

319093-04

생체정보 기반 ICT 융복합 양계 자동화 시스템
개발 및 표준화

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

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

발간등록번호

11-1543000-004423-01

생체정보 기반 ICT 융복합 양계 자동화시스템 개발 및 표준화

2023.07.02

주관연구기관 / (주)대상키우미시스템
협동연구기관 / 서울대학교산학협력단

농림축산식품부
(전문기관)
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화”(개발기간 : 2019 . 08 . 30 ~ 2022 . 12 . 31) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023.07.01

주관연구기관명 : (주)대상키우미시스템 (대표자) 김홍식 (인)

협동연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 (대표자)



주관연구책임자 : 김홍식

협동연구책임자 : 이중용

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

최종보고서							보안등급			
							일반[√], 보안[]			
중앙행정기관명	농림식품기술기획평가원			사업명	사업명		첨단생산기술개발사업			
전문기관명 (해당 시 작성)	(주)대상키우미시스템			내역사업명 (해당 시 작성)	ICT 융복합시스템		ICT 융복합시스템			
광고번호				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		319093-04				
				연구개발과제번호						
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 소분류 코드명 LB0804	60%	2순위 소분류 코드명 LB0805	20%	3순위 소분류 코드명 LB0806	20%			
	농림식품과학 기술분류	1순위 소분류 코드명 RC0202	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%			
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문									
연구개발과제명	국문		생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화							
	영문		Development and Standardization of ICT Convergence Closed Automated Broiler House System based on Biometrics							
주관연구개발기관	기관명		(주)대상키우미시스템		사업자등록번호		209-81-61447			
	주소		강원도 강릉시 과학로 77-10		법인등록번호					
연구책임자	성명		김홍식		직위		대표			
	연락처		직장전화		휴대전화					
연구개발기간	전체		2019. 08. 30. - 2022. 12. 31.(3년 4개월)							
	단계 (해당 시 작성)		1단계		2019. 08. 30. - 2020. 12. 31.(16개월)					
			n단계		2021. 01. 01. - 2022. 12. 31.(2년)					
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체		합계		연구개발비 외 지원금	
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
총계	1,630,000	39,002	411,500			1,669,002	41,500	2,010,502		
1단계	1년차	250,000	8,334	75,000		258,334	75,000	333,334		
	2년차	460,000	15,334	138,000		475,334	138,000	613,334		
2단계	3년차	460,000	15,334	138,000		475,334	138,000	613,334		
	4년차	460,000	-	60,500		460,000	60,500	520,500		
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편	
	서울대학교		이중용						연구총괄	
연구개발담당자 실무담당자	성명		김예경		직위					
	연락처		직장전화		휴대전화		국가연구자번호			

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

2023년 05월 26일

연구책임자: 김홍식

주관연구개발기관의 장: (주)대상키우미시스템 김홍식
공동연구개발기관의 장: 서울대학교 산학협력단

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	ICT 융복합시스템				연구개발과제번호		319093-04	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 소분류 코드명 LB0804	60%	2순위 소분류 코드명 LB0805	20%	3순위 소분류 코드명 LB0806	20%	
	농림식품 과학기술분류	1순위 소분류 코드명 RC0202	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)								
연구개발과제명	생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화							
전체 연구개발기간	2019. 08. 30. - 2022. 12. 31. (41개월)							
총 연구개발비	총 2,080,502 천원 (정부지원연구개발비: 1,630,000천원, 기관부담연구개발비: 450,502천원)							
연구개발단계	기초[√] 응용[] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)								
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)								
연구개발 목표 및 내용	최종 목표			<p>본 연구의 목표는 악취민원과 조류독감 감염위험을 획기적으로 낮추고 각종 닭의 질병으로부터 안전하게 키울 수 있는 생체정보 기반 밀폐형 (zero emission) 자동화 육계사를 개발하는 것으로서 부수적으로 1) 밀폐식 육계자동생산시스템과 ICT장비와 센서를 활용하여 육계사양과 환경을 통합관리하는 스마트 양계사용 클라우드기반 양계장관리 프로그램을 개발하되 인공지능을 활용하여 양계기술의 지능화를 시도하고, 2) 현장 실증을 통하여 성능을 검증하고, 3) 기술확산에 필요한 표준화기술을 함께 개발하는 것임.</p> <p>본 연구의 최종 목표는 현장에 적용할 수 있는 친환경 육계생산시스템과 관련기술을 개발하고 실증하고 제품화하여 보급함으로써 육계산업의 현장애로를 해결하고 국가 국민에게 기여하는 것임.</p>				
	전체 내용			<p>필요한 원천기술을 확보한 연구팀을 구성하여 3.5년간 추진할 것이며 연구분야는 크게 하드웨어 개발, 소프트웨어 개발 및 제품성능 실증 3부분으로 구분됨. 먼저 육계생산 플랫폼으로 밀폐형 자동화 육계사를 개발하며 이 제품은 밀폐된 사육환경에서 흡배기 공기의 질을 제어하여 배출되는 공기가 주변에 악취민원을 발생시키지 않게 하는 것이며, 이를 자동화하여 고령화 시대, 외국인 인력에 의존하는 양계산업의 인력난을 덜 수 있도록 함.</p> <p>소프트웨어는 육계생산시스템에 ICT를 융합하고 지능화하기 위한 것으로서 사용편리와 보안을 위하여 클라우드 기반으로 개발하며 육계 사양과 환경을 통합관리하는 프로그램과 육계산업에서 필요한 실시간 생체중 계측, 육계의 행동분석, 육계의 성장예측 및 출하시기 예측과 같은 유용한 인공지능기반 소프트웨어와 미세환경관리를 위한 인공지능 제어프로그램을 개발하는 것임.</p> <p>개발된 육계생산시스템의 사용화를 현장실증하기 위하여 3,000 수 이상</p>				

		밀폐형 계사의 생산성 데이터 확보 및 현장 실증 3건 이상 확보하고 관련 표준을 개발하는 것임.
--	--	---

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> - 특허 출원 및 등록 4건 - 비SCI 논문 1건 - 매출: 423,000,000원 - 고용: 1명
--------	---

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> - 밀폐형 자동화 육계사의 실용화로 정부시책에 부응 - 국내 육계산업의 성장과 육계수입 감소에 기여 - 농촌환경개선과 노령화에 대한 대책으로서 영농후계자 확보에 기여 - 실시간 생체중 정보를 이용하여 육계 산업 및 유통구조의 고도화에 기여 - 국산 육계시스템의 수출산업화 - 스마트기자재 관련 표준화를 촉진하여 기술보급 확산에 기여 - 농업부문의 첨단기술 인재양성으로 빅데이터와 인공지능 응용의 가속화에 기여
---------------------	--

연구개발성과의 비공개여부 및 사유 (해당 시 작성)

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	3	4										

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)	양계	생체정보	자동화시스템	표준화	밀폐형 육계사
영문핵심어 (5개 이내)	poultry farming	biometrics	automation system	standardization	closed broiler house

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구배경

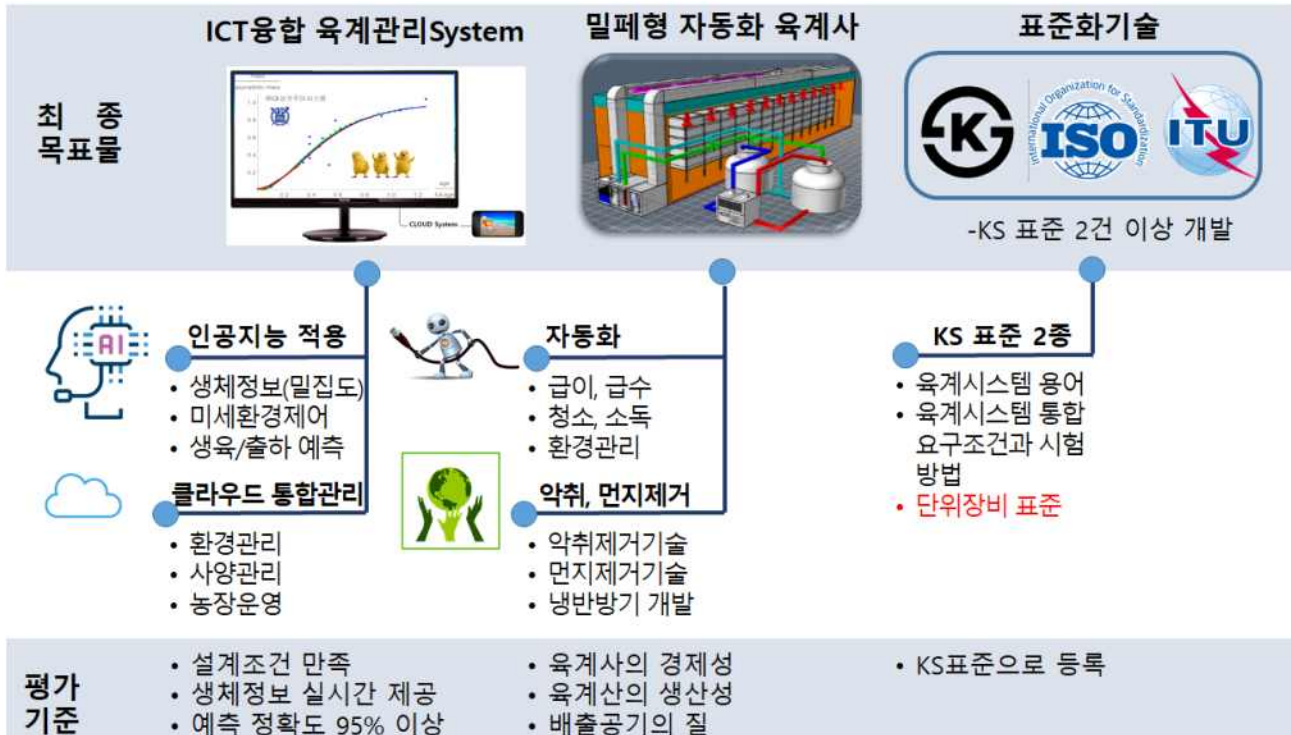
- 가금류산업은 육계와 산란계 및 오리를 포함할 경우 한우 생산액을 능가하여 축산물 중에 돼지에 이어 2위에 해당하는 중요 산업으로서, 육계의 경우 생산액이 꾸준히 증가하여 2016년 5번째로 많은 생산액을 기록하고 2017년에는 4위로 부상하였으며 웰빙식품과 한류를 대표하는 식품으로 꾸준히 성장하고 있으나 조류독감, 항생제 등에 따라 육계나 계란 생산과 소비에 변화를 나타내고 있음.
 - '18년 육계 생산액 2조 2597억원 (쌀, 돼지, 한육우에 이어서 4위)
 - '18년 도계량 8.47억수, 닭고기 수입량 10.369만톤
- 양계산업이 지속성장을 하려면 조류인플루엔자, 악취저감, 계분처리, 혹서대책, 동물복지, 노동력부족과 작업자 안전 등 많은 문제를 해결해야 하는 상황임.
 - 조류인플루엔자(고병원성AI)는 지난 15년간 많은 양계산업에 많은 피해를 입혔고 2018-2019년에는 야생조류에서 70건의 AI항원이 검출되었음에도 철저한 방역으로 가금농가에서 AI는 발생하지 않았으나 지속적인 주의와 방역이 필요함(대한양계협회 2019.4.8.)
 - 계분은 비료성분이 풍부하여 과거 돈을 받고 팔았으나 유기질비료지원사업 등의 영향으로 계분사용이 줄면서 계분의 처분이 육계산업의 과제로 등장함(양계뉴스 2019.2.19.)
 - 닭은 기온이 27°C 이상이 될 경우 과호흡, 사료섭취 감소, 음수 증가 등을 나타내며 2018년 고온으로 인한 가축폐사의 90%가 가금으로 드러남(대한양계협회 뉴스, 2019.6.30.)
 - 양계작업장의 분진은 주로 닭의 비듬, 털, 사료, 깔짚에서 발생하며 호흡성분진(미세먼지)이 전체의 20%에 달하고 병원성 미생물을 포함한다. 또한, 암모니아와 황화수소, 메탄 등 악취발생 물질이 40종 이상되어 작업자 안전을 위협함(농촌진흥청 양계농업인의 안전보건관리)
- 농업노동력이 부족한 상황에서 주52시간 근무제가 시행됨에 따라, 육계산업은 노동력 절감을 위하여 시설의 자동화를 통해 육계 공급물량을 늘리고 있으나(축산신문 2019.1.25.) 악취에 대한 민원 등으로 추진에 애로를 겪고 있음.
- 한편 축산시설 환경조절공학과 공기조화기술의 발달, 사물인터넷, 인공지능 등 첨단기술이 축산에 보급되면서 스마트 양계사에 대한 기대가 높아지고 있어 과학기술을 통한 양계산업의 지속성 확보 가능성이 높아지고 있음.
 - 축산과학원에서는 스마트 양계장을 소개하는 자료에서 일시에 스마트 기자재를 도입하지 말고 부분적으로 개선해 나갈 것을 권장하고 있으며, 이를 위해서는 스마트양계장 통합관리시스템(소프트웨어)과 관련 기자재의 통합이 가능하기 위하여 상호간의 연결을 담보하는 표준화 기술의 필요함.

나. 제안하는 연구 범위와 목표

- 본 연구의 목표를 간단하게 요약하면 악취와 조류독감 감염위험을 획기적으로 낮춘 밀폐식 육계자동생산시스템과 ICT장비와 센서를 활용하여 통합관리하는 스마트 양계사용 클라우드기반 양계장관리 프로그램을 개발하고 현장 실증을 통하여 성능을 검증하고 기술확산에 필요한 표준화기술을 함께 개발하는 것임.
- 본 연구의 범위를 요약하면
 - 육계 플랫폼 개발: 밀폐된 사육환경에서 흡배기 공기의 질(배출공기 암모니아 농도¹⁾ 2 ppm 이하)을 제어하면서 자동으로 양계할 수 있는 폐쇄형 ICT융복합 육계생산시스템을 개발하며
 - 개발된 육계생산시스템에 ICT를 융합하고 지능화하기 위하여 클라우드 기반의 통합육계사운영프로그램과 SaaS 클라우드 기반에서 제공하는 운영프로그램을 개발하며 (예: 양계사 환경조절, 생체정보제공, 출하시기 예측, 양계사 작업일지 작성, 양계사 통합감독 등).
 - 개발된 육계생산시스템의 사용화를 현장실증하기 위하여 3,000 수 이상 밀폐형 계사의 생산성

데이터 확보 및 현장 실증 3건 이상 확보하고 관련 표준을 개발하는 것임.

비고 1: 인간이 감지가 가능한 암모니아 농도는 1 ppm 수준으로 배출공기의 암모니아 농도는 그 수준을 넘지만 배출된 이후에 주변공기와 혼합되므로 주변에서 감지하지 못하는 수준이 될 것으로 예상함.



<그림> 연구개발 대상의 개념도 (연구목표와 연구내용 및 평가기준)

- 확보해야 할 핵심기술
 - 계분과 미세먼지를 발생원 주변에서 근본적으로 처리하는 기술
 - 내부온도와 습도를 적정으로 유지하기 위한 공기조화기술
 - 극한 기상조건에 대응하는 육계사 환경관리 기술.
 - 원격감시 자동화 육계사 설계기술
 - 육계 전과정의 통합운영프로그램기술
 - 생체정보 계측 및 인공지능 기술
 - 폐쇄형 육계사를 플랫폼으로 하는 주변 기자재의 표준화기술

1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 우리나라 육계분야 생산설비는 선진국의 기술과 제품을 모방하고 개선한 것으로서 평사형 육계사의 기본형태도 선진국에서 개발한 것들이 그대로 사용되고 있음(그림 참고)
- Pad-Fan방식(아열대지역용)도 상당량 보급되어 있으나 우리나라 기후에 맞지 않아 제대로 운영하지 못하는 경우가 많음. (우리나라는 여름에 고온일 뿐만 아니라 습도도 높아 소위 쿨링패드 가 기능을 발휘하지 못함)
- 양계사의 악취와 먼지를 근본적으로 제거하지 않고 대형 건물에서 대형 환풍기를 이용하여 공

기를 외부로 방출하고 있는 상황이며, 양계사 주변에 마을이 있는 경우 악취가 민원을 발생시킴 (새벽이나 저녁 이후 대기가 안정되면 악취가 심해짐)



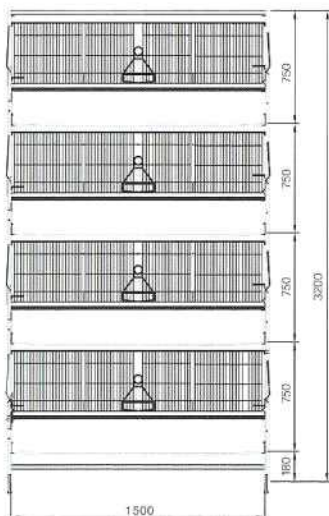
LPV형(온대지역)

터널형(아열대용)

복합터널형(모든 기후용)

<그림> 육계사 평사의 기본 형태

- 양계사내 계분 처리 방법이 개발되지 않아 질병 발생시 대규모 폐사에 취약함. 통상 양계 농장의 경우 계사에 닭을 풀어놓고 육성시키고 계사내 계분 축적을 1년 이상 지속적으로 약품처리하는 방식을 취하는 경우가 많아서 주변의 악취에 대한 민원만이 아니라 질병 관리, 농가의 경영에 위협요인이 됨.
 - 양계를 비롯한 축산업의 ICT융복합 연구는 아직 자동화 수준에 머물고 개발경험 역시 걸음마 단계이므로 일부 기업에서 센서나 제품, 소프트웨어를 생산/개발하여 보급하고 있으나 적정 ICT 도입 표준모델 없이 시설을 도입하고 있어 이에 대한 표준 모델 개발이 필요한 실정임.(ICT 기반 체중 측정 로드셀과 암모니아, 황화수소, 이산화탄소와 같은 환경 센서가 다수 개발되고 있음)
 - 축산업의 ICT융복합 센서와 설비는 많은 경우 수입품이 사용되고 있으나 제조사마다 제품의 규격이나 형식이 달라서 특정 회사에 의존하지 않는 한 하나의 시스템으로 운영하기 어렵고 수입제품의 고장 발생시에 즉각적인 사후봉사가 어려움.
- 케이지형 육계 방식은 좁은 공간에서 많은 닭을 사육할 수 있는 이점이 있으며, 국내외에서 모두 사용되고 있으나 먼지와 악취에 대한 근본적 대책없이 환기로 해결하는 것은 마찬가지로 상황임.
- 케이지 모양과 기능 등은 여러 회사의 제품이 유사하였으며, 육계 출하 시 외부로 송출하는 컨베이어벨트도 재질과 구동방식에 차이가 있을 뿐 개념은 유사함.



B사 케이지 4FLY



계분건조기 덕트

직립식 분리형 호퍼

체인급이기 구동부

J사 케이지 상세



J사 케이지 운영 예



B사 케이지 운영 예

- 육계사 내부의 케이지 하단에 위치한 바닥판은 재질과 계분이 바닥으로 떨어지도록 천공한 모양이 달리 적용될 뿐 육계를 송출하기 위해 컨베이어 벨트로 떨어트리는 방법으로 종방향으로 슬라이딩시키는 방법과 횡방향으로 슬라이딩시키는 방법 등이 적용되어 활용.
- 케이지에 급이 방식도 구동방식의 차이가 스크류식, 체인 이동식 등으로 나누어져 있을 뿐 위치와 급이 방식이 유사하게 적용, 상품화 되어 판매되고 있는 제품들은 계사에 케이지를 설치해 놓고 온도, 습도, 배기 등의 조절을 계사 안 전체를 대상으로 하여 관리 운영 되도록 고안되어 적용
- 보일공업은 케이지형 육계사에서 계분을 컨베이어벨트로 자동청소하고, 계분을 컨베이어벨트로 콤포스트화 설비에 직결하는 방식으로 계사환경을 유지하는 기술과 함께 청소용 컨베이어벨트를 별도로 개발한 수평 컨베이어벨트와 연계하여 육계 반출을 자동화하고, 동절기 난방은 온수를 사용하는 방식의 육계사를 개발하여 보급함. (이 방법은 TEXHA사가 개발한 Robotized Cage System과 유사함)



계분을 콤포스트 설비로 반송



계분벨트로 육계를 반송



별도 컨베이어로 육계 반출

<그림> 보일공업의 육계시스템

- 겨울철 난방 방법으로 유류에너지를 사용함으로써 인하여 계사 내부의 공기질이 열악해지는 원인이 되므로 저탄소 제품 개발의 필요성과 생산비 절감을 위한 전기에너지 ICT밀폐형 제어 계사 개발이 필요함.
 - 양질의 육계생산 및 가격 경쟁력 강화를 위해 공기정화기술, 온도조절시스템, 계분벨트관련 설비기술, 사료 및 급수시스템, 조명설비 및 관제시스템 등 다양한 기술이 케이지 자체에 일체로 융·복합된 단기 보육관리시스템 개발이 요구됨
- 축산설비에 대한 연구는 축산과학원이 주도하고 각 국립대학의 바이오시스템공학과나 축산학과에서 이루어지고 있으며 농식품부에서는 경상대학교에 스마트팜연구센터(ARC)를 지정하여 운영하고 있으나 축종이 다양하고 연구인력이 부족하여 단편적인 육계사양설비기술이 개발되고 있음.
 - 경상대학교 스마트팜연구센터는 축산분야의 경우 양돈에 대하여 집중적인 연구를 하고 있음.
 - 국내의 스마트 축사는 대부분 외국의 축산시스템을 도입하여 운영되고 있으며 외국제품을 사용하는 것에 따른 부작용이 발생함.
 - 가격이 고가이며 고장 발생시 신속한 사후봉사를 받기 어려움
 - 회사별로 규격이 다르고 다른 제품과 호환성이 낮아 일단 설비를 도입한 이후에 축산농가가 기계/설비 선택권이 제한받고 있음.
 - LG이노텍과 국립축산과학원은 양계 생산성을 높이는 무인 사양 관리를 목표로 인공지능 스마트팜 기술을 개발 중임.

LG이노텍과 국립축산과학원은 양계 생산성을 높이는 무인 사양 관리를 목표로 인공지능 스마트팜 기술을 개발한다. 이 스마트팜 기술이 개발되면 카메라와 각종 센서가 수만 마리 닭의 상태와 날씨 등 환경 변화를 자동 분석하고 인공지능 기술로 양계장 온도와 습도를 자동 제어한다. 또한 닭의 발육상태를 분석해 출하 시점을 예측할 수 있게 된다. 이를 위해 국립축산과학원은 식별 기준이 되는 닭의 성장단계별 행동 분석 연구 및 관련 표준 개발을 담당한다. LG이노텍은 카메라 및 온·습도 센서 등으로 이뤄진 계측 시스템과 축산과학원이 제공한 표준화 정보를 바탕으로 질병이 의심되는 증상을 식별하는 딥러닝 알고리즘을 개발한다. LG이노텍은 2020년까지 양계 농가 현장에 적용 가능한 수준으로 기술 완성도를 높일 계획이다. 현재 네트워크카메라를 통한 개체 인식 기술과 닭의 이상 움직임 검출 알고리즘 등 기반 기술을 확보했다. (뉴데일리경제 2018/5/22)

- 하림과 LG CNS는 스마트 저울을 개발하여 시험 중

하림과 IT서비스기업 LG CNS는 이 농장에서 국내 최초로 닭을 위한 '스마트 저울'을 실험하고 있다. 이를 위해 한 개 동에 특수 제작한 파란색 철제 저울을 설치했다. 여기엔 10분의 1초마다 무게를 재는 센서, 닭들의 움직임을 살피기 위한 적외선 CCTV, 온도와 습도·벤젠·톨루엔·먼지를 각각 측정하는 센서, 각종 데이터를 실시간으로 전송하는 무선통신 장비가 달렸다. 닭들이 모이를 쪼아 먹다 자연스럽게 한 마리 혹은 두세 마리씩 저울에 뛰어올랐다 내려오는 매 순간 무게를 잰다. LG CNS 유동열 사물인터넷(IoT)솔루션팀장은 "이렇게 저울 무게가 들쭉날쭉 움직여도 빅데이터팀이 하루 86만여개의 무게 데이터를 바탕으로 닭들의 평균 무게와 체중 증가 추이를 정확하게 분석해낸다"고 했다. 전북 김제에서 닭들이 폴짝거릴 때마다 서울 여의도 LG CNS 본사의 빅데이터팀에는 분(分)당 600개, 하루 86만4000개의 닭 무게 데이터가 실시간으로 전송된다. 하림과 LG CNS는 현재 김제 농장에 설치한 스마트 저울의 시험 결과를 바탕으로 점차 다른 농장으로 확산시킨다는 계획이다. 스마트 저울의 센서는 닭 폐사에 영향을 주는 농장의 온도·습도를 비롯해 벤젠·톨루엔·분진 등 공기 질(質) 관련 수치도 파악해 농장주의 스마트폰으로 알려준다. (조선일보 산업면 2015/5/18)

○ 시장현황 :

- 우리나라는 스마트팜 보급을 추진하고 있으며 양계분야도 스마트팜이 개발되어 보급되고 있는 상황임.
 - ICT 기자재가 정부 및 일부 농가경영체에 설치되어 사용되고 있으나, 축산농가 초기 비용 부담에 의해 수요가 적으므로 정부 정책 홍보 및 보조금 사업을 통해 지속적으로 수요 및 공급이 확대 되어질 전망
- 우리나라 축산시설 및 자재 업체수는 많으나 대부분 영세하여 첨단기술 연구능력이 부족하므로 정부의 연구개발 지원이 필요한 상황임.
 - 축산시설 자재업체수는 320개에 달하며 상시 종사자수는 평균 7명이고, 2005년도 기준으로 영세율 적용 축산기자재 매출액은 3,521억 6천만 원으로 총 매출액 대비 42%를 차지
 - 작업분야별로는 축산시설 및 환경조절용이 31%로 가장 많으며, 생산물 처리용 24%, 사양관리용이 14%로 나타남. 특히, 축산기자재 매출액이 2003년도 이후에는 120% 이상으로 증가한 것으로 나타나 이 분야에 대한 관심과 정책이 필요
 - 최근에는 축산시설환경 모니터링 및 제어, 선별기, 급이기 등이 보급되고 있으며, 축산 ICT 기자재 시장규모는 연간 2천억원으로 추정됨.
- 우리나라 축산시설 및 기자재는 일부 수출되기 시작되었으나 아직 미미한 수준으로 수입이 더 많은 상황임. 그러나 한국의 스마트팜에 대한 아시아나 중동지역이 관심이 높아 수출산업으로 성장 가능성은 높음.
 - '15년 기준 축산 기자재 수출은 약 340억원 규모로 추정되고 이는 '10년 207억원 규모대비 약 1.6배 이상 증가한 수치임. 주요 수출품으로는 환풍기, 축사내부 시설, 보온등, 자동 사료이송 시스템, 케이지, 자돈 컨테이너, 환경제어장치, 급이기 등이며, 그 외 가축분뇨처리시설인 축분 교반기, 고액분리기 등의 수출이 확대 되고 있음
 - 수입은 약 1천210억 원 규모로 대형조사료 기계, 계사내부시설, 로봇착유시스템 등이 수입되며, 수출의 약 3.5배 규모임
- 출하 시기 닭의 무게가 농가의 수익에 직접적으로 영향을 미치고 있음.

닭 농장에 이렇게 첨단 사물인터넷(IoT) 기술까지 적용한 것은 소비자들의 눈높이가 까다로워졌기 때문이다. 하림의 이강현 사육2팀장은 "예전엔 닭을 키우기만 하면 알아서 트럭에 실어갔는데 2000년대 들어서부터 거래처들이 세세한 무게 조건을 달기 시작했다"고 말했다. 예를 들어 일반 프랜차이즈 치킨은 1.5~1.6kg의 닭을, 두 마리를 한 세트로 주는 치킨집은 1.1~1.2kg, 학교 급식을 하는 업체는 1.7kg 이상으로 키워서 보내라고 요구한다는 것이다. 501농장은 주로 1.35~1.65kg의 닭을 키워낸다. 예를 들어 1.35kg을 요구했는데 1.2kg으로 키워내면 '불량' 판정을 받아 멸정한 닭을 헐값에 넘겨야 한다. (조선일보 산업면 2015/5/18)

- 소비자들의 식품안전에 대한 인식이 높아져 친환경 육계생산기술의 요구가 높아짐

조사에 따르면 소비자들은 “맛과 관련된 품질”보다 “위생과 신선도”를 중시하는 경향을 보였으며 5점 척도에서 4.29점으로 나타나 3.89점에 그친 “맛과 관련한 품질”보다 높게 나타났음(식품음료신문 2015.02.04.)

소비자들의 궁극적인 요구는 시판 중인 닭이 얼마나 건강하게 생산되었는지, 무항생제 닭의 여부이지만 현재 대형 육계사에서는 초기 7일간 항생제를 투여하고 나머지 21일 이상 항생제를 투여하지 않으면 무항생제 닭으로 선정되는 애매한 무항생제닭 선정 기준은 건강한 밥상을 원하는 소비자들에게 우려가 되고 있음(민주신문 2018.02.28.)

○ 경쟁기관(기업)현황

- 우리나라 축산분야설비 기업은 농업기계에 비해 역사가 짧고 국내시장이 협소하여 중견기업으로 성장하지 못하였으나 축산업의 발전에 따라 축종별로 전문업체가 형성되고 있으며 양계설비를 생산하는 주요 기업을 정리하면 아래 표와 같음.

<표> 국내 양계설비 생산기업현황

업체명	URL	업체명	URL
동남 코퍼레이션	http://www.dne-t.com	지성축산기계	http://www.jeesungle.com
은조부화기	http://www.eunjo.co.kr	오경시스템(주)	http://www.egg.co.kr
(주)코하트	http://www.kohart.com	나우산업(주)	http://www.nwi.co.kr
(주)에그텍	http://www.eggtec.com	금보시스템	http://www.poultry.kr
보일공업(주)	http://www.bo-il.co.kr	성광시스템	http://www.skls.co.kr
(주)건지	http://www.gunji.co.kr	신한축산	http://www.okshinhan.com
한국강화프라스틱	http://www.hanpis.co.kr		

- 정부의 스마트팜 보급정책에 의하여 축산분야에도 ICT융합 시설 보급이 최근에 활발히 추진됨에 따라 ICT 기반 체중 측정 로드셀과 암모니아, 황화수소, 이산화탄소와 같은 환경 센서 등을 생산하는 중소기업과 통합운영프로그램을 개발하는 ICT축산전문기업이 등장하기 시작하였으나 LG CNS를 제외하고는 소규모 기업임.
- 국내 양계설비업체는 설비를 수출하지 못하고 주로 내수에 의존하고 있으며 선진국 제품의 기술을 국내실정에 맞게 변형하여 제품을 생산하는 수준이며 독창적인 기술로 국내외 축산업을 주도하고 있지 못함.

○ 지식재산권현황

- 국내의 축산설비에 대한 지식재산권은 많이 있지만 본 연구에서 개발하고자 하는 밀폐형 자동화 육계사에 대한 특허는 찾기 어려움.

지식재산권명	지식재산권출원인	출원번호
① 계사 관리 장치	이순기	10-2010-0114267
② 계사 환경제어 시스템	순천대학교 산학협력단	10-2007-0075585
③ 계사용 공기 환풍 장치	김대환	20-1998-0012923
④ 샌드위치 판넬이 구조체인 계사	농업회사법인 (유)홍림	10-2005-0118000
⑤ 양계용 케이지(Cage)의 설치구조	박호일	실1995-025039
⑥ 육계사육장치	대한민국(농촌진흥청장)	10-2008-0110850
⑦ 양계운반용 상차장치	주식회사 지티	20-2006-0013779
⑧ 이동식 돈사	정용병	20-2000-0011303
⑨ 이동식 돈사	대한민국농촌진흥청장	실1996-026702
⑩ 케이지용 조류 보호장치	고인기	10-2010-0032728

○ 표준화현황

- 현재 KS에는 시설축산에서 사용되는 기계나 설비에 대한 표준은 없는 상황이며 목초용 기계(베일러 등) 정도가 표준이 있는 상황임.
- 농업기술실용화재단에서는 스마트팜 기자재의 표준화 요구에 의하여 단체표준으로 양계사의 데이터 수집에 대한 표준을 개발하였으나 기자재(하드웨어)의 규격이나 시험방법, 용어 등에 대한 정의는 없는 상황임.
 - 실용화재단 단체표준 : 스마트축산 사양관리 기기 및 수집정보
 - 농림수산물교육문화정보원 : ICT융복합 장비설치 규격 및 서비스기준-축산양계분야, 2016년 발행
 - 용어는 모든 표준의 가장 기본이 되는 것이지만 현재 스마트팜 관련 표준에 대한 용어가 없어 표준을 제정하는데 어려움이 되고 있음.
- 축산물(육계와 계란)의 품질이나 생산공정에 대해서는 GAP제도에서 관리되고 있음.

○ 기타현황 (양계 산업 현장)

- 지구온난화 또는 기후변화 등에 의하여 기상이변 발생시 육계의 폐사 등이 발생하여 육계생산능가 피해가 발생함.

영동의 최대 양계장인 심천면 단전리 에덴농장은 최근 계속되는 폭염경보속에 폐사 닭들이 속출하고 있다. 26일 육계 7만마리를 사육하는 농장 주인 김대근(42)씨는 찜통으로 변한 사육장 구석구석을 누비며 탈진한 닭 상태를 살피느라 구슬땀을 흘렸다. 손에 들린 통에는 폭염을 견디지 못해 이미 죽은 닭 10여마리가 담겨 있었고, 이 지역 수은주는 또다시 34.2도를 가르켰다. 전날 최고 기온 35.3도에는 못 미치지만, 가만히 있어도 땀이 줄 줄 흘러내리는 살인적인 무더위다. 4년 전 세운 김씨의 계사는 폭염이나 한파에 대비해 여러 가지 대응 설비를 갖춘 첨단농장이다. 1천㎡ 크기의 계사 3동이 들어서 있는 데, 계사마다 어른 키보다 큰 대형 환풍기가 7대와 송풍기 4대가 쉼 없이 돌아가면서 뜨거운 공기를 밖으로 연신 빼냈다. 천장에 매달린 분무장치도 차가운 물안개를 내뿜으면서 실내온도 상승을 막았지만 실내온도는 이미 33도에 육박했다. 왕겨가 깔린 바닥 온도는 이보다 4~5도 높다는 게 김씨의 설명이다. 폭염이 시작된 24일 이후 김씨 농장에서는 매일 300마리 넘는 닭이 죽어 나갔다. 평소의 자연 폐사량을 3~4배 웃도는 양이다. (충북일보 사회면 2016/7/27)

- 양계장 내부의 공기질이 문제가 되고 있으며 악취문제로 양계장 증설이나 양계장 신축이 주민반대로 시행되지 못함.

계사에서 나는 암모니아 냄새는 닭들의 대소변을 미생물이 분해하는 과정에서 발생한다. 대부분의 양계농가에서 병아리를 들여오기 전에 바닥 깔짚을 깔아서 성계를 출하할 때까지 깔짚을 바꾸지 않으므로 닭의 일령이 많아질수록 노폐물이 누적되어 미생물의 분해 활동이 많아지므로 암모니아 가스가 많이 발생되게 된다. 암모니아 가스는 공기보다 가벼워서 환기만 잘 된다면 빨리 없어지고 매우 낮은 농도에서 냄새를 맡을 수 있기 때문에 고농도에 노출되어 생명에 지장을 줄 위험은 없다. 그러나 지속적으로 노출될 경우 건강상 악영향을 미칠 수 있기에 주의해야하는 유해물질이다. 암모니아의 경우 기준치(35 ppm: 15분 노출기준)를 초과한 양계작업장이 10%를 차지했고, 황화수소의 경우 기준치(15 ppm: 15분 노출기준)를 초과하는 양계작업장이 5%를 차지하는 것으로 나타났다. 공기중 농도는 약 14~42 ppm 정도 노출되었고, 암모니아 가스와 먼지에 함께 노출됐을 경우 건강 영향을 받지 않는 한계인 7 ppm을 모두 초과했다. 암모니아의 농도도 닭의 일령이 많을수록 높은 농도였고, 계사의 크기가 적을수록 높은 농도로 나타났다. (양계 농장 작업의 위험요인과 관리방안, 국립농업과학원 김효철 연구사)

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 전세계적으로 독일 빅더치만, 벨기에 파스르폼, 네덜란드 헤치테크 등의 글로벌 기업이 사육시설과 ICT 관련 제품을 생산 및 수출하고 있으며 선진 기업은 전세계에서 고객의 사양과 환경관리데이터와 같은 양계 빅데이터를 활용하여 기술개발에 활용하고 있음.

- 유럽에서는 동물복지법에 따라 양계사의 수당 면적을 크게 하고 축사 내 환경 사양을 유지하여 사육시설 자동 조절이 가능하게 되었고 ICT 기술 적용으로 산란계는 산란율이 상승하고 계란 품질이 높아져 농가 도입과 수출로 시장 확보에 나서고 있음.
- 환경 사양 규정 온도 18~20도, 암모니아 10ppm, 습도 70%, 이산화탄소 3,000ppm, 빛 8,000K 유지 등(육계, 산란계 환경 조건은 같음.)
- 산란계 농가의 경우 대부분 대규모 시설로 이루어져 있어 시설을 package 형태로 구입함. package는 음수/사료 급이 시스템, 온·습도 환경 조절기, 환풍기 등으로 구성됨.
- 사료효율 등 생산성에 대한 자료는 각 회사별 개별 관리하고 있으며 농가가 데이터를 입력하고 회사에서 자료를 취합하는 형식임. 취합된 정보를 이용하여 업체에서는 각 농가별 사육환경 개선 및 생산성 향상에 대한 컨설팅이 이루어짐.
- 양계의 경우 농가 폐사율이 평균 2~3%임. 폐사율이 5%가 넘어가면 사설 방역회사에서 원인 규명에 대한 조사를 실시함.
- 주로 산란계 사육시설, 오리사와 육계 시설의 급이, 급수, 웬과 쿨링패드를 이용한 여름과 겨울의 계사내부 온도 조절 등의 시설이 있으며, 돈사 사육 시설에 대한 ICT 시설 보급은 많은 진전이 있음

○ 시장현황

- 2016년 축산물/축산가공품의 세계시장 중 가금육은 88.7백만 톤이며 연평균 성장률 1.51%를 기록하고 있음(쇠고기, 돼지고기 연평균 성장률 0.69%)
- 2016년을 기준으로 주요 국가별 가금육 생산량 규모를 보면 미국이 18,261천 톤을 차지하여 세계시장 점유율이 20.6%에 이르고 있으며, 다음으로 브라질(12,910천 톤, 세계시장의 14.6%), 중국(12,300천 톤, 세계시장의 13.9%), EU(11,330천 톤, 세계시장의 12.8%), 인도(4,200천 톤, 세계시장의 4.7%)의 생산량이 높은 것으로 집계(2016 축산물 가공품 생산실적 등 통계구축 보고서, 한국식품안전관리인증원)
- 유럽, 미국, 일본 등 농업선진국에서는 농업에 ICT 기술을 접목시키고 있으며, 스마트팜의 세계시장은 '15년에 28억달러 규모에서 '20년 49억 2천만 달러까지 증가할 것으로 예상 (연간11.8%의 성장률)
- 축산기계와 설비에 대한 세계 시장현황은 자료부족으로 파악하기 어려움.

○ 경쟁기관현황

- 양계와 양돈시설 전문업체인 TEXHA는 최근 로봇Cage를 개발하여 보급하고 있으나 우리나라에는 아직 도입되지 않았음. 이 제품은 3층으로 구성되어 있으며 1200 x 1608 mm 계방에 55수를 키우며, 병아리 도입은 사람이 하지만 도입 이후, 급이, 급수, 청소, 판매시 닭의 반출을 자동화하였으며 반출시에는 특별히 설계된 반출 콘베이어가 닭운반용 트레일러까지 연결되도록 되어 있음.
- 미국 조지아 텍 대학에서는 양계사에서 데이터를 수집하거나 청소하는 사람을 보조하는 로봇을 개발하여 현장에서 시험하고 있음. 깔집을 깐 양계사에서 이동가능하며 깔집을 청소하거나 소독하는 기능을 수행함.



로봇화된 케이지(TEXHA)



양계장정보수집 로봇(Georgia Tech Univ.)

<그림> 양계장의 자동화 로봇화 기술(사례)

- 육계의 생체중 측정이 중요해 집에 따라 선진 기업에서는 생체중을 측정하는 거울이나 환경제어에 사용되는 가스(암모니아)센서 등 제품을 개발하여 판매하고 있음. 생체중 측정방식은 한 마리가 아니라 여러 마리이며 개체가 확인되지 않은 전체평균을 개체군의 평균값으로 고려하는 것으로 판단 됨.



닭의 생체중 측정계



계사내 암모니아 센서

<그림> 스마트 양계장용 기기와 센서(사례)

- 양계전문업체 Aviagen은 육계의 체중 측정방법과 분석방법을 교육자료로 배포하고 사양가들에게 교육하고 있음.



여러 마리 측정 방법



한 마리 측정방법

<그림> 육계의 체중측정방법(Aviagen)

- 양계전문업체인 TEXHA는 고층형 양계사 시설을 개발하여 양계농가의 경쟁력을 높이고 있음.
- 양계전문업체인 SKOV는 사후봉사팀에서 육계장관리프로그램 Episcoper를 관리하며 육계농장의 사양데이터를 digital로 보관하는 것만이 아니라 직관적으로 판단할 수 있도록 제공하고 사양데이터에 대한 자문(consulting)을 유료로 제공하는 것으로 홈페이지에서 설명함.



TEXHA사의 고층 육계장



SKOV사의 Episcoper 프로그램

<그림> 스마트 양계장용 기기와 센서(사례)

○ 지식재산권현황

<표> 국외 관련지식재산권 현황

지식재산권명	지식재산권출원인	출원(등록)번호
① Apparatus for automatic weighing and distributing feed for livestock	미국	03185230
② System of feeding poultry and livestock	HOLMES ARTHUR W JAQUES (미국)	01624245
③ IP-10 BASED IMMUNOLOGICAL MONITORING	HVIDOVRE HOSPITAL (미국)	13245521
④ Rigid-rod-anchor-weight assembly	Sieman Robert A.(미국)	08028462
⑤ Duck decoy device	Justin P. Chatelain Kirk Juneau(미국)	09700037

○ 표준화현황

- 양계에 대한 표준은 장비와 작업방법, 생산물로 구분하여 볼 수 있으며 생산물(식품)인 달걀이나 계육을 제외하면 아직까지 국제적 표준기관에서 표준은 개발되지 않은 것으로 판단됨.
 - 유럽연합(EU)은 Commission directive 91/412/EEC를 통하여 GMP(good manufacture practice)와 GAP(good agriculture practice) 제도 시행을 결정하고 축산물에 적용함
 - 생산물(육류)에 대한 ISO 표준은 ISO TC34(Food products) SC6(Meat, poultry, fish, eggs and their products)에서 제정 관리되고 있음
- 스마트팜에 대한 관심이 높아지면서 ISO, ITU, JTC에서 스마트팜 기자재에 대한 논의가 진행되고 있으나 각각 독립적 기구로서 협조가 부족한 상황임.
 - ISO는 민간국제표준기구로서 기자재, 작업프로세스, 안전, 통신 등 모든 범위에서 표준을 다루고 있으며 TC23에서 농업기계에 대한 표준을 다루고 있으며 일부 스마트 기자재에 대한 표준이 등록되거나 제정준비 중에 있으나 TC23 산하의 SC역시 스마트 기자재를 다루기에 적절하지 못한 상황임
 - ITU는 정부간 표준화기구로서 정보통신이나 국가간 협약수준의 표준을 다루고 있으며 우리나라에서 스마트기자재에 대한 표준제안에 적극 참여하고 있음
 - JTC는 스마트기자재를 다루지는 않으며 IOT(사물인터넷)에서 농업분야도 포함하고 있음.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

스마트 밀폐-케이지형 육계시스템의 요구조건

General Requirements of Smart Closed-Cage Broiler System

1. 적용범위

이 문서는 스마트 생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화

2. 인용표준

다음의 표준들은 전체적 또는 부분적으로 이 문서에 인용되었고 이 문서를 적용하기 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

TTAK.KO-10.0979 - 스마트축사를 위한 외기센서 인터페이스

TTAK.KO-10.0980 - 스마트축사를 위한 내기센서 인터페이스

TTAK.KO-10.1092 농장 빅데이터 서비스 제공자와 온실관제 시스템간의 인터페이스

TTAK.KO-10.0899 - Part1, 빅데이터 프레임워크 - 제1부 : 개요 및 정의

TTAK.KO-10.0937 (2016), 클라우드 기반 스마트팜 서비스 요구사항

TTAK.KO-10.1007 (2017), 팜클라우드와 클라우드 장치 간 데이터 전송

TTAK.KO-10.1090 클라우드기반 스마트팜 온실의 장비 오작동 대응서비스 인터페이스

ISO 9644:2008, 농업용 관개장비 - 관개밸브에서 압력손실 - 시험 방법

주: 현재는 인용표준은 조사 및 수집단계이므로 많은 표준이 포함될 수 있다.

3. 용어와 정의

주: 현재는 용어에 대한 육계 중 육계에 대해 집중하여 수집 중이며 용어의 분류를 고민하는 단계이며 따라서 현재의 용어체계는 변화할 수 있다.

3.1 스마트농업 관련 용어

3.1.1 스마트농업

3.1.2 스마트축산

3.1.2.1 스마트육계

3.1.2.1.1 스마트육계

3.1.2.1.2 스마트산란계

3.1.2.1.3 스마트종계

3.1.2.1.4 스마트육용오리

3.1.2.2 스마트양돈

3.2 스마트농업시스템 관련 용어

3.2.1 스마트농업시스템

3.2.2 스마트축산시스템

3.2.2.1 스마트육계시스템

3.2.2.1.1 스마트육계시스템 분류

3.2.2.1.1.1 사육방식

3.2.2.1.1.1.1 케이지 사육 : 여러 케이지를 직접 연결한 구조로 2층 이상으로 구성하여 닭을 사육하는 방식

3.2.2.1.1.1.2 방사 사육 : 실외의 넓은 공간에 울타리를 설치하고 풀어서 사육하는 방식으로 야생동물로부터 닭을 보호하기 위한 계사를 갖추기도 함

- 3.2.2.1.1.1.3 평사 사육 : 평평한 지면이나 실내의 바닥에 멀칭재료를 깔고 그 위에서 닭을 사육 방식
- 3.3.2.1.1.1.4 밀폐형 육계사 : 닭을 밀폐된 공간에서 사육하며 배출하는 공기나 물리 관리되는 상태에서 배출하는 사육방식으로 환기는 실내를 음압으로 유지하는 사육 방식
- 3.3.2.1.1.1.5 무배출 사육 : 닭을 밀폐된 공간에서 사육하며 지구온난화나 대기오염에 영향을 주는 오염물질을 전혀 또는 매우 낮은 수준으로 방출하는 육계생산시스템
- 3.3.2.1.1.1.6 동물복지 사육 : 온도, 습도 만이 아니라 사육밀도, 공기질 등 환경스트레스를 최소로 한 상태에서 닭을 사육하는 방식
- 3.3.2.1.1.1.7 디지털 사육 : 사양과 환경, 경영 등 육계와 관련된 정형 비정형 정보를 모두 디지털로 전환하여 데이터를 바탕으로 합리적인 의사결정을 하는 사육방식
- 3.3.2.1.1.1.8 스마트 사육 : 사양과 환경, 경영 등 육계정보를 센서와 계측/입력을 통해 수집하고 데이터를 바탕으로 합리적인 의사결정을 하여 사양, 환경조절, 경영을 합리적으로 수행하는 과학적 사육 방식으로 사물인터넷과 인공지능, 클라우드컴퓨팅 등 기술을 기초로 하며 원격감시와 제어가 가능한 사육
- 3.2.2.2.2 스마트육계시스템 구성
 - 3.2.2.2.2.1 육계사
 - 3.2.2.2.2.1.1 단동형 육계사 : 닭을 키우는 사양 공간이 각각의 건물로 구분되는 계사
 - 3.2.2.2.2.1.2 연동형 육계사 : 닭을 키우는 사양 공간이 서로 접하여 여러 건물이 하나의 큰 사육공간을 이루는 계사
 - 3.2.2.2.2.1.3 다층형 육계사 : 단동형이지만 높은 높이를 가지며 내부에 여러 층의 바닥으로 구분되어 관리할 수 있는 계사
 - 3.2.2.2.2.2 사양시스템
 - 3.2.2.2.2.2.1 사육공간
 - 3.2.2.2.2.2.2 케이지
 - 3.2.2.2.2.2.3 급이시스템
 - 3.2.2.2.2.2.4 급수시스템
 - 3.2.2.2.2.2.4.1 벨급수기
 - 3.2.2.2.2.2.4.2 컵급수기
 - 3.2.2.2.2.2.4.1 니플급수기
 - 3.2.2.2.2.2.3 청소시스템
 - 3.2.2.2.2.4 환경조절시스템 : 육계의 사육공간의 온도, 습도, 조도 등을 조절하기 위한 시스템으로서 목적에 따라 더 세분화기도 함
 - 3.2.2.1.1.4.1 환기시스템
 - 3.2.2.1.1.4.2 난방시스템
 - 3.2.2.1.1.4.3 냉방시스템
 - 3.2.2.1.1.4.4 내부공기정화시스템
 - 3.2.2.1.1.5 환경정화시스템 : 육계사에서 외부로 배출되는 공기나 액체, 고형물질을 정화하여 환경으로 순환시키기 위한 시스템으로 목적에 따라 더 세분화기도 함.
 - 3.2.2.1.1.5.1 배출공기정화시스템
 - 3.2.2.1.1.5.2 배출수공기정화시스템
 - 3.2.2.1.1.5.3 배출공기외풍방지시설
 - 3.2.2.1.1.5.4 비산면지방지시설
 - 3.2.2.1.1.6 데이터시스템
 - 3.2.2.1.1.6.1 데이터수집시스템
 - 3.2.2.1.1.6.2 데이터적합성지원시스템
 - 3.2.2.1.1.6.3 데이터저장시스템

- 3.2.2.1.1.6.4 데이터네트워크
- 3.2.2.1.1.6.5 통신시스템
- 3.2.2.1.1.7 제어시스템
 - 3.2.2.1.1.7.1 작동기시스템
 - 3.2.2.1.1.7.2 자동제어로직
 - 3.2.2.1.1.7.3 원격제어시퀀스
- 3.2.2.1.2 스마트산란계시스템
- 3.2.2.1.3 스마트종계시스템
- 3.2.2.1.4 스마트육용오리시스템

3.3 육계 관련 용어

3.3.1 가금(家禽)은 알이나 고기 및 깃털을 얻기 위한 목적으로 인간이 품종을 개량하여 육성하는 조류를 의미하며 닭, 집오리, 집비둘기, 거위, 메추리, 칠면조, 공작, 호로조 등이 있다.

3.3.2 닭의 분류

3.3.2.1 성장단계에 의한 분류

- 3.3.2.1.1 햇병아리(초생추)는 자발적으로 체온을 유지할 능력이 없으며 체온은 공기속도와 습도에 따라 변한다
- 3.3.2.1.2 어린병아리(유추)
- 3.3.2.1.3 중병아리(중추)
- 3.3.2.1.4 큰병아리(대추)
- 3.3.2.1.5 어른닭(성계)

3.3.2.2 사육목적에 의한 분류

3.3.2.2.1 육용계는 빠르게 성장하는 특징을 가졌으며 40g 정도의 병아리가 35일 전후에 1.5~2.0kg 정도까지 빠르게 성장하며 주령이 경과함에 따라 계분의 배설량이 많아진다.

3.3.2.2.2 산란계

3.3.2.2.3 난육겸용계

3.3.2.2.4 애완계

3.3.2.3 교배에 따른 세대별 분류

3.3.2.3.1 순계 (P.L = Pure Line)" 라함은 닭의 육종 또는 원종계(G.P.S)를 작출할 목적으로 사육되는 닭으로서 계통 고유의 형질을 보유한 닭을

3.3.2.3.2 원종계(G.P.S = Grand Parent Stock)" 라함은 종계(P.S)를 생산할 목적으로 사육되는 계통이 확실한 닭

3.3.2.3.3 종계(P.S = Parent Stock)"라함은 실용계(C.C)를 생산할 목적으로 사육되는 닭

3.3.2.3.4 실용계(C.C = Commercial Chick)"라함은 종계에서 생산된 닭

3.3.2.4 원산지에 의한 분류

3.3.2.4.1 왜래종계

3.3.2.4.2 토종계

3.3.2.5 반출시 체중에 의한 분류

3.3.2.5.1 일반육계

3.3.2.5.2 대형육계

3.3.2.6 사양 상태에 의한 분류

3.3.2.6.1 정상계

3.3.2.6.2 도태계

3.3.2.6.3 병계

3.3.3 사양관리

3.3.2.1 입추

3.3.2.2 출하

3.3.2.3 사양(feeding)

3.3.2.3.1 사료(feed)란 한 가지 이상의 영양소를 가지며 유해물질을 함유하지 않으면서 소화될 수 있는 먹이를 말한다. 닭 사료는 닭이 유지, 성장, 번식 등의 생활을 원활히 하기 위해 필요한 모든 영양소를 함유하고 있는 완전배합사료로써 옥수수, 소맥 등의 곡류, 대두박 등의 식물성 박류, 동물성 가공 부산물, 지방 그리고 광물질과 비타민프리믹스 같은 여러 가지 원료들이 혼합되어 있다. 이들 원료들은 물과 함께 가금의 성장, 번식 및 건강 유지에 필수적인 에너지와 단백질, 탄수화물, 지방, 광 물질 및 비타민과 같은 영양소를 공급한다. 필수 영양소 이외에도 질병 예방, 건강 유지, 생산성 개선, 면역 증진, 기능성 육계산물 생산 등을 목적으로 미생물제, 유기산, 식물 유래 천연물 등의 첨가제를 추가한다.

3.3.2.4.2 사료의 분류

3.3.2.4.2.1 사료성분에 의한 분류

3.3.2.4.2.1.1 조섬유

3.3.2.4.2.2 녹사료

3.3.2.4.2.3 동물성단백질사료는 동물성 단백질을 포함하는 사료로서 우모분, 혈분, 혈장단백질, 어분 등이 활용되며 실제 사료중 단백질의 조성비는 50~85%까지 다양하다.

3.3.2.3.2 사료의 품질

3.3.2.3.2.1 사료의 입자도(structure) : 고운 가루사료일 때에 사료섭취량은 감소하며 펠렛사료 섭취가 늘어남

3.3.2.3.3 사양

3.3.2.3.3.1 기별사양(phase feeding) 성장기별로 사료의 종류와 섭취량을 변화시키는 사양방법을 의미함

3.3.2.4 음수란 닭이 마시는 물을 말하며 관리인 입장에서 '급수'라고도 표현함

3.3.2.4.1 음수의 품질

3.3.2.4.1.1 수소이온농도(pH)가 4미만이거나 9이상은 부적합. 5에서 8범위 적합(네덜란드 LNB인터네셔널 피드사 기준)

3.3.2.4.1.2 암모니아(NH3)농도 0.5 µg/mg 이상 부적합, 0.2 µg/mg 이하 적합(네덜란드 LNB인터네셔널 피드사 기준)

3.3.2.4.1.3 아질산염(NO2)농도 0.05 mg/l 이상 부적합, 이하 적합(네덜란드 LNB인터네셔널 피드사 기준)

3.3.2.4.1.4 질산염(NO3)농도 50 mg/l 이상 부적합, 25 mg/l 이하 적합(네덜란드 LNB인터네셔널 피드사 기준)

피드사 기준)

3.3.2.4.1.5 철농도 10 mg/l 이상 부적합, 0.2 mg/l 이하 적합(네덜란드 LNB인터네셔널 피드사 기준)

3.3.2.4.1.6 유황(SO4)농도 50 mg/l 이상 부적합, 30 mg/l 이하 적합(네덜란드 LNB인터네셔널 피드사 기준)

3.3.2.4.2 음수의 첨가제

3.3.2.4.2.1 산제제(acidifiers)란 음수에 세균이 오염되어 있을 때에 살균을 위해 음수에 혼합하는 첨가제로서 pH4 이하로 내려가지 않도록 주의하여야 함.

3.3.2.4.2.2 비타민E는 면역능력 증대를 위하여 사료나 음수에 섞는다.

3.3.2.4.3 음수의 위생유지 기술

3.3.2.4.3.1 플러싱(flushing)란 병아리가 도착하기 전에 급수파이프 내부를 씻어 내는 작업을 의

미함

3.3.2.5 사육방법(분리사육,)

3.3.2.6 사육밀도

3.3.2.7 카니벌리즘(식우병, 식혈벽)은 모든 종류의 가금류에서 전 일령에 걸쳐 발생되며 잘못된 사양관리로 스트레스를 받았을 때 발생한다. 닭들은 스트레스를 받으면 깃털, 벼슬, 발가락, 항문을 쪼기 시작해 상처부위와 출혈이 노출되면 카니벌리즘의 나쁜 습관이 전 계군으로 퍼지게 된다. 병아리는 본능적으로 발가락을 쪼는 버릇이 있고 육성계는 머리, 꽂지 등을 쪼는 경우가 있으며 성계에서는 항문과 몸깃털을 쪼는 경우가 있다. 이 문제를 곧바로 해소하지 않으면 발육불량과 빠다리병이라는 포도상구균증, 연쇄상구균증 같은 질병발생으로 폐사가 발생한다.

3.3.2.7.1 카니벌리즘 대책은 상처가 있는 닭의 경우 상처부위에 콜탈을 발라주고 상처받은 닭 또는 쪼는 닭을 격리 시켜야 한다. 또 계사가 너무 밝을 때는 백색전구를 노란색이나 붉은색 전구로 교체해 주고 조도를 낮춰준다. 또 계사내 온도가 높을 때는 온도를 낮춰주고 사료 급이기 및 급수기를 추가로 설치해 준다. 밀사에 따른 피해를 줄이기 위해서는 사육공간을 늘려주고 부리자르기를 실시한다. 이 밖에도 클로버나 알팔파 같은 조사료를 급여하는 것도 하나의 방법이다.

3.3.3 육계의 성장

3.3.3.1 생체연령

3.3.3.2 생체중

3.3.3.3 생체신장

3.3.3.4 성장속도

3.3.3.5 우모(feather plumage)란 조류의 피부를 덮고 있는 상피구조물로 털의 총칭

3.3.4 생체건강

3.3.4.1 체질

3.3.4.2 활력

3.3.4.2.1 닭의 표준체온: 닭은 항온동물로서 41.7°C의 체온을 가지며 조류의 알은 부화가 되려면 37.5°C로 유지되어야 한다. 단, 닭의 심부온도는 측정이 어려우므로 닭의 항문에서 측정하는 체온을 사용하는데 이를 Chick vent temp라고 하며 이 온도는 심부온도에 비해 0.6°C(또는 1F) 낮다. 적정 벤트온도는 39.4 - 40.5°C(103 - 105°F)이다.

3.3.4.2.1.1 닭의 체온측정법(의료용 온도계) : Step 1: Check that the measuring tip of the thermometer is clean and has a new plastic cover on. Step 2: If, to take a measurement, the chicks need to be removed from the environment where they are being held (e.g. when checking in hatchers), the measurements need to be made within 10 minutes of the chicks being removed. Step 3: At each sampling position measure the vent temperature of 5 chicks. Reject any chicks with wet or dirty vents. *Note: If chicks are huddling do not select chicks from the center of the huddle.* Step 4: Pick up one chick, and hold it so that you can see the vent. With your thumb, gently push the rump of the chick upwards, so that the vent is exposed. Step 5: Put the tip of the ThermoScan® gently onto the vent, making sure it only touches bare skin, and press the button. Wait for the light to stop flashing, and note the temperature on a recording sheet.

3.3.4.2.1.1 닭의 체온측정기

3.3.4.2.1.1.1 의료용 귀 온도계 Medical infrared ear thermometer -recommended brand Braun ThermoScan® IRT4520 thermometer.

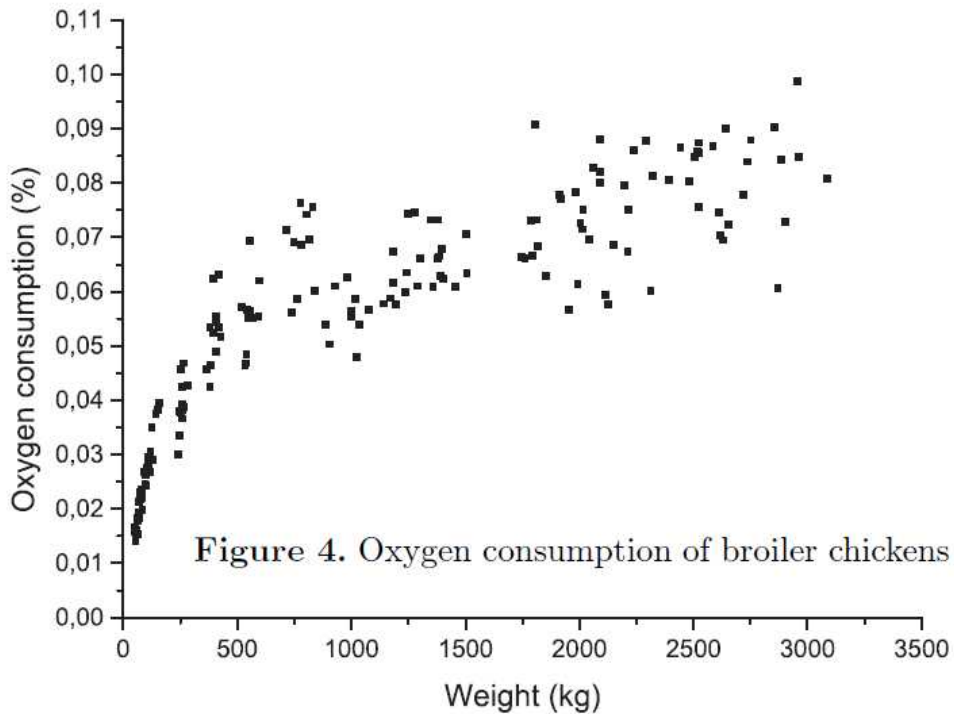
3.3.4.2.1.1.2 원적외선카메라 The infrared thermal imager (model PM545; FLIR Systems, Danderyd, Sweden) with a high-resolution (320 ~ 240)-pixel focal plane array microbolometer that is sensitive to longwave radiation in the 7.5- to 13- μm range and has a temperature precision of 0.1°C.

3.3.5.2.1.1.3 날개부착형(Wing Band)온도계: 일본 AIST 마이크로시스템연구팀에서 개발한 온도계로서 소비전력이 1 μW 이하로 단추형 전지를 이용할 경우 2년간 사용가능. (https://www.youtube.com/watch?v=4u_0VkJk5_A)

3.3.4.2.2 닭의 호흡

3.3.4.2.2.1 닭의 호흡속도는 암탉의 경우 분당 12-37회 수탉은 18-20회이다(성인 남자는 12-20회)

3.3.4.2.2.2 닭의 호흡량은 허파의 용량에 의해 이론적으로 구할 수 있으나 데이터가 부족함. 현실에서는 육계의 경우 1일령에 수당 0.04cfm의 환기를 해야 하며 10,000수를 사육하는 계사는 400cfm 정도의 환기를 해서 산소를 공급하고 내부의 유해 가스 등을 배출한다.



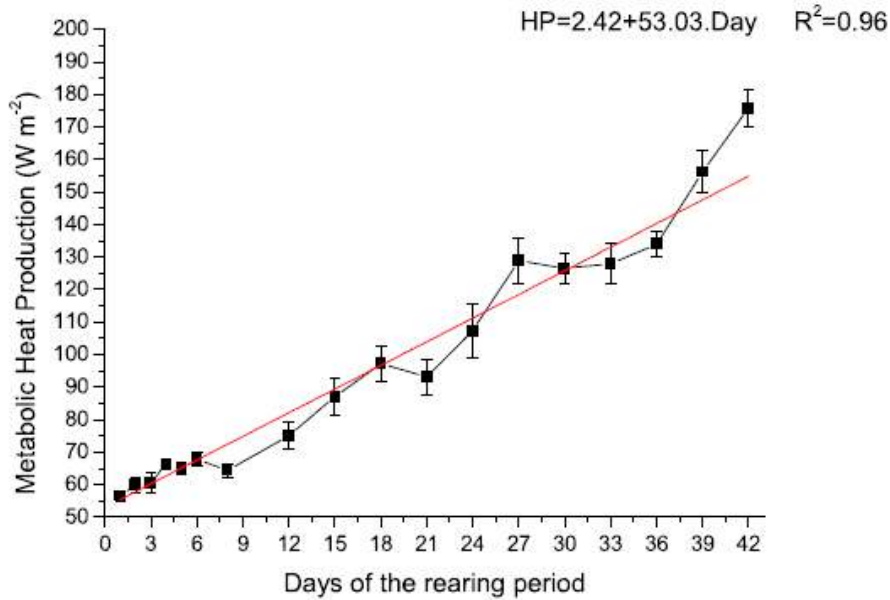


Figure 3. Averages of metabolic heat production ($W m^{-2}$) calculated by the least-squares method of Cobb chickens in the rearing period. Least-square regression line: $R^2 = 0.96$

○ 계절별 계종별 환기요구량(CFM/수)

구 분		겨울	여름
산란계		0.30	6.0
종계		0.40	8.0
육 계	1일령	0.04	0.4
	1주령	0.08	0.8
	2주령	0.15	1.5
	3주령	0.22	3.0
	4주령	0.29	4.0
	5주령	0.36	5.0
6주령		0.42	6.0

3.3.4.2.3 닭의 대사열



3.3.4.3 닭의 분산과 집합 : 닭은 온도가 $39.4^{\circ}C(103^{\circ})$ 이하가 되면 집합(cuddling)하여 무리를 이루며 다리의 온도가 낮아진다. 한편 온도가 높아져 $40.5^{\circ}C(105^{\circ}F)$ 이상이 되면 입을 벌리고 헐떡(panting)한다.

3.3.4.4 육성률

3.3.4.5 면역성(항병성)

3.3.4.6 탈수증

3.3.4.7 항문폐쇄증

3.3.5 질병관리

3.3.5.1 질병

3.3.5.1.1 감보로병(Gumboro disease)은 전염성 F낭병 바이러스에 의하여 성계 이하의 닭에 발병

하는 급성 바이러스성 질병으로서 3주령 이전의 어린 병아리에 감염될 경우 임상증상과 폐사는 거의 없으나 F낭이 손상되어 심한 면역능력의 저하가 나타나게 되고 이로 인해 2차적 감염을 유발한다.

3.3.5.1.2 마렉병(Marek's disease)은 조류의 종양성 질병으로는 잠복기가 짧고 전파력이 빠른 편으로 간장, 비장, 신장 등에 림프구성 암이 주로 나타난다. 1970년 미국 농업연구청 조류질병종양연구소에서 개발된 HVT 백신이 도입되면서 질병발생율이 크게 줄었다.

3.3.5.1.3 봉입체성 간염

3.3.5.1.4 괴저성 피부염

3.3.5.1.5 조류인플루엔자(鳥類-, 영어: avian influenza, avian flu, bird flu, highly pathogenic avian influenza, HPAI)는 조류 독감(bird flu)이라고 불리기도 하는 조류가 걸리는 전염성 호흡기 질병으로 현재까지 알려진 모든 조류인플루엔자는 하나의 종(種)인 'A형 인플루엔자'에 속한다.

3.3.5.1.6 마이코플라즈마 갈리셉티컴(Mycoplasma gallisepticum ; MG) 산란계에서 자주 발생하는 질병

3.3.5.2 소독과 방역

3.3.5.3 감염

3.3.5.4 백신

3.3.5.5 식중독

3.3.5.5.1 아플로톡신 중독

3.3.6 환경관리

3.3.6.1 사양환경은 온도, 습도를 포함하여 먼지나 이산화탄소 농도 등의 공기질 등의 환경을 모두 포함함

3.3.6.1.1 온도

3.3.6.1.1.1 권장 사육온도란 닭의 종류, 일령(주령), 계사환경에 따라 권장되는 적정건구온도. 첫 날은 대개 32 °C로 맞춘다. 도착 후 몇 시간(5~7시간) 후에는 육계는 좀 더 높은 온도를 요구하므로 34 °C로 올려줄 필요가 있다

3.3.6.1.2 습도

3.3.6.1.3 조도(照度)는 조명도(照明度)라고도 하며 어떤 면이 받는 빛의 세기를 나타내는 값으로 단위 면적에 도달하는 광선속으로 계산한다. 단위로는 렉스(lx)나 포토(ph)를 쓴다.

3.3.6.1.4 공기질Air Quality은 온습도를 제외한 육계사 내부의 공기와 관련된 환경인자를 모두 포함하며 크게 공기의 성분과 먼지, 악취를 포함한다.

3.3.6.1.4.1 공기조성

3.3.6.1.4.2 육계사의 공기 조성

3.3.6.1.4.2.1 산소

3.3.6.1.4.2.2 이산화탄소Carbon dioxide (CO₂) - The carbon dioxide in poultry houses largely originates from air exhaled by the birds. The CO₂ content of the air is used to measure the effectiveness of ventilation.

3.3.6.1.4.2.3 일산화탄소(carbon monoxide, CO)는 무취의 맹독성 가스로서 산소부족 상태에서 연소시 주로 발생한다.

3.3.6.1.4.2.4 수증기는

3.3.6.2.4.3 육계사 공기의 불순물

3.3.6.2.4.3.1 먼지

3.3.6.2.4.3.2 미세먼지는 대기 중 장기간 떠다니는 입경입자의 지름) 10μm 이하의 미세한 먼지이며, PM10이라고도 한다. 미세먼지는 아황산가스, 질소 산화물, 납, 오존, 일산화탄소 등을 포함한다.

3.3.6.2.4.3.3 초미세먼지는 PM 2.5라고 쓰며 '초미세먼지' 또는 '극미세먼지' 라고도 부른다. 학술적으로는 에어로졸(aerosol)이라고 부른다

3.3.6.2.4.4.4 악취는 나쁜 냄새를 뜻하며 코나 눈과 같은 점막에 자극을 주거나 건강에 위협을 주는 모든 기체상의 화학물질을 의미한다.

3.3.6.2.4.4.4.1 육계사 내부의 악취 성분

3.3.6.2.4.4.4.1.1 암모니아(NH₃, 비중 0.587)는 육추 초기에는 큰 문제가 되지 않으나 계분이 바닥에 쌓이고, 계분이 박테리아에 의해 분해되기 시작하면 암모니아 농도는 크게 올라간다. 암모니아는 물에 쉽게 흡착되며 공기보다 가벼워 위로 떠오르며 축사의 암모니아농도는 환기량과 온습도 및 사육밀도에 따라 변하며 암모니아는 점막을 자극한다.

3.3.6.2.4.4.4.1.2 황화수소(Hydrogen sulphide, H₂S)는 계분의 단백질이 분해되면서 발생하며 썩은 달걀 냄새(악취)를 가지며 위험하다. 계분을 뒤섞거나 저장고에서 치울 때에 공기중으로 배출된다. 저농도도 사람에게 위험하므로 계분 청소나 교반시에 환기를 최대한으로 하여야 한다.

3.3.6.2.4.4.4.1.3 이산화황(Sulphur dioxide, SO₂)은 기름을 연료로 사용할 때에 발생하며 연료의 품질에 따라 양이 달라진다.

3.3.6.2.4.4.4.1.4 (CH₃)SH

3.3.6.2.4.4.4.1.5 (CH₃)₂S

3.3.6.2.4.4.4.1.6 (CH₃)₂S₂

3.3.6.2.4.4.4.1.7 CH₃N

3.3.6.2.4.4.4.1.8 (CH₃)₂N

3.3.6.2.4.4.4.1.9 (CH₃)₃N

3.3.6.2.4.4.4.1.10 부틸산(C₄H₈O₂)은 혐기성 세균에 의한 발효로 생성되며 물과 에탄올 및 에테르에 쉽게 용해되는 무색 액체이다. 부티르산을 흡입하면 목이 아프고, 기침, 작열감, 호흡 곤란을 유발할 수 있다. 부티르산의 섭취는 복통, 쇼크 및 쇠약을 초래할 수 있다. 부티르산에 물리적으로 노출되면 통증, 물집, 피부 화상을 유발할 수 있지만 눈에 노출되면 통증, 심한 화상 및 시력 저하를 초래한다.

3.3.6.2.4.4.4.1.11 발레르산(valeric acid)은 펜탄산(pentanoic acid)이라고도 하며 곧은 사슬 알킬 카복실산이며, 화학식은 CH₃(CH₂)₃COOH이다. 다른 저분자 카복실산과 마찬가지로 매우 불쾌한 냄새가 난다. 발레르산은 피부, 눈 또는 점막과 접촉하면 자극을 유발할 수 있다.

3.3.6.2.4.4.4.1.12 이소발레르산

3.3.6.1.4.3 육계사의 허용 공기질은 산소 19.6 % 이상, 이산화탄소 0.3 % 이하, 일산화탄소 10 ppm 이하, 암모니아 가스 10 ppm 이하이다. (유럽 육계표준에 의하면 일산화탄소/황화수소/이산화황은 0, 이산화탄소 0.25% 이하, 암모니아 25ppm 이하)

3.3.6.2 오염원과 오염원관리

3.3.6.2.1 오염원은 오염을 일으키는 원인물질 또는 발생하는 장소를 의미하며 1차오염원과 2차오염원으로 구분하기도 한다. 오염원은 오염물질의 물리 화학적 성질에 따라 다양한 정화 방법이 사용된다.

3.3.6.2.1.1 1차오염원

3.3.6.2.1.2 2차오염원(二次汚染源)은 1차 오염물질이 인위적, 자연적 과정을 통해 다른 형태로 변형되어 2차적인 오염을 유발시키는 요소를 말한다. 예를 들어, 계분이 1차 오염원이라면 계분이 미생물에 의해 분해되어 발생하는 황화수소는 2차 오염원이 된다.

3.3.6.2.2 오염원 관리

3.3.6.2.2.1 미세먼지관리

3.3.6.2.2.2 악취관리

3.3.6.2.2.3 계분관리

3.3.6.2.3 실내공기관리

3.3.6.2.3.1 환기

3.3.6.2.3.2 냉방

3.3.6.2.3.3 난방

3.3.7 환경정화는 육계사에서 배출되는 물질을 정화하는 것을 의미한다.

3.3.7.1 환경정화기술의 종류

3.3.7.1.1 생물적 환경정화(Bioremediation)는 오염원을 미생물, 곰팡이, 식물 또는 그 효소를 이용하여 정화하여 환경을 복구하거나 개선하는 방법을 의미하며 오염원이 되는 유기물이나 광물질 등을 제거하거나 분해시켜 무해한 물질로 변환시킨다.

3.3.7.1.1.1 식물정화(phytoremediation) 기술은 토양정화에 유용하며 식물이 토양과 지하수층에 녹아 있는 물질을 흡수, 축적 혹은 분해하며 살아가는 원리를 활용함으로써 오염을 정화하는 기술이다. 이 기술은 중금속, 방사성물질, 염소계 용제를 포함한 유기물, 농약, 폭발물 등을 정화하는 데 이용될 수 있으나 정화시간이 많이 소요되고 식물뿌리가 닿는 비교적 얇은 지역에 대해서만 적용할 수 있다.

3.3.7.2 육계사의 환경정화기술

3.3.7.2.1 계분활용

3.3.7.2.2 미세먼지정화

3.3.7.3.2 약취정화

3.3.8 생산성

3.3.8.1 사료이용률(사료효율)

3.3.8.2 사료요구율(FCR)이란 닭 1kg 증체하는데 투입된 사료량. 사료요구율은 낮을수록 생산성이 좋음

3.3.8.3 9주령 개시일 수수에 대한 23주령 종료일 수수 비율로 한다.

3.3.8.2 도체율(산육능력)

3.3.8.3 폐사율

3.3.8.4 생산비

3.3.8.4.1 생산원가

3.3.8.4.1.1 고정비

3.3.8.4.1.1.1 감가상각

3.3.8.4.1.1.2 감가상각

3.3.8.4.1.2 변동비

3.3.9 육계 품질

3.3.9.1 화학적 품질

3.3.9.1.1 지방산 함량

3.3.9.1.2 필수지방산 함량

3.3.9.1.3 이노신산 함량

3.3.9.1.4 인 함량

3.3.9.2 물리적 성질

3.3.9.2.1 육질전단력

3.3.9.2.2 황색소

3.3.10 육계 가공과 유통

3.3.10.1 출하

3.3.10.2 도계

3.3.10.3 포장

3.3.10.4 운반과 수송

3.3.10.5 보관

3.3.11 유통

3.3.10.3.1

4. 설계 요구사항

4.1 시스템 구성에 대한 요구사항

4.1.1 스마트 밀폐-케이지 육계시스템과 스마트 밀폐-케이지 육계사

4.1.1.1 스마트 밀폐-케이지 육계시스템은 케이지에서 밀폐 사육과 스마트 사육을 동시에 추구하는 닭 사육시스템으로서 여러 하부시스템으로 구성된다.

주 : 스마트 밀폐-케이지 육계시스템의 하부시스템은 육계를 키우는 건물인 육계사와 사양시스템, 청소 시스템, 환경조절시스템, 환경정화시스템, 데이터시스템, 제어시스템 및 하부시스템 연결을 위한 연결부로 구성되며 각각의 하부시스템은 하드웨어와 소프트웨어로 구성된다.

4.1.1.2 스마트 밀폐-케이지 육계사(Smart Closed Caged Broiler Building)는 케이지에서 밀폐사육과 스마트 사육을 동시에 추구하는 닭 사육 축사를 의미한다.

4.1.2 육계사는 닭을 키우기 위한 건축물로서 닭을 키우는 공간과 필요로 하는 기자재를 설치운영하기 위한 공간과 건축물을 안정하게 지지하기 위한 기초와 기반으로 구성된다.

4.1.2.1 육계사의 벽체는 단열재와 외피로 구성되며, 기능에 따라 지붕, 벽, 바닥, 문으로 구성되며 환경조절/급이/급수/청소 장치 등 부수적 장치들의 연결을 위한 연결구 주변의 기밀을 유지하기 위한 모든 밀봉재를 포함한다.

4.1.3 사양시스템은 닭을 키우기 위한 케이지나 울타리와 먹이를 주는 급이시스템, 물을 공급하는 급수시스템으로 구성한다.

4.1.3.1 케이지란 다층으로 구성된 육계의 거주공간 구조물과 육계관리를 위해 사용하는 차단벽(고정/이동), 급이/급수/청소/데이터수집 장치 등을 설치하기 위한 구조물의 접합부

4.1.3.2 급이장치는 급이팬, 급이관(케이지 장착), 급이스크류, 급이모터, 급이배관, 급이호퍼, 급이량계측기 및 구조물에 접합하는 접합부로 구성될 수 있다.

4.1.3.3 급수장치는 급수노즐, 급수관(케이지 장착), 급수밸브, 급수탱크, 급수필터, 급수배관, 배출밸브, 수온계측기, 급수량계측기 및 구조물에 접합하는 접합부로 구성함

4.1.4 청소시스템은 계분청소장치로서 계분청소장치는 계분벨트, 벨트폴리, 벨트구동축, 벨트구동감속모터, 블로우어(진공펌프), 사이클론, 공기정화물탱크, 공기흡입상자, 회전브러시, 회전와이퍼, 세척액함, 진공배관, 세척액 필터, 세척액회수탱크, 공기흡입배관, 공기흡입배관 및 구조물에 접합하는 접합부로 구성될 수 있다.

4.1.4.1 계분벨트는

4.1.4.2 벨트폴리

4.1.4.3 벨트구동축

4.1.4.4 벨트구동감속모터

4.1.5 환경조절장치는 육계사내 공기조화 및 광환경 조절을 위한 장치를 의미하며, 냉난방기, 환기장치, 공기정화기, 조명기를 포함한다.

4.1.5.1 냉난방기는 냉방과 난방겸용으로 콤프레서, 팽창기, 전열기, 온도센서, 콘트롤러, 팬코일유닛, 단열배관 및 구조물에 접합하는 접합부로 구성함

4.1.5.2 환기장치는 배기구(댐퍼 포함)와 흡기구(댐퍼포함), 배기팬, 순환여과팬, 공기여과기, 및 구조물에 접합하는 접합부로 구성될 수 있다.

4.1.5.3 공기정화기는 펌프, 물탱크, 노즐, 붐, 배관, 수압계, 물여과기, 탈수망, pH미터, 유량계, 공기배출팬, 공기댐퍼, 배출관으로 구성될 수 있다.

4.1.5.4 조명기는 케이지 내부조명등과 육계사 조명등, 제어기로 구성될 수 있다.

4.1.6 환경정화시스템은 목적에 따라 배출공기 정화시스템, 배출수 정화시스템, 배출공기외풍방지시설, 비산먼지방지시설 등으로 구성된다.

4.1.7 데이터시스템은 데이터수집시스템, 데이터적합성지원시스템, 데이터저장시스템, 데이터네트워크, 통신시스템으로 구성된다.

- 4.1.7.1 데이터수집 장치는 스마트 육계사 내외부의 데이터를 수집하는 장치를 의미하며, 환경 및 기상 데이터 수집 장치 및 생육 데이터 수집장치 등을 포함한다.
 - 4.1.7.1.1 환경 및 기상데이터 수집장치는 내부측정용과 외부측정용으로 구분한다.
 - 4.1.6.1.1.1 내부 데이터 수집장치는 최소한 온도, 습도, 조도 데이터와 미세먼지농도와 초미세먼지농도 및 암모니아농도, 이산화탄소 농도를 수집하여야 한다.
 - 4.1.7.1.1.2 외부 데이터 수집장치는 기상관측과 배출공기감시용 정보를 수집한다.
 - 4.1.7.1.1.2.1 기상관측정보는 온도, 습도, 일사량, 풍향, 풍속, 강우량, 이슬형성, 암모니아농도로 구성한다.
 - 4.1.7.1.1.2.2 배출공기감시용정보는 온도와 습도, 암모니아농도, 이산화탄소농도로 구성한다.
 - 4.1.7.1.2 생육 데이터 수집장치는 육계의 생육상태를 데이터화 하여 수집하는 장치를 의미하며, 센서, 센서이동대차, 데이터처리 장치, 데이터 송수신장치로 구성된다.
- 4.1.8 제어시스템은 제어기, 작동기시스템과 자동제어로직으로 구분되며 제어방식에 따라 자동제어와 원격제어, 비상제어 등으로 구성된다.
 - 4.1.8.1 제어기(controller)는 육계사에서 환경과 사양을 자동으로 조절하는 로컬형 제어기와 클라우드 혹은 외부 서버에 존재하는 리모트형 제어기로 구분된다.
 - 4.1.8.1.1 로컬형 제어기는 데이터 수집장치와 유선 혹은 무선으로 연결되어야 하며, 자체 기준을 가지고 제어 대상이 되는 환경제어장치등과도 유선 혹은 무선으로 연결되어야 한다.
 - 4.1.8.1.2 리모트형 제어기는 로컬형 제어기와 인터넷을 통해 연결되어야 한다.

4.2 기능과 품질 요구사항

- 4.2.1 육계사의 외부벽체는 케이지를 보호하고 육계 환경을 조성하며 사양이 이루어진다.
 - 4.2.1.1 외부 벽체는 육계 입사와 출사를 위해 개방이 가능해야한다.
 - 4.2.1.2 외부 벽체는 적설량 50 cm의 하중을 견뎌야 하며, 제설을 할 수 있는 방법을 갖추어야 한다.
 - 4.2.1.3 육계사의 외부벽은 풍속 30 m/s의 바람을 견뎌야 한다.
 - 4.2.1.4 외부벽은 시간당 100 mm의 강우에 견뎌야 하며 강수가 침입하거나 침수되지 않아야 한다.
 - 4.2.1.5 외부 벽체의 모든 면은 열관류율은 0.5 W/m²·K 이하를 유지하여야 한다.
 - 4.2.1.6 외부 벽체의 모든 출입구를 닫은 경우 밀폐되어야 한다.(밀폐상태에서 자연환기량은 내부공기 용량당 24시간 이상)
 - 4.2.1.7 외부 벽체는 최소 10년 이상의 내구성을 가져야 한다.
- 4.2.2 케이지는 육계가 사육되는 공간이다.
 - 4.2.2.1 케이지는 최소 3000수를 사육할 수 있어야 한다.
 - 4.2.2.2 케이지의 5단을 기본으로 하되 바닥면과 최소 0.4m 간극을 둔다.
 - 4.2.2.3 케이지는 층간 간격은 사육높이와 계분벨트의 벨트간 거리의 합이다.
 - 4.2.2.4 케이지의 사육높이는 계분벨트에서 천장면까지의 높이로서 6주령 육계 키의 1.3배에 해당하는 높이를 제공하여야 한다.
 - 4.2.2.5 케이지의 사육면적은 4주령 50마리를 기준으로 한다.
 - 4.2.2.6 케이지는 계사환경(물이나 사료)에서 부식되지 않아야 한다.
 - 4.2.2.7 케이지는 육계의 끼임을 방지할 수 있어야 한다.
 - 4.2.2.8 케이지의 위치는 계사 내에 고정되어 충격이나 진동으로 이동하지 않아야 한다.
 - 4.2.2.9 케이지 내부의 청소는 고압세척기와 진공청소기로 이루어지며 육계 출하시마다 이루어진다.
 - 4.2.2.10 최소 10년 이상의 내구성을 가져야 한다.
- 4.2.3 급이장치는 육계에게 사료를 공급한다.
 - 4.2.3.1 육계의 급이는 무제한 섭취하도록 한다.
 - 4.2.3.2 급이장치는 청결을 담보할 수 있도록 내부를 청소할 수 있어야 한다(출하시 마다 살균)

- 4.2.3.3 급수량은 층별로 6시간마다 기록한다.
- 4.2.3.4 급수장치는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
- 4.2.4 급수장치는 욕계에 물을 제공한다.
 - 4.2.4.1 욕계의 급수는 무제한으로 허용한다.
 - 4.2.4.2 급수량은 층별로 6시간마다 기록한다.
 - 4.2.4.3 급수장치는 청결을 담보할 수 있도록 내부를 청소할 수 있어야 한다(출하시 마다 살균)
 - 4.2.4.2 급수장치는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
- 4.2.5 계분청소장치는 악취와 먼지를 감소시킨다.
 - 4.2.5.1 계분청소장치는 계사내부의 계분을 빠르게 전량 수집하며 1일 1회 작동한다.
 - 4.2.5.2 계분청소장치는 욕계 입사나 출사를 위해 탈부착 가능해야 한다.
 - 4.2.5.3 계분벨트는 욕계의 끼임을 방지하기 위해 0.02-0.05 m/s로 가변할 수 있어야 한다
 - 4.2.5.4 계분벨트는 처짐을 방지하기 위해 적절하게 받쳐져야 한다.
 - 4.2.5.5 계분벨트는 쓸림을 방지하기 위해 적절한 폴리머 구성되어야 한다.
 - 4.2.5.6 계분청소장치는 매일 1회 작동하며 작동시간은 낮시간이다.
 - 4.2.5.7 계분청소장치는 표면에 부착된 모든 분체를 질량기준 95% 이상 제거하여야 한다.
 - 4.2.5.8 계분벨트에서 발생하는 먼지는 모두 흡입회수 되어야 한다.
 - 4.2.5.9 계분벨트 표면을 청소하기 위해 약산성액을 사용한다.
 - 4.2.5.10 계분청소장치는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
 - 4.2.5.11 모아진 계분은 별도의 덮개가 있는 저장고에 모아지며 저장고는 발효에 유리한 조건이 형성되도록 단열되고 효소와 유기매질을 살포하고 교반하는 장치를 갖춘 것을 추천한다.
- 4.2.6 환경조절장치는 케이지내부의 환경을 욕계 사양에 적합하게 조절한다.
 - 4.2.6.1 냉난방기는 온도와 습도를 조절한다.
 - 4.2.6.1.1 냉방기는 외기온도 40°C에서 적정온도를 유지하여야 한다.
 - 4.2.6.1.2 냉방기는 상대습도 50-80 % 수준을 임의로 유지할 수 있어야 한다.
 - 4.2.6.1.3 난방기는 외기온도 -20°C에서 적정온도를 유지하여야 한다.
 - 4.2.6.1.4 냉방기는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
 - 4.2.6.1.5 난방기는 전열방식을 이용한다.
 - 4.2.6.1.6 난방기는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
 - 4.2.6.1.7 냉방기와 난방기는 욕계 출하시마다 부착먼지를 청소한다.
 - 4.2.6.2 환기장치는 공기순환과 환기, 악취제거기능을 수행한다.
 - 4.2.6.2.1 환기는 음압으로 시행된다.
 - 4.2.6.2.2 환기장치는 계절에 관계없이 이산화탄소농도 1000 ppm을 유지한다.
 - 4.2.6.2.3 환기장치는 케이지 내부 공기유동을 0.3 m/s 이상 0.5 m/s이하를 유지한다.
 - 4.2.6.2.4 환기장치는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
 - 4.2.6.3 공기순환장치는 케이지 층별 환경조건을 균일하게 한다.
 - 4.2.6.3.1 공기순환은 정압에서 시행된다.(환기 중지)
 - 4.2.6.3.2 공기순환은 모드가 작동하는 경우 10분 이내에 최고층과 최하층 온도를 1.5°C 이내로 유지한다.
 - 4.2.6.3.3 공기순환은 케이지 내부에 stagnation zone(dead point)를 방지하여야 한다
 - 4.2.6.3.4 공기순환은 순환되는 공기의 분진을 필터링하여 케이지 내부 미세먼지를 바닥면 1.5m에서 100 µg/m³을 유지하며 필터청소 주기는 3일 1회로 한다.
 - 4.2.6.3.5 공기순환장치는 공기질과 온도의 조정목표가 달성되며 정지할 수 있으며 정지 시간은 프로그램으로 조정 가능하여야 한다.
 - 4.2.6.3.6 공기순환장치는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.
 - 4.2.6.4 조명장치는 욕계의 활동을 자극하고 작업자를 보조한다.
 - 4.2.6.4.1 케이지 조명장치는 욕계 연령별 시간별 설정목표에 근거하여 다단계 제어하며 LED등을

기본으로 한다.

4.2.6.4.2 옥계사 조명등은 작업자를 보조하기 위한 수단으로 출입문 열림감지 장치와 연계하여 작동으로 작동하며 할로겐등을 사용한다. 단, 조명등이 옥계를 자극하지 않도록 설치한다.

4.2.7 공기정화장치는 환기장치와 연동하여 외부로 배출되는 공기질을 조절한다.

4.2.7.1 공기정화장치는 환기장치는 케이지 내부 미세먼지를 바닥면 1.5m에서 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 유지한다.

4.2.7.2 공기정화장치는 배출공기의 암모니아가스 농도를 ***ppm 이하로 유지한다

4.2.7.3 공기정화장치는 배출공기의 미세먼지를 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 유지한다.

4.2.7.4 공기정화장치는 배출공기의 악취제거를 위하여 효소액을 사용한다.

4.2.7.5 공기정화장치는 최소 5년 이상의 내구성을 가져야 한다.

4.2.7.6 공기정화장치의 액체는 액온 15-20°C를 유지되어야 한다.

4.2.7.7 공기정화장치의 액체는 옥계 출하시마다 갱신되고 액체는 유기폐기물로서 합법적으로 처리되거나 액비로 활용한다.

4.2.8 데이터수집 장치는 센서를 활용하여 옥계사육환경을 측정하고, 측정된 정보를 저장하여, 작업자를 보조한다.

4.2.8.1 센서는 물리화학량을 측정하여 신호를 제공한다.

4.2.8.1.1 센서는 케이지측정용과 옥계사 측정용 및 외부 측정용으로 구분하며 케이지측정용은 센서이동대차에 설치하고 옥계사 측정용은 옥계사 특정 지점에 설치한다.

4.2.8.1.2 센서이동대차에 설치하는 센서는 옥계 사육환경을 관리하기 위한 정보를 제공한다.

4.2.8.1.2.1 센서이동 대차에 설치하는 센서는 기온, 습도, 영상(카메라), 이산화탄소, 미세먼지, 암모니아 농도를 측정한다.

4.2.8.1.2.2 센서이동대차에 설치된 센서 중 기온, 습도, 영상은 옥계사 1층, 3층, 5층의 환경을 계측

한다.

4.2.8.1.2.3 센서이동대차에 설치된 센서 중 이산화탄소 미세먼지, 암모니아 농도는 옥계사 3층에 서만 측정한다.

4.2.8.1.3 옥계사 측정용 센서조합은 환기를 결정하기 위한 정보와 작업자를 확인하는 정보를제공한다.

4.2.8.1.3.1 옥계사 측정용 센서는 이산화탄소, 미세먼지, 암모니아농도, 온도, 습도, 영상 센서와 화재감지기, 출입문감지기가 있으며 하나의 조합으로 구성한다.

4.2.8.1.3.2 옥계사 측정용 센서조합은 가리개를 갖추어 측정하기 전 5분전에 열고 측정 직후 닫는다.

4.2.8.1.3.3 옥계사 내부에 공기출구와 입구 및 옥계사 중앙지점에 벽으로부터 10cm 떨어진 지점에 높이 1.5m와 0.2 m 지점에 각각 설치하되 계측 정확도에 영향이 없는 범위에서 청소작업 등에 의해 센서가 피해를 입지 않도록 적절하게 가리어져야 한다. 단, 영상 센서(카메라)는 출입구에서 내부방향으로 복도공간을 살필 수 있도록 1개만 설치하며 화재감지기는 중앙지점 1.5m 지점에 출입문감지기는 출입문에 각각 1개만 설치한다.

4.2.8.1.3.4 외부측정용 센서는 냉반방 주기와 작동시간을 결정하거나 자연재난에 대한 정보를 제공한다.

4.2.8.1.3.4.1 외부측정용 센서는 조합으로 구성하여 관리를 쉽게하고 분석을 용이하게 한다.

4.2.8.1.3.4.2 외부기온, 외부습도, 풍향, 풍속, 강우량, 이산화탄소, 미세먼지, 암모니아농도를 기록한다. 단 낙뢰보호센서(경보용)은 별도로 운영한다.

4.2.8.1.3.4.3 외부측정용 센서는 풍속을 방해하는 장애물이 적은 곳에 옥계사 공기배출구가 있는 방향에서 옥계사와 최소 10m 최대 30m 이내에 지상 1.5-1.7m 높이에 설치한다. 단, 낙뢰보호센서는 옥계사 외부 가장 높은 곳에 설치한다.

4.2.8.1.3.4.4 모든 종류의 센서는 매년 캘리브레이션하거나 센서가 정상작동 되는지를 확인하는 방법이 제공되어야 한다.

4.2.8.2 센서이동대차는 케이지 측정용 센서조합을 싣고 공간정보를 측정하도록 지원한다.

4.2.7.2.1 센서이동대차는 센서조합을 탑재하는 탑재부, 케이지에 부착되어 이동가능한 주행부, 센서조합과 구동부를 조합한 구조부로 구성된다.

4.2.7.2.2 센서이동대차는 프레임에 설치되어 수평이동한다.

4.2.7.2.3 센서이동대차는 홈 위치에서 덮개로 가려지며 센서가 측정하기 5분전에 덮개를 열어 센서를 노출한다.

4.2.9 제어장치는 육계사의 환경과 사육을 종합적으로 자동으로 제어하거나 감독관의 지시를 수행하기 위한 장치로 로컬형 제어장치와 리모트형 제어장치로 구분될 수 있다.

4.2.9.1 로컬형 제어장치는 육계사의 사육 환경을 제어할 수 있는 소프트웨어와 이 소프트웨어가 실행되는 임베디드시스템 및 경보기를 포함한다.

4.2.9.2 로컬형 제어장치는 산업용 시스템에 준하는 안정성을 확보해야 한다.

4.2.9.3 로컬형 제어장치는 최소 3년이상의 내구성을 가져야한다.

4.2.9.4 로컬형 제어장치는 단전이나 정전에 대비하여 비상전원을 가지고 운영되어야 한다.

4.2.9.5 리모트형 제어장치는 클라우드 및 외부서버와 해당 컴퓨팅 환경에서 실행가능한 소프트웨어로 구성된다.

4.2.9.6 클라우드 및 외부 서버의 최소 10년이상의 데이터 안정성을 보장해야 한다.

4.3 시공과 경제성 요구사항

4.3.1 육계사(외부벽체)는 홍수나 사태, 폭설 피해가 예상되지 않는 완경사면을 추천한다.

4.3.1.1 육계사는 변형을 방지할 수 있도록 기초 위에 시공되어야 한다.

4.3.1.2 육계사는 동서방향을 추천한다.

4.3.1.3육계사가 다수일 경우 3동 또는 4개나 5개동을 1개조로 하여 연동식으로 구성한다.

4.3.1.4육계사가 다수일 경우 작업로를 기준으로 작업로에 직각이 되도록 배치한다.

4.3.2 육계농장의 소독장치와 육계사, 계분저장소 등은 공간적으로 서로 분리될 것을 권장한다.

4.4 육계사 관리 소프트웨어 요구사항

4.4.1 육계사 관리 소프트웨어는 로컬형 제어장치 혹은 리모트형 제어장치에서 구동되는 소프트웨어를 의미한다.

4.4.1.2 육계사 관리 소프트웨어는 수동/자동 제어기능, 시스템규격 관리기능, 제어설정 기능, 제어기능, 경보기능, 로깅기능, 관제 기능을 가져야 한다.

4.4.2 육계사 관리 소프트웨어의 수동/자동 제어기능은 사용자가 선택할 수 있어야 한다.

4.4.2.1 제어장치의 자동제어는 육계의 연령별, 사육계절에 적합한 환경 및 사양관리 파라미터의 목표를 정의한 제어설정과 시스템의 규격을 정의한 시스템규격에 근거하여 자율적으로 시행된다.

4.4.2.2 제어장치의 수동제어는 감독관이나 위임자에 의한 것으로 모든 수동 조작은 기록되어야 한다. 단, 급이와 급수는 수동작동만 가능하다.

4.4.3 시스템규격은 케이지, 급이, 급수, 냉반방, 환기, 공기정화, 청소 장치의 규격을 규정한 데이터로 육계사의 종합적 자료이다. 제어장치는 시스템 규격을 기반으로 제어 작동수준을 결정할 수 있어야 한다.

4.4.4 제어설정은 종합제어기에게 의사결정기준을 제공한다.

4.4.4.1 제어설정은 종합제어기 내부에 포함된 정보로 감독관만이 수정할 권리를 갖는다.

4.4.4.2 제어설정 중 온도, 습도, 조도는 시간에 대한 함수로 설정되며, 냉난방시스템을 제어한다.

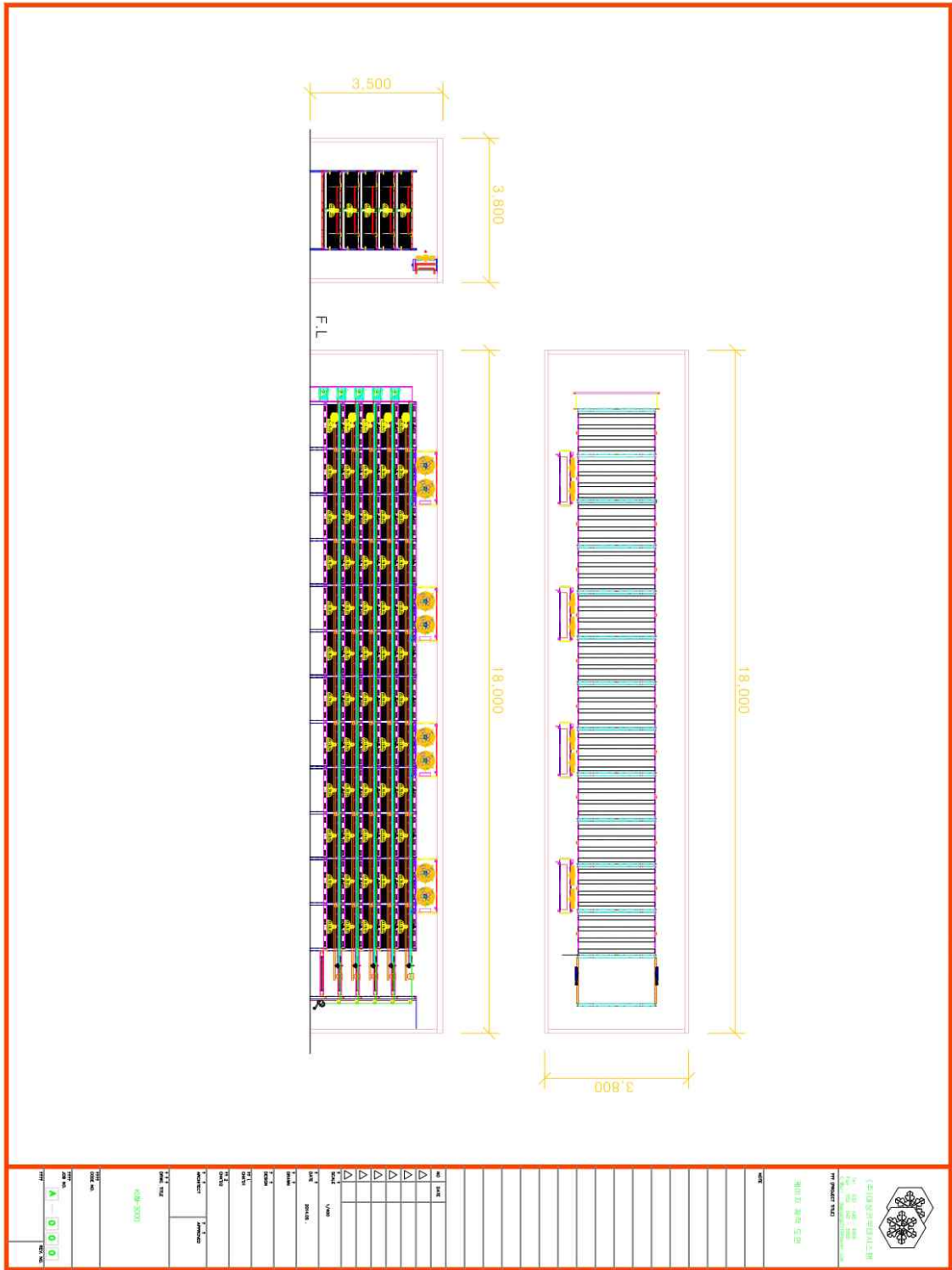
4.4.4.3 제어설정 중 이산화탄소, 미세먼지, 암모니아농도는 설정목표치에 의하여 환기시스템을 제

어한다.

- 4.4.4.4 제어설정 중 청소장치제어는 감독관이 설정한 값으로 고정값이다.
- 4.4.4.5 제어설정 중 급이와 급수는 각 장치가 자율적으로 작동한다.
- 4.4.5 육계사 제어기능 시스템규격파일과, 제어설정파일, 센서데이터에 근거하여 환경과 사육, 청소, 육계사관리를 가능하게 하고 필요시 경보를 발령하는 기능이다.
- 4.4.5.1 제어설정파일을 이용하여 시간별 함수의 현재값을 설정하는 서브루틴을 갖는다.
- 4.4.5.2 시스템규격파일과 제어설정파일, 센서치를 이용하여 냉난방과 환기장치를 각각 제어하는 서브루틴을 갖는다.
- 4.4.5.3 제어 출력은 장치의 On/Off 또는 작동수준(float number)을 제시하며 미들웨어에 의하여 해석되어 제어장치를 구동한다.
- 4.4.5.4 경보의 종류별로 대응하는 경보제어서브루틴을 갖는다.
- 4.4.6 경보기는 화재, 낙뢰, 사료부족, 급수부족, 출입문열림, 공기정화수부족, 계분과다 경보를 제공한다.
- 4.4.6.1 경보는 경고음 발생과 경고문자 발송(직원 또는/과 감독관)으로 구성된다.
- 4.4.6.2 경보 중 화재는 입력된 소방서와 경찰서에 문자로 사고 발생을 통보한다.
- 4.4.6.3 경보 중 낙뢰는 자동으로 육계사 주전원을 차단한다.
- 4.4.7 로깅 기능은 감독관이 육계사와 부속시스템의 시간별 작동상황을 필요시 파악할 수 있도록 기록을 저장하는 것이다.
- 4.4.7.1 로그파일에 기록되는 정보는 환경, 사양, 공기정화, 청소, 작업상황, 생체정보로 구분된다.
- 4.4.7.2 환경정보는 케이지, 육계사, 외부를 구분하여 기록한다.
 - 4.4.7.2.1 육계사 환경정보는 매 1분 간격으로 측정하고 매 10분마다 평균치를 저장한다.
 - 4.4.7.2.2 케이지 환경정보는 매30분 간격으로 측정하되 5곳에서 측정하며 각 장소에서 1분 간 측정치의 평균을 기록한다. 단, 영상정보는 육계의 분산지수와 폐사존재수치로 환산되어 저장된다.
 - 4.4.7.2.3 외부환경정보는 매 1분 간격으로 측정하고 매 10분 간격으로 평균치를 저장한다.
- 4.4.7.3 사양정보는 6시간 간격으로 측정하고 기록한다.
- 4.4.7.4 공기정화정보는 공기정화기 작동시작 순간부터 매1분 마다 측정하며 매10분마다 평균치를 기록한다.
- 4.4.7.5 청소장치정보는 케이지별로 청소장치 작동시작과 끝을 기록하며 흡입분투의 진공압력을 매 니폴드 상단(1곳)에서 매분 간격으로 측정한다.
- 4.4.7.6 작업상황정보는 출입문 개폐 기록과 작업자 입장시 육계사 내부 영상을 기록한다.
- 4.4.7.7 생체정보 중 생체중은 12시간 간격으로 측정한다.
- 4.4.7.8 육계사 로그파일 중 저장빈도 10분간격 데이터는 데이터 발생 1주일 이후에는 1시간별 평균치로 저장한다.
- 4.4.8 관제기능은 감독관이 육계사의 상황을 파악하고 제어할 수 있도록 돕는 기능이다.
 - 4.4.8.1 리모트형 제어장치와 통신하며 모바일폰과 PC에서 작동한다.
 - 4.4.8.2 리모트형 제어장치에 등록된 사용자만이 이용가능하다.
 - 4.4.8.3 육계사 상황을 파악하기 쉽도록 표와 그림, 영상 및 수치로 정보를 제공한다.
 - 4.4.8.4 육계사의 하부시스템을 구체적으로 제어하기 위하여 ON/OFF 또는 작동수준을 지사할 수 있어야 한다.
 - 4.4.8.5 경보발령시 모바일폰의 바탕화면에 경보발령을 게시한다

(도면2)

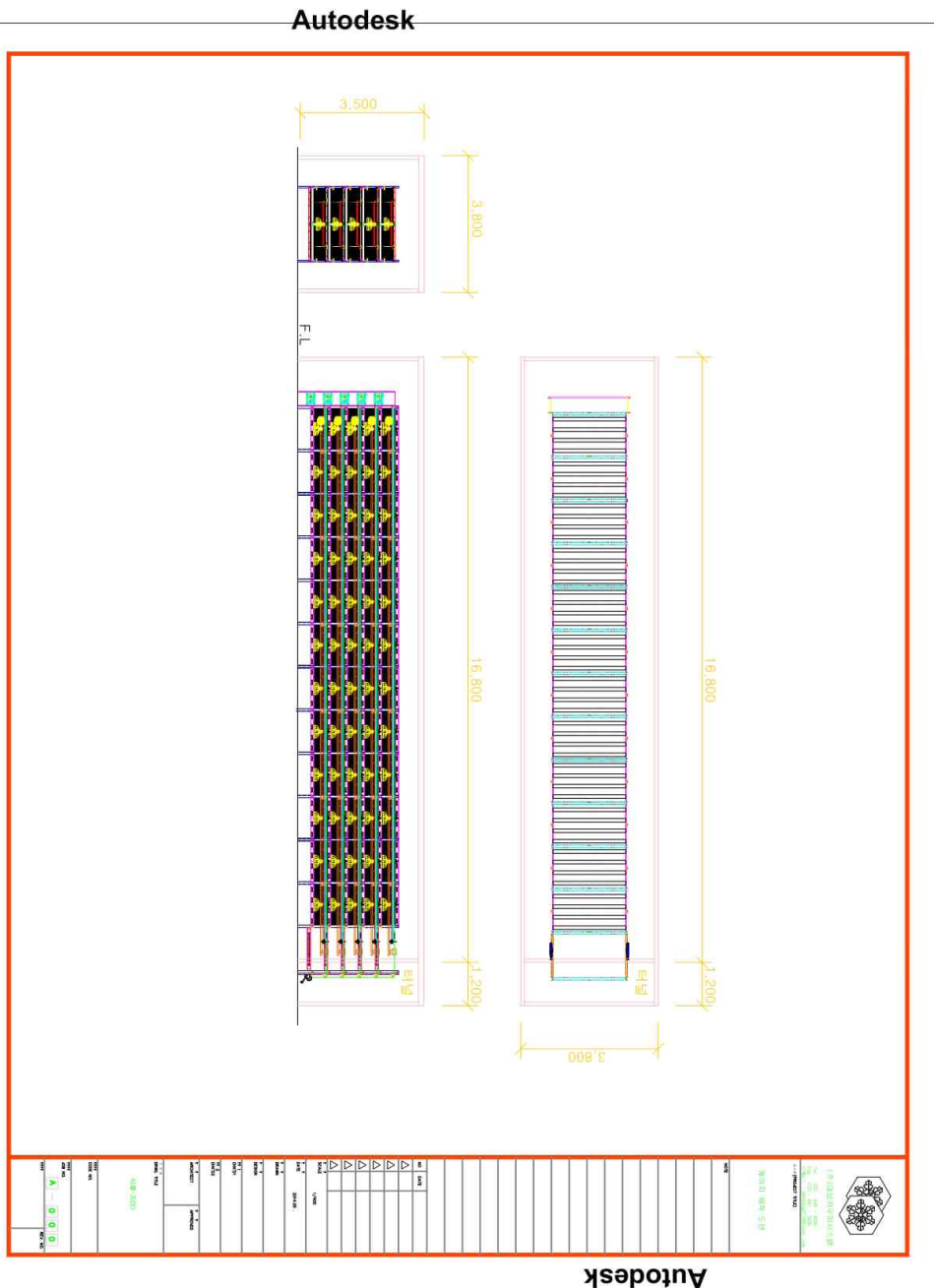
Autodesk



Autodesk

(도면2)

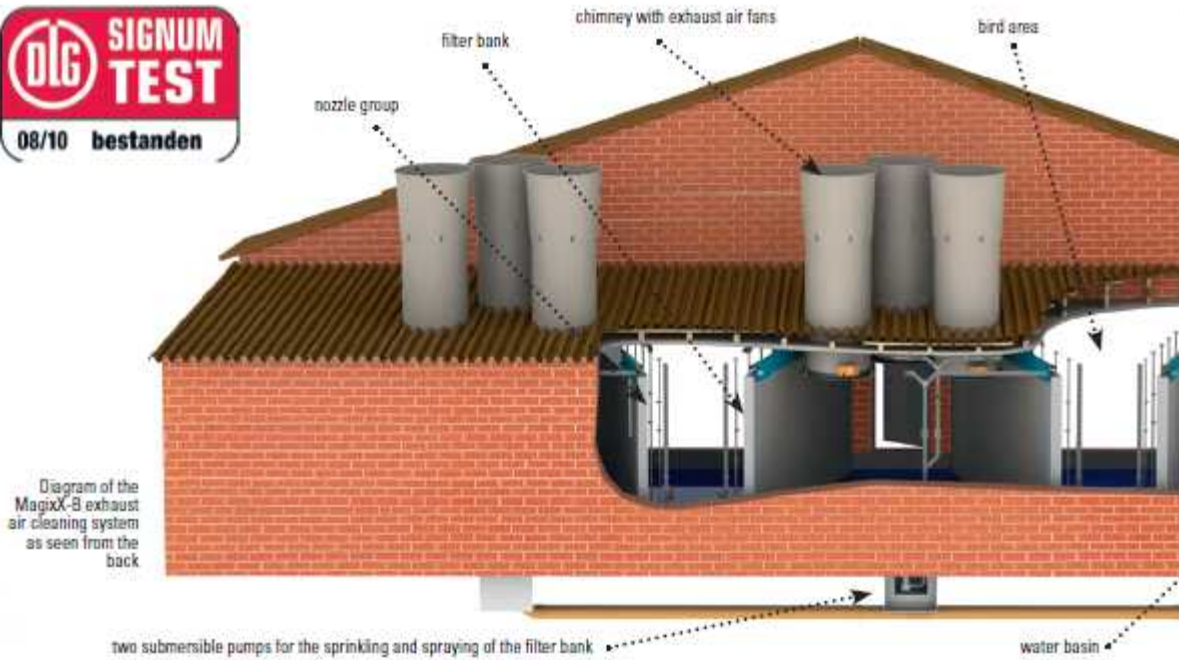
1차 수정 도면



〈첨부 3〉 무연 리스트

연번	성제명	연구기간	연구책임자	연구구분	연구결과	연구수행기간	연구책임자	항아구명	보고서
1	ICT영역 혁신노동자생태협력 및 투자유망 분야	S	2016.02.01~2018.12.31	한국노동경제연구원	노동시장조사	김민석	김민석	0	
2	ICT기반 실시간 환경 및 유체 측정 모니터링 시스템 개발	ES	2019.01.22~2020.01.21	비밀연구소 주식회사	농기명	최정용	김태원	0	0대종류
3	배기출연 측정하는 IoT 농장 관리 기술 연구	S	2018.03.01~2021.02.28	경진대학교	한국연구재단	박정규	.	0	0대종류
4	IT를 접한 인공 지능을 탑재한 공익정보통신망 개발	O	2009.07~2014.06.30	한국과학기술연구원	한국연구재단	변영태	.	0	
5	기후융합 주권관리기술로 에너지는 LED조명시스템을 요구하는 기술 개발	E	2015.12.01~2016.11.30	주식회사 도토보	주식회사기술정보진흥원	박성일	고승재	0	0대종류
6	기후변동 예측기 개발을 위한 생활 통계 개발	O	2019.05.15~2020.05.14	우림비이오 주식회사	주식회사기술정보진흥원	홍석원	서준형	0	0대종류
7	기후융합 생산도량계 및 온도 측정장치 개발	X	2017.12.01~2018.11.30	에이디디코리아	주식회사기술정보진흥원	안영일	김진구	0	1대종류
8	경영정보기반 4세대 스마트제조 모델 도출 및 검증	ES	2019.01.22~2020.01.21	국립육산과학원	농기명	권경서	강주연	0	0대종류
9	개인선별기 디자인을 위한 엑스 모델 및 원격 모니터링 시스템 개발	S	2017.11.29~2019.11.28	(주)메그텍	주식회사기술정보진흥원	안학진	김보영	0	1대종류
10	경기농기원 혁신 농업관리 시스템 개발	O	2014.12.19~2017.12.18	한국농기원	농기명	김태연	김희철	0	1
11	국내 제1회 농업 생산정보관리 연구	O	2008.11.01~2009.10.31	한국농기원	한국농기원농업발전사업	김기연	.	0	
12	기상 및 육안 조별 이용한 예측기 시스템 개발	O	2014.07.01~2016.06.30	에스엠엔지니어	한국농기원농업발전사업	심종성	.	0	1대종류
13	기후변동 예측기 개발을 위한 ICT 농업 관리 기술 연구	O	2009.05.01~2012.04.30	한양대학교	한국연구재단	김기연	.	0	
14	농업데이터를 활용한 농업발전 연구	O	2016.05.01~2016.02.01	조진대학교	한국농기원농업발전사업	김선일	.	0	
15	농업데이터의 혁신 연구 및 발전의 육성 및 분석	O	2011.03.01~2013.12.31	주제주농업발전연구소	농기명	홍정민	김기연	0	0
16	무선공조와 인터넷을 이용한 기후대응 기술 연구	O	2005.04.01~2007.03.01	(주)모리프스	한국농기원농업발전사업	노정태	박성우	0	
17	미래형 스마트 팜을 위한 농업발전 기술	O	2016.12.01~2017.11.30	주식회사 누리형	주식회사기술정보진흥원	한정호	.	0	
18	미생물(SAP)을 활용한 농산물 선별, 축분 처리 장치, 피판 장치 및 축산 시스템 개발	O	2006.04.01~2007.03.01	(주)원팩이오	한국농기원농업발전사업	박세준	김종혁	0	
19	반도체 제조 공정 모니터링 시스템 개발을 위한 실시간 측정 기술 연구	X	2015.06.01~2017.05.31	전남대학교 산업학부	다산기술정보진흥원	김종호	고희범	0	1대종류
20	분변 온도 센서를 이용한 고분해 장치, 처리용수 및 유체 관리 기술 개발	O	2016.11.01~2017.10.31	비이오부윅 생명공학연구소	한국농기원농업발전사업	서준호	김희재	0	1대종류
21	피타이더 기술 활용하는 스마트 팜 시스템 개발	S	2018.06.01~2019.05.31	국립육산과학원	주식회사기술정보진흥원	김희정	.	0	
22	신선농산물 포장용 IoT 농업 관리 기술 개발	S	2016.02.01~2018.12.31	국립육산과학원	농기명	최희철	우영배	0	
23	신선농산물 포장용 IoT 농업 관리 기술 개발	E	2013.06.01~2014.02.28	대영농업연구소	한국농기원농업발전사업	변영우	.	1	
24	신선농산물 실시간 관리 및 수확정보를 위한 MSN 기반 자동화 관리 시스템 개발	E	2008.11.01~2009.10.31	신나대학교	한국농기원농업발전사업	양현호	.	0	
25	세포 자동화 공작용 로봇을 이용한 자동 조립용 로봇 제어 기술 개발	O	2006.05.01~2008.04.01	(주)모부	한국농기원농업발전사업	김민석	.	0	
26	신선농산물 포장용 IoT 농업 관리 기술 개발	E	2015.05.01~2016.04.30	오공대학교 교내농업연구소	농기명	노승훈	김태원	0	0대종류
27	생물정보 기반 ICT 융합형 농업 자동화 시스템 개발	ES	2019.08.30~2022.12.31	(주)이서아이시스템	농기명	김도형	김태원	0	0대종류
28	농업용 로봇을 위한 자동화 관리 기술 연구	O	2014.06.24~2017.06.23	과학기술대학교 대학원	농기명	김두현	김기연	0	
29	영국 1세대 스마트 팜 개발을 위한 IoT 도입	S	2019.01.22~2020.01.21	디지인컴	농기명	김재수	김기영	0	0대종류
30	영국식물 피해방지, 온도, 습도, 조도 등을 측정하는 IoT 기반 구조	O	2019.01.01~2021.12.31	국립육산과학원	농기명	권경서	김종혁	0	0대종류
31	영국식물 피해방지, 온도, 습도, 조도 등을 측정하는 IoT 기반 구조	O	2019.01.01~2021.12.31	간척대학교	농기명	홍정민	최이정	0	0대종류
32	배기출연 측정하는 IoT 농장 관리 기술 개발	E	2010.07.01~2012.04.30	대영농업연구소	주식회사기술정보진흥원	김기연	.	0	0대종류

Basic structure of the MagixX-B exhaust air cleaner



High-quality plastic pads are sprayed with water → dust does not adhere



Front view of the filter; a nozzle group sprays water onto the filter at intervals



Constructional details

The individual modules have standard sizes and require the following space measurements:

- ✓ width: 5.00 m
- ✓ depth: 4.50 m
- ✓ height: 3.10 m

The entire base area has to be constructed on site as a water basin with a wall height of 40 cm. The height of the water filling level amounts to 30 - 35 cm. Each module comprises three exhaust air chimneys with integrated fans and a total output of approximately 65,000 m³/h. Up to six modules with a total air flow of 390,000 m³/h can be operated this way.

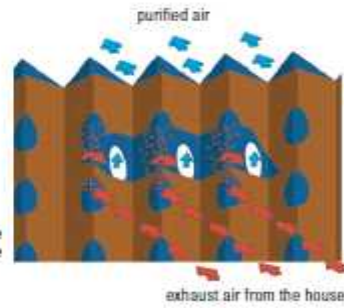


Side view of the MagixX-B exhaust air cleaner

StuffNix is a dust filter designed by Big Dutchman for use in poultry houses with high dust loads. It consists of a patented filter bank containing a folded plastic element (patent no. US 7750666 and EP 1655064) which forces the air flowing through to suddenly change direction. By means of this simple but effective mechanical principle of centrifugal force, the dust particles are separated from the air flow. They accumulate in the V-shaped sedimentation chambers outside of the airflow.

This way, the cleaned air can flow without obstructions even though the filter fills up with dust particles. Professional measurements have determined a total dust separation of up to 70 percent.

StuffNix operates using the principle of centrifugal force



Use of the StuffNix dust filter in a broiler breeder house



Use of the StuffNix dust filter in a broiler house



Back view of the filter; fans suck the exhaust air through the filter

Advantages

- ✓ high storage ability thanks to the V-shaped sedimentation chambers outside of the air flow;
- ✓ stable flow resistance as the air flow remains unobstructed;
- ✓ good dimensional stability of the filters thanks to their geometrical structure;
- ✓ long service life of the plastic filters;
- ✓ fast assembly as the filter elements can simply be fitted and fixed to the required size;
- ✓ StuffNix is a dry filter – the use of water is not necessary;
- ✓ significantly lower investment, operating and maintenance costs compared to wet-type exhaust air cleaners.

○ 문헌리스트와 유럽 scrubber

- 밀폐형 육계 생산시스템 요구조건 도출과 개발을 위해 악취제거, 환경제어, ICT 융복합 스마트팜에 관한 문헌 리스트를 수집하였고, 육계사 환경요소, 악취 저감, 환경제어 방안에 대한 문헌을 추가적으로 확보할 예정임.
- 유럽 scrubber는 육계사의 주 악취 원인이 되는 암모니아와 황화수소를 저감시키고 닭털, 사료분진 등의 먼지를 흡착하는 구조물로서 육계사 악취저감에 아주 큰 역할을 하였다고 함. 이 연구과제의 밀폐형 육계사에서도 악취 저감을 위해 미생물 구조나 악취를 최대한 최소화할 수 있도록 계분 처리 장치를 구성중임.

미세환경제어를 위한 육계사내 송풍기와 반사판 퍼지제어 연구계획

Draft by RHEE on Nov. 23, 2019

문제점 : 육계사는 길이가 긴 컨테이너 형식의 내부 공간에 컨테이너의 크기와 유사한 케이지를 설치하는데 케이지는 다층 구조이고 계분벨트가 수평으로 설치되어 벨트 상하간의 공기 유동을 차단하여 컨테이너 길이방향으로 공기를 순환시키기 어려워 컨테이너 단면으로 공기가 유동하도록 설계할 수 밖에 없다. 그러나 컨테이너 중심부에 케이지가 존재하므로써 컨테이너 단면의 외곽을 따라 공기를 순환하는 것은 어렵지 않으나 실제 병아리가 사육되는 케이지 공간은 공기가 정체되어 오염물질이 누적된다.

제어목표 : 육계사 내부의 길이별 상중하 위치별 공기의 환경인자를 균등하게 유지하도록 공기를 순환시킨다.

퍼지제어전략

전략 1 : 미세환경제어를 위하여 국부적인 환경 데이터가 필요하며 측정하는 환경인자는 건구온도, 습구온도, 이산화탄소농도, 암모니아농도 등으로 한다.

전략 2 : 공기가 완전히 혼합되면 공기의 여러 환경인자는 특정 값에 수렴될 것이므로 공기인자 중에 한가지만 완전 혼합되면 나머지 환경인자도 혼합되었다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 측정하기 쉬운 건구온도를 변수로 채택한다.

전략 3 : 공기순환에 작동기는 공기팬만으로 부족하므로 순환에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 가변냉난방송풍기와 순환송풍기, 공기반사판을 이용하여 공기의 순환에 변화를 준다. (그림 1 참고)

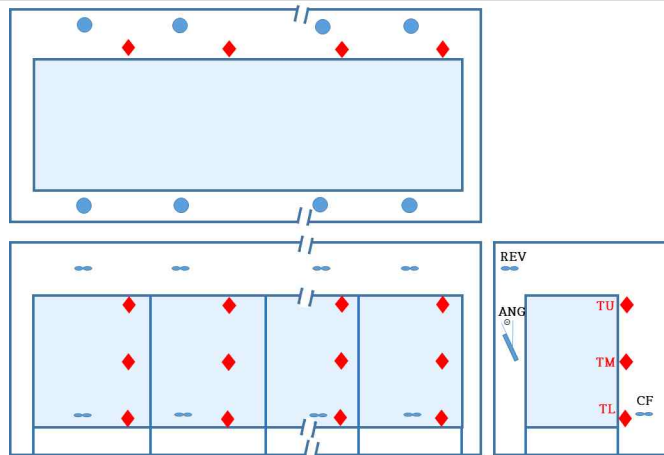


그림 31. 양계사 환경제어 변수들

전략 4 : 상 중 하층의 온도가 허용범위 이내에 존재하는 경우 균등한 것으로 인정한다.

전략 5 : 공기반사판의 조절에 대한 선행적 경험이나 전문가 지식이 부족한 상황이므로 제어규칙은 모형실험을 통하여 조절한다.

전략 6 : 미세환경제어를 위한 제어시간간격은 5분으로 하며 제어목표에 가까워지면 10분으로 하고, 제어목표치에 도달하면 이후 30분 간격으로 한다. 단 최초의 제어시간간격동안 공기반사판은 30초를 주기로 최대와 최소범위를 조화운동하며 순환송풍기는 작동한다.

변수설정

독립변수 : 상부 온도(TU), 중부 온도(TM), 하부 온도(TL) upper, middle, lower

설정변수 : 허용온도차이(TDA) temperature difference allowable

퍼지제어변수Fuzzy Variable: 공기반사판의 각도(ANG), 냉난방송풍기의 속도(REV)

온오프제어변수 : 순환송풍기의 작동여부(CF)

* CF=1 means fan ON, CF=0 means fan OFF.

난방시 제어규칙

Rule 1 If $[(TU - TM) > 2 * TDA \text{ and } (TM - TL) > 2 * TDA]$

then $[ANG = ANG_1 \text{ and } REV = REV_1 \text{ and } CF = 1]$ (상하간의 온도차가 설정목표에 크게 어긋난 경우)

Rule 2 If $[(TU - TM) > TDA \text{ and } (TM - TL) > TDA]$

then $[ANG = ANG_1 \text{ and } REV = REV_1 \text{ and } CF = 0]$ (상하간의 온도차가 설정목표에 작게

어긋난 경우)

Rule 3 If $[(TU - TM) > 0.5 \cdot TDA \text{ and } (TM - TL) > 0.5 \cdot TDA]$
then $[ANG = ANG_1 \text{ and } REV=REV_2 \text{ and } CF=0]$ (상하간의 온도차가 설정목표에 약간 어긋난 경우)

Rule 4 If $[(TU - TM) < 0.5 \cdot TDA \text{ and } (TM - TL) < 0.5 \cdot TDA]$
then $[ANG = ANG_1 \text{ and } REV=REV_3 \text{ and } CF=0]$ (상하간의 온도차가 설정목표에 만족하는 경우)

Rule 5 If $[(TU - TM) < TDA \text{ and } (TM - TL) > 2 \cdot TDA]$
then $[ANG = ANG_2 \text{ and } REV=REV_1 \text{ and } CF=1]$ (중하간 온도차가 설정목표에 크게 어긋난 경우)

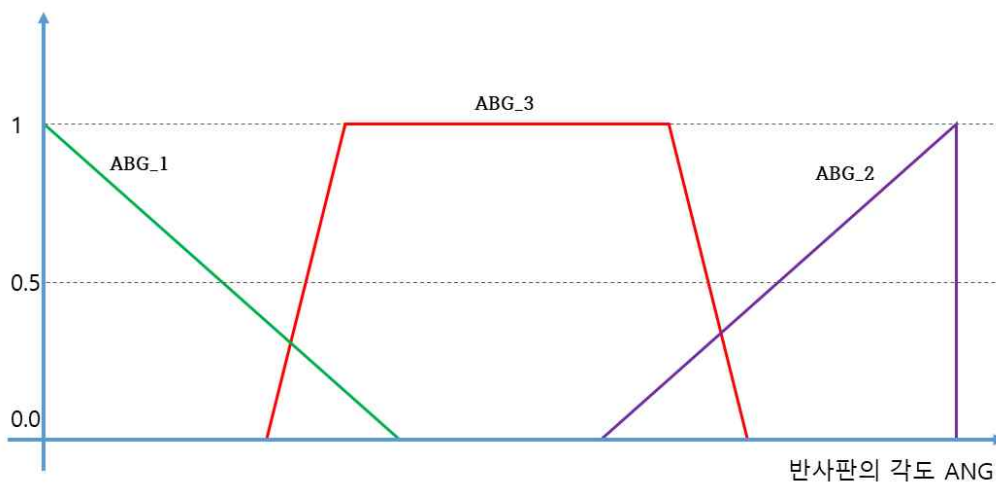
Rule 6 If $[(TU - TM) < TDA \text{ and } (TM - TL) > TDA]$
then $[ANG = ANG_2 \text{ and } REV=REV_2 \text{ and } CF=0]$ (중상하간의 온도차가 설정목표에 작게 어긋난 경우)

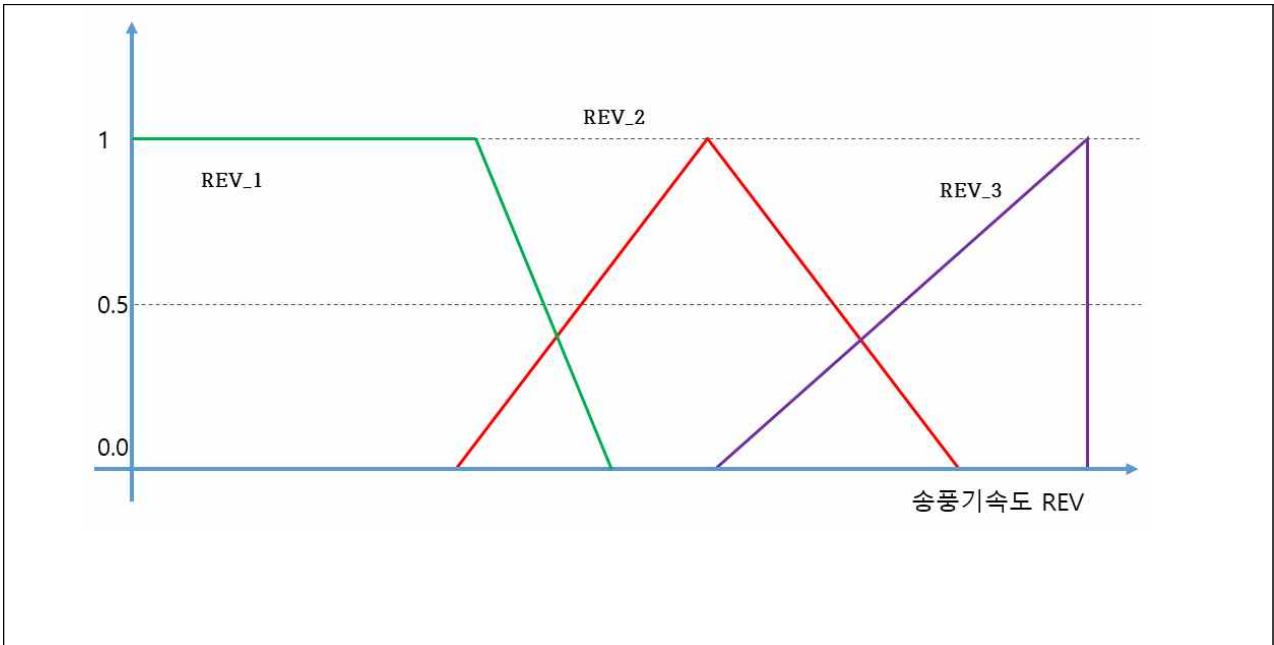
Rule 7 If $[(TU - TM) < 0.5 \cdot TDA \text{ and } (TM - TL) > 0.5 \cdot TDA]$
then $[ANG = ANG_2 \text{ and } REV=REV_3 \text{ and } CF=0]$ (중하간의 온도차가 설정목표에 약간 어긋난 경우)

Rule 8 If $[(TU - TM) < 0.5 \cdot TDA \text{ and } (TM - TL) < 0.5 \cdot TDA]$
then $[ANG = ANG_3 \text{ and } REV=REV_3 \text{ and } CF=0]$ (온도차가 설정목표를 만족하는 경우)

퍼지변수의 소속함수 설정

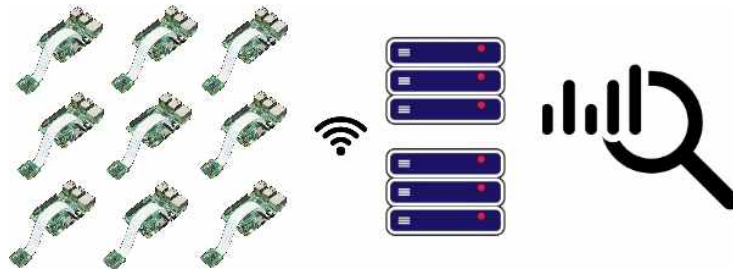
Note : 소속함수는 현재 추정이며 구체적 특성치는 모형실험을 통하여 결정함





생체정보 수집 시스템 설계 및 구성

- 실내 케이지의 양계 모니터링 시스템을 위하여 영상 촬영 테스트를 진행함
- 통합 센서 모듈 내에서 동작 가능한 시스템을 이용하여 영상을 촬영하고 촬영한 이미지를 하나의 서버에 저장하여 분석을 진행할 수 있도록 하는 것을 목표로 함
- 시스템의 안정적 구동을 위한 주요 요구사항은 다음과 같음.
 - 여러 각도에서 바라본 다수의 영상 획득
 - 일정 시간 간격에 의한 촬영
 - 상황 해석을 위한 고해상도 이미지
 - 영상에 대한 실시간 모니터링 시스템 구축
 - 이러한 조건들을 고려하여 예비 시스템을 구성하고 테스트를 진행하였으며, 전체 시스템에 대한 모식도는 아래 그림과 같음



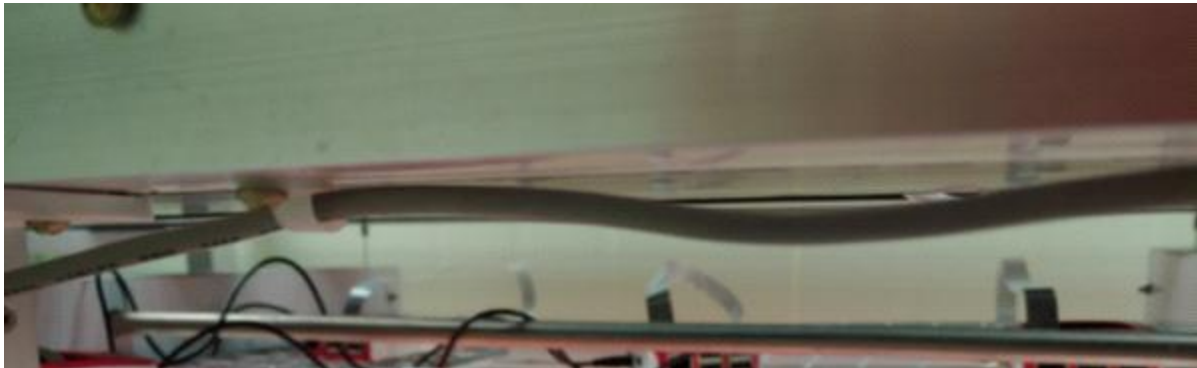
<그림> 영상 모니터링 시스템 모식도

- 일정 수준 이상의 고해상도 이미지를 제공하는 카메라가 다수 필요한 점과 양계사 내에서 동작해야 하기 때문에 부피가 작아야 한다는 점, 그리고 시스템 확장성 등을 모두 종합하여 고려한 결과 '라즈베리파이'라는 MCU(마이크로컴퓨터)를 이용하여 시스템을 구성하는 것이 가장 적합하다고 판단하였음.
- 라즈베리파이는 라즈비안이라는 리눅스 기반의 운영체제를 가지고 있는 마이크로컴퓨터로 82mm x 56mm x 19.5mm라는 작은 크기 안에 쿼드코어 SoC와 GPU, 1GB RAM, 이더넷 및 블루투스 통신 기능 등 기본적인 영상 모니터링을 위한 조건을 모두 갖추고 있다고 볼 수 있음.
- 카메라 소자로는 라즈베리파이카메라 v2를 이용하였는데, 이 카메라는 모듈 형태로 판매되며 MCU와 개발사가 같다는 점에서 다른 카메라들에 비해 안정성이 높다고 할 수 있음.
- 영상 해상도는 3280 x 2464로 좋은 편이며 수동으로 초점을 맞출 수 있음.



<그림> 라즈베리파이 MCU(좌)와 라즈베리파이카메라 v2(우)

- 이상의 소자를 이용해 정보 수집 시스템을 구성하고 파이썬 코드를 통해 촬영과 제어를 수행하였음
- 파이썬 코드는 촬영하는 시간에 대한 정보를 획득하고 이를 촬영한 이미지의 이름으로 저장하는 기능과 특정 시간이 되면 이미지를 촬영하는 기능, 촬영이 제대로 이루어지고 있는지를 모니터링하는 기능 등으로 구성하였음
- 예비 실험은 양계사의 케이지 형태와 유사한 환경 구현을 위해 네트워크로 구성된 조형물 위에 촬영 시스템 9대를 설치하여 30분 간격으로 촬영을 진행하였음.



<그림> 네트워크 조형물 위에 영상 촬영 시스템을 설치한 모습

- 다수의 라즈베리파이 촬영시스템은 공유기에 의해 통제 서버 역할을 하는 한 대의 컴퓨터와 네트워크 연결이 되도록 하였음
- 이 서버 컴퓨터에서는 각각의 라즈베리파이에 접속하여 촬영 상황이나 획득한 이미지에 대하여 실시간 모니터링이 가능하며, 이 때 네트워크 상 다른 시스템에 접속, 원격 명령을 내리기 위한 프로토콜로 SSH를 이용하였음
- 각 촬영 시스템은 고유 아이피를 가지며 이를 통해 시스템을 구분할 수 있음
- 위 조건에서 2주간 촬영을 수행한 결과 큰 오류 없이 30분 간격으로 계속 영상을 획득할 수 있었으며 촬영 시스템에 직접 접근할 필요 없이 서버 컴퓨터가 있는 곳에서 원격으로 모니터링이 가능함을 확인하였음
- 현재 촬영 이미지는 촬영 시스템에서 사용자 명령에 의해 서버로 옮길 수 있으며 특정 시간에 자동으로 옮길 수 있는 기능을 개발 중에 있음



<그림> 다수의 시스템 통제를 위한 서버 컴퓨터와 공유기

[연구 주제] 컨테이너형 밀폐형 육계 케이지사 개발

Development of Container type Closed Broiler Production Cage System

[목표] 개발하는 육계사는 케이지와 육계 사양과 환경조절에 필요한 하드웨어 시스템 전체를 개발하는 것임.

[결과 보고]

□ 제1차 시작기 개발

- 제1차 시작기는 대상키우미시스템 KUM-3000을 기본으로 함. KUM-3000은 2017년도에 대상키우미가 육계를 목적으로 개발된 것이나 스마트 육계시스템이 부재하며, 실제로 육계에 적용된 실적이 없고, 밀폐형으로 운영하는데 필요한 각종 정화장치, 필터 또는 청소장치가 없어 상용화되지 못한 것임.
- KUM-3000은 육계에 적용된 실증자료가 없으나 오리과 삼계용 닭은 성공적으로 사육한 경험이 존재하므로 이를 수정하여 제1차 시작기로 이용함.



그림 1 대상키우미의 키우미시스템 KUM-3000

- 본 연구에서는 육계용으로 키우미시스템을 개선하고 4계절용으로 제품을 수정하였으며 그림 1은 1차 시작기의 외형을 나타내고 있으며, 수정한 사항은 다음과 같음
 - 육계 크기에 적합한 셀의 크기 결정,
 - 계분벨트의 내구성 향상을 위한 계분벨트 연결방법 개선, 종방향 단면을 마주 있던 반식을 벨트의 종방향에 40도 각도의 사선으로 잘라서 용접된 길이를 증가시켜 벨트의 인장강도를 향상시킴
- 제1차 시작기 부품을 재설계하고 대상키우미 본사 마당에서 설치하였으며 공조기 등의 기본적 구성은 KUM-3000을 이용함. 그림2는 사육시험 전의 시작기 외형을 나타냄



1차시작기 전면



1차 시작기의 뒷면(공기조화부 연결)

그림 2. 1차 시작기의 외형

- 1차 시작기의 특징을 정리하면 다음과 같음
 - 밀폐형 컨테이너 내에 케이지 설치
 - 계분 벨트 위에서 병아리를 사육하고 벨트를 입식과 출하에도 사용함
 - 전자밸브를 조작하여 쉽게 냉방과 난방을 전환하게 함.
 - 사료와 음수는 무한급이하여 빠른 생장을 촉진함
 - 육계사 천정부에 열교환기를 설치하고 수직으로 분배하는 분배관을 셀마다 설치하여 균등한 환경을 조성함
 - 1차 시작기는 청소장치나 분진제거장치, 배기정화장치를 갖추지 못함

□ 제2차 시작기 개발

- 제1차 시작기를 이용한 사육실험에서 많은 문제점이 드러나 이를 수정하였으며 드러난 문제점은 다음과 같음
 - 계사 내부의 온도 분포가 높이별로 나타나며 특히 1단에서 온도가 5단에 비해 3-4°C 낮아 환경 조성에 부적합함이 발견됨
 - 계분벨트와 셀차단벽이 이루는 모서리에 육계가 끼임현상이 발견되었으며 이는 육계의 품종상 특징으로 판단되어 근본적 대책이 필요함
 - 케이지 외벽과 벨트면 사이에 간격을 통하여 육계가 탈출하는 경우가 발견되어 육계사 설계에서 세심한 케이지가 필요함.
 - 1차 시작기에서 청소, 공기정화, 분진제거 등이 포함되지 않았으므로 이를 보완해야 함.
 - 1차 시작기에서 흑한, 흑서에 대한 공조기 용량 설정이나 강풍이나 폭우에 대한 검정이 이루어지지 못하여 이를 검토하여 설계에 반영해야 함
 - 육계의 도육에서 나타나는 문제점을 검토하기 위해, 케이지 바닥을 계분벨트, 구멍이 있는 슬레이트, 왕겨로 구분하여 사육을 평가함
- 제1차 시작기를 시험한 결과 근본적 문제점이 발견되어 시작기를 처음부터 다시 설계하고 대상키우미 본사 마당에 2차 시작기를 재설치함. 그림 3은 제2차 시작기 설치과정을 주요 공정별로 나타낸 것임. 설명은 생략함.



기초공사



콘트리크타설



기계장비고정



케이지 골격 조립



게이지 조립



벨트장력장치조립



벨트장력장치



벨트 조립



사양장치 조립



유닛쿨러 설치



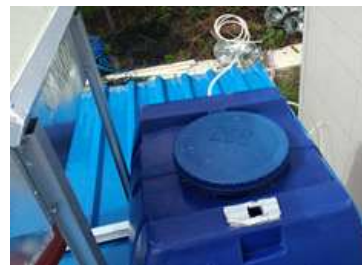
분진제거 장치 설치



케이지 내부 정비



열교환기 설치



사료/급수탱크 설치



마무리 작업

그림 3. 제2차 시작기 설치공사 공정

□ 제2차 시작기 개발

- 제2차 시작기의 외형은 그림 4와 같으며, 이를 이용하여 사육시험한 결과 개선이 확인된 것과 개선되지 않은 사항이 발견됨.



3차시작기 전면(유닛쿨러 부착)



3차 시작기의 전면(공기조화기 연결)

그림 4 2차 시작기의 외형

- 제2차 시작기에서 케이지 일부를 수정하여 여러 가지 케이지 바닥을 시험한 결과중 일부를 예시로 표시하면 표 1과 같으며, 케이지 바닥에 구멍이 있는 슬레이크나 망을 활용하는 것이 최적이라는 결론을 얻음

표 1 케이지 바닥선정을 위한 시험기록(초반부 일부 예시)

"벨트"사육 100수 니플+수반(워터컵) 벨트에사료공급	"벨트"사육 100수 니플 벨트에사료공급후급이기 공급	"망"사육 50수 수반	"왕겨"사육 50수 니플
입추 평체 : 50g	입추 평체 : 50g	입추 평체 : 50g	입추 평체 : 50g
입추후 사료와 물마시고 돌아다님	입추후 사료와 물마시고 돌아다님	입추후 사료섭취후 골고루 퍼져서	입추후 사료섭취후 모여서 잡을잡
산만하다	산만하다	잠을 잠.	
취출구 방향으로 물림	취출구 방향으로 물림	골고루 퍼짐	취출구 방향으로 물림
벨트방향으로 공기를 최소화하고 제일하부(바닥방향)쪽으로 바람을 가장 많이 공급 - 성장속도에 맞추어서 개.폐여부 판단			
벨트온도 : 33.0°C	벨트온도 : 31.7°C	벨트온도 : 31.7°C	벨트온도 : 31.7°C
취플구 온도 : 34.5°C	취플구 온도 : 35.2°C	취플구 온도 : 35.7°C	취플구 온도 : 35.7°C
벨트 온도를 36°C 상승해야 병아리들이 편안하고 물림현상이 없음			
폐사 : 2마리			폐사 : 1마리
2day	2day	2day	2day
취출구 풍속 : 7m/sec	취출구 풍속 : 7m/sec	취출구 풍속 : 7m/sec	취출구 풍속 : 7m/sec
1~5단 취출구 풍속 : 7m/sec			
5단 벨트온도는 취출공기온도와 동일 - 아래로 내려오지 않고 BDD방향쪽으로 흘러감			
4day	4day	4day	4day
병아리 배쪽 털 전부 빠짐	병아리 배쪽 털 전부 빠짐	배쪽 털 변화 없이 많음	배쪽 털 변화 없이 많음
-계분 영향으로 인해 탈모발생 추측	-계분 영향으로 인해 탈모발생 추측		
병아리가 지저분 해짐	병아리가 지저분 해짐		
벨트가 지저분 해짐	벨트가 지저분 해짐		
오전10시경PVCDUCT하 부캡개방	PVCDUCT하부캡개방	PVCDUCT하부캡개방	PVCDUCT하부캡개방
PVC DUCT 하부 개방후 5단과 1단의 온도차 1°C이내로 좁혀짐			
80g ~90g	80g ~90g	80g ~90g	80g ~90g(다소 작아보임)
폐사 : 1마리(끼임폐사)	폐사 : 1마리		

6day	6day	6day	6day
120g	120g	120g	120g(다소 작아보임)
카라멜퐁 보임	카라멜퐁 보임	배쪽 털 변화 없이 많음	배쪽 털 변화 없이 많음
병아리가 항문 지저분함(20마리중1마리)	병아리가 항문 지저분함(20마리중1마리)		
등털이 빠지기 시작함	등털이 빠지기 시작함		
벨트가 지저분 해짐	벨트가 지저분 해짐		
오전10시경PVCDUCT하 부캡개방	PVCDUCT하부캡개방	PVCDUCT하부캡개방	PVCDUCT하부캡개방
폐사 : 1마리(항문막힘)			
7day	7day	7day	7day
120g	120g	120g	120g(다소 작아보임)
카라멜퐁 보임	카라멜퐁 보임	배쪽 털 변화 없이 많음	배쪽 털 변화 없이 많음
병아리가 항문 지저분함(20마리중1마리)	병아리가 항문 지저분함(20마리중1마리)		
등털이 빠지기 시작함	등털이 빠지기 시작함		
벨트가 지저분 해짐	벨트가 지저분 해짐		
오전10시경PVCDUCT하 부캡개방	PVCDUCT하부캡개방	PVCDUCT하부캡개방	PVCDUCT하부캡개방
폐사 : 1마리(항문막힘)			

- 제2차 시작기에서 개선된 것은 컨테이너 내부의 온도를 균일하게 하는 것으로 상부와 하부의 온도 차를 1°C 미만으로 유지하는 것이 가능하다는 것이며 해결되지 못한 것은 청소장치가 생각보다 성능이 낮아 개선이 필요하고 열교환기에 누적되는 분진을 효과적으로 제어하지 못하면 공기조화 성능에 문제가 발생할 것을 예측할 수 있음.
- 조명에 대한 부분을 제대로 점검하지 못하여 빨리 점검해야 함.

□ 제3차 시작기 개발

- 제2차 시작기에서 많은 문제점이 발견되어 3차 시작기를 개발하고 있으며 개선하는 항목은 다음과 같음. 2차 시작기와 3차 시작기를 동시에 운영함으로써 연구개발 속도를 빠르게 할 것으로 예상됨
 - 유닛쿨러에 내부공기 재순환을 위한 재순환 댐퍼와 외기흡입 댐퍼 설치
 - 유닛쿨러의 흡기덕트와 배기덕트 위치 조정
 - 배기덕트에서 케이지 각 셀에 공급하는 배기관과 배기구멍의 크기 및 위치
 - 유닛쿨러 흡기덕트에 분진제거기 부착
 - 컨테이너 배출공기를 에 배기





3차 시작품 제작(2020년 9월 20일~ 11월 30일)

- 1차시작품 문제점 보완을 위하여 사육바닥 망구조 설치
- 공조시스템 및 계분처리 장치 설치하여 사육테스트 예정(12월)

- 제3차 시작기는 1차와 2차 시작기의 문제점을 개선하였으며 그림 6은 설계도면을 나타낸 것이다.

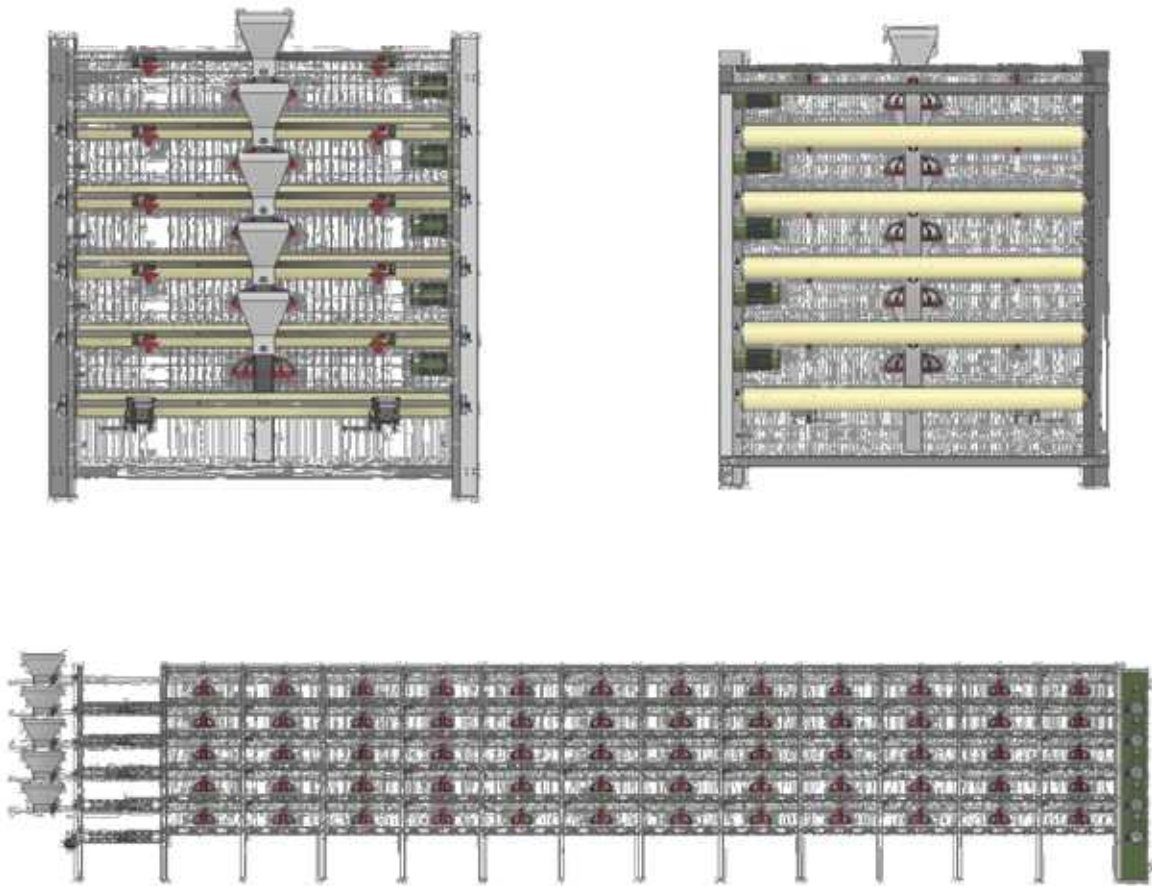


그림 6. 제3차 시작기 내부설계도

□ 최종 제품

- 본 케이지형 육계사는 단동이기 보다는 여러 개를 연동하여 사용하는 것이며, 연동하는데 필요한 부분은 연구범위에 포함되지는 않지만 동시에 추진되고 있음
- 우리나라 기후에서 냉방과 난방부하를 줄이기 위한 설계를 하고 있으며 최종적인 모습은 그림 7과 같을 것으로 예상됨

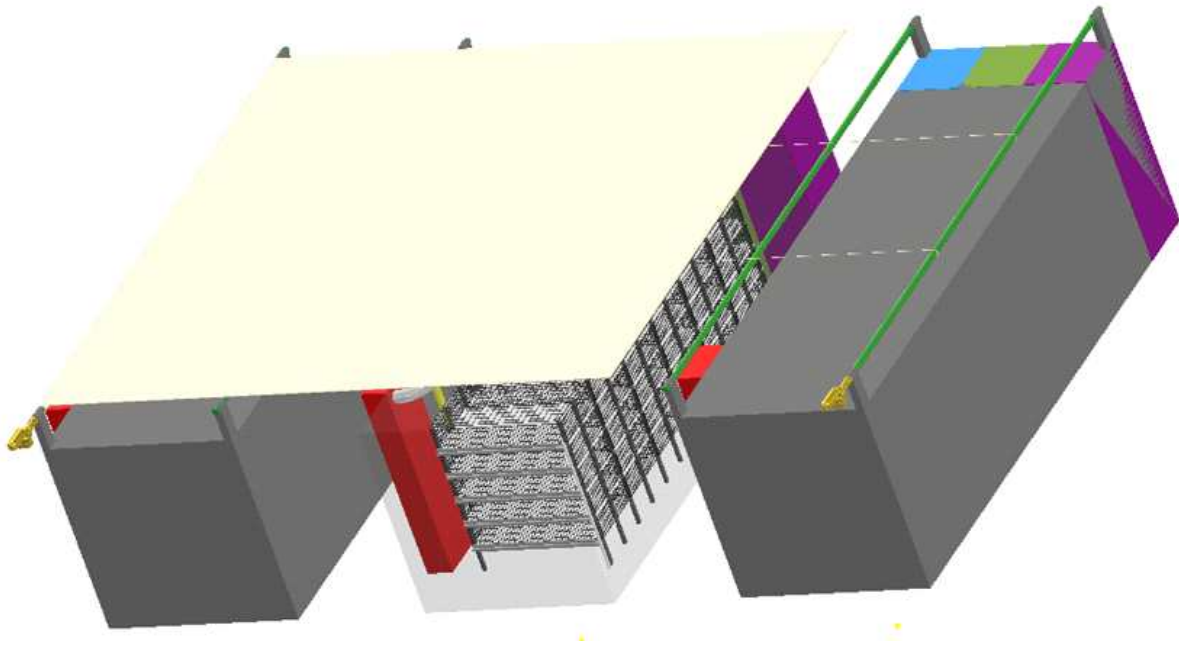


그림 7. 3개의 옥계사를 연동한 경우

[결과 요약]

제1차 시작기 평가에서 근본적 문제가 발생하여 당초 계획과 달리 시작기를 2차와 3차에 걸쳐서 제작 중에 있으며 2020년 동절기 이후 두가지 옥계사를 동시에 활용하게 되어 연구진행을 빠르게 할 것으로 예상되며 각종 센서와 자동화 장치를 제3차 시작기부터 적용하면 2021년과 2022년에 실용적 모델이 완성될 것으로 기대됨

[성과물]

제2차 시작기와 제3차 시작기 (1차 시작기는 해체함)

[연구 주제] 풍하중, 설하중 조건에서의 육계사 콘테이너 구조 해석

[목표] 강풍, 폭설에 의한 가혹 조건에서 밀폐형 육계사 콘테이너 구조에 가해지는 응력을 해석하고 취약 부위에 대한 보강을 수행함

[결과 보고]

□ 국내 강풍, 적설 현황 파악

- 지역에 따라서 강풍이나 폭설로 인해 육계사 콘테이너가 날아가거나 무너질 수 있기 때문에 지역별 풍속, 적설량을 조사함
- 바람이 많이 부는 지역으로는 44 m/s의 제주, 38 m/s의 부산 등이 있으며, 적설량이 많은 지역으로는 10 kN/m²의 울릉도, 5kN/m²의 평창 등이 있음.
- 이를 고려하여 가혹 조건으로 풍하중은 2 kPa, 설하중은 3.36 kPa로 설정하고 콘테이너 구조해석을 수행함.

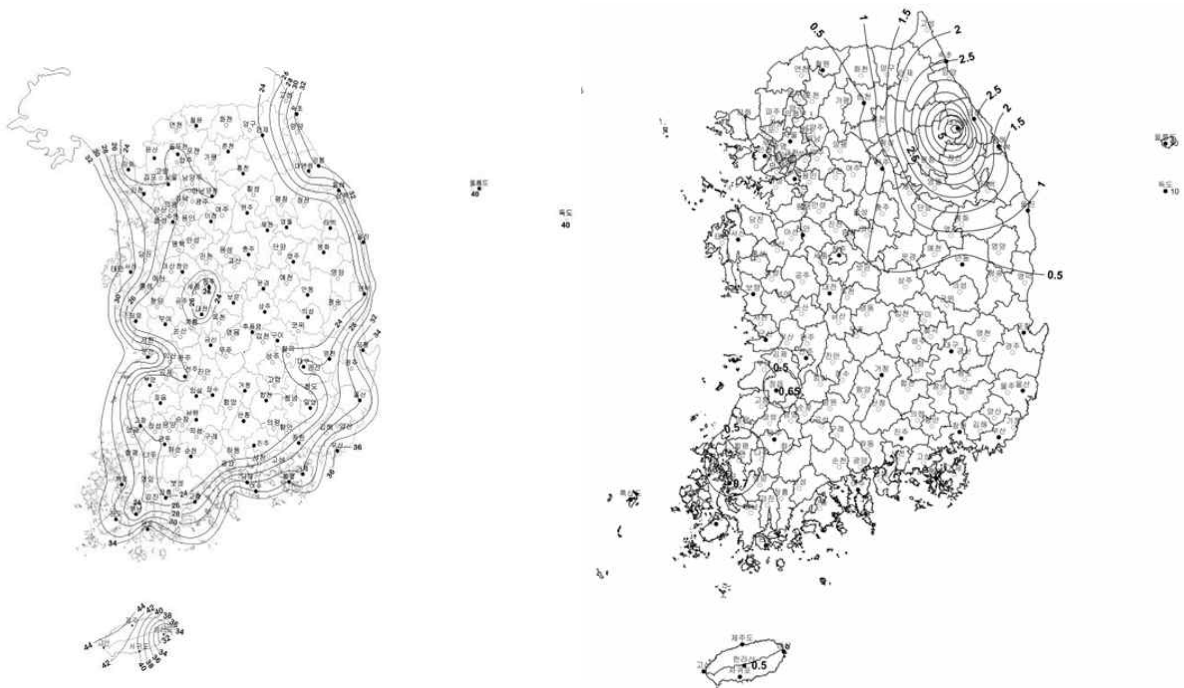


그림 1 지역별 기본 풍속, 적설하중 (건축구조기준 설계하중, 국토교통부)

□ 콘테이너 구조 해석

- 3D CAD 프로그램 내에서 샌드위치 패널 방식의 콘테이너 구조를 반영하여 설계를 진행.
- 실제 크기를 참고하여 길이 19m, 높이 3.2m, 폭 3.8m로 설계하고 사각 프레임을 연결하여 보강하고자 하였음.
- 시뮬레이션 해석 결과로 콘테이너 구조에 가해지는 최대 응력 및 최대 변위를 파악하여 취약점을 파악함.

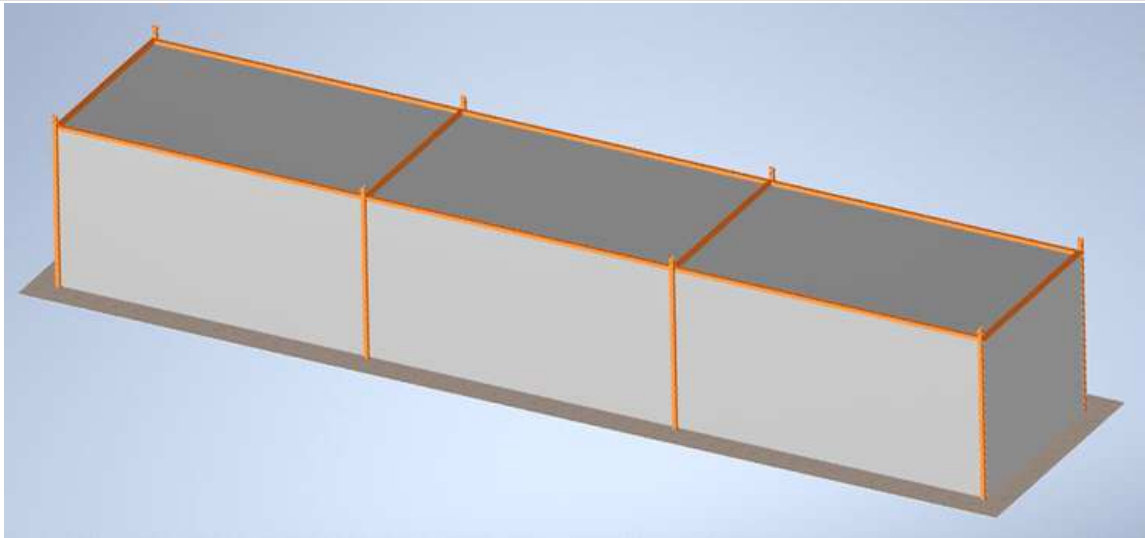


그림 2 시뮬레이션 해석을 위한 컨테이너 구조물

□ 시뮬레이션 결과

- 풍하중, 설하중 조건에서 프레임이 없는 구조와 프레임이 있는 구조를 비교하기 위하여 아래 예시와 같이 응력, 변위 결과를 분석.
- 프레임이 추가되는 경우 변형이 줄어들어 안정적인 구조가 되며 프레임에서 힘을 지지하게되어 응력 집중이 발생함.
- 취약 부위인 지면과의 결합 부위에 추가적인 보강대가 필요할 것으로 예상되어 추가적인 설계와 해석을 진행함.

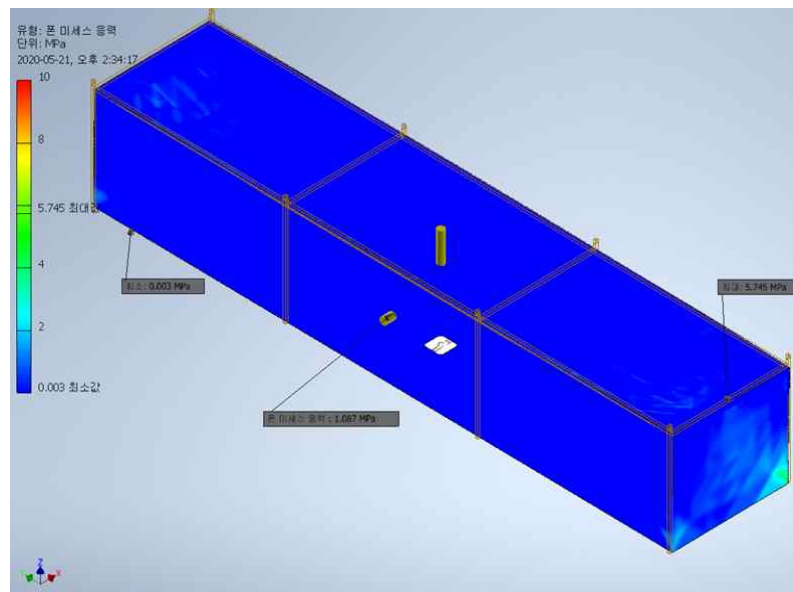


그림 3 풍하중 적용시 컨테이너 응력 해석 결과 분포

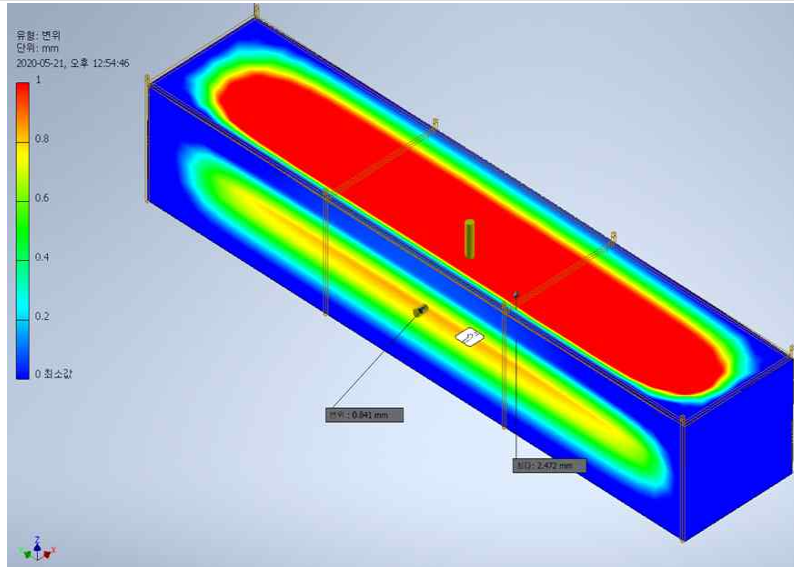


그림 4 풍하중 적용시 컨테이너 변형 해석 결과 분포

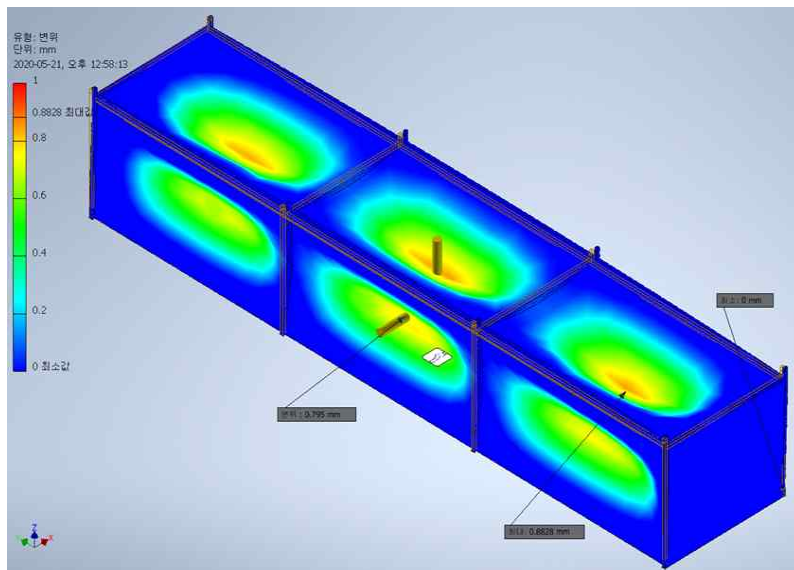


그림 5 풍하중 적용시 프레임 보강으로 인한 변형 감소

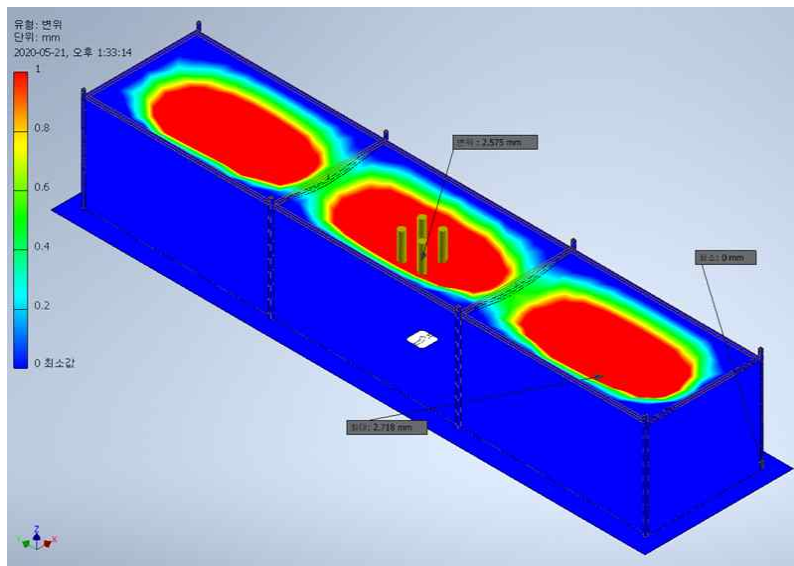


그림 6 설하중 적용시 상판 처짐 발생

□ 컨테이너 보강 앵글 추가

- 컨테이너 구조의 바닥 부분에 보강을 위해 추가하고자 하는 앵글 플레이트를 선정.
- 프레임에 앵글 플레이트를 보강한 경우 구조 해석 결과의 차이를 비교함.

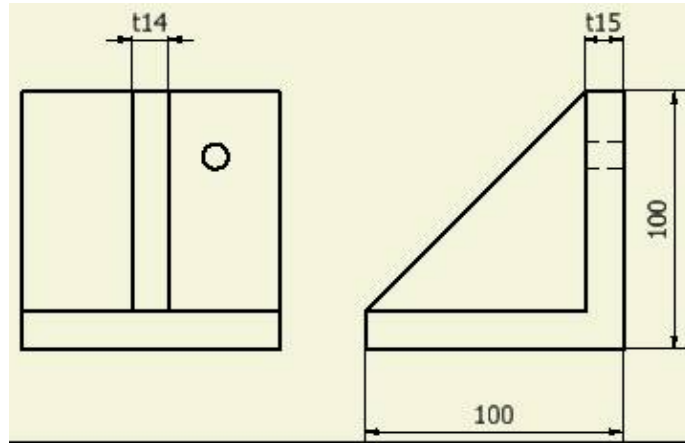


그림 7 앵글 플레이트 도면

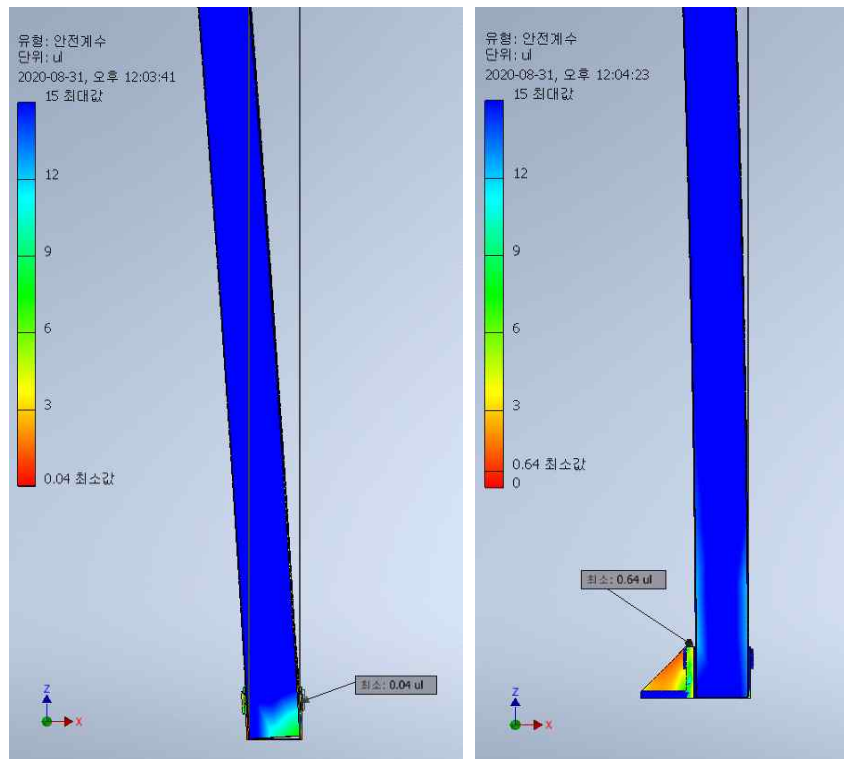


그림 8 앵글 플레이트 추가에 따른 구조 해석 결과 비교

[결과 요약]

- 실제 육계사 컨테이너는 크기와 재료를 고려하여 구조 해석 시뮬레이션을 수행하였음.
- 아래 표와 같은 응력, 변위 해석 결과를 도출하였으며, 프레임의 구조 지탱 효과를 확인함.

표 1 육계사 컨테이너 응력 해석 결과

	프레임 없음		프레임 있음	
	최대 응력 (MPa)	최대 변위 (mm)	최대 응력 (MPa)	최대 변위 (mm)
풍하중 (2kPa)	5.745	2.472	734.1	0.8828
설하중 (3.36kPa)	40.02	7.682	149.5	2.718

- 컨테이너 구조 해석 결과에서 취약한 지점으로 파악된 지면 결합부분은 앵글 플레이트를 추가하여

보강함.

- 밀폐형 육계사의 구조에 프레임 및 앵글 플레이트를 추가하여 국내의 바람, 눈에 의한 하중에는 안전하게 버틸 수 있을 것으로 예상됨.

[연구 주제] 공기조화시스템의 육계사육에 대한 적정성 평가

Appropriateness evaluation of Air-Conditioning System in Broiler

[목표]

현재 밀폐형 육계사육에 설치되어 있는 공기조화시스템의 적정성을 온도의 분포를 기준으로 공기 혼합이 잘 이루어지는지 평가하고자 함.

[결과 보고]

□ 온도 센서

온도 센서는 크게 열전대 (Thermocouple), RTD (Resistance Temperature Detector), NTC(Negative Temperature Coefficient thermistor) 3가지 방식으로 구분됨. 열전대 방식의 경우 폐회로에서 발생하는 기전력을 측정하는 방식으로 빠르고 넓은 측정이 가능하지만, 정밀도가 낮음. RTD 방식은 백금의 온도변화에 따라 증가하는 전기저항을 측정하는 방식으로 안정성, 재현성, 정밀도가 높지만, 반응 속도가 느린 특징을 가짐. NTC 방식은 온도에 따라 감소하는 저항을 이용하여 온도를 측정하는 방식으로 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있지만 온도범위가 좁고, 반응속도가 느린 단점을 가지고 있음.

이 실험에서는 RTD 방식에서 100Ω의 백금을 이용하는 PT100용 센서를 사용하였음.

□ 센서의 위치 및 원자료

케이징 내의 각 가로 4개의 열과 세로 5개의 단 사이의 차이를 확인하기 위해 센서를 설치하였음. 2020.07.10. 15:01 ~ 2020.07.13. 09:03에 진행된 1번째 실험에서는 13개의 센서를 사용하였으며 그 위치는 아래 그림 1과 같음.

벨트		벨트	망	왕겨	사용안함	
		B5			X	
		S05●B5_b				
		B4				
		S04●B4_b				
		B3				
		S03●B3_b				
	A2 S10●A2_p	B2	C2 S12●C2_p			
		S02●B2_b				
	A1	B1	C1	D1		
Z0_k S09●	S06●A1_b	S11●B1_p S01●B1_b S13●B0_k	S07●C1_b	S08●D1_b		

그림 1 7.30~7.31 센서 위치 (b는 벨트부, p는 토출부, k는 공기중)

2020.08.13. 00:00 ~ 2020.08.16. 12:00에 진행된 2번째 실험에서는 16개의 센서를 사용하였고 그 위치는 아래 그림 2과 같음.

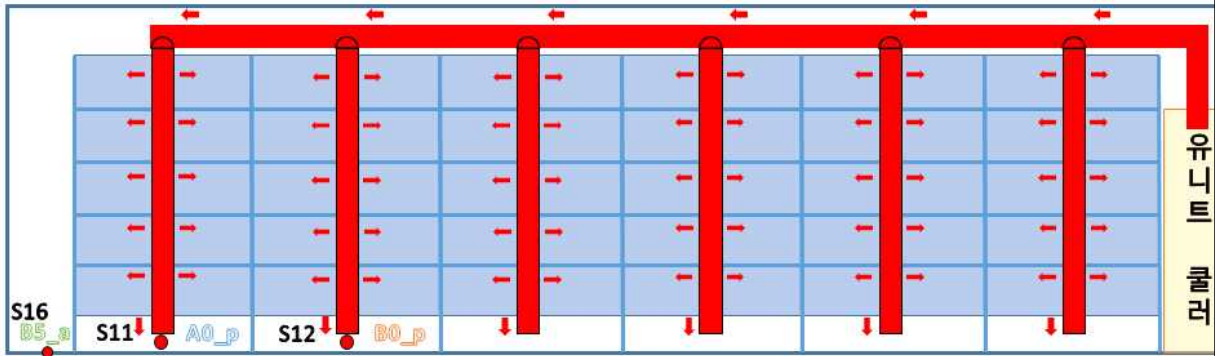


그림 2 8.13~8.16 센서 위치 (b는 벨트부, p는 토출부, k는 공기중)

각 센서 별로 1번째 실험에서 측정된 온도 값은 아래 그림 3과 같음. 각 자료의 점은 5분 간격으로 찍혀있음.

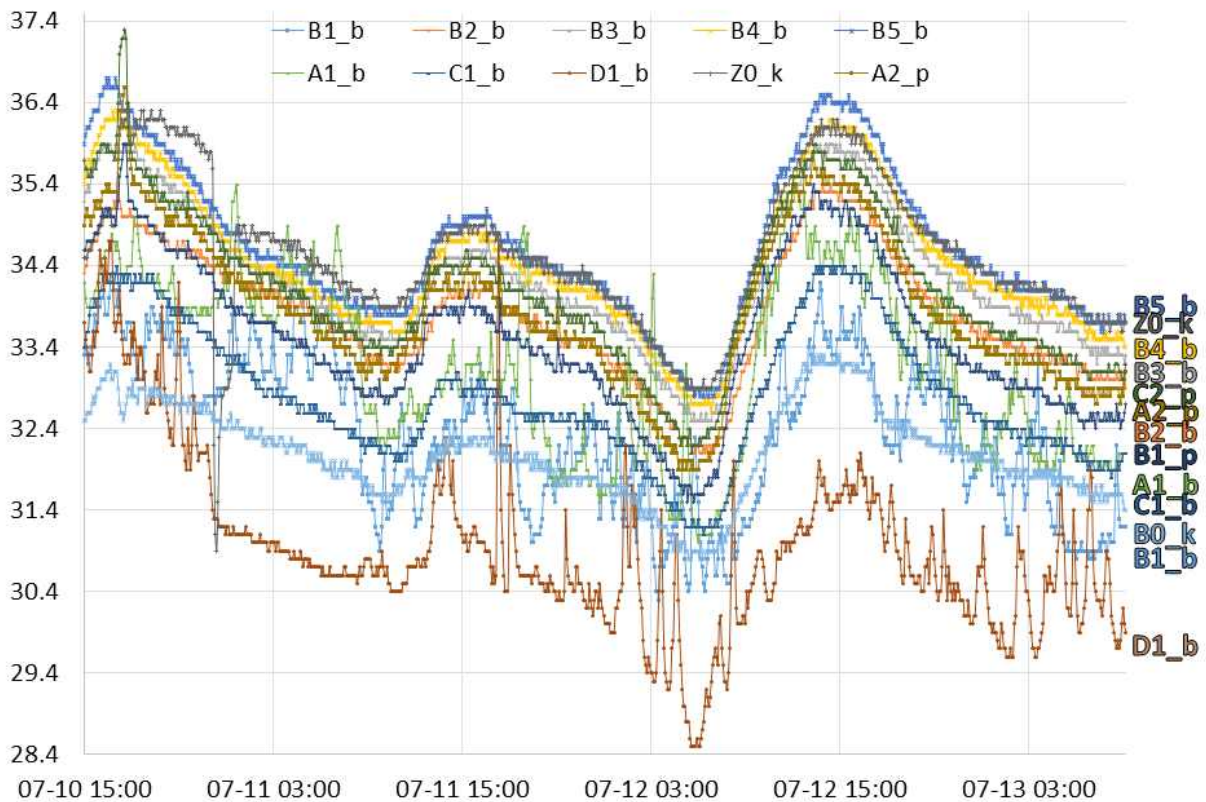


그림 3 7.10~7.13 센서별 5분 간격 온도값 자료

□ 사후 검정

사후검정(Post-Hoc test)방법에는 여러 가지가 있지만 그중에서 가장 많이 사용하는 4가지 방법이 Duncan, Tukey, Bonferroni, Scheffe가 있는데 그 중에서 Duncan은 집단을 분리시키려는 성격이 가장 강하고, Scheffe는 가장 보수적으로 집단을 소극적으로 분리하여 서로 집단을 분리시키는 방식이

가장 극명하게 갈림.

5분 간격
온도 값
비교

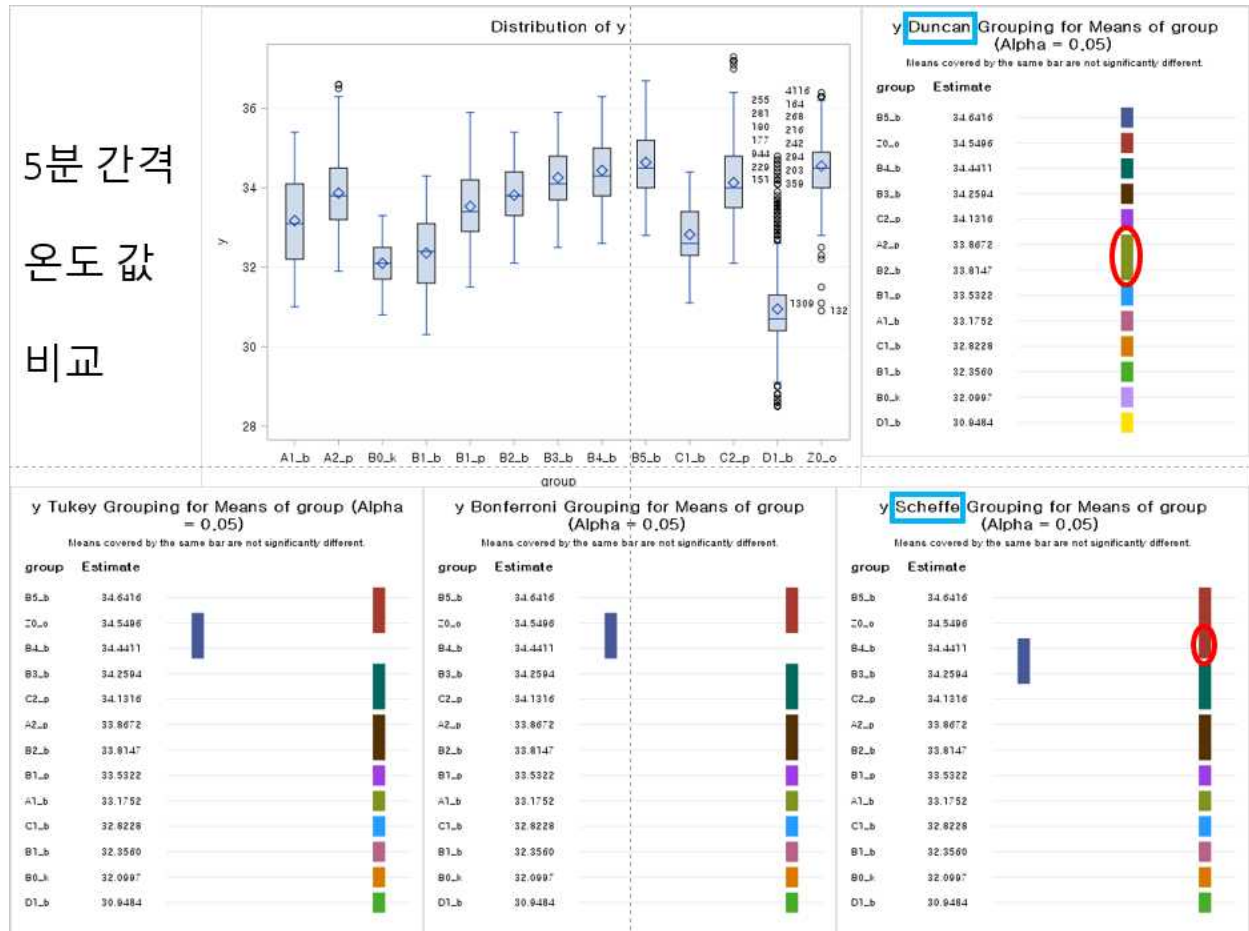


그림 4 7.10~7.13 5분 간격 온도 실측값 사후 검정 비교
Boxplot(중상), Duncan(우상), Tukey(좌하), Bonferroni(중하), Scheffe(우하)

위 그림 4은 그림 3의 5분 간격 온도 실측값을 SAS 9.4 (TS1M5)을 이용하여 사후검정한 결과로 Duncan 방식의 경우 집단의 수가 가장 많고 Scheffe 방식은 집단을 가장 적게 나눈 것을 볼 수 있음. 그러므로 13가지 센서들의 온도 값을 사육방식(열)과 층(단), 측정부 별로 나누어서 Duncan과 Scheffe로 집단을 분리하여 보았음.

□ 1번째 실험 (7.30~7.31)

층별로 비교해 보았을 때 아래 그림 5와 그림 6와 같이 서로 하나의 그룹으로 묶이기 힘들 정도로 편차를 보여서 밀폐사 내부의 공기 유동이 일정하지 않고 서로 차이를 보이는 것을 알 수 있음. 이렇게 각 케이지마다 온도가 편차를 보인다면 육계의 성장이 고르지 않아 출하시기를 정하기 어려워지며 도축에도 어려움이 있어 상품성이 떨어지게 됨.

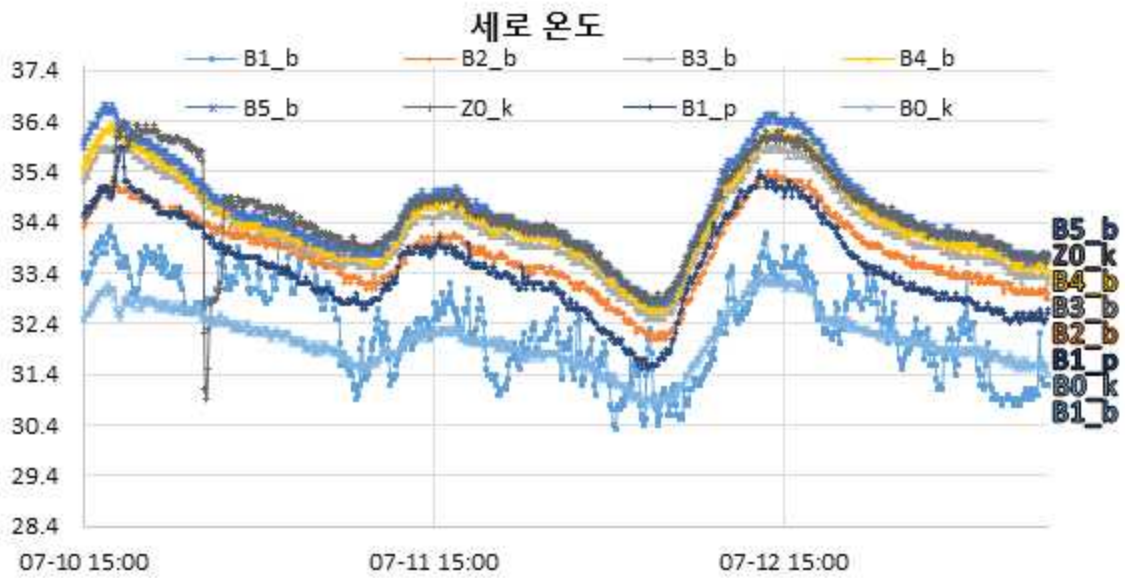


그림 5 7.10~7.13 층별(세로) 온도값 비교

SAS 시스템

The ANOVA Procedure

Duncan's Multiple Range Test for y

Note: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6352
Error Mean Square	0.734857

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8
Critical Range	.08429	.08875	.09173	.09394	.09567	.09708	.09827

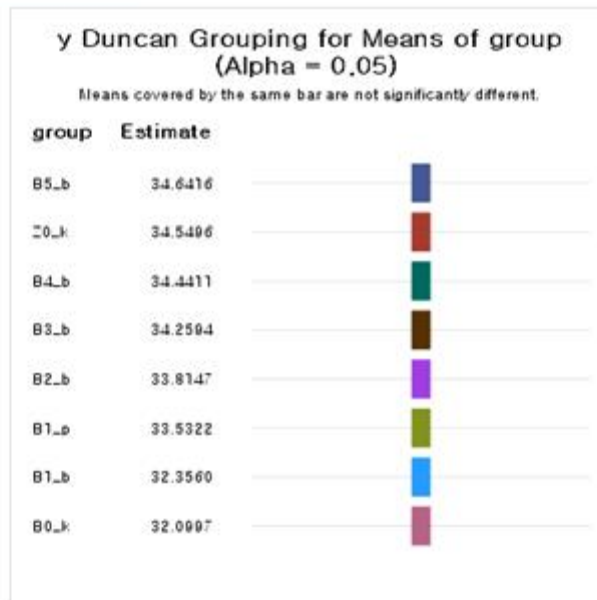


그림 6 7.10~7.13 층별(세로) 온도값 사후 검정

□ 문제 해결

그림 7과 같이 엘보우 관을 공기조화 장치 분배관 끝에 추가해 하단의 공기 흐름을 주었다.

그림 7 공기조화 분배기 엘보우관 설치

엘보우관을 설치하기 전에는 분배관의 끝이 그냥 아래 방향으로만 향하고 있어 나온 공기가 사방으로 퍼졌지만 엘보우관을 설치한 후에는 엘보우관을 빠져나온 공기가 바닥과 벽면을 타고 흘러 컨테이너 상부까지 도달하여 다시 분배관의 공기의 흐름에 따라 내부를 순환하게 되었음. 순환하는 공기를 확인하기 위해 스모그 머신(HN-500W)을 사용하여 아래 그림 8과 같이 공기 흐름을 관찰하였음.



그림 8 하단의 스모그가 벽면을 타고 상부에 도달한 모습

□ 2번째 실험 (8.13~8.16)

실제 온도값도 고르게 분포하는지 확인하기 위해 2번째 실험을 진행한 결과 아래 그림 9과 같은 결

과를 얻을 수 있었음.

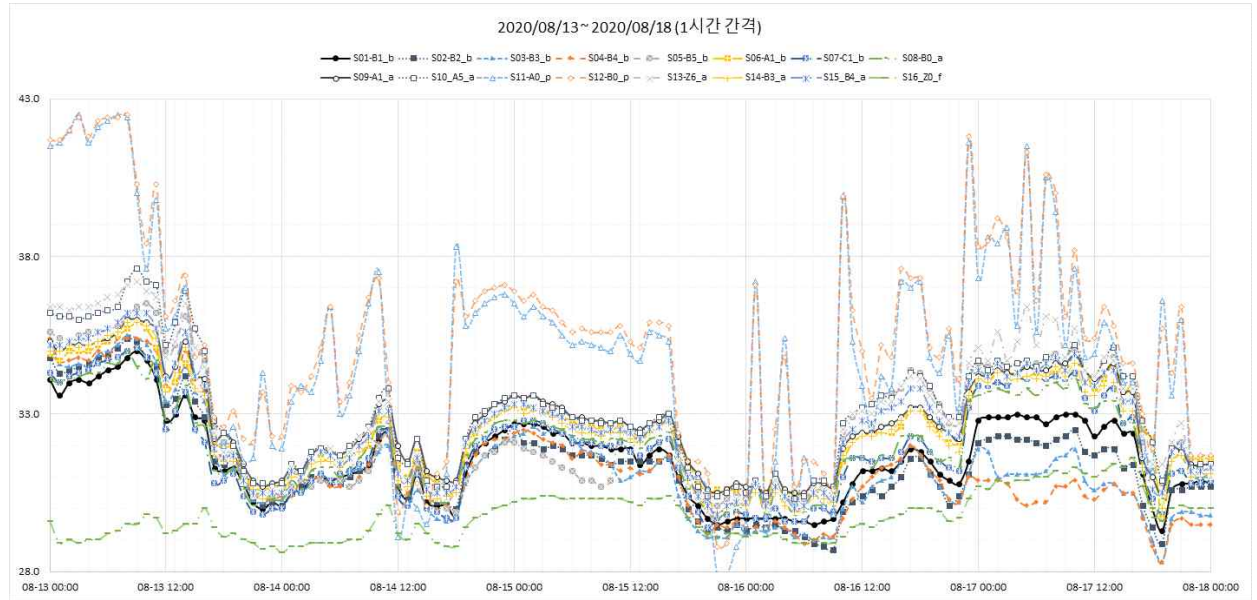


그림 9 8.13~8.18 센서별 1시간 간격 온도값 자료

SAS 시스템

The ANOVA Procedure

Scheffe's Test for y

Note: This test controls the Type I experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	1344
Error Mean Square	4.240542
Critical Value of F	1.67383
Minimum Significant Difference	1.5828

y Scheffe Grouping for Means of group (Alpha = 0.05)

Means covered by the same bar are not significantly different.

group	Estimate
812-B0_p	35.1153
811-A0_p	34.7047
810_A5_a	32.8035
809-A1_a	32.5706
813-Z6_a	32.5482
815_B4_a	32.3471
806-A1_b	32.3282
814-B3_a	32.1824
805-B5_b	32.0906
808-B0_a	31.7976
807-C1_b	31.6153
804-B4_b	31.5835
801-B1_b	31.5506
802-B2_b	31.4824
803-B3_b	31.4647
816_Z0_f	29.4412

그림 10 8.13~8.18 센서별 1시간 간격 온도값 사후검정

위의 그림 10는 16개의 센서의 1시간 간격 온도값을 Scheffe를 이용하여 검정을 한 결과임. 케이지 안의 온도를 재는 센서들은 서로 같은 그룹으로 묶이며 A열과 B열의 엘보우관에서 온도를 잰 S11과 S12센서의 그룹과 컨테이너 바닥의 온도를 잰 S16의 그룹과 다른 양상을 보인다는 것을 알 수 있음. 케이지 내부의 센서들이 같은 그룹에 묶인다는 것은 공기가 균등하게 분포되어 서로 비슷한 환경을 구축했다는 것을 의미함. 엘보우관의 온도를 재는 S11과 S12가 케이지 내부의 센서들과 다른 이유는 다른 센서들에 비해 바닥의 온도에 영향을 많이 받아서일 수도 있고 엘보우 관으로 배출되는 공기의 흐름이 강해서 센서가 흔들리면서 온도 측정값이 일정하게 나오지 않은 탓일 수도 있음.

[결과 요약]

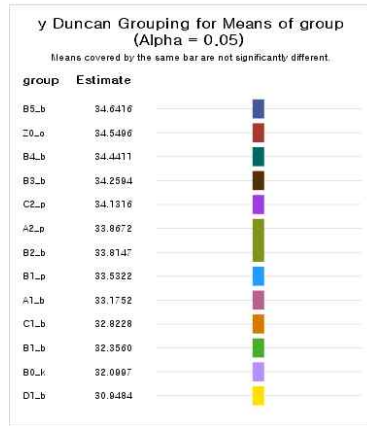
공기조화 중 온도의 균일성은 육계의 성장과 관련이 깊은 항목임.

균일성에 대해 평가하기 위해 통계의 사후분석 방법 중 Duncan과 Scheffe를 사용하였음.

1번째 실험에서는 케이지 내부의 온도가 균일하다고 볼 수 없었음.

그래서 공기조화 분배기 하단에 엘보우 관을 설치하여 스모그 머신으로 공기 유동을 확인한 결과 공기 순환이 원활하게 되고 있음을 확인할 수 있었음.

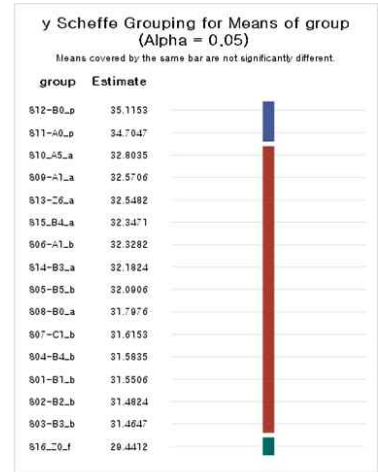
2번째 실험의 분석 결과 케이지 하단의 공기가 불안정한 것과 지면의 온도가 매우 낮은 것을 제외하고 나머지 케이지 내부의 온도는 서로 같은 그룹에 묶일 수 있을 정도로 균일하게 유지됨을 알 수 있었음.



설치전



엘보우관 설치



설치후

그림 11 실험 결과 요약

[연구 주제] 균일한 공기질을 얻기 위한 미세 환경 제어 기술 개발

Development of Microenvironmental Control System for Maintaining Uniform Air Quality

[연구 목표]

무창형 밀폐형 계사는 실내 환기 제어가 중요하다. 이산화탄소 농도는 병아리 시절의 폐사율과 성장률에 영향을 미칠 뿐만 아니라 실내 작업자의 건강에도 해로운 영향을 미친다. 본 연구의 목적은 균일한 공기질을 얻기 위하여 공기반사판을 능동제어 함으로써 컨테이너 내부의 열과 습도 분포를 제어하는 것으로서 공기반사판은 빠른 공기유속을 요구하는데, 실제로 사육실험을 한 결과 빠른 유속이 병아리 사육에 해롭다는 결론을 얻음에 따라 목표가 수정되었다. 본 연구에서는 환기 입출구 위치에 따른 환기 효율성 비교와 CFD 시뮬레이션을 통한 실내 모형에서의 공기 흐름을 분석하기 위한 기초 기술을 개발하고자 한다.

[결과 보고]

□ 1차년도 연구계획

1. **문제점** : 육계사는 길이가 긴 컨테이너 형식의 내부 공간에 컨테이너의 크기와 유사한 케이지를 설치하는데 케이지는 다층 구조이고 계분벨트가 수평으로 설치되어 벨트 상하간의 공기 유동을 차단하여 컨테이너 길이방향으로 공기를 순환시키기 어려워 컨테이너 단면으로 공기가 유동하도록 설계할 수 밖에 없다. 그러나 컨테이너 중심부에 케이지가 존재하므로써 컨테이너 단면의 외곽을 따라 공기를 순환하는 것은 어렵지 않으나 실제 병아리가 사육되는 케이지 공간은 공기가 정체되어 오염물질이 누적된다.

2. **제어목표** : 육계사 내부의 길이별 상중하 위치별 공기의 환경인자를 균등하게 유지하도록 공기를 순환시킨다.

3. 퍼지제어전략

전략 1 : 미세환경제어를 위하여 국부적인 환경 데이터가 필요하며 측정하는 환경인자는 건구온도, 습구온도, 이산화탄소농도, 암모니아농도 등으로 한다.

전략 2 : 공기가 완전히 혼합되면 공기의 여러 환경인자는 특정 값에 수렴될 것이므로 공기인자 중 하나지만 완전 혼합되면 나머지 환경인자도 혼합되었다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 측정하기 쉬운 건구온도를 변수로 채택한다.

전략 3 : 공기순환에 작동기는 공기팬만으로 부족하므로 순환에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 가변냉난방송풍기와 순환송풍기, 공기반사판을 이용하여 공기의 순환에 변화를 준다. (그림 1 참고)

전략 4 : 상 중 하층의 온도가 허용범위 이내에 존재하는 경우 균등한 것으로 인정한다.

전략 5 : 공기반사판의 조절에 대한 선행적 경험이나 전문가 지식이 부족한 상황이므로 제어규칙은 모형실험을 통하여 조절한다.

전략 6 : 미세환경제어를 위한 제어시간간격은 5분으로 하며 제어목표에 가까워지면 10분으로 하고, 제어목표치에 도달하면 이후 30분 간격으로 한다. 단 최초의 제어시간간격동안 공기반사판은 30초를 주기로 최대와 최소범위를 조화운동하며 순환송풍기는 작동한다.

4. 변수설정

독립변수 : 상부 온도(TU), 중부 온도(TM), 하부 온도(TL) upper, middle, lower

설정변수 : 허용온도차이(TDA) temperature difference allowable

퍼지제어변수 Fuzzy Variable: 공기반사판의 각도(ANG), 냉난방송풍기의 속도(REV)

온오프제어변수 : 순환송풍기의 작동여부(CF)

* CF=1 means fan ON, CF=0 means fan OFF.

5. 난방시 제어규칙

Rule 1 If [(TU - TM) > 2*TDA and (TM - TL) > 2*TDA]

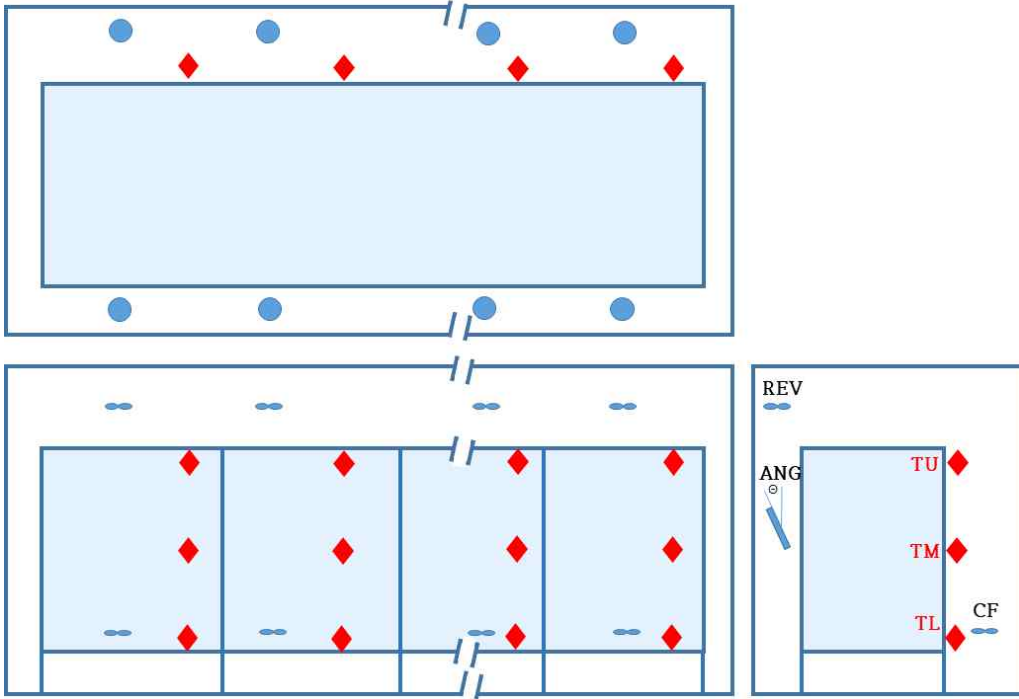


그림 12. 양계사 환경제어 변수들

then [ANG = ANG_1 and REV=REV_1 and CF=1] (상하간의 온도차가 설정목표에 크게 어긋난 경우)

Rule 2 If [(TU - TM) > TDA and (TM - TL) > TDA]
 then [ANG = ANG_1 and REV=REV_1 and CF=0] (상하간의 온도차가 설정목표에 작게 어긋난 경우)

Rule 3 If [(TU - TM) > 0.5*TDA and (TM - TL) > 0.5*TDA]
 then [ANG = ANG_1 and REV=REV_2 and CF=0] (상하간의 온도차가 설정목표에 약간 어긋난 경우)

Rule 4 If [(TU - TM) < 0.5*TDA and (TM - TL) < 0.5*TDA]
 then [ANG = ANG_1 and REV=REV_3 and CF=0] (상하간의 온도차가 설정목표에 만족하는 경우)

Rule 5 If [(TU - TM) < TDA and (TM - TL) > 2*TDA]
 then [ANG = ANG_2 and REV=REV_1 and CF=1] (중하간 온도차가 설정목표에 크게 어긋난 경우)

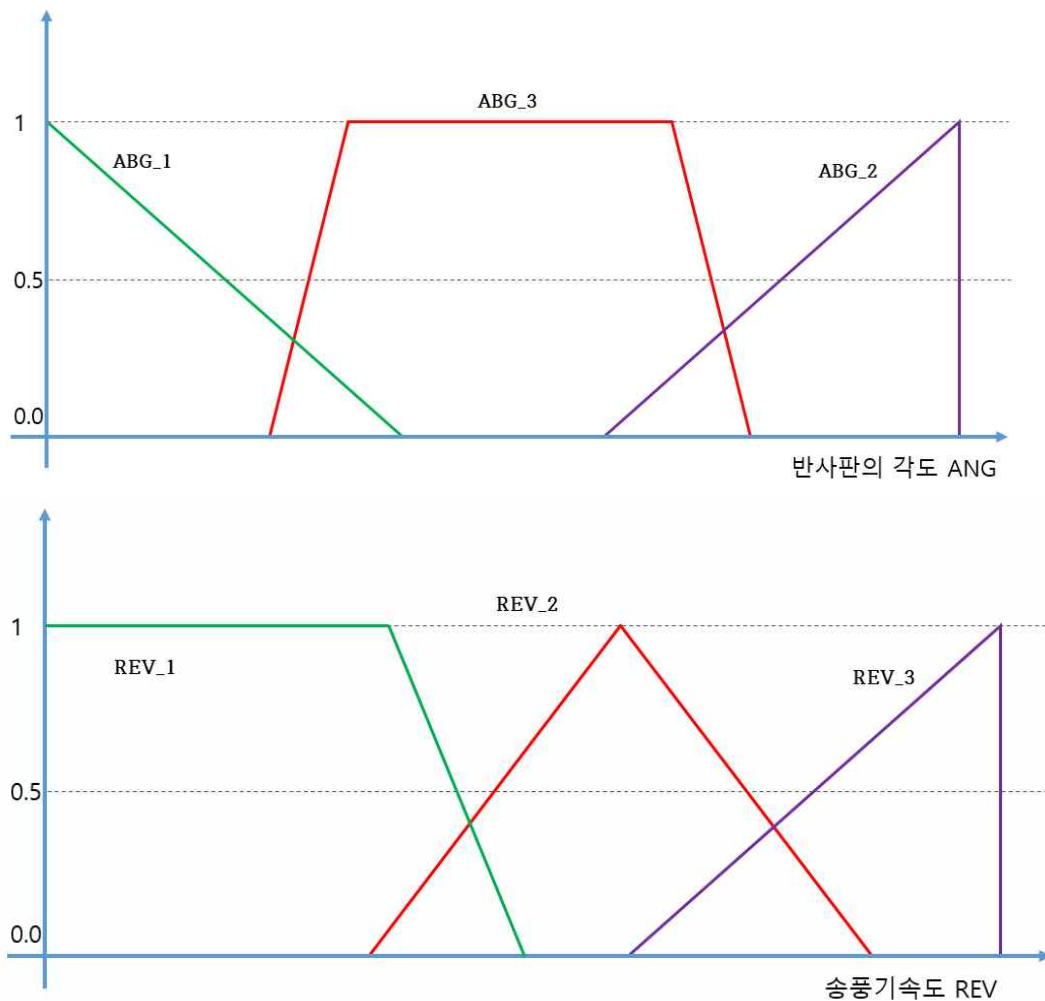
Rule 6 If [(TU - TM) < TDA and (TM - TL) > TDA]
 then [ANG = ANG_2 and REV=REV_2 and CF=0] (중상하간의 온도차가 설정목표에 작게 어긋난 경우)

Rule 7 If [(TU - TM) < 0.5*TDA and (TM - TL) > 0.5*TDA]
 then [ANG = ANG_2 and REV=REV_3 and CF=0] (중하간의 온도차가 설정목표에 약간 어긋난 경우)

Rule 8 If [(TU - TM) < 0.5*TDA and (TM - TL) < 0.5*TDA]
 then [ANG = ANG_3 and REV=REV_3 and CF=0] (온도차가 설정목표를 만족하는 경우)

6. 퍼지변수의 소속함수 설정

Note : 소속함수는 현재 추정이며 구체적 특성치는 모형실험을 통하여 결정함



밀폐형 계사의 환기 입출구 위치에 따른 효율성 비교 실험을 하기 위해 폭 30cm 길이 90cm인 실제 계사의 1:20 모형을 만들어 4개의 팬모터를 좌우 상·하단에 각각 2개씩 위치시켰다. 모형은 Autodesk사의 Inventor 프로그램을 통해 만들어졌으며 모형의 재질은 아크릴판을 사용하였다. 실험에 사용된 장치의 정보는 Table 1과 같다.

실험 장치는 Figure 1과 같이 연결을 하였다. 아두이노의 출력만으로는 모든 팬모터를 작동시킬 수가 없었기 때문에 부족한 전력을 공급하기 위하여 DC Power Supply를 추가적으로 사용하였다. Relay Module은 이산화탄소 농도에 따른 제어를 하기 위해서 2개가 사용되었다. 실험은 온도 25°C, 습도 60%인 환경의 모형안에서 이루어졌으며 모형 내에 이산화탄소를 6,000ppm까지 공급하였다. 2개의 릴레이를 한 번에 제어 하기 위해 마이크로컨트롤러인 아두이노를 사용하였다. 아두이노는 3,000ppm 이상에서는 두 쌍의 팬모터가 작동을 하고, 1,500ppm 이상에서는 한 쌍의 팬모터만 돌아가도록 Figure 2와 같이 프로그래밍을 해 주었다. 마지막으로는 Autodesk CFD 프로그램을 이용하여 팬모터의 입출구 변화에 따른 환경에서 실제 환기가 어떻게 이루어지고 있는지 시뮬레이션을 돌려 비교하였다.

Table 1. Device descriptions

Device	Description
	<p>Fan Motor (SZH-GNP513, China)</p>
	<p>Arduino (ARDUINO UNO REV3, Italia)</p>
	<p>Relay Module (SZH-EK082, China)</p>
	<p>CO2 Module (SCD-30, Germany)</p>
	<p>DC Power Supply (GA0520A-1, China)</p>
	<p>Closed Model House (Width 30cm Length 90cm Height 30cm)</p>

Figure 1. Device arrangement

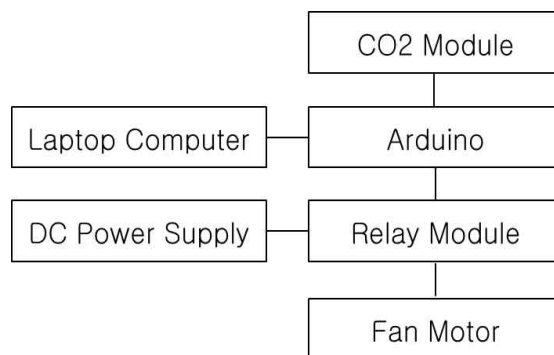


Figure 2. Arduino programming

```

void loop()
{
  if (airSensor.dataAvailable())
  {
    Serial.print("co2(ppm):");
    Serial.print(airSensor.getCO2());

    Serial.print(" temp(C):");
    Serial.print(airSensor.getTemperature(), 1);

    Serial.print(" humidity(%):");
    Serial.print(airSensor.getHumidity(), 1);

    Serial.println();
  }
  if (airSensor.getCO2(>1500)
  {
    digitalWrite(fan1, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(fan1, LOW);
  }
  if (airSensor.getCO2(>3000)
  {
    digitalWrite(fan2, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(fan2, LOW);
  }
  Serial.print(".");
  delay(1000);
}

```

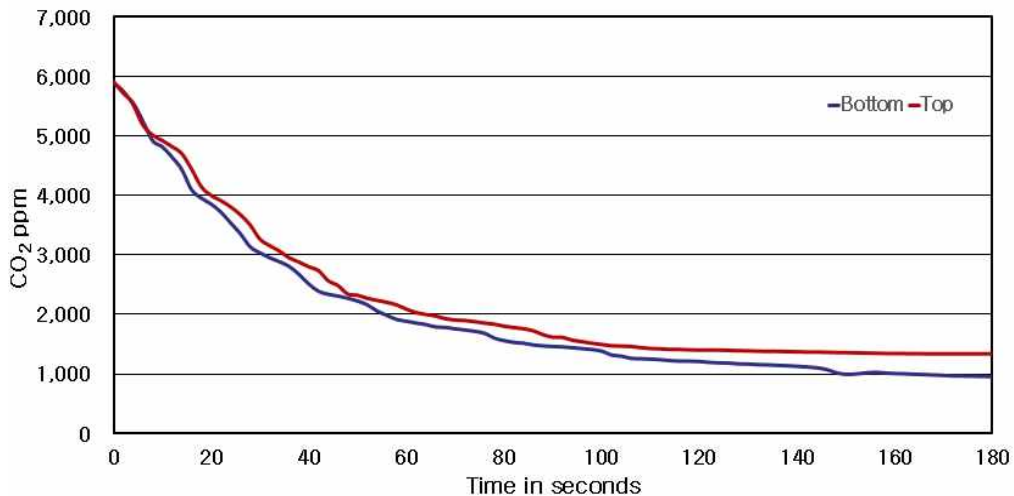
□ 모형 환기 실험 결과

이산화탄소 농도 값의 변화를 기울기 값으로 계산하고 차이를 비교해 보았다. Table 2와 같이 이산화탄소 농도가 6,000 ~ 3,000ppm 일 때, 환기 출구가 아래에 있을 때 위에 있는 경우보다 117% 효율이 좋은 것으로 나타났고, 3,000 ~ 1500ppm 일 때는 환기 출구가 아래에 있을 때 위에 있는 경우보다 121.37%, 마지막으로 1,500 ~ 1200ppm일 때는 129.55% 효율이 더 좋은 것으로 나타났다. 실제 데이터를 그래프로 나타내면 Figure 3와 같다. 이산화탄소의 농도가 낮아질수록 서로 간의 기울기 값 차이가 커지는 것을 확인 할 수 있다.

Table 2. Inclination value and Difference of Carbon dioxide (ppm)

PPM	6,000 ~ 3,000	3,000 ~ 1,500	1,500 ~ 1,200
Top Outlet	81.80	23.16	6.58
Bottom Outlet	96.00	28.11	8.52
Difference	117%	121.37%	129.55%

Figure 3. Change of Carbon dioxide concentration in relation to time for each outlet (ppm)



□시뮬레이션 결과

팬모터가 상단에서 하단으로 환기를 해 주는 경우에는 공기의 흐름이 환기 입구 부분에서는 순환이 잘 되었지만 출구의 하단 부분에서 순환이 되지 않고 그대로 출구 쪽으로 빠졌다. 팬모터가 하단에서 상단으로 환기를 해 주는 경우에는 환기 입구 부분에서의 순환이 마찬가지로 잘 되었지만 출구의 하단 부분까지는 공기의 흐름이 닿지 못한 것을 볼 수 있다. 이를 통해 모든 곳에서 공기가 순환되지 않아서 환기가 균등하게 이루어지고 있지 않는 것을 옆에서 바라본 모양의 Figure 4와 위에서 바라본 모양의 Figure 5에서 확인할 수 있다

Figure 4. Side view of CFD Simulation for Top outlet and Bottom outlet ventilation in Model house

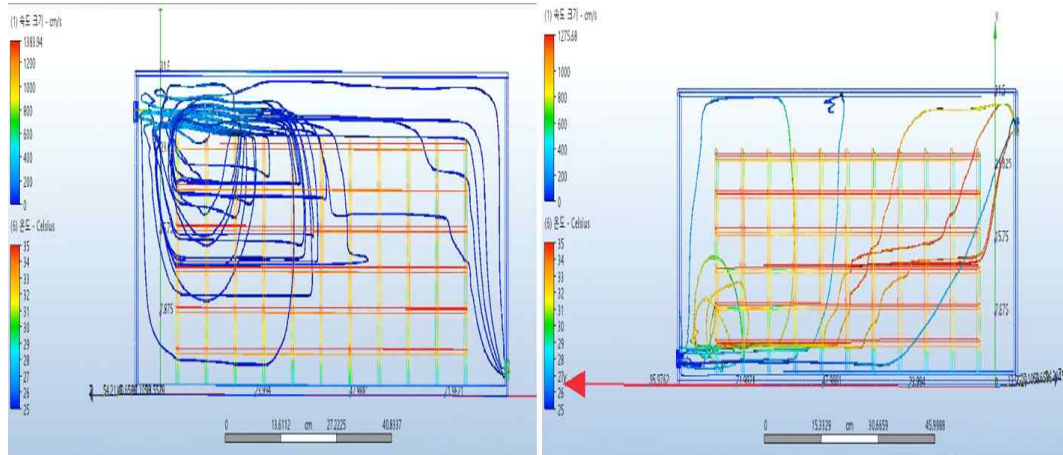
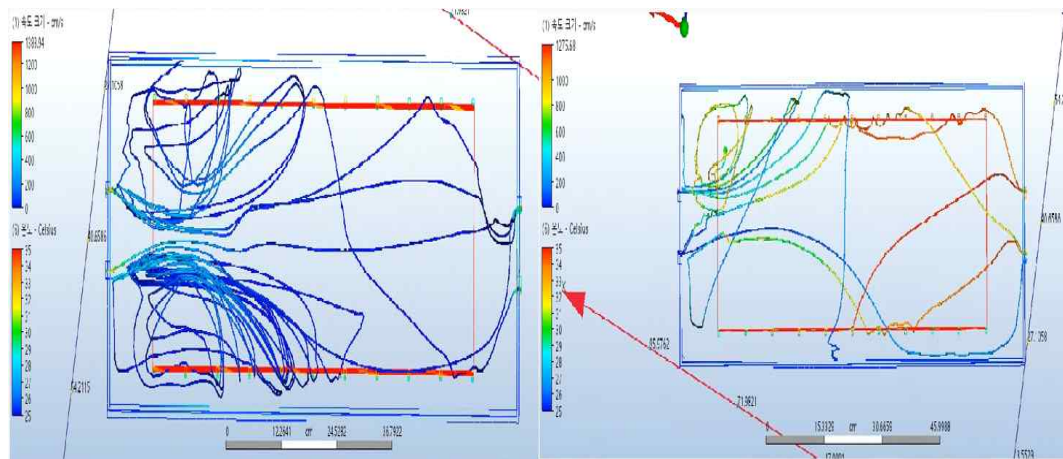


Figure 5. Top view of CFD Simulation for Top outlet and Bottom outlet ventilation in Model house



[결과 요약]

환기 출구가 밑에 있는 경우에 환기의 속도가 더 빠른 경향을 보여주는 이유는 이산화탄소가 공기의 다른 구성 성분들보다 무겁기 때문에 자연적인 환기가 영향을 미치는 것으로 보인다. 환기의 균등화를 위해서는 팬모터를 추가하고 모형 내에 반사판을 만들어 공기의 순환을 돕도록 해야 할 것으로 보인다. 또한, 이산화탄소 센서를 각 구역별로 추가하여 이산화탄소의 농도를 정밀하게 측정하여 제어하는 기술이 필요할 것으로 생각된다.

[성과물] 2020 한국농업기계학회 추계 학술대회 초록 제출

[연구 주제] 순환공기 분진제거 시스템의 개발

Development of Dust Removal System for Circulated Air

[목표] 밀폐형 육계사 내부의 분진을 효과적으로 제거하기 위한 방법을 연구하고 육계사를 위한 분진제거 시스템을 설계함

[결과 보고]

□ 사이클론 선행 연구

- 분진 제거를 위한 기술로는 중력 집진장치, 관성력 집진장치, 원심력 집진장치, 전기 집진장치, 여과 집진장치, 세정 집진장치 등이 있음.
- 여과 필터는 분진에 의해 막혀 공기 유동이 저해될 수 있으며 세정 방식은 습도가 증가하여 내부 환경 관리가 어려움. 중력 및 관성력을 활용한 공기실, 원심력 및 전기 집진장치가 밀폐형 육계사에 적용될 수 있음.
- 집진장치에 관하여 “집진기능을 가지는 팬 모듈과 이에 사용되는 집진장치”, “축류식 싸이클론 집진장치”, “축류형 집진기 및 축류형 집진기용 전처리집진장치” 등의 특허도 조사되었음.

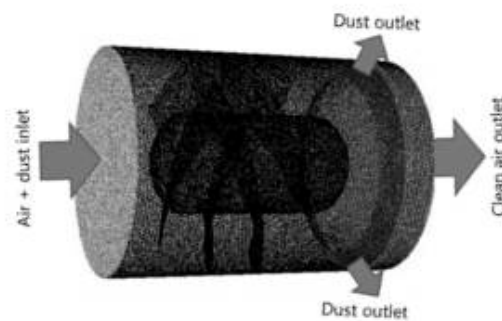


그림 1 미세먼지 제거용 사이클론 (김진관 등, 2008)

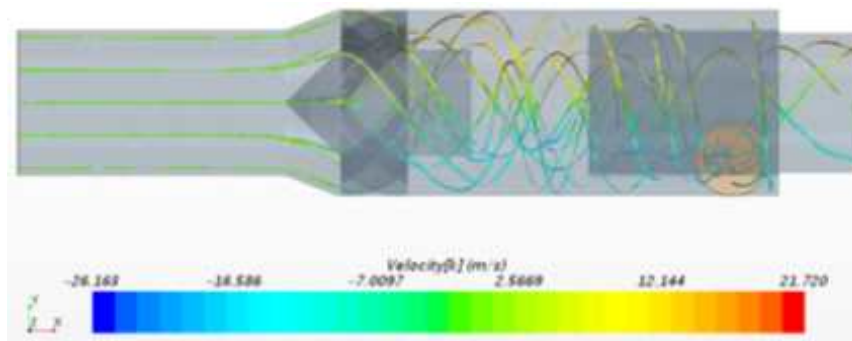


그림 2 집진기 유동해석 (원종운 & 김용일, 2019)

□ 공조 및 사이클론 시스템 공기 유동 해석

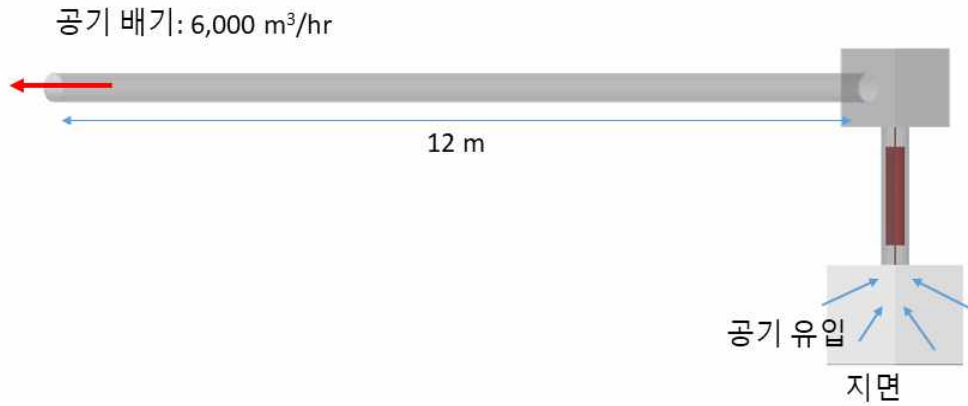


그림 3 유동 해석을 위한 공조 시스템의 구조

- 공조 시스템에 유입되는 공기에 대하여 CFD 유체 해석을 수행함.
- 내부 공기 유속 및 압력 분포를 파악하였으며 사이클론 시스템을 연결하여 공조 시스템의 음압을 활용할 수 있을 것으로 판단함.

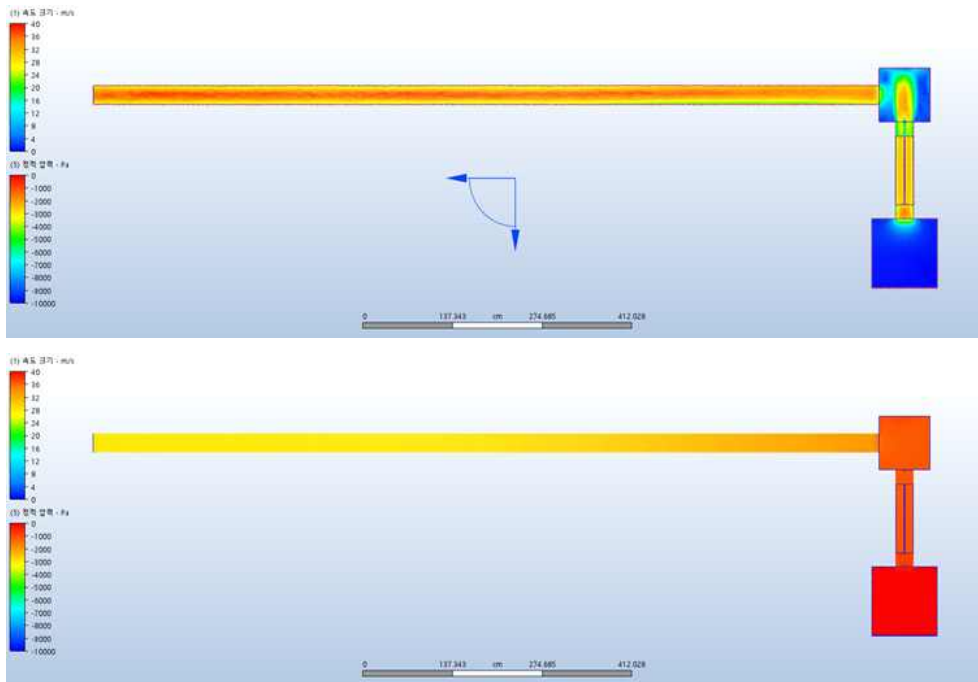


그림 4 공조 시스템의 속도, 압력 분포

- 일반적인 사이클론에 대한 유체 흐름 해석을 위 공조 시스템 유량 조건에서 수행함.
- 사이클론 내 공기 유동을 보면 공기가 선회하여 분진에 원심력이 작용하여 분리가 될 수 있을 것으로 보았으며 분진이 침전되는 부분은 공기가 정체되어 있어 비산이 발생하지 않는 안정적인 구조인 것을 확인함.

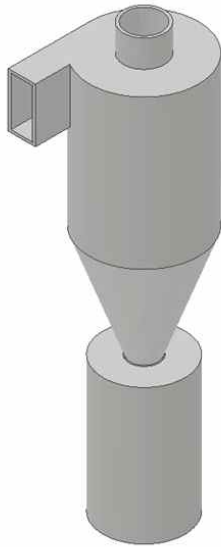


그림 5 접선 유입식 사이클론 형상

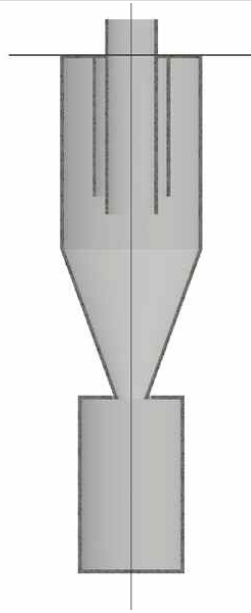


그림 6 축류식 사이클론 형상

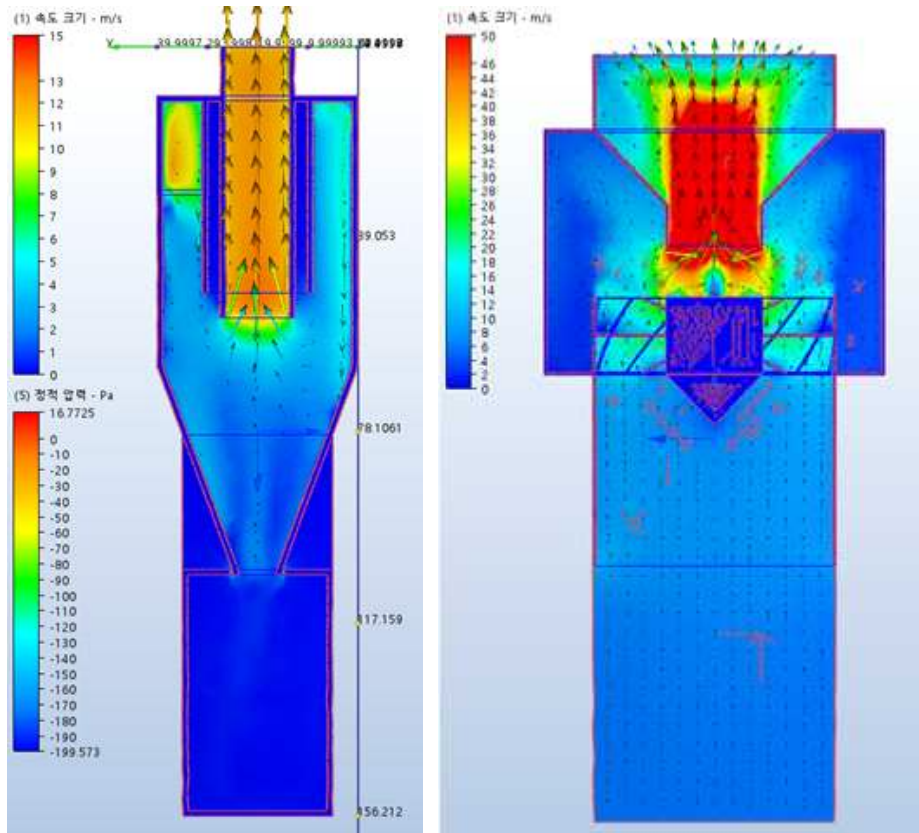


그림 7 사이클론 내 유체 흐름 해석

□ 사이클론 분진 해석

- 공기 유동을 CFD로 해석한 다음 해당 공기 유동에서의 분진의 움직임을 파악하기 위해 입자 거동 해석 프로그램 EDEM을 활용하여 분진을 구현하고 침전되는 것을 파악함.
- 축류식 사이클론에서 날개 및 분진 포집부 등 다양한 요인에 따라 분진 포집 효율이 달라지므로 해석 결과를 비교하여 최적 설계를 도출.

Time: 0 s
EDEM
As I DEMO!

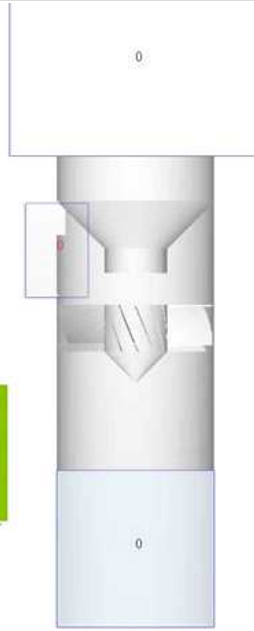
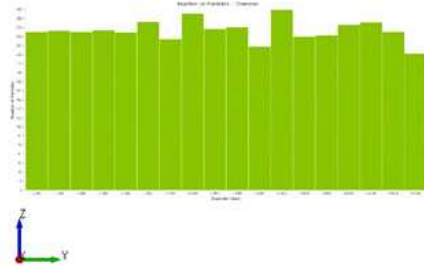


그림 8 EDEM을 이용한 분진 거동 해석

- 선회 날개 각도에 따라 CFD 해석을 수행한 결과, 공기유동에 차이가 확인됨.
- 선회 날개가 30도로 경사가 더 큰 경우일수록 내부 공기 유동이 더 크게 나타났으며 분진의 원심력은 커지지만 비산이 발생할 가능성이 있음.

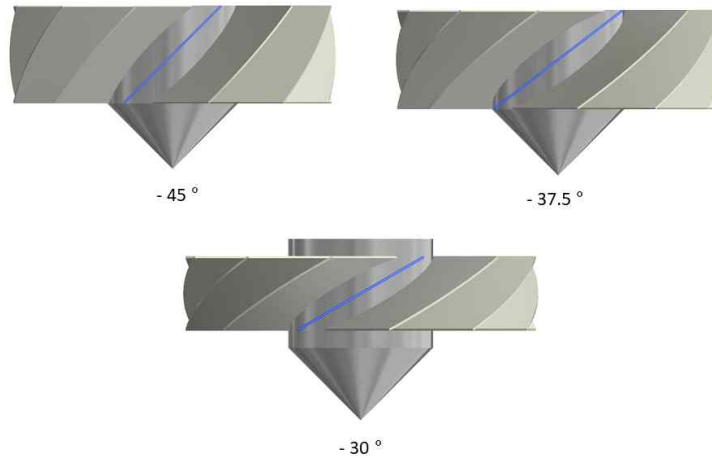


그림 9 선회 날개의 각도 별 사이클론 설계

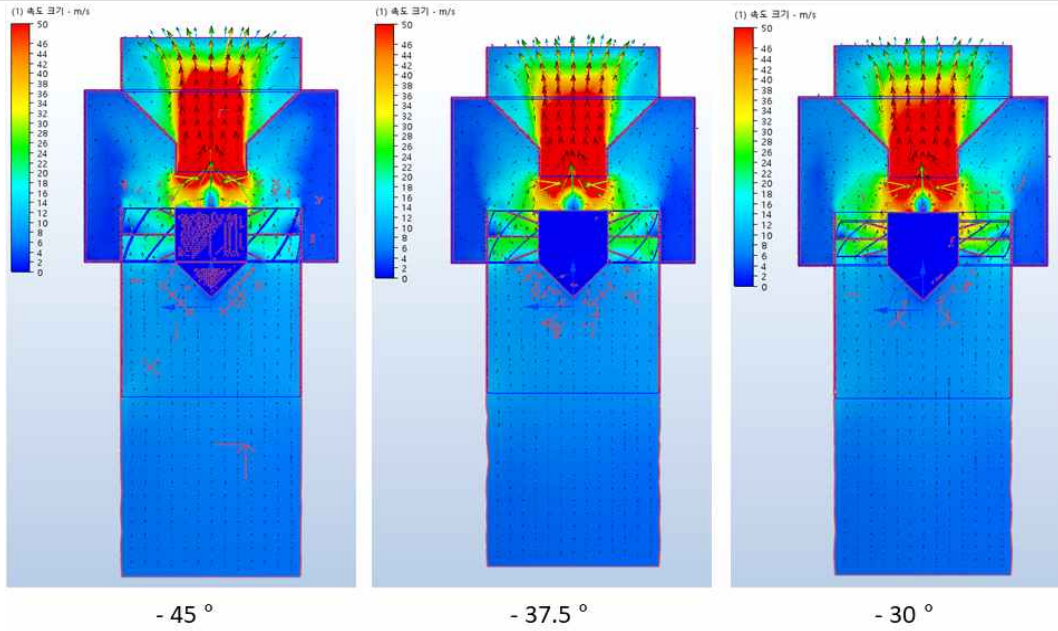


그림 10 날개 각도에 따른 사이클론 내 공기 유동

- 내부 구조의 차이로 인한 공기 유동 단면적의 변화에 의해서는 공기 유동이 더욱 크게 변화였음.
- 출구 부분의 직경이 커짐에 따라 입구의 공기 선회는 비슷하지만 출구 부분의 유속이 감소하여 분진의 비산이 감소할 것으로 예상됨.
- CFD로 해석된 공기유동을 DEM에 적용하여 분진 입자의 거동까지 해석하도록 함.

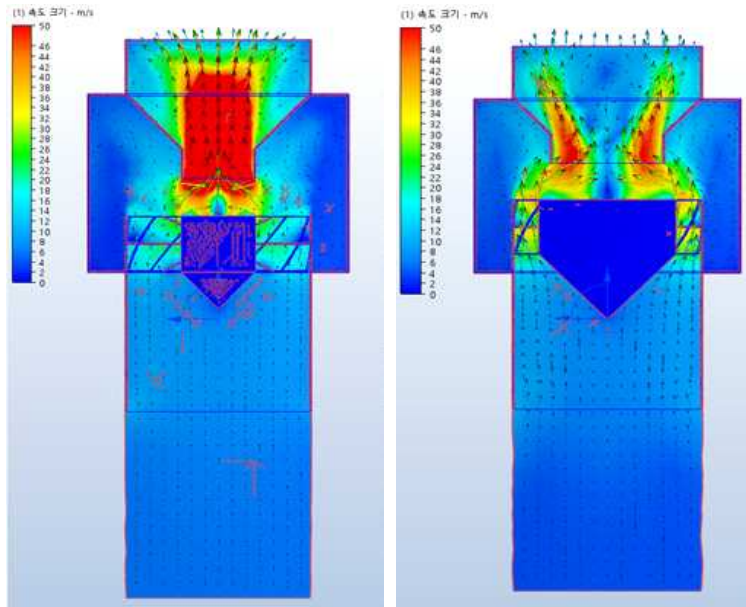


그림 11 공기 유동 단면적에 따른 사이클론 내 공기 유동

- 날개의 형상, 공기 유동 단면적을 달리하여 CFD 해석한 공기 유동을 바탕으로 분진 입자의 거동을 파악함.
- 입구 부분에 생성한 분진 입자들 중에서 다량은 분진침전부에 포집되고 일부는 출구를 통해 빠져나가기도 함.
- 출구 면적이 상대적으로 큰 구조에서 빠져나가는 분진 입자가 적게 나타남.
- 분진포집부가 원형인 경우 입자가 고르게 분포하여 회전하며, 사각형인 경우 분진이 다소 뭉쳐져서 퇴적된 것으로 나타났음.



그림 12 날개 형상 및 단면적에 따른 분진 거동 해석 결과

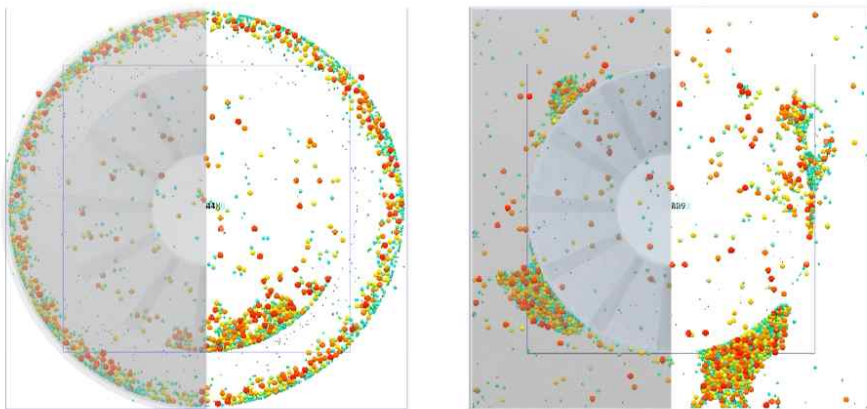


그림 13 분진 침전부 형상에 따른 분진 누적 분포 이미지

[결과 요약]

- CFD와 DEM coupling 해석을 통해 분진제거 시스템에 대한 성능 해석을 수행하였음.
- 효과적인 분진제거를 위한 사이클론의 내부 구조, 크기, 날개 경사 등을 해석 결과를 바탕으로 비교하고 적절한 설계를 선정하여 시스템을 구성함.

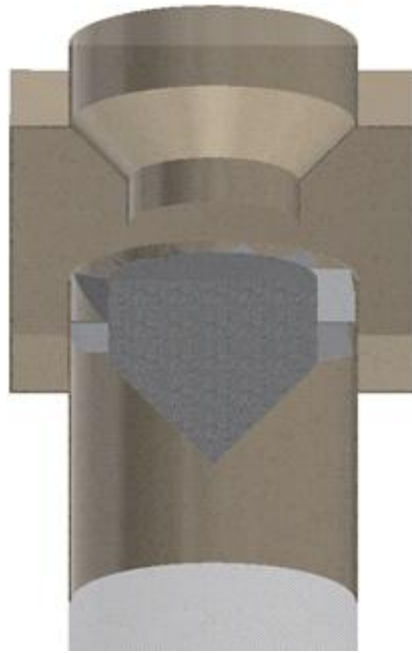


그림 14 분진제거를 위한 사이클론 시스템 설계

[성과물]

- “순환공조를 위한 분진제거 시스템” 특허 출원 진행중

[연구 주제] 육계사 케이지 컨베이어 벨트의 청소 시스템 개발

Development of Cleaning System for Cage Conveyor Belt in Poultry House

[목표] 육계사 케이지의 컨베이어 벨트에 쌓이는 계분을 깨끗하게 제거하기 위한 스크류 청소 시스템을 설계함

[결과 보고]

□ 계분 청소 시뮬레이션 설계

- 이산요소법(DEM) 시뮬레이션을 활용하여 롤러에 접촉된 계분을 스크류를 이용해 제거하는 시뮬레이션 분석을 수행함.
- 계분의 접착력을 시뮬레이션에서 구현하도록 하였으며, 스크류의 설계에 따른 청소 결과를 비교함.

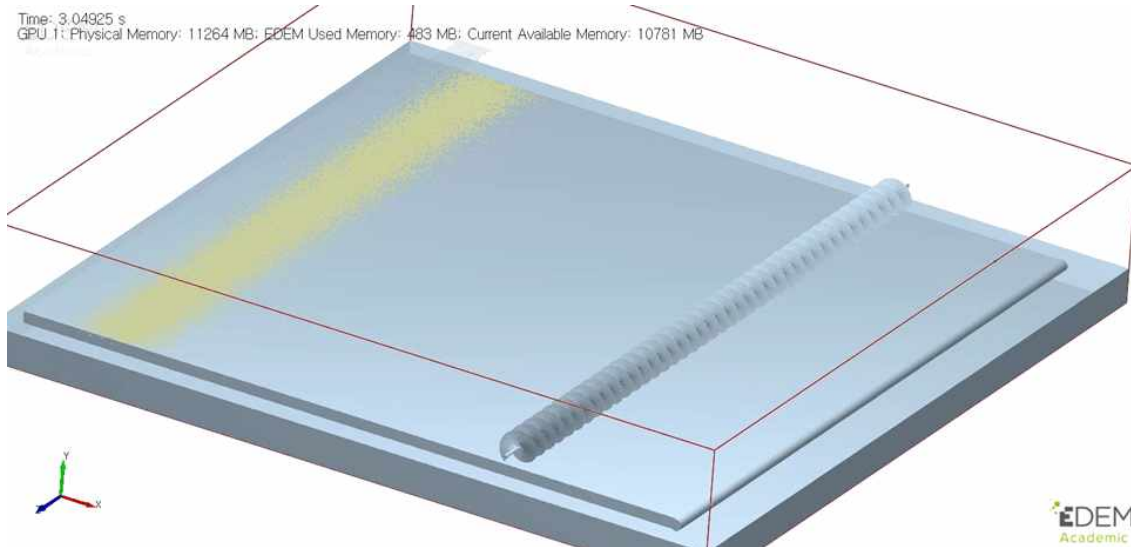


그림 1 계분 및 롤러, 스크류 DEM 시뮬레이션

- DEM은 입자의 거동을 해석하는 방법으로서, 계분을 입자로 설정하여 롤러에 부착시킨 계분이 스크류에서 얼마나 떨어지는지, 떨어져서 어디로 모이는지 파악할 수 있음. 계분 입자에 접착력이 없는 경우 아래와 같이 모두 그대로 낙하하게 되며, 적절한 접착력을 부여해주어야 함.

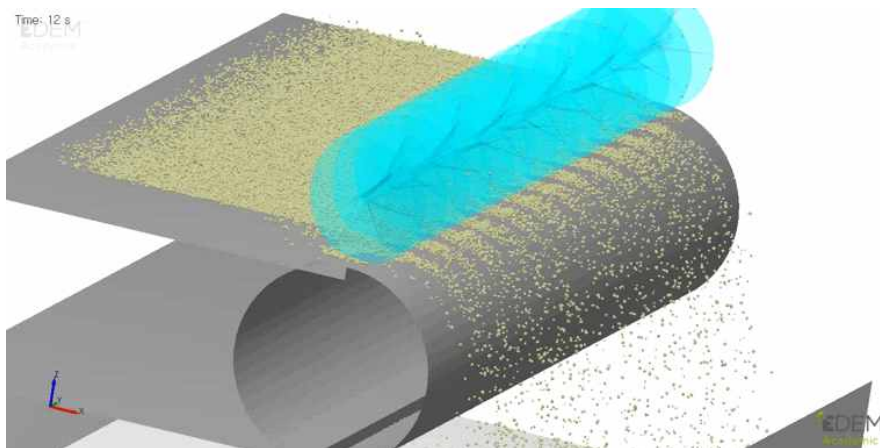


그림 2 미접착 계분 입자의 거동

- 입자의 접착 방식으로는 Cohesive 방식과 Bonding 방식이 있으며 실제 계분의 접착력을 0.1 J/m^2 로 고려하여 각 방식에 따라 10 J/m^2 , 23.6 MPa 로 접착력에 관한 설정값이 계산됨.
- Cohesive 방식에서는 계분끼리 뭉쳐서 잘 떨어지지 않는 현상이 있었으며, Bonding 방식에서는 스

스크류에 의해 떨어지고 튀어나가는 현상이 보였음. 계분의 함수율에 따라 접착이 다르므로 적절한 모델을 적용해주어야 하며 본 연구에서는 건조된 계분을 기준으로 하여 Bonding 방식으로 해석하였음.

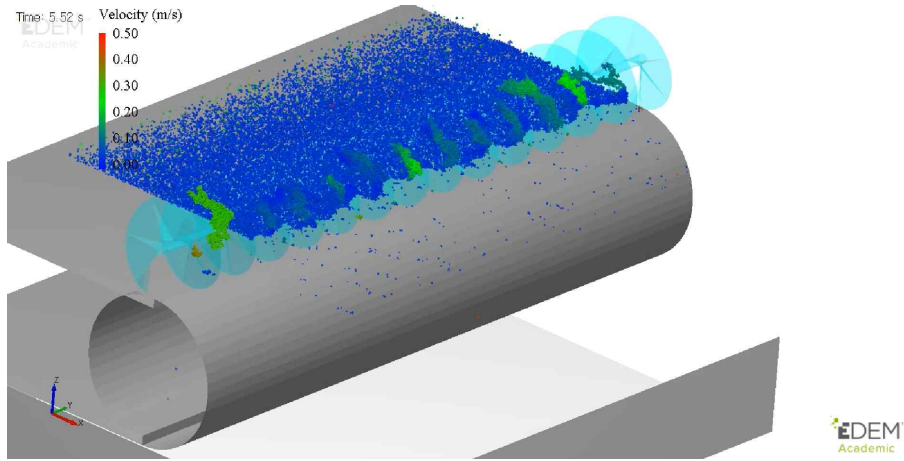


그림 3 Cohesive 방식의 접착력에서의 입자 거동

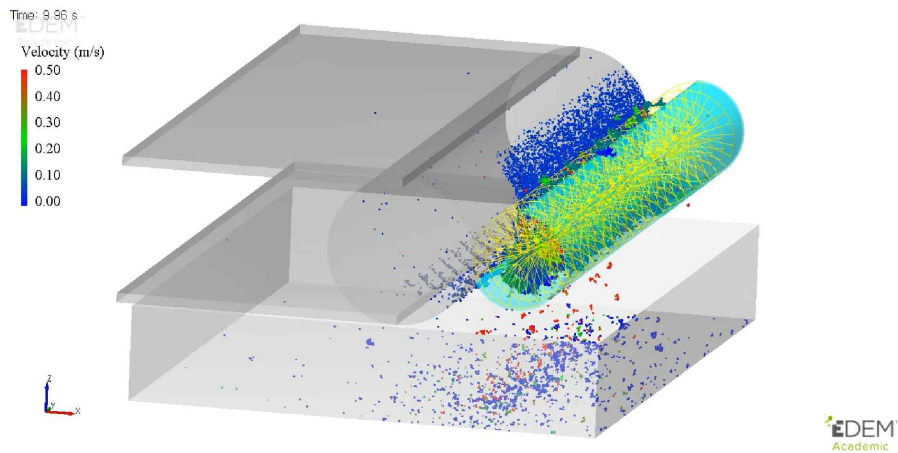


그림 4 Bonding 방식의 접착력에서의 입자 거동

□ 청소 시스템 구조 비교

- 아래 그림의 조건에 따라 롤러의 치수와 움직임, 스크류의 크기 및 회전속도, 입자의 접착력이 설정되었음.
- 계분이 스크류에 의해 떨어지는 것과 그 후 계분의 거동까지 분석하는 시뮬레이션을 수행하여 몇 가지 시스템 설계 구성에 대해서 결과를 비교함.

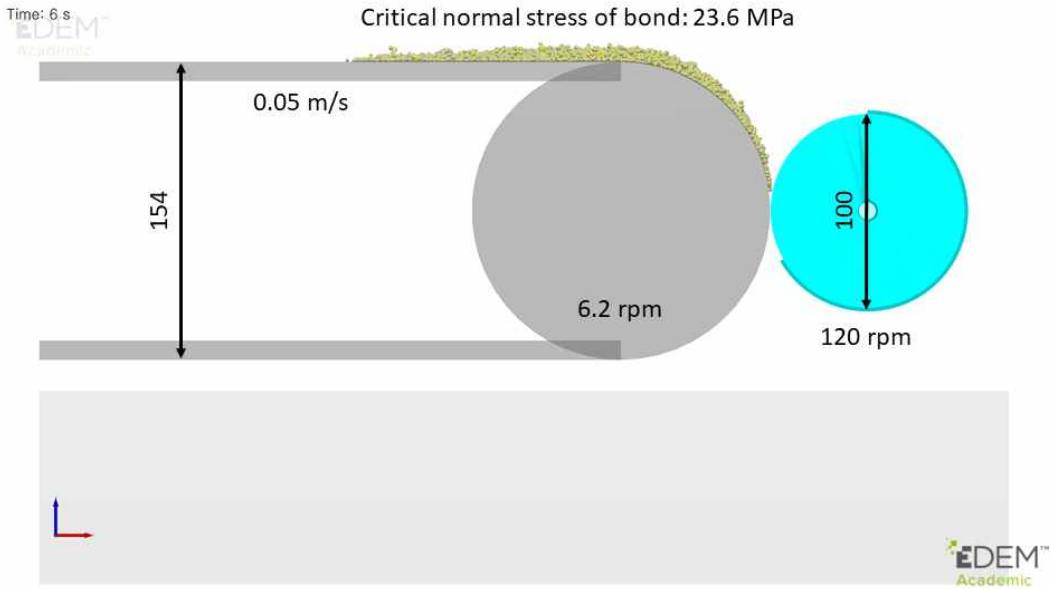


그림 5 시뮬레이션 해석 설정 조건

- 계분이 스크류에 의해 청소된 후 흩어져 분진이 되지 않도록 스크류에 커버를 부착하여 계분이 모이도록 설계함.
- 계분을 효과적으로 포집하기 위해서 큰 사이즈의 커버를 적용하였을 때에는 계분이 여유있게 누적되었으며 작은 사이즈의 커버를 적용하였을 때에는 위로 벗어나거나 넘쳐흐르기도 함.
- 100 mm 직경의 커버의 경우 스크류와 맞닿아서 회전하는 스크류에 의해 계분이 측면으로 이송되는 효과가 있음.

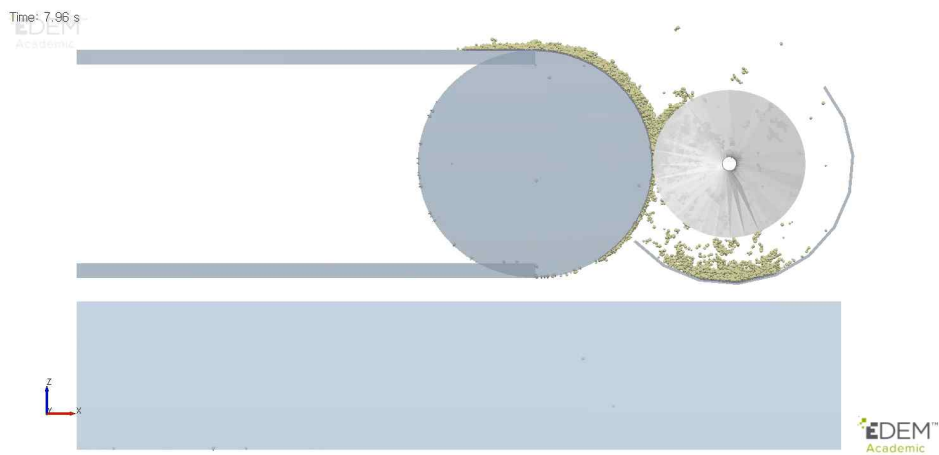


그림 6 직경 180 mm의 스크류 커버 시뮬레이션

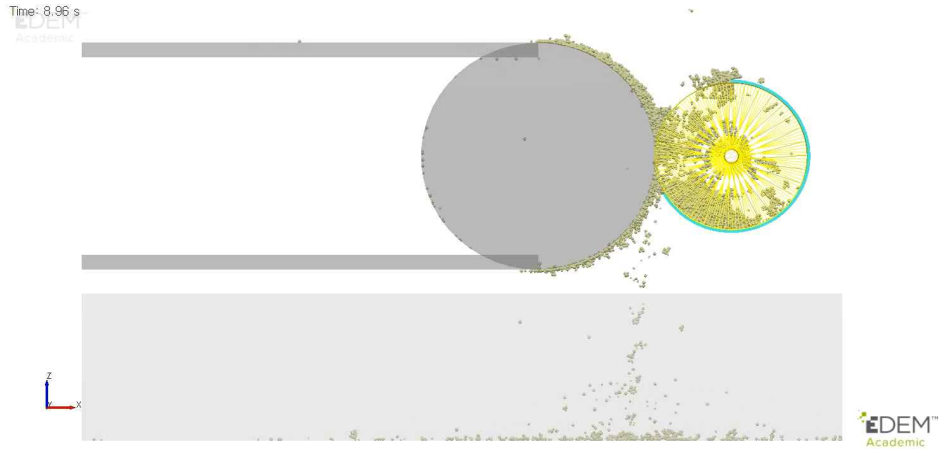


그림 7 직경 100 mm의 스크류 커버 시뮬레이션

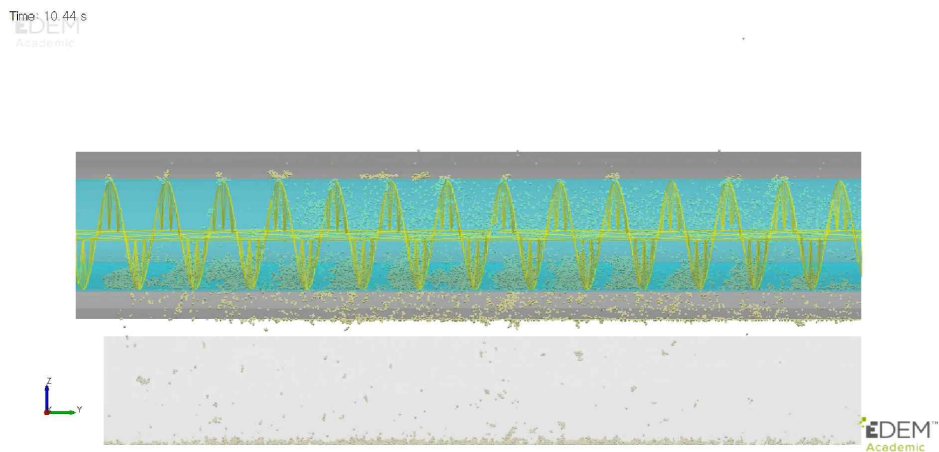


그림 8 롤러에서 청소된 후 스크류에 의해 이송되는 계분 입자

- 스크류로 계분을 청소하면서 스크류 커버는 날리는 계분을 막아주며 계분 이송까지 가능하게 하도록 구조를 개선하였음.
- 추가적으로 스크류의 크기나 재질, 회전 속도 등에 대한 최적화가 이루어지도록 할 것이며 실제 육 계사에 부착하여 테스트하도록 할 예정임.

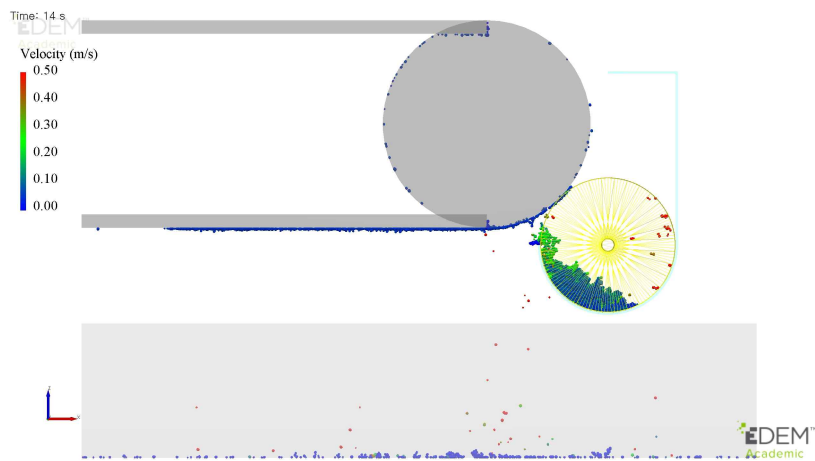


그림 9 스크류 커버의 구조 개선

[결과 요약]

- 롤러에서 계분을 떼어내는 청소 시스템을 분석하기 위하여 입자 거동 해석 시뮬레이션을 수행하였음.

- 다양한 설계에 대해 청소 과정을 분석하였고 다음과 같은 시스템 설계안을 도출함.

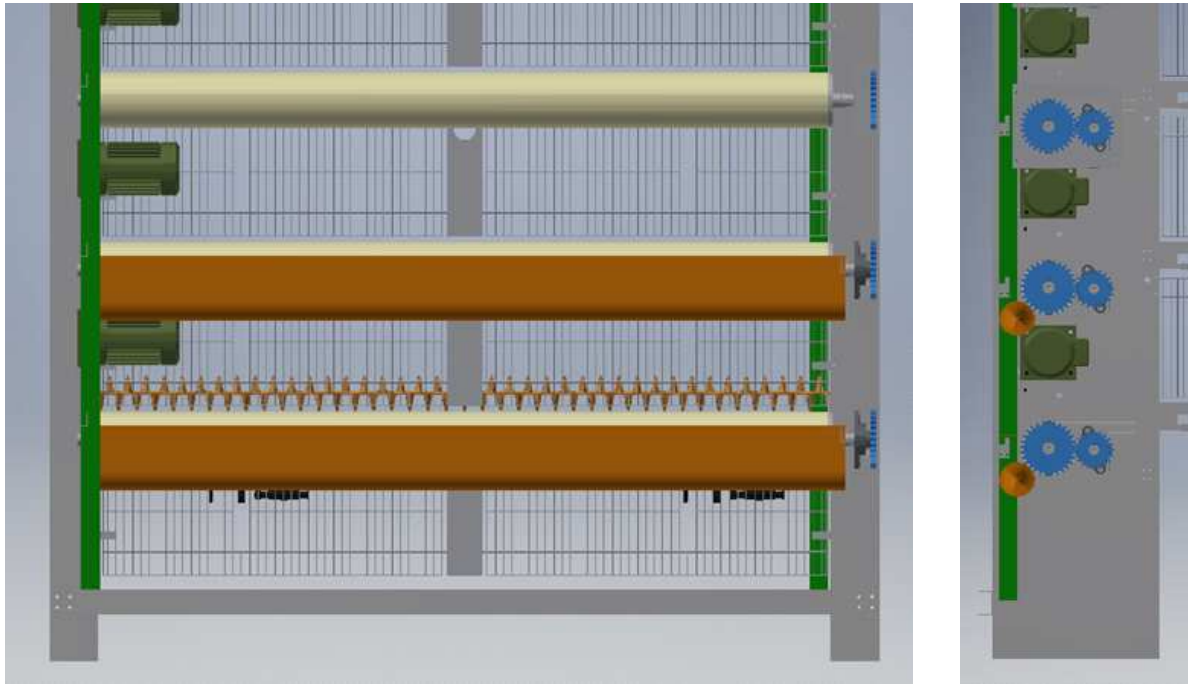


그림 10 스크류, 커버, 계분 배출관을 포함한 컨베이어 벨트 청소 시스템

[연구 주제] 스마트 밀폐-케이지형 육계사의 청소소독시스템 선정

Selection of cleaning and disinfection system for closed cage broiler system

[목표] 청소와 소독은 연구 대상이 아니며 기존의 사용 제품 중 적합한 것을 선정하기 위한 것이다.

[결과 보고]

□ 청소, 소독시스템의 요구조건

- 육계사는 공간을 통하여 시기를 달리하여 사육하는 병아리간에 교차오염이 발생할 우려가 있어 출하를 전후하여 전체 시스템을 깨끗이 청소하고 소독할 필요가 있다.
- 육계사는 장기간 밀폐상태에서 사육되므로 사료와 비듬 등 유기물이 누적될 수 있으며, 미생물의 서식처가 될 수 있으므로 깨끗하게 공간을 통하여 청소할 수 있어야 한다.
- 밀폐형 육계사는 내부 흡기덕트와 배출덕트 등 길이가 길고 단면이 작은 내부를 청소할 수 있어야 한다.
- 육계사의 계분은 초기에 수분이 있어 벨트나 바닥에 눌러붙을 수가 있으므로 강력한 세척력이 필요하다.
- 소독은 소독약을 이용하므로 내부식성이 있거나 약품을 살포하는 장치가 필요하다.
- 육계사 내부를 자유롭게 이동하면서 청소하거나 살균할 수 있어야 한다.
- 분진은 습도가 높을 경우 눌러붙으므로 공기세척 후 액체세척을 하여야만 완전히 제거할 수 있다.

□ 사용가능한 청소, 소독용 시스템



청소를 위하여 사용하는 일반적인 블로워는 약제살포능력이 없으므로 농약을 살포할 수 있는 동력살분무기가 적합함

고압세척기는 일반적인 동력분무기가 20-50기압으로 분사하는데 비하여 100-200기압으로 분사하여 강력한 세척력을 갖춤



[결과 요약] 육계농장의 소독을 위하여 고온연무기는 살균효과에 지장이 있고 공기를 불어내는 힘이 약하므로 고압세척기와 시로코 팬을 갖춘 배부식 동력살분무기

를 청소, 소독시스템으로 선정함

[연구 주제] 스마트 육계사에 적용할 센서 모듈 개발

Development of Sensor Modules for Smart Broiler Houses

[목표]

본 연구는 ICT 기반의 밀폐형육계사(이하 스마트 육계사) 내부 환경을 측정할 수 있는 센서 모듈을 개발하여, 최종적으로는 추후 환경 변수를 통제 및 제어할 수 있는 무인 자동제어 밀폐형육계사 시스템을 개발하는데 목표를 둬.

[결과 보고]

□ 연구 필요성

- 생물자원을 생산하는 축사에 있어서, 외부 환경의 효과적인 측정 및 제어는 생산 수율 증가 및 동물 복지 증대에 있어서 가장 중요한 요인 중 하나임.
- 축사의 기본적인 제어 변수로는, 온습도, 조도, 이산화탄소(CO₂), 암모니아(NH₃), 분진, 사료 및 음수의 급이 상태 등이 있음.
- 향온동물에 있어서 온습도는 가장 중요한 환경 변수 중 하나이며, 닭의 사육 최적 온도는 16~24°C로, 27°C 이상일 경우 과호흡 증상이 발생하여 고온 스트레스를 받게 됨.
- 닭이 실제로 받게 되는 스트레스 정도를 수치로 표현하기 위하여 공기열량지수(THI)라는 변수를 도입할 수 있으며, 해당 지수의 범위에 따라 닭의 현재 스트레스 상태를 수치화하여 확인할 수 있다. 공기열량지수는 온도(°C)와 습도(%)의 곱으로 나타낼 수 있다(표 2).¹⁾

표 1. 공기열량지수와 닭의 스트레스 상태

공기열량지수	닭의 스트레스 상태
2300 이상	위험(열사병 증세)
1800~2300	고온스트레스를 받고 있음
1300~1800	더위를 느낌
900~1300	최적의 상태
500~900	추위를 느낌
300~500	보온 대책이 필요

- 따라서 양계사 내부의 온습도 제어에 있어서, 건구온도, 습구온도, 그리고 습도를 실시간으로 측정하여 작업자가 손쉽게 현재 양계사 상태를 확인할 수 있도록 하고, 공기열량지수를 측정하고 그 값의 범주가 어떠한 상태를 보이는지를 나타내어, 닭들이 받고 있는 스트레스 상태를 지표화하는 것이 필요함.
- 측정된 결과값을 토대로 송풍을 제어하기 위해서는, 외기의 온도 역시 확인할 필요가 있음.
- 외기와 내부 온도의 편차에 따라 환기 시스템의 on/off 및 댐퍼 시스템을 제어하여, 상황에 맞추어 자동적으로 작동하는 환기 시스템을 개발할 수 있음.
- 따라서 이렇게 측정된 지표들을 토대로 환기 시스템을 효과적으로 제어할 수 있는 시스템을 개발한다면, 보다 효율적인 무인 양계사 제어가 가능하리라 사료됨.
- 닭은 가시광선 및 자외선 파장 영역대의 빛을 감지할 수 있어, 조도 제어에 있어서 가시광선뿐만 아니라 자외선 영역대의 빛 역시도 고려해야 함.
- 닭에 있어서 조명을 오래 켜둘 경우 사료와의 접근성이 용이하여 어느 정도 증체량을 확보할 수 있는 반면, 다른 닭 개체와의 상호 인식을 통한 스트레스로 인한 cannibalism이 발생하여, 이가 과도할 경우 폐사율 역시 증가할 수 있음

1)-Na, Jae-Cheon. 후서기 농장관리-후서기 닭 사양 및 계사관리 요령. KOREAN POULTRY JOURNAL, 2014, 46.6: 118-121.

- 이러한 조명 효과는 특히 어린 닭 개체에게 효과적이며, 일령 대 별로 다른 조명 제어 시스템을 도입하여 그 효율성을 극대화할 수 있음.
- 육계사 내 조명 시스템을 최적화하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으며, 그 제어 방식은 개체 및 군집, 그리고 계사의 특이성에 따라 그 효율이 각자 다르게 나타나, 이를 확정하는 데에는 어려움이 따름.
- 많은 연구에서는 24시간 동안 조명의 명기와 암기를 제어하는 시스템으로, 지속적인 24D, 16L:8D, 14L:10D, 또는 간헐적인 2L:1D의 방식을 제안하였으며, 양계에 있어 명기와 암기 모두 장단점을 나타내기 때문에, 그 수율을 최적화하기 위해서는 다양한 시스템을 활용하여 실제 양계사 내부에서 적용하고, 그 수율을 파악하여 현재 양계사 내에서의 최적화된 조명 제어 시스템을 확보할 수 있음.
- 따라서 양계사 내 조명을 제어하기 위해서는, 낮은 일령일수록 보다 밝은 빛을 오랫동안 쬐어주어야 하고, 높은 일령일 경우 사료 접근성을 증가시켜 수율을 높이고 그동안 받는 스트레스를 최소화하기 위한 조명 제어 방식을 채택하여야 한다는 점을 활용하여, 일령마다 최적화된 서로 다른 조도와 시간대 별 on/off를 사전에 설정하고, 이를 시스템이 자동적으로 수행할 수 있도록 하여야 함.
- 이산화탄소(CO₂)는 유기물이 분해되거나 닭이 호흡하면서 발생하는 기체로, 해당 가스의 농도가 너무 높을 경우 닭과 작업자 모두의 건강에 해를 끼칠 수 있는 기체임.
- 암모니아(NH₃)는 계분이 분해되거나, 계분에 수분이 들어가 젖으면서 발생하는 기체로, 냄새가 나는 유독 가스이므로 해당 가스의 농도가 너무 높을 경우 닭과 작업자 모두의 건강에 해를 끼칠 수 있는 기체이며, 그 노출 한계 역시 매우 낮아 환기 시스템 제어 시 최우선순위로 고려되어야 함.
- 황화수소(H₂S)는 혐기성균에 의해 계분이 분해되면서 발생하는 기체로, 냄새가 나는 유독 가스이므로 해당 가스의 농도가 너무 높을 경우 닭과 작업자 모두의 건강에 해를 끼칠 수 있는 기체이며, 그 노출 한계 역시 매우 낮아 환기 시스템 제어 시 최우선순위로 고려되어야 함. 다만 양계사에서는 그 발생 정도가 높지 않아, 차후 문제 발생 시에 재차 고려하도록 하였음.
- 따라서 양계사의 효율적인 제어를 위해서는, 해당 기체들의 농도를 실시간으로 계측하고, 그 범위가 위험 범위를 넘어서게 될 경우, 환기 시스템이 작동할 수 있도록 함.
- 분진은 양계사 환기 시스템에서 가장 큰 문제점으로 나타나는 환경 변수 중 하나로, 사료가 투입되거나 먹이활동을 비롯한 닭들의 운동에 의해 깃털이 날리면서 발생하게 됨.
- 특히 미세 분진의 경우 환기팬에 축적되어 팬의 오작동을 초래하므로, 이를 실시간으로 확인할 필요가 있음.
- 닭 개체의 중량을 어렵하고, 군집도를 파악하기 위해서는 카메라의 도입을 통한 이미지 데이터의 수집이 필요하며, 밝기가 충분할 경우 CCD 카메라, 너무 어두워서 CCD 카메라로 측정이 불가능할 경우에는 적외선 카메라를 활용하여 이미지 데이터 수집이 가능함.
- 군집도 데이터를 보안하기 위해 레이더의 도입 역시 가능하며, 레이더 센서를 통해 수집된 이미지 데이터를 확보할 경우, 인공지능망을 활용한 학습을 통해 실시간으로 군집도를 파악할 수 있도록 하여 현재 닭들의 동향 및 스트레스 정도를 정성적으로 파악할 수 있음.
- 사료 및 음수의 급이 상태의 경우, 각 단마다 소비하는 사료의 양을 파악하기 위해 호퍼 부 하단에 로드 셀을 설치하여 실시간으로 소비되는 전체 사료의 양을 파악할 수 있음. 이때 급이기 모터의 작동 속도가 일정하므로, 모터가 작동한 시간을 활용하여 각 단마다 소비하는 사료의 양을 연산하여 디스플레이에 표현할 수 있음.
- 공급되는 사료 및 음수의 온도가 적합한지를 실시간으로 확인하기 위해, 음수온도계와 사료온도계 역시 도입이 가능함.
- 환기를 시키기 위해서는 외기의 상태를 실시간으로 받아들이고, 내부 환경과 이를 비교하여 환기 시스템을 구동시켜야 하므로, 실시간으로 외기의 상태를 확인할 수 있는 기상대의 설치가 필요함.

- 기상대의 구성으로는 풍속, 풍향, 일사량, 건습구온도, 그리고 강우량계로 구성되며, 해당 기상 데이터는 I₂C 방식으로 하나의 모듈로 통합되어 전송됨.
- 그 외 양계사의 보안 및 안전을 위해 화재감지센서, 정전센서, 차압계, 보안카메라, 번개센서, 문열림센서, 그리고 적산전력계 등이 활용될 수 있음.

□ 실험 장치의 구성

- 연구에 필요한 센서는 표 3으로 나타낼 수 있으며, 각 센서마다 고유한 심볼을 부여하여, 그 구동 및 제어에서 편의를 추구하도록 함.
- 이때 센서를 크게 양계사 내부의 환경 데이터를 측정하기 위해 내부에 설치하는 센서부를 내부 센서, 외부의 기상 상황 및 건축물에 부착되는 센서를 외부 센서, 사료 및 시수의 상태를 측정하기 위한 센서를 사양 센서의 대분류로 분류하여 정리하였음.

표 2. 스마트 육계사에 필요한 센서 목록

분류			개수	심볼
대분류	중분류	세분류		
내부센서 (A)	센서모듈 (1)	온습도센서 (a)	3	A1a
		조도센서 (b)	3	A1b
		이산화탄소센서 (c)	3	A1c
		암모니아센서 (d)	3	A1d
		분진계 (e)	3	A1e
		가속도계 (f)	1	A1f
	카메라모듈 (2)	생장카메라1 (a)	3	A2a
		생장카메라2 (b)	3	A2b
	개별센서 (3)	건구온도계 (a)	4	A3a
		습도계 (b)	1	A3b
		화재감지센서 (c)	1	A3c
		레이더 (d)	1	A3d
외부센서 (B)	기상대 (1)	풍속계 (a)	1	B1a
		풍향계 (b)	1	B1b
		일사량계 (c)	1	B1c
		건구온도계 (d)	1	B1d
		습구온도계 (e)	1	B1e
		강우량계 (f)	1	B1f
	건축물 (2)	차압계 (a)	1	B2a
		보안CCD카메라 (b)	1	B2b
		번개센서 (c)	1	B2c
		문열림센서 (d)	2	B2d
		적산전력계 (e)	1	B2e
사양센서 (C)	음수 (1)	유량계 (a)	1	C1a
		음수온도계 (b)	1	C1b
	사료 (2)	급이량계 (c)	1	C2c
		사료온도계 (d)	1	C2d

- 각 센서에 대한 개략적인 설명은 다음과 같음.
- 온습도센서(A1a): 쉘의 온습도를 측정하기 위한 센서로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에 설치됨. 측정차에 대한 설명은 하단에 기재되었음.
- 조도센서(A1b): 쉘의 조도를 측정하기 위한 센서로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에 설치됨.
- 이산화탄소센서(A1c): 쉘의 이산화탄소 농도를 측정하기 위한 센서로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에 설치됨. 본 연구에서는 온습도와 이산화탄소를 동시에 측정할 수 있는 센서를 활용하여, A1a 항목과 동일함.
- 암모니아센서(A1d): 쉘의 암모니아 농도를 측정하기 위한 센서로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에

설치됨.

- 분진계(A1e): 쉼의 분진 농도를 측정하기 위한 센서로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에 설치됨.
- 가속도계(A1f): 측정차가 움직이는 것을 감지하여 센싱을 시작하도록 제어 신호를 보내기 위한 센서로, 측정차 하부의 1곳에 설치됨.
- 생장카메라1(A2a): 닭의 중량과 밀집도를 판단하기 위해, 빛이 충분히 밝은 상황에서 이미지 데이터를 확보하기 위한 CCD 카메라로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에 설치됨.
- 생장카메라2(A2b): 닭의 중량과 밀집도를 판단하기 위해, 빛이 충분하지 않아 어두운 상황에서 이미지 데이터를 확보하기 위한 적외선 카메라로, 측정차의 상, 중, 하부의 3곳에 설치됨.
- 건구온도계(A3a): 실제 계사 환경에서의 온도를 측정하기 위한 센서로, 측정차를 활용한 연구가 종료된 이후 확보한 대표점을 포함하여, 공조기의 배출부, 혼합부, 흡입부의 4곳에 설치됨.
- 습도계(A3b): 실제 계사 환경에서의 습도를 측정하기 위한 센서로, 측정차를 활용한 연구가 종료된 이후 확보한 대표점의 1곳에 설치됨.
- 화재감지센서(A3c): 화재가 발생하였을 때 이를 자동적으로 감지하여 작업자에게 알람 신호를 보내는 센서로, 계사의 중앙 상부 천장 1곳에 설치됨.
- 레이더(A4c): 닭의 호흡률, 밀집도와 운동 상태를 판단하기 위한 거리 데이터를 측정하기 위한 센서로, 설치 위치는 현재 검토 중에 있음.
- 풍속계, 풍향계, 일사량계, 건구온도계, 습구온도계, 강우량계(B1a~B1f): 외부 기상을 실시간으로 관측하기 위한 각각의 환경 센서로, 기상대를 구성하게 됨.
- 차압계(B2a): 계사의 구조적 안정성을 위해 계사와 대기압의 차압을 특정하기 위한 센서로, 계사 출입구 쪽의 벽 상부 1곳에 설치됨.
- 보안CCD카메라(B2b): 계사의 보안 및 작업자 감지를 위한 CCD 카메라로, 계사 출입구 외벽 상부 천장 1곳에 설치됨.
- 번개센서(B2c): 근처에 낙뢰가 발생할 경우 이를 사전에 파악하여 전원을 일시적으로 끊어주는 센서로, 계사 지붕 봉 1곳에 설치됨.
- 문열림센서(B2d): 계사 정문이 제대로 닫혀있는지를 확인하는 센서로, 계사 정문 측부 1곳에 설치됨.
- 적산전력계(B2e): 계사에서 소비되는 전력의 총량을 측정하기 위한 센서로, 계사 컨트롤 판넬 디스플레이에 통합됨.
- 유량계(C1a): 닭의 총 음수량을 측정하기 위한 적산유량계로, 음수관 상부 1곳에 설치됨.
- 음수온도계(C1b): 닭의 음수 온도를 측정하기 위한 센서로, 음수관 상부 1곳에 설치됨.
- 급이량계(C2c): 닭이 각 단마다 소비하는 사료의 양을 측정하기 위한 센서로, 호퍼 하단부 1곳에 설치됨.
- 사료온도계: 닭의 사료 온도를 측정하기 위한 센서로, 호퍼 하단부 1곳에 설치됨.
- 활용 센서들의 사양은 표 3와 같음.

표 3. 스마트 육계사 활용 센서 사양

센서	측정단위와 범위	입력전원	신호출력
온습도센서	0~50 °C/0~100 %RH	3.3~5.5 VDC	16bit, I ² C
조도센서	0~120 klx	2.5~3.6 VDC	16bit, I ² C
이산화탄소센서	0~40,000 ppm	3.3~5.5 VDC	16bit, I ² C
암모니아센서	5~500 ppm	5~24 VDC	0~5 V
분진계	0~1000 µg/m ³	4.5~5.5 VDC	8bit, I ² C
가속도계	-16~16 g	1.71~3.6 VDC	16bit, I ² C
생장카메라1	3280x2464 px	3.3 VDC	3280x2464 px, I ² C
생장카메라2	3280x2464 px	3.3 VDC	3280x2464 px, I ² C
건구온도계	-20~70 °C	3.3 or 5.0 VDC	14bit, I ² C
습도계	0~100 %RH	3.3 or 5.0 VDC	14bit, I ² C
화재감지센서	LED Signal	1.7~1.9 VDC	7bit, I ² C or SPI
레이더	0~120 m	5 VDC	12bit, I ² C
풍속계	0~359 °	5 VDC	2bit, I ² C
풍향계	0~79 m/s	5 VDC	2bit, I ² C
일사량계	0~1800W/m ²	5 VDC	2bit, I ² C
건구온도계	-25~80 °C / 0~100 %RH	5 VDC	2bit, I ² C
습구온도계	-25~80 °C / 0~100 %RH	5 VDC	2bit, I ² C
강우량계	0~60 mm	5 VDC	2bit, I ² C
차압계	-100~3500 Pa	4.75~5.25 V	0.25~4 V
보안CCD카메라	1920x1080 px	5 VDC	1920x1080 px, 30 fps
번개센서	0~40 km	2.4~5.5 VDC	16bit, I ² C or SPI
문열림센서	15 mm	-	SPST-NO
적산전력계	0~690 V	0~30 VDC	Modbus/TCP
유량계	0~1.2 m ³ /h	3.5 ~ 9 VDC	12bit, I ² C
음수온도계	-20~70 °C	5 VDC	2bit, I ² C
급이량계	0~1000 kg	-	-
사료온도계	-20~70 °C	5 VDC	2bit, I ² C

- 해당 센서들은 I²C, TCP/Modbus, MIPI, RS485 통신 방식을 통해 각각 아두이노 보드, 래즈베리 파이, 게이트웨이 및 PLC와 연결되어 작동자가 컴퓨터와 컨트롤 패널을 통해 반자동적으로 제어할 수 있도록 하였으며, 그 연결 방식은 그림 1, 2에서 나타내었음.

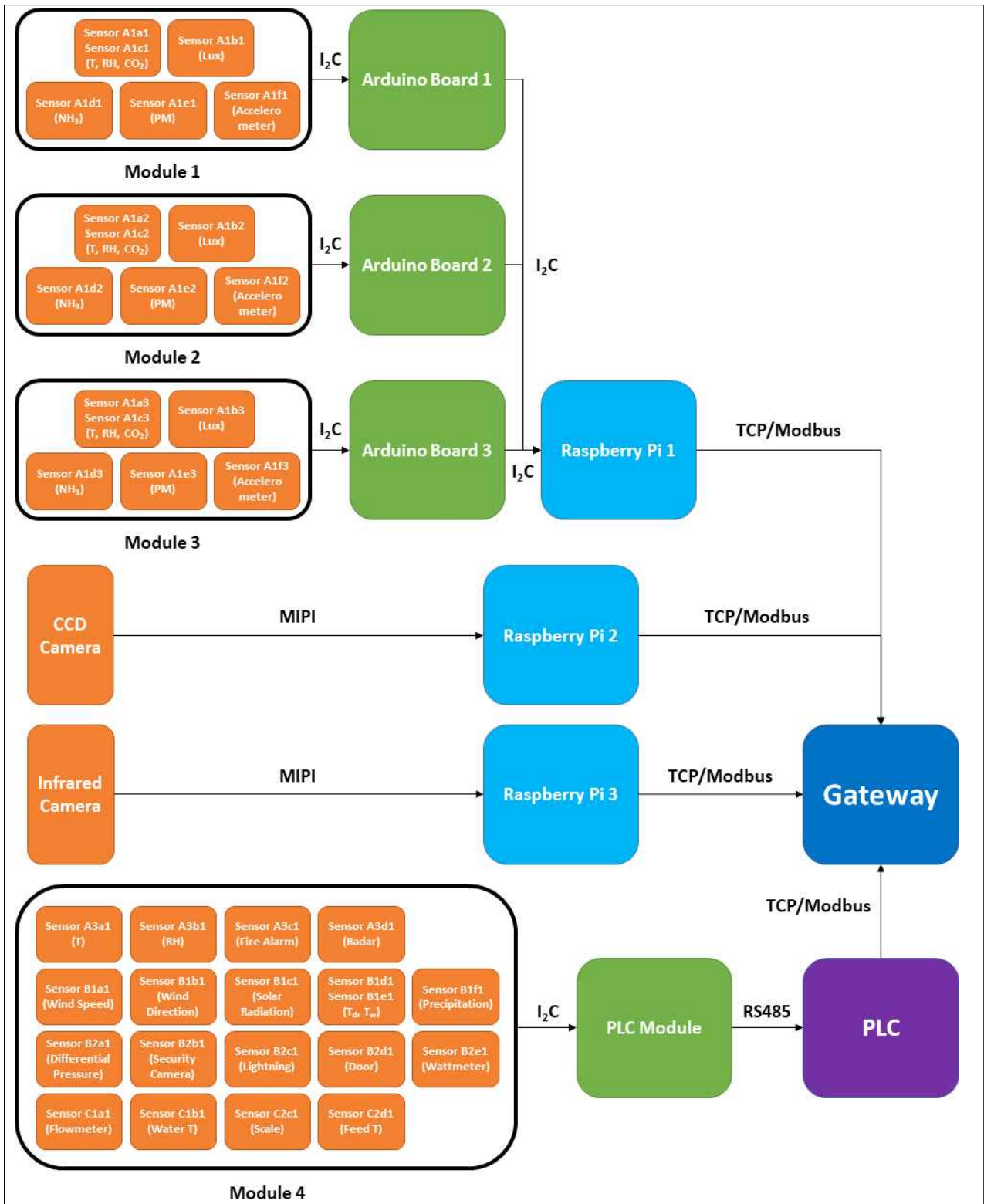


그림 1. 센서 모듈의 구성 및 게이트웨이, PLC와의 연결 방식

- 내부 센서는 I₂C 방식을 통해 아두이노 보드에 그 데이터를 전송하며, 해당 데이터는 TCP/Modbus 방식을 통해 게이트웨이 및 PC로 전송됨.
- 카메라 모듈은 각각 독립된 라즈베리 파이 보드에 MIFI 방식으로 연결되어 작동하며, TCP/Modbus 방식을 통해 게이트웨이 및 PC로 전송됨.
- 외부 및 사양 센서의 경우 컨트롤 패널을 통한 제어가 가능하도록, I₂C 방식을 통해 PLC 모듈로 데이터를 전송하며, RS485 통신을 통해 최종적으로 PLC로 도달할 수 있도록 함.
- PLC에 도달한 데이터를 바탕으로, 컨트롤 패널 상 디스플레이에 이를 실시간으로 띄울 수 있도록 하며, 컨트롤 버튼과 작동기를 연계하여 작업자의 수동 작업 역시 원격으로 가능하도록 함.

- 내부 센서 중 온습도, 조도, 이산화탄소, 암모니아 센서 및 가속도계는 3D printer를 활용한 케이스 (그림 3)에 부착되고, 프레임과 AC 스텝 모터로 이루어진 측정차에 탑재되어 상단부, 중단부 및 하단부의 환경 데이터를 실시간으로 측정하도록 함. 이때 케이스 내부로 공기를 순환시키기 위해 공기 배출구에 팬을 설치하도록 함.
- 측정차에 탑재되는 각 센서들은 층마다 하나의 모듈을 이루어, 하단부의 방수·방진 케이스에 탑재된 아두이노 보드에 연결되며, 보드로 전송된 데이터를 TCP/Modbus 방식을 통해 게이트웨이 및 PC로 보내게 됨.

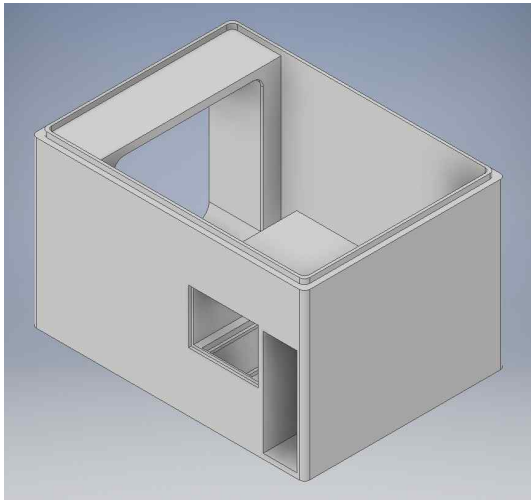


그림 2. 측정차에 탑재되는 센서 모듈 케이스의 3D 모델

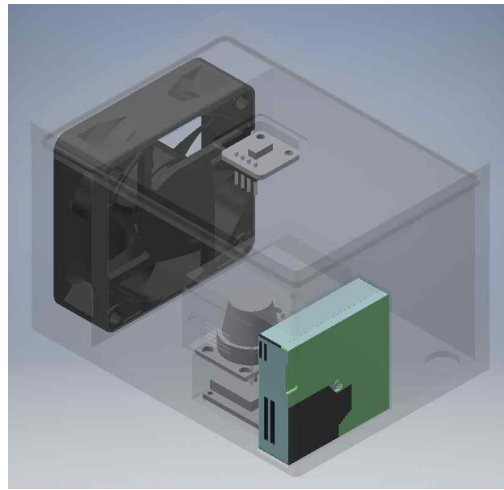


그림 3. 센서 모듈 케이스 내 센서 배치

- 해당 케이스는 출력 전에 해당 모델에 대한 CFD 분석을 통해 공기의 유입 유출을 비롯한 전체적인 흐름을 파악할 수 있도록 하여, 어느 지점에 두었을 때 각 센서가 가장 효율적으로 데이터를 수집할 수 있는지 확인하고, 해당 지점에 센서를 둘 수 있도록 공간을 확보하여 케이스를 재설계해야 함.
- 이 때 분진 센서는 센서 내부에 공기 흐름을 가지고 있기 때문에, 측정 오류를 미연에 방지하기 위해 그 슬롯을 독립적으로 따로 두어 측정을 할 필요가 있음.
- 이렇게 측정차를 활용하여 측정된 데이터를 토대로, 각 양계 케이지마다의 환경 데이터 대푯값을 확보할 수 있으며, 이렇게 확보된 대푯값들을 비교 분석하여 최종적으로는 고정적인 지점에 센서 모듈을 설치하여 데이터를 측정할 수 있도록 함.
- 측정된 센서값과 제어 시스템에 따라 작동하는 작동기의 목록은 표 4와 같음.

표 4. 스마트 육계사에 필요한 작동기 목록

분류	작동기	개수	작동방식	입력전원	스위치
측정차 (A)	기어드모터	1	원격/수동	해당없음	릴레이
사양 (B)	급이기	5	원격/수동	220V, 3A	릴레이
조명 (C)	복도조명	1	원격/수동	220V, 3A	릴레이
	복도 dimmer	1	원격/수동	220V, 3A	릴레이
	셀조명	1	원격/수동	220V, 5A	릴레이
	셀 dimmer	1	원격/수동	220V, 5A	릴레이
공조 (D)	배기정화기	1	원격/수동	220V, 1A	릴레이
	흡기정화기	1	원격/수동	220V, 1A	릴레이
	압축기	1	원격/수동	220V, 10A	릴레이
	순환기댐퍼	1	원격/수동	220V, 1A	릴레이
	외기댐퍼	1	원격/수동	220V, 1A	릴레이
	공조팬 ON/OFF	1	원격/수동	220V, 7A	릴레이
	공조팬 인버터	1	원격/수동	220V, 7A	릴레이
청소 (E)	벨트구동모터	5	원격/수동	220V, 3A	릴레이
	청소구동모터	5	수동	220V, 2A	릴레이
외부 (F)	실외조명등	1	원격/수동	220V, 1A	릴레이
	외부기상대	1	상시 작동	220V, 1A	릴레이
관리 (G)	알람	1	자동/수동off	220V, 0.5A	릴레이
	영상녹화기	1	원격/수동	220V, 0.5A	릴레이

- 이렇게 구상된 센서 모듈 및 작동기를 바탕으로, 컨트롤 패널과 PC 제어가 이루어지게 됨.
- 현재 측정차에 탑재하고자 하는 센서 모듈의 구성 및 설계된 케이스의 검증이 진행 중에 있으며, 활용 예정인 센서들에 대한 일차적인 선정은 모두 완료된 상황임.
- 활용하고자 하는 센서들이 통합하였을 때 제대로 작동할 수 있도록 각 제품군에 대한 재검토가 진행 중에 있음.
- 최종적으로 모든 센서류 선정이 완료된 이후, 해당 센서들과 PC, 컨트롤 패널을 활용한환경 데이터 송수신 및 이에 기반한 공조기 제어가 이루어질 예정임.

[결과 요약]

- 스마트 육계사 내외부 환경을 측정하여 실시간 모니터링할 수 있는 제어 시스템을 개발하기 위해 필요한 모든 센서 모듈 및 하위 작동기에 대한 정리 및 구상이 이루어짐.
- 측정차에 탑재될 센서 모듈에 대한 구성이 진행 중에 있으며, 일차적으로 선정한 센서류의 재검토하여, 이를 활용한 실시간 환경 데이터 측정 및 공조기 제어가 가능할 것으로 사료됨.

[연구 주제] 육계성장모델 개발

Development of Growth model for broilers

[목표] 밀폐형 육계사에서 사육되는 병아리의 성장을 예측하여 출하시기를 정하거나 사양과 비교하여 사육환경에 문제점을 파악하는데 활용할 수 있는 모델을 개발하고자 함

[결과 보고]

□ 병아리 성장 모델

병아리 성장모델은 사양(대사)에 근거하여 모델링하는 경우와 환경조건에 의한 모델링, 사양과 환경을 모두 고려하는 모델링, 인공지능을 이용한 모델링, 성장함수에 데이터 피팅을 하는 경우로 구분할 수 있음

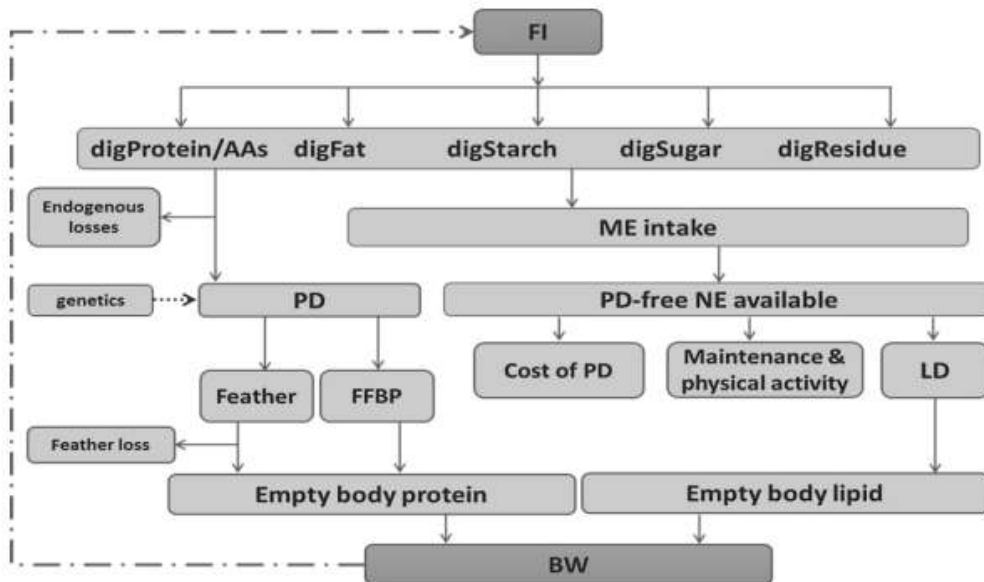


그림 4 Metabolic growth model for broiler (Dukhta et al. 2017)

<표> 대표적인 생물성장모델링 함수

성장곡선모형	비선형모형	선형변환
로지스틱 모형	$Y_t = \frac{m \exp(\alpha + \beta t)}{1 + \exp(\alpha + \beta t)}$	$\ln \left[\frac{Y_t}{m - Y_t} \right] = \alpha + \beta t$
곰페르츠 모형	$Y_t = m \exp[-\exp(\alpha + \beta t)]$	$\ln \left[-\ln \left(\frac{Y_t}{m} \right) \right] = \alpha + \beta t$
프로빗 모형	$Y_t = m \Phi(\alpha + \beta t)$	$\Phi^{-1} \left(\frac{Y_t}{m} \right) = \alpha + \beta t$
와이블 모형	$Y_t = \frac{m \exp[\exp(\alpha + \beta t) - 1]}{\exp[\exp(\alpha + \beta t)]}$	$\ln \left[\ln \left(\frac{Y_t}{m - Y_t} \right) \right] = \alpha + \beta t$

현재 보고되고 있는 성장모델에는 육계의 대사에 근거한 것과 성장모델함수를 이용하는 경우가 대세를 이루며 사육환경을 고려하는 모델은 거의 없는 실정이다.

□ 병아리 성장 모델을 위한 기초데이터

스마트육계사는 병아리의 환경에 대한 변수, 즉 온도, 습도, 조도, 풍속 등 다양한 정보를 제공하지만 육계의 환경에 대한 대사에 대한 공학적 데이터가 부족한 상황이다. 한편 사료와 사양에 근거하는 대

사에 근거한 모델은 사료에 대한 아래 표와 같이상세한 정보를 요구하지만 스마트육계사에서 사료는 단순하게 급이량, 급수량이라는 단순한 자료이므로 스마트육계사에서 활용하기 곤란하다.

<표> 대사모형에서 필요한 사료의 정보

	3 phases feeding			5 phases feeding				
	0-14 d	15-28 d	29-42 d	0-10 d	11-20 d	21-28 d	29-35 d	36-42 d
AMEn	13.00	13.00	13.00	13.00	12.99	12.84	12.56	12.36
CP	24	22	19	24	22	21	20	19
dig Lys	1.56	1.33	1.14	1.56	1.33	1.14	1.18	1.14
dig Met	0.55	0.47	0.40	0.55	0.47	0.40	0.42	0.40
dig Thr	0.90	0.80	0.71	0.90	0.80	0.75	0.72	0.71

수정된 콤페르츠 식의 성장모델은 다음 식과 같으며, 이러한 모델은 특정한 환경에서 검증되므로 일반화 하기 어렵다(Dukhta et al. , 2020)

$$duration = age_final - age_init$$

$$Pt = Pm \cdot \exp [-\exp ((\ln (-\ln (Pi/Pm)) - (B \cdot t)))]$$

$$Pm = prot_final \cdot (prot_final / prot_init)^{(Bf / (1-Bf))} \quad Bf = \exp \cdot (-precocity \cdot duration)$$

$$Prot_final = duration \cdot (meanPD / 1000) + prot_init$$

$$Potential PD = precocity \cdot prot_init \cdot \ln (Pm / prot_init)$$

where: *Pt* - protein mass at time *t*;

Pm - protein mass at maturity;

prot_final - protein weight at the end of simultaion;

prot_init - initial protein weight at hatch;

B, *precocity* - maturity rate;

age_final - age when maximum growth rate is achieved;

age_init - hatching day (0 day);

Bf - fractional rate of growth,

mean PD - the man protein deposition in the simulated period.

[결과 요약] 육계의 생장을 모델링하는 연구는 많이 존재하지만 사육환경과 연계한 성장모델을 연구하기에는 아직 이르다는 판단이며, 인공지능도 결국은 데이터 피팅에 불과한 것으로 예상됨. 본 연구에서는 성장모델링을 할만한 성장 데이터가 아직 확보되고 있지 못한 상황이며 추후에 시도할 예정임.

[연구 주제] 가시광선, 적외선 카메라를 이용한 육계의 체중 평가 및 분산정도 측정 기술 개발을 위한 기초연구

[목표] 영상 장치 기반의 양계시스템 개발을 위해 기존의 사례를 분석하고 그 장단점을 파악

[결과 보고]

□ 연구 사례 수집

- 다른 농업 분야와 마찬가지로 축산 분야에서도 영상처리 관련 연구는 카메라 기술과 컴퓨터가 발전한 2010년대 중반 이후에 급격하게 발전하고 있음
- 축산 분야에서 영상처리 관련 연구는 주로 소, 돼지를 중심으로 이루어지고 있는데 이는 개체가 커서 개별 개체 인식이 쉽고 단가가 높아 인식된 개별 개체를 관리할 필요성도 높기 때문임
- 닭은 군집을 이루어 생활하는 특성상 영상 인식을 통한 개별 개체 구분이 쉽지 않기 때문에 개별 개체 분석보다는 군집 행동 분석에 대한 연구가 우선적으로 이루어지고 있음
- 그래서 참고를 위한 연구 사례를 수집할 때 돼지나 소에 대해서는 학술계 영향력을 기준으로 대표가 되는 연구를 통해 영상처리 기술의 가능성과 현 시점에서의 한계를 분석하고자 하였고, 양계와 관련된 연구는 비중의 경중에 관계없이 가능한 많은 사례를 통해 정보를 얻고자 하였음
- 자료 검색 및 수집은 구글 학술검색을 이용하였으며 서울대학교의 라이선스를 이용하여 접근 가능한 연구논문에 한해 원문 이용 및 다운로드를 실행하였음

□ 이미지 분석을 기반으로 한 소 행동 인식 연구 사례

- 해당 연구는 2017년 중국에서 발표됨
- 방목 형태의 젖소 농장에서 대규모 감시 영상을 통해 각 개체의 건강 상태와 이상 행동을 빠르고 정확하게 파악하는 시스템을 구축하는 것을 목표로 하였음
- 야외 환경의 복잡한 배경에서 움직이는 젖소 개체의 행동을 식별하기 위해 이미지 엔트로피 기반의 물체 인식 방법이 제안되었으며, 최소 경계 상자 및 윤곽 맵핑을 통해 땅을 파는 동작 또는 발굽이 땅에 박힌 상태 등의 이미지를 구분하려고 하였음



a. Back straight, the angle between the hoof and ground $\alpha=0$



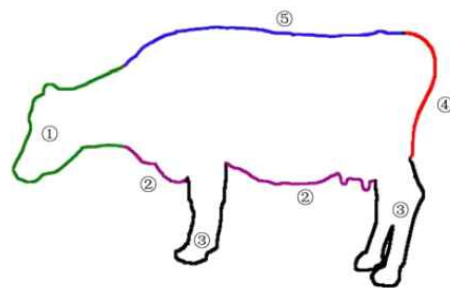
b. Back straight, the angle between the hoof and ground $\alpha<15$



c. Back bent, the angle between the hoof and ground $30^\circ<\alpha<60^\circ$



d. Back bent, the angle between the hoof and ground $\alpha>60^\circ$



<그림> 영상에서 추출된 젖소 개체 형상 및 각 부분별 특성패턴

- 윤곽 맵핑을 이용하여 농장에 방목되고 있는 400마리의 젖소를 개별 개체로 구분하여 인식하고자 하였으며 각 개체의 연속적 이미지를 통해 비정상적인 행동과 건강 상태를 구별하는 알고리즘을 개발하였음
- 실험 결과 표적 검출 및 분류 인식을 통해 젖소의 발굽 질환 또는 체온 이상 상태를 구분한 인

식률은 80% 이상이였으며 위음성률(false-negative rate)은 각각에 대해 5.32%, 3.28%로 낮았음

○ 이 연구는 현재 축산 업계에서 영상처리 및 개체 인식 연구가 소, 돼지 중심으로 이루어지는 이유를 잘 보여주고 있다고 할 수 있으며, 이러한 방목 형태의 농장 환경이 젓소 개별 개체의 형상을 획득하는 데에 큰 도움을 주었을 것으로 파악됨

○ 해당 연구의 연구진도 감시 영상에서 개체 인접 프레임 간의 상관관계는 고려하지 않았다고 밝히고 있으며 이러한 문제가 해결되어야 소형 개체 또는 밀집형 사육 환경에서 행동 인식의 정확성을 향상시킬 수 있을 것임

○ 이상의 내용은 아래 문헌을 참고하여 작성되었음

J. Gu, Z. Wang, R. Gao, and H. Wu, "Cow behavior recognition based on image analysis and activities", International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 10(3):pp.165-174, 2017.

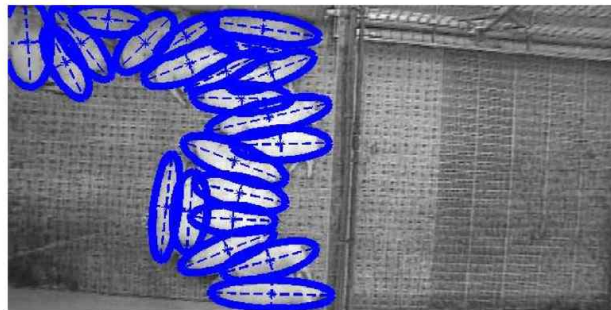
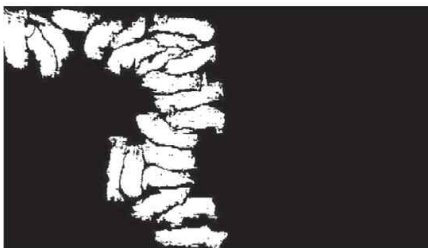
□ 돼지의 행동특성 분류를 위한 영상처리 알고리즘

○ 해당 연구는 2015년 영국 Newcastle University와 독일 University of Kassel의 협업으로 수행되었음

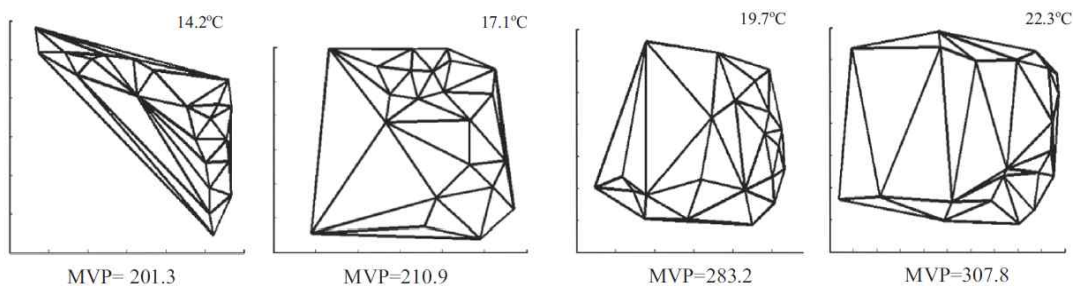
○ 돈사의 환경 제어를 위한 기초연구 단계로 군집에서 각각의 돼지 개체의 이미지를 획득한 후 이들이 누워 있는 위치와 패턴의 변화를 돈사의 환경 변화, 특히 온도 변화와 연관시키기 위해 실험을 수행하였음

○ 연구팀은 상업적 농장 조건에서 사육중인 22마리의 돼지를 실험 대상으로 선정하고 카메라를 사용해 15일간 관찰하였음

○ 영상처리 알고리즘을 사용하여 각각의 개체를 배경으로부터 추출한 후 이진(binary) 이미지의 x-y 좌표를 타원 피팅 알고리즘에 적용하여 각 개체가 점유하는 공간을 지역화하였음



<그림> 영상에서 추출된 돼지 군집 형상 및 각 개체 점유공간 지역화



<그림> 돈사 온도와 돼지 군집 밀집도의 상관관계 분석

○ 위 그림은 돈사 온도와 돼지 군집 밀집도의 상관관계를 분석한 자료인데, 돼지 개체의 점유공간을 지역화한 후 그 중심점만 찍고 22개의 점이 어떻게 분포되어 있는지를 파악하여 돼지 군집의 밀집도 변수를 추출한 것임

○ 연구팀은 돈사 내 각 지역의 기온 및 바닥 온도 속성과 돼지 군집의 밀집 정도를 분석하여 돼지 군집이 현재 돈사 환경을 어떻게 받아들이고 있는지에 대한 변화를 자동으로 분석할 수 있었다

고 서술하였음

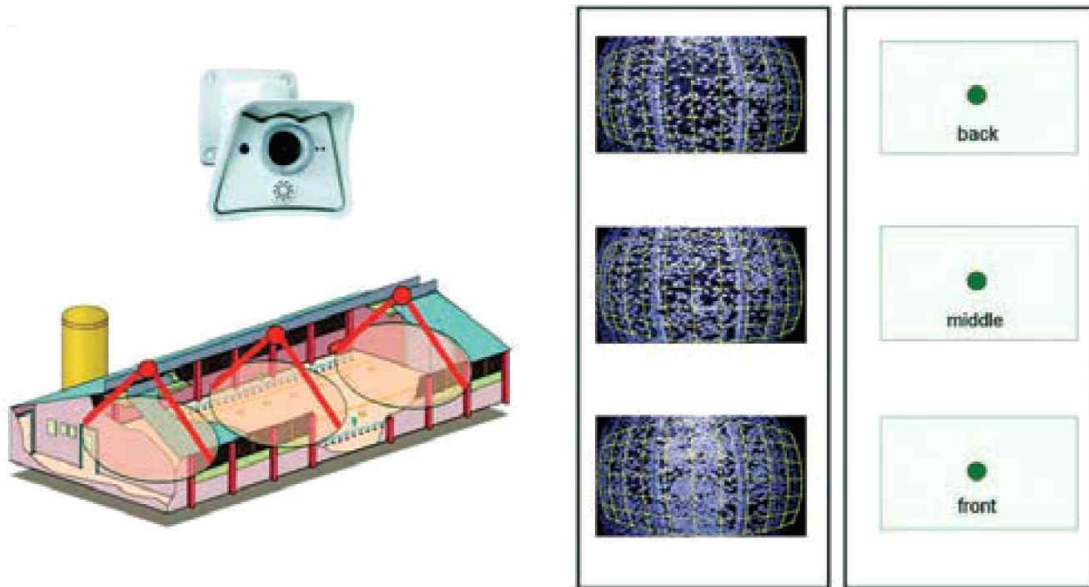
○ 이상의 내용은 아래 문헌을 참고하여 작성되었음

J. A. Nasirahmadi, U. Richter, O. Hensel, S. Edwards, B. Sturm. "Using machine vision for investigation of changes in pig group lying patterns", Computers and Electronics in Agriculture, 119(1):pp.184-190, 2015.

□ 군집 단위에서 육계의 급이 및 급수 패턴 분석 연구 사례

○ 해당 연구는 2013년 이탈리아 University of Sassari 대학의 연구자들과 네덜란드 기업 Fancom BV의 참여로 이루어졌음

○ Fancom BV 사에 의해 개발된 시스템 소프트웨어는 논문상에서 eYeNamic이라는 이름을 가지고 있으며, 양계사에서 육계의 행동을 패턴 단위로 모니터링하고 분석하여 농장주에게 알리는 역할을 하고 있음



<그림> 영상처리를 이용한 Fancom BV 사의 양계 군집 패턴 분석 시스템

○ 연구는 데이터 수집, 이미지 시각화, 군집에서 각 양계의 분포 및 활동 관찰, 그리고 급이 및 급수 시설을 중심으로 관찰에 대한 통계 분석의 단계로 이루어져 있음

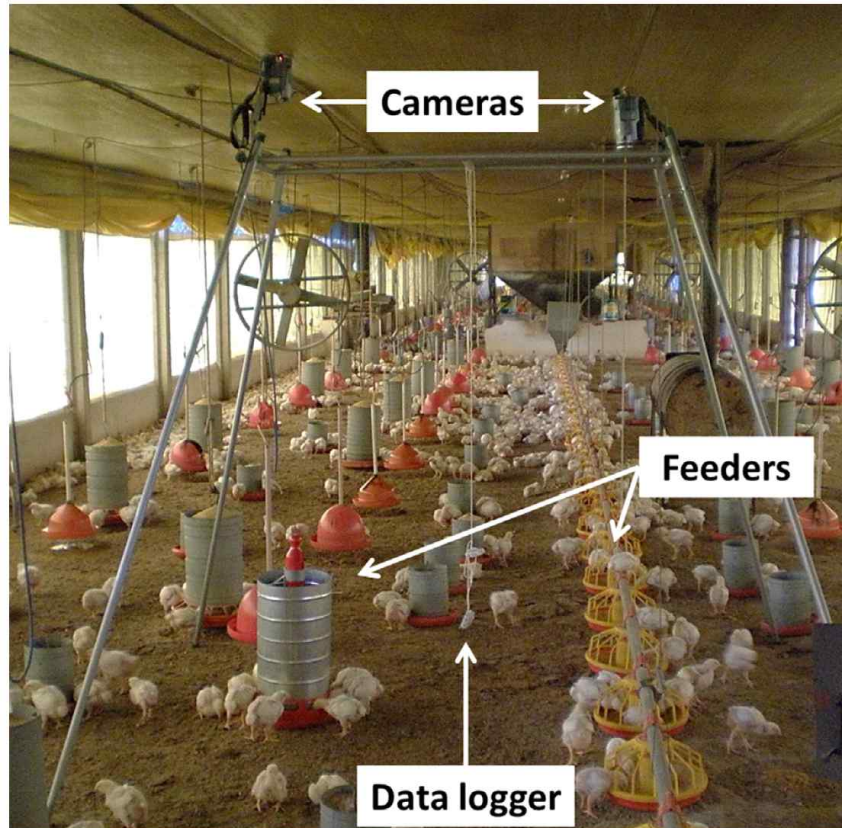
○ 연구자들은 특히 급수 시설 근처의 양계 개체 밀도를 토대로 해당 군집의 양계들이 물을 잘 마시고 있는지에 대해 분석하였으나, 군집에서 특정 개체를 구분하는 것까지 발전하지는 않았기 때문에 군집의 급수가 잘 이루어진다고 모든 개체가 안정적인 상태인 것은 아니라는 문제의 한계에 대해 첨언하였음

○ 이상의 내용은 아래 문헌을 참고하여 작성되었음

A. D. Montis, A. Pinna, M. Barra, and E. Vranken, "Analysis of poultry eating and drinking behavior by software eYeNamic", Journal of Agricultural Engineering, 44(2):pp.166-172, 2013.

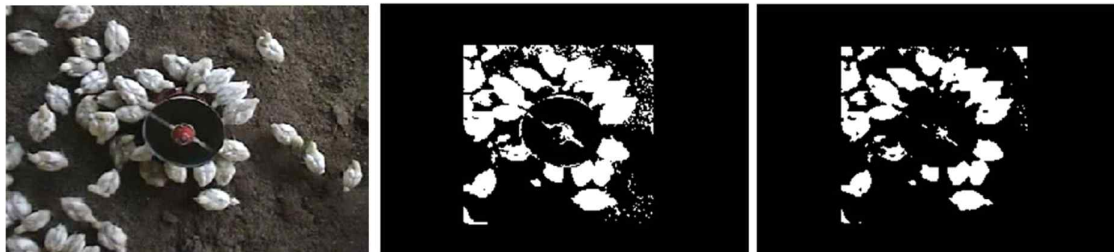
○ 양계 군집 단위에서 급이에 대한 또다른 연구는 2015년에 발표되었으며, 이 연구는 영국, 브라질, 호주, 이란으로 구성된 다국적 연구팀에 의해 수행되었음

○ 이 연구는 기본적으로 급이기의 형태에 따라 양계 군집의 사료 섭취 패턴에 변화가 있는지를 평가하기 위한 것이었고, 이에 따라 3가지 다른 형태의 급이기를 비교 분석하였음



<그림> 실험을 위해 설치된 서로 다른 급이기와 영상 획득 장치

- 각 급이기를 평가하기 위한 변수를 결정하는 과정에서 영상처리가 사용되었으며, 이미지 획득 및 분석을 통해 개체 점유 면적, 군집 활동 지수, 총 개체수, 사료를 잘 섭취하는 개체수를 통계적으로 획득하였음

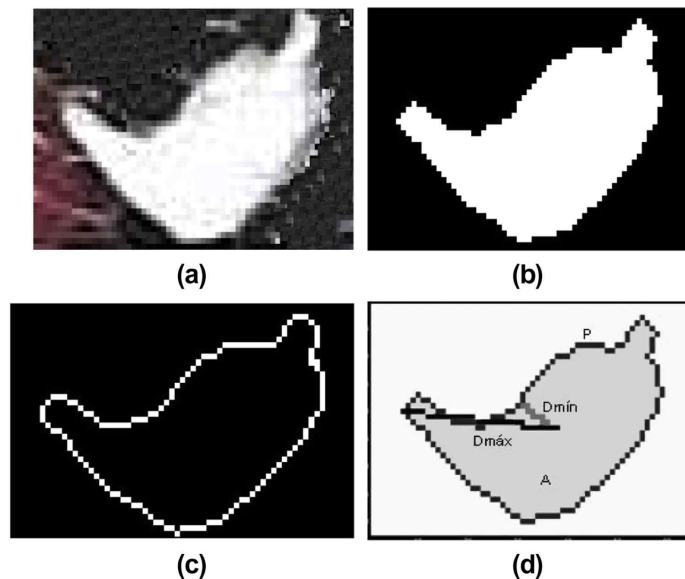


<그림> 급이기 성능 평가를 위한 영상 획득 및 처리

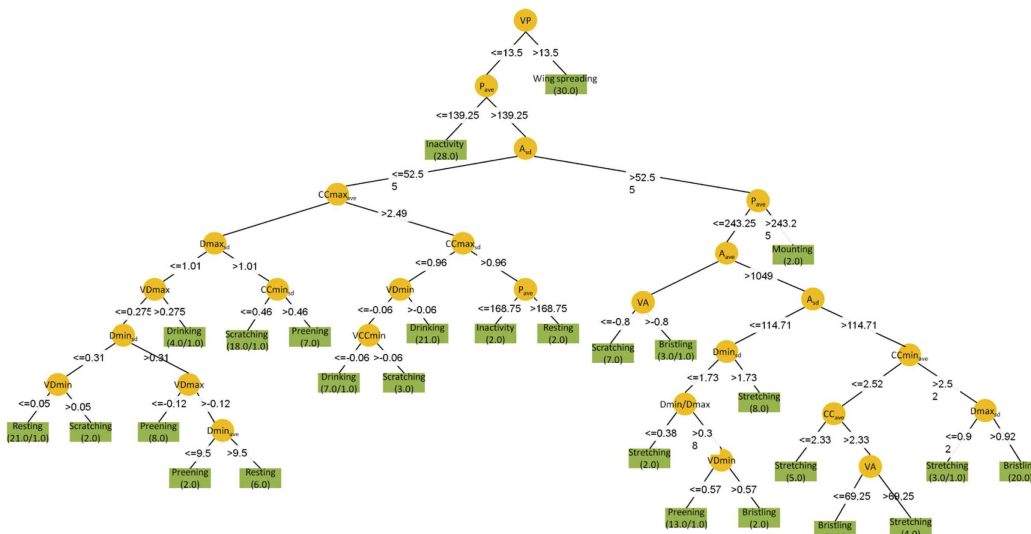
- 분석 결과 다양한 급이기 유형은 사료 섭취를 위해 필요한 개체당 면적과 효과적으로 섭취를 하고 있는 개별 개체의 행동에 영향을 주었지만 군집 단위의 활동 지수는 급이기와 직접적인 연관이 없는 것으로 나타남
- 영상처리 내용이 주가 되는 논문은 아니었기 때문에 해당 내용에 많은 비중을 할애하고 있지는 않았고 심지어 행동 패턴에 필요한 몇몇 변수의 경우 프로그래밍 상에서 자동으로 획득되지 않아 수동으로 카운팅했다고 서술하는 등 현 시점에서 바라볼 때는 문제의 소지도 있는 논문이라고 할 수 있으나 시스템 구성 및 아이디어 설계에서 참고할 여지가 있음
- 이상의 내용은 아래 문헌을 참고하여 작성되었음
D. P. Neves, S. A. Mehdizadeh, M. Tschärke, I. A. Naas, T. M. Banhazi, "Detection of flock movement and behaviour of broiler chickens at different feeders using image analysis", Information Processing in Agriculture, 2(1): pp.177-182, 2015.

□ 양계 개체별 패턴의 분석 및 연속 영상 기반 행동 인식 연구 사례

- 해당 연구는 2013년 브라질 Estadual Paulista 대학과 미국 University of Illinois의 연구자들에 의해 수행되었음
- 양계사에서 기계 시각을 이용해 연속 영상을 획득하고 이를 통해 개체 구분을 자동으로 하는 시스템을 개발하였으며 나아가 개체별 행동 패턴을 분석하는 것을 연구의 주요 골자로 하였음
- 당시의 카메라 및 프로그래밍 기술을 감안할 때 개별 양계 개체를 구분하고 행동 패턴까지 파악하는 것은 매우 선도적인 연구였던 것으로 파악됨
- 연구팀은 양계 개체가 어떤 행동을 표현할 때 추출된 프레임으로부터 신체 모양을 구별하기 위해 4단계의 알고리즘을 구성함
- 첫 번째 단계는 신체 각 부위의 위치를 식별하고 일반적으로 가만히 서있는 동작과의 차이를 구분하는 것으로, 이를 통해 각 동작을 식별하는 데 필요한 영상 프레임 수를 결정할 수 있었음
- 두 번째 단계로 연구진이 주목한 특정 행동을 표현한 개체를 분리하여 이미지 샘플을 수집하였으며, 세 번째 단계에서 어두운 배경으로부터 백색의 양계 개체를 분리하기 위한 필터를 사용하고 특성값을 추출하였음
- 마지막으로 소프트웨어 도구인 Weka(모델 J48)를 활용하여 추출한 특성값으로 개체 행동을 분류 트리를 구성하고 이를 검증하였는데, 이 분류 트리를 이용하여 교차 검증을 실시한 결과 70.3%의 성공률을 보였다고 보고하였음



<그림> 영상에서 개별 양계 개체를 파악하고 특성값을 추출하는 과정



<그림> 개체 특성값을 이용해 분석된 양계 개체 개별 행동 패턴

○ 이상의 내용은 아래 문헌을 참고하여 작성되었음

D. F. Pereira, B. C. B. Miyamoto, G. D. N. Maia, G. T. Sales, M. M. Magalhães, and R. S. Gates, "Machine vision to identify broiler breeder behavior", Computers and Electronics in Agriculture, 99(1):pp.194-199, 2013.

[결과 요약]

- 축산 분야에서도 영상처리 관련 연구는 카메라 기술과 컴퓨터가 발전한 2010년대 중반 이후에 급격하게 발전하고 있으며, 이러한 연구는 주로 소, 돼지를 중심으로 이루어지고 있는데 이는 개체가 커서 개별 개체 인식이 쉽고 단가가 높아 인식된 개별 개체를 관리할 필요성도 높기 때문임
- 특히 방목 형태의 우사 환경이나 상대적으로 개체별 점유 공간이 넓은 돈사 환경의 경우 전체 영상에서 각 개체의 형상을 개별 추출하여 개체의 행동 또는 군집의 밀집 정도를 세부적으로 파악하는 연구가 많이 진행되어 있으며, 이러한 시스템을 위한 카메라 및 분석 시스템의 요구 사양도 상대적으로 낮은 편임
- 양계사 환경의 경우 각 개체가 작고 상당히 밀집된 환경에서 사육되고 있으며 심지어 조명 환경도 일반적인 RGB 카메라를 이용해 영상을 추출하기에는 좋지 않기 때문에 상대적으로 연구 발전 속도는 느린 편이라고 할 수 있음
- 그러나 양계 환경에서도 군집 패턴을 파악하는 것에서 시작하여 점점 각 개체의 행동 양식 또는 사료 섭취 정도 등을 분석하기 위한 기법이 개발되고 있으며 인공지능 분석 기술이 발전하거나 적외선 카메라 등 과거에 시도할 수 없었던 장비들이 투입되는 등의 방식으로 문제를 해결할 방안이 모색되고 있음
- 이러한 연구기법 및 장비의 발전은 전세계 공통적으로 해당되는 사항인 만큼 앞으로도 관련 연구의 진보된 연구결과 및 새로운 접근기법 등에 대한 관심을 계속 가져야 할 것으로 생각됨

<첨부 > 생체정보 수집 기초 실험 및 해석



<그림> 일반 계사 대비 낮은 높이의 양계시스템

□ 카메라 구성에 대한 장단점

- 다양한 각도에 대한 다수 이미지를 획득하기 위해서는 한 카메라로 여러 차례 촬영을 하거나 여러 카메라로 상대적으로 적은 촬영을 하는 구성을 고려해 볼 수 있음. 비용을 고려했을 때 구성에 대한 특징은 다음과 같음
- 한 대의 카메라의 경우 좋은 성능의 장치 확보를 통한 데이터 정보의 균일성, 유연성을 보장할 수 있지만, 고비용으로 인한 구성의 한계와 촬영 시 소요되는 긴 시간 등의 단점이 있음
- 여러 대의 카메라의 경우 저가의 시스템 설치로 데이터 획득 시간의 균일성과 상대적으로 적은 촬영 소요 시간이 장점이지만, 해상도나 데이터 자체가 가지는 한계는 단점임
- 각각의 장단점에 따라 구성은 시스템을 만족하는 수준의 카메라를 활용하여 다수를 설치하는 방식으로 진행함

□ 모니터링 시스템 구성

- 모니터링 시스템은 라즈비안이라는 리눅스 기반의 운영체제를 가진 소형, 저가의 컴퓨터인 라즈베리파이를 활용해 구성하고 테스트를 진행하였음
- 기존의 테스트는 3버전의 라즈베리파이를 활용하였으나 거리 센서의 적용이나 추가 센싱을 위해 4버전을 고려해 진행하였으며 빠른 연산 속도, 적용 가능한 센서의 증가, 전송 속도 등에 차이가 있음

제품	Raspberry Pi 4 B	Raspberry Pi 3 B+
CPU	1.5-GHz, Quad-Core Broadcom BCM2711B0 (Cortex A-72)	1.4-GHz, Quad Core Broadcom BCM2837B0 (Cortex A-53)
RAM	1GB/2GB/4GB LPDDR4-2400 SDRAM(dependent on model)	1GB LPDDR2 SDRAM
GPU	500 MHz VideoCore VI	400 MHz VideoCore IV
Video Out	듀얼 마이크로HDMI 포트	싱글 HDMI 포트
최대 해상도	4K 60 Hz + 1080p or 2x 4K 30 Hz	2560 x 1600
인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> ●2x USB 3.0, 2x USB 2.0 ●2-lane MIPI CSI 카메라 포트 ●2-lane MIPI DSI 디스플레이포트 ●4-pole 스테레오 오디오, 콤포지트 비디오 포트 ●USB Type-C 	<ul style="list-style-type: none"> ●4x USB 2.0 ●CSI 카메라 포트 ●DSI 디스플레이 포트 ●4-pole 스테레오 아웃, 콤포지트 비디오 포트 ●micro USB
유선 네트워크	기가비트 이더넷	330 Mbps 이더넷
무선	802.11ac (2.4 / 5 GHz), Bluetooth 5.0	802.11b/g/n/ac (2.4 / 5 GHz), Bluetooth 4.2
파워	3A, 5V	2.5A, 5V
크기	88 x 58 x 19.5mm	82 x 56 x 19.5mm

<그림> 라즈베리파이 버전에 따른 스펙

- 모니터링을 위한 센서는 기본적인 RGB 카메라 외에 적외선 카메라 모듈 (3280x2464, 5MP, 1080p), 광각렌즈, 거리 센서가 포함된 센서를 추가로 진행하였음



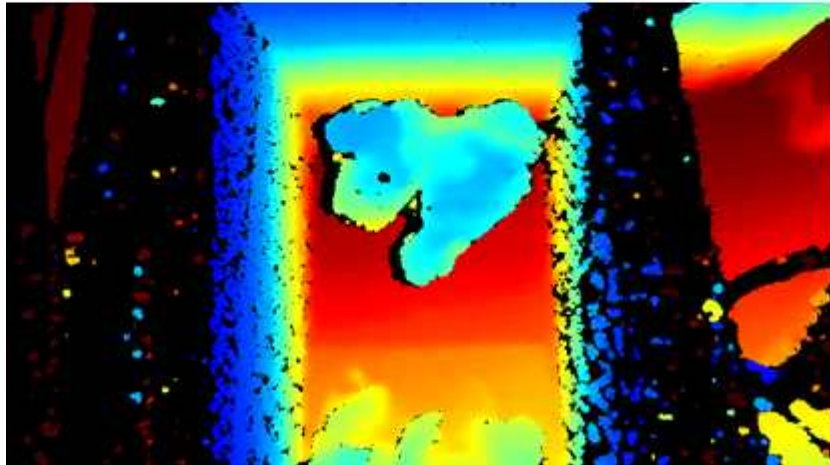
<그림> 추가 활용 센서와 적외선 센서를 통한 촬영 이미지 예시

- 추가 센서로 고려한 거리 센서는 리얼센스는 인텔에서 개발한 센서로 컬러 이미지와 더불어 거리 센서를 통한 3차원 영상의 획득이 가능함. 낮지 않은 RGB 해상도를 가지고 있으며 FOV도 적용 가능한 범위로 나타남

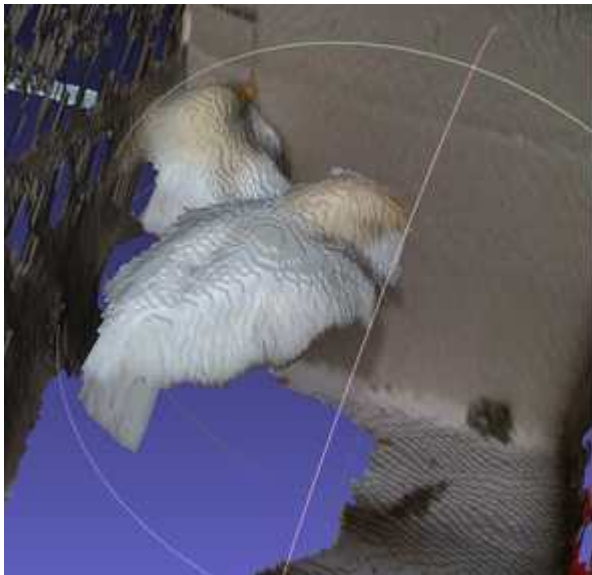
Parameter	Intel® RealSense™ D415 Depth Camera	Intel® RealSense™ D435 Depth Camera
Image Sensor	OV2740	OV9282
Active Pixels	1920 × 1080	1280 X 800
Sensor Aspect Ratio	16:9	8:5
Format	10-bit RAW	10-bit RAW
F Number	f/2.0	f/2.0
Focal Length	1.88mm	1.93mm
Filter Type	IR Cut – D400, None – D410	None
Focus	Fixed	Fixed
Shutter Type	Rolling Shutter	Global Shutter
Signal Interface	MIPI CSI-2, 2X Lanes	MIPI CSI-2, 2X Lanes
Horizontal Field of View	69.4	91.2
Vertical Field of View	42.5	65.5
Diagonal Field of View	77	100.6
Distortion	<=1.5%	<=1.5%

<그림> 리얼센스 거리 센서의 기본 스펙

- 거리 센서는 어두운 환경에 영향을 덜 받기 때문에 촬영 제약이 덜하고 구성하고자 하는 라즈베리파이에서도 구동이 가능하기에 이를 활용하고자 함. 병아리 단계의 개체를 촬영해본 결과 일반 RGB 이미지와 거리 센서를 활용한 이미지가 적용 가능한 수준으로 획득됨



<그림> 리얼센스를 통한 RGB, 거리 측정 이미지



<그림> RGB, 거리 센서를 통한 기본적인 3차원 이미지

[결과 요약]

- 양계시스템의 개발이 진행됨에 따라 모니터링 시스템에 대한 요구사항이 변화하고 추가되었고 이를 반영하기 위한 과정과 더불어 진행되었음
- 낮은 높이와 어두움 환경에 대한 부분에 여러 고려가 이루어졌고, 영상 획득 시스템의 선정이 이루어짐

○ 추가 활용하고자 하는 센서에 대한 조사, 접근도 함께 수행되어 적용 가능성을 살펴봄

<첨부 > 무게 측정, 모니터링 시스템 구성

[연구 주제] 가시광선, 적외선 카메라를 이용한 육계의 체중 평가 및 분산 정도 측정 기술개발을 위한 기초연구 1

A Fundamental Study on the Development of Variance Degree Measurement Technology and Gained Weight Evaluation for Broilers using Visual Light and Infrared Cameras

[목표] 육계 모니터링 및 무게 측정, 분석 시스템 기초연구

[결과 보고]

□ 모니터링 및 무게 측정을 위한 시스템

- 구성하고자 하는 시스템의 전반적인 부분은 다음과 같음. 무게 측정 개체가 로드셀 위에 올라오면 무게 데이터와 영상센서를 통한 이미지가 매칭되고 추가 로그와 함께 데이터를 구성함. 구성된 데이터는 무게 예측모델의 학습 데이터로 활용됨. 충분한 학습을 통해 모델이 완성되면 이미지만을 통해 개체의 무게를 예측할 수 있게 됨



<그림> 무게 측정 및 모니터링 시스템 모식도

- 매칭될 것으로 예상되는 데이터는 데이터 획득 시간, 촬영된 공간정보, 추가 개체 식별 정보, 무게, 자동 생성 이미지 이름 등으로 구성되며 이를 로그 형태의 텍스트 혹은 CSV 파일이 될 것임. 모니터링 시스템의 경우 무게 정보를 제외한 같은 정보가 저장됨

시간	큐비클 ID	식별 번호	무게	Top Cam	Side Cam	
20200515 16:30	CL001	CH001	50	0515_11h1_1_top.jpg	0515_11h1_1_side.jpg	로그 텍스트 파일
20200516 11:20	CL001	CH006	80	0516_11h6_1_top.jpg	0516_11h6_1_side.jpg	
20200516 11:30	CL002	CH004	60	0516_12h4_1_top.jpg	0516_12h4_1_side.jpg	
20200516 12:20	CL001	CH006	85	0516_11h6_2_top.jpg	0516_11h6_2_side.jpg	
20200518 17:20	CL002	CH004	70	0518_12h4_1_top.jpg	0518_12h4_1_side.jpg	

<그림> 무게 측정 시스템을 통해 저장되는 로그

□ 영상 시스템 설치

- 1차 완성된 양계시스템에 영상 시스템을 설치하여 실제 이미지를 보고자 함. 라즈베리파이와 카메라 모듈을 통해 이미지를 얻었고 공유기를 통해 와이파이 환경에서 실시간 모니터링, 데이터 전송을 수행하였음
- 촬영 이미지는 탑뷰와 사이드뷰를 얻고자 계획하였으며 이미지 및 환경 데이터를 얻기 위한 이동 장치가 없는 관계로 특정 위치에 부착하는 방식으로 수행함. 초기 양계시스템은 분진과 같은 여러 종류의 먼지와 냄새가 포함되어 있어 촬영 시스템을 보호하기 위해 간단한 래핑을 수행. 영상의 노이즈를 줄이기 위해 카메라 센서 부분만 영향이 없을 정도의 구멍을 뚫어 데이터를 획득함



<그림> 영상 시스템의 설치를 위한 탑뷰, 래핑 이미지

- 양계시스템의 하나의 공간에 대하여 탑뷰, 사이드뷰 각각 두 곳에 영상 장치를 설치하였으며 사이드의 경우 높이를 다르게 하여 촬영되는 영상을 확인하였음. 탑뷰는 추가 설치물을 활용하여 중앙에서 영상을 획득하였고 사이드뷰는 기존 구조물 외부에 부착하는 방식을 택함



<그림> 개발 중인 양계시스템에 설치된 영상 장치

□ 영상 시스템을 통한 획득 이미지 분석

- 설치된 영상 시스템은 30분 간격으로 촬영을 수행하였고, 안정성 확인을 위해 3일간 연속 실험을 진행함. 시간에 따라 일령에 따라 양계시스템 내부는 광량의 차이가 있었고 개체 분포에도 차이

가 있었기에 전반적인 파악을 수행하였고 1차 시스템의 하드웨어 적합도를 분석하였음

- 탐류의 경우 우려했던 것에 비해 FOV 확보가 가능하여 다수의 개체가 하나의 이미지에 포함되었음. 성장 초기에 촬영이 이루어졌기 때문에 성장이 진행된 이후에는 어려운 점이 있을 것으로 예상됨. 즉, 출하 시기에 적합한 영상 획득이 어려울 수도 있음을 고려해 진행해야 할 것으로 나타남.
- 광량의 경우 최소, 최대 밝기를 기준으로 중간 단계를 포함해 촬영을 진행하였음. 최소 밝기의 경우 하나의 개체를 세부적으로 파악하기에는 어려움이 있었지만, 무게 예측을 위한 전체 외형을 파악하는 부분은 어느 정도 가능할 것으로 보임. 그 외에는 인식에 무리가 없었음. 이에 따라 광량에 상관없이 촬영을 진행하거나 필요하다면 모니터링이 진행되는 중 필요한 최소 광량을 확보하기로 함





<그림> 광량에 따른 탐부 획득 이미지

- 사이드뷰의 경우 높이에 따라 획득 가능한 정보가 나뉘는 것으로 나타남. 사이드 상단에 위치한 경우 탐부에서 파악했던 것보다 좀 더 넓은 면적의 상태를 파악 가능했고 이에 따라 분산된 정도를 해석하는데 응용 가능할 것으로 나타남. 최대한 높은 위치에서 바라볼 수 있게 구성하는 것이 필요해 보임. 다만 가장 어두운 경우 개체 인식에 무리가 있을 것으로 파악됨



<그림> 사이드뷰(상단)에서 획득한 이미지

- 사이드 하단에 위치한 영상 장치의 경우 개체의 옆모습을 획득하여 분석에 활용할 가치가 있는 것으로 나타남. 특정 개체의 키나 부피 등에 활용 가능한 추가 생육 데이터를 획득하는 데 있어 도움이 될 것으로 보이고 실험 당시 위치한 높이보다 조금 내려 전체를 파악할 수 있게 해야 할 것으로 파악됨

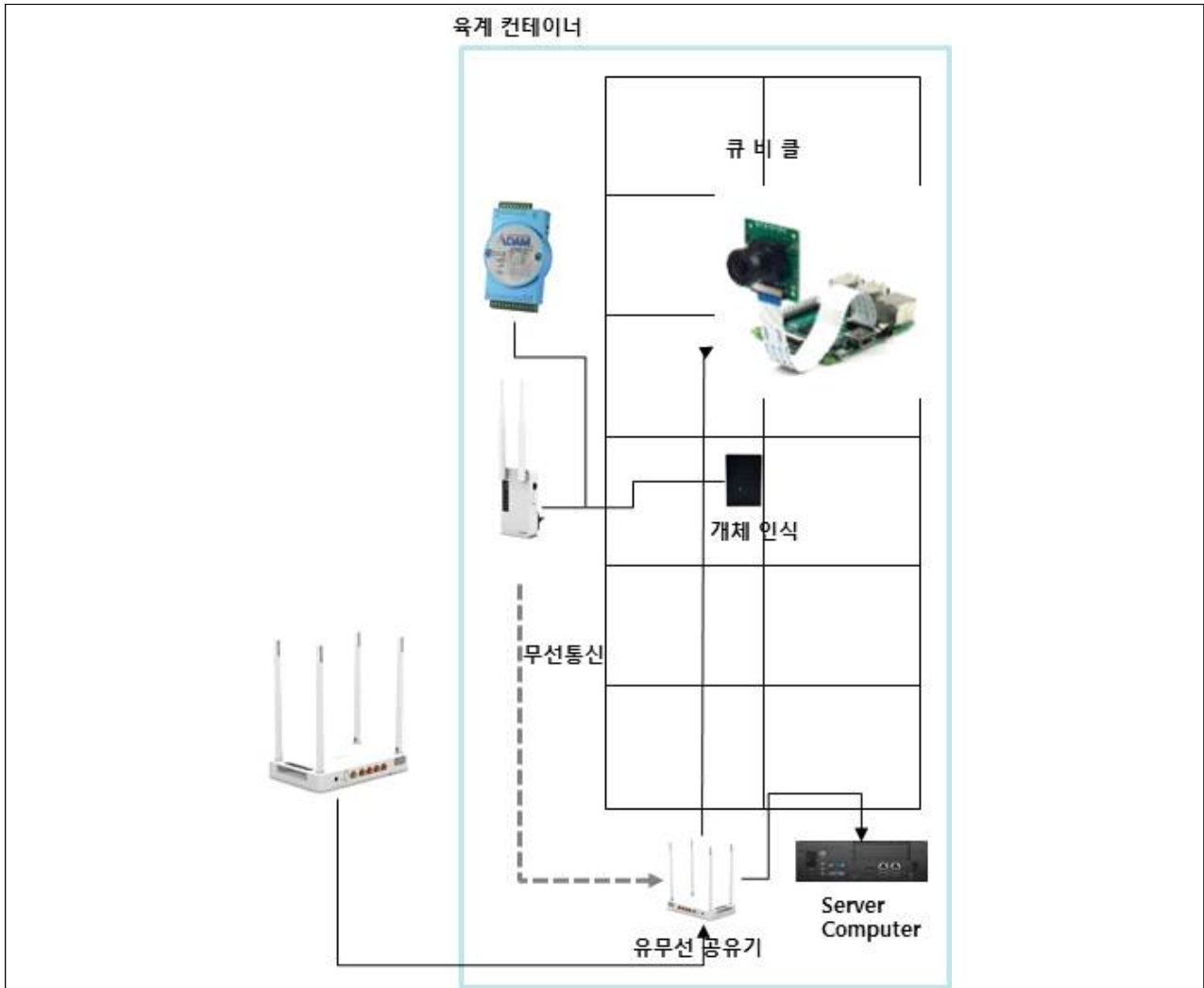


<그림> 사이드뷰(하단)에서 획득한 이미지

- 기존의 양계시스템에 비해 개발하고자 하는 시스템은 영상 획득에 유리한 환경은 아님. 탐뷰를 통한 분포, 개체 파악에 어려움이 있고 공간상 제약이 존재하므로 알고리즘을 통한 보완이 필요할 것으로 파악됨

□ 무게 측정 시스템

- 무게 예측을 위한 모델을 만들고 이를 개선하기 위한 데이터 획득을 위한 무게 측정 시스템을 구성해 보았음. 이 시스템은 모델 구성과 더불어 무게 예측이 잘 이루어지고 있는지를 파악하는데에도 활용할 예정.
- 서버 역할을 하는 컴퓨터를 기준으로 통신을 활용해 장치에 측정 개체가 올라가면 무게가 측정되고 영상 장치를 통한 촬영이 이루어지며 추가적인 개체 인식을 포함한 데이터가 전송됨. 서버 컴퓨터는 외부망과 연동되고 실시간으로 데이터를 확인하고 분석할 수 있게 설계



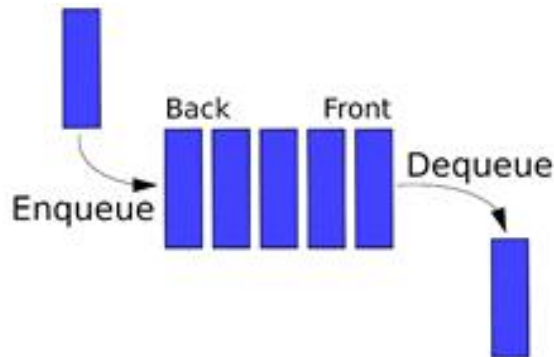
<그림> 육계 컨테이너 내부에 구성한 무게 측정 시스템 개략도

- 내부 시스템 구성은 다음과 같음. 계측용 컨트롤 박스에는 무게 측정을 위한 로드셀을 제어하는 부분, 추가적인 개체 인식에 활용될 장치의 연결 부분, 전원 등의 제어가 수행되며 이는 무선공유기를 통해 서버 컴퓨터와 연결됨
- 서버 컴퓨터는 IoT 플랫폼을 활용하여 데이터 획득 프로토콜을 정의하고 계측 컨트롤 박스에서 전송된 정보를 추가 프로그램에 전달함. 전달된 정보는 큐라는 방식으로 자료구조를 구성하며 특정 조건에 따라 데이터베이스로 전달해 원하는 데이터 로그를 구성함. 이 데이터 로그에는 영상을 통한 정보도 포함되며 독립적인 구조로 이미지를 저장하게 됨



<그림> 무게 측정 내부 시스템 구성도

- 컨트롤 박스에서 전달된 값은 큐 자료구조를 활용하게 됨. 큐 자료구조는 FIFO (First Input First Out)라는 접근 방법이 개념으로 먼저 들어간 데이터가 먼저 나오는 구조를 말함



<그림> 큐 자료구조

- 큐 구조는 순서대로 처리하는 형태로 컨트롤 박스로부터 연속적으로 무게값이 전달되고 축적되며 영상에 개체가 파악되는 신호를 기준으로 큐값을 활용하게 됨. 이때 RabbitMQ라는 비동기 작업의 큐 방식 메시지 브로커를 이용.

Overview				Messages			Message rates			
Name	Type	Features	State	Ready	Unacked	Total	incoming	deliver / get	ack	
weight_t	classic	D	idle	0	0	0				
weight	classic	D	idle	0	0	0				
weight_tmp	classic	D Args	idle	375.543	0	0	0.00/s	0.00/s	0.00/s	

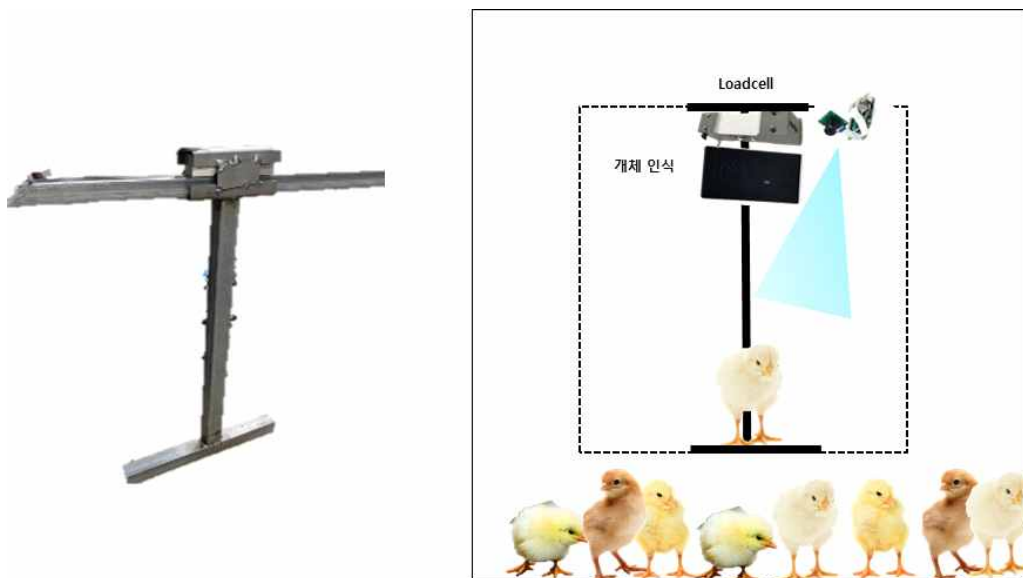
<그림> 큐를 활용하기 위한 RabbitMQ 모습

- 무게 측정을 위해 로드셀을 활용하려면 측정하고자 하는 개체가 위에 올라가야 함. 기존의 계사 환경에서 닭은 본능적으로 안전을 위해 지면에서 일정 높이에 앉아 쉬고 자는 버릇이 있기에 헛대를 설치해 주게 됨. 무게 측정 시스템에도 이를 고려해 보고자 함



<그림> 기존 계사 환경의 헛대 모습

- 로드셀을 상단에 위치하게 하고 헛대 형식으로 무게 측정을 수행함. 하단에 발판을 구성하여 개체가 올라오도록 하였고 이를 상단의 카메라로 측정하였음. 카메라를 통해 인식된 개체와 로드셀을 통해 측정된 무게와 매칭시키고자 함



<그림> 실제 구성한 헛대 형식의 무게 측정 장치와 모식도

- 헛대 하단의 발판이 넓었기 때문에 개체가 올라간 위치에 따른 무게의 차이가 나타나는 것으로 파악되었고 이를 개선하기 위한 방안이 필요한 것으로 파악됨. 또한, 시간의 흐름에 따라 발판에 분비물 털 등의 여러 이물질이 포함되어 영점 조절을 자동으로 갱신해야 할 알고리즘 구성을 추가해야 하는 것으로 나타남



<그림> 랫대 형식의 무게 측정 장치를 양계시스템에 설치한 모습

- 측정 장치 상단에 위치한 영상 장치를 통한 이미지를 통해 분석한 결과 다수의 개체가 올라간 경우, 계속 올라간 상태를 유지하는 경우, 주변에 위치한 개체가 건드리는 경우 등이 추가적인 상황으로 파악되었음. 이를 위한 소프트웨어적인 고려가 필요하며 전체 시스템을 구성한 추가 실험이 진행되어 모델을 구성해야 할 것으로 보임



<그림> 무게 측정 장치 상단의 카메라를 통해 촬영한 이미지

[결과 요약]

- 무게 측정 및 모니터링 시스템 구성을 위해 로드셀과 영상 장치를 기반으로 하여 기초 실험을 수행함. 탑뷰와 사이드뷰의 위치에 따른 영상을 파악하여 개선 방향을 살펴봄. 거리에 대한 부분과 광량에 대한 부분을 추가 고려해야할 필요가 있고 알고리즘을 통한 보완이 중요할 것으로 나타남

- 로드셀과 영상 장치, 추가 개체 인식 장치를 이용한 무게 측정 시스템은 컨트롤 박스와 서버 시스템을 구성하여 설계를 진행함. 개체의 특성을 고려한 랙대 형식의 무게 측정 장치를 구성해 실험을 진행하였고 하드웨어, 소프트웨어적인 보완이 필요한 부분을 파악해 추가 진행하고자 함

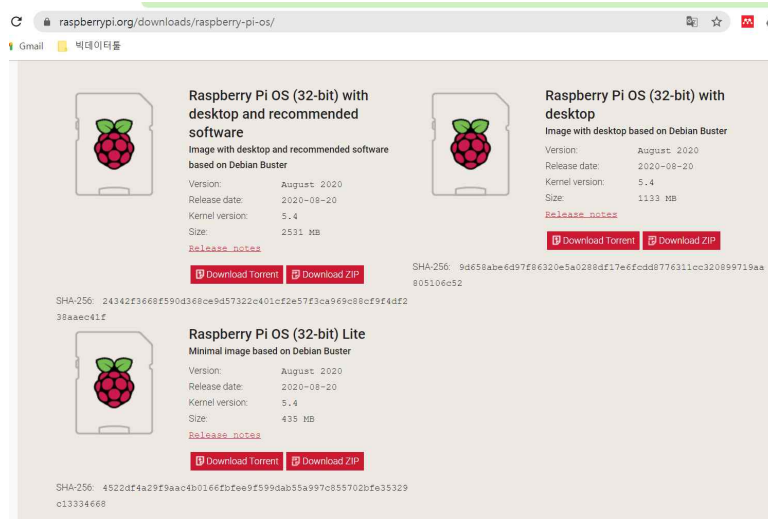
[연구 주제] 가시광선, 적외선 카메라를 이용한 육계의 체중 평가 및 분산 정도 측정 기술개발을 위한 기초연구 2

[목표] 인공지능을 이용한 육계의 체중과 육계무리의 분산정도 평가

[결과 보고]

□ 라즈베리파이4 환경 설정

- 양계 환경 모니터링 및 조절에 있어 필요한 컴퓨터 비전, 딥러닝 등 인공지능 기술 적용을 위한 전반적인 기초시스템 구축
- 라즈베리파이4 모델B 4GB, 라즈베리파이 카메라모듈 V2 (RPI 8MP CAMERA BOARD), 라즈베리파이4 전용 7인치 LCD 터치스크린, 스크린 스탠드 SmartPi Touch 2 (SM-STV2), microSD 카드 32GB, SD 카드 리더기, 브레드보드, T 코블러 활용
- 라즈베리파이의 저장공간으로 SD카드를 쓰며 SD카드에 라즈베리파이 보드 관리 위해 운영체제(OS)를 설치함. 본 실험에서는 라즈베리파이 오픈소스 커뮤니티에서 데피안 기반으로 자체 제작한 Raspbian OS를 설치



<그림> 라즈비안 설치 홈페이지

- www.raspberrypi.org/downloads/에서 'Raspberry Pi OS with desktop and recommended software' 파일을 다운로드한 후 microSD카드를 꽂은 카드 리더기를 PC에 연결함. microSD카드에 다운받은 Raspbian OS이미지를 굽기 위해 'Etcher'프로그램을 사용
- 본 실험에서는 .iso 및 .img 파일과 같은 OS 이미지를 microSD카드에 설치하는데 사용되는 무료 오픈소스 유틸리티인 balenaEtcher를 사용함. www.balena.io/etcher/ 웹사이트에 접속하여 Etcher 프로그램을 다운로드함('Download for Windows X64' 클릭). 다운로드한 후 실행하면 아래 이미지와 같은 창이 뜬. 이전 단계에서 다운로드 받은 Raspbian OS 파일을 'Flash from file'을 눌러 업로드한 후, 저장 공간을 미리 PC에 연결한 카드 리더기의 해당 드라이브를 선택함. 이후, 'Flash!' 버튼을 누르면 완료. OS작업이 마무리된 후, 해당 microSD카드를 라즈베리파이 보드 뒷면에 삽입

□ 카메라 모듈 연결 및 스크린 스탠드 설치



<그림> 라즈베리파이와 카메라 모듈 연결을 완료한 모습

- 라즈베리파이에 모니터를 연결하여 작업을 할 수 있으므로 라즈베리파이 LCD 터치스크린을 연결 및 조립이 필요함. 또한 스크린 자체로는 고정되지 않아 위 이미지와 같이 스크린을 눌러 빛 반사가 심한 상태로 작업을 해야 하는 불편함이 있으므로 스탠드 장착 단계가 필요함. 추가적으로, 라즈베리파이를 아래 이미지와 같이 스크린 뒤쪽에 부착 및 연결하게 되므로 GPIO 핀을 사용할 때마다 스크린 뒤쪽을 살피며 작업해야 하는 불편함이 있어 T cobbler와 브레드보드를 이용해 작업 편의성을 높임



<그림> 라즈베리파이와 스크린 연결

- 라즈베리파이에 카메라모듈 V2를 GPIO 핀에 연결. GPIO (=General Purpose Input Output)는 마이크로프로세서가 주변장치와 통신하기 위해 범용으로 사용되는 입력 출력 포트임. 입력과 출력 포트를 제어하기 위해 3개의 레지스터를 가지며 3개의 레지스터는 PORTx(포트), DDRx(출력/입력 방향설정), PINx(포트를 이루고 있는 핀에 대한 내용)로 이루어져 있음

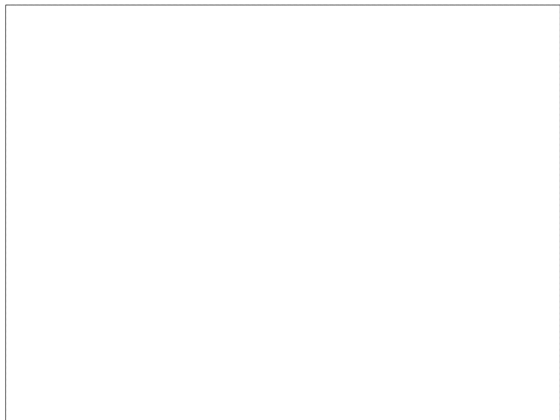
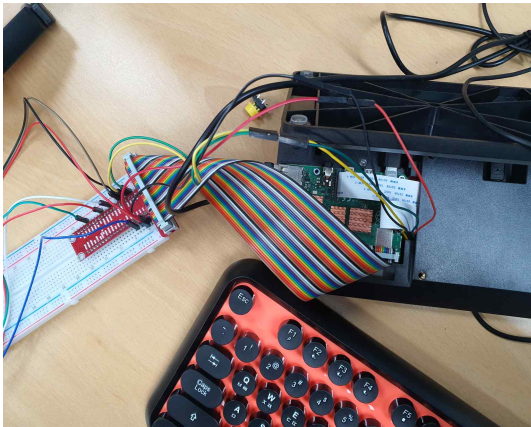
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I ² C ID EEPROM)		(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28

<그림> 카메라모듈과 GPIO 핀 연결을 위한 배치도

□ GPIO 제어 환경 설정

```
$ sudo apt-get install xrdp
$ gpio -v
$ gpio readall
$ sudo apt update
$ sudo apt full-upgrade
$ gpio readall
$ cd /tmp
$ wget https://project-downloads.drogon.net/wiringpi-latest.deb
$ sudo dpkg -i wiringpi-latest.deb
$ gpio -v
$ gpio readall
```

- 라즈베리파이 운영체제를 성공적으로 설치하였으며 라즈베리파이 스크린을 스탠드에 연결해 작업 효율성을 향상시킴과 동시에 카메라 또한 T cobbler와 브레드보드를 이용해 성공적으로 연결 완료



<그림> 라즈베리파이와 스크린, 카메라 모듈 설치 완료

□ I2C(Inter-Integrate Circuit) 통신 모듈 활성화 및 I2C 통신응용 프로그램 설치

- I2C 통신은 데이터를 송수신하기 위한 하나의 선과 송수신 타이밍 동기화를 위한 클럭 선 하나로 구성됨. Bus 형태이므로 라인 공유 가능하며 Address에 따라 주변 장치와의 통신이 가능. 라즈베리파이 보드에서 주변기기를 연결 및 통신 가동을 위해 필요

```
$ sudo raspi-config
```

다음과 같이 설정. → interfacing options → I2C → Enabled

```
$ cat /etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf
```

```
$ cat /etc/modules
```

cat을 통해 /etc/modules 파일에 I2C-dev 라는 커널 모듈이 추가된 것을 확인.

```
$ sudo apt install i2c-tools libi2c-dev python-smbus
```

```
$ sudo i2cdetect -y 1
```

라즈베리파이 보드에서 I2C통신 환경 설정과 접속 상태를 확인하고 python 프로그래밍을 위해 필요한 프로그램 설치

□ 모듈카메라 성능 테스트를 위한 환경 설정

- 영상을 통한 육계의 생체 측정을 위한 컴퓨터 버전의 다양한 기술을 매끄럽고 안정적으로 개발하기 위해 필요한 환경 구축
- 라즈베리파이 카메라모듈 V2를 이용하여 영상 속도 조절, 영상 녹화 등 세부 기능을 실행시키기 위해 필요한 Pi Camera 라이브러리를 설치함

```
$ wget https://sourceforge.net/projects/raspicam/files/raspicam-0.1.3.zip
```

온라인에서 raspicam-0.1.3. 파일을 불러와 다운로드.

```
$ unzip raspicam-0.1.3.zip
```

압축 파일 해제

```
$ cd raspicam-0.1.3
```

raspicam-0.1.3 디렉토리로 이동

```
$ mkdir build
```

build 파일 생성

```
$ cd build
```

build 파일로 이동

```
$ cmake
```

```
$ make
```

컴파일

```
$ sudo make install
```

make 설치

```
$ sudo ldconfig
```

공유 라이브러리 캐시 재설정

```
$ sudo apt-get install pqiv
```

웹캠으로 촬영한 영상 보기 위해 패키지 설치

```
$ vccgencmd get_camera
```

카메라 연결 확인 ('supported=1, detected=1'로 나오면 연결 이상 없음)

- 영상 스트리밍 프로그램인 Cheese 프로그램을 실행


```
$ sudo vi /etc/modules
```

→ (편집) bcm2835-v4l2 //맨 마지막 줄에 추가

```
$ sudo raspi-config
```

→ interfacing options → pi camera → enabled

```
$ reboot
```

변경된 설정 적용을 위해 다시 껐다 켜.

```
$ sudo apt install cheese
```

```
$ cheese
```

cheese 프로그램 설치 및 실행

- 실시간으로 카메라를 통해 모니터링이 가능한 motion 소프트웨어를 설치가 필요

```
$ sudo apt-get install motion
```

```
$ sudo vi /etc/motion/motion.conf
```

아래 사항과 같이 변경

```
'daemon on'
```

```
'framerate 1200'
```

```
'stream_port 2926'
```

```
'stream_quality 100'
```

```
'stream_localhost off'
```

```
'webcontrol_localhost off'
```

```
'quality 100'
```

```
'width 640'
```

```
'height 480'
```

```
'post_capture 5'
```

```
$ sudo vi /etc/default/motion
```

→ 'start_motion_daemon = yes' 와 같이 변경

```
$ sudo service motion restart
```

```
$ sudo motion
```

- OpenCV(Open Source Computer Vision Library)는 오픈소스 컴퓨터 비전 및 기계 학습 소프트웨어 라이브러리이며, 컴퓨터 비전 응용 프로그램을 위한 공통 인프라를 제공하고 상용 제품에서 기계 인식 사용을 가속화하기 위해 개발됨
- 본 실험에서는 얼굴 탐지 및 인식, 물체 식별, 비디오에서의 사람의 행동을 분류하고, 카메라 움직임을 추적하고, 움직이는 물체를 추적하고, 물체의 3D 모델을 추출하는 데 사용할 목적으로 OpenCV를 설치하고 이용하고자 함
- 많은 패키지가 설치될 것이므로 속도를 올리기 위해 라즈비안에서 패키지 다운로드하는 곳을 변경

```
$ sudo nano /etc/apt/sources.list
```

→ 'deb http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian/ buster main contrib non-free rpi'
를 'deb http://ftp.kaist.ac.kr/raspbian/raspbian/ buster main contrib non-free rpi'
로 수정

```
$ sudo apt-get update
```

기존 설치된 패키지의 새로운 버전이 저장소에 있을 경우 리스트 업데이트

```
$ sudo apt-get upgrade
```

OpenCV 4.1.2 설치 전 기존 설치 패키지들을 업그레이드

```
$ reboot
```

업데이트한 패키지가 모두 적용되도록 재부팅 후 진행

```
$ sudo apt-get install build-essential cmake
```

'build-essential' 패키지에는 C/C++ 컴파일러와 관련 라이브러리, make같은 도구 포함. 'cmake'는 컴파일 옵션이나 빌드된 라이브러리에 포함시킬 OpenCV 모듈 설정 등을 위해 필요

```
$ sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev
```

특정 포맷의 이미지 파일을 불러오거나 기록하기 위해 필요한 패키지들

```
$ sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libxvidcore-dev libx264-dev libxine2-dev
```

특정 코덱의 비디오 파일을 읽어오거나 기록하기 위해 필요한 패키지들

```
$ sudo apt-get install libv4l-dev v4l-utils
```

Video4Linux 패키지는 리눅스에서 실시간 비디오 캡처를 지원하기 위한 디바이스 드라이버와 API를 포함

```
$ sudo apt-get install libgstreamer-plugins-base1.0-dev libgstreamer1.0-dev
```

GStreamer는 비디오 스트리밍을 위한 라이브러리

```
$ sudo apt-get install libgtk2.0-dev
```

OpenCV에서는 highgui 모듈을 사용해 자체적으로 윈도우 생성하여 이미지나 비디오들을 보여줄 수 있음. 윈도우 생성 등의 GUI를 위해 gtk 또는 qt를 선택해서 사용가능하며 여기서는 gtk2를 지정.

```
$ sudo apt-get install mesa-utils libgl1-mesa-dri libgtkgl2.0-dev libgtkglext1-dev
```

OpenGL 지원하기 위해 필요한 라이브러리

```
$ sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran libeigen3-dev
```

OpenCV 최적화를 위해 사용되는 라이브러리들

```
$ sudo apt-get install python2.7-dev python3-dev python-numpy python3-numpy
```

python2.7-dev와 python3-dev 패키지는 OpenCV-Python 바인딩을 위해 필요한 패키지들. Numpy는 매트릭스 연산등을 빠르게 처리할 수 있어서 OpenCV Python에서 사용됨.

○ OpenCV 설정과 컴파일 및 설치

```
$ cd ~
```

홈 디렉토리 이동

```
$ git clone https://github.com/szazo/DHT11_Python.git
```

온·습도 센서 DHT11 파이썬 프로그래밍 파일 다운로드.

```
$ cd DHT11_Python
```

→ example.py 파일에서 핀 번호를 14에서 17로 변경

```
$ python example.py
```

온·습도 센서 측정값 확인

- 1분마다 한 번씩 온도와 습도값을 측정하는 것을 확인할 수 있으며 정상적으로 작동하는 것을 확인

```
pi@raspberrypi:~ $ cd DHT11_Python
pi@raspberrypi:~/DHT11_Python $ python example.py
/home/pi/DHT11_Python/dht11/__init__.py:34: RuntimeWarning: This channel is already in use, c
ontinuing anyway. Use GPIO.setwarnings(False) to disable warnings.
  RPi.GPIO.setup(self.__pin, RPi.GPIO.OUT)
Last valid input: 2020-10-31 11:04:35.014045
Temperature: 21.3 C
Humidity: 48.0 %
Last valid input: 2020-10-31 11:04:47.187595
Temperature: 18.7 C
Humidity: 38.0 %
Last valid input: 2020-10-31 11:05:05.433683
Temperature: 18.8 C
Humidity: 38.0 %
```

<그림> 센서 측정 결과 화면

- VNC 설치를 통한 원격 제어 환경 구축

- Windows PC에서 네트워크 접속을 통해 라즈베리파이의 라즈비안 OS의 GUI 화면을 구동하기 위해 VNC 설치가 필요. 즉, Windows PC에서 원격으로 라즈베리파이 보드의 그래픽 화면을 보면서 개발하고자 함. 이를 통해 제어 장소를 기준으로 내부는 물론, 외부에서도 원격으로 제어할 수 있는 환경을 구축할 수 있음

```
$ sudo raspi-config
```

다음과 같이 설정함.

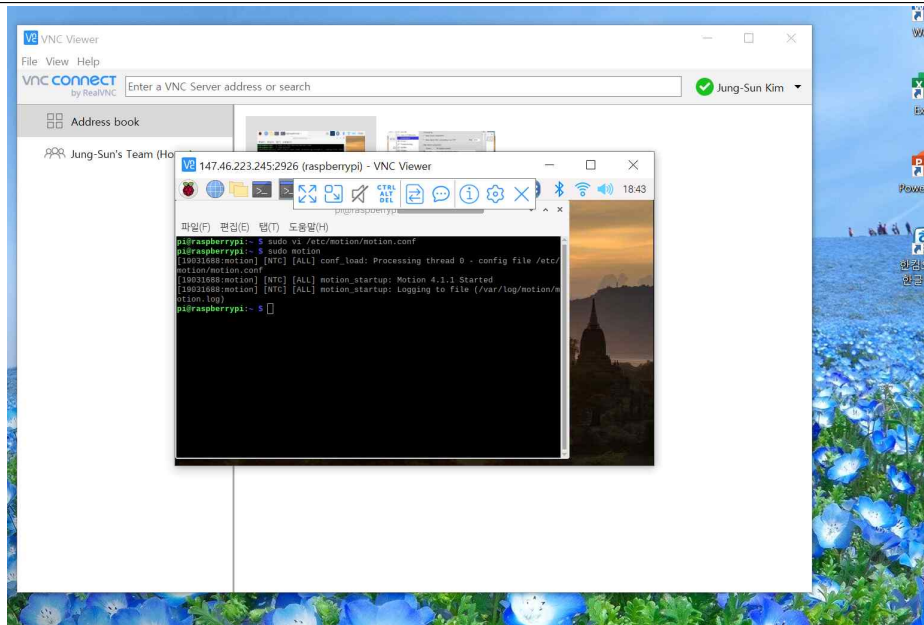
Interfacing Options → VNC → Enabled

```
$ sudo netstat -natp | grep 59
```

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo netstat -natp|grep 59
tcp        0      0 0.0.0.0:5900          0.0.0.0:*            LISTEN
477/vncserver-x11-c
tcp        0      0 192.168.0.32:55592  165.254.191.201:443  ESTAB
477/vncserver-x11-c
tcp        0      0 192.168.0.32:5900   125.141.119.135:54515 ESTAB
477/vncserver-x11-c
tcp6       0      0 :::5900             :::*                  LISTEN
477/vncserver-x11-c
```

VNC 서버가 Port 5900으로 자동으로 실행되는 것을 확인할 수 있음.

- 위 방법으로 VNC 서버 설치 완료. 이후, 정상적으로 인증 접속을 위해 Real VNC viewer를 사용해야 하므로 Real VNC viewer 설치가 필요. www.realvnc.com/en/connect/download/viewer/windows 에서 VNC Viewer 다운로드를 진행함.
- 포트포워딩을 통한 내부IP, 외부IP 설정을 통해 외부 네트워크로도 정상적으로 접속이 되며 원격으로 라즈베리파이를 제어할 수 있음을 확인



<그림> VNC를 통한 원격 접속

□ Tensorflow를 이용한 AI 물체 감지 장치 구축

- 지금까지 컴퓨터 비전에 필요한 기본 환경 시스템을 구축하고 간단한 실험을 진행했다면 본 실험에서는 실질적으로 육계를 영상으로 감지하고 추적할 수 있는 장치를 구축하고자 함

```
$ cd
$ mkdir tf
$ cd tf
```

/home/pi 디렉토리에 'tf' 폴더 생성

```
$ wget
https://github.com/lhelontra/tensorflow-on-arm/releases/download/v1.8.0/tensorflow-1.8.0-cp35-none-linux_armv7l.whl
```

'wget' 명령어 이용하여 'TensorFlow for ARM' GitHub 저장소에서 *.whl 파일 다운로드.

```
$ sudo pip3 install /home/pi/tf/tensorflow-1.8.0-cp35-none-linux_armv7l.whl
```

```
.whl 파일 다운로드 후 pip3 명령으로 TensorFlow 설치
$ sudo apt update
$ sudo apt install -y libatlas-base-dev
```

TensorFlow는 libatlas(Automatically Tuned Linear Algebra Software) 패키지 필요하므로 설치.

- TensorFlow의 'Object Detection' API는 Google의 프로토콜 버퍼 데이터 형식을 구현하는 패키지인 Protobuf를 사용하므로 설치

```
$ wget
https://github.com/google/protobuf/releases/download/v3.5.1/protobuf-all-3.5.1.tar.g
z
```

wget 명령어를 이용해 GitHub 저장소에서 Protobuf 릴리즈를 다운로드.

```
$ tar -zxvf protobuf-all-3.5.1.tar.gz
$ cd protobuf-3.5.1
```

다운로드한 Protobuf 소스 파일 압축 해제 및 protobuf-3.5.1 파일로 이동

```
$ ./configure
$ make
$ make check
```

'./configure' 명령 실행으로 빌드 환경 구성 후 'make' 명령으로 패키지 빌드
빌드 작업이 완료된 후 'make check' 명령 수행.

```
$ sudo make install
```

빌드한 파일들을 설치

```
$ cd python
$ export LD_LIBRARY_PATH=../src/.libs
```

파이썬 디렉토리로 이동 및 라이브러리 경로 환경 설정

```
$ python3 setup.py build -cpp_implementation
$ python3 setup.py test -cpp_implementation
$ sudo python3 setup.py install -cpp_implementation
```

```
$ export PROTOCOL_BUFFERS_PYTHON_IMPLEMENTATION=cpp
$ export PROTOCOL_BUFFERS_PYTHON_IMPLEMENTATION_VERSION=3
```

경로 명령 실행

```
$ sudo ldconfig
```

설치한 라이브러리의 경로를 자동으로 찾을 수 있도록 명령 수행.

```
$ protoc --version
```

아래와 같이 출력되어 올바르게 설치되었음을 확인.

```
pi@raspberrypi:~/tf/protobuf-3.5.1/python $ protoc --version
libprotoc 3.5.1
pi@raspberrypi:~/tf/protobuf-3.5.1/python $
```

- 모든 패키지를 설치했으므로 TensorFlow 디렉토리 설정 필요

```
$ cd
$ mkdir tensorflow1
$ cd tensorflow1
$ git clone -recurse-submodules https://github.com/tensorflow/models.git
```

홈 디렉토리로 이동 후 'tensorflow1' 디렉토리 생성 및 이동.

TensorFlow의 네트워크 모델들(models.git GitHub 저장소) 다운로드.

```
$ sudo vi ~/.bashrc
export
PYTHONPATH=$PYTHONPATH:/home/pi/tensorflow1/models/research:/home/pi/te
nsorflow1/models/research/slim
```

다운로드한 'tensorflow1/models/research/'와 'tensorflow1/models/slim' 폴더에 위치한
파이썬 실행 파일들을 자동으로 찾기 위해 파이썬 환경 변수를 ~/.bashrc 파일에 추가. 터
미널을 새로 열 때마다 파이썬 환경 변수 설정 내용이 자동으로 호출됨.

```
$ cd /home/pi/tensorflow1/models/research
$ protoc object_detection/protos/*.proto --python_out=.
```

Protoc을 사용해 Object Detection API에서 사용되는 프로토콜 버퍼(.proto) 파일을 컴파일. '.proto'파일은 'tensorflow1/models/research/object_detection/protos/'폴더에 위치하지만 'tensorflow1/models/research/' 디렉토리에서 protoc 명령 실행. 이 명령은 'name'.proto 파일들을 'name_pb2'.py 파일들로 변환.

```
$ sudo apt install -y libxml2-dev libxslt1-dev python-tk
$ sudo pip3 install --upgrade pip
$ sudo pip3 install pillow lxml
$ sudo pip3 install jupyter cython
$ sudo apt install python3-matplotlib
$ sudo apt install python3-scipy
```

TensorFlow의 'Object Detection' 파이썬 API를 실행하기 위해 의존성 파이썬 패키지 설치.

- TensorFlow의 'Model Zoo'에는 다양한 수준의 속도와 정확도를 갖춘 사전 훈련된 객체 감지 모델 보관. 라즈베리파이 보드의 CPU 프로세서 성능이 낮으므로 경량화된 네트워크 모델 필요. 여기서 모바일 디바이스 환경에서 가장 빠른 네트워크 모델인 'SSDLite MobileNet' 파일 다운로드

```
$ cd /home/pi/tensorflow1/models/research/object_detection
$ wget
http://download.tensorflow.org/models/object_detection/ssdlite_mobilenet_v2_coco_2018_05_09.tar.gz
$ tar -xzf ssdlite_mobilenet_v2_coco_2018_05_09.tar.gz
```

'tensorflow1/models/research/object_detection' 폴더로 이동
'SSDLite MobileNet' 모델 다운로드 후 압축 파일 해제

```
$ cd /home/pi/tensorflow1/models/research/object_detection
$ wget
https://github.com/bjpublic/raspberrypi/blob/master/chapter06/6-3/Object_detection_picamera.py
$ python3 Object_detection_picamera.py
```

'tensorflow1/models/research/object_detection' 폴더로 이동
'Object_detection_picamera.py' 파일 다운로드 및 실행

- 물체 감지

```
$ cd /home/pi/tensorflow1/models/research/object_detection/
$ wget
https://raw.githubusercontent.com/EdjeElectronics/TensorFlow-Object-Detection-on-the-Raspberry-Pi/master/Object_detection_picamera.py
```

object_detection 파일로 이동 및 카메라 모듈로 촬영되는 개체 감지 python 스크립트인 'Object_detection_picamera.py'를 다운로드.

```
$ python3 Object_detection_picamera.py
```

Object_detection_picamera.py 파일 실행

[결과 요약]

- 라즈베리파이4 환경 설정하기 (카메라모듈 연결)
- I2C(Inter-Integrate Circuit) 통신 모듈 활성화 및 I2C 통신응용 프로그램 설치

- 모듈카메라 성능 테스트를 위한 환경 설정
- 라즈베리파이를 통한 센서 작동 확인 테스트
- VNC 설치를 통한 원격 제어 환경 구축
- Tensorflow를 이용한 AI 물체 감지 장치 구축

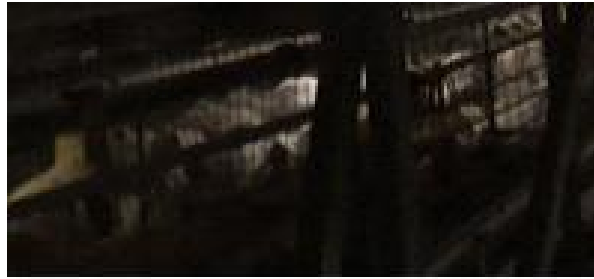
<첨부 > 양계 모니터링 시스템 요구사항, 구성

[연구 주제] 가시광선, 적외선 카메라를 이용한 육계의 체중 평가 및 분산 정도 측정 기술개발을 위한 기초연구

[목표] 개발 중인 양계시스템에 대한 모니터링 시스템의 요구사항 분석 및 구성

[결과 보고]

- 양계시스템의 모니터링 요구사항
 - 지난 연차에 예비 촬영 테스트를 진행하기 위해 예상했던 주요 요구사항과 더불어 실제 구성된 육계 시스템을 고려한 전체적인 모니터링 요구사항은 다음과 같음
 - 다양한 각도에 대한 다수의 영상 취득
 - 일정 시간 간격, 일정 시간, 특정 시간에 따른 촬영
 - 상황 분석을 위한 고해상도의 이미지
 - 영상에 대한 실시간 모니터링
 - 어두운 환경조건에서의 촬영



<그림> 특정 시간대의 촬영 환경

- 모니터링에 대한 예상되는 문제점
 - 개체의 분산 등을 위한 실시간 모니터링을 위한 촬영의 경우 특정 시기의 어두운 환경으로 인한 개체 식별, 노이즈에 대한 부분의 고려가 이루어져야 함
 - 일반적 육계 생산시스템과 비교하면 개발하고자 하는 시스템은 생육 공간의 높이가 매우 낮은 편임. 이에 따라 탐부 영상을 통한 분산을 파악하기 어렵고 탐부 영상 획득 자체도 짧은 거기에 대한 촬영을 고려해야 함. 또한, 공간 상황에 따른 충분한 FOV 확보도 필요

[연구 주제] 스마트 양계사 내 환경 측정을 위한 복합환경센서모듈의 개발

Development of the Complex Environmental Sensor Module for Measuring the Environment in the Smart Poultry House

[목표]

본 연구는 ICT 기반의 밀폐형 양계사(이하 스마트 양계사) 내부의 환경 조건을 측정하기 위해, 단일의 복합환경센서모듈을 구성하여 실험에 활용하고자 함. 이러한 복합환경센서모듈은 단일 모듈만을 활용하여도 다양한 환경 변수를 동시에 확보할 수 있고, 이러한 센서값들을 RTU Modbus 방식을 통해 서버에 업로드하여, 웹상에서도 이를 실시간으로 확인할 수 있는 시스템을 구성하는 것을 목표로 함.

[결과 보고]

□ 연구 필요성

- 양계사는 생물자원을 생산하는 시스템이기 때문에, 생물자원의 수율을 높이기 위해서는 개체가 효과적으로 성장할 수 있는 환경 조건을 조성하여야 함.
- 육계의 성장에 영향을 주는 주요 환경 조건으로는 주어진 온습도와 조도, 호흡을 통해 방출되는 이산화탄소, 계분을 통해 방출되는 황화수소, 암모니아, 그리고 각질에서 발생하는 유기물 분진 등이 있음.
- 이러한 일련의 환경 변수들을 동시에 측정하여, 실시간으로 양계사 내부 환경을 모니터링하는 시스템의 개발을 위하여, 하나의 모듈로 된 복합환경센서모듈을 개발하여 사육 및 실험에 활용하였음.
- 이렇게 개발된 복합환경센서모듈은 다음과 같이 TCP/IP로 외부 인터넷과 연결된 아두이노 보드로 Serial 방식으로 데이터를 전송하게 되며, 이렇게 전송된 데이터값은 RTU/Modbus 방식을 통해 외부 웹 서버로 데이터를 업로드하여 이를 웹 상에서 확인할 수 있도록 구현이 됨.

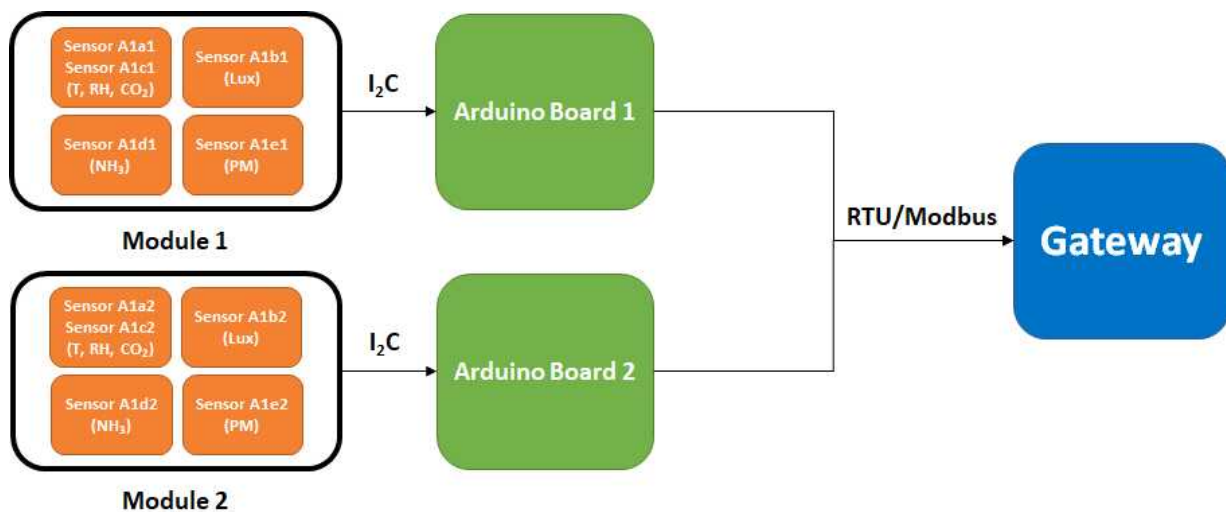
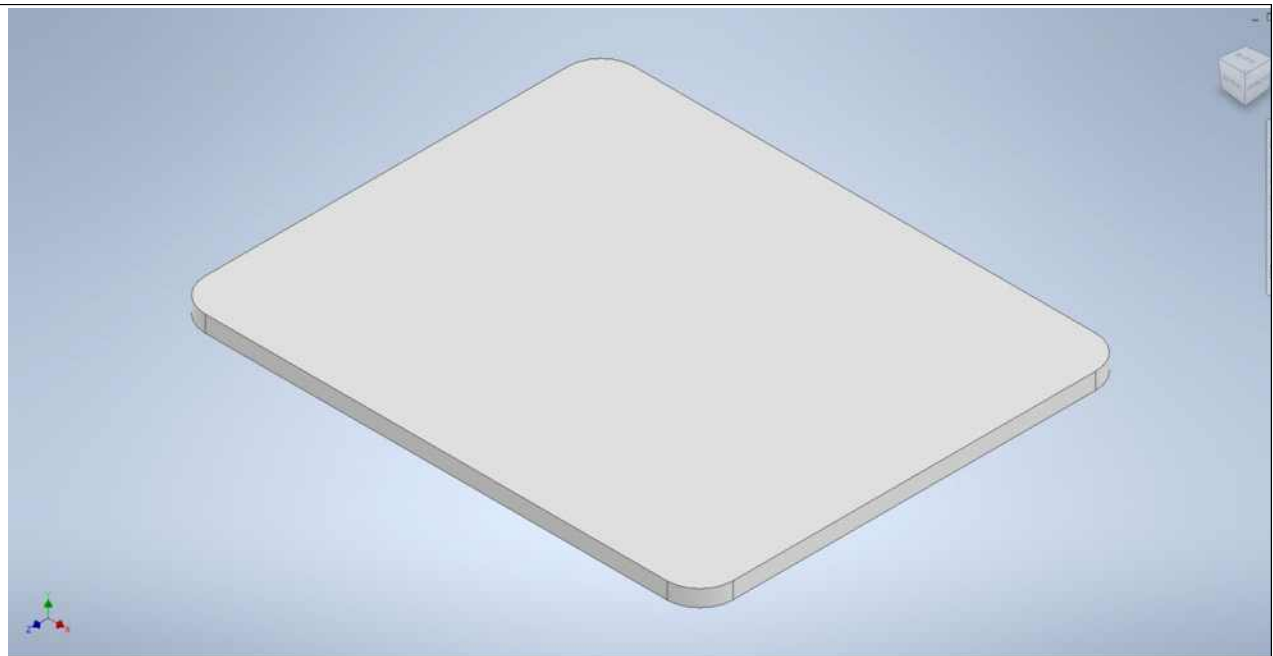
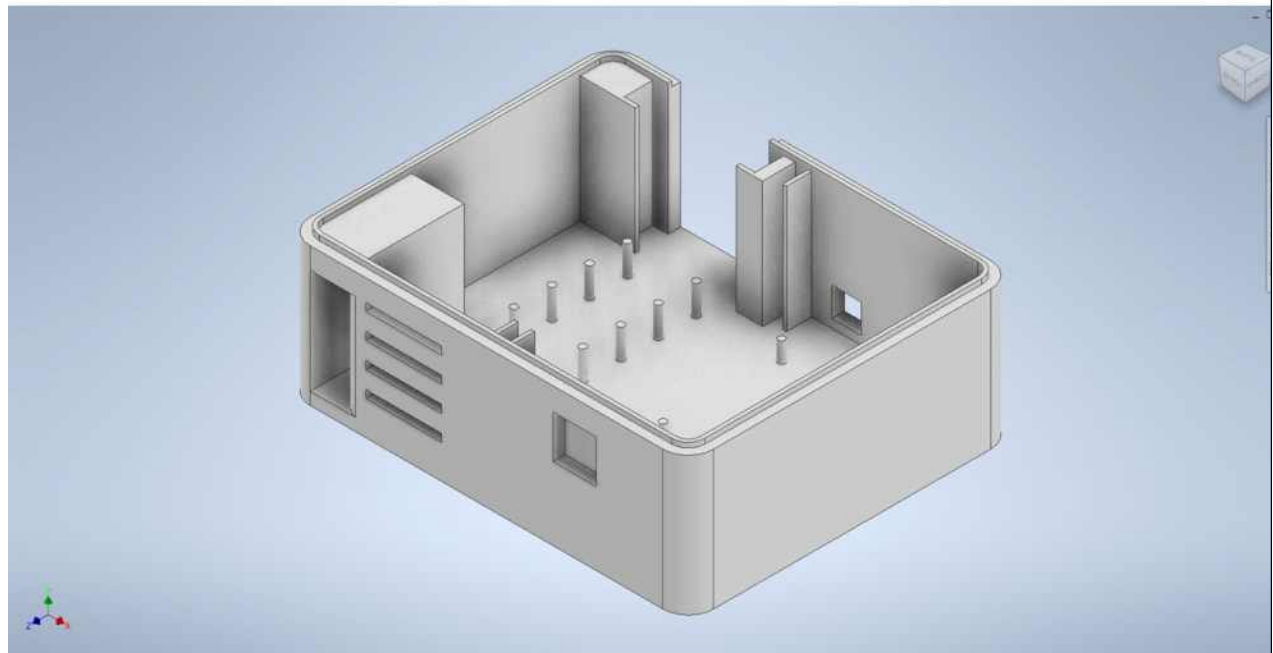


그림 55. 구현된 복합환경센서모듈과 게이트웨이 간 통신 방식의 모식도

- 센서 4개와 아두이노 보드로 구성된 복합환경센서모듈은, 다음과 같은 모델을 활용하여 3D 프린터로 출력한 플라스틱 케이스를 활용하여 하나의 센서 박스 형태로 구현이 되었음. 활용된 3D 프린터는 DP-200(Sindoh, Korea) 제품으로, PLA 재질의 필라멘트를 활용하여 출력을 진행하였음.



(a)



(b)

그림 56. 구현된 복합환경센서모듈 (a) 인클로저 덮개, (b) 내부에 센서와 보드를 위치시킬 인클로저의 3D 모델링

- 활용되는 센서류는 다음의 4종을 활용하였으며, 센서로부터 데이터를 받아들일 소형 보드로 아두이노 메가 보드를 채택하여 활용하였음.

센서	제품명	제조회사	측정단위와 범위	입력전원	신호출력
온습도센서	SCD30	Sensirion, Switzerland	0~50 °C 0~100 %RH	3.3~5.5 VDC	16bit, I ² C
조도센서	VEML7700	Vishay Intertechnology, India	0~120 klx	2.5~3.6 VDC	16bit, I ² C
이산화탄소센서	SCD30	Sensirion, Switzerland	0~40,000 ppm	3.3~5.5 VDC	16bit, I ² C
황화수소센서	MQ136	Winsen, China	1~200 ppm	5~24 VDC	8bit, I ² C
암모니아센서	MQ137	Winsen, China	5~500 ppm	5~24 VDC	8bit, I ² C
분진계	SPS30	Sensirion, Switzerland	0~1000 µg/m ³	4.5~5.5 VDC	8bit, I ² C

표 37. 복합환경센서모듈에 탑재된 센서의 종류와 그 사양

- 인클로저 내부는 센서 4종류와 아두이노 보드, 그리고 공기를 통과시킬 그리드 형태의 흡기부와 fan이 부착된 외기부로 이루어짐. 그 개략적인 모식도는 다음과 같으며, (a) fan 부착되는 outlet 부분, (b) MQ136, MQ137 센서, (c) SPS30 센서, (d) SCD30 센서 부착 부분, (e) 보드부와 센서부를 분간하는 동시에 배선이 보드로 들어오는 부분, 그리고 (f) 아두이노 메가 부착 부분으로 이루어짐. 배기부의 fan의 경우, CFM-5010V-143-260-20(CUI Devices, USA) 제품을 활용하였으며, 해당 제품은 50x50 mm 크기의 소형 fan으로, 정격전압 12VDC 기준으로 13.8CFM의 공기 유량을 가짐.

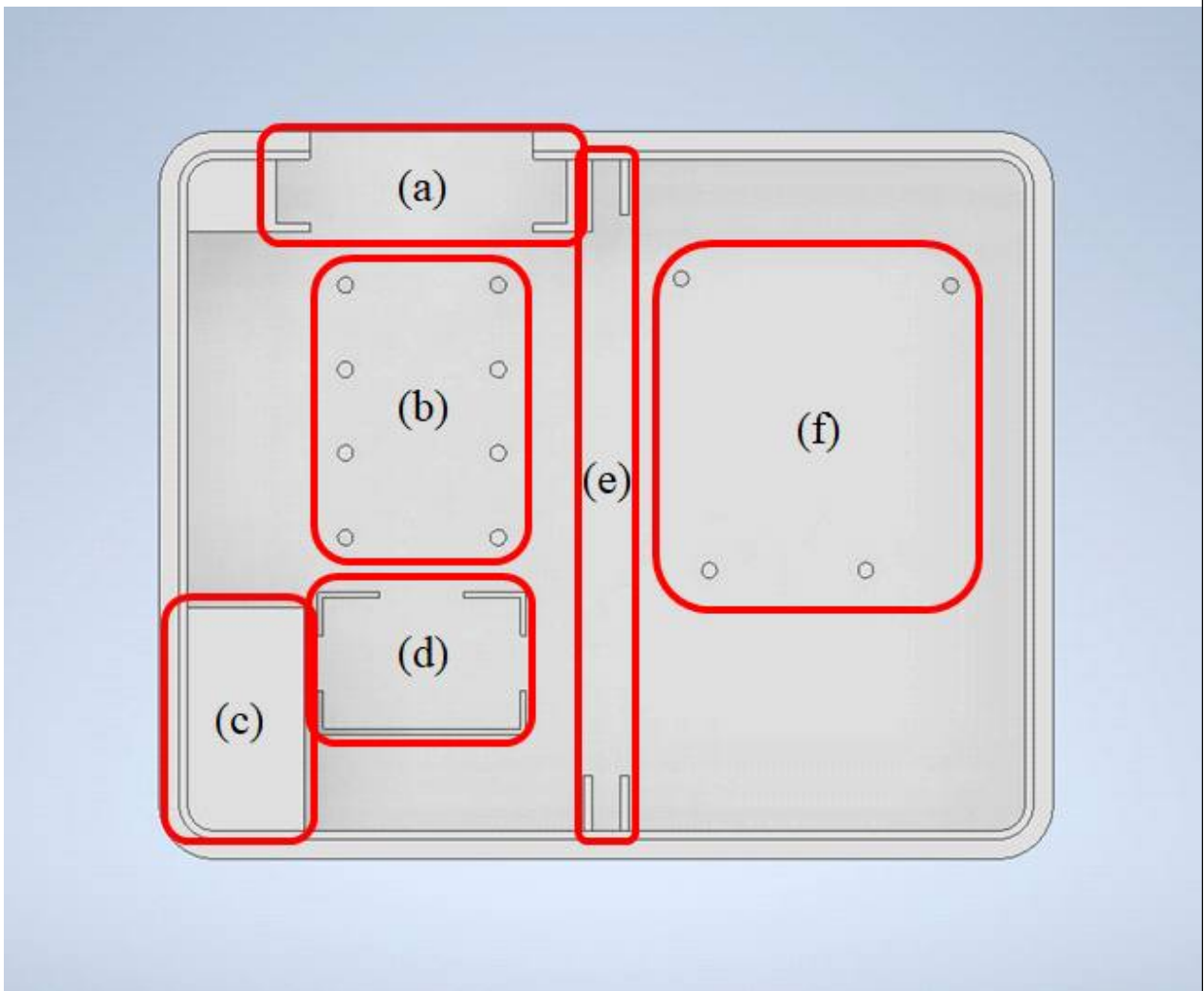


그림 57. 인클로저 내부 공간의 모식도

- 이러한 일련의 복합환경센서모듈은 다음과 같이 최종적으로 하나의 인클로저에 조립 및 부착되어 구현되었으며, 통신 및 전원 공급을 위하여 지농사에서 개발한 FarmOS SmartLink에 USB Serial 방식으로 연결되었음. FarmOS SmartLink는 최종적으로 외부 인터넷 허브와 이더넷 연결을 통해 데이터를 전송하며, 해당 SmartLink 장비에 접속하여 데이터 요청을 경우 데이터를 받아오는 방식을 통해 최종적인 환경 데이터 취득 및 통신 시스템이 가능하도록 구현되었음.



그림 58. 완성된 복합환경센서모듈의 모습과 내부 구성

- 이러한 복합환경센서모듈은 저가형 센서를 활용한다는 점에서 경제적인 효과를 거둘 수 있으며, 아두이노 보드 상단에 센서 핀을 연결할 수 있는 핀헤더 소켓을 부착한 프로토 실드를 부착하여, 보다 직관적으로 센서를 탈부착할 수 있도록 하였음. 또한 센서 이상이 발생할 경우, 이러한 설계를 통해 보다 용이한 센서 교체가 가능하며, 환경센서 시스템을 관리 및 유지보수하는데 도움을 줄 수 있음.
- 이렇게 취득된 데이터를 모드버스 통신을 통해 받아오기 위해 데이터를 저장하기 위한 레지스터 맵을 구현하였으며, 해당 레지스터 맵은 다음과 같음.

장비정보	1	2	3	4	5	6	7	8				
정보	기관코드	회사코드	제품타입	제품코드	프로토콜버전	연결장비수	시리얼번호					
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 32bit					
Value	1	9	1	1	1001	5	0					
연결제품코드	101	102	103	104	105							
정보	장치코드#1 (온습도/CO ₂ 센서)	장치코드#2 (H ₂ S센서)	장치코드#3 (NH ₃ 센서)	장치코드#4 (조도센서)	장치코드#5 (분진센서)							
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit							
Value	1	2	11	41	42							
노드상태	202											
정보	노드상태											
Type	Uint 16bit											
센서정보	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214
정보	온도센서값		온도센서상태	습도센서값	습도센서상태	CO ₂ 센서값	CO ₂ 센서상태	H ₂ S센서값	H ₂ S센서상태			
Type	Float 32bit		Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit		Float 32bit	Uint 16bit
센서정보	215	216	217	218	219	220	221	222	223			
정보	NH ₃ 센서값	NH ₃ 센서상태	조도센서값	조도센서상태	분진센서값	분진센서상태						
Type	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit	Float 32bit	Uint 16bit		Float 32bit	Uint 16bit			

그림 59. 모드버스 통신을 위하여 구현된 복합환경센서모듈 데이터의 레지스터 맵

- 그리고 최종적으로 아래와 같이 양계사 내부에 설치하여 양계사 내부 환경의 환경 데이터를 측정하고, 이더넷 통신을 통해 웹 상으로 받아올 수 있는 시스템을 최종적으로 구현하였음.



(a)



(b)

그림 60. (a) 복합환경센서모듈의 실제 구동 모습과 (b) FarmOS SmartLink의 부착 및 결선 형태

- 또한 데이터를 받아오는 주기를 결정하기 위해 각 센서류의 반응 속도를 확인하였으며, 이를 종합한 결과 작동 시간의 최소공배수인 1분에 한 번씩 데이터를 받아올 경우, 문제 없이 데이터를 확보할 수 있다는 것을 확인할 수 있었음.

분류	센서명	측정치	Response Time
온습도 + 이산화탄소	SCD30	Temperature (T)	10 s
		Relative Humidity (RH)	8 s
		Carbon Dioxide (CO ₂)	20 s
분진	SPS30	Particulate Matter (PM)	8 s
조도	VEML7700	Illuminance (Lux)	100 ms
황화수소	MQ136	Hydrogen Sulfide (H ₂ S)	30 s (normal state)
			1 s (when pre-heated)
암모니아	MQ137	Ammonia (NH ₃)	30 s (normal state)
			1 s (when pre-heated)

표 38. 복합환경센서모듈 내 센서류의 작동 시간

- 그리고 이렇게 구현된 데이터 수집 및 통신 시스템을 통하여, 웹상에서 테스트해본 결과, 성공적으로 환경 데이터가 수집되어 웹 상으로 전달되는 것을 확인할 수 있었음.

```

debian@smlink2027: ~
...beaglebone: ~/cvtgate3/gate/conf (ssh) #1  debian@smlink2027: ~ (ssh) #2  root@ebio: ~ (ssh) #3
{"nid": 2, "type": 100, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:18", "2": [0, 0], "3": [33.99900817871094, 0], "4": [5
85870361328125, 0], "5": [913.0, 0], "6": [1.023059368133545, 0]}, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": 2, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:22", "code": 201, "2": {"status": 0}}, "exkey": null,
xtra": null}
{"nid": 2, "type": 100, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:30", "2": [0, 0], "3": [33.99900817871094, 0], "4": [5
85870361328125, 0], "5": [913.0, 0], "6": [1.023059368133545, 0]}, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": 2, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:34", "code": 201, "2": {"status": 0}}, "exkey": null,
xtra": null}
{"nid": null, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:37", "code": 603, "30010080": null, "30010081": nul
, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": null, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:40", "code": 603, "30020030": 16.316307534086445, "
020031": 9.316307534086445, "30020032": 12.816307534086445}, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": 2, "type": 100, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:42", "2": [0, 0], "3": [33.99900817871094, 0], "4": [5
85870361328125, 0], "5": [913.0, 0], "6": [1.023059368133545, 0]}, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": 2, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:47", "code": 201, "2": {"status": 0}}, "exkey": null,
xtra": null}
{"nid": 2, "type": 100, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:55", "2": [0, 0], "3": [33.99900817871094, 0], "4": [5
85870361328125, 0], "5": [913.0, 0], "6": [1.023059368133545, 0]}, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": 2, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:26:59", "code": 201, "2": {"status": 0}}, "exkey": null,
xtra": null}
{"nid": 2, "type": 100, "content": {"time": "2021-07-27 11:27:07", "2": [0, 0], "3": [33.99900817871094, 0], "4": [5
85870361328125, 0], "5": [913.0, 0], "6": [1.023059368133545, 0]}, "exkey": null, "extra": null}
{"nid": null, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:27:08", "code": 602, "loads_1m": 124.0, "loads_5m": 12
0, "loads_15m": 119.0, "vmem": 45.8, "swap": 0.0, "disk": 88.1, "ioread": 166.2431640625, "iowrite": 871.0703125, "n
sent": 7510.617922782898, "netrecv": 7511.442895889282}, "exkey": null, "extra": null}
Z{"nid": 2, "type": 500, "content": {"time": "2021-07-27 11:27:11", "code": 201, "2": {"status": 0}}, "exkey": null,
extra": null}
{"nid": 2, "type": 100, "content": {"time": "2021-07-27 11:27:19", "2": [0, 0], "3": [33.99900817871094, 0], "4": [5
85870361328125, 0], "5": [913.0, 0], "6": [1.023059368133545, 0]}, "exkey": null, "extra": null}

```

그림 61. 외부 웹의 콘솔 상에서 확인되는 환경 데이터의 모습

- 8/13부터 8/18까지 데이터를 취득한 결과, 다음과 같은 그래프를 확보할 수 있었으며, 조도 및 분진 센서의 경우 측정이 되지 않아, 추후 개선이 필요함.

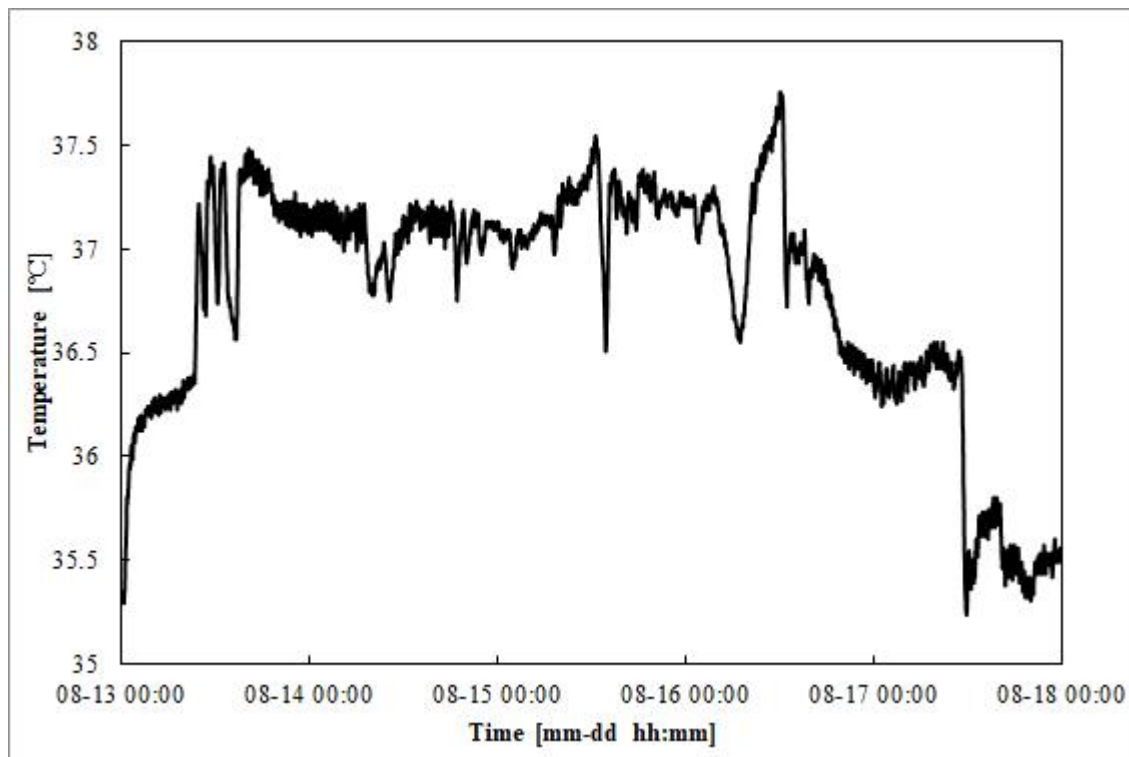


그림 62. 측정된 계사 내부의 온도 그래프

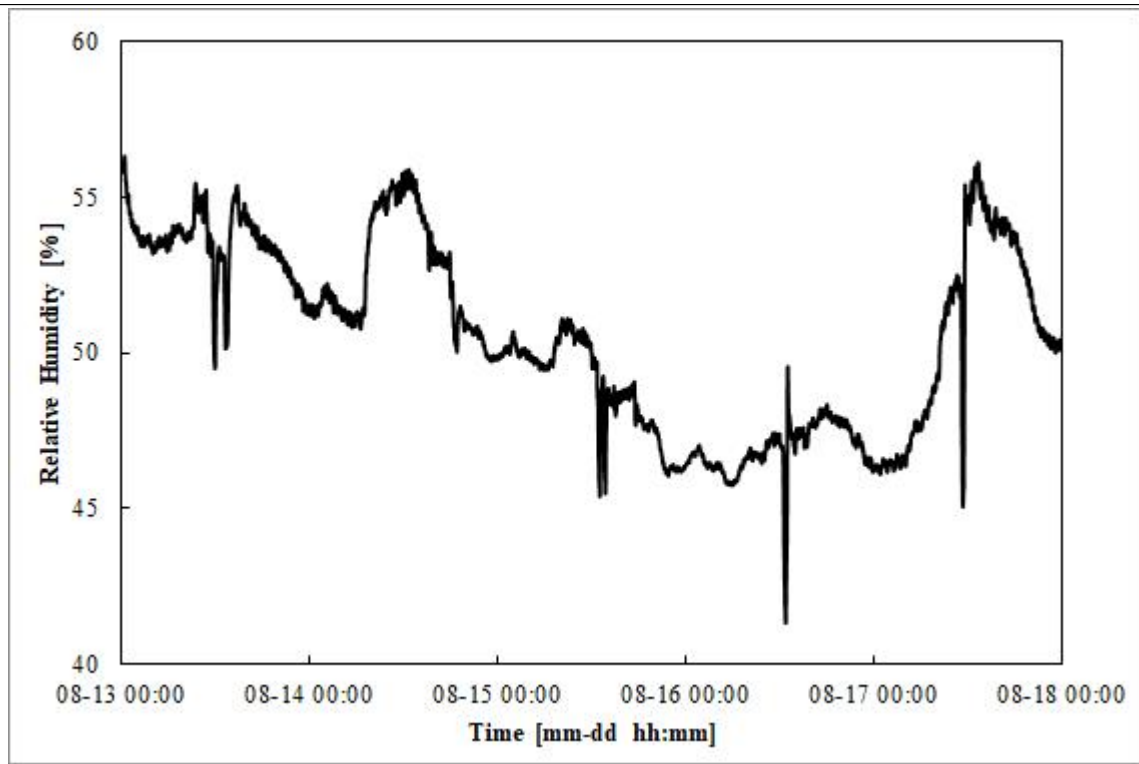


그림 63. 측정된 계사 내부의 상대습도 그래프

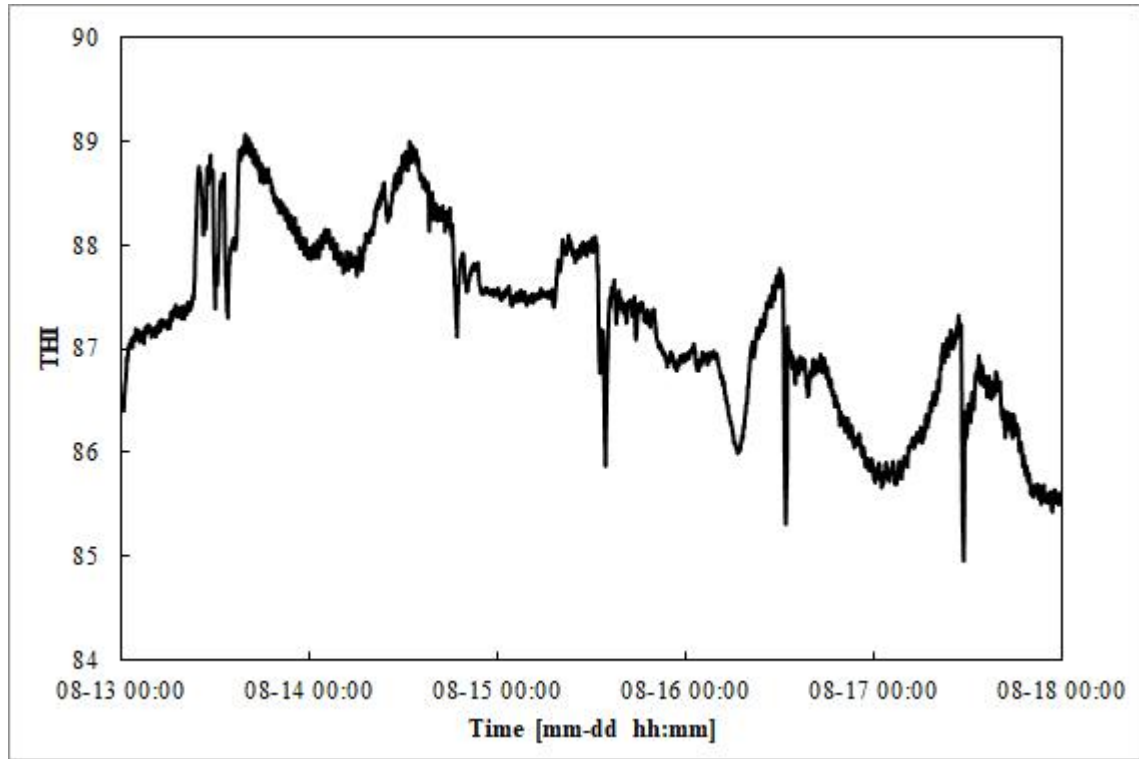


그림 64. 측정된 계사 내부의 THI 그래프

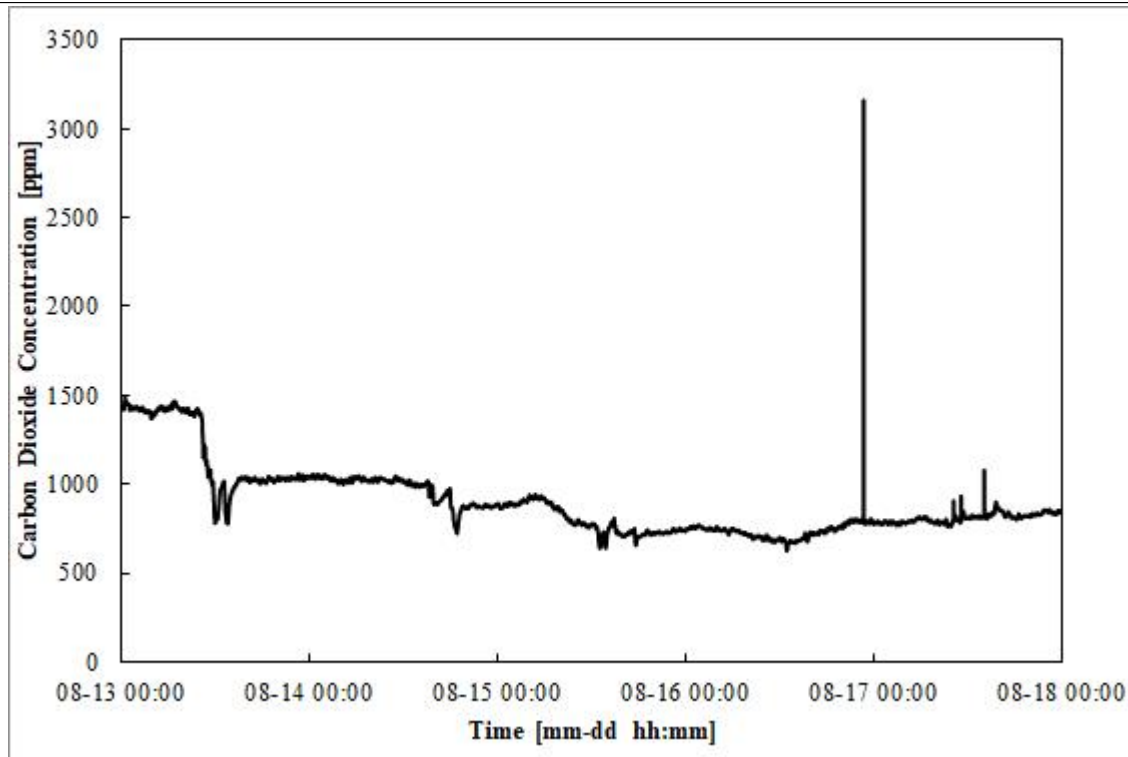


그림 65. 측정된 계사 내부의 이산화탄소 농도 그래프

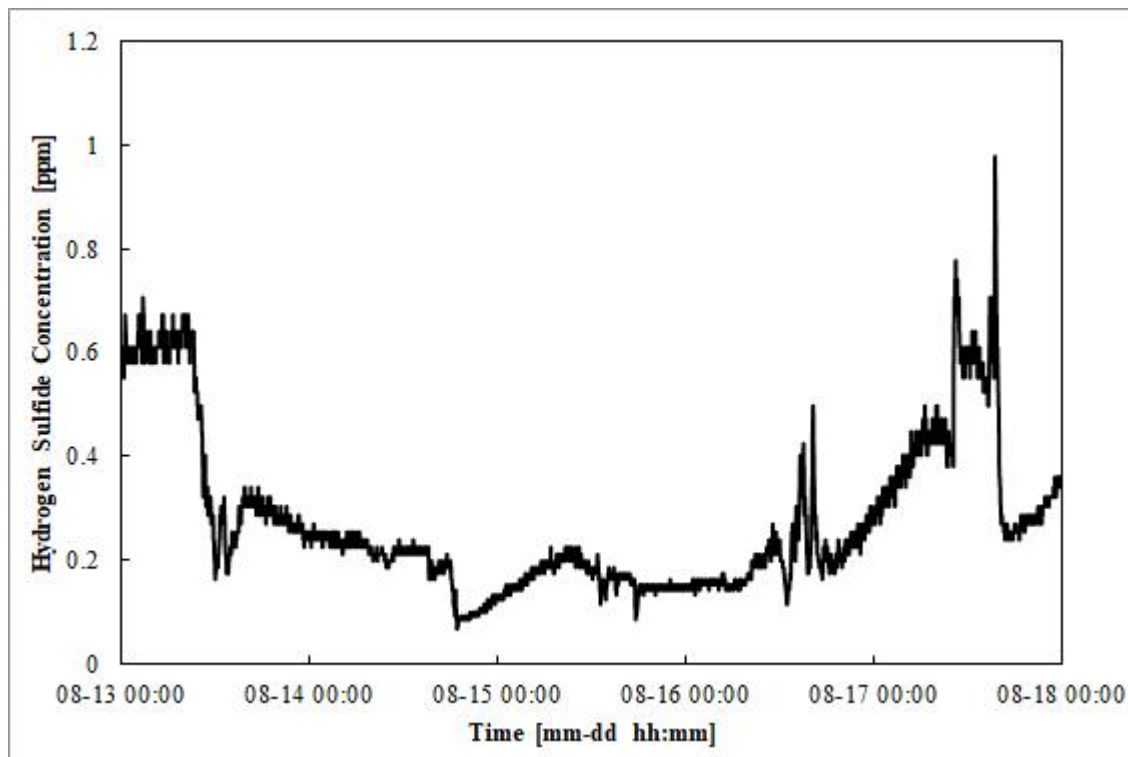


그림 66. 측정된 계사 내부의 황화수소 농도 그래프

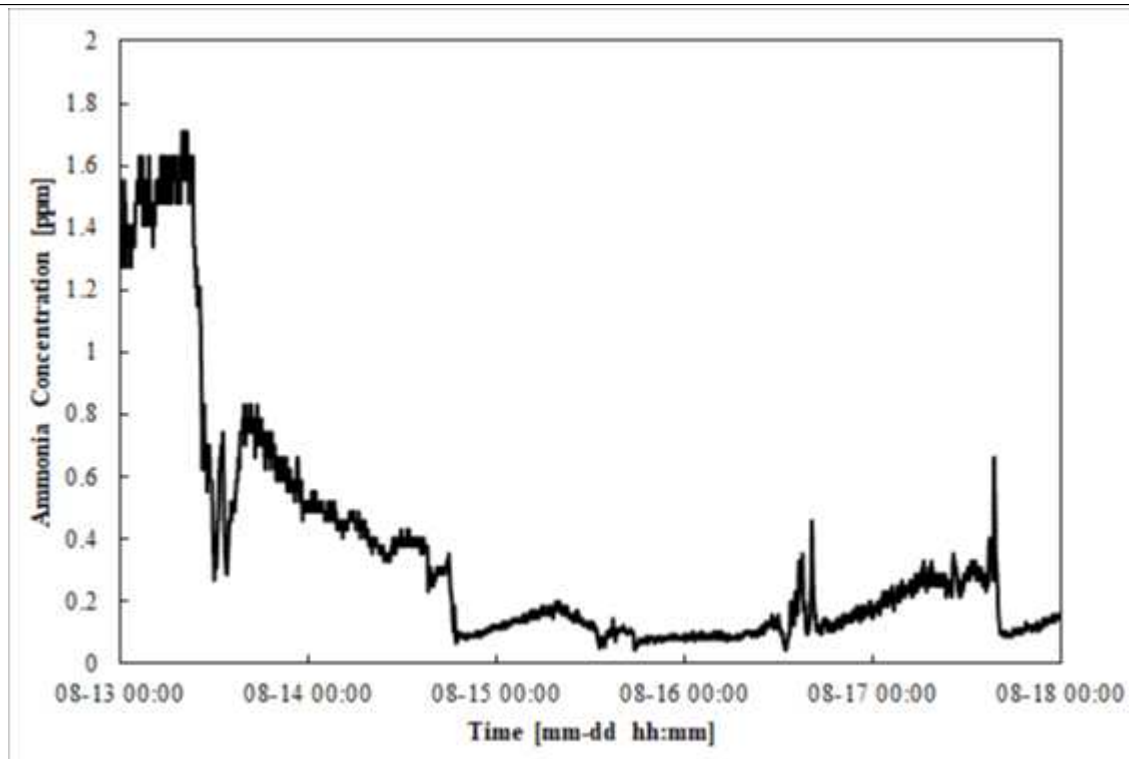


그림 67. 측정된 계사 내부의 암모니아 농도 그래프

- 해당 데이터는 MQTT 프로토콜 방식을 통해 확보된 데이터로, 현재는 이를 개선하여 RTU/모드버스 방식을 활용한 데이터 취득 및 통신 시스템을 개발하고 있음.

[결과 요약]

- 스마트 양계사 내부 환경을 실시간으로 모니터링하기 위해, 다양한 환경 데이터를 동시에 취득하고 웹 상으로 넘겨줄 수 있는 복합환경센서모듈을 개발, 적용 및 테스트해보았음.
- 그 결과 이러한 시스템을 활용하여 양계사 내부 환경에 대한 여러 환경 데이터를 동시에 웹 상으로 넘겨줄 수 있다는 것을 확인하였고, 실제 양계사 운영에 이를 활용할 수 있도록 개선을 진행하고 있음.

[연구 주제] 스마트 육계생산시스템의 단위장비 연동 시험

Test for Interoperation between Unit Devices of Smart Closed-Cage Broiler Production System

[목표]

스마트 육계생산시스템을 구성하는 개별 단위 장치들의 데이터를 수집하고, 제어명령을 전송할 수 있는 프로토콜이 개별 단위장치에 적용되었다. 이 장치들의 연동시험을 통해 프로토콜이 정확히 적용되었는지 확인하고 통신 호환성을 시험한다.

[결과 보고]

1. 통신방법개요

본 연구는 스마트 육계생산시스템 단위 장비 연동을 검정하기 위한 시험방법에 대해서 연구하고 그 시험방법을 활용하여 시험한 결과를 보이는 것을 목적으로 한다. 스마트 육계생산시스템의 통신은 크게 2가지로 구성되는데, 하나는 로컬 통신으로 RS485 기반 모드버스를 활용한다. 다른 하나는 클라우드와의 통신으로 MQTT를 활용한다. MQTT의 경우 본 연구에서 활용하는 오픈소스인 FarmOS에서 기구현된 내용을 활용하기 때문에 별도의 연동시험을 요하지 않는다. 본 연구에서는 RS485기반 모드버스의 통신을 시험한다.

1.1 연동 시험의 종류

가) Conformance Test (표준적합성 시험)

대상 장비들이 표준에 적합하게 되어 있는지, 비정상적인 상황을 잘 처리하는지 등을 점검하는 시험을 의미한다. 본 문서에서는 표준 적합성에 대해서만 다루고, 이하의 시험에 대해서는 다루지 않는다.

나) Interoperability Test (상호운용성 시험)

대상 장비들을 서로 연결하였을때 서로 다른 장비들이 호환이 잘 되는지에 대해서 점검하는 것을 의미한다. $n * m$ 가지 조합이 있을 수 있기 때문에, 개별 회사들 사이에서 혹은 협회등에서 진행하는 것이 적합하다.

다) Performance Test (성능 시험)

대상 장비들 성능을 확인하기 위한 시험으로 업데이트 주기, 명령에 대한 반응속도 등을 점검하는 시험을 의미한다.

라) Fault Tolerance Test (내고장성 시험)

연결된 장비의 오작동에 대처할 수 있는 능력에 대한 시험으로 잘못된 센싱값, 올바르게 변경되지 않는 데이터, 읽기 쓰기의 랜덤 실패등이 있는 경우에 대한 시험을 의미한다.

마) Reliability Test (신뢰성 시험)

장비가 장기간 동안 작동에 문제가 없는지, 장비가 전달한 데이터에는 문제가 없는지, 장비가 정확하게 작동하는지 등에 대한 시험을 의미한다.

1.2 관련 표준 조사

“스마트 온실 센서/구동기 노드 및 온실 통합 제어기간 RS485 모드버스 인터페이스 검정 방법” 표준은 SPS 표준으로 제안된 표준으로, 스마트온실용 통신 표준중 하나인 KS X 3267 기반으로 제작된 장비를 검정하기 위한 검정 안이다.

KS X 3267은 RS485 모드버스 방식의 인터페이스로 정의된 통신 프로토콜로 스마트팜내 이기종간의 센서노드-온실통합제어기, 구동기노드-온실통합제어기 통신을 위한 표준으로 각기 다른 장비에 대한 호환성과 상호운용성을 위하여 제정 되었다.

KS X 3267이 적용된 검정 대상 장비로는 다음의 표1과 같으며 본 표준은 대상장비에 대한 표준검정 시험범위 및 시험방법, 시험시나리오를 제시하고 있다.

표 - 표준검정시험범위 및 시험방법, 시험 시나리오

구분	내용
센서노드	센서 노드는 1개 이상의 센서와 통신 모듈이 결합된 형태의 장비로, 온실통합 제어기와 RS485기반 MODBUS 통신을 수행할 수 있어야 한다. 이때 센서 노드는 슬레이브 장비로 동작한다.
구동기노드	구동기 노드는 1개 이상의 구동기와 통신 모듈이 결합된 형태의 장비로, 온실통합제어기와 RS485기반 MODBUS 통신을 수행할 수 있어야 한다. 이때 구동기 노드는 슬레이브 장비로 동작한다.
온실통합제어기 센서노드	센서노드로부터 센서 관측치를 수신할 수 있으며, 구동기 노드로 제어 명령을 전송하고, 장비 상태를 수신하는 역할을 수행할 수 있는 장비로, 마스터 모드로 동작하여 센서 및 구동기 노드를 슬레이브로 하여 RS485기반 모드버스 통신을 수행할 수 있어야 한다.
복합노드	센서노드와 구동기노드의 기능을 동시에 수행할 수 있는 장비로, 1개 이상의 센서와 1개 이상의 구동기 그리고 통신 모듈이 결합된 형태로 구성된다. 온실통합제어기와 RS485기반 모드버스 통신을 수행할 수 있으며, 슬레이브 장비로 동작한다.

2. 연동시험개요

시험을 위해 기능, 메시지, 대상 장비, 항목, 값, 통과기준을 설정하고 결과를 확인하여 시험을 판단한다. 기능은 “쓰기”와 “읽기”로 구분한다. 제어명령의 경우 쓰기를 활용하지만, 대부분의 경우 읽기를 활용하여 데이터를 수집한다. 메시지는 상위 클라우드 시스템과 연동하는 메시지의 종류를 의미하며, 크게 4가지 메시지가 있다. 센서데이터 전송을 위한 관측치 메시지, 상태 전송을 위한 노티스, 제어 명령과 응답을 위한 요청과 응답 메시지로 구성된다. 대상장비는 시험의 대상이 되는 장비로 센서, 구동기로 크게 구분이 되지만 개별 장비에 대해서 모두 다룬다. 항목은 장비가 가질 수 있는 항목으로 구성되는데, 센서의 경우 관측치와 상태, 구동기의 경우 상태, 가동시간, OPID 등이 이에 속한다. 값은 특정장비 항목이 결정되었을 때 레지스터의 값을 의미한다. 시험통과 기준은 결국 레지스터 값의 옳고 그름으로 결정된다.

3. 연동시험결과

순번	기능	메세지	장비	항목	값	시험 통과 기준	결과
1	레지스터 쓰기 기능	제어 명령	냉난방기	1201(제어)	26214, 16870(28.8)	냉방기 상태가 201(작동중), 냉방기 설정온도가 28.8	온도 값 수신 확인
2				0(READY)		냉방기 상태가 0(READY)	레지스터 값 쓰기 확인

3			노드	2(CONTROL)	1(로컬)	제어권이 1로 설정	레지스터 값 쓰기 확인	
4					2(원격)	제어권이 2로 설정		
5					3(수동)	제어권이 3으로 설정		
6					약취저감장치	201(ON)	약취저감장치 제어명령이 201로 설정, 약취 저감장치 상태가 201(WORKING)으로 설정	레지스터 값 쓰기 확인
7						0(OFF)	약취저감장치 제어명령이 0으로 설정, 약취 저감장치 상태가 0(OFF)으로 설정	레지스터 값 쓰기 확인
8			레지스터 읽기 기능	구동기 상태 (Not ice)	노드	명령ID	값을 읽을수 있음	OK
9						노드 상태	값을 읽을수 있음	OK
10	제어권	값을 읽을수 있음				OK		
11	경보	값을 읽을수 있음				OK		
12	급이기 1층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
13		가동 시간			값을 읽을수 있음	OK		
14	급이기 2층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
15		가동 시간			값을 읽을수 있음	OK		
16	급이기 3층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
17		가동 시간			값을 읽을수 있음	OK		
18	급이기 4층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
19		가동 시간			값을 읽을수 있음	OK		
20	급이기 5층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
21		가동 시간			값을 읽을수 있음	OK		
22	계분벨트 1층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
23	계분벨트 2층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
24	계분벨트 3층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
25	계분벨트 4층	상태			값을 읽을수 있음	OK		
26	계분벨트 5층	상태			값을 읽을수 있음	OK		

27		계분스크류	상태		값을 읽을수 있음	OK
28		셀조명	상태		값을 읽을수 있음	OK
29			밝기 비율		값을 읽을수 있음	OK
30		복도조명	상태		값을 읽을수 있음	OK
31		외부조명	상태		값을 읽을수 있음	OK
32		경광등	상태		값을 읽을수 있음	OK
33		공조기	상태		값을 읽을수 있음	OK
34		흡기정화기	상태		값을 읽을수 있음	OK
35		배기정화기	상태		값을 읽을수 있음	OK
36		냉난방기	명령I D		값을 읽을수 있음	OK
37			상태		값을 읽을수 있음	OK
38			설정 온도		값을 읽을수 있음	OK
39		악취저감장 치	명령I D		값을 읽을수 있음	OK
40			상태		값을 읽을수 있음	OK
41	센서 /구 동기 상태 (Ob serva tio n)	실내온도	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
42			상태		값을 읽을수 있음	OK
43		외기온도	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
44			상태		값을 읽을수 있음	OK
45		토출온도	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
46			상태		값을 읽을수 있음	OK
47		믹싱온도	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
48			상태		값을 읽을수 있음	OK
49		사료온도	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
50			상태		값을 읽을수 있음	OK
51		음수온도	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
52			상태		값을 읽을수 있음	OK
53		급이량	관측 치		값을 읽을수 있음	OK
54			상태		값을 읽을수 있음	OK
55		도어열림	관측 치		값을 읽을수 있음	OK

56			상태		값을 읽을수 있음	OK
57		도어열림	관측 치		값을 읽을수 있음	삭제됨
58			상태		값을 읽을수 있음	삭제됨
59		급이기1층	상태		값을 읽을수 있음	OK
60			가동 시간		값을 읽을수 있음	OK
61		급이기2층	상태		값을 읽을수 있음	OK
62			가동 시간		값을 읽을수 있음	OK
63		급이기3층	상태		값을 읽을수 있음	OK
64			가동 시간		값을 읽을수 있음	OK
65		급이기4층	상태		값을 읽을수 있음	OK
66			가동 시간		값을 읽을수 있음	OK
67		급이기5층	상태		값을 읽을수 있음	OK
68			가동 시간		값을 읽을수 있음	OK
69		계분벨트1층	상태		값을 읽을수 있음	OK
70		계분벨트2층	상태		값을 읽을수 있음	OK
71		계분벨트3층	상태		값을 읽을수 있음	OK
72		계분벨트4층	상태		값을 읽을수 있음	OK
73		계분벨트5층	상태		값을 읽을수 있음	OK
74		계분스크류	상태		값을 읽을수 있음	OK
75		셀조명	상태		값을 읽을수 있음	OK
76			밝기 비율		값을 읽을수 있음	OK
77		복도조명	상태		값을 읽을수 있음	OK
78		외부조명	상태		값을 읽을수 있음	OK
79		경광등	상태		값을 읽을수 있음	OK
80		공조기	상태		값을 읽을수 있음	OK
81		흡기정화기	상태		값을 읽을수 있음	OK
82		배기정화기	상태		값을 읽을수 있음	없음(삭제)
83		냉방기	상태		값을 읽을수 있음	OK
84			설정 온도		값을 읽을수 있음	OK

85		악취저감장치	상태		값을 읽을수 있음	OK
86		기상대 외기온도	관측치		값을 읽을수 있음	OK
87			상태		값을 읽을수 있음	OK
88		기상대 외기습도	관측치		값을 읽을수 있음	OK
89			상태		값을 읽을수 있음	OK
90		기상대 풍향	관측치		값을 읽을수 있음	OK
91			상태		값을 읽을수 있음	OK
92		기상대 풍속	관측치		값을 읽을수 있음	OK
93			상태		값을 읽을수 있음	OK
94		전력메타 평균전압	관측치		값을 읽을수 있음	OK
95			상태		값을 읽을수 있음	OK
96		전력메타 평균전류	관측치		값을 읽을수 있음	OK
97			상태		값을 읽을수 있음	OK
98		전력메타 유효전력	관측치		값을 읽을수 있음	OK
99			상태		값을 읽을수 있음	OK
100		전력메타 유효전력량	관측치		값을 읽을수 있음	OK
101			상태		값을 읽을수 있음	OK

[결과 요약]

본 연구에서는 PLC로 개발된 스마트 양계사 제어기와 데이터 수집/전송 및 제어명령 전달을 수행하는 게이트웨이 장비 사이의 통신 시험을 진행하였다. 총 101개의 항목에 대해서 작동 여부를 확인하였고, 전반적으로 작동에 이상이 없는 것을 확인하였다. 다만, 제어권 설정등의 경우에 있어 소소한 오류가 발견되어, 해당 부분은 4차년도에 수정을 진행할 예정이다.

[연구 주제] 케이지 1차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 1)

[목표]

다층 평사 케이지에 적절한 적정 온도를 찾고 습도는 자연습도로 사육했을 때 성장 속도 증진과 목표 생체중에 도달하기 위함.

[결과 보고]

1. 온도 관리

1차 사육에서 2020년 12월 9일 21시 30분부터 22시 30까지 총 203수의 병아리가 입추 완료하였음. 평사 케이지의 온도는 입추 시 32°C를 일정하게 유지하였음. 병아리는 호흡기와 피부를 통해 수분을 증발시킴으로써 체열을 잃게 되므로 건구온도와 상대습도에 큰 영향을 받음. 병아리 사육에 있어 최적 온습도는 건구온도 31°C 상대습도 60%이다(로스 사양관리 지침서 기준).

입추 12시간 이후 병아리들이 대부분 한 곳에 몰려있었으며, 36시간 이후에도 여전히 몰려있으나 별도의 가슴은 하지 않았음. 3일령에는 병아리들의 활동성은 뛰어나나, 체중 측정 시 하림천하제일사료 기준 목표 생체중보다 1일령 뒤쳐지는 것을 기록함. 입추 후 6일째에는 움직임이 활발하나 여전히 목표 생체중이 1일 차이로 뒤쳐져 있음. 그리고 병아리들이 조금씩 퍼져있음.



그림 68 입추 직후 모습



그림 69 굵이하는 모습



그림 70 5일령 모습



그림 71 6일령 모습

2. 습도 관리

자연습을 유지하기 위해 아무런 습도 제어를 하지 않아 상대습도 10%를 유지하였음.

3. 케이지 사육 성적

병아리의 생체중 측정은 매일밤 11시에 진행되었으며, 케이지 내부온도의 편차가 각 층마다 0.5°C 차이가 있었음. 7일령까지 내부온도를 32°C를 유지하였음. 2일령에는 병아리 1마리가 그물망에 걸려서 폐사하였으며, 3일령부터 급수량은 늘어나고, 사료섭취량이 떨어지는 것으로 보아 니플수가 부족한 것을 유추할 수 있었음. 3마리가 슬랫 위를 탈출하여 폐사하였고, 4일령부터는 사료경쟁과 급수기 수가 부족하여 급수·급이가 제때 이루어지지 못하였음. 6일령째에는 병아리 상태를 관찰한 결과, 배꼽부분 털 상태가 매우 깨끗한 편이었으며 털이 아직 빠지지 않았음.

[결과 요약]

1일령에서 8일령까지의 성적을 하림천하제일사료 기준의 생체중과 비교했을 때, 약 1일령이 뒤처지는 것을 알 수 있었고, 이는 일반적인 목표 케이지 온도를 유지했음에도 습도 제어가 부족하였음. 자연습으로 실험을 진행하였으므로 상대습도가 10%로 유지되어 목표 상대습도인 60~70% 습도에 도달하지 못하였음.

성장목표에 도달하지 못한 원인을 유추하자면, 평사 케이지 내부의 상대습도와 건구온도의 제어가 매우 중요함. 상대습도가 낮을 경우, 건구 온도를 높게 설정해야 병아리들이 낮은 습도 비례 따뜻함을 느낄 수 있을 것이라 생각함.

[연구 주제] 케이지 2차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 2)

[목표]

적정 온습도 확인을 위한 2차 케이지 사육 실험

[결과 보고]

1. 입추 직후 온도 유지

2020년 12월 20일 20시 40분경 206수의 병아리들이 입추하여 평균 입추 체중은 45g으로 대부분의 병아리 생체중이 35~50g으로 측정되었음. 1일령의 온도와 습도는 각각 29.6°C, 습도 25%으로, 병아리들이 전부 멍쳐있고 움직임이 적었음. 겨울의 경우, 보일러 용량이 작아 겨울철 적정 온도를 유지하기 힘들었음. 특히 입추후 12시간 경과 후, 적정 온도 유지가 어려워 기름 보일러를 설치하여 밤 11시 16분경부터 38°C, 습도 32%를 유지할 수 있었음. 그러나 너무 온도 설정이 높았던 탓에 병아리들이 입을 벌리는 현상이 있었으며, 음수량이 급증가하였음.



그림 72 입추 24시간 경과 사료 섭취량 증가



그림 73 병아리들이 모여 있는 모습

[결과 요약]

2차 실험에서 가장 큰 취약점은 온도 유지로, 병아리들이 추위를 느끼지 못하도록 온도 관리를 집중적으로 해야 함. 2차 실험은 12월 진행되었으나, 보일러 용량 미달로 인해 적정 온도로 제어하지 못하였음. 온도 조절 실패로 인해 조기 폐사 처리함. 입추 직후 1일령까지의 온·습도 관리가 전체적인 사육성적을 결정한다고 할 수 있을만큼 적정 온습도 유지가 매우 중요함.

[연구 주제] 케이지 3차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 3)

[목표]

적정 온습도 확인 및 자연습으로 사육했을 때의 사육 성적을 알아보기 위한 3차 케이지 사육 실험

[결과 보고]

1. 적정 온도 유지의 중요성

3차 실험도 2차 실험과 마찬가지로 온도만 적정하게 유지하고 자연습일 때, 입추 직후의 적정 온도 유지가 일어나야만 일령이 지나도 증체가 일어날 수 있다는 것을 확인함. 본 실험은 12월 23일부터 2021년 1월 19일까지 진행되었으며, 입추 후 적정 온도를 유지하지 못하면 일령이 지나도 증체가 일어나지 않고, 적정 온도 이상으로 온도가 높을 때 병아리들의 음수량이 늘어나고 물똥을 싸는 경향을 보였음.

2. 2차 실험과의 차이점

2차 사육 실험과 달리, 입추 당일날의 케이지 온도를 34°C로 유지하였음. 케이지 습도는 10%를 유지하여 병아리들이 활발히 급이할 수 있도록 사료를 넓게 뿌려놓았고, 음수 섭취를 충분히 할 수 있도록 물을 공급하였음. 그 결과, 병아리들이 넓게 퍼져 있는 것을 확인할 수 있었음. 2일령에도 온도 34°C, 습도 10%를 유지하였으나 1일령보다 사료섭취량이 떨어지는 것을 확인함. 사료섭취량이 떨어지나 음수량이 증가하는 현상을 보였는데, 이는 낮은 습도의 영향일 가능성이 있음. 입추 후 3일령부터 34°C에서 32°C로 온도를 변경하여 사료섭취량이 증가하고 음수량이 줄어든 것을 관찰할 수 있었음. 4일령에도 2°C를 낮추어(바닥 온도 29°C) 병아리들을 관찰한 결과, 비교적 골고루 넓게 퍼져있는 것을 확인할 수 있었음.



그림 74 온습도 측정



그림 75 입추 직후 모습

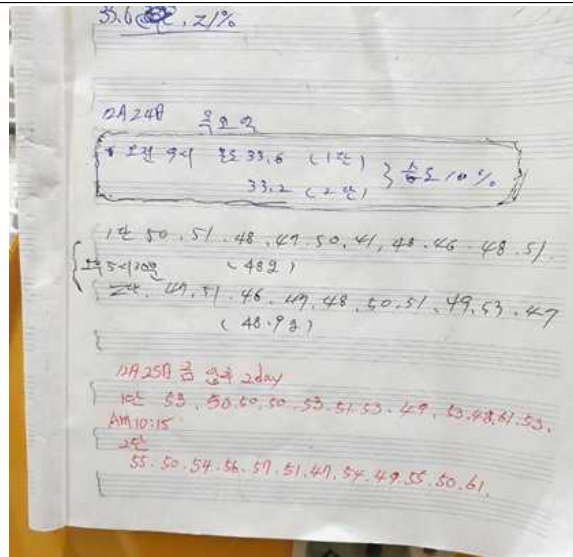


그림 76 생체중 측정



그림 77 온도기록계를 사용한 온도 측정



그림 78 6일령의 모습



그림 79 평사 케이지의 사육 모습



그림 80 8일령의 모습



그림 81 굵이 모습



그림 82 슬랫 위 급이 모습

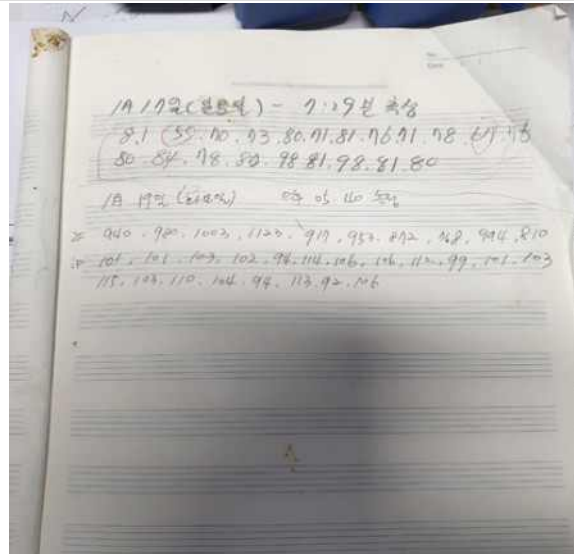


그림 83 25일령 생체중 측정

[결과 요약]

3일령 이후부터 사료섭취량의 증가로 인해 오전과 오후에 사료보충을 하여 충분히 급이함. 3일령부터 음수량도 많아져 급수기 제어가 필요하였고, 5일령부터 토종닭 전기사료로 전환하였음. 그러나 하루하고 반나절 이후 목표 체중에 미달하는 현상을 보임. 3차 사육을 통해 케이지 내부 습도를 최소 50% 이상 유지해야만 성장목표에 다다를 수 있을 것이라 예상됨. 공조기 쿨링 패드 및 에어워셔 설치를 통해 분진 및 습도를 유지해야 함.

[연구 주제] 케이지 4차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 4)

[목표]

4차 실험은 3차 실험과 동시에 진행된 실험으로 2020년 12월 30일부터 2021년 1월 5일까지 6일 동안 단기 사육을 진행하였음. 총 103마리의 병아리가 입추 완료하였으며, 4차 실험의 목표는 3차 실험을 바탕으로 입추 직후 보일러 온도를 32°C를, 계사 바닥온도는 30~31°C로 유지하여 낮은 습도일 때 증체량의 속도와 변화에 대해 알아보는 것임.

[결과 보고]

보일러 온도 32°C를 설정하였을 때, 3차 실험에서는 온도가 높은 것으로 판단되어 케이지 바닥 온도를 30°C~31°C를 유지하여 사육하였음. 입추 후 2시간 간격으로 병아리 사료 급이와 활동성을 확인하여 급이 간격을 줄여 자주 먹이를 취할 수 있도록 하였음. 대부분의 병아리들이 무리지어 자고 무리가 함께 움직여 사료 섭취 및 급수하는 것을 확인할 수 있었음. 2일령에는 사료 섭취량이 늘어난 반면, 음수량이 줄어든 것을 관찰을 통해 확인함. 3일령에는 병아리들이 골고루 퍼져 자고 급이·급수하는 것을 확인함. 그러나 2일령에 비해 증체가 되지 않는 것을 보아 상대 습도와 연관성에 있을 것이라 판단함.



그림 84



그림 85 입추 직후 케이지 바닥 온도 측정

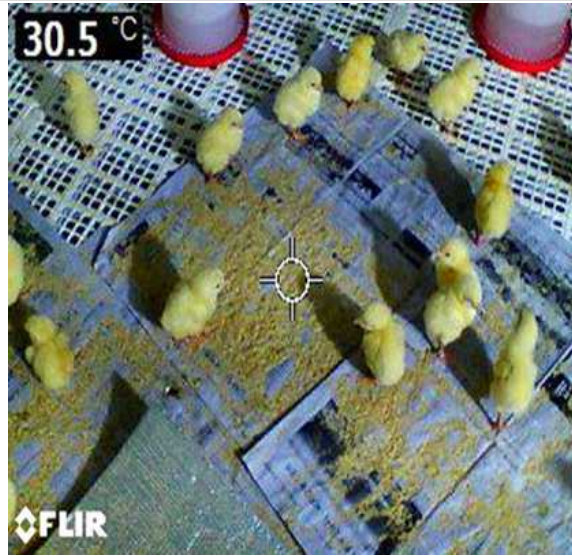


그림 86 입추 직후 케이지 바닥 온도 확인



그림 87 내부 온도 측정 및 기록

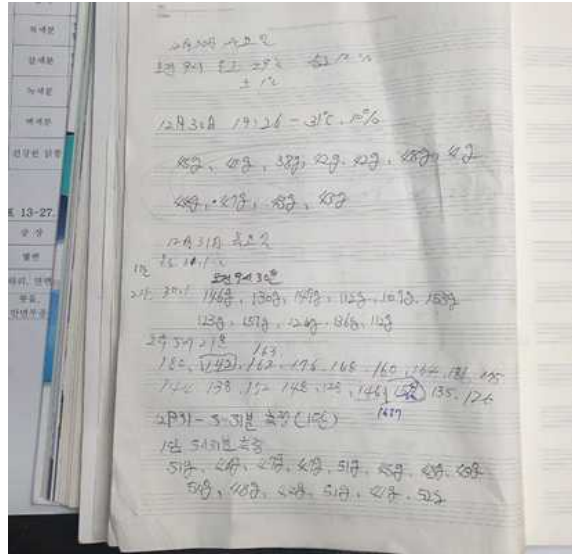


그림 88 입추부터 2일령까지의 생체중 기록

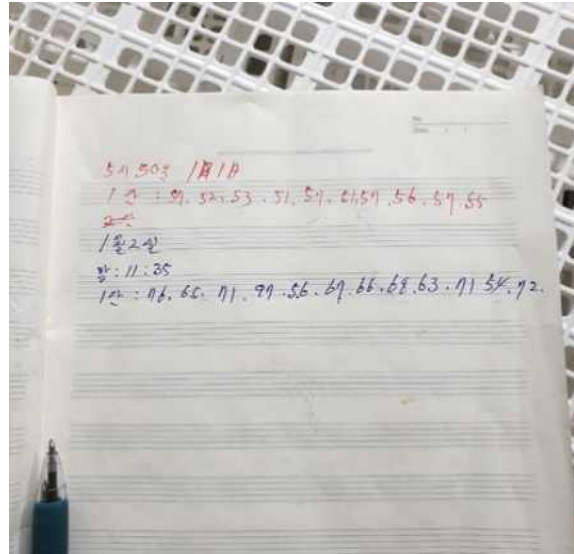


그림 89 4일령 1단 병아리의 생체중 기록

일령	입주수	사료 투입량(kg)	계량사료 육계 성장 목표	일 중체량	1단	2단	보일러 실정온도	계사바닥 온도	계사습도	폐사율만	사료됨/양생체 약품투입	특이사항
1	2020-12-31				81	48						
18	2021-01-01	101	12g	1day 중체량	1단 평균체중 47.9		32°C	30°C ~31°C	10%	폐사율(포사) 19.6g × 100주 = 19.6g		
19					1단 평균체중 4.0					폐사율(포사) 19.6g × 1000 = 19.6g		
20					공포도 4.72					폐사율(포사) 1.818kg × 25kg = 0.0618kg		
21					57	51				공중물 폐사		pm 5:15:00 폐사율
22					52	57				전날(포사) 1 18g × 101주 = 1.818g		
23					53	56				비상 폐사 1 1.818kg × 1000 = 1.818kg		
24					57	55				약주 폐사 1 1.818kg × 25kg = 0.0727kg		
25					1단 평균체중 54.6					기밀폐사		
26					1단 평균체중 7.5					직접 폐사수		
27					공포도 5.46					노획 폐사수 0 노획 사육량 = 0.1 kg		
28					65	68				공중물 폐사		pm 11:15:00 폐사율
29					71	68				전날(포사) 21g × 103주 = 2.169g		
30					97	65				비상 폐사 8 2.169g × 1000 = 2.169kg		
31					95	71				약주 폐사 5 2.169kg × 25kg = 0.0985kg		
32					1단 평균체중 15.4					기밀폐사 26		
33					공포도 7.00					직접 폐사수 34		
34										노획 폐사수 54 노획 사육량 = 0.2 kg		
35										공중물 폐사		
36										전날(포사) 24g × 103주 = 2.472g		
37										비상 폐사 10 2.472kg × 1000 = 2.472kg		
38										약주 폐사 10 2.472kg × 25kg = 0.0989kg		
39										기밀폐사 10		
40										직접 폐사수 20		
41										노획 폐사수 54 노획 사육량 = 0.3 kg		
42										공중물 폐사		
43										전날(포사) 28g × 205주 = 5.740g		
44										비상 폐사 8 5.740g × 1000 = 5.74kg		
45										약주 폐사 5 5.74kg × 25kg = 0.2296kg		
46										기밀폐사 26		
47										직접 폐사수 34		
48										노획 폐사수 54 노획 사육량 = 0.3 kg		
49										공중물 폐사		
50										전날(포사) 31g × 205주 = 6.355g		
51										비상 폐사 10 6.355g × 1000 = 6.355kg		
52										약주 폐사 10 6.355kg × 25kg = 0.2542kg		
53										기밀폐사 10		
54					1단 평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0				직접 폐사수 10		
55					1단 평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0				노획 폐사수 64 노획 사육량 = 0.8 kg		

[결과 요약]

75	7월	1단 102 2단 103		18g	1day 종제량 25g			34℃	32℃	10%	온송중 폐사 잔량(포리) 28g × 205수 = 5740g 낙상 폐사 5740g × 1000 = 5.74kg 잔수 폐사 5.74kg + 25kg = 0.2296포 일종 폐사수 총 폐사수 0 농장 사료량 = 0.2 포
76	8월	1단 102 2단 103		18g	1day 종제량 26g			34℃	32℃	10%	온송중 폐사 잔량(포리) 31g × 205수 = 6355g 낙상 폐사 6355g × 1000 = 6.355kg 잔수 폐사 6.355kg + 25kg = 0.2342포 일종 폐사수 10 총 폐사수 10 농장 사료량 = 0.5 포

그림 90 4차 실험의 사육 성적표

[결과 요약]

1일령부터 3일령까지 증체가 빠르게 일어나지 않는 이유는 1차부터 3차 실험에서 겪은 문제와 같이 겨울철 난방으로 인한 낮은 습도라 예상됨. 30℃ 이상의 내부온도를 유지하였음에도 건조한 공기 때문에 증체가 쉽지 않은 것으로 생각됨.

[연구 주제] 케이지 5차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 5)

[목표]

앞선 실험들과 달리 습도를 올려서 사육했을 때의 증체량을 비교하기 위함.

[결과 보고]



그림 92 사육 모습



그림 93 사육 모습

입추 온도를 30°C로 유지하면 병아리들이 모여 있어 입추 후 12시간 후 36°C로 올렸음. 그러나 병아리들이 음수량이 급증가하며 묽은 변을 보기 시작함. 사육 성장 목표에 도달하지 못한 원인을 유추하자면 케이지 내부 습도를 최소 50% 이상 유지해야 함. 이번 사육 실험에서는 공조기 쿨링패드와 산업용 가습기를 설치하여 습도를 40%까지 올렸음.

구분	일령	입주수	사료 투입량(kg)	제일사료 육계 성장 목표	일 증체량	1단			보일러 설정온도	계사바닥 온도	계사습도	계사원인	사료량/양생제 약용부위	특이사항
						45	46	47						
2	1일령 2021-01-07 1주일 100 100 100 100 100 100	1단 101	100(21g/101)	43g	1day 증체량	45	46		32°C	30°C -32°C	40%	분중량 배사		
47						48		간헐(모리)						
49						50		정상 배사						
51						52		양주 배사						
53						54		멜로리안 배사						
55						56		익일 배사수						
57						58		누적 배사수						
59	60		11일 평균체중											
61	62		11일 평균증체량											
63	64		증체도(CV%)											
65	66		11일 평균체중											
67	68		11일 평균증체량											
69	70		증체도(CV%)											
71	72		11일 평균체중											
73	74		11일 평균증체량											
75	76		증체도(CV%)											
77	78		11일 평균체중											
79	80		11일 평균증체량											
81	82		증체도(CV%)											
83	84		11일 평균체중											
85	86		11일 평균증체량											
87	88		증체도(CV%)											
89	90		11일 평균체중											
91	92		11일 평균증체량											
93	94		증체도(CV%)											
95	96		11일 평균체중											
97	98		11일 평균증체량											
99	100		증체도(CV%)											

그림 95 5차 실험의 1일령~8일령 사육 성적표

[결과 요약]

입주부터 약 3일령까지 습도 40%를 유지하여 관찰한 결과, 1일령부터 2일령까지 충분한 사료섭취가 이루어지는 것을 확인하였고, 음수량 또한 기존 실험들과 달리 증가하였음. 공기 온도는 30~31°C를 유지하여 병아리들이 골고루 퍼져 있는 현상을 관찰할 수 있었음. 가습을 위해 산업용 가습기를 사용하여 상대습도를 40%까지 올릴 수 있었음.

[연구 주제] 케이지 6차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 6)

[목표]

6차 실험은 24시간 이후 사료와 물을 제공하며 증체율을 관찰하기 위한 실험임.

[결과 보고]

6차 실험에서 103수를 입추하여 실내 온도는 33~34°C, 습도 40%를 유지했을 때의 사육 성적을 비교하였음. 사료 섭취 시간을 동일하게 시작하기 위해 케이지 입추 직후 충분한 수면을 취하게 함. 입추 후 15시간 동안 사료와 물은 제공하지 않고 입추 15시간 후 음수만 제공함. 총 24시간이 지난 이후 사료와 물을 제공하여 모든 병아리들이 동시에 증체할 수 있도록 함. 입추 후 3일령(급이 시작 시점)부터 관찰한 결과, 병아리들이 골고루 퍼져 있고 사료섭취량이 증가함.

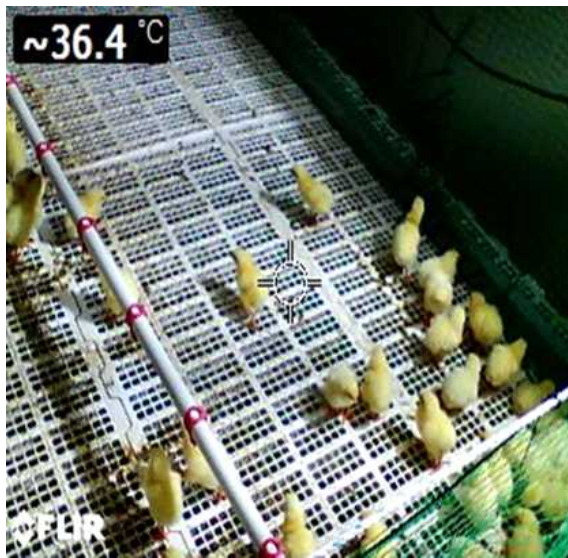


그림 96 입추 직후의 바닥 온도 최대 36.4°C



그림 97 2일령의 바닥 온도 최대 38.7°C

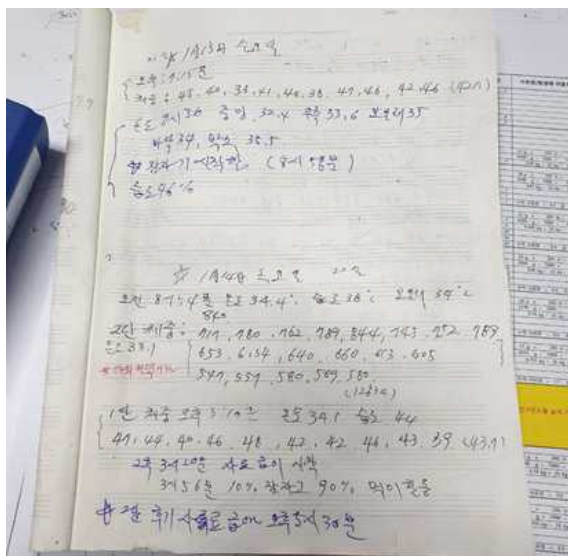


그림 98 입추 생체중 측정 및 상세 온습도

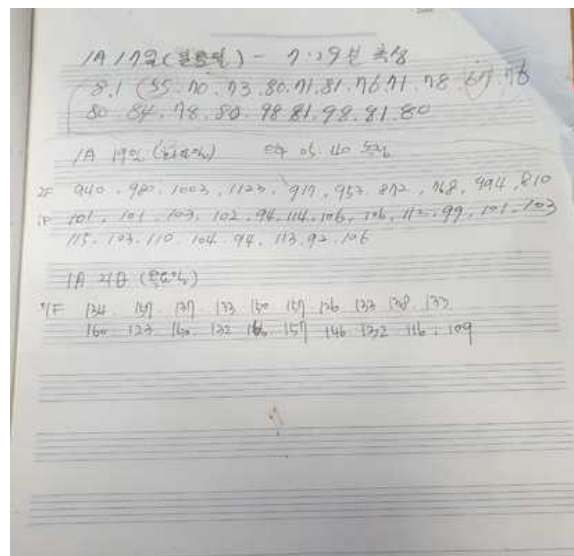


그림 99 3, 5, 7일령의 생체중 기록

일령	입주수	사료 투입량(kg)	재일사료 육계 성장 육계	말 증체량	1단				보일러 설정온도	계사바닥 온도	계사습도	계사원인	사료량/양생제 약품투입	특이사항
					1단	2단	3단	4단						
1일령 2021-01-14 (목)-pm6.30분 (우)-pm6.30분 25 kg 대관사료 전환 환기사료	1단 103		49g		45	39			36°C	34°C -33°C	40%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		입주후 1시간에서 3시간 음료와 물료를 동일하게 유지 표준관리사료
					40	47								
					33	43								
					41	42								
					44	48								
					1단 평균체중	42.7								
1단 평균증체량	42.7													
증체율(CV%)	0.00													
3일령 2021-01-16 (목)-pm6.30분 1day pm6.30분 -24h-1	1단 103				59	56	50	56	36°C	34°C -33°C	40%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		오류사130분 정사료 투입 오류사130분 부터 24시간 이후 1day이다
					57	51	50	49						
					53	53	52	53						
					52	54	57	54						
					52	50	51	44						
					1단 평균체중	52.1								
1단 평균증체량	52.1													
증체율(CV%)	0													
1일령 2021-01-15 (목)-pm6.30분 1day pm6.30분 -48h-2	1단 103		57g	1day 증체량	57	56	50	56	36°C	34°C -33°C	40%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					47	51	50	49						
					53	53	52	53						
					52	54	57	54						
					52	50	51	44						
					1단 평균체중	52.1								
1단 평균증체량	52.1													
증체율(CV%)	0													
2일령 2021-01-16 (목)-pm6.30분 2day pm6.30분 -72h-3	1단 101		77g	1day 증체량	59	60	64	64	36°C	34°C -33°C	40%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					58	58	64	66						
					61	59	59	58						
					70	57	58	60						
					65	70	60	70						
					1단 평균체중	63.5								
1단 평균증체량	57.4													
증체율(CV%)	0													
3일령 2021-01-17 (목)-pm6.30분 3day	1단 103		89g	1day 증체량	61	71	87	80	36°C	34°C -33°C	40%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					55	83	76	84						
					70	78	80	81						
					73	81	84	93						
					80	78	78	81						
					1단 평균체중	78.0								
1단 평균증체량	14.5													
증체율(CV%)	12.3													
4일령 2021-01-18 (목)-pm6.30분 4day	1단 102		109g	1day 증체량	61	71	87	80	32°C	30°C -31°C	10%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					55	83	76	84						
					70	78	80	81						
					73	81	84	93						
					80	78	78	81						
					1단 평균체중	78.0								
1단 평균증체량	14.5													
증체율(CV%)	12.3													
5일령 2021-01-19 (목)-pm6.30분 5day	1단 102		131g	1day 증체량	101	114	101	104	32°C	30°C -31°C	10%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					101	106	109	94						
					105	106	115	113						
					102	112	109	92						
					94	99	110	106						
					1단 평균체중	104.0								
1단 평균증체량	26.0													
증체율(CV%)	6.3													
4일령 2021-01-20 (우)-pm6.30분 6day	1단 102		155g	1day 증체량	101	114	101	104	32°C	30°C -31°C	10%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					101	106	109	94						
					105	106	115	113						
					102	112	109	92						
					94	99	110	106						
					1단 평균체중	104.0								
1단 평균증체량	26.0													
증체율(CV%)	6.3													
부화기에서 해치원도우 즉 병아리를 다다 피라 시간이 풀리다 따라서 먼저 피라한 병아리와 나중에 피라한 병아리들과의 편차가 있다고 판단. 사료를 먹는 시간을 동일하게 하기 위해서 케이지 입주후 10분정체 한다. 입주후 15시간 사료와 물을 제공하지 않는다. 입주후 15시간후 음수만 제공. 총24시간(15시간+9시간)후 사료와 물을 제공한다. 6차 실험은 ROSS 무감별 육계 성적표 보다 일일 증체량이 발생하지 않음. 3일령부터 사료를 제공하였음. 사료섭취량이 급격하게 늘어났으나, 4일령부터 본래의 사료섭취량으로 돌아갔음.														
7일령 2021-01-21 (목)-pm6.30분 5day	1단 100		182g	1day 증체량	154	157	160	157	32°C	30°C -31°C	10%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					157	136	123	146						
					157	138	130	132						
					133	138	132	116						
					150	133	166	139						
					1단 평균체중	140.0								
1단 평균증체량	140.0													
증체율(CV%)	10.0													
8일령 2021-01-22 (목)-pm6.30분 6day	1단 102		213g	1day 증체량	154	157	160	157	32°C	30°C -31°C	10%	용출물 폐사 잔반(포리) 낙상 폐사 약주 폐사 탈락기밀폐사 익살 폐사우 우적 폐사우		표준관리자
					157	136	123	146						
					157	138	130	132						
					133	138	132	116						
					150	133	166	139						
					1단 평균체중	0.0								
1단 평균증체량	0.0													
증체율(CV%)	0.0													

그림 101 6차 실험 사육성적표

[결과 요약]

부화기에서 각 병아리들의 다른 해치원도우(파각 시간)로 인한 증체 시간 차이가 있다고 판단하여 사료 섭취 시간을 동일하게 제공하기 위해 입주 24시간 뒤 사료와 물을 제공하였음. 6차 실험 결과는 로스 무감별 육계 성적표와 비교하여 일일 증체량이 발생하지 않음. 3일령부터 사료를 제공하였음. 사료섭취량이 급격하게 늘어났으나, 4일령부터 본래의 사료섭취량으로 돌아갔음.

[연구 주제] 스마트 양계사 내 LED 조명의 최적 배치 설정

Determination of the Optimal Arrangement of LED Lights in the Smart Poultry House

[목표]

- 본 연구는 ICT 기반의 밀폐형 양계사(이하 스마트 양계사) 내부의 조도를 결정하는 LED 조명의 효과적인 배치를 찾기 위하여, 실제 가동 중인 스마트 양계사에서 활용하는 LED 조명의 높이, 떨어진 거리, 그리고 사용 여부에 따라 어떻게 나타나는지를 조도센서를 활용하여 측정하고, 수식을 통해 이를 모델링하여, 최종적으로 스마트 양계사 내부의 최적 LED 조명 배치를 찾아내었다.

[결과 보고]

- 양계에서 내부 조도는, 육계의 먹이에 대한 접근성을 높여 증체량을 늘리는 동시에, 오히려 카니발리즘을 유발하여, 적절한 조도 환경을 일령에 따라 변경 및 유지하는 방식을 통해 그 생산 수율을 높일 수 있음.
- 이러한 조도에 대한 사양관리 프로그램은 23L:1D, 18L:6D 등의 광주기를 갖거나, 간헐적인 점등 또는 녹색광 및 청색광을 활용하는 등, 개체나 사육환경에 따라 각자 서로 다른 광원 및 조명 사이클을 활용하여 이루어짐.
- 본 스마트 양계사는 Innoven 사의 양계전용 램프를 활용하였으며, 해당 LED 전구의 사양은 다음과 같다.

항목	상세 내용
색상	Cool White
소비전력	4W
베이스	E26
압력전압	220V AC
수명	40,000h
조광	일반조광기 조광가능
방수	가능
사이즈	50Ø* H93(65g)
조사각	320도

표 - 활용한 LED 전구의 사양

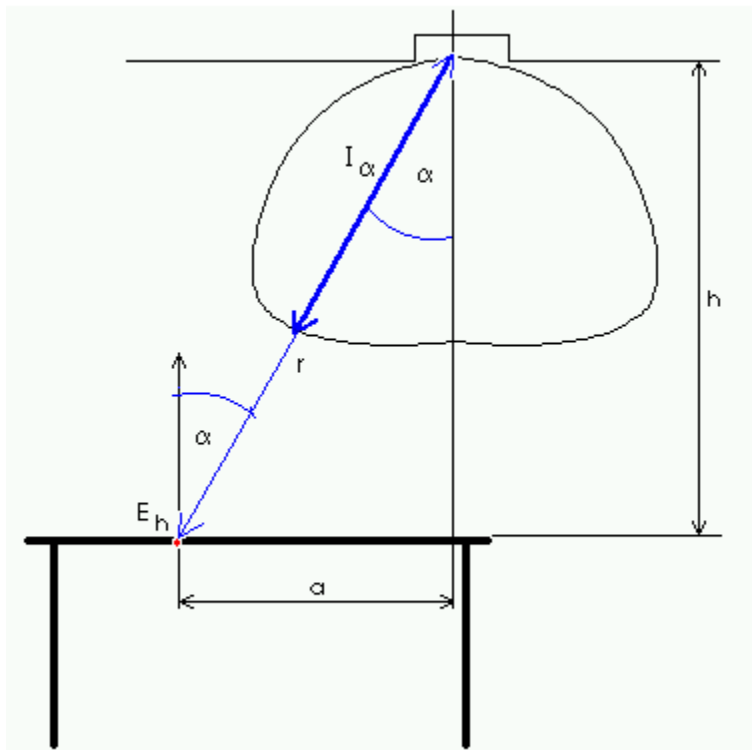
- LED 조명은 양계사 각 층의 최상부에서 아래쪽을 향해 설치되기 때문에, 조명에서 실제 닭이 사육되는 바닥까지 도달하는 수평면 조도를 확인하여, 해당 조도값이 육계들의 사육에 있어서 충분히 주어지고, 임의의 지점에서 조도가 너무 과다하게 또는 너무 부족하게 주어지는 상황이 발생하지 않도록 균등한 조도값이 확보가 되는지에 대한 확인이 필요함. 또한, 하나의 사육 공간에 몇 개의 LED 벌브가 어떠한 배치로 주어질 때 이러한 조건을 만족하는지에 대한 수식적인 분석이 필요하고, 실제 육계를 사육하는 데에 필요한 최적화된 LED 조명 배치를 확인 및 활용하여야 함.
- 이론적으로, 하단의 그림 및 수식처럼 수평면 조도는 광도와 높이, 그리고 광원의 법선 벡터와의 각도에 의해 결정됨. 따라서 실험을 통해, 해당 광원이 수평면 조도 공식을 만족하는지 확인하고, 광원의 광도 값인 I_{α} 값을 산출하여, 최적의 LED 배치를 확인하는데 활용할 수 있음.



그림 102. 활용한 LED 전구의 모습

$$E_h = \frac{I_\alpha}{r^2} \cos \alpha = \frac{I_\alpha}{h^2} \cos^3 \alpha$$

where E_h : 수평면 조도, I_α : 광원의 광도, r : 광원과 측정 지점 간의 거리, h : 광원과 수평면 간의 거리(높이), α : 수평면의 법선 벡터와 광원 - 측정 지점 선 간의 각도



$$E_h = \frac{I_\alpha}{r^2} \cdot \cos \alpha$$

$$= \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha$$

그림 103. 광원의 광도와 수평면 조도 간의 관계 및 연관 수식

- 본 실험은 암조건에서 일정 높이에 LED 전구를 매달아 놓고, 바닥면에 수평하게 조도 센서를 놓아 수평면 조도를 측정하였음. 이때 하나의 단위 사육 공간이 대략적으로 240x200x70cm이기 때문에,

240x200cm 크기의 평면에서 30cm, 50cm, 70cm 높이 조건의 광원이 주어졌을 때, 수평면 조도가 어떻게 나타나는지를 확인하였음.

- 이때 사용하지 않은 LED 벌브와 다르게 약 반년간 활용한 LED 벌브의 경우, 겉면에 스크래치가 발생함에 따라 불투명하게 바뀌어, 사용하지 않은 조명보다 색상이 보다 바라고, 조사각이 확보되지 않는다는 문제점을 확인하였음. 따라서 70cm 높이 조건에서 사용하지 않은 전구와 사용한 전구를 놓아, 조명의 활용 여부에 대한 특이성 역시 확인하였음.



그림 104. 반 년간 활용된 LED 전구의 겉면

- 먼저 조사각에 따른 광도의 변화를 측정하기 위하여, 다음 그림과 같이 직사 방향 (P_1)과 전원 근접부 (P_2, P_3, P_4, P_5) 겉면에서의 광도를 측정하였으며, 이를 위하여 휘도계를 활용하였음. 활용한 휘도계는 TES-137 (TES Electrical Electronic Corp, Taiwan) 제품으로, 그 사양은 다음과 같음.

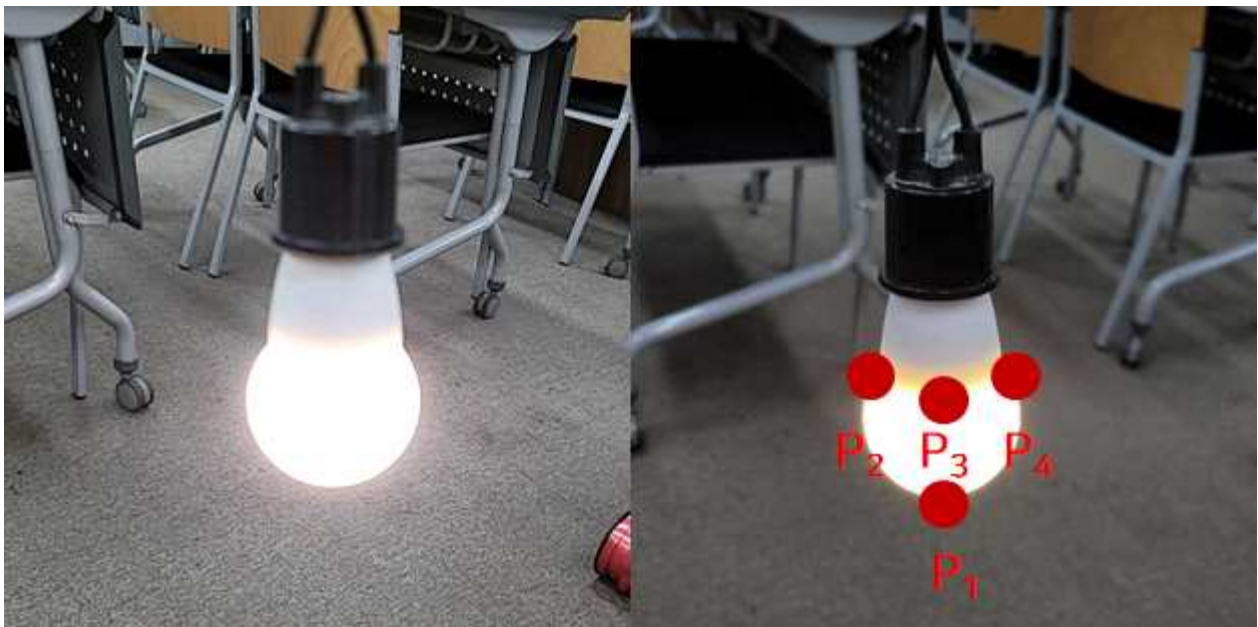


그림 105. 조사각에 대한 광도 측정을 위한 측정 지점

항목	상세 내용
이름	TES-137
표시	Dual display 4 digit LCD reading
측정 범위	0~2000 kcd/m ² 0~580 kfL
Measuring Angle	E2°
Overrange 표시	'OL' 표시
분해능	0.001 cd/m ² , 0.001 fL
정확도	±3% rdg ±5 dgt (Calibrated to standard incandescent lamp, 2856°K, at 25°C/77°F)
CIE photopic f' 1	≤ 6%
온도 Characteristics	±0.1%/°C
Measuring Rate	Approximately 5 time/sec
Photosensor	Silicon photodiodes
Data memory Capacity	200 sets. (Direct reading from LCD display)
Data Logger Capacity	microSD CARD 4GB
작동 온도/습도	0°C~50°C < 80% RH
보관 온도/습도	-10°C~60°C < 70% RH
Photosensor lead Length	약 90 cm
Photosensor Dimensions	40×158(L) mm
본체 면적	150(L)×72(W)×35(H) mm
무게	본체: 235g / Photosensor: 210g

표 50. 실험에 활용한 휘도계 TES-137의 사양

- 측정 결과 직사 방향에 대해서는 18.8cd/m²의 가장 큰 휘도값이 측정되었으며, 전원 근접부 4지점에 대해서는 방향에 상관없이 15.2cd/m²의 일정한 휘도값이 측정되었음. 이는 실험에 활용한 조명이 방향 특이성을 갖지 않음을 나타내며, 직사 방향 지점보다 전원 근접부의 경우 조명이 온전한 구형이 아니고 불투명한 전원 소켓부가 근접하여 있으므로, 약 19.1% 더 낮게 측정되는 것을 확인할 수 있음.
- 사육 평면 크기의 240x200cm 평면에서의 측정을 보다 단순화하고 그 대칭성을 확인하기 위해, 가로 240cm의 경우 40cm 크기로, 세로 200cm의 경우 50cm 크기로 나누어 총 35개 지점에서의 수평면 조도를 측정하였음.

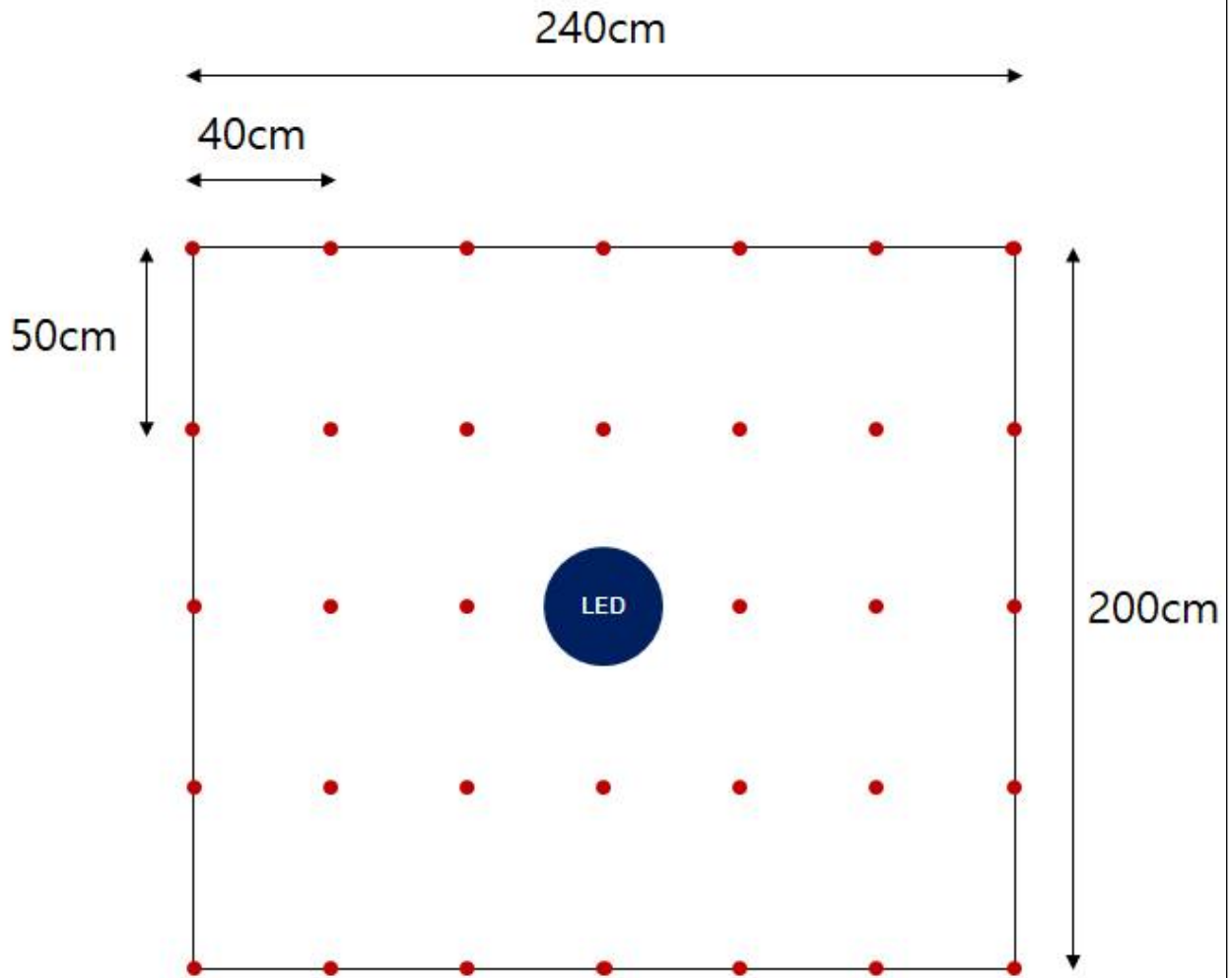


그림 106. 조명 실험 조건에 대한 모식도

- 실험을 위하여 조도 센서를 아두이노 보드에 결선하여 조도값을 실시간으로 1s 마다 5s 간 받아오고, 그 평균값을 내어 해당 지점에서의 수평면 조도값으로 활용하였음. 활용한 조도 센서는 VEML7700 (Vishay Intertechnology, India) 제품으로, 그 사양은 다음과 같음.



그림 107. 실험에 활용한 조도 센서 VEML7700

항목	상세 내용	단위
이름	VEML7700	
작동 전압	2.5~3.6	V
I2C 버스 전압	1.7~3.6	V
측정 범위	0~120000	lx
해상도	0.0036	lx
결과값 코드	16 bit, I2C	

표 51. 실험에 활용한 조도 센서 VEML7700의 사양

- 실험 결과, 서로 거리가 같은 4개의 점대칭 지점에서의 조도가 상당히 유사하게 측정되어, 실험 광원 역시 수평면 조도값이 거리값과 상관관계를 나타낸다는 것을 확인할 수 있었음. 4개의 점대칭 지점에 대하여 평균값을 내어, 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 상관관계를 나타낸 결과, 다음과 같은 그래프를 확보할 수 있었음.

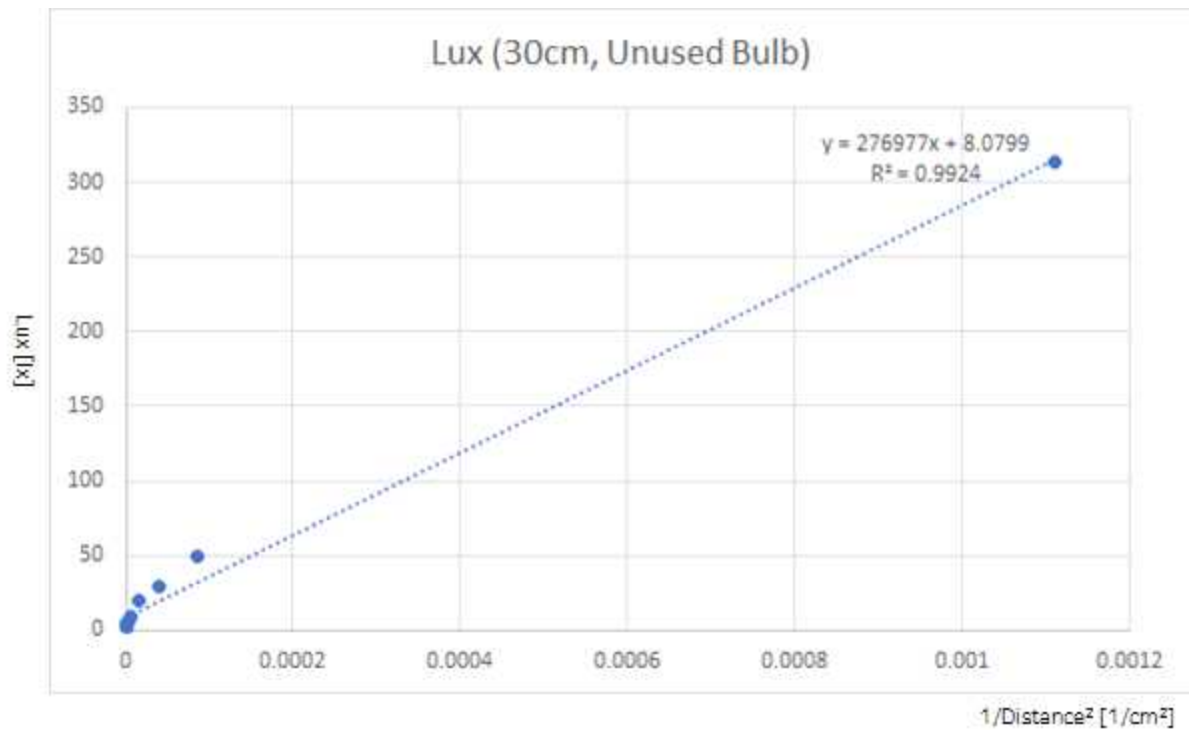


그림 108. 30cm 높이에서의 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 관계 그래프

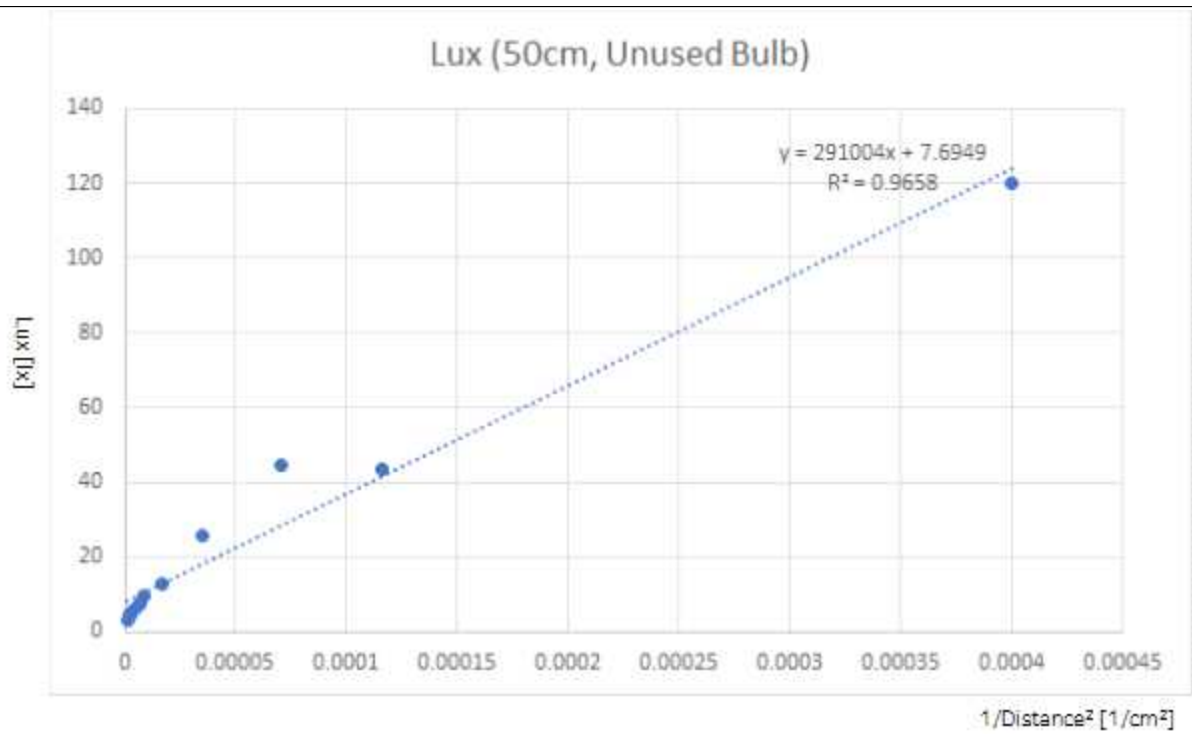


그림 109. 50cm 높이에서의 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 관계 그래프

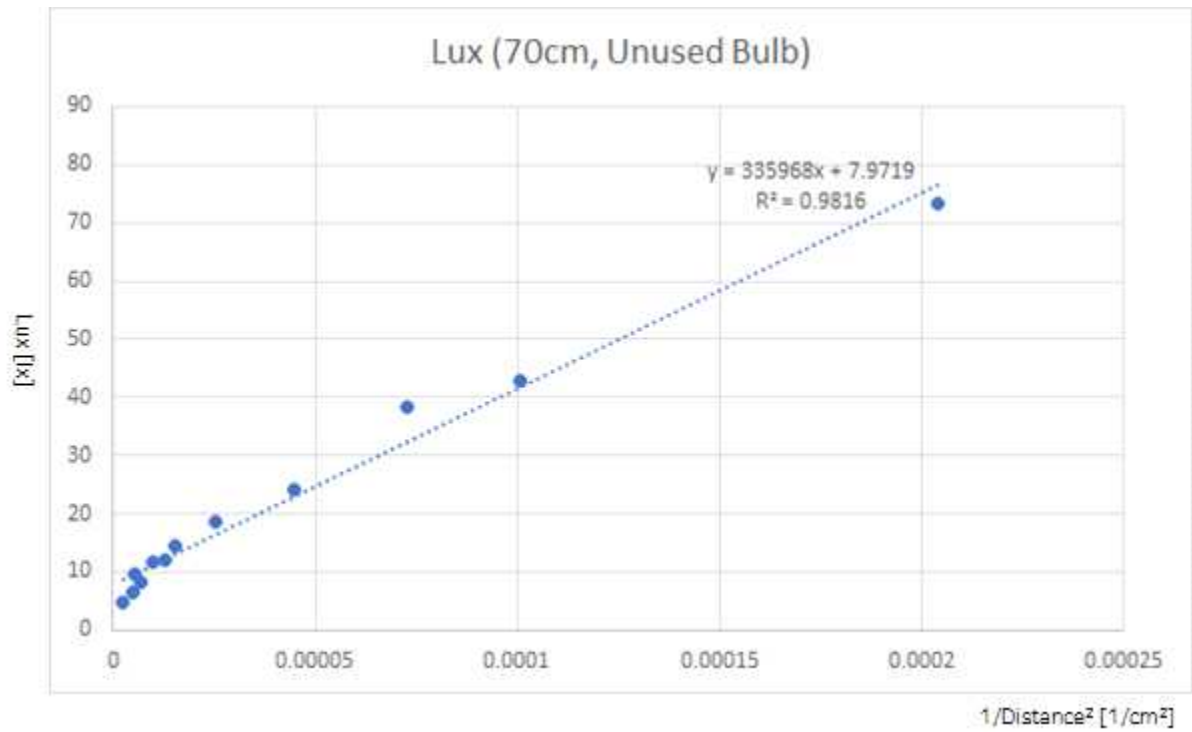


그림 110. 70cm 높이에서의 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 관계 그래프 (사용하지 않은 조명)

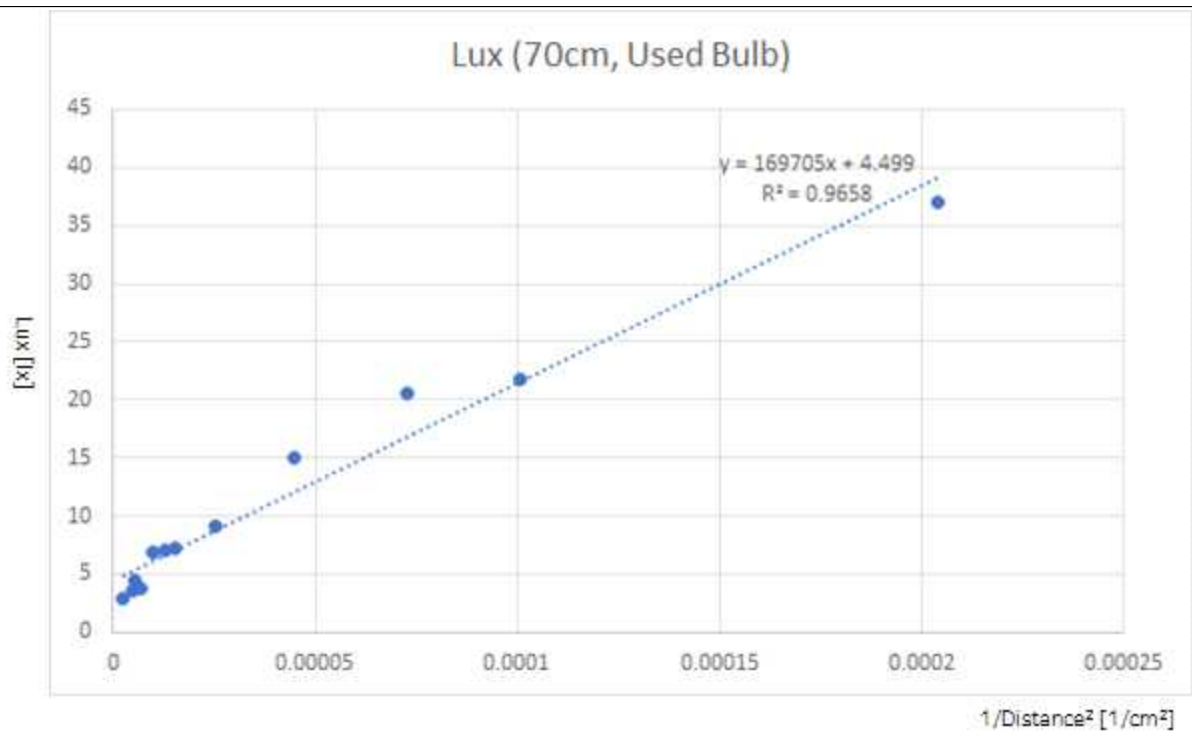


그림 111. 70cm 높이에서의 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 관계 그래프 (사용한 조명)

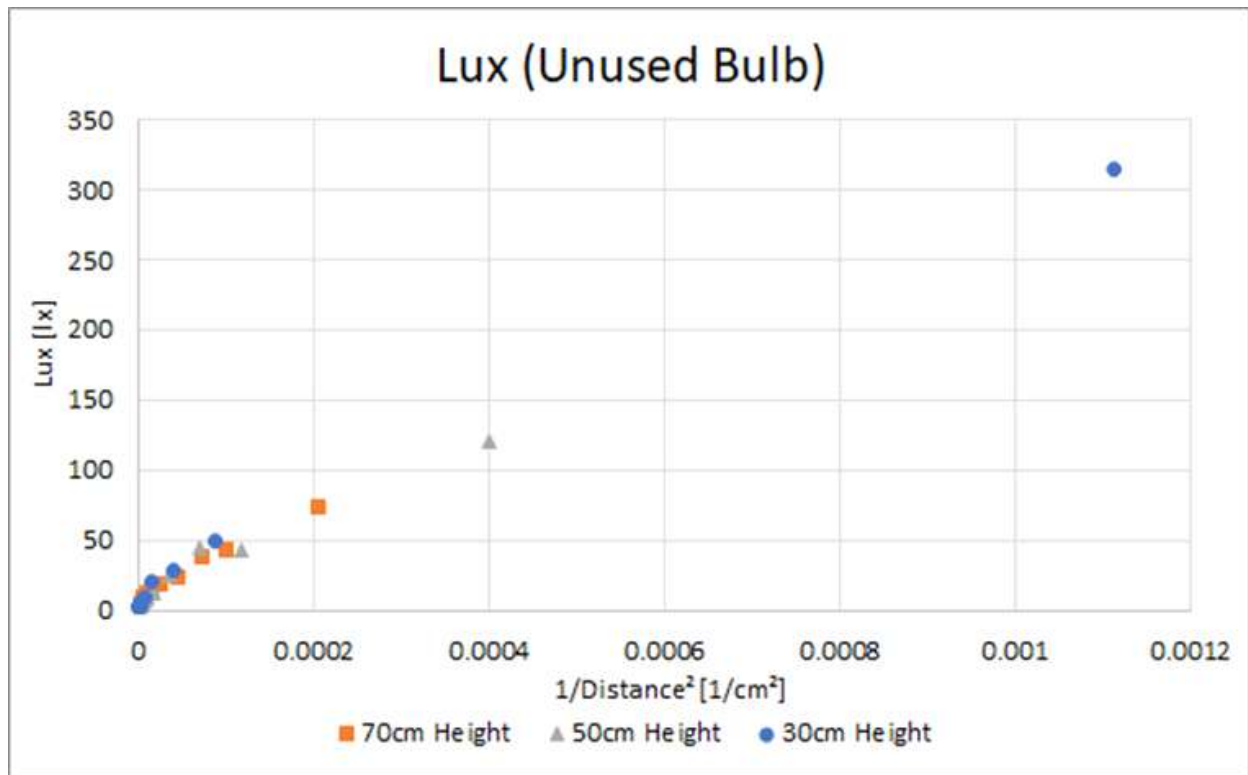


그림 112. 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 관계 그래프 (사용하지 않은 조명)

- 수평면 조도와 거리 제곱분의 일 간의 linear fitting을 진행한 결과, 모든 그래프에서 높은 R^2 를 나타내게 되어, 실험에 활용한 조명 역시 수평면 조도가 거리 제곱분의 일과 비례한다는 것을 확인할 수 있었음. 다만 그 비례 상수인 I_0 , 즉 조명의 광도는 일정하게 나타나야 하지만, 산술적으로 측정되는 그 값이 높이에 따라 다소 증가하는 것처럼 나타나, 높이가 증가할수록 빛의 산란 등의 영향에 의해 실제 광도와는 다소 변화된 값이 겹보기 광도값처럼 나타나는 것으로 결론지을 수 있음.
- 이러한 결과를 토대로 스마트 양계사 사육 공간 내의 효율적인 조명 배치를 다음과 같이 만들어낼 수 있었음. 이러한 배치를 통해 조도가 문제없이 모든 지점에서 8.5lx 이상 확보가 되는 동시에, 과도한

조도값이 주어지는 것을 방지할 수 있음.

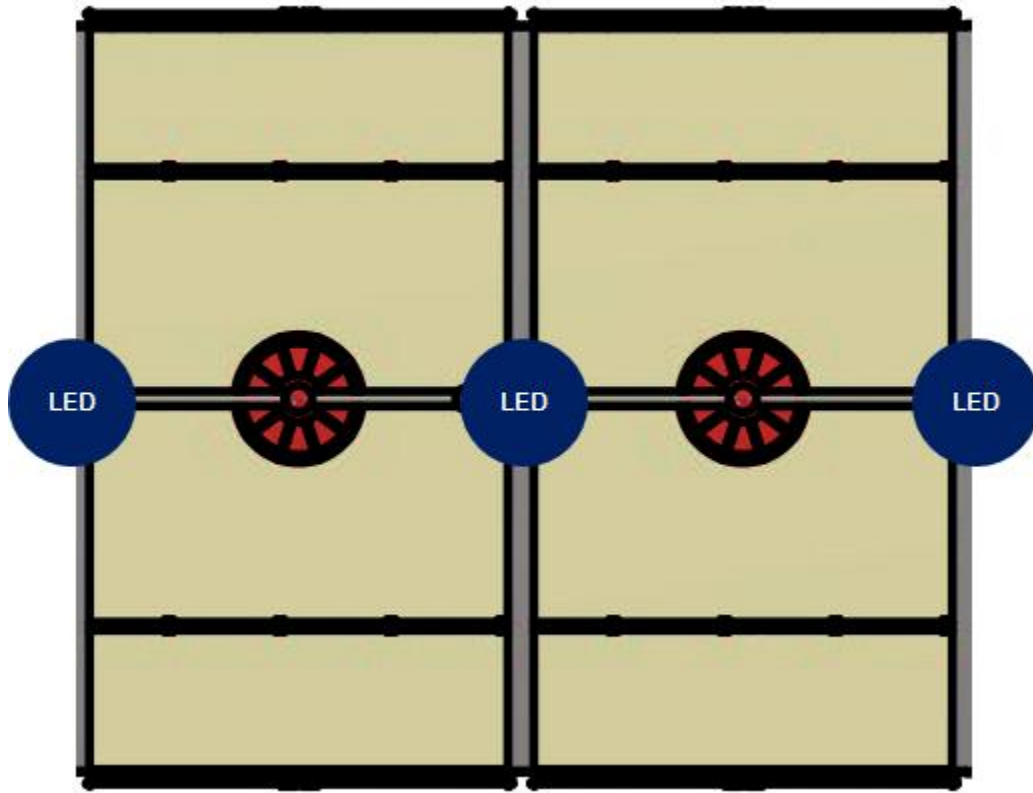


그림 113. 계산된 수평 조도값을 토대로 작성된 이상적 LED 조명 배치 (높이 70cm)



그림 114. 실제 조명 설치가 가능한 지점과 조명 배치 예상도

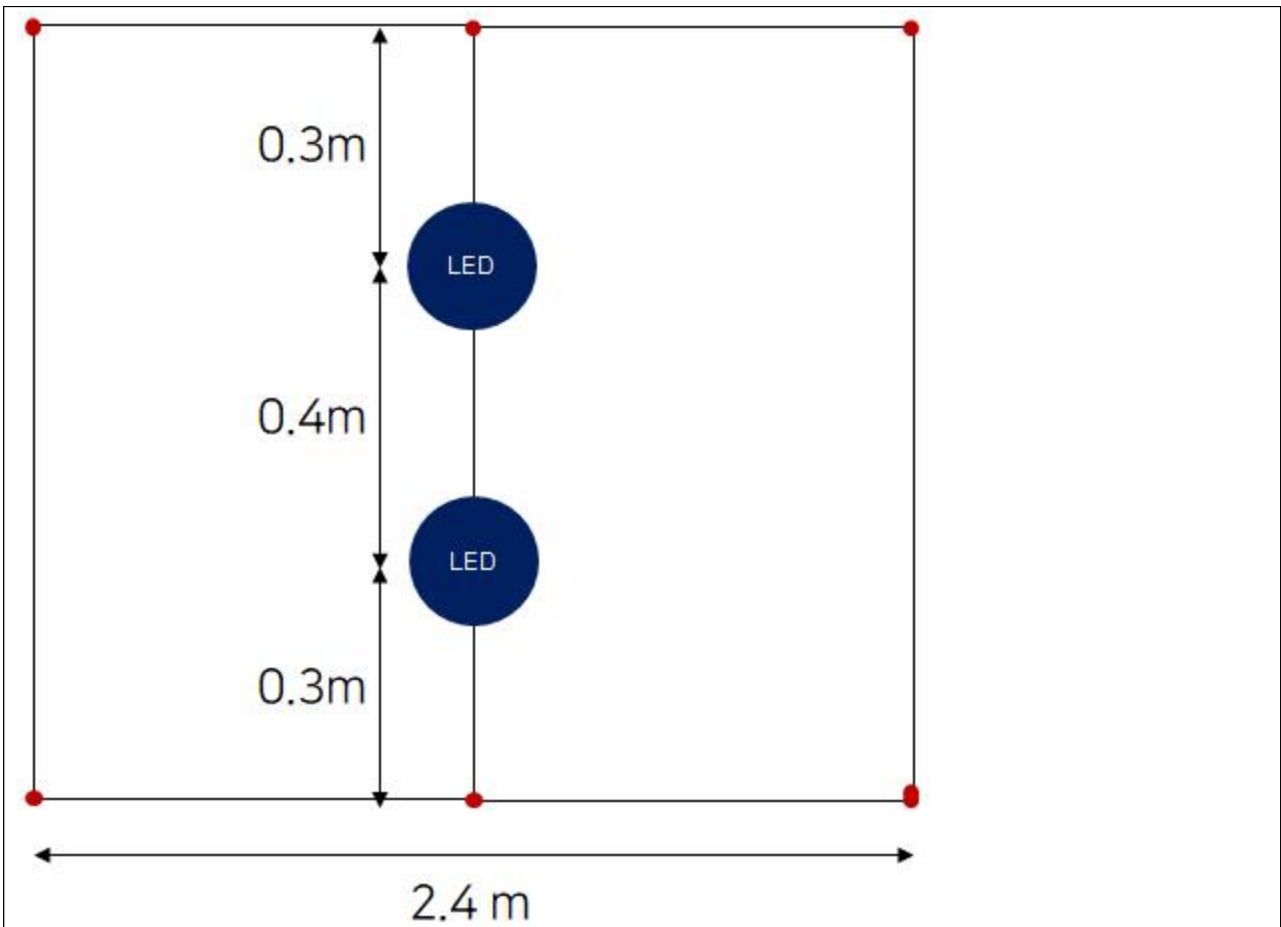


그림 115. 실제 설치 가능한 위치를 반영하여 작성된 이상적 LED 조명 배치 (높이 50cm)

Illuminance (2 Bulbs, 0.4m interval)

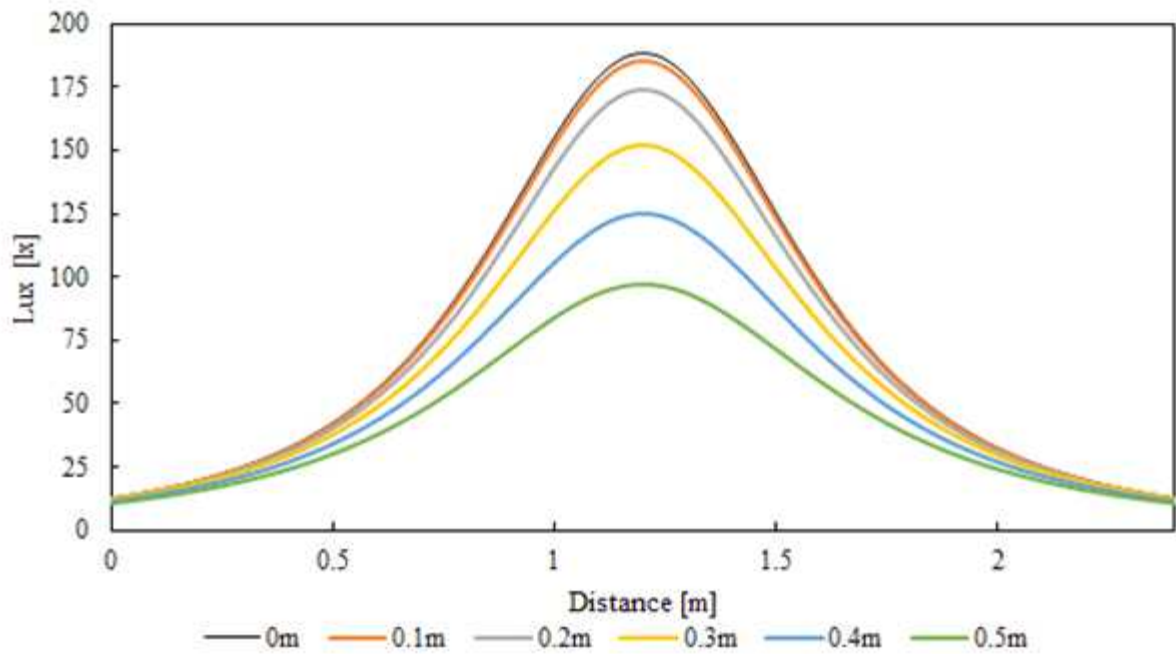


그림 116. LED 조명 배치에 대한 거리에 따른 수평면 조도값의 변화 그래프

- 허나 실제로 조명을 설치할 수 있는 프레임이 50cm 높이에 있고, 실제 설치할 수 있는 공간이 한정적이라는 점에서, 새로이 다음과 같은 LED 조명 배치를 제안하였음.

- 이러한 배치로 조명을 두었을 때, 조명 최대 출력 기준으로 전체 수평면에 대한 평균 조도값은 47.1 lx, 최대값은 188 lx, 최소값은 6.79 lx로, 다소 조도가 한 지점에 과도하게 주어질 수 있다는 문제점이 있지만, 조명의 출력값을 다소 낮게 설정할 경우 안정적으로 전체 지점에 대한 조도값을 확보할 수 있고, 중심부 이외의 지점에서 균일한 조도값을 확보할 수 있기 때문에, 추후 실험에서는 상단의 LED 조명 배치를 활용하여 사육을 진행하였음.

[결과 요약]

- 스마트 양계사 내에서의 균일한 조도 확보를 위하여 실제 양계 조명을 활용한 조도값 측정 실험을 진행하였으며, 실험 결과 양계 조명 역시 이론과 같이 점대칭적인 특성을 나타내고, 수평면 조도값은 광원의 광도와 거리 제곱분의 일 간의 관계식으로 나타나는 것을 확인할 수 있었음. 측정된 겉보기 광도값을 활용하여, 최적의 LED 조명 배치를 고안할 수 있었으며, 해당 조명 배치를 활용하여 추후 육계 사육에 활용하였음.

[연구 주제] 케이지 7차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 7)

[목표]

입추 후 충분한 음수량을 제공하고 실내 온도를 33~40°C, 습도를 70%로 유지했을 때 사육 성적을 관찰

[결과 보고]

본 7차 실험에는 총 1000수가 7월 12일 오후 10시 30분경 입추하였음. 니플뿐만 아니라 워터컵을 대체하여 충분한 양의 물을 음수할 수 있도록 하였고, 내부온도를 34°C로 설정하여 모든 병아리가 따뜻한 온도에서 휴식을 취하도록 함. 그 결과, 병아리들이 분포되어 쉬는 것을 관찰하였고, 사료섭취 및 휴식을 취했고 층어리(꼬리)는 음수량 부족과 높은 사료 경쟁률로 인해 자연 폐사하였음.



그림 117 입추 직후



그림 118 3일령 모습



그림 119 20일령



그림 120 24일령

1.	일령	입추수	사료 투입량(kg)	육계 성장 목표	일 증체량	1단	2단	3단	실온온도	계사온도	계사습도	폐사관인	사료량/생체 무게 투입	특이사항									
223	25일령 2021-08-06 (토)am9 30분	1000		1170g	1day 증체량 131g				27°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
								95849 g × 100% = 95,849 kg				본사계수CV%											
								95,849 kg × 25 kg = 3,834,000				60%/07											
224	26일령 2021-08-07 (토)am9 30분	1000		1249g	1day 증체량 136g				27°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
								95849 g × 100% = 95,849 kg				본사계수CV%											
								95,849 kg × 25 kg = 3,834,000				60%/07											
225	27일령 2021-08-08 (토)am9 30분 20day	1000		1329g	1day 증체량 142g				27°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
								95849 g × 100% = 95,849 kg				본사계수CV%											
								95,849 kg × 25 kg = 3,834,000				60%/07											
226	28일령 2021-08-09 (토)am9 30분 20day	1000		1412g	1day 증체량 148g	1044	958		27°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
						756	689					95849 g × 100% = 95,849 kg	본사계수CV%										
						1250	770					95,849 kg × 25 kg = 3,834,000	17.3										
227	29일령 2021-08-10 (토)am9 30분 20day	1000		1496g	1day 증체량 154g				27°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
								95849 g × 100% = 95,849 kg				본사계수CV%											
								95,849 kg × 25 kg = 3,834,000				60%/07											
228	30일령 2021-08-11 (토)am9 30분 20day	1000		1501g	1day 증체량 159g	1173	982		28°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
						1429	817					95849 g × 100% = 95,849 kg	본사계수CV%										
						782	621					95,849 kg × 25 kg = 3,834,000	21.8										
229	31일령 2021-08-12 (토)am9 30분 20day	1000		1607g	1day 증체량 159g	1497	993		28°C	27°C	60%		101 g × 849 마리 = 95849 g	60%/07									
						1429	817					95849 g × 100% = 95,849 kg	본사계수CV%										
						782	621					95,849 kg × 25 kg = 3,834,000	21.8										

그림 127 1일령(입추)부터 31일령(출하)까지의 생체중, 평균체중, 평균증체량 등을 포함한 7차 실험 사육성적표

[결과 요약]

7차 실험은 31일 동안 진행되었으며, 총 1000수의 병아리들이 출하되었음. 입추 당일부터 2일령까지는 34~32°C 실내온도를 유지했고, 이후 실내 온도를 조금씩 낮춰 출하 당일에는 27°C를 유지하였음. 층어리 병아리들은 일령별 니플 높이 변경으로 인한 음수량 부족으로 자연 폐사함. 7일령부터 충분한 음수 제공을 위해 니플 대신 워터컵으로 대체함. 지난 1~6차 실험을 통해 사료섭취량 증가를 현실화하기 위해선 일령별 적절한 온·습도 제어뿐만 아니라 사료 접근성과 충분한 음수량이 증체에 중요한 요건임을 알 수 있었음.

[연구 주제] 케이지 8차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 8)

[목표]

부화장에서 12시간이 지난 후 입추 및 사육하여 성장 속도를 관찰함.

[결과 보고]



그림 129 부화장에서 12시간 대기하는 모습

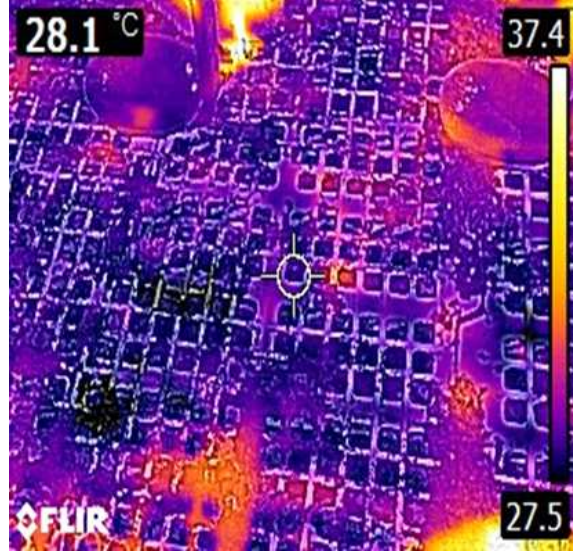


그림 130 슬렛의 온도



그림 131 열화상 카메라로 측정한 슬렛의 온도



그림 132 병아리의 갈색 변

일령	입주수	육계 성장특표	일 증체량	1단	2단	3단	설정 온도	계사 온도	계사 습도	배사원인	사료량/양생체 약품투입	균일도 CV%	특이사항
수요일 부화													
21년 8월 12일 목 0 일령 pm 10시 30분	250	42g					31°C	30.5°C	70%	운송중 폐사 간(포리) 복상 폐사 양주 폐사 별표기입폐사 직접 폐사수 누적 폐사수			입주후 24시간은 '0'일령이다
21년 8월 18일 목 0 일령 pm 10시 30분	350	42g					31°C	30.5°C	70%	운송중 폐사 직접 폐사수 누적 폐사수			입주후 24시간은 '0'일령이다
21년 8월 14일 토 1 일령 pm 10시 30분	350	57g	1day 동계량 15g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 0.0 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) 0	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) 0	31°C	30.5°C	70%	운송중 폐사 직접 폐사수 누적 폐사수	15 g x 350 수 = 5250 g 5250 g ÷ 1000 = 5.25 kg 5.3 kg ÷ 25 kg = 0.21 표		입주후 48시간 경과후 '1'일령으로 본다
21년 8월 15일 토 2 일령 pm 10시 30분	350	72g	1day 동계량 15g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 0.0 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) 0	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) 0	31°C	30.5°C	70%	약주 폐사 직접 폐사수 누적 폐사수	75 79 98 70 85 76 70 104 72 71 76 76 18 g x 350 수 = 6300 g 6300 g ÷ 1000 = 6.3 kg 6.3 kg ÷ 25 kg = 0.252 표		유우후 관리·사료 섭취량 약간 적어보인다
21년 8월 16일 토 3 일령 pm 10시 30분	350	89g	1day 동계량 17g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 0.0 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 -78.2 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 -82.9 균일도(CV%) #DIV/0!	30°C	29°C	70%	약주 폐사 직접 폐사수 누적 폐사수	21 g x 350 수 = 7350 g 7350 g ÷ 1000 = 7.35 kg 7.35 kg ÷ 25 kg = 0.294 표		pm5시 채움숙증
21년 8월 17일 토 4 일령 pm 10시 30분	340	109g	1day 동계량 20g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 0.0 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 99 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 92 균일도(CV%) #DIV/0!	30°C	29°C	70%	약주 폐사 직접 폐사수 누적 폐사수	24 g x 340 수 = 8160 g 8160 g ÷ 1000 = 8.16 kg 8.16 kg ÷ 25 kg = 0.3264 표		pm5시 채움숙증
21년 8월 18일 토 5 일령 pm 10시 30분	340	131g	1day 동계량 22g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 -102.9 1+2+3평균체중 104.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 97 균일도(CV%) 73%	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 90 균일도(CV%) 73%	30°C	29°C	80%	약주 폐사 직접 폐사수 누적 폐사수	112 124 140 104 132 125 135 122 128 126 139 112 129 121 131 111 127 130 119 100 125.5 120.7 18.1 18.6		pm5시 채움숙증 3층 균일도 떨어진다. 침중우후로 인해 습도가 높다
21년 8월 19일 토 6 일령 pm 10시 30분	340	155g	1day 동계량 24g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 -102.9 1+2+3평균체중 137.1	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 97 균일도(CV%) 68%	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 90 균일도(CV%) 73%	28°C	27°C	80%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	112 124 140 104 132 125 135 122 128 126 139 112 129 121 131 111 127 130 119 100 125.5 120.7 18.1 18.6		pm5시 채움숙증 비행의 영향을 받는것 같다.
21년 8월 20일 토 7 일령 pm 10시 30분	350	182g	1day 동계량 27g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 #REF! 1+2+3평균체중 153.6	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 146 균일도(CV%) #REF!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 154 균일도(CV%) 79%	28°C 30°C	28°C 29.5°C	70%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	150 155 167 144 150 174 145 144 153 133 179 165 146 188 157 141 155 164 139 154		40Hz 운전시 풍향 실온온도 28°C에서 30°C 설정시 병아리 상태확인
21년 8월 21일 토 8 일령 pm 10시 30분	350	212g	1day 동계량 30g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 149.6 1+2+3평균체중 150.8	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 150.8 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 150.8 균일도(CV%) #DIV/0!	28°C	28°C	60%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	140 165 152 163 155 162 150 175 197 169 137 142 157 137 160 150 139 116 135 129 136 161 127 157 163 166 165 188 163 141 151.9 157.5 157.5 142.9 21.7 15.9 3.9		7일령에 5시경 전체 제거
21년 8월 23일 일 9 일령 pm 10시 30분	350	212g	1day 동계량 30g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 4.2 1+2+3평균체중 149.6	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 138.1 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 -142.9 균일도(CV%) #DIV/0!	28°C	28°C	60%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	203 145 150 143 178 125 152 130 136 145 154 142 139 146 144 145 139 143 175 136 139 175 158.1 138.1 0.0 4.2 -29.4 -142.9		7일령에 5시경 전체 제거
21년 8월 23일 일 10 일령 pm 10시 30분	1000	346g	1day 동계량 34g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 -156.1 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 -128.1 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) #DIV/0!	28°C	28°C	60%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	47 g x 951 수 = 44697 g 44697 g ÷ 1000 = 44.697 kg 44.697 kg ÷ 25 kg = 1.7879 표		
21년 8월 24일 월 11 일령 pm 10시 30분	1000	281g	1day 동계량 35g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 0.0 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) #DIV/0!	29°C	29°C	60%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	52 g x 850 수 = 44100 g 44100 g ÷ 1000 = 44.1 kg 49.4 kg ÷ 25 kg = 1.976 표		
21년 8월 25일 월 12 일령 pm 10시 30분	1000	300g	1day 동계량 39g	1단 평균체중 0.0 1단 평균동계량 0.0 1+2+3평균체중 0.0	2단 평균체중 0.0 2단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) #DIV/0!	3단 평균체중 0.0 3단 평균동계량 0.0 균일도(CV%) #DIV/0!	29°C	29°C	60%	약주 폐사 직접 폐사수 총 폐수	56 g x 849 수 = 47534 g 47534 g ÷ 1000 = 47.534 kg 51.144 kg ÷ 25 kg = 2.0458 표		

그림 135 8차 사육 성적표

[결과 요약]

입주 후 24시간은 0일령으로 간주하여 사육하였을 때, 2일령에 사료 섭취량이 급격하게 증가하는 것을 관찰할수 있었음. 사육 실험 중 매일 진행된 생체중 측정은 일령별 각각 오후 5시에 진행하였음. 5일령부터 집중호우로 인해 습도가 높아지고, 3층의 생체중 균일도가 떨어졌음. 또한, 직접적인 바람의 영향으로 병아리들이 모여 있는 모습이 관찰되었음. 6일령 40Hz로 풍량을 조절하였으나, 병아리 상태가 좋지 않았음. 병아리 항문에 검은 변이 묻고 많은 병아리들이 설사하는 것을 관찰하여 7일령 오후 5시경 전체 제거하였음.

[연구 주제] 케이지 9차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 9)

[목표]

케이지에 적합한 온도·습도·풍량을 찾고 층어리(꼬리) 관리를 위해 병아리 행동·밀집도와 증체율을 실험하는 것임.

[결과 보고]

본 9차 사육 실험에서 2계군의 병아리 집단을 동시 사육하였음. 2021년 9월 12일과 2021년 9월 15일에 입추하여 사육한 결과, 12일에 입추한 병아리 기준으로 온도를 설정할 시, 병아리들이 밀집하였음. 이번 사육 실험에서 높은 습도 설정으로 인해 계분이 건조가 잘되지 않았고, 이로 인해 젖은 계분이 슬릿에 묻어 병아리 배 쪽 온도에 영향을 끼침. 젖은 계분이 묻을 시, 병아리의 체감 온도가 낮아질 수 있음. 또한, 병아리들이 섯바람으로 인한 추위를 쉽게 느낄 수 있고 풍량을 일정하게 유지하여 병아리들이 풍량에 대한 변화를 못 느끼게 해야 함.

6일령부터 증체 속도가 조금씩 늦춰지기 시작하였는데, 이는 계사 내부에 발생하는 섯바람의 영향일 것으로 추정됨. 따라서 풍량을 줄여서(예: 40Hz) 병아리들이 바람을 최소한으로 느끼고 일정한 온도를 유지할 수 있도록 만들어주어야 함.

따라서 40Hz일 때, 토출풍속은 $7\text{m/sec} = 180\text{m}^3/\text{h} * 6$
 $= 1,080\text{m}^3/\text{h}$, 10Hz 토출풍속 2.5m/sec
 $= 71\text{m}^3/\text{h} * 6$
 $= 426\text{m}^3/\text{h}$ 인 것을 알 수 있음.

반면, 7일령부터 조도 lux를 10 lux로 조정하여 사육하였고 계군 관리(노계/신계)의 중요성을 이번 실험을 통해 알 수 있었음.



그림 136 흡수불량증후군이 있는 병아리



그림 137 9차 슬릿 위 사육 모습



그림 138 급이 모습



그림 139 슬렛 온도 측정

9차 사육성적표																	
일령	입주수	육계 성장목표	일 증체량	1단	2단	3단	실정 온도	슬렛 온도	계사 습도	매사원인	사료량	균일도 CV%	특이사항				
반드시 실내온도 36.5°C, 슬렛 온도 35°C, 습도 50% 유지 해야한다.														약 70% 온도 초과가 한 한 사육을 분면으로 계속시킨다 슬렛 온도 35°C 유지			
21년 9월 18일	105	42g		43 81 97 80									입주후 48시간 경과후 1'일령후로 분다				
24				53 60 58 57									슬렛 온도 35°C 유지				
26				57 61 57 57									34°C 유지하면 조영 필요로 올린다.				
27				60 62 58 56									36°C 유지하면 조영이 없게하므로 올린다.				
28				54 54 52 51									유치한다				
29				1단 평균체량 58 1단 평균체량 59									1일령이후에 설정 온도 변경(35°C-39°C)				
30				1단 평균체량 58 평균체량 59									pm 5시 측정				
31				1+2+3평균체량 58 균일도(CV%) 75%													
32				52 59 71 48													
33				60 65 80 35													
34				45 77 72 38													
35				41 63 68 38													
36				79 76 47													
37				1단 평균체량 69 1단 평균체량 70													
38				1단 평균체량 62 평균체량 71													
39				1+2+3평균체량 71 균일도(CV%) 73%													
40				80 83 83 74													
41				83 80 77 69													
42				93 92 82 78													
43				96 87 68 49													
44				79 82 82 77													
45				1단 평균체량 84 1단 평균체량 75													
46				1단 평균체량 72 평균체량 75													
47				1+2+3평균체량 81 균일도(CV%) 72%													
48				106 100 63 60													
49				97 94 63 63													
50				98 92 62 59													
51				96 92 62 57													
52				95 66 62 60													
53				1단 평균체량 96 1단 평균체량 93													
54				1단 평균체량 72 2단 평균체량 73													
55				1+2+3평균체량 96 균일도(CV%) 68%													
56				115 106 68 76													
57				117 94 77 70													
58				112 113 84 68													

그림 140 9차 사육 성적표

[결과 요약]

이번 실험을 통해 슬렛의 과습으로 인해 병아리 배쪽 온도 저하로 인한 증체량 침체가 있었음. 또한, 셋바람으로 인해 병아리와 대담은 풍량을 일정하게 제어하여 바람을 거의 느끼지 못하도록 일정한 온도를 유지하는 것이 관건이라고 할 수 있음. 9차 사육 실험 동안 관찰한 결과, 병아리들이 대체적으로 물만 섭취하고 활동성이 떨어지는 모습이 관찰되었고, 병아리 눈동자가 맑지 않았음.

[연구 주제] 케이지 10차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 10)

[목표]

최적의 병아리 사육환경에 적합한 온·습도를 찾기 위함.

[결과 보고]

닭 소화기관의 총 길이는 사람과 달리 길지 않아 사료 소화흡수 능력이 떨어지고, 대부분의 배설은 주로 신장을 통하여 일어남, 약 70% 정도 소화가 안된 사료를 분변으로 배출시키는데, 입추를 진행하면서 설사하는 병아리가 1마리 발생하였음. 1일령에는 병아리의 활동성이 좋았으며, 병아리들이 모이는 현상이 없었음. 열화상 카메라로 슬릿 온도를 측정하였을 때, 35°C의 높은 온도로 병아리들이 입을 벌리는 현상이 관찰되기 시작하였음. 온도를 33.5°C로 낮추고 가스난로를 이용하여 온도 유지함. 약 5일령부터 입을 벌리는 병아리가 많이 관찰되었음. 온도를 1°C씩 낮춰도 서로 밀집을 하지 않으며 사료 섭취량이 증가함.

일령	입추수	육계 성장특표	일 증체량	1단	2단	3단	상정 온도	슬릿 온도	계사 습도	폐사원인	사료량	균질도 CV%	특이사항
일요일 8부				부화실에서 출장 도착까지 환경을 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계관확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 슬릿 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.									
입추시작				59	51								
21년 9월 26일	250	42g		49	48								9회 입추 병아리 행동 - 물만 섭취하고 잔다 - 활동성이 떨어진다 - 병아리 운동자가 많이 많다
일 0 일령				43	48								
pm 5시 30분				45	45								
				54	50								
				1단 평균체중	48								
				1단 평균중저량	48								
				1+2+3평균체중	24	균질도(CV%)	73%						
				63	57	59							
				47	49	50							
				55	56								
				57	53								
				59	54								
				1단 평균체중	55								
				1단 평균중저량	5								
				1+2+3평균체중	55	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0								
				1+2+3평균체중	64	균질도(CV%)	73%						
				63	62								
				67	67								
				55	64								
				64	69								
				69	74								
				1단 평균체중	64								
				1단 평균중저량	0					</			

21년 10월 5일	350	212g	1day 종제량 30g	189 178 163 159 218	187 200 188 175 177		85 89 93 85 90	91 91 101 97 101	32	32	50%	입추 절사 1 39 g × 956 마리 = 37284 g 37284 g × 1000 = 37284 kg 37284 kg = 25 kg × 1.5 배	표준편차 18.0 변이계수CV% 5.1
pm 5시 30분				1인 평균제량 186 1인 평균종제량 186 1+2+3평균제량 186	2인 평균제량 186 2인 평균종제량 186 2인 평균종제량 186	3인 평균제량 186 3인 평균종제량 186 3인 평균종제량 186	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 1 총 배사수 3 실패 시료량 = 4.0 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 6일	350	246g	1day 종제량 30g						31	31	50%	입추 절사 1 49 g × 952 마리 = 46648 g 46648 g × 1000 = 46648 kg 46648 kg = 25 kg × 1.9 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 5시 30분				176 207 208 240 216	0 217 280 228 261	2인 평균제량 #N/A 2인 평균종제량 #N/A 2인 평균종제량 #N/A	3인 평균제량 0 3인 평균종제량 0 3인 평균종제량 0					직접 배사수 0 총 배사수 3 실패 시료량 = 5.0 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 7일	1000	281g	1day 종제량 34g	207 208 240 216	217 280 228 261	2인 평균제량 296 2인 평균종제량 296 2인 평균종제량 296	3인 평균제량 122 3인 평균종제량 122 3인 평균종제량 122	103 116 100 133	31	31	50%	44697 g × 1000 = 44697 kg 44697 kg = 25 kg × 1.8 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 5시 30분				391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 0 총 배사수 3 실패 시료량 = 7.4 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 8일	1000	325g	1day 종제량 35g	391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%	29.5	29.5	60%	52 g × 950 마리 = 49400 g 49400 g × 1000 = 49400 kg 49400 kg = 25 kg × 2.0 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 5시 30분				391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 1 총 배사수 4 실패 시료량 = 5.4 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 9일	1000	352g	1day 종제량 39g	391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%	30	30	50%	56 g × 849 마리 = 47544 g 47544 g × 1000 = 47544 kg 47544 kg = 25 kg × 2.1 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 10시 30분				391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 1 총 배사수 5 실패 시료량 = 2.1 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 10일	1000	407g	1day 종제량 42g						30	30	50%	입추 절사 1 61 g × 849 마리 = 51889 g 51889 g × 1000 = 51889 kg 51889 kg = 25 kg × 2.1 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 10시 30분				197 282 192 200 267	193 162 181 247 280	1인 평균제량 0 1인 평균종제량 0 1+2+3평균제량 0	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 1 총 배사수 4 실패 시료량 = 4.0 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 11일	1000	455g	1day 종제량 48g	197 282 192 200 267	193 162 181 247 280	1인 평균제량 216 1인 평균종제량 216 1+2+3평균제량 216	50% 50% 50%	50% 50% 50%	30	30	90%	79 g × 449 마리 = 35451 g 35451 g × 1000 = 35451 kg 35451 kg = 25 kg × 2.6 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 10시 30분				391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 1 총 배사수 7 실패 시료량 = 2.9 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
21년 10월 12일	1000	509g	1day 종제량 48g	391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%	30	30	90%	80 g × 849 마리 = 67920 g 67920 g × 1000 = 67920 kg 67920 kg = 25 kg × 2.8 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!
pm 10시 30분				391 285 297 324 220	326 296 297 344 273	1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	50% 50% 50%	50% 50% 50%				직접 배사수 1 총 배사수 8 실패 시료량 = 5.9 배	표준편차 #DIV/0! #DIV/0!

그림 144 10차 사육 성적표

[결과 요약]

입추 도중 설사가 있는 병아리가 있었으나, 32일령까지 사육하여 출하 완료함. 온도가 높을수록 병아리들이 부리를 벌리고 호흡하는 경향을 보여 1°C씩 온도를 낮추었을시, 병아리들이 밀집하지 않고 사료 섭취량이 증가하는 것을 관찰할 수 있었음. 다른 실험 방법과 마찬가지로, 매일 오후 5시경 생체 중 측정을 완료하고 기록함. 병아리들이 부리를 벌리고 있을 땐 1°C씩만 낮춰도 골고루 분포되는 모습을 관찰할 수 있었고, 사료 섭취량이 눈에 띄게 증가하였음.

[연구 주제] 케이지 11차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 11)

[목표]

3계군으로 나누어 1계군은 왕겨 위 사육, 2계군은 종이 위 사육, 3계군은 기존 방식대로 사육하여 사육 성적을 검토함.

[결과 보고]

같은 높이에 사육 바닥 환경을 3계군(종이, 슬랫, 깔짚)으로 나누어 사육한 뒤, 사육 성적을 비교 검토하였음. 9차 실험에서는 입추 당일 온도를 36°C, 습도 60%에서 시작하여 일령별 풍량을 줄여 제어하였음. 8차 실험 결과를 바탕으로, 슬랫에 계분이 덜 건조되면 병아리의 체온 유지가 힘들. 입추 후 7일령 동안 갈색 변의 설사가 보였으며 항문에 검게 묻었음. 증상이 발견된 당시, 앤노 약품을 음수에 공급하였으며, 공조기 바람량을 60Hz에서 30Hz로 줄여 관리하였음.



그림 145 10일령 사육 모습



그림 146 병아리의 묽은 갈색 변



그림 147 15일령 깔짚 위 사육 모습



그림 148 25일령 사육 모습

9차 실험 결과, 7일령까지 사육성적이 좋았으나, 이후 사육성적이 1일령씩 뒤쳐지기 시작함. 온도는 온도설정장치에 따라 일정하게 유지하였음.

11회 사육성적표

일령	입주수	육계 상장목표	양 중생태	1단	2단	3단	성형 온도	유명 온도	계사 습도	재사원인	사료량	공변도 CV%	특이사항	
				부화장에서 농장 도착까지 환경값 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계곡확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 습도 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.										
21년 10월 20일 수 0 일령	250	42g		39 40 40 40									11회 입주 병아리 행동 - 사료와 용수를 바로 섭취한다 - 활동성이 좋다 - 병아리 눈동자가 맑다	
pm 8시 0분				1단 평균체중 40 1단 평균종체중 40 1+2+3평균체중 20	2단 평균체중 40	3단 평균체중 75%								
21년 10월 21일 목 1 일령	108	42g		47 48 48 48	48 49 48 47									
pm 8시 30분				1단 평균체중 46 1단 평균종체중 46 1+2+3평균체중 46	2단 평균체중 46	3단 평균체중 92%								
21년 10월 22일 금 2 일령	106	57g	1day 종체중 19g	53 59 57 64	54 58 57 57									
pm 5시 30분				1단 평균체중 58 1단 평균종체중 58 1+2+3평균체중 58	2단 평균체중 58	3단 평균체중 88%								
21년 10월 23일 토 3 일령	106	72g	1day 종체중 18g	75 76 68 77	81 85 85 85	29일 입수 45 47 50 47								
pm 8시 30분				1단 평균체중 77 1단 평균종체중 77 1+2+3평균체중 77	2단 평균체중 77	3단 평균체중 88%								
21년 10월 24일 일 4 일령	108	89g	1day 종체중 17g	96 100 102 102	100 104 101 102	30일 평균체중 80 평균종체중 80								
pm 5시 30분				1단 평균체중 98 1단 평균종체중 98 1+2+3평균체중 98	2단 평균체중 98	3단 평균체중 79%								
21년 10월 25일 월 5 일령	105	109g	1day 종체중 20g	109 108 104 104	108 104 101 102	30일 평균체중 110 110 113 119								
pm 5시 30분				1단 평균체중 95 1단 평균종체중 95 1+2+3평균체중 95	2단 평균체중 95	3단 평균체중 83%								
21년 10월 26일 화 6 일령	104	133g	1day 종체중 22g	121 109 104 101	112 108 98 118	31일 평균체중 116 116 117 125								
pm 5시 30분				1단 평균체중 109 1단 평균종체중 109 1+2+3평균체중 109	2단 평균체중 109	3단 평균체중 90%								
21년 10월 27일 수 7 일령	108	155g	1day 종체중 24g	142 118 128 128	120 119 127 128	31일 평균체중 125 125 141 135								
pm 5시 30분				1단 평균체중 126 1단 평균종체중 126 1+2+3평균체중 126	2단 평균체중 126	3단 평균체중 98%								
21년 10월 28일 목 8 일령	105	182g	1day 종체중 27g	142 142 142 142	139 148 148 148	32일 평균체중 135 135 135 135								
pm 5시 30분				1단 평균체중 127 1단 평균종체중 127 1+2+3평균체중 127	2단 평균체중 127	3단 평균체중 79%								
21년 10월 29일 금 9 일령	350	212g	1day 종체중 30g	189 178 163 189	187 200 188 175	95 89 93 85								
pm 5시 30분				1단 평균체중 186 1단 평균종체중 186 1+2+3평균체중 186	2단 평균체중 186	3단 평균체중 78%								
21년 10월 30일 토 10 일령	350	246g	1day 종체중 30g	207 208 226 240	218 217 280 226	108 116 122 130								
pm 5시 30분				1단 평균체중 209 1단 평균종체중 209 1+2+3평균체중 209	2단 평균체중 209	3단 평균체중 78%								
21년 10월 31일 일 11 일령	1000	281g	1day 종체중 34g	216 331 285 257	261 326 297 244	121 141 127 163								
pm 5시 30분				1단 평균체중 279 1단 평균종체중 279 1+2+3평균체중 279	2단 평균체중 279	3단 평균체중 70%								
21년 10월 1일 화 12 일령	1000	362g	1day 종체중 39g	325 325 220 220	326 326 279 279	141 141 160 160								
pm 10시 30분				1단 평균체중 279 1단 평균종체중 279 1+2+3평균체중 279	2단 평균체중 279	3단 평균체중 58%								

연월일	시	분	증체량	증체량	증체량					증체량	증체량	증체량	증체량	증체량	증체량	증체량	증체량	증체량							
					1단	2단	3단	4단	5단																
21년 10월 10일	10	10	10	1000	407g	1day 증체량	42g	1단 증체량	2단 증체량	3단 증체량	4단 증체량	5단 증체량	1단 증체량	2단 증체량	3단 증체량	4단 증체량	5단 증체량	1단 증체량	2단 증체량						
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
								(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)	(279)
pm 10시 30분	10	30	10	1000	407g	1day 증체량	42g	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량						
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
								0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
21년 10월 11일	10	11	11	1000	455g	1day 증체량	45g	1단 증체량	2단 증체량	3단 증체량	4단 증체량	5단 증체량	1단 증체량	2단 증체량	3단 증체량	4단 증체량	5단 증체량	1단 증체량	2단 증체량						
								197	193	271	186	194	224	197	193	271	186	194	224	197	193	271	186	194	224
								282	162	210	274	257	222	282	162	210	274	257	222	282	162	210	274	257	222
pm 10시 30분	10	30	11	1000	455g	1day 증체량	45g	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량						
								200	247	270	227	251	310	200	247	270	227	251	310	200	247	270	227	251	310
								267	230	202	256	273	213	267	230	202	256	273	213	267	230	202	256	273	213
21년 10월 12일	10	12	12	1000	566g	1day 증체량	48g	1단 증체량	2단 증체량	3단 증체량	4단 증체량	5단 증체량	1단 증체량	2단 증체량	3단 증체량	4단 증체량	5단 증체량	1단 증체량	2단 증체량						
								381	302	425	444	389	395	381	302	425	444	389	395	381	302	425	444	389	395
								333	428	310	345	353	432	333	428	310	345	353	432	333	428	310	345	353	432
pm 10시 30분	10	30	12	1000	566g	1day 증체량	48g	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량	1+2+3평균증체량						
								379	373	373	373	373	373	379	373	373	373	373	373	379	373	373	373	373	
								375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	375%	

그림 152 11차 사육 성적표

케이지 양쪽 끝으로 병아리들이 모여 있는 모습이 약 7일령부터 관찰되기 시작하였으며, 이는 바람이 없는 곳으로 몰려 있음을 확인하였음. 바람에 직접적인 영향이 없는 지대에 병아리들이 모여 있다는 것은 병아리들에게 직접적인 배기는 적합하지 않다고 판단함.

[결과 요약]

약 7일령부터 증체량이 감소한 것이 눈에 띄게 보였으나, 3개의 계군 중 깔짚 위 사육이 성장 속도가 가장 빨랐으며 사육 온도 유지에 더 적합하고 증체량이 꾸준히 유지되는 것을 확인함. 바람이 없는 곳에 병아리들이 모여 있었던 계군 2(슬렛 위 사육)는 직접적인 배기는 병아리에게 적합한 환경을 제공하지 못하는 것으로 판단되었음. 또한, 충분히 건조되지 않은 계분이 묻은 슬렛은 병아리 체온유지에 영향을 끼칠 수 있음. 깔짚이 계분의 습기를 흡수시켜 병아리 체온을 따뜻하게 유지에 도움이 되었음.

[연구 주제] 케이지 12차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 12)

[목표]

입추 후 온도 36°C, 습도 60%, 풍량을 감소시켜 사육했을 때의 사육성적을 기록함.

[결과 보고]

12회 사육성적표

알령	입추수	육계 성장목표	일 증체량	1단	2단	3단	설정 온도	습도	계사 습도	폐사율(%)	사료량	균일도 CV%	특이사항
주요일 부하				부하정에서 농장 도착까지 광장을 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계교확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 습도 60% 유지 해야한다.									
21년 10월 27일 수 10 일행	250	42g		44 45 47 48	41 41 44 46								12회 입추 병아리 행동 - 사료와 음수를 바로 섭취한다 - 활동성이 좋다 - 병아리 논동자가 많다
11월 01일 pm 5시 0분				1단 평균중량 52 1단 평균중량 52 1+2+3평균체중 52 균일도(CV%) 75%	2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49	3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49	34	34	40%				평균면적 15g x = 250 수 = 3750 g 3750g x 1000 = 3.75 kg 3.75kg + 25kg = 0.2 포 균일면적 30g 20g 15g 10g 5g
21년 10월 28일 목 0 일행	105	42g		53 52 52 45	50 45 52 50	49 45 47 46							입추후 24시간은 10일행이다 광학 온도 35°C 에서 입을 벌림 병아리 상태가 황백색 보임 모이는 암컷이 많음 입추후에 설정온도 변경(35°C-33.5°C) 6시 채움후
11월 01일 pm 5시 30분				1단 평균중량 51 1단 평균중량 51 1+2+3평균체중 51 균일도(CV%) 95%	2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49 2단 평균중량 49	3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49 3단 평균중량 49	34	34	40%	운송중 폐사 0 15g x = 105 수 = 1575g 1575g x 1000 = 1.575 kg 1.575kg + 25kg = 0.1 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 10월 29일 금 1 일행	105	57g	1day 중체량 15g	61 64 58 63	51 65 56 52								입추후 48시간 경과후 11일행으로 본다 습한 온도 35°C 에서 입을 벌림 33.5°C로 설정 병아리 상태가 황백색 보임 모이는 암컷이 많음 1일행후에 설정온도 변경(35°C-33.5°C) 가스나트 단방하고 있음
11월 30일 pm 5시 30분				1단 평균중량 59 1단 평균중량 59 1+2+3평균체중 59 균일도(CV%) 76%	2단 평균중량 56 2단 평균중량 56 2단 평균중량 56 2단 평균중량 56 2단 평균중량 56 2단 평균중량 56	3단 평균중량 56 3단 평균중량 56 3단 평균중량 56 3단 평균중량 56 3단 평균중량 56 3단 평균중량 56	32.3	32.3	47%	운송중 폐사 0 15g x = 105 수 = 1575g 1575g x 1000 = 1.575 kg 1.575kg + 25kg = 0.1 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 10월 30일 토 2 일행	105	72g	1day 중체량 15g										습한 온도 35°C 유지 11일 행이후 5000원 입고 - 황백한 균질인 육화에서 바로 사료 섭취시 4개사 투입 pm5시 채움후 모인 암컷이 많음 황문주위가 검은 병아리 발생 약 10%(10마리)
11월 31일 pm 5시 30분				1단 평균중량 0 1단 평균중량 0 1+2+3평균체중 0 균일도(CV%) 76%	2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0	3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0	33.5	33.5	60%	각주 폐사 10g x = 105 수 = 1050g 1050g x 1000 = 1.05 kg 1.05kg + 25kg = 0.1 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 10월 31일 일 3 일행	105	89g	1day 중체량 17g										pm5시 채움후
11월 01일 pm 5시 30분				1단 평균중량 0 1단 평균중량 0 1+2+3평균체중 0 균일도(CV%) 76%	2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0 2단 평균중량 0	3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0 3단 평균중량 0	33.5	33.5	50%	각주 폐사 21g x = 105 수 = 2205g 2205g x 1000 = 2.205 kg 2.205kg + 25kg = 0.1 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 11월 1일 월 4 일행	105	109g	1day 중체량 20g	98 105 92 103	103 96 98 88								pm5시 채움후
11월 01일 pm 5시 30분				1단 평균중량 97 1+2+3평균체중 97 균일도(CV%) 86%	2단 평균중량 95 2단 평균중량 95 2단 평균중량 95 2단 평균중량 95 2단 평균중량 95 2단 평균중량 95	3단 평균중량 95 3단 평균중량 95 3단 평균중량 95 3단 평균중량 95 3단 평균중량 95 3단 평균중량 95	29.8	29.8	52%	각주 폐사 24g x = 105 수 = 2520g 2520g x 1000 = 2.52 kg 2.52kg + 25kg = 0.1 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 11월 2일 화 5 일행	104	131g	1day 중체량 22g	98 100 132 124	106 127 118 110								오후 2시경 5일행 일몰 병아리가 많이 발생 34°C-33°C 1°C 내리사 일몰 습하게 일몰은 미흡 온도가 높다? 1°C 내리도 일몰이 안되여 사료섭취를 줄임
11월 03일 pm 5시 30분				1단 평균중량 116 1+2+3평균체중 116 균일도(CV%) 70%	2단 평균중량 111 2단 평균중량 111 2단 평균중량 111 2단 평균중량 111 2단 평균중량 111 2단 평균중량 111	3단 평균중량 111 3단 평균중량 111 3단 평균중량 111 3단 평균중량 111 3단 평균중량 111 3단 평균중량 111	29.5	32.5	54%	각주 폐사 28g x = 340 수 = 9520g 9520g x 1000 = 9.52 kg 9.52kg + 25kg = 0.4 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 11월 3일 수 6 일행	103	155g	1day 중체량 24g	138 134 124 151	131 145 128 143								pm5시 채움후
11월 04일 pm 5시 30분				1단 평균중량 136 1단 평균중량 136 1+2+3평균체중 136 균일도(CV%) 88%	2단 평균중량 124 2단 평균중량 124 2단 평균중량 124 2단 평균중량 124 2단 평균중량 124 2단 평균중량 124	3단 평균중량 124 3단 평균중량 124 3단 평균중량 124 3단 평균중량 124 3단 평균중량 124 3단 평균중량 124	29.9	29.9	55%	각주 폐사 31g x = 340 수 = 10540g 10540g x 1000 = 10.54 kg 10.54kg + 25kg = 0.4 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 11월 4일 목 7 일행	105	182g	1day 중체량 27g	149 156 160 147	154 137 157 166								
11월 05일 pm 5시 30분				1단 평균중량 155 1단 평균중량 155 1+2+3평균체중 155 균일도(CV%) 76%	2단 평균중량 146 2단 평균중량 146 2단 평균중량 146 2단 평균중량 146 2단 평균중량 146 2단 평균중량 146	3단 평균중량 146 3단 평균중량 146 3단 평균중량 146 3단 평균중량 146 3단 평균중량 146 3단 평균중량 146	32	32	50%	각주 폐사 35g x = 95 수 = 3345g 3345g x 1000 = 3.345 kg 3.345kg + 25kg = 1.3 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			
21년 11월 5일 금 8 일행	350	212g	1day 중체량 30g	189 178 163	187 200 188								
11월 06일 pm 5시 30분				1단 평균중량 218 1+2+3평균체중 218 균일도(CV%) 90%	2단 평균중량 177 2단 평균중량 177 2단 평균중량 177 2단 평균중량 177 2단 평균중량 177 2단 평균중량 177	3단 평균중량 177 3단 평균중량 177 3단 평균중량 177 3단 평균중량 177 3단 평균중량 177 3단 평균중량 177	32	32	50%	각주 폐사 39g x = 95 수 = 37284g 37284g x 1000 = 37.284 kg 37.284kg + 25kg = 1.5 포 균일면적 32g 29g 26g 23g 20g 17g			

21년	11월	30일	pm 5시 30분	350	246g	1day 중제량 30g	1단 평균제중	186			50수 평균제중	93	31	31	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 26.1 kg	5.2	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	50		평균중제량	(48)					총 패사	3	누적 사료량 = 4.0 포	5.6	
							1+2+3평균제중	186	균일도CV(%)	65%	균일도CV(%)	95%				익일 패사	1	43 g x 952 수 = 40936 g	#DW/0/	
21년	11월	9일	pm 5시 30분	1000	281g	1day 중제량 34g	1단 평균제중	0			50수 평균제중	0	31	31	50%	익일 패사수	0	계분량(70%) = 28.7 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	(155)		평균중제량	(93)					총 패사	3	누적 사료량 = 5.6 포	5.6	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	92%	균일도CV(%)	75%				익일 패사	1	47 g x 951 수 = 44697 g	#DW/0/	
21년	11월	10일	pm 5시 30분	1000	281g	1day 중제량 34g	1단 평균제중	0			10수 평균제중	0	31	31	50%	익일 패사수	0	계분량(70%) = 31.3 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	(186)		평균중제량	0					총 패사	3	누적 사료량 = 7.4 포	7.4	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	78%	균일도CV(%)	70%				익일 패사	1	44.697 g ÷ 25 kg = 1.8 포	1.8	
21년	11월	8일	pm 5시 30분	1000	320g	1day 중제량 35g	292	240	290	208	263	30	30	40%	익일 패사수	0	계분량(70%) = 34.6 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							240	263	282	240	199				총 패사	3	누적 사료량 = 9.4 포	9.4		
							247	280	252	248	232				익일 패사	1	52 g x 950 수 = 49400 g	#DW/0/		49400 g ÷ 1000 = 49.4 kg
21년	11월	11일	pm 5시 30분	1000	320g	1day 중제량 35g	262	264	259	262	221	30	30	40%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 34.6 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							267	251	265	203	234				총 패사	4	누적 사료량 = 9.4 포	9.4		
							1단 평균제중	264		10수 평균제중	231					익일 패사	1	49.4 kg ÷ 25 kg = 2.0 포		2.0

21년	11월	9일	pm 10시 30분	1000	362g	1day 중제량 39g	235	274	315	278	273	245	30	30	50%	익일 패사수	1	56 g x 949 수 = 53144 g	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							268	224	252	308	249	226				총 패사	3	누적 사료량 = 2.1 포	2.1	
							243	235	253	250	290	익일 패사				1	53.144 g ÷ 25 kg = 2.1 포	2.1		
21년	11월	12일	pm 10시 30분	1000	362g	1day 중제량 39g	303	306	297	224	262	30	30	50%	익일 패사수	5	계분량(70%) = 37.2 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							323	204	288	294	215				총 패사	3	누적 사료량 = 2.1 포	2.1		
							1단 평균제중	271		10수 평균제중	253					익일 패사	1	61 g x 949 수 = 57889 g		#DW/0/
21년	11월	10일	pm 10시 30분	1000	407g	1day 중제량 42g	1단 평균제중	0			10수 평균제중	0	30	30	40%	익일 패사수	6	계분량(70%) = 40.5 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	(264)		평균중제량	(253)					총 패사	6	누적 사료량 = 4.4 포	4.4	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	50%	균일도CV(%)	58%				익일 패사	1	75 g x 949 수 = 71175 g	#DW/0/	
21년	11월	11일	pm 10시 30분	1000	455g	1day 중제량 45g	309	333	304	307	359	30	30	40%	익일 패사수	7	계분량(70%) = 49.8 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							348	296	347	340	274				총 패사	1	누적 사료량 = 2.8 포	2.8		
							326	371	398	299	281				익일 패사	1	71.175 g ÷ 25 kg = 2.8 포	2.8		
21년	11월	14일	pm 10시 30분	1000	455g	1day 중제량 45g	384	388	440	344	328	30	30	40%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 49.8 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							321	364	290	331					총 패사	7	누적 사료량 = 2.8 포	2.8		
							1단 평균제중	352		10수 평균제중	315					익일 패사	1	71.175 kg ÷ 25 kg = 2.8 포		2.8

21년	11월	12일	pm 10시 30분	1000	506g	1day 중제량 48g	1단 평균제중	0			1단 평균제중	0	30	30	50%	익일 패사수	1	80 g x 949 수 = 75920 g	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	0		1단 평균제중	0					총 패사	8	누적 사료량 = 5.9 포	5.9	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	48%		익일 패사				1	75.92 kg ÷ 25 kg = 3.0 포	3.0		
21년	11월	13일	pm 10시 30분	1000	506g	1day 중제량 51g	1단 평균제중	0			50수 평균제중	0	30	30	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 53.1 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	(352)		평균중제량	0					총 패사	9	누적 사료량 = 3.2 포	3.2	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	50%	균일도CV(%)	58%				익일 패사	1	85 g x 949 수 = 80665 g	#DW/0/	
21년	11월	14일	pm 10시 30분	1000	616g	1day 중제량 78g	1단 평균제중	0			50수 평균제중	0	30	30	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 53.1 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	0		평균중제량	0					총 패사	10	누적 사료량 = 6.6 포	6.6	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	50%	균일도CV(%)	58%				익일 패사	1	90 g x 949 수 = 85410 g	#DW/0/	
21년	11월	15일	pm 10시 30분	1000	678g	1day 중제량 83g	535	529	482	426	592	30	30	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 53.1 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							602	410	470	447	630				총 패사	11	누적 사료량 = 3.6 포	3.6		
							596	450	412	487					익일 패사	1	96 g x 949 수 = 91104 g	#DW/0/		91104 g ÷ 1000 = 91.104 kg
21년	11월	16일	pm 10시 30분	1000	741g	1day 중제량 89g	540	412	475	480		30	30	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 53.1 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							587	430	406	550					총 패사	11	누적 사료량 = 3.6 포	3.6		
							1단 평균제중	498		50수 평균제중	122					익일 패사	1	91.104 kg ÷ 25 kg = 3.6 포		3.6
21년	11월	16일	pm 10시 30분	1000	741g	1day 중제량 89g	1단 평균중제량	498		평균중제량	122	30	30	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 53.1 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%	
							1+2+3평균제중	498	균일도CV(%)	50%	균일도CV(%)				58%	총 패사	11	누적 사료량 = 3.6 포		3.6
							1단 평균제중	0		50수 평균제중	0					익일 패사	1	101 g x 940 수 = 94940 g		#DW/0/
21년	11월	17일	pm 10시 30분	1000	806g	1day 중제량 95g	1단 평균제중	0			50수 평균제중	0	28.5	30	50%	익일 패사수	1	계분량(70%) = 53.1 kg	#DW/0/	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 변이계수CV%
							1단 평균중제량	0		평균중제량	(122)					총 패사	12	누적 사료량 = 7.4 포	7.4	
							1+2+3평균제중	0	균일도CV(%)	50%	균일도CV(%)	58%				익일 패사	1	94.94 kg ÷ 25 kg = 3.8 포	3.8	

21년 11월 18일	1000	874g	1day 종제량 101g	696 565 637 670 708 1단 평균제량 669 1단 평균종제량 669 1+2+3평균제량 669	757 626 640 762 633 669 669		430 469 526 591 594 50수 평균제량 526 평균종제량 16	617 453	28.5	30	50%	약주 폐사 1 110 g x 949 수 = 104390 g 104390 g + 1000 = 104,390 kg 104,390 kg + 25 kg = 4.2 포	표준편차 61.9 변이계수CV% 9.2 표준편차 76.3 변이계수CV% 14.5
21년 11월 19일	1000	944g	1day 종제량 107g						30	30	50%	114 g x 949 수 = 108186 g 108186 g + 1000 = 108,186 kg 108,186 kg + 25 kg = 4.3 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!
21년 11월 20일	1000	1,017g	1day 종제량 114g						30	30	50%	118 g x 949 수 = 111982 g 111982 g + 1000 = 111,982 kg 111,982 kg + 25 kg = 4.5 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!

21년 11월 22일	1000	1,170g	1day 종제량 125g	888 820 957 875 1단 평균제량 909 1단 평균종제량 909 1+2+3평균제량 909	915 926 940 984 909 909		826 633 725 780 775 50수 평균제량 715 평균종제량 715	604 722 692 671 671	29	29	50%	126 g x 949 수 = 119574 g 119574 g + 1000 = 119,574 kg 119,574 kg + 25 kg = 4.8 포	표준편차 4.9 변이계수CV% 67.1 표준편차 6.4 변이계수CV% 8.4
21년 11월 23일	1000	1,249g	1day 종제량 131g	1231 975 906 942 1131 1단 평균제량 988 1단 평균종제량 988 1+2+3평균제량 988	932 1008 835 910 1013 988 988		826 633 725 780 775 50수 평균제량 798 평균종제량 83	604 722 692 671 671	27.5	27.5	50%	130 g x 949 수 = 123370 g 123370 g + 1000 = 123,370 kg 123,370 kg + 25 kg = 4.9 포	표준편차 11.8 변이계수CV% 53.9 표준편차 6.8 변이계수CV% 6.8
21년 11월 24일	1000	1,329g	1day 종제량 136g	1080 1042 1072 1212 1000 1단 평균제량 1052 1단 평균종제량 1052 1+2+3평균제량 1052	1035 1088 907 947 1131 1052 1052	1060	800 842 900 794 811 50수 평균제량 853 평균종제량 55	885 736 940 900 922	27.5	27.5	45%	134 g x 949 수 = 127166 g 127166 g + 1000 = 127,166 kg 127,166 kg + 25 kg = 5.1 포	표준편차 83.4 변이계수CV% 7.9 표준편차 66.4 변이계수CV% 7.8
21년 11월 25일	1000	1,412g	1day 종제량 143g	1267 1163 1231 1152 1283 1단 평균제량 1175 1단 평균종제량 1175 1+2+3평균제량 1175	1071 1091 1015 1140 1050 1175 1175	1465	913 867 943 977 960 50수 평균제량 930 평균종제량 77	911 1000 977 895 854	26.9	26.9	46%	139 g x 949 수 = 131911 g 131911 g + 1000 = 131,911 kg 131,911 kg + 25 kg = 5.3 포	표준편차 129.8 변이계수CV% 11.0 표준편차 49.4 변이계수CV% 5.3

21년 11월 26일	1000	1,496g	1day 종제량 148g	1311 1260 1163 1165 1140 1단 평균제량 1258 1단 평균종제량 1258 1+2+3평균제량 1258	1394 1364 1100 1224 1360 1258 1258	1060	932 990 1038 970 907 2단 평균제량 261 2단 평균종제량 261 3단 평균제량 1003 3단 평균종제량 73	1085 1080 982 990 1052 1003 73	26.7	26.7	47%	약주 폐사 1 143 g x 949 수 = 135707 g 135707 g + 1000 = 135,707 kg 135,707 kg + 25 kg = 5.4 포	표준편차 143.4 변이계수CV% 11.4 표준편차 60.0 변이계수CV% 8.0
21년 11월 27일	1000	1,581g	1day 종제량 154g						26.7	26.7	47%	148 g x 949 수 = 140452 g 140452 g + 1000 = 140,452 kg 140,452 kg + 25 kg = 5.6 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!
21년 11월 28일	1000	1,581g	1day 종제량 159g						26.7	26.7	47%	153 g x 949 수 = 145197 g 145197 g + 1000 = 145,197 kg 145,197 kg + 25 kg = 5.8 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!
21년 11월 29일	1000	1,581g	1day 종제량 159g	1517 1565 1400 1490 1503 1단 평균제량 1481 1단 평균종제량 1481 1+2+3평균제량 1481	1393 1367 1613 1516 1448 1481 1481		1098 1344 1209 1200 1261 2단 평균제량 0 2단 평균종제량 0 3단 평균제량 1205 3단 평균종제량 1205	1285 1216 1129 1130 1190	26.7	26.7	47%	157 g x 949 수 = 148993 g 148993 g + 1000 = 148,993 kg 148,993 kg + 25 kg = 6.0 포	표준편차 77.1 변이계수CV% 6.0 표준편차 5.4 변이계수CV% 5.4
21년 11월 30일	1000	1,581g	1day 종제량 159g	1458 1386 1433 1717 1685 1단 평균제량 #VALUE! 1단 평균종제량 #VALUE! 1+2+3평균제량 #VALUE!	1355 1425 1605 1840 1545 #VALUE! #VALUE! #VALUE!	1695	1375 1432 1274 1150 1296 2단 평균제량 675 2단 평균종제량 675 3단 평균제량 1275 3단 평균종제량 71	1332 1116 1336 1277 1166 1275 71	26.6	26.2	46%	157 g x 949 수 = 148993 g 148993 g + 1000 = 148,993 kg 148,993 kg + 25 kg = 6.0 포	표준편차 159.8 변이계수CV% #VALUE! 표준편차 102.7 변이계수CV% 8.0

그림 162 12차 사육 성적표

1. 테스트 계획 관련

입추 후 36°C, 습도 60%와 풍량을 줄였을때 사육성적을 기록함. 슬릿 계분이 묻어 병아리 체온유지에 방해가 되는것으로 판단, 로스 온도관리 기준표 보다 온도를 높여서 실험 계획하였음. 공조기 풍량을 60HZ에서 30HZ로 줄여서 사육성적 관리 및 병아리에 미치는 결과 도출하고, 입추 후 병아리 갈색변 설사가 보이면서 항문 주위가 검게 묻는 실험 진행함. 입추 시에 앤노 약품을 음수에 공급함 로스 온도관리 기준표보다 클린다층육계사에 맞는 온도와 풍량 실험이 필요함



그림 163 열화상 카메라로 측정한 슬릿 온도



그림 164 슬릿 온도

2. 온도 관리

입추 후 바로 사료 섭취하면 균일도에 영향을 주므로 동시에 사료 섭취를 시작할 수 있도록 24시간 동안 사료섭취를 금함.

공기온도 36°C 습도 60%설정 슬릿 바닥온도 35°C 유지시 병아리들이 퍼져있고 호롱새 소리를 냄. 2일령 병아리(12일 입추) + 입추병아리(15일 입추) 혼합사육 결과 2일령 병아리 기준 온도 설정시 입추 병아리는 밀집하는 경향을 보였음.

육계사 습도가 높아 계분 건조가 충분히 되지 않았고, 수분률 높은 계분이 슬릿에 묻어 병아리 배쪽 온도에 영향 주므로, 슬릿 바닥온도 35°C 유지하였음.

7일령 온도를 28°C에서 30°C올리고 풍량을 10Hz로 했을때 물리는 현상이 줄어들고 활동성이 좋아짐. 온도 설정 시 신중하게 결정하고, 일찍 온도를 내리면 증체가 안될 수 있고 집단으로 물리는 현상이 생김.

표 - 일령별 병아리 활동성에 따른 공기 온도, 슬릿 온도, 상대습도

일령	클린다층육계사			클린다층육계사		
	활동성이 떨어지는 병아리 온도			활동성 있는 병아리		
	공기온도(°C)	슬릿온도(°C)	상대습도(%)	공기온도(°C)	슬릿온도(°C)	상대습도(%)
0	36.5	35	60	36.5	35	60
1	35	35	60	33.5	33.5	60
2	35	35	60	33.5	33.5	60
3	34	34	60			
4	34	34	60			
5	33	33	60			
병아리들이 입을 벌려서 하루 일찍 온도 변경						
6	33	33	60	33	33	60
7	33	33	60	33	33	60
8	33	33	60	33	33	60
9	33	33	60	33	33	60
10	33	33	60	33	33	60

3. 습도 관리

60%로 관리

4. 케이지 사육 성적

6일령 배털이 비교적 덜 빠졌고, 셋바람 현상으로 인해 발과 배쪽에 온도를 빼앗길 수 있음.

[결과 요약]

공조기 풍량이 병아리 사육성과 밀접한 상관 관계에 있고, 실험 시작 3일후 체중측정 성장목표에 근접하며 사료섭취량이 늘어났음.

[연구 주제] 케이지 13차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 13)

[목표]

클린 다층 육계사에 맞는 온·습도를 찾고, 층어리 병아리(찌리) 관리가 목표. 온·습도·풍량을 찾고 병아리 행동, 밀집도, 증체를 실험, 계사 내부 습도 유지가 사육성적에 큰 영향을 미치므로 최적화 실험이 필요함.

[테스트 계획]

입추 후 36°C, 습도 60%와 풍량을 줄였을때 사육성적을 기록함. 슬릿에 계분이 묻어 병아리 체온 유지에 방해가 되는것으로 판단, 로스 온도 관리 기준표보다 온도를 높여서 실험할 계획임. 공조기 풍량을 60HZ에서 30HZ로 줄여서 사육성적 관리 및 병아리에 미치는 결과를 도출함. 입추 후 병아리에게 갈색변 설사가 보이면서 항문 주위가 검게 묻는 실험 진행. 입추 시에 앤노 약품을 음수에 공급함. 로스 온도 관리 기준표보다 클린 다층 육계사에 맞는 온도와 풍량 실험이 필요함.

[결과 보고]

1. 온도 관리

13회 사육성적표

일령	입추수	육계 설정온도	일 증체량	1단	2단	3단	상정 온도	습도	계사 습도	폐사원인	사료량	균일도 CV%	특이사항
수요일 부화				- 부화장에서 농장 도착까지 환경불 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계군확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 습도 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.									
입추시작				44	43								
21년 12월 7일	3000	4kg		45	48								13회 입추 병아리 행동 - 사료와 음수를 바로 섭취한다 - 활동성이 좋다 - 병아리 농도가 맑다
토 0 일령				44	47								
pm 10시 0분				48	45								
				41	44								
				1단 평균체중	44								
				1단 평균증체량	2.4								
				1+2+3평균체중	22	균일도(CV%)	79%						
월요일 시작				51	42								
21년 12월 8일	3000	4kg		48	45								
수 0 일령				52	51								
pm 10시 0분				38	45								
				44	42								
				1단 평균체중	40	평균증체량	0	0					
				1단 평균증체량	4	평균증체량	0	0					
				1+2+3평균체중	46	균일도(CV%)	95%	균일도(CV%)	30%				
목요일 시작				48	45								
21년 12월 9일	3000	5kg	1day 증체량 15g	53	49								
토 1 일령				54	50								
pm 10시 0분				51	51								
				63	46								
				1단 평균체중	59	평균증체량	0	0					
				1단 평균증체량	4	평균증체량	0	0					
				1+2+3평균체중	51	균일도(CV%)	74%	균일도(CV%)	91%				
일요일 시작				62	68								
21년 12월 10일	3000	7kg	1day 증체량 15g	65	57								
수 2 일령				54	51								
pm 10시 0분				55	57								
				63	58								
				1단 평균체중	59	평균증체량	0	0					
				1단 평균증체량	3	평균증체량	0	0					
				1+2+3평균체중	51	균일도(CV%)	74%	균일도(CV%)	91%				
사육성적표 실험결과 분석결과 해결방안 클린다층육계사 온도관리 균일도/점도 로스 육계 설정 목표 층아리밀생원인 교육자료 대안자료													
21년 12월 11일	3000	8kg	1day 증체량 17g										
토 3 일령													
pm 10시 0분				1단 평균체중	0	일쪽	0	0					
				1단 평균증체량 (5g)		일쪽	0	0					
				1+2+3평균체중	6	균일도(CV%)	76%	균일도(CV%)	91%				
21년 12월 12일	3000	10kg	1day 증체량 20g	98	103								
일 4 일령				89	106								
pm 10시 0분				105	86								
				92	98								
				1단 평균체중	93	일쪽	0	0					
				1단 평균증체량	97	평균증체량	0	0					
				1+2+3평균체중	97	균일도(CV%)	80%	균일도(CV%)	90%				
21년 12월 13일	3000	13kg	1day 증체량 22g	124	85	117	91						
월 5 일령				80	110	100	90						
pm 10시 0분				97	92	111	108						
				118	112	98							
				121	104	111							
				1단 평균체중	104	일쪽	0	0					
				1단 평균증체량	7	평균증체량	0	0					
				1+2+3평균체중	104	균일도(CV%)	50%	균일도(CV%)	90%				
				138	131								
21년 12월 14일	3000	15kg	1day 증체량 24g	134	145								
화 6 일령				124	128								
				151	143								
				125	142								
				1단 평균체중	136	일쪽	0	0					

21년 12월 12일	3000	109g	1day 중체량 20g	105 92 103 97 97	86 96 88 111 111					29.8	28.8	52%	72000 g ÷ 1000 = 72 kg 72 kg ÷ 25 kg = 2.9 포	변이계수(CV%) 7.8	
일				1단 평균중체량 1단 평균중체량 1·2+3평균중체량	97 97 97	평균중체량 평균중체량 평균중체량	0 0 0						개분량(70%) = 50.4 kg	표준편차 F0V/0	
pm 10시 0분				1·2+3평균중체량	97	평균중체량	0	80%	90%				누적 사료량 = 9.4 포	F0V/0	
				124 80 97 118 121	85 110 92 112 104	117 91 111 98 111	91 90 108 0 0			29.5	32.5	54%	28 g x 340 수 = 9520 g 9520 g ÷ 1000 = 9.52 kg 9.52 kg ÷ 25 kg = 0.4 포	표준편차 F0V/0	오류 2시간 5일만 있을 병아리가 많이 발생 34°C→33°C 1°C 내리서 설정 증체가 안되는 이유 온도가 높나? 1°C 내리도 밀집이 안되며 사료섭취를 잘함
21년 12월 13일	3000	131g	1day 중체량 22g	124 80 97 118 121	85 110 92 112 104	117 91 111 98 111	91 90 108 0 0						개분량(70%) = 6.7 kg	F0V/0	
월				1단 평균중체량 1단 평균중체량 1·2+3평균중체량	104 7 104	평균중체량 평균중체량 평균중체량	0 0 0						누적 사료량 = 9.7 포	변이계수(CV%) F0V/0	
pm 10시 0분				1·2+3평균중체량	104	평균중체량	0	58%	90%				누적 사료량 = 9.7 포	F0V/0	
				134 124 128 151 125	145 128 143 142 136	131 111 108 111 111	111 108 0 0 0			29.9	29.9	55%	31 g x 340 수 = 10540 g 10540 g ÷ 1000 = 10.54 kg 10.54 kg ÷ 25 kg = 0.4 포	표준편차 F0V/0	pm5시 체중측정
21년 12월 14일	3000	155g	1day 중체량 24g	134 124 128 151 125	145 128 143 142 136	131 111 108 111 111	111 108 0 0 0						개분량(70%) = 7.4 kg	F0V/0	
화				1단 평균중체량 1단 평균중체량 1·2+3평균중체량	136 32 136	평균중체량 평균중체량 평균중체량	0 0 0						누적 사료량 = 10.54 kg	변이계수(CV%) F0V/0	
pm 10시 0분				1·2+3평균중체량	136	평균중체량	0	88%	76%				누적 사료량 = 10.54 kg	F0V/0	
				149 156 160 147 145	154 137 157 166 160	156 172 172 166 160	156 172 172 166 160			32	32	50%	35 g x 956 수 = 33460 g 33460 g ÷ 1000 = 33.46 kg 33.46 kg ÷ 25 kg = 1.3 포	표준편차 F0V/0	
21년 12월 15일	3000	182g	1day 중체량 27g	149 156 160 147 145	154 137 157 166 160	156 172 172 166 160	156 172 172 166 160						개분량(70%) = 23.4 kg	F0V/0	
수				1단 평균중체량 1단 평균중체량 1·2+3평균중체량	155 19 155	평균중체량 평균중체량 평균중체량	0 0 0						누적 사료량 = 11.5 포	변이계수(CV%) F0V/0	
pm 10시 0분				1·2+3평균중체량	155	평균중체량	0	76%	72%				누적 사료량 = 11.5 포	F0V/0	

그림 167 13차 사육 성적표

입추 후 바로 사료섭취하면 균일도에 영향을 줌. 공기온도 36°C 습도 60%설정 슬랫 바닥온도 35°C 유지시 병아리들이 퍼져 있고 호통새 소리를 냄. 2일령 병아리(12일 입추) + 입추병아리(15일 입추) 혼합사육 결과 2일령 병아리 기준 온도 설정시 입추 병아리는 밀집함. 육계사 습도가 높아 계분 건조가 안되며 수분률 높은 계분이 슬랫에 묻어 병아리 배쪽 온도에 영향 줌. 슬랫 바닥온도 35°C 유지하였음.

7일령 온도를 28°C에서 30°C 리고 풍량을 10HZ로 했을 때, 물리는 현상이 줄어들고 활동성이 좋았음. 온도 설정 시 신중하고, 일찍 온도를 내리면 증체가 되지 않고, 물리는 현상이 생김.

2. 습도 관리
60%로 관리

3. 케이지 사육 성적
6일령 배털이 덜 빠졌으며, 발과 배 쪽에 온도가 낮은 편이라 섯바람 현상으로 인해 체온 유지가 어려운 것으로 판단함.

[결과 요약]

공조기 풍량이 병아리 사육성적과 밀접한 상관관계에 있고, 실험 시작 3일 후 체중 측정 성장목표에 근접하며 사료섭취량이 늘어났음. 로스 온도 관리 기준표보다 클린 다층 육계사에 맞는 온도와 풍량 필요함.

[연구 주제] 케이지 10차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 10)

[목표]

최적의 병아리 사육환경에 적합한 온·습도를 찾기 위함.

[결과 보고]

닭 소화기관의 총 길이는 사람과 달리 길지 않아 사료 소화흡수 능력이 떨어지고, 대부분의 배설은 주로 신장을 통하여 일어남. 약 70% 정도 소화가 안된 사료를 분변으로 배출시키는데, 입추를 진행하면서 설사하는 병아리가 1마리 발생하였음. 1일령에는 병아리의 활동성이 좋았으며, 병아리들이 모이는 현상이 없었음. 열화상 카메라로 슬릿 온도를 측정하였을 때, 35°C의 높은 온도로 병아리들이 입을 벌리는 현상이 관찰되기 시작하였음. 온도를 33.5°C로 낮추고 가스난로를 이용하여 온도 유지함. 약 5일령부터 입을 벌리는 병아리가 많이 관찰되었음. 온도를 1°C씩 낮춰도 서로 밀집을 하지 않으며 사료 섭취량이 증가함.

일령	입추수	육계 성장목표	일 증체량	1단	2단	3단	실정 온도	슬릿 온도	계사 습도	패사원인	사료량	균질도 CV%	특이사항
<p>부활장에서 출항 도착까지 환경을 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계관확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 슬릿 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.</p>													
21년 9월 29일	250	43g		51 47 48 43 46 45 54	51 48 46 45 50								<p>9회 입추 병아리 행동 - 물만 섭취하고 잔다 - 활동성이 떨어진다 - 병아리 눈동자가 맑지 않다</p>
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 48 1단 평균종체중 44 1+2+3평균체중 44	1단 평균체중 58 1단 평균종체중 50 1+2+3평균체중 54								
21년 9월 27일	105	43g		47 58 57 53	48 56 63 54		36.5	35	60%	증중량 계사 15g x 1000마 = 1500g 3750g x 1000마 = 3750kg 5.75kg x 25kg = 0.2마	표준편차 4.5 편이계수CV% 8.4	입추수 24시간은 '0' 일령이다 닭의 양자는 닭의 사료 소화 흡수 능력이 떨어지므로 약 70% 정도 소화가 안된 사료를 분변으로 배출시킨다. 슬릿 온도 31°C 유지 입추하면서 표시(갈색) 1마리 발생	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 58 1단 평균종체중 50 1+2+3평균체중 55	1단 평균체중 58 1단 평균종체중 50 1+2+3평균체중 55					증중량 계사 15g x 1000마 = 1500g 1975g x 1000마 = 1.975kg 3.75kg x 25kg = 0.1마	표준편차 5.5 편이계수CV% 8.5	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
21년 9월 28일	105	57g	1day	63 67 64 68	62 64 69 74		33에서 33.5	35에서 33.5	60%	증중량 계사 15g x 1000마 = 1500g 1975g x 1000마 = 1.975kg 3.75kg x 25kg = 0.1마	표준편차 5.5 편이계수CV% 8.5	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 64 1단 평균종체중 64 1+2+3평균체중 64	1단 평균체중 64 1단 평균종체중 64 1+2+3평균체중 64					증중량 계사 15g x 1000마 = 1500g 1975g x 1000마 = 1.975kg 3.75kg x 25kg = 0.1마	표준편차 5.5 편이계수CV% 8.5	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
21년 9월 29일	105	72g	7day	77 78 68 80	81 76 85 75	29일령	33.5	33.5	50%	증중량 계사 15g x 1000마 = 1500g 1975g x 1000마 = 1.975kg 3.75kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.8 편이계수CV% 8.8	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 77 1단 평균종체중 72 1+2+3평균체중 77	1단 평균체중 81 1단 평균종체중 76 1단 평균체중 85 1단 평균종체중 75 1+2+3평균체중 81	29일령				증중량 계사 15g x 1000마 = 1500g 1975g x 1000마 = 1.975kg 3.75kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.8 편이계수CV% 8.8	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
21년 9월 30일	105	89g	1day	113 119 112 123	119 119 116 117	50일령	33.5	33.5	60%	증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 113 1단 평균종체중 113 1+2+3평균체중 113	1단 평균체중 119 1단 평균종체중 119 1단 평균체중 116 1단 평균종체중 117 1+2+3평균체중 119	50일령				증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
21년 10월 3일	104	137g	1day	119 119 112 123	119 119 116 117	50일령	33.5	33.5	60%	증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 113 1단 평균종체중 113 1+2+3평균체중 113	1단 평균체중 119 1단 평균종체중 119 1단 평균체중 116 1단 평균종체중 117 1+2+3평균체중 119	50일령				증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
21년 10월 3일	103	156g	1day	119 119 112 123	119 119 116 117	50일령	33	33	60%	증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 113 1단 평균종체중 113 1+2+3평균체중 113	1단 평균체중 119 1단 평균종체중 119 1단 평균체중 116 1단 평균종체중 117 1+2+3평균체중 119	50일령				증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
21년 10월 4일	105	182g	1day	119 119 112 123	119 119 116 117	50일령	32	32	50%	증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	일령	1일령	1단 평균체중 113 1단 평균종체중 113 1+2+3평균체중 113	1단 평균체중 119 1단 평균종체중 119 1단 평균체중 116 1단 평균종체중 117 1+2+3평균체중 119	50일령				증중량 계사 21g x 1000마 = 2100g 2305g x 1000마 = 2.305kg 2.25kg x 25kg = 0.1마	표준편차 6.0 편이계수CV% 8.0	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	

21년 10월 5일	350	212g	1day 종제량 30g	189 178 163 159 218	187 200 188 175 177		85 89 93 85 90	91 91 101 97 101	32	32	50%	입추 결사 1 39 g × 956 마리 = 37284 g 37284 g × 1000 = 37284 kg 37284 kg × 25 kg = 1.5 톤	표준편차 18.0 CV(%) 변이계수CV% g/1
pm 5시 30분				1인 평균제량 186 1인 평균종제량 186 1+2+3평균제량 186		2인 평균제량 #VALUE! 2인 평균종제량 #VALUE! 2인 평균종제량 70%	3인 평균제량 93 3인 평균종제량 93 3인 평균종제량 95%					적용량(70%) = 261 kg 총 결사 3 추진 시료량 = 4.0 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 6일	350	246g	1day 종제량 30g						31	31	50%	입추 결사 1 49 g × 952 마리 = 46696 g 46696 g × 1000 = 46696 kg 46696 kg × 25 kg = 1.8 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 5시 30분				176 207 208 240 218	0 217 280 228 261	2인 평균제량 #VALUE! 2인 평균종제량 #VALUE! 2인 평균종제량 70%	3인 평균제량 93 3인 평균종제량 93					적용량(70%) = 287 kg 총 결사 3 추진 시료량 = 5.0 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 7일	1000	281g	1day 종제량 34g	207 208 240 218	217 280 228 261		103 132 135 133	116 150 120 131	31	31	50%	입추 결사 1 47 g × 951 마리 = 44697 g 44697 g × 1000 = 44697 kg 44697 kg × 25 kg = 1.8 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 5시 30분				1인 평균제량 296 1인 평균종제량 296 1+2+3평균제량 296	2인 평균제량 296 2인 평균종제량 296 2인 평균종제량 70%	3인 평균제량 141 3인 평균종제량 141 3인 평균종제량 70%						적용량(70%) = 212 kg 총 결사 3 추진 시료량 = 7.4 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 8일	1000	325g	1day 종제량 35g	331 285 297 324 220	326 296 297 344 273		172 127 164 156 193	141 167 141 176 164	29.5	29.5	60%	입추 결사 1 52 g × 950 마리 = 49400 g 49400 g × 1000 = 49400 kg 49400 kg × 25 kg = 2.0 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 5시 30분				1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	2인 평균제량 279 2인 평균종제량 279 2인 평균종제량 50%	3인 평균제량 160 3인 평균종제량 160 3인 평균종제량 58%						적용량(70%) = 343 kg 총 결사 4 추진 시료량 = 9.4 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 9일	1000	353g	1day 종제량 39g						30	30	50%	입추 결사 1 56 g × 949 마리 = 53144 g 53144 g × 1000 = 53144 kg 53144 kg × 25 kg = 2.1 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 10시 30분				1인 평균제량 0 1인 평균종제량 0 1+2+3평균제량 0	2인 평균제량 0 2인 평균종제량 0 2인 평균종제량 50%	3인 평균제량 0 3인 평균종제량 0 3인 평균종제량 58%						적용량(70%) = 372 kg 총 결사 5 추진 시료량 = 2.1 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 10일	1000	407g	1day 종제량 42g						30	30	50%	입추 결사 1 61 g × 949 마리 = 57889 g 57889 g × 1000 = 57889 kg 57889 kg × 25 kg = 2.3 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 10시 30분				1인 평균제량 0 1인 평균종제량 0 1+2+3평균제량 0	2인 평균제량 0 2인 평균종제량 0 2인 평균종제량 50%	3인 평균제량 0 3인 평균종제량 0 3인 평균종제량 58%						적용량(70%) = 401 kg 총 결사 6 추진 시료량 = 4.4 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 11일	1000	455g	1day 종제량 48g	197 282 192 200 267	193 162 181 247 280		196 210 249 221 234	224 227 199 310 218	30	30	90%	입추 결사 1 79 g × 949 마리 = 74961 g 74961 g × 1000 = 74961 kg 74961 kg × 25 kg = 2.8 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 10시 30분				1인 평균제량 216 1인 평균종제량 216 1+2+3평균제량 216	2인 평균제량 216 2인 평균종제량 216 2인 평균종제량 48%	3인 평균제량 240 3인 평균종제량 240 3인 평균종제량 58%						적용량(70%) = 433 kg 총 결사 7 추진 시료량 = 2.9 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
21년 10월 12일	1000	509g	1day 종제량 48g	391 333 284 430 461	323 429 390 339 352		329 343 355 317 422	356 430 420 288 457	30	30	90%	입추 결사 1 80 g × 949 마리 = 75920 g 75920 g × 1000 = 75920 kg 75920 kg × 25 kg = 3.0 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)
pm 10시 30분				1인 평균제량 379 1인 평균종제량 379 1+2+3평균제량 379	2인 평균제량 379 2인 평균종제량 379 2인 평균종제량 48%	3인 평균제량 383 3인 평균종제량 383 3인 평균종제량 58%						적용량(70%) = 531 kg 총 결사 8 추진 시료량 = 5.9 톤	표준편차 CV(%) 변이계수CV% 표준편차 CV(%)

그림 171 10차 사육 성적표

[결과 요약]

입추 도중 설사가 있는 병아리가 있었으나, 32일령까지 사육하여 출하 완료함. 온도가 높을수록 병아리들이 부리를 벌리고 호흡하는 경향을 보여 1°C씩 온도를 낮추었을시, 병아리들이 밀집하지 않고 사료 섭취량이 증가하는 것을 관찰할 수 있었음. 다른 실험 방법과 마찬가지로, 매일 오후 5시경 생체 중 측정을 완료하고 기록함. 병아리들이 부리를 벌리고 있을 땐 1°C씩만 낮춰도 골고루 분포되는 모습을 관찰할 수 있었고, 사료 섭취량이 눈에 띄게 증가하였음.

[연구 주제] 케이지 11차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 11)

[목표]

최적의 병아리 사육환경에 적합한 온·습도를 찾기 위함.

[결과 보고]

닭 소화기관의 총 길이는 사람과 달리 길지 않아 사료 소화흡수 능력이 떨어지고, 대부분의 배설은 주로 신장을 통하여 일어남. 약 70% 정도 소화가 안된 사료를 분변으로 배출시키는데, 입추를 진행하면서 설사하는 병아리가 1마리 발생하였음. 1일령에는 병아리의 활동성이 좋았으며, 병아리들이 모이는 현상이 없었음. 열화상 카메라로 슬릿 온도를 측정하였을 때, 35°C의 높은 온도로 병아리들이 입을 벌리는 현상이 관찰되기 시작하였음. 온도를 33.5°C로 낮추고 가스난로를 이용하여 온도 유지함. 약 5일령부터 입을 벌리는 병아리가 많이 관찰되었음. 온도를 1°C씩 낮춰도 서로 밀집을 하지 않으며 사료 섭취량이 증가함.

일령	입추수	육계 성장목표	일 증체량	1단	2단	3단	실정 온도	슬릿 온도	계사 습도	폐사원인	사료량	균질도 CV%	특이사항
<p>부활장에서 출항 도착까지 환경불 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계관확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 슬릿 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.</p>													
21년 9월 29일	250	43g		51 47 48 43 46 45 54	51 48 46 45 50								<p>9회 입추 병아리 행동 - 물만 섭취하고 잔다 - 활동성이 떨어진다 - 병아리 눈동자가 맑지 않다</p>
1일령	0	0	0	1일 평균체중 48 1일 평균종체중 48	1일 평균체중 48 1일 평균종체중 48								
21년 9월 27일	105	43g		47 58 57 53 54	48 56 63 54 50		36.5	35	60%	중증 폐사 15g x 1 = 150g x 1 = 1750g 1750g x 1000 = 3.75kg 3.75kg x 25kg = 0.2kg	표준편차 4.5 변이계수CV% 8.4	입추수 24시간은 '0' 일령이다 닭의 장치는 닭의 사료 소화 흡수가 떨어지므로 약 70% 정도 소화가 안된 사료를 분변으로 배출시킨다 슬릿 온도 31°C 유지 입추하면서 폐사(갈색) 1마리 발생	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 58 1일 평균종체중 58	1일 평균체중 58 1일 평균종체중 58					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 2.8kg 노란 계량량 = 0.2kg		
21년 9월 28일	105	57g	1day	63 67 65 64 68 68	62 68 64 69 74		33에서 33.5	35에서 33.5	60%	중증 폐사 15g x 1 = 150g x 1 = 1750g 1750g x 1000 = 1.575kg 1.575kg x 25kg = 0.1kg	표준편차 5.5 변이계수CV% 8.5	입추수 48시간 경과후 '1' 일령으로 본다 슬릿 온도 33°C에서 입추 없음 33.5°C로 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 없음 1일령이후에 보정 온도 변경(35°C→33.5°C) 카스난로 단열하고 있음	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 64 1일 평균종체중 64	1일 평균체중 64 1일 평균종체중 64					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 1.1kg 노란 계량량 = 0.1kg		
21년 9월 29일	105	72g	7day	77 78 68 80 80	81 76 85 75	29일째	33.5	33.5	50%	중증 폐사 15g x 1 = 150g x 1 = 1890g 1890g x 1000 = 1.89kg 1.89kg x 25kg = 0.1kg	표준편차 6.8 변이계수CV% 9.3	슬릿 온도 33°C 유지 5일령 때 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사원인 파악 후 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 77 1일 평균종체중 77	1일 평균체중 77 1일 평균종체중 77					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 1.2kg 노란 계량량 = 0.2kg		폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생 폐사(갈색) 1마리 발생
21년 9월 30일	105	89g	1day	111 118 112 123 112	119 119 96 117 116		33.5	33.5	60%	직접 폐사 21g x 1 = 210g x 1 = 2205g 2205g x 1000 = 2.205kg 2.205kg x 25kg = 0.1kg	표준편차 6.0 변이계수CV% 6.8	pm5시 측정유형	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 113 1일 평균종체중 113	1일 평균체중 113 1일 평균종체중 113					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 1.8kg 노란 계량량 = 0.2kg		
21년 10월 1일	105	109g	1day	110 118 112 123 112	119 119 96 117 116	1일령	32.5	32.5	60%	직접 폐사 24g x 1 = 240g x 1 = 2620g 2620g x 1000 = 2.62kg 2.62kg x 25kg = 0.1kg	표준편차 7.2 변이계수CV% 6.6	pm5시 측정유형	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 113 1일 평균종체중 113	1일 평균체중 113 1일 평균종체중 113					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 1.8kg 노란 계량량 = 0.2kg		
21년 10월 2일	104	137g	1day	110 118 112 123 112	119 119 96 117 116	2일령	32.5	32.5	60%	직접 폐사 28g x 1 = 280g x 1 = 9520g 9520g x 1000 = 9.52kg 9.52kg x 25kg = 0.4kg	표준편차 6.0 변이계수CV% 6.8	모두 24시간 5일령 입추 벌리는 병아리가 많이 발생 34°C→33°C 1°C 내리서 설정 습도가 만능 이유 분도가 높다? 1°C 내리도 발암이 안되며 사료섭취량 많음	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 0 1일 평균종체중 0	1일 평균체중 0 1일 평균종체중 0					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 6.7kg		
21년 10월 3일	103	156g	1day	110 118 112 123 112	119 119 96 117 116	3일령	33	33	60%	직접 폐사 31g x 1 = 310g x 1 = 10540g 10540g x 1000 = 10.54kg 10.54kg x 25kg = 0.4kg	표준편차 6.0 변이계수CV% 6.8	pm5시 측정유형	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 0 1일 평균종체중 0	1일 평균체중 0 1일 평균종체중 0					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 7.5kg		
21년 10월 4일	105	182g	1day	110 118 112 123 112	119 119 96 117 116	4일령	32	32	50%	직접 폐사 39g x 1 = 390g x 1 = 33460g 33460g x 1000 = 33.46kg 33.46kg x 25kg = 1.3kg	표준편차 6.0 변이계수CV% 6.8	pm5시 측정유형	
1일령	0	0	0	1일 평균체중 0 1일 평균종체중 0	1일 평균체중 0 1일 평균종체중 0					직접 폐사수 0 노란 폐사수 0	계량량(70%) = 28.4kg		

21년 10월 5일	350	212g	1day 종제량 30g	189 178 163 159 218	187 200 188 175 177		85 89 93 85 90	91 91 101 97 101	32	32	50%	입추 결사 1 39 g × 956 마리 = 37284 g 37284 g × 1000 = 37284 kg 37284 kg × 25 kg = 1.5 톤	표준편차 18.0 변이계수CV% 6.1
pm 5시 30분				1인 평균제량 186 1인 평균종제량 186 1+2+3평균제량 186	2인 평균제량 186 2인 평균종제량 186 2인 평균종제량 186	3인 평균제량 186 3인 평균종제량 186 3인 평균종제량 186	50% 50% 50%	93 93 93				적용량(70%) = 261 kg 추진 시료량 = 4.0 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 6일	350	246g	1day 종제량 30g						31	31	50%	입추 결사 1 49 g × 952 마리 = 46648 g 46648 g × 1000 = 46648 kg 46648 kg × 25 kg = 1.9 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 5시 30분				176 207 208 240 218	0 217 280 228 261	2인 평균제량 #N/A 2인 평균종제량 #N/A 2인 평균종제량 #N/A	3인 평균제량 0 3인 평균종제량 0 3인 평균종제량 0					적용량(70%) = 287 kg 추진 시료량 = 5.0 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 7일	1000	281g	1day 종제량 34g	207 208 240 218	217 280 228 261	7일종	122 130 126 133	130 120 100 131	31	31	50%	입추 결사 1 47 g × 951 마리 = 44697 g 44697 g × 1000 = 44697 kg 44697 kg × 25 kg = 1.8 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 5시 30분				1인 평균제량 296 1인 평균종제량 296 1+2+3평균제량 296	2인 평균제량 296 2인 평균종제량 296 2인 평균종제량 296	3인 평균제량 296 3인 평균종제량 296 3인 평균종제량 296	50% 50% 50%	131 121 141				적용량(70%) = 312 kg 추진 시료량 = 7.4 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 8일	1000	325g	1day 종제량 35g	331 285 297 324 220	326 296 297 324 273	8일종	172 127 164 156 193	141 167 141 176 164	29.5	29.5	60%	입추 결사 1 52 g × 950 마리 = 49400 g 49400 g × 1000 = 49400 kg 49400 kg × 25 kg = 2.0 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 5시 30분				1인 평균제량 279 1인 평균종제량 279 1+2+3평균제량 279	2인 평균제량 279 2인 평균종제량 279 2인 평균종제량 279	3인 평균제량 279 3인 평균종제량 279 3인 평균종제량 279	50% 50% 50%	160 93 58%				적용량(70%) = 343 kg 추진 시료량 = 9.4 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 9일	1000	352g	1day 종제량 39g						30	30	50%	입추 결사 1 56 g × 949 마리 = 53144 g 53144 g × 1000 = 53144 kg 53144 kg × 25 kg = 2.1 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 10시 30분				1인 평균제량 0 1인 평균종제량 0 1+2+3평균제량 0	2인 평균제량 0 2인 평균종제량 0 2인 평균종제량 0	3인 평균제량 0 3인 평균종제량 0 3인 평균종제량 0	50% 50% 50%	0 160 58%				적용량(70%) = 372 kg 추진 시료량 = 2.1 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 10일	1000	407g	1day 종제량 42g						30	30	50%	입추 결사 1 61 g × 949 마리 = 57889 g 57889 g × 1000 = 57889 kg 57889 kg × 25 kg = 2.3 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 10시 30분				1인 평균제량 0 1인 평균종제량 0 1+2+3평균제량 0	2인 평균제량 0 2인 평균종제량 0 2인 평균종제량 0	3인 평균제량 0 3인 평균종제량 0 3인 평균종제량 0	50% 50% 50%	0 0 58%				적용량(70%) = 401 kg 추진 시료량 = 4.4 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 11일	1000	455g	1day 종제량 48g	197 282 192 200 267	193 162 181 247 280	10일종	196 210 249 221 234	224 222 199 310 218	30	30	90%	입추 결사 1 79 g × 949 마리 = 74961 g 74961 g × 1000 = 74961 kg 74961 kg × 25 kg = 2.9 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 10시 30분				1인 평균제량 216 1인 평균종제량 216 1+2+3평균제량 216	2인 평균제량 216 2인 평균종제량 216 2인 평균종제량 216	3인 평균제량 216 3인 평균종제량 216 3인 평균종제량 216	50% 50% 50%	240 240 58%				적용량(70%) = 433 kg 추진 시료량 = 15.1 톤	표준편차 변이계수CV%
21년 10월 12일	1000	509g	1day 종제량 48g	391 333 284 430 461	323 428 390 339 350	11일종	428 344 355 317 424	358 430 199 288 457	30	30	90%	입추 결사 1 80 g × 949 마리 = 75920 g 75920 g × 1000 = 75920 kg 75920 kg × 25 kg = 3.0 톤	표준편차 변이계수CV%
pm 10시 30분				1인 평균제량 379 1인 평균종제량 379 1+2+3평균제량 379	2인 평균제량 379 2인 평균종제량 379 2인 평균종제량 379	3인 평균제량 379 3인 평균종제량 379 3인 평균종제량 379	50% 50% 50%	383 383 58%				적용량(70%) = 531 kg 추진 시료량 = 9.9 톤	표준편차 변이계수CV%

그림 175 10차 사육 성적표

[결과 요약]

입추 도중 설사가 있는 병아리가 있었으나, 32일령까지 사육하여 출하 완료함. 온도가 높을수록 병아리들이 부리를 벌리고 호흡하는 경향을 보여 1°C씩 온도를 낮추었을시, 병아리들이 밀집하지 않고 사료 섭취량이 증가하는 것을 관찰할 수 있었음. 다른 실험 방법과 마찬가지로, 매일 오후 5시경 생체 중 측정을 완료하고 기록함. 병아리들이 부리를 벌리고 있을 땐 1°C씩만 낮춰도 골고루 분포되는 모습을 관찰할 수 있었고, 사료 섭취량이 눈에 띄게 증가하였음.

<첨부 16> 사육 시험

[연구 주제] 케이지 12차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 12)

[목표]

입추 후 온도 36°C, 습도 60%, 풍량을 감소시켜 사육했을 때의 사육성적을 기록함.

[결과 보고]

12회 사육성적표													
양명	입추수	육계 성장목표	일 증체량	1단	2단	3단	설정 온도	습도	계시 습도	폐사원인	사료량	균일도 CV%	특이사항
우유일 부화				부화장에서 농장 도착까지 환경을 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계군확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 습도 60%, 습도 유지 해야한다.									
입추사적	250	42g		44	41								12회 입추 병아리 행동 - 사료와 음수를 바로 섭취한다 - 활동성이 좋다 - 병아리 눈동자가 맑다
21년 10월 27일 수 10 일형 pm 5시 0분				44	41								
중성사료	105	42g		53	52	49	34	34	40%	음용물 폐사 0 익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	15g x 250수 = 3750g 3750g ÷ 1000 = 3.75kg 3.75kg ÷ 25kg = 0.2 포	균일도 CV% 5.3	입추후 24시간은 '0'일형이다. 위의 형지는 할아 서로 소피육수 높기에 병아리마르 약 70% 정도 소피가 안 든사료로 받음으로 배설사한다 습한 온도 33°C 유지 입추하면서 병아리(갈아) 1마리 발생 6시 계중측량
21년 10월 28일 목 0 일형 pm 도시 30분				52	52	45				15g x 105수 = 1575g 1575g ÷ 1000 = 1.575kg 1.575kg ÷ 25kg = 0.1 포	균일도 CV% 8.3	입추후 48시간 경과후 '1'일형으로 분다 습한 온도 35°C 에서 입을 벌림 33.5°C 설정 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 있음 1일형이후 설정온도 변경(35°C→33.5°C) 가스스로 난방하고 있음	
21년 10월 29일 금 1 일형 pm 5시 30분	105	57g	1day 중체량 15g	61	51		32.3	32.3	47%	음용물 폐사 0 익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	15g x 105수 = 1575g 1575g ÷ 1000 = 1.575kg 1.575kg ÷ 25kg = 0.1 포	균일도 CV% 8.3	습한 온도 35°C 유지 5일 체중의 50%인 28.5g 부화장에서 바로 미용해서 적게서 두면 pm5시 계중측량 1일형 사육 환유자가 검은 병아리 발생 약 10%(0마리)
21년 10월 30일 토 2 일형 pm 5시 30분	105	72g	1day 중체량 15g	63	60		33.5	33.5	80%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	18g x 1890수 = 33990g 33990g ÷ 1000 = 33.99kg 33.99kg ÷ 25kg = 1.36 포	균일도 CV% 5.8	습한 온도 35°C 유지 5일 체중의 50%인 28.5g 부화장에서 바로 미용해서 적게서 두면 pm5시 계중측량 1일형 사육 환유자가 검은 병아리 발생 약 10%(0마리)
21년 10월 31일 일 3 일형 pm 5시 30분	105	89g	1day 중체량 17g	63	52		33.5	33.5	50%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	21g x 105수 = 2205g 2205g ÷ 1000 = 2.205kg 2.205kg ÷ 25kg = 0.1 포	균일도 CV% 5.8	pm5시 계중측량
21년 11월 1일 월 4 일형 pm 5시 30분	105	109g	1day 중체량 20g	98	103		29.8	29.8	52%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	24g x 105수 = 2520g 2520g ÷ 1000 = 2.52kg 2.52kg ÷ 25kg = 0.1 포	균일도 CV% 5.7	pm5시 계중측량
21년 11월 2일 화 5 일형 pm 5시 30분	104	131g	1day 중체량 22g	123	118		29.5	32.5	54%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	28g x 340수 = 9520g 9520g ÷ 1000 = 9.52kg 9.52kg ÷ 25kg = 0.4 포	균일도 CV% 9.8	오후 2시경 5일형 입을 벌리는 병아리가 많이 발생 34°C→33°C 1°C 내리서 설정 증체가 안되는 이유 온도도 낮아? 1°C 내리도 많되어 서투르기를 걸림
21년 11월 3일 수 6 일형 pm 5시 30분	103	155g	1day 중체량 24g	138	131		29.9	29.9	55%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	31g x 340수 = 10540g 10540g ÷ 1000 = 10.54kg 10.54kg ÷ 25kg = 0.4 포	균일도 CV% 8.7	pm5시 계중측량
21년 11월 4일 목 7 일형 pm 5시 30분	105	182g	1day 중체량 27g	149	154		32	32	50%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	35g x 956수 = 33460g 33460g ÷ 1000 = 33.46kg 33.46kg ÷ 25kg = 1.3 포	균일도 CV% 5.3	pm5시 계중측량
21년 11월 5일 금 8 일형 pm 5시 30분	350	212g	1day 중체량 30g	178	200		32	32	50%	익일 폐사수 0 누적 폐사수 0	39g x 956수 = 37284g 37284g ÷ 1000 = 37.284kg 37.284kg ÷ 25kg = 1.5 포	균일도 CV% 8.1	pm5시 계중측량

					1단 평균제중량 186 1단 평균중제량 50 1+2+3평균제중량 186					50수 평균제중량 93 평균중제량 (48)					익일 패사수 1 총 패사수 3 약주 패사	계분량(70%) = 26.1 kg 누적 사료량 = 4.0 포	5.2 변이계수CV% 5.6 표준편차
21년	11월	6일		350	246g											43 g x 952 수 = 40936 g 40936 g + 1000 = 40,936 kg 40,936 kg + 25 kg = 1.6 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
토	9일	9일															
						1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 (155) 1+2+3평균제중량 0				50수 평균제중량 0 평균중제량 (93)					익일 패사수 0 총 패사수 3 약주 패사	계분량(70%) = 28.7 kg 누적 사료량 = 5.6 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
21년	11월	7일		1000	281g											47 g x 951 수 = 44697 g 44697 g + 1000 = 44,697 kg 44,697 kg + 25 kg = 1.8 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
일	10일	10일															
						1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 (186) 1+2+3평균제중량 0				10수 평균제중량 0 평균중제량 0					익일 패사수 0 총 패사수 3 약주 패사	계분량(70%) = 31.3 kg 누적 사료량 = 7.4 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
21년	11월	8일		1000	320g											52 g x 950 수 = 49400 g 49400 g + 1000 = 49,400 kg 49,400 kg + 25 kg = 2.0 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
월	11일	8일				292 240 290 240 263 282 247 280 252 262 264 259 267 251 265				208 263 240 199 248 232 262 221 203 234							
						1단 평균제중량 264 1단 평균중제량 264 1+2+3평균제중량 264				10수 평균제중량 231 평균중제량 231					익일 패사수 1 총 패사수 4 약주 패사	계분량(70%) = 34.6 kg 누적 사료량 = 9.4 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
pm	5시	30분															
21년	11월	9일		1000	362g											56 g x 949 수 = 53144 g 53144 g + 1000 = 53,144 kg 53,144 kg + 25 kg = 2.1 포	표준편차 36.3 변이계수CV% 13.4 표준편차
화	12일	9일				235 274 315 278 273 245 268 224 252 308 249 226 243 235 253 250 290 303 306 297 224 262 323 204 288 294 215											
						1단 평균제중량 271 1단 평균중제량 271 1+2+3평균제중량 271				10수 평균제중량 253 평균중제량 22					익일 패사수 1 총 패사수 5 약주 패사	계분량(70%) = 37.2 kg 누적 사료량 = 2.1 포	27.1 변이계수CV% 10.7 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	10일		1000	407g											61 g x 949 수 = 57889 g 57889 g + 1000 = 57,889 kg 57,889 kg + 25 kg = 2.3 포	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
수	13일	10일				1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 (264) 1+2+3평균제중량 0				10수 평균제중량 0 평균중제량 (253)					익일 패사수 1 총 패사수 6 약주 패사	계분량(70%) = 40.5 kg 누적 사료량 = 4.4 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
21년	11월	11일		1000	455g											75 g x 949 수 = 71175 g 71175 g + 1000 = 71,175 kg 71,175 kg + 25 kg = 2.8 포	표준편차 41.1 변이계수CV% 11.7 표준편차
목	14일	11일				309 333 304 307 359 348 296 347 340 274 326 371 398 299 281 384 388 440 344 328 321 364 290 331											
						1단 평균제중량 352 1단 평균중제량 81 1+2+3평균제중량 352				10수 평균제중량 315 평균중제량 315					익일 패사수 1 총 패사수 7 약주 패사	계분량(70%) = 49.8 kg 누적 사료량 = 2.8 포	29.1 변이계수CV% 9.2 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	12일		1000	506g											80 g x 949 수 = 75920 g 75920 g + 1000 = 75,920 kg 75,920 kg + 25 kg = 3.0 포	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
금	15일	12일				1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 0 1+2+3평균제중량 0				1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 0 1+2+3평균제중량 0					익일 패사수 1 총 패사수 8 약주 패사	계분량(70%) = 53.1 kg 누적 사료량 = 5.9 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	13일		1000	506g											85 g x 949 수 = 80665 g 80665 g + 1000 = 80,665 kg 80,665 kg + 25 kg = 3.2 포	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
토	16일	13일				1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 (352) 1+2+3평균제중량 0				50수 평균제중량 0 평균중제량 0					익일 패사수 1 총 패사수 9 약주 패사	계분량(70%) = 53.1 kg 누적 사료량 = 3.2 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	14일		1000	616g											90 g x 949 수 = 85410 g 85410 g + 1000 = 85,410 kg 85,410 kg + 25 kg = 3.4 포	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
일	17일	14일				1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 0 1+2+3평균제중량 0				50수 평균제중량 0 평균중제량 0					익일 패사수 1 총 패사수 10 약주 패사	계분량(70%) = 53.1 kg 누적 사료량 = 6.6 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	15일		1000	678g											96 g x 949 수 = 91104 g 91104 g + 1000 = 91,104 kg 91,104 kg + 25 kg = 3.6 포	표준편차 72.1 변이계수CV% 14.5 표준편차
월	18일	15일				535 529 482 426 592 602 410 470 447 630 596 450 412 487 630 540 412 475 480 587 430 406 550											
						1단 평균제중량 498 1단 평균중제량 498 1+2+3평균제중량 498				50수 평균제중량 122 평균중제량 122					익일 패사수 1 총 패사수 11 약주 패사	계분량(70%) = 3.6 포	26.9 변이계수CV% 22.0 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	16일		1000	741g											101 g x 940 수 = 94940 g 94940 g + 1000 = 94,940 kg 94,940 kg + 25 kg = 3.8 포	표준편차 #DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
화	19일	16일				1단 평균제중량 0 1단 평균중제량 0 1+2+3평균제중량 0				50수 평균제중량 0 평균중제량 (122)					익일 패사수 1 총 패사수 12 약주 패사	계분량(70%) = 7.4 포	#DW/0/ 변이계수CV% #DW/0/ 표준편차
pm	10시	30분															
21년	11월	17일		1000	806g											107 g x 949 수 = 101543 g 101543 g + 1000 = 101,543 kg 101,543 kg + 25 kg = 4.1 포	표준편차 58.0 변이계수CV% 10.5 표준편차
수	20일	17일				570 703 625 436 567 555 613 534 613 516 510				578 567 436 534 510 510					익일 패사수 1 총 패사수 13 약주 패사	계분량(70%) = 11.5 포	70.5 변이계수CV% 13.8 표준편차
pm	10시	30분															

21년 11월 18일	1000	874g	1day 종제량 101g	696 565 637 670 708 1단 평균제량 669 1단 평균종제량 669 1+2+3평균제량 669	757 626 640 762 633 669 669		430 469 526 591 594 50수 평균제량 526 평균종제량 16	617 453	28.5	30	50%	약주 폐사 1 110 g x 949 수 = 104390 g 104390 g + 1000 = 10439 kg 104.39 kg + 25 kg = 4.2 포	표준편차 61.9 변이계수CV% 9.2 표준편차 76.3 변이계수CV% 14.5
21년 11월 19일	1000	944g	1day 종제량 107g						30	30	50%	114 g x 949 수 = 108186 g 108186 g + 1000 = 108186 kg 108.186 kg + 25 kg = 4.3 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!
21년 11월 20일	1000	1,017g	1day 종제량 114g						30	30	50%	118 g x 949 수 = 111982 g 111982 g + 1000 = 111982 kg 111.982 kg + 25 kg = 4.5 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!

21년 11월 22일	1000	1,170g	1day 종제량 125g	888 820 957 875 1단 평균제량 909 1단 평균종제량 909 1+2+3평균제량 909	915 926 940 984 909 909		826 633 725 780 775 50수 평균제량 715 평균종제량 715	604 722 692 671 715	29	29	50%	126 g x 949 수 = 119574 g 119574 g + 1000 = 119574 kg 119.574 kg + 25 kg = 4.8 포	표준편차 4.9 변이계수CV% 67.1 표준편차 64.4 변이계수CV% 116.5
21년 11월 23일	1000	1,249g	1day 종제량 131g	1231 975 906 942 1131 1단 평균제량 988 1단 평균종제량 988 1+2+3평균제량 988	932 1008 835 910 1013 988 988		826 633 725 780 775 50수 평균제량 798 평균종제량 83	604 722 692 671 715 798	27.5	27.5	50%	130 g x 949 수 = 123370 g 123370 g + 1000 = 123370 kg 123.370 kg + 25 kg = 4.9 포	표준편차 6.8 변이계수CV% 83.4 표준편차 83.4 변이계수CV% 129.8
21년 11월 24일	1000	1,329g	1day 종제량 136g	1080 1042 1072 1212 1000 1단 평균제량 1052 1단 평균종제량 1052 1+2+3평균제량 1052	1035 1088 907 947 1131 1052 1052	1060	800 842 900 794 811 50수 평균제량 853 평균종제량 55	885 736 940 900 922 853	27.5	27.5	45%	134 g x 949 수 = 127166 g 127166 g + 1000 = 127166 kg 127.166 kg + 25 kg = 5.1 포	표준편차 7.8 변이계수CV% 83.4 표준편차 66.4 변이계수CV% 7.8
21년 11월 25일	1000	1,412g	1day 종제량 143g	1267 1163 1231 1152 1283 1단 평균제량 1175 1단 평균종제량 1175 1+2+3평균제량 1175	1071 1091 1015 1140 1050 1175 1175	1465	913 867 943 977 960 50수 평균제량 930 평균종제량 77	911 1000 977 895 854 930	26.9	26.9	46%	139 g x 949 수 = 131911 g 131911 g + 1000 = 131911 kg 131.911 kg + 25 kg = 5.3 포	표준편차 5.3 변이계수CV% 129.8 표준편차 11.0 변이계수CV% 49.4 표준편차 5.3 변이계수CV% 5.3

21년 11월 26일	1000	1,496g	1day 종제량 148g	1311 1260 1163 1165 1140 1단 평균제량 1258 1단 평균종제량 1258 1+2+3평균제량 1258	1394 1364 1100 1224 1360 1258 1258	1060	932 990 1038 970 907 2단 평균제량 261 3단 평균제량 1003 261 73	1085 1080 982 990 1052 1003 73	26.7	26.7	47%	약주 폐사 1 143 g x 949 수 = 135707 g 135707 g + 1000 = 135707 kg 135.707 kg + 25 kg = 5.4 포	표준편차 143.4 변이계수CV% 11.4 표준편차 60.0 변이계수CV% 8.0
21년 11월 27일	1000	1,581g	1day 종제량 154g						26.7	26.7	47%	148 g x 949 수 = 140452 g 140452 g + 1000 = 140452 kg 140.452 kg + 25 kg = 5.6 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!
21년 11월 28일	1000	1,581g	1day 종제량 159g						26.7	26.7	47%	153 g x 949 수 = 145197 g 145197 g + 1000 = 145197 kg 145.197 kg + 25 kg = 5.8 포	표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0! 표준편차 #DIV/0! 변이계수CV% #DIV/0!
21년 11월 29일	1000	1,581g	1day 종제량 159g	1517 1565 1400 1490 1503 1단 평균제량 1481 1단 평균종제량 1481 1+2+3평균제량 1481	1393 1367 1613 1516 1448 1481 1481		1098 1344 1209 1200 1261 2단 평균제량 0 3단 평균제량 1205 1205	1285 1216 1129 1130 1190 1205 1205	26.7	26.7	47%	157 g x 949 수 = 148993 g 148993 g + 1000 = 148993 kg 148.993 kg + 25 kg = 6.0 포	표준편차 77.1 변이계수CV% 6.0 표준편차 5.4 변이계수CV% 5.4
21년 11월 30일	1000	1,581g	1day 종제량 159g	1458 1386 1433 1717 1685 1단 평균제량 #VALUE! 1단 평균종제량 #VALUE! 1+2+3평균제량 #VALUE!	1355 1425 1605 1840 1545 #VALUE! #VALUE! #VALUE!	1695	1375 1432 1274 1150 1296 2단 평균제량 675 3단 평균제량 1275 675 71	1332 1116 1336 1277 1166 1275 1275 71	26.6	26.2	46%	157 g x 949 수 = 148993 g 148993 g + 1000 = 148993 kg 148.993 kg + 25 kg = 6.0 포	표준편차 158.8 변이계수CV% #VALUE! 표준편차 102.7 변이계수CV% 8.0

그림 185 12차 사육 성적표

1. 테스트 계획 관련

입추 후 36°C, 습도 60%와 풍량을 줄였을때 사육성적을 기록함. 슬릿 계분이 묻어 병아리 체온유지에 방해가 되는것으로 판단, 로스 온도관리 기준표 보다 온도를 높여서 실험 계획하였음. 공조기 풍량을 60HZ에서 30HZ로 줄여서 사육성적 관리 및 병아리에 미치는 결과 도출하고, 입추 후 병아리 갈색변 설사가 보이면서 항문 주위가 검게 묻는 실험 진행함. 입추 시에 앤노 약품을 음수에 공급함 로스 온도관리 기준표보다 클린다층육계사에 맞는 온도와 풍량 실험이 필요함

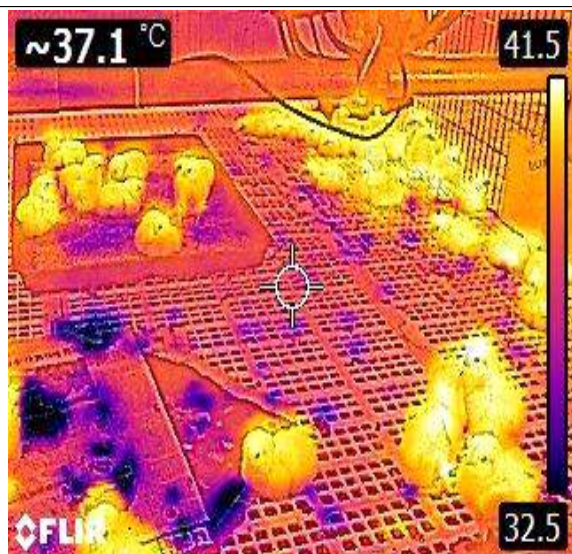


그림 186 열화상 카메라로 측정한 슬릿 온도



그림 187 슬릿 온도

2. 온도 관리

입추 후 바로 사료 섭취하면 균일도에 영향을 주므로 동시에 사료 섭취를 시작할 수 있도록 24시간 동안 사료섭취를 금함.

공기온도 36°C 습도 60%설정 슬릿 바닥온도 35°C 유지시 병아리들이 퍼져있고 호롱새 소리를 냄. 2일령 병아리(12일 입추) + 입추병아리(15일 입추) 혼합사육 결과 2일령 병아리 기준 온도 설정시 입추 병아리는 밀집하는 경향을 보였음.

육계사 습도가 높아 계분 건조가 충분히 되지 않았고, 수분률 높은 계분이 슬릿에 묻어 병아리 배쪽 온도에 영향 주므로, 슬릿 바닥온도 35°C 유지하였음.

7일령 온도를 28°C에서 30°C올리고 풍량을 10Hz로 했을때 물리는 현상이 줄어들고 활동성이 좋아짐. 온도 설정 시 신중하게 결정하고, 일찍 온도를 내리면 증체가 안될 수 있고 집단으로 물리는 현상이 생김.

표 - 일령별 병아리 활동성에 따른 공기 온도, 슬릿 온도, 상대습도

일령	클린다층육계사			클린다층육계사		
	활동성이 떨어지는 병아리 온도			활동성 있는 병아리		
	공기온도(°C)	슬릿온도(°C)	상대습도(%)	공기온도(°C)	슬릿온도(°C)	상대습도(%)
0	36.5	35	60	36.5	35	60
1	35	35	60	33.5	33.5	60
2	35	35	60	33.5	33.5	60
3	34	34	60			
4	34	34	60			
5	33	33	60			
병아리들이 입을 벌려서 하루 일찍 온도 변경						
6	33	33	60	33	33	60
7	33	33	60	33	33	60
8	33	33	60	33	33	60
9	33	33	60	33	33	60
10	33	33	60	33	33	60

3. 습도 관리

60%로 관리

4. 케이지 사육 성적

6일령 배털이 비교적 덜 빠졌고, 셋바람 현상으로 인해 발과 배쪽에 온도를 빼앗길 수 있음.

[결과 요약]

공조기 풍량이 병아리 사육성과 밀접한 상관 관계에 있고, 실험 시작 3일후 체중측정 성장목표에 근접하며 사료섭취량이 늘어났음.

[연구 주제] 케이지 11차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 11)

[목표]

3계군으로 나누어 1계군은 왕겨 위 사육, 2계군은 종이 위 사육, 3계군은 기존 방식대로 사육하여 사육 성적을 검토함.

[결과 보고]

같은 높이에 사육 바닥 환경을 3계군(종이, 슬랫, 깔짚)으로 나누어 사육한 뒤, 사육 성적을 비교 검토하였음. 9차 실험에서는 입추 당일 온도를 36°C, 습도 60%에서 시작하여 일령별 풍량을 줄여 제어하였음. 8차 실험 결과를 바탕으로, 슬랫에 계분이 덜 건조되면 병아리의 체온 유지가 힘들. 입추 후 7일령 동안 갈색 변의 설사가 보였으며 향문에 검게 묻었음. 증상이 발견된 당시, 앤노 약품을 음수에 공급하였으며, 공조기 바람량을 60Hz에서 30Hz로 줄여 관리하였음.



그림 188 10일령 사육 모습



그림 189 병아리의 묽은 갈색 변



그림 190 15일령 깔짚 위 사육 모습



그림 191 25일령 사육 모습

9차 실험 결과, 7일령까지 사육성적이 좋았으나, 이후 사육성적이 1일령씩 뒤쳐지기 시작함. 온도는 온도설정장치에 따라 일정하게 유지하였음.

11회 사육성적표

일령	입주수	육계 상장목적	양 중생량	1단	2단	3단	성정 온도	유정 온도	계사 습도	재사원인	사료량	공변도 CV%	특이사항
<p style="text-align: center;">- 부화장에서 농장 도착까지 환경값 기록한다</p> <p style="text-align: center;">- 병아리 상태</p> <p style="text-align: center;">- 운송시 환경온도</p> <p style="text-align: center;">- 계곡확인</p> <p style="text-align: center;">- 반드시 실내온도 36.5°C, 습컷 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.</p>													
21년 10월 20일	250	42g		39									<p style="text-align: center;">11회 입주 병아리 행동</p> <p style="text-align: center;">- 사료와 용수를 바로 섭취한다</p> <p style="text-align: center;">- 활동성이 높다</p> <p style="text-align: center;">- 병아리 눈동자가 맑다</p>
pm 8시 0분				40									
21년 10월 21일	108	42g		47									<p>입주율 24시간 100% 달성이다</p> <p>입이 열려서 밥이 바로 섭취를 하는데 병아리들이 다 70% 정도 소화기 안 된 사료를 분변으로 배출시킨다</p> <p>출생 온도 35°C 유지</p> <p>입수하면서 수시(갈대) 1리터 분할해서 제공</p>
pm 8시 30분				48									
21년 10월 22일	106	57g	1day 증체량 15g	53									<p>입주율 48시간 경과후 11일령으로 분타</p> <p>출생 온도 35°C 유지</p> <p>병아리 상태가 활발해 보임</p> <p>모든 병아리 입음</p> <p>1일령이후에 분변하고 변형(35°C-33°C) 가스산소 안정하고 있음</p>
pm 5시 30분				54									
21년 10월 23일	106	72g	1day 증체량 18g	59									<p>출생 온도 35°C 유지</p> <p>11회 재기(입수)를 통한 입수된 병아리 100%가 바로 사료를 섭취</p> <p>pm6시 재주곡량</p> <p>단반 사육</p> <p>평균주위가 350g(50g 분량 7회 10리터)</p>
pm 8시 30분				60									
21년 10월 24일	108	89g	1day 증체량 17g	64									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 8시 30분				65									
21년 10월 25일	105	109g	1day 증체량 20g	68									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 5시 30분				69									
21년 10월 26일	104	133g	1day 증체량 22g	72									<p>모두 24시간 5일령 입음 병아리가 병아리 할 분량 34°C-33°C 1°C 내외로 유정 용수가 양호한 이후 분타가 끝나기 1°C 내외로 침착이 안되며 사육환경 설정</p>
pm 5시 30분				73									
21년 10월 27일	108	155g	1day 증체량 24g	76									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 6시 30분				77									
21년 10월 4일	105	182g	1day 증체량 27g	80									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 8시 30분				81									
21년 10월 5일	350	212g	1day 증체량 30g	85									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 5시 30분				86									
21년 10월 6일	350	246g	1day 증체량 30g	89									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 5시 30분				90									
21년 10월 7일	1000	281g	1day 증체량 34g	93									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 5시 30분				94									
21년 10월 8일	1000	320g	1day 증체량 39g	97									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 5시 30분				98									
21년 10월 9일	1000	362g	1day 증체량 39g	101									<p>pm6시 재주곡량</p>
pm 10시 30분				102									

21년 10월 10일	1000	407g	1day 증체량 42g								양후 조사	1	51 g × 349 마리 = 57889 g	표준편차	
13일 양													57889 g ÷ 1000 = 57.889 kg	편이계수CV%	
													57.889 kg × 25 kg = 2.9 kg	#DIV/0!	
														표준편차	
				1단 평균체중	0		50주 평균체중	0					계분량(50%) = 2.0 kg	#DIV/0!	
				1단 평균증체량	(279)		평균증체량	0					계분량(70%) = 2.8 kg	편이계수CV%	
				1+2+3평균체중	0	균일도CV(%)	50%	균일도CV(%)	58%				계분량(70%) = 2.8 kg	#DIV/0!	
				197	193	271	186	194	224					표준편차	
				282	162	210	274	257	222					편이계수CV%	
				192	191	249	188	259	199					#DIV/0!	
				200	247	270	221	251	310					표준편차	
				267	230	202	256	279	213					편이계수CV%	
				1단 평균체중	216	12일령 병아리	239	50주 평균체중	240					계분량(70%) = 4.8 kg	표준편차
				1단 평균증체량	215			평균증체량	240					편이계수CV%	
				1+2+3평균체중	230	균일도CV(%)	46%	균일도CV(%)	58%					(5.1)	
				381	302	425	444	389	395					표준편차	
				333	428	310	345	353	432					편이계수CV%	
				264	390	290	355	439	420					#DIV/0!	
				490	353	339	353	317	388					표준편차	
				461	362	350	434	432	457					편이계수CV%	
				1단 평균체중	379	1단 평균체중	366	1단 평균체중	382					계분량(70%) = 5.1 kg	표준편차
				1단 평균증체량	373									편이계수CV%	
				1+2+3평균체중	375	균일도CV(%)	48%							(17.0)	

그림 195 11차 사육 성적표

케이시 양쪽 끝으로 병아리들이 모여 있는 모습이 약 7일령부터 관찰되기 시작하였으며, 이는 바람이 없는 곳으로 몰려 있음을 확인하였음. 바람에 직접적인 영향이 없는 지대에 병아리들이 모여 있다는 것은 병아리들에게 직접적인 배기는 적합하지 않다고 판단함.

[결과 요약]

약 7일령부터 증체량이 감소한 것이 눈에 띄게 보였으나, 3개의 계군 중 깔짚 위 사육이 성장 속도가 가장 빨랐으며 사육 온도 유지에 더 적합하고 증체량이 꾸준히 유지되는 것을 확인함. 바람이 없는 곳에 병아리들이 모여 있었던 계군 2(슬렛 위 사육)는 직접적인 배기는 병아리에게 적합한 환경을 제공하지 못하는 것으로 판단되었음. 또한, 충분히 건조되지 않은 계분이 묻은 슬렛은 병아리 체온유지에 영향을 끼칠 수 있음. 깔짚이 계분의 습기를 흡수시켜 병아리 체온을 따뜻하게 유지에 도움이 되었음.

<첨부 17> 사육 시험

[연구 주제] 케이지 13차 사육

Raising Chicks in Broiler Cage (Test 13)

[목표]

클린 다층 육계사에 맞는 온·습도를 찾고, 증어리 병아리(찌리) 관리가 목표. 온·습도·풍량을 찾고 병아리 행동, 밀집도, 증체를 실험, 계사 내부 습도 유지가 사육성적에 큰 영향을 미치므로 최적화 실험이 필요함.

[테스트 계획]

입추 후 36°C, 습도 60%와 풍량을 줄였을때 사육성적을 기록함. 슬릿에 계분이 묻어 병아리 체온 유지에 방해가 되는것으로 판단, 로스 온도 관리 기준표보다 온도를 높여서 실험할 계획임. 공조기 풍량을 60HZ에서 30HZ로 줄여서 사육성적 관리 및 병아리에 미치는 결과를 도출함.

입추 후 병아리에게 갈색변 설사가 보이면서 향문 주위가 검게 묻는 실험 진행. 입추 시에 앤노 약품을 음수에 공급함. 로스 온도 관리 기준표보다 클린 다층 육계사에 맞는 온도와 풍량 실험이 필요함.

[결과 보고]

1. 온도 관리

13회 사육성적표

일련	입추수	육계 성장목표	일 증체량	1단	2단	3단	설정 온도	습도	계사 습도	폐사원인	사료량	균일도 CV%	특이사항
수요일 부화				- 부화장에서 농장 도착까지 환경률 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 계군확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 습도 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.									
21년 12월 7일 토 0 일합 pm 10시 0분	3000	4kg		42 45 44 48 41	48 48 41 45								13회 입추 병아리 행동 - 사료와 음수를 바로 섭취한다 - 활동성이 좋다 - 병아리 눈동자가 맑다
21년 12월 8일 수 0 일합 pm 10시 0분	3000	45g		48 52 38 44 41	45 51 43 42	0	33.6	35.6	35%		15g x 3000주 = 45000g 45000g ÷ 1000 = 45kg 45kg + 25kg = 1.8포	5.0 번이계수CV% 표준편차	입추후 48시간 만일형까지 - 닭의 성하는 닭이 사료 소화흡수 능력이 떨어지므로 약 70% 정도 소화가 잘 된 사료를 물변으로 배출시킨다 - 증체 온도 35°C 유지 입추하면서 설사(갈색) 1마리 발생 9마리 체중추정
21년 12월 9일 목 1 일합 pm 10시 0분	3000	57g	1day 증체량 15g	48 51 63 51 65	49 51 46 51	0 0 0	35.2	32.3	41%		15g x 3000주 = 45000g 45000g ÷ 1000 = 45kg 45kg + 25kg = 1.8포	5.3 번이계수CV% 표준편차	입추후 48시간 경과후 1마리 일형으로 판단 증체 온도 35°C에서 감추 발입 31.5°C로 설정 - 병아리 상태가 활발해 보임 모이는 현상이 있음 - 1일형이후에 설정온도 변경(35°C→33.5°C) 가스난방 난방하고 있음
21년 12월 10일 금 2 일합 pm 10시 0분	3000	70g	1day 증체량 15g	62 65 83 93 99	68 68 58 57	0 0 0	34.4	34.4	48%		18g x 3000주 = 54000g 54000g ÷ 1000 = 54kg 54kg + 25kg = 2.2포	5.3 번이계수CV% 표준편차	증체 온도 33°C 유지 일형 개수로 50마리 인양 닭발은 증추제 닭발에서 바로 이송하여 목계사 투입 pm5시 채중추정 1마리 사육 증추제가 같은 병아리 2마리 10%(10마리)

사육성적표 실험결과 문제점과 해결방안 클린다층육계사 온도관리 균일도/점도 로스 육계 성장 목표 증어리 발생원인 교육자료 대한사육

21년 12월 11일 토 3 일합 pm 10시 0분	3000	89g	1day 증체량 17g	98 105 92 103	103 86 98 88	0 0	33.5	33.5	50%	약주 폐사 21g x 3000주 = 63000g 63000g ÷ 1000 = 63kg 63kg + 25kg = 2.5포	6.0 번이계수CV% 표준편차	pm5시 채중추정
21년 12월 12일 일 4 일합 pm 10시 0분	3000	109g	1day 증체량 20g	98 105 92 103	103 86 98 88	0 0	29.8	29.8	52%	약주 폐사 24g x 3000주 = 72000g 72000g ÷ 1000 = 72kg 72kg + 25kg = 2.9포	6.0 번이계수CV% 표준편차	pm5시 채중추정
21년 12월 13일 월 5 일합 pm 10시 0분	3000	131g	1day 증체량 22g	124 80 97 118 121	85 110 111 132 104	117 91 108 98 111	29.5	32.5	54%	약주 폐사 28g x 340주 = 9520g 9520g ÷ 1000 = 9.52kg 9.52kg + 25kg = 0.4포	6.7 번이계수CV% 표준편차	오후2시경 5일형 인양 물리는 병아리가 많이 발생 34°C-33°C 1°C 내리서 설정 증체가 잇는 이유 온도가 높다? 1°C 내리도 많지만 안되여 사육실험을 할함
21년 12월 14일 화 6 일합	3000	155g	1day 증체량 24g	138 134 124 151 125	131 145 128 143 142	0	29.9	29.9	55%	약주 폐사 31g x 340주 = 10540g 10540g ÷ 1000 = 10.54kg 10.54kg + 25kg = 0.4포	6.7 번이계수CV% 표준편차	pm5시 채중추정

실험 사육으로 보완하여

[테스트 계획]

입추 후 36°C, 습도 60%와 풍량을 줄였을때 사육성적을 기록함. 슬릿에 계분이 묻어 병아리 체온 유지에 방해가 되는것으로 판단, 로스 온도 관리 기준표보다 온도를 높여서 실험할 계획임. 공조기 풍량을 60HZ에서 30HZ로 줄여서 사육성적 관리 및 병아리에 미치는 결과를 도출함.

입추 후 병아리에게 갈색변 설사가 보이면서 항문 주위가 검게 묻는 실험 진행. 입추 시에 앤노 약품을 음수에 공급함. 로스 온도 관리 기준표보다 클린 다층 육계사에 맞는 온도와 풍량 실험이 필요함.

[결과 보고]

1. 온도 관리

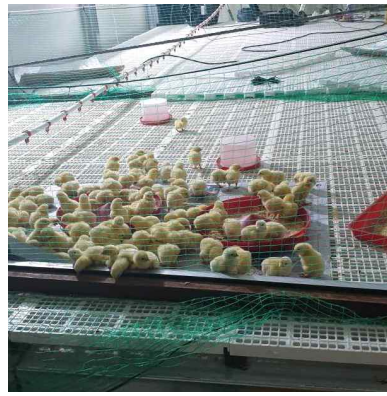
13회 사육성적표

일명	입추수	육계 설정속표	일 중체량	1단	2단	3단	설정 온도	중점 온도	계사 습도	폐사율만	사료량	균일도 CV%	특이사항
수요일 부화				- 부화장에서 농장 도착까지 환경표 기록한다 - 병아리 상태 - 운송시 환경온도 - 개군확인 - 반드시 실내온도 36.5°C, 습점 온도 35°C, 습도 60% 유지 해야한다.									
21년 12월 7일 토 0 일명	3000	4kg		44 45 44 48 41 44	43 48 45 42								13회 입추 병아리 행동 - 사료와 음수를 바로 섭취한다 - 활동성이 좋다 - 병아리 눈동자가 맑다
21년 12월 8일 수 0 일명	3000	42g	1day 중체량	53 48 52 38 44	42 45 51 43 42		35.6	35.6	35%		운송물 폐사 15g x 3000수 = 45000g 45000g ÷ 1000 = 45kg 45kg + 25kg = 1.8포	표준편차 5.0 변이계수CV% 11.1% 표준편차 4.5 변이계수CV% 10.7%	입추후 2시간전 '0'일명에서 닭의 경직은 흩어 서로 소회흡수 능력이 떨어지므로 약 70% 정도 소회가 많 된 사료를 알뜰히 먹음사신다
21년 12월 9일 목 1 일명	3000	57g	1day 중체량	63 51 54 50 51	46 46 50 49	0 0	35.2	32.2	41%		운송물 폐사 15g x 3000수 = 45000g 45000g ÷ 1000 = 45kg 45kg + 25kg = 1.8포	표준편차 5.0 변이계수CV% 11.1% 표준편차 4.5 변이계수CV% 10.7%	입추후 4시간 전과후 '1'일명으로 폐사 - 습점 온도 35°C에서 33.5°C로 설정 - 병아리 상태가 활발해 보임
21년 12월 10일 금 2 일명	3000	70g	1day 중체량	62 54 55 63 58	68 57 51 57 58	0 0	34.4	34.4	46%		운송물 폐사 18g x 3000수 = 54000g 54000g ÷ 1000 = 54kg 54kg + 25kg = 2.2포	표준편차 5.0 변이계수CV% 11.1% 표준편차 4.5 변이계수CV% 10.7%	입추후 2시간 전과후 '1'일명으로 폐사 - 습점 온도 35°C에서 33.5°C로 설정 - 병아리 상태가 활발해 보임

사육성적표 실험결과 문제점과 해결방안 클린다층육계사 온도관리 균일도/점도 로스 육계 설정 목표 병아리발생원인 교육자료 대한사육

21년 12월 11일 토 3 일명	3000	89g	1day 중체량	98 89 105 92 103	103 106 86 98 88	0 0	33.5	33.5	50%		운송물 폐사 21g x 3000수 = 63000g 63000g ÷ 1000 = 63kg 63kg + 25kg = 2.5포	표준편차 7.5 변이계수CV% 15.0% 표준편차 6.3 변이계수CV% 12.6%	pm5시 채종국정
21년 12월 12일 일 4 일명	3000	109g	1day 중체량	103 97 104 104 104	98 104 98 104 111	0 0	29.8	29.8	52%		운송물 폐사 24g x 3000수 = 72000g 72000g ÷ 1000 = 72kg 72kg + 25kg = 2.9포	표준편차 7.5 변이계수CV% 15.0% 표준편차 6.3 변이계수CV% 12.6%	pm5시 채종국정
21년 12월 13일 월 5 일명	3000	131g	1day 중체량	124 80 97 118 112	85 110 92 112 98	0 0	29.5	32.5	54%		운송물 폐사 28g x 340수 = 9520g 9520g ÷ 1000 = 9.52kg 9.52kg + 25kg = 0.4포	표준편차 8.1 변이계수CV% 16.2% 표준편차 6.7 변이계수CV% 13.4%	오후 2시경 5일명 입출 버리는 병아리가 많이 발생 34°C~33°C 1°C 내리서 설정 중체가 안되는 이유 온도가 높나? 1°C 내리도 입출이 안되며 사육성취를 절함
21년 12월 14일 화 6 일명	3000	155g	1day 중체량	138 134 124 151 142	145 128 143 142 136	0 0	29.9	29.9	55%		운송물 폐사 31g x 340수 = 10540g 10540g ÷ 1000 = 10.54kg 10.54kg + 25kg = 0.4포	표준편차 8.1 변이계수CV% 16.2% 표준편차 6.7 변이계수CV% 13.4%	pm5시 채종국정
21년 12월 15일 수 7 일명	3000	182g	1day 중체량	148 156 160 147 145	154 172 157 166 160	0 0	32	32	50%		운송물 폐사 35g x 956수 = 33460g 33460g ÷ 1000 = 33.46kg 33.46kg + 25kg = 1.3포	표준편차 8.6 변이계수CV% 17.6% 표준편차 5.3 변이계수CV% 11.3%	pm5시 채종국정

그림 201 13차 사육 성적표



[결과 요약]

[연구 주제] 스마트 육계사 내부 환경의 CFD 분석

CFD Analysis of the Internal Environment of the Smart Poultry House

[목표]

본 연구는 ICT 기반의 밀폐형 육계사(이하 스마트 육계사) 내부의 환경을 3D 모델링을 통해 구현하여, 대략적인 내부 공기의 흐름을 파악하고, 보다 세부적인 관찰이 필요한 지점을 확인하여, 추후 사육 실험에 활용할 수 있도록 함.

[결과 보고]

□ 연구 필요성

- 복합환경센서모듈의 적용을 위해서는 내부 환경을 대표할 수 있는 지점을 확보하여, 해당 지점에 센서모듈을 놓아 데이터 확보를 하여, 해당 데이터가 양계사 내부의 환경을 대표할 수 있도록 하여, 그 정확성을 확보하여야 함.
- 또한, 오염된 공기가 정제되거나 온도가 극도로 높아지는 지점이 발생할 경우, 해당 지점에서 육계들의 생육이 저하되고 사망률이 높아질 수 있으므로, 이러한 지점을 파악하여 해당 지점에 센서모듈을 추가로 위치시키는 등 집중적인 관리 감독이 필요함.
- 따라서 본 연구는 전산 유체 역학(CFD) 기술을 활용하여 스마트 육계사 내부 환경을 모델링 및 분석하여, 양계장 내부의 공기 흐름과 온도를 파악하고 양계장 내부 환경을 추정할 수 있는 지점을 찾도록 함. 또한 양계사의 전반적인 환경 상태를 파악하기 위해 산란계 생육이 원활하지 못한 환경을 대표할 수 있는 지점 역시 파악하였음.

□ 연구 내용

- CFD 분석을 위하여, 사육 및 실험에 활용되고 있는 대상키우미시스템의 KUM-3000 모델에 대한 3D 모델링을 진행하였음.
- 해당 스마트 육계사는 5개의 manure belt가 모터 시스템에 의해 반자동적으로 작동되는 시스템을 갖고 있음.
- 육계들은 manure belt 상단에 위치한 플라스틱 슬랫 위에서 성장하고, 먹이를 먹으면서 열을 방출함.
- 스마트 육계사에 대한 3D 모델은 Autodesk Inventor®(Autodesk, USA) 프로그램을 활용하였으며, 그 3D 모델은 다음과 같음.
- CFD 분석 모델을 만들기 위해 Autodesk CFD®(Autodesk, USA) 프로그램을 사용하였으며, KUM-300 내부의 각 지점별 공기 흐름 속도와 온도를 기록 및 시각화하였음.

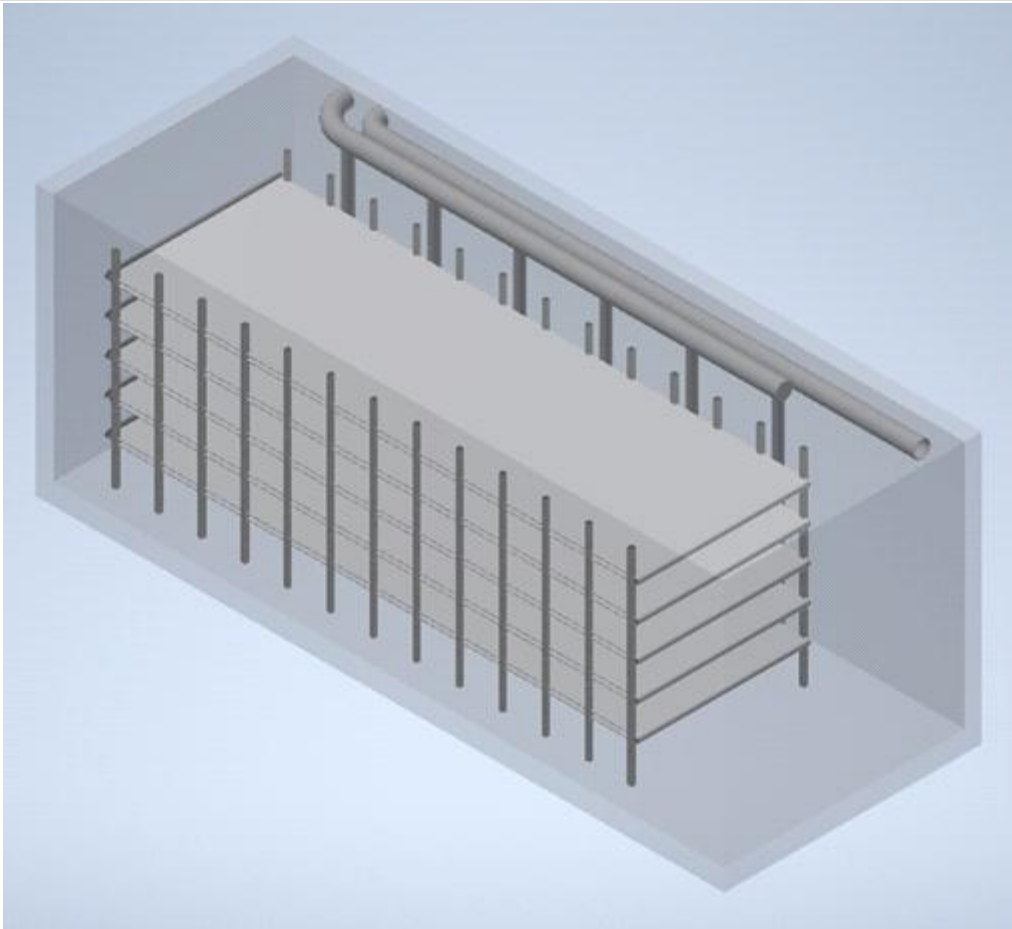


그림 211. 1차적으로 생성한 스마트 육계사의 3D 모델

- 해당 모델을 활용하여 CFD 분석을 진행할 경우, 구현된 시스템이 다소 복잡하다 보니, 과도한 메쉬가 필요하게 되어 CFD 프로그램이 멈추는 문제가 발생하여, 보다 시스템을 단순화하여 다음과 같은 3D 모델을 구현하여 분석에 활용하였음.

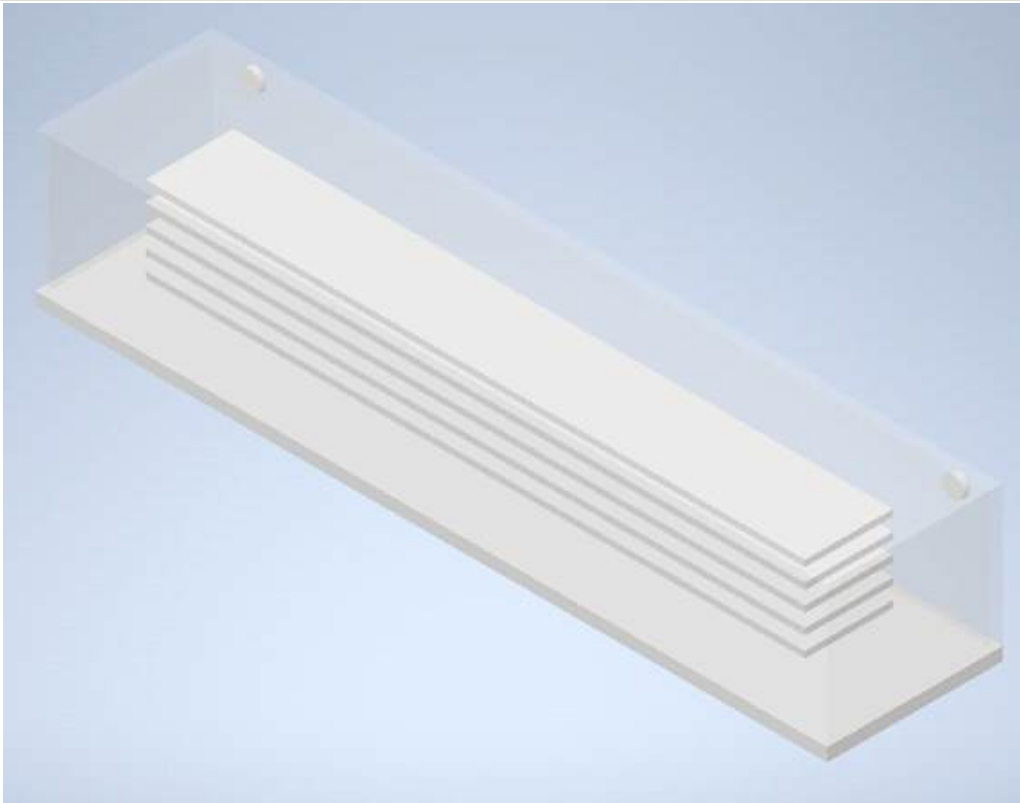


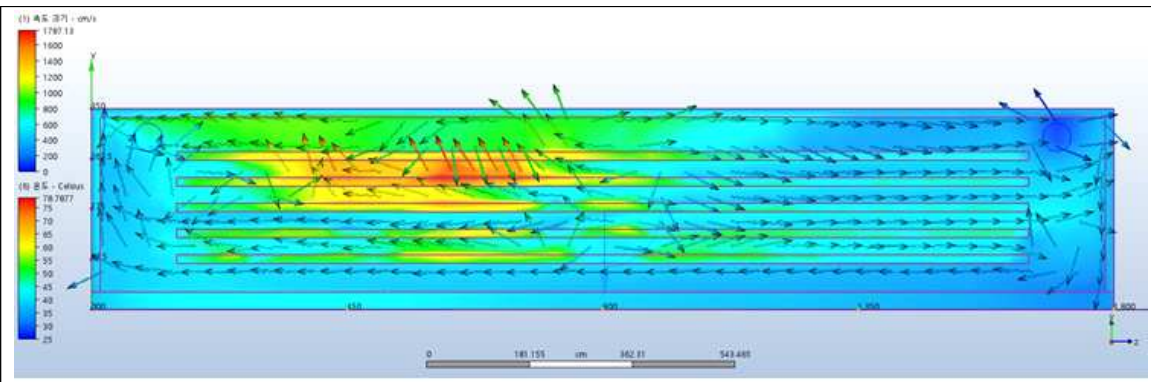
그림 212. 보다 단순화 된 스마트 욱계사의 3D 모델

- CFD 분석을 위하여, 폴리우레탄 재질의 단열된 외벽 조건을 설정하였으며, 여름철과 겨울철에 대한 냉각 및 난방 시나리오를 설정하였음. 냉각 시나리오는 내부 조건 25°C, 외부 조건 35°C에서 진행되었으며, 난방 시나리오는 내부 조건 35°C, 외부 조건 25°C에서 진행되었음. 그리고 하나의 사육 평면당 3,000 마리의 욱계들이 플라스틱 슬랫에 열을 방출하는 것으로 가정하였음.
- 3,000수 기준의 욱계 현열 발생량은 11,340kcal/h로, 해당 열 생성을 각 사육 평면에 설정하여 사육 환경을 구현하였음.
- 관찰이 필요한 4개의 평면을 다음과 같이 설정하였음. 이는 각각 (1) 욱계 사육 평면의 중앙부, (2) 욱계 사육 평면의 경계부, (3) 외벽과 (2) 선 간의 중앙부, (4) 외벽부로 이루어짐.

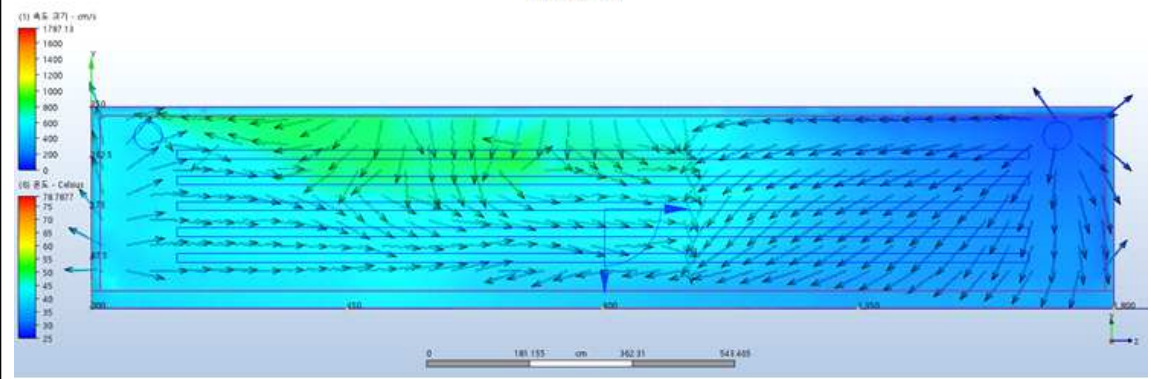


그림 213. CFD 분석 및 관찰에 활용된 4종류의 평면과 그 위치

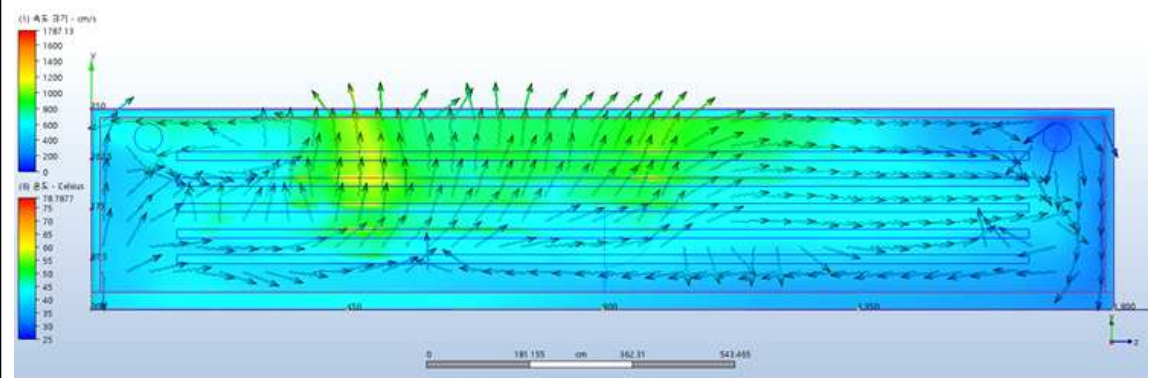
- Inlet에서는 2500L/s의 공기가 흘러들어오게 되며, Outlet은 0Pa로 설정되어 오염된 공기가 확산을 통해 방출되는 방식으로 이루어짐. 해당 조건을 활용하여 냉난방 시나리오에 대한 CFD 분석 결과는 다음과 같이 나타나게 되었음.



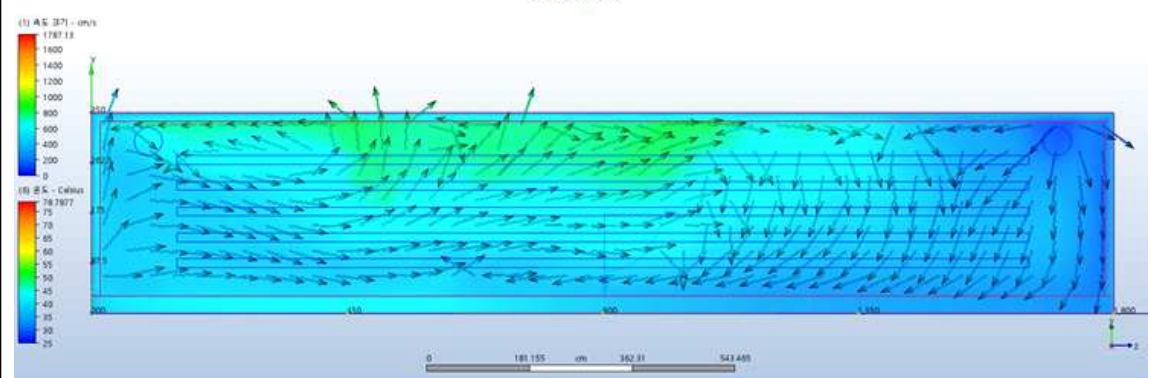
Plane 1



Plane 2

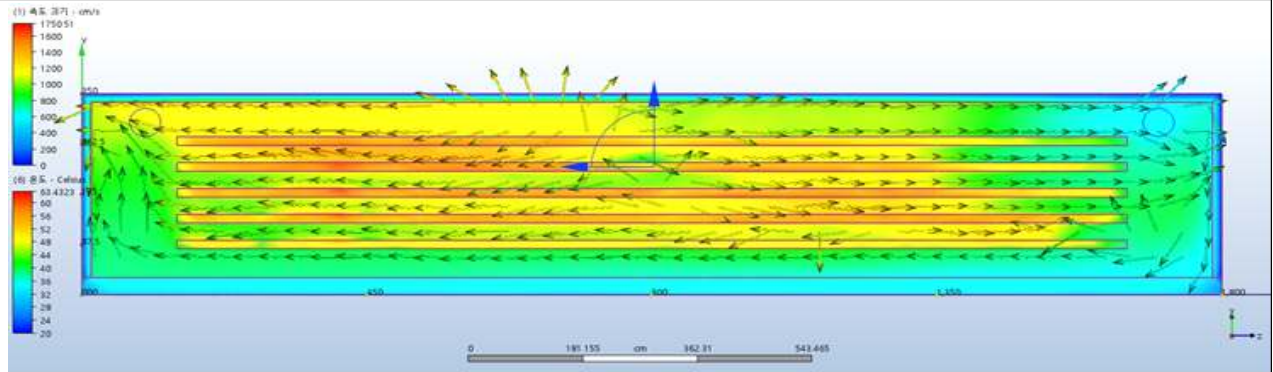


Plane 3

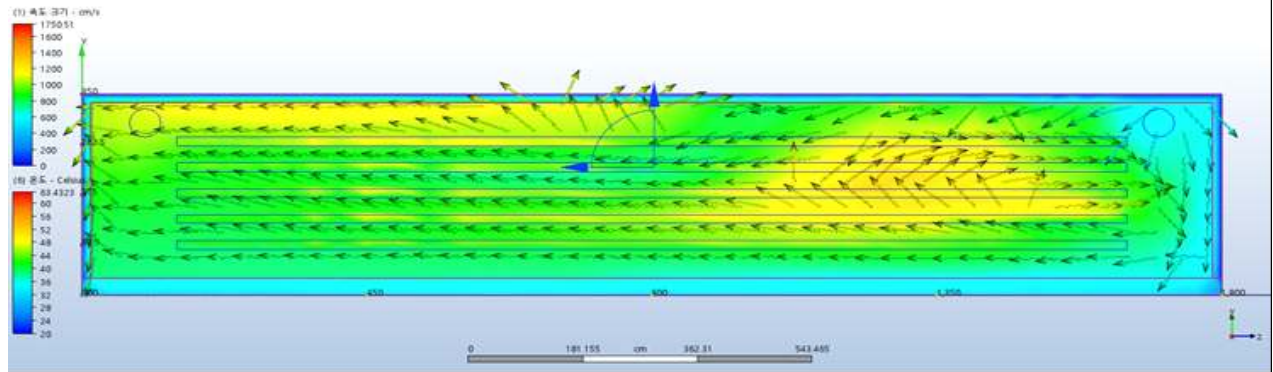


Plane 4

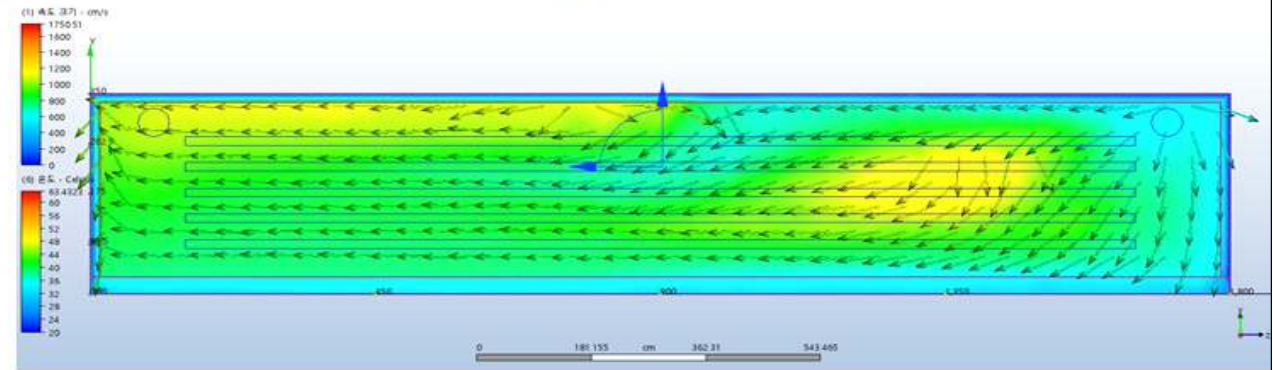
그림 214. 냉방 시나리오에 대한 4 평면의 CFD 분석 결과



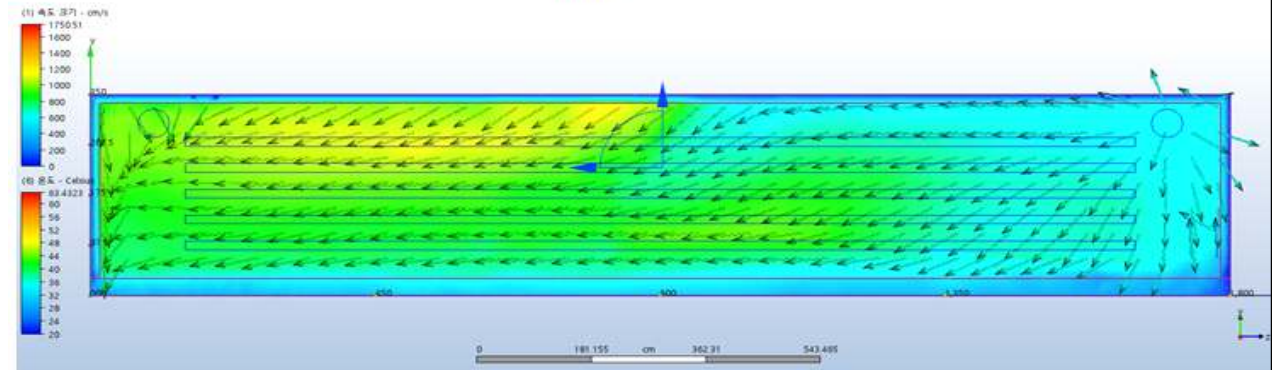
Plane 1



Plane 2



Plane 3



Plane 4

그림 215. 난방 시나리오에 대한 4 평면의 CFD 분석 결과

- 육계들은 계절에 상관없이 열을 지속적으로 방출하기 때문에, 사육평면 중심부에 열이 축적되는 것이 잘 관찰되었음.
- 평면 1을 제외한 평면 2, 3 및 4의 결과는 유사한 유형의 온도 분포를 나타내며, 길이 축의 13.5m 근처 지점에서 면 2와 4에 뚜렷한 기류의 상승과 하강이 나타남. 즉 다른 지점보다 상대적으로 활발한 공기 흐름이 해당 지점에서 발생하기 때문에, 복합환경센서모듈을 정문으로부터 13.5m 떨어진 지점에 설치할 경우, 데이터를 보다 잘 취득할 수 있으리라 여겨짐.
- 또한, 평면 1에서는 고온의 열스트레스 환경이 나타나게 되어, 사육 케이지 중앙에 환경센서를 설치하여, 해당 위치에서의 육계들의 저조한 생육과 사망을 예방할 수 있음.
- 난방조건의 경우 냉방조건에 비해 기류가 상대적으로 뚜렷하지 않게 관찰되어, 오염된 공기가 제대로 순환되지 않고 정체될 수 있다는 위험성을 가질 것으로 예상됨. 따라서 겨울철에는 스마트 육계사 내부에 추가적인 공기 순환 장치를 설치하여, 공기 흐름을 더욱 활성화하고 오염공기를 효과적으로 제거해야 한다는 것을 시사함.

[결과 요약]

- 스마트 육계사의 3D 모델링을 활용한 CFD 분석을 통해, 냉난방 시나리오에 대한 양계사 내부의 공기 흐름 및 온도 분포를 데이터화 및 시각화하여 확인할 수 있었음. 해당 분석을 통하여 양계사 사육 시나리오에 대한 잠재적인 문제점을 확인하고, 문제점이 발생하는 지점에 복합환경센서모듈을 설치하여, 생육 부진 및 폐사를 예방하고, 보다 효과적인 육계사 운영이 가능할 것으로 생각함.
- 본 연구 결과를 토대로, 한국농업기계학회 2021 춘계학술대회 포스터 발표를 진행하였음.

[연구 주제] 콜로니 케이지(다층 케이지 사육시설) 개발

Development of Broiler Colony Cage(multi-level cage) System

[목표]

본 연구가 지향하고 있는 다층형 육계사는 컨테이너 형으로 제안되었으며 본 연구 3차년도에는 제2, 제3의 실증시험을 주관기관 외부에서 추진하고자 하였으나 조류독감(AI)이 2020년-2021년 사이에 산란계를 중심으로 유행하면서 외부 농장에서 실험하는 것이 불가능하였음.

본 연구에서 개발하는 컨테이너형의 경우에 기계설비 대비 사육공간이 작은 문제점이 있고, 육계 출하시에 작업이 어려운 점을 해결하기 위하여 컨테이너 케이지보다 큰 콜로니 케이지형으로 변경을 추진함.

연구계획 일정에 맞추기 위하여 2022년도 초반에 실증데이터를 얻을 수 있는 보급형 케이지 보급계약을 체결하여 추진중이며 현재 부지가 확보되고 주민동의를 받은 상황이며 2022년도 중반에는 대형의 콜로니 케이지를 보급함으로써 연구성과를 마무리하고 이를 기반으로 사업화를 가속화할 계획임.

문제는 본 연구에서 추진하는 다층형 육계사가 현행 <축산법 시행령 별표1>에서 정한 양계사에 포함되어 있지 않아 농림축산식품부에 민원을 제기하고 있는 중.

[결과 보고]

1. 제2 및 제3의 실증단지 확보 실패

2020년 후반부터 제 3차년도에 추진할 제2 및 제3의 실증농가를 확보하기 위하여 실험 중간에 강릉 인근의 양계농가와 전문가를 초청하여 연구개발의 개념을 소개하고 연구에 참여해 줄 것을 요청하였으나 (1) 조류독감의 유행과 우려로 인하여 연구진이 방문하는 것을 농장이 꺼리고, (2) 개발하는 육계사 시스템이 기존의 평사 사육과 달라서 농장에 인력들의 재교육이 필요하고, 실험에 대한 부담을 느껴서 모두 거절하는 상황에 봉착하여 당초 연구계획대로 제3의 농장에서 사육시험을 하는 것이 불가능하게 됨.

주관연구기관이 실증을 위한 농가 접촉 결과를 보이기 위하여 전문농가로부터 실증시험 거부를 확인하는 서류를 받아 아래에 첨부함

개인정보 삭제함

2. 경제성 있는 콜로니 케이지를 개발하여 실증시험을 추진하고자 계획을 변경함

양계에서 콜로니 케이지라는 용어는 첨단 시설로서 현재 유럽이나 미국, 중국 등에서 개발 보급 중인 사육방식으로 케이지의 높이가 충분히 높아 내부에서 사람이 작업할 수 있으며 소수의 닭을 좁은 공간에 가두지 않고 다수의 군집(colony)을 큰 공간에서 사육하는 방법으로서 기계설비와 공조시설의 효율성을 위하여 여러 층으로 구성되어 단위면적당 사육밀도는 높이고 개체당 사육면적은 동물복지 차원의 제약보다 더 크게 제공하는 방법이며, 본 연구에서 개발한 기계장치류의 제원만 크게하면 쉽게 적용할 수 있으며, 시설 규모가 대형이 되므로 규모화로 인한 경제성이 좋고 스마트양계 기술에 의해 자동화된 사양관리 이점을 극대화함.

요약하면 콜로니 케이지 시스템은 기존의 다층형 케이지의 내부 칸막이를 없애고 대형화하여 군집사육을 시행하는 것임.

참고로 세부(Cebu)에서 운영중인 LANDBANK의 콜로니형 케이지 시스템을 아래에 제시함



< 그림 > *LANDBANK Visayas Lending Group Head Senior Vice President Elsie Fe Tagupa (center) and Cebu North Lending Center Head Vice President Eulalio G. Lagpa, Jr. (4th from left) visit the newly constructed single-deck tunnel ventilated poultry house with multi-level colony type caging system owned by Bryan (2nd from left) and Aisha Castillo (not in the photo) of Dumanjug, Cebu. The facility for contract growing of poultry was funded through the assistance of LANDBANK.*
<https://www.landbank.com/news/high-tech-poultry-house-in-cebu-built-through-landbank-aid>

참고로 Big Dutchman에서 제공하는 Avimax 160 슬라이딩 콜로니 시스템을 소개함.

- 퀘팅겐 대학의 축산시스템에서 터키에 있는 양계사(폭 18미터 x 길이 110m) 농장에 설치된 42개의 콜로니 케이지(1.6m x 2.4m)를 연결하여 길이 110m의 대형 양계사(한개 농장건물에서 76,320마리 사육)의 운영을 평가하고 생산성을 평가함. 첨부한 그림은 농장에서 사용하는 빅 더치만에서 제공하는 슬라이딩 콜로니의 모습임.



<그림> Big Dutchman's Avimax 160 sliding colony system

<https://www.wattagnet.com/articles/18256-broilers-in-colony-systems-performance-and-welfare>

참고로 다음 사진은 미국 EGGoist사(양계농장)의 콜로니 케이지 내부 모습으로 이곳은 3개의 층으로 구성됨.



그림 218 미국 EGGGoist사의 콜로니 케이지 내부 모습

3. 대상키우미의 실증양계 데이터 확보계획

(주)대상키우미시스템은 과제에서 약속한 실증데이터를 확보하기 위해 현재 강릉시 인근의 농촌에 콜로니 케이지를 적용한 육계사를 건축을 추진중에 있으며 실증용 빅데이터를 4차년에 제공할 것으로 기대 됨. 현재 추진 중인 농장의 부지는 주민동의서를 100% 확보하여 상반기 중에 설치가 완료되면 하반기에 집중적 데이터를 확보할 수 있음.

(주)대상키우미시스템이 추진 중인 실증양계 농장은 910m²의 면적으로 4층으로 구성되고 마리당 0.056m²의 사육공간을 제공하고 총 65,000수를 생산하는 것임

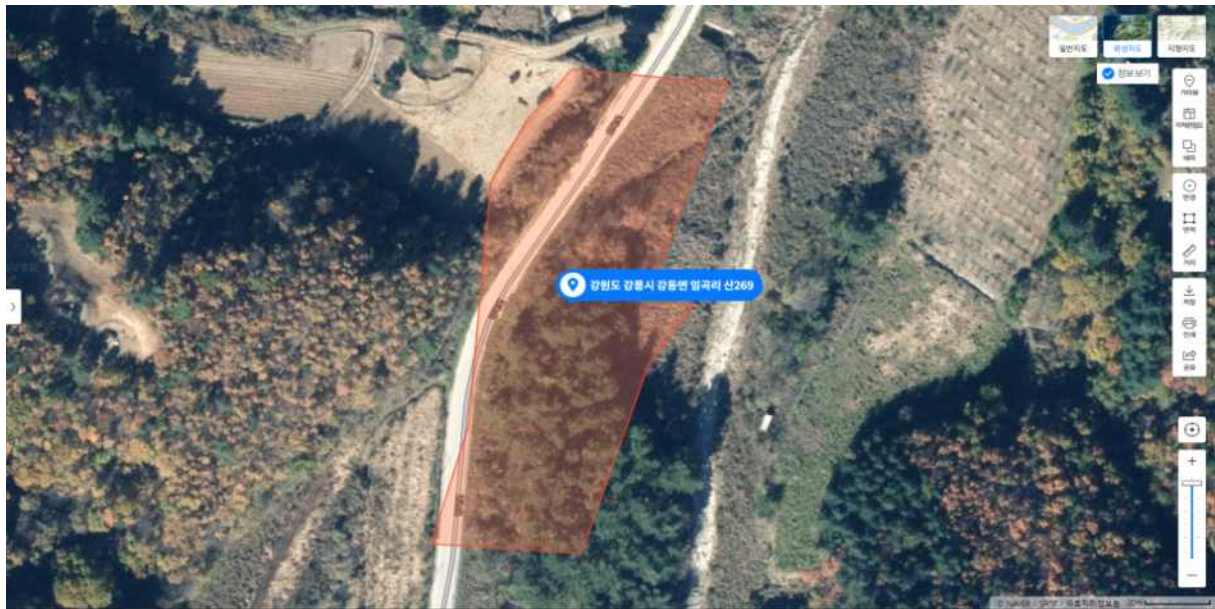


그림 219 주관기관 (주)대상키우미시스템이 추진 중인 실증 단지

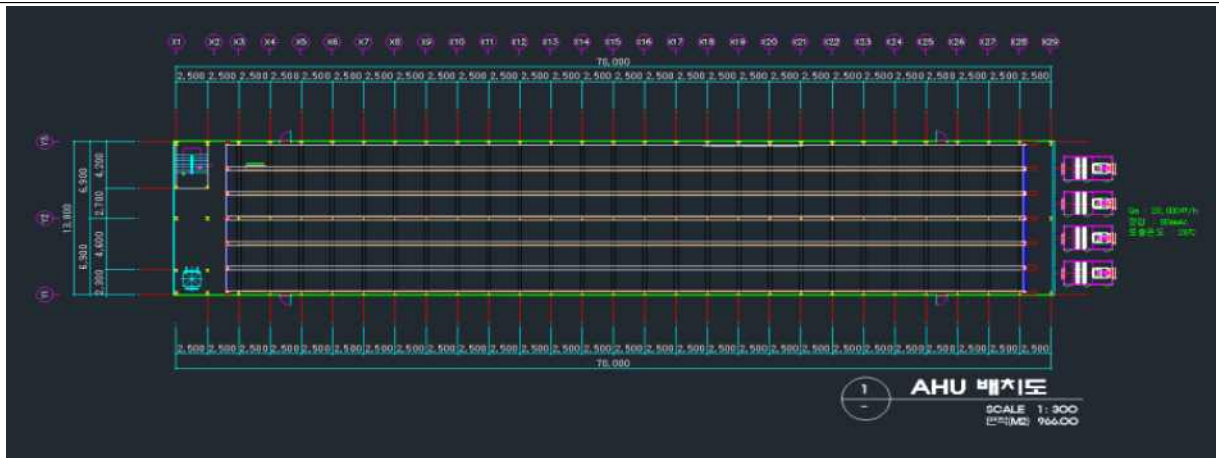


그림 220 실증 단지에 설치될 스마트 육계사 (평면도)



그림 221 실증 단지에 설치된 스마트 육계사 (정면도)

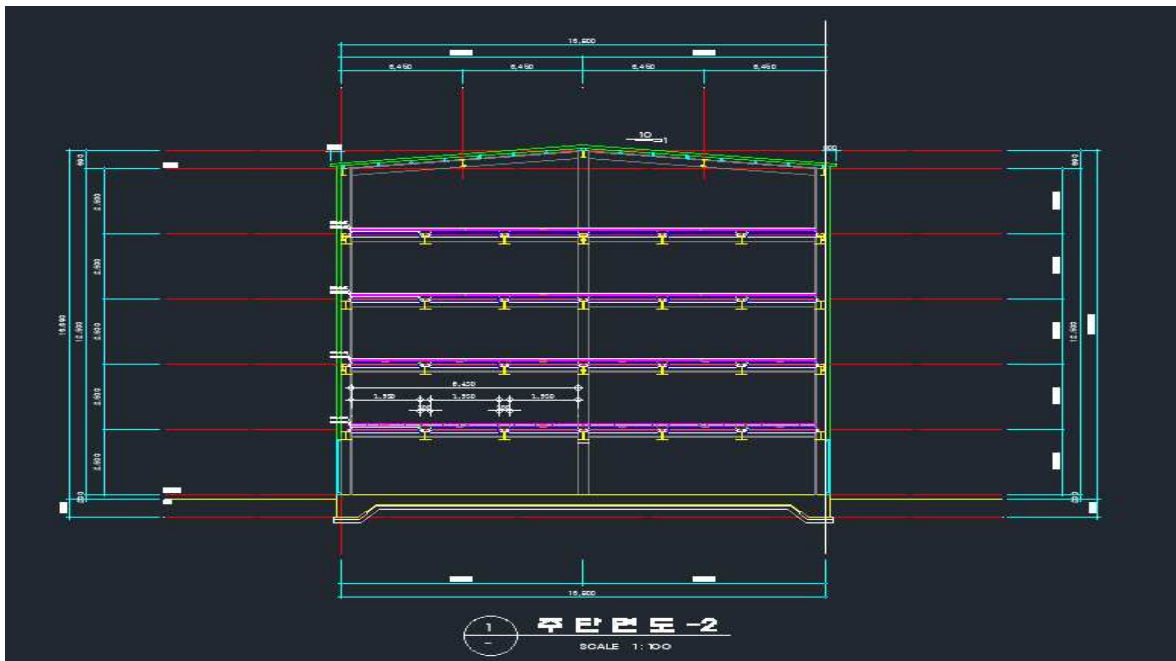


그림 222 스마트 육계사 (단면도 1)

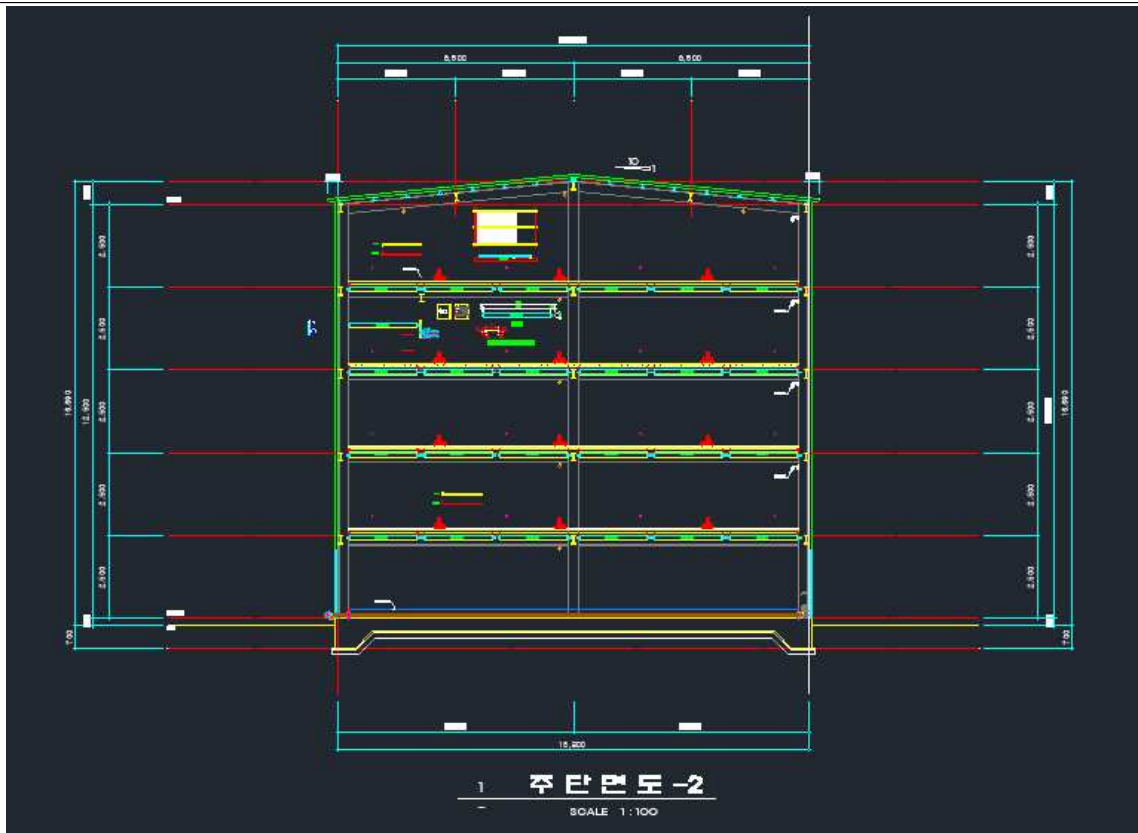


그림 223 스마트 육계사 (단면도 2)

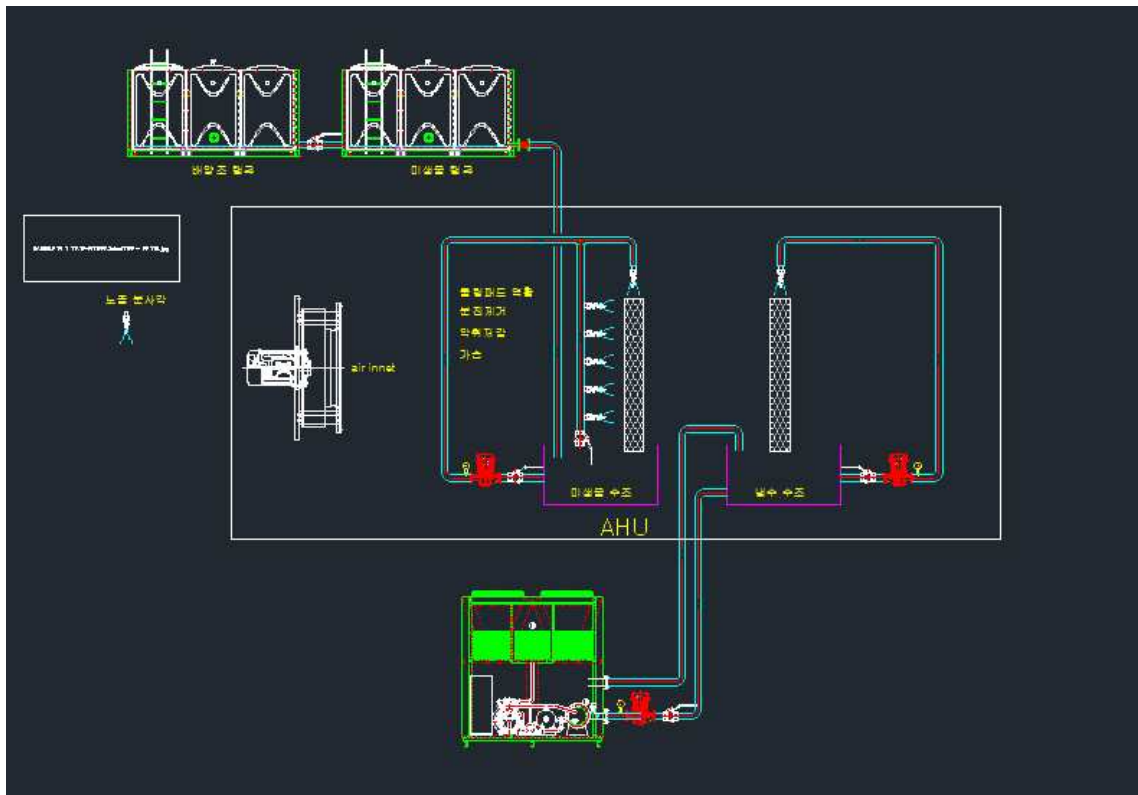


그림 224 스마트 육계사에 포함될 미생물 약취저감구조

4. 콜로니케이지의 법적문제 해결

본 과제에서 제안한 다층 육계사는 현재 축산법시행령 별표 1에서 정한 마리당 가축사육시설면적을 적용함에 있어 고려되지 못한 생산시설로, 법을 적용함에 있어 전통적이 닭장(cage)에 대한 해석을 포

함하고 있으므로 콜로니 형태를 인정해야 할 필요가 있음.

현행 법에서 케이지는 표에서 닭을 가두어 사육하는 철망으로 된 우리로만 정의됨. 따라서 철망이나 적절한 슬래트 위에서 사육되고 컨베이어벨트로 계분을 치우는 다층케이지나 콜로니 케이지는 축산법 시행령에 의해 인허가를 담당하는 공무원들이 인정하지 않고 있음.

<표> 축산법 시행령 별표1에서 닭의 마라당 사육시설면적 기준

구분	시설형태	면적	비고	
종계, 산란계	케이지	0.075m ² /마리		
	평사	9마리/m ²		
산란육성계	케이지	0.025m ² /마리	100일령까지 사육	
육계	무창계사	39 kg/m ²		
	개방계사	강제환기	36 kg/m ²	
		자연환기	33 kg/m ²	
	케이지	0.046m ² /마리		

[결과 요약]

본 연구에서는 실증시험을 할 농가가 현실적으로 확보하기 어려우므로 본 연구를 이해하고 설치를 원하는 농업인을 대상으로 콜로니 케이지를 이용한 다층 육계사를 신축하여 실험을 수행하고자 65천수 규모의 실증용 육계사를 추진 중이며 주변 주민으로부터 친환경 사육시설을 설득하여 동의를 받았으나 축산법 시행령 별표 1의 해석에 대하여 담당 공무원의 해석을 받지 못하여 축산정책과 등에 민원을 제기하기 위한 준비 중임.

[연구 주제] 다층 케이지 사육시설 스마트팜 등록

Registration of multi-level cage Broiler Cage System to SMART FARM Korea

[목표]

우리나라의 스마트팜 기자재는 빅데이터 확보를 위하여 농정원(농림수산식품교육문화정보원EPIS)에 등록하도록 되어 있으며 등록된 기자재만이 정부의 보급지원을 받을 수 있으므로 본 연구에서 개발된 제품을 등록하고자 함.

[결과 보고]

1. 스마트팜 확산사업 참여기업 등록증 발급받음

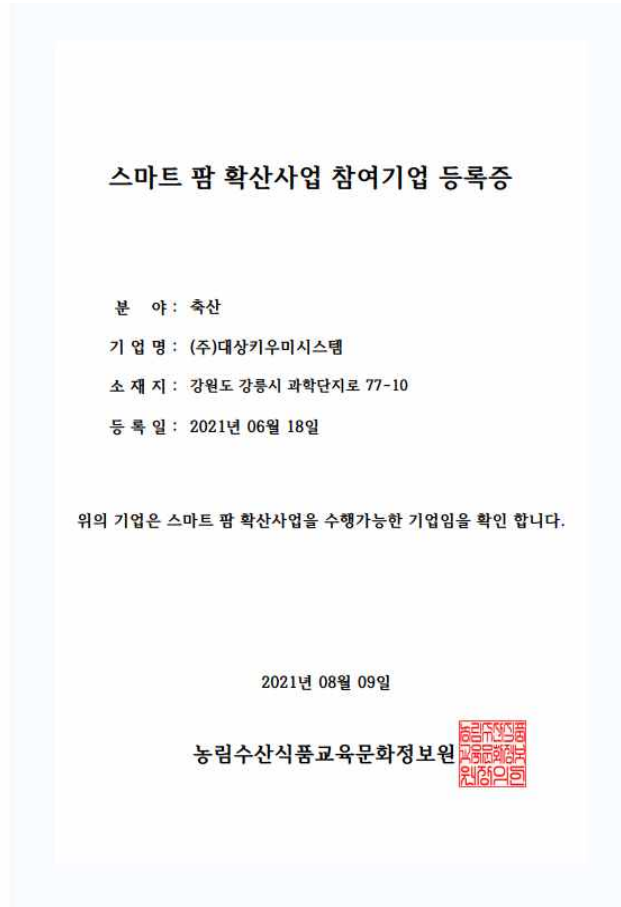


그림 225 (주)대상키우미시스템 스마트팜 확산사업 참여기업 등록증

주관기관인 대상키우미의 양계용 설비를 등록함으로써 2021년 6월 18일에 참여기업 등록증을 받음.

2. 농정원의 ICT 정보연계 확인서 발급

농정원에서 발급받은 제품은 클린다층육계사를 중심으로 공조기, 칠러냉동기, 콘트롤판넬, PLC판넬, 통합제어기(소프트웨어), 약취저감장치, 급이기, 급수기로 총 9종으로 구성됨.

농정원 ICT 정보연계 확인서

1. 분 야 : 축산(양계/오리)
2. 표준장치명 : 하기 표의 ICT장비 전체
3. 제 조 사 : (주)대상키우미시스템
4. 제 품 명 : 하기 표의 ICT장비 전체
5. 연계기술확인 모델의 종류

장치명	모델명	정보연계항목 및 방법
클린다층육계사	KUM-3000	클린다층육계사.육계사.육계사육/agent
공조기	KUM-AHU-20000	공조기.AHU/agent
칠리냉동기	KUM-PA100LHD	칠리냉동기.냉동기/agent
콘트롤판넬	KUM-CP-3000	콘트롤판넬.PLC판넬.제어판넬/agent
PLC판넬	KUM-PLC-3000	PLC판넬.콘트롤판넬.제어판넬/agent
통합제어기 (소프트웨어)	KUM-PR-3000	소프트웨어.프로그램/agent
악취저감장치	KUM-ZUNOOH06	악취저감장치.냄새장치/agent
급이기	roxell/haikoo	급이기/agent
급수기	lubing	급수기/agent

2021 년 8 월 9 일

대 표 자 : 김 홍 식

확 인 자 :



(직인)

농림수산식품교육문화정보원장 귀하

그림 226 (주)대상키우미시스템 농정원 ICT 정보연계 확인서

3. 방송통신기자재 적합등록 필증 발부 받음

국립전파연구원으로부터 본 연구에서 개발한 육계사 제어시스템의 적합필증을 교부받음 (전파법 제 58조의 2 제3항)

방송통신기자재등의 적합등록 필증 <i>Registration of Broadcasting and Communication Equipments</i>	
상호 또는 성명 <i>Trade Name or Registrant</i>	주식회사 대상키우미시스템
기자재명칭(제품명칭) <i>Equipment Name</i>	컨트롤러
기기부호/추가 기기부호 <i>Equipment code /Additional Equipment code</i>	REC3
기본모델명 <i>Basic Model Number</i>	KUM-3000
파생모델명 <i>Series Model Number</i>	KUM-70000, KUM-100000, KUM-60000
등록번호 <i>Registration No.</i>	R-R-K79-KUM-3000
제조사/제조국가 <i>Manufacturer/Country of Origin</i>	주식회사 대상키우미시스템 / 한국
등록연월일 <i>Date of Registration</i>	2021-08-11
기타 <i>Others</i>	
<p>위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다. It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.</p> <p style="text-align: right;">2021년(Year) 08월(Month) 11일(Day)</p> <p style="text-align: center;"> 국립전파연구원장  <i>Director General of National Radio Research Agency</i> </p> <p style="text-align: center; color: red; font-size: small;">※ 적합등록 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시" 를 부착하여 운용하여야 합니다. 귀반시 과태료 처분 및 등록이 취소될 수 있습니다.</p>	



그림 227 (주)대상키우미시스템 방송통신기자재등의 적합등록 필증

[결과 요약]

본 연구에서 개발한 육계사와 내부 환경조절 및 사양제어 장치가 국립전파연구원의 방송통신기자재 적합등록이 되고 농정원(농림수산식품교육문화정보원EPIS)에 9개의 기종에 대하여 정보연계확인서를 교부받고 스마트팜 확산사업 참여기업에 등록됨으로 인하여 4차년도(2022년)부터 사업화의 발판을 마련함.

[연구주제] 폐사 닭 자동 수거 시스템 개발

Development of Dead Chicken Removal System

[목표]

적은 노동력으로도 폐사 닭을 빠르게 수거하여 양계장의 위생을 청결하게 관리하고 육계의 스트레스를 감소하기 위한 폐사 닭 자동 수거 시스템을 개발하고자 함.

[결과보고]

- 폐사 닭 수거 로봇
- 로봇은 양계장 각종 상부의 레일을 따라 이동하는 형태이며 로봇 하부의 카메라를 통하여 양계장 내부를 관찰함.
- 딥러닝 알고리즘인 yolo를 활용하여 폐사 닭을 감지함. 추가적으로 적외선카메라와 3d depth 카메라를 활용한 융합센서를 활용하여 검출속도, 정확도를 확보함.
- 폐사 닭을 발견하면 로봇에 장착한 그리퍼를 이용하여 폐사 닭을 수거함. 수거한 닭은 컨테이너에 보관하며 컨테이너가 가득 차거나 작업이 끝난 후 양계장 끝에 설치된 대형 컨테이너로 이동함.

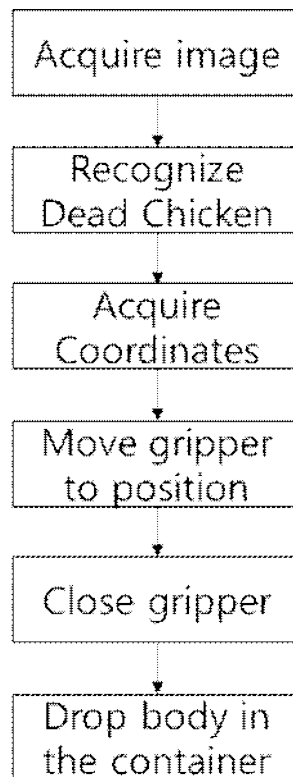


그림 23 폐사닭 수거 작업
플로우 차트

- 작업과 이동에는 전기모터를 사용하며 전력을 공급하기 위한 배터리를 탑재함.
- 양계장 구간마다 바코드를 설치하고 리더기로 바코드를 읽으며 자신의 위치를 파악함.
- 그 외에 다방면의 모니터링이 가능하게끔 카메라 외에도 다양한 센서를 설치함.

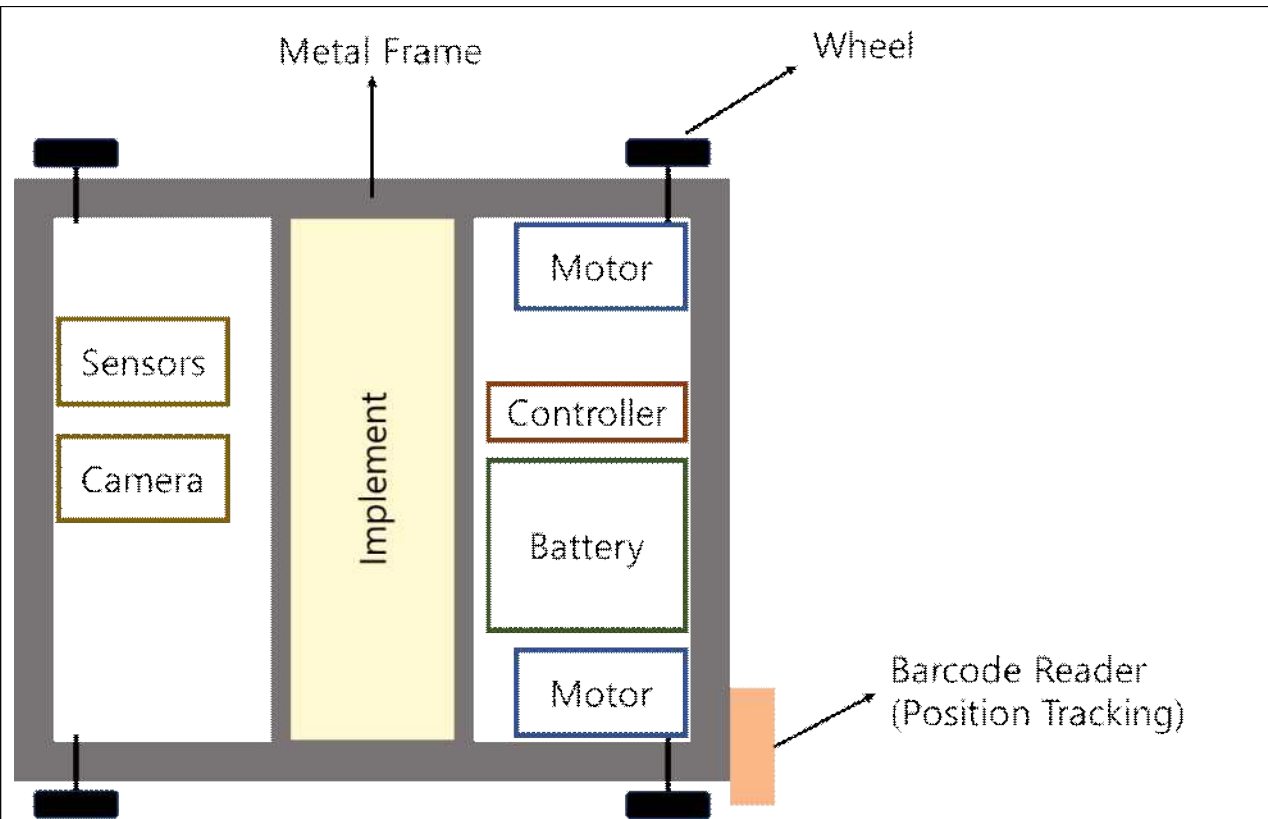


그림 24 폐사담 수거 로봇 개략도

- 그림 3. 과 같이 로봇의 하부에 크레인이 설치되며 중심을 기준으로 회전할 수 있고 그리퍼는 상하 전후로 움직일 수 있음. 크레인 후방에는 닭을 보관할 수 있는 컨테이너가 있음. 컨테이너가 다 차거나 작업이 끝난 후에 양계장 끝에 설치된 대형 컨테이너로 옮김

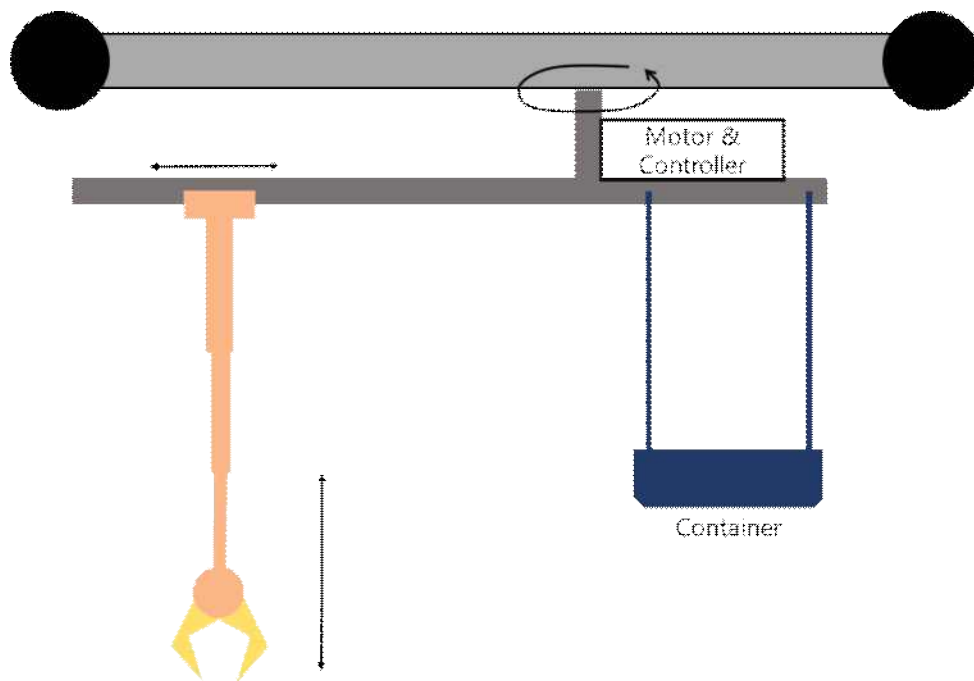
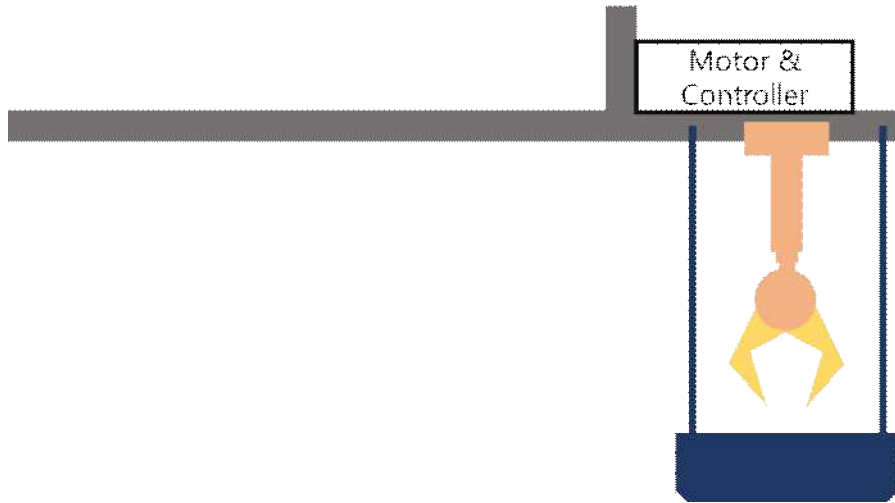


그림 25 로봇 측면 개략도 (a) 닭을 집기 위하여 작동할 때



(b) 닭을 스토리지에 옮길 때

• 레일과 이동형 엘리베이터

- 로봇은 양계사의 각층 상부에 설치 한 레일을 따라 따라 이동함. 지상형 로봇의 경우 급수기와 급이기 때문에 이동에 제약이 생기며, 닭의 무리를 헤쳐 나가야 함으로 이동속도에 제약이 있음. 또한 크기에 제한이 있어 작업의 효율이 떨어지고 카메라의 설치 높이도 낮아 상대적으로 폐사 닭의 발견에 불리함. 따라서 양계장의 상부를 이동하는 형식을 구상함. 이동에 닭 무리의 방해받지 않고 높은 위치에 카메라를 설치할 수 있으므로 넓은 시야각을 확보할 수 있음.
- 레일은 양계사의 기둥간격과 같은 2m 간격으로 배치. 각 층마다 설치함

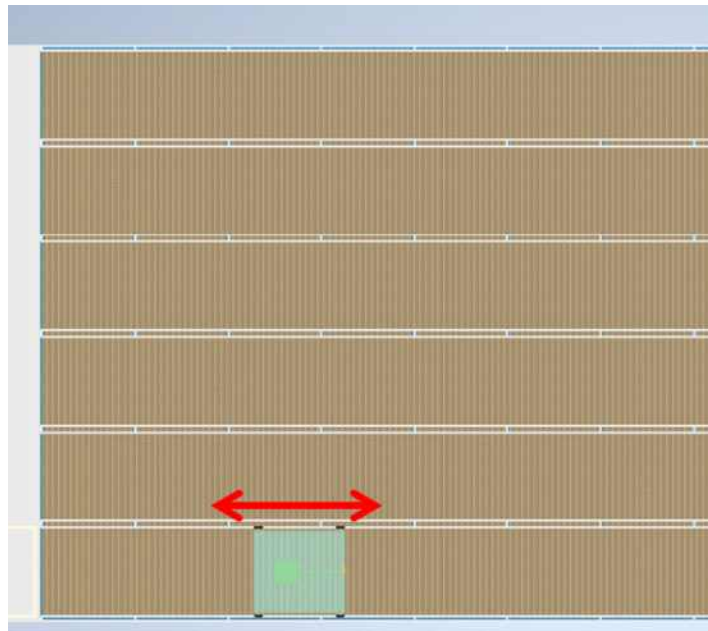
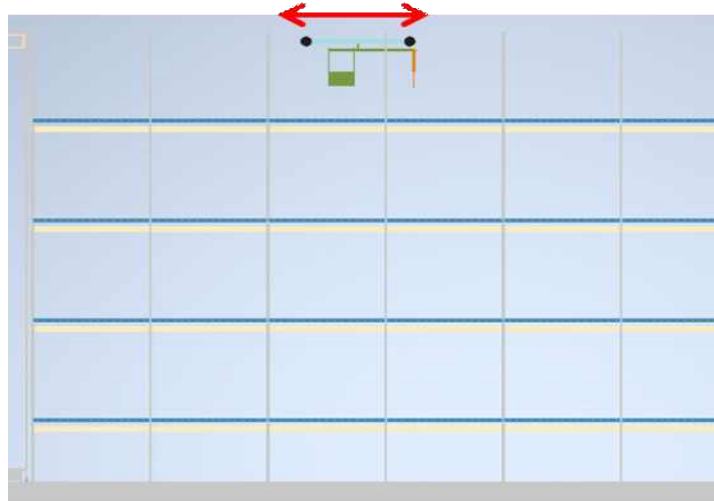


그림 26. 로봇이 양계장 내부를 이동하는 모습 (a)평면도



(b)측면도

- 한 레일에서 다른 레일로 이동하기 위해선 이동식 엘리베이터를 사용함. 엘리베이터는 레일의 한쪽 끝에 설치되며 상하로 움직일 수 있는 플랫폼이 있고, 좌우로 움직일 수 있음. 좌우로는 엘리베이터를 이동시켜서, 상하로는 플랫폼을 이동시켜 원하는 레일로 이동 가능.

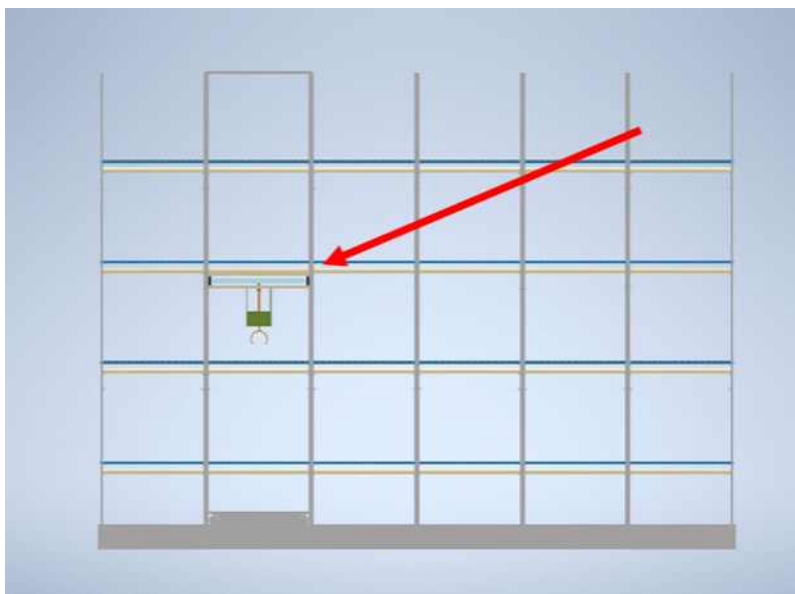
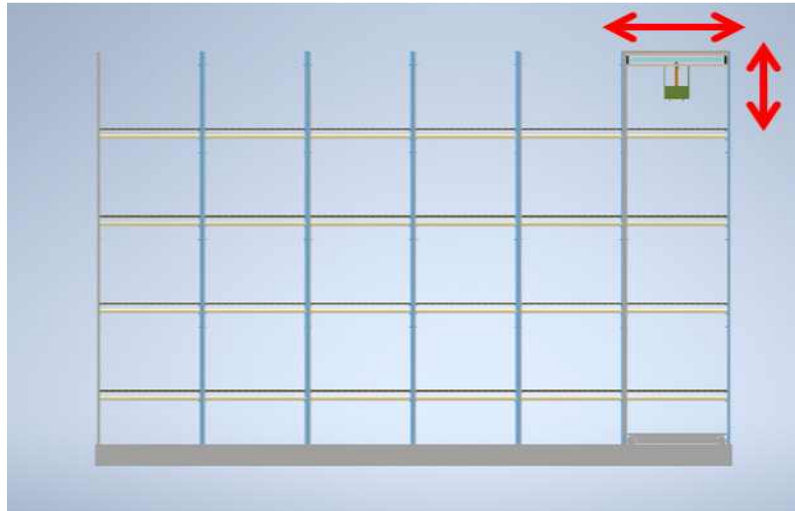


그림 27. 이동식 엘리베이터를 사용하여 층과 열을 바꾸는 모습

[결과 요약]

스마트 육계사에서 자동으로 폐사 닭을 발견하고 처리하여 내부 환경을 유지하기 위한 시스템의 구상이 이루어짐.

[연구주제] 계사 내 센서 모듈 이동장치

Portable device equipped with sensor module in the poultry house

[목표]

본 연구는 케이지형 육계사 내에 병아리의 생육상태 및 생육환경 데이터를 취득하기 위한 실험의 부분이다. 센서 모듈을 통해 육계사 내의 모든 밀실에서 데이터를 취득하기 위해 센서 모듈을 탑재하고 이동하여 최소한의 센서 모듈을 통해 모든 밀실에서 데이터를 취득할 수 있도록 운송역할을 하는 이동식 대차를 제작하는 실험이다.

[결과 보고]

연초 이동식 대차의 결함이 발생하여 수정하였고, 현재 밀실 내 운송장치가 이동할 수 있는 레일 설치를 완료 한 상태이다.

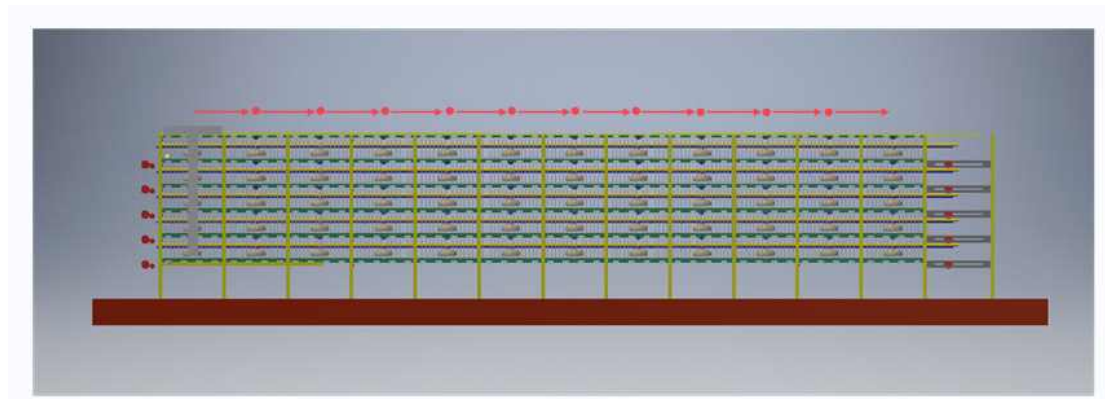


그림 28. Movement path of the mobile transportation device

센서 모듈을 탑재하고 케이지의 양 끝을 연속 이동한다. 다만 이동중 모든 밀실의 중간지점에서 2초간 데이터 취득을 위해 정차한다.

속도는 1m/s의 속도로 이동하며 운송장치의 무게는 대략 20kg정도 된다.

운송장치를 이동시키기 위해서 스텝모터를 사용하였고, 초기에는 업체에서 제공하는 모터 제어 프로그램을 이용하여 제어를 진행하였다.

그러나 연구를 진행에 있어 몇 가지 문제가 발생하였다.

업체에서 제공하는 제어 프로그램의 경우, PC가 연결되어야만 제어가 가능한데, 밀실 내 pc가 들어갈 수 있는 공간이 협소하였다.

초기에는 밀실 구석에 데이터 취득 기간동안 노트북을 비치하여 실험을 진행하고자 하였으나,

계사 내 발생하는 먼지, 습기 그리고 높은 온도로 인해 실험을 진행에 있어 무리가 있음을 판단하고 새로 구성하게 되었다.

따라서 업체에서 제공하는 프로그램이 아닌, 아두이노와 통신을 이용하여 원격제어를 진행하고자 하였다.



그림 29. Control programs provided by manufacturers

두가지 옵션을 설정하고 판단하였다.

첫 번째 옵션은 wifi 내장 아두이노를 사용하여 아두이노를 통해 작업과 통신을 모두 진행하는 방식이다. wifi250을 사용한 아두이노 오렌지 보드라는 제품이다.



그림 30. Arduino orange board

그리고 아두이노 프로토타입 실드를 같이 사용한다.



그림 31. Arduino prototype shield



그림 32. Arduino R3

두 번째 방안은 단순 이동을 시키는 방안이다. 이후 통신은 통신모듈을 따로 구입하여 연결하는 방식이다.

아두이노 uno R3제품을 사용하며, 마찬가지로 아두이노 프로토 타입 쉴드를 같이 사용한다.

[결과 요약]

본 연구에서는 첫 번째 방안을 통해 실험을 진행하였으며, 현재 계사 내 운송장치가 이동할 수 있는 레일 브라켓 제작 및 레일 설치 작업을 완료하였으며, 무게중심과 공기저항을 고려하여 운송장치의 형태를 설계 중이며, 무게를 감소시킬 수 있는 방안을 생각 중이다.

또한 운송 장치가 이동하기 위해서는 전력이 필요한데, 운송장치가 이동하며 전선이 꼬이는 현상이 발생할 수 있기 때문에 이 문제 역시 해결방안을 검토 중이다.

현재 해결방안으로 커튼형 전선이 구상 중이다.

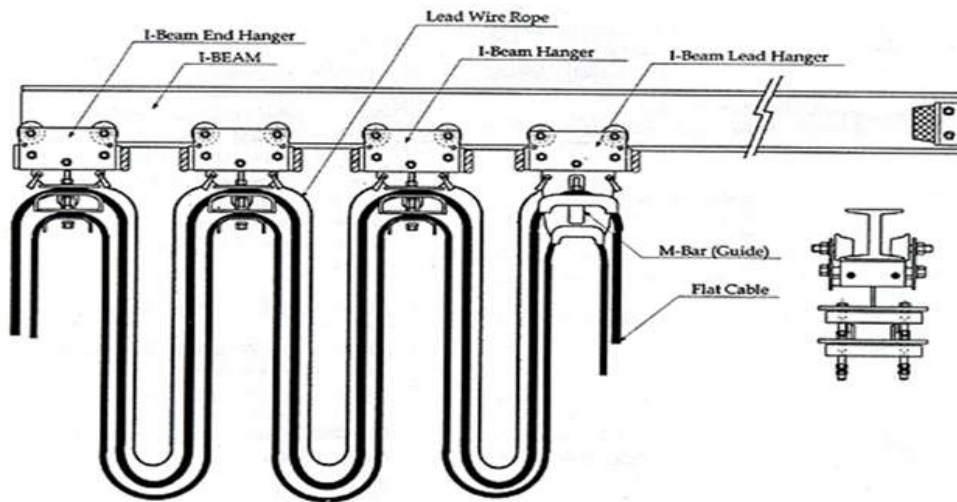


그림 33. The product to be used as a wire fastener is MAGIC HANGR

[연구 주제] 생체정보 수집 실증 및 평가

Demonstration and evaluation of biometric information collection

[목표]

육계 체중 예측 인공지능 모델 개발

[결과 보고]

• 준비 실험1 : 사전 환경 출장 조사를 통한 변화된 다층형 전체 구조 및 영상 촬영 환경 구축

○ 실험의 필요성

1. 케이지형과 다른, 변화된 다층평사형의 전체 구조 확인.
2. 안정된 내부 네트워크망 설치를 통한 사내 실시간 모니터링 환경 구축.
3. 변화된 구조에 따른 카메라 위치를 확인 및 설치를 통한 영상 출력 광각 조절이 필요하며 동시에 조도에 따른 영상 출력이 달라지므로 다른 광 환경에 따른 조도 변화 및 출력 영상 확인과 조절을 위해 조도 출력 및 수치 데이터 저장 및 연동이 가능하도록 BH1750 모듈의 성능 실험을 진행.
4. 실시간 영상 스트리밍 및 조도 데이터 확보.

○ 실험 재료

라즈베리 파이4 모델B 4GB, 라즈베리파이 카메라모듈 V2 (RPI 8MP CAMERA BOARD), 라즈베리 파이4 전용 7인치 LCD 터치스크린, 스크린 스탠드 SmartPi Touch 2 (SM-STV2), microSD 카드 32GB, 줄자, 공유기, 조도 센서(BH 1750), 조도측정기(TESTO 545)

○ 실험 내용

1. 변화된 다층평사형 전체 내·외부 구조 확인



그림 34. 다층평사형 외부 구조

그림 35. 다층평사형 내부 구조



그림 36. 내부 네트워크 설치

2. 안정된 내부 네트워크망 설치

공유기를 기업 내 랜선에 연결함과 동시에 라즈베리 파이에 동일 IP 조건에서 모바일을 통해 안정적으로 실시간 모니터링이 가능하도록 환경 구축.

3. 변화된 구조에 따른 카메라 위치 확인 및 설치 통한 광각과 조도 확인



그림 37. 라즈베리 파이에 설치된 조도 센서 및 카메라



그림 38. 다층평사형 내부에 설치된 라즈베리파이

조도 센싱 모듈인 BH 1750의 수치 신뢰성 확보를 위해 같은 공간에서 성능이 검증된 조도 측정기인 TESTO 545의 측정 결과와 비교함으로써 수치 차이 확인.

- ① 같은 장소에서 내부 최소 조명 및 문을 전부 폐쇄한 상태에서 TESTO 545와 BH 1750의 조도 수치 확인.
- ② 같은 장소에서 내부 최소 조명 및 문을 하나만 개방한 상태에서 TESTO 545와 BH 1750의 조도 수치 확인.

4. 모바일을 통한 실시간 스트리밍 확인 및 조도 데이터 확보

○ 실험 결과

1. 조도 비교 실험 TESTO 545 vs. BH 1750

문을 모두 폐쇄한 환경에서의 조도		문을 하나만 개방한 환경에서의 조도	
TESTO 545	BH 1750	TESTO 545	BH 1750
4 lux	0 lux	40 lux	36 lux



그림 39. 내부 최소 조명 및 문을 모두 폐쇄한 환경에서의 BH 1750 조도. (0 lux)



그림 40. 내부 최소 조명 및 1개의 문을 개방한 환경에서의 BH 1750 조도. (36 lux)

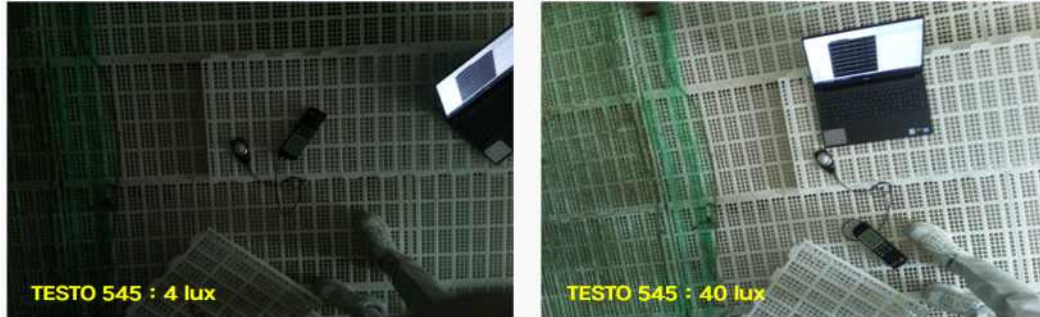


그림 241. (왼쪽) 문 모두 폐쇄한 환경에서의 TESTO 545 조도. (4 lux)
(오른쪽) 1개의 문을 개방한 환경에서의 TESTO 545 조도. (40 lux)

BH 1750과 TESTO 545의 성능 비교 실험 결과, 큰 차이를 보이지 않아 BH 1750 출력 조도를 통한 영상 촬영 조절의 가능성을 확인. 추후, 추가적인 다양한 광 환경에서의 측정 등 양질의 구체적 성능 실험이 필요함.

2. 모바일을 통한 내부 IP 접속 및 실시간 모니터링 및 영상 촬영 영역 확인

- 실제 양계사의 작업자 및 관리자가 양계사 내부 상황을 모니터링을 할 수 있도록 내부 네트워크를 이용해 모바일로 접속하여 확인할 수 있도록 카메라 및 시스템 설치를 완료하였음.
- 또한 천정에 탐부 카메라를 설치하여 확인할 수 있는 영역을 확인하였으며 설치 카메라 하나당 1600 mm x 1400 mm 의 영역을 확인할 수 있는 것을 확인하였음.

• 준비 실험2 : 체중 측정 위한 로드셀 제작 및 Calibration

○ 실험의 필요성

1. 영상으로만 육계의 체중을 예측하기 위해 육계의 일령별 이미지와 체중 데이터를 매칭시키는 학습 과정이 필요하며 이에 체중 데이터를 측정할 수 있는 로드셀이 필요하며 디지털 측정으로 calibration 작업이 필요.
2. 육계의 성장에 따른 체중과 크기 변화를 반영한 적합한 로드셀 크기 결정 필요.
3. 계사 내 계분과 분진을 방지하면서도 디지털 체중 측정이 가능한 로드셀 하우징 방안 필요.

○ 실험 재료

3선식 Half bridge 5kg T beam 로드셀, 3d 프린팅 판 (250 mm x 250 mm, 150 mm x 150 mm), HX711 로드셀 측정 24비트 AD 컨버터 모듈, 비닐 등 유연성 포장 재료, 정밀 분동 (1kg, 500g, 200g, 100g, 50g, 30g, 10g), 라즈베리 파이 모델B 4GB, 라즈베리 파이4 전용 7인치 LCD 터치스크린, 스크린 스탠드 SmartPi Touch 2 (SM-STV2), microSD 카드 32GB, 디지털 멀티 미터

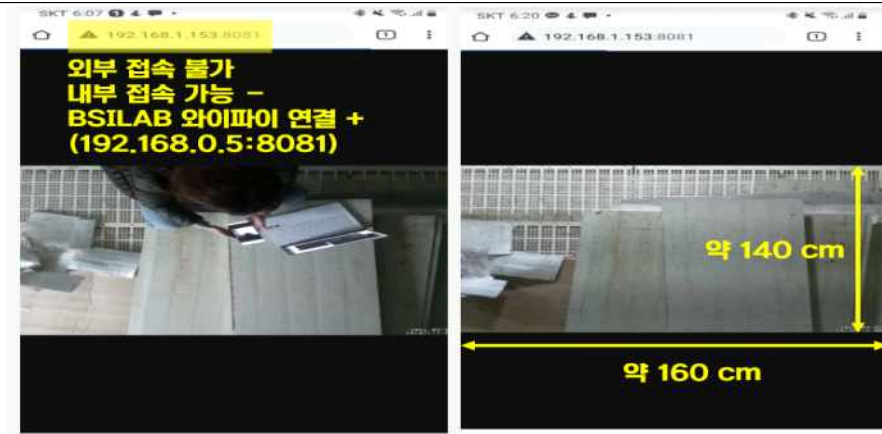


그림 242. (왼쪽) 모바일로 접속한 영상 모니터링 화면
(오른쪽) 영상에 노출되는 촬영 영역 (1600 mm x 1400 mm)

○ 실험 방법

1. 성체의 무게를 버틸 수 있으며 무게를 정확하게 측정하기 위해 단단하고 안정적인 ABS 소재로 3D 프린팅을 통해 250 mm x 250 mm 크기와 150 mm x 150 mm 크기의 판을 각각 제작함.
2. 로드셀의 3선(검정, 하양, 빨강) 중 두 선을 잡고 디지털 멀티 미터기로 저항을 측정했을 때, 약 1000 ohm이 측정될 때의 중복되는 선을 HX711에 아래 그림 12의 오른쪽과 같이 연결함.
3. HX711의 오른쪽 부분은 라즈베리 파이에 아래와 같이 연결함으로써 체중 측정 및 데이터 축적.

HX711	라즈베리 파이
VCC	pin 2
GND	pin 6
DT	pin 29 (GPIO 5)
SCK	pin 31 (GPIO 6)

4. 방진 및 체중 측정을 위해 유연성 있는 소재로 로드셀의 하우징을 진행. (이 경우, 박스 테이프와 클리어 파일의 비닐 속지를 선택)
5. 하우징된 로드셀 위에 여러 가지 분동을 이용해 로드셀의 calibration 진행.

○ 실험 결과

1. 로드셀 크기

: 1~5일령의 병아리 크기를 고려해 동시적인 병아리 로드 개체 수를 줄이기 위해 로드셀 크기를 250 mm x 250 mm 에서 150 mm x 150 mm 로 변경하기로 결정. 추후, 실증 실험에서 250 mm x 250 mm 도 함께 사용해 측정하며 최종 결정 예정.

2. 로드셀 하우징

: 테이프의 경우, 유연성이 클리어 파일의 비닐 속지보다 떨어져 체중 측정에 위아래를 향하는 로드셀 판의 움직임에 부정적인 영향을 주어 테이프가 아닌 유연성이 더 높은 클리어 파일의 비닐 속지로 하우징 결정.

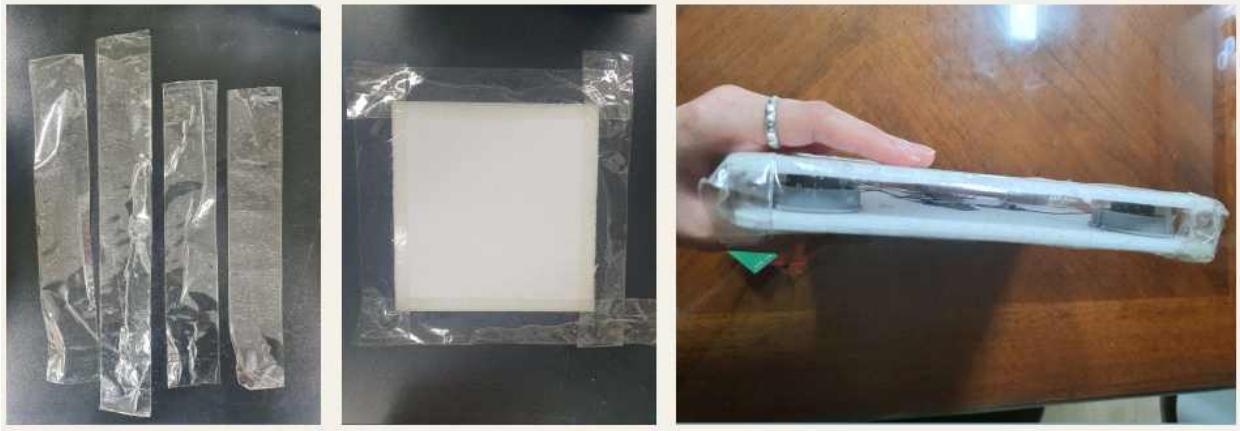


그림 243. 테이프와 같은 유연성 소재로 하우징함으로써 방진 및 체중 측정 용이.

3. 로드셀 작동 오류

: 로드셀 회로 제작 후, 작동시켰을 때 다양한 측정 시험 물체들의 모든 수치가 연속적으로 '0.0'으로 출력되어 비정상적인 작동 오류를 확인.

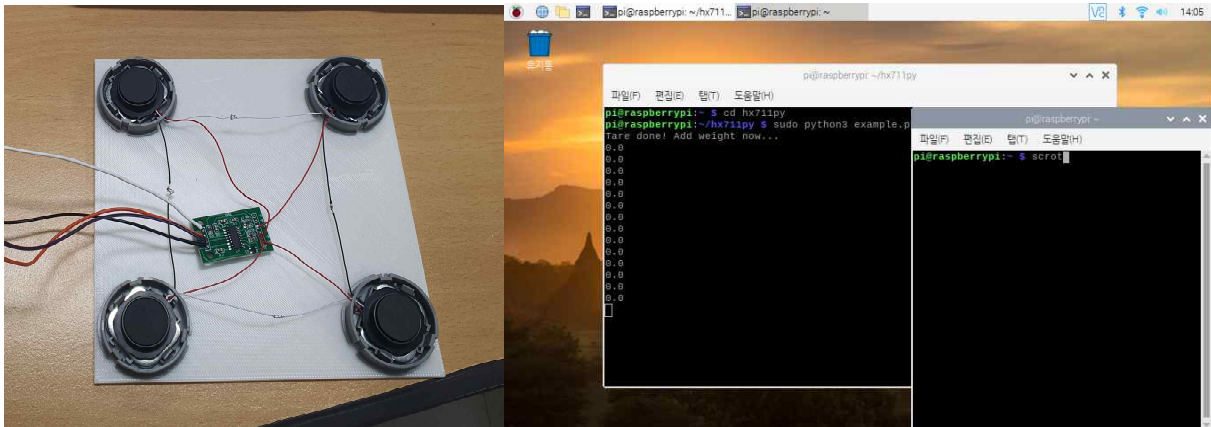


그림 244. 로드셀 3선 연결 오류로 인한 로드셀의 결과 수치 오류 발생 (연속적인 0.0 출력)

4. 로드셀 작동 오류 해결

: 보편적으로 3선 로드셀의 경우, 빨간선을 HX711에 연결하나, 다시 디지털 멀티 미터기로 저항을 측정했을 때 검은 선과 흰 선의 측정 수치는 998 ohm, 흰 선과 빨간 선을 측정할 때 996 ohm 이 측정되어 중복된 흰 선을 HX711에 연결하여 로드셀 3선을 재연결함으로써 오류를 수정함.

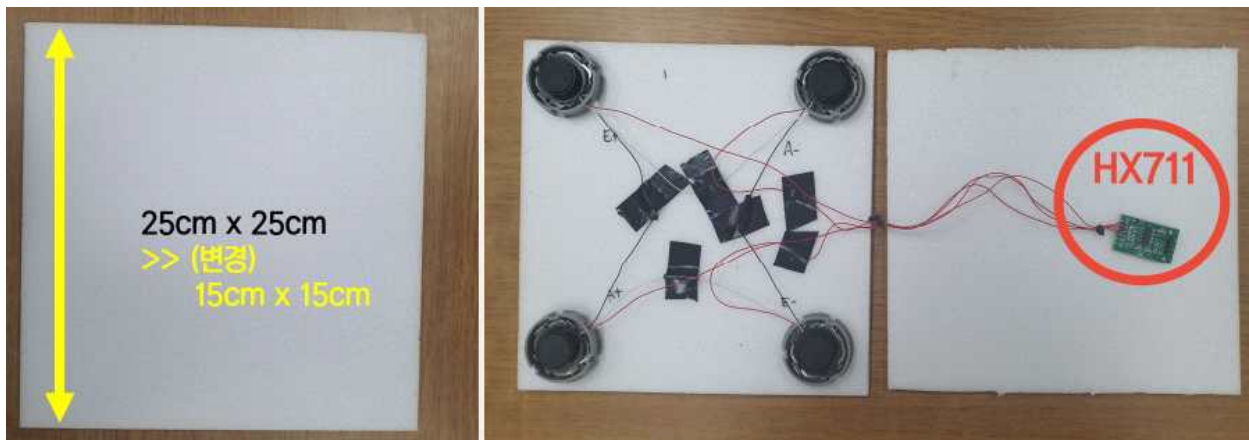


그림 245. 로드셀 크기 변경 및 로드셀 3선 정상 연결로 인한 오류 수정

5. 로드셀 Calibration 결과

- 2 kg, 500 g, 200 g, 100 g, 50 g의 분동을 이용하여 로드셀의 무게 측정 오차율을 2% 이내로 최소화함.

분동	로드셀	오차 및 오차율
2,000g	2,002g	2g, 0.1%
500g	504g	4g, 0.8%
200g	202g	2g, 1%
100g	102g	2g, 2%
50g	50g	0g, 0%



그림 246. 분동(100g) 및 로드셀 측정치(102g)



그림 247. 분동(200g) 및 로드셀 측정치(202g)



그림 248. 분동(2,000g) 및 로드셀 측정치(2,002g)



그림 249. 분동(50g) 및 로드셀 측정치(50g)



그림 250. 분동(500g) 및 로드셀 측정치(504g).

- 실증 실험1 : 케이지 내 실증실험용 로드셀과 RGB 카메라 설치 및 데이터 로깅
- 실험의 필요성

1. 실제 육계 환경에서 로드셀 및 RGB 카메라 작동 가능 여부 및 기타 조건 확인 필요.
 - 운동성을 가진 대상체의 영상 촬영 이미지 확보 가능 여부 및 품질 확인
 - 계분, 분진 등의 환경에서의 로드셀 및 라즈베리 파이 작동 안정성 및 지속성 확인
 - 로드셀에 대한 대상체의 반응 (로드셀 상으로의 이동 여부, 로드셀 상에서의 체류 시간 등) 확인
 - 로드셀의 적절한 크기 확인 (로드셀 상의 대상체의 최대 개체 수, 평균 개체 수 등 고려)
 - 로드셀 수치의 안정성 및 지속성 확인
 - 매분 RGB 카메라 자동 촬영 및 자동 저장 확인
 - 예기치 못한 기타 변수 확인
2. 효율적 데이터 수집을 위한 대상체의 움직임 패턴에 따른 로드셀 설치 위치 확인 필요.

○ 실험 재료

: 제작한 로드셀 3개 (3선식 Half bridge 5kg T beam 로드셀, 3d 프린팅 판 (250 mm x 250 mm (1개), 150 mm x 150 mm (2개)), HX711 로드셀 측정 24비트 AD 컨버터 모듈, 클리어 파일로 하우징), 라즈베리 파이 모델B 4GB (microSD 카드 32GB 삽입) 3개, 라즈베리파이 카메라모듈 V2 (RPI 8MP CAMERA BOARD) 3개, 라즈베리파이 고해상도 15.6인치 IPS LCD 모니터 1920×1080 1개, 양면테이프, 일반 체중계

○ 실험 방법

1. 양계 케이지 3층에 있는 조명이 달려 있는 통로의 반대편 위치에 그림 18과 같이 라즈베리 파이와 로드셀, 카메라를 각각 세 개씩 설치함.
2. 로드셀의 경우, 대상체의 움직임에 따라 흔들리거나 바닥으로부터 일시적으로 뜨는 현상이 생겨 Calibration의 기능을 잃기 때문에 로드셀을 바닥면에 양면테이프를 이용하여 단단하게 고정시키며, 고정시킨 상태에서 Calibration을 진행함.
3. Calibration을 위해 일반 체중계를 이용하여 대상체를 랜덤으로 선택하여 체중을 잰 후, 로드셀의 원점을 조정함.
4. 로드셀의 수치는 매초 측정되어 날짜(년도-월-일) 및 시간(시:분:초)과 함께 그램 단위로 자동 저장되도록 시스템을 설정함.
5. 카메라의 경우, 로드셀의 탐부를 확보하기 위해 로드셀 바로 위 천정에 부착하여 설치함.
6. 카메라는 매분 자동 촬영 및 640 x 480 크기로 '년도-월-일_시분초' (예: 2021-07-12_180901) 형태의 이름으로 자동 저장되도록 시스템을 설정함.
7. 설치일 기준, 30일 경과 후 시스템 수거 및 데이터 확인.



그림 251. 양계장 내 카메라, 라즈베리 파이, 로드셀 설치 위치

○ 실험 결과 및 고찰

1. 설치한 라즈베리파이 세 대(Rpi_01, Rpi_02, Rpi_03) 중 한 대 (Rpi_03) 전원 On 불가하여 최종적으로 '고장'으로 판정.
2. 양계사 내 작업자의 잦은 이동 및 전압 공급 불안정으로 라즈베리 파이 탈착 및 시스템 shut

down으로 Rpi_01, Rpi_02의 대부분의 데이터 소실.

3. 로드셀 수치가 전혀 소실되지 않은 Rpi_02의 데이터만을 선택하여 처리 및 분석 진행.

- Rpi_01의 데이터 수집 결과

이미지 데이터 수집		총 2,687장 2021-07-12, 15:23:01 ~ 2021-07-14, 12:06:01
로드셀 데이터	수집	2021-07-12, 15:24:00 ~ 2021-08-11, 14:46:36
	소실	2021-07-14, 19:24:25 ~ 2021-07-31, 00:38:27

- Rpi_02의 데이터 수집 결과

이미지 데이터 수집		총 3,548장 (One 773장, Plural 258장, Vacant 2,517장) 2021-07-12, 17:19:01 ~ 2021-07-15, 04:26:01
로드셀 데이터	수집	2021-07-12, 17:17:30 ~ 2021-08-11, 13:31:24
	소실	없음

3. 네트워크 설치의 제한적인 한계로 외부 IP를 쓰지 못해 지속적인 시스템 모니터링 불가로 시스템 가동 중단에 대한 빠른 대응이 불가하였음.
4. 차후 실증 실험에서는 네트워크 설치 또는 장기 출장을 이용한 on-the-spot 시스템 모니터링이 필수적으로 필요함.
5. 클리어 파일을 이용한 하우징을 사용하였을 때, 두 겹 이하의 클리어 파일은 로드셀이 외부로 노출되는 위험이 있었으므로 차후 실증 실험에서는 세 겹 이상의 클리어 파일로 하우징하는 것이 필요함.
6. 라즈베리 파이 설치를 할 때 양면 테이프가 아닌 철사 또는 나사로 단단히 고정할 필요가 있으며 작업자에게 유의사항을 알려야할 필요성이 있음.
7. 양계사 내 전원 공급의 안정성을 높이고 만일의 경우를 대비하여 로드셀이 재가동될 때 자동적으로 원점 calibration이 가능할 수 있도록 해야 함.

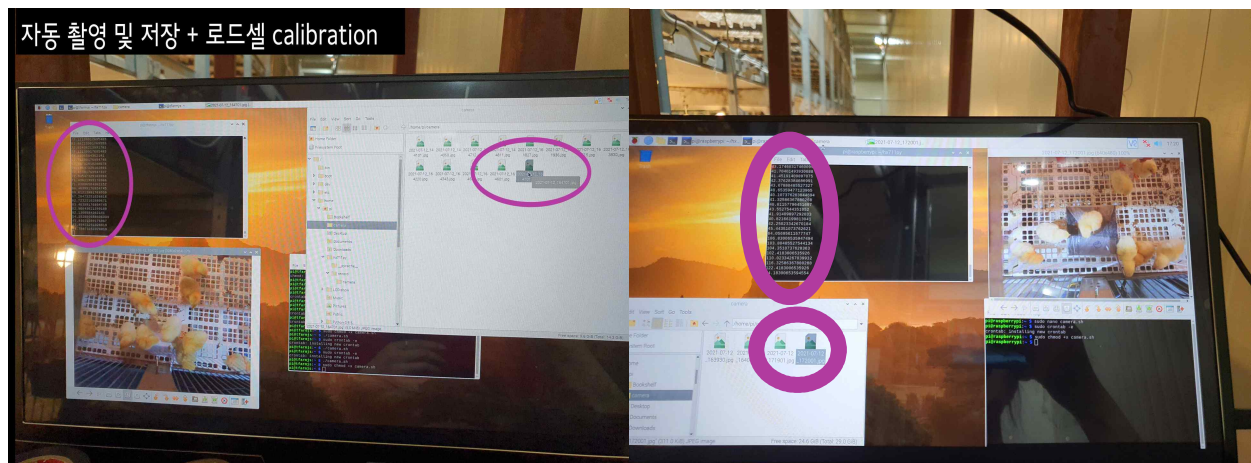


그림 252. 매분 사진 자동 촬영 및 저장, 매초 로드셀 수치 확인 및 자동 저장 확인

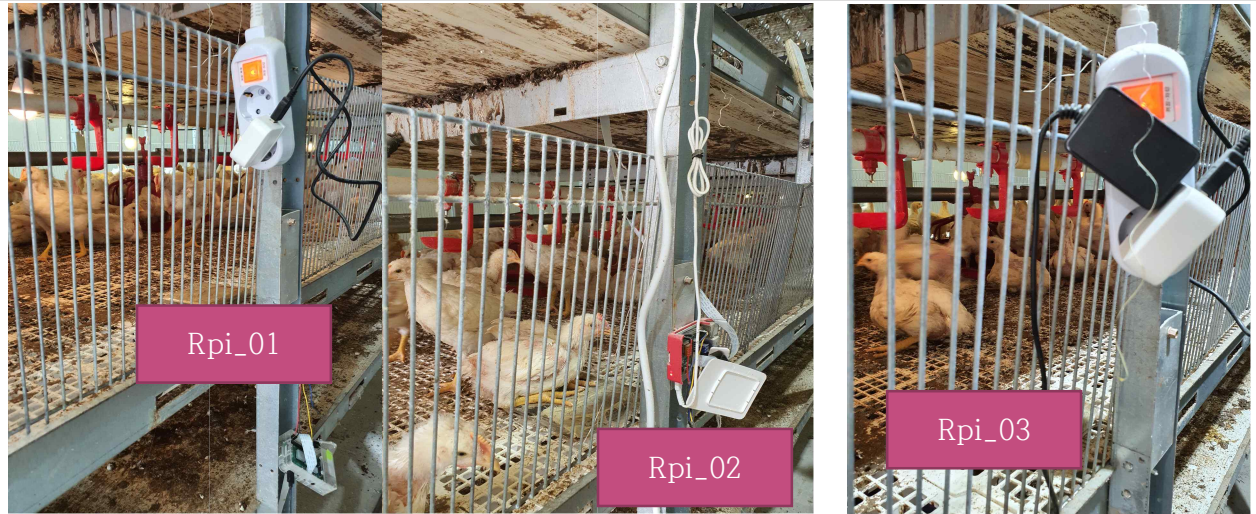


그림 253. 실제 현장 내 라즈베리 파이 설치 공간에 따른 지속 불안정 문제 발생

□ 실증 실험1-1 : 로드셀 및 RGB 카메라 통한 체중 및 육계 생육 이미지 수집 데이터 정리 및 분석

○ 실험의 필요성

1. 목적에 따른 효율적인 데이터 사용을 위한 data framing 작업 필요.
2. 로드셀을 이용한 디지털 체중 측정 및 영상 이미지 매칭 학습을 위해 육계 성장에 따른 변화하는 요인에 해당하는 촬영된 대상체의 이미지의 면적, 둘레, 장축, 단축 길이를 시간 순차적으로 추출해 데이터를 정리.
3. 1차 실증 실험 데이터 수집 및 분석 후, 추가적인 실증 실험에서의 데이터 수집 형태를 재점검 및 체계화함.
4. 모든 이미지 전처리와 전체 이미지 프로세싱 과정 및 이미지 분석 과정을 전부 자동화하는 알고리즘을 개발함으로써 차후 실증 실험에서 반복적인 사용성을 극대화하여 편의성과 실용성을 높임.

○ 실험 재료

: 1차 실증 실험에서 얻은 시간별 로드셀 수치 및 이미지 데이터

○ 실험 방법

1. 수집한 이미지 데이터는 효율적인 데이터 학습을 위해 전처리를 진행함.
 - 관심 영역 자르기(Cropping)를 통해 로드셀만을 중심으로 정보를 확인할 수 있도록 함.
 - 배경을 제거한 후, 이미지 이진화를 통해 노이즈 최소화하여 이미지 분석을 위한 관심 영역 및 대상체만을 확보하도록 함.
2. 이미지 분류는 로드셀 위의 존재하는 대상체의 개체 수를 기준으로 분류함.
 - 총 세 가지로 분류를 하며, 세부 기준은 그림 21과 같이 로드셀 위의 개체 수가 한 마리일 경우와 두 마리 이상일 경우, 그리고 한 마리도 없어 로드셀이 비어있는 경우로 분류함.
3. 이미지 처리 및 분석은 다음과 같은 순서로 진행함.
 - Python OpenCV의 Contour를 응용하여 전처리한 이미지로부터 대상체의 둘레, 면적, 장축, 단축, 각도 정보를 추출하여 데이터를 로드셀의 수치와 함께 엑셀로 정리함.

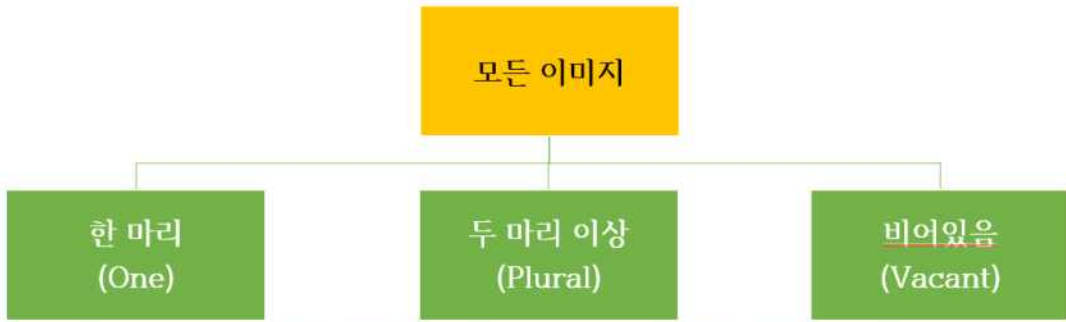


그림 254. 이미지 분류 및 분류 기준

• 실험 결과

1. 로드셀 위에 대상체가 두 마리 이상 올라갔다 내려온 후, 한 마리가 올라갔을 때 Calibration 이 유지되어 빠르게 기대치와 유사한 값을 보이며 원상 복구하는 것을 확인. (그림 22)
2. 대상체가 로드셀 위에 수초 이상 체류하며 쌓이는 계분이 대상체가 모두 내려와 로드셀 위의 공간이 비어있을 때 계분의 무게가 측정되는 것을 확인. (그림 22)
 >> 따라서, 독립적 계분 학습 필요 (체중 = 로드셀 수치 - 계분량)



그림 255. 병아리 3마리 이상의 수치에서 한 마리로의 변화에 따른 수치의 빠른 반응 확인

3. 로드셀의 무게 수치 출력이 불안정하여 1분에 두 가지 다른 수치가 기록이 되는 경우가 발생하여 두 값의 평균을 구하거나 해당 값을 삭제하는 데이터 전처리 방법을 고려.
4. 로드셀이 Calibration을 통해 설정한 원점 조정 기능을 잃고 비정상적인 음수 값을 며칠 이상을 출력하다 갑자기 알 수 없는 원인으로 정상적인 수치를 출력하는 패턴을 반복적으로 보임. 이에 로드셀의 작동 환경에 대한 지속적인 모니터링이 필요함. (그림 23)



그림 256. 1차 실증 실험용 로드셀의 문제점
(불규칙적으로 반복적인 비정상적 음수 수치 출력 및 자동 원상 복구의 반복)

5. 데이터 전처리 작업을 축소하기 위해 로드셀 위에 대상체가 올라가는 순간에만 이미지 촬영이 자동적으로 진행될 수 있도록 프로그램 개선이 필요함.
6. 1차 실증 실험에서 얻은 데이터로 Supervised learning 채택 및 육안 판별 데이터 선별 기반의 1차 알고리즘을 개발하여 2차 실증 실험에 적용하고자 함.
7. 처음에는 이미지 프로세싱에 있어 깔끔한 배경 제거를 위해 Python OpenCV의 GrabCut 알고리즘을 이용하였으나(그림 24) 천 단위가 넘는 이미지 개수에 적합하지 않아 처음에는 완벽하게 배경이 제거되지 않아도 (노이즈가 존재하여도) 개체를 배경으로부터 분리해 낼 수 있는 자동화 알고리즘을 적용해 학습시키기로 결정함.
8. 배경을 제거한 이미지로부터 촬영 대상체의 속성(면적, 둘레, 장축, 단축, 각도 등)을 분석하여 저장하는 자동화 알고리즘을 적용하고자 함.
9. 하나의 엑셀 파일에 날짜, 시간, 이진화 이미지 파일명, 로드셀수치(무게), 면적, 둘레, 장축, 단축을 변수로 데이터가 자동 저장되어 데이터 학습 전 데이터 프레임िंग을 완료하고자 함.
단, 대상체의 속성은 로드셀 위에 한 마리만 올라갔을 경우 진행.

	날짜	시간	이미지 파일명			로드셀 수치	면적	둘레	장축	단축	각도
			One	Plural	Vacant						
예시	2021 0712	19: 44		2021-07 -12_194 401		100.8 2					
	2021 0712	19: 48			2021-07 -12_194 801	14.1					
	2021 0712	21: 02	2021-07 -12_210 201			40.86	5699	326. 73	63.3 4	117. 91	110. 21



그림 257. 이미지 프로세싱 (원본, 관심 영역 자르기, 배경 제거, 이미지 이진화, 둘레 등 측정 이미지)

```
dict_items([('m00', 5699.0), ('m10', 330046.83333333333), ('m01', 670851.0), ('m20', 23714560.66666666664), ('m11', 39893355.5), ('m02', 80724748.166666666), ('m30', 1900086248.95), ('m21', 2900694590.75), ('m12', 4915986625.65), ('m03', 9917508627.5), ('mu20', 4600520.976657696), ('mu11', 1042285.4546411633), ('mu02', 1756321.3898636997), ('mu30', -6158778.595788479), ('mu21', -11560676.009329677), ('mu12', -4417652.837822169), ('mu03', 1604441.8921031952), ('nu20', 0.1416477568309576), ('nu11', 0.032091451680482275), ('nu02', 0.05407626362550837), ('nu30', -0.002511874570767032), ('nu21', -0.004715053096496966), ('nu12', -0.0018017517033962606), ('nu03', 0.0006543759815953242)])

extend: 0.6882850241545894

Area: 5699.0 , Perimeter: 326.73506224155426

MajorAxis, MinorAxis, Angle : (63.34322738647461, 117.91629791259766) 110.21186065673828
```

그림 258. 촬영 대상체의 속성(면적, 둘레, 장축, 단축, 각도 등) 출력

[연구 주제] CFD 열유동 해석을 통한 다층 육계사 구조 개선안 연구

A Study on the Improvement of the Structure of Multi-layered Broiler House via Thermal Flow Analysis of CFD

[목표]

밀폐형 육계사 내부의 온도 편차를 줄이기 위하여 CFD 시뮬레이션을 활용해 환기량 및 온도, 환기구 위치 등에 따른 결과를 비교 분석하여 요인에 따른 영향을 파악하고 최적의 설계안을 도출함

[결과 보고]

□ 평사형 다층 육계사의 측면 공기 유입 조건 해석

- 육계사의 대형화를 위하여 평사형 육계사에 대한 설계를 진행하고 공기 유동 해석을 수행함
- 측면의 공기 유입구를 통해 냉난방 및 환기를 위한 공기를 공급하는 방식을 첫 번째 방식으로 선정하여 공기 흐름 및 냉난방 효율을 파악함
- 공기 유입구 반대편 천장에 환기구를 배치하여 순환이 이루어지도록 하며 층별 공기 유동은 벽면 틈새로 주로 이루어지므로 환기구측 틈새의 간격에 대해서 분석하도록 하였음

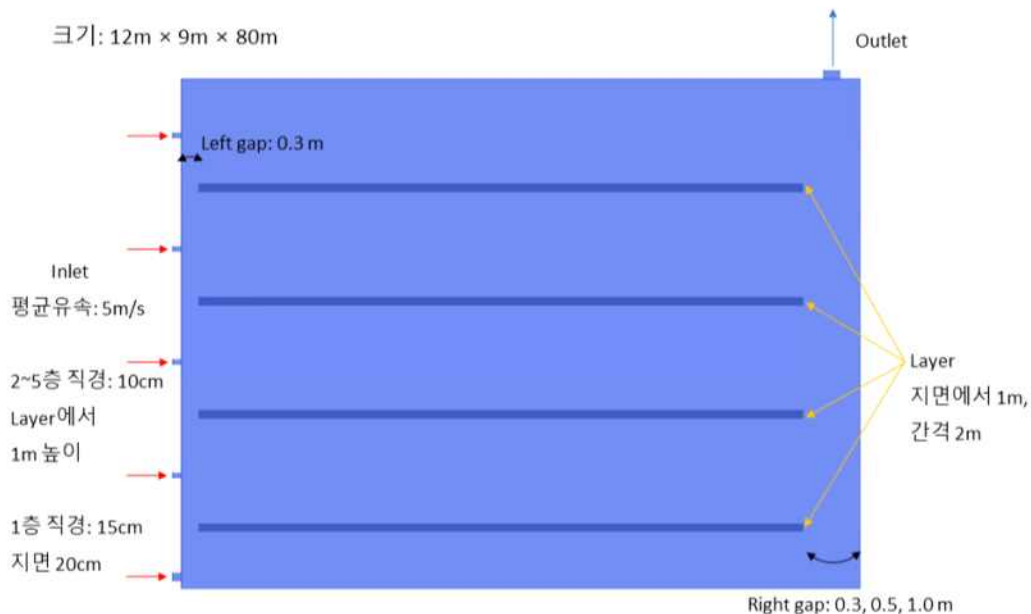


그림 259 측면 공기 유입 방식의 평사형 육계사 모델

- 여름철 난방 조건은 벽면이 40°C로 햇빛에 의해 데워진 벽면의 환경을 구현하였으며 바닥은 15°C로 온도가 유지되도록 하였음
- 육계 초기 상대적으로 높은 온도가 필요한 경우에는 여름철에도 난방이 필요할 수 있으므로 40°C의 공기로 난방하는 상황을 해석하였음
- 공기는 전층의 좌측 유입구로 5 m/s의 유속으로 공급되도록 하였음
- 공급된 공기의 진행 모습을 볼 수 있는 속도 분포를 우측 간격에 따라 비교할 수 있으며 빠른 공기가 우측으로 전달되기는 하나 우측에서의 흐름은 빠르지 않은 것으로 나타남
- 온도분포를 비교하면 우측 간격이 클수록 우측 하단의 온도가 낮게 나타나 바닥의 찬 공기가 더 잘 퍼지는 것으로 볼 수 있음

여름철 난방 조건

벽체온도: 벽면 40°C, 바닥 15°C

유입 공기: 5m/s, 40°C

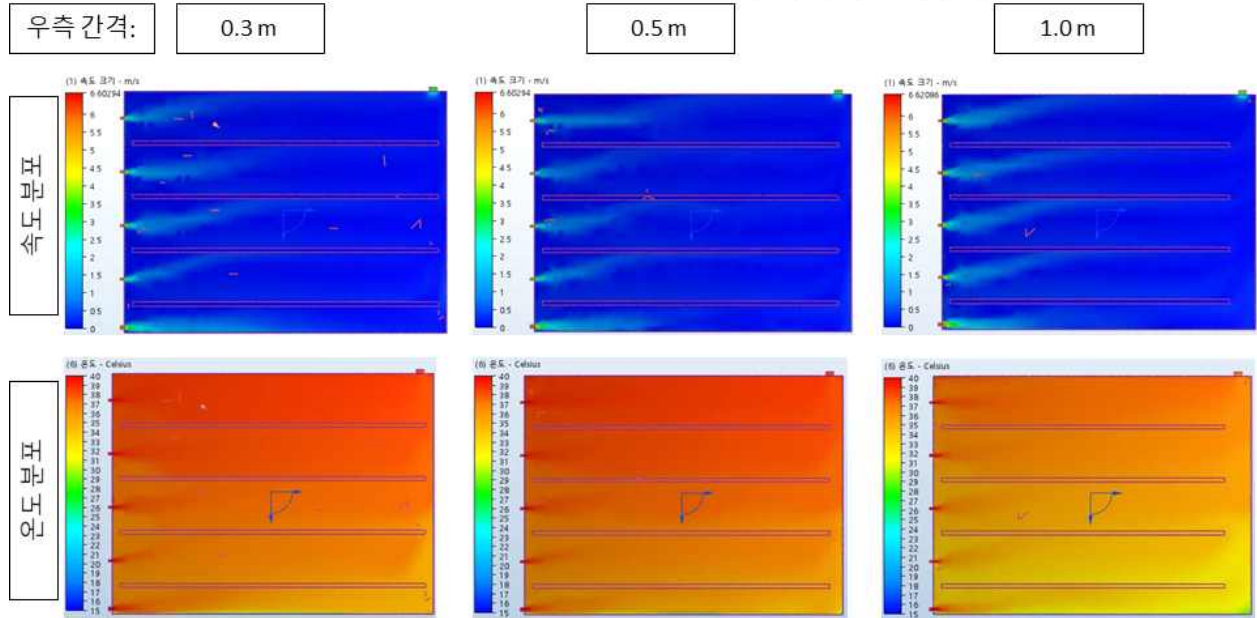


그림 260 여름철 난방 조건에서의 우측 간격에 따른 속도, 온도 분포 비교

- 여름철 냉방 조건은 벽면 및 바닥의 조건은 동일하며 유입 공기의 온도를 20°C로 낮추었음
- 속도 분포에 따른 공기 흐름은 큰 차이가 없었으며 온도 분포에서는 우측 간격에 따른 차이가 보임
- 우측 간격이 넓을수록 전체적인 온도가 더 낮게 보이며 냉방에 더욱 효과적인 것으로 고려됨
- 다만, 아래쪽에 찬 공기가 정체되어 있어 높이에 따른 온도 편차가 확연하게 나타남

여름철 냉방 조건

벽체온도: 벽면 40°C, 바닥 15°C

유입 공기: 5m/s, 20°C

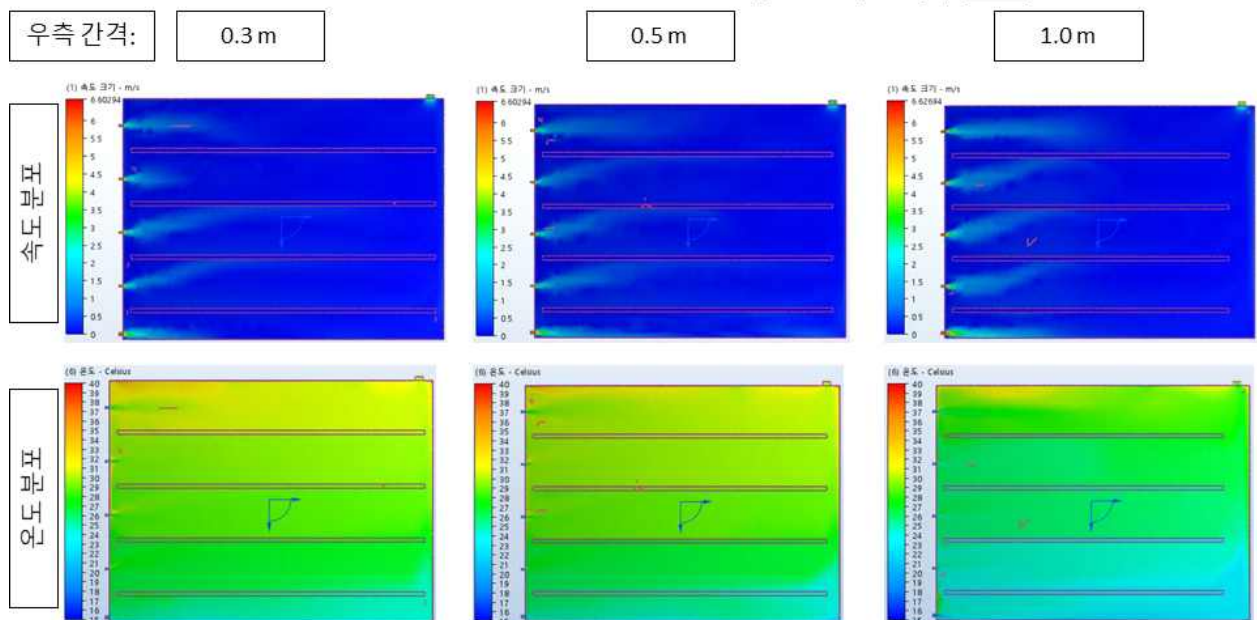


그림 261 여름철 냉방 조건에서의 우측 간격에 따른 속도, 온도 분포 비교

- 겨울철에는 벽면의 온도가 10°C, 바닥의 온도는 5°C로 낮아지는 조건으로 해석되었음
- 차가운 환경에서 난방을 하기 위해서 40°C의 온도를 공급하도록 하였음
- 공기 속도 흐름이 다소 차이가 났으며 우측 틈새가 넓은 경우 상승하는 공기의 흐름이 빠른 것으로 확인됨

- 온도 분포는 제일 위층을 제외하고 전체적으로 따뜻하게 유지되는 것으로 보였음

겨울철 난방 조건

벽체온도: 벽면 10 °C, 바닥 5 °C

유입 공기: 5m/s, 40 °C

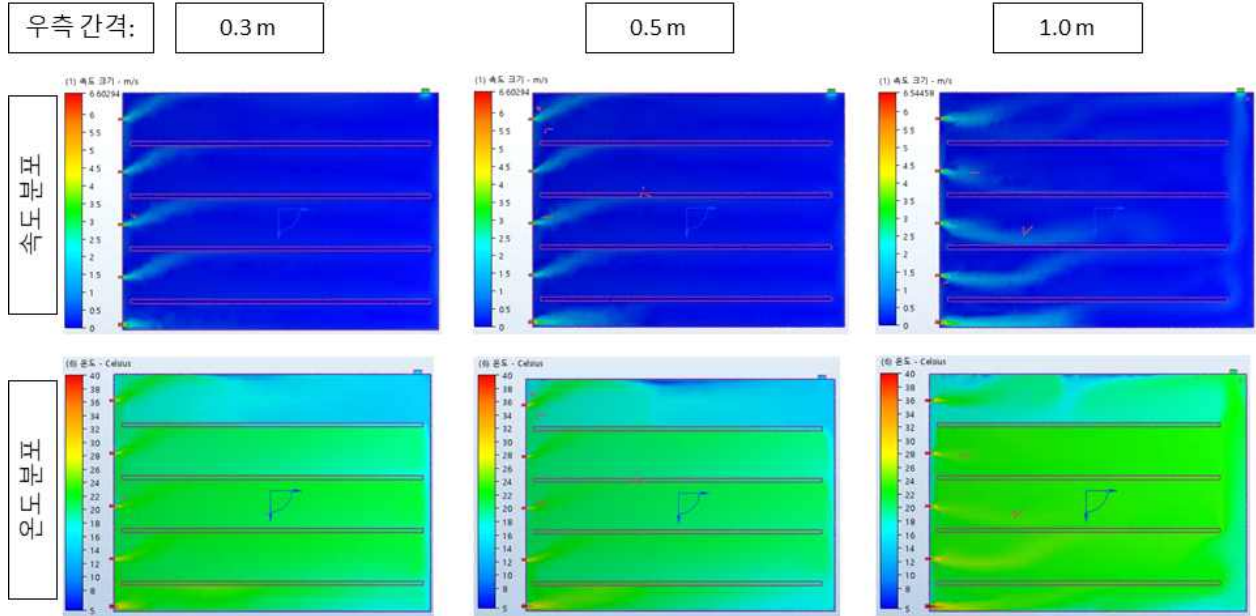


그림 262 겨울철 난방 조건에서의 우측 간격에 따른 속도, 온도 분포 비교

- 지금까지 해석한 여름철 냉, 난방 조건과 겨울철 난방 조건의 온도 분포 결과를 그래프로 나타내도록 하였음
- 육
 - 계사의 중심부 온도 값이며 높이에 따라 변화하는 온도를 우측 간격 별로 비교할 수 있도록 하였음
 - 여름철 난방하는 조건에서는 따뜻하게 유지되는 것을 확인할 수 있으며 우측 간격이 넓은 경우에는 2, 3도 정도 낮게 나타났고 온도 분포는 위로 갈수록 조금씩 따뜻해지는 경향이 나타났음
 - 여름철에 냉방을 하는 경우에는 대략 25~30도의 온도를 유지하는 것으로 나타났으며 우측 간격이 넓을 때 더 시원하게 나타났고 온도 분포는 위와 유사하게 아래쪽이 더 시원한 것으로 보였음
 - 겨울철 난방 조건에서는 가장 윗층을 제외하고는 온도가 비슷한 것으로 나타났고 우측 간격이 넓은 경우 난방이 더 잘 되는 것으로 볼 수 있었음
 - 간격이 1.0 m로 넓은 경우 온도 분포의 차이가 확연히 나타났으며 여름철 냉방과 겨울철 난방의 효율이 좋은 것으로 파악되었음

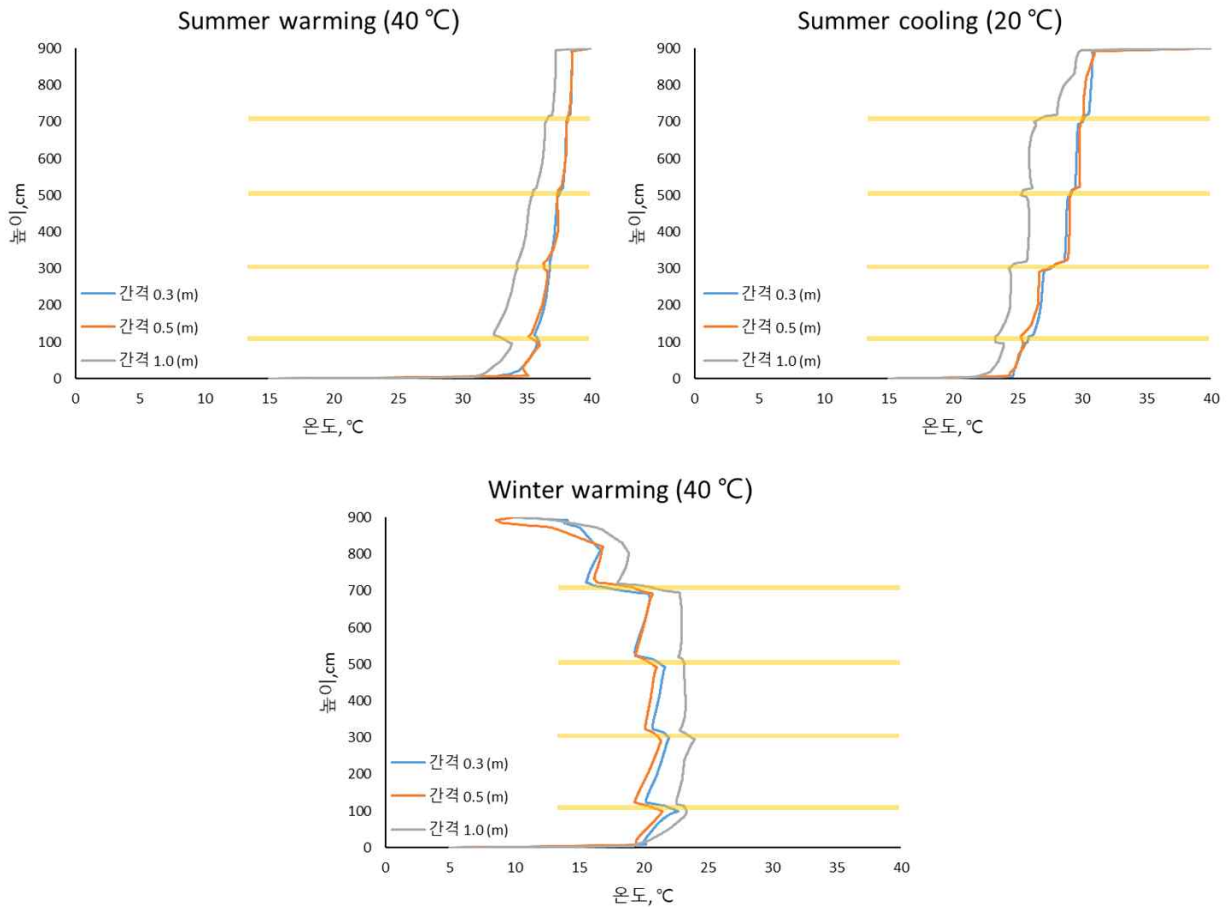


그림 263 여름철 난방, 여름철 냉방, 겨울철 난방 조건에서 우측 간격 별 높이에 따른 온도 변화

- 다층형 육계사 내부의 공기 흐름의 경로를 파악하기 위한 방법으로 입자 추적 방식을 통해 유선을 나타내도록 하였음
- 공기 유입이 이루어지는 유입구에 입자 시드를 설정하여 그 위치에서 시작된 공기가 흐르는 경로와 어디로 빠져나가는지까지 파악할 수 있음
- 시드가 많을수록 다양한 경로를 파악할 수 있으나 대략적인 흐름을 파악하기 위해 원형 입구 내에 21 개의 시드를 설정하고 각 시드의 체류시간을 파악하였음

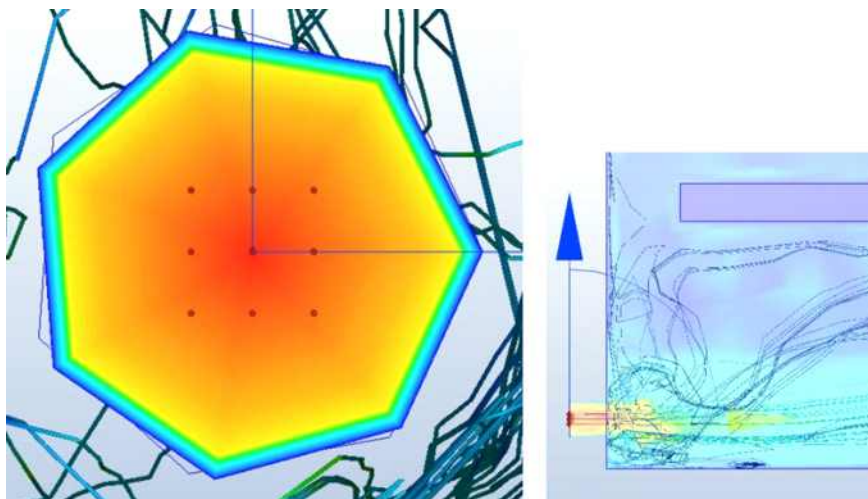


그림 264 공기 흐름 분석을 위한 입자 추적 설정

- 공기 흐름을 보면 1층 유입에서는 벽면을 타고 흐르는 것으로 관찰되었으며 1&3층 유입에서는 벽면

을 타고 흐르며 일부 3층으로 순환하기도 하였음

- 전층 유입의 경우에는 1층으로 유입된 공기가 맴돌다가 다른 층을 순환하지 않고 바로 토출구로 나가는 것으로 확인되었음

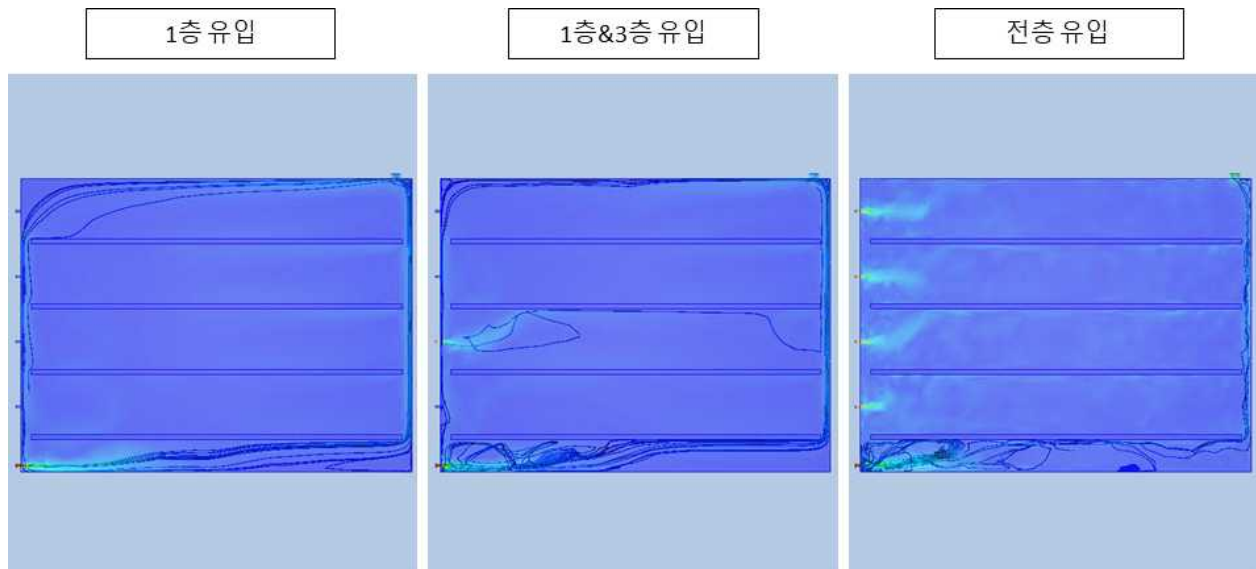


그림 265 공기 유입 방식에 따른 공기 입자 경로

- 층별 공기 유입 및 우측 간격에 따라 체류시간을 비교하도록 하였음
- 일부 시드의 공기는 내부에 정체되어 체류시간을 측정할 수 없는 경우도 있음
- 체류시간의 경향성이 뚜렷하게 나타나지는 않았으나 빠르게 빠져나가는 공기도 있고 일부 틈새가 좁은 경우 상당히 오래 정체되었다가 빠져나가는 경우도 있는 것으로 보였음

우측 간격	0.3 m			0.5 m			1.0 m		
유입층	1층	1&3층	전층	1층	1&3층	전층	1층	1&3층	전층
체류시간(s)		51948	18200	1650			764	31.8	35.145
	507	101.91	154	37.1	123	379	555	31.9	36.182
		97.756	1660	33.1	487	146	538	1150	
	905	637.35					161	31.2	34.932
	1270	956.37	493	197	123	203	414	31.9	35.655
	45.6	78.677	18.5	35.3	175	240	383	276	227.23
	151	213.71	16200	31.7	146	792	1060	753	38.798
	117	209.17	89.6	114	34.1	2960	34.7	1720	
	357	197.55	6.64	1600	33.4	39.8	223	31.6	34.162
	44.1	634.81	203	242	121	335	1010	1010	40.014
	46.6	544.32	160	31.8	118	57.1	47.3	218	38.546
	1040	324.15	590	116	34.2	117	38.2	1280	37.062
	965	447.72	56.7	203	34.3	200	35.8	2050	409.51
	41.8	48.102					424	2320	34.427
	44	47.35	463	31.1	33.7	2150	875	126	36.228
	45.5	198.16	2100	31.1	33.9		41	126	37.069
	3710	47.073	87.8	31.6	33.5	41.7	38.6	411	36.148
	3120	56.499	124	1080	1050	45.7	34.3	34.8	37.074
	45.7				33.2	40.6	876	1280	34.18
	47	51.14	268	31.2	33.2	40.2	1010	1340	34.876
48		165		130	46	884	35.8	35.642	
최소	41.8	47.073	6.64	31.1	33.2	39.8	34.3	31.2	34.162
최대	3710	51948	18200	1650	1050	2960	1060	2320	409.51
평균	660.5421	2991.569	2279.958	323.2941	154.25	460.7706	449.8524	680.4286	65.94105

그림 266 공기 입자의 체류시간 비교표

- 층별로 입자 시드를 설정하여 환기 정도를 비교하고자 하였음
- 2층과 3층의 공기 중 일부는 오랜 시간 내부에 머물러 환기에 다소 방해가 있는 것으로 보임
- 1층의 공기가 빠르게 배출되며 우측 간격이 넓어서 다른 층을 거치지 않고 바로 환기되는 것으로 해석됨
- 4층과 5층의 공기는 토출구와 가깝지만 바로 빠져나가지 않고 내부를 순환하고 빠져나가 체류시간이 1층에 비해 높게 나타났으며 해당 층의 전체적인 환기가 이루어질 것으로 예상됨

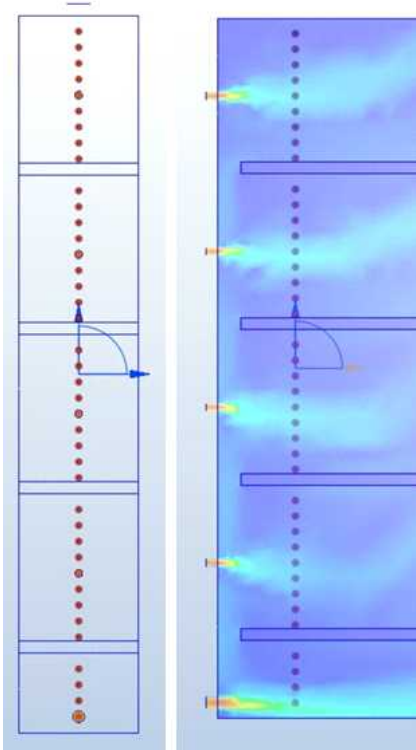


그림 267 층별 입자 추적 분석

우측 간격	1.0 m				
유입층	전층				
체류시간(s)	1층 시드	2층 시드	3층 시드	4층 시드	5층 시드
	910.82	1467.4	1451.8	808.94	6323.4
	1198.9	20871	1726.9	1799.7	1129
	1070	2414700	1287.4	1387.5	2276.3
	37.166	699.68	1406.3	1742.1	1462
		2261.2	33055	921.91	228.18
		391540	8941.2	2087.6	452.62
		1544.9	1283.7	518.81	652.64
		196.09	21806	5409.4	1200.5
		1234.7	3475300	1306.3	987.64
최소	37.166	196.09	1283.7	518.81	228.18
	37.166				
최대	1198.9	2414700	3475300	5409.4	6323.4
	3475300				
평균	804.2215	314946.1	394028.7	1775.807	1634.698
	160367.1				

그림 268 층별 입자의 체류시간 비교표

- 다층형 육계사의 천장 구조 변경을 반영하여 평지붕 형태에서 박공지붕 형태로 수정하였으며 토출구의 위치를 조정하도록 하였음
- 구조의 영향을 파악하기 위해 토출구의 위치를 천장의 좌측, 중앙, 우측로 설정하였고 공기 유입은 1층으로만 하여 공기 유동을 분석하도록 함
- 우측의 간격은 원활한 공기 유동을 위해 1.0 m로 하였으며 5층의 공기가 바로 배출되지 않도록 하나의 층이 추가된 형태로 조정되었음
- 하절기 냉방 및 동절기 난방의 조건으로 해석하도록 하였으며 온도 설정 조건은 이전과 동일함

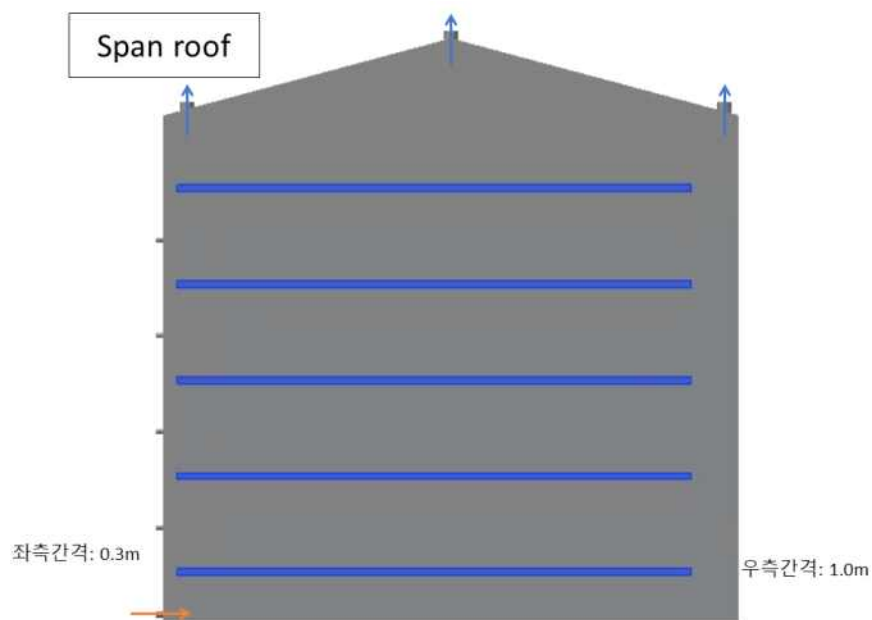


그림 269 박공지붕 형태의 다층형 육계사 해석 모델

- 토출구가 좌측이나 우측인 경우 천장 중심부에 더운 공기가 정체되기는 하나 내부 유지에 큰 영향은

없음

- 그래프로 구체적인 온도를 알 수 있으며 토출구가 좌측인 경우에는 상부의 온도가 다소 높은 듯 하며 이외에는 22도 내외로 비슷한 온도를 유지하는 것으로 파악되었음

Span roof 하절기 냉방

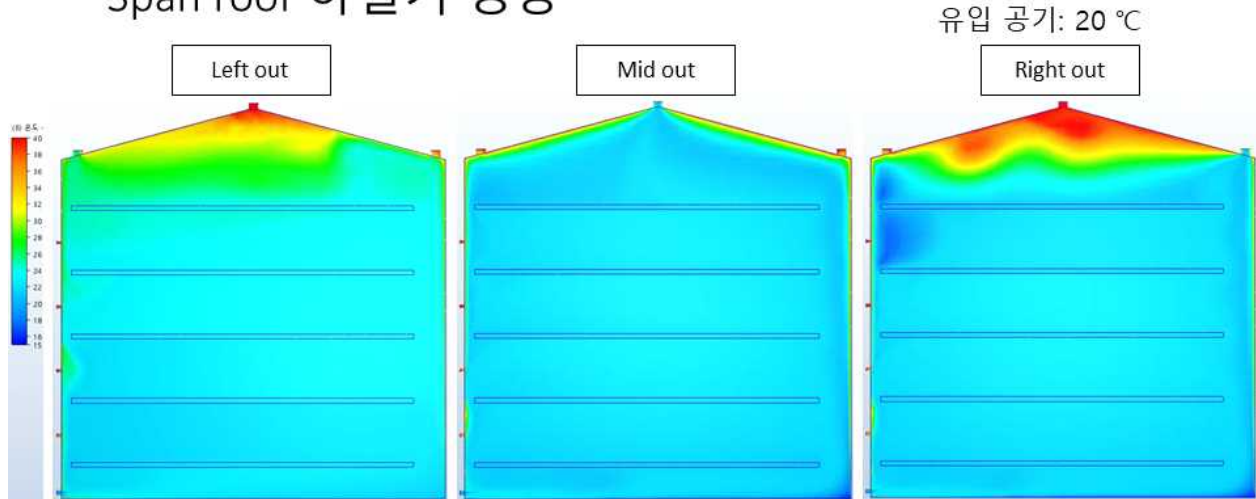
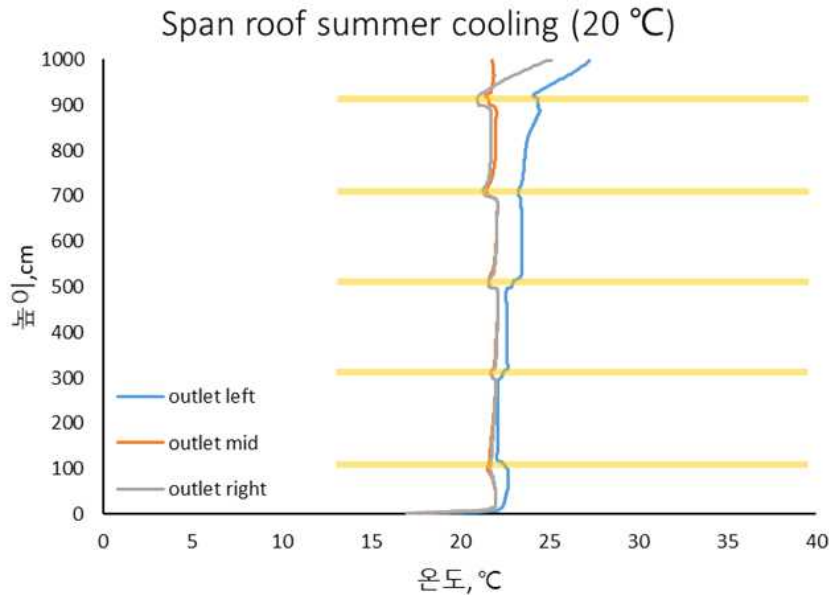


그림 270 하절기 냉방 조건의 온도 분포 이미지



Summer	left	mid	right
1층평균	22.14463	21.87783	21.9281
최대	22.259	22.046	22.0421
최소	22.1052	21.6673	21.7887
차이	0.1538	0.3787	0.2534
2층평균	22.65028	22.07003	22.0945
최대	22.7995	22.1544	22.1531
최소	22.5975	21.8707	21.8481
차이	0.202	0.2837	0.305
3층평균	23.47203	22.01548	22.0462
최대	23.4947	22.1303	22.1351
최소	23.359	21.6899	21.649
차이	0.1357	0.4404	0.4861
4층평균	23.85959	21.97122	21.71297
최대	24.4939	22.0505	21.7885
최소	23.4312	21.594	21.2904
차이	1.0627	0.4565	0.4981
전층평균	23.03163	21.98364	21.94544
최대	23.85959	22.07003	22.0945
최소	22.14463	21.87783	21.71297
차이	1.714962	0.192207	0.381528

그림 271 하절기 냉방 조건의 온도 분포 수치 그래프

- 동절기 난방 조건에서는 토출구가 우측인 경우에 전체적인 온도 분포가 따뜻하게 나타났고 다른 조건에서는 상부에 차가운 공기가 있는 것으로 보였음
- 전체적인 온도 분포를 그래프로 보면 높이에 따라 온도가 낮아지는 것을 확연히 알 수 있음
- 우측에 토출구가 있는 경우가 조금 더 따뜻하기는 하지만 하부로 공기를 유입하는 경우 난방은 충분하지 못할 것으로 예상됨

Span roof 동절기 난방

유입 공기: 40 °C

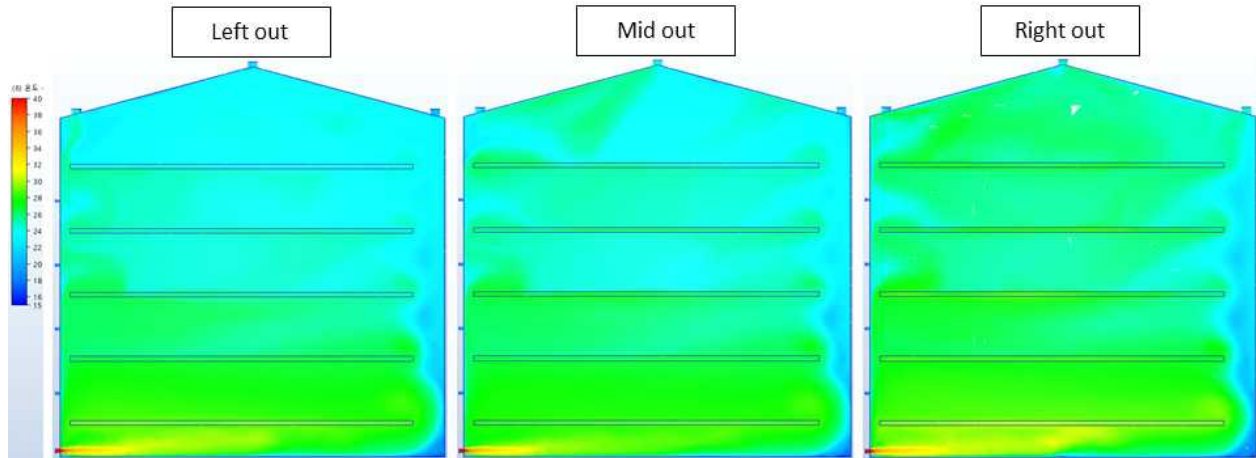
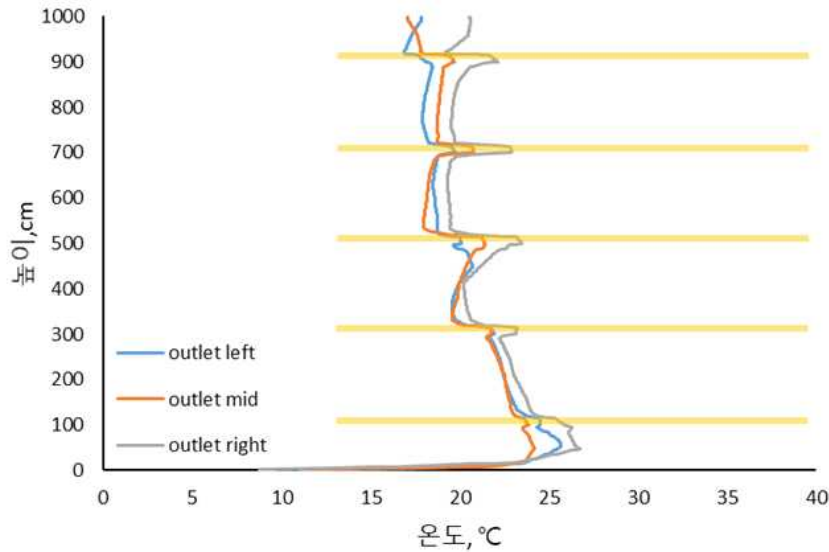


그림 272 동절기 난방 조건의 온도 분포 이미지

Span roof winter warming (40 °C)



Winter	left	mid	right
1층평균	22.50814	22.38039	23.14736
최대	23.6926	23.0875	24.2614
최소	21.7011	21.5254	22.2399
차이	1.9915	1.5621	2.0215
2층평균	20.03172	20.14803	20.90204
최대	20.7384	21.4102	23.1221
최소	19.5709	19.5871	20.2255
차이	1.1675	1.8231	2.8966
3층평균	18.65767	18.28365	19.50908
최대	19.3513	20.0248	21.7521
최소	18.4855	17.9865	19.3162
차이	0.8658	2.0383	2.4359
4층평균	18.12818	18.89586	19.85228
최대	18.4688	19.6016	21.6683
최소	17.8959	18.7193	19.5298
차이	0.5729	0.8823	2.1385
전층평균	19.83143	19.92699	20.85269
최대	22.50814	22.38039	23.14736
최소	18.12818	18.28365	19.50908
차이	4.379963	4.096742	3.638285

그림 273 동절기 난방 조건의 온도 분포 수치 그래프

- 박공지붕의 2번째 설계안은 좌우대칭의 형태로 내부의 층 레이어를 중심부로 이동하고 좌우간격은 0.65 m로 동일하게 적용되었음
- 변화된 좌우간격의 조건에서 공기 토출구의 위치에 따라 공기 유동을 비교하도록 하였음
- 이전의 해석에서 난방의 결과가 좋지 않아 난방의 가능성을 파악하기 위해 겨울철 난방조건으로 해석을 수행함

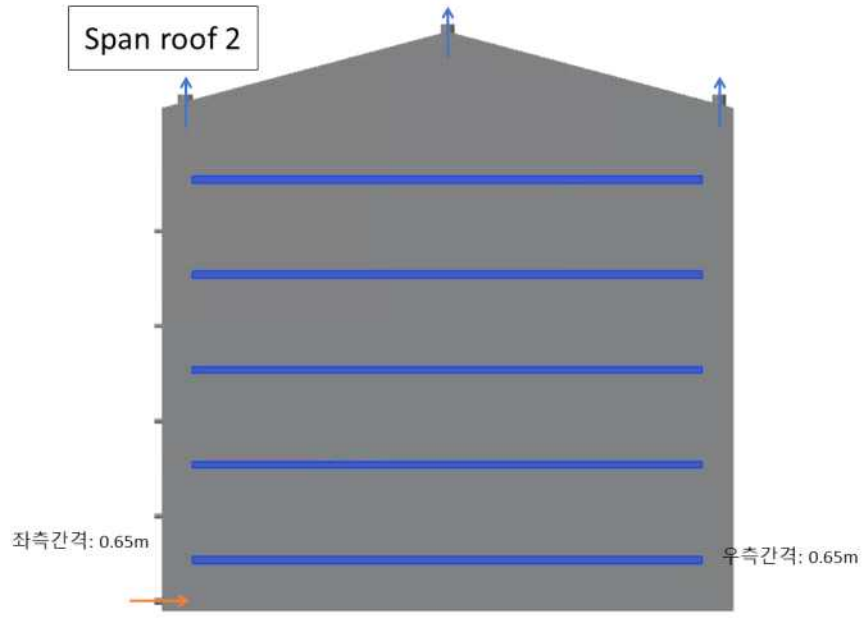


그림 274 박공지붕 형태의 다층형 육계사 해석 모델 2안

- 해설 모델 2안에 대해서 동절기 난방 조건의 해석결과는 토출구가 좌측인 경우에 난방이 거의 되지 않는 것으로 나타났음
- 토출구의 위치가 중간과 우측에 있는 경우에는 상대적으로 온도가 높게 분포하였지만 3층의 난방이 잘 되지 않는 것을 확인할 수 있음
- 온도 그래프를 통해 명확히 파악할 수 있으며 좌측의 경우 전체 온도가 17~18도로 낮게 나타났으며 다른 경우에도 3층은 낮게 나타남
- 전반적으로 아래층은 25도까지 난방이 되는 듯 하나 높은 곳은 20도에 못미쳐 난방이 효과적이지 못한 것으로 분석할 수 있음

Span roof 2 동절기 난방

유입 공기: 40 °C

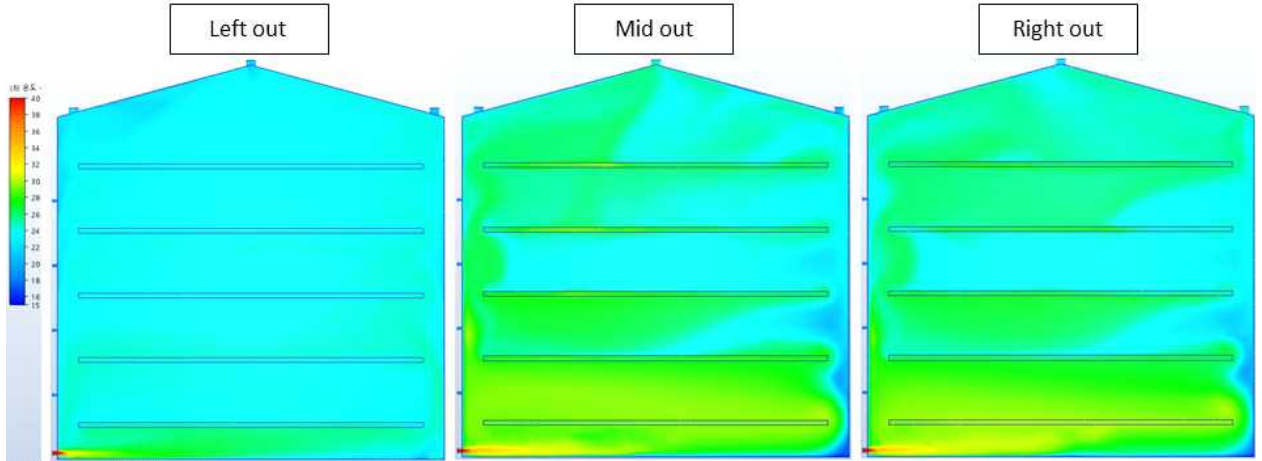
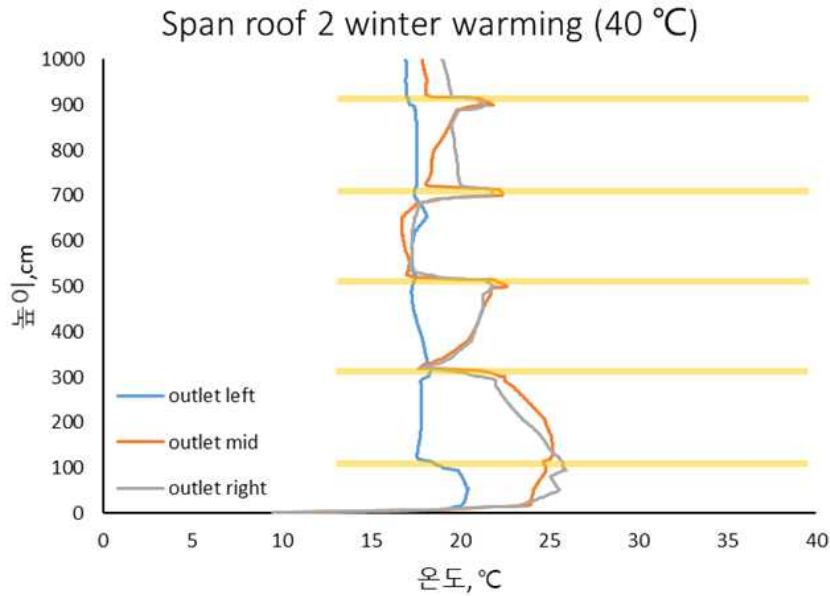


그림 275 2안의 동절기 난방 조건의 온도 분포 이미지



Winter	left	mid	right
1층평균	17.79489	24.33887	23.56867
최대	18.057	25.2475	25.5867
최소	17.5975	22.5192	21.544
차이	0.4595	2.7283	4.0427
2층평균	17.7217	20.57351	20.644
최대	18.3633	22.3118	21.8357
최소	17.3017	17.8048	17.9392
차이	1.0616	4.507	3.8965
3층평균	17.58467	17.17597	17.57429
최대	18.1606	21.0394	20.6936
최소	17.3053	16.758	17.2575
차이	0.8553	4.2814	3.4361
4층평균	17.57552	18.94137	19.86008
최대	17.6107	21.1503	21.4144
최소	17.353	18.0828	19.5323
차이	0.2577	3.0675	1.8821
전층평균	17.66919	20.25743	20.41176
최대	17.79489	24.33887	23.56867
최소	17.57552	17.17597	17.57429
차이	0.219374	7.162901	5.994376

그림 276 2안의 동절기 난방 조건의 온도 분포 수치 그래프

- 박공지붕의 3번째 설계안은 기존의 1층 유입구 방식이 냉방조건에서 정체되는 듯한 흐름을 보이고 빠른 냉방의 효과를 얻기 어려울 수 있어 유입구의 위치를 조절하고 아래층의 공기 정체를 우려하여 토출구도 추가하여 해석하도록 하였음
- 기본의 형태로 좌측 상단에만 토출구가 있고 하단의 토출구가 없는 경우에는 하단까지 흐르는 공기가 많지 않은 것으로 나타남
- 1층 혹은 2층에 추가적인 토출구가 있는 경우에는 해당방향으로 흐르는 공기가 있는 것으로 확인되었음
- 아래쪽을 향한 공기 흐름이 있는 경우 환기뿐만 아니라 냉방의 효과도 있어 시원함이 퍼지는 결과를 확인할 수 있었음

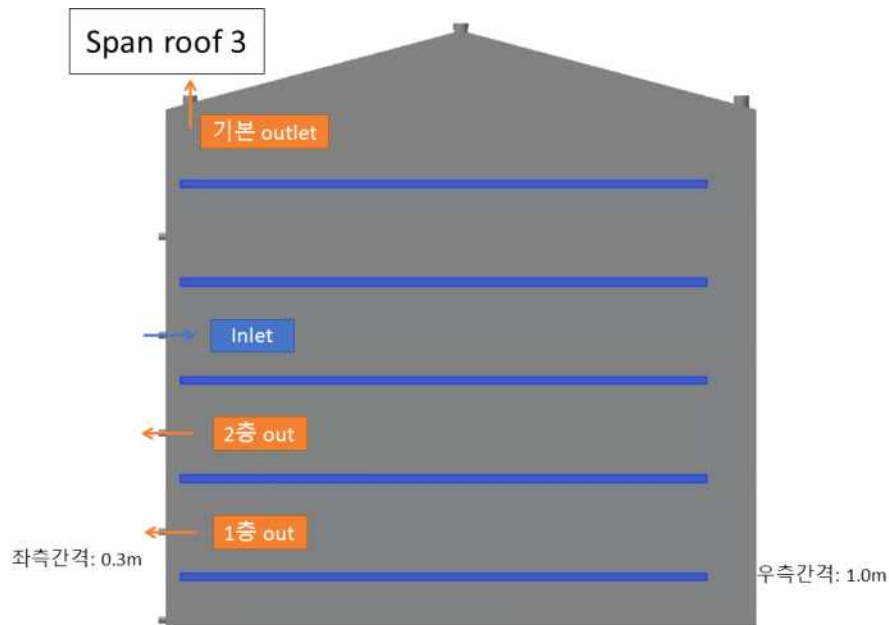


그림 277 박공지붕 형태의 다층형 육계사 해석 모델 3안

Span roof 3 하절기 냉방

유입 공기: 20 °C

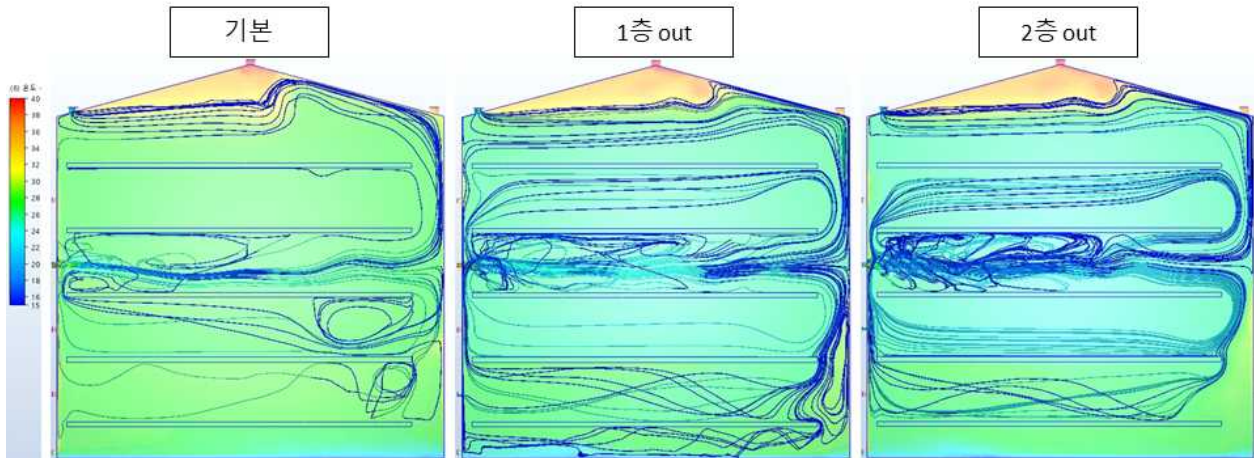


그림 278 3안의 하절기 냉방 조건의 공기 흐름

- 이전의 설계 해석을 통해 토출구의 위치는 중앙이나 우측에 설치하는 것이 좋으며 간격에 따른 차이가 있었지만 동절기 난방이 충분히 되지 않는다는 문제점이 크게 나타남
- 추가적인 해석을 통해 다양한 위치의 온도 분포를 상세하게 분석하고자 하였으며, 특히, 바닥층을 통해 공급되는 공기의 속도를 25 m/s로 증가시켜 약 1,500 m³/h의 유량을 공급되도록 하여 난방이 충분히 이루어질 수 있도록 하였음
- 좌측으로 공급하는 공기에 의한 좌우의 냉난방 효과를 비교하기 위해 벽면 및 틈새의 중간 부분을 좌우 모두의 데이터로 취득하도록 하였으며 층별 온도 비교를 위해 이전과 같이 중심부 온도도 취득하고 바닥면의 온도도 얻도록 하였음

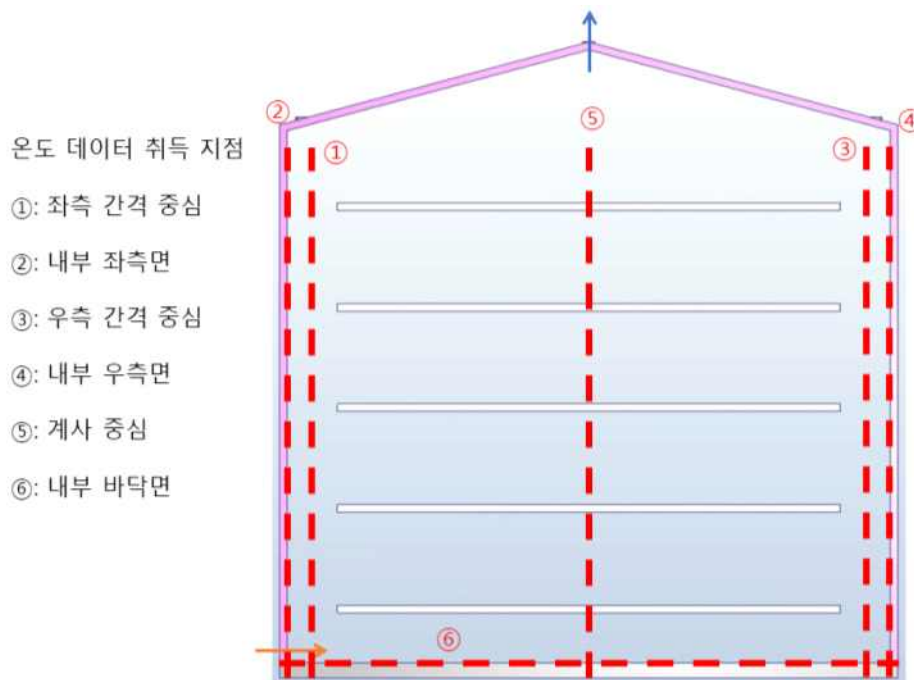


그림 279 박공지붕 설계안 상세 온도 해석

- 유량의 증가로 인해 하절기 냉방 조건의 결과는 전체적으로 20도로 균일한 온도를 보였음
- 공기의 흐름은 반시계 방향으로 공기를 공급하는 하단 부분을 제외하고는 좌측으로 공기가 흐르는 경향이 있음

- 온도 그래프로 파악할 수 있는 수치로도 틈새 중간과 중심부는 20도로 일정하며 벽면의 경우에는 천장 외부의 뜨거운 영향으로 높이에 따라 온도가 조금씩 높아지는 것을 볼 수 있음
- 바닥면의 경우에도 유입 공기의 온도와 비슷하게 나타나지만 벽면의 온도는 높게 나타나며 유입부에서 먼 곳은 지하부의 온도 영향을 받아 더 차갑게 나타나기도 함

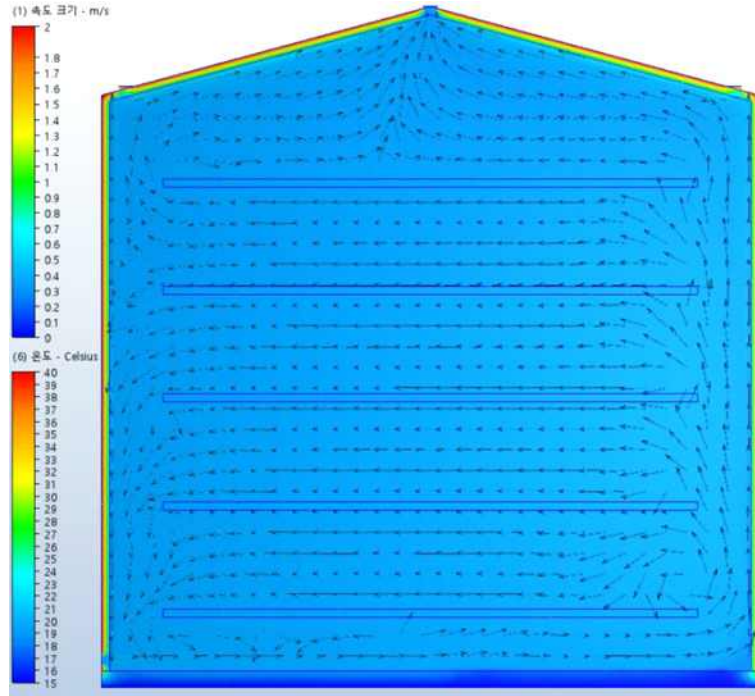


그림 280 박공지붕 설계안 하절기 냉방 조건의 온도 분포

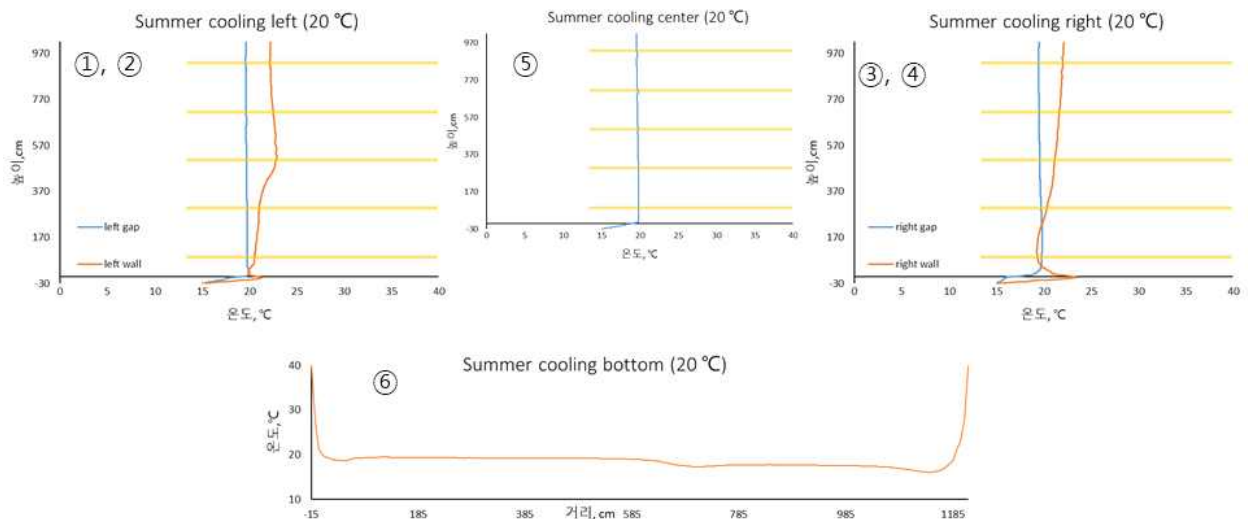


그림 281 박공지붕 설계안 하절기 냉방 조건의 상세 온도 그래프

- 이전에 충분하지 않았던 동절기 난방 조건의 온도 분포도 전체적으로 따뜻하게 나타났음
- 바닥과 1층의 온도가 더 높고 위층의 온도는 상대적으로 낮은 분포를 보이기는 함
- 그래프를 살펴보면 좌측과 우측의 벽면 온도 차이가 나타나며 이와 달리 공기 흐름의 특성에 따라 우측 틈새의 온도가 더 높은 것으로 나타남
- 중심부 온도는 높이에 따라 감소하는 경향이 있으나 3층에서 약간 증가하였음
- 바닥면 온도는 유입구에서 멀어질수록 지하의 영향으로 온도가 감소하는 것으로 나타남

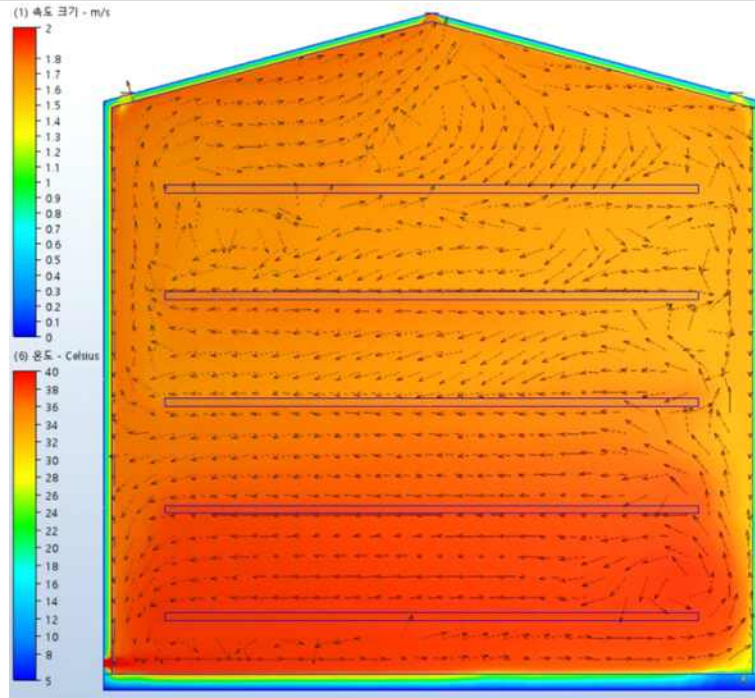


그림 282 박공지붕 설계안 동절기 난방 조건의 온도 분포

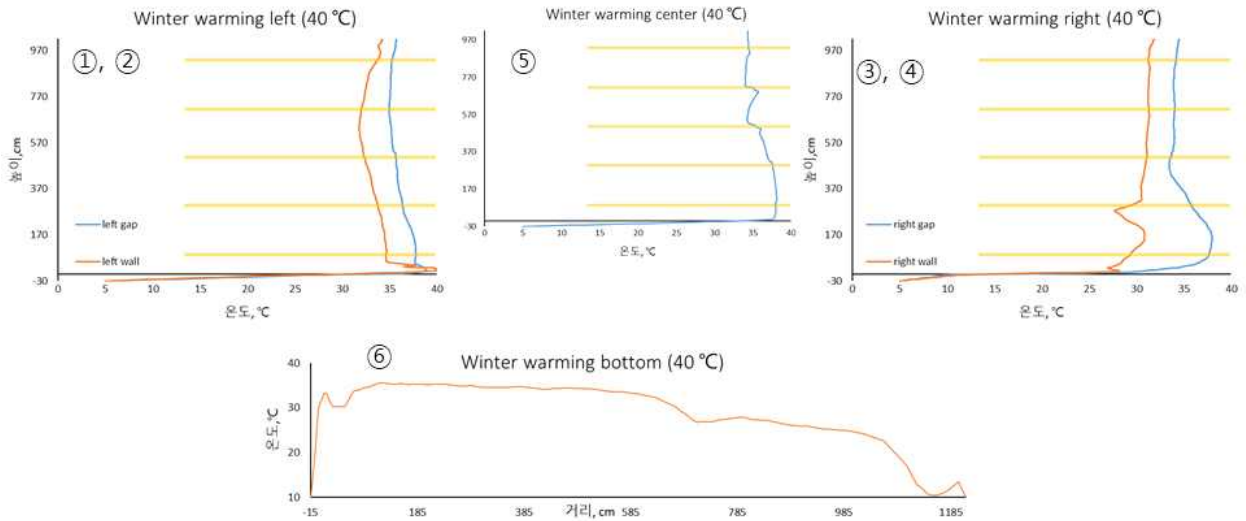
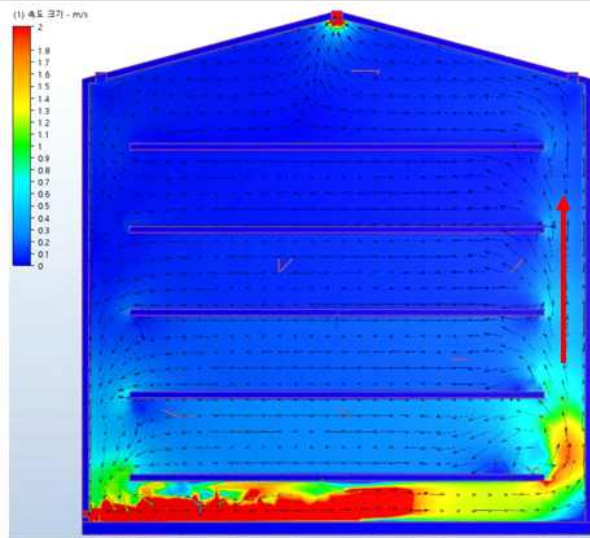
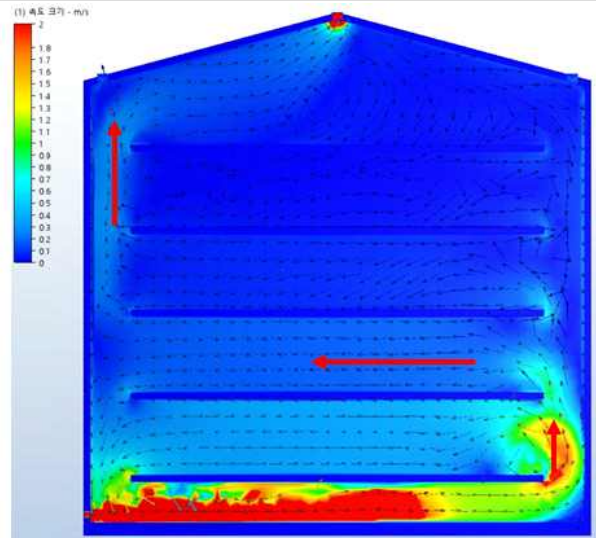


그림 283 박공지붕 설계안 동절기 난방 조건의 상세 온도 그래프

- 증가된 유량으로 인해 내부 공기 순환이 원활해졌으며 냉난방 조건에서의 공기 흐름의 방향이 다르게 나타남
- 바닥층에서는 많은 공급량으로 인해 빠른 속도의 공기 흐름을 보이며 냉방 조건에서는 우측 틈새를 통해 상승하는 공기 흐름이 있었고 난방 조건에서는 우측면에서 되돌아서 1, 2층을 순환하고 상승하는 흐름을 보였음
- 내부의 유해가스의 원활한 배출을 위해서 전층의 공기 흐름을 원활하게 할 필요성이 있으며 아래와 같이 베플을 설치하여 유입된 공기가 각 층을 순환하고 환기될 수 있도록 구상할 수 있었음

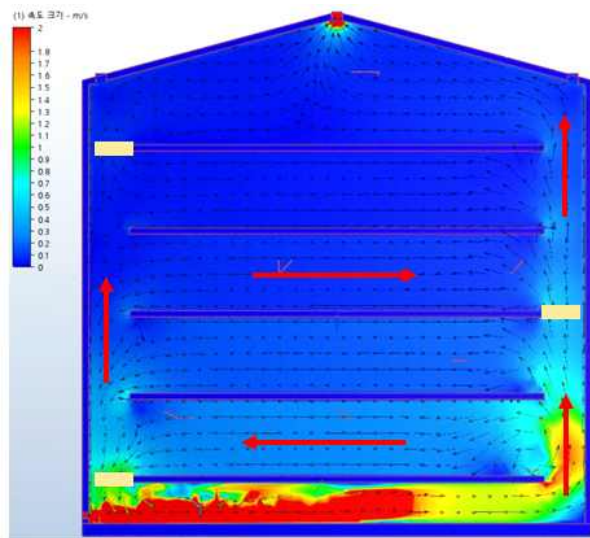


- 냉방 조건

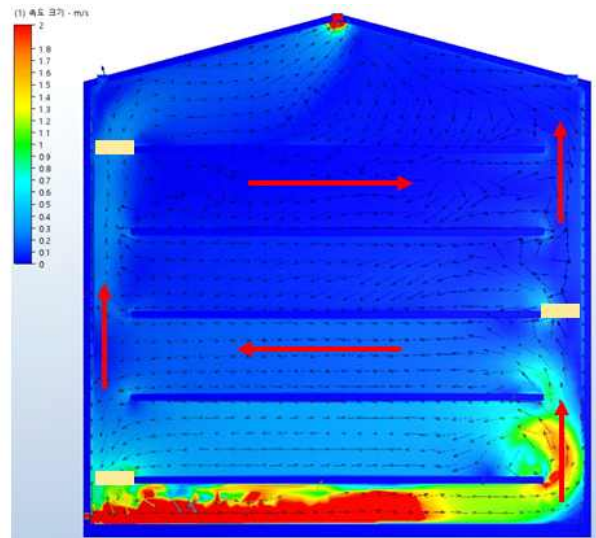


- 난방 조건

그림 284 박공지붕 설계안의 속도 분포 및 공기 흐름



- 냉방 조건



- 난방 조건

그림 285 박공지붕 설계안의 공기 흐름 개선을 위한 베플 구상안

- 환기 및 냉난방의 효율을 개선시키기 위하여 설계를 수정하여 베플이 적용된 다층형 육계사 설계안을 아래와 같이 구상하였음
- 각 층의 좌우에 베플을 설치하여 공기 흐름을 막을 수 있도록 구상하였으며 효과를 확인하기 위하여 4층 전체에 베플을 설치하는 경우와 가장 위층에만 베플을 설치하는 경우를 설치하지 않는 경우와 비교 분석할 수 있도록 함
- 공기 유입은 바닥층에서 2.5 m당 하나의 유입구로 이루어지도록 하며 배기는 천장 공간을 통해 건물 측면으로 한꺼번에 환기되도록 하며 천장 공간으로 이어지는 구멍을 만들도록 하였음
- 육계에 의한 발열을 고려하기 위하여 층별 바닥면을 37도로 설정하였으며 냉난방 상황에서의 온도 분포를 확인하도록 하였음

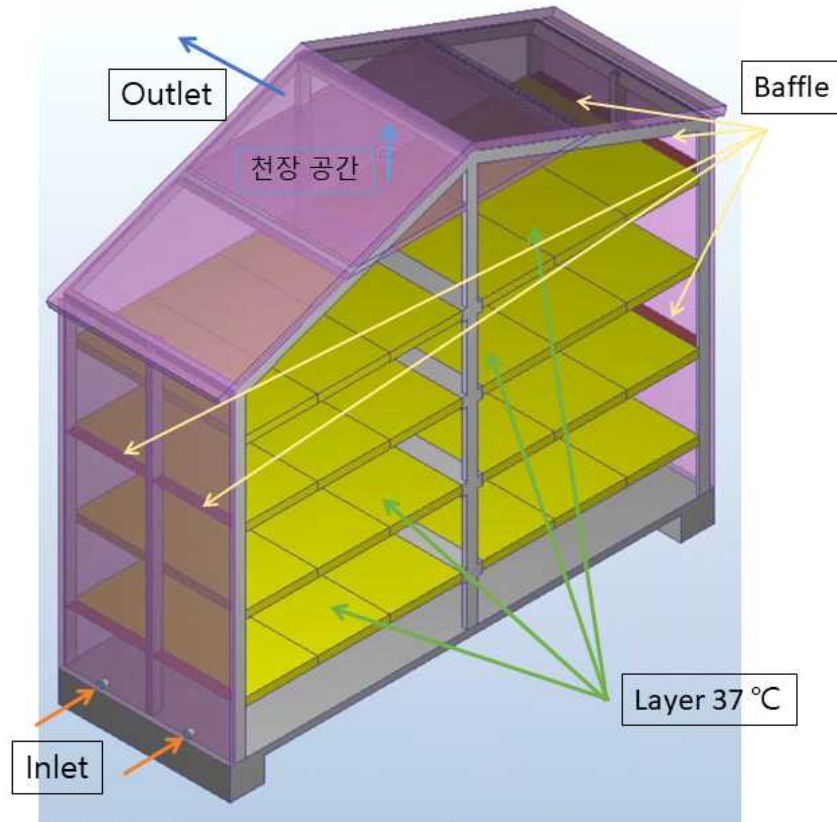


그림 286 베플을 적용한 다층형 육계사 설계안

- 여름철 냉방 효과는 이전과 달리 층별 발열이 적용되어 다소 시원하지 않은 결과를 보였음
- 온도 분포를 확인하면 베플이 없는 경우와 한 곳에만 있는 경우에는 전체적으로 일정한 온도를 보였으나 시원한 곳은 없었으며 베플이 모두 있는 경우에는 아래쪽에 찬 공기가 몰려있는 것을 알 수 있음
- 그래프로 확인하면 층 바닥면은 37도로 유지되는 것을 볼 수 있으며 베플이 없는 경우와 한 곳만 있는 경우에 28도 정도로 냉방이 되며 전체적으로 비슷하고 베플이 모두 있는 경우에는 층별 온도 편차가 있는 것으로 확인됨
- 겨울철 난방을 하는 상황에서는 따뜻한 바닥면으로 인해 전체적으로 따뜻하며 약 33도로 유지되는 것을 그래프로도 확인할 수 있음
- 베플에 의해 공기가 좌우로 흐르지만 층별 온도 분포는 좌우에 따라 크게 달라지지 않고 비슷하게 분포하는 것으로 해석됨

baffle에 따른 여름철 냉방 결과 비교

여름철 냉방 조건
 유입 공기: 20 °C
 외부 상단: 60 °C, 측면: 50 °C

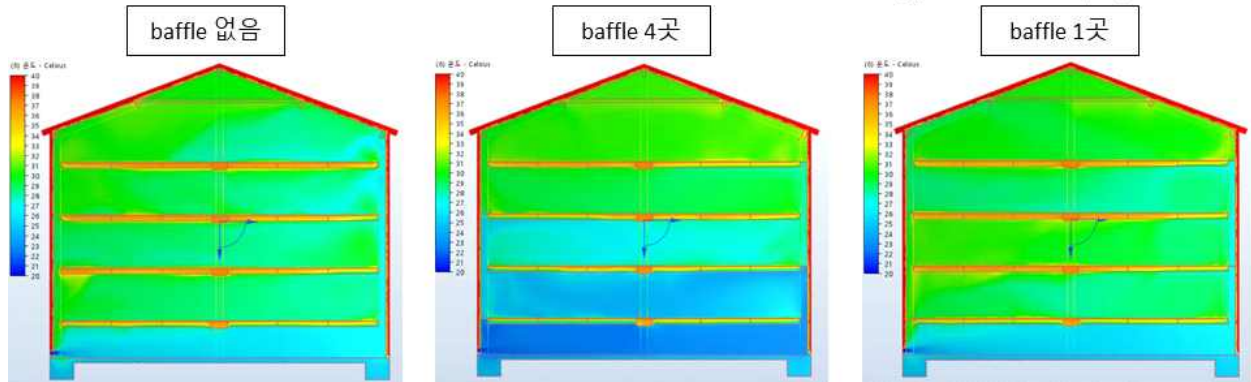


그림 287 베플 설치에 따른 하절기 냉방 조건 온도 분포

baffle에 따른 겨울철 난방 결과 비교

겨울철 난방 조건
 유입 공기: 40 °C
 외부 상단: -15 °C, 측면: -10 °C

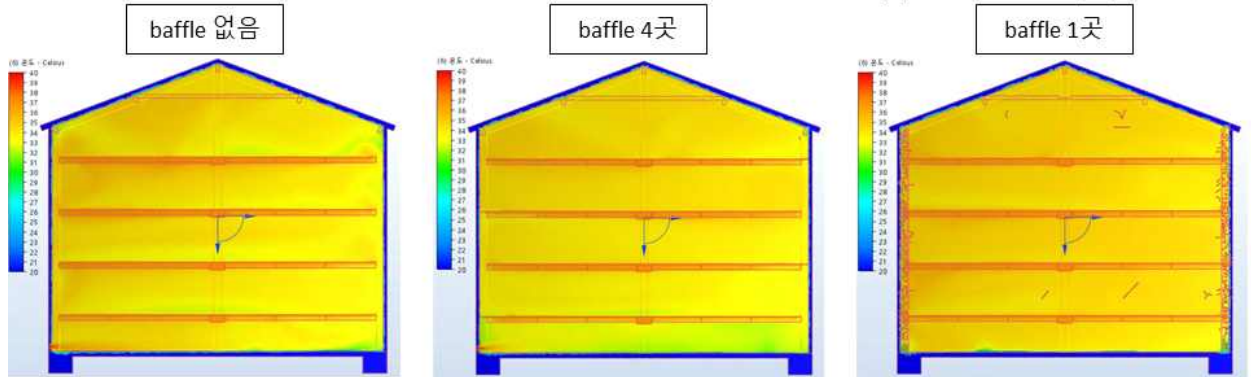


그림 288 베플 설치에 따른 동절기 난방 조건 온도 분포

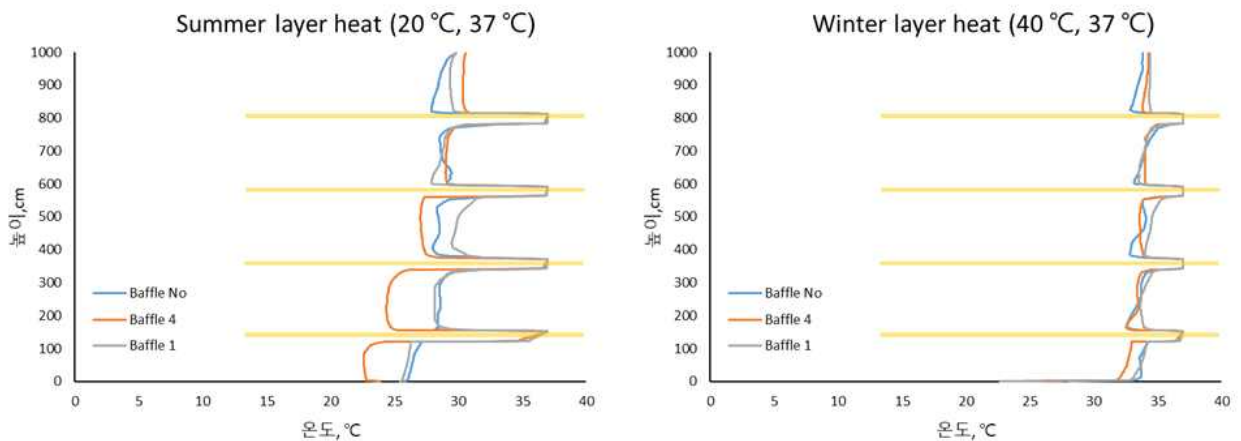


그림 289 베플 설치에 따른 냉난방시 온도 분포 그래프

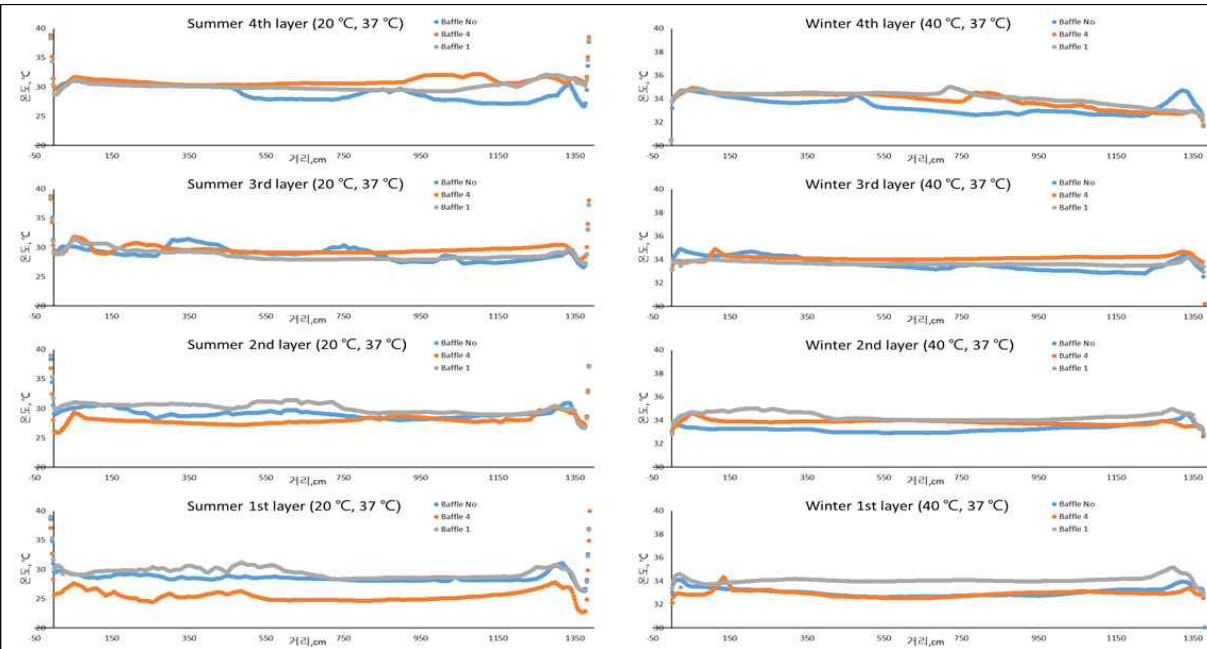


그림 290 베플 설치에 따른 냉난방시 층별 온도 분포 그래프

□ 평사형 다층 육계사의 길이 방향 공기 유입 조건 해석

- 다층형 육계사의 대략적인 크기와 내부 구조가 정해지면서 설계 도면이 구체적으로 작성되었음
- 다만, 환기에 대한 구조물은 적용되지 않은 상태로 더욱더 상세한 환기 방안과 설계안을 고안해야하며 기존의 대규모 양계사에서 주로 활용되는 터널식 환기를 참고하여 길이 방향으로 대량의 공기를 유입하여 냉난방 및 유해가스 제거를 하고자 함
- 총 4개의 층으로 구성되어 각각의 층에 공기 유입이 이루어지도록 하며 1안과 같이 공기 유입 방향을 번갈아가며 환기를 하는 방안과 2안처럼 바닥층으로 공기를 유입하고 각 층으로 공기를 환기하는 방식을 각각 분석하고자 하였음
- CFD 해석 모델은 전체 80 m 길이의 육계사를 구현하고 각 층에 벨트를 설치하였으며 길이 방향 벽면에 직경 800 mm의 구멍을 통해 급기 및 환기가 이루어질 수 있도록 하였음
- 육계의 발열이 있는 조건에서 여름철 냉방에 어려움이 있는 경우가 있었으므로 하절기 냉방 조건으로 해석하도록 하였으며 천장은 60도, 측면은 50도, 지면은 25도로 하며 벨트를 37도로 하고 26도의 시원한 공기를 각 20,000 m³/h의 유량으로 공급하도록 하였음

1안: 각 층 환기(RA) 및 급기(SA), 각각의 유량 20,000 m³/h, 26 °C 냉방

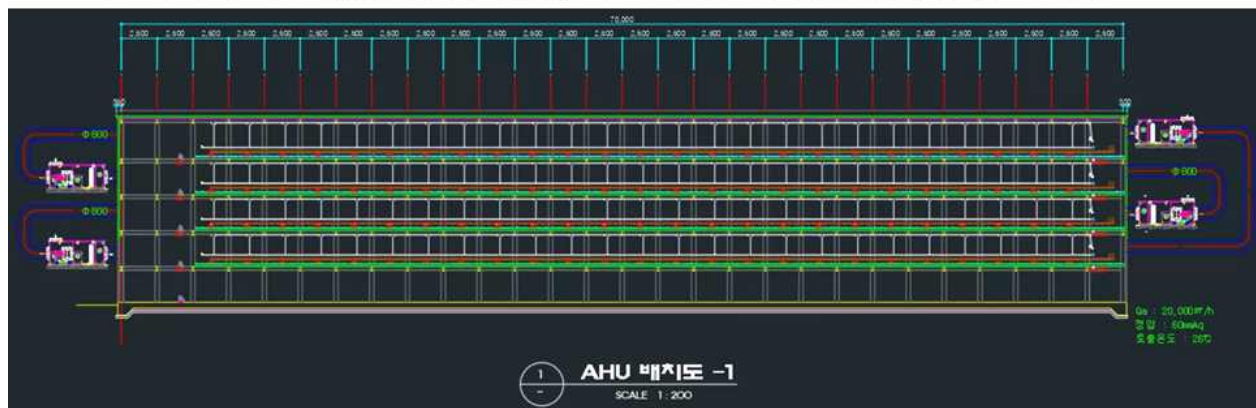


그림 291 길이 방향 환기를 위한 다층형 육계사 설계 도면 1안

2안: 각 층 환기, 하부 급기, 전체 유량 80,000 m³/h, 26 °C 냉방



그림 292 길이 방향 환기를 위한 다층형 육계사 설계 도면 2안

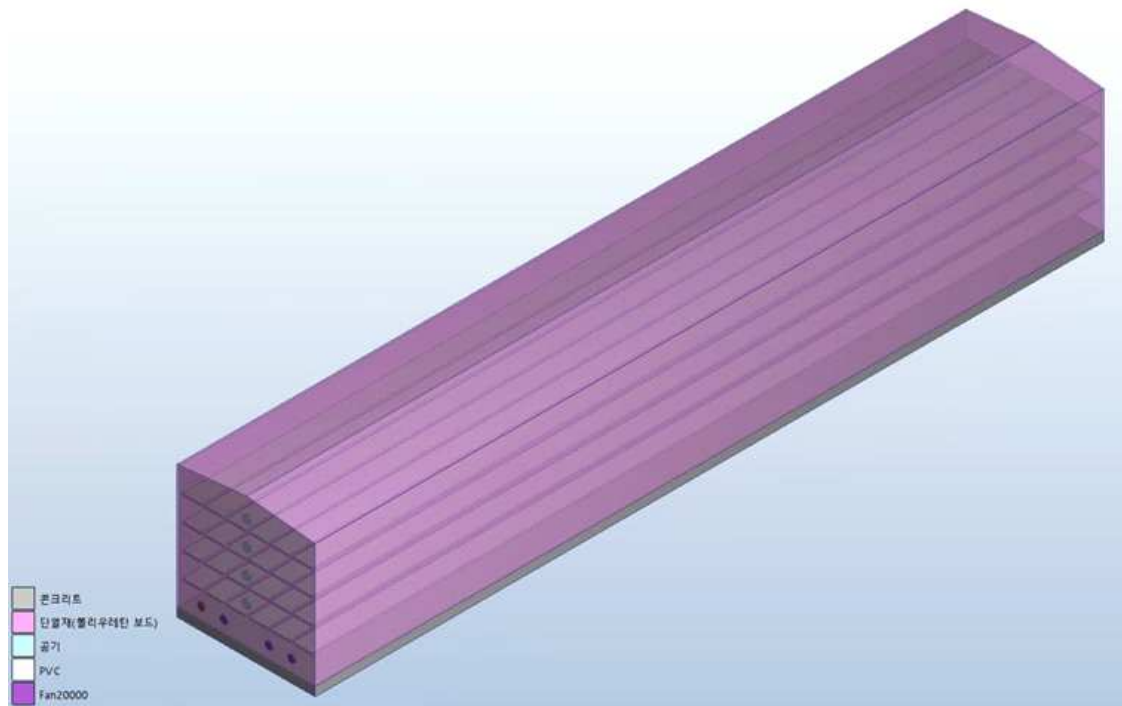


그림 293 길이 방향 공기 유동 해석 육계사 모델

- 공기를 층별로 좌우 지그재그로 유입시키고 환기하는 방식의 1안에서는 속도 분포에서도 공기가 들어가는 부분에서는 10 m이상의 거리를 5 m/s가 넘는 빠른 공기가 유입되고 있으며 층 전체를 환기시키고 끝에서 빠져나가는 것을 확인할 수 있음
- 온도 분포로 보았을 때에는 유입되는 차가운 공기가 확인이 되지만 더운 벨트에 의해서 다소 미지근해지면서 중심부는 여전히 더울 수 있다는 것을 확인함
- 상부에서 보는 평면 온도 분포에서는 하나의 구멍을 통해 유입되는 공기는 직선으로 이동하고 퍼지면서 냉방이 되는 것으로 볼 수 있으며 구석 부분의 환기는 다소 어려울 것으로 예상됨

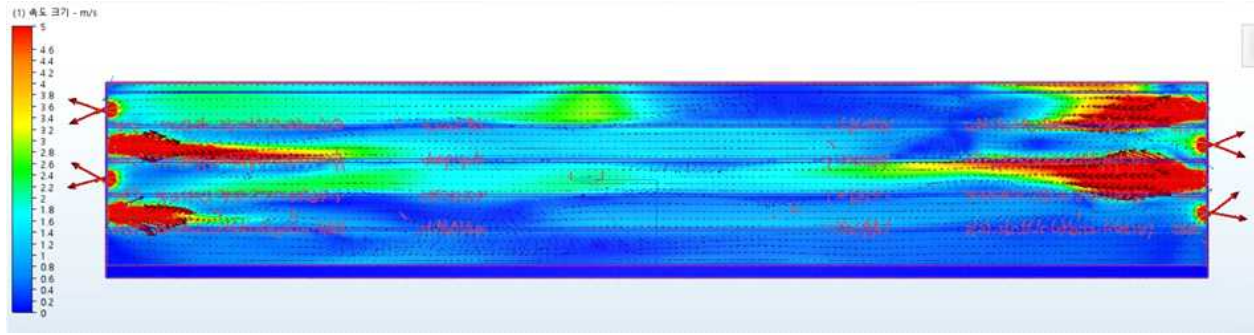


그림 294 길이 방향 환기 1안의 속도 분포

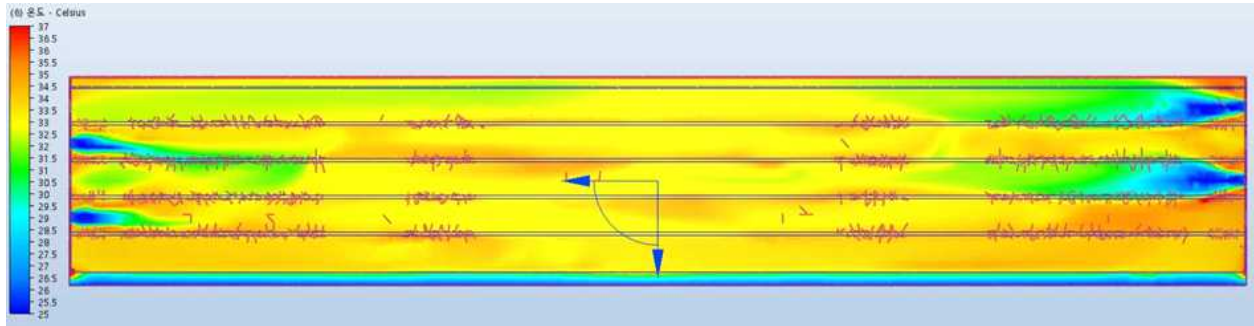


그림 295 길이 방향 환기 1안의 측면 온도 분포

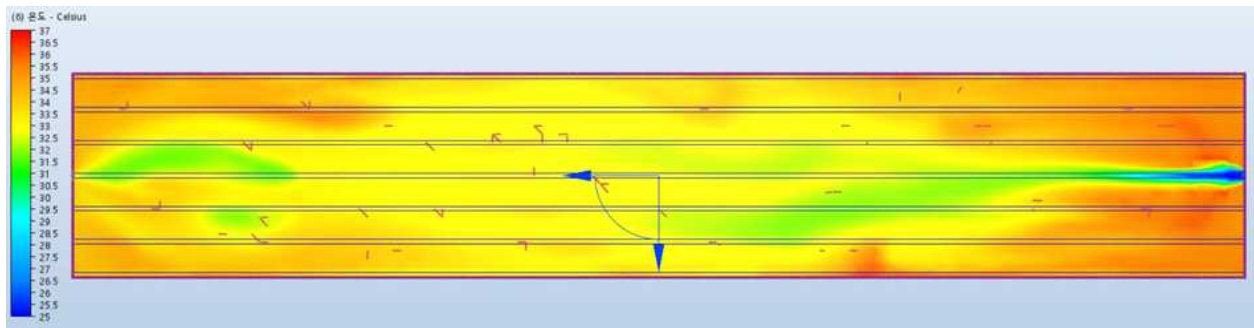


그림 296 길이 방향 환기 1안의 평면 온도 분포

- 바닥층을 통한 환기에서는 바닥층의 빠른 속도 분포를 확인할 수 있으며 각 층의 벽면에서 공기가 빠져나가 내부에서는 그리 빠르지 않은 공기 유동을 확인할 수 있었음
- 온도 분포의 경우에도 바닥층이 가장 시원하며 높이에 따른 층별 온도 편차가 있는 것으로 나타났음
- 우측 바닥면을 통해 유입된 공기는 좌측까지 이동하여 틈새를 통해 윗층으로 상승하며 좌측 벽면의 온도가 상대적으로 낮게 나와 좌우 편차도 다소 있는 것으로 확인되었음

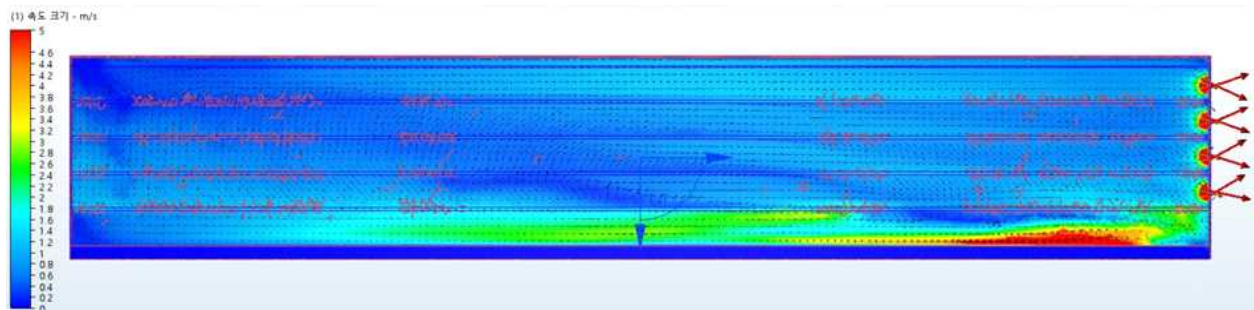


그림 297 길이 방향 환기 2안의 속도 분포

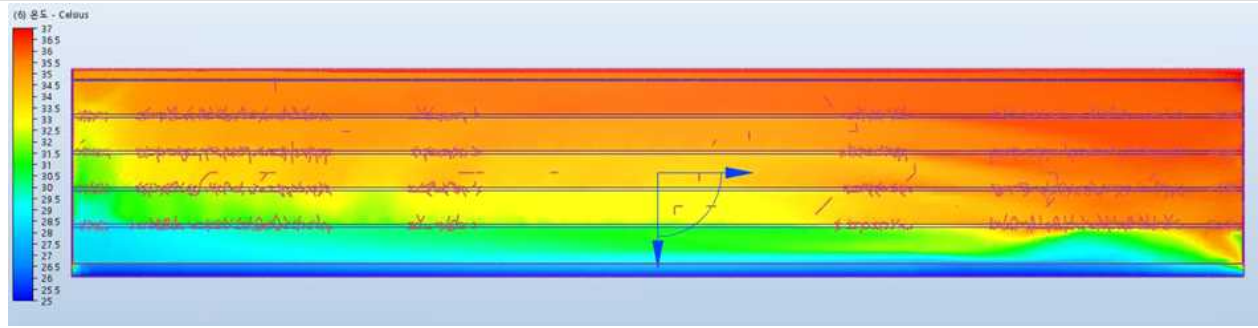


그림 298 길이 방향 환기 2안의 측면 온도 분포

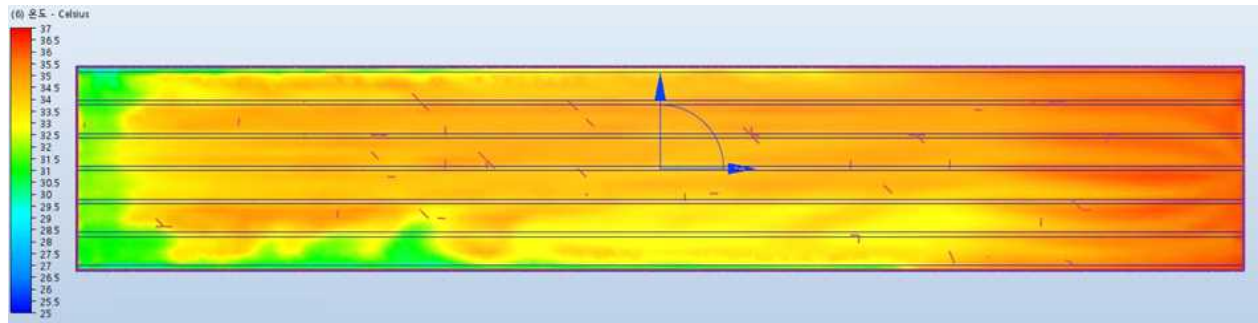


그림 299 길이 방향 환기 2안의 평면 온도 분포

- 하나의 유입구를 통한 측면 환기 방식으로는 일부 환기가 잘 안되는 영역이 나타나고 온도 편차도 크며 유속이 빨라 벽면에 덕트를 설치하고 측면에 10개의 구멍을 통해 공기를 분산시켜서 유입하는 방식을 구상하여 해석하도록 하였음
- 아래 모델과 같이 각 층의 벽면에는 250 mm의 구멍을 1400 mm의 간격으로 만들고 각 층의 1500 mm 높이에 두어 공기가 공급될 수 있도록 구상하였음
- 전체 모습을 보았을 때에는 측면에 사각형의 덕트를 설치하여 공기를 공급 및 배기시키도록 하였으며 좌우로 번갈아가는 방향으로 공기 순환이 이루어지도록 하는 방안을 먼저 분석하였음

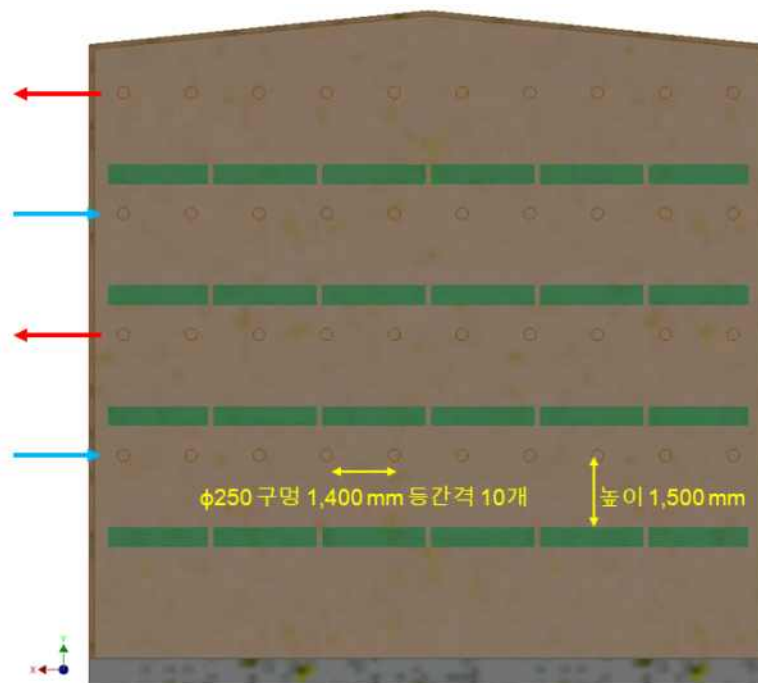
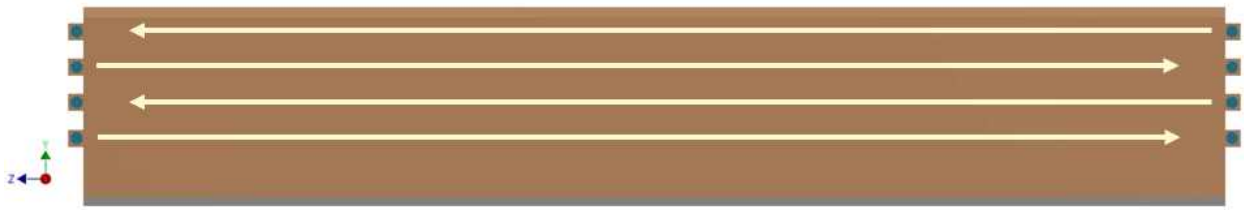


그림 300 벽면 덕트 및 구멍 10개씩을 통한 길이 방향 환기 해석 모델

- 정면부



- 평면부



그림 301 덕트를 통한 길이 방향 공기 순환 구상안

- 벽면 덕트를 통해 분산되어 유입되는 공기를 보면 상대적으로 느린 속도로 짧게 공급이 되며 차가운 공기가 층 바닥으로 하강하는 것을 확인할 수 있음
- 나누어져서 유입된 공기는 중심부에서 다시 모여서 빠른 공기 흐름을 보이며 환기를 용이하게 할 것으로 예상됨
- 온도 분포의 경우에도 유입되는 부근에서 낮은 온도를 보이면서 중간부분에서 다시 시원한 공기가 흐르는 것으로 확인되었음
- 바닥층에는 공기 유입이 이루어지지 않으나 찬 공기의 하강으로 시원하게 유지되며 공기 흐름도 있는 것으로 나타남
- 상부에서 보았을 때 사각 덕트의 한쪽면으로 공기가 유입되면서 육계사 내부로 유입될 때 공기 흐름이 편향되어 있는 것으로 나타났으며 일부 따뜻한 것으로 보이는 영역이 있지만 전체적인 공기 흐름이 원활한 것으로 보임
- 특히, 편향된 공기가 층별로 다른 방향으로 나타나며 층별 공기 흐름도 있으므로 전체적인 공기 순환이 이루어질 수 있을 것으로 예상됨

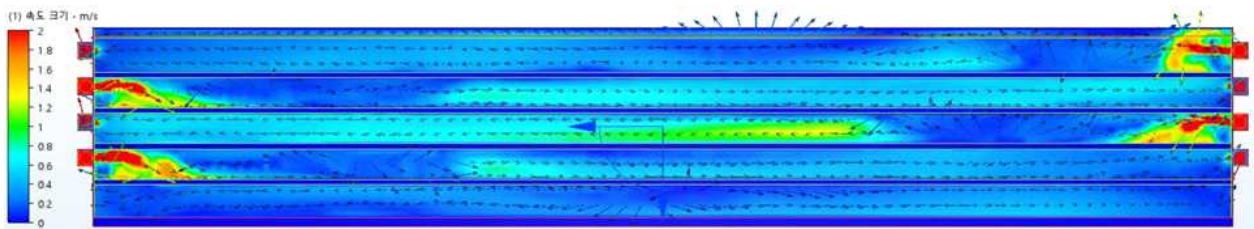


그림 302 벽면 덕트 순환 정면 속도 분포

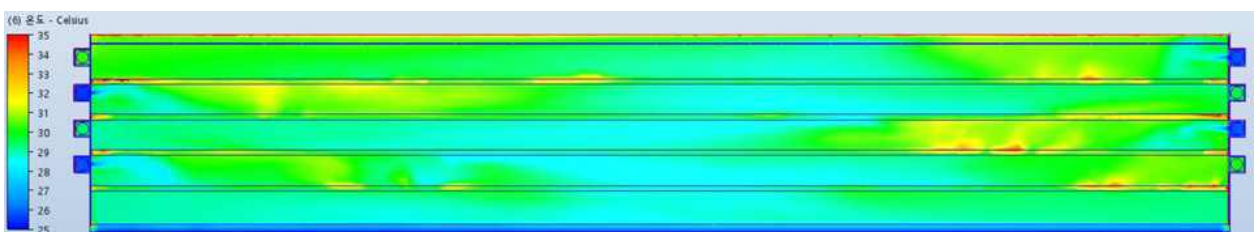


그림 303 벽면 덕트 순환 정면 온도 분포

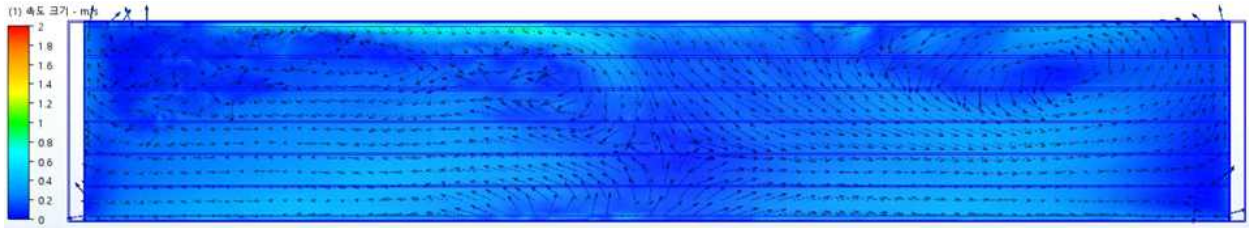


그림 304 벽면 덕트 순환 바닥층 속도 분포

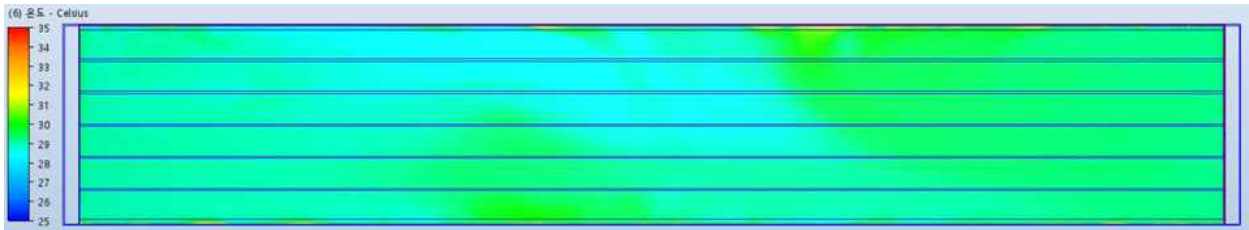


그림 305 벽면 덕트 순환 바닥층 온도 분포

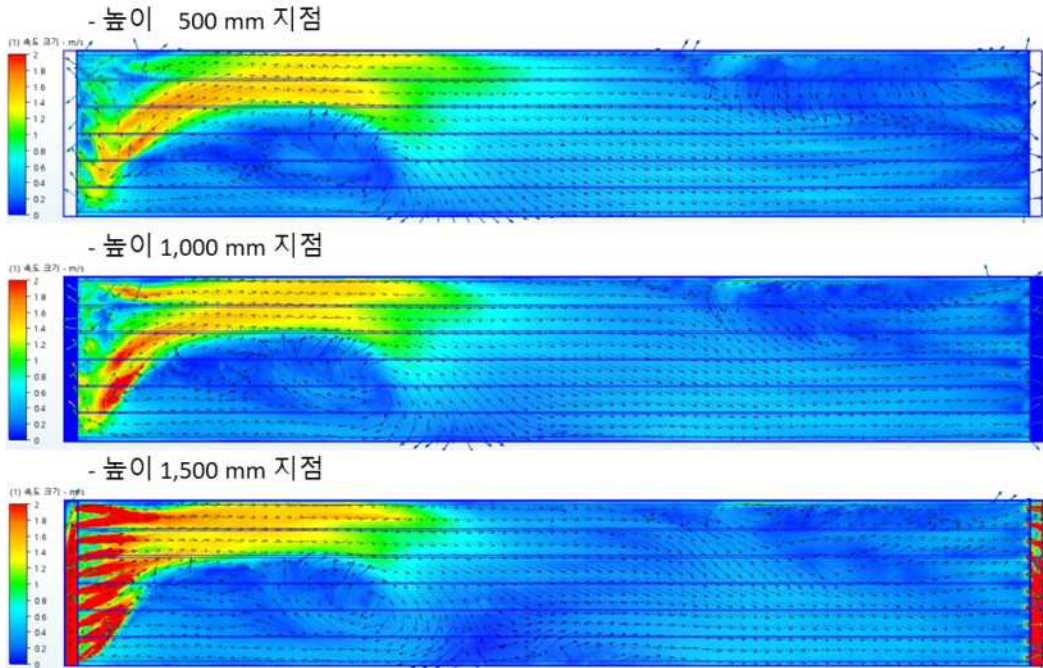
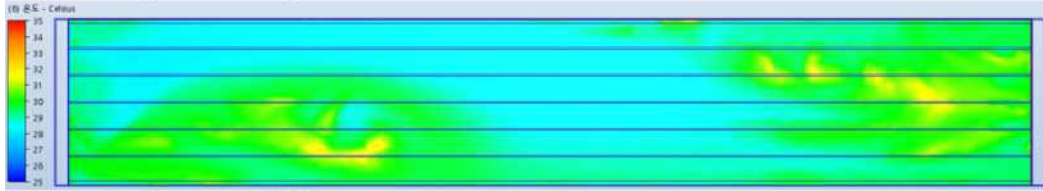
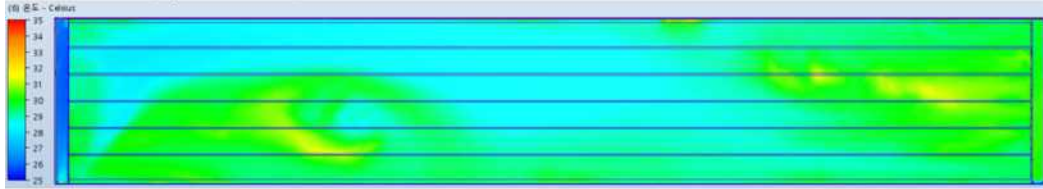


그림 306 벽면 덕트 순환 1층 높이별 속도 분포

- 높이 500 mm 지점



- 높이 1,000 mm 지점



- 높이 1,500 mm 지점

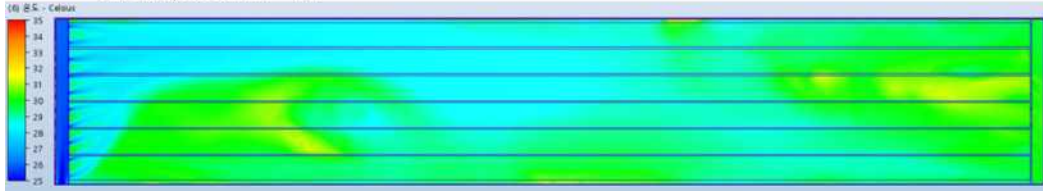
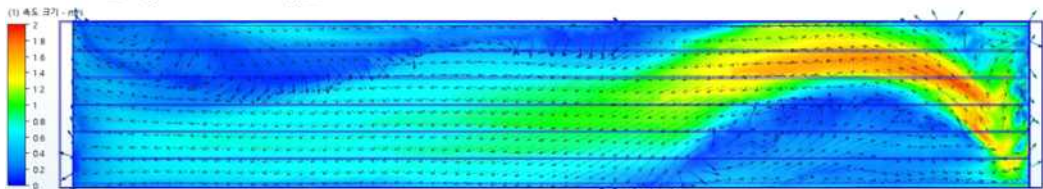
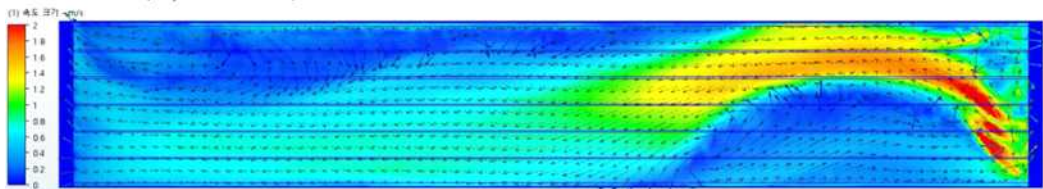


그림 307 벽면 덕트 순환 1층 높이별 온도 분포

- 높이 500 mm 지점



- 높이 1,000 mm 지점



- 높이 1,500 mm 지점

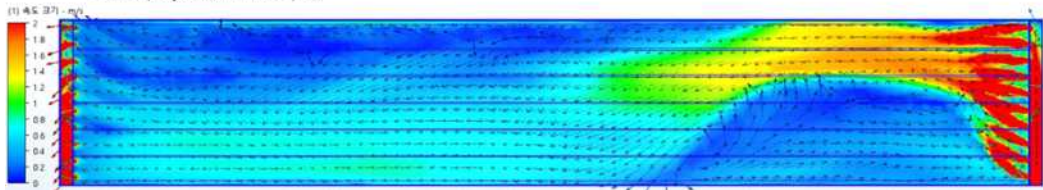


그림 308 벽면 덕트 순환 2층 높이별 속도 분포

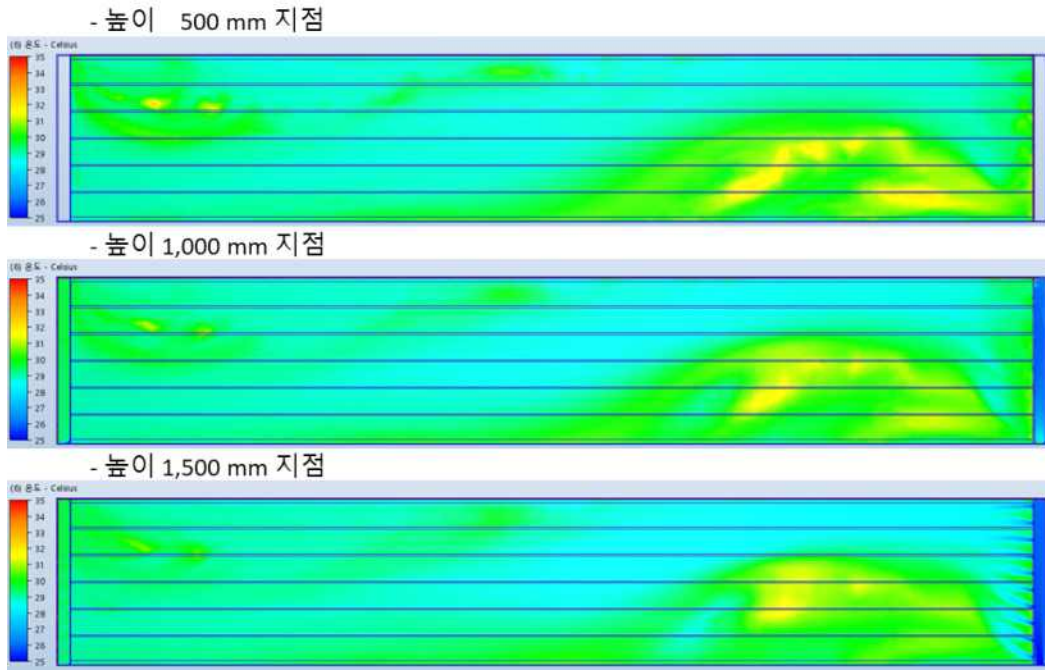


그림 309 벽면 덕트 순환 2층 높이별 온도 분포

- 지그재그로 공기가 유입되는 경우 틈새를 통한 공기 이동에서 저항이 발생할 수 있어 순환이 어려울 수 있어 공기 유입을 동일한 방향으로 순환시켜서 해석해보도록 하였음

- 정면부

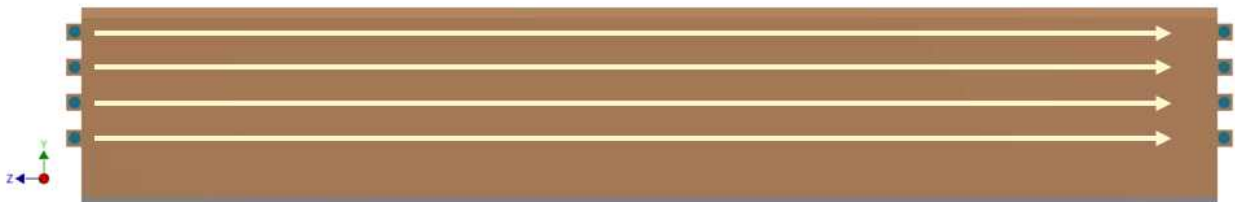


그림 310 한쪽면 덕트를 통한 길이 방향 공기 순환 구상안

- 속도 분포를 분석하면 좌측에서 공기가 유입되며 중앙에서 유속이 빨라지는 모습을 볼 수 있음
- 온도 분포에서는 전체적으로 균일하며 시원한 온도가 유지될 수 있는 것으로 확인됨
- 평면으로 본 속도 분포에서 공기 흐름의 방향을 볼 수 있으며 편향된 공기 흐름은 초반에 측면으로 흐르다가 중앙으로 다시 흐르면서 내부 공기 순환 및 환기를 시키는 것으로 보임
- 주요 공기 흐름의 주변 부분에 상대적으로 따뜻한 영역이 있는 것으로 나타나지만 실제 육계의 발열 조건에서는 차이가 있을 수 있으며 공기가 느리게 흐르는 부분은 있을 수 있다는 것을 확인할 수 있었음

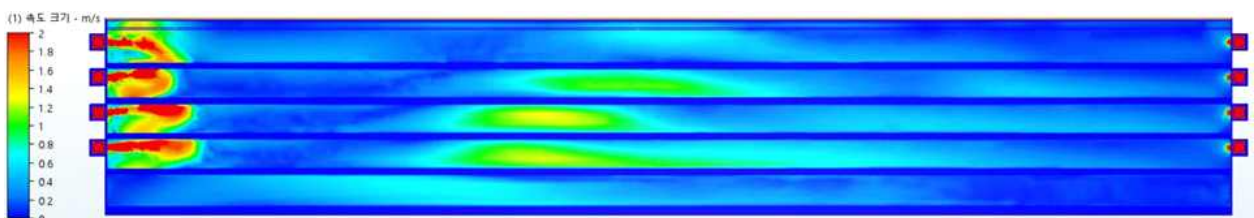


그림 311 한쪽면 덕트 순환 정면 속도 분포

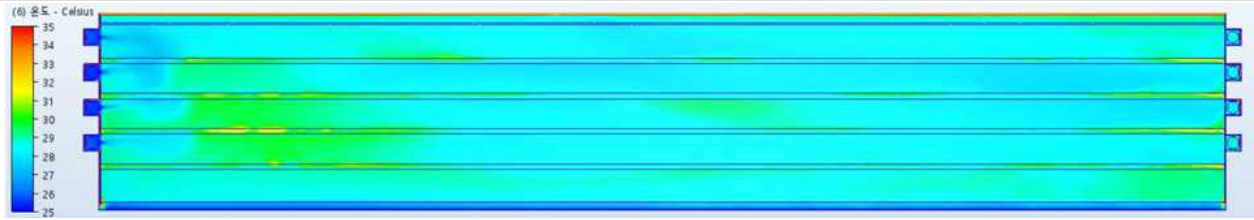


그림 312 한쪽면 덕트 순환 정면 온도 분포

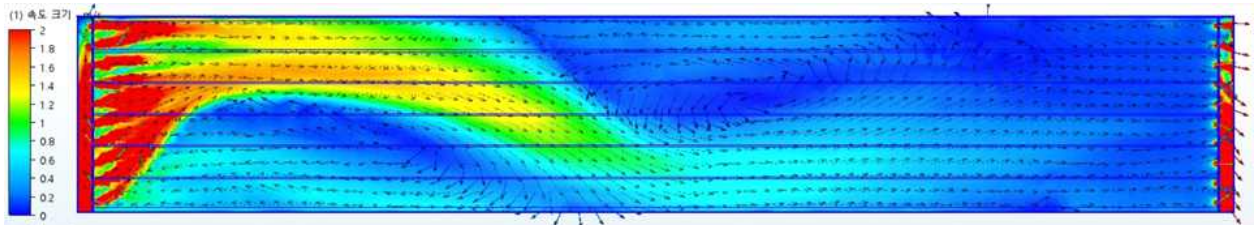


그림 313 한쪽면 덕트 순환 평면 속도 분포

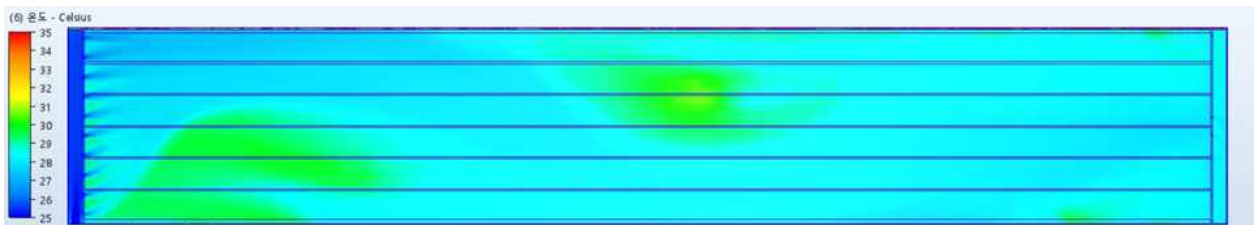


그림 314 한쪽면 덕트 순환 평면 온도 분포

□ 평사형 다층 옥계사의 상하단 중앙 공기 유입 조건 해석

- 평사형 옥계사의 구조상 외부 덕트를 통한 공기 유입보다 내부 덕트 설치를 통한 공기 순환이 적절할 것으로 생각되며 중심에서 공기를 유입하여 대칭적으로 순환을 시키며 공기의 특성상 냉방과 난방의 위치를 다르게 하는 것이 효과적일 것으로 판단함
- 공기 순환 개념도를 통해 냉방 덕트, 난방 덕트, 순환 덕트를 구상하였으며 각각 냉방기, 난방기를 통해 온도가 조절된 공기를 필요에 맞게 유입시키며 반대 덕트를 통해 회수하고 순환 덕트를 통해 다시 공급되는 방식으로 이루어져 있음
- 냉방의 경우 상부 천장 부근에서 찬 공기를 유입하며 하강하는 공기의 특성으로 빠르게 냉방이 이루어질 수 있도록 하고 하단의 난방 덕트를 공기 회수를 위한 덕트로 활용함
- 난방의 경우 하단 바닥층의 중심에서 따뜻한 공기를 유입하며 스스로 상승하는 특성에 따라 전체적으로 난방이 이루어질 수 있도록 하고 반대로 냉방 덕트를 통해 공기가 회수되도록 함
- 옥계사의 3차원 설계안과 같이 덕트가 설치될 수 있으며 실제 CFD 해석을 위해서는 7.5 m 길이의 3칸정도만 해석을 수행하며 전체 공기 환기량을 대략 80,000 m³/h로 고려하여 유량을 도출하고 덕트 유입구의 직경은 300 mm로 적용하였음
- 옥계의 발열을 다양하게 해석해보기 위해서 사육판의 온도를 37도로 고정시키는 방식과 발열량을 40 W/m²으로 정해두는 방식으로 20도의 공기를 유입하는 냉방 조건에서 비교해보도록 하였음

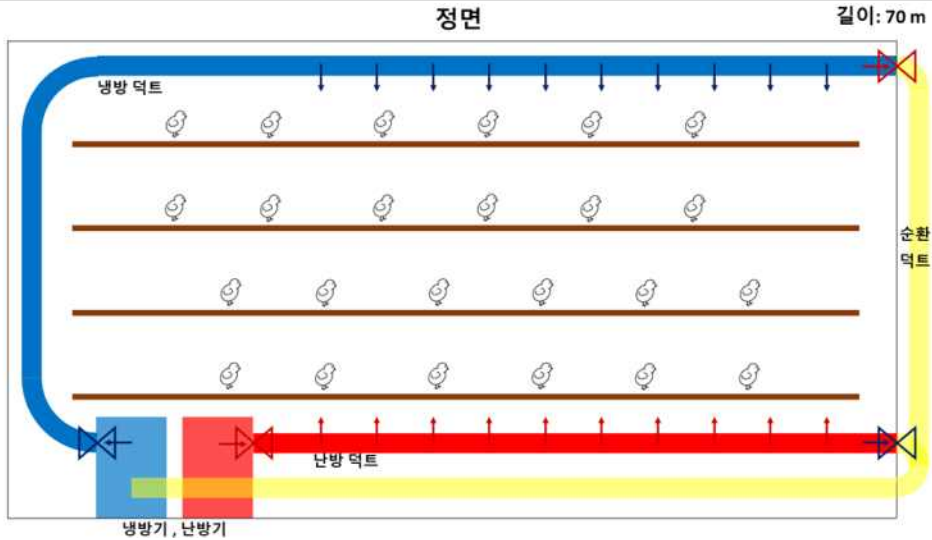


그림 315 평사형 육계사 상하단 공기 순환 개념도 정면도

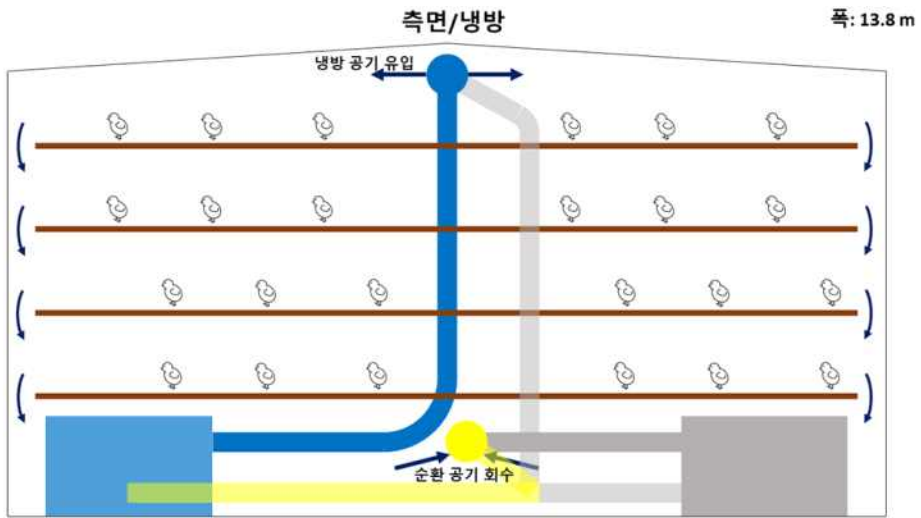


그림 316 평사형 육계사 상단 냉방 개념도 측면도

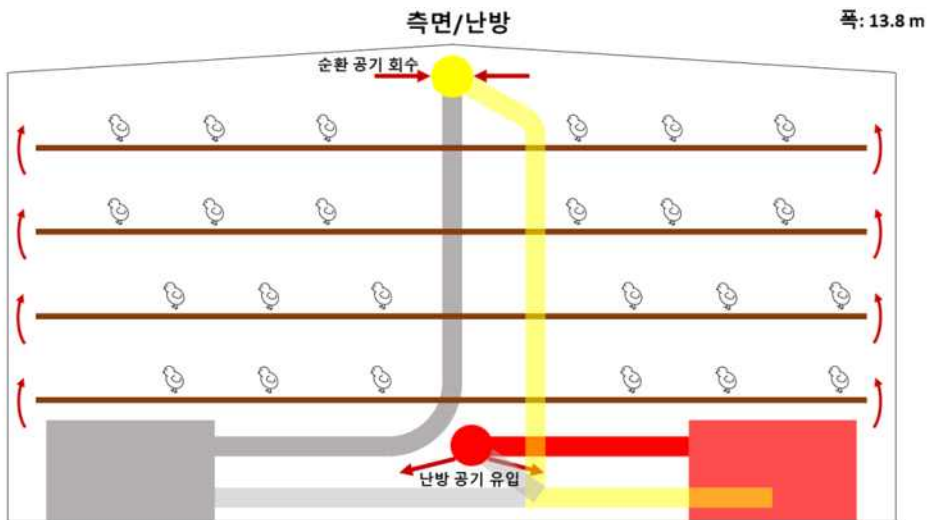


그림 317 평사형 육계사 하단 난방 개념도 측면도

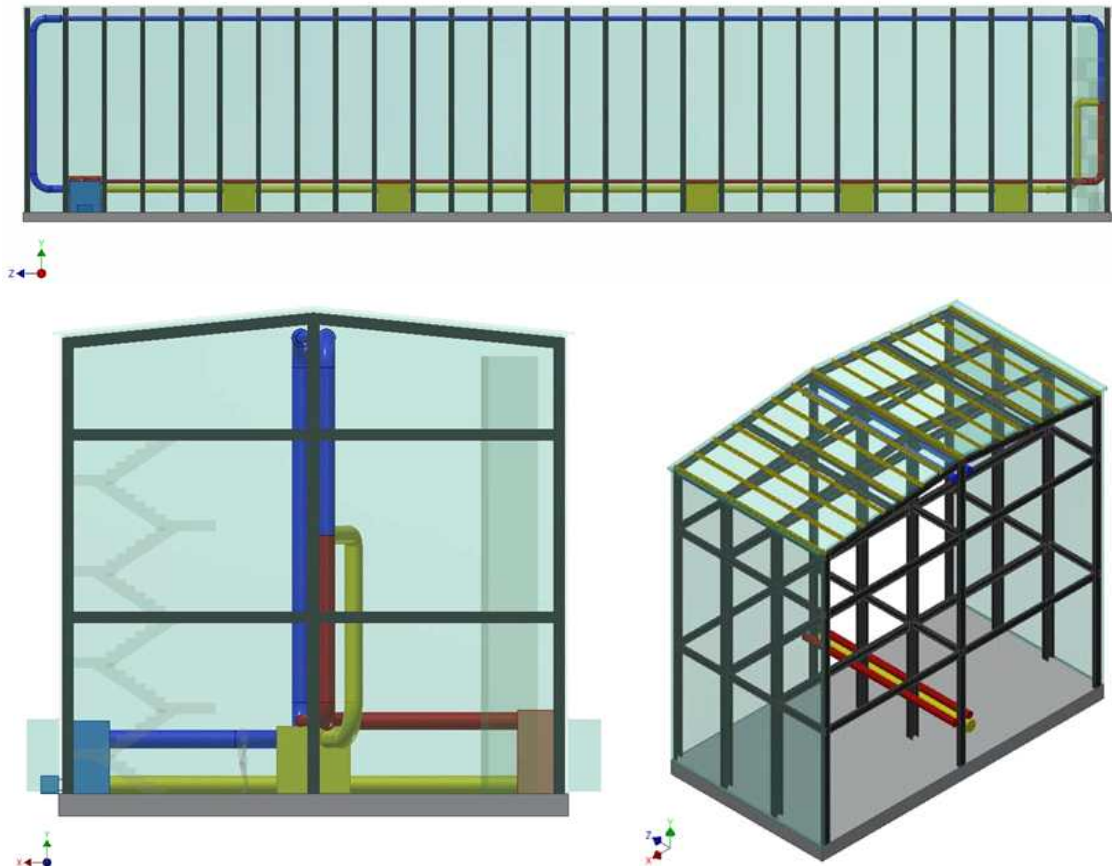


그림 318 냉난방 및 순환 덕트를 적용한 다층형 육계사 3D 설계안

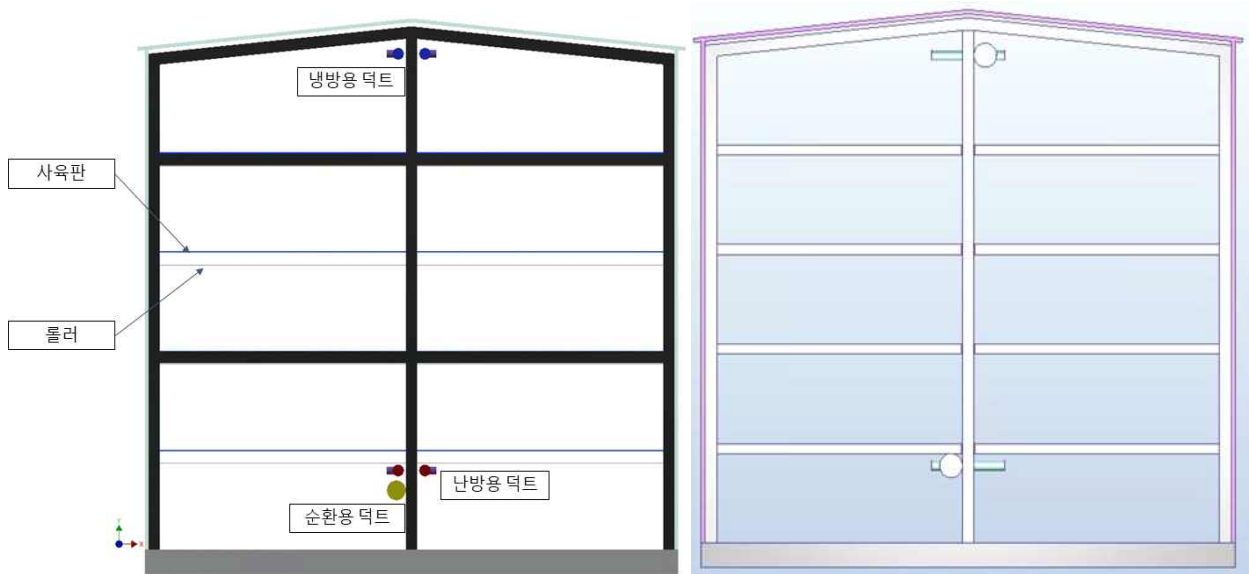


그림 319 평사형 육계사 상하단 공기 순환 해석 모델

- 사육판의 온도를 고정시키는 방식의 온도 분포 결과에서는 공기 순환이 잘 되지 않는 영역에서 37도에 가까운 온도를 보였으며 전체적인 온도 편차는 적은 것으로 보였음
- 사육판의 발열량을 고정시키는 경우 중심부에서 열이 누적되어 높은 온도를 보였으며 상대적으로 찬 공기가 바로 유입되는 4층은 차갑게 나타났음
- 발열량을 고정하는 것이 적절한 해석일 것으로 예상되며 발열량을 적절하게 적용하는 것이 필요하고

- 온도가 37도보다 높게 나타나는 경우에는 열 해소가 원활하게 되지 못할 것으로 해석될 수 있음
- 겨울철 난방의 경우에는 하부에서 따뜻한 공기가 유입되도록 하였으며 사육판의 발열이 더해져 상부에 열이 누적되어 과하게 난방될 수 있는 것으로 예상되어 겨울철 난방은 많이 덥지 않은 공기로도 가능할 것으로 보임

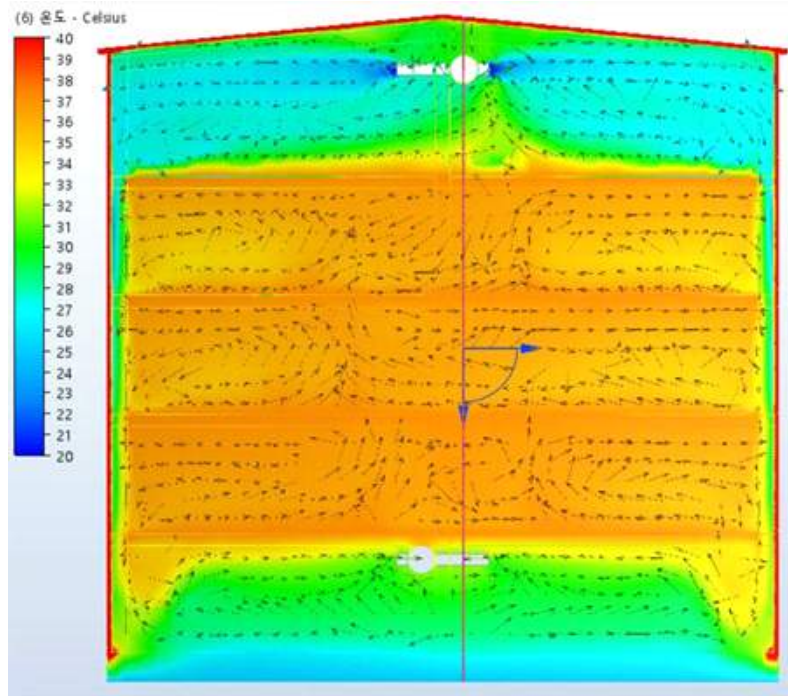


그림 320 사육판 온도 고정 방식의 상부 냉방 해석 온도 분포

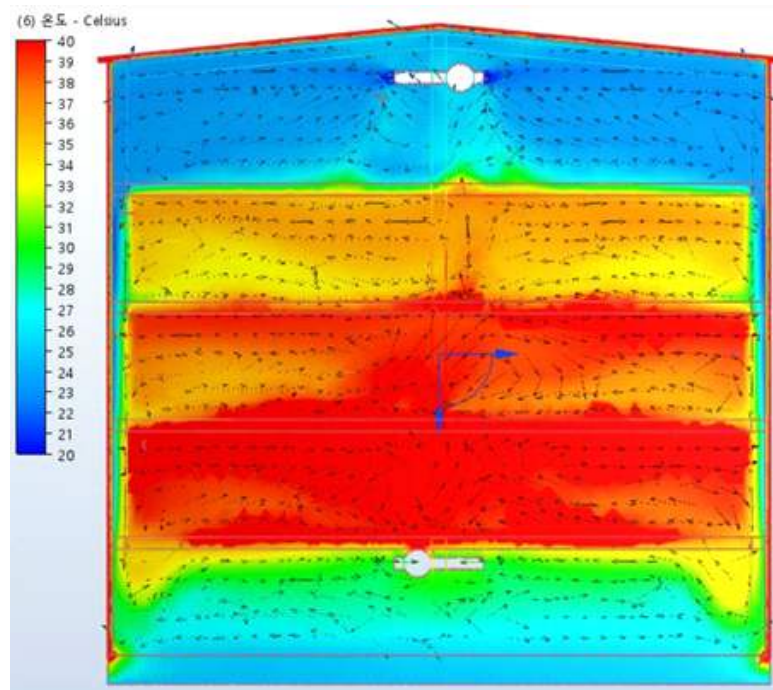


그림 321 사육판 발열량 고정 방식의 상부 냉방 해석 온도 분포

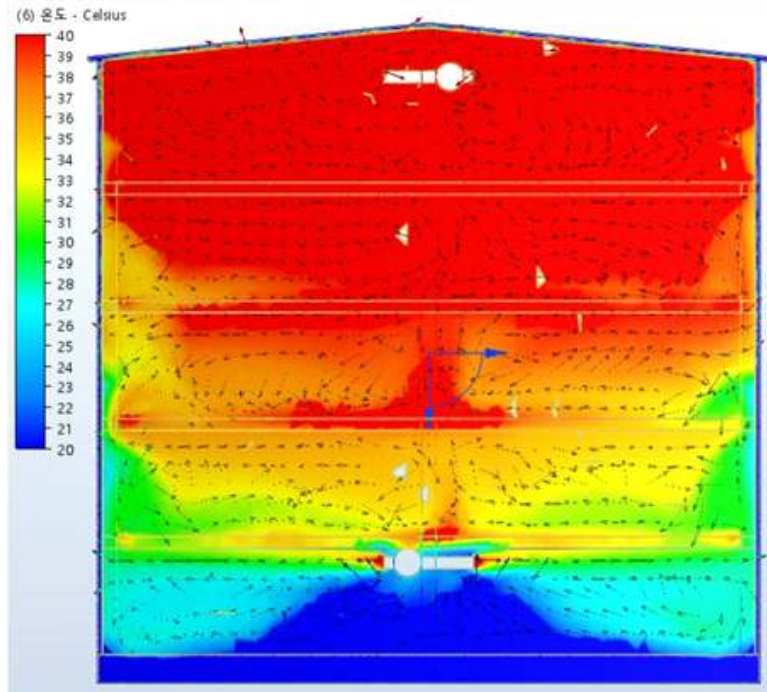


그림 322 사육판 발열량 고정 방식의 하부 난방 해석 온도 분포

- 이전의 해석에서는 층 바닥면의 사육판과 벨트를 하나의 벽으로 만들어서 전체를 막아버렸지만 실제로는 다공성의 사육판 슬랫이 설치되고 그 아래에는 6줄의 계분벨트가 설치되어 있어 벨트 사이 공간을 통한 층간 공기 유동이 가능한 구조임
- 그러나, 복잡한 구조의 사육판 구조를 적용하여 CFD 해석을 하는 것에는 한계가 있으며 사육판의 구조는 공기 흐름을 방해하므로 대체하는 방안이 필요함
- 사육판 구조에 의해 방해받는 공기 유동은 유량 감소로 이어지며 이는 틈새 간격이 좁아진 듯한 효과를 낼 수 있음
- 한 층 정도는 사육판 구조를 적용하여 해석이 가능하여 일부분에 대해서 층간 공기 유동 해석을 수행하였으며 속도 분포 및 틈새별 공기 유량을 취득함
- 그리고, 틈새 간격을 기존의 300 mm에서 130, 140, 150 mm로 감소시켜서 해석을 수행하였으며 틈새를 통한 유량을 비교하기 위한 그래프를 획득함
- 비교 그래프를 보면 사육판이 적용되면 공기 흐름이 벽면의 사육판이 없는 공간으로 몰리는 것을 알 수 있으며 틈새를 줄인 경우도 비슷하고, 특히, 140 mm 일 때 가장 비슷한 공기 흐름 경향을 보이는 것을 알 수 있음

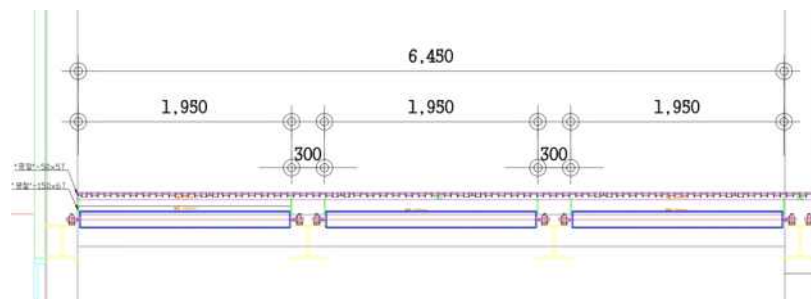


그림 323 사육판 및 벨트 구조

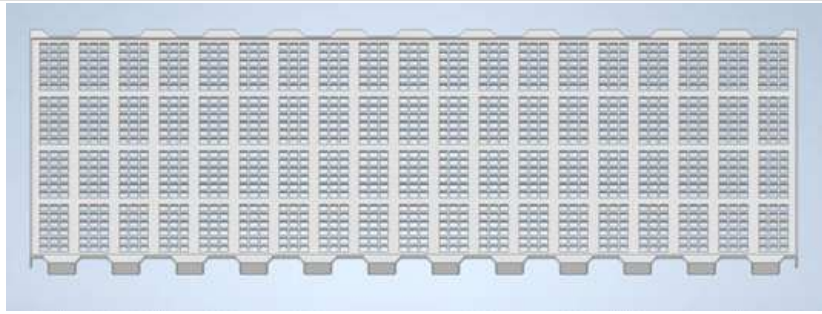


그림 324 다공성의 사육판 슬랫

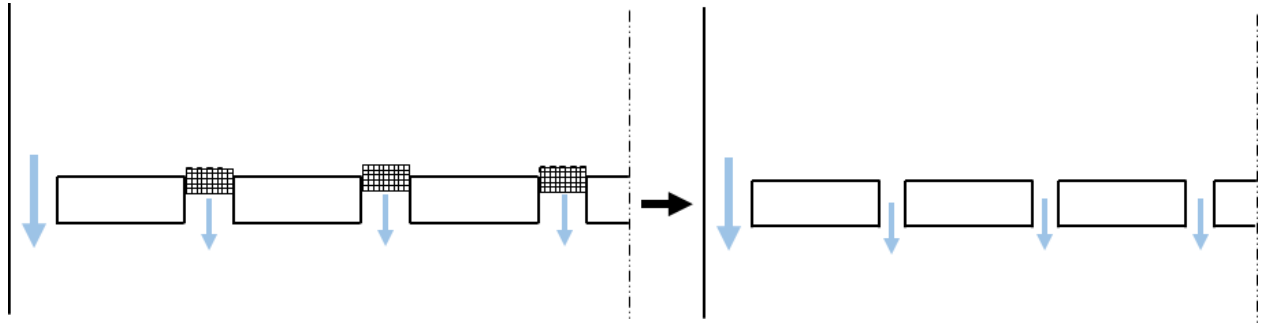


그림 325 사육판 구조 대체 해석 방안

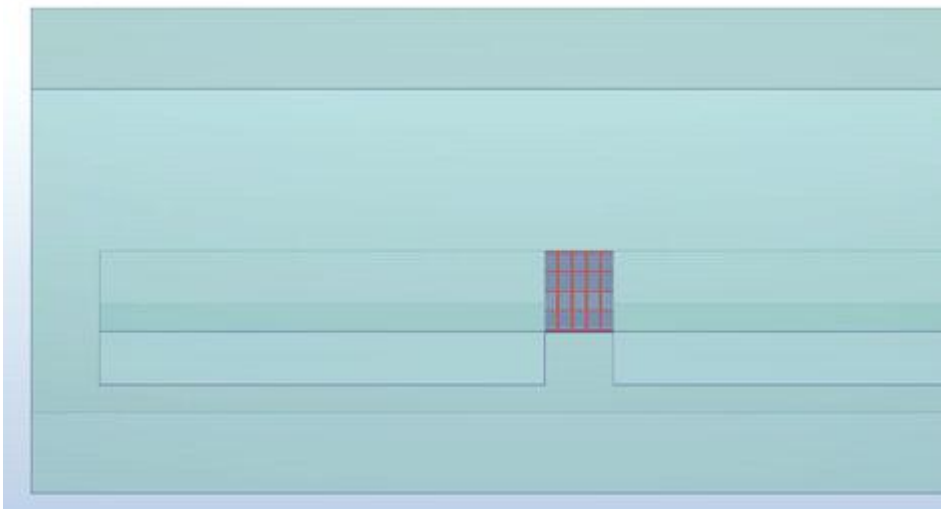


그림 326 사육판 구조를 적용한 공기 유동 일부 해석

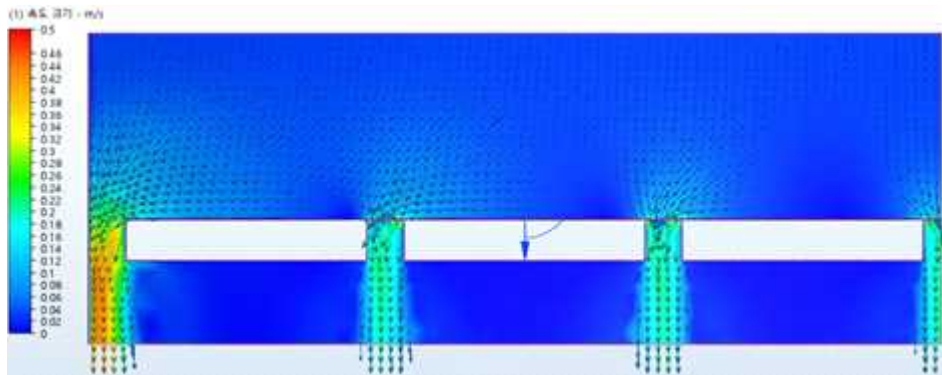


그림 327 사육판을 통한 틈새 공기 유동 해석 결과

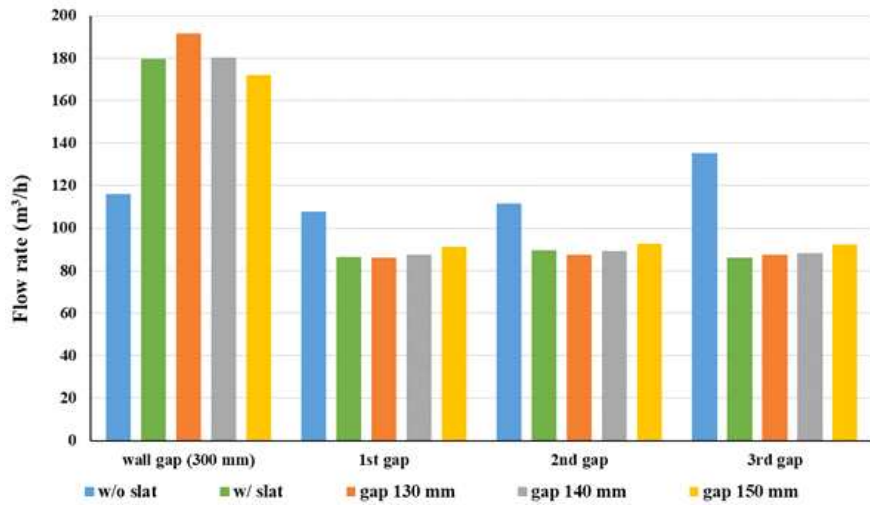


그림 328 틈새 간격에 따른 공기 유량 비교

- 사육판 구조 대체 해석을 통해 벨트 사이 틈새는 140 mm로 적용하도록 하였으며 사육판의 발열량은 최대값을 고려하고자 30일령 육계 7만 5천수의 발열량을 사육판 면적으로 나누어서 200W/m²라는 수치로 결정함
- 또한, 습기를 포함한 공기의 잠열을 반영하기 위해서 비열을 3배로 설정하여 냉방 해석을 하도록 하였음
- 유입 온도는 20도로 하고 유입 유량은 4,000 m³/h로 한 기존 계산에 따른 조건에서는 200 W/m²의 발열량을 해소하지 못하는 것으로 확인되었음
- 단순하게 유량을 증가시켜서 해석해보도록 하였으며 유량을 3배, 5배, 8배로 증가시킬수록 내부가 시원해지는 것을 온도 분포로 확인할 수 있으며 속도 분포에서는 점점더 빨라지는 유속을 볼 수 있음
- 유량이 많아지면 냉방이 충분해질 수 있으나 바람으로 인해 육계 성장에 악영향을 줄 수 있으므로 적절한 유량 결정이 필요함
- 유입 공기의 온도에 따라서도 내부에서 해소할 수 있는 열용량이 달라지며 적절한 유량과 온도 설정으로 내부의 균일한 온도 분포가 필요함
- 5배의 유량과 25도의 유입 온도에서는 적당한 온도를 보이는 듯 하지만 중심부에서 다소 높은 온도를 보여 벨트 틈새를 통한 공기 순환이 개선되었지만 아직 균일한 냉방은 부족할 수 있을 것으로 해석됨

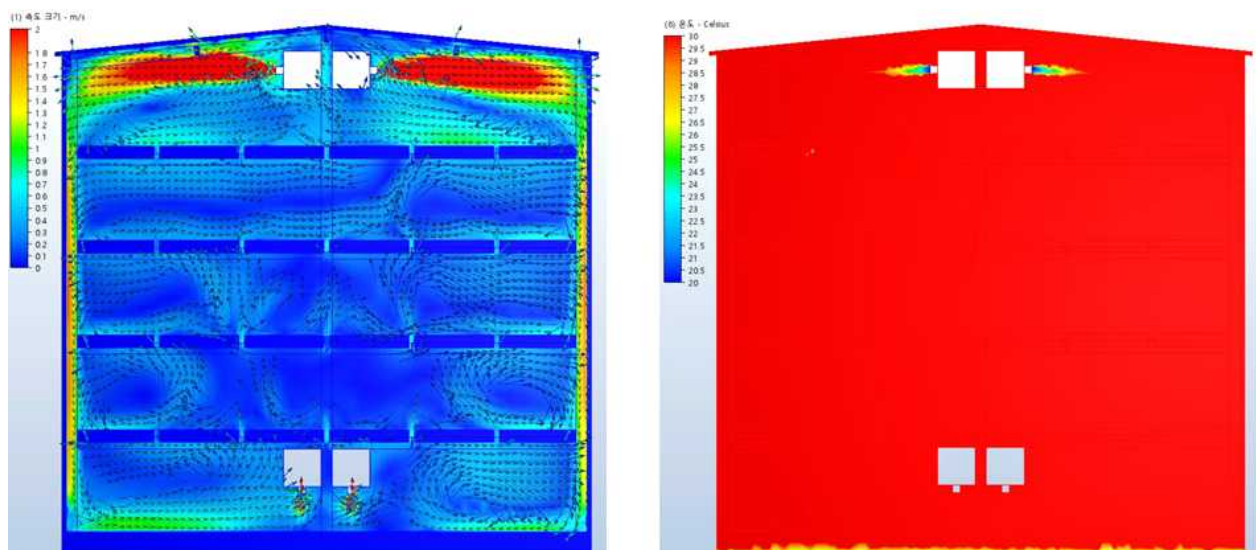


그림 329 유입 유량 4,000 m³/h의 냉방 조건 속도 및 온도 분포

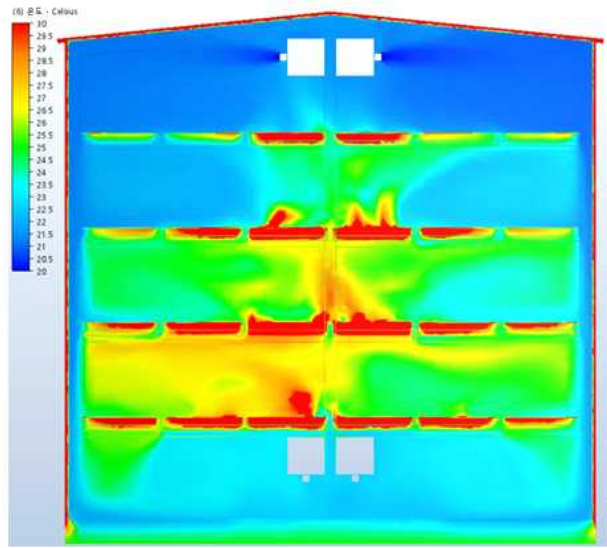
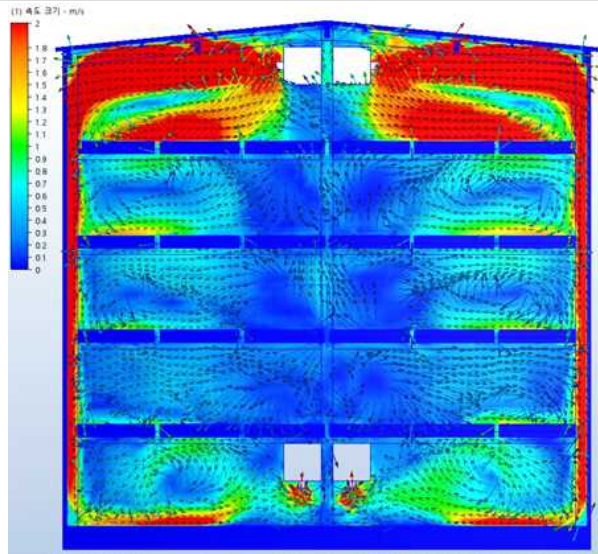


그림 330 유입 유량 12,000 m³/h의 냉방 조건 속도 및 온도 분포

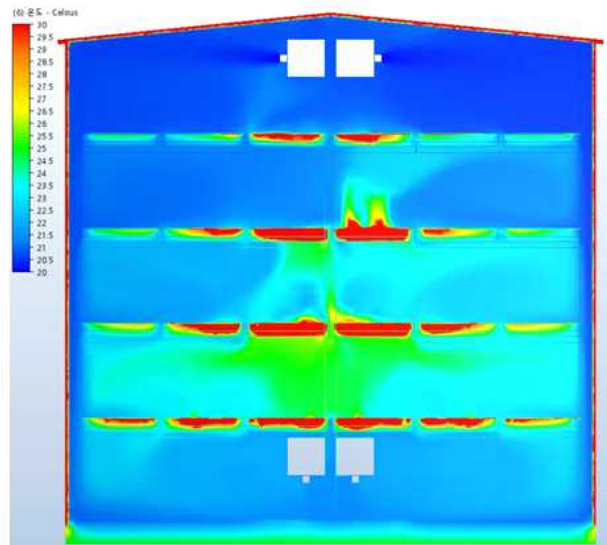
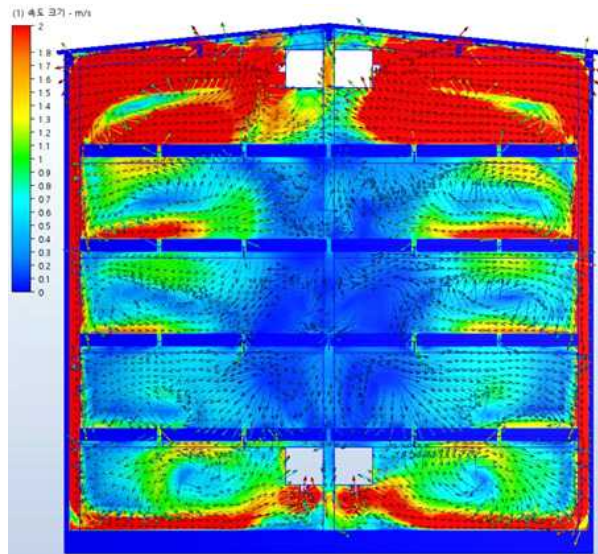


그림 331 유입 유량 20,000 m³/h의 냉방 조건 속도 및 온도 분포

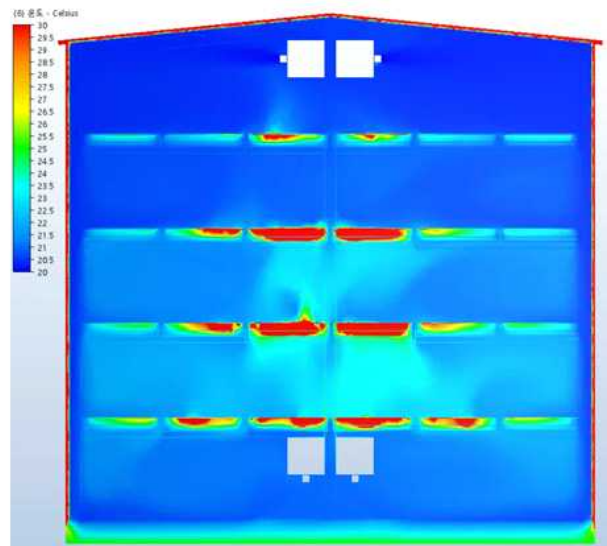
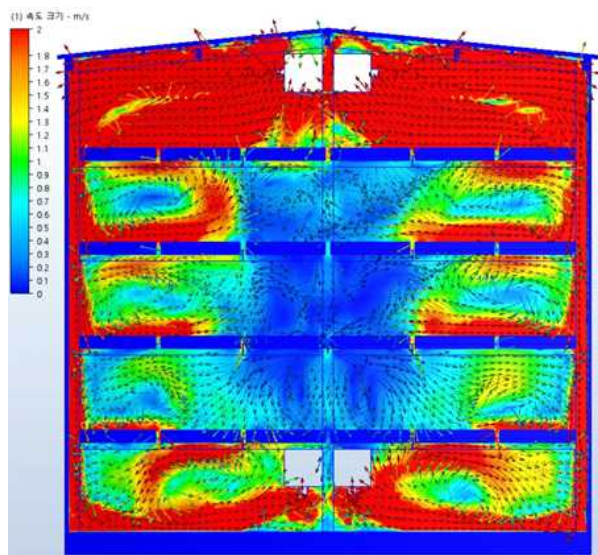


그림 332 유입 유량 32,000 m³/h의 냉방 조건 속도 및 온도 분포

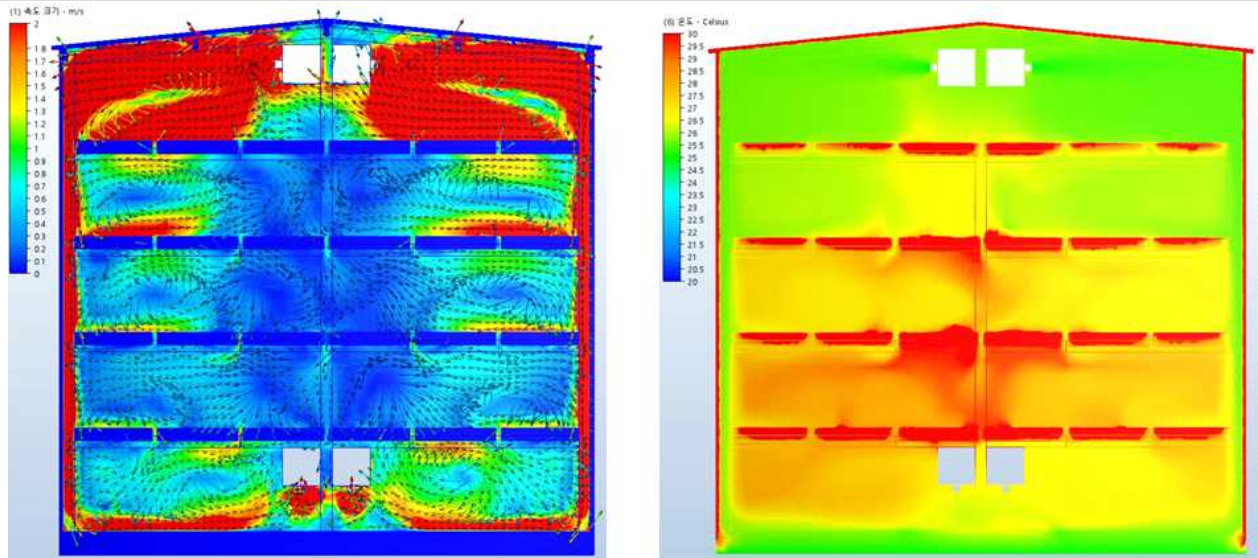


그림 333 유입 유량 20,000 m³/h와 25도로 수정한 냉방 조건 속도 및 온도 분포

- 옥계사 중심부 공기 순환을 위하여 벽면에 베플을 설치하여 벽면을 타고 흐르는 공기의 흐름을 바꾸기 위한 베플 설계안을 구상하였음
- 베플은 기본 프레임으로 활용되는 300×300의 크기를 활용하도록 하였으며 각 층의 1,500 mm 높이에 설치하여 찬 바람이 중심부를 향할 수 있도록 하였음
- 베플 설치 위치를 1, 2, 3층 전층 및 3층, 2층, 1층 각각 그리고 1, 2층로 설정하고 3배인 12,000 m³/h의 유량을 공급하는 조건으로 해석한 속도 및 온도 분포 결과를 비교하도록 하였음

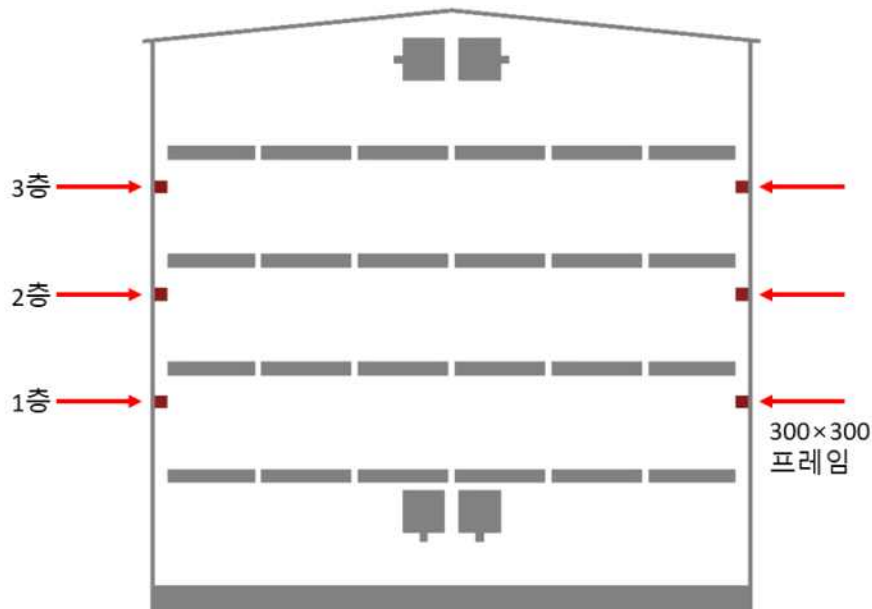


그림 334 중심부 환기를 위한 베플 설계안

- 전층에 베플을 설치한 경우에는 모든 층의 벽면에서 중심부로 흐르는 공기 유동을 볼 수 있으나 그 흐름은 낮은 층으로 갈수록 약해지는 것을 알 수 있음
- 이러한 이유로 인해 윗 층은 시원한 온도가 유지되지만 1층의 중심부는 공기 흐름이 약해서 열이 다소 누적되어 있는 것으로 나타남
- 베플이 3층에만 설치된 경우에도 비슷한 온도 분포가 나타나는 것을 볼 수 있으며 베플에 의해 3층에 유입되는 공기는 중앙까지도 빠르게 유입될 수 있을 것으로 확인됨

- 베플이 2층과 1층에 각각 설치된 경우 각 층의 열을 순환시켜 온도를 낮출 수 있는 것으로 보였으나 1층에만 공기가 유입되는 경우 그 윗층에 열이 누적되어 더운 것으로 나타났음
- 1층과 2층 전체에 공기를 유입하기 위해 1, 2층에 베플을 설치한 결과로는 1층에 유입되는 공기가 적어 1층에 여전히 열이 누적되는 것으로 나타나 해결이 필요할 것으로 판단됨

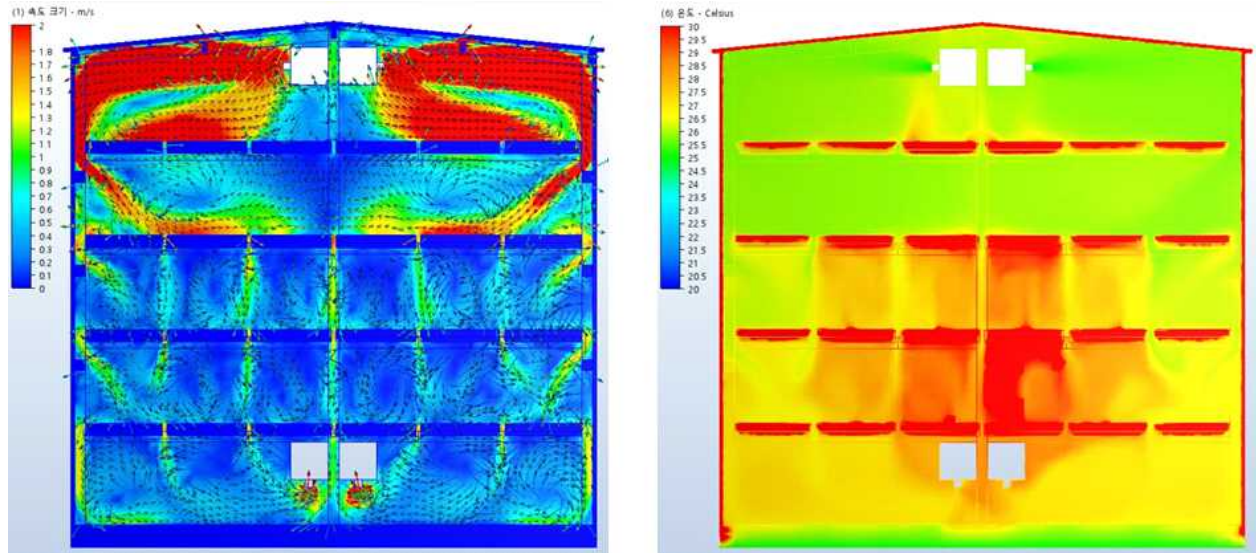


그림 335 1, 2, 3층 베플 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

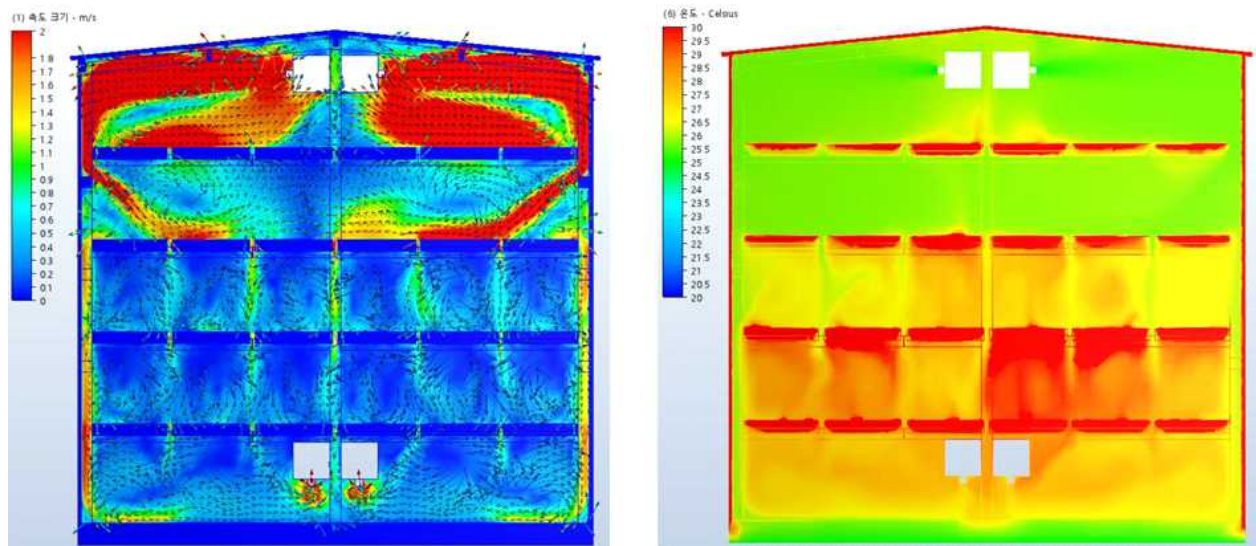


그림 336 3층 베플 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

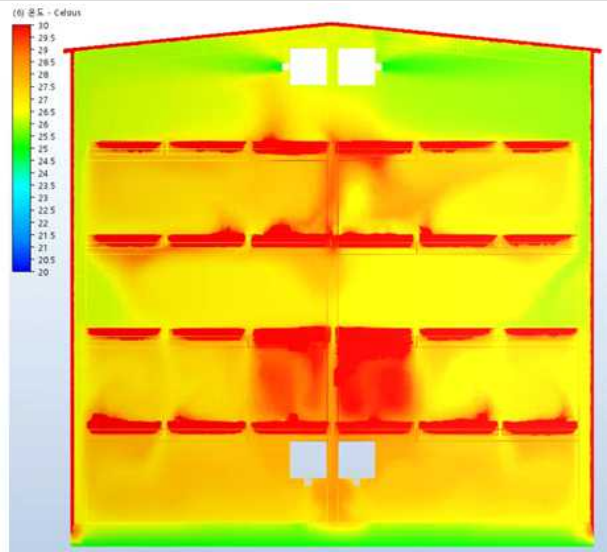
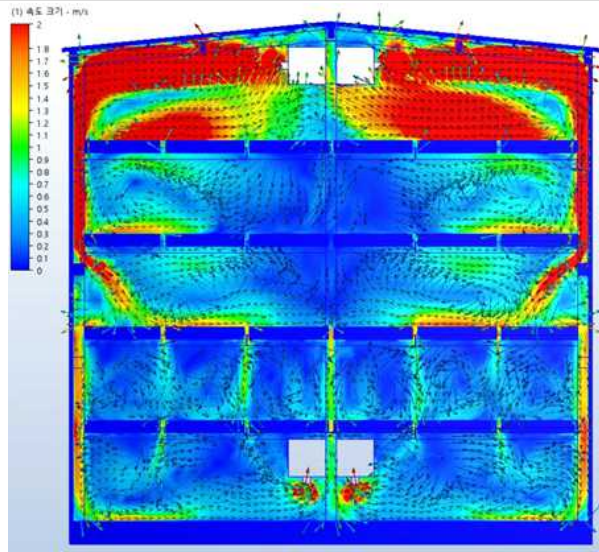


그림 337 2층 베플 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

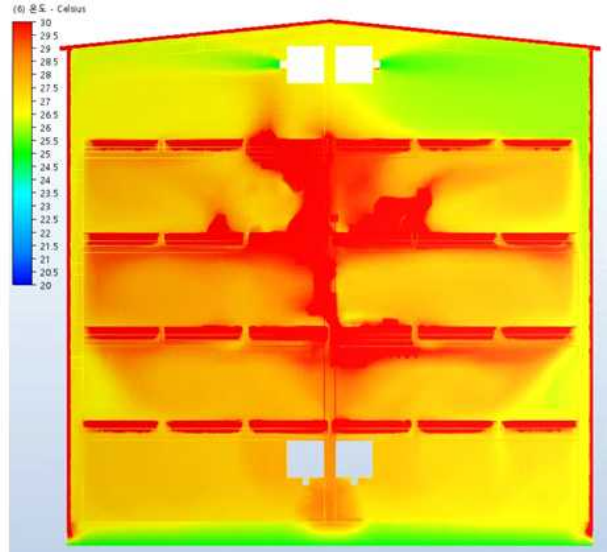
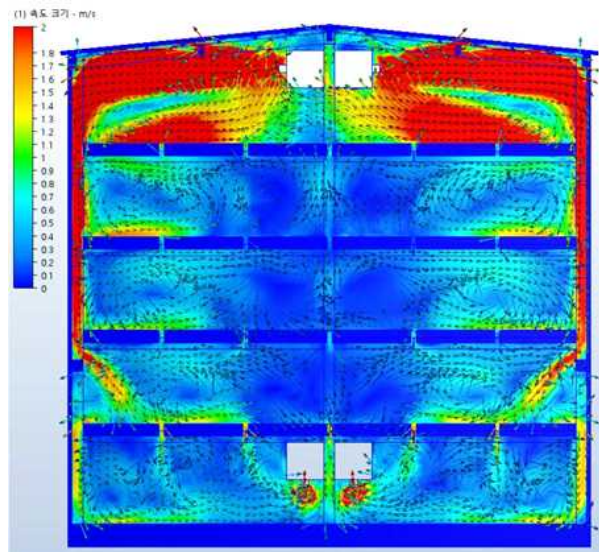


그림 338 1층 베플 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

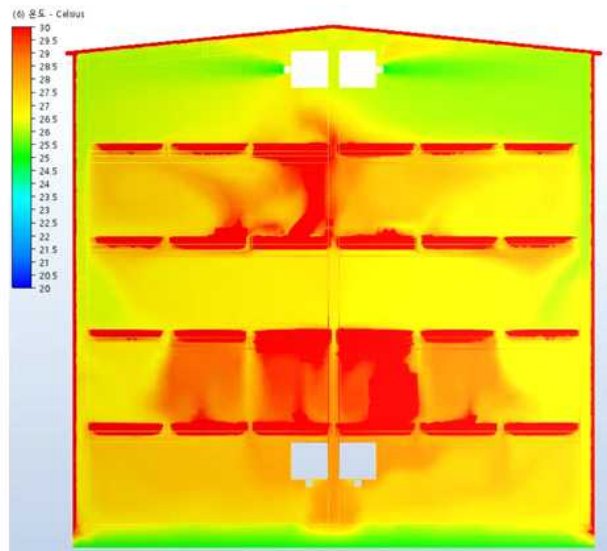
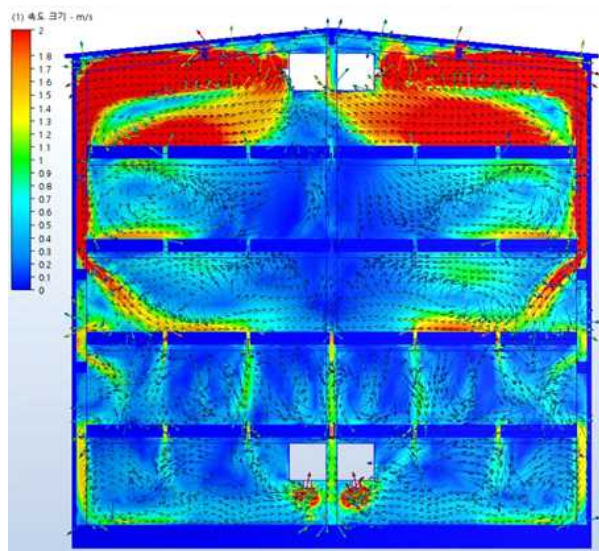


그림 339 1, 2층 베플 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

- 이전 해석에서는 냉방을 고려하여 베플의 설치 높이가 높았지만 난방도 고려하고 공기 순환의 방해를 줄이고자 베플의 높이를 중앙으로 낮추어서 해석을 하도록 함
- 온도 분포의 상세한 분석을 위해서 사육판의 15 cm 높이에서의 온도 값을 획득하여 그래프로 분석하도록 하였으며 가장 공기 유동이 적은 층별 중심 온도도 비교할 수 있도록 하였음

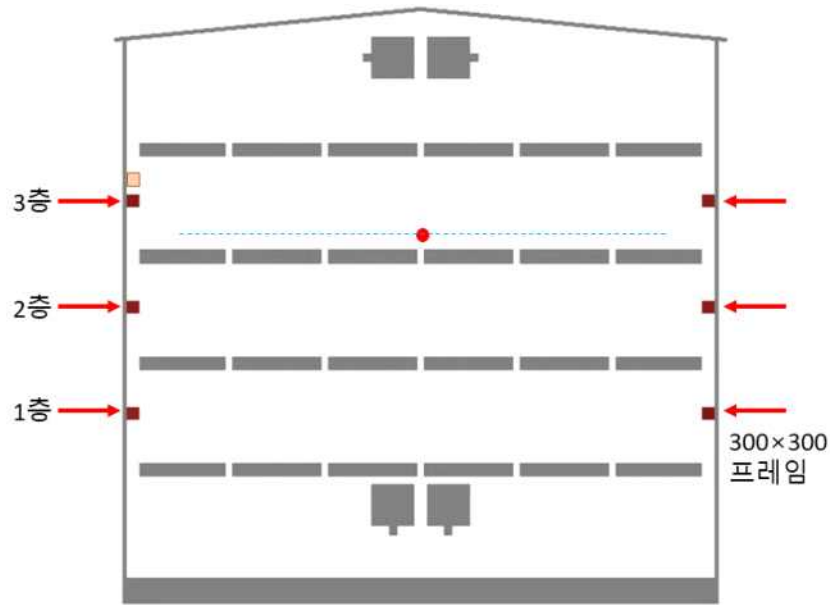


그림 340 중심부 환기를 위한 베플 위치 조정 설계안

- 층별 베플 설치에 따른 온도 분포에서는 열이 정체된 영역을 확인할 수 있으며 각 층의 온도 그래프로는 좌우 온도 편차를 파악할 수 있음
- 전층에 베플이 있는 경우와 3층에만 있는 경우에는 1층에 환기가 덜 되는 영역을 볼 수 있으며 2층에 베플을 설치한 경우 1층의 중앙이 정체되고 1층에 베플을 설치한 경우에는 2층이 전체적으로 더운 것을 확인할 수 있음
- 1. 2층에 베플을 설치한 경우에도 1층에 열이 쌓인 영역이 나타났으며 2층에만 설치한 경우와 큰 차이가 없는 온도 분포를 보임
- 층별 온도 그래프를 보면 같은 층에서도 일부 온도가 높은 부분이 있는 것으로 나타나지만 큰 차이가 없는 경우에 실제로는 확산으로 인해 부분적인 열 누적이 해소될 수 있을 것임
- 3층에만 베플을 설치한 경우에는 층별 온도 차이를 그래프에서도 차이가 있음을 확인할 수 있으며 1층에만 설치한 경우에는 순환이 잘 되지 않아 높게 나타나는 구간이 그래프에 확연하게 나타나기도 함
- 그래프를 통해서 2층의 온도 분포 및 편차가 가장 적어서 균일한 것으로 보이며 층별 중심온도 및 평균온도를 정리한 결과에서도 목표로 하는 27도에 가장 근접하고 크게 벗어나는 결과가 없는 것으로 나타나 적절한 설계안이 될 수 있을 것으로 판단되었음

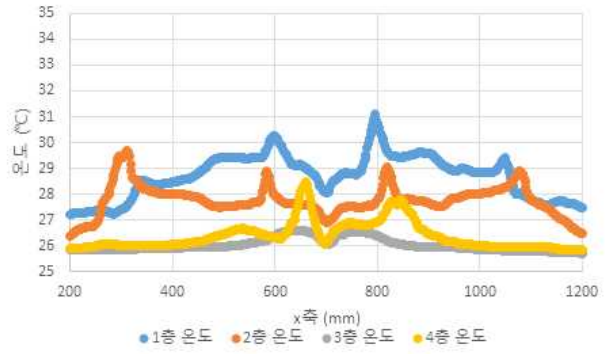
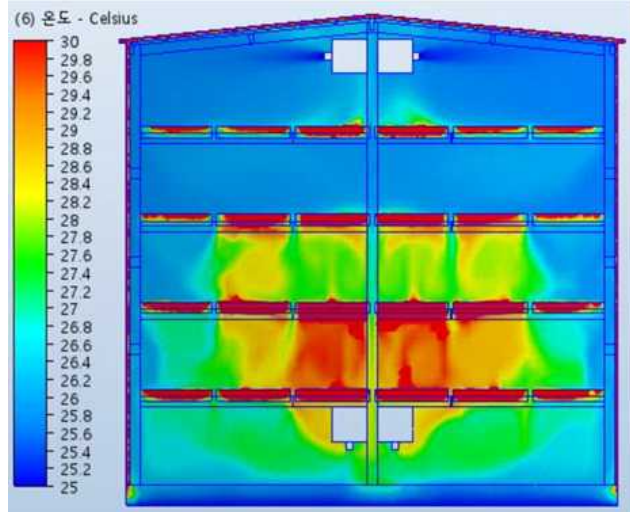


그림 341 1, 2, 3층 베플 설치시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

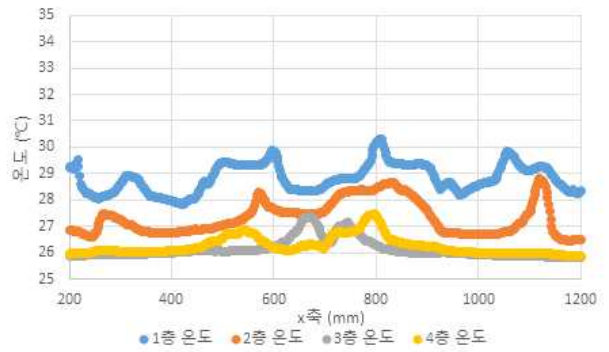
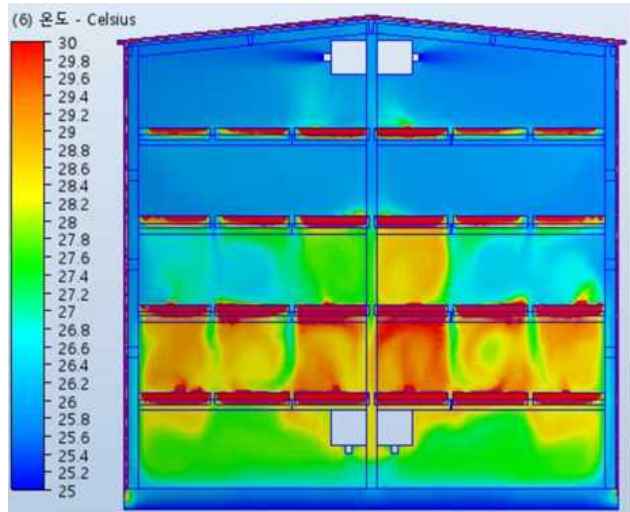


그림 342 3층 베플 설치시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

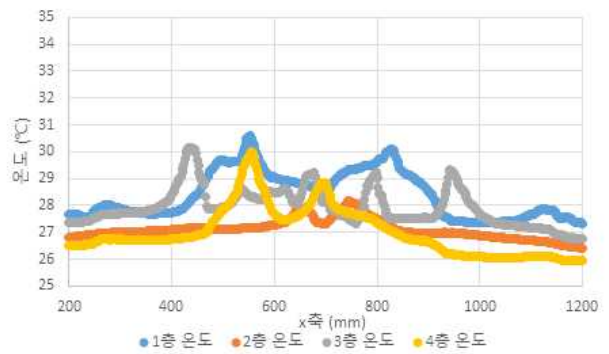
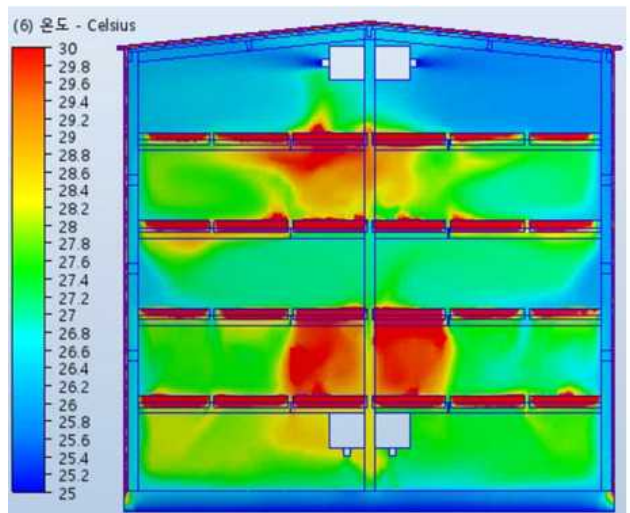


그림 343 2층 베플 설치시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

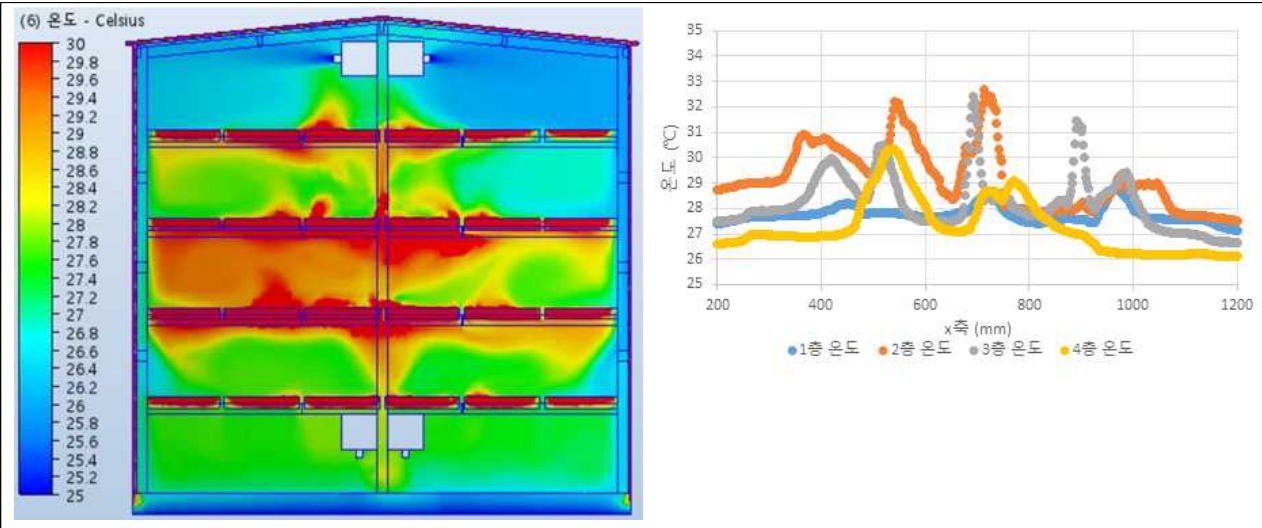


그림 344 1층 베플 설치시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

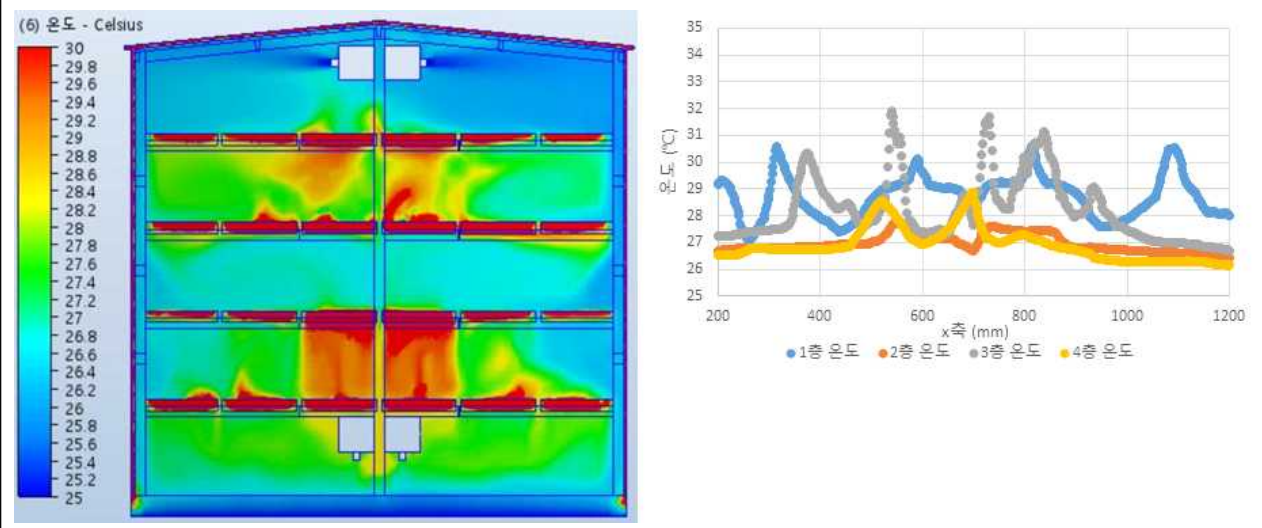


그림 345 1, 2층 베플 설치시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

중심온도, °C	1층	2층	3층	4층	차이	평균온도, °C	1층	2층	3층	4층	차이
Baffle 123층	27.33	26.78	25.86	25.97	1.4719	Baffle 123층	28.71	27.77	26.04	26.38	2.6764
Baffle 3층	28.14	26.60	25.91	26.01	2.2351	Baffle 3층	28.83	27.33	26.13	26.25	2.7003
Baffle 2층	27.73	26.92	27.51	26.58	1.1499	Baffle 2층	28.39	27.10	27.94	27.01	1.3817
Baffle 1층	27.60	28.96	27.59	26.71	2.2557	Baffle 1층	27.76	29.16	28.23	27.28	1.8814
Baffle 12층	27.55	26.77	27.33	26.61	0.9391	Baffle 12층	28.73	26.95	28.21	26.91	1.8258

그림 346 베플 설치 위치에 따른 층별 중심온도 및 평균온도

- 2층에 베플을 설치하는 것이 가장 효과가 좋았으나 1층의 평균온도가 조금 높아 전체적으로 냉방을 늘려 균일한 온도 분포를 얻어보고자 추가적인 해석을 수행하였음
- 냉방을 증가시키는 방법으로 유량을 증가시키는 것과 온도를 낮추어 더 많은 열을 흡수할 수 있도록 하며 더 효과적인 방법을 찾고 냉방 제어시 어떠한 방법으로 할 것인지 판단하기 위한 해석 결과를 얻도록 함
- 유량을 증가시키는 것은 120%로 증가시켜 2.5 m 당 14,400 m³/h로 하며 온도를 낮추는 것은 24도로 1도 낮추는 것으로 해서 공기 유동 해석을 수행하고 온도 분포를 확인하였음

- 유량을 증가시킨 경우에는 전체적으로 시원해지고 균일해지는 것처럼 나타났으나 그래프 상에서 일부 영역에서 정체되어 높게 나타나는 곳이 있었고 공기 흐름이 달라진 것 때문인 것으로 보임
- 온도를 낮춘 경우에는 전반적인 온도 감소가 더 크게 나타났지만 1층 중심부의 정체된 열은 해소되지 못하는 것으로 해석됨
- 층별 온도를 각자 제어하기 위해서 전체적인 온도가 증가하여 냉방이 필요한 경우에는 냉방 온도를 낮추는 것이 효과적일 수 있지만 부분적으로 1층에 열이 정체되어 있는 경우에는 유량을 증가시키는 방법으로 균일한 냉방이 가능할 것으로 예상됨

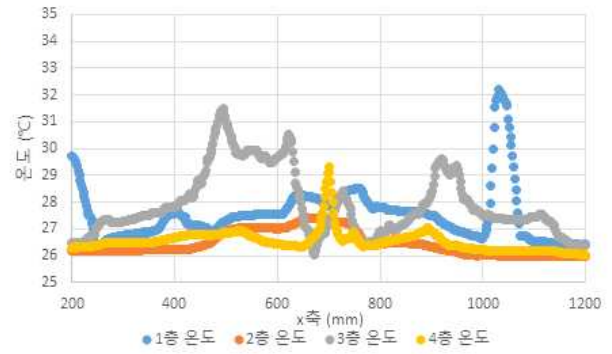
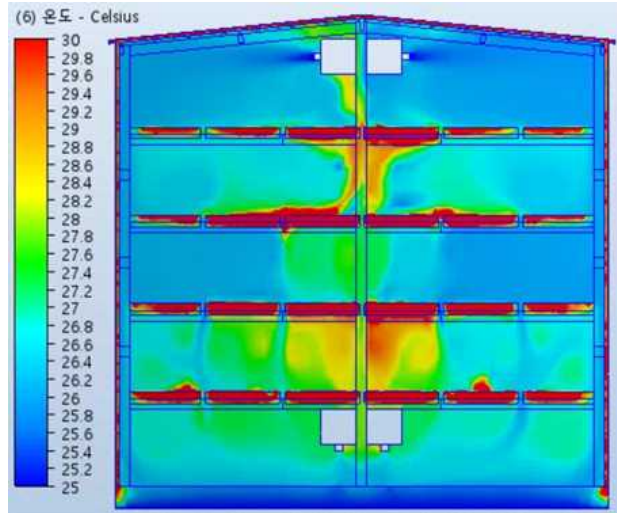


그림 347 2층 베플 설치 조건에서 유량 증가시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

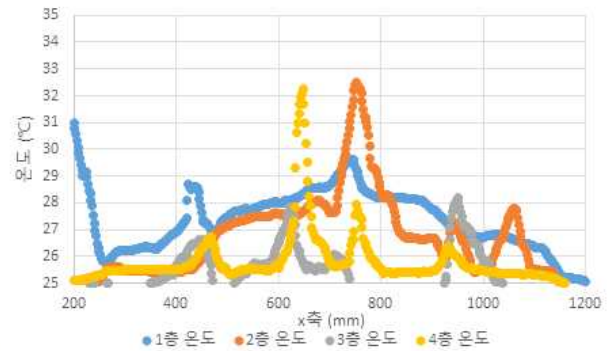
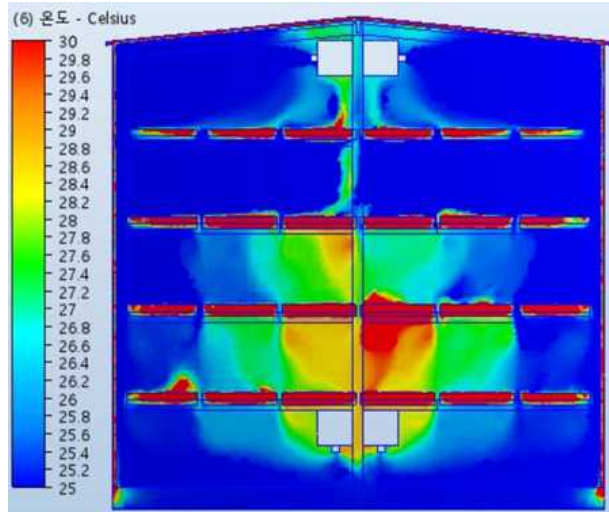


그림 348 2층 베플 설치 조건에서 온도 하락시 냉방 조건 온도 분포 및 층별 그래프

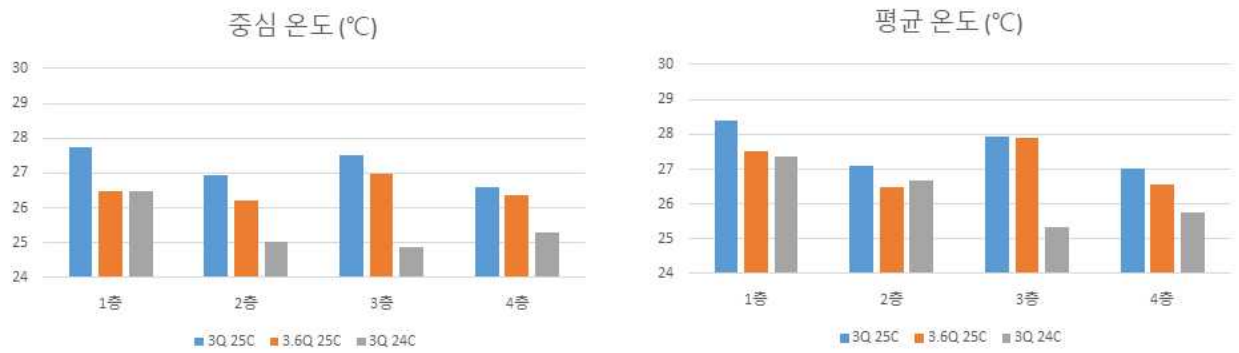


그림 349 유량 혹은 온도 조절시 중심온도 및 평균온도 변화 그래프

- 2층에 베플을 설치하였을 때 공기 순환이 덜 될 것으로 예상되는 1층 혹은 3층에 순환 팬을 설치하여 강제 대류를 시킴으로서 열이 얼마나 해소되는지 파악하고자 하였음
- 순환 팬의 직경은 1 m이며 유량은 2,000 m³/h로 평균적으로 약 0.7 m/s의 바람을 일으키는 장치로서 1층 혹은 3층 아니면 두 층 모두 설치하였을 때 공기 유동을 파악하였음

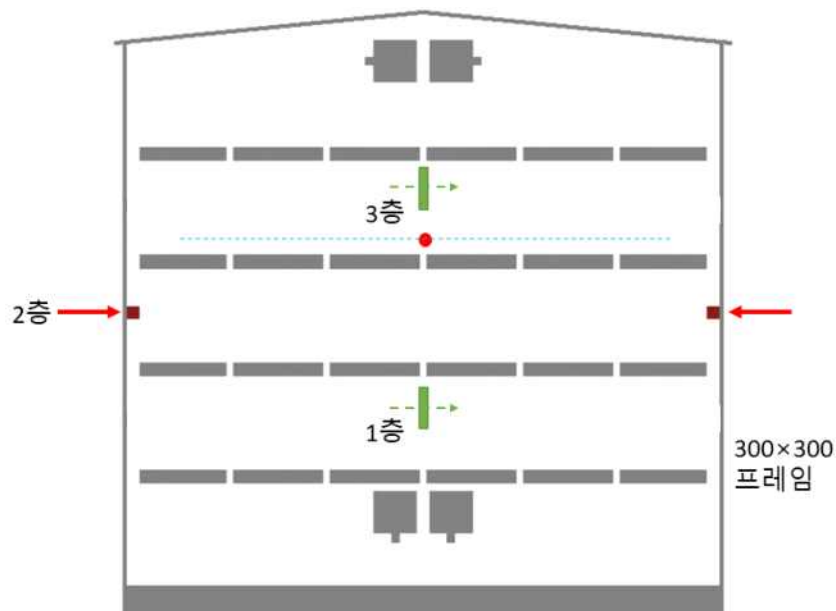


그림 350 중심부 환기를 위한 순환팬 설치안

- 순환 팬을 설치하여 공기 유동을 우측으로 만들어 낸 경우에 속도 분포를 보면 약간의 공기 흐름이 있는 것으로 확인되었으나 전체적인 공기 흐름에 비해 약해서 영향이 적은 것으로 보임
- 그러나, 정체된 열을 확산시키는 것에는 효과가 있을 수 있으며 온도 분포에서도 중심부 온도가 다소 퍼져있는 것으로 나타나며 실제로는 빠르게 열이 확산되어 시원한 온도가 유지될 수 있을 것임
- 다만, 대규모의 평사형 육계사에 층별로 모두 순환팬을 설치하는 것에 비해 환기 효과가 적을 것으로 보여 효율적인 대안이 되기는 어려울 것으로 판단됨

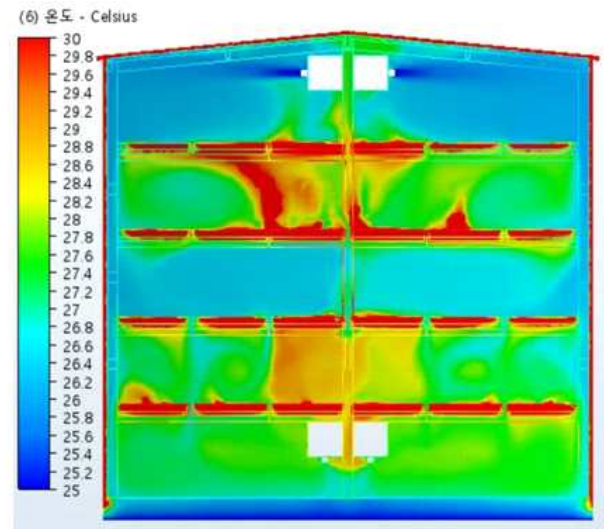
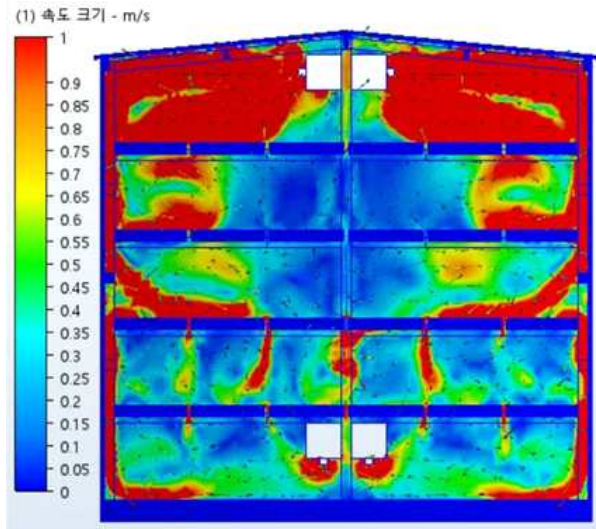


그림 351 1층 순환팬 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

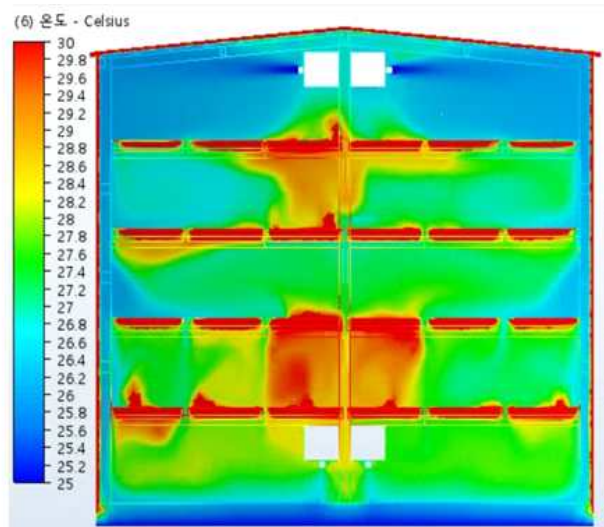
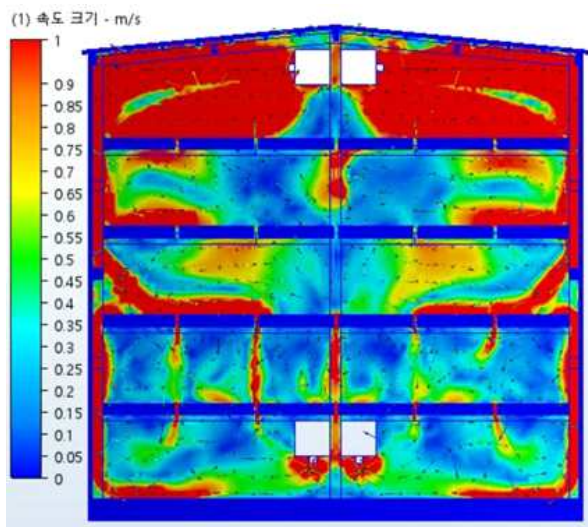


그림 352 3층 순환팬 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

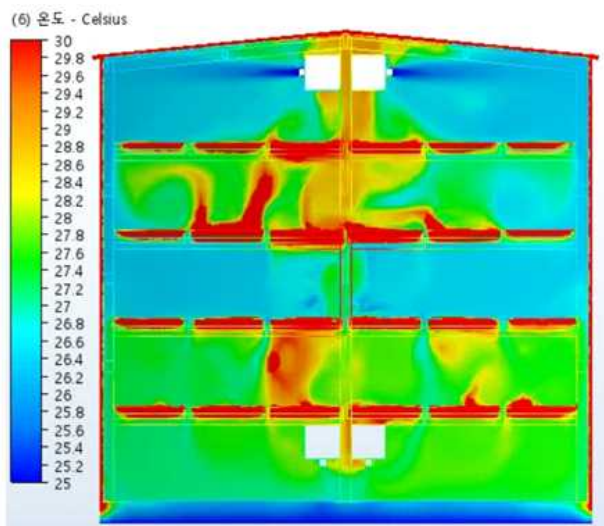
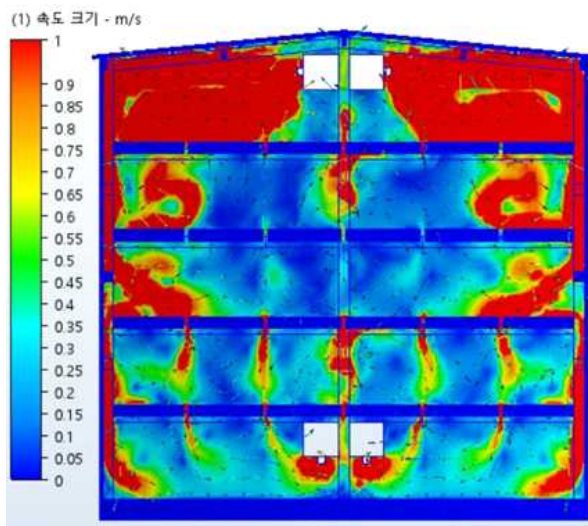


그림 353 1, 3층 순환팬 설치시 냉방 조건 속도 및 온도 분포

[결과 요약]

- 대형화를 위한 다층 평사형 육계사 내부의 공기 순환을 위하여 측면 공기 유입, 길이 방향 공기 유입, 상하단 중앙 공기 유입 방안을 적용하여 CFD 해석을 수행하였고 내부의 온도 분포를 예측하여 냉난방 성능을 분석함
- 다양한 냉난방 공기 유동 설계안에 대한 분석으로 온도 결과에 문제가 있을 것으로 예측되는 조건들을 개선하였으며 냉방은 상부, 난방은 하부로 하는 것이 효과적인 것으로 파악되었고 베플을 활용한 공기 순환 개선이 가능하며 온도 및 유량 변화로 인한 내부 온도 균일을 위한 제어가 가능할 것으로 파악되었음

[연구 주제] 스마트 육계사 실증 단지 확보 Ensuring a Smart Poultry Demonstration Complex

[목표]

본 연구에 필요한 스마트 육계사 실증 단지를 확보하기 위함.

[결과 보고]

- 2021년 12월 클린다층형육계사 스마트팜 시설 계약 완료
 - 소재: 강원도 강릉시 강동면 임곡2리
 - 사육규모: 전체 112,000수(2동) 건립, 최대 10회전 사육 목표
 - 주민동의: 90% 동의률로 허가 시 문제없이 진행 가능
 - 시설화 진행: 2022년 1월부터 인허가를 시작으로 토목공사 및 기초작업과 시설화 진행

클린다층형육계사(스마트팜)2동 계약서	계약서 조건	계약서 조건 (계속)	계약서 조건 (계속)
<p>1. 계약 목적: 본 계약은 클린다층형 육계사(스마트팜) 2동 건립을 위한 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>2. 계약 당사자: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>3. 계약의 효력: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p>	<p>1. 계약 목적: 본 계약은 클린다층형 육계사(스마트팜) 2동 건립을 위한 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>2. 계약 당사자: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>3. 계약의 효력: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p>	<p>1. 계약 목적: 본 계약은 클린다층형 육계사(스마트팜) 2동 건립을 위한 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>2. 계약 당사자: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>3. 계약의 효력: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p>	<p>1. 계약 목적: 본 계약은 클린다층형 육계사(스마트팜) 2동 건립을 위한 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>2. 계약 당사자: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p> <p>3. 계약의 효력: 본 계약은 계약자 상호 간에 체결된 계약임에 따라, 계약자 상호 간에 체결된 계약의 주요 내용을 규정한다.</p>

- 2022년 클린다층형육계사 마을사업으로 공동진행
 - 구매의향서 6동 건설에 관한 의향서 완료로 2022년 진행 계획에 무리가 없음
 - 강릉시 강동면 임곡2리 마을사업으로 진행, 마을주민 동의서 미리 확보한 상태
 - 토지구입 진행 완료: 2022년 3월 마무리될 예정, 순차적으로 단지화 진행 계획



삭제

삭제

• 클린다층형육계사 실증 실시

- 시설화를 마무리하면 2022년 대단위 사육으로 사육데이터 수집, 공기조화효율성과 봄, 여름, 가을 겨울 계절 사육실태 파악으로 양계스마트팜 실현 극대화 계획
- 가능하다면 사육전문가, 축산과학원 등과 협업하여 사육데이터 수집과 운영시스템 안정화 구축 기대함



- 한국광해관리공단 불용지 토지를 매입하는 단계로 공단과는 협의가 된 상태로 2022년 3월경에는 토지거래가 성사되어 마무리 될 계획
- 전체 6동 클린다층형육계사 구매의향서

[결과 요약]

4차년 목표인 스마트 육계사 사업화를 위해 필요한 실증 단지를 확보함.

[연구 주제] 제어형 구동기를 위한 표준 제안

Proposal of Communication Standard for Controllable Actuator

[목표]

1. 적용 범위

이 표준은 스마트 온실의 제어형 노드와 온실 통합 제어기 간 RS485 통신을 하는 경우, 모드버스(MODBUS) 방식의 인터페이스를 사용할 것을 제안함으로써 상호 연동을 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 제어형 노드와 온실 통합 제어기 간에 제공되는 기능과 각 기능을 위해 상호 교환되는 메시지 인터페이스, 전달되는 데이터에 대하여 기술한다.

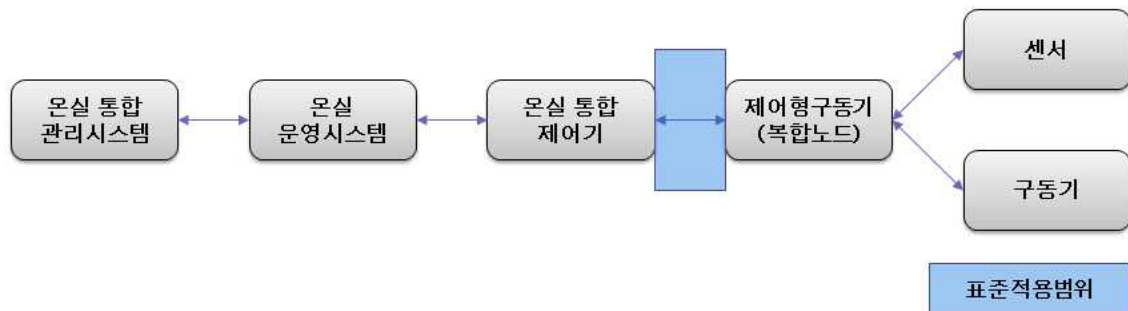


그림 1- 제어형 노드(복합노드)와 온실통합 제어기 간 RS485 모드버스 인터페이스 범위

이 표준에서 제어형 노드는 복합노드의 일종으로 자체적으로 수집한 센서 정보를 바탕으로 부분적인 자동제어를 수행한다. 난방기, 제어형 유동팬 등이 대표적인 제품이라고 할 수 있다. 난방기는 가정에서 사용하는 히터와 비슷하게 설정온도를 입력하면, 해당 온도를 유지하기 위해 난방기의 가동정도를 스스로 조절한다.

제어형 노드는 각각 적합한 설정 기준치를 입력받아, 세부적인 제어를 수행하도록 되어 있다. 이에 온실 통합 제어기와 같이 통신으로 연결된 장비에서 직접 제어명령을 전달하는 경우 시간차로 인해 적절한 제어가 수행되지 못할 가능성이 크다.

2. 요구사항

2.1 제어형 노드 제어 및 설정 요구사항

온실 통합 제어기와 제어형 노드 사이의 제어는 크게 3가지 방식으로 이루어진다. 첫번째 방식은 수동 조작 방식으로, 사용자가 제어형 노드에 직접 접근하여 수동으로 스위치를 조작하는 방식으로 모든 방식에 우선한다.

두번째 방식은 제어형 노드 자체 제어 방식으로, 제어형 노드에 설정된 설정정보에 의해 제어형 노드가 알아서 작동하는 방식이다. 일반적인 제어형 노드의 동작 방식이라고 할 수 있다.

세번째 방식은 온실 통합 제어기에 의한 제어 방식이다. 온실 통합 제어기는 제어형 노드가 자체 제어 방식으로 동작하지 않도록 제어권을 획득한 뒤 강제로 명령을 전달할 수 있다.

3가지 제어방식 모두에서 연결된 센서 정보와 구동기 상태정보는 온실 통합 제어기에서 획득이 가능해야 한다.

온실 통합 제어기에 의한 제어 방식인 세 번째 제어방식에서 온실 통합 제어기는 다음의 명령을 수행

할 수 있다.

- a) 제어권 획득 및 반납
- b) 설정값 저장
- c) 특정 구동기 수동 제어

온실 통합 제어기에서 제어권을 획득하는 경우 제어형 노드의 자동 제어는 수행되지 않아야 하고, 반대로 온실 통합 제어기에서 제어권을 반납하게 되면 제어형 노드는 자체의 로직에 의해서 작동할 수 있다.

제어형 노드는 양액기와 같이 복잡한 시스템과 아니라 단순한 소수의 설정으로 동작하는 복합 노드이다. 다만 그 설정의 종류와 내용을 정할 수 없다는 문제가 있기 때문에 이 표준에서는 제어형 노드 설정의 종류를 정의하지 않는다. 또한 개별의 설정은 4바이트 실수로 표기되는 것으로 한다

2.2 제어형 노드의 통신 요구사항

제어형 노드와 온실 통합 제어기간의 통신은 RS485 모드버스 프로토콜을 기반으로 하며, 해당 프로토콜은 KS X 3267의 5절을 따른다. 여기서, 온실 통합 제어기는 마스터 노드로 동작하고, 제어형 노드는 슬레이브 노드로 동작한다. 모드버스 RTU 메시지 프레임 내에서 슬레이브 노드 및 CRC는 KS X 3267의 5절의 정의된 내용과 동일하다.

제어형 노드와 온실 통합 제어기 간 통신이 KS X 3267을 준용하기 위해서는 제어형 노드의 레지스터 맵에 대한 정의가 필요하다. 제어형 노드의 레지스터 주소 구조는 기본적으로 TTAK-KO-10.1172 표준의 7절(노드의 모드버스 레지스터 주소 맵 구조)을 따른다. 이 표준은 제어형 노드에 특화된 내용을 기반으로 별도의 레지스터 맵 설정 방법과 사용 방법을 기술한다.

3. 레지스터 맵

3.1 레지스터 맵의 구성

제어형 노드에서 활용하는 레지스터는 크게 노드정보, 디바이스정보, 상태정보, 제어정보 4개의 레지스터 주소영역으로 구분된다

표 2 — 제어형 노드의 레지스터 영역

이름	레지스터 주소	설명
노드정보	1~100	제어형 노드에 관한 정보
디바이스정보	101~200	제어형 노드에 부착된 디바이스(센서, 구동기 등)의 코드 목록. 고정 주소 영역을 사용하며, 장비 코드가 0인 경우 작동하지 않거나 존재하지 않는 장비로 간주
상태정보	임의주소	온실 통합 제어기가 노드/센서/구동기의 상태를 확인하는데 사용되는 정보
제어정보	임의주소	온실 통합 제어기가 노드/구동기의 동작을 제어하는데 사용되는 정보

3.2 노드정보 영역

제어형 노드에서 활용하는 레지스터 중 노드정보 영역은 제어형 노드의 일반 정보를 확인할 수 있는 영역으로, 제어형 노드의 제조사, 제품 종류, 모델 종류 등의 정보를 코드화 하여 표시하는 영역이다

표 3 — 제어형 노드의 노드정보 레지스터

정보	레지스터 주소	타입	내용
기관코드	1	uint16	별도의 절차를 통해 부여된 기관 코드
회사코드	2	uint16	별도의 절차를 통해 부여된 제조사 코드
제품타입	3	uint16	제어형 노드는 복합노드로 3으로 부여
제품코드	4	uint16	제조사 자체방식 임의 부여
프로토콜버전	5	uint16	제어형 노드 프로토콜은 301로 부여
채널수	6	uint16	해당 제어형 노드에 부착가능한 디바이스의 숫자 (센서 수 + 구동기 수)
시리얼번호	7,8	uint32	제조사에서 관리하는 노드의 시리얼 번호

3.3 디바이스정보 영역

제어형 노드에서 활용하는 레지스터 중 디바이스정보 영역은 제어형 노드에 연결된 디바이스를 코드화하여 표시하는 영역이다. 101번지부터 노드 정보의 채널수 만큼의 레지스터를 활용한다. 예를 들어 채널수가 10이라면 101번지부터 110번지까지의 영역에 연결된 디바이스의 코드가 들어간다. 디바이스 코드가 0이라면 해당 채널에 디바이스가 연결이 되지 않은 것으로 간주한다. 이 표준에서 사용하는 디바이스 코드는 KS X 3267의 코드를 기본적으로 따르며, 아래와 같다.

표 4 — 장비 코드

1	온도센서	센서
2	습도센서	센서
3	이슬점센서	센서
4	감우센서	센서
5	유량센서	센서
6	강우센서	센서
7	일사센서	센서
8	풍속센서	센서
9	풍향센서	센서
10	전압센서	센서
11	CO2센서	센서
12	EC센서	센서
13	광양자센서	센서
14	토양 함수율센서	센서
15	토양 수분 장력센서	센서
16	pH센서	센서
17	지온센서	센서
18	무게센서	센서
103	스위치/레벨2	스위치형 구동기
113	개폐기/레벨2	모터형 구동기

3.4 상태정보 영역

제어형 노드에서 활용하는 레지스터 중 상태정보 영역은 제어형 노드에 연결된 센서 및 구동기의 현재 정보를 표시하는 영역이다. 제어형 노드 자체의 상태, 제어권 상태, 연결된 센서의 관측치, 구동기의 작동 상태, 제어를 위한 설정값 등의 정보를 표시한다. 이때 장비의 상태는 다음의 표5의 코드값

을 따른다.

표 5 — 장비상태 코드

정상 (READY)	0	전체
에러 (ERROR)	1	전체
센서교체요망 (NEED_REPLACE)	101	센서
센서교정요망 (NEED_CALIBRATION)	102	센서
센서점검필요 (NEED_CHECK)	103	센서
작동중 (ON/WORKING)	201	스위치형 구동기
여는중 (OPENING)	301	개폐기형 구동기
닫는중 (CLOSING)	302	개폐기형 구동기

장비의 제어권은 3가지 상태로 구분된다. 사용자 수동 조작 상태가 가장 높은 우선권을 갖는 상태로, 사용자 수동 조작 상태에서 온실통합 제어기는 제어권을 획득할 수 없다. 사용할 수 있는 제어권 상태 코드는 아래 표6과 같다.

표 6 — 제어권 상태 코드

구분	제어권 상태코드	우선권
사용자 수동 조작 (LOCAL MANUAL)	3	상
제어형 노드 자동동작 (LOCAL AUTO)	1	하
온실 통합 제어기 제어 (REMOTE PLATFORM)	2	중

센서 관측치와 장비 설정값의 경우 IEEE 754에 따라 4바이트 실수형으로 표시하며, 이를 위해 2개의 레지스터를 사용한다. 레지스터간 데이터는 리틀엔디언(Little Endian)으로 표기하며, 레지스터 내에서는 빅엔디언(Big Endian)으로 표시한다.

3.5 제어정보 영역

제어형 노드에서 활용하는 레지스터 중 제어정보 영역은 제어형 노드를 제어하기위한 제어명령 혹은 설정값을 저장하기 위한 용도로 활용된다. 사용가능한 명령은 5가지이며, 아래 표7의 코드표를 따른다

표 7 — 장비 제어명령 코드

구분	장비 제어 명령코드	대상
정지 (OFF/STOP)	0	전체
제어권변경 (CONTROL)	2	제어형 노드 자체
설정세팅 (SET-CONFIG)	3	제어형 노드 자체
작동 (ON)	201	스위치형/레벨1
시간지정 작동 (TIMED-ON)	202	스위치형/레벨1

강도지정 작동 (DIRECTIONAL-ON)	203	스위치형/레벨2
<p>[결과 보고]</p> <p>본 과제의 성과물로 제어형 구동기를 위한 표준을 제안하였다.</p>		

[연구 주제] 습식 스크러버를 통한 밀폐형 스마트 육계사 내 악취저감효과 및 온·습도에 미치는 영향

Effects of Wet Scrubber on Stench Reduction and Temperature and Humidity in Sealed Smart Meat System

[목표] 밀폐형 스마트 육계사 내 악취저감을 통한 환경문제 해결 및 인근농가 피해 감소.

[결과보고]

□ 연구배경

최근 가금류에 대한 수요가 높아지면서 닭고기 소비 또한 증가하고 있다. 우리나라의 1인당 닭고기 소비량의 경우 2000년 9.63kg에서 2019년 18.7kg로 약 2배가 증가하였다. 이러한 이유로 양계 산업의 성장이 급격하게 성장하면서 효율적인 양계 생산을 위한 새로운 기술이 지속적으로 개발되고 있다. 그러나 축산업 대형화에 따라 암모니아 배출량으로 인한 환경 문제가 심각해지고 있는데, 국내의 경우 전체 암모니아 배출량 중 농업 부문에서 배출되는 암모니아는 전체의 78.7%이고, 이 중 축산 분뇨로 인한 암모니아 배출량은 97.8%로 보고되었다. 농업 부문의 암모니아 배출량을 감소시키기 위해서는 국내 가축별악취물질 배출특성이 먼저 파악되어야 하지만, 현재까지 농업 부문의 암모니아 배출량의 정확한 원인 파악과 악취 저감에 대한 해결방안을 내놓지 못하고 있다. 네덜란드의 경우에는 기존의사육시설뿐만 아니라, 암모니아 저감을 위해 공기 스크러버(Airscrubber)가 설치된 사육시설에서 배출되는 암모니아 배출량을 조사하여 축산시설의 암모니아 배출량을 관리해왔으며, 미국의 미네소타 주는 약 200여 곳의 축산 사육시설과 85곳의 분뇨 저장 시설에서 배출되는 악취, 암모니아, 황의 배출량을 조사하여 악취의 원인을 파악하고, 계절별 악취 분포도를 조사하여 축산시설 및 분뇨관리 시설에 대한 유해 가스 배출량을 파악하고 지리적 위치에 따른 관찰 연구를 진행하였다.

이처럼 축산시설로부터 발생하는 악취 발생을 최소화하기 위해선 암모니아를 포함한 축산가스 배출량에 대한 조사가 먼저 이루어져야 하지만 악취 저감 시설을 보유하고 있는 국내 축산시설이 부족할 뿐만 아니라 암모니아와 같은 유해 가스 배출 저감을 위한 별도의 악취 관리 시설 설치를 독려하거나 가스 배출량에 대한 축산시설 규정이 적극적으로 추진되지 않고 있다.

대규모 생산을 지향하는 육계 산업에서 많이 발생하는 분뇨, 악취, 수질오염, 토양오염 등 환경적인 문제들의 효율적인 관리는 우리나라 축산업계가 해결해야 할 영원한 숙제로 남아 있다. 또한, 가축 생산량이 증가함에 따라 인근 지역에서는 사람들의 불쾌한 냄새에 대해 민원이 꾸준히 늘어나고 있는데 2018년 한 해 동안만 발생한 악취 관련 민원 32,452건이 접수되었다. 이 중 축사시설 관련 민원만 6,705건으로 전체의 20.7%를 차지하였다. 때론 악취로 인해 축산농가와 인근 주민의 갈등이 깊어져 축사 신축 및 운영 유지에 대한 반대가 심해 축사 경영을 하지 못하는 상황이 발생하기도

한다. 이처럼 축사 운영에 있어 악취와 미세먼지 발생의 주원인으로 꼽히는 암모니아는 2020년 전체 가축 생산량의 암모니아 배출량은 1만3000톤에 육박했으며, 축사에서 발생하는 악취는 인근 주민들의 불편함뿐만 아니라 사육하는 가축의 건강 및 품질 문제, 농장 관리인과 작업자의 건강에도 영향을 미친다. 축사 운영 시 발생하는 악취는 인간과 가금류에 호흡기 질환, 피부 자극, 중추신경계 손상하여 심각한 건강 문제를 일으킨다는 많은 연구 결과가 보고된 바가 있다

따라서 본 연구에서는 밀폐형 스마트 육계사 내 악취 저감 습식 스크러버를 적용하여 이에 대한 성능을 평가하는 것이 이 연구의 최종 목표이다. 밀폐형 스마트 육계사 (Smart-closed poultry house)에 습식 스크러버를 사용하여 사육 기간 중 발생하는 암모니아 농도 저감 효율을 확인하기 위해 분무율과 풍속 변화를 변수로 선정하여 성능 평가를 진행하였다. 또한, 습식 스크러버의 문제점을 파악 및 개선하고, 밀폐형 스마트 육계사의 습식 스크러버 운영이 끼치는 영향에 관해 연구하였다.

□ 연구목적

본 연구의 목적은 악취문제를 해결한 폐쇄형 스마트 육계사를 개발하는 것이다. 이 논문에서는 자동화 사육시설을 갖춘 밀폐형 다층 케이지육계사에서 공조기에 습식 스크러버를 직결하여 작동시킬 때에 육계 사육공간 내에서 습식 스크러버의 사용 목적인 악취 저감 성능을 평가하고, 스크러버의 작동이 온도와 습도 등 사육환경에 미치는 영향을 평가하여 스크러버 설계 개선이나 활용에 대한 가이드 라인을 제공하는 것이다. 구체적인 목적은 다음과 같다

1. 밀폐형 다층 케이지 육계사용 습식 스크러버를 개발하고, 습식 스크러버의 성능 평가를 위한 환경계측시스템을 개발한다. 단, 계측하는 환경인자는 건구온도, 습도, 이산화탄소(CO₂) 농도, 암모니아(NH₃) 가스 농도로 제한한다.
2. 육계를 실제로 병아리에서 출하될 때까지 사육하는 조건에서 습식 스크러버를 작동하면서 공조 공간 내부와 습식 스크러버 전후에서 환경 데이터를 수집하여 습식 스크러버의 악취 제거율을 작동조건별로 분류하여 평가한다.
3. 습식 스크러버 작동과 비작동시 환경데이터를 비교하여 스크러버 작동이 사육공간 환경에 미치는 영향을 평가한다.
4. 습식 스크러버의 성능과 사육환경에 미치는 영향을 고려하여 스크러버 설계 개선점과 스크러버 활용에 대한 가이드 라인을 제시한다.

□ 실험방법

·육계

본 실험을 위한 총 사육 기간은 30일이며, 총 1,000마리의 병아리가 사육되었다. 출하 시 목표 생체중은 1.6 kg 이상이었다. 사육되는 병아리의 품종은 육계 아바 에이커(Arbor Acres)로, 이 품종은 단기간에 빨리 자랄 수 있는 특징을 가지고 있어 국내에서 가장 부화장에서 공급이 잘 되고, 유통이 원활한 품종이다.

·시험 계사

본 연구는 참여업체인 대상키우미에 보관되어있는 모델KUM-3000 밀폐형 스마트 육계사를 활용하여 진행하였다(Fig. 1).

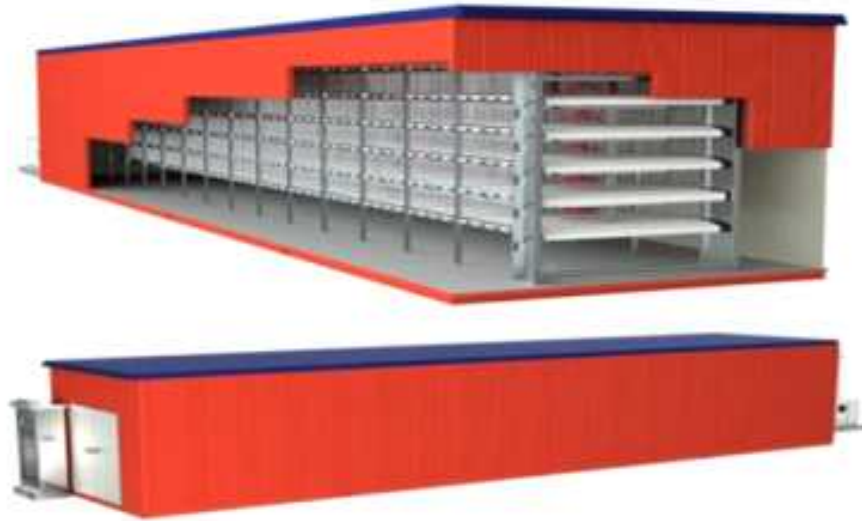


Fig 1 Concept diagram of closed smart poultry house

연구에 사용된 밀폐형 스마트 육계사는 컨테이너 내부에 3층 형의 케이지와 계분 벨트를 갖추고 있다. 전체 컨테이너의 크기는 $18 \times 4.0 \times 3.6$ m이며, 케이지가운데에는 급이기와 급수기가 설치되어 있어 병아리들이 상시 사료와물을 섭취할 수 있다. 육계가 자라는 사육 베드에는 플라스틱슬랫과 상단의 조명부, 환기를 위한 덕트 및 후드, 관리인이 지나갈 수 있는 통로와 복도 측면의 조명이 설치되어 있다(Fig. 2).

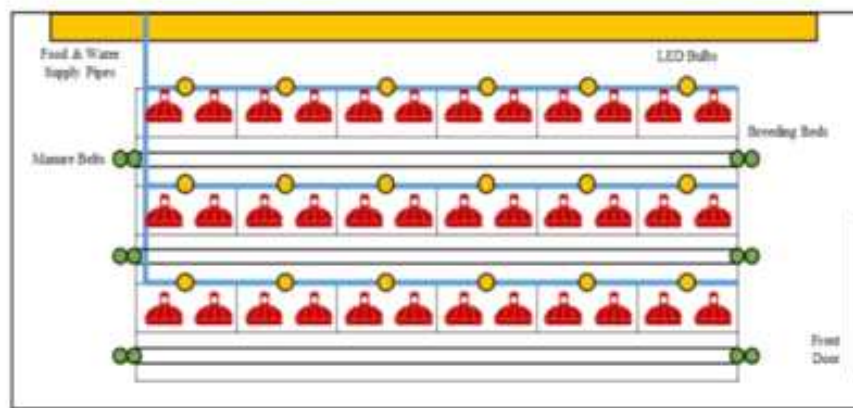


Fig 2. Simplified configuration of closed poultry house

본 연구에서는 밀폐형 방식의 육계사를 이용하여 계사 내부의 공기가순환하며 유동하고, 최소한의 환기를 하여 환기 후 발생하는 온·습도의편차를 줄이도록 설계되었다. 밀폐형 스마트 육계사 외부에는 공조기(Airhandling unit), 습식 스크리버, 외부기상 대과 백엽상, PLC, SA(Supplyair) duct가 있다. 공조기(Air handling unit)은 계사 내부 온습도조절을 위해 내부 공기를 바깥으로 빼내는 EA(External air) damper, 온

습도 조절을 위해 외부 공기가 유입되는 OA(Outside air) damper, 계사내부 환경에 따라 제어되는 by-pass damper, 냉수와 온수가 흘러 지나가는 코일(coil)과 계사 내부에 바람을 유입시키는 SA duct가 있다.

계사 내부의 온·습도에 따라 EA damper, OA damper 그리고 by-pass damper가 열고 닫히면서 순환이 일어난다. 연구에 활용된 밀폐형 스마트 육계사는 일령별 사육에 적합한 온·습도에 따라 병아리사육 실험이 진행되었으며, 병아리의 적합한 환경 온도에 따라 위에서 언급된 damper가 열렸다 닫히며 계사 내부의 온·습도를 조절한다. 본 연구에서는 밀폐형 방식의 육계사를 이용하여 계사 내부의 공기가 순환하며 유동하도록 하고, 최소한의 환기를 하여 환기 후 발생하는 온·습도의 편차를 줄이도록 한다. 또한, 습식 스크러버를 공조기 전에 설치하여 외부로 나가는 공기의 악취를 최소화하도록 설계되었다.

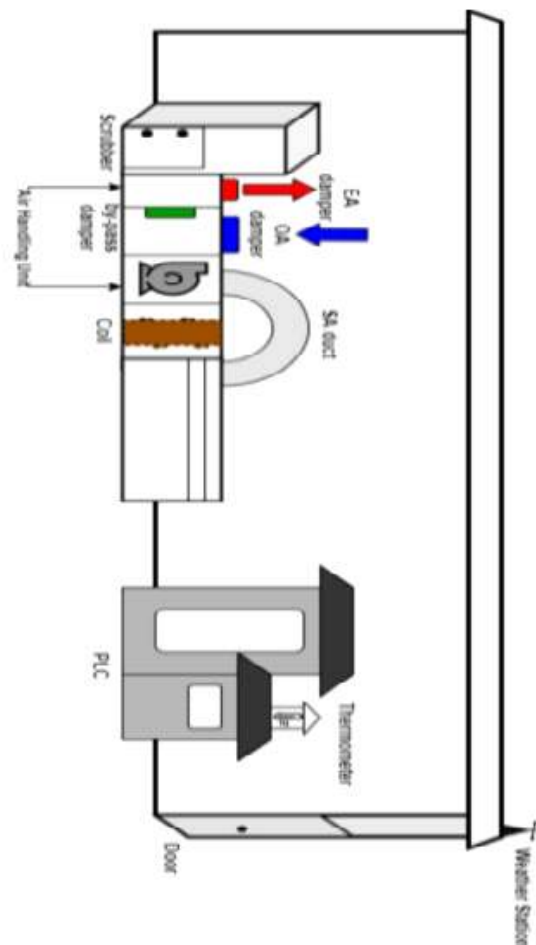


Fig 3. Configuration of closed smart poultry house with scrubber and air handing unit

·육계사 내부공기 토출구 풍량

밀폐형 스마트 육계사는 외부에 설치된 공조기 안에 있는 fan을 이용하여 공기 순환을 하고(Fig. 4), 필요시에는 SA duct를 통하여 새로운 공기를 밀폐형 육계사에 유입시킨다.



Fig 4. Fan in air handling unit

밀폐형 스마트 육계사 내부 공기에 유입되는 풍량을 계산하기 위하여 계사 내부 공기 토출구 6개의 풍속을 각각 측정하였으며, 계사를 들어가는 문에서 가장 가까운 토출구를 Outlet 1으로 정하고, 제일 안쪽에 있는 토출구를 Outlet 6으로 정하였다. 6개의 토출구 간의 간격(mm)과 위치는 Fig. 5와 같이 나타내었다.

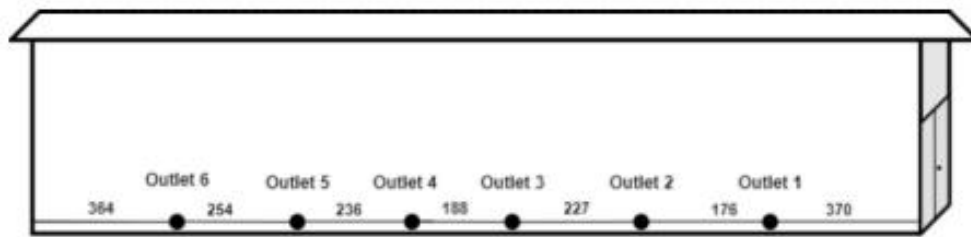


Fig 5. Locations of six outlets in the closed smart poultry house (in mm)

토출구의 풍속을 측정하기 위해 측정 포인트를 총 9개로 나누어 측정 하였다. 토출구의 지름은 130mm로, 풍속계를 이용하여 각 9개의 측정 지점에서 풍속을 측정한 뒤, Fig 6.과 같이 풍량을 계산하였다. Fan의 풍속을 AC 가변속 드라이브(이하 인버터)를 이용하여 풍량을 제어하였다. 밀폐형 스마트 육계사에 설치된 인버터는 최소 0 Hz부터 최대 60 Hz까지 출력이되었으며, 본 세부 실험에서는 20 Hz부터 60 Hz까지 frequency를 10 Hz간격으로 바꾸어 풍속을 측정하였다. 총 3번 반복 실험을 통해 평균 풍량의 정확도를 도출하였다.

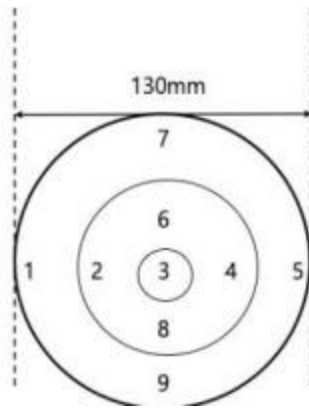


Fig 6. Measuring point of air velocity

본 세부 실험은 풍속계를 이용하여 각 토출구의 9개 지점의 풍속을 측정하였으므로, 이를 바탕으로 풍량을 계산하였다(Appendix A~E). 풍량을 계산하기 위한 계산식은 아래와 같다.

$$Q_a = A \cdot V$$

$$= \frac{\pi}{4} d^2 \left(60 \frac{m/s}{min} \right)$$

d = diameter of outlet

·데이터통신

각 센서들은 센서 노드(SSN-220, Digital Korea)에 결선 되어 전원을 공급받고, RS485 모드버스 방식을 이용하여 소형 컴퓨터인 라떼 판다(x86 기반 SBC 개발보드)로 정보를 수신받아 1분에 한 번씩 데이터를 저장한다. 저장된 데이터는 클라우드 서버 DB(Database)로 전달되어, DB에서 FarmOS UI로 실시간으로 확인이 가능하다.

□ 실험결과(4)

[결과요약]

동일한 분포에 가로 세로 기준으로 넓이에 따라 2차 모멘트 값도 동일한 비율로 변한다는 사실을 알게됨. 3차 모멘트 값은 양계가 무게중심 기준으로 어느 방향으로 몰려 있는가를 예측할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 기초연구였으나 카메라로 직접 촬영해 모멘트를 구한다면 실제 분포상태 값을 비교할 수 있어 의미있는 결과값을 도출하는 연구가 될 것이라 예상한다.

[성과물] 2022 추계 농기계학회 포스터 상 수여

[연구 주제] 클라우드 플랫폼을 이용한 원격 육계검출 모델 개발

A Study of Remote Broiler Detection Model using Cloud Platform

[목표] 딥러닝 학습을 한 모델을 클라우드로 마이그레이션 함으로써 스마트팜을 운영하는 작업자는 획기적으로 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대됨

[결과보고]

□ 연구 배경

세계적으로 기후 변화와 인구 증가로 인해 가축의 대형 사육이 많아지고 있다. 가축의 대형 사육은 소비자에게 저렴하게 제품을 공급할 수 있다는 점과 작업자에게 편리함을 제공하지만 쉽게 오염될 수 있는 축사의 열악한 실내환경으로 인해 가축의 전염병에 취약하다는 단점이 있다. 이에 대한 해결책으로 ICT를 접목한 스마트팜이 보급화되고 있다. 스마트팜이란 비닐하우스, 유리온실 등의 시설원예, 축사 등에 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 정보통신기술(ICT)을 접목하여 작물과 가축의 생육환경을 원격 자동으로 적정하게 유지관리할 수 있는 농장을 말한다. 하지만 한국에 가장 보급화 되어있는 스마트 축사는 창문 개폐, 온습도 확인 등 단순한 기술에 머무르고 있어 원격제어는 가능하나 인공지능, 빅데이터, 클라우드 등 고급 기술을 활용하는 데에는 제한적이다.

가축의 질병과 전염병을 조기에 발견하는 것은 축사를 운영하는데 중요하다. 최근 IoT의 발전과 함께 가축의 행동 분석을 하여 질병에 걸리면 작업자에게 알려주는 연구들이 이루어지고 있다. 가축의 실시간 모니터링은 침입, 이탈, 질병, 사고 등 가축이 불리한 상황에 처했을 때 알람을 통해 작업자의 투입 여부를 파악할 수 있도록 도와주며 동물 복지 수준의 향상과 더불어 농가의 생산성 향상으로 이어진다. 또한 가축의 성장을 모니터링할 수도 있어 출하의 시기를 파악하는 것이 가장 중요한 축산업에서는 경영적인 측면에서도 도움이 된다고 할 수 있다.

가축의 모니터링하는데 가장 일반적인 방법은 RFID태그를 붙여 가축의 건강상태를 체크하는 것이다. RFID태그는 개체별로 확인을 할 수 있어 정확한 데이터를 보장할 수 있으나, 배터리가 오래가지 않는다는 점, 수 백마리 혹은 수 천마리의 가축을 동시에 사육해야 하는 대형화 축사에서는 어울리지 않으며 태그를 개체에 적용하면서 개체에 가해지는 스트레스 또한 일의 불편을 초래하는 점이다. 최근 개체가 내는 소리, 예를 들면 기침이나 호흡 소리(sneezing or wheezing)을 통해 개체의 질병이 걸렸는지의 유무를 확인하는 연구가 진행되고 있다. 닭의 경우 호흡 질환에 걸리면 특정한 주파수 내역의 소리를 내는데 이 주파수를 통하여 개체를 확인하여 격리를 시킴으로써 다른 개체로의 전염을 막을 수 있다. 위 연구의 경우 연구실 환경에서 실험이 되어 닭이 내는 소리를 특정하여 개체를 확인할 수 있었지만 대형화된 축사에서는 여러 마리의 개체가 소리를 내고 환기와 온도 제어를 위해 제어장치가 내는 노이즈 때문에 어느 개체가 재채기를 했는지 특정하기가 어렵다.

최근 영상 처리 기술을 갖춘 머신 비전 기술은 빠르게 발달하고 있다. 인공지능 기반 머신 비

전은 다양한 물체들을 사람의 수준에 비슷하게 인식하고 분류를 할 수 있는 수준에 도달하였다. 특히, 심층 신경망 계층을 이용한 인공신경망 학습이라고 불리는 딥러닝은 영상 처리 연구에서 가장 효과적인 방법이며 시각적 인식, 이미지 캡처링, 의료 애플리케이션, 자율 주행 등 분야에 상없이 이미지 데이터를 다루는 과제에서 좋은 성능을 보여주고 있다. 농업 또한 작물의 질병 모니터링, 수확량 모니터링, 해충 모니터링 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 양계산업의 경우에는 이미지 학습을 마친 딥러닝을 통해 닭의 개체를 확인하고 그 개체의 무게를 추정하는 연구가 진행되고 있다. 이처럼 머신 비전은 디지털 영상 기술의 급속한 발전과 함께 농업 연구 분야에서 인기는 연구 방법으로 인구 감소와 노동력 부족의 미래 농업의 문제를 해결하기 위한 방법으로 떠오르고 있다.

많은 농가가 축사를 원격제어하기 위해서 클라우드 시스템을 운영하고 있다. 클라우드 시스템은 축사에 설치되어 있는 모든 센서들의 데이터 값이 업로드되고 그 결과값을 작업자가 확인함으로써 사람을 통한 제어 혹은 인공지능을 통한 제어를 내릴 수 있게끔 해준다. 클라우드 시스템은 데이터 기반으로 축사를 리할 수 있기 때문에 기존의 산업과 ICT가 합쳐진 4차산업에서는 필수적인 기술이라고 할 수 있다. 하지만 클라우드 시스템을 작업자가 직접 구축하기 위해서는 리눅스, 방화벽, 통신 프로토콜 등 여러가지 기술에 대한 이해가 필요하기 때문에 스스로 구축하기에는 힘들다는 단점이 있다. 따라서 스마트 축사를 운영하고 있는 작업자들은 시중에 있는 클라우드 시스템, 네이버 클라우드 플랫폼, 아마존 웹 서비스, 구글 클라우드 등을 이용한다. 클라우드는 CPU, GPU기반의 서버로 2가지로 나뉜다. CPU서버의 경우에는 간단한 인공지능 학습, 데이터 확인이 가능하지만 객체를 인식하고 탐지하는 이미지 학습을 하고 판단하기에는 하드웨어적인 역량이 부족하다. GPU 서버의 경우에는 다중적인 일처리가 가능하고 이미지 학습이 가능하지만 CPU서버에 비해 가격이 매우 비싸다는 단점이 있다. 따라서 작업자들의 부담을 덜기 위해 로컬 GPU에서 먼저 학습을 한 뒤, CPU클라우드로 학습 결과를 마이그레이션 하는 기술이 필요하다.

□ 실험 방법

Figure 1. 은 본 실험의 전체적인 방법을 보여준다. 실험에서 사용한 하드웨어와 소프트웨어 개발 환경은 Table 1. 와 같다. 닭의 이미지 학습을 위해서 RGB 카메라로 탑뷰와 사이드 뷰에서 촬영된 이미지 1,390장을 Train 60%, Test 20%, Validation 20%으로 나누어 학습을 시켰다.

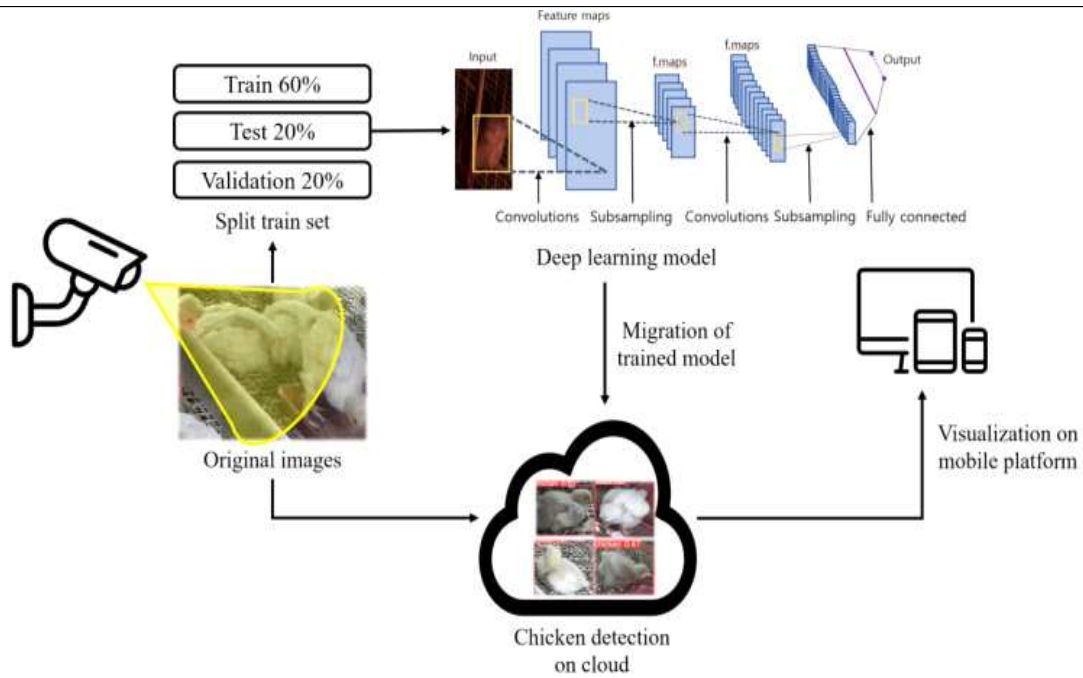


Figure 1. Schematic flowchart of the proposed process using cloud

Figure 2. 와 같이 탑뷰에서는 라즈베리파이 카메라, 사이드뷰에서는 IP카메라를 이용하여 10분 간격으로 0시부터 24시까지 촬영된 이미지를 사용하였으며 촬영된 이미지는 Figure 3. 와 같다. 카메라의 재원은 Table 2. 와 같다. 실험은 강원도 강릉시 과학단지 77-10에 있는 밀폐형 스마트 육계사에서 실험을 하였다. 실험장은 Figure 4, 5.와 같이 3단짜리 케이지 사육으로 18 x 4.0 x 3.6m의 크기를 갖고 있으며 1,000마리의 로스 육계품종을 사육한다. 또한, ICT 융복합 스마트 육계사로 원격으로 환기, 도어 열림/닫힘, 팬속도 조절 등 간단한 제어가 가능하다.



Figure 2. Camera model (RPI 8MP V2, HIKVISION DS2CD 4mm)

Table 1. Major specifications & development environment

	Hardware & Software Environment
Cloud	Naver Cloud Platform
Operating System	Ubuntu 18.04
CPU	12th Gen Intel I9-12900
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3090
RAM	32GB
Tensorflow-gpu	1.15
Pytorch	1.12.1

Table 2. Camera specifications

	Camera specifications
Top view	Model : RPI 8MP Camera V2
	Image sensor : Sony IMX 219 PQ CMOS
	Resolution : 3280 x 2464
Side view	Model : HIKVISION DS2CD 4mm
	Image sensor : 1/3" Progressive Scan CMOS
	Resolution : 2560 x 1440

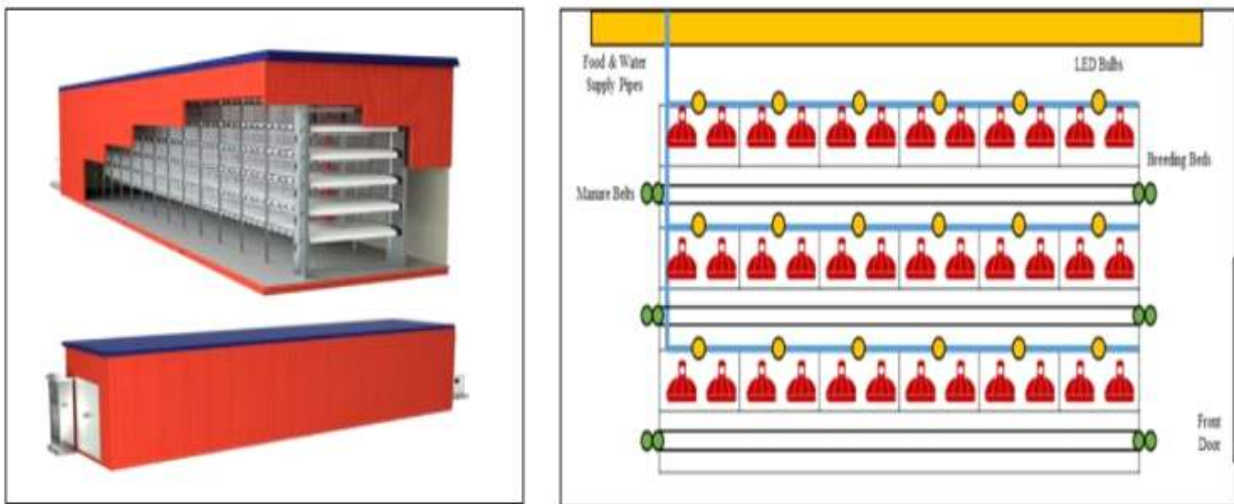


Figure 3. Image of closed broiler house and the inner structure.



Figure 4. Images taken by the cameras depending on each view

이미지 데이터 분류를 위해서는 Labellmg를 사용하였다. Labellmg는 Python 기반의 오픈 소스 프로그램으로 컴퓨터가 이미지를 학습하기 위해 사용되는 프로그램 툴이다. 이미지 학습을 위해서는 annotation이 필요한데 Labellmg는 검출하고자 하는 타겟에 바운딩 박스를 그려 타겟의 좌표를 입력할 수 있게 해준다. 좌표는 xmin, xmax, ymin, ymax으로 TXT, XML파일 형태로 저장이 된다. 또한, 딥러닝 학습 중에 발생할 수 있는 과적합 방지를 위해 Early Stopping 함수를 사용하여 최적의 Epoch에서 학습을 종료하도록 프로그래밍 하였다.



Figure 5. Annotation of chickens using Labellmg

CNN 기반 객체 검출 모델의 성능 평가는 Precision-Recall 곡선과 Average Precision(AP)로 평가된다. Precision-Recall은 실제 정답이 True인 것 중에서 신경망 모델이 True라고 예측한 것의 비율을 말한다. Precision-Recall의 공식은 아래와 같다. 여기서 FN은 false

negative의 약자로 '검출 되었어야 하는 물체인데 검출되지 않은 것'을 말한다. TP는 true positive의 약자로 '옳은 검출'을 의미한다.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{TP}{all\ ground\ truths} \quad (1)$$

Average Precision은 모델의 True라고 예측한 것 중에서 정답도 True인 것의 비율을 의미한다. 공식은 아래와 같다. FP는 false positive의 약자로 '잘못된 검출'을 의미한다. 그러므로 Precision은 신경망 모델이 검출해낸 것 중에서 제대로 검출해낸 것의 비율을 의미하는 것이다.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{TP}{all\ ground\ truths} \quad (2)$$

물체를 검출하기 위해 세와 FP를 결정하는 기준인 IoU(Interaction over union)라는 개념이 사용되었다. IoU는 실제 바운딩 박스와 신경망 모델이 예측한 바운딩 박스의 중첩되는 부분의 면적을 측정해서 중첩된 부분의 면적을 합집합 면적으로 나눠준다. IoU공식은 아래와 같다.

$$IoU = \frac{target \cap prediction}{target \cup prediction} \quad (3)$$

□ 실험 결과

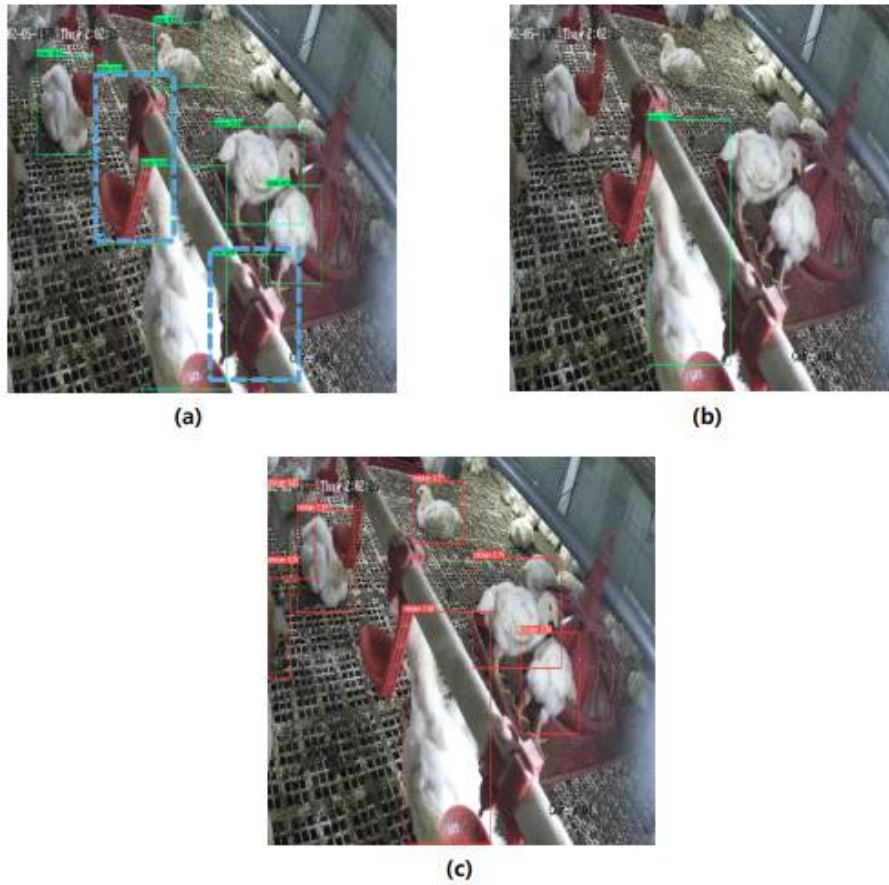


Figure 9. Object detection result of side view
 (a)Faster R-CNN (b)SSD MobileNetv2 (c) YOLOv5

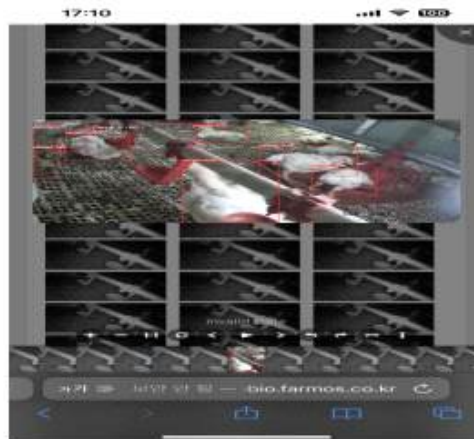


Figure 10. Visualization on mobile platform

□ 고찰

실험을 통해 로컬 컴퓨터에서 딥러닝 학습을 하고 학습 결과를 클라우드로 보내 닭을 원격으로 검출하는 모델을 성공적으로 만들 수 있었다. YOLOv5 모델의 경우 닭을 검출하는데 있어 Faster R-CNN과 SSDMobileNetv2 모델 대비 빠른 학습 시간과 좋은 성능을 보여주었다. 하지만 mAP@95에서는 세 모델 모두 점수가 높지 않았는데 이는 낮은 해상도의 카메라를 사

용한 점과 학습 데이터의 부족으로 보인다. 해상도가 높은 카메라의 사용 그리고 다양한 각도에서 촬영한 이미지를 사용한다면 mAP@95에서 점수 향상이 있을 것으로 예상된다. 학습된 모델을 클라우드로 마이그레이션 함으로써 작업자는 클라우드 플랫폼을 운용하는데 많은 비용을 아낄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 작업자는 클라우드를 이용하기 때문에 언제 어디서든 원하는 시간에 닭의 상태를 확인할 수 있어 작업자의 시간을 아낄 수 있을 뿐만 아니라 화재나 외부 침입과 같은 응급 상황의 경우 적절한 조치를 할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구의 경우 기본적인 객체 인식에 그쳐 질병이나 전염병을 예방하는 목적에는 한계를 갖고 있다. 따라서 향후 연구에서는 질병에 걸린 닭의 외이나 죽은 사체의 이미지를 학습하여 원격으로 검출하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 이를 통해 육계의 전염병 조기 발견과 노동력을 줄일 수 있어 ICT 융복합 스마트 팜 보급에 기여할 것으로 예상된다.

[성과물] MDPI Agriculture지에 제출할 예정

[연구 주제] 육계의 분포 패턴의 수치적 지표화 가능성에 대한 기본 분석
 Basic Investigation on developing numerical parameters describing patterns of broiler distribution

[목표] 닭의 분포를 수학적으로 표시

[결과보고]

- 육계 사육에서 닭이 일부지역에 집중되어 분포하는 경우 외풍이 있거나 닭이 싫어하는 요인이 있다는 것이 알려져 있다
- 닭이 계사에 분포하는 형태는 계사 환경의 균일성을 암시한다
- 닭의 행동과 위치를 파악하는 것은 동물 복지에도 중요하게 이용된다
- 하지만 육계가 분포하는 형태를 표현하는 방법이 없다. 그러므로 사육지침서나 논문에서는 닭의 위치를 추상적으로 표현하거나 밀도의 개념으로 마릿수/넓이로만 나타낸다
- 그러므로 동일 면적당 마릿수로 표현되는 현 방식은 동일 공간에 비정상적으로 몰려있는 경우나 특이한 닭의 행동을 파악할 수 없다
- 이를 수학적으로 표기하는 방법이 없으므로, 육계의 분포 패턴을 수치적 지표화 할 수 있도록 연구한다
- 모멘트와 무게중심을 이용하는 아이디어를 이용하였다. 모멘트는 적률이라 하며 확률분포에 의해 대푯값이 정해지도록 일반화 시킨 통계량 표현이다. 2차 모멘트를 사용하면 분산에 대한 기댓값을 알 수 있으며, 3차 모멘트를 이용하면 분포의 비대칭 정도의 측도를 나타낼 수 있다.
- 또한 육계가 분포하는 형태를 몇 개로 구분하고자 하나의 군집으로 존재하는 경우와 여러 군집으로 존재하는 경우의 모멘트 값을 구하여 비교하였다.
- 결과는 아래와 같다

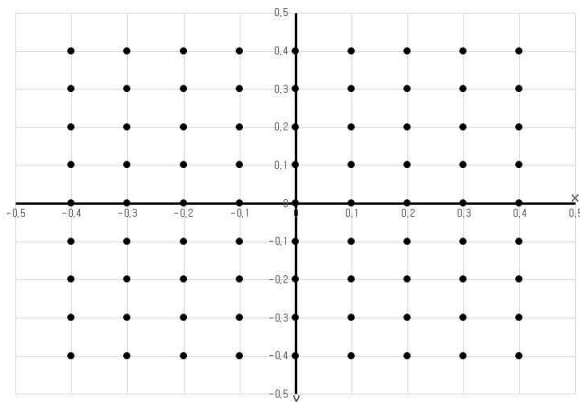


Figure 1. 81마리 육계가 규칙적으로 퍼져있을 상황

- 81마리 육계가 평면에 고르게 분포한 형태를 Figure 1. 으로 표현한다.
- 계산을 용이하게 하기 위해 각 좌표는 기준점 (0,0) 으로부터 양수 좌표와 음수 좌표를 설정하였고 0.1의 간격이다.

□ 평면공간 계사의 가로 세로 길이는 베타할 수 있기 때문에 본 기초 연구에는 가로 세로 1:1 비율로 설정하였다.

□ Figure 1의 결과

Figure 1	x	y	크기
G	0	0	0
I	5.4	5.4	10.8
3차 모멘트	0		

□ 이후 닭의 분포가 하나의 군집으로 존재하는 경우와 2개, 4개 및 규칙적인 형태로 존재하는 경우로 나누어 총 6가지 상황을 가정하였다.

□ Figure 3, Figure 4, Figure 5은 가로 세로 9x9로 총 81마리 육계이고, Figure6, Figure7, Figure8은 규칙적인 모양을 위해 총 80마리의 육계로 지정하였다.

□ 모든 dm은 1로 계산하였다.

□ 계산식은 아래와 같다

무게중심 G	$G_x = \frac{\int x dm}{n}$	$G_y = \frac{\int y dm}{n}$	
2차 모멘트 I	$I_{x-x} = \int y^2 dm$	$I_{y-y} = \int x^2 dm$	$m_2 = \int r^2 dm$
3차 모멘트	$I_{x-x} = \int y^3 dm$	$I_{y-y} = \int x^3 dm$	$m_3 = \int r^3 dm$

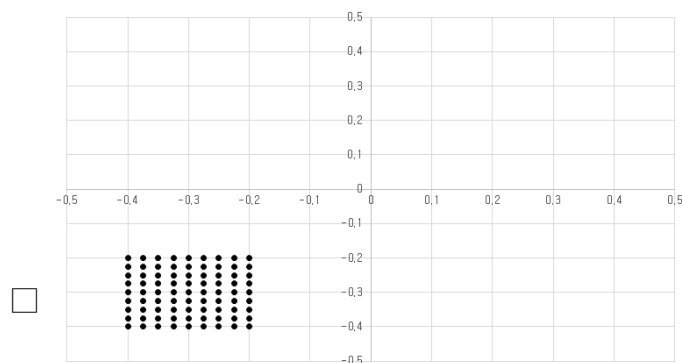


Figure 2. 81마리 육계가 한 곳에 밀집 된 상황

□ Figure 2의 결과

Figure 2	x	y	크기
G	-0.3	-0.3	0.424
I	0.338	0.338	0.675
3차 모멘트	0		

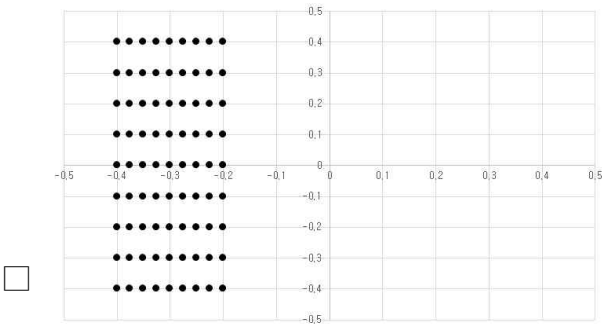


Figure 3. 81마리 육계가 왼쪽에 있는 상황

Figure 3의 결과

Figure 3	x	y	크기
G	-0.3	0	0.3
I	0.338	5.4	5.738
3차 모멘트	-1.924		

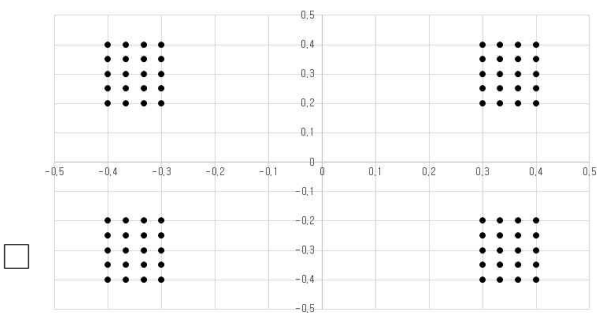


Figure 4. 80마리가 코너에 있는 상황

Figure 4의 결과

Figure 4	x	y	크기
G	0	0	0
I/4	2.478	1.9	4.378
I	9.911	7.6	17.511
3차 모멘트	0		

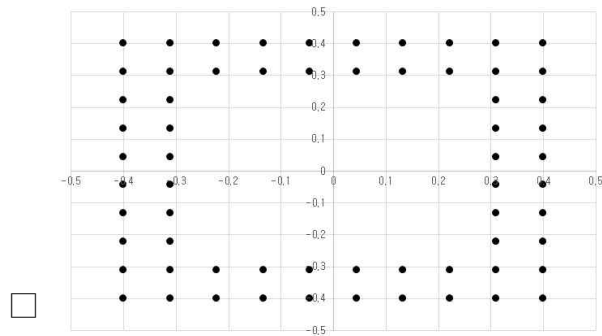


Figure 5. 80마리의 육계가 극단에 몰려있는 상황

□ Figure 5의 결과

Figure 5	x	y	크기
G	0	0	0
I	7.743	7.743	15.486
3차 모멘트	0		

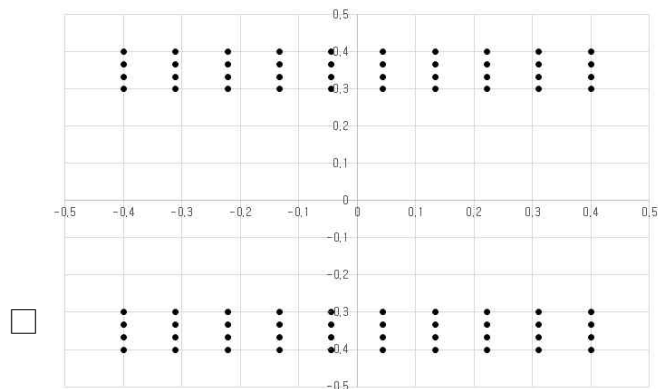


Figure 6. 80마리 육계가 위 아래 극단에 있는 상황

□ Figure 6의 결과

Figure 6	x	y	크기
G	0	0	0
I/2	2.607	4.956	7.563
I	5.215	9.911	15.126
3차 모멘트	0		

□ 좌표에서 무게중심으로부터 균일하게 존재하는 양계의 3차 모멘트 값은 0이라는 것을 알 수 있다.

□ 양계사에서 닭의 위치를 보고 착안 하였다

□ 향후 카메라로 육계를 촬영한 후 직접 무게중심을 측정하여 다양한 상황의 모멘트를 구할 예정임

[결과요약]

동일한 분포에 가로 세로 기준으로 넓이에 따라 2차 모멘트 값도 동일한 비율로 변한다는 사실을 알게됨. 3차 모멘트 값은 양계가 무게중심 기준으로 어느 방향으로 몰려 있는가를 예측할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 기초연구였으나 카메라로 직접 촬영해 모멘트를 구한다면 실제 분포상태 값을 비교할 수 있어 의미있는 결과값을 도출하는 연구가 될 것이라 예상된다.

[성과물] 2022 추계 농기계학회 포스터 상 수여

[연구 주제] 스마트 육계사를 위한 통합 센서 모듈 개발 및 성능 평가

Development and Evaluation of Integrated Sensor Module for Smart Broiler House

[목표] 스마트 양계사에 필요한 다양한 센서들을 하나로 통합한 형태의 센서 모듈인 통합 센서 모듈을 설계하고자 함. 또한 개발된 통합 센서 모듈의 동작 상태를 확인하기 위하여 검증용 시스템을 개발하고자 함.

[결과보고]

- 본 연구에서는 육계의 생장에 영향을 미치는 주요 요인인 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 가스, 조도 및 분진을 측정할 수 있는 통합 센서 모듈을 개발함.
- 해당 통합센서 모듈의 구성요소는 센서들을 제어하고 데이터를 서버로 송신할 수 있는 소형 컴퓨터인 Arduino MEGA 2560(Figure2), 3D 프린터를 통해 제작된 인클로저, 데이터 백업을 위한 MicroSD 카드 모듈과 SD카드, 그리고 다수의 센서로 이루어짐
- 이때 활용하는 센서들의 사양은 다음과 같음

Table1. Device specifications of the CO2 Sensor, SCD30

Parameter	Value
CO2 measurement range	0 - 40'000 ppm
Accuracy	± (30 ppm + 3%MV)
Repeatability	± 10 ppm
Temperature stability	± 2.5 ppm / °C
Response time	20 s
Accuracy drift over lifetime	± 50 ppm

Table2. Device specifications of the Temperature Sensor, SCD30

Parameter	Value
Temperature measurement range	- 40°C - 70°C
Accuracy	± (0.4°C + 0.023 × (T [°C] - 25°C))
Repeatability	± 0.1°C
Response time	> 10 s
Accuracy drift	< 0.03 °C / year

Table3. Device specifications of the Humidity Sensor, SCD30

Parameter	Value
Humidity measurement range	0 %RH - 100 %RH

Accuracy	± 3 %RH
Repeatability	± 0.1 %RH
Response time	8 s
Accuracy drift	< 0.25 %RH / year

Table4. Device specifications of the NH3 Sensor, ze03-NH3

Parameter	Value
NH3 measurement range	0 - 100 ppm
Resolution	1ppm
Response time	< 150s

Table5. Device specifications of the Illuminance Sensor, VEML7700

Parameter	Value
Illuminance measurement range	0 - 20 klx
Resolution	0.0036 lx

Table6. Device specifications of the PM Sensor, SPS30

Parameter	Value
Mass concentration accuracy	±10%
Mass concentration range	0 - 1'000 µg/m ³
Mass concentration resolution	1 µg/m ³
Number concentration range	0 - 3'000 1/cm ³
Sampling interval	1 s
Start-up time	< 8 s

- 센서들은 Arduino MEGA 2560에 결선 되어 전원을 공급받으며 시리얼 통신을 통해 측정값을 Arduino MEGA 2560로 전송하며 이를 Arduino MEGA 2560에서 수집 후 시리얼 포트를 통하여 서버로 전송함

- 통신상에 오류가 있을 경우를 위하여 데이터를 모듈 내부의 MicroSD카드에 추가로 백업함

- 인클로저는 Autodesk Inventor(Autodesk, USA) 프로그램을 활용하여 설계함. 이후 3D 프린터(DP200, Sindoh)로 PLA 필라멘트를 사용하여 인클로저를 출력하였으며, 해당 인클로저에 센서류를 탑재하여 최종적으로 통합 센서 모듈을 개발 및 구현함.

- 인클로저는 전력소모가 더 적고 추가적인 비용이 들지 않는점, 구조가 간단하여 고장이 더 적은점, 설치되는 장소가 밀폐형 양계사로 내부에 공기순환을 위한 장치가 있는 환경이라는 점 등을 고려하여 흡입식이 아닌 확산식으로 설계함.

- 인클로저는 벽면이나 기둥에 설치하기 쉽고 설치했을 때 최대한 방해가 되지 않도록 가로세로폭이 좁고 높이가 길도록 설계함.

- 크기는 가로x세로x높이 98x78x191(mm) 이다. 센서와 보드를 보호하기 위하여 시리얼포트를 제외하고 외부에 노출되는 부분이 없게 설계하여 충격이나 이물질로부터 보호함.
 - 센서에서 측정을 위하여 외부와 접촉이 필요한 부분을 제외한 회로와 나머지 구성 요소들은 외부와 분리된 공간에 배치되어 이물질과 물기의 침투를 막고 습기나 유독 성기체에 의한 부식을 최대한 방지함.
 - 센서의 최소 부분만이 외부와 접촉을 하게 한다. 또한 이 외부 노출 부분을 아래방향을 향하도록 설계되어 먼지가 쌓이거나 액화되어 고인 수분이 흘러 들어가 침수되는 것을 방지하여 시간이 지남에 따라 오차가 커지거나 고장의 위험이 커지는 것을 방지함
 - 센서를 덮는 덮개의 경우 기체교환이 최대한 잘되게 면적을 최소화하되 측정오차나 고장을 막기 위하여 센서에 직접 향하는 바람은 막을 수 있게 설계됨
- 최종적으로 완성된 모습은 다음과 같음

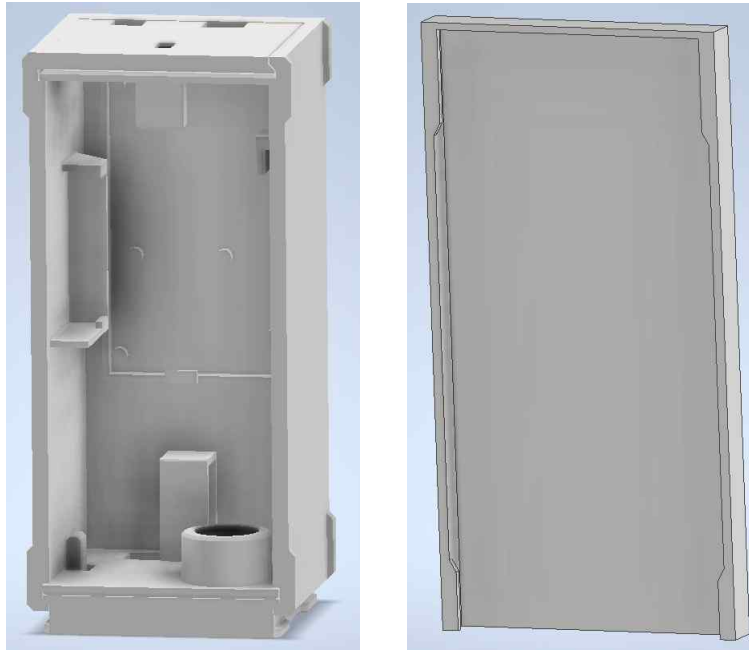


Figure1. 3D model of integrated sensor module enclosure



Figure 2. Overview of integrated sensor module

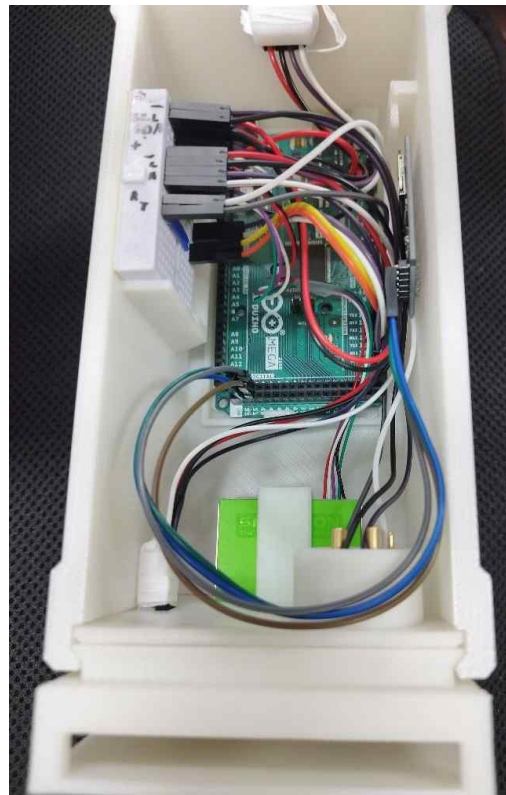


Figure 3. Inside view of integrated sensor module



Figure 4. Top view of integrated sensor module



Figure 5. Bottom view of integrated sensor module without bottom cover

- 또한 통합 센서 모듈로 제작하였을 때 센서의 개별 사용에 비하여 어떠한 성능변화가 있는지 평가하기 위하여 다음과 같은 실험장치를 구상함
- 아크릴로 만들어진 가로x세로x높이 15mmx20mmx30mm 의 가스 챔버에 통합 센서 모듈과 레퍼런스 센서를 배치함. 이 둘은 시리얼포트를 통하여 PC와 연결되어 전원을 공급받고 센서를 통하여 측정되는 수치를 기록함.
- 내부에는 팬이 있어 빠르게 내부 공기를 균일하게 혼합할 수 있게 도와주며, 측면에 샘플 가스를 투입할 수 있는 관이 있으며 사용하지 않을 때는 벨브를 잠구어 밀폐상태를 유지할 수 있게 함.
- 압력조절을 위해 기체를 빼낼수 있는 출구관도 마찬가지로 벨브를 잠글 수 있는 구조이며 기체를 투입할때는 정량의 기체를 투입 할 수 있게 500ml syringe를 사용
- 실험장치의 모습과 결과는 다음과 같음.

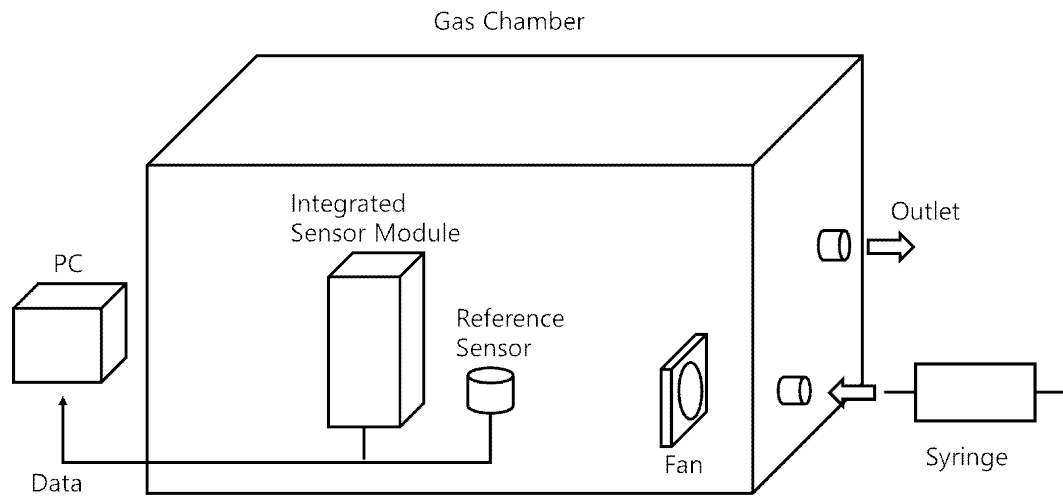


Figure 6. configuration of test gas chamber

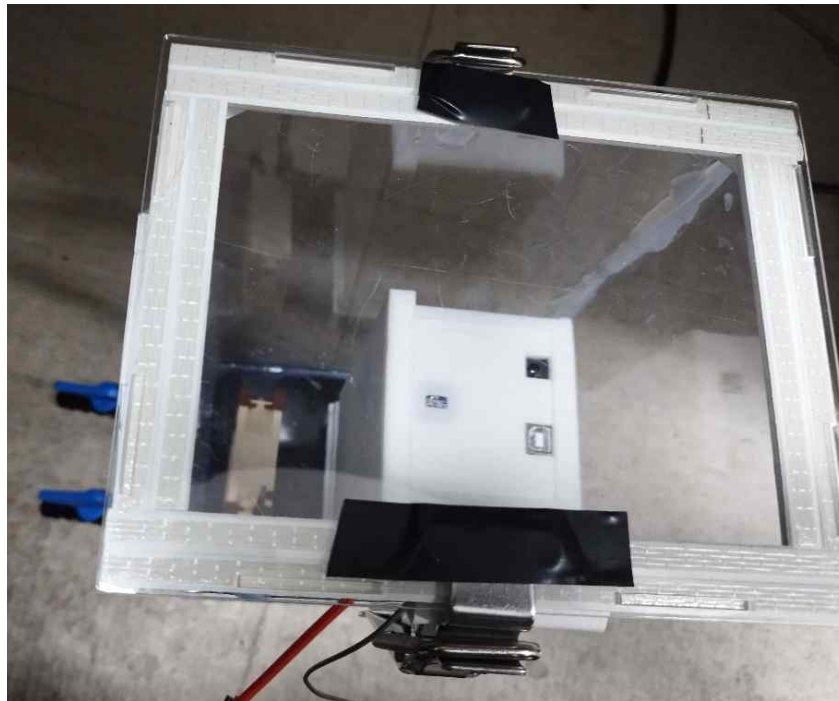


Figure 7. Overview of test gas chamber

Table7. RMSE of CO₂ sensor test

RMSE(ppm)	test1	test2	average
Solely used	15.57	15.33	15.45
Integrated	201.86	178.44	190.15

Table8. Hysteresis error of CO₂ sensor test

Hysteresis error(ppm)	test1	test2	average
Solely used	38	4	21
integrated	395	339	367

Table9. RMSE of Relative Humidity sensor test

RMSE(%)	test1	test2	average
Solely used	0.93	0.85	0.89
integrated	2.47	2.07	2.27

Table10. Hysteresis error of Relative Humidity sensor test

Hysteresis error(%)	test1	test2	average
Solely used	1.20	0.96	1.08
integrated	4.20	3.96	4.08

Table11. RMSE of Temperature sensor test

RMSE(°C)	test1	test2	average
Solely used	0.54	0.57	0.56
integrated	1.29	1.16	1.23

Table12. Hysteresis error of Temperature sensor test

Hysteresis error(°C)	test1	test2	average
Solely used	0.42	0.50	0.46
integrated	1.92	0.60	1.26

Table13. RMSE of NH₃ sensor test

RMSE(ppm)	test1	test2	average
Solely used	0.93	1.39	1.16
integrated	1.87	1.68	1.78

Table14. Hysteresis error of NH₃ sensor test

Hysteresis error(ppm)	test1	test2	average
Solely used	1.78	2.60	2.19
integrated	4.05	4.17	4.11

- 모든 경우 개별적으로 사용했을 때 비하여 RMSE값이 증가하여 정확도가 소폭 낮아진 것을 확인할 수 있었음
- 개별 사용시와 비교해보았을 때 이 오차는 hysteresis에 의하여 발생함을 확인할 수 있음
- Hysteresis는 거쳐 온 과거가 현재 상태에 영향을 주는 현상으로 어떤 물리량이 그때의 물리조건만으로 결정되지 않고 이전에 그 물질이 경과해 온 과정에 의존하는 특성을 말함
- 이는 통합센서 모듈의 겨우 센서 주변부의 ambient environment 가 상대적으로

기체 교환이 원활하지 않아 이 ambient environment 가 외부 상태와 평형을 이루기까지 시간이 걸리기 때문으로 보임.

[결과요약] 본 연구에서는 스마트 양계사에 필요한 다양한 센서들을 하나로 통합한 형태의 센서 모듈인 통합 센서 모듈을 설계하였음. 육계의 생장에 영향을 미치는 주요 요인인 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 가스, 조도 및 분진을 측정할 수 있는 통합 센서 모듈을 개발하였음. 제작된 통합 센서 모듈은 성능 평가를 위해 가스 챔버를 활용한 실험장치에서 성능을 평가하였음. 평가된 센서는 각각 CO₂, 상대습도, 온도, NH₃ 네가지이다. 실험 결과 모든 센서는 개별적으로 사용된 경우에 비하여 정확도가 떨어지는 것을 발견할 수 있었다. Hysteresis 가 증가하여 오차가 커졌으며 이는 상대적으로 센서 주변 ambient environment 가 외부와 평형에 이르는데 걸리는 시간이 더 오래 걸리기 때문으로 보인다. 이러한 Hysteresis 를 최소화 하기 위해 enclosure의 기체교환이 좀더 원활하게 이루어 질 수 있도록 개선하고 Hysteresis 를 보정 할 수 있는 보정식을 활용할 수 있을 것임. 추후 이러한 hysteresis를 최소화하는 방법에 대한 연구와 실증 실험 이 필요할 것으로 보임.

[연구 주제] 비전 기반 자율주행 로봇을 이용한 육계사 실증데이터 측정

Measurement of Empirical Data of Broiler House using vision sensor-based auto-driving robot

[목표] 딥러닝 머신 비전 자율주행 자동차를 이용하여 실제 육계들이 머무르고 있는 지역의 환경 데이터를 수집하는 것을 목표로 함

[결과보고]

□ 연구 배경

내의 닭고기 소비량은 꾸준히 증가하고 있다. 닭고기는 종교를 불문하며 먹을 수 있는 육류이며, 돼지고기나 소고기보다 값이 싸다. 단백질, 무기질 함량이 높으며, 불포화 지방산의 비율이 다른 육류에 비해 높다(한국육계협회, 2006). 통계청의 자료에 따르면 1980년 1인당 닭 소비량은 2.6kg인 것에 반해 2018년도에는 12.7kg로 증가했다. 또한 농업진흥청의 보도 자료에서는 2020년에는 닭의 소비량이 15.7kg까지 상승했다고 한다. 닭고기의 소비가 늘어남에 따라, 육계의 생산량 역시 증가했다.

육계의 생산량을 늘리기 위해서 온도, 습도와 생산 환경을 직접 조절할 수 있는 무창계사가 필요하다. 육계는 1kg당 산소를 739ml 소비하고 이산화탄소를 714ml를 발생시킨다. 이는 돼지나 소의 1kg당 산소 소비량과 이산화탄소 발생량이 3~400ml인 것에 비해서 2배에 이상의 수치이다.(오세정, 1993) 그렇기 때문에 환기시스템을 비롯한 계사의 환경을 제대로 관리하지 않을 경우 비해 온, 습도 및 가스가 증가하여 닭의 질병 및 폐사율이 증가하는 경우가 발생한다.(채현석, 2009) 그러므로 ICT 기능을 갖춘 복합제어 스마트 축사의 보급 역시 증가하고 있다. ICT 계사가 제대로 관리하기 위해서는 계사 내의 균일한 환경의 측정이 필요하다.

계사 내의 환경과 육계 성장에 관해서는 많은 연구가 진행되어왔다. 계사 내의 공기 조성은 육계의 머리 높이가 기준이며, 해당 높이에서 이산화탄소 3,000ppm, 암모니아 10~20ppm의 정도의 농도를 권장하고 있다. Olenwaju(2008)의 연구에서는 닭의 성장에서 이산화탄소의 농도를 3,000ppm에서 9,000ppm까지 증가시키면서 관찰하였을 때 닭의 누적 사망률이 높아진 것으로 관찰되었다. 또한 A. Beker(2004)의 연구에서는 계사 내 대기의 암모니아 농도가 30ppm, 60ppm을 증가함에 따라, 닭이 질병에 더 취약하며, 사료 효율성이 떨어짐을 보였다. 이처럼 이산화탄소, 암모니아 등의 계사 내의 환경 조절의 실패는 닭의 병해와 성장에 악영향을 끼치는 것을 연구 결과를 통해 알 수 있다.

계사는 밀폐된 온실이기 때문에, 계사의 환경은 육계의 성장뿐만이 아니라 내부에서 일하는 작업자에게도 많은 영향을 미친다. 작업장 내의 암모니아, 이산화탄소를 비롯한 높은 습도 및 유해물질은 축산업 종사자의 건강에 장애를 유발할 위험성이 높다. 그에 비해 이런 작업자를 보호하는 것은 매우 열악하다고 한다. (김경란 외, 2014)

따라서 육계의 생산량과 계사 내 작업자의 건강을 위한 계사 환경 조절은 중요하며, 정확한 환경 측정은 필수적이다. 하지만 계사와 같은 온실의 환경을 측정하기는 쉽지 않다. 이인복(2019)은 대형 온실의 환경이 균일하지 않으며, 내부 환경을 측정하는 센서의 위치를 경험적으로 설치해 전체 환경과 유사한 환경을 나타내는 최적의 위치를 찾는다고 한다. 따라서 이런 센서의 위치가 적절하게 정해지지 못한 온실에서는 환경 측정이 어려움이 있으

며, 이러한 대형 온실의 환경을 쉽게 측정할 방법이 필요하다. 계사의 경우 닭의 머리 높이의 환경이 닭에게 영향을 주는데, 이와 유사한 환경을 가지는 센서의 위치를 찾는 일 역시 쉽지 않을 것이다.

기존의 설치하는 센서를 이용한 환경 측정의 문제를 해결하는 방안으로 자율주행 로봇을 활용하는 방식이 연구되고 있다. Guoqiang Ren(2020)은 현재 농업 및 계사에서 많은 자율주행 로봇이 이용되고 있다고 한다. 조지아 공대의 연구소에서는 환경 측정 및 육계 검출을 위한 자율주행 로봇을 연구하고 있다. 연구된 자율주행 로봇들은 딥러닝을 통해 육계와 달걀의 검출이 가능하며, 열 센서를 통해 닭의 표면온도를 측정하고 달걀의 색을 통해 달걀의 상태를 확인하는 작업이 가능하다. 이 외에도 다양한 용도로 자율주행 로봇은 농업에서 활용되고 있다.

□ 연구의 목적

본 연구는 기존의 대형 계사의 센서를 통한 계사 내부 환경 측정의 한계를 해결하기 위해, 자율주행로봇에 센서 모듈을 탑재하여 측정하는 방법을 개발하기 위한 기초적 연구로서 수행되었다.

측정하는 환경 데이터는 닭이 활동하는 높이의 환경 데이터였으며 구체적인 목표는 다음과 같다. 첫째로, 실험에 사용할 자율주행로봇을 선정하고 목적에 맞게 경로를 학습시키는 것이다. 자율주행 로봇은 딥러닝 기술을 이용해 계사 내의 지정된 경로를 학습시켜 해당 경로를 따라 움직일 수 있게 하였다.

둘째로, 경로를 학습한 자율주행 로봇에 환경 센서 모듈을 설치하여 실제 계사에 투입해 환경 데이터를 측정하였다. 환경 센서 모듈은 닭의 머리의 높이가 되도록 자율주행 로봇에 설치하여, 실질적으로 닭에게 영향을 주는 데이터를 측정하고자 했다. 이렇게 측정한 데이터와 실제 계사 내에 설치된 환경 센서와의 값을 비교해 데이터가 제대로 측정되는 모습을 확인하였다.

마지막으로 이번 연구를 통하여 발견한 여러 문제점과 개선점을 구체적으로 제시하는 것이다. 본 연구는 자율주행 로봇을 통한 환경 측정의 가능성을 보여주었으며, 그 과정에서 다양한 문제점을 발견하고 그에 관한 개선점에 대해서 고민할 수 있었다. 이 연구는 앞으로 스마트 육계사의 환경계측 기술발전에 기여할 것으로 기대된다.

□ 계사 환경이 육계와 작업자에 미치는 영향

계사 내 환경은 육계의 성장에 많은 영향을 미친다. 육계에 의해 발생하는 암모니아는 작업자의 어지럼증과 같은 건강 저하를 초래한다. 또한 이런 암모니아의 농도가 높아지면 육계의 저조한 성장과 이상 현상을 유발한다. (Beker, 2004) 암모니아 이외에도 이산화탄소의 역시 육계 성장에 많은 영향을 미친다. Olrenwaju(2008)의 연구에서는 이산화탄소의 농도가 높아지면, 육계의 폐사율이 올라가며 생장이 저해되는 모습을 보였다.

국립 농업 과학원에서는 작업장 내의 환경과 안전에 대한 관리 수준을 조사하였다. 축산업에 종사하는 사람들은 증가하고 있으며, 작업장 내에서 발생하는 이산화탄소, 암모니아, 이산화탄소와 같은 가스 및 먼지, 높은 습도, 농축된 유해 물질에 의해 축산 종사자의 건강 장애 발생이 위험성이 높다고 한다. 뿐만 아니라 이런 열악한 환경은 작업의 능률을 떨어뜨린다. 하지만 이런 위험에도 불구하고 현재 이러한 위험에 대한 안전 보호의 실태는 열악하다. (김경란 외, 2014)

□ 온실 환경 측정 방법

서울대학교 이인복 교수의 연구팀은 온실의 환경에 관한 연구를 진행하였다. 대형 온실에서 다양한 축산물 및 식물의 사육 환경을 위한 ICT 기술이 사용되어 자동화된 환경 조절 시스템이 많이 사용된다고 한다. 이러한 자동화된 시스템을 위해서는 온실내의 환경의 정량적이고 정밀한 평가가 필요하다. 특히 대형 온실에서는 불균일한 내부 환경이 형성되므로 실내에 센서 한, 두 개를 통한 측정은 부정확하며 많은 수의 센서가 필요하다. 그러나 이렇게 많은 센서를 사용할 경우 초기에 높은 비용 및 유지 관리에 드는 비용 또한 많기 때문에, 농가 경영에 부담이 있다. 따라서 제한된 수의 센서가 내부 환경 제어에 사용된다. 그리고 이러한 온실의 크기나 형태에 따른 내부 센서의 위치 및 개수의 기준이 없어 현장에서는 경험적인 방법을 사용하며, 이는 굉장히 어려운 일이다. 그렇기 때문에 적절한 위치의 센서가 없다면 제대로 된 환경 평가가 되지 않으며 환기를 비롯한 냉난방 시스템이 제대로 구축될 수 없다. (이인복, 2019)

농업, 축산업 등에 사용되는 온실의 경우 목적에 따라 필요한 환경 데이터의 위치가 조금씩 다르기 때문에 위와 같은 어려움이 더욱 강조된다. 육계사의 경우 닭의 머리 높이의 환경 데이터가 필요할 것이다.

□ 농업에서 로봇의 활용

해외에서는 현재 많은 로봇이 농업에서 사용되고 있다. 조지아 공과대학교의 연구소에서는 Fig. 1와 같은 로봇을 사용하고 있다. 이 로봇의 경우 환경 데이터를 측정하는 것뿐만 아니라, 카메라를 통해서 육계와 달걀의 검출과 같은 작업이 가능하다. 해당 예시는 아래 Fig. 1 을 보면 알 수 있다.

또한 다른 사례로는 아래 Fig. 2의 Octopus robot과 Tibot을 볼 수 있다. 각각의 로봇의 경우 축사 내에서 다양한 작업을 작업자를 대신해서 하는데, Octopus robot은 방역 로봇으로 축사를 지나가며 스프레이를 뿌려 축사 내의 축산물의 방역에 이용된다. Tibot은 축사 내부의 깔개를 관리하며, 축사를 지나가면서 내부의 깔개를 뒤집어주며 내부의 혐기 발효를 막아준다.



Figure 1. Agricultural Robot developed by Georgia Tech Research Institute



(a) Tibot

(b) Octopus robot

Figure 2. Agriculture robot example (a) Tibot (b) Octopus robot

□ 자율주행 로봇

본 연구에 사용된 자율주행 로봇은 waveshare 사에서 만든 Jetracer AI Pro이다. 제공되는 사용자 가이드에 맞게 제작하여 Fig. 3의 왼쪽에서 볼 수 있는 모습으로 완성하였다. 이 로봇은 비전 학습을 기반으로 한 자율 주행 로봇으로, 전방에 3280x2464 해상도의 광각 카메라를 달고 있으며 이를 통해 앞의 이미지를 받아들인다. 추가로 WIFI, Bluetooth를 통한 통신과 사륜구동으로 동작한다. 임베디드 보드는 Nvidia 사의 Jetson Nano 4GB를 사용하였으며, 어느 정도의 딥러닝이 가능한 연산 능력을 갖추고 있다. 우분투 운영체제를 사용하며 python 기반의 코드로 동작한다. Fig. 4와 같이 현재 보드의 배터리, ip 주소, CPU 점유율 등

의 상태를 LCD를 통해서 확인할 수 있다. Jetson Nano의 자세한 사양은 아래 Fig. 3 오른쪽의 표에서 볼 수 있다. 이외의 Jetracer에 대한 더 자세한 내용은 waveshare 사의 jetrace-ai-pro 사이트에서 직접 확인할 수 있다.

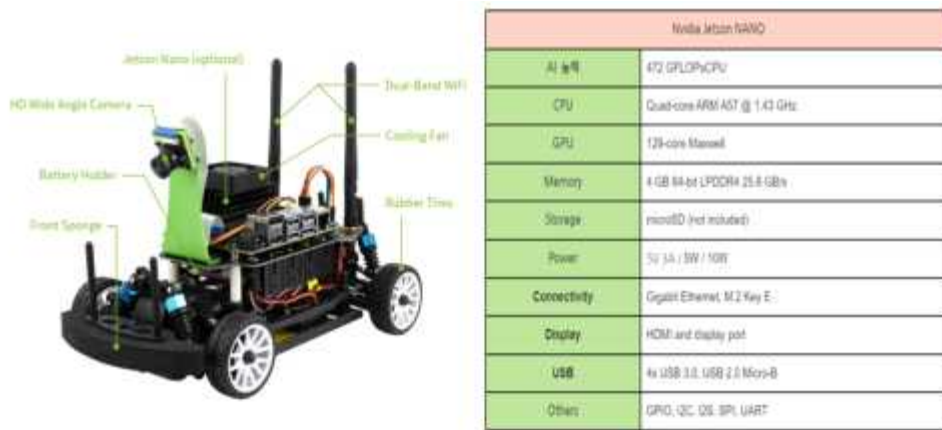


Figure 3. Jetracer AI Pro model and Jetson Nano specifications



Figure 4. JetsonNano status LCD display

□ 환경 측정 센서

환경 측정 센서는, 양계용 멀티센서 모듈 개발과 데이터 활용연구(황인호, 2022)에서 사용된 센서 모듈을 사용하였다. 센서 모듈은 아래 Fig. 5와 같다. 해당 센서 모듈은 아두이노를 기반으로 하여 환경을 측정하며 여러 센서를 탑재하여 원하는 환경 데이터를 측정할 수 있다. 사용한 아두이노 보드는 Arduino MEGA 2560(Arduino Italy)이다. 측정한 환경 데이터는 MicroSD 카드에 저장하였으며, 측정한 이후 데이터를 가져와서 분석하였다. 센서 모듈에 탑재된 센서는 온도, 습도, 이산화탄소, 황화수소, 암모니아, 조도 등을 측정할 수 있다. 자세한 센서의 사양과 옵션은 해당 연구에서 확인할 수 있다.

Jetracer의 보호와 센서 모듈의 설치를 위해 추가로 케이스를 제작하였다. 아래 Fig. 6은 케이스의 도면과 이를 출력한 3D 프린터이다. 케이스의 제작에서는 기존 jetracer 로봇에 맞게 WIFI 안테나 및 카메라 케이블이 통과할 수 있게 제작하였으며, 제작한 케이스와 센서

모듈을 jetracer와 설치한 모습은 Fig. 7과 같다.



Figure 5. Environmental sensor module for experiments

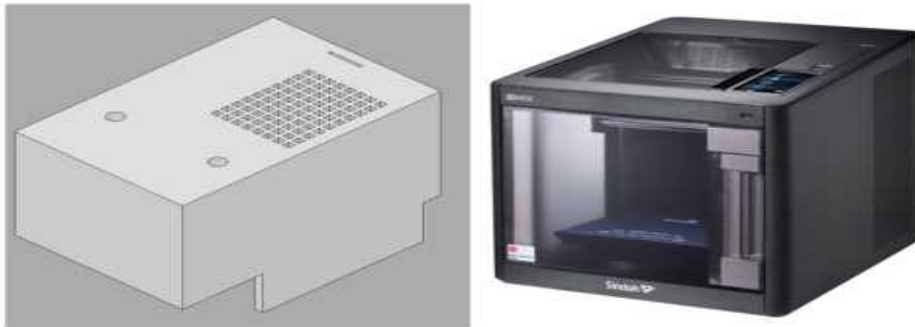


Figure 6. Case design and 3D-printer (Sindoh, DP200)



Figure 7. Completed environmental measurement auto-driving robot

□ 자율주행 로봇 프로그램 및 학습 방법

자율주행 로봇의 동작을 위한 프로그램은 python 언어를 기반으로 하는 jupyter notebook 코드이다. Nvidia 사에서 Jetracer AI Pro 모델에 적용할 수 있는 코드를 github에 공개 코드로 제공하고 있으며, 이 코드를 직접 동작을 볼 수 있게 수정하여 사용하였다. 수정된 코드와 자세한 설명은 Appendix에서 확인할 수 있다. 로봇을 제어하는 프로그램은 throttle이라는 속도변수와 steering이라는 각도 변수를 이용하여 jetracer를 통제한다.

자율주행 로봇의 학습은 다음과 같다. 먼저 이동할 환경에 대한 데이터를 모으고, 모은 데이터를 바탕으로 학습을 진행해 모델을 만들어낸다. 만들어진 모델을 적용해 비전 센서를 통해 들어온 이미지를 바탕으로 속도와 각도 변수를 조절해 자율주행을 한다. 좀 더 자세한 과정은 다음과 같다. 프로그램을 실행하면, 아래 Fig. 8와 같은 그림을 볼 수 있다. 만약 Fig. 9과 같이 이동하고자 경로를 계획하면, 급이기를 피해 이동하기 위해 해당 화면에서 파란 원을 중심으로 녹색 원 방향으로 이동하도록 방향을 지정한다. Fig. 10에서는 추가로 학습한 다른 화면들을 볼 수 있으며 급이기, 급수기를 피해서 이동하도록 방향을 설정하였다. 이러한 형태의 이미지를 50장 이상 수집하였으며, 이를 학습하여 유사한 상황에서도 안전하

게 주행할 수 있게 하였다.

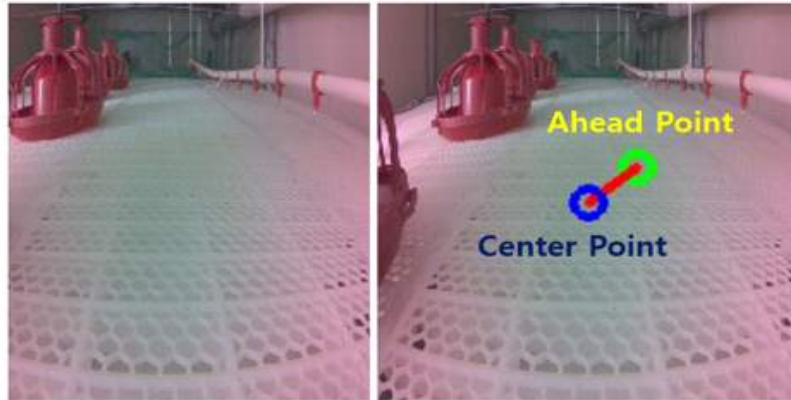


Figure 8. Auto-driving learning program screen

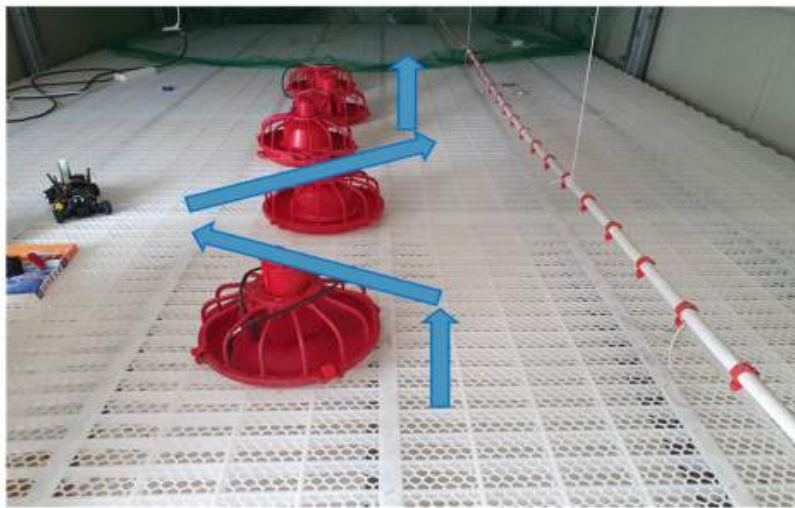


Figure 9. Initial planned auto-driving route

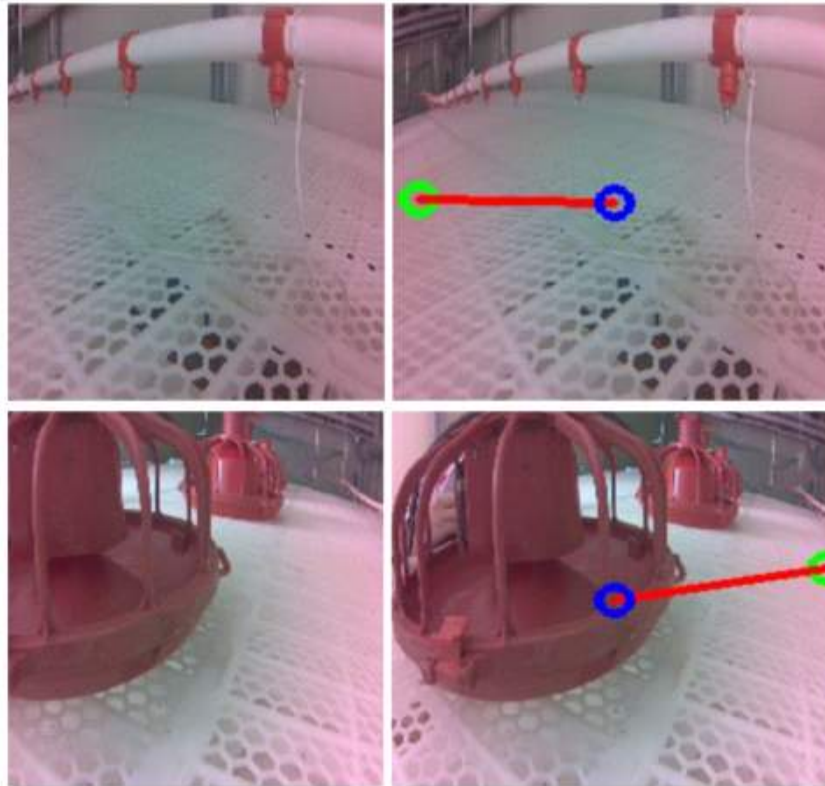


Figure 10. Additional auto-driving learning program screen example

□ 계사 환경 측정

기존의 실험은 Fig. 11과 같은 평사형 육계사에서 실험을 계획하였다. 해당 계사 학습하여 실험을 진행하고자 하였으며, 최초에는 육계에 사료를 주는 급이기와 물을 주는 급수기를 피해 움직일 수 있게 학습을 진행하였다. 그러나 해당 학습을 통한 주행에는 변수와 상황이 많아, 주어진 로봇에서는 한계가 있어 직접 레일을 설치하여서 진행하고자 했다. Fig. 11에서 볼 수 있듯이 붉은색 테이프로 트랙을 설치하였으며, 앞선 방법을 통한 학습으로 진행하였다. 주행을 테스트해본 결과 로봇이 경로를 이탈하지 않고 동작하는 모습을 확인하였다.

이후 실제 육계가 병아리가 투입된 이후 실험을 진행할 때는 해당 평사형 계사가 연구 현장에서 철거되었기 때문에 해당 장소를 사용할 수 없었다. 실제 병아리가 투입된 계사는 층계형 계사로 해당 환경에서 실험을 진행했으며 아래 Fig. 12와 같다. 해당 계사는 이전의 평사형 계사에서 학습한 데이터로는 동작하지 않아, 새로 학습을 진행하였다. 많은 횟수의 학습을 통해 자율 주행에 대한 테스트를 진행하였으나, 좁은 회전 반경으로 인해 주행이 제대로 되지 않았다. 따라서 실제 실험에서는 자율주행을 통해 진행하지 않았으며, 직접 Jetra cer의 컨트롤러를 이용해 동작하여 실험을 진행했다. 센서 모듈에 전원을 켜고, Fig. 12와 같이 병아리가 투입된 계사에서 자율주행 로봇을 동작시켜 환경을 측정하였다.

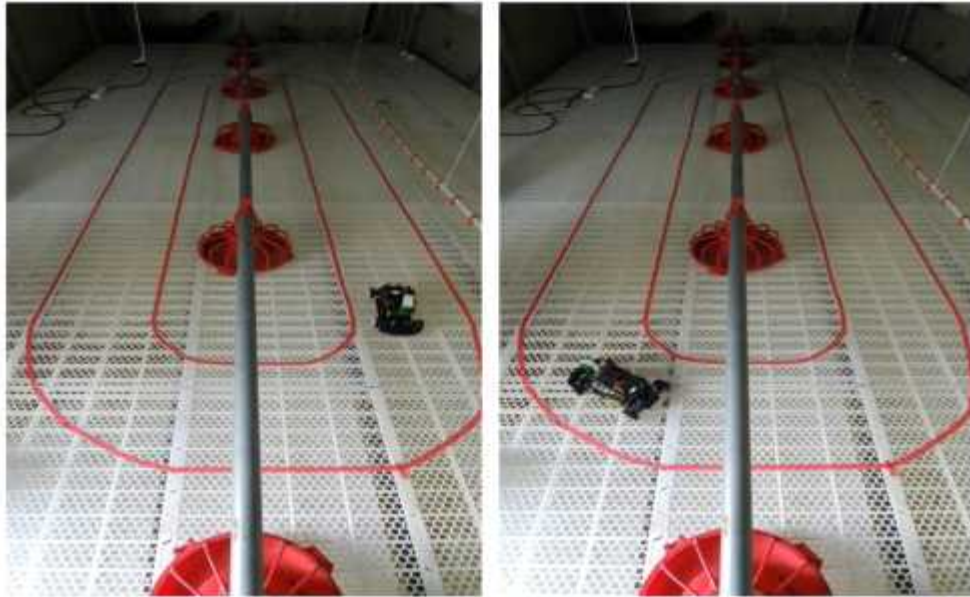


Figure 11. Je tracer가 평사형 계사에서 주행하는 모습

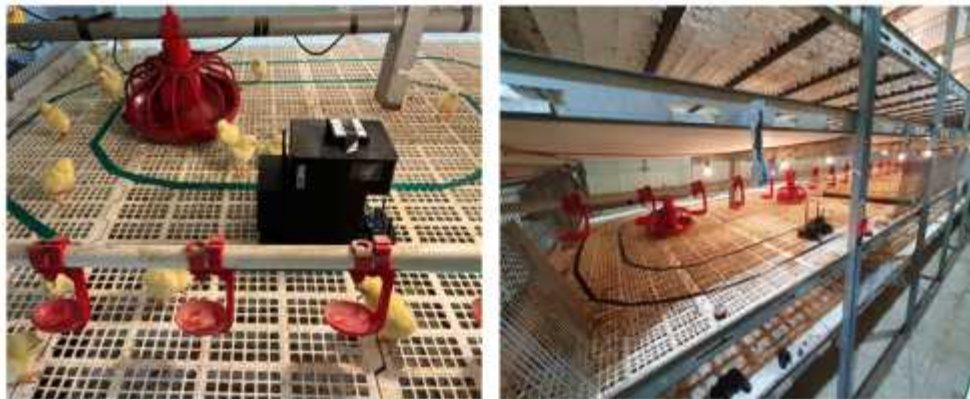


Figure 12. A broiler-house used in a practical experiment

□ 결과 및 고찰

Fig. 13~19는 로봇을 동작하여 얻은 환경 데이터이다. 측정된 데이터는 온도, 습도, 이산화탄소, 온습도 지수, 암모니아, 황화수소, PM10이다. 이 중 온도, 습도, 이산화탄소, 온습도 지수는 기존 계사 내에 설치된 센서의 값과 함께 비교하였다. 기존의 센서의 데이터의 경우 데이터를 유지하는 서버가 존재하여, 해당 서버에서 실험한 날짜의 데이터를 받아와서 비교할 수 있었다. 5월 26일 17시 45분부터 18시 45분까지 한 시간 동안 수집하여 얻은 데이터이다.

Fig. 13~16은 실내의 센서와 로봇 센서의 결과를 함께 볼 수 있다. 결과를 보면 실내 센서와 로봇 센서의 환경 값이 유사하게 나온 모습을 볼 수 있으며, 실내에 존재하는 센서는 실험적으로 해당 계사의 환경을 대표할 수 있는 위치에 설치되어 있기 때문에 본 연구를 통해 얻어낸 환경 데이터 또한 정확한 값을 확인할 수 있다. 또한 육계의 높이에 맞춰서 데이터를 수집했기 때문에 조금 더 육계의 성장에 필요한 데이터라고 볼 수 있다.

Fig. 17~19는 나머지 환경 데이터의 결과이다. 센서의 동작이 문제없이 잘 수집된 모습을 볼 수 있었다. 센서 모듈에 기존의 실내에 설치된 환경 데이터 센서 이외에 다양한 센서를 추가함에 따라 원하는 여러 환경 데이터를 수집할 수 있었다.

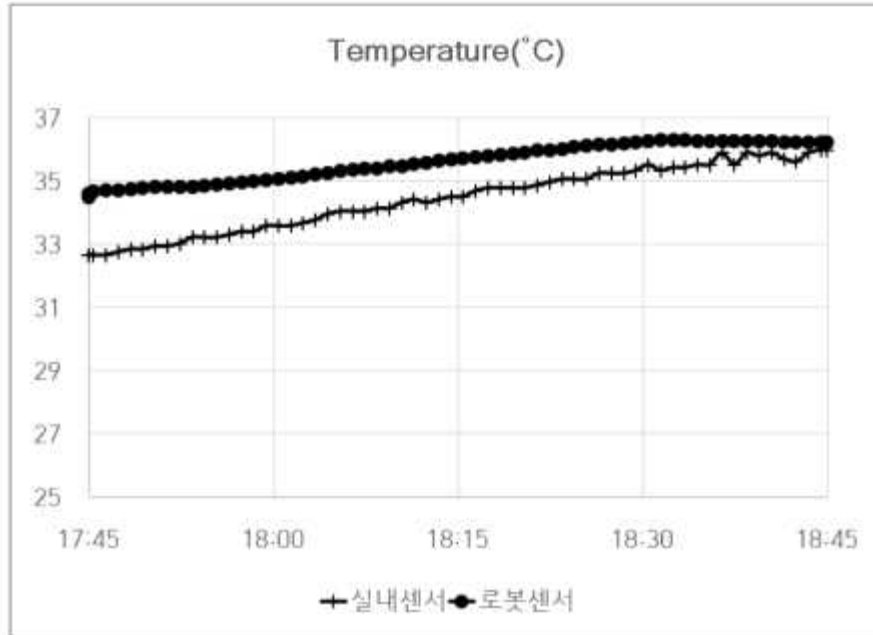


Figure 13. Temperature experimental result

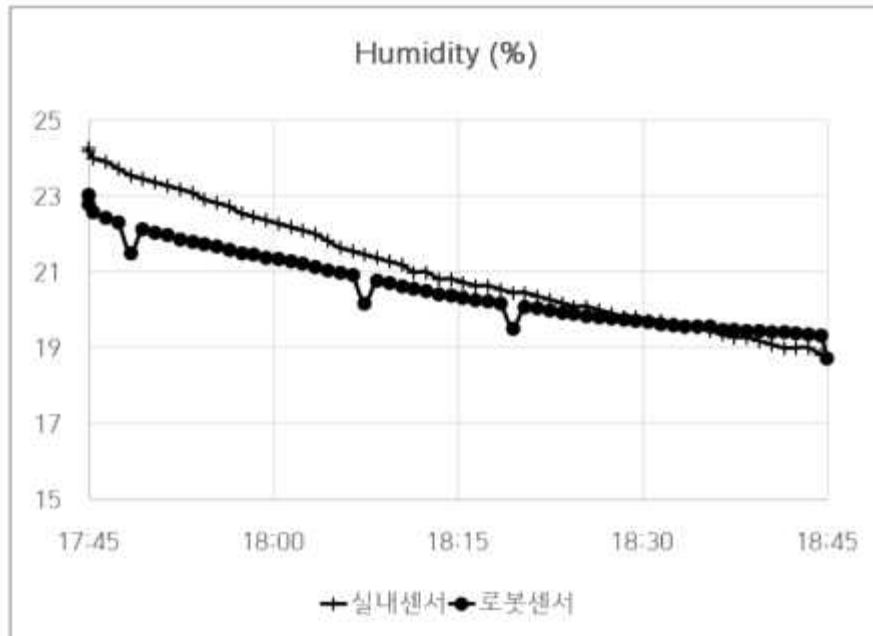


Figure 14. Humidity experimental result

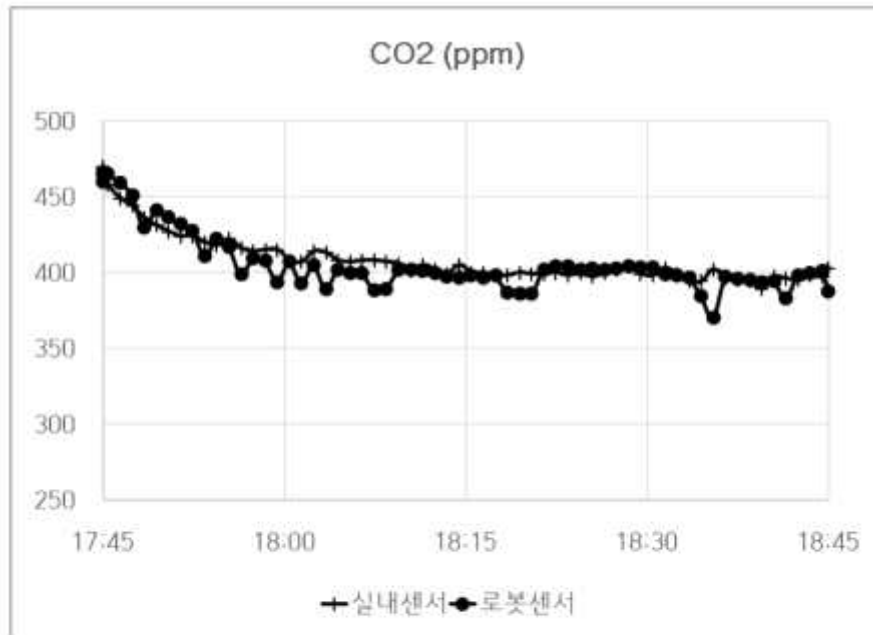


Figure 15. CO₂ experimental results

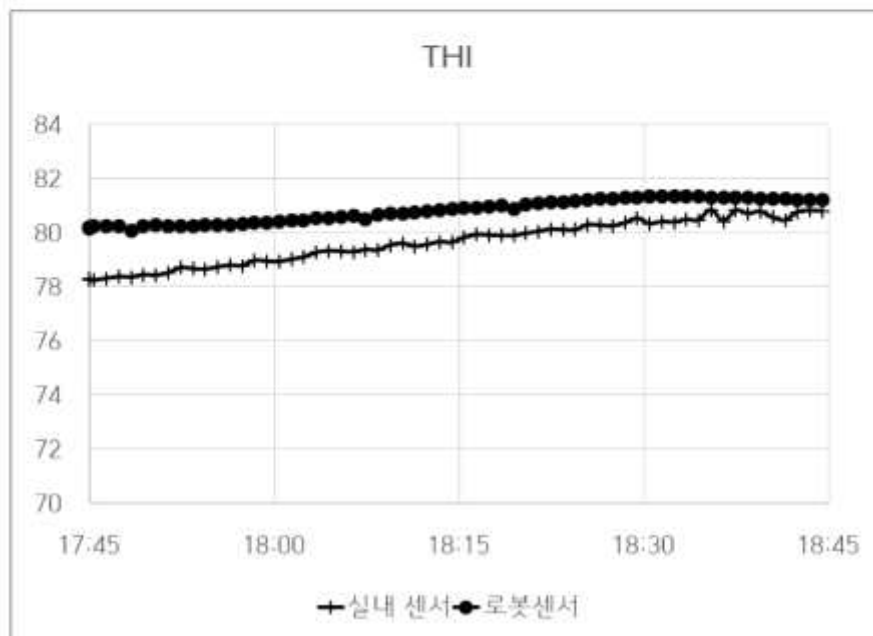


Figure 16. Temperature-humidity index experimental results

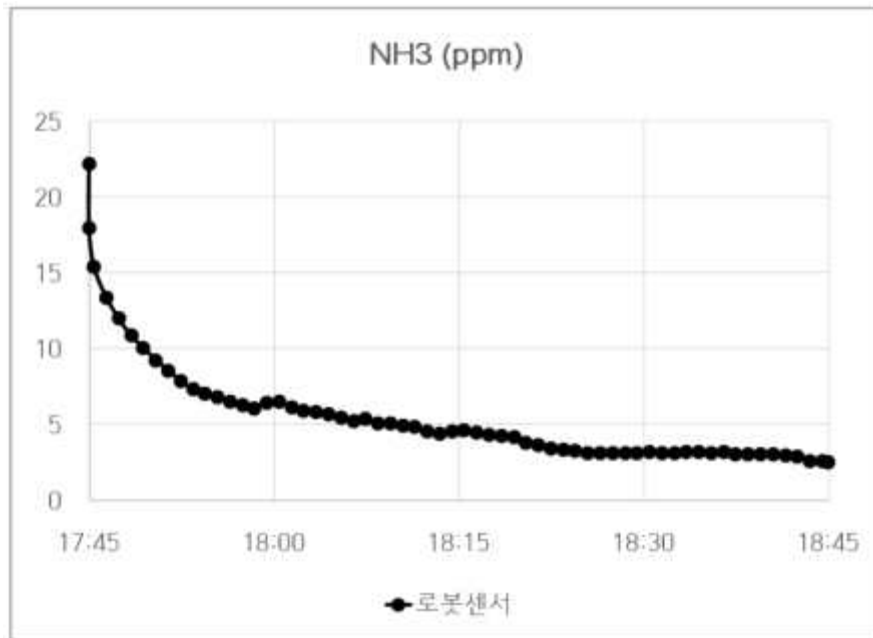


Figure 17. NH₃ experimental results

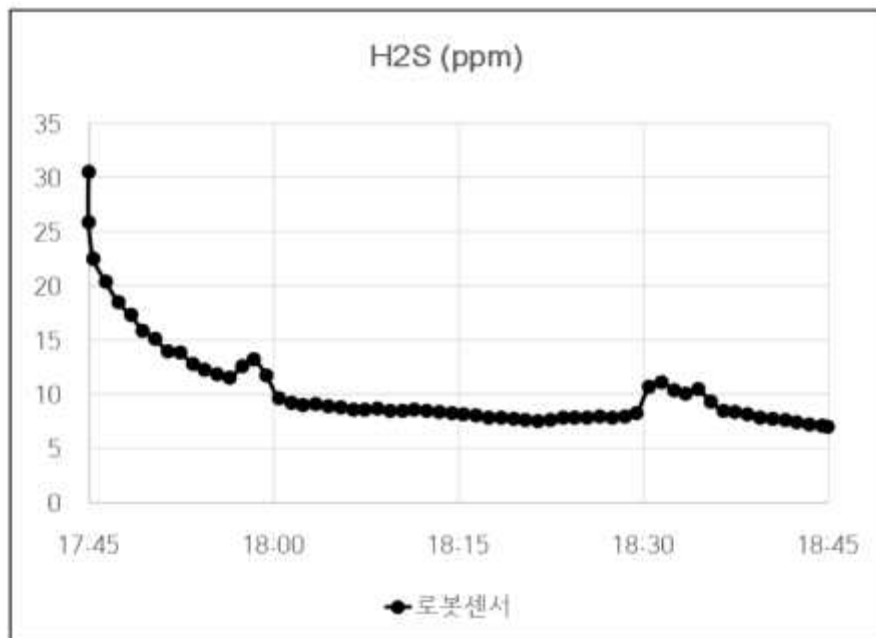


Figure 18. H₂S experimental results

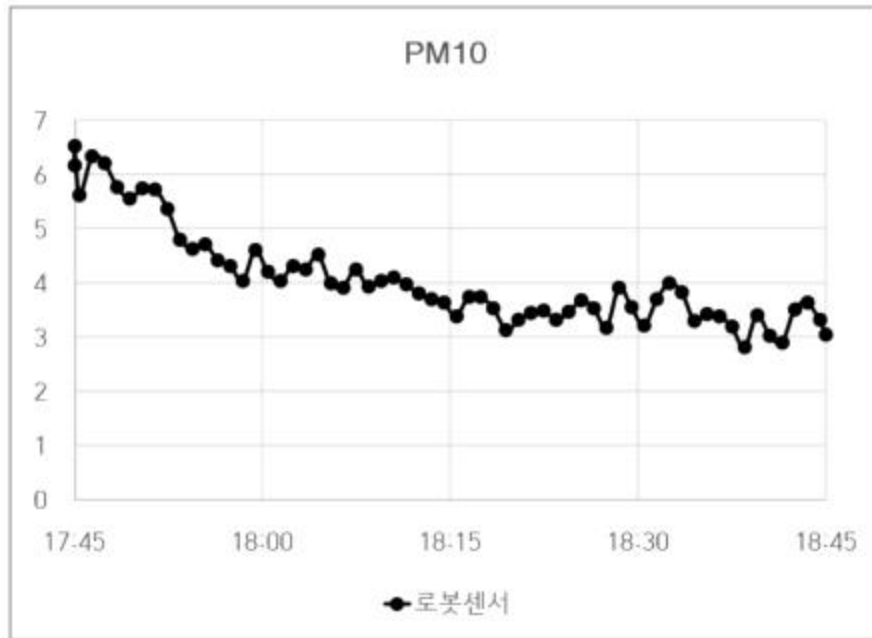


Figure 19. PM10 experimental results

□ 결론 및 제언

본 연구에서는 비전 기반의 자율주행 로봇을 제작하고, 센서박스를 탑재해 계사에 투입한 후 환경을 측정하였다. 측정한 환경 데이터는 기존의 센서와 비슷하게 나오는 모습을 통해 실제 계사를 비롯한 온실 내에 투입할 수 있는 가능성을 보였다. 온실에 투입할 경우 센서가 설치되지 않은 온실의 환경 데이터를 측정하거나, 온실에서 센서를 새로 설치할 때 센서의 위치를 평가를 위해서도 사용할 수 있을 것이다.

1년간 연구를 진행하면서 다양한 문제점을 발견할 수 있었고 추후 연구를 위한 보완할 부분을 제안하고자 한다. 제안할 부분은 크게 로봇의 구동 및 구조와 비전 센서의 활용 및 자율주행 두 가지이다.

먼저 로봇의 구동 및 구조에 대한 부분으로 회전하는 방식과 바퀴의 크기 및 구조에서 생긴 문제점과 제안이다. 본 연구에서 사용한 자율주행 로봇은 자동차와 같이 움직이며, 기본 모델의 이름도 jetracer에 걸맞게 앞으로 주행하는 동작에 특화되어 있다. 따라서 방향 전환을 앞바퀴의 좌우 각도에 의존하게 된다. 이 부분에 의해 주행을 함에 있어 회전에 넓은 반경이 필요하며, 특히 자율주행으로 움직일 경우 세밀한 조절이 힘들기 때문에 좀 더 여유로운 공간이 필요하다. 이는 평사 계사에서의 실험에서는 큰 문제가 되지 않았으나, 해당 계사가 철거된 이후 케이지 계사에서의 실험에서는 이런 문제점이 나타났다. 이미지를 통한 주행에서 회전을 위한 공간이 충분하지 않아 자꾸 충돌이 발생하고 멈추게 되었다. 따라서 이러한 회전하는 방식을 자동차와 같이 앞바퀴에 의존하는 것이 아니라, 네 바퀴를 동시에 조절하여, 제자리에서 회전할 수 있게 한다면 회전을 위한 여유 공간 없이 제자리에서 회전할 수 있을 것이다. 혹은 큰 두 바퀴만으로도 두 개의 바퀴를 서로 반대로 회전시킴으로써 제자리에서 회전할 수 있도록 로봇을 설계해야, 좁은 공간의 환경에서도 활용할 수 있을 것이다.

바퀴의 크기와 구조 또한 중요한 요소이다. 계사를 비롯한 축사의 바닥은 다양한 형태가 존재한다. 이번 연구의 환경과 같이 어느 정도 구멍이 뚫린 형태의 아크릴 바닥일 수도 있으며, 흙에 깊으로 깔개가 존재할 수도 있다. 본 연구의 로봇의 바퀴의 경우 크기가 작았으며, 센서 모듈의 무게로 눌렸을 경우 로봇의 하단부가 땅에 닿을 만큼 내려왔다. 실험 환경의 바닥이 좀 더 불규칙적인 노외 바닥이었을 경우 주행의 문제가 생겼을 가능성이 크다. 따라서 이런 거친 노외 환경에서 주행할 상황이 많은 농업 로봇의 경우 이러한 바퀴의 크기와 구조에 대한 설계를 좀 더 신경을 쓸 필요가 있다. 이처럼 로봇의 구동과 바퀴의 구조를 변경한다면, 본 연구의 한계를 극복하고 다양한 환경에서 움직일 수 있어 유용적으로 연구 및 실제에 사용할 수 있다고 생각한다.

다음으로는 비전 센서의 활용과 자율주행이다. 본 연구에서는 임베디드 보드의 연산을 온전히 자율주행에 이용하였다. 연구에서 사용한 Jetson Nano 임베디드 보드의 성능은 뛰어나지만, 일반 컴퓨터만큼의 성능을 가지지는 못한다. 또한 자율주행의 경우 연산에 요구되는 부하가 큰 편이기 때문에, 자율주행 이외의 딥러닝 모델을 사용하기 힘들다. 따라서 임베디드 보드의 성능을 자율주행 이외에 다른 딥러닝 모델의 사용을 위해서 계사 내의 로봇의 주행을 딥러닝이 아닌 방식으로 진행해야 할 것이다. 계사를 비롯한 온실의 경우 경로를 정해두고 움직이게 할 수 있어 이를 이용하여 주행을 계획할 수도 있다. 혹은 이번 연구와 같이 바닥에 트랙을 그리고 해당 트랙을 따라가는 라인 트레이싱을 계획한다면, 딥러닝 모델이 아닌 적외선과 같은 좀 더 가벼운 방식을 사용해도 충분할 것이다. 이러한 형태로 주행에 대한 연산의 부하를 줄인다면, 비전 센서를 통해 육계의 검사 및 계란 검출 등과 같은 다양한 딥러닝 모델을 추가로 사용할 수 있을 것이다. 그렇다면 농업 로봇을 이용하여 환경 데이터의 측정 이외에도 다양한 기능을 추가하여 활용할 수 있다.

이 외에도 본 연구에서 발생할 수 있는 여러 문제는 다음과 같다. 병아리가 자율주행 로봇을 계속 쫓아오기 때문에, 소리나 빛을 통해 로봇을 피해가도록 하는 시스템이 필요하다. 그리고 통신 기능을 통해 로봇과 환경의 상태를 실시간으로 관찰하는 시스템을 구축해 관리하면 좋을 것이다. 그리고 온실 내의 구역별로 환경 데이터를 측정하고자 한다면, 로봇이 이동하는 주기와 센서의 센싱 주기를 맞추어 특정 주기별로 모인 데이터들을 모아 구역별 환경을 측정할 수도 있을 것이다.

이처럼 본 연구는 앞으로의 연구의 기반이 되는 기초연구이다. 본 연구의 결과와 제언을 바탕으로 스마트 육계사의 환경계측 분야에서 좋은 성과를 이루는 연구들이 많이 나오기를 기대한다.

□ 참고문헌

- H. S. Chea, H. S. Kang, Y. M. Yoo, A. Jang, S. G. Jeong, J. S. Ham and C. N. Ahn 2009, Effect of Stocking Density on Chicken Meat Grades and PSE Incidence in Broiler House with or without Window.
- S. Y. Lee, I. B Lee, U. H Yeo, R. W. Kim, J. G. Kim 2019, Optimal sensor placement for monitoring and controlling greenhouse internal environments.

Guoqiang Ren , Tao Lin, Yibin Yinga, Girish Chowdharye , K.C. Ting, 2020, Agricultural robotics research applicable to poultry production: A review.

H.A. Olanrewaju, W.A. Dozier III, J.L. Purswell, S.L. Branton, D.M. Miles, B.D. Lott, A.J. Pescatore and J.P. Thaxton, 2008 Growth performance and physiological variables for broiler chickens subjected to short-term elevated carbon dioxide concentrations

A. Beker, S. L. Vanhooser, J. H. Swartzlander, and R. G. Teeter, 2004, Atmospheric Ammonia Concentration Effects on Broiler Growth and Performance.

통계청, 1인당 닭 소비량 (2018)

오세정, 『계의 특수관리』, 선진문화사 (1993)

이덕수, 2006, 한국에서의 육계사 환기 이론 및 실제

황인호, 2022, 양계용 멀티센서 모듈 개발과 데이터 활용연구

김경란, 김인수, 김효철, 이경숙, 채혜선, 2014, 양돈 농가의 안전사고 발생현황 및 안전보건 관리 수준

□ Appendix

□ 자율주행 학습 프로그램 수정 코드

기준에 제공하는 github에서 interactive_regression.ipynb 코드를 일부 수정하였다. 해당 코드는 notebooks 폴더에 있으며, 앞서 설명했듯이 여러 장의 사진을 찍으며, 이미지에 따라 로봇이 움직일 방향을 정하고 이를 학습시키는 코드이다. 전체 코드의 길이가 너무 길어 수정된 부분에 대한 설명을 부록에 남긴다.

Data Collection cell에서 save_snapshot 함수에 두 줄의 코드를 추가하였다.

```
snapshot = cv2.circle(snapshot, (x, y), 8, (0, 255, 0), 3)
```

기준에는 위와 같이 로봇이 가야 하는 좌표 (x,y) 지점에 녹색 원 하나만이 화면에 표시되었다. 수정한 코드에서는 아래 두 줄의 코드를 위의 코드 아랫부분에 삽입하였다.

```
snapshot = cv2.line(snapshot, (x,y), (112,112), (0,0,255), 3)
```

```
snapshot = cv2.circle(snapshot, (112,112), 8, (255, 0, 0), 3)
```

추가한 두 코드는 중심점 (112, 112)에 청색 원과 두 원을 잇는 적색 선이 추가되었다. 학습에 있어 중심과 로봇이 나아갈 방향을 좀 더 정확히 확인할 수 있게 보조하는 코드를 삽입하였다.

학습 모델이 적용된 자율주행 코드

마찬가지로 이전에 공개된 코드에서 notebooks 폴더에 존재하는 코드를 수정하였다. road_following.ipynb 코드를 수정하였으며, 해당 코드는 위의 A.1에서 만들어낸 모델을 로봇에 적용하여 직접 움직이게 하는 코드이다. 기존의 코드에서는 로봇이 달리며, 앞의 화면이 보이지 않아, 로봇이 현재 카메라로 들어오는 이미지와 학습된 프로그램 기준으로 어느 방향을 가야 하는지 보여주도록 코드를 기존 코드 아래에 추가하였다. 코드는 다음과 같다.

```

# with screen view
import threading
import time
import numpy as np
from utils import preprocess
import torch.nn.functional as F

import cv2
import ipywidgets
from IPython.display import display
from jetcam.utils import bgr8_to_jpeg
from jupyter_clickable_image_widget import ClickableImageWidget

car.steering_gain = 1.0
car.throttle = 0.75
car.throttle_gain=1.0
camera.running = True

# unobserve all callbacks from camera in case we are running this cell for second time
camera.unobserve_all()

# create image preview
prediction_widget = ipywidgets.Image(format='jpeg', width=camera.width, height=camera.height)
state_widget = ipywidgets.ToggleButtons(options=['stop', 'live'], description='state', value='stop')

def live(state_widget, model, camera, prediction_widget):
    while state_widget.value == 'live':
        start_time = time.time() # start time of the loop
        image = camera.value
        preprocessed = preprocess(image).half()
        output = model(preprocessed).detach().cpu().numpy().flatten()

        car.steering = float(output[0])

        x = output[0]
        y = output[1]

        str = "Deg %0.1f" % float(x*30.0)
        str1 = "Power=%0.1f" % float(-y)
        str = str + str1

        x = int(camera.width * (x / 2.0 + 0.5))
        y = int(camera.height * (y / 2.0 + 0.5))

        str1 = "FPS:%d" % int(1.0 / (time.time() - start_time)) # FPS = 1 / time to process loop
        str = str + str1

        prediction = image.copy()
        prediction = cv2.circle(prediction, (x, y), 8, (255, 0, 0), 3)
        prediction = cv2.line(prediction,(x,y),(112,112),(0,0,255),3)
        prediction = cv2.circle(prediction, (112,112), 8, (255, 0, 0), 3)
        prediction = cv2.putText(prediction,str,(0,220),cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN,1,(255,255,255))
        prediction_widget.value = bgr8_to_jpeg(prediction)

def start_live(change):
    if change['new'] == 'live':
        execute_thread = threading.Thread(target=live, args=(state_widget, model_trt, camera, prediction_widget))
        execute_thread.start()
    else :
        time.sleep(0.1)
        car.steering = 0
        car.throttle = 0
        car.manual = 0

state_widget.observe(start_live, names='value')

live_execution_widget = ipywidgets.VBox([
    prediction_widget,
    state_widget
])

display(live_execution_widget)

```

위 코드는 학습된 모델이 적용된 로봇이 주행하며 들어오는 이미지마다 움직일 방향을 보여주는 코드이다. 코드가 실행되면 아래의 Fig. 20에서 볼 수 있듯이 간단한 정보가 표시되고, 청색 원을 통해 어느 방향으로 갈지 볼 수 있다. 곡선 코스에서는 안쪽을 향하고 직선 코스에서는 정면을 향하는 것을 직접 확인할 수 있다. 학습된 모델을 통한 결과를 화면으로 직접 볼 수 있으므로 잘못된 부분을 확인하고 올바른 학습이 되도록 만들 수 있었다.

```

import time

camera.unobserve_all()

#Angle Sensitivity
STEERING_GAIN = 0.8

#Speed
THROTTLE = 0.14

#Time interval
TIME_INTERVAL = 5

#control variable
while True
    time.sleep(TIME_INTERVAL)
    car.steering_gain = STEERING_GAIN
    car.throttle_gain = 1.0
    car.throttle = THROTTLE

```

위의 코드는 로봇의 속도, 각도 민감성을 조절하고 일정 시간 동안 주행하고 멈추는 주기를 정할 수 있도록 코드를 추가하였다. STEERING_GAIN, THROTTLE, TIME_INTERVAL 변수를 바꾸어주며 로봇을 통제할 수 있었다.

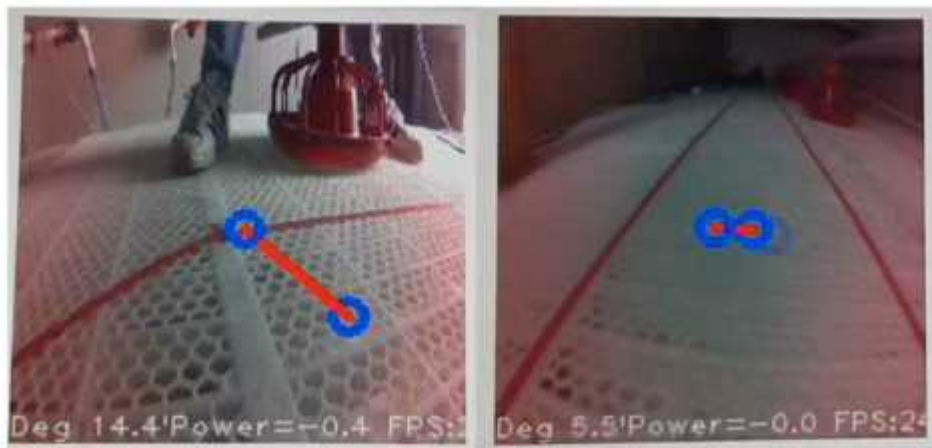


Figure 20. road_following running screen

[연구 주제] 스마트 육계생산시스템 연동을 위한 프로토콜 및 표준 검토
Review Protocols and Standard for Interoperation of Smart
Closed-Cage Broiler Production System

[목표]

스마트 육계생산시스템을 클라우드에서 운영하기 위해서는 개별 단위 장치들의 데이터를 수집하고, 제어명령을 전송할 수 있는 프로토콜이 필요하다. 이를 위해 본 연구에 적용 가능한 프로토콜과 표준을 선정하기 위해서 다양한 프로토콜과 표준을 검토한다.

[결과 보고]

□ 프로토콜 검토

사물인터넷은 다양한 사물을 인터넷에 연결하는 것을 말한다. 예를 들어 공장 소유주는 디지털 조명을 연결할 수 있으며, 3종 경기 선수는 배터리로 구동되는 심박 측정기를 연결할 수 있다. 스마트 농장에서는 농장에서 사용되는 각종 센서, 구동기들을 인터넷에 연결하여 관측치를 확인하고, 제어명령을 전달하여 농장운영에 도움을 받을 수 있다. 여기서 중요한 점은 이러한 모든 사용 용도에서 ‘사물’은 ‘IoT’ 노드로 간주되는 인터넷을 통해 통신해야 한다는 것이다.

연결된 기기는 인터넷을 사용해야 하므로 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 제정한 인터넷 프로토콜을 따라야 한다. 하지만 전통적인 인터넷 프로토콜은 사물인터넷의 애플리케이션에 적용하기에는 너무 무겁다. 이에 많은 양의 리소스를 요구하지 않는 새롭고 더 가벼운 프로토콜을 필요로 한다. MQTT 및 CoAP는 작은 메시지 크기, 메시지 관리 및 경량 메시지 오버헤드를 통해 이러한 요구를 충족한다.

1. MQTT 개요

IBM은 유전 장비와의 위성 통신을 위해 MQTT를 개발했다. MQTT는 기본적으로 신뢰성과 저전력을 특징으로 하므로 IoT 네트워크에 적용하기 적합하다.

그 후 MQTT 표준은 개방형 표준을 위한 단체인 OASIS 에 의해 채택되었으며 버전 3.1.1로 발표되었다. 또한 오픈 소스 스택과 컨설팅을 제공하는 많은 상업 회사와 이클립스(Eclipse) 커뮤니티 내의 지원을 받고 있다.

MQTT는 ‘publish/subscribe’ 모델을 사용하며, MQTT 네트워크 노드 간에 메시지를 관리하고 라우팅하기 위해 중앙 MQTT 브로커(broker)를 필요로 한다. 이클립스는 MQTT를 중앙 브로커를 통해 다중 클라이언트 간에 메시지를 전달하는 ‘다대다(many-to-many)’ 통신 프로토콜로 설명하고 있다. MQTT는 TCP를 사용하여 ‘고신뢰성, 정렬, 에러 검사’를 특징으로 하는 트랜스포트 계층을 구현한다.

2. MQTT의 강점

(1) Publish/Subscribe 모델

MQTT의 'pub/sub' 모델은 확장성이 뛰어나고 전력 효율적이다. 브로커와 노드는 정보를 발행하며, 다른 노드들은 메시지 내용, 종류 또는 주제에 따라 구독한다. 이들 용어는 MQTT 표준 용어이다. 일반적으로 브로커는 모든 메시지를 구독한 다음 각 노드에 대한 정보 흐름을 관리한다. publish/subscribe 모델에는 몇 가지 뚜렷한 장점이 있다.

(2) 공간 분리

노드와 브로커는 서로의 IP 주소를 가질 필요가 있지만, 노드는 정보를 발행할 수 있으며, 모든 것이 중앙 브로커를 거쳐 진행되기 때문에 서로를 전혀 모르고 있어도 다른 노드에서 발행하는 정보를 구독할 수 있다. 이는 TCP 세션과 포트에 수반될 수 있는 오버헤드를 감소시키고 최종 노드가 서로에 대해 독립적으로 동작할 수 있게 한다.

(3) 시간 분리

노드는 다른 노드의 상태와 관계없이 정보를 발행할 수 있다. 그 후에 활성화될 때 다른 노드는 브로커로부터 발행된 정보를 수신할 수 있다. 이를 통해 다른 노드가 해당 노드에 직접 관련된 메시지를 발행할 때조차 노드가 휴면 상태를 유지할 수 있게 한다.

(4) 동기화 분리

동작 중인 노드는 구독 중인 메시지가 발행되더라도 이를 수신하도록 인터럽트되지 않으며, 메시지는 수신 노드가 기존 동작을 완료할 때까지 브로커에 의해 대기열에 저장된다. 이는 진행 중인 동작 또는 휴면 상태에 대한 인터럽트를 피함으로써 동작 전류를 절약하고 반복되는 동작을 줄여준다.

(5) 보안

MQTT는 새롭게 개발된 보안 형식은 아니며, 암호화되지 않은 TCP를 사용한다. TCP를 사용하는 이유는 TLS/SSL 인터넷 보안을 사용할 수 있기 때문이다. 그러나 TLS는 필요한 핸드셰이크와 증가되는 패킷 오버헤드로 인해 경량화된 클라이언트에게 리소스 집약적이다. 에너지가 매우 높은 우선순위를 가지고 있고 보안이 훨씬 덜 중요한 네트워크의 경우 패킷 페이로드 암호화만으로 충분할 수 있다.

(6) MQTT 서비스 품질 단계

'서비스 품질(QoS, Quality of Service)'이라는 용어는 MQTT 밖에서는 다른 것을 의미한다. MQTT에서 'QoS'는 0, 1, 2 단계가 있으며, 메시지 전달 보장이 증가되는 수준을 가리킨다.

(7) MQTT QoS 0

흔히 'Fire and forget'이라고 하며, 단 한 번의 전송으로 끝나므로 메시지 도착을 보장하지 않는다. 매우 반복적인 메시지 유형이나 업무에 중요하지 않은 메시지에 사용할 수 있다.

(8) MQTT QoS 1

이 단계는 메시지가 의도된 수신자에 의해 최소 한 번 수신되는 것을 보장한다. 발행된 메시지가 수신되고 의도된 수신자에 의해 이해되면, 발행 노드로 보내는 확인 메시지(PUBACK)를 통해 메시지의 수신을 확인한다. 발행자가 PUBACK를 수신할 때까지 메시지가 저장되고 정기적으로 재발송된다. 이러한 종류의 메시지는 중요하지 않은 노드 셋다운에 유용할 수 있다.

(9) MQTT QoS 2

이 단계는 의도된 수신자에 의해 메시지가 수신되고 해독되는 것을 보장한다. 이 단계는 가장 높은 보안의 신뢰할 수 있는 MQTT QoS 단계이다. 발행자는 메시지를 전송하면서 QoS 2 메시지를 갖고 있다는 것을 알린다. 의도된 수신자는 알림을 수집하고, 이를 해독한 다음, 메시지를 수신할 준비가 되었다는 것을 나타낸다. 발행자는 메시지를 중계한다. 수신자가 메시지를 이해하면, 수신 확인을 이용해 트랜잭션을 완료한다. 이러한 종류의 메시지는 가정에서 조명 또는 경보를 켜거나 끄는 용도에 활용할 수 있다.

(10) LWT

MQTT는 노드가 예기치 않게 네트워크로부터 연결이 끊어지는 경우 MQTT 브로커에 저장할 수 있는 'LWT(last will and testament)' 메시지를 제공한다. 이 LWT는 발행하고 구독된 명령의 종류를 포함하여 노드의 상태와 목적을 보유한다.

노드가 사라지면, 브로커는 모든 구독자에게 노드의 LWT를 통지한다. 노드가 되돌아 오면, 브로커는 노드에게 이전 상태를 통지한다. 이 기능은 손실이 많은 네트워크와 확장성을 수용하기에 적합하다.

(11) 토픽 구독

MQTT 노드는 주어진 기능 안에서 모든 메시지를 구독할 수 있다. 예를 들어 '키친 오븐 노드(kitchen oven node)'는 와일드카드로서 '+'와 함께 'kitchen/oven/+'에 대한 모든 메시지를 구독할 수 있다. 이는 최소한의 코드(메모리 및 비용)를 사용할 수 있게 한다.

또 다른 예로, 만약 키친 안의 노드가 최종 노드의 기능과 관계없이 모든 온도 정보에 관심을 갖고 있다면, 'kitchen/+temp'는 'temp'를 보고하는 모든 노드로부터 키친 안의 모든 메시지를 수집한다. MQTT 와일드카드의 코드 풋프린트를 줄이고, 그에 따라 메모리 크기와 비용을 줄일 수 있어 매우 유용하다.

3. MQTT의 문제점

(1) 중앙 브로커

중앙 브로커를 이용하는 것은 분산화된 환경의 IoT 시스템에는 단점이 될 수 있다. 예를 들어 시스템은 리모트컨트롤과 윈도우 셰이드만 갖추고 작게 시작할 수 있으며, 이때 중앙 브로커는 필요하지 않다. 그런 후 보안 센서나 전등 또는 기타 다른 윈도우 셰이드를 추가하면서 시스템이 확대되면 네트워크는 자연적으로 확장하며 중앙 브로커가 필요할 수 있다.

그러나 어떤 개별 노드도 최종 노드 기능에는 핵심적이지 않은 리소스와 소프트웨어, 복잡성을 요구하는 비용과 책임을 맡고 싶어 하지 않는다.

이미 중앙 브로커가 있는 시스템의 경우, 중앙 브로커는 완벽한 네트워크에 고장이 발생할 수 있는 단일 지점이 될 수 있다. 예를 들어 만약 브로커가 배터리 백업 없이 구동되는 노드라면, 전기 공급이 끊기는 경우 배터리로 구동되는 노드들은 계속 동작할 수 있는 반면, 브로커는 오프라인에 있게 되므로, 네트워크는 제대로 동작할 수 없게 된다.

(2) TCP

TCP는 원래 많은 메모리와 프로세싱 리소스를 갖는 기기를 위해 설계되었다. 따라서 경량 IoT 방식의 네트워크에서 사용하기에는 적합하지 않다.

TCP 프로토콜은 메시지를 교환하기 전에 다중 단계의 핸드셰이크 과정을 통해 연결을 맺어야 한다. 이러한 방식은 웨이크업 시간과 통신 시간을 늘리고, 장기적으로 배터리 수명을 단축시킨다.

또한 TCP에서는 두 통신 노드가 지속적 세션에서 연속적으로 서로에 대해 TCP 소켓을 개방하는 것이 이상적이다. 이러한 특성은 에너지와 리소스가 제한된 디바이스에는 적용하기 어려울 수 있다.

(3) 웨이크업 시간

세션의 지속 없이 TCP를 사용하는 것은 연결을 맺는 데 증가되는 전송 시간을 필요로 할 수 있다. 정기적, 반복적 트래픽을 갖는 노드의 경우 이는 동작 수명을 줄일 수 있다.

4. CoAP 개요

IoT의 중요성이 증가하면서 IETF는 경량 메시징을 위한 CoAP를 정의했다. IETF의 정의에 따르면, CoAP는 '제한된 노드와 제한된(즉, 저전력의 손실이 많은) 네트워크'를 위한 것이다. 이클립스(Eclipse) 커뮤니티에서도 MQTT와 마찬가지로 CoAP를 공개 표준으로 지원하고 있다. CoAP는 상용적으로 지원되며, IoT 제공업체들과 함께 빠르게 성장하고 있다.

CoAP는 클라이언트/서버 프로토콜이며, 일대일(1:1) '요청/보고' 인터랙티브 모델을 제공한다. 또한 아직 IETF 표준화의 초기 단계에 있지만 멀티캐스트를 지원한다. 십여 년 전 개발된 프로토콜로부터 IoT의 요구에 맞추어 개조된 MQTT와 달리 CoAP는 IETF가 처음부터 제한된 환경에서 동작하는 제한된 기기의 경량 메시징의 IoT를 지원하기 위해 만들어졌다. CoAP는 간단한 프록시를 통해 HTTP와 RESTful 웹과 상호 운용되도록 설계되어 있어 본질적으로 인터넷에 적합하다.

5. CoAP의 강점

(1) 네이티브 UDP

CoAP는 기본적으로, 그리고 의도적으로 TCP보다 신뢰성이 낮은 UDP에서 실행되며, 일관된 연결 대신 반복적 메시징에 의존해 신뢰성을 제공한다. 예를 들어 온도 센서는 온도 변화가 없어도 한 전송에서 다음 전송으로 수 초마다 업데이트 정보를 보낼 수 있다. 수신 노드가 하나의 업데이트를 놓치더라도 다음 업데이트가 수 초 이내에 도착하며 이 업데이트는 첫 번째 업데이트보다 많이 다르지 않을 것이다. UDP의 비연결 데이터그램은 더 적은 오버헤드와 더 작은 패킷, 그리고 보다 빠른 웨이크업과 전송 사이클을 실행할 수 있게 한다. 따라서 디바이스가 보다 오랫동안 휴면 상태를 유지할 수 있으므로 배터리 전력을 절약할 수 있다.

(2) 멀티캐스트 지원

CoAP 네트워크는 기본적으로 일대일 방식이지만, 일대다 또는 다대다 멀티캐스트 요구사항을 지원한다. CoAP 네트워크는 IPv6 위에 구축되기 때문에 멀티캐스트는 CoAP 내에 본질적으로 내재한다고 볼 수 있다. 따라서 일반 IPv6 주소뿐 아니라 디바이스를 위한 멀티캐스트 주소 지정이 가능하다. 그러나 휴면 상태의 디바이스에 전달되는 멀티캐스트 메시지는 신뢰할 수 없거나, 이러한 메시지를 수신하기 위해 정기적으로 웨이크업이 발생한다면 디바이스의 배터리 수명에 영향을 미칠 수 있다.

(3) 보안

CoAP는 UDP 전송 프로토콜 상에서 DTLS를 사용한다. TCP와 마찬가지로 UDP는 암호화되지 않지만 DTLS를 이용할 수 있으며, 이를 이용해 보안을 강화해야 한다.

(4) 리소스 & 서비스 검색

CoAP는 URI를 사용하여 네트워크 노드를 위한 표준을 제시하고 상호작용을 기대한다. 타겟 노드의 기능이 URI 세부사항에 의해 부분적으로 이해되기 때문에 이것은 메시지 패킷에 어느 정도의 자율을 허용한다. 달리 말하면, 배터리 구동 센서 노드는 한 종류의 URI를 가질 수 있으며, 라인 구동 흐름 제어 액추에이터는 다른 종류의 URI를 가질 수 있다.

배터리 구동 센서 노드와 통신하는 노드는 더 긴 응답 시간, 더 많은 반복 정보, 제한된 메시지 유형을 기대하도록 프로그래밍할 수 있으며, 라인 구동 흐름 제어 액추에이

터와 통신하는 노드는 풍부하고 상세한 메시지를 매우 신속히 기대하도록 프로그래밍할 수 있다.

(5) 비동기식 통신

CoAP 프로토콜 내에서 대부분의 메시지는 요청/보고 모델을 사용하여 송수신되지만, 노드를 조금 떨어뜨려놓을 수 있는 다른 동작 모드도 있다. 예를 들면 CoAP는 MQTT의 pub/sub와 유사하면서 단순한 'observe' 방식을 제공한다. 이 모드에서는 노드가 실제로 참여하지 않으면서 다른 노드를 관찰할 수 있다.

'observe' 모드의 한 예로, 노드 1은 특정 전송 유형에 대해 노드 2를 관찰할 수 있으며, 그런 후에 노드 2가 관련 메시지를 발행하면 언제라도 노드 1은 다른 노드를 깨우고 조회하면서 그 메시지를 수신한다.

중요한 점은 네트워크 노드 중 하나는 반드시 옵저버(observer)를 위한 메시지를 보유하고 있어야 한다는 것이다. 이러한 특성은 MQTT의 브로커 모델과 유사하지만, CoAP에는 브로커 요구사항이 없다는 점이 다르다. 따라서 이 모드가 아닌 경우 옵저버를 위한 메시지를 보유하거나 대기열에 저장하기를 기대할 수 없다.

현재 표준에 추가될 초안이 나와 있으며, 중단기에 걸쳐 MQTT의 pub/sub 모델과 유사한 CoAP 기능을 제공한다는 내용을 포함하고 있다. 현재 유력한 후보는 마이클 코스터(Michael Koster)에 의해 제안된 초안으로, CoAP 네트워크에서 MQTT의 앞서 언급한 것과 같은 pub/sub 모델을 구현할 수 있게 하는 것이다.

6. CoAP의 문제점

(1) 표준 성숙도

현재 MQTT는 CoAP보다 성숙되고 안정적인 표준이다. 많은 IoT 개발업체들은 CoAP를 사용하는 유사한 네트워크보다 더 쉽게 MQTT 네트워크를 구축하고 매우 빠르게 실행할 수 있다. 즉, CoAP는 엄청난 시장 모멘텀을 가지고 빠르게 발전하고 있어 현재 비준 단계(ratification pipeline)에서 중요한 추가 조치가 이루어지면 표준화된 기반을 제공할 수 있을 것으로 내다보고 있다. 매우 가까운 시기에 CoAP는 MQTT와 유사한 수준의 안정도와 성숙도를 달성할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 이 표준은 현재 발전하고 있는 중이며, 상호운용성 측면에서 몇 가지 과제를 제기한다.

(2) 메시지 신뢰성

CoAP의 신뢰성은 MQTT의 QoS에 해당된다. CoAP는 '확인형(confirmable)' 메시지와 '비확인형(non-confirmable)' 메시지를 갖는 매우 간단한 방법을 제공한다. 확인형 메시지는 의도된 수신자로부터 확인 메시지(ACK)를 통해 수신을 확인 받는다. 이는 메시지가 수신되었다는 것을 확인하며, 내용이 올바르게 해독되었는지 여부를 확인할 수 없는 경우 전송을 멈춘다. 비확인형 메시지는 'fire and forget' 방식이다.

7. OCF 개요

Open Connectivity Foundation의 약자로 사물인터넷 분야의 표준기구이다. OCF표준 제정 및 사용 확장을 함께 IoTivity라는 OCF표준기반 플랫폼 기술을 제공하고 있으며 이는 사물인터넷을 구현 시 REST 구조에 기반한 경량형 Coap 프로토콜로 사물인터넷 장치들을 연결하고 장치에 존재하는 자원들을 상호제어한다. MS, 삼성, 인텔, 퀄컴 등 글로벌 기업도 OCF에 참가하고 있다.

CoAP 프로토콜, Restful 아키텍처(swagger이용) 등 다양한 사물인터넷 유무선 연결기술을 활용하여 논리적인 상호연동성을 보장하는 아키텍처구축 표준을 제시하였다. 스마트홈, 자동차, 팩토리, 헬스케어 등의 사물인터넷 서비스분야에 대해 주력으로 하고 있다.

8. OCF 관련 오픈소스 프로젝트

표준제정과 동시에 이를 준수하는 IoT플랫폼 구축에 유용한 프레임워크, spec파일 등을 개발해 오픈소스방식으로 배포하고 있다.

a) IoTivity 프로젝트

IoT 시스템 구축을 지원하는 소프트웨어 프레임워크이다. IoTivity를 채용하는 제품은 OCF 표준을 자연스럽게 준용할 수 있도록 하여 제품 간 연동성 확보를 하고 있다. IoTivity 프레임워크는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 오픈소스방식
- 다양한 OS, 플랫폼에서 동작가능 (ex.리눅스,안드로이드/아두이노)
- 다양한 통신 수단 지원
- CoAP를 이용해 경량 기기들과의 연동 적합
- OCF표준과의 연동

b) Alljoyn

로컬 네트워크상에서 디바이스 간 연동을 지원하는 프레임워크다. 디바이스와 앱들을 advertise, discover방식을 통해 연결한다. 현재는 IoTivity와 합병되어 IoTivity의 OCF표준/비표준 디바이스연동을 지원한다.

□ 국내 스마트팜 관련 표준 검토

1. KS 표준

(1) (KS X 3265) 스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스

○ 주요 내용

- 구동기 규정, 구동기 동작을 위한 기계적/전기적 연결 규격 및 작동 방식 기술

○ 대상 구동기(9종)

- 천창, 측창, 보온덮개, 차광막, 환풍기, 유동 팬, 관수모터, 관수밸브, 냉난방기

○ 구동기 인터페이스 주요 세부항목 - 기계적/전기적인터페이스기술범위 및 작동방식

기계적 연결 인터페이스 규격				전기적 연결 인터페이스 규격		작동 방식
접속 단자	계전기 형식	파일럿 신호 결선 식별	동력선 식별	파일럿 신호 전원 전압	동력선 전원 전압	
① 커넥터 ② 터미널 단자	<직류> ① 1A ② 1A1B ③ 2A2B <교류> ① 220 V 단상 ② 220 V 삼상 ③ 380 V 삼상	<직류> ① R(적색): (+) ② Bk(흑색): 접지 <교류> ① O(옐로우): 신호 ② G(녹색): 접지	<직류> ① R(적색): (+) ② Bk(흑색): 접지 <교류 단상> ① W(백색): R 상 ② Bk(흑색): T 상 <교류 삼상> ① W(백색): R 상 ② Br(갈색): S 상 ③ Bk(흑색): T 상	<직류> ① 5 V ② 12 V ③ 24 V ④ 48 V <교류> ① 220 V 60 Hz	<직류> ① 5 V ② 12 V ③ 24 V ④ 48 V <교류> ① 220 V 단상 ② 220 V 삼상 ③ 380 V 삼상	① 스위치 방향 (상, 하) ② 스위치 작동 모드(O, N, OFF)

○ 커넥터: 상호연결 가능한 암수형상을 갖는 센서 입출력 단자 또는 인터페이스로서 입출력 등 신호 장치나 저전압 용도로 주로 사용

○ 터미널 단자: 전선(연결선)착탈 가능 형상을 갖으며, 제어장치나 전력용량이 큰 장치에 주로 사용

○ 스위치 방향 또는 작동 모드에 따라 제어

- 스위치 방향 : 스위치 조작에 의해 상향(열림), 하향(닫힘) 등의 작동 상태 표시
- 스위치 모드 : 스위치 작동 모드 전환에 의해 ON(작동), OFF(정지) 등의 작동 상태 표시

(2) (KS X 3266) 스마트 온실을 위한 센서 인터페이스

○ 주요 내용

센서 규정, 센서 동작을 위한 기계적/전기적 연결 규격 및 측정범위 기술, 센서 연결과정 상의 상호 운용성 제공 목표

○ 대상 센서 : 13종 - 온도, 습도, CO2, 일사, 풍향, 풍속, 감우, 광양자, 토향함수율, 토양수분장력, EC, pH, 지온

○ 기계적인터페이스기술범위: 접속단자,결선형식,결선식별,단자순서

○ 전기적인터페이스기술범위: 전원전압,출력신호형태(유선통신방식)

○ 센서 인터페이스 주요 세부 항목 - 기계적/전기적 인터페이스 기술 범위

기계적 연결 인터페이스 규격				전기적 연결 인터페이스 규격	
접속 단자	결선 형식	결선 식별	단자 순서	전원 전압	출력 신호 형태 및 범위
① 커넥터 ② 터미널 단자	<2선식> ① W(백색) ② Bk(흑색)	<2선식> ① W(백색): (+) ② Bk(흑색): (-)	<2선식> ① 전원 ② 접지	<직류> ① 5 V ② 12 V ③ 24 V ④ 48 V	<아날로그> (1) 전압신호 ① 0 V ~ 3 V ② 0 V ~ 5 V ③ 0 V ~ 10 V
	<3선식> ① R(적색) ② Y(황색) ③ Bk(흑색)	<3선식> ① R(적색): 전원 ② Y(황색): 신호 ③ Bk(흑색): 접지	<3선식> ① 전원 ② 신호 ③ 접지		
	<4선식> ① R(적색) ② Y(황색) ③ G(녹색) ④ Bk(흑색)	<4선식> ① R(적색): 전원 ② Y(황색): 신호1 ③ G(녹색): 신호2 ④ Bk(흑색): 접지	<4선식> ① 전원 ② 신호1 ③ 신호2 ④ 접지	<디지털> ① RS232 ② RS485 ③ CAN	

○ 13종 센서에 대한 측정 대상과 측정 범위

센서 종류	측정 대상	측정 범위
온도	온도	-20 °C ~ 80 °C
습도	상대 습도	0 % ~ 100 %
CO ₂	CO ₂	0 μmol/mol(ppm) ~ 3 000 μmol/mol(ppm)
일사	일사 에너지	0 W/m ² ~ 2 000 W/m ²
풍향	풍향	0 ~ 360 (방위각)
풍속	풍속	0 m/s ~ 40 m/s
감우	감우	ON / OFF
광양자	광양자 수	0 umol/m ² /s ~ 2 000 umol/m ² /s
토양 함수율	수분량	0 % vol ~ 50 % vol
토양 수분 장력	토양 수분 장력	0 kPa ~ 100 kPa
EC	전기 전도도	0 dS/m ~ 10 dS/m
pH	수소 이온 농도	2 pH ~ 12 pH
지온	지온	-20 °C ~ 80 °C
비고 제한 범위의 최소값과 최대값을 모두 만족할 경우, 해당 범위 이상의 측정도 가능함.		

(3) (KS X 3267) 스마트 온실 센서구동기 노드 및 온실 통합제어기간 RS485 기반 모드버스 인터페이스

○ 주요 내용

- 스마트 온실에서는 다양한 센서를 통해 온실 환경 정보를 취득하고, 측정된 환경정보는 최적의 작물 생육 환경 조건을 조절하거나 최적 생육 알고리즘 도출을 위한 기반 정보로 활용
- 이를 위해 센서 노드 및 구동기 노드, 온실 통합 제어기간 표준화된 프로토콜을 사용하여 장치간 상호 연동을 보장해야 함
- 이 표준은 센서노드-온실통합제어기, 구동기 노드-온실통합제어기 간 통신방식이 상이한 RS485 통신을 하는 경우 상호연동이 어려우므로 RS485 MODBUS 방식 인터페이스를 정의하여 상호 연동 제공 목적

○ 디폴트 레지스터 맵

레지스터를 4가지 구역으로 구분한다.

노드정보: 1)기관코드, 2)회사코드, 3)제품타입, 4)제품코드, 5)프로토콜 버전 및 6)연결가능장비수 정보 영역

장비정보: 101 번지부터 연결된 장비에 대한 코드 입력 영역

장비상태: (201 번지부터) 센서관측치, 상태정보등의 값을 읽기위한 영역

장비제어: (501 번지부터) 구동기제어명령, 제어인자등의 값을 쓰기위한 영역

구분	특징
센서노드	<ul style="list-style-type: none"> 상태정보 시작주소 : 201번 1) 4바이트의 센싱값과 2) 2바이트의 센서상태 정보 포함 1개 센서당 3개의 레지스터 사용(6바이트)
구동기노드	<ul style="list-style-type: none"> 상태와 명령정보 시작주소 : 201번과 501번 상태정보 : 1) OPID (2바이트), 2) 동작상태(2바이트), 3) 잔여시간(4바이트) 명령정보 : 1) 동작명령(2바이트), 2) OPID (2바이트), 3) 설정시간 (4바이트) 1개 구동기당 8개의 레지스터 사용(16바이트)

2. TTA 단체 표준

(1) TTAK.KO-10.1172 모드버스 / RS485 기반 스마트온실 노드/디바이스 등록 절차 및 기술 규격

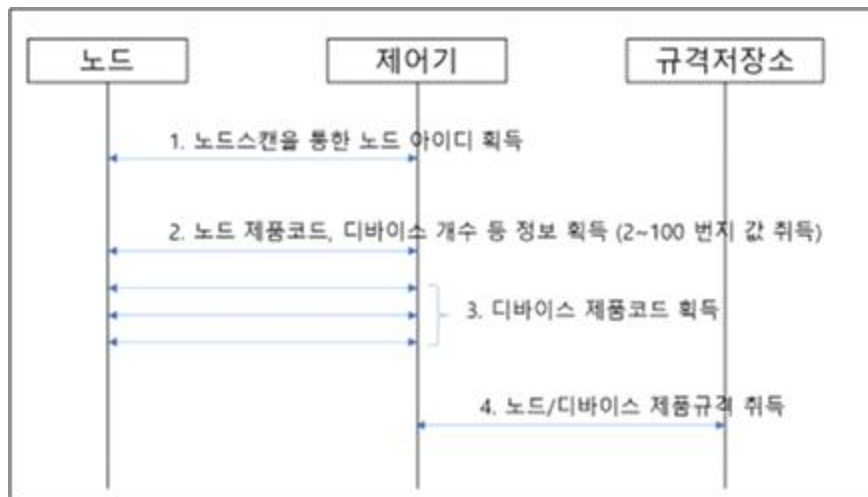
KS-X-3267:2018 “스마트 온실 센서/구동기 및 제어기 간 RS485 기반 MODBUS 인터페이스” 표준을 준용하는 장비들의 레지스터 활용 방법과 자동 등록 기능을 제공하기 위한 절차와 규격 기술 방법에 대해 기술한다. 적용되는 장비로는 온실 통합제어기, 센서 노드, 구동기 노드, 양액기 등이 있다.

온실 내 각종 장비들이 제어기에 사용할 레지스터를 알려, 그를 통해 제어되도록 하기 위한 방법을 제공함으로써, 각 장비 간 상호호환성을 확보하고 이종 장비 간 자유로운 연동과 손쉬운 교체를 지원하도록 하는 것을 목적으로 한다.

장비 규격은 특정 노드의 모드버스 맵을 정의한 파일이다. (일종의 드라이버와 비슷) 제조사에서는 이 파일을 정의하여 원하는 모드버스맵을 가진 장비를 만들 수 있고, 제어기는 이 파일을 읽어들이어 원하는 정보를 얻거나 구동기를 제어할 수 있다.

장비 규격 저장소는 장비 규격을 저장할 수 있는 공간을 의미한다. 클라우드에서 장비규격을 관리할 수도 있고, 제어기내에서 로컬로 장비규격을 관리할 수도 있다.

제어기는 다음과 같은 절차를 거쳐 규격저장소로부터 장비 규격을 취득할 수 있다.



[결과 요약]

스마트 양계사의 단위 장치들과 운영시스템을 연동하기 위해서 프로토콜과 표준들을 검토하였다.

사물인터넷에 주로 사용되는 프로토콜로 MQTT, CoAP이 있으며, 경량형 프로토콜로 적용 가능성이 높은 것으로 판단된다.

국내 스마트팜 기술과 관련되어 KS표준과 TTA단체표준을 검토하였다. 스마트팜 관련 KS 표준은 5종으로 센서와 구동기 노드의 하드웨어적인 연결을 다루는 표준이 2종, 센서/구동기 노드와 통합제어기 통신을 다루는 표준이 1종, 센서와 구동기의 메타데이터를 다루는 표준이 2종이었다. 특히 통신을 다루는 KS X 3267의 경우 RS485기반 모드버스를 사용하고 있다.

스마트 양계사에 사용될 장비의 경우 자체 설정을 기본으로 동작하는 자동 제어형 구동기가 될 가능성이 높는데, 현재 나와있는 표준으로 구현이 안되는 문제가 있다. 이에 통합제어기간의 상호연동을 위한 RS485 모드버스 방식의 인터페이스에 대한 정의로 제어형구동기와 통합제어기간의 상호 전달되는 메시지 인터페이스 및 이에 대한 데이터 표준이 필요하다. 이에 대해서는 다음 연구에서 다룬다.

[연구 주제] 스마트 육계생산시스템을 위한 운영시스템 설계

Design of Operation System for Smart Closed-Cage Broiler Production System

[목표]

스마트 육계생산시스템을 클라우드에서 운영하기 위해 필요한 모듈을 설계한다. 오픈소스기반 스마트팜 제어를 활용하되, 로컬로 동작하도록 구현된 것이기 때문에 클라우드에서 작동가능하도록 변경하는데 초점을 맞춘다.

[결과 보고]

□ 운영시스템의 구성

스마트 육계사의 단위장비는 크게 센싱부와 구동부로 구분한다. 센싱부는 센서들로만 결합되어 환경정보 혹은 생육정보를 측정하여 전달하는 역할만을 담당하는 단위장비들을 의미한다. 구동부는 구동기를 주요 부품으로 하며 경우에따라 센서가 포함되는 단위장비로 자체로직으로 동작하거나 직접 제어의 대상이 된다.

(1) 센싱부

내외부 환경데이터를 수집하여 전달한다. 온도, 습도, 암모니아, 이산화탄소 등이 대표적인 센싱 대상이다. 그 외 카메라를 활용하여 닭들의 생체정보를 획득한다.

(2) 구동부

급이기 - 층별 급이를 위한 장치로 자체 리미터로 작동여부가 결정된다. 작동여부와 누적작동시간을 전달할 수 있어야 한다. 스마트 양계사는 5층으로 구성되고, 전체 급이를 총괄하는 호퍼가 있어서, 총 6세트의 작동여부 및 누적작동시간 데이터가 전달되어야 한다. 사용자에게 의한 강제 구동이나 강제 정지는 불필요하다.

급수기 - 층별로 급수를 위한 장치로 자동으로 동작한다. 급수 유량을 측정하여 전달할 수 있어야 한다. 스마트 양계사가 5층으로 구성되고, 전체 급수관이 있으므로 총 6세트의 유량 데이터를 전달할 수 있어야 한다.

조명 - 조도를 조절할 수 있어야 한다. 설정 조도 혹은 출력 비율을 입력으로 하여 조명의 밝기를 조절할 수 있어야 한다. 현재 작동 상태 데이터를 전달할 수 있어야 한다.

유닛쿨러 - 양계사 내부의 온도를 조절하기 위한 장비이다. 설정온도와 버퍼값을 입력받아 작동해야 한다. 현재 작동 상태 데이터를 전달할 수 있어야 한다.

계분벨트 - 각 층마다 있는 벨트를 수동으로 작동시킬 수 있어야 한다. 정방향 혹은 역방향 동작이 가능해야 한다. 수동 작동 명령을 입력받아 즉각 작동해야 하며, 작동 상태 데이터를 전달할 수 있어야 한다.

□ 단위장비/게이트웨이/클라우드 서비스 간의 연동

(1) 단위 장비와 게이트웨이

단위 장비와 게이트웨이 사이에서는 TCP Modbus를 사용하여 구성한다. 스마트팜 관련 KS 표준에서 RS485 기반 모드버스를 사용하고 있으나, 양계사에서 다루는 데이터의 종류와 양이 많아 속도의 문제가 발생할 수 있어, TCP Modbus를 사용하는 것으로 하고, 레지스터 맵의 경우에는 KS표준안에서 수용할 수 있는 형태로 설계하였다.

원어정보	1	2	3	4	5	6
정보	기관코드	회사코드	슈타입(노드입력)	제품코드	프로토퀴변전	연결장비수
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit
Value	0	8	3	5	101	16

연결제품코드	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
정보	장치코드#1	장치코드#2	장치코드#3	장치코드#4	장치코드#5	장치코드#6	장치코드#7	장치코드#8	장치코드#9	장치코드#10	장치코드#11	장치코드#12	장치코드#13	장치코드#14	장치코드#15	장치코드#16
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint 16bit
Value	101	202	303	704	905	806	607	108	209	110	6211	6212	6213	5214	5215	5216

노드상태	201	202	...
정보	opid#1	노드상태	
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	

센서정보	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222
정보	온도센서값		온도센서상태		습도센서값		습도센서상태		이슬점센서값		이슬점센서상태	
Type	Float 32bit		Uint 16bit		Float 32bit		Uint 16bit		Float 32bit		Uint 16bit	

센서정보	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
정보	풍향센서값		풍향계상태		풍속센서값		풍속계상태		강우센서값		강우센서상태	
Type	Float 32bit		Uint 16bit		Float 32bit		Uint 16bit		Float 32bit		Uint 16bit	

구동기정보	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
정보	opid#2	1출 벨트	작동남은시간		opid#3	2출 벨트	작동남은시간		opid#4	3출 벨트	작동남은시간	
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint32bit		Uint 16bit	Uint 16bit	Uint32bit		Uint 16bit	Uint 16bit	Uint32bit	

구동기정보	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261
정보	opid#5	환풍기	작동남은시간		opid#6	유동면	작동남은시간		opid#7	반사판	작동남은시간	
Type	Uint 16bit	Uint 16bit	Uint32bit		Uint 16bit	Uint 16bit	Uint32bit		Uint 16bit	Uint 16bit	Uint32bit	

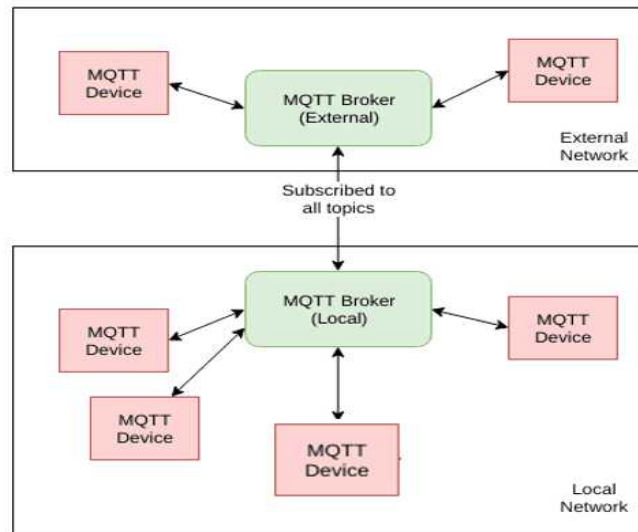
노드제어명령	501	502	...
정보	명령코드	opid#1	
Type	Uint16bit	Uint16bit	

제어명령	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522
정보	1출 벨트 명령	opid#2	작동시간		2출 벨트 명령	opid#3	작동시간		3출 벨트 명령	opid#4	작동시간	
Type	Uint16bit	Uint16bit	Uint32bit		Uint16bit	Uint16bit	Uint32bit		Uint16bit	Uint16bit	Uint32bit	

제어명령	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534
정보	환풍기 명령	opid#5	작동시간		유동면 명령	opid#6	작동시간		반사판 명령	opid#7	포지션	
Type	Uint16bit	Uint16bit	Uint32bit		Uint16bit	Uint16bit	Uint32bit		Uint16bit	Uint16bit	Uint32bit	

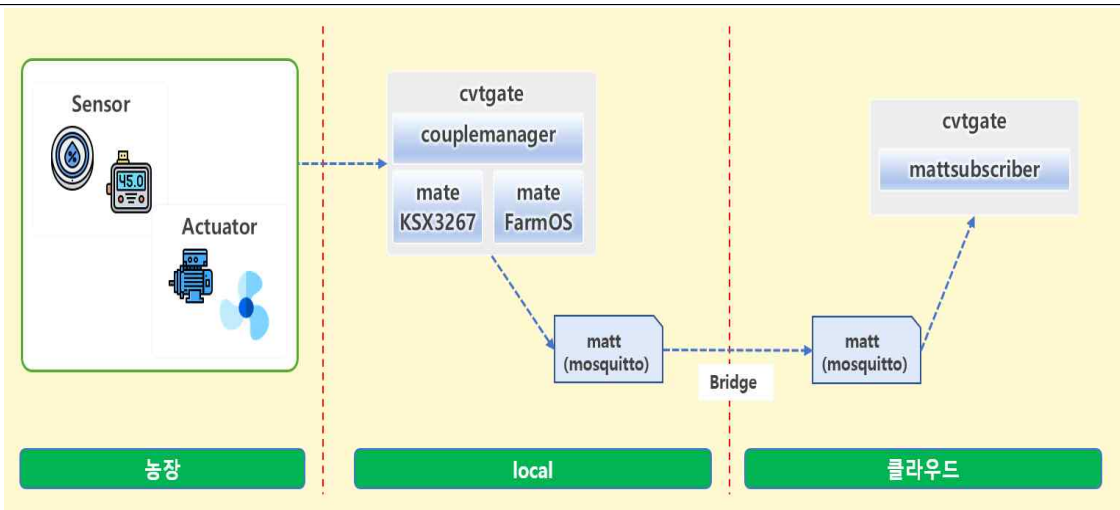
(2) 게이트웨이와 클라우드 서비스

클라우드 서비스와 연동을 위해서 mqtt bridge 기능을 사용하여 구성한다. bridge기능이란 2개 이상의 mqtt 브로커를 연결할 수 있는 방법으로 주로 서로 다른 시스템간의 메시지를 전달하는데 사용하고 있다. farmos에서는 로컬에 설치된 mqtt 브로커와 클라우드에 farmos의 mqtt 브로커간의 연결을 위해 사용하고 있다.



mqtt bridge 개요도

farmos에서는 로컬에 설치된 farmos mate들과 클라우드에 설치된 mqttsubscriber들간의 메시지 연결을 담당하고 있다. 때문에 farmos에서 사용하는 단위장비와 연동되는 mqtt의 연결 구성도는 다음과 같다



단위장비 연동모듈(mqtt) 구성도

bridge설정을 위해서는 mate_farmos에 remote mosquitto에 대한 설정을 추가 시켜야 한다. 아래는 설정에 대한 수정을 설계하고 반영하여 개발한 사용자 인터페이스이다.

```

ssmate mate_farmos
1 {
2   "db": {
3     "host": "localhost",
4     "user": "farmos",
5     "password": "farmosv2@",
6     "db": "farmos"
7   },
8   "conn": {
9     "host": "192.168.0.5",
10    "port": 1883,
11    "keepalive": 60
12  },
13  "remote": {
14    "conn": {
15      "host": "192.168.0.11",
16      "port": 1883,
17      "keepalive": 60
18    },
19    "db": {
20      "host": "localhost",
21      "user": "farmos",
22      "password": "farmosv2@",
23      "db": "farmos"
24    }
25  },
26  "mqtt": {
27    "svc": "cvtgate",
28    "id": "4157859e-df55-48e5-b3ac-8e6288f2165e"
29  }
30 }

```

remote 설정(mqtt bridge)을 위한 구성

□ 운영시스템 설계

가. 장비 통신 모듈 (cvtgate)

육계사에 설치된 장비와 연동을 담당하는 모듈로 두 개의 mate(장비관련 mate, 운영시스템 관련 mate)를 사용하여 이용하여 설치된 장비에서 나오는 데이터를 운영시스템으로 전달을 한다. 또한 장비별로 mate는 다양한 설정이 가능하기 때문에 육계사내의 추가 장비가 설치시 mate 추가를 통해 간단하게 장비와 연결이 가능하다

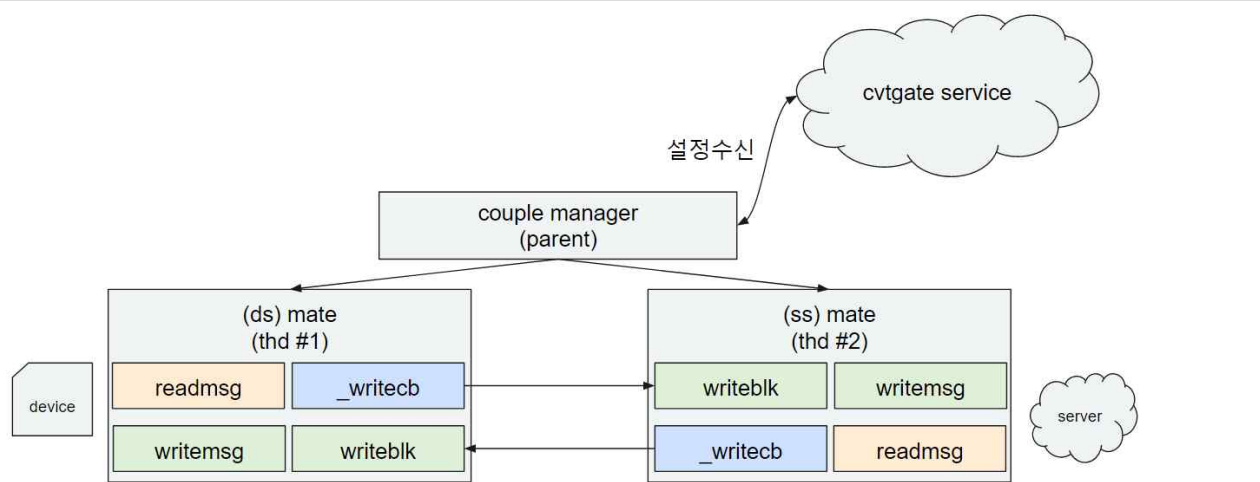


그림 429) cvtgate service 구조

나. 작동규칙엔진 (fcore)

운영시스템에서 사용하는 작동규칙 엔진으로 수집된 장비정보를 바탕으로 사용자가 작동규칙을 생성시 이를 동작시키는 기능을 담당하고 있다.

다. 데이터베이스 (DB)

운영시스템의 데이터 베이스로 장비에서 수집된 데이터 및 운영시스템 내부에서 필요한 데이터를 저장한다

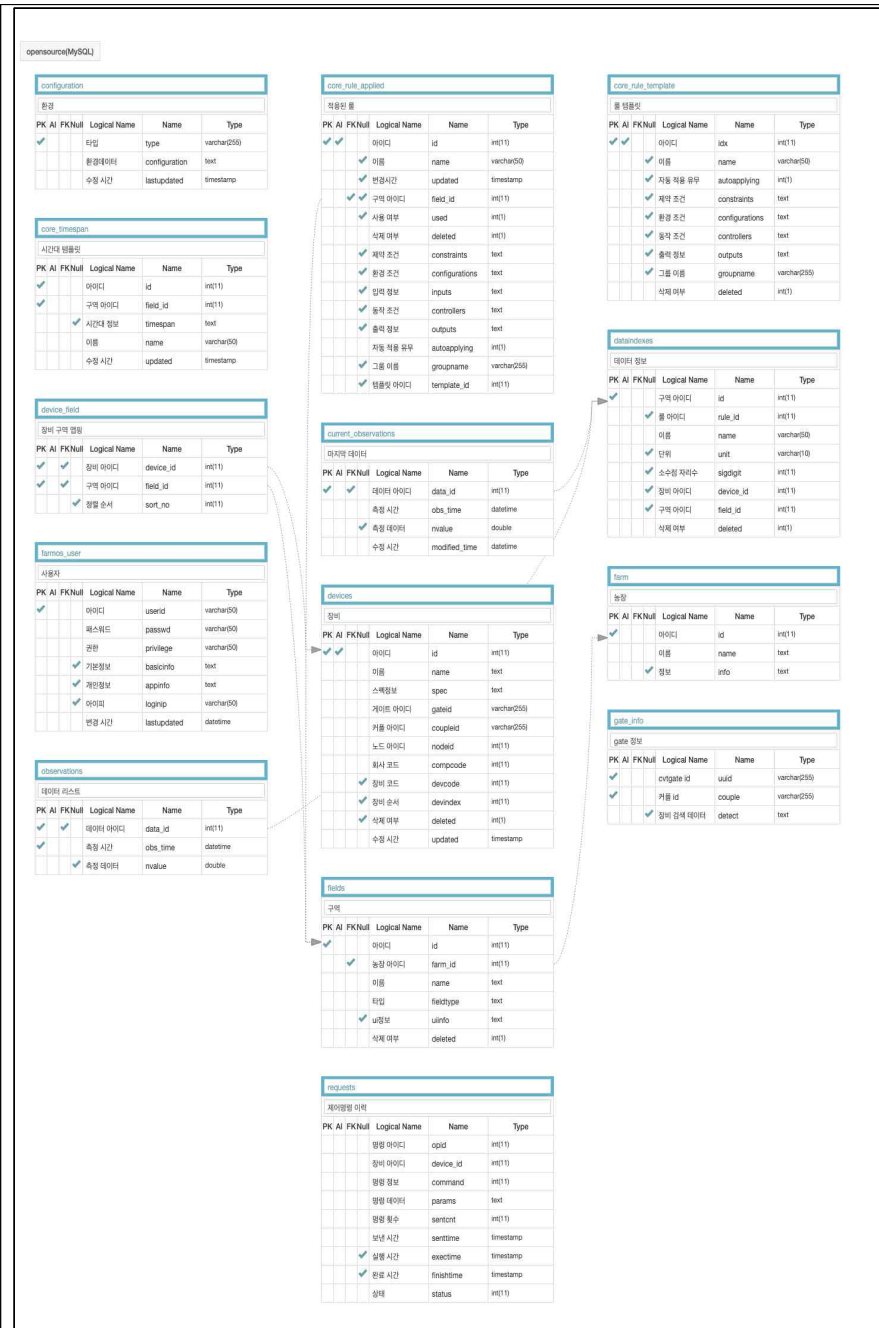


그림 430) 운영시스템 데이터베이스 ERD

라. 어플리케이션 인터페이스 (API)

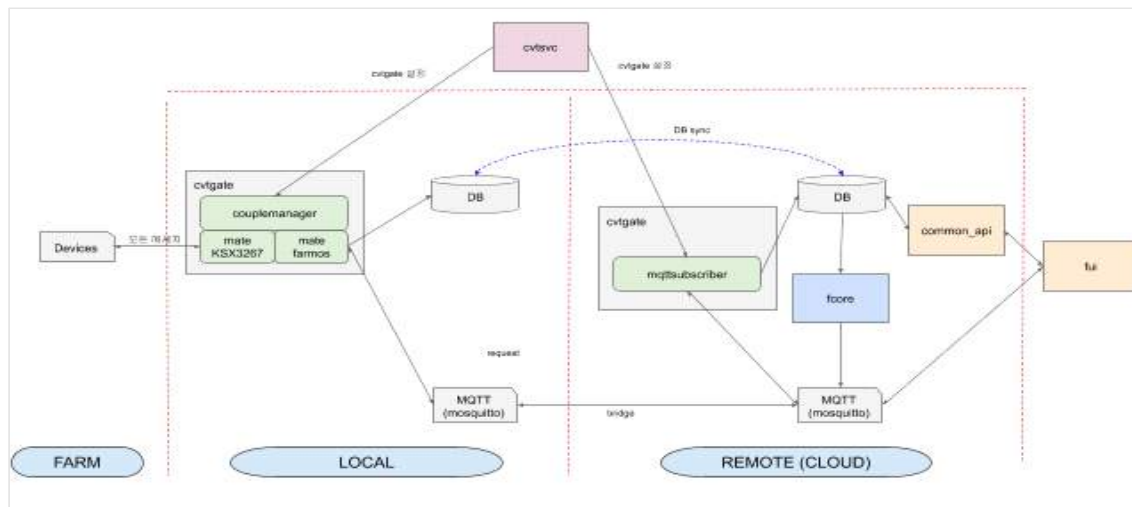
운영시스템 DB와 이를 연결하는 운영시스템 내부 소프트웨어 인터페이스로 REST API로 구성되어 있다.

farm 농장 단위의 정보 획득		
GET	/farm 농장 정보 조회	🔒
PUT	/farm 농장 추가, 수정	🔒
GET	/farm/observation 모든 관측 데이터 조회	🔒
PUT	/farm/graph 그래프 데이터 조회	🔒
PUT	/farm/graph/download 그래프 데이터 다운로드	🔒
field 농장구역 기반의 정보 획득		
GET	/field 구역 리스트 조회	🔒
POST	/field 구역 추가	🔒
PUT	/field/{fieldid} 구역 정보 수정	🔒
DELETE	/field/{fieldid} 구역 삭제	🔒
PUT	/field/{fieldid}/uiDevice ui 출력 데이터 수정	🔒
GET	/field/{fieldid}/rule 필드에 속한 룰 리스트 조회	🔒

그림 431) 일부 API 리스트

[결과 요약]

스마트 양계사를 위한 운영시스템을 아래와 같이 구성하고, 이를 위한 설계를 진행하였다.



운영시스템 구성도

[연구 주제] 스마트 육계생산시스템을 위한 운영시스템 개발

Development of Operation System for Smart Closed-Cage Broiler Production System

[목표]

스마트 육계생산시스템을 클라우드에서 운영하기 위해 설계된 부분을 실제로 개발하여 구현한다.

[결과 보고]

□ 사용자 인터페이스 (GUI)

① 메인 화면

화면명	메인화면
화면설명	설치 농장의 기상정보, 외부정보, 구동기정보를 확인할 수 있다.
	<p>The screenshot displays a dashboard with four main sections: <ul style="list-style-type: none"> ① 기상 정보 (Weather Info): Shows a 6-day forecast with icons for weather conditions and temperature ranges. ② 외부 정보 (External Info): Displays real-time environmental data such as outdoor temperature (3.8°C), humidity (68.9%), wind speed (294.88 W/m²), and air quality (PM2.5). ③ 온실 상황 (Greenhouse Status): Shows internal environmental data including indoor temperature (19.8°C), humidity (97.3%), CO2 levels (434 ppm), and ventilation status. ④ 구동기 상황 (Equipment Status): Provides a detailed view of various equipment components like fans, lights, and heaters, showing their operational status (on/off) and usage percentages. </p>
	<p>① : 농장의 외부 기상정보를 보여준다 ② : 농장의 외부 정보를 보여준다 ③ : 농장의 계사 내부정보를 보여준다 ④ : 농장 계사의 구동기 정보를 보여준다</p>

② 대시보드

화면명	1) 대시보드
화면설명	육계사의 현재 상황을 한눈에 볼 수 있다.



- ① : 육계의 현재일령과 목표체중을 보여준다
- ② : 현재 급이량과 목표급이량을 보여준다
- ③ : 급이량과 음수량을 막대그래프로 보여준다
- ④ : 내부환경으로 온도, 습도, 조도를 게이지바 형식으로 이산화탄소, 암모니아, 황화수소를 막대그래프로 보여준다
- ⑤ : 믹싱온도, 외기온도 및 현재 열량지수를 보여준다.
열량지수 지수 하단에 열량지수에 따라 육계 사육에 미치는 영향을 텍스트로 보여준다
- ⑥ : 각 층 급이기 정보로 정상장비인 경우는 초록색으로 이상일 경우는 빨간색으로 표시한다
- ⑦ : 각 층 계분벨트 정보로 정상장비인 경우는 초록색으로 이상일 경우는 빨간색으로 표시한다
- ⑧ : 조명 상태로 on일 경우는 아이콘에 칼라가 표시된다
- ⑨ : 기타장치 상태로 on일 경우는 아이콘에 칼라가 표시된다

③ 대시보드화면

화면명	2) 대시보드화면
화면설명	각 계사에 설치된 센서, 구동기 정보를 1분단위로 확인할 수 있다.
<p>① : 농장의 외부 기상정보를 보여준다 ② : 농장의 계사외부정보를 보여준다 ③ : 농장의 계사내부정보를 보여준다 ④ : 농장 계사의 구동기 정보를 보여준다</p>	

- ④ 데이터관리
- ⑦ 데이터 조회

화면명	3) 데이터 조회화면
화면설명	계사의 데이터를 계사별로 비교 조회할수 있으며 조회정보를 csv로 다운받을 수 있다
<p>① : 데이터 조회조건을 입력할 수 있다. ② : 데이터 비교 조회조건을 입력할 수 있다 ③ : 조회결과를 그래프로 확인할 수 있다. ④ : 조회된 데이터를 csv로 다운로드 받을 수 있다.</p>	

- ⑤ 장비제어
- ⑦ 계사장비 제어

화면명	계사장비 제어화면
화면설명	장비종류에 따른 다양한 제어 및 제어 상황을 확인할 수 있다.



- ① : 장비를 제어할 수 있다. 장비의 종류에 따라 입력형태가 다르게 나타난다.
- ② : 제어한 장비의 상황을 실시간으로 확인할 수 있다.

⑥ 작동규칙

화면명	온실내부 작동규칙 제어 화면
화면설명	farmos 메인화면으로 설치 농장의 기본정보를 확인할 수 있다.

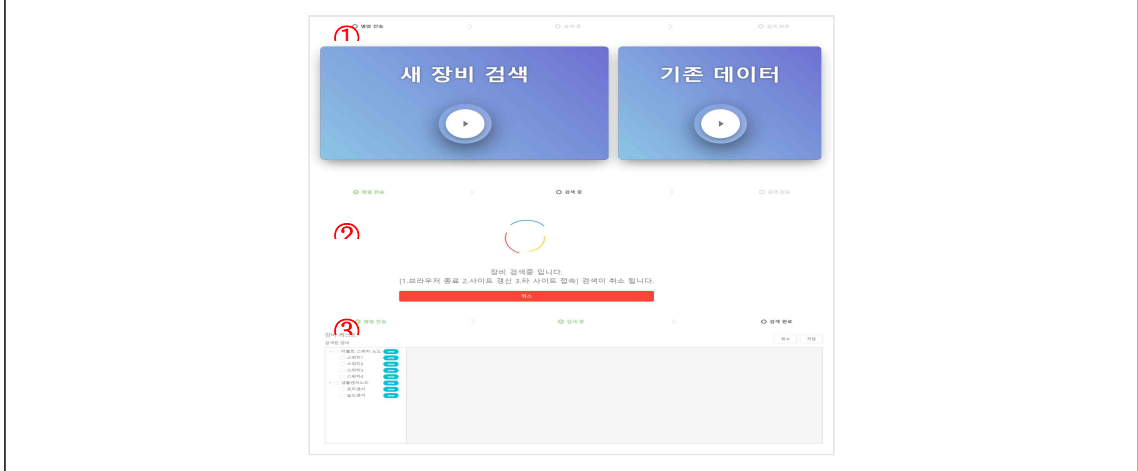


- ① : 클릭시 새로운 작동규칙을 추가할 수 있다
- ② : 현재 사용하고 있는 작동규칙을 리스트로 보여주며 관리할 수 있다.
- ③ : 작동규칙에 대한 정보를 보여준다

⑦ 장비

⑦ 장비검색

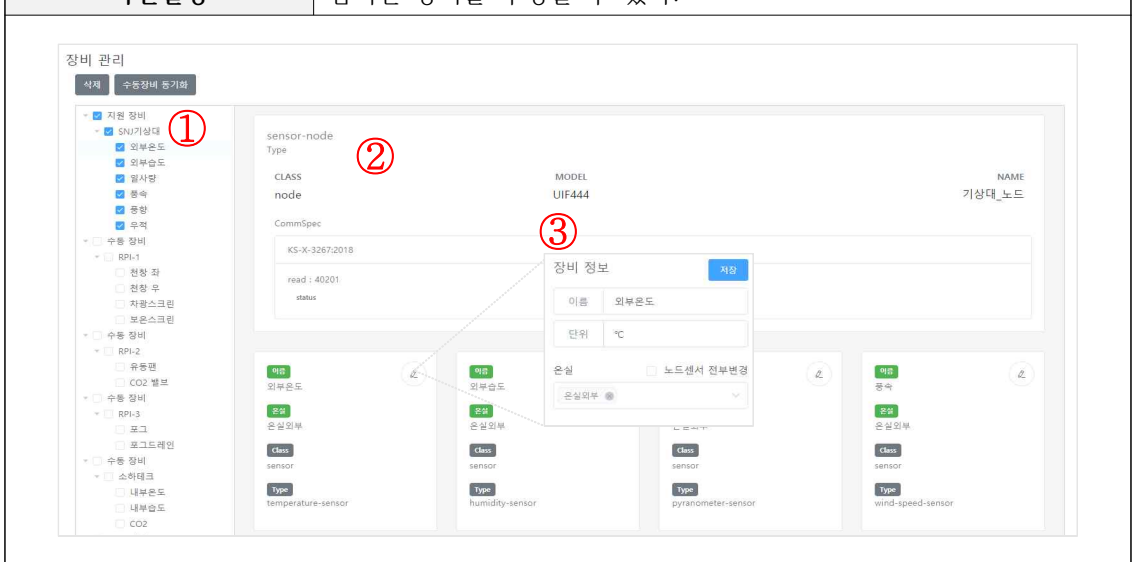
화면명	4) 메인화면
화면설명	farmos와 연결된 장비를 검색할 수 있다.



- ① : '새장비 검색' 클릭시 장비를 검색합니다. '기존 데이터' 클릭시에는 마지막으로 검색한 장비 데이터를 화면에 보여준다
- ② : 장비검색중에 표시되는 로딩이미지
- ③ : 검색된 장비 디스플레이 화면으로 원하는 장비 선택시 상세정보가 나타난다

㉠ 장비수정

화면명	5) 장비수정 화면
화면설명	검색된 장비를 수정할 수 있다.



- ① : 장비리스트로 장비를 선택할 수 있다.
- ② : 선택된 장비정보를 보여준다
- ③ : 수정버튼 클릭시 선택된 장비를 수정할 수 있다.

□ 어플리케이션 인터페이스 (API)

REST는 Representational State Transfer의 약자로 WWW와 같은 분산 하이퍼미디어 시스템을 위한 소프트웨어 아키텍처의 한 형식으로 자원을 URI로 표시하고 해당 자원의 상태를 주고 받는 것을 특징으로 가지고 있다. 이러한 REST의 구성요소는 ① 리소스 ② 메서드 ③ 메시지로 이루어져 있으며 행위에 대한 메서드로 HTTP 메서드를 그대로 사용한다. HTTP 메서드는 여러 가지가 있지만 REST에서는 CRUD(Create, Read, Update, Delete)에 해당 하는 4가지의 메서드만 사용한다. 이러한 구조 때문에 HTTP형식의 Web에 특화되어 있으며 본 연구과제에서 farmos 사용자 인터페이스는 Web으로 개발이 되었기에 REST 방식을 선택하여 API를 설계하였다.

① farm

farmos를 사용하는 농장정보 관리 API

Paths	method	설 명
/farm	get	농장 상세정보를 조회한다
	put	농장 상세정보를 추가, 수정한다.
/farm/observation	get	농장내 최근 관측정보를 조회한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/farm/graph/download	put	그래프 정보를 CSV로 다운로드 받는다
/farm/growth	get	농장내 이미지를 조회한다

표 1) farmos 농장정보 관리 API

② field

farmos를 사용하는 농장의 구역정보 관리 API

Paths	method	설 명
/field	get	구역정보를 조회한다
/field	post	구역정보를 생성한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	구역의 자동제어 설정을 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	PUT	구역의 자동제어 설정을 수정한다.
/field/{fieldId}	put	구역정보를 수정한다
/field/{fieldId}	delete	구역의 정보를 삭제한다
/field/{fieldId}/uiDevice	put	구역의 ui 장비 수정한다
/field/{fieldId}/rule	get	구역에 추가된 작동규칙 리스트를 조회한다
/field/{fieldId}/observation	get	구역의 최근 관측정보를 조회한다
/field/{fieldId}/download/{datestr}	get	지정된 날짜의 백업파일(csv)를 다운로드한다.
/field/{fieldId}/tcgraph	put	그래프를 그리기위한 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/tcselect/{selecttc}	put	농장 구역의 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/motors	get	구역에 설치된 개폐기 정보 조회한다
/field/{fieldId}/switches	get	구역에 설치된 구동기 정보 조회한다
/field/{fieldId}/devices	get	구역에 설치된 장비 정보 조회한다
/field/{fieldId}/deviceproperties	get	구역에 설치된 장비 속성 정보 조회한다
	post	구역에 설치된 장비 속성 정보 수정한다

표 2) farmos를 사용하는 농장의 구역정보 관리 API

③ actuator

farmos 구동기 제어 및 제어상태 관리 API

Paths	method	설 명
/field/{fieldId}/motors	get	구역에 설치된 개폐기 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/switches	get	구역에 설치된 구동기 정보를 조회한다
/actuator/{actuatorId}/status	get	구동기 상태정보를 조회한다

표 3) farmos 구동기 제어 및 제어상태 관리 API

④ device

farmos 장비정보 관리 API

Paths	method	설 명
/device	get	노드 장비를 조회한다
/device/manual	put	수동장비의 정보를 동기화한다
/device/history/{deviceId}	get	구동기 상태이력을 조회한다
/device/history/{deviceId}/controle	get	구동기 제어이력을 날짜별로 조회한다
/device/{deviceId}/obs	get	장비의 상태정보를 조회한다

표 4) farmos 장비정보 관리 API

⑤ user

farmos 사용자 정보를 관리하는 API

Paths	method	설 명
/user	put	사용자 정보를 수정한다
/user/login	put	사용자 로그인
/user/login/refresh	post	사용자 로그인 정보를 갱신한다
/user/logout/{userid}	get	사용자 로그 아웃

표 5) farmos 사용자 정보를 관리하는 API

⑥ p_dashboard

farmos UI의 대시보드 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/farm/observation	get	농장내 최근 관측정보를 조회한다.
/field	get	농장내 전체 구역정보를 조회한다.
/field/{fieldId}	put	농장내 구역정보를 수정한다
/field/{fieldId}/observation	get	농장내 구역의 최근 관측정보를 조회한다

표 8) farmos UI의 대시보드 화면 API

⑦ p_basic

farmos UI의 기본정보 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/field	get	농장내 전체 구역정보를 조회한다.
/field/{fieldId}	put	농장내 구역정보를 수정한다
/field/{fieldId}/observation	get	농장내 구역의 최근 관측정보를 조회한다

표 9) farmos UI의 기본정보 화면 API

⑧ p_monitor

farmos UI의 데이터 제어 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/farm/graph/download	put	그래프 정보를 CSV로 다운로드 받음
/field/{fieldId}/observation	get	농장내 구역의 최근 관측정보를 조회한다
/field/{fieldId}/download/{datestr}	get	지정된 날짜의 백업파일(csv)를 다운로드한다.
/field/{fieldId}/devices	get	구역에 설치된 장비정보를 조회한다

표 10) farmos UI의 데이터 제어 화면 API

⑨ p_auto

farmos UI의 자동제어 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	자동제어와 관련된 설정을 읽는다.
/field/{fieldId}/observation	put	자동제어와 관련된 설정을 수정한다
/farm/graph	put	그래프를 그리기위한 정보를 조회한다
/field	get	농장내 전체 구역정보를 조회한다.
/field/{fieldId}/tcgraph	put	그래프를 그리기위한 TC 정보를 조회한다
/field/{fieldId}/tcselect/{selecttc}	put	농장 구역의 TC 정보를 조회한다

표 11) farmos UI의 자동제어 화면 API

⑩ p_manual

farmos UI의 수동제어 화면 API

Paths	method	설 명
/mode	get	동작모드 정보를 조회한다
/config	get	설정정보를 조회한다
/field/{fieldId}/autocontrol	get	자동제어와 관련된 설정을 읽는다.
/field/{fieldId}/autocontrol	put	자동제어와 관련된 설정을 수정한다
/field/{fieldId}/motors	put	구역에 설치된 개폐기 정보 조회한다
/field/{fieldId}/switches	get	구역에 설치된 구동기 정보 조회한다
/actuator/{actuatorId}/status	get	구동기 상태정보를 조회한다

표 12) farmos UI의 수동제어 화면 API

⑪ rule

farmos의 작동규칙을 관리하는 API

Paths	method	설 명
/field/{fieldId}/rule	get	구역에 추가된 작동규칙 리스트를 조회한다
/rule/applied	post	작동규칙을 추가한다
/rule/applied/{ruleId}	get	작동규칙 리스트를 조회한다
	put	작동규칙을 수정한다
	delete	작동규칙을 삭제한다
/rule/timespan/{timespanId}	put	공통 타임스팬 템플릿을 수정한다
/rule/timespan/{timespanId}	delete	공통 타임스팬 템플릿을 삭제한다
/rule/timespan/{timespanId}/field/{fieldId}	get	필드에 속한 타임스팬 아이টে을 조회한다
/rule/timespan	get	타임스팬 리스트를 조회한다
/rule/timespan	post	타임스팬을 추가한다
/rule/template	get	작동규칙 템플릿 리스트를 조회한다
/rule/template	post	작동규칙 템플릿 리스트를 추가한다
/rule/template/{ruleId}	get	작동규칙 템플릿 리스트를 조회한다
	put	작동규칙 템플릿 수정
	delete	작동규칙 템플릿 삭제

표 19) farmos의 작동규칙을 관리하는 API

[결과 보고]

운영시스템 설계를 기반으로 클라우드에서 작동가능한 운영시스템을 개발하였다.

[성과물]

<http://ebio.farmos.co.kr>

[연구 주제] 표준 “디지털축산-양계 -용어” 개발

Development of Standard on Digital Livestock System - Poultry - Vocabulary

[목표]

스마트팜이 원예와 축산 분야를 중심으로 추진되고 있으나 가장 기본적인 용어에 대한 표준이 존재하지 않음. 스마트팜 용어는 또 다른 농업용어 사전이 아니며 표준에서 사용될 용어만으로 제한되어야 하며, 특히 정보와 관련된 것은 단위나 계량화에 대한 정의가 분명해야 함.

본 연구에서는 양계 중 육계에 관련된 용어를 기준으로 용어를 선정하고, 다른 분야의 전문가와 협력하여 궁극적으로 스마트 축산- 양계 - 용어를 개발하고자 제안하는 것임.

[결과 보고]

1. 적용 범위

이 표준은 디지털 축산 기자재의 ICT융합과 농장에서 소비시장에 걸친 축산 관련 데이터와 관련된 용어를 정의하기 위한 것으로 용어를 정의하는 원리를 정의하고 사용하는 목적별로 그룹핑하여 정의한다. 이 용어는 축산 용어집이 아니며 표준에서 용어로 자주 인용되며 표준화가 필요하다고 인정되는 것으로 한정한다.

2. 인용 표준

현재 KS나 단체표준 중에 스마트 농업 또는 디지털 농업에 대한 표준은 개발된 적이 없음

3. 용어와 정의

3.1 농장정보화에 필요한 용어

3.1.1 농장의 생산 품목 구분에 필요한 용어

- 양계
- 육계
- 산란계
- 삼계(전통계)
- 오리
- 터키
- 타조

3.1.2 농장의 생산 소비자재 용어

- 사료
- 배합사료
- 조사료
- TMR
- 사료첨가물
- 백신
- 미생물제

3.1.3 농장의 생산 내구자재 및 시설과 기계류 용어

- 급이기
- 급수기
- 사료탱크

음수탱크
송풍기
난방기
냉방기
히트펌프
체중계량기
분뇨수거기
분뇨벨트
고액분리기
악취제거기
스키드로더

3.1.4 축사 관련 용어

기둥
벽
지붕
창문
환기구
배기구
칸막이
슬래트

3.2 환경 및 생체정보와 위생관리 용어

3.2.1 환경 정보

온도
건구온도
습구온도
상대습도
풍속
샨바람
환기율
잠열
현열
현열비
열수분비

3.2.2 생체정보 관련 용어

체중-표준체중, 저체중, 과체중
신장
길이
폭

3.2.3 위생 관련 용어

살균
소독
청소
접종

3.3 축산경영 평가에 관한 용어

3.3.1 경제적 분석 용어

생산비
경영비

고정비
변동비
감가상각비
내구연수
수리비
고장
인건비
생산성

3.3.2 사양작업에 필요한 용어

입식
출하
급이
급수
소독
접종
놀이-운동
계체중
HACCP

3.3.3 생산성 관리에 필요한 용어

노동생산성
자본생산성
사료생산성
사료조성비

3.4 식품과 소비에 필요한 용어

생산일자
출하일자
신선도
품질등급

4. 용어의 규칙

4.1 기계 및 자재의 용어

4.2 사양 관련 용어

세부적 내용은 표준화 과정에서 논의되어 결정됨.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과


(1) 정성적 연구개발성과

친환경 육계생산시스템을 개발 및 제품화로서 국내 시범적인 실증테스트를 위한 단지 조성을 시작함
 강원도 강릉시 소재 농장 2동 건립을 위한 건축허가를 완료하였으며, 물가상승과 여러 요인으로 인해 다소 지연되는
 점은 있으나 2023년 내로 착공하여 시범적 운영과 더불어 바이어 및 국내외 관계자 모두에게 축산 스마트양계사의
 운영을 공유하고자 함


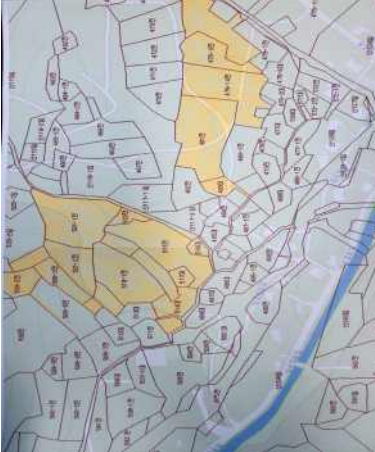
- 2021년 12월 클린다층형육계사 스마트팜 시설 계약완료
 - 소재: 강원도 강릉시 강동면 임곡2리
 - 사육규모: 전체 112,000수(2동) 건립, 최대 10회전 사육 목표
 - 주민동의: 90% 동의률로 허가시하에 문제 없이 진행 가능
 - 시설화 진행: 2022년 1월부터 인허가를 시작으로 토목공사 및 기초작업과 시설화 진행

클린다층형육계사(스마트팜)2동 계약서	계약서 조건	계약서 조건	계약서 조건
<p>계약 목적</p> <p>1. 본 계약의 목적은 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약 당사자</p> <p>1. '본 계약'의 당사자는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약의 범위</p> <p>1. 본 계약의 범위는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p>	<p>계약 목적</p> <p>1. 본 계약의 목적은 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약 당사자</p> <p>1. '본 계약'의 당사자는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약의 범위</p> <p>1. 본 계약의 범위는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p>	<p>계약 목적</p> <p>1. 본 계약의 목적은 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약 당사자</p> <p>1. '본 계약'의 당사자는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약의 범위</p> <p>1. 본 계약의 범위는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p>	<p>계약 목적</p> <p>1. 본 계약의 목적은 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약 당사자</p> <p>1. '본 계약'의 당사자는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p> <p>계약의 범위</p> <p>1. 본 계약의 범위는 계약 당사자 간의 합의에 따라 '본 계약'의 내용을 준수하여 공동 투자에 관한 모든 사항을 규정하는 데 있다.</p>

- 2022년 클린다층형육계사 마을사업으로 공동진행
 - 구매의향서 6동 건설에 관한 의향서 완료로 2022년 진행 계획에 무리가 없음
 - 강릉시 강동면 임곡2리 마을사업으로 진행, 마을주민 동의서 미리 확보한 상태
 - 토지구입 진행 완료: 2022년 3월 마무리 될 예정, 순차적으로 단지화 진행 계획

	<p>개인번호로 삭제</p>	<p>삭제</p>
---	-----------------	-----------

- 클린다층형육계사 실증 실시
 - 시설화를 마무리하면 2022년 대단위 사육으로 사육데이터 수집, 공기조화효율성과 봄, 여름, 가을 겨울 계절 사육실태 파악으로 양계스마트팜 실현 극대화 계획
 - 가능하다면 사육전문가, 축산과학원 등과 협업하여 사육데이터 스집과 운영시스템 안정화 구축 기대함

		<ul style="list-style-type: none"> - 한국광해관리공단 불용지 토지를 매입하는 단계로 공단과는 협의가 된 상태로 2022년 3월경에는 토지거래가 성사되어 마무리 될 계획 - 전체 6동 클린다층형육계사 구매의향서
--	---	--

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

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화5					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I							논 문 평 균 IF
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	억 원	백 만 원	명	백만 원	건	건	건	건	명	건	건	건		
가중치	10	10	10			20	10		10				10		10				10	
최종목표	3	3	1			2	230		2			3	2		4		2		2	
1 차 년 도	목 표																			
	실 적														1					
2 차 년 도	목 표	2											1		1					
	실 적	2							100				0		2			(1)	1	
3 차 년 도	목 표	1	2		1	1			1			1		1				1	1	
	실 적														3					
4 차 년 도	목 표	1	1	1		1	4,2 30		1			1	1	1	1	1	1	1	1	1
	실 적		1												2	1				
소 계	목 표	3	3	1	1	2	23 2		2			2	2	4	2	1	2	2	2	
	실 적	4	1	0	0	0	4,2 30		0			0	0	4	1	0	1	1	1	
종료 1차년도							30								1			5		
종료 2차년도	1						40		5	5,0 00										
종료 3차년도		1					50											5		
종료 4차년도							50													
종료 5차년도							50													
소 계	1	1					220			5,0 00		1			1			10		
합 계	3	3	1	1		2	230		2			3	2		4		2	1	2	2

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ² (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1								
2								

* 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

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Improvement of thermal uniformity of multi-layer broiler house using CFD analysis	한국정밀농업학회	박동혁, 김재석, 김홍식, 이종용	6월호	열적 균일도 개선을 위한 다층형 양계사의 CFD 해석	한국정밀농업학회	비SCIE	2021.06.25	2672-0086 2713-5632	100
2										

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	(사)한국농업기계학회 2020년 추계공동학술대회	유정상	2020.10.30.	전북대. Zoom	모형을 이용한 밀폐형 육계사의 환기 제어를 위한 유체 흐름 분석
2	(사)한국농업기계학회 2020년 추계공동학술대회	유정상	2020.10.30.	전북대. Zoom	육계의 군집 상태 확인을 위한 레이더의 적용성 평가
3	(사)한국농업기계학회 2021년 춘계공동학술대회	황인호	2021.04.30.	국립농업과학원 농업공학부 강당	CFD를 활용한 양계사 내부 환경 센서 위치 설정
4	(사)한국농업기계학회 2021년 춘계공동학술대회	양도이	2021.04.30.	국립농업과학원 농업공학부 강당	육계사 악취 저감 습식 스크러버의 개념 설계
5	(사)한국농업기계학회 2021년 추계공동학술대회	황인호	2021.10.27.	소노벨 제주	CFD를 활용한 복합 환경 센서 모듈의 내부 공기 유동 분석 및 인클로저 모델 최적화
6	(사)한국농업기계학회 2021년 추계공동학술대회	유정상	2022.11.03	대구 엑스코	클라우드 플랫폼을 이용한 원격 육계 검출 모델 개발
7	(사)한국농업기계학회 2021년 추계공동학술대회	송지수	2022.11.03	대구 엑스코	육계의 분포 패턴의 수치적 지표화 가능성에 대한 기본 분석

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	컨테이너형 밀폐식 육계사 시스템	대한민국	(주)대상키우 미시스템	2020.11.	10-2020-0151338					100	
2	순환공조를 위한 분진제거시스템	대한민국	(주)대상키우 미시스템	2020.11	10-2020-0152840	제102476524호	대상키우 미시스템	2022.12.07	제102476524호	100	
3	다층 구조 타입의 대형 육계사	대한민국	(주)대상키우 미시스템	2021.12.17	10-2021-0182141	제102476528호	대상키우 미시스템	2022.12.07	제102476528호	100	-
4	다층 구조의 대형 육계사	대한민국	(주)대상키우 미시스템	2021.12.17	10-2021-0182119					50	-
5	순환 공조를 위한 분진 제거 시스템	대한민국	서울대학교 신학협력단 (주)대상키우 미시스템	2020.11.16	1020200152840	제102476524호	서울대	2022.12.07	제102476524호	50	

지식재산권 활용 유형

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

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	클리다층형 육계사		1						98,000,000	

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		
1	컨트롤러	극립전파연구원장	방송통신기자재증의 적합 등록필증	R-R-K79-KUM-3000	202108.11	대한민국
2	클린다층육계사	농림수산물교육문화정보원장	KUM-3000		2021.08.09	대한민국
3	공조기	농림수산물교육문화정보원장	KUM-AHU-20000		2021.08.09	대한민국
4	칠러냉동기	농림수산물교육문화정보원장	KUM-PA100LHD		2021.08.09	대한민국
5	콘트롤판넬	농림수산물교육문화정보원장	KUM-CP-3000		2021.08.09	대한민국
6	plc판넬	농림수산물교육문화정보원장	KUM-PLC-3000		2021.08.09	대한민국
7	통합제어기(소프트웨어)	농림수산물교육문화정보원장	KUM-PR-3000		2021.08.09	대한민국
8	약취저김장치	농림수산물교육문화정보원장	KUM-ZUNOOH06		2021.08.09	대한민국
9	급이기	농림수산물교육문화정보원장	roxell/haikoo		2021.08.09	대한민국
10	급수기	농림수산물교육문화정보원장	lubing		2021.08.09	대한민국

□ 표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자
			RS485기반 모드버스인터페 이스	농업기술실용 화재단 단체 표준	서울대학교		2020.11

- * 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.

○ 국제 표준

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

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

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	클린다충육계사	2021.08/2021.05	대상키우미시스템	임곡2리 농장부지	육계사육테스트/마케팅/정식	2년		

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	자체실시	클린다충육계사	대상키우미시스템	2022.05.31	9,240,000	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*
1	실증을위한 토지 매입과 건축허가 승인	토지 정비, 토목		240,000,000	자체조달

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술이전	신제품개발	국내	클린다충육계사 농장신설	강원도 강릉시 강동면 소재 농장신설	뉴팜시스템	4,000,000	-	2022	10
2	판매	매출	국내	농진청 가금연구소 양계사 설치	양계사 ict 제품 설치	가금연구서	80,000,000	-	2022	10
3	시설화 판매	매출	국내	농진청 가금연구소 양계사 설치	양계사 ict 제품 설치	가금연구서	138,000,000	-	2023	10

* 1) 기술이전 또는 자기실시

* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등

* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
클린다충육계사 농장신설	2023	200,000	-	200,000	농장 시설 계약금액
육계사	2022	80,000	-	80,000	가금연구소 연구용 육계사시스템
육계사 ict시설화	2023	138,000,000	-	138,000,000	가금연구소 연구용 육계사시스템
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		클린다층육계사 신설			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2			
	소요예산(천원)	4,000,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		4,000,000	50,000,000	100,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	1	30	50
국외		0	10	30	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		조류독감 예방 및 방지를 위한 육계사육시스템 개발			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		0	1,000,000	5,000,000	
	수출	0	5,000,000	10,000,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	1	
		생산인력	3	
	개발 후	연구인력	2	
		생산인력	2	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

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

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

□ 법령 반영

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

□ 정책활용 내용

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

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

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

□ 전문 연구 인력 양성

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

□ 산업 기술 인력 양성

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

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	국제박람회 전시회 참가	ILDEX INDONESIA	육계사 바이어 홍보	2022.11.08.~11.11
2	국내 스마트팜 전시회 참가	스마트팜 코리아	국내 농장 바이어 홍보	2022.08.25.~28
3	신문사 일간지 인터뷰	아주경제신문사	육계사 스마트팜개발	2022.11.17
4	신문사 일간지 인터뷰	신화일보	스마트팜 개발과 수출 현황	2022.11.17
5	신문사 일간지 인터뷰	강원도민일보	스마트팜 축사 개발	2022.11.17
6	신문사 일간지 인터뷰	뉴스핌	스마트축사 양계 개발	2022.11.17
7	월간양계 제품광고	사단법인월간양계협회	클린다층육계사	223.03.01

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

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

자체 테스트베드 운영과 마케팅을 위한 부지 매입과 토지정비와 건축승인 획득
농림식품부 관계자와 정부 관련 분야 정책 담당자와 양계사 스마트팜 시범단지 필요성 피력
과 함께 단계적으로 시범단지 운영에 곤한 조율중인 상황

<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)
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(IND) 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
	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]
기탁	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(%)
○공조시스템이 결합한 스마트축사개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 최초로 공조시스템을 양계사에 접목하여 공기 환기 제어, 온습도, 환기, 악취센서 등 결합으로 환경제어 성공, 악취저감 장치 결합으로 먼지 와 악취 저감에 비교적 성공한 개발. 다층구조로 작업자가 걸어 다닐 수 있으면서 4층구조로 이루어져 국내 건축면적당 최고의 사육수를 자랑함(육계사) ○ 라이더 및 생체인식 장치 등 일보 전진한 실험으로 추후 가금류 생체 측정과 로봇운영에 연구 개발 초석을 마련함 	○ 100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 밀폐형 자동화 육계사의 실용화로 정부시책에 부응
- 국내 육계산업의 성장과 육계수입 감소에 기여
- 농촌환경개선과 노령화에 대한 대책으로서 영농후계자 확보에 기여
- 실시간 생체중 정보를 이용하여 육계 산업 및 유통구조의 고도화에 기여
- 국산 육계시스템의 수출산업화
- 스마트기자재 관련 표준화를 촉진하여 기술보급 확산에 기여
- 농업부문의 첨단기술 인재양성으로 빅데이터와 인공지능 응용의 가속화에 기여

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화	생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발	㈜대상키우미시스템	중소기업	1,230	780	63.41	신규 기술개발	63.41	-
	생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화	서울대학교 교산학협력단	대학(비영리)	850	850	100	신규 기술개발	해당 없음	-
계				2,080	1,630	-	-	-	-

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

실용화를 위한 테스트베드 운영
 데이터 확대로 실증과 더불어 국내판매
 사막기후에서 육계사육 할 수 있는 가능성 타진으로 개발 확대
 미국 양계 전문가 및 자동제어 전문 학자들과 협업으로 공동 연구 진행 계획중임
 개발제품의 세계화를 위한 노력과 생체인식 분야 선두 연구개발 진행으로 특허 확보

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE	1				
특허출원	국내	1			1	
	국외					
특허등록	국내		1			1
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발			1		
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	3,930,000	5,000,000	10,000,000	10,000,000	15,000,000
	기술료(단위 : 천원)	17,330,100	22,050,000	22,050,000	44,100,000	66,150,000
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용		박람회 전시 및 홍보활동 등	박람회 전시 및 홍보활동 등	박람회 전시 및 홍보활동 등	박람회 전시 및 홍보활동 등	박람회 전시 및 홍보활동 등

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서 2) 연구성과 활용계획서
2.	1) 2)

(22쪽 중 14쪽)

본문 작성 요령(작성 요령은 제출하지 않습니다)

1. 연구개발과제의 개요: 연구개발의 목적, 필요성 및 범위 등을 기술하며, 선정 당시 「연구개발계획서」와 최근에 제출한 「연차보고서」 또는 「단계보고서」의 내용과 동일하게 작성합니다.
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용: 이론적·실험적 접근 방법, 연구 과정 및 내용 등을 기재합니다.
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
 - 1) 연구수행 결과: 연구개발과제 수행에 따라 발생한 정성적 연구개발성과와 해당 시 정량적 연구개발성과, 세부 정량적 연구개발성과, 계획하지 않은 성과 및 관련분야 기여사항을 기재합니다.
 - (1) 정성적 연구개발성과: 연구개발과제 수행에 따라 발생한 최종 정성적인 성과 기재합니다.
 - (2) 정량적 연구개발성과: 연구개발계획서 상의 연구개발성과표에서 목표대비 최종 발생한 실적을 기재합니다(해당 시 작성, 연구개발과제의 특성에 따라 수정 가능).
 - (3) 세부 정량적 연구개발성과: 과학적성과, 기술적성과, 표준화, 경제적성과, 사회적성과, 인프라성과, 그 밖의 성과 중 최종 발생한 성과항목이 있을 경우 선택적으로 작성하고 증빙자료 첨부, 등록·기탁 대상 연구개발성과에 대해서는 자세한 내용과 등록·기탁 번호를 기재합니다.
 - (4) 계획하지 않은 성과 및 관련분야 기여사항: 연구개발과제 수행에 따라 계획하지 않은 최종 성과가 발생한 경우 해당 성과와 관련분야 기여사항을 기재합니다.
 - 2) 목표 달성 수준: 단계별 연구목표 및 평가 착안점에 입각한 최종 연구개발 목표 대비 달성내용과 달성도(%)를 기재합니다.
4. 목표 미달 시 원인분석: 해당 시 수행기관이 자체 분석한 목표 미달 원인(사유)과 자체 보완활동의 내용 및 과제수행 과정의 성실성 등에 관하여 기재합니다.
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여: 관련 분야에 대한 기술 개발 현황과 비교하여 달성된 연구성과가 국내외 기술 개발 현황에서 차지하는 위치, 우월성, 기여한 점 등을 구체적인 근거를 제시하여 기재합니다.
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획: 성과 관리 추진체계와 예상되는 연구개발성과의 활용분야, 활용방안, 추가연구의 필요성, 타 연구에의 응용, 기업화 추진방안, 기술 이전 등을 기재합니다.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술 연구개발사업 ICT 융복합시스템 연구개발과제 연차보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원 전문기관)에서 시행한 첨단생산기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		319093-04	
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	ICT융복합시스템		과제구분	단위	
사업명	첨단생산기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	생체정보 기반 ICT 융복합 밀폐형 자동화 육계생산시스템 개발 및 표준화		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구개발기관	(주)대상키우미시스템		연구책임자	김홍식	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019. 08. 30. - 2019. 12. 31	250,000	83,334	333,334
	2차년도	2020.01.01.~ 2020. 12. 31	460,000	153,334	613,334
	3차년도	2021.01.01.~20 21.12.31	460,000	153,334	613,334
	4차년도	2022.01.01.~20 22.12.31	460,000	60,500	520,500
	계		1,630,000	450,502	2,080,502
	참여기업				
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
김홍식	대표	김홍식

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	
----	--

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수)

가금류의 공조시스템 접목은 가금류 성격상 매우 세심한 제어가 필수적이라서 국내 시도 자체가 신선하였고, 현재 문제로 대두되는 악취저감을 위한 밀폐식 사육과 필연적으로 공조를 해야만 하는 정부 정책과도 부합하는 개발이었음.
선진국 제품과 경쟁할 제품 개발의 시도로서 추후 ICT제품 업그레이드와 테스트로 스마트 토탈시스템 수출과 작결 도리 것으로 여김

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수,)

국내 스마트팜 농장 운영을 원하는 관계자들을 미팅 한 결과 충청남도 농장주 여럿과 전라남도 농장 관계자 의견으로는 미래 가치가 뛰어나고 농장 시스템을 서서히 바꿀 수 있는 아이템으로 연구개발함

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수,

연구개발의 결과물의 실용화 및 제품으로 지속적인 판매가 이뤄지기는 어려움이 많은 현실이다.

그러나 테스트베드 운영을 위한 농장 계약과 건축승인, ICT제품 부분적 판매 등 활용성이 100%임

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수,)

중소기업 역량을 뛰어넘은 노력과 성실성으로 제품 개발을 위한 노력을 하였음. 더불어 연구기관인 서울대학교 연구진 또한 각자가 맡은 연구 분야에 최선을 다함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 보통

국제적인 논문은 부족한 부분이나 국내 논문 발표와 학술발표는 성공적임

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
특허	20	200	만족
기술이전		100	
매출액	10	100	만족/기존 계획(230백만원)과 대비해서 238백만원 달성되었음)
홍보전시	10	100	만족
제품화	10	50	만족
고용창출	10	50	만족
학술발표	10	100	만족
인력양성	10	50	만족
연구활용	10	50	만족
합계	100점	80점	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

결과적으로는 성공적임, 그러나 실용화에 중점을 두고 실험한 결과를 토대로 실증 연구를 계속해 갈 계획임

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

제품화를 위한 실증단지 조성
 사막기후에 공조시스템이 결합한 스마트 축사 테스트베드 운영과 더불어 수출에 주력
 국내 정부 정책과 부합하는 스마트팜 정착화 실현

IV. 보안성 검토

○ 특이사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

연구보안상 특이사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

문제없음

연구개발의 결과물의 실용화 및 제품으로 지속적인 판매가 이뤄지기는 어려움이 많은 현실이다.

그러나 테스트베드 운영을 위한 농장 계약과 건축승인, ICT제품 부분적 판매 등 활용성이 100%임

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (표준)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 제 도	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
											S C I		비 S C I	논 문 평 관 I F						
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건			
가중치	10	10	10				20	10		10				10		10			10	
최종 목표	3	3	1				2	230		2		3	2		4		2		2	2
당해 년도	목표	3	3				1	230		1		2	2		4		1		2	
	실적	4	4				1	1	280		1	98		1		7		1		7
달성률 (%)	100	100				100	50	100		50	100		50 %		175 %		100 %		100	

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)

[별첨 2]

(22쪽 중 21쪽)

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	순환 공조를 위한 분진 제거 시스템
②	클라우드 플랫폼을 이용한 원격 육계검출 모델 개발
③	스마트 육계사에 적용할 센서 모듈 개발
4	공조시스템을 육계사에 적용한 모델개발

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 결	정책 자료	기타
①의 기술		√				√				
②의 기술	√	√								
③의 기술		√	√	√	√			√		
·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	특허 출원/등록 완료. 본 발명은 분진 농도가 높은 밀폐 공간에서 내부공기를 재순환하여 공조에너지를 절약하는 공조기에서 흡입측 순환 공기에 포함된 분진을 제거함으로써 공조기의 오염과 열교환 성능의 저하를 방지하고 공조공간의 공기질을 개선하기 위한 분진제거 시스템으로서 편리한 시스템 관리 및 낮은 운영비를 특징으로 하며, 시스템의 구성은 공조기의 흡입관, 흡입관 중간에 청소를 위한 공기실, 미세분진 제거에 최적화된 축류 사이클론 및 정전기 유도장치, 사이클론 설치 챔버로 구성되며, 대표도는 콘테이너형 밀폐식 육계사에 설치된 예를 나타낸 것이다.
②의 기술	학습된 모델을 클라우드로 마이그레이션 함으로써 작업자는 클라우드 플랫폼을 운용하는데 많은 비용을 아낄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 작업자는 클라우드를 이용하기 때문에 언제 어디서든 원하는 시간에 닭의 상태를 확인할 수 있어 작업자의 시간을 아낄 수 있을 뿐만 아니라 화재나 외부 침입과 같은 응급 상황의 경우 적절한 조치를 할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구의 경우 기본적인 객체 인식에 그쳐 질병이나 전염병을 예방하는 목적에는 한계를 갖고 있다. 따라서 향후 연구에서는 질병에 걸린 닭의 외이나 죽은 사체의 이미지를 학습하여 원격으로 검출하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 이를 통해 육계의 전염병 조기 발견과 노동력을 줄일 수 있어 ICT 융복합 스마트 팜 보급에 기여할 것으로 예상된다
③의 기술	육계의 생장에 영향을 미치는 주요 요인인 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 가스, 조도 및 분진을 측정할 수 있는 통합 센서 모듈을 개발하였음. 제작된 통합 센서 모듈은 성능 평가를 위해 가스 챔버를 활용한 실험장치에서 성능을 평가하였음. 평가된 센서는 각각 CO2, 상대습도, 온도, NH3 네가지이다. 실험 결과 모든 센서는 개별적으로 사용된 경우에 비하여 정확도가 떨어지는 것을 발견할 수 있었다. Hysteresis 가 증가하여 오차가 커졌으며 이는 상대적으로 센서 주변 ambient environment 가 외부와 평형에 이르는데 걸리는 시간이 더 오래 걸리기 때문으로 보인다. 이러한 Hysteresis 를 최소화 하기 위해 enclosure의 기체교환이 좀더 원활하게 이루어 질 수 있도록 개선하고 Hysteresis를 보정 할 수 있는 보정식을 활용할 수 있을 것임.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인 력 양 성	정책 활용· 홍보		기 타 (표 준)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											S C I		비 S C I	논 문 평 관 I F					
단위	건	건	건	평 단 위 1 건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건		
가중치	10	10				10													
최종목표	1	1				4	10,000		5	1,000		1			1		5		
연구기간내 달성실적																			
연구종료후 성과창출 계획	1	1				4	10,000		5	1,000		1			1		5		

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	다층 구조의 밀폐형 육계사		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	980천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	2023년	실용화예상시기 ³⁾	2023
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

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

주 의

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