

319079
-02

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

발간등록번호

11-1543000-003455-01

위한 철새 군집지역 지정 연구
조류인플루엔자 능동적 예찰을

조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구

2021. 04. 09.

2021

주관연구기관 / 서울대학교 산학협력단
협동연구기관 / 농림축산검역본부

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

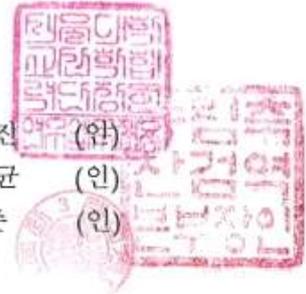
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구”(개발기간 : 2019. 05. 27. ~ 2020. 12 .31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 04. 09

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 (대표자) 김용진 (인)
협동연구기관명 : 농림축산검역본부 (대표자) 박봉균 (인)
위탁연구기관명 : (주)케이웨어 (대표자) 남 준 (인)



주관연구책임자 : 박 혁
협동연구책임자 : 이호성
위탁연구책임자 : 장국열

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	319079-02	해 당 단 계 연 구 기 간	2019. 05. 27. - 2020. 12. 31	단 계 구 분	2년차/2년차
연구사업명	단 위 사 업	농림축산식품연구개발사업			
	사 업 명	가축질병대응기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명				
	세 부 과 제 명	조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구			
연구책임자	박 혁	해당단계 참여연구원 수	총: 18명 내부: 6명 외부: 12명	해당단계 연구개발비	정부: 130,000천원 민간: 천원 계: 130,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 19명 내부: 6명 외부: 13명	총 연구개발 비	정부:220,000천원 민간: 천원 계:220,000천원
연구기관명 및 소속부서명	서울대학교 산학협력단 농림축산검역본부			참여기업명:	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: (주)케이웨어			연구책임자: 장국열	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호			11-15430 00-00345 5-01			C-2020- 046869					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수
---	--------

<p style="text-align: center;">연구의 목적 및 내용</p>	<p>1. 연구개발목적</p> <p>○ 국내 도래 겨울 철새의 이동경로 및 도래지별 개체(종)수 파악, 서식지 이용실태 등 조류 군집패턴 및 행동권에 대한 생태·역학적 연구를 통해 철새에 의한 조류인플루엔자 발생 위험성 및 역학관계, 전파경로를 규명하여 정보에 기반한 과학적인 ‘중점방역관리지구’와 ‘야생조류 예찰 지역’을 선정하는 의사결정 지원시스템을 개발하여 조류인플루엔자를 매개하는 철새에 선제적으로 대응하는 방역대책 수립에 기여</p> <p>2. 연구개발내용</p> <p>○ 국내 겨울 철새 도래지 분포 및 도래지별 개체(종)수 GIS DB 구축 - 관계기관(환경부 국립생물자원관) 협업을 통한 환경부 지정 국내 철새 도래지 (200여 지역)의 공간정보 DB 구축 - 철새도래지별 도래 개체수(종)수의 시계열 GIS DB 구축</p> <p>○ 겨울 철새 군집패턴 분석 - HPAI 발생 시기별 겨울 철새의 공간 군집패턴 분석 - 농식품부 지정 중점방역관리지구별 철새 서식 조사결과 이용실태 및 겨울 철새 변화상 분석</p> <p>○ 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석(야생동물 위치추적장치 활용) - 조류인플루엔자 전파 고위험 조류종별 국내 이동 경로 정보 분석 및 시각화 - 겨울 철새 남하 및 북상 시기, 일일 이동거리 등 생태정보 분석 - 주요 철새도래지별 철새 이용지역(행동영역) 분석을 통한 감염 위험지역 파악 - 토지 피복도 등 환경 속성변수와 위성영상 분석을 연계한 조류의 서식지 이용 패턴 분석</p> <p>○ 종합적 분석을 통한 특별관리지역 검토 및 지정 방안 수립</p>
<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<p>○ 본 과제의 최종 연구개발 산출물은 1) 국내 야생조류(철새) 관련 정보와 가금농장 관련 정보를 수집 정제 융합하여 GIS기반 공간분석을 통한 HPAI 발생 고위험지역을 추정하여 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰지역(안) 선정 의사결정을 지원하는 시스템 개발, 2) 1)을 위하여 조류인플루엔자 중점방역관리지구 선정 관련 GIS DB 구축, 3) 1)을 위하여 GIS기반 통계분석 기술 및 시각화 기술개발, 4) 1)의 결과물을 활용하여 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책 활용(안) 보고서 개발임</p> <p>1) 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사결정을 지원하는 시스템 개발 - 야생조류 매개 지역별 HPAI 발생위험도 평가 모델 개발 - 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - 철새도래지별 가금류 축산시설 정보 분석 <p>2) 1) 시스템 개발 관련 GIS DB 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철새 도래지 공간정보 DB 구축 - 철새도래지별 철새 도래 시계열 GIS DB 구축 - 철새 분변 채취정보, AI 검출정보, 축산시설정보 등 GIS DB 구축 - 토지피복도 등 환경정보 GIS DB 구축 <p>3) 1) 시스템 개발을 위한 GIS 기반 통계분석 기술 및 시각화 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 야생조류예찰 시스템(GIS기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템) 개발 <p>4) 중점방역관리지구, 야생조류예찰지역 지정 정책활용(안) 보고서 개발</p>
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>o 본 과제의 최종 연구개발 산출물은 1) 국내 야생조류(철새) 관련 정보와 가금농장 관련 정보를 수집 정제 융합하여 GIS기반 공간분석을 통한 HPAI 발생 고위험지역을 추정하여 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사결정을 지원하는 시스템 개발, 2) 1)을 위하여 조류인플루엔자 중점방역관리지구 선정 관련 GIS DB 구축, 3) 1)을 위하여 GIS 기반 통계분석 기술 및 시각화 기술개발, 4) 1)의 결과물을 활용하여 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책 활용(안) 보고서 개발임</p> <p>1) 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사결정을 지원하는 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 야생조류 매개 지역별 HPAI 발생위험도 평가모델 개발 - 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석 - 철새도래지별 가금류 축산시설 정보 분석 <p>2) 1) 시스템 개발 관련 GIS DB 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철새 도래지 공간정보 DB 구축 - 철새도래지별 철새 도래 시계열 GIS DB 구축 - 철새 분변 채취정보, AI 검출정보, 축산시설정보 등 GIS DB 구축 - 토지 피복도 등 환경정보 GIS DB 구축 <p>3) 1) 시스템 개발을 위한 GIS 기반 통계분석 기술 및 시각화 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 야생조류예찰 시스템(GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템) 개발 <p>4) 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책 활용(안) 보고서 개발</p> <p>o 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철새 관련정보(센서스, 이동정보, 서식지 등)와 조류인플루엔자 관련 빅데이터를 활용하여 중점방역관리지구 및 야생조류 예찰 지역 선정을 위한 의사결정 시스템으로 활용 - 과학과 정보에 기반한 중점방역관리지구 및 야생조류 예찰 지역 선정으로 농장주, 축산 관련 공무원 및 방역관계자 간 정보공유 및 신속한 방역 협조가 가능한 환경 마련

	<ul style="list-style-type: none"> - 철새로 인한 조류인플루엔자 발생위험에 선제 대응이 가능한 신속하고 정확한 방역대책으로 활용 <p>○ 과급효과</p> <p>가. 기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철새에 의한 AI 유입 선제적 대응 <ul style="list-style-type: none"> · 철새로 인한 조류인플루엔자 농가 유입 조기경보 체계를 통해 위험도에 따른 예방적 방역정책 수립 가능 · 철새의 행동권분석과 질병 발생 사례 분석을 통해 우리나라의 축산 실정을 고려한 선제 방역 지원시스템을 개발함으로써 가축전염병의 확산을 조기에 차단할 수 있는 기반을 구축할 수 있어 학술적 가치가 높을 것으로 기대됨 · 본 과제에서 개발되는 중점방역관리지구 및 야생조류 예찰 지역 선정 의사결정 지원시스템은 농식품부 AI 방역관리과와 역학조사 담당 부서의 현업에 즉시 활용될 수 있음 - 빅데이터 활용 극대화 <ul style="list-style-type: none"> · 철새 관련 데이터 수집 및 통합을 통해 철새에 의한 AI 유입, 발생 및 확산에 따른 위험요인 분석을 통해 AI 예방, 확산에 대한 예측 지원 · 철새의 서식지, 번식, 먹이활동 등 환경 생태적 특성 및 습지, 농경지 등 서식지 정보 등은 생물 다양성 확보를 위한 활동에 기여 · 주기적으로 반복되는 HPAI 발생 및 확산 위험도 분석 및 예측에 활용 <p>나. 경제산업적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가 재난형 가축전염병에 대한 사전대응 체계 구축으로 축산 농가의 경제적 손실 최소화, 생산성 향상 및 방역 당국의 기타 살처분 및 매몰 비용의 감소 - 본 과제에서 개발되는 ‘중점방역관리지구, 야생조수류 예찰 지역 선정 의사 결정지원 시스템’에 적용된 원리와 방법론을 타 분야 연구사업으로 경우 사업화가 가능하며, 연관 산업에 대한 GIS, 빅데이터 관련 기술 이전을 통한 부가가치 창출 <p>다. 사회적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정보에 기반한 과학적 중점방역관리지구, 야생조수류 예찰 지역 선정으로 지구 내 가축사육 농가의 사육제한 등 방역조치에 대한 순응 확보 - 가축전염병의 빈번한 발생에 의한 축산물 안전에 대한 소비자의 불신 제거 및 인수공통전염병 예방 				
국문핵심어 (5개 이내)	조류인플루엔자	철새	공간군집	지리정보시스템	능동예찰
영문핵심어 (5개 이내)	Avian Influenza	Migratory Bird	Spatial clustering	GIS(Geographic Information System)	Active surveillance

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	14
2. 연구수행 내용 및 결과	24
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	203
4. 연구결과의 활용 계획 등	225

< 표 목 차 >

표 1. HPAIv H5N8의 야생조류 및 농장 발생 보고	15
표 2. 연도별 HPAI 항원별 발생 건수	16
표 3. 주요 철새 도래지 96개소	20
표 4. 연구주제 관련 데이터 수집 목록	30
표 5. 철새 도래지별 종 및 개체 수	47
표 6. KAHIS 가금농장 정보	49
표 7. 철새 등 H5·H7형 항원, 항체 최근 3년 내 검출 지역	50
표 8. 철새 이동 경로 정보	56
표 9. 국내 야생조류 이동정보	57
표 10. 국내 철새 이동정보	57
표 11. 국내 야생조류 tracker 부착정보	58
표 12. 조류 센서스 데이터 정보	58
표 13. 가금농장 정보	59
표 14. 국내 HPAI 검출정보	59
표 15. 토지 피복 특성	60
표 16. 11월 위험도 분석결과	62
표 17. 11월 위험지역 분석결과	63
표 18. 12월 위험도 분석결과	64
표 19. 12월 위험지역 분석결과	65
표 20. 1월 위험도 분석결과	66
표 21. 1월 위험지역 분석결과	66
표 22. 2월 위험도 분석결과	67
표 23. 2월 위험지역 분석결과	68
표 24. 전체 위험도 분석 결과(단순 합산 방식)	70
표 25. 전체 위험도 분석 결과(가중치 방식)	72
표 26. 18년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과	74
표 27. 18년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과	76
표 28. 19년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과	77
표 29. 19년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과	77
표 30. 20년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과	78
표 31. 20년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과	79
표 32. 겨울 철새류	90
표 33. 중요 도래지에서 관찰된 겨울 철새의 지역별 종수와 개체 수	90
표 34. 겨울 철새 도래지에서 관찰된 물새류와 산새류의 종수 및 개체 수 비교	91
표 35. 월별 개체 수가 많이 관찰된 우점종 순위	91
표 36. 개체 수 상위 20개 조사지역별 종수 및 개체 수(21년 1월 기준)	96
표 37. 고위험 조류종	120
표 38. 철새 조류종별 월별 개체 수	121

〈 표 목 차 〉

표 39. 청둥오리 월별 이동지역	122
표 40. 흰뺨검둥오리 월별 이동지역	122
표 41. 기러기 월별 이동지역.	123
표 42. 왜가리 월별 이동지역	123
표 43. 큰고니 월별 이동지역	124
표 44. 중대백로 월별 이동지역	124
표 45. 청머리오리 월별 이동지역	124
표 46. 겨울 철새 남하 및 북상 시기	139
표 47. 겨울 철새 일일 이동거리	140
표 48. 18년도 선정된 중점방역관리지구 모델 위험도 순위	144
표 49. 19년도 선정된 중점방역관리지구 모델 위험도 순위	145
표 50. 20년도 선정된 중점방역관리지구 모델 위험도 순위	146
표 51. 시료 채취가 진행된 도래지 69개소	149
표 52. 주요 철새도래지(59개소)별 주변 가금농장 수	152
표 53. 품종별 주요 철새 도래지(59개소) 주변 가금농장 수	153
표 54. 품종별 주요 철새 도래지(59개소) 주변 가금농장 사육두수	153
표 55. 시도별 59개 도래지 주변 1천수 이상 사육 가금농장 사육두수	154
표 56. 주요 철새도래지(56개소)별 주변 1,000수 이상 사육 가금농장 수	154
표 57. '20 ~'21 야생조류 HPAI 항원 검출현황	157
표 58. '20 ~'21 월별, 시도별 야생조류 HPAI 항원 검출현황	161
표 59. '20 ~'21 월별, 도래지별 야생조류 HPAI 항원 검출현황	162
표 60. '20 ~'21 월별, 시군구별 도래지별 야생조류 HPAI 항원 검출현황	163
표 61. '20 ~'21 월별, 조류종별 야생조류 HPAI 항원 검출현황	164
표 62. '20 ~'21 월별, 시료 종류별 야생조류 HPAI 항원 검출현황	165
표 63. '20 ~'21 조류종별, 시료 종류별 검출현황	166
표 64. 기반 지리정보 요구사항 분석결과	170
표 65. 철새 분변 채취 지점 Example Meta-Data	187
표 66. H5·H7 Example Meta-Data	187
표 67. 가금농장 Example Meta-Data	188

〈 그림 목 차 〉

그림 1. 연구 모식도	14
그림 2. GIS 기반 통계 분석 기술을 활용한 중점방역관리지구 등 선정 의사결정지원시스템	14
그림 3. 세계 연도별 HPAI 항원별 발생 건수	15
그림 4. HPAIv의 세계적인 발생 보고 동향	17
그림 5. 최근 국내 HPAIv의 발생 동향	17
그림 6. 고병원성 AI 중점방역관리지구 지정 현황('18.9)	18
그림 7. HPAIv의 야생조류 및 가금농장에서의 발생 현황('21.1.12)	21
그림 8. 철새 위치추적 정보 시각화 시스템	33
그림 9. 도래지별 야생조류 개체 수 분석 시각화	33
그림 10. 철새 도래지 환경정보 및 시각화	34
그림 11. 국내 철새 도래지 수집목록 발취	36
그림 12. H7N9 발병 분포와 계절성 인플루엔자 발병 비교	38
그림 13. HPAI H5N1 및 HPAI H5Nx 2.3.4.4 의 지리적 분포	39
그림 14. H7N9의 예상 발병 위험의 지리적 분포	40
그림 15. HPAI H5N1 위험 분포 예상도	41
그림 16. 해상도별 실제 가축 두수와 예측 가축 두수의 상관관계	42
그림 17. 실제 가축 두수와 예측 모델을 결합한 전 세계 가축 분포	43
그림 18. 환경부 지정 철새 도래지	46
그림 19. 지역별 종별 관찰 개체 수	47
그림 20. 연도별 HPAIv 발생 주소 지도	51
그림 21. 조류종별 HPAIv 검출 건수	52
그림 22. 오픈소스 기반 GIS 시스템 아키텍처	53
그림 23. 정보 표현에 최적화된 시각화 기법 적용	54
그림 24. 철새 유래 HPAI 유입 고위험 읍면동 산출 모델 개요도	55
그림 25. 철새에 의한 HPAI 유입위험도 결과(단순 합산 방식)	69
그림 26. 철새에 의한 HPAI 유입위험도 결과(가중치 방식)	72
그림 27. 가창오리 1월 UDM 보정 전	88
그림 28. 가창오리 1월 UDM 보정 후	88
그림 29. 고니 11월 UDM 보정 전	88
그림 30. 고니 11월 UDM 보정 후	88
그림 31. 청머리오리 11월 UDM 보정 전	88
그림 32. 청머리오리 11월 UDM 보정 후	88
그림 33. 보정 전과 후의 Kernel Density의 예시	89
그림 34. 겨울 철새 이동분석 개요도	92
그림 35. 재갈매기 월별 서식지 시각화	94
그림 36. 꿩이갈매기 월별 서식지 시각화	95
그림 37. 금강호 출현 조류 서식 결과	97
그림 38. 동림저수지 출현 조류 서식 결과	98

〈 그림 목 차 〉

그림 39. 만경강 하류 출현 조류 서식 결과	99
그림 40. 만경강 중류 출현 조류 서식 결과	100
그림 41. 무안-목포 해안 출현 조류 서식 결과	101
그림 42. 임진강 출현 조류 서식 결과	102
그림 43. 동진강 출현 조류 서식 결과	103
그림 44. 낙동강 하류 출현 조류 서식 결과	104
그림 45. 순천만 출현 조류 서식 결과	105
그림 46. 철원평야 출현 조류 서식 결과	106
그림 47. 장항 해안 출현 조류 서식 결과	107
그림 48. 조류지 출현 조류 서식 결과	108
그림 49. 무안군 현경면, 운남면 출현 조류 서식 결과	109
그림 50. 아산만 출현 조류 서식 결과	110
그림 51. 여자만(고흥-순천) 출현 조류 서식 결과	111
그림 52. 고천암호 출현 조류 서식 결과	112
그림 53. 주남저수지 출현 조류 서식 결과	113
그림 54. 광양만, 갈사만 출현 조류 서식 결과	114
그림 55. 가로림만 출현 조류 서식 결과	115
그림 56. 성산-남원 출현 조류 서식 결과	116
그림 57. 영종도 출현 조류 서식 결과	117
그림 58. 최근 5년간 전체 조류 개체 수 변화	118
그림 59. 최근 5년간 주요 철새류 개체 수 변화	118
그림 60. 최근 5년간 오리류 개체 수 변화	119
그림 61. 최근 5년간 고니류 개체 수 변화	119
그림 62. 최근 5년간 기러기류 개체 수 변화	119
그림 63. 고위험종 철새(예시)	120
그림 64. 10~11월 이동 경로(청둥오리)	125
그림 65. 12~1월 이동 경로(청둥오리)	126
그림 66. 2~3월 이동 경로(청둥오리)	127
그림 67. 17~19년 겨울철 이동 경로(청둥오리)	128
그림 68. 2~3월 이동 경로(흰뺨검둥오리)	129
그림 69. 12~1월 이동 경로(흰뺨검둥오리)	130
그림 70. 12~1월 이동 경로(흰뺨검둥오리)	131
그림 71. 17~19년 겨울철 이동 경로(흰뺨검둥오리)	132
그림 72. 10~11월 이동 경로(쇠기러기)	133
그림 73. 12~1월 이동 경로(쇠기러기)	134
그림 74. 2~3월 이동 경로(쇠기러기)	135
그림 75. 17~19년 겨울철 이동 경로(쇠기러기)	136
그림 76. 17~19년 겨울철 이동 경로(왜가리)	137

〈 그림 목 차 〉

그림 77. 큰고니 이동 경로	138
그림 78. 중대백로 1월 이동 경로	138
그림 79. 청머리오리 1월 이동 경로	138
그림 80. 흰뺨검둥오리 일일 이동 거리	140
그림 81. 큰기러기 일일 이동 거리	140
그림 82. 중대백로 일일 이동 거리	140
그림 83. 청둥오리 일일 이동 거리	140
그림 84. 쇠기러기 일일 이동 거리	141
그림 85. 고방오리 일일 이동 거리	141
그림 86. 재갈매기 일일 이동 거리	141
그림 87. 왜가리 일일 이동 거리	141
그림 88. 고병원성 AI 중점방역관리지구 지정 현황('18.9.)	142
그림 89. 19년도 선정된 중점방역관리지구 위험도 평가	147
그림 90. 20년도 선정된 중점방역관리지구 위험도 평가	147
그림 91. 연도별 분변 시료 채취 시각화	149
그림 92. 원본 크기 도래지 주변 10km 버퍼 내 농장 시각화	150
그림 93. 96개 도래지, 10km 버퍼, 및 농장 위치 시각화	151
그림 94. 흰뺨검둥오리 서식 실태 조사 사진	156
그림 95. 야생조류 일별 HPAI 항원검출 현황('20~'21)	157
그림 96. 시도별 HPAI 야생조류검출 현황	161
그림 97. 고성병원 AI 항원검출 시료 종류 비율	165
그림 98. PostGIS Architecture	168
그림 99. 오픈소스 기반 GIS 시스템 아키텍처	168
그림 100. 정보 표현에 최적화된 시각화 기법 적용	169
그림 101. 환경 공간정보서비스 내 토지 피복도 신청안내	171
그림 102. 환경부 내 생태 자연도 다운로드	171
그림 103. 국토지리정보원 내 호수/저수지 다운로드	172
그림 104. 습지 데이터 다운로드	172
그림 105. 습지 보호구역 다운로드	173
그림 106. 도로 데이터 다운로드	173
그림 107. 도로명주소 다운로드	174
그림 108. 국가 교통 DB 다운로드	175
그림 109. 수치 임상도 수집	175
그림 110. 산림 공간자료 유통 신청	176
그림 111. ASTER web 접속	176
그림 112. DEM 다운로드	177
그림 113. NDVI 다운로드	177
그림 114. 기반 지리정보 세부 설계서	178

〈 그림 목 차 〉

그림 115. 수치 임상도	179
그림 116. 습지 보전지역 기반 지리정보 설계서	179
그림 117. 호수 및 저수지 기반 지리정보 설계서	180
그림 118. 지하수 측정망(일반지역) 기반 지리정보 설계서	180
그림 119. 지하수 측정망(오염 우려 지역) 기반 지리정보 설계서	181
그림 120. 산림입지토양도 기반 지리정보 설계서	181
그림 121. 국가 교통 DB 도로 네트워크(링크) 기반 지리정보 설계서	182
그림 122. 도로명주소 도로 구간 기반 지리정보 설계서	182
그림 123. 도로명주소 실폭 도로 기반 지리정보 설계서	183
그림 124. 국토지리정보원 도로 중심선 1:5,000 기반 지리정보 설계서	183
그림 125. 국토지리정보원 실폭 도로 1:5,000 기반 지리정보 설계서	184
그림 126. 환경부 생태 자연도 기반 지리정보 설계서	184
그림 127. 환경부 철새 도래지 기반 지리정보 설계서	185
그림 128. 환경부 습지 데이터 기반 지리정보 설계서	185
그림 129. 검역본부 제공 항원검출 내역 공간 DB화	186
그림 130. 환경과학원, 환경부 제공 항원검출 내역 데이터	186
그림 131. 농림축산식품부 제공 최신 가금농장 공간 DB화	188
그림 132. 웹 기반 중점 방역 관리지구 시스템 기본 프레임워크	189
그림 133. 웹 기반 중점 방역 관리지구 시스템 초기 접속화면	190
그림 134. 웹 기반 중점 방역 관리지구 시스템 초기화면 + 시군구 경계 화면	190
그림 135. VWORLD Gray Map	191
그림 136. VWORLD Base Map	191
그림 137. VWORLD 위성	191
그림 138. Mango Base Map	191
그림 139. 철새 수원지+습지 데이터 상세보기	192
그림 140. 철새 도래지 데이터 상세보기	192
그림 141. 철새 분변 채취 지점 포인트 기능	193
그림 142. Heat Map 기능 - 1	193
그림 143. Heat Map 기능 - 2	193
그림 144. 철새 분변 채취 지점 포인트 내용	194
그림 145. 시화호 & 대부도 철새 분변 채취 고병원성 검출	194
그림 146. H5·H7 검출 내역 고병원성 항원검출 포인트	195
그림 147. H5·H7 검출 내역 저병원성 항원검출 포인트	195
그림 148. H5·H7 검출 내역 고병원성 항원검출 농가 포인트	196
그림 149. H5·H7 검출 내역 고/저병원성 검출 포인트 & 농가 포인트	196
그림 150. 포인트 색상	197
그림 151. H5·H7 검출 내역 고병원성 온도지도	197
그림 152. H5·H7 검출 내역 저병원성 온도지도	197

〈 그림 목 차 〉

그림 153. H5·H7 검출 내역 고병원성 검출 농가 온도지도	198
그림 154. H5·H7 검출 내역 고병원성 상세보기	198
그림 155. H5·H7 검출 내역 저병원성 상세보기	199
그림 156. H5·H7 검출 내역 고병원성 검출 농가 상세보기	199
그림 157. H5·H7 항원검출 내역 3가지 온도지도 동시 시각화	200
그림 158. H5·H7 검출 내역 체크포인트 & 온도지도 동시 시각화	200
그림 159. 가금농가 현황 포인트	201
그림 160. 가금농가 현황 온도지도	201
그림 161. 가금농가 현황 포인트 & 온도지도	202
그림 162. 가금농가 현황 포인트 상세보기	202

제 1장 연구개발과제의 개요

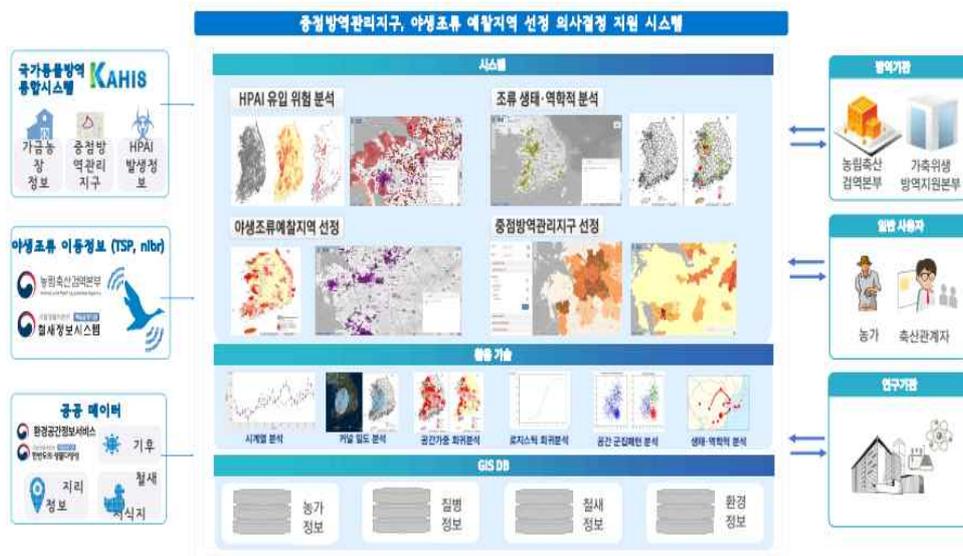
1절. 연구개발의 목적

1. 연구개발의 목적

- 가. 국내 도래 겨울 철새의 이동 경로 및 도래지별 개체수 파악, 서식지 이용 실태 등 조류 군집패턴 및 행동권에 대한 생태·역학적 연구를 진행
- 나. 생태·역학적 연구결과를 기반으로 야생조수류 (겨울 철새) 고위험종에 의한 조류인플루엔자 발생 위험성 및 역학관계, 전파 경로를 규명하여 HPAIv 유입 고위험지역 선별
- 다. 정보에 기반한 과학적인 ‘중점방역관리지구’와 ‘야생조수류 예찰 지역’을 선정하는 의사결정 지원시스템을 개발하여 조류인플루엔자를 매개하는 철새에 선제적으로 대응하는 방역대책 수립에 기여



<그림 1. 연구 모식도>



<그림 2. GIS 기반 통계 분석 기술을 활용한 중점방역관리지구 등 선정 의사 결정지원 시스템>

2절. 연구개발의 필요성

1. 정부 정책 방향 : ‘중점방역관리지구’ 집중관리를 통한 방역 취약지역 관리 강화

* 농식품부(2014.8.), AI 방역체계 개선방안 마련 보도자료

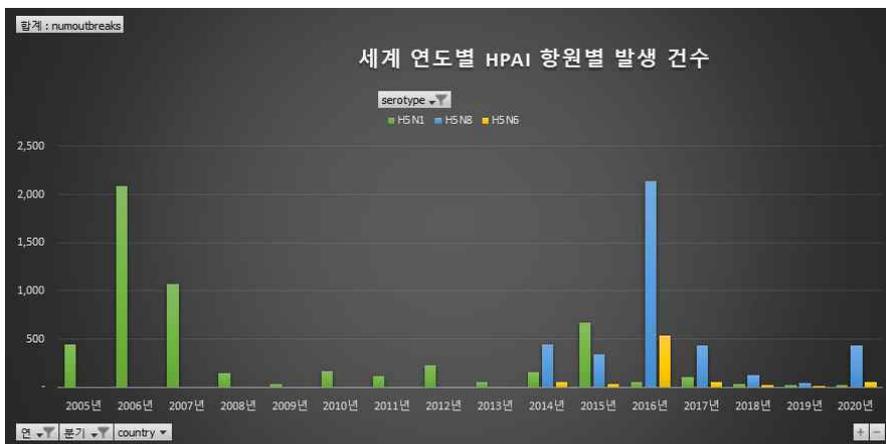
가. 추진배경: 주변국의 HPAI 상시 발생 등 국내의 빈번한 발생

- (1) 최근 우리나라를 포함한 북반구에서 HPAIv H5N8의 야생조류 및 농장 발생이 확산되고 있음
- (2) OIE WAHIS에 따르면 2020년 28개국에서 541건의 발생이 보고되어 전년 대비 14개국, 389건의 추가 발생이 보고됨. 2017년 이후 2018년, 2019년 발생 보고가 감소 되었으나 2020년 발생 보고가 증가하고 있음

<표 1. HPAIv H5N8의 야생조류 및 농장 발생 보고>

연도	발생 보고국	전년 대비 증감	발생 보고 건수	전년 대비 증감
2005	10		446	
2006	53	(▲43)	2,116	(▲1,670)
2007	28	(▼25)	1,073	(▼1,043)
2008	17	(▼11)	142	(▼931)
2009	9	(▼8)	29	(▼113)
2010	15	(▲6)	163	(▲134)
2011	13	(▼2)	164	(▲1)
2012	9	(▼4)	279	(▲115)
2013	9	0	140	(▼139)
2014	19	(▲10)	913	(▲773)
2015	32	(▲13)	2,169	(▲1,256)
2016	45	(▲13)	2,752	(▲583)
2017	38	(▼7)	620	(▼2,132)
2018	19	(▼19)	198	(▼422)
2019	14	(▼5)	152	(▼46)
2020	28	(▲14)	541	(▲389)

- (3) H5N8이 분리된 2014년 이후 HPAIv의 항원별 발생 건수는 아래 표 및 그림과 같이 H5N8의 발생이 69%로 주로 보고되고 있으며 북반구의 경우 대부분 H5N8의 발생이 보고되고 있음



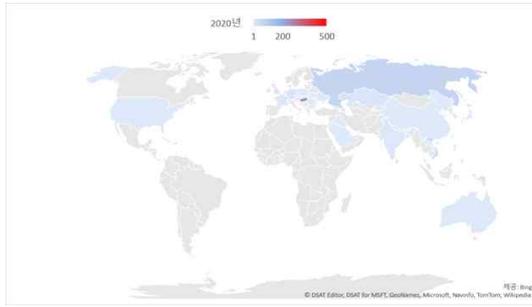
<그림 3. 세계 연도별 HPAI 항원별 발생 건수>

<표 2. 연도별 HPAI 항원별 발생 건수>

연도	H5N1	H5N8	H5N6	총합계
2014년	161	448	49	658
2015년	671	345	33	1,049
2016년	54	2,137	532	2,723
2017년	106	431	50	587
2018년	34	126	21	181
2019년	19	39	9	67
2020년	21	435	56	512
총합계	1,066	3,961	750	5,777
비율	18%	69%	13%	100%

(4) HPAIv의 2014년 이후 전 세계적인 발생 보고 동향을 지도에 표시하면 그림 4와 같음. 유럽과 우리나라의 발생 보고 패턴이 유사함을 확인할 수 있음. 즉 유럽에서의 발생 보고가 증가할 때 우리나라에서도 발생 보고가 증가함



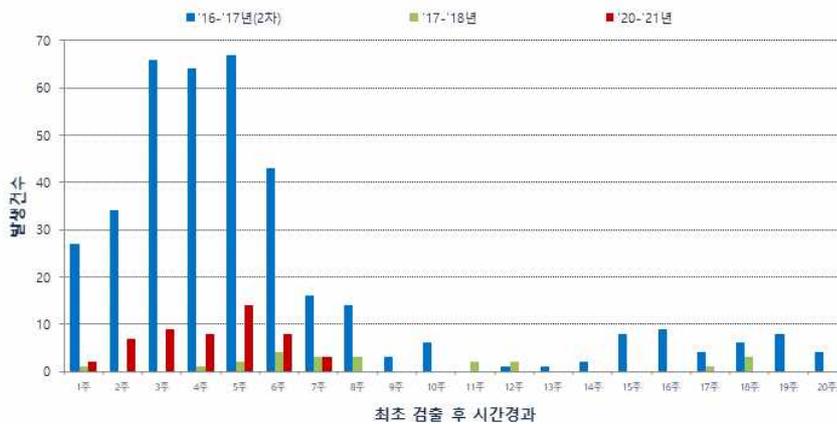


<2020년>

<그림 4. HPAIv의 세계적인 발생 보고 동향>

- (5) 국내에서도 2014년 1월 16일 전북 고창에서 최초 발병하여 7월 29일까지 11개 시도, 41개 시군에 195일간 발생한 212건의 HPAI에 대응하기 위하여 「AI 방역체계 개선 대책」을 마련
- (6) 2021년 1월 12일 현재 국내에서는 야생조류에서 61건, 농장에서 51건의 HPAIv의 발생이 확인되었음. 과거 '16 ~ '17시즌에 비해 발생이 낮지만 '17 ~ '18시즌에 비해 발생이 높음

발생기간별 HPAIv 유행곡선의 비교



<그림 5. 최근 국내 HPAIv의 발생 동향>

나. 추진방향 : 철새 등 AI 유입요인에 대한 예찰 강화, AI 방역관리지구 지정 등

- (1) 주요 개선 방향의 첫 번째 대책으로, 철새 등 AI 유입요인에 대하여 예찰 강화 및 ‘위험 알림 시스템’을 운영하고, 철새 군집지 인근 등을 ‘AI 방역관리지구’로 지정하여 기존 농가의 방역시설 기준을 보완하며, 신규 축산농가에 대한 허가 기준을 강화하는 한편, 실질적 지도·점검을 강화하는 등 사전 대응체계를 구축하는 것을 발표

별첨1 고병원성 AI 중점방역관리지구 지정 현황(18.9.)

□ AI 중점방역관리지구 지정 현황

○ 총 398개소(11개 시도, 80개 시군구, 398읍면동)

- ① 70시군구, 372읍면, ② 28시군, 80읍면, ③ 9시군, 10읍면 (중복 27시군, 64읍면)

지정 기준		지정 현황
① 철새도래지 반경 10km이내	· 야생조류 등에서 H5, H7형 항원 또는 항체의 최근(3년 이내) 검출 지역	· 총 11개시도 70개 시군구(64 시군) · 372개 읍면동
	[참고] · 새 분변 및 야생조류 포획검사를 위해 지정한 철새도래지	· 철새 분변 검사 지역(68개소) · 야생조류 포획 지역(97개소) * 중복제외 120개소
② 제1종 가축전염병이 최근 5년내 2회 이상 발생지역(80개소)		· 총 6개 시도, 28개 시군, 80개 읍면
③ 축산농가수가 반경 500미터 이내 10호 이상 또는 1km 이내 20호 이상인 지역(10개소)		· 총 5개 시도, 9개 시군, 10개 읍면

<그림 6. 고병원성 AI 중점방역관리지구 지정 현황(18.9.)>

2. 법령 제개정

가. 가축전염병 예방법을 개정하여 제3조의4(중점방역관리지구)[본조신설 2015. 6. 22.] 조항을 신설하여 제1종 가축전염병이 자주 발생하였거나 발생할 우려가 높은 지역을 중점방역관리지구로 지정할 수 있도록 근거 법률을 신설

나. 동법에서는 중점방역관리지구에 대한 가축 또는 가축전염병 특정 매개체에 대한 검사·예찰·점검 등의 조치를 할 수 있고 방역시설 및 방역교육 의무를 부과할 수 있는 조항 신설

다. 2017년 동법 개정을 통해 사육제한 명령 근거 조항 신설

라. 2015년 동법 시행규칙 개정을 통해 제3조의5(중점방역관리지구 지정 등)에 관한 조항을 신설하여 중점방역관리지구의 지정 기준 및 절차를 규정하여 농식품부장관은 중앙가축방역심의회 심의를 거쳐 중점방역관리지구를 지정하도록 규정

마. 동법 시행규칙 제3조의5 1항에 따르면 고병원성 조류인플루엔자가 발생할 위험이 높은 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 지역을 중점방역관리지구로 지정하도록 기준 설정

- (1) 고병원성 조류인플루엔자가 최근 5년간 2회 이상 발생한 지역. 이 경우 고병원성 조류인플루엔자가 발생하여 해를 넘겨 지속되는 때에는 1회로 본다.
- (2) 닭, 오리, 칠면조, 거위, 타조, 메추리, 꿩, 기러기(이하 “가금”이라 한다) 사육 농가수가 반경 500m 이내 10호 이상 또는 1Km 이내 20호 이상인 지역
- (3) 철새 도래지 반경 10Km 이내 지역

마. 동법 시행규칙 제3조의5 6항에 따르면 다음 각 호에 해당하는 경우 심의회의 심의를 거쳐 중점방역관리지구의 지정 해제 기준 설정

- (1) 제1항 제1호 가목에 해당하여 중점방역관리지구로 지정된 이후 3년간 고병원성 조류인플루엔자의 발생이 없는 경우
- (2) 제1항 제1호 나목에 해당하여 중점방역관리지구로 지정된 이후 가금 사육 농가 수가 감소하여 중점방역관리지구의 지정 기준을 충족하지 않는 경우
- (3) 제1항 제1호 다목에 해당하여 중점방역관리지구로 지정된 이후 철새 도래지에서 제외된 경우

바. 농식품부는 2019년 ‘중점방역관리지구’를 지정. 지정안을 살펴보면 11개 시도, 80개 시군구의 398개 읍면동으로 약 1,811농가(전업농) (전체 41%)가 포함으로 기대됨

3. 중점방역관리지구 지정에 대한 검토

가. 중점방역관리지구 내의 축산농가는 사육제한 명령에 따라 사육 회전수(1년내 생산횟수)가 감소되고 이에 따라 닭, 오리 출하물량이 감소하고 사료 및 도계(압)장의 생산량이 감소되는 피해가 발생

나. 한국오리협회에 따르면 800농가 중 200여 농가가 사육제한이 되어 3백만수의 사육이 제한되고 4개월간 6백만수의 생산이 불가능하여 매출액 감소로 계열사의 운영이 어렵고 오리 신선육 70%가 냉동육으로 대체되어 오리 생산액은 1.4조원에서 8천억원으로 감소하는 피해가 발생

다. 가축전염병 예방법 시행규칙에 따른 중점방역관리지구 지정 기준 3가지 중 HPAIv의 발생 지역이나 가금농가의 밀도는 명확한 반면 **철새 도래지 반경 10km**의 기준이 불명확하여 이에 대한 연구가 필요함. 그림 6의 중점방역관리지구 지정 기준에 따르면 “야생조류 등에서 H5, H7형 항원 또는 항체의 최근(3년 이내) 검출 지역”은 기준이 명확하나 “새 분변 및 야생조류 포획검사를 위해 지정한 철새 도래지”의 경우 중점방역관리지구 지정 기준의 명확성에 대하여 의문이 제기되고 있음

라. 철새 도래지는 환경부가 철새 동시 센서스 등 조류 연구를 하기 위하여 관리하는 200여 개소이고, 환경부와 농식품부는 2020년 기준으로 96곳의 주요 철새 도래지에서 철새를 집중적으로 예찰하고 있음. 그 현황은 표 3과 같음

마. 이에 따라 중점방역관리지구의 지정에 대하여 농가의 순응이 필요하고 지정 과정이 투명하고 정보와 과학에 기반한 선정이라는 공감대 형성이 필요한 상황임

<표 3. 주요 철새 도래지 96개소>

시도	기관별 구분		
	방역본부 (33)	중북 지역 (35)	환경부 (28)
서울 경기	강서지구, 신대저수지, 서호, 안성천, 경안천, 상패천, 왕송호수, 한강하구, 황구지천, 문산천, 포천천, 진위천 남한강(양평-여주)	중랑천, 탄천, 안양천, 청미천, 시화호	남양호, 화성호, 임진강, 팔당호, 공릉천 하류/중류
강원	한탄강(동송읍), 토교저수지	섬강	철원평야, 남대천(강릉), 소양강 하류, 원주천, 남대천(양양)
충북	보강천, 백곡지	미호천, 무심천	
충남	천수만, 송정저수지, 도당천, 논산천	풍서천, 곡교천, 금강호, 병천천, 간월호, 봉강천, 삼교호, 해미천, 봉선저수지,	아산호, 잠홍지, 대호, 무한천, 부남호, 석문간척지
전북	조류지	금강하구둑, 만경강, 동림지, 동진강	전주천
전남	산수저수지, 함평대동저수지, 사내간척지, 만덕간척지, 고막원천 주암댐,	영산강, 영암호, 고천암, 순천암	금호호, 우습제, 강진만, 지식천, 황룡강
대구 경북	형산강	김천(감천), 금호강, 구미(해평)	고령 낙동강
부산 울산 경남	장척저수지, 양산천, 양상발생지, 태화강, 낙동강(삼랑진-대동)	주남저수지, 창녕우포, 사천만, 낙동강하구	목포, 사지포, 산남지, 동판, 화포천
제주		하도리, 용수저수지, 오조리(성산포)	

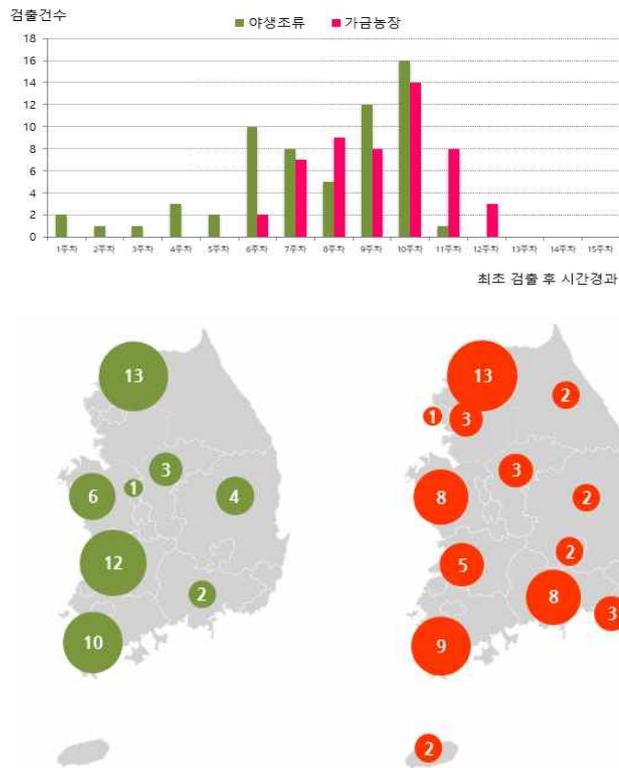
4. 정부정책방향 : 야생조류(철새) AI 검사 강화

가. 농림축산검역본부에서 계획하고 있는 2018년도 AI 모니터링 사업은 임상검사, 모니터링검사 및 고병원성 AI 발생시 검사로 구분하여 연간 381,267건의 검사를 목표로 함

나. 국내에서 HPAI가 발생한 두 기간(2014~2016.4, 2016.11~2017.4)에 대하여 발생농장 지점과 야생조류에서 HPAI 바이러스 항원이 검출된 지점 간의 공간적 연관성을 시각화한 결과 공간적 연관성이 매우 높았으며, 2003~2017.4월까지 총 7개목 23종에서 156건의 바이러스 항원이 검출됨

다. 아래 그림 7과 같이 최근 국내에서 확인된 야생조류에서와 농장에서의 HPAIv의 유행 곡선을 살펴보면 시간적 선후 연관성 역시 확인되어 야생조류 매개에 의한 농장에서의 조류인플루엔자 발생을 추론할 수 있음. 2020년 10월 21일 야생조류에서의 항원 검출 이후 주차별로 항원의 검출 건수를 시각화하면 아래와 같음. 2021년 1월 12일 현재 야생조류에서의 발생 건수는 61건이고 농장에서의 발생 건수는 51건임

라. 또한 그림 7과 같이 최근 국내에서 확인된 야생조류에와 농장에서의 HPAIv의 발생지역을 시각화한 결과 발생지역이 유사한 것을 확인할 수 있음(2021년 1월 12일 현재) 녹색 원이 야생조류에서의 발생이고 빨간 원이 농장에서의 발생임. 원 안의 숫자는 도별 발생 건수임



<그림 7. HPAIv의 야생조류 및 가금농장에서의 발생 현황(21.1.12)>

5. 철새 분변검사 지역과 야생조류 포획지역에 대한 검토

가. 조류인플루엔자 방역실시요령(농식품부고시 제2015-174호, 2015.12.28., 일부 개정) 제22조(축사 외 장소에서 발생 시 조치) 제⑤항에 의하면 “야생조수류 및 그 분변에서 고병원성 조류인플루엔자의 감염이 확인되었을 경우에는 해당 야생조수류 및 그 분변 시료를 채취한 지점을 중심으로 반경 10Km 이내의 지역을 **야생조수류 예찰 지역**으로 지정하고, 시료 채취일을 기준으로 닭은 7일간, 오리 등 기타 가금은 14일간 이 요령에 의한 예찰 지역의 방역 조치를 적용한다. 다만, 도심지에서 야생조수류 감염 확인 시에는 야생조수류 예찰 지역을 탄력적으로 지정 및 방역 조치를 취한다.” 고 규정하고 있음

나. 우리나라에서 2016~2017년 야생조류에서 HPAI 항원이 검출된 지점(65건) 인근의 가금 사육 농장(닭이나 오리를 1,000수 이상 사육하는 농가, N=11,721)과 HPAI 발생 가금농장(N=421)의 분포를 분석한 결과, 총 65건의 발생 사례 중 야생조류에서 HPAI 항원이 검출된 지점으로부터 반경 500 m 이내의 관리지역에는 가금 사육 농가가 없었으며, 반경 3 km 이내의 보호지역에는 14건(21.5%)이 확인되었음. HPAI 항원이 검출된 지점으로부터 반경 10 km 이내의 예찰 지역에는 40건(61.5%), 반경 30 km 이내에는 60건(92.3%)이 확인되었음

다. 해외에서 국내로 도래하거나 국내에 서식하고 있는 조류 종별 서식 및 이동범위에 대한 연구자료가 충분하지 않은 상황에서 현행 농식품부 고시에서 규정하고 있는 야생조수류 예찰 지역 범위와 방역 조치 내용의 정당성을 확정적으로 평가하기 어려움. 그러므로 야생조류 이동정보를 분석하여 조류 종별, 계절적 요인별 서식 범위와 이동범위 등에 분석연구가 필요한 것으로 판단됨

3절. 연구개발 범위

1. 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류예찰지역 선정 관련 GIS DB 구축

- 가. GIS DB 설계, GIS 공통 기능 분석·설계·구현, 철새 GIS DB 구축
- 나. 국내 고병원성 조류인플루엔자(HPAI)의 주요 감염원으로 추정되는 철새의 유입 경로와 생태 정보를 분석
- 다. 환경부에서 제공하는 철새 지리정보를 이용하여 도래지별 철새 군집 정보와 위치추적 정보를 연계하여 월별 서식 개체 수의 변화와 위치추적기의 이동정보 분석
- 라. HPAI 발생정보 및 농장정보 GIS DB 구축, 환경 GIS DB 구축

2. 겨울 철새 군집패턴 분석 로직 개발

- 가. 과거 발생농장의 지역별 현황, 철새도래지별 철새 이동 및 서식 정보, 축산시설의 분류 및 위치 정보, 축산차량의 시설 방문 정보, 기준 도시와의 교통량 등의 클러스터 요건 선별
- 나. 군집패턴 분석을 위한 선행연구 결과 분석 보고서를 이용
- 다. 중점방역관리지구 내 겨울 철새 행동영역 분석

3. 중점방역관리지구 지정 개선방안 마련

- 가. 19년 중점방역관리지구 및 야생조류 예찰지역 선정 적절성 검토
- 나. 환경부 지정 국내 철새 도래지(200여 지역)의 공간정보, 철새도래지별 도래 개체 수(종)의 시계열 자료, 농림축산검역본부 KAHIS의 가금농장정보, AI 중점방역관리지구 지정 현황, 2003~2018 HPAI 발생 농가 및 야생조류 정보 분석
- 다. 중점방역관리지구 및 야생조류 예찰 지역 지정안 적절성 및 지정방안 검토

4. 중점방역관리지구 선정 시각화 기술 개발

- 가. 국내 HPAI 발생 정보의 GIS기반 다양한 시각화 기법 적용을 위해 공간 SQL DBMS 및 분석 환경을 구성하고 빅데이터 플랫폼과 연계해 조류인플루엔자 관련 빅데이터를 GIS 공간 분석에 바로 활용하고 시각화할 수 있는 시스템을 구축
- 나. GIS 공통 기능 분석·설계·구현

제 2장 연구수행 내용 및 결과

1절. 연구개발 추진전략 · 방법 및 추진체계

1. 연구개발 추진전략 · 방법

가. **참여기관:** 개발 목표 달성을 위하여 수의역학 분야에서의 풍부한 연구 경험과 GIS 공간 분석 기술을 보유한 **서울대학교 산학협력단과 박혁 교수**, 국가동물방역통합시스템(KAHIS)와 야생조류 이동추적시스템을 운영하면서 HPAI 역학조사 활동을 하고 있는 **농림축산검역본부 (역학조사과)**, GIS 기반의 다양한 의사결정 지원시스템 개발 경험을 보유한 **(주)케이웨어**가 상호 협력하여 현행 철새지리정보시스템, 철새 위치추적 시스템, 환경주제도 정보 등을 수집, 정제, 융합, 분석하여 그 결과를 토대로 개선된 GIS 기반의 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사결정지원시스템 구축 방안을 도출

나. **자문단 구성:** 개발 목표 달성을 위하여 산업계와 학계 자문단을 구성

- 선행연구로 야생조류(철새)에 의한 고병원성 조류인플루엔자(HPAI) 발생 위험성 분석을 진행한 강원대학교, 야생조류(철새)의 행동권 분석 연구를 진행한 한국환경생태연구소, 중점방역관리지구 지정으로 이해관계가 있는 한국오리협회, 그리고 조류인플루엔자 대응 방역정책을 자문하고 있는 한국가금수의사회를 자문기관으로 위촉하여 자문위원단을 구성하고 해당 기관의 연구 과정과 성과를 공유하고 연구 방향 및 결과물에 대하여 수시로 자문을 받을 예정임

구분	이름	소속	직위	전문 분야
학계	박○일	강원대학교	교수	HPAI 위험 분석
연구소	이○수	한국환경생태연구소	대표이사	야생동물 위치추적기
축산	허○행	한국오리협회	차장	가금산업 의견 제공
수의	윤○웅	한국가금수의사회	회장	HPAI 방역 정책

다. **협업방법:** 과제의 성공을 위한 참여기관 간의 협업적, 조직적 관리를 위해 정기적으로 오프라인 미팅과 워크숍을 가지면서 협업을 할 예정, 온라인 컨퍼런스 시스템을 활용하여 필요에 따라 유연하게 과제와 관련된 미팅을 갖고, 각 기관별 과제 진행 사항을 투명하게 공개할 예정임

라. **서비스 도출 방안:** 기술에 맞는 다양한 응용서비스를 고안하여 응용별 다양한 요구와 스테이크홀더(사용자, 개발자, 참여기관)를 고려하며 서비스에 대한 시장성 및 운영 가능성 (Operational Feasibility)을 협의 및 검토

마. **과제 결과 검증 방안:** 제시된 정량적 평가항목에 대한 검증을 위하여 자체평가 워크숍을 개최, 진행 상황 보고와 정량적 기준에 대한 평가를 수행

- 조류인플루엔자 방역과(본 사업의 PM(project manager))의 과제 선정 후 연구 방향 조정, 진도, 성과관리 등의 업무에 협조하여 성과물의 완성도와 활용도 극대화

바. **과제 활용담당관과의 협의회 운영:** 과제 선정 후 과제 활용담당관 및 본 연구팀의 농림축산검역본부 역학조사과와 연 2회 이상 협의회를 운영하여 연구과제의 진행 상황 보고 및 결과 검증, 정책 활용 제안 수행

2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구	주관연구책임자 (박혁) 외 총 18명

기관별 참여 현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
중소기업	1	2
대 학	1	5
국공립(연)	1	11

서울대학교 산학협력단(주관)
GIS 기반 통계분석 기술을 활용한 중점방역관리지구 등 선정 의사 결정지원 시스템 개발
연구책임자명 (박혁) 외 5명
담당기술개발내용
- 중점방역관리지구 등 선정 GIS DB 설계 - 중점방역관리지구 선정 관련 의사 결정 지원 시스템 개발 - 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석

농림축산검역본부(협동)
중점방역관리지구 등 검토 및 지정방안 수립
연구책임자명 (이호성) 외 10명
담당기술개발내용
- 중점방역관리지구 등 검토 - 중점방역관리지구 선정안 검토 - 중점방역관리지구 지정방안 정책활용 보고서 작성

케이웨어(주) (위탁)
중점방역관리지구 선정 시각화 기술개발
연구책임자명 (장국열) 외 1명
담당기술개발내용
- 중점방역관리지구 선정 관련 GIS DB 구축 - 중점방역관리지구 선정 시각화 기술개발

3. 추진일정

1차년도															
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	지리정보 요구사항 분석					■								23,000	박혁 (서울대학교)
2	GIS DB 설계						■							30,000	박혁 (서울대학교)
3	GIS DB 수집						■	■	■	■				10,000	이호성 (검역본부)
4	지리정보 정제 및 공간 DBMS 탑재								■	■	■	■		7,000	장국열 (케이웨어)
5	겨울 철새 군집패턴 분석									■	■	■	■	10,000	박혁 (서울대학교)
6	GIS 공통 기능 분석 설계								■	■	■	■		10,000	장국열 (케이웨어)
7	중점방역관리지구 및 야생조류 예찰지역 선정 적절성 검토										■	■	■	10,000	이호성 (검역본부)
2차년도															
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	GIS 분석 기능 요구사항 분석	■												10,000	박혁 (서울대학교)
2	GIS 분석 기능 설계		■											10,000	박혁 (서울대학교)
3	중점방역관리지구 등 지정방안 개선			■	■	■	■							10,000	이호성 (검역본부)
4	지리정보시스템 시각화 기능 개발			■	■	■	■							26,400	장국열 (케이웨어)
5	조류 종별 국내 이동경로 및 생태·역학적 분석				■	■	■	■	■					10,000	박혁 (서울대학교)
6	관리지구 등 야생조류 서식상 분석				■	■	■	■	■					10,000	이호성 (검역본부)
7	분석결과 GIS DB 탑재 및 기능 개발						■	■	■					20,000	박혁 (서울대학교)
8	중점방역관리지구 등 선정 분석 기능 개발									■	■	■		23,600	박혁 (서울대학교)
9	중점방역관리지구 등 선정 분석 결과 검토											■	■	10,000	이호성 (검역본부)

2절. 연구수행 방법

[1차년도]

1. 관련 데이터 수집

가. 사용기술

- (1) 철새 이동 데이터, 토지피복도, 가금농장, 국내 HPAI 발생 정도 등 데이터 수집
- (2) 수집 데이터의 정제 및 결합, DB 구축

나. 사용도구

- (1) 데이터 수집 및 정제(필터링, 병합 등) : R, Excel

다. 구체적인 내용

- (1) 공간모델링, 지리적 위험요인 관련 선행 연구사례 체계적 고찰
- (2) 전파 매개체 분석 관련 선행 연구사례 수집 및 고찰

2. 군집패턴 분석 선행사례 연구

가. 사용기술

- (1) 체계적인 문헌고찰을 통한 HPAI 유입 위험요인 관련 선행 연구사례 및 문헌 검토
- (2) 국내 HPAI 발생 사례에 대한 정보 수집

나. 사용도구

- (1) 통계 소프트웨어 : R(version 3.6.1, R Core team, Austria)

다. 구체적인 내용

- (1) 공간모델링, 지리적 위험요인 관련 선행 연구사례 체계적 고찰
- (2) 전파 매개체 분석 관련 선행 연구사례 수집 및 고찰

3. GIS 공통 기능 분석·설계·구현

가. 사용기술

- (1) 공통 공간정보 DB 구축
- (2) 오픈소스 기반의 GIS 공간분석 플랫폼 구축

나. 사용도구

- (1) 국내 환경부, 행정안전부, 국토교통부와 국토지리정보원, 산림청, 농촌진흥청 등 공공기관 보유 데이터 수집 및 해외 ASTER GDEM, NASA MODIS 등의 데이터 수집
- (2) GIS 플랫폼 구축 : PostgreSQL, PostGIS Extension, LibLwGeom, PoGEOS, Proj4, LibXML2, GDAL 등

다. 구체적인 내용

- (1) 토지 피복도, 생태 자연도, 수치지형도, 습지, 도로, 수치 임상도, DEM 등의 공간정보 수집 및 표준화를 통한 공통 공간정보 DB구축
- (2) 공간분석 알고리즘 활용 지원을 위한 DBMS 및 GIS 동적 변환 지원 설계 및 구축
- (3) GIS 기반 공간정보 시각화 시스템 구현

[2차년도]

1. 야생조류 매개 HPAI 발생 위험도 평가 모델 개발

가. 사용기술

- (1) UDM 예측 : Brownian Bridge Movement Model(BBMM)
- (2) (읍면동 별) 토지 피복도 분석
- (3) 서식지 이용 패턴 분석
- (4) Kernel Density Estimation
- (5) 다변량 로짓 회귀 분석

나. 사용도구

- (1) 통계 소프트웨어 : PostgreSQL, Qgis
- (2) 통계 소프트웨어 : R(version 3.6.1, R Core team, Austria)

다. 구체적인 내용

- (1) 철새들의 종별·월별 활동영역(UDM) 예측
- (2) 예측한 UDM의 토지 피복도 정도 산출
- (3) 예측한 UDM의 환경 속성 정량화, 조류 서식지 이용패턴 분석
- (4) 예측된 UDM와 과거 야생조류 사체 및 분변에서 HPAI 기 검출 장소간 상관관계 분석
- (6) 철새로 인한 HPAI 발생위험도 읍면동별, 월별로 예측

2. 고위험 조류종별 국내 이동경로 분석

가. 사용기술

- (1) 공간 군집패턴 결과 시각화
- (2) 겨울 철새 일일 이동 거리 분석 시각화

나. 사용도구

- (1) 통계 소프트웨어 : R(version 3.6.1, R Core team, Austria)

다. 구체적인 내용

- (1) HPAI 발생 시기별 겨울 철새의 공간 군집패턴 결과 시각화

(2) 겨울 철새 일일 이동 거리 등 생태분석 결과 시각화

3. GIS 기반 통계 분석 기술 활용 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사결정 지원 시스템(SW) 개발

가. 사용기술

- (1) 조류인플루엔자 관련 빅데이터의 표준화 정제 및 공간 DB 구축
- (2) GIS 기반 HPAIv 야생조류 항원검출 지점 및 공간정보 시각화

나. 사용도구

- (1) GIS 플랫폼 및 공간 DB : PostgreSQL(+PostGIS, 공간 DBMS) + GeoServer(GIS 서버) + 오픈소스 GIS 분석(WPS)
- (2) 웹기반 시각화 시스템 : PoJava + Tomcat + Spring Framework + OpenLayers + D3 Chart Library 등

다. 구체적인 내용

- (1) 조류인플루엔자 중점방역관리지구 선정을 위한 기반지리정보 공간DB 구축
- (2) 철새 분변 채취 지점, 항원검출 내역 공간 DB 구성
- (3) GIS 기반 통계분석기술을 활용한 공간정보 시각화 시스템 개발

3절. 연차별 연구 수행 결과

1. 1년차 연구 수행 결과

[주관연구기관] 서울대학교 산학협력단

가. 연구 주제 관련 데이터 수집

(1) 연구 주제 관련 데이터 수집 목록(보고서 제출일 기준 목록 갱신)

<표 4. 연구 주제 관련 데이터 수집 목록>

대분류	중분류	데이터	출처	수집가 능력여부	수집 상태	구축 연도	유형	레이 어명	좌표체계	기타	상세내용	홈페이지		
철 새 군 집 지 역 정 제 과	주소	행정경계-시도	도로명 주소		○	2020	폴리곤		EPSG:3857		http://www.juso.go.kr			
		행정경계-시군구	도로명 주소		○	2020	폴리곤		EPSG:3857		http://www.juso.go.kr			
		행정경계-읍면동	도로명 주소		○	2020	폴리곤		EPSG:3857		http://www.juso.go.kr			
	해외발생 보고	OIE (HPAI)	OIE			○	2005~ 2021	포인트		EPSG:4326	일별 자동 수집	전세계 동물질병 발생정보		
		러시아(FSVPS)	FSVPS	불가	X	-								
	국내발생 보고	HPAI (야생조류 포함)	농림축 산검역 본부			○	2015~ 2021					야생조류 예찰자료 포함		
	철새정보	Movebank	Moveb ank				○	2010~ 2021	포인트		EPSG:4326	일별 자동 수집	야생조류 이동데이터 (Species, 기간, 수신정보 포함)	
		야생조류 위치추적기 정보	한국환 경생태 연구소				○	2013~ 2021	포인트			일별 자동 수집	야생조류 이동데이터 (Species, 기간, 수신정보 포함)	
		조류동시센서스	국립생물 자원관				○	1999.0 1~202 0.12	Text			자동 수집	1, 2, 3 / 10, 11, 12 월 데이터 (도래지 geometry 작업 완료)	
	축산시설	축산농가현황 (가금류)	가축위 생방역 지원본 부				○	2020	포인트		EPSG:3857			
		거점소독 및 이동통제 설치 현황	농림축 산검역 본부				○	2020						
		닭_전국 부화장	농림축				○	2017~						

대분류	중분류	데이터	출처	수집가 능여부	수집 상태	구축 연도	유형	레이 어명	좌표체계	기타	상세내용	홈페이지	
						06-18							
		닭_전국 종계장	산검역 본부		○	2017- 06-18							
		오리_전국 종오리 농장 현황			○	2017- 06-18							
		오리_전국 종오리 부화장 현황			○	2017- 06-18							
		가금류도계장			○	2018							
		가금류도압장			○	2018							
		가금_중점방역관 리지구(3개 기준 적용)		농식품 부		○	2018						
		전국자연환경조사 결과(조류,포유류)	국립생 태원		○	2017							
	매물지	매물지 정보	농식품 부		○	2017							
	사육	전세계 가축사육 밀도			○	2018	TEXT, IMAGE				데이터 통합을 위한 추가 정제 기획 필요		
	지도	배경지도	OSM	온라인 연결	○	2020	TMS		EPSG:3857		https://www.openstreetmap.org/		
		전세계 국가경계	Natural Earth		○	2019	폴리곤		EPSG:4326		https://www.naturalearthdata.com/		
	입출국	전세계 주요 항구			X	-					https://openflights.org/data.html		
		전세계 주요 공항			○	2019	포인트				https://openflights.org/data.html		
		전세계 주요 철도역				X	-				https://openflights.org/data.html		
	기상	국내 기상정보	기상청		○	2010. 06 ~ 2021. 1				일별 자동 수집	대한민국 행정동에 대한 시간대별 기상정보 (기온, 습도, 풍속, 풍향, 강우량)		
		국내 대기정보	기상청		○	2010. 06 ~ 2021. 1				일별 자동 수집	대한민국 행정동에 대한 시간대별 대기정보 (대기오염도)		
		전세계 태풍발생정보				X	-					https://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php?name=ibtracs-data	
	관련 정보	뉴스			○	2018~ 2020							
		소셜미디어				X	-						

대분류	중분류	데이터	출처	수집가 능여부	수집 상태	구축 연도	유형	레이 어명	좌표체계	기타	상세내용	홈페이지	
참고	관련시설	동물병원	대한수의사회		○	2017-07-17							
		동물원			○	2018-11-29					14곳		
		공공기관(가축방역기관) 주소록			○	2017							
		우체국			○	2017							
	환경 주제도	철새도래지 공간 데이터	환경부	온라인 다운	○	2020	폴리곤	migratory	EPSG:3857				
		토지피복도 공간 데이터	환경부	온라인 요청	○	2018	폴리곤			중분류/ 세분류	주변에 논과 밭이 얼마나 많이 있는지도 중요한 지표	https://egis.me.go.kr	
				직접 수령	○	2020	폴리곤			중분류/ 세분류	주변에 논과 밭이 얼마나 많이 있는지도 중요한 지표		
		생태 자연도	환경부	온라인 요청	○	2018	폴리곤	eco_2015_g			주변에 생물이 얼마나 많이 사는지 지표로 표시 1급/2급/3급	https://egis.me.go.kr	
		수원지 데이터	지형도 저수지	다운로드	○	2018	폴리곤				저수지 위치 관련 자료		
		습지 데이터	국립습지센터	다운로드	○	2018	폴리곤			* KLIS : 습지보전 지역	습지지역에 철새들이 많이 분포되어 있음	http://gis.wetland.go.kr/wetland/ http://data.nsd.go.kr/dataset/12756	
		도로 데이터	새주소 지형도 KTDB		○	2019	라인				- 외국에서는 농장 주변에 도로가 위치를 하면 많이 발생 발표 -차량과의 연관성 검토 필요		
		수치임상도	산림청	온라인 요청	○	2018	폴리곤			1:25000 / 1:5000	** 임상도 자체의 영급/경급 등 정보도 추후 필요	http://www.forest.go.kr http://116.67.84.152/forest/#/	
		수치표고자료	ASTER GDEM	온라인 요청	○	2018	래스터			30m	경사도 및 해발고도 자료(대용량 데이터)		
		경사도	ASTER GDEM	온라인 요청	○	2018	래스터			30m	경사도 및 해발고도 자료(대용량 데이터)		
		산림입지토양도	농촌진흥청		○	2018				1:25000/1:50000	산림입지토양도		
		NDVI(Normalize Difference Vegetarian Index)	MODIS 250m	온라인 요청	○	2018	래스터					표준화식생지수자료, 숲의 분포를 값의 형태로 표현	https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

(2) 철새 GIS DB 구축

- 국내 고병원성 조류인플루엔자(HPAD)의 주요 감염원으로 추정되는 철새의 유입 경로와 생태 정보를 분석하기 위해 농림축산검역본부의 협조를 받아 한국환경생태연구소를 통해 관리되고 있는 철새 위치추적기 정보를 제공 받아 철새의 종별·시기별·지역별 이동정보를 분석하고 GIS 기반 시각화된 형태로 제공할 수 있도록 DB를 구축하였음



<그림 8. 철새 위치추적 정보 시각화 시스템>

- 환경부에서 제공하는 철새 지리정보는 국내 200여개의 철새 도래지에서 관측된 시기별(10월~3월) 개체 수를 종별로 분류하여 제공하고 있어, 도래지별 철새 군집 정보와 위치추적 정보를 연계하여 월별 서식 개체 수의 변화와 위치추적기의 이동정보 분석을 통해 철새의 이동패턴과 서식 패턴 분석에 활용할 수 있도록 GIS 기반 DB를 구축함



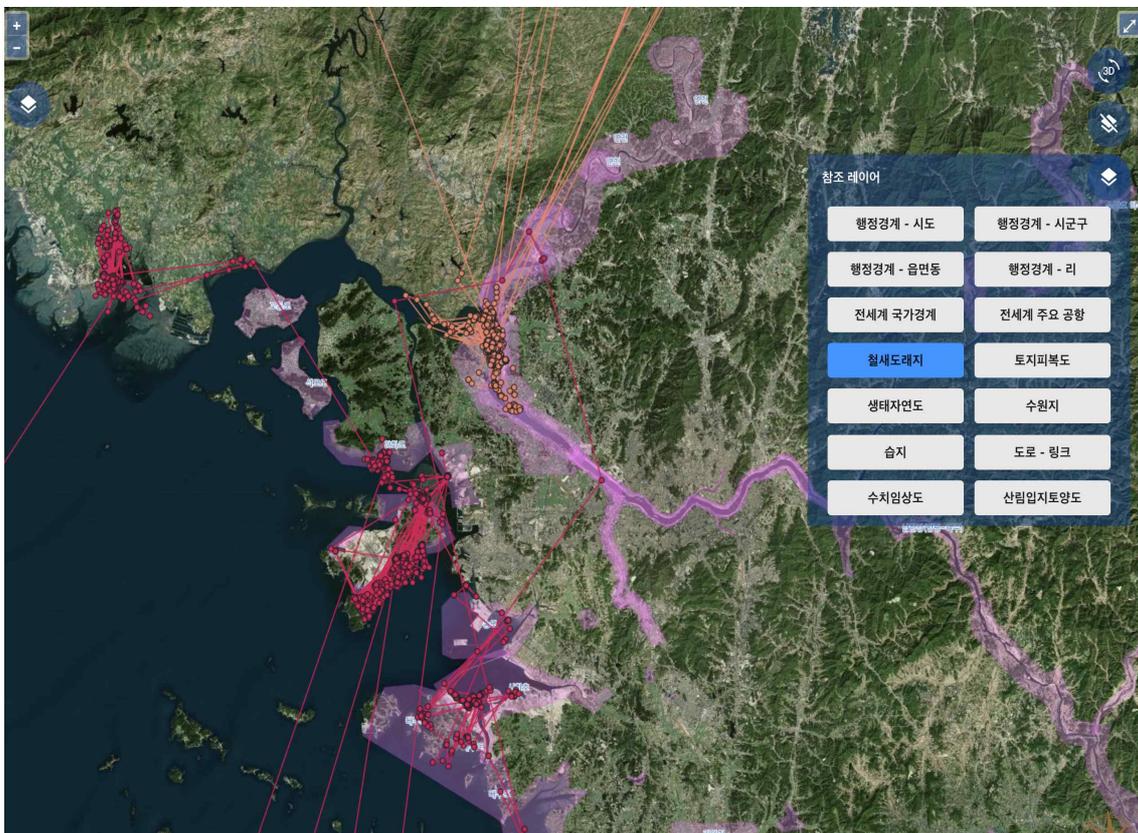
<그림 9. 도래지별 야생조류 개체수 분석 시각화>

(3) HPAI 발생 정보 및 농장정보 GIS DB 구축

- 농림축산검역본부의 2015~2019 야생조류 및 농장의 AI 항원 검출정보를 받아 항원 종류 (HPAI / LPAI, H, N, 미분류 등), 검출 종별·시기별·지역별 검출정보를 분석할 수 있는 빅데이터 분석플랫폼과 검출 분석 정보를 GIS 기반 시각화된 형태로 제공할 수 있도록 DB를 구축함
- 항원 검출지점, 도래지, 중점방역관리지구의 정보를 공간 정보화하여 DB를 구축하고 해당 지점 주변의 농가를 시각화할 수 있도록 KAHIS의 농장관리 기준에 맞춰 농장정보를 구성하고 농장 위치 정보를 공간 정보화하여 GIS DB로 구축함

(4) 환경 GIS DB 구축

- GIS 기반의 공간분석이 가능하도록 철새 도래지, 생태 자연도, 행정경계, 습지, 국가경계 등의 다양한 공간정보를 GIS DB로 구축함



<그림 10. 철새 도래지 환경정보 및 시각화>

- 환경부 생물자원관의 협조를 통해 국내 철새 도래지의 정보를 수집하고 공간 데이터화함. 철새 도래지의 Site-Code는 생물자원관의 코드와 일치화하여 Polygon Shape DB와의 연계를 표준화 코드로 구성함

- * 국내 202개 Site 공간 데이터 구축
- * GIS 기반 도래지 Shape 시각화 지원

No	Site_code	Site_name	Province9	Province17	Location_20 14report	X	Y
1	1	1=철원평야	강원	강원	철원군	220717.23	530129.15
2	2	2=연천	경기	경기	연천군	199249.78	503583.89
3	3	3=성산-성수대교	경기	서울	서울시	196252.33	447322.96
4	4	4=성수대교-팔당댐	경기	서울	서울시	213964.90	450542.81
5	5	5=중랑천	경기	서울	서울시	204944.94	450466.99
6	6	6=탄천	경기	서울	서울시	206822.32	444692.74
7	7	7=팔당호	경기	경기	경기도 양평군	226836.21	444998.00
8	8	8=남한강(양평-여주)	경기	경기	경기도 양평군	240163.30	442262.00
9	9	9=횡성호	강원	강원	강원도 횡성군	294489.67	450074.58
10	10	10=남한강(여주-충주)	경기	경기	경기도 충청북도	262350.71	415415.85
11	11	11=섬강	강원	강원	강원도 횡성군	270327.95	421628.29
12	12	12=북한강(청평댐-화천교)	경기	경기	경기도 가평군	256883.39	491284.53
13	13	13=소양호 하류	강원	강원	강원도 춘천시	267260.02	490965.80
14	14	14=성산대교-행주대교	경기	경기	경기도	186528.02	452724.46
15	15	15=안양천	경기	서울	서울시	190787.11	439046.05
16	16	16=한강하구(오두산-일산대교)	경기	경기	경기도 고양시 김포시	170819.16	467184.65
17	17	17=한강하류(일산-행주대교)	경기	경기	경기도 고양시 김포시	179224.89	456662.11
18	18	18=임진강(장남교-오두산)	경기	경기	경기도 파주시	179679.05	487078.33
19	19	19=강화도	경기	인천	인천시 강화군	153160.61	455884.40
20	20	20=석모도	경기	인천	인천시 강화군	140997.20	466514.57
21	21	21=교동도	경기	인천	인천시 강화군	135529.00	476362.18
22	22	22=영종도 운북동	경기	인천	인천시	157603.09	447186.04
23	23	23=영종도 운남-삼목동	경기	인천	인천시	146878.20	442793.95
24	24	24=송도	경기	인천	인천시	168557.67	429843.22
25	25	25=청라지구-굴포천	경기	인천	인천시	164817.95	452573.01
26	26	26=대부도	경기	경기	경기도 안산시	161996.71	412615.56
27	27	27=시화호	경기	경기	경기도 안산시	172839.47	420424.26
28	28	28=왕송저수지	경기	경기	경기도 의왕시	195231.03	422773.07
29	29	29=물왕저수지	경기	경기	경기도 시흥시	185453.93	431042.53
30	30	30=발안저수지	경기	경기	경기도 화성시	193413.90	407664.77
31	31	31=진위천	경기	경기	경기도 평택시	203843.78	398958.02
32	32	32=이동저수지	경기	경기	경기도 안산시	217644.17	401477.74
33	33	33=고삼저수지	경기	경기	경기도 안산시	224030.75	397200.34
34	34	34=남양만(장안-우정면)	경기	경기	경기도 화성시	177397.07	400411.86
35	35	35=남양호	경기	경기	경기도 화성시	186211.81	393176.28
36	36	36=아산만	충남	충남	충남 아산시	187023.10	379468.98
37	37	37=아산호	충남	충남	충남 아산시	197080.76	381936.99

185	185	185=간성-대진해안	강원	강원	강원도	326166.70	554614.61
186	186	186=고성군해상	강원	강원	강원도 고성군	335725.73	542784.03
187	187	187=성산-남원해안	제주	제주	제주도	186841.51	-15241.56
188	188	188=제주성산	제주	제주	제주도	192550.78	-3698.13
189	189	189=제주용담-대정해안	제주	제주	제주도	132495.12	-11640.54
190	190	190=제주서귀포-안덕해안	제주	제주	제주도	146353.90	-29726.51
191	191	191=제주하도	제주	제주	제주도	190343.06	1272.18
192	192	192=제주함덕-하도해안	제주	제주	제주도	179031.25	6510.11
193	193	193=만경강중류	전북	전북	전북 김제시	202372.86	266672.38
194	194	194=동북호	전남	전남	전남 화순군	209557.98	178750.94
195	195	195=지석천	전남	전남	전남 나주시	188172.18	168928.61
196	196	196=서호	경기	경기	경기도 수원시	198950.00	419493.00
197	197	197=청미천	경기	경기	경기도 안성시, 이천시	256086.00	402284.00
198	198	198=풍서천	충남	충남	충남 천안시	210706.00	358337.00
199	199	199=곡교천	충남	충남	충남 아산시	192398.00	368828.00
200	200	200=봉강천	충남	충남	충남 아산시	209110.00	361807.00
201	201	201=황룡강	전남	광주	광주광역시	178373.00	186085.00
202	202	202=암태도	전남	전남	전남 신안군	118504.00	149539.00

<그림 11. 국내 철새 도래지 수집목록 발취>

나. 군집패턴 분석을 위한 선행연구 결과 분석 보고서

(1) 선행연구 조사 개요

(가) 조사 목적

- 철새를 매개로 하는 가금류 전염병이 전파되는 과정을 밝히기 위한 군집패턴 분석을 위해서는 철새가 빈번하게 서식하는 공간 요인과 관련한 모델링 기법과 철새의 분포 특성에 의한 질병 매개 영향 모델링으로 구분할 수 있음
- 이 두 가지 방향에서의 철새 군집패턴이 질병 전파 과정에 미치는 영향에 대한 적절한 모델링을 위해 최근 수행된 관련 연구에서 다루는 분석기법, 데이터, 주요 결과를 조사하였음

(나) 조사 방법

- 조사대상 논문들에 대하여 초록 요약, 연구목적, 분석 데이터, 분석방법, 주요 결과에 대한 내용을 요약하였으며, 향후 연구에서 분석 방법을 중심으로 국내 철새 군집에 적절한 방법으로 발전시킬 예정임

(다) 조사 대상

- Gilbert 교수 연구팀의 공간모델링, 지리적 위험요인 분석과 관련한 카테고리의 논문 6편과 전파 매개체 분석과 관련한 4편을 조사대상으로 선정함

(2) 공간모델링, 지리적 위험요인 관련 선행 연구사례 및 문헌 검토(연구논문)

<공간모델링, 지리적 위험요인 관련 선행 연구>

(가) 중국 내 가금류와 야생 물새 간 질병 전파에 대한 위험지역 예측 모델

- o 중국 내 가금류와 야생 물새 간의 H5N1 전파 위험도를 확인하여, 위험지역에 대한 예측 모델을 개발함
- o 예측 모델 1에서는 가금류와 야생 물새가 공존하는 지역을 분석하였으며, 모델 2에서는 가금류와 야생 물새가 공존하는 각 지역에 있어서 네 가지 전파 시나리오를 가정하여, 전파 위험도 평균값 사이의 차이를 확인하여 예측 위험도를 산출함
- o 전파 위험도를 예측하는데, 가장 예측 정확도가 높은 지역은 중국 남동부였음. 한편, 번식기에는 중국 북동부 및 중국 중남부의 양쯔강 평야에서 가장 높은 위험성이 예측됨. 특히 Qinghai 호수와 Poyang 호수 지역은 계절에 따라 대조적인 결과를 보였는데, Poyang 호수 지역은 여름과 겨울 모두 상대적으로 높은 수준의 위험을 보인 반면 Qinghai 호수 지역은 여름에는 높은 위험도를, 겨울에는 낮은 위험도를 보였음

- 논문: Prosser et al.(2013). Mapping avian influenza transmission risk at the interface of domestic poultry and wild birds. *Frontiers in Public Health*.

(나) H7N9 바이러스 전파의 위험 요인 분석과 확산 패턴 분석

- o H7N9의 중국 북부로의 바이러스 전파 확산이 다른 계절성 인플루엔자와 맞물려 바이러스 전염의 극대점을 맞게 될 가능성에 대해서 분석함
- o H7N9 발병의 위험 요인 분석 결과, 인구 사회적 변수들의 경우 세 번째 발병 시까지는 큰 영향을 미쳤지만 그 이후 급격히 기여도가 감소하였으며, 가금 관련 변수는 초기 보다는 최근 두 번의 발병 시에 큰 영향을 준 것으로 분석되었음
 - 양계/오리 비율 변수는 4, 5번째 발병 사례에서만 높은 기여도를 보임
 - 가금류 시장 밀도의 경우 5번째 발병 사례에서 양의 한계효과를 보였는데, 0.01을 기준으로 한계 효과가 단계적으로 하락하는 패턴이 모든 발병 사례에서 유사하게 나타남
 - 가금류 개체 밀도 변수는 시간이 지남에 따라 조금씩 기여도가 상승함
 - 호수까지의 거리가 100km 이하인 경우만 한계효과와 음의 관계를 가지는 것을 밝혀짐
- o H7N9 발병은 주로 2월과 3월경 나타나지만, 중국 북부에서는 일반 인플루엔자 발병이 높은 계절에 바이러스 발병이 높게 나타나는 등 겨울 계절성이 두드러짐(발병 사례 대부분 12월에서 2월 사이에 집중)

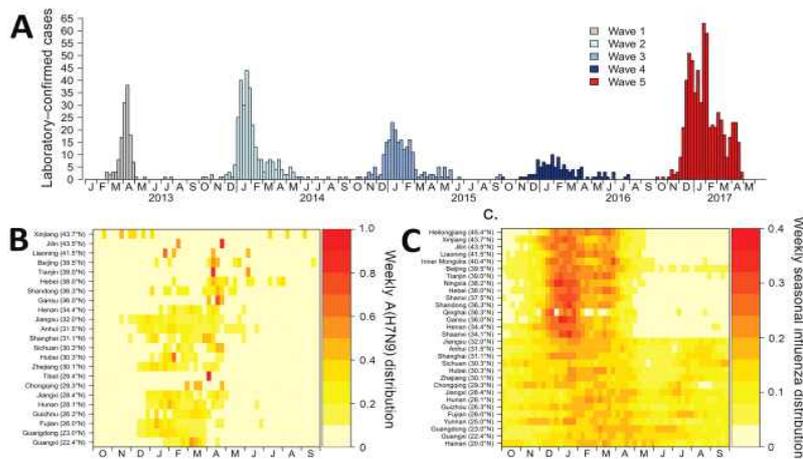


Figure 3. Seasonality of influenza A(H7N9) infections in comparison to seasonal influenza, by week, China, 2013–2017. A) Epidemic curve for H7N9. B) Seasonality for H7N9. C) Seasonality for seasonal influenza A.

<그림 12. H7N9 발병 분포와 계절성 인플루엔자 발병 비교>

- A: H7N9의 진행 그래프
- B: H7N9의 계절성
- C: 계절성 인플루엔자의 계절성

- 분석결과, 전반적으로 H7N9와 계절성 인플루엔자의 발병의 패턴이 유사하게 나타나지 않았으나, H7N9이 점차 북부지역으로 확대되면 향후 발병 패턴이 유사하게 형성될 가능성 있음을 시사
- 논문: Artois et al.(2018). Changing geographic patterns and risk factors for avian influenza A(H7N9) infection in China. Emerging Infectious Diseases.

(다) H5N1, HPAI 바이러스 적합성 지도 작성

- HPAI 일종인 H5N1에 대해 최초로 글로벌 적합성을 가진 모델을 제시
- 최적의 예측은 숙주의 분포를 설명하는 공간예측변수를 사용하여 얻음
- 광범위한 질병 적합성 모델링에 있어 체계적인 공간교차검증 방법 사용
- 질병 발생 데이터는 일반적으로 군집화되거나 공간적으로 자기 상관성을 가짐. training set, validation set 또한 독립적이지 않아 정규 교차 검증은 편향을 발생시킴. 즉 정규 교차 검증은 모델의 설명력을 과대평가하게 됨. 따라서 이 경우 공간적 교차 검증을 쓰는 것이 바람직하며 공간적 교차 검증을 하기 위해서는 위와 같은 공간의 분할이 필요함을 강조함

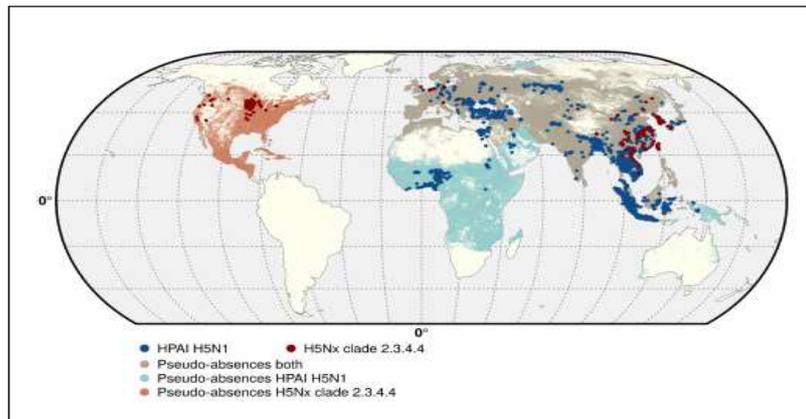


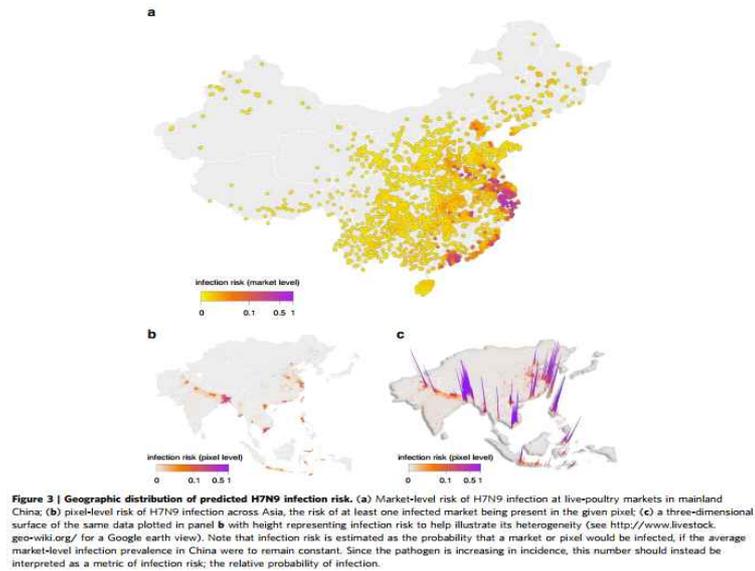
Figure 5. Geographic distribution of presence and pseudo-absences of HPAI H5N1 and HPAI H5Nx clade 2.3.4.4. Geographic distribution of presence points of HPAI H5N1 (blue) and HPAI H5Nx clade 2.3.4.4 (red). The pseudo-absences are represented in light blue, light red and light brown. This figure was built with the R-3.2.4 software (<https://cran.r-project.org/>). The shapefile data used to produce these maps were all from public sources (<http://www.naturalearthdata.com/>). The graticule is composed of a 20-degree increments and the coordinate system is 'EPSG: 54012'. DOI: 10.7554/eLife.19571.015

<그림 13. HPAI H5N1 및 HPAI H5Nx 2.3.4.4 의 지리적 분포>

- 회색 지역은 두 바이러스 나타나지 않는 잠정적 부재 지역
- 병원균의 부재는 실제로 바이러스가 존재하기 부적합 경우 또는 존재함에도 발견되지 않은 경우, 해당 바이러스가 그 지역에 존재한 적이 없는 경우가 있음. 잠정적 부재 지역으로 간주함
- 논문: Dhingra et al.(2016). Global mapping of highly pathogenic avian influenza H5N1 and H5Nx clade 2.3.4.4 viruses with spatial cross validation. eLife.

(라) 가금류 시장의 H7N9 바이러스 감염 위험도 예측

- o 인간에게도 감염성이 있는 것으로 알려진 H7N9 인플루엔자는 주로 살아있는 가금류 거래 시장 주된 경로임. 가금류 시장 위치 정보와 환경 관련 지도를 이용해 H7N9의 가금류 시장을 통한 감염의 위험을 예측하는 통계 모델 개발함. 해당 지역의 가금류 시장의 밀도가 핵심적인 변수로 작용함



<그림 14. H7N9의 예상 발병 위험의 지리적 분포>

- a 시장 단위 위험도 분포
- b, c pixel 단위 위험도 분포, 동남아시아까지 범위 확대
- pixel 단위 발병 위험은 가금류 시장의 밀도가 높으면 위 제시된 예측 변수들로 특징되어지는 도시나 도시 주변부로 제한됨
- o 추가적인 발병 위험성이 가장 큰 지역으로는 방글라데시와 인도의 벵골 지역, 베트남의 메콩강 및 레드 강 삼각주 등이 있음
 - 논문: Gilbert et al.(2014). Predicting the risk of avian influenza A H7N9 infection in live-poultry markets across Asia. Nature Communications

(마) HPAI Virus(HPAIV) H5N1와 임상 질환 HPAI H5N1의 발생 분포에 대한 분석

- o HPAI H5N1의 환경 관련성에 대해서는 알려진 바가 적음. 따라서, HPAI H5N1, HPAIV H5N1 두 바이러스의 발생 분포를 별도로 분석하여 모델링 하였음
- o HPAI H5N1의 경우 닭의 밀도, 인구 밀도, 높 이와 관련이 깊었으며, HPAIV H5N1의 경우 물새의 밀도, 인구 밀도, 지표 수로 덮힌 지표의 비율과 관련이 깊었음. Logistic regression 결과 HPAI H5N1의 발병과 인구 밀도 간에는 양의 상관관계가, 고도와는

- 음의 상관관계가 나타남. BRT 결과 양계 밀도 또한 주요한 변수로 판단됨
- HPAIv H5N1의 경우, 닭수 면적 비율과 인구 밀도와 양의 관계를 가지나 양계 밀도와는 음의 관계를 보임. 양의 관계를 변수들 또한 일정 값 이상에서 양의 관계를 가지기 시작함
- HPAIv H5N1에 대해 인구 밀도(HpDnLg)는 1km² 당 10,000두 이상 100,000두 이하에서만 양의 관계를 보였으며, HPAIv H5N1에 대해 물새 밀도(DuGeDnLg)의 경우 1km² 당 10,000두 이상일 때부터 양의 관계를 보이기 시작

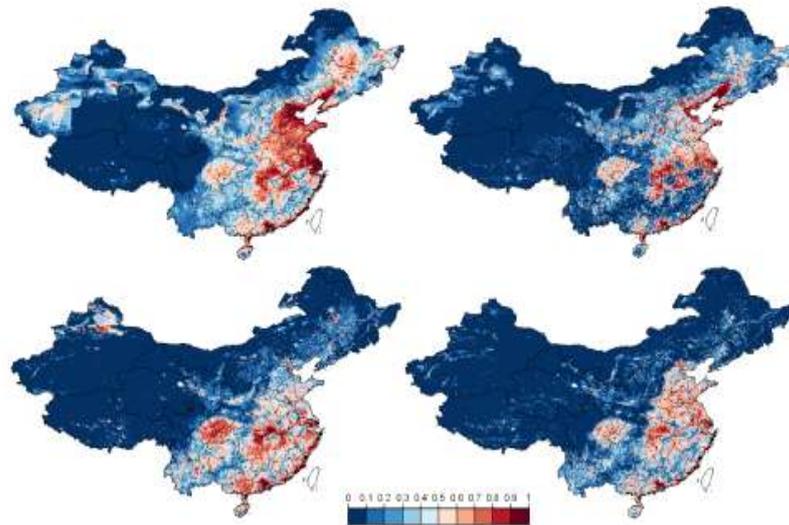


Figure 4. Predicted distribution of HPAI H5N1 risk. Predictions are displayed according to the bootstrapped logistic regression model (left) and boosted regression trees (right), based on reported HPAI H5N1 clinical disease outbreak data (top), or HPAIv H5N1 risk-based surveillance data (bottom).
doi:10.1371/journal.ppat.1001308.g004

<그림 15. HPAI H5N1 위험 분포 예상도>

- Logistic Regression(좌), BRT(우)
- HPAIv H5N1 지리적 발병 위험 예상 또한 어떤 training 데이터를 사용하는지에 따라 달라지며, 임상 질환 발병 데이터(상)를 바탕으로 진행된 분석에서는 양계 밀도가 높은 중국 북동부 지역에서 위험도가 나타났음
- 한편 임상 질환 발병 데이터를 이용한 BRT 모델(우상)은 지역별 군집 예측함
- 반면 위험 기반 감시 데이터를 사용한 경우 Logistic Regression과 BRT가 비슷 패턴을 보임
- 논문: Martin et al.(2011). Spatial Distribution and Risk Factors of Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N1 in China. PLoS Pathogens.

(바) 전세계 가축 분포에 관한 예측 모델

- 전 세계 소, 물소, 말, 양, 염소, 돼지, 닭, 오리의 지리적 분포 파악 및 정보가 부족한 지역의 가축 두수 분포 예측 및 더 작은 단위의 면적에서 분포를 예측함

- 2010년 기준 10km 해상도로 소, 물소, 말, 양, 염소, 돼지, 닭, 오리의 지리적 분포를 나타낸 데이터베이스를 구축하였으며, 연도의 메타 데이터, 가축 두수 조사 데이터 소스 등의 데이터를 포함하여 모델을 구축하였음
- 공간공변량을 사용한 통계 모델로 구한 가중치에 따라 추정된 두수 분포 예측과 동일한 밀도로 균일하게 분포되었다는 가정하에 추정된 두수 분포에 대한 예측을 수행

※ (방법론) 랜덤 포레스트는 앙상블 기법의 일종인 배깅(Bagging) 방법으로 여러 개의 의사결정 나무(Decision Tree) 학습하고 각 모델의 예측 결과를 평균 내어 최종 예측 결과로 활용하는 모델임

- 각 의사결정 나무를 학습할 시 일정한 비율의 샘플과 일정한 비율의 변수만을 활용하여 각 의사결정 모델이 서로 다른 구조를 가지게 함
- 단일 의사결정 나무 모델의 경우 예측값과 실제값의 분산이 상당히 크지만 랜덤 포레스트는 여러 개의 모델을 학습하고 이를 평균내기 때문에 이러한 분산을 줄여 예측 성능을 향상시킬 수 있음
- 본 연구에서는 각 6개의 대륙별로 5개의 계층적으로 분화된 모델을 만들어 가축 두수를 예측하고 실제 동물수와 비교하여 검증함

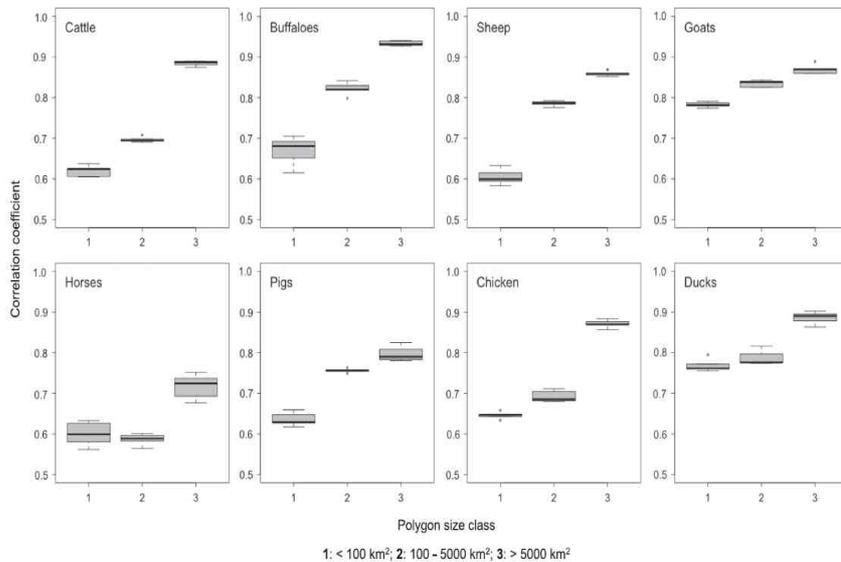


Figure 4. Correlation coefficients between observed and predicted livestock densities broken down by polygon census size and species.

<그림 16. 해상도별 실제 가축 두수와 예측 가축 두수의 상관관계>

- 예측 결과의 해상도를 100 km² 이하, 100~5000km², 5000km² 이상으로 구분하여 예측 성능을 비교함
- 말과 돼지 이외의 가축에 대해서 5000km² 이상 지역에 대한 예측은 상관관계가 0.9 이상(R² =0.81) 이상으로 높게 나타남

- 하지만 그 이상의 해상도에 대한 예측은 대부분 낮은 예측 성능을 보임, 단 염소와 오리에 대한 분포에 대한 예측은 해상도가 높아짐에 따라 감소하는 폭이 상대적으로 적었음(100 km² 이하 기준 상관관계 0.76이상)

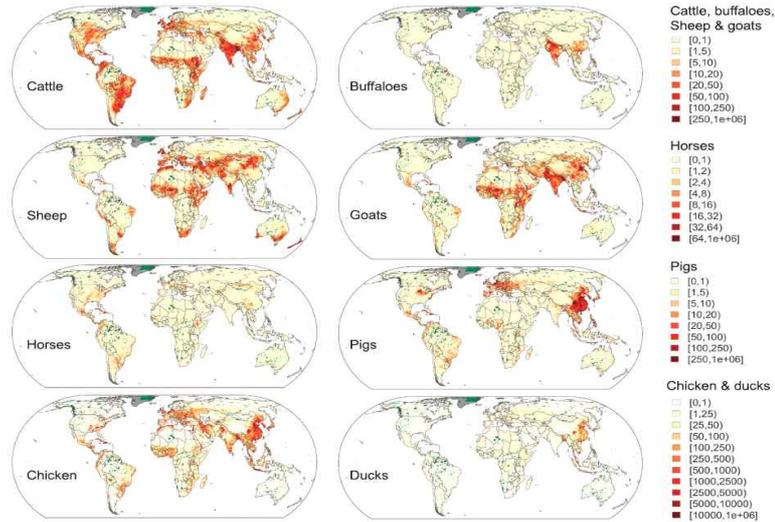


Figure 5. Overview of the Gridded Livestock of the World (GLW 3) data sets for cattle, buffaloes, sheep, goats, horses, pigs, chickens and ducks, based on the dasymetric model. Dark grey are areas considered unsuitable and dark green areas correspond to IUCN protected areas.

<그림 17. 실제 가축 두수와 예측 모델을 결합한 전세계 가축 분포>

- 논문: Gilbert et al.(2018). Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010. Scientific Data.

(3) 전파 매개체 분석 관련 선행 연구사례(연구 논문)

<전파 매개체 관련 선행 연구>

(가) 중국 내 가금류 거래와 HPAIv H5N1의 감염에 대한 소셜 네트워크 분석

- 중국에서는 지난 5년간 이동통제, 검역 및 살처분, 예방 백신 등을 통해 HPAIv H5N1 통제해왔지만 여전히 퍼지고 있음. 중국 남부 지역의 역학적 감시와 함께 가금유통시장 소셜 네트워크 분석을 사용하여 현행 HPAIv H5N1 통제 전략을 향상시킬 수 있는 부분을 밝혀냄
- 우리 청소, 우리 소독 또는 분노 처리와 같은 여러 가지 생물 보안 요소가 가금유통 시장에서 HPAIv H5N1 발생 감소에 기여함을 보임. 특정 네트워크 관계 내에서 소셜 네트워크의 지표와 가금유통시장에서 HPAIv H5N1의 발생 사이의 연관성을 입증함

- 가금유통시장-원산지의 네트워크의 경우, HPAIv H5N1 발생 이력이 있는 지역의 시장이 HPAIv H5N1 발생 이력이 없는 시장에 비해 시장, 거래자간 링크 수가 훨씬 적다는 것($P > 0.20$) 이외에는 다른 네트워크 변수들은 HPAIv H5N1 발생에 유의한 상관관계를 보이지 않음
- 분노 처리 서비스를 활용하는 시장이 HPAIv H5N1의 발생위험이 적게 나타났고. 미세하지만 매일 케이지를 소독한 시장도 HPAIv H5N1의 발생위험이 낮았음
- 원산지-원산지의 네트워크의 경우, 모든 HPAIv H5N1 감염지표에 대해 감염이 발생한 지역 내에서의 연결이 그렇지 않은 지역에 비해 유의하게 높게 나타남($P < 0.05$). 감염지역과 비감염 지역의 연결 비율은 모든 감염지표에 대해 통계적으로 유의하게 낮았음($P < 0.002$)
- 가금유통시장-가금유통시장의 네트워크의 경우, 감염시장 간의 연결 관계, 비감염시장과 감염시장 간의 연결 관계에서 유의한 차이가 보이지 않음
 - 논문: Martin et al.(2011). Risk-based surveillance for avian influenza control along poultry market chains in South China: The value of social network analysis. Preventive Veterinary Medicine

(나) HPAIv H5N1 공통의 위험 요소 분석

- 위험성이 높은 HPAIv H5N1는 경제, 농업 및 환경 차이가 있는 다양한 생태 시스템에서 발생하기에 본 연구는 다양한 환경에서 수행된 연구들을 검토하여 공통의 위험 요소를 식별함
- 그 결과로 지역의 가축용 물새, 여러 가지 인위적인 변수(인구 밀도, 도로까지의 거리), 강/호수/습지의 존재 등이 중요한 변수로 확인됨
- 주요 공통 위험 변수는 대부분의 연구에서 HPAIv H5N1 발생의 위험요인으로 가금류 관련 변수, 인구 변수, 강/호수/습지의 존재를 활용, 통계적 유의성을 보임 이외의 변수들의 경우 사례가 너무 적거나 통계적으로 유의하지 않음.
- 베트남, 인도네시아, 태국, 중국, 등 남아시아 국가에서 다양한 변수들을 활용해 가금류 관련 위험요인을 연구함
- HPAIv H5N1의 발생과 유의한 관계를 보인 구체적 변수로는 가금류 무리 밀도, 방목 및 가축용 가금류의 수 등이 밝혀짐
- 인구 관련 위험요인은 베트남, 인도네시아, 태국, 중국, 방글라데시, 루마니아 등 남아시아 국가에서 다양한 변수들을 활용해 인구 관련 위험요인을 연구함
- HPAIv H5N1의 발생과 유의한 관계를 보인 구체적 변수로는 인구 밀도, 도시 인구 밀도, 농촌 인구 밀도, 지방 인구 밀도, 가장 가까운 도시까지의 거리, 고속도로까지의 거리, 도로 밀도 등이 밝혀짐
- 인도네시아, 태국, 중국, 방글라데시, 루마니아와 유럽 지역에서 다양한 변수들을 활용해 강/호수/습지 관련 위험요인을 연구함
- HPAIv H5N1의 발생과 유의한 관계를 보인 구체적 변수로는 수원 존재 여부, 가장 가까운 호수/습지/저수지/강 까지의 거리, 범람지역 및 강의 존재 여부, 토지가 물로

뒤덮인 비율, 연못의 존재 여부 등이 밝혀짐

- 논문: Gilbert & Pfeifferc(2012). Risk factor modelling of the spatio-temporal patterns of highly pathogenic avian influenza (HPAIV) H5N1: A review. *patial and Spatio-temporal Epidemiology*

(다) 가축(혹은 동물) 이동의 네트워크 분석 및 이동 예측 모형 개발

- o 가축의 이동은 잠재적으로 전염병을 퍼뜨릴 수 있기때문에 시공간적 움직임 패턴에 영향을 미치는 변수들을 연구하는 것은 질병 예방에 도움이 됨
- o 모리타니아에서는 중요한 문화 행사인 타바 스키와 건조/반건조 기후조건이 가축의 움직이는 시간과 구조에 큰 영향을 미침
- o 동물의 움직임을 특성화하기 위해 설문조사 데이터를 기반으로 사회연결망 분석을 하고 예측 중력모형을 학습함
- o 동물의 움직임을 특성화하기 위해 설문조사 데이터와 이동데이터, 가축 데이터, 계절 데이터 등을 기반으로 사회연결망 분석을 하고 중력 예측 모델을 학습함
- o 예측 중력 모형은 서로 다른 두 지역의 이동 연결(link)을 잘 예측했지만 이동의 크기에 대해서는 잘 예측하지 못함
- o 출발지와 도착지의 인구수, 양의 두수, 두 지역 간 거리가 이동 연결에 유의하게 영향을 줌

※축종별 이동 네트워크의 분석 결과

- o 염소와 양은 서로의 거래 네트워크의 94%를 공유하여 상당히 유사한 것으로 나타남 이로 인해 중력모형에서는 이 둘을 묶어 하나의 모델로 나타냄
- o 그 외에도 소와 염소/양, 낙타와 염소/양의 네트워크들이 65% 이상 겹치는 것으로 나타남
- o 전체 축종끼리는 20%의 네트워크를 공유하는 것으로 나타남

※이동에 영향을 주는 요인 분석

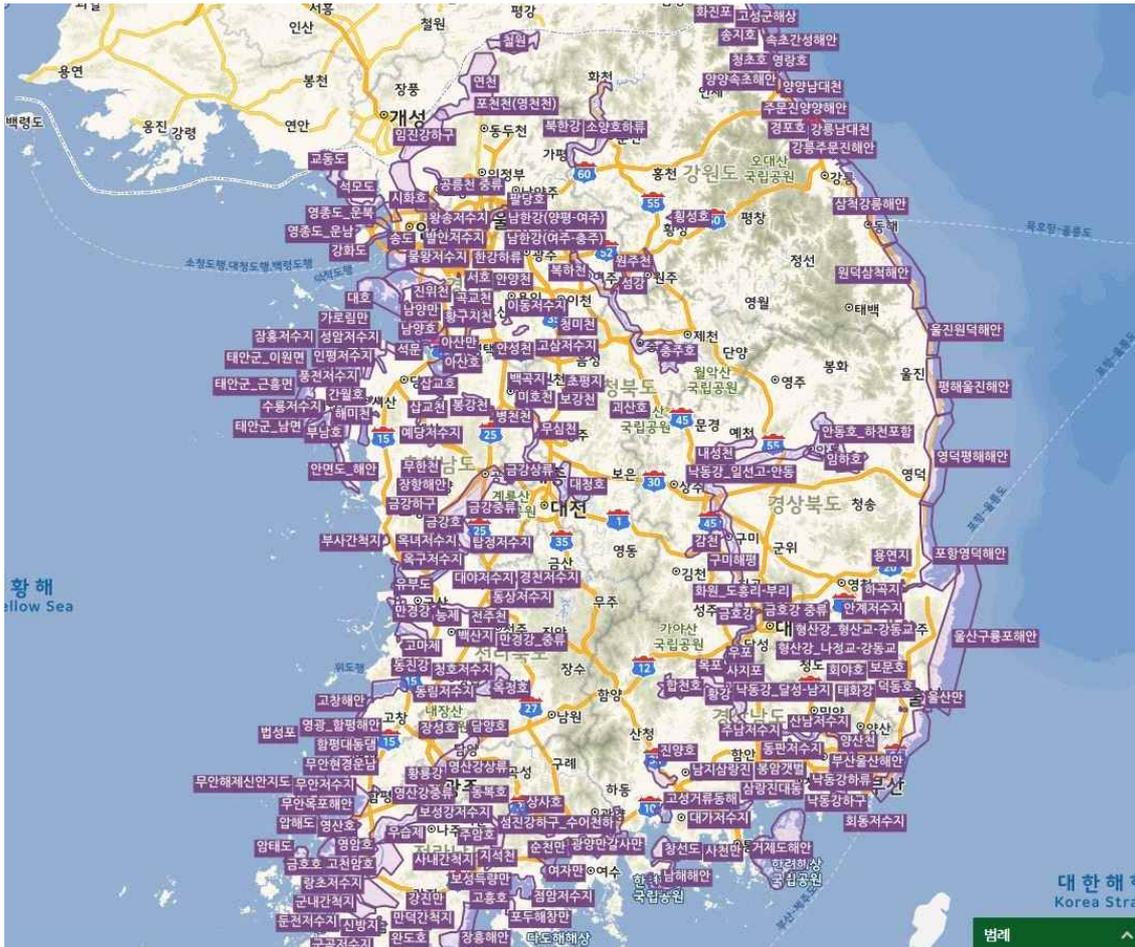
- o 양의 이동 네트워크만으로도 전체 네트워크의 상당 부분을 나타낼 수 있었고, 모든 축종들의 두수 예측에 있어 양의 두수를 활용하는 것이 가장 높은 설명력을 보임
- o 또한 사람의 인구수가 동물의 이동에 큰 영향을 줌. 그렇기때문에 이동 확률을 예측하는 최종 모형에서는 독립 변수로 출발지와 도착지의 인구수, 출발지와 도착지의 양 두수, 두 지역간의 거리를 활용, AUC 값이 0.76 ~ 0.97을 보여 예측 성능이 상당히 높게 나타남

- 논문: Nicolas et al.(2018). Predictive gravity models of livestock mobility in Mauritania: The effects of supply, demand and cultural factors. *PLoS One*

[협동연구기관] 농림축산검역본부

가. 연구 주제 관련 데이터 제공

(1) 환경부 지정 철새도래지(200여곳) 공간 정보



<그림 18. 환경부 지정 철새 도래지>

(2) 철새도래지별 도래 개체 수(종)의 시계열 정보

(가) 2019.10월 도래 개체 수(종) 정보

- ① 177종 611,490개체
- ② 오리류 82,297개체, 기러기류 424,310개체
- ③ (지역별) 관찰 개체 수가 많은 지역

※ 개체수가 많이 관찰된 지역은 간월호(184,655개체), 임진강(121,020개체), 철원평야(80,054개체), 시화호(42,383개체) 등

- 오리류는 주로 시화호(27,243개체), 낙동강하구(10,530개체), 간월호(5,089개체) 등지에서 확인
- 기러기류는 주로 간월호(174,751개체), 임진강(115,469개체), 철원평야(75,505개체),

부남호(19,362개체), 한강하류(14,926개체) 등지에서 확인

④ (종별) 개체수가 많이 기록된 종

※ 쇠기러기(188,569개체), 큰기러기(172,922개체), 흰뺨검둥오리(29,891개체), 물닭(16,068개체) 등



<그림 19. 지역별 종별 관찰 개체 수>

<표 5. 철새도래지별 종 및 개체수>

번호	조사지역	전체 조류		오리·기러기·고니류	
		종수	개체 수	종수	개체 수
1	증량천	29	1,559	7	218
2	탄천	24	621	4	70
3	한강하류	47	18,524	7	15,614
4	임진강	52	121,020	5	115,596
5	공룡천하류	35	2,531	4	812
6	공룡천중류	24	1,084	5	828
7	시화호	59	42,383	14	30,893
8	남양호	32	4,133	7	3,510
9	화성호	35	6,979	11	3,044
10	안양천	23	397	1	79
11	황구지천	28	422	1	83
12	팔당호	47	3,478	8	879
13	경안천	44	2,288	9	1,960
14	남한강(여주-충주)	55	7,065	8	2,946
15	섬강	42	1,508	5	467
16	포천천	28	466	4	222
17	철원평야	50	80,054	10	76,832
18	강릉 남대천	35	678	5	190
19	양양 남대천	44	1,521	7	243
20	소양호하류	33	958	6	304
21	원주천	28	735	3	235
22	미호천	29	837	3	267

번호	조사지역	전체 조류		오리·기러기·고니류	
		종수	개체 수	종수	개체 수
23	무심천	19	276	3	77
24	청미천	44	2,448	4	625
25	보강천	30	796	4	260
26	북하천	32	1,315	4	293
27	풍서천	13	327	1	23
28	봉강천	18	223	2	67
29	곡교천	24	684	4	357
30	안성천	34	851	5	545
31	병천천	22	398	3	64
32	삼교호	40	3,839	5	3,038
33	아산호	32	1,778	10	1,271
34	예당저수지	13	138	2	22
35	삼교천	21	358	2	73
36	무한천	20	354	2	107
37	석문	34	4,903	10	4,259
38	대호	34	7,011	9	6,180
39	성암저수지	18	408	2	90
40	잠홍저수지	20	353	3	86
41	풍전저수지	23	426	4	132
42	간월호	67	184,655	13	179,843
43	해미천	32	978	4	184
44	부남호	61	23,734	9	21,075
45	금강중류	33	851	4	493
46	금강호	32	755	3	292
47	봉선저수지	20	153	5	73
48	동림저수지	33	1,776	9	680
49	만경강중류	28	2,119	7	1,365
50	만경강하류	32	12,292	6	1,400
51	동진강	16	1,633	4	422
52	전주천	12	485	4	381
53	지석천	16	217	2	8
54	황룡강	10	154	2	59
55	영산호	32	718	2	15
56	영암호	42	5,130	4	3,791
57	금호호	47	2,923	6	888
58	고천암호	41	1,087	3	381
59	순천만	51	5,283	3	1,529
60	강진만	24	1,124	3	332
61	구미해평	26	770	4	302
62	감천	25	722	1	19
63	금호강중류	30	2,410	9	988
64	금호강하류	16	377	3	126
65	화원	20	758	4	339
66	형산강중류	24	881	6	328
67	형산강하류	24	1,052	9	490
68	우포	42	1,286	8	674
69	목포	20	196	4	85
70	사지포	18	84	3	9
71	주남	48	5,139	15	2,471
72	동관	42	568	11	170
73	산남	24	313	6	67
74	낙동강하류	78	8,719	12	3,484

번호	조사지역	전체 조류		오리·기러기·고니류	
		종수	개체 수	종수	개체 수
75	낙동강하구	83	14,721	14	10,558
76	양산천	11	104	2	27
77	사만천	29	434	3	79
78	하도	17	398	6	344
79	성산	12	216	2	36
80	용수저수지	14	148	4	33
	합 계	177	611,490	26	506,701

(3) 환경부 관리 야생조류(철새) 종별 이동정보

(가) 과거 위치추적기를 부착한 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 쇠기러기, 큰기러기의 수신 신호를 확보하여 이동 경로 및 이동 거리 분석

- ① 대부분 청둥오리의 주요 이동 경로는 중국 동북 3성이며 약 780km를 이동함
- ② 흰뺨검둥오리는 국내에 체류하는 것으로 확인함
- ③ 쇠기러기의 주요 이동 경로는 러시아 동북부 지역으로 최대 4,872km를 이동한 반면 큰기러기는 중국 헤이룽장성과 러시아 국경 경계지역 및 동북부 지역까지 이동함

(4) KAHIS의 가금농장 정보(국가동물방역통합시스템, 2019.10.31. 기준)

<표 6. KAHIS 가금농장 정보>

지역	가금 전체		닭		오리		거위	
	농장	사육두수	농장	사육두수	농장	사육두수	농장	사육두수
서울	43	999	39	967	0	0	3	15
부산	357	26,260	292	25,116	31	952	18	55
대구	607	391,633	543	339,388	16	263	20	58
인천	745	952,021	660	671,773	31	387	30	112
광주	137	188,553	122	141,569	9	16,955	3	7
대전	264	9,425	230	9,086	9	136	15	173
울산	1,328	437,612	1,186	429,407	38	424	50	214
세종	232	2,995,592	209	2,948,448	5	64	9	30
경기	4,448	42,270,355	4,016	37,600,288	111	182,776	142	1,154
강원	6,050	7,169,050	5,652	6,694,385	113	2,112	113	363
충북	6,005	18,157,910	5,526	14,863,451	166	806,119	125	452
충남	7,265	38,786,617	6,724	36,269,534	167	373,540	180	731
전북	7,702	32,249,709	7,018	28,265,623	260	2,421,374	202	860
전남	8,507	25,537,244	7,691	19,785,832	412	4,785,261	202	918
경북	10,940	26,023,350	10,108	23,678,585	210	72,337	262	1,323
경남	9,685	14,611,315	8,798	12,452,388	311	821,599	308	1,578
제주	308	2,765,207	253	2,626,389	24	23,313	11	148
합계	64,623	212,572,852	59,067	186,802,229	1,913	9,507,612	1,693	8,191

* 자료출처 : 국가동물방역통합시스템(KAHIS), 2019.10.31. 기준
* 운영상태 : 운영, 사육두수 : 1마리(수) 이상

(5) AI 중점방역관리지구 지정 현황(읍면동)

(가) AI 발생 위험이 높은 철새 도래지 반경 10km 이내 지역

<표 7. 철새 등 H5·H7형 항원, 항체 최근 3년 내 검출 지역(496 읍면동)>

시도(11)	시군구(79)
인천(1)	계양
세종(1)	세종
경기(15)	이천, 안성, 김포, 화성, 양주, 여주, 평택, 동두천, 고양, 오산, 하남, 용인, 파주, 포천, 연천
강원(5)	원주, 속초, 횡성, 춘천, 양양
충북(6)	청주, 옥천, 증평, 진천, 괴산, 음성
충남(12)	천안, 아산, 보령, 공주, 서산, 논산, 계룡, 당진, 부여, 서천, 홍성, 예산
전북(8)	전주, 군산, 익산, 정읍, 김제, 완주, 고창, 부안
전남(15)	여수, 순천, 나주, 광양, 곡성, 구례, 화순, 장흥, 강진, 해남, 영암, 무안, 함평, 영광, 장성
경북(4)	김천, 영천, 경주, 경산
경남(10)	창원, 진주, 통영, 사천, 고성, 함안, 남해, 하동, 김해, 창원
제주(2)	제주, 서귀포

(6) 야생조류 예찰 지역 현황(좌표)

- 철새 분변검사 지역(68개소), 야생조류 포획 지역(97개소)

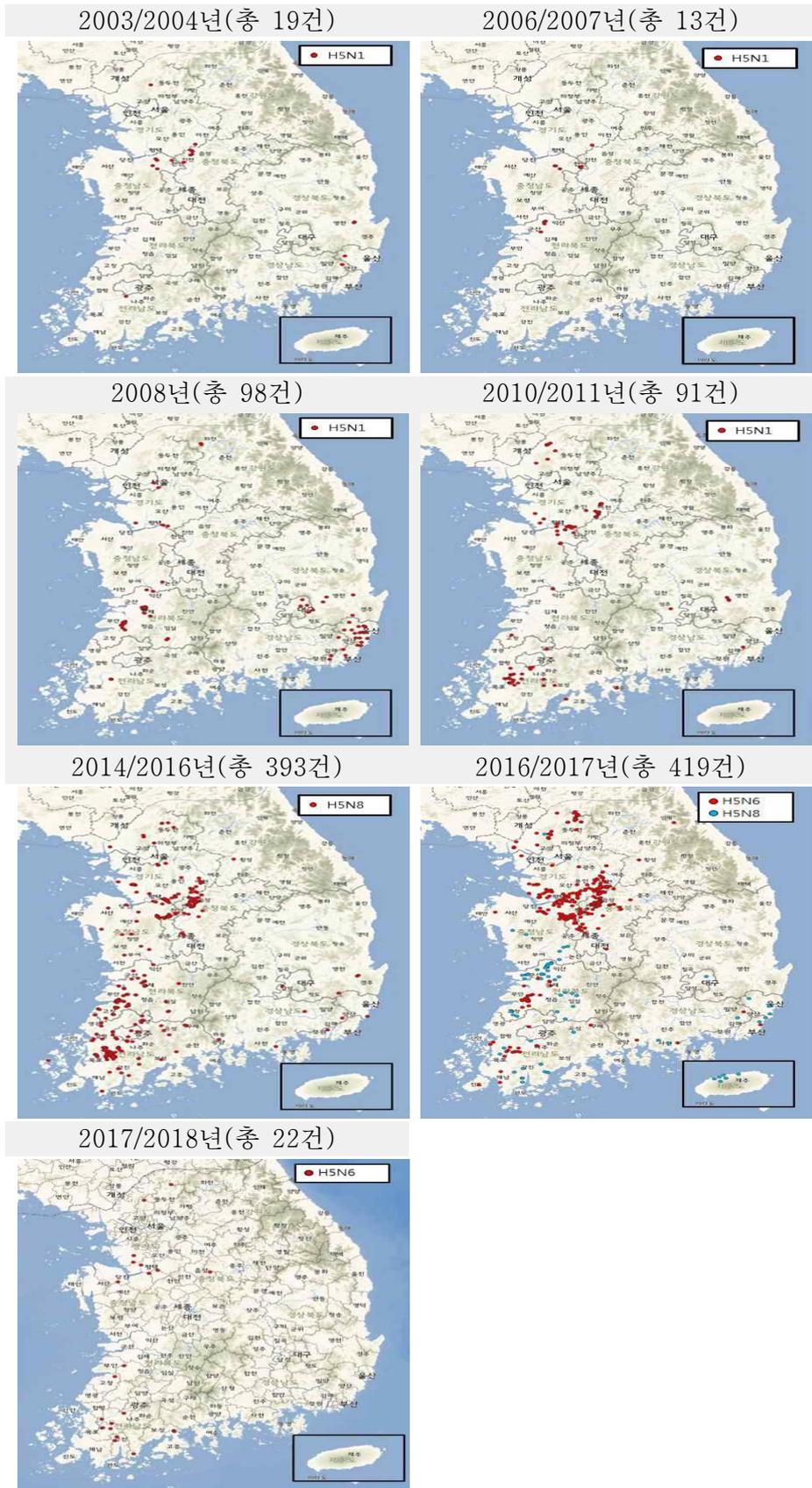
(7) 과거 HPAI 발생농장 및 야생조류 검출정보

(가) HPAI 발생 농가 연도별 혈청형 검출

- ① H5N1(221) : 2003-04(19), 2006-08(111), 2010~11(91)
- ② H5N8(469) : 2014~16(393), 2017(76)
- ② H5N6(365) : 2016~18(365) * 항체 양성 : 2016(1)

(나) HPAI 발생 농가 지역별 발생 현황

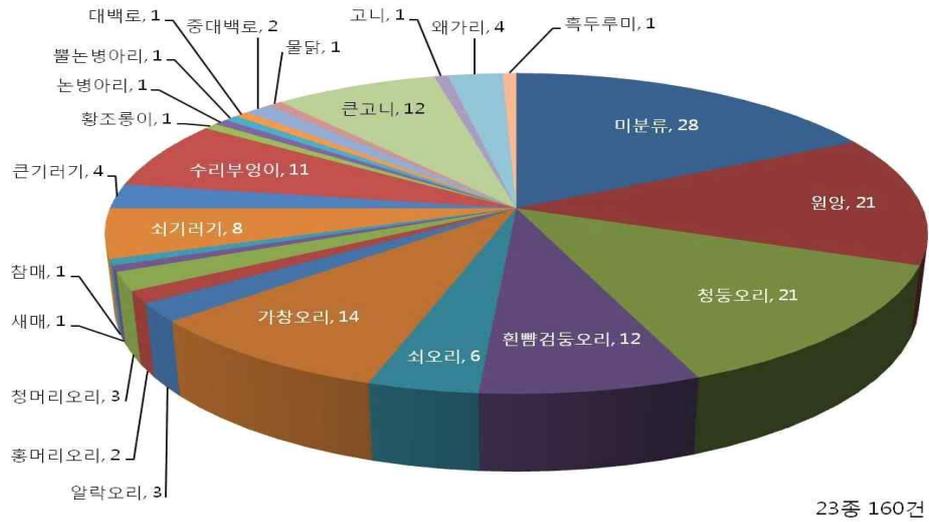
- ① 2003.12-2004.3 : 7개 시·도, 10개 시·군
- ② 2006.11-2007.3 : 3개 시·도, 5개 시·군
- ③ 2008.4~5 : 11개 시·도, 19개 시·군
- ④ 2010.12-2011.5 : 6개 시·도, 25개 시·군
- ⑤ 2014.1-2016.4 : 13개 시·도, 59개 시·군
- ⑥ 2016.11-2017.6 : (H5N6) 10개 시·도, 42개 시·군, (H5N8) 9개 시·도, 24개 시·군
* 13개 시·도, 58개 시·군(H5N6·H5N8 동일지역 제외)
- ⑦ 2017.11-2018.3 : 5개 시·도, 15개 시·군



<그림 20. 연도별 HPAIv 발생 주소 지도>

(다) 야생조류 HPAI 년도별 혈청형 및 조류종 검출

- ① H5N1 : 2006(2), 2010~11(20)
- ② H5N8 : 2014~17(132)
- ③ H5N6 : 2016~18(16)
- ④ 검출 조류종 : 23종 160건(2019년 현재)



<그림 21. 조류종별 HPAIv 검출 건수>

[위탁연구기관] 케이웨어(주)

가. GIS 공통 기능 분석 · 설계 · 구현

- 국내 HPAI 발생 정보의 GIS 기반 다양한 시각화 기법(포인트 Clustering, Density, Flow Map, 시계열 애니메이션 등) 적용을 위해 공간 SQL DBMS 및 분석 환경을 구성하고 빅데이터 플랫폼과 연계해 조류인플루엔자 관련 빅데이터를 GIS 공간분석에 바로 활용하고 시각화할 수 있는 시스템을 구축함

나. OGC 웹 서비스(WMS, WFS, WCS, WPS) 국제표준 적용

- Web Map Service, Tile Map Service: 지도 서비스
- Web Feature Service : 벡터 데이터 서비스
- Web Coverage Service : 수치 표고모형(DEM) 등 래스터 데이터
- Web Processing Service : 분석 서비스

다. 전 세계적으로 가장 안정적이고 인기 있는 오픈소스 GIS 기반 아키텍처 구성

- PostgreSQL(+PostGIS, 공간 DBMS) + GeoServer(GIS 서버) + 오픈소스 GIS분석(WPS) 패키지
- Java + Tomcat + Spring Framework + OpenLayers + D3 Chart Library + ... 등



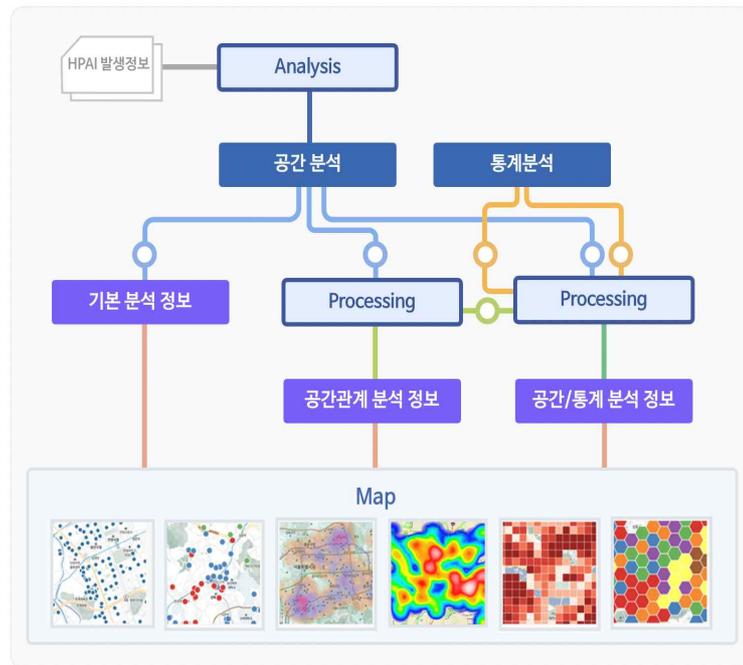
<그림 22. 오픈소스 기반 GIS 시스템 아키텍처>

- 공간 DBMS : PostgreSQL(PostGIS)
- Web GIS Server : GeoServer와 OGC 라이브러리

- Web Framework : Spring Framework
- Map Client : OpenLayers 등 반응형 웹 기술

라. 다양한 시각화 기법 적용을 위한 GIS 분석 및 시각화 공통 프레임워크 구현

- Point Clustering, Density, Flow Map, 시계열 애니메이션 등의 시각화 기법 지원



<그림 23. 정보 표현에 최적화된 시각화 기법 적용 >

마. GIS 기반 축산시설 및 방역지대 설정 지원 시각화 시스템 구현

- 축산시설, 지형 정도 등의 기반정보와 분석 정보를 공간 데이터화하여 시각화
- 방역지대, 권역, 도래지 등 특정 공간정보(Polygon)를 기준으로 해당 공간에 속한 축산시설 및 해당 지역을 지나간 이동정보에 대한 조회 지원
- PostGIS 공간분석 라이브러리를 활용하여 다양한 공간분석 및 시각화 지원

2. 2년차 연구 수행 결과

[주관연구기관] 서울대학교 산학협력단

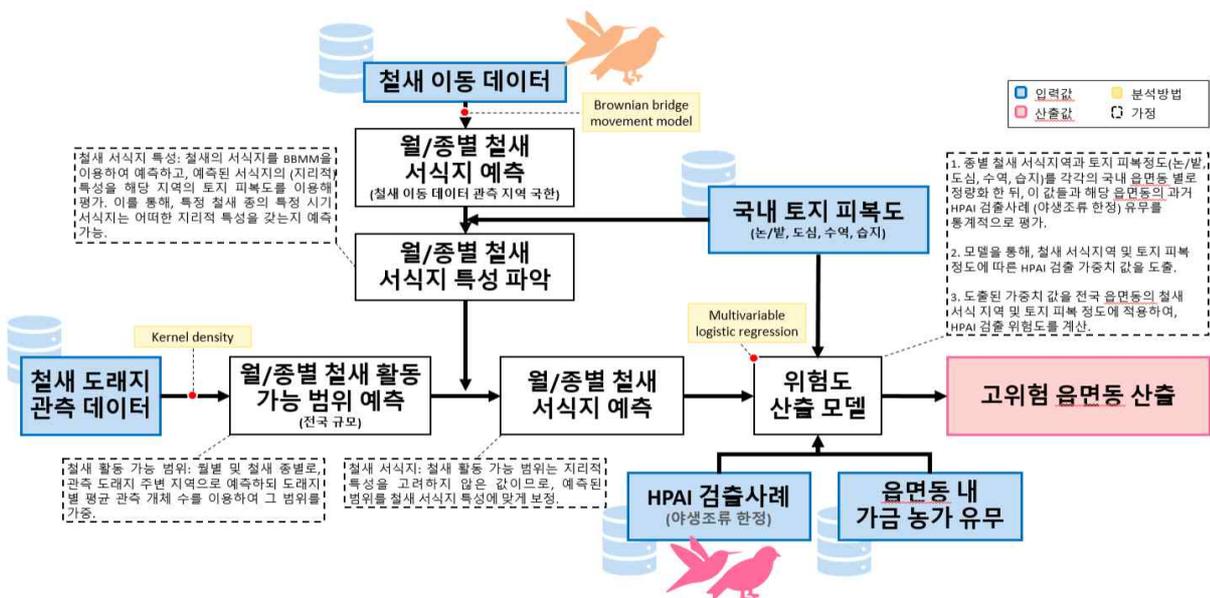
가. 야생조류 매개 지역별(읍면동별) HPAI 발생위험도 평가 모델 개발

(1) 모델 개발의 목적

- 중점방역관리지구의 선정 기준 중 철새도래지별 위험을 정량화하기 위해 철새 센서스 정보와 철새 이동(트래킹)정보, 환경정보 등을 활용하여 야생조류 매개 지역별(읍면동별) HPAI 발생의 위험도를 정량화.
- 읍면동별 위험성 자료를 이용하여 HPAI 발생 유입에 대비한 능동적 예찰의 대상 지역(야생조류 예찰 지역) 및/또는 중점방역관리지구를 선정에 지원함

(2) 모델 개요 및 개발, 활용 과정

- ‘조류 이동정보’와 ‘조류 서식 정보’를 이용하여, 국내에 도래하는 고위험 15종 및 기타 겨울 철새들(이하 철새로 기술)의 HPAI 발생 시기인 11~2월 동안의 서식 패턴, Utilisation Distribution of Migratory Birds(이하 UDM, 야생동물의 활용면적 혹은 활동영역을 뜻하는 용어)을 예측함
- 예측된 UDM과 과거 야생조류 사체 및 분변에서 HPAI가 검출되었던 위치, 토지피복도 등 환경변수를 다변량 로짓 회귀 분석으로 학습시켜 모델화함
- 개발된 모델을 이용하여 국내 도래하는 철새로 인한 HPAI의 발생위험도를 읍면동 수준에서 정량화하고, 이를 통해 읍면동 간 상대적 HPAI 발생위험도의 등급을 평가함



<그림 24. 철새 유래 HPAI 유입 고위험 읍면동 산출 모델 개요도>

- (모델의 개발) 개발과정은 3단계로 이루어짐. 1단계는 철새 이동 경로 정보를 Browinan Bridge Movement Model을 이용하여 철새 이동 경로 관측자료를 활용하여 월별, 종별 철새 도래지(서식지)를 예측하고 도래지의 토지 피복도 속성을 활용하여 **철새의 월별, 종별 철새도래지의 서식 패턴**을 파악
- 2단계는 철새 도래지의 월별, 종별 철새 관측 정보인 조류 센서스 정보를 Kernel Density Estimation 모델을 활용하여 월별, 종별 활동 가능 범위(UDM)을 전국 규모로 예측하고 1단계에서 산출된 철새의 월별, 종별 철새 도래지의 서식 패턴을 활용하여 **월별, 종별 철새 서식지**를 예측
- 3단계는 2단계에서 산출된 월별, 종별 철새 서식지 예측치를 토지 피복도 정보와 읍면동 농장 밀도 정보로 보정하여 과거 야생조류의 HPAI 발생 정보로 다변량 로짓 회귀 분석을 실시하여 **읍면동의 야생조류 매개 HPAI 위험도**를 평가하는 모델을 개발
- (모델의 활용) 개발된 모델을 활용하여 **5,047개 읍면동에 대한 야생조류 매개 HPAI 위험도를 예측**하였고 중점관리지구로 지정된 읍면동에 대하여 위험도 평가 결과를 확인. 상위 10%의 위험도를 가진 499개 읍면동, 상위 5%의 위험도를 가진 255개 읍면동을 산출

(3) 분석 데이터

(가) 철새 이동경로 정보(검역본부)

- 기간: 2001-01-01~2019-01-01
- 개체 수: 650
- Record 수: 464,145

<표 8. 철새 이동경로 정보>

변수명	변수설명	변수형태	변수 기록 내용	결측치	결측치 비율
trackerId	개체ID	Character	650	0	0.00%
dateKst	측정일시(KST)	Datetime	2001-00-00 14:55:22~ 2019-01-01 8:01	0	0.00%
dateUtc	측정일시(UTC)	Datetime	2000-11-30 5:55~ 2019-01-01 9:01	0	0.00%
year	연도	Integer	2015~2019	2	0.00%
month	월	Integer	1~12	2	0.00%
day	일	Integer	1~31	2	0.00%
hour	시간	Integer	0~23	2	0.00%
altitude	고도	Double	-1097.59~11990.6	0	0.00%
birdSeason	계절구분	Character	3	0	0.00%
birdsNm	조류종	Character	11	0	0.00%
contactTime	수신일시	Datetime	2015-07-08 16:11~ 2019-01-01 18:01	0	0.00%
dmsLatitude	위도(도분초)	Character	NA	0	0.00%
dmsLongitude	경도(도분초)	Character	NA	0	0.00%
dop	DOP	Integer	1 ~ 3	0	0.00%
fixedLevel	FIXED_LEVEL	Integer	0 ~ 4	0	0.00%
gpsBirdSex	성별	Character	4	371578	80.10%
gpsCountry	부착장소_국가	Character	4	65777	14.20%
gpsDate	부착일시	Date	2015-07-05~ 2018-12-27	0	0.00%

변수명	변수설명	변수형태	변수 기록 내용	결측치	결측치 비율
gpsSite	부착장소	Character	34	23247	5.00%
gpsSiteCity	부착장소_도시	Character	31	0	0.00%
gpsType	GPS종류	Character	2	0	0.00%
heading	방향	Integer	0~359	0	0.00%
latitude	위도	Double	0~68.68629	0	0.00%
longitude	경도	Double	0~161.2638	0	0.00%
radioStrength	신호강도	Integer	0~15	0	0.00%
satellite	통신 위성번호	Integer	0~20	0	0.00%
speed	이동 속도	Integer	0~378	0	0.00%
version	GPS버전	Integer	5~7	0	0.00%

(나) 국내 야생조류이동정보

- 기간: 2014-10-19~2017-03-31
- 개체 수: 207
- Record 수: 85,040

<표 9. 국내 야생조류 이동정보>

변수명	변수설명	변수형태	변수 기록 내용	결측치	결측치 비율
trald	개체ID	Character	207	0	0.00%
recDate	기록일시	Datetime	2014-10-19~2017-03-31	60256	70.90%
gpsDate	수신일시	Datetime	2011-11-18~2017-03-31	0	0.00%
seqNo	순번	Integer	1 ~ 5435	0	0.00%
alt	고도	Double	-111.29~1816.1	60256	70.90%
dir	이동방향	Integer	0~360	60256	70.90%
fileld	파일ID	Character	NA	85040	100.00%
lat	위도	Double	-6.653154~49.59049	0	0.00%
lon	경도	Double	0~134.0788	0	0.00%
regDttm	등록일시	Datetime	NA	85040	100.00%
satCnt	위성번호	Integer	0~12	60256	70.90%
vel	이동 속도	Integer	0~126	60256	70.90%

(다) 국내 철새 이동 정보(koeco)

- 기간: 2000-11-30~2020-04-01
- 개체 수: 1,054
- Record 수: 822,967

<표 10. 국내 철새 이동정보>

변수명	변수설명	변수형태	변수 기록 내용	결측치	결측치 비율
trald	개체ID	Character	1054	0	0%
gpsDate	기록일시(UTC)	Datetime	2000-11-30 05:55:22 ~ 2020-04-01 07:01:38	0	0%
alt	고도	Double	-1899.69~11205.3	0	0%
dir	이동방향	Integer	0~360	0	0%
lat	위도	Double	17.46968~74.7237	0	0%
lon	경도	Double	-176.2643~178.2056	0	0%
recDate	수신일시	Datetime	20141102100144609~20200401160158059	0	0%
regDttm	등록일시	Datetime	2019-11-20 13:43:50.0~ 2020-04-01 16:30:05.0	0	0%
satCnt	통신위성	Integer	0~20	0	0%
vel	이동속도	Integer	0~205	0	0%

(라) 국내 야생조류 tracker 부착정보

- 개체 수: 1,265
- Record 수: 1,265

<표 11. 국내 야생조류 tracker 부착정보>

변수명	변수설명	변수형태	변수 기록 내용	결측치	결측치 비율
trackerId	트래커ID	Character	1265	0	0.00%
contents	관련내용	Character	104	1150	90.90%
country	국가	Character	6	8	0.60%
data	기록정보_갯수	Integer	1~9676	176	13.90%
institution	관리기관	Character	8	0	0.00%
lastcontact	최종접속시기	Datetime	1999-12-31 15:00:00.0 ~ 2019-03-21 07:01:00.0	176	13.90%
location	지역	Character	97	7	0.60%
memo	메모	Character	755	316	25.00%
model	추적장치모델	Character	4	1228	97.10%
regDt	등록일시	Datetime	Inf~Inf	1265	100.00%
schedule	기록주기	Character	63	60	4.70%
species	종	Character	41	1	0.10%
start	부착시기	Date	2013-01-01~2019-03-12	0	0.00%
userId	사용자ID	Character	9	1089	86.10%
volt	전압	Double	2.01~4.55	176	13.90%
year	연도	Integer	2013~2019	0	0.00%

(마) 조류 센서스 데이터(국립생물자원관 철새 서식 정보)

- 기간: 1999-01~2019-12
- Record 수: 207,519

<표 12. 조류 센서스 데이터 정보>

변수명	변수설명	변수형태	변수 기록 내용	결측치	결측치 비율
siteCode	지역코드	Integer	1~228	0	0%
siteName	지역명	Character	224	0	0%
latitude	위도	Double	33.2267~38.48069	0	0%
longitude	경도	Double	126.1032~129.527	0	0%
regDttm	등록일시	Datetime	2019-10-01 17:04:45.0~ 2019-10-24 04:00:36.0	0	0%
year	연도	Integer	1999~2019	0	0%
month	월	Integer	1~12	0	0%
level1	대분류코드	Character	3	0	0%
level1Name	대분류명	Character	3	0	0%
level2	중분류코드	Integer	1~299	0	0%
level2Name	중분류명	Character	19	0	0%
level3	소분류코드	Integer	1~579	0	0%
level3Birdname	소분류명	Character	365	0	0%
cntVisitant	관측인수	Integer	1~1	0	0%
noBird	개체수	Integer	1~740004	0	0%

(바) 가금 농장 정보(농식품부)

<표 13. 가금농장 정보>

변수명	변수설명	변수형태	변수 예시	결측치	결측치비율
address	구주소	Character	66407	0	0.00%
addressRoad	도로명주소	Character	53510	0	0.00%
districtSido	주소(도)	Character	9	0	0.00%
districtSig	주소(시)	Character	129	1	0.00%
farmEmd	주소(동)	Character	2059	42	0.10%
farmName	농장이름	Character	11388	61286	77.50%
farmOwner	농장주	Character	42866	0	0.00%
farmSido	농장위치(도)	Character	15	42	0.10%
farmSig	농장위치(시)	Character	179	42	0.10%
farmState	농장운영여부	Character	3	0	0.00%
grade	등급	Integer	0-92	59191	74.80%
latDms	위도(도분초)	Character	65159	0	0.00%
liveCnt	가축개체수1	Integer	0~1020000	0	0.00%
livestockCnt	가축개체수2	Character	847	0	0.00%
livestockName	가축명	Character	17	0	0.00%
livestockType	가축종	Character	9	0	0.00%
lonDms	경도(도분초)	Character	64505	0	0.00%
phone	휴대폰번호	Character	66016	112	0.10%
tel	전화번호	Character	48711	21435	27.10%

(사) 국내 HPAI 검출 정보

<표 14. 국내 HPAI 검출 정보>

변수명	변수설명	변수형태	예시	결측치	결측치 비율
addr	주소2_정제	Character	1023	0	0.00%
adjtRptFarm	인접신고농장	Character	55	901	84.60%
adminDist	시군구	Character	79	442	41.50%
afltYn	개열여부	Character	65	866	81.30%
autopsy	부검소견	Character	35	849	79.70%
chasu	발생차수	Integer	1~403	0	0.00%
conmDt	확진일	Date	2003~2017-06-23	270	25.40%
date	신고일_접수일	Date	2003-12-10~2018-03-17	0	0.00%
distance	거리	Character	5	921	86.50%
epdmRptNum	역학조사 보고서순번	Character	394	672	63.10%
farmNm	농장명	Character	328	716	67.20%
farmNum	농장번호	Integer	12248-80004424	682	64.00%
feedDusu	사육두수	Character	506	87	8.20%
frWorkersCnt	외국인근로자_인원	Integer	0~24	937	88%
frWorkersYn	외국인근로자_여부	Character	30	936	87.90%
gbn	구분	Character	15	22	2.10%
genotype1	유전형1	Character	5	414	38.90%
genotype2	유전형2	Character	9	753	70.70%
h5AntbdyTestCnt	H5항체_양성_검사수	Character	13	1052	98.80%
ipsik1	입식1	Character	241	721	67.70%
ipsik2	입식2	Character	61	1002	94.10%
ipsik3	입식3	Character	13	1053	98.90%
ipsik4	입식4	Character	3	1062	99.70%
latiQia	위도_검역본부	Double	31.62037~38.15803	682	64.00%
longtiQia	경도_검역본부	Double	126.2633~129.2232	682	64.00%
month	발생월	Double	1~12	0	0.00%
occrYear	발생연도	Integer	2003~2018	0	0.00%
ownerNm	축주	Character	830	110	10.30%
penType	축사형태	Character	305	684	64.20%

변수명	변수설명	변수형태	예시	결측치	결측치 비율
reportHistory	신고내역	Character	329	626	58.80%
result	최종결과	Character	4	31	2.90%
sampleInDt	시료접수일	Character	55	889	83.50%
sltHouseAddr	출하도계장_주소	Character	32	838	78.70%
sltHouseOut	출하도계장	Character	53	814	76.40%
species	축종	Character	12	0	0%
speciesDt1	축종_상세1	Character	46	0	0%
speciesDt2	축종_상세2	Character	25	647	60.80%
stampingOut	살처분	Logical	NA	1065	100%
stampingOutDt	살처분일	Character	54	915	85.90%
stampingOutDusu	살처분두수	Character	206	801	75.20%

(아) 2020년 중분류, 세분류 토지 피복도(환경부)

- 토지 피복 지도란 주제도(Thematic Map)의 일종으로, 지구 표면 지형지물의 형태를 일정한 과학적 기준에 따라 분류하여 동질의 특성을 지닌 구역을 Color Indexing 한 후 지도의 형태로 표현한 공간정보 DB를 말함
- 인공위성 또는 항공 영상 등을 이용하여 취득한 자료를 분석하여 지표면의 상태를 표현

<표 15. 토지피복특성>

구분	최소	중앙	평균	최대
논/밭	3.75%	38.62%	41.45%	83.49%
도심	2.06%	8.50%	9.14%	18.94%
수역	2.39%	6.91%	16.24%	46.43%
습지	0.22%	1.30%	4.63%	28.75%

(4) 분석 방법

(가) UDM 예측 : Brownian Bridge Movement Model(BBMM)

- 야생동물의 GPS 추적데이터를 이용할 수 있는 경우, 추적데이터를 (dynamic)BBMM에 적용하여 UDM을 예측하는 것이 일반적임. 하지만 본 연구에 있어 상기 방식의 문제점은 현재의 철새추적데이터가 국내에 도래하는 모든 철새들 중 단지 소수의 종과 마릿수로 제한되어 있어서, 전국 규모의 UDM들을 포착하지 못한다는 것 한계가 존재함
- 이에 대한 대안으로 Kernel Density 방식을 이용할 수 있음. 이 방식은, 특정 철새 종이 관측된 도래지들을 중심으로 특정 반경 이내가 해당 조류의 UDM이라고 가정하는 방식임. 하지만 UDM 예측에 있어 이 방식도 도래지 주변의 환경(e.g. 논, 밭, 도심지역, 해안가 등)을 고려하지 않는다는 문제점을 갖고 있음. 따라서, 본 연구에서는 상기에 제시된 두 가지 방법을 조합해 다음과 같이 전국 규모의 UDM들을 예측하였음
- 따라서 본 연구에서는 상기에 제시된 두 가지 방법을 조합해 전국 규모의 UDM들을 예측하였음

(나) UDM의 토지 피복도 분석

- 종별 및 월별로 예측된 UDM들의 토지 피복도를 R을 활용하여 분석함. 먼저, 환경공간 정보(<https://egis.me.go.kr/main.do>)에서 제공하는 토지 피복 지도를 이용(웹상에서 제공되는 토지 피복 지도는 EPSG 5181을 기준으로 되어있으므로, Qgis를 이용해 EPSG 5179로 변환한 뒤 사용)하여, 국내 토지 피복 분류를 논/밭 (crop), 도심 (urban), 수역 (water), 습지 (wet), 그리고 그 외 기타 지역으로 구분하고, 각 지역이 개개의 UDM에서 차지하는 영역을 %로 계산함

(다) Kernel Density 분석

- Kernel Density Estimation (커널 밀도 추정) 방법은 non-parametric 밀도추정 방법 중 하나로서 커널함수(kernel function)를 이용하여 히스토그램 방법의 문제점을 개선한 방법임
- **(분석절차)** 대한민국 영토 및 영해를 각각의 cell이 약 25km²의 크기를 갖는 grid로 raster화 함. 하지만, 이 grid는 대한민국의 부속도서(e.g. 연평도, 독도, 제주도)를 포함하기 때문에 대부분의 cell이 영토가 아닌 바다에 해당됨. 바다에 해당하는 cell들은 추후 각 cell별 토지 피복 정도를 측정하는 것과 무관하기 때문에, 효율적인 계산을 위해 각 cell이 영토에 해당하는지 지시(indicating)하는 파일을 투입(import)함. 이 파일은 Qgis를 통하여 제작하였음
- Raster화된 대한민국 영토의 각 cell 안에서 논/밭, 도심, 수역, 습지 지역이 차지하는 영역을 계산함. 위 계산에 소요되는 연산시간(computation time)은 대략 1~2일 소요 각각의 계산된 영역을 %로 치환함

(라) UDM과 HPAI의 상관관계 분석

- 예측된 UDM과 과거 야생조류 사체 및 분변에서 HPAI가 검출되었던 장소 들 간의 상관관계를 기타 환경 변수를 고려하여 모델화. 위 연구의 목적이 철새로 인한 HPAI의 유입 위험도를 읍면동 수준에서 정량화하고 읍면동간 상대적 HPAI 유입위험도의 등급을 평가하는 것이기 때문에, 분석모델의 단위는 서울 등 국내 도심을 포함하는 읍면동으로 설정합니다. 자세한 분석의 순서는 아래와 같음
- ① 과거 야생조류 사체 및 분변에서 HPAI가 검출되었던 사례를 추출
 - ② 각 읍면동 별 논/밭, 도심, 수역, 습지의 영역 분포 계산
 - ③ 각 월, 별 HPAI 검출 여부 및 BHR 15종과 WMB의 UDM, 그리고 환경 변수 (i.e. 논/밭, 도심, 수역, 습지)를 읍면동 단위로 재구성

④ HPAI 검출여부와 각 변수간의 관계를 설명하는 Multivariable Logistic Regression 모델 수립

(마) 다변량 로지스틱 회귀 모델(Multivariable Logistic Regression Model)

- 로지스틱 회귀 (Logistic Regression)는 예측 분석을 위한 회귀 분석 중에서 특히 종속 변수가 이분형일 때 수행할 수 있는 회귀 분석 기법의 한 종류임
- 로지스틱 회귀는 하나의 종속 이진 변수와 하나 이상의 숫자 형, 명목형, 순서형의 독립 변수 간의 관계를 로지스틱 회귀함수를 이용하여 정량적으로 설명하는 데 사용되는 통계기법. 즉, 로지스틱 회귀 분석을 통해 하나의 종속 변수와 여러 독립 변수 간의 다변수 회귀 관계를 조사할 수 있음

(바) 본 연구에서의 적용

- 읍면동 내의 철새 활동영역과 논/밭, 도심, 수역, 습지에 따른 야생조류들의 활동 가능성을 고려했을 때, 해당 읍면동에서 HPAI가 야생조류의 사체나 분변을 통해 검출될 확률을 구하는 것임. 이로써, 철새로 인한 HPAI 발생위험도를 읍면동 별 및 월별로 예측함
- 모델에 대한 산식은 (1),(2)와 같음

$$P_{i,j} = B_0 + UDM_{i,j} + WMB_i + ENV_{i,1} + ENV_{i,2} + ENV_{i,3} + ENV_{i,4} + B_x \quad (1)$$

$$P = 1 / (1 + e^{-z}) \quad (2)$$

- $P_{i,j}$ 는 읍면동 i에서 j월에 HPAI가 검출될 확률, $UDM_{i,j,k}$ 는 읍면동 i의 j월에 고위험군 철새 k종의 UDM 영역, WMB_i 는 읍면동 i의 j월에 기타 겨울 철새의 UDM 영역, $Env_{i,1}$, $Env_{i,2}$, $Env_{i,3}$, $Env_{i,4}$ 는 읍면동 i 내 각각 논/밭, 도심, 수역, 습지 지역의 영역, 그리고 B_x 는 각 변수에 해당하는 coefficient를 의미함

(5) 월별 위험지역 분석결과

(가) 11월 위험도 분석결과

<표 16. 11월 위험도 분석결과 >

변수	Estimate Std.	Error	z value	Pr(> z)
(절편)	-6.004e+00	6.868e-01	-8.742	< 2e-16***
논/밭	2.417e+00	1.337e+00	1.809	0.070
도심	-5.464e+00	3.362e+00	-1.625	0.104
수역	4.348e+00	3.197e+00	1.360	0.173
습지	-4.076e+00	1.827e+01	-0.223	0.823
흰뺨검둥오리	2.458e+04	7.128e+03	3.449	0.000***
큰고니	4.864e+03	1.804e+03	2.697	0.007**

변수	Estimate Std.	Error	z value	Pr(> z)
빨논병아리	-1.092e+04	1.054e+04	-1.035	0.300
왜가리	-4.557e+03	3.311e+03	-1.376	0.168
알락오리	2.040e+02	2.940e+02	0.694	0.487
쇠오리	-1.205e+04	1.227e+04	-0.982	0.325
쇠기러기	-2.503e+04	2.850e+04	-0.878	0.379
청머리오리	-1.598e+04	6.218e+03	-2.570	0.010*
중대백로	-9.166e+03	7.793e+03	-1.176	0.239
원앙	-2.845e+02	4.432e+02	-0.642	0.520
참매	4.928e+03	2.507e+03	1.966	0.049*
청둥오리	-2.239e+04	9.376e+03	-2.388	0.016*
수리부엉이	2.529e+02	8.051e+02	0.314	0.753
가창오리	2.094e+03	2.390e+03	0.876	0.380
고니	1.566e+03	8.906e+02	1.759	0.078
WMB	-2.241e+03	1.486e+04	-0.151	0.880

* p < .05 ** p < .01 *** p < .001

- 11월에는 읍면동 내에 큰고니와 흰뺨검둥오리, 수리부엉이의 서식지 영역과 논/밭의 영역이 넓을수록 HPAI 검출 가능성이 높게 나타났음
- 모델의 성능을 최대화하는 cut-off value를 사용했을 때, 해당 모델의 민감도(sensitivity) (HPAI 양성 읍면동을 모델을 통해 양성이라고 판명하는 확률)와 특이도(specificity) (HPAI 음성 읍면동을 모델을 통해 음성이라고 판명하는 확률)는 각각 93%와 81%로 높은 편임

<표 17. 11월 위험지역 분석결과>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	충청남도	서천군	서면	1.0000	51	충청남도	아산시	좌부동	0.0531
2	충청북도	청주시 흥덕구	내곡동	0.4756	52	충청북도	진천군	진천읍	0.0527
3	전라남도	장흥군	회진면	0.4361	53	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동	0.0525
4	전라남도	강진군	대구면	0.3224	54	충청남도	청양군	청남면	0.0509
5	제주특별자치도	제주시	구좌읍	0.3050	55	전라북도	정읍시	삼산동	0.0501
6	충청남도	천안시 동남구	병천면	0.3019	56	전라북도	전주시 덕진구	남정동	0.0500
7	전라남도	순천시	상사면	0.2524	57	충청북도	청주시 흥덕구	오송읍	0.0484
8	충청북도	청주시 흥덕구	상신동	0.2265	58	전라남도	순천시	안평동	0.0452
9	충청북도	청주시 흥덕구	신대동	0.2201	59	전라남도	완도군	고금면	0.0449
10	충청남도	아산시	신창면	0.2160	60	충청남도	부여군	남면	0.0434
11	충청남도	아산시	배미동	0.1977	61	전라북도	익산시	석탄동	0.0432
12	충청북도	청주시 청원구	정상동	0.1956	62	전라남도	순천시	야흥동	0.0409
13	충청북도	청주시 흥덕구	원평동	0.1742	63	충청남도	아산시	기산동	0.0398
14	전라북도	완주군	용진읍	0.1736	64	전라북도	정읍시	소성면	0.0389
15	전라북도	전주시 덕진구	호성동2가	0.1708	65	경기도	여주시	오금동	0.0388
16	전라북도	익산시	망성면	0.1634	66	충청북도	진천군	초평면	0.0383
17	전라북도	전주시 덕진구	고당동	0.1610	67	충청북도	청주시 흥덕구	동막동	0.0381
18	제주특별자치도	제주시	우도면	0.1585	68	경상북도	구미시	양호동	0.0349
19	충청북도	청주시 청원구	정하동	0.1580	69	전라남도	순천시	인월동	0.0345
20	충청남도	부여군	장암면	0.1437	70	경기도	평택시	평택읍	0.0333
21	충청남도	아산시	염치읍	0.1330	71	충청남도	부여군	입천면	0.0330
22	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	0.1161	72	충청남도	논산시	광석면	0.0320
23	경기도	여주시	홍천면	0.1144	73	충청남도	천안시 동남구	수신면	0.0318
24	충청북도	청주시 흥덕구	송절동	0.1080	74	경기도	평택시	오성면	0.0317
25	충청북도	청주시 청원구	오창읍	0.1078	75	전라북도	전주시 완산구	원당동	0.0315
26	충청북도	청주시 청원구	외남동	0.1072	76	대전광역시	동구	오동	0.0306
27	강원도	원주시	호저면	0.1063	77	전라남도	순천시	오천동	0.0301
28	충청남도	천안시 동남구	동면	0.1000	78	충청북도	청주시 청원구	북이면	0.0293
29	전라남도	장흥군	관산읍	0.0964	79	충청남도	부여군	규암면	0.0289
30	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면	0.0918	80	경상북도	구미시	지산동	0.0286

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
31	경상남도	진주시	대평면	0.0896	81	충청북도	청주시 흥덕구	휴암동	0.0284
32	전라북도	익산시	용안면	0.0857	82	전라북도	익산시	용동면	0.0283
33	전라북도	익산시	성당면	0.0848	83	전라북도	익산시	춘포면	0.0282
34	전라남도	강진군	군동면	0.0817	84	전라북도	익산시	왕궁면	0.0282
35	충청북도	청주시 흥덕구	평동	0.0817	85	경상북도	상주시	중덕동	0.0281
36	전라북도	전주시 덕진구	전미동1가	0.0813	86	전라북도	정읍시	진산동	0.0278
37	충청북도	청주시 흥덕구	남촌동	0.0810	87	충청북도	청주시 흥덕구	지동동	0.0273
38	충청남도	아산시	초사동	0.0761	88	충청북도	청주시 청원구	사천동	0.0271
39	강원도	원주시	지정면	0.0706	89	충청남도	부여군	세도면	0.0271
40	충청남도	논산시	성동면	0.0675	90	경상남도	사천시	봉남동	0.0261
41	경기도	여주시	대신면	0.0637	91	충청남도	논산시	채운면	0.0256
42	충청남도	아산시	별곡동	0.0623	92	전라북도	익산시	정족동	0.0254
43	충청남도	아산시	둔포면	0.0606	93	경상북도	의성군	단북면	0.0249
44	전라남도	순천시	교량동	0.0602	94	충청북도	청주시 청원구	내수읍	0.0243
45	전라북도	전주시 덕진구	금상동	0.0600	95	충청남도	아산시	선장면	0.0238
46	충청남도	아산시	장존동	0.0589	96	경상북도	상주시	화산동	0.0233
47	전라남도	순천시	홍내동	0.0578	97	광주광역시	광산구	진곡동	0.0232
48	충청북도	청주시 청원구	주중동	0.0575	98	경상북도	상주시	죽전동	0.0226
49	전라북도	전주시 덕진구	도덕동	0.0574	99	전라북도	익산시	덕기동	0.0226
50	충청남도	공주시	탄천면	0.0564	100	전라북도	전주시 덕진구	반월동	0.0223

(나) 12월 위험도 분석결과

<표 18. 12월 위험도 분석결과>

변수	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(절편)	-6.345e+00	7.210e-01	-8.800	< 2e-16***
논/밭	3.335e+00	1.356e+00	2.460	0.013*
도심	-2.193e+00	1.801e+00	-1.218	0.223
수역	7.331e+00	3.140e+00	2.335	0.019*
습지	-3.749e-01	9.566e+00	-0.039	0.968
흰뺨검둥오리	-8.999e+02	2.240e+03	-0.402	0.687
큰고니	3.849e+03	1.317e+03	2.922	0.003**
빨논병아리	-2.112e+04	1.331e+04	-1.587	0.112
왜가리	-1.915e+03	4.193e+03	-0.457	0.647
알락오리	3.316e+02	2.757e+02	1.203	0.229
쇠오리	-4.626e+03	2.969e+03	-1.558	0.119
쇠기러기	4.646e+03	1.934e+03	2.402	0.016*
청머리오리	7.203e+02	6.291e+02	1.145	0.252
원앙	1.952e+03	2.319e+03	0.842	0.399
참매	1.330e+02	2.115e+02	0.629	0.529
청둥오리	-4.623e+03	3.569e+03	-1.295	0.195
수리부엉이	3.618e+03	6.680e+03	0.542	0.588
가창오리	3.095e+02	3.347e+02	0.925	0.355
고니	2.999e+03	1.459e+03	2.056	0.039*
WMB	-3.724e+02	2.910e+02	-1.280	0.200

* p < .05 ** p < .01 *** p < .001

- 12월에는 읍면동 내에 고니, 큰고니와 그리고 쇠기러기의 서식지 영역과 논/밭의 영역이 넓을수록 HPAI 검출 가능성이 높게 나타났음
- 모델의 성능을 최대화하는 cut-off value를 사용했을 때, 해당 모델의 sensitivity와

specificity는 각각 94%와 82%임

<표 19. 12월 위험지역 분석결과>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	강원도	철원군	동송읍	1.0000	51	경상북도	상주시	화산동	0.0233
2	경상남도	창원시 의창구	동읍	0.9609	52	경상북도	문경시	창동	0.0232
3	전라남도	강진군	도암면	0.7969	53	경상남도	창녕군	남지읍	0.0217
4	부산광역시	강서구	명지동	0.5235	54	전라북도	고창군	대산면	0.0215
5	부산광역시	사하구	하단동	0.4013	55	경상북도	영천시	조교동	0.0210
6	경상남도	창녕군	유어면	0.3226	56	충청북도	충주시	달천동	0.0207
7	경상북도	경산시	압량읍	0.3194	57	경상북도	영천시	금호읍	0.0206
8	경상남도	창녕군	대지면	0.2021	58	경상남도	사천시	노룡동	0.0203
9	대구광역시	동구	금강동	0.1852	59	전라북도	정읍시	하모동	0.0202
10	전라남도	강진군	대구면	0.1796	60	전라남도	나주시	삼도동	0.0199
11	강원도	철원군	철원읍	0.1635	61	전라북도	고창군	신림면	0.0195
12	경상남도	창원시 의창구	북면	0.1469	62	제주특별자치도	서귀포시	강정동	0.0193
13	경상남도	창녕군	대합면	0.1427	63	경기도	여주시	삼교동	0.0192
14	전라남도	강진군	군동면	0.1103	64	대구광역시	동구	미곡동	0.0191
15	경상남도	창녕군	이방면	0.0951	65	경상남도	함안군	대산면	0.0187
16	경상남도	창원시 의창구	대산면	0.0711	66	전라남도	강진군	강진읍	0.0186
17	부산광역시	강서구	봉림동	0.0604	67	서울특별시	영등포구	여의도동	0.0183
18	경상남도	합천군	청덕면	0.0579	68	전라남도	나주시	금천면	0.0181
19	경상북도	구미시	지산동	0.0560	69	광주광역시	광산구	연산동	0.0180
20	경상북도	구미시	양호동	0.0557	70	경상북도	경산시	자인면	0.0177
21	경상남도	창녕군	장마면	0.0531	71	전라북도	익산시	임상동	0.0176
22	경상남도	합천군	울곡면	0.0511	72	경상남도	합천군	초계면	0.0173
23	전라북도	고창군	성내면	0.0503	73	경상북도	예천군	유천면	0.0173
24	강원도	횡성군	갑천면	0.0493	74	경상북도	예천군	용궁면	0.0172
25	경상북도	경산시	신천동	0.0478	75	전라북도	정읍시	상평동	0.0171
26	경상남도	합천군	덕곡면	0.0449	76	전라북도	익산시	황등면	0.0171
27	경상남도	창녕군	길곡면	0.0392	77	충청북도	충주시	용두동	0.0170
28	경상북도	상주시	중덕동	0.0386	78	경상북도	영천시	녹전동	0.0170
29	전라북도	정읍시	삼산동	0.0364	79	경상남도	합천군	적중면	0.0170
30	대구광역시	동구	사복동	0.0363	80	전라북도	고창군	무장면	0.0169
31	경상북도	경산시	대정동	0.0363	81	경기도	의왕시	초평동	0.0168
32	경상남도	밀양시	초동면	0.0351	82	전라북도	김제시	제월동	0.0166
33	경상북도	경산시	하양읍	0.0327	83	제주특별자치도	제주시	아라이동	0.0165
34	대구광역시	달성군	구지면	0.0325	84	경상북도	영천시	쌍계동	0.0163
35	전라북도	정읍시	소성면	0.0316	85	전라남도	영광군	군서면	0.0160
36	경상북도	상주시	죽전동	0.0305	86	경상북도	문경시	산양면	0.0160
37	대구광역시	동구	숙천동	0.0295	87	경상북도	경산시	임당동	0.0160
38	경상북도	경산시	여천동	0.0294	88	전라남도	장성군	남면	0.0159
39	인천광역시	강화군	내가면	0.0291	89	전라북도	정읍시	입암면	0.0158
40	경상북도	상주시	홍각동	0.0273	90	경기도	이천시	장록동	0.0155
41	경상남도	밀양시	하남읍	0.0260	91	전라북도	정읍시	과교동	0.0152
42	경상북도	구미시	해평면	0.0255	92	전라북도	정읍시	교암동	0.0151
43	광주광역시	광산구	명화동	0.0251	93	경기도	이천시	설성면	0.0148
44	광주광역시	광산구	진곡동	0.0251	94	경상북도	칠곡군	북삼읍	0.0147
45	전라남도	강진군	신전면	0.0250	95	경상북도	구미시	거의동	0.0144
46	경기도	안성시	현수동	0.0247	96	대구광역시	동구	신평동	0.0142
47	대구광역시	수성구	성동	0.0246	97	광주광역시	광산구	산막동	0.0141
48	광주광역시	광산구	신동	0.0237	98	광주광역시	서구	세하동	0.0141
49	경상북도	상주시	초산동	0.0237	99	광주광역시	광산구	동산동	0.0141
50	전라북도	정읍시	진산동	0.0233	100	경상북도	문경시	영순면	0.0137

(다) 1월 위험도 분석결과

<표 20. 1월 위험도 분석결과>

변수	Estimate Std.	Error	z value	Pr(> z)
(절편)	-7.024e+00	6.961e-01	-10.091	< 2e-16***
논/밭	4.323e+00	1.040e+00	4.158	3.21e-05***
도심	-4.451e-02	1.201e+00	-0.037	0.970
수역	6.356e+00	2.351e+00	2.703	0.006**
습지	-8.116e+00	1.108e+01	-0.733	0.463
흰뺨검둥오리	2.223e+03	8.603e+02	2.584	0.009**
큰고니	2.794e+02	4.715e+02	0.593	0.553
빨논병아리	3.589e+02	4.211e+02	0.852	0.394
왜가리	3.720e+02	6.831e+02	0.545	0.585
알락오리	2.802e+01	4.797e+01	0.584	0.559
쇠오리	-1.239e+03	1.264e+03	-0.980	0.326
쇠기러기	1.320e+03	7.327e+02	1.801	0.071
청머리오리	-6.700e+02	6.047e+02	-1.108	0.267
중대백로	1.201e+03	1.078e+03	1.114	0.265
원앙	3.044e+01	5.450e+01	0.559	0.576
참매	-1.391e+03	9.576e+02	-1.453	0.146
청둥오리	-2.878e+03	1.720e+03	-1.673	0.094
수리부엉이	-7.619e+02	3.873e+02	-1.967	0.049*
가창오리	3.986e+02	1.662e+02	2.399	0.016*
고니	2.039e+02	1.682e+02	1.212	0.225
WMB	-1.057e+03	1.213e+03	-0.872	0.383

* p < .05 ** p < .01 *** p < .001

- 1월에는 읍면동 내에 흰뺨검둥오리와 가창오리의 서식지 영역과 논/밭과 수역의 영역이 넓을수록 HPAI 검출 가능성이 높게 나타났음
- 모델의 성능을 최대화하는 cut-off value를 사용했을 때, 해당 모델의 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)는 각각 78%와 81%임

<표 21. 1월 위험지역 분석결과>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	전라남도	신안군	자은면	0.4937	51	충청북도	청주시 흥덕구	남촌동	0.0370
2	전라남도	신안군	압태면	0.3329	52	전라남도	나주시	부덕동	0.0368
3	전라북도	고창군	성내면	0.2477	53	광주광역시	광산구	신동	0.0363
4	전라북도	부안군	줄포면	0.2233	54	전라북도	익산시	만석동	0.0359
5	제주특별자치도	제주시	우도면	0.2183	55	충청북도	청주시 흥덕구	상신동	0.0356
6	전라남도	신안군	비금면	0.2042	56	전라북도	익산시	정족동	0.0350
7	부산광역시	강서구	봉림동	0.1809	57	광주광역시	광산구	명화동	0.0346
8	전라남도	신안군	안좌면	0.1297	58	전라남도	나주시	금천면	0.0335
9	전라남도	해남군	산이면	0.1215	59	충청북도	청주시 청원구	정상동	0.0332
10	전라북도	익산시	성당면	0.1100	60	충청북도	청주시 흥덕구	신대동	0.0332
11	경상남도	창원시 의창구	동읍	0.1009	61	경상남도	사천시	봉남동	0.0326
12	충청남도	태안군	안면읍	0.0978	62	경상북도	상주시	화산동	0.0326
13	충청남도	부여군	장암면	0.0858	63	전라남도	나주시	송촌동	0.0322
14	전라북도	익산시	용안면	0.0807	64	제주특별자치도	제주시	구좌읍	0.032
15	전라북도	익산시	망성면	0.0720	65	충청남도	부여군	규암면	0.0318
16	충청남도	논산시	성동면	0.0691	66	전라북도	익산시	황등면	0.0317
17	부산광역시	강서구	죽동동	0.0597	67	충청북도	충주시	달천동	0.0312
18	경상남도	창원시 의창구	대산면	0.0571	68	전라남도	영암군	도포면	0.0300
19	부산광역시	강서구	식만동	0.0536	69	전라북도	고창군	대산면	0.0299
20	제주특별자치도	제주시	조천읍	0.0527	70	광주광역시	광산구	진곡동	0.0298

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
21	부산광역시	강서구	강동동	0.0510	71	전라북도	정읍시	정우면	0.0297
22	전라남도	강진군	도암면	0.0507	72	경기도	화성시	반정동	0.0293
23	전라남도	강진군	신전면	0.0492	73	전라북도	고창군	무장면	0.0292
24	전라북도	고창군	홍덕면	0.0481	74	경기도	평택시	청룡동	0.0290
25	전라남도	나주시	관정동	0.0478	75	부산광역시	강서구	명지동	0.0289
26	충청남도	청양군	청남면	0.0465	76	전라북도	정읍시	고부면	0.0284
27	경상북도	상주시	중덕동	0.0457	77	전라북도	김제시	용지면	0.0280
28	전라남도	나주시	삼도동	0.0440	78	전라남도	나주시	영산동	0.0279
29	충청북도	청주시 흥덕구	평동	0.0438	79	전라북도	김제시	봉남면	0.0279
30	전라북도	정읍시	이평면	0.0438	80	전라북도	김제시	황산면	0.0278
31	부산광역시	강서구	죽림동	0.0436	81	대전광역시	동구	오동	0.0278
32	충청북도	청주시 청원구	정하동	0.0427	82	전라북도	익산시	현영동	0.0277
33	경상북도	상주시	죽전동	0.0427	83	전라북도	김제시	공덕면	0.0275
34	경기도	안성시	현수동	0.0427	84	전라북도	정읍시	영원면	0.0274
35	충청남도	공주시	탄천면	0.0422	85	경상남도	김해시	이동	0.0272
36	경상북도	경산시	압량읍	0.0420	86	충청남도	예산군	신암면	0.0272
37	충청북도	청주시 흥덕구	내곡동	0.0409	87	경상남도	사천시	노룡동	0.0270
38	전라북도	익산시	임상동	0.0405	88	경상북도	상주시	초산동	0.0270
39	전라북도	익산시	용동면	0.0404	89	경기도	평택시	유천동	0.0267
40	경상남도	김해시	강동	0.0403	90	제주특별자치도	서귀포시	강정동	0.0266
41	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동	0.0401	91	전라북도	전주시덕진구	전미동1가	0.0265
42	전라남도	신안군	팔금면	0.0398	92	충청남도	예산군	오가면	0.0264
43	강원도	춘천시	중도동	0.0391	93	광주광역시	광산구	동산동	0.0264
44	경상남도	밀양시	하남읍	0.0391	94	전라북도	김제시	제월동	0.0257
45	충청남도	논산시	광석면	0.0388	95	충청북도	청주시 청원구	외남동	0.0255
46	충청북도	청주시 흥덕구	원평동	0.0387	96	광주광역시	광산구	남산동	0.0250
47	충청남도	논산시	채운면	0.0386	97	전라북도	익산시	월성동	0.0249
48	경상북도	경산시	신천동	0.0378	98	광주광역시	광산구	연산동	0.0247
49	전라북도	정읍시	소성면	0.0373	99	전라남도	나주시	대기동	0.0247
50	충청남도	서산시	덕지천동	0.0371	100	전라북도	김제시	입석동	0.0246

(라) 2월 위험도 분석결과

<표 22. 2월 위험도 분석결과>

변수	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(절편)	-5.751	0.551	-10.436	< 2e-16***
논/밭	2.1465	1.071	2.003	0.0452*
도심	-1.521	1.122	-1.355	0.1753
수역	6.984	2.061	3.388	0.000***
습지	-5.773	10.805	-0.534	0.593
흰뺨검둥오리	1164.292	949.847	1.226	0.220
큰고니	44.790	630.111	0.071	0.943
뿔논병아리	-1500.804	2680.794	-0.560	0.575
왜가리	-20.777	1586.099	-0.013	0.989
알락오리	15.506	251.923	0.062	0.950921
쇠오리	-241.266	1061.770	-0.227	0.820
쇠기러기	-58.942	609.493	-0.097	0.922
청머리오리	71.603	289.005	0.248	0.804
중대백로	834.008	1872.071	0.446	0.655
원앙	-963.885	672.334	-1.434	0.151
참매	-539.575	1567.220	-0.344	0.730
청둥오리	1247.311	1379.594	0.904	0.365
수리부엉이	273.801	208.732	1.312	0.189
가창오리	14.598	110.701	0.132	0.895
고니	128.176	112.090	1.144	0.252

변수	Estimate Std.	Error	z value	Pr(> z)
WMB	-3622.968	2833.6834	-1.279	0.201

* p < .05 ** p < .01 *** p < .001

- 다른 시기와 달리, 2월에는 읍면동 내에 철새의 활동영역과 HPAI 검출 간의 유의한 관계를 찾기 어려움
- 다만, 논/밭과 수역의 영역이 넓을수록 HPAI 검출 가능성이 높게 나타났음
- 모델의 성능을 최대화하는 cut-off value를 사용했을 때, 해당 모델의 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)는 각각 66%와 84%임

<표 23. 2월 위험지역 분석결과>

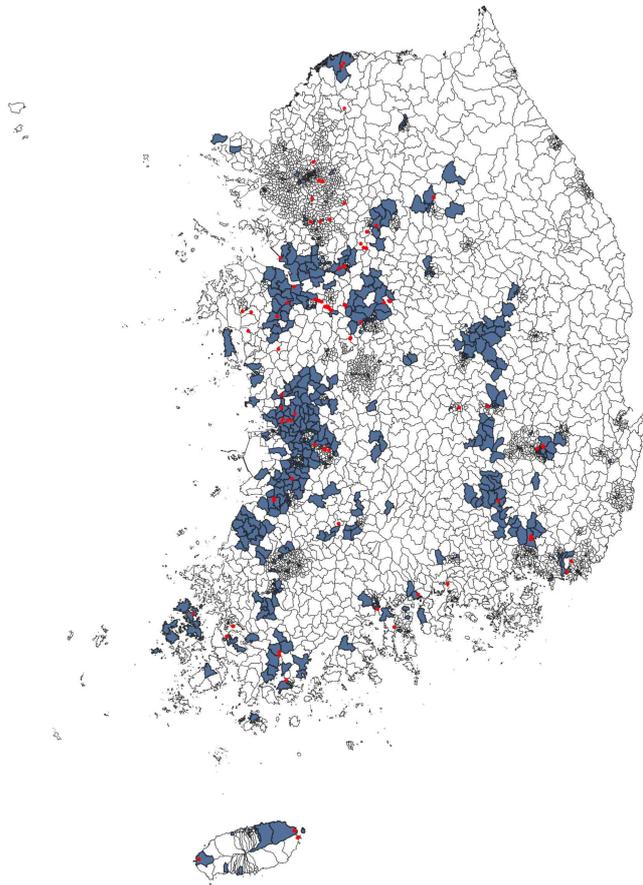
순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	충청남도	서천군	한산면	1.0000	51	광주광역시	광산구	명화동	0.1013
2	강원도	춘천시	중도동	0.8652	52	경기도	의왕시	초평동	0.1008
3	전라남도	여수시	묘도동	0.6754	53	전라북도	익산시	만석동	0.1000
4	전라남도	신안군	자은면	0.4170	54	전라북도	김제시	신곡동	0.0998
5	경기도	화성시	장안면	0.3226	55	전라북도	익산시	합라면	0.0979
6	전라남도	신안군	비금면	0.2579	56	경상남도	창녕군	이방면	0.0974
7	충청남도	당진시	신평면	0.2382	57	전라북도	전주시덕진구	전미동1가	0.0963
8	전라남도	신안군	안좌면	0.2151	58	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동	0.0959
9	전라북도	익산시	응포면	0.2108	59	경상북도	의성군	단북면	0.0924
10	전라북도	군산시	개사동	0.2026	60	충청북도	충주시	달천동	0.0904
11	강원도	춘천시	근화동	0.2009	61	전라북도	고창군	대산면	0.0904
12	전라남도	신안군	암태면	0.1946	62	경상북도	상주시	죽전동	0.0900
13	경상북도	구미시	지산동	0.1851	63	전라북도	익산시	임상동	0.0894
14	경상북도	구미시	양호동	0.1773	64	전라남도	영암군	도포면	0.0885
15	강원도	춘천시	송암동	0.1641	65	전라북도	부안군	주산면	0.0877
16	전라북도	임실군	운암면	0.1621	66	전라북도	익산시	용동면	0.0877
17	경기도	평택시	청북읍	0.1618	67	충청남도	당진시	우장면	0.0872
18	경상남도	창녕군	유어면	0.1594	68	전라북도	익산시	정족동	0.0871
19	전라남도	여수시	울촌면	0.1569	69	충청남도	예산군	대흥면	0.0867
20	전라북도	부안군	백산면	0.1559	70	전라북도	익산시	오산면	0.0864
21	강원도	춘천시	삼천동	0.1526	71	경기도	평택시	오성면	0.0862
22	전라북도	익산시	성당면	0.1475	72	대구광역시	동구	금강동	0.0860
23	서울특별시	영등포구	여의도동	0.1460	73	전라북도	김제시	봉남면	0.0857
24	경기도	평택시	포승읍	0.1442	74	전라북도	익산시	현영동	0.0844
25	경상북도	경산시	압량읍	0.1417	75	전라남도	순천시	홍내동	0.0839
26	충청남도	부여군	양화면	0.1413	76	전라북도	김제시	백산면	0.0835
27	전라북도	정읍시	신태인읍	0.1404	77	전라북도	김제시	오정동	0.0833
28	전라북도	군산시	나포면	0.1380	78	경상남도	하동군	금성면	0.0826
29	전라북도	김제시	부량면	0.1366	79	충청남도	예산군	신암면	0.0825
30	경기도	평택시	현덕면	0.1359	80	전라북도	고창군	무장면	0.0820
31	충청남도	서천군	화양면	0.1347	81	전라북도	김제시	월성동	0.0819
32	전라북도	전주시덕진구	도덕동	0.1307	82	전라북도	김제시	신월동	0.0814
33	충청남도	당진시	송악읍	0.1285	83	광주광역시	광산구	신동	0.0807
34	경상북도	경산시	신천동	0.1267	84	전라북도	김제시	입석동	0.0805
35	경상남도	합천군	덕곡면	0.1260	85	전라북도	정읍시	영원면	0.0804
36	전라북도	김제시	서정동	0.1248	86	경상북도	상주시	화산동	0.0804
37	전라남도	순천시	교량동	0.1177	87	경상남도	창녕군	대합면	0.0802
38	경상북도	상주시	중덕동	0.1165	88	전라북도	김제시	공덕면	0.0796
39	전라남도	여수시	상암동	0.1154	89	전라북도	정읍시	정우면	0.0796
40	전라북도	군산시	내흥동	0.1140	90	충청남도	서천군	마산면	0.0795
41	전라북도	김제시	장화동	0.1115	91	충청남도	서천군	서면	0.0795
42	전라북도	김제시	북죽동	0.1113	92	대구광역시	달성군	구지면	0.0789
43	경상북도	고령군	다산면	0.1096	93	충청북도	청주시 흥덕구	원평동	0.0789
44	경기도	안성시	현수동	0.1061	94	전라북도	김제시	명덕동	0.0785
45	충청남도	아산시	인주면	0.1043	95	충청남도	논산시	채운면	0.0782

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
46	경상북도	구미시	해평면	0.1041	96	경기도	평택시	청룡동	0.0773
47	전라북도	정읍시	이평면	0.1037	97	전라남도	신안군	팔금면	0.0772
48	전라북도	정읍시	감곡면	0.1022	98	전라북도	고창군	홍덕면	0.0765
49	강원도	춘천시	사농동	0.1021	99	광주광역시	광산구	진곡동	0.0764
50	전라북도	군산시	성산면	0.1014	100	전라북도	김제시	도장동	0.0761

(6) 전체 위험도 결과

(가) 단순 합산에 의한 읍면동별 위험도 분석결과

- 11월부터 2월까지 월별로 평가된 HPAI 검출 가능성을 하나로 취합함
- 취합하는 방식은 두 가지가 있는데, 첫 번째는 시기별로 구해진 HPAI 검출 가능성을 각 읍면동 별로 더하는 방식이며 두 번째는 첫 번째 방식과 유사하되 각 시기별 HPAI 검출 건수를 가중치(weight)로 설정하는 방식임
- 고위험(전체 읍면동의 10%)지역을 파란색(검출 건수로 가중치)으로 표시하면 아래 그림과 같음. 붉은 점으로 표시된 지역은 2014~2016년 11~2월 사이에 야생조류 사체 및 분변에서 HPAI가 검출된 장소를 의미함



<그림 25. 철새에 의한 HPAI 유입위험도 결과(단순 합산 방식)>

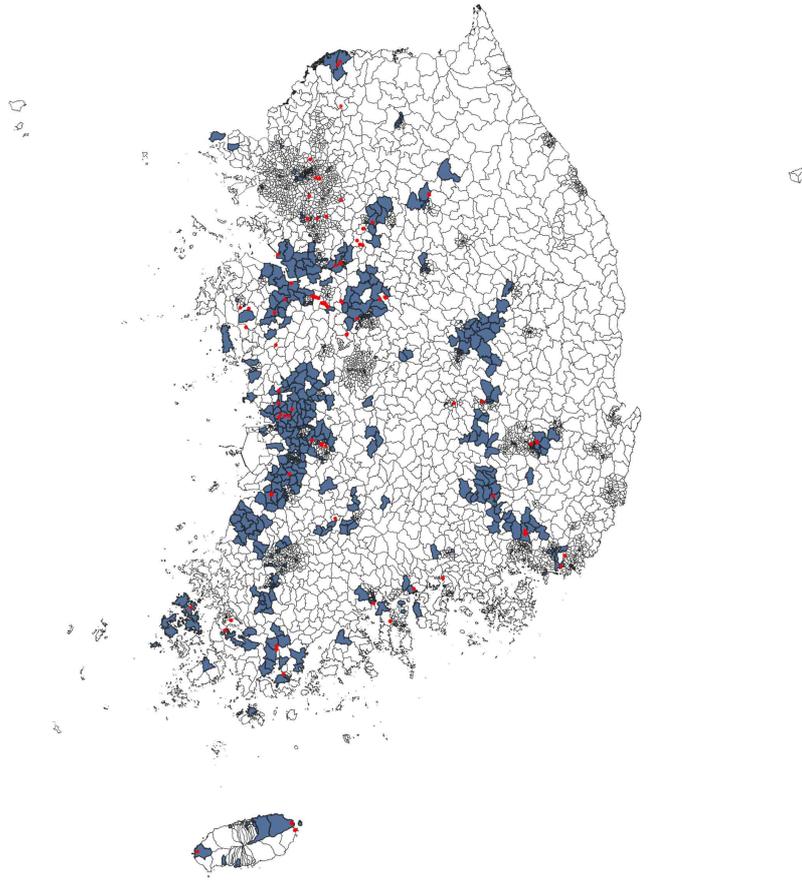
<표 24. 전체 위험도 분석 결과(단순 합산 방식)>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	충청남도	서천군	서면	1.0797	63	서울특별시	영등포구	여의도동	0.1818
2	경상남도	창원시의창구	동읍	1.0752	64	전라북도	정읍시	이평면	0.1765
3	강원도	철원군	동송읍	1.0176	65	충청북도	청주시흥덕구	남촌동	0.1762
4	충청남도	서천군	한산면	1.0049	66	경기도	여주시	홍천면	0.1758
5	전라남도	신안군	자은면	0.9147	67	전라북도	임실군	운암면	0.1751
6	강원도	춘천시	중도동	0.9058	68	경상남도	창원시의창구	북면	0.1735
7	전라남도	강진군	도암면	0.8536	69	충청북도	청주시청원구	외남동	0.1733
8	전라남도	여주시	묘도동	0.6768	70	강원도	철원군	철원읍	0.1724
9	충청북도	청주시흥덕구	내곡동	0.5542	71	충청북도	청주시흥덕구	송절동	0.1716
10	부산광역시	강서구	명지동	0.5525	72	경상남도	합천군	덕곡면	0.1710
11	전라남도	신안군	암태면	0.5288	73	전라북도	익산시	임상동	0.1697
12	전라남도	강진군	대구면	0.5132	74	전라북도	정읍시	소성면	0.1694
13	경상북도	경산시	압량읍	0.5031	75	충청남도	부여군	양화면	0.1677
14	경상남도	창녕군	유어면	0.4820	76	전라북도	익산시	용동면	0.1662
15	전라남도	신안군	비금면	0.4709	77	광주광역시	광산구	명화동	0.1652
16	전라남도	장흥군	회진면	0.4365	78	경기도	평택시	청북읍	0.1630
17	부산광역시	사하구	하단동	0.4122	79	전라북도	고창군	대산면	0.1626
18	전라북도	고창군	성내면	0.3468	80	충청북도	충주시	달천동	0.1626
19	전라남도	신안군	안좌면	0.3463	81	전라북도	군산시	나포면	0.1620
20	전라북도	익산시	성당면	0.3423	82	경상북도	상주시	화산동	0.1595
21	경기도	화성시	장안면	0.3234	83	전라북도	정읍시	신태인읍	0.1590
22	충청남도	천안시동남구	병천면	0.3155	84	강원도	춘천시	삼천동	0.1582
23	충청북도	청주시흥덕구	상신동	0.3123	85	강원도	원주시	호저면	0.1572
24	제주특별자치도	제주시	구좌읍	0.3050	86	전라남도	여주시	율촌면	0.1571
25	충청북도	청주시흥덕구	신대동	0.3028	87	전라북도	부안군	백산면	0.1570
26	제주특별자치도	제주시	우도면	0.3021	88	전라북도	김제시	부량면	0.1564
27	충청북도	청주시흥덕구	원평동	0.2942	89	충청남도	논산시	채운면	0.1556
28	경상북도	구미시	지산동	0.2873	90	전라북도	익산시	정족동	0.1555
29	대구광역시	동구	금강동	0.2848	91	광주광역시	광산구	진곡동	0.1545
30	충청북도	청주시청원구	정삼동	0.2837	92	충청남도	서천군	화양면	0.1538
31	경상북도	구미시	양호동	0.2790	93	광주광역시	광산구	신동	0.1518
32	전라남도	순천시	상사면	0.2750	94	경상북도	구미시	해평면	0.1505
33	경상남도	창녕군	대지면	0.2717	95	경상북도	의성군	단북면	0.1501
34	충청북도	청주시청원구	정하동	0.2636	96	충청남도	아산시	인주면	0.1501
35	전라북도	부안군	줄포면	0.2613	97	전라남도	순천시	홍내동	0.1494
36	전라북도	익산시	망성면	0.2581	98	전라북도	김제시	서정동	0.1490
37	전라북도	익산시	웅포면	0.2451	99	경기도	평택시	현덕면	0.1466
38	충청남도	아산시	신창면	0.2426	100	충청남도	아산시	염치읍	0.1465
39	부산광역시	강서구	봉림동	0.2413	101	경기도	의왕시	초평동	0.1459
40	충청남도	당진시	신평면	0.2382	102	전라북도	익산시	만석동	0.1451
41	전라북도	전주시덕진구	고량동	0.2361	103	경기도	평택시	포승읍	0.1445
42	전라북도	전주시덕진구	호성동2가	0.2298	104	충청남도	논산시	성동면	0.1440
43	충청남도	부여군	장암면	0.2295	105	충청북도	청주시청원구	오창읍	0.1414
44	경상북도	상주시	중덕동	0.2289	106	전라북도	정읍시	정우면	0.1412
45	경상남도	창녕군	대합면	0.2229	107	전라북도	고창군	무장면	0.1390
46	전라북도	익산시	용안면	0.2193	108	전라북도	고창군	홍덕면	0.1380
47	충청남도	아산시	배미동	0.2184	109	전라북도	익산시	황등면	0.1373
48	전라남도	강진군	군동면	0.2139	110	경상북도	상주시	초산동	0.1372
49	경상북도	경산시	신천동	0.2123	111	전라북도	전주시덕진구	남정동	0.1371
50	전라북도	전주시덕진구	도덕동	0.2109	112	경상남도	사천시	봉남동	0.1370
51	강원도	춘천시	근화동	0.2108	113	전라남도	나주시	삼도동	0.1370
52	전라북도	전주시덕진구	전미동1가	0.2093	114	전라북도	정읍시	삼산동	0.1353
53	전라북도	완주군	용진읍	0.2093	115	경상남도	사천시	노룡동	0.1321
54	전라북도	군산시	개사동	0.2026	116	전라북도	김제시	봉남면	0.1311
55	충청북도	청주시흥덕구	신촌동	0.1974	117	충청남도	당진시	송악읍	0.1293
56	경상남도	창원시의창구	대산면	0.1969	118	전라북도	김제시	공덕면	0.1286
57	경상남도	창녕군	이방면	0.1925	119	전라북도	김제시	용지면	0.1283
58	경기도	안성시	현수동	0.1884	120	충청북도	청주시청원구	북이면	0.1282
59	충청북도	청주시흥덕구	평동	0.1882	121	전라북도	김제시	황산면	0.1275
60	전라남도	순천시	교량동	0.1873	122	경기도	평택시	청룡동	0.1274
61	경상북도	상주시	죽전동	0.1858	123	충청남도	천안시동남구	동면	0.1273
62	강원도	춘천시	송암동	0.1843	124	전라남도	나주시	관평동	0.1265

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
125	경상북도	상주시	홍각동	0.1263	187	전라북도	정읍시	덕천면	0.0999
126	경상북도	경산시	대정동	0.1252	188	강원도	횡성군	갑천면	0.0998
127	충청북도	충주시	용두동	0.1246	189	경상남도	진주시	대평면	0.0997
128	전라북도	정읍시	감곡면	0.1246	190	전라북도	익산시	오산면	0.0996
129	전라북도	정읍시	영월면	0.1244	191	경기도	평택시	고덕면	0.0994
130	전라북도	익산시	함라면	0.1240	192	전라북도	김제시	상동동	0.0994
131	경상남도	합천군	청덕면	0.1235	193	전라북도	김제시	신월동	0.0993
132	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	0.1233	194	강원도	원주시	지정면	0.0993
133	경기도	화성시	반정동	0.1228	195	충청남도	공주시	탄천면	0.0989
134	전라북도	김제시	제월동	0.1224	196	전라남도	장흥군	관산읍	0.0988
135	경상남도	밀양시	하남읍	0.1223	197	전라북도	정읍시	고부면	0.0988
136	충청남도	예산군	신암면	0.1222	198	강원도	강릉시	초당동	0.0984
137	전라북도	김제시	장화동	0.1220	199	충청남도	청양군	청남면	0.0984
138	경기도	평택시	오성면	0.1220	200	충청남도	부여군	남면	0.0983
139	전라남도	해남군	산이면	0.1216	201	충청남도	태안군	안면읍	0.0978
140	전라북도	익산시	은기동	0.1212	202	전라북도	완주군	삼례읍	0.0974
141	전라북도	익산시	현영동	0.1193	203	경상북도	구미시	거의동	0.0972
142	전라남도	영암군	도포면	0.1186	204	전라북도	김제시	백구면	0.0970
143	전라남도	신안군	팔금면	0.1181	205	전라북도	김제시	청하면	0.0969
144	전라북도	익산시	삼기면	0.1177	206	경상북도	예천군	용궁면	0.0968
145	전라남도	나주시	금천면	0.1172	207	충청남도	아산시	둔포면	0.0966
146	강원도	춘천시	사농동	0.1171	208	전라북도	익산시	남산면	0.0962
147	전라남도	여수시	상암동	0.1161	209	충청남도	아산시	선장면	0.0960
148	전라북도	정읍시	태인면	0.1149	210	제주특별자치도	제주시	조천읍	0.0959
149	전라북도	김제시	복죽동	0.1148	211	전라북도	완주군	이서면	0.0957
150	경기도	여주시	대신면	0.1145	212	전라남도	나주시	반남면	0.0957
151	전라북도	익산시	석왕동	0.1144	213	전라북도	김제시	오정동	0.0954
152	전라북도	익산시	춘포면	0.1143	214	전라남도	순천시	야홍동	0.0951
153	전라북도	군산시	내홍동	0.1141	215	광주광역시	광산구	동산동	0.0949
154	제주특별자치도	서귀포시	강정동	0.1139	216	전라남도	함평군	월야면	0.0949
155	전라북도	김제시	입석동	0.1134	217	전라북도	전주시덕진구	금상동	0.0947
156	전라남도	영광군	군서면	0.1123	218	충청북도	진천군	덕산읍	0.0943
157	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면	0.1122	219	전라북도	익산시	신용동	0.0941
158	제주특별자치도	제주시	아라이동	0.1122	220	전라남도	순천시	오천동	0.0937
159	전라남도	나주시	부덕동	0.1121	221	경기도	안성시	공도읍	0.0926
160	대구광역시	달성군	구지면	0.1115	222	충청남도	아산시	범곡동	0.0923
161	전라북도	익산시	석탄동	0.1113	223	경기도	고안면	고안면	0.0922
162	전라북도	김제시	명덕동	0.1105	224	경기도	평택시	월곡동	0.0916
163	경상북도	고령군	다산면	0.1098	225	경상북도	영천시	쌍계동	0.0910
164	전라남도	순천시	안풍동	0.1082	226	전라북도	전주시덕진구	반월동	0.0909
165	전라북도	김제시	도장동	0.1082	227	광주광역시	광산구	산막동	0.0909
166	전라북도	김제시	연정동	0.1079	228	전라북도	익산시	목천동	0.0904
167	충청남도	부여군	입천면	0.1073	229	경기도	수원시 영통구	하동	0.0897
168	경상북도	경산시	여천동	0.1067	230	제주특별자치도	제주시	화북이동	0.0897
169	부산광역시	강서구	강동동	0.1058	231	강원도	강릉시	강문동	0.0896
170	전라북도	익산시	덕기동	0.1056	232	전라남도	강진군	신전면	0.0895
171	경기도	평택시	유천동	0.1054	233	경상남도	창녕군	장마면	0.0895
172	광주광역시	광산구	연산동	0.1050	234	제주특별자치도	제주시	한경면	0.0895
173	경상북도	문경시	창동	0.1050	235	충청남도	예산군	대흥면	0.0894
174	전라북도	익산시	월성동	0.1043	236	전라북도	부안군	부안읍	0.0892
175	충청남도	당진시	우강면	0.1033	237	광주광역시	서구	세하동	0.0892
176	경상북도	칠곡군	북삼읍	0.1033	238	충청남도	서천군	시초면	0.0890
177	충청북도	청주시 청원구	주중동	0.1032	239	충청남도	논산시	광석면	0.0890
178	전라북도	김제시	월성동	0.1030	240	충청북도	진천군	진천읍	0.0889
179	전라북도	익산시	함열읍	0.1023	241	충청남도	당진시	함덕읍	0.0888
180	충청남도	예산군	오가면	0.1022	242	대구광역시	수성구	성동	0.0885
181	전라북도	군산시	성산면	0.1020	243	대구광역시	동구	미곡동	0.0885
182	충청남도	논산시	은진면	0.1019	244	대구광역시	동구	숙천동	0.0881
183	전라북도	김제시	신곡동	0.1017	245	전라남도	영광군	영광읍	0.0873
184	전라북도	부안군	주산면	0.1017	246	전라북도	정읍시	북면	0.0872
185	전라북도	정읍시	진산동	0.1006	247	충청남도	아산시	초사동	0.0871
186	전라남도	장성군	남면	0.1001	248	전라북도	김제시	황산동	0.0870

(나) 가중치 부여에 의한 읍면동별 위험도 분석 결과

- 각 시기별 HPAI 검출 건수를 가중치로 설정하여 11월부터 2월까지의 위험도를 합산하여 위험기간의 전체 위험도를 합산
- 고위험(전체 읍면동의 10%)지역을 파란색(검출 건수로 가중치)으로 표시하면 아래 그림과 같음. 붉은 점으로 표시된 지역은 2014~2016년 11~2월 사이에 야생조류 사체 및 분변에서 HPAI가 검출된 장소를 의미함



<그림 26. 철새에 의한 HPAI 유입위험도 결과(가중치 방식)>

<표 25. 전체 위험도 분석 결과(가중치 방식)>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	경상남도	창원시 의창구	동읍	56.0399	125	충청남도	천안시동남구	동면	5.5833
2	강원도	철원군	동송읍	52.9670	126	경상남도	합천군	청덕면	5.5684
3	충청남도	서천군	서면	47.1098	127	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	5.4829
4	전라남도	강진군	도암면	44.4637	128	경기도	화성시	반정동	5.4680
5	전라남도	신안군	자은면	43.6223	129	전라북도	김제시	제월동	5.4668
6	충청남도	서천군	한산면	39.2696	130	충청북도	충주시	용두동	5.4349
7	강원도	춘천시	중도동	35.9593	131	전라북도	정읍시	영원면	5.4073
8	부산광역시	강서구	명지동	28.8135	132	충청남도	태안군	안면읍	5.3793
9	전라남도	여수시	묘도동	26.4181	133	전라남도	나주시	금천면	5.3677
10	전라남도	신안군	압태면	25.9657	134	충청남도	예산군	신암면	5.3071
11	충청북도	청주시 흥덕구	내곡동	24.6493	135	전라북도	익산시	은기동	5.3064
12	경상북도	경산시	압량읍	24.4454	136	전라남도	신안군	팔금면	5.2589
13	전라남도	강진군	대구면	24.1039	137	제주특별자치도	서귀포시	강정동	5.2079
14	경상남도	창녕군	유어면	22.9939	138	전라북도	정읍시	감곡면	5.1861
15	전라남도	신안군	비금면	21.7412	139	전라북도	익산시	합라면	5.1793

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
16	부산광역시	사하구	하단동	21.4677	140	전라북도	익산시	삼기면	5.1738
17	전라남도	장흥군	회진면	19.2096	141	전라북도	익산시	현영동	5.1468
18	전라북도	고창군	성내면	18.1955	142	전라남도	나주시	부덕동	5.1279
19	전라남도	신안군	안좌면	15.5994	143	전라남도	영암군	도포면	5.1045
20	전라북도	익산시	성당면	15.5328	144	부산광역시	강서구	강동동	5.0704
21	충청북도	청주시 흥덕구	상신동	13.8939	145	충청남도	당진시	송악읍	5.0547
22	충청남도	천안시 동남구	병천면	13.8899	146	전라북도	익산시	석왕동	5.0533
23	전라북도	부안군	줄포면	13.7695	147	제주특별자치도	제주시	아라이동	5.0224
24	대구광역시	동구	금강동	13.7327	148	전라북도	정읍시	태인면	4.9917
25	충청북도	청주시 흥덕구	신대동	13.4536	149	경기도	평택시	오성면	4.9800
26	경상남도	창녕군	대지면	13.2229	150	전라북도	익산시	춘포면	4.9361
27	부산광역시	강서구	봉림동	13.0907	151	전라북도	김제시	장화동	4.9261
28	충청북도	청주시 흥덕구	원평동	12.9959	152	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면	4.9222
29	경기도	화성시	경안면	12.6265	153	경기도	여주시	대신면	4.9203
30	충청북도	청주시 청원구	정상동	12.5937	154	전라북도	김제시	입석동	4.8894
31	경상북도	구미시	지산동	12.3596	155	충청남도	청양군	청남면	4.8454
32	전라북도	익산시	망성면	12.0359	156	충청남도	공주시	탄천면	4.8171
33	전라남도	순천시	상사면	11.9888	157	강원도	춘천시	사농동	4.8000
34	경상북도	구미시	양호동	11.9592	158	전라남도	영광군	군서면	4.7951
35	충청북도	청주시 청원구	정하동	11.7765	159	대구광역시	달성군	구지면	4.7735
36	충청남도	부여군	장암면	11.0416	160	광주광역시	광산구	연산동	4.7659
37	충청남도	아산시	신창면	10.6802	161	전라북도	김제시	명덕동	4.7592
38	경상남도	창녕군	대합면	10.5492	162	경상북도	경산시	여천동	4.7246
39	전라남도	강진군	군동면	10.3192	163	전라북도	익산시	석탄동	4.7076
40	경상북도	상주시	증덕동	10.2987	164	경기도	평택시	유천동	4.6790
41	전라북도	익산시	용안면	10.2735	165	전라북도	김제시	연정동	4.6697
42	전라북도	전주시 덕진구	고량동	10.2643	166	제주특별자치도	제주시	조천읍	4.6519
43	전라북도	전주시 덕진구	호성동2가	10.0246	167	경상북도	문경시	창동	4.6366
44	전라북도	익산시	웅포면	9.9180	168	충청남도	부여군	입천면	4.6341
45	충청남도	아산시	배미동	9.7776	169	전라북도	김제시	도장동	4.6258
46	경상남도	창원시 의창구	대산면	9.5342	170	강원도	횡성군	갑천면	4.6145
47	경상북도	경산시	신천동	9.5074	171	전라남도	강진군	신전면	4.6048
48	충청남도	당진시	신평면	9.2884	172	전라북도	익산시	덕기동	4.6039
49	전라북도	완주군	용진읍	9.1128	173	전라북도	정읍시	진산동	4.5891
50	전라북도	전주시 덕진구	전미동1가	9.0616	174	전라북도	익산시	월성동	4.5845
51	강원도	철원군	철원읍	8.9546	175	충청북도	청주시 청원구	주중동	4.5806
52	전라북도	전주시 덕진구	도덕동	8.8796	176	전라북도	익산시	함열읍	4.5658
53	경상남도	창원시 의창구	북면	8.8679	177	전라남도	여수시	상암동	4.5399
54	경상남도	창녕군	이방면	8.7452	178	전라북도	김제시	북죽동	4.5330
55	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동	8.7177	179	충청남도	논산시	은진면	4.5203
56	충청북도	청주시 흥덕구	평동	8.5073	180	전라남도	순천시	안평동	4.5144
57	경상북도	상주시	죽전동	8.4395	181	전라남도	장성군	남면	4.5118
58	경기도	안성시	현수동	8.4242	182	경상남도	진주시	대평면	4.4943
59	강원도	춘천시	근화동	8.3777	183	전라북도	군산시	내홍동	4.4489
60	충청북도	청주시 흥덕구	남촌동	7.9187	184	충청남도	예산군	오기면	4.4271
61	전라북도	군산시	개사동	7.9006	185	충청남도	부여군	남면	4.3948
62	전라북도	정읍시	소성면	7.8062	186	경상북도	칠곡군	북삼읍	4.3649
63	전라북도	정읍시	이평면	7.7976	187	전라북도	정읍시	고부면	4.3632
64	전라남도	순천시	교량동	7.7531	188	전라남도	장흥군	관산읍	4.3618
65	충청북도	청주시 청원구	외남동	7.7135	189	충청남도	아산시	둔포면	4.3370
66	전라북도	익산시	임상동	7.6072	190	전라북도	김제시	월성동	4.3295
67	충청북도	청주시 흥덕구	송절동	7.6019	191	광주광역시	광산구	동산동	4.3276
68	경기도	여주시	홍천면	7.5847	192	전라북도	정읍시	덕천면	4.2994
69	서울특별시	영등포구	여의도동	7.5810	193	경상북도	고령군	다산면	4.2833
70	강원도	춘천시	송암동	7.4275	194	충청남도	논산시	광석면	4.2712
71	전라북도	익산시	용동면	7.3962	195	전라북도	완주군	삼례읍	4.2706
72	광주광역시	광산구	명화동	7.3434	196	강원도	원주시	지정면	4.2620
73	경상남도	합천군	덕곡면	7.2521	197	전라북도	김제시	상동동	4.2481
74	충청북도	충주시	달천동	7.2106	198	경상북도	예천군	용궁면	4.2310
75	전라북도	고창군	대산면	7.2037	199	충청남도	아산시	법곡동	4.2013
76	경상북도	상주시	화산동	7.1595	200	전라북도	김제시	백구면	4.2002
77	충청남도	논산시	성동면	7.0639	201	전라북도	익산시	신용동	4.1972
78	충청남도	논산시	채운면	6.9846	202	전라북도	부안군	주산면	4.1873
79	광주광역시	광산구	진곡동	6.9444	203	경상남도	창녕군	장마면	4.1835
80	전라북도	임실군	운암면	6.9016	204	전라남도	함평군	월야면	4.1716
81	광주광역시	광산구	신동	6.8663	205	경기도	평택시	고덕면	4.1681
82	전라북도	익산시	정족동	6.8574	206	강원도	강릉시	초당동	4.1508
83	충청남도	부여군	양화면	6.8131	207	충청북도	진천군	덕산읍	4.1504
84	강원도	원주시	호저면	6.7204	208	전라북도	익산시	낭산면	4.1456

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
85	전라남도	해남군	산이면	6.6853	209	전라북도	김제시	신월동	4.1327
86	전라북도	군산시	나포면	6.6254	210	전라북도	김제시	청하면	4.1229
87	전라북도	정읍시	신태인읍	6.4907	211	경기도	안성시	공도읍	4.1145
88	충청남도	아산시	염치읍	6.4798	212	충청남도	당진시	우강면	4.1107
89	경상북도	의성군	단북면	6.4691	213	전라북도	익산시	오산면	4.0955
90	전라북도	김제시	부량면	6.4138	214	전라남도	나주시	반남면	4.0926
91	충청남도	아산시	인주면	6.3881	215	경상북도	구미시	거의동	4.0876
92	경기도	평택시	청북읍	6.3781	216	전라북도	완주군	이서면	4.0797
93	경상북도	구미시	해평면	6.3723	217	전라북도	전주시덕진구	금상동	4.0766
94	전라북도	정읍시	삼산동	6.3384	218	광주광역시	광산구	산막동	4.0602
95	전라남도	나주시	삼도동	6.3308	219	제주특별자치도	제주시	한경면	4.0333
96	전라북도	고창군	홍덕면	6.3105	220	제주특별자치도	제주시	화북이동	4.0029
97	전라북도	익산시	만석동	6.2956	221	전라북도	김제시	신곡동	3.9966
98	경기도	초평동	초평동	6.2907	222	전라북도	군산시	성산면	3.9877
99	충청남도	서천군	화양면	6.2717	223	광주광역시	서구	세하동	3.9829
100	강원도	춘천시	삼천동	6.2589	224	전라북도	정읍시	상평동	3.9791
101	전라남도	순천시	홍내동	6.2409	225	대구광역시	수성구	성동	3.9658
102	전라북도	정읍시	정우면	6.2353	226	충청남도	아산시	선장면	3.9608
103	충청북도	청주시 청원구	오창읍	6.1850	227	대구광역시	동구	숙천동	3.9501
104	경상북도	상주시	초산동	6.1808	228	전라북도	전주시덕진구	반월동	3.9500
105	전라북도	김제시	서정동	6.1733	229	경기도	평택시	월곡동	3.9471
106	전라북도	고창군	무장면	6.1613	230	충청남도	서산시	덕지천동	3.9456
107	전라북도	익산시	황등면	6.1596	231	전라남도	순천시	야홍동	3.9368
108	전라북도	부안군	백산면	6.1414	232	경상남도	김해시	강동	3.9315
109	전라남도	여수시	울촌면	6.1283	233	부산광역시	강서구	죽동동	3.9175
110	경상남도	사천시	봉남동	6.0755	234	전라북도	김제시	오정동	3.9051
111	경상남도	사천시	노룡동	5.9265	235	경상북도	영천시	쌍계동	3.9034
112	전라북도	전주시덕진구	남정동	5.9183	236	대구광역시	동구	미곡동	3.8942
113	전라남도	나주시	관정동	5.8913	237	전라북도	부안군	부안읍	3.8781
114	경기도	평택시	현덕면	5.8803	238	충청남도	아산시	초사동	3.8705
115	경상남도	밀양시	하남읍	5.7572	239	대구광역시	동구	사복동	3.8650
116	경상북도	경산시	대정동	5.7436	240	전라남도	순천시	오천동	3.8641
117	경상북도	상주시	홍각동	5.7174	241	충청북도	진천군	진천읍	3.8536
118	전라북도	김제시	봉남면	5.6719	242	강원도	강릉시	강문동	3.8410
119	전라북도	김제시	용지면	5.6671	243	경기도	안성시	고삼면	3.8351
120	전라북도	김제시	공덕면	5.6446	244	전라북도	정읍시	북면	3.8270
121	경기도	평택시	포승읍	5.6408	245	전라남도	나주시	동수동	3.8133
122	충청북도	청주시 청원구	북이면	5.6126	246	경상북도	영천시	조교동	3.8110
123	전라북도	김제시	황산면	5.6116	247	전라북도	고창군	신림면	3.8049
124	경기도	평택시	청룡동	5.5888	248	전라남도	나주시	평산동	3.7967

(7) 중점방역지구와 모델 기반 위험도 지역 매칭 결과

(가) 18년도 선정된 중점방역관리지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과

- (6), (나)에 의해 산출된 고위험 496개 읍면동(5,000여개 읍면동 중 상위 10%)과 18년도 선정된 중점방역관리지구 398개 읍면동을 비교하여 중점방역관리지구의 선정 기준을 평가
- 매칭 결과 18년도 선정된 398개 읍면동 중 141개 읍면동이 중첩됨

<표 26. 18년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과>

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
1	강원도	원주시	호저면	71	전라북도	부안군	백산면
2	강원도	철원군	동송읍	72	전라북도	부안군	부안읍
3	경기도	안성시	고삼면	73	전라북도	부안군	주산면
4	경기도	안성시	공도읍	74	전라북도	부안군	줄포면
5	경기도	안성시	대덕면	75	전라북도	완주군	봉동읍
6	경기도	안성시	미양면	76	전라북도	완주군	삼례읍
7	경기도	안성시	보개면	77	전라북도	완주군	용진읍

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
8	경기도	안성시	중리동	78	전라북도	완주군	이서면
9	경기도	안성시	현수동	79	전라북도	익산시	오산면
10	경기도	여주시	능서면	80	전라북도	익산시	왕궁면
11	경기도	여주시	홍천면	81	전라북도	익산시	춘포면
12	경기도	이천시	대월면	82	전라북도	익산시	함라면
13	경기도	이천시	설성면	83	전라북도	익산시	황등면
14	경기도	화성시	우정읍	84	전라북도	전주시덕진구	금상동
15	경기도	화성시	장안면	85	전라북도	전주시덕진구	남정동
16	경상남도	창녕군	이방면	86	전라북도	정읍시	감곡면
17	경상남도	창원시 의창구	대산면	87	전라북도	정읍시	고부면
18	경상남도	창원시 의창구	동읍	88	전라북도	정읍시	덕천면
19	경상북도	영주시	안정면	89	전라북도	정읍시	북면
20	경상북도	영천시	금호읍	90	전라북도	정읍시	삼산동
21	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	91	전라북도	정읍시	상평동
22	전라남도	강진군	강진읍	92	전라북도	정읍시	소성면
23	전라남도	강진군	군동면	93	전라북도	정읍시	신태인읍
24	전라남도	강진군	작천면	94	전라북도	정읍시	영월면
25	전라남도	광양시	진월면	95	전라북도	정읍시	용계동
26	전라남도	나주시	공산면	96	전라북도	정읍시	이평면
27	전라남도	나주시	관정동	97	전라북도	정읍시	입암면
28	전라남도	나주시	금천면	98	전라북도	정읍시	정우면
29	전라남도	나주시	동수동	99	전라북도	정읍시	태인면
30	전라남도	나주시	반남면	100	제주특별자치도	제주시	구좌읍
31	전라남도	나주시	세지면	101	제주특별자치도	제주시	한경면
32	전라남도	나주시	연산동	102	충청남도	논산시	가야곡면
33	전라남도	나주시	평산동	103	충청남도	논산시	광석면
34	전라남도	순천시	교량동	104	충청남도	논산시	상월면
35	전라남도	순천시	상사면	105	충청남도	논산시	성동면
36	전라남도	순천시	안풍동	106	충청남도	논산시	은진면
37	전라남도	순천시	야홍동	107	충청남도	당진시	송악읍
38	전라남도	순천시	인월동	108	충청남도	당진시	신평면
39	전라남도	순천시	홍내동	109	충청남도	당진시	우강면
40	전라남도	여수시	율촌면	110	충청남도	당진시	합덕읍
41	전라남도	영암군	덕진면	111	충청남도	서천군	기산면
42	전라남도	영암군	도포면	112	충청남도	서천군	마산면
43	전라남도	영암군	미암면	113	충청남도	서천군	마서면
44	전라남도	영암군	신북면	114	충청남도	서천군	서천읍
45	전라남도	장성군	남면	115	충청남도	서천군	시초면
46	전라남도	장성군	삼서면	116	충청남도	아산시	둔포면
47	전라남도	합평군	월야면	117	충청남도	아산시	배미동
48	전라남도	해남군	산이면	118	충청남도	아산시	선장면
49	전라북도	고창군	부안면	119	충청남도	아산시	신창면
50	전라북도	고창군	성내면	120	충청남도	아산시	염치읍
51	전라북도	고창군	신림면	121	충청남도	아산시	인주면
52	전라북도	고창군	홍덕면	122	충청남도	아산시	장춘동
53	전라북도	군산시	나포면	123	충청남도	아산시	초사동
54	전라북도	군산시	대야면	124	충청남도	예산군	고덕면
55	전라북도	군산시	서수면	125	충청남도	예산군	삼교읍
56	전라북도	군산시	성산면	126	충청남도	예산군	신암면
57	전라북도	군산시	입피면	127	충청남도	예산군	오가면
58	전라북도	김제시	공덕면	128	충청남도	천안시동남구	동면
59	전라북도	김제시	백구면	129	충청남도	천안시동남구	병천면
60	전라북도	김제시	백산면	130	충청남도	천안시동남구	수신면
61	전라북도	김제시	봉남면	131	충청남도	천안시서북구	직산읍
62	전라북도	김제시	부량면	132	충청남도	홍성군	홍북읍
63	전라북도	김제시	상동동	133	충청북도	증평군	도안면
64	전라북도	김제시	연정동	134	충청북도	진천군	덕산면
65	전라북도	김제시	용지면	135	충청북도	진천군	진천읍
66	전라북도	김제시	장화동	136	충청북도	진천군	초평면
67	전라북도	김제시	죽산면	137	충청북도	청주시 청원구	내수읍
68	전라북도	김제시	진봉면	138	충청북도	청주시 청원구	북이면
69	전라북도	김제시	청하면	139	충청북도	청주시 청원구	오창읍
70	전라북도	김제시	황산면	140	충청북도	청주시 흥덕구	오송읍
				141	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면

(나) 18년도 선정된 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과

- (6), (나)에 의해 산출된 고위험 248개 읍면동(5,000여개 읍면동 중 상위 5%)과 18년도 선정된 중점방역관리지구 398개 읍면동을 비교하여 중점방역관리지구의 선정 기준을 평가
- 매칭 결과 18년도 선정된 398개 읍면동 중 93개 읍면동이 중첩됨

<표 27. 18년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과>

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
1	강원도	원주시	호저면	46	전라북도	부안군	백산면
2	강원도	철원군	동송읍	47	전라북도	부안군	부안읍
3	경기도	안성시	고삼면	48	전라북도	부안군	주산면
4	경기도	안성시	공도읍	49	전라북도	부안군	줄포면
5	경기도	안성시	현수동	50	전라북도	완주군	삼례읍
6	경기도	여주시	홍천면	51	전라북도	완주군	용진읍
7	경기도	평택시	고덕면	52	전라북도	완주군	이서면
8	경기도	화성시	장안면	53	전라북도	익산시	오산면
9	경상남도	창녕군	이방면	54	전라북도	익산시	춘포면
10	경상남도	창원시 의창구	대산면	55	전라북도	익산시	함라면
11	경상남도	창원시 의창구	동읍	56	전라북도	익산시	황등면
12	경상남도	창원시 의창구	북면	57	전라북도	전주시덕진구	금상동
13	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	58	전라북도	전주시덕진구	남정동
14	전라남도	강진군	군동면	59	전라북도	정읍시	감곡면
15	전라남도	나주시	관정동	60	전라북도	정읍시	고부면
16	전라남도	나주시	금천면	61	전라북도	정읍시	덕천면
17	전라남도	나주시	동수동	62	전라북도	정읍시	북면
18	전라남도	나주시	반남면	63	전라북도	정읍시	삼산동
19	전라남도	나주시	평산동	64	전라북도	정읍시	상평동
20	전라남도	순천시	교량동	65	전라북도	정읍시	소성면
21	전라남도	순천시	상사면	66	전라북도	정읍시	신태인읍
22	전라남도	순천시	안풍동	67	전라북도	정읍시	영원면
23	전라남도	순천시	야흥동	68	전라북도	정읍시	이평면
24	전라남도	순천시	홍내동	69	전라북도	정읍시	정우면
25	전라남도	여수시	울촌면	70	전라북도	정읍시	태인면
26	전라남도	영암군	도포면	71	제주특별자치도	제주시	환경면
27	전라남도	장성군	남면	72	충청남도	논산시	광석면
28	전라남도	함평군	월야면	73	충청남도	논산시	성동면
29	전라남도	해남군	산이면	74	충청남도	논산시	은진면
30	전라북도	고창군	대산면	75	충청남도	당진시	송악읍
31	전라북도	고창군	성내면	76	충청남도	당진시	신평면
32	전라북도	고창군	신림면	77	충청남도	당진시	우장면
33	전라북도	고창군	홍덕면	78	충청남도	부여군	남면
34	전라북도	군산시	나포면	79	충청남도	아산시	둔포면
35	전라북도	군산시	성산면	80	충청남도	아산시	배미동
36	전라북도	김제시	공덕면	81	충청남도	아산시	선장면
37	전라북도	김제시	백구면	82	충청남도	아산시	신장면
38	전라북도	김제시	봉남면	83	충청남도	아산시	염치읍
39	전라북도	김제시	부량면	84	충청남도	아산시	인주면
40	전라북도	김제시	상동동	85	충청남도	아산시	초사동
41	전라북도	김제시	연정동	86	충청남도	예산군	신암면
42	전라북도	김제시	용지면	87	충청남도	예산군	오가면
43	전라북도	김제시	장화동	88	충청남도	천안시동남구	동면
44	전라북도	김제시	청하면	89	충청남도	천안시동남구	병천면
45	전라북도	김제시	황산면	90	충청북도	진천군	진천읍
				91	충청북도	청주시 청원구	북이면
				92	충청북도	청주시 청원구	오창읍
				93	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면

(다) 19년도 선정된 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과

- 19년도에 선정된 중점방역관리지구는 읍면동 단위로 구분되어 발표된 지역이 약 60여개 이므로 모델과 매칭된 지역도 상당히 적게 매칭됨

<표 28. 19년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과>

구분	시도	시군구	읍면동
1	경기도	안성시	미양면
2	경기도	안성시	보개면
3	경기도	여주시	능서면
4	경기도	이천시	설성면
5	경기도	평택시	오성면
6	경기도	평택시	청북읍
7	경상북도	영주시	안정면
8	전라남도	나주시	반남면
9	전라남도	나주시	공산면
10	전라남도	영암군	덕진면
11	전라남도	영암군	신북면
12	전라북도	군산시	서수면
13	전라북도	김제시	용지면
14	전라북도	정읍시	고부면
15	전라북도	정읍시	소성면
16	전라북도	정읍시	이평면
17	전라북도	정읍시	정우면
18	제주특별자치도	제주시	한경면
19	충청남도	아산시	신창면
20	충청남도	아산시	둔포면
21	충청북도	음성군	대소면
22	충청북도	진천군	진천읍
23	충청북도	진천군	초평면

(라) 19년도 선정된 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과

- (6), (나)에 의해 산출된 고위험 248개 읍면동(5,000여개 읍면동 중 상위 5%)과 18년도 선정된 중점방역관리지구 398개 읍면동을 비교하여 중점방역관리지구의 선정 기준을 평가
- 매칭 결과 18년도 선정된 398개 읍면동 중 93개 읍면동이 중첩됨

<표 29. 19년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과>

구분	시도	시군구	읍면동
1	경기도	평택시	청북읍
2	경기도	평택시	오성면
3	충청남도	아산시	둔포면
4	제주특별자치도	제주시	한경면

(마) 20년도 선정된 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과

- (6), (나)에 의해 산출된 고위험 496개 읍면동(5,000여개 읍면동 중 상위 5%)과 18년도 선정된 중점방역관리지구 398개 읍면동을 비교하여 중점방역관리지구의 선정 기준을 평가
- 매칭 결과 18년도 선정된 398개 읍면동 중 93개 읍면동이 중첩됨

<표 30. 20년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 10%) 지역 매칭 결과>

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
1	강원도	원주시	호저면	81	전라북도	완주군	용진읍
2	경기도	안성시	고삼면	82	전라북도	완주군	이서면
3	경기도	안성시	공도읍	83	전라북도	익산시	오산면
4	경기도	안성시	대덕면	84	전라북도	익산시	춘포면
5	경기도	안성시	미양면	85	전라북도	익산시	함라면
6	경기도	안성시	보개면	86	전라북도	전주시 덕진구	금상동
7	경기도	안성시	중리동	87	전라북도	전주시 덕진구	남정동
8	경기도	안성시	현수동	88	전라북도	정읍시	감곡면
9	경기도	여주시	능서면	89	전라북도	정읍시	고부면
10	경기도	여주시	대신면	90	전라북도	정읍시	덕천면
11	경기도	여주시	삼교동	91	전라북도	정읍시	북면
12	경기도	여주시	오금동	92	전라북도	정읍시	삼산동
13	경기도	이천시	대월면	93	전라북도	정읍시	상평동
14	경기도	이천시	설성면	94	전라북도	정읍시	소성면
15	경기도	파주시	상지석동	95	전라북도	정읍시	신태인읍
16	경기도	평택시	고덕면	96	전라북도	정읍시	영원면
17	경기도	평택시	서탄면	97	전라북도	정읍시	용계동
18	경기도	평택시	안중읍	98	전라북도	정읍시	이평면
19	경기도	평택시	오성면	99	전라북도	정읍시	입암면
20	경기도	평택시	장안동	100	전라북도	정읍시	정우면
21	경기도	평택시	청북읍	101	전라북도	정읍시	태인면
22	경기도	평택시	팽성읍	102	제주특별자치도	제주시	구좌읍
23	경기도	화성시	우정읍	103	제주특별자치도	제주시	한경면
24	경기도	화성시	장안면	104	충청남도	논산시	가야곡면
25	경상남도	창녕군	이방면	105	충청남도	논산시	광석면
26	경상남도	창원시 의창구	대산면	106	충청남도	논산시	상월면
27	경상남도	창원시 의창구	동읍	107	충청남도	논산시	성동면
28	경상북도	영주시	안정면	108	충청남도	논산시	은진면
29	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	109	충청남도	논산시	채운면
30	전라남도	강진군	군동면	110	충청남도	당진시	송산면
31	전라남도	강진군	도암면	111	충청남도	당진시	송악읍
32	전라남도	강진군	작천면	112	충청남도	당진시	신평면
33	전라남도	광양시	진월면	113	충청남도	당진시	우강면
34	전라남도	나주시	공산면	114	충청남도	당진시	함덕읍
35	전라남도	나주시	관정동	115	충청남도	부여군	세도면
36	전라남도	나주시	금천면	116	충청남도	부여군	초촌면
37	전라남도	나주시	동수동	117	충청남도	서천군	기산면
38	전라남도	나주시	반남면	118	충청남도	서천군	마산면
39	전라남도	나주시	세지면	119	충청남도	서천군	마서면(장선리, 송내리)
40	전라남도	나주시	영산동	120	충청남도	서천군	서천읍(삼산리)
41	전라남도	나주시	평산동	121	충청남도	서천군	시초면
42	전라남도	순천시	교량동	122	충청남도	아산시	기산동
43	전라남도	여수시	율촌면	123	충청남도	아산시	둔포면
44	전라남도	영암군	덕진면	124	충청남도	아산시	온양4동(실옥동, 방축동, 배미동, 득산동, 점양동)
45	전라남도	영암군	도포면	125	충청남도	아산시	온양6동(법곡동)
46	전라남도	영암군	미암면	126	충청남도	아산시	선장면
47	전라남도	영암군	신북면	127	충청남도	아산시	온양3동(권곡동, 모중동, 신동)
48	전라남도	장성군	남면	128	충청남도	아산시	신창면
49	전라남도	장성군	삼서면	129	충청남도	아산시	염치읍
50	전라남도	합평군	월야면	130	충청남도	아산시	인주면
51	전라남도	해남군	산이면	131	충청남도	아산시	온양6동(장존동)
52	전라북도	고창군	부안면	132	충청남도	아산시	온양6동(읍내동, 좌부동, 장존동, 법곡동, 풍기동, 남동)
53	전라북도	고창군	성내면	133	충청남도	아산시	조사동온양5동(용화동, 신인동, 조사동, 기산동)
54	전라북도	고창군	신림면	134	충청남도	예산군	고덕면
55	전라북도	고창군	홍덕면	135	충청남도	예산군	삼교읍
56	전라북도	군산시	나포면	136	충청남도	예산군	신암면
57	전라북도	군산시	대야면	137	충청남도	예산군	오가면
58	전라북도	군산시	서수면	138	충청남도	천안시 동남구	동면
59	전라북도	군산시	성산면	139	충청남도	천안시 동남구	병천면
60	전라북도	군산시	임피면	140	충청남도	천안시 동남구	수신면
61	전라북도	군산시	나포면	141	충청남도	천안시 서북구	직산읍

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
62	전라북도	김제시	공덕면	142	충청남도	홍성군	홍북읍
63	전라북도	김제시	백구면	143	충청북도	음성군	대소면
64	전라북도	김제시	백산면	144	충청북도	증평군	도안면
65	전라북도	김제시	봉남면	145	충청북도	진천군	덕산면
66	전라북도	김제시	부량면	146	충청북도	진천군	이월면
67	전라북도	김제시	상동동	147	충청북도	진천군	진천읍
68	전라북도	김제시	연정동	148	충청북도	진천군	초평면
69	전라북도	김제시	용지면	149	충청북도	청주시 청원구	내수읍
70	전라북도	김제시	장화동	150	충청북도	청주시 청원구	북이면
71	전라북도	김제시	죽산면	151	충청북도	청주시 청원구	오창읍
72	전라북도	김제시	진봉면	152	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동
73	전라북도	김제시	청하면	153	충청북도	청주시 흥덕구	오송읍
74	전라북도	김제시	황산면	154	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면
75	전라북도	부안군	백산면	155	충청북도	청주시 흥덕구	지동동
76	전라북도	부안군	부안읍				
77	전라북도	부안군	주산면				
78	전라북도	부안군	줄포면				
79	전라북도	완주군	봉동읍				
80	전라북도	완주군	삼례읍				

(바) 20년도 선정된 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과

- (6), (나)에 의해 산출된 고위험 248개 읍면동(5,000여개 읍면동 중 상위 5%)과 18년도 선정된 중점방역관리지구를 비교하여 중점방역관리지구의 선정 기준을 평가
- 매칭 결과 18년도 선정된 398개 읍면동 중 93개 읍면동이 중첩됨

<표 31. 20년 중점방역지구와 모델 기반 위험도(상위 5%) 지역 매칭 결과>

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
1	강원도	원주시	호저면	46	전라북도	부안군	주산면
2	경기도	안성시	고삼면	47	전라북도	부안군	줄포면
3	경기도	안성시	공도읍	48	전라북도	완주군	삼례읍
4	경기도	안성시	현수동	49	전라북도	완주군	용진읍
5	경기도	여주시	대신면	50	전라북도	완주군	이서면
6	경기도	평택시	고덕면	51	전라북도	익산시	오산면
7	경기도	평택시	오성면	52	전라북도	익산시	춘포면
8	경기도	평택시	청북읍	53	전라북도	익산시	합라면
9	경기도	화성시	장안면	54	전라북도	전주시 덕진구	금상동
10	경상남도	창녕군	이방면	55	전라북도	전주시 덕진구	남정동
11	경상남도	창원시 의창구	대산면	56	전라북도	정읍시	감곡면
12	경상남도	창원시 의창구	동읍	57	전라북도	정읍시	고부면
13	경상남도	창원시 의창구	북면	58	전라북도	정읍시	덕천면
14	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	59	전라북도	정읍시	북면
15	전라남도	강진군	군동면	60	전라북도	정읍시	삼산동
16	전라남도	강진군	도암면	61	전라북도	정읍시	상평동
17	전라남도	나주시	관정동	62	전라북도	정읍시	소성면
18	전라남도	나주시	금천면	63	전라북도	정읍시	신태인읍
19	전라남도	나주시	동수동	64	전라북도	정읍시	영원면
20	전라남도	나주시	반남면	65	전라북도	정읍시	이평면
21	전라남도	나주시	평산동	66	전라북도	정읍시	정우면
22	전라남도	순천시	교량동	67	전라북도	정읍시	태인면
23	전라남도	여주시	윤촌면	68	제주특별자치도	제주시	한경면
24	전라남도	영암군	도포면	69	충청남도	논산시	광석면
25	전라남도	장성군	남면	70	충청남도	논산시	성동면
26	전라남도	합평군	월야면	71	충청남도	논산시	은진면
27	전라남도	해남군	산이면	72	충청남도	논산시	채운면
28	전라북도	고창군	대산면	73	충청남도	당진시	송악읍
29	전라북도	고창군	성내면	74	충청남도	당진시	신평면
30	전라북도	고창군	신림면	75	충청남도	당진시	우강면
31	전라북도	고창군	홍덕면	76	충청남도	부여군	남면
32	전라북도	군산시	나포면	77	충청남도	아산시	둔포면

구분	시도	시군구	읍면동	순위	시도	시군구	읍면동
33	전라북도	군산시	성산면	78	충청남도	아산시	선장면
34	전라북도	김제시	공덕면	79	충청남도	아산시	신창면
35	전라북도	김제시	백구면	80	충청남도	아산시	염치읍
36	전라북도	김제시	봉남면	81	충청남도	아산시	인주면
37	전라북도	김제시	부량면	82	충청남도	예산군	신암면
38	전라북도	김제시	상동동	83	충청남도	예산군	오가면
39	전라북도	김제시	연정동	84	충청남도	천안시 동남구	동면
40	전라북도	김제시	용지면	85	충청남도	천안시 동남구	병천면
41	전라북도	김제시	장화동	86	충청북도	진천군	진천읍
42	전라북도	김제시	청하면	87	충청북도	청주시 청원구	북이면
43	전라북도	김제시	황산면	88	충청북도	청주시 청원구	오창읍
44	전라북도	부안군	백산면	89	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동
45	전라북도	부안군	부안읍	90	충청북도	청주시 흥덕구	옥산면

(8) 모델의 한계

- 본 연구를 통해 만들어진 분석모델은 원시(raw) 데이터의 한계로 인하여 구조적인 모순점을 안고 있음
- **철새 분포 예측:** 본 연구에서는 철새도래지의 관측 데이터와 kernel density를 이용하여 철새 활용지를 예측하였음. 비록 이 과정에서 환경 변수를 고려하여 활용지 예측을 보정하였지만, 지리를 격자(grid)로 나누어 계산을 하는 kernel density 방식은 여전히 격자(grid)내의 지형 분포나 특성을 무시한다는 문제가 있음. 또한, 철새 종에 상관없이 동일한 bandwidth를 kernel density에 적용한 것도 문제가 있을 수 있음. 하지만, 종에 따른 적절한 bandwidth의 계산은 위 연구에서 활용할 수 있는 데이터 범주에 속해있지 않았기 때문에 수행할 수 없음
- **철새의 분포와 HPAI의 검출:** 이 한계점은 위 연구의 가장 취약한 문제점이라 할 수 있음. 철새가 HPAI를 국내에 유입시킨다는 일반적인 전제가, 실제 철새의 분포와 HPAI 검출의 상관관계를 반드시 지지하지 않음. 철새가 국내로 HPAI를 유입하는 과정은, 해외 HPAI의 유행 여부와 유행 시기, 유행지에서 해당 철새의 서식 유무, 해당 철새의 HPAI에 대한 감수성 유무, 해당 철새군 내의 HPAI endemic화, 그리고 endemic화된 철새 군과 국내 야생조류와의 교류 등 다양한 인자들에 의해 영향을 받음. 따라서, 이러한 인자들을 고려하지 않고, 상위 단계에서 막연하게 철새의 분포와 HPAI 검출의 상관관계를 보려고 하는 것은 전형적인 생태 오류(ecological fallacy)에 해당함. 하지만 이는 단순히 위 연구의 문제가 아닌 위 연구와 비슷한 연구들에서 공통적으로 나타나는 문제점임
- 명시하지 않았지만, 본 모델은 야생조류의 사체나 분변 검사가 전국 각지에서 이루어진다는 가정을 필요로 함. 하지만, 실제 야생조류 대상 검사는, 철새 도래지나 수역근처와 같이 지정된 곳에서만 이루어지고 있으며, 그로 인해 검사가 수행되지 않은 지역은 상대적으로 위험도가 낮게 나올 수 밖에 없음. 따라서 전국 규모의 HPAI 유입 상대적 위험도라는 결과는 엄밀한 기준에서는 옳다고 볼 수 없음. 이 또한 원시(raw) 데이터가 갖는 한계로 인해 발생. 추후에는 편향(bias)되지 않은 더 방대한 데이터를 이용한 연구가

수반되어야 함

별첨 : 모델 개발 원시 R 코드

1. 조류이동정보를 이용한 UDM 예측

- 철새추적데이터 추출(PostgreSQL과 Qgis 이용)과 BBMM을 이용한 UDM 예측(R 이용)

1. 고위험군
조류종 15종
이동 데이터
추출

```
D:\QIA\Data preparation.sql
D:\QIA\Data\bird species.csv
D:\QIA\Data\bid.csv
D:\QIA\Data\koeco tracking.csv
D:\QIA\Data\qia tracking.csv
```

2. 고위험
조류종과
겨울철새
목록 투입

```
CREATE TABLE bird_species (
  name_eng VARCHAR(50),
  name_kor VARCHAR(50),
  name_sch VARCHAR(50),
  n1_k VARCHAR(50),
  n2_k VARCHAR(50),
  n3_k VARCHAR(50),
  n1_e VARCHAR(50),
  n2_e VARCHAR(50),
  n3_e VARCHAR(50),
  category VARCHAR(50),
  migratory VARCHAR(50),
  migratory_type VARCHAR(50),
  endanger VARCHAR(50),
  hpa1 VARCHAR(50),
  tmp1 VARCHAR(50),
  tmp2 VARCHAR(50)
);
```

3. 겨울철새
추출을 위
한 데이터
분석

```
SELECT name_kor FROM bird_species WHERE migratory_type LIKE '001'; -- Winter
SELECT name_kor FROM bird_species WHERE migratory_type LIKE '002'; -- Winter
SELECT name_kor FROM bird_species WHERE migratory_type LIKE '003'; -- Summer
SELECT name_kor FROM bird_species WHERE migratory_type LIKE '004'; -- Summer
```

4. 고위험조류종
과
겨울철새
이동데이터를
활용한 UDM
예측

```
D:\QIA\UDM_surface composition.R
D:\QIA\F_BBMM.d11
D:\QIA\Data\bhr_korea.csv
D:\QIA\Data\wmb_korea.csv
D:\QIA\Data\Land cover\crop_land_valid.shp
D:\QIA\Data\Land cover\urban_valid.shp
D:\QIA\Data\Land cover\water_valid.shp
D:\QIA\Data\Land cover\wet_land_valid.shp
```

5. UDM
예측을 위해
대한민국 영토
및 영해를 약
5Km X 5Km의
격자로
raster화

```
library(lubridate)
library(BBMM)
library(rgdal)
library(raster)
library(sf)
library(rgeos)

# Generate function to call 'f_BBMM.d11'
f_BBMM <- function(length, BMar, x_range, y_range, cell_size, x, y, time_lag,
max_lag, time_step, location_error, probability) {
  c("f_BBMM", as.integer(length), as.double(BMar), as.double(x_range),
as.double(y_range), as.double(cell_size),
as.double(x), as.double(y), as.double(time_lag), as.double(max_lag),
as.double(time_step),
as.double(location_error), as.double(probability))
}

dyn.load("D:/QIA/F_BBMM.d11")

# Set the variables required for 'f_BBMM.d11'
x_range <- c(725000, 1410000)
y_range <- c(1435000, 2100000)
time_step <- 10
```

2. 예측된 UDM의 토지 피복도 계산

6. 각
지역에
해당하는
토지
피복도
투입

```
# 논/밭 지역 shapefile import
crop <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/crop_land_valid.shp")
proj4string(crop) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
crop_sf <- st_as_sf(crop)
# 도심 지역 shapefile import
urban <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/urban_valid.shp")
proj4string(urban) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
urban_sf <- st_as_sf(urban)
# 수역 shapefile import
water <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/water_valid.shp")
proj4string(water) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
water_sf <- st_as_sf(water)
# 습지 지역 shapefile import
wet <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/wet_land_valid.shp")
proj4string(wet) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
wet_sf <- st_as_sf(wet)
rm(crop, urban, water, wet)
```

7. polygon
내에서
논/밭,
도심,
수역, 습지
지역이
차지는
정도 계산

```
v <- comp_umb[[i]][[j]]
cutoff <- optimize(contour.z, c(0, max(v)), tol=
.Machine$double.eps)$minimum
tmp <- rasterToContour(rast, level=cutoff)
tmp <- SpatialPolygons(
  lapply(1:length(tmp),
    function(i) Polygons(lapply(spr::coordinates(tmp)[[i]],
      function(y) Polygon(y)),
    as.character(i))))
proj4string(tmp) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
tmp_sf <- st_as_sf(tmp)
if (tmp@polygons[[1]]@area > 1) {
  cr0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, crop_sf))))
  if (is.na(cr0)) {cr0 <- 0}
  ur0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, urban_sf))))
  if (is.na(ur0)) {ur0 <- 0}
  wa0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, water_sf))))
  if (is.na(wa0)) {wa0 <- 0}
  we0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, wet_sf))))
  if (is.na(we0)) {we0 <- 0}
  if (cr0 != 0 & ur0 != 0 & wa0 != 0 & we0 != 0) {
    comp <- rbind(comp, data.frame("id"= names(comp_umb)[i], "mon"= j,
      "crop"= cr0, "urban"= ur0, "water"=
      wa0, "wet"= we0, "area"= st_area(tmp_sf)))
  }
}
}
}
# 계산된 UDM 토지피복특성을 자료 변환
for (i in 1:6) {
  comp[, i] <- comp[, i] / comp[, 7]
}
```

8. 종별
월별
UDM을
Spatial
polygon
변환

```
# 95% UDM을 contour map으로 변환하기 위한 function
contour.z <- function(z) {
  abs(0.95 - sum(v[i] >= z))/sum(v))
}
comp <- NULL
#####
# BHR의 UDM의 토지피복특성
#####
comp_bhr <- prob_bhr
for (i in 1:length(comp_bhr)) { # for each species
  for (j in 1:12) { # for each month
    if (sum(comp_bhr[[i]][[j]]) != 0) {
      xy <- matrix(comp_bhr[[i]][[j]], dimyx[2], dimyx[1], byrow= F)
      rast <- raster(xy)
      rast <- t(flip(rast, 1))
      extent(rast) <- c(x_range, y_range)
      projection(rast) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
      v <- comp_bhr[[i]][[j]]
      cutoff <- optimize(contour.z, c(0, max(v)), tol=
.Machine$double.eps)$minimum
      tmp <- rasterToContour(rast, level=cutoff)
      tmp <- SpatialPolygons(
        lapply(1:length(tmp),
          function(i) Polygons(lapply(spr::coordinates(tmp)[[i]],
            function(y) Polygon(y)),
          as.character(i))))
      proj4string(tmp) <- CRS("+proj=tmrc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows=84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
      tmp_sf <- st_as_sf(tmp)
      if (tmp@polygons[[1]]@area > 1) {
        cr0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, crop_sf))))
        if (is.na(cr0)) {cr0 <- 0}
        ur0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, urban_sf))))
        if (is.na(ur0)) {ur0 <- 0}
        wa0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, water_sf))))
        if (is.na(wa0)) {wa0 <- 0}
        we0 <- as.numeric(sum(st_area(st_intersection(tmp_sf, wet_sf))))
        if (is.na(we0)) {we0 <- 0}
        if (cr0 != 0 & ur0 != 0 & wa0 != 0 & we0 != 0) {
          comp <- rbind(comp, data.frame("id"= names(comp_bhr)[i], "mon"= j,
            "crop"= cr0, "urban"= ur0, "water"=
            wa0, "wet"= we0, "area"= st_area(tmp_sf)))
        }
      }
    }
  }
}
```

9. 토지피복
특성 도출

```
summary(comp[comp$mon >= 11 | comp$mon <= 2, ]$crop)
  Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.07375 0.31280 0.35164 0.41458 0.50557 0.84761
summary(comp[comp$mon >= 11 | comp$mon <= 2, ]$urban)
  Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.02260 0.07449 0.10749 0.11037 0.14694 0.23143
summary(comp[comp$mon >= 11 | comp$mon <= 2, ]$water)
  Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.02450 0.03485 0.19670 0.19205 0.31380 0.46434
summary(comp[comp$mon >= 11 | comp$mon <= 2, ]$wet)
  Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
0.002274 0.010328 0.026035 0.050219 0.063142 0.287534
```

3. 예측된 UDM에 환경 변수적용 및 야생조류 사체 및 분변을 통한 HPAI 검출 사례

10. 환경 변수를 적용하여, kernel density를 이용한 UDM 예측의 한계를 극복

```
# Import the surface composition of Republic of Korea (ROK)
load("D:/QIA/ROK_surface_composition.RData")

comp_kor$crop <- comp_kor$crop/comp_kor$area
comp_kor$urban <- comp_kor$urban/comp_kor$area
comp_kor$water <- comp_kor$water/comp_kor$area
comp_kor$wet <- comp_kor$wet/comp_kor$area
comp_kor[comp_kor == 0] <- 0.01

# Import the surface composition of UDM
load("D:/QIA/UDM_surface_composition.RData")
comp$crop <- as.double(comp$crop)
comp$urban <- as.double(comp$urban)
comp$water <- as.double(comp$water)
comp$wet <- as.double(comp$wet)
```

12. 조류 사체 및 분변을 통한 HPAI 검출 사례

D:\QIA\Data preparation.sql
D:\QIA\Data\hpa_i_outbreaks.csv

11. kernel density 값 보정

```
# Adjust the kernel density value
p_hb_bhr <- wp_hb_bhr
# BHR
# for each species in the estimated kernel density of UDM
for (i in 1:length(names(wp_hb_bhr))) {
  tmp <- comp[comp$id %in% names(wp_hb_bhr)[i], ]
  tmp <- tmp[mp$lon %in% c(11, 12, 1, 2), ]

  for (j in c(1:12)) {
    if (j %in% c(11, 12, 1, 2)) {
      tmp_sub <- tmp[mp$lon == j, ]

      # if the surface composition of UDM for the species of month j was
      measured
      if (nrow(tmp_sub) == 1) {
        wp_hb_bhr[[i]][[j]] <- wp_hb_bhr[[i]][[j]] +
          (comp_kor$crop / tmp_sub$crop) * (comp_kor$water / tmp_sub$water) +
          (tmp_sub$urban / comp_kor$urban)
      } else {
        # if the surface composition of UDM for the species was not measured on
        month j
        if (nrow(tmp) > 0) {
          wp_hb_bhr[[i]][[j]] <- wp_hb_bhr[[i]][[j]] *
            (comp_kor$crop / median(tmp$crop)) *
            (comp_kor$water / median(tmp$water)) * (median(tmp$urban) /
            comp_kor$urban)
        }
      }
    }
  }
}
```

13. HPAI 발생 정보 데이터를 테이블을 PostgreSQL을 이용하여 투입(import)

```
CREATE TABLE hpa_i (
  sample VARCHAR(255),
  id VARCHAR(255),
  adr1 VARCHAR(255),
  adr2 VARCHAR(255),
  adr3 VARCHAR(255),
  adr4 VARCHAR(255),
  lat NUMERIC,
  lon NUMERIC,
  bird1 VARCHAR(255),
  bird2 VARCHAR(255),
  pop VARCHAR(255),
  date_sample TIMESTAMP,
  date_result TIMESTAMP,
  ha_1 VARCHAR(255),
  ha_2 VARCHAR(255),
  na_1 VARCHAR(255),
  na_2 VARCHAR(255),
  ag_type VARCHAR(255),
  vir1 VARCHAR(255),
  ab_type VARCHAR(255),
  agency1 VARCHAR(255),
  agency2 VARCHAR(255),
  water VARCHAR(255),
  farms1 VARCHAR(255),
  farms2 VARCHAR(255),
  farms3 VARCHAR(255),
  farms4 VARCHAR(255),
  farms5 VARCHAR(255),
  farms6 VARCHAR(255),
  farms7 VARCHAR(255),
  farms8 VARCHAR(255),
  farms9 VARCHAR(255),
  risk1 VARCHAR(255),
  risk2 VARCHAR(255),
  risk3 VARCHAR(255),
  risk4 VARCHAR(255),
  adr5 VARCHAR(255),
  adr6 VARCHAR(255)
);
```

COPY hpa_i FROM 'D:/QIA/Data/hpa_i_outbreaks.csv' CSV DELIMITED

```
ALTER TABLE hpa_i DROP COLUMN id, DROP COLUMN adr1, DROP COLUMN adr2, DROP COLUMN adr3, DROP COLUMN adr4, DROP COLUMN adr5, DROP COLUMN adr6, DROP COLUMN farms1, DROP COLUMN farms2, DROP COLUMN farms3, DROP COLUMN farms4, DROP COLUMN farms5, DROP COLUMN farms6, DROP COLUMN farms7, DROP COLUMN farms8, DROP COLUMN farms9, DROP COLUMN pop, DROP COLUMN agency1, DROP COLUMN agency2, DROP COLUMN water, DROP COLUMN risk1, DROP COLUMN risk2, DROP COLUMN risk3, DROP COLUMN risk4, DROP COLUMN bird1, DROP COLUMN date_result;

UPDATE temp001 SET sample = 'domestic' WHERE sample LIKE '가금';
UPDATE temp001 SET sample = 'feces' WHERE sample LIKE '분변';
UPDATE temp001 SET sample = 'wild' WHERE sample NOT LIKE '도%' AND sample NOT LIKE 'Fe%';

DROP TABLE hpa_i;
ALTER TABLE temp001 RENAME TO hpa_i;

SELECT * FROM hpa_i WHERE lat > 120; -- 127.267118500000000; 35.5804451
UPDATE hpa_i SET lat = 35.580445190000000
WHERE sample LIKE 'do%' AND lat > 120 AND date = '2017-06-07';
UPDATE hpa_i SET lon = 127.267118500000000
WHERE sample LIKE 'do%' AND lon < 40 AND date = '2017-06-07';
```

```

all
# if the surface composition of UDM for the species was not measured at
} else {
  tmp_tnp <- comp[compid %in% names(wp_hb_bhr), ]
  tmp_tnp <- tmp_tnp[tmp_tnp$lon == j, ]
  if (nrow(tmp_tnp) > 0) {
    wp_hb_bhr[i][j] <- wp_hb_bhr[i][j] *
      (comp_koriscrop / median(tmp_tnp$iscrop)) *
      (comp_korwater / median(tmp_tnp$water)) *
      (median(tmp_tnp$urban) / comp_korurban)
  }
} else {
  wp_hb_bhr[i][j] <- prob_t
}
}
}

# MMB
p_hb_amb <- wp_hb_amb
tmp <- comp[compid %in% names(wp_hb_bhr), ]
tmp <- tmp[tmp$lon %in% c(11, 12, 1, 2), ]
for (j in c(1:12)) {
  if (j %in% c(11, 12, 1, 2)) {
    tmp_sub <- tmp[tmp$lon == j, ]
    # if the surface composition of UDM for MMBs was measured on month j
    if (nrow(tmp_sub) > 0) {
      wp_hb_amb[i][j] <- wp_hb_amb[i][j] *
        (comp_koriscrop / median(tmp_sub$iscrop)) *
        (comp_korwater / median(tmp_sub$water)) *
        (median(tmp_sub$urban) / comp_korurban)
    } else {
      tmp_tnp <- tmp
      if (nrow(tmp_tnp) > 0) {
        wp_hb_amb[i][j] <- wp_hb_amb[i][j] *
          (comp_koriscrop / median(tmp_tnp$iscrop)) *
          (comp_korwater / median(tmp_tnp$water)) *
          (median(tmp_tnp$urban) / comp_korurban)
      }
    } else {
      wp_hb_amb[i][j] <- prob_t
    }
  }
}
}

```

```

![Baikal Tea_Jan_b](D:\QIA2020\Result\Baikal Tea_Jan_b.png) Standardise the
value
for (i in 1:length(names(wp_hb_bhr))) { # For each species,
  for (j in 1:12) { # For each calendar month,
    tmp_usum <- sum(wp_hb_bhr[i][j])

```

```

    if (tmp_usum != 0) {
      wp_hb_bhr[i][j] <- wp_hb_bhr[i][j] / tmp_usum
    }
  }
}

for (j in 1:12) { # For each calendar month,
  tmp_usum <- sum(wp_hb_amb[i][j])
  if (tmp_usum != 0) {
    wp_hb_amb[i][j] <- wp_hb_amb[i][j] / tmp_usum
  }
}

```

```

# Rasterisation
# BHR
for (i in 1:length(wp_hb_bhr)) { # For each species,
  for (j in 1:12) { # For each month,
    xy <- matrix(p_hb_bhr[i][j], dmyx[2], dmyx[1], byrow = F)
    rast <- raster(xy)
    rast <- t(Flip(rast, 1))
    extent(rast) <- c(x_range, y_range)
    projection(rast) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+x_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
    p_hb_bhr[i][j] <- rast

```

```

    xy <- matrix(wp_hb_bhr[i][j], dmyx[2], dmyx[1], byrow = F)
    rast <- raster(xy)
    rast <- t(Flip(rast, 1))
    extent(rast) <- c(x_range, y_range)
    projection(rast) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+x_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
    wp_hb_bhr[i][j] <- rast
  }
}

# MMB
for (j in 1:12) { # For each month,
  xy <- matrix(p_hb_amb[i][j], dmyx[2], dmyx[1], byrow = F)
  rast <- raster(xy)
  rast <- t(Flip(rast, 1))
  extent(rast) <- c(x_range, y_range)
  projection(rast) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+x_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
  wp_hb_amb[i][j] <- rast
}

```

14. Kernal density의 값을 표준화

15. 활동 중인 가금 농가 수 추출

```

COPY (SELECT sample, lat, lon, date FROM
TO 'D:\QIA\Data\hpa.csv' CSV DELIM

```

```

D:\QIA\Data preparation.sql
D:\QIA\Data\premises.csv

```

16. 가금 농장만을 분류

17. 현재 활동 중인 곳만 추출

18. 가금 농장 데이터 중 GPS 좌표가 존재하는 곳만 추려서 출력(export) 하고, 좌표를 Qgis를 통해 EPSG 5179로 변경

```

SELECT DISTINCT(type) FROM premises;
-- "매주리", "몽", "실면조", "닭", "오리", "관상조류", "거위", "타조", "야생조류", "야생 오리", "닭, 오리"
SELECT * INTO poultry_farms FROM premises
WHERE type = '매주리'
OR type = '몽'
OR type = '실면조'
OR type = '닭'
OR type = '오리'
OR type = '관상조류'
OR type = '거위'
OR type = '타조'
OR type = '야생조류'
OR type = '야생오리'
OR type = '닭, 오리';
-- Farms
SELECT DISTINCT (fac) FROM poultry_farms; -- "풍죽장", "농장", "부화장", "가든형식당"
DELETE FROM poultry_farms
WHERE fac != '풍죽장'
AND fac != '농장'

```

```

DELETE FROM poultry_farms
WHERE active != '승인대기'
AND active != '정상'
AND active != '휴업';

```

```

COPY (SELECT lat, lon FROM poultry_farms WHERE lat IS NOT NULL)
TO 'D:\QIA\Data\poultry_farms.csv' CSV DELIMITER ',' HEADER;

```

4. 읍면동 별 토지 피복 정도

```

library(lubridate)
library(BDM)
library(rgdal)
library(raster)
library(sf)
library(rges)

# 본/말 지역 shapefile import
crop <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/crop_land_valid.shp")
proj4string(crop) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")

crop_sf <- st_as_sf(crop)
# 도시 지역 shapefile import
urban <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/urban_valid.shp")
proj4string(urban) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
urban_sf <- st_as_sf(urban)
# 수역 shapefile import
water <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/water_valid.shp")
proj4string(water) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
water_sf <- st_as_sf(water)
# 습지 지역 shapefile import
wet <- readOGR("D:/QIA/Data/Land cover/wet_land_valid.shp")
proj4string(wet) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")
wet_sf <- st_as_sf(wet)
rm(crop, urban, water, wet)

# Calculate the land cover for each Korea administrative district level 3 (ADM3)
kor@data$crop <- 0
kor@data$urban <- 0
kor@data$water <- 0
kor@data$wet <- 0

for (i in 1:5047) {
  kor@data$crop[i] <- sum(st_area(st_intersection(kor_sf[i, ], crop_sf)))
  kor@data$urban[i] <- sum(st_area(st_intersection(kor_sf[i, ], urban_sf)))
  kor@data$water[i] <- sum(st_area(st_intersection(kor_sf[i, ], water_sf)))
  kor@data$wet[i] <- sum(st_area(st_intersection(kor_sf[i, ], wet_sf)))
  print(i)
}

```

19. 가금
농가
현황을
구하기
위해
'시설정보'
항목의
'농장정보'
데이터
테이블을
PostgreSQL
로 import

20. 읍면동
수준의
데이터
재구성

```

D:\QIA\Final model.R
D:\QIA\UDM_estimation.RData
D:\QIA\Data\hpa1_5179.csv
D:\QIA\Data\poultry_farms_5179.csv
D:\QIA\Map\Korea_admin3_surface_5179.csv

```

```

#####
# 1. Load the estimated UDM
#####
load("D:/QIA/2020/UDM_estimation.RData")

#####
# 2. Load HPAI data
#####
hpa1 <- read.table("D:/QIA/Data/hpa1_5179.csv", sep=";", header=T)
hpa1$mon <- month(hpa1$date)
unique(hpa1$sample)
hpa1 <- SpatialPointsDataFrame(coords= data.frame(hpa1$x, hpa1$y),
                              data= data.frame("sample"= hpa1$sample, "mon"=
hpa1$mon),
                              proj4string= CRS("+proj=merc +lat_0=38
+lon_0=127.5 +k=0.9996 +X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80
+tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs"))

#####
# 3. Load poultry farms
#####
poultry <- read.table("D:/QIA/Data/poultry_farms_5179.csv", sep=";", header=T)
poultry <- SpatialPoints(coords= data.frame(poultry$x, poultry$y),
                        proj4string= CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5
+k=0.9996 +X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs"))

#####
# 4. Load Korea shapefile
#####
kor <- readOGR("D:/QIA/Map/Korea_admin3_surface_5179.shp")
proj4string(kor) <- CRS("+proj=merc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996
+X_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +tows84=0,0,0,0,0,0 +units=m
+no_defs")

```

```

tmp <- sp::over(x= poultry, y= kor)
tmp <- data.frame("dstr"= names(table(tmp$EMD_CD)), "freq"=
c(table(tmp$EMD_CD)))

dat_ref <- data.frame("dstr"= kor@data$EMD_CD, "offset"= 0)
dat_ref[dat_ref$dstr %in% tmp$dstr, ]$offset <- tmp$freq

```

```

dat_ref$crop <- kor@data$crop
dat_ref$urban <- kor@data$urban
dat_ref$water <- kor@data$water
dat_ref$wet <- kor@data$wet

#####
# 5.3. HPAI outbreaks and utilisation distributions of migratory birds (UDM)
#####
table(hpa1$sample, hpa1$mon)

for (j in c(11, 12, 1, 2)) {
  dat <- dat_ref
  dat$hpa1_d <- 0
  dat$hpa1_w <- 0

  # HPAI outbreaks
  hpa1_tmp <- hpa1[hpa1@data$sample == "domestic" & hpa1@data$mon == j, ]
  hpa1_tmp <- SpatialPoints(hpa1_tmp)
  proj4string(hpa1_tmp) <- proj4string(hpa1)
  tmp <- sp::over(x= hpa1_tmp, y= kor)
  tmp <- data.frame("dstr"= names(table(tmp$EMD_CD)), "freq"=
c(table(tmp$EMD_CD)))
  dat[dat$dstr %in% tmp$dstr, ]$hpa1_d <- tmp$freq

  hpa1_tmp <- hpa1[hpa1@data$sample != "domestic" & hpa1@data$mon == j, ]
  hpa1_tmp <- SpatialPoints(hpa1_tmp)
  proj4string(hpa1_tmp) <- proj4string(hpa1)
  tmp <- sp::over(x= hpa1_tmp, y= kor)
  tmp <- data.frame("dstr"= names(table(tmp$EMD_CD)), "freq"=
c(table(tmp$EMD_CD)))
  dat[dat$dstr %in% tmp$dstr, ]$hpa1_w <- tmp$freq

  # UDMs of BHR
  for (j in 1:length(wp_hb_bhr)) {
    dat <- cbind(dat, data.frame( raster::extract(wp_hb_bhr[[j]] [[i]], kor, fun=
sum)) )
  }
  # UDMs of WMB
  dat <- cbind(dat, data.frame( raster::extract(wp_hb_wmb[[i]], kor, fun= sum)) )
  colnames(dat) <- c("dstr", "offset", "crop", "urban",
"water", "wet", "hpa1_d", "hpa1_w",
paste("hb_bhr_", c(1:15), sep=""), "hb_wmb")
  assign(paste("dat_", i, sep=""), dat)
}

for (i in 1:length(kor)) {
  for (j in 3:6) {
    dat_11[i, j] <- dat_11[i, j] / kor@polygons[[i]]@area
    dat_12[i, j] <- dat_12[i, j] / kor@polygons[[i]]@area
    dat_1[i, j] <- dat_1[i, j] / kor@polygons[[i]]@area
    dat_2[i, j] <- dat_2[i, j] / kor@polygons[[i]]@area
  }
}

```

21.
11~2월달
모델

5. Multivariable logistic regression model

11월

```
# November
dat_sub <- dat_11
dat_sub$hpai_w <- ifelse(dat_sub$hpai_w > 0, 1, 0)
table(dat_sub$hpai_w)

mod <- glm(hpai_w ~ crop + urban + water + wet +
           hb_bhr_1 + hb_bhr_2 + hb_bhr_3 + hb_bhr_4 + hb_bhr_5 + hb_bhr_6 +
           hb_bhr_7 +
           hb_bhr_8 + hb_bhr_9 + hb_bhr_10 + hb_bhr_11 + hb_bhr_12 + hb_bhr_13
           +
           hb_bhr_14 + hb_bhr_15 + hb_wmb, data= dat_sub, family= "binomial")
names(mod$coefficients)[c(6:21)] <- c(names(wp_hb_bhr), "WMB")
summary(mod)
```

12월

```
# December
dat_sub <- dat_12
dat_sub$hpai_w <- ifelse(dat_sub$hpai_w > 0, 1, 0)
table(dat_sub$hpai_w)

mod <- glm(hpai_w ~ crop + urban + water + wet +
           hb_bhr_1 + hb_bhr_2 + hb_bhr_3 + hb_bhr_4 + hb_bhr_5 + hb_bhr_6 +
           hb_bhr_7 +
           hb_bhr_8 + hb_bhr_10 + hb_bhr_11 + hb_bhr_12 + hb_bhr_13 +
           hb_bhr_14 + hb_bhr_15 + hb_wmb, data= dat_sub, family= "binomial")
names(mod$coefficients)[c(6:21)] <- c(names(wp_hb_bhr), "WMB")
summary(mod)
```

21. 전체 위험도 평가

```
rank$risk_raw <- rank$nov + rank$dec + rank$jan + rank$feb
wgt <- colSums(table(hpai@data$sample, hpai@data$mon)[c(2,3), ])[c(0, 9, 1, 2)]
rank$risk_wgt <- rank$nov*wgt[1] + rank$dec*wgt[2] + rank$jan*wgt[3] +
rank$feb*wgt[4]
```

```
rank$risk_raw[dat$offset == 0] <- 0
rank$risk_wgt[dat$offset == 0] <- 0
kor@data$risk_raw <- rank$risk_raw
kor@data$risk_wgt <- rank$risk_wgt
writeOGR(kor, dsn= "Dr/QIA/Result", layer= "Risk map_S179", driver= "ESRI
Shapefile")
```

1월

```
# January
dat_sub <- dat_1
dat_sub$hpai_w <- ifelse(dat_sub$hpai_w > 0, 1, 0)
table(dat_sub$hpai_w)

mod <- glm(hpai_w ~ crop + urban + water + wet +
           hb_bhr_1 + hb_bhr_2 + hb_bhr_3 + hb_bhr_4 + hb_bhr_5 + hb_bhr_6 +
           hb_bhr_7 +
           hb_bhr_8 + hb_bhr_9 + hb_bhr_10 + hb_bhr_11 + hb_bhr_12 + hb_bhr_13
           +
           hb_bhr_14 + hb_bhr_15 + hb_wmb, data= dat_sub, family= "binomial")
names(mod$coefficients)[c(6:21)] <- c(names(wp_hb_bhr), "WMB")
summary(mod)
```

2월

```
# February
dat_sub <- dat_2
dat_sub$hpai_w <- ifelse(dat_sub$hpai_w > 0, 1, 0)
table(dat_sub$hpai_w)

mod <- glm(hpai_w ~ crop + urban + water + wet +
           hb_bhr_1 + hb_bhr_2 + hb_bhr_3 + hb_bhr_4 + hb_bhr_5 + hb_bhr_6 +
           hb_bhr_7 +
           hb_bhr_8 + hb_bhr_9 + hb_bhr_10 + hb_bhr_11 + hb_bhr_12 + hb_bhr_13
           +
           hb_bhr_14 + hb_bhr_15 + hb_wmb, data= dat_sub, family= "binomial")
names(mod$coefficients)[c(6:21)] <- c(names(wp_hb_bhr), "WMB")
summary(mod)
```

나. 겨울 철새 서식지 이용패턴 분석 및 군집패턴 분석

(1) 토지 피복도 등 환경 속성변수와 위성영상 분석을 연계한 조류의 서식지 이용패턴 분석

(가) 분석 목적

- 철새들의 종별·월별 활동영역(UDM)을 예측하여, 예측된 UDM들의 토지 피복정도를 논/밭, 도심, 수역, 습지, 기타로 나누어 계산하여, 철새 종별 및 월별 UDM의 환경 특징을 정량화하기 위함

(나) 분석 방법

① UDM 예측

- ‘조류이동정보’와 ‘조류 서식 정보’를 활용하여, UDM 예측 후, 예측된 UDM에 환경변수를 적용하여 겨울철새 서식지 이용패턴을 분석함

- 환경변수의 적용과정은 다음과 같음

(kernel density를 이용한) 종별 및 월별 (WMB의 경우 월별) UDM의 각 cell이 갖는 논/밭, 도심, 수역 지역의 %를 (4), (나)에서 얻어진 대한민국 영토의 토지피복특성에서 검색하여 추출한 후 각 cell이 갖는 kernel density 값을 아래와 같이 보정함

$$h_{i,j,k}^{adj} = h_{i,j,k} * \left(\frac{Crop_K}{Crop_B}\right) * \left(\frac{Water_K}{Water_B}\right) * \left(\frac{Urban_B}{Urban_K}\right)$$

- 여기서 $h_{i,j,k}$ 와 $h_{adj,i,j,k}$ 는 (BHR) i종 j월 UDM cell k의 각각 보정되기 전과 후의 kernel density 값을, CropK, WaterK, UrbanK는 각각 대한민국 영토의 토지 피복특성에 따른 cell k의 논/밭, 수역, 도심지역의 % 값을, 그리고 CropB, WaterB, UrbanB는 BBMM을 통해 예측된 (BHR) i종 j월 UDM의 논/밭, 수역, 도심지역의 % 값을 의미함
- BBMM을 통해 UDM이 예측되지 않은 달의 경우에는 해당 종 기타 시기의 평균 CropB, WaterB, UrbanB 값들을 사용하고, BBMM을 통해 UDM이 예측되지 않은 종의 경우에는 기타 종, 기타 시기의 평균값들을 사용
- 종에 따른 UDM 예측을 하지 않은 WMB의 경우, CropB, WaterB, UrbanB는 BBMM을 통해 예측된 UDM들의 시기별 평균 논/밭, 수역, 도심지역의 % 값을 사용

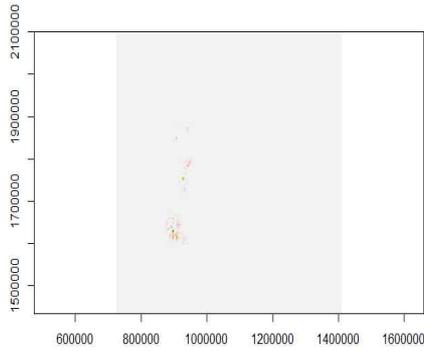
(다) 분석 결과 설명

- 예측된 UDM의 토지 피복 정도를 고려했을 때, 특정 철새 종 도래지 근처 지역에 논/밭이 많고 수역이 넓으며 도심지역이 적을수록 상대적으로 해당 철새가 활동할 가능성이

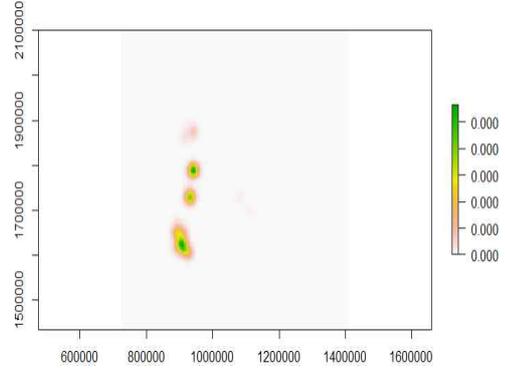
높아진다는 의미

- 하지만 위 수식은, 각 논/밭, 수역, 그리고 도심지역의 분포가 철새의 활동 가능성에 미치는 영향이 선형이라는 가정에서 기인하며, 만일 그 관계가 선형이 아닌 다른 관계 (e.g. polynomial) 라면, 다른 보정방식을 적용

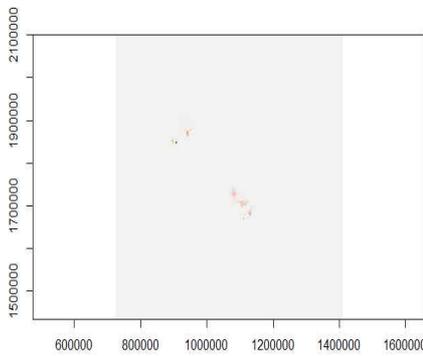
(라) 결과



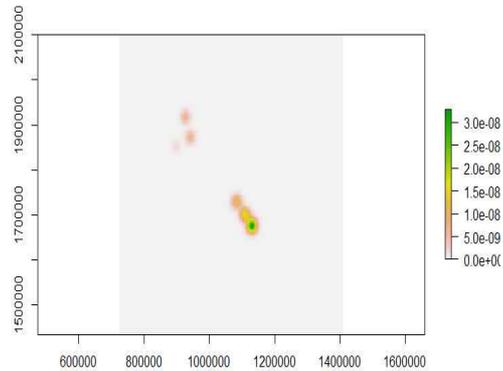
<그림 27. 가창오리 1월 UDM 보정 전>



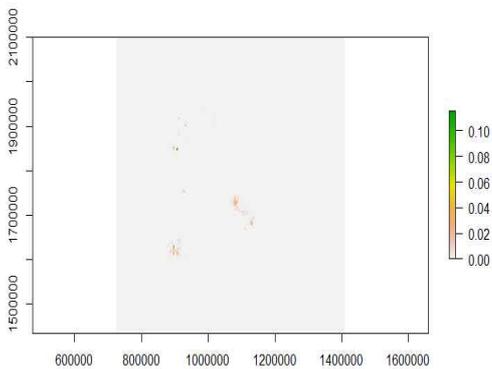
<그림 28. 가창오리 1월 UDM 보정 후>



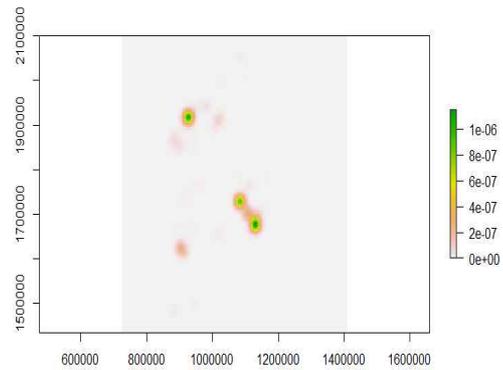
<그림 29. 고니 11월 UDM 보정 전>



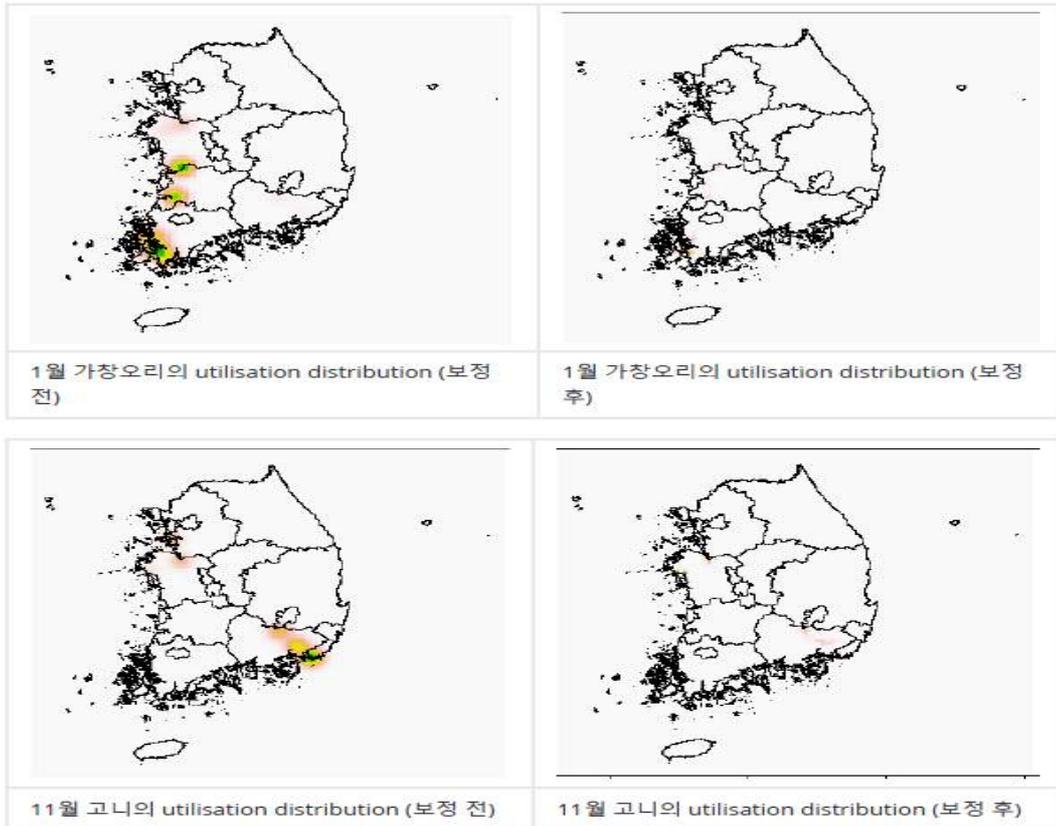
<그림 30. 고니 11월 UDM 보정 후>



<그림 31. 청머리오리 11월 UDM 보정 전>



<그림 32. 청머리오리 11월 UDM 보정 후>



<그림 33. 보정 전과 후의 Kernel Density의 예시>

- 가창오리의 경우, 1월에는 읍면동 내에 가창오리의 서식지 영역과 논/밭과 수역의 영역이 넓을수록 HPAI 검출 가능성이 높게 나타났다고 해석할 수 있음
- 고니 또한 같이 11월에는 읍면동 내에 고니의 서식지 영역과 논/밭의 영역이 넓을수록 HPAI 검출 가능성이 높게 나타났음

(2) HPAI 발생 시기별 겨울 철새의 공간 군집패턴 분석

(가) 겨울 철새 조류종별 월별·지역별 기술 통계

① 겨울 철새 정의

- 새와 텃새는 새의 이동성을 기준으로 구분하는데, 계절에 따라 번식지와 월동지를 정기적으로 오가면서 살아가는 새를 철새라고 함
- 철새는 우리나라에 찾아오고 머무는 시기에 따라 다시 여름 철새, 겨울 철새, 통과철새, 길 잃은 새로 나눔
- 겨울 철새는 가을에 한국을 찾아와서 겨울을 지낸 뒤 이듬해 봄에 번식지로 이동하며, 대표적인 종으로 큰기러기, 쇠기러기, 두루미, 재두루미, 대부분의 오리류와 갈매기류가 여기에 속함

<표 32. 겨울 철새류>

가마우지류	아비류
갈매기류	오리류
고니류	황새류
기러기	따오기류
논병아리류	저어새류
도요물떼새류	뜸부기류
두루미	도요류
바다오리류	기타물새류
백로류	맹금류
습새류	

<표 33. 중요 도래지에서 관찰된 겨울철새의 지역별 종수와 개체수>

조사지역	조사시기			
	2월	3월	11월	12월
철원	50종 13,518개체	64종 42,831개체	30종 22,353개체	33종 4,573개체
한강하구	39종 10,846개체	67종 63,516개체	92종 95,903개체	80종 57,030개체
천수만 간월호	70종 21,400개체	75종 13,181개체	61종 44,139개체	55종 26,636개체
천수만 부남호	47종 32,720개체	47종 8,347개체	53종 62,847개체	57종 22,587개체
금강하구	27종 9,595개체	25종 4,788개체	16종 6,529개체	27종 4,968개체
금강호	34종 15,630개체	28종 23,214개체	21종 53,613개체	25종 22,456개체
장항해안	24종 8,003개체	24종 4,703개체	18종 1,215개체	22종 6,697개체
만경강	19종 53,872개체	26종 13,578개체	39종 24,950개체	34종 36,801개체
동진강	28종 214,070개체	27종 8,516개체	26종 12,735개체	23종 65,221개체
고천암호	22종 1,547개체	19종 1,077개체	18종 866개체	16종 1,446개체
금호호	30종 1,409개체	33종 636개체	37종 6,758개체	23종 2,907개체
영암호	55종 4,633개체	30종 2,204개체	37종 432,032개체	46종 643,374개체
순천만	71종 14,163개체	68종 9,366개체	60종 4,060개체	68종 7,857개체
여자만	35종 4,252개체	39종 2,142개체	36종 4,060개체	33종 3,477개체
주남 저수지	52종 7,726개체	42종 3,315개체	48종 6,403개체	59종 6,984개체
낙동강하구	67종 33,808개체	63종 12,520개체	48종 42,659개체	56종 29,628개체
낙동강하류	32종 8,050개체	25종 2,032개체	25종 2,055개체	38종 1,907개체
합계	135종 455,242개체	144종 215,966개체	139종 829,980개체	139종 944,612개체

<표 34. 겨울 철새 도래지에서 관찰된 물새류와 산새류의 종수 및 개체수 비교>

구분	조사시기(2011년)			
	2월	3월	11월	12월
물새류	62종	71종	75종	71종
	444,413개체	209,956개체	814,502개체	925,583개체
산새류	72종	72종	64종	68종
	10,829개체	6,010개체	15,478개체	19,029개체

<표 35. 월별 개체 수가 많이 관찰된 우점종 순위>

순위	조사시기(2011년)			
	2월	3월	11월	12월
1	가창오리	쇠기러기	가창오리	가창오리
	118,568개체	55,996개체	478,842개체	656,117개체
2	청둥오리	청둥오리	쇠기러기	청둥오리
	63,605개체	26,280개체	95,758개체	95,079개체
3	쇠기러기	가창오리	큰기러기	큰기러기
	52,339개체	22,697개체	83,308개체	36,196개체
4	댕기흰죽지	괭이갈매기	청둥오리	쇠기러기
	46,013개체	12,958개체	70,253개체	35,395개체
5	큰기러기	큰기러기	흰뺨검둥오리	흰뺨검둥오리
	35,824개체	11,035개체	25,472개체	22,856개체
6	흰뺨검둥오리	흰죽지	고방오리	고방오리
	24,601개체	9,481개체	5,242개체	13,563개체
7	흑부리오리	흰뺨검둥오리	큰고니	흰죽지
	7,759개체	8,927개체	4,358개체	10,032개체

(나) 겨울 철새의 공간 군집패턴 분석

① 분석 자료

㉠ 철새 이동 경로 정보_Koeco

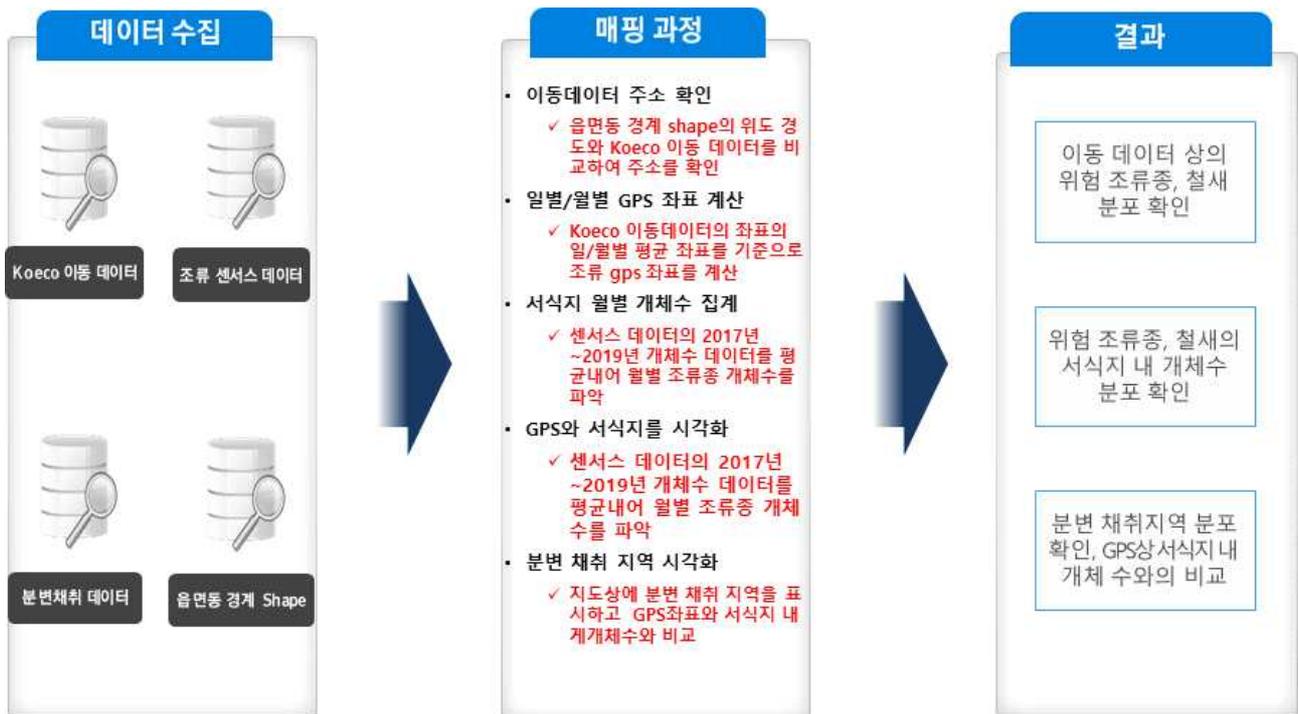
컬럼명	데이터 타입	컬럼 설명
trald	character	개체ID
gpsDate	Date	기록일시(UTC)
alt	Double	고도
dir	Integer	이동방향
lat	Double	위도
lon	Double	경도
recDate	Date	수신일시
regDttm	Date	등록일시

㉔ 조류 서식지 센서스 데이터_국립생물자원관

컬럼명	데이터 타입	컬럼 설명
siteName	character	서식지 명
year	Integer	기록년도
month	Integer	기록월
latitude	Double	위도
longitude	Double	경도
level1Name	character	조류 구분1(물새, 산새 등)
level2Name	character	조류 구분2(갈매기류, 오리류 등)
level3Name	character	조류명

② 데이터 정제 및 분석방법

- 조류 이동 데이터상의 위도, 경도와 읍면동 경계 shape 데이터상의 위도 경도를 비교하여 조류의 현재 위치에 대한 시도, 시군구, 읍면동 단위 주소를 파악함
- 월별 서식지 내 조류종 개체수 파악을 위해, 센서스 데이터를 이용하여 2017년부터 2019까지의 서식지 내 조류종별 개체 수 평균을 산출함



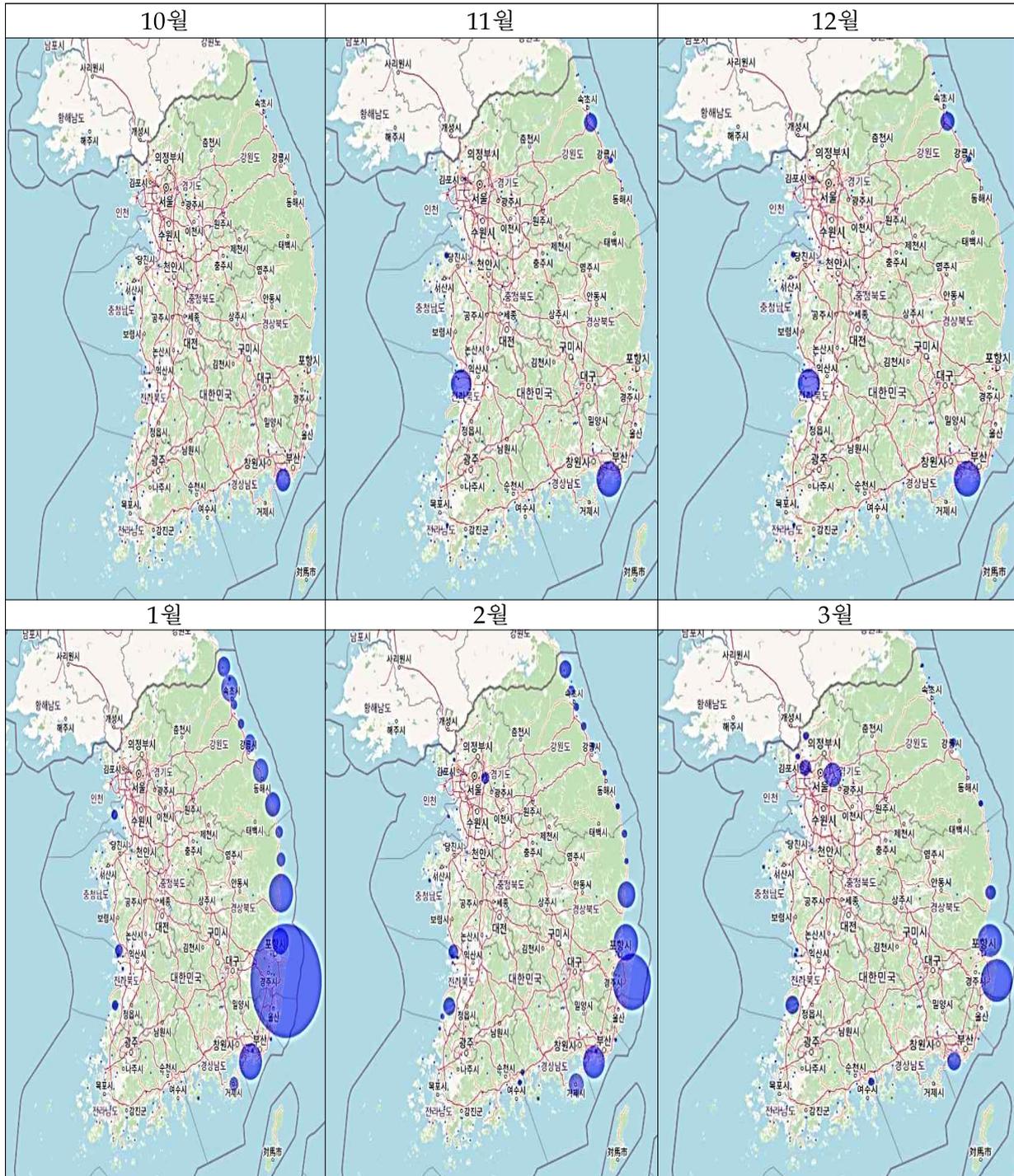
<그림 34. 겨울 철새 이동분석 개요도>

③ 분석 결과

- ‘철새 이동 경로 정보’와 ‘철새 도래지 센서스’ 데이터를 활용한, 겨울 철새 이동패턴 및 군집 분석결과는 다음과 같음
- 조류종별 이동패턴을 살펴보면, 재갈매기는 국내에서 기록된 20종의 갈매기류 중 월동 개체 수가 가장 많은 것으로 나타났으며, 대체로 10월 하순부터 국내로 남하하여, 울산-구룡포 해안(16.3%), 영덕-평해 해안(8.7%), 포항-영덕 해안(7.5%) 등 경남 해안가 쪽에서 이동하다가 점차 속초-간성 해안(3.8%), 삼척-강릉 해안(2.6%), 강릉-주문진 해안(2.2%) 등 동해안 쪽으로 이동하는 패턴을 보였음.
- 재갈매기 개체 수가 많이 관찰된 지역은 낙동강하구, 간성-대진 해안, 원덕-삼척 해안, 강릉-주문진 해안 등으로 주로 해안가 지역임. 월별 개체 수 변화를 살펴보면, 10~11월에는 평해-울진 해안, 영덕-평해 해안, 울산-구룡포 해안, 간성-대진 해안 등지에서 주로 관찰되었으며, 1~2월에는 강릉-주문진 해안, 삼척-강릉 해안, 속초-간성 해안 등에서 많은 수가 관찰되었으나, 3월에는 감소하였음. 반면, 송도, 태안군 근흥면 해안 등에서는 3월 개체 수가 증가한 것으로 나타나 3월에 북상 중인 재갈매기 무리가 서쪽 해안가에서 머문 것으로 판단됨.
- 꿩이갈매기의 이동패턴 또한, 국내에 남하하는 시기인 11~12월에 울산-구룡포(16.1%), 원덕-삼척, 포항-영덕, 영덕-평해 등 주로 해안가를 따라 이동하다가 점차 강릉-주문진, 함덕-하도, 속초-간성, 양양-속초 등 동해 쪽으로 이동을 한다는 점에서 재갈매기와 유사한 이동패턴을 보임. 한편, 꿩이갈매기가 북상하는 시기인 4월에는 동해 쪽에서 시화호, 남대천, 태안군 등 서해로의 이동이 두드러지는 것을 알 수 있음
- 꿩이갈매기 개체 수가 많이 관찰된 지역은 울산-구룡포(16.1%), 원덕-삼척(8.0%), 영덕-평해 해안(7.3%), 부산-울산 해안(7.0%), 포항-영덕 해안(4.1%) 등으로 주로 해안가 지역임. 월별 개체 수는 10~11월에는 남대천, 만경강, 낙동강 하류, 순천만에서 많이 관찰되었고, 1~2월에는 울산-구룡포, 영덕-평해 해안, 낙동강하구, 곰소만 등에서 많은 수가 관찰되었지만 3월에 감소하였음. 반면 한강 하류, 시화호 등에서는 3월 개체 수가 증가한 것으로 나타나 3~4월 북상 중인 재갈매기 무리가 재갈매기와 마찬가지로 서울 근교 및 경기도 해안가에서 머문 것으로 판단됨.
- 파란색 원은 개체 수를 의미함

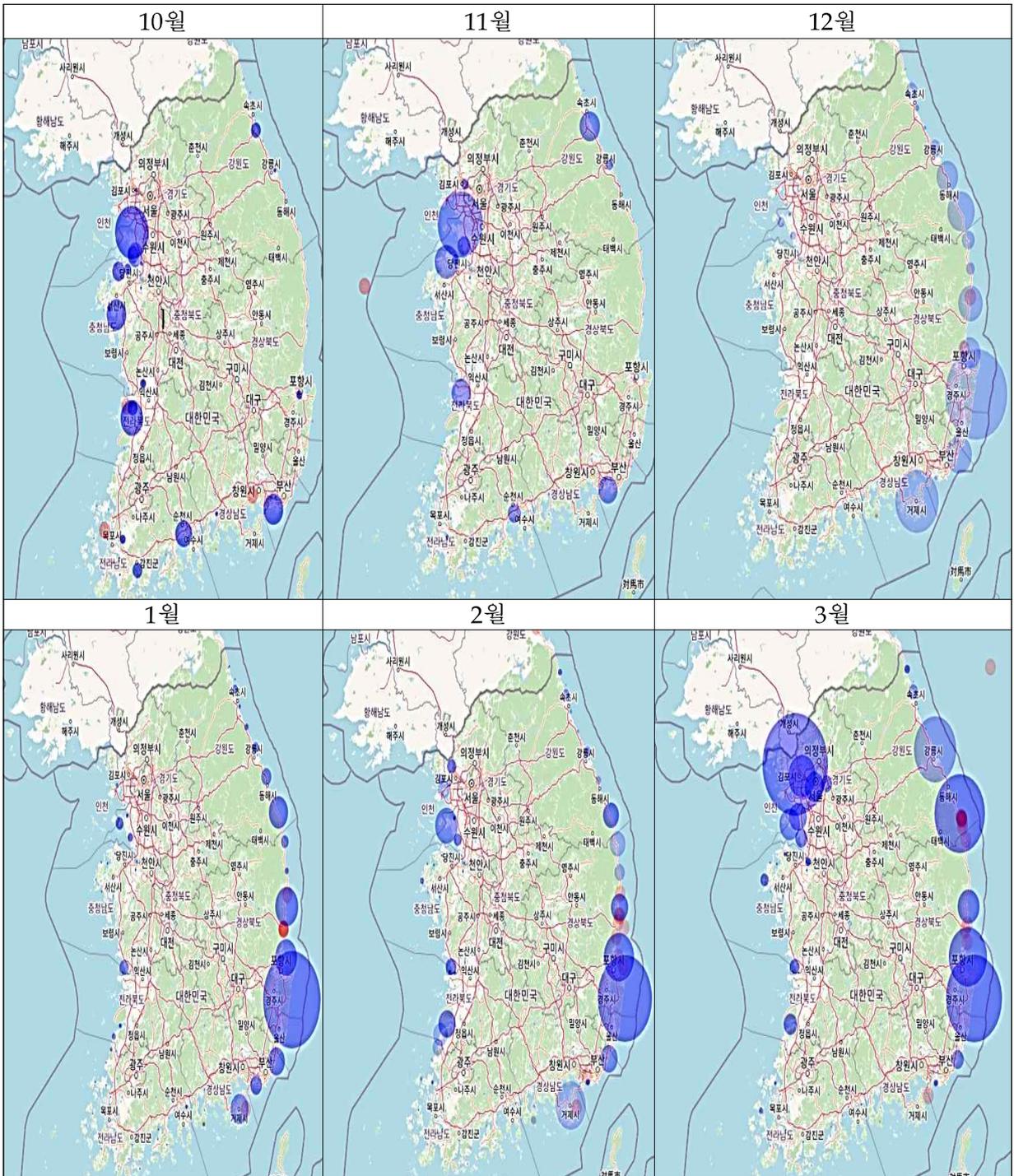
㉑ 겨울 철새 조류종별 서식지 시각화

• 재갈매기



<그림 35. 재갈매기 월별 서식지 시각화>

• 팽이갈매기



<그림 36. 팽이갈매기 월별 서식지 시각화>

다. 중점방역관리지구별 철새 서식 조사결과 이용 실태 및 겨울 철새 변화상 분석

(1) 중점방역관리지구별 철새서식 조사결과

(가) 전국 주요 철새 도래지 206곳을 대상으로 1월 15일부터 3일간 겨울 철새 서식 현황을 조사한 결과, 겨울 철새가 전국적으로 196종 약 148만 마리가 확인됨

(나) 분석결과, 전체 겨울 철새 수는 전월 대비 약 9만 마리(6%↓), 전년 같은 달 대비 약 15만 마리(9.3%↓)가 감소한 것으로 나타났음

※ 조류인플루엔자 관련 종인 오리과 조류(오라·기러기·고니류)의 수는 전월 대비 약 15만 마리(13.1%↓)가 감소했으나, 전국적인 분포도는 전반적으로 전월과 비슷하게 나타남

※ (작년 1월 대비) 전체 개체 수 9.3%, 오리과 조류 14.9% 감소

(다) 특히, 기러기류가 전월 대비 37.2% 감소(349,950→219,752마리)한 것으로 나타났는데, 이는 최근 기온 급강하로 인해 기존 서식지의 먹이 자원이 소진되면서 소규모 무리로 분산되어 조사지역을 벗어나거나 중국 남부 등 국외로 이동했을 것으로 추정됨

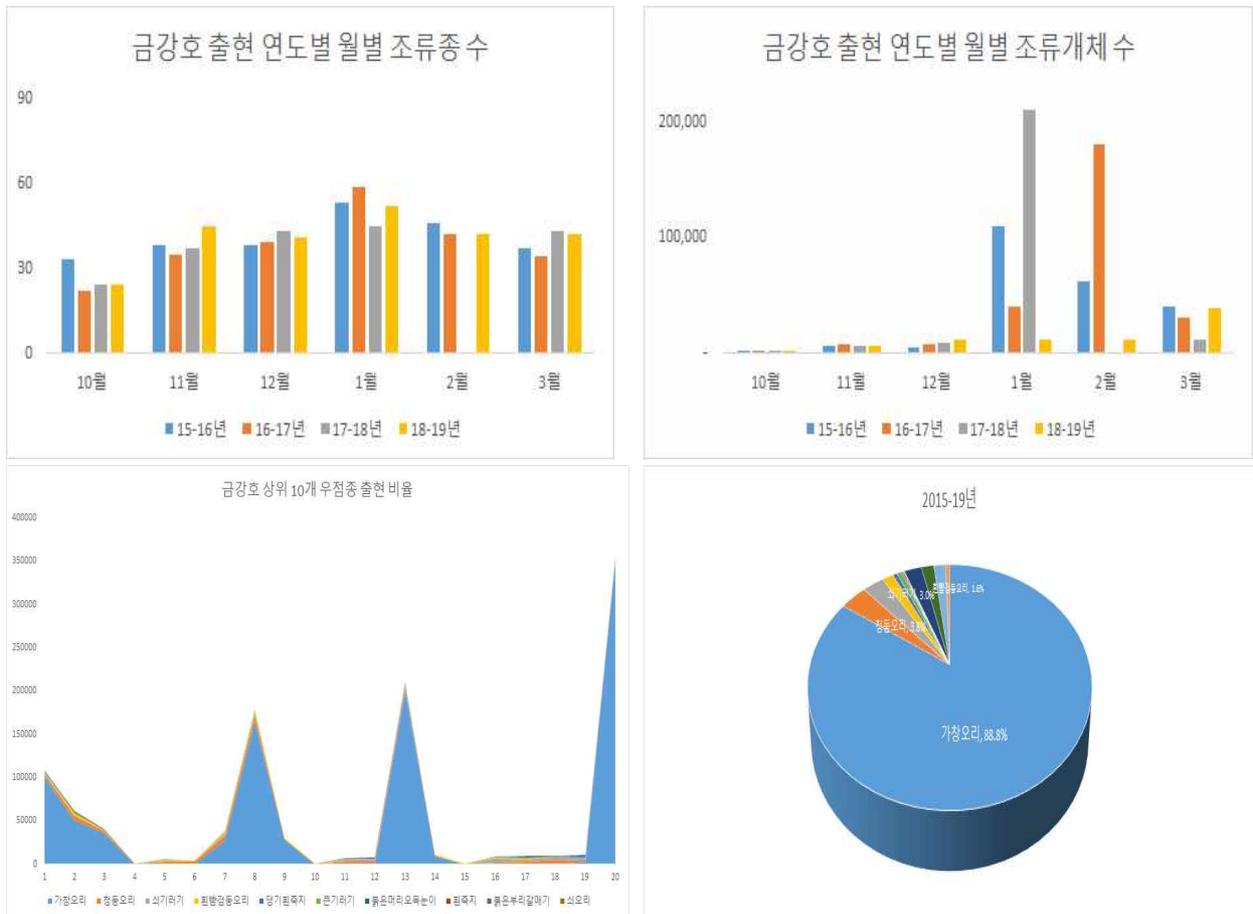
(라) 도래지별(상위 20개 지역과 추가 관심 지역) 철새 서식 정보는 다음 그림 37~57과 같음

<표 36. 개체수 상위 20개 조사지역별 종수 및 개체 수(21년 1월 기준, 환경부)>

번호	조사지역	전체 조류		오리·기러기·고니류	
		종수	개체수	종수	개체수
1	금강호	54	174,356	13	173,312
2	동림저수지	48	63,993	10	63,579
3	만경강 하류	35	64,426	16	62,352
4	만경강 중류	25	44,217	13	42,431
5	무안-목포 해안	49	40,977	17	38,988
6	원평천	53	30,649	14	27,024
7	임진강(장남교-오두산전망대)	51	30,288	8	24,647
8	동진강	47	29,004	17	18,758
9	낙동강하류	85	29,019	19	17,242
10	순천만	65	21,566	17	15,430
11	철원평야	52	21,929	9	13,664
12	장항 해안	41	33,089	14	12,719
13	조류지	16	12,445	5	12,326
14	무안군 현경면·운남면	71	15,723	19	12,169
15	아산만	45	18,265	13	11,752
16	여자만(고흥-순천)	46	10,584	11	9,172
17	고천암호	49	10,103	15	9,162
18	주남저수지	60	12,148	14	8,876
19	광양만, 갈사만	59	18,801	17	8,796
20	가로림만	57	9,700	15	8,714

① 금강호

- 연도별 금강호 출현 조류종 수는 15~16년도 208종, 16~17년 197종, 17~18년 249종, 18~19년 216종으로 17~18년도를 제외하고 약 200종이 출현했음. 월별 출현 조류종은 10월 103종, 11월 115종, 12월 161종, 1월 209종, 2월 130종, 3월 156종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 금강호 출현 조류개체 수는 총 808,123마리이며, 월별로는 1월 (370,742)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 금강호 출현 상위 우점종은 가창오리, 청둥오리, 쇠기러기, 흰뺨검둥오리 등으로 출현 비중은 각각 88.8%, 3.8%, 3.0%, 1.6%로 나타났음



<그림 37. 금강호 출현 조류 서식 결과>

② 동림저수지

- 연도별 동림저수지 출현 조류종 수는 15~16년도 148종, 16~17년 173종, 17~18년 210종, 18~19년 195종으로 15~16년도 이후 점차 증가하였음. 월별 출현 조류종은 10월 100종, 11월 127종, 12월 133종, 1월 121종, 2월 125종, 3월 120종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 동림저수지 출현 조류개체 수는 총 1,285,086이며, 월별로는 1월 (1,081,251)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 동림저수지 출현 상위 우점종은 가창오리, 큰기러기, 청둥오리, 흰뺨검둥오리 등으로 출현 비중은 각각 93.1%, 2.3%, 1.4%, 0.7%로 나타났음



<그림 38. 동림저수지 출현 조류 서식 결과>

③ 만경강 하류

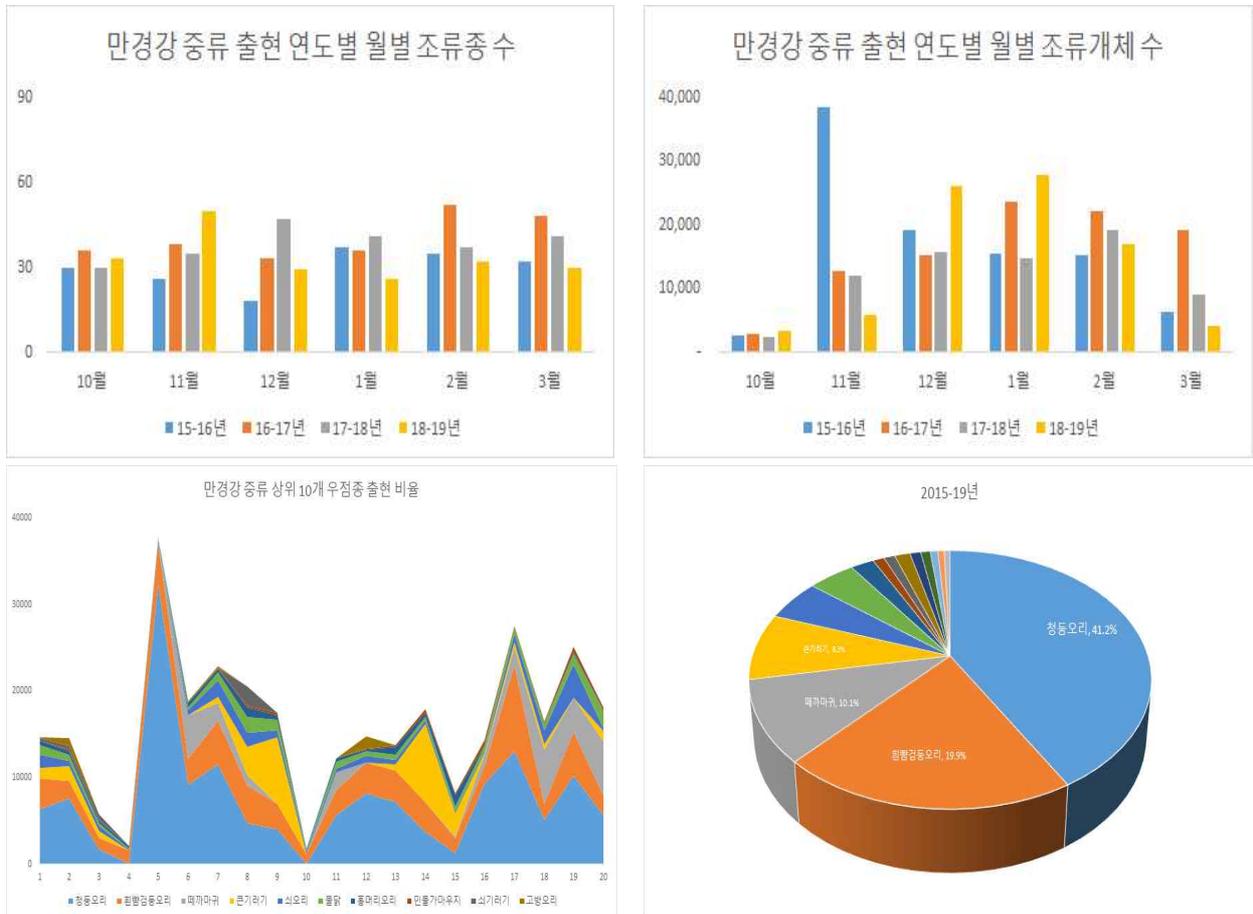
- 연도별 만경강 하류 출현 조류종 수는 15~16년도 292종, 16~17년 241종, 17~18년 268종, 18~19년 227종으로 15~16년도 이후 출현 조류종 수가 줄어든 것으로 보임. 월별 출현 조류종은 10월 176종, 11월 178종, 12월 168종, 1월 182종, 2월 168종, 3월 156종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 만경강 하류 출현 조류개체 수는 총 294,911마리이며, 월별로는 1월 (91,114)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 만경강 하류 출현 상위 우점종은 청둥오리, 검은머리흰죽지, 큰기러기, 흑부리오리 등이며, 출현 비중은 각각 19.4%, 16.1%, 9.1%, 8.6%로 나타났음



<그림 39. 만경강 하류 출현 조류 서식 결과>

④ 만경강 중류

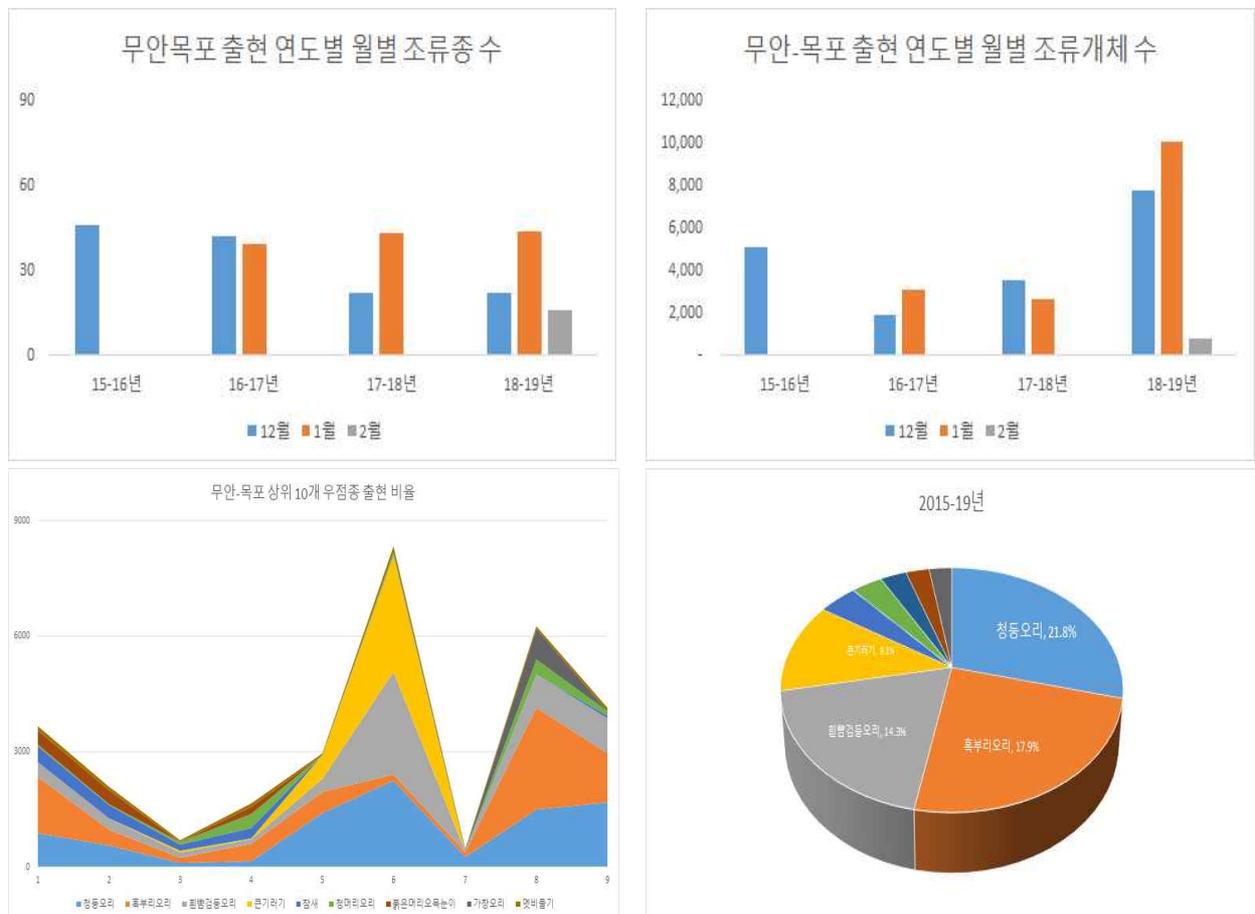
- 연도별 만경강 중류 출현 조류종 수는 15~16년도 178종, 16~17년 243종, 17~18년 231종, 18~19년 200종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 129종, 11월 149종, 12월 127종, 1월 140종, 2월 156종, 3월 151종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 만경강 중류 출현 조류개체 수는 총 350,222마리이며, 월별로는 1월 (81,932)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 만경강 중류 출현 상위 우점종은 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 떼까마귀, 큰기러기 등이며, 출현 비중은 각각 41.2%, 19.9%, 10.1%, 8.3%로 나타났음



<그림 40. 만경강 중류 출현 조류 서식 결과>

⑤ 무안-목포 해안

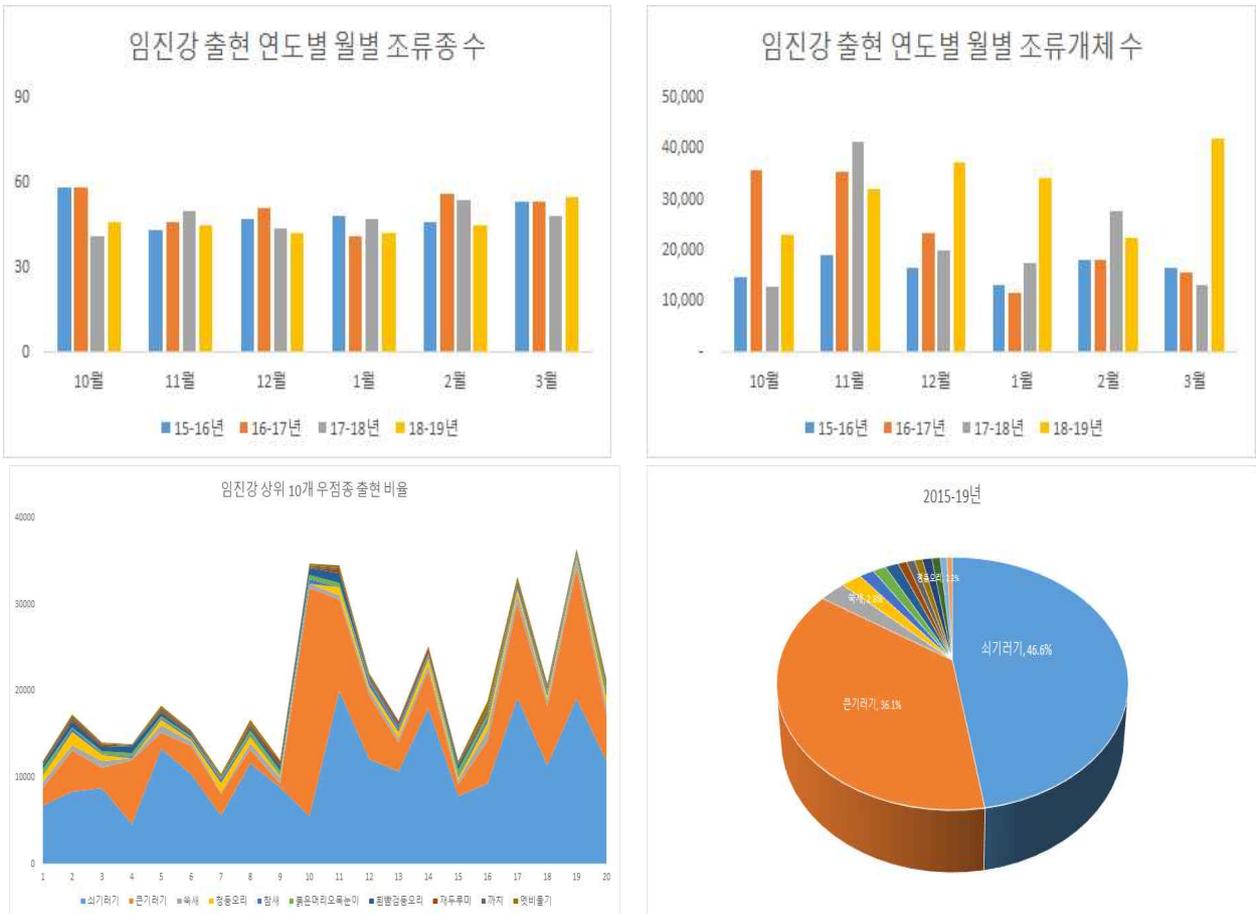
- 연도별 무안-목포 해안 출현 조류종 수는 15~16년도 46종, 16~17년 81종, 17~18년 65종, 18~19년 82종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 12월 132종, 1월 126종, 2월 16종으로 나타났음
- 2016~2019년, 12~2월 무안-목포 해안 출현 조류개체 수는 총 34,837마리이며, 월별로는 12월 (18,319)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 무안-목포 해안 출현 상위 우점종은 청둥오리, 흑부리오리, 흰뺨검둥오리, 큰기러기 등이며, 출현 비중은 각각 21.9%, 17.9%, 14.3%, 9.1%로 나타났음



<그림 41. 무안-목포해안 출현 조류 서식 결과>

⑥ 임진강

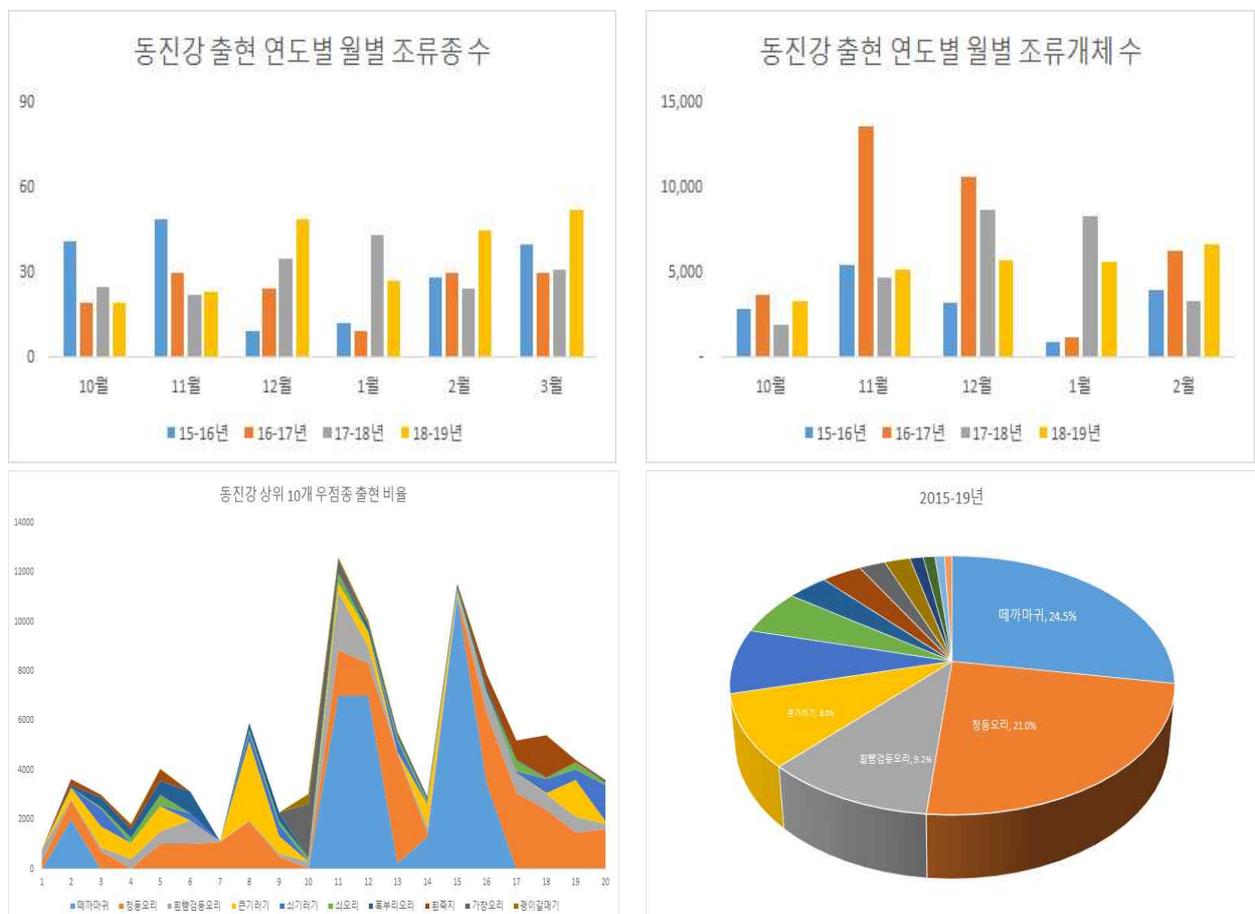
- 연도별 임진강 출현 조류종 수는 15~16년도 295종, 16~17년 305종, 17~18년 284종, 18~19년 275종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 203종, 11월 184종, 12월 184종, 1월 178종, 2월 201종, 3월 209종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 임진강 출현 조류개체 수는 총 560,657마리이며, 월별로는 11월 (127,620)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 임진강 출현 상위 우점종은 쇠기러기, 큰기러기, 썩새, 청둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 46.6%, 36.1%, 2.8%, 2.2%로 나타났음



<그림 42. 임진강 출현 조류 서식 결과>

⑦ 동진강

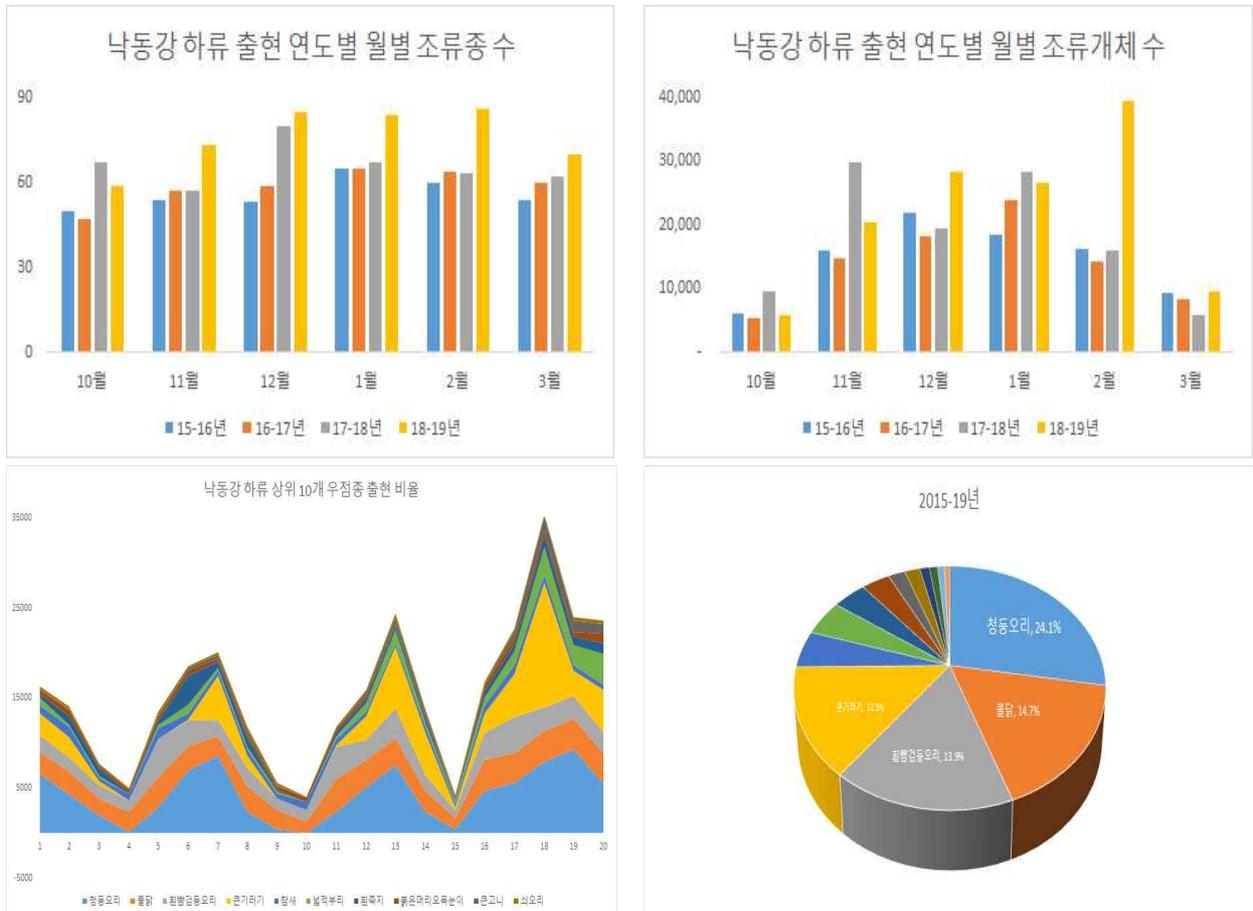
- 연도별 동진강 출현 조류종 수는 15~16년도 179종, 16~17년 142종, 17~18년 180종, 18~19년 215종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 104종, 11월 124종, 12월 117종, 1월 91종, 2월 127종, 3월 153종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 동진강 출현 조류개체 수는 총 130,931마리이며, 월별로는 12월 (28,190)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 동진강 출현 상위 우점종은 떼까마귀, 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 큰기러기 등이며, 출현 비중은 각각 24.5%, 9.2%, 8.0%, 7.2%로 나타났음



<그림 43. 동진강 출현 조류 서식 결과>

⑧ 낙동강 하류

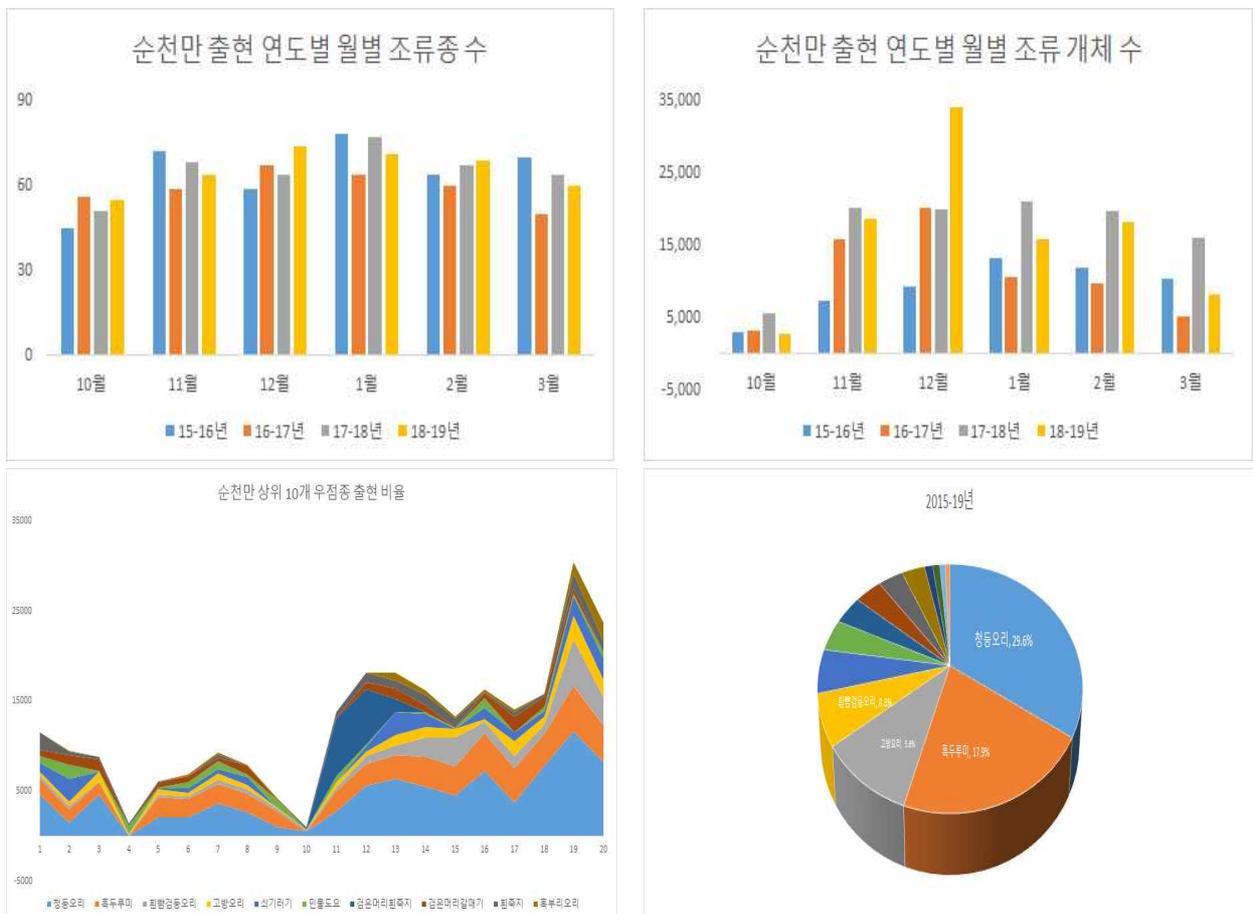
- 연도별 낙동강 하류 출현 조류종 수는 15~16년도 336종, 16~17년 352종, 17~18년 396종, 18~19년 457종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 223종, 11월 241종, 12월 277종, 1월 281종, 2월 273종, 3월 246종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 낙동강 하류 출현 조류개체 수는 총 411,457마리이며, 월별로는 1월 (97,141)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 낙동강 하류 출현 상위 우점종은 청둥오리, 물닭, 흰뺨검둥오리, 큰기러기 등이며, 출현 비중은 각각 24.1%, 14.7%, 13.9%, 12.5%로 나타났음



<그림 44. 낙동강 하류 출현 조류 서식 결과>

⑨ 순천만

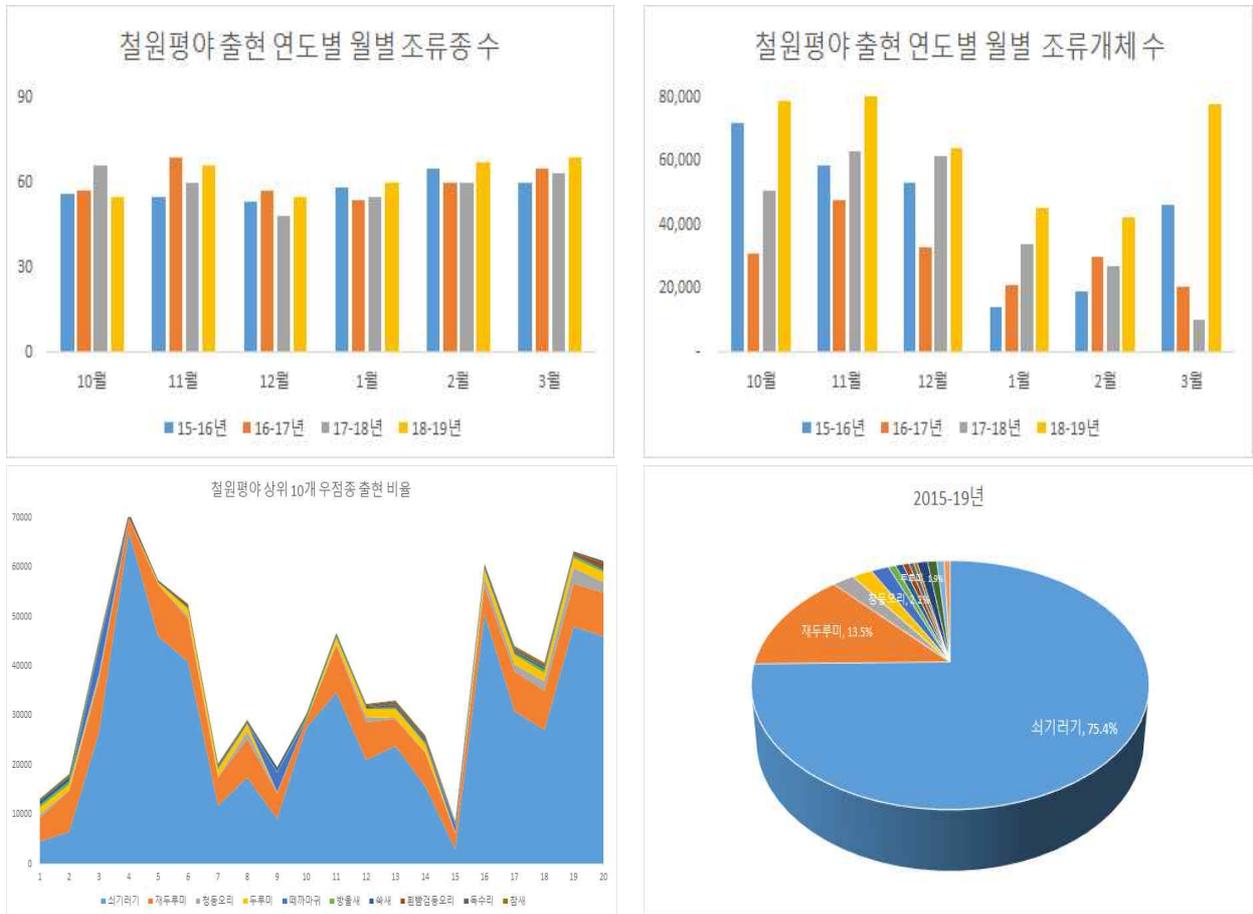
- 연도별 순천만 출현 조류종 수는 15~16년도 388종, 16~17년 356종, 17~18년 391종, 18~19년 393종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 207종, 11월 263종, 12월 264종, 1월 290종, 2월 260종, 3월 244종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 순천만 출현 조류개체 수는 총 321,013마리이며, 월별로는 12월 (83,662)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 순천만 출현 상위 우점종은 청둥오리, 흑두루미, 흰뺨검둥오리, 고방오리 등이며, 출현 비중은 각각 29.6%, 17.9%, 8.8%, 5.8%로 나타났음



<그림 45. 순천만 출현 조류 서식 결과>

⑩ 철원평야

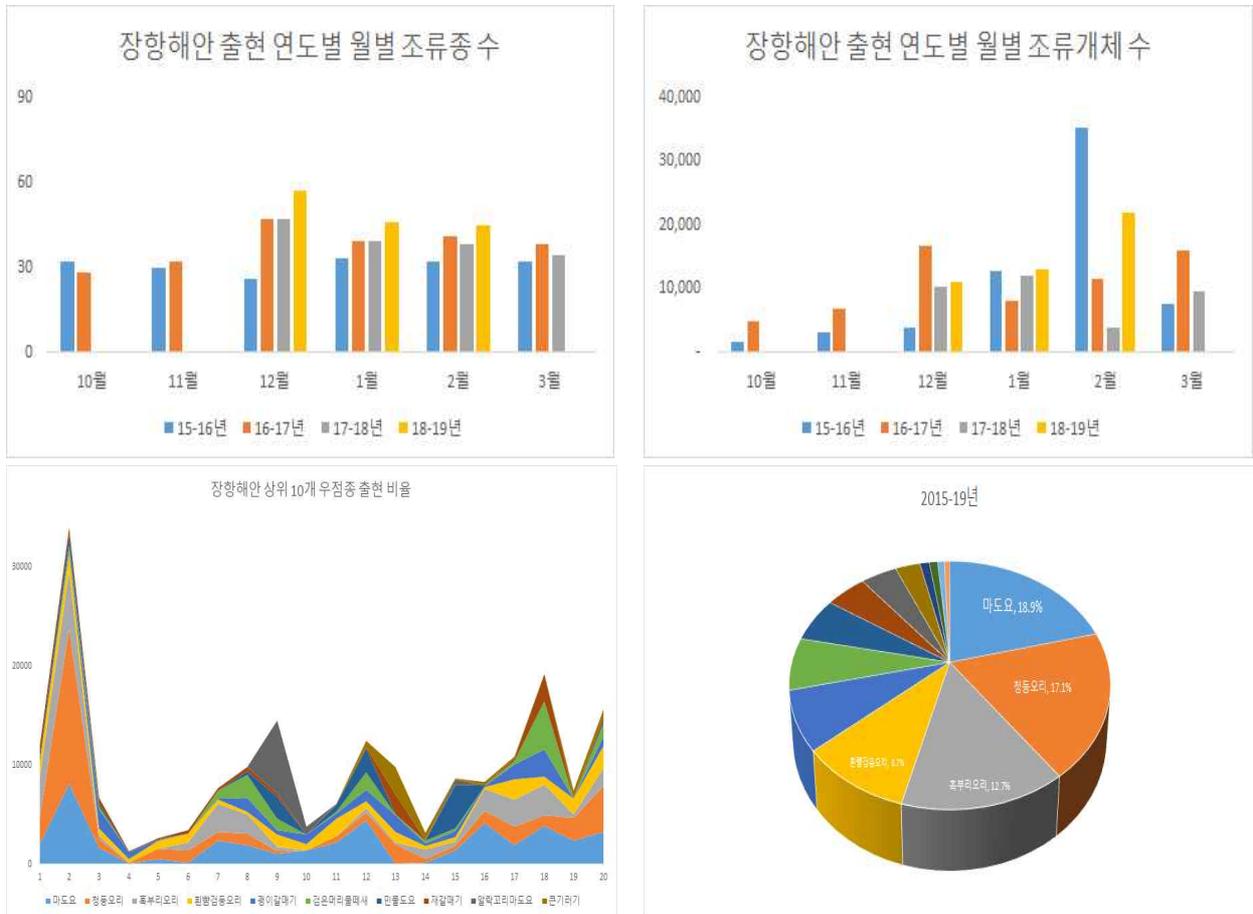
- 연도별 철원평야 출현 조류종 수는 15~16년도 347종, 16~17년 362종, 17~18년 352종, 18~19년 372종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 234종, 11월 250종, 12월 213종, 1월 227종, 2월 252종, 3월 257종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 철원평야 출현 조류개체 수는 총 1,089,998마리이며, 월별로는 11월 (257,724)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 순천만 출현 상위 우점종은 쇠기러기, 재두루미, 청둥오리, 두루미 등이며, 출현 비중은 각각 75.4%, 13.5%, 2.2%, 1.9%로 나타났음



<그림 46. 철원평야 출현 조류 서식 결과>

① 장항해안

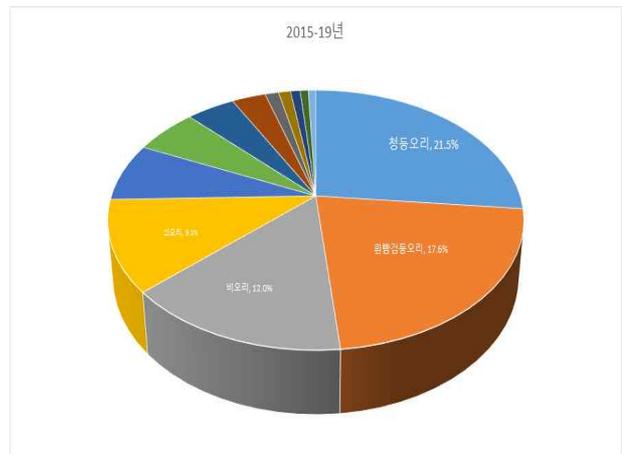
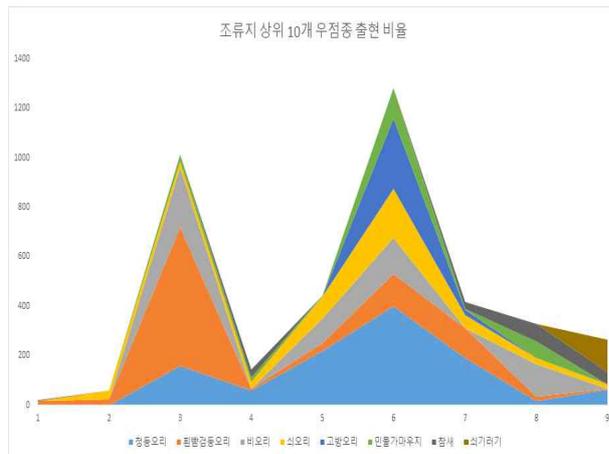
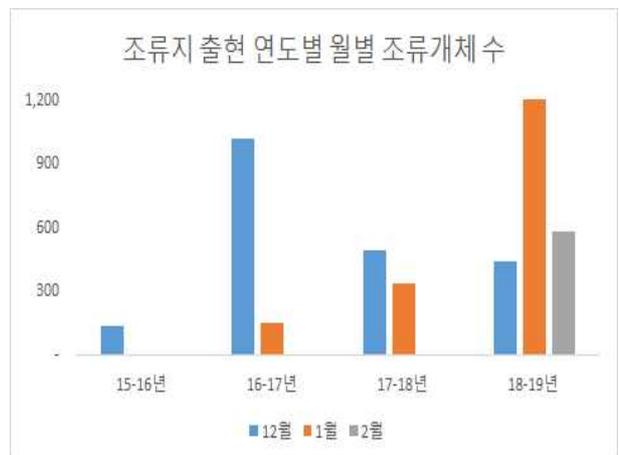
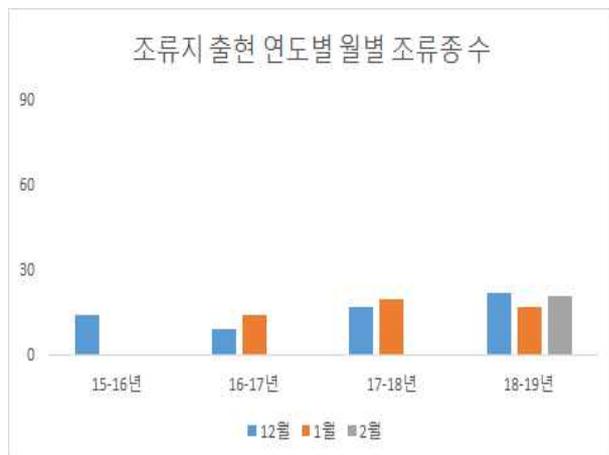
- 연도별 장항해안 출현 조류종 수는 15~16년도 185종, 16~17년 225종, 17~18년 158종, 18~19년 148종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 60종, 11월 62종, 12월 177종, 1월 157종, 2월 156종, 3월 104종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 장항 해안 출현 조류개체 수는 총 209,381마리이며, 월별로는 2월 (72,488)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 순천만 출현 상위 우점종은 마도요, 청둥오리, 흑부리오리, 흰뺨검둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 18.9%, 17.1%, 12.7%, 8.7%로 나타났음



<그림 47. 장항해안 출현 조류 서식 결과>

⑫ 조류지

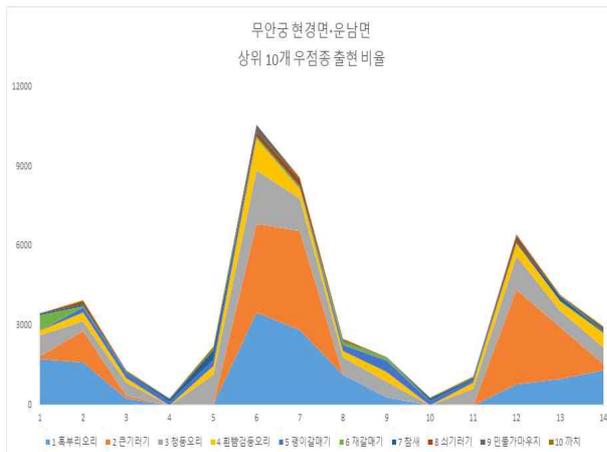
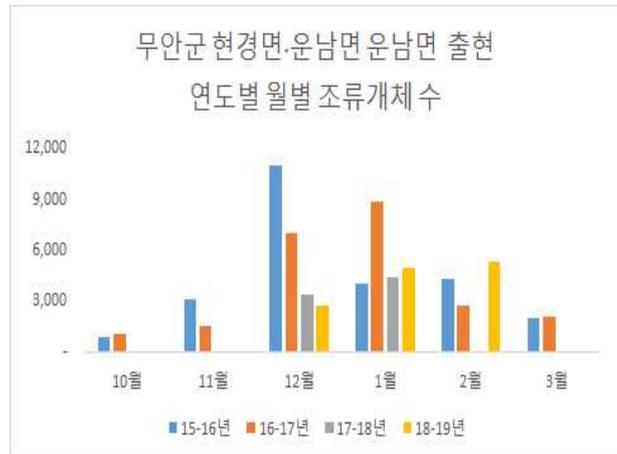
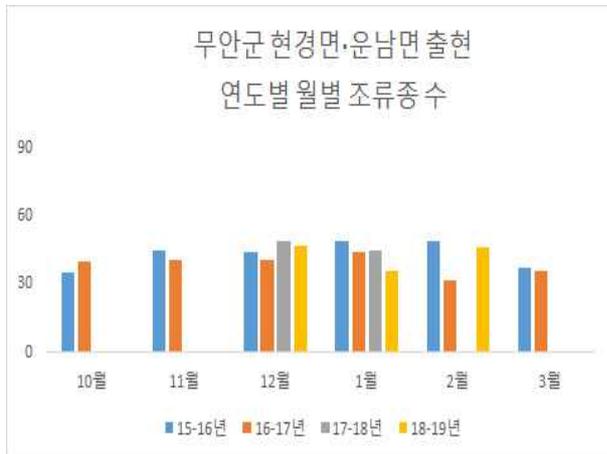
- 연도별 조류지 출현 조류종 수는 15~16년도 14종, 16~17년 23종, 17~18년 37종, 18~19년 60종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 12월 62종, 1월 51종, 2월 21종으로 나타났음
- 2016~2019년, 12~2월 조류지 출현 조류개체 수는 총 4,727마리이며, 월별로는 12월(2,092)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 조류지 출현 상위 우점종은 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 흰뺨검둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 21.5%, 17.6%, 12.0%, 9.1%로 나타났음



<그림 48. 조류지 출현 조류 서식 결과>

⑬ 무안군 현경면·운남면

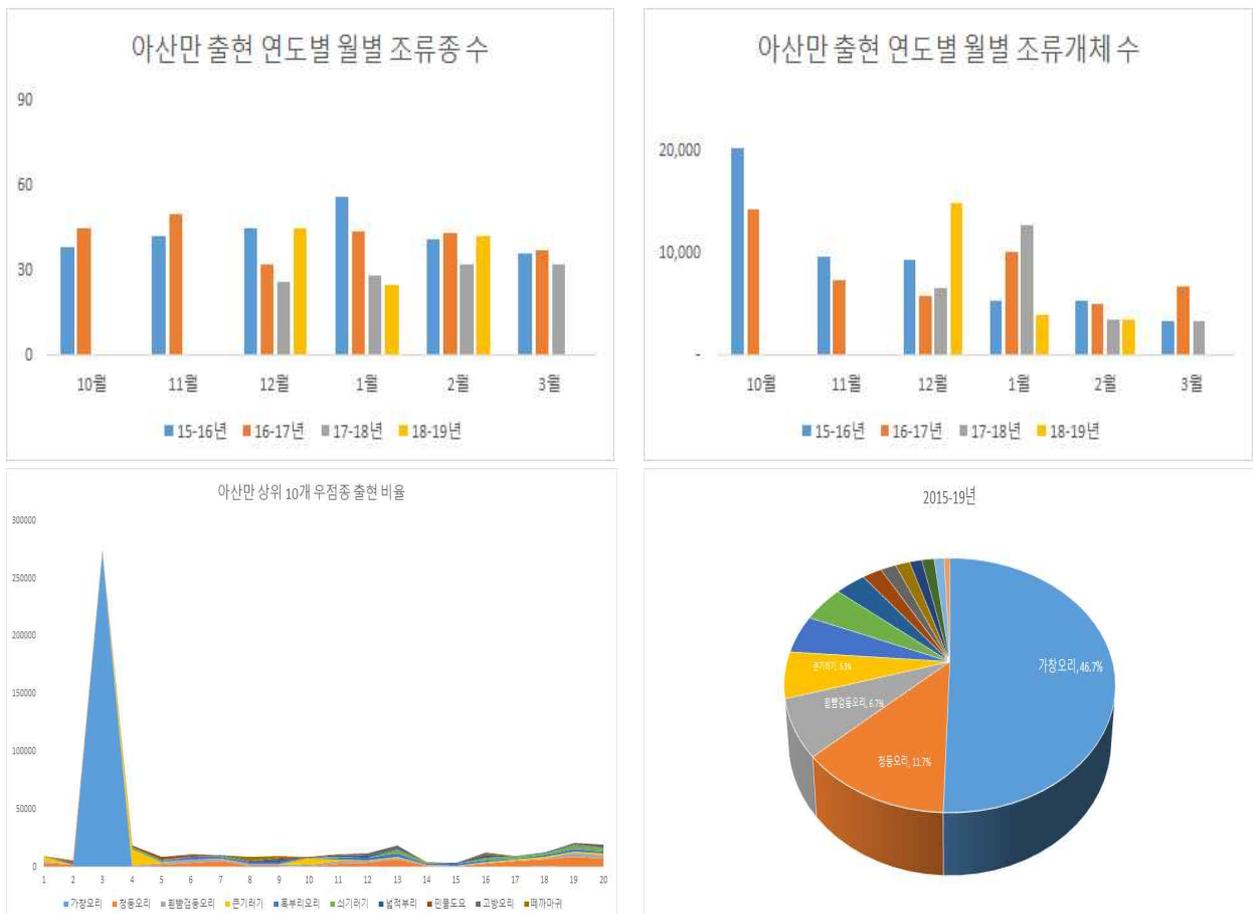
- 연도별 무안군 현경면·운남면 출현 조류종 수는 15~16년도 259종, 16~17년 234종, 17~18년 94종, 18~19년 129종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 75종, 11월 86종, 12월 181종, 1월 174종, 2월 127종, 3월 73종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 무안군 현경면·운남면 출현 조류개체 수는 총 69,406마리이며, 월별로는 12월(24,189)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 무안군 현경면·운남면 출현 상위 우점종은 흑부리오리, 큰기러기, 청둥오리, 흰뺨검둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 26.2%, 23.9%, 18.1%, 9.2%로 나타났음



<그림 49. 무안군 현경면·운남면 출현 조류 서식 결과>

⑭ 아산만

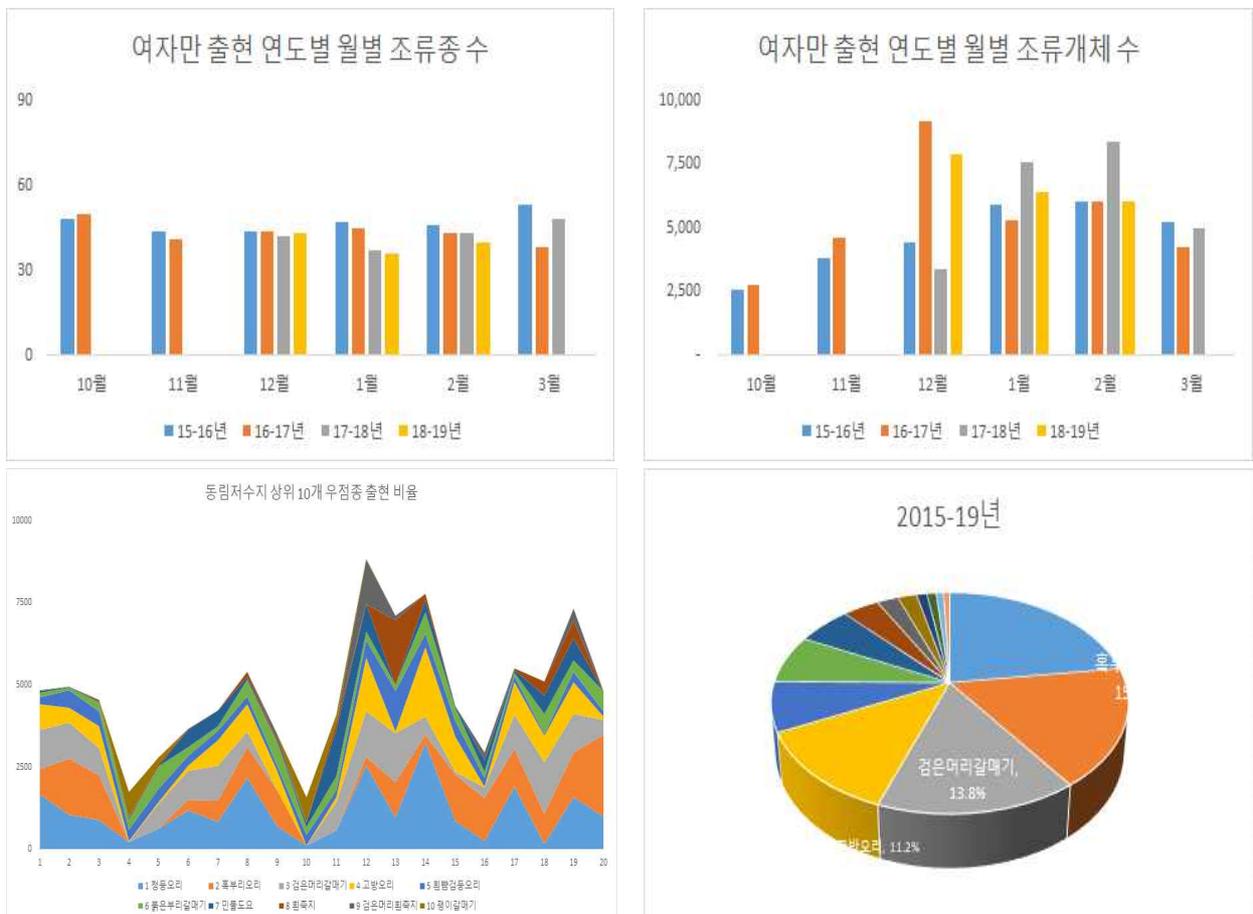
- 연도별 아산만 출현 조류종 수는 15~16년도 258종, 16~17년 251종, 17~18년 118종, 18~19년 112종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 83종, 11월 92종, 12월 148종, 1월 153종, 2월 158종, 3월 105종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 아산만 출현 조류개체 수는 총 151,234마리이며, 월별로는 12월 (36,610)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 아산만 출현 상위 우점종은 가창오리, 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 큰기러기 등이며, 출현 비중은 각각 46.7%, 11.7%, 6.7%, 5.5%로 나타났음



<그림 50. 아산만 출현 조류 서식 결과>

⑮ 여자만(고흥-순천)

- 연도별 여자만 출현 조류종 수는 15~16년도 282종, 16~17년 261종, 17~18년 170종, 18~19년 119종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 98종, 11월 85종, 12월 173종, 1월 165종, 2월 172종, 3월 139종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 여자만 출현 조류개체 수는 총 104,647마리이며, 월별로는 2월(26,448)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 여자만 출현 상위 우점종은 청둥오리, 흑부리오리, 검은머리갈매기, 고방오리 등이며, 출현 비중은 각각 20.5%, 15.5%, 13.8%, 11.2%로 나타났음



<그림 51. 여자만(고흥-순천) 출현 조류 서식 결과>

⑩ 고천암호

- 연도별 고천암호 출현 조류종 수는 15~16년도 176종, 16~17년 258종, 17~18년 275종, 18~19년 284종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 131종, 11월 172종, 12월 188종, 1월 153종, 2월 204종, 3월 145종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 고천암호 출현 조류개체 수는 총 218,897마리이며, 월별로는 12월 (120,155)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 고천암호 출현 상위 우점종은 큰기러기, 쇠기러기, 가창오리, 청둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 25.6%, 24.2%, 11.0%, 8.7%로 나타났음



<그림 52. 고천암호 출현 조류 서식 결과>

⑰ 주남저수지

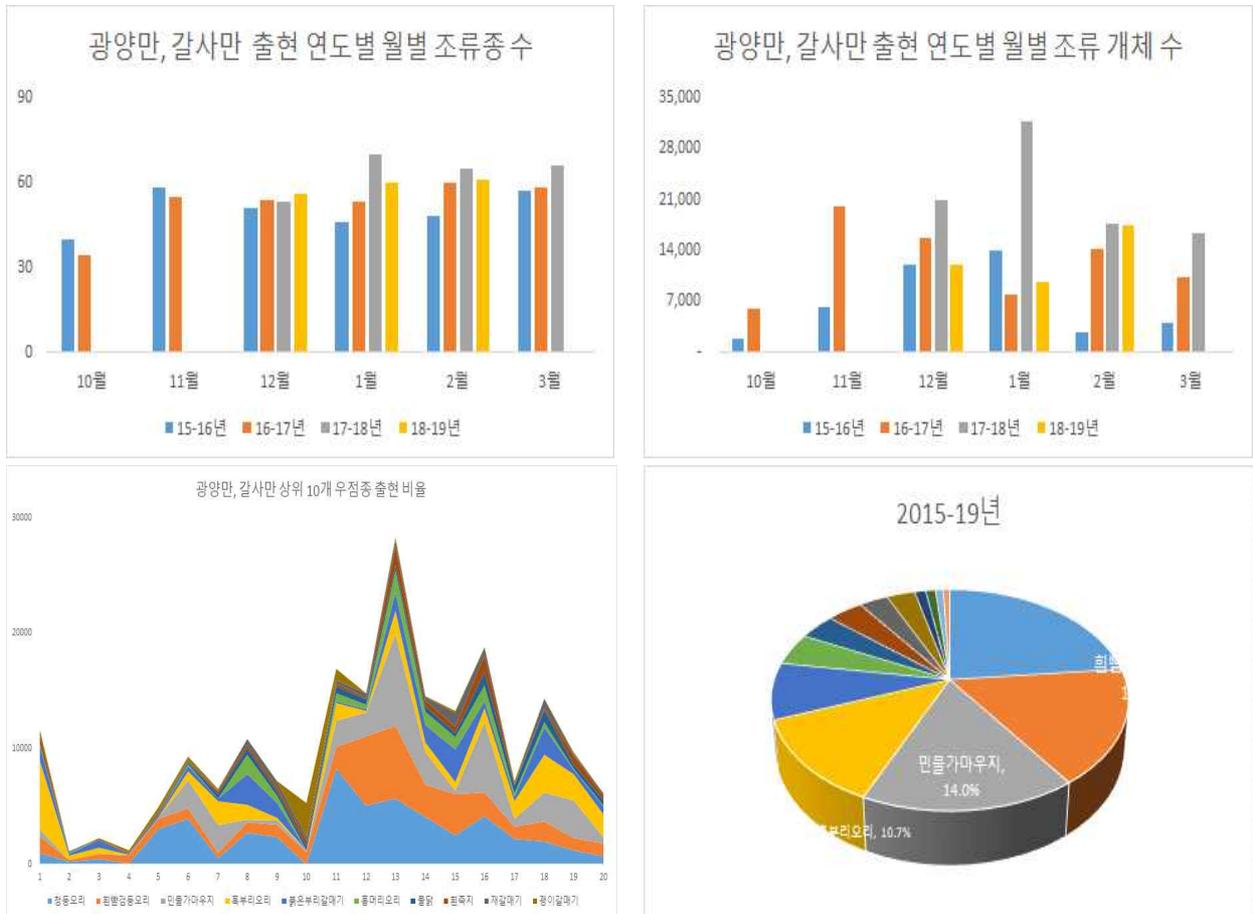
- 연도별 주남저수지 출현 조류종 수는 15~16년도 363종, 16~17년 289종, 17~18년 343종, 18~19년 416종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 212종, 11월 252종, 12월 286종, 1월 266종, 2월 256종, 3월 239종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 주남저수지 출현 조류개체 수는 총 195,258마리이며, 월별로는 1월 (52,081)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 주남저수지 출현 상위 우점종은 큰기러기, 큰고니, 쇠기러기, 가창오리 등이며, 출현 비중은 각각 21.9%, 13.7%, 11.2%, 7.7%로 나타났음



<그림 53. 주남저수지 출현 조류 서식 결과>

⑱ 광양만, 갈사만

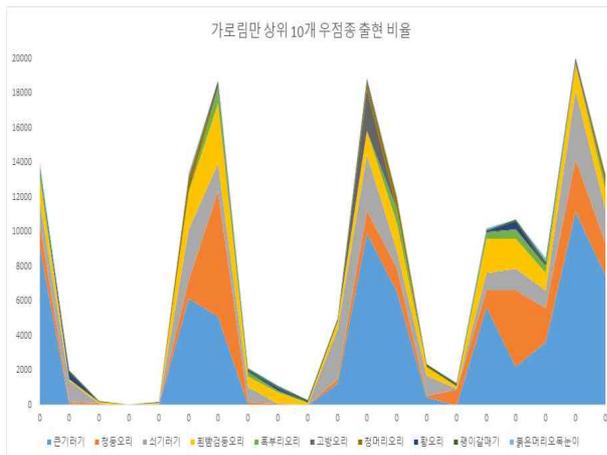
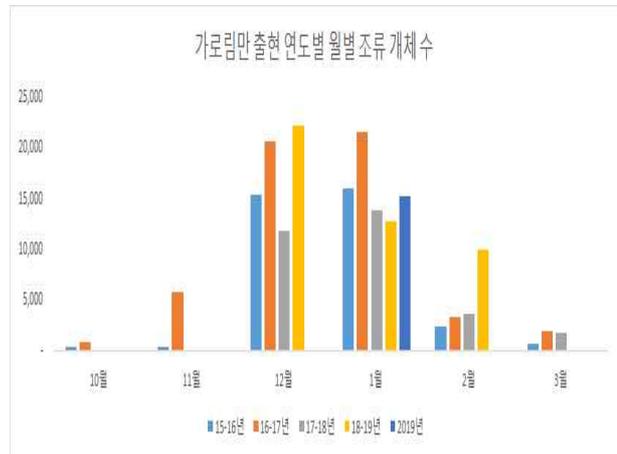
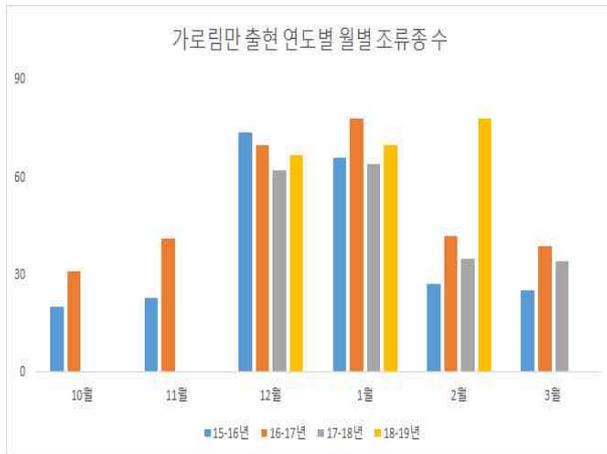
- 연도별 광양만, 갈사만 출현 조류종 수는 15~16년도 300종, 16~17년 314종, 17~18년 254종, 18~19년 177종으로 나타났다. 월별 출현 조류종은 10월 74종, 11월 113종, 12월 214종, 1월 229종, 2월 234종, 3월 181종으로 나타났다
- 2016~2019년, 10~3월 광양만, 갈사만 출현 조류개체 수는 총 240,618마리이며, 월별로는 1월 (63,131)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 광양만, 갈사만 출현 상위 우점종은 큰기러기, 큰고니, 쇠기러기, 가창오리 등이며, 출현 비중은 각각 21.9%, 13.7%, 11.2%, 7.7%로 나타났다



<그림 54. 광양만, 갈사만 출현 조류 서식 결과>

⑬ 가로림만

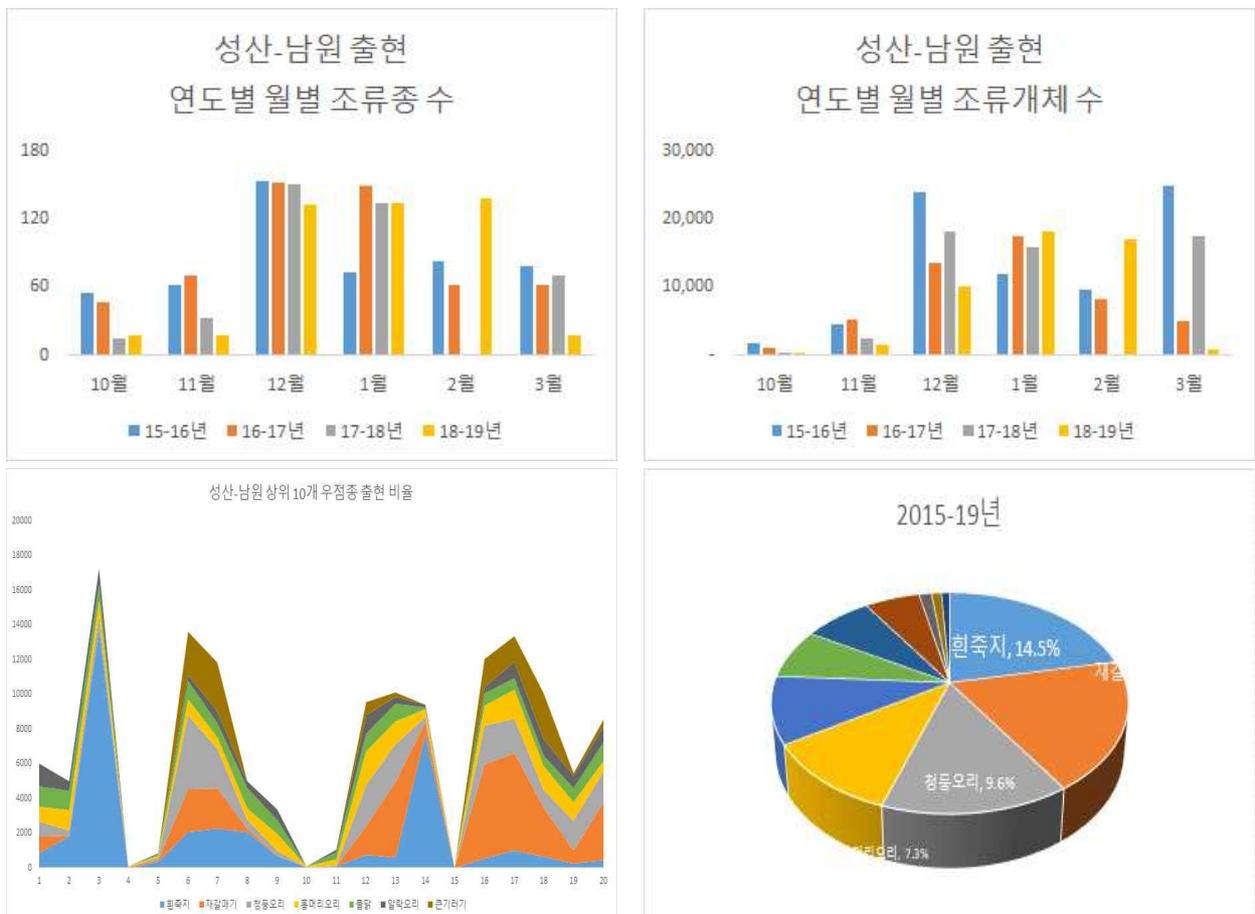
- 연도별 가로림만 출현 조류종 수는 15~16년도 235종, 16~17년 301종, 17~18년 195종, 18~19년 215종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 51종, 11월 64종, 12월 273종, 1월 341종, 2월 182종, 3월 98종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 가로림만 출현 조류개체 수는 총 165,536마리이며, 월별로는 12월 (70,141)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 가로림만 출현 상위 우점종은 큰기러기, 청둥오리, 쇠기러기, 흰뺨검둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 38.1%, 14.6%, 14.1%, 11.0%로 나타났음



<그림 55. 가로림만 출현 조류 서식 결과>

㉔ 성산-남원

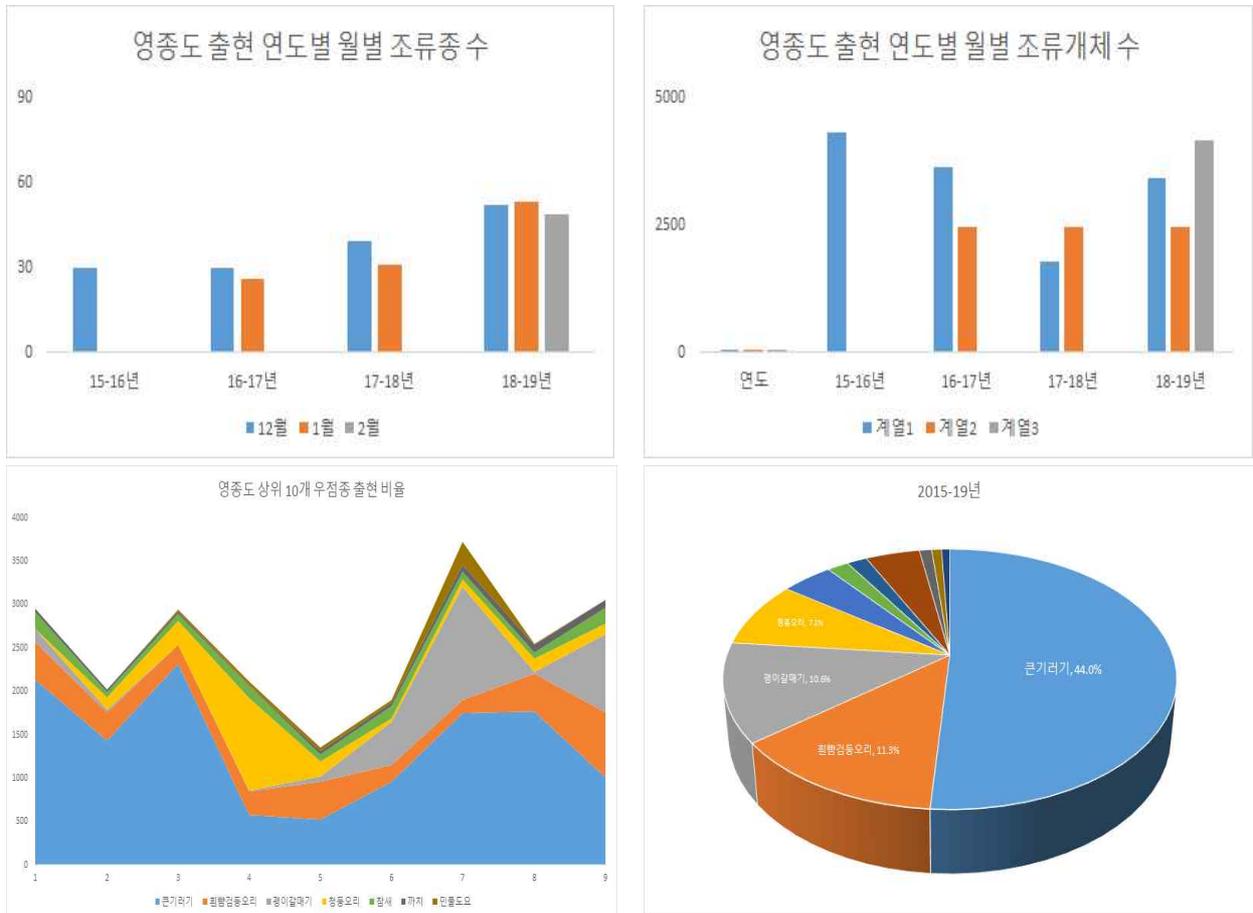
- 연도별 성산-남원 출현 조류종 수는 15~16년도 506종, 16~17년 542종, 17~18년 402종, 18~19년 454종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 10월 133종, 11월 182종, 12월 590종, 1월 492종, 2월 283종, 3월 228종으로 나타났음
- 2016~2019년, 10~3월 성산-남원 출현 조류개체 수는 총 229,263마리이며, 월별로는 12월 (65,934)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 성산-남원 출현 상위 우점종은 흰죽지, 재갈매기, 청둥오리, 홍머리오리 등이며, 출현 비중은 각각 14.5%, 12.7%, 9.6%, 7.3%로 나타났음



<그림 56. 성산-남원 출현 조류 서식 결과>

㉑ 영종도

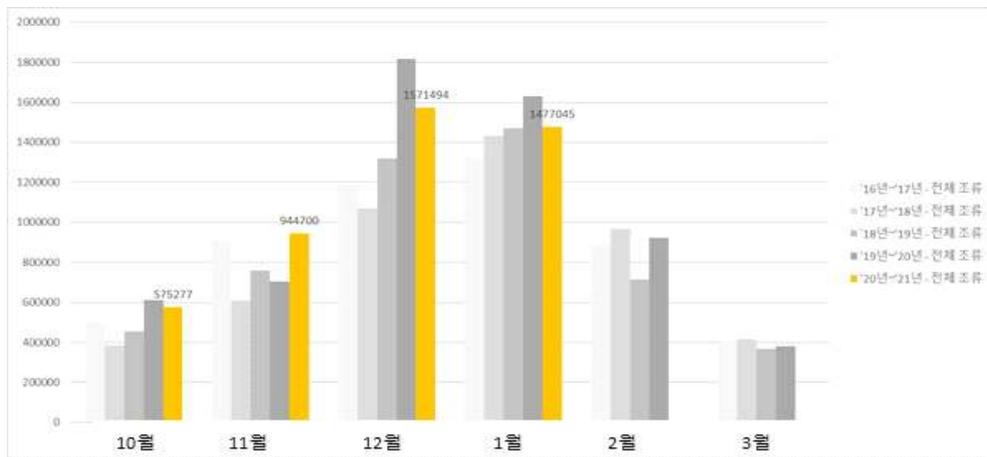
- 연도별 영종도 출현 조류종 수는 15~16년도 30종, 16~17년 56종, 17~18년 70종, 18~19년 154종으로 나타났음. 월별 출현 조류종은 12월 151종, 1월 110종, 2월 49종 나타났음
- 2016~2019년, 12~2월 영종도 출현 조류개체 수는 총 100,240마리이며, 월별로는 2월(4,161)에 가장 많은 개체 수가 출현한 것으로 확인되었음
- 영종도 출현 상위 우점종은 큰기러기, 흰뺨검둥오리, 갯이갈매기, 청둥오리 등이며, 출현 비중은 각각 44.0%, 11.3%, 10.6%, 7.2%로 나타났음



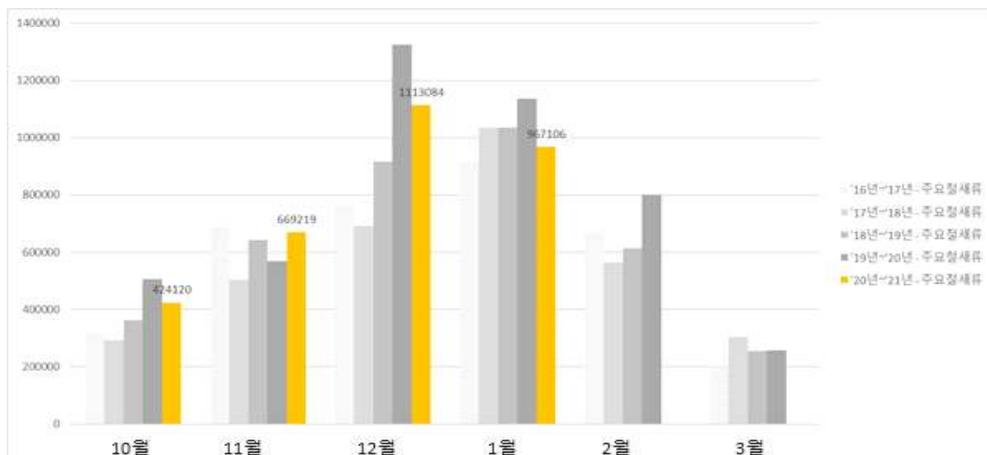
<그림 57. 영종도 출현 조류 서식 결과>

(2) 겨울철새 변화상 분석

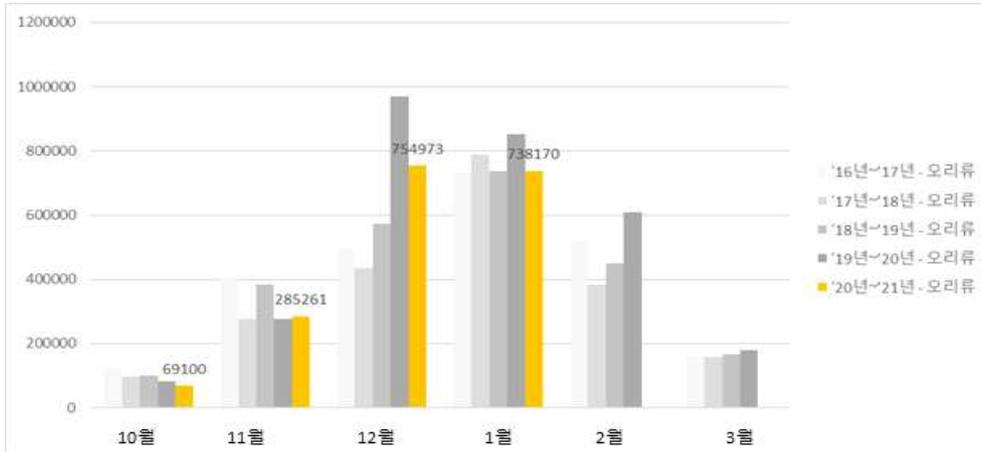
- 최근 5년간 주요 철새류를 비롯한 전체 조류의 개체 수 변화는 그림 58~62와 같음
- 오리류를 비롯한 주요 철새류는 국내로 남하하는 10월부터 개체 수가 증가하여, 12월까지 급격히 증가하다 1월부터 감소하는 패턴을 보임. 반면, 기러기류는 다른 조류와는 달리 10월부터 개체 수가 점차 감소하는 추세를 보임
- 연도별로 살펴보면, 주요 철새류(고니류 개체 수 포함)는 19~20년에 가장 많았으나 고니류는 20~21년에 급격히 증가한 패턴을 보임



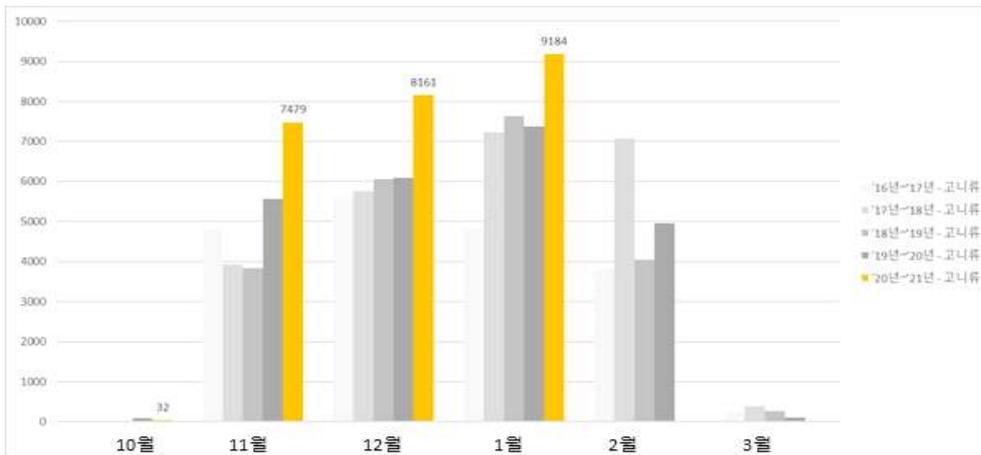
<그림 58. 최근 5년간 전체 조류 개체 수 변화>



<그림 59. 최근 5년간 주요철새류 개체 수 변화>



〈그림 60. 최근 5년간 오리류 개체 수 변화〉



〈그림 61. 최근 5년간 고니류 개체 수 변화〉

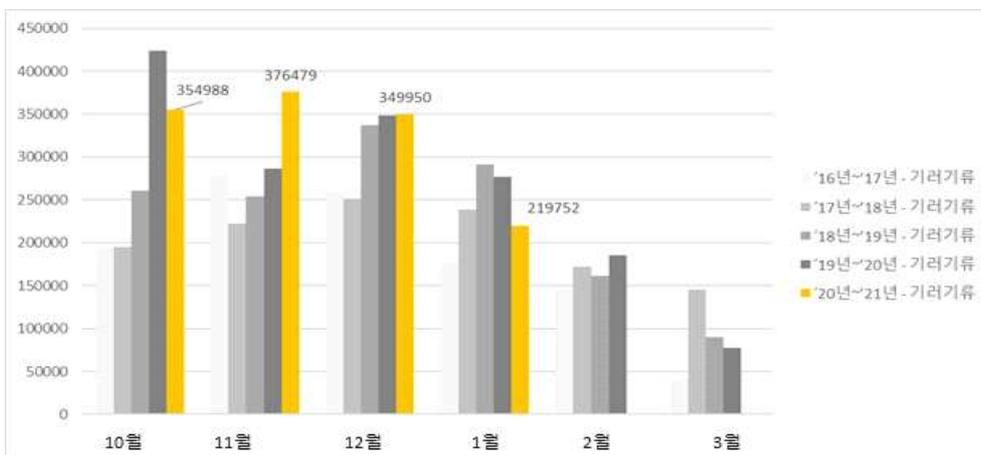


그림 62. 최근 5년간 기러기류 개체 수 변화

라. 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석(야생동물 위치추적장치 활용)

(1) 조류인플루엔자 고위험종 철새 정의

(가) 정의

- 조류인플루엔자(Avian Influenza, AI)는 조류인플루엔자 바이러스 감염으로 발생하는 조류의 급성 전염병
- 바이러스 병원성 정도에 따라 저병원성 및 고병원성 조류인플루엔자로 구분됨
- 이 중에서 고병원성 조류인플루엔자(Highly Pathogenic Avian Influenza, HPAD)는 세계동물보건기구(OIE)에서도 위험도가 높아 관리대상 질병으로 지정하고 있으며, 발생 시 OIE에 의무적으로 보고 하도록 되어 있음

<표 37. 고위험 조류종>

구분	고위험 야생조류	구분	고위험 야생조류
1	고니/큰고니	8	쇠기러기
2	원앙	9	청머리오리
3	흰뺨검둥오리	10	참매
4	청둥오리	11	빨논병아리
5	수리부엉이	12	왜가리
6	가창오리	13	쇠오리
7	알락오리	14	중대백로



<그림 63. 고위험종 철새(예시)>

(나) 고위험 조류종 월별 개체수

- 2017~2019년 ‘철새 이동데이터’ 를 활용하여, 분석한 조류종별 개체 수는 10월에 101개체, 11월에 259개체, 12월에 506개체, 1월 531개체, 2월에 493개체, 3월 448개체임
- 월별 개체 수는 12~1월에 가장 많으며, 북상 시기인 3월에는 다소 줄어든 것으로 나타났음

<표 38. 철새 조류종별 월별 개체 수>

구분	10월	11월	12월	1월	2월	3월
청둥오리	36	165	312	327	322	279
흰뺨검둥오리	29	64	166	162	140	114
쇠기러기	9	9	10	26	21	46
왜가리	7	6	5	4	4	3
큰고니	13	11	8	7	5	5
중대백로	7	4	5	4	1	1
청머리오리	-	-	-	1	-	-
전체	101	259	506	531	493	448

(2) 고위험 조류종별 국내 이동경로 정보 분석 및 시각화

(가) 고위험종 조류종별 국내 이동 경로 분석

① 분석 자료 및 데이터 정제 및 분석은 겨울 철새 분석 개요도인 <그림 24> 참고

② 이동 경로 분석결과

- 2017~2019년, 10~3월까지 3개년의 철새 이동경로를 분석한 결과는 다음과 같음(표 39~45, 그림 64~79 참고)
 - 시각화 점은 개체 수를 의미함
- 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 큰고니 등 상당수의 고위험 조류종은 국내로 남하하는 시기인 10~11월에는 경기도(안산시, 이천), 인천광역시(옹진군, 강화군), 충청남도(서산시) 등에서 머무르는 것으로 분석되었음
- 하지만, 국내에서 머무르는 정체기인 12~2월에는 전라남도(나주시, 해남군)과 경상남·북도(김해시), 부산광역시 등으로 국내 이동을 확장하는 것으로 나타났음. 그러나 북상 시기인 3월에는 다시 경기도(안성시, 용인시) 등 서북부 지역으로 이동하는 패턴을 보임
- 한편, 다른 조류종과는 달리 쇠기러기와 왜가리는 국내에 머무르는 10월부터 3월까지 이동패턴에 큰 변화 없이 경기도 북부(파주지, 의정부), 인천광역시(옹진군) 등에서 머무르다가 북상하는 패턴을 보였음. 이는 쇠기러기와 왜가리가 다른 종들과 다른 패턴을 보인다고 해석할 수도 있으나, ‘철새 이동데이터’에 이들 조류종의 개체수 자체가 적게 확인된바, 본 연구에 활용된 데이터만으로 쇠기러기와 왜가리의 이동패턴에 대표성을 갖기는 어려운 점이 존재함

㉑ 청등오리 월별 이동지역

<표 39. 청등오리 월별 이동지역>

10월	11월	12월	1월	2월	3월
경기도 안산시 단원구	경기도 안성시 단원구	경기도 안성시 단원구	경기도 안산시 단원구	경기도 안성시 단원구	충청남도 서산시
경상북도 울진군	경기도 용인시 처인구	경기도 용인시 처인구	경기도 안성시	경기도 여주시	충청남도 서천군
부산광역시 강서구	경기도 이천시	경기도 이천시	경기도 여주시	경기도 용인시 처인구	충청남도 아산시
인천광역시 옹진군	경기도 안성시	경상남도 김해시	경기도 용인시 처인구	경기도 이천시	경기도 안성시
충청남도 서산시	경상북도 울릉군	경상남도 밀양시	경기도 이천시	경상남도 김해시	경기도 용인시 처인구
	부산광역시 강서구	경상북도 울릉군	경상남도 김해시	경상남도 밀양시	전라북도 전주시 덕진구
	부산광역시 사하구	경상북도 칠곡군	경상남도 창원시 의창구	충청남도 논산시	
	인천광역시 강화군	인천광역시 옹진군	경상북도 울릉군	충청남도 서산시	
	인천광역시 옹진군	전라남도 해남군	경상북도 경산시	충청남도 서천군	
	전라북도 김제시	전라북도 김제시	대전광역시 유성구	충청남도 아산시	
	전라북도 익산시	전라북도 익산시	부산광역시 강서구	충청남도 홍성군	
	전라북도 전주시 덕진구	전라북도 전주시 덕진구	부산광역시 사상구	전라북도 익산시	
	충청남도 서산시	충청남도 서산시	부산광역시 사하구	전라북도 전주시 덕진구	
	충청남도 아산시	충청남도 아산시	부산광역시 서구	전라북도 정읍시	
		충청남도 예산군	전라남도 나주시		
			전라남도 해남군		
			전라북도 전주시 덕진구		

㉒ 흰뺨검둥오리 월별 이동지역

<표 40. 흰뺨검둥오리 월별 이동지역>

10월	11월	12월	1월	2월	3월
경기도 안성시	경기도 여주시	충청남도 논산시	충청남도 논산시	충청남도 논산시	충청남도 천안시 동남구
충청남도 천안시 동남구	경기도 이천시	경기도 이천시	충청남도 천안시 동남구	전라남도 해남군	경상남도 창원시 의창구
경기도 이천시	충청남도 아산시	전라북도 익산시	경기도 이천시	경기도 평택시	전라북도 전주시 덕진구

10월	11월	12월	1월	2월	3월
경상북도 울릉군	경기도 이천시	전라남도 해남군	전라북도 익산시	충청남도 천안시 동남구	전라북도 익산시
	강원도 고성군	경기도 이천시	전라남도 영암군	경상남도 창원시 의창구	경기도 이천시
	부산광역시 영도구	충청남도 아산시	전라남도 해남군	충청북도 진천군	경기도 용인시 처인구
			경상남도 창원시 의창구	전라북도 전주시 덕진구	경기도 안성시
				전라북도 익산시	충청남도 아산시
				경기도 이천시	전라남도 순천시

㉔ 쇠기러기 월별 이동지역

<표 41. 쇠기러기 월별 이동지역>

10월	11월	12월	1월	2월	3월
강원도 횡성군	강원도 고성군	강원도 철원군	경기도 고양시	경기도 김포시	강원도 고성군
경기도 파주시	강원도 철원군	경기도 가평군	경기도 김포시	경기도 연천군	강원도 철원군
경상북도 울릉군	경기도 파주시	경기도 김포시	경기도 안산시 단원구	경기도 파주시	경기도 안산시 단원구
	경상북도 울릉군	경기도 파주시	경기도 연천군	광주광역시 광산구	경기도 연천군
	인천광역시 강화군	경기도 화성시	경기도 파주시	인천광역시 강화군	경기도 파주시
		인천광역시 강화군	인천광역시 강화군	충청남도 아산시	인천광역시 강화군
		인천광역시 강화군	전라남도 해남군		인천광역시 옹진군
		인천광역시 옹진군	충청남도 아산시		

㉕ 왜가리

<표 42. 왜가리 월별 이동지역>

10월	11월	12월	1월	2월	3월
경기도 평택시	경기도 평택시	경기도 평택시	경기도 평택시	경기도 평택시	경기도 평택시
경기도 파주시	경기도 파주시	경기도 파주시	경기도 파주시	경기도 파주시	경기도 파주시

	충청남도 당진시	충청남도 당진시			
		충청남도 천안시			

㉞ 큰고니

<표 43. 큰고니 월별 이동지역>

10월	11월	12월	1월	2월	3월
인천광역시 옹진군	인천광역시 옹진군	경기도 안산시 단원구	부산광역시 사하구	부산광역시 사하구	인천광역시 옹진군
	경상남도 김해시	부산광역시 사하구	인천광역시 옹진군	충청남도 공주시	경기도 안산시 단원구
		인천광역시 옹진군	강원도 철원군	충청남도 당진시	부산광역시 사하구
		강원도 철원군	충청남도 공주시	경기도 안산시 단원구	
			충청남도 당진시		

㉟ 중대백로

<표 44. 중대백로 월별 이동지역>

10월	11월	12월	1월	2월	3월
경상북도 울릉군	경상북도 울릉군	강원도 고성군	경기도 파주시	강원도 고성군	강원도 고성군
	강원도 철원군	강원도 양양군	경상북도 경주시		
		경상북도 경주시	강원도 고성군		
		경상북도 울릉군	강원도 양양군		
		인천광역시 강화군			

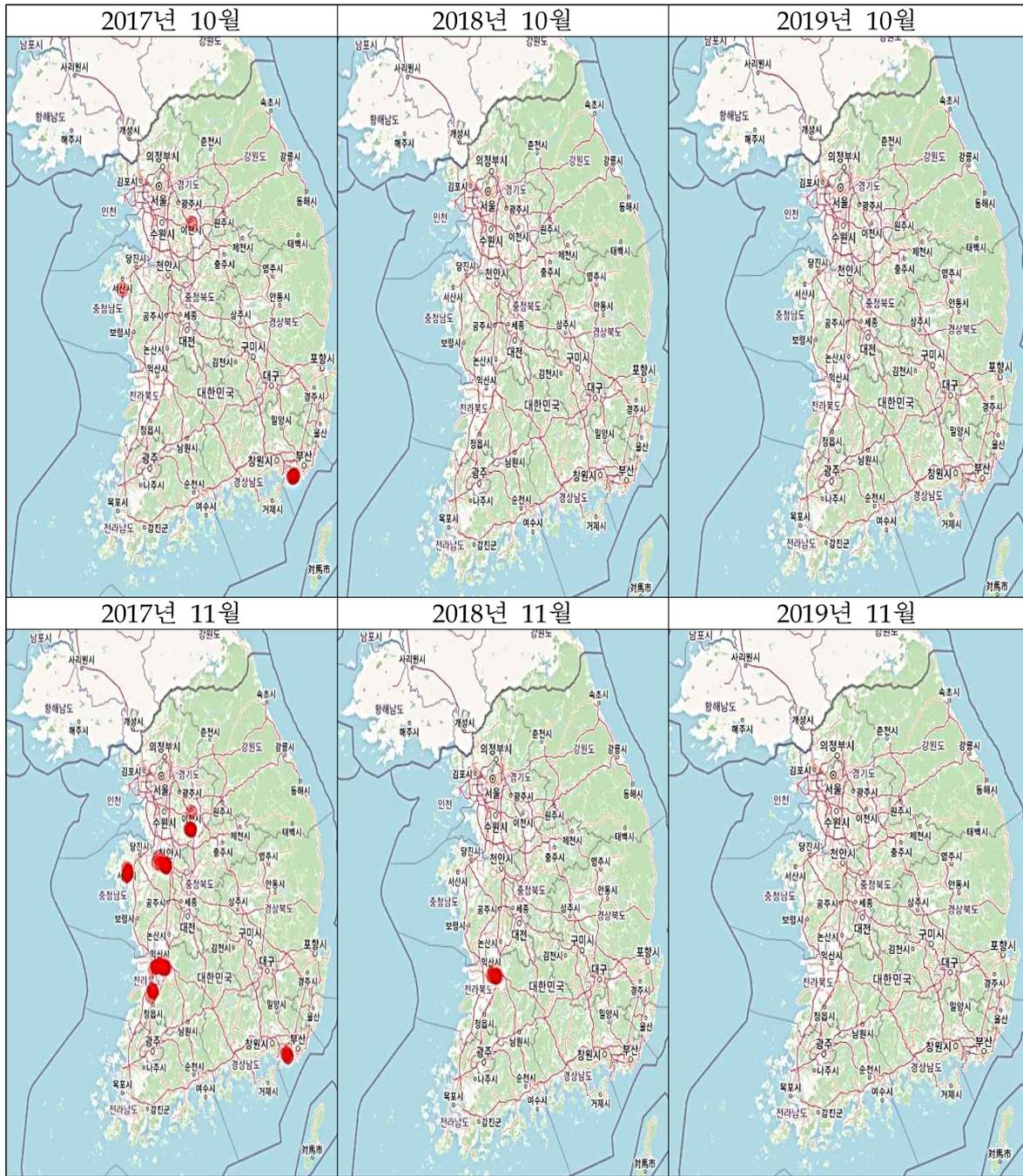
㊱ 청머리오리

<표 45. 청머리오리 월별 이동지역>

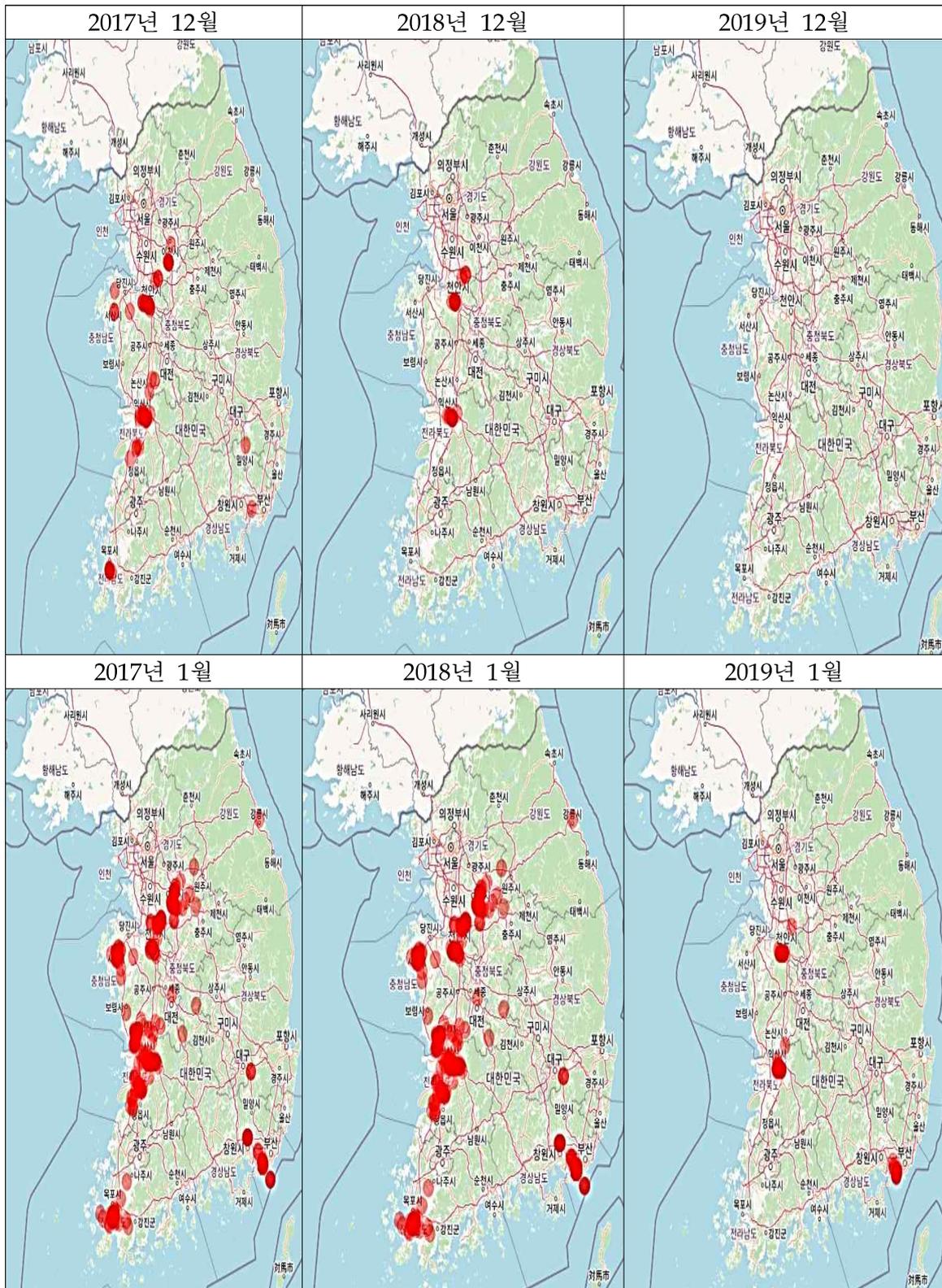
10월	11월	12월	1월	2월	3월
			전라북도 전주시		

(나) 고위험종 조류종별 국내 이동 경로 시각화

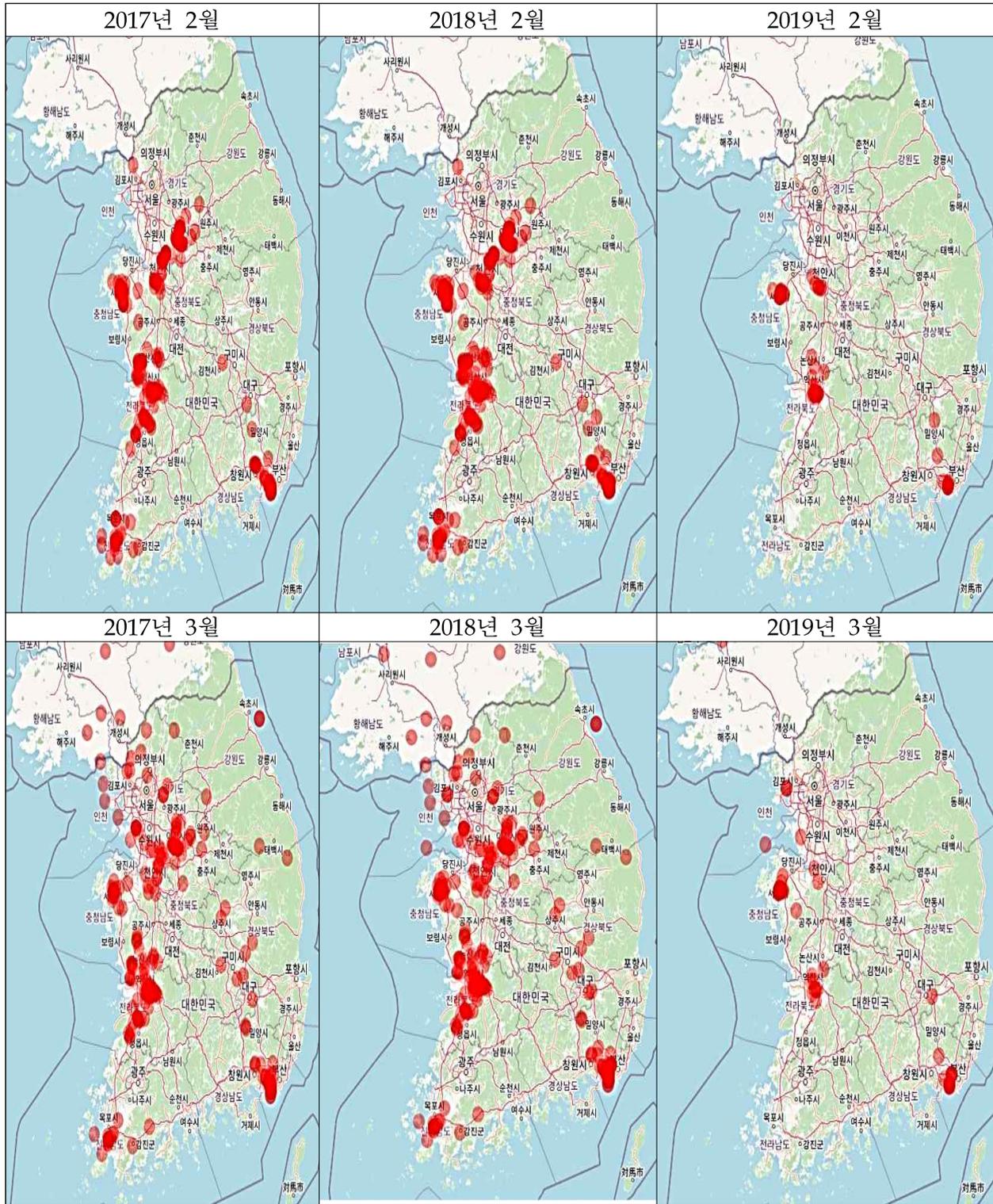
① 청둥오리



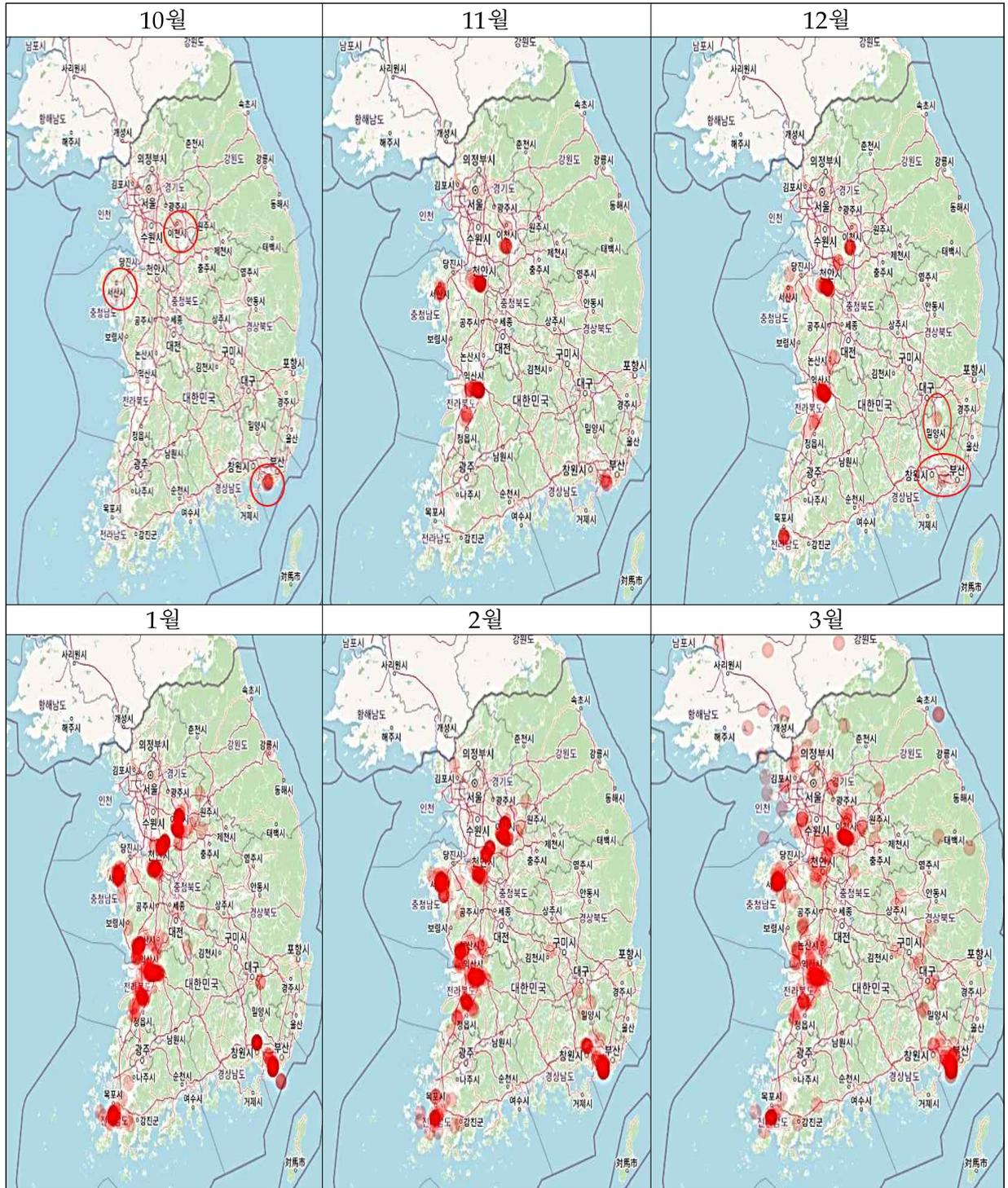
<그림 64. 10~11월 이동 경로(청둥오리)>



<그림 65. 12~1월 이동 경로(청둥오리)>

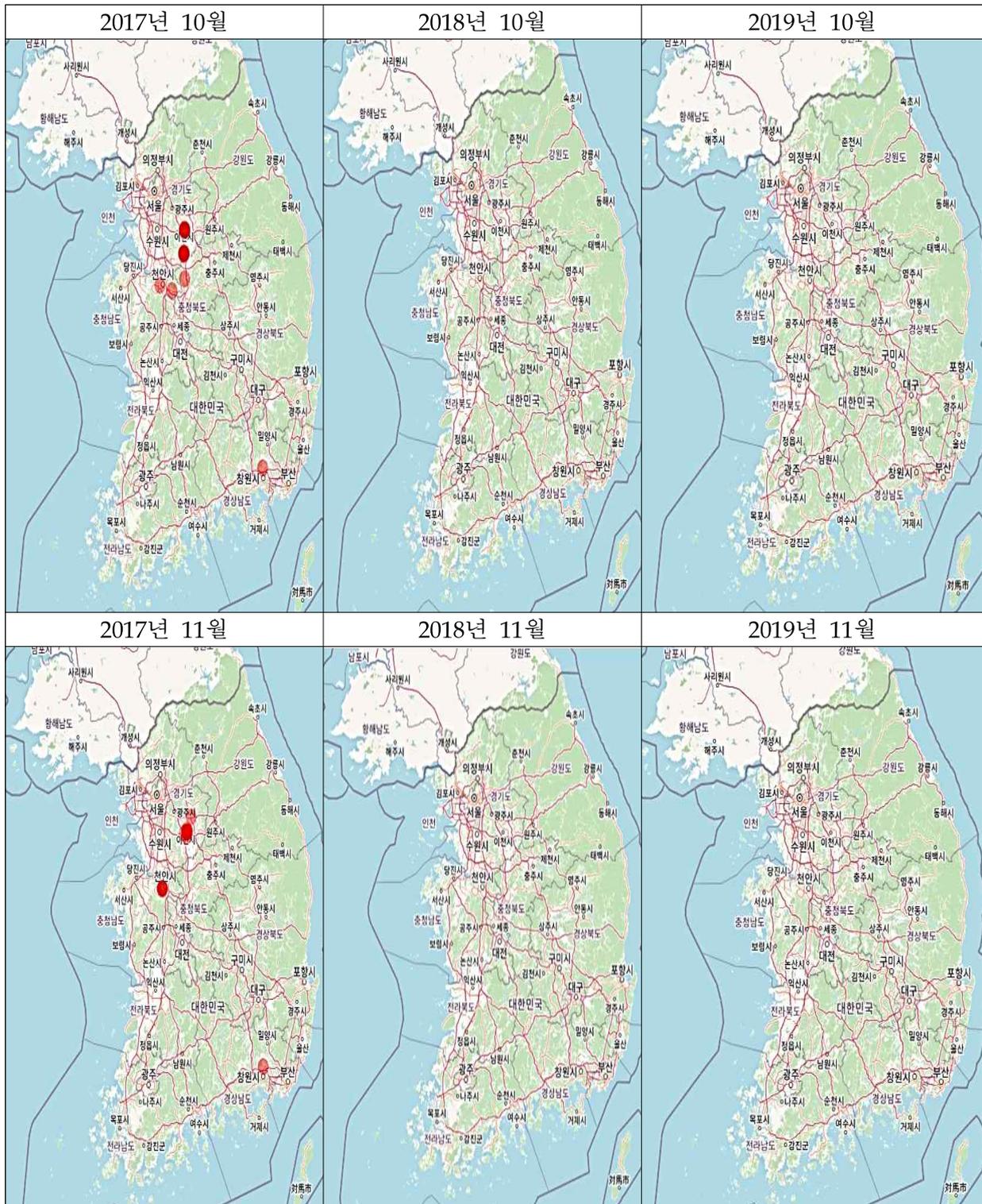


<그림 66. 2~3월 이동 경로(청둥오리)>

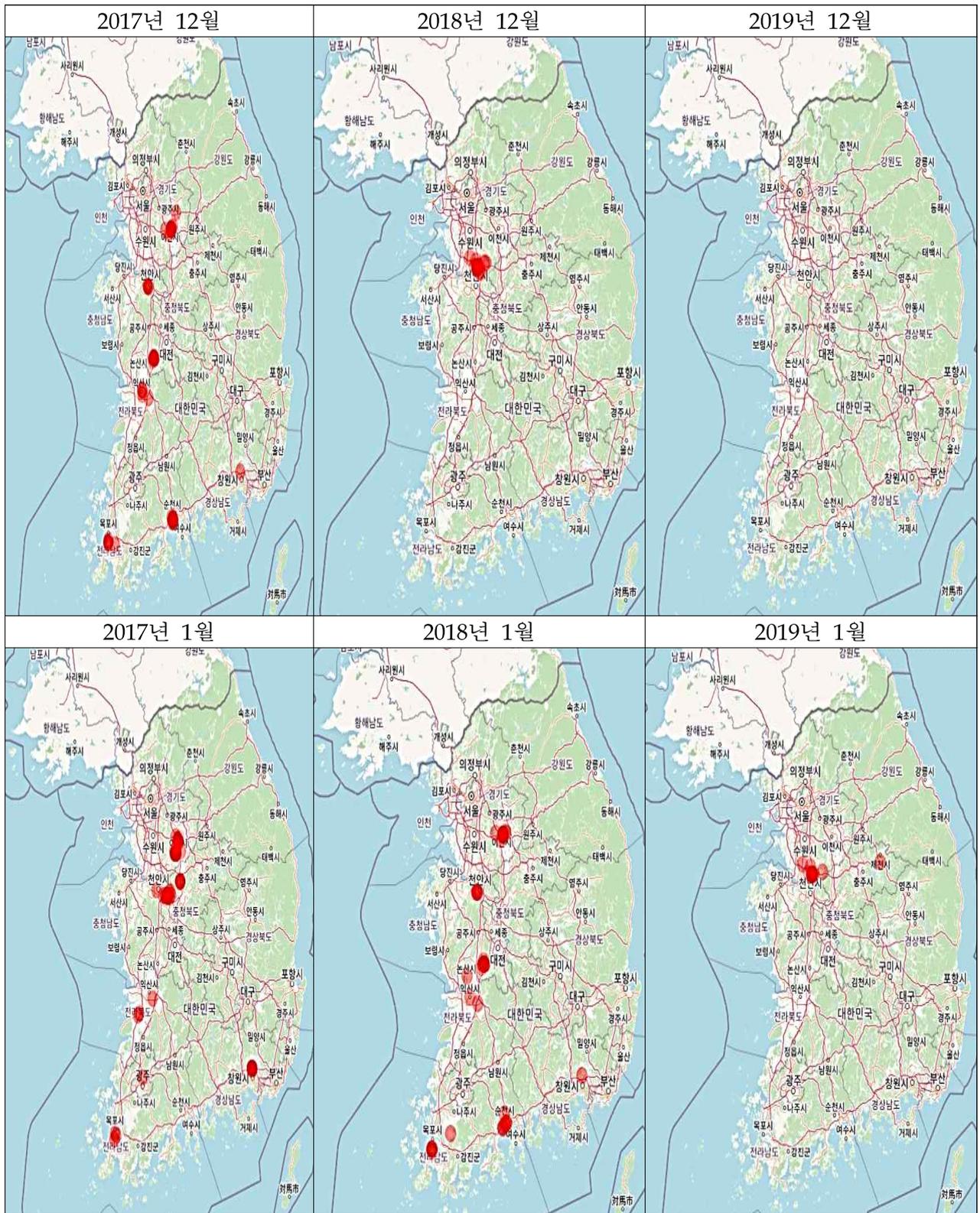


<그림 67. 17~19년 겨울철 이동 경로(청둥오리)>

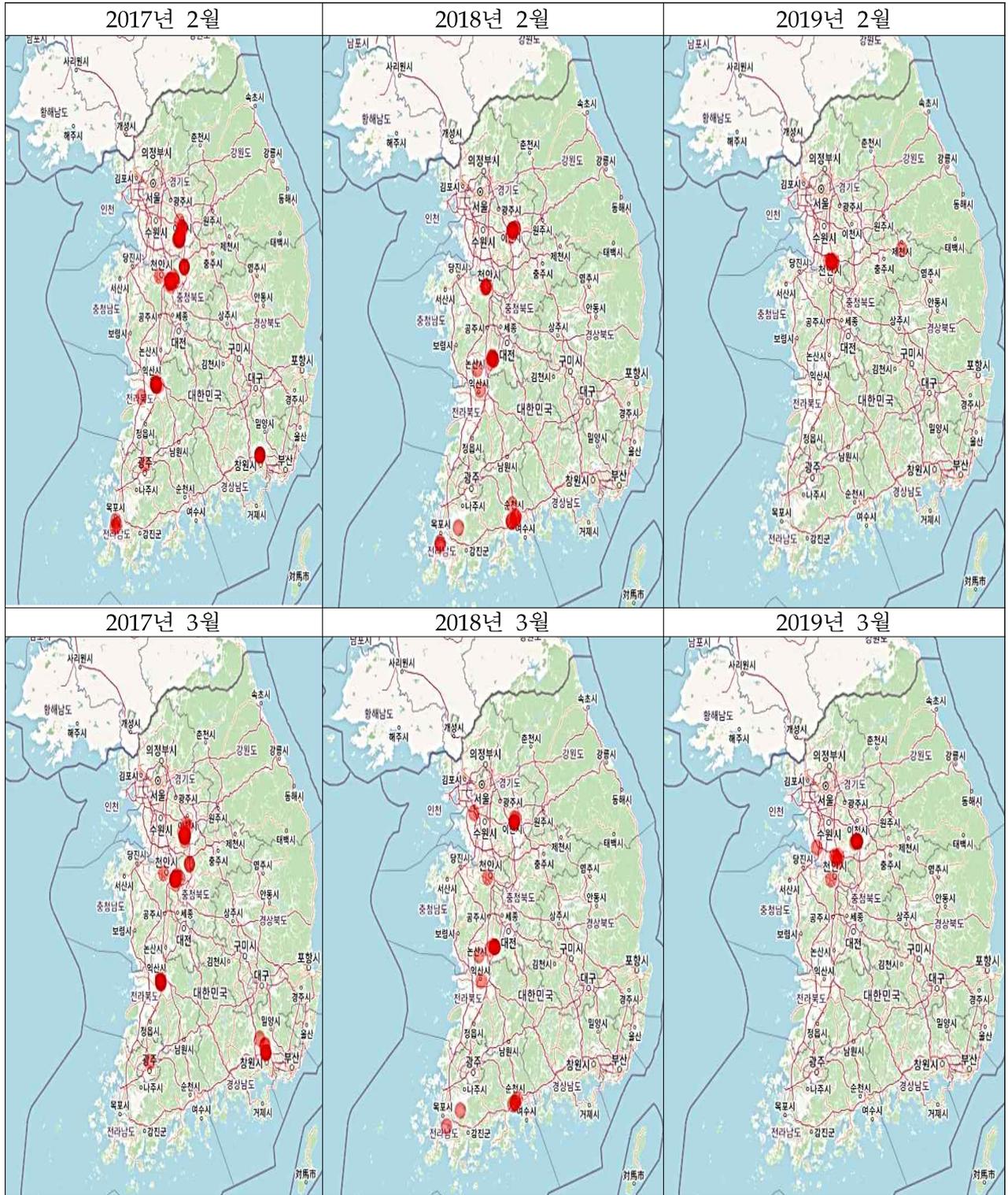
② 흰뺨검둥오리



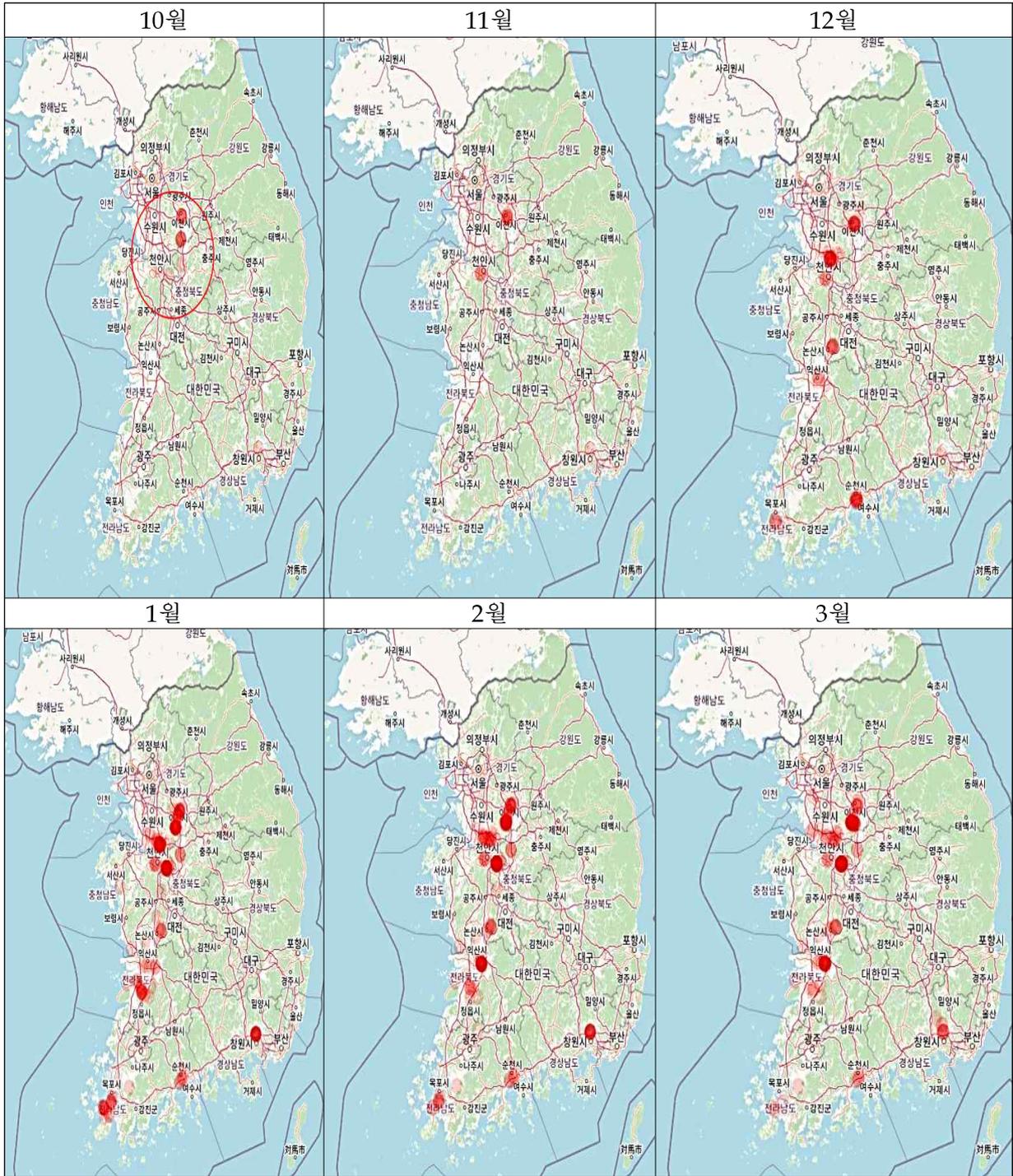
<그림 68. 2~3월 이동 경로 (흰뺨검둥오리)>



<그림 69. 12~1월 이동 경로 (흰뺨검둥오리)>

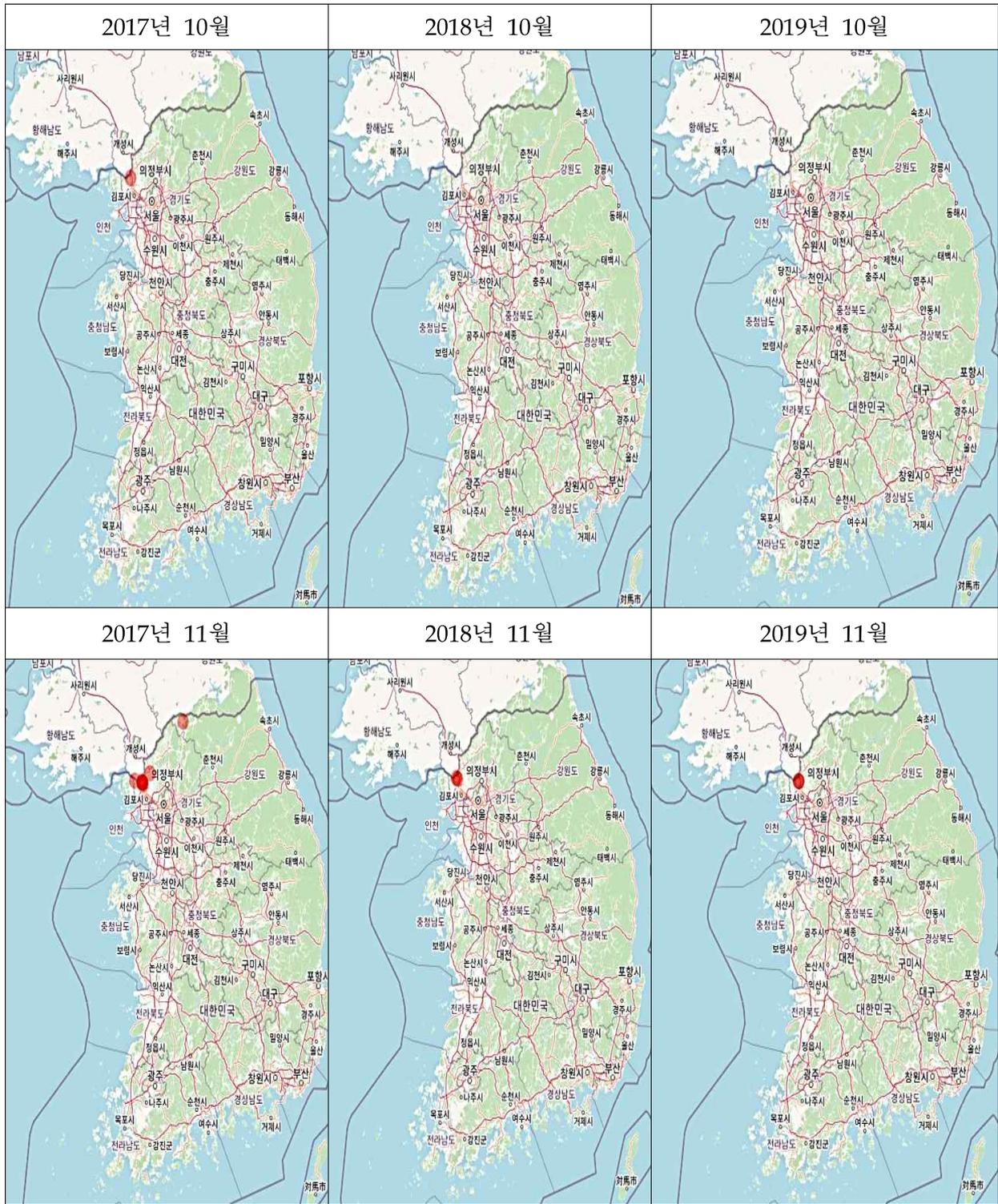


<그림 70. 12~1월 이동 경로(흰뺨검둥오리)>

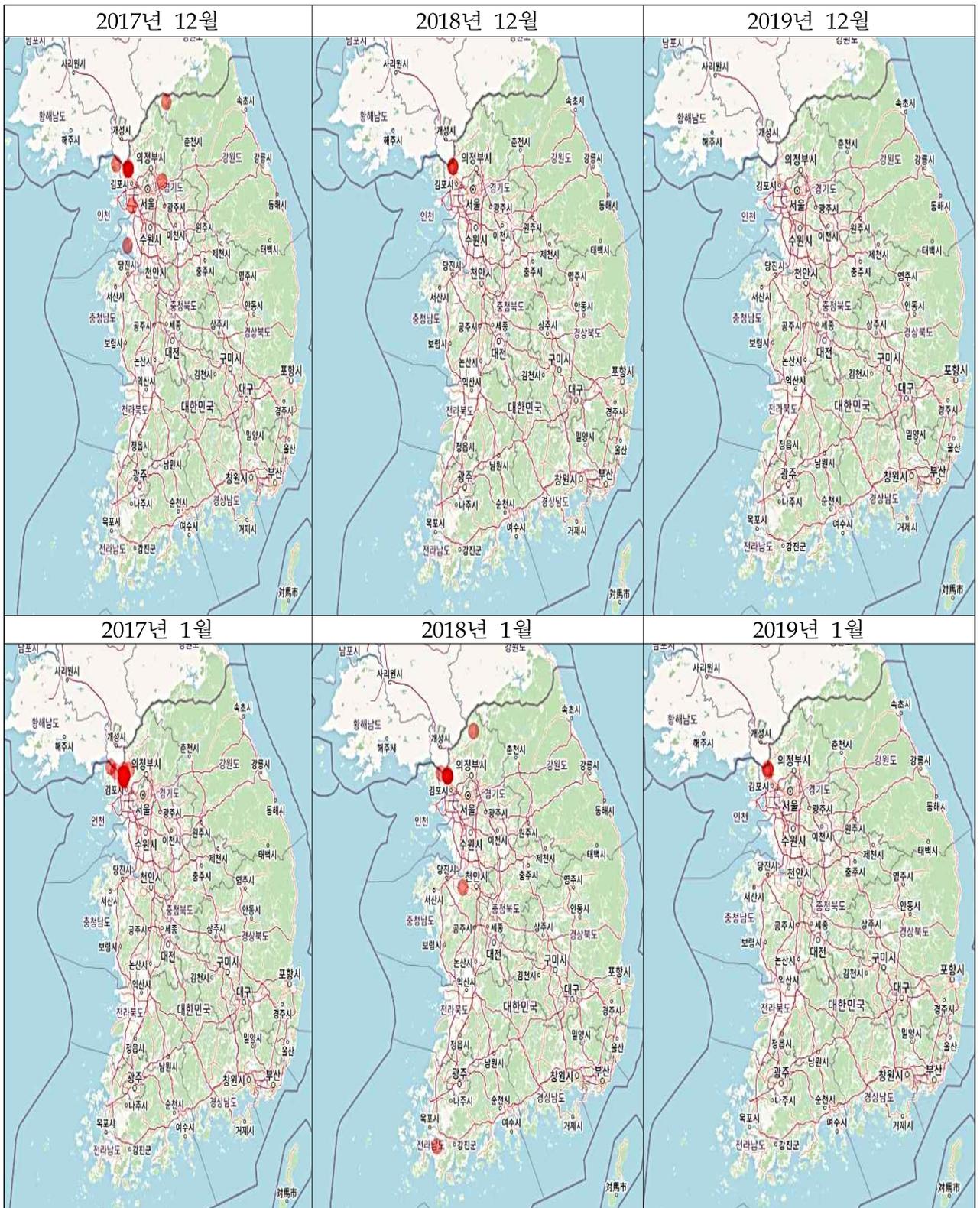


<그림 71. 17~19년 겨울철 이동 경로(흰뺨검둥오리)>

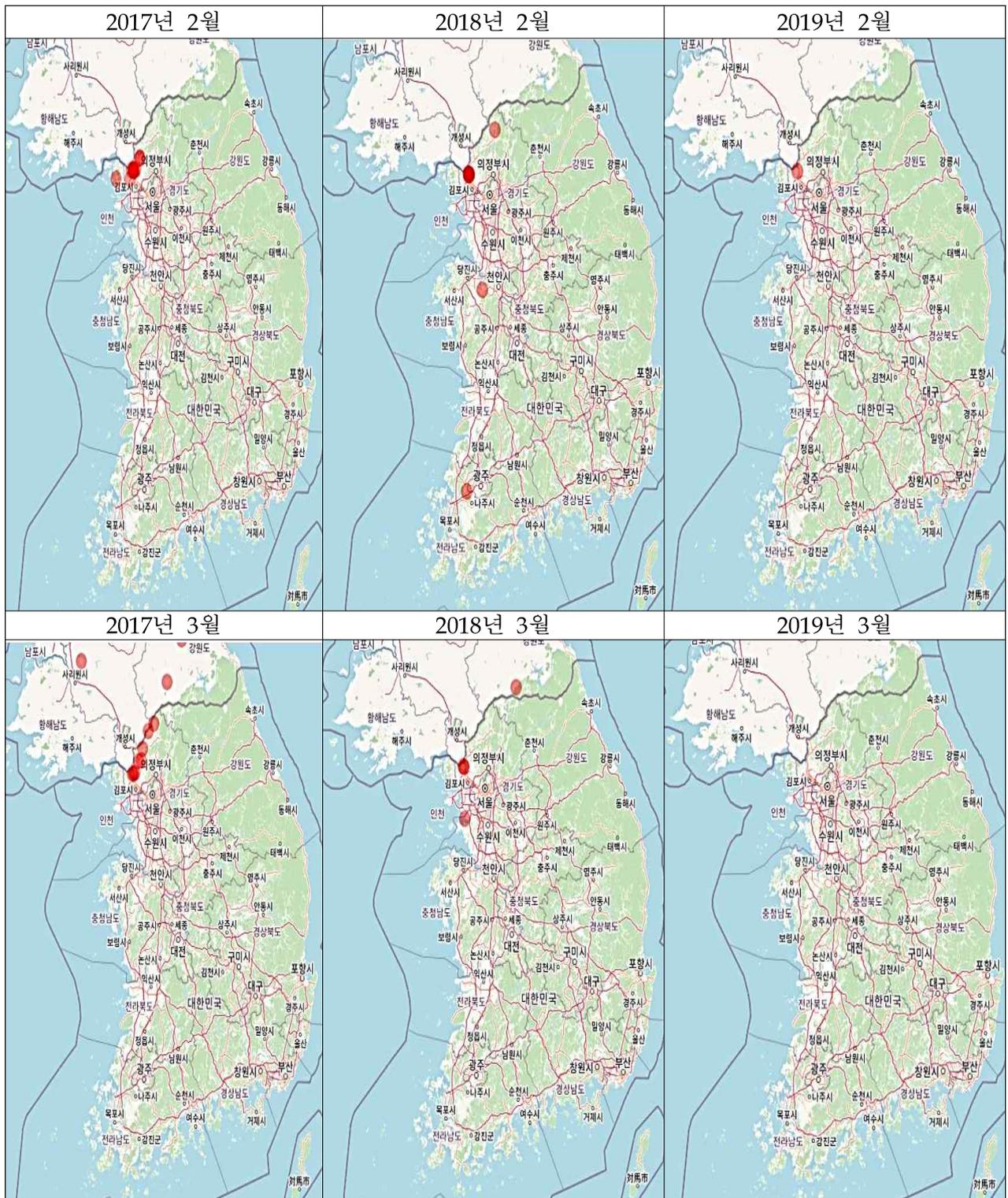
③ 쇠기러기



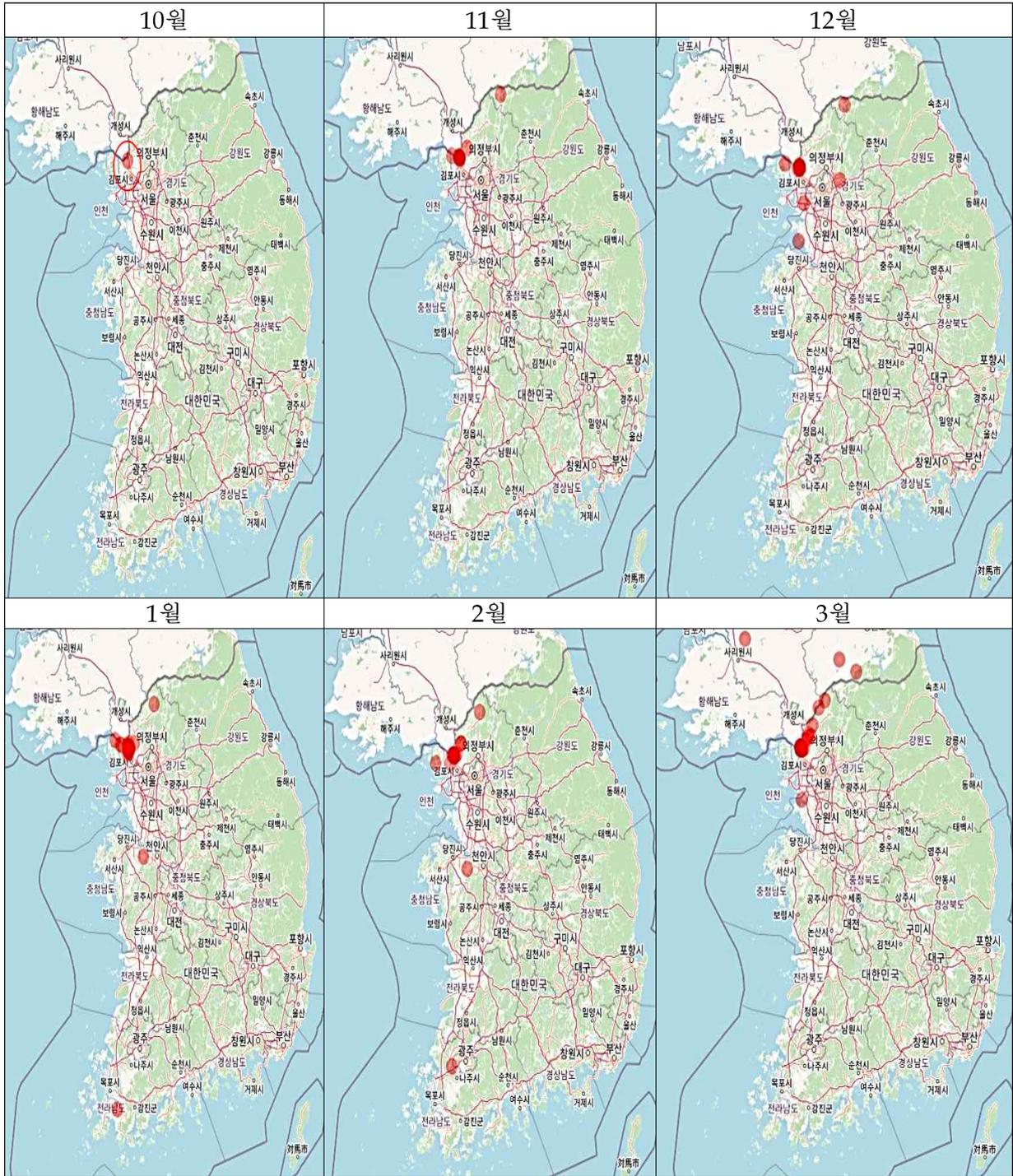
<그림 72. 10~11월 이동 경로(쇠기러기)>



〈그림 73. 12~1월 이동 경로(쇠기러기)〉



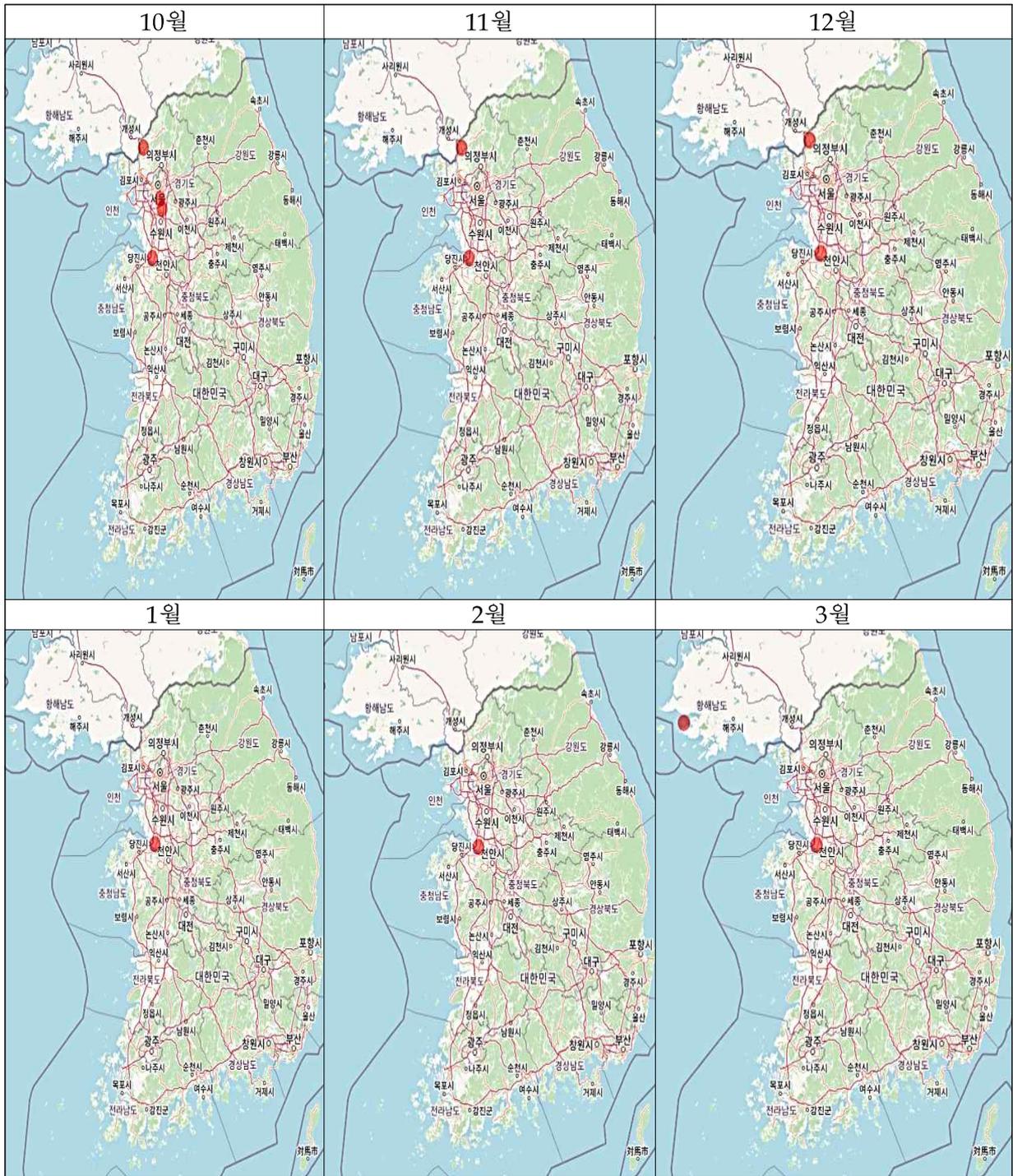
<그림 74. 2~3월 이동 경로(쇠기러기)>



<그림 75. 17~19년 겨울철 이동 경로(쇠기러기)>

④ 왜가리

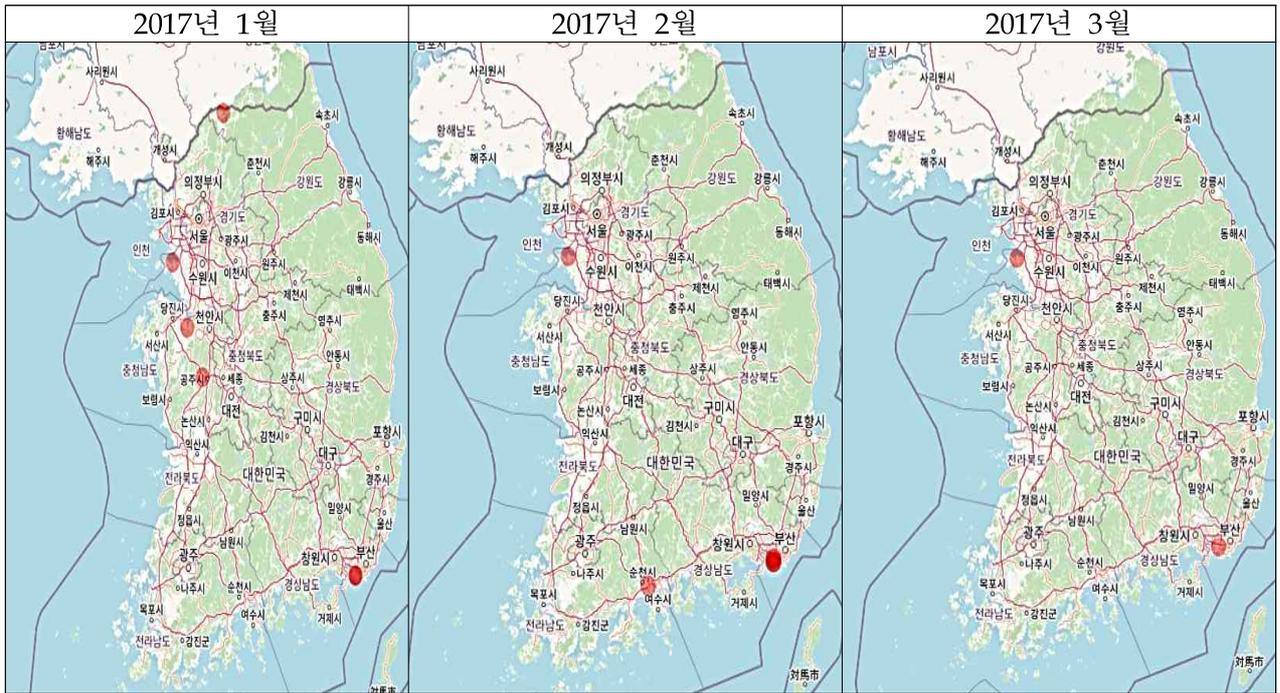
- 왜가리의 경우, 개체수가 29마리로 연도별 분석보다는 17~19년 3개년의 이동분석만을 진행



<그림 76. 17~19년 겨울철 이동 경로(왜가리)>

⑤ 큰고니

- 2017년 1~3월 데이터만 존재함



<그림 77. 큰고니 이동 경로>

⑥ 중대백로

- 2019년 1월 데이터만 존재함

⑦ 청머리오리

- 2019년 1월 데이터만 존재함



<그림 78. 중대백로 1월 이동 경로>



<그림 79. 청머리오리 1월 이동 경로>

(3) 겨울철새 남하 및 북상 시기, 일일 이동 거리 등 생태정보 분석

(가) 겨울 철새 남하 및 북상 시기

- ‘조류이동정보’ 를 활용하여 분석한 겨울 철새 남하 및 북상 시기는 표 46과 같음
- 큰기러기를 비롯한 중대백로 등은 9월 초·중순에 국내 남하하여, 12월부터 2월까지 서식지에서 정체하다 4월 중순에는 북상하는 것으로 확인되었음
- 한편, 흰뺨검둥오리는 상대적으로 1달 반 정도 늦은 11월 초에 국내 남하하는 것으로 분석되었음

<표 46. 겨울 철새 남하 및 북상 시기>

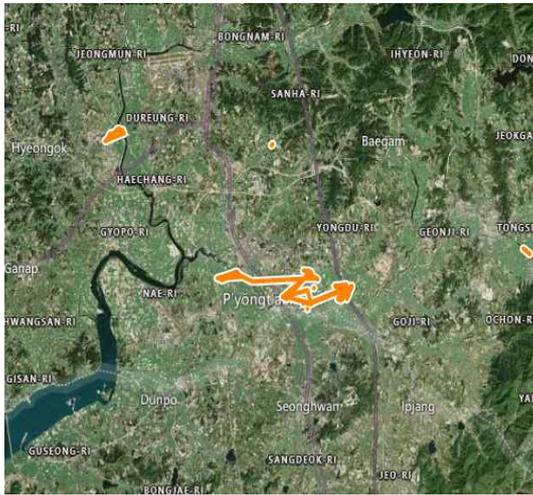
조류종	남하시기	북상시기
흰뺨검둥오리	11월 초순	4월 중순
큰기러기	9월 중순	5월 초
중대백로	9월 초순	4월 중순
청둥오리	10월 초	5월 중순
쇠기러기	9월 하순	4월 중순
고방오리	9월 하순	4월 중순
재갈매기	10월 초순	4월 중순
왜가리	9월 초순	4월 중순

(나) 겨울 철새 일일 이동거리 등 생태정보

- ‘조류이동정보’ 를 활용하여 분석한 흰뺨검둥오리, 큰기러기 등을 비롯한 겨울 철새 일일 평균 이동 거리는 표 47과 같음
- 쇠기러기의 일일 평균 이동 거리는 약 190km로 겨울 철새 중 일일 이동 거리가 가장 길었으며, 다음으로 왜가리(131.72km)와 재갈매기(105.88km), 큰기러기(101.5km) 순으로 길었음
- 한편, 겨울 철새들의 이동일수는 보통 1~3일로 확인되었으나, 쇠기러기의 경우 이동일수가 59일까지도 확인되어 다른 겨울 철새와 달리 이동일수 및 이동 거리가 상대적으로 긴 것으로 나타났음
- 중대백로와 고방오리, 흰뺨검둥오리는 약 4.73km, 12.13km, 30.90km으로 일일 평균 이동 거리가 다른 겨울 철새보다 상대적으로 작은 것으로 분석되었음
- 겨울 철새류 평균 서식일수도 조류종별로 상이하지만, 보통 1~30일 정도 서식한 후 이동하는 것으로 분석되었음. 하지만 흰뺨검둥오리의 경우 서식일 수가 80일 이상 되는 날도 있는 것으로 확인되었음

<표 47. 겨울 철새 일일 이동 거리>

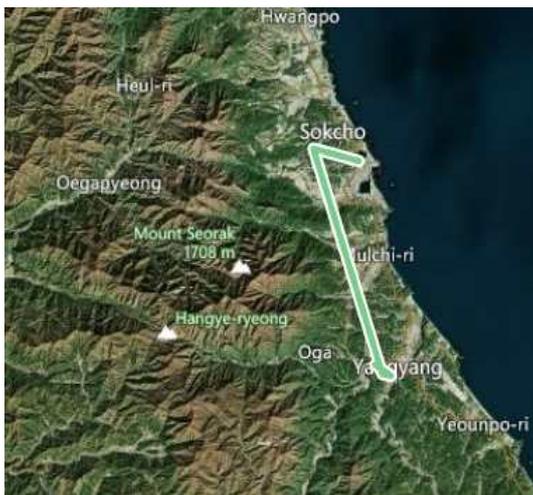
조류종	일일 이동거리(평균)	조류종	일일 이동거리(평균)
흰뺨검둥오리	30.90km	쇠기러기	190.01km
큰기러기	101.5km	고방오리	12.13km
중대백로	4.73km	재갈매기	105.88km
청둥오리	116.2km	왜가리	131.72km



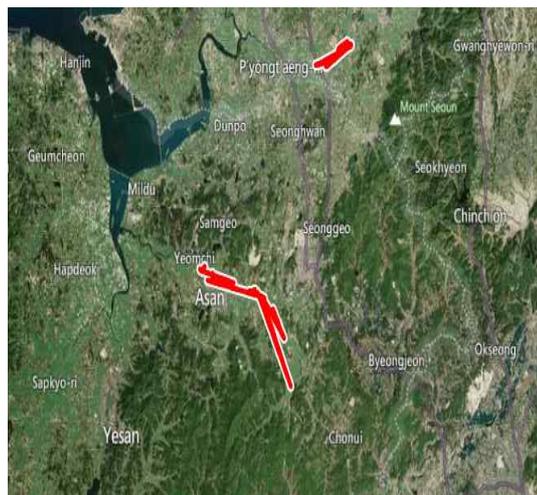
<그림 80. 흰뺨검둥오리 일일 이동 거리>



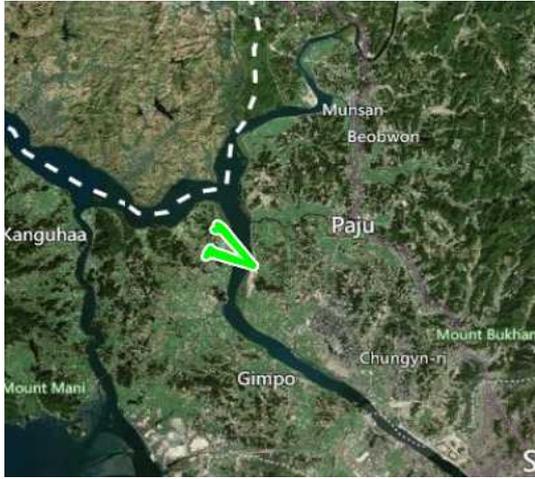
<그림 81. 큰기러기 일일 이동 거리>



<그림 82. 중대백로 일일 이동 거리>



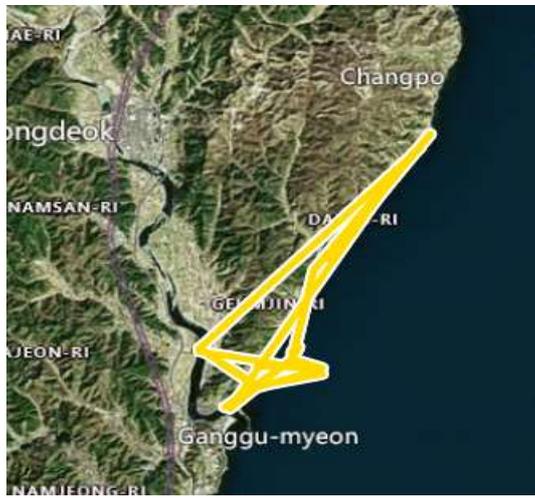
<그림 83. 청둥오리 일일 이동 거리>



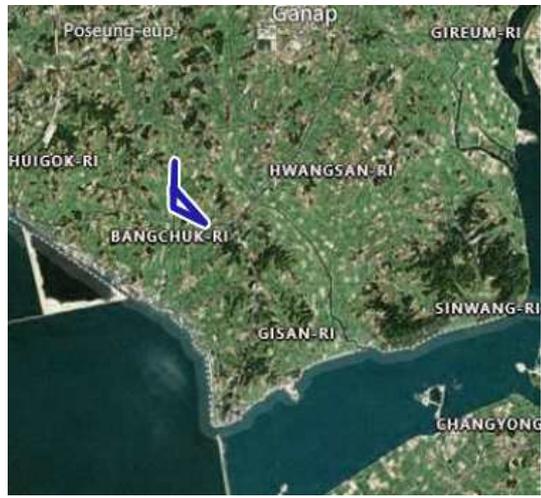
<그림 84. 쇠기러기 일일 이동 거리>



<그림 85. 고방오리 일일 이동 거리 >



<그림 86. 재갈매기 일일 이동 거리>



<그림 87. 왜가리 일일 이동 거리 >

가. 종합적 분석을 통한 특별관리지역 검토 및 지정방안 수립

(1) 중점방역관리지 지정 검토의 필요성

- 농식품부는 2014년 8월 발표한 「AI 방역체계 개선방안」에서 “철새 등 AI 유입요인에 대하여 예찰 강화 및 ‘위험 알림 시스템’을 운영하고, 철새 군집지 인근 등을 ‘AI 방역관리지구’로 지정하여 기존 농가의 방역시설 기준을 보완하며, 신규 축산농가에 대한 허가 기준을 강화하는 한편, 실질적인 지도·점검을 강화하는 등 사전 대응체계를 구축”하는 것을 발표하고 2015년 6월 **가축전염병예방법**을 개정하여 **제3조의4(중점방역관리지구)** 조항을 신설하고 동년 12월 동법 시행규칙을 개정하여 **제3조의5(중점방역관리지구 지정 등)** 조항을 신설하여 중점방역관리지구 지정 기준을 제시하였으며 이의 기준에 따라 2018년 9월 ‘**고병원성 AI 중점방역관리지구**’를 지정

별첨1 고병원성 AI 중점방역관리지구 지정 현황(18.9.)

□ AI 중점방역관리지구 지정현황

○ 총 398개소(11개 시도, 80개 시군구, 398읍면동)

- ① 70시군구, 372읍면, ② 28시군, 80읍면, ③ 9시군, 10읍면 (중북 27시군, 64읍면)

지정 기준		지정 현황
① 철새도래지 반경 10km이내	· 야생조류 등에서 H5, H7형 항원 또는 항체의 최근(3년 이내) 검출 지역	· 총 11개 시도 70개 시군구(64 시군) · 372개 읍면동
	[참고] · 새 분변 및 야생조류 포획검사를 위해 지정한 철새도래지	· 철새 분변 검사 지역(68개소) · 야생조류 포획 지역(97개소) * 중복제외 120개소
② 제1종 가축전염병이 최근 5년내 2회 이상 발생지역(80개소)		· 총 6개 시도, 28개 시군, 80개 읍면
③ 축산농가수가 반경 500미터 이내 10호 이상 또는 1km 이내 20호 이상인 지역(10개소)		· 총 5개 시도, 9개 시군, 10개 읍면

<그림 88. 고병원성 AI 중점방역관리지구 지정 현황(18.9.)>

- 그림 88과 같이 국내 HPAI 발생농장 지점과 야생조류 HPAI 바이러스 항원검출 지점 간의 공간적 연관성이 높다는 연구결과에 기초하여 철새 도래지 반경 10Km 이내의 지역과 HPAI 발생지역, 가금농가 밀집 지역 등 3가지 기준으로 11개 시도, 80개 시군구의 398개 읍면동(약 1,811농가(전업농) (전체 41%)가 포함)을 중점방역관리지구로 지정
- AI 중점방역관리지구 지정 기준 ①-1, ②, ③의 경우 기준이 명확한데 비해 기준 ①-2 **분변 및 야생조류를 포획검사를 위해 지정된 도래지**의 경우 기준이 애매모호하여 가금농가 및 축산 단체의 민원의 소지가 있어 과학적인 AI 중점방역관리지구 지정 기준의 필요성이 제기됨

- 가축전염병 예방법 및 동법 시행규칙에 따르면 중점방역관리지구는 농식품부장관이 제1종 가축전염병이 자주 발생하였거나 발생할 우려가 높은 지역을 중앙 가축 방역 심의회의 심의를 거쳐 지정한다고 규정. 중점방역관리지구에 대해서는 가축 또는 가축전염병 특정매개체 등에 대한 검사·예찰(豫察)·점검 등의 조치, 사육제한 명령, 전실 등 방역시설 설치 및 방역교육 이수 의무가 부과되고 가축전염병 발생 상황, 가축사육 현황 등을 고려하여 가축전염병의 발생위험도가 낮다고 인정되는 경우 지정을 해제하여야 한다고 규정
- 중점방역관리지구 내의 축산농가는 사육제한 명령에 따라 사육 회전 수(1년 내 생산 횟수)가 감소 되고 이에 따라 닭, 오리 출하물량이 감소하고 사료 및 도계(압)장의 생산량이 감소 되는 피해가 발생
- 이에 따라 중점방역관리지구의 지정 과정이 투명하고 정보와 과학에 기반한 선정이라는 공감대 형성이 필요한 상황임
- 조류인플루엔자 방역실시요령(농식품부고시 제2015-174호, 2015.12.28., 일부 개정) 제22조 (축사 외 장소에서 발생 시 조치) 제⑤항에 의하면 “야생조수류 및 그 분변에서 고병원성 조류인플루엔자의 감염이 확인되었을 경우에는 해당 야생조수류 및 그 분변 시료를 채취한 지점을 중심으로 반경 10킬로미터 이내의 지역을 **야생조수류 예찰 지역**으로 지정하고, 시료 채취일을 기준으로 닭은 7일간, 오리 등 기타 가금은 14일간 이 요령에 의한 예찰 지역의 방역조치를 적용한다. 다만, 도심지에서 야생조수류 감염 확인 시에는 야생조수류 예찰 지역을 탄력적으로 지정 및 방역 조치를 취한다.” 고 규정하고 있음
- 우리나라에서 2016-2017년 야생조류에서 HPAI 항원이 검출된 지점(65건) 인근의 가금사육농장(닭이나 오리를 1,000수 이상 사육하는 농가, N=11,721)과 HPAI 발생 가금농장(N=421)의 분포를 분석한 결과, 총 65건의 발생 사례 중 야생조류에서 HPAI 항원이 검출된 지점으로부터 반경 500 m 이내의 관리지역에는 가금 사육 농가가 없었으며, 반경 3 km 이내의 보호지역에는 14건(21.5%)이 확인되었음. HPAI 항원이 검출된 지점으로부터 반경 10 km 이내의 예찰 지역에는 40건(61.5%), 반경 30 km 이내에는 60건(92.3%)이 확인되었음

(2) 중점방역관리지구 지정 검토

(가) 야생조류 매개 읍면동별 HPAI 발생위험도 평가 모델을 활용한 검토

- 본 연구에서는 해외에서 국내로 도래하거나 국내 서식하고 있는 조류 종별 서식 및 이동범위에 대한 생태학적 연구결과를 토대로 ‘야생조류 매개 지역(읍면동)별 HPAI 발생위험도 평가모델’을 개발하여 5,047개 읍면동에 대하여 HPAI 발생위험도를 평가한 결과 상위 10%의 위험도를 가진 499개 읍면동, 상위 5%의 위험도를 가진 255개 읍면동을 고위험지역으로

파악

- 상위 5%의 위험도를 가진 248개 읍면동은 9개의 시도, 35개 시군구가 포함
- 상위 10%의 위험도를 가진 496개 읍면동은 10개의 시도, 41개 시군구가 포함

- 2018년도 중점방역관리지구에 선정된 372개 읍면동에 대해 모델을 활용하여 위험도를 평가한 결과는 아래 표와 같음. 상위 120개의 위험도를 기술하였음. 평균값 1.0795, 최소값 0, 최대값 43.6223, 표준편차 2,9746

<표 48. 18년도 선정된 중점방역관리지구 모델 위험도 순위>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	경상북도	김천시	감문면	43.6223	61	전라남도	영암군	신북면	1.7625
2	경상북도	김천시	어모면	21.7412	62	전라북도	부안군	진서면	1.7406
3	경상남도	고성군	구만면	12.5937	63	전라남도	합평군	신광면	1.6829
4	전라남도	장흥군	부산면	11.9888	64	경기도	동두천시	안흥동	1.6517
5	경상남도	고성군	회화면	11.7765	65	세종특별자치시	세종특별자치시	소정면	1.6180
6	강원도	원주시	반곡동	10.5492	66	전라북도	김제시	용지면	1.5997
7	경상남도	고성군	거류면	7.7135	67	충청북도	청주시	강내면	1.5993
8	전라남도	해남군	문내면	5.8913	68	강원도	속초시	대포동	1.5965
9	경기도	파주시	맥금동	5.7436	69	전라북도	김제시	부량면	1.5863
10	전라북도	김제시	공덕면	5.4829	70	경기도	고양시	범곡동	1.5673
11	경상남도	하동군	진교면	5.4349	71	경기도	연천군	전곡읍	1.5660
12	전라남도	영암군	영암읍	5.1279	72	세종특별자치시	세종특별자치시	부강면	1.5505
13	경상남도	김해시	진영읍	4.8454	73	전라남도	장성군	삼서면	1.5446
14	경상남도	고성군	개천면	4.5806	74	제주특별자치도	서귀포시	성산읍	1.5403
15	전라남도	구례군	광의면	4.5399	75	경상북도	칠곡군	지천면	1.5322
16	전라남도	화순군	도암면	4.5144	76	전라남도	영암군	도포면	1.5176
17	경기도	안성시	현수동	4.2833	77	전라남도	강진군	군동면	1.5132
18	경기도	김포시	월곶면	4.2310	78	경기도	안성시	미양면	1.4946
19	제주특별자치도	제주시	한림읍	4.1504	79	경기도	양주시	백석읍	1.4738
20	인천광역시	서구	대곡동	4.1145	80	경기도	동두천시	상패동	1.4558
21	전라남도	해남군	화원면	3.7967	81	경상남도	하동군	금남면	1.4522
22	경기도	파주시	교하동	3.4215	82	경기도	이천시	율면	1.4425
23	경상북도	영천시	오수동	3.4130	83	경기도	안성시	서운면	1.4184
24	경상남도	고성군	고성읍	3.3622	84	경기도	안성시	양성면	1.4117
25	경기도	안성시	보개면	3.3137	85	경상북도	김천시	감천면	1.4018
26	경기도	김포시	대곶면	3.2682	86	경기도	화성시	향남읍	1.3927
27	전라남도	영암군	덕진면	3.2326	87	전라북도	정읍시	북면	1.3629
28	전라남도	화순군	도곡면	3.2223	88	경상남도	고성군	대가면	1.3624
29	경상북도	경산시	용성면	3.2222	89	충청북도	음성군	원남면	1.3603
30	경기도	김포시	하성면	3.0119	90	경기도	안성시	대덕면	1.3247
31	경기도	안성시	원곡면	3.0109	91	경기도	안성시	대덕면	1.3247
32	경기도	안성시	금광면	2.9952	92	경기도	이천시	설성면	1.3193
33	강원도	원주시	호저면	2.9344	93	전라남도	영광군	불갑면	1.3064
34	경상북도	영천시	임고면	2.8025	94	전라남도	강진군	작천면	1.2947
35	경상남도	양산시	상북면	2.8011	95	전라남도	영광군	묘량면	1.2893
36	경기도	파주시	연다산동	2.7048	96	전라남도	구례군	용방면	1.2892
37	경기도	안성시	삼죽면	2.6394	97	경기도	이천시	대월면	1.2785
38	경상북도	영천시	오미동	2.6105	98	전라북도	부안군	부안읍	1.2721
39	경기도	김포시	양촌읍	2.5699	99	제주특별자치도	서귀포시	대정읍	1.2714
40	제주특별자치도	제주시	한경면	2.5619	100	인천광역시	계양구	갈현동	1.2615
41	전라남도	무안군	일로읍	2.5512	101	충청북도	청주시	옥산면	1.2539
42	경기도	이천시	장호원읍	2.5375	102	경기도	화성시	봉담읍	1.2513
43	경기도	김포시	통진읍	2.5186	103	강원도	원주시	단계동	1.2112
44	경상북도	김천시	신읍동	2.4471	104	경상북도	포항시	홍해읍	1.2032
45	경기도	파주시	신촌동	2.3868	105	전라북도	김제시	백구면	1.2030

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
46	경기도	파주시	당하동	2.3487	106	전라남도	장흥군	장흥읍	1.2030
47	경상북도	봉화군	봉화읍	2.2992	107	경기도	이천시	마장면	1.1904
48	제주특별자치도	제주시	구좌읍	2.2539	108	경기도	화성시	우정읍	1.1846
49	전라남도	나주시	다시면	2.2197	109	전라북도	김제시	백산면	1.1797
50	전라남도	영암군	시종면	2.2133	110	전라북도	부안군	백산면	1.1797
51	강원도	원주시	소초면	2.1744	111	전라남도	장성군	동화면	1.1724
52	경상북도	경산시	와촌면	2.1724	112	경상북도	김천시	대광동	1.1448
53	경상북도	김천시	개령면	2.1699	113	경상남도	고성군	삼산면	1.1392
54	전라북도	김제시	연정동	2.0068	114	전라남도	해남군	삼산면	1.1392
55	경기도	안성시	일죽면	1.9945	115	전라남도	합평군	해보면	1.1370
56	경기도	안성시	죽산면	1.9932	116	경기도	안성시	공도읍	1.1322
57	전라북도	김제시	죽산면	1.9932	117	전라남도	영암군	서호면	1.1284
58	전라남도	해남군	산이면	1.9890	118	충청북도	청주시	남이면	1.1031
59	경기도	안성시	고삼면	1.8636	119	충청남도	아산시	장존동	1.0384
60	경기도	고양시	장항동	1.8496	120	전라북도	김제시	만경읍	1.0271

- 2019년도 중점방역관리지구에 선정된 60개 읍면동에 대해 모델을 활용하여 위험도를 평가한 결과는 아래 표와 같음. 상위 30개의 위험도를 기술하였음. 평균값 1.0080, 최소값 0, 최대값 7.7135, 표준편차 1.3637

〈표 49. 19년도 선정된 중점방역관리지구 모델 위험도 순위〉

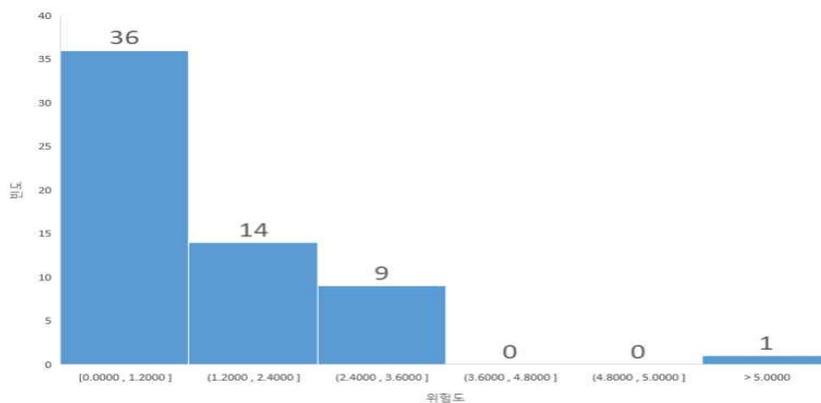
순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	경상남도	고성군	거류면	7.7135	16	제주특별자치도	세종특별자치시	부강면	1.5505
2	경기도	안성시	보개면	3.3137	17	경상북도	칠곡군	지천면	1.5322
3	전라남도	영암군	덕진면	3.2326	18	경기도	안성시	미양면	1.4946
4	경기도	안성시	금광면	2.9952	19	경기도	평택시	청북읍	1.4912
5	경상남도	양산시	상북면	2.8011	20	경기도	안성시	서운면	1.4184
6	경기도	안성시	삼죽면	2.6394	21	경기도	이천시	설성면	1.3193
7	제주특별자치도	제주시	한경면	2.5619	22	전라남도	구례군	용방면	1.2892
8	전라남도	무안군	일로읍	2.5512	23	제주특별자치도	서귀포시	대정읍	1.2714
9	경기도	이천시	장호원읍	2.5375	24	인천광역시	계양구	갈현동	1.2615
10	경기도	김포시	통진읍	2.5186	25	전라남도	강진군	성전면	0.9436
11	경상북도	봉화군	봉화읍	2.2992	26	충청남도	천안시	성환읍	0.7921
12	전라남도	영암군	시종면	2.2133	27	경기도	여주시	능서면	0.7636
13	전라남도	무안군	현경면	2.1689	28	전라남도	곡성군	석곡면	0.7560
14	전라남도	영암군	신북면	1.7625	29	전라남도	나주시	공산면	0.6914
15	전라북도	김제시	용지면	1.5997	30	경기도	양주시	은현면	0.5760

- 2020년도 중점방역관리지구에 선정된 476개 읍면동에 대해 모델을 활용하여 위험도를 평가한 결과는 아래 표와 같음. 상위 120개의 위험도를 기술하였음. 평균값 1.1810, 최소값 0, 최대값 43.6223, 표준편차 3.1667

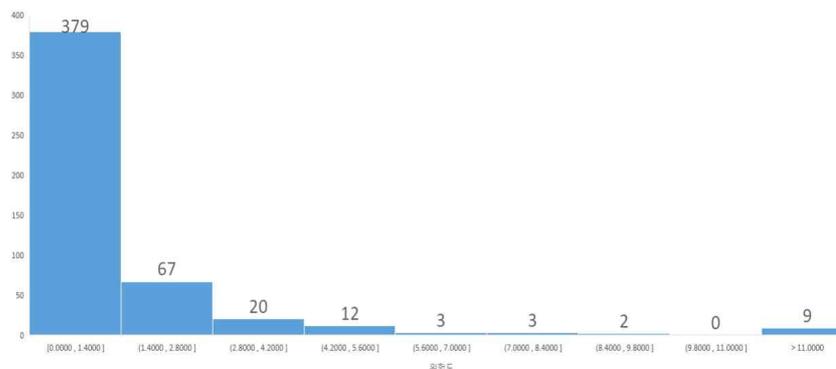
<표 50. 20년도 선정된 중점방역관리지구 모델 위험도 순위>

순위	시도	시군구	읍면동	위험도	순위	시도	시군구	읍면동	위험도
1	경상북도	김천시	감문면	43.6223	61	경기도	파주시	당하동	2.3487
2	경상남도	창녕군	고압면	24.6493	62	강원도	원주시	지정면	2.3172
3	경기도	파주시	문산읍	24.4454	63	경상남도	창녕군	계성면	2.2566
4	경상북도	김천시	어모면	21.7412	64	제주특별자치도	제주시	구좌읍	2.2539
5	경상남도	창녕군	창녕읍	13.4536	65	전라남도	나주시	다시면	2.2197
6	경상남도	창녕군	대합면	12.9959	66	전라남도	영암군	시종면	2.2133
7	경상남도	고성군	구만면	12.5937	67	강원도	원주시	소초면	2.1744
8	전라남도	장흥군	부산면	11.9888	68	전라북도	김제시	양전동	2.1729
9	경상남도	고성군	회화면	11.7765	69	경상북도	김천시	개령면	2.1699
10	경상남도	창녕군	부곡면	8.7177	70	전라북도	김제시	오정동	2.1500
11	전라북도	김제시	월성동	8.4242	71	경기도	여주시	오금동	2.1442
12	경상남도	창녕군	남지읍	7.9187	72	전라남도	곡성군	고달면	2.0994
13	경상남도	고성군	거류면	7.7135	73	전라북도	김제시	연정동	2.0068
14	경상남도	창녕군	유어면	7.6019	74	경기도	고양시	식사동	1.9989
15	전라남도	화순군	춘양면	6.2409	75	경기도	안성시	일죽면	1.9945
16	전라남도	해남군	문내면	5.8913	76	경기도	안성시	죽산면	1.9932
17	경기도	파주시	맥금동	5.7436	77	전라북도	김제시	죽산면	1.9932
18	전라북도	김제시	공덕면	5.4829	78	전라남도	해남군	산이면	1.9890
19	경상남도	하동군	진교면	5.4349	79	경기도	파주시	파주읍	1.9735
20	전라남도	영암군	영암읍	5.1279	80	경기도	파주시	광탄면	1.9669
21	경상남도	고성군	하일면	4.9222	81	충청남도	공주시	우성면	1.8936
22	경상남도	고성군	하일면	4.9222	82	경기도	여주시	연라동	1.8814
23	경상남도	김해시	진영읍	4.8454	83	경기도	안성시	고삼면	1.8636
24	경상남도	고성군	개천면	4.5806	84	경기도	고양시	장항동	1.8496
25	전라남도	구례군	광의면	4.5399	85	전라남도	영암군	신북면	1.7625
26	전라남도	강진군	도암면	4.5144	86	경기도	포천시	신북면	1.7625
27	전라남도	화순군	도암면	4.5144	87	전라북도	부안군	진서면	1.7406
28	경기도	안성시	현수동	4.2833	88	전라남도	합평군	신광면	1.6829
29	경기도	김포시	월곶면	4.2310	89	경상남도	사천시	서포면	1.6826
30	제주특별자치도	제주시	한림읍	4.1504	90	전라남도	해남군	북일면	1.6608
31	충청남도	공주시	계룡면	3.9175	91	전라남도	영암군	금정면	1.6601
32	전라남도	해남군	화원면	3.7967	92	경기도	동두천시	안흥동	1.6517
33	경기도	하남시	초이동	3.7531	93	경기도	평택시	장안동	1.6348
34	경기도	파주시	법원읍	3.6404	94	새종특별자치시	새종특별자치시	소정면	1.6180
35	경상남도	합안군	칠서면	3.5887	95	경기도	파주시	적성면	1.6094
36	경상남도	고성군	고성읍	3.3622	96	전라북도	김제시	용지면	1.5997
37	경기도	안성시	보개면	3.3137	97	충청북도	청주시	강내면	1.5993
38	경기도	김포시	대곶면	3.2682	98	강원도	속초시	대포동	1.5965
39	전라남도	영암군	덕진면	3.2326	99	전라북도	김제시	부량면	1.5863
40	전라남도	화순군	도곡면	3.2223	100	경기도	고양시	법곶동	1.5673
41	경상북도	경산시	용성면	3.2222	101	경기도	연천군	전곡읍	1.5660
42	경기도	김포시	하성면	3.0119	102	전라남도	장성군	삼서면	1.5446
43	경기도	안성시	원곡면	3.0109	103	제주특별자치도	서귀포시	성산읍	1.5403
44	경기도	안성시	금광면	2.9952	104	경기도	여주시	북내면	1.5357
45	경상남도	고성군	영현면	2.9363	105	전라남도	영암군	도포면	1.5176
46	경상남도	고성군	영현면	2.9363	106	전라남도	강진군	군동면	1.5132
47	강원도	원주시	호저면	2.9344	107	경상남도	김해시	장방리	1.4955
48	경상남도	합안군	칠원읍	2.8652	108	경기도	안성시	미양면	1.4946
49	경상북도	영천시	임고면	2.8025	109	경기도	평택시	청북읍	1.4912
50	경상남도	통영시	도산면	2.6948	110	경기도	양주시	백석읍	1.4738
51	경상남도	통영시	광도면	2.6430	111	경기도	양주시	백석읍	1.4738
52	경기도	안성시	삼죽면	2.6394	112	경기도	동두천시	상패동	1.4558
53	경상북도	영천시	오미동	2.6105	113	경상남도	하동군	금남면	1.4522
54	경기도	김포시	양촌읍	2.5699	114	경기도	안성시	서운면	1.4184
55	제주특별자치도	제주시	한경면	2.5619	115	경기도	안성시	양성면	1.4117
56	전라남도	무안군	일로읍	2.5512	116	경상북도	김천시	감천면	1.4018
57	경기도	김포시	통진읍	2.5186	117	경기도	고양시	풍동	1.3965
58	경상북도	김천시	신음동	2.4471	118	강원도	양양군	강현면	1.3931
59	충청북도	청주시 흥덕구	신촌동	2.3868	119	경기도	화성시	향남읍	1.3927
60	경상북도	경산시	진량읍	2.3579	120	전라북도	정읍시	북면	1.3629

- 중점방역관리지구에 선정된 읍면동에 대해 본 모델에서 분석된 위험도를 평가한 결과(그림 89, 그림 90), 야생조류 매개, 가축전염병 발생 및 가금농가 밀집도 등 다양한 변수가 반영된 19년과 20년 중점방역관리지구의 읍면동은 모델에서 상대적으로 위험도가 낮은 지역들로 나타남. 이는 본 모델에 야생조류 사체 및 분변을 통한 HPAI 검출 사례라는 단일 변수를 활용함에 따라 야생조류 매개변수가 반영된 중점방역관리지구의 읍면동은 위험도가 높게 나타남
- 본 모델에서는 가축전염병 발생이나 가금농가 밀집도 등 다양한 변수가 활용되지 못한 한계가 있음. 따라서 다양한 변수를 활용하지 못한 본 모델의 한계를 극복하기 위한 추가 연구 필요성이 대두됨



<그림 89. 19년도 선정된 중점방역관리지구 위험도 평가>



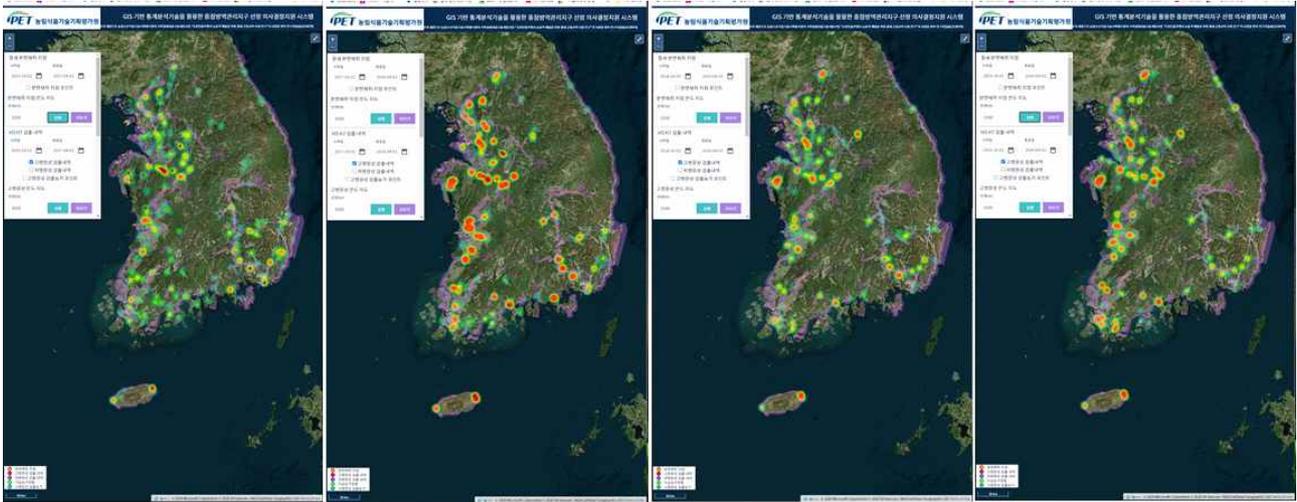
<그림 90. 20년도 선정된 중점방역관리지구 위험도 평가>

- 2018년 지정된 중점방역관리지구와 비교한 결과 상위 5% 고위험 읍면동은 93개가 중첩되었고 상위 10% 고위험 읍면동은 141개가 중첩됨
- 2020~21 시즌 야생조류 분변 등에서 HPAI가 검출된 61개소는 13개 시도, 33개 시군구, 41개 철새 도래지로 검출지의 좌표정보 및 세부 주소 정보를 확보하지 못하여 모델에서 검출된 고위험 읍면동과 대조를 하지 못함

- 2021년 1월 12일 현재 HPAI가 발생한 51개소의 농장의 읍면동 위치와 대조한 결과 중점방역 관리지구는 32 읍면동이 확인되었고 모델의 경우 19 읍면동이 확인됨
- 그러나 본 연구에서 개발된 모델은 철새에서 HPAI 검출 가능한 지역을 선정하는 것을 목표로 개발된 것으로 가금농장의 밀도와 축산차량 및 인원의 이동 등을 고려한 HPAI의 농장 유입 및 확산 예측을 목표로 하지 않아 현재 진행 중인 2020~21 발생 자료를 토대로 본 모델의 적합성 평가는 적절하지 않음
 - * 본 모델의 경우, 축산차량의 이동정보, 농장 밀도 등은 고려하지 않았음(다만, 읍면동별 농장 사육 여부를 가지고, 사육하지 않은 행정구역은 제외하였음)
- 또한 모델에 투입된 데이터(철새 이동 및 센서스 데이터, HPAI 검출된 야생조류 분변 채취지역의 대표성 등)에도 한계가 있어 특정 시기, 특정 아형에 대한 발생 자료를 가지고 본 모델의 적합성을 평가하는 것도 적절하지 않음
- 모델의 결과 산출된 고위험지역 496개소는 기존 중점방역관리지구 363개소 선정 시 사용한 기준, 방법과 달리, 조류 센서스 데이터, 야생조류 위치 추적데이터, 최신 국내 지리정보(토지 피복도) 등 제한적인 데이터를 기반으로 본 모델을 활용하여 선정한 지역이므로 향후 본 모델에 다양한 데이터를 활용한다면 중점방역관리지구 선정을 위한 과학적 기반을 마련할 수 있을 것으로 보임

(나) 시료채취 지역 및 항원검출 지역을 활용한 검토

- 농식품부의 의뢰로 가축위생방역지원본부, 환경과학원, 지방환경청의 **분변 등 시료 채취(2015~20년) 지역**의 좌표와 항원 검출결과 자료를 제공받아 지오코딩하고 지도상에 표출. 방역본부와 환경과학원의 분변 등 시료 채취지역을 도래지별로 확인
 - 가축위생방역지원본부의 경우 65개소에서 3,636개의 분변 등 시료를 채취
 - 환경과학원은 37개소에서 556개의 시료를 채취
 - 지방환경청의 시료 채취 자료는 통일성이 부족하여 코딩이 어려움)
 - 분변 등 시료 채취가 이루어진 도래지는 총 69개소였음(33개소 중첩)
- 연도별로 시료 채취 지점을 시각화하면 그림 91과 같음, 매년 유사한 지역을 대상으로 분변 등 시료 채취가 이루어지고 있음을 확인할 수 있음



2016~2017

2017~2018

2018~2019

2019~2020

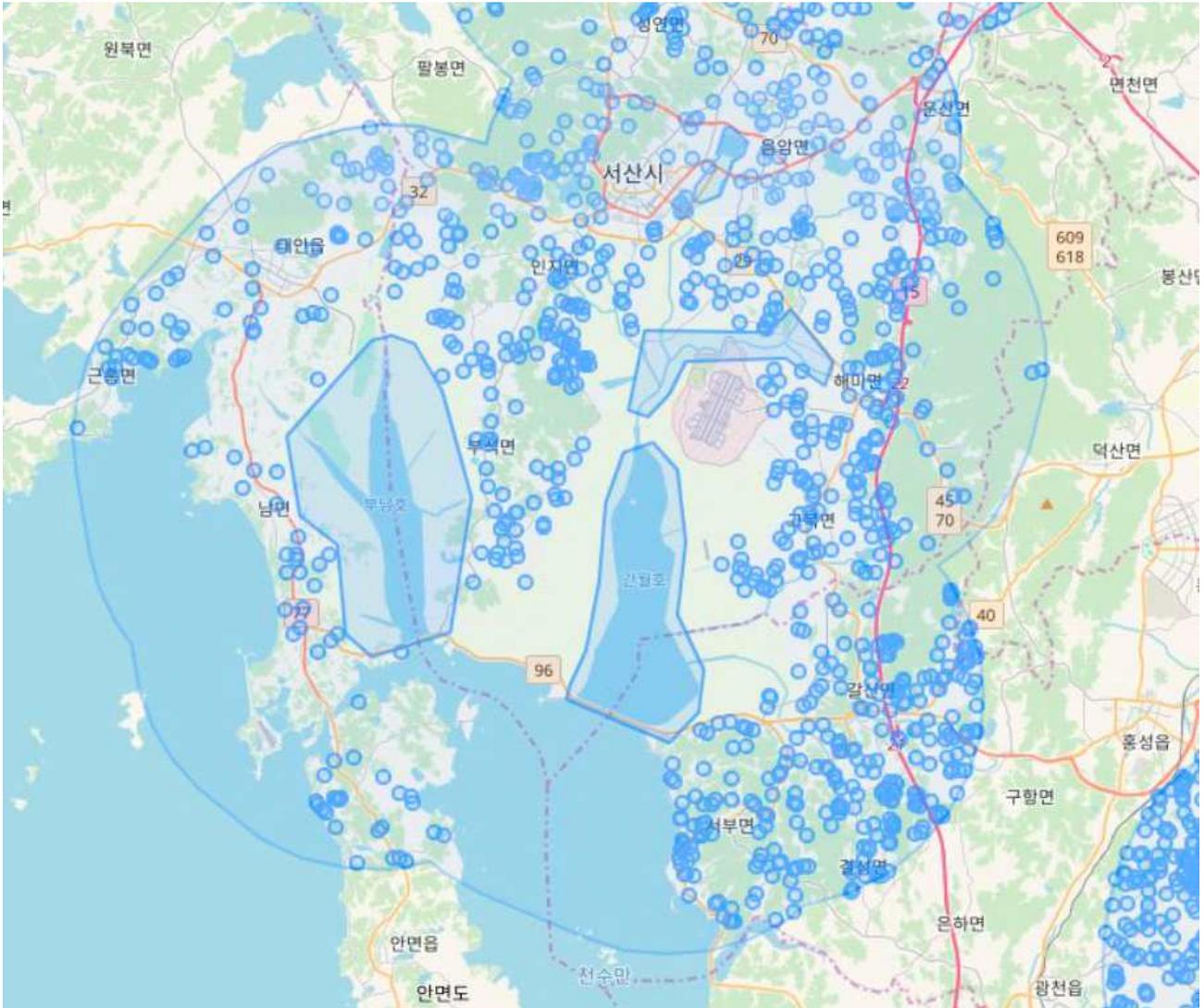
<그림 91. 연도별 분변 시료채취 시각화>

- 분변 등 시료 채취가 진행된 도래지 69개소를 내림차순으로 정리한 명단은 아래와 같음

<표 51. 시료채취가 진행된 도래지 69개소>

도래지	시료 갯수	도래지	시료 갯수	도래지	시료 갯수
해미천	374	함평 대동댐	84	양양 남대천	18
금강호	210	원주천	82	조류지	17
봉선저수지	188	구미 해평	80	시화호	16
봉강천	148	한강하구	73	황룡강	15
간월호	138	풍서천	69	영산강 상류	13
보강천	136	안양천	68	강릉 남대천	12
곡교천	119	안성천	61	진위천	12
감천	116	중랑천	61	팔당호	10
성산	115	임진강하구	60	남한강(양평-여주)	9
삼교호	114	사천만	47	우포	8
성산-행주	113	전주천	42	동판저수지	7
영암호	113	형산강_나정교- 강동교	42	지석천	7
주암호	111	낙동강하구	37	청미천	6
순천만	110	동진강	34	백곡지	5
미호천	109	부남호	30	남양만	4
무심천	103	황구지천	30	금호호	2
서호	98	동림저수지	29	낙동강_달성-남지	2
왕송저수지	95	강진만	28	산남저수지	2
철원	94	만덕 간척지	24	금강하구	1
용수저수지	92	목포	24	남양호	1
주남저수지	90	사내간척지	21	만경강	1
고천암호	88	탄천	20	우습제	1
병천천	84	공룡천 중류	18	탑정저수지	1

- AI H5·H7형 항원 검출 지역(96개 주요 철새 도래지)의 주변 10Km의 42,320 농가 (운영 및 휴업)의 명단을 추출하고 철새 도래지 96개소 주변 10Km 이내의 농가를 지도상에 표기한 결과는 그림 92, 93과 같음
- 도래지는 진한 실선의 내부 파란색, 10Km 버퍼는 얇은 실선의 외부 파란색, 농장은 진한 파란색 원으로 표시하여 제공



<그림 92. 원본 크기 도래지 주변 10Km 버퍼 내 농장 시각화>

- 도래지 주변 농장정보를 전국 규모에서 시각화하여 나타내면 다음과 같음



<그림 93. 96개 도래지, 10Km 버퍼, 및 농장 위치 시각화>

- 농식품부의 의뢰로 **주요 철새 도래지 59개소**의 철새 도래지 외곽 500m, 1km, 3km, 5km, 10km의 농가를 추출하기 위해 2020년 2월 21일 기준 농장정보를 활용하여 GIS 기능을 활용하여 가금농가의 명단을 추출하여 농식품부에 제공
- 2020년 기준 주요 철새 도래지 59개소 주변 반경 10km 이내 농가가 있는 읍면동은 1,207개로 **운영중인** 농가의 수는 14,035개소(9.96억수)로 확인. 반경 0.5km 이내의 농가 수는 947개소(7.8백만수), 반경 1km 이내의 농가 수는 423개소(2백만수), 반경 3km 이내의 농가 수는 1,953개소(15백만수)로 확인

<표 52. 주요 철새도래지(59개소)별 주변 가금농장 수>

도래지 명 /반경(m)	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
금강호	61	24	87	141	378	691
만경강	30	12	87	111	319	559
사천만	69	21	75	89	265	519
보강천	18	29	92	91	261	491
청미천	20	21	75	75	264	455
태화강	1	-	39	100	296	436
한강하구	117	17	43	67	184	428
원주천	38	22	89	84	182	415
동진강	29	16	56	79	212	392
진위천	50	25	60	67	178	380
시화호	15	11	51	78	215	370
백곡지	23	4	42	82	214	365
아산호	26	6	56	59	211	358
미호천	41	14	57	39	204	355
병천천	58	15	65	59	151	348
섬강	44	19	35	54	194	346
순천만	31	14	50	67	183	345
무심천	4	11	29	45	207	296
안양천	3	2	24	81	184	294
양산천	10	9	33	67	173	292
전주천	3	5	38	39	202	287
황구지천	20	8	43	45	149	265
동립저수지	11	6	26	48	172	263
곡교천	14	5	41	31	165	256
남양호	29	14	51	48	112	254
강진만	30	12	37	59	110	248
안성천	6	7	37	48	149	247
화포천	-	-	28	40	179	247
주남저수지	11	5	31	51	146	244
산남저수지	6	4	17	45	162	234
동판저수지	8	7	25	43	144	227
우습제	5	6	39	42	132	224
사지포	-	5	36	33	140	214
지석천	8	3	28	23	151	213
고막원천	1	4	47	47	108	207
팔당호	13	7	32	33	118	203
황룡강	3	1	26	32	114	176
만덕간척지	1	3	15	58	93	170
서호	1	-	14	26	116	157
영암호	24	8	24	13	73	142
봉강천	12	3	28	29	63	135
장척저수지	-	2	16	35	79	132
삼교호	11	5	12	17	72	117
풍서천	21	4	27	15	47	114
사내간척지	4	-	24	6	72	106
조류지	4	1	10	13	78	106
문산천	-	-	11	20	75	106
상패천	1	2	13	25	65	106
한탄강		1	7	22	61	91

도래지 명 /반경(m)	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
경안천	-	-	8	7	63	78
금호호	9	3	9	16	34	71
탄천	-	-	2	6	49	57
봉선저수지	-	-	-	-	50	50
송정저수지	-	-	-	-	50	50
중량천	-	-	1	14	13	28
토교저수지	-	-	3	4	16	23
용수저수지	3	-	-	2	17	22
신대저수지	-	-	1	2	18	21
산수저수지	-	-	1	2	6	9
총합계	947	423	1,953	2,574	8,138	14,035

<표 53. 품종별 주요 철새 도래지(59개소) 주변 가금농장 수>

품종/반경(m)	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
토종닭	736	340	1,474	1,999	6,278	10,827
육계	38	20	67	96	308	529
육용오리	26	8	72	83	280	469
산란계	29	16	74	88	253	460
거위	29	7	73	79	272	460
관상조	27	8	49	60	190	334
기러기	21	8	39	46	177	291
칠면조	15	10	34	46	168	273
중계	7	4	36	19	73	139
평	6	1	5	21	45	78
종오리	-	-	2	13	17	32
산란중추	4	-	5	7	16	32
백세미	2	-	5	3	21	31
메추리	4	-	8	6	13	31
야생오리	1	-	3	4	15	23
타조	2	1	5	2	9	19
산란오리	-	-	2	2	3	7
총합계	947	423	1,953	2,574	8,138	14,035

<표 54. 품종별 주요 철새 도래지(59개소) 주변 가금농장 사육두수>

품종/반경(m)	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
육계	3,167,900	1,140,800	5,391,500	8,329,709	19,670,947	37,700,856
산란계	2,731,200	678,150	5,388,800	8,738,450	19,446,150	36,982,750
메추리	645,000		740,012	1,710,000	2,630,000	5,725,012
토종닭	286,447	84,338	881,770	985,316	3,312,606	5,550,477
중계	342,000	84,500	1,197,000	645,300	2,474,000	4,742,800
산란중추	321,000	-	424,000	613,000	2,054,000	3,412,000
육용오리	235,465	26,055	702,606	652,010	1,639,672	3,255,808
백세미	100,020	-	265,017	304,000	1,004,448	1,673,485
종오리	-	-	9,500	128,500	160,001	298,001
평	25	8	20,024	59,061	48,810	127,928
관상조	2,322	771	10,937	11,355	21,433	46,818

산란오리	-	-	9,500	20	11,000	20,520
기러기	146	34	617	2,333	11,040	14,170
칠면조	79	66	236	1,421	965	2,767
거위	172	26	402	315	1,448	2,363
타조	3	2	225	35	68	333
야생오리	-	-	30	93	120	243
총합계	7,831,779	2,014,750	15,042,176	22,180,918	52,486,708	99,556,331

- 1,000수 이상 사육이 되고 있어 운영 중인 가금농장을 대상으로 59개 도래지 주변 10Km 이내의 농가를 추출한 결과 254개의 읍면동에 1,549개소의 농가가 추출

<표 55. 시도별 59개 도래지 주변 1천수 이상 사육 가금농장 사육두수>

시도	읍면동	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
합계	254	97	40	249	301	862	1,549
경기	81	38	20	90	98	197	443
충남	20	26	5	42	39	155	267
전남	43	8	6	52	50	137	253
전북	41	14	6	27	43	159	249
충북	24	10	1	17	39	105	172
경남	23	1	2	11	19	56	89
강원	10	-	-	7	11	36	54
광주	6	-	-	3	1	8	12
제주	3	-	-	-	-	7	7
인천	1	-	-	-	-	1	1
부산	1	-	-	-	-	1	1
울산	1	-	-	-	1	-	1

- 1,000수 이상 사육이 되고 있어 운영 중인 가금농장을 대상으로 도래지 56개소의 주변 농가의 수는 다음과 같음

<표 56. 주요 철새 도래지(56개소)별 주변 1,000수 이상 사육 가금농장 수>

도래지 명/ 반경(m)	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
아산호	6	2	9	9	55	81
진위천	12	3	14	7	38	74
우습제	1	-	18	14	38	71
금강호	-	1	7	15	46	69
청미천	2	3	20	14	28	67
안성천	-	1	5	11	44	61
곡교천	2	1	6	7	44	60
남양호	3	6	17	13	21	60
백곡지	-	-	1	15	43	59
동림저수지	-	-	10	11	37	58
병천천	5	-	10	16	20	51
동진강	13	5	4	8	19	49
한강하구	15	-	5	13	15	48
보강천	5	1	7	15	15	43

도래지 명/ 반경(m)	> 500	500~1,000	1,000~3,000	3,000~5,000	5,000~10,000	총합계
만경강	1	-	4	4	33	42
황구지천	2	4	13	10	12	41
봉강천	9	1	9	10	9	38
풍서천	10	2	14	3	8	37
한탄강	-	1	4	9	21	35
지석천	1	1	12	3	16	33
사지포	-	-	6	7	19	32
고막원천	-	1	4	10	17	32
강진만	-	-	4	9	15	28
미호천	3	-	1	2	21	27
상패천	-	-	8	10	9	27
황룡강	-	-	3	1	20	24
조류지	-	-	2	5	17	24
삼교호	-	-	1	2	20	23
영암호	2	3	6	-	10	21
원주천	-	-	3	6	12	21
무심천	-	-	1	-	18	19
양산천	-	-	1	5	13	19
만덕간척지	-	-	1	5	12	18
문산천	-	-	3	3	10	16
섬강	-	-	2	4	10	16
장척저수지	-	-	-	5	11	16
사내간척지	-	-	5	3	7	15
금호호	3	1	2	3	4	13
경안천	-	-	2	-	7	9
순천만	1	-	-	2	5	8
화포천	-	-	2	-	5	7
시화호	-	1	-	2	4	7
용수저수지	-	-	-	-	7	7
팔당호	-	-	1	2	4	7
사천만	-	1	1	-	4	6
토교저수지	-	-	-	4	2	6
전주천	-	-	-	-	5	5
산남저수지	-	1	-	-	3	4
동판저수지	-	-	1	1	1	3
주남저수지	1	-	-	1	1	3
서호	-	-	-	-	3	3
산수저수지	-	-	-	1	1	2
봉선저수지	-	-	-	-	1	1
송정저수지	-	-	-	-	1	1
태화강	-	-	-	1	-	1
안양천	-	-	-	-	1	1

나. 철새 도래지 야생분포 예찰 조사 ('20.2.7, 정읍, 김제)

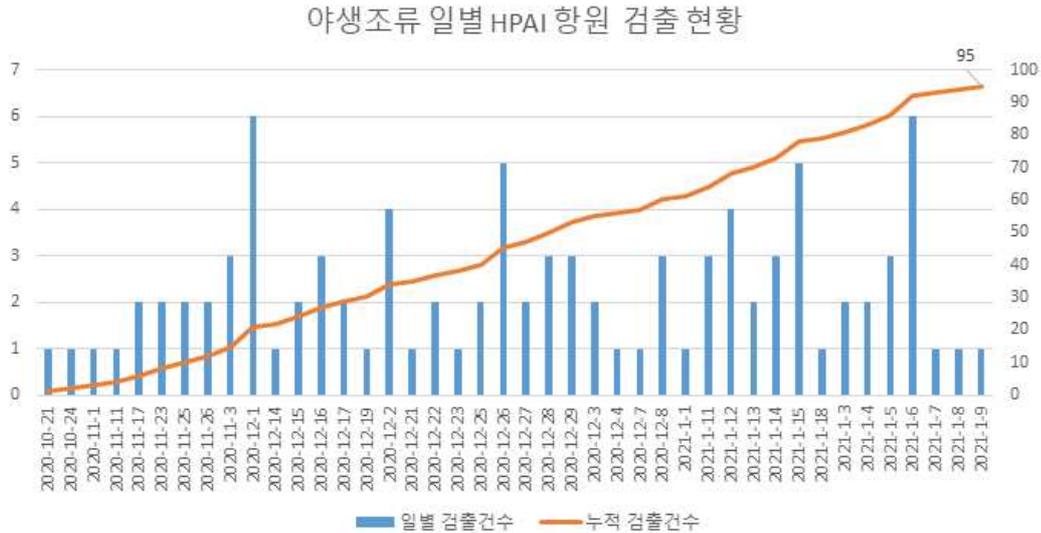
(1) 흰뺨검둥오리 서식 실태 조사 등



<그림 94. 흰뺨검둥오리 서식 실태 조사 사진>

다. 야생조류 HPAI 항원 검출현황(' 21.1.29일 기준)

- '20 ~ '21 야생조류 HPAI 항원 검출현황은 표 57과 같음. 21년 1월 29일 현재 95건의 HPAI 항원이 야생조류에서 검출되었음



<그림 95. 야생조류 일별 HPAI 항원 검출 현황(' 20~ '21)>

<표 57. '20 ~ '21 야생조류 HPAI 항원 검출현황>

연번	시군구	도래지	세부 주소 위경도 좌표	시료 채취일	최종 검사		시료	종 구분
					결과	확진일		
95	창녕	장척저수지	경남 창녕군 도천면 도천리 1212, 장척저수지(영산천) 위도 35° 25' 42.7830" N, 경도 128° 30' 55.3242" E	1.18	H5N8 (HPAI)	1.23	분변	
94	청주	무심천	충북 청주시 흥덕구 문암동 3 36.674254 N, 127.454061 E	1.12	H5N8 (HPAI)	1.21	분변	
93	정읍	정읍천	전북 정읍시 정우면 산북리 1146-7 35.672797 N, 126.861503 E	1.12	H5N8 (HPAI)	1.19	포획	청둥오리
92	평택	황구지천	경기 평택시 서탄면 내천리 661-143 37.126986 N, 127.002454 E	1.13	H5N8 (HPAI)	1.19	분변	
91	오산	오산천	경기 오산시 누읍동 1 37.137117 N, 127.061879 E	1.14	H5N8 (HPAI)	1.19	폐사체	대백로
90	평택	오산천 (구간)	경기 평택시 서탄면 사리 514-2 37.115278 N, 127.051278 경기 평택시 진위면 하북리 548-3 37.104944 N, 127.049639 E	1.15	H5N8 (HPAI)	1.21	폐사체	흰뺨검둥오리
89	대구	가남저수지	대구시 동구 괴전동 246 35.870556 N, 128.737778 E	1.15	H5N8 (HPAI)	1.21	폐사체	큰고니
88	춘천	학곡천	강원 춘천시 동내면 사암리 743 37.836194 N, 127.768750 E	1.15	H5N8 (HPAI)	1.21	폐사체	흰뺨검둥오리
87	원주	원주천	강원 원주시 호저면 주산리 1328-1 37.402985 N, 127.930330 E 37.405775 N, 127.929173 E 37.402999 N, 127.930609 E	1.15	H5N8 (HPAI)	1.21	폐사체	중대백로 3수
86	고양	대장천	경기 고양시 덕양구 대장동 549-12 37.632920 N, 126.817540 E	1.14	H5N8 (HPAI)	1.21	폐사체	백로
85	포천	포천천	경기 포천시 가산면 방축리 585-1 37.846486 N, 127.164792 E	1.15	H5N8 (HPAI)	1.21	폐사체	쇠기러기
84	대구	진천천	대구시 달성군 화원읍 구라리 1392-2 35.817667 N, 128.500776	1.11	H5N8 (HPAI)	1.19	분변	

연번	시군구	도래지	세부 주소 위경도 좌표	시료 채취일	최종 검사		시료	종 구분
					결과	확진일		
83	서울	양재천	서울시 서초구 우면동 143 위도 37° 28' 6.63" N, 경도 127° 1' 45.97" E	1.14	H5N8 (HPAI)	1.19	분변	
82	서산	덕송리	충남 서산시 팔봉면 덕송리 191-7 36.820058 N, 126.346238 E	1.13	H5N8 (HPAI)	1.19	폐사체	큰기러기
81	춘천	북한강	강원도 춘천시 사능동 61-1 37.905363 N, 127.721111 E	1.12	H5N8 (HPAI)	1.19	폐사체	왜가리
80	제주	하도리	제주 제주시 구좌읍 하도리 970-10 위도 33° 30' 19.22" N, 경도 126° 53' 31.18" E	1.11	H5N8(HP) H7N3(LP)	1.18	분변	
79	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 금산리 215, 주남저수지 35.343146N, 128.671571 E	1.12	H5N8 (HPAI)	1.18	폐사체	큰고니
78	화성	주곡리	경기 화성시 우정읍 주곡리 161-241 37.135732 N, 126.799249 E	1.6	H5N8 (HPAI)	1.14	폐사체	쇠기러기
77	부산	을숙도	부산 사하구 하단동 1213, 을숙도 35.091825 N, 128.935419 E	1.7.	H5N8 (HPAI)	1.14	분변	
76	거창	동천	경남 거창군 거창읍 가지리 1700 35.695100 N, 127.911400 E	1.11	H5N8 (HPAI)	1.19	폐사체	왜가리
75	부여	금천	충남 부여군 홍산면 좌흥리 349-16, 금천 36.208289 N, 126.780419 E	1.6	H5N8 (HPAI)	1.13	포획	흰뺨검둥오리2 청둥오리1
74	충주	달천	충북 충주시 용두동 461-13, 달천 36.974028 N, 127.887578 E	1.6	H5N8 (HPAI)	1.13	폐사체	큰고니
73	제주	오조리	제주 서귀포시 성산읍 오조리 57-30 33.451139 N, 126.921556 E	1.5	H5N8 (HPAI)	1.13	폐사체	알락오리
72	고양	장항습지	경기 고양시 일산동구 장항동 516 37.6380000 N, 126.757010 E	1.6	H5N8 (HPAI)	1.13	폐사체	쇠기러기
71	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 대산면 기술리 562 35.615411 N, 128.677847 E	1.10	H5N8 (HPAI)	1.18	폐사체	큰고니
70	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 월잠리 318 35.310375 N, 128.672492 E	1.8	H5N8 (HPAI)	1.18	폐사체	큰고니
69	구미	지산샛강	경북 구미시 지산동 812-5 36.132742 N, 128.355041 E	1.9	H5N8 (HPAI)	1.18	폐사체	왜가리
68	오산	오산천	경기 오산시 누읍동 1 37.138898 N, 127.062181 E	1.6	H5N8 (HPAI)	1.12	폐사체	대백로
67	원주	원주천	강원 원주시 호저면 주산리 1328-1 37.399989 N, 127.932836 E	1.5	H5N8 (HPAI)	1.13	분변	
66	포천	포천천	경기 포천시 군내면 유교리 1047 위도 37° 52' 43.22" N, 경도 127° 11' 35.26" E	1.6	H5N8 (HPAI)	1.13	분변	
65	구미	지산 샛강	경북 구미시 지산동 847-72 36.137722 N, 128.351806 E	1.5	H5N8 (HPAI)	1.13	폐사체	큰고니
64	고양	오금천	경기 고양시 오금동 693 37.662330 N, 126.896220 E	1.4	H5N8 (HPAI)	1.12	폐사체	쇠기러기
63	고양	벽제천	경기 고양시 덕양구 대저동 376-2 37.682840 N, 126.892410 E	1.4	H5N8 (HPAI)	1.12	폐사체	큰기러기
62	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 금산리 4-8 35.333914 N, 128.672375 E	1.3	H5N8 (HPAI)	1.9	폐사체	큰기러기
61	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 화양리 130 35.304371 N, 128.662018 E	1.3	H5N8 (HPAI)	1.12	폐사체	큰고니
60	대구	성산리	대구시 달성군 화원읍 구리리 산95-2 위도 35° 48' 50.9" N, 경도 128° 29' 06.5" E	12.29	H5N8 (HPAI)	1.6	폐사체	수리부엉이
59	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 월잠리 307-10, 주남저수지 위도 35° 18' 30.63" N, 경도 128° 40' 49.57" E	12.28	H5N8 (HPAI)	1.6	분변	
58	노원	중랑천	서울시 노원구 공릉동 703-4 37.618260 N, 127.070596 E	12.28	H5N8 (HPAI)	1.5	폐사체	대백로
57	노원	중랑천	서울시 노원구 공릉동 685-4 37.616322 N, 127.071136 E	12.27	H5N8 (HPAI)	1.5	폐사체	대백로
56	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 금산리 79-12, 주남저수지 35.327949 N, 128.670244 E	12.29	H5N8 (HPAI)	1.5	폐사체	큰고니

연번	시군구	도래지	세부 주소 위경도 좌표	시료 채취일	최종 검사		시료	종 구분
					결과	확진일		
55	부산	강서구	부산시 강서구 녹산동 8-3 35.120815 N, 128.896506 E	12.29	H5N8 (HPAI)	1.5	폐사체	큰고니
54	용인	경안천	경기 용인시 처인구 포곡읍 유운리 10 위도 37° 18' 05.3" N, 경도 127° 13' 49.9" E	12.22	H5N8 (HPAI)	1.2	분변	
53	구례	섬진강	전남 구례군 토지면 금내리 971-1, 섬진강 인근 위도 35° 11' 10.56" N, 경도 127° 31' 23.36" E	12.28	H5N8 (HPAI)	1.5	폐사체	대백로
52	인천	영종도	인천광역시 중구 운서동 911-3, 영종도 37.481549 N, 126.501104 E	12.27	H5N8 (HPAI)	1.1	폐사체	큰기러기
51	서울	우이천	서울특별시 도봉구 창동 516-2, 우이천 인근 37.633800 N, 127.038540 E	12.26	H5N8 (HPAI)	1.5	폐사체	중대백로
50	구례	섬진강	전남 구례군 구례읍 원방리 511, 섬진강 인근 위도 35° 10' 55.17" N, 경도 127° 27' 41.93" E	12.26	H5N8 (HPAI)	1.1	폐사체	왜가리
49	순천	순천만	전남 순천시 별량면 학산리 514-31, 순천만 34.861447 N, 127.498099 E	12.26	H5N8 (HPAI)	1.1	폐사체	큰기러리
48	순천	순천만	전남 순천시 안평동 1176, 순천만 34.873580 N, 127.507865 E	12.26	H5N8 (HPAI)	1.4	폐사체	흑두루미
47	충주	달천	충북 충주시 봉방동 775-169, 달천 인근 위도 36° 58' 40.3896" N, 경도 127° 53' 29.868" E	12.26	H5N8 (HPAI)	1.4	폐사체	큰고니
46	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 월잠리 305, 주남저수지 35.311623 N, 128.676238 E	12.25	H5N8 (HPAI)	12.29	폐사체	큰고니
45	고양	대장동	경기 고양시 덕양구 대장동 549-7, 대장천 36.636650 N, 126.822250 E	12.25	H5N8 (HPAI)	12.30	폐사체	왜가리
44	옥천	지양리	충북 옥천군 동이면 지양리 420 36.315093 N, 127.634322 E	12.23	H5N8 (HPAI)	12.29	폐사체	큰고니
43	부산	을숙도	부산광역시 사하구 하단동 1213, 을숙도 위도 35° 05' 30.57" N, 경도 128° 56' 07.51" E	12.22	H5N8 (HPAI)	1.4	분변	
42	평택	용이동	경기 평택시 용이동 661, 비전지웰테라스 인근 위도 36° 59' 45.3" N, 경도 127° 07' 39.9" E	12.21	H5N8 (HPAI)	12.26	폐사체	흰뺨검둥오리
41	서산	잠홍 저수지	충남 서산시 음암면 상홍리 627, 잠홍저수지 36.795423 N, 126.494807 E	12.20	H5N8 (HPAI)	12.26	폐사체	큰고니
40	제주	하도리	제주 제주시 구좌읍 하도리 970-13, 하도리 위도 33° 30' 20.72" N, 경도 126° 53' 31.98" E	12.16	H5N8 (HPAI)	12.23	분변	
39	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 금산리 660, 주남저수지 35.324597 N, 128.671036 E	12.20	H5N8 (HPAI)	12.26	폐사체	큰고니
38	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 석산리 1, 주남저수지 35.312644 N, 128.673330 E	12.19	H5N8 (HPAI)	12.26	폐사체	큰고니
37	순천	해룡천	전남 순천시 해룡면 대안리 1133, 해룡천 34.907961 N, 127.516847 E	12.20	H5N8 (HPAI)	12.26	폐사체	노랑부리저어 새
36	부여	용당리	충남 부여군 구룡면 용당리 521-1 36.230639 N, 126.824861 E	12.17	H5N8 (HPAI)	12.23	포획	댕기흰죽지
35	화성	황구 지천	경기 화성시 황계동 51-20 위도 37° 13' 13.94" N, 경도 127° 01' 14.97" E	12.15	H5N8 (HPAI)	12.21	포획	흰뺨검둥오리
34	부산	을숙도	부산광역시 사하구 하단동 1213 35.091111 N, 128.938611 E	12.16	H5N8 (HPAI)	12.22	포획	고방오리
33	구미	지산 셋강	경북 구미시 지산동 847-82 36.129656 N, 128.363712 E	12.17	H5N8 (HPAI)	12.22	폐사체	큰고니
32	여수	화동로	전남 여수시 화양면 화동로 102-5 34.686300N, 127.590411E	12.16	H5N8 (HPAI)	12.21	폐사체	쇠기러기
31	김해	좌곤리	경남 김해시 진영읍 좌곤리 518-1 35.297534 N, 128.708433 E	12.15	H5N8 (HPAI)	12.20	폐사체	큰기러기
30	청주	미호천	충북 청주시 흥덕구 옥산면 가락리 937, 미호천 위도 36° 40' 19.5996" N, 경도 127° 23' 38.8206" E	12.14	H5N8 (HPAI)	12.21	분변	
29	양양	남대천	강원 양양 양양읍 율리 553 위도 38° 4' 19.4" N, 경도 128° 37' 34.43" E	12.10	H5N8 (HPAI)	12.15	분변	

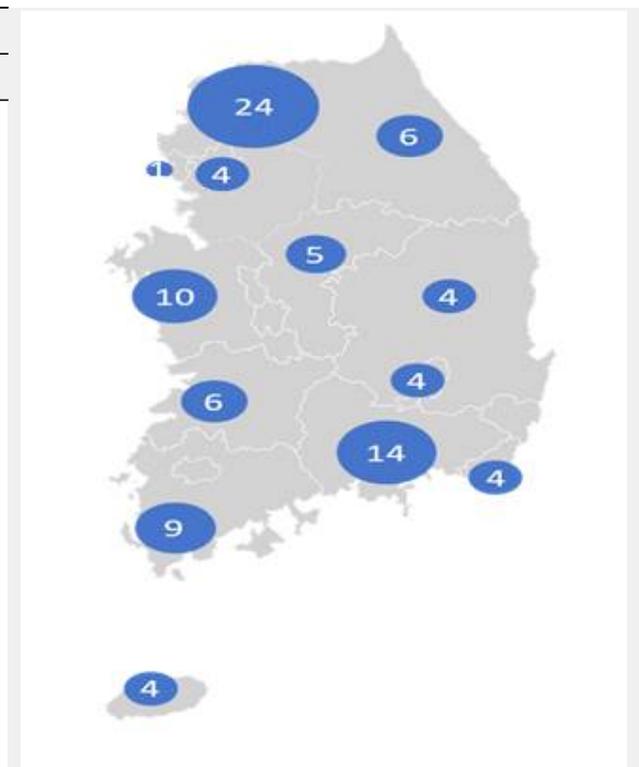
연번	시군구	도래지	세부 주소 위경도 좌표	시료 채취일	최종 검사		시료	종 구분
					결과	확진일		
28	안성	안성천	경기 안성시 도기동 151-2, 안성천 37.002487N, 127.263104E	12.8	H5N8 (HPAI) H5N9 (LPAI)	12.14 12.14	분변	
27	서천	금강호	충남 서천군 마서면 도삼리 169-1, 금강호 36.024283N, 126.735647E	12.7	H5N8 (HPAI) H5N1 (LPAI)	12.14 12.14	분변	
26	대구	금호강	대구광역시 동구 대림동 502-12, 금호강(안심습지) 35.864057 N, 128.748561 E	12.10	H5N8 (HPAI)	12.15	폐사체	혹고니
25	서산	도당천	충남 서산시 양대동 936 36.709003N, 126.458162E	12.8	H5N8 (HPAI)	12.12	폐사체	큰고니
24	담양	담양 습지	전남 담양군 대전면 태목리 157-14, 담양습지 35.257447N, 126.901619E	12.8	H5N8 (HPAI)	12.13	분변	
23	창원	주남 저수지	경남 창원시 의창구 동읍 월잠리 305 35.312429 N, 128.677055E	12.4	H5N8 (HPAI)	12.9	폐사체	큰고니
22	이천	복하천	경기 이천시 마장면 각평리 551 37.23725833 N, 127.3735528 E	12.3	H5N8 (HPAI)	12.8	포획	흰뺨검둥오리
21	서천	덕암 저수지	충남 서천군 마서면 덕암리 722 36.038510N, 126.717862E	12.3	H5N8 (HPAI)	12.8	폐사체	흰뺨검둥오리
20	경주	형산강	경북 경주시 천북면 오아리 1169 위도 35° 55' 51.1134" N, 경도 129° 14' 22.8906" E	12.2	H5N8 (HPAI)	12.7	분변	
19	순천	순천만	전남 순천시 흥내동 228 위도 34° 55' 5.0304" N, 경도 127° 31' 7.7448" E	12.1	H5N8 (HPAI)	12.8	분변	
18	오산	황구지천	경기 오산시 양산동 649-90 위도 37° 11' 38.60" N, 경도 127° 00' 45.41" E	12.1	H5N8 (HPAI)	12.7	포획	흰뺨검둥오리
17	함평	고막원천	전남 함평군 해보면 대창리 94 위도 35° 09' 19.58" N, 경도 126° 36' 56.22" E	12.1	H5N8 (HPAI)	12.7	포획	원앙
16	논산	노성천	충남 논산시 상월면 산성리 362-1 위도 36° 17' 28.85" N, 경도 127° 08' 46.52" E 충남 논산시 상월면 산성리 6-1 위도 36° 17' 35.77" N, 경도 127° 08' 44.68" E	12.1	H5N8 (HPAI)	12.7	포획	원앙
15	고창	주진천	전북 고창군 아산면 반암리 1624 위도 35° 29' 59" N, 경도 126° 36' 15" E	11.30	H5N8 (HPAI)	12.4	분변	
14	정읍	정읍천	정읍시 망제동 57, (35° 36' 13" N, 경도 126° 50' 31" E) 정읍시 영파동 506, (35° 36' 32" N, 경도 126° 50' 56" E) 정읍시 신태인읍 신용리 1331, (35° 40' 38" N, 경도 126° 51' 52" E)	11.30	H5N8 (HPAI)	12.4	분변	
13	부안	조류지	전북 부안군 행안면 삼간리 701 위도 35° 44' 0" N, 경도 126° 40' 36" E	11.23	H5N8 (HPAI)	12.2	분변	
12	정읍	동진강	전북 정읍시 신태인읍 신용리 1412 위도 35° 41' 03.23" N, 경도 126° 51' 44.94" E	11.26	H5N8 (HPAI)	12.1	포획	원앙 흰뺨검둥오리
11	안성	안성천	경기 안성시 공도읍 웅교리 606 위도 36° 58' 41.24" N, 경도 127° 11' 23.75" E	11.26	H5N8 (HPAI)	12.1	포획	흰뺨검둥오리
10	양양	남대천	강원 양양군 양양읍 조산리 7 위도 38° 6' 23.10" N, 경도 128° 38' 31.83" E	11.23	H5N8 (HPAI)	11.28	분변	야생오리류
9	부안	동진강	전북 부안군 백산면 대수리 662 위도 35° 41' 45.35" N, 경도 126° 50' 26.42" E	11.25	H5N8 (HPAI)	11.30	포획	원앙
8	용인	청미천	경기 용인시 처인구 백암면 옥산리 572-1 위도 37° 06' 59.88" N, 경도 127° 24' 21.33" E	11.25	H5N8 (HPAI)	11.30	포획	청둥오리
7	용인	청미천	경기도 용인시 처인구 백암면 근삼리 1033 위도 37° 07' 57" N, 경도 127° 23' 04" E	11.17	H5N8 (HPAI)	11.25	분변	야생오리류
6	제주	하도리	제주 제주시 구좌읍 하도리 970-12 위도 33° 30' 20.93" N, 경도 126° 53' 30.47" E	11.17	H5N8 (HPAI)	11.22	분변	야생오리류
5	이천	복하천	경기 이천시 호법면 후안리 157-1 위도 37° 13' 22" N, 경도 127° 25' 50" E	11.11	H5N8 (HPAI)	11.19	분변	원앙

연번	시군구	도래지	세부 주소 위경도 좌표	시료 채취일	최종 검사		시료	종 구분
					결과	확진일		
4	이천	북하천	경기 이천시 호법면 유산리 위도 37° 13' 52" N, 경도 127° 26' 20" E	11.10	H5N8 (HPAI)	11.14	포획	원양
3	천안	병천천	충남 천안시 병천면 가전리 634 위도 36° 45' 23.98" N, 경도 127° 16' 01.74" E	11.3	H5N8 (HPAI)	11.10	포획	흰뺨검둥오리
2	용인	청미천	경기도 용인시 처인구 백암면 옥산리 1232 37.119166N, 127.400277E	10.24	H5N8 (HPAI)	10.28	분변	원양
1	천안	봉강천	충남 천안 동서면 용정리 940-23 위도 36° 45' 06.54" N, 경도 127° 06' 39.72" E	10.21	H5N8 (HPAI)	10.25	분변	원양

- '20 ~ '21 야생조류 고병원성 AI 항원 월별, 시도별 검출현황은 표 58과 같음. 20년 10월 경기, 충남(2개 시도); 11월 경기, 충남, 강원, 전북, 제주(5개 시도); 12월 경기, 충남, 강원, 전북, 제주, 경남, 전남, 충북, 경북, 대구(11개 시도); 21년 1월, 13개 시도에서 고병원성 AI 항원이 검출되고 있음

<표 58. '20 ~ '21 월별, 시도별 야생조류 HPAI 항원 검출현황>

시도	10월	11월	12월	1월	총합계
총합계	2	8	35	50	95
경기	1	4	7	12	24
충남	1	1	6	2	10
강원		1	1	4	6
전북		1	4	1	6
제주		1	1	2	4
경남			5	9	14
전남			5	4	9
충북			2	3	5
경북			2	2	4
대구			1	3	4
부산			1	3	4
서울				4	4
인천				1	1



<그림 96. 시도별 HPAI 야생조류검출 현황>

- '20 ~ '21 야생조류 고병원성 AI 항원 월별, 도래지별 검출현황은 62개 도래지에서 95건의 HPAI 항원이 야생조류에서 검출되었고(21년 1월 29일 현재) 그 세부 현황은 표 59와 같음. 20년 10월 청미천, 봉강천 2개 도래지 2건; 11월 6개 도래지 8건, ; 12월 30개 도래지, 35건; 21년 1월 37개 도래지 50건의 고병원성 AI 항원이 야생조류에서 검출되고 있음. 주남저수지에서 1월 29일 현재 11건으로 가장 많이 검출됨

<표 59. '20 ~ '21 월별, 도래지별 야생조류 HPAI 항원 검출현황>

도래지	10월	11월	12월	1월	총합계
총 검출 건수	2	8	35	50	95
총 도래지 건수	2	6	30	37	62
청미천	1	2			3
봉강천	1				1
하도리		1	1	1	3
북하천		2	1		3
남대천		1	1		2
동진강		1	1		2
병천천		1			1
지산 샛강			1	1	2
주남저수지			4	6	10
을속도			1	2	3
순천만			1	2	3
황구지천			2	1	3
대장천			1	1	2
정읍천			1	1	2
안성천			2		2
지양리			1		1
조류지			1		1
화동로			1		1
주진천			1		1
미호천			1		1
금호강			1		1
노성천			1		1
해룡천			1		1
고막원천			1		1
도당천			1		1
좌곤리			1		1
금강호			1		1
용당리			1		1
용이동			1		1
형산강			1		1
담양습지			1		1
잠흥저수지			1		1
덕암저수지			1		1
포천천				2	2
중랑천				2	2
원주천				2	2
섬진강				2	2
달천				2	2
오산천				2	2
금천				1	1
북한강				1	1
주곡리				1	1
상산리				1	1
지산 샛강				1	1
강서구				1	1
동천				1	1
양재천				1	1
주남				1	1
저수지				1	1
영종도				1	1
오금천				1	1
가남저수지				1	1
덕송리				1	1

도래지	10월	11월	12월	1월	총합계
오산천(구간)				1	1
오조리				1	1
진천천				1	1
무심천				1	1
우이천				1	1
학곡천				1	1
경안천				1	1
벽제천				1	1
장척저수지				1	1
장항습지				1	1

- '20 ~ '21 야생조류 고병원성 AI 항원 시도별, 시군구별, 도래지별 검출현황은 표 60과 같음. 13개 시도, 40개 시군, 52개 도래지에서 95건이 검출되었음.

<표 60. '20 ~ '21 월별, 시군구별 도래지별 야생조류 HPAI 항원 검출현황>

시도	시군구	도래지	10월	11월	12월	1월	총합계
		총합계	2	8	35	50	95
		소계	1	4	7	12	24
경기(8)	고양	대장천			1	1	2
		오금천				1	1
		장항습지				1	1
		벽제천				1	1
	안성	안성천			2		2
		오산	오산천				2
	용인	황구지천			1		1
		청미천	1	2			3
		경안천				1	1
	이천	북하천		2	1		3
		평택	오산천(구간)				1
			황구지천				1
	포천	용이동			1		1
		포천천				2	2
화성		황구지천			1		1
	주곡리				1	1	
		소계			5	9	14
경남(4)	거창	동천				1	1
	김해	좌곶리			1		1
	창녕	장척저수지				1	1
	창원	주남저수지			4	7	11
		소계	1	1	6	2	10
충남(5)	논산	노성천			1		1
		부여	용당리			1	1
	서산	금천				1	1
		덕송리				1	1
		잠흥저수지			1		1
	서천	도당천			1		1
		덕암저수지			1		1
	천안	금강호			1		1
봉강천		1				1	
		병천천		1		1	
전남(5)		소계			5	4	9

시도	시군구	도래지	10월	11월	12월	1월	총합계
	구례	섬진강				2	2
	담양	담양습지			1		1
	순천	순천만			1	2	3
		해룡천			1		1
	여수	화동로			1		1
	함평	고막원천			1		1
		소계		1	4	1	6
전북(3)	고창	주진천			1		1
	부안	조류지			1		1
		동진강		1			1
	정읍	정읍천			1	1	2
		동진강			1		1
		소계		1	1	4	6
강원(3)	양양	남대천		1	1		2
	원주	원주천				2	2
	춘천	학곡천				1	1
		북한강				1	1
		소계			2	3	5
충북(3)	옥천	지양리			1		1
	청주	미호천			1		1
		무심천				1	1
	충주	달천				2	2
		소계		1	1	2	4
제주(1)	제주	하도리		1	1	1	3
		오조리				1	1
		소계			2	2	4
경북(2)	경주	형산강			1		1
	구미	지산샛강			1	2	3
		소계			1	3	4
대구(1)	대구	진천천				1	1
		성산리				1	1
		가남저수지				1	1
		금호강			1		1
		소계			1	3	4
부산(1)	부산	을숙도			1	2	3
		강서구				1	1
		소계				4	4
서울(3)	노원	중랑천				2	2
	도봉	우이천				1	1
	서초	양재천				1	1
인천(1)	인천	영종도				1	1

- '20 ~ '21 야생조류 고병원성 AI 항원 월별, 조류종별 검출현황은 표 61과 같음.
19개 종에서 95건이 검출되었음. 큰고니, 흰뺨검둥오리, 원앙 순으로 검출이 되었음

<표 61. '20 ~ '21 월별, 조류종별 야생조류 HPAI 항원 검출현황>

조류종	10월	11월	12월	1월	총합계
총합계	50	2	8	35	95
불명	12			11	23
큰고니	10			8	18
흰뺨검둥오리	2		1	6	9
원앙		2	3	3	8

조류종	10월	11월	12월	1월	총합계
왜가리	4			1	5
대백로	5				5
큰기러기	4			1	5
쇠기러기	4			1	5
야생오리류			3		3
중대백로	2				2
청둥오리	1		1		2
고방오리				1	1
흑고니				1	1
댕기흰죽지				1	1
백로	1				1
흑두루미	1				1
노랑부리저어새				1	1
알락오리	1				1
수리부엉이	1				1
큰기러기	1				1
복합시료 (흰뺨검둥오리2, 청둥오리1)	1				1

- ‘20 ~ ‘21 야생조류 고병원성 AI 항원 월별, 조류종별 검출현황은 표 62와 같음. 19개 종에서 95건이 검출되었음. 큰고니(18), 흰뺨검둥오리(9), 원앙(8건) 순으로 검출이 되었음

<표 62. ‘20 ~ ‘21 월별, 시료 종류별 야생조류 HPAI 항원 검출현황>

시료 종류	10월	11월	12월	1월	총합계
폐사체			15	36	51
분변	2	4	11	12	29
포획		4	9	2	15
총합계	2	8	35	50	95

고병원성 AI 항원 검출 시료 종류 비율



<그림 97. 고병원성 AI 항원검출 시료 종류 비율>

- ‘20 ~ ‘21 야생조류 고병원성 AI 항원 조류종별, 시료 종류별 검출현황은 표 63과 같음. 폐사체에서 검출된 건수는 큰고니(18), 왜가리(5), 대백로(5), 큰기러기(5), 쇠기러기(5) 순으로 확인되었음

<표 63. '20 ~ '21 조류종별, 시료 종류별 검출현황>

조류종별	폐사체	분변	포획	총합계
총합계	51	29	15	95
큰고니	18			18
왜가리	5			5
대백로	5			5
큰기러기	5			5
쇠기러기	5			5
흰뺨검둥오리	4		5	9
중대백로	2			2
흑고니	1			1
백로	1			1
흑두루미	1			1
노랑부리저어새	1			1
알락오리	1			1
수리부엉이	1			1
큰기러기	1			1
불명		23		23
원앙		3	5	8
야생오리류		3		3
청둥오리			2	2
고방오리			1	1
댕기흰죽지			1	1
흰뺨검둥오리2, 청둥오리1			1	1

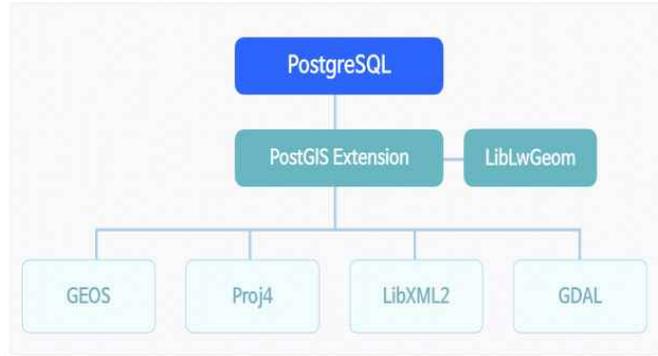
가. GIS 기반 통계 분석 기술 활용 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사결정 지원 시스템(SW) 개발

(1) 중점방역관리지구 선정 지원 GIS 분석플랫폼 및 GIS DB 구축

(가) GIS 기반 통계 분석 시스템 기술개발

① 오픈소스 기반의 GIS 공간분석 플랫폼 구축

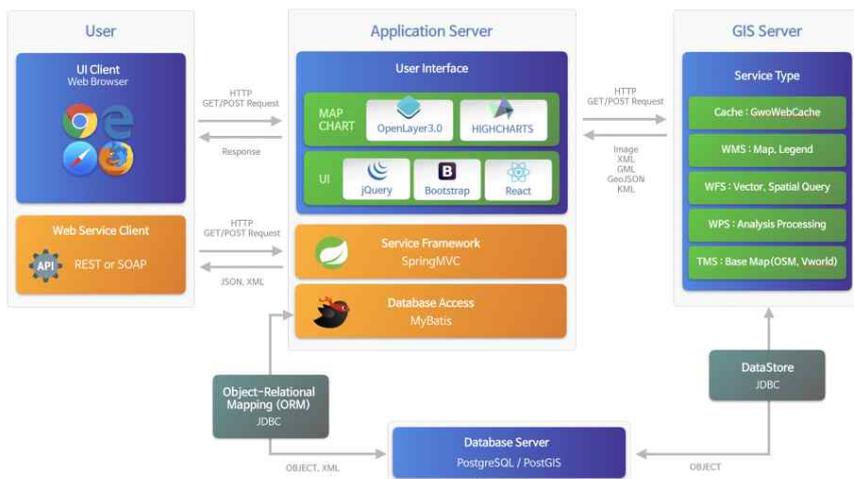
- HPAI 발생 바이러스 전파 조사 지원을 위해 국내 고병원성 조류인플루엔자(HPAI)의 주요 감염원으로 추정되는 철새의 분변 데이터와 항원검출 데이터 통계 분석을 위한 GIS 기반의 공간정보 시각화 시스템을 개발함
 - 농림축산검역본부, 환경과학원과 환경부의 협조를 통해 받은 철새 분변 채취 지점 정보, H5H7 항원검출 내용 정보 및 농림축산식품부 농장정보 등 다양한 공간 DB를 구축하고 공간정보를 시각화 할 수 있는 시스템을 PostgreSQL 등의 오픈소스를 활용해 개발함
 - 공간분석을 위한 공간 SQL DBMS 및 분석 환경을 구성하고 빅데이터 플랫폼과 연계해 조류인플루엔자 관련 빅데이터를 GIS 공간분석에 바로 활용하고 시각화 할 수 있도록 시스템을 구축함
-
- PostgreSQL : PostgreSQL 은 기존 RDBMS와 다른 ORDBMS로 공간분석을 위해 최적화를 구현 및 진행
 - PostGIS Extension : PostGIS의 ORDBMS의 특성을 이용해 Native 수준의 Spatial SQL의 요소인 Type, Index, Function 구현함
 - LibLwGeom : Database를 바로 이용할 수 없는 많은 기능을 Sub Library에서 Low Level로 구현해 효율을 높임
 - PoGEOS : 널리 사용되는 C++ 기반 공간정보 라이브러리를 이용해 많은 유용한 고수준 분석/처리 기능 추가함
 - Proj4 : 좌표계 변환 라이브러리를 붙여 다양한 표준 및 비표준 좌표계를 처리함
 - LibXML2 : XML 라이브러리를 이용해 GML, KML 등 XML 기반 공간정보 표준 처리함
 - GDAL : 널리 사용되는 C++기반 Raster GIS 라이브러리를 이용해 Raster 데이터 처리와 분석할 수 있음



<그림 98. PostGIS Architecture>

② 오픈소스 GIS 분석 시스템 아키텍처 구성

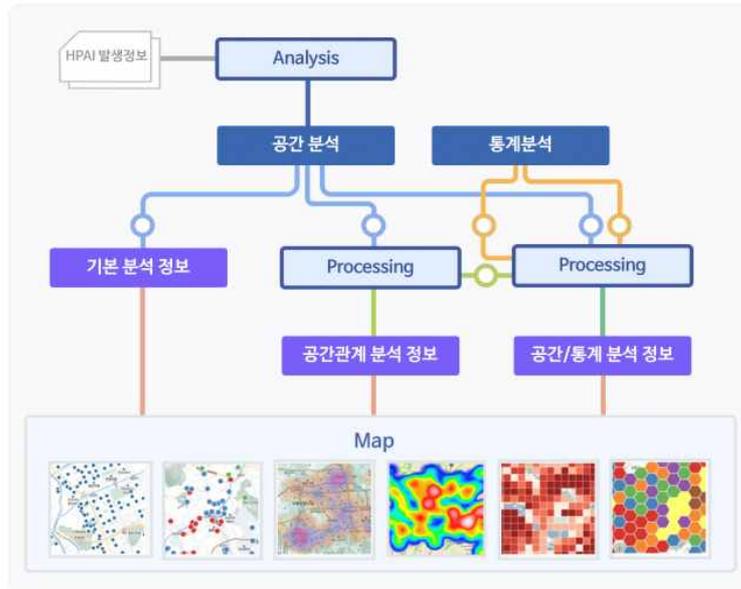
- 통합 분석에 필요한 철재 관련 국내외 데이터 수집/정제/저장/분석 지원 빅데이터 플랫폼을 구축하고 개발한 빅데이터 수집 인터페이스를 고도화
 - H5·H7 항원검출 내역 및 농가 정보와 같이 수집된 데이터의 포맷과 생애주기에 맞춘 관리체계를 개발하고 시스템에서 자동으로 데이터의 이력부터 정제, 활용, 삭제까지의 추적 관리가 가능한 데이터 관리정책(Data Governance)을 구축함
 - 수집한 데이터를 연구팀에서 지속해서 다양한 분석에 활용할 수 있는 형태로 정제/마이닝 할 수 있도록 시스템을 고도화
 - 데이터의 수집부터 저장/정제/마이닝/데이터마트 구성, 분석/분석 결과 저장/시각화까지 처리할 수 있는 통합 빅데이터 수집/관리/분석/시각화 플랫폼을 구축함
- GIS 기반 오픈소스를 이용한 아키텍처 구성은 PostgreSQL(+PostGIS, 공간 DBMS) + GeoServer(GIS 서버) + 오픈소스 GIS 분석(WPS) 패키지로 구성
 - PoJava + Tomcat + Spring Framework + OpenLayers + D3 Chart Library... 등을 사용함



<그림 99. 오픈소스 기반 GIS 시스템 아키텍처>

- 다양한 시각화 기법 적용을 위한 GIS 분석 및 시각화 공통 프레임워크를 구현

- GIS 분석을 위해 Point, Clustering, Density, Flow Map, 시계열 애니메이션 등의 시각화 기법을 지원하도록 설계



<그림 100. 정보 표현에 최적화된 시각화 기법 적용>

- GIS 기반 축산시설 및 방역지대 설정 지원 시각화 시스템을 구현

- 축산시설, 지형 정보 등의 기반정보와 분석 정보를 공간 데이터화 하여 시각화 설계
- 권역, 도래지, 습지+수원지 등 특정 공간정보(Polygon)를 기준으로 기반 지리 정보 시스템에 해당 공간에 속한 시설에 대한 상세조회 지원하도록 설계
- PostGIS 공간분석 라이브러리를 활용하여 다양한 공간분석 및 시각화하도록 설계

(나) 조류인플루엔자 중점방역관리지구 선정 관련 GIS DB 구축

① 공통 공간정보 DB 구축

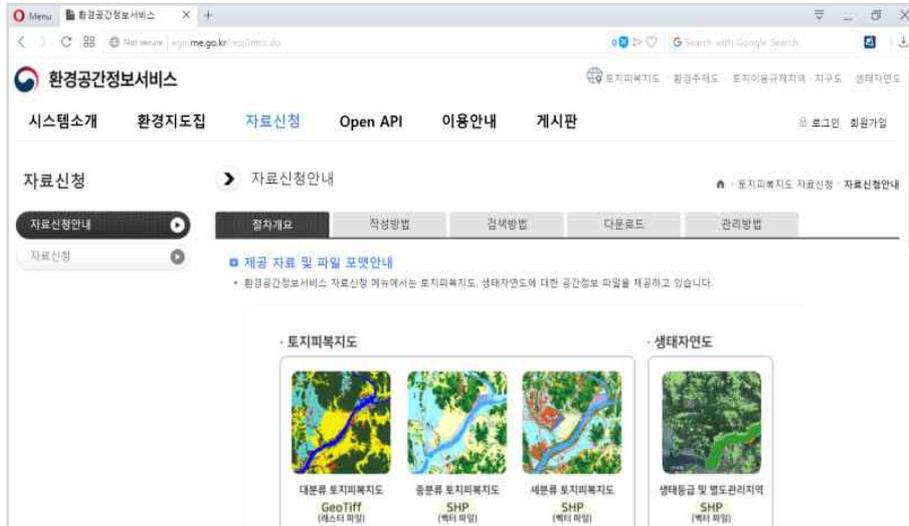
- 기반 지리정보를 구축

- 기반 지리 정보는 각 사이트에서 공유해주는 데이터의 요청에 따라 온라인 요청 후 다운로드 진행
- 주로 환경부, 행정안전부, 국토교통부와 국토지리정보원, 산림청, 농촌진흥청 등 공공기관을 통해서 데이터를 수집
- 우리나라 공공기관뿐만 아니라 ASTER GDEM , NASA MODIS등 해외 유명 사이트의 데이터 또한 수집

<표 64. 기반 지리정보 요구사항 분석 결과>

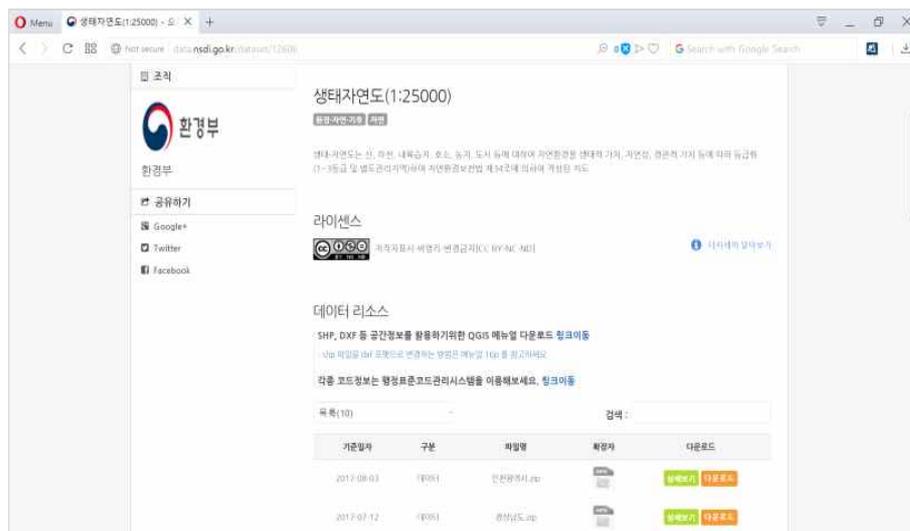
데이터	출처	수집 방법	수집상태	범위	유형
철새도래지 공간 데이터	환경부	온라인다운	○	전국	폴리곤
토지피복도 공간 데이터	환경부	온라인요청	○	전국	폴리곤
생태 자연도	환경부	온라인요청	○	전국	폴리곤
수원지 데이터	국토지리정보원	온라인요청	○	전국	폴리곤
습지 데이터	국립습지센터 KLIS-습지보호구역	온라인요청	○ ○	전국	폴리곤
도로 데이터	새주소 지형도 KTDB	온라인요청 온라인요청 온라인요청	○ ○ ○	전국 전국 전국	라인 라인 라인
수치임상도	산림청	온라인요청	○	전국	폴리곤
수치표고자료	ASTER GDEM	온라인요청	○	전국	래스터
경사도	ASTER GDEM	온라인요청	○	전국	래스터
NDVI	MODIS 250m	온라인요청	○	전국	래스터

- 원본 데이터 수집을 위한 온라인 출처는 다음과 같음
- 토지 피복도 및 생태 자연도 수집
 - 토지 피복도란 주제도의 일종으로 지구 표면 지형지물의 형태를 일정한 과학적 기준에 따라 분류하여 동질의 특성이 있는 구역을 색으로 인덱싱한 후 지도 형태로 표현한 공간정보 DB임
 - 토지 피복도는 환경부 [환경 공간정보 서비스 - <http://egis.me.go.kr>] 시스템 접속하여 다운로드 가능함
 - 회원 가입 필요하며 도엽별, 행정구역별 영역 지정할 수 있음



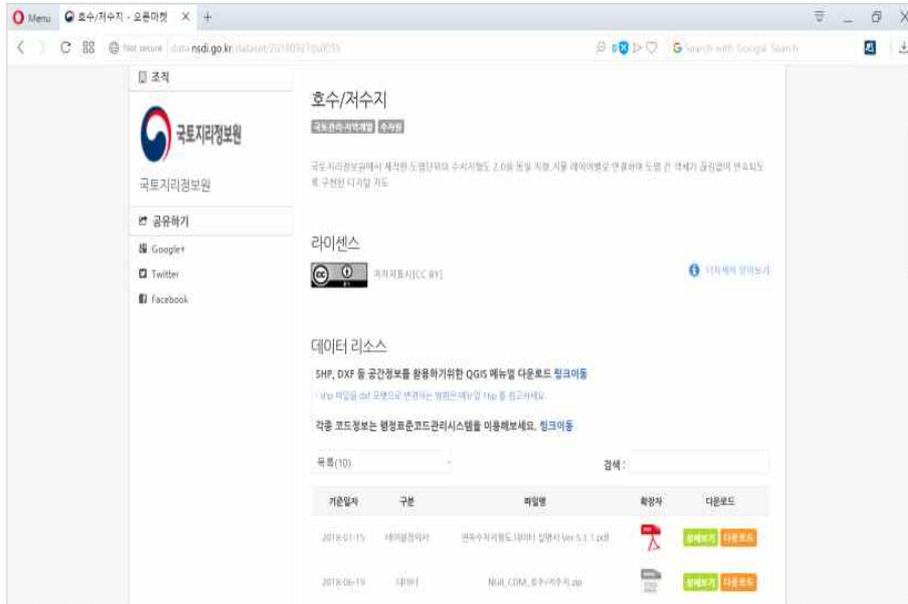
<그림 101. 환경 공간정보서비스 내 토지 피복도 신청안내>

- 생태자연도는 환경부에서 제공하며 전국에 있는 산, 하천, 내륙습지, 호소, 농지, 도시 등의 입지에 대한 생태적, 경관적 가치 등에 대한 조사하여 등급화한 지도를 말함
- 생태자연도의 경우 [국가공간정보포털 오픈마켓]을 통해서도 다운로드 가능
- <http://data.nsd.go.kr/dataset/12606>



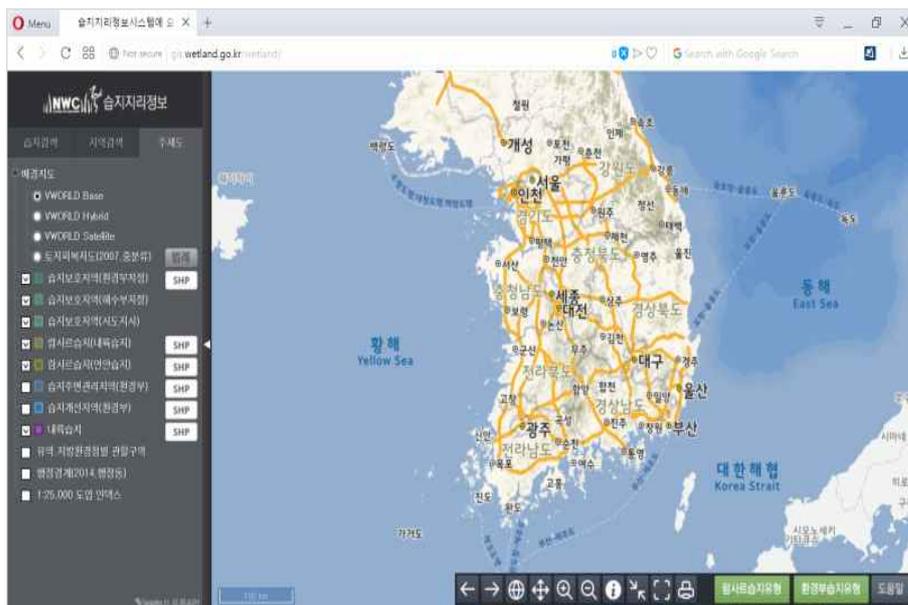
<그림 102. 환경부 내 생태자연도 다운로드>

- 수원지 - 호수 및 저수지 수집
 - 국토지리정보원에서 제공하는 연속 수치지형도 호수/저수지 데이터임
 - 국가공간정보포털 오픈마켓을 통해 온라인 다운로드 가능
 - 필수로 온라인 회원 가입
 - <http://data.nsd.go.kr/dataset/20180927ds0055>



<그림 103. 국토지리정보원 내 호수/저수지 다운로드>

- 습지 데이터 수집
 - 국립 습지 센터에서 제공하는 습지 데이터는 우리나라 안에 있는 습지들의 데이터를 모아놓았으며 시각화를 제공
 - 국립습지센터 습지 정보시스템에서 온라인 다운로드 가능
 - <http://gis.wetland.go.kr/wetland/> 접속 후 Shape file 형태로 다운로드 가능

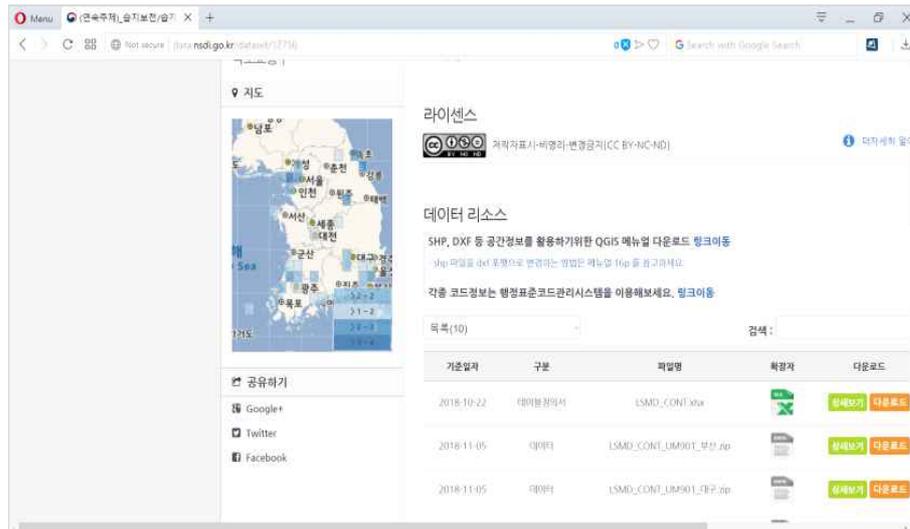


<그림 104. 습지데이터 다운로드>

- 습지 보호구역
 - 국토교통부에서 제공하는 습지 보호구역 데이터는 토지를 경제적, 효율적으로 이용하고 토지이용의 종합적 조정, 관리등을 위하여 도시관리계획으로 결정하는

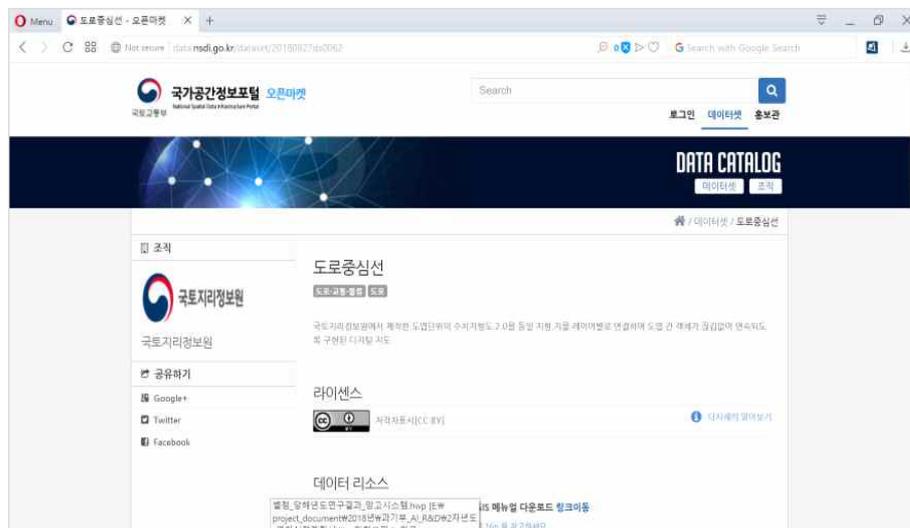
지역 정보를 담고 있음

- 국가공간정보포털 오픈마켓을 통해 온라인 다운로드 가능
- 필수로 온라인 회원 가입
- 시도별 다운로드 후 합치는 과정 필요
- <http://data.nsd.go.kr/dataset/12756>



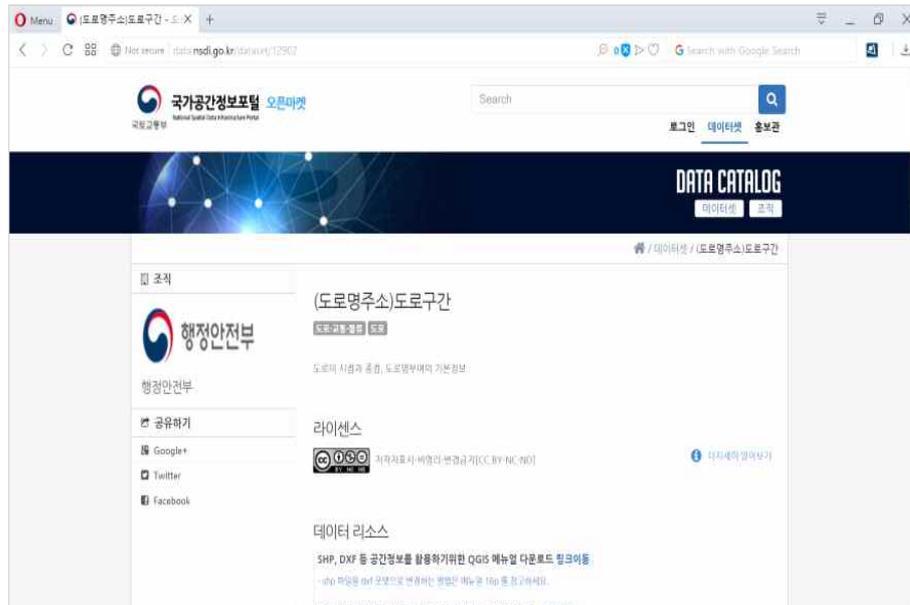
<그림 105. 습지 보호구역 다운로드>

- 도로 데이터 - 지형도
 - 국토지리정보원에서 제공하는 연속수치 지형도 도로 중심선 데이터
 - 국가공간정보포털 오픈마켓을 통해 온라인 다운로드 가능
 - 필수로 온라인 회원 가입
 - <http://data.nsd.go.kr/dataset/20180927ds0062>
 - 지역별 다운로드 후 합치는 과정 필요



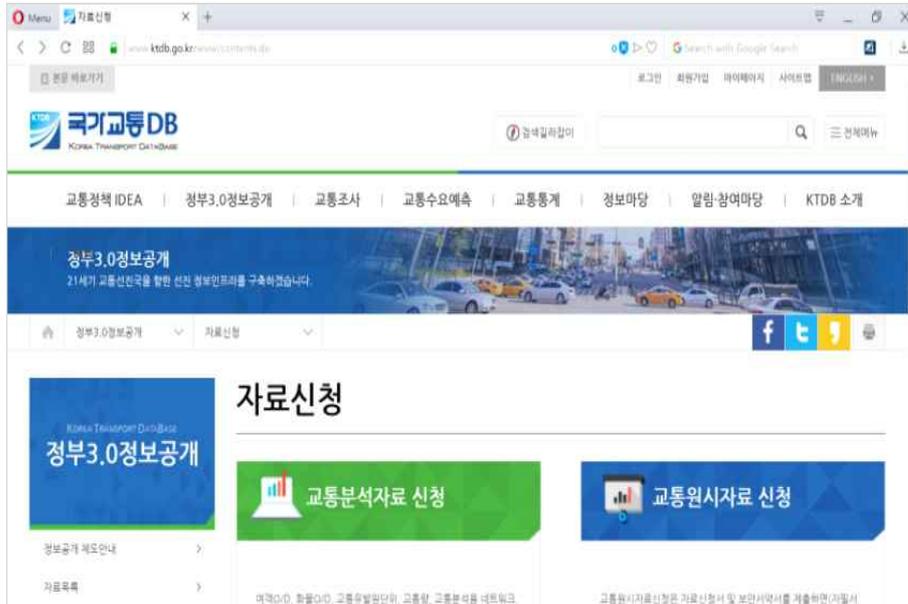
<그림 106. 도로 데이터 다운로드>

- 도로 데이터 - 도로명주소
 - 행정안전부에서 제공하는 도로의 시작과 종점, 도로명 부여의 기본정보 등을 담은 데이터
 - 국가공간정보포털 오픈마켓을 통해 온라인 다운로드 가능함
 - 필수로 온라인 회원 가입
 - <http://data.nsd.go.kr/dataset/12902>
 - 시도별 다운로드 후 합치는 과정 필요함



<그림 107. 도로명주소 다운로드>

- 도로 데이터 - 국가 교통 DB
 - 국가 교통 DB 센터를 통해 온라인 다운로드 가능
 - 필수로 온라인 회원 가입
 - <https://www.ktdb.go.kr>
 - 교통분석자료 중 교통망 GIS DB 신청, 승인 후 다운로드 가능
 - 전국 단일 데이터로 구성되나 KATEC라는 내비게이션용 좌표체계를 사용



<그림 108. 국가 교통 DB 다운로드>

- 수치 임상도 수집
 - 수치도, 임상도는 임상별 수종별 산림면적 분포에 대한 통계를 제공함으로써 산림자원관리 전반에서 기본 자료로 활용이 되는 데이터
 - <http://116.67.84.152/forest/#/> 접속



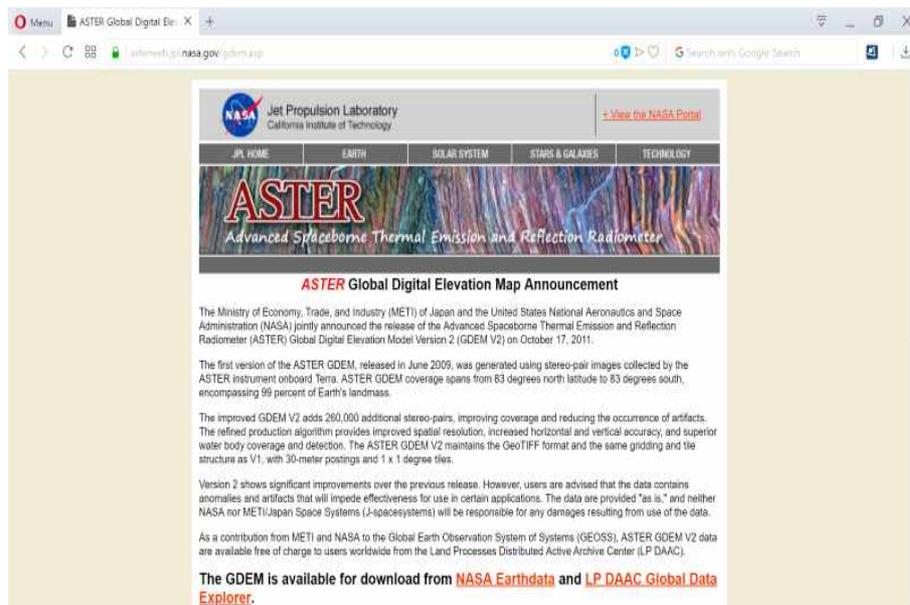
<그림 109. 수치 임상도 수집>

- 산림 공간자료 유통 신청 메뉴 클릭 후 본인 인증을 통해 신청 및 승인 후 다운로드 가능



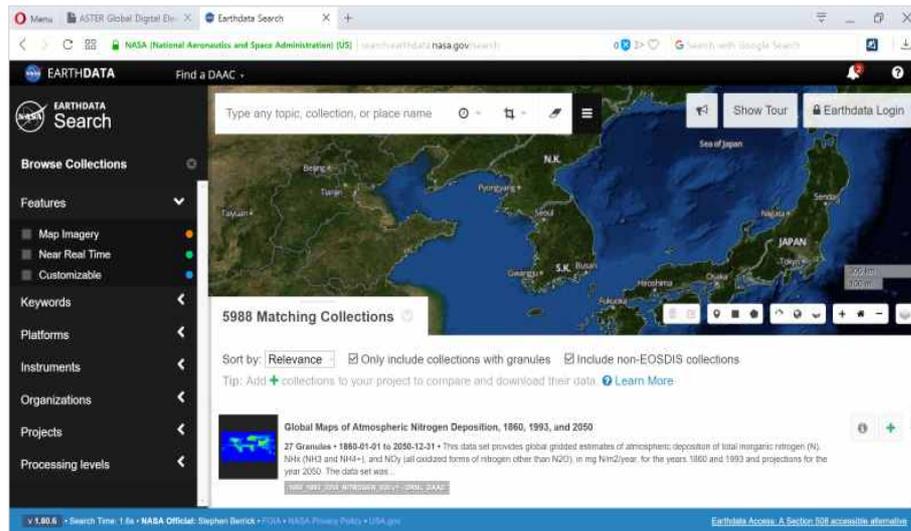
<그림 110. 산림 공간자료 유통 신청>

- DEM(수치표고자료, Digital Elevation Model) 수집
 - NASA에서 제공하는 전 세계 30m 해상도의 DEM을 다운로드 가능
 - <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> 접속 가입 필요



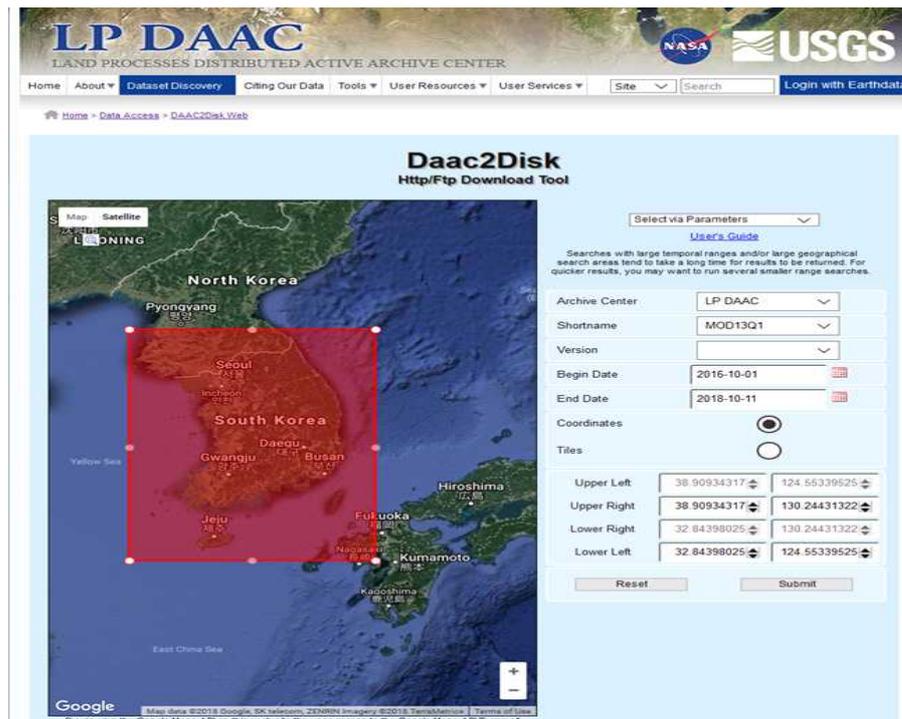
<그림 111. ASTER web 접속>

- 온라인에서 영역 지정 후 신청, NASA에서 설정한 도엽 단위로 다운로드 후 합치는 과정이 필요함



<그림 112. DEM 다운로드>

- NDVI(식생지수, Normalized Difference Vegetation Index) 수집
 - NASA의 MODIS 데이터를 다운로드 가능
 - 시계열 데이터로 제공
 - 2016년 10월 ~ 2018년 10월까지 NDVI 자료를 다운로드 제공



<그림 113. NDVI 다운로드>

- 기반 지리정보의 설계서

- 기반 지리정보 설계 원칙
 - 기반 지리정보는 시스템 구축 후 계속 최신 데이터로 갱신되어야 함
 - 스키마는 원 데이터 출처(공공기관 등)에서 제공하는 원본 스키마를 준수함을 원칙으로 함
 - 좌표체계는 확산 예측 알고리즘 등 활용처에 따라 유연하도록 DBMS 및 GIS 서버에서 동적으로 변환할 수 있음
- 기반 지리정보 세부 설계서
 - 산림청 수치 임상도 1:5,000 기반 지리정보 설계서는 13개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 140임

Table Details						
TableName	FS_IM5000	TableID	FS_IM5000	TotalLength	140	
Database		TableSpace	public	First	3,723,468	
Increase	건/일	Overview	임상도(1:5000)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
STORUNST	STORUNST	임목존재코드		String	2	
FROR_CD	FROR_CD	임종코드		String	2	
FRTD_CD	FRTD_CD	임상코드		String	2	
KOFER_GROU	KOFER_GROU	수종그룹코드		String	2	
DMCLS_CD	DMCLS_CD	경급코드		String	2	
AGCLS_CD	AGCLS_CD	영급코드		String	2	
DNST_CD	DNST_CD	밀도코드		String	2	
HEIGHT	HEIGHT	임분고코드		String	2	
LDMARK_STN	LDMARK_STN	지형지물표준코드 (J+산림+임종+임상+수종)		String	6	
MAP_LABEL	MAP_LABEL	맵라벨코드 (임종+수종+"-"+경급+영급+밀도)		String	10	
RE_YEAR	RE_YEAR	갱신년도코드		String	8	
ETC_PCMTT	ETC_PCMTT	기타특이사항내용		String	100	
geom	geom	공간데이터		geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 114. 기반 지리정보 세부 설계서>

- 산림청 수치 임상도 1:25,000 기반 지리정보 설계서는 10개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 53임

Table Details						
TableName	FS_IM400	TableID	FS_IM400	TotalLength	53	
Database		TableSpace	public	First	537051	
Increase	건/일	Overview	임상도(1:25000)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
Map_num	Map_num			String	6	
FIFTH_FRTP	FIFTH_FRTP	5차 임상코드		String	2	
DMCLS_CD	DMCLS_CD	경급코드		String	1	
AGCLS_CD	AGCLS_CD	영급코드		String	1	
DNST_CD	DNST_CD	밀도코드		String	1	
SMBL_CD	SMBL_CD	심볼코드		String	10	
Map_name	Map_name			String	10	
SD_NM	SD_NM	시도명		String	20	
SD_CD	SD_CD	시도코드		String	2	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 115. 수치임상도>

- 습지 보전지역 기반 지리정보 설계서는 7개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 456임

Table Details						
TableName	LSMD_CONT_UM901	TableID	LSMD_CONT_UM901	TotalLength	456	
Database		TableSpace	public	First	48	
역역	건/일	Overview	연속용도지역지구도/습지보전지역			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
MNUM	MNUM	관리번호	PK	String	33	N
ALIAS	ALIAS	별칭		String	200	
REMARK	REMARK	비고		String	200	
NTFDATE	NTFDATE			String	8	
SMBL_CD	SMBL_CD	원천도형 ID		Integer	10	
COL_ADM_CD	COL_ADM_CD	원천시군구코드		String	5	
SHAPE	SHAPE	공간데이터		String	-	
Index						
Rules						

<그림 116. 습지 보전지역 기반 지리정보 설계서>

- 호수 및 저수지 기반 지리정보 설계서는 8개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 272임

Table Details						
TableName	Z_NGII_N3A_E0052114	TableID	Z_NGII_N3A_E0052114	TotalLength	272	
Database		TableSpace	public	First	205251	
역역	건/일	Overview	연속수치지형도 / 호수_저수지			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
UFID	UFID		PK	String	34	N
NAME	NAME	명칭		String	100	
SERV	SERV	용도 (설명)		String	50	
MARA	MARA	면적		Real	11,2	
MNGT	MNGT	관리기관 (명칭)		String	30	
SCLS	SCLS	통합코드		String	8	N
FMTA	FMTA	제작정보		String	50	N
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 117. 호수 및 저수지 기반 지리정보 설계서>

- 지하수 측정망(일반지역) 기반 지리정보 설계서는 8개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 520이다.

Table Details						
TableName	Z_SGIS_GWMPT_SIDO	TableID	Z_SGIS_GWMPT_SIDO	TotalLength	520	
Database		TableSpace	public	First	1207	
역역	건/일	Overview	토양지하수정보시스템의 지하수 측정망 (일반지역)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
CODE	CODE	지점코드		String	128	
ADDR	ADDR	주소		String	128	
CYONGDO	CYONGDO	용도구분		String	128	
CDRINK	CDRINK	음용구분		String	128	
X	X	LON		Real	17,8	
Y	Y	LAT		Real	17,8	
OBJECTID	OBJECTID			String	8	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 118. 지하수 측정망(일반지역) 기반 지리정보 설계서>

- 지하수 측정망(오염 우려 지역) 기반 지리정보 설계서는 일반지역과 같이 8개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 520임

Table Details						
TableName	Z_SGIS_GWMPT_CHG	TableID	Z_SGIS_GWMPT_CHG	TotalLength	520	
Database		TableSpace	public	First	1207	
역역	건/일	Overview	토양지하수정보시스템의 지하수 측정망 (오염우려지역)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
CODE	CODE	지점코드		String	128	
ADDR	ADDR	주소		String	128	
CYONGDO	CYONGDO	용도구분		String	128	
CDRINK	CDRINK	음용구분		String	128	
X	X	LON		Real	17,8	
Y	Y	LAT		Real	17,8	
OBJECTID	OBJECTID			String	8	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 119. 지하수 측정망(오염 우려 지역) 기반 지리정보 설계서>

- 산림입지토양도 기반 지리정보 설계서는 6개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 19임

Table Details						
TableName	Z_EGIC_W_ETC_SCS_WGS_P	TableID	Z_EGIC_W_ETC_SCS_WGS_P	TotalLength	19	
Database		TableSpace	public	First	2906	
역역	건/일	Overview	한국수자원공사 / 산림입지토양도			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
OBJECTID	OBJECTID			Integer	10	
LEGEND	LEGEND			String	4	
BBSNCD	BBSNCD			String	5	
SHAPE_AREA	SHAPE_AREA			Real	17,8	
SHAPE_LEN	SHAPE_LEN			Real	17,8	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 120. 산림입지토양도 기반 지리정보 설계서>

- 국가 교통 DB 도로 네트워크(링크) 기반 지리정보 설계서는 37개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 240임

Table Details						
TableName	ad0022	TableID	ad0022	TotalLength	240	
Database		TableSpace	public	First	574751	
역역	건/일	Overview	링크 테이블			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
OBJECTID	OBJECTID			Integer	9	
MAP_ID	MAP_ID			String	13	
LINK_ID	LINK_ID	링크ID		String	13	
UP_FORM_NO	UP_FORM_NO	상행시작노드 ID		String	6	
UP_TO_NODE	UP_TO_NODE	상행종료노드 ID		String	6	
DOWN_FROM_	DOWN_FROM_	하행시작노드 ID		String	6	
DOWN_TO_NO	DOWN_TO_NO	하행종료노드 ID		String	6	
NAVI_LV	NAVI_LV	내비게이션 수치지도 도로망 Level		String	1	
KOTI_LV	KOTI_LV	KOTI 도로망 Level		String	1	
ROAD_NAME	ROAD_NAME	도로명		String	30	
ROAD_NO	ROAD_NO	도로 번호		String	5	
ROAD_RANK	ROAD_RANK	도로 등급		String	3	
LINK_CATE	LINK_CATE	링크 종별		Integer	10	
ONEWAY	ONEWAY	일방통행유무		String	1	
LENGTH	LENGTH	링크 길이		Real	7,3	
WIDTH	WIDTH	도로폭		Integer	1	
UP_LANES	UP_LANES	상행 차로수		Integer	4	
DOWN_LANES	DOWN_LANES	하행차로수		Integer	4	
LANES	LANES	전체 차로수		Integer	4	
BARRIER	BARRIER	중앙분리대 종류		Integer	2	
AUTO_ECLU	AUTO_ECLU	중앙분리대종류		String	1	
HOV_LANE	HOV_LANE	자동차전용도로		String	1	
SHOV_LANE	SHOV_LANE	상행 중앙버스 전용차선		String	1	

<그림 121. 국가 교통 DB 도로 네트워크(링크) 기반 지리정보 설계서>

- 도로명주소 도로 구간 기반 지리정보 설계서는 21개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 950임

Table Details						
TableName	Z_KAIS_TL_SPRD_MANAGE	TableID	Z_KAIS_TL_SPRD_MANAGE	TotalLength	950	
Database		TableSpace	public	First	850522	
역역	건/일	Overview	도로명 주소 체계의 도로구간			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
RDS_MAN	RDS_MAN	도로구간일련번호	PK	Integer	10	N
SIG_CD	SIG_CD	시도코드	PK	String	7	N
RN	RN	도로명		String	82	
ENG_RN	ENG_RN	영문도로명		String	82	
RBP_CN	RBP_CN	기점		String	82	
REP_CN	REP_CN	종점		String	82	
ROAD_BT	ROAD_BT	도로폭		Real	9,8	
ROAD_LT	ROAD_LT	도로길이		Real	9,8	
ROA_CLS_SE	ROA_CLS_SE	도로위계기능구분		String	4	
NTFC_DE	NTFC_DE	고시일자		String	10	
WDR_RD_CD	WDR_RD_CD	광역도로구분코드		String	12	
RDS_DPN_SE	RDS_DPN_SE	도로구간종속구분		String	3	
BSL_INT	BSL_INT	기초간격		String	7	
MVM_RES_CD	MVM_RES_CD	이동사유코드		String	12	
MVMN_DE	MVMN_DE	이동일자		String	10	
MVMN_RESN	MVMN_RESN	이동사유		String	256	
OPERT_DE	OPERT_DE	작업일시		String	16	
ALWNC_RESN	ALWNC_RESN	부여사유		String	256	
ALWNC_DE	ALWNC_DE	부여일자		String	10	
RN_CD	RN_CD	도로명코드		String	9	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 122. 도로명주소 도로 구간 기반 지리정보 설계서>

- 도로명주소 실폭 도로 기반 지리정보 설계서는 4개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 31이다.

Table Details						
TableName	Z_KAIS_TL_SPRD_RW	TableID	Z_KAIS_TL_SPRD_RW	TotalLength	31	
Database		TableSpace	public	First	1197576	
역역	건/일	Overview	도로명주소 체계의 실폭도로			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
RW_SN	RW_SN	실폭도로 일련번호	PK	Integer	12	N
SIF_CD	SIF_CD	시군구코드	PK	String	5	N
OPERT_DE	OPERT_DE	작업일시		String	14	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 123. 도로명주소 실폭 도로 기반 지리정보 설계서>

- 국토지리정보원 도로 중심선 1:5,000 기반 지리정보 설계서는 16개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 487임

Table Details						
TableName	Z_NGII_N3L_A0020000	TableID	Z_NGII_N3L_A0020000	TotalLength	487	
Database		TableSpace	public	First	14053061	
역역	건/일	Overview	연속수치지형도 / 도로중심선(1:5000)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
UFID	UFID		PK	Integer	34	N
RDNU	RDNU	도로번호		String	30	
NAME	NAME	명칭		String	100	
RDDV	RDDV	도로구부		String	6	N
STPT	STPT	시점		String	100	
EDPT	EDPT	중점		String	100	
PVQT	PVQT	포장재질		String	6	N
DVYN	DVYN	부리대 유무		String	6	N
RDNL	RDNL	차로수		Integer	2	
RVWD	RVWD	도로폭		Real	5,2	
ONSD	ONSD	일방통행		String	6	N
REST	REST	기타		String	50	
RDNM	RDNM	도로명		String	30	
SCLS	SCLS	통합코드		String	8	N
FMTA	FMTA	제작정보		String	9	N
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 124. 국토지리정보원 도로 중심선 1:5,000 기반 지리정보 설계서>

- 국토지리정보원 실폭 도로 1:5,000 기반 지리정보 설계서는 4개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 51임

Table Details						
TableName	Z_NGII_N3L_A0010000	TableID	Z_NGII_N3L_A0010000	TotalLength	51	
Database		TableSpace	public	First	5992936	
역역	건/일	Overview	연속수치지형도 / 도로경계(1:5000)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
UFID	UFID		PK	String	34	N
SCLS	SCLS	통합코드		String	8	N
FMTA	FMTA	제작정보		String	9	N
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 125. 국토지리정보원 실폭 도로 1:5,000 기반 지리정보 설계서>

- 환경부 생태 자연도 기반 지리정보 설계서는 18개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 49임

Table Details						
TableName	Z_EGIS_ECO01_A	TableID	Z_EGIS_ECO01_A	TotalLength	495	
Database		TableSpace	public	First	2275364	
역역	건/일	Overview	생태자연도 / 생태A (Area, Polygon)			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
gid	gid			Integer	10	
식물군락명	식물군락명			String	32	
군락기호	군락기호			String	8	
분류코드	분류코드			String	6	
대분류코드	대분류코드			String	2	
대분류	대분류			String	20	
yung	yung	영급		Real	10,0	
보전등급	보전등급			String	3	
도엽번호	도엽번호			String	254	
식생평가	식생평가			String	2	
동식물평가	동식물평가			String	2	
습지평가	습지평가			String	2	
지형평가	지형평가			String	2	
생태자연도	생태자연도			String	2	
고시번호	고시번호			String	50	
지형명	지형명			String	50	
비고	비고			String	50	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 126. 환경부 생태 자연도 기반 지리정보 설계서>

- 환경부 철새 도래지 기반 지리정보 설계서는 5개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 772임

Table Details						
TableName	migratory	TableID	migratory	TotalLength	772	
Database		TableSpace	public	First	206	
역역	건/일	Overview	철새도래지			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
id	id			String	254	
OBJT_ID	OBJT_ID			Integer	10	
MANAGE_NO	MANAGE_NO			String	254	
HBTT_NM	HBTT_NM			String	254	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 127. 환경부 철새 도래지 기반 지리정보 설계서>

- 환경부 습지 데이터 기반 지리정보 설계서는 26개의 Field를 가지고 있으며, 원 데이터 출처에서 제공하는 원본 스키마를 준수하였으며 데이터의 총 길이는 5851임

Table Details						
TableName	wetlands	TableID	wetlands	TotalLength	5851	
Database		TableSpace	public	First	2551	
역역	건/일	Overview	습지정보시스템 / 습지			
FieldName	FieldID	Description	Key	Type	Length	NULL
gid	gid			Integer	9	
gcd	gcd			String	254	
name	name			String	254	
code	code			String	254	
add	add	소재지		String	254	
n	n			String	254	
e	e			Real	32,31	
area	area	면적		Real	254	
r_type	r_type			String	254	
w_type	w_type			String	254	
d_s_list	d_s_list			String	254	
e_s_list	e_s_list			String	254	
w_grade	w_grade			String	254	
w_p_grade	w_p_grade			String	254	
url1	url1			String	254	
rul2	rul2			String	254	
report	report			String	254	
report_dn_	report_dn_			Integer	254	
wiew1	wiew1			String	254	
view2	view2			String	254	
view3	view3			String	254	
view4	view4			String	254	
location	location			String	254	
note	note			String	254	
ect	ect			String	254	
geom	geom	공간데이터		Geometry	-	
Index						
Rules						

<그림 128. 환경부 습지 데이터 기반 지리정보 설계서>

② 철새 분변 채취 지점, H5·H7 검출 내역 공간 DB 구성

- 검역본부, 환경과학원, 환경부의 협조를 받아 최신 철새 분변 채취 지점 데이터와 H5·H7 검출 내역 데이터 DB 구축
- 전국에서 채취한 철새 분변 지점과 H5·H7 검출 내역을 표준화 및 공간 DB화 진행
- 총 1,692건의 분변 채취 지점과 H5·H7 검출지점의 데이터를 수집하여 표준화 및 공간 DB화 진행
- 분변 채취 지점과 H5·H7 검출지점의 주소 정보를 이용하여 본 시스템의 표준 좌표체계로 정제 진행(네이버, 다음 포탈의 주소 표준정보를 활용)
- 매년 진행되는 분변 채취와 H5·H7 검출 내역을 꾸준히 공간 DB에 최신화 중임

시도	시군구	주소(시군구)	위도	경도	발행	수집기관	발표기관	
가군	경기도	평택시	37.02866128181689	126.9814931899936	H5N6			
충남	경기도	충주시	37.37955	127.2443833	H5N3	환경과학원(충북대 수의과)		
충남	경기도	양주시	37.86838889	127.0594444	H7N9	국립환경과학원		
충남	경기도	홍남시 계동구	37.11733333	127.4088333	H7N9	국립환경과학원		
충남	경기도	한성시	37.11569556	127.421375	H5N6	한국대학교	국립환경과학원	
충남	2018-022	경기도	평택시	37.108625	127.0755833	H5N2	방역본부	검역본부
충북	충북	괴천시	35.89170129	126.9951528		방역본부	검역본부	
가군	경남	달성시	35.34802735	128.9842515	H5N6			
가군	경남	달성시	35.34802735	128.9842515	H5N6			
충남	충북	단양군	36.77949229	127.9607778	H5N6 H5N1	방역본부	검역본부	
충남	충북	공주시	36.039442	126.8249568		충북특별자치도수	검역본부	
충남	충남	천안시	36.7220125286812	127.11873981607896	H5N2	한국대학교	한국대학교	
충남	충북	부안군	35.711689	126.826087	H3N8	울진항	검역본부	
충남	충남	부여군	36.14295833	126.8112861	불발	방역본부	검역본부	
충남	충남	공주시	37.769	126.9479222	H7N7	환경과학원	검역본부	
충남	경남	고성군	34.98823779	126.5249389	H5N2	방역본부	검역본부	
충북	충남	나주시	35.9111369	126.7622778		방역본부	검역본부	
충남	충남	당진군	36.10089722	126.6448936	H5N3	국립환경과학원	국립환경과학원	
가군	충북	충성	36.948052	127.551902	H5N6			
충남	충북	충성시	35.643052	126.7476102	H5N2	검역본부	검역본부	
충남	2018-039	충남	당진시	36.943425	126.6279222	H7N7	환경과학원	검역본부
충남	서울	유정동	37.5148056	126.8761806	H4 H5	서울보건환경원	검역본부	
가군	서울	소문	38.712035	127.130426	H5N6			
충남	경남	통영시 통영구	35.31186883	126.684572	불발	방역본부	검역본부	

<그림 129. 검역본부 제공 항원검출 내역 공간 DB화>

H5/H7형 야생조류 항원검출 내역(2014년~2020년)											
연번	시도	시군	주소	좌표		구분	품종	신고일 (집주, 재취일)	비고	검사기관	병형성
				위도	경도						
1	4	1	서울 성동구 서촌동 별시 성동구 용답동 207	37° 33' 15.7206"	127° 3' 4.5606"	분변		2015-10-08	H5N3	검역본부	LPAIV
2	6	2	경기 안산시 상록구 분오1동 665-17	37° 16' 24.2508"	126° 50' 17.0484"	분변		2015-10-20	H4/H5	검역본부	LPAIV
3	6	3	충남 천안시 동남구 성남면 화성리 168-1	36° 45' 20.7102"	127° 16' 13.2888"	분변		2015-11-02	H5N3	검역본부	LPAIV
4	6	4	경기 화성시 안남동 102-4	37° 11' 25.6986"	127° 0' 29.9016"	분변		2015-11-09	H5N3	검역본부	LPAIV
5	6	5	경기 김포시 하성면 후평리 886	37° 44' 57.8112"	126° 39' 42.2892"	분변		2015-11-16	H5N3	검역본부	LPAIV
6	6	6	경기 화성시 충청남도 당진시(해상)	37° 01' 51.73"	126° 27' 06.99"	분변		2015-11-19	H5N3	검역본부	LPAIV
7	6	7	경기 김포시 경기 김포시 하성면 석항리 960	37° 43' 26.5002"	126° 39' 47.8902"	분변		2015-11-23	H5N3	검역본부	LPAIV
8	6	8	충남 천안시 성남면 화성리 168-1	36° 45' 21.2178"	127° 16' 14.3682"	분변		2015-11-23	H5N3	검역본부	LPAIV
9	4	9	서울 강서구 방화동 2-17	37° 35' 12.68"	126° 49' 09.94"	분변		2015-12-07	H5N3	검역본부	LPAIV
10	6	10	충남 서천군 마서면 도상리 136-8	36° 1' 36.1086"	126° 44' 31.2678"	분변		2015-12-21	H5N3	검역본부	LPAIV
11	6	11	전북 익산시 준포면 준포리 907	35° 53' 45.69"	127° 00' 57.89"	포획	정충오리	2015-12-28	H5N3	검역본부	LPAIV
12	6	12	충북 보은군 충북 보은군 탄부면 삼장리 1060	36° 27' 05.10"	127° 46' 49.05"	분변	원양	2016-10-28	H5N6	검역본부	HPAIV
13	6	13	충남 논산시 충북 양동면 상촌면 공촌리	36° 7' 55"	127° 2' 51"	분변		2016-10-31	H5	환경과학원	LPAIV
14	6	14	전남 나주시 다도면 공원리 3 나주호	34° 57' 31.02"	126° 49' 50.75"	분변	원양	2016-11-02	H5N3	검역본부	LPAIV
15	6	15	강원 원주시	37.415762	127.941542	구조	수리부영이	2016-11-05	H5N6	검역본부	HPAIV
16	6	16	전북 부안군 계화면 계화리 동진강	35° 48' 36.39"	126° 37' 58.37"	분변		2016-11-09	H7N2	환경과학원	LPAIV
17	6	17	전북 고창군 전록고창군 부안면 산운리	35° 32' 01.95"	126° 35' 40.67"	포획	흰배검둥오리	2016-11-10	H5N6	검역본부	HPAIV
18	6	18	충남 천안시 천안시 동남구 동서면 용두1길	36° 45' 06.05"	127° 06' 37.02"	분변	원양	2016-11-13	H5N6	검역본부	HPAIV
19	6	19	충남 아산시 인주면 문방리 삼교포	36° 52' 34.87"	126° 51' 49.15"	분변		2016-11-15	H5N6	환경과학원	HPAIV
20	6	20	충남 아산시 송남 세종시 금남면 황룡리 271-1	36° 28' 19.53"	127° 19' 12.54"	포획	원양	2016-11-17	H5N6	검역본부	HPAIV
21	6	21	충남 공주시 충남 공주시 우성면 동대리 340-1	36° 28' 30.81"	127° 02' 51.35"	포획	원양	2016-11-17	H5N6	검역본부	HPAIV
22	6	22	충남 아산시 충북 정호면 현도면 일계하석로	36° 28' 17.78"	127° 26' 09.27"	포획	원양	2016-11-17	H5N6	검역본부	HPAIV
23	6	23	충남 공주시 충청남도 공주시 계룡면 중장리 848	36° 21' 44.21"	127° 09' 06.94"	분변	정충오리	2016-11-18	H5N6	검역본부	HPAIV
24	6	24	강진군 강진읍 학명리 전방 해상			폐사제	큰고니	2016-11-20	H5N6	환경과학원	HPAIV
25	6	25	강진군 강진읍 마방면 마방리 전방 해상			폐사제	큰고니	2016-11-20	H5N6	환경과학원	HPAIV
26	6	26	강원 양양군 남대천	38° 06' 27"	128° 38' 39"	분변		2016-11-17	H5N3, H3N8	환경과학원	LPAIV
27	6	27	충남 천안시 동남구 동서면 삼태리 9	36° 45' 12.71"	127° 06' 14.76"	분변		2016-11-22	H5N6	검역본부	HPAIV
28	6	28	충남 부여군 남면 대선리 563-4	36° 12' 19.12"	126° 46' 19.70"	분변		2016-11-22	H5N6	검역본부	HPAIV

<그림 130. 환경과학원, 환경부 제공 항원검출 내역 데이터>

- 철새 분변 채취 지점 데이터는 6개의 Field를 가지고 있으며 예시 데이터는 아래 표와 같음
- 철새 분변 채취 지점 Metadata

<표 65. 철새 분변 채취 지점 Example Meta-Data>

Column	Data
채취기관	(주)유평팜
시료접수일	2016-12-11
도본부	경기
지역	김포하성
상세주소	경기 김포시 하성면 **리 ###
구분	방역본부

- H5·H7 데이터는 9개의 Field를 가지고 있으며 예시 데이터는 아래 표와 같음
- H5·H7 검출 내역 Meta-data

<표 66. H5·H7 Example Meta-Data>

Column	Data
도본부	충남
시군	아산시
상세주소	배방읍 갈매리 ###
구분	분변
품종	쇠오리
시료접수일	2017-01-17
비고	H7N7
채취기관	검역본부
병원성	LPAIV

② 농림축산식품부 가금농장 공간 DB 구성

- 농림축산식품부의 협조를 받아 최신 가금농장 데이터 DB 구축함
- 전국 가금농장 데이터 표준화 및 공간 DB화 진행함
 - 총 6,477개의 가금농장 데이터를 수집하여 데이터 정제 및 표준화 진행함
 - 가금농장의 주소 정보를 이용하여 본 시스템의 표준 좌표체계로 정제 진행함(네이버, 다음 포탈의 주소 표준정보를 활용)

1	regdate	district_nm	office_nm	area	farm_nm	farm_owner	livestock_nm	livestock_nm	livestock_nm	address_nm	address_nm	farm_nm	farm_nm	farm_nm	farm_nm	farm_nm	farm_nm	tel	phone	livestock_nm	live_state	adm_cd	idx	refine_lon	refine_lat	refine_livestock_cnt
2	2020-03-03	충청	남부사무소남원		김	육계	35000			전라북도	전라북도	남원시	대산면	수덕리				12-	179-	0	휴업		4462		170000	
3	2020-03-03	충청	남부사무소영천		홍	육계	90000			전라북도	전라북도	영천시	중앙면	종곡리				06-	45-	0	휴업		6996		0	
4	2020-03-03	충청	남부사무소영동		전	육계	1000			전라북도	전라북도	영동읍	영동면	부전리				09-	45-	0	휴업		34		0	
5	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	100000	1		경상북도	경상북도	영주시	영남면	곡리				03-	05-	40,000	운영		562		40000	
6	2020-03-03	충청	남부사무소영동		구	육계	20000	1		경기도	경기도	여주시	동천면	상대리				28-	13,600	운영	4.17E+09	1878	18	18600		
7	2020-03-03	충청	남부사무소영동		국	육계	40000			전라북도	전라북도	영산군	오수면	대장리				06-	39-	0	휴업	4.58E+09	3910	11	0	
8	2020-03-03	충청	남부사무소영동		노	육계	8200			전라남도	전라남도	무안군	전남면	용산리				47-	47-	0	휴업	4.66E+09	6718	3	0	
9	2020-03-03	충청	남부사무소영동		최	육계	10000			전라북도	전라북도	남원시	오룡동	화수리				06-	45-	0	휴업		135		0	
10	2020-03-03	충청	남부사무소영동		이	육계	10000	1		경상북도	경상북도	칠곡군	석척면	반계리				05-	63-	20,000	운영		296		20000	
11	2020-03-03	충청	남부사무소영동		김	육계	45000			전라북도	전라북도	남원시	중앙면	남창리				44-	44,000	운영	4.52E+09	4264	17	44000		
12	2020-03-03	충청	남부사무소영동		구	육계	500	0		경기도	경기도	파주시	영동면	관우리				44-	44-	0	휴업	4.17E+09	4425	7	0	
13	2020-03-03	충청	남부사무소영동		최	육계	100000	2		경상북도	경상북도	영주시	장유면	갈산리				03-	41-	62,000	운영		563		62000	
14	2020-03-03	충청	남부사무소영동		노	육계	10900			충청북도	충청북도	충성군	영동면	용현리				01-	64-	0	휴업		625		0	
15	2020-03-03	충청	남부사무소영동		홍	육계	11000			전라북도	전라북도	영주시	북면	북동리				06-	21-	0	휴업		669		0	
16	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	65000			전라북도	전라북도	남원시	이백면	과합리				06-	15-	0	휴업	4.52E+09	5816	4	0	
17	2020-03-03	충청	남부사무소영동		홍	육계	110000	1		경상북도	경상북도	영주시	장유면	갈산리				03-	37-	45,000	운영		718		45000	
18	2020-03-03	충청	남부사무소영동		구	육계	11600			전라남도	전라남도	나주시	산포면	외지리				06-	13-	11,400	운영		733		11400	
19	2020-03-03	충청	남부사무소영동		방	육계	28000			전라북도	전라북도	영주시	영남면	부곡리				03-	97-	0	휴업		2691		0	
20	2020-03-03	충청	남부사무소영동		전	육계	100000			충청북도	충청북도	충주시	청오동	화산리				01-	98-	0	휴업		385		0	
21	2020-03-03	충청	남부사무소영동		전	육계	100000			충청북도	충청북도	충주시	청오동	화산리				01-	98-	0	휴업		386		0	
22	2020-03-03	충청	남부사무소영동		홍	육계	100000	2		충청북도	충청북도	괴산군	북정면	지창리				01-	67-	0	휴업		396		0	
23	2020-03-03	충청	남부사무소영동		홍	육계	100000	2		충청북도	충청북도	영동군	대곡면	연리				01-	72-	185,000	운영		409		185000	
24	2020-03-03	충청	남부사무소영동		홍	육계	100000			전라남도	전라남도	고흥군	상내면	산대리				06-	44-	110,000	운영		470		110000	
25	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	100000	2		경상북도	경상북도	영주시	장유면	갈산리				03-	76-	90,000	운영		548		90000	
26	2020-03-03	충청	남부사무소영동		구	육계	100000	2		경상북도	경상북도	영주시	장유면	갈산리				03-	44-	0	휴업		561		0	
27	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	12000			전라남도	전라남도	장흥군	부산면	기동리				09-	39-	0	휴업		789		0	
28	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	120000			전라북도	전라북도	익산시	성암면	장산리				55-	55-	110,000	운영		894		110000	
29	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	14000			전라북도	전라북도	장흥군	산서면	오성리				07-	51-	14,000	운영		1070		14000	
30	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	140000	1		경상북도	경상북도	김천시	조마면	신곡리				05-	02-	0	휴업		1142		0	
31	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	14500	5		충청북도	충청북도	단양군	영동면	용진리				04-	06-	15,000	운영		1158		15000	
32	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	15000	1		충청북도	충청북도	진천군	풍경면	동리				01-	80-	0	휴업		1199		0	
33	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	15000	2		경상북도	경상북도	김천시	대덕면	건동리				04-	51-	10,300	운영		1199		10300	
34	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	150000	2		경상북도	경상북도	김천시	대덕면	건동리				04-	35-	75,000	운영		1422		75000	
35	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	1700	1		전라남도	전라남도	영암군	아곡동	신리				01-	64-	0	휴업		1555		0	
36	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	17000			전라남도	전라남도	영암군	홍명면	향태리				06-	12-	17,000	운영		1567		17000	
37	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	17000	1		전라북도	전라북도	군산시	대야면	죽산리				06-	72-	0	휴업		1595		0	
38	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	18000			전라북도	전라북도	익산시	영동면	용진리				04-	64-	18,000	운영		1604		18000	
39	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	20000			경상북도	경상북도	경주시	상대면	기왕리				04-	25-	18,641	운영		1929		18641	
40	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	20000	1		충청북도	충청북도	진천군	문백면	계산리				04-	03-	7,000	운영		1938		7000	
41	2020-03-03	충청	남부사무소영동		신	육계	20000	1		세종특별자치시	세종특별자치시	세종특별자치시	조양면	소정리				01-	07-	4,800	운영		1977		4800	

<그림 131. 농림축산식품부 제공 최신 가금농장 공간 DB화>

- 가금농장 데이터는 24개의 Field를 가지고 있으며 예시 데이터는 아래 표와 같음
- 가금농장 Meta-Data

<표 67. 가금농장 Example Meta-Data>

Column	Data
regdate	2020-03-03
도본부	충남
office_nm	북부사무소
area	서산
farm_nm	##농원
farm_owner	안##
livestock_type	닭
livestock_nm	토종닭
live_cnt	500
address_road	충청남도 서산시 @@읍 ###!길 **
상세주소	충청남도 서산시 @@읍 ###!리 ***
farm_do	충청남도
farm_sig	서산시
farm_emd	**읍
farm_ri	**리
tel	041-6**-****
phone	01*-3**8-****
livestock_cnt	0
live_state	휴업
adm_cd	4421025025
idx	4440
refine_lon	126.39*****
refine_lat	36.96*****
refine_livestock_cnt	0

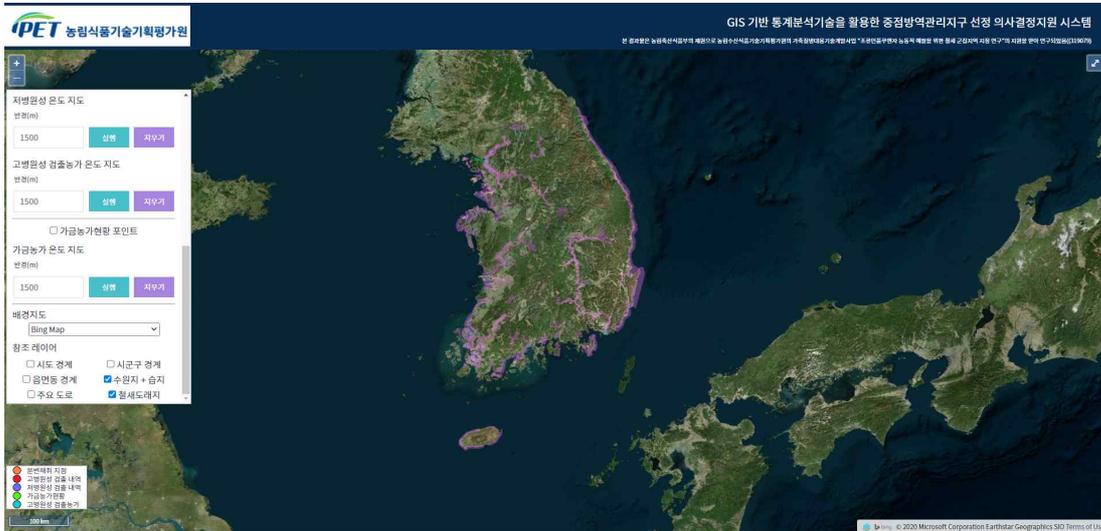
(2) GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점 방역 관리지구 선정 의사결정 지원시스템 개발

- 철새 분변 채취 지점 데이터와 H5·H7 항원검출 데이터를 분석하여 농가 데이터와 함께 융합적으로 사용하여 다양한 역학분석에 활용될 수 있는 정보를 상시 업데이트할 수 있는 GIS 기반 철새 중점 방역 관리지구 시각화를 진행하였다.
- GIS 기반의 공간분석이 가능하도록 철새 도래지, 행정경계, 습지, 국가경계 등의 다양한 공간정보를 접목하여 철새의 분변 정보를 조회/분석할 수 있는 시각화 시스템을 구축함
- 본 연구과제의 철새 도래지와 가금농장 간 역학조사 지원을 위해 도래지 정보 시각화를 진행함
- 환경부와 검역본부, 환경과학원의 국내 철새 분변 채취 데이터, 항원검출 데이터, 농가 데이터를 공간 DB로 구성하고 폴리곤 형태의 공간정보 시각화를 제공함
 - http://121.***.154.***:4***0/hpai/collect (케이웨어 서버 운영)
 - 국내 철새 분변 데이터, 국내 철새 이동 데이터, 국내 철새도래지, 국내 AI 항원 검출지점, 국내 농장, 조류 동시 센서스(도래지별 야생조류 서식 개체 수 조사 정보) 정보 조회 및 시각화를 지원하도록 개발함

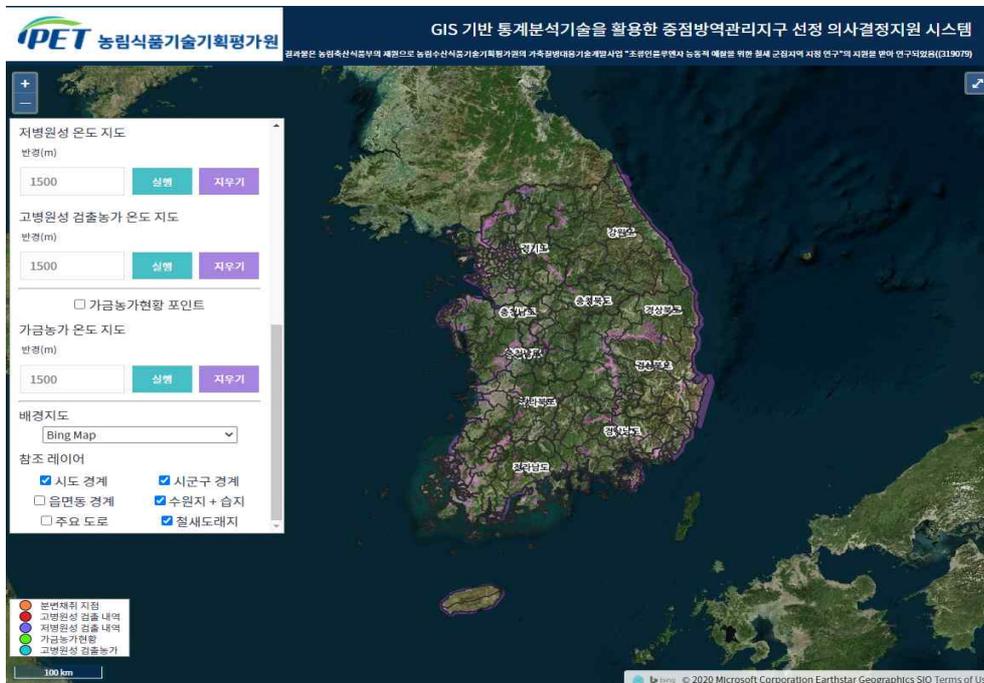


<그림 132. 웹 기반 중점 방역 관리지구 시스템 기본 프레임워크>

- 중점 방역 관리지구 시스템에는 시도경계, 시군구 경계, 읍면동 경계, 수원지+습지, 주요 도로, 철새 도래지로 총 6개의 레이어를 제공한다.
- 초기 웹 접속 시 기본적으로 철새 도래지, 수원지+습지 데이터가 지도위에 그려진다.

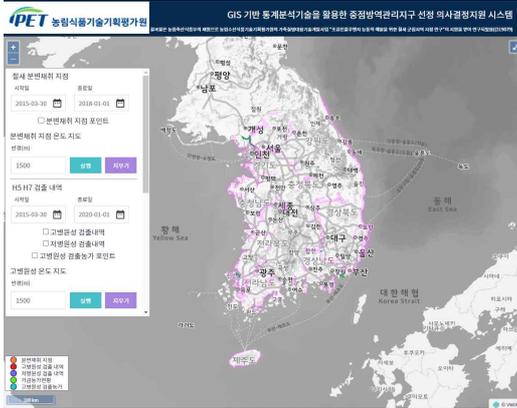


<그림 133. 웹 기반 중점 방역 관리지구 시스템 초기 접속화면>



<그림 134. 웹 기반 중점 방역 관리지구 시스템 초기화면 + 시군구 경계 화면>

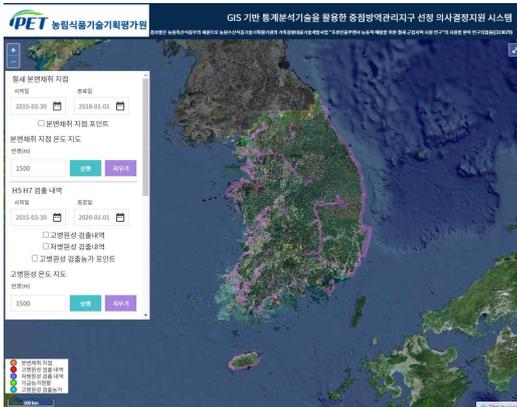
- 중점 방역 관리지구 시스템에는 배경이 되는 지도의 초기화면은 Bing Map을 이용하여 지도를 그리며, VWORLD Gray맵, VWORLD 베이스 맵, VWORLD 위성, Mango Base Map으로 총 5가지 지도 레이어를 구현하였다.



<그림 135. VWORLD Gray Map>



<그림 136. VWORLD Base Map>

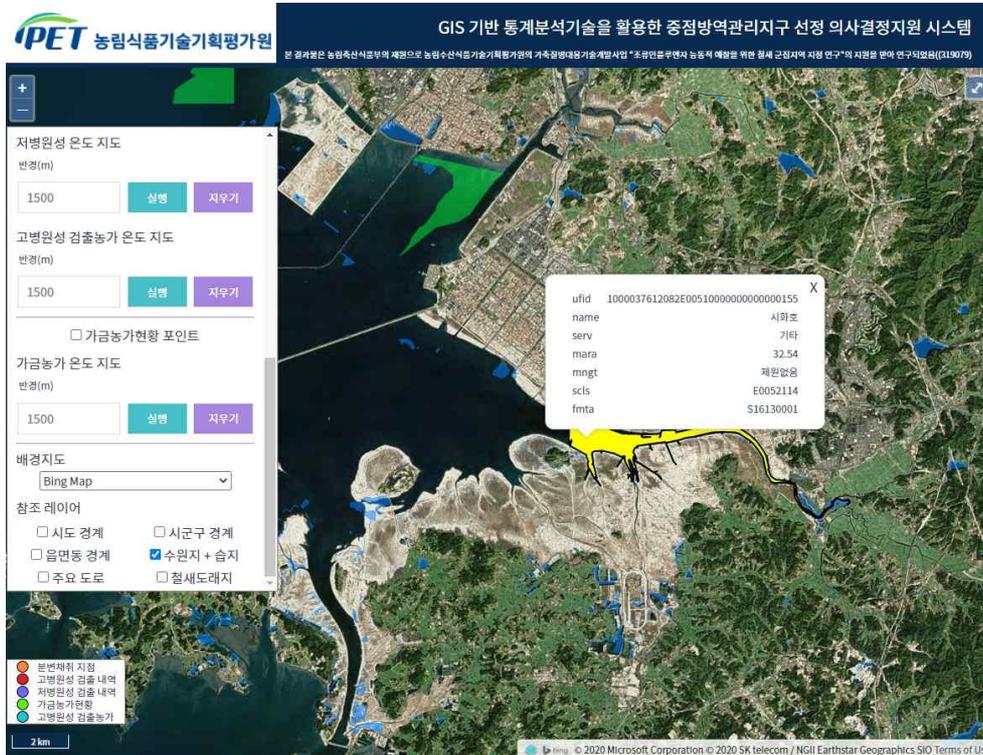


<그림 137. VWORLD 위성>

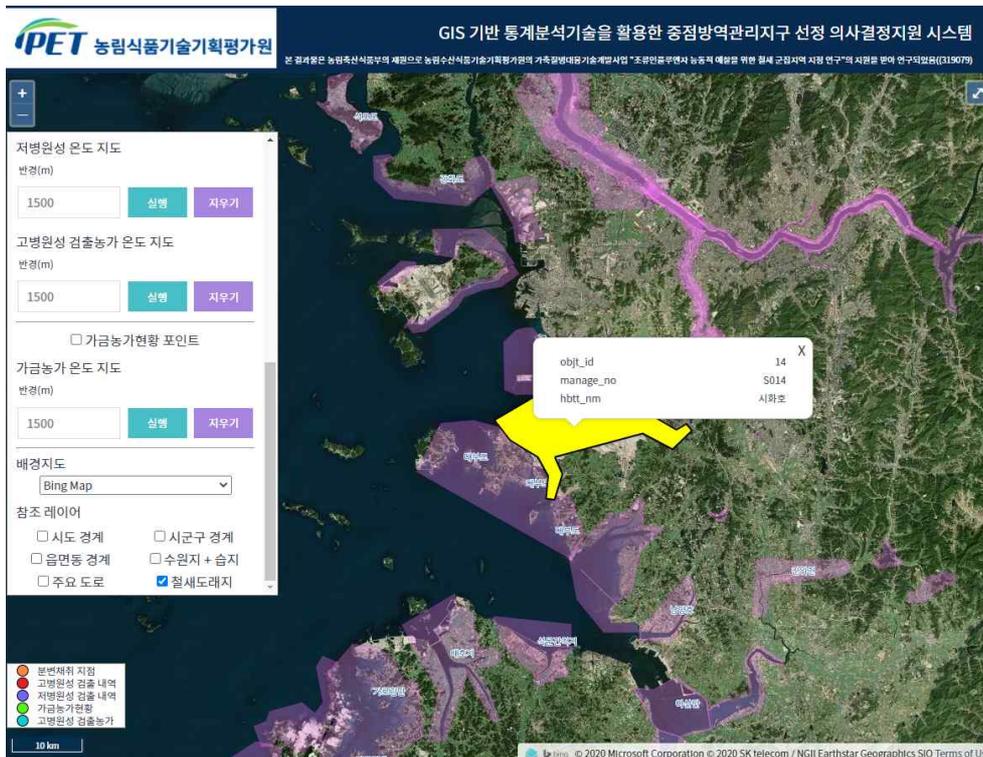


<그림 138. Mango Base Map>

- 자세한 정보를 보기 위해서 포인트를 클릭하면 상세 내용이 출력되도록 구현하였다.



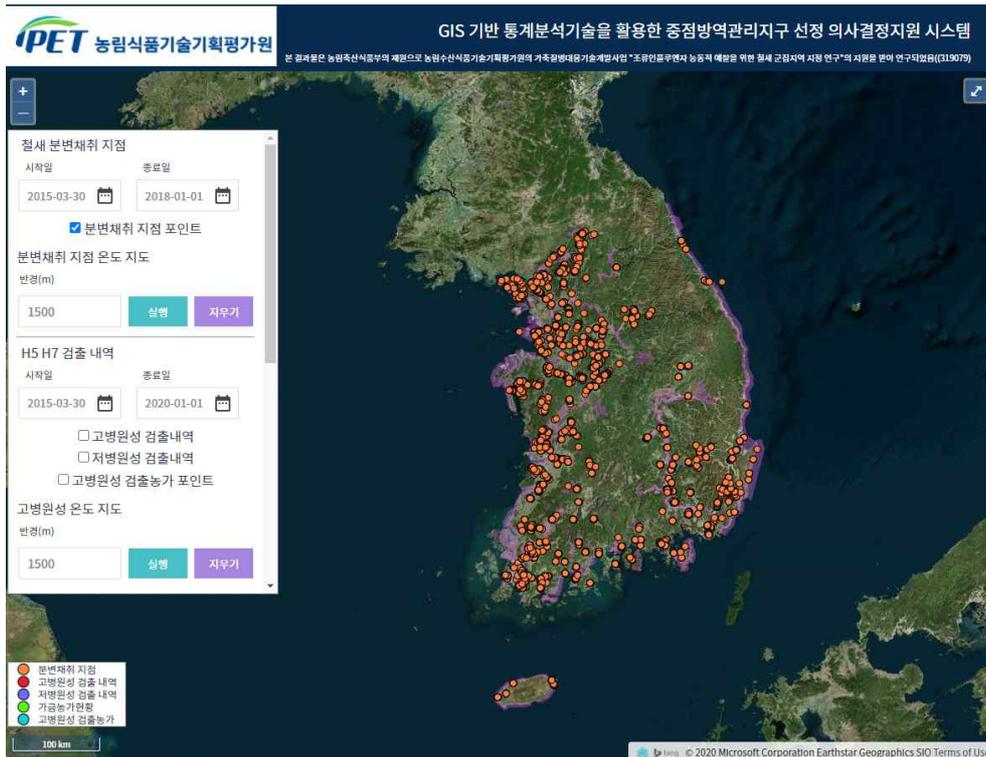
<그림 139. 철새 수원지+습지 데이터 상세보기>



<그림 140. 철새도래지 데이터 상세보기>

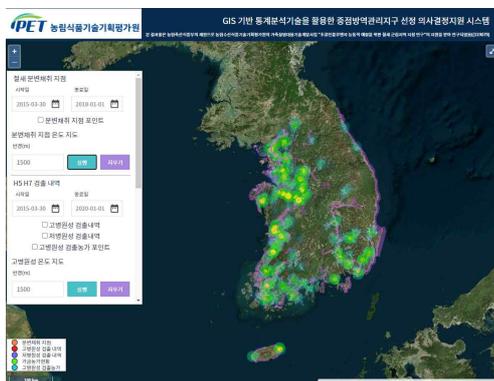
- 철새 분변 채취 지점은 사용자가 시작일과 종료일을 지정할 수 있다.
- 분변 채취 지점 포인트를 사용할지 사용 안 할지 체크 할 수 있는 체크박스 기능을 구현하였다.

- 분변 채취 지점 포인트를 체크하면 지도 위에 점으로 채취 지점을 나타내며, 사용자가 지도위에서 보기 좋게 구현하였다.
- 자세한 정보를 보기 위해서 포인트를 클릭하면 상세 내용이 출력되도록 구현하였다.

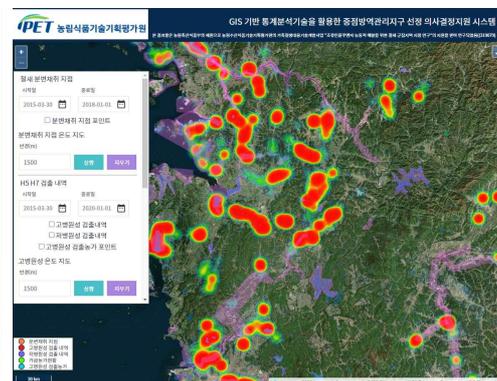


<그림 141. 철새 분변 채취 지점 포인트 기능>

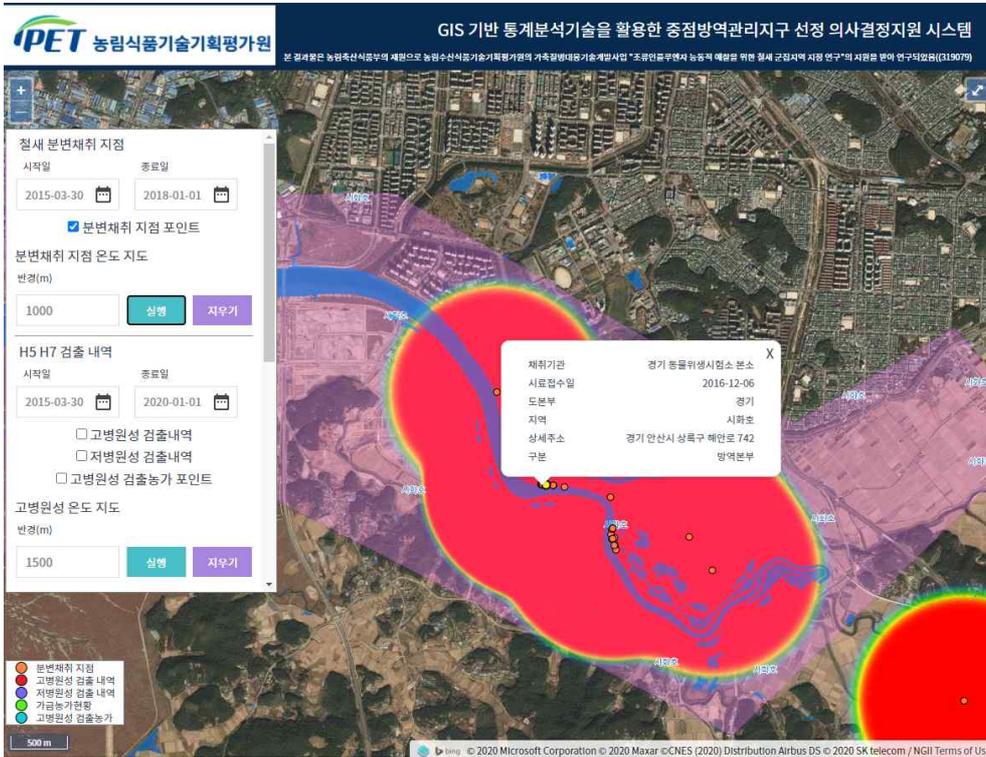
- 철새 분변 채취 지점에 온도지도를 시각화하도록 구현하였다. 반경을 기본적으로 1,500m로 되어 있으나 사용자가 원하는 반경으로 미세 조정할 수 있도록 시각화 기능을 구현하였다.



<그림 142. Heat Map 기능 - 1>



<그림 143. Heat Map 기능 - 2>



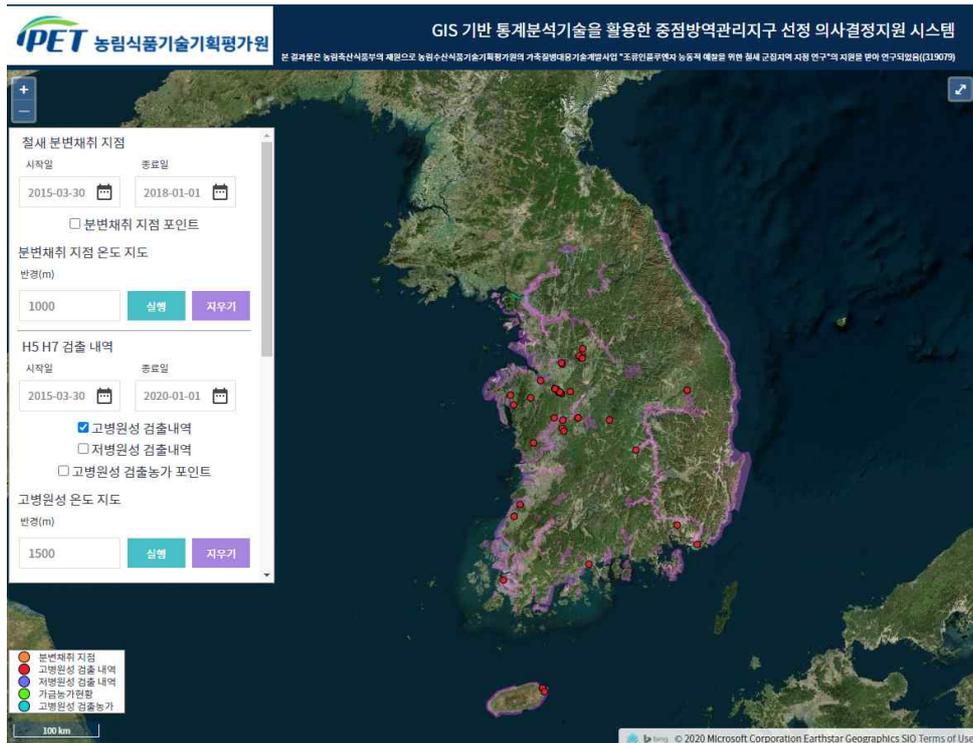
<그림 144. 철새 분변 채취 지점 포인트 내용>

- 철새 분변 채취 지점 포인트 기능에 온도지도를 고병원성 검출한 곳을 확대한 모습이다. 시화호와 대부도의 모습이며 반경 1Km로 설정하여 시각화하였다.

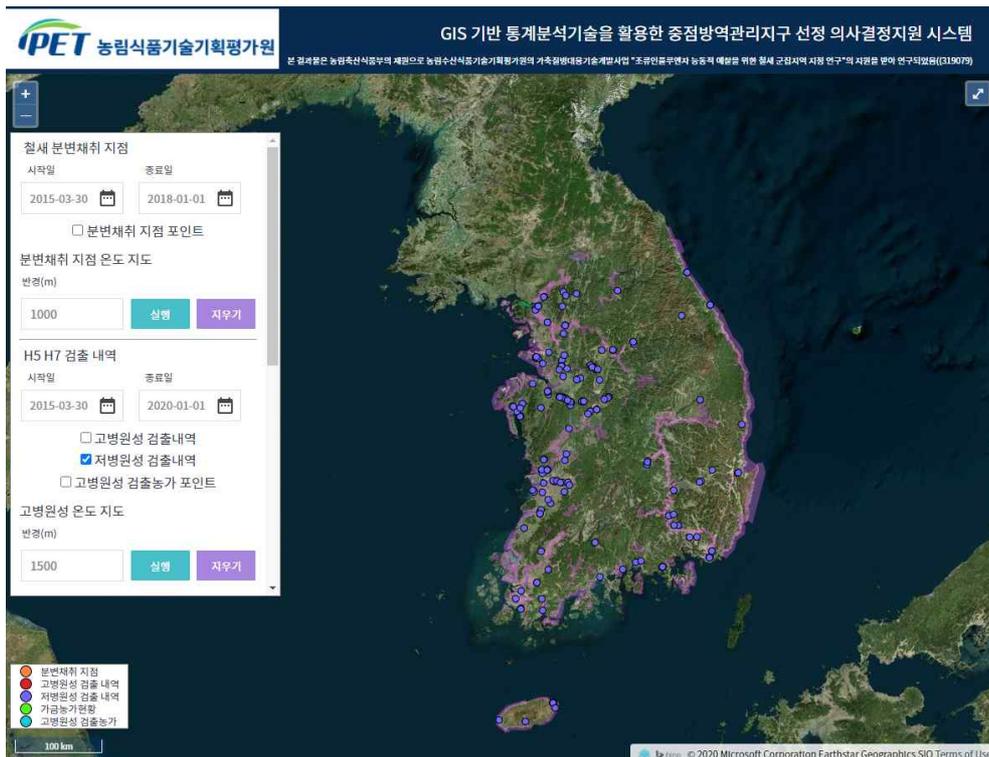


<그림 145. 시화호 & 대부도 철새 분변 채취 고병원성 검출>

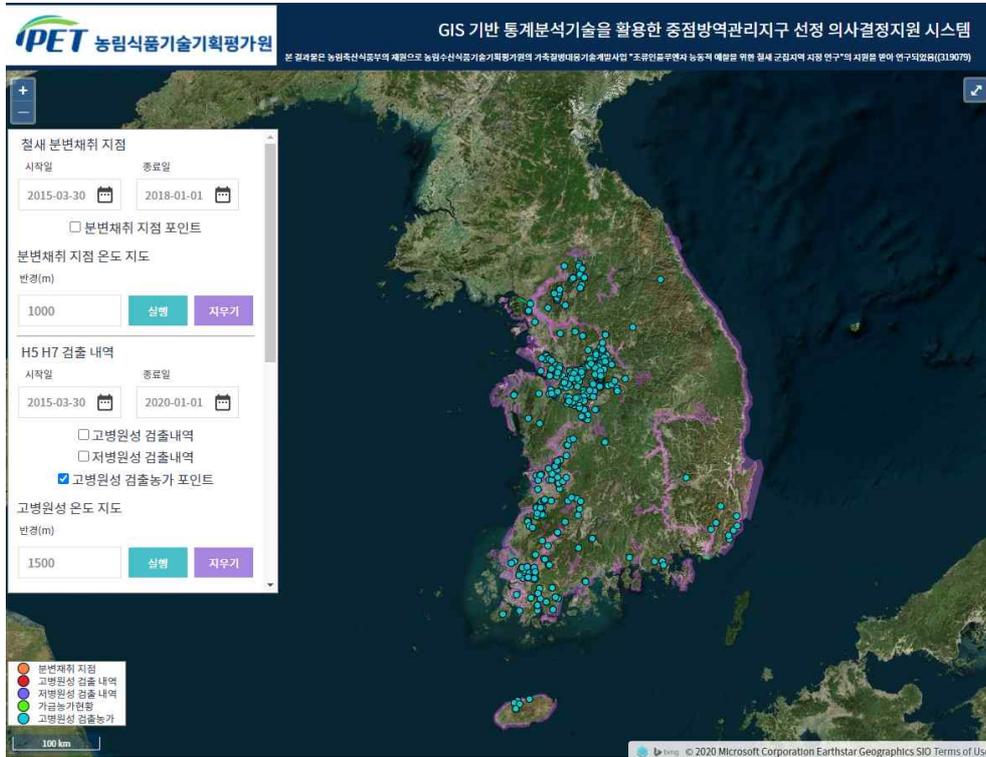
- H5·H7 검출 내역은 철새 분변 채취 지점과 같이 사용자가 직접 시작일 종료일을 정하여 볼 수 있도록 구현하였다.
- H5·H7 검출 내역에는 야생조류에서의 고병원성, 저병원성 항원검출 내역, 고병원성 항원검출 농가 포인트로 3가지의 체크박스 기능을 구현하였다.



<그림 146. H5·H7 검출 내역 고병원성 항원검출 포인트>

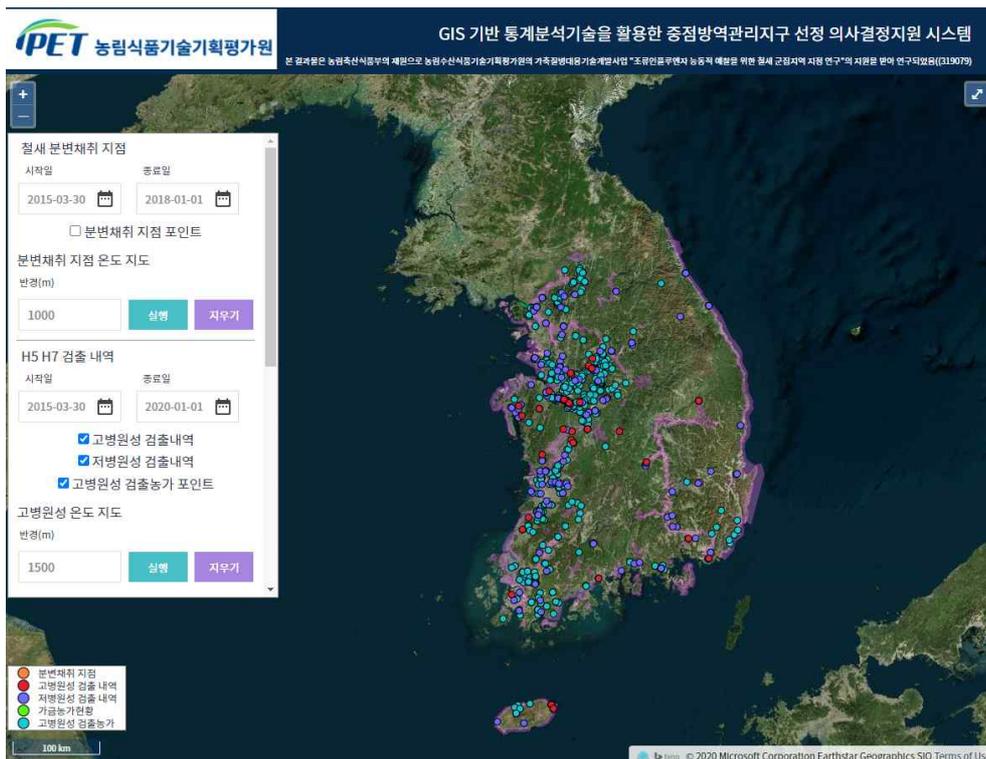


<그림 147. H5·H7 검출 내역 저병원성 항원검출 포인트>

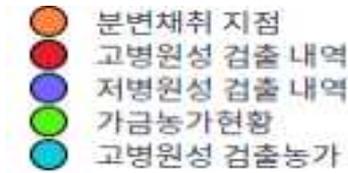


<그림 148. H5·H7 검출 내역 고병원성 항원검출 농가 포인트>

- H5·H7 검출 내역 중 3가지 체크포인트를 중복하여 사용할 수 있도록 구현하였으며, 중점 방역 관리지구 왼쪽 아래에 포인트의 색상에 따른 범례를 표시하였다.

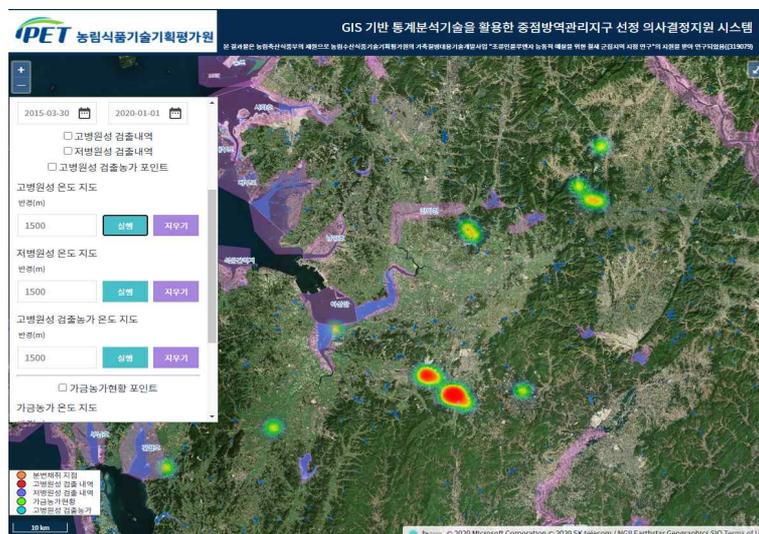


<그림 149. H5·H7 검출 내역 고/저병원성 검출 포인트 & 농가 포인트>

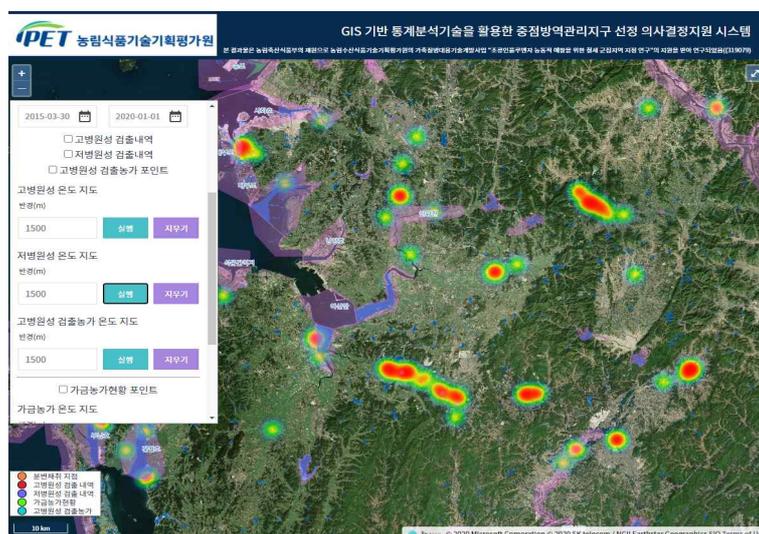


<그림 150. 포인트 색상>

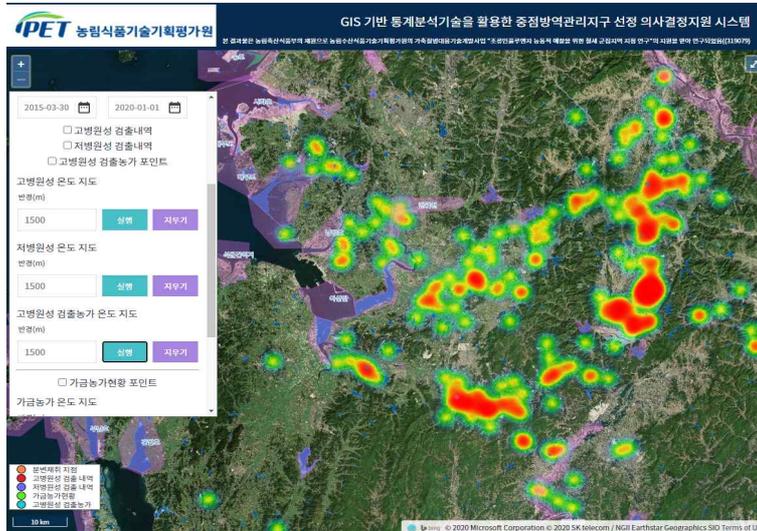
- 고병원성 항원 온도지도, 저병원성 항원 온도지도, 고병원성 항원검출 농가 온도 지도 반경을 기본 1,500m로 설정하였다.
- 이 반경 또한 사용자가 m(미터) 단위로 세분화하여 실행 할 수 있도록 구현하였다. 아래 그림은 H5·H7 항원검출 내역 온도지도를 보여준다.



<그림 151. H5·H7 검출 내역 고병원성 온도지도>

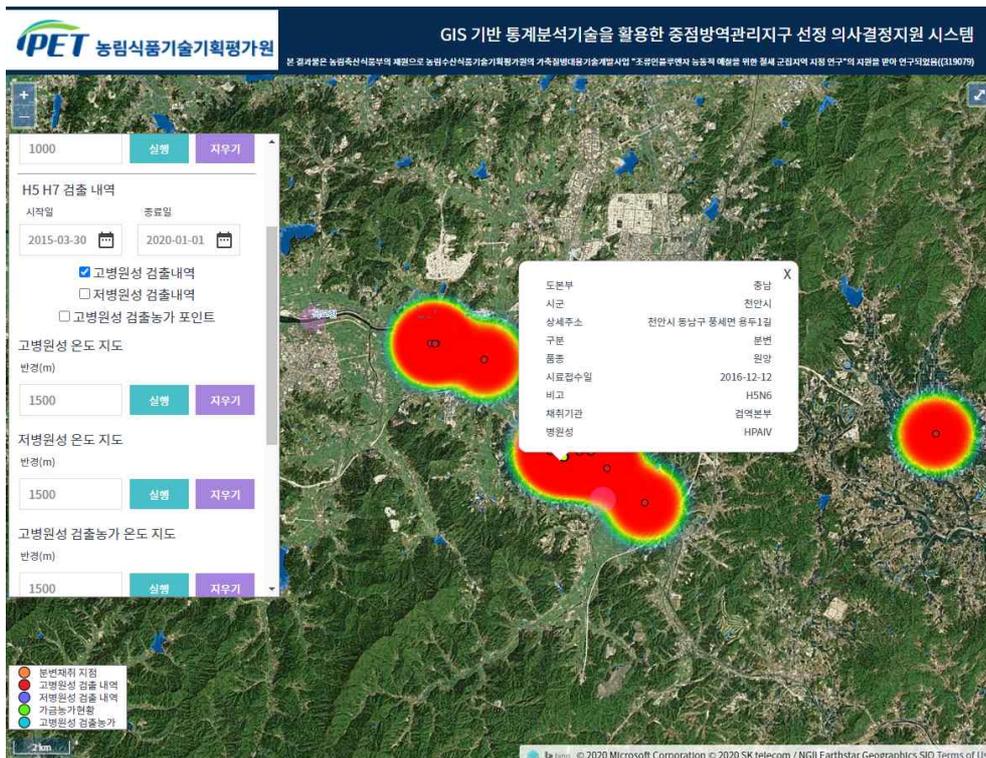


<그림 152. H5·H7 검출 내역 저병원성 온도지도>

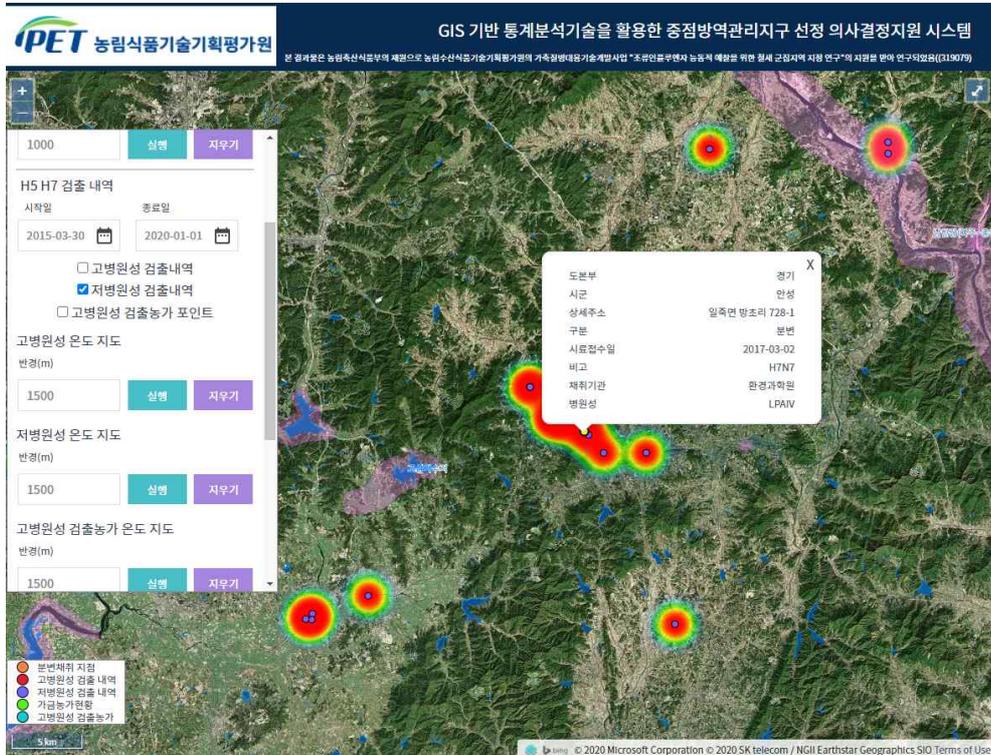


<그림 153. H5·H7 검출 내역 고병원성 검출 농가 온도지도>

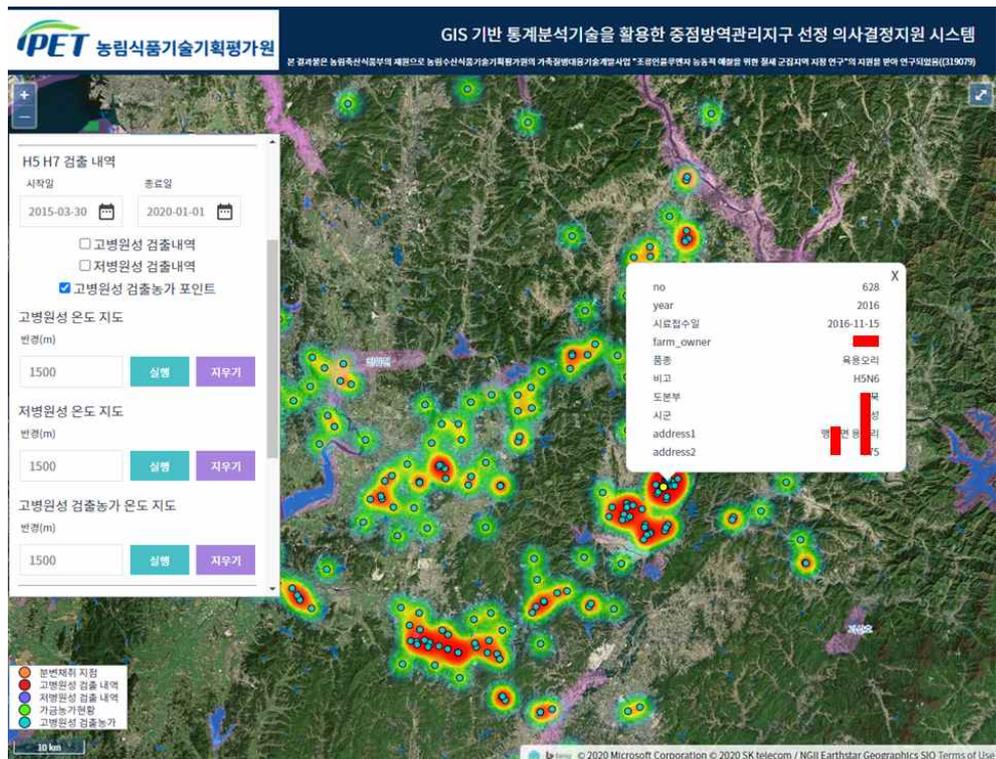
- H5·H7 항원검출 내역을 자세히 보기 위해 포인트를 클릭하면 상세한 정보가 제공되도록 구현하였다.



<그림 154. H5·H7 검출 내역 고병원성 상세보기>

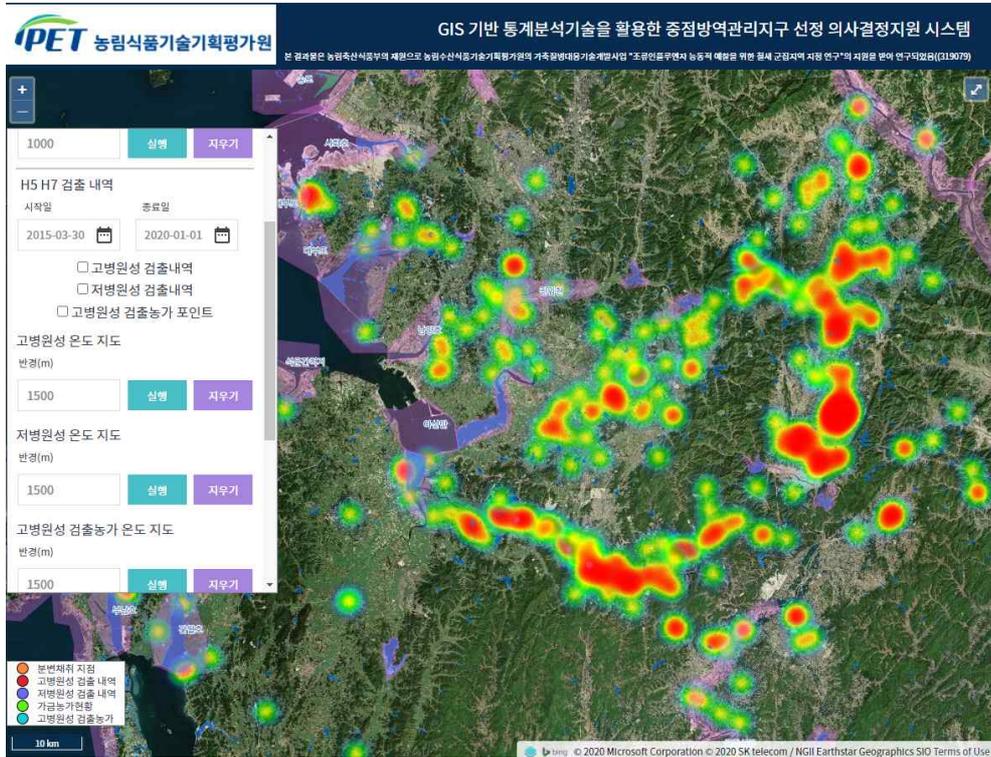


<그림 155. H5·H7 검출 내역 저병원성 상세보기>

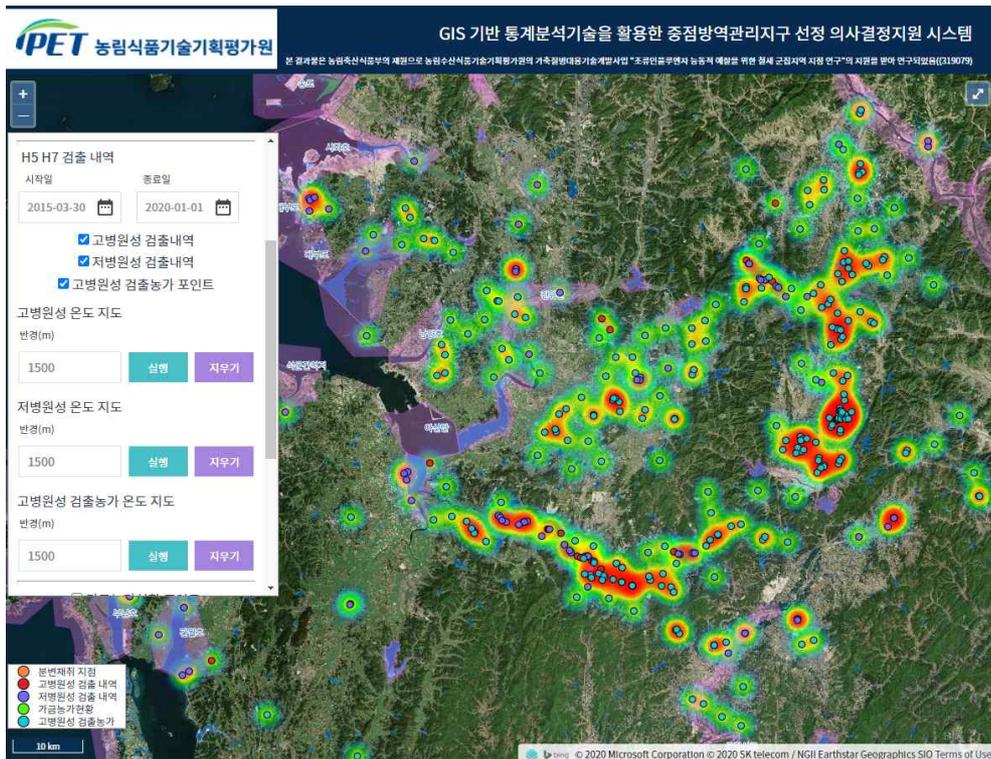


<그림 156. H5·H7 검출 내역 고병원성 검출 농가 상세보기>

- H5·H7 항원검출 내역 중 3가지 온도지도를 함께 사용할 수 있도록 구현하였으며, 온도지도와 함께 체크포인트도 같이 식별할 수 있도록 중점 방역 관리지구를 개발하였다.

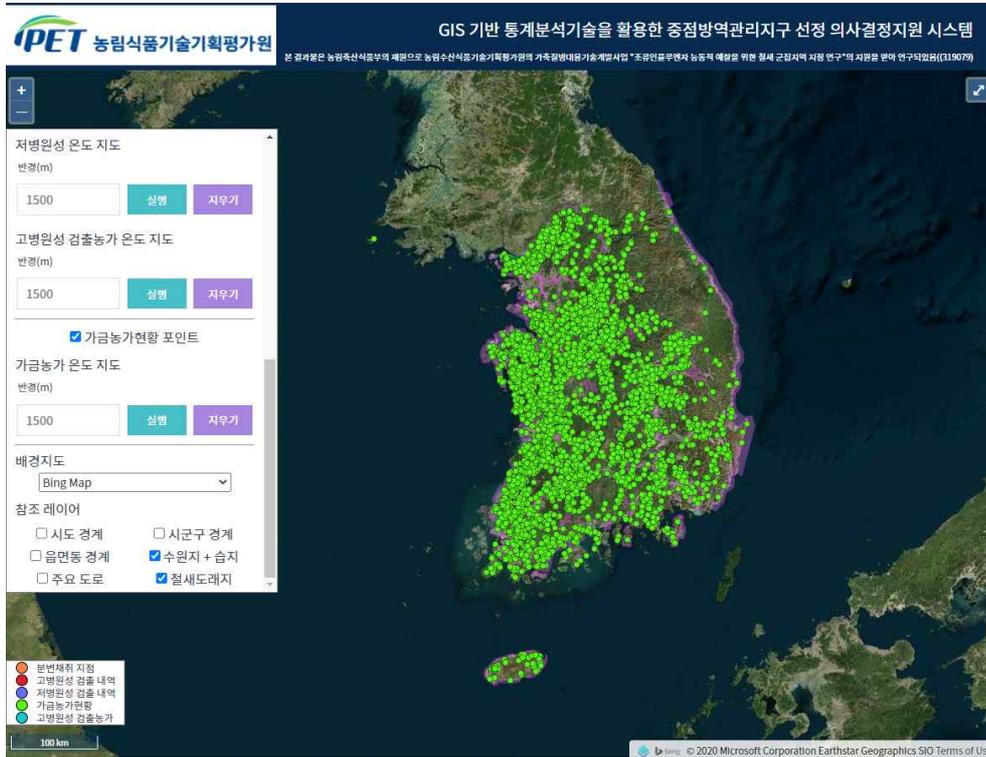


<그림 157. H5·H7 항원검출 내역 3가지 온도지도 동시 시각화>

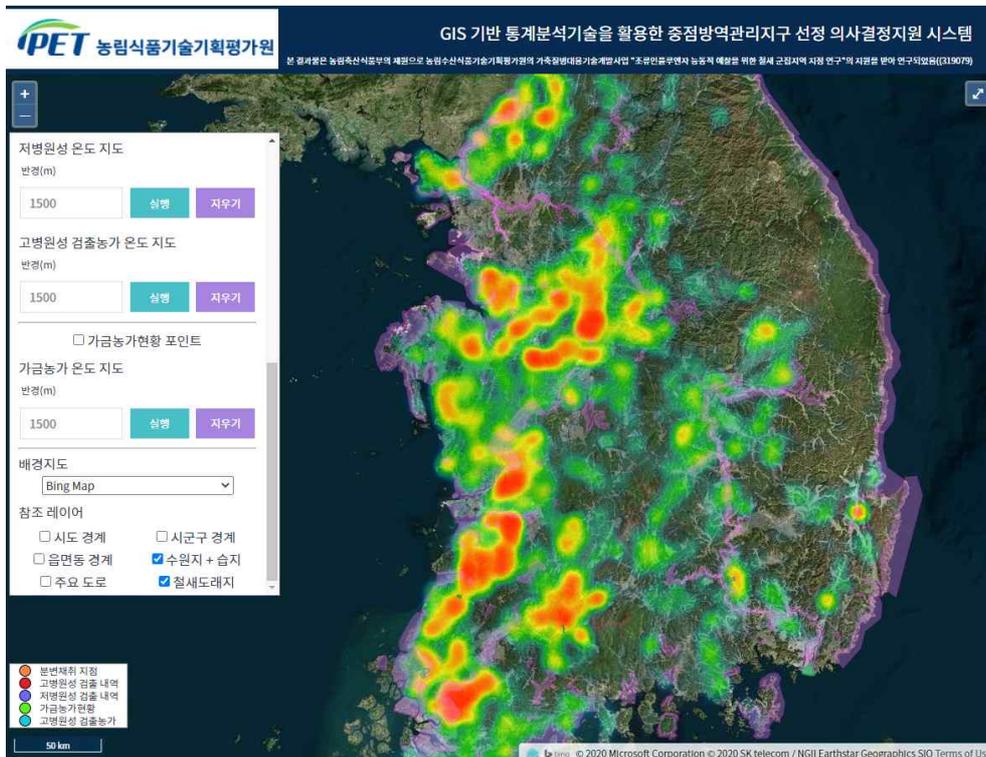


<그림 158. H5·H7 검출 내역 체크포인트 & 온도지도 동시 시각화>

- 가금농가 현황은 포인트로 확인할 수 있도록 구현하였으며, 온도지도도 함께 제공 되도록 구현하였다.

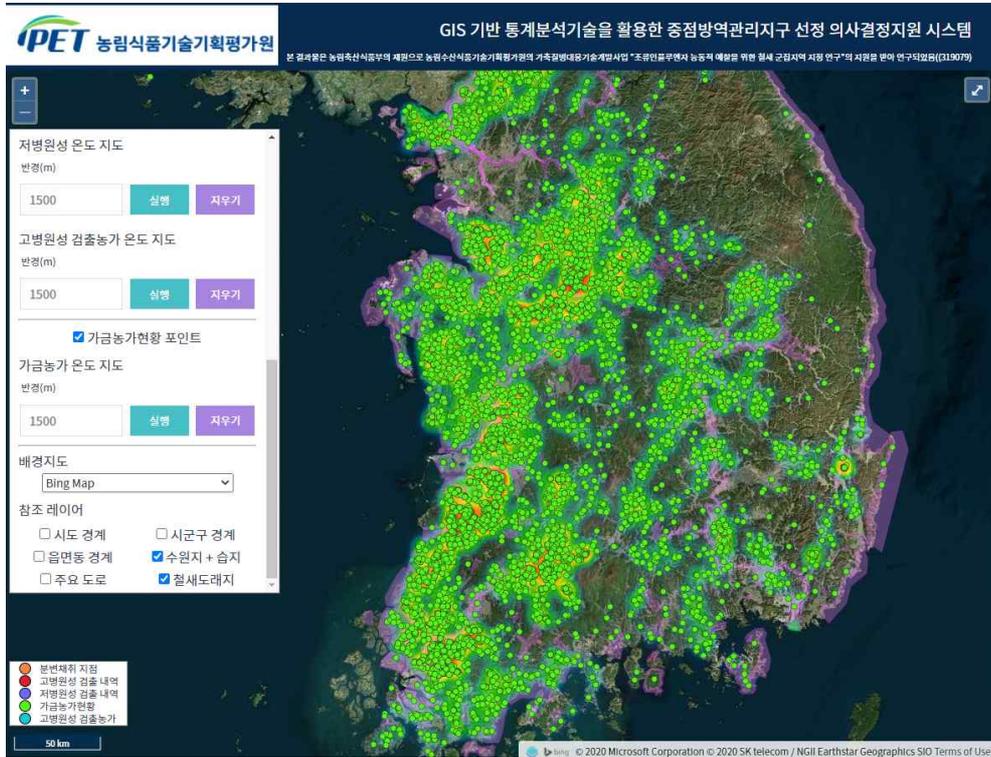


<그림 159. 가금농가 현황 포인트>

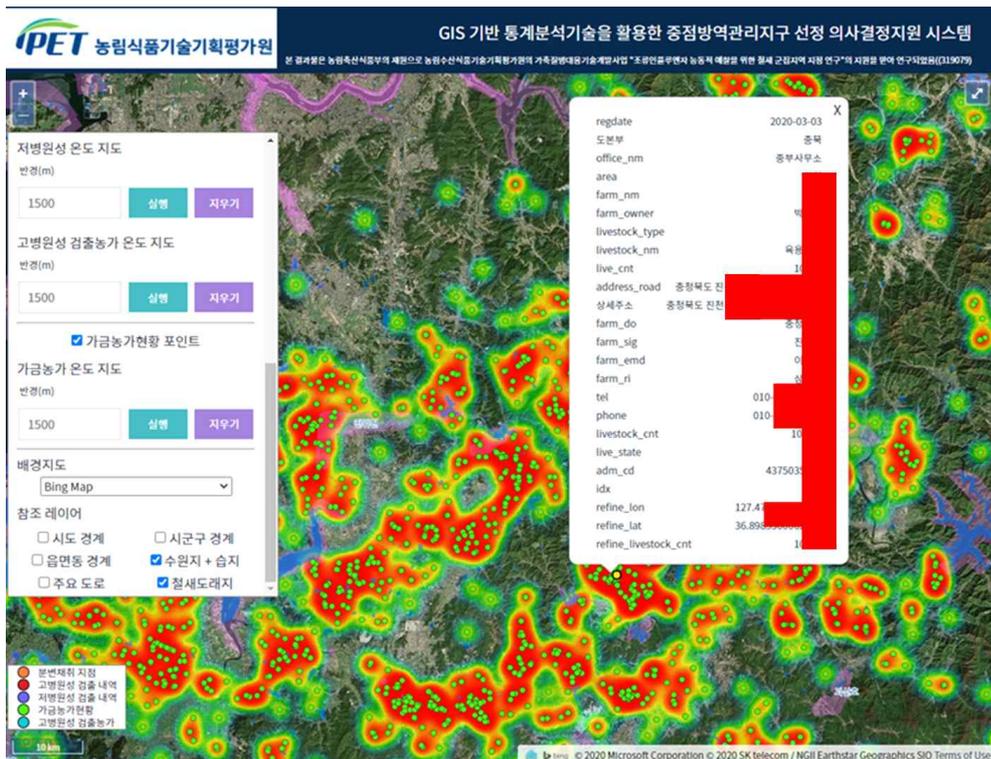


<그림 160. 가금농가 현황 온도지도>

- 가금농가 현황은 포인트와 온도지도를 중복하여 데이터를 시각화 할 수 있도록 구현하였다.
- 가금농가 현황 정보를 자세히 보기 위해선 포인트를 클릭하여 상세보기 가능하도록 구현하였다.



<그림 161. 가금농가 현황 포인트 & 온도지도>



<그림 162. 가금농가 현황 포인트 상세보기>

제 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1절. 목표

○본 연구의 목표는 HPAI를 매개하는 국내 도래 겨울 철새의 이동 경로 및 도래지별 개체 수 파악, 서식지 이용 실태 등 조류 군집패턴 및 행동권에 대한 생태·역학적 연구를 통해 철새에 의한 HPAI 발생 위험성 및 역학관계, 전파 경로를 규명하여 정보에 기반한 과학적인 ‘중점방역관리지구’와 ‘야생조류 예찰 지역’을 선정하는 의사결정 지원시스템을 개발하여 HPAI를 매개하는 철새에 선제적으로 대응하는 방역대책 수립에 기여 하는 것임

2절. 목표 달성 여부

1. 과제 목표 달성

구분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위	달성도
1차년도	조류인플루엔자 중점방역 관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 관련 GIS DB 구축	겨울 철새 군집패턴 분석을 위한 선행 연구사례 검토 및 분석 로직 개발	100%
		연구주제 관련 GIS DB 자료 수집	100%
		GIS 공통 기능 설계	100%
2차년도	정보에 기반한 과학적인 ‘중점방역관리지구’와 ‘야생조류 예찰 지역’을 선정하는 의사결정지원시스템 개발	조류 종별 국내 이동경로 및 생태·역학적 분석모델 개발	100%
		HPAI 감염 위험지역 파악 기술개발	100%
		중점방역관리지구 선정 시각화 기술개발	100%
		중점방역관리지구 검토 및 지정방안 수립	100%

2. 정량적 목표 달성

No	항목	명칭	코드	달성도
1	정책활용 1건 (서울대학교)	지리정보시스템(GIS) 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구선정 고도화 정책 활용 제안	농림축산식품부 조류인플루엔자방역과	100%
2	학술발표 3건 (농림축산검역본부2건 서울대학교 1건)	Detection of Salmonella in Habitats of Migratory Birds in South Korea between 2016 and 2018	2019년 한국미생물. 생명공학회 정기학술대회(검역본부 강성일)	150%
		Environmental Risk Factors to the Spread of Avian Influenza Virus Infections from Wild Bird in South Korea	2020년 한국미생물. 생명공학회 정기학술대회(검역본부 고석문)	
		Evaluation of the Risk of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus Introduction to the Republic of Korea via Migratory Birds	2020년 한국임상수의학회 추계학술대회(서울대학교 김부연)	
3	교육지도 2건 (서울대학교 1건 농림축산검역본부 1건)	조류인플루엔자 철새 도래지 통제 방안 협의회	조류인플루엔자 철새 도래지 통제 방안 협의회(서울대학교 박혁)	100%
		역학조사의 이해	2020년 가축위생방역지원본부(검역본부 이호성)	
4	프로그램등록 1건 (케이웨어(주))	조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰지역 선정 의사 결정지원 시스템	C-2020-046869	100%
5	고용창출 4건	신규채용 4명(서울대학교 2명, 검역본부 1명, 케이웨어 1명)		추가성과

No.1 정책활용 제안 1건, 농림축산식품부 조류인플루엔자 방역과, 지리정보시스템(GIS) 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구선정 고도화 정책 활용, 서울대학교 박혁

양식	정책건의/시행	* 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등	
과제명	조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구		
건의명	지리정보시스템(GIS) 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 고도화 정책활용 제안		
주관부처 (담당자)	농림축산식품부 조류인플루엔자방역과 (황성철 서기관)	건의일자 (제출일)	2020년 9월 7일
시책명		시행일 (시행예정일)	년 월 일
주요내용 요약	<ul style="list-style-type: none"> ○ 축산농가방역정보시스템과 연계, 개발 시스템 활용성 증대 : 효과적인 AI 방역체계를 수립하기 위해서는 <u>기 개발된</u> "야생조류 예찰 시스템"에서 사용한 가축위생방역지원본부의 <u>축산농가방역정보시스템(FAHMS)의 데이터(농장정보, 야생조류 분변 등 채취정보, 야생조류 AI 진단검사결과 정보 등)</u>를 갱신하여 활용할 수 있도록 FAHMS 시스템과 연계하여 개발이 필요함 ○ 야생조류 예찰 시 수집 정보의 표준화를 통한 활용성 증가 : AI 능동예찰 과정에서 수집된 야생조류 분변 <u>채취 정보와 진단검사 결과 정보</u> 등을 GIS 기반으로 통계분석기술을 활용할 수 있도록 야생조류 예찰 <u>분변채취 및 검사결과 입력시 활용성</u>을 중심으로 데이터가 수집될 수 있도록 표준화된 방식의 "야생조류 예찰 시스템"의 개발이 필요함 		
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중점방역관리지구 선정의 과학화와 농가의 순응 유도 ○ 능동예찰 과정에서 수집된 정보의 활용성 제고 ○ 조류인플루엔자 방역체계 개선 ○ 국내 가금산업의 경쟁력 강화 및 <u>고용 창출</u> 		
증빙자료 1 (하단별첨)	* 제출 공문 및 건의내용		
증빙자료 2 (하단별첨)	* 정부시책 및 법령(개정) 결과물 등		

제출 공문

※ 제출 공문 필수 첨부 및 건의 내용 작성

미래를 개척하는 지식공동체



그린바이오과학기술연구원

수신 농림축산식품부장관(조류인플루엔자방역과장)

(경유)

제목 지리정보시스템(GIS) 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리
지구 선정 고도화 정책활용 건의

(TITLE)

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 조류인플루엔자 능동적 예찰을 위하여 정부와 같이 정책활용 제안서를 제출하오니 검토하여 주시기 바랍니다.

- 내 용 -

가. 제 안 자 : 박혁(서울대학교 산학협력중점교원)

나. 제안 내용

- 1) 축산농가방역정보시스템(FAHMS)과 연계, 개발 시스템 활용성 증대
- 2) 야생조류 예찰 시 수집 정보의 표준화를 통한 활용성 증가

다. 근거 과제

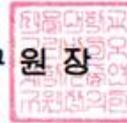
- 1) 지원기관 : 농림수산식품기술기획평가원
- 2) 사업명 : 가축질병대응기술개발사업
- 3) 과제번호 : 319079
- 4) 과제명 : 조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 칠새군집지역 지정연구
- 5) 과제기간 : 2019. 5. 27 ~ 2020. 12. 31

첨부 1. 정책활용 제안서 1부, 끝.

제출 공문

※ 제출 공문 필수 첨부 및 건의 내용 작성

그린 바이오 과학 기술 연구 **원 장**



주무관 **김종휘**

교원 **박혁**

연수원장

2025.9.7.
장권
이인형

협조자

시행

우
송

전화 033-339-6105

전송 033-339-6150

/kimjongwhi@snu.ac.kr

/ 공개



— Poster Session

K-45

Detection of *Salmonella* in Habitats of Migratory Birds in South Korea between 2016 and 2018
Sung Il Kang¹, Dae Sung Yoo¹, Se-Yeoun Cha², Ho Sung Lee¹, Heejin Heo¹, Hyung-Do Seol¹, Han-Mo Son¹, Kwang-Nyeong Lee^{1*}
¹Veterinary Epidemiology Division, Animal and Plant Quarantine Agency, 39660, Republic of Korea,
²Department of Infectious Diseases and Avian Diseases, Chonbuk National University, 54595, Republic of Korea

K-46

Bdellovibrio bacteriovorus Transcriptomic and Cellular Responses to Extracellular Nutrients and Non-Prey Bacteria
Robert Mitchell
Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST), Ulsan 44919, Republic of Korea

L Microbial Ecology and Taxonomy

L-1

Phreatobacter aquaticus sp. nov., a Formate- Utilizing Bacterium Isolated from Freshwater
Ahyoung Choi¹, Kiwoon Baek², Eui-Jin Kim¹
¹Microbial Research Department, Nakdonggang National Institute of Biological Resources (NNIBR), Sangju 37242, Republic of Korea. ²Bioresources Industrialization Support Department, Nakdonggang National Institute of Biological Resources (NNIBR), Sangju 37242, Republic of Korea

L-2

Genomic Classification of *Salmonella* spp. Isolated from Korea
Youni Song, Hak Dong Shin^{*}
Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Science, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea

L-3

Korean Young Adults Gut Microbiome According to Enterotype and Gender
Jiyoun Park, Hakdong Shin^{*}
Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Science, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea

L-4

Evaluation of Stability on Gut Microbiota in Korean Young Adults during 7 Months
Yunsun Jeong, Hakdong Shin^{*}
Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Science, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea

L-5

Competition Test of Lactic Acid Bacteria with Gut Microbiota Based on in vitro Gut Microbiota Incubation System
Soohyun Sung, Hakdong Shin^{*}
Department of Food Science and Biotechnology, College of Life Science, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea



농림축산검역본부
Animal and Plant Quarantine Agency

K-23

Environmental Risk Factors to the Spread of Avian Influenza Virus Infections from Wild Bird in South Korea

Seok Mun Go¹, Sung-Il Kang^{*1}, Sang-Min Jung^{*2}, Ho Sung Lee^{*1}, Han-Soo Lee^{*2},
Hyung-Do Seol^{*1}, Kyo-Hyun Kwon^{*1}, Eunesub Lee^{*1}

¹Veterinary Epidemiology Division, Animal and Plant Quarantine Agency,
²KoEco, Daejeon 34014, Republic of Korea

Introduction

Avian influenza A viruses (AIV) are the causative source of the most important bird disease. This is divided into two groups, highly pathogenic avian influenza virus (HPAI) and low pathogenic avian influenza virus (LPAI) based on their difference in virulence for poultry farm and wild birds.

Since March 2018, the HPAI had not been happened in poultry farm and migratory birds in South Korea. In comparison, the LPAI virus pathogen continues to cause in wild bird but poultry farm outbreaks from time to time in the past three years. Wild birds are known reservoirs for avian influenza virus.

Materials & methods

We confirmed to relationship between environment and ecology property through wild birds using GPS-Mobile phone-based telemetry transmitter in wild birds at 6-province sites including habitats near the agricultural land for period November 2019 to March 2020. The attachment species were 6 species, including mallard, spot-billed duck, pintail, whooper swan, Eurasian wigeon and mandarin duck, and We attached it to 70 numbers of them (Fig. 1). In addition, Their locations were regularly monitored GPS-CDMA and the error range in geographical location of WT-300 was $\pm 5m$

- The total weight : less than 3% of body mass; The signal : interval every 4 hour
- Movement route : marked in tracking signal position(TSP) system used linkage with Google map (Fig. 2)



Fig. 1. The site with GPS attached to wild birds Fig. 2. Tracking signal position system

Results and Discussion

In relation to wild bird, the environmental factors could be a key point of spatial transmission for avian influenza disease surveillance and prevention. In particular, these factors may consider that climate change affecting breeding and wintering sites, and the shortage of food by environment contamination in habitats.

As a result, home range of pintail, mallard, spot-billed duck, eurasian wigeon and mandarin duck were confirmed with 33.31km², 2.76km², 7.61km², 1.6km² and 5.75km², respectively(Fig.3).

As a result of analyzing the winter season habitat utilization rate of ducks, the highest rate was found at 61% of the oars, followed by the habitat utilization rate in the order of field, inland wetland, residential area, and coniferous forest.(Fig.4)

These species generally showed high utilization rates on agricultural lands such as rice paddy(61%), field(11%). Relatively the duckling have used habitats such as other bare land(28%), paddy field(24%) and castal wetlands(18%)(Fig.5)

According to moving information during the day, the migratory birds visit to be consuming the remained grain crops leaves from agricultural fields in the vicinity of habitats in afternoon from autumn to winter.

The best feature of the South Korea is that the habitats are closely located agricultural field, stream, and mountain near poultry farms. Therefore, poultry farms and conventional market have to be thoroughly cleansed and disinfected to control pathogens.

Table 1. Domestic action rights of GPS-attached species

Species	birds	Total use area(km ²)	Kernel(km ²)		
			90%	70%	Core habitat
Pintail	6	258.26	141.65	62.17	33.31
Spot-billed duck	9	103.87	28.33	129.37	7.61
Mandarin duck	6	68.88	23.79	10.82	5.75
Mallard	21	32.37	9.97	5.2	2.76
Eurasian wigeon	1	6.01	8.93	4.8	2.66
Whooper swan	3	6.67	5.22	2.89	1.6

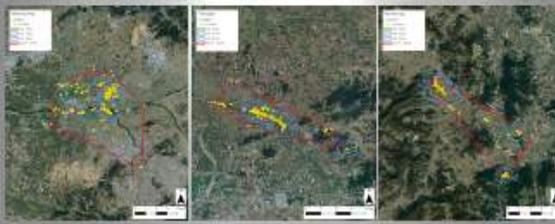


Fig. 3. Right to action by bird species. (a) Spot-billed duck (b) Mandarin duck (c) Mallard

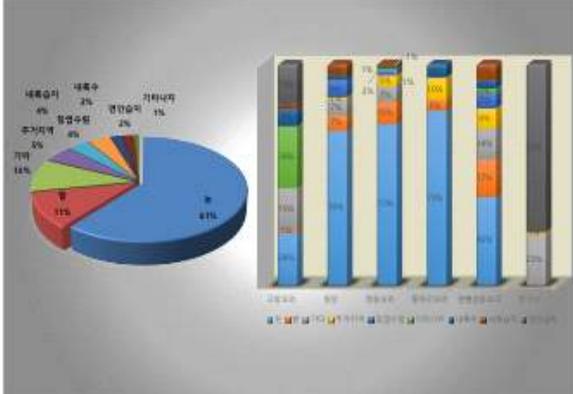


Fig. 4. Ducks' winter habitat use rate Fig. 5. Bird species wintering habitat use rate

FC-09-LA

Evaluation of the Risk of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus Introduction to the Republic of Korea via Migratory Birds

Bu-yeon Kim¹, Jun-Hee Han², Ho-sung Lee³, and Hyuk Park^{4*}

¹Department of Agricultural & Resource Economics, College of Agriculture and Life sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²EpiCentre, Massey University, Palmerston North 4410, New Zealand

³Veterinary Epidemiology Division, Animal and Plant Quarantine Agency, Cyeongsangbuk-do 39660, Korea

⁴Institute of Green-Bio Science and Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Korea

Purpose: For enhancing the effectiveness of active surveillance programme of highly pathogenic avian influenza (HPAI) in the Republic of Korea, the aim of this study was to evaluate the risk of HPAI virus introduction via migratory birds at the scale of tertiary administrative divisions (i.e. Eup,myeon,dong).

Materials and methods: For each tertiary administrative division (TAD), the size of crop field, urban area, water (e.g. river or lake), and wet land were calculated using the land cover data. Also the size of area overlapping with the utilisation distribution (UD) of migratory birds for each TAD was measured, where the UD were estimated as species-specific by analysing the observed habitat data and GPS-tracking data of each species of migratory birds. With the outcome as the previous detection of HPAI virus positive wild bird carcasses, a multivariable logistic regression model was established with the explanatory variable of land cover and UD characteristics.

Results: During the winter, the risk of HPAI introduction was constantly higher in a TAD with larger crop field and water area. The species-specific risk of the introduction, on the other hand, differed by month. For example, a TAD with a larger UD of spotbill duck was more likely to have HPAI introduction during November or January, whereas a TAD with more UD of large migratory birds, such as Bewick's or whooper swan, showed a higher chance of the introduction in January.

Conclusion: This study confirmed the general consensus that a rural region with larger crop field with rivers or lakes are at higher risk of HPAI introduction via migratory birds, and the risk would vary depending on the species of bird that migrates to the country. TADs identified as at high risk of the introduction from this study could be targeted for early detection of the virus in future.

Key words: HPAI, HPAI virus introduction via migratory birds

Acknowledgements: This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through Animal Disease Management Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (319079-2).

*Corresponding author: papavar@snu.ac.kr

개인정보보호! 아무리 강조해도 지나치지 않습니다.



농림축산식품부



수신 수신자 참조
(경유)

제목 조류인플루엔자(AI) 철새도래지 통제 방안 협의회 개최 알림(추가 발송)

1. 관련: 조류인플루엔자방역과-1616('20. 4. 1.)호
2. 우리 부는 조류인플루엔자(AI) 예방을 위하여 철새도래지 축산차량 통제구간 확대 세부 방안을 논의하고자 아래와 같이 협의회를 개최하오니, 각 시도에서는 대상자가 참석할 수 있도록 조치하여 주시기 바랍니다.

일시·장소: '20. 5. 7.(목), 8.(금), 14:00~16:00, 가축위생방역지원본부 3층 회의실

참석대상

- 농식품부(조류인플루엔자방역과)
- 지자체(경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남도)
- (5. 7.) 전북, 전남, 경북, 경남 (5. 8.) 경기, 강원, 충북, 충남
- 서울대학교 박혁 교수

안건: 축산차량 출입 통제구간 확대를 위한 도래지별 통제지점 선정 방안 등

붙임 철새도래지 축산차량 진입통제 확대 방안. 끝.

농림축산식품부장관



수신자 서울대학교 박혁 교수, 가축위생방역지원본부장

주무관 서기관 대걸 2020. 5. 4. 조류인플루엔자 전결
지방역과장

협조자

시행 조류인플루엔자방역과- (2020. 5. 4.) 접수
2107

우 30064

힘내라 대한민국!



가축위생방역지원본부



수신 수신자 참조
(경유)

제목 2020년 가축위생방역지원본부 가축방역사 양성교육 강의 요청

1. 가축전염병예방법 시행규칙 제10조 및 방역총괄부-3086('20. 9. 24.)호와 관련됩니다.
2. 관련 문서에 따라 가축위생방역지원본부 내 20년 신규채용 방역직을 대상으로 아래와 같이 양성교육을 실시하고자 강의 요청드리오니, 협조하여 주시기 바랍니다.
3. 아울러, 교육용교재를 제작코자 하오니 교재용 자료(PPT 40페이지 이내)를 작성하시어 **2020. 10. 16.(금)**까지 담당자 메일 로 제출 부탁드립니다.

개요

- 일 시 : 2020. 10. 27.(화) ~ 10. 28.(수)
- 대 상 자 : 32명(20년 신규채용 방역직)
- 교육방법 : 온라인 플랫폼(ZOOM)을 이용한 실시간 원격 강의
- 촬영장소 : 세종특별자치시 아름서길 21 가축위생방역지원본부 3층 회의실
- ※ 사전 준비로 인하여 강의시작 20분 전까지 참석 요청드립니다.

강의시간표

구분	시간	내용	강사	비고	
27일 (8h)	1강	연속 진행	방역의 중요성	본부장	ZOOM meeting
	2강		6대 사업과 열화상카메라 교육	방역총괄부장	
	09:00				
	3강(1h) 10:00		방역사 임무 및 역할 교육	총남사무국장	
	4강(1h) 11:00		축산법규	-	축산관련중 사자 교육정보시 스템
	5강(3h) 13:00		가축방역 및 질병관리		
6강(2h) 16:00		축산차량등록요령			
28일 (8h)	7강(1h) 09:00		구제역 SOP	농식품부 정승교 서기관	ZOOM meeting
	8강(1h) 10:00		AI SOP	농식품부 황성철 서기관	
	9강(1h) 11:00		역학조사의 이해	검역본부 이호성 사무관	
	10강(1h) 13:00		주요 가축 전염병 - 소 질병 이해	하종엽 원장	

No.3 교육지도 2건, 2020년 가축위생방역지원본부 가축방역사 양성 교육, 역학조사의 이해, 검역본부 이호성

11강(1h) 14:00	주요 가축 전염병 - 돼지 질병 이해 - 가금류 질병 이해	하종업 원장
12강(1h) 15:00	가축전염병 예방법	농식품부 박경일 사무관
13강(1h) 16:00	축종별 보정법 및 시료채취 방법	전북중부 사무소장
14강(1h) 17:00	초동방역의 이해 및 CPX	방역관리부장

붙임 20년 가축방역사 양성교육 계획. 끝.

가축위생방역지원본부장



수신자 가축위생방역지원본부충남도본부장, 농림축산식품부(국제역학과의과장), 농림축산식품부장관(조류인플루엔자방역과장), 농림축산검역본부장(역학조사과장), 농림축산식품부장관(방역정책과장), 하종업 원장, 방역관리부장, 가축위생방역지원본부전북도본부장, 가축위생방역지원본부전북도본부중부사무소장.

주인 차장 부장 대강 2020. 9. 25. 사업처장 휴가
 협조자
 시행 방역총괄부-3108 (2020. 9. 25.) 접수
 우 /
 전화번호 팩스번호 / 비공개

No.4 저작권(소프트웨어)등록 1건, 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사 결정지원 시스템, 케이웨어(주)

제 C-2020-046869 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|--|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류예찰지역 선정 의사결정지원 시스템 |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>시스템프로그램>유틸리티 SW |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 케이웨어 주식회사
서울특별시 구로구 디지털로33길 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | |
| 5. 창작연월일 | 2020년10월30일 |
| 6. 공표연월일 | 2020년11월23일 |
| 7. 등록연월일 | 2020년12월01일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 케이웨어 주식회사,
창작 : 2020.10.30, 공표 : 2020.11.23 |

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2020년 12월 03일

한국저작권위원회



No.4 저작권(소프트웨어)등록 1건, 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사 결정지원 시스템, 케이웨어(주)

프로그램등록부			
프로그램 등록번호	C-2020-046869		
프로그램의 명칭	조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류예찰지역 선정 의사결정지원 시스템		
창작연월일	2020.10.30	공표연월일	2020.11.23
등록연월일	2020.12.01		
프로그램 저작자	성명 또는 상호	케이웨어 주식회사	주민등록번호 또는 법인등록번호
	주소 및 국적	대한민국	
	지 분	1분의 1	
프로그램복제물에 관한 사항	소스파일 File (on-line) 1		
프로그램저작권관			
순 위	사 항		
1	등록 부문 프로그램 등록 ① 신 청 인 케이웨어 주식회사 (110111-4716168) ② 저작(권)자 케이웨어 주식회사(1/1) 110111-4716168 ③ 등록 원 인 저작자 : 케이웨어 주식회사, 창작 : 2020.10.30, 공표 : 2020.11.23 ④ 접수 번호 2020-050853 ⑤ 접수 일자 2020.11.25 ⑥ 등록 일자 2020.12.01	처리일자 : 2020.12.01	



No.4 저작권(소프트웨어)등록 1건, 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사 결정지원 시스템, 케이웨어(주)

프로그램의 내용

과제 번호 : 1545020339

프로그램종류코드 : 43350

1. 제호	조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류예찰지역 선정 의사결정지원 시스템	
2. 주요 내용	적용 분야	가축방역 분야
	특징	철새군집, 도래지, 야생조류예찰지역, 가금농가 등의 공간정보 DB구성 및 GIS기반의 시각화 지원 SW
	주요 기능	"1. GIS 기반 다양한 공간정보 시각화 2. 공간정보 조회 및 추출"
	사용 방법	"1. 실행 파일을 시스템에 설치 2. 시스템에서 설정 파일을 이용하여 스케줄러 설정 3. 프로그램이 자동으로 실행, 프로그램이 모든 기능을 자동 제어 4. 웹기반 사용자환경 접속 후 서비스 이용"
	판매 구분	비상업용



No.4 저작권(소프트웨어)등록 1건, 조류인플루엔자 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 선정 의사 결정지원 시스템, 케이웨어(주)

3. 사용 기종	IBM-PC 호환기종
4. 사용 OS	LINUX
5. 사용 언어	JAVA
6. 필요한 프로그램	없음
7. 규모(byte 등)	125,073 BYTE
8. 업무상 창작에 참여한 자에 관한 사항	장국열, 정진호

원본대조필	연월일	2020.12.04	
	한국저작권위원회		
	담당자	온라인	

한국저작권위원회
KOREA COPYRIGHT COMMISSION





1 / 1

발급번호 : G202012220110613

건강보험자격득실확인서

확인일(구)자	성명	주민등록번호		
	최 회			

자 격 득 실 확 인 내 역

No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	한국과학기술연구원	2018.05.01	
		국회이력		

건강보험 자격득실내역을 위와 같이 확인 합니다.
2020.12.22

국민건강보험공단 이사장

- ※ 이 확인서의 취득일·상실일은 실제의 사업장 입사일·퇴직일과 다를 수 있습니다.
- ※ 이 확인서는 국민건강보험공단 인터넷 홈페이지(www.nhis.or.kr)에서 직접 발급이 가능합니다. (공인인증서 필요)
- ※ 이 확인서는 건강보험 자격확인용이므로 다른 용도(재직증명용, 경력증명용, 대출용 등)



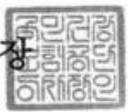


1 / 1

발급번호 : G202012220110524				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명		주민등록번호	
	정 옥			
자격득실확인내역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	서울대학교산학협력단	2020.02.01	
2				
3				
4				
5				
6				
7				
		이하어백		

건강보험 자격득실내역을 위와 같이 확인 합니다.
2020.12.22

국민건강보험공단 이사장



- ※ 이 확인서의 취득일·상실일은 실제의 사업장 입사일·퇴직일과 다를 수 있습니다.
- ※ 이 확인서는 국민건강보험공단 인터넷 홈페이지(www.nhis.or.kr)에서 직접 발급이 가능합니다. (공인인증서 필요)
- ※ 이 확인서는 건강보험 자격확인용이므로 다른 용도(채직증명용, 경력증명용, 대출용 등)





1 / 1

발급번호 : G202012230109574				
건강보험자격득실확인서				
확인청구자	성명		주민등록번호	
	송 형			
자격득실확인내역				
No	가입자구분	사업장명칭	자격취득일	자격상실일
1	직장가입자	케이케이(주)	2020.07.21	
		이하약백		

건강보험 자격득실내역을 위와 같이 확인 합니다.
2020.12.23

국민건강보험공단 이사장



- ※ 이 확인서의 취득일·상실일은 실제의 사업장 입사일·퇴직일과 다를 수 있습니다.
- ※ 이 확인서는 국민건강보험공단 인터넷 홈페이지(www.nhis.or.kr)에서 직접 발급이 가능합니다. (공인인증서 필요)
- ※ 이 확인서는 건강보험 자격확인용이므로 다른 용도(세칙증명용, 경력증명용, 대출용 등)



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

No	항목	명칭	코드	비고
1	논문 SCI 1건	Preventive effect of on-farm Biosecurity against Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) H5N6 infection on commercial layer farms in the Republic of Korea		Transboundary And Emerging Diseases (21. 3. 17 투고)
2	논문 SCI 1건	야생조류 매개 HPAI 유입 위험도 평가		Preventive Veterinary Medicine 투고 예정

제 4장 연구결과의 활용 계획 등

1절 연구성과의 활용분야 및 활용방안

1. 최종 연구개발 산출물

○ 본 과제의 최종 연구개발 산출물은

1. 국내 야생조류(철새) 관련 정보와 가금농장 관련 정보를 수집·정제·융합하여 GIS 기반 공간분석을 통한 HPAI 발생 고위험지역을 추정하여 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사결정을 지원하는 시스템 개발
2. 1을 위하여 조류인플루엔자 중점방역관리지구 선정 관련 GIS DB 구축
3. 1을 위하여 GIS 기반 통계 분석 기술 및 시각화 기술개발
4. 1의 결과물을 활용하여 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책 활용(안) 보고서 개발임

○ 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사 결정지원 시스템 개발

- 철새 서식지 이용면적(UDM) 산출 : 조류 종별 국내 이동경로 및 생태·역학적 분석
- ‘야생조류 매개 HPAI 위험도 평가 모델’ 개발하여 읍면동 위험도 산출 : UDM 활용

○ 의사 결정지원 시스템 개발 관련 GIS DB 구축

- 철새 이동, 서식 정보, 철새 도래지, 행정구역, 방역정책, 환경생태 관련 GIS DB 구축

○ GIS 기반 통계분석 기술 및 시각화 기술개발

- GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템 개발(웹기반)

○ 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책활용(안) 보고서 개발

- 개발된 모델을 활용하여 중점방역관리지구 선정의 타당성 검토

○ 본 연구수행 기간 개발된 웹 기반 “GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템”은 시도 방역공무원이 철새 도래지 통제대책을 수립하는데 활용하였으며, 농식품부가 관심 있는 주요 철새 도래지 주변 농가를 추출하여 방역대책 수립에 활용할 수 있도록 제공하였음. 본 연구에서 개발된 산출물은 농식품부와 농림축산검역본부 등에 기술 이전 하여 제공하거나 보고서로 제출하여 가축 방역정책에 활용할 수 있도록 제공할 예정임

○ 본 연구수행 기간 개발된 ‘야생조류 매개 HPAI 발생위험도 평가모델’을 활용하여 읍

면동에 대한 위험도를 평가하여 중점방역관리지구 선정에 야생조류의 서식지 이용 실태를 반영할 수 있도록 개발되어 철새 관련 정보와 질병 발생 데이터를 활용한 선제적 HPAI 예방대책 수립이 가능할 것으로 기대되어 개발된 모델의 소스를 농식품부와 농림축산검역본부 등에 제공할 예정임

2. 연구성과의 활용 분야 및 활용 방안

- **(정책적 활용)** 국내 도래 겨울 철새의 이동 및 서식 정보, 환경 주제도 등을 활용하여 개발된 생태·역학적 분석모델은 읍면동 HPAI 발생위험도를 정량화하여 제공함으로써 철새 매개의 HPAI 발생을 사전 예방하여 국내 유입 시 대응 능력을 제고하여 방역개선 및 정책적 활용도 제고
- **(정책적 활용)** 연구기간 동안 웹 기반으로 개발되어 배포된 “GIS 기반의 통계학적 기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사 결정지원 시스템”은 지자체 방역공무원이 철새 도래지 통제대책을 수립하는데 활용되어 HPAI 대응 능력을 제고하여 방역개선 및 정책적 활용도 제고
- **(학술적 활용)** 겨울철새 및 철새 도래지에 대한 생태학적 분석과 가축전염병의 역학적 분석기술을 결합한 경관역학(Landscape Epidemiology)은 가축 및 매개체에 의한 가축전염병에 대한 학술적 활용이 가능할 것으로 기대됨
- **(산업적 활용)** 철새 매개의 HPAI에 선제적 대응을 위한 중점방역관리지구 선정의 과학화는 HPAI 발생을 예방하거나 확산을 차단하여 궁극적으로 농장의 생산성 향상에 기여하고 농장의 손실을 최소화할 것으로 기대됨. 본 연구에서 개발된 연구원리와 방법론을 타 연구에 활용하는 것은 가능할 것으로 보임

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구				
	(영문) Analysis of Migratory bird' s Spatial clustering for HPAI active surveillance				
주 관 연구 기관	서울대학교 산학협력단	주 관 연 구 책 임 자	(소속) 서울대학교 산학협력단		
참 여 기 업	농림축산검역본부 케이웨어(주)		(성명) 박 혁		
총 연구개발비 (220,000 천원)	계	220,000	총 연 구 기 간	2019. 05. 27. - 2020. 12 .31. (1년 8월)	
	정부출연 연구개발비	220,000	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	18명
	기업부담금			내부인원	5명
	연구기관부담금			외부인원	13명

○ 연구개발 목표 및 성과

HPAI를 매개하는 국내 도래 겨울 철새의 이동 경로 및 도래지별 개체 수 파악, 서식지 이용 실태 등 조류 군집패턴 및 행동권에 대한 생태·역학적 연구를 통해 철새에 의한 HPAI 발생 위험성 및 역학관계, 전파 경로를 규명하여 정보에 기반한 과학적인 ‘중점방역관리지구’와 ‘야생조류 예찰 지역’을 선정하는 의사결정 지원시스템을 개발하여 조류인플루엔자를 매개하는 철새에 선제적으로 대응하는 방역대책 수립에 기여하는 것이 본 연구의 목표임

본 연구에서는 이를 위하여 철새 관련 GIS DB를 구축하고 이를 이용하여 철새 군집패턴 및 생태·역학적 분석을 활용하여 ‘야생조류 매개 HPAI 발생위험도 평가모델’을 개발하여 5천여개의 읍면동에 대하여 위험도를 평가하여 중점 방역 관리 지구의 선정의 타당성을 검토하고, ‘GIS 기반의 중점방역관리지구 선정 의사 결정지원 시스템’을 개발하여 철새 도래지 통제대책에 활용할 수 있도록 연구 기간에 개발하여 방역공무원이 활용할 수 있도록 제공

○ 연구내용 및 결과

본 연구에서는 아래와 같은 연구범위를 가지고 있음

- 국내 겨울 철새 도래지 분포 및 도래지별 개체(종) 수 GIS DB 구축
 - 환경부 지정 국내 철새 도래지(200여 지역)의 공간정보 DB 구축
 - 철새도래지별 도래 개체수(종)수의 시계열 GIS DB 구축
- 겨울 철새 군집패턴 분석
 - HPAI 발생 시기 별 겨울 철새의 공간 군집패턴 분석
 - 농식품부 지정 중점방역관리지구별 철새 서식 조사결과 이용 실태 및 겨울 철새 변화상 분석
- 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석(야생동물 위치추적장치 활용)
 - 조류인플루엔자 전파 고위험 조류종별 국내 이동 경로 정보 분석 및 시각화

- 겨울 철새 남하 및 북상 시기, 일일 이동 거리 등 생태정보 분석
- 주요 철새도래지별 철새 이용지역(행동영역) 분석을 통한 감염 위험지역 파악
- 토지 피복도 등 환경 속성변수와 위성영상 분석을 연계한 조류의 서식지 이용 패턴 분석

- 종합적 분석을 통한 특별관리지역 검토 및 지정방안 수립

본 과제에 최종 연구개발 산출물은 1. 국내 야생조류(철새) 관련 정보와 가금농장 관련 정보를 수집·정제·융합하여 GIS 기반 공간분석을 통한 HPAI 발생 고위험지역을 추정하여 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사결정을 지원하는 시스템 개발, 2. 1을 위하여 조류인플루엔자 중점방역관리지구 선정 관련 GIS DB 구축, 3. 1을 위하여 GIS 기반 통계 분석 기술 및 시각화 기술 개발, 4. 1의 결과물을 활용하여 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책 활용(안) 보고서 개발임

1. 중점방역관리지구(안), 야생조류 예찰 지역(안) 선정 의사 결정지원 시스템 개발
 - 조류 종별 국내 이동 경로 및 생태·역학적 분석을 통한 철새 서식지 이용면적(UDM) 산출
 - UDM을 활용한 ‘야생조류 매개 HPAI 위험도 평가모델’ 개발하여 읍면동 위험도 산출
2. 의사 결정지원 시스템 개발 관련 GIS DB 구축
 - 철새 이동 및 서식 정보, 철새 도래지, 행정구역, 방역정책, 환경생태 관련 GIS DB 구축
3. GIS 기반 통계 분석 기술 및 시각화 기술개발
 - GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템 개발(웹기반)
4. 중점방역관리지구, 야생조류 예찰 지역 지정 정책 활용(안) 보고서 개발
 - 개발된 모델을 활용하여 중점방역관리지구 선정의 타당성 검토

○ 연구성과 활용실적 및 계획

본 연구수행 기간 웹 기반 “GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원 시스템”을 개발하여 시도 방역공무원이 철새 도래지 통제대책을 수립하는데 활용하였으며, 농식품부가 관심 있는 주요 철새 도래지 주변 농가를 추출하여 방역대책 수립에 활용할 수 있도록 제공하였음. 본 연구에서 개발된 산출물은 농식품부와 농림축산검역본부 등에 기술이전하여 제공하거나 보고서로 제출하여 가축 방역정책에 활용할 수 있도록 제공할 예정임

본 연구수행 기간 개발된 ‘야생조류 매개 HPAI 발생위험도 평가모델’을 활용하여 읍면동에 대한 위험도를 평가하여 중점방역관리지구 선정에 야생조류의 서식지 이용 실태를 반영할 수 있도록 개발되어 철새 관련 정보와 질병 발생 데이터를 활용한 선제적 HPAI 예방대책 수립이 가능할 것으로 기대되어 개발된 모델의 소스를 농식품부와 농림축산검역본부 등에 제공할 예정임

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	319079-02		
사업구분	농림축산식품연구개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	가축질병대응기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구			과제유형	(기초, 응용, 개발)
연구기관	서울대학교 산학협력단			연구책임자	박혁
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2019. 05. 27.- 2019. 12. 31	90,000		90,000
	2차연도	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31	130,000		130,000
	계	2019. 05. 27 -2020. 12. 31	220,000		220,000
참여기업	서울대학교 산학협력단, 농림축산검역본부, 케이웨어㈜				
상대국		상대국연구기관			

* 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020. 12. 31

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
서울대학교 산학협력단	산학협력증점교원	박혁

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	박혁
----	----

1. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

본 과제 목표에 맞춰 개발한 ‘GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원 시스템’ (웹)은 방역담당자가 철새 도래지 통제대책 수립에 활용하였으며, ‘야생조류 매개 HPAI 발생 위험도 평가모델’은 읍면동의 HPAI 발생위험도를 평가하여 중점방역관리지구 선정에 겨울 철새의 서식지 이용면적을 활용할 수 있도록 하여 철새의 생태 역학적 연구를 기반으로 가축 질병의 선제적 예방대책 수립에 기여할 수 있음을 고려할 때 연구개발의 결과 우수성 및 창의성은 ‘우수’ 하다고 판단됨

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

본 과제에서는 철새의 이동 및 서식 정보와 도래지 환경정보, HPAI 발생 정보 등을 수집·정제·융합하여 GIS 기반의 통계 분석 기술을 활용하여 시각화하여 제공하는 웹 기반 시스템으로 개발하여 방역 공무원이 철새 도래지 통제대책을 수립하는데 활용할 수 있도록 연구 기간 내 개발하여 제공하였으며, 경관역학적 분석 원리와 방법론을 기타 연구사업으로 연계할 수 있을 것으로 기대되어 연구개발결과의 파급효과는 ‘우수’ 하다고 판단됨

3. 연구개발결과에 대한 활용 가능성

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

본 과제에서 개발된 ‘야생조류 매개 HPAI 발생위험도 평가모델’은 R 기반 소프트웨어로 개발되어 방역 당국에 기술이전하여 제공할 예정이고 웹 기반 시스템으로 개발된 ‘GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사 결정지원 시스템’은 농식품부 등에 기술이전하여 제공할 예정으로 중점방역관리지구 선정의 과학성을 제고하고 농업인의 순응을 유도할 수 있을 것으로 기대되어 본 과제의 활용 가능성은 ‘우수’ 하다고 판단됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

연구과제 진행 중 아프리카 돼지 열병의 발생과 코로나 19의 발생으로 관계 당국과의 인터뷰 등이 어려운 환경이었으나 연구개발의 성과를 높이기 위해 노력하였으며 본 과제 수행기간 동안 웹 기반의 철새 도래지 통제를 위한 시스템을 개발하여 방역공무원이 활용할 수 있도록 제공하여 연구개발 수행 노력의 성실도는 ‘우수’ 하다고 판단됨

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 과제의 정량성과인 정책 활용을 농식품부에 1건 건의하였으며, 방역담당 공무원에 대한 교육지도 2건, 학술발표 3건, 프로그램등록 1건을 진행하였으며 추가성으로 고용창출 4건을 등록하였음. SCI 논문 2건은 연구 기간 중 산출된 데이터를 기반으로 1건 투고를 진행하고 있으며 추가로 계속하여 투고를 진행하여 종료 후 달성할 예정임

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
GIS DB 구축 및 시각화 웹 기반 시스템 개발	20	100	철새 이동정보, 도래지 정보, 행정구역, 환경 주제도, 방역정보 등 수집하여 GIS DB를 구축하고 시각화하여 웹 기반의 의사결정 지원 시스템을 연구 기간 내 개발하여 방역공무원이 활용할 수 있도록 제공
철새 군집 패턴 분석	20	100	철새 이동정보를 BBM 모델을 활용하여 철새의 서식지 이용 실태를 파악하고 토지 피복도의 속성을 파악하여 월별 종별 철새 서식지의 특성 파악
철새 생태·역학적 분석	20	100	철새 도래지 조류 센서스 데이터를 KDE 모델을 활용하여 월별, 종별 철새 활동의 가능 범위를 전국 규모로 예측하여 철새의 서식지 활용면적(UDM)을 산출
HPAI 발생 위험지역 파악	20	100	야생조류 매개 HPAI 발생 위험이 높은 읍면동의 위험을 정량화하는 모델을 개발하여 고위험 읍면동을 파악
중점방역관리지구 검토 지정방안 수립	20	100	야생조류 매개 HPAI 발생위험도를 읍면동별로 정량화하여 중점방역관리지구 선정 의사결정 지원 가능
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 HPAI를 매개하는 겨울 철새의 이동 경로 및 도래지별 개체(종) 수, 서식지 이용 실태 등 조류 군집패턴 및 행동권에 대한 생태·역학적 연구를 통해 철새에 의한 HPAI 발생 위험성 및 역학 관계, 전파 경로를 규명하여 정보에 기반한 과학적인 ‘중점방역관리지구’와 ‘야생조류 예찰 지역’을 선정하는 의사결정 지원시스템을 개발하여 조류인플루엔자를 매개하는 철새에 선제적으로 대응하는 방역대책 수립에 기여하는 것을 목표로 함

본 연구결과 수집된 철새도래지 정보, 철새의 이동 및 서식 정보, HPAI 발생 정보 등을 GIS 기반으로 DB를 구축하고 시각화하여 야생조류 매개 HPAI 발생위험도를 읍면동별로 정량화하여 중점방역관리지구 선정 의사결정을 지원할 수 있도록 하였으며 철새 도래지 통제대책을 수립할 수 있도록 웹 기반의 시스템을 개발하여 배포하였음

본 연구와 같이 질병 발생 정보와 환경생태 정보를 융합하여 분석하는 경관역학(Landscape Epidemiology)기술을 활용하여 HPAI의 발생위험도를 읍면동별로 평가하는 연구는 정책활용 및 타 분야 활용 가능성이 크다고 할 수 있음

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 본 연구에서 개발된 ‘GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템’ (웹)은 방역담당자가 철새 도래지 통제대책 수립에 활용할 수 있도록 연구기가 내 개발하여 배포하였으나 관련 정보 갱신 등 운영 유지보수 비용이 발생하므로 본 과제에서 개발된 시스템(웹)의 활용을 위한 추가적인 예산 작업이 필요할 것으로 판단됨
- 본 연구에서 개발된 ‘야생조류 매개 HPAI 발생위험도 평가모델’은 철새에서 HPAI가 국내에서 발생위험도를 지역별로 정량화한 것으로 농장으로 유입되거나 확산되는 모델의 추가 모델 개발에 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단됨

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구에서 개발된 GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템’ (웹)은 농식품부 조류인플루엔자 방역과에서 철새 도래지 통제대책 수립에 활용할 것으로 기대됨
- 본 연구에서 개발된 시스템의 활용을 농식품부에 정책 건의하여 정책 활용을 기대하고 있음
- 본 연구와 같이 환경생태 정보와 질병 발생 정보를 결합하여 분석하는 연구방법은 타 분야로 활용이 기대되므로 관련 연구에 대한 추가적인 지원이 필요할 것으로 판단됨

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	조류인플루엔자 능동적 예찰을 위한 철새 군집지역 지정 연구			
주관연구기관	서울대학교 산학협력단	주관연구책임자	박 혁	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	220,000,000원			220,000,000원
연구개발기간	2019. 05. 27 ~ 2020. 12. 31(총 20개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① HPAI 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 철새의 서식지 이용 실태(UDM)를 분석하여 읍면동별 HPAI의 발생위험도를 정량화하여 중점방역관리지구 선정 의사 결정지원하는 모델을 개발 - 철새 관련 GIS 기반의 통계 분석 기술을 활용하여 철새 도래지 통제대책 수립에 활용할 수 있도록 연구 기간 내 개발하여 배포
② 철새, 서식지, 환경정보 GIS 기반 데이터베이스 구축 및 시각화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - RFP에서 요구한 철새 및 서식지, 환경주제도, 방역 관련 정보 등을 수집하여 GIS DB 구축 및 시각화 기술을 개발하여 웹 기반 시스템을 연구 기간 내 개발하여 활용할 수 있도록 배포
③ 철새 군집 패턴, 생태·역학적 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 연구과제를 통해 수집된 철새 이동, 서식 정보, 토지 피복도 등을 활용하여 철새가 이용하는 서식지의 특성을 정량화하고 이를 확장하여 읍면동별로 전국 규모에서 월별, 종별 철새의 서식지 이용 실태를 예측하여 다변량 로짓 회귀 분석을 활용하여 국내 HPAI 발생위험도를 읍면동별로 정량화하는데 활용

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	프 로 그 램 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치													25	25		50				
최종목표			1								2		2	2		1				
연구기간내 달성실적			1					4					3	2		1				
달성율(%)			100								0		150	100		100				

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	HPAI 중점방역관리지구 선정 의사결정지원시스템 개발
②	철새, 서식지, 환경정보 GIS 기반 데이터베이스 구축 및 시각화 기술 개발
③	철새 군집 패턴, 생태·역학적 분석

5. 연구결과별 기술적 수준

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

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과 활용계획 및 기대효과
①의 기술	- HPAI의 야생조류 매개 발생 위험을 읍면동별로 정량화하는 모델은 중점방역관리지구 선정에 바로 활용할 수 있을 것으로 기대됨 - 웹 기반 GIS 기반 통계분석기술을 활용한 중점방역관리지구 선정 의사결정지원 시스템은 연구기간 내 개발되어 철새도래지 통제대책을 수립하는데 활용되어 데이터 갱신시 계속 활용할 수 있을 것으로 기대됨
②의 기술	철새 이동 및 서식정보, 환경주제도, HPAI 질병발생 정보 GIS DB 구축 및 시각화 기술은 타분야 및 관련 연구에 활용할 수 있을 것으로 기대됨
③의 기술	철새의 군집패턴 분석결과 및 생태·역학적 분석을 통해 산출된 월별, 종별 철새의 이용가능 면적(UDM)은 야생조류에 한하여 HPAI의 발생위험도를 정량화하여 중점방역관리지구 선정을 지원하는 것으로 농장으로 유입 및 확산을 예측하는 추가 연구가 필요함

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	프로그램등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문 SC I	비 SC I	논문 평균 IF			학술발표	정책 활용	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치														25	25		50		
최종목표			1								2			2	2		1		
연구기간내 달성실적			1											3	2		1		
연구종료후 성과창출 계획											2								

주 의

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