

발간등록번호

11-1543000-004656-01

# 국내외 신변종 조류 감염병 대응 국제 협력 연구

2024.06.18.

주관연구기관 / 건국대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “국내외 신변종 조류 감염병 대응 국제 협력 연구”(개발기간 : 2022. 04. 01 ~ 2023. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.06.18.

주관연구기관명 : 건국대학교 산학협력단

윤동열



주관연구책임자 : 이동훈



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

## < 요약 문 >

사업명		2022년도 가축질병대응기술고도화지원사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)								
내역사업명		국내외 신변종 바이러스 협력체계 구축			연구개발과제번호								
기술분류	국가과학기술표준분류	수의전염병 LB0701	40%	수의미생물/기생생물 LB0704	30%	동물질병예방LB0710	30%						
	농림식품과학기술분류	수의미생물/기생생물 RB0104	45%	동물질병관리 RB0201	45%	인수공통감염병관리 RB0202	10%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)													
연구개발과제명		국내외 신변종 조류 감염병 대응 국제 협력 연구											
전체 연구개발기간		2022. 04. 01 ~ 2023. 12. 31 (1년 9개월)											
총 연구개발비		총 976,728천원 (정부지원연구개발비: 976,728천원, 기관부담연구개발비: 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)											
연구개발단계		기초[ ] 응용[ v ] 개발[ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		국제 공동연구를 통해 국내외 신변종 조류 감염병 바이러스 유전자원을 확보하고, 병원체의 특성을 분석하여 백신주 개발 및 특허 확보 실용화										
	전체 내용		-국제 공동연구 네트워크 구축 (중동, 유럽, 남미, 북미 대상) -조류 감염병 바이러스 बैं크 확보 (중동, 유럽, 남미 바이러스 120건 이상 확보, 국내 바이러스 200건 이상 확보) -조류 감염병 바이러스 유전자 염기서열 분석 (해외 120건 이상, 국내 200건 이상) -유전자 및 병원성 데이터 기반 병리기전 연구 (미국/유럽 OIE 표준 실험실 데이터 500건 이상 확보) -국내 및 해외 수출용 광범위 재조합 H9형 조류인플루엔자 백신주 개발 및 특허 확보										
연구개발성과		-현재 국내외 유행 중인 조류 감염병 바이러스 특성/병리기전 규명을 통한 바이러스 기초연구 기술 확보 -조류 감염병 바이러스 광범위 백신의 개발 및 실용화											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과		-해외 바이러스 분석 및 맞춤형 백신개발로 바이러스 및 백신개발 기술 우위 선점 및 해외 질병유입 피해 최소화 -구축된 바이러스 बैं크 및 확보한 유전자 빅데이터를 타 연구에 활용 -해외 학자 초청교육 및 국제 컨퍼런스 개최로 국내 관련연구의 질적 향상											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수		논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
		5	1						생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황		구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)		조류 바이러스		변종 바이러스		분자역학		백신		국제협력			
영문핵심어 (5개 이내)		Avian virus		variant virus		molecular epidemiology		vaccine		international collaboration			

최종보고서							보안등급		
							일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]		
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명		사업명			
전문기관명		농림식품기술기획평가원		내역사업명					
공고번호				총괄연구개발 식별번호					
				연구개발과제번호					
기술 분류	국가과학기술 표준분류	수의전염병 LB0701	40 %	수의미생물/기생생물 LB0704	30 %	동물질병예방LB0710		30 %	
	농림식품과학기술 분류	수의미생물/기생생물 RB0104	45 %	동물질병관리 RB0201	45 %	인수공통감염병관리 RB0202		10 %	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문							
		영문							
연구개발과제명		국문		국내외 신변종 조류 감염병 대응 국제 협력 연구					
		영문		Global joint research for the control and prevention of novel viral variants in birds					
주관연구개발기관		기관명		건국대학교 산학협력단		사업자등록번호		206-82-07325	
		주소		(우)서울시 광진구 능동로 120		법인등록번호		240171-0007625	
연구책임자		성명		이동훈		직위		조교수	
		연락처		직장전화		휴대전화			
				전자우편		국가연구자번호			
연구개발기간		전체		2022. 04. 01 - 2023. 12. 31 (1년 9개월)					
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2022. 04. 01 - 2022. 12. 31 (9개월)			
				2단계		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31 (1년)			
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발 비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		연구개 발비 외 지원금	
		현금		현금 현물		지방자치단체 기타( )			합계
총계		976,728						976,728	976,728
1단계	1년차	417,999						417,999	417,999
	2년차	558,729						558,729	558,729
공동연구개발기관 등		기관명		책임자		직위		휴대전화	
		전자우편		비고		역할		기관유형	
공동연구개발기관									
위탁연구개발기관		서울대학교		최강석		부교수		위탁 대학	
연구개발기관 외 기 관									
연구개발담당자 실무담당자		성명		조용진		직위		참여연구원	
		연락처		직장전화		휴대전화			
				전자우편		국가연구자번호			

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

2024년 6월 18일

연구책임자: 이 동 훈 (인)

주관연구개발기관의 장: 건국대학교 산학협력단 윤 동 열 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요------(1)
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용------(4)
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도------(7)
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)------(46)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도------(46)
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획------(47)

별첨 자료 (참고 문헌 등)

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1. 연구개발과제의 필요성

### 1) 조류 바이러스로 인한 국내 피해 현황 및 국제 협력의 필요성

- 고병원성 조류인플루엔자 (HPAI)는 가금류에 감염 시 피해가 심하게 나타나며, 2003년 이후 전 세계에 지속적으로 발생하고 있음. 국내의 경우 2003년 최초 발생을 시작으로 총 9회 (2003-04, 2006-07, 2008, 2010-11, 2014-16, 2016-17, 2017-18, 2020-21, 2021-22)의 HPAI 발생이 보고되었음.
- 피해액은 2.090억 원으로 H5N1형 HPAI가 발생한 2003-04년(피해액 874억 원), 2006-07년(339억 원), 2008년(1,817억 원) 및 2010-11년(807억 원)과 H5N8형 HPAI가 발생한 2014-2016년(2,381억 원)처럼 대규모로 확인됨. 가금 사육종 중 특히 산란계에서의 발생 규모가 매우 컸고, 이에 따른 계란 값 상승 등으로 인한 사회경제적 피해 또한 막대하였음.
- 두 가지 아형의 HPAI 발생 이후, 2017-18년, 2020-21년, 2021-22년 모두 clade 2.3.4.4b에 속하는 바이러스가 국내 유입돼 큰 경제적 피해가 발생했으며(피해액 3000억원 이상), 각 시기별로 주 유행 아형이 H5N6, H5N8, H5N1으로 확인됨. 역학조사 결과, 유럽에서 재조합된 바이러스가 철새를 통해 국내로 유입된 것으로 확인됐으며, 겨울철 철새가 남하하기 직전 발생한 HPAI와 유전적으로 연관성이 있었음.



<국내 고병원성 조류 인플루엔자 발생 및 피해 현황 (출처:농림축산검역본부)>

- 조류인플루엔자는 가금류 뿐만 아니라 인체감염을 일으켜 공중보건학적으로 큰 이슈가 되고 있음: 2021년부터 2022년까지 총 77건의 인체감염이 보고됨. 중국에서 H5N6 32건, H9N2 27건으로 가장 많이 보고됨. 2022년 1월 영국에서 첫 번째 H5N1 인체감염 사례가 보고됨.

기간	발생 국가	발생 건수	Subtype
2021-03-04	나이지리아	7	H5Nx
2021-03-15	라오스	1	H5N6
2021-02-18	러시아	7	H5N8
2021-07-21	인도	1	H5N1
2020-12-09~ 2021-12-06	중국	59	H5N6(32), H9N2(27)
2021-03-17	캄보디아	1	H9N2
2022-01-06	영국	1	H5N1
Total		77	H5, H5N1, H5N6, H5N8, H9N2

<2021~2022년 조류인플루엔자 인체감염 사례>

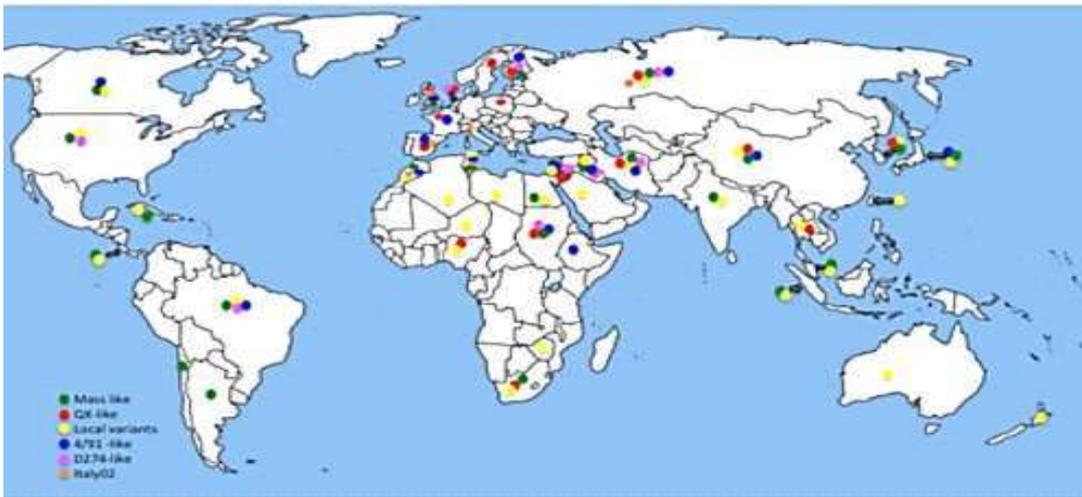
- 조류 코로나바이러스 및 인플루엔자 바이러스 이외에도 아데노바이러스 봉입체성 감염, 감보로병, 전염성 후두기관염, 뉴캐슬병, 레오바이러스 관절염 등 다양한 바이러스성 질병이 세계적으로 발생 중임.



IB 바이러스 감염에 의한 복수증 및 난질 저하 피해 (AVIAN DISEASES 65, 2021)

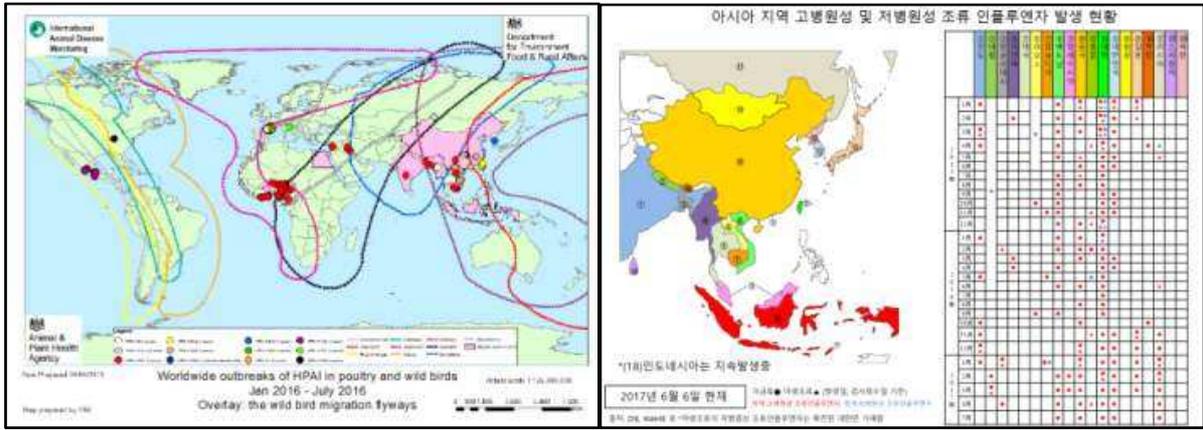
○ 신변종 조류코로나 IB 바이러스 확산

- 현재 전 세계적으로 수십 종 이상의 매우 다양한 혈청형의 변이형 조류코로나 IB 바이러스들이 분리 보고되고 있음. 이들 혈청형들 간에는 교차 면역이 잘되지 않으므로 각 국가별로 그 지역에서 가장 유행하는 바이러스를 이용하여 백신주를 개발하여 사용하고 있음.
- 중국 유래 신장형 QX IB 바이러스는 국내를 포함하여 전세계적으로 유행중이며, 각 지역의 토착바이러스 및 생독백신주와의 유전자 재조합을 통한 변종바이러스의 진화가 우려됨.



다양한 IB 바이러스의 세계적 분포 현황, Animal Health Research Reviews 18(1)

- 미국, 유럽에서는 전염성 선위염 바이러스 등 신종 조류 바이러스가 유행 중이며, 국내 유입시 큰 피해가 우려됨.
- 다양한 조류 바이러스가 야생조류의 이동 또는 가금육 무역 등을 통해 국가 간 전파가 되는 것이 유전자 정보 및 역학분석기술을 이용하여 증명되고 있음.
- 국내 HPAI 발생은 모두 야생조류를 매개로 하여 국외로부터 전파되어 오고 있어 주요 AI 발생국의 발생현황을 지속적으로 모니터링 하여야 함. 또한 유입 바이러스마다 특성이 다르고 여러 가지 바이러스가 동시 유입되어 방역이 어려워지는 사례가 있어, 세계 바이러스 정보 수집 및 사전 연구를 통한 방역정책 수립이 필요함.



HPAI 발생과 야생조류 이동경로 (출처 : Credit DEFRA)

아시아 지역의 HPAI 및 LPAI 발생 현황 (출처 : 일본 농림수산식품부)

- 신종 바이러스 해외 유입 시 정확한 유입경로 분석 및 예방대책 수립을 위하여 대륙별 최신 유행 바이러스에 대한 유전자 정보, 병원성 및 역학정보가 확보되어야 함.
- 중동 및 남미지역의 경우 위에 언급된 다양한 바이러스가 분리되고 되고 있지만, 바이러스 유전자 분석 인프라 부족으로 인해 정보 획득이 어려움. 위와 같은 국가와의 협력 네트워크 구축을 위해서는 인프라 지원을 위하여 관련 전문 연구 집단의 참여가 필수적이며, 시설이 구비 되지 않은 지역에서 바이러스를 분석할 수 있는 기술 및 인프라 구축을 위한 연구비 지원이 필요함.
- 위 해당지역의 조류 바이러스 특성에 관한 연구는 향후 국내로 유입될 가능성이 있는 다양한 조류 바이러스에 대한 사전정보를 제공하여 줄 수 있으며 선제적 방역조치 및 관련 백신 개발을 통해 피해를 최소화하는데 기여할 수 있음.

2) 국내 토착 및 국내 유입 우려 조류인플루엔자 대응을 위한 백신 개발 연구 필요성

- H9형 저병원성 조류인플루엔자 바이러스 백신
  - 국내 및 중동을 포함한 아시아 지역에서는 유행중인 H9형 저병원성 조류인플루엔자 바이러스를 예방하기 위하여 불활화 항원을 사용한 사독백신을 실시하고 있음.



다양한 H9형 저병원성 조류인플루엔자 바이러스의 세계적 유행 (Viruses 2019, 11(7))

- H9N2형 바이러스 (G1, Y280, Y439형)는 국내에서는 1996년도부터 문제를 일으킨 Y439형 유래 바이러스를 백신주로 사용 중이나 최근에는 중국유래 Y280 형 바이러스가 국내에 유입되었고, 추후에도 중동지역으로부터 G1형 바이러스가 국내로 유입될 가능성이 있으므로 G1, Y280, Y439에 대한 광범위한 효능을 가진 H9N2형 바이러스 백신주 개발이 필요함.

(관련논문 1) Detection of newly introduced Y280-lineage H9N2 avian influenza viruses in live bird markets in Korea. Youk S, Cho AY, Lee DH, Jeong S, Kim YJ, Lee S, Kim TH, Pantin-Jackwood MJ, Song CS. Transbound Emerg Dis. 2021

(관련논문 2) First report of field cases of Y280-like LPAI H9N2 strains in South Korean poultry farms: pathological findings and genetic characterization. Lai VD, Kim JW, Choi YY, Kim JJ, So HH, Mo J. Avian Pathol. 2021 Aug;50(4):327-338.

- 따라서, 국제 협력 네트워크와 함께 바이러스 बैं크 구축 및 광범위 H9 조류인플루엔자 백신주 개발을 통한 선제적 대응기반 구축이 필요함.

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 1) 연구개발과제의 내용

#### ○ 국제 공동연구 네트워크 구축 및 바이러스 자원 확보

- 유럽 (영국, 스페인), 아시아 (한국, 파키스탄), 북미 (미국), 남미 (페루)를 포함한 국제 공동연구 네트워크를 구성하여 바이러스 बैं크 확보 체계를 구축함.
- 스페인, 파키스탄, 페루의 조류 바이러스 연구기관으로부터 조류 바이러스 및 역학정보를 120건 이상 확보함.
- 주관연구기관인 건국대학교 수의과대학 및 위탁연구기관인 서울대학교 수의과대학으로부터 조류 바이러스 및 역학정보를 150건 이상 확보함.



- 국제공동 1 (스페인): Centre de Recerca en Sanitat Animal (CReSA) 연구소 소속 Kateri Bertran 박사로부터 유럽에 유행중인 조류 바이러스들 (예: 신종 전염성 선위염 바이러스, 뉴캐슬, 조류인플루엔자, 감보로병, IB 바이러스)과 관련 역학정보를 40건 이상 확보함.
- 국제공동 2 (페루): Cayetano Heredia Peruvian University 소속 Armando Hung 교수로부터 남미에 유행중인 조류 바이러스들 (예: 봉입체성간염 및 QX형 IB 바이러스를 포함한 신종 변이주 바이러스)과 관련 역학정보를 40건 이상 확보함.
- 국제공동 3 (파키스탄): University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan 소속 Salman Latif 교수로부터 유행중인 조류 바이러스들(뉴캐슬, 조류인플루엔자 IB 바이러스)과 관련 역학정보를 40건 이상 확보함.

대륙/국가명	연구기관	연구책임자	연구내용
국내 (주관)	건국대학교 수의과대학	이동훈 교수	바이러스 बैं크 및 역학정보 확보
국내 (위탁)	서울대학교 수의과대학	최강석 교수	
유럽/스페인	Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Centre de Recerca en Sanitat Animal (CReSA)	Dr. Kateri Bertran	

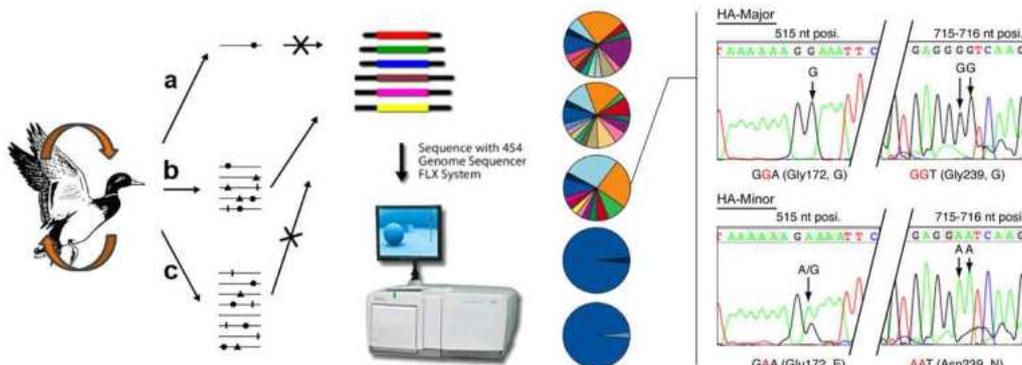
남미/페루	Cayetano Heredia Peruvian University	Dr. Armando Hung	유전자 염기서열 및 병원성 데이터 기반 병리기전 연구
아시아/파키스탄	University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan	Dr. Salman Latif	
유럽/영국	Animal and Plant Health Agency (APHA)	Dr. Ian Brown	
북미/미국	United States Department of Agriculture (USDA)	Dr. Mia K. Torchetti	

○ **철새 및 가금 유래 고병원성 조류인플루엔자 병원성 연구를 통한 메커니즘 규명**

- 세계동물보건기구 (OIE) 표준실험실들은 주변국들로부터 바이러스를 수집하고 특성을 분석하는 연구를 수행해왔음. 영국 APHA는 서아시아, 유럽, 아프리카 대륙의 바이러스 정보를 방대하게 보유하고 있으며, 미국 USDA는 북아메리카 및 남아메리카 대륙의 정보를 보유함.
- **국제공동 4 & 5 (미국/영국 OIE 표준실험실):** 미국 USDA의 Dr. Mia Torchetti 와 영국 APHA 의 Dr. Ian Brown으로부터 **미국 및 유럽 표준실험실들이 보유한 30년간의 500개 이상의 조류인플루엔자 바이러스 병원성 정보 및 HA 단백질 유전자 염기서열을 확보**하고 통합 분석하여 전 세계 고병원성 조류인플루엔자 바이러스들의 병원성 결정인자 부위의 특성을 분석함.

○ **NGS 및 생물정보학 이용 국내외 조류 바이러스 질병의 유전자 염기서열 확보**

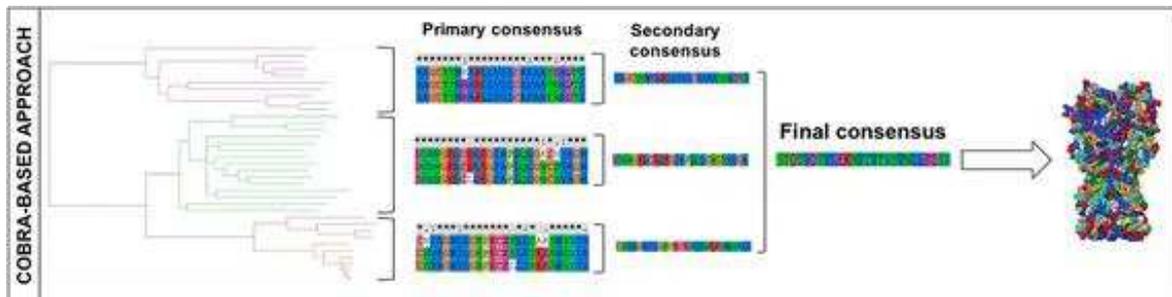
- 구축된 국제 공동연구 네트워크로부터 확보된 바이러스들은 제2세대 Illumina NGS 및 제3세대 Nanopore NGS를 이용하여 전장유전체 분석을 실시함.
- 분석된 유전자 데이터를 생물정보학 소프트웨어들을 이용하여 조립하고 NCBI GenBank 등에 공유함.
- 조립된 바이러스 염기서열은 계통분석을 통하여 유전형을 판독하고 병원성 인자 등 분자생물학적 특성을 분석함.



Next generation sequencing 기법 이용 조류 바이러스 유전자 정밀분석 모식도

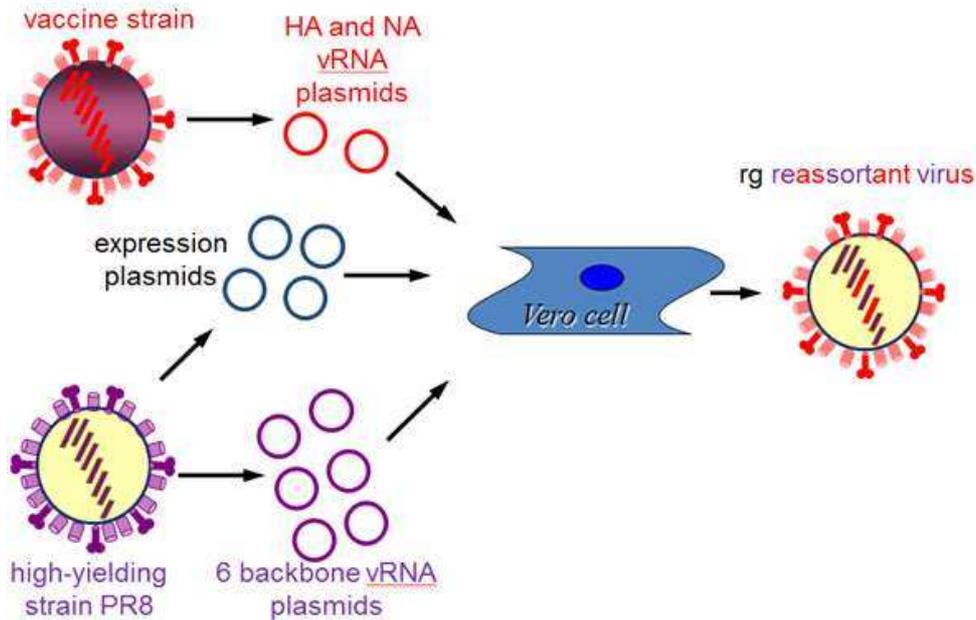
○ **국내 및 해외 수출용 광범위 H9형 조류인플루엔자 백신 개발 및 특허 확보**

- 주관연구책임자가 보유한 백신 디자인 기술을 이용하여 유행 바이러스들의 유전자 시퀀스들을 기반으로 광범위한 효능을 보이는 H9 항원 유전자를 디자인함.



유전자 기반 광범위 백신 디자인 기술, Sautto et al., Virol J 15, 17 (2018)

- 제작된 신규 H9 COBRA 백신 항원을 역유전학기술을 이용하여 백신후보주를 제작함.



역유전학 백신 개발 기술 (출처: NIBSC.org)

- 최소면역원성 평가: 백신 농도와 경로를 다르게 SPF 닭에 접종한 후 혈청 내 항체가 형성되는 백신의 최소농도를 확인함.
- 국내외 협력네트워크에서 확보한 G1, Y280, Y439 유래 바이러스들에 대한 교차 면역원성 및 닭 감염 모델에서 방어효능을 농림축산검역본부 H9N2 백신효능평가 인정기준에 따라 평가함.

**< 백신효능평가 인정기준 >**

- 1) LPAI 백신의 국제적인 효능기준은 없음
- 2) 우리나라의 경우 LPAI 백신효능 평가지표 설정 기술협의회('06.1.4.)에서 백신효능효과 인정기준 설정 : 대조군과 비교시 백신 접종군의 내부장기(Cecal tonsil)에서의 바이러스 억제효과가 80% 이상 인정되어야 함

(시사점)

- ✓ 방어능 평가시 공격접종주 농도는 국제기준인  $10^{6.0}$  EID<sub>50</sub>/0.1ml로 하여야 하며, 맹장편도에서 비백신 대조군 대비 바이러스 억제효과가 80% 이상이어야 하며, 인후두 및 총배설강에서도 유의적인 바이러스 배출 감소가 있어야 함
- ✓ 제조업체에서 백신생산 후 방어능 평가시 공격접종주로 사용할 원바이러스 (A/chicken/Korea/LBM314/2020(H9N2))에 대한 분양신청을 하여야 하며(연구기획과), 동물실험은 BL2급 이상에서 실시 필요

농림축산검역본부 H9N2 백신효능평가 인정기준

- 국내 및 해외바이러스를 이용한 실험데이터를 기반으로 특허를 확보하고 국내 및 해외 백신생산업체에 기술이전 등 사업화를 추진함.

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

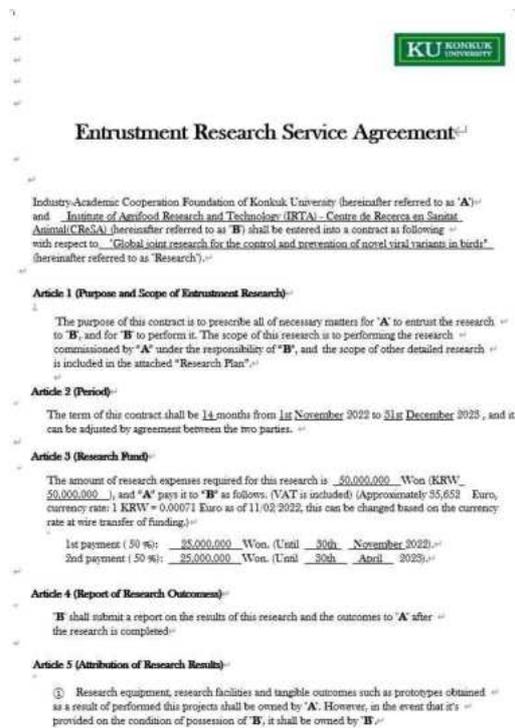
##### (1) 정성적 연구개발성과

###### ○ 국제 공동연구 네트워크 구축 및 조류 바이러스 자원 확보/분석

- 유럽 (영국, 스페인), 아시아 (한국, 파키스탄), 북미 (미국), 남미 (페루)를 포함한 국제 공동연구 네트워크를 구성하여 바이러스 بانک 확보 체계를 구축함.
- 연구과제 추진 중 이집트 국제 공동연구 네트워크를 추가적으로 구축함.

###### ● 국제공동 1 (스페인)

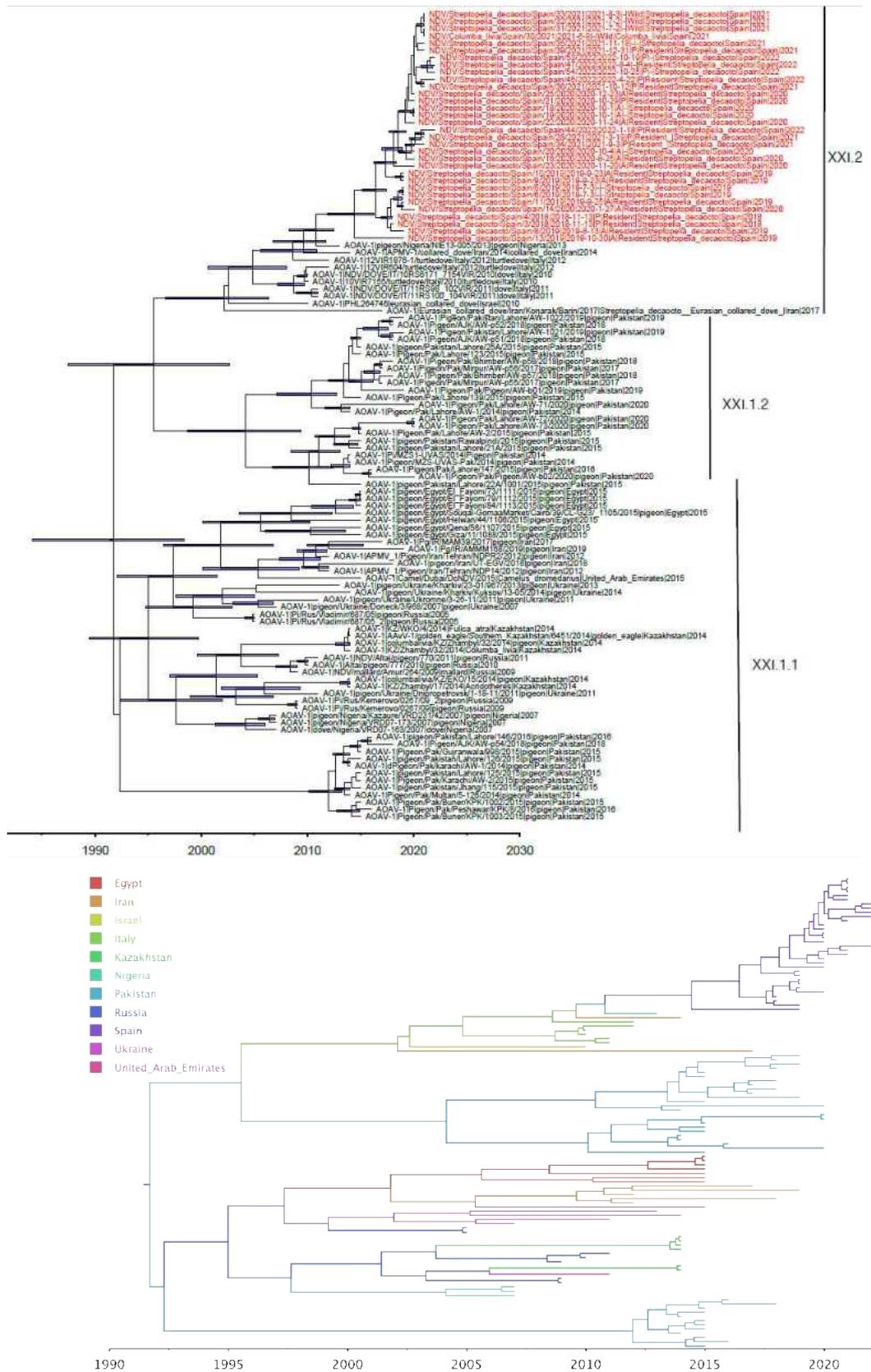
- 스페인 농식품 기술연구소 (Institute of Agrifood Research and Technology:IRTA) Bertran Kateri 박사와의 협업을 통해 국제 협력 네트워크를 구축함.
- 건국대학교와 스페인 농식품 기술연구소와의 연구용역계약을 체결함.



##### 스페인 농식품 기술연구소와 체결한 연구용역계약서

- 스페인 바르셀로나 IRTA 소속 CRESA 의 Dr. Kateri Bertran은 카탈로니아(Catalonia) 지역에서 진행된 조류 바이러스 예찰 프로그램을 통해 유럽에 유행 중인 **Pigeon Paramyxovirus (PPMV)** 60종을 확인하여 건국대학교 수의과대학으로 불활화된 유전물질 형태로 배송 완료함. PPMV는 비둘기에서 높은 병원성을 보이는 바이러스로, 닭과 사람에도 감염 사례가 있음. 또한, 도심 비둘기 군집에서 오랜기간 유지되며 진화할 수 있음. 본 시료는 스페인 바르셀로나에 서식하는 야생 및 도심 비둘기들의 샘플을 채취한 후, 종란에 배양하여 얻은 바이러스 샘플로 바이러스 사멸 후 RNA를 추출하여 realtime RT-PCR을 활용해 역가를 측정 후 건국대학교로 배송함.
- 위 바이러스 RNA 시료 60건 중 배송 후, Sequence Independent Single Primer Amplification(SISPA) 과정을 거친 후 차세대염기서열분석법에 적합한 샘플 42건에 대하여 유전자 품질을 평가함. 차세대 염기서열 분석법을 통해 얻은 raw sequence read는 데이터 정제 이후 *de novo* 조립을 진행하여 가장 적합한 PPMV reference sequence를 찾아 reference mapping을 진행함. PPMV 전장 유전체 조립 후 얻은 Fusion 단백질 유전자 시퀀스를 NCBI GenBank 에 BLAST 분석을 진행함. BLAST 결과 2014년도 Iran에서 보고된 PPMV 유전자와 가장 흡사했으며, 계통수 분석을 이용한 유전형 분석 결과 XXI.2 유전형에 해당함을 확인함.
- Bayesian 계통분석을 활용한 계통지리학적 분석에서 스페인에서 분리된 XXI.2 형 PPMV는 최초 이탈리아에서 유래한 PPMV가 파키스탄을 거쳐 스페인으로 2015년 경 유입되었음을 확인함. 2015년 경 유입 이후, 스페인

내에서 오랜 시간 유지되며 진화해왔음을 확인함. 최근 PPM은 중국 및 네덜란드에서 인체감염사례를 일으킨 적이 있으므로 공중 보건학적으로 문제가 될 수 있음.



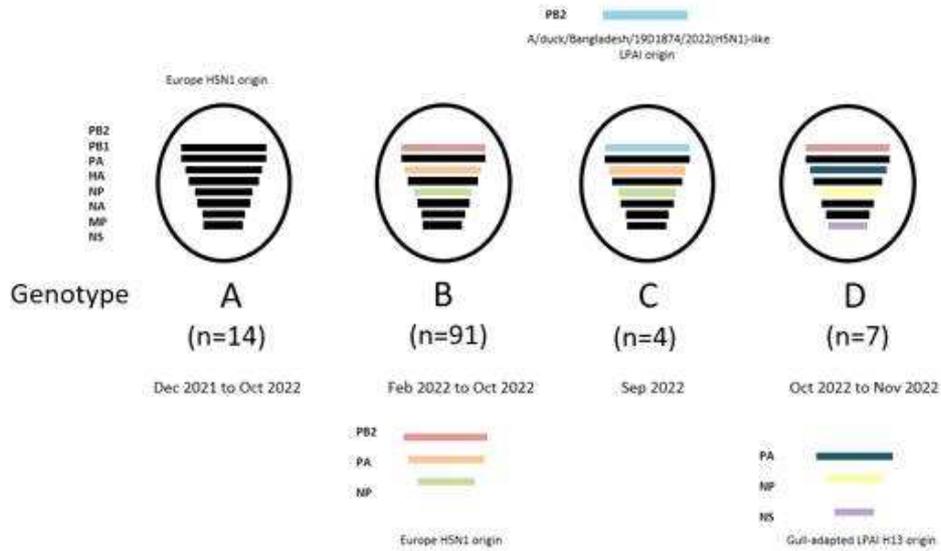
<그림. 스페인 pigeon paramyxovirus 계통수 분석(위)과 계통지리학 분석 (아래)>

- 스페인에서 발생한 유럽 유행 **고병원성 조류인플루엔자 바이러스 H5N1** 아형의 전장유전체 및 관련 역학적 보를 107건 확보함. Bayesian 계통분석을 통하여 바이러스의 진화와 유행 패턴을 분석함.

Isolate Name	Subtype	Collection Date	Region	Country	Location	Host	Host specified	Host type
A/goose/Spain/294-2	22VIR2142-9/2022	H5N1	2022-01-26	Europe	Spain	Avila	Goose	Wild
A/goose/Spain/299-1	22VIR2142-8/2022	H5N1	2022-01-22	Europe	Spain	Avila	Goose	Wild
A/goose/Spain/141-9	22VIR2142-6/2022	H5N1	2022-01-14	Europe	Spain	Avila	Goose	Wild
A/goose/Spain/88-3	22VIR2142-4/2022	H5N1	2022-01-10	Europe	Spain	Avila	Goose	Wild
A/goose/Spain/65-3	22VIR2142-2/2022	H5N1	2022-01-07	Europe	Spain	Avila	Goose	Wild
A/goose/Spain/512-2	22VIR2142-13/2022	H5N1	2022-02-04	Europe	Spain	Avila	Goose	Wild
A/swan/Spain/4087-1	22VIR2142-1/2021	H5N1	2021-12-22	Europe	Spain	Lleida	Swan	Wild
A/turkey/Spain/1097-7	22VIR6312-36/2022	H5N1	2022-03-16	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/859-8	22VIR6312-30/2022	H5N1	2022-03-02	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/830-5	22VIR6312-29/2022	H5N1	2022-03-01	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/805-8	22VIR6312-28/2022	H5N1	2022-02-26	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/803-5	22VIR6312-27/2022	H5N1	2022-02-26	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/802-7	22VIR6312-26/2022	H5N1	2022-02-26	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/801-6	22VIR6312-25/2022	H5N1	2022-02-23	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/712-7	22VIR6312-24/2022	H5N1	2022-02-21	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/711-5	22VIR6312-23/2022	H5N1	2022-02-21	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/646-7	22VIR2142-37/2022	H5N1	2022-02-15	Europe	Spain	Huelva	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/645-1	22VIR2142-36/2022	H5N1	2022-02-15	Europe	Spain	Huelva	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/586-4	22VIR2142-32/2022	H5N1	2022-02-14	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/540-28	22VIR2142-28/2022	H5N1	2022-02-09	Europe	Spain	Huelva	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/490-24	22VIR2142-27/2022	H5N1	2022-02-08	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/490-22	22VIR2142-26/2022	H5N1	2022-02-08	Europe	Spain	Sevilla	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/489-21	22VIR2142-25/2022	H5N1	2022-02-08	Europe	Spain	Huelva	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/455-96	22VIR2142-24/2022	H5N1	2022-02-06	Europe	Spain	Huelva	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/455-83	22VIR2142-23/2022	H5N1	2022-02-06	Europe	Spain	Huelva	Turkey	Domestic
A/turkey/Spain/140-38	22VIR2142-19/2022	H5N1	2022-01-15	Europe	Spain	Segovia	Turkey	Domestic
A/Ciconia ciconia/Spain/485-2	22VIR6312-1/2022	H5N1	2022-02-22	Europe	Spain	Lleida	Other avian	White Stork
A/Anser anser/Spain/1124-65	22VIR6312-9/2022	H5N1	2022-03-18	Europe	Spain	Madrid	Other avian	Greylag Goose
A/Anser anser/Spain/1035-5	22VIR6312-8/2022	H5N1	2022-03-14	Europe	Spain	Caceres	Other avian	Greylag Goose
A/Ciconia ciconia/Spain/971-6	22VIR6312-7/2022	H5N1	2022-02-28	Europe	Spain	Segovia	Other avian	White Stork
A/Anser anser/Spain/963-2	22VIR6312-6/2022	H5N1	2022-03-02	Europe	Spain	Badajoz	Other avian	Greylag Goose
A/Anser anser/Spain/963-1	22VIR6312-5/2022	H5N1	2022-03-02	Europe	Spain	Badajoz	Other avian	Grey Heron
A/Anser anser/Spain/810-6	22VIR6312-4/2022	H5N1	2022-02-23	Europe	Spain	Madrid	Other avian	Greylag Goose
A/Cygnus dot/Spain/1950-10	22VIR6312-46/2022	H5N1	2022-05-27	Europe	Spain	Córdoba	Other avian	Mute Swan
A/Falco peregrinus/Spain/1932-1	22VIR6312-45/2022	H5N1	2022-05-18	Europe	Spain	Lleida	Other avian	Peregrine Falcon
A/Ciconia ciconia/Spain/853-14	22VIR6312-42/2022	H5N1	2022-02-21	Europe	Spain	Sevilla	Other avian	White Stork
A/Anser anser/Spain/638-6	22VIR6312-39/2022	H5N1	2022-02-13	Europe	Spain	Avila	Other avian	Greylag Goose
A/Anser anser/Spain/750-4	22VIR6312-3/2022	H5N1	2022-02-02	Europe	Spain	Caceres	Other avian	White Stork
A/Anser anser/Spain/2010-5	22VIR6312-21/2022	H5N1	2022-06-02	Europe	Spain	Madrid	Other avian	Greylag Goose
A/Falco peregrinus/Spain/2010-11	22VIR6312-20/2022	H5N1	2022-05-30	Europe	Spain	Madrid	Other avian	Peregrine Falcon
A/Gypaetus barbatus/Spain/1956-25	22VIR6312-19/2	H5N1	2022-05-27	Europe	Spain	Córdoba	Other avian	Bearded Vulture
A/Gypaetus barbatus/Spain/1878-9	22VIR6312-18/20	H5N1	2022-05-11	Europe	Spain	Jabi	Other avian	Bearded Vulture
A/Rhea/Spain/1950-6	22VIR6312-17/2022	H5N1	2022-05-27	Europe	Spain	Córdoba	Other avian	Rhea
A/Cygnus dot/Spain/1675-1	22VIR6312-14/2022	H5N1	2022-04-26	Europe	Spain	Madrid	Other avian	Mute Swan
A/wild bird/Spain/1302-1	22VIR6312-11/2022	H5N1	2022-03-30	Europe	Spain	Madrid	Other avian	Swan
A/Anser anser/Spain/1277-10	22VIR6312-10/2022	H5N1	2022-03-26	Europe	Spain	Valladolid	Other avian	Greylag Goose
A/stork/Spain/234-2	22VIR2142-7/2022	H5N1	2022-01-17	Europe	Spain	Girona	Other avian	White Stork
A/grey heron/Spain/88-2	22VIR2142-3/2022	H5N1	2022-01-11	Europe	Spain	Avila	Other avian	Grey Heron
A/stork/Spain/729-1	22VIR2142-18/2022	H5N1	2022-02-22	Europe	Spain	Salamanca	Other avian	White Stork
A/grey heron/Spain/602-1	22VIR2142-17/2022	H5N1	2022-02-10	Europe	Spain	Valladolid	Other avian	Grey Heron
A/common crane/Spain/597-2	22VIR2142-15/2022	H5N1	2022-02-14	Europe	Spain	Badajoz	Other avian	Common Crane
A/stork/Spain/538-2	22VIR2142-14/2022	H5N1	2022-02-03	Europe	Spain	Avila	Other avian	White Stork
A/stork/Spain/442-8	22VIR2142-12/2022	H5N1	2022-02-03	Europe	Spain	Huelva	Other avian	White Stork
A/chicken/Spain/806-7	22VIR6312-41/2022	H5N1	2022-02-26	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/740-37	22VIR6312-37/2022	H5N1	2022-01-31	Europe	Spain	Huelva	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/1096-8	22VIR6312-35/2022	H5N1	2022-03-16	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/942-8	22VIR6312-34/2022	H5N1	2022-03-08	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/924-3	22VIR6312-33/2022	H5N1	2022-03-06	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/899-7	22VIR6312-32/2022	H5N1	2022-03-04	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/897-7	22VIR6312-31/2022	H5N1	2022-03-03	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/649-6	22VIR2142-38/2022	H5N1	2022-02-16	Europe	Spain	Valladolid	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/644-8	22VIR2142-35/2022	H5N1	2022-02-16	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/622-8	22VIR2142-34/2022	H5N1	2022-02-14	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/587-1	22VIR2142-33/2022	H5N1	2022-02-14	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/584-11	22VIR2142-31/2022	H5N1	2022-02-11	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/564-4	22VIR2142-30/2022	H5N1	2022-02-11	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/562-1	22VIR2142-29/2022	H5N1	2022-02-11	Europe	Spain	Sevilla	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/452-17	22VIR2142-22/2022	H5N1	2022-02-07	Europe	Spain	Valladolid	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/452-1	22VIR2142-21/2022	H5N1	2022-02-07	Europe	Spain	Valladolid	Chicken	Domestic
A/chicken/Spain/340-37	22VIR2142-20/2022	H5N1	2022-01-31	Europe	Spain	Huelva	Chicken	Domestic

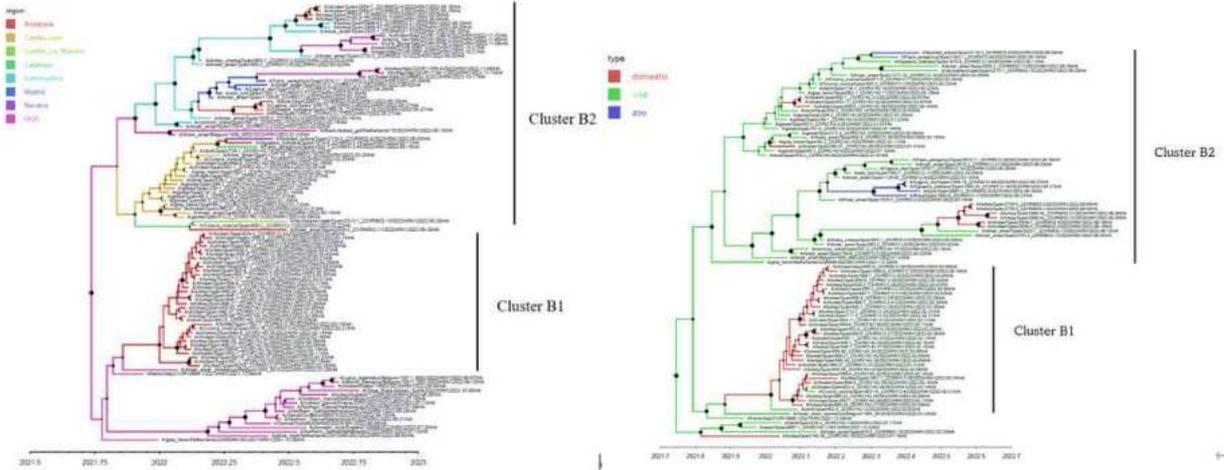
2022년 발생 스페인 고병원성 조류 인플루엔자 바이러스 H5N1 아형 역학정보

- 2021-2022년 스페인 야생조류 및 가금류에서 clade 2.3.4.4 b H5N1 HPAIV 발생이 보고됨. 2021-2022년도에는 clade 2.3.4.4 b H5N1 고병원성 조류인플루엔자 바이러스의 전례없는 전파 및 야생동물 감염이 관찰됨. 유럽 및 스페인도 예외없이 clade 2.3.4.4 b H5N1 HPAIV에 피해를 입음. 본 연구에서는 가금에서 35번의 발생, 야생조류에서 69번의 발생, 동물원에서 3번의 발생을 포함한 2022년 1월부터 9월까지의 보고된 바이러스의 전장유전체를 공유받아 분석함.
- 전장 유전체 계통수 분석 결과 4가지 유전형이 확인됨. 스페인 유입 초반부터 지속된 A 유전형과 B 유전형 바이러스가 확인되었고, 간헐적으로 등장하고 사라진 C 유전형과 D 유전형이 확인됨. 이 후 분석은 가장 빈번하게 관찰된 유전형인 B에 대하여 정밀 추가분석을 실시함.
- Bayesian 계통분석을 활용한 계통지리학적 분석 결과, 스페인 내에서 B 유전형 바이러스의 전파 경로를 확인함. B 유전형 바이러스는 외부에서 스페인 Extremadura 와 Castilla-Leon 지역으로 유입되었으며, 이후 Madrid, Andalusia, Catalonia 지역으로 전파 되었고, Navarra 와 Castilla-La Mancha 지역으로의 추가 전파가 확인됨. 지역간의 전파중 스페인 외부로의 전파도 확인됨.



<그림 .2021-2022년 발견된 스페인 clade 2.3.4.4b H5N1 HPAI 바이러스 유전형 (위) 및 스페인 내 지역간 바이러스 전파 역학 분석 (아래)>

- B 유전형 바이러스의 헤마글루티닌 유전자를 이용한 Bayesian 계통분석을 활용해 지리정보, 숙주정보를 활용해 ancestral reconstruction 분석을 진행함. B 유전형은 B1와 B2 클러스터로 유전적 차이를 보이며, 지리적, 숙주적 요인에 따라 다른 진화양상을 보여줌. B 유전형은 스페인 외부에서 Andalusia, Castilla, Leon, Extremadura로 약 3차례 유입되었고 또 2차례 스페인 외부로 유출되며 스페인과 가까운 유럽 국가 간의 상관관계를 보임. 또한, B1 클러스터의 경우 야생조류에 의한 유입 이후 스페인 내 Andalusia 가금농장들 간에 전파되고 유지되었음을 확인함.



<그림. 2021-2022년 지리 정보, 숙주 정보를 이용한 discrete trait analysis >

- B 유전형 바이러스의 전장 유전체를 concatenate한 후 진행한 Network analysis 결과, B1 클러스터는 2022년 1월부터 3월까지 짧은 시간 동안 가금류(닭과 칠면조)를 감염시키며 유지 된 것으로 확인되며 한번의 야생조류로 유출됨을 확인함. 또한, 첫 가금 감염이 일어난 같은 지역에서 며칠 후 야생조류에서 같은 클러스터의 바이러스가 분리되어 가금 감염 케이스 이전에 야생조류에 이미 고병원성 조류 인플루엔자가 있었음을 확인함. B2 클러스터의 경우 2022년 1월부터 8월까지 B1클러스터 보다 비교적 긴 간동안 스페인 야생조류에서 유지되었음을 확인했고, 이따금 가금류와 동물원의 조류에게로 전파가 일어났음을 확인함.

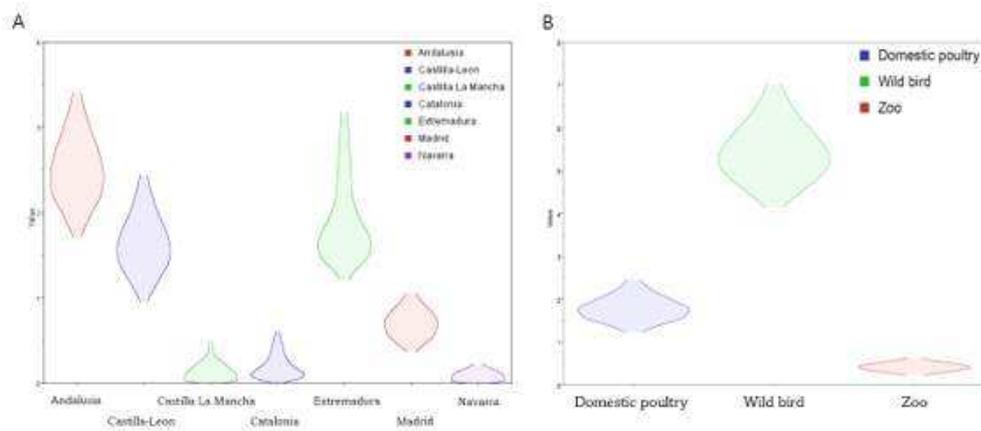
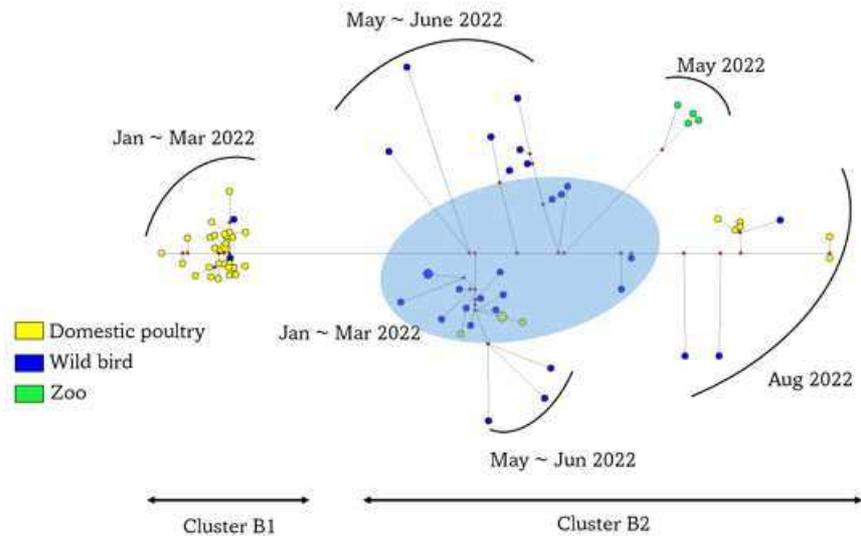
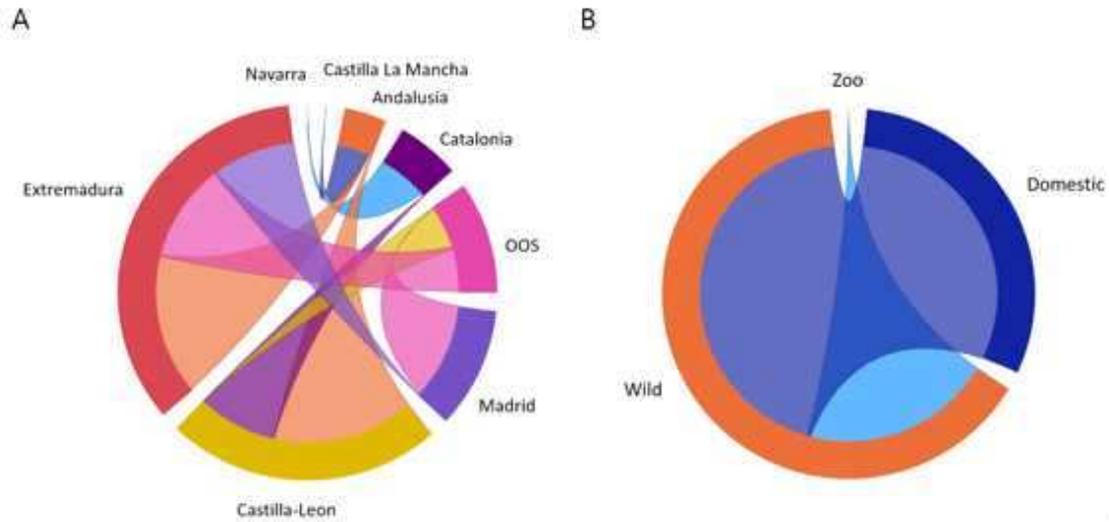


Figure 5. Density distribution of the total time spent for the discrete traits of (A) autonomous communities and (B) host types in Spain.

<그림. B 유전형 바이러스의 전장유전체를 이용한 Network analysis (위) 및 Markov transition 분석 결과(아래)>

- B 유전형 바이러스를 이용한 Markov transition 분석 결과, B 유전형의 바이러스의 유지에 Andalusia, Castilla-Leon, Extremadura 지역의 역할이 컸음을 확인했고, 야생조류로 인한 바이러스의 순환이 유지되었음을 확인함.

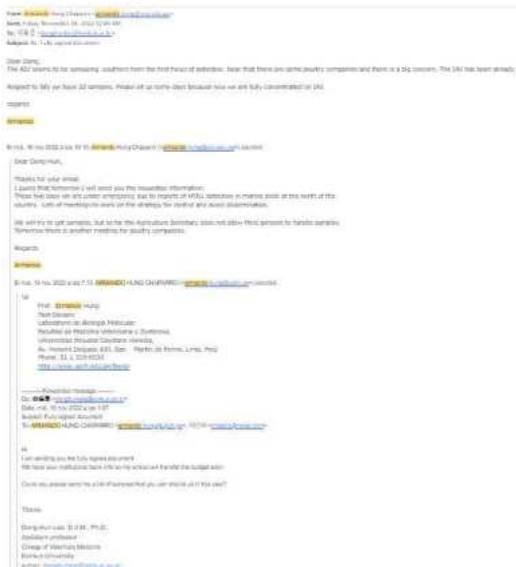


<그림. B 유전형 바이러스를 이용한 BSSVS 분석 결과 지역간, 숙주 간 바이러스 전파교환>

- B 유전형 바이러스를 이용한 BSSVS(Bayesian Stochastic Search Variable Selection) 분석 결과 Extremadura와 Castilla-Leon이 virus donor 역할을 한 것으로 확인되었고, 야생조류와 가금류의 바이러스 교환이 빈번하게 일어났음을 확인함. 또한, 스페인 외부로부터 Extremadura 와 Castilla-Leon으로 바이러스가 전파되었으며, 드물게 야생조류에서 동물원 조류로 바이러스가 전파됨을 확인함.

● 국제공동 2 (페루)

- 페루 카예타노 헤레디아 대학 (Cayetano Heredia Peruvian University) 소속 조류 병리학과 Armando Hung 교수와의 협업을 통해 국제 협력 네트워크를 구축함.
- 건국대학교와 카예타노 헤레디아 대학의 연구용역계약을 체결함.



Entrustment Research Service Agreement

Industry-Academic Cooperation Foundation of Konkuk University (hereinafter referred to as "A") and Cayetano Heredia Peruvian University (hereinafter referred to as "B") shall be entered into a contract as following with respect to "Joint research for the control and prevention of novel viral variants in birds" (hereinafter referred to as "Research").

"A"	"B"
Address: 120, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul	Address: P.O. Box 4314, Lima 31, Peru
Name of Organization: Industry-Academic Cooperation Foundation(IACF) of Konkuk University	Name of Organization: Laboratory of Molecular Biology, Faculty of Veterinary, Universidad Ricardo Palma
Representative: Head of IACF Yoon Dongyeon	Representative: Armando Hung
Manage of Research: Dong-Hun Lee	

페루 협력 연구진 Armando Hung 교수와 바이러스 수량과 정보에 대해 주고받은 이메일(왼쪽)과 계약서(오른쪽)

- 남미에 유행중인 전염성기관지염 바이러스를 포함한 신종 변이주 바이러스 22주를 Hung 교수 연구실에 확보하였음. 건국대학교 수의과대학으로 바이러스 시료를 배송 완료함.

- 2022년 겨울 발생한 페루 고병원성 조류인플루엔자바이러스 관련 역학정보를 공유 받아 진단 방법 및 방제 기법에 대하여 페루 연구진들에게 자문을 실시함.
- 2022년 11월 16일 페루 고병원성 조류인플루엔자 바이러스 발생 현황을 화상회의를 통해 공유함. 전세계적으로 유행하는 H5N1 아형의 고병원성 조류인플루엔자가 야생조류와 가금 사육종에서 검출되고 있으며, 가금 사육종의 경우 방역을 위해 살처분을 진행하고 있음. 페루 내 동물백신회사에서 개발 중인 백신에 대한 정보 공유.



페루 고병원성 조류인플루엔자 바이러스 발생 현황 화상회의

- 페루 닭 농장에서 유래한 전염성기관지염바이러스 (IBV) 의심시료 (1차 21건 및 2차 16건)를 FTA Card 형태로 건국대학교로 전달하여 rRT-PCR 분자진단 및 차세대 염기서열 분석을 진행함.

rRT-PCR (Peru FTA card P23-1~16) - IBV							
Ct value				Plate info			
	5	6	7	5	6	7	
A	29.9584	U.D.	23.6025	A	P23-1	P23-9	PC
B	U.D.	38.08306	U.D.	B	P23-2	P23-10	NC
C	U.D.	29.78675		C	P23-3	P23-11	
D	30.37958	U.D.		D	P23-4	P23-12	
E	U.D.	37.28586		E	P23-5	P23-13	
F	26.72257	35.89602		F	P23-6	P23-14	
G	U.D.	U.D.		G	P23-7	P23-15	
H	34.06838	U.D.		H	P23-8	P23-16	

U.D.= Undetermined

<표. 페루 송부 IBV 의심시료 정보 및 rRT-PCR 결과>

- 페루에서 수행한 rRT-PCR 검사 결과와 건국대에서 수행한 rRT-PCR 검사결과가 상이하여 유전자 추출/시료 수송 시 변질이 되었거나, qPCR 기법의 차이가 있을 것으로 판단되어, 건국대학교의 rRT-PCR 프로토콜을 전수함.

	Ct value (KR)	Ct value (PR)
P23-1	29.95839691	28.5
P23-2	U.D.	27.1
P23-3	U.D.	31.8
P23-4	30.37958145	32.3
P23-5	U.D.	24.8
P23-6	26.72257233	29.7
P23-7	U.D.	31.3
P23-8	34.06837845	26.1
P23-9	U.D.	22.5
P23-10	38.08306122	32
P23-11	29.78675461	33.7
P23-12	U.D.	24.2
P23-13	37.28586197	
P23-14	35.89601517	
P23-15	U.D.	
P23-16	U.D.	

<표. 시료 입수 후 IBV target rRT-PCR 실험 결과>

Information from Dr.Hung					
2023.03.23					
Sampling date	File	Age	Type	Area	RT-PCR (Ct)
20/08/2021	21-1834	32 weeks	Breeder	Lima	29.8
12/08/2021	TR21-0611	28 days	Broiler	Trujillo	28.2
24/11/2021	TR21-0713	31 days	Broiler	Trujillo	32.8
24/11/2021	21-2821	28 days	Layer	Arequipa	80.3 Tm
13/12/2021	21-3142	49 weeks	Breeder	Lima	35.2
16/12/2021	TR21-0897	19 days	Broiler	Trujillo	26.9
23/12/2021	TR21-0905	41weeks	Breeder	Trujillo	29.5
23/02/2022	22-0495	46 weeks	Breeder	Lima	23.1
08/02/2022	TR22-0094	32 days	Broiler	Trujillo	23.8
16/03/2022	TR22-0226	34 days	Broiler	Trujillo	28.5
16/03/2022	TR22-0227	32 days	Broiler	Trujillo	27.1
24/05/2022	22-1110	37 weeks	Layer	Lima	31.8
13/06/2022	22-1256	24 weeks	Layer	Lima	32.3
08/07/2022	22-1405	27 days	Broiler	Lima	24.8
02/08/2022	22-1644	41 days	Broiler	Lima	29.7
17/08/2022	22-1745	51 weeks	Breeder	Lima	31.3
09/08/2022	22-1914	39 days	Broiler	Lima	26.1
21/09/2022	TR22-0650	38 days	Broiler	Trujillo	22.5
21/09/2022	TR22-0653	27 days	Broiler	Trujillo	32
30/09/2022	22-2170	58 weeks	Breeder	Lima	33.7
11/08/2022	22-0532	43 days	Broiler	Trujillo	24.2

(Lima: capital), Trujillo (520 Km north Lima), Arequipa (1020 south Lima)

<표. 페루 1차 송부 IBV 의심시료 metadata>

2023.08.03

No	Sampling date	File	Age	Type	Area
<b>2022</b>					
1	16/03/2022	TR22-0226	34 days	Broiler	Trujillo
2	16/03/2022	TR22-0227	32 days	Broiler	Trujillo
3	24/05/2022	22-1110	37 weeks	Layer	Lima
4	13/06/2022	22-1256	24 weeks	Layer	Lima
5	08/07/2022	22-1405	27 days	Broiler	Lima
6	02/08/2022	22-1644	41 days	Broiler	Lima
7	17/08/2022	22-1745	51 weeks	Breeder	Lima
8	09/08/2022	22-1914	39 days	Broiler	Lima
9	21/09/2022	TR22-0650	38 days	Broiler	Trujillo
10	21/09/2022	TR22-0653	27 days	Broiler	Trujillo
11	30/09/2022	22-2170	58 weeks	Breeder	Lima
12	11/08/2022	22-0532	43 days	Broiler	Trujillo
<b>2023</b>					
13	31/03/2023	23-0720	nd	nd	nd
14	23/05/2023	TR23-0121	nd	nd	nd
15	27/07/2023	23-1946	3 weeks	broiler	Lima (n)
16	27/07/2023	23-1978	2 weeks	Broiler	Lima

(Lima: capital), Trujillo (520 Km north Lima).

<표. 페루 2차 송부 IBV 의심시료 metadata>

- 한국에서 수행한 rRT-PCR을 기반으로 낮은 Ct value를 갖는 시료 6개를 이용해 SISPA amplification 및 NGS를 진행함. 페루 IBV 유전자 시료의 차세대 염기서열 분석법을 적용해 전장유전체 분석을 진행한 결과, host의 유전자가 큰 비중을 차지하고 있으며 바이러스의 시퀀스는 매우 적은 것으로 확인됨.



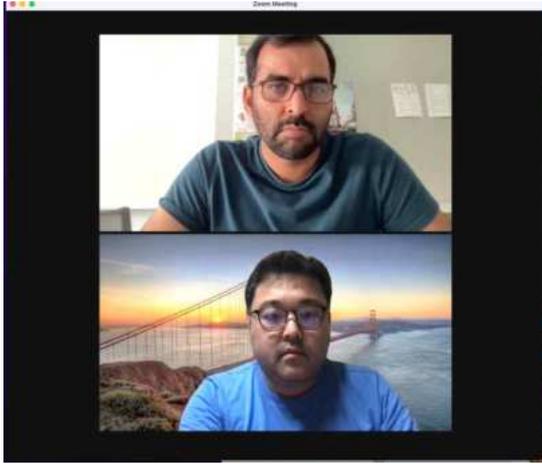
<그림. 페루 IBV 시료에 대한 metagenomic 분석 결과 (왼쪽 위, 오른쪽 위, 왼쪽 아래)와 IBV 전장 유전체 확보한 시료의 metagenomic 분석 결과(오른쪽 아래)>

- Kraken 및 Krona 등의 metagenomic 분석 툴을 이용한 metagenomic 분석을 진행한 결과, 이전 종란에서 증폭 후 NGS를 수행한 샘플은 10%의 이상의 바이러스 유전자 데이터가 존재하여 전장유전체 확보가 용이하였음. 페루에서 전달받은 임상시료를 NGS 분석한 결과는 IBV 바이러스의 존재를 확인 할 수는 있었지만, 전장유전체 확보가 가능할 만큼의 데이터가 생산되지는 않음.
- 해당 분석 방법은 시료안 RNA에대한 무작위적인 증폭은 진행하였기 때문에 숙주 및 다른 병원체의 유전물질이 공존하는 경우, 바이러스 유전자의 증폭 혹은 시퀀싱의 효율이 낮아질 가능성을 배제할 수 없으며, 본 시료의 경우 공동연구기관의 시료 처리방법 혹은 샘플의 기원에 따라 바이러스 유전물질 증폭이 원활하지 않았을 수 있음을 시사함.
- 일부만 확보된 유전체(partial genome) 및 유전체 조사분석을 통해, 페루 GI-1 형 및 GI-16형의 바이러스의 유형이 확인되었음. 특히, GI-16형의 경우 중국에도 존재하고 있으므로 국내 유입이 가능한 바이러스로 판

단되며, 추후 남미 수출 및 국내유입에 대한 선제방어의 목적으로 페루 바이러스 유전자를 이용하여 IBV 백신개발을 고려해볼 수 있을 것으로 판단됨.

● 국제공동 3 (파키스탄)

- 파키스탄 파이살라바드 농업 대학 (University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan) 병리학 Salman Latif Butt 교수와의 협업을 통해 국제 협력 네트워크를 구축함.
- 현재 파키스탄에서 유행중인 뉴캐슬병 바이러스, 조류 인플루엔자 바이러스, 전염성 기관지염 바이러스 등 조류 바이러스와 관련 역학정보를 50건 이상 확보함. 이후 건국대학교 수의과대학으로 배송완료함.
- Salman Latif Butt 교수와 시료 수송 및 연구용역계약에 관한 화상회의를 진행하였으며, 건국대학교와 파이살라바드 농업 대학의 연구용역계약을 체결함.



파키스탄 Salman Latif 교수와 시료 수송과 계약에 관한 화상회의(왼쪽)와 연구용역계약서(오른쪽)

<p>수입허가증명서 (CERTIFICATE FOR IMPORT PERMIT)</p> <p>수입허가번호 Import permit No. 2023-6915</p> <p>수입허가일자 Date of issue 2023.09.22.</p> <p>가축전염병 예방법, 제22조 및 동법 시행규칙 제32조제3항의 규정에 따라 아래와 같이 수입허가를 받은 것임을 증명합니다. This is to certify that import permit was obtained as the following, in accordance with Article 32 of "Livestock Epidemic Prevention and Control Act" and Item 3 of Article 32 of "Its Enforcement Ordinance".</p> <p>신청인 성명·주소 (Name &amp; Address of applicant) 건국대학교 수의과대학 이농촌 서울특별시 광진구 능동로 120 건국대학교. 수의학과 302호</p> <p>동물의 종류·품종 또는 동물의 종류 (Species of animal or Kind of article) Low pathogenic avian influenza virus (H9N2)</p> <p>두수 또는 수량 (Total head or quantity) 총 20 vials</p> <p>보내는 사람의 성명·주소 (Name &amp; Address of consignor) Dr. Anif M. Rana, DVM, MBA/HEVet Animal Health Business, Block P Phase 2 Johar Town, Lahore, Punjab, Pakistan</p> <p>※ 주의(Remarks) 1. 위의 동물 또는 동물의 발송 시에는 이 증명서를 첨부하여야 합니다. In consigning the above animals or packages in which the above articles are packed, they should be accompanied with this certificate. 2. 보내는 사람은 위의 화물을 이 증명서와 같이 뒤쪽에 기재된 농림축산검역본부 (지역본부 또는 사무소)로 발송하여야 합니다. The consignor should address the above commodities to the Animal and Plant Quarantine Agency(or regional office or district office thereof) indicated on the back of this certificate along with this certificate.</p> <p style="text-align: center;">210mm×297mm(보존용지(1종) 120g/m<sup>2</sup>)</p>	<p>수입허가증명서 (CERTIFICATE FOR IMPORT PERMIT)</p> <p>수입허가번호 Import permit No. 2023-7296</p> <p>수입허가일자 Date of issue 2023.10.12.</p> <p>가축전염병 예방법, 제22조 및 동법 시행규칙 제32조제3항의 규정에 따라 아래와 같이 수입허가를 받은 것임을 증명합니다. This is to certify that import permit was obtained as the following, in accordance with Article 32 of "Livestock Epidemic Prevention and Control Act" and Item 3 of Article 32 of "Its Enforcement Ordinance".</p> <p>신청인 성명·주소 (Name &amp; Address of applicant) 건국대학교 수의과대학 이농촌 서울특별시 광진구 능동로 120 건국대학교. 생명과학관 502호</p> <p>동물의 종류·품종 또는 동물의 종류 (Species of animal or Kind of article) 전염성기관지염 바이러스 (Infectious Bronchitis Virus)</p> <p>두수 또는 수량 (Total head or quantity) 총 30 vials</p> <p>보내는 사람의 성명·주소 (Name &amp; Address of consignor) Dr. Anif M. Rana / HEVet Animal Health Business, Block P Phase 2 Johar Town, Lahore, Punjab, Pakistan</p> <p>※ 주의(Remarks) 1. 위의 동물 또는 동물의 발송 시에는 이 증명서를 첨부하여야 합니다. In consigning the above animals or packages in which the above articles are packed, they should be accompanied with this certificate. 2. 보내는 사람은 위의 화물을 이 증명서와 같이 뒤쪽에 기재된 농림축산검역본부 (지역본부 또는 사무소)로 발송하여야 합니다. The consignor should address the above commodities to the Animal and Plant Quarantine Agency(or regional office or district office thereof) indicated on the back of this certificate along with this certificate.</p> <p style="text-align: center;">210mm×297mm(보존용지(1종) 120g/m<sup>2</sup>)</p>
--	--

<그림. 파키스탄 시료 수입을 위한 수입허가증명서, 저병원성 조류 인플루엔자 의심시료 20건에 대한 시료수입을 위한 허가 사항 (왼쪽), 조류 코로나 바이러스 의심시료 30건에 대한 시료수입을 위한 허가사항 (오른쪽)>

Date	Code	Clinical oral swab	Tissue	Region	Age	Host	Flock size	qPCR testing	Volume	Packaging	Shipment Method	Shipment Company
2023-03-20	RI0-1	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI02	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-3	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-4	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-5	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-6	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-7	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-8	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-9	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-10	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	RI0-11	1	spleen, liver, trachea, lungs	Rawalpindi	22 day	Broiler	120000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-04-05	LHO-1	1	liver, spleen	Lahore	29day	Broiler	25000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-04-05	LHO-2	1	liver, spleen	Lahore	29day	Broiler	25000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-04-05	LHO-3	1	liver, spleen	Lahore	29day	Broiler	25000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-04-05	LHO-4	1	liver, spleen	Lahore	29day	Broiler	25000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-04-05	LHO-5	1	liver, spleen	Lahore	29day	Broiler	25000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-05-09	LHO-1	1	liver, spleen	Lahore	37day	Broiler	90000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-05-09	LHO2	1	liver, spleen	Lahore	37day	Broiler	90000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-05-09	LHO-3	1	liver, spleen	Lahore	37day	Broiler	90000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-05-09	LHO-4	1	liver, spleen	Lahore	37day	Broiler	90000	H9N2	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM6_OP	1		Vehari	30	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM6_OP	1		Vehari	30	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM6_OP	1		Vehari	30	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM7_OP	1		Vehari	34	Broiler	43000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM7_OP	1		Vehari	34	Broiler	43000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM7_OP	1		Vehari	34	Broiler	43000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM10_OP	1		Faisalabad	28	Broiler	24000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM10_OP	1		Faisalabad	28	Broiler	24000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM10_OP	1		Faisalabad	28	Broiler	24000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-04	FM11_OP	1		Faisalabad	33	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-10	FM11_OP	1		Faisalabad	33	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-10	FM11_OP	1		Faisalabad	33	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-10	FM12_OP	1		Faisalabad	23	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-10	FM12_OP	1		Faisalabad	23	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-01-10	FM12_OP	1		Faisalabad	23	Broiler	30,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-02	FM14_OP	1		Rawalpindi	21	Broiler	40,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-02	FM14_OP	1		Rawalpindi	21	Broiler	40,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-02	FM14_OP	1		Rawalpindi	21	Broiler	40,000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-02	FM16_OP	1		Lahore	28	Broiler	45000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-02	FM16_OP	1		Lahore	28	Broiler	45000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-28	FM16_OP	1		Lahore	28	Broiler	45000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-28	FM20_OP	1		Lahore	26	Broiler	45000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-28	FM20_OP	1		Lahore	26	Broiler	45000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-02-28	FM21_OP	1		Lahore	29	Broiler	37000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	FM21_OP	1		Lahore	29	Broiler	37000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	FM21_OP	1		Lahore	29	Broiler	37000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	FM22_OP	1		Lahore	24	Broiler	37000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	FM22_OP	1		Lahore	24	Broiler	37000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier
2023-03-20	FM22_OP	1		Lahore	24	Broiler	37000	IBV	1 ml /cryovial	Frozen liquid	Dry ice	World courier

<표. 파키스탄 시료 송부 리스트, 저병원성 AIV 및 IBV 시료 50건>

- 파키스탄 파이살라바드 농업 대학에서는 산란계 농장을 중심으로 바이러스 감염증 의심 케이스들에 대하여 swab 샘플을 채취하고 바이러스 진단을 실시함. PCR로 진단된 LPAI 바이러스 및 IB 바이러스 검체를 건국대학교에 송부하여 NGS를 통한 확진 검사 및 유전자 정밀분석을 실시함.
- 파키스탄 가끔 유래 전염성 기관지염 바이러스(IBV)의 S gene 분석 결과, Genbank 데이터베이스 기반의 NCBI BLAST 검색을 수행하여 Avian coronavirus Ma5와 가장 높은 상동성을 보이는 것을 확인함. 계통학적 분석을 통해 이 바이러스는 Mass-type IBV로 분류되는 것으로 확인하였으며, Mass type 백신주가 농장 내에 존재하는 것으로 확인됨.

Strain	Blast top result	Type	Cleavage site sequence motif(S gene)
IBV/Pakistan/RI0-10	Avian coronavirus Ma5	Mass-type	<sup>535</sup> Phe-Arg-Arg-Ser-Ile <sup>539</sup>

<표. 파키스탄에서 제공받은 IBV 분석 결과>

- 최근 Saleem 등 [Poult Sci. 2024.103(1)] 이 발표한 조사 논문에 따르면, 파키스탄에는 아래와 같은 다양한 유전형의 백신주가 사용 중임.
- GI-1: H120 (KF188436), M41 (X04722), H52 (AF352315), Ma5 (AY561713), Connecticut (KF696629)
- GI-5: Armidale (KU556805)
- GI-6: VicS (KF460437)
- GI-12: D274 (MH021175)
- GI-13: 4/91 (KF377577), CR88121 (JN542567), 1/96 (MK680010)
- GI-9: Arkansas (GQ504721)
- GI-19: KM91 (FJ807946)
- GI-23: 1212B (KU979007)

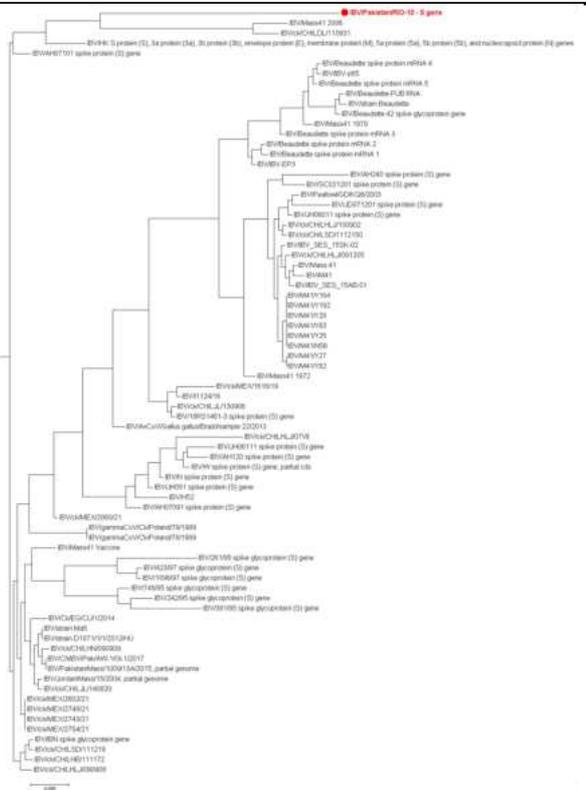
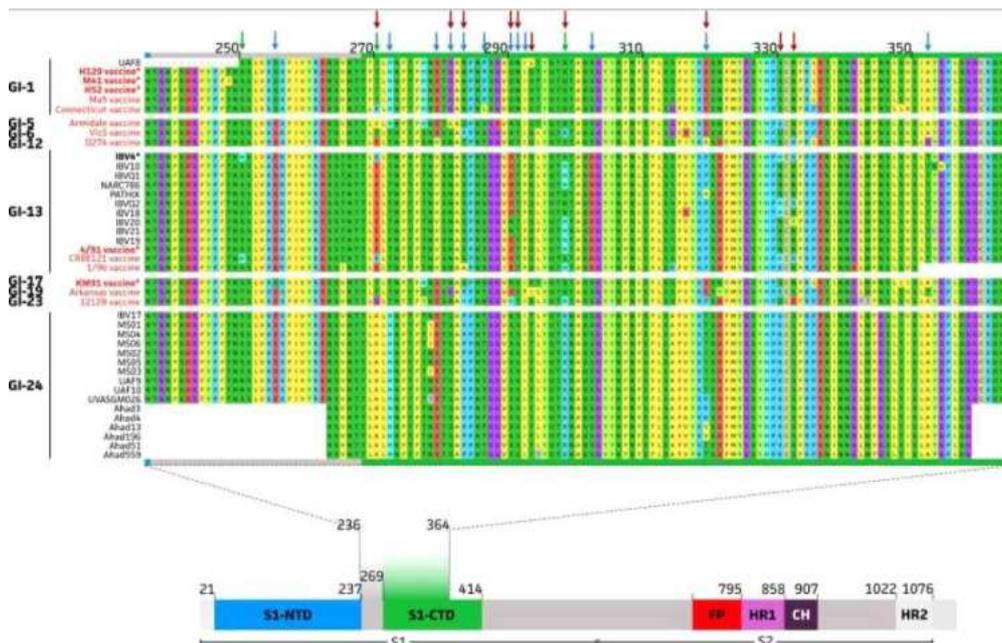


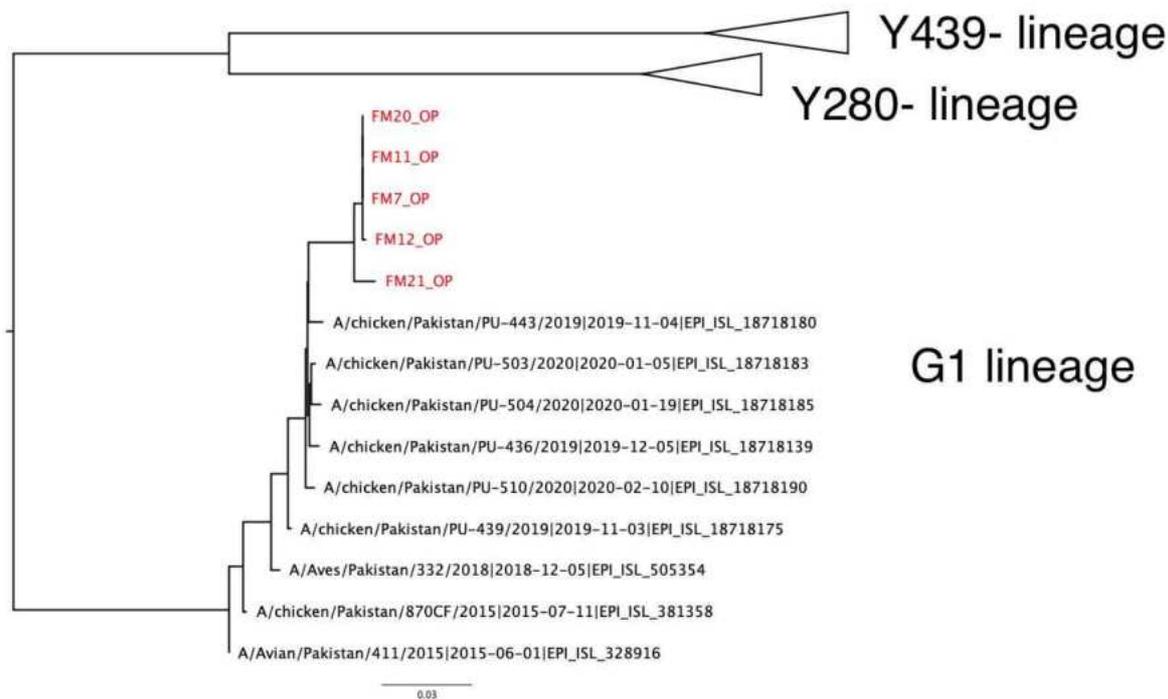
그림. 파키스탄 IBV Maximum likelihood (ML) tree

- S gene cleavage site sequence motif는 Mass-type IBV에서 보이는  $^{536}\text{Phe-Arg-Arg-Ser-Ile}^{539}$  으로 확인됨.



<그림. 파키스탄 IBV 유형 주 및 다양한 백신주의 S1 subunit 유전자, Saleem 등 Poult Sci. 2024.103(1)>

- 이 바이러스들의 계통학적 분석결과, 본 연구의 연구결과와 같이 농장 내에 다양한 백신주 바이러스들이 필드주 바이러스와 공존하고 있으므로 백신주와 필드주간의 재조합이 빈번히 일어날 것으로 예상됨.
- 또한 GI-13 및 GI-24 바이러스가 유행 중인 상황에서 유전형이 맞지 않는 백신주들이 다양하게 사용되고 있는 상황을 고려하여, 백신주의 선택과 집중이 필요한 상황으로 판단됨.
- 본 과제의 협력 파트너인 파키스탄 파이살라바드 농업 대학은 이러한 유전자 분석결과를 토대로 추후 GI-24 형 등 현재 유행주에 대한 약독화 생백신의 필요성에 대하여 공감하고 있으며, 본 연구팀과 지속적인 바이



<그림. 파키스탄에서 분리한 2023년 H9N2형 조류인플루엔자 바이러스>

- H9N2형 저병원성 조류인플루엔자 바이러스 시료로부터 RNA를 추출하고 RT-PCR 증폭을 통해 바이러스 유전체를 확보하고, NGS를 수행함. Raw sequence read는 데이터 정제 이후 *de novo* 조립 및 reference mapping을 진행함. 분석 결과 2023년도에 유행 중인 H9N2 바이러스는 G1-lineage 에 속하고 있으며, 2015년 이후 파키스탄에 유입된 바이러스가 유지되고 있는 것으로 분석됨.
- Y280, Y439, G1-lineage H9N2 바이러스 중 국내에는 Y280 및 Y439 형만이 발생함. G1-lineage H9N2는 중동 및 아프리카 지역에서 유행을 하고 있으며 국내에 유입될 가능성이 있는 바이러스이지만, 국내 연구기관에서 바이러스를 확보하고 있지 않는 상태임.
- 본 연구과제를 통하여 중동지역에 유행 중인 G1-lineage H9N2를 정식 수입하여 건국대학교에 보관하고 있음. 추후 G1 바이러스 유입에 대비하여 국내 백신의 교차면역원성 실험 및 인체감염가능성에 대비하여 항바이러스제 효능시험등을 진행을 고려하고 있음.

● 추가 국제공동연구 (이집트)

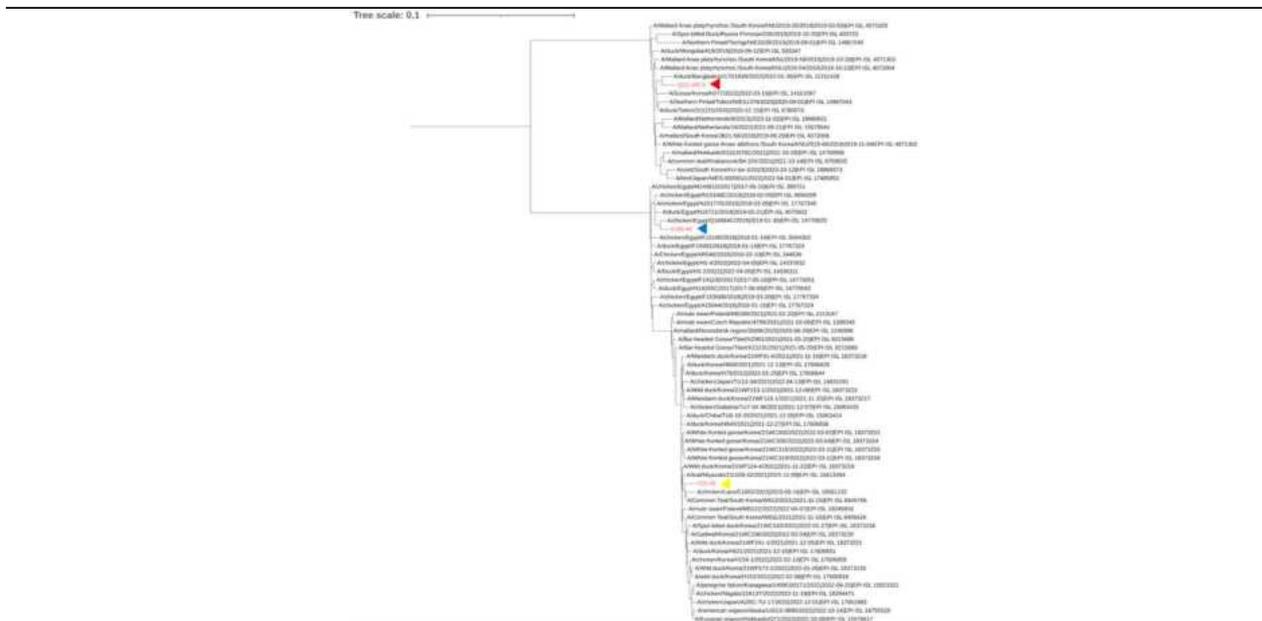
- 건국대학교 이집트 출신 대학원생 Amal Mouhamed Abdallah 와 이집트 카이로 대학의 협업을 통해 이집트 유행 신변종 조류 감염병 병원체 시료를 제공받아 NGS를 수행하고 시퀀싱 결과를 이집트에 전달하였고, 공동으로 유전자 및 역학데이터를 분석함.



<그림. 이집트 카이로 대학 연구자들과의 연구협업 미팅>

병원체	샘플타입	샘플이름	
AIV	Vial	A/chicken-Cobb/Egypt/104/2019	
IBDV	Card 1:	1. G1/CAM 13 (1st)	
		2. G1/CAM 13 (2nd)	
		3. G1/CAM 29 (1st)	
		4. G1/CAM 29 (2nd)	
	Card 2:	1. G6/ Bursa 21	
		2. G6/ Bursa 27	
		3. G5 / Bursa 3 H9	
		4. G5/Bursa 4 ATP	
	Card 3:	1. G4/Bursa 21	
		2. G4/Bursa 26	
		3. G3/Bursa	
		4. G3/CAM	
	Card 4:	1. G2/Bursa	
		2. G2/Bursa	
		3. G1/Bursa	
		4. G1/Bursa	
AIV	Card 1:	1-A58/AF	
		2-A61/AF	
		3-A63/AF	
		4-A67/AF	
	Card 2:	1-A91/AF	
		2-A188/AF	
		3-A76/AF	
		4-A55/AF	
	Card 3:	1-A84/AF	
		2-A129/AF	
		3-A131/AF	
		4-A14/AF	
	Card 4:	1- A6/bursa 21/1	
		2- A6/bursa 21/2	
		3- A11/bursa 22/1	
		4- A11/bursa 22/2	
IBV	Card 5:	1- A3/Kidney 21/1	
		2- A3/Kidney 21/2	
		3- A4/Kidney 23/1	
		4- A4/Kidney 23/2	
Turkey viral agent	Card 1	1 = F6-AAF	
		2=F23 - AAF	
		3=F20 -AAAF	
		4=F28-AAAF	
	Card 2	5= F37-AAF	
		6= F5-L	
		7=F7-S	
		8=F10-I	
	Card 3	9 = F105-Lv	
		10 = F100-Lv	
		11= F111-L	
		12= F112-L	
	Recent AIV H5 outbreaks (2022-2023)	Card 4	13 = AAF-2022A
			14 = AAF-2022B
			15= AAF-2023A
			16=AAF-2023B

<표. 이집트 시료 송부 리스트, AIV, IBV, Infections bursal disease virus, unknown turkey virus 등을 포함한 불활화 유전체 시료 53건>



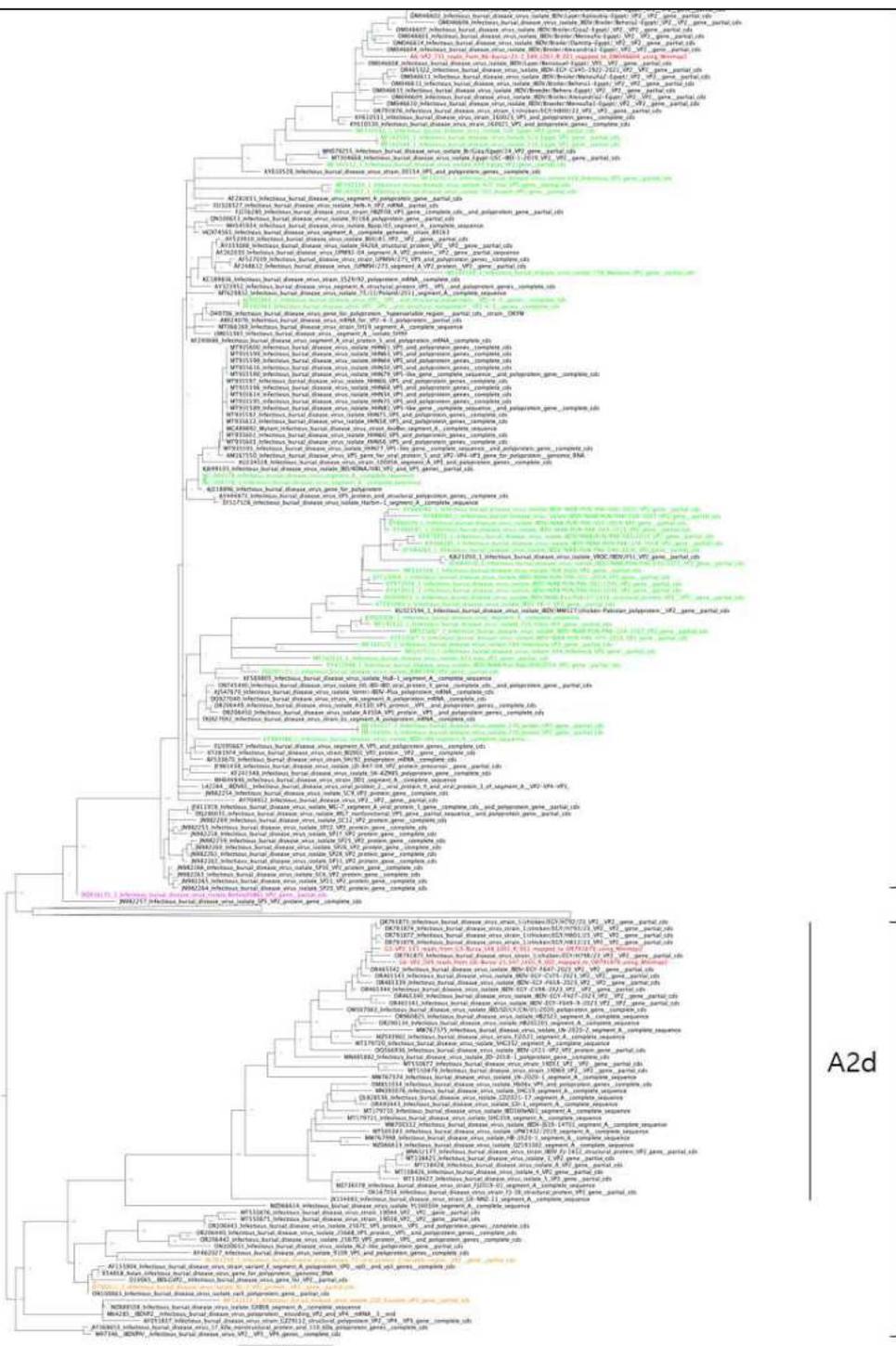
<그림. 이집트 유래 H5 아형 HA 유전자를 이용한 계통수(Maximum-likelihood tree) 분석>

- 한국 야생조류에서 분리된 H5N3 (빨간색 화살표)의 경우 2022년 한국 야생조류에서 분리된 H5 바이러스 외에도 2022년 방글라데시에서 분리된 바이러스와 2020년 일본 야생조류에서 분리된 저병원성 H5 바이러스와 가깝게 묶임. 이집트 가금 유래 H5N8(파란색 화살표)의 경우 이집트 국내 가금농장에서 유행하는 고병원성 H5 바이러스와 동일한 바이러스주로 묶이는 것이 확인됨. 해당 군주 내에는 2017-2022년에 이집트 가금농장 유래 바이러스들이 속해있어 2017년도부터 현재까지도 농장 사이 전파를 통해 꾸준히 유행 및 변이되고 있음을 알 수 있음.
- 전염성 F낭병의 serotype I은 A1~A9까지 9개의 genogroup으로 나뉨. Variant IBDV (VarIBDV)인 A2는 A2a~A2d까지 4가지의 sub-lineages로 나뉘며, 북미, 남미, 이집트, 동아시아 및 동남아시아 등 전 세계적으로 분포하고 있음. 다른 VarIBDV와 다르게 A2d lineage는 2019년 중국에서 최초로 발견된 이래로 한국, 중국, 일본 및 말레이시아 등에 퍼져나가고 있었으며, 2023년에 이집트에서 발생한 A2d IBDV의 첫 보고가 있었음. A3 lineage에 속하는 Very virulent IBDV (vvIBDV)는 1980년대에 네덜란드에서 처음 발견된 이래로 유럽의 다른 나라, 아프리카, 아시아, 남미에 이어 북미까지 빠르게 퍼져나갔으며, 이집트의 경우 vvIBDV가 1989년에 첫 보고된 이래로 지속적으로 발생하고 있음.



<그림. VarIBDV의 전세계적 분포도>

- 이번 이집트 FTA card 시료의 RNA extraction 및 NGS를 통한 VP2 protein maximum-likelihood phylogenetic analysis 결과 A2d sub-lineage 2건 및 A3 lineage 1건으로 나타났으며, A2d의 경우 2024년에 보고된 2023년 이집트 유래 VarIBDV와 유사한 것을 확인하였으며, A3의 경우도 이집트에서 지속적으로 보고되고 있던 vvIBDV와 유전적 거리가 가까운 것을 확인함.



<그림. 이집트 유래 IBV VP2 유전자를 활용한 IBV 유전형 계통수 분석>

- 이번 분석 결과 vvIBDV가 분포하는 것을 확인하였으며, 동아시아 및 동남아시아에 분포하던 새로운 유전자형인 A2d lineage가 이집트에도 확산되는 것을 확인함. 국경을 넘어 전 세계적으로 새로운 유전자형의 등장 및 확산에 효과적으로 대응하기 위해 지속적인 국제협력을 통한 정보 공유 및 모니터링이 필요할 것으로 생각됨.

○ 철새 및 가금 유래 고병원성 조류인플루엔자 병원성 연구를 통한 메커니즘 규명

● 국제공동 4 & 5 (미국/영국 OIE 표준실험실)

- 미국 USDA의 Dr. Mia Torchetti 및 Dr. David Swayne 과 영국 APHA 의 Dr. Ian Brown으로부터 미국 및 유럽 표준실험실들이 보유한 30년간의 500개 이상의 조류인플루엔자 바이러스 병원성 정보 및 HA 단백질 유전자 염기서열을 확보하고 통합 분석하여 전 세계 고병원성 조류인플루엔자 바이러스들의 병원성 결정인자 부위의 특성을 분석하고 논문에 발표함.

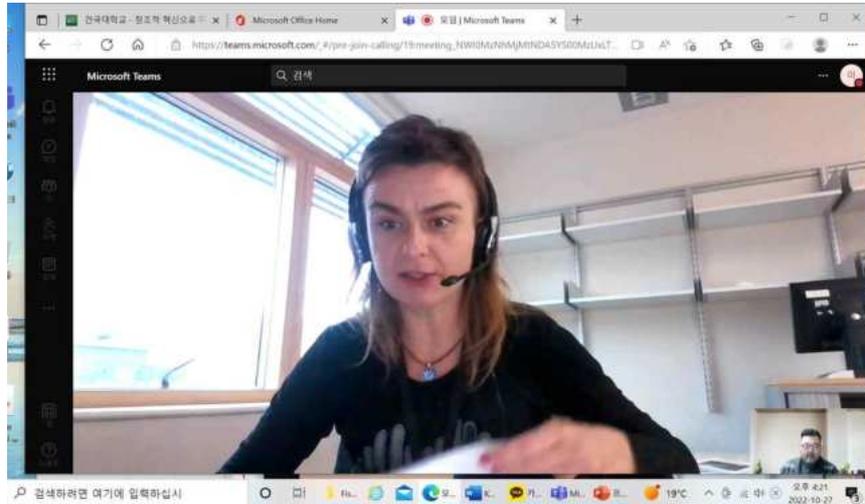
Molecular determination <sup>↙</sup>	Cleavage site sequences <sup>↙</sup>	In vivo Pathogenicity <sup>↙</sup>	
		High <sup>↙</sup>	Low <sup>↙</sup>
HPAI <sup>↙</sup> ↙ G5/GD lineage ↙ H5Nx <sup>↙</sup>	PQRRRRKKR/G, PLREKRRKR/G, PLRERRRKR/G, PLRERRRRR/G, PLRGKRRKR/G, PPREKRRKR/G, PPRERRRKR/G, PQREKRRKR/G, PQRERRRKR/G, PQRERRRRR/G, LRRERRRKR/G, PLREKRRRRR/G, PQREKRRRKR/G, PQREGRRRKR/G, PQIEGRRRKR/G, PQGERRRKR/G, PQIERRRKR/G, PQRERRRKR/G, PQSRRRKR/G <sup>↙</sup>	152 <sup>↙</sup> (98.06%, 95% CL: 94.45- 99.60%) <sup>↙</sup>	3 <sup>↙</sup> (1.94%, 95% CL: 0.40- 5.55%) <sup>↙</sup>
	Sporadic LPAI- to-HPAI mutation <sup>↙</sup>	PQKKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PQRKR/G, PERKR/G <sup>↙</sup>	32 <sup>↙</sup> (84.21%, 95% CL: 68.75- 93.98%) <sup>↙</sup>
LPAI <sup>↙</sup>	PQRETR/G, PQKTR/G, PQREIR/G, PQKETR/G, PQRKTR/G, PQTRTR/G <sup>↙</sup>	0 <sup>↙</sup> (0%, 97.5% CL: 0.0- 1.45%) <sup>↙</sup>	253 <sup>↙</sup> (100%, 97.5% CL:98.55- 100.0%) <sup>↙</sup>

<표. 고병원성 및 저병원성 H5 바이러스의 분자적 병원성 확인 및 동물내 병원성 확인 데이터>

Molecular determination <sup>↙</sup>	Cleavage site sequences <sup>↙</sup>	In vivo Pathogenicity <sup>↙</sup>	
		High <sup>↙</sup>	Low <sup>↙</sup>
HPAI <sup>↙</sup>	PETPKRRKR/G, PEIPKRRKR/G, PEIPKRRKR/G, PEIPKRRRR/G, PEIPKRRKR/G, PEIPKRRKR/G, PETPKRRKR/G, PETPKRRRR/G, PEIPKRRR/G, PEIPKRRKR/G, PEIPKKREKR/G, PETPKRRRRR/G, PETPKRRKR/G, PEIPKRRRRR/G, PENPKRRKR/G, PEIPKRRRRR/G, PEIPKRRRRR/G, PEKPKTCSPLSRCRETR/G, PEKPKTCSPLSRCRKR/G, PELPGTKPRRRR/G, PENPKDRKSRHRRTRTR/G, PENPKQACQKRMTR/G, PENPKQAHQKRMTR/G, PENPKQAYHKRMTR/G, PENPKQAYKKRMTR/G, PENPKQAYQKRMTR/G, PENPKQAYRKRTR/G, PENPKTTKPRRRR/G, PENPRQAYRKRTR/G <sup>↙</sup>	50 <sup>↙</sup> (93.10%, CL: 92.89- 100%) <sup>↙</sup>	0 <sup>↙</sup> (0%, CL: 0.00-7.11%) <sup>↙</sup>
LPAI <sup>↙</sup>	PEIPKGR/G, PEKPKR/G, PEIPKGR/G, PEKPKPR/G, PEKPKTR/G, PELPKRR/G, PENPKIR/G, PENPKNR/G, PENPKPR/G, PENPKTR/G, PENPNTR/G, PESPRPR/G, PQRETR/G, REPKPR/G <sup>↙</sup>	0 <sup>↙</sup> (0%, CL: 0.00- 2.46%) <sup>↙</sup>	148 <sup>↙</sup> (100%, CL: 97.54-100.0%) <sup>↙</sup>

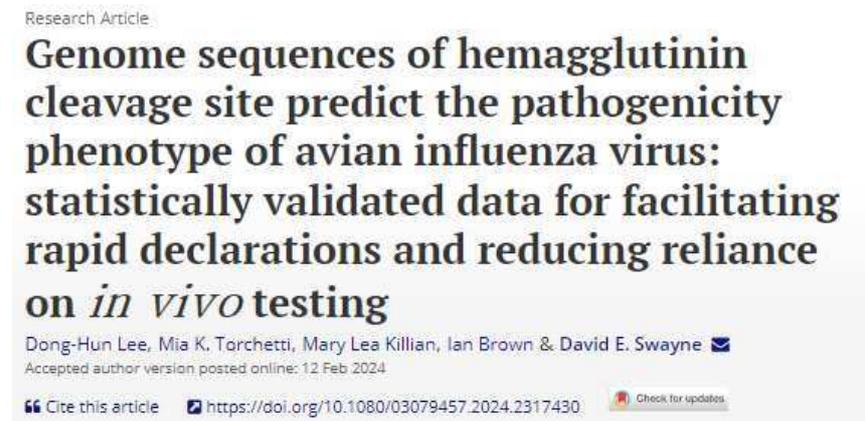
<표. 고병원성 및 저병원성 H7 바이러스의 분자적 병원성 확인 및 동물내 병원성 확인 데이터>

- 해당 연구 내용을 영국 APHA의 Ian Brown 및 Klaudia Chrzastek 박사와 화상회의를 통해 연구 상황을 공유 이후 국제 세미나 기획하여 2차년도에 진행함.



<그림. 영국 APHA 소속 Klaudia Chrzastek 박사 와 연구 상황 공유를 위한 화상회의 진행>

- 닭에서 H1-H16에 해당하는 대부분의 조류 인플루엔자 바이러스는 저병원성으로 나타나는 반면, 일부 H5 및 H7 AI 바이러스는 전신감염을 일으키는 고병원성으로 나타남. 조류 인플루엔자의 병원성은 헤마글루티닌 cleavage site의 basic amino acid 수에 의해 결정된다는 것으로 알려져 있으나, 병원성에 확진을 위한 동물실험은 여전히 진행되고 있음. 이에 불필요한 동물실험을 줄이고 병원성 확진에 필요한 시간을 줄이기 위해 헤마글루티닌 cleavage site와 병원성에 대한 데이터를 모아 비교하고 통계적으로 염기서열 분석만을 이용한 병원성 확진이 충분함을 보여줌.



<그림. H5, H7 조류인플루엔자 바이러스들의 병원성 결정인자 부위 특성 분석자료 논문 발표>

● **국내 위탁기관 (서울대학교)**

- 서울대학교 수의과대학 소속 최강석 교수로부터 야생조류 유래 조류 인플루엔자 바이러스와 관련 역학정보를 31건 확보하였으며, NGS을 통한 바이러스 전장 유전체 분석을 완료함. 국내 야생조류도래지 (서호, 청미천, 탄천, 안양천, 시화호 등)에서 분리한 저병원성 조류인플루엔자 바이러스를 종란을 이용하여 배양하고 건국대학교에 전달함.
- 건국대학교에서 진행한 국내 저병원성 조류인플루엔자 바이러스 유전자 확보 및 진화 역학연구에 활용함.

	시료명	subtype	분리년도	Collection date	채취 장소	host
1	181042	H3N8	2018	2018-10-04	서호	Anas poecilorhyncha/Anas platyrhynchos
2	1810425	H3N8	2018	2018-10-04	서호	Anas poecilorhyncha/Anas platyrhynchos
3	1810109	H9N2	2018	2018-10-10	황미천	Anas platyrhynchos/Anas poecilorhyncha
4	1810105		2018	2018-10-10	황미천	Anas platyrhynchos/Anas poecilorhyncha
5	180450	H6N1	2018	2018-04-26	한천	Anas platyrhynchos/Anas poecilorhyncha
6	1811171	H1N1	2018	2018-11-26	안양천	Anas platyrhynchos/Anas poecilorhyncha
7	1811160	H7N5	2018	2018-11-26	시화호	
8	180926		2018			
9	180378	H5N5	2018	2018-03-13	시화호	Anser fabalis
10	1803156	H5N5	2018			
11	180371	H1N5	2018	2018-03-12	시화호	Anser fabalis
12	19NV-22	H6N2	2019	2019-11-27	화성호	Anser fabalis
13	19NV-50	H6N2	2019	2019-11-27	화포천	Anser fabalis
14	19DC-15	H6N2	2019	2019-12-03	주남저수지	Anser fabalis
15	19DC-20	H6N2	2019	2019-12-03	주남저수지	Anser fabalis
16	19DC-42	H6N1	2019	2019-12-03	우포늪	Anser brachyrhynchus
17	19DC-44	H11N2	2019	2019-12-03	우포늪	Anser brachyrhynchus
18	22MC-64	H6N1	2022	2022-03-02	대호방조제	Anser albifrons
19	22MC-68	H6N8	2022	2022-03-02	대호방조제	Anser albifrons
20	22MC-41	H6N2	2022	2022-03-02	대호방조제	Anser albifrons
21	22MC-50	H6N2	2022	2022-03-02	대호방조제	Anser albifrons
22	22MC-51	H6N8	2022	2022-03-02	대호방조제	Anser albifrons
23	22MC-63	H6N8	2022	2022-03-02	대호방조제	Anser albifrons
24	22JN-163-1	H10N8	2022	2022-01-11	달암습지	Anser albifrons
25	22JN-163-5	H10N8	2022	2022-01-11	달암습지	Anser albifrons
26	22JN-252	H6N1	2022	2022-01-18	석문간척지	Anser albifrons
27	21DC-17	H6N1	2021	2021-12-13	성암저수지	Anser albifrons
28	21DC-20	H6N1	2021	2021-12-13	성암저수지	Anser albifrons
29	5Q-150	H7N2	2021	2022-01-10	하도리	Anas platyrhynchos
30	5Q-151	H7N2	2021	2022-01-10	하도리	Anas platyrhynchos
31	5W21	H9N2	2021	2021-02-15	금포호	Anser albifrons

<표. 국내 위탁 기관인 서울대학교 수의과대학 최강석 교수 연구팀 분리 야생조류 유래 조류 인플루엔자 바이러스 관련 역학정보>

- 2023년 국내 야생조류 물닭에서 분리된 바이러스 4종에 대해 차세대 염기서열 분석법을 적용해 전장유전체 분석을 진행함. 2023년 야생조류 및 철새 계군에서 저병원성 조류 인플루엔자 바이러스 H5N3 및 H6N2가 유행하고 있음을 확인함.

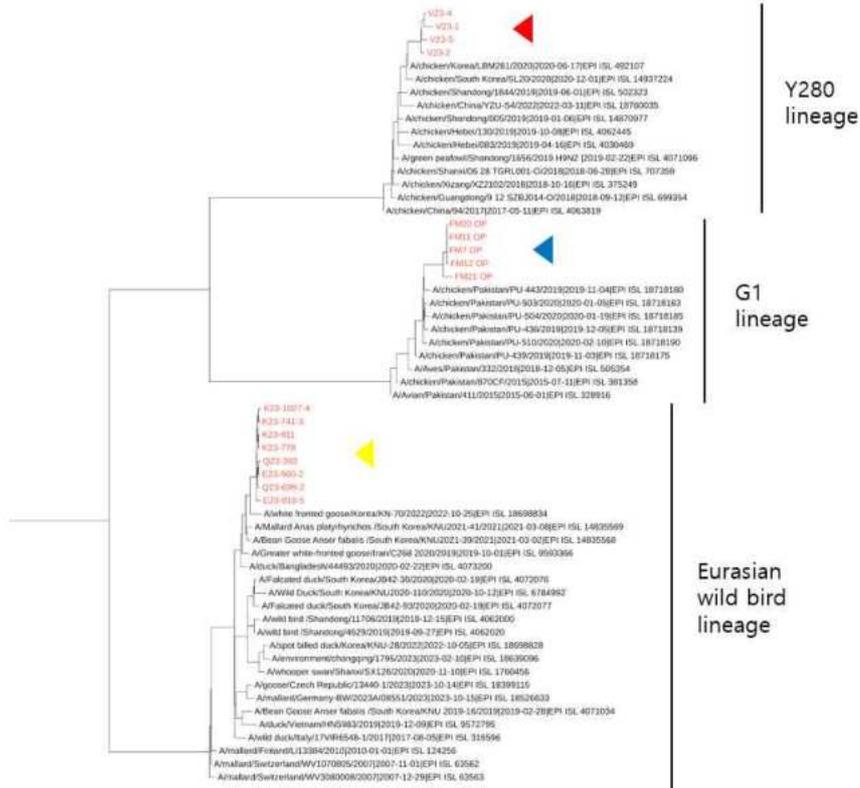
번호	바이러스 균주명	Accession number	Database	년도
1	A/Coot/South Korea/sw23-12/2023(H6N2)	PP237360-PP237367	NCBI GenBank	2023
2	A/Coot/South Korea/sw23-3/2023(H5N3)	PP239030-PP239037	NCBI GenBank	2023
3	A/Coot/South Korea/sw23-19/2023(H6N2)	PP256302-PP256309	NCBI GenBank	2023
4	A/Coot/South Korea/sw23-23/2023(H6N2)	PP256310-PP256317	NCBI GenBank	2023

<표. 서울대 연구팀 분리 야생조류 유래 조류 인플루엔자 바이러스 유전자 기탁 정보>

● 국내 주관기관 (건국대학교)

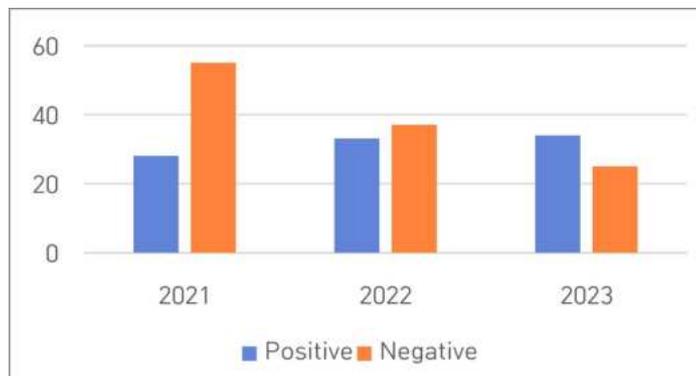
- 국내 야생조류 및 재래시장 유래 조류 인플루엔자 바이러스

- 건국대학교 연구팀은 국내 야생조류 및 재래시장 유래 조류 인플루엔자 바이러스 170종 전장 유전체 분석을 진행하여 최종적으로 GISAID EpiFlu 데이터베이스에 158건 공유 실적 달성함. 기존 부족했던 국내 야생조류 및 재래시장 유래 조류 인플루엔자 유전자 데이터베이스를 강화하는 계기가 되었으며, 세계적으로 시퀀싱 역량이 성장했음을 보여주는 지표가 됨.

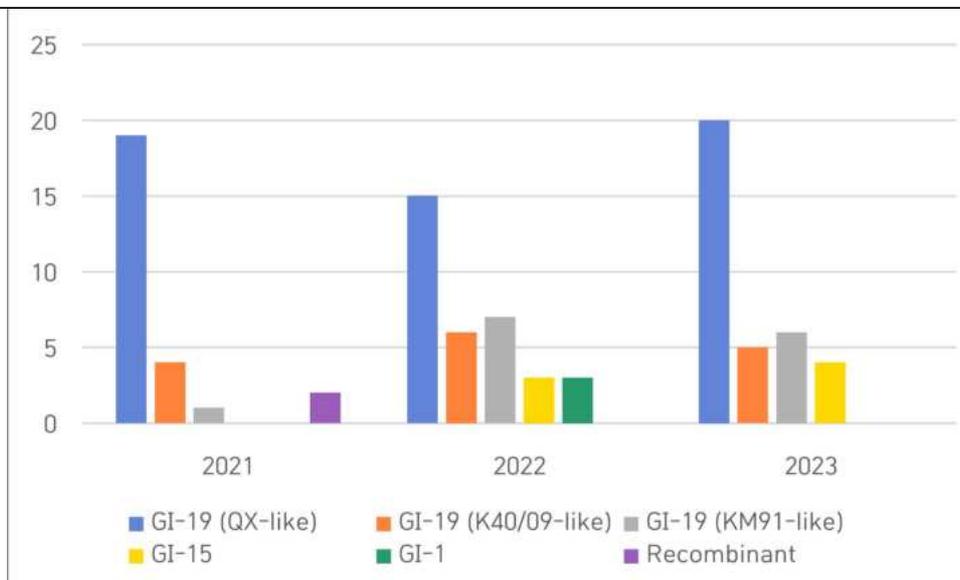


<그림. H9N2 아형 HA 유전자를 이용한 계통수(Maximum-likelihood tree) 분석 결과 >

- 국내 유행 H9N2 바이러스는 Y280 lineage에 속하며 최초로 2020년에 한국의 가금시장 및 농장에서 분리된 Y280으로부터 진화하고 있음. 한국 다음으로는 중국의 가금류 유래 Y280과 유전적 거리가 가까운 것이 확인됨.
- 파키스탄 유래 샘플(파란색 화살표)은 이전부터 파키스탄의 가금농장에서 꾸준히 발생하던 G1 lineage로 밝혀짐. 해당 바이러스주는 2015년 이전부터 파키스탄 내에 존재하였으며 파키스탄 국내 가금농장 사이의 전파를 통해 꾸준히 유행하고 있음.
- 국내 야생조류 유래 샘플(노란색 화살표)은 유라시아 야생조류 바이러스주에 속하며 2020-2022년 한국 야생조류에서 분리된 H5 바이러스도 이에 속함. 한국 유래 바이러스 외에도 2020년 이란과 방글라데시를 비롯한 서남아시아 지역 야생조류에서 분리된 바이러스와 가깝게 묶임.
- 건국대학교 연구팀은 전 세계적으로 가금 산업에 피해를 야기하고 있는 전염성 기관지염 바이러스(IBV) 유행주를 확보하고 전장유전체 분석을 실시함. 현재 국내 IBV는 GI-1, GI-15, GI-19 및 GVI-1 등이 보고됨.
  - 본 연구진은 2021년 1월 7일부터 2023년 10월 5일까지 가금 유래 샘플로부터 총 212건의 IBV rRT-PCR을 이용한 유전자 검사를 진행함. 그 중 양성으로 확인된 샘플은 2021년 28건, 2022년 33건 및 2023년 34건으로 확인됨.
  - 양성으로 확인된 시료의 S1 유전자를 타겟으로 한 RT-PCR 및 Sanger sequencing 결과 QX-like IBV가 2021년 19건(67.9%), 2022년 15건(45.5%) 및 2023년 20건(58.8%)으로 확인됨.

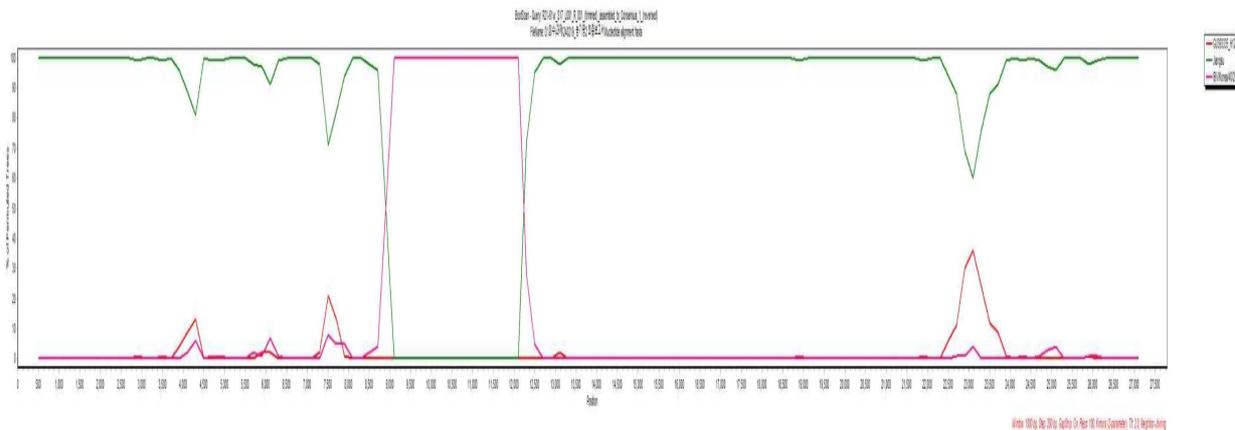


<그림. 가금 유래 샘플 212건의 IBV rRT-PCR 유전자 검사 결과>

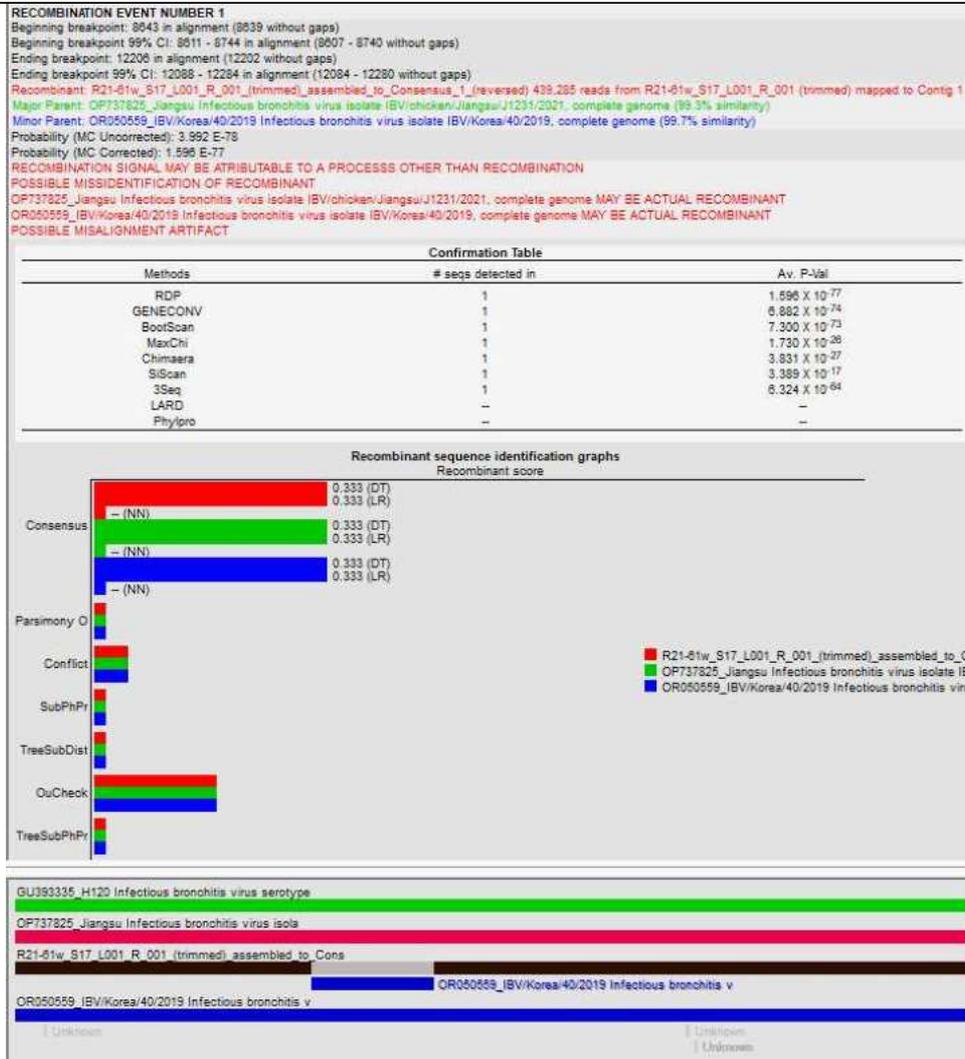


<그림. 양성 시료 95건의 S1 gene을 이용한 유전자형 확인 결과>

- 1993년 중국에서 최초로 QX형 IBV가 보고된 이래로 국내에도 2002년부터 지속적으로 QX형 IBV가 보고되고 있으며, 이번 분석 결과 대부분 GI-19에 속하는 QX-like IBV가 국내에 상재해 있음을 확인함. 국내외로 새로운 유전자형 및 재조합 IBV가 등장하고 있으며, 이에 대해 효과적으로 대응하기 위해 국경을 넘은 지속적인 국제 협력이 필수적일 것이며, 이를 통한 정보 공유와 모니터링이 중요할 것으로 생각됨.
- 2021년도 국내 식용 계육 88건 중 rRT-PCR을 통해 양성으로 확인된 전염성 기관지염 바이러스 (IBV) 11건을 NGS를 이용해 분석함. IBV 11건의 Spike 1 gene을 이용해 유전자형을 확인한 결과 GI-15 (B4-like) 1건, GI-19 10건으로 확인됨. GI-19 중 QX-like 8건, KM91-like 1건, K40/09-like 1건으로 확인됨.
- 전장유전체 분석을 위해 NCBI BLAST 결과로 얻은 reference sequence 및 국내에서 백신주로 사용되고 있는 IBV들을 모은 뒤 Recombination Detection Program (RDP) 5와 Simplot software (v. 3.5.1)을 국내외의 IBV와의 재조합 분석을 진행함.



<그림. R21-61 IBV의 Simplot software 분석 결과>



<그림. R21-61 IBV의 RDP 5 재조합 분석 결과>

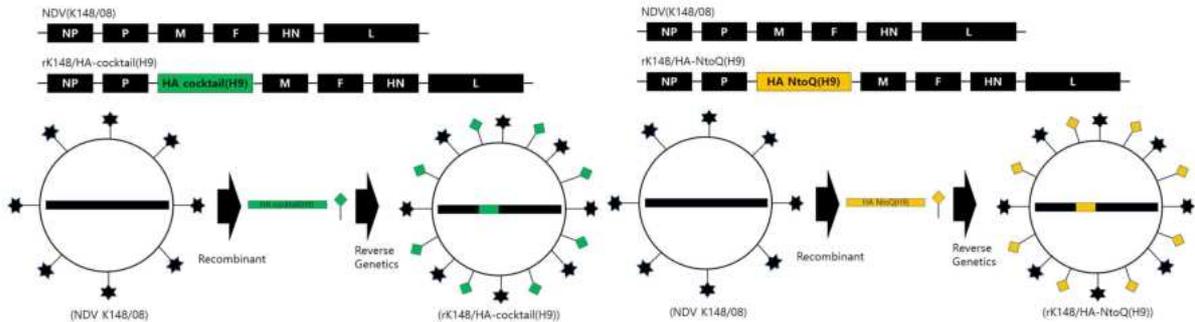
- RDP 5의 여러 재조합 확인 도구 중 5가지 이상의 p-value < 1x10<sup>-14</sup>의 경우를 확인한 결과 중국 유래의 QX와 유전적 상동성이 높았던 R21-61주의 1ab replicase 부분에서 minor parent가 한국의 IBV/Korea/40/2019로 다른 부분은 major parent 중국의 IBV/chicken/Jiangsu/1231/2021와의 재조합이 확인됨. Simplot software를 이용해 한국 및 중국 유래 IBV와 재조합이 확인된 R21-61주와 국내에서 사용하고 있는 백신주를 이용해 분석한 결과 breakpoint가 8639번째 염기서열과 12202번째 염기서열임을 확인함.
- 이번 분석 외에도 국내외에서 지속적으로 재조합 IBV가 보고되는 만큼 식용 계육뿐만 아니라 생가금의 모니터링 및 신규한 재조합 IBV의 병원성을 평가할 필요성이 있을 것으로 생각됨.

○ NGS 및 생물정보학 이용 국내외 조류 바이러스 질병의 유전자 염기서열 확보

- 위와 같이, 연구 네트워크로부터 확보된 바이러스들은 병원성 및 역학정보를 이용하여 선별 후, Illumina Next-generation sequencing를 이용하여 유전자 데이터를 확보함.
- 확보된 바이러스 유전자 데이터를 생물정보학 소프트웨어들을 이용하여 조립하여, NCBI GenBank 혹은 GISAID 데이터베이스에 공유함.
- 조립된 바이러스 염기서열은 계통분석을 통하여 유전형을 판독하고 병원성 인자 등 분자생물학적 특성을 분석함.
- 국내 야생조류 유래 저병원성 조류 인플루엔자 바이러스와 육계 IBV를 포함하여 총 **273건 확보/분석**하여 기존 국내 신변종 조류 감염병 시료 확보 목표인 200건을 초과하여 달성함.
- 국외 공동연구기관들을 통해 확보한 신변종 조류 감염병 시료를 페루 37건, 파키스탄 50건, 이집트 53건, 스페인 149건을 포함해 총 **289건 확보/분석**하여 기존 국외 신변종 조류 감염병 시료 확보 목표인 120건을 초과하여 달성함.
- 조류 감염병 바이러스 연구 네트워크를 통해 확보한 신변종 조류 감염병 시료 (중동, 유럽, 남미 바이러스 120건 이상 확보, 국내 바이러스 200건 이상 확보)를 초저온 냉동고에 저장 보관하며, 나이/성별/증상/종/채취일/채취 부위 등 샘플 정보를 수집하여 샘플의 위치 정보와 연동하여 관리함.

○ 국내 및 해외 수출용 광범위 H9형 조류인플루엔자 백신 개발 및 특허 확보

- 주관연구책임자가 보유한 유전체 분석기법 기반 백신 디자인 기술을 이용하여 유행 바이러스에 대한 광범위한 효능을 보일 것으로 예상되는 H9 항원 유전자를 4종 디자인하고, 그 중 2종을 선발하여 백신 후보주 제작함.
- 제작된 신규 광범위 H9 백신 항원을 인플루엔자 역유전학기술 및 뉴캐슬 바이러스 벡터백신 기술을 이용하여 백신후보주를 제작을 시도함.
- PR8 backbone을 이용한 인플루엔자 역유전학기술로는 제작된 신규 광범위 H9 백신 항원을 포함하는 바이러스가 생산되지 않았으며, 인공적으로 디자인된 유전자와 PR8 바이러스간 virus fitness 가 맞지 않는 것으로 판단됨.



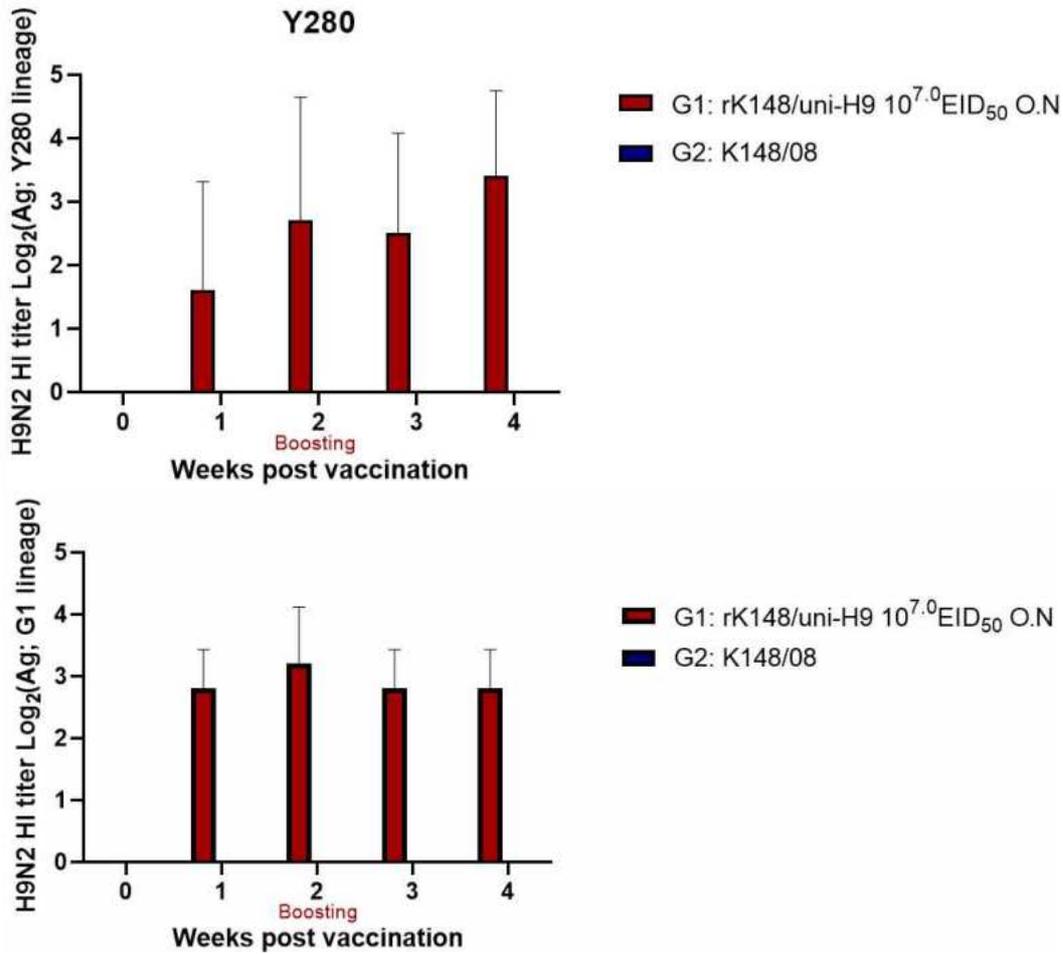
<그림. 광범위 H9 항원을 포함하는 역유전학 뉴캐슬병 백신 모식도>

- 건국대학교가 보유하고 있는 뉴캐슬 바이러스 벡터백신 기술을 이용한 역유전학기술로 제작된 신규 광범위 H9 백신 항원을 포함하는 바이러스 생산이 성공적으로 이루어짐.
- K148 뉴캐슬 바이러스 벡터에 uni-H9 항원 유전자를 클로닝하고 세포에 감염하여 rK148/uni-H9 재조합주를 생산하고, 백신 효능을 평가함.

광범위 H9 백신 및 공격접종 동물실험 그룹 설정

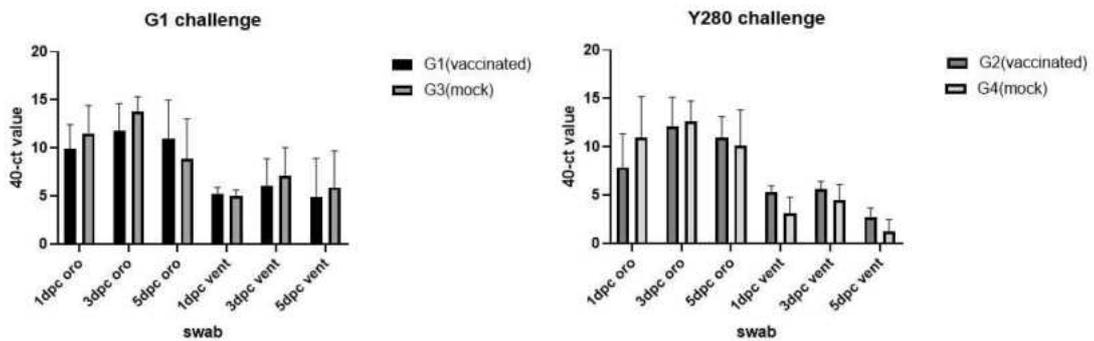
Group	Vaccine	Age at vaccination (date)	Challenge Strain	Age at challenge (date)	Challenge Route/dose	# of birds placed/# of birds at challenge
1	10 <sup>7</sup> EID <sub>50</sub> rK148/uni-H9 vaccine	3w, 5w	H9 G1	7w	IO <sub>3</sub> , IN 10 <sup>6</sup> EID <sub>50</sub> /100ul	10
2	10 <sup>7</sup> EID <sub>50</sub> rK148/uni-H9 vaccine	3w, 5w	H9 Y280			9
3	N/A	-	H9 G1			10
4	N/A	-	H9 Y280			10

- 3주령 SPF 닭을 위의 표와 같이 나누고 음성 혈청 채혈 뒤 광범위 H9 백신을 그룹 1과 2에 10<sup>7</sup>EID<sub>50</sub>/수 접종 및 1차 백신 2주 후 Boosting을 진행함. 1차 백신 접종 2주 후 및 공격접종 직전에 모든 그룹의 HI test를 통한 항체가 측정을 위해 채혈을 진행함. 공격접종 1, 3, 5일마다 구강 및 총배설강을 swab하여 rRT-PCR을 통해 바이러스의 배출량을 측정함. 농림축산검역본부의 백신 검정 기준에 맞추어 공격접종 5일 후 모든 그룹의 기관 및 맹장편도를 채취하여 종란 접종을 통한 바이러스의 재분리 여부를 확인함.
- 항체가 측정 결과 백신을 접종하지 않은 그룹에서는 혈구 응집 억제가 일어나지 않았으며, rK148/uni-H9 백신 접종을 진행한 그룹은 G1 항원 및 Y280 항원에 대한 혈중 내 항체형성이 잘 일어남.



<그림. 백신 접종 후 G1 (위) 및 Y280 (아래) 항원에 대한 백신 접종 후 혈청의 HI titer>

- 모든 그룹의 공격접종 1, 3, 5일 후 바이러스 배출량 확인 결과 백신 접종군과 미접종군에서 큰 차이를 보이지 않았지만, 공격접종 5일 후 기관 및 맹장편도로부터의 바이러스 재분리 실험 결과 G1 및 G2가 G3와 G4에 비해 기관에서 일부 방어가 되는 것을 확인함.



<그림. G1 공격접종 그룹 (좌) 및 Y280 공격접종 그룹 (우)의 공격접종 1, 3, 5일 후 구강 및 총배설강으로부터의 바이러스 배출량 비교>

5dpc re-isolation	Trachea	Cecal tonsil
G1 (vaccinated, G1 challenge)	8/10 (80%)	4/10 (40%)
G3 (mock, G1 challenge)	10/10 (100%)	4/10 (40%)
G2 (vaccinated, Y280 challenge)	6/9 (67%)	0/10 (0%)
G4 (mock, Y280 challenge)	8/10 (80%)	0/10 (0%)

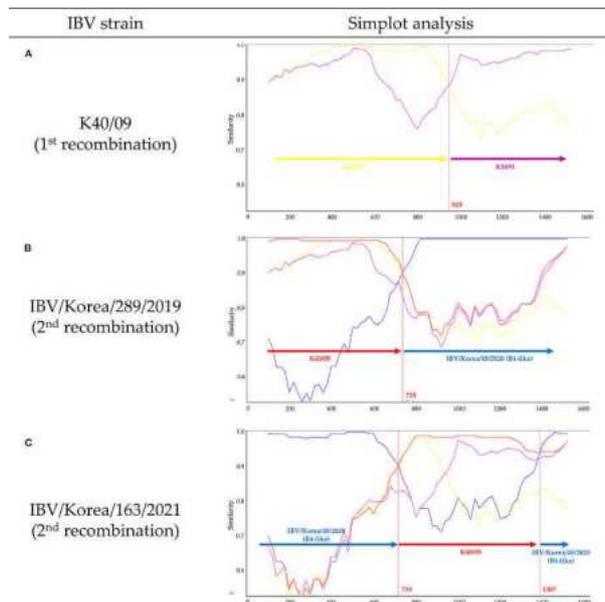
<표. 시험 그룹의 공격접종 5일 후 기관 및 맹장편도로부터의 종란 접종을 통한 바이러스 재분리 실험 결과>

- 제작된 신규 광범위 H9 백신의 효능 시험을 진행한 결과 G1 및 Y280 항원에 대한 항체가 형성되는 것으로 확인되었으며, 미접종군과의 비교에서 기관의 재분리 결과 방어를 보이는 것을 확인함.
- G1 및 Y280 바이러스에 대한 광범위 H9 백신으로 활용하기 위하여 사독백신을 제작하여 생독 priming 백신 후 사독 boosting을 하는 방법으로 활용이 가능할 것으로 판단됨.
- 개발된 rK148/uni-H9 재조합주는 추후 상용화 가능성을 염두해두고 지식재산권 선점하기 위하여 특허를 출원함: “뉴캐슬병 바이러스 K148/08을 벡터로 사용한 신규한 키메릭 H9N2형 저병원성 조류인플루엔자 백신”

(2) 정량적 연구개발성과

○ 논문 투고 5건

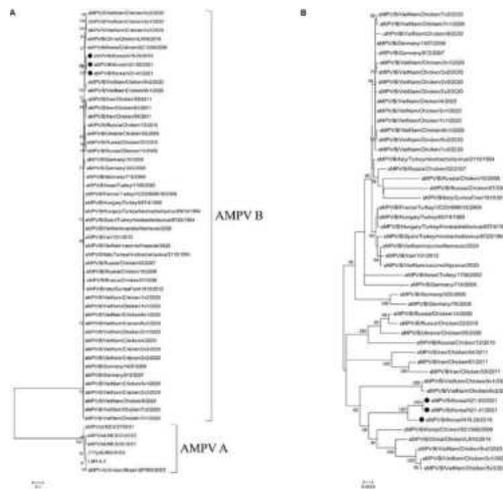
- **Novel recombinant avian infectious bronchitis viruses in Korea, 2019–2021** (Frontiers in Veterinary Science 저널, IF: 3.471, 분야별 상위 10% 저널)



<그림. 재조합형 바이러스 생성 과정>

- 국내 신변종 조류 감염병 전염성 기관지염 바이러스 (Infectious Bronchitis Virus: IBV)를 국내 육계 및 산란계에서 2종 분리함. 2종의 바이러스에서 항원변이 및 재조합이 관찰되었으며, 기존 GI-15, 16, 19 와 GVI-1의 유전형과 다른 IBV/Korea/289/2019 와 IBV/Korea/163/2021 이 분리됨. 이 두 균주는 각각 GI-19와 GI-15이 각기 다른 형태로 재조합되었고, 이러한 형태의 재조합은 이전 보고된 IBV와 다른 형태임. 또한 GI-19와 GI-15의 바이러스는 각기 다른 병원성과 조직친화성을 가지고 있으나, 재조합으로 인한 조직친화성의 변화를 살펴봄. 재조합을 통해 항원이 변함도 확인함. 본 연구를 통해 국내에는 새로운 IBV의 재조합형이 지속적으로 생성되고 있음을 확인함.

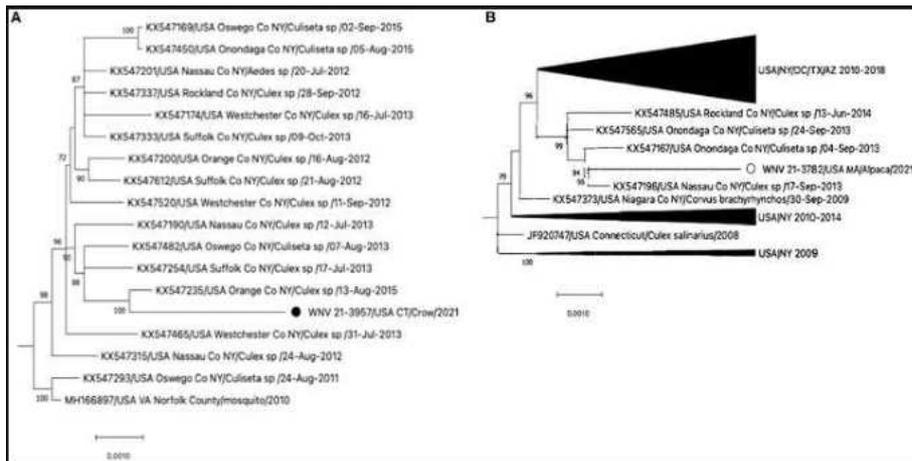
- **Whole Genome Sequencing of avian metapneumovirus type B genomes directly from clinical samples collected from live bird markets using multiplex tiling RT-PCR method** (Frontiers in Veterinary Science 저널, IF: 3.471, 분야별 상위 10% 저널)



<그림. AMPV type B 계통수>

- 본 연구에서는 2019년부터 2022년까지 국내 재래시장 닭에서 6종의 Avian metapneumovirus type B를 검출하고 전장 유전체를 분석함. AMPV의 전장유전체 서열분석을 위해 complete coding sequences의 tiling PCR primer panel을 제작하고 NGS를 활용해 전장유전체를 확보함. 본 연구에서 확보한 AMPV type B는 기존 AMPV type B 유전체 풀에 다양성을 더했고, 기존 국내 유행주와 상당히 변이가 진행되었음을 확인함. 본 연구로 얻은 신변종 조류 감염병을 이용하여 백신 개발을 한다면 기존 백신주로 사용되고 있는 균주를 업데이트하여 최신 균주에 의한 보다 높은 방어율이 예상됨.

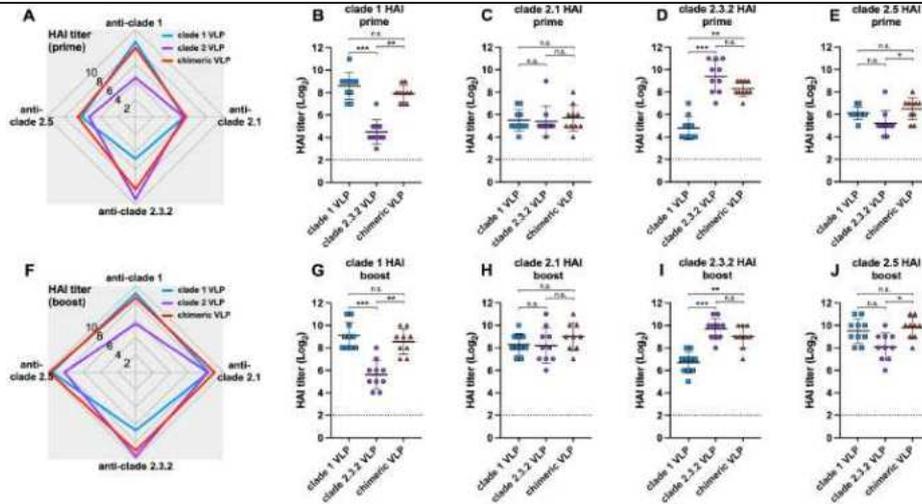
• Whole Genome Sequencing and Phylogenetic Analysis of West Nile Viruses from animals in Connecticut, USA, 2021 (Frontiers in Veterinary Science 저널, IF: 3.471, 분야별 상위 10% 저널)



<그림. West nile virus 계통수 분석, 두 바이러스가 서로 다른 클레이드에 해당함.>

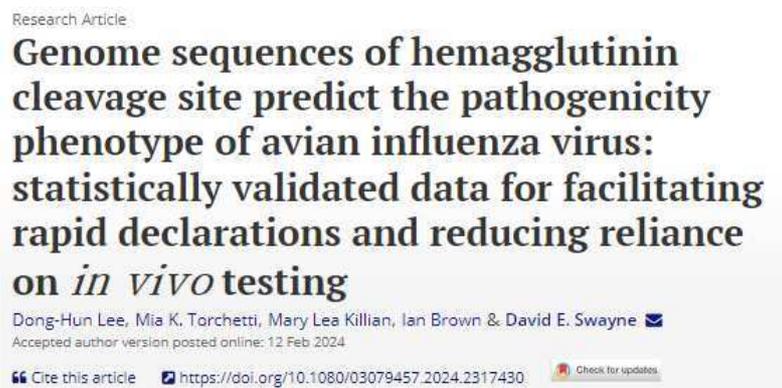
- 본 연구에서는 미국 Connecticut에서 발견된 까마귀와 Massachusetts 알파카에서 분리된 West Nile virus의 전장 유전체를 확보해 계통학적 분석을 진행함. 까마귀에서 분리된 WNV 21-3957/USA/CT/Crow/2021은 뉴욕에서 2007년부터 2013년까지 모기와 새에서 분리된 WNV와 클레이드를 이루었고, 알파카에서 분리된 WNV 21-3782/USA/MA/Alpaca/2021은 뉴욕, 텍사스 및 아리조나에서 2012년부터 2016년까지 모기에서 분리된 WNV와 클레이드를 형성함. 같은 계절, 비슷한 지역에서 검출된 까마귀와 알파카 바이러스 간 보이는 유전적 차이는 벡터-숙주 선호도가 바이러스 전파에 중요한 역할을 할 것으로 추정됨.

• Chimeric H5 influenza virus-like particle vaccine elicits broader cross-clade antibody responses in chickens than in ducks (Frontiers in Veterinary Science 저널, IF: 3.471, 분야별 상위 10% 저널)



- 본 연구에서는 두 클레이드를 포함한 chimeric H5 influenza VLP를 백신 항원으로 사용한 백신을 닭과 오리에서 평가함. Chimeric VLP는 닭과 오리 모두에서 단일 클레이드 VLP보다 유의적으로 넓은 항체 반응을 이끌어냄. 하지만 오리에서는 닭에서 보다 유의적으로 낮은 항체 반응이 관찰됨. Chimeric VLP를 사용한 광범위적 항체 반응은 HPAI H5 바이러스를 통제하는 방법으로써 백신 후보군주의 가능성을 보임.

- Genome sequences of hemagglutinin cleavage site predict the pathogenicity phenotype of avian influenza virus: statistically validated data for facilitating rapid declaration and reducing reliance on *in vivo* testing (Avian Pathology 저널, IF: 2.8, 분야별 상위 Q1 저널)



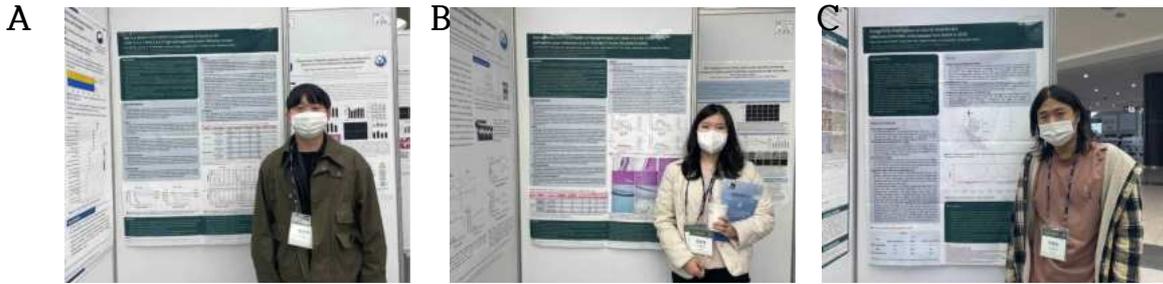
<그림> 국제적으로 저명한 조류 인플루엔자 바이러스 전문가들과 공동으로 작성한 논문>

- 닭에서 H1-H16에 해당하는 대부분의 조류 인플루엔자 바이러스는 저병원성으로 나타나는 반면, 일부 H5 및 H7 AI 바이러스는 전신감염을 일으키는 고병원성으로 나타남. 조류 인플루엔자의 병원성은 헤마글루티닌 cleavage site의 basic amino acid 수에 의해 결정된다는 것으로 알려져 있으나, 병원성에 확진을 위한 동물실험은 여전히 진행되고 있음. 이에 불필요한 동물실험을 줄이고 병원성 확진에 필요한 시간을 줄이기 위해 헤마글루티닌 cleavage site와 병원성에 대한 데이터를 모아 비교하고 통계적으로 염기서열 분석만을 이용한 병원성 확진이 충분함을 보여줌.

#### ○ 학술발표 4건

- 2022년 10월 16일~18일 한국 제주도에서 개최된 2022년 추계 대한수의학회(Korean Society of Veterinary Science)에 참석하여 연구결과를 공유함. 본 학회는 '포스트 코로나 시대의 의약품 및 백신개발에서 수의학의 핵심 전략'을 주제로 진행됐으며, 본 연구진은 총 3건의 포스터를 전시, 발표함.
- 첫 번째 포스터(A)는 집오리에서 고병원성 조류인플루엔자의 감염되는 시기에 따른 병원성의 차이를 확인한 연구를 발표함. (제목: Pathogenicity and transmission of two genotypes of clade 2.3.4.4b H5N8 highly pathogenic avian influenza virus in Mandarin Ducks (*Aix galericulata*) 25주령에 비해 5주령에서 고병원성 조류인플루엔자 2종에 대해 모두 병원성이 높게 나타나 해당 병인론을 이해해 고병원성 조류인플루엔자 발생 시 방역정책에 도움이 될 수 있음.

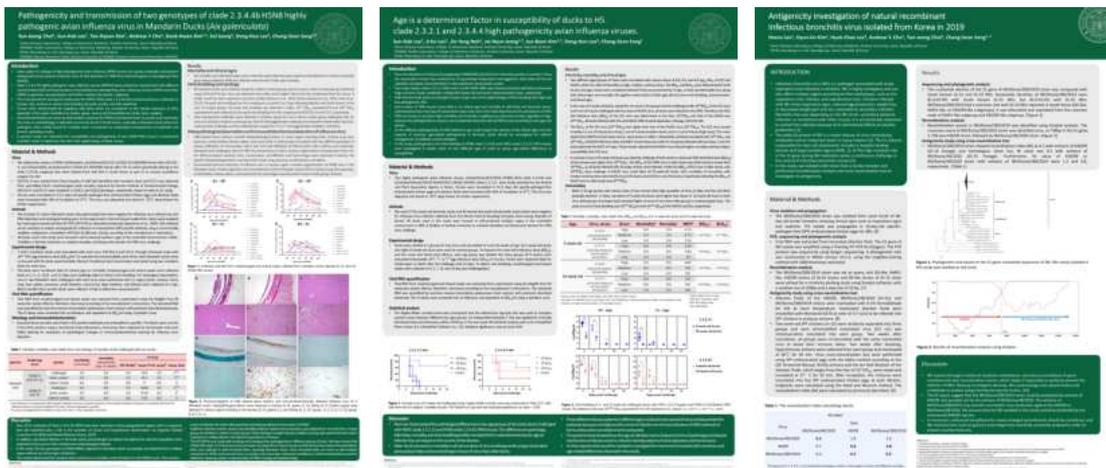
- 두 번째 포스터(B)는 원앙에서의 고병원성 조류인플루엔자 2.3.4.4b의 두 유전형의 병원성과 전파력에 대한 연구를 발표함. (제목: Age is a determinant factor in susceptibility of ducks to H5 clade 2.3.2.1 and 2.3.4.4 high pathogenicity avian influenza viruses.) 연구를 통해 고농도의 공격접종에도 임상증상 및 폐사가 발생하지 않았으며, 바이러스의 전파가 접촉을 통해 전파가 일어난다는 것을 확인해 원앙이 바이러스의 전파에 미치는 영향력을 시사함. 해당 포스터는 수의가급 우수논문상을 수여받아 연구의 우수성을 증명함.
- 세 번째 포스터(C)는 2019년 한국에서 분리된 신규 재조합 전염성기관지염 바이러스의 유전적 특성 및 항원성을 분석한 연구를 발표함. (제목: Antigenicity investigation of natural recombinant infectious bronchitis virus isolated from Korea in 2019) 국내에서 유행중인 두 유전형(K40/09, B4-like)의 스파이크 유전체가 재조합된 신규 유전형을 분리, 중화실험을 통한 교차면역원성을 확인함. 가금류에 유행하는 신규 바이러스에 대한 예방과 현존하는 백신에 대한 면역원성 연구의 필요성을 강조함.



대한수의학회 포스터 발표 (최윤정(A), 이선학(B), 이희수(C))

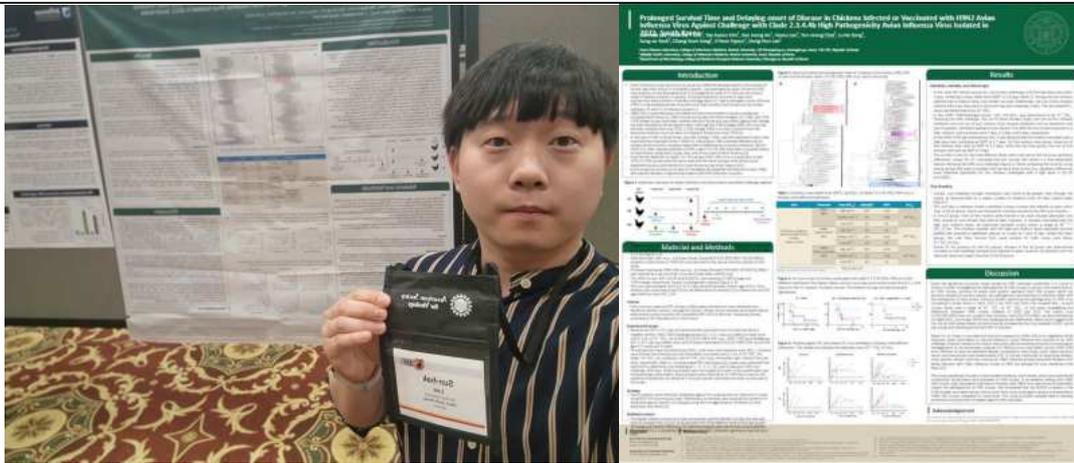


최윤정 학생 수의가급 우수논문상 수상(왼쪽) 및 건국대학교 연구진(오른쪽)



대한수의학회에 발표한 포스터 (최윤정(왼쪽), 이선학(중간), 이희수(오른쪽))

- 2023년 6월 24 ~ 28일 개최된 ASV2023 바이러스 국제학회에서 H9N2 바이러스와 백신으로부터 얻은 면역능으로 닭에서 고병원성 조류인플루엔자 clade 2.3.4.4b H5N1 공격접종시 나타나는 바이러스 배출 및 병원성을 평가함. H9N2 아형의 바이러스는 H5N1과 다른 아형에 속하지만, 어느정도 면역능을 이끌어내 공격접종시에 바이러스 배출 및 병원성이 변화한 것을 확인함. 이는 고병원성 조류인플루엔자 검출 및 감염신고 시점에 영향을 줄 수 있음을 강조함.



<ASV2023에 포스터 발표 참석한 참여연구원 이선학 (왼쪽) 과 발표 포스터 (오른쪽)>

○ 교육지도 4건 및 국제미니심포지엄 1건

- 2022년 10월 26일 Bioinformatics (건국대학교 이동훈 교수): Hands on Phylogenetics and Bayesian Evolutionary Analysis Sampling (BEAST) Trees 실무 세미나 진행. 본 과제를 통해 생성된 바이러스 유전 정보를 분석하기 위해 Cipres portal을 통한 Randomized Axelerated Maximum Likelihood (RAXML) 계통수 제작 방법과 BEAST 분석을 통한 Maximum clade credibility (MCC) 계통수 제작 방법을 강의하고 실습을 통해 분석 방법을 지도함.



Cipres를 이용한 RAXML tree 제작 방법 실습 중

- 2022년 9월 26일 초청 세미나: 국립야생동물질병관리원 연구사 정술 박사는 국내 야생조류 유래 조류 인플루엔자 데이터를 활용한 국내 유행주와 미래 대응 방법에 대하여 세미나를 진행함.
- 2022년 10월 7일 초청 세미나: 충북대학교 의과대학에 재직 중인 육성수 교수는 미국 USDA의 북미 조류인플루엔자 발생 데이터를 토대로 조류 인플루엔자 발생 현황 및 진화 방향에 대하여 세미나를 진행함.



국립야생동물질병관리원의 야생조류예찰과 대응방법에 대한 발표를 진행하는 정술 박사(왼쪽) 및 북미대륙 조류인플루엔자 발생 현황과 대응방법에 대한 발표를 진행하는 충북대학교 육성수 교수(오른쪽)

- 국제미니심포지엄: 2022년 12월 12일 건국대학교 수의과대학에서 3명의 해외초청연자를 초청하여 유럽과 북미 대륙 고병원성 조류인플루엔자와 다양한 가금 질병 발생 상황을 공유하는 국제 세미나를 개최함.
  - 초청연자 1: 영국 APHA (Animal Plant Health Agency) Senior Executive Veterinary Scientist 로 재직 중인 Klaudia Chrzastek 박사
  - 초청연자 2: 미국 Auburn University 수의과대학 Miria F. Criado 교수
  - 초청연자 3: 대한민국 경북대 의과대학 이충용 교수



2022 International mini-symposium on infectious viral diseases 연자와 건국대학교 교수진 (왼쪽), 미니심포지움에서 viral metagenomics 분석 방법에 대한 발표를 진행하는 Kaludia Chrzastek 박사 (중간), 조류 인플루엔자의 특성과 병원성 결정 인자에 대한 발표를 진행하는 Miria F. Criado 교수 (오른쪽)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 1차년 (2022)	1단계 2차년 (2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>	논문	목표(단계별)	0	2	2	15%
		실적(누적)	1	4	5	
	학술발표	목표(단계별)	1	1	2	15%
		실적(누적)	3	1	4	
	교육지도	목표(단계별)	0	1	1	10%
		실적(누적)	4	-	4	
	생명자원	목표(단계별)	0	0	0	0%
		실적(누적)	7	167	174	
	특허출원	목표(단계별)	0	1	1	60%
		실적(누적)	0	1	1	
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>	인력양성	목표(단계별)	0	0	0	
		실적(누적)	2	2	4	
계	목표(단계별)	2	5	7		
	실적(누적)	16	175	189		

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

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

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

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비 SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Novel recombinant avian infectious bronchitis viruses in Korea, 2019-2021	Frontiers in Veterinary Science	김현진	10	스위스	Frontiers Media SA	SCIE	2023.02.01	2297-1769	100%
2	Whole Genome Sequencing of avian metapneumovirus type B genomes directly from clinical samples collected from live bird markets using multiplex tiling RT-PCR method	Frontiers in Veterinary Science	조용진, 김태현	10	스위스	Frontiers Media SA	SCIE	2023.03.01	2297-1769	100%
3	Whole Genome Sequencing and Phylogenetic Analysis of West Nile Viruses from animals in Connecticut, USA, 2021	Frontiers in Veterinary Science	현지연	10	스위스	Frontiers Media SA	SCIE	2023.04.289	2297-1769	100%
4	Chimeric H5 influenza virus-like particle vaccine elicits broader cross-clade antibody responses in chickens than in ducks	Frontiers in Veterinary Science	박재근	10	스위스	Frontiers Media SA	SCIE	2023.06.01	2297-1769	100%
5	Genome sequences of hemagglutinin cleavage site predict the pathogenicity phenotype of avian influenza virus: statistically validated data for facilitating rapid declarations and reducing reliance on in vivo testing	Avian Pathology	이동훈	-	영국	Taylor and Francis	SCIE	2024.02.12	0307-9457	100%

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	대한수의학회 추계국제학술대회	최윤정	2022.11.16.-2022.11.18	제주도	대한민국
2	대한수의학회 추계국제학술대회	이선학	2022.11.16.-2022.11.18	제주도	대한민국
3	대한수의학회 추계국제학술대회	이희수	2022.11.16.-2022.11.18	제주도	대한민국
4	ASV 2023	이선학	2023.6.24.-2023.06.28	Athens, GA	미국

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
1	IBV/Korea/289/2019 바이러스 유전자 시퀀스	OP886678	NCBI GenBank	2022
2	IBV/Korea/163/2021 바이러스 유전자 시퀀스	OP886679	NCBI GenBank	2022
3	H5N1 형 고병원성 조류인플루엔자 유전자 시퀀스	EPI_ISL_15943002	GISAID	2022
4	H5N1 형 고병원성 조류인플루엔자 유전자 시퀀스	EPI_ISL_15944667	GISAID	2022

5	H5N1 형 고병원성 조류인플루엔자 유전자 시퀀스	EPI_ISL_15944665	GISAID	2022
6	H5N1 형 고병원성 조류인플루엔자 유전자 시퀀스	EPI_ISL_15944663	GISAID	2022
7	H5N1 형 고병원성 조류인플루엔자 유전자 시퀀스	EPI_ISL_15943015	GISAID	2022
8	AMPV/B/Korea/N19-29/2019	OP924005	NCBI GenBank	2023
9	AMPV/B/Korea/N21-83/2021	OP924006	NCBI GenBank	2023
10	AMPV/B/Korea/N21-41/2021	OP924007	NCBI GenBank	2023
11	WNV 21-3782/USA MA/Alpaca/2021	KX547196	NCBI GenBank	2023
12	WNV 21-3957/USA CT/Crow/2021	KX547200	NCBI GenBank	2023
13	A/Coot/South Korea/sw23-12/2023(H6N2)	PP237360-PP237367	NCBI GenBank	2023
14	A/Coot/South Korea/sw23-3/2023(H5N3)	PP239030-PP239037	NCBI GenBank	2023
15	A/Coot/South Korea/sw23-19/2023(H6N2)	PP256302-PP256309	NCBI GenBank	2023
16	A/Coot/South Korea/sw23-23/2023(H6N2)	PP256310-PP256317	NCBI GenBank	2023
17	A/goose/South_Korea/N22-12/2022	EPI_ISL_18900560	GISAID	2024
18	A/Greater_white-fronted_goose/South_Korea/K23-1126-5/2023	EPI_ISL_18900612	GISAID	2024
19	A/Greater_white-fronted_goose/South_Korea/K23-1124-5/2023	EPI_ISL_18900611	GISAID	2024
20	A/Greater_white-fronted_goose/South_Korea/K23-1121-1/2023	EPI_ISL_18900610	GISAID	2024
21	A/Greater_white-fronted_goose/South_Korea/K23-1027-4/2023	EPI_ISL_18900609	GISAID	2024
22	A/Anser_albifrons/South_Korea/Q19-1873-1/2019	EPI_ISL_18900492	GISAID	2024
23	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-695-2/2023	EPI_ISL_18900631	GISAID	2024
24	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-597/2023	EPI_ISL_18900630	GISAID	2024
25	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-593/2023	EPI_ISL_18900629	GISAID	2024
26	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-457/2023	EPI_ISL_18900628	GISAID	2024
27	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-453/2023	EPI_ISL_18900627	GISAID	2024
28	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-437-3/2023	EPI_ISL_18900626	GISAID	2024
29	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-393/2023	EPI_ISL_18900625	GISAID	2024
30	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-390/2023	EPI_ISL_18900624	GISAID	2024
31	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-324-4/2023	EPI_ISL_18900623	GISAID	2024
32	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-194-4/2023	EPI_ISL_18900622	GISAID	2024
33	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-185-3/2023	EPI_ISL_18900621	GISAID	2024
34	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-25-3/2023	EPI_ISL_18900620	GISAID	2024
35	A/Wild_bird/South_Korea/E23-931-1/2023	EPI_ISL_18900619	GISAID	2024
36	A/Wild_bird/South_Korea/E23-931/2023	EPI_ISL_18900618	GISAID	2024
37	A/Wild_bird/South_Korea/E23-918-5/2023	EPI_ISL_18900617	GISAID	2024
38	A/Wild_bird/South_Korea/E23-900-2/2023	EPI_ISL_18900616	GISAID	2024
39	A/Wild_bird/South_Korea/E23-824-4/2023	EPI_ISL_18900615	GISAID	2024
40	A/Wild_bird/South_Korea/K23-1371-3/2023	EPI_ISL_18900614	GISAID	2024
41	A/Wild_bird/South_Korea/K23-1241/2023	EPI_ISL_18900613	GISAID	2024
42	A/Wild_bird/South_Korea/K23-911/2023	EPI_ISL_18900608	GISAID	2024
43	A/Wild_bird/South_Korea/K23-832/2023	EPI_ISL_18900607	GISAID	2024
44	A/Wild_bird/South_Korea/K23-783/2023	EPI_ISL_18900606	GISAID	2024
45	A/Wild_bird/South_Korea/K23-778/2023	EPI_ISL_18900605	GISAID	2024
46	A/Wild_bird/South_Korea/K23-776/2023	EPI_ISL_18900604	GISAID	2024
47	A/Wild_bird/South_Korea/K23-770/2023	EPI_ISL_18900603	GISAID	2024
48	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-9R/2021	EPI_ISL_18900541	GISAID	2024
49	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-5R/2021	EPI_ISL_18900540	GISAID	2024
50	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-11/2021	EPI_ISL_18900539	GISAID	2024
51	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-9/2021	EPI_ISL_18900538	GISAID	2024
52	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-4/2021	EPI_ISL_18900537	GISAID	2024
53	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-2/2021	EPI_ISL_18900536	GISAID	2024
54	A/Wild_bird/Mongolia/MN21-1/2021	EPI_ISL_18900535	GISAID	2024
55	A/Wild_bird/South_Korea/K19-291/2019	EPI_ISL_18900534	GISAID	2024
56	A/Wild_bird/South_Korea/W15-3-1/2015	EPI_ISL_18900533	GISAID	2024
57	A/Wild_bird/South_Korea/E20-553-1/2020	EPI_ISL_18900532	GISAID	2024
58	A/Wild_bird/Mongolia/MN20-25/2020	EPI_ISL_18900531	GISAID	2024

59	A/Wild_bird/Mongolia/MN20-24/2020	EPI_ISL_18900530	GISAID	2024
60	A/Wild_bird/Russia/RU19-31/2019	EPI_ISL_18900529	GISAID	2024
61	A/Wild_bird/Russia/RU19-30/2019	EPI_ISL_18900528	GISAID	2024
62	A/Wild_bird/Russia/RU19-27/2019	EPI_ISL_18900527	GISAID	2024
63	A/Wild_bird/Russia/RU19-26/2019	EPI_ISL_18900526	GISAID	2024
64	A/Wild_bird/Russia/RU19-25/2019	EPI_ISL_18900525	GISAID	2024
65	A/Wild_bird/Russia/RU19-22/2019	EPI_ISL_18900524	GISAID	2024
66	A/Wild_bird/Russia/RU19-20/2019	EPI_ISL_18900523	GISAID	2024
67	A/Wild_bird/Russia/RU19-19/2019	EPI_ISL_18900522	GISAID	2024
68	A/Wild_bird/Russia/RU19-18/2019	EPI_ISL_18900521	GISAID	2024
69	A/Wild_bird/Russia/RU19-10/2019	EPI_ISL_18900520	GISAID	2024
70	A/Wild_bird/Russia/RU19-7/2019	EPI_ISL_18900519	GISAID	2024
71	A/Wild_bird/Russia/RU19-3/2019	EPI_ISL_18900518	GISAID	2024
72	A/Wild_bird/Russia/RU19-2/2019	EPI_ISL_18900517	GISAID	2024
73	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-60/2019	EPI_ISL_18900516	GISAID	2024
74	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-55/2019	EPI_ISL_18900515	GISAID	2024
75	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-41/2019	EPI_ISL_18900514	GISAID	2024
76	A/Wild_bird/South_Korea/K19-274/2019	EPI_ISL_18900513	GISAID	2024
77	A/Wild_bird/South_Korea/Q20-127-2/2020	EPI_ISL_18900510	GISAID	2024
78	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-495/2019	EPI_ISL_18900506	GISAID	2024
79	A/Wild_bird/South_Korea/K19-556-1/2019	EPI_ISL_18900505	GISAID	2024
80	A/Wild_bird/South_Korea/E20-281-4/2020	EPI_ISL_18900504	GISAID	2024
81	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-401/2019	EPI_ISL_18900503	GISAID	2024
82	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-359/2019	EPI_ISL_18900502	GISAID	2024
83	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-357/2019	EPI_ISL_18900501	GISAID	2024
84	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-137/2019	EPI_ISL_18900500	GISAID	2024
85	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-134/2019	EPI_ISL_18900499	GISAID	2024
86	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-112/2019	EPI_ISL_18900498	GISAID	2024
87	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-30/2019	EPI_ISL_18900497	GISAID	2024
88	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-26/2019	EPI_ISL_18900496	GISAID	2024
89	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-23/2019	EPI_ISL_18900495	GISAID	2024
90	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-22/2019	EPI_ISL_18900494	GISAID	2024
91	A/Wild_bird/Mongolia/MN19-19/2019	EPI_ISL_18900493	GISAID	2024
92	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-1790-2/2019	EPI_ISL_18900491	GISAID	2024
93	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-1735-2/2019	EPI_ISL_18900489	GISAID	2024
94	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-1707/2019	EPI_ISL_18900488	GISAID	2024
95	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-1495-2/2019	EPI_ISL_18900484	GISAID	2024
96	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-1262-1/2019	EPI_ISL_18900483	GISAID	2024
97	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-689-4/2019	EPI_ISL_18900481	GISAID	2024
98	A/Wild_bird/South_Korea/K19-525-1/2019	EPI_ISL_18900479	GISAID	2024
99	A/Wild_bird/South_Korea/K19-523-4/2019	EPI_ISL_18900478	GISAID	2024
100	A/Wild_bird/South_Korea/K19-453-6/2019	EPI_ISL_18900476	GISAID	2024
101	A/Wild_bird/South_Korea/K19-387-4/2019	EPI_ISL_18900475	GISAID	2024
102	A/Wild_bird/South_Korea/K19-323-3/2019	EPI_ISL_18900473	GISAID	2024
103	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-449-4/2019	EPI_ISL_18900471	GISAID	2024
104	A/Wild_bird/South_Korea/Q19-122/2019	EPI_ISL_18900469	GISAID	2024
105	A/wild_bird/South_Korea/K19-525-5/2019	EPI_ISL_18900468	GISAID	2024
106	A/Chicken/Pakistan/FM21_OP/2023	EPI_ISL_18900636	GISAID	2024
107	A/Chicken/Pakistan/FM20_OP/2023	EPI_ISL_18900635	GISAID	2024
108	A/Chicken/Pakistan/FM12_OP/2023	EPI_ISL_18900634	GISAID	2024
109	A/Chicken/Pakistan/FM11_OP/2023	EPI_ISL_18900633	GISAID	2024
110	A/Chicken/Pakistan/FM7_OP/2023	EPI_ISL_18900632	GISAID	2024
111	A/chicken/South_Korea/2230008/2022	EPI_ISL_18900602	GISAID	2024
112	A/chicken/South_Korea/2130182/2021	EPI_ISL_18900601	GISAID	2024
113	A/chicken/South_Korea/2130012/2021	EPI_ISL_18900600	GISAID	2024
114	A/chicken/South_Korea/2330076/2023	EPI_ISL_18900599	GISAID	2024

115	A/chicken/South_Korea/2330056/2023	EPI_ISL_18900598	GISAID	2024
116	A/chicken/South_Korea/2330055/2023	EPI_ISL_18900597	GISAID	2024
117	A/chicken/South_Korea/2330054/2023	EPI_ISL_18900596	GISAID	2024
118	A/chicken/South_Korea/2330053/2023	EPI_ISL_18900595	GISAID	2024
119	A/chicken/South_Korea/2330051/2023	EPI_ISL_18900594	GISAID	2024
120	A/chicken/South_Korea/2330046/2023	EPI_ISL_18900593	GISAID	2024
121	A/chicken/South_Korea/2230189/2022	EPI_ISL_18900592	GISAID	2024
122	A/chicken/South_Korea/2130043/2021	EPI_ISL_18900591	GISAID	2024
123	A/chicken/South_Korea/2230040/2022	EPI_ISL_18900590	GISAID	2024
124	A/chicken/South_Korea/2230021/2022	EPI_ISL_18900589	GISAID	2024
125	A/chicken/South_Korea/2230016/2022	EPI_ISL_18900588	GISAID	2024
126	A/chicken/South_Korea/2230005/2022	EPI_ISL_18900587	GISAID	2024
127	A/chicken/South_Korea/2130006/2021	EPI_ISL_18900586	GISAID	2024
128	A/chicken/South_Korea/C21-2/2021	EPI_ISL_18900585	GISAID	2024
129	A/chicken/South_Korea/2030225/2020	EPI_ISL_18900584	GISAID	2024
130	A/chicken/South_Korea/2030219/2020	EPI_ISL_18900583	GISAID	2024
131	A/chicken/South_Korea/C20-3/2020	EPI_ISL_18900582	GISAID	2024
132	A/chicken/South_Korea/C20-1/2020	EPI_ISL_18900581	GISAID	2024
133	A/chicken/South_Korea/N23-058/2023	EPI_ISL_18900580	GISAID	2024
134	A/chicken/South_Korea/N23-054/2023	EPI_ISL_18900579	GISAID	2024
135	A/chicken/South_Korea/N23-029/2023	EPI_ISL_18900577	GISAID	2024
136	A/chicken/South_Korea/N23-026/2023	EPI_ISL_18900576	GISAID	2024
137	A/chicken/South_Korea/N23-015/2023	EPI_ISL_18900575	GISAID	2024
138	A/chicken/South_Korea/N23-010/2023	EPI_ISL_18900574	GISAID	2024
139	A/chicken/South_Korea/N22-152/2022	EPI_ISL_18900572	GISAID	2024
140	A/chicken/South_Korea/N22-143/2022	EPI_ISL_18900571	GISAID	2024
141	A/chicken/South_Korea/N22-142/2022	EPI_ISL_18900570	GISAID	2024
142	A/chicken/South_Korea/N22-63/2022	EPI_ISL_18900566	GISAID	2024
143	A/chicken/South_Korea/N22-62/2022	EPI_ISL_18900565	GISAID	2024
144	A/chicken/South_Korea/N22-43/2022	EPI_ISL_18900562	GISAID	2024
145	A/chicken/South_Korea/N22-37/2022	EPI_ISL_18900561	GISAID	2024
146	A/chicken/South_Korea/N22-6/2022	EPI_ISL_18900559	GISAID	2024
147	A/chicken/South_Korea/N22-2/2022	EPI_ISL_18900558	GISAID	2024
148	A/chicken/South_Korea/N20-172/2020	EPI_ISL_18900557	GISAID	2024
149	A/chicken/South_Korea/N20-171/2020	EPI_ISL_18900556	GISAID	2024
150	A/chicken/South_Korea/N20-169/2020	EPI_ISL_18900555	GISAID	2024
151	A/chicken/South_Korea/N20-167/2020	EPI_ISL_18900554	GISAID	2024
152	A/chicken/South_Korea/N20-166/2020	EPI_ISL_18900553	GISAID	2024
153	A/chicken/South_Korea/N20-165/2020	EPI_ISL_18900552	GISAID	2024
154	A/chicken/South_Korea/N20-164/2020	EPI_ISL_18900551	GISAID	2024
155	A/chicken/South_Korea/N20-162/2020	EPI_ISL_18900550	GISAID	2024
156	A/chicken/South_Korea/N20-132/2020	EPI_ISL_18900549	GISAID	2024
157	A/chicken/South_Korea/N20-120/2020	EPI_ISL_18900548	GISAID	2024
158	A/duck/South_Korea/N22-161/2022	EPI_ISL_18900573	GISAID	2024
159	A/duck/South_Korea/N22-122/2022	EPI_ISL_18900569	GISAID	2024
160	A/duck/South_Korea/N22-121/2022	EPI_ISL_18900568	GISAID	2024
161	A/duck/South_Korea/N22-97/2022	EPI_ISL_18900567	GISAID	2024
162	A/duck/South_Korea/N22-47/2022	EPI_ISL_18900564	GISAID	2024
163	A/duck/South_Korea/N22-45/2022	EPI_ISL_18900563	GISAID	2024
164	A/Spot-billed_duck/South_Korea/K23-1269-1/2023	EPI_ISL_18908505	GISAID	2024
165	A/Spot-billed_duck/South_Korea/K23-1241-2/2023	EPI_ISL_18908504	GISAID	2024
166	A/Laysan_duck/South_Korea/K23-1072-3/2023	EPI_ISL_18908503	GISAID	2024
167	A/Spot-billed_duck/South_Korea/K23-906-5/2023	EPI_ISL_18908502	GISAID	2024
168	A/Spot-billed_duck/South_Korea/K23-616-3/2023	EPI_ISL_18908501	GISAID	2024
169	A/Spot-billed_duck/South_Korea/K23-606-1/2023	EPI_ISL_18908500	GISAID	2024
170	A/Wild_bird/South_Korea/Q23-465-4/2023	EPI_ISL_18908499	GISAID	2024

171	A/Mallard/South_Korea/K23-741-3/2023	EPLISL_18908498	GISAID	2024
172	A/Mallard/South_Korea/Q19-1242-4/2019	EPLISL_18900512	GISAID	2024
173	A/Mallard/South_Korea/K20-381-1/2020	EPLISL_18900508	GISAID	2024
174	A/Mallard/South_Korea/K20-408/2020	EPLISL_18900507	GISAID	2024

교육지도

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	야생조류 매개 고병원성 조류인플루엔자 세미나 초청 특강 (국립야생동물질병관리원 정슬)	2022.9.26	연구참여자, 건국대학교 교직원 및 학생	건국대학교	80
2	북미의 고병원성 조류인플루엔자 발생동향 세미나 초청 특강 (충북대학교 의과대학 육성수)	2022.10.7	연구참여자, 건국대학교 교직원 및 학생	건국대학교	30
3	Bioinformatics 실무 워크샵	2022.10.26	과제 연구참여자	건국대학교	12
4	신변종 조류 바이러스 감염병 국제미니심포지엄 (APHA: Klaudia Chrzastek 박사, Auburn University: Miria Criado 교수, 경북대 의과대학 이충용 교수)	2022.12.12.	주관기관, 위탁기관을 포함한 국내 바이러스 연구자들	건국대학교	30

[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	뉴캐슬병 바이러스 K148/08을 벡터로 사용한 신규한 키메라 H9N2형 저병원성 조류인플루엔자 백신	대한민국	건국대학교 산학협력단	2023-12-28	2023-1-334-KR	10-2023-0195247				100%	등록 예정

○ 지식재산권 활용 유형

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

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

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

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

표준화

○ 국내표준

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

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

### ○ 국제표준

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

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

### [경제적 성과]

#### □ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
----	------	--------	--------	-------	-------	-----------	-------------	------------

#### □ 기술 실시(이전)

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

- \* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

#### □ 사업화 투자실적

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

#### □ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

- \* 1) 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)		
합계					

#### □ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
	국외				
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

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	
1	인력양성	2023		4			2	2	2	2				

#### □ 산업 기술 인력 양성

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

#### □ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

#### □ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

#### □ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

#### □ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	학술발표상	수위가금 우수논문상	2022 대한수의학회 추계 학술대회 우수논문발표	학회발표자 최윤정	11.18.2022	대한수의학회

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

---



---

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

---



---

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함), <u>품종인 경우 품종보호권 등록증 또는 생산·판매 신고증명서</u>
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(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
기탁	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회 를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 국제 공동연구 네트워크 구축 및 바이러스 자원 확보 - 국제 공동연구 네트워크 및 바이러스 유전자 은행 확보 체계 구축 - 바이러스 유전자 염기서열 분석 및 역학정보 확보 - 유전자 염기서열 및 병원성 데이터 기반 병리기전 연구  ○ 국내 토착 및 국내 유입 우려 조류 바이러스 대응 백신주 개발 - 국내 및 해외 수출용 광범위 H9형 조류인플루엔자 백신 개발 - 개발된 백신주의 교차면역원성 시험 - 개발된 백신에 대한 특허 확보 및 실용화	○ 국제 공동연구 네트워크 구축 및 바이러스 자원 확보 - 국제 공동연구 네트워크 및 바이러스 유전자 은행 확보 체계 구축: 스페인, 페루, 파키스탄, 미국, 영국, 이집트 - 바이러스 유전자 염기서열 분석 및 역학정보 확보: 해외 120건, 국내 200건 이상 확보 - 유전자 염기서열 및 병원성 데이터 기반 병리기전 연구: 500건 이상의 데이터 분석으로 논문 발표  ○ 국내 토착 및 국내 유입 우려 조류 바이러스 대응 백신주 개발 - 광범위 H9형 NDV 벡터 백신주 1건 개발 완료 - 광범위 H9형 NDV 벡터 백신 효능 평가 완료: G1 및 Y280형 - 광범위 H9형 NDV 벡터 백신 특허 1건 출원 완료	○ 국제 공동연구 네트워크 및 바이러스 유전자 은행 확보 체계 구축 (5개국 이상: 100% 이상)  ○ 바이러스 유전자 염기서열 분석 및 역학정보 확보 (해외 120건, 국내 200건 이상: 100% 이상)  ○ 유전자 염기서열 및 병원성 데이터 기반 병리기전 연구 (1건: 100%)  ○ 광범위 H9형 NDV 벡터 백신개발(1건: 100%)  ○ 광범위 H9형 NDV 벡터 백신 교차효능 평가 (1건: 100%)  ○ 광범위 H9형 NDV 벡터 백신 특허 출원 완료 (1건: 100%)

## 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

해당사항 없음

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 국제 조류바이러스 연구 네트워크를 통해 전 세계적인 바이러스 발생상황을 공유함으로써 현재 유행 중인 바이러스에 대한 이해를 높임.
- 국내외 연구기관간의 자원 및 지식교류는 추후 바이러스 기초 연구, 백신 개발, 맞춤형 백신주 도입에 긍정적인 학술적-산업적 파급효과를 줄 것으로 기대됨.
- 신·변종 조류바이러스에 대한 NGS 기반 전장유전체 분석법과 생물정보학 분석을 통해 바이러스 유입 및 발생시 대응 시간을 단축하여 경제적 손실을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라, 확보된 유전자원을 활용하여 진단키트 개발에 응용하여 조기질병 및 확산방지에 기여할 것으로 예상됨.
- 국제 네트워크를 통한 바이러스 유전체와 정보 공유는 연구에 제약이 있는 지역의 바이러스를 탐색하여 정보를 선점할 수 있음. 세계적으로 분포해 있는 바이러스의 진화, 전파, 항원성 변이 양상을 실시간으로 파악하여 유행중인 각 바이러스의 병원성과 교차면역의 생성에 미치는 요인을 유추할 수 있는 기본 정보를 제공할 수 있음.
- 신·변종 조류바이러스 유전체 정밀 분석기법을 활용하여 새로운 바이러스의 출현에 사전 대비하고, 특히 인수공통감염 가능성에 대한 분자유전학적 분석이 가능하므로 조기대응을 통한 사회적 및 공중보건학적 비

---

용을 최소화할 수 있음.

- 조류인플루엔자 바이러스 등 대규모 전염병으로의 확산을 조기에 파악하고, 신속진단법에 활용하는 등 경제적 피해를 최소화할 수 있음.
- 

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---

- 특허출원한 H9N2 조류 인플루엔자 광범위 백신주와 기존 H9N2 백신의 다양한 H9 strain에 대한 효능을 비교 분석하고, 국내 발생 H9 조류 인플루엔자에 대한 범용 항원으로써의 효능 평가를 위한 추가적인 실험이 필요함.
  - 조류바이러스 유전체 변이 및 항원성 진화에 대한 분석결과를 기반으로 다양한 국가를 대상으로 맞춤형 백신주 개발: 변이형 IB 바이러스들에 대한 유전정보 및 항원성 파악을 통해 중동 및 남미시장에 필요한 백신을 개발
  - 이번 과제를 통해 현재 국내외에서 유행하고 있는 조류 감염병 바이러스 유전체 빅데이터를 확보하였으며, 구축한 국제 네트워크를 통해 기반 데이터를 지속적으로 업데이트할 예정임. 이를 활용하여 향후 국내 신변종 조류 감염병 발생 또는 해외 감염병의 국내 유입 시 발원지를 찾아내고 진단키트 및 백신 개발 등 신속하게 대응 가능함
  - 특허출원한 H9N2 조류 인플루엔자 광범위 백신주의 상용화 및 양계산업 도입을 통해 Y280 및 G1 lineage 등 국내 유입이 우려되는 주요 조류 인플루엔자 바이러스의 유입 및 확산에 선제적 대응 가능함
  - 출원한 특허기술을 기반으로 지속적 H9N2 조류 인플루엔자 백신주 개발을 통한 백신 사용 상용화를 추진하고, G1 및 Y280이 유행중인 국가에 필요한 백신을 개발하고 시장에 진출함
  - 국제 네트워크를 통한 지속적인 연구 교류 및 국제 동물 감염병 공동연구 확대
  - 국제 네트워크를 통해 확보한 조류 감염병 바이러스 및 RNA를 건국대학교 내 생물안전 3등급(Bio Safety Level-3, BSL-3) 및 2등급(BSL-2) 시설에서 취급 및 장기 보관 중이며, 추후 타 연구 활용이 가능함.
  - 국내외 유사 연구 수행 중인 연구자들에게 연구 목적의 바이러스주 및 바이러스주 유래 RNA, 염기서열 데이터를 제공하여 질병 발생 추적/역학/예측 연구, 백신개발연구, 국가 질병제어 정책 수립 등 다양한 분야에 활용하도록 하여 연구 발전에 기여함
  - 국내외에서 분리한 다양한 조류 감염병 바이러스의 유전정보와 병원성 등 특성을 종합하여 유행하는 바이러스의 병리 및 면역회피 기전 등의 연구에 활용하여 감염병 방제 연구의 선진화를 도모함
  - GISAID 및 GenBank 등 온라인 데이터베이스에 확보한 조류 감염병 바이러스의 염기서열 데이터를 지속적으로 공유하여 세계 각국의 연구자들이 바이러스 유전체 분석 연구에 활용할 수 있도록 함
  - KOICA, EDCF, ODA(공적개발원조) 사업의 활성화 (BL3가 없는 동남아 국가 지원 및 BL3 확보, 국가 연구원 교육 실시)를 통하여 개발도상국의 연구수준 질적 향상
  - 중국 주변국 및 동남아의 연구 네트워크를 활용하여 유입가능 바이러스 예측 및 사전 연구를 통한 선제 대응 방안 마련
  - 질병관리청 신종병원체연구과 등 인수공통감염병 관리 부서에 정보 제공을 통한 국내 동물 바이러스 인체감염 가능성 대책 사전 구축
-

• 연구 종료 후 논문 발표 및 학술 발표를 통한 학술적 파급효과 증대

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	1	
	비SCIE	0	
	계	1	
국내논문	SCIE	0	
	비SCIE	0	
	계	0	
특허출원	국내	1	
	국외	0	
	계	1	
특허등록	국내	1	
	국외	0	
	계	1	
인력양성	학사	0	
	석사	1	
	박사	1	
	계	2	
사업화	상품출시	0	
	기술이전	0	
	공정개발	0	
제품개발	시제품개발	0	
비임상시험 실시		0	
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	0
		2상	0
		3상	0
	의료기기	0	
진료지침개발		0	
신의료기술개발		0	
성과홍보		0	
포상 및 수상실적		0	
정성적 성과 주요 내용		논문발표, 실용화를 위한 특허 출원 및 등록, 석박사 인재양성	

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1. 공통 요구자료	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 연구부정행위 예방 확인서

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응고도화지원사업 “국내외 신변종 조류 감염병 대응 국제 협력 연구” 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 가축질병대응고도화지원사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.