 N, N-Dimethyl-4-nitrosoaniline (RNO)의 분해를 통하여 OH 라디칼 ( $\cdot\text{OH}$ )의 생성 여부를 간접적으로 확인 할 수 있다. RNO는 수중에서 표백 효과에 의해 맨눈으로 쉽게 확인할 수 있고 분석이 간편하므로 RNO (20ppm)을 사용하였으며 농도의 변화는 UV-VIS spectrophotometer를 이용하여 측정하였다.

- 그림 10과 같이 1.2L 원통형 반응기 중앙에 24W 자외선 살균 램프(단파 254nm UV 램프, 무오존, 필립스)를 수직으로 설치하고 반응기 하부에 자기 교반기를 설치하여 반응기 내부의 용액을 균일하게 교반 할 수 있도록 하였으며, UV 램프는 램 홀더와 클램프를 이용하여 반응 용액의 적절한 깊이로 담구었다. 실험에서는 외부 간섭 요소를 제거하기 위하여 반응기 전체를 알루미늄 포일로 둘러싸도록 하였다.

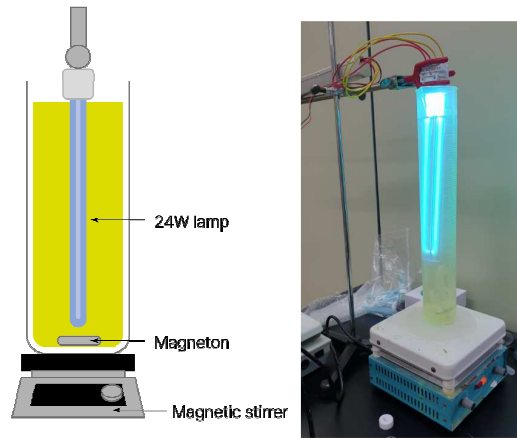
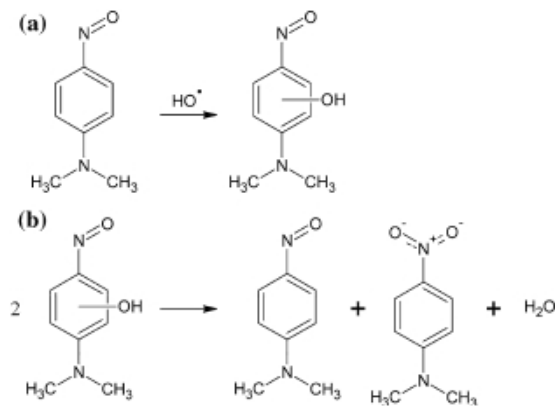
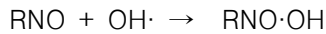


그림 10. RNO 분해를 통한 OH 라디칼 생성 실험 장치도 및 사진

- 차아염소산수는 엔퓨텍 차아염소산수는 Pu:lox HAS-15663을 이용하여 생성하였으며 기본적으로 비막 전해 셀을 통해 공급된 묽은 염산을 양극과 음극으로 단일 챔버에서 전기 분해하여 양극에서는 수소를, 양극에서는 염소를 생성하며, 생성된 염소는 물과 반응하여 연속적으로 차아염소산수를 생성하며 생성된 차아염소산수의 pH는 5.5~6.5의 약산성을 띄며, 용액의 농도는 80, 120, 150ppm을 생성하여 실험에 사용하였다.
- 차아염소산의 농도를 80, 120, 150ppm으로 변화하면서 300초 동안 RNO의 표백 현상을 관찰.

나) RNO와 OH 라디칼과의 반응 메커니즘.



(a) OH 라디칼에 의한 초기 개시 반응 (b) 산화 중간 생성물의 Dismutation

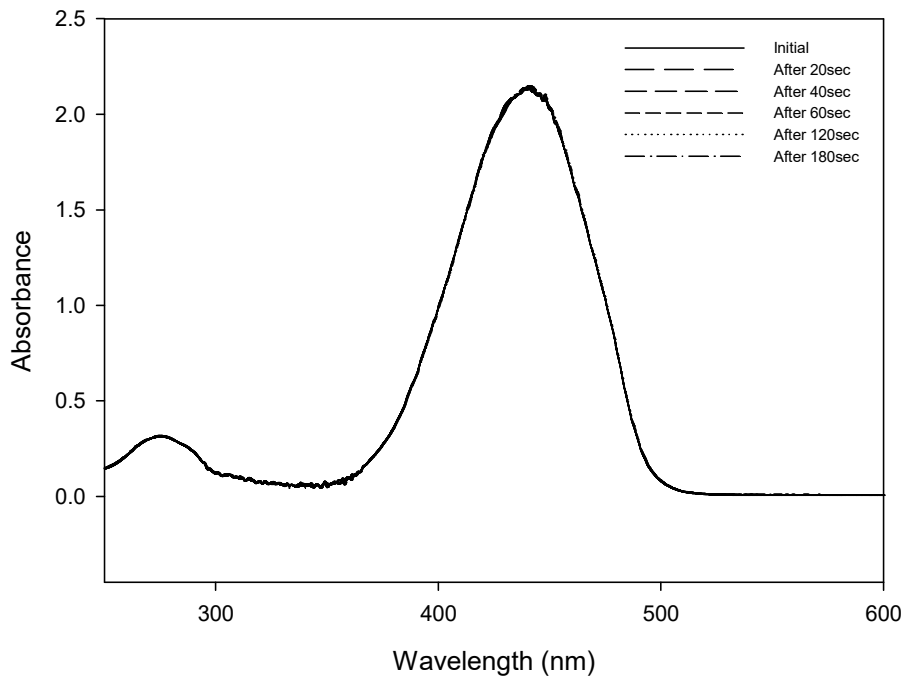


그림 11. H<sub>2</sub>O + UV에서 RNO의 농도 변화 분광 곡선

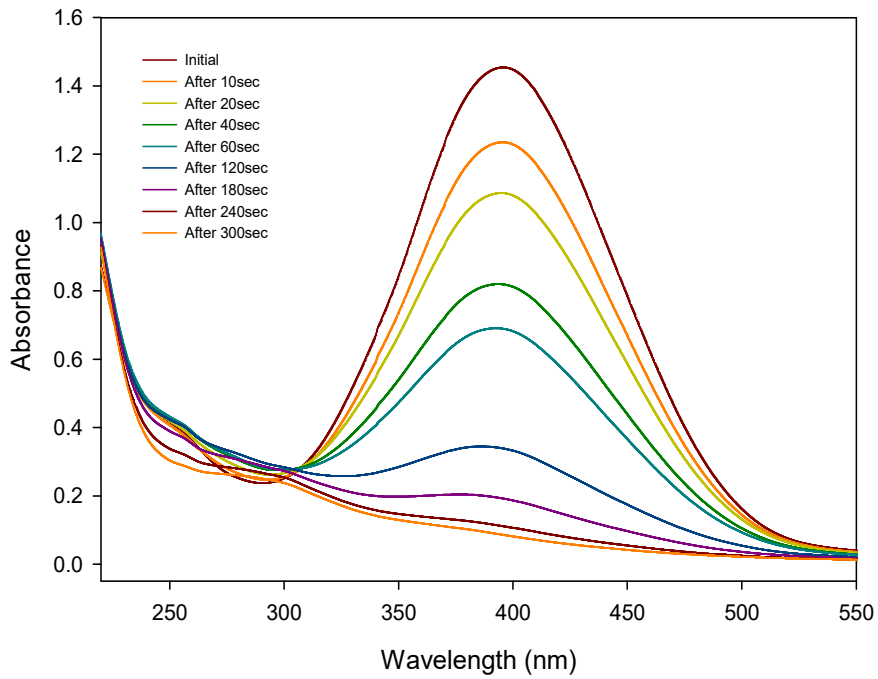


그림 12. 80ppm HOCl + UV에서 RNO의 농도 변화 분광 곡선

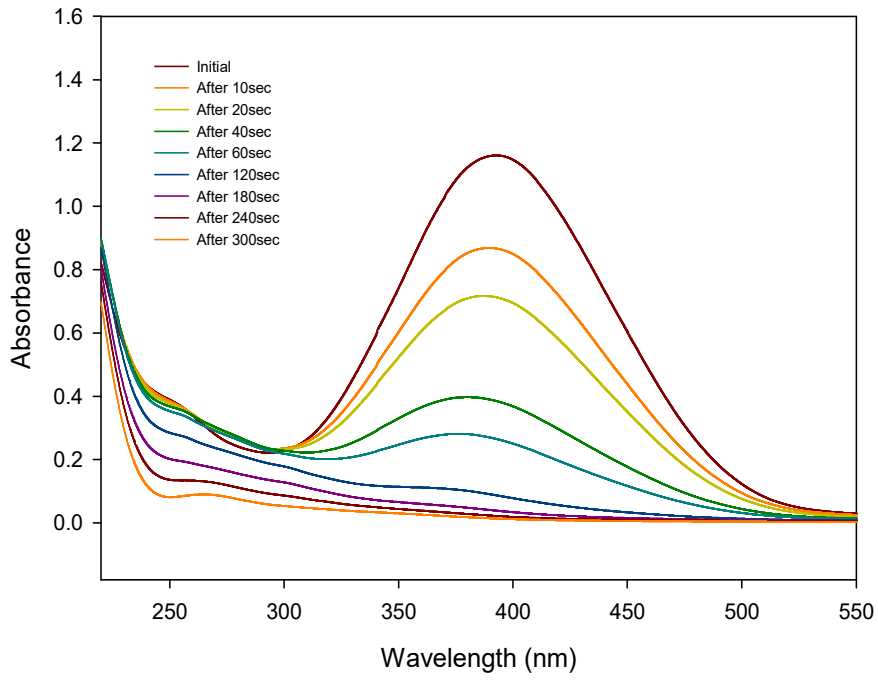


그림 13. 120ppm HOCl + UV에서 RNO의 농도 변화 분광 곡선

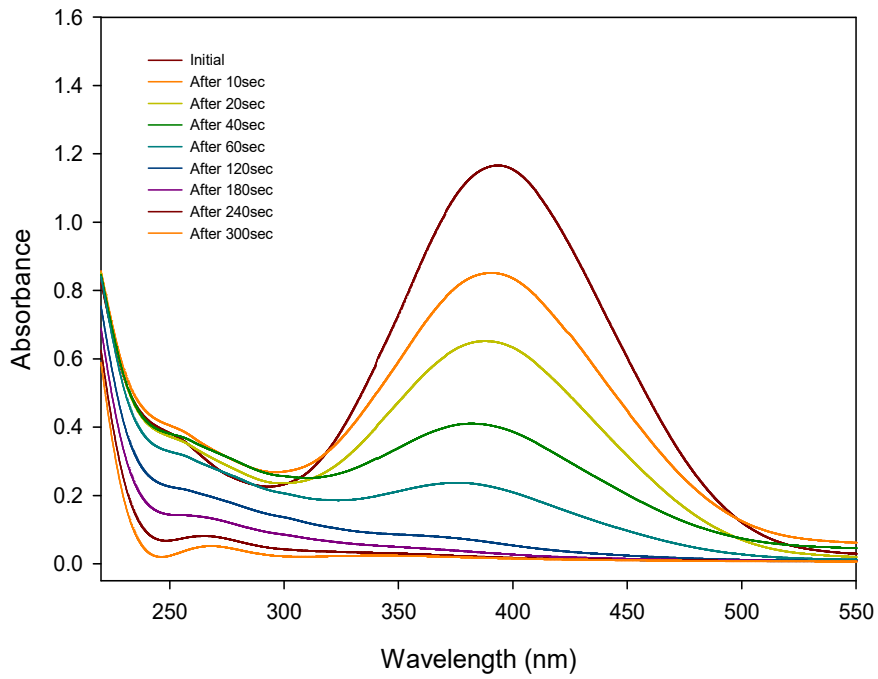


그림 14. 150ppm HOCl + UV에서 RNO의 농도 변화 분광 곡선

- 수용성 염소 중 (HOCl, OCl<sup>-</sup>)에 자외선을 조사하면 (pH 6.5, 254~310nm) 강력한 산화력 라디칼을 생성할 수 있는데 그림 11과 12를 비교하여 보면 물을 용매로 할 경우 자외선에 의한 활성화가 일어나지 않지만 HOCl의 경우 아주 빠른 시간 내에 강력한 산화력의 라디칼이 생성되어 RNO가 빠르게 분해되는 것을 알 수 있다.
- 차아염소산수의 농도에 따라 RNO가 겨자색에서 무색으로 표백속도가 달랐으며, 농도가 높을수록 RNO는 빠르게 표백되었으며, 80ppm의 경우 상대적으로 훨씬 느렸음. 120ppm과 150ppm에서는 거의 같은 속도로 RNO가 표백되었고, 초기 분해 반응은 150ppm에서 가장 빨랐다.
- 즉 차아염소산에 자외선을 조사하면 자외선 조사 초기에 차아염소산이 자외선에 빠르게 반응하여 라디칼을 생성한다는 것을 의미한다. 다른 의미로는 차아염소산이 자외선에 의해 광분해되는 것이므로 잔류물 없이 분해 된다는 것이다.

다) 유기물 존재하에서 RNO 분해

- 차아염소산수의 유기물 존재하에서 RNO 표백 실험은 차아염소산수 80 ppm과 150 ppm에 25% 효모 수용액을 첨가하여 진행. 첨가된 효모의 농도가 높으면 효모 용액에 의해 RNO의 흡광 스펙트럼이 가려지기 때문에 본 실험에서는 RNO 흡광 피크를 가리지 않는 25% 효모 용액 2ml를 차아염소산의 각 농도에 첨가하여 OH 라디칼에 의한 RNO 표백 실험을 진행하였다.

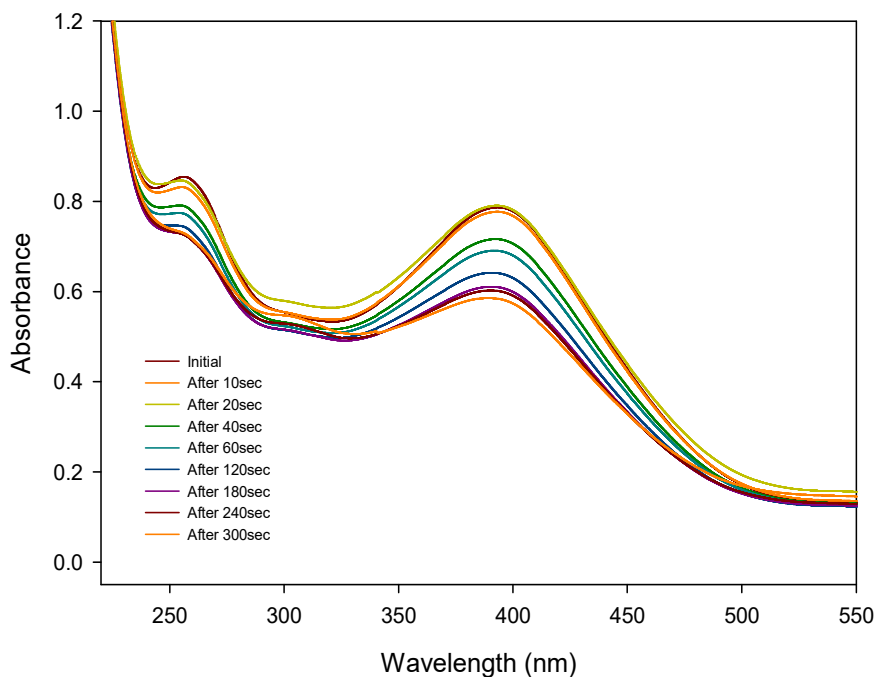


그림 14. 80ppm HOCl + UV에서 RNO + yeast(유기물)의 농도 변화 분광 곡선

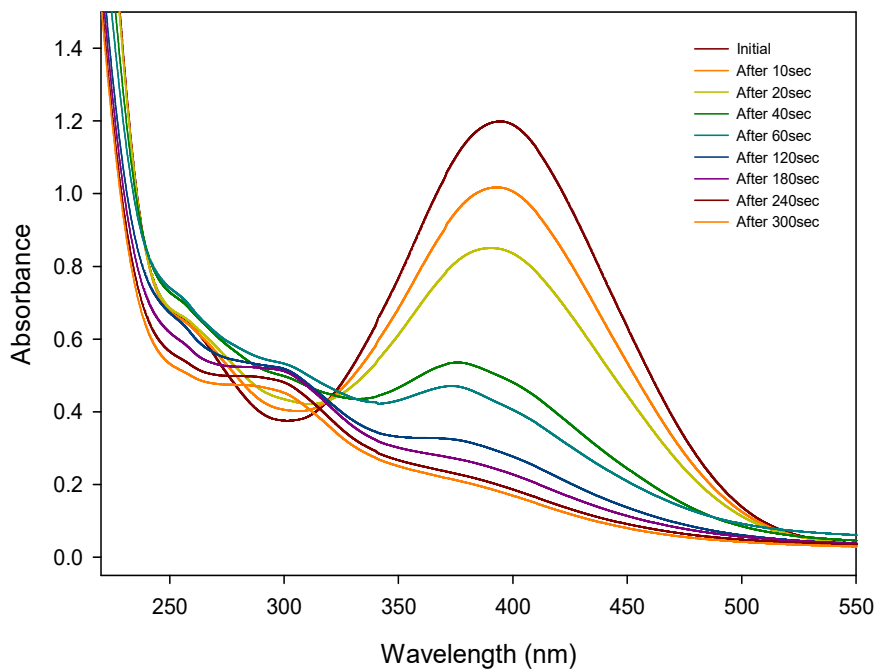


그림 15. 150ppm HOCl + UV에서 RNO + yeast(유기물)의 농도 변화 분광 곡선

- 유기물 존재 하에서 RNO 표백 실험 결과 80ppm의 차아염소산 농도는 실험 시간 내에 RNO를 완전히 분해하지 못했다 (Fig.14). 자외선 광에 의한 차아염소산의 활성화로 생성된 OH 라디칼이 yeast를 분해함에 따라 RNO와 결합하는 OH 라디칼의 농도가 부족하여 RNO 흡수 피크가 여전히 존재하였다.
- 그러나 차아염소산 농도 150ppm에서는 비유기 조건에서의 결과와 달리 RNO를 완전히 제거하지는 못했지만 yeast와 RNO를 유의하게 제거하여 농도가 높을수록 OH 라디칼이 더 많이 발생함을 알 수 있다(Fig.15).
- 본 실험의 결과를 토대로 농장과 같이 유기물과 미생물이 공존하는 환경에서의 살균 소독은 단순히 살균제를 사용하는 것 보다 자외선에 의해 활성 라디칼을 생성하는 소독제와 병행하여 사용할 경우 같은 농도에서 높은 소독효율을 얻을 수 있다.

## 2) 고농도 유기물 조건에서의 소독 대상 표면 살균 효과 검증








### 가) 실험방법

- ① 살모넬라균을 배양용 시험병에 넣어 37℃ 48시간 배양 후 약4℃ 냉장보관
- ② 살모넬라균 배양액을 원심분리기를 이용하여 3,000rpm, 20min 원심분리
- ③ 원심분리된 세균 배양액 상층부를 따라내고 같은양의 식염수를 첨가
- ④ 세균 원액을 식염수로 10배 희석
- ⑤ 희석된 세균 원액(④)과 5% yeast extract 유기물 희석액을 각각 5mL 섞어 유기물이 함유된 세균을 제조

- ⑥ HOCl 15mL를 빈 페트리디쉬에 넣고, 유기물이 함유된 세균(⑤) 3mL를 투여 후 잘 저어줌
- ⑦ 약 0.5mW/cm<sup>2</sup> 세기의 UV를 2분, 5분간 조사
- ⑧ 페트리디쉬에서 샘플 1mL를 9mL 식염수에 넣고 중화
- ⑨ 중화된 샘플중 0.1mL를 TSA 배양배지에 고르게 도말한 후 37℃ 24hr 배양한 후 관찰

나) 실험결과

표 2. 고농도 유기물 조건에서의 대상 표면 살모넬라균 제거 실험 결과

Control	HOCl 200ppm	HOCl 200ppm + UV 2min	HOCl 200ppm + UV 5min
			
	HOCl 80ppm	HOCl 80ppm + UV 2min	HOCl 80ppm + UV 5min
			

- 5% 고농도 유기물 조건에서 대상 표면을 소독제 살균 후 UV 추가 조사 시 살균 효과 상승이 확인 되었다.

3) 고농도 유기물 조건에서의 공간 살균 효과 검증

가) 실험 장치

- 차아염소산수와 자외선 조사를 이용한 공기 중 미생물 살균 실험을 위해 투명 챔버를 내부 크기 1m×1m×1m 크기로 제작하고 부피 1입방 미터로 제작.
- 챔버 상부에 0.2mm 분사노즐 2개(개당 18ml/min)를 설치하고 노즐 앞에 자외선 24W 램프를 배치 하였으며 챔버는 하부에서 분리 가능하도록 만들어 실험 후 상자 내부가 오염되지 않도록 무수알코올 (99.9%)을 이용해 매 실험 후 내부 공간을 청소하고 다음 실험에 영향을 주지 않도록 청결하게 유지했다.



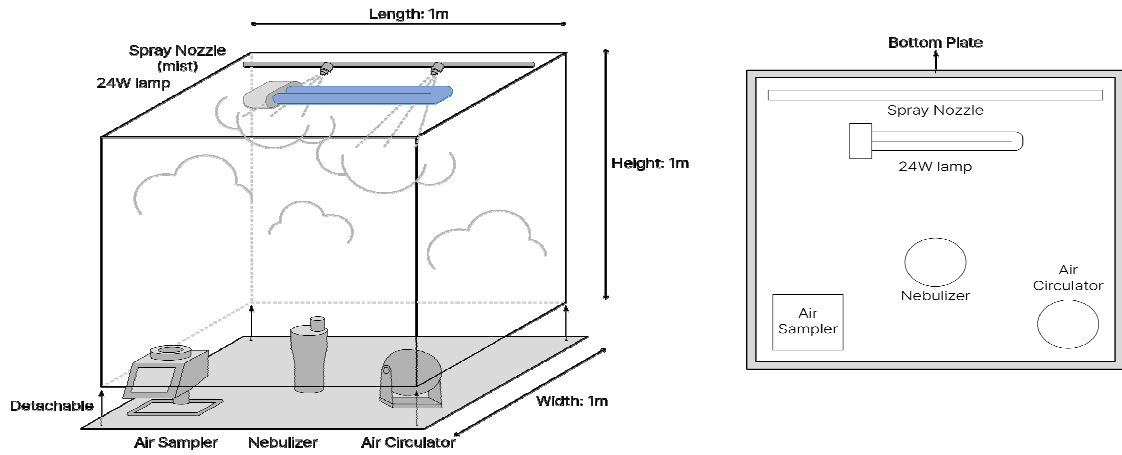


그림 16. 유기물 조건 부유 세균 살균 실험 장치 모식도

- 부유세균은 분무기(NE-C28, Omron Healthcare Co., Ltd., Omron Healthcare, Japan Kyoto)에 의해 생성되었으며 미생물 수집용 에어 샘플러(Spin Air samplers Revodix)는 직경 90mm의 페트리 접시를 통해 부유 세균을 포획하도록 설계되었다. 실험 중에 세균이 부유할 수 있도록 그림 17과 같이 대상 실험실 내부에 무선 팬을 설치했다.

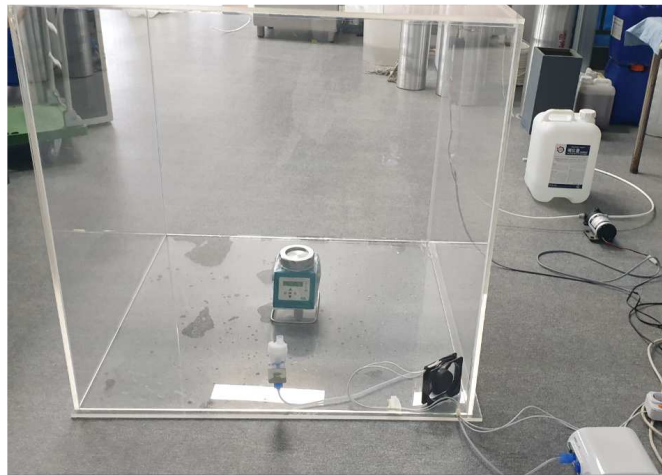


그림 17. 유기물 조건 부유 세균 살균 실험 장치. 네블라이저 및 에어샘플러

- 그림 17과 같이 에어 샘플러를 앞쪽으로 배치한 것은 차아염소산 용액이 분사되어 소독 용액과 포집한 부유세균이 원치 않는 접촉으로 인해 실험 결과에 영향을 미치는 것을 방지하기 위함이다.
- 에어 샘플러를 통해 채취한 세균수의 평균을 구하기 위해  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ 으로 희석한 용액 2ml를 각각 네블라이저를 이용해 챔버에 띄운 후, 2ml 용액에 있는 세균수와 에어 샘플러를 통해 채취한 세균수의 비율을 계산했다.
- 실험은 전체 5번씩을 진행하여 이에 대한 평균 로그 감소율값 (Log reduction value)을 구했다.

나) 부유세균 포집 평균값 실험

- 에어샘플러를 통한 부유세균의 포집 비율을 구하고 이를 통하여 부유세균 저감값을 구하였다.
- 비유기물 조건에서 포집율은 5.58%이었으며 유기물 조건에선 유기물의 영향으로 부유세균의 양이 줄어들어 3.77%였다.

표 3. 비유기물 조건에서 에어샘플러 포집율

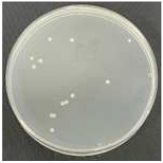




OD 600	spread CFU ( $\log_{10}$ CFU/m <sup>3</sup> )	초기 colony 수	$10^{-5}$ 2ml colony수	$10^{-5}$ 2ml air sampler	포집율
0.175	13.450485	1345048500	2690.097	169	6.282301
0.18	14.214696	1421469600	2842.9392	177	6.225951
0.187	15.2845914	1528459140	3056.91828	161	5.266742
0.193	16.2016446	1620164460	3240.32892	190	5.863602
0.195	16.507329	1650732900	3301.4658	150	4.543436
0.197	16.8130134	1681301340	3362.60268	181	5.382735
0.215	19.564173	1956417300	3912.8346	216	5.520295



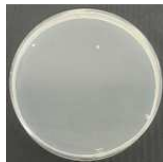
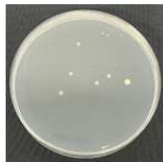
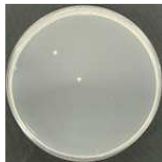
표 4. 유기물 조건에서 에어샘플러 포집율



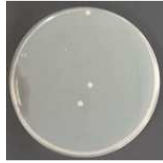
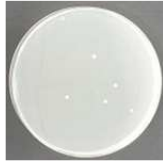

OD 600	spread CFU ( $\log_{10}$ CFU/m <sup>3</sup> )	초기 colony 수	$10^{-5}$ 2ml colony수	$10^{-5}$ 2ml air sampler	포집율
0.17	12	1200000000	1920	73	3.802083333
0.162	10.8	1080000000	1728	60	3.472222222
0.184	15.2	1520000000	2432	83	3.412828947
0.196	17	1700000000	2720	96	3.529411765
0.197	18	1800000000	2880	134	4.652777778


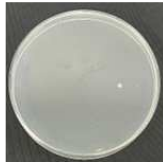
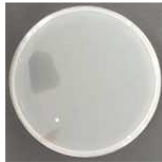
다) 부유세균 살균 실험 결과

(1) Non Yeast 조건

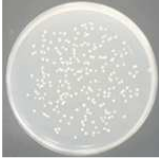

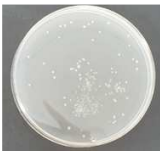

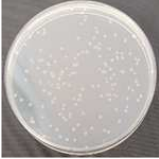
Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
UV 1min					
Log reduction	4.147081482	3.993164982	4.4523826936	4.119276481	3.610482322
평균	4.064477592±0.152375745				




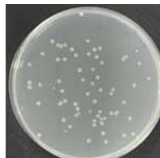

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
80ppmHClO 1min					
Log reduction	4.493945748	4.123974223	3.991364924	4.583496022	3.993864024
평균	4.237328988±0.141046665				






Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
120ppmHClO 1min					
Log reduction	4.634396651	4.338253	4.732972003	4.823742597	4.292386482
평균	4.564350147±0.118771956				




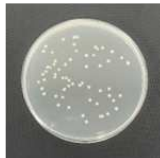

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
150ppmHClO 1min					
Log reduction	5.168556407	4.904598	4.819874302	5.029346998	4.832897457
평균	4.951054633±0.073639465				

(2) 5% Yeast 조건




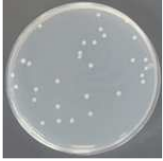
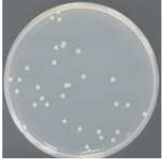
Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
UV 1min					
Log reduction	3.138149258	3.60781232	3.129891822	3.429241694	3.352983692
평균	3.331615757±0.101363759				






Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
80ppm HClO 1min					
Log reduction	3.352539815	2.861069534	2.913986924	3.193820684	3.392346232
평균	3.142752638±0.122626132				

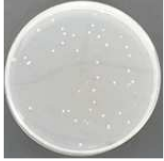
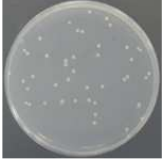


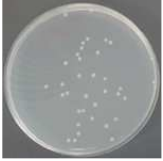
Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
120ppm HClO 1min					
Log reduction	3.730967504	3.623984194	3.501984314	3.831982642	3.509238469
평균	3.639631425±0.071385904				






Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
150ppm HClO 1min					
Log reduction	3.817470927	4.088180402	3.992491623	4.051928469	4.013986498
평균	3.992811584±0.052310875				






(2) 5% Yeast 조건 + UV


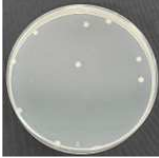
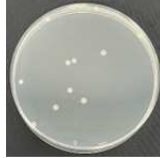
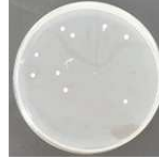

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
80ppm HClO 1min + UV 30sec					
Log reduction	3.327971624	3.048416741	3.123986034	3.628371258	3.389134698
평균	3.303576071 ± 0.1147732				

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
80ppm HClO 1min + UV 1min					
Log reduction	3.165311352	3.239835535	3.28480268	3.092620404	3.77309071
평균	3.311132136 ± 0.134209083				

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
120ppm HClO 1min + UV 30sec					
Log reduction	3.853539507	4.021984986	3.721936914	4.003984294	3.721794696
평균	3.86464808 ± 0.072915383				

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
120ppm HClO 1min + UV 1min					
Log reduction	4.003194692	3.672384729	3.832423496	3.789238692	4.059826232
평균	3.871413568 ± 0.079353249				

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
150ppm HClO 1min + UV 30sec					
Log reduction	4.02137792	4.23984629	4.26478752	4.12317423	4.00198234
평균	4.13023366±0.060450123				

Treatment	1차	2차	3차	4차	5차
150ppm HClO 1min + UV 1min					
Log reduction	4.199275603	4.239824643	4.273274952	4.298008423	4.56205483
평균	4.31448769±0.071636208				

#### 실험 결과 해석

##### ○ 자외선의 살균효능

- 모든 종류의 자외선(UVA, UVB, UVC)은 광화학 반응을 일으키지만 특히 UVC 파장은 DNA, RNA, 단백질에 잘 흡수되어 핵산의 세포 복제를 차단함으로써 미생물을 비활성화한다.<sup>6)7)</sup> 저압 수은 증기 램프의 파장은 약 254nm로 핵산의 자외선 흡수 최대 파장에 가깝기 때문에 살균 성능이 우수하기 때문에 비유기물 조건에서 상당히 우수한 살균효능을 나타낸다.
- 자외선은 외부 방해 요인 없이 직접 핵산을 공격할 때 매우 효과적이지만, 미생물이 유기물과 같은 간섭에 둘러싸여 있을 때는 효과가 급격히 떨어지는 결과 보였다.

##### ○ 차아염소산수의 살균효능

- 차아염소산은 염소 화합물 중 가장 강력한 살균 효과를 가지고 있으며,<sup>8)</sup>박테리아, 바이러스, 곰팡이, 포자 등 다양한 미생물에 대해 다른 소독제보다 광범위한 항균력을 가지고 있다.<sup>9)</sup>
- 차아염소산의 소독 효과는 다양한 경로를 통해 나타나는데 OCl<sup>-</sup> 이온은 혈장막의 소수성 지질 이중층의 존재로 인해 세포막을 투과하지 못하지만 차아염소산은 분자 크기가 작고 물보다 중성이므로 세포막에서 수동적으로 확산되거나 포린을 통해 능동적으로 운반될 수가 있다.<sup>10)</sup>
- 이러한 다양한 반응으로 인해 차아염소산의 살균 효과는 미생물에 대해 발현되지만 유기물이 존재하면 살균효능이 감소하였다.

○ 자외선에 의한 라디칼 생성

- OH라디칼은 반응성이 높은 라디칼로 유기 오염 물질 및 억제제와 같은 주변 화학 물질과 즉각적으로 반응할 수 있는 산화제이다.
- 높은 반응성으로 인해 생물학적 시스템에서 형성되면 산화 가능한 기질을 만나기 전까지 매우 짧은 거리만 이동하고 공기 중 주변 유기물과 반응하므로 이동 거리가 짧고 평균 수명은 화학 환경에 따라 달라지기도 한다.<sup>11)</sup>
- RNO 제거 실험 결과에서 알 수 있듯이 자외선 조사로 차아염소산이 분해되면서 생성된 OH 라디칼은 공기 중의 유기물을 제거하고, 유기물이 제거된 상태에서 새로 생성된 OH 라디칼은 비라디칼화된 차아염소산과 상승 작용하여 공기 중의 세균을 멸균한다.

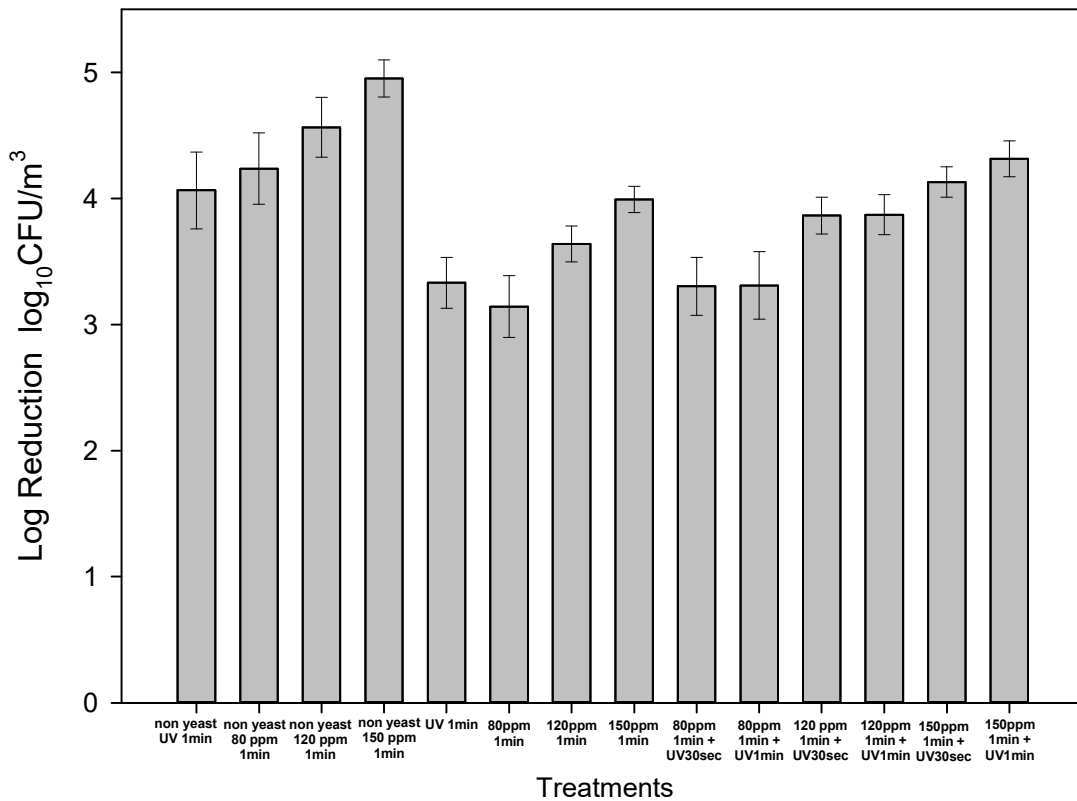


그림 18 유기물 존재 유무에 따른 부유 살모넬라균에 대한 다양한 처리 조건에서의 (UV, HClO, HClO+UV) 살균효능 실험 결과

- 비유기물 조건에서 부유 세균에 대한 살균 실험 결과, 실험 농도 조건에서 차아염소산수의 살균력은 자외선만 사용한 것보다 우수했지만 유기 조건에서 차아염소산 농도 80ppm의 살균력보다는 자외선이 조금 앞서는 것으로 나타났다. 이는 공기 중에 불규칙하게 떠다니는 부유세균이 유기물에 의해 차아염소산의 살균력이 감소하는 것보다 자외선 조사에 의해 살균될 확률이 더 높으므로 보인다.

- 유기물 조건에서 차아염소산에서 생성된 라디칼을 자외선에 의한 RNO 분해 실험 결과, 80ppm에서는 주변 유기물로 인해 300초(5분) 이내에 RNO 분해가 완료되지 않는 것으로 나타났으며 시간이 지날수록 차아염소산은 자외선에 의해 빠르게 분해되고 농도가 감소하여 결국 살균력을 잃게 된다.
- RNO 분해 실험을 통해 차아염소산이 실험 초반에 자외선에 의해 빠르게 분해되어 라디칼을 생성하는 것을 알 수 있다. 유기물 조건 실험 결과, 차아염소산 농도 80ppm과 120ppm에 자외선을 30초와 60초 동안 쬐었을 때의 차이가 크지 않아 자외선에 의한 실험 초기의 살균 값이 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 150ppm의 경우 상대적으로 높은 농도이기 때문에 자외선 활성화에 의한 라디칼 생성이 지속적으로 발생하여 30초보다 60초 자외선 조사 시 소독값이 더 높게 나타났다.
- 차아염소산수는 유기물 상태에서 부유세균을 감소시켜 공기를 정화하기 위해 자외선과 함께 사용하면 단독으로 사용하는 것보다 단기간에 매우 효율적인 공기 정화가 가능하며, 자외선에 의한 라디칼 발생으로 차아염소산수의 분해가 진행되므로 동물이나 사람에게 영향을 주지 않고 잔류물이 없어 축산 환경에서도 친환경적으로 사용할 수 있을 것이다.

표 5. HClO와 자외선 조사를 이용한 공기 중 부유 살모넬라 감소 결과표

Treatment		Reduction log <sub>10</sub> CFU/m <sup>3</sup> & Percentage						
		Single conditions			UV irradiation			
		ppm	60sec		30sec	60sec		
Non yeast	UV	-	4.06±0.15	99.989	-	-	-	-
	HClO	80	4.24±0.14	99.993	-	-	-	-
		120	4.56±0.12	99.997	-	-	-	-
		150	4.95±0.07	99.999	-	-	-	-
5% Yeast	UV	-	3.33±0.10	99.949	-	-	-	-
	HClO	80	3.14±0.12	99.918	3.30±0.11	99.945	3.31±0.13	99.945
		120	3.64±0.07	99.976	3.86±0.07	99.986	3.87±0.08	99.986
		150	3.99±0.05	99.990	4.13±0.06	99.992	4.31±0.07	99.995

## 2. 축산농가 방역 시스템 평가법 개발

### 가. 생물학적 평가법 개발

#### 1) 생물학적 평가법

- 생물학적 평가법은 세균 또는 바이러스를 이용하여 정량 또는 정성 분석을 통한 소독 효과 확인
- 세균을 이용한 소독 효과 시험은 “소독제 효력시험지침 (농림축산검역본부 고시 제2018-16호)”에 따른 대표세균 등을 이용하며, 동 지침의 “[별표4] 훈증 등 가스제형 소독제 유효희석배수 결정 시험”에 사용되는 담체 시험법을 수정 변형하여 실시
- 바이러스의 경우 농장 상황을 반영할 수 있는 바이러스 종을 선정하며 동 지침의 “[별표2] 바이러스 소독제 유효희석배수 결정시험”과 “[별표4] 훈증 등 가스제형 소독제 유효희석배수 결정 시험”에 사용되는 담체 시험법을 수정 변형하여 실시



2) AI 바이러스를 이용한 담체(disk carrier) 시험법

- AI 바이러스를 이용한 담체(disk carrier) 시험법은 0.1ml의 바이러스를 담체(disk carrier)에 떨어뜨린 후 BSC (Bio Safety Cabinet) 내에서 건조하였고, 소독제와 반응 후 중화반응을 거쳐 발육란 접종 및 HA test를 통한 역가 확인으로 소독제 효력 측정 (그림 19).

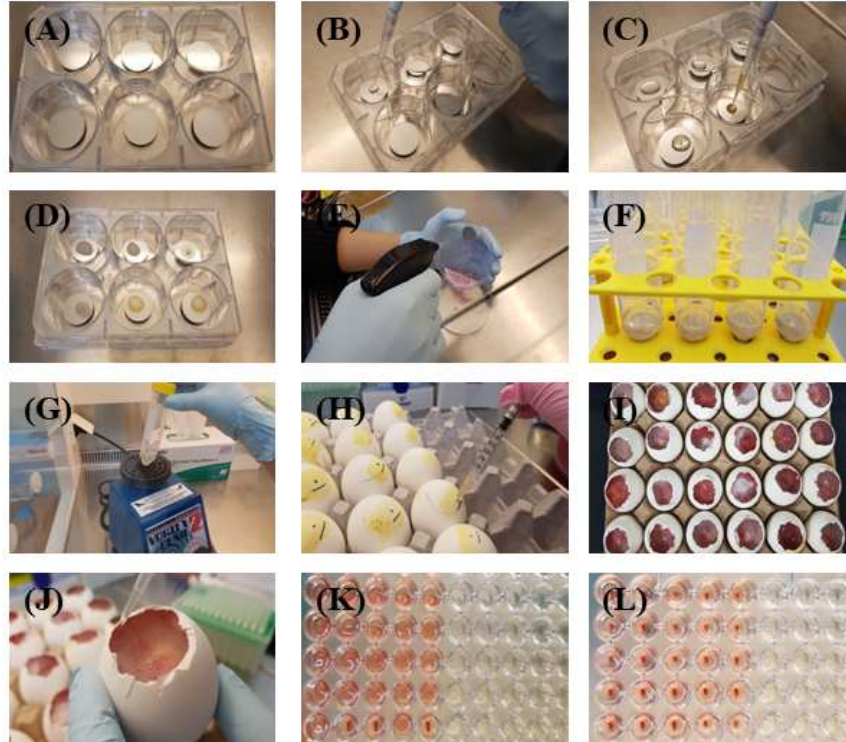


그림 19. 담체(Disk carrier) 시험법을 이용한 바이러스 역가시험 과정(A~D) AI 바이러스 0.1ml을 담체에 떨어뜨린 후 BSC내에서 건조하여 담체 제작. (E) 소독제 반응. (F,G) 중화반응. (H) 10일령 발육란 접종. (I,J) 5일 후 요막강 채취. (K,L) HA test를 통한 역가 측정

3) 바이러스를 이용한 생물학적 평가법 개발을 위해서 유기물 조건에 따른 효력시험 결과를 확인

- 유기물 조건에 따라 바이러스를 희석하여 담체 (Disk)에 코팅하고, 소독제에 노출 시킨 후 중화반응을 거쳐 발육란 접종 및 HA 반응을 통한 역가를 측정하여 소독제 효과 차이를 가장 잘 보이는 유기물 조건 선정.

<< 유기물 조건 >>

- ① 1% FBS
- ② 5% FBS
- ③ 5% yeast extract
- ④ 1% BSA & 1% yeast extract

표 6. 국가별 disk carrier 시험법 비교

	미국 ASTM (정량적)	유럽 EN (정량적)	OECD (정량적)	미국 AOAC (정성적)
Disk	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel
접종량	10 $\mu$ L	50 $\mu$ L	10 $\mu$ L	20mL
유기물 조건	BSA, Tryptone(or yeast extract), mucin 혼합 (약 5% FBS 효과)	low level : 3 g/L BSA high level:10 g/L BSA+10 g/L yeast extract	BSA, Tryptone(or yeast extract), mucin 혼합 (5%정도 FBS 효과)	variable
소독제	50 $\mu$ L	100 $\mu$ L	50 $\mu$ L	10mL
접촉 온도	variable	10 °C (옵션)	20-25 °C (옵션)	20 °C
접촉 시간	variable	세균 : 30분 바이러스 : 1~120분	variable	1-10분
대조군 및 실험군	대조군 최소 3개, 실험군 최소 5개		대조군 최소 4개, 실험군 최소 3개	대조군 최소 6개, 실험군 최소 60개

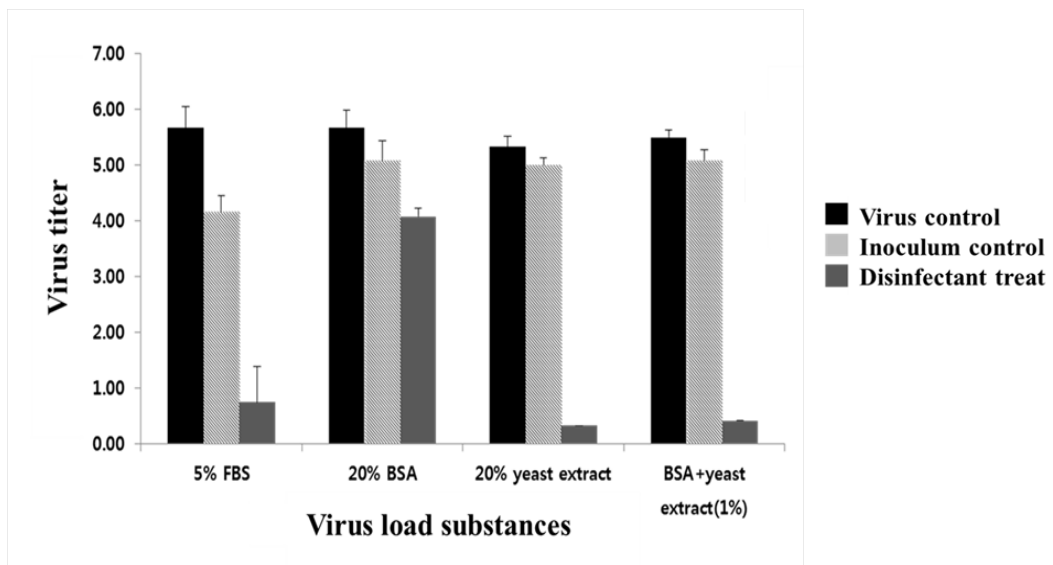


그림 20. 유기물 조건에 따른 소독제 반응 후 바이러스 역가 차이 결과

4) 현장에서의 소독효과 검증법 확립

- Disk carrier를 이용한 생물학적 소독 효과 검증을 위해서는 현장에서 소독 시험한 결과물을 반드시 실험실로 운반하여 세포 또는 종란 등에 접종을 하여 역가 확인 작업이 필요하다.
- 결과 확인을 위해서는 인력과 수일간의 시간이 소요되고, 신속한 운반 및 저온유지 등 세심한 주의를 요구한다.
- 방역 시설의 소독 효과 재고를 위해서는 현장에서의 평가 및 결과 확인을 통한 수정 보완이 가능해야 한다.
- 이를 위해서 질병 전파의 위험성이 없는 바이러스를 이용한 현장 검증용 키트를 이용한 소독 검증법 확립이 필요하다.



그림 21. 방역 현장에서 소독효과 검정에 활용가능한 간이 진단키트

### 3. 8대 방역 시설에 대한 제품 설계 및 제품화

#### 가. 전실 및 방역실 동선 실험, 설계 및 제품화 (Danish Entry System)

고병원성 가축 전염병이 발생한 농가의 방역 미흡 사항 중 대부분이 농장 방역실에 구비되어야 하는 신발 소독제의 미비와 방역복 및 덧신의 구비가 미흡한 경우가 많았었는데 농장 전용 장화로 갈아 신는 간단한 절차만으로도 방역 효과를 크게 향상시킬 수 있다. 또한 방역실은 건물, 가설건축물, 컨테이너, 천막, 부스 등 농가 사정에 따라 형태와 크기를 자유로이 하여 설치가능하지만 농가의 운영과 구조등의 조건으로 인해 방역의 효과를 의심하게 하는 구조물로 운영하는 경우가 있어 이에 대하여 효율적으로 적용할 수 있는 방역실을 구상하여 개발하였으며 이를 각 농장에 보급하고자 한다.

○ 가축전염병 예방법 시행규칙 개정에 따라 아래와 같이 방역실 설치 규정을 명시함.

가. 축산 관련 영업자 및 종사자, 사육시설 방문자 등 농장 또는 축사에 출입하는 사람 (이하 “출입자”라한다)이 방역실을 통해서만 출입할 수 있도록 다음의 구분에 따라 설치할 것.

- 1) 외부 울타리 또는 담장 내로 차량이 진입하지 않는 경우: 외부 울타리에 설치된 출입문의 안쪽 경계면에 연결된 구조물로 설치할 것
- 2) 외부 울타리 내로 차량이 진입하는 경우: 내부 울타리에 설치된 출입문의 안쪽 경계면에 연결된 구조물로 설치할 것

나. 방역실에는 출입자가 바꾸어 착용할 수 있도록 별도의 작업복·신발·장갑(1 회용을 포함한다)을 갖추어 둘 것

다. 기상 여건에 관계 없이 대인 소독, 신발 소독 등을 할 수 있도록 소독설비를 갖추어 둘 것

○ 현 방역실 운영 현황

- 현재 방역실을 잘 구성하여 운영 중인 농장의 현황을 그림 22에 나타내었는데 방역실에 샤워 시설, 화장실, 옷장, 물품 반입실, 세탁기, 그리고 작업복 건조대까지 구비하여 항상 새옷으로 갈아 입을 수 있게끔 하고 있다.

- 가축 사육공간으로 병원균을 전파하지 않기 위하여 가축 사육공간에서 사용하는 장화를 별도로 갖추어 놓는데 그림 23과 같이 대부분의 장화는 구획 면에 같이 보관하여 두는 경우가 많은데 이 러면 교차 오염의 위험성이 있으므로 장화 살균기와 같은 살균 설비를 이용하여 항상 살균된 상 태로 보관하는 것이 좋으며, 장화를 갈아 신기 위해 문을 여닫을 때 가축의 먼지 등이 날려 들어 와서 세척된 장화가 오염될 수 있으므로 장화살균기와 같이 항상 청결한 상태로 유지하는 기구를 사용하여 보관할 필요가 있다.



그림 22. 현 농장에서 운영 중인 방역실 사진 및 도면



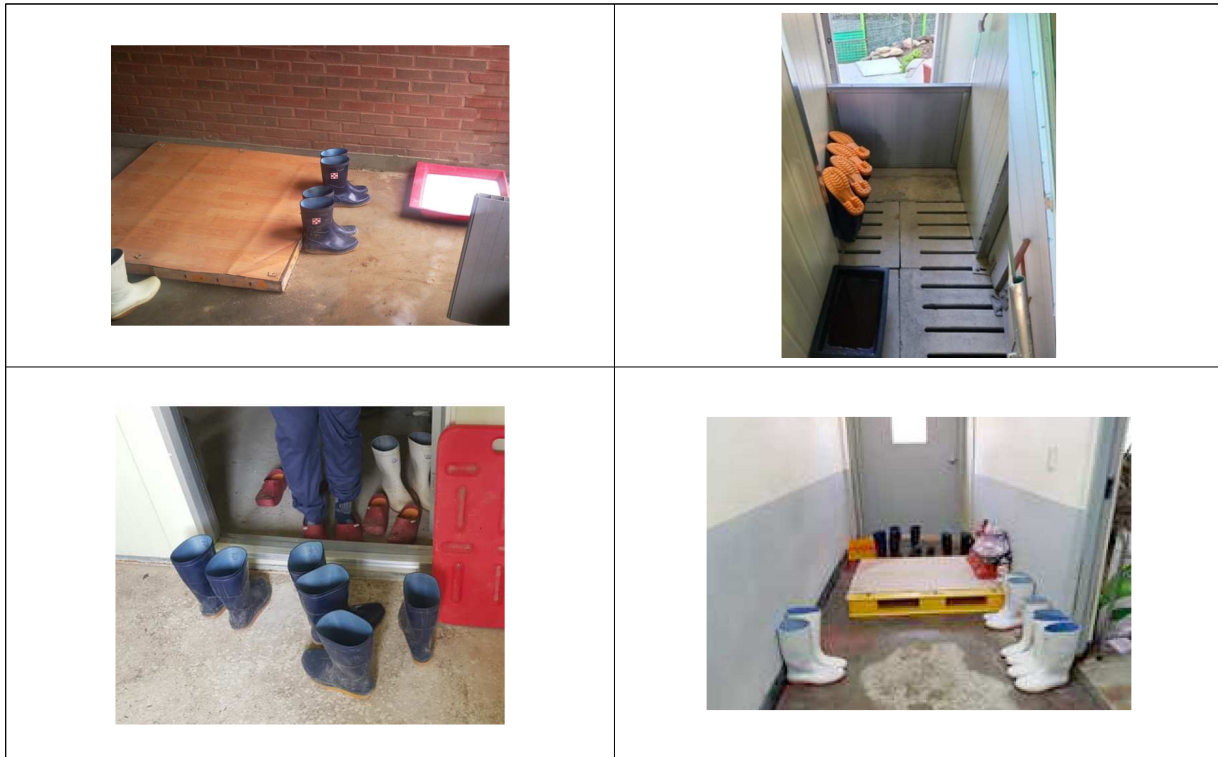


그림 23. 농장에서의 장화 보관 상태

### 1) 방역실에서의 동선 분석

농장을 처음 방문하거나 작업 교대로 인해 다시 농장으로 출입하는 경우 농장 입구에는 방역실을 설치하여 사람에 대한 소독을 철저히 하여야 한다. 방역실의 동선을 분석하면 먼저 입구로 들어와서 신발장에 신발을 보관하고 탈의를 한 다음 샤워 후 농장용 작업복으로 갈아 입고 장화 살균기에서 살균된 장화를 꺼내어 신고 농장으로 진입한다.

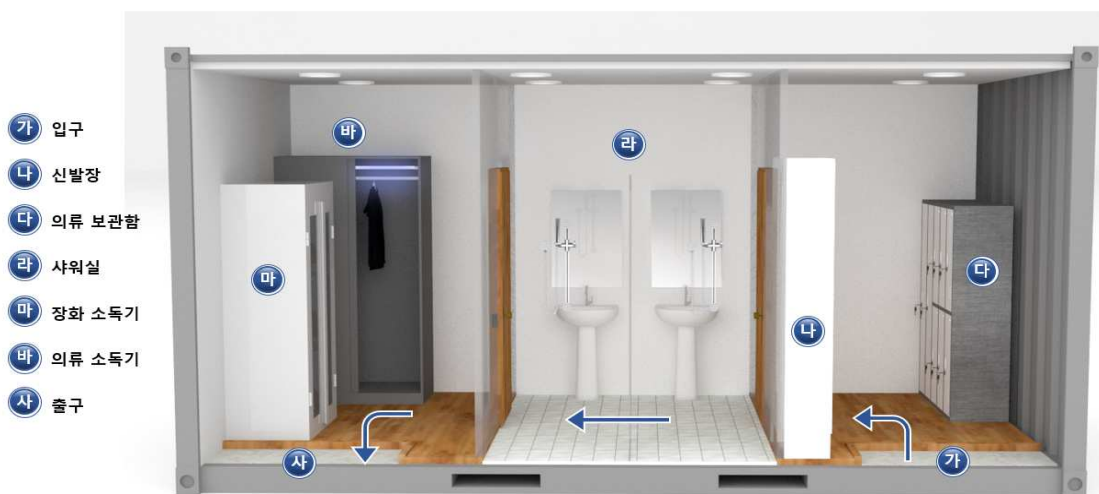


그림 24. 방역실에서의 동선

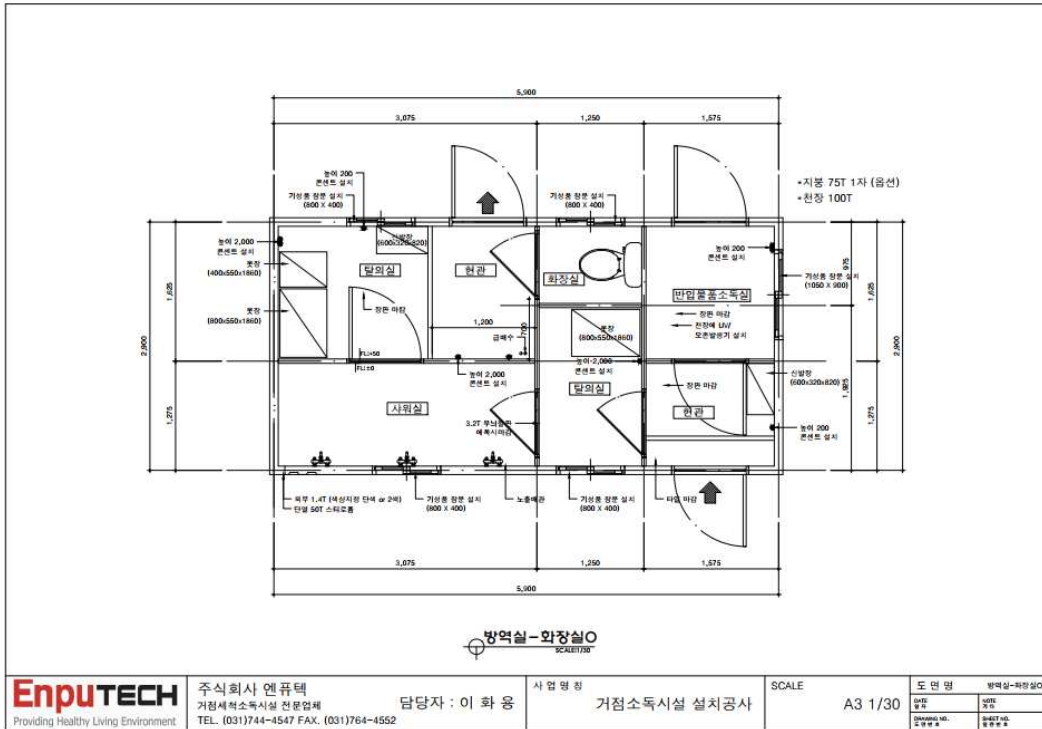


그림 25. 화장실, 샤워실이 내장된 방역실의 설계

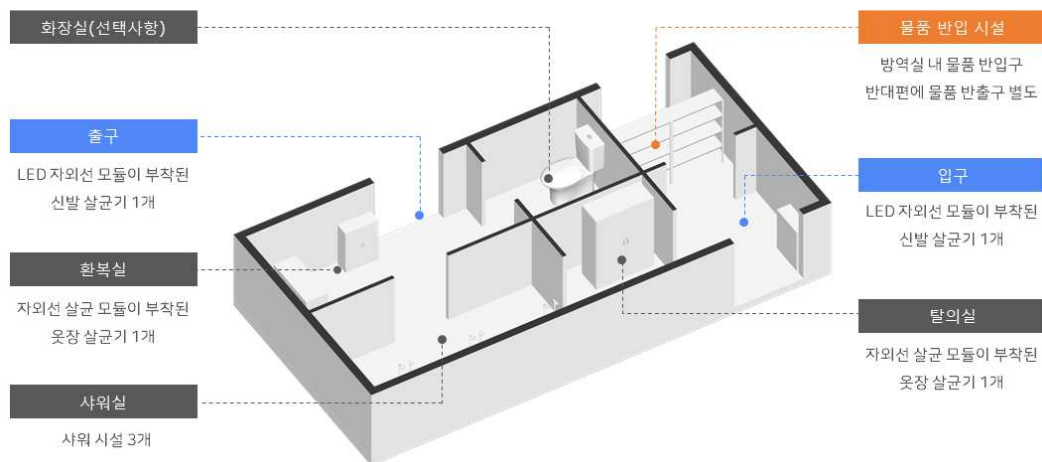




그림 26. 방역실에서의 동선을 고려 제작한 방역실 (엔퓨텍)

2) 교차오염 확인 시험.

화장실과 샤워실이 내장된 방역실을 제작하여 형광물질을 이용하여 작업자의 출입 등으로 인한 시설 내 오염범위 및 교차 오염 여부를 확인하였다.



그림 27. 실험에 이용한 다양한 형광 물질





그림 28. 방역실 단일 동선 분석

그림 28에 방역실 내에서의 단일 동선을 형광물질을 이용하여 분석하였으며 일반적인 동선은 먼저 방역실에 진입하여 ②에서 반입 물품 소독실에 물품을 소독하고 ③의 탈의실에서 탈의를 하고 ⑤샤워를 진행하고 깨끗한 옷으로 갈아입고 ⑥ 장화를 갈아신은 뒤 농장으로 진입하여 ⑧반입 물품 소독실의 뒷문을 열고 반입하고자 하는 물품을 찾아서 농장으로 진입하는 방향으로 진행되었다.

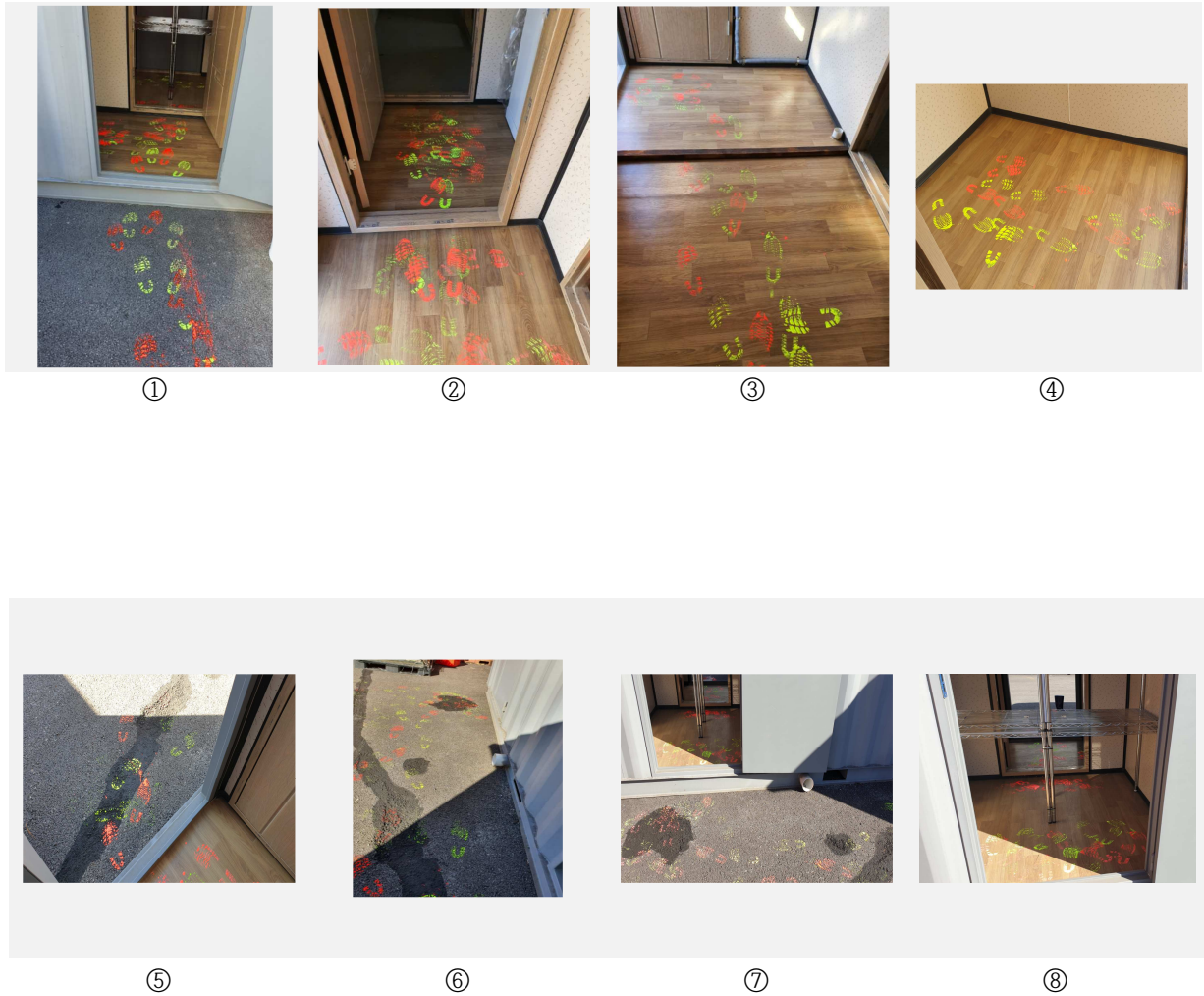


그림 29. 방역실 교차 동선 분석

그림 29에서는 방역실 내의 교차 동선을 분석하였는데 일반적인 진행 절차는 앞에 언급한 그림 28에서처럼 동선이 진행되었으나 ⑧ 반입 물품 소독실에서 비소독 작업자의 동선과 소독 후 작업자의 동선이 겹치므로 이 부분에서의 소독 관리가 필요하다. 방역실에 진입한 작업자는 반입 소독실에 소독할 물품을 선반에 올려놓으면 진입하지 않고 밖에서 물품만 올려놓고 개인 소독 절차를 진행하는 것이 교차 오염을 방지하며 방역실의 운영에서도 반입 물품 소독실은 수시로 소독액으로 소독하는 것이 농장 내부로 가축 질병 유입을 예방 할 수 있다.

- 여러 사람이 사용할 경우 교차 오염될 가능성이 있으므로 물품 반입시설에서는 동선이 겹치지 않도록 한 방향의 문은 자동 잠금 장치에 의해 잠기는 기능을 줘서 이용 중일 경우 동작하지 못하게 할 필요성 있다.

### 3) 전실의 효율적 구성 및 운영방안

가축 전염병 전파의 효율적 차단을 위하여 가축을 사육하는 공간 입구에 전실을 설치하여 사용하여야 하며 전실 내부는 축사 내에서 사용하는 장화(작업화)와 외부의 작업 장화가 섞여서 교차오염이 되지 않도록 내부를 오염·비오염 구역으로 구획하여, 잠재적 오염성이 있는 외부 의류와 장화를 분리 구별 (색상 또는 표식을 이용) 하여 외부로부터 사육공간이 감염되는 것을 막는다.

잠재적인 감염 공간과 가축 질병으로부터 자유로운 사육공간의 분리는 전실의 핵심 개념인데 잠재적 가축 질병 전이를 줄이기 위하여 공간을 2개 또는 3개의 영역으로 분리하여 운영 할 수 있다.

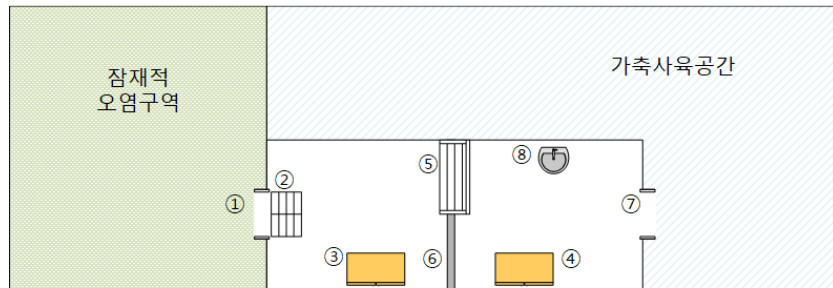


그림 30. 2개 공간으로 구획된 전실

- ① 전실 입구 ② 발판 소독기 ③ 오염지역 장화보관함 ④ 비오염지역 장화보관함
- ⑤ 장화를 갈아신기 위한 의자 ⑥ 오염지역과 비 오염지역 구획 ⑦ 가축사육공간 입구
- ⑧ 세면대 및 출입 기록대

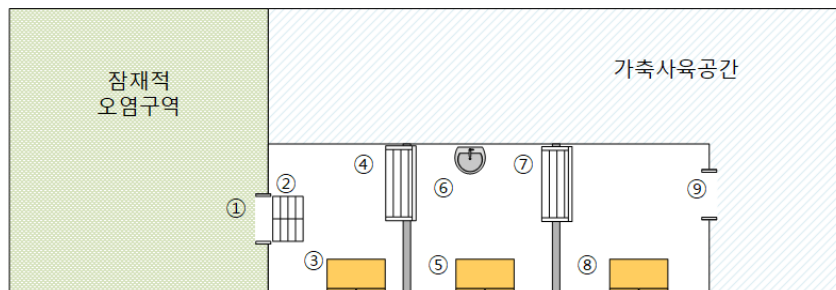


그림 31. 3개 공간으로 구획된 전실

- ① 전실 입구 ② 발판 소독기 ③ 오염지역 장화보관함 ④ 장화를 갈아신기 위한 의자
- ⑤ 중간지역 전용 신발 보관함 ⑥ 세면대 및 출입 기록대 ⑦ 비오염지역 장화를 갈아신기 위한 의자 ⑧ 비오염 지역 장화보관함 ⑨ 가축사육공간 입구

전실의 이동 동선은 작업자들이 가축 사육공간 외부에서 사용한 장화를 소독하고 나서 손을 씻고 비오염 구역으로 이동할 수 있도록 하여야 한다. 손을 씻기 위한 장소에는 올바른 손 씻기 지침의 포스터를 부착하여 손 씻기 표준 절차를 상기시키는 데 도움이 될 수 있게 한다. 새 비누와 마른 수건이 근처에 많이 갖춰져 있어야 하며 수건 대신 일회용 종이 수건을 사용할 수도 있으나 이 경우 쓰레기통을 반드시 갖추어야 한다. 수건을 사용할 때는 여러 번 사용하지 말고 항상 마른 수건을 사용

하며 사용한 수건은 회수통을 통해 수거하여 세탁 후 완벽히 건조하여 재사용한다.



그림 32. 손씻기 표준 절차를 표현한 그림 포스터

사육공간으로 들어가는 작업자에게 항상 전용 장화와 작업복을 제공하는 것이 중요한데 이를 위해 비오염 공간에 작업복 살균기와 장화 살균기를 비치하여 항상 살균된 상태로 유지하는 것이 중요하다.

현재 농장에서 사용하고 있는 전실은 차단벽과 신발을 갈아신을 수 있는 floor를 설치한 유형이다. 농장의 구조상 공통 전실을 사용해야 하는 예도 있다. 이의 경우엔 외부 유입을 막을 수 있어 ASF 바이러스의 유입을 통제하는 것은 가능하나 농장 내부에서의 PED, PRRS는 차단할 수가 없어 돼지 우리 간 교차 오염이 될 수 있다.

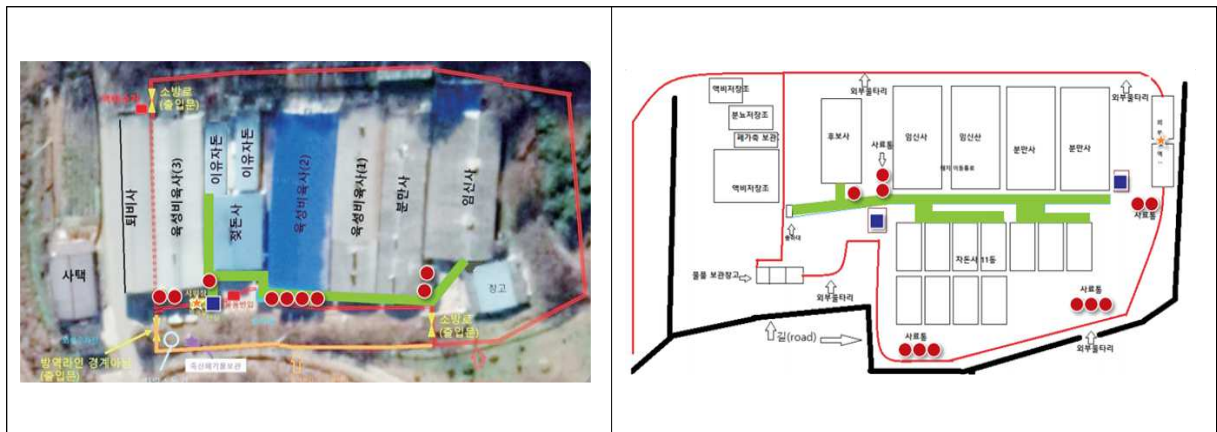
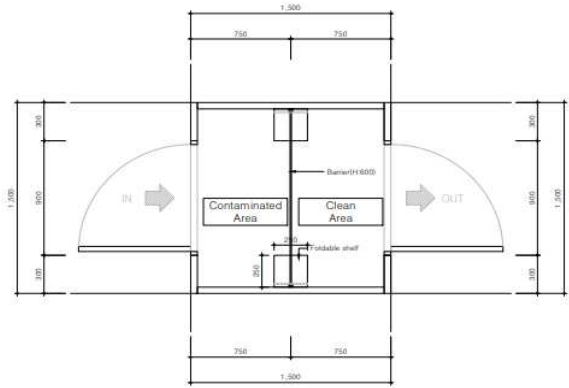


그림 32. 전실 설치 위치

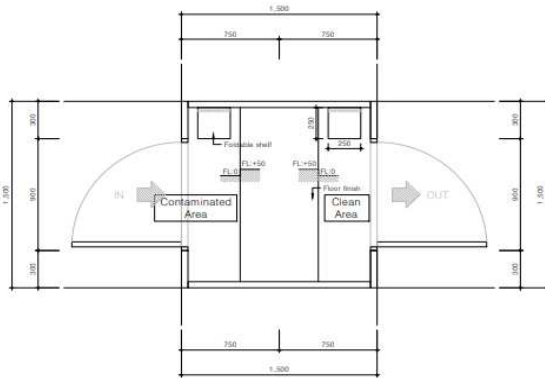




전실 모식도



전실 도면 형태 1



전실 도면 형태 2



전시 제작품

그림 33. 엔퓨텍 전실의 모식도, 도면, 제작품

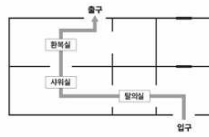
사용한 장화는 바닥의 오염물질을 제거하기 위한 강한 마찰력과 세정효과를 제공하는 신발 바닥 세척기를 이용하여 바닥의 오염물질을 제거하고 소독액으로 깨끗이 소독한다. 소독액은 정기적으로 교체하여 최적의 살균 효과를 유지할 수 있도록 하며 사용한 소독제는 환경오염을 고려하여 함부로 흘려 버리지 않는다.

전실 내부의 공기를 항상 청결하게 유지하여 사육시설 내부로 오염된 공기가 유입되는 것을 막는다. 그러기 위해서는 필요에 따라 공간 살균기를 갖추어 전실 내부의 공기가 오염되지 않도록 할 필요가 있다. 효율적인 차단 방역을 위한 전실은 위 기술한 대로 내부 동선을 고려하고 적절한 살균 시스템을 준비하여 운영함으로써 그 운영 효과를 극대화 할 수 있다.



그림 34. 완성된 전실 및 전실 입구 신발 바닥 세척기

▣ 탈의실 (환복실과 동일한 옷장 살균기)  
· 내부 사진



▣ 샤워실  
· 내부 사진



입구를 열면 보이는 탈의실



탈의실 내부 옷장 살균기



탈의실 옆 샤워실



샤워실 내부

그림 35. 완성된 방역실 내부 구조 및 동선

▣ 시설 설명

- 물품 반입 시설 (물품 살균 선반 포함, 별도 출입문)
- 탈의실 1개
- 샤워실 1개
- 환복실 1개
- 화장실 1개 (선택사항)
- 옷장 살균기 2개
- 신발 살균기 2개

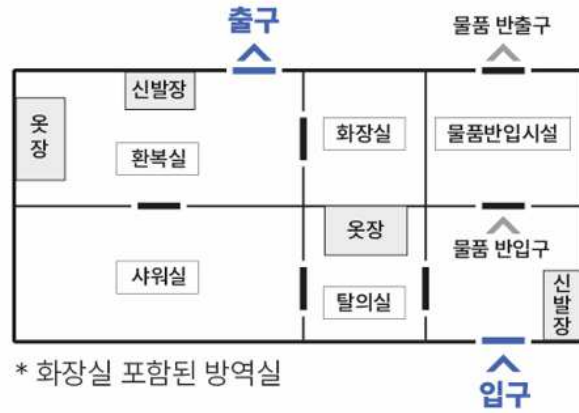


그림 36. 완성된 방역실 시설 설명 및 외부 구조

4) 방역실 및 전실의 구성품 연구

가) 물품 반입시설

(1) 물품 반입시설의 구조

- 동물 약품 업체나 택배기사가 물품을 놓고 가고 농장에서 가져가는데 동선이 겹치지 않도록 구조 설계 필요.
- 문을 열고 물품을 보관함에 두되 내부에는 들어가지 못하는 구조로 설계.

▣ 물품 반입 시설

- 내부 사진



입구를 열면 보이는 물품 반입 시설



물품 반입 시설 내부



물품 반입 시설 내 물품 살균기

그림 37. 물품 반입 시설 및 내부 살균기 구조



(2) 물품 반입 시설 내 자외선 강도 측정 및 세균 실험

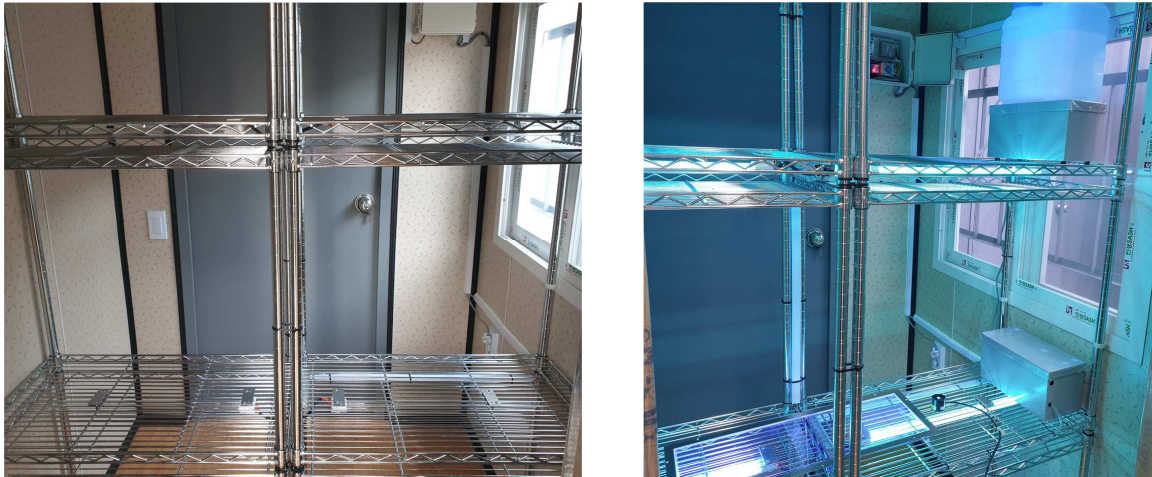
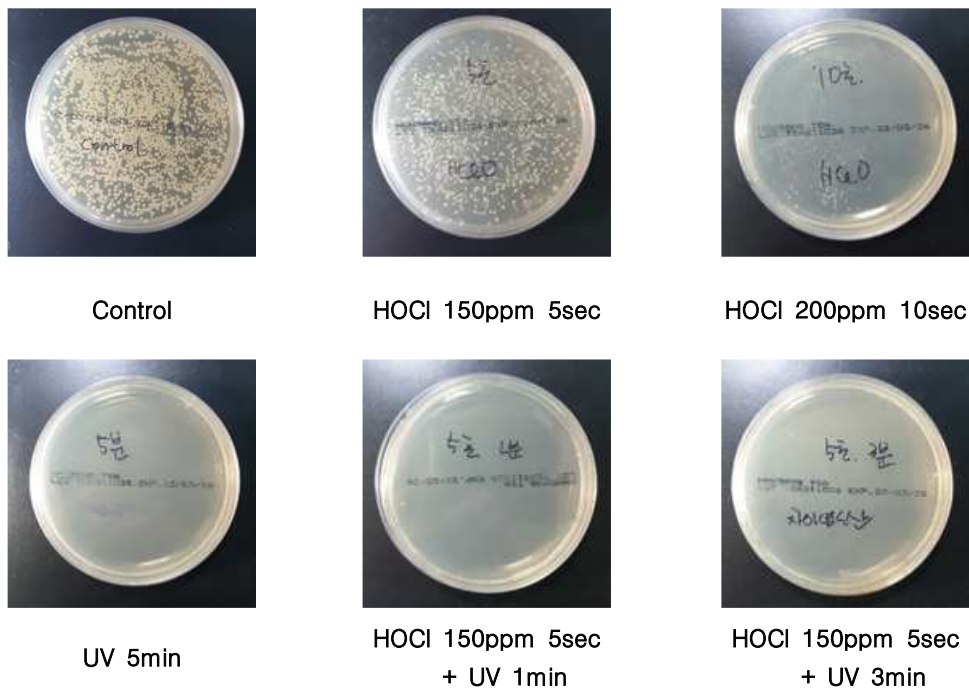


그림 37. 물품 반입 시설 구조 및 자외선 세기 측정

물품 반입시설내 보관함은 그림 37과 같이 금속 프레임으로 제작하였으며 프레임 천정에 자외선 및 차아염소산 분사 노즐을 설치하여 보관한 물품에 따라 살균 소독이 되도록 설계하였다. 자외선 램프 설치에서 물품까지의 거리의 자외선 세기는  $0.61 \text{ mW/cm}^2$  이며, 실험에 사용한 차아염소산수의 농도는 150ppm 이다.

표 7. 포도상구균(*Staphylococcus aureus*) 제거 실험 사진



포도상구균을 대상으로 자외선 단독 5분 조사 시 세균이 완전히 제거되었으며 차아염소산수를 단독 분사 시 200ppm의 농도로 10초 이상 분사가 필요했다. 차아염소산 150ppm으로 소독하였을 경우

UV를 1분 조사하고 차아염소산수를 5초 분사했을 때와 UV 3분 조사하고, 차아염소산수 5초 분사했을 때 모두 포도상구균의 대부분이 제거되었다.

○ 자외선 모듈 공인 시험 성적서

the way to trust

KCL

## 시험성적서

성적서번호 : CT21-036720K

**7. 시험결과**

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	5초 후 농도 (CFU/mL)	감소율 (%)	
BLANK		$1.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	-	
평균시험 : 황색포도상구균	의뢰자 제시방법				$(37.0 \pm 0.2) ^\circ\text{C}$
자외선 소독기 살균 모듈		$1.0 \times 10^4$	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

※ 시료 : 제품[자외선 소독기 살균 모듈]




※ 의뢰자 제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의뢰자가 제시한 제품 랙프로부터 20 cm 거리에서 5초 동안 노출 시킨 후 감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

※ 시험장소 : 경기도 안성시 중앙로 327 한경대학교 산학협력관 108호

총 3페이지 중 2페이지

양식TQP-12-01-03(1)

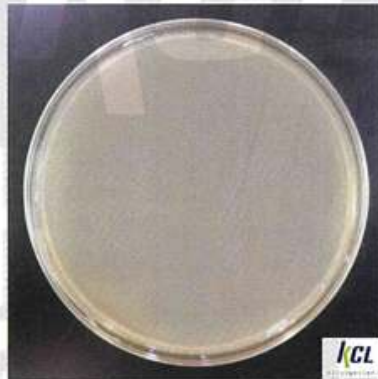




## 시험성적서

성적서번호 : CT21-036720K



<사진 1. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 황색포도상구균 - 자외선 소독기 살균 모듈 (5 s)>

— 끝 —

총 3페이지 중 3페이지

양식TQP-12-01-03(1)



3) 차아염소산수 이용 AI 바이러스 대상 소독 시험법에 따른 역가 실험

바이러스의 소독제 효력시험 규정에 따라 시험을 실시한다. 소독대상 병원체를 함유한 증류수 희석액, 경수 희석액 또는 유기물 희석액을 4℃에서 30분간 처리하여 소독제 효력을 평가를 예비 실험 하였다.

선정된 세포증식에 적합한 배지와 관련시약을 사용하며, 유기물 희석액은 세균의 시험법에 준하여 시험하였다. 단, 유기물 희석액에는 효모추출액 대신에 5% 소태아혈청을 사용하였다

시험방법은 농림축산검역본부고시 제2018-16호의 소독제 효력시험 지침을 따랐다.

병원체 대조군의 바이러스 감염역가에 비하여 소독제 처리군의 바이러스 감염역가가  $10^4$  TCID<sub>50</sub> (또는 EID<sub>50</sub>) 이상 불활화가 인정되는 희석농도를 유효농도로 하고 최종 유효 희석배수(농도)는 20%의 오차범위 내의 3회 반복 시험결과의 중위수(median)로 한다. 효력시험의 결과를 통하여 권장희석배수 결정은 유효희석배수의 80%값에 해당하는 희석배수를 기준으로 한다.

① 경수 조건에서 실험

바이러스 역가 감소치(TCID <sub>50</sub> /0.2ml)					
처리구	40ppm	60ppm	80ppm	100ppm	120ppm
1차	3.4	5.0	>6.2	>6.2	>6.2
2차	3.8	4.4	>5.2	>5.2	>5.2
3차	3.4	4.4	>4.8	>4.8	>4.8
중위수	3.4	4.4	5.2	5.2	5.2

② 유기물 조건에서 실험

바이러스 역가 감소치(TCID <sub>50</sub> /0.2ml)					
처리구	40ppm	60ppm	80ppm	100ppm	120ppm
1차	1.4	2.2	4.2	4.2	5.0
2차	1.0	1.4	2.4	3.8	5.0
3차	1.4	1.8	2.6	4.0	5.4
중위수	1.4	1.8	2.6	4.0	5.0

4) 유기물 조건 (5% FBS)에서 담체(Disk carrier) 시험법을 이용한 AI 바이러스 제거 실험

가) 실험조건

그림 38과 같이 유기물 조건에 미리 제조한 AI 바이러스를 Disk Carrier에 코팅하여 물품 반입 선반에 올려 두고 차아염소산수와 자외선의 작용 시간을 조절하여 실험을 진행하였다.

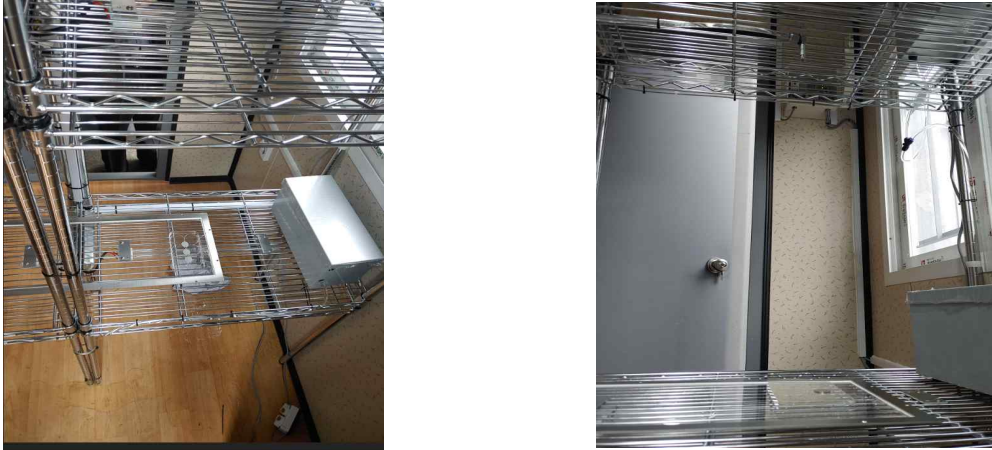


그림 38. 담체 시험법을 이용한 AI 바이러스 제거 실험

평가방법은 자외선 또는 차아염소산수 만을 단독으로 사용 한 경우 와, 자외선과 차아염소산수를 병행하여 시간 조건별로 나누어 실험하였으며 그 세부 조건을 표 8에 나타내었다.

표 8. 유기물조건 (5% FBS)에서 담체(Disk carrier) 실험 조건

조건	UV 단독	HOCl 단독	UV+HOCl 병행
물품 반입실	5 min	30초 분사	HOCl 5초 + UV 5분
	10 min	1분 분사	HOCl 5초 + UV 10분
	30 min	2분 분사	HOCl 5초 + UV 15분
	-	-	HOCl 1분 + UV 30초
	-	-	HOCl 1분 + UV 1분

나) 실험 결과

평가결과는 AI 간이 진단키트를 이용하여 현장에서 결과 확인이 가능하도록 하였다.

(1) 자외선 단독 조건

조건 결과

- ① 자외선 조사 5 min
- ② 자외선 조사 10 min
- ③ 자외선 조사 30 min

①②③



그림 39. 자외선 단독 AI 바이러스 제거 실험 결과

- 자외선단독으로 유기물 조건하에서 자외선 조사를 30분간 하여도 AI 바이러스 저감 효과는 없었는데 유기물에 의한 자외선 차폐효과에 의해 바이러스가 그대로 생존하는 결과를 보였다. 앞의 유기물 조건에서 부유 세균 저감 실험의 결과처럼 유기물이 자외선의 살균 반응을 방해하는 결과를 나타냈다.
- 농장과 같이 유기물이 많이 존재하는 환경에서의 살균은 자외선 단독으로는 기대하는 살균 소독 효과를 얻을 수 없으며 자외선 단독으로 사용할 경우 유기물 제거 방안에 대한 방안을 마련하여야 한다.

(2) 차아염소산수에 의한 소독효과 (1차)

조건 결과

- ① 차아염소산 150ppm 5sec
- ② 차아염소산 150ppm 10sec
- ③ 차아염소산 150ppm 15sec

①②③



그림 40. 차아염소산 150ppm 단독 AI 바이러스 제거 실험 결과 (1차)



(3) 차아염소산수에 의한 소독효과 (2차)

조건 결과

- ① 차아염소산 150ppm 30sec
- ② 차아염소산 150ppm 1 min
- ③ 차아염소산 150ppm 2 min

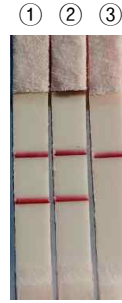


그림 41. 차아염소산 150ppm 단독 AI 바이러스 제거 실험 결과 (2차)

- 5% FBS유기물 조건에서 차아염소산수의 경우 5초, 10초 및 15초 동안의 분사에서는 소독 효과를 기대할 수 없었으나 (그림 40) 2분간 분사 시에는 소독 효과를 얻을 수 있었다. (그림 41). 이 결과는 담체위에 유기물과 건조된 바이러스에 차아염소산수가 침투하는데 시간이 필요하는 것을 의미 할 수도 있으며 추후 차아염소산수의 분사 후 일정 반응시간이 경과한 후에 그 결과를 지켜볼 필요가 있다.

(4) 차아염소산과 자외선 병행 조건에서의 소독 효과

조건 결과

- ① 차아염소산 150ppm 5sec + UV 5min
- ② 차아염소산 150ppm 5sec + UV 10min
- ③ 차아염소산 150ppm 5sec + UV 15min



그림 42. 차아염소산과 자외선 병행 AI 바이러스 제거 실험 결과

- 유기물 조건을 가정한 5% FBS와 AI 바이러스를 혼합한 소독 대상물에 차아염소산수와 자외선을 병행 실험한 결과 자외선 조사 시간이 아무리 길어도 차아염소산수의 분사 시간이 일정 시간 이상이 되지 않으면 효과가 없음을 알 수 있다.

(5) 차아염소산과 자외선 병행 추가 실험

조건 결과

- ① 차아염소산 150ppm 1min + UV 30sec
- ② 차아염소산 150ppm 1min + UV 1min



그림 43. 차아염소산과 자외선 병행 AI 바이러스 제거 실험 결과

- 차아염소산수를 2분간 분사한 경우 AI 바이러스가 제거 되었으며 1분을 분사하고 자외선을 병행 하였을 때 자외선 조사 시간이 30초 일 경우에는 차아염소산수를 활성화 하여 라디칼을 분사하기 위한 시간이 짧아 그림 42 ①과 같이 희미한 실선이 잔존하였으나 차아염소산수 분사시간과 동일한 시간으로 자외선을 조사한 경우 ②처럼 완벽히 AI 바이러스가 제거 되었다.

나. 폐사축 보관함 설계 및 제품화 (지상형, 매립형)

- 가축 사육에 따라 분만과 설사, 기후 스트레스 등의 자연 폐사는 물론 브루셀라, 구제역, 조류독감 및 돼지콜레라 등의 가축전염병에 의해 폐사가축이 발생하는데 국내에서의 가축 폐사체 발생 규모에 대한 정확한 통계는 어려우나 연간 소 98천두, 돼지 5,700천두, 78,000천수로 추정되고 있다<sup>12)</sup>
- 폐사가축의 발생 후 적절한 처리가 이뤄지지 않을 시 사체의 부패로 인해 발생하는 악취 및 해충 발생, 야생동물에 의한 사체 훼손 등 농가 내 위생문제뿐만 아니라 폐사 가축 유래 질병의 전파로 인한 가축 생산성 저하와 농경지 및 지표수, 지하수 오염이 발생하는 등 환경·방역적 문제 등 지역사회 차원의 문제로 확대될 수 있다.
- 가축전염병 예방법에서는 병명이 불명 확실하거나 전염병이 의심되는 가축이 병들거나 죽는 경우 소유자나 진단한 수의사는 가축전염병 예방법에 따라 국가에 보고하여야 할 의무가 있으며 농장에서 폐사 가축이 발생하면 기본적으로 농가 내부 (또는 인근)에 폐사체 보관을 위한 냉장설비를 설치하여 폐사체를 임시 저장할 수 있고 일정 기간 이상이 요구될 경우를 대비한 폐사축 보관함 설비를 갖추어야 한다.
- 가축의 폐사체, 태반 등 축산 관련 폐기물 관리시설을 냉장 또는 냉동 기능을 갖춘 컨테이너 또는 조립식 가설건축물 등의 형태로 설치하고, 축산 관련 폐기물 관리시설의 내부 및 외부가 수시로 청소될 수 있도록 청소도구를 갖추어 두어야 하나 현재 운영되고 있는 폐사축 보관함은 폐사축의 보관 및 수거에 어려움이 있으므로 현 시설의 문제점을 분석하고 수거가 쉬운 형태의 폐사축 보관함을 개발하고자 한다.



○ 현 시설의 문제점

- 농장에서 무거운 폐사축을 냉동창고에 이동하는 데 지게차 등을 이용해야 하므로 어려움 있다.
- 폐사축 수집 차량이 냉동창고에 보관되어 있는 폐사축을 수거하려면 집게등을 이용해야 하는데 창고문의 구조로 인해 수거자가 창고 깊숙이 들어 가야 하는 등 수거가 용이하지 않으며 이 과정에서 질병 전파에 노출 될 수 있다.

○ 국내 폐사축 보관함 설치 형태



○ 해외 폐사축 보관함 설치 운영 사례(독일)

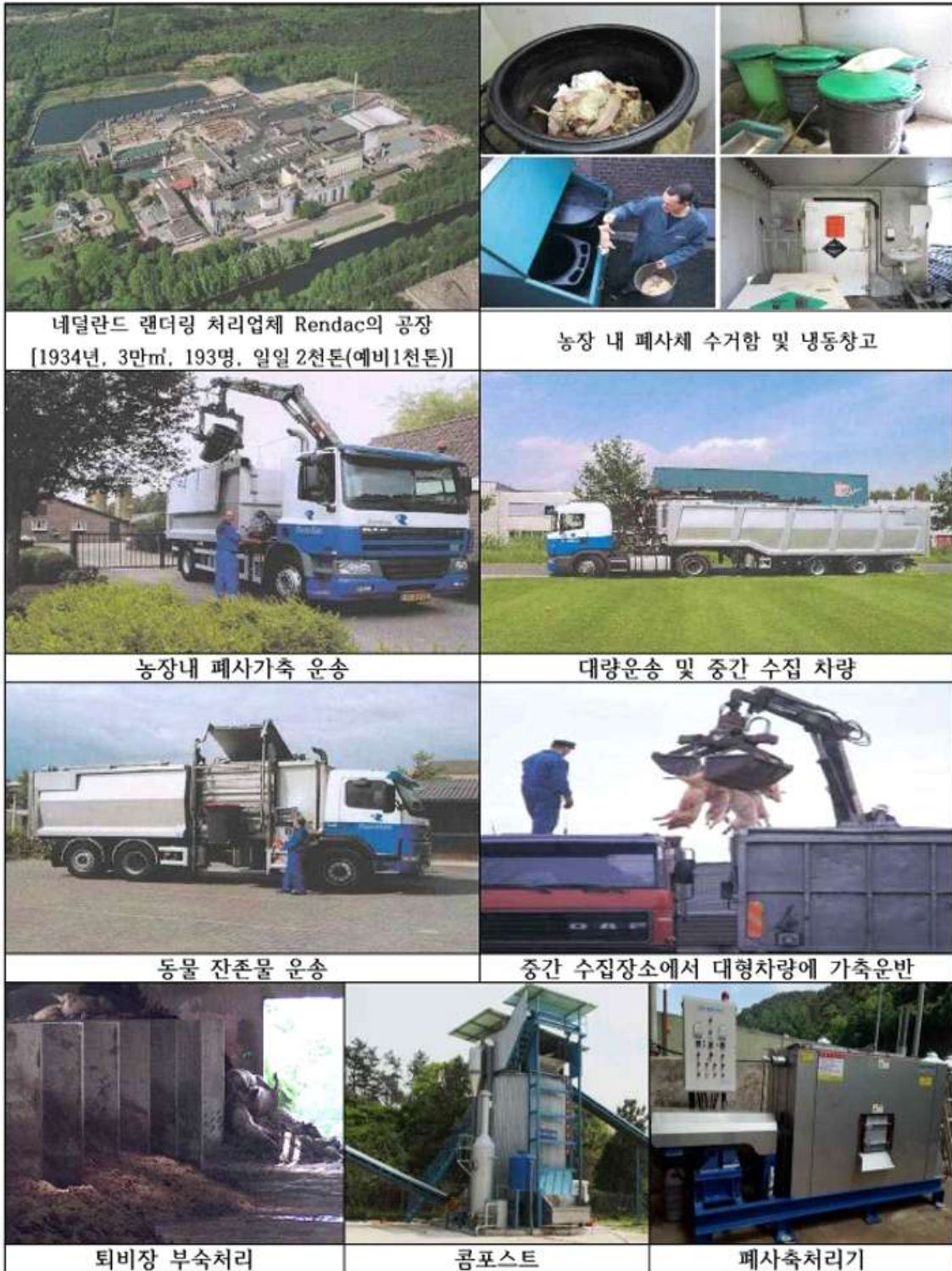




○ 해외 폐사축 보관함 설치 운영 사례(네덜란드)



○ 기타 폐가축 보관 및 처리 사례





1) 지하형 폐사축 보관함 개발 방향

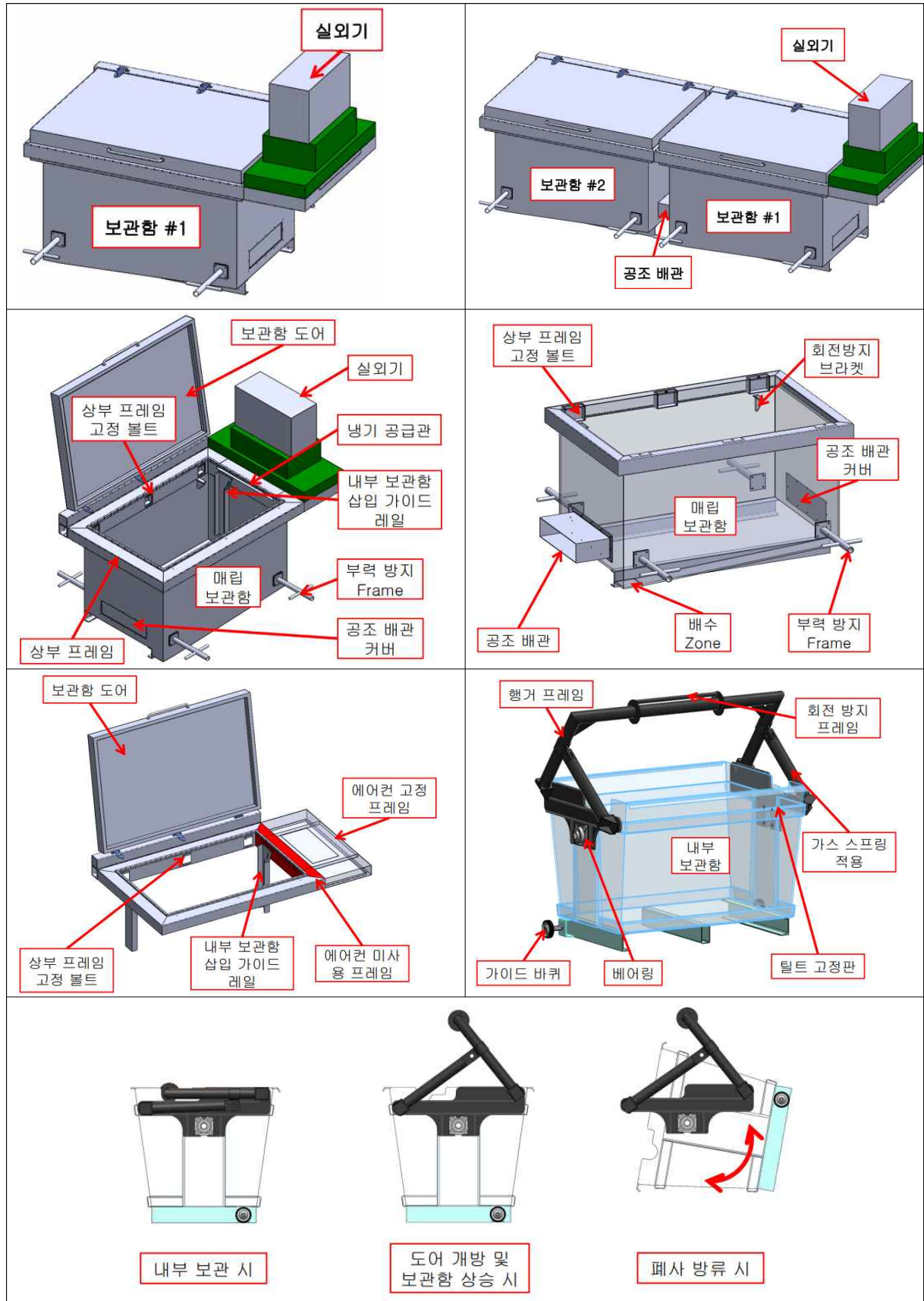


그림 44. 폐사축 보관함 도면 및 동작 원리

- 농장에서 폐수축을 이동하여 넣기 편하게 보관함을 지하에 매설한다.
- 폐사축 보관함을 농장 울타리 안쪽에 설치하여 수거차량이 문을 개방하고 집게로 바구니를 들어 옮기기 편하도록 제작 한다.
- 폐사축 수거 차량과 운전자가 울타리 밖에서 작업을 할 수 있어 동선이 겹쳐 질병이 전파될 위험이 없도록 설치한다.
- 운전가자 폐사축 보관함의 문을 쉽게 개방할 수 있도록 도어 개방 스위치를 울타리에 설치한다.

## 2) 지하형 폐사축 보관함 설계

폐사축 보관함의 개발 방향에 맞게 보관함이 2개 길이로 있는 형태로 중앙에는 양쪽 보관함을 냉동할 수 있는 냉동기를 위치시켜 전체의 온도를 조절 가능하며 땅속 매립 형태로 상부 보관함 문을 열면 안에 내부보관함이 위치하여 이를 꺼내어 폐사축을 처리할 수 있게 하였다.

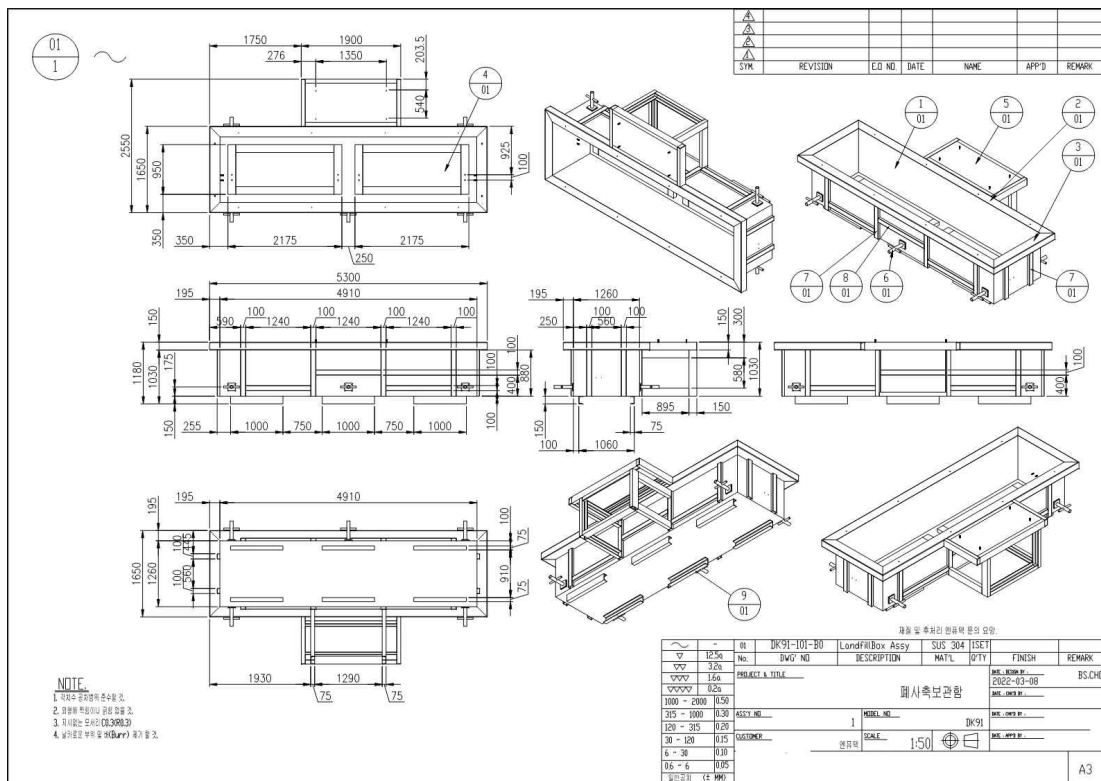
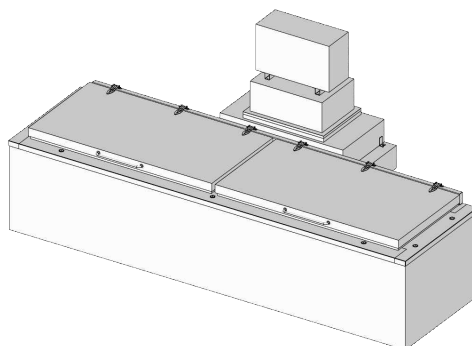


그림 45. 폐사축 보관함 기초 설계안



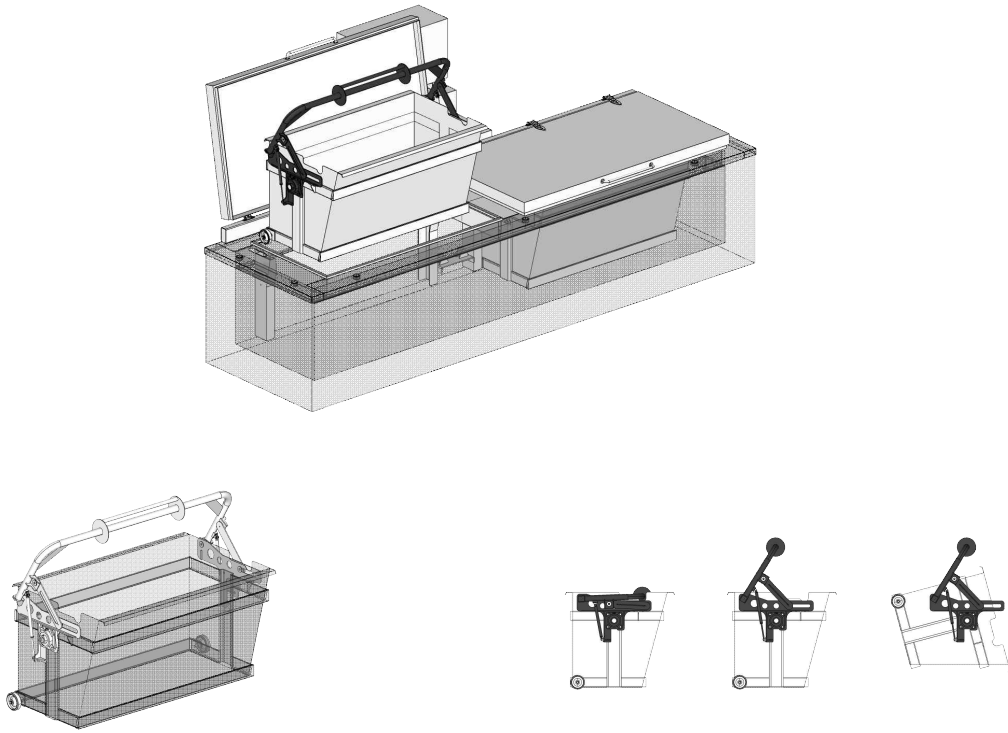


그림 46. 폐사축 보관함의 상세 형태 및 내부 보관함 처리 방법

3) 지하형 폐사축 보관함 제작 및 시험 평가  
가) 시작품 제작

폐사축 보관함 전체 매립 크기의 구조물을 나무로 만들고 여기에 구조물을 안치한 다음 지상에서 문제점을 분석한 다음 이를 수정 보완하였다.



그림 47. 나무로 제작된 틀에 폐사축 보관함을 설치한 모습

나) 시험 테스트

(1) 바구니 용적 부하 테스트

바구니 무게 220kg과 폐사축 750kg을 채우고 보관할 때, 폐사가축 수거차가 바구니를 들었을 때 휘어짐, 찢어짐 등 변형이 생기는지 확인하기 위해 바구니 안에 약 1ton 가량의 물을 채우고 지게차로 바닥에서 약 30cm 띄운 후 고정해 하루 동안 방치 한 후 전, 후의 변형을 비교하였다.



물 채우기



지게차를 이용해 바구니 들기



바닥에서 30cm 띄우기



하루 동안 위치 고정

○ 용적 부하 테스트 결과

부품	결과
바구니	물 부피로 인해 바구니가 볼록하게 튀어나옴, 지지대 추가함
손잡이	약 24시간 한쪽으로 치우친 채 들려있어 휘어짐
가스 스프링	무게가 더 무거웠던 쪽의 가스 스프링 고장남
· 실제 사용 시 손잡이를 1시간 이상 들어올릴 상황은 없으나, 여러번 사용하면 휘어질 수 있음을 확인 · 가스 스프링 또한 바구니 무게중심이 안맞으면 고장 날 수 있음을 확인	



(2) 액추에이터 성능 평가

액추에이터를 제품 도어와 연결 후 스위치의 ON/ OFF를 반복 진행해 오류 발생하는지 확인하였으며 도어별 각 5회씩 진행 (도어 2개) 하였으며 4회차부터 별도 리미트 스위치 장착 후 평가 진행하였다.



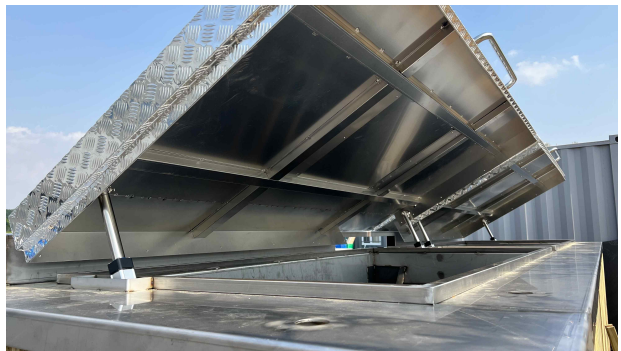
액추에이터 설치(하부)



액추에이터 설치(상부)



ON(도어 열림)



OFF(도어 닫힘)



별도 리미트 스위치 장착



ON/OFF 스위치 연결된 콘트롤박스

○ 액추에이터 성능 평가 결과

□ 열림/ 닫힘 기록표

회차	스위치	상태	비고	회차	스위치	상태	비고
1	ON	정상		1	ON	정상	
	OFF	이상	액추에이터 2개 모두 작동하지 않음		OFF	이상	액추에이터 2개 중 1개만 작동
2	ON	정상		2	ON	정상	
	OFF	이상	액추에이터 2개 중 1개만 작동		OFF	이상	액추에이터 2개 모두 작동하지 않음
3	ON	정상		3	ON	정상	
	OFF	이상	액추에이터 2개 모두 작동하지 않음		OFF	이상	액추에이터 2개 모두 작동하지 않음
4	ON	정상		4	ON	정상	
	OFF	정상			OFF	정상	
5	ON	정상		5	ON	정상	
	OFF	정상			OFF	정상	

- 위치를 ON 상태에서 STOP(가운데)로 두지 않고 바로 작동할 경우 액추에이터가 움직이지 않음
- 도어가 전부 열리기 직전에 ON OFF 반복 진행 시 부하가 걸리지 않음, 액추에이터 자체의 리미트 스위치가 작동한 후에 부하가 걸림.
- 도어에 별도 리미트 스위치를 부착한 경우 ON/ OFF 시 부하가 걸리지 않음.

(3) 보관함 수거 시험

폐사축 보관함 내부 보관함에 폐사 가축을 보관한 후 처리 업체가 수거할 경우를 가정하여 내부 보관함의 수거가 쉬운지에 대한 시험을 시행하였다.



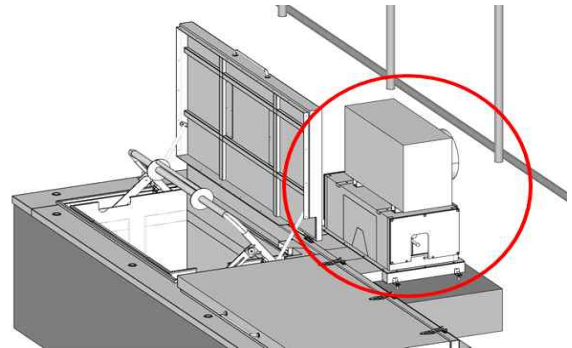
그림 48. 내부 보관함 이동 및 수거 테스트

- 수거 시 내부 보관함이 폐사축 보관함 덮개와의 간섭이 존재하였으며 액추에이터와 부딪혀 손상이 발생하였는데 이는 보호 가이드 설치를 통하여 해결하고자 하였다.

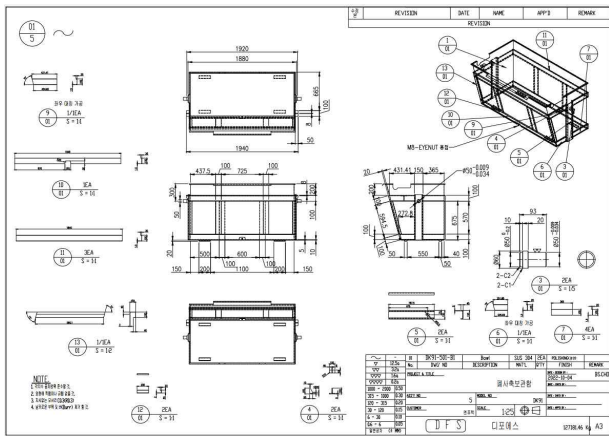


다) 기초 설계도면 수정

(1) 냉동기의 방향 수정



(2) 바구니 프레임 수정



라) 매립 설치 (현장 설치 조건 구현)



마) 매립 설치 후 냉동 테스트



4) 지하형 폐사축 보관함 시험 결과 반영 수정 및 보완

폐사축 보관함을 현장 설치 조건과 같이 매립하여 냉동기 및 운영에 관한 테스트를 시행한 결과 냉동기와 내부 보관함의 연결 부위에서의 냉각효과가 떨어지는 현상과 외부로 열손실이 발생하였다. 따라서 이부분에 대한 설계 수정 및 단열재 보완을 통하여 해결 하였다.

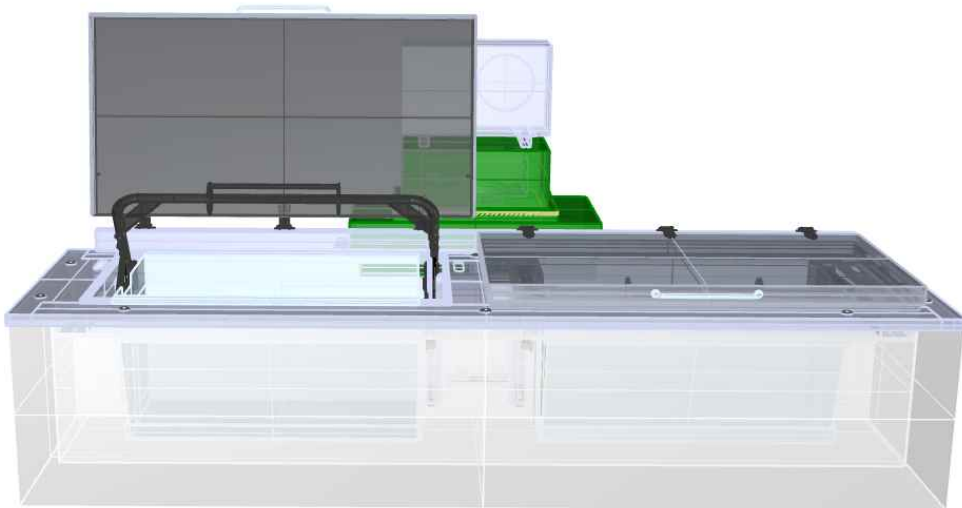


그림 49. 수정된 폐사축 보관함 렌더링

5) 지하형 폐사축 보관함 동작 시연

완성된 폐사축 보관함의 현장 운용 형태를 시연하고 축사 관계자들에게 사용, 운용에 관한 교육을 실시하였다. 더불어 현장 상황에 관련된 조언을 청취하는 자리를 마련하여 요구 사항 및 기타 개선 항목을 점검하였다.





그림 50. 폐사축 보관함 시연 및 교육

#### 6) 지상형 폐사축 보관함

소규모 농장 이나 농장의 지리적 위치로 인하여 지하 폐사축 보관함을 구비할 공간적 여건이 어려운 농장을 대상으로 개발하였으며 기존 운용하고 있는 폐사축 보관함의 불편함을 분석하여 새로운 형태의 제품으로 개발하였다.

대부분 농장에서 운용중인 폐사축 냉동 창고 형태

문제점

### 폐사축 냉동 창고



- 냉동 창고의 입구가 좁아 폐사축 처리 시 냉동고 안에 있는 사체를 끄집어 내어 처리하는데 불편함이 있다
- 냉동 창고 입구 부위와 아래부분이 지상으로부터 턱이 있어 폐사축을 수레와 같은 도구를 이용하여 처리 하지 못하는 단점이 있다.
- 용적 대비 좁은 입구로 인하여 전체 용적을 활용하지 못한다.

가) 지상형 폐사축 보관함 모델링 및 설계

지상형 폐사축의 경우 그림 51과 같이 입구의 폭을 최대한 활용할 수 있는 구조로 설계하였으며 아래 지면과의 틈을 없애 보관함을 비울 때 수레 바구니를 이용하여 수월하게 작업을 할 수 있도록 설계하였으며 돈사와 양계 농장의 폐사축 특성을 고려하여 농장 상황에 맞게 사용 할 수 있도록 구상하였다. 지상형 바구니 수레도 덮개가 있는 형태와 개방형 형태 등 농장 상황에 맞게 적용하여 이용하도록 설계하였다.

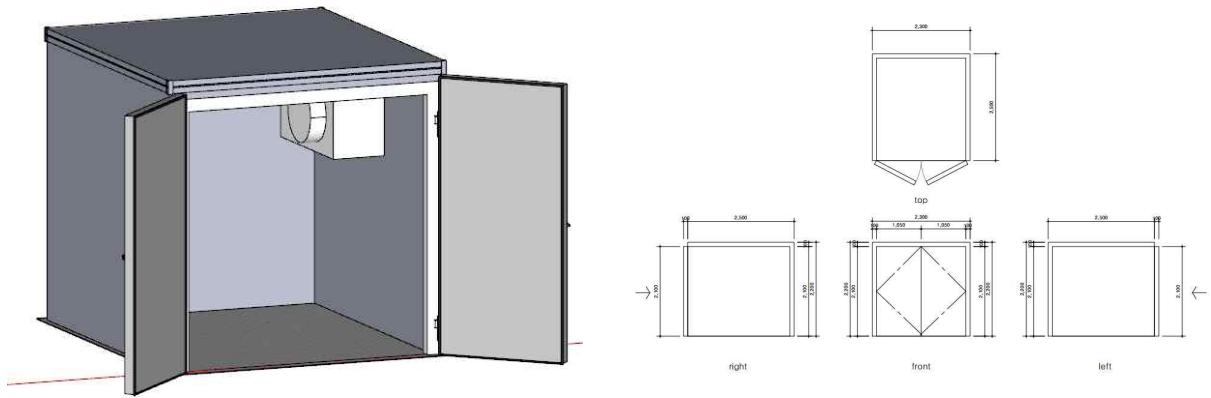


그림 51. 지상형 폐사축 보관함 모델링 및 설계안 (돈사용)

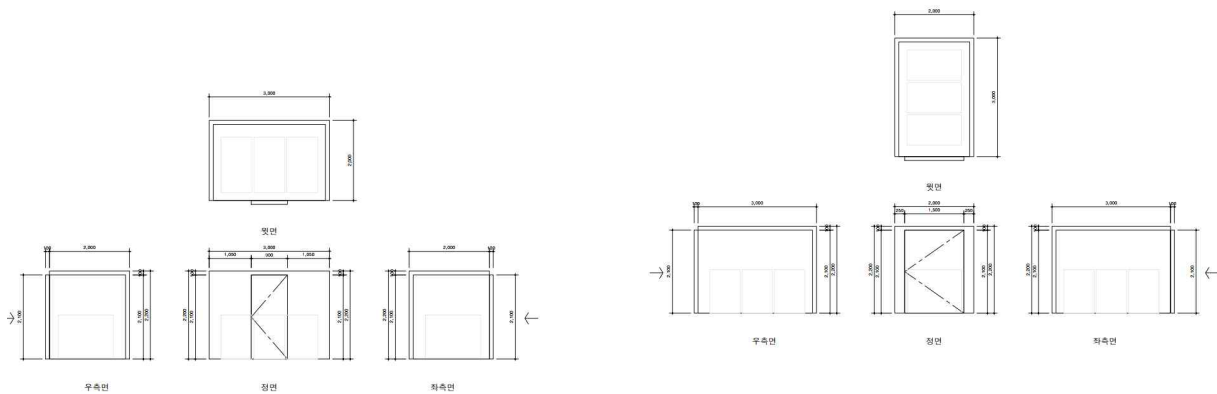


그림 52. 지상형 폐사축 보관함 설계안 (양계용)





그림 53. 지상형 폐사축 보관함용 바구니 형태 모델링

나) 지상형 폐사축 보관함 제품화



그림 54. 지상형 폐사축 보관함 제품화

제품화한 지상형 폐사축 보관함은 그림 54와 같이 내부에 보관함을 넣을 수 있게 하여 폐사축을 보관함에 보관하였다가 바구니만 끄집어 낼 수 있도록 설계하였으며 천정에는 자외선 램프 모듈을 설치하여 내부 공간을 살균 할 수 있도록 하여 가축 전염병 예방 요소를 추가 하였다.

#### 다. 울타리 방역 시스템 실험 및 제품화

- 많은 농장에 설치되어 있는 경계 울타리는 단지 외형일뿐며 기껏해야 외부와의 경계를 두는 형태로 설계·설치 되어있다. 그래서 현재 ASF의 전파를 막기위해서 농장의 울타리는 돼지가 들어오지 못하도록 튼튼히 설계되어야 한다. 돼지는 아이들보다 작고 굴을 파고 기어오르기 때문에 습성이 있는데 이러한 돼지를 염두에 두고 지어진 경계 울타리는 거의 없다. 야생 멧돼지가 농장 안으로 침범하지 못하게 하려면 농장 주변 울타리는 지면에 18cm 정도 묻히거나 최소한 지면과 단단하게 맞닿게 설치되어야 한다.
  
- 현재 설치된 농장의 울타리가 산비탈에 인접하여 있는 곳이 있으며 이 경우 높이가 상대적으로 낮아 야생동물이 침범할 수 있으며 축사 진입로에 울타리가 설치되어 있지 않아 야생동물의 접근이 가능하다. 또한 오염된 지역으로부터 차량 바퀴나 차량 하부 흙에 의해 바이러스 전파 가능성이 있다.
  
- ASF 감염 멧돼지의 사체를 먹은 설치류가 울타리를 통과하여 농장 안으로 들어올 가능성이 있으며 이를 경우 농장 내로 질병 전파가 쉽게 이루어질 수 있다. 이러한 것을 방지하기 위해 생석회를 이용하여 방지책을 세울 수 있으나 넓은 외부 울타리 주위에 생석회 밸트를 만드는 것에 현실적인 어려움이 있다. 또한, 생석회는 설치류의 차단 효과가 없으며 물과 만났을 경우에만 소독의 효과가 있다. 이와 같은 이유로 울타리에 소독액 분사 노즐을 설치하여 주기적으로 소독을 하는 것이 설치류에 의한 ASF-V 전파를 막을 수 있는 방역 방법이라고 판단된다. 울타리의 소독에 사용할 수 있는 소독제는 환경 오염을 막고 수산물에 피해를 주지 않는 약제를 선택해야 하는데 차아염소산수(HClO) 는 환경 독성이 없고 수산물에 대한 피해가 없어 가장 적당한 소독제로 판단된다.

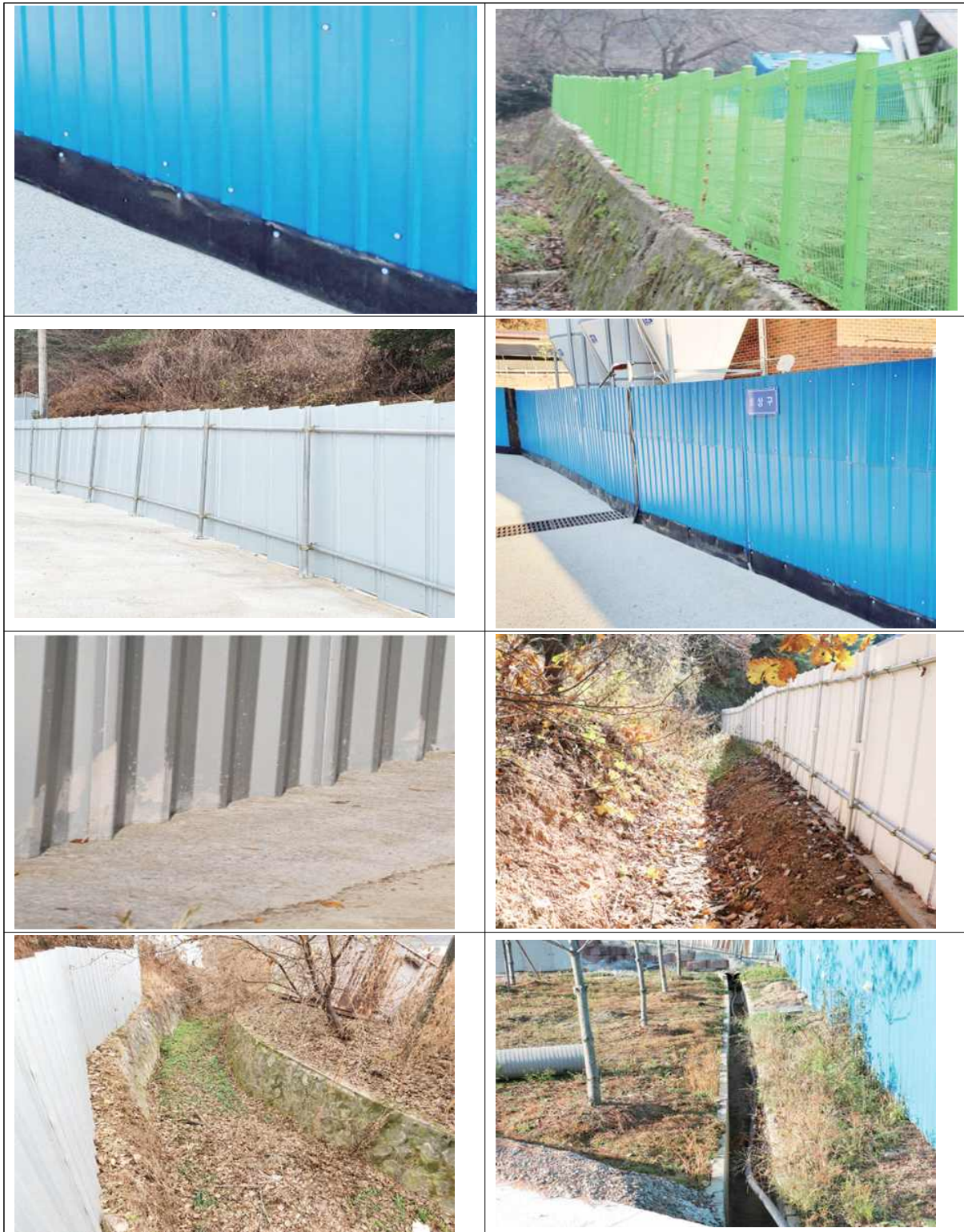


그림 55. 현재 농장에서 운영중인 외부 울타리







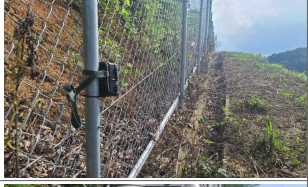









1) 농장 울타리에 접근하는 동물 조사

○ 농장 울타리에는 관찰 카메라를 설치하여 이동하는 동물 조사

- 농장 울타리를 넘어 농장내로 침입할 수 있는 동물 등을 확인하기 위하여 무인카메라 설치 확인
- 무인카메라에 고양이 포착을 통하여 고양이의 먹이가 되는 설치류 등의 존재가 예상되며, 기타 다른 동물들의 존재도 배재할 수 없음

○ 연천, 포천, 홍성 농장에 관찰 카메라를 설치하여 관찰 한 결과 농장의 울타리에 동물들이 접근하는 것을 포착하였으며, 울타리 방역의 필요성을 확인하였다.

표 9. 농장 울타리에 설치된 무인카메라(좌) 및 포착된 동물 (우) 및 횟수

관찰 농장 기간	설치 위치	사 진		출몰 동물	횟수
양**축산(연천) 07.14~07.21	펜스1			고양이	3
	펜스2			까치	5
	펜스3			고양이	3
	펜스4			고라니	2
새**농장(포천) 06.29~07.06	펜스1			고라니	2
	펜스2			고라니	1
동**농장 10.13~10.20	펜스1			고양이	1

## 2) 울타리 분사 노즐 평가

농장 울타리에 분사 노즐을 설치하여 울타리 주변 소독과 더불어 농장에서 발생하는 악취의 전파를 차단하는 효과를 줄 수 있도록 노즐 높이에 따른 분사 정도를 감수지를 이용하여 평가하였다. 울타리에 설치된 노즐은 기존 설치된 울타리 높이에 따라 울타리 안팎으로 향하게 쌍구 노즐을 설치 하였으며, 노즐 간격은 1.5m로 하였다. 노즐의 굽기는 바람에 날리는 것을 방지 하기 위해 0.5mm 이상을 사용하였다.

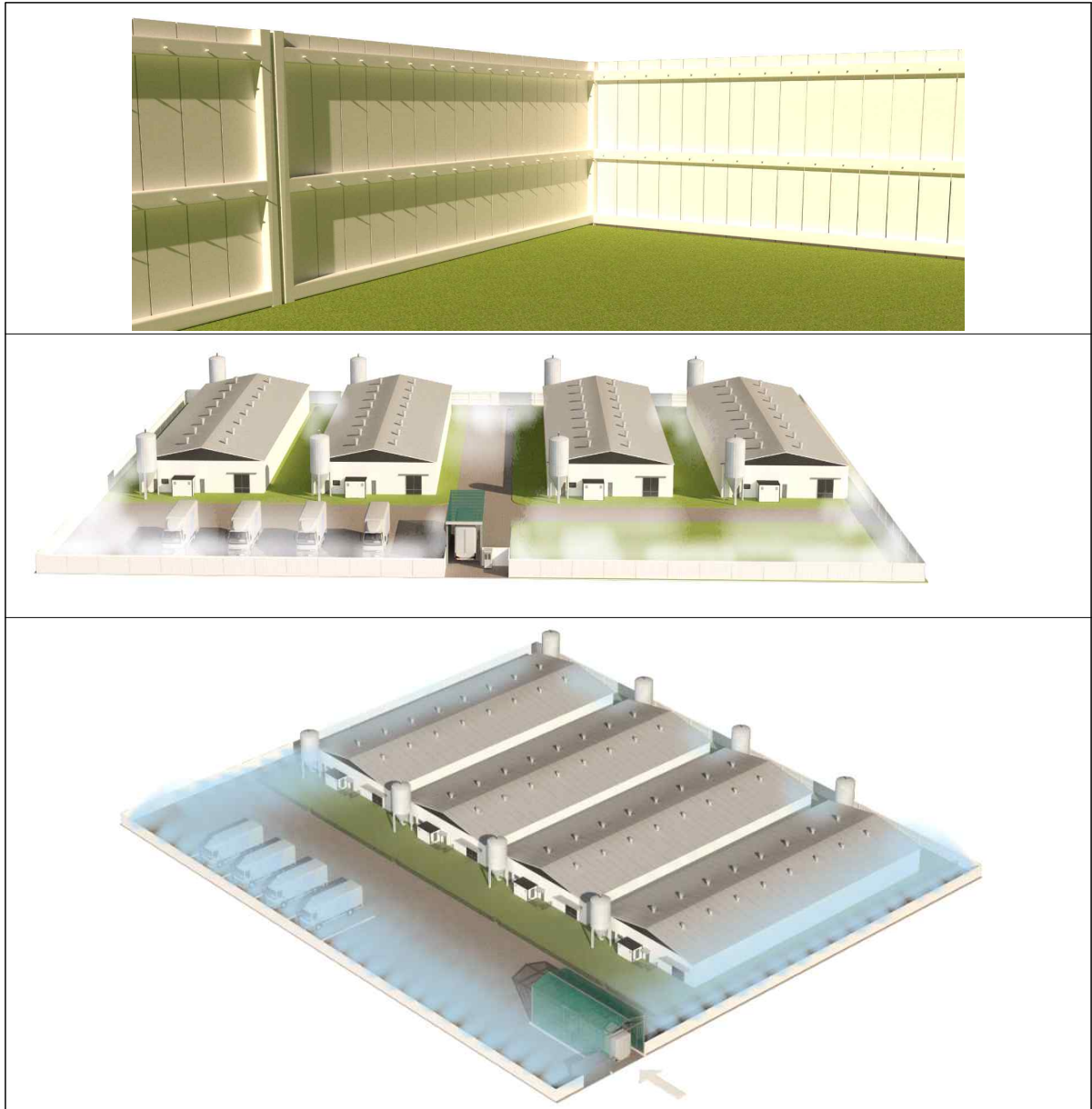
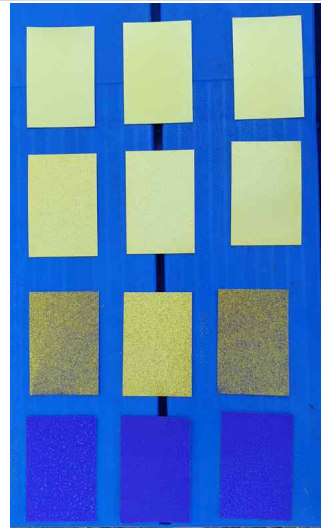
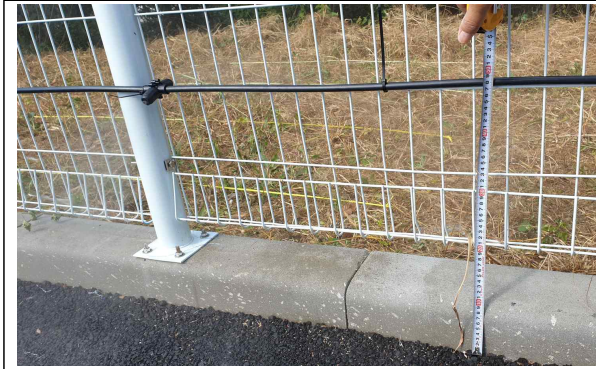


그림 56. 농장 울타리 모식도 및 소독제 분사 시 전체 농장 모식도

노즐의 설치 높이에 따른 분사 효과를 검증하기 위해 감수지를 이용하여 울타리 설치 높이 별로 지면은 1M 단위로 총 4M를 구획하여 감수지를 그림과 같이 바닥 한 구역에 3개의 감수지를 균등히 분배하여 최적의 분사 조건을 찾았다.



가) 노즐의 설치 높이 (지면으로부터 약 50cm)





나) 노즐의 설치 높이 (지면으로부터 약 100cm)





다) 노즐의 설치 높이 (지면으로부터 약 140cm)



각 높이별 분사 노즐의 분사 능력을 평가 한 결과 지면에서 울타리 1M 높이에 노즐을 설치 한 경우 울타리 밖 2M 이내가 골고루 적셔졌으므로 이는 분사노즐을 1M 높이에 설치하여 울타리 밖으로 소독액을 분사할 때 골고루 소독 할 수 있음을 의미한다.



○ 울타리 분사 노즐 제품화 설치.



#### 4. 옷장 살균기 개발 및 평가 실험

- 농장에 근무하는 작업자는 전실 및 방역실을 통과할 때 구비된 깨끗한 옷으로 갈아 입고 농장으로 들어가지만 외부에서 가축전염병에 오염된 옷을 그대로 방치한 채로 돌 경우 가축전염병의 잠재적 매개체가 될 수 있으며 작업 중에 진흙이나 축산 분뇨 등의 오염원이 부착될 수 있으며 이들 오염 매개체는 쉽게 제거 되지 않기 때문에 잠재적 가축 질병 전파의 매개체가 될 수 있다.
- 방역실 및 농장 내부에 의류 살균기가 구비되어 있을 경우 수시로 살균 소독한 작업복을 착용할 수 있으므로 잠재적 가축 질병 전파 매개 요소를 제거할 수 있다.
- 물품 반입시설 내의 물품 보관함 소독 시설과 같은 차아염소산수를 의류에 사용 할 경우 의류가 젖고 차아염소산수에 의해 탈색 등의 현상이 생길 수 있기 때문에 소독액을 사용하지는 못하지만 자외선을 사용하면 공기 살균과 더불어 표면 살균도 병행하여 할 수 있다.

##### 가. 옷장 살균기의 자외선 모듈 살균 실험 (*salmonella*)

옷장 살균기에 사용할 자외선 모듈에 대한 거리별 자외선 강도와 이에 대한 자외선 살균 효율을 살모넬라 (*salmonella*)를 이용하여 실험하였다.

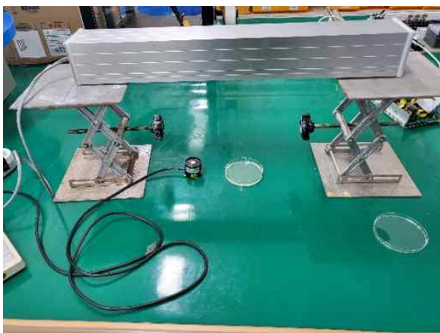


그림 57. 옷장 살균기 자외선 모듈에 대한 실험

측정 거리 (cm)	자외선 세기 ( $mWsec/cm^2$ )
10	2.53
20	1.32
30	0.83
40	0.54
50	0.36

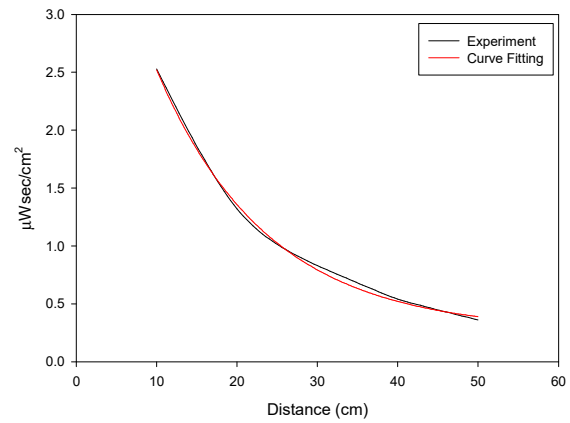


그림 58. 옷장 살균기 자외선 모듈의 거리별 자외선 강도

자외선 강도는 거리별로 그림 30과 같이 지수감소 함수의 그래프 형태를 나타내며 이 측정 그래프를 Curve Fitting을 하여 함수를 구하면 거리별 자외선 세기의 수식으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

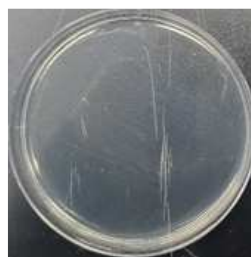
$$Y = 4.6641 \exp(-0.0726x) + 0.2646$$

여기서  $x$ : 거리(cm),  $Y$ : 자외선 세기 ( $mWsec/cm^2$ )

2) 옷장 살균기의 자외선 모듈 살균 실험 (*salmonella*) 결과  
가) 자외선 3분 조사 결과



Control



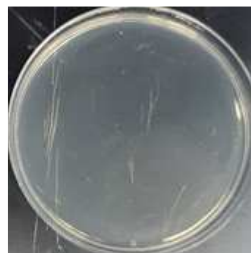
10cm  
99.99%



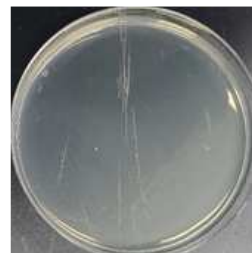
20cm  
99.99%



30cm  
99.99%

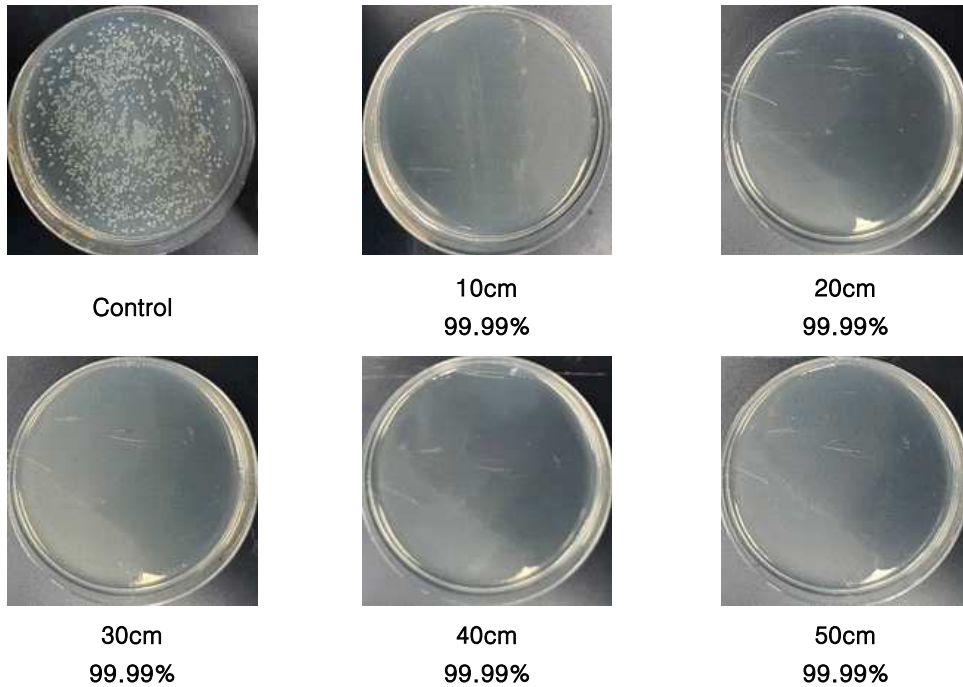


40cm  
99.99%



50cm  
99.99%

나) 자외선 1분 조사 결과



다) 유기물조건 (5% FBS)에서 담체(Disk carrier) 시험법을 이용한 AI 바이러스 결과

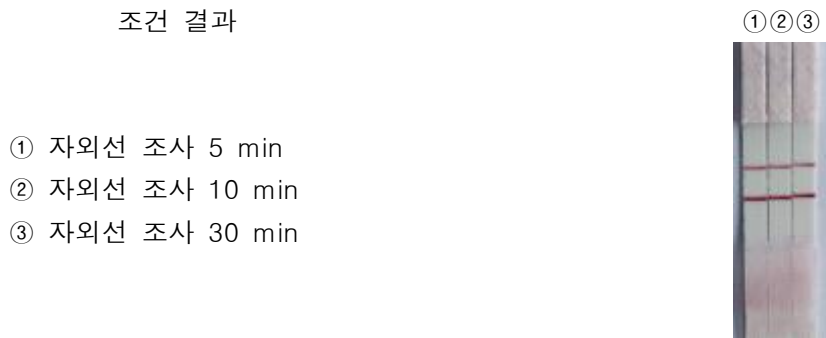


그림 59. 자외선 단독 AI 바이러스 제거 실험 결과

※ 자외선 램프 모듈을 이용한 살모넬라 살균 실험에서 유기물이 없는 조건하에서는 우수한 살균 효과를 보이지만 인위적인 유기물 고농도 조건하에서의 자외선은 유기물에 의한 차폐 효과(Screen Effect)로 인해 살균 효과가 거의 없음을 확인하였으며 농장에서 소독제나 자외선등을 이용하여 살균을 할 때 현실적으로 세균 및 바이러스는 분변 및 기타 유기오염물과 더불어 있기 때문에 이를 고려한 살균 소독 시스템을 구현하는 것이 중요하다. 따라서 개발하고자 하는 옷장 살균기는 옷걸이를 전체적으로 흔들며 옷에 붙어 있는 유기물이나 오염물질을 떨어지게 하고 여기에 자외선과 더불어 공기 정화와 살균 효과가 있는 광촉매를 이용하여 살균 소독 효과를 극대화하고 옷장 살균기 내부 공기도 정화하여 항상 쾌적한 상태를 유지하게끔 제작하고자 한다.

### 3) 옷장 살균기 디자인 및 기구설계

- 구상된 옷장 살균기의 형태는 아래의 그림과 같으며 top to down 방식으로 공기가 순환되며 옷장의 작업복을 모터 동력 장치를 이용하여 좌우로 흔들어 옷에 묻어 있는 세균이나 바이러스가 쉽게 탈착하도록하였다. 탈착된 오염 물질은 공기 중으로 부유하다가 위, 아래에 설치되어 있는 자외선 램프에 의해서 효율적으로 살균 및 소독하게 하였으며 공기는 아래로 순환되며 외부로 빠져 나가는 부분에 광촉매 모듈 필터를 설치하여 다시 한번 더 공기를 살균하고 정확하게 하였다.
- 농장 작업에 따른 악취가 작업복에 묻어 있을 수도 있는데 새로 개발된 옷장 살균기를 이용할 경우 작업복의 악취 오염물질도 제거할 수 있게 하여 작업복을 항상 쾌적한 상태로 보관도 할 수 있게 하였다.



그림 59. 옷장 살균기의 3D 모델링



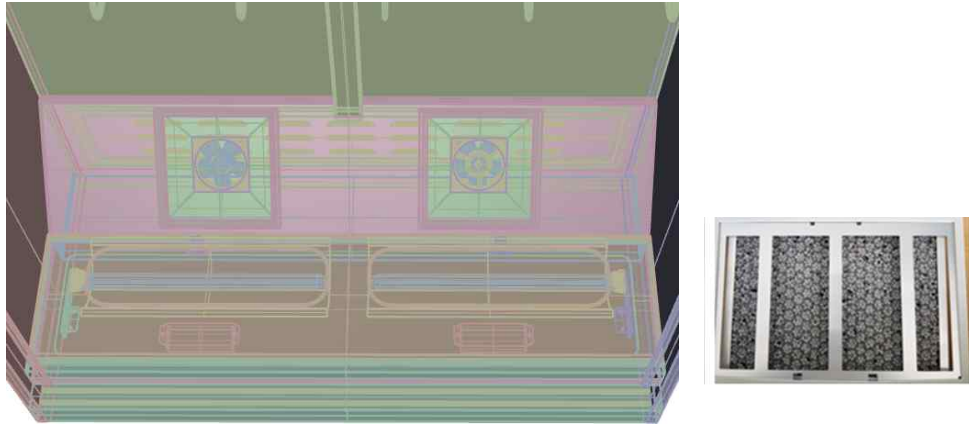


그림 60. 하부 통기구 및 광촉매 필터 모듈 구성

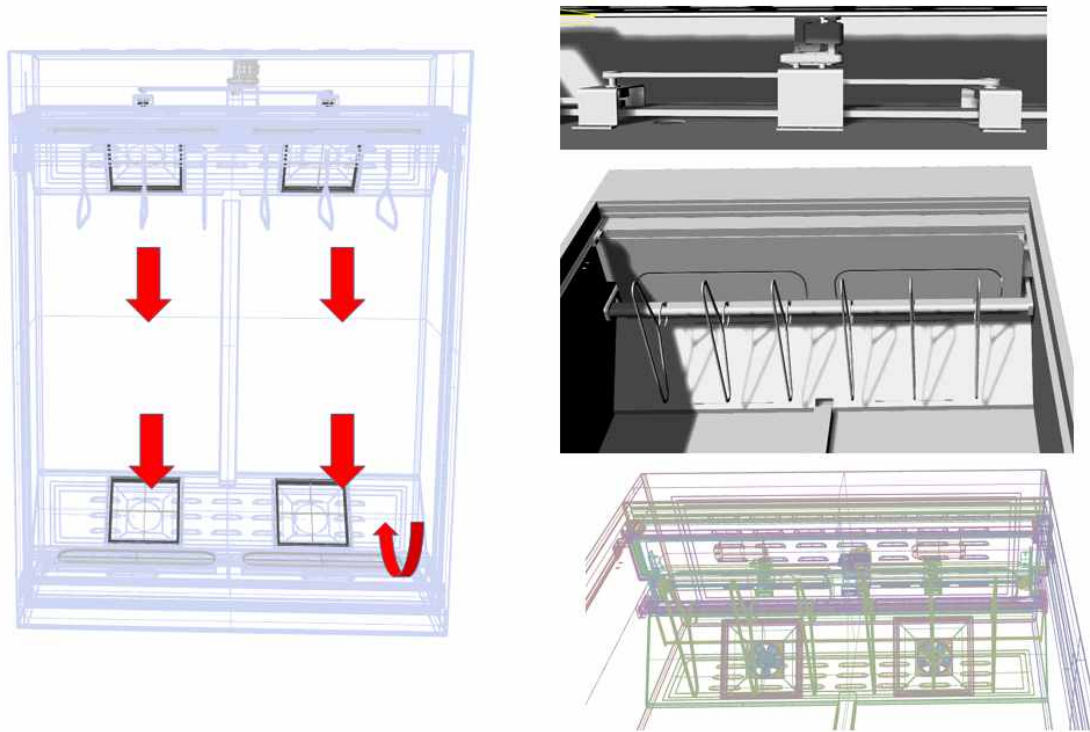


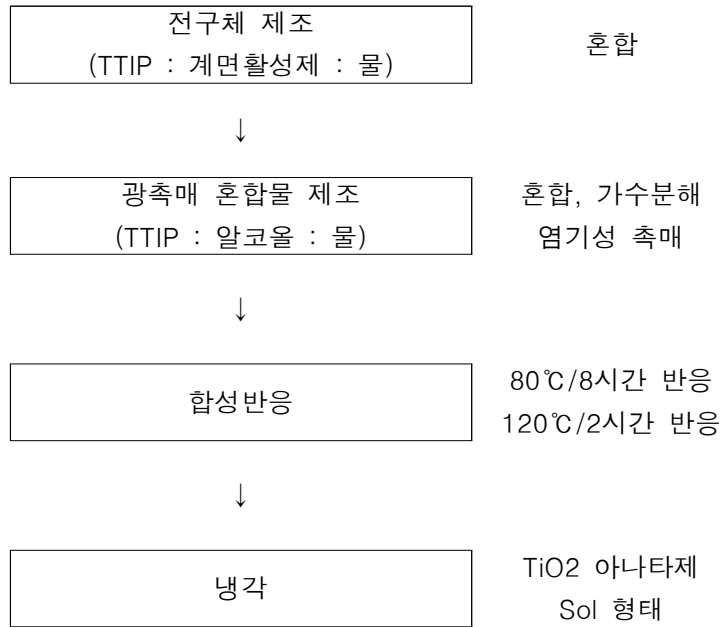
그림 61. 옷장 살균기의 공기 순환 방향 및 천정부 동력 전달장치



4) 옷장 살균기 제품화

가) 광촉매 합성

옷장 살균기에 장착할 광촉매 모듈을 만들기 위해서 광촉매를 합성하고 이를 알루미나 비드에 코팅 한 다음 필터 모듈 형태로 제작하였다.



(1) 광촉매 합성 원료

(가) 원료선정

광촉매 원료 성분으로 TTIP(Titanium(IV) tetra isopropoxide)를 사용하였으며 대정화학 1L CAS Number 546-68-9를 사용하였다. 가수분해 및 혼합 용매로 사용되는 Alcohol로는 삼전순약공업주식회사의 Ethyl alcohol / 99.5% /EP 급을, 증류수로는 본사에서 보유하고 있는 3차 증류수를 제조하여 사용하였다. 분산제 역할로 사용되는 대정화학에서 공급되는 DETOHA (Diethanol amine)을 사용하여 최종적으로 광촉매원료 준비를 완료하였다.

(나) 합성공정

혼합 반응기를 이용하여 물, 에탄올, 분산제를 함께 혼합한다. 이 후 광촉매 원료인 TTIP를 서서히 투입하면서 교반을 한다. 이때 급격히 원료를 투입하면 가수분해가 빠르게 일어나기 때문에 적절한 유속으로 원료를 투입하는 것이 중요하다. Autoclave에 원료를 넣은 뒤 200rpm의 속도로 교반해준다. 교반속도가 빠를 경우 반응기 벽면에 혼합물이 잔존 할 수 있기 때문에 주의가 필요하다. 10분간 교반 후 120℃에서 약 2시간 정도 열처리를 통하여 수열합성을 진행하였으며 반응이 종료된 이후 배출하여 밀폐용기에 보관하였다.

(다) 세라믹 비드 코팅

제조한 TiO2 광촉매를 세라믹 비드에 함침한 다음 건조하고 소성하여(500℃) 고정화 과정을 거친다.



그림 62. 세라믹 BEAD에 광촉매를 코팅하여 고정화 한 최종 촉매

(라) 가스 제거 실험

- 50L 아크릴 챔버 안에 아세트 알데히드 1000ppm의 농도 가스를 2L 투입
- 공기를 순환시키면서 광원을 가동시키고 30분간 유해가스 제거율 확인
- UV-A LED 3EA 활성화 (3ea Chip, 400mA, 3.7V)
- Gas Chromatograph를 이용하여 가스 농도 확인

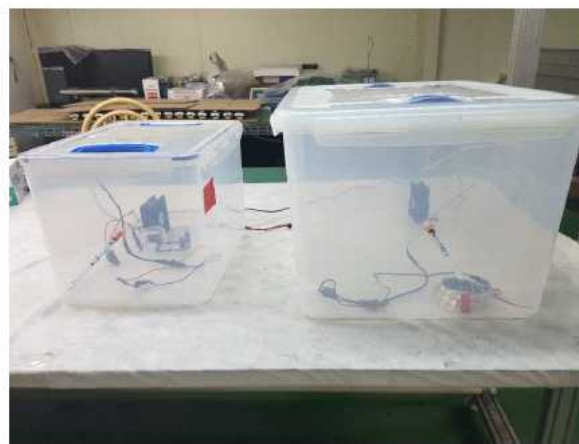


그림 63. 세라믹 비드 코팅 광촉매 유해가스 제거 실험

(마) 실험 결과

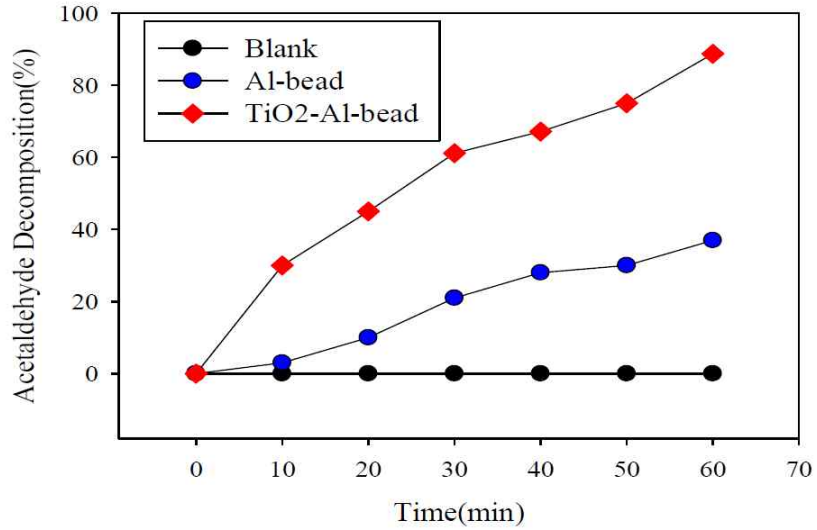


그림 64. 광촉매 코팅 비드와 일반 비드에서의 아세트알데히드 제거율 비교

광촉매를 코팅하지 않은 Bead와 결과값을 비교하면 아세트알데히드의 제거능이 일부 보였는데 60 분 동안 약 40% 제거됨을 확인하였다. 이는 광촉매적 분해가 아닌 세라믹 Bead의 높은 표면적으로 인해 유해가스가 흡착되어 농도가 감소된 것이며 반면 합성한 TiO<sub>2</sub> sol 광촉매를 코팅한 세라믹 Bead는 동일 시간 동안 95%의 제거 성능을 보였는데 이는 광반응에 의해 아세트알데히드가 광촉매적으로 분해된 것으로 판단할 수 있다.

나) 옷장 살균기 제품화



그림 65, 제작 완료된 옷장 살균기

- 옷장 살균기의 옷걸이 부분이 금속 고정틀에 끼워 고정하게 되어있으며 옷걸이 봉이 살균 시작과 함께 좌우로 동작하여 옷에 묻어 있는 오염물질을 털어 주는 기능을 하게 된다. 그리고 상부와 하부에 55W 자외선램프가 각각 2개씩 설치되어 있으며 뒤쪽으로 광촉매 코팅한 필터가 UV LED에 의해 활성화되어 공기 중 부유 세균 및 유해가스를 정화한다.



그림 66. 상부 고정형 옷걸이 클립과 좌우 운동 방식의 옷걸이 봉

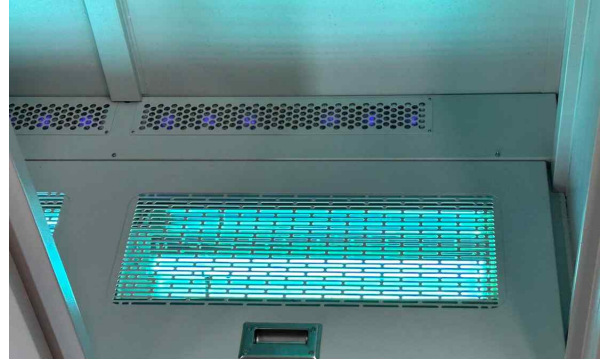
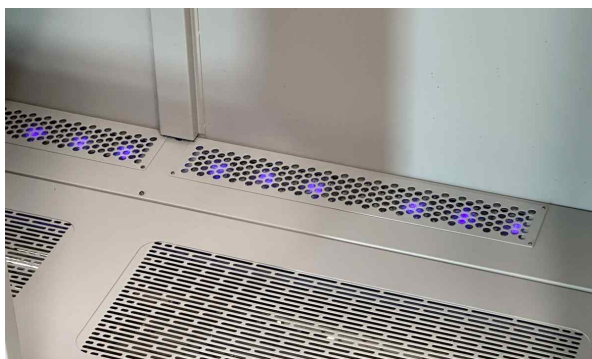


그림 67. 옷걸이 봉이 좌우로 흔들며 상부와 하부의 자외선램프 및 광촉매의 활성화 모습



그림 68. 옷을 걸은 상태에서 좌우로 흔들며 살균이 진행되는 모습

#### 5) 옷장 살균기 평가 실험

살모넬라 균을 Rodac Plate에 배양하여 그림 69와 같이 옷의 여러 위치에 부착한 다음 옷장 살균기의 자외선 살균 효과를 시험하고자 하였다. 옷장 살균기의 동작 시간은 3분 동안 진행되며 실험 종료 후 Rodac Plate를 회수하여 24시간 배양 후 콜로니 수를 계산 하였다.

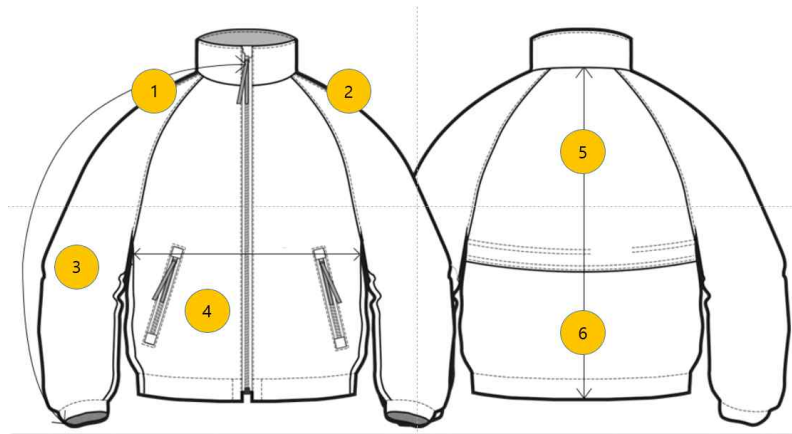
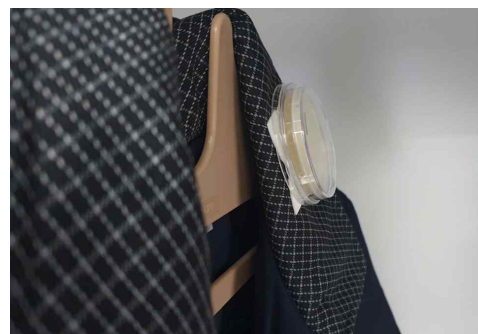


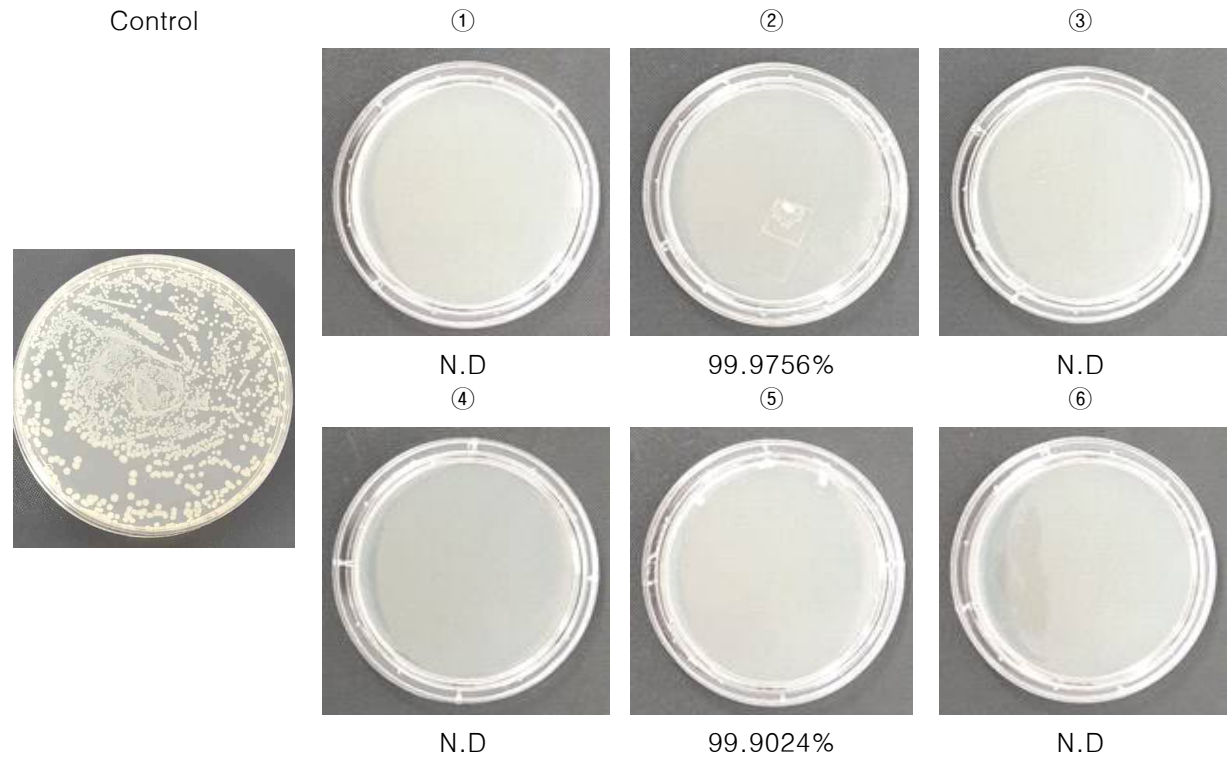
그림 69. 살모넬라 살균 실험군 부착 위치







○ 실험 결과



N.D = Not Detected

옷장 살균기의 살균 효능 시험을 한 결과 옷의 대부분 위치에서 높은 살균 효율을 나타내었다. 옷장 살균기의 자외선 주위로 반사 갓을 설치하여 옷장 내부 곳곳으로 자외선이 도달하게 하여 음영지역을 없앤 것이 주효하였으며 3분이라는 시간 동안 자외선에 의해 공기도 활성화되어 오존 성분이 살균 작용에 상승효과를 더한 거 같으며 옷을 좌우로 흔드는 과정 또한 자외선의 음영 영역을 해소하는 역할을 한 것 같다.

**5. 장화 살균기 개발 및 평가 실험**

가축 질병의 확산 예방을 위해서 농장 작업자들은 항상 깨끗한 작업복과 소독된 장화를 착용하는 것이 중요하다. 전실 및 방역실의 구성품으로 장화 살균기를 개발하고자 먼저 시중에 판매중인 자외선 장화 살균기를 구매하여 이를 이용하여 살균 성능을 평가하고 한다. 그리고 안쪽으로 분사노즐을

추가 설치하여 자외선과 차아염소산을 동시에 사용할 수 있는 구조로 변경하여 살균 능력을 평가하고 이를 토대로 장화 살균기제품의 기구 설계 시 반영하여 가장 최적의 살균 시스템을 갖춘 장화 살균기를 개발하고자 한다.



그림 69. 실험용 장화 살균기

가. 장화 살균기의 자외선 살균 실험 (*salmonella*)

장화 살균기는 전체 12켤레를 동시에 살균 할 수 있는 형태로 각층마다 3켤레씩, 6짝을 걸 수 있다.그림 70과같이 두켤레씩 각층 마다 장화를 걸어 둔 다음 장화 위치별로 (사진에서 보는 시점을 기준으로, 장화 오른면, 왼면, 뒷면) 나누어 자외선 세기를 측정하고 살모넬라(*salmonella*)를 이용하여 살균 실험을 진행하였다 (자외선 3분 조사).

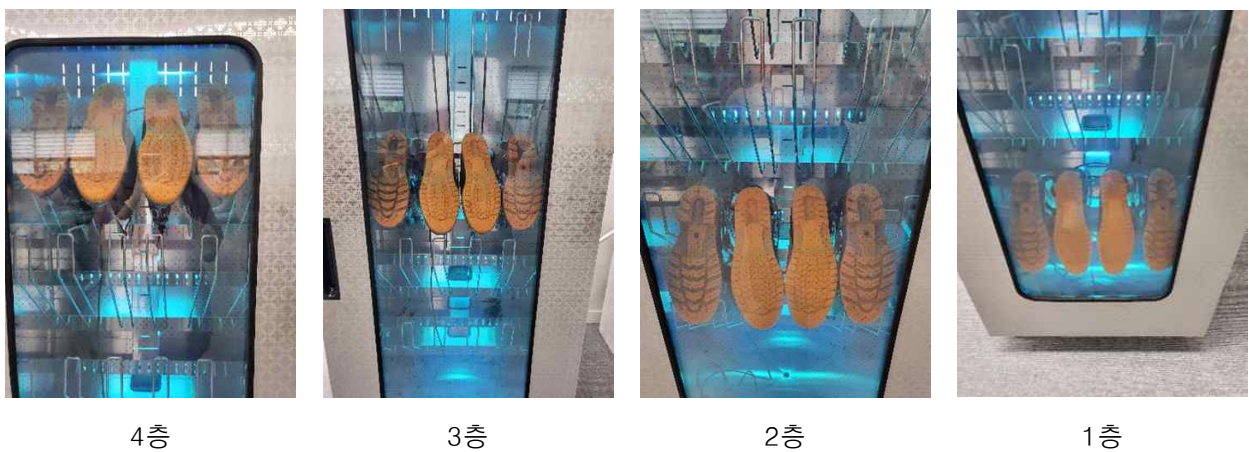


그림 70. 장화 살균기 각층별로 자외선 세기 측정 및 살균 실험

살모넬라를 배양할 배지로는 Rodac Plate 배지를 사용하였다. Plate 턱에 의해 자외선이 차단되거나 실험의 변수요소로 작용하는 것을 방지하고자 하였으며 그림과 같이 배지를 턱 부분과 수평이 되도록 제조하여 자외선이 차단되지 않게해 장화 표면에 고정한 다음 실험을 진행하였다.

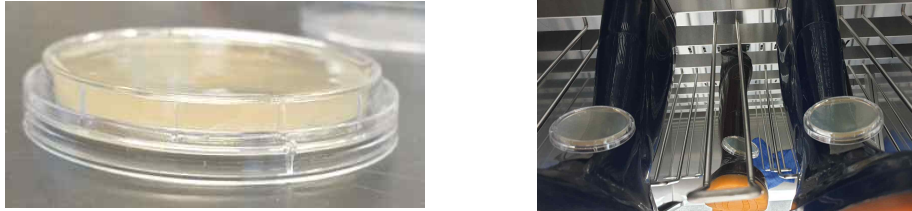
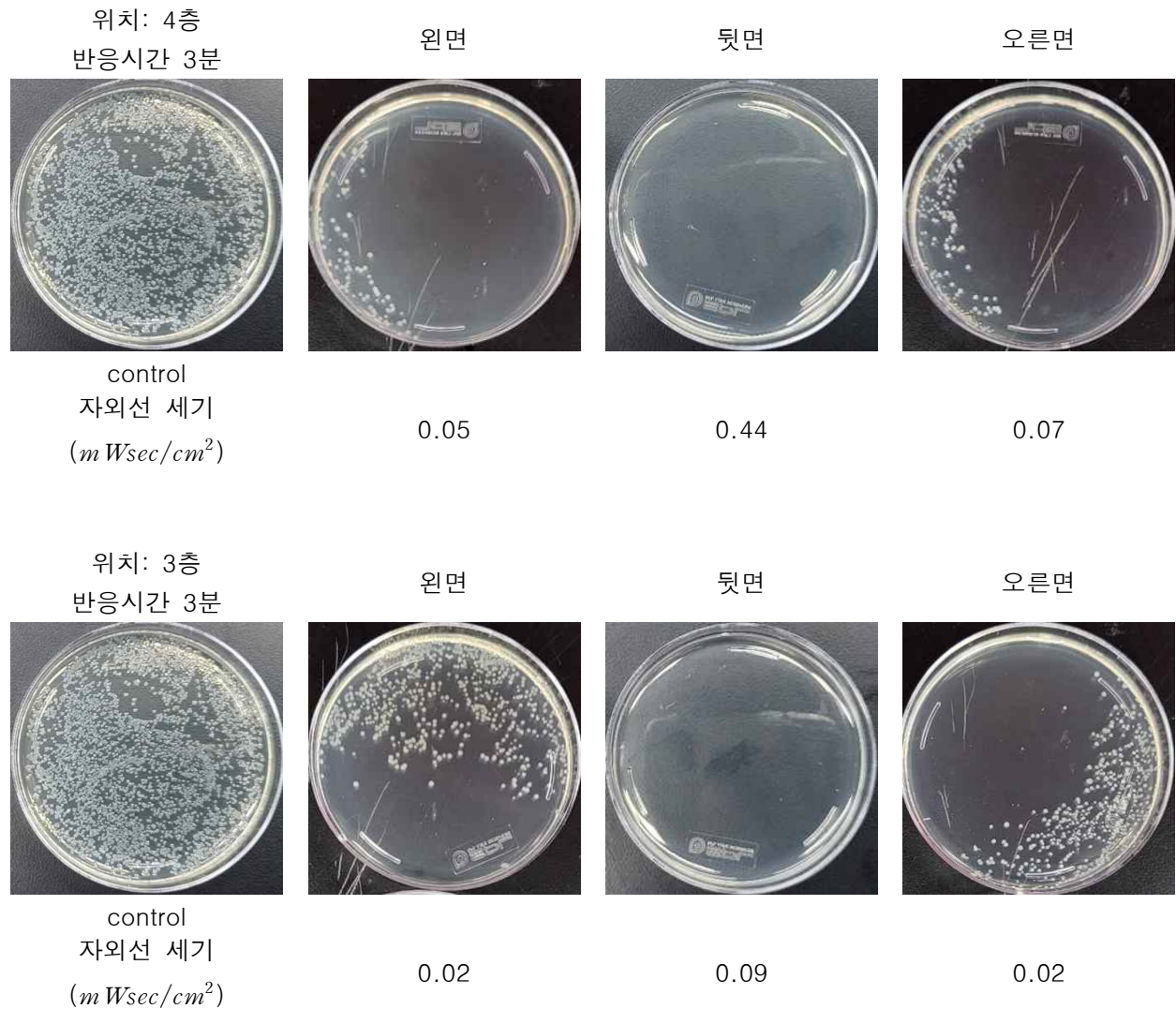
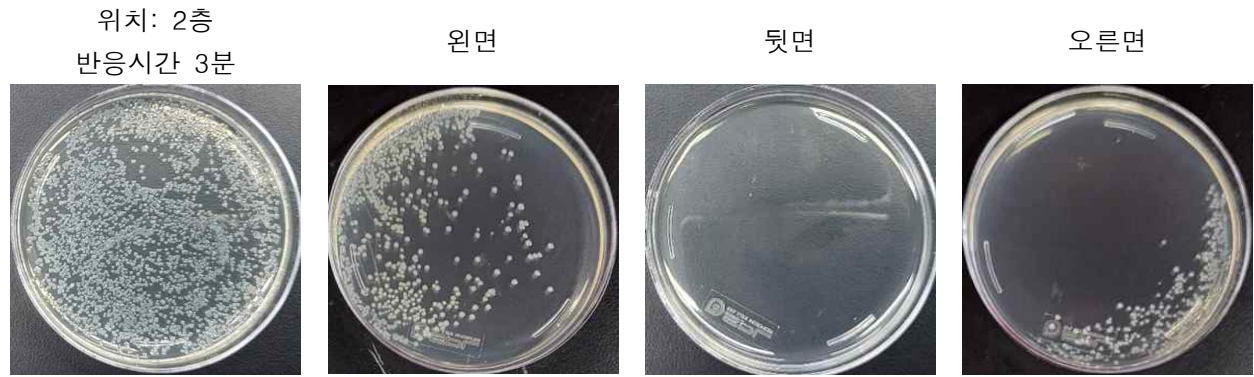


그림 71. Rodac Plate 실험 배지와 고정 모습

나. 장화 살균기의 자외선 살균 실험 (*salmonella*) 결과





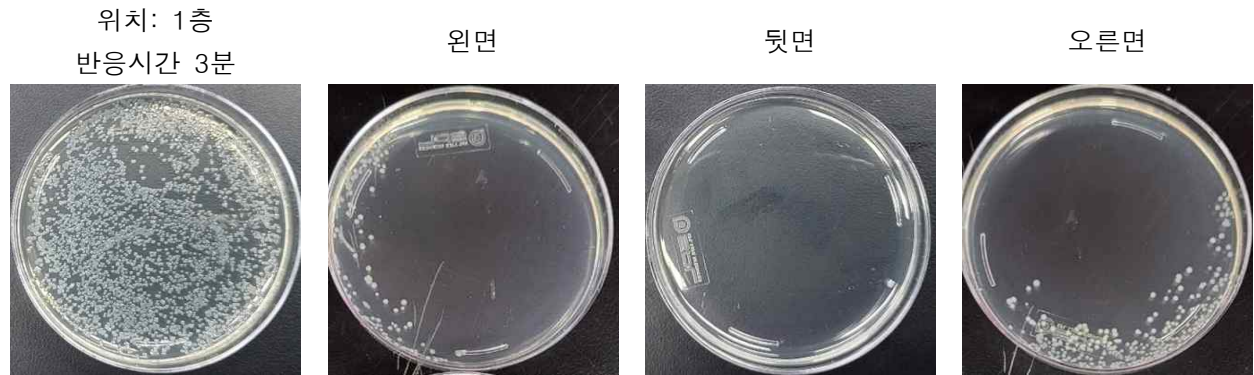


control  
자외선 세기  
( $mWsec/cm^2$ )

0.01

0.13

0.01



control  
자외선 세기  
( $mWsec/cm^2$ )

0.03

0.20

0.03

다. 장화 살균기의 음영지역 자외선 살균 실험 (*salmonella*) 결과  
장화 살균기내에 여러 장화를 걸칠 경우 장화간의 간격이 좁아지며 이로 인해 자외선이 차단되는 현상이 발생 되는데 이에 따른 살균 효과를 검증하고자 음영지역을 설정하여 살균 실험을 하였다.

○ 음영지역



control  
자외선 세기  
( $mWsec/cm^2$ )

0.03

0.03

위치: 3층  
반응시간 3분



control  
자외선 세기  
( $mWsec/cm^2$ )



왼면



0.01

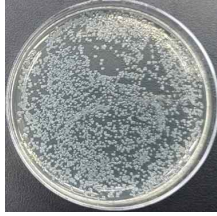


오른면



0.01

위치: 2층  
반응시간 3분



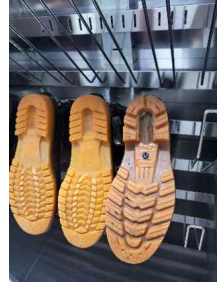
control  
자외선 세기  
( $mWsec/cm^2$ )



왼면



0.01



오른면



0.01

위치: 1층  
반응시간 3분



control  
자외선 세기  
( $mWsec/cm^2$ )



왼면



0.03



오른면



0.03



라. 분사노즐 설치 장화 살균기의 살균 실험 (*salmonella*)

그림 72와 같이 장화 살균기 내부에 분사 노즐을 설치하여 차아염소산수를 분사할 수 있게 하였으며 분사 노즐은 교환할 수 있게 하여 노즐 크기를 바꿔서도 실험을 진행 할 수 있도록 하였다.



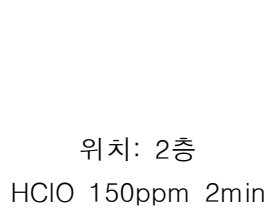
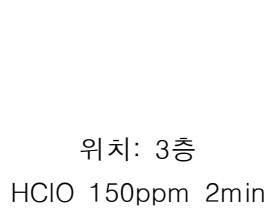
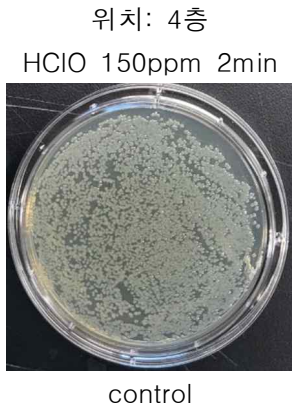
그림 72. 차아염소산 분사 노즐을 설치한 모습



그림 73. 차아염소산수와 자외선을 이용하여 살균 실험

마. 분사 노즐 설치 장화 살균기의 살균 실험 (*salmonella*) 결과

1) 분사 노즐 0.2mm 크기 결과



위치: 1층  
HClO 150ppm 2min

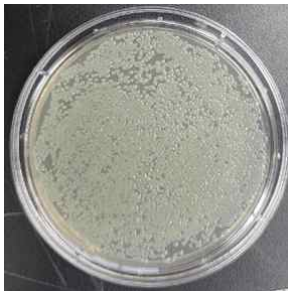
왼면



오른면



위치: 4층  
HClO 150ppm 3min

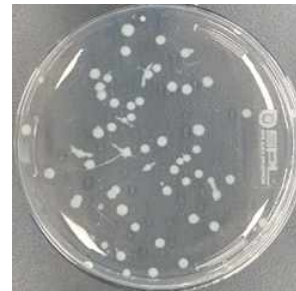


control

왼면



오른면



위치: 3층  
HClO 150ppm 3min

왼면



오른면



위치: 2층  
HClO 150ppm 3min

왼면



오른면



위치: 1층  
HClO 150ppm 3min

왼면



오른면

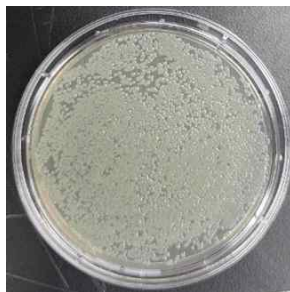


위치: 4층  
HClO 150ppm 3min+UV  
1min

왼면



오른면



control

위치: 3층  
HClO 150ppm 3min+UV  
1min

왼면



오른면





위치: 2층  
HCIO 150ppm 3min+UV  
1min

왼면



오른면



위치: 1층  
HCIO 150ppm 3min+UV  
1min

왼면



오른면



위치: 4층  
HCIO 150ppm 3min+UV  
2min

왼면



오른면



control



위치: 3층  
HCIO 150ppm 3min+UV  
2min

왼면



오른면



위치: 2층  
HCIO 150ppm 3min+UV  
2min

왼면



오른면



위치: 1층  
HCIO 150ppm 3min+UV  
2min

왼면



오른면



2) 분사노즐 0.6mm 크기 결과

위치: 4층  
HClO 150ppm 3min



control

왼면



오른면



위치: 3층  
HClO 150ppm 3min

왼면



오른면



위치: 2층  
HClO 150ppm 3min

왼면



오른면



위치: 1층  
HClO 150ppm 3min

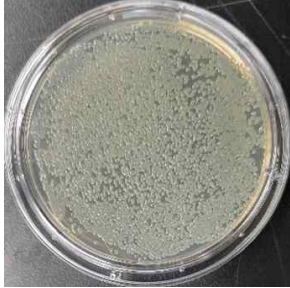
왼면



오른면



위치: 4층  
H<sub>2</sub>O 3min



control

왼면



오른면



위치: 3층  
H<sub>2</sub>O 3min

왼면



오른면



위치: 2층  
H<sub>2</sub>O 3min

왼면



오른면



위치: 1층  
H<sub>2</sub>O 3min

왼면



오른면



Rodac Plate 배지를 이용하여 장화 살균기내에서 차아염소산과 자외선 조건에 따른 살균 효과를 실험하였는데 노즐 0.2mm 크기 조건에서 차아염소산수의 분사 시간이 길수록 살균 효능은 증가하였으며 자외선을 병행 한 경우 그 실험값이 크게 달라지지 않았는데 배지 플레이트 상으로 차아염소산을 뿌려줌으로써 배지가 뭉개어지는 현상이 생겨 그 살균 효과값을 정확히 계산하기는 힘든 것도 한 요인이다. 그러나 노즐 0.6mm를 사용하여 물과 차아염소산의 살균 효력을 비교하였을 때 노즐 0.6mm가 분사량이 훨씬 많아서 살균 효과가 좋았으며 물의 경우 씻어 나가는 부분을 고려하여도 차아염소산수와 비교했을 때 그 효과는 미미하다고 할 수 있다.

배지 플레이트 (Rodac Plate)를 사용하여 실험할 경우 위의 결과값처럼 살균 값을 정확히 계산하기 힘들어서 살모넬라(*salmonella*)를 이용한 담체(disk carrier) 시험법을 응용하여 실험을 하고 살균 소독력을 평가하고자 한다.

○ 세균 담체(*salmonella* disk carrier) 시험

1. 배지 시약 및 담체 준비

- ① 고압 멸균된 영양배지 (nutrient brother)를 사용한다
- ② 담체의 규격: 담체는 스텐리스 스틸 (AISI 304 이상의 규격)을 사용하는 것을 기본으로 하며, 지름 2cm, 두께 1.2 ~ 1.5mm의 크기로 조작이 용이한 크기를 사용한다.
- ③ 담체의 전처리: 스텐리스 담체는 중성세제로 세척하고 마지막 헹굼 시에는 증류수를 사용한다. 건조된 담체는 고압멸균기를 이용하여 121 °C에서 15분간 멸균한 것을 UV 램프가 켜진 클린벤치에서 건조시켜 실험에 사용한다.
- ④ 중화배지: 세균의 경우 영양 배지 20% (w/v)가 되도록 효모추출물 (yeast extract)를 증류수에 녹인 다음 고압멸균하여 사용한다.

2. 실험

- ① 세균 50µl씩 담체 위에 점적하여 40분 이상 건조하며 건조시간은 60분을 넘지 않도록 한다.
- ② 1% Yeast Extract를 잔류 소독액의 추가 소독 진행을 막기 위한 중화액으로 50ml 코니칼에 10ml씩 분배 한다.
- ③ 실험 대상 위치에 담체를 고정하고 실험을 진행한다.
- ④ 실험을 마친 담체를 수거하여 ②에 준비한 50ml 코니칼에 담체를 침지하여 Voltex mixer를 이용하여 10초 이상 잘 교반하여 준다.
- ⑤ 교반 한 코니칼 내의 용액을 10µl씩 평판 배지에 배양 후 정량 분석

3. 컨트롤 제조

- ① 컨트롤 희석액은 증류수를 사용하고, 1.5ml 코니칼에 0.9ml씩 증류수 주입한다 그리고 다시 1.5ml 코니칼에 100µl씩 세균 주입 하고 이를 10배씩 희석한다.
- ② 각 희석 용액을 평판 배지에 배양 후 정량 분석한다



그림 74. 세균 담체(*salmonella* disk carrier) 시험

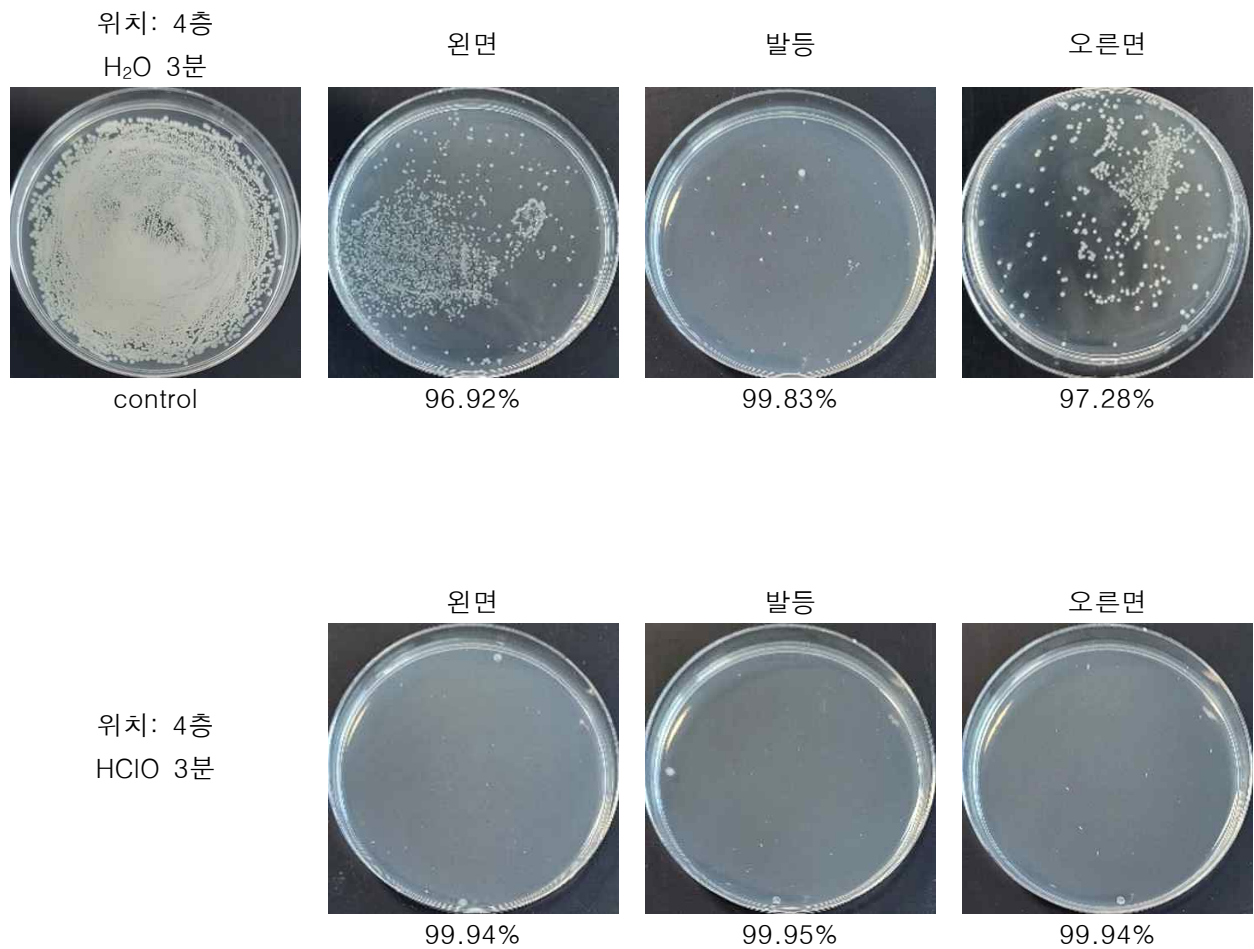


바) 세균 담체(*salmonella* disk carrier)를 이용한 살균 실험.

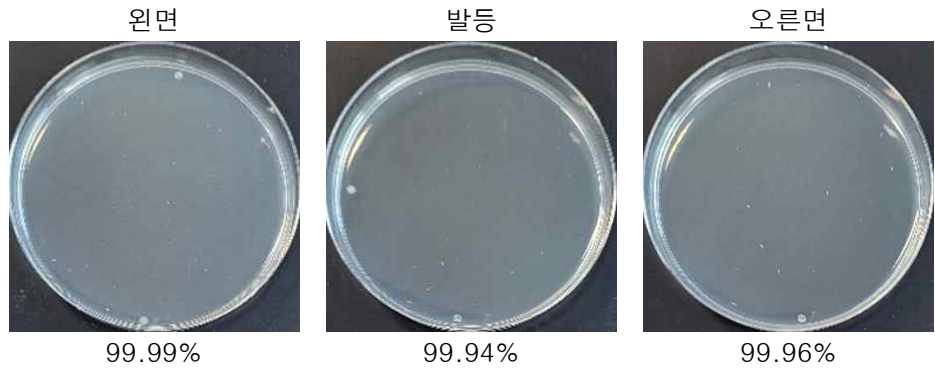


그림 75. 세균 담체(*salmonella* disk carrier)를 이용한 살균 실험

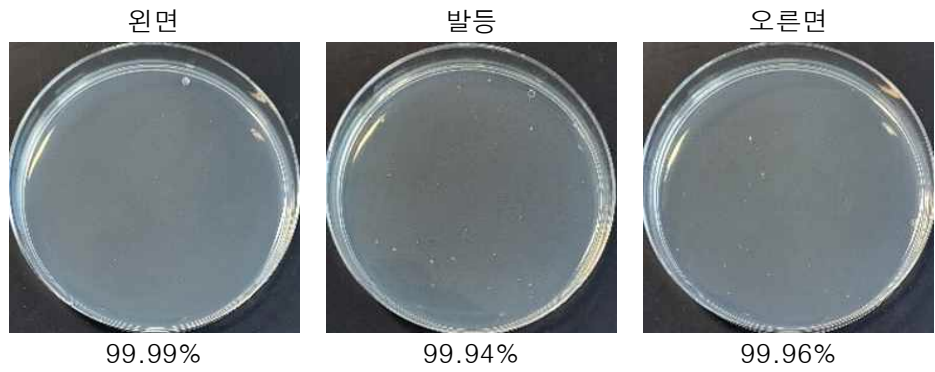
1) 분사 노즐 0.2mm 크기 결과



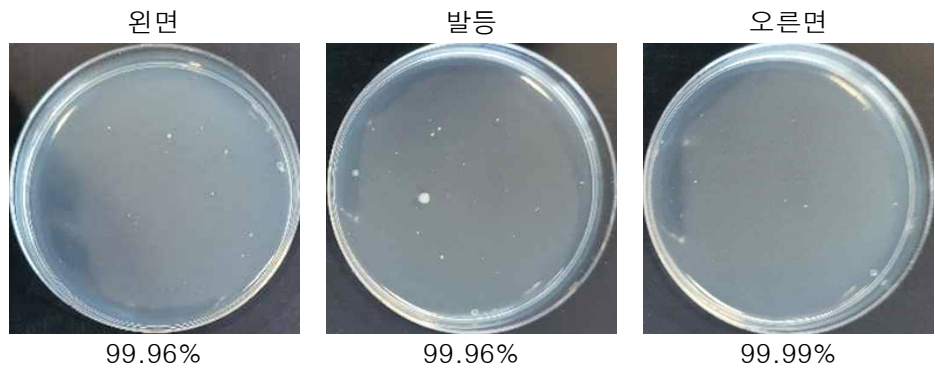
위치: 4층  
HCIO 3분 후 UV 3분



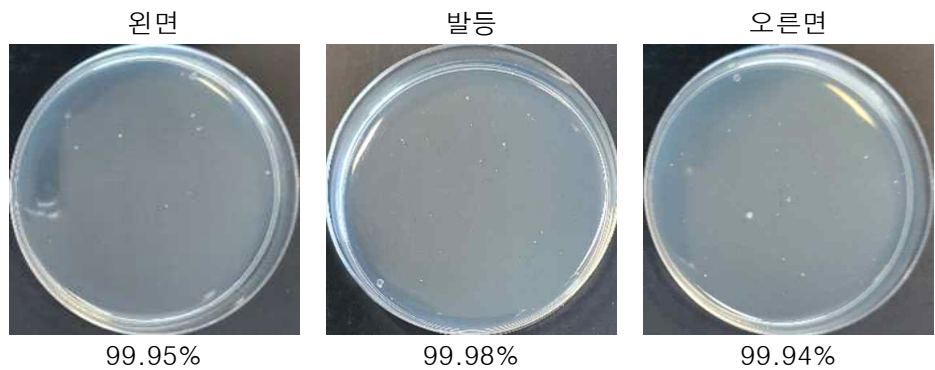
위치: 4층  
HCIO 3분 UV 3분  
2분을 겹쳐 진행



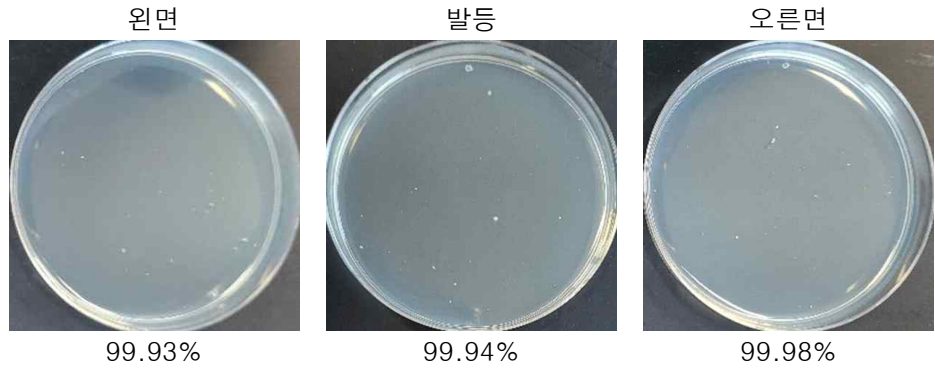
위치: 4층  
HCIO + UV 3분



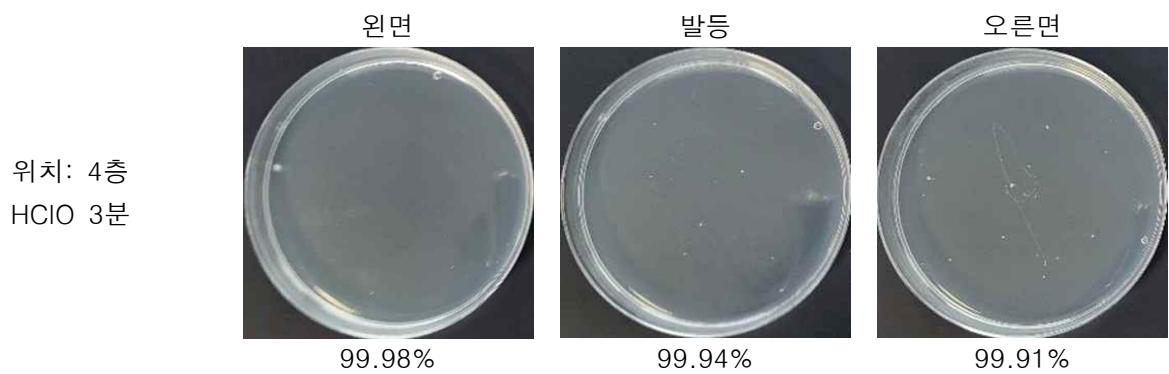
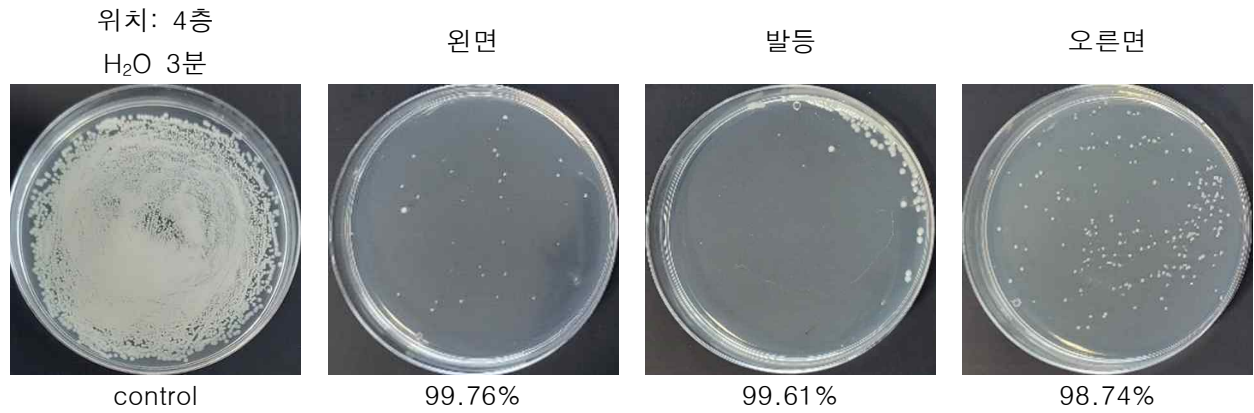
위치: 4층  
HCIO 3분 후  
UV 55W 3분



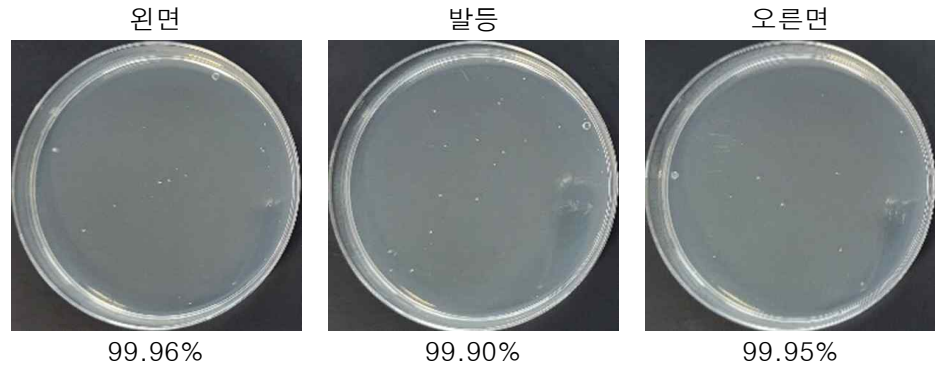
위치: 4층  
 HClO 3분  
 UV 55W 3분  
 2분을 겹쳐 진행



나) 분사 노즐 0.6mm 크기 결과



위치: 4층  
HCIO 3분 후 UV 3분



Rodac Plate에 살모넬라(*salmonella*)를 배양하여 장화를 대상으로 한 살균 실험을 진행했을 때 차아염소산 분사의 영향으로 배지가 뭉개져 정확한 살균값을 측정하기 힘들어 세균 담체(*salmonella* disk carrier)를 이용한 살균 실험을 진행하였다.

분사 노즐의 크기를 0.2와 0.6mm로 나누어 실험을 진행하였으며 물만 단독으로 실험을 하였을 경우 씻김 효과를 직접 검증할 수 있었다. 물을 3분 분사하였을 때 노즐 0.6mm의 경우에 많은 물의 분사로 인해 표면 세균의 감소를 확인할 수 있었는데 큰 노즐로 많은 양을 분사하는 것이 장화 표면의 세균을 제거하는데 효율적이며 이는 차아염소산수를 사용한 때도 같은 효과를 나타내었다.

차아염소산수와 자외선을 같이 사용하는 살균 방법에서 차아염소산수와 자외선을 3분 동안 동시에 동작하는 경우와 먼저 차아염소산수를 1분 분무하고 2분을 같이 동작한 다음 자외선을 1분 더 진행한 경우 결과는 비슷한 경향을 보였으나 유기물 조건으로는 그 결괏값이 다를 것으로 예측한다.

자외선을 55W UVC로 교체하여 실험한 값도 큰 차이를 보이지 않았으나 유기물 조건에서 그 결괏값을 비교해 볼 필요성이 있다.



사) 유기물 조건 AI 바이러스 담체(AI virus disk carrier)를 이용한 살균 실험.



그림 76. 유기물 조건 실험 장화 위치 및 바이러스 담체 부착 위치

1) 1% BSA, 1% YE 유기물 조건

조건 결과 (0.6mm 노즐)  
HClO 150ppm 2분 분사

- ① 4층 발등
- ② 4층 좌면
- ③ 4층 우면
- ④ 3층 발등
- ⑤ 3층 좌면
- ⑥ 3층 우면

①②③④⑤⑥



그림 43. HClO 150ppm AI 바이러스 제거 실험 결과

조건 결과 (0.6mm노즐)  
 HClO150ppm 2분 + UV 2분 (동시 종결)

①②③④⑤⑥

- ① 4층 발등
- ② 4층 좌면
- ③ 4층 우면
- ④ 3층 발등
- ⑤ 3층 좌면
- ⑥ 3층 우면



그림 44. HClO 150ppm+UV (2분) AI 바이러스 제거 실험 결과

조건 결과 (0.6mm노즐)  
 HClO150ppm 3분

①②③④⑤⑥⑦⑧

- ① 4층 발등
- ② 4층 좌면
- ③ 4층 우면
- ④ 4층 바닥
- ⑤ 3층 발등
- ⑥ 3층 좌면
- ⑦ 3층 우면
- ⑧ 3층 바닥



그림 45. HClO 150ppm (3분) AI 바이러스 제거 실험 결과

## 2) 5% FBS 유기물 조건

조건 결과 (0.6mm노즐)  
 HClO150ppm 3분

①②③④⑤⑥⑦⑧

- ① 4층 발등
- ② 4층 좌면
- ③ 4층 우면
- ④ 4층 바닥
- ⑤ 3층 발등
- ⑥ 3층 좌면
- ⑦ 3층 우면
- ⑧ 3층 바닥



그림 46. HClO 150ppm (3분) AI 바이러스 제거 실험 결과

조건 결과 (0.6mm노즐)  
 HClO150ppm 3분 + UV 3분 (순차적 종결)

- ① 4층 발등
- ② 4층 좌면
- ③ 4층 우면
- ④ 4층 바닥
- ⑤ 3층 발등
- ⑥ 3층 좌면
- ⑦ 3층 우면
- ⑧ 3층 바닥

①②③④⑤⑥⑦⑧

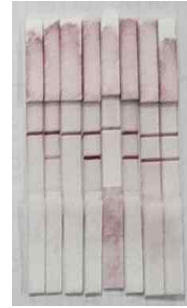


그림 47. HClO 150ppm 3분 + UV 3분 AI 바이러스 제거 실험 결과

조건 결과 (0.6mm노즐)  
 HClO150ppm 5분

- ① 4층 발등
- ② 4층 좌면
- ③ 4층 우면
- ④ 4층 바닥
- ⑤ 3층 발등
- ⑥ 3층 좌면
- ⑦ 3층 우면
- ⑧ (실험결과 제외, 경수로 희석)

①②③④⑤⑥⑦⑧



그림 48. HClO 150ppm 5분 AI 바이러스 제거 실험 결과

- 유기물 조건하에서 AI 바이러스를 대상으로 담체를 이용하여 살균 시험을 한 결과 차아염소산 노즐과 가까운 부분(4층)에서 살균 효과가 두드러졌으며 1% BSA, 1% YE 조건은 상대적으로 고농도 유기물 조건을 적용하였기 때문에 실험 결과의 일관성이 없는 결과가 나온것도 있지만 차아염소산의 분사 노즐이 상부에만 위치하기 때문에 장화의 좌면과 우면에는 불규칙적으로 차아염소산이 분사되어 실험 결과의 일관성이 없게 나왔다. 이를 해결하기 위해서는 좌우 측면에서도 충분한 분사 노즐을 설치하여 살균 결과의 일관성을 검증해 볼 필요가 있다.
- 상대적으로 저농도인 5% FSA로 변경해 실험한 결과 4층의 경우 일관된 살균효력을 보였으나 자외선을 동시에 사용한 경우 자외선이 미치는 파장 경로에 따라 효과가 다르게 나타나 자외선램프의 세기와 각도를 고려한 장화 살균기의 기구 설계가 필요하다.
- 장화 바닥면에 대한 살균이 가장 중요하나 기존 제품의 경우 장화를 걸치는 형태가 이를 고려하지 않는 설계라서 실험에서는 살균 효력이 거의 없었으므로 장화 소독기 기구 설계시 바닥면의 세정력을 고려한 형태로 설계를 해야한다.

아) 작업화(장화) 살균기 디자인 및 기구 설계

작업화(장화) 살균 소독기의 디자인 및 기구 설계는 실험 결과를 바탕으로 강력한 분사노즐과 자외선을 동시에 사용하여 살균 소독하는데 그림처럼 상하좌우 설치된 노즐에서 차아염소산이 분사되어 세정 및 살균 소독을 진행하고 장화의 경우 유기 오염에 의한 오염이 심하므로 자외선을 이용하여 차아염소산에서 라디칼을 생성하고 이를 이용하여 유기물 분해와 살균 소독의 기능을 강화하였다.



그림 49. 작업화(장화) 살균 소독 시스템의 렌더링 1안



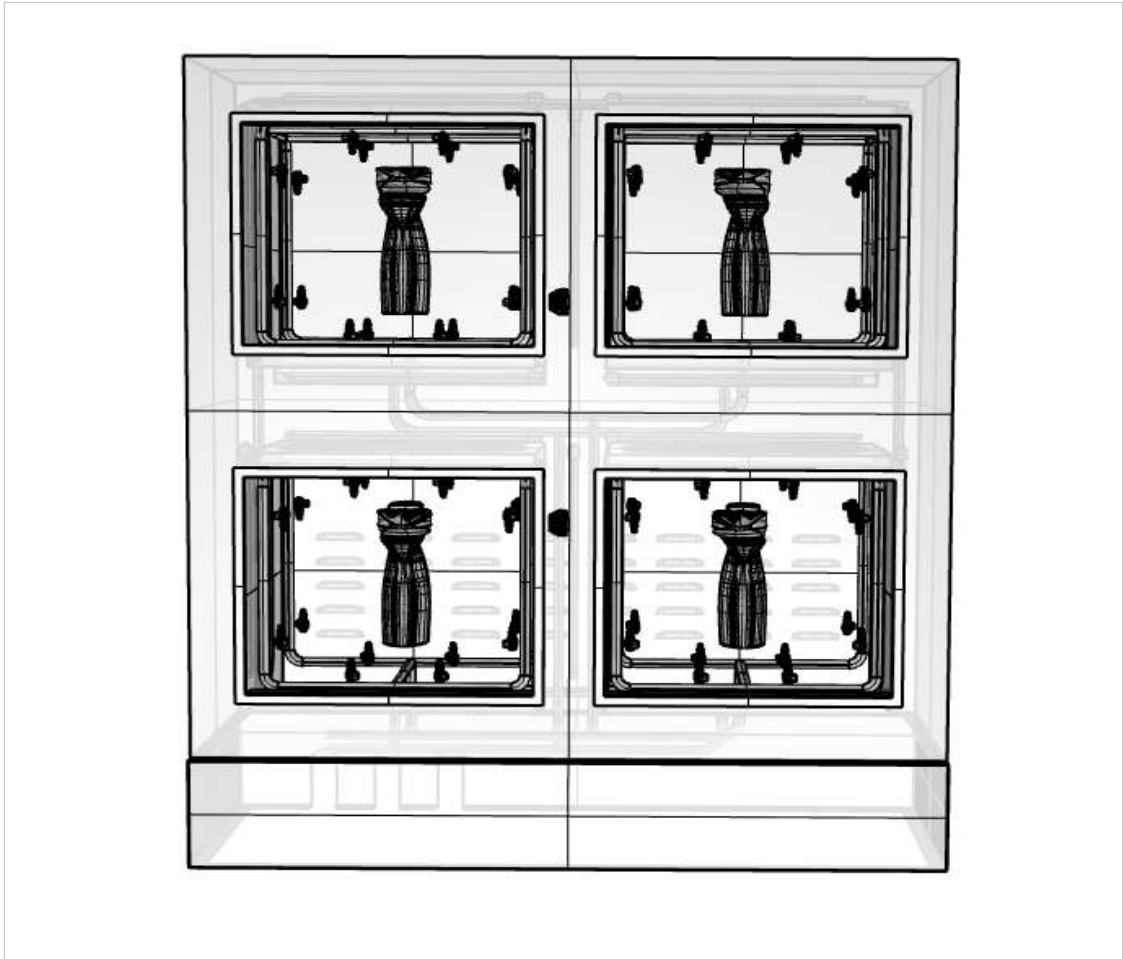


그림 77. 작업화(장화) 살균 소독 시스템의 기구 설계 3D 1안

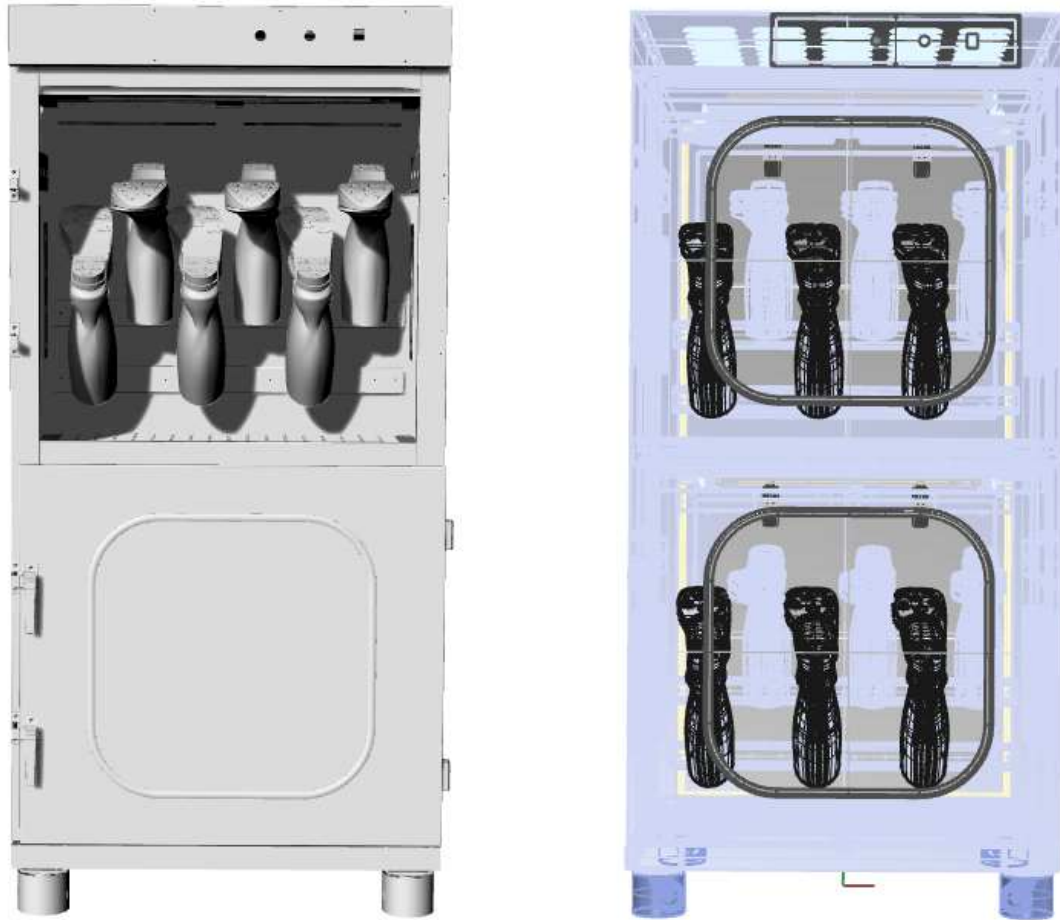


그림 78. 작업화(장화) 살균 소독 시스템의 기구 설계 3D 2안

- 장화 살균기 실험을 통하여 소독 효과를 극대화한 형태의 2가지 설계안을 이끌어 내었다. 1안의 경우 소독의 효율은 높을 수 있으나 장화 살균기에 적용할 수 있는 장화의 개수가 2켤레로 살균 공간에 비하여 상당히 작은 개수만 적용이 가능하기 때문에 경제적이지 못하며 2안의 경우는 1. 2층으로 구분된 공간에 각기 3켤레씩을 살균 소독할 수 있고 앞의 소독 실험의 결과 측면이 취약한 것으로 판단되어 양측면에 노즐을 설치하고 장화간으로 인해 발생하는 음영영역을 장화 고정 장치의 각도를 각기 달리하여 서로 교차되는 형태를 적용함으로써 살균 소독의 효과를 극대화하였다.

자) 장화 살균기 제품화

- 2안의 3D 모델링을 토대로 장화 살균기를 제품화 하였다. 상부에는 55W 자외선 램프 2개를 설치하였으며 소독액 분사로 인한 램프 손상을 막기 위하여 석영 재질의 램프 보호 유리를 설치하여 자외선 살균 효과를 저해하지 않으면서 내부 전기 회로를 보호하였다. 양옆으로 그림 80처럼 2중의 노즐을 설치하여 소독 대상을 충분히 적시게 하였다. 살균 동작 시간은 앞 실험의 결과를 반영하여 1분 30초동안 가동 되도록 하였으며 동작 시간 동안 분사하는 차아염소산의 양은 약 600mL 가 되며 아래 위 동시에 가동할 경우 1.2L 정도의 용액이 분사에 사용 된다.



그림 79. 장화 살균기 제품화



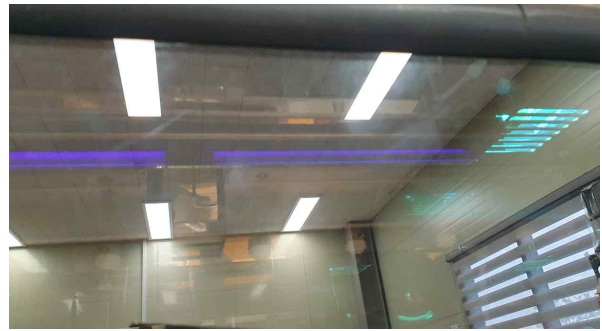


그림 80 장화 살균기 내부 (자외선 램프 및 노즐의 설치)

#### 차) 장화 살균기 평가 실험







- 유기물 조건 AI 바이러스 담체(AI Virus Disk Carrier)를 이용한 유기물 조건으로 앞의 실험에서처럼 발등, 좌면, 우면에 Disk를 부착하고 1% BSA, 1% YE 유기물 조건과 5% FBS 유기물 조건으로 1분 30초 동안 차아염소산 150ppm과 55W 자외선램프 2개로 살균 소독을 진행하고 그 결과를 평가 하였다.



그림 81. 제작한 장화 살균기를 이용한 유기물 조건에서 AI 바이러스 소독 실험



○ 실험 결과

유기물 조건	위치			유기물 조건	위치		
	좌면	우면	발등		좌면	우면	발등
1% BSA, 1% YE				5% FBS			

다양한 유기물 조건하에서 AI 바이러스를 대상으로 살균 실험을 진행한 결과 앞에서 개조한 장화 살균기에서 보다 균일하고 높은 바이러스 제거 결과를 나타내었다. 1% BSA, 1% YE의 실험에서도 높은 바이러스 제거율을 보였으며 발등은 장화 고유 형태의 깊숙한 곡면을 이루고 있는 살균 음영영역으로 여기에 Disk를 설치하여 살균 정도를 확인하려 한 목적이었으며 그 결과 Rapid kit에 아주 희미한 선이 보이지만 바이러스는 상당히 제거됨을 알 수 있다.

○ 차아염소산과 자외선을 이용한 살균 시스템

대부분의 세균이나 바이러스는 단독으로 존재하기 보단 유기물과 함께 존재하는 경우가 많으며 특히 농장과 같이 다양한 오염원이 존재하는 곳에서는 엉켜있는 경우가 많다. 소독액의 살균 효과를 단순 평가할 경우 소독 효력 있게 결과가 나와도 이를 농장과 같은 현장에서 사용한 결과 그 소독 효력이 떨어지는 현상이 생기는데 유기물의 농도를 고려하지 않아서 발생하는 경우이다.

본 연구에서 이러한 단점을 보완하고자 여러 유기물 조건하에서 세부적으로 살균 조건을 검증하고 평가하여 최적의 소독 시스템을 구성하였다.

차아염소산과 자외선을 같이 사용할 경우 연구 결과에서와 같이 자외선에 의해 차아염소산에서 OH 라디칼이 생성되는데 이 OH 라디칼 ( $\cdot\text{OH}$ )은 유기물과의 반응성이 굉장히 좋아 유기 오염물질을 제거하며 불소 다음으로 산화력이 높아 다량의 OH 라디칼이 형성되어 있는 용액에 바이러스를 분산시켰을 경우 바이러스의 캡시드 (Capsid)와 반응을 하여 바이러스를 손상하거나 단백질 장벽을 통과하여 DNA를 손상하여 바이러스를 불활화하기도 한다.

그림 82처럼 유기물로 둘러 쌓여 있는 세균 및 바이러스를 자외선에 활성화된 OH 라디칼이 유기물을 효율적으로 제거하여 차아염소산 ( $\text{HClO}$ )이 세균 또는 바이러스를 직접적으로 공격하기 원할한 환경을 조성해 준다.



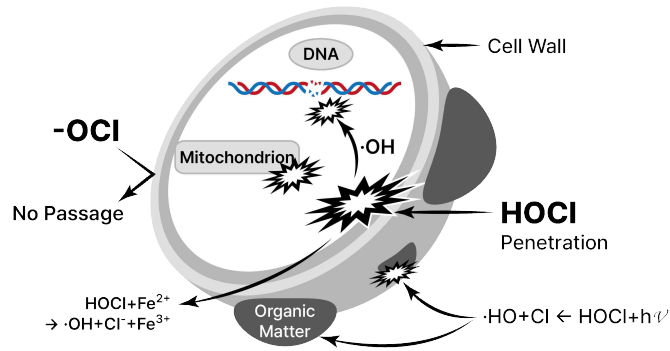


그림 82. OH 라디칼과 HOCl에 의해 미생물 살균 상승 효과

표 10. 산화제별 산화력

Oxidant	Electrochemical Potential (Volts)
Free Radical ( $\cdot OH$ )	2.8
Ozone Atom (O)	2.42
Ozone ( $O_3$ )	2.07
Hydrogen Peroxide ( $H_2O_2$ )	1.78
Potassium Permanganate ( $KMnO_4$ )	1.7
Chlorine Dioxide ( $ClO_2$ )	1.57
Chlorine Gas ( $Cl_2$ )	1.36
Oxygen ( $O_2$ )	1.23
Bromine	1.09
Hypochlorous Acid (HOCl)	0.95
Sodium Hypochlorite (NaOCl)	0.94
Iodine	0.54

○ 차아염소산수 생성 장치 동물용 의료 허가증

차아염소산수 제조장치는 동물용의료기기로 허가를 받아 동물에 대한 피독 여부에 대한 실험을 마쳤으며 본 실험의 차아염소산수는 이를 통해 제조된 제품을 사용하였다.



제 205 - 001 호

동물용의약품등  제조  수입 품목 허가증

1. 업 체 명 : (주)엔퓨텍

2. 업 종 : 동물용의약품등 제조업

3. 제 품 명 : 의료용살균소독수생성장치(Pu:iox(HAS-1560))[2]

4. 구 분 : 동물용의료기기

5. 허 가 조 건 : \_


6. 허가번호 : 제 205 - 001 호

7. 최초 허가 연 월 일 : 2020.03.17

8. 부 표 : 별 첨

동물용의약품등취급규칙 제 11 조 및 제 16 조 제 4 항 따라 위와 같이 허가 (조건부허가)합니다.

2020 년 03 월 17 일

농림축산검역본부장 





# TEST REPORT

우 58141 전라남도 화순군 화순읍 산단길 12-63  
 성적서번호 : TNK-2019-000059  
 대 표 자 : 조해연  
 업 체 명 : (주)연류덕  
 주 소 : 경기도 광주시 초월읍 독고개길 30

TEL (061)370-7700 FAX (061)370-7777

접 수 일 자 : 2019년 07월 09일  
 시험완료일자 : 2019년 09월 02일

시 료 명 : 차아염소산수

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
급성경구투여독성시험	-	-	-	농림축산검역본부 고시 제 2016-22호

\* Rat에 차아염소산수를 급성 경구투여 시 시험물질 투여와 관련된 독성학적 조건이 인정되지 않았으므로 LD50은 암·수 모두 2000 mg/kg B.W. 이상으로 사료된다

-첨 부 : 최종보고서 (TNK-2019-000059)  
 -용 도 : 재출용(농림식품기술기획평가원)

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.  
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.  
 3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Park Se Cheol*

작성자 : 박세철  
 Tel : 061-370-7772

*Park Myeonghyu*

기술책임자 : 박명규  
 Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2019년 09월 02일

**KTR** 한국화학융합시험연구원



위변조 확인용 QR code



# TEST REPORT

우 58141 전라남도 화순군 화순읍 산단길 12-63

TEL (061)370-7700 FAX (061)370-7777

신청서번호 : TNK-2019-000060

접 수 일 자 : 2019년 07월 09일

대 표 자 : 조재현

시험완료일자 : 2019년 09월 02일

업 체 명 : (주)엔퓨텍

주 소 : 경기도 평주시 초월읍 독고개길 30

시 료 명 : 차아염소산수

## 시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
눈 자극성 및 심한 눈 손상 시험	-	-		* OECD TG 405

\* Rabbit에 대한 눈 자극성 및 심한 눈 손상시험에서 차아염소산수는 눈 자극성 및 심한 눈 손상을 유발하지 않았기에, Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS)에 따른 분류에서 위험등급 (Hazard class)으로 분류되지 않는 것으로 사료된다.

-첨 부 : 최종보고서 (TNK-2019-000060)

-용 도 : 제출용(농림식품기술기획평가원)

- 비 고 :
1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지([www.ktr.or.kr](http://www.ktr.or.kr)) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
  2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
  3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

*Park So Cheol*

작성자 : 박세철  
Tel : 061-370-7772

*Park Myeonghyu*

기술책임자 : 박명규  
Tel : 1577-0001(ARS ①-④)

2019년 09월 02일

**KTR** 한국화학융합시험연구원



위변조 확인용 QR code

Page | 1 of 1

## 6. 농장 환경 및 급기 소독 시스템 설계 및 평가 실험

- 공기 오염 물질은 구제역 및 조류독감 바이러스 등의 질병 유발 인자의 공기 전염 확산<sup>2)</sup> 가능성이 있으며, 가축의 생산성 저하와 인근 주변 지역의 악취 민원 증가, 농업 종사자의 흡입 노출로 인한 천식, 비염, 기관지염 등의 호흡기계 질환 유발 사례 등 축산 생산성의 향상뿐만 아니라 작업자의 건강보전에 영향을 미치기 때문에 축산내의 공기질의 환경이 중요하다.
- 실내 공기 오염물질 중 특히 세균, 바이러스 등의 부유 미생물에 가축이 노출되게 되면 구제역, 4P 소모성 질환 (PMWS(이유후전신소모성증후군), PRDC(돼지호흡기질병복합감염증), PRRS(돼지생식기호흡기증후군), PED(돼지유행성설사)), 조류독감 등의 다양한 공기감염성 질병의 문제를 초래할 수 있다. 환기가 잘 되지 않고 필터에 의한 실내와 실외의 공기 전환이 원활히 이루어지지 않으면 오염물질의 제어는 쉽지 않게 된다.
- 축사 내부로 유입되는 공기의 질을 분석하고 항상 축사 내부로 깨끗한 공기가 유입 될수 있도록 급기 공기내 부유 세균과 미세먼지등을 차아염소산 분사와 자외선을 이용하여 제어하고자 한다.

### 가. 실험 방법

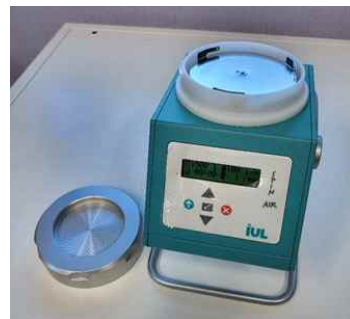
SPIN AIR 90005500 AIR SAMPLER를 이용 충북에 소재하는 양돈 농장을 방문하여 직접 채취 실험을 진행하였다.

#### ○ 실험 조건 (양돈 농장)

- 10분 실험 조건  
1000L, 100L/min, 1rpm

- 15분 실험 조건  
1500L, 100L/min, 1rpm

대조군 - 방치 낙하 실험 조건 (실험실)  
약 1시간 방치



### 1) 대조군 결과 (실험실 공기 질)



자연 방치 낙하 (1시간)



AIR SAMPLER (10분 가동)



AIR SAMPLER (15분 가동)



2) 모돈사 환풍 지하 터널 (높이 80cm)



모돈사 공기 유입 통로 및 환기구

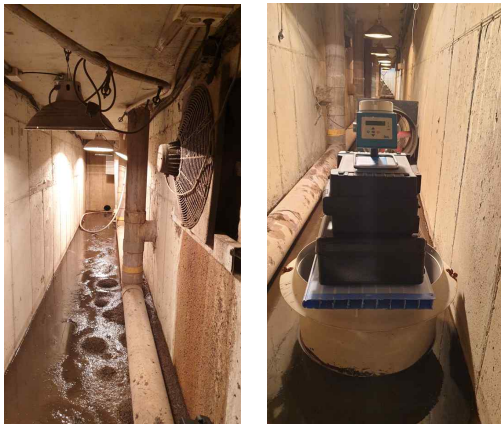


공기 유입 통로



환풍기 앞

3) 모돈사 환풍 지하 터널 (높이 120cm)



모돈사 공기 유입 통로 및 환기구



공기 유입 통로



환풍기 앞

4) 자돈사 환풍구 앞



자돈사 공기 유입구 앞



AIR SAMPLER (10분)



자돈사 공기 유입구  
부유세균

#### 나. 급기 소독 시스템 제품화

실험을 진행하였던 양돈 농가의 급기 통로에 55W 자외선을 1M 간격으로 그림 83과 같이 설치하였다. 급기 통로 외부에 컨트롤 패널을 부착하여 램프 동작 시간을 조정 할 수 있게 하였으며 사람이 출입시 점등이 되도록 설계하였다.

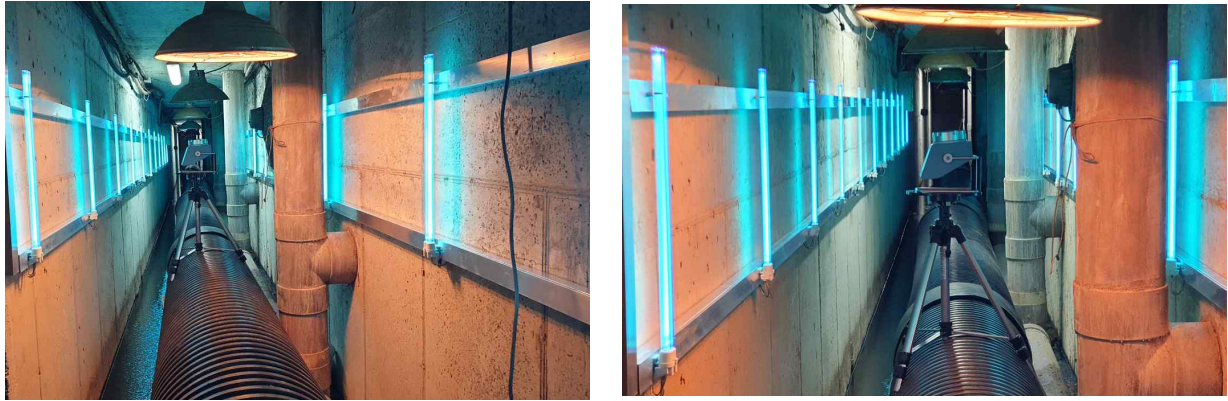
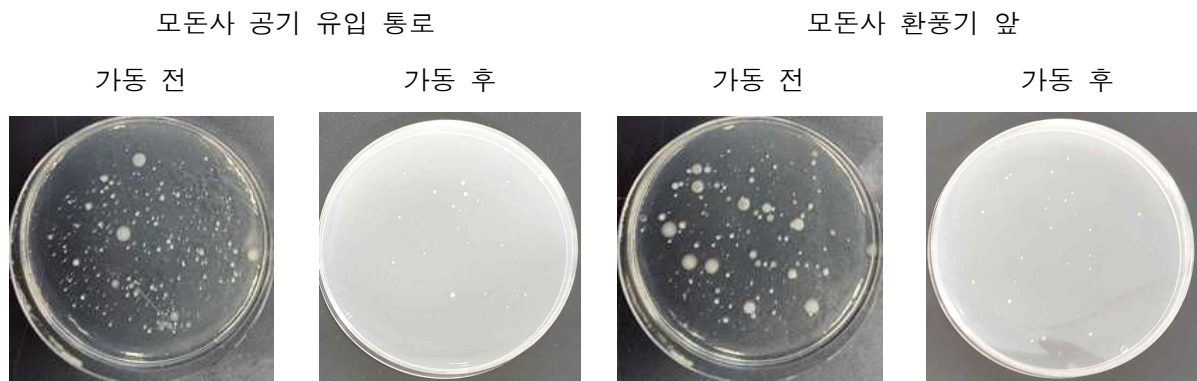


그림 83. 돈사 급기 소독 시스템 제품 설치 현장

#### 다. 급기 소독 시스템 평가 실험

급기 소독 시스템을 동작 하고 난 후의 공기 중 부유세균을 측정하기 위하여 설치전 측정하였던 위치와 같은 높이에서 같은 조건으로 에어샘플러를 가동하여 부유세균을 포집하였다. 급기 소독 시스템을 10분간 동작 한 다음 급기구 내부의 부유 세균을 포집하고 이를 24시간 배양 후 그 결과를 관찰 하였다.



#### ○ 실험 결과

상당한 수의 공기 중 미생물이 급기 소독 시스템에 의해 많이 줄었음을 알 수 있다. 급기 소독 시스템을 가동하여 사용 한다면 돈사 내부로 들어가는 미생물의 수를 상당히 줄일 수가 있으며 실험에서는 10분 동안 가동하였지만 지속적으로 사용 한다면 공기 중 부유 세균의 수는 실험의 결과 보다 더 감소 할 것으로 예상된다.

## 7. 농장 내부 및 외부 악취 제거 시스템 개발

### 가. IoT 환경 센서 필요기능 분석

IoT(사물인터넷)의 개념은 이동통신망을 이용하여 사람과 사물, 사물과 사물간 지능통신을 할 수 있는 M2M개념을 인터넷으로 확장하여, 사물은 물론, 현실과 가상세계의 모든 정보와 상호작용하는 개념으로 진화하고 있다. 앞으로 ICT 메가 트렌드는 M2M과 인터넷의 만남으로 사물인터넷(IoT) 환경이 성숙되고, 이는 다시 클라우드와 빅데이터의 스마트화로 이루어지면서 프로세스와 시스템의 혁신을 가져오게 될 것이며, 여기에 지리정보(GIS), 위치정보(LBS), 위성정보(GPS) 등과 같은 지리적 공간과 인터넷 간의 연결성이 한층 심화되어 사람-사물-공간이라는 이질적 요소들간의 초연결성을 통해 만물인터넷(Internet of Everything : IoE) 시대로 발전할 것으로 예상된다.

사물인터넷을 구성하는 기술요소는 센서, 네트워크, 플랫폼 및 서비스 인터페이스 기술 등 3가지 요소로 구성되어진다. 이 기술들은 개발 방법, 설치 위치, 운영 환경 등 고려사항이 다르기 때문에 사물인터넷 기반 서비스를 구축하기 위해서는 각 분야 전문가들의 협업이 중요시 되는 특성을 갖고 있다.

#### 1) 센서

센서 기술은 온도, 습도, 열, 가스, 조도, 초음파 등 다양한 센서를 이용하여 원격 감지, 위치 및 모션 추적 등을 통해 사물과 주위환경으로부터 정보를 획득하는 사물인터넷의 핵심기능으로써, 반도체 칩 기술과 임베디드 소프트웨어 기술발전으로 과거에 비해 지능화된 스마트 센서로 발전하고 있는 추세이다.

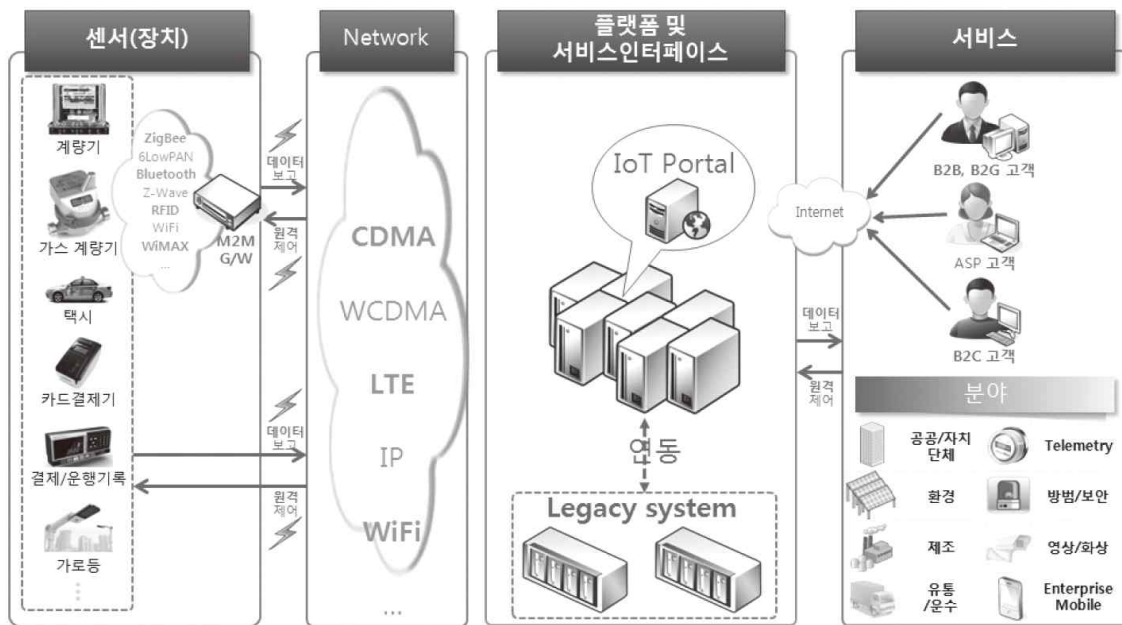


그림 61. 사물인터넷 요소기술 구성도

#### 2) 네트워크 기술

무선 네트워크 기술은 사물이 인터넷에 연결되도록 지원하는 기술로써, 비용과 관리 측면에서 사물인터넷에 적합하다. 무선 네트워크 기술은 Zigbee, BLE(BlueTooth Low Energy), RFID와 같은 근거리 네트워크 기술부터 LTE와 WiFi와 같은 다양한 원거리 무선 네트워크 기술이 존재한다. 이러한 기술들을 적절히 조합하여 엄청난 수의 센서들이 생산하는 센싱 데이터들을 효율적으로 인터넷에 연결시키기 위해서는 효율적인 트래픽 처리를 위한 센서망 구성 기술이 요구된다.



### 3) 플랫폼 및 서비스 인터페이스

사용자들에게 가치 있는 사물인터넷 서비스를 제공하기 위해서는 서비스 제공자들이 쉽게 서비스들을 개발하고 관리할 수 있는 편의 기능이 제공되어야 한다. 이러한 편의 기능을 제공하기 위한 플랫폼 및 서비스 인터페이스 기술은 사물에 부착된 센서의 원격관리 및 서비스 형태로 인터넷 연결을 지원하기 위해서 요구되는 공통의 기능들을 제공하는 역할을 수행한다. 예를 들어 플랫폼은 수많은 센서들을 등록하고 검색할 수 있는 기능을 제공하고, 그 센서들에 원격 접근하는 표준 방법을 제공한다.

### 4) 축사 환경 관리를 위한 센서 모듈

축사 내부 사육 환경 관리를 위한 센서부는 축사 외부 환경 센서와 축사 내부 환경 센서로 구분이 가능하며 환경 센서의 경우 기존 제어 시스템에서 활용되어 오던 온도, 습도 센서등을 그대로 활용할 수 있는 방안도 있으나 각 환경 데이터마다 개별 센서를 사용할 경우 전체적인 시스템 구축의 비용이 많이 들 것으로 예상된다. 또한 기존 환경 센서의 경우 대부분 유선으로 데이터를 전송하는 시스템으로 구성되어 있어 축사 내부에 설치 시 네트워크 구축비용이 많이 든다. 따라서 ZigBee 기반의 무선 통신 방식을 적용하여 온도, 습도 등의 주요 환경 인자를 통합한 통합형 센서를 적용할 필요가 있다.

본 연구에 사용되는 악취측정기 모듈은 국내 O사에서 제품으로 개발하고 제작한 IoT 악취센서 및 통신모듈을 사용하였으며 악취 센서는 축사 농가 악취유발 물질 중에서 악취기여도가 높은 물질로 구성된 암모니아, 황화수소 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 구성 되어있으며 온도와 습도의 환경조건도 실시간 측정하여 정보는 실시간 관제센터로 전송된다 .



그림 85. 악취 측정 센서 및 모듈





그림 86. 자원 에너지화 시설에 IoT 센서 및 통신 모듈 설치

모니터링 요약 이도현님

경영체: (주) 성우 | 농장\* : 원천에너지전... | **축사**: 바이오플랜트

오늘 2022-11-12 13:18 **20.1°C** (20.1°C, 13.2°C) | 내일 (15.4°C, 9.2°C) | 실시간 15분 전력량 36.19 KW

농장	온도 °C	24H		체감	%	ppm	ppm	ppm	측정 시간	팬컨트롤 팬출력%
		최고	최저							
— 바이오플랜트										
농장분뇨시설	23.9	27.6	7.9	24.6	86	244	0.2	-	13:09	0
반입조내부	22.3	27.3	10.7	21.8	55	500	0.3	0.00	13:17	0
반입조외부	20.1	20.6	5.2	19.5	47	-	19.9	0.00	13:17	0
액비동외곽	24.7	29.8	8.1	25.0	72	162	0.5	-	13:13	0
액비조	40.0	40.0	17.8	40.0	64	28	2.0	-	13:15	0

정상처리 되었습니다.

그림 87. 센서 설치 위치별 실시간 악취 모니터링



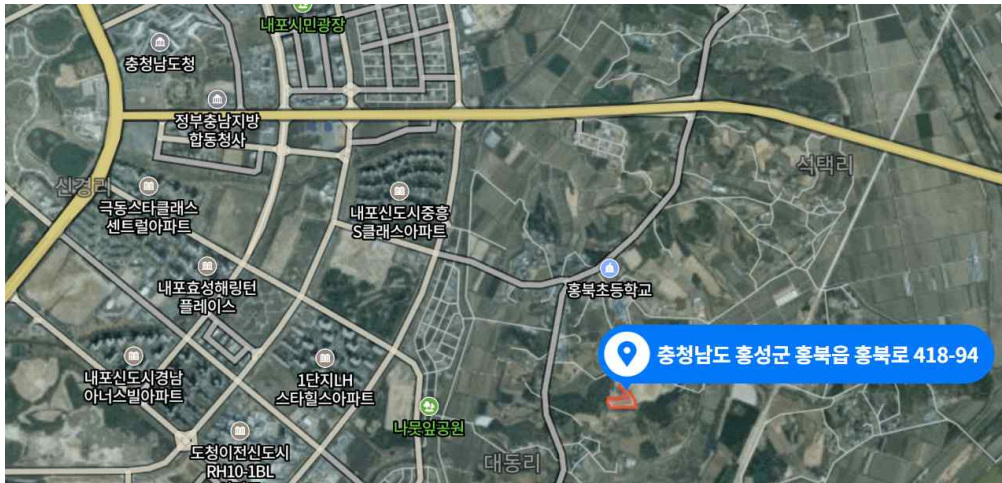
표 11. 축사 환경 관리 센서

위치	데이터	센서	단위
축사 외부	외기 온도	외기 센서	℃
	외기 습도	외기 센서	%, RH
	외기 풍속	풍향/풍속계	m/s
	외기 풍향	풍향/풍속계	degree
축사 내부	사육장 온도	실내 센서	℃
	사육장 습도	실내 센서	%, RH
	사육장 유해가스농도	가스 농도 센서	ppm
	사육장 풍속	풍향/풍속계	m/s
	사육장 풍향	풍향/풍속계	degree
기상청 데이터	예보 온도	기상청	℃
	예보 습도	기상청	%, RH
	예상 강수량	기상청	mm/hr

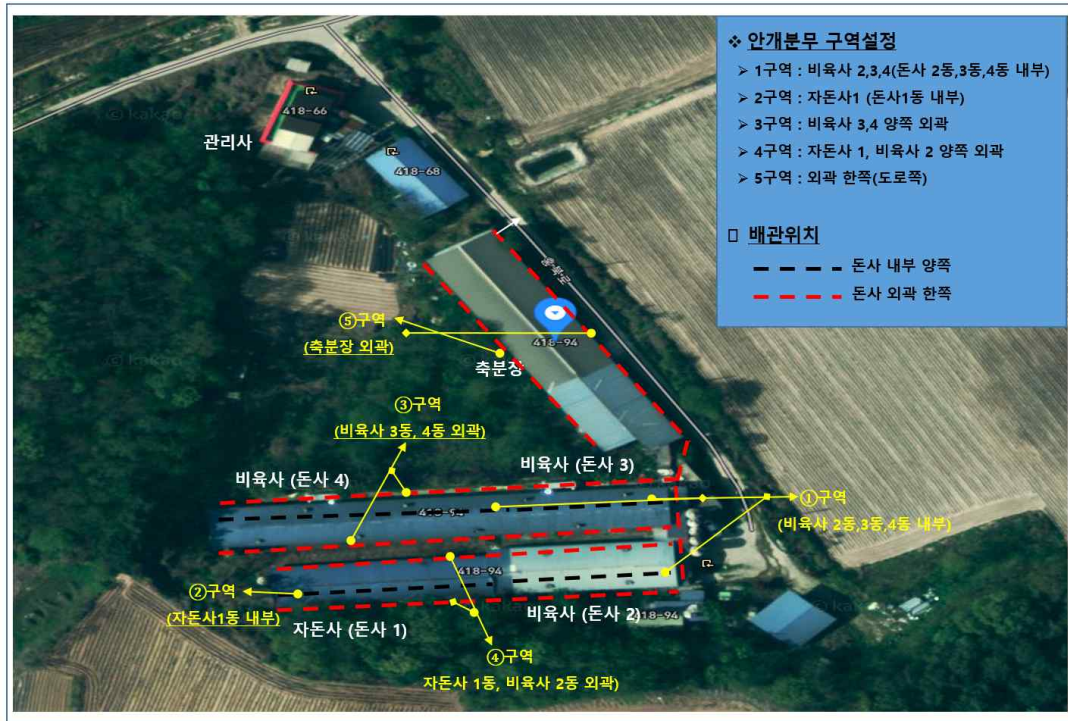
나. 돈사 내부 차아염소산수 드라이포그 시스템 (암모니아, 황화수소 저감)

1) 설치 현장

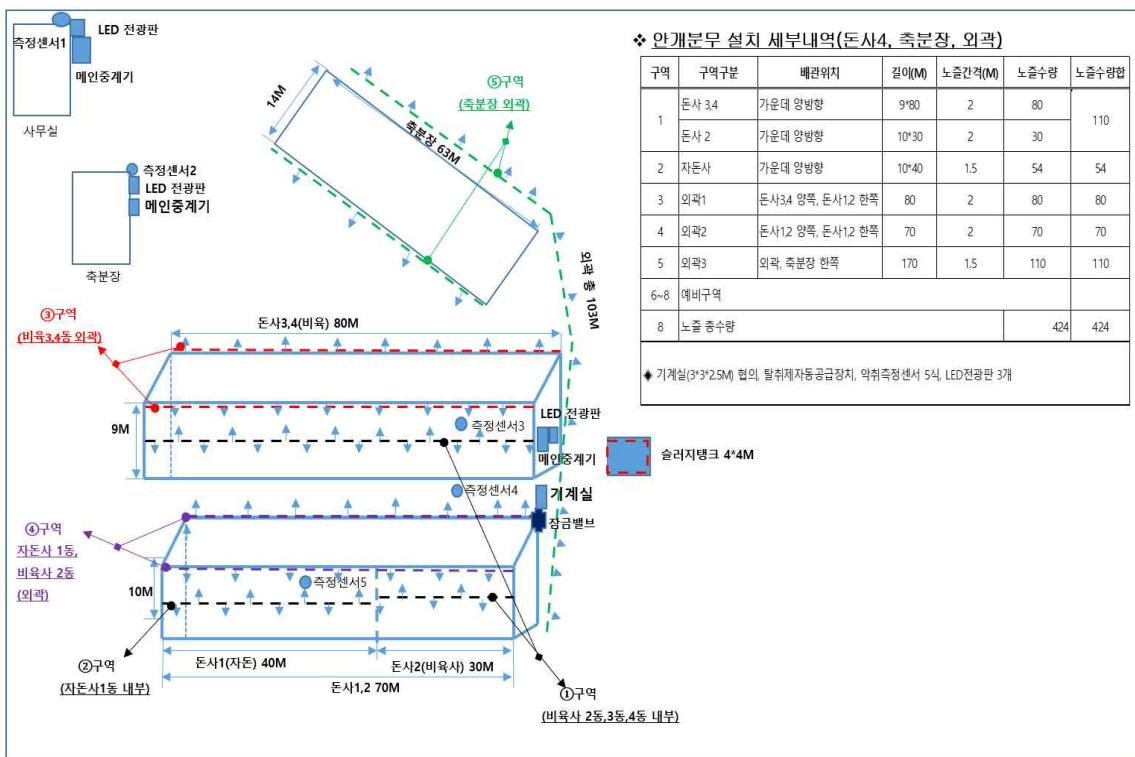
- 위치 조건 : 충청남도청이 있는 내포 신도시와 인접해 있어 냄새 민원이 많이 제기될 수 있는 위치



○ 드라이포그 시스템 시설 현황



○ 드라이포그 노즐 수량 및 배치도



○ ICT 실시간 모니터링 장치 설치 위치 : 비육사(돈사4) 비육 1번방 입구



탱크 용량 600L



차아염소산 드라이포그



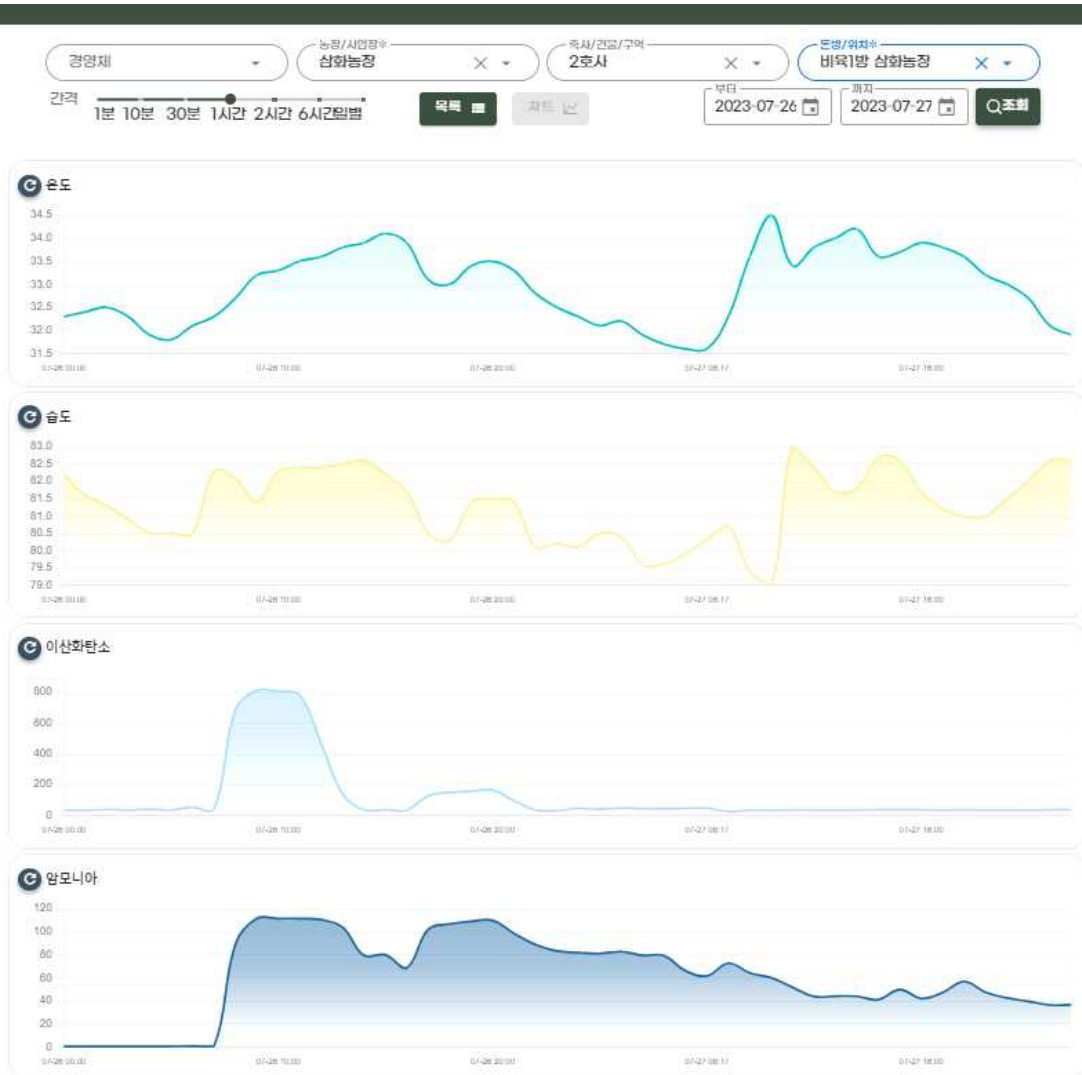
차아염소산 농도 96ppm



드라이포그 펌프 배관

## 2) 실험 방법

- 돈사내 드라이포그 시스템을 설치 전 후의 암모니아와 황화수소의 농도를 비교 분석한다.
- 가) 시험 전 23년 7월 측정기 설치 후 암모니아 평균 농도와 그래프 분석



나) 시험 전 약취 분석 결과

- 환기량이 많은 7월 인 것을 감안하면 암모니아 수치가 높은 편이었다. 측정을 시작한 26일에는 암모니아 수치가 거의 110ppm까지 올라가는 시간도 있었다. 환기량이 적은 겨울 봄철에는 돈방 내부 암모니아 수치는 100ppm을 초과한 날이 많을 것으로 예상된다.
- 7월은 환기량이 많아서 대부분의 농장에서 암모니아 수치가 높지 않게 측정 되는데 100ppm이 넘는 것으로보아 환기를 적게 시켜서 농도가 높게 나온 것으로 판단된다.

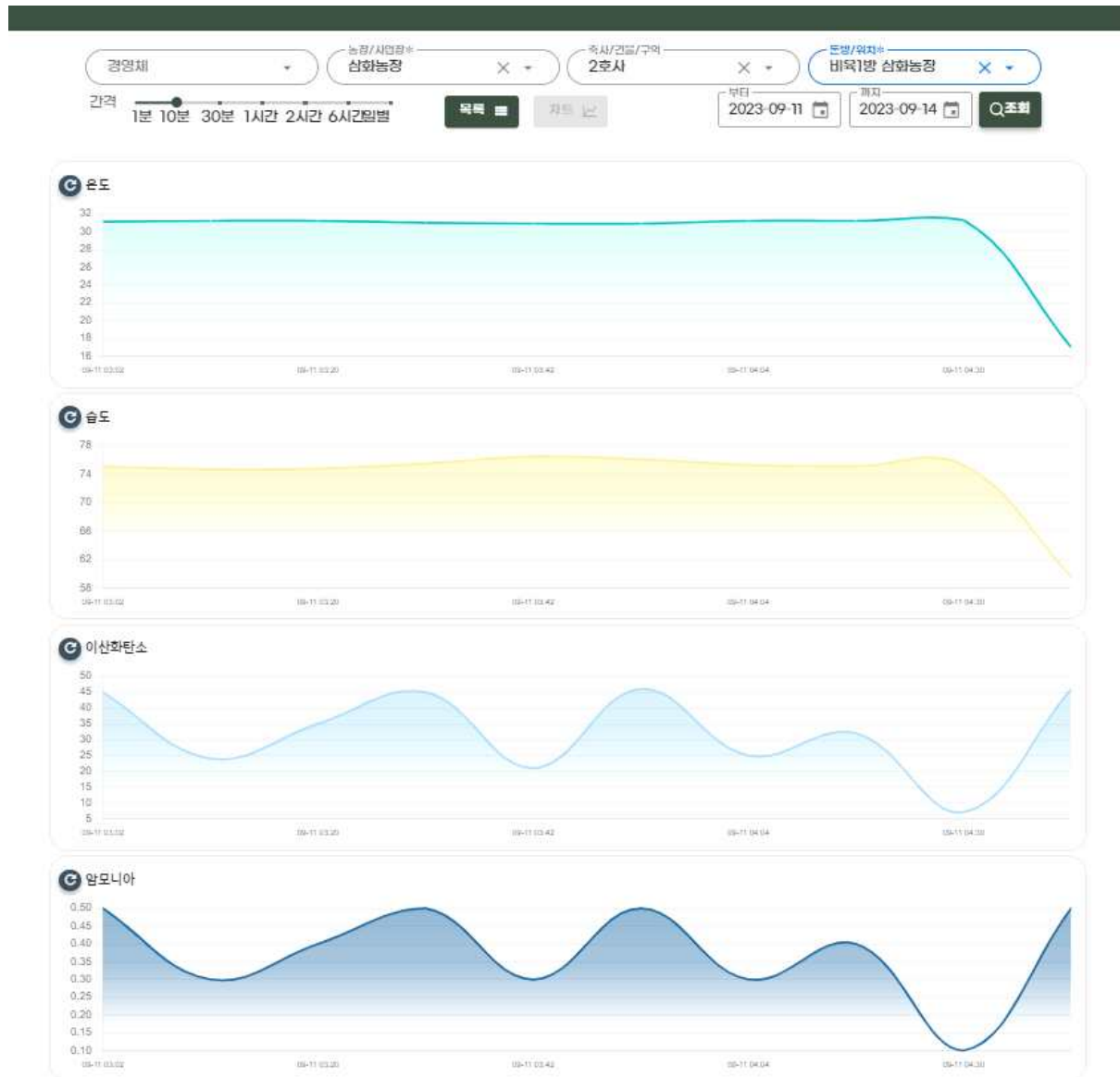
다) 세부 시험 방법

- (1) 돈사(비육 1방) 내부에 드라이포그 노즐로 30분마다 HOCL을 분사하고 약취 농도 그래프를 분석한다.
- (2) HOCL의 농도는 90~100ppm으로 시험한다.
- (3) 회사에서 3,500ppm으로 HOCL을 생성하여 농장에서 90~100ppm으로 희석하여 사용한다.
- (4) 현장에서 물을 희석하여 90~100ppm으로 맞추어 사용한다.
- (5) 시험 기간 : 2023년 9월11일 ~ 9월 15일
- (6) 측정기 : 돈방에 설치된 원스프링 IOT 실시간 모니터링 센서
- (7) 측정종류 : 온도, 습도, 암모니아
- (8) 황화수소는 이동형 측정기를 이용하여 HOCL분사 전/후로 30분 간격으로 3시간 동안 측정



### 3) 실험 결과

드라이포그 시스템 가동 후 실시간 암모니아 측정 그래프



- 차아염소산을 분무하면 암모니아 및 황화수소가 (95)% 이상 감소 했으며 이산화탄소 수치를 보면 9월에도 온도가 높아 환기량은 7월과 비슷하게 많은 것을 알 수 있다.



○ 이동식 측정기 분석 결과



그림 88. 실험에 사용한 이동식 분석 장비

구분	일별	온도(℃)	습도(%)	암모니아 (PPM)	황화수소 (PPM)	이산화탄소 (PPM)	복합농도 (PPB)
1	09월 10일	28.02	41.04	24.1	2.29	45	147
2	09월 11일	27.88	44.12	0.50	0.11	25	60
3	09월 12일	28.04	44.7	0.30	0.09	45	56
4	09월 13일	28	45.92	0.10	0.09	25	55
5	09월 14일	27.87	47.25	0.52	0.10	50	60
6	09월 15일	27.88	46.91	0.49	0.09	52	56
7	09월 16일	27.72	45.49	24.5	2.29	48	147
8	09월 17일	27.74	44.35	25.5	2.25	32	140
9	09월 18일	27.8	46.13	31.3	2.26	25	145
10	09월 19일	27.42	43.37	30.2	2.20	35	140
11	09월 20일	27.31	41.93	50.0	2.45	43	155

○ 2023년 9월 11일 ~ 15일 사이 측정한 시험 결과 차아염소산을 분무 후 암모니아 98%, 황화수소가 95% 감소하는 결과를 보였다.

○ 드라이포그 시스템 가동 전 후 돈사내 세균 포집 결과

돈사 내부 드라이포그 시스템을 가동하기 전과 후의 내부 공기 질을 비교하기 위하여 드라이포그 시스템 아래 부근에 에어샘플러를 설치하고 5분 동안 포집하여 그 결과를 비교하였다.



○ 차아염소산을 분무 할 경우 악취 뿐만 아니라 돈사 내부의 부유 세균도 저감하는 효과가 있다.

다. 가축분뇨 자원화시설 악취 저감 시스템 설치 현장

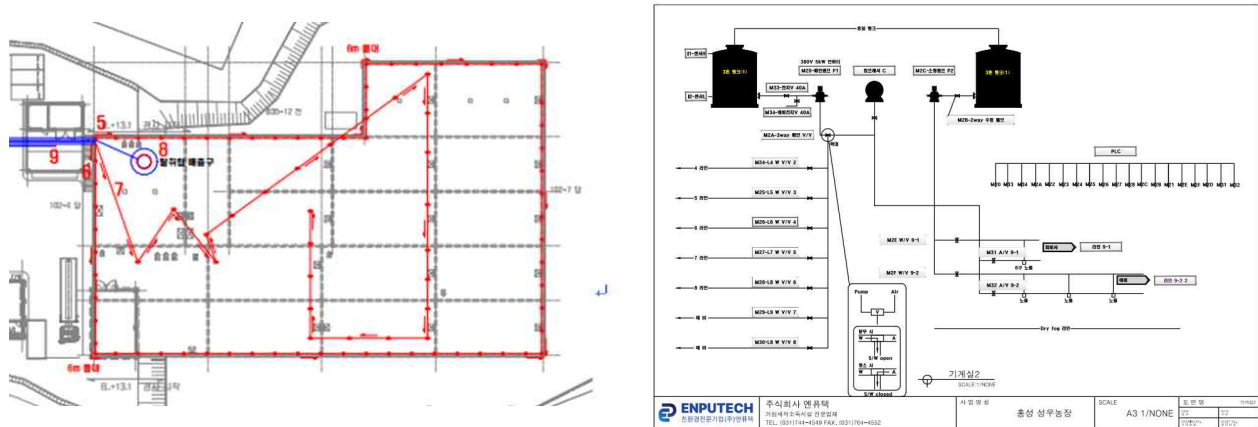


그림 89. 자원 에너지화 시설에서의 악취저감 분사 노즐 설치 구성



그림 90. lot 센서 통신에 따른 악취저감 분사 노즐 가동 현장

## 8. 개발 제품의 사용자 편리성 및 신뢰성 구축

사용자는 육체적, 정신적, 인지적, 사회적 특성에 따라 매우 다양한 형태로 나타나며, 이러한 특성에 따라 제품의 사용 형태도 다양하게 표현된다. A라는 사용자에게는 사용하기 편리하더라도 B라는 사용자에게는 제품의 사용이 불편할 수 있다. 모든 사용자들은 그들의 특성에 따라 조금씩 사용 편리성이 다르게 나타나는데 이를 해소하기 위해서 제품의 매뉴얼을 누가 보더라도 쉽게 이해할 수 있도록 삽화를 섞어 제작하여 배포하고, 동영상을 통한 제품 사용 교육으로 사용자가 충분히 제품의 동작을 이해하도록 할 예정이며 특히 살균 및 차단 방역 분야는 전문성을 띄고 있기 때문에 주기적으로 제품 주 소비층인 농장 관련 사람을 대상으로 교육 활동할 예정이다.

기후 및 계절적 요인으로 인하여 제품의 문제가 발생하는지에 대해 꾸준히 모니터링을 실시하여 발생한 문제점을 개선할 예정이며 실사용자로부터 현장에서 발생하는 문제점에 대한 인식 및 개선 활동을 병행할 예정이다.


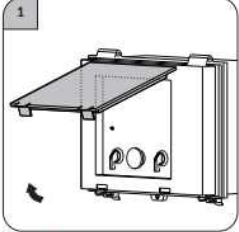



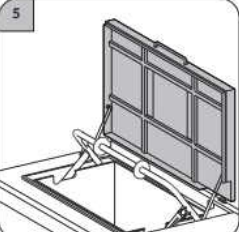

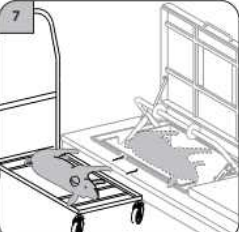



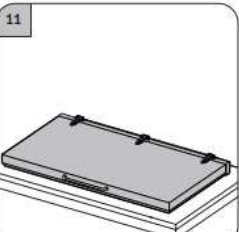
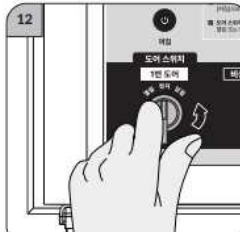
제품 기본 사항	제품 사용 방법								
<p><b>각 부분 명칭 및 기능 - 콘트롤 패널</b></p>  <table border="1" data-bbox="236 976 740 1108"> <thead> <tr> <th>명칭</th> <th>기능</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 전원 스위치</td> <td>전원을 켜거나 끕니다.</td> </tr> <tr> <td>2 도어 개폐 스위치</td> <td>1번 도어, 2번 도어를 열림, 닫힘 방향으로 스위치를 돌려 조정합니다.</td> </tr> <tr> <td>3 비상 정지 버튼</td> <td>비상 정지 필요 시 버튼을 누릅니다. 사용 후 시계방향으로 돌려 환상복구 해야 합니다.</td> </tr> </tbody> </table> <p>11</p>	명칭	기능	1 전원 스위치	전원을 켜거나 끕니다.	2 도어 개폐 스위치	1번 도어, 2번 도어를 열림, 닫힘 방향으로 스위치를 돌려 조정합니다.	3 비상 정지 버튼	비상 정지 필요 시 버튼을 누릅니다. 사용 후 시계방향으로 돌려 환상복구 해야 합니다.	 <p>1 ① 윗타리 내부에 설치된 콘트롤 패널의 전원 방수 커버를 열어줍니다.</p>  <p>2 <b>전원 스위치</b> 켜짐 꺼짐 ② 전원 스위치가 [켜짐]으로 되어있는지 확인합니다. [꺼짐]으로 되어있을 경우 [켜짐]으로 스위치를 돌려 주십시오.</p>  <p>3 ③ 열고 싶은 도어(문)의 버튼을 [열림] 쪽으로 돌립니다. 양쪽 문을 동시에 열고 싶은 경우 두 개의 버튼을 동시에 [열림]으로 돌려주십시오.</p>  <p>4 ④ 도어(문)이 곧까지 열릴 때 까지 대기해 주십시오. 중간에 손으로 억지로 밀어 열리는 등 힘을 가하지 마십시오.</p> <p><b>△주의! 도어(문)이 열리는 도중 손으로 억지로 밀어 열리는 등 힘을 가하지 마십시오. 고장의 원인이 될 수 있습니다.</b></p> <p>13</p>
명칭	기능								
1 전원 스위치	전원을 켜거나 끕니다.								
2 도어 개폐 스위치	1번 도어, 2번 도어를 열림, 닫힘 방향으로 스위치를 돌려 조정합니다.								
3 비상 정지 버튼	비상 정지 필요 시 버튼을 누릅니다. 사용 후 시계방향으로 돌려 환상복구 해야 합니다.								
<p><b>제품 사용 방법</b></p>  <p>5 ⑤ 도어(문)가 완전히 열렸는지 확인합니다.</p>  <p>6 ⑥ 도어(문)가 닫힌걸 확인 후 버튼을 반드시 가운데 방향으로 바꿔주십시오.</p>  <p>7 ⑦ 도어(문)가 모두 열리면 양쪽에 위치한 바구니에 메 시축을 넣어주십시오.</p>  <p>8 ⑧ 도어(문)를 닫기 전 주변에 이물질(물, 플라스틱, 금속 등)이 있는지 확인합니다. 이물질이 없도록 도어(문) 주변을 항상 깨끗하게 유지하십시오.</p> <p><b>△주의! 이물질(물, 플라스틱, 금속 등)이 있는 상태에서 도어(문)를 닫을 경우 액추에이터에 과부하가 발생할 수 있습니다.</b></p> <p>14</p>	<p><b>제품 사용 방법</b></p>  <p>9 ⑨ 작업 완료 후 콘트롤 패널의 버튼을 [닫힘] 쪽으로 돌려 도어(문)을 닫습니다.</p>  <p>10 ⑩ 도어(문)가 곧까지 닫힐 때 까지 대기해 주십시오. 중간에 손으로 억지로 밀어 내리는 등 힘을 가하지 마십시오.</p>  <p>11 ⑪ 도어(문)가 완전히 닫혔는지 확인합니다.</p>  <p>12 ⑫ 도어(문)가 닫힌걸 확인 후 버튼을 반드시 가운데 방향으로 바꿔주십시오.</p> <p><b>△주의! 도어(문)이 열리는 도중 손으로 억지로 밀어 열리는 등 힘을 가하지 마십시오. 고장의 원인이 될 수 있습니다.</b></p> <p>15</p>								

그림 91. 폐사축 보관함의 사용 설명서 예시



### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

###### 주관연구개발기관 엔퓨텍(주)

###### 가. 8대 방역시설 맞춤형 개발 진행

- 전실에 대한 현장 조사 및 수요 파악을 통한 올바른 전실 구성과 사용방안 마련
- 방역실에 대한 현장 조사 및 수요를 조사하여 개발하였으며 형광물질을 이용한 동선 분석 및 교차오염 확인
- 옷장 살균기 살균 모듈에 대한 살균 효과를 검증
- 장화 살균 세척 보관함의 차아염소산과 자외선을 활용한 살균 시스템 개발
- 살균 노즐 종류, 자외선 강도 및 구성 조건에 따른 살균 효능 분석
- 현장 조건을 반영한 유기물 존재하에서 세균 및 바이러스에 대한 살균 효능 실험.
- 해외 폐사축 보관함 운용 실태를 조사하고 국내 실정에 맞는 폐사축 보관함 개발
- 현장 조건을 반영한 폐사축 보관함 설치와 농장 관계자들에게 시연 및 운용법 교육
- 현 농장의 악취 현황 및 부유세균 실태 조사.

###### 나. 상품화

- 농장 상황에 맞는 전실 및 방역실 설계 및 제품화 (선택 옵션별 제공)
- 폐사축 보관함 구성 설계 및 제품화
- 옷장 살균기 설계, 제품화 및 평가
- 장화 살균기 설계, 제품화 및 평가
- 울타리 방역 및 악취 제거 시스템.
- 농장 급기 소독 시스템
- 농장 내부 및 외부 악취 제거 시스템

###### 다. 효율적 살균 시스템 구성 개발

- 가장 축산 현장과 가까운 유기물 조건을 조성하고 이의 세균 및 바이러스를 제거할 수 있는 차아염소산과 자외선이 결합한 소독 시스템 구성 및 개발

###### 공동연구개발기관 검역검사본부

###### 가. 울타리 방역 사각지대 및 현 농장 상황 분석

- 외부 울타리의 방역 필요성 검증을 위해 감시 카메라를 이용 농장 울타리 근접 동물 실태 분석
- 경기도 2개 농장, 충청도 2개 농장 외부 울타리에 관찰 카메라를 설치하여 실제 울타리로 접근하거나 오가는 동물을 촬영
- 멧돼지는 발견하지 못하였으나 고라니, 고양이, 까지 등이 자주 발견되는 것을 보아 외부 울타리를 통하여 ASF가 전파될 가능성이 있다는 것을 확인.

###### 나. 울타리 방역 시스템 평가

- 감수지를 이용한 울타리 방역 분사 노즐의 설치 형태 및 최적 조건 마련

###### 다. 방역실 및 구성 제품의 살균 소독 시스템 평가

- 형광 물질을 이용한 방역실 이용 동선 및 교차 오염 구역 분석
- 전실 및 방역실 운용 방안과 교차 오염에 따른 방역 대책 마련.

라. 유기물 조건하의 AI 바이러스 현장 평가

- 다양한 유기물 조건하에서의 AI 바이러스 담체를 이용한 생물학적 평가법 개발
- 담체 시험법을 통한 현장 평가의 효율성 및 신뢰성 제공.
- 방역실 및 구성 제품의 소독 살균 평가를 통한 설계 반영 항목 제공.
- 차아염소산과 자외선 살균시스템의 최적 운용 구성 마련 (차아염소산 150ppm, 자외선 1분 30초)

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

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023~2023)	계	가중치 (%)	
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	특허출원	목표(단계별)				5	
		실적(누적)	1	2	3		
	특허등록	목표(단계별)				15	
		실적(누적)	1		1		
	학술발표	목표(단계별)	-			10	
		실적(누적)	-	1	1		
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	제품화	목표(단계별)	1	1	2	10	
		실적(누적)	1				
	매출액	목표(단계별)	50,000	80,000	130,000	20	
		실적(누적)	100,000	106,818	206,818		
	고용창출	목표(단계별)	2	1	3	20	
		실적(누적)	3	1	4		
	교육 지도	목표(단계별)	2	1	3	5	
		실적(누적)	2	1	3		
	정책 활용	목표(단계별)	-	1	1	5	
		실적(누적)	-	1	1		
	홍보전시	목표(단계별)	4	2	6	5	
		실적(누적)	5	4	9		
	타연구활용	목표(단계별)		1	1	5	
		실적(누적)		1	1		
	계						100

\* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[SCI Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신품종 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

\* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다  
(연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거	
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)		
1	살균력	%	30%				99.95%	99.99%	허가조건
2	탈취력	%	30%				70%	80%이상	

\* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

\* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

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

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	대한수의학회 2023년 추계국제학술대회	이화용	23. 11. 29	제주국제컨벤션센터	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	축사방역시설용 의류 살균기	대한민국	엔퓨텍	21.12.14	10-2021- 0178228					100	활용
2	폐사축 처리 보관함	대한민국	엔퓨텍	22.07.27	10-2022- 0092871					100	
3	폐사축 처리 보관함	대한민국	엔퓨텍			엔퓨텍	22.11.14	10-2468073		100	활용
4.	우수한 살균 능력을 가지는 축산 장화 살균기	대한민국	엔 퓨텍	23.12.21	10-2023- 0187980					100	활용

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

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

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

○ 국제표준

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

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

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	방역실 (화장실유)	2021.10	경안컨테이너 엔퓨텍	김제농장	방역	6개월		
2	방역실 (화장실무)	2021.10	경안컨테이너 엔퓨텍	김제농장	방역	6개월		
3	약취제거 분산 시스템	2021.10	엔퓨텍	성우농장	약취경감	1년 6개월		
4	폐사축보관함	2021.11	엔퓨텍	엔퓨텍	폐사축 처리	11개월		
5	울타리 방역	2021.09	엔퓨텍	엔퓨텍	방역	6개월		
6	옷장 살균기	23.12.20	엔퓨텍	엔퓨텍	방역	8개월		
7	농장 공기급기 살균시스템	23.10.16	엔퓨텍	성우농장	방역	6개월		
8	장화살균기	23.12.22	엔퓨텍	엔퓨텍	방역	1년		



□ 기술 실시(이전)

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

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	국내	폐사축보관함	제품화	엔퓨텍	106,818	-	2023	5년

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

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
약취 저감 분무 시설	2022	100,000		100,000	
폐사축 보관함	2023	106,818		106,818	
합계		206,818		206,818	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		방역실, 폐사축보관함, 장화살균기			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년			
	소요예산(천원)	2,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		138,000	3,000,000	5,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	10	50	70
국외		0	2	5	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 지상형 폐사축보관함</li> <li>● 실시간 약취 모니터링을 통한 AI 제어 약취저감안개분무 장치</li> <li>● 자동 살균세척 장화살균기가</li> </ul>				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		0	200,000	300,000	
	수출	0	50,000	100,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2022년	2023년	
1	축산방역기	엔퓨텍	2	1	3
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	4
		생산인력	6
	개발 후	연구인력	5
		생산인력	7

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
1	연구인력	2023	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
				2			1	1	2				

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

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

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함), <u>품종보호권 등록증 또는 생산·판매 신고증명서</u>
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(INC) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
기탁	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ lot 기반 외부환경 연동 농장 울타리 소독 및 방역 시스템 개발	○ lot 기반 축사환경관리 센서와 연동한 울타리 방역 시스템 개발	○ 100
○ HOCl+UV 결합 방역실, 전실 및 장화화 도구 세정 소독 시스템 개발	○ 유기물 조건에서의 세균과 바이러스의 효율적 제거를 고려한 HOCl+UV 소독 시스템 개발	○ 100
○ 사육실 내 IoT-Cloud 기반 분진, 부유 세균과 바이러스, 암모니아 악취제어 시스템 개발	○ 사육실 내 IoT-Cloud 기반 분진, 부유 세균과 바이러스, 암모니아 악취제어 시스템 개발 하여 농장 내부에 설치하여 실시간 악취 저감 시험을 하였으며 자원화 시설의 외부에 설치하여 IoT기반 연동으로 악취제거 시스템 실시간 모니터링과 결과 분석	○ 100
○ 사육실 내 공기 급기 살균 소독 시스템 개발	○ 돈사 급기에 자외선 소독 시스템 설치하여 부유세균의 저감 정도를 평가	○ 100
○ 단위 농장별 차단 방역 최적 솔루션 시스템 개발	○ 방역실, 전실의 사용 수칙 및 동선을 분석하여 차단방역 솔루션을 제공하였으며 옷장 살균기, 장화 살균기, 폐사축 보관함등을 개발하여 8대 방역시설에서의 미비점을 보완한 제품을 개발	○ 100
○ 농장 방역제품 현장 효능 평가	○ Disk carrier법을 적용하여 농장 조건과 비슷한 유기물 조건하에서 살균 효능 시험 및 SI바이러스 제거 시험을 결과를 바로 확인하여 현장에서 효능 평가가 가능하게 함	○ 100

## 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

### 2) 자체 보완활동



### 3) 연구개발 과정의 성실성

---

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

- 기술적 기대효과
    - ◆ 차아염소산(HOCl)과 자외선(UV) 활성화 장치를 이용한 고효율 소독 시스템의 소독효능을 검증하여 소독력이 우수한 기기가 보급되도록 함.
    - ◆ 부유 세균, 바이러스 소독과 악취저감 동시 효과가 있는 하이브리드 기술 보급으로 관련 국내 기술의 수준을 증대시킴.
  - 산업 경제적 기대효과
    - ◆ 고효율 소독 시스템을 통한 전염성 질병 전파를 차단 효과를 높여 질병 전파로 인한 살처분에 의한 농장의 경제적 손실, 정부 지자체의 살처분 보상비 예산 절감, 사료 회사 도축장 등 관련 산업의 피해 감소.
    - ◆ 바이러스 저감, 악취저감을 통한 동물의 건강이 증진됨에 따라 질병이 감소하여 생산성이 증대될 것으로 기대
  - 환경적 기대효과
    - ◆ 소독에 사용되는 약제를 모두 사용 후 물로 환원되는 친환경 약제인 차아염소산을 사용함으로써 환경부하량이 감소 됨.
    - ◆ 축사 내 악취농도가 저감되어 근무자들의 근무환경이 향상되어 근무자 보건에 기여 함
  - 방역 소독 시설 및 장비에 대한 현장평가
    - ◆ 방역 방역 시설 및 장비에 적용할 수 있는 평가 시스템 보급
    - ◆ 객관적으로 입증된 방역 시설 및 장비 보급
    - ◆ 지속적으로 개선 가능한 방역 환경 제시
-

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---

### 가. 연구개발성과의 활용방안

#### 1) ASF 차단 방역을 위한 축산농가 소독 방법 및 장치 개선

- 외부 울타리, 내부 울타리에 주기적으로 차아염소산을 분무하여 조류, 설치류에 의한 전염을 차단 하는데 활용
- 당사에서 NET(신기술인증)를 받은 차아염소산과 자외선 활성화장치를 이용한 고효율 소독 시스템을 적용한 방역실은 외부인에 의한 전염병 전파를 차단하는데 활용.
- 상기 시스템을 적용한 전실은 내부 근무자에 의한 농장 내 전염병 전파를 막는데 활용.
- 축사 내 인입 공기 살균 시스템은 외부 오염 공기에 의해 감염이 전파되는 것을 방지에 활용.

#### 나) 축산 악취 저감

- IoT 악취센서 농도에 따라 외부 울타리에서 차아염소산을 분무하여 악취가 농장에서 밖으로 확산되는 것을 방지하는데 활용.
- IoT 환경센서 데이터 알고리즘 기반 제어장치를 통하여 축사 내부 차아염소산이 분무되어 악취가 저감되면 축사 외부에 악취 저감 장치를 별도로 설치할 필요가 없어 짐.

#### 다) 지적 재산권의 확보

- 상용화 제품에 대한 지적 재산권을 확보하여 제품에 대한 독창적 권리를 유지할 예정이며 이를 토대로 농가에 본 상용화 제품을 저변 확대하기 위한 판매 노력도 병행할 예정이다.

#### 라) 제품 마케팅 전략

- 개발 제품을 농장 단위별 방역 솔루션 묶음 형태로의 마케팅 전략과 농가마다 시설이나 운영 및 환경조건이 다른 것을 고려한 농가 단위 전체 컨설팅 시스템으로의 마케팅 전략을 기획하여 판매.
- 방역 적용 범위를 농가에서 실험동물 사육 시설 (spf 시설)로도 확장하여 판매 기획.

### 나. 연구개발성과의 기대효과

#### 1) 기술적 기대효과

- 차아염소산(HOCl)과 자외선(UV) 활성화 장치를 이용한 고효율 소독 시스템 NET 기술을 다양한 방역 기기에 적용하여 기술을 확산함.  
부유 세균, 바이러스 소독과 악취 저감 동시 효과가 있는 하이브리드 기술 보급으로 관련 국내 기술의 수준을 증대시킴.
- 작물의 최적 성장 환경 조성을 위한 작물 바이러스의 제거에 적용.  
자외선+HClO 분사 시스템의 이동식 장비를 그림과 같이 구성하여 작물의 이랑을 따라 움직이며 작물 표면의 바이러스 및 세균을 제거하여 생육 조건을 좋게 할 수 있다.



작물의 생장 환경을 조성하기 위한 이동식 장비 작동 사진

## 참고 문헌

- 1) OIE. 2011. Disease outbreak during 2010. World Organization of Animal Health, Paris, France.
- 2) Xiong, K., Liu, H., Liu, R. and Li, L. 2010. Differences in fungicidal efficiency against *Aspergillus flavus* for neutralized and acidic electrolyzed oxidizing waters. *Int. J. Food Microbiol.* 137:67–75.
- 3) Ding, T.; Xuan, X.T.; Li, J.; Chen, S.; Liu, D.H.; Ye, X.; Shi, J.; Xue, S.J. Disinfection efficacy and mechanism of slightly acidic electrolyzed water on *Staphylococcus aureus* in pure culture. *Food Control* 2016, 60, 505–510
- 4) Michael J. Watts, Karl G. Linden. Chlorine photolysis and subsequent OH radical production during UV treatment of chlorinated water *WATER RESEARCH* 41 (2007) 2871– 2878
- 5) Buxton, G.V., and Subhani, M.S. 1972b. Radiation chemistry and photochemistry of oxychlorine ions: I. radiolysis of aqueous solutions of hypochlorite and chlorite ions. *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1.* 68: 947–957.
- 6) Rauth AM. 1965. The physical state of viral nucleic acid and the sensitivity of viruses to ultraviolet light. *Biophys J* 5:257–273.
- 7) Harm W. 1980. *Biological Effects of Ultraviolet Radiation*. New York: Cambridge University Press.
- 8) Ding T, Xuan X, Li J et al (2016) Disinfection efficacy and mechanism of slightly acidic electrolyzed water on *Staphylococcus aureus* in pure culture. *Food Control* 60:505–510
- 9) Kim HJ, Lee JG, Kang JW, et al. Effects of a low concentration hypochlorous acid nasal irrigation solution on bacteria, fungi, and virus. *Laryngoscope*. 2008;118(10):1862–1867.
- 10) Fukuzaki, Satoshi. 2006. Mechanisms of Actions of Sodium Hypochlorite in Cleaning and Disinfection Processes. *Biocontrol Science* 11 (4): 147–57
- 11) Glaze, W. H.; Kang, J.-W. Advanced Oxidation Processes for Treating Groundwater Contaminated With TCE and PCE: Laboratory Studies. *J. Am. Water Works Assoc.* 1988, 80 (5), 57–63.
- 12) Kim, S.R., Ji, M.K., Park, K.G., Lee, M.G., 2020. Analysis of the livestock mortality management-related acts and policy suggestions. *The Journal of Social Convergence Studies*, 4(3), 107–116
- 13) Mayer, D., J. Reiczigel, and F. Rubel. 2008. A lagrangian particle model to predict the airborne spread of foot-and-mouth disease virus. *Atmospheric Environ.* 42: 466–479.

#### 주 의

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