보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ) / 발간등록번호(11-1613000-100295-01)

국토교통연구기획 최종보고서

공항 조류탐지 및 한국형 조류관리 핵심기술개발 기획 최종보고서

2025. 04. 30

주관연구기관 / 국토교통과학기술진흥원

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

공항 조류탐지 및 한국형 조류관리 핵심기술 개발 기획연구 최종보고서

2025

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

[수행기관]

구분	소속	연구책임자	참여연구원
주관연구기관	국토교통과학기술진흥원	백승훈 실장	이제동 PO 정인회 선임 연태흠 선임

<목 차>

1. 사업 개요 ····· 1
1.1. 기획 배경 및 필요성 ····· 1
1.2. 사업추진 시급성 ····· 3
1.3. 정부지원 타당성 ····· 5
1.4 기획 추진 절차 및 경과 ····· 7
1.5. 상위계획 부합성 ····· 9

2. 사업개념 및 사업 환경 분석 ····· 10
2.1. 사업 정의 및 범위 ····· 10
2.2. 국내외 조류충돌 사고 현황 ····· 14
2.3. 국내외 환경 분석 ····· 25
2.4. 국내외 연구개발 현황 분석 ····· 56
2.5. 종합 분석 ····· 89

3. 신규 연구개발사업 추진전략 ····· 91
3.1. 사업 비전 및 목표 ····· 91
3.2 핵심 문제 및 이슈 도출 ····· 93
3.3. 사업 추진 전략 ····· 97
3.4. 사업 중점 추진분야 ····· 111

4. 중점 추진 분야별 기술개발 내용 ····· 115
4.1. (구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발 116
4.2. (구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발 ····· 127
4.3. (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발 142
4.4. 분야별·기술별 연계체계 및 로드맵 ····· 159

5. 소요예산 및 자원 투입계획 ····· 160
5.1. 소요예산 ····· 160
5.2. 자원(인력, 장비 등) 투입계획 ····· 161
5.3 구성 기술별 예산 및 인력 투입계획 ····· 170
5.4. 연구비 적정성 분석 ····· 176

6. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 185
6.1. 기술별 최종 연구개발성과물 ····· 185
6.2. 단계별 성과목표 및 지표 ····· 186
6.3. 기대(파급)효과 ····· 190

7. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 193
7.1 사업 성과 관리 계획 ····· 193
7.2. 연구개발성과물 검증 및 관리 방안 ····· 194
7.3. 연구성과물 실증 방안 ····· 195
7.4. 연구개발성과물 활용 계획 ····· 197
7.5. 과제제안요구서(RFP)(안) ····· 198

참고문헌 ····· 208
뒷면지 ····· 210

<표 목차>

<표 1> 공항운영자/개발기관 의견 수렴 ····· 7
<표 2> 사업 관련 용어 정의 ····· 10
<표 3> 주요 국가별 조류 충돌 건수(2014~2019) ····· 17
<표 4> 2014~2019 조류 충돌 발생 조류 유형 ····· 18
<표 5> 2020~2024 국내 조류 충돌 발생 현황 ····· 21
<표 6> 2020~2024 공항별 조류 충돌 발생 현황 ····· 22
<표 7> 2024년 공항구역 조류 충돌 발생 현황 ····· 23
<표 8> 2024년 비행단계별 조류 충돌 발생 현황 ····· 23
<표 9> 항공기 조류 충돌 종 DNA 분석 결과 ····· 24
<표 10> ICAO 항공안전 계획 및 규정 체계 ····· 25
<표 11> EPAS의 전략적 우선순위와 실행반안 ····· 30
<표 12> 국내 법정보호종 현황 ····· 35
<표 13> 국외 조류탐지시스템 현황 ····· 36
<표 14> 캐나다 Accipiter社 제품 기본정보 ····· 37
<표 15> MAX 3D 조류탐지레이더 기본정보 ····· 38
<표 16> MAX 3D 조류탐지레이더 주요 설치 공항 ····· 39
<표 17> 국내 조류탐지레이더 개발 가능 기관 ····· 40
<표 18> 국내·외 조류탐지시스템 공항 운영사례 ····· 40
<표 19> 하네다 공항의 조류탐지레이더 구성 요소 ····· 41
<표 20> FAA AC 150/5220-25 주요 요구사항 발췌 ····· 49
<표 21> 항공산업 수급동향(2018~2022) ····· 50
<표 22> 국내 운항 및 여객 실적 ····· 51
<표 23> 분류별 화물실적 ····· 51
<표 24> 공항 조류관리 분야 특허/논문 분석범위 ····· 56
<표 25> 공항 조류관리 분야 특허/논문 분석지표 ····· 56
<표 26> 특허 출원인 국적별 경쟁력(구성기술 1) ····· 57
<표 27> 논문 저자 국적별 경쟁력(구성기술 1) ····· 58
<표 28> 특허 출원인 국적별 경쟁력(구성기술 2) ····· 59
<표 29> 논문 저자 국적별 경쟁력(구성기술 2) ····· 60
<표 30> 특허 출원인 국적별 경쟁력(구성기술 3) ····· 61
<표 31> 논문 저자 국적별 경쟁력(구성기술 3) ····· 62
<표 32> 최근 5년(19년~23년)간 국내 항공분야 기반 R&D과제 현황 ····· 63
<표 33> 최근 5년(19년~23년)간 국내 항공 안전 분야 기반 R&D과제 현황 ····· 66
<표 34> 최근 5년(19년~23년)간 국내 항공안전 분야 부처별 R&D과제 현황 ····· 66
<표 35> 항공 관련 연구기관 ····· 68
<표 36> 항공분야 교육기관 ····· 69
<표 37> 항공분야 학회 ····· 70
<표 38> 국내 항공우주 분야 기업 현황 ····· 71
<표 39> 우리나라 공항 현황 ····· 74

<표 40> 유사 사업 현황 및 연계성·차별성 ····· 79
<표 41> 유사 사업과의 비교분석 ····· 81
<표 42> 공항운영자 의견수렴 ····· 82
<표 43> 개발기관 1차 의견수렴 ····· 83
<표 44> 개발기관 2차 의견수렴 ····· 84
<표 45> 개발기관 3차 의견수렴 ····· 85
<표 46> 개발기관 4차 의견수렴 ····· 86
<표 47> 개발기관 5차 의견수렴 ····· 87
<표 48> 개발기관 2차 의견수렴(서면) ····· 88
<표 49> SWOT 분석결과 ····· 97
<표 50> 추진 전략 도출 ····· 98
<표 51> 한국형 공항 조류충돌 예방 체계 핵심기술 개발 사업에 대한 R&D 논리모형 ··· 99
<표 52> 사업추진절차 및 일정 상세일정 ····· 100
<표 53> 선정평가 기준항목 ····· 105
<표 54> 구성기술 및 세부구성기술 주요내용 ····· 112
<표 55> 구성기술 1의 세부 연구내용 ····· 113
<표 56> 구성기술 2의 세부 연구내용 ····· 113
<표 57> 구성기술 3의 세부 연구내용 ····· 114
<표 58> 사업 개요 요약표 ····· 115
<표 59> 구성기술 1의 요약표 ····· 116
<표 60> 구성기술 1의 세부 기술 및 연구 목표 ····· 117
<표 61> 구성기술 1의 연구 활동별 산출물, 목표성능, TRL ····· 118
<표 62> 조류탐지시스템 운영개념(안) ····· 119
<표 63> 시스템 기술검토회의 ····· 120
<표 64> 구성기술 1-1의 연차별 연구 계획 ····· 121
<표 65> 과제 카드(구성기술 1-1) ····· 121
<표 66> 단계별 실증 계획(안) ····· 123
<표 67> 구성기술 1-2의 연차별 연구 계획 ····· 125
<표 68> 과제 카드(구성기술 1-2) ····· 125
<표 69> 구성기술 2의 요약표 ····· 127
<표 70> 구성기술 2의 세부 기술 및 연구 목표 ····· 128
<표 71> 구성기술 2의 연구활동별 산출물, 목표성능, TRL ····· 129
<표 72> 구성기술 2-1 연차별 연구 계획 ····· 131
<표 73> 과제 카드(구성기술 2-1) ····· 131
<표 74> 국내 개발 통합 대응 탐지시스템 성능(안) ····· 133
<표 75> X-band, S-band의 주요 특징 ····· 135
<표 76> 구성기술2-2의 연차별 연구 계획 ····· 136
<표 77> 과제 카드(구성기술 2-2) ····· 136
<표 78> 일반적인 조류특성 조사방법론 ····· 138
<표 79> 공항 내부지역 계절별 조류 분석 사례 ····· 139
<표 80> 조류의 비행 패턴 유형 ····· 139

<표 81> 구성기술 2-3의 연차별 연구 계획 ····· 140
<표 82> 과제 카드(구성기술 2-3) ····· 140
<표 83> 구성기술 3 요약표 ····· 142
<표 84> 구성기술 3의 세부 기술 및 연구목표 ····· 143
<표 85> 구성기술 3의 연구활동별 산출물, 목표 성능, TRL ····· 144
<표 86> 구성기술 3-1 연차별 계획 ····· 147
<표 87> 과제 카드(구성기술 3-1) ····· 147
<표 88> 구성기술 3-2 연차별 계획 ····· 153
<표 89> 과제 카드(구성기술 3-2) ····· 154
<표 90> 구성기술 3-3 연차별 계획 ····· 157
<표 91> 과제 카드(구성기술 3-3) ····· 157
<표 92> 연도별 소요예산 ····· 160
<표 93> 연도별 소요예산 ····· 160
<표 94> 연도별 인건비 계획 ····· 161
<표 95> 구성기술 1 직급별 연간 소요인력(명) ····· 162
<표 96> 구성기술 2 직급별 연간 소요인력(명) ····· 162
<표 97> 구성기술 3 직급별 연간 소요인력(명) ····· 163
<표 98> 세부기술별 연도별 인건비 ····· 163
<표 99> 연도별 기타경비 및 간접비 ····· 164
<표 100> 연도별 연구장비재료비 ····· 165
<표 101> 연도별 시제품 제작비 ····· 166
<표 102> 연도별 연구활동비 ····· 167
<표 103> 연도별 위탁연구비 ····· 169
<표 104> 연차별 예산 소요 계획 (구성기술1) ····· 170
<표 105> 연차별 인력 투입 계획 (구성기술1) ····· 170
<표 106> 구성기술 1 인건비 상세 소요내역 ····· 170
<표 107> 구성기술 1 연구시설·장비 및 연구재료비 상세 소요내역 ····· 171
<표 108> 기타 경비 및 간접비 상세 소요내역(구성기술1) ····· 171
<표 109> 연차별 예산 소요 계획 (구성기술 2) ····· 172
<표 110> 연차별 인력 투입 계획 (구성기술 2) ····· 172
<표 111> 구성기술 2 인건비 상세 소요내역 ····· 172
<표 112> 구성기술 2 연구시설·장비 및 연구재료비 상세 소요내역 ····· 173
<표 113> 기타 경비 및 간접비 상세 소요내역 (구성기술 2) ····· 173
<표 114> 연차별 예산 소요 계획 (구성기술 3) ····· 174
<표 115> 연차별 인력 투입 계획 (구성기술 3) ····· 174
<표 116> 구성기술 3 인건비 상세 소요내역 ····· 174
<표 117> 구성기술3 연구시설·장비 및 연구재료비 상세 소요내역 ····· 175
<표 118> 기타 경비 및 간접비 상세 소요내역 (구성기술3) ····· 175
<표 119> 비용편익 분석과 비용효과 분석의 특성 및 장단점 ····· 178
<표 120> 연구개발부문 편익항목 구분 ····· 179
<표 121> 연도별 소요예산 ····· 180

<표 122> 타당성 조사시 편입 반영 항목 구분 ····· 181
<표 123> 본 기획연구의 편익항목 ····· 181
<표 124> 경제성 분석 결과 ····· 183
<표 125> 구성기술별 산출물 ····· 185
<표 126> 성과목표 및 지표 총괄표 ····· 186
<표 127> 1단계 성과목표 ····· 187
<표 128> 1단계 성과지표 ····· 187
<표 129> 2단계 성과목표 ····· 188
<표 130> 2단계 성과지표 ····· 188
<표 131> 수입 대체효과 ····· 192
<표 132> 단계별 테스트베드 구축 전략 ····· 195
<표 133> 실증 추진 방안 ····· 196

1. 사업 개요

1.1. 기획 배경 및 필요성

□ **항공기 안전을 심각하게 위협하는 조류 충돌, 최근 5년간 국내 공항에서만 1,500건 이상이 발생하면서 공항구역 내 조류 충돌 원인 분석을 통한 안전 관리 강화 대책 필요**

○ 최근 5년간(2020-2024) 조류 충돌 발생 현황을 살펴보면 팬데믹 이후, 국제선 운항 재개 되면서 국내공항에서 발생한 조류충돌의 발생건수는 '20년부터 증가하는 추세

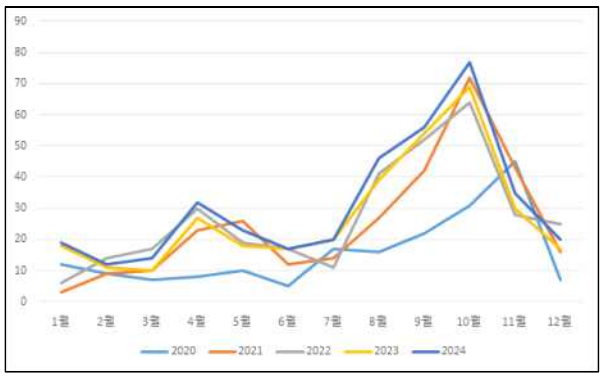
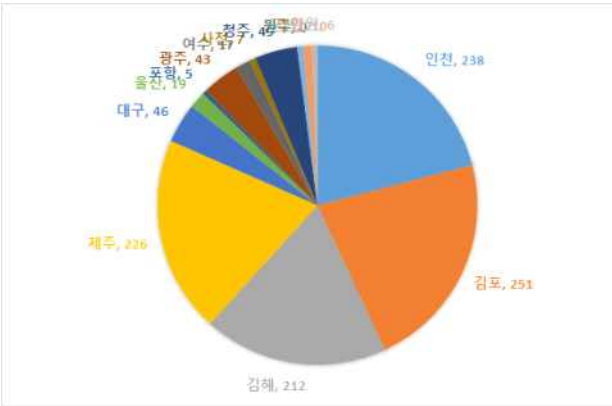
- ('20) 189건 → ('21) 297건 → ('22) 324건 → ('23) 330건 → ('24) 371건

○ 항공기 운항량을 반영한 1만운항당 발생건수(발생률)는 '20년 이후, '22년까지 증가하였다가 소폭 감소 추세이나, 최근 5년간 20% 이상 증가한 것으로 나타남

- ('20) 3.22 → ('21) 4.52 → ('22) 4.61 → ('23) 3.8 → ('24) 3.93

○ 항공기 운항량을 반영한 1만운항당 발생건수(발생률)는 '20 '22년까지 증가하였다가 소폭 감소 추세이나, 최근 5년간 20% 이상 증가한 것으로 나타남

○ 최근 5년 발생한 조류 충돌 중 인천, 김포, 김해, 제주 등 특정 공항에서 발생한 조류 충돌이 80% 이상을 차지

조류 충돌 연간 발생 현황	조류 충돌 월별 발생 현황
	
공항별 조류 출돌 발생 현황(최근 5년간)	주요 공항 연도별 발생 추이
	

□ **현재 운영되고 있는 조류 퇴치방안으로는 근본적인 해결 어려우며, 조류 위험요인에 대한 사전 예측 및 예방적 조류 관리 체계 구축 필요**

○ 현재는 공항에 유입되는 조류가 발생시 대응하는 방법은 업무 담당자가 직접 시야 거리 이내의 조류를 확인하고, 총기, 퇴치기 등을 활용하여 분산시키는 방법이 있으나, 이는 항공기 운항에 제한 요인이 될 수 있고, 조류 활동의 근본적 대책으로는 미흡한 상황

○ 해외에서는 공항 주변의 조류의 생태학적 특성과 조류의 비행 경로 및 이동 패턴 등에 대한 지속적인 데이터 수집 및 분석을 통하여 사전 예방적 위험도 평가 및 조류 활동 대응 체계를 구축하여 관리하고 있음

○ 이에 공항 조류활동에 대한 근본적인 해결과 예방을 위하여 조류 충돌 예방·탐지·퇴치 등의 개별적 관리에 집중하기 보다는 국가 차원의 데이터 종합 및 분석을 통한 조류 활동 위험평가 및 실시간 모니터링이 가능한 한국형 조류 관리 체계 구축 필요

□ **사전 예방적인 조류 관리 체계 구축을 위해서는 생태학적 데이터 수집 및 연계가 필요하며, 특히, 공항 주변의 조류 생태학적 특성 분석을 통한 사전 위험요인을 최소화 하는 동시에 지속 가능한 상생방안 마련 필요**

○ 전국에 있는 공항 지역을 살펴보면 환경상 조류의 출연이 빈번할 수 있는 지역에 위치하고 있으나, 공항 주변의 조류 활동 특성에 대한 확인 조사와 지속적인 대응 체계가 미흡한 상황

- 공항 주변은 항공기 운항으로 인한 사람의 출입이 제한되는 지역으로 대부분 넓은 개활지로 구성되어 있으며, 특히 활주로 주변의 수역 및 녹지공간으로 인하여 조류의 먹이 활동, 휴식 공간 등 조류 유인 요소가 많음

○ 공항별 주변 환경에 맞는 조류의 생태학적 조사 및 특성 분석이 필요하고, 지속적이고 정기적인 생태학적 데이터 수집 및 연계를 통한 사전 위험요인을 최소화할 수 있는 근본적 대책 적용 필요

○ 이 뿐 아니라, 항공 안전 측면의 조류 위험요인을 최소화하는 동시에 조류 생태를 보호하는 관점에서 공존할 수 있는 지속 가능한 상생방안 마련 필요

공항 주변 조류 서식지 및 유인시설 관련 뉴스 자료

1.2. 사업추진 시급성

□ 예기치 못한 위험 요인에 대한 항공 안전 관리 대책 시급

○ 항공 사고가 발생하면 피해가 막대하기 때문에 국제기구와 국가들, 항공사 및 공항들은 항공안전을 체계적으로 관리해왔고, 예산과 자원을 지속적으로 투입하면서 항공사고를 최소화하기 위해 노력하고 있음 특히, 예상되는 위험에 대해서는 지속적으로 관리해온 반면, 조류 충돌과 같은 예상치 못한 위험요인에 대한 관리는 미흡한 상황임

○ 우리나라 대부분 공항에서는 조류 위험 관련 '조류 퇴치팀'이 망원경 관찰이나 경험적 지식 등에 의존하여 조류 퇴치 활동을 수행하고 있음. 이는 주로 단기적·국지적 대응에 불과하며, 현재 공항 주변 광범위 지역에서의 장기적으로 축적된 조류 서식지나 행동 패턴에 관한 정보가 부족한 현실임

○ 코로나 19 이후 조류 충돌 증가세가 뚜렷한 가운데, 해외 여러 국가들에서는 조류 탐지 및 경고 시스템 기술을 활용하면서 공항 주변의 서식지와 야생동물 유인요인을 관리적인 측면에서 접근하고 있음

○ 우리나라 역시 조류 충돌 사고가 급격히 증가하고 있고, 이로 인해 인명피해뿐 아니라 항공기 손상으로 인한 경제적 손실도 발생하고 있음. 항공사고에 대한 사전 예방적 대책은 필수적으로 전국 15개 공항에 대한 조류 위험요인에 대한 사전 예방적이고, 종합적인 안전관리 대책이 시급함

□ 기후 변화로 인한 급변하는 조류 생태 환경에 대한 대응책 마련

○ 기후 변화는 생태계에 심각한 영향을 미치고 있으며, 조류의 서식지, 이동 경로, 번식 패턴 등의 변화를 초래하여 공항 주변 서식지, 조류의 이동경로, 서식 종류 등에 영향을 주게 되고 이는 항공기 안전 및 조류 충돌의 위험요인 증가하는 원인이 되고 있음

○ 기후 변화는 인한 온도 상승과 강수 패턴의 변화는 조류 서식지 및 이동 경로, 번식 시기, 생물의 다양성 등에 영향을 주게 되지만, 이러한 변화를 예측하기 어렵기 때문에 지속적인 모니터링을 위해 체계적인 공항 조류 생태 환경 관리가 필요함

○ 기후 변화에 따른 생태계 환경 변화는 공항 조류 위험 요인과 밀접하게 연관되어 있으므로 생태계 변화에 대한 이해와 대응방안은 물론, 조류 및 운항 데이터 수집, 위험도 예측 모델 개발, 대응 체계 등을 마련함으로써 항공기 안전을 확보하고, 지속 가능한 생태계 유지 필요

□ 공항 조류관리 체계 분야 글로벌 경쟁력 확보

○ 코로나 팬데믹 이후 운항편수가 급격히 늘어나면서 전 세계적으로 조류 충돌 위험도 증가하고 있으며, ICAO IBIS(조류충돌보고시스템)에 따르면 실제 전 세계적으로 항공기와 조류 충돌 보고 건수도 점점 증가하는 추세임

○ 조류 충돌사고는 항공기 이착륙 단계에서 발생할 가능성이 높고, 치명적인 사고로 이어질 수 있어 항공기 안전관리에 있어 필수적으로 고려해야 할 요소로 항공분야 국제기구 및 국가들이 그 중요성을 강조하고 있으며, 공항 조류관리시스템 분야 글로벌 시장 규모도 증가할 전망임

○ 공항 조류관리시스템 분야의 선두주자는 미국으로 레이더, 열화상 카메라, 인공지능(AI) 활용한 예측 분석 등을 적용하여 조류를 사전에 탐지하고 관리하는 시스템이 개발 및 도입되어 왔고, 유럽의 경우 환경보호와 안전을 동시에 고려한 기술 개발이 이루어지고 있으며, 아시아지역에서는 중국과 일본이 정부의 투자로 인해 빠르게 발전하고 있음

○ 우리나라는 공항 조류관리 분야의 기술적인 측면에서는 후발주자이고, 국내 공항 조류 충돌에 대한 안전 강화 및 글로벌 공항 조류관리 분야 시장 진출을 위해서는 조속한 기술개발 시급

1.3. 정부지원 타당성

□ 정책적 타당성

○ **(공공안전 확보를 위한 국가적 역할)** 조류 충돌로 인한 항공사고는 대규모 인명피해로 이어질 수 있는 심각한 항공안전 문제이고, 최근 공항의 조류 충돌이 급격히 증가하고 있는 추세를 감안하면 항공 안전은 국가의 기본 책무로 공공의 이익과 국민 안전 확보를 위해 정부의 정책적 개입은 필수적

○ **(다부처 협력 체계 구축 필요성)** 공항의 조류 관리는 국토교통부(항공안전), 환경부(야생동물 보호), 해양수산부(해안 서식지 관리), 지방자치단체(토지이용) 등 다양한 정부 부처의 협력이 필요한 영역으로 전문적인 권한과 책임을 갖는 각 기관 간의 효과적인 조율은 정부 차원의 대응 없이 불가능한 사안이며, 민간 주도로는 달성하기 어려움

○ **(제한구역 내 데이터 수집 한계)** 공항 주변의 조류의 생태학적 데이터 수집은 항공기 운항으로 인한 민간 출입이 제한되는 지역에서 이루어져야 함. 보안 구역 및 항행안전시설 주변 등 접근이 제한된 지역에서의 조사와 모니터링 활동은 정부의 공식적인 승인과 감독이 필요함

○ **(신속한 대응의 시급성)** 2025년 2월부터 국토교통부는 모든 공항에 조류탐지 레이더를 도입하기로 결정하였고, 특히 공항에서 원거리에 위치한 조류에 대한 사전탐지 및 항공기 대응력 향상 지원에 중점을 두고 있음. 무안 공항 사고 이후 이러한 조치의 시급성은 더욱 부각되었고, 정책적 우선순위로서 신속한 정부 주도 대응이 요구

□ 기술적 타당성

○ **(첨단 기술 개발 및 통합의 복잡성)** 조류 탐지 및 관리를 위한 첨단 기술(레이더, 광학·열화상 센서, AI 등)은 각 기업이 독자적으로 개발하기에는 기술적·재정적 부담이 큼

- 특히 조류탐지시스템은 조류의 이동 경로를 탐지하여 관제사와 공항운영 담당자에게 정보를 전달하고 관제탑은 조종사에게 조류 정보를 전달하는 방식으로 항공교통관제 시스템과의 연계가 필수임. 이러한 시스템 통합은 정부 주도의 R&D 투자를 통해 보다 효율적으로 이루어질 수 있음

○ **(국산화 및 기술 자립도 제고)** 현재 운영되고 있는 공항 조류탐지시스템과 같은 핵심 장비는 대부분 해외 기술에 의존적임. 한국형 공항 조류탐지레이더 모델을 개발하고, 국내 환경에 최적화된 기술 규격 및 운영 개념 설정을 통해 해외 의존도를 낮추고 국내 기술 역량을 확보하는 것은 국가 차원의 기술 전략으로서 중요함

○ **(데이터 기반 예측 모델 구축 필요성)** 조류 충돌 위험을 효과적으로 관리하기 위해서는 빅데이터 분석과 인공지능을 활용한 예측 모델 개발이 필요함. 공항의 조류 위험평가 기술의 고도화는 장기적인 데이터 수집과 분석이 필요한 분야로, 정부의 지속적 투자가 중요함

□ 경제적 타당성

○ **(사고 예방의 경제적 가치)** 조류 충돌로 인한 항공사고 예방은 인명 보호뿐 아니라 막대한 경제적 손실을 방지할 수 있음. 항공기 한 대의 사고로 인한 경제적 손실은 수백억에서 수천억 원에 이를 수 있으며, 조류관리시스템 구축 비용을 크게 상회함.

○ **(민간 주도의 재정적 한계 및 규모의 경제 실현)** 전국 공항을 대상으로 한 K-airport 조류관리 시스템 구축은 개별 공항이나 기업이 독자적으로 추진하기 어려운 규모임

- 국토부는 조류의 위험관리 강화를 위해 방위각 시설 개선, 조류탐지레이더 및 활주로이탈방지시스템(EMAS) 설치, 공항시설 개선 등 4개 사업에 향후 3년간 약 2470억 원을 투입할 계획으로 이러한 대규모 투자는 정부 주도로 이루어져야 규모의 경제를 실현할 수 있으며, 이는 장기적으로 비용 효율성을 제고할 수 있음

○ **(관련 산업 육성 및 일자리 창출)** 조류 탐지 및 관리 기술 개발은 레이더, 센서, AI, 빅데이터 등 첨단 기술 분야의 발전을 촉진하고, 관련 산업의 성장과 일자리 창출에 기여할 수 있음. 정부 주도의 R&D 투자는 이러한 산업 생태계 조성을 지원하며, 국내 기술 역량 강화와 수출 산업화의 기반이 될 수 있음

1.4 기획 추진 절차 및 경과

□ 공항 조류 관리 기획 연구 추진 과정은 다음과 같음

○ (`23.6~11월) 레이저를 활용한 공항조류퇴치 기술 사전 연구, 한국공항공사

○ (`23.12월) 조류충돌 이벤트 발생추세 현황 등을 兩 공항공사 공유 → 공항구역 內 조류충돌 관련 안전관리 방안 협의

- 1만 운항당 조류충돌 발생건수(발생률)는 ’21년부터 감소 추세지만, 항공기 손상을 유발한 경우는 `23년 7.9%로 대폭 증가(140건 중 11건)

○ (`23.9~11월) 항공안전 디지털아카이브 기술수요 조사 및 적용 방안 논의, 항공사, 공항공사, 연구기관, 대학 등 당위성 검토 → 조류데이터 관리의 필요성 및 대응 방안 논의, 기술적 당위성 검토

○ (`24.11월) 항공안전 확보 디지털아카이브 기술 중 조류 충돌 방지를 위한 데이터 공유 및 지원 체계 필요성 논의

- 항공안전 디지털아카이브 토론회(국립항공박물관), 항공안전기술원·한서대학교, 인공지능(AI) 기술 활용 공항조류충돌 예방 기술 논의

○ (‘25.2.4) 민간 전문가 참여 ‘항공안전 혁신위원회’ 운영(~`25.4월)

- 12.29 제주항공 여객기 참사, 1.28 에어부산 화재 등 최근 연이은 사고

○ (‘25.2.6) 12.29 국회 ’여객기 참사 특위‘, 국토교통부 현안 보고

- 조류 충돌 예방 활동 강화, 조류탐지 레이더 全 공항 도입 발표

○ (‘25.3월) 한국형 조류탐지 레이더 성능 관련 국토부 TF 운영

○ (~‘25.3월) 한국형 조류관리 기술개발 기획연구 추진

- 기획위원회(국토부, 공항공사, 국립생물자원관리원, 출연연, 대학, 제작사 등) 운영

- 이해관계자 의견수렴(공항운영자, 장비/시스템 개발기관 등), 공항 주류관리 분야 각 기술별 특허·논문·경쟁력조사, 중점기술분야 도출

○ (‘25.3~4월) 조류관리를 위한 탐지레이더 관련 국내·외 산업계 간담회 논의

- 국내외 시장 현황 논의, 조류관리를 위한 개념적 범위 및 탐지를 위한 최소 성능 검토, 산업계 참여 가능 범위 등 검토

<표 3> 공항운영자/개발기관 의견 수렴

일시	회의명	주요 내용
2025년 2월 14일	기획연구 범위 및 방향 관련 공항운영자 의견 청취 (한국공항공사)	• 한국 공항 실정에 맞는 조류 관리 시스템 개발은 적극 필요 • 사전에 조류 위험요인 파악하여 실시간으로 정보를 주는 것이 핵심 • 국내 공항 실정에 맞는 조류 관리 시

일시	회의명	주요 내용
		스템 개발을 통한 위험요인 정보 실시간 공유 필요 • 조류 생태학적 기초 연구를 통한 데이터 표준화 필요 • 공항인근 조류관리와 관련하여 범국가적 대응이 가능한 제도 필요
2025년 2월 18일	공항 조류 탐지 레이다 기술규격서 관련 의견 청취 (ETRI)	• 조류 탐지레이더에 대한 보유 기술의 주요 특징 및 장단점 설명 • 장비의 성능·기능에 대한 신뢰성 확보를 위한 표준화 또는 검증 체계 수립 필요
2025년 2월 18일	공항 조류 탐지 시스템 개발 핵심기술 규격 관련 의견 청취 (루프시스템)	• 현재 필요로 하는 HW 및 SW 기술수준에 대한 현황을 통해 달성 가능한 목표 수준 설정 필요
2025년 2월 19일	기존 개발 기술에 대한 주요 특징 및 기술규격서 논의 (LIG넥스원)	• 드론 탐지레이더 기술이 활발히 진행되는 가운데 해당 기획에서는 조류를 탐지해야 하므로, 중요한 것으로 조류와 드론을 식별하는 것이 핵심기술 • 조류탐지 전용 주파수 검토 등의 전파환경의 안정성 검토 필요
2025년 2월 19일	기존 개발 기술에 대한 주요 특징 및 기술규격서 논의 (한화시스템)	• 군용 레이더 개발 경험, 주력기술이 X-band이며, 드론탐지 목적으로 Ku-band 활용하여 개발 경험 • 드론탐지 레이더 기술을 활용하여 성능·기능 개선 형태의 연구수행이 연구진입상 효율적이나 별도의 공항에서의 실증 및 검증 관련 연구 필요
2025년 2월 21일	조류탐지레이더 기술규격 및 검증/인증 방안 논의 (DETECT社)	• 조류탐지 레이더 관련 규격은 FAA 규격이 유일한 것으로 파악 • FAA 규격보다 상회하는 기준으로 기술개발 가능 • 조류탐지의 핵심 기술은 조류 탐지·추적·예측을 위한 알고리즘과 S/W로 한국에 적합한 H/W 통합 개발을 통한 연구 협력 개발 가능

1.5. 상위계획 부합성

□ 법적 근거

○ 공항 조류 위험관리를 위한 핵심 기술 개발을 위한 연구개발사업 추진과 관련하여 다음과 같음 법적 근거가 적용됨

- 국토교통과학기술 육성법 제8조(연구개발사업의 추진)
- 공항시설법 제31조(항공관련업무종사자의 준수사항), 제56조(금지행위),
- 항공안전법 제59조(항공안전 의무보고)
- 조류 등 야생동물 충돌 위험 감소에 관한 기준(국토교통부 고시 제2022-644호)

□ 정부 정책 및 법정계획

○ **제9차 국가교통안전기본계획('22~'26, 국토부)**

- 미래성장을 위한 글로벌 항공안전 구현을 위하여, 기술·스마트 분야, 종사자·인적요인 관리, 안전 거버넌스 분야, 주요 취약점 대응으로 구분하여 중점전략과 추진대책 구성
- (빅데이터 기반 위험관리·안전정책 체계 구축) 미국(ASIAS), 유럽(Data4Safety) 등 주요국이 항공안전 빅데이터 형성·활용을 통해 사전 예방적 항공안전관리 수행을 추진하고 있어 항공안전데이터 통합 플랫폼 활성화를 통한 업계 사고예방 역량 강화 추진

○ **제3차 항공정책기본계획('20~'24, 국토부)**

- 안전관리시스템(SMS) 운영을 통해 구축된 항공안전 DB를 적극적으로 활용하여 안전관련 데이터 통합 수집 및 분석 강화와 인공지능 기반 관리체계 도입을 통한 무결점 수준 안전관리 시스템 구축

○ **제2차 항공안전정책 기본계획('23~'27, 국토부)**

- 데이터 기반 스마트·예방형 항공안전체계구축을 위하여, 운송용 항공기의 사전예방적 안전관리 강화 및 비운송용 항공기의 체계적인 안전성 향상, 민·관협력 데이터기반 운항안전 고도화를 지원

○ **제6차 공항개발 종합계획('21~'25년, 국토부)**

- 차세대 공항기술의 선제적 확보 추진 위해 공항 분야 연구개발(R&D) 과제를 도출·평가하여 성장 잠재력이 높은 핵심과제 중심으로 체계적 지원·관리 방안 수립하고, 안전을 최우선으로 공항을 관리 위해 공항시설 운영 전반에 대한 기초 DB 구축하고 체계적인 시설관리와 성능 확보를 위해 공항시설 성능개선 관련 중장기 계획을 수립

2. 사업개념 및 사업 환경 분석

2.1. 사업 정의 및 범위

2.1.1. 사업 관련 용어의 정의

<표 4> 사업 관련 용어 정의

핵심가치	기술분류		기술 설명	검색 키워드
	대분류	중분류		
한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 구축을 통한 사전 예측 및 사후 분석 안전관리 기술 확보 ------- (성과목표) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템을 통한 조류충돌 위험도 경감, 공항 조류충돌 위험도 평가 및 통합관리 기술 개발	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증방안 개발	한국형 조류충돌 예방 체계 표준화를 위해 시스템·장비·구성품에 대하여 규격화하고, 이를 운영할 수 있는 국내 조류충돌 예방 관련 운영 법 체계와 개발된 시스템에 대한 시험·인증·검증 기술 연구	(국문) 레이더 기준, 시스템 구성, 장비구성, 규격화/표준화, 법체계, 검증, 시험, 인증 (영문) radar regulation, system integration, system component, stadard/ regulation, raw, validaton verfication. test certification
		한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 실증 및 운용성검증	공항 조류 탐지·통합 대응 현장 실증을 수행하며, 한국형 조류충돌 예방 관련 기술 통합 체계 및 시스템엔지니어링 기반의 체계통합 및 운용성 검증 연구	(국문) 공항, 야생동물, 조류관리, 실증, 운용성 검증, 시스템엔지니어링, (영문) airport, wild life, bird activity management, validation, operation verification, systems engineering,
	공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	영상기반 조류 정보 생성·처리 기술은 EO/IR 및 CCTV 영상과 AI 분석을 결합하여, 민간공항 주변 조류를 실시간으로 탐지·식별하고 이동 패턴 및 행동 정보를 정량화된 데이터로 생성·가공하는 기술	(국문) 영상기반 조류 탐지, 인공지능 조류 인식·분류, 실시간 조류 정보, 조류 이동 패턴 분석 (영문) vision-based bird detection, AI-based bird recognition and classification, real-time bird information, bird movement pattern analysis
		이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발	이동형 조류탐지시스템을 활용하여 중·장거리 조류를 안정적으로 탐지하고 알고리즘 및 영상 연계를 통해 조류 정보를 생성·처리하는 조류충돌 위험 탐지 기술	(국문) 조류탐지레이더. S-band레이더. X-band레이더. 통합 조류관리. 조류탐지 알고리즘, 최적화 (영문) bird detect radar, s-band radar, x-band radar, total bird management, bird detect algorithm, optimization
		타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	타부처 보유 조류 조사 정보와 기상레이더 정보를 연계·융합하여, 공항 및 항공로 인근의 조류 탐지·종류·이동 패턴 정보를 생성·처리하는 조류 정보 기술	(국문) 타부처 정보 연계·융합, 기상레이더 기반 조류 탐지, 공항·항공로 조류 이동 패턴 분석 (영문) Inter-agency data integration, weather radar-based bird detection, airport and airway bird movement pattern analysis
	데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 시스템 개발	영상, 조류탐지시스템, 타부처 정보, 공항 운영 및 항공기 운항 데이터 등 조류 및 항공 관련 데이터를 통합·연계하여 조류충돌 위험도를 정량적으로 평가·예측 기술	(국문) 데이터 통합 연계, 조류데이터 관리, 조류 활동, 예측, 공항운영 위험도. 운항위험도. 위험 평가 (영문) data integration, bird data management, bird activity, estimation, airport operation risk, flight operation risk, risk assessment
		실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발	조류탐지와 항공정보를 실시간 연계하여 조류충돌 위험도를 즉시 산출·시각화하고, 신속한 위험경보를 제공하는 실시간 조류충돌 대응 기술	(국문) 조류충돌 위험도 평가·예측, 위험도 수준별 대응 방안, 이해관계자별 안전 대응체계 (영문) bird data, bird activity data, data connect, data security. data visualize
		위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발	조류충돌 위험도 수준에 따라 이해관계자별 대응 방안을 수립하고, 이를 실증·검증하여 현장 적용성을 확보하는 조류충돌 대응 기술	(국문) 조류데이터, 조류활동데이터, 데이터 연계, 데이터 보안, 데이터 가시화 (영문) bird strike risk assessment and prediction, risk level-based response measures, stakeholder-specific safety response framework

2.1.2 사업 개념 및 범위

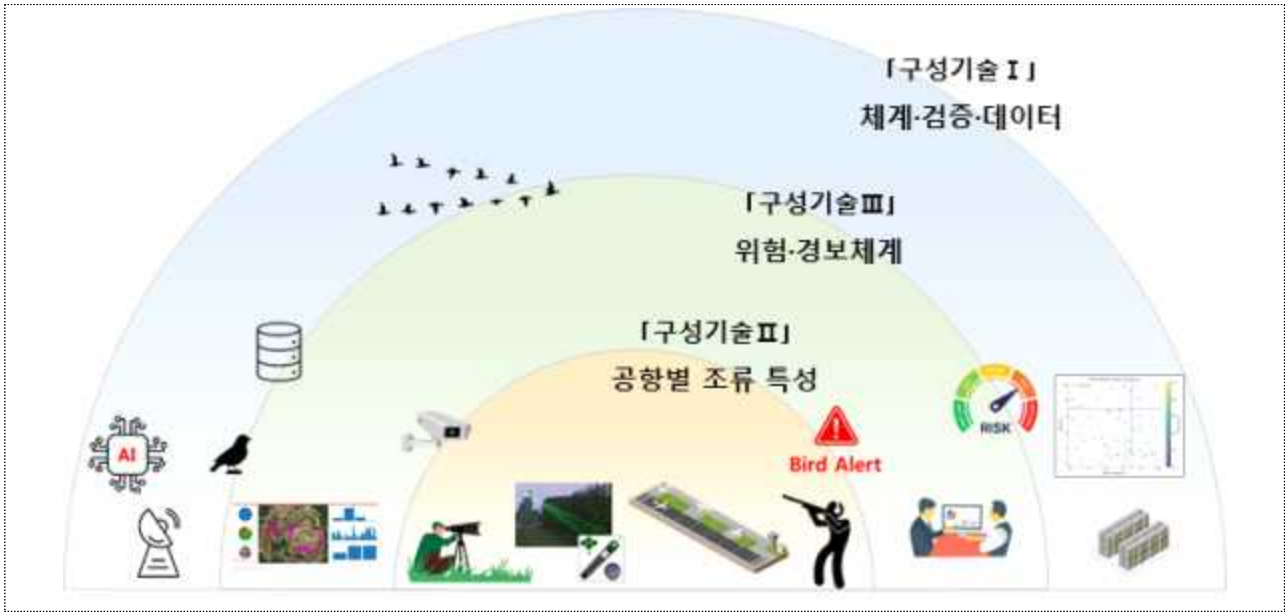
○ 본 사업은 항공기 이·착륙 운항 과정에서 조류의 위험요인 차단·관리를 위해 공항 주변의 조류 정보 및 활동 데이터를 활용한 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템*을 개발하고, 항공기 조류충돌 조기 경보에 적용함으로 항공기 사고를 사전에 예방하기 위한 기술 확보를 통해 항공 안전 향상에 기여 할 수 있는 연구개발사업임

○ **[사업명] 공항 조류 탐지 및 한국형 조류 관리 핵심기술 개발**

- **(한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발)** 공항 주변 13km 이상 조류관리 정보와 실시간 대응, 조류 위험평가 기술을 확보한 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템과 이에 대해 검증 및 현장 실증, 그리고 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 체계에 대한 표준화(규격화)·인증체계 연구를 수행하여 관련 법규 제정 근거 마련
- **(공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발)** 영상기반, 조류탐지시스템, 타부처 정보 등 연계 및 통합하여 공항 주변 조류 정보 및 조류 활동 데이터를 생성하고 처리하는 시스템 개발 기술
- **(데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발)** 통합·연계된 조류 정보 및 조류 활동 데이터를 기반으로 조류 충돌 위험을 평가·예측하여 위험도를 산출하고 대응하는 시스템 개발

[그림] 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 개발사업 범위

□ 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 체계 운영 개념도

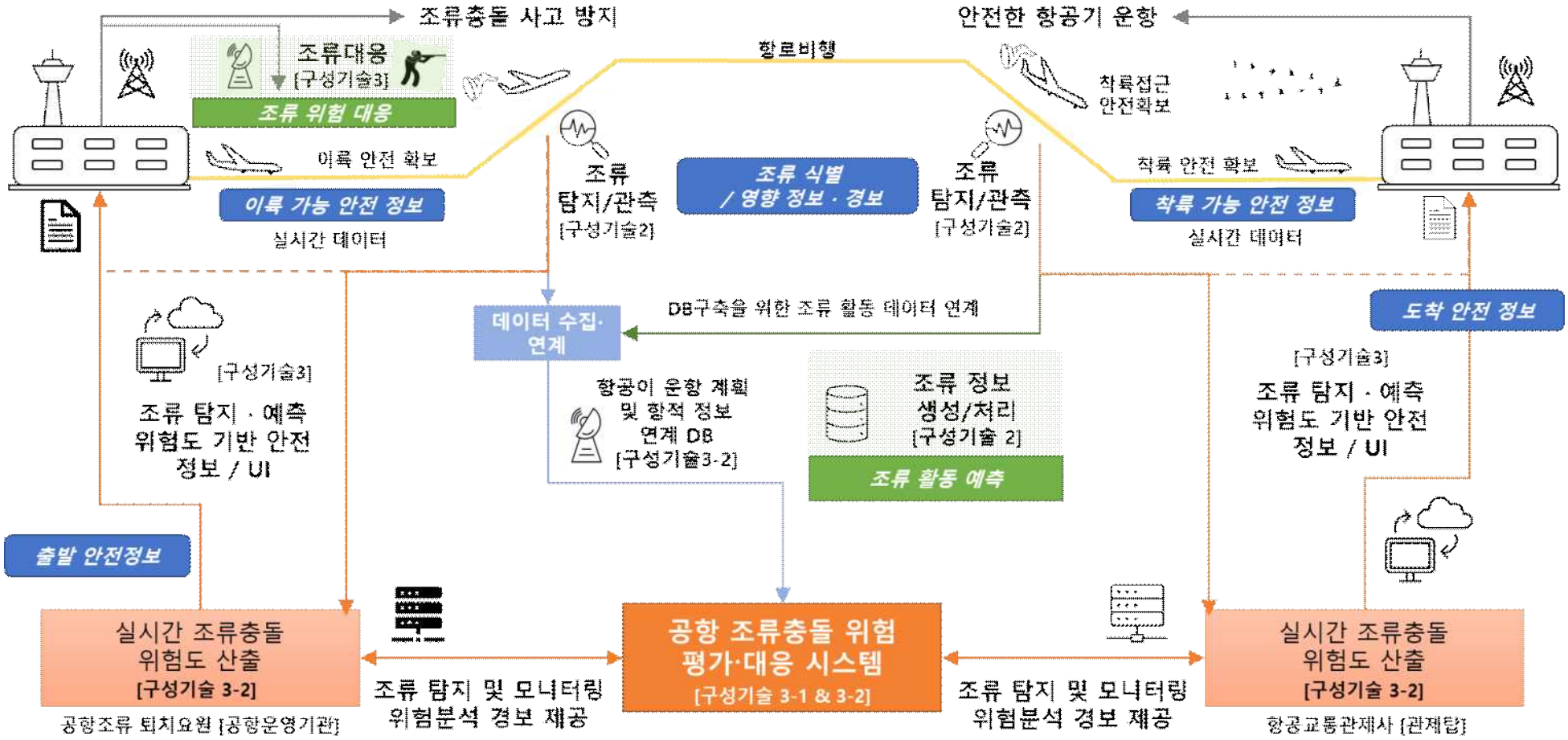


[그림] 한국형 공항 조류충돌 위험 탐지 · 예방 체계 운영 개념도

□ 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 체계 운영 시나리오

<table>
<tr><th colspan="3">한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 체계 구축을 통한 과학적·종합적이고, 철저한 안전관리 구현</th></tr>
<tr><th>❶ 공항별 사전예방적 관리</th><th>❷ 공항별 실시간 탐지 및 대응
(공항 13km 이내)</th><th>❸ 공항별 안전관리 체계
(지속적인 안전 유지)</th></tr>
<tr>
<td>▪ 공항별 조류 정보 및 활동 데이터 분석을 통한 위험요인 수집 및 분석
- 위험요인 분석(위험 종별, 지역, 시기 등)
- 시기별 조류 위험계획 수립 · 시행
▪ 공항별 조류충돌 예방 관리</td>
<td>▪ 조류탐지 -> 조류식별/추적 -> 위험평가 -> 조류분산 · 관리
▪ 중단거리 조류 정보 확인시 관제·운항의 대응을 통한 이·착륙 조정
<table>
<tr><th>구분</th><th>탐지/식별</th><th>대응</th></tr>
<tr><td>원거리
(6 ~ 13Km)</td><td>Radar</td><td>조기위험경보</td></tr>
<tr><td>중거리
(3 ~ 6 km)</td><td>Radar, EO/IR</td><td>관제/운항대응</td></tr>
<tr><td>단거리
(0 ~ 3 km)</td><td>Radar, EO/IR</td><td>분산·퇴치</td></tr>
</table></td>
<td>▪ 데이터기반 위험평가
- 지속적 데이터 수집
- 공항별 위험평가 지표 업데이트
▪ 한국형 조류충돌 예방 체계 표준화 · 검증 · 실증
- 운영단계에서 표준화 기반 정기/수시점검</td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
</table>

□ 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 기술 데이터 연계도



[그림] 한국형 공항 조류충돌 위험 탐지 · 예방 기술 데이터 연계도

2.2. 국내외 조류충돌 사고 현황

2.2.1 조류 충돌 개요

○ 조류충돌 이란, 버드 스트라이크(Bird Strike)라고도 하며, 운항 중인 항공기와 새가 충돌하는 것을 의미함

- 주로 이착륙과 같은 비교적 낮은 고도에서 발생할 확률이 높은데, 이 시간을 위험한 'Critical Eleven'이라고 불림(이륙 동작 중 5분, 착륙 동작 중 6분의 '긴장되는 11분')
- 이착륙시 엔진이 최대로 가동되어 특성상 조류가 공기 흡입구에 들어가는 사고가 많고, 특히 항공기의 제트엔진은 공기 흡입구의 직경과 추진력이 크고 지상에 가깝기 때문에 조류 충돌이 일어나기 쉬우며, 최근에는 연비효율을 높이기 위해 팬의 직경이 커진 영향도 있음
- 이처럼 조류 충돌은 항공기의 구조적 손상, 엔진 고장 등 항공기 안전에 위험을 초래하며, 특히 새가 항공기 엔진에 들어가게 되면 항공기를 추락시킬 만큼 위험성이 매우 크기 때문에 막대한 금전적 손해와 인명 손실을 야기시킬 수 있음

○ 조류는 항공기를 포식지로 인식하지 않기 때문에 근접하더라도 위험하다고 인식하지 않고, 어린 조류의 경우, 항공기에 대한 경험이 없기 때문에 위험 인지가 낮으며, 이러한 점이 항공기와의 접근을 야기하고 혹은 먹이나 맹금류에 대한 예측 불가능한 회피 행동으로 이어지며 항공기와의 충돌을 야기하게 됨

조류 충돌(Bird Strike) 항공기 피해	

2.2.2 국외 조류 충돌 사고 현황

□ ICAO 야생동물 충돌 보고데이터 분석

○ ICAO 조류충돌정보시스템(ICAO Bird Strike Information System,IBIS)은 전 세계 국가들의 야생동물 충돌을 보고하는 시스템으로 아래 표는 201년에서 2007년까지, 2008년에서 2015년까지, 2016년에서 2021년까지의 구간별 보고된 데이터를 분석한 내용임

- 전 세계 야생동물 충돌사고 보고 건수는 2001년부터 2007년까지 42,508건, 2008년부터 2015년까지 97,751건, 2016년부터 2021년까지 273,343건이며, 2016년부터 2021년까지 기간에는 COVID-19 팬데믹의 영향을 받았지만, ICAO에 보고된 야생동물 충돌 보고 건수가 이전 기간 대비 약 280% 증가함

○ 2016년부터 2021년까지 데이터를 보면, 야생동물 충돌 사고가 낮 시간대, 비행단계로 보면 접근 및 착륙 단계에서, 월별은 6월에서 8월 사이에 위험한 것으로 분석

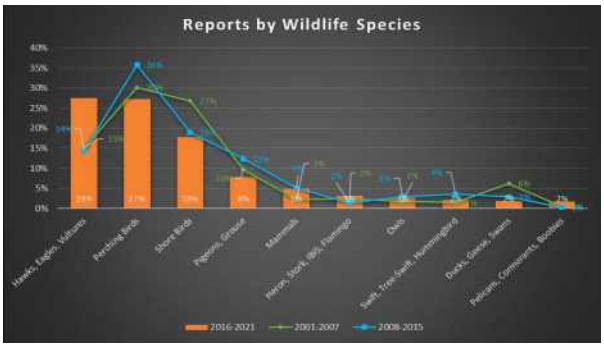
- 낮 시간대 발생율이 약 68%, 밤 시간대 발생율이 약 19% 차지하면서 낮 시간대 발생율이 밤 시간대 보다 거의 4배로 높았음
- 또한, 월별 데이터를 보면 8월이 가장 많은 사고를 기록하였고, 비행단계별로 보면 이륙단계에서 24%, 접근 및 착륙단계에서 46%를 차지
- 야생동물 종에 대해서는 매, 독수리 및 수리부엉이가 가장 많이 충돌함
- 항공기 파트 중 가장 많이 충돌한 부분은 엔진과 레이다돔(radome)이며, 가장 많이 손상된 부분은 엔진과 날개/로터로 조사됨

ICAO에 보고된 조류충돌사고 데이터 비교(2001-2007 vs 2008-2015 vs 2016-2021)

Data	2001-2007	2008-2015	2016-2021
States reporting	51	91	136
States/territories of occurrence	145	105	194
Strikes reported	42 508	97 751	273 343
Day time strikes	63%	68%	68%
Night time strikes	24%	25%	19%
Peak month activity	12% (August)	14% (August)	12% (July and August)
Strikes during takeoff	39%	31%	24%
Strikes during approach	37%	33%	23%
Strikes during landing	17%	25%	23%
Wildlife specie most frequent	Perching birds	Perching birds	Hawks, eagles and vultures
Part struck most frequent	Engines and Radome	Engines and Radome	Engines and Radome
Part damage most frequent	Engines and Wing/Rotor	Engines and Wing/Rotor	Engines and Wing/Rotor

○ 야생동물 충돌이 발생한 시기를 살펴보면 연중 두 번의 야생동물 충돌 급증을 확인할 수 있는데, 첫 번째 증가는 2월에서 5월 사이에 발생, 두 번째 급증은 6월에서 8월 사이에 발생함. 이후 야생동물 충돌은 감소하여 12월에서 2월 사이에 가장 낮음

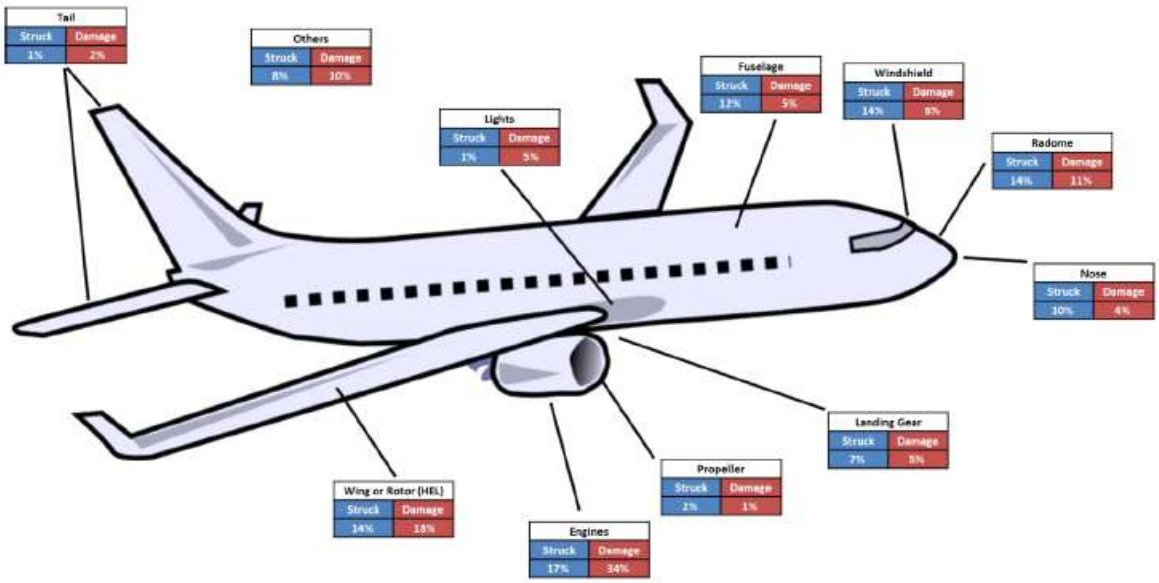
○ 자주 충돌한 야생동물 종류를 살펴보면, 종에 대한 정보가 있는 보고가 약 28%로 매, 독수리 및 수리부엉이에 해당되고, 나무에 앉는 새들(Perching birds)이 약 27%, 해안가 새들(shore birds)은 약 18%를 차지함

야생동물 충돌 월별 현황	야생동물 종류 현황
	

○ 야생동물과 충돌한 항공기 부품에는 엔진으로 약 17%로 가장 높았고, 그 다음으로 레이더돔, 윈드실드, 날개/로터가 각각 약 14%, 마지막으로 동체가 약 12%를 차지함. 이로 인해 손상된 항공기 부품은 엔진이 약 34%로 가장 높았고, 그 다음으로 날개/로터가 18%를 차지하고, 마지막으로 레이더돔이 약 11%를 차지함

- 야생동물이 항공기 엔진에 충돌하였을 때 치명적임을 의미

야생동물과 충돌된 항공기 부품과 손상된 부품 비율



□ 주요 국가 현황

○ 2014~2019년간 주요 국가들의 연도별 충돌 건수는 미국이 90,524건으로 가장 높았고, 다음으로 영국, 호주, 일본의 순이지만, 1만 운항횟수 당 비율을 보면 이탈리아가 10.23으로 가장 높고, 그 다음은 호주와 영국이 각각 7.76으로 높은 것으로 조사

- 해당 기간의 한국의 경우 타 국가와 대비 충돌 건수도 낮고, 특히 1만 운항횟수당 비율이 1.32로 가장 낮은 편으로 조사

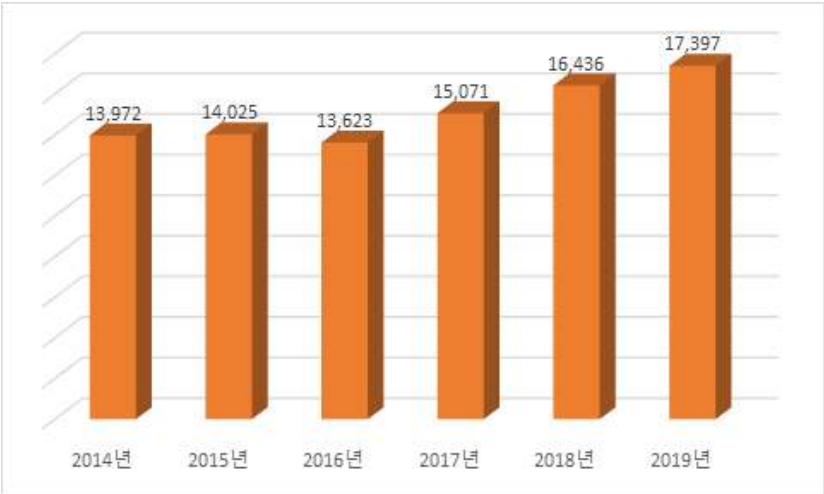
<표 5> 주요 국가별 조류 충돌 건수(2014～2019)

구분	연도별 충돌 건수						합계	1만 운항당 비율
	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년		
미국	13,972	14,025	13,623	15,071	16,436	17,397	90,524	2.83
호주	1,646	1,648	1,807	1,921	1,727	1,767	10,607	7.76
러시아	70	411	785	1,029	1,021	-	3,316	-
영국	2,712	2,761	2,924	3,488	-	-	11,885	7.76
프랑스	595	513	568	698	698	755	3,827	3.80
브라질	1,597	1881	2,185	2,164	-	-	7,827	-
이탈리아	1,084	1,299	1,313	2,034	1,770	2,095	9,595	10.23
일본	1,967	1,769	1,626	1,553	1,434	1,577	9,926	6.68
한국	39	58	55	47	79	91	369	1.32

□ 미국

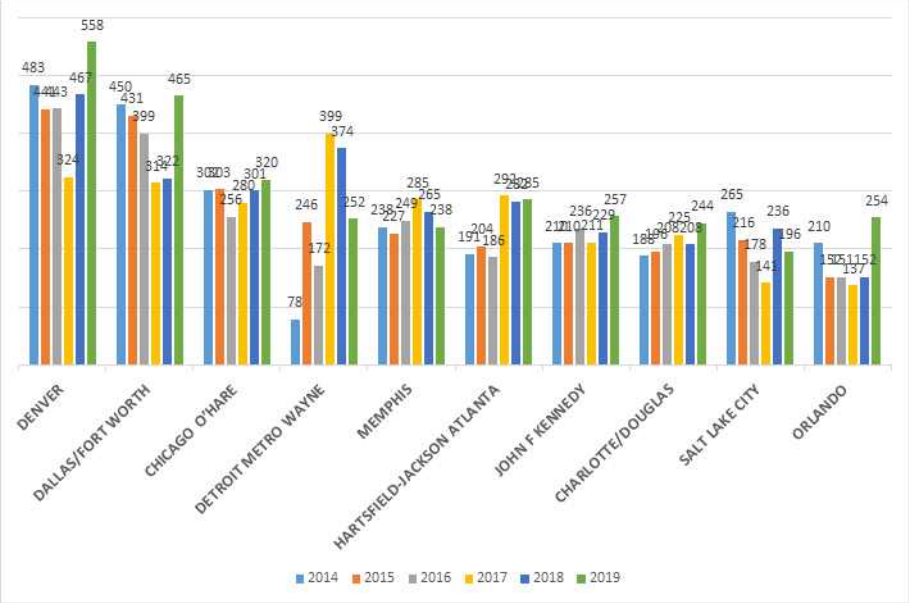
○ 미연방항공청(FAA) 자료에 의하면 2014~2019년 공항에서 발생한 조류 충돌은 총 90,524건으로 그 중 2019년에 17,397건으로 가장 많았고, 2016년을 기점으로 조금씩 증가하는 양상을 보임

미국의 조류충돌 현황(2014-2019)



○ 주요 공항별로는 2014~2019년 동안 덴버국제공항이 6년간 2,716건으로 가장 많았고, 연평균 452.7건이 발생하였으며, 다음으로는 댈러스/포트워스 국제공항으로 6년간 2,381건이 확인되었고, 연평균 396.8건 발생

미국 조류 충돌사고 발생 상위 10개 공항



○ 2014~2019년까지 조류 충돌사고를 가장 많이 일으킨 종류는 비둘기류(Mourning dove, Rock pigeon)로 약 23.4%를 차지하였고, 다음으로는 제비류(Barn swallow, Cliff swallow)는 약20.6%, 종다리류(Horned lark, Eastern meadowlark)는 약 18.4%, 맹금류(American kestrel, Red-tailed hawk)는 약 16.7%의 순이었음

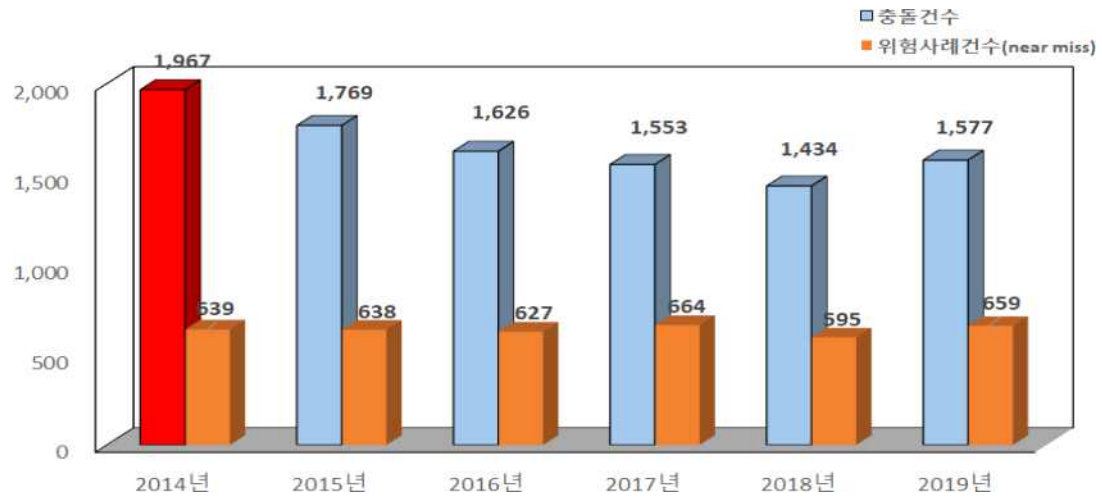
<표 6> 2014~2019 조류 충돌 발생 조류 유형

종 명	분류군	2014	2015	2016	2017	2018	2019	총계	비율(%)
Mourning dove	비둘기류	767	718	778	875	966	979	5,083	19.3
Barn swallow	제비류	635	628	520	715	747	877	4,122	15.6
Killdeer	물떼새류	545	613	567	671	641	696	3,733	14.2
American kestrel	맹금류	458	502	494	591	536	514	3,095	11.7
Horned lark	종다리류	542	524	464	535	532	448	3,045	11.6
Eastern meadowlark	종다리류	263	271	257	305	358	357	1,811	6.9
European starling	찌르레기류	310	269	264	346	277	308	1,774	6.7
Cliff swallow	제비류	206	260	170	223	251	196	1,306	5.0
Red-tailed hawk	맹금류	170	208	219	231	259	207	1,294	4.9
Rock pigeon	비둘기류	216	172	156	165	185	189	1,083	4.1
합계		4,112	4,165	3,889	4,657	4,752	4,771	26,346	

□ 일본

○ 일본은 국내와 지리적으로 가장 인접한 국가로 환경적 특성 및 국내의 조류상과 유사한 형태를 가지고 있음. 2014~2019년 일본 공항의 조류 충돌 현황을 보면 2014년 1,967건으로 정점을 기록한 이후, 감소하는 경향을 보이지만, 위험사례(near miss) 발생 건수는 연간 약 600여 건 수준으로 지속되고 있음

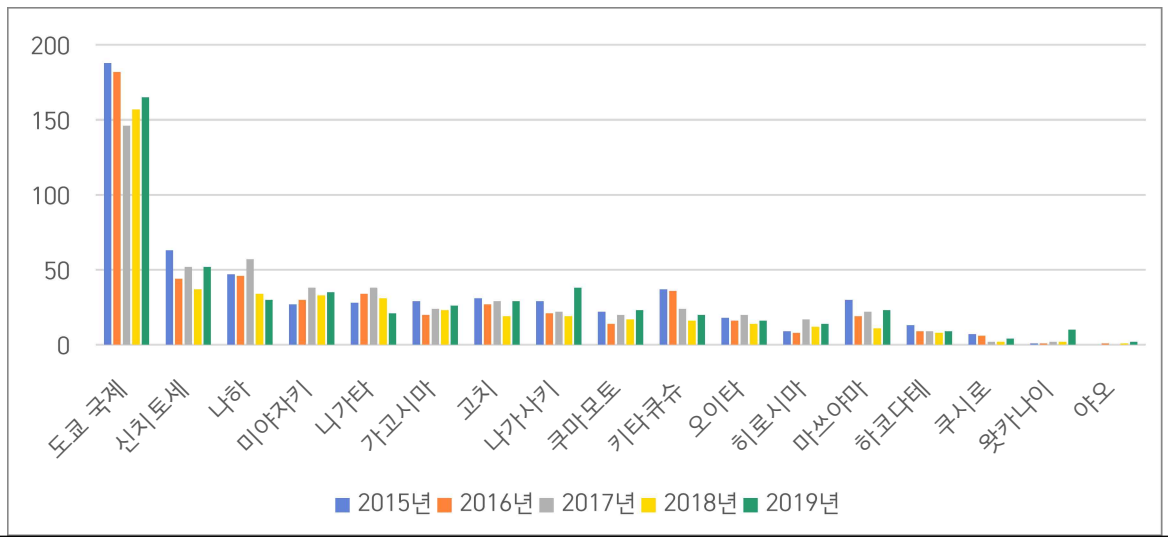
일본 조류 충돌 현황(2014~2019)



○ 일본 도쿄(하네다)국제공항과 신치토세공항으로 일본 공항 중 조류 충돌이 가장 많이 발생하고 있는 공항으로, 도쿄(하네다)국제공항의 경우, 2015년부터 2019년까지 총 838건의 조류 충돌이 발생하였고, 2015년 최대 188건이 보고되었음

○ 신치토세공항 역시 2015년부터 2019년까지 248건의 조류 충돌이 발생하였으며, 2015년 최대 63건이 보고되었음

일본 공항별 조류 충돌 현황(2015~2019)

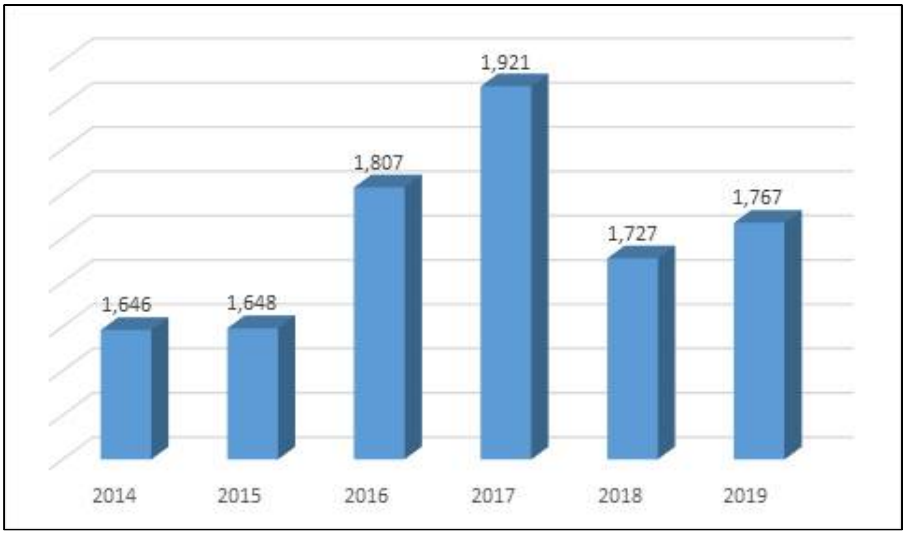


□ 호주

○ 호주교통안전국(ATSB) 자료에 따르면, 2014~2019년 호주공항에서 발생한 조류 충돌은 총 10,516건이며, 그 중 2017년에 1,921건으로 가장 많이 발생함.

- 2016년~2017년에 조류 충돌 사고가 증가하다고, 2018년~2019년에 소폭 감소함

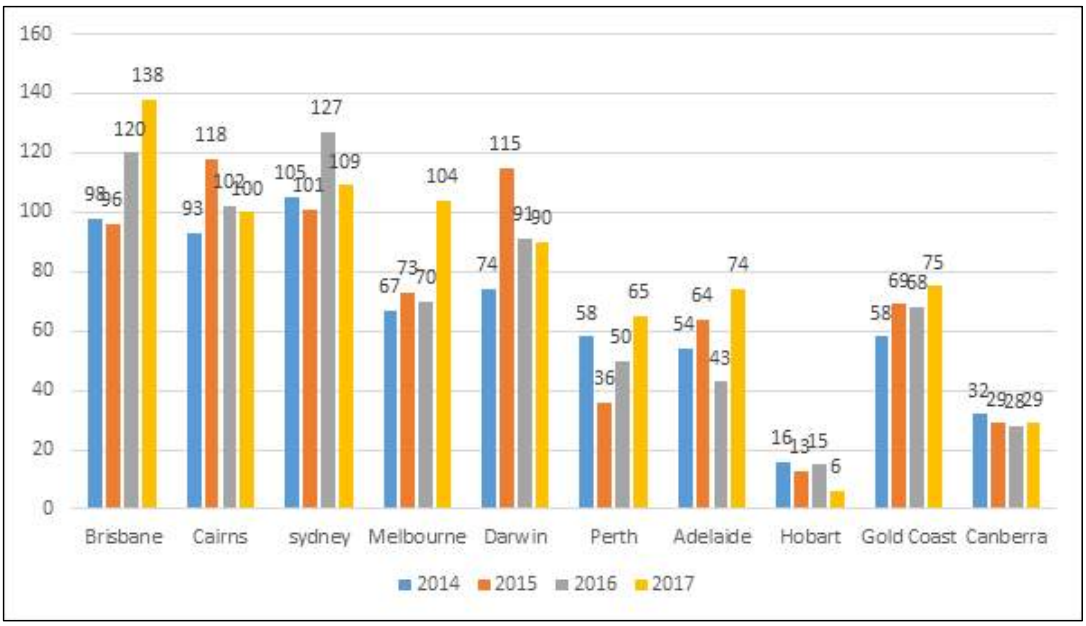
호주 연도별 조류 충돌사고 현황(2014-2019)



○ 호주 공항별 조류 충돌사고 현황(2014-2017)을 살펴보면 브리즈번공항, 케언즈공항, 시드니공항이 조류 충돌사고 발생이 높은 것으로 나타남

- 브리즈번공항은 매년 조류 충돌 사고가 증가하면서 2017년에 138건을 기록, 케언즈공항은 2015년에 118건으로 가장 높았고, 시드니공항은 2016년 127건으로 가장 높았음

호주 공항별 조류 충돌사고 발생 현황(2014-2017)



2.2.3 국내 조류 충돌 사고 현황

□ 연도별 발생 현황

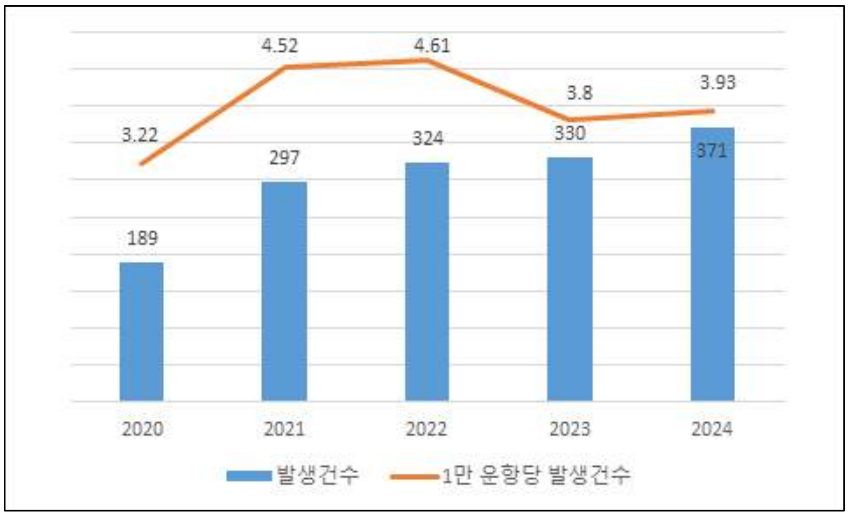
○ 최근 5년간(2020~2024) 국내 조류 충돌 건수는 총 1,511건 발생하였고, 연평균 302건 정도 발생함. 코로나19 팬데믹 이후 항공기 운항편수가 급격히 늘어나면서 조류 충돌 발생도 증가 추세임

- 앞서 주요 국가별 조류 충돌사고 현황에서 운항편수 대비 10,000회당 충돌건수가 2014년~2019년 1.32건으로 다른 국가에 비해서는 비교적 낮은 편이었는데, 2020년~2024년 평균 4.02로 높아져 이에 대한 점검이 필요할 것으로 판단

<표 7> 2020～2024 국내 조류 충돌 발생 현황

구분	2020	2021	2022	2023	2024	합계	연평균
발생건수	189	297	324	330	371	1511	302.2
1만 운항당 발생건수	3.22	4.52	4.61	3.8	3.93	-	4.016

최근 5년간 우리나라 조류 충돌사고 발생 현황(2020-2024)

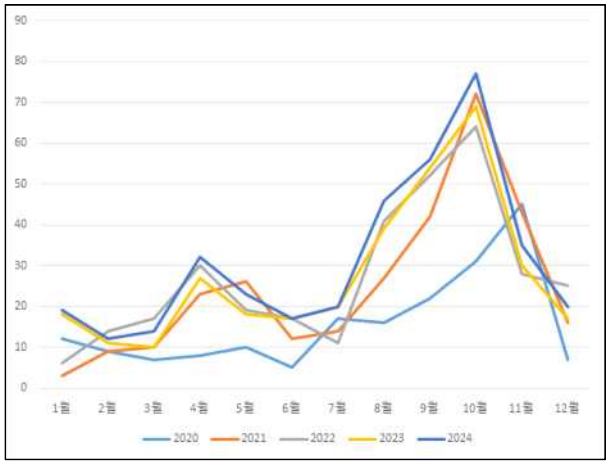


□ 월별 발생 현황

○ 2020~2024년간 월별 조류 충돌사고 발생현황을 살펴보면 3월에서 4월까지 증가하였다가, 7월부터 10월까지 급격히 증가하는 현상을 보이고 12월이 되는 겨울철에는 감소하는 경향을 보임

- ICAO의 조류충돌 보고에 따르면 전 세계 조류충돌 사고는 월별 8월에 가장 높은 발생건수를 기록하였으나, 우리나라는 10월에 높은 양상을 보임

우리나라 월별 조류 충돌 발생 현황(2020-2024)						
구분	2020	2021	2022	2023	2024	합계
1월	12	3	6	18	19	58
2월	9	9	14	11	12	55
3월	7	10	17	10	14	58
4월	8	23	30	27	32	120
5월	10	26	19	18	23	96
6월	5	12	17	17	17	68
7월	17	14	11	20	20	82
8월	16	27	41	39	46	169
9월	22	42	52	54	56	226
10월	31	72	64	69	77	313
11월	45	43	28	30	35	181
12월	7	16	25	17	20	85
합계	189	297	324	330	371	1511



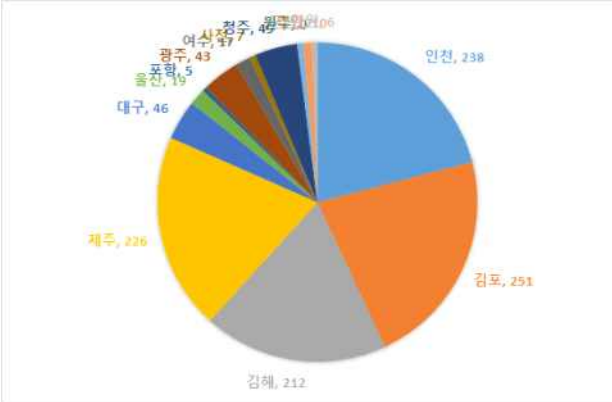
□ 공항별 발생 현황

○ 최근 5년간(2020~2024년) 공항별 조류충돌 발생 현황을 보면, 운항편수가 많은 인천공항, 김포공항, 김해공항, 제주공항의 발생 건수가 높은 것으로 파악됨

- 가장 높은 공항은 김포공항이나, 2021년 59건을 기점으로 감소하는 추세이며, 인천공항은 그 다음으로 충돌 건수가 높으며 2021년 이후 급격히 증가하는 추세임

<표 8> 2020～2024 공항별 조류 충돌 발생 현황

구분	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	합계
인천	25	19	35	57	102	238
김포	40	59	57	52	43	251
김해	18	43	47	51	53	212
제주	38	52	33	54	49	226
대구	6	11	9	9	11	46
울산	6	6	4	2	1	19
포항	0	3	2	0	0	5
광주	13	7	8	8	7	43
여수	5	3	4	3	2	17
사천	0	1	0	3	3	7
청주	1	10	13	14	11	49
원주	0	0	0	0	0	0
군산	0	1	2	2	2	7
무안	1	0	1	2	6	10
양양	1	4	1	0	0	6
미상	35	78	108	73	81	375
합계	189	297	324	330	371	1511

공항별 조류 출돌 발생 현황(최근 5년간)	주요 공항 연도별 발생 추이
	

□ 공항구역 및 비행단계별 발생 현황

○ 2024년 우리나라 조류 충돌사고 발생 건수 총 371건 중 공항구역 내에서는 159건, 공항구역 외에서는 212건이 발생함

○ 공항구역내 159건 중 비행단계별에 대한 발생 현황을 보면 이륙질주(take-off run)에서 49건으로 가장 높고, 접근(approach) 중 45건, 착륙질주(landing roll)에서 41건 발생함

- 이륙단계(이륙질주, 접근)은 약 45.9%, 착륙단계(착륙질주, 상승)은 약 54.1% 차지

<표 9> 2024년 공항구역 조류 충돌 발생 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총계
공항구역내	8	5	4	8	10	10	11	24	27	28	13	11	159
공항구역외	11	7	10	24	13	7	9	22	29	49	22	9	212
합계	**19**	**12**	**14**	**32**	**23**	**17**	**20**	**46**	**56**	**77**	**35**	**20**	**371**

<표 10> 2024년 비행단계별 조류 충돌 발생 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	총계
상승(climb)	-	2	-	1	2	1	-	3	2	8	4	1	24
이륙질주 (take-off run)	2	-	3	1	5	1	3	9	12	4	8	1	49
접근중(approach)	5	2		4	2	5	3	3	6	6	1	8	45
착륙질주 (landing roll)	1	1	1	2	1	3	5	9	7	10	-	1	41
소계	**8**	**5**	**4**	**8**	**10**	**10**	**11**	**24**	**27**	**28**	**13**	**11**	**159**

□ 조류 충돌 종별 현황

○ 국립생물자원관 자료에 의하면 인천국제공항, 김포공항, 공군 비행장 등 11곳의 공항에서 조류 충돌에 의한 잔해 350여건을 분석한 결과 116종의 조류가 확인되었으며, 이중 종다리(10.86%), 멧비둘기(5.92%), 제비(5.26%), 황조롱이(3.62%) 순으로 확인됨

<표 11> 항공기 조류 충돌 종 DNA 분석 결과

연번	종명	학명	분석결과 빈도	
			건	%
1	종다리	Alauda arvensis	33	10.86%
2	멧비둘기	Streptopelia orientalis	18	5.92%
3	제비	Hirundo rustica	16	5.26%
4	황조롱이	Falco tinnunculus	11	3.62%
5	힝둥새	Anthus hodgsoni	9	2.96%
6	쇠오리	Anas crecca	8	2.63%
7	청둥오리	Anas platyrhynchos	8	2.63%
8	집비둘기	Columba livia	7	2.30%
9	울새	Luscinia sibilans	7	2.30%
10	개똥지빠귀	Turdus naumanni	5	1.64%
11	흰뺨검둥오리	Anas poecilorhyncha	5	1.64%
12	왜가리	Ardea cinerea	4	1.32%
13	촉새	Emberiza spodocephala	4	1.32%
14	할미새사촌	Pericrocotus divaricatus	4	1.32%
15	해오라기	Nycticorax nycticorax	4	1.32%
16	황로	Bubulcus ibis	4	1.32%
17	쇠부엉이	Asio flammeus	4	1.32%
18	노랑지빠귀	Turdus naumanni naumanni	4	1.32%
19	검은가슴물떼새	Pluvialisfulva	3	0.99%
20	되새	Fringilla montifringilla	3	0.99%
21	되지빠귀	Turdus hortulorum	3	0.99%
22	쇠기러기	Anser albifrons	3	0.99%
23	수리부엉이	Bubo bubo	3	0.99%
24	유럽칼새	Apus apus	3	0.99%
25	제비물떼새	Glareola maldivarum	3	0.99%
26	주름입술자유꼬리박쥐	Chaerephon plicatus	3	0.99%
27	중대백로	Ardea modesta	3	0.99%
28	참새	Passer montanus	3	0.99%
29	호랑지빠귀	Zoothera dauma	3	0.99%
30	흰배지빠귀	Turdus pallidus	3	0.99%

2.3. 국내외 환경 분석

2.3.1 정책적 환경 분석

□ ICAO 정책

○ **(ICAO 항공안전 정책)** 항공안전은 운항안전과 항행안전으로 구분되며, 두 영역은 불가분의 관계로 항공의 전 영역에 걸쳐서 유기적으로 연결되어 있음

- 항공교통은 국제적인 수단으로 193개 체약국이 동일한 안전수준을 유지하기 위하여 각종 부속서(Annex) 및 매뉴얼(Document, Manual), 기준(SARPs)를 발행하여 이를 준수하도록 하고, 전 세계 항공 사고를 예방하기 위해 ICAO가 각 국가의 항공안전 감독의무 이행 실태를 평가하는 항공안전평가(Universal Safety Oversight Audit Program, USOAP)을 실시함

<표 12> ICAO 항공안전 계획 및 규정 체계

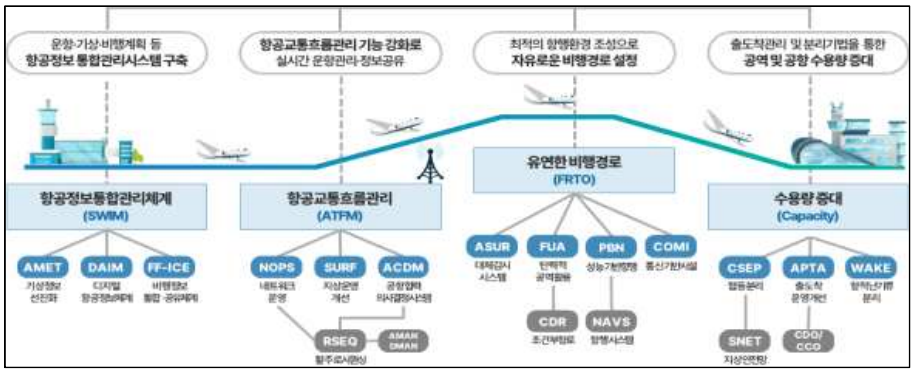
구분	운항안전	항행안전
ICAO	GASP(세계항공안전계획) Doc 1004	GANP(세계항행안전계획) Doc 9750
지역기구	RASP(지역항공안전계획)	RANP(지역항행안전계획) Doc 10131 [아·태] APANPIRG
각 국	NASP(국가항공안전계획) Doc 9859 [한국] SSP(국가항공안전프로그램)	NANP(국가항행안전계획) [한국] NARAE(국가항행계획) [유럽] SESAR, [미국] NextGen [일본] CARATS
Annex*	1, 2, 3, 4, 7, 10, 12, 13	
	6, 8, 10, 14, 18, 19	4, 5, 11, 15,

*별도 :9(출입국간소화), 12(수색및구조), 17(항공보안)

○ **(ICAO GASP)** 글로벌 Global Aviation Safety Plan은 항공운항 안전 증진을 위한 정책으로 매년 세계항공안전회의에서 의결되어 각국에 배포하며, GASP을 통해 국가항공안전프로그램(SSP) 수립·운영하는 것을 항공안전 확보를 위한 전략 목표로 규정함

- ICAO는 GASP을 통해 변화하는 세계 항공산업 환경에서 항공안전을 증진시키기 위한 단계별 전략적 안전 목표를 제시하고 있음
- ICAO의 새로운 장기 목표는 데이터기반 예방적 안전관리 정착, 안전정보공유 활성화 등을 골자로 '2030년까지 사망사고 제로화' 정책을 추진 중이며, 사고예방을 위한 주요 관리 대상을 인적·조직 요인에서 항공시스템 전반으로 확대 적용하는 추세
- 항공안전에 대한 정부 및 항공사의 책임이 강조됨에 따라 체약국에 대한 ICAO의 안전평가도 지속 강화하고 있음

○ (ICAO GANP) 3년 주기로 세계항행계획(Global Air Navagation Plan) 및 지역항행계획 수정을 통해 국제정책·기준 등 항행 환경변화를 정보·운영·기술분야별로 반영하고 있으며, 항행분야 신기술 반영을 위해 궤적기반 운항을 위한 마스터플랜 ASBU(Aviation Safety Block Unit)을 수립하고, 지역 및 국가별로 항행계획을 수립 및 이행하도록 함

ICAO GANP 궤적기반 운영개념


○ **(조류 충돌 관련 규정)** 조류 충돌 관련 상위 규정으로 ICAO는 부속서 14, Volume 1의 9.4항에 야생동물 충돌 위험 감소에 관한 규정이 있고, 야생 동물 충돌 위험을 평가하기 위해 국가 절차가 수립되고 정보를 수집하여 지속적인 평가를 하도록 권고함

- **(ICAO 조류 충돌 정보시스템(IBIS) 매뉴얼, Doc 9332)** ICAO는 조류충돌 정보 시스템(IBIS)은 항공기에 대한 야생동물 충돌에 대한 정보를 수집 및 배포하기 위한 지침 제공
- **(공항 서비스 매뉴얼, Doc 9137)** Part 3에 야생동물이 공항 내 또는 근처에 존재하는 경우 항공기 운영에 대한 잠재적인 위험이 되는지 여부를 평가하는 효과적인 조치 및 존재를 억제하는 방법에 대한 지침 제공

ICAO 조류충돌 보고 시스템	ICAO 조류 충돌 관련 규정

□ ACI 정책

○ ACI는 ICAO와 협력하여 ICAO 공항 서비스 매뉴얼: 제3부: 야생동물 통제 및 감소(Doc 9137) 개정하고, 항공기 운영 안전에 대한 야생동물 충돌 위협에 대한 국제적 인식을 높이고, 공항 및 그 주변에서 야생동물 충돌 위험을 더 잘 관리하기 위한 아이디어, 경험 및 협력을 교환하는 국제 커뮤니티를 구축하기 위해 공동 심포지엄을 개최함

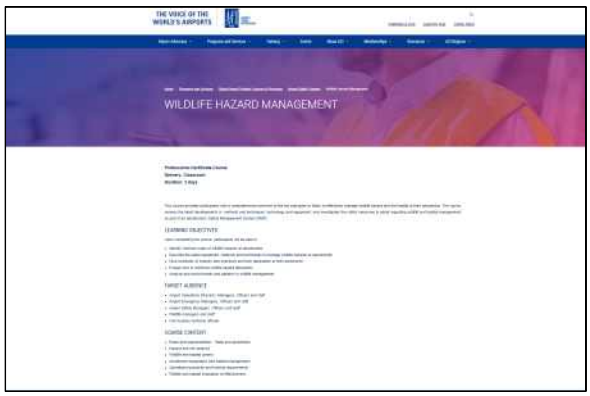
○ 특히, 야생동물 위험 관리에 있어 위험평가의 중요성을 인식하고, 위험평가를 효과적으로 관리하기 위한 방법들을 제시

- 위험 평가의 첫 번째 단계는 평가할 영역을 정의하는 것으로 이 영역은 전체 공항과 주변을 포함해야 하며, 다음 단계는 존재하는 종을 식별하고 각 종에 대한 위험 수준을 평가해야 함.

○ ACI는 야생동물 위험 관리를 위하여 핸드북 및 훈련코스를 제공하고 있음

- (야생동물 위험관리 핸드북) 전 세계 주요국 민간 항공청의 지침자료, ACI 회원 공항들의 안전 절차, ICAO 야생동물 관련 지침들을 참고하여 공항 운영자의 관련 활동을 위한 체크리스트, 위험 평가 및 완화 수단 등에 대한 설명을 제공

- (야생동물 위험관리 훈련 프로그램) 공항에서 야생동물 위험과 서식지를 효과적으로 관리하기 위한 주요 원칙과 야생동물 및 서식지 관리와 관련된 최신 개발 사항, 방법 및 기술, 장비를 검토하고, 공항의 안전 관리 시스템(SMS)의 일환으로 채택해야 할 안전 조치사항들에 대한 훈련을 제공하며 훈련대상은 공항 운영자, 항공안전 관리자, 국가 민간항공청 직원 등이 될 수 있음

ACI Handbook	ACI 야생동물 위험관리 훈련 프로그램
	

□ 미국

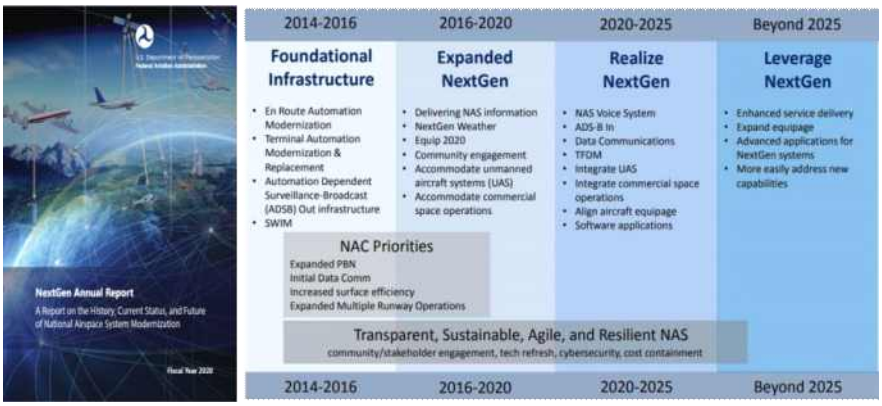
○ **(미국 교통부)** 미국 교통부는 전략계획('18~'22)에서 안전, 인프라, 혁신, 책임 등 4가지 목표와 9개 전략목표를 설정하고, 각 목표와 전략에 과거부터 현재 그리고 미래까지 이어지는 구체적인 프로그램이 계획되어 운영 중인 것이 특징

- **(안전)** '시스템적 안전 접근' 하나를 설정하고, 해당 전략목표 지원을 위한 항공분야에는 각 위험요소별로 위험 감지 혹은 방지시스템을 구축하는 총 4개의 프로그램 존재
- 활주로 침입 방지(Runway Incursion Mitigation, RIM) 프로그램, 위험경감(Hazard Mitigation) 프로그램, 안전관리시스템(Safety Management System, SMS) 규칙, 항공기 인증변환(Aircraft Certification Transformation)
- **(인프라)** '프로젝트 이행·계획·환경·재무', '순환주기 및 예방 정비', '시스템 운영과 성과', '경제 경쟁력과 고용' 등 총 4개를 설정하고, 항공산업을 지원하기 위해 공항 인프라 관리, 조종사 훈련, 항공사 경쟁력 확대를 다룸
- '공항 환경 프로그램', '공항 향상 프로그램', '공항 민영화 파일럿 프로그램', '공동 FAA 산업 성과 측정', '미국 항공사를 위한 시장 기회와 경쟁력 확대', '조종사 훈련' 등의 프로그램
- **(혁신)** 새로운 환경과 도전에 필요한 프로그램으로 드론자문위원회, 안전프로그램 파트너십, 항공데이터 교환, 안전보증시스템, 차세대 항공 교통시스템 등이 있음

○ **(미국 FAA)** 미국 항공의 안전·효율·예측가능성 및 항공 수용량 증대를 목표로 국가 항공 운송 체제의 현대화 프로젝트인 NextGen 계획 수립 및 추진하면서 항행기술 및 항공교통 관리의 상호연결 시스템 개발 및 구축 중

- 공역사용자 및 이해관계자가 차세대 항공교통관리의 목표 및 필요성, 이행 시 초기 혜택 등에 대해 이해함에 따라 목표 달성을 위한 NextGen 이행에 긴밀히 협력
- 전국적인 인프라 개선, 향상된 항공 교통 통제, PBN (Performance Based Navigation) 및 향상된 디지털 통신을 제공으로 NAS 개선 추진

미국 Next Generation Air Transportation System 목표



○ **(조류충돌 관련 예방활동)** 조류 충돌에 대한 전반적인 관리는 미국 연방항공청(FAA, Federal Aviation Administration)과 국제조류 충돌위원회(IBSC, International Bird Strike Committee)를 중심으로 이루어지고 있음

- 미국은 체계적으로 온라인을 이용한 조류 충돌보고 시스템(Wildlife Strike Database)이 확보되어 있으며, 조류 충돌예방을 위한 실시간 조류이동 정보를 웹으로 제공하고 있음
- 또한, 이들 홈페이지를 통해 조류 충돌에 대한 정보, 가이드라인, 국제적인 조류 충돌예방활동 동향 및 현황 등에 대한 정보를 제공하고 있음
- 공항의 조류 충돌예방활동은 일반적으로 총포를 이용한 조류퇴치팀의 직접적인 퇴치 포획활동과 각종 장비(폭음기, 경보기, 불꽃탄 등)를 이용한 간접적인 퇴치활동 병행

○ **(Bird Strike Committee)** 미국 연방항공청, 미국 농무부, 국방부, 민간, 항공산업/항공사, 공항 등 대표적인 기관으로 구성된 운영위원회가 지휘하는 자원봉사 조직인 Bird Strike Committee USA라는 조직을 통해 정확한 야생 동물 충돌 데이터의 수집 및 분석을 장려하기 위한 활동을 수행

- Bird Strike Committee USA는 1991년 구성되었으며, 야생 동물 위험을 줄이기 위한 신기술 개발을 촉진하고, 교육을 통해 공항에서 야생 동물 관리 프로그램의 전문성을 증진하기 위한 포럼으로 구성되어 있음
- 공항을 연구하는 생물학자와 조류 순찰 요원에 대한 행동 기준을 제시하고 다른 국가의 유사 조직과의 연대를 통해 다양한 활동을 수행하고자 함

○ **(야생조수 충돌보고 데이터베이스, National Wildlife Strike Database)** 미국 연방항공청(FAA)에서 관리하는 조류 충돌보고를 할 수 있게 만들어진 웹사이트

- 1990~2015년까지 민간 항공기와 야생동물(조류 97%) 충돌에 대한 자료가 약 17만 여 건의 보고서가 첨부되어 있으며, 조류 종의 동정 및 야생동물 관리 가이드라인, 교육 및 사진 자료 등 제공
- 조류 충돌시 타격 위치, 사고 장소 및 시간, 비행단계 및 높이, 항공기 유형, 항공기의 손상 부품, 비행에 대한 영향 및 관련 비용 등 다양한 정보를 담고 있음
- 이러한 데이터는 각 공항 및 FAA 공항 인증 공항 등의 충돌의 의한 피해 유발 종 및 운항 편수에 따른 충돌 건수 등을 산출하여 야생동물위험관리 계획을 객관적으로 평가하고 개선하는데 사용됨
- 그 외 조류 충돌보고 데이터베이스는 관련기관 공무원과 공항관련 근무자, 야생동물 학자들 에게 제공되며, 미국 내 조류 충돌 사고 등을 감소시키는데 기초자료로 이용됨
- 미국 농업부 야생 동물 서비스(USFWS)는 NWSD 웹페이지의 데이터 품질을 향상을 위해 홈 페이지를 관리하며, 데이터 정보에 대한 검증을 실시함. 또한 FAA 온라인보고 포털을 통해 보고되지 않은 다양한 정보를 취득하기 위해 노력함

○ **(조류 충돌 관련 잔해 및 DNA 분석)** 조류 충돌시 조류의 잔해를 스미소니언 연구소(Smithsonian Institution Feather Lab)에 보내어 DNA 분석 등을 실시하여 조류 종의 정확한 동정을 실시하고, 연구소의 실험실로 보내진 샘플을 형태 및 분석을 통해 항공기와 충돌한 조류 및 기타 야생 동물 종을 식별함

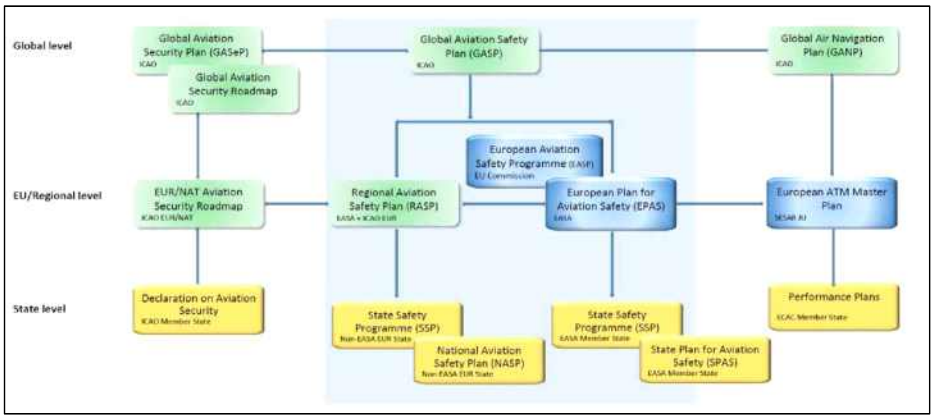
□ 유럽

○ **(유럽 EASA)** 항공안전정책(The European Plan For Aviation Safety; EPAS)은 미래 항공의 성장을 지원하는 동시에 EASA 회원국의 지역 항공 안전 계획을 구성하고 유럽 항공 시스템에 영향 미치는 전략적 우선순위, 전략적 실현 요인, 주요 위험도출 및 경감을 위한 조치 설정을 통해 균일한 안전수준 확보를 목표 제시

- EPAS는 매년 검토되고 개선되는 5개년 계획으로 사전 접근 방식을 통해 유럽위원회(EC), 유럽항공안전국(EASA) 및 MS는 관리해야 할 위험의 우선순위를 결정하고 복잡성으로 인해 발생하는 문제해결 방안을 모색
- EPAS는 항공 안전 수준을 향상시키고 MS가 성숙한 안전 관리 기능을 육성할 수 있도록 지원하는 GASP(Global Aviation Safety Plan)의 목표 및 목적과 일치
- 본 계획을 이루기 위한 전략의 세부적인 내용을 담은 '전략적 우선순위(Strategic Priorities)'와 '전략적 실행방안(Strategic Enablers)'으로 제시

<표 13> EPAS의 전략적 우선순위와 실행반안

구분	구성내용
전략적 우선순위	• 안전시스템(Systemic safety), 안전운영(Operational safety), 새로운 기술과 개념의 안전한 통합(Safe integration of new technologies and concepts), 환경(Environment) 등으로 구성
전략적 실행방안	• 연구와 혁신, 안전증진, 국제협력(International cooperation), 디지털화(Digitalisation), 기술역량개발(Technical competence development), 표준화(Standardisation)로 구성

EU EPAS와 국가 계획 간 연계성


○ **(유럽의 조류 충돌 관련 규정)** 유럽의 조류충돌 위험관리에 관한 규정인 위원회 규정(Commission Regulation)(EU) No 139/2014 Article 10(야생동물 충돌 위험 관리)에 따라, 회원국들은 야생동물 충돌 위험에 관한 평가를 해야 하고 해당 위험관리는 유능한 직원에 의해 이루어지도록 권고

- AMC1 ADR.OPS.B.020와 GM1ADR.OPS.B.020에 따라 야생동물 충돌 위험 감소를 위한 위험평가 이행과 위험평가 프로그램에 대해 규정하고 있음

□ 호주

○ 조류 충돌에 대한 전반적인 관리는 호주교통안전국(ATSB, Australian Transport Safety Bureau) 과 호주항공야생동물위험그룹(AAWHG, Australian Aviation Wildlife Hazard Group)을 중심으로 이루어지고 있음

○ 호주는 ATSB에 체계적으로 온라인을 이용한 항공기사고 보고 시스템(ATSB National Aviation Occurrence Database)이 확보되어 있으며, 있게 되어 있음 조류 충돌예방을 위한 사고 사례 등을 검색할 수 있음

○ 호주공항협회(AAA, Australian Airports Association)에서 자체 보고서(Managing bird strike risk) 등을 통해 조류 충돌 위험 종들의 설명 및 조류 관리를 위한 서식지 관리방안 등에 대해 제시함

- 또한, 이들 홈페이지를 통해 조류 충돌에 대한 정보, 가이드라인, 국제적인 조류 충돌예방활동 동향 및 현황, 과거 충돌 사례 등에 대한 정보를 제공하고 있음

- 조류 충돌자료 외 항공기 안전사고 사례 및 통계자료도 제시하여 다양한 항공기 안전과 관련 된 다양한 정보를 제공함

○ 호주항공야생동물위험그룹은 2003년 민간항공안전국(CASA), 호주교통안전국(ATSB), 호주항공 지상안전위원회(AAGSC)의 모임을 통해 구성됨

- 호주 정부에 대한 야생동물 관리정책 및 안전규정에 관한 지침 등에 대한 자문 및 국내외 규 정 표준 및 지침 자료를 모니터링하며 검토함

- 구성 임원 및 집행부도 대부분 공항관계자, 항공안전당국 관계자, 국방부, 항공기 안전 전문 가로 구성되어 전문적인 자문 기관으로서의 역할 및 정확한 야생 동물 충돌 데이터의 수집 및 분석을 장려하기 위한 활동을 수행함

○ 호주항공야생동물위험그룹은 매년 워크샵 및 포럼을 통해 야생 동물 위험을 줄이기 위한 신기술 개발 사례 및 각 공항별 사례 발표를 실시하여 혁신적이고 효과적인 야생동물관리전략 및 관리프로그램의 전문성을 증진하기 위한 노력을 실시하고 있음

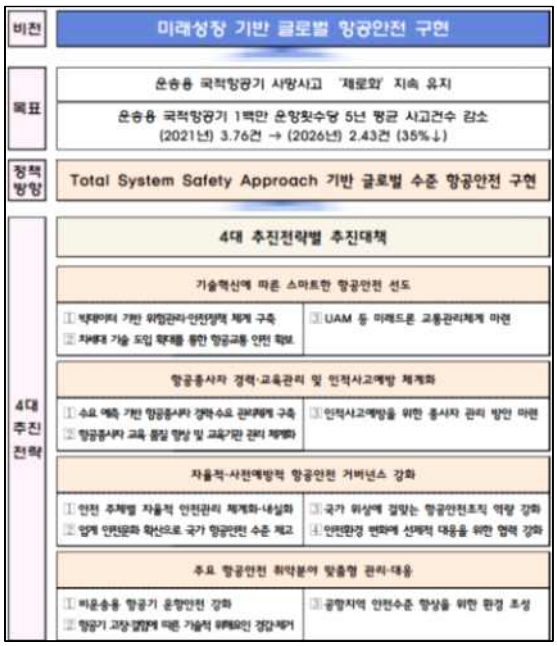
□ 국내 정책

○ 제9차 국가교통안전기본계획('22~'26, 국토부)

- 미래성장을 위한 글로벌 항공안전 구현을 위하여, 기술·스마트 분야, 종사자·인적요인 관리, 안전 거버넌스 분야, 주요 취약점 대응으로 구분하여 중점전략과 추진대책 구성
- (빅데이터 기반 위험관리·안전정책 체계 구축) 미국(ASIAS), 유럽(Data4Safety) 등 주요국이 항공안전 빅데이터 형성·활용을 통해 사전 예방적 항공안전관리 수행을 추진하고 있어 항공안전데이터 통합 플랫폼 활성화를 통한 업계 사고예방 역량 강화 추진
- (전략1) 기술혁신에 따른 스마트한 항공안전 선도 – (핵심과제1) 빅데이터 기반 위험관리·안전정책 체계 구축

○ 제3차 항공정책 기본계획('20~'24, 국토부)

- 제2차 항공정책기본계획 성과평가, 항공산업의 현황, 대내외 연건 전망을 바탕으로 항공정책 패러다임 전환방향 제시
- 안전관리시스템(SMS) 운영을 통해 구축된 항공안전 DB를 적극적으로 활용하여 안전관련 데이터 통합 수집 및 분석 강화와 인공지능 기반 관리체계 도입을 통한 무결점 수준 안전관리 시스템 구축
- (전략1) 미래항공산업의 혁신적 패러다임 구축 – (핵심과제 3) 세계 최고 수준의 스마트 항공안전
- 안전 관련 추진과제로 빅데이터 중심 최상위 안전시스템과 정책체계 구축과 인공지능기반 항공기 출도착관리시스템 구축 등이 있음

제9차 국가교통안전기본계획의 목표 및 추진전략	제3차 항공정책기본계획 전략 및 핵심과제
	

○ 제2차 항공안전정책 기본계획('23~'27, 국토부)

- 데이터 기반 스마트·예방형 항공안전체계구축을 위하여, 운송용 항공기의 사전예방적 안전관리 강화 및 비운송용 항공기의 체계적인 안전성 향상, 민·관협력 데이터기반 운항안전 고도화를 지원
- 운항안전 관련 추진전략으로 '운송용 항공기의 사전예방적 안전관리 강화', '비운송용 항공기의 체계적인 안전성 향상', '민·관협력 데이터기반 운항안전 고도화', '운송환경 변화대응 항공안전 확보'를 제시

항공안전정책 추진방향 및 추진과제

○ 국가항공안전프로그램(SSP) 시행계획(국토부)

- 「항공안전법」에 따른 국가항공안전프로그램(SSP)의 체계적 이행·관리를 위해 연도별 중점관리 방향 및 추진과제 마련·시행을 목적으로 함
- (근거) 「항공안전법」 제58조(국가항공안전프로그램) 및 시행규칙 제131조, 「국가항공안전프로그램(국토부 고시)」 제21조(연간시행계획의 수립) 등
- 주요 안전리스크 및 위해요인 식별, 안전도 분석 등을 거쳐 위험 경감대책 수립·시행, 대책의 모니터링 등 이행하며, ICAO 국제기준에 따라 항공현장 안전리스크를 항공시스템 운영측면(operational)과 안전관리(process)측면으로 구분하여, 위험도 감축을 위한 맞춤 대책 마련

국가항공안전프로그램 시행계획에 따른 추진절차

안전리스크 분석	+	운영여건 변화 분석	▶	안전목표 수립 (정량 · 정성적)	▶	안전지표 설정 (운영 및 관리)	▶	주요 이행과제 수립 · 시행

○ 제6차 공항개발 종합계획(2021~2025년, 국토부)

- 포용과 혁신으로 도약하는 사람 중심 공항 구현을 위해 종합한 정책 비전을 설정하고 중장기 추진과제를 위해 4개의 추진전략과 16개의 핵심과제를 도출

- (추진전략 3, 혁신성장 동력 확보로 미래를 대비) 차세대 공항기술의 선제적 확보 추진 위해 공항 분야 연구개발(R&D) 과제를 도출·평가하여 성장 잠재력이 높은 핵심과제 중심으로 체계적 지원·관리 방안 수립

- (추진전략 4, 안전을 최우선으로 공항을 관리) 항행시설, 활주로, 터미널 등 공항 기반 시설별 노후도·성능 실태조사를 실시하여 공항시설 운영 전반에 대한 기초 DB 구축하고 체계적인 시설관리와 성능 확보를 위해 공항시설 성능개선 관련 중장기 계획을 수립

제6차 공항개발 종합계획 정책목표 및 추진전략

○ 항공기 조류 충돌 위험관리 관련 법규

- **(공항시설법 제31조 및 제56조)** 공항시설 또는 비행장시설 내에서의 금지행위에 대해 규정하고 있으며, 이에 따르면 항공기가 이륙·착륙하는 방향의 공항 또는 비행장 주변 지역에 새들을 유인할 가능성이 있는 환경을 만들거나 설치해서는 안 됨

- **(공항시설법 시행규칙 제19조 및 제47조)** 공항시설법 제56조에 따른 새들을 유인할 가능성이 있는 환경이나 시설은 공항 표점으로부터의 거리 구분에 따라 국토교통부장관이 정하여 고시하도록 함

○ 국토교통부 고시 제2022-644호 조류 등 야생동물 충돌위험 감소에 관한 기준

- 이 기준에서는 조류 충돌예방위원회 및 조류 충돌대책협의회의 운영, 조류 충돌 위험관리 계획의 수립 및 통보, 조류 충돌 위험 평가, 충돌보고 및 자료 관리, 서식지 및 토지 이용관리, 기타 안전 관리 등의 내용을 규정하고 있음

- 조류 및 야생동물의 서식지 관리를 위해 공항 주변의 부적합한 토지 이용을 방지하도록 하고있는데, 조류 및 야생동물 유인을 예방하기 위해 공항 표점으로부터 일정 거리 이내 범위의 지역에는 다음과 같은 환경이나 시설을 만들거나 설치해서는 안 됨
- 공항 표점에서 3km 이내: 양돈장, 사과 · 배 · 감 과수원(다만, 사과 · 배 · 감 과수원 외의 과수를 재배하는 과수원의 경우에는 조류가 접근할 수 없도록 땅에 떨어진 과실에 대한 수거 등 필요한 조치를 하여야 함), 잔디재배, 조류보호구역, 사냥금지구역, 승마연습장, 경마장, 야외극장, 드라이브인 음식점, 식품가공공장, 음식물쓰레기 처리장
- 공항 표점에서 8km 이내: 조류보호구역, 사냥금지구역, 음식물쓰레기 처리장

○ **국내 법정보호종(조류) 및 공항 내 서식 가능 종**

- 일반적으로 국내 동물 분야에서의 법정보호종은 환경부 지정 멸종위기야생동물, 문화재청 지정 천연기념물, 해양수산부 지정 해양 보호 생물로 구분함
- 이 중 해양수산부 지정 해양 보호 생물은 해양 지역에 서식하는 조류로서 국내 공항과 관련성은 적은 것으로 판단됨

<표 14> 국내 법정보호종 현황

환경부 지정 멸종위기야생생물	문화재청 지정 천연기념물	해양수산부 지정 해양보호생물
• 관리기관: 환경부 • 해당법률: 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 제2조 제2호 • 지정현황(조류): - 멸종위기 야생생물 Ⅰ급: 14종 - 멸종위기 야생생물 Ⅱ급: 49종 • 공항유입가능조류(통과 포함) - 맹금류(독수리, 새호리기 등) - 오리기러기류(큰기러기, 큰고니)	• 관리기관: 문화재청 • 해당법률: 문화재보호법 제25조 1항 • 지정현황(조류): 47종 • 공항유입가능조류(통과 포함) - 맹금류(황조롱이, 수리부엉이, 새호리기 등) - 오리기러기류(원앙, 큰고니)	• 관리기관: 해양수산부 • 해당법률: 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 제2조 제11호 • 지정현황(조류): 14종 • 공항유입가능조류(통과 포함) - 극히 희박 - 다만 해양지역(인천국제공항, 강릉공항, 사천공항 등)에 위치한 공항은 단순 통과 가능성 있음

○ **환경부 지정 멸종위기야생생물 포획 규정**

- 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 시행규칙 제13조에 규정되어 있으며(법 제14조 제1항 제1호 ~ 제4호 및 제6호에 해당), 이에 따라 멸종위기야생생물은 포획, 훼손 및 고사 등은 유역환경청장 또는 지방환경청장의 허가증을 발급받아 시행하여야 함
- 허가 없이 멸종위기야생생물을 포획, 채취, 훼손시킨 자는 3년 이하의 징역 또는 300만원 ~ 2천만원 이하 벌금(야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 제67조, 68조, 69조)

○ **문화재청 지정 천연기념물 포획 규정**

- 법 제35조에 따라 문화재의 종류, 지정번호, 수량, 소재지 등을 적은 허가신청서를 관할 시장, 구청장 등을 거쳐 문화재청장에게 제출하여 허가를 득해야 함
- 천연기념물과 항공기 간의 충돌 등으로 인한 사고예방을 위한 포획 등의 긴급 조치 및 사후 처리에 관한 공항 내 포획 관련 예외 조항 신설(문화재보호법 시행령 제24조, 2018년 5월 28일 신설)

2.3.2. 기술적 환경 분석

□ 해외 조류탐지시스템 현황

○ 국외 주요 RADAR 제작사 현황을 살펴보면 주로 AESA 방식의 2D 및 3D로 구현하는 레이더 시스템으로 주파수 대역대는 S-band 또는 X-band를 사용하거나, 두 개를 혼합하여 사용하기도 함

○ 국외 제작사들은 대부분 조류 탐지 알고리즘을 적용한 형태로 상용화되었고, 미국과 유럽을 중심으로 활발하게 진행되었으며, 아시아 국가에서는 일본과 중국에서 기술을 보유한 것으로 파악됨

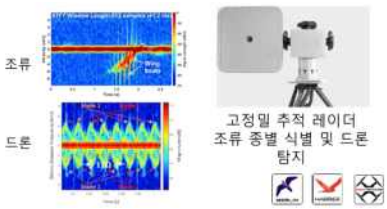
○ 국가별 조류탐지 시스템 제작사와 주요 기술 범위는 다음과 같음

<표 15> 국외 조류탐지시스템 현황

구분	제작사명	국가	주요 기술 범위
국외	DeTect	미국	S-band / Solid state pulsed Doppler / 2D + 3D
	Accipiter Radar	캐나다	2D / 3D
	Robin Radar Systems	네덜란드	X-band / 3D
	NEC	일본	2D
	Sinorobin	중국	X-band + S-band / 3D
	DHI	덴마크	조류 이동 분석 솔루션

○ **미국 DeTect社**

- 미국 DeTect社는 조류탐지를 위해 설계된 맞춤형 2D·3D 레이더 시스템을 보유함
  - 2D 솔리드 스테이트 S-band 수평 감시 레이더는 최대 26km거리까지 조류 무리의 탐지 및 경보를 제공
  - True 3D 솔리드 스테이트 S-band 패널 레이더는 고정밀 탐지(X-Y-Z 축) 최대 11km 범위에서 3D 공역 전체를 감시하며 매 스캔마다 공역 전체를 3D로 실시간 분석함
  - True 3D 솔리드 스테이트 정밀 추적 레이더는 고해상도 레이더 및 영상 분석을 통해 조류와 드론 분류하고, 조류의 종을 식별할 수 있는 성능 보유함

2D Bird Radar	3D 조류 & 드론 레이더	고정밀 추적 레이더
		

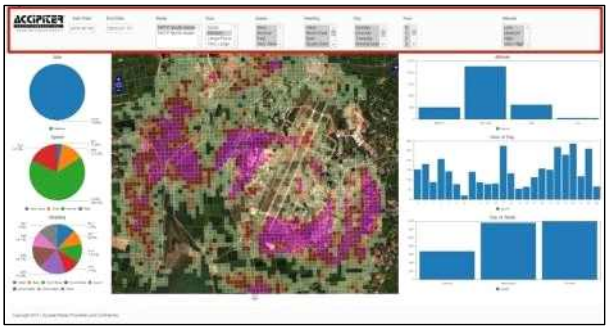
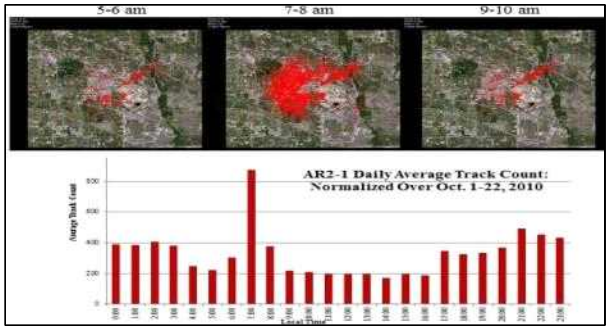
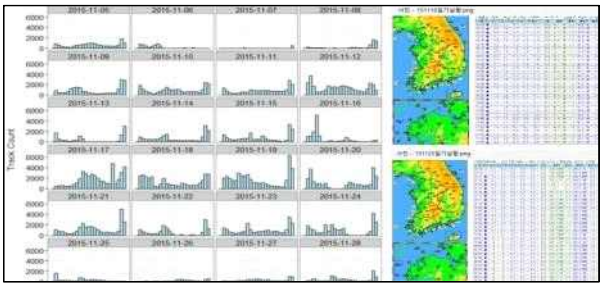
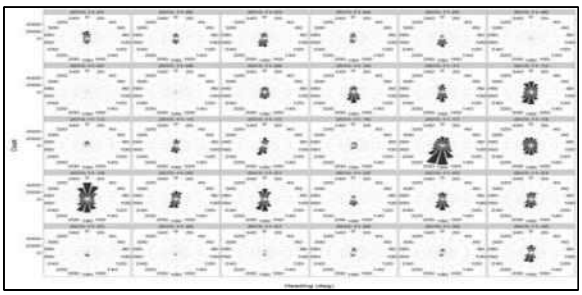
○ 캐나다 Accipiter社

- 캐나다 Accipiter社의 주 제품은 Volume Scanning 3D Avian Radar System으로 주 타겟인 조류를 비롯한 드론 및 소형 항공기 등 모든 유형의 작은 공중 표적을 감지하여 추적이 가능하도록 설계된 소프트웨어 프로그래밍이 가능한 레이더

<표 16> 캐나다 Accipiter社 제품 기본정보

모델명	NM1-24D
운영인력	최소 2명 필요
가격	약 35억원
특징	• 기존 레이더 보다 소형화 되어 있고 조류 탐지를 주 대상으로 하여 군 공항 및 민간 공항에서 사용이 적합한 레이더임 • 최대 20km / 10,000ft 의 3D 입체 탐지가 가능하여 신속 정밀한 감시 가능 • 실시간 감시 / 원격 조정 및 무인으로 작동하여, 탐지 후 자동 알림 기능이 있음 • 조류 활동 분석을 통한 조류 충돌예방 대책 수립 가능 • 공항내 대규모 철새도래지와 접해 있는 공군 제20전투비행단에서 사용하고 있는 제품(2015년 11월 최초 설치)으로 알려져 있음

- 해당 시스템은 실시간 조류정보, 일중 시간별 조류자료, 계절별 조류 통계자료를 제공함으로 공항의 조류 관리 활용, 계절별 텃새 및 철새전략 수립, 실시간 이착륙 위협 경감, 비행 스케줄 계획 활용, 조류활동 분석에 활용 가능

실시간 제공 자료	조류 활동량 통계 처리
	
날씨에 따른 조류 출현양상 분석	일자에 따른 조류의 이동 방향 분석
	

○ MAX 3D 조류탐지레이더(네덜란드 Robin社)

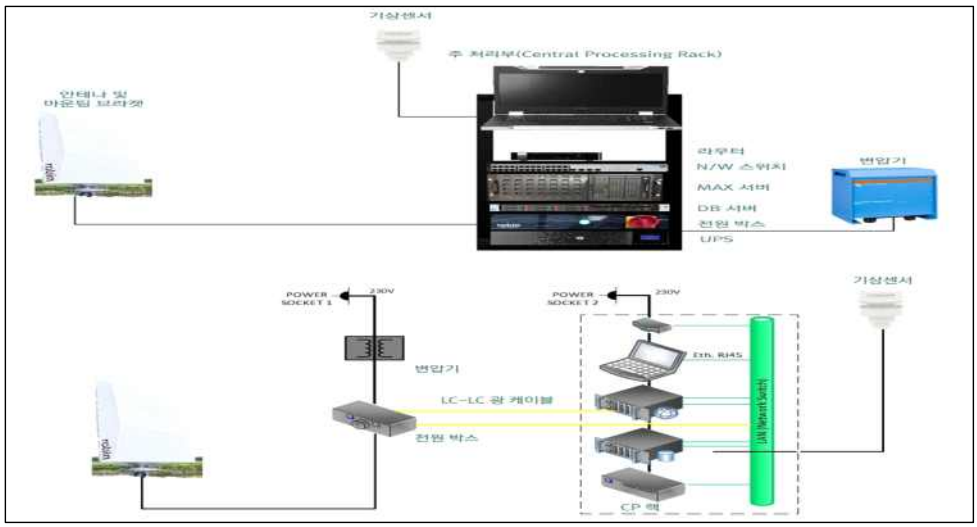
- Robin사에서 출시한 가장 최신형 제품인 MAX 3D 조류탐지레이더는 17개의 빔을 송신하는 FMCW레이더 방식으로 앞서 설명한 캐나다 Accipiter社 제품이 레이더의 안테나가 4도의 빔이 한 개인데 반해 이 레이더는 2.5도의 빔을 17개 동시에 송신하는 위상배열식 레이더임

<표 17> MAX 3D 조류탐지레이더 기본정보

모델명	• MAX 3D 조류 탐지 레이더
가격	• 레이더 단가 : 15억, 쉘터(옵션) : 1.26억 • 공 사 비(전기/통신/기초/접지 공사) : 5억(비행장에 따라 다름)
주요사양	• FMCW, 위상 배열식 레이더 • 주파수 : 9,506MHz(X-밴드) • 회전속도 : 60RPM(실시간 관착) • 탐지거리 : FAA/SAT 2(-13dB㎡), FAA/SAT 1(-16B㎡) • 탐지범위 : 방위각 360°, 고도 60°(120°관측가능) • 빔 각 : 빔폭 1.8°, 빔고도 2.5° • 정확도 : 방위각 0.4°, 고도 0.5°, 거리 0.5m • 치수, 무게 :(w)1,237×699(d)×1,980(h), 280kg
정보를 활용한 분석 가능한 자료	• 시간당 새들의 활주로 횡단 건수 : 이륙/착륙 시간에 따른 변동 • 활주로 횡단하는 새들의 구성 (예 : 각각의 저, 중, 고위험 새들의 건수) • 활주로 횡단 건수가 주로 발생하는 위치 (예 : 활주로 끝단, 중간 지점 등) • 일별(24시간 내) 조류 활동 표시 : 최고 활동량 장소 및 시간대 • 조류 활동량이 변동되는 시간대 • 아침과 저녁의 이동 행태 • 새들의 항로로 사용되는 영역 • 새들의 활동량이 많은 영역 • 새들의 먹이를 찾거나, 휴식하는 영역 • 조류 활동 속성 : 철새인지 아닌지, 어디서 오는지 등

- 조류탐지레이더의 구조 및 구성을 최대한 간단하게 설치하여 향후 발생할 수 있는 비용을 최소화할 수 있도록 설계하였으며, 작동방법도 최대한 간단하게 구성함

MAX 3D 레이더 하드웨어 및 네트워크 구성



- MAX 3D 조류탐지레이더 주요 설치 공항

<표 18> MAX 3D 조류탐지레이더 주요 설치 공항

설치 공항	국가	모델	설치대수	설치 연도
Berlin Brandenburg International Airport	독일	3D Fixed (1세대)	1	2016
Frankfurt Airport	독일	3D Fixed (1세대)	1	2016
Schiphol Airport	네덜란드	3D Flex (2세대)	4	2017
Royal Netherlands Air Force base	네덜란드	3D Flex (2세대)	4	2017-2020
Copenhagen Airport	덴마크	MAX (3세대 360도 3D)	1	2017-2020
Royal Netherlands Air Force base	네덜란드	MAX (3세대 360도 3D)	3	2017-2020
Rotterdam Airport	네덜란드	MAX (3세대 360도 3D)	1	2019
Balbao Airport	스페인	MAX (3세대 360도 3D)	1	2021
RAF Lossiemouth Air Station	영국	MAX (3세대 360도 3D)	1	2020

□ 국내 조류탐지시스템 관련 기술 현황

○ 국내 레이더 기술현황을 보면 주된 목적이 드론탐지용으로 개발되어 상용화됨. 드론을 탐지하려면 조류와 식별되어야 하므로, 조류 식별 알고리즘이 부분적으로 개발되어 적용된 사례는 일부 있는 것으로 파악됨

○ 국내 조류탐지 레이더 개발이 가능한 기업은 다음과 같음

- (RFcore) 드론탐지용 X-Band Radar 개발 및 상용화 완료되었고, 탐지 알고리즘에 적용된 조류 필터 기능을 활용하여 추가 실증(개조) 개발을 수행하는 경우 7km 거리 조류탐지 가능하며, 탐지성능 확대를 위해 X-band 모듈 확장 등 추가 개발 필요
- (한화시스템) 방산용 천마 레이더용으로 개발된 X-band Radar로 EO/IR 연동으로 복합 데이터 수집 가능함
- (루프시스템) 회전식 X-band Radar으로 드론 탐지 시스템으로 개발되었고, 2차원 평면의 드론/새/차량 판별 가능하나, 정확도 개선 및 3차원 탐지를 위한 성능 개량이 필요함 탐지거리 확대(~10km)를 위해 X/S 듀얼밴드 주파수 기능제공 등 추가 개발 필요
- (LIG넥스원) 드론탐지용 X-Band Radar로 개발되었고, 원격제어 및 데이터 저장이 가능하며, 특정 구역을 방사를 적용할 수 있음

<표 19> 국내 조류탐지레이더 개발 가능 기관

구분	제작사명	국가	주요 기술 범위
국내	한화시스템	대한민국	EO/IR 연동 드론탐지 레이더
	RFcore	대한민국	AESA / X-band / 3D
	루프시스템	대한민국	EO/IR 연동 드론탐지시스템/X-band/회전식/2차원
	LIG 넥스원	대한민국	AESA / X-band / 드론탐지

□ 국내외 조류 탐지시스템 공항 운영사례

○ 국내외 조류 탐지시스템을 설치 및 운영한 주요 공항은 다음과 같음

- 해외에서는 2010년대 초반부터 설치 운영하기 시작했고, 국내는 서산 공군 비행장d서 2015년 도입하여 사용하고 있고, 최근 한서대에서 도입 및 설치 중임

<표 20> 국내·외 조류탐지시스템 공항 운영사례

구분	공항	제작사	탐지 및 대응	비고
국외	일본 하네다	NEC	2012년, 수직수평레이더, 카메라, 데이터처리장비, 음향대응장비	효용성 낮음
	영국 루턴공항	Robin Radar system	x-band 레이더(대형조류 6-8km) 탐지 및 대응을 위한 솔루션 일체	
	캐나다 토론토 피어슨	Accipiter	2020년 2D/3D레이더, 조류데이터 분석 기술 활용 매를 이용한 통제	
	네덜란드 암스테르담 스키폴	Robin Radar system	2 Set 레이더 + 1개 카메라 활용 공항주번 6-8km 탐지 작업자 전송 대응	
	싱가포르 창이	-	탐지레이더 별도로 없음. Long Range Acoustic Devices(LRAD) 활용 통제	
	독일 프랑크푸르트	Robin Radar system	2016년 3D fixed 1세대	
	독일 베를린 브란데부르크		2016년 3D fixed 1세대	
	덴마크 코펜하겐		2017-2020년, Max 3D 360도 3세대	
	네덜란드 로테르담-헤이크		2019년 Max 3D 360도 3세대	
	스페인 빌바오		2021년 Max 3D 360도 3세대	
	네덜란드 공군 비행장		2017-2020년, Max 3D 360도 3세대	
	영국 로시머스 공군비행장		2020년 Max 3D 360도 3세대	
국내	서산 공군비행장	Accipiter	2015년, 최대 20km 3D탐지 성능 조류정보, 일/시간/계절 통계자료 등	관측현상 한계 등
	한서대	DeTect	2025년 한서대 태안비행장 2D·3D 레이더 설치 및 시험 운용	
	제주공항	루프시스템	드론탐지 목적으로 X-band Radar 2set 설치, 조류탐지 병용 가능성 테스트	정확도 한계*
	김포공항	루프시스템	드론탐지 목적으로 X-band Radar 1set `24년 설치 예정이었으나 보류(한계)	

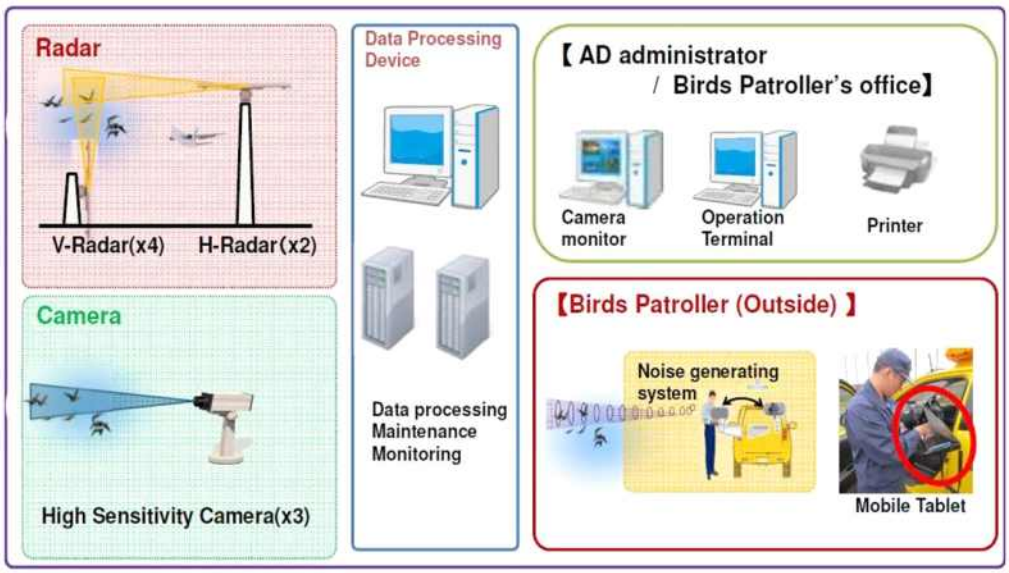
○ 일본 하네다 국제공항

- 2012년 조류위치정보레이더시스템(Bird Position Information Radar Display System)을 도입하여 운영 중이고, 공항 주변에 설치된 고감도 카메라는 이미지 처리를 통해 공항 내부의 조류를 탐지하고, 이미지 캡처 및 저장이 가능함

<표 21> 하네다 공항의 조류탐지레이더 구성 요소

구분	특징
레이더 장치	• 공항 및 그 주변을 비상하는 새의 수평 위치를 감지하는 '수평 레이더'와 고도를 파악하는 '수직 레이더 "의 조합으로 공항의 사방위 방향의 새 위치를 측정. 마이크로파를 이용한 고출력 펄스 레이더를 채택하고 있으며, 밤낮 모두 일정한 감지
조류 영상 감시 장비 (카메라)	• 레이더 장치의 보조 장치로 하루 동안 자동으로 레이더 장치가 감지하기 어려운 지표면을 중점적으로 선회 촬영. 자동 탐지 프로그램으로 인해 조류 감지 실현하며, 촬영 화상으로부터 자동적으로 조류를 검출함. 수동 조작을 통한 확대 확인도 가능하고, 운영자에 의한 조류의 종 동정을 지원. 기록 · 검출된 새 이미지를 바탕으로 운영자가 조류의 종류를 판별하고 기록함
데이터처리장치	• 레이더 장치에서 감지 한 정보를 시각적 · 통계적으로 운용 단말에 표시됨. 탐지 정보를 실시간 표시, 궤적 표시, 이력 표시하고 조류의 행동과 생태 등 파악 가능. 조류 종 동정 정보, 구축 정보를 운용 단말과 휴대형 단말로부터 입력하여 생태뿐만 아니라 구축된 정보를 통해 조류의 행동 패턴을 파악하는 것이 가능함. 연중 내내 조류의 • 데이터를 수집 · 분석하여 방제 대책의 검토 · 실시에 도움을 줄 수 있음
고소음발생장치	• 지향성이 높은 큰 소리를 발생시키는 장치에 의해 조류의 약한 소리를 내며 방제 실시

하네다 공항 조류탐지레이더 기본 원리 및 구성



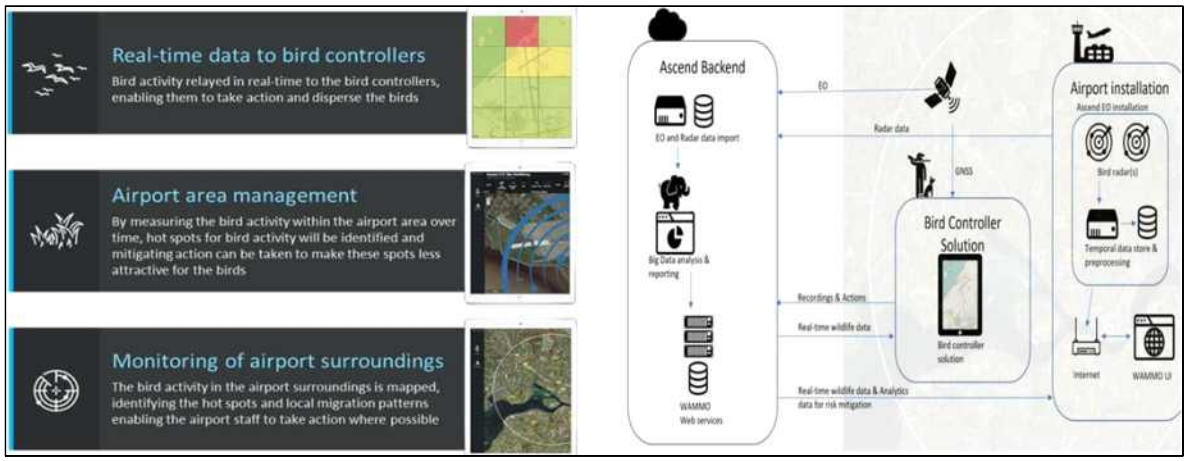
- 레이더 장치에서 감지한 조류의 이미지는 시각적·통계적으로 운용되는 단말기에 표시되며, 탐지정보를 실시간 표시, 궤적 표시, 이력 표시하고 조류의 행동과 생태 등 파악
- 조류 종 동정 정보, 구축 정보를 운용 단말과 휴대형 단말로부터 입력하여 생태 뿐만 아니라 구축된 정보를 통해 조류의 행동 패턴을 파악하는 것이 가능함. 연중 내내 조류의 데이터를 수집·분석하여 방제 대책의 검토·실시에 도움을 줄 수 있음
- 버드패트롤에게 모바일 기기를 통해 실시간으로 정보를 전달하여 조류관리 활동의 효율을 높이고 있음

하네다 공항 조류탐지레이더 모습

○ 덴마크 Aalborg 공항

- 2017년 AscendXYZ Avian Radar System을 덴마크 최초로 도입하였으며, 조류 레 이더를 이용하면 공항 운영 구역의 조류 활동에 대한 정보를 실시간으로 bird control units에 제공할 수 있어 즉각적인 조치를 취할 수 있는 장점이 있음

Aalborg 공항 조류탐지 레이더 구동 원리



- 이를 활용한 운영과정은 조류의 레이더 감지(Radar detection of birds), 데이터 분석(Data Analysis), 조류활동 평가(Bird activity evaluation), 활동 KPIs(Activity KPI's), 행동 계획 수립(Action planning), 위협수준표시 및 계획된 대응(Real-time overview), 사전 예방적 영역관리(Proactive area management), 이해관계자와의 소통 및 위험 완화(Skakeholder communication)의 8단계로 진행됨

Aalborg 공항 조류탐지 레이더 모습

○ **네덜란드 스키폴 국제공항 및 독일 베를린 브란덴부르크 공항**

- 네덜란드 스키폴국제공항과 독일 베를린 브란덴부르크 공항은 Robin Radar System을 도입하여 활용하고 있음
- 스키폴국제공항은 2013년, 베를린 브란덴부르크 공항은 2016년 가을부터 3D Flex Radar 를 구내에 운영 중에 있으며, Robin 레이더는 새로 건설된 남부 활주로 07L/25R을 따라 조류 이동 관련 데이터를 수집하는 데 사용됨
- 공항은 레이더에서 감지 및 기록된 조류 이동에 대한 분기별 상세 보고를 받으며 이 데이터는 지역 생물학자의 실측(현장) 관찰과 결합함

네덜란드 스키폴공항 조류탐지레이더	베를린 브란덴부르크공항의 조류탐지레이더

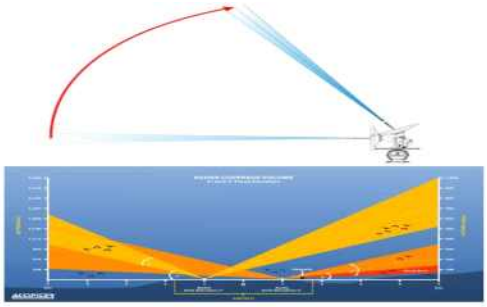
○ 미국 로건공항

- MERLIN 레이더 시스템 장비를 도입하여 활용하고 있음
- 장비를 활용해 8마일 밖 공항 주변과 지상에서 AGL 15,000ft 상의 수준까지 접근과 출발 회랑 및 활주로를 3D 표현함 형태로 수직과 수평으로 스캔하는 레이더 상에 조류의 탐지 상황을 표현함
- 활주로 주변 초지는 풀길이를 25cm로 길게 유지하여 주변 서식조류의 공항 내 유입 및 번식을 통제하고 있음

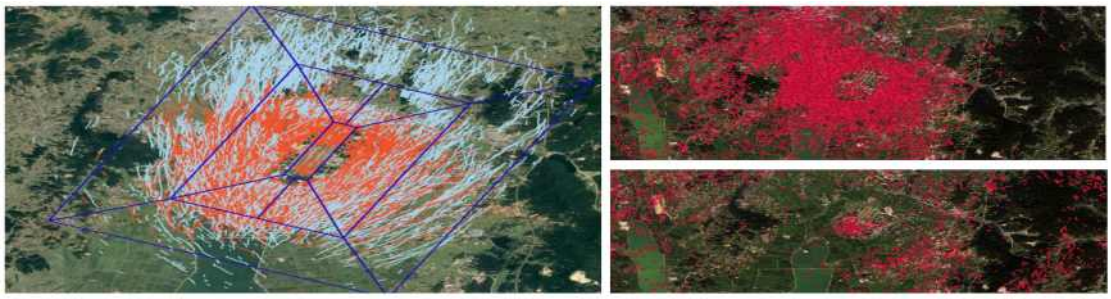
미국 로건공항 MERLIN Aircraft Birdstrike Avoidance Radars	

○ 국내 서산 공군 비행장 운영 사례

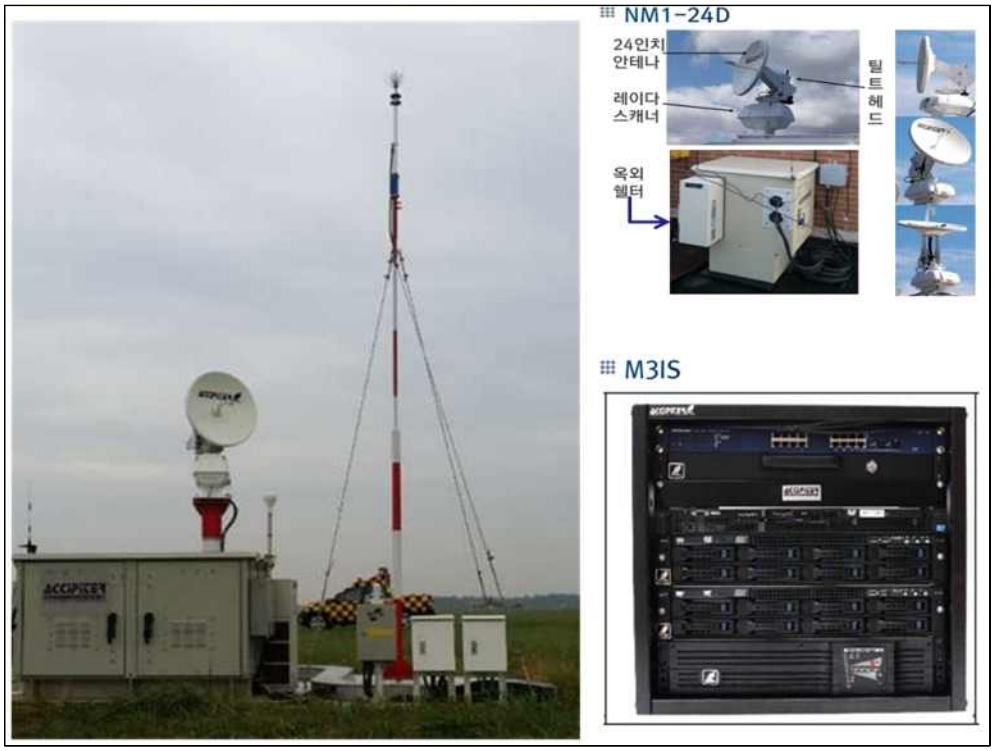
- 공항내 대규모 철새도래지와 접해 있는 공군 제20전투비행단에서 사용하고 있는 제품은 앞서 설명한 캐다나 Accipiter社의 NM1-24D 제품으로 2015년 8월~11월까지 설치하여 약 1년간 최적화 작업 실시
- 현재 서산기지에 설치되어 있는 레이더의 안테나는 4도의 빔이 한 개로 최근 개발된 조류탐지레이더에 비해서는 탐지에 다소 한계가 있으며, 빔 방향에 포함되지 않는 지역에 대해서는 관측에 한계를 보임
- 또한, 서산에서 운영 중인 조류레이더는 3D 관측이 가능하지만 한계가 있음(차량 필터링 능력, 볼륨관측 및 관측 영역의 한계, 착륙지점 미관측 현상, 강수 관측현상과 Rain 모드 현상 등)

차량필터링 능력 및 볼륨 관측 영역의 한계	
	

착륙지점 미관측 현상 및 강수 관측현상과 Rain모드 현상



서산기지 조류탐지 레이더(NM1-24D)



□ 열영상 카메라

○ 주로 IR-CAMERA라고 불리어지는 열영상 장비로, 야간 또는 시야확보가 어려운 상황에 적외선 카메라를 활용하여 조류의 체온을 감지해서 모니터로 시현시켜주는 장비임

○ 최근에는 이 장비의 활용성이 넓어져서 항공기 이착륙 전 조류는 물론 야생조수 (고라니, 너구리 등)의 활동을 확인하여 퇴치하는 목적으로 사용됨

○ 국내 주요 공항에서 활용되는 것으로 알려져 있으나 주로 군 공항을 위주로 흔히 사용되고 있으며, 군집성 조류의 이동현황 및 퇴치활동에 이용됨

○ 민간공항에는 조류탐지를 위한 휴대용 열영상 카메라를 보유하고 있으며, 일부 거점 지역에 휴대용에 비해 정밀성과 선명도에서 뛰어난 거치형의 도입 고려 필요

○ 2015년도 연구에서도 열영상 카메라의 성능은 충분한 효과를 제시한 바 있으며, 지속적으로 야간의 조류탐지에 활용될 필요가 있음

공항 열영상카메라 활용 모습

□ 조류 충돌 위험성 평가 모델

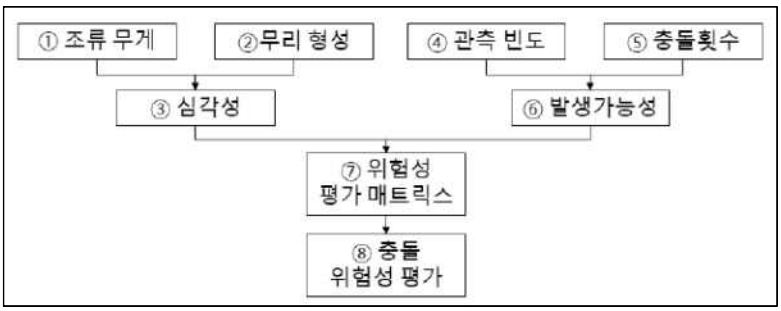
○ 美 Bird Avoidance Model(BAM)

- BAM은 축적 된 조류 관측 자료를 바탕으로 다양한 지리적, 환경적 요인을 결합하여 항공기-조류 충돌 피해를 저감 및 예방하는 데 적용되는 지리정보시스템 기반 프로그램임
- BAM 프로그램을 통해 항공기-조류 충돌 위험도를 예측하고 이를 도면화하여 미국 전역에 충돌위험 정보를 제공
- BAM에 필요한 조류 정보는 조류 레이더(Avian radar)나 조사인력을 통해 수집하여 모델에 적용
- 조류 레이더를 이용할 경우 실시간으로 조류 개체군의 크기와 분포 지역 및 이동 정보를 수집할 수 있어 충돌 위험성을 신속하게 판단하고 위험 경고를 보내는 것이 가능한 장점이 있지만 조류 레이더는 종의 구분이 어려워 행동 특성을 정확하게 분석하는데 한계가 있음
- 조류 레이더와는 대조적으로 조사인력에 의한 정보 수집은 신속성에는 한계가 있지만 종을 정확히 구분하는 것이 가능하고 종에 따른 행동 특성을 고려하여 충돌 위험도를 평가할 수 있는 장점이 있어 서로 보완적으로 사용
- 조류 정보와 더불어 환경정보, 기상자료를 종합적으로 고려하여 충돌 위험도를 평가하고 그 결과는 항공기와 관제탑에 제공하며 모델을 통해 예측된 위험도 정보는 항공기-조류 충돌 사고 예방에 사용

○ 캐나다 벤쿠버공항 적용 사례

- 캐나다 벤쿠버 국제공항에서 사용 중인 조류충돌 위험도 평가 모형은 조류의 무게, 무리 형성 유무를 통해 심각도 등급을 나누고, 조류의 관측빈도와 항공기 조류충돌 자료를 이용하여 발생가능성 등급을 구분
- (조류충돌 심각도 등급) 캐나다 교통국(Transport Canada)에서 개발한 자료를 기반으로, ①조류의 무게, ②무리형성 유무를 고려하여 조류충돌 심각도 구분
- (발생가능성 평가) ①조류의 관측빈도, ②항공기 조류충돌 횟수를 기반으로 발생가능성을 평가하며, 관측빈도의 경우는 버드데이(Bird Days)를 활용하고, 조류충돌 횟수는 연간 평균 조류충돌 횟수 자료를 사용
- 버드데이는 공항에 출현하는 특정 조류의 출현 정도를 나타내는 단위이며, 예를 들어 5버드데이는 하루에 5개체가 관측된 경우 또는 5일동안 1개체가 계속해서 관측되는 경우를 의미

캐나다 벤쿠버공항 조류 위험평가 모형



심각도 등급표

Severity	Hazard Category	Bird Mass	Flocking/Solitary	Species
Very High	Category 1	Very large (>1.8 kg)	Flocking	Gees, Swans, Turkeys
High	Category 2	Very large (>1.8 kg) Large (1-1.8 kg)	Solitary Flocking	Great Blue Heron, Herring Gulls, Mallard
Moderate	Category 3	Large (1-1.8 kg) Medium (300g-1 kg)	Solitary Flocking	Red-tailed Hawk, Turkey Vulture, Teals
Low	Category 4	Medium (300g-1 kg) Small (50g-300g)	Solitary Flocking	Northen Harrier, European Starling
Very low	Category 5	Small (50g-300g) Very small (<50g)	Solitary Flocking	American Kestrel, Snow Bunting
	Category 6	Very small (<50g)	Solitary	Savannah Sparrow

조류충돌 위험도 평가 매트릭스

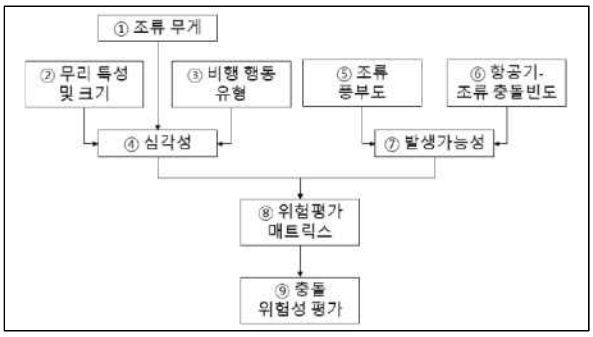
Severity	Probability					Hazard Category
	Very high	High	Moderate	Low	Very low	
Very high	Very high	Very high	Very high	Very high	High	Category 1
High	Very high	Very high	High	High	Moderate	Category 2
Moderate	High	High	Moderate	Moderate	Low	Category 3
Low	Moderate	Moderate	Low	Low	Very low	Category 4
Very low	Low	Low	Low	Very low	Very low	Category 5,6
BirdDays Since 2000	>141,600	70,801 - 141,600	28,321 - 70,800	14,161 - 28,320	0-14,160	
Annual no. of strikes	>10	5-10	2-5-	1-2	0-1	

○ 호주 애들레이드공항 적용 사례

- 호주 아들레이드 국제공항에서 사용 중인 조류충돌 위험도 평가 모형은 조류의 무게, 무리 특성 및 비행 행동유형을 고려하여 심각도를 6등급으로 나누고, 조류의 풍부도(출현 빈도), 항공기 조류충돌 자료를 고려하여 발생가능성을 4등급으로 구분하여 위험도를 평가
- (심각도 평가) ①조류의 무게, ②무리 특성 및 크기, ③비행행동 유형에 따른 점수를 아래 표와 같이 부여

- (발생가능성 평가) ①조류 풍부도*, ②항공기 조류충돌 자료를 사용하며, 조류 풍부도는 공항 주변에서 관측되는 조류의 수, 빈도 및 면적 등을 기반으로 평가하며, 여러 개의 항목 평가등급 중 가장 높은 등급으로 풍부도를 결정

조류 충돌 위험평가 모델	발생가능성 평가

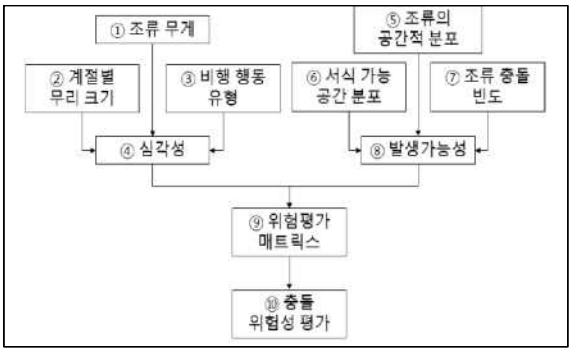


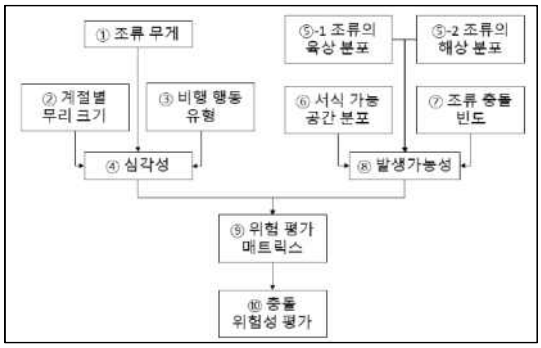
Criteria	Very high	High	Low	Very low
Abundance				
Quantitative				
(a) Relative abundance (% of total birds counted)	> 1	> 0.1	> 0.01	< 0.01
(b) frequency occurrence (% surveys species scored)	> 75	50-75	25-50	< 25
(c) area of occurrence (% airport land used)	> 75	50-75	25-50	<25
Qualitative				
(a) abundance	many	some	few	occasional
(b) frequency	many	some	few	occasional
(c) area of occupation	many	some	few	occasional
(d) seen close to runways	often	some	occasional	rarely
Bird Strikes				
Quantitative				
(a) relative frequency (% all strikes at airport)	> 5	1-5	0.1-1	< 0.1
Qualitative				
(a) apparent frequency	often	some	occasional	rare/none

○ 국내 공항의 적용 사례

- 국내 공항의 경우, 조류충돌 위험도 평가 모형의 경우, 조류 무리 크기, 비행 행동 유형에 따라 심각도를 평가하고, 조류 서식 가능 공간 분포, 조류의 공간적 분포, 조류충돌 빈도를 통해 발생 가능성을 평가
- 제주공항은 바다와 인접한 곳에 위치하여 공항 주변 면적 절반 가까이가 바다로 이루어져 있는 특성을 가지므로, 조류의 육상 분포와 해상 분포를 고려하는 평가 모형 적용

국내 공항 조류 충돌 위험평가 모형	
• 김포, 김해, 대구공항 적용	• 제주공항 적용





- (심각도 평가) ① 조류 평균 무게, ② 계절별 무리 크기, ③ 비행행동 유형을 고려하여 평가함. 조류 종별 무게는 6등급으로 구분, 조류 무리 크기는 관찰된 무리 크기의 중위값(media)을 기준으로 평가하며 계절별로 분석, 비행 행동 유형은 2가지 유형으로 구분
- (발생가능성 평가) ①조류 공간적 분포 특성, ②서식지 분포, ③조류충돌 빈도를 고려하여 평가함. 공간적 분포 특성은 500m 규모 격자 중 각 종의 출현이 관찰된 격자 비율을 산출하여 평가하며 조류 관측 지점 자료를 기준으로 계산

□ 공항 조류관리 분야 기술규격 동향

○ 미국 FAA는 조류 탐지 레이더 시스템 관련 기술적 요건 FAA AC에서 제시함

- FAA AC 150/5220-25, 2010/11/23, Airport Avian Radar System
- 장비 선택, 성능, 공항 내 배치, 위험경감을 위한 관리요건 등 정의하고 있으며, 주요 정량적인 요건은 다음 표와 같음

<표 22> FAA AC 150/5220-25 주요 요구사항 발췌

구성		요구사항
성능	표준 조류 (SAT, Standard Avian Target)	▸ 레이더 단면적 (RCS): -16 dBm² ▸ 질량: 1.1 lb (0.50 kg) ※ 조건 : 조류의 측면 뷰, 레이더 빔의 중간의 300ft (91m) 고도
	표준 객체 탐지 (Standard Object Detection)	(1) 범위: 0.3 ~ 1 nmi (0.6 ~ 2 km) 목표: 1 SAT, 고도 1000 ft (300 m)까지 (2) 범위: 0.3 ~ 3 nmi (0.6~ 6 km) 목표: 최소 2 SAT, 고도 3000 ft (900 m)까지
	다중 객체 (Multiple Objects)	▸ 최소 1000개의 목표물을 추적 가능
	객체 해상도 (Object Resolution)	▸ 1.0 nmi (1.9 km) 범위에서 165 ft (50.0 m) 이하로 분리된 두 개의 표준 조류 목표를 구별 가능
	감시 영역 (Surveillance Area)	▸ 공항의 주 활주로의 비행경로 지역(항공기 이착륙 포함) ▸ 센서 위치로부터 최대 3 nmi (6 km) ▸ 최대 3000 ft (900 m) 고도 (at 5 nm / 9 km)
	위치 정확도 (Location Accuracy)	▸ 추적된 위치는 실제 위치의 165 ft (50.0 m) 이내
	탐지 품질 (Detection Quality)	▸ 최대 1.0 nmi (1.9 km)에서 90% 신뢰 수준 ▸ 1.0 ~ 3.0 nmi (1.9 ~ 5.6 km)에서 75% 신뢰 수준
	검사 빈도 (Inspection Frequency)	▸ 추적된 SAT 위치의 연속 업데이트 시간 간격은 5초 미만
	탐지 반응 시간 (Detection Response Time)	▸ 스캔된 이후, 5초 이내
	날씨(Weather)	▸ 특정 지역의 비 또는 눈오는 조건 ▸ 맑은 날씨와 악천후 조건에서 성능 입증 ▸ 낮, 야간, 새벽/황혼
신뢰성		▸ 수명(Total Life): 10년, 평균고장시간(MTBF): 최소 4000시간
환경		▸ 온도범위 : -32℃ ~ +52℃ ▸ 상대습도 : 5% ~ 90%

○ 국내에서는 공항운영증명(AOC)에서 조류관리 분야에 대한 업무 규정이 요구되며, 기술적 요구조건이 아닌 운영적 요구조건으로 적용되고 있음. 조류탐지·대응장비에 대한 국내 검증 및 인증 요건 미비

2.3.3. 산업·시장적 환경 분석

□ 항공산업

○ 코로나19로 인해 ‘20년 세계 항공 산업 규모는 약 4,687억 달러 수준으로 ’19년 대비 약 36% 급감하였으나, ‘30년경 약 9,462억 달러로 전망

- 항공산업은 ’21년 5,682억 달러로 약 21% 성장할 것으로 예측되며, ‘22년 6,473억 달러 수준, ’24년에는 코로나19 이전(‘19년) 수준으로 회복할 것으로 예상

- 국제항공운송협회(ITIA)는 ’20년 전세계 항공여객 수익은 ‘19년 대비 3,710억 달러(약 60.6%) 감소, 순 금융손실은 약 843억 달러 전망

세계 항공산업 시장 전망

○ 국내 항공산업 수급규모(생산+수입)는 2022년에 약 11조를 기록하며 COVID-19로 인한 팬데믹 시기를 회복하여 전년 대비 33%의 성장률을 보임

<표 23> 항공산업 수급동향(2018~2022) [단위:억원,%]

구분		2018년	2019년		2020년		2021년		2022년		2023년(전망)	
		실적	실적	전년대비 증감률	실적	전년대비 증감률	실적	전년대비 증감률	실적	전년대비 증감률	실적	전년대비증감률
공급	생산	49,846	57,996	16.4	47,859	-17.5	47,375	-1.0	63,410	33.8	68,982	8.8
	수입	48,611	59,192	21.7	39,366	-33.5	38,762	-1.5	51,148	32.0	55,861	9.2
합계		98,457	117,188	19.0	87,225	-25.6	86,137	-1.2	114,558	33.0	124,843	9.0
수요	내수	70,144	84,937	21.1	68,640	-19.2	68,257	-0.6	89,799	31.6	95,196	6.0
	수출	28,313	32,251	13.9	18,585	-42.4	17,880	-3.8	24,759	38.5	29,647	19.7

출처: 한국항공우주산업진흥협회 홈페이지

○ ‘22년 3월 기준 항공여객은 국제 여객의 상승으로 전년 동월 대비 3.3% 증가하였고, 국제선 여객(41만명)은 전년 동월 대비 123.5% 증가

- 국내선 여객(245만 명)은 제주 및 내륙노선 동반 감소로 전년 동월 대비 5.3% 하락하였으나, 항공여객은 국제여객의 상승으로 전년 동월 대비 3.3% 증가

<표 24> 국내 운항 및 여객 실적 (단위 : 편, 명, %)

구분		3월 실적			누적 실적		
		‘21년 3월	‘22년 3월	증감(%)	‘21년 1~3월	‘22년 1~3월	증감(%)
운항(편)	국내	17,166	17,336	1.0	14,946	54,620	30.2
	국제	11,172	11,387	1.9	30,391	32,384	6.6
	계	28,338	28,723	1.4	72,337	87,004	20.3
여객(명)	국내	2,590,599	2,453,974	-5.3	6,349,616	8,483,240	33.6
	국제	184,211	411,666	123.5	561,569	1,090,731	94.2
	계	2,774,810	2,865,640	3.3	6,911,185	9,573,971	38.5

출처: 국토교통과학기술진흥원, 국토교통R&D현황조사-항공분야, 2022.10

- 항공화물(’22.3월 기준)은 국내 및 국제 수하물은 3.6% 증가하였으나, 수하물 제외 국제화물의 2.2% 감소로 전년 동월 대비 약보합세(-0.03%)를 보여 31만 톤 운송

<표 25> 분류별 화물실적 (단위 : 톤, %)

구분		3월 실적				누적 실적(‘22년 1~3월)			
		(순)화물	수하물	우편물	총화물	(순)화물	수하물	우편물	총화물
국내	실적	6,631	9,830	0.2	16,461	19,408	36,614	1.5	56,113
	증감률	-3.8	3.6	-	0.5	2.4	50.7	-13.1	29.5
국제	실적	227,785	11,473	3,766	293,024	777,194	31,169	10,905	819,268
	증감률	-1.6	120.6	-32.3	-0.1	0.7	90.9	-25.9	2.1
합계	실적	284,416	21,304	3,766	309,486	796,692	67,782	10,906	875,381
	증감률	-1.7	45.0	-32.3	-0.03	0.8	66.8	-25.9	3.5

출처: 국토교통과학기술진흥원, 국토교통R&D현황조사-항공분야, 2022.10

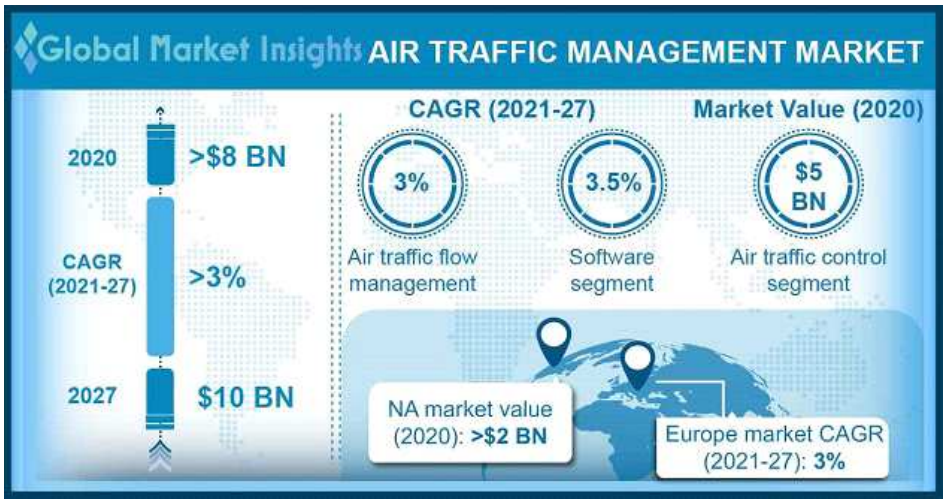
□ 항공교통관리

○ 세계 항공교통관리 시장 규모는 ’20년 기준 80억 달러 규모이며 21년~27년 사이에 연평균 3%로 성장하여 ’27년에는 100억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망

- 신공항 건설 및 개조/개발을 위한 공항 및 정부 당국 투자 증가에 의해 시장이 주도되었고, 2020년 항공교통관제시스템 공항 채택 50억 달러 수익 초과

- 항공 교통관리 시장은 COVID-19 전염병의 확산 확산으로 인해 2020년 1/2분기 동안 성장 부진 등 ATM시스템의 산업통계에 큰 영향을 미쳤음

항공교통관리시장 규모(2021~2027년)



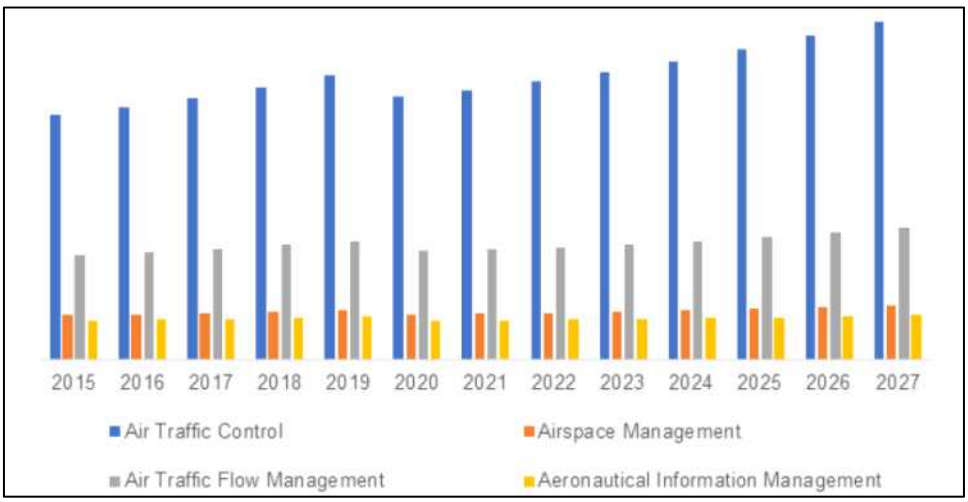
○ 소프트웨어 부문은 항공교통관리 솔루션의 기술 혁신 증가로 인해 2026년까지 약 3.5% CAGR의 높은 성장률 전망

- 항공교통관제 소프트웨어는 불규칙한 기상상황에 비행지연을 줄이는데 중요한 역할을 담당하며 항공교통관리시스템의 ICT 기술사용 증가(기내 항공기 제어시스템, ATM시스템 및 공항 내부 컴퓨터 시스템) 시장 성장 확대되고 있으나 ATM시스템을 통한 데이터 전송과 관련된 사이버 보안 위협의 위험 존재

- 기술 제공업체는 공항 효율성을 향상하고 항공사의 원활한 운영을 가능하게 하는 혁신적인 솔루션을 제공하는 데 집중하여 시장 침투 확대에 기여

- 공역 혼잡 증가로 항공교통관제 소프트웨어 시장 성장 지원

항공교통관제 시스템 시장 규모(2015~2027년)

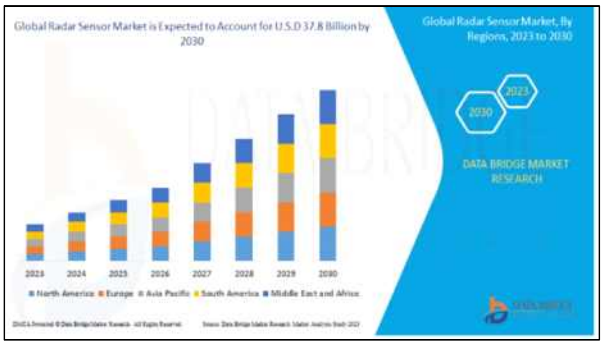


□ 레이더 시장

○ Data Bridge Market Research에 따르면 글로벌 레이더 센서 시장은 2022년도 115억 달러에서 2030년 378억 달러 시장 규모로 전망되며, 2023년에서 2030년까지 연평균 19.7% 증가할 것으로 전망

- 해당 시장에는 레이더의 유형(이미징 레이더 및 비이미징 레이더), 대역(HF, VHF 및 HUF 대역; L, S, C 및 X 대역; Ku, K, Ka 및 V 및 W 대역), 범위, 구성 요소, 기술, 응용 분야 등의 카테고리별로 세분화하여 포괄적으로 포함함

글로벌 레이다 센서 시장 규모 전망(2023-2030)

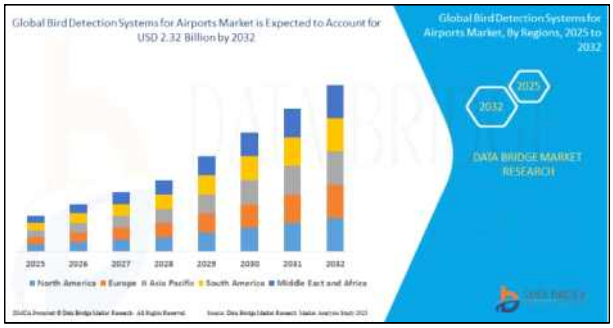


출처: Data Bridge Market Research

○ Data Bridge Market Research에 따르면 글로벌 공항용 조류탐지시스템 시장 규모는 2024년에 11억 2천만 달러로 평가되며, 2032년까지 23억 2천만 달러에 도달할 것으로 예상되며, 2025년에서 2032년까지의 예측 기간 동안 연평균 약 9.48% 증가 예상

- 해당 시장에는 글로벌 조류 감지 시스템의 구성 요소(HW 및 SW), 애플리케이션(조류 탐지, 조류식별, 조류 퇴치, 조류 모니터링 및 데이터) 등의 기술들이 포함

글로벌 공항 조류탐지레이다 시장 규모 전망(2023-2030)



출처: Data Bridge Market Research

○ 국내의 경우, 조류 충돌로 인한 항공기 사고로 인해 예방 및 대책을 위하여 최근 국토교통부는 전국 15개 공항에 조류탐지레이더를 순차적으로 도입하겠다고 발표하였으며, 이를 위해 2027년까지 840억원 투입할 것이라고 발표

- 현재 국내 민간공항에는 조류탐지레이더를 설치한 사례가 없으며, 최근 조류 충돌로 인한 대형 참사로 인해 조류충돌 예방을 위한 여러 가지 대책을 마련하고, 적극적인 지원 방안을 마련하고 있음

국내 공항 조류탐지레이더 도입 관련 최근 뉴스	

2.3.4. 주요 시사점

○ 전 세계적으로 조류 충돌사고 발생이 증가하는 추세이고 국내 역시 최근 5년간 (2020~2024) 조류 충돌 사고가 총 1,511건 발생함. 특히 코로나19 팬데믹 이후 항공기 운항 편수가 급증하면서 조류 충돌 사고가 증가하는 추세를 보임. 이에 따라 항공안전 관리 및 조류 충돌 예방을 위한 체계적이고 종합적인 안전 관리 대응책이 필요함

○ ICAO 및 국내 정책에서 데이터 기반의 항공 안전 관리 체계 구축을 강조하는 가운데 조류 충돌 위험관리 분야에서도 빅데이터를 활용한 데이터를 수집 및 분석, 예방적 안전 관리 방안을 마련해야 함. 미국과 유럽의 사례를 참고하여 공항별 조류 생태학적 데이터베이스를 구축하고 분석할 수 있는 시스템 마련을 통해 조류 충돌 예방 활동을 강화할 필요가 있음.

○ 현재 법 체계상 문화재청 천연기념물 조류는 포획이 가능하나 환경부 지정 멸종위기야생생물은 사전 협의를 통한 포획허가를 제출하지 않을 경우 불법의 소지가 높음. 공항 특성상 항공기 안전에 위험이 된다면 긴급조치가 필요할 경우에 대한 대책이 필요한 상황임. 조류의 보호와 항공안전을 동시에 고려한 공항 조류 관리 정책이 요구됨

○ 최근 기술적으로는 레이더와 열영상 카메라 등 다양한 기술의 융합 및 통합을 통해 조류 탐지의 정확성과 효율성을 높이는 기술과 실시간 데이터 수집 및 분석을 통해 조류 활동을 모니터링하고, 이를 바탕으로 예방적 조치를 취할 수 있는 종합적인 조류관리시스템이 개발되고 있음. 이러한 시스템은 해외 공항들은 도입 및 운영한 사례를 흔치 않게 볼 수 있으나, 국내에는 핵심기술들이 적용된 첨단화된 시스템 도입 및 운영 사례가 없다고 볼 수 있음

○ 항공산업과 레이더 시장이 지속적으로 성장할 것으로 예상되는 가운데, 최근 조류 충돌사고 이슈 등으로 인해 조류탐지 및 관리시스템의 글로벌 시장 수요가 급격히 높아지고 있음. 특히 국내 시장은 정부의 지원과 투자가 발표된 만큼 국내외 시장이 확대될 전망

2.4. 국내외 연구개발 현황 분석

2.4.1 특허·논문 경쟁력 분석

□ 분석 범위 및 방법

○ 공항 조류관리 분야 기획 연구의 특허 및 논문의 분석 범위 및 지표는 아래와 같으며, 경쟁력은 활동도, 영향력, 시장력, H-INDEX 지표에 대한 전체 평균으로 산정함

<표 26> 공항 조류관리 분야 특허/논문 분석범위

구분	특허	논문
국가	한국, 일본, 미국, EU, 중국	한국, 일본, 미국, EU, 중국
DATA	5개 특허청(한국, 일본, 미국, EP, 중국) 공개, 등록 특허 (WINTELIPS DB)	SCI급 논문 (Web Of Science)
적용기간	출원일 기준 최근 10년 (2013.01~2022.12)	발행일 기준 최근 12년 (2013~2024)

<표 27> 공항 조류관리 분야 특허/논문 분석지표

구분	특허	논문
경쟁력	- 특허의 활동도, 영향력, 시장력 지표의 전체 평균	- 논문의 활동도, 영향력, H-INDEX 지표의 전체 평균
활동도	- 특정 국가가 전체 특허·논문 건수를 대상으로 특정 기술 분야에서 차지하는 비율 - (주의) 상대적인 비율로, 활동도값이 클수록 특허·논문의 건수가 많은 것은 아님 $\text{활동도}_{ij} = \dfrac{A_{ij} \ / \ \sum_{j=1}^{nt} A_{ij}}{\sum_{j=1}^{mt} A_{ij} / \sum_{i=1}^{mt}\sum_{j=1}^{nt} A_{ij}}$ A_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 문헌 수 nt는 전체 국가 수, mt는 전체 기술 수	
영향력	- 특정 국가의 해당 기술분야에서 특허·논문 당 피인용 횟수를 측정하는 지표로서, 영향도가 높을수록 질적수준이 높음을 의미 (특허의 경우 등록 특허 대상으로 측정) $\text{영향도}_{ij} = \dfrac{CA_{ij} \ / \ A_{ij}}{\sum_{i=1}^{nt} CA_{ij} / \sum_{i=1}^{nt} A_{ij}}$ CA_{ij}는 i기술에 대한 j국가 문헌의 피인용 수, A_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 문헌 수, nt는 전체 국가 수	
시장력	- 특정 국가의 해당 기술분야에서 출원된 특허 중 패밀리 국가 수가 차지하는 비중을 측정하는 지표로, 특허 시장도가 높을수록 해외출원 국가가 많고 시장확보력이 높음 $\text{특허시장도}_{ij} = \dfrac{FA_{ij} \ / \ A_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} FA_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} A_{ij}}$ FA_{ij}는 i기술에 대한 j국가 특허의 패밀리특허 국가 수 A_{ij}는 i기술에 대한 j국가의 특허 수, nt는 전체 국가 수	-
H-INDEX	-	- 개별 연구자의 연구업적과 성취, 학계에 미치는 영향력을 자연수로 표현 $H\text{지수} = \max\min(f(i), i)$, $f(i)$는 i번째 논문의 인용 횟수

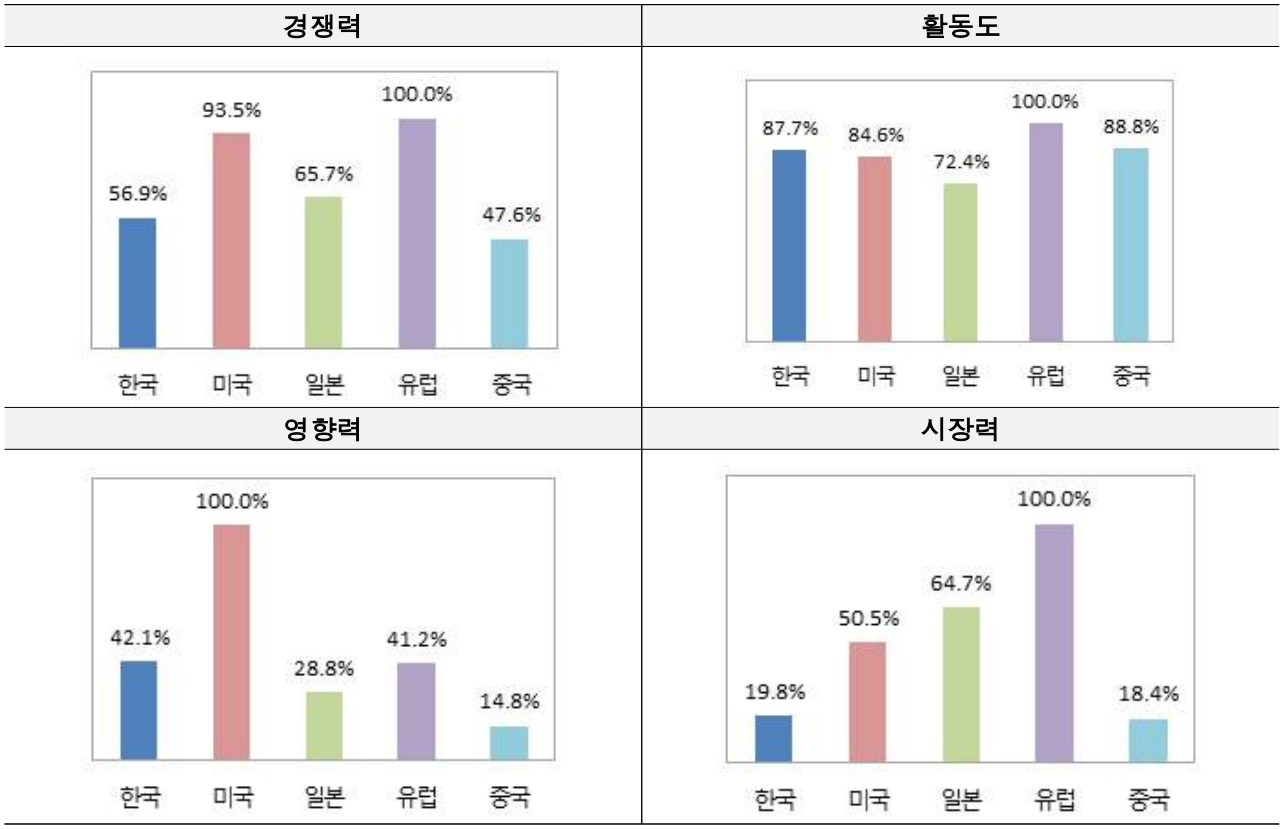
□ (구성기술 1) 조류충돌 예방 체계 핵심 기반 기술 분야 특허·논문 경쟁력

○ **(특허)** 출원인 국적별(한국, 미국, 일본, 유럽, 중국) 경쟁력을 살펴보면, 유럽이 100%로 가장 높고, 다음으로 미국 93.5%임. 한국은 56.9% 수준으로 나타남

- 세부지표로 살펴보면, 경쟁력, 활동도, 시장력 측면에서 유럽이 가장 높은 것으로 나타났고, 영향력은 미국이 가장 높음
- 한국의 경쟁력은 56.9% 수준으로 활동도는 87.7%이며, 시장력은 측면에서 19.8% 수준으로 매우 낮음

<표 28> 특허 출원인 국적별 경쟁력(구성기술 1)

지표	한국	미국	일본	유럽	중국
경쟁력	56.9%	93.5%	65.7%	100.0%	47.6%
활동도	87.7%	84.6%	72.4%	100.0%	88.8%
영향력	42.1%	100.0%	28.8%	41.2%	14.8%
시장력	19.8%	50.5%	64.7%	100.0%	18.4%



○ **(논문)** 저자의 국적별 경쟁력을 살펴보면, 유럽이 역시 100%로 가장 높고, 다음으로 미국 89.8%이며, 한국은 34.2%로 가장 낮은 것으로 분석됨

- 세부지표로 살펴보면, 경쟁력, 영향력, H-INDEX 측면에서 유럽이 가장 높은 것으로 나타났고, 활동도는 한국 100%로 가장 높은 것으로 분석됨

- 한국의 경쟁력은 34.2% 수준이지만, 활동도는 100%이며, H-INDEX 측면에서 27.8% 수준으로 매우 낮음

<표 29> 논문 저자 국적별 경쟁력(구성기술 1)

지표	한국	미국	일본	유럽	중국
경쟁력	34.2%	89.8%	45.8%	100.0%	57.5%
활동도	100.0%	89.8%	71.4%	68.2%	70.2%
영향력	73.1%	77.7%	29.2%	100.0%	61.2%
H-INDEX	27.8%	88.9%	44.4%	100.0%	55.6%

경쟁력

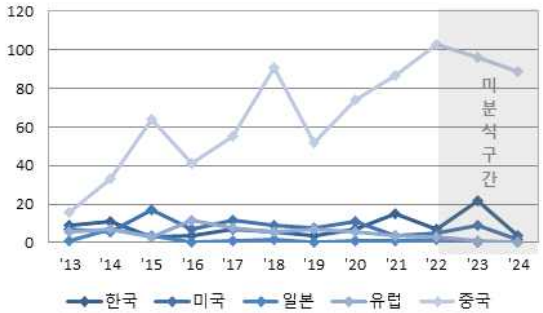
활동도

영향력

H-INDEX

○ **(특허·논문)** 시계열 추세를 분석해보면 특허, 논문 모두 중국이 강세를 보이고 있음

특허 출원 추세 (출원인 국적 기준)



논문 게재 추세 (저자 국적 기준)

□ (구성기술 2) 공항 주변 조류 유입 가능성 및 분산·관리 기술 분야 특허·논문 경쟁력

○ **(특허)** 출원인 국적별 경쟁력을 살펴보면, 미국이 100%로 가장 높고, 다음으로 유럽으로 91.2%임. 한국은 59.5% 수준으로 중국보다 높게 분석됨

- 세부지표로 살펴보면, 경쟁력, 영향력이 미국이 100%로 가장 높으며, 활동도 측면에서는 중국이 시장력 측면에서 유럽이 가장 높음

- 한국의 경쟁력은 59.5% 수준으로 활동도는 85.3%이며, 시장력은 측면에서 31.6% 수준으로 낮은 편임

<표 30> 특허 출원인 국적별 경쟁력(구성기술 2)

지표	한국	미국	일본	유럽	중국
경쟁력	59.5%	100.0%	74.5%	91.2%	53.0%
활동도	85.3%	96.0%	47.3%	71.5%	100.0%
영향력	44.6%	100.0%	14.7%	49.0%	14.3%
시장력	31.6%	69.8%	61.3%	100.0%	25.7%

경쟁력

활동도

영향력

시장력

○ **(논문)** 저자의 국적별 경쟁력을 살펴보면, 유럽이 역시 100%로 가장 높고, 다음으로 미국 77.4%이며, 한국은 15.0%로 가장 낮은 것으로 분석됨

- 세부지표로 살펴보면, 경쟁력, 영향력, H-INDEX 측면에서 유럽이 가장 높은 것으로 나타났고, 활동도는 일본이 100%로 가장 높은 것으로 분석됨

- 한국의 경쟁력은 15.0% 로 매우 낮은 수준이고, 활동도는 57.1%이나, H-INDEX 측면에서 11.1% 수준으로 매우 낮은 편임

<표 31> 논문 저자 국적별 경쟁력(구성기술 2)

지표	한국	미국	일본	유럽	중국
경쟁력	15.0%	77.4%	28.0%	100.0%	67.5%
활동도	57.1%	91.2%	100.0%	82.3%	67.2%
영향력	40.9%	44.0%	54.6%	100.0%	71.0%
H-INDEX	11.1%	77.8%	22.2%	100.0%	66.7%

경쟁력

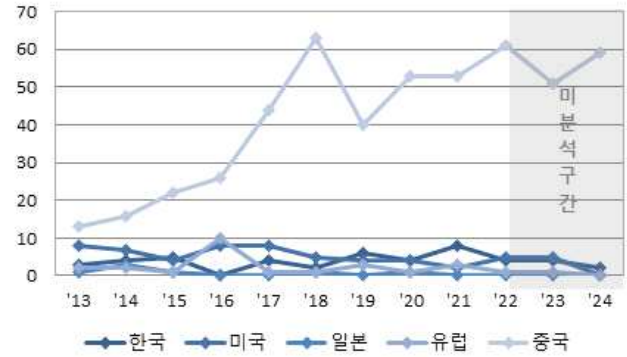
활동도

영향력

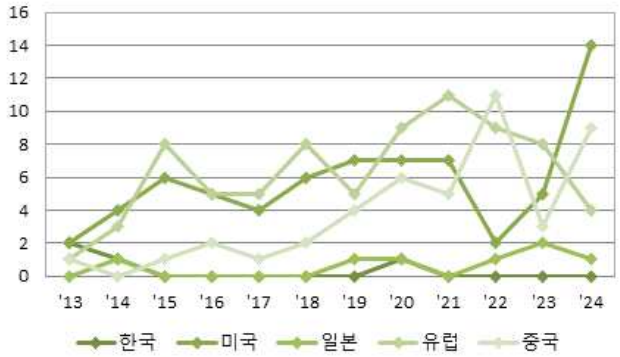
H-INDEX

○ **(특허·논문)** 특허 시계열 추세를 보면 중국이 강세이나, 논문은 미국이 최근 급격히 높아진 추세임

특허 출원 추세 (출원인 국적 기준)



논문 게재 추세 (저자 국적 기준)



□ (구성기술 3) 공항 조류충돌 위험도 평가 및 조기경보 기술 분야 특허·논문 경쟁력

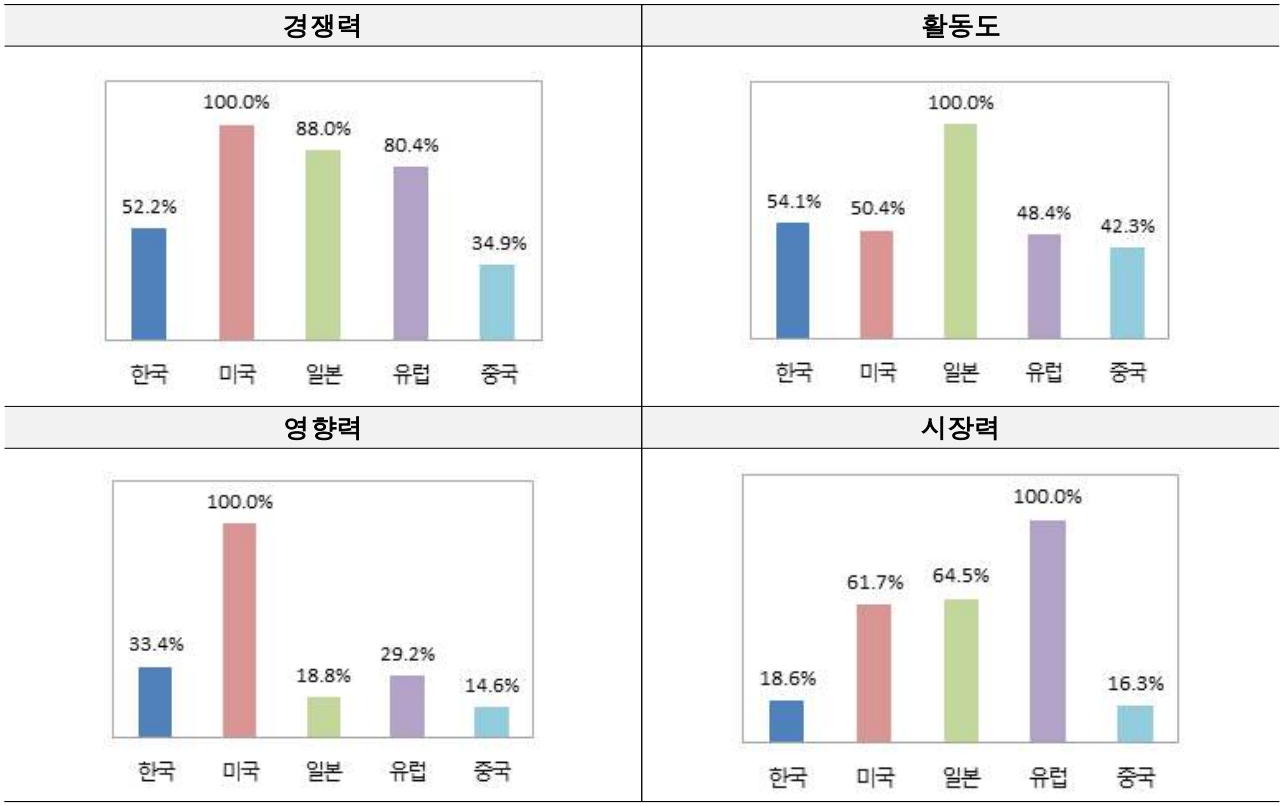
○ **(특허)** 출원인 국적별 경쟁력을 살펴보면, 미국이 100%로 가장 높고, 다음으로 일본이로 88.0% 임. 한국은 52.2% 수준이지만 중국보다는 높은 것으로 나타남

- 세부지표로 살펴보면, 경쟁력, 영향력 측면에서 미국이 100%로 가장 높으며, 활동도 측면에서는 일본이 시장력 측면에서 유럽이 가장 높음

- 한국의 경쟁력은 52.2% 수준으로 활동도는 54.1%이며, 시장력은 측면에서 18.6% 수준으로 낮은 편임

<표 32> 특허 출원인 국적별 경쟁력(구성기술 3)

지표	한국	미국	일본	유럽	중국
경쟁력	52.2%	100.0%	88.0%	80.4%	34.9%
활동도	54.1%	50.4%	100.0%	48.4%	42.3%
영향력	33.4%	100.0%	18.8%	29.2%	14.6%
시장력	18.6%	61.7%	64.5%	100.0%	16.3%



○ **(논문)** 저자의 국적별 경쟁력을 살펴보면, 중국이 100%로 가장 높고, 다음으로 일본이 99.8%, 유럽이 97.6으로 강세를 보임. 한국은 36.1%로 가장 낮음

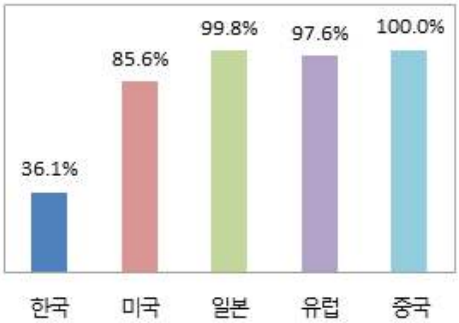
- 세부지표로 살펴보면, 경쟁력, 활동도, 영향력 측면에서 중국이이 가장 높은 것으로 나타났고, , H-INDEX는 일본이 100%로 가장 높은 것으로 분석됨

- 한국의 경쟁력은 36.1% 로 낮은 수준이고, 활동도는 78.4%, 영향력은 70.5%이며, H-INDEX 측면에서 29.4% 수준으로 다른 국가들보다 낮은 편임

<표 33> 논문 저자 국적별 경쟁력(구성기술 3)

지표	한국	미국	일본	유럽	중국
경쟁력	36.1%	85.6%	99.8%	97.6%	100.0%
활동도	78.4%	52.2%	62.7%	85.6%	100.0%
영향력	70.5%	88.3%	34.5%	71.8%	100.0%
H-INDEX	29.4%	82.4%	100.0%	94.1%	94.1%

경쟁력



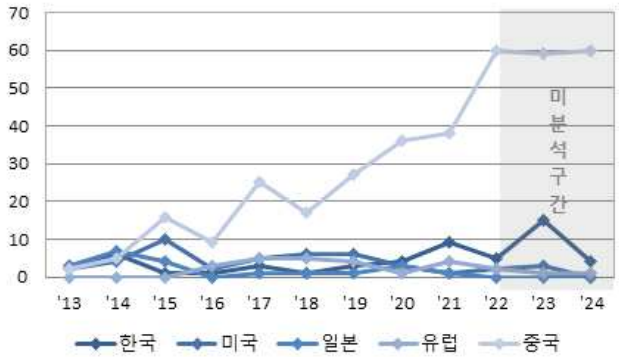
활동도

영향력

H-INDEX

○ **(특허·논문)** 특허 시계열 추세를 보면 중국이 증가세를 보이고 있고, 논문은 중국과 유럽이 높은 편으로 나타남

특허 출원 추세 (출원인 국적 기준)



논문 게재 추세 (저자 국적 기준)

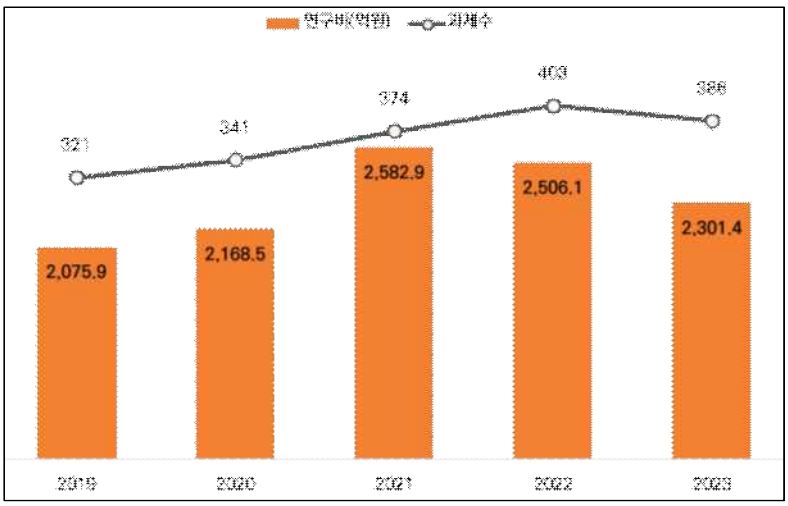
2.4.2. 연구개발 투자 현황 분석

□ 항공분야 R&D 투자 현황

○ **(연도별 투자 현황)** 최근 5년('19~'23년) 동안 수행된 국내 항공분야 기반 국가연구개발 과제는 1,825건에 이르며 총 11,635억 원 규모의 정부예산이 투입

- (과제 수) '19년부터 항공 관련 과제 수는 지속적인 성장세를 보임
- (투자규모) 투자규모 면에서는 '19년 2,076억원, '20년 2,168억원, '21년 2,583억원. '22년 2,506억원, '23년 2,301억원 규모로 투입되었으며, 과제 유형 및 특성에 따라 투입예산이 상이한 것을 감안했을 때 '21년도의 과제당 예산규모가 가장 높게 도출됨

항공 관련 연도별 R&D 투자현황



출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

<표 34> 최근 5년(19년~23년)간 국내 항공분야 기반 R&D과제 현황

구분	2019	2020	2021	2022	2023	합계
과제수(건수)	321	341	374	403	386	1,825
정부투자규모(억원)	2,075.9	2,168.5	2,582.9	2,506.1	2,301.4	11,634.8
과제당 예산규모 (억원/건)	6.47	6.36	6.91	6.22	5.96	6.38

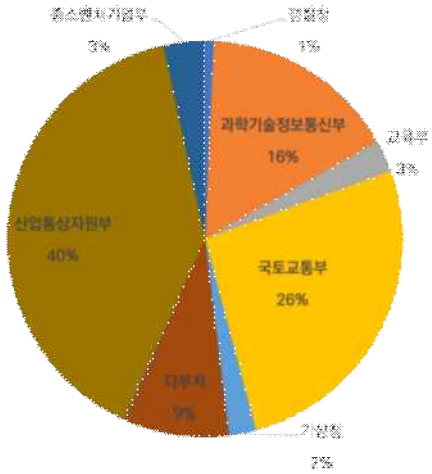
출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

○ **(부처별 투자규모)** 최근 5년간 항공분야 기반 국가연구개발과제는 주로 산업통상자원부, 국토교통부, 과학기술정보통신부에서 투자하였으며, 산업통상자원부, 방위사업청, 과학기술정보통신부를 기반으로 하는 다부처 사업으로도 투자가 이루어짐

- (과제 수) 최근 5년 간 항공분야 기반 R&D 과제 수는 과학기술정보통신부 33.2%(698건), 산업통상자원부 22.6%(475건), 중소기업벤처기업부 16.4%(344건) 순으로 나타남

- (투자규모) 최근 5년 간 항공분야 기반 R&D 투자규모는 산업통상자원부 39.8%, 국토교통부 26.4%, 과학기술정보통신부 16.1%, 다부처 8.5% 순으로 나타났으며, 다부처 사업은 주로 산업통상자원부, 방위사업청, 과학기술정보통신부 등이 추진

최근 5년 간 항공 관련 부처별 R&D 투자 비중



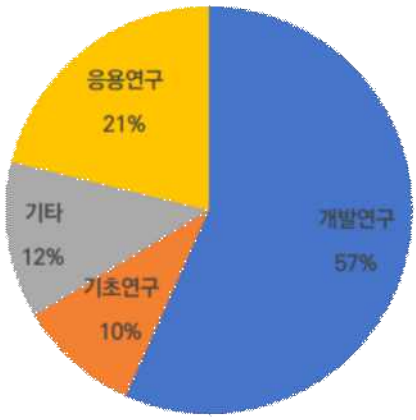
(단위 : 억원)

부처명	2019	2020	2021	2022	2023	합계
산업부	1,071	1,140	921	836	666	4,635
국토부	521	518	738	722	576	3,075
과기부	264	241	393	443	533	1,874
중기부	49	65	62	88	123	387
다부처	103	149	288	224	229	993
교육부	38	47	49	54	115	304
기상청	30	2	119	57	49	257
경찰청	0	0	0	81	0	81
문체부	0	4	9	0	7	20
해수부	0	2	3	0	0	5
농진청	0	0	0	1	1	2
기재부	0	0	0	0	2	2
해양청	0	1	0	0	0	1

출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

○ **(연구개발단계별 투자규모)** 최근 5년 간 전 부처의 항공 관련 R&D 과제 중 개발연구가 55.8%(6,494억원)으로 가장 활발하게 추진됨

최근 5년 간 항공 관련 R&D 연구단계별 투자 비중



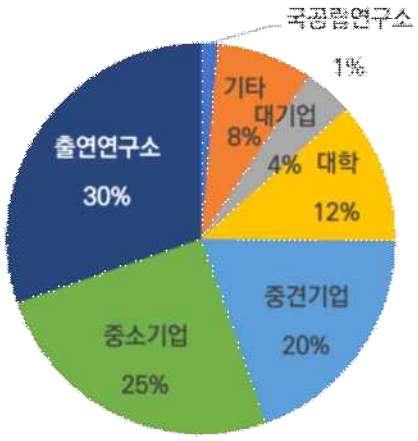
(단위 : 억원)

구분	2019	2020	2021	2022	2023	합계
개발연구	1,337	1,154	1,311	1,453	1,239	6,494
기초연구	238	238	214	205	195	1,090
응용연구	278	531	752	601	520	2,682
기타	234	245	306	247	347	1,379
합계	2,076	2,168	2,583	2,506	2,301	11,634

출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

○ **(연구수행주체별 투자규모)** 전 부처별 항공 관련 연구개발의 수행주체 분석결과 출연연구소가 30%(4,189억원)로 가장 활발하게 추진되었으며, 중소기업 25%(3,468억원), 중견기업 20%(2,681억원) 순으로 나타남

최근 5년 간 항공 관련 R&D 연구수행주체별 투자 비중



(단위 : 억원)

구분	2019	2020	2021	2022	2023	합계
국공립 연구소	29	0	104	28	10	171
기타	94	178	212	136	288	908
대기업	48	62	116	174	133	533
대학	227	213	255	292	390	1,377
중견 기업	649	555	195	346	237	1,982
중소 기업	436	528	800	738	660	3,162
출연 연구소	593	633	901	793	584	3,504

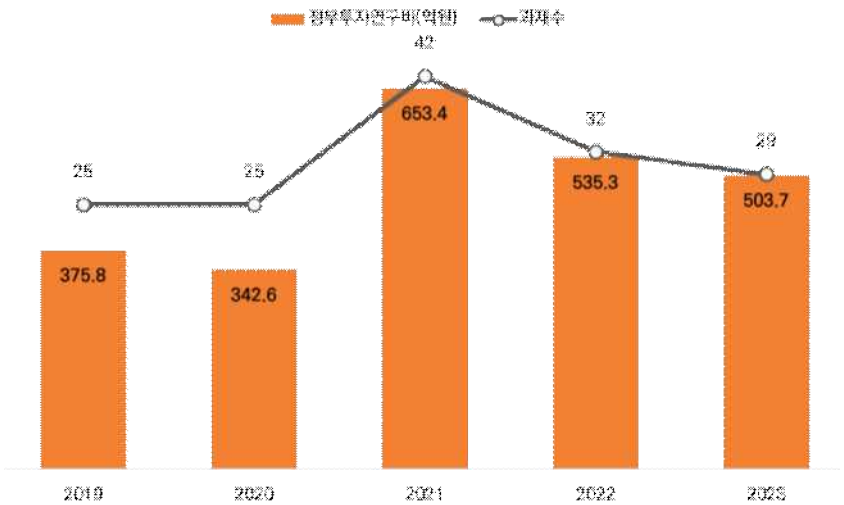
출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

□ 항공 안전 분야 R&D 투자 현황

○ **(연도별 투자 추이)** 최근 5년('19~'23) 동안 수행된 국내 항공안전 기반 연구개발 과제는 153건에 이르며 총 2,410.7억원 규모의 정부예산이 투입

- (과제 수) '19년 이후로 연평균 3.8% 증가하는 추세이나, 2021년 이후로는 감소 추세로 나타남
- (투자규모) 투자규모 면에서는 '19년 375.8억원, '20년 342.6억원, '21년 653.4억원, '22년 535.3억원, '23년 503.7억원 규모로 투입되었으며, 과제 유형 및 특성 등에 따라 투입예산이 상이한 것을 감안하였을 때, '23년도의 과제당 예산규모가 17.4억원으로 가장 높게 도출

항공 안전 관련 연도별 R&D 투자 추이



출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

<표 35> 최근 5년(19년~23년)간 국내 항공 안전 분야 기반 R&D과제 현황

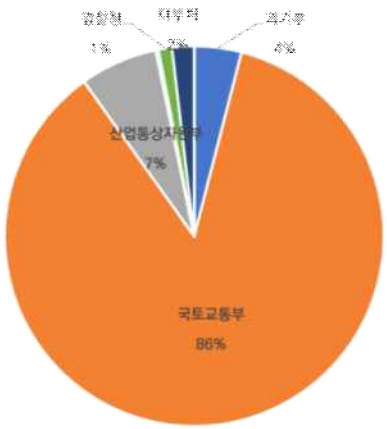
구분	2019	2020	2021	2022	2023	합계
과제수(건수)	25	25	42	32	29	153
정부투자규모(억원)	375.8	342.6	653.4	535.3	503.7	2,410.7
과제당 예산규모 (억원/건)	15.0	13.7	15.6	16.7	17.4	15.7

출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

○ **(부처별 투자규모)** 최근 5년 간 항공안전 분야 관련 과제는 주로 국토교통부에서 투자되었으며, 산업통상자원부, 과학기술정보통신부에서도 투자

- (투자규모) 최근 5년간 항공안전 분야 R&D 투자 규모는 국토교통부가 2,075.7억원(86.1%)으로 가장 높은 것으로 나타났으며, 산업통상자원부 159.4억원(6.6%), 과학기술정보통신부 97.0억원(4.0%) 순으로 투자한 것으로 나타남
- 부처별로 과제당 평균 투입규모는 국토교통부가 21.0억원으로 타부처에 비해 높음

최근 5년 간 항공 관련 부처별 R&D 투자 비중



(단위 : 억원)

부처명	2019	2020	2021	2022	2023	합계
과기부	21	19	45	8	3	97
국토부	331	300	537	478	430	2,075
산업부	22	17	64	20	37	160
중기부	0	0	1	1	2	4
교육부	1	0	1	0	0	2
경찰청	0	0	0	28	0	28
다부처	0	8	5	0	33	46

출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

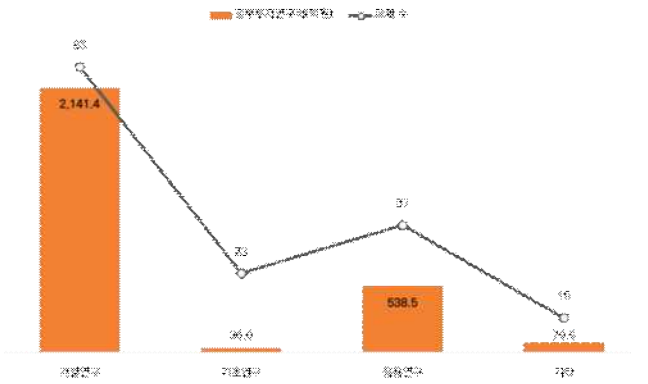
- (과제 수) 최근 5년간 항공안전 분야 R&D 과제는 국토교통부 64.7%(99건), 과학기술정보통신부 16.3%(25건), 산업통상자원부 11.1%(17건) 순으로 나타남

<표 36> 최근 5년(19년~23년)간 국내 항공안전 분야 부처별 R&D과제 현황

구분	과기부	국토부	산업부	중기부	교육부	경찰청	다부처	합계
과제수(건수)	25	99	17	4	4	1	3	153
정부투자규모(억원)	97.0	2,075.7	159.4	3.9	1.6	27.8	45.3	2,410.7
과제당 예산규모 (억원/건)	3.9	21.0	9.4	1.0	0.4	27.8	15.1	15.8

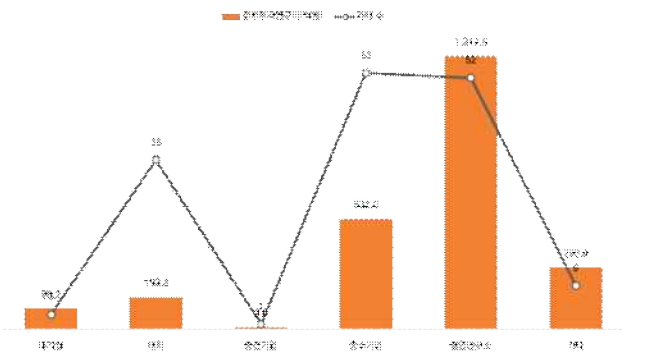
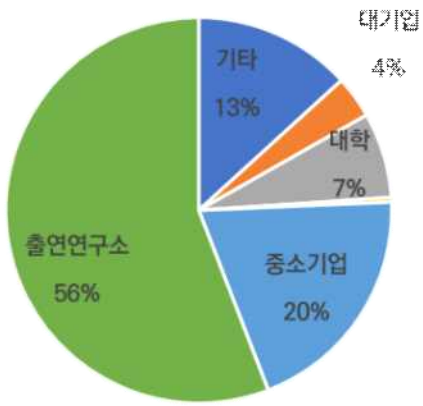
출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

○ **(연구개발단계별 투자규모)** 최근 5년간 전 부처의 항공안전 분야 연구개발과제 153건 중 개발연구가 83건, 2,141.4억원으로 가장 활발하게 추진되었음

최근 5년('19~' 23년)간 항공 안전 분야 관련 연구단계별 R&D 투자 현황	
	

출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

○ **(연구수행주체별 투자규모)** 전 부처별 항공안전 기반 데이터 관련 연구개발의 수행주체별 분석결과, 출연연구소가 52건, 1,317.8억원으로 가장 활발하게 추진되었으며, 중소기업의 경우 과제수는 53건으로 많았으나 연구비는 532.0억원으로 상대적으로 적은 규모의 과제를 다수 추진한 것으로 나타남

최근 5년 간 항공 관련 R&D 연구수행주체별 투자 현황	
	

출처: 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가기술개발 기획연구(국토교통부, 2024.06)

2.4.4. 연구개발 인프라 현황 분석

□ 항공분야 관련 기관

○ 우리나라 항공분야 기관은 전문 연구기관, 교육기관, 학회 등으로 구성

○ 항공분야 전문 연구기관은 항공 중심의 연구를 하는 기관과 조직도상에 항공부문이 포함되어 있는 경우로 구분됨

<표 37> 항공 관련 연구기관

번호	연구기관명	구분	지역	항공 조직	세부내용	비고
1	항공안전기술원	공공	인천	전체	항공기 개발과 인증 기능의 분리, 항공기 결함분석 등을 위한 기술지원체계 구축 및 안전사고를 사전에 예방	kiast.or.kr
2	한국항공우주연구원	출연연	대전	전체	항공우주과학기술영역의 새로운 탐구, 기술선도, 개발 및 보급을 통하여 국민경제의 건전한 발전과 국민생활의 향상에 기여	kari.re.kr
3	한국산업기술시험원	공공	경남 진주	일부	R&D 성과물의 요구성능 및 안전요건 충족하는지 검증	ktl.re.kr
4	한국교통안전공단	준정부	경북 김천	일부	(자동차,철도,항공) 교통사고 예방을 위한 사업 및 교통체계 운영·관리 지원을 위한 사업을 수행함으로써 안전한 교통환경을 조성하고, 교통안전 관리의 효율화를 도모	kotsa.or.kr
5	항공우주산학융합원	민간	인천 연수	전체	항공우주산업의 기술혁신과 산업생태계 구축	iiaci.or.kr
6	국립전파연구원	공공	전남 나주	일부	전파자원 개발과 새로운 주파수 이용 기술에 대한 연구를 통해 국가 방송통신 산업발전에 이바지	rra.go.kr
7	한국자동차연구원	공공	서울	일부	자동차안전 및 스마트한 자동차 미래 연구	katri.or.kr
8	한진물류연구원	민간	서울	일부	국가물류 및 물류그룹의 종합물류 발전	hli.re.kr
9	한국항공정책연구소	민간	서울	전체	항공산업 분야의 민간연구기관으로 종합적 항공전략 컨설팅	aviko.co.kr
10	인천국제공항 공항산업기술연구원	민간	인천	일부	인천국제공항공사 내에 항공기술 관련 연구를 위한 연구 조직	airport.kr
11	한국공항공사 항공산업연구원	민간	서울	일부	한국공항공사 내의 항공 및 공항 관련 연구를 위한 조직	airport.co.kr

○ 우리나라에서 23년 기준 항공관련 학과를 보유한 대학은 대학에서 항공관련 전공과목을 개설한 대학은 약 34개가 있으며, 각 대학이 보유하고 있는 부설연구소 및 연구기관 등을 통해 항공관련 연구를 수행하고 있음

<표 38> 항공분야 교육기관

번호	학교명	구분	지역	관련학과
1	명지전문대	2/3/4년제	서울	드론공학과
2	한양여자대	2/3/4년제	서울	항공과
3	인하공업전문대학	2/3년제	인천	항공운항과, 항공경영과, 항공기계과
4	국제대	2/3년제	경기 평택	항공정비학과
5	동서울대	2/3/4년제	경기 성남	항공기계과
6	여주대	2/3/4년제	경기 여주	항공정비과, 무인항공드론과
7	한서대학교	4년제	충남	항공산업공학과, 항공운항학과, 항공교통학과, 항공기계학과 등
8	서울호서전문학교	직업전문학교	서울	항공정비면허과정
9	한국에어텍항공전문학교	직업전문학교	서울	항공정비사 면허 과정
10	한국항공기술직업전문학교	직업전문학교	서울	항공정비사 과정
11	한서항공직업전문학교	직업전문학교	서울	항공정비사 면허 과정
12	항공대	4년제	경기 고양	항공교통물류학부, 항공운항학과, 스마트드론공학과 등
13	극동대	4년제	충북	항공운항학과, 항공정비학과 등
14	유원대	4년제	충북	드론응용학과
15	청주대	4년제	충북	항공운항학, 항공기계공학, 무인항공기학 등
16	충청대	2/3/4년제	충북	항공보안과
17	한국교통대	4년제	충북	항공운항학과
18	가톨릭관동대	4년제	강원	항공교통물류학과, 항공운항학과 등
19	창신대	4년제	경남	항공기계공학과
20	한국국제대	4년제	경남	항공공학부
21	경운대	4년제	경북	항공운항학과, 항공교통물류학과
22	구미대	2/3/4년제	경북	항공정비과
23	동양대	4년제	경북	항공IT학과
24	안동과학대	2/3/4년제	경북	항공보안과, 항공산업경영과
25	영남대	4년제	경북	항공운송학과

번호	학교명	구분	지역	관련학과
26	동주대	2/3/4년제	부산	항공운항과
27	부산여자대	2/3/4년제	부산	항공운항과
28	신라대	4년제	부산	항공물류학과, 항공운항학과, 항공교통관리학과
29	세한대	4년제	전남	항공운항학과, 항공정비학과, 항공교통관리학과 등
30	전남도립대	2/3년제	전남	드론기계학과
31	청암대	2/3/4년제	전남	ICT드론과
32	초당대	4년제	전남	항공운항학과, 항공정비학과, 항공교통물류학과,항공드론학과
33	호원대	4년제	전북	항공정비공학과
34	제주국제대	4년제	제주	항공정비학과

○ 항공분야 학회는 다음과 같으며 각종 학술대회를 통하여 신기술이나 새로운 정책, 연구 내용을 공유할 수 있음

<표 39> 항공분야 학회

번호	학회명	지역	세부내용	비고
1	한국항공운항학회	경기 고양	항공운항분야의 체계 정립과 운항 기술향상을 위한 학문연구와 적용	society.kisti.re.kr/ksafo/
2	한국항행학회	서울 강서	항행과 그 관련분야에 대한 학술활동을 통하여 항행과학에 대한 이론적 체계화와 보편화를 통해 항행분야 발전에 기여	koni.or.kr
3	한국항공우주공학회	서울 강남	항공우주에 관한 학문의 발전 및 기술의 향상을 도모하여 국가산업 발전에 기여	ksas.or.kr
4	항공우주시스템공학회	대전 중구	항공우주시스템 관련 분야에 대한 연구 활동, 항공기운용기술개발 및 항공우주정책 개발을 통한 항공우주산업의 발전에 기여	sase.or.kr
5	한국항공교통학회	경기 고양	항공교통산업의 효율성증진 및 학술적 지식활용방안 연구	katrs.or.kr
6	한국항공우주의학협회	서울 강서	우리나라의 항공신체검사증명에 관한 심사업무, 항공전문의사를 위한 전문교육업무를 수행(항공우주의학회, 항공우주인적요인학회, 한국간호학회)	asmak.or.kr

번호	학회명	지역	세부내용	비고
7	한국항공보안학회	서울 강서	항공보안 분야의 이론적 토대 연구와 산업현장에서 필요로 하는 실무적인 응용연구를 활성화	kafas.or.kr
8	한국항공경영학회	서울 영등포	항공분야에 대한 경영학적 연구활동을 통하여 대한민국 항공산업의 발전에 기여	amsok.or.kr
9	한국항공우주정책·법학회	경기 고양	국내·외의 항공우주법과 정책 및 항공우주관계 국제조약 을 연구함으로써 우리나라 항공우주법과 정책의 발전 및 항공우주산업 및 위성 통신산업의 발달에 이바지	acoms.atit.co.kr/~kasl/
10	한국시스템안전학회	대전 유성	제조, 의료, 항공, 해양, 원자력, 건설, 교통, IT 등 사회 각 분야의 안전을 국제적 수준의 시스템안전공학의 방법론을 적용하여 개선	systemsafetykorea.org
11	글로벌항공우주산업학회	서울 종로	연계산업간 융복합기반 마련, 항공우주산업 경쟁력 제고 및 글로벌 리더로 도약	
12	한국방위산업학회	서울 서초	방위산업이 산업생탱계 내에서 자립 발전할 수 있고, 타 산업으로 확대, 재생산	kaodi.or.kr

○ 국내 항공분야에 연구개발 등이 참여 가능한 기업은 항공기 기체, 항공기 부품, 항공전자, 시뮬레이터, 항공소재, 전장, 시험장비 등의 사업 분야를 갖는 기업이 될 수 있음

○ 국내에 해당 사업이 가능한 기업과 기업별 사업분야는 아래와 같음

<표 40> 국내 항공우주 분야 기업 현황

번호	업체명	주요 사업 분야	번호	업체명	주요 사업 분야
1	한국항공우주산업(주)	항공기, 우주선 및 부품	45	대화항공산업(주)	항공기 부품
2	㈜대한항공	항공기 및 위성 부품 제작, 정비 및 개조	46	한국치공구공업(주)	항공기 치공구, 기계가공부품, 조립부품
3	한화테크윈(주)	항공기 엔진 정비 및 부품제작	47	(주)에어로매스터	항전장비, 지상장비, 항공 SW개발
4	한국로스트왁스(주)	항공기 엔진 부품	48	(주)조일	항공기 부품 제조
5	LIG넥스원(주)	항공전자, 유도 및 수중무기, 사격통제, 전자광학	49	(주)동진전기	항공기 Motor, Controller 설계 및 제작
6	현대위아(주)	항공기 착륙장치	50	(주)한국정밀기계	항공기 부품 가공, 치공구 제작

번호	업체명	주요 사업 분야	번호	업체명	주요 사업 분야
7	한화시스템	항공전자, 전자광학, 전자전장비	51	(주)제노코	무인기, 위성용 유무선통신장치
8	퍼스텍(주)	항공기 부분품	52	미래항공(주)	항공기 기체 생산
9	(주)한화	항공기 유압부품, 비행조종작동기, 연료시스템	53	(주)부성	항공기 부품 및 부품 제작용 치공구
10	현항공산업(주)	항공기 동체 부품	54	(주)코텍	표면처리(도금)품
11	㈜동성티씨에스	항공기 복합재료	55	(주)기가레인	저손실 RF케이블 조립체
12	코오롱데크컴퍼지트(주)	항공기 브레이크, 연료탱크, 복합재	56	넵코어스(주)	군용항법장치, 안테나 제작
13	(주)삼양컴텍	항공기 부분품, 방탄제품, 복합재료	57	(주)한국카본	탄소섬유
14	수성기체(주)	항공기 동체부품	58	동화A.C.M(주)	항공기 치공구 및 부품
15	(주)세트렉아이	광학탑재체, 저장장치 등 위성부품	59	(주)플렉스시스템	항공우주 부냐 제어계측시스템 및 성능시험장치
16	(주)아스트	항공기 동체 부품, 치공구 제작	60	한국표면처리(주)	표면처리
17	현합정밀(주)	항공기 케이블, 커넥터	61	아이티사이언스(주)	수리온 및 경찰청 헬기 ILS 요소 개발
18	유콘시스템(주)	무인항공기 시스템, 시뮬레이터	62	이엔디이(주)	비파괴 검사
19	S&K항공(주)	항공기 동체 부품, 치공구 제작	63	(주)데크카본	탄소/세라믹 브레이크디스크, 탄소섬유복합재료
20	(주)포렉스	항공기 부품가공, 치공구 제작	64	(주)제이앤에스	항공우주 분야 전원공급장치, 전자제어시스템, 모터구동장치, 모션제어기
21	(주)한국화이바	항공기 캐노피, 레이돔	65	(주)타아스	항공기용 실시간 안전진단 시스템, 자동비행제저장치
22	한성ILS(주)	항공기 종합 군수지원, 헬기제작	66	한국복합소재(주)	항공기 부품 가공 및 조립
23	하이즈항공(주)	항공기 동체 부품, 치공구 제작	67	남양정밀	항공기 부품가공, 복합소재 기계가공
24	SK케미칼(주)	탄소 복합재	68	대신항공	항공기 부품 조립 생산
25	단암시스템즈(주)	항공전자, 항공용 상태감시장치	69	동영M&T	항공기 부품, 치공구
26	아이원스(주)	반도체 관련 장비, 세정코팅 장비	70	디엔엠항공	항공기 부품, 조립, 치공구 제작

번호	업체명	주요 사업 분야	번호	업체명	주요 사업 분야
27	(주)샘코	항공기 동체 부품, 치공구 제작	71	씨엔리주식회사	항공기 부품
28	유아이헬리콥터	헬기 정비 및 부품제작	72	아파아엔지니어링(주)	항공기 구조 및 부품설계
29	엔디티엔지니어링(주)	항공기 부품 정밀가공	73	인텔릭스(주)	항공기용 컴퓨터
30	(주)다우니프릭션	항공기 브레이크	74	제이씨에이오토노머스(주)	
31	AP위성(주)	위성용 부품, 단말기, GPS 모듈	75	(주)네스앤텍	무인기 제어계측 시스템
32	(주)사이언	방산용 모니터, 컴퓨터	76	(주)대성티엠씨	항공기 JIG, 플랫폼 설계 제작
33	(주)뉴로스	항공기 엔진 부품	77	㈜동양에이케이코리아	항공우주용 대형 점보빌렛/점보슬라브
34	(주)율곡	항공기 동체 부품, 치공구 제작	78	주식회사 티씨티	항공우주 엔진 및 기체 부품개발 및 제작
35	(주)라코	항공기 부품	79	(주)에이스안테나	안테나, 통신기기
36	(주)경남금속	알루미늄 압출 및 부품	80	(주)유텔	전자파 모듈, 송수신장치 개발 및 생산
37	MDS테크놀로지(주)	국산 임베비드 실시간 운영체제(RTOS) SW	81	(주)제트에이치티	방산 무기체계 핵심모듈 개발 및 생산
38	송월테크놀로지(주)	항공기용 부품, 치공구 설계 및 제작	82	(주)케이에이엠	항공기 기계가공품 및 항공기 부품조립
39	(주)대명엔지니어링	항공기 생산 설비	83	(주)코마코	항공기 조종석 특수조명패널
40	코츠테크놀로지(주)	군용 컴퓨터류 HW	84	(주)큐니온	항공전자 임베비드 시스템, 위성필터 및 커플러
41	(주)신보	항공 장비용 전원공급기	85	(주)티오피에스	워터젯 절단 장비 제조
42	(주)서울스탠다드	Regged&Pannel PC류, Display 류, 항공전장품 등	86	(주)화승소재	헬기용 연료탱크, Door Seal, Rubber 제품류
43	낙우산업(주)	항공기 치공구	87	켄코아에어로스페이스(주)	항공기 조립 및 생산, 원소재 공급, 정밀가공, MRO
44	(주)세우항공	항공기 부품, Tube Assy	88	코리아테스팅	유공압 시험장비

출처 : 항공산업현황자료집 (2017, 한국항공우주연구원)

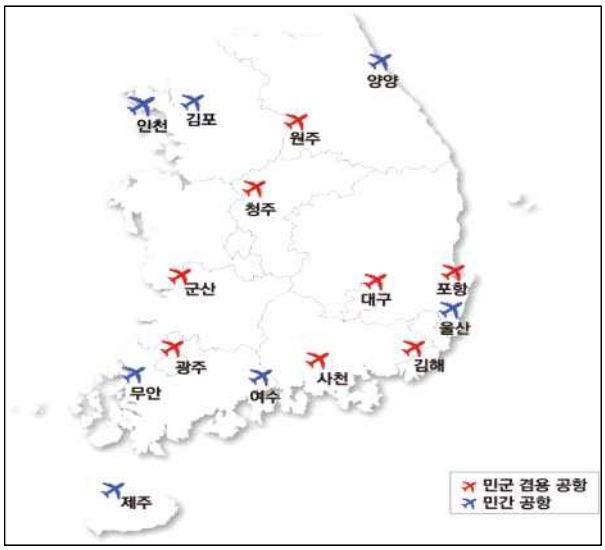
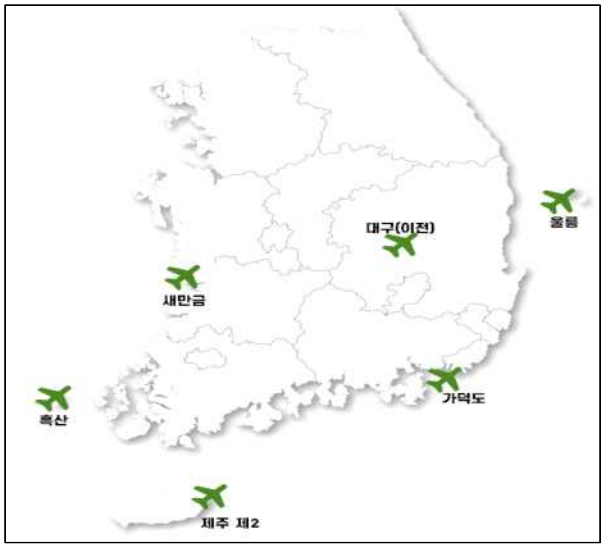
□ 공항 인프라 현황

○ 공항용 조류관리 시스템 개발 후, 검증 및 현장 실증에 적용될 수 있는 국내 공항은 전국적으로 총 15개 운영 중이며, 신공항 계획 수립·건설로 6개 사업 추진 중

- 국제공항 : 인천, 김포, 제주, 김해, 청주, 대구, 양양, 무안
- 국내공항 : 광주, 군산, 사천, 여수, 원주, 포항, 울산
- 신공항 추진 : 울릉공항, 흑산공항, 제주 제2공항, 새만금 신공항, 대구공항 이전, 가덕도 신공항

<표 41> 우리나라 공항 현황

구 분		공항명
기능별 (15)	국 제 (8)	• 인천, 김포, 김해, 제주, 대구, 청주, 무안, 양양
	국 내 (7)	• 광주, 울산, 여수, 포항, 군산, 사천, 원주
소유 주체별 (15)	민 간 (7)	• 인천, 김포, 제주, 울산, 여수, 무안, 양양
	민·군 겸용 (8)	• 김해, 광주, 청주, 대구, 포항, 군산, 사천, 원주

우리나라 공항 현황	계획 수립·추진 중인 공항
	

2.4.5. 연구개발 성과 및 한계 분석(선행·유사사업 차별성, 연계활용 방안 등)

□ 선행 연구 조사

○ NTIS(국가과학기술지식정보서비스)의 연구개발 수행 현황 검색을 통해 직·간접적으로 관련 있는 선행 연구는 7건으로 파악됨

- 검색 키워드 : 공항 조류 탐지
- 본 추진 연구와 동일한 목적의 중복 연구는 없으나, 선행연구로 기술 및 연계성이 있는 과제는 7건으로 분석되었음
- 연계가 가능한 범위로는 인공지능 적용 조류 탐지 알고리즘, 레이다 연구 등 핵심 기술에 대한 일부 추진된 연구는 있으나, 실제 공항에 적용하기 위한 지속적인 생태학적 데이터를 기반으로 한 조류관리시스템 통합, 검증 및 실증, 표준화 등의 연구가 필요함

○ **(선행 연구 1) 반자율 이동로봇과 극지향성 음향 송출을 이용한 공항내 조류퇴치 기술 개발 (2009-2012, 지식경제부)**

- **(연구목표)** 국내공항 서식조류에 대한 정확한 종 정보의 확보를 통한 서식조류의 경계음 및 천적음의 확보, 날씨별, 상황별에 맞는 맞춤식 조류 퇴치 시스템의 개발을 위하여 반자율 이동 로봇과 극지향성 음향 및 레이저 송출시스템을 이용한 공항 내 조류 통제시스템 개발임
- **(연구내용)**
  - 전국 비행장의 계절에 따른 대표 조류 파악 및 습성 파악
  - 영상 패턴인식 및 음향 분석기법을 융합한 중대형 조류 종 자동 탐지기술 개발
  - 레이저, 극지향성 음향송출, 로봇 비정형 이동공격을 통한 조류퇴치 기술개발
  - 장애물 자동회피 및 고장 안전을 고려한 강건 이동로봇 플랫폼 개발
  - 운용 인력 최소화 및 효율적 조류퇴치를 위해 인간공학기법을 적용한 원격통제 스테이션 개발
  - 소프트웨어 고장방지를 위해 소프트웨어 확인 및 검증기법을 적용한 소프트웨어 개발
  - 조류 탐지 및 퇴치 알고리즘 최적화를 위해 적극적 현장 시험
- **(차별성 및 연계방안)**
  - 해당 연구는 결과적으로 레이저, 극지향성 음향 송출, 로봇 이동을 통한 조류를 퇴치하는 기술개발이라는 점에서 본 기획 연구와는 차별성이 있음.

○ (선행 연구 2) 객체 추적 및 퇴치가 가능한 지능형 네트워크 기반의 고속 위치제어 하이브리드 감시 카메라 시스템 개발(2015-2017, 산업통산자원부)

- (연구목표) 야간 환경에서 객체의 탐지 및 인식이 가능한 AIO(All-in-one)카메라 시스템 개발을 목표로 객체 움직임 및 추적, 고해상도 영상처리 및 전송 제어를 위한 시스템과 객체 퇴치 기능을 갖는 고지향성 스피커 제어시스템 등을 개발
- (연구내용)
  - 객체의 움직임에 대한 추적이 가능한 3자유도 기구 및 제어시스템 개발
  - 임베디드 기반의 영상처리 및 좌표 획득 알고리즘 기술 개발
  - FHD Hybrid Video 전송이 가능한 전송 제어 시스템 개발
  - 객체 퇴치 기능을 갖는 HSS(고지향성 스피커) 제어 시스템 개발
  - 야간 객체의 컬러영상 확보를 위한 저전력, 고휘도 라이트 시스템 개발
- (차별성 및 연계방안)
  - 해당 연구는 레이더 기반의 기술개발이 아니며, 감시 카메라로 수집한 영상 인식을 통하여 객체를 탐지하고, 스피커를 통한 객체 퇴치를 목적으로 하는 농가의 여러 가지 목적으로 사용할 수 있는 시스템으로 공항 기반의 조류관리시스템과는 차별성이 있음
  - 다만, 조류관리시스템의 핵심기술인 영상을 접목해야 하는 조류탐지 기술 개발시 연구방법 및 결과를 연계 활용 검토 가능

○ (선행 연구 3) 머신러닝 알고리즘을 이용한 Solid State Doppler 레이다 조류 추적 및 경보 시스템 개발(2018-2019, 중소벤처기업부)

- (연구목표) 방위 및 거리분해능이 높은 Soild State Doppler 레이다를 이용하여 조류의 고도와 방위를 관측하고, 움직임을 추적 기록하며, 충돌 경보를 발생하는 조류 추적 및 경보 시스템(Bird Tracking and Warning System, 이하 BTAS라 함)을 개발
- (연구내용)
  - 레이다 안테나 두 개를 수평과 수직으로 설치하여, 이더넷을 통해 디지털 레이다 신호를 받아서 고도와 방위를 계산하는 PC 기반의 레이다 SW 개발 하는 것으로 조류 신호와 그 외 신호(선박, 구름, 비, 비행기 등)를 구분하기 위하여 머신러닝 기법을 적용함,
  - 탐지된 조류 신호를 칼만 필터를 이용하여 추적하고 데이터베이스에 기록하는 SW 개발.
  - 지정된 고도 및 구역에 접근하는 조류에 대한 경보 발생 및 퇴치 기능을 갖는 HW 및 SW 개발
  - SW 개발하고 조류와 충돌을 회피하기 위한 항공기나 발전시설(풍력기 등)과의 거리 및 고도를 핵심범위 및 완충범위로 나누어 알람을 사람에게 제공하는 SW를 개발함.

- (차별성 및 연계방안)
  - 해당 연구는 레이더 안테나를 수직 및 수평으로 설치하여 조류를 탐지하고, 조류를 퇴치하기 위한 HW 및 SW를 개발하는 풍력발전기 사용목적에 특화되어 있으며, 본 기획 연구의 공항 기반으로 하는 조류 탐지·위험예측 등을 포괄하는 조류관리시스템에 요구되는 기능 및 성능 목표와는 차별성이 있음
  - 다만, 조류 신호를 탐지 및 식별 알고리즘 설계시 연계 가능

○ (선행 연구 4) 인공지능을 이용한 적응을 방지하는 유해조수 퇴치 기술 개발 (2018-2021, 교육부)

- (연구목표) 농작물에 피해를 주는 조류를 퇴치하기 위한 목적으로 인공지능 기반의 적응을 방지하는 유해조수 퇴치 기술을 개발
- (연구내용)
  - 유해조류의 특징 및 특성 데이터를 수집 및 분석하고, 이를 바탕으로 거리 센서 기반의 유해조류 탐지 및 소리 기반의 퇴치 장치를 개발
  - 유해조류의 퇴치를 위해서는 기존에 많이 사용되는 천적의 소리 혹은 폭음 소리와 같은 음향자극을 활용하고, 다양한 소리들을 인공지능 기법을 활용하여 적응을 방지할 수 있는 퇴치 알고리즘을 개발
  - 센서를 이용하여 침입하는 유해조수의 종을 구별하기 위한 연구와 가청주파수와 같이 종별 특성을 고려한 적응 방지형 퇴치 알고리즘을 개발
  - 유해조수 침입 탐지 및 퇴치 DB를 바탕으로 빅데이터를 활용하여 탐지 및 퇴치 알고리즘들의 성능을 평가하고 개선
- (차별성 및 연계방안)
  - 해당 연구는 농작물에 피해는 주는 조류를 퇴치하기 위한 기술 개발로 수요처가 과수원이며, 본 기획 연구에서 요구되는 탐지하고자 하는 조류의 종류 및 행동특성이 다르고, 특히 해당 연구의 주요 핵심기술은 조류 퇴치기술이기 때문에 기술 개발의 접근 측면에서 차별성이 큼
  - 다만, 조류의 종별을 구별하기 위한 연구는 조류 탐지 핵심기술의 기초연구로 활용 가능

○ (선행 연구 5) 딥러닝 기반 FOD 제거 및 조류퇴치용 자율 주행 로봇(2022-2025, 중소벤처기업부)

- (연구목표) 활주로 내 이물질(FOD) 제거 및 조류퇴치를 목적으로 하는 주행로봇 개발
- (연구내용)
  - 주행로봇 및 자동충전시스템
  - 자율주행 FOD 제거 및 조류퇴치 차량 상세설계 및 시작품 제작

- 관제 시스템, 자동충전시스템 S/W 개발 및 기능 고도화
- 인공지능 기반 FOD 및 조류검출 알고리즘 고도화
- 자율주행 로봇과 작업 지시자 통신
- 자율주행 FOD 제거 및 조류퇴치 시스템의 원격 제어 및 관제서버 개발
- LiDAR/Camera 융합인식 기술 이용하여 장애물 실시간 회피

– **(차별성 및 연계방안)**

- 해당 연구는 활주로 내 이물질(FOD)와 조류 퇴치를 목적으로 하기 때문에 본 기획 연구의 공항의 조류탐지, 위험평가, 실시간 모니터링 등 종합적으로 구성된 조류관리시스템과는 차별성이 매우 큼. 특히 활주로 내 이물질(FOD)는 조류 뿐 아니라 활주로 침범이 예측되는 다양한 생물 및 물체들을 포괄하기 때문에 기술개발 운영개념이 전혀 다름

○ **(선행 연구 6) 드론 기종과 조류별 식별이 가능한 AI용 레이다 개발 연구 (2024-2029, 과학기술정보통신부)**

– **(연구목표)** 공항 주변으로 드론과 조류 탐지의 식별을 목표로, 탐지거리 5km이상의 장거리 탐지기술과 표적에 대한 90%이상의 높은 탐지율을 목표로 개발

– **(연구내용)**

- 동작 주파수 대역은 (8.5-8.6GHz)이며 400W의 송신 출력을 통해 5km의 장거리 탐지를 목표로, 탐지 거리는 전방위 및 고도 60도를 목표로 하며 각도 분해능은 0.01로 함. 탐지 확률은 0.01의 RCS 기준으로 90%로 하며 5m미만의 거리 해상도를 통해 군집 드론에 대해서 대응
- 또한 경량화한 2D CNN 방식의 실시간 AI 모델과 Transformer 기반의 초고성능 AI 모델 개발을 통해 빠르고 95%의 높은 식별력을 갖는 자동 식별기를 개발

– **(차별성 및 연계방안)**

- 해당 시스템은 탐지거리 5km의 레이더와 드론 기종과 조류의 식별 가능한 것이 목표이나, 드론을 탐지하는 것이 주 임무이며, 탐지거리 13km 이상의 조류 탐지 및 식별, 생태학적 기반의 자료 수집 및 분석, 조류 위험에 대한 사전 예측 및 실시간 조기경보시스템 등의 통합시스템 개발 및 실증 목표로 하는 본 사업의 내용과 목표에서 차별성이 있음
- 조류 식별 알고리즘 핵심기술 설계 및 사전 검토시 연계 가능

○ **(선행 연구 7) 강화학습 기반 생성형 AI 통합 모델 적용 야생동물 행동 생태 제어 기술 연구 과학기술정보통신부)**

– **(연구목표)** 지속 가능한 동물 및 생태 제어 위해 컨볼루션신경망(CNN), 강화학습, 생성형 AI 등 기계학습을 활용해 야생동물의 적응을 방지할 수 있는 기법 연구와 강화학습 기반 생성형 AI 통합 모델을 개발·적용하여 야생동물의 행동·생태 제어 기술 연구

- (연구내용)
  - 야생동물 생태데이터 수집 및 데이터베이스 구축과 인공지능 기반 주야간 야생동물 탐지 및 종 식별 기술 개발로 가축/야생동물에 대한 데이터 수집, 야생동물(조류/포유류) 생태 데이터베이스 구축, 주야간 야생동물 탐지 및 종과 행동분류 인공지능 모델 개발
  - 유해야생동물 서식환경 및 행동생태 분석, 야생동물 패턴 분석 및 예측 모델 개발, 강화학습 기반 생성형 AI 통합 모델 적용을 통한 야생동물(조류) 접근 제어 기술 개발을 수행, 특히 생성형 AI가 생성한 접근제어 수단(소리, LED, 이미지, 레이저 등) 및 패턴을 강화학습을 통해 야생동물이 적응할 수 없는 형태로 학습하고, 평가 수치를 고려하여 새로운 수단을 실시간으로 생성하는 강화학습 기반 생성형 AI 기술을 적용
  - 서식처 분석 및 모델링, 개체 행동권 및 서식처 기반 행동 중심점을 분석하며 이를 토대로 야생동물(포유류)에 적용 가능한 강화학습 기반 생성형 AI 접근 제어 기술 개발
- (차별성 및 연계방안)
  - 해당 연구는 생태계 교란 예방 및 농축산업 분야에 적용하기 위한 연구이며, 야생동물의 범위가 포유류, 조류 등 다양한 동물을 포함하고 있기 때문에 본 기획 연구에서 추진하고자 하는 고성능·고정밀이 요구되는 조류탐지, 추적, 위험평가 등을 포함하고 있는 시스템과는 차별성이 큼
  - 다만, 본 기획 연구에 포함되어 있는 조류 유입 가능성 및 분산·관리 기술 연구 수행시 서식처 분석 및 모델링 관련 방법론적 연구에 연계 활용 가능

□ 중복성 및 연계성 검토

<표 42> 유사 사업 현황 및 연계성 · 차별성

연구 기간	부처	사업명 (예산)	주요내용	연계가능 내용	본연구 차별성	본연구 기술 범위 · 내용
2026 -2029 (예정)	**국토 교통부**	**본 기획 연구: 공항 탐지 및 한국형 조류관리 핵심기술 개발 (283억원)**	**•조류탐지/식별 기술 (탐지거리 13㎞ 이상) •조류 생태학적 대응 •조류 위험평가 및 모니터링**	**조류탐지 관리체계 개발 및 공항실증**	**공항조류 통합관리 체계구축**	**•사전 예방관리 •실시간 대응 •사후 평가 •항공안전 기반확보**
2024 -2029	과학기술 정보 통신부	드론 기종과 조류 별 식별이 가능한 AI용 레이다 개발 연구 (12.5억원 이내)	•과기부 기초연구 •X 밴드 레이더 드론/조류 탐지 기술(탐지거리5㎞)	드론/ 조류탐지 알고리즘	탐지범위 확대 및 탐지정보 데이터화	•13㎞ 탐지 및 식별을 위한 기반 기술 활용

연구 기간	부처	사업명 (예산)	주요내용	연계가능 내용	본연구 차별성	본연구 기술 범위 · 내용
2024 -2027	과학기술 정보 통신부	강화학습 기반 생성형 AI 통합 모델 적용 야생동물 행동 생태 제어 기술 연구 (15억원 이내)	•과기부 기초연구 •야생동물 활동분석, 행동권 분석 예측	야생동물 생태분석	공항조류 특화대응	•조류의 생태적 분석을 위한 선행 연구 활용
2022 -2025	중소벤처 기업부	딥러닝 기반 FOD 제거 및 조류퇴치용 자율 주행 로봇(10억원)	•중기부 구매조건부 •FOD 등 탐지/흡입 •자율주행 영상인식	조류퇴치 장비 자율주행	조류퇴치 기술활용	•조류퇴치장비 적용시 선행 기술 활용
2018 -2021	교육부	인공지능을 이용한 적응을 방지하는 유해조수 퇴치 기술 개발 (1.5억원)	•과기부 기초연구 •농작물 유해조류 적용 방지를 위한 학습방지 기법 연구	유해조류 대응기법	공항조류 특화대응	•생태적 특성을 고려한 조류관리 대응 방안 활용
2018 -2019	중소벤처 기업부	머신러닝 알고리즘을 이용한 Solid State Doppler 레이다 조류 추적 및 경보 시스템 개발 (1.9억원)	•중기부 개발연구 •기존레이더 이용 풍력발전기용 객체 추적 SW 개발	조류 데이터 활용식별	조류탐지 고도화 범위확대	•기초적 AI 알고리즘 활용 조류 관리 개념 설계
2015 -2017	산업통산 자원부	객체 추적 및 퇴치가 가능한 지능형 네트워크 기반의 고속 위치제어 하이브리드 감시 카메라 시스템 개발(5.9억원)	•산자부 개발연구 •카메라 영상 획득 · 제어 및 학습	영상인식 개념적용	레이더 및 EO/IR 통합 탐지	•레이더탐지 데이터 정확성 확보를 위한 영상 정보 활용 개념
2009 -2012	지식 경제부	반자율 이동 로봇과 극지향성 음향 송출을 이용한 공항내 조류 퇴치 기술 개발(20억원)	•지경부/ADD지원연구 •국내공항 조류 종류를 반영한 음향/레이저 대응 기술	조류대응 개념적용	조류퇴치 기술활용	•국내 공항 서식 조류종의 특성 반영 대응 개념

□ 유사 사업과 비교분석

○ 기존 및 유사 사업들은 "드론탐지 목적", “과수원 등 농가 활용 목적”에 초점을 맞추거나, 조류의 탐지/식별을 포함하고 있으나 조류 분산·퇴치 기술을 핵심기술로서 연구가 수행됨. 본 사업은 조류의 위험요인을 중점적으로 실시간 모니터링 및 대응, 사전 예방적 및 사후 평가까지 포함된 한국형 조류충돌 예방 체계 개발 및 실증을 목적으로 한다는 점에 차별성을 가짐

<표 43> 유사 사업과의 비교분석

No	사업명	핵심기술	객체 목표	수요처	조류관리 기술단계
1	본 기획 연구: 한국형 조류관리 핵심기술 개발	•조류탐지/식별 기술 (탐지거리 13km 이상) •조류 생태학적 대응 •조류 위험평가 및 모니터링	조류	관제사 공항운영자	•사전예방적 •실시간 대응 •사후평가
2	반자율 이동 로봇과 극지향성 음향 송출을 이용한 공항내 조류 퇴치 기술 개발	•조류탐지/식별 기술 •조류 퇴치 기술	조류	공항운영자	•실시간 대응
3	객체 추적 및 퇴치가 가능한 지능형 네트워크 기반의 고속 위치제어 하이브리드 감시 카메라 시스템 개발	•객체탐지/식별 기술 •객체 퇴치 기술	조류 야생동물	공항운영자 과수원 등의 농가	•실시간 대응
4	머신러닝 알고리즘을 이용한 Solid State Doppler 레이다 조류 추적 및 경보 시스템 개발	•조류탐지/식별 기술 •조류 퇴치 기술	조류	풍력발전소	•실시간 대응
5	인공지능을 이용한 적응을 방지하는 유해조수 퇴치 기술 개발	•조류탐지/식별 기술 •조류 퇴치 기술	조류	과수원 등의 농가	•실시간 대응
6	딥러닝 기반 FOD 제거 및 조류퇴치용 자율 주행 로봇	•객체탐지/식별 기술 •객체 퇴치 기술	조류 야생동물	공항운영자	•실시간 대응
7	드론 기종과 조류별 식별이 가능한 AI용 레이다 개발 연구	•드론/조류 탐지 및 식별 기술 (탐지거리 5km이상)	드론, 조류	공항운영자	•실시간 대응
8	강화학습 기반 생성형 AI 통합 모델 적용 야생동물 행동 생태 제어 기술 연구	•객체탐지/식별 기술 •야생동물 행동 제어 기술	조류. 야생동물	과수원 등의 농가	•실시간 대응

2.4.6. 이해자관계자 의견수렴

□ 다양한 이해관계자 의견수렴을 통해 효과적인 사업 기획을 위한 기초자료 확보

○ 공항운영자 의견수렴 회의

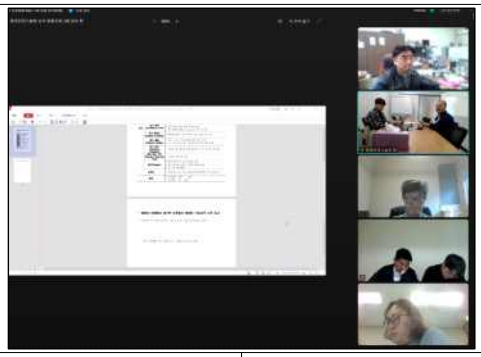
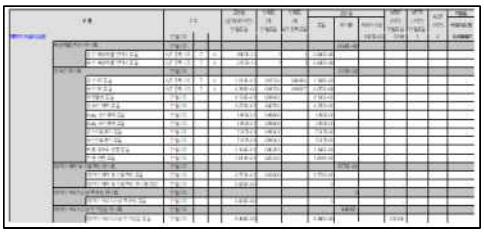
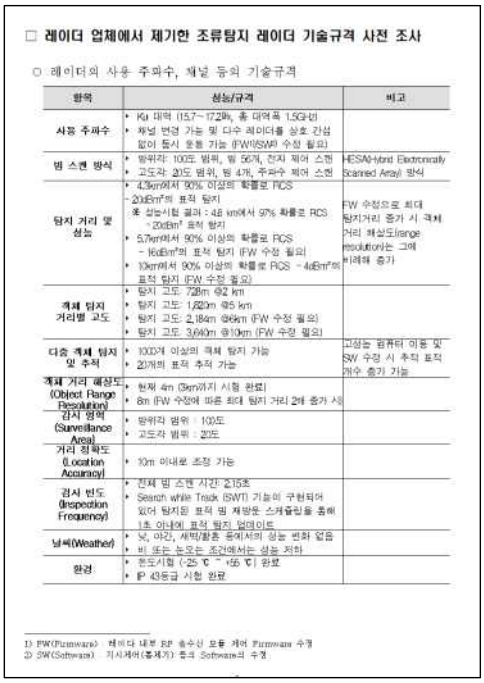
<표 44> 공항운영자 의견수렴

<table>
<tr><td>일시/장소</td><td colspan="2">2025년 2월 14일 14 ~ 16시 / 한국공항공사 본사 3층 회의실</td></tr>
<tr><td>참석기관</td><td colspan="2">한국공항공사 AS 운영부, 항공안전기술원, 국토교통과학기술진흥원,
한서대학교, 한국산업기술시험원</td></tr>
<tr><td>주요 안건</td><td colspan="2">공항 조류 관리기술 연구개발 기획 위한 수요자 요구사항 의견 청취</td></tr>
<tr><td>회의 내용</td><td colspan="2">• 한국 공항 실정에 맞는 조류 관리 시스템 개발은 적극 필요
• 사전에 조류 위험요인 파악하여 실시간으로 정보를 주는 것이 핵심
• 저고도 크기가 작은 조류들 보다 고고도 규모 있는 조류들의 위험성이 아주 크며 이에 대한 대비책 필요
• 조류의 생태학적 기초 연구를 통한 공항에 필요한 데이터 표준화 필요
• 공항 주변의 조류 관리에 대해서는 범국가차원의 대응할 수 있는 제도 필요 (국토부, 환경부, 해수부, 지자체, 공항당국)</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>
참 석 자 명 단
○ 회 의 명 :
○ 회의일시 : 2025. 2. 14(금) 14:00 ~ 16:00
○ 회의장소 :
No | 소속 | 부서 | 직위 | 성명 | 서명
1 | 한국공항공사 | AS운영부 | 처장 | 조지훈 | 조지훈
2 | 한국공항공사 | AS운영부 | 차장 | 박지도 | 박지도
3 | 항공안전기술원 | 스마트기획부 | 차장 | 김홍기 | 김홍기
4 | 한서대학교 | AS 운영부 | 대리 | 김다빈 | 김다빈
5 | 항공안전기술원 | 항공데이터팀 | 연구원 | 김윤도 |
6 | 한서대학교 | 항공산업교과부 | 교수 | 구용회 |
7 | 한국산업기술시험원 | 항공안전인증센터 | 주임 | 이상희 |
8 | KOAST | 김해에어아일 | 과장 | 최명석 |
9 | KOAST | 김해에어아일 | 연구원 | 양동건 |
10 | 국토과학기술진흥원 | 항공교통기획팀 | PO | 이지원 |
11
12
13
14
15
16</td><td>
</td></tr>
</table>

○ 핵심기술 개발기관 의견수렴 회의

- 1차 회의

<표 45> 개발기관 1차 의견수렴

일시/장소	2025년 2월 18일 14 ~ 15시 / 화상회의
참석기관	한국전자통신연구원, 항공안전기술원, 한서대학교, 한국산업기술시험원
주요 안건	공항 조류 탐지 레이다 기술규격서 관련 의견 청취
회의 내용	• 공항 조류관리 기술 기획 방향 • 기획 내용 중 핵심기술인 조류 탐지레이더에 대한 보유 기술의 주요 특징 및 장단점 설명 • 해당 기획과 연계하여 탐지레이더에 대한 HW 업데이트 , EO/IR 연계 등 통합시스템 개발 가능 여부 논의 • 개발기관은 KU-band로 활용하여 드론 탐지 목적으로 기술 개발하였고, 진행 중인 기획 연구인 조류탐지 목적에 맞춰 구현 가능할 것으로 판단 • FAA AC150/5220-25 공항 조류탐지 레이더에 대한 규격 및 구현 가능성 검토 • 본 사업 연차별 개발 및 실증 프로세스에 맞춰 기술개발 가능성 검토 요청
회의사진	
기술규격 조사	• 1차 의견 
	• 2차 의견  □ 레이더 업체에서 제기한 조류탐지 레이더 기술규격 사전 조사 ○ 레이더의 사용 주파수, 채널 등의 기술규격 1) FW(Firmware) : 레이다 내부 RF 송수신 모듈 제어 Firmware 수정 2) SW(Software) : 지시제어(통제기) 측의 Software의 수정

분야	성능/규격	비고
사용 주파수	• Ku 대역 (15.7~17.2㎓, 총 대역폭 1.5GHz) • 채널 변경 가능 및 다수 레이더를 상호 간섭 없이 동시 운용 가능 (FW1)/SW2) 수정 필요)	
빔 스캔 방식	• 방위각: 100도 범위, 빔 56개, 전자 제어 스캔 • 고도각: 20도 범위, 빔 4개, 주파수 제어 스캔	HESA(Hybrid Electronically Scanned Array) 방식
탐지 거리 및 성능	• 4.3km에서 90% 이상의 확률로 RCS -20dBm²의 표적 탐지 ※ 성능시험 결과 : 4.8 km에서 97% 확률로 RCS -20dBm² 표적 탐지 • 5.7km에서 90% 이상의 확률로 RCS -16dBm²의 표적 탐지 (FW 수정 필요) • 10km에서 90% 이상의 확률로 RCS -4dBm²의 표적 탐지 (FW 수정 필요)	FW 수정으로 최대 탐지거리 증가 시 객체 거리 해상도(range resolution)는 그에 비례해 증가
객체 탐지 거리별 고도	• 탐지 고도: 728m @2 km • 탐지 고도: 1,820m @5 km • 탐지 고도: 2,184m @6km (FW 수정 필요) • 탐지 고도: 3,640m @10km (FW 수정 필요)	
다중 객체 탐지 및 추적	• 100개 이상의 객체 탐지 가능 • 20개의 표적 추적 가능	고성능 컴퓨터 이동 및 SW 수정 시 추적 표적 개수 증가 가능
객체 거리 해상도 (Object Range Resolution)	• 현재 4m (3m까지 시험 완료) • 8m (FW 수정에 따른 최대 탐지 거리 2배 증가 시)	
감시 영역 (Surveillance Area)	• 방위각 범위 : 100도 • 고도각 범위 : 20도	
거리 정확도 (Location Accuracy)	• 10m 이내로 조정 가능	
검사 빈도 (Inspection Frequency)	• 전체 빔 스캔 시간: 2.15초 • Search while Track (SWT) 기능이 구현되어 있어 탐지된 표적 빔 재방문 스케줄링을 통해 1초 이내에 표적 탐지 업데이트	
날씨(Weather)	• 낮, 아간, 새벽/황혼 등에서의 성능 변화 없음 • 비 또는 눈오는 조건에서는 성능 저하	
환경	• 온도시험 (-25 ℃ ~ +55 ℃) 완료 • IP 43등급 시험 완료	

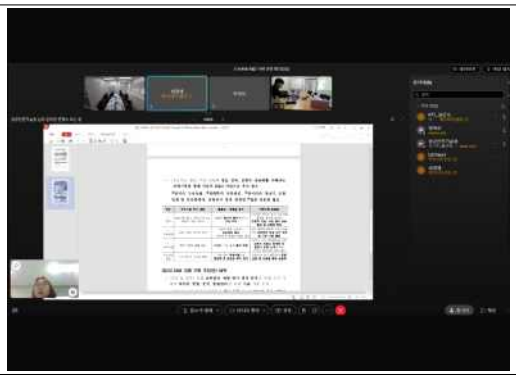
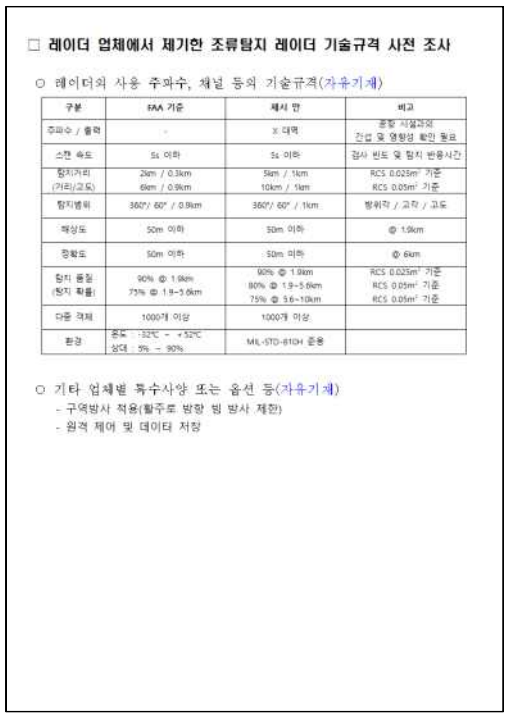
- 2차 회의

<표 46> 개발기관 2차 의견수렴

일시/장소	2025년 2월 18일 15 ~ 16시 / 화상회의
참석기관	루프시스템, 항공안전기술원, 한서대학교, 한국산업기술시험원
주요 안건	공항 조류 탐지 시스템 개발 기획 방향 설명 및 핵심기술 규격 관련 의견 청취
회의 내용	• 공항 조류관리시스템은 수요자인 국토부 및 공항당국의 요구에 맞춰 반영 추진 • 다만, 현재 필요로 하는 HW 및 SW 기술수준에 대한 현황을 통해 달성 가능한 목표 수준 설정 필요 • 해당 기관의 보유한 주요 기술은 회전형 도플러 사용, 주력이 S-band 활용이나, 수요자 니즈 확정시 X-band과도 통합한 시스템 구현 • 개발 일정은 기존 장비를 개량하여 1년 내 시제품 가능
회의사진	
기술규격 조사	제 목 : 조류탐지 레이다 개발관련 사양 보고 업체명 : (주)루프 작 성 : / 기술영업이사 ■ 기존 드론탐지 레이다 (일부 조류 탐지 가능) 레이더본체 사용주파수 [GHz] 8.5 - 8.6 파기서 드론탐지 주파수 가이드라인 준수 탐지방식 - Pulse식 3D 탐지체 고도측정 송신출력 [W] ≤ 200 탐지범위 수직[°] ≤ 55 수평[°] 360 탐지거리 최대[km] 5 / 최소[m] 20 RCS:0.01m² (-20dBm²)기준 방위각 분해능(해상도) [°] 2 거리 분해능(해상도) [m] 5 탐지 갱신주기 [초] 2.3 보호 외함 레이돔 IP65 등급 소프트웨어 레이더 화면표시 LCD 모니터 탐지체 식별 드론, 새, 차량, 선박 판별 시스템 탐지 데이터 저장 기간 6개월 이상 사용자 인터페이스 EO카메라, RF스캐너 등 외부장치 표준 프로토콜 호환 사용자 편의/부가기능 일별/주간/월간 통계 ■ 개발 조류탐지 레이다 목표사양 구분 / 항목 / 성능/값 / 비고 레이더본체 사용주파수: X-Band 또는 S-Band 탐지방식: Pulse식 3D 탐지대상: 레이더 단면적 (RCS) -16 dBm² 탐지범위: 수직(고각) ≤ 60°; 수평 360°; 최대 탐지거리 10 km; 최대 탐지고도 1,000 m — RCS:-16dBm² 기준 다중 객체: 최소 1,000개 동시 추적 방위각 분해능(해상도): 1.5° — FAA 레벨 해상도 표준 탐지 품질: • 1.9 km 거리에서 90% 신뢰 수준 • 1.9~5.6km 거리에서 75% 신뢰 수준 — FAA 탐지품질 표준 탐지 갱신주기: 2-3초 날씨: 주야간 탐지 특정지역 비상 조건 처리 신뢰성: 수명(Total Life): 10년, 평균고장시간(MTBF): 최소 4000시간 — FAA 신뢰성 표준 환경: IP65 등급 운용온도 -30 ~ 50℃ 소프트웨어 레이더 화면표시: LCD 모니터 탐지체 식별: 조류, 드론 판별 시스템 사용자 인터페이스: EO카메라 프로토콜 호환 사용자 편의/부가기능: 외부 데이터 연계 API/DB 제공 ■ 조류탐지 레이다 개발 근거 1. 기존 X-Band 드론탐지 레이다의 기본 하드웨어 적용 개발 2. 탐지 거리 측면에서, 우수한 S-Band 주파수 변경 적용 용이 ←회전식 출력 안테나 제외 3. 향후 정책적 허용에 따라, S-Band 적용 레이다 신속 개발 가능 4. 현 드론탐지 신뢰수준 약 85% 이상 (자체 시험평가) 5. 국내 민간공항 적용 드론탐지 레이다, 2년 이상 무보수 운영 중 6. 국내 드론탐지용 EO/IR 카메라 제조사 다수(3개사 이상)와 레이더 호환 검증

- 3차 회의

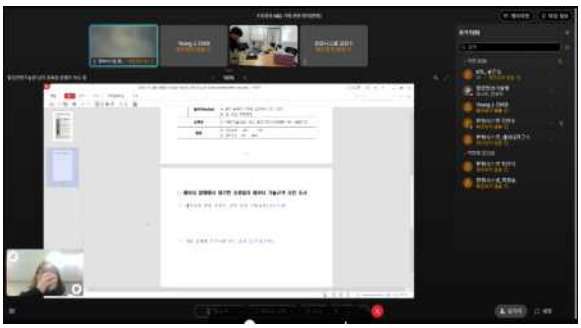
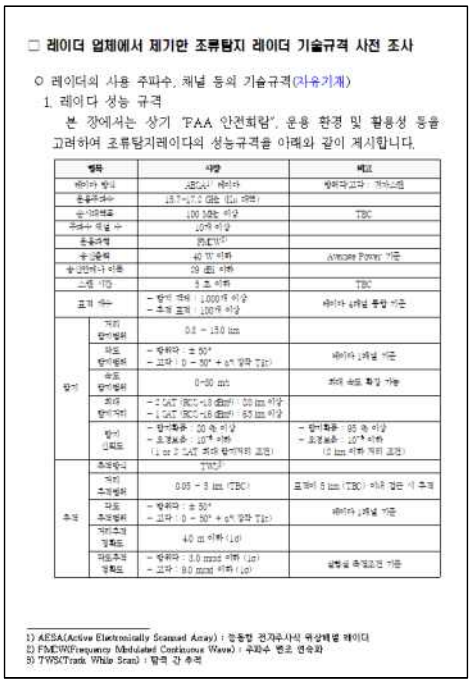
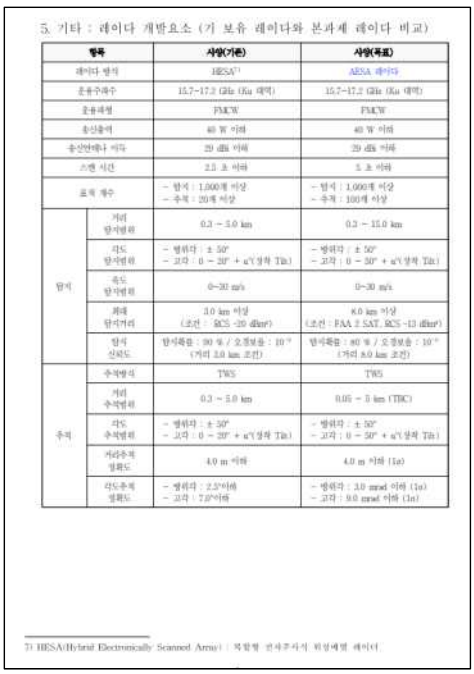
<표 47> 개발기관 3차 의견수렴

일시/장소	2025년 2월 19일 13:30 ~ 14:30 / 화상회의
참석기관	LIG넥스원, 항공안전기술원, 한국산업기술시험원
주요 안건	기존 개발 기술에 대한 주요 특징 및 기술규격서 논의
회의 내용	• 현재 드론 탐지레이더 기술이 활발히 진행되는 가운데 해당 기획에서는 조류를 탐지해야 하므로, 중요한 것으로 조류와 드론을 식별하는 것이 핵심기술 • 기존 진행된 기술들을 활용하되 기능·성능적으로 우수한 기술목표 추진 필요 • 레이더의 HW 업데이트 , EO/IR 연계, 조류식별 알고리즈 개발 등의 핵심기술과 이를 연계·통합시스템 개발 및 검증이 기획의 주요 방향 • 현재 조류탐지 레이더 관련 규격이 FAA AC150/5220-25인 것으로 조사 해당 정량적·정성적이 요구사항들을 기본 요건으로 추진 예정
회의사진	
기술규격 조사	 □ 레이더 업체에서 제기한 조류탐지 레이더 기술규격 사전 조사 ○ 레이더의 사용 주파수, 채널 등의 기술규격(자유기재) ○ 기타 업체별 특수사양 또는 옵션 등(자유기재) - 구역방사 적용(활주로 방향 빔 방사 제한) - 원격 제어 및 데이터 저장

구분	FAA 기준	제시 안	비고
주파수 / 출력	-	X band	공항 시설과의 간섭 및 영향성 확인 필요
스캔 속도	5s 이하	5s 이하	검사 빈도 및 탐지 반응시간
탐지거리 (거리/고도)	2km / 0.3km 6km / 0.9km	5km / 1km 10km / 1km	RCS 0.025m² 기준 RCS 0.05m² 기준
탐지범위	360°/ 60° / 0.9km	360°/ 60° / 1km	방위각 / 고각 / 고도
해상도	50m 이하	50m 이하	@ 1.9km
정확도	50m 이하	50m 이하	@ 6km
탐지 품질 (탐지 확률)	90% @ 1.9km 75% @ 1.9~5.6km	90% @ 1.9km 80% @ 1.9~5.6km 75% @ 5.6~10km	RCS 0.025m² 기준 RCS 0.05m² 기준 RCS 0.05m² 기준
다중 객체	1000개 이상	1000개 이상	
환경	온도 : -32℃ ~ +52℃ 상대 : 5% ~ 90%	MIL-STD-810H 준용	

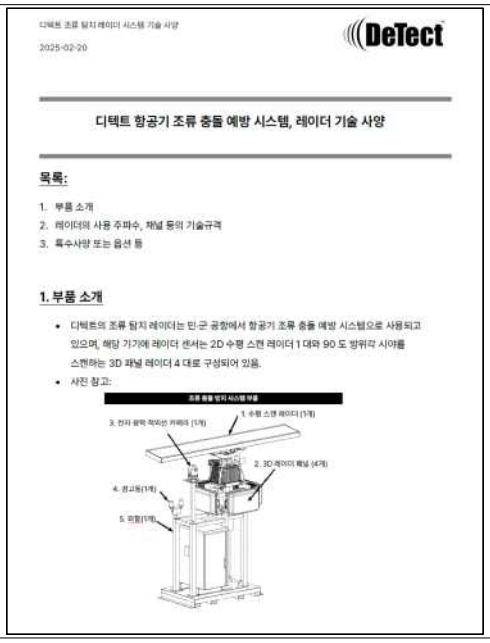
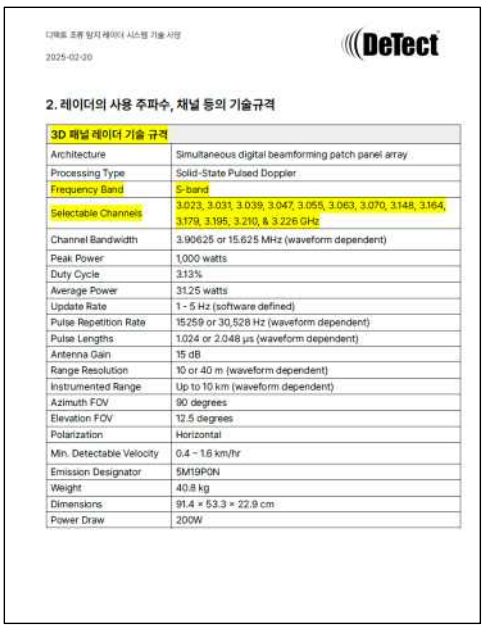
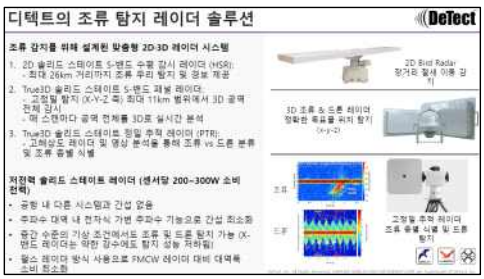
- 4차 회의

<표 48> 개발기관 4차 의견수렴

일시/장소	2025년 2월 19일 14:30 ~ 15:30 / 화상회의
참석기관	한화시스템, 항공안전기술원, 한국산업기술시험원
주요 안건	기존 개발 기술에 대한 주요 특징 및 기술규격서 논의
회의 내용	• 군용 레이더 개발 경험, 주력기술이 X-band이며, 드론 탐지 목적으로 Ku-band 활용하여 개발 경험 • 현재 아산 드론 특구에 실증사이트가 있으며, 주파수 승인받은 상태로 2025년 상반기까지 사용가능한 상황 • 주파수 승인 받으려면 기본 1년 소요, 수요처 긴급 요구시 기간 단축 가능한 부분이 있음 • 해당 시스템 개발 및 실증을 위해 관련된 제한사항들 식별 필요하며, 본 과제에서는 제한사항들에 대해 솔루션 실행 필요
회의사진	
기술규격 조사	 □ 레이더 업체에서 제기한 조류탐지 레이더 기술규격 사전 조사 ○ 레이더의 사용 주파수, 채널 등의 기술규격(자유기재) 1. 레이다 성능 규격 본 장에서는 상기 "FAA 안전회람", 운용 환경 및 활용성 등을 고려하여 조류탐지레이다의 성능규격을 아래와 같이 제시합니다. 1) AESA(Active Electronically Scanned Array) : 전동형 전자주사식 위상배열 레이다 2) FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) : 주파수 변조 연속파 3) TWS(Track While Scan) : 탐색 간 추적
	 5. 기타 : 레이다 개발요소 (기 보유 레이다와 본과제 레이다 비교) 7) HESA(Hybrid Electronically Scanned Array) : 복합형 전자주사식 위상배열 레이다

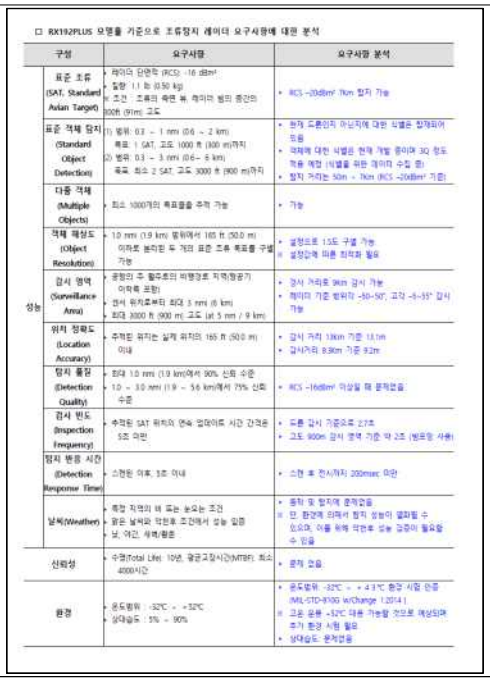
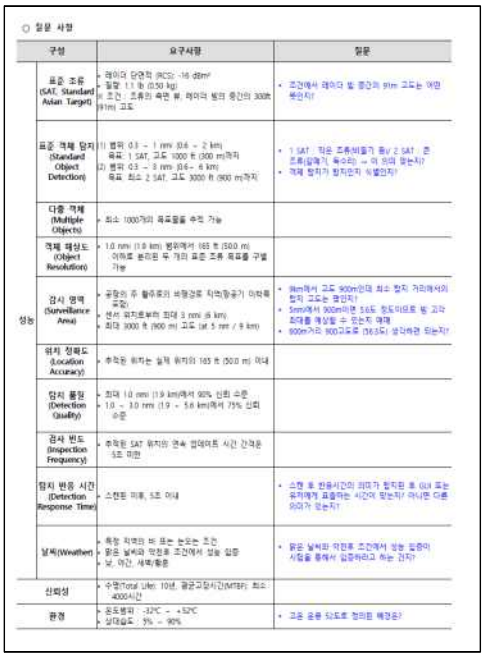
- 5차 회의

<표 49> 개발기관 5차 의견수렴

일시/장소	2025년 2월 21일 13:30 ~ 14:30 / 화상회의
참석기관	디텍트, 항공안전기술원, 한서대학교, 한국산업기술시험원
주요 안건	조류탐지레이더 기술규격 및 검증/인증 방안 논의
회의 내용	• 조류탐지레이더 연구에 20여년의 경험을 보유하고 있음 • FAA AC 150/2550-25 규격 만들 때 참여하였고, 최근 해당 규격을 업데이트하기 위해 논의 중 • 조류탐지 규격은 FAA 규격이 유일한 것으로 파악됨 • FAA 규격보다 상회하는 기준으로 기술개발 가능 • FAA 규격으로 인증하는 연구를 인디애나 대학교에서 진행한 바 있음
기술규격 조사	 디텍트 조류 탐지 레이더 시스템 기술 사양 2025-02-20 DeTect 디텍트 항공기 조류 충돌 예방 시스템, 레이더 기술 사양 목록: 1. 부품 소개 2. 레이더의 사용 주파수, 채널 등의 기술규격 3. 특수사양 또는 옵션 등 1. 부품 소개 • 디텍트의 조류 탐지 레이더는 민·군 공항에서 항공기 조류 충돌 예방 시스템으로 사용되고 있으며, 해당 기기에 레이더 센서는 2D 수평 스캔 레이더 1 대와 90 도 방위각 시야를 스캔하는 3D 패널 레이더 4 대로 구성되어 있음. • 사진 참고:  디텍트 조류 탐지 레이더 시스템 기술 사양 2025-02-20 DeTect 2. 레이더의 사용 주파수, 채널 등의 기술규격 3D 패널 레이더 기술 규격 Architecture: Simultaneous digital beamforming patch panel array Processing Type: Solid-State Pulsed Doppler Frequency Band: S-band Selectable Channels: 3.023, 3.031, 3.039, 3.047, 3.055, 3.063, 3.070, 3.148, 3.164, 3.179, 3.195, 3.210, & 3.226 GHz Channel Bandwidth: 3.90625 or 15.625 MHz (waveform dependent) Peak Power: 1,000 watts Duty Cycle: 3.13% Average Power: 31.25 watts Update Rate: 1 - 5 Hz (software defined) Pulse Repetition Rate: 15259 or 30,528 Hz (waveform dependent) Pulse Lengths: 1.024 or 2.048 µs (waveform dependent) Antenna Gain: 15 dB Range Resolution: 10 or 40 m (waveform dependent) Instrumented Range: Up to 10 km (waveform dependent) Azimuth FOV: 90 degrees Elevation FOV: 12.5 degrees Polarization: Horizontal Min. Detectable Velocity: 0.4 – 1.6 km/hr Emission Designator: 5M19P0N Weight: 40.8 kg Dimensions: 91.4 × 53.3 × 22.9 cm Power Draw: 200W 조류충돌 예방 솔루션 - AHAS & ABAR DeTect 디텍트는 조류 충돌 위험을 감소하기 위해 두 가지 첨단 기술 솔루션을 제공합니다. 1 전국적인 조류 위험 경보 시스템 (AHAS) NEXRAD 레이더를 이용하여 120km 이상의 탐지 범위를 갖춘 조류 충돌 위험 감지 시스템. 미국 전역의 철새 이동 경로를 추적 및 모니터링 가능함 2 공항용 조류 충돌 예방 레이더 시스템 (ABAR) 항공기, 조류, 드론을 탐지 및 추적하는 실시간 조류 충돌 위험 경보 시스템. 공항에 적용하는 조류 충돌 방지 레이더 솔루션 이 두 기술은 장거리 및 근거리 항공기 조류 충돌 위험 경보 네트워크로 함께 작동하도록 설계됨  디텍트의 조류 탐지 레이더 솔루션 DeTect 조류 감지를 위해 설계된 맞춤형 2D-3D 레이더 시스템 1. 2D 솔리드 스테이트 S-밴드 수평 감시 레이더 (HSR): - 최대 26km 거리까지 조류 무리 탐지 및 경보 제공 2. True3D 솔리드 스테이트 S-밴드 패널 레이더: - 고정밀 탐지 (X-Y-Z 축) 최대 11km 범위에서 3D 공역 전체 감시 - 매 스캔마다 공역 전체를 3D로 실시간 분석 3. True3D 솔리드 스테이트 짐벌 추적 레이더 (PTR): - 고해상도 레이더 및 영상 분석을 통해 조류 vs 드론 분류 및 조류 종별 식별 저전력 솔리드 스테이트 레이더 (센서당 200~300W 소비 전력) • 공항 내 다른 시스템과 간섭 없음 • 주파수 대역 내 전자식 가변 주파수 기능으로 간섭 최소화 • 중간 수준의 기상 조건에서도 조류 및 드론 탐지 가능 (X-밴드 레이더는 우천 강수에도 탐지 성능 저하됨) • 펄스 레이더 방식 사용으로 FMCW 레이더 대비 대역폭 소비 최소화 3D Bird Radar 장거리 철새 이동 감지 3D 조류 & 드론 레이더 정확한 목표물 위치 탐지 (x-y-z) 조류 드론 고정밀 추적 레이더 조류 종별 식별 및 드론 탐지

- 서면 조사자료

<표 50> 개발기관 2차 의견수렴(서면)

수신일자	2025년 2월 26일
송신기관	RF코어
주요 안건	공항 조류 탐지 레이더 기술규격 사전 조사
기술규격 조사	 □ 레이더 업체에서 제기한 조류탐지 레이더 기술규격 사전 조사 ○ 레이더의 사용 주파수, 채널 등의 기술규격(자유기재) □ 엘베르코이는 다음과 같은 현재 3종의 레이더 판매모델을 보유하고 있음 LESA RADAR RX328 / LESA RADAR RX328PLUS / LESA RADAR RX192PLUS DETECTION RANGE (Micro Drone: RCS 0.01 / Mid Size Fixed Wing Drone: RCS 0.03) - 3종의 레이다 중 조류탐지 레이더로 적용가능한 모델은 RX192PLUS 모델임 - 주요 사양 • 주파수대역: X-band (8.5~8.6GHz(국내) 1종, 9.6~9.9GHz(해외) 1종) • 주파수대역폭: 약 17MHz • Type: AESA • 방위각 360도 영역을 탐지하기 위해서는 4개의 레이더를 사용 • 반구 영역을 탐지하기 위해서는 5개의 레이더를 사용 • 기타 세부 사양	 그림 2 RX192PLUS Brouchure
	 □ RX192PLUS 모델을 기준으로 조류탐지 레이더 요구사항에 대한 분석 구성 / 요구사항 / 요구사항 분석 성능: 표준 조류(SAT, Standard Avian Target) / 표준 객체 탐지(Standard Object Detection) / 다중 객체(Multiple Objects) / 객체 해상도(Object Resolution) / 감시 영역(Surveillance Area) / 위치 정확도(Location Accuracy) / 탐지 품질(Detection Quality) / 감시 빈도(Inspection Frequency) / 탐지 반응 시간(Detection Response Time) / 날씨(Weather) 신뢰성: 수명(Total Life: 10년, 평균고장시간(MTBF): 최소 4000시간) 환경: 온도범위 : -32℃ ~ +52℃ / 상대습도 : 5% ~ 90%	 ○ 질문 사항 구성 / 요구사항 / 질문 성능: 표준 조류(SAT, Standard Avian Target) / 표준 객체 탐지(Standard Object Detection) / 다중 객체(Multiple Objects) / 객체 해상도(Object Resolution) / 감시 영역(Surveillance Area) / 위치 정확도(Location Accuracy) / 탐지 품질(Detection Quality) / 감시 빈도(Inspection Frequency) / 탐지 반응 시간(Detection Response Time) / 날씨(Weather) 신뢰성: 수명(Total Life: 10년, 평균고장시간(MTBF): 최소 4000시간) 환경: 온도범위 : -32℃ ~ +52℃ / 상대습도 : 5% ~ 90%

2.5. 종합 분석

□ 조류 충돌사고 현황 분석

○ ICAO 보고에 따르면 최근 조류 충돌사고 발생이 증가하는 추세이며, 국내 역시 최근 5년간 조류 충돌 사고가 총 1,511건 발생하면서 국내외적으로 최근 조류 충돌 사고가 많이 발생하고 있음.

○ 조류 충돌은 항공기 이착륙 단계에서 주로 발생하고, 항공기 가장 중요한 부품인 엔진에 충돌하게 되는 경우가 많으며, 특히 엔진 충돌시 항공기에 가장 치명적인 손상을 입히는 것으로 파악됨

○ 이처럼 조류 충돌로 인한 항공기 사고는 인명피해 뿐 아니라 경제적인 손실도 상당하기 때문에 항공기 운항의 안전성을 위협하는 중대한 요소로 인식되어야 하며, 이러한 위험요소를 사전에 차단하기 위한 다각적인 접근이 요구됨

□ 정책 동향

○ ICAO는 부속서 14, Volume 1의 9.4항에 야생동물 충돌 위험 감소에 관한 규정에 따라 야생 동물 충돌 위험을 평가하기 위해 국가 절차를 수립하고 관련 정보를 수집하여 지속적인 평가를 하도록 권고하며, 전 세계적으로 조류 충돌사고시 보고하는 시스템이 구축되어 있음

○ 미국 연방항공청, 미국 농무부, 국방부, 민간, 항공산업/항공사, 공항 등 대표적인 기관으로 구성된 운영위원회가 지휘하는 Bird Strike Committee USA라는 조직을 통해 정확한 야생 동물 충돌 데이터의 수집 및 분석을 장려하기 위한 활동을 수행하고, 야생 동물 위험을 줄이기 위한 신기술 개발을 촉진하고 있음

○ 호주는 호주항공야생동물위험그룹이 구성되어 있으며, 매년 워크샵 및 포럼을 통해 야생 동물 위험을 줄이기 위한 신기술 개발 사례 및 각 공항별 사례 발표를 실시하여 혁신적이고 효과적인 야생동물관리전략 및 관리프로그램의 전문성을 증진하기 위한 노력을 실시하고 있음

○ 우리나라의 경우, ICAO 관련 권고사항에 따라 조류 관련 정책 등을 추진하고 있지만, 조류 위험관리 관련하여 신기술 개발 및 적용에 관한 기존 지원 정책은 미흡하다고 판단되나, 최근 발표된 한국형 조류탐지시스템 도입 정책이 발표되면서 공항의 조류 관리 정책적 지원이 강화될 것으로 예상

□ 기술 동향

○ 미국, 유럽 등을 중심으로 탐지거리 10km 이상의 레이더와 고해상도 카메라 등 다양한 핵심기술 통합하여 조류 탐지의 정확성을 높이고, 실시간 조류 정보 및 통계 데이터 분석을 통해 실시간 조류 활동을 모니터링하고, 이를 바탕으로 예방적 조치를 취할 수 있

는 조류관리시스템이 개발되었고, 2010년도 초반에서 시작하여 일본 하네다공항, 독일, 네덜란드, 덴마크, 미국의 여러 공항들에 설치하여 운영하고 있음

○ 우리나라는 조류관리시스템의 HW 중심의 핵심기술들은 보유하고 있으나, 조류탐지에 최적화된 SW 기술 미흡함. 특히 불법드론 이슈로 인해 드론탐지 레이더 기술개발들은 활발히 추진 중이나, 조류탐지 목적의 레이다시스템 개발은 이루어지지 않고 있음

○ 국내 서산 공군 비행장에 캐다나 Accipiter社의 NM1-24D 제품이 운영 중이고, 3D 가능하지만 관측 영역 및 악천후에 탐지 한계가 있다고 알려져 있음. 조류의 정확한 탐지를 위해서는 SW 기술개발이 핵심이며, 한국 공항에 적합하고 지속적인 최적화 과정이 반복되어야 하므로 국가 차원의 적극적인 지원을 통한 기술개발이 요구됨

□ **산업 및 시장 동향**

○ 코로나 19 이후 항공수요가 회복과 동시에 항공산업 시장의 성장은 가속될 전망이며, 항공교통분야 시장도 항공 안전 및 운영의 효율성이 측면이 강조되면서 투자가 지속되고 있음

○ 글로벌 공항용 조류탐지시스템 시장 규모는 2024년에 11억 2천만 달러로 평가되며, 2032년까지 23억 2천만 달러로 예상되며, 연평균 약 9.48% 높은 증가세 전망

○ 우리나라 역시 최근 무안공항 조류충돌 사고로 인해 정부에서 2027년까지 공항조류탐지레이더에 840억원을 투자할 것이라고 발표한 가운데, 관련 산업 및 시장의 활발해질 것으로 전망됨

□ **연구개발 현황 분석**

○ 최근 5년간 항공안전 분야 연구개발과제 153건 중 개발연구가 83건, 2,141.4억원으로 가장 활발하게 추진된 분야이며, 항공안전 분야는 정부의 투자가 지속될 전망

○ 예측 가능한 위험에 대한 항공안전 분야의 투자는 지속된 반면, 예기치 못한 위험요인인 조류 충돌 관련 연구개발 건수는 많지 않은 것으로 조사됨

○ NTIS의 연구개발 수행 현황에서 '공항 조류 탐지' 키워드로 검색한 결과, 직·간접적으로 관련 있는 선행 연구는 7건으로 파악되나, 본 사업과 동일한 목적의 중복 연구는 없으나, 선행연구로 기술 및 연계성이 있는 과제는 7건으로 분석되었음

○ 인공지능 적용 조류 탐지 알고리즘, 레이다 연구 등 핵심 기술에 대한 일부 추진된 연구는 있으나, '드론탐지 목적', '과수원 등 농가 활용 목적'에 초점을 맞추거나, 조류의 탐지/식별을 포함하고 있으나 조류 분산·퇴치 기술을 핵심기술로서 연구가 수행됨.

○ 조류의 위험요인을 중점적으로 실시간 모니터링 및 대응, 사전 예방적 및 사후 평가까지 포함된 한국형 조류관리 시스템 개발 및 실증을 목적으로 한 연구개발은 본 기획 연구가 유일한 것으로 분석됨

3. 신규 연구개발사업 추진전략

3.1. 사업 비전 및 목표

사업비전	공항 조류충돌 위험탐지·예방 체계 구축을 통한 항공기 및 승객의 안전한 운항 구현
사업목표	한국형 공항 조류 탐지 및 충돌위험 조기 경보 체계 구축을 통한 사전 예측 및 사후 분석 안전관리 기술 확보

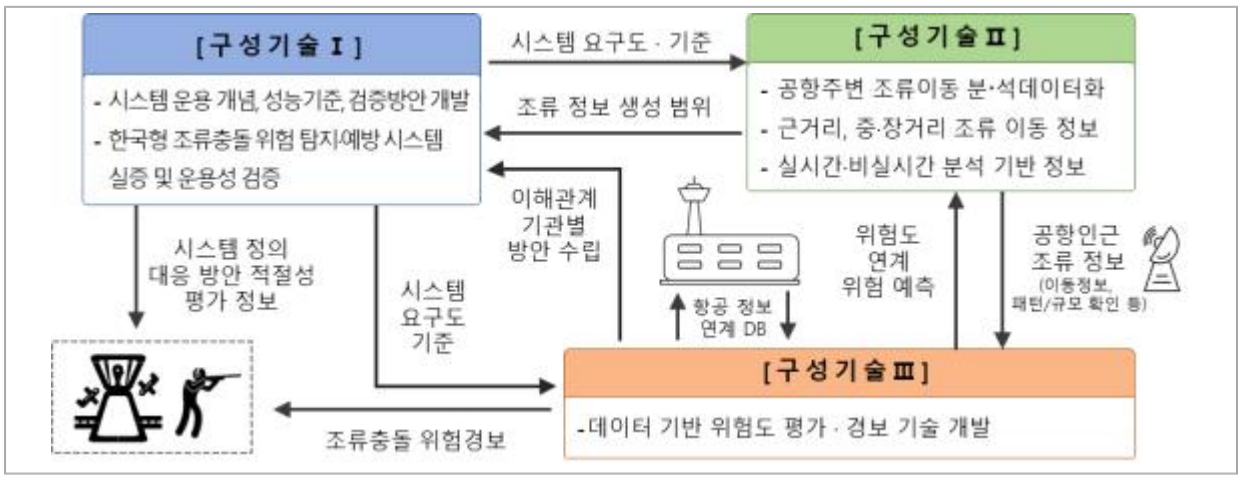
성과목표	한국형 공항 조류충돌 위험탐지·예방 체계로 조류충돌 사고율 감소	
	1단계 (26년-27년)	2단계 (28년-29년)
	13km 탐지 성능 및 실시간 대응체계 구축 및 관련 성능기준을 개발하여 한국형 조류충돌 예방 체계 기반 조성	사전예방적 정보 및 실시간 조류 충돌경보 등 데이터 기반의 조류충돌 예방을 위한 체계 구축

산출

사업구성

1. 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	2. 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	3. 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발
- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증 방안 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 실증 및 운용성 검증	- 영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발 - 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발 - 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	- 데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 시스템 개발 - 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발 - 위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발

[그림] 사업 비전 및 전략체계도(상세)



<그림> 연구개발 구성기술 및 데이터 연계 체계도

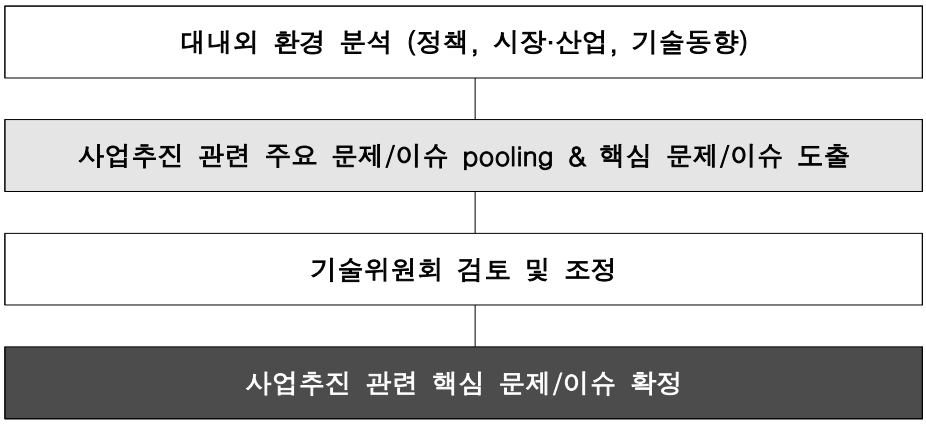
핵심 항목(내용)	현재 수준(모습)	R&D 수행시 개선수준(모습)		향후 수준(모습)
		'26년 수준	목표수준	
	~'25	'26	'29(종료년도)	'30~(종료이후)
공항 조류 관리 체계 표준화 및 운용성 검증	▪ **국내 조류탐지 레이더 설치 없음** - 드론탐지기술 활용 시범 운영 시도 - 가시영역 내 업무 ▪ **조류퇴치 전담 작업자 운영** - 총기 등 사용 대응 - 가시영역 내 업무	▪ **조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 기술검토** - 국내 활용 기술 - 타연구 결과 검토 ▪ **조류발생 개별 대응** - 공항 구역내 조류 유입후 대응	▪ **한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 기술확보/표준화** - 고해상도 전천후 탐지기술 확보 ▪ **첨단기술 활용 가능성 검토** - 조류대응 첨단 기술 적용 검토	▪ **한국형 조류충돌 예방 체계 확산 구축** - 국내 주요 공항 대응 체계 기술 확보 ▪ **드론 등 기술활용** - 실시간 원거리 대응을 위한 기술 구현/개발 검토
공항 주변 조류 유입 가능성 및 분산·관리 기술 확보	▪ **공항인근 조류활동 정보 부재** - 상세 모니터링 조사 대상 비해당	▪ **공항 조류활동 데이터 수집 시도** - 공항 주변 조류 조사 등 데이터 활용 분석 추진	▪ **데이터 기반 조류 정보 조사 적용** - 근거리 영상기반 데이터, 중장거리 탐지 데이터 상시 확보 활용 분석	▪ **사전 예방적 조류 안전관리** - 데이터기반 조류관리 - 상시/사후 분석
공항 조류충돌 위험도 평가 및 조기경보 기술 확보	▪ **사후 데이터 수집** - 조류충돌 이벤트 발생 보고 중심 ▪ **운항위험도 평가 부재** - 협의체 중심 업무적 대응 체계 한정 ▪ **사후 대응적 조류분산·퇴치 대응**	▪ **공항조류데이터화** - 조류활동 데이터 확보·체계 구축 ▪ **데이터 연계 구축** - 실시간 운항안전 데이터 연계 체계 - 데이터 공유 전제 시스템 개발 ▪ **사전 예방적 대응 방안 검토** - 이동패턴 등 가시적 분석	▪ **AI 활용 위험예측** - 항공안전 · 항공 운항 기반 데이터 ▪ **실시간 위험연계** - 항공기 운항이 실시간 모니터링 체계 구축 및 공유 ▪ **실시간 첨단장비 대응 기술 적용** - 최신기술 활용 공항별 특성 대응	▪ **조류관련 항공기 안전 확보** - 사전 예측적 대응 ▪ **조류위험 고려 운항** - 항공안전 확보를 위한 데이터 연계 - 국내 전 공항의 조류 대응 및 관리 체계 ▪ **사전 예방적 대응 전략 적용** - 국내항공 안전 증진 기여 대응·분산·관리

종합	핵심항목	기존 (As-is)		변화 (To-be)	
	공항 조류충돌 예방 체계 표준화 및 운용성 검증		[가시영역대응] - 총기·폭음 등 - 가시 영역 내 한정 대응		[통합데이터확보] - 고해상도·전천후 탐지 - 원거리 대응체계
	공항 주변 조류 유입 가능성 및 분산·관리		[공항정보부재] - 모니터링안함 - 사후 대응적		[데이터 기반] - 원거리·상시·탐지 위험도 예측 - 대응·분산·관리
	공항 조류충돌 위험도 평가 및 조기경보		[사후데이터] - 조류충돌 발생 - 이벤트 대응		[실시간정보] - 조류활동 상시 모니터링 - 운항모니터링 - 조기경보체계

3.2 핵심 문제 및 이슈 도출

○ 관련 정책동향, 시장 · 산업 동향, 기술개발 동향, 인증 관련 동향 및 수요 등을 고려하여, 국가 차원의 문제/이슈를 해결하기 위해 본 사업에서 해결하고자 하는 핵심 문제/이슈를 도출하고, 총괄위원회의 검토를 거쳐 확정

- **(핵심 이슈/문제 도출)** 동 사업과 관련된 대내외 환경분석(정책/산업/시장/기술) 결과로부터 주요 이슈/문제를 발굴 및 pooling하고 구조화
- **(핵심 이슈/문제 확정)** 기획위원회는 정리된 핵심 문제/이슈를 검토하고 조정 및 확정



[그림] 사업 추진상의 핵심 문제/이슈 도출 프로세스

○ 핵심 문제/이슈 도출 결과

- 정책 동향, 시장 및 산업 동향, 기술개발 동향, 인증 동향, 국내·외 여건 동향, 이해관계자 의견 수렴을 통하여 동 사업의 필요성의 사업 차원의 문제·이슈 해결로 제시하고, 이를 해결하기 위한 연구개발과 문재해결 방향을 검토함

정책동향	시장 및 산업 동향
ㅇ 조류 및 야생동물은 공항에서의 항공기 안전에 영향을 미치는 요소로 항공안전의 유지를 위한 범주로 지속적인 관리 권고 * 항공기 인증 요건에 조류 충돌과 관련된 요구사항이 있으나, 중소형 조류 등에 해당하는 무게(mass)로 검증을 수행하며, 실제 운영 환경과 상이한 부분 발생 ㅇ 미국 연방항공청(FAA)에서 주도하는 조류·야생동물 관리에 대한 연구를 미국 농무부(USDA)와 함께 수행하여 지속적인 관리 방안 제시	ㅇ 항공기 운항 및 운송량은 지속적으로 증가하고 있으며, 여객 및 화물의 시급성이 높은 장거리 운송에 대체가 불가능한 수단임 ㅇ 국내 운송용 항공기는 '13년 이후 무사망 사고를 기록하였으나, 24년 12월 사고로 인한 안전관리 미비 영역이 확인 * 조류 충돌과 관련된 이벤트는 지속적으로 발생 ㅇ 항공안전관리를 위한 국내외 항공교통관리 시장의 성장이 예상되며, 이에 따라 관련 장비의 시장도 증가할 것으로 전망 * ICAO의 GANP, 유럽의 SESAR 등의 계획을 통해 항공교통관리 시장 규모는 '27년까지 연평균 10%로 지속적 성장 예상

기술개발 동향

- ㅇ 선진국에서는 레이더·영상 통합 시스템인 조류탐지 장비, 음향·섬광·레이저 등을 활용한 조류 분산·퇴치 장비, 조류의 이동 특성과 군집 규모 등을 고려한 위험도 분석 기술을 활용한 장비 활용 중
  - * S-band, X-band 등 요구되는 탐지 성능에 최적화된 조류탐지용 소형 레이더 개발 및 운영
- ㅇ 국내에서는 드론탐지를 위한 근거리 소형레이더가 개발되었으나, 탐지 성능의 한계로 인한 현장 운영 한계
- ㅇ 현재, 레이저 및 음향 장비 등이 일부 이용되고 있어나, 근본적인 조류 관리는 사람과 총기로 인한 대응이 직접적인 방법임

인증 동향

- ㅇ 공항운영증명 등에서 조류관리를 위한 업무 규정이 요구되며, 관련 부서 및 대응팀 확인
  - * 현재는 기술적 요구조건이 아닌 운영적 요구 조건으로 적용
- ㅇ 조류탐지·대응장비에 대한 국내 검증 및 인증 요건 미비
  - * 미국 FAA는 조류탐지 장비 관련 기술요건(AC)은 있으나, 인증 주체 등은 명시하지 않음

국내 여건 동향

- ㅇ 국내 운송용 항공기는 '13년 이후 무사망 사고를 기록하였으나, 24년 12월 사고로 인한 안전 관리 체계의 추가 검토 필요
- ㅇ 국내에서는 국가항공안전프로그램(SSP) 시행을 통해 국제기준(ICAO)을 만족하는 추진방향 마련하고, 데이터 기반의 사전 예방형 정책 추진 중
  - * 항공안전 관련 데이터는 수집데이터의 관리기관 및 데이터 종류가 다양하며 현재 데이터 기반 통합 플랫폼 구축 중
- ㅇ 국내 소형레이더 개발 여건은 드론탐지용 레이더 등을 중심으로 형성되어 있으며, 이를 이용한 HW 활용을 통한 효율적인 개발 가능
  - * 인공지능(AI) 등을 이용한 알고리즘과 SW 등의 개발과 기 개발된 HW 원천기술을 활용하는 경우 효과적인 개발 추진 가능한 것으로 판단

이해관계자 의견 수렴

- ㅇ 공항조류관리에 대한 필요성에 대하여 공감하고 있으며, 이에 필요한 시장 참여 및 기술개발 등에 적극적으로 참여할 의향이 있음
- ㅇ 10km 이상 원거리 및 공간에서 실시간 조류 정보에 대한 데이터 필요
- ㅇ 실시간성 현장 대응을 위한 통합 기술 필요
- ㅇ 조류탐지·분석·데이터화된 시스템에 대한 요구는 동의하고 있으나, 국내의 관련 기반 미비로 제도적 한계에 관한 보완이 필요
  - * 공항내 신규 시스템 운영시 법적·제도적 요건과 적용 시스템의 신뢰성 검증 등 적정한 장비를 운영하기 위한 인증 체계 등 필요
  - * 표준적 기술 범위를 적용한 한국형 조류관리 시스템에 대한 정의 등을 통하여 현장의 거부감이 없는 체계 구축 필요

동 사업의 필요성 (사업차원의 문제/이슈)

- 조류 탐지를 위한 기반 기술의 구성 및 검증 부재
  - :: 국내 공항운영 요건과 기술적 환경에 대응이 가능한 해결 방안의 제시와 전천후 조류 탐지가 가능한 기반의 탐지 정보의 수집과 적용하기 위한 기준이 필요
  - :: 탐지장비는 공항에서 안전하게 운영할 수 있는 수준의 시스템인지 사전 확인과 객관적인 검증이 필요하며, 이에 적용할 수 있는 명확한 기준과 인증 체계 마련 필요
- 단순 조류 퇴치로는 항공안전의 근본적 확보 어려움
  - :: 전국의 공항 인근 지역은 환경상 조류의 출연이 빈번할 수 있는 지역이나, 공항 구역내 조류 활동 특성에 대한 확인 조사와 대응 체계가 미흡
  - :: 해외에서는 장기간에 걸친 조류의 생태학적 특성과 이동 패턴 등을 조사하여 사전 예측적 및 예방적 조류 활동 대응 체계를 구축하고 있으며, 이를 국내에서 적용하는 것이 필요
- 항공안전 규정내 조류에 대한 관리 명시 및 상세한 분석을 위한 통계 부재
  - :: 현재 항공통계의 조류 관련 내용은 항공기 이착륙 횟수 및 조류 충돌 보고 건수만 집계하고 있어, 정밀한 안전 기반의 구축과 위험도 산출에 적용하는 구체적 내용 미흡
  - :: 항공기 운항 계획, 비행 이력, 항적, 조류의 규모, 철새 등의 출몰 시기, 지역적 특성 등을 고려한 운항 안전의 위험 예측 및 위험도 산정에 적용하기 위한 데이터 수집 및 관리 어려움
  - :: 국가(국토교통부)의 고유 업무인 항공안전의 종합적 대응책 구상과 문제 해결 방안 도출 기반 미비

R&D를 통한 문제해결 방향	
공항 조류관리 체계 표준화 및 운용성 검증 기술 공항 조류 유입 가능성 및 분산 · 관리 기술 조류 충돌 위험도 평가 및 조기 경보 기술	공항 조류 탐지 및 한국형 공항 조류관리 핵심기술 개발

[핵심 문제/이슈1] 조류 탐지를 위한 기반 기술의 구성 및 검증 부재

○ 국내 공항운영 요건과 기술적 환경에 대응이 가능한 해결 방안의 제시와 조류 탐지가 가능한 기반 탐지정보 수집과 적용하기 위한 기준이 필요하나, 활용 가능한 원천기술을 공항운영에 적용하기 위한 기준과 체계가 미흡하여 업무 적용에 어려움 발생

- 공항운영에 적용하기 위한 기술적 내용의 적정성을 확인할 수 있는 체계와 적용하기 위한 기준 마련 필요
  - 항공기 이착륙시 안전 확보를 위해 필요한 원거리·공간의 상시 탐지 형태 조류정보와 조류 분산·퇴치 업무 수행시 연계를 위한 형태 조류정보 생성이 가능해야 함
- 탐지장비는 공항에서 안전하기 운영할 수 있는 수준의 시스템인지 사전 확인과 객관적인 검증이 필요하며, 이에 적용할 수 있는 명확한 기준과 인증체계 필요
  - 기존 공항운영에 필수적인 전파를 이용한 항행안전시설과의 간섭 여부, 장비의 안전성 및 신뢰성, 타 시스템과의 연계성 등 여러 가지 상황과 변수들에 대한 고려가 되어야함

[핵심 문제/이슈2] 단순 조류 퇴치는 항공안전의 근본적 확대 어려움

○ 현재 적용되고 있는 조류 대응 방법은 업무 담당자가 직접 시야 거리 이내의 조류를 확인하고, 총기 등을 활용한 퇴치를 하는 방법이 있으나, 이는 항공기 운영 제한이 발생할 수 있는 조류 활동의 근본적 대책으로 미흡

- 전국의 공항 인근 지역은 환경상 조류의 출연이 빈번할 수 있는 지역이나, 공항 구역내 조류 활동 특성에 대한 확인 조사와 대응 체계가 미흡
  - 공항은 대부분 넓은 개활지와 활주로 인근의 잔디로 인하여 조류의 먹이활동이 가능한 형태의 지형 조건임
- 해외에서는 장기간에 걸친 조류의 생태학적 특성과 이동 패턴 등을 조사하여 사전 예측적 및 예방적 조류 활동 대응 체계를 구축하고 있음
  - 국내 공항 환경에 맞는 조류의 생태적 특성을 파악하고 적절한 대응책에 따른 업무 추진 등을 통하여 단순 퇴치가 아닌 조류 개체수를 줄일 수 있는 근본적 대책 적용 필요

[핵심 문제/이슈3] 항공안전 규정 내 조류에 대한 관리 몇시 및 상세한 분석을 위한 통계 부재

○ 현재 항공통계의 조류 관련 내용은 항공기 이착륙 횟수 및 조류 충돌 보고 건수만 집계하고 있음

- 정밀한 안전 기반의 구축과 위험도 산출에 적용할 수 있는 구체적인 내용 및 통계 집계 체계의 미흡
- 항공기 운항 계획, 비행 이력, 항적, 조류의 규모, 철새 등의 출몰 시기, 지역적 특성 등과 같이 데이터 확보 및 통계적 분석이 가능한 범위에 대하여 지속적 확보가 가능한 체계를 구축하고, 이를 활용한 과학적 위험도 정을 위한 기술 필요
  - 조류 관리를 위한 종합적 상황을 판단할 수 있는 체계가 구축되지 않아 운항 안전 위험 예측 및 위험도 산정에 적용하기 위한 데이터 수집 및 관리 부재
- 국가(국토교통부)의 고유 업무인 항공안전의 종합적 대응채 구상과 문제 해결 방안 도출 기반 미비하여, 이에 대한 기반적 연구 필요

3.3. 사업 추진 전략

3.3.1. 추진 전략 도출

○ 추진 전략 수립을 위한 SWOT 분석

- SWOT 분석은 ① 대내외 환경분석 등에 위한 기회(O)와 위기(T) 요인 도출 ② R&D 수준 및 역량 등을 통한 강점(S)과 약점(W) 요인 도출 ③ 기회와 위기, 강점과 약점을 종합적으로 고려한 SWOT-matrix 분석의 절차로 수행
- 대내외환경 분석 및 R&D 추진 시급성과 필요성 검증, 국내 R&D 역량 분석 과정을 거쳐 SWOT 분석을 실시하고 이를 통해 사업추진 방향 설정과 중점추진 분야 도출
- 국내 R&D 수준 및 역량분석을 기반으로 '내부환경'관점에서의 강점(S)과 약점(W)을 도출하고, 정책, 기술, 사회, 경제 환경분석을 기반으로 '외부환경'관점에서의 기회요인(O)과 위협요인(T)을 조사하여 SWOT-Matrix 분석 실시
- 대상 사업의 내부환경과 외부환경을 분석하여 강점(strength), 약점(weakness), 기회(opportunity), 위협(threat) 요인을 규정하고 이를 토대로 사업추진 방향과 전략을 수립
- SO는 강점을 활용한 사업성공 전략, WO는 약점극복을 통한 기회를 활용하는 전략, ST는 강점을 활용하여 위협요인을 최소화하는 전략, WT는 위협을 회피하고 약점을 최소화하는 전략 관점에서 기술
- 외부 환경과 내부 역량을 종합적으로 분석하여 사업 추진을 위한 전략 방향으로 장점/기회를 활용한 시너지 전략(SO), 강점을 활용한 위기 최소화 전략(ST), 기회를 이용한 약점 보완 전략(WO), 약점/위협 극복 전략(WT)을 수립

<표 51> SWOT 분석결과

외부요인 \ 내부요인		강점(S)	약점(W)
		• 항공안전의 증진과 조류관리 기술 필요성에 대한 공감대 형성 • 정부의 수요부처 직접 연구개발 추진 • 지속적인 R&D 투자를 위한 기반 여건 • 효율적 공항운영의 경험	• 4차 산업혁명과 관련된 인공지능(AI) 기술의 항공안전 적용 경험 미흡 • 항공안전 문제 대응의 시급성 • 예산 등 자원 범위의 한계
기회 (O)	• 국민안전 요구사항 • 기반 기술을 활용한 첨단기술 발전 가능성 증대 • 국내 적용 가능한 기반 기술의 존재 • 안전, 조류관리 등 부처 고유 입무의 특성 • 타부처 연구개발 사업 연계성	▶ 항공안전 및 국민안전 보장을 위한 기술개발 추진 ▶ 국내 기술적 경험과 여건을 고려한 연구개발 추진	▶ 연구개발에 과학기술의 최신화 내역을 적용하여 첨단기술 중심의 성과 확보 ▶ 연구개발 협력과 활용성 확보를 위한 국내·외 연구결과물의 활용 개발
위협 (T)	• 항공안전 저해 요인과 항공사고의 발생 • 조류탐지·관리를 위한 국내 법적 규정 기반의 미비 • 규정·체계화 소요 시간 • 기술 개발 소요 시간	▶ 사용자 관점의 연구개발 추진을 통한 결과물의 활용성 제시 ▶ 규격화·검증·인증·운영 요건을 고려한 핵심기술 개발 및 기술 연구	▶ 국토교통과학기술 역량을 강화할 수 있는 연구 기반 여건 마련 대응 ▶ 적합성 검증·인증 관련 연구를 초기 단계부터 대응하여 개발 결과의 활용성 확보

○ 과제 기반의 연계성 확보를 위한 세부 추진전략을 다음과 같이 정의

- **(전략1)** 국민생활안전 및 항공안전 확보·보장을 위한 공항조류관리 기술 개발
- **(전략2)** 과학기술 최신 트랜드 반영과 사용자 관점의 협력을 통한 효율적인 연구개발
- **(전략3)** 공항운영 안전 확보를 위한 적합성 검증 완료된 사회적 기반 체계 개발

<표 52> 추진 전략 도출

추진전략 세부과제	추진 전략
• 항공안전 및 국민안전 보장을 위한 연구개발 • 국내 기술적 경험과 여건을 고려한 연구개발 • 연구개발에 과학기술의 최신화 내역을 적용하여 첨단기술 중심의 성과 확보	전략1 : 국민생활안전 및 항공안전 확보 · 보장을 위한 공항조류관리 기술 개발
• 연구개발 협력과 활용성 확보를 위한 국내·외 연구 결과물의 활용 개발 • 사용자 관점의 연구개발 추진을 통한 결과물의 활용성 제시 • 규격화·검증·인증·운영요건을 고려한 핵심기술 개발 및 연구	전략2 : 과학기술 최신 트렌드 반영과 사용자 관점의 협력을 통한 효율적인 연구개발
• 국토교통과학기술 역량을 강화할 수 있는 연구 기반 여건 마련 대응 • 적합성 검증·인증 관련 연구를 초기 단계부터 대응하여 개발 결과의 활용성 확보	전략3 : 공항운영 안전 확보를 위한 적합성 검증 완료된 사회적 기반 체계 개발

3.3.2. R&D 논리 모형

<표 53> 한국형 공항 조류충돌 예방 체계 핵심기술 개발 사업에 대한 R&D 논리모형

1. 이슈 / 문제

- 항공안전의 확보를 위한 많은 노력이 있지만, 외부적 환경 요인에 의해 발생하는 사고를 방지하기 위한 공항운영의 핵심기술 확보 필요
  - 기후적 환경변화로 인하여 전통적 공항 주변 안전 관리의 범위와 영향성 범주의 전환 발생
  - 외부 환경 요인이 작용하는 항공사고로 인한 국면 편의 및 안전성 저해
  - 기존 조류 대응 체계의 운영 효율성 저하, 관련 기술의 확보 요구 및 대응 수요 발생
  - 국내 기반 확보 등을 통한 기술 자립화 및 독립화, 지속 가능한 안전 확보 및 지원 체계 미비

2. 목표

국내 환경에 적합한 공항주변 13km 이상의 조류정보 확보 등 한국형 조류 관리 핵심 기술 개발 및 체계 구축

- 탐지정보 활용 공항 조류관리 체계 기반 기술
- 사전예방 안전 관리를 위한 조류충돌 예방 대응 기술
- 항공기 운항 조류충돌 위험도 평가 및 모니터링 기술

→

3. 수혜자

· 항공사고에 영향이 있는 국민
· 안전한 공항 관리의 책임이 있는 공항운영자
· 항공안전의 확보의 기반을 구축하는 정부
· 조류탐지 관련 장비·관련기술 전문 기업/기관
· 국내 공항 장비 관려 개발 기업

4. 투입

- 연구비
- 사업기간
- 참여연구인력
- 참여기관

→

5. 활동

- 조류탐지·식별·추적 정보의 연계 및 통합
- 13km 이상의 조류정보 확보를 위한 레이더 데이터 연계
- 실시간 조류 대응을 위한 영상 통합 연구
- 한국형 조류관리 체계 표준화 및 검증
- 공항조류 충돌 예방을 위한 대응 효과성 연구
- 인공지능(AI) 활용 조류 데이터 관리 및 연계
- 조류 활동 위험도 평가
- 실시간 위험도 산출 및 정보 연계 기술 연구

→

6. 산출

- 한국형 조류관리 핵심 기술
- 공항주변 13km 이상의 조류정보 연계
- 조류충돌 예방 확동을 위한 영상 데이터 기반 연계 기술
- 공항조류 충돌 예방 법/제도 제·개정
- 기술기준/지침 제·개정
- 실시간·준실시간 공항 운영 조류위험도 정보
- 개발시스템 현장실증
- 실증용 시제품 검증 및 인증 획득
- 기술문서 및 논문

→

7. 성과 / 영향

- 항공안전 기반 확보 및 유지
- 공항 이착륙 단계에서의 운항안전 확보
- 한국형 조류관리 시스템 구축
- 해외의존 공항장비 개발·실증·인증 엔지니어링 국내 수행률 제고
- 개발된 공항의 조류관리 기술, 탐지장비, 장비품의 세계시장 진출

8. 가정

- 국민 안전 보장을 위한 국가의 책무 의지 이행 및 법·제도·기술적 기반 기술의 확보 지원
- 기존 개발된 레이더, SW 등 기술력 보유 국내·외 기업/기관과의 기술 협력
- 개발된 시스템 중 검증 필요 핵심 기술은 인증 획득을 통해 적정성을 확인하고, 이를 바탕으로 전반적 운영 체계를 구축하여 사업 종료 후 한국형 조류관리 체계의 현업 투입 및 활용

3.3.3. 사업 추진 및 관리 전략

□ 사업 운영·관리계획

○ **(사업추진절차)** 본 사업은 과제 발굴·기획 → 과제 선정 → 과제 관리 → 과제종료 → 성과활용·확산 순으로 추진

- **(기술수요조사 및 과제 발굴)** `25년 1월(1.2~1.10), 12.29 무안공항 사고에 따른 항공기 사고예방 R&D 기술 수요조사* 진행, `26년 긴급 추진과제 발굴(접수 총 29건)

  * 수요 기술 : 공항 조류 탐지 및 한국형 조류관리 핵심기술 개발

- **(전문기관 기획 수행)** `26년 긴급과제 또는 부처고유임무형 과제로 진행될 후보과제 3건의 기획연구를 전문기관 직접 수행(총 연구비 50억원 이상 경우 등)

  * 자체 기획연구 작성을 지원할 외부 자문기관/위원 운영 : 항공안전기술원, 한서대학교, 한국환경생태연구소, 한국산업기술시험원

- **(신규과제 선정)** 일반적인 절차(경쟁)에 따라 전문기관(KAIA)에서 수행하며, 사업담당관(실·국)이 우선순위를 매겨 국토부에게 제출하면, 별도 선정회의를 통해 예산편성안에 반영

  * 과기부(4～7월), 기재부(8월), 국회 예산심의(～12월)를 거쳐 신규 추진여부 확정

- **(과제 확정 및 관리)** 예산에 반영된 신규과제는 전문기관(KAIA)를 통해 차년도에 연구자 선정을 거쳐 평가·성과 관리 등 과제 관리 진행

  * 계속사업의 경우, 매년 차년도 투입 예산요구 및 결산, 성과평가 업무 추진

- **(과제 종료)** 최종 평가를 통해 과제의 성공·실패를 결정

- **(성과 활용·확산)** 성과의 활용 및 확산을 위한 성과정보시스템 운영, 추적평가, 공모전, 전시회 등 활동을 정기적으로 추진

○ **(사업 추진 일정)** 본 사업은 ’26년 예산 편성 후 본격적으로 사업을 추진할 예정이며, ’26~’30년까지 총 5년간 추진

  * 사업추진 일정은 사업 준비·착수에 따라 변동 가능

<표 54> 사업추진절차 및 일정 상세일정

추진일정	추진절차	상세추진일정	내용
기획 단계 (’25)	사전기획	‘25년 1월~ ’25년 2월	국내외 정책 · 산업 · 연구동향조사 사업목적, 사업개념 및 기본계획 등 기획
	중기사업계획 제출	’25년 1월	중기사업계획 제출, 중기사업계획 예산심의 대응

추진일정	추진절차	상세추진일정	내용
	예산 요구	‘24년 4~5월	예산 요구서 작성 및 제출
	예산 편성	‘25년 하반기	최종 사업비 확보
사업 추진 (’26~’30)	과제 공고	‘26년 1월	사업 시행계획 공고 및 사업설명회 개최 (연구개발과제 신청자격 및 선정절차, 기준 등)과제별 공고
	과제 제안서 접수	매년 2월	연구개발계획서 등 제안서 접수
	연구과제평가단 구성 및 평가	매년 2월~3월	과제 선정평가를 위한 연구과제평가단 구성
	과제 평가 및 선정	매년 2월~3월	평가 및 선정
	과제별 협약 및 연구수행	매년 4월 착수	과제별 협약 및 연구수행 (매년 4월~차년도 3월)
	과제별 진도관리 및 중간평가	분기별/연차별	진도보고서 제출을 통해 진도관리 해당년도 연차실적계획서를 제출하여 중간평가(모니터링) 및 결과보고 실시
	과제별 최종평가	과제 종료 시점	과제별 최종보고서 제출 및 평가
	사업 종료평가	’30년 11월	사업종료에 따른 최종 평가

○ **(사업관리 계획 수립 및 이행)** 본 사업의 관리는「국토교통과학기술 육성법」제16조 및「국가연구개발혁신법」제22조, 동 법 시행령 제49조에 따라, 전문기관(국토교통과학기술진흥원)이 관계 법령/지침을 준용하여 사업착수 3개월 전 사업관리 계획을 수립하고 이행하도록 함

- 국토교통부소관 법령 등
  - [법령] 국토교통과학기술 육성법, 동 법 시행령 및 시행규칙
  - [행정규칙] 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 등
- 과학기술정보통신부소관 법령 등
  - [법령] 국가연구개발혁신법, 동 법 시행령 및 시행규칙
  - [행정규칙]「국가연구개발사업 연구노트 지침」,「국가연구개발사업 연구개발비 사용기준」,「국가연구개발사업 동시수공행 연구개발 과제수 제한 기준」등

○ **(사업 관리 활동)** 본 사업은 '국가연구개발혁신법'에 따른 '국가연구개발혁신법 매뉴얼', 국토교통과학기술 육성법에 따른 '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정' 및 '관리지침'에 따라 사업의 원활한 수행을 위해 연구과제, 일정, 성과, 회계, 위험요소 관리 등을 수행

- **(연구과제 관리)** 국토교통과학기술진흥원(KAIA)은 연구과제의 원활한 수행과 사업목표 달성을 위해 연구과제의 공고·관리·평가를 계획하며, 이를 위한 실무를 수행
  - 해당 연차의 상반기에 신규과제 공고/선정평가를 실시하며, 연구과제 평가단, KAIA, 국토부를 통해 결종된 사항을 사업에 반영하여 운영
  - KAIA 연구관리시스템을 통해 연구개발과제 공고부터 종료까지 체계적으로 관리
- **(일정 관리)** 과제별로 연구개발 수명주기 및 프로세스를 기반으로 업무를 세분화(WBS)하고, 세부 업무(WBS)별 수행일정 및 담당자를 할당하여 세부일정 수립(Gantt Chart), 또한 정기적 보고(월간)를 통해 일정 차질에 대한 신속한 파악 및 대응조치 실시

※ WBS : Work Breakdown Structure

- **(성과 관리)** 사업목표 달성 및 정부예산 투자의 타당성 입증을 위하여 사업 특성에 맞는 과학기술적, 사회경제적 성과 등의 창출계획을 수립하고 적절한 주기로 이를 모니터링 · 관리하며 이를 통해 마련된 개선방안을 사업추진에 환류하는 체계를 구축
- **(시험평가 관리)** 과제별 시험 목적, 방법, 범위, 절차 등 시험계획을 수립하고, 단계별 시험 및 통합시험을 통해 시스템공학적으로 과제의 세부 목표의 달성 여부를 관리
- **(회계관리)** 본 사업의 연구비가 사업목적과 사용계획에 맞게 사용되도록 하기 위해, 체계적인 회계 기준을 바탕으로 연구비를 관리하고, 부정집행 등에 대한 조치를 수행
  - 연구비 회계 비목 설정 및 부정집행에 대한 처우 기준은 '국가연구개발사업 연구개발비 사용 기준'을 따름
- **(위험요소 관리)** 본 사업의 성공적인 수행을 위해 사업 수행 중 직면할 수 있는 위기요소 일람표를 작성하고, 각 위기 요소별 대응 시나리오를 작성 및 안전관리 대책을 수립하여 활용함
  - 위험요소별 발생가능성과 심각성을 단계화하여 우선 관리요소를 설정하고, 주기적인 모니터링을 통해 사전 위기 상황 감지 및 선제적 조치를 수행
  - 위험요소에 대한 위기관리는 위기의 완화(Mitigation), 모니터링(Monitering), 관리(Management) 등 단계별로 요소들에 대응하며, 분기별로 내부 회의를 통해 관리 상황을 공유

□ 사후관리

○ **(기술분류체계)** 국토교통과학기술의 효율적 관리를 위한 기본 틀로서 분야별 기술의 규모 및 범위에 따라 대·중·소로 구분한 기술분류체계를 활용

- 연구개발사업의 기획·평가·관리에 관한 업무를 효율적으로 추진 및 관리하기 위해 필요한 경우 국토교통 분야의 기술동향 및 지원분야 등을 고려한 별도의 기술분류체계를 수립하여 활용
- 별도의 기술분류체계를 수립하고자 하는 경우, 국토교통 기술동향 변화 및 새로운 기술의 출현 등을 고려하여 수정·보완 가능

○ **(연구개발성과의 공개)** 혁신법 제17조에 따른 연구개발성과에 관한 정보의 공개를 통해 연구개발성과의 공동 활용을 지원하고 성과의 활용을 촉진

○ 필요한 경우 연구개발성과에 대한 종합발표회나 분야별 발표회를 개최할 수 있음

○ **(보안관리심의회)** 연구개발사업 및 연구개발과제와 관련하여 연구개발성과 등 중요 정보가 유출되지 않도록 보안대책을 수립 및 시행

○ **(연구개발정보의 관리)** 효율적인 연구관리의 정보화를 위해 과제지원시스템을 구축하여 하기와 같은 연구과제 관련 정보를 입력하고, 데이터화하여 관리

- 연구개발계획서
- 연차(단계)보고서
- 연구개발 최종보고서, 요약서
- 연구개발성과 활용보고서
- 협약체별 및 협약변경 내역
- 연구비 사용계획과 집행실적
- 연구개발 성과 및 실적
- 연구개발 수행내역
- 그 밖에 전문기관 장이 필요하다고 인정하는 사항

○ 3천만원 이상의 장비 또는 3천만원 미만이라도 공동 활용이 가능한 장비는 취득 후 30일 이내 연구시설·장비종합정보시스템에 등록하여 관리

□ 연구과제 평가 및 관리체계

○ (연구과제 공고 및 접수) 연구개발과제 또는 연구수행기관을 선정하기 위하여 전문기관 홈페이지, 통합정보시스템 등에 30일 이상 공고

- 공고 내용에는 다음의 내용이 포함되며, 공고 안내문, 서식 등 관련문서를 전자 문서화하여 함께 공고

- 연구개발과제 목적, 지원내용, 지원기간, 과제제안요구서 및 기획보고서 등의 관련 사항
- 연구개발과제 신청자격, 참여기관들의 구성요건·형태 및 참여제한 관련 사항
- 선정평가 절차 및 방법, 과제 수행 및 성과활용 관련 사항(평가절차 등)
- 그 밖에 필요한 사항(전문기관의 장이 필요하다고 인정하는 사항 등)

[그림] 신청서 접수 및 처리 절차

○ **(연구과제 선정)** 접수된 연구개발계획서는 전문기관의 사전검토를 거쳐 연구과제평가단의 선정평가를 통해 연구개발과제와 연구기관을 선정

- 선정평가는 서면/온라인평가, 대면(발표)평가, 현장평가 중에서 하나 이상의 방법을 선택하여 실시
- 연구과제평가단은 하기의 기준에 따라 연구개발계획서를 평가
  - 연구개발과제의 창의성 및 수행계획의 충실성
  - 연구자 또는 소속 기관·단체의 연구개발 역량
  - 연구개발과제의 학술적·기술적·사회적·경제적 파급효과 및 연구개발성과의 활용 가능성
  - 해당 국가연구개발사업 근거 법령 및 추진계획과의 부합성

- 선정평가 대상 연구개발과제와 국가연구개발사업으로 추진됐거나 추진되고 있는 다른 연구개발과제와의 차별성
- 연구개발과제 관련 연구시설·장비 구축계획의 타당성
- 연구개발과제의 국내외 연계·협력 가능성
- 연구개발비 및 연구개발기간의 타당성
- 과제목표의 도전성과 적절성
- 성과지표의 적절성
- 보안과제 분류의 타당성

<표 55> 선정평가 기준항목

기준항목	세부 평가항목	배점
연구개발 목표 (20점)	최종 연구개발 목표/성과목표(지표)의 명확성, 타당성, 창의성	10
	단계별 · 연차별 연구개발 목표/성과목표(지표) 설정의 적절성, 구체성	10
연구개발 내용 (20점)	최신 기술동향 분석 및 사전계획의 충실성	5
	연구개발 목표달성을 위한 연구내용 · 예상성과의 적절성 및 실현가능성	5
	연구개발과제 구성의 타당성 및 연계성	5
	연구개발기간 및 연구개발비 편성의 적절성	5
추진전략 및 계획 (30점)	연구개발 추진전략 및 방법의 적정성, 구체성, 타당성	10
	연구수행체계 구성의 타당성(적정기관수, 산학연 구성 등) 및 연구진의 전문성	10
	연구개발기관의 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성, 신규 인력 채용 의지	10
활용방안 및 실용화 가능성 (20점)	연구개발성과 활용 시나리오의 적절성 및 구체성	5
	연구개발성과 실용화 및 정책제안 가능성	10
	개발기술의 기대성과(기술적/경제적) 및 파급효과	5
연구책임자의 연구 수행능력 (10점)	연구책임자의 연구역량(관련분야 연구경험) 및 관리능력	5
	연구윤리 수준	5
계		100

※ 항목 및 배점의 변경 가능

- 종합평가점수 산정시 「국토교통 연구개발사업 관리지침」제17조에 따라 과제 획득점수를 기준으로 가점 및 감점을 부여 가능하며, 이를 반영한 과제별 최종점수로 지원대상 기관 선정(지원 연구기관 선택 시 하기에 해당하는 기관 및 연구자는 가점 부여)
  - 최종평가 결과, 최우수등급인 연구개발과제의 주관연구책임자가 최종평가 후 2년 이내 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 추적평가 결과, 최우수등급인 연구개발과제의 주관연구책임자가 추적평가 후 2년 이내 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 최근 3년 이내에 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 시행령」제16조의3에 따라 선정된 우수 기업부설연구소가 소속된 기업이 참여기업에 포함된 연구개발과제의 경우
  - 최근 3년 이내에 협약한 연구개발과제로서 협약 시 보안과제로 분류된 연구개발과제의 주관연구책임자가 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 최근 3년 이내에 기술실시계약을 체결하여 징수한 기술료 총액이 2천만원 이상이거나, 같은 기간 내에 2건 이상의 기술이전 실적이 있는 연구책임자가 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 최근 3년 이내에 최종평가 결과가 우수하여 관계 중앙행정기관의 장이 추천한 우수 연구개발성과 중 과학기술정보통신부 장관의 포상을 받은 자가 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 최근 3년 이내에 과학기술 분야의 훈장, 포장, 대통형 표창 또는 대통령상을 수상한 자가 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 최근 2년 이내에 「국가통합교통체계효율화법」 제2조에 따른 교통신기술을 받은 중소·중견기업이 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 최근 2년 이내에 국토교통부장관으로부터 녹색인증 및 인을 받은 실적이 있는 연구개발기관이 관련 녹색 기술로 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 신청마감일 기준 박사학위 취득 후 7년 이내 또는 만 39세 이하인 연구자가 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 그 밖에 장관이 우대가 필요하다고 인정하는 연구자
- 지원대상 연구기관 선택 시 하기에 해당하는 기관 및 연구자는 감점 부여
  - 최근 3년 이내에 혁신법 제32조제1항제3호에 따른 사유로 제재처분을 받은 자나 연구개발기관이 새로운 연구개발과제를 신청하는 경우
  - 정당한 사유없이 연구개발과제 수행을 포기하여 제재처분을 받은 자 또는 연구개발기관의 경우

○ **(연구과제 관리)** 국토교통 R&D 공모·선정시 연구개발 성과목표, 단계별, 연차별 달성목표와 이에 대한 세부 추진전략 및 일정계획 등을 연구개발계획서에 제시하도록 하고, 과제 선정 이후, 해당 과제에 대한 진도점검·관리 및 성과평가의 근거자료로 활용

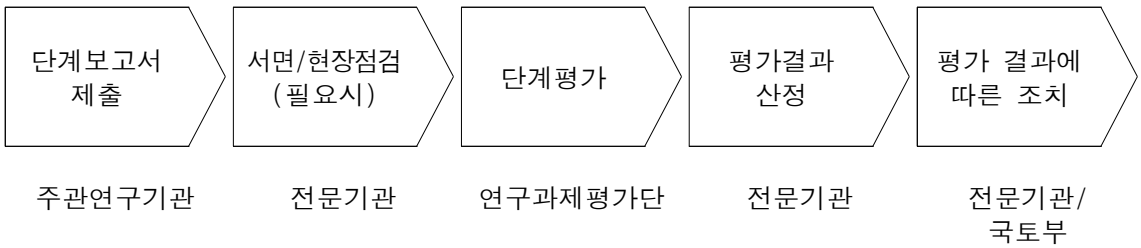
- 연구개발내용, 개발기술, 성과물 간 연계가 표출되며 단계별, 연차별 달성정도를 확인할 수 있음

○ 중간점검

- **(수행 목적 및 추진근거)** 「국토교통연구개발사업 운영규정」제34조의1에 따라 연차보고서를 제출해야 하며, 검토과정에서 필요하다고 판단될 경우 제34조2에 따라 연구개발과제의 진도 등을 점검하기 위한 중간점검 실시
- **(수행 절차 및 방법)** 연차보고서를 서면으로 검토하는 것을 원칙으로 하되, 검토과정에서 필요하다고 판단될 경우 진도점검회의 또는 현장실태조사 실시
  - 연구책임자는 100페이지 이내의 연차보고서를 제출하여야 하며, 요청 시 보완서류를 제출하여야 함

○ 단계평가

- (수행 목적 및 추진근거) 단계종료 시 연구개발과제의 수행과정, 연구개발성과, 다음 단계의 연구개발과제 수행계획 등을 단계보고서를 통해 검토 및 확인하고 다음 단계의 계속지원 여부를 결정하기 위해 「국토교통연구개발사업 운영규정」제32조에 따라 평가를 실시
- **(수행 절차 및 방법)** 연구개발과제 평가단을 통해 대면(발표)평가, 현장평가, 공개평가 등 적합한 평가방법을 선택하여 실시하고, 필요 시 평가 항목별로 평가방법 등을 달리 정하여 평가 실시



[그림] 단계평가 프로세스

- **(단계보고서 제출)** 연구책임자는 100페이지 이내의 단계보고서를 제출하여야 하며, 요청 시 보완서류를 제출하여야 함
- **(서면 및 현장점검)** 전문기관의 장은 단계평가 실시 전, 연구수행 과정 및 성과확인을 위해 필요한 경우 하기의 사항에 대한 단계보고서의 서면점검, 현장점검 등을 실시 (※ 단, 필요시)

- 연구수행 과정 및 수행내용
- 연구수행 결과 및 목표달성 정도
- 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여
- 연구개발과제 수행계획

– **(평가항목)** 과정평가, 성과평가, 계획평가로 구분하고, 과정평가와 성과평가는 점수부여 방식으로 계획평가는 의견제시 방식으로 평가

– **(기본방향)** 원칙적으로 정성평가를 실시하되, 연구목표 달성도 등 일부 평가항목은 정량평가

– **(평가결과 산정)** 개인별 과정평가 점수, 성과평가 점수 각각에 대해 최고 및 최저점수를 제외한 산술평균 점수로 각 평가점수를 산정하고, 이를 합한 종합평가 점수를 기반으로 하기와 같이 분류

- 우수 – 종합평가 결과가 만점의 80% 이상인 경우
- 보통 – 종합평가 결과가 만점의 60% 이상 80% 미만인 경우
- 미흡 – 종합평가 결과가 만점의 60% 미만인 경우
- 극히 불량 – 과정평가 점수 및 성과평가 점수가 모두 만점의 40% 미만인 경우

– **(수행 주체)** 평가단 및 평가위원을 구성하고, 평가의 연속성을 유지하기 위해 선정평가 또는 이전 단계평가에 참여한 위원을 우선 선정

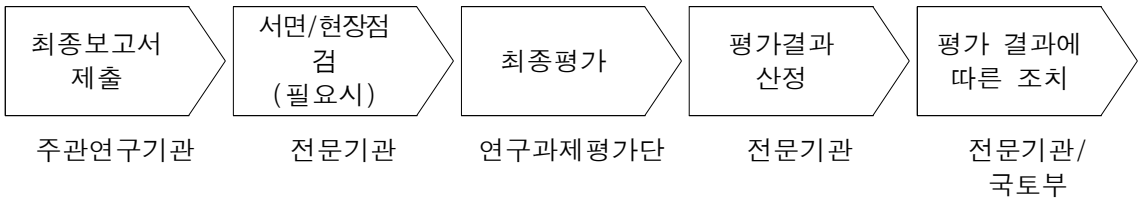
– **(평가 조치)** 단계평가 결과에 따라 과제 계속지원 대상 과제와 연차평가 추가실시 대상 과제로 구분

- 단계평가 결과 ‘우수’, ‘보통’, ‘미흡’으로 결정된 과제는 과제의 보완·변경 또는 연구개발비 감액·증액 등을 조정하고, 연구환경 변화, 목표 조기달성 등으로 연구목표 수정 및 과제 중단 결정을 위한 특별평가가 수반될 수 있음
- ‘극히 불량’ 과제는 지원중단

○ 과제 최종평가

– **(수행 목적 및 추진근거)** 연구 종료 후 「국토교통연구개발사업 운영규정」 제35조에 따라 최종평가를 실시하여 최종 목표의 달성 여부, 연구수행 과정 등을 종합적으로 평가

– **(수행 절차 및 방법)** 연구개발과제 평가단을 통해 대면(발표)평가, 현장평가, 공개평가 등 적합한 평가방법을 선택하여 실시하고, 필요 시 평가 항목별로 평가방법 등을 달리 정하여 평가 실시



[그림] 단계평가 프로세스

- **(최종보고서 제출)** 연구책임자는 100페이지 이내의 최종보고서를 제출하여야 하며, 요청 시 보완서류를 제출하여야 함
- **(서면/현장점검)** 단계평가 실시 전, 연구수행 과정 및 성과확인을 위해 필요한 경우 하기의 사항에 대한 최종보고서의 서면점검, 현장점검 등을 실시 (단, 필요시)
  - 연구수행 과정 및 수행내용
  - 연구수행 결과 및 목표달성 정도
  - 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여
  - 연구개발성과의 관리 및 활용 계획
- **(평가항목)** 과정평가, 성과평가, 계획평가로 구분하고, 과정평가와 성과평가는 점수부여 방식으로 계획평가는 의견제시 방식으로 평가
- **(기본방향)** 단계평가는 원칙적으로 정성평가를 실시하되, 연구목표 달성도 등 일부 평가항목은 정량평가
- **(평가결과 산정)** 개인별 과정평가 점수, 성과평가 점수 각각에 대해 최고 및 최저점수를 제외한 산술평균 점수로 각 평가점수를 산정하고, 이를 합한 종합평가 점수를 기반으로 하기와 같이 분류
  - 우수 – 종합평가 결과가 만점의 80% 이상인 경우
  - 보통 – 종합평가 결과가 만점의 60% 이상 80% 미만인 경우
  - 미흡 – 종합평가 결과가 만점의 60% 미만인 경우
  - 극히 불량 – 과정평가 점수 및 성과평가 점수가 모두 만점의 40% 미만인 경우
- **(수행 주체)** 평가단 및 평가위원을 구성하고, 평가의 연속성을 유지하기 위해 선정평가 또는 이전 단계평가에 참여한 위원을 우선 선정
- **(평가 조치)** 최종평가 결과에 따라 후속 조치 실시
  - 최종평가 결과 ‘우수’, ‘보통’, ‘미흡’으로 결정된 과제는 최종보고서의 보완·변경 조치계획을 수립하고 평가용 최종보고서 제출일로부터 2개월 이내 평가결과를 반영한 수정·보완된 최종보고서 제출

- 최종평가 결과 '극히 불량' 과제 또한 최종보고서의 보완·변경 조치계획을 수립하고 평가용 최종보고서 제출일로부터 2개월 이내 평가결과를 반영한 수정·보완된 최종보고서 제출하여야 하며, 이외에도 참여제한 및 제재부가금 부과 등 제재처분에 필요한 사항 검토

- **(활용 방안)** 최종평과 결과에 따라 우수성과에 대한 실용화 지원 등의 후속대책 마련에 활용할 예정이며, 최종평과 결과가 우수하고, 하기의 요건을 모두 갖춘 연구개발과제에 대해서는 우수성과에 대한 실용화 지원 등의 후속대책 마련
  - 최종평가 결과 만점의 90% 이상인 과제(최우수 등급)
  - 연구개발계획서에서 제시한 연구개발목표가 모두 달성된 과제
  - 연구개발 성과의 활용을 통해 해당 분야 기술경쟁력을 높이는 데 현저히 이바지할 수 있다고 평가되는 과제

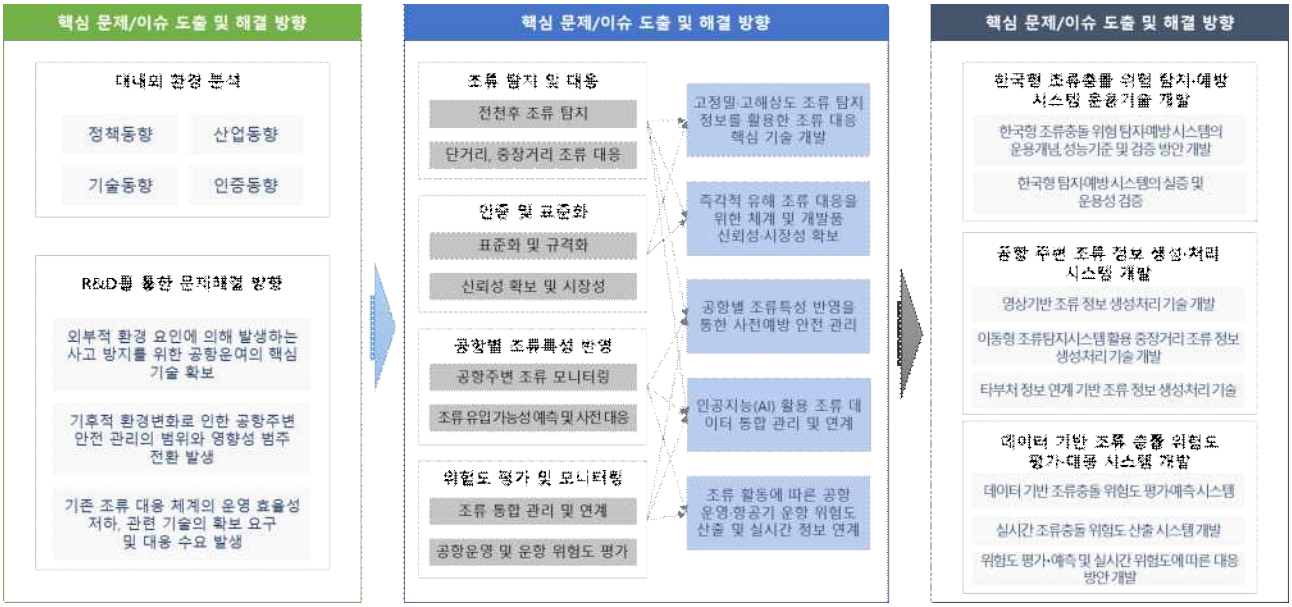
○ 성과 조사 및 추적조사

- **(수행 목적 및 추진근거)** 「국토교통 연구개발사업 관리지침」제45조에 따라 계속과제 및 종료과제의 연구개발기관을 대상으로 연구개발성과 활용조사 실시
- **(수행 주기 및 방법)** 과제 종료 다음 해부터 5년간 매년 2월 말까지 성과활용보고서를 제출
  - 조사계획을 수립하여 실시하고, 필요한 경우 반기별, 분기별, 월별 또는 실시간 조사 실시
- **(활용 방안)** 성과활용실적 평가 결과를 바탕으로 타 사업 선정평가 시 가·감점 부여 및 성과활용보고서 조사·분석을 통해 연구개발성과의 활용 촉진을 위한 추적조사 실시에 활용

3.4. 사업 중점 추진분야

3.4.1 중점 분야 도출 개요

□ 구성기술 선정



[그림] 구성기술 선정 및 검토 과정

○ **(핵심 이슈/문제 도출 및 해결방향 설정)** 관련 정책동향, 시장·산업 동향, 기술개발 동향, 인증 관련 동향 및 수요 등을 고려하여, 국가 차원의 문제/이슈를 해결하기 위해 본 사업에서 해결하고자 하는 핵심 문제/이슈를 도출하고, R&D를 통해 해결해야할 방향 설정

- **(핵심 이슈/문제 도출)** 동 사업과 관련된 대내외 환경분석(정책/산업/시장/기술) 결과로부터 주요 이슈/문제를 발굴 및 pooling하고 구조화
- **(R&D 해결발향 설정)** 기획연구진이 핵심 문제/이슈를 검토하고, 연구개발을 통해 해결 가능한 방안 수립

○ **(구성기술 도출)** 조류 탐지 및 대응, 표준화 및 검증, 조류의 생태적 대응, 조류충도 위험도 평가 및 모니터링 기술 등 등 공항 조류관리 체계 기술을 기능적으로 분류하여 구성기술 도출

- 조류 탐지 및 대응, 인증 및 표준화, 조류 생태학적 대응, 위험도평가·모니터링 등 조류관리 기술 활용을 위한 4개 분야별로 주요 기술을 구성하고, 주요 기술별 세부구성기술을 설정하여 Grouping을 통해 3개의 구성기술 도출

○ **(구성기술 검토)** 국가정책, 사용자 니즈 등을 감안하여 구성기술의 시급성과 상용화 가능성을 중심으로 검토

- 관련 분야 전문가 검토 및 이해관계자(정부, 공항운영자, 항공사, 연구자 등 산-학-연-관)를 중심으로 공항조류 관리를 위한 탐지·분산·퇴치·분석·대응·활용 등의 전체 업무 과정을 위한 기술 도입 가능성 및 활용성, 실증을 통한 상용화 측면을 고려하여 구성기술 도출

○ **(구성기술(안) 도출)** 기획위원회를 통해 본 사업에서 추진해야 할 구성기술(안) 도출

<표 56> 구성기술 및 세부구성기술 주요내용

구성기술	세부구성기술	
	기술명	내용
한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증방안 개발	한국형 조류충돌 예방 체계 표준화를 위해 시스템·장비·구성품에 대하여 규격화하고, 이를 운영할 수 있는 국내 조류충돌 예방 관련 운영 법 체계와 개발된 시스템에 대한 시험·인증·검증 기술 연구
	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 실증 및 운용성검증	공항 조류 탐지·통합 대응 현장 실증을 수행하며, 한국형 조류충돌 예방 관련 기술 통합 체계 및 시스템엔지니어링 기반의 체계통합 및 운용성 검증 연구
공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	영상기반 조류 정보 생성·처리 기술은 EO/IR 및 CCTV 영상과 AI 분석을 결합하여, 민간공항 주변 조류를 실시간으로 탐지·식별하고 이동 패턴 및 행동 정보를 정량화된 데이터로 생성·가공하는 기술
	이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발	이동형 조류탐지시스템을 활용하여 중·장거리 조류를 안정적으로 탐지하고 알고리즘 및 영상 연계를 통해 조류 정보를 생성·처리하는 조류충돌 위험 탐지 기술
	타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	타부처 보유 조류 조사 정보와 기상레이더 정보를 연계·융합하여, 공항 및 항공로 인근의 조류 탐지·종류·이동 패턴 정보를 생성·처리하는 조류 정보 기술
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 시스템 개발	영상, 조류탐지시스템, 타부처 정보, 공항 운영 및 항공기 운항 데이터 등 조류 및 항공 관련 데이터를 통합·연계하여 조류충돌 위험도를 정량적으로 평가·예측 기술
	실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발	조류탐지와 항공정보를 실시간 연계하여 조류충돌 위험도를 즉시 산출·시각화하고, 신속한 위험경보를 제공하는 실시간 조류충돌 대응 기술
	위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발	조류충돌 위험도 수준에 따라 이해관계자별 대응 방안을 수립하고, 이를 실증·검증하여 현장 적용성을 확보하는 조류충돌 대응 기술

3.4.2 중점 분야별 연구 내용 도출

○ 도출된 구성기술별 내용을 기반으로 상세 연구 내용을 연구 활동 및 범위 별로 정의함

○ **(사업명) 공항 조류 탐지 및 한국형 조류 관리 핵심기술 개발**

○ **(구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발**

<표 57> 구성기술 1의 세부 연구내용

대분류	중분류	소분류
한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증방안 개발	- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템을 활용한 국내 조류충돌 예방·관리체계 운용개념, 운영 가이던스 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 정의 및 성능기준(데이터/기능/성능/환경/운용성 요구도) 등 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 성능기준 충족 여부를 확인할 수 있는 검증 방안 개발 - 조류충돌 예방 관련 국제민간항공기구(ICAO) WP(Working Paper) 대응 국제협력 - 관련 법·제도 등의 제·개정(안) 개발 및 지원
	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 실증 및 운용성검증	- 실증 대상 공항 분석, 실증 환경 구축 및 단계별 실증 시나리오, 실증 절차·방법 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능 시험·검증 및 현장 운용시험(Operation Test) - 조류 분산 장비·기술(음향·레이저·기타 방안 등)별 효과를 정량·정성적으로 평가하기 위한 평가지표, 측정방법 개발 및 평가

○ **(구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발**

<표 58> 구성기술 2의 세부 연구내용

대분류	중분류	소분류
공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	- 민간공항 인근 영상정보(EO/IR, CCTV등) 기반 실시간 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입 이동 패턴 등) 생성·처리 기술 개발 - 인공지능(AI)을 활용한 조류 정보 생성 및 데이터 가공 기술 개발
	이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발	- 레이더에서 측정된 데이터를 가공/후처리하여 조류탐지레이더 최소성능기준 이상의 조류탐지·식별·추적 기술(SW) 개발 - 레이더 기반 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발 - 최소성능기준 이상*의 이동형 조류탐지시스템 시제품 개발(2식)
	타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	- 기후에너지환경부의 조류 조사 정보*를 활용한 공항 인근 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발 - 기상레이더 정보*를 활용한 항공로 인근 조류 정보(조류 탐지, 유입 이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발

○ (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발

<표 59> 구성기술 3의 세부 연구내용

대분류	중분류	소분류
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 시스템 개발	- 데이터 기반 조류 위험도 평가·예측을 위한 조류 위험 정보 생성·연계·통합관리 플랫폼 개발 - 데이터에 기반한 조류충돌 위험도 평가·예측 기술, 위험도 가시화 방안 개발 - 위험도 예측 정확도 평가(위험도 예측 결과에 대해 사후 평가·검증) - 항공정보간행물(AIP)에 데이터 기반 조류 정보(유입·이동 패턴 등) 제공 방안 개발 - 데이터 기반 전국 단위의 조류충돌 위험도 모니터링 평가 기술 개발
	실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발	- 조류탐지(레이더, 영상) 데이터와 항공정보 데이터(항적 등) 실시간 연계 및 표출 - 실시간 조류충돌 위험경보 생성 기술 개발 - 조류충돌 위험도 실시간 산출, 위험도 가시화 방안 개발
	위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발	- 조류충돌 위험도 수준별 · 이해관계기관별 대응 방안 수립 - 대응 방안 실증 및 적정성 검증

4. 중점 추진 분야별 기술개발 내용

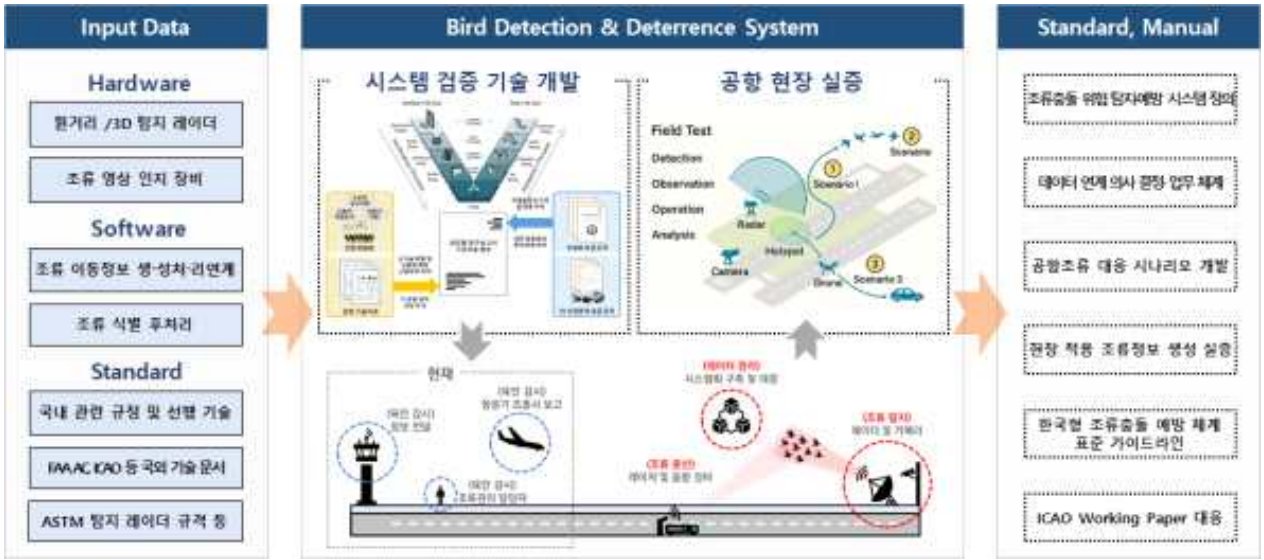
□ 사업 추진 개요 요약 표

<표 60> 사업 개요 요약표

사업명	공항 조류 탐지 및 한국형 조류관리 핵심기술 개발
사업목적	• 공항 주변의 조류 정보 및 활동 데이터를 활용한 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템*을 개발하고, 항공기 조류충돌 조기 경보에 적용함으로 항공기 사고를 사전에 예방하기 위한 기술 확보
사업목표	• 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 개발 및 실증 운용을 통한 항공기 안전운항 구현 • 사고율 감소를 위한 조류충돌 위험도 평가 및 통합관리 기술 개발
사업 핵심 내용	• 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 요구도, 검증방안을 개발하고 이를 실증·운용성 검증하는 운용기술 개발 • 공항 주변 조류 정보 및 조류 활동 데이터(영상, 조류탐지시스템, 타부처 정보 등) 생성·처리 시스템 개발 • 데이터 기반 조류 충돌 위험을 평가·예측하여 위험도를 산출하고 대응하는 시스템 개발
사업기간	• 4개년도 (1단계: 1차년도~2차년도, 2단계: 3차년도~4차년도)
지원형태 (지원조건, 지원율)	• 출연(과제별 기업참여시 Matching)
국비/민간	• 267억원 / 미정
사업관리기관 (기획평가기관)	• 국토교통과학기술진흥원
사업시행주체 (실 집행주체)	• 대학, 출연연, 기업 등
지원근거	• 국토교통과학기술 육성법 제8조(연구개발사업의 추진), 공항시설법 제31조(항공관련업무종사자의 준수사항), 제56조(금지행위), 항공안전법 제59조(항공안전 의무보고), 조류 등 야생동물 충돌위험 감소에 관한 기준(국토교통부 고시 제2022-644호)
대표적 (예상)성과물	• 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능기준 고시 및 검증 기준(법·제도) • 공항주변 조류 정보(영상·레이더·연계) 생성 처리 알고리즘 • 이동형 조류탐지시스템 운용성 검증 시제품 2식 • 데이터 기반 조류 위험정보 생성·연계 통합 관리 플랫폼 시제품
기대효과 및 성과	• 공항에 유입되는 조류 탐지 및 조류 특성 데이터의 수집・분석・활용을 위한 기반 기술을 확보함으로써 공항별 항공기와 조류의 충돌 위험을 사전에 인식 및 대응 체계가 구축됨으로 항공안전 증진 및 항공사고 감소에 따른 인명피해 및 경제적 손실 절감 기여 • 확보된 항공기 운항의 조류충돌 위험도 평가 및 모니터링 기술은 공항별 조류의 생태를 고려하여 설계됨으로 항공기의 안전한 운항 뿐 아니라 공항 주변의 생태계를 보호함으로 지속 가능한 공항 운영 기여

4.1. (구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발

□ 개념도



□ 요약표

<표 61> 구성기술 1의 요약표

구성기술명: 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	
개념	- 공항 주변 13km 이상 조류관리 정보와 실시간 대응, 조류 위험평가 기술을 확보한 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템과 이에 대해 검증 및 현장 실증, 그리고 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 체계에 대한 표준화(규격화) · 인증체계 연구를 수행하여 관련 법규 제정 근거 마련
범위	- 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증방안 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 실증 및 운용성검증
핵심 성과물	- 한국형 조류충돌 예방 · 관리 체계 운용개념 및 가이던스 - 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 성능기준 고시 및 검증 기준(법 · 제도)

세부 중점 기술			
세부 중점 기술명	목표 성능	TRL 단계	연구기간
(1-1) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증방안 개발	-조류충돌 예방·관리 체계 운용개념/가이던스 -조류충돌 예방·관리 체계 검증기술 -조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능기준 고시 -SE 기반 개발 적용 및 기술검토	8	4
(1-2) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 실증 및 운용성검증	-실증 시나리오, 절차 및 방법 -조류충돌 예방·관리 체계 운용성 검증 -공항 현장 실증 데이터 획득 -조류 위험 대응 장비 및 기술 평가지표 및 측정 방법 개발	7	4

예산 및 인력 투입계획						
구분		1년차	2년차	3년차	4년차	합계
인력 투입계획(명)		20	46	59	63	188
예산 투입계획 (백만원)	정부	583	4,567	2,857	2,811	10,818
	민간	79	247	249	270	845
	소계	662	4,814	3,106	3,081	11,663

□ 구성 기술 및 연구목표

<표 62> 구성기술 1의 세부 기술 및 연구 목표

세부 기술	연구 목표
(1-1) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증방안 개발	- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템을 활용한 국내 조류충돌 예방·관리체계 운용개념, 운영 가이던스 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 정의 및 성능기준(데이터/기능/성능/환경/운용성 요구도) 등 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 성능기준 충족 여부를 확인 국내 조류충돌 예방·관리 체계 운용개념 및 가이던스할 수 있는 검증방안 개발 - 조류충돌 예방 관련 국제민간항공기구(ICAO) WP(Working Paper) 대응 국제협력 - 관련 법·제도 등의 제·개정(안) 개발 및 지원
(1-2) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 실증 및 운용성검증	- 실증 대상 공항 분석, 실증 환경 구축 및 단계별 실증 시나리오, 실증 절차·방법 개발 - 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능 시험·검증 및 현장 운용 시험(Operation Test) - 조류 분산 장비·기술(음향·레이저·기타 방안 등)별 효과를 정량·정성적으로 평가하기 위한 평가지표, 측정방법 개발 및 평가

□ 연구활동 별 산출물, 목표성능, TRL

<표 63> 구성기술 1의 연구 활동별 산출물, 목표성능, TRL

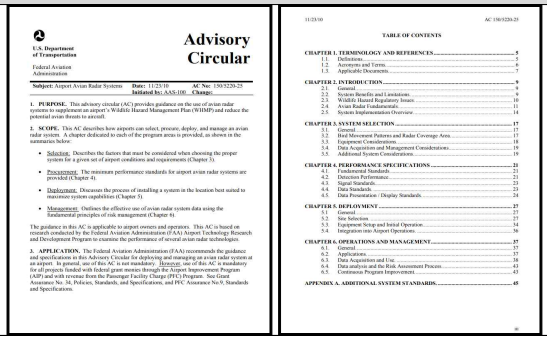
핵심성과물	주요 연구활동	산출물	TRL
구성기술(1-1) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증 방안 개발			
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념 및 가이던스	· 시스템 운용개념 정의 · 시스템 운영 가이던스 개발(탐지-분석-경보-운항 결정 과정의 이해관계자간의 역할 등)	· 시스템 운용개념서 · 시스템 운영 가이던스	7
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 요구도 정의 및 검증방안	· 시스템 성능기준(데이터/기능/성능/환경/운용성 요구도) 정의 · 시스템 검증방안 연구 · SE 적용 절차 정의 · 시스템 개발 기술검토	· 시스템 요구도 정의서 · 시스템 검증방안 보고서 · SE 적용 기술문서	8
조류충돌 위험 탐지 · 예방 국내외 표준화	· 조류충돌 예방 체계 표준화 및 법규정 제·개정안 도출 · ICAO WP 대응 연구	· 조류충돌 예방 체계 법규정 제·개정안 · ICAO WP 대응 기술문서	8
구성기술(1-2) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 실증 및 운용성 검증			
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 실증 계획, 방법 및 절차 수립	· 실증 및 운용성 검증 범위 설정 · TEMP 개발 · 단계별 실증 시나리오 및 절차 수립	· TEMP 최종 · 운용성 검증 절차서	7
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 실증 및 운용성 검증	· 단계별 실증 및 운용성 검증 수행	· 현장 실증 데이터 · 실증 결과	7
조류 위험 대응 장비 · 기술 평가방법 개발	· 조류 위험 대응 장비 평가기준 및 방법 개발 · 조류 위험 대응 장비 평가 수행	· 조류 위험 대응 장비 평가절차서 · 조류 위험 대응 장비 평가 결과	7

4.1.1. (구성기술 1-1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증 방안 개발

○ **(조류충돌 예방 체계 표준화 수립)** 본 사업의 개발시스템에 대한 검증 기술을 바탕으로 조류 관리 체계 표준화(안) 도출을 위해 국내 관련 규정 및 선행 기술 분석, 해외기관(FAA, ICAO) 관련 규격 분석, 탐지레이더 관련 국제 규격 등을 조사 및 분석, 한국 공항에 적용하기 위한 조류관리 체계 표준화(안) 개발

- 공항 조류 관리 시스템 규격: FAA AC 150/5220-25 분석
- 조류탐지시스템의 주요 성능 지표는 Standard Object Detection, Multiple Objects , Object Resolution, Surveillance Area, Location Accuracy, Detection Quality, Inspection Frequency, Detection Response Time, Weather 등이 있음

FAA AC 150/5220-25 규격	조류탐지시스템 개념도



U.S. Department of Transportation
Federal Aviation Administration

Advisory Circular

Subject: Airport Avian Radar Systems **Date:** 11/23/10 **AC No:** 150/5220-25
Initiated by: AAS-100 **Change:**

1. PURPOSE. This advisory circular (AC) provides guidance on the use of avian radar systems to supplement an airport's Wildlife Hazard Management Plan (WHMP) and reduce the potential avian threats to aircraft.

2. SCOPE. This AC describes how airports can select, procure, deploy, and manage an avian radar system. A chapter dedicated to each of the program areas is provided, as shown in the summaries below:

- Selection: Describes the factors that must be considered when choosing the proper system for a given set of airport conditions and requirements (Chapter 3).
- Procurement: The minimum performance standards for airport avian radar systems are provided (Chapter 4).
- Deployment: Discusses the process of installing a system in the location best suited to maximum system capabilities (Chapter 5).
- Management: Outlines the effective use of avian radar system data using the fundamental principles of risk management (Chapter 6).

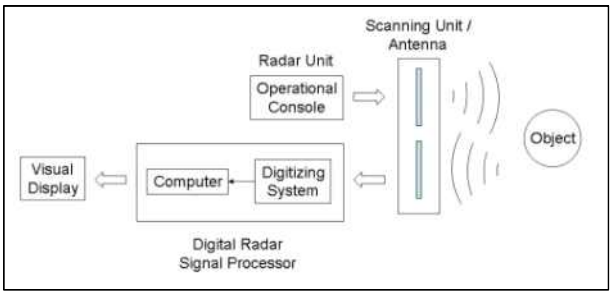
The guidance in this AC is applicable to airport owners and operators. This AC is based on research conducted by the Federal Aviation Administration (FAA) Airport Technology Research and Development Program to examine the performance of several avian radar technologies.

3. APPLICATION. The Federal Aviation Administration (FAA) recommends the guidance and specifications in this Advisory Circular for deploying and managing an avian radar system at an airport. In general, use of this AC is not mandatory. However, use of this AC is mandatory for all projects funded with federal grant monies through the Airport Improvement Program (AIP) and with revenue from the Passenger Facility Charge (PFC) Program. See Grant Assurance No. 34, Policies, Standards, and Specifications, and PFC Assurance No.9, Standards and Specifications.

11/23/10 AC 150/5220-25

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1. TERMINOLOGY AND REFERENCES 5
1.1. Definitions 5
1.2. Acronyms and Terms 8
1.3. Applicable Documents 9
CHAPTER 2. INTRODUCTION 9
2.1. General 9
2.2. System Benefits and Limitations 9
2.3. Wildlife Hazard Regulatory Issues 10
2.4. Avian Radar Fundamentals 11
2.5. System Implementation Overview 14
CHAPTER 3. SYSTEM SELECTION 17
3.1. General 17
3.2. Bird Movement Patterns and Radar Coverage Area 17
3.3. Equipment Considerations 18
3.4. Operations and Maintenance Management Considerations 19
3.5. Additional System Considerations 19
CHAPTER 4. PERFORMANCE SPECIFICATIONS 21
4.1. Fundamental Standards 21
4.2. Detection Performance 21
4.3. Signal Standards 22
4.4. Data Standards 23
4.5. Data Presentation / Display Standards 24
CHAPTER 5. DEPLOYMENT 27
5.1. General 27
5.2. Site Selection 27
5.3. Equipment Setup and Initial Operation 34
5.4. Integration into Airport Operations 34
CHAPTER 6. OPERATIONS AND MANAGEMENT 37
6.1. General 37
6.2. Applications 39
6.3. Data Acquisition and Use 42
6.4. Data analysis and the Risk Assessment Process 43
6.5. Continuous Program Improvement 43
APPENDIX A. ADDITIONAL SYSTEM STANDARDS 45



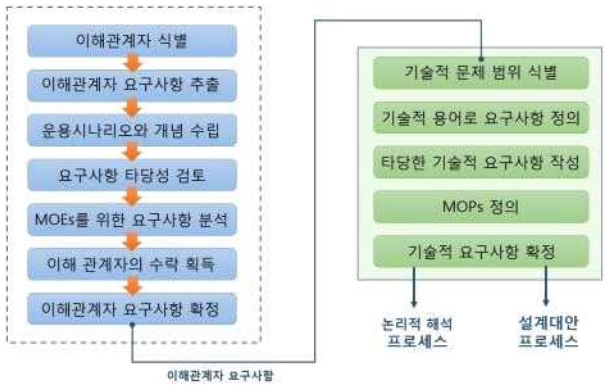
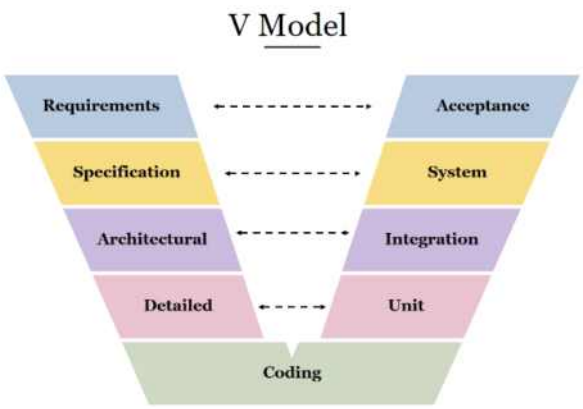
○ **(조류탐지시스템의 운용개념)** 공항 조류관리 핵심기술 관련 국내외 개발기관이 제시한 기술규격 사전조사와 FAA 규격 분석을 통한 한국형 조류탐지시스템의 운용개념(안)은 다음과 같음

<표 64> 조류탐지시스템 운영개념(안)

공항 조류 탐지 시스템 운영개념(안)
① 공항 사용환경에 따라 이동형과 고정형 모두 운영할 수 있어야 한다.
② 조류 탐지 및 식별에 최적화된 다중 센서들을 융합하여 하나의 시스템으로 운영할 수 있어야 한다.
③ 지정한 범위 및 고도에 따라 표준 조류 목표물의 움직임을 탐지하여야 한다.
④ 탐지 목표물을 좌표 시스템에 표시하고, 연속적인 탐지 데이터를 결합하여 추적 경로를 생성하여야 한다.
⑤ 공항 및 항공기의 통신, 내비게이션, 감시 시스템과 함께 작동하며, 간섭을 일으키지 않아야 한다.
⑥ 항공기 및 차량 이동 등 공항과 항공기의 정상적인 운영과 함께 작동하며 간섭을 일으키지 않아야 한다.
⑦ 장비의 보정 및 이벤트 분석(일일, 계절, 연간 활동 등)이 가능하도록 조류 데이터를 기록하여야 한다.
⑧ 유지보수 프로그램을 지원하며, 주기적인 보정 및 튜닝을 수행하여야 한다.
⑨ 주야간 관계없이, 악천 후 기상에서도 운영할 수 있어야 한다.

○ **(공항 조류관리 체계 SE 적용)** 공항 조류충돌 예방 체계의 핵심 기술을 구성하는 조류 탐지 레이더, 조류 영상 장비, 조류 탐지 정확도 향상 기술, 조류 분산·관리 대응기술 등을 통합 운영·관리할 수 있는 시스템으로 시스템 엔지니어링(SE)에 기반하여 체계적 개발 추진

- 시스템의 개발 초기단계부터 시스템 요구도 식별, 설계, 개발, 검증까지 효율적이고, 체계적으로 진행할 수 있도록 SE 기반 V 모델에 기초하여 개발 진행

요구사항 개발 과정	시스템 엔지니어링(SE)의 V 모델
	

○ **(시스템 개발 기술검토)** 시스템의 체계적인 개발을 위한 시스템 엔지니어링(SE) 수행을 위한 업무로 단계별 설정 수준에 맞는 완성도를 검토하기 위해 기술검토 회의 수행

<표 65> 시스템 기술검토회의

단계	검토사항
시스템 요구사항 검토 (SSR, System Requirement Review)	사용자 요구사항을 제품 개발을 위한 요구사항으로 적절히 반영 여부 검토
기본설계검토 (PDR, Preliminary Design Review)	개발 품목에 대한 기본설계의 완전성 검토
상세설계검토 (CDR, Critical Design Review)	개발 품목에 대한 상세설계의 완전성 검토
시험준비상태검토 (TRR, Test Readiness Review)	시험평가계획을 통해 시험준비상태가 제품 요구조건 충족여부를 검증·확인 가능한지 검토

○ **(시험·인증·검증기술 개발)** 조류충돌 예방체계의 시험평가 및 검증 기술 개발을 위해 우선 검증 요구사항 도출, 요구사항별 검증방안을 개발 및 적용을 수행

- 국토교통부 최소성능기준 이상의 통합 대응 탐지시스템에 대한 기능(function), 성능(performance), 환경(environment) 등에 대한 요구도를 체계적으로 설정하고, 각 요구도를 충족하는지를 확인할 수 있는 검증 방법을 단계적으로 개발

○ **(한국형 조류충돌 예방 체계 운영 법·체계 연구)** 한국형 조류충돌 예방 체계 표준화(안)

을 토대로 관련 이해관계자, 담당 부처, 피규제자 등의 의견 수렴을 진행 및 보완하고, 이를 법제화 하기 위한 관련 법 및 규정의 제·개정안 개발 및 제안

□ 연차별 연구개발 계획

<표 66> 구성기술 1-1의 연차별 연구 계획

구분		연구개발 계획
1단계	1차년	• 한국형 조류관리 체계 정의 • 조류충돌 위험도 관리 개념 수립 • 조류충돌 예방 체계 표준화 계획 수립 • SE 적용 절차 정의 • 운영 개념서 개발, 요구도 정의서 확정, SRR수행
	2차년	• 시스템 시험·검증 범위 확정 • 시스템 기능·환경· 성능 요구도 확정 • 기본설계검토회의 (SDR) 수행 • 상세설계검토회의 (CDR) 수행 • 연구수행 일정관리 • ICAO WP 대응 업무
2단계	3차년	• 시스템 기능·성능 시험방안 확정 • 조류충돌 예방 장비 시험·인증·검증 방안 개발 및 적용 • 기능·환경·시험 방안 개발 지원 • ICAO WP 대응 업무
	4차년	• 조류충돌 예방 장비 및 운영 기술기준 고시 지원 • 국내 조류충돌 예방 데이터 운영 기준개발 • ICAO WP 대응 업무

□ 과제카드

<표 67> 과제 카드(구성기술 1-1)

세부기술명	한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증 방안 개발
연구개발 목적	○ 국내 공항 및 항공운영 환경에 적합한 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 운용개념 정립 및 운영 가이던스를 개발하고, 시스템의 정의 및 요구도를를 객관적으로 평가할 수 있는 성능기준과 이의 충족 여부를 확인할 수 있는 검증방안을 마련하는 것을 목적으로 함
연구개발 목표	○ 우리나라 공항에 적용하기 위한 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 체계를 명확하게 정의하고, 조류 탐지 · 정보 생성 · 위험도 산출 · 대응 등 전 과정을 포함하는 표준화된 운용 시나리오와 성능지표를 정의하며, 실증 기반의 검증 방안을 통해 시스템 신뢰성 · 현장 적용성 및 제도 도입 가능성을 확보해야 함
연구개발 필요성	○ 공항의 조류충돌 예방은 탐지 · 식별 · 분산 · 관리 · 후속관리 등이 포함된 체계가 필요하나, 우리나라에는 조류 퇴치 업무에 관해서 한정적으로 정의되어 있어, 전체 조류관리 체계 구축에 미비한 부분이 존재함 ○ 우리나라에 상세히 정의되지 않은 공항의 조류충돌 예방 · 관리체계 체계에 대한 기술기준과 개발된 시스템을 활용한 한국형 조류충돌 예방 · 관리체계에 대한 검증 방안 연구 필요

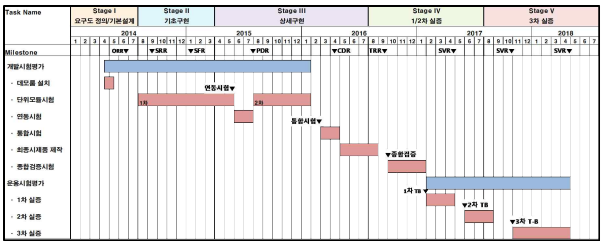
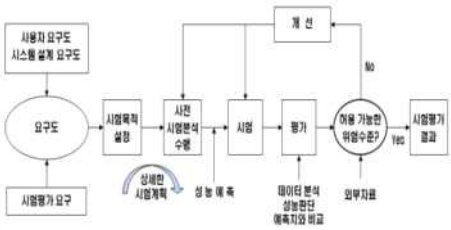
기술동향	○ 일부 해외(미국)의 경우 항공당국(美 FAA 등)에서 레이더를 이용한 조류탐지 시스템의 기능 및 성능 요구 조건을 정의한 기술 자료(Advice circular)를 공지함 ○ 기능·성능 요구조건을 개발하는 과정에서 대학과 기업이 참여한 연구를 통하여 정의된 규정에 대한 기술적 타당성의 검토를 수행하였으며, 기술적 근거를 통한 기준을 정의함
연구개발 내용	○ 조류충돌 예방 체계 정의 및 표준화 연구 - 조류충돌 예방 체계 운용개념 정립 - 조류충돌 예방 체계 성능기준 개발 - 조류충돌 예방 체계 표준화 및 법규정 제·개정안 도출 - ICAO WP 대응 연구 ○ SE 적용 절차 및 검증방안 개발 - SE 적용 절차 정의 - 시스템 검증방안 개발
연구 추진전략	○ 한국형 조류충돌 위험탐지·예방 체계는 탐지·식별·추적·분석·후속조치 등을 포함한 전반적인 업무를 체계로 정의하여, 통합적인 조류충돌 위험탐지·예방을 위한 기술로 개발 ○ 조류충돌 위험탐지·예방 체계 운영을 위해 필요한 법적·제도적 필요 요건을 총괄적 검토 ○ 개발 결과물의 적정성 보장을 위한 평가·검증·인증 체계를 전제한 연구 수행
연구 추진체계	○ 한국형 조류충돌 위험탐지·예방 체계가 기술적 타당성 확보를 위한 산·학·연간 협력 연구 수행 ○ 공항운영 요건 뿐만 아니라 산업적 고려사항을 반영한 표준화 연구 수행 ○ 개발된 한국형 조류충돌 위험탐지·예방 체계의 초기 검증을 위한 실증 지원 협력 연구 수행
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간: 4 총예산: 31억원
최종 성과물 (정성·정량적 성과)	○ 조류충돌 예방·관리체계 운용개념 및 운영 가이던스 ○ 시스템 요구도 정의서 및 검증방안 보고서 ○ 조류 관리 체계 표준화 및 관련 법규정 제·개정안 ○ SE 적용 관련 기술문서
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 공항의 안전한 운영을 위한 한국형 조류충돌 예방 체계의 기술적 표준 정의 - 현장 실증 및 검증을 통한 한국형 조류관리 시스템의 적정성 확보 - 기술 자료를 기반한 개발·검증을 위해 공학적 개발 과정 지원과 경험 확보 ○ 파급효과 - 한국형 조류관리 기술 표준화를 통하여 해외시장 진출 기반 정의 - 조류충돌 위험탐지·예방 체계의 검증 기술을 기반 국내 공항 운영 기술의 선진화 기틀 마련

4.1.2. (구성기술 1-2) 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 실증 및 운용성 검증

□ 주요 연구개발 내용

○ **(시험평가종합계획(TEMP) 수립)** 전체적인 연구 일정 내에 개발 일정을 고려하여 전체적인 시험평가 체계를 수립 및 계획

- 본 사업은 개발 검증뿐 아니라 현장 실증도 수행하므로 전체적인 시험 일정 및 조직, 시험 자원 등이 작성된 시험평가종합계획(TEMP) 수립
- 전반적인 시험평가체계를 수립하고, 각 시험 단계별 계획 및 절차 수립

시험평가 체계 및 일정 수립	일반적인 시험평가 프로세스
	

○ **(공항 조류 탐지·통합 대응 현장 실증)** 조류 탐지 정보 활용한 핵심 기술들의 연동 및 통합이 완료되면 공항 환경에서 조류충동 예방 및 관리 기술의 효과를 검증하고, 조류 탐지 및 관리 기술의 효과성 평가 및 개선점 도출을 위해 현장 실증 수행

- 한국형 공항조류관리 운용성 검증 및 실증 범위를 설정하고, 실증 환경에 대한 사전 검토를 통해 실증 장소 선정, 선정된 실증 공항의 기초 데이터 수집, 실증 계획 및 절차 등 수립
- 연차별 실증 다음과 같은 단계로 추진

<표 68> 단계별 실증 계획(안)

구분	추진 계획(안)
[1단계] 기반구축 ('26~'27년)	• 공항 조류충돌 예방 체계 운용성 검증 시제품 개발 • 실증 대상 공항 선정 • 단계별 실증계획 수립 • 단계별 실증 내용 확정 및 준비사항 식별
[2단계] 통합실증 ('28년)	• 다양한 기술을 통합하여 실제 공항 환경에서 조류충돌 예방 체계의 전반적인 성능을 실증하는 단계 • 실증 시나리오 및 절차 수립 완료 • 실증 수행(실증데이터 목표대비 50% 확보), 보고서 및 후속조치

구분	추진 계획(안)
[3단계] 고도화 ('29년)	• 2단계 실증단계에서 개선사항 식별하고, 시제품 보완 • 보완된 시제품 검증을 위한 실증 시나리오 및 절차 보완 • 실증 수행 (실증데이터 목표대비 100% 달성) • 실증 수행 결과보고서

○ **(공항의 조류 위험 대응 현황)** 공항별 조류 데이터 및 환경 요인 분석을 토대로 공항별 조류충돌 위험 저감 대응 방안 마련 필요

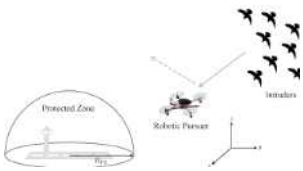
- 현재 공항에서는 유입된 조류에 대한 즉각적 위험 완화 대응을 위해 다양한 조류 분산·회피 유도 방식이 적용되고 있으나, 반복적 운용에 따른 대응 효과 저하 및 조류 적응 문제가 존재함

- 현재 제주 및 김포공항 사용 사례

폭음경보기(무지향)	음파퇴치기(지향성)	반사 테이프	모형매	조류 포획장비
제주공항 사례				김포공항 사례

○ **(조류 위험 대응·관리 기술)** 공항에 유입된 조류를 직접 분산·퇴치하는 기술이로 탐지된 조류의 특징 및 탐지 위치에 따라 적합한 조류 대응 프로세스 및 장비 사용 요구

- 반복 사용으로 인한 조류 학습효과가 적은 신기술이 지속적으로 개발되고 있으며, 해외 공항들은 로봇, 레이저, 드론 등 최신 기술을 활용한 조류분산 관리 장비를 현장 적용 또는 시험 중

조류퇴치 로봇	조류퇴치 레이저		AI 새몰이 드론
			
한국원자력연구원 사례	휴대용 장비	거치형 장비	KAIST, MIT 사례

□ 연차별 연구개발 계획

<표 69> 구성기술 1-2의 연차별 연구 계획

구분		연구개발 계획
1단계	1차년	• 한국형 공항 조류 관리 체계 운용성 검증 및 실증 상세 범위 연구 • 시스템의 체계적인 검증을 위한 TEMP 개발 • 조류 위험 대응 장비 및 운영 관련 대응 범위 정의
	2차년	• 실증 범위 · 시나리오 및 현장실증 사전 협의 • 시스템 기능 · 환경 · 성능 정의 지원 • 분산 · 추석 · 대응 체계 통합 구성(안) 도출 • 대응장비 평가지표 초안 도출
2단계	3차년	• 현장 실증 절차서 및 계획서 개발 지원 • 실증 및 운용시험 확정 · 적정성 확보 • 현장실증 이행 방안 검토 및 1차 실증 • 실증 절차 · 계획 수정 보완
	4차년	• 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 실증 운영 시나리오 확정/개발 • 공항연계 데이터 현장실증 운영 지원 • 조류 위험 대응 장비 · 기술 효과성 평가

□ 과제카드

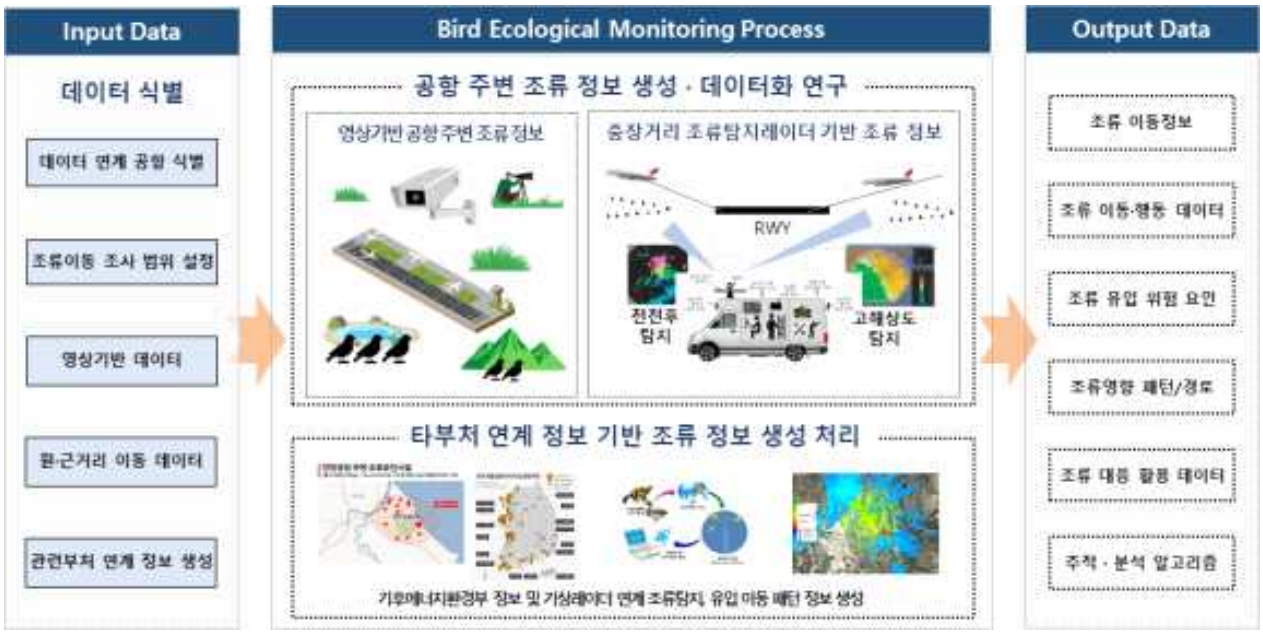
<표 70> 과제 카드(구성기술 1-2)

세부기술명	한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템의 실증 및 운용성 검증
연구개발 목적	○ 한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템을 실제 공항 운영 환경에서 실증하기 위해, 체계적인 실증 계획 · 방법 · 절차를 수립하고 이를 기반으로 시스템의 탐지 성능, 위험도 산출 신뢰성 및 현장 운용성을 종합적으로 검증하며, 조류 위험 대응 장비 및 관련 기술에 대한 객관적 · 정량적 평가방법을 개발
연구개발 목표	○ 실증 결과의 신뢰성을 확보하고 시스템 운용 과정에서 도출되는 기술적 · 운영상 개선사항을 체계적으로 도출함으로써, 시스템의 성능 고도화와 현장 적용성을 강화하고 향후 표준화 · 제도화를 위한 기초 자료를 마련하는 것을 목표
연구개발 필요성	○ 조류충돌 위험탐지 및 예방을 위한 체계의 기반이 되는 탐지 기술의 확보와 위험 조류로 판단되는 개체에 관한 대응 프로세스에 대한 현장 실증에 대한 연구 및 결과 필요 ○ 조류관리 기술개발 전 과정을 체계적으로 관리하여 실제 업무에 적합한 연구 결과물의 산출 필요
기술동향	○ 시스템의 개발은 활용 환경과 사용자 요구사항을 만족하기 위한 산출물의 확보가 필요하며, 개발 과정에 적용하는 방안으로 시스템엔지니어링 기법이 활용됨 ○ 복잡한 시스템의 개발은 개발 초기부터 결과물의 산출 · 검증까지의 전 과제에 대한 면밀한 관리를 적용함

연구개발 내용	○ 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 실증 계획, 방법 및 절차 수립 - 공항 환경 실증시험 계획 및 절차 수립 - 공항 환경 실증시험 수행 ○ 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 실증 및 운용성 검증 - 한국형 공항 조류 관리 체계 운용성 검증 및 실증 상세 범위 설정 - 현장 실증 시험 계획 및 절차 수립 - 현장 실증 시험 수행 ○ 조류 위험 대응 장비·기술 평가방법 개발 - 조류 위험 대응 장비 평가기준 및 방법 개발 - 조류 위험 대응 장비 평가 수행	
연구 추진전략	○ 국내 공항에 적합한 한국형 조류충돌 위험탐지·예방 체계의 개발 ○ 최신 기술 동향을 적용한 고도화된 기술의 구현 및 개발 ○ 연구개발 산출물의 적정성 확보를 위한 기법의 적용 ○ 개발된 기술의 통합 현장 실증을 수행하여 연구 결과의 적정성 확보	
연구 추진체계	○ 성공적인 통합 현장 실증을 수행하기 위한 산·학·연 협력 체계 활용 ○ 객관화된 산출물의 개발 과정 확인을 위한 산·연 협력 연구 ○ 주요 핵심 기술의 현업 적용을 위한 산·학 협력 연구	
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간	총예산(안)
	4	26억원
최종 성과물 (정성·정량적 성과)	○ 현장 실증 데이터 ○ 시스템 TEMP 및 운용성 검증 절차서 ○ 조류 위험 대응 장비 평가방안	
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 항공기 이착륙중 안전확보를 위한 기반 기술 마련 - 조류관리의 안전 체계 마련을 위한 시스템적 지원 체계 마련 ○ 파급효과 - 항공기 운항 안전 향상을 통한 국가 항공안전의 기반 마련 - 산·학·연 협력 체계 구축을 통한 고도화된 항공안전 체계 기반 마련	

4.2. (구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발

□ 개념도



□ 요약표

<표 71> 구성기술 2의 요약표

구성기술명: 공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	
개념	- 영상기반, 조류탐지시스템, 타부처 정보 등 연계 및 통합하여 공항 주변 조류 정보 및 조류 활동 데이터를 생성하고 처리하는 시스템 개발 기술
범위	- 영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발 - 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발 - 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발
핵심 성과물	- 공항주변 조류 정보(영상·레이더·연계) 생성 처리 알고리즘 - 이동형 조류탐지시스템 운용성 검증 시제품 2식

세부 기술			
세부기술명	목표 성능	TRL 단계	연구기간
(2-1) 영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발	- 영상 기반 조류 실시간 탐지 및 추적 - AI기반 조류 종식별 및 이동패턴 정보 생성 - 조류 이동 및 공항 유입 경로 데이터화	7	4
(2-2) 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보	- 국토부 조류탐지시스템 최소성능기준 이상의 알고리즘·SW 통합 - 레이더 기반 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식	7	4

생성 · 처리 기술 개발	별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 - 이동형 조류탐지시스템 시제품 개발(2식)		
(2-3) 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발	- 기후에너지환경부의 조류 조사 정보를 활용한 공항 인근 조류 정보 데이터 생성·처리 - 기상레이더 정보를 활용한 항공로 인근 조류 정보데이터 생성·처리	7	4

예산 및 인력 투입계획						
구분		1년차	2년차	3년차	4년차	합계
인력 투입계획(명)		35	88	107	116	346
예산 투입계획 (백만원)	정부	630	5,032	3,850	2,999	12,511
	민간	96	197	198	201	692
	소계	665	5,120	3,957	3,115	12,857

□ 세부 기술 및 연구목표

<표 72> 구성기술 2의 세부 기술 및 연구 목표

세부기술	연구 목표
(2-1) 영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발	- 민간공항 인근 영상정보(EO/IR, CCTV 등) 기반 실시간 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 생성·처리 기술 개발 - 인공지능(AI)을 활용한 조류 정보 생성 및 데이터 가공 기술 개발
(2-2) 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발	- 레이더에서 측정된 데이터를 가공/후처리하여 조류탐지레이더 최소성능기준 이상의 조류탐지·식별·추적 기술(SW) 개발 - 레이더 기반 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발 - 최소성능기준(표 참조) 이상의 이동형 조류탐지시스템 시제품 개발(2식)
(2-3) 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발	- 기후에너지환경부의 조류 조사 정보*를 활용한 공항 인근 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발 - 기상레이더 정보를 활용한 항공로 인근 조류 정보(조류 탐지, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발

□ 연구활동 별 산출물, 목표성능, TRL

<표 73> 구성기술 2의 연구활동별 산출물, 목표성능, TRL

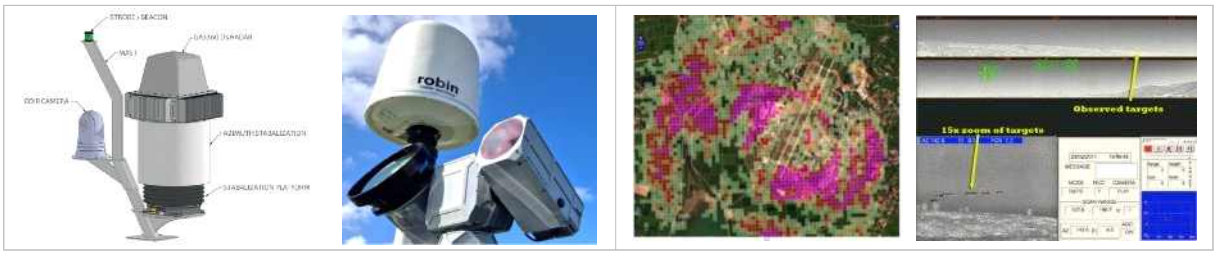
핵심성과물	주요 연구활동	산출물	TRL
구성기술(2-1) 영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발			
영상기반 실시간 조류 정보 생성 · 처리	· 영상 기반 조류 객체 탐지 · 추적 알고리즘 개발 · 조류 유입 · 이동 경로 분석 및 실시간 정보 생성 · 영상 데이터 기반 조류 정보 처리 및 표출 기능 구현	· 영상기반 조류 탐지 · 추적 알고리즘 · 실시간 조류 위치 · 이동 정보 데이터셋 · 조류 정보 표출 및 처리 모듈	7
인공지능(AI)을 활용한 조류 정보 생성 및 데이터 가공 기술	· AI 기반 조류 객체 인식 및 종 식별 모델 개발 · 조류 정보의 구조화 · 표준화를 위한 데이터 가공	· AI 기반 조류 종 식별 모델 · 조류 메타데이터 및 데이터 표준 정의서	7
구성기술(2-2) 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발			
조류탐지레이더 최소성능기준 이상의 조류탐지 · 식별 · 추적 기술(SW)	· 레이더 기반 조류 탐지 · 식별 · 추적 알고리즘 · 최소성능기준 이상의 SW 성능 고도화 · 이동형 조류탐지시스템 SW · HW 통합 및 구현	· 레이더 기반 조류 탐지 · 식별 · 추적 통합 SW · 이동형 운용성 검증 시제품 2식	7
레이더 기반 조류 정보데이터 생성 · 처리 기술	· 레이더기반 조류 위치 · 항적 · 이동 정보 생성 · 조류 정보 데이터 구조화 · 표준화	· 레이더 기반 조류 정보 생성 · 처리 모듈 · 데이터 구조 및 표준 정의서	7
구성기술(2-3) 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발			
기후에너지환경부의 조류 조사 정보 생성 · 처리 기술	· 기후에너지환경부 조류 조사 정보 수집 · 분석 · 공항 조류 출현 데이터 수집 및 분석 · 조류 종류 · 유입 · 이동 패턴 정보 생성 및 데이터 가공	· 조류 정보 데이터셋 · 조류 조사 정보 기반 데이터 처리 모듈 · 조류 정보 활용 · 연계 기술 문서	7
기상레이더 정보를 활용한 항공로 인근 조류 정보 생성 · 처리 기술	· 기상레이더 조류 데이터 확보 · 항공로 인근 조류 이동 및 비행경로 패턴 분석 · 원거리 데이터 구조화 · 표준화	· 항공로 인근 조류 정보 데이터셋 · 기상레이더 기반 조류 탐지 · 분석 모듈 · 데이터 처리/표준정의서	7

4.2.1. (구성기술 2-1) 영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발

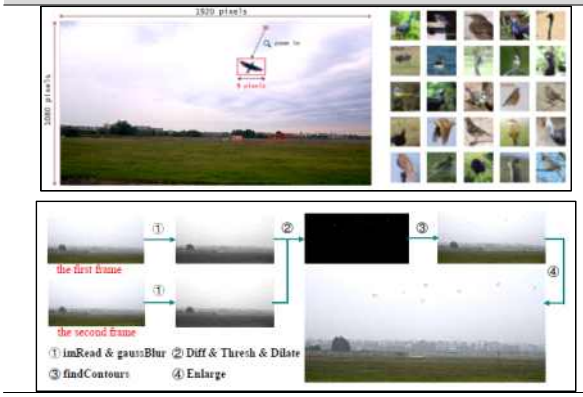
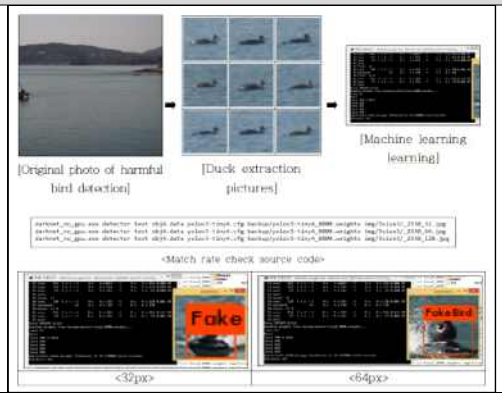
□ 주요 연구개발 내용

○ **(영상기반 조류 식별 및 추적 연계)** 민간공항 인근 조류활동 영상 데이터 확보 방안을 연구하고, 기 구축 시스템 연계 및 활용할 수 있는 기술 확보

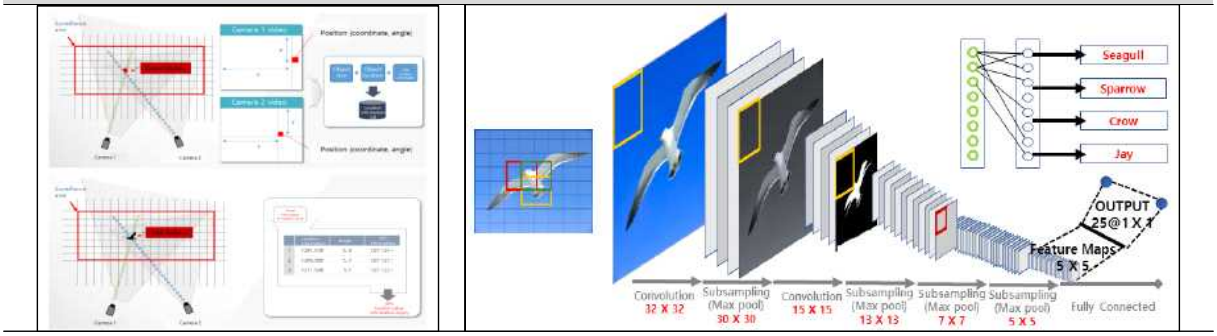
- EO/IR 통합한 장비



○ **(조류 이동정보 생성·처리·연계 알고리즘)** 이미지에서 이동하는 객체를 배경에서 분리하는 알고리즘, 카메라의 두 영상 간 위치 차이를 활용하여 조류 간 거리 측정, 시간에 따른 조류 군집의 이동 방향 및 속도를 추정하여 항공기 경로 침범 시간 예측, 수집한 조류 이미지에 다양한 알고리즘의 성능을 비교하여 높은 정확도 모델 개발 등의 연구 수행

조류 이미지 데이터	조류 이미지 머신러닝 학습구성도
	

조류 위치 측정, 영상 처리 알고리즘 활용 연계



□ 연차별 연구개발 계획

<표 74> 구성기술 2-1 연차별 연구 계획

구분		연구개발 계획
1단계	1차년	• 영상기반 조류 식별 및 추적 연계 방안 연구 • 공항주변 조류 영상 데이터 수집 및 분석 1차
	2차년	• 조류 영상 데이터 수집 및 분석 2차 • 영상기반 조류 이동 분석·처리 방안 연구 • AI활용 조류 종류 식별 알고리즘 검토
2단계	3차년	• 공항의 영상기반 데이터 연계 실증 방안 적용 • 조류 이동 및 비행경로 패턴 분석
	4차년	• 데이터 활용 조류 이동 패턴 알고리즘 고도화 연구 • 근거리 상시 데이터 생성 및 감시 방안 적용 연구

□ 과제카드

<표 75> 과제 카드(구성기술 2-1)

세부기술명	영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발
연구개발 목적	○ 민간공항 인근에 설치된 EO/IR 및 CCTV 영상정보를 활용하여, 공항 주변 조류의 활동을 실시간으로 탐지 · 분석할 수 있는 영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기술을 개발하는 것으로 기존 조류 관측 방식의 한계를 극복하고, 인공지능(AI)을 활용한 자동화된 조류 정보 생성 체계를 구축함하여 조류 탐지의 신뢰성과 효율성 향상
연구개발 목표	○ EO/IR 및 CCTV 영상 기반으로 공항 인근 조류를 실시간으로 탐지하고, 조류의 종류와 유입 · 이동 패턴을 자동으로 생성 · 처리할 수 있는 기술 구현 ○ AI 기반 조류 식별 · 분류 모델을 개발하여 탐지 정확도 향상 및 오류 최소 ○ 영상기반 데이터를 구조화된 조류 정보 데이터로 가공 · 표준화하여 다른 조류탐지 시스템 및 위험도 분석 시스템과 연계 가능한 데이터 형태로 제공
연구개발 필요성	○ 최근 항공 교통량 증가와 도시 확장으로 인해 공항 주변 조류 활동이 더욱 활발해지고 있으며, 항공기 운항의 안전성과 조류 충돌 위험을 예방하기 위해서는 체계적인 조류 모니터링과 이동 경로 분석이 필수적 ○ 기존의 육안 감시나 제한적인 조류 관련 장비로는 조류 이동 패턴을 정확히 파악하기 어렵기 때문에 공항별 조류 출현 데이터를 체계적으로 수집 · 분석하고 서식지 특성을 평가하는 연구 필요 ○ 조류 모니터링 및 주요 환경적 요인 데이터의 정기적인 축적 및 분석을 통해 공항별 핵심 관리 지역 도출 필요
기술동향	○ 첨단 센서 기술, 영상 기반 조류 식별, 위성 및 드론 활용 조사 기법 등이 발전하면서 기존의 육안 조사 방식보다 더욱 정밀하고 효율적인 데이터 수집이 가능함 ○ 최근 조류탐지레이더, GPS 등 위치를 직접 확인할 수 있는 방법을 활용하여 조류 생태학적 특징 및 주요 서식지 등을 파악하고, 이를 고려한 공항 조류위험 관리 활동이 추진되고 있음
연구개발 내용	○ 영상기반 실시간 조류 정보 생성 · 처리 - 영상 기반 조류 객체 탐지 · 추적 알고리즘 개발 - 조류 유입 · 이동 경로 분석 및 실시간 정보 생성 - 영상 데이터 기반 조류 정보 처리 및 표출 기능 구현

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">○ 인공지능(AI)을 활용한 조류 정보 생성 및 데이터 가공 기술
- AI 기반 조류 객체 인식 및 종 식별 모델 개발
- 조류 정보의 구조화·표준화를 위한 데이터 가공</td></tr>
<tr><td>연구 추진전략</td><td colspan="2">○ 공항의 영상 기반 데이터 수집 및 분석을 위한 요구사항 분석과 사전 조사를 통한 적합한 현장 조사방법론 및 분석방법론 수립
○ 공항에 대한 단계별 구분, 샘플링 전략, 효율적 조사계획 수립
○ 공항 조류관리 플랫폼에 적용하고자 조류 데이터 표준화 연구 수행</td></tr>
<tr><td>연구 추진체계</td><td colspan="2">○ 공항 원활한 조사가 협력될 수 있도록 공항 운영 담당자 및 조류 생태학 조사 등의 전문가들로 구성된 산·학·연 전문가 협력 수행
○ 공항 조류 객체 인식 및 종 식별 관련 신뢰성 있는 데이터 확보 및 분석
○ 조류 정보 검증을 위한 산·연 협력 실증</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발 기간 및 소요예산</td><td>총연구기간</td><td>총예산</td></tr>
<tr><td>4</td><td>35억원</td></tr>
<tr><td>최종 성과물
(정성·정량적 성과)</td><td colspan="2">○ 영상기반 조류 탐지·추적 알고리즘
○ 실시간 조류 위치·이동 정보 데이터셋
○ AI 기반 조류 종 식별 모델
○ 조류 메타 데이터 및 데이터 표준 정의서</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 활용방안 및 기대효과</td><td colspan="2">○ 기대효과
- 공항별 조류 특성을 고려한 개별 안전관리 대책 마련
- 조류 유입 위험시간대 예측을 통한 조류 충돌 예방 기여
- 조류 충돌 예방을 통한 공항 안전 향상 및 항공기 손상 비용 절감
○ 파급효과
- 영상기반 조류 식별의 정확도 향상으로 항공교통관리 안전성 강화
- 공항별 최적의 조류충돌 예방 체계 수립을 위한 핵심 정보 확보</td></tr>
</table>

4.2.2. (구성기술 2-2) 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발

□ 주요 연구개발 내용

○ **(레이더 기반 조류 정보 생성·처리·연계 알고리즘)** 탐지레이더 또는 타 레이더 정보를 통해 감지된 조류의 위치정보 및 수집된 이미지 및 데이터를 통해 조류의 존재 여부를 판단하고, 조류의 궤적 식별 정확도를 높일 수 있는 예측 모델 연구

- 지상 반사파·기상현상 등 노이즈 제거, 배경 분리, 시·공간적 필터링 등을 위한 기법 적용 필요

○ **(주요 성능목표 기준)** 국토부에서 제시한 조류탐지시스템 성능목표(안)

<표 76> 국내 개발 통합 대응 탐지시스템 성능(안)

구성 구분		적용 기준(안)
개요	목적	공항 주변 조류탐지
성능	한국형 표준조류 (KSAT : Korea Standard Avian Target)1)	레이더단면적(RCS) : -16 dBm2 질량 : 1.0 lb (0.45kg) 이하
	표준객체탐지	0.5 km ~ 2 km 및 고도 300m 이내 1 KSAT 탐지
		0.5 km ~ 6 km 및 고도 600m 이내 2 KSAT 탐지
	다중객체	최소 1,000 개 목표물 동시 식별(가능하면 추적) 가능
	객체 해상도 (object resolution)	2km 범위에서 50m 이하로 분리된 두 개의 한국형표준조류(KSAT) 구별 가능
	감시영역	항공기 접근·출발 구간을 포함한 수평 360도 영역 및 접근·출발 구간은 최소 13km 거리 감시 가능하며, ARP부터 9km거리-900m고도, 13km거리-1,000m고도 영역 감시 필요 감시가능 영역·공간에 대한 정보는 장비 제작사에서 별도 제시
	위치정확도	안테나로부터 0.5km ~ 5km 거리에서 추적물의 위치는 실제 위치에서 50m 이내로 정보 제공 (거리의 1% 위치정확도 적용)
	최대탐지거리 (instrument range)	13 km 이상 / 단, RCS·탐지율 등 성능 제시
	탐지정보 신뢰수준 (confidence level) 및 탐지율 정보	아래의 안테나 위치부터 거리별 탐지정보 신뢰수준에 대한 탐지율 정보 제공. 이때 오탐률은 1.0E-6 이하를 기준으로 함 - 2 km 이내에서 90% 신뢰수준 / 강우 없는 공항의 평평한 지역, 1KSAT - 2 km ~ 6.0 km 에서 75% 신뢰수준 / 강우 없는 공항의 평평한 지역, 1KSAT - 6.0 km ~ 13 km 에서 60% 신뢰수준 / 강우 없는 공항의 평평한 지역. 단, 이때 적용한 KSAT 값은 제작사 제시
	탐지주기	지속적 정보 업데이트 3초 이내 간격

구성 구분		적용 기준(안)
	최초 탐지 시간	대상구역 내 탐지 후 5초 이내 조류 정보 산출
	날씨	- 성능 조건은 맑은 날씨일 때 적용하며, 악천후(비 또는 눈) 조건에서 레이더의 성능 하락 수준 정보를 제공 - 비 및 눈이 끝난 후 시스템 정상화까지의 시간 정보 제공 - 레이더는 24시간 탐지(낮, 야간, 새벽/황혼)가 가능하며, 우리나라 계절별 예측되는 정보를 제공
데이터저장		- 최소 48시간 이상의 레이더 raw 데이터 저장 - 최소 30일 이상의 조류탐지 화면 시현(사진·영상) 및 조류탐지 데이터(문자) 기록 자체 저장 - 최소 180일 이상의 데이터를 별도로 저장하여 데이터 분석이 용이하도록 지원이 필요하며, 이때 최대 30일 이내의 시간에서 자동 전송·저장되는 기능이 포함되어야 함 - 각 데이터는 날짜, 시간 기준으로 보관되어, 데이터를 쉽게 검색할 수 있어야 함
데이터형식		주요데이터는 Track ID, UTC 날짜(yyyymmdd), UTC 시간(HH:MM:SS.S), 위·경도(WGS84), 고도(m 및 ft), 속도(m/s), 진행(heading)방향(1도 이내), 거리(m), 방위(진북), RCS(dBm2) 등이 저장되며, 필요시 추가 데이터 저장
신뢰성		기대 장비 수명 : 10년, MTBF : 최소 4,000 시간
환경		운영온도 : -32℃ ~ +52℃, 운영상대습도 : 5% ~ 90% EMI/EMC : KC 기준(안전인증) 적용 무선설비 : KC 기준(안전인증) 적용(해당시) LVD : KC 기준(안전인증) 적용 탐지부(안테나 등) 방수방진 : IP55 이상 안테나 최대운영풍속 : 40 m/s (독립/자주식 안테나 적용) 이동 진동/온도/습도 : 필요시 확인 및 제시 탐지부(안테나 외함 등) 염수분무 시험 : 필요시 확인 및 제시
기능	조류 식별	탐지 정보의 조류 여부 Cross Check
	타 목적물 삭제	타비행체 식별 정보 도식 및 삭제 가능
	조류 이동 궤적	조류 이동궤적 표기, 이동궤적 속도·방향 제공 및 측정 기능
	조류 규모 측정	동일 군집 규모 측정
	조류 위험정보 생성	조류 위험정보 생성
	위험경보	특정 위험시 음성/팝업 등을 통한 자동 경보 특정 위험 상황에 대한 시나리오 별도 설정
전파	사용주파수	S-band, X-band, Ku-band, 기타 운영 가능 주파수 대역 단, 타 주파수 영향 여부 등을 확인할 수 있도록 정보 제시
탐지율	거리별 탐지율 측정	RCS별 탐지 가능 거리 정보 제공
	거리별 탐지율 시뮬레이션	거리별 탐지 가능 여부 / 탐지율 정보 제공

* 한국형 조류탐지시스템 최소성능기준(안)은 연구 과정을 통하여 구체화 필요

○ **(이동형 조류충돌 예방 운용성 검증 시제품)** 한국형 공항 운영 및 조류 관리에 적합한 통합 장비 시제품은 국내외 개발 HW를 활용하여 국토부 조류탐지레이더 최소성능기준

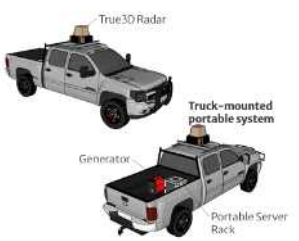
알고리즘·SW 통합하는 시스템

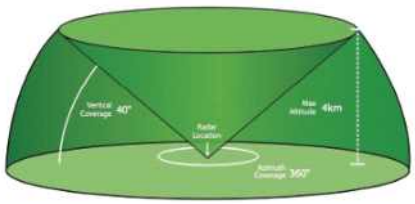
- 기 개발된 탐지관련 H/W를 바탕으로 조류충돌 예방 체계를 구축하고 이를 활용하여 조류탐지 및 위험도 분석 등에 활용 예정
- 기존 운영 방식인 탐지레이더 외에도 영상장비와 조합한 통합형 시스템을 통하여 공하 주변 13km 이상 탐지거리와 고정밀·고해상도의 영상 기반 탐지 정확도 향상 및 신뢰성 확보 요구됨
- X-band, S-band의 특징은 아래와 같이 검토함

<표 77> X-band, S-band의 주요 특징

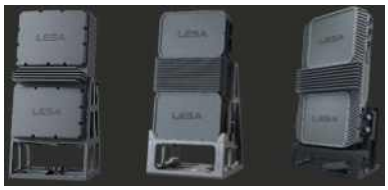
구분	X밴드	S밴드
파장/ 주파수	3cm / 9GHz	10cm /3GHz
스캐너 길이	짧다	길다
레이더 상의 선명도	좋다	조금 떨어진다
방위와 거리	정확하다	덜 정확하다
작은 물체	쉽게 탐지된다	탐지 어렵다
큰 물체	조기탐지 어렵다	조기탐지 가능
탐지거리	근거리	원거리
눈, 비, 안개, 스콜	탐지 어렵다	탐지 쉽다
해면 반사의 영향	심하다	덜 심하다
맹목 구간	넓다	좁다

- (Doppler pulse) 안테나 회전 또는 고정형 안테나, 주로 S-band / X-band 사용





- (AESA) Active Phase Array, 3D 전방향 탐지율 높음



○ **(정보 연계 알고리즘 최적화 및 운용성 검증을 위한 시제품)** 생성된 조류탐지 정보를 시스템 연계하기 위해 데이터 처리 연계 알고리즘 개발·고도화가 필요하며, 이를 활용한 정보 산출 체계의 운용성 검증을 위한 시제품을 도출

□ 연차별 연구개발 계획

<표 78> 구성기술2-2의 연차별 연구 계획

구분		연구개발 계획
1단계	1차년	• 탐지시스템 활용 조류 관리 체계 개념 연구 • 조류 탐지시스템 데이터 연계 방안 및 HW 확보 연구 • 조류 식별 알고리즘 개발 방안 도출
	2차년	• 조류탐지데이터 연계 시스템, 데이터, HW 초기 구성 • 조류정보 생성을 위한 이동형 운용성 검증 시제품 산출
2단계	3차년	• 운용성 검증 시제품 품질·기능시험 수행 • 데이터 연계·활용 알고리즘 구성 • 이동형 탐지 체계 2차 시제품 산출 • 현장실증 운영 지원
	4차년	• 운용성 검증 체계 성능시험 수행 • 현장운영 데이터 확보 및 실증 지원 • 데이터 연계 활용 알고리즘 고도화 • 실시간 대응 운영지원

□ 과제카드

<표 79> 과제 카드(구성기술 2-2)

세부기술명	이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발
연구개발 목적	○ 조류탐지 · 식별 · 추적을 위한 조류탐지시스템을 통한 조류충돌 예방 대응 및 관리를 위한 기술 적용을 확보하고 이를 현장에서 확인하기 위한 이동형 조류충돌 위험탐지 및 예방 체계 운용성 검증 시제품 개발
연구개발 목표	○ 탐지거리 13km 이상의 조류를 탐지 · 식별을 위한 레이더 장비 통합 센싱과 탐지 정확도 향상을 위한 알고리즘 및 SW 통합 시제품 2식 개발 ○ 조류탐지레이더로 탐지된 조류의 이동정보 생성 · 처리 · 연계 알고리즘 최적화 ○ 최소성능기준 이상의 SW 성능 고도화
연구개발 필요성	○ 조류탐지 레이더 및 기 구축된 타 시스템을 통해 확보되는 조류의 정보를 정확도 높은 조류 활동 데이터로 변환하기 위해 필요한 기술적 적용 방안의 연구 필요 ○ 확보된 기술 확인 · 검증은 공항 현장 운영을 통한 실증이 필요하며, 이 과정에서 고려되어야 하는 요소 및 실증시험 시 필요한 절차 · 계획 · 실무 수행 지원 필요
기술동향	○ 원거리 조류 탐지를 위해 레이더 기술이 활용되고 있으며, 탐지 필요 거리 · 조류의 크기 · 전파의 활용 요구사항 · 전파 환경 등을 고려하여 X-band, S-band, Ku band 등의 주파수 대역을 활용하고 있음

	○ 공항 운영에 영향이 있는 조류를 분산·퇴치하기 위해 총기, 폭음, 레이저 등의 대응 기술이 활용되고 있으며. 최근 로봇, 드론 등과 같은 기술을 활용하기 위한 시도가 수행되고 있으며, 개발된 일부 기술은 공항의 현장에서 운영 및 실증을 수행하고 있음
연구개발 내용	○ 조류탐지레이더 최소성능기준 이상의 조류탐지·식별·추적 기술(SW) - 레이더 기반 조류 탐지·식별 ·추적 알고리즘 - 최소성능기준 이상의 SW 성능 고도화 - 이동형 조류탐지시스템 SW·HW 통합 및 구현 ○ 레이더 기반 조류 정보데이터 생성·처리 기술 - 레이더기반 조류 위치·항적· 이동 정보 생성 - 조류 정보 데이터 구조화· 표준화
연구 추진전략	○ 한국 환경에 적합한 조류충돌 위험탐지 및 예방 체계 구축을 위한 기술 개발 ○ 기존 수행 또는 확보된 기술을 활용한 연구를 통한 효율적인 연구 수행
연구 추진체계	○ 기 개발된 레이더 등 탐지 기술 활용을 위한 산·연 협력 체계 활용 ○ 조류충돌 예방 대응·관리 프로세스의 적정성 보장을 위한 학·연 협력 연구 ○ 개발된 시제품 실증을 위한 산·학·연·관 협력 연구
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간: 4 총예산: 55억원
최종 성과물 (정성·정량적 성과)	○ 레이더 측정 데이터 활용 조류탐지·식별·추적 SW(1식) 및 사용자 매뉴얼 ○ 이동형 조류탐지시스템* 시제품(2식) 및 사용자 매뉴얼 ○ 조류탐지시스템 최소성능기준(안) 개정(안)
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 항공기 이착륙 중 안전 확보를 위한 조류충돌 위험탐지 및 예방 기술 확보 - 조류충돌 위험탐지 및 예방 체계의 공항 현장 운영 실증을 통한 적정성 입증 ○ 파급효과 - 개발된 한국형 조류충돌 위험탐지 및 예방 기술의 해외 진출 기반 마련 - 항공기 운항에 위험 요소로 적용되는 조류충돌 위험탐지·예방 체계의 기술 확보

4.2.3. (구성기술 2-3) 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발

○ **(조류 조사 내용 확보 방안)** 공항별 조류 정보 및 서식지 관리 현황 조사 등을 통해 공항 특성에 맞는 효율적인 조류위험 관리방안 수립 및 조류 충돌 예방 대책을 마련할 목적으로 공항별 조류 특성 데이터 확보 필요

- 확보 필요한 조류특성 데이터 예시 : 조류출현빈도, 무리의 크기(Population Size), 포획수량(연간), 조류의 중량, 활공높이(Fight Heght, m), 거주기간(Residence), 활동 시간, 조류의 비행 패턴, 주요 활동 구역 등 검토
- 기후에너지환경부에서 공항별 조류특성을 조사할 예정으로 본 사업에서는 해당 조사내용과 연계하여 공항 특성에 맞는 조류 데이터를 확보하고, 조류충돌 예방 대응 및 관리 반영 예정
- 확보 예정인 조류특성은 일반적으로 다음과 같은 조사방법론에 따라 조사가 수행되며, 환경부 데이터를 활용하느 방안은 26년 수행 예정인 기후에너지환경부 업무 결과와 본 연구 진행에 따라 연계가 필요함

<표 80> 일반적인 조류특성 조사방법론

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>조사방법 유형</td><td>격자조사법, 선조사법, 정점조사법 등 검토하여 병행 추진</td></tr>
<tr><td>조사 일시</td><td>특정지역에 대한 계절별/월별/시간대별 구분</td></tr>
<tr><td>분석방법</td><td>▸ 조사시기별 나온 결과의 합산은 지속적으로 서식하는 개체의 누적 합산을 방지하기 위해 최대개체수 산출
▸ 군집분석을 위해 다음 공식을 활용하여 우점도(DI), 종다양도(H'), 종균등도(E'), 종풍부도(Da) 등을 산출
<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th><th>산식</th></tr>
<tr><td>우점도
(Dominance Index, DI)</td><td>그 지역의 조류상 가운데 어떤 종이 어느 정도의 개체수 비율을 차지하고 있는지를 나타내는 정도</td><td>DI = ni/N X 100
(N: 관찰된 총 개체수, ni: I번째 종 개체수)</td></tr>
<tr><td>종다양도
(Species diversity, H’)</td><td>관찰된 종수의 종류와, 각 종류별 개체수를 통해 계산되는 비율</td><td>H' = −∑(Pi) × ln(Pi)(Pi = ni/N) (Pi: ni/N)</td></tr>
<tr><td>종균등도
(Evenness, E’)</td><td>개체분포 현황의 균일한 정도</td><td>E' = H'/ln(S)
(S: 관찰된 전체 종수)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

○ **(공항 내 조류 유입 시간대 분석 필요)** 공항별 조류특성 데이터 확보를 기반으로 항공기와 조류간의 충돌예방 경보체계를 구축하려면 각 공항별 조류 이동 특성, 특히 조류 유입시간대를 사전에 인지해야 하며, 이를 위해 공항별 계절별/월별/시간대별 유입시간대 분석 필요

- 선행 연구 결과를 살펴보면 김포공항에 대한 계절별 유입 조류 등을 분석한 내용은 있으나, 시간대별 조류 유입에 대한 정보는 제한적이므로 보다 정확한 사전예측을 위해서는 월별, 시간대별 세분화된 공항별 조류 유입 데이터 필요

<표 81> 공항 내부지역 계절별 조류 분석 사례

구분	분석 결과
봄철 (3~5월)	• 내부 지역 핫스팟은 북단 활주로와 건물이 모여 있는 지역을 중심 • 활주로 녹지대는 종다리의 지속적인 활동으로 위험 지역으로 분석되었고, 건물 밀집 지역은 참새 개체군의 영향으로 핫스팟으로 분석 • 종다리를 중심으로 집중적인 퇴치 활동이 요구
여름철 (6~8월)	• 내부 지역 핫스팟은 공항 남쪽의 건물이 밀집한 지역 • 이 지역은 텃새인 참새와 멧비둘기가 무리지어 서식하는 지역으로 참새는 이동성이 크지 않으며, 비행 안전에 큰 위협이 되지는 않을 것으로 판단
가을철 (9~11월)	• 내부 지역의 핫스팟은 공항 북쪽의 녹지대는 인근에 대규모 농경지와 굴포천 및 동부간선수로 등 수환경이 위치하고 있어 내/외부 환경의 연결성이 뛰어난 지역으로 분석 • 이 지역은 큰 기러기 무리가 활주로 북단 지역을 통과하여 취식지로 이동하는 모습이 확인되었으며, 가을철 이동하는 야생조류와 군집을 이루는 텃새로 인한 것으로 확인 • 가을철 북단 지역에 집중적인 퇴치 활동이 필요할 것으로 판단
겨울철 (12~2월)	• 내부 지역의 핫스팟은 공항 북쪽 지역과 남쪽 지역으로 활주로 양 끝 녹지대로 분석 • 이 지역은 겨울 철새인 오리기러기류의 유입과 종다리의 유입으로 인해 핫스팟으로 분석되었으며, 종다리의 경우 작은 소형 조류로 비행 안전에 큰 위협은 없는 것으로 확인 • 오리 기러기류의 경우 항공기 안전에 위험성이 높아 집중적인 조류퇴치 활동이 필요할 것으로 판단

- FAA AC 150/5220-25에 따르며, 공항 조류의 비행 패턴을 이주 조류(Migrating Birds), 통근 조류(Commuting Birds), 거주(인근) 조류(Resident Birds) 등으로 정의

<표 82> 조류의 비행 패턴 유형

구분	설명
이주 조류 (Migrating Birds)	• 계절에 따라 장거리 이동하는 조류 • 일반적으로 5,000ft 이하에서 발생, 10,000ft 초과 고도에서도 발견
통근 조류 (Commuting Birds)	• 공항 지역 내 5~20mile 범위에서 매일 이동하는 형태 • 휴식 및 놀이 공간에서 먹이 장소로 이동 • 고도는 지면에서 수천 피트로 다양하게 발견
거주(인근) 조류 (Resident Birds)	• 특정 지역에 머물며, 공항 근처에 둥지를 틀거나 쉼을 가짐 • 일반적으로 1,000ft 이하에서 비행하나, 상승하는 조류는 높은 고도도 도달 가능 • 해당 공항의 이착륙 항공기에 가장 높은 위협을 주는 형태

○ **(항공로 인근 조류 이동 데이터 확보 방안)** 항공로 인근 철새 및 조류 활동을 파악하기 위해서는 다양한 원거리 레이더 감시 정보가 필요하며, 연계가능한 정보를 통해 공항/항공로 주변의 조류 데이터를 정의하고, 조류 활동정보, 고도, 밀도 등의 정보를 정밀하게 산출할 수 있는 통합 분석체계 마련 필요

- 활용 가능한 원거리 레이더에는 기상 레이더, 항공 및 해상 감시 레이더 등이 있으며, 기상레이더는 조류 군집의 대규모 이동 패턴 감지에 효과적이며, 해상감시 레이더는 연안 및 갯벌 지역의 철새 대규모 이동 모니터링에 활용될 수 있음

<표 83> 구성기술 2-3의 연차별 연구 계획

구분		연구개발 계획
1단계	1차년	• 기후부 산출 공항 주변 조류 조사 데이터 사전검토 • 기상레이더 산출 데이터 분석 및 연계 방안 도출
	2차년	• 공항인근 조류 유입 시간대 및 서식지 특성 분석 연계 연구 • 항공로 인근 조류 이동 데이터 1차 산출 및 검토
2단계	3차년	• 공항 주변 조류 유입 이동 패턴 분석 및 현행화 • 항공로 인근 조류 유입 및 이동 패턴 산출 분석
	4차년	• 공항 주변 조류 이동 패턴 고도화 개발 • 항공로 인근 조류 유입 이동 패턴 고도화 개발

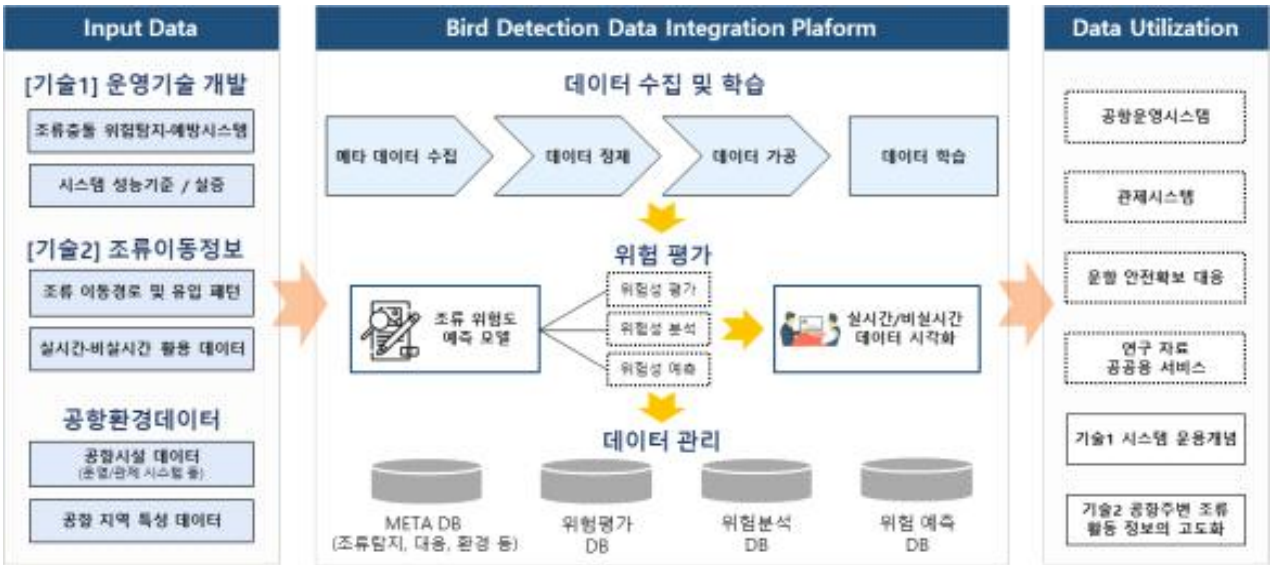
<표 84> 과제 카드(구성기술 2-3)

세부기술명	타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성 · 처리 기술 개발
연구개발 목적	○ 기후에너지환경부의 조류 조사 정보와 기상레이더 정보를 연계 · 활용하여 공항 및 항공로 인근 조류 정보를 생성 · 처리하는 기술을 개발하는 것으로 타부처가 보유한 데이터를 활용함으로써 현장 기반 탐지의 한계를 보완하고 조류 충돌 위험도 평가 · 예측 및 예방 체계 고도화를 위한 데이터 기반을 마련
연구개발 목표	○ 공항 주변 조류 정보 데이터를 체계적으로 수집 · 분석하고, 조류 서식 환경 및 서식지 특성을 평가한 결과를 기반으로 공항별 조류 충돌 위험을 최소화하고 사전 예방에 활용 가능한 공항 운영에 최적화된 대응 방안 개발 ○ 항공로 인근의 철새 · 조류 이동 및 생태적 특성 파악하는 등 원거리 상시 데이터 생성 및 감시 방안 마련
연구개발 필요성	○ 최근 항공 교통량 증가와 도시 확장으로 인해 공항 주변 조류 활동이 더욱 활발해지고 있으며, 항공기 운항의 안전성과 조류 충돌 위험을 예방하기 위해서는 체계적인 조류 모니터링과 이동 경로 분석이 필수적 ○ 조류특성 조사 정보의 연계를 통해 다출몰 조류 유형, 주요 출몰 지역 등을 고려한 공항별 위험관리 방안 마련 필요 ○ 기존의 육안 감시나 제한적인 조류 관련 장비로는 조류 이동 패턴을 정확히 파악하기 어렵기 때문에 공항별 조류 출현 데이터를 체계적으로 수집 · 분석하고 서식지 특성을 평가하는 연구 필요 ○ 조류 모니터링 및 주요 환경적 요인 데이터의 정기적인 축적 및 분석을 통해 공항별 핵심 관리 지역 도출 필요

	○ 또한, 축적된 정보를 데이터베이스화하여 공항별 위험 지도를 설계하여 시기별 집중 관리방안 전략을 수립에 활용
기술동향	○ 첨단 센서 기술, 영상 기반 조류 식별, 위성 및 드론 활용 조사 기법 등이 발전하면서 기존의 육안 조사 방식보다 더욱 정밀하고 효율적인 데이터 수집이 가능함 ○ 최근 조류탐지레이더, GPS 등 위치를 직접 확인할 수 있는 방법을 활용하여 조류 생태학적 특징 및 주요 서식지 등을 파악하고, 이를 고려한 공항 조류위험 관리 활동이 추진되고 있음 ○ 공항 조류 모니터링 관련 연구는 국내 공항운영기관에서 단기적으로 진행된 이력이 있으나, 지속적인 연구는 아니며, 공항보다는 도시, 농경지, 보호구역 등 다양한 환경에서 조류의 서식 및 이동 특성을 분석하는 연구는 진행
연구개발 내용	○ 기후에너지환경부의 조류 조사 정보 생성·처리 기술 기후에너지환경부 조류 조사 정보 수집·분석 - 공항 조류 출현 데이터 수집 및 분석 - 조류 종류·유입·이동 패턴 정보 생성 및 데이터 가공 ○ 기상레이더 정보를 활용한 항공로 인근 조류 정보 생성·처리 기술 - 기상레이더 조류 데이터 확보 - 항공로 인근 조류 이동 및 비행경로 패턴 분석 - 원거리 데이터 구조화· 표준화
연구 추진전략	○ 공항별 조류특성 조사내용(기후에너지환경부) 연계, 조류 정보 데이터 수집 및 분석을 위한 요구사항 분석과 사전 조사를 통한 적합한 현장 조사방법론 및 분석방법론 수립 ○ 공항에 대한 단계별 구분, 샘플링 전략, 효율적 조사계획 수립 ○ 공항 조류관리 플랫폼에 적용하고자 조류 데이터 표준화 연구 수행 ○ 공항별 위험지도 설계 및 적용을 통한 조류 위험도 평가 기법 개발 지원
연구 추진체계	/ ○ 공항별 원활한 조사가 협력될 수 있도록 공항 운영 담당자 및 조류 전문가 등의 전문가들로 구성된 산·학·연 전문가 협력 수행 ○ 공항별 조류특성 조사내용 연계를 위한 기후에너지환경부와의 협력체계 구축 ○ 공항별 특징 및 서식지를 고려한 신뢰성 있는 데이터 확보 및 분석 ○ 공항별 위험지도 검증을 위한 산·연 협력 실증
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간: 4 총예산: 35억원
최종 성과물 (정성·정량적 성과)	○ 공항 주변 및 항공로 인근 조류 정보 데이터셋 ○ 조류 조사 정보 및 기상레이더 기반 조류 데이터 처리 모듈 ○ 조류 정보 활용·연계 기술 문서
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 공항별 조류 특성을 고려한 개별 안전관리 대책 마련 - 조류 유입 위험시간대 예측을 통한 조류 충돌 예방 기여 - 조류 충돌 예방을 통한 공항 안전 향상 및 항공기 손상 비용 절감 - 레이더관측데이터, GPS 등 과학적 기법을 적용한 조류 이동 데이터 수집 및 활용 ○ 파급효과 - 공항별 조류위험지도 활용을 통한 공항별 항공교통관리 안전성 강화 - 공항별 최적의 조류충돌 예방 체계 수립을 위한 핵심 정보 확보

4.3. (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발

□ 개념도



□ 요약표

<표 85> 구성기술 3 요약표

구성기술명: 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	
개념	다양한 조류 · 항공 관련 데이터를 통합 · 연계하여 조류 활동 특성을 종합적으로 분석하는 시스템으로 통합된 데이터를 기반으로 조류충돌 위험 발생 가능성을 정량적으로 평가 · 예측하고, 시간 · 공간별 위험도를 산출하여 실시간 또는 사전 대응을 지원
범위	- 데이터 기반 조류충돌 위험도 평가 · 예측 시스템 개발 - 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발 - 위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발
핵심 성과물	- 데이터 기반 조류 위험 정보 생성 · 연계 · 통합관리 플랫폼 시제품 및 사용자 매뉴얼 - 조류 충돌 위험 예측 정확도 평가 보고서 - 항공정보간행물(AIP) 조류 정보 제공 방안 보고서 - 실시간 조류충돌 위험경보 플랫폼 시제품(1식) 및 사용자 매뉴얼 - 조류충돌 대응 매뉴얼

세부 기술			
세부기술명	목표 성능	TRL 단계	연구기간
(3-1) 데이터 기반 조류충돌 통합 위험도 평가 · 예측 시스템 개발	- 조류 위험 정보 생성·연계·통합관리 플랫폼 - 조류충돌 위험도 평가·예측 기술 - 전국 단위의 조류충돌 위험도 모니터링 평가	7	4

(3-2) 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발	- 조류탐지·항공정보 실시간 연계 - 실시간 조류충돌 위험도 산출·경보 생성 - 위험도 가시화 및 표출 기능 구현	7	4
(3-3) 위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발	- 위험도 수준·이해관계자별 대응 방안 마련	7	4

예산 및 인력 투입계획						
구분		1년차	2년차	3년차	4년차	합계
인력 투입계획(명)		26	75	83	93	101
예산 투입계획 (백만원)	정부	515	2,735	2,847	2,338	8,435
	민간	75	179	191	432	877
	소계	590	2,914	3,038	2,770	9,312

□ 세부 기술 및 연구목표

<표 86> 구성기술 3의 세부 기술 및 연구목표

세부기술	연구 목표
(3-1) 데이터 기반 조류충돌 통합 위험도 평가 · 예측 시스템 개발	- 데이터 기반 조류 위험도 평가 · 예측을 위한 조류 위험 정보 생성 · 연계 · 통합관리 플랫폼 개발 - 데이터에 기반한 조류충돌 위험도 평가 · 예측 기술, 위험도 가시화 방안 개발 - 위험도 예측 정확도 평가(위험도 예측 결과에 대해 사후 평가 · 검증) - 항공정보간행물(AIP)에 데이터 기반 조류 정보(유입 · 이동 패턴 등) 제공 방안 개발 - 데이터 기반 전국 단위의 조류충돌 위험도 모니터링 평가 기술 개발
(3-2) 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발	- 조류탐지(레이더, 영상) 데이터와 항공정보 데이터(항적 등) 실시간 연계 및 표출 - 실시간 조류충돌 위험경보 생성* 기술 개발 - 조류충돌 위험도 실시간 산출, 위험도 가시화 방안 개발
(3-3) 위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발	- 조류충돌 위험도 수준별 · 이해관계기관별 대응 방안 수립 - 대응 방안 실증 및 적정성 검증

□ 연구활동 별 산출물, 목표성능, TRL

<표 87> 구성기술 3의 연구활동별 산출물, 목표 성능, TRL

핵심성과물	주요 연구활동	산출물	TRL
구성기술(3-1) 데이터 기반 조류충돌 통합 위험도 평가·예측 시스템 개발			
조류 위험 정보 생성·연계·통합관리 플랫폼	· 조류·항공 데이터 수집·연계·통합 관리 기능 구현 · 조류 위험정보 생성 및 데이터 표준화	· 통합관리 플랫폼 · 조류 위험 정보 데이터셋 · 플랫폼 설계·운용 문서	7
조류충돌 위험도 평가·예측 기술	· 데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 모델 개발 · 위험도 산출 로직 및 가시화 기법 적용	· 조류충돌 위험도평가·예측 알고리즘 · 위험도 산출·가시화 모듈	7
전국 단위의 조류충돌 위험도 모니터링 평가	· 조류 위험도 데이터 연계 · 전국 단위 위험도 분석·모니터링 기법 개발 · 위험도 변화 추세 분석 및 평가	· 조류충돌 위험도 모니터링 시스템 · 위험도 분석 결과(공항별) · 모니터링 평가 보고서	7
구성기술(3-2) 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발			
조류탐지·항공정보 실시간 연계	· 조류탐지(레이더·영상) 데이터와 항공기 항적 정보 실시간 연계 · 데이터간 시간·공간 정합 처리	· 실시간 데이터 연계·융합 모듈 · 데이터 연계·정합 처리 기술 문서	7
실시간 조류충돌 위험도 산출·경보 생성	· 실시간 조류충돌 위험도 산출 알고리즘 개발 · 위험도 경보 생성 로직 구현	· 실시간 위험도 산출·경보 SW · 위험경보 생성 성능 검증 결과	7
위험도 가시화 및 표출 기능 구현	· 위험도 수준별 시각화·표출 화면 설계 · 사용자 인터페이스 구현	· 위험도 가시화·표출 화면(UI) · 시스템 표출 기능 설계·운용 문서	7
구성기술(3-3) 위험도 평가예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발			
위험도 수준·이해관계자별 대응 방안 마련	· 위험도 수준별 대응 시나리오 및 절차 정의 · 이해관계자별(공항운영자·관제사·조종사 등) 대응 역할·조치 도출	· 위험도 수준·이해관계자별 대응 방안 · 대응 절차 및 운영 지침서	7

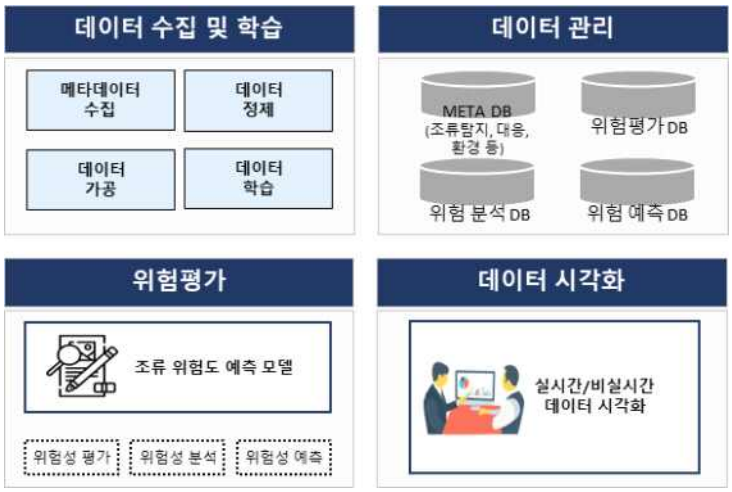
4.3.1. (구성기술 3-1) 데이터 기반 조류충돌 통합 위험도 평가·예측 시스템 개발

□ 주요 연구개발 내용

○ **(조류관리 데이터 통합 관리 및 연계 플랫폼)** 조류와 관련된 다양한 데이터를 수집, 저장, 분석 및 공유할 수 있도록 설계된 중앙 통합 시스템으로 이 플랫폼을 통해 조류 탐지, 위험 평가 및 관리 기능을 수행하고 인공지능(AI) 및 데이터 분석 기술을 활용하여 실시간/비실시간으로 조류 충돌 위험을 예측하고 대응할 수 있도록 지원

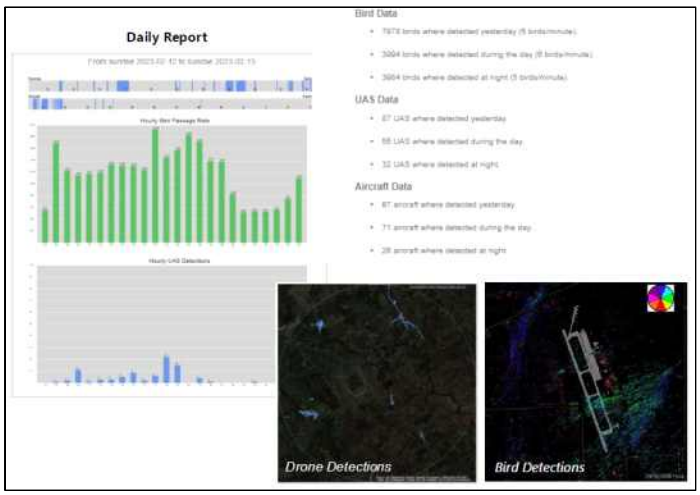
- 이 플랫폼에서 수집한 데이터와 위험평가를 통해 조류 위험 분석, 예측한 데이터를 공항, 환경 기관, 연구소 등 여러 기관과 연계하여 데이터 제공 및 활용 지원

조류 데이터 통합 관리 플랫폼 개념도



○ **(조류 데이터 통합 관리)** 공항, 환경 연구기관, 조류 관측 센서 등에서 수집된 다양한 조류 관련 데이터를 하나의 통합 데이터베이스(DB)로 저장 및 관리하고 데이터 표준화를 통해 기관 간 연계 및 공유 가능하며, 과거 및 실시간 데이터를 축적하여 장기적인 분석 및 연구 활용 가능

- 조류탐지시스템의 데이터베이스 및 보고 관련 주요 기능
  - 모든 표적 데이터는 MERLIN SQL 데이터시스템에 지속 기록
  - 과거 데이터 분석을 지원하여 비행계획 수립을 위한 히스토리 컬트렌드 분석 제공
  - 미국 표준 BASH(Bird Aircraft Strike Hazard) 보고서 포함
  - 자동 및 맞춤형 보고 기능 제공(시간별, 일별, 월별, 계절별, 연간보고서생성가능)
  - 컴팩트한 데이터 시스템으로 2~3년 간의 모든 표적 데이터(조류, 드론, 항공기) 저장가능
  - 전체 재생(Playback) 기능 지원

데이터베이스 및 리포팅 시스템 예시


○ **(데이터 연계 및 공유 체계 구축)** API(Application Programming Interface) 및 클라우드 기반 서비스를 통해 다양한 시스템과 연계할 수 있고, 공항 운영 시스템, 조류 탐지 센서, 항공기 충돌 기록 데이터 등과의 자동 동기화 기능 제공하며, 다기관 협력을 위한 데이터 공유 및 접근 권한 관리 기능 포함

○ **(정보 연계 기술 개발)** 공항 조류 위험평가 시스템은 공항에서 필수적으로 활용하고 있는 관제 및 운영 관련 타 시스템 연계가 가능해야 함

- ADS-B, 조류 충돌 보고서, 기상 정보 등 타 시스템 데이터와 통합 연계 가능
- 공항 통합 정보시스템(Common Operating Picture)과 연동하여 데이터 출력 지원

공항 운영 및 운항 관련 타 시스템	

□ 연차별 연구개발 계획

<표 88> 구성기술 3-1 연차별 계획

연구년도		연구 내용
1단계	1차년도	• 공항 운영 데이터 연계 방안 연구 • 항공기 운항 영향 범위 식별 및 데이터 연계 방안 도출
	2차년도	• 조류충돌 위험도 평가·예측 기반 정의 • 외부 위험요소 연계 분석·가시화 연구 • 조류 활동 데이터 통합 방안 구현 연구
2단계	3차년도	• 실증 공항 운영·운항 위험도 예측 • 위험도 분석 사후 평가 방안 연구 • 분석데이터 활용 방안 적용 연구
	4차년도	• 조류관리 데이터 통합 관리 및 연계 체계 확보 • 조류관리·안전데이터 연계 운영 및 전국 모니터링 실증

□ 과제카드

<표 89> 과제 카드(구성기술 3-1)

세부기술명	데이터 기반 조류충돌 통합 위험도 평가 · 예측 시스템 개발
연구개발 목적	○ 다양한 조류 및 항공 안전 데이터를 통합 · 연계하여 조류충돌 위험을 체계적으로 관리할 수 있는 데이터 기반 통합 위험도 평가 · 예측 시스템을 구축하는 것으로 조류 탐지 정보, 조류 활동 데이터, 항공기 운항 정보 등을 종합 분석함으로 전국 단위에서 조류충돌 위험을 체계적으로 파악할 수 있는 기반 마련
연구개발 목표	○ 조류 위험 정보 생성 · 연계 · 통합관리 플랫폼을 구축하여 데이터 기반 조류충돌 위험도 평가 · 예측 체계를 구현하는 것으로 조류충돌 위험도를 정량적으로 산출하고 이를 가시화 구현 ○ 위험도 예측 결과에 대한 사후 평가 · 검증을 통해 예측 정확도를 확보하고, 조류 유입 · 이동 패턴 등 주요 조류 정보를 항공정보간행물(AIP)에 제공 기반을 마련하여 전국 단위 조류충돌 위험도 모니터링 기술을 개발하는 것이 목표
연구개발 필요성	○ 조류탐지 정보를 상세 분석에 활용하기 위한 데이터 활용 기반 개발을 수행하고, 이를 실제 적용한 세부 연구 수행 필요 ○ 조류관리 기술의 확산을 위한 API 연계, 인공지능(AI) 활용 등을 통한 데이터 관리 플랫폼 검증 및 데이터 활용 실증 연구 수행 필요
기술동향	○ 최근 고도화된 데이터의 수집과 활용을 위한 인공지능(AI) 활용 기술의 적용이 증가하고 있으며, 이를 통한 효과적인 데이터의 분석이 가능함 ○ 축척된 정보는 연구적인 활용을 위한 데이터베이스로 구축하여, 후속 연계를 위한 다양한 관점의 관리 방안을 적용함 ○ 데이터 연계 활용 과정에서 높은 수준의 보안적 요소가 필요한 경우 블록체인과 같은 인공지능의 활용 기술을 활용함

연구개발 내용	○ 조류 위험 정보 생성 · 연계 · 통합관리 플랫폼 - 조류 · 항공 데이터 수집 · 연계 · 통합 관리 기능 구현 - 조류 위험정보 생성 및 데이터 표준화 ○ 조류충돌 위험도 평가 · 예측 기술 - 데이터 기반 조류충돌 위험도 평가 · 예측 모델 개발 - 위험도 산출 로직 및 가시화 기법 적용 ○ 전국 단위의 조류충돌 위험도 모니터링 평가 - 조류 위험도 데이터 연계 - 전국 단위 위험도 분석 · 모니터링 기법 개발 - 위험도 변화 추세 분석 및 평가	
연구 추진전략	○ 국내에서 활용 및 접근이 가능한 공항 조류탐지 정보 데이터베이스 체계 마련 ○ 최신 기술 동향을 적용한 고도화된 기술의 구현 및 개발 ○ 연구 중 확보된 정보를 활용한 성과 확산 연구 체계 확보	
연구 추진체계	○ 공항 조류정보 데이터베이스 확보를 위한 산 · 연 협력 체계 활용 ○ 데이터 확보 및 활용 기술 개발을 위한 학 · 연 협력 연구 ○ 조류관리 데이터 통합관리 플랫폼 검증 및 데이터 실증을 위한 산 · 학 · 연 협력	
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간	총예산
	4	45억원
최종 성과물 (정성 · 정량적 성과)	○ 데이터 기반 조류 위험 정보 생성 · 연계 · 통합관리 플랫폼 시제품*(1식) 및 사용자 매뉴얼 ○ 조류 충돌 위험 예측 정확도 평가 보고서 ○ 항공정보간행물(AIP) 조류 정보 제공 방안 보고서	
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 공항 조류관리 정보의 데이터화 및 분석을 위한 기반 기술 확보 - 안전한 항공기 운항 지원을 위한 데이터 활용 정보 ○ 파급효과 - 산 · 학 · 연 협력 연구를 통한 한국형 공항조류 정보 활용 안전 증진 - 조류데이터 통합 관리 및 활용성 확보를 통한 항공안전 문제 예측 · 대응	

4.3.2. (구성기술 3-2) 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발

□ 주요 연구개발 내용

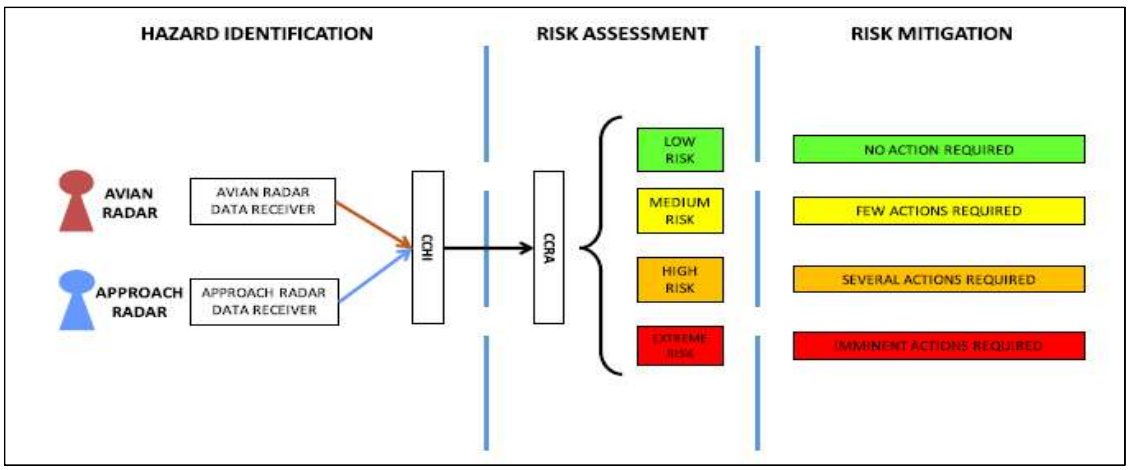
○ **(공항운영 및 운항위험도 평가 기술 개발)** 조류 활동이 공항 운영 및 항공기 운항에 미치는 영향을 평가하고 정량적인 위험도 평가 기술을 개발하는 것으로 조류 탐지 데이터, 기상 정보, 항공 운항 기록, 공항 환경 데이터 등을 연계하여 위험 요소를 분석하여 조류 충돌 위험 평가 방법론을 도출

- 기상 조건, 시간대, 환경 변화 등이 조류 활동에 미치는 영향을 고려한 위험 요소 및 항공기 이착륙 시간대와 조류 활동 패턴을 비교 분석하여 조류 충돌 위험이 높은 시간대 및 위험 지역을 도출하는 평가 기준을 설정하여 조류 충돌 가능성을 고려한 공항 운영 전략 수립 지원

○ **(항공기/조류 이동경로 예측을 통한 위험평가 방법론)** 항공기 비행경로와 조류 이동경로를 예측하여 조류와 항공기 간 충돌 가능성을 실시간으로 분석하는 모형 개발

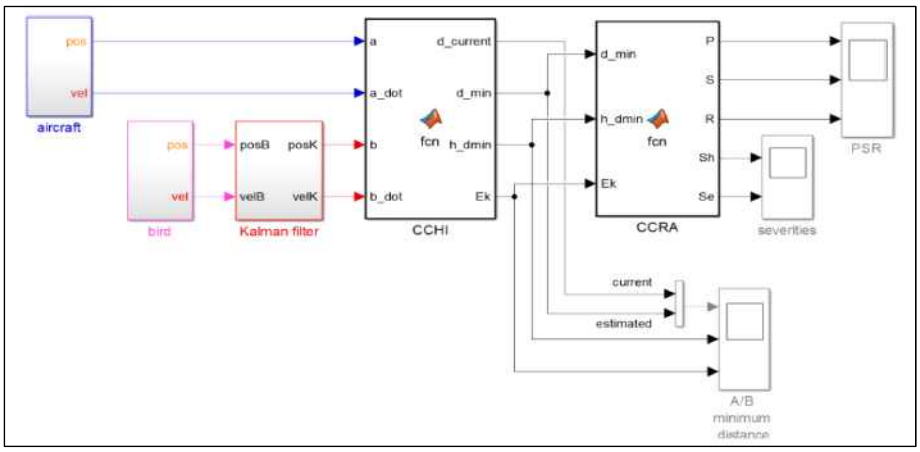
- 위험도 식별 단계(Continuously Computed Hazard Identification, CCHI)와 위험도 평가 단계(Continuously Computed Risk Assessment, CCRA)로 구성되며, 위험 식별 단계에서는 항공기 및 조류의 경로를 예측하며, 위험도 평가 단계에서는 충돌 확률과 충돌 심각도를 계산하여 최종적으로 충돌 위험도를 산출

실시간 조류 충돌 예측 모형 개념도



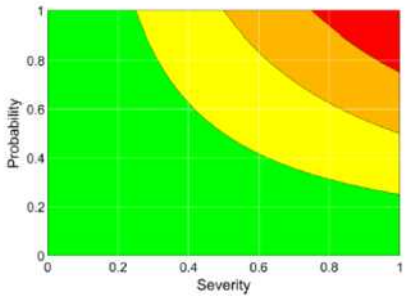
- (항공기 비행경로 예측) 항공기의 ①위치, ②속도, ③방향을 기반으로 비행 경로를 예측하며, ④항공기의 착륙절차(ILS 접근경로, 활주로 길이)를 고려
- (조류 이동경로 예측) 조류의 ①위치, ②속도를 칼만 필터(Kalman filter)를 활용하여 예측(불규칙한 조류 이동경로에 대해 칼만 필터를 적용하여 오차를 보정

항공기 비행경로 및 조류 이동경로 예측 방법론



- (항공기-조류 간 상대적 위치 분석) 항공기와 조류의 최소 접근 거리(d_min) 및 충돌 시 예상 고도(h_dimin)을 계산하며, 충돌이 발생할 경우의 운동 에너지(E_k)를 계산
- (충돌 확률 계산) 항공기와 조류의 최소 접근 거리(d_min)를 기반으로 충돌 확률을 산정하며, 실험 결과에 따라 최소 접근 거리가 400ft 이내일 경우 충돌 확률이 100%
- (충돌 심각도 계산) 항공기 고도(h_dmin)가 낮으면 낮을수록 사고가 치명적이며, 충돌 에너지(E_k)는 조류의 크기, 속도가 클수록 높아짐
- (충돌 위험도 계산) 충돌 확률과 충돌 심각도를 곱하여 최종적으로 위험도를 산출하며, 위험 수준은 아래 그림과 같이 4단계로 구분, 위험도 수준에 따라 안전조치도 상이

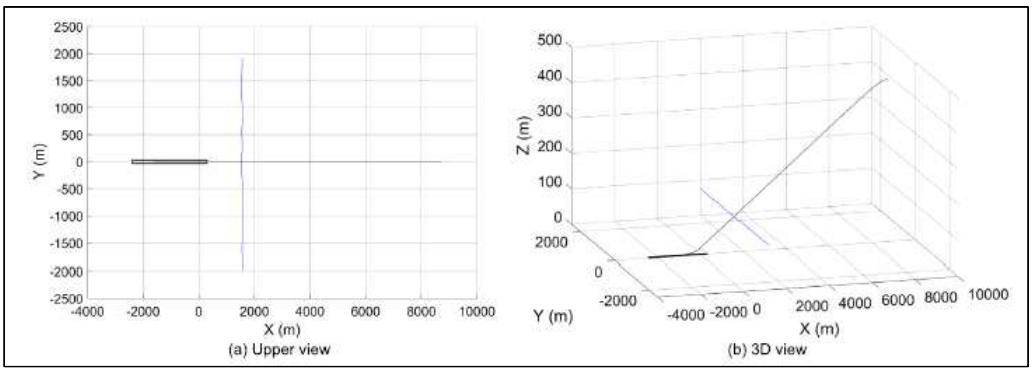
위험도 구분 기준



Risk levels and proposed mitigation actions.

RISK LEVEL	RISK MITIGATION	ACTIONS
A – Extreme	Immediate action required	Monitor birds and aircraft tracks, aircrew to be reported by air traffic controllers of possible bird strike and position of birds, emergency services to be alerted, aircraft on danger to perform low approach and climb above birds altitude, bird incident investigation to be conducted and conclusions published.
B – High	Short term improvement required	Monitoring on aircraft flying areas, imminent analysis of stored tracks, incident investigation to be conducted, all aircraft on the control area to be informed of bird activity, all aircrafts to full stop and pilots to be informed of situation.
C – Medium	Long term improvement desired	Monitoring on specific sensitive areas, tracks studied for short term analysis and use of short term mitigation measures like repellents, falconry, etc.
D – Low	Monitor	Monitoring, tracks stored for future analysis, long-term mitigation procedures, no immediate action required and data collection.

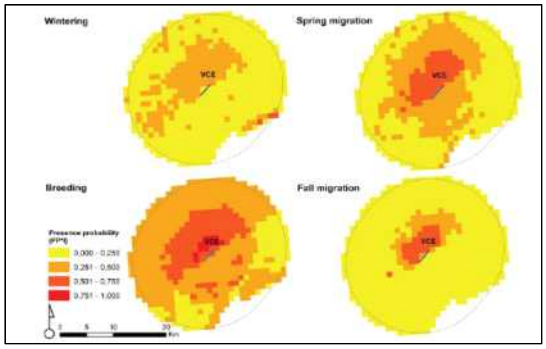
조류 이동경로, 항공기 비행경로 예측 및 충돌 위험도 계산 시뮬레이션 예시



○ **(위험도 지수(ARI)를 활용한 위험평가 방법론)** 이탈리아 마르코폴로 공항에 적용한 방법으로 조류충돌 위험도를 공항 주변 토지이용 유형을 고려하여 평가하였고, 일반적인 조류충돌 위험도 평가 모형은 조류 종별 위험도를 평가하는 반해 마르코폴로 공항에서는 공항 위치(격자)별 위험도를 평가하는 특징을 가짐

- 공항 반경 13km 이내 지역을 1km * 1km 격자로 나누고, 격자별 조류충돌 위험도를 평가하였으며, 위험도 평가 시에는 조류의 생태적 특성과 항공기 운항 정보를 이용하여 산출되는 조류 유인 위험도 지수(ARI, Attraction Risk Index)를 활용

공항 조류충돌 위험도 평가 지도	운항고도를 고려한 조류군별 영향 지표



Bird group	Species group	Buffer(km) and height(ft)		
		3km (0-500ft)	8km (501-1300ft)	13km (1301-2000ft)
1	Grebes and divers	1	1	1
2	Cormorant, pelicans, swans and geese	1	1	1
3	Herons, storks, flamingos	1	1	1
4	Ducks, pheasants, rallids	1	1	1
5	Birds of prey—large	1	1	1
6	Birds of prey—small	1	1	1
7	Seabirds—large	1	1	0
8	Seabirds—small	1	1	0
9	Waders	1	1	1
10	Doves	1	1	0
11	Owls	1	0	0
12	Swifts and swallows	1	1	1
13	Corvids	1	1	1
14	Non-flocking passerines and bats	1	1	1
15	Flocking passerines	1	1	1

- 조류유인 위험도 지수(ARI)는 아래 그림과 같은 식에 따라 계산
  - 서식지 예격자별 조류군이 나타난 확률은 일반화 회귀모형의 로지스틱 회귀모형 적용
  - 출현, 비출현 자료를 반응변수로 두고 격자 내 토지피복 유형들의 비율을 설명변수로 적용하여 회귀분석
  - 유의적인 설명변수(토지유형별 피복비율)를 이용하여 각 격자에서 k 조류군이 존재할 확률 추정

조류유인 위험도 지수 계산식

$$BC^k = \frac{\sum NB^k}{\sum NS^k}$$

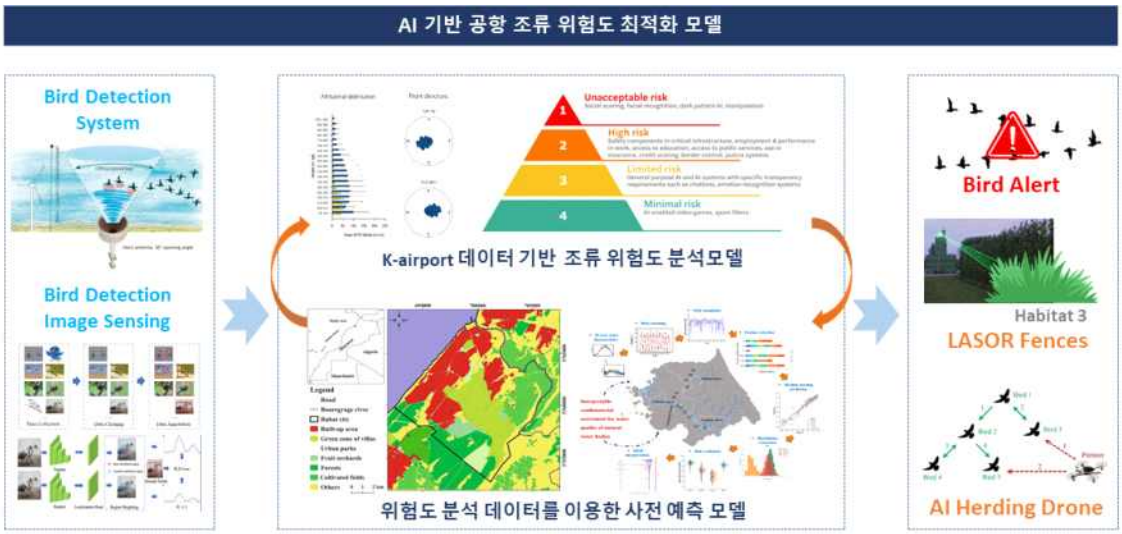
$$IP^k = BC^k \cdot AF \cdot \sum_{1}^{ncell} (PP(cell)_p^k \cdot I_{cell}^k)$$

$$ARI = \sum_{k=1}^{k=15} \left(\frac{IP^k \cdot W^k \cdot MFS^k \cdot EOF_{cell}^k}{mAF} \right)$$

- BCk : k 조류군이 공항내부에 출현하는 빈도
- NBk : 관찰된 k 조류군에 속하는 조류의 개체수
- NS : 조류관찰 횟수
- AF : 월별 항공기 운항 횟수
- $PP(cell)_{cell}^k$: 격자별 k 조류군이 나타날 확률
- I_{cell}^k : k조류군이 각 격자에서 영향을 미치는지를 나타내는 지표
- Wk : k 조류군에 속한 개체의 평균 무게
- $MFSk$: k 조류군의 무리 크기의 중앙값
- EOF_{cell}^k : k 조류군이 항공기와 충돌했을 때 발생하는 항공기의 손상 정도
- mAF : 연간 항공기 평균 운항 횟수

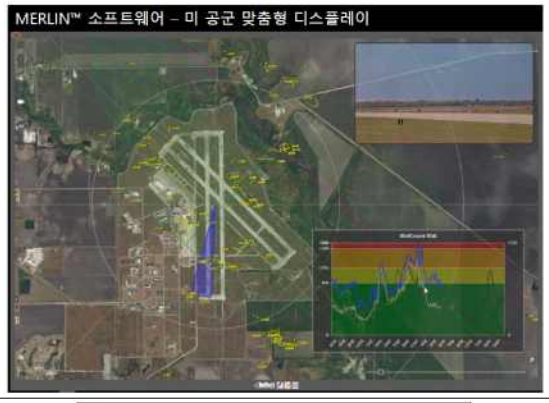
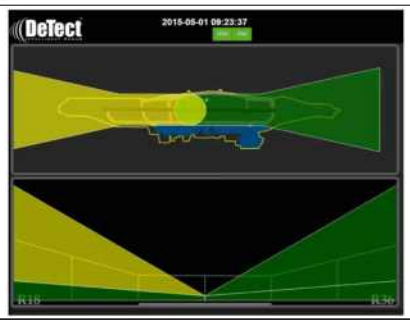
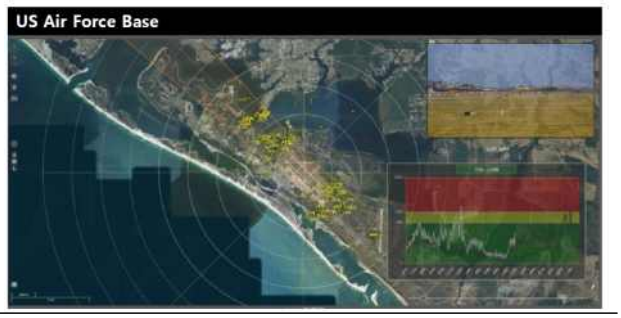
○ **(AI 기반 위험도 분석/예측 모델 개발)** 딥러닝 및 머신러닝 기반으로 기상 정보, 공항 환경 데이터 및 항공기 운항 데이터와 조류 탐지 데이터를 통합 분석하는 알고리즘을 개발하여 조류 충돌 위험도를 평가하는 AI 모델을 구축하고 위험도 산출 결과를 대시보드 및 경보 시스템을 통해 실시간/비실시간으로 시각화하는 시스템을 개발하고, 공항 운영 시스템(ATC), 항공사 운항 관리 시스템(FMS)과 연계될 수 있도록 API 및 데이터 인터페이스를 개발하여 실시간 위험도를 효과적으로 공유할수 있도록 시스템을 설계

- 개발된 시스템은 실제 공항 환경에 실시간 위험도 평가 AI모델을 적용하여 공항 운영 및 항공기 운항의 안전성을 향상시키는 AI 기반 조류 위험 관리 체계에 대한 검증 실시

조류 위험도 분석 및 예측 모델


○ **(실시간 데이터 시각화)** 위험도 산출 결과 데이터를 조류관리 데이터 통합 관리 및 연계 플랫폼은 실시간으로 시각화하여 공항 운영자 및 항공사가 즉각적인 대응이 가능하도록 지원하거나 저장된 데이터를 플랫폼 이용자에게 제공

- 조류 활동과 위험도를 표현하는 대시보드 제공
- 지도 기반 인터페이스를 활용한 조류 탐지 현황 및 이동 경로 가시화,
- 실시간 경보 시스템을 통해 조류 충돌 가능성이 높은 지역을 색상 및 그래픽으로 강조
- MERIN™ 소프트웨어는 실시간 조류 활동을 분석하여 조종사에게 신속한 위험 제공
  - 위험 수준 변화시 자동 음성 및 시각 경보 제공
  - 사용자 맞춤형 시스템으로 필요한 정보 수준을 자유롭게 조정 가능
  - 위치, 크기 질량, 개체 수를 기반으로 위험도를 분석하여 색상 코드로 표시

MERINTM SW 데이터 시각화 예시	
	
	

○ **(데이터 검증 및 보안 관리)** 데이터의 정확성과 신뢰성을 확보하기 위한 검증 및 정제 과정 적용

- 항공 및 환경 데이터와의 연계를 고려한 보안 관리 체계 구축
- 중요 정보에 대한 암호화 및 접근 제어 기능 제공

□ 연차별 연구개발 계획

<표 90> 구성기술 3-2 연차별 계획

연구년도		연구 내용
1단계	1차년도	• 항공기 운항 기반 실시간 위험도 산출 기술 개념 수립 • 조류, 항공정보 통합 방안 도출
	2차년도	• 항공정보·조류정보 통합 방안 연구 • 실시간 데이터 연계 조류 위험 정보연구
2단계	3차년도	• 데이터 연계 실시간 위험도 산출 연구 • 조류 위험정보 가시화 방안 연구
	4차년도	• 현장 실증 운영을 통한 실시간 모니터링 및 위험경보 적정성 확인 및 검토

□ 과제카드

<표 91> 과제 카드(구성기술 3-2)

세부기술명	실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발
연구개발 목적	○ 공항운영 및 항공기 운항에 영향을 미칠 수 있는 조류 활동의 식별·평가를 통해 안전 유지를 위한 요인을 상세히 식별하여 향후 안전 관련 기술 및 정책에 대응하기 위한 기반 연구개발 수행 ○ 항공기 운항에 영향을 미칠 수 있는 실시간 조류탐지 정보를 활용한 이·착륙 위험도 산출과 조류 분산·퇴치 업무를 수행하기 위한 정보 연계 연구개발 수행
연구개발 목표	○ 공항운영 및 운항위험도에 영향을 미칠 수 있는 조류 활동에 대한 다양한 위험요인을 통계적 데이터를 통하여 식별하고, 조류 활동에 의한 정량적 위험도를 산출하는 방법 설계·적용을 통하여 사후 분석할 수 있는 기술 개발 ○ 실시간 조류 탐지 정보를 관제사·조류탐지담당자·공항운영자 등이 확인할 수 있도록 하는 기반 체계를 개발하여 현업 업무 수행을 위한 기술 개발
연구개발 필요성	○ 조류탐지 정보를 상세 분석에 활용하기 위한 데이터 연계 기반 개발을 수행하고, 이를 실제 적용한 세부 연구 수행 필요 ○ 조류관리 기술의 확산을 위한 API 연계, 인공지능(AI) 활용 등을 통한 데이터 관리 플랫폼 검증 및 데이터 활용 실증 연구 수행 필요 ○ 관제사, 조류 업무 담당자, 공항운영자 등이 각 분야별 업무에 활용할 수 있는 실시간 조류 탐지 정보의 제공 체계 마련 필요 ○ 항공기 이·착륙 과정에 영향을 미칠 수 있는 5㎞ 이상의 비가시권 영역에 대한 조류 활동 정보의 제공과 조류의 3차원 위치 및 규모에 따른 위험도 정보 필요
기술동향	○ 항공분야의 위험도 평가는 국제민간항공기구(ICAO) 등에서 국제기준화한 선언적인 의미의 필요 요구를 정량적인 위험도로 산출하기 위한 연구 수행 ○ 공항 운영 및 항공기 운항 과정에서 사전 위험요인 식별 및 분석을 통한 위험 관리 등을 수행하는 안전정책에 따라 항공안전 증진을 위한 다양한 연구 수행 ○ 국내에서는 소형레이더를 활용한 드론탐지 정보를 생성하고 실시간으로 전달하는 체계는 개발 사례가 있으나, 조류의 실시간 정보와 이를 기반한 위험도 산출과 정보 연계 구성은 없음 ○ 해외(미국, 영국, 네덜란드 등)는 공항에서 실시간으로 조류 정보를 탐지하고, 이를 업무 담당자에게 전달하는 체계가 구성된 사례가 있으나 일부는 정보의 전달 한계로 인하여 지속적인 연구가 수행중임
연구개발 내용	○ 조류·항공정보 데이터(항적 등) 실시간 연계 및 표출 기술 연구 - 공항운영 및 운항위험도 평가 개념 수립 - 공항운영 및 조류 활동 영향 운항 위험도 평가 방법 도출 - 조류 이동 내역 및 항공기 운항정보 반영 충돌위험 요소 분석 - 공항운영 및 조류 활동 영향 운항 위험도 평가 요인 도출 - 공항운영 및 조류 활동 위험도 분석 방법 개발 ○ 위험경보 반응 시간 10초 이내의 실시간 조류충돌 위험도 산출 기술 연구 - 실시간 조류 위험도 분석·예측 모델 설계 및 개발 - 조류 탐지·항공 운항 데이터 수집 및 정제 - 실시간 데이터 연계를 위한 체계 설계 및 구현 개발 - 데이터 보안 및 접근 제어 기술 설계 ○ 실시간·비실시간 조류 위험도 정보 가시화 기술 연구 - 공항 관제 및 운영 시스템 연계 - 항공기 운항 및 조류활동 데이터 통합 사후 위험도 분석 기법 연구

	- 실시간 위험도 정보 시각화 인터페이스 개발 - 위험도 시각화 시스템 및 경보 기능 구현 · 검증
연구 추진전략	○ 국제적 요구 개념을 고려한 항공기 운항 요인 반영 위험평가 기법 확보 ○ 국내 항공기 운항 환경 및 공항에 적합한 위험평가 체계 마련 ○ 실시간 위험도 정보 산출 및 주요 핵심 기능 전달을 위한 협력적 연구 추진 ○ 국내 공항 관제 및 시스템 분석을 통한 보안 요소를 고려 연구개발 수행 ○ 핵심 사용자 의견을 반영한 위험도 분석 및 산출 체계 확보 ○ 연구중 확보된 기술 및 방법론을 활용한 성과 확산 연구 체계 확보
연구 추진체계	○ 위험평가 방법의 논리적 타당성 확보를 위한 산 · 연 연구 체계 구축 ○ 항공분야에서 적용한 위험분석 및 안전평가 방법론 검토를 위한 해외 협력 연구 ○ 국내 공항에 적합한 위험평가 방안 적용 · 산출 · 검토를 위한 산 · 학 · 연 및 해외 협력 연구 추진
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간: 4 총예산: 31억원
최종 성과물 (정성 · 정량적 성과)	○ 조류활동에 의한 공항운영 및 운항위험도 평가 방법론 ○ 한국형 조류관리 시스템에 적용하기 위한 표준 평가 방법론 ○ 국내 주요 공항에 예비 · 사전평가를 적용한 기술 자료 ○ 실시간 조류 위험도 예측 모델 ○ 실시간 위험도 시각화 시스템
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 한국형 조류관리 체계에 적용하기 위한 위험평가 기법의 확보 - 국내 공항운영 및 항공기 운항 영향 위험평가 방법의 객관화를 통한 고도화 ○ 파급효과 - 해외협력 연구를 통한 한국형 위험평가 기법의 고도화 - 공항운영 및 항공기운항 위험도 평가를 위한 핵힘 기술의 국제적 수준 확보 - 위험도 시각화 연구를 통한 타 항공안전 분야로의 기술적 보완 지원

4.3.3. (구성기술 3-3) 위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발

□ 주요 연구개발 내용

○ **(위험도 수준 정의 및 대응 체계 수립)** 조류충돌 위험도 평가·예측 결과와 실시간 위험도 산출 정보를 기반으로 공항 운영 전반에 적용 가능한 체계적인 조류충돌 대응 체계를 구축해야 함

- 이를 위해 조류충돌 위험도를 정량적으로 구분할 수 있는 위험도 단계(예: 정상-주의-경계-심각 등)를 정의하고, 각 단계별로 요구되는 대응 강도와 조치 범위를 설정

○ **(이해관계자별 대응 시나리오 및 절차 개발)** 공항운영자, 항공사, 조종사, 관제사 등 이해관계기관별 역할과 책임을 명확히 구분하고, 위험도 수준에 따른 대응 방안을 구체화

- 조류 탐지 정보 공유, 운항 절차 조정, 관제 지시, 현장 대응 활동 등을 포함한 대응 시나리오와 표준 대응 절차(Safety Matrix)를 수립하여 실제 운용 환경에 적용 가능한 대응 체계를 마련함

○ **(실시간 위험도 기반 대응 지원 체계 구축)** 실시간으로 변화하는 조류충돌 위험도에 따라 대응 방안이 신속하게 이루어지도록 실시간 위험도 기반 대응 지원 체계를 개발

○ **(대응 방안 실증 및 적정성 검증)** 수립된 대응 방안을 실제 공항 환경 또는 유사 운용 환경에 적용하여 실증을 수행하고, 대응 효과성·현장 적용성·운영 적정성을 종합적으로 검증하고, 실증 과정에서는 대응 절차의 현실성, 운영 부담, 제약 요소 등을 분석하여 개선 필요 사항을 도출함

실시간 위험도 평가에 따른 대응 방향

□ 연차별 연구개발 계획

<표 92> 구성기술 3-3 연차별 계획

연구년도		연구 내용
1단계	1차년도	• 공항 조류충돌 예방 업무를 위한 이해 관계 기관 정의 및 대응 방안 검토
	2차년도	• 기관별 업무 대응 방안 검토 • 사례 분석을 통한 이행 방안 도출
2단계	3차년도	• 조류충돌 위험도 산출 결과에 대한 기관별 대응 시나리오 도출
	4차년도	• 조류충돌 위험도 산출 결과에 대한 실증 지원 및 적절성 검토

□ 과제카드

<표 93> 과제 카드(구성기술 3-3)

세부기술명	위험도 평가예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발
연구개발 목적	○ 조류충돌 위험도 평가 결과와 실시간 정보를 토대로 공항 현장에 최적화된 체계적 대응 방안을 마련하는데 있으며, 위험도에 따른 대응 강도와 기관별 역할을 명확히 규정하여 대응의 일관성을 확보하고, 현장 실증을 통해 실효성 있는 운영 지침을 수립
연구개발 목표	○ 위험도 수준 및 이해관계자별 표준 대응 방안을 수립하고, 실시간 상황 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 시나리오와 절차 개발 ○ 이를 실제 공항 운영 환경에서 검증·보완하여 현장에 즉시 적용 가능한 표준 대응 모델을 구축하는 것이 목표
연구개발 필요성	○ 기존 인력 중심의 사후 대응 한계를 극복하기 위해 데이터 기반의 정량적 위험도 분석을 통한 선제적 예방 관리 체계로의 전환이 시급 ○ 위험 상황 발생 시 공항운영자, 관제기관 등 다주체 간의 혼선을 방지하고 일관된 대응을 수행할 수 있도록 역할과 책임을 명확히 규정한 표준 통합 대응 절차 수립이 필수 ○ 실제 공항 환경에서의 실증을 통해 현장 적용성과 효과성을 검증하여 실무에 즉시 적용 가능한 완성도 높은 표준 운영 모델 정립
기술동향	○ 공항 주변의 조류 활동 데이터와 항공기 운항 정보를 3차원 디지털 트윈 환경에 실시간으로 시각화하고, 이를 관제탑·운영자·조종사가 모바일 태블릿이나 EFB(전자비행정보) 등을 통해 동시에 공유하여 의사결정 속도를 높이는 통합 플랫폼 기술이 도입되는 추세 ○ 위험 조류가 탐지되면 시스템이 자동으로 위치를 계산하여 로봇 새(Robird), 드론, 지향성 음향 장비(LRAD) 등 대응 장비를 즉각 가동하거나 출동시키는 탐지와 대응이 자동 연계된 능동형 대응 시스템 개발이 활발히 진행 중
연구개발 내용	○ 위험도 수준·이해관계자별 대응 방안 마련 - 위험도 수준별 대응 시나리오 및 절차 정의 - 이해관계자별(공항운영자· 관제사·조종사 등) 대응 역할·조치 도출

	○ 대응 방안 실증 및 적정성 검증 - 조류충돌 위험도 산출 결과에 대한 기관별 대응 시나리오 도출 - 조류충돌 위험도 산출 결과에 대한 실증 지원 및 적절성 검토
연구 추진전략	○ 국내 공항 운영 환경 및 조류충돌 특성을 반영한 위험도 수준별 대응 체계 마련 ○ 공항운영자 · 관제사 · 조종사 등 이해관계자 역할을 고려한 협력적 대응 방안 수립 ○ 실시간 위험도 산출 결과를 활용한 대응 시나리오 연계 연구 추진 ○ 현장 적용성을 고려한 대응 절차 설계 및 운영 요소 분석 수행 ○ 실증 결과를 반영한 대응 방안 고도화 및 표준화 기반 확보
연구 추진체계	○ 시스템 운영기관 중심의 위험도 수준별 대응 시나리오 및 절차 설계 ○ 참여기관 협력을 통한 이해관계자별 대응 역할 · 조치 도출 ○ 실제 위험도 산출 결과를 적용한 현장 실증 및 운용 지원 ○ 실증 결과에 대한 공동 분석을 통한 대응 방안 적정성 검토 ○ 연구 결과 통합 · 정리를 통한 최종 대응 모델 도출 및 확산 기반 마련
연구개발 기간 및 소요예산	총연구기간: 4 총예산: 7.7억원
최종 성과물 (정성 · 정량적 성과)	○ 조류충돌 대응 매뉴얼
연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	○ 기대효과 - 조류충돌 위험도 수준별 · 이해관계자별 대응 방안 수립을 통해 한국형 조류충돌 위험 대응 체계의 기반 확보 - 위험도 평가 · 예측 결과를 실제 공항 운영 대응으로 연계함으로써 조류충돌 대응의 실효성 및 일관성 제고 - 실증 기반 검증을 통해 대응 방안의 현장 적용성 및 신뢰성 확보 ○ 파급효과 - 실시간 위험 대응 체계 구축을 통한 국내 공항 조류충돌 예방 관리 수준 고도화 - 위험도별 대응 시나리오 표준화를 통해 전국 공항 단위 확산 적용 가능성 확보 - 조류충돌 대응 모델을 기반으로 기상 · 장애물 · 운항 위험 등 타 항공안전 분야로의 적용 · 확산 가능

4.4. 분야별·기술별 연계체계 및 로드맵

○ 구성 기술간 연계도 및 연구수행 로드맵

[그림] 중점기술·구성기술간 연계도 및 연구수행 로드맵

5. 소요예산 및 자원 투입계획

5.1. 소요예산

○ 총 사업비 267 억 원(연평균 66.75억 원) [정부 투자금 기준]

<표 94> 연도별 소요예산

(단위: 백만원)

구성기술	소요예산(안)				
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
총연구비	1,500	9,244	8,622	7,334	26,700
한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	355	1,477	1,925	1,997	5,754
공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	630	5,032	3,850	2,999	12,511
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	515	2,735	2,847	2,338	8,435

<표 95> 연도별 소요예산

(단위: 백만원)

구성기술	성과물 유형	구분	소요예산(안)					
			1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계	비율(%)
총연구비	-	인건비	811	3,279	3,933	4,283	12,306	46.1
		연구장비 재료비	0	3,240	1,559	240	5,039	18.9
		기타경비	444	1,995	2,350	2,041	6,830	25.6
		간접비	245	730	780	770	2,525	9.5
		소계	1,500	9,244	8,622	7,334	26,700	100.0
한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	시스템	인건비	190	702	1,001	1,082	2,975	51.7
		연구장비 재료비	0	20	59	50	129	2.2
		기타경비	105	565	675	675	2,020	35.1
		간접비	60	190	190	190	630	10.9
		소계	355	1,477	1,925	1,997	5,754	100.0
공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	공법/기법	인건비	332	1,362	1,625	1,769	5,088	40.7
		연구장비 재료비	0	2,600	900	40	3,540	28.3
		기타경비	213	750	955	830	2,748	22.0
		간접비	85	320	370	360	1,135	9.1
		소계	630	5,032	3,850	2,999	12,511	100.0
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	시스템	인건비	289	1,215	1,307	1,432	4,243	50.3
		연구장비 재료비	0	620	600	150	1,370	16.2
		기타경비	126	680	720	536	2,062	24.4
		간접비	100	220	220	220	760	9.0
		소계	515	2,735	2,847	2,338	8,435	100.0

5.2. 자원(인력, 장비 등) 투입계획

5.2.1. 인건비

○ 총 인건비 12,306 백만원(총 811명, 연평균 약 203명 수준)

- (구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발 : 총 2,975 백만원 (연평균 743.75 백만원)
- (구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발 : 총 5,088 백만원 (연평균 1,272 백만원)
- (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발 : 총 4,243 백만원 (연평균 1,060.75 백만원)

<표 96> 연도별 인건비 계획

구성기술	연구기간	수행 연도	투입 인원수*	참여기간 (개월수)	인건비 계상률(%)	M/M 산출
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	4년	1차년도	20	9	20.0	7.2
		2차년도	46	12	25.0	18.0
		3차년도	59	12	27.5	19.8
		4차년도	63	12	27.5	19.8
		소계	47.00	11.25	25.00	16.20
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	4년	1차년도	35	9	20.0	12.6
		2차년도	88	12	26.7	38.4
		3차년도	107	12	26.7	38.4
		4차년도	116	12	26.7	38.4
		소계	86.50	11.25	25.03	31.95
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	4년	1차년도	26	9	25.0	13.5
		2차년도	75	12	25.0	45.0
		3차년도	83	12	25.0	45.0
		4차년도	93	12	25.0	45.0
		소계	69.25	11.25	25.00	37.13

* 투입인원수 : 연구활동별/연차별 투입인원수 산정하되, 책임연구원급(교수급) 투입인원수 기준으로 산정

○ 직급별로 참여율 및 2025년도 학술연구용역기준 단가[1)]를 적용하여 산정

- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발

  • 연간 약 47 명의 연구인력이 연평균 25.0 %의 참여율로 참여 필요

  • 직급별 연간 소요인력(명)

<표 97> 구성기술 1 직급별 연간 소요인력(명)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	책임연구원 (박사급)	4	6	6	6	22
	연구원 (석사급)	8	20	30	34	92
	연구보조원 (학사급)	8	20	23	23	74
합계		20	46	59	63	188

- 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발

  • 연간 약 86.5 명의 연구인력이 연평균 25.0 %의 참여율로 참여 필요

  • 직급별 연간 소요인력(명)

<표 98> 구성기술 2 직급별 연간 소요인력(명)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
공항 주변 조류 유입 가능성 및 분산 · 관리 기술 연구	책임연구원 (박사급)	7	12	12	12	43
	연구원 (석사급)	14	38	53	60	165
	연구보조원 (학사급)	14	38	42	44	138
합계		35	88	107	116	346

- 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발

  • 연간 약 69.3 명의 연구인력이 연평균 25.0 %의 참여율로 참여 필요

  • 직급별 연간 소요인력(명)

1) 책임연구원(박사급) : 7,411,808원/월, 연구원(석사급) : 5,683,276원/월, 연구보조원(학사급) : 3,799,078원/월

<표 99> 구성기술 3 직급별 연간 소요인력(명)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
공항 조류충돌 위험도 평가 및 조기경보 기술 개발 개발	책임연구원 (박사급)	6	15	15	15	51
	연구원 (석사급)	10	35	35	37	117
	연구보조원 (학사급)	10	25	33	41	109
합계		26	75	83	93	277

○ 세부기술별 연도별 소요 인건비

※ 인건비 = 소요인력 × 참여율 × 인건비기준단가

<표 100> 세부기술별 연도별 인건비

(단위: 백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	190	702	1,001	1,082	2,975
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	332	1,362	1,625	1,769	5,088
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	289	1,215	1,307	1,432	4,243
합계	811	3,793	3,942	4,283	12,306

5.2.2. 기타경비 및 간접비

○ 기타경비 6,830 백만원, 간접비 2,525 백만원

- (구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발 : 총 2,020 백만원 (연평균 505 백만원)
- (구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발 : 총 2,748 백만원 (연평균 687 백만원)
- (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발 : 총 2,062 백만원 (연평균 515.5 백만원)

<표 101> 연도별 기타경비 및 간접비

(단위: 백만원)

구성기술	연구 기간	수행 연도	기타경비			간접비	합계
			연구 활동비	연구수당	위탁 연구비		
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	4년	1차년도	67	38	-	60	165
		2차년도	410	155	0.08	190	755.08
		3차년도	445	180	50.08	190	865.08
		4차년도	495	180	0.08	190	865.08
		소계	1,417	553	50.24	630	2,650.24
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	4년	1차년도	93	70	50	85	298
		2차년도	455	235	60	320	1,070
		3차년도	505	250	200	370	1,325
		4차년도	540	240	50	360	1,190
		소계	1,593	795	360	1,135	3,883
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	4년	1차년도	89	37	-	100	226
		2차년도	310	120	250	220	900
		3차년도	340	120	260	220	940
		4차년도	416	120	-	220	756
		소계	1,155	397	510	760	2,822

5.2.3. 연구장비재료비

<표 102> 연도별 연구장비재료비

(단위 : 백만원)

구성기술	연구기간	수행연도	연구시설 및 장비비 (3천만원 이상)					연구시설 및 장비비 (3천만원 이하)	
			품명	규격	수량	단가	비용	내역	비용
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	4년	1차 년도							
		2차 년도							
		3차 년도							
		4차 년도							
		소계							
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	4년	1차 년도							
		2차 년도	조류 유인 대응 장비		1	90	90	조류탐지용 원격감시 CCTV	30
								조류 대응장비-레이저	10
								조류대응장비	30
		3차 년도						조류탐지용 원격감시 CCTV	30
								조류대응용장비	30
								인공지능모델서버	30
		4차 년도							
		소계				90	90		160
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	4년	1차 년도							
		2차 년도						데이터통합용 스토리지	30
								AI모델용 서버	30
								가시화 시스템 서버	30
		3차 년도						데이터통합용 스토리지	30
								가시화 시스템 서버	30
		4차 년도						데이터통합용 스토리지	30
		소계							180

<표 103> 연도별 시제품 제작비

(단위 : 백만원)

구성기술	연구 기간	수행 연도	시작품 제작비		연구 재료비		연구장비 재료비 합계
			내역	비용	내역	비용	
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	4년	1차 년도					
		2차 년도					
		3차 년도					
		4차 년도					
		소계					
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	4년	1차 년도					0
		2차 년도	이동식 운용성 검증 장비 탑재 개조	87	체계구성용 재료	20	2,600
					센서부품, 재료	20	
					탐지용레이더 ANT/HW 2set	2,000	
					이동식레이더차량	73	
			조류 결과 분석 모니터링 시제품	200	조류유입 관련 소모성재료	20	
					조류유인제	20	
		3차 년도	조류 결과 분석 모니터링 시제품	200	조류유입 관련 소모성재료	20	900
			조류 유입 대응 시제품	200	구축용 시제품	20	
			조류 유입 대응 시제품	200	조류유인제	20	
			이동식 운용성 검증 장비 탑재 개조	50	체계구성용 재료	20	
					센서부품, 재료	20	
					이동식레이더용차량	80	
		4차 년도			체계구성용 재료	20	40
					센서부품, 재료	20	
		소계		937		2,373	3,540
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	4년	1차 년도					
		2차 년도	조류관리 데이터 통합용 체계	200	전산소모품재료	20	620
			AI모델 구현개발	200	전산소모품재료	10	
			보안관리시스템	100			
		3차 년도	조류관리 데이터 통합용 체계	200	전산소모품재료	20	600
			가시화시스템 구현	300	전산소모품재료	20	
		4차 년도	가시화시스템 구현	100	전산소모품재료	20	150
		소계		1,100		90	1,370

5.2.4. 연구활동비

<표 104> 연도별 연구활동비

(단위 : 백만원)

구성기술	연구기간	수행연도	외부 전문기술 활용비, 전문가 활용비, 회의비 등		연구활동비 합계
			내역	비용	
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	4년	1차 년도	- 기술정보활용비 15,000천원 - 교육훈련/학회참가 11,000 천원 - 세미나개최 11,000 천원 - 국내외 출장 15,000천원 - 연구회의비 15,000천원	67	67
		2차 년도	- 기술정보활용비 100,000천원 - 교육훈련/학회참가 50,000 천원 - 세미나개최 50,000 천원 - 국내외 출장 100,000 - 연구회의비 100,000천원 - 사무용품 및 연구환경유지비 10,000천원	410	410
		3차 년도	- 기술정보활용비 105,000천원 - 교육훈련/학회참가 70,000 천원 - 세미나개최 70,000 천원 - 국내외 출장 100,000천원 - 연구회의비 90,000천원 - 사무용품 및 연구환경유지비 10,000천원	445	445
		4차 년도	- 기술정보활용비 140,000천원 - 교육훈련/학회참가 60,000 천원 - 세미나개최 70,000 천원 - 국내외 출장 100,000천원 - 연구회의비 100,000천원 - 사무용품 및 연구환경유지비 25,000천원	495	495
		소계		1,417	1,417
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	4년	1차 년도	- 교육훈련/학회참가 15,000 천원 - 세미나개최 25,000 천원 - 국내외 출장 25,000천원 - 연구회의비 20,000천원 - 사무용품 및 연구환경유지비 8,000천원	93	93
		2차 년도	- 기술정보활용비 100,000천원 - 교육훈련/학회참가 55,000 천원 - 세미나개최 100,000 천원 - 국내외 출장 100,000천원 - 연구회의비 100,000천원	455	455
		3차 년도	- 기술정보활용비 100,000천원 - 교육훈련/학회참가 100,000 천원 - 세미나개최 100,000 천원 - 국내외 출장 105,000천원 - 연구회의비 100,000천원	505	505

		4차 년도	- 기술정보활용비 100,000천원 - 교육훈련/학회참가 80,000 천원 - 세미나개최 100,000 천원 - 국내외 출장 120,000천원 - 연구회의비 100,000천원 - 사무용품비 및 연구환경유지비 40,000천원	540	540
		소계		1,593	1,593
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	4년	1차 년도	- 기술정보활용비 29,000천원 - 국내외 출장 30,000천원 - 연구회의비 30,000천원	89	89
		2차 년도	- 기술정보활용비 10,000천원 - 교육훈련/학회참가 30,000 천원 - 세미나개최 60,000 천원 - 국내외 출장 90,000천원 - 연구회의비 100,000천원 - 사무용품비 및 연구환경유지비 20,000천원	310	310
		3차 년도	- 기술정보활용비 60,000천원 - 교육훈련/학회참가 30,000 천원 - 세미나개최 55,000 천원 - 국내외 출장 75,000천원 - 연구회의비 100,000천원 - 사무용품비 및 연구환경유지비 20,000천원	340	340
		4차 년도	- 기술정보황용비 120,000천원 - 교육훈련/학회참가 41,000 천원 - 세미나개최 45,000 천원 - 국내외 출장 60,000천원 - 연구회의비 60,000천원 - 사무용품비 및 연구환경유지비 20,000천원 - 위험도평가적정성컨설팅 70,000천원	416	416
		소계		1,155	1,155

5.2.5. 위탁연구비

<표 105> 연도별 위탁연구비

(단위 : 백만원)

구성기술	연구기간	수행연도	위탁연구비		위탁 연구비 합계
			내역	비용	
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	4년	1차 년도			
		2차 년도			
		3차 년도	국외 시스템 적합성 검토 컨설팅	50	50
		4차 년도			
		소계		50	50
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	4년	1차 년도	민간공항 인근 EO/IR · CCTV 영상 데이터 수집 · 정리	50	50
		2차 년도	조류 영상 데이터 정밀 라벨링(종류/크기군/행동 유형 등)	60	60
		3차 년도	공항별 조류 데이터 학습용 데이터 확보 공항주변 조류 생태학적 대응 방안 적용 검토	100	100
			공항 · 항공로 단위 조류 정보 데이터셋 구축 지원	100	100
		4차 년도	실시간 영상기반 조류 정보 생성 · 처리 기능 실증 지원	50	50
		소계		360	360
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	4년	1차 년도	-	-	-
		2차 년도	위험도 평가 방안의 적정성 확보 FMEA/ETA/FTA 조류 위험도 산출을 위한 적용 시나리오 개발	250	250
		3차 년도	데이터 기반 위험도 평가 적용 정확도 검토 조류충돌 위험 모니터링 데이터 검증 · 검토	260	260
		4차 년도	-	-	-
		소계		510	510

5.3 구성 기술별 예산 및 인력 투입계획

5.3.1. 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발

○ 예산 소요계획

<표 106> 연차별 예산 소요 계획 (구성기술1)

(단위: 억원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기	3.55	14.77	19.25	19.97	57.54
소계	3.55	14.77	19.25	19.97	57.54

○ 인력 투입계획

<표 107> 연차별 인력 투입 계획 (구성기술1)

(단위: 명)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	20	46	59	63	188
합계	20	46	59	63	188

○ 상세 예산 투입계획

- 직접비

• 인건비 : 총 29.75억 원

<표 108> 구성기술 1 인건비 상세 소요내역

(단위: 천원, 억원)

구분	세부 구성기술			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
1	한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	박사급	① 투입 인원 수(명)	4	6	6	6	22
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	25	28	28	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	7.2	18.0	19.8	19.8	64.8
			⑤ 인건비 단가(천 원)	7,411				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	0.53	1.33	1.47	1.47	4.8
		석사급	① 투입 인원 수(명)	8	20	30	34	92
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	25	28	28	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	14.4	60.0	99.0	112.2	285.6
			⑤ 인건비 단가(천 원)	5,683				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	0.82	3.41	5.69	6.51	16.43
		학	① 투입 인원 수(명)	8	20	23	23	74

(단위: 천원, 억원)

구분	세부 구성기술			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
		사이하	② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	25	28	28	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	14.4	60.0	75.9	75.9	226.2
			⑤ 인건비 단가(천 원)	3,799				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	0.55	2.28	2.85	2.85	8.53
	소계			0.19	0.70	1.00	1.08	2.97
인건비 합계				0.19	0.70	1.00	1.08	2.97

- 연구시설·장비 및 연구재료비 : 총 1.29억원

<표 109> 구성기술 1 연구시설·장비 및 연구재료비 상세 소요내역

(단위: 억 원)

세부 구성기술	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	-	0.20	0.59	0.50	1.29
연구시설 · 장비 및 연구재료비 합계	-	0.20	0.59	0.50	1.29

- 기타 경비 및 간접비

<표 110> 기타 경비 및 간접비 상세 소요내역(구성기술1)

(단위: 억 원)

세부기술명	구분	내역	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
한국형 조류충돌 위험 탐지 · 예방 시스템 운용기술 개발	연구활동비	전문가 활용비, 회의비 등	0.67	4.10	4.45	4.95	14.17
	연구수당	인건비의 15% 이하	0.38	1.55	1.80	1.80	5.53
	위탁연구비			0.50			0.5
	간접비	직접비의 10% 이하 수준	0.6	1.90	1.90	1.90	6.3
소계			1.65	8.05	8.15	8.65	26.5

5.3.2. 공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발

○ 예산 소요계획

<표 111> 연차별 예산 소요 계획 (구성기술 2)

(단위: 억원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	6.30	50.32	38.50	29.99	63.99
소계	6.30	50.32	38.50	29.99	63.99

○ 인력 투입계획

<표 112> 연차별 인력 투입 계획 (구성기술 2)

(단위: 명)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	35	88	107	116	346
합계	35	88	107	116	346

○ 상세 예산 투입계획

- 직접비

• 인건비 : 총 50.88 억 원

<표 113> 구성기술 2 인건비 상세 소요내역

(단위: 천원, 억원)

구분	세부 구성기술			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
2	공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	박사급	① 투입 인원 수(명)	7	12	12	12	43
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	27	27	27	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	12.6	38.4	38.4	38.4	127.8
			⑤ 인건비 단가(천 원)	7,411				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	0.93	2.80	2.80	2.80	9.33
		석사급	① 투입 인원 수(명)	14	38	53	60	165
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	25	25	25	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	25.2	114.0	159.0	180.0	478.2
			⑤ 인건비 단가(천 원)	5,683				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	1.43	6.58	8.80	10.06	26.87

(단위: 천원, 억원)

구분	세부 구성기술			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
		학사 이하	① 투입 인원 수(명)	14	38	42	44	138
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	25	25	25	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	25.1	114.0	126.0	132.0	397.1
			⑤ 인건비 단가(천 원)	3,799				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	0.95	4.24	4.65	4.83	14.67
	소계			3.32	13.62	16.25	17.69	50.88
인건비 합계				3.32	13.62	16.25	17.69	50.88

- 연구시설·장비 및 연구재료비 : 총 35.4억원

<표 114> 구성기술 2 연구시설·장비 및 연구재료비 상세 소요내역

(단위: 억 원)

세부 구성기술	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	0	26.0	9.0	0.4	35.4
연구시설 · 장비 및 연구재료비 합계	0	26.0	9.0	0.4	35.4

- 기타 경비 및 간접비

<표 115> 기타 경비 및 간접비 상세 소요내역 (구성기술 2)

(단위: 억 원)

세부기술명	구분	내역	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
공항 주변 조류 정보 생성 · 처리 시스템 개발	연구활동비	전문가 활용비, 회의비 등	0.93	4.55	5.05	5.40	15.93
	연구수당	인건비의 15% 이하	0.70	2.35	2.50	2.40	7.95
	위탁연구비		0.5	0.6	2.0	0.5	3.6
	간접비	직접비의 10% 이하 수준	0.85	3.20	3.70	3.60	11.35
소계			2.98	10.7	13.25	11.9	38.83

5.3.3. 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발

○ 예산 소요계획

<표 116> 연차별 예산 소요 계획 (구성기술 3)

(단위: 백만 원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	5.15	27.35	28.47	23.38	84.35
소계	5.15	27.35	28.47	23.38	84.35

○ 인력 투입계획

<표 117> 연차별 인력 투입 계획 (구성기술 3)

(단위: 명)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	26	75	83	93	277
합계	26	75	83	93	277

○ 상세 예산 투입계획

- 직접비

• 인건비 : 총 42.43억 원

<표 118> 구성기술 3 인건비 상세 소요내역

(단위: 천원, 억원)

구분	세부 구성기술			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
3	데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	박사급	① 투입 인원 수(명)	6	15	15	15	51
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	25	25	25	25	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	13.5	45	45	45	148.5
			⑤ 인건비 단가(천 원)	7,411				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	1.00	3.33	3.33	3.33	11.01
		석사급	① 투입 인원 수(명)	10	35	35	37	117
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	23	25	25	25	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	21.0	105.0	105.0	111.0	342
			⑤ 인건비 단가(천 원)	5,683				-

(단위: 천원, 억원)

구분	세부 구성기술			1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	1.20	5.97	5.97	6.30	19.44
		학사이하	① 투입 인원 수(명)	10	25	33	41	109
			② 참여 개월 수 (개월)	9	12	12	12	-
			③ 인건비 계상률(%)	20	25	25	25	-
			④ M/M 산출(①X②X③)	18.0	75	99	123	
			⑤ 인건비 단가(천 원)	3,799				-
			⑥ 인건비(④X⑤, 억 원)	0.68	2.85	3.76	4.67	11.96
	소계			2.89	12.15	13.07	14.32	42.43
인건비 합계				2.89	12.15	13.07	14.32	42.43

• 연구시설·장비 및 연구재료비 : 총 13.7억원

<표 119> 구성기술3 연구시설·장비 및 연구재료비 상세 소요내역

(단위: 억 원)

세부 구성기술	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	-	6.2	6.0	1.5	13.7
연구시설 · 장비 및 연구재료비 합계	-	6.2	6.0	1.5	13.7

• 기타 경비 및 간접비

<표 120> 기타 경비 및 간접비 상세 소요내역 (구성기술3)

(단위: 억 원)

세부기술명	구분	내역	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	합계
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가 · 대응 시스템 개발	연구활동비	외부 전문기술 활용비, 전문가 활용비, 회의비 등	0.89	3.1	3.4	4.16	11.55
	연구수당	인건비의 15% 이하	0.37	1.2	1.2	1.2	3.97
	위탁연구비		0	2.5	2.6	0	5.1
	간접비	직접비의 10% 이하 수준	1.0	2.2	2.2	2.2	7.6
소계			2.26	9	9.4	7.56	28.22

5.4. 연구비 적정성 분석

□ 연구비 적정성 분석의 개요

○ 연구비 적정성 분석 개요

- 국가연구개발사업 예비타당성조사 운영지침에 의하면, 예비타당성조사는 국가연구개발 관련 대규모 재정사업의 타당성에 대한 객관적이고 중립적인 조사를 통해 재정사업의 신규투자를 우선순위에 입각하여 투명하고 공정하게 결정하도록 함으로써 예산낭비를 방지하고 재정운영의 효율성 제고[2]하기 위한 목적
- 예비타당성조사의 대상이 되는 사업은 총사업비가 500억원 이상이면서 국가의 재정지원 규모가 300억원 이상인 도전·혁신형사업과 성장형사업,기반조성형사업으로 구분
- 본 연구사업은 정부출연금 300억원 미만으로 중형사업[3]으로 국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정 '국토교통연구개발사업 관리치침'에 따라 연구를 기획 추진
- 또한 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정에서는 '연구개발사업을 신규로 추진하려는 경우에는 그 사업의 기술적·경제적·정책적 타당성 및 정부예산 지원 필요성 등을 사전에 검토하여야 한다'라고 규정에 따라 타당성을 검토해야 함

○ 연구비 적정성 분석의 방법

- 국가연구개발사업은 중앙행정기관이 법령에 근거하여 연구개발을 위하여 예산 또는 기금으로 지원하는 사업으로 국가연구개발사업 예비타당성 조사의 기준으로 따르도록 하고 있음
- 이는 '국가재정법'제38조의 3에 따라, 국가연구개발사업에 대해서는 별도의 운용지침과 수행 총괄지침이 마련되었으며, '국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(kistep, 2024)'은 이러한 법령에 기반하에 연구비 추정 및 타당성 분석을 제시함

[그림] R&D 프로그램의 경제성 평가 절차

2) 국가연구개발사업 예비타당성조사 운영지침(과학기술정보통신부훈령 제260호, 2024. 3. 20.)
3) 중형사업이란 국가의 재정지원 규모가 300억원 미만이고 둘 이상의 연구개발과제가 서로 연관되어 추진되는 연구개발사업

- 이러한 지침의 기준하에서 연구비 적정성 문제는 경제적 효과에 대한 분석이며, 아래와 같이 경제적 타당성에 대하여 분석을 권고하고, 이는 타당성 평가 절차에 따라 수행됨

□ 경제적 효과 추정의 개요

○ 비용편익 분석

- 연구개발부문 예비타당성조사에서는 비용편익 비율을 기본 지표로 제시하며, 순현재가치, 내부수익률 등의 지표를 같이 제시
- 비용편익 비율이란 사업의 진행으로 인한 총편익과 총비용을 현재가치로 환산하여 총편익의 현재가치를 총비용의 현재가치로 나눈 것임
- 사업의 비용, 편익은 장시간에 걸쳐 투입되거나 발생하기 때문에 할인율을 적용하여 이를 특정기간(일반적으로 현재년도)에 발생하는 것으로 환산하여 비교하게 되는데 이를 '현재가치화'라고 함
- 각 사업의 편익-비용 비는 현재가치로 환산된 편익과 비용으로 나타내는 것이 일반적이며 편익/비용 비율이 ≥1이면 경제성이 있다고 판단

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

B_t : t 시점의 편익 r : 할인율
C_t : t 시점의 편익 n : 분석기간

- 그러나 위 식에서 보듯이 편익/비용비율(B/C ratio)은 사업의 비용 1단위당 편익이 얼마인가를 보여주는 것이므로 자연히 소규모 사업이 상대적으로 높은 편익/비용 비율을 갖게 되는 경우가 많으며 비용과 편익을 명확히 구분하기 어려울 때가 많음
- 순현재가치(Net Present Value: NPV)는 현재가치로 환산된 장래의 연차별 순편익의 합계에서 초기 투자비용 및 현재가치로 환산된 장래의 연차별 비용의 합계를 뺀 값을 의미임. NPV > 0이면 경제성이 있다고 판단

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)은 편익과 비용의 합계가 동일하게 되는 수준의 현재가치 할인율을 의미
- 산출된 내부수익률이 큰 사업일수록 경제적으로 유리한 사업으로 판정됨. 내부수익률이 공공투자분석에서 통상적으로 사용되는 사회적 할인율보다 클 경우, 사회적 할인율로 할인한 순현재가치가 양수라는 의미가 되며 따라서 조사대상 사업의 경제적 타당성이 있는 것으로 평가됨.

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+R)^t} = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+R)^t}$$

R : 내부수익률

○ **비용효과 분석**

- 비용 대비 효과 분석은 사업의 효과를 화폐가치로 환산할 수 없어 시장가격의 측정이 곤란한 공공재나 집합재를 다룰 수 있고, 무형적인 것이나 외부효과를 분석하는데 적합하다는 장점을 가지고 있음
- 비용효과 분석은 연구자의 의도보다 더 넓은 범위의 정보를 제공하여 정책적 변화를 이끌어 내는데 효율적이라는 의견도 존재함.
- 조사대상 사업마다 주 효과의 척도가 다르고 성과가 단일하지 않은 경우 비용효과 분석의 적용이 어려우며, 특정 성과가 타성과보다 더 중요한 것인지에 대한 문제를 반영하지는 못함.
- 다음은 비용편익분석과 비용효과 분석의 특성과 장단점을 비교한 것임

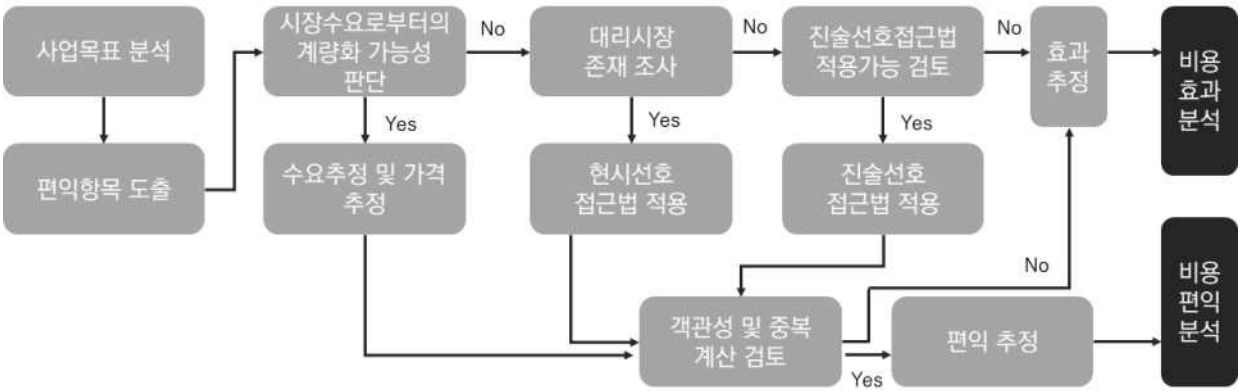
<표 121> 비용편익 분석과 비용효과 분석의 특성 및 장단점

구분	비용편익분석	비용효과분석
특성	• 효율적인 수단 외에 그 목적이 추구할 만한 가치가 있는지 결정 • 화폐단위로 측정하여 비용효과 분석보다 넓은 대상에 대해 명확한 비교가 가능	• 동일한 목적에 대해 가장 효율적인 대안을 찾음 • 화폐단위로 측정하는 문제를 피하기 때문에 비용편익 분석보다 더 폭넓고 쉽게 적용
장점	• 비교가능 대안의 폭이 넓음 • 경제적 효율성 등 비용효과 분석보다 많은 의사결정 정보를 제공함	• 외부효과나 무형적인 것의 분석 용이 • 비효율적인 대안을 제거할 수 있음 • 대안들의 상대적 편익발생 지수를 제시할 수 있음
단점	• 계량화가 어렵거나 주관적이기 쉬움	• 비교가능한 대안의 폭이 좁음 • 최적 편익수준의 결정문제는 해결하지 못함

자료원 : 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, KISTEP, 2024.

○ **경제적 효과 분석의 방법**

- 공공투자사업의 경우 예비타당성조사 일반지침에 따르면 편익은 여러 유형으로 분류될 수 있음. 이는 실질적인(real) 편익과 금전적인(pecuniary) 편익의 구분으로 비용편익 분석에서는 실질적인 편익만이 고려됨
- 연구비 적정성 분석을 위해 경제적 효과성을 분석하면, 연구개발사업으로 인해 기대되는 경제적 편익과 과학기술적 편익으로 구분할 수 있음. 경제적 편익은 사업의 결과물 중 금액 단위로 쉽게 도출할 수 있으나, 과학기술적 편익은 연구개발 사업을 통해 새롭게 발견되는 기술이나 지식 성과를 의미함
- 이러한 편익의 분석을 통해 연구비 투입의 적정성을 보장하며, 경제성이 확보된다면 연구개발사업에 대한 수행과 투자가 이루어질 것임. 이를 객관적으로 밝히기 위한 경제성의 정략적 판단은 비용효과 분석과 비용편익분석을 통해 타당성을 다음과 같은 절차를 통해 수행함



[그림] 연구개발부문 예비타당성조사 경제적 타당성 분석 과정 개략도

○ **경제적 편익의 도출**

- 연구개발부문 예비타당성조사에서 연구개발사업의 편익으로 인정되기 위해서는 그 효과가 해당 사업의 핵심 목표와 부합하며 사업의 결과로부터 실질적으로 나타나야 하며, 이러한 편익은 크게 정(positive)의 편익인 가치창출 편익과 부(negative)의 편익인 비용저감 편익으로 구분됨

<표 122> 연구개발부문 편익항목 구분

구분	세부 편익항목	설명
가치창출 편익	소비자 중심 편익	연구개발사업의 효과가 소비자에게 영향을 주는 경우, 후생경제학에 근거
	생산자 중심 편익	연구개발사업의 효과가 생산자에게 영향을 주는 경우, 시장수요 접근법이 대표적
비용저감 편익	생산비용저감 편익	자원비용, 공정비용, 연구장비 사용비용, 출장비용 등 각종 생산비용의 저감
	피해비용 저감 편익	재난.재해, 사고, 질병 등으로 인해 발생하는 피해비용의 저감 관련 사항

- 가치창출 편익은 연구개발사업의 결과로 소비자의 후생을 향상시키거나 사업의 산출물이 시장을 통해 거래됨으로써 새롭게 부가가치를 창출하는 것을 사업의 목적으로 할 때 반영 할 수 있는 편익항목임
- 소비자 중심 편익은 연구개발사업의 효과가 소비자에게 영향을 주는 경우로서 사업의 성과물이 국민에게 기존에 없던 새롭고 긍정적인 효과를 부여하면서 그 효과를 화폐가치로 계량화하여 편익을 반영하는 것임
- 생산자 중심 편익은 사업을 통해 새롭게 개발된 산출물이 상용화되어 시장에서 거래됨으로써 발생하는 부가가치의 증가분을 바탕으로 편익을 추정함
- 비용저감 편익은 연구개발사업을 통해 개발된 기술을 적용함으로써 특정 분야에서 기존의 비용 소요가 감소될 경우 발생함. 생산의 효율성이 증가하여 동일한 산출의 소요 비용이 기존 대비 저감되는 경우의 생산비용저감 편익이고, 개발된 기술을 적용함으로써 기존에 재난·재해, 사고, 질병 등으로 인해 발생하던 피해비용을 저감할 수 있는 경우에 피해비용 저감 편익으로 추정함

□ 경제적 효과성 분석의 전제

○ 비용추정의 전제

- 국가연구개발사업 예비타당성조사 운용지침에 따르면 해당 연구사업의 중앙관서의 장이 제시한 금액을 총사업비로 정의하고 있으며, 총사업비는「국가연구개발사업 예비타당성조사 운용 지침」제14조에 의거하여 제안된 사업기간 내에 소요되는 모든 경비의 합계로 정의함
- 경제적 타당성 분석을 위해서는 수명주기비용에 대한 추정이 필수적이며, 이를 총비용이라 정의함. 총비용은 연구개발사업비 이외에 연구개발 이후[4]에도 발생되는 관련비용을 모두 포함함[5]
- 연구개발사업에 따라 연구개발비를 구분할 수 있으며, 이는 연구개발, 연구관리, 연구기반 등의 사업비로 구분되며, 사업의 특성에 맞추어 다음과 같이 세부 항목별로 구분할 수 있음
- 본 연구에서는 조류충돌 예방기술 개발과 관련하여 연구개발 이후 조류탐지 레이더 설치 및 항공안전관리 플렛폼 구축과 실증을 포함하고 있음. 다만, 이는 연구개발 이후 레이더 설치와 운영은 현재 공항관리자(예, 한국공항공사)가 직접 수행하고 있어 발생되는 추가 유지관리비를 담당하는 것으로 예상됨
- 시스템 구축 및 실증비용과 장비 재투자비, 운영유지비, 잔존가치 등이 고려되어야 하며, 레이터와 같은 고정자산은 내용연수와 관련하여 비용을 계상되어야 함. 본 기획연구에서의 순수 연구개발비 290억원을 대상으로 비용을 추정하였으며, 연구개발에 따른 편익도 이에 맞추어 계상함

<표 123> 연도별 소요예산

(단위: 백만원)

구성기술	연구개발 기간				구축 운영기간			
	1차년	2차년	3차년	4차년	1차년	…	30차년	
연구개발비	2,894	9,863	8,627	6,916		…		
장비 구축					2~3년			-
유지보수비							~30년	-
운영비							~30년	-

○ 편익추정의 전제

- 연구개발부문 예비타당성조사에서 연구개발사업의 편익으로 인정되기 위해서는 그 효과가 해당 사업의 핵심 목표와 부합해야 하며 사업의 결과로부터 직접적으로 얻어지는 것이어야 함

4) 총비용을 산출하는 기간은 30년을 최대 기간으로 하며, 기술의 진부화를 고려하여 목표가 달성되는 기간까지 소요되는 비용을 합산

5) 사업기간 내에 소요되지 않아 총사업비에 반영되지 않는 숨은 비용(hidden cost)을 사후비용으로 정의한다. 숨은 비용은 추정 가능한 범위에서 최대한 반영하는 것을 원칙으로 하는데, 대표적인 것으로는 사업기간 이후에 사업과 관련된 인건비 또는 도입된 시설·장비의 운용 및 처분과 관련된 비용

- 예비타당성조사 지침에서는 가치증가와 비용감소 부분에서 편익에 반영할 수 있는 항목으로 구분하며, 본 연구에서는 조류충돌 예방 기술개발로 인해 새로운 부가가치가 창출될 수 있는 것으로 판단됨

<표 124> 타당성 조사시 편입 반영 항목 구분

	예비타당성조사 비용편익 분석 시 편익 반영	예비타당성조사 비용편익 분석 시 편익 미반영	
가치증가	• 가치창출·증대 –신기술 적용을 통한 생산량 증가 –신기술 개발로 인한 가치창출 • 기술거래 – 기술이전에 의한 로열티 수입	• 과학기술지식 (논문, 특허등)* • 과학기술자의 교육훈련 • 지역개발효과 • 지역산업구조 개편 • 생산 유발효과	• 부가가치 유발효과 • 고용 유발효과 • 수입 유발효과 • 수출 유발효과 • 소득 분배효과 • 취업 유발효과
비용감소	• 생산비용저감 –생산투입 자원 및 시간의 저감 –연구기간, 출장횟수 등의 연구수행 비용저감 –물류비용저감 • 피해비용저감 – 재난·재해·사고로 인한 피해 감소 • 질병비용저감** • 환경비용저감**		

주 * 논문이나 특허는 비용효과 분석으로 반영할 수 있음.
** 질병비용저감과 환경비용저감은 사업이 기여한 부분만의 산출과 이중계산 배제에 제약이 있을 경우에는 비용 편익 분석이 아닌 비용효과 분석으로 수행 가능.

- 편익은 원칙적으로 연구개발활동의 결과로 직접적으로 나타나는 모든 긍정적 효과를 의미하며, 미시적 수준에서 긍정적 효과를 구분하여 추정한 후, 거시적 수준에서 각각의 긍정적 효과를 적절하게 합산해야 함
- 연구개발사업으로 인해 혜택을 얻는 주체는 공공(항공서비스 이용자)이 있을 것이며, 신기술 대체로 인해 발생되는 기술 국산화의 효과 및 항공안전 부문에 피해비용 저감 등이 있을 것임

<표 125> 본 기획연구의 편익항목

구분	연구 성과	발생편익
가치증가	한국형 조류관리 기반 기술 개발	외국 기술 대체
비용감소	조류 생태 관리 기술	피해비용 저감(항공기 사고 감소)
비용감소	인공지능 조류충돌 모니터링	피해비용 저감(항공기 사고 감소)

- 공항관리자의 편익은 한국형 조류탐지 레이더 설치로 외산 장비를 사용시 유지보수의 비용절감과 제한적 장비의 관리운영 등의 업무 비효율성 개선과 국산장비의 해외 수출 기여 등이 편익으로 발생할 수 있음
- 또한 선제적으로 조류탐지 및 관리로 인해 항공기 사고 위험이 감소되며, 사고발생이 크게 감소될 경우 항공기 사고 피해비용이 저감될 것임. 이는 가접적으로 국민의 공공복리 증진에 의한 사회적 편익으로 나타날 것임

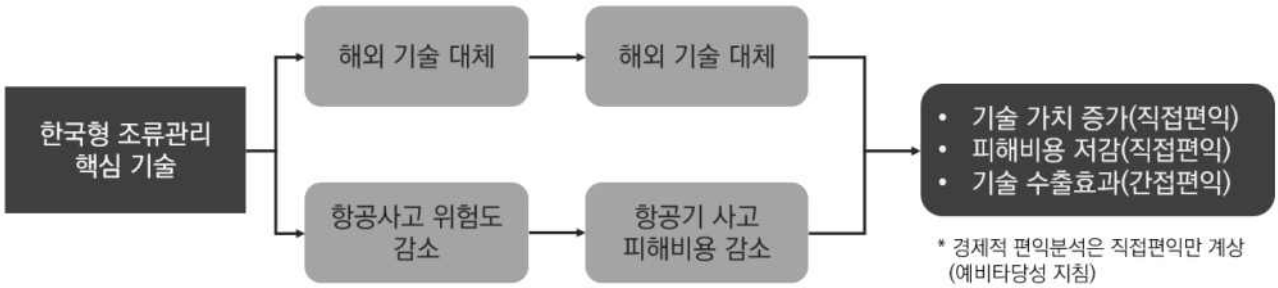
□ 경제적 효과성 분석

○ 비용의 추정

- 조류탐지 레이더는 현재 국산 장비가 없으며, 외산 장비를 사용하고 있음(현재 국내는 드론탐지 레이터만 설치 운영 중). 조류탐지 레이터는 기존 탐지레이더에 목적물(조류)의 인식하고 처리할 수 있는 알고리즘과 데이터 처리 S/W가 탑재된 것임
- 비용은 연구개발에 소요되는 비용만을 계상하였으며, 연구개발은 조류탐지레이더의 개발 및 항공안전 플렛폼 구축(*현 시스템 사용)비용으로 총 283억원을 총 비용으로 추정함(연구개발 사업비를 비용으로 추정)

○ 편익의 추정

- 본 사업의 연구개발 결과로 다음과 같은 편익의 항목은 다음과 같으며, 경제적 효과성은 예비타당성 지침과 같이 직접적인 편익만을 고려함



[그림] 본 연구에서 적용되는 편익항목

- 기술개발에 의한 수입대체 효과로 직접적인 편익은 국내 공항 설치의 비용절감(신기술 가치창출)이 발생할 것이며, 향후 기술개발로 인해 해외 수출이 가능하다면, 수출유발효과와 같은 간접적 편익도 발생할 것임
- 조류탐지 및 관리기술 개발은 항공기 사고와 같은 위험 요소를 감소시킬 것이며, 이로 인한 사고피해 비용의 감소는 직접적인 편익이 발생할 것임. 다만, 조류충돌에 의한 항공기 사고 피해감소와 같이 항공사고 발생 확률과 피해 비용 추정에 제한적이만, 항공안전에 직접적 기여를 하게 될 것임
- 외산 장비로 Detect사의 2D+3D Full set 장비의 경우 대당 30~40억원이며, 유지보수는 별도임. 이러한 외산 장비를 국내 14개 공항에 설치시 30억원 기준 420억원의 재원이 소요되며, 운영 및 유지보수 관련하여 연간 비용도 소요됨
- 외산 장비 도입가는 설치비용이 포함되지만, 유지관리비용은 별도로 장비의 관리자가 수행하는 것으로 추정하여 한국공항공사의 유지관리비로 계상함.
- 한국공항공사 직원 평균보수는 71,463천원(공공기관 경영정보 공개시스템 ALIO 제공)으로 나타났으며, 각 공항별로 운영부에는 항행안전시설관리 업무를 담당하는 담당자가 관리자 포함 2~3명 근무하는 것으로 조사됨

- 만일, 외산 장비를 이용시 장비의 유지보수 관련하여 매년 기술료를 지급하고 있으므로 이러한 지급 비용과 외산장비 운영관리자 비용이 절감되는 것을 가정하여 운영유지비 감소를 추정함. 이는 장비관리자의 약 10%를 업무 절감 효과로 하여 계상함
- 분석 기간으로서 사업 수행 기간, 편익 회임기간, 편익 기간을 설정은 설정함. 분석기간은 연구개발 기간 25년~28년(4년), 편익 회임기간[6]은 없는 것으로 가정하며, 장비의 잔존가치는 편익기간 이후 발생하지 않는 것으로 가정함
- 한국개발연구원에서는 사업 주관부처가 사업계획서에 편익 회임기간을 제시하는 경우에는 이를 준용하되, 별도의 언급이 없을 경우에 기초 연구는 5년, 개발·응용 연구는 3년을 기본으로 사업 특성을 고려하여 반영하고 있음
- 편익기간은 연구개발의 경우, 여러 가지 기술성과에 따라 다르게 나타나지만, 관련한 기존 연구 Mansfield(1991) 결과에 따라 투자 시점을 기준으로 8년 후에는 사회적 편익이 더 이상 발생하지 않는다는 가정하고 있음
- 연구개발의 경우, 기술개발에 의한 효과 지속 또는 유효기간을 편익으로 하고 있어, 실제 기술 수명기간을 적용할 수 있으며, 새로운 기술 도입으로 더 짧을 수도 있음

○ **경제성 분석 결과**

- 본 기획연구에서 예타지침과 같은 비용과 편익을 산출하는데 한계가 있음. 다만, 직접 투입되는 비용과 직접 발생하는 편익만을 고려하여 경제성 분석의 수행하였음
- 비용은 연구개발에 투입되는 비용이며, 편익은 수입대체로 발생되는 레이더 도입비용 및 유지관리 절감 비용임
- 현재할인가치에 추정에 의한 B/C, NPV 도출 결과 경제성은 아래와 같음. B/C는 편익기간 모두 경제성이 있는 것으로 분석되었음

<표 126> 경제성 분석 결과

구분	총비용 (현재할인가치)	총 편익 (현재할인가치)	B/C	NPV
5년 편익	26,413백만원	36,001백만원	1.36	9,589백만원
8년 편익	26,413백만원	36,529백만원	1.38	10,116백만원
10년 편익	26,413백만원	36,933백만원	1.40	10,521백만원

주 1. 5년 편익은 장비의 교체주기 기준, 8년은 예비타당성 연구개발 편익기준, 10년은 항행장비 내구년한 기준
2. 총편익 중 설치비(30억원 × 14개 공항)를 2차년에 걸처 투입하는 것으로 계상
3. 총편익 중 유지보수는 외산장비 기술료를 외산장비 운영유지의 비용절감으로 계상하여 행행장비 관리 인원 공항별 3명 × 71백만원(KAC 평균인금) × 14개 공항 × 10%(절감)
4. 유지보수 절감율 10%는 외산장비 유지보수 기술료, 외국기술자 출장비, 부품수급을 고려하여 10% 절감을 추정

6) 연구개발사업에 대한 투자가 이루어진 후, 경제적인 편익 또는 효과가 발생하기 전까지 의 시간적 지연을 편익 회임기간이라고 정의하며, 연구개발부문 예비타당성조사에서는 이 편익 회임기간 동안에는 경제적 편익이 발생하지 않는 것으로 간주함

□ 기타 편익의 고려

○ **간접편익의 개요**

- 경제성 분석은 직접적인 편익만을 고려하고 있으며, 특히 예비타당성 조사와 같은 공식적인 조사에서는 매우 보수적으로 편익을 고려하고 있음
- 본 연구개발사업은 정부예산 300억원 미만의 사업으로 직접적인 편익만을 고려하는 경제성 분석을 수행하지 않으며, 여러 가지 경제적 효과성을 분석하여 연구개발의 필요성과 타당성을 제시할 수 있음 특히, 조류탐지 기술개발로 해외 수출효과 및 안전증진 효과가 발생할 수 있으며, 향후 국내 공항운영관리 수출 부문에서 편익이 발생할 것임

○ **수출관련 편익 추정**

- 조류탐지 및 관리 기술 수출의 경우, KAC의 해외 항행시설 납품을 고려할 때, 연간 20억원(2021~23년 항행시설 수출) 고려한다면, 연간 1대 이상 수출을 고려할 수 있음
- 국산장비의 대당 가격 및 설치 비용은 현재 추정할 수 없으나, 외산 장비 대당 30억원을 고려하였을 때, 이보다는 낮은 가격으로 공급할 것을 가정하여 약 20억원의 가격을 설정(기존 드론레이더 장비 가격 및 업그레이트 비용 추산)
- 그러므로 연간 20억원 이상의 기술 수출에 따른 편익이 발생할 것이며, 8년간의 편익기간을 고려한다면, 160억원의 편익이 발생할 것이며, 기술료 및 유지보수 비용까지 감안한다면 약 200억원의 수출 효과가 있을 것으로 예상됨

○ **안전관련 편익의 추정**

- 조류탐지 및 관리 기술개발에 따라 항공안전이 확보되며, 이로 인한 사고도 감소할 경우, 사고위험에 대한 비용도 감소하게 될 것임. 한국교통연구원의 교통사고비용 추정 보고서에 따르면, 항공사고 비용을 추정하였음
- 2012년부터 10년간 항공사고 및 준사고 현황에서 이착륙 단계에서의 발생이 32%를 차지하고 있었으며, 2021년 1건의 사고와 준사고로 사망자 1명, 중상자 2명이 발생하여 이로 인한 손실 비용이 76억원으로 추정되었음
- 항공사고는 1인당, 1건당 사고 비용을 추정하기 어려우며, 발생확율까지 고려한다면, 실제 추정이 매우 제한적임. 그러나 본 연구를 통해 간접편익으로 항공사고 예방과 관련하여 경제적 및 정책적 타당성에 유의미한 영향을 줄 것으로 판단됨

□ 시사점

○ 연구비 적정성에 대한 근거로 본 연구의 결과로 여러 가지 경제적 효과가 있는 것으로 나타났으며, 계량적인 경제적 분석에서도 편익분석 결과 조류탐지 및 관리기술 개발로 여러 부문에서 경제성이 있는 것으로 나타났음

○ 경제적 효과성에 대한 정량적 분석을 통하여 수출대체효과 및 항공안전 증진과 산업의 파급효과가 있을 것으로 경제성이 충분히 있는 것으로 분석됨

6. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

6.1. 기술별 최종 연구개발성과물

<표 127> 구성기술별 산출물

구성기술 (대분류)	세부기술별 산출물	
	세부기술명	최종 산출물
한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증 방안 개발	• 국내 조류충돌 예방·관리체계 운용개념 및 운영 가이던스 • 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능기준 및 검증방안 • ICAO Working Paper 기술지원 문서 • 조류충돌 예방 체계 법령·제도 개선(안)
	한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 실증 및 운용성 검증	• 조류충돌 탐지·예방 시스템 실증 계획서 • 공항주변 조류 위험 대응 장비·기술 평가 계획서* 및 평가 보고서
공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발	영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	• 영상기반 데이터 활용 조류탐지·식별·추적 SW
	이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발	• 레이더 측정 데이터 활용 조류탐지·식별·추적 SW(1식) 및 사용자 매뉴얼 • 이동형 조류탐지시스템* 시제품(2식) 및 사용자 매뉴얼 • 조류탐지시스템 최소성능기준(안) 개정(안)
	타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발	• 타부처 연계 정보 기반 조류 정보 생성·처리 결과 DB
데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발	데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 시스템 개발	• 데이터 기반 조류 위험 정보 생성·연계·통합관리 플랫폼 시제품*(1식) 및 사용자 매뉴얼 • 항공정보간행물(AIP) 조류 정보 제공 방안 보고서
	실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발	• 실시간 조류충돌 위험경보 플랫폼 시제품(1식) 및 사용자 매뉴얼
	위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발	• 조류 충돌 위험 예측 정확도 평가 보고서 • 조류충돌 대응 매뉴얼

6.2. 단계별 성과목표 및 지표

<표 128> 성과목표 및 지표 총괄표

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="3">내용</th></tr>
<tr><td>전략목표</td><td colspan="3">K-Airport 조류충돌 예방 체계를 구축을 통해 사전 예측 및 사후분석까지 가능한 통합서비스 제공하고 항공안전관를 강화, 공항 조류 관리체계를 최적화함으로써 항공기 및 승객의 안전한 운항을 구현</td></tr>
<tr><td>(최종)
성과목표</td><td colspan="3">- 한국형 공항 조류충돌 예방 체계를 통한 조류충돌 위험도 경감
- 사고율 감소를 위한 공항조류관리·위험도 산출 및 통합 안전관리 체계 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="13">단계별
성과목표
및 지표</td><td colspan="3">1단계(1차년도 ~ 2차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">단계별 성과목표</td><td colspan="2">성과지표</td></tr>
<tr><td>지표명</td><td>지표구분</td></tr>
<tr><td rowspan="5">공항주변 13km 이상 조류관리 정보와 실시간 대응, 조류 위험평가 기술을 확보한 한국형 조류관리 체계 표준화·검증 기술 기반 조성</td><td>공항조류관리 운영지원기술 확보율</td><td>질</td></tr>
<tr><td>공항 조류 위험평가 방법론 개발 진행률</td><td>질</td></tr>
<tr><td>공항조류관리 데이터 통합 플랫폼 진행률</td><td>질</td></tr>
<tr><td>한국형 조류관리 정책제안 및 기술기준화 건수</td><td>양</td></tr>
<tr><td>조류관리 시험평가 기술 확보 및 공항 현장 실증 달성률</td><td>질</td></tr>
<tr><td colspan="3">2단계(3차년도 ~ 4차년도)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">단계별 성과목표</td><td colspan="2">성과지표</td></tr>
<tr><td>지표명</td><td>지표구분</td></tr>
<tr><td rowspan="6">공항 주변 조류 이동정보 확보 및 축적을 통한 공항 조류충돌 위험도 평가 등 데이터 기반의 조류 관리를 위한 체계 구축</td><td>공항조류관리 운영지원기술 확보율</td><td>질</td></tr>
<tr><td>공항 조류 위험평가 방법론 개발 진행률</td><td>질</td></tr>
<tr><td>공항조류관리 데이터 통합 플랫폼 진행률</td><td>질</td></tr>
<tr><td>한국형 조류관리 정책제안 및 기술기준화 건수</td><td>양</td></tr>
<tr><td>조류관리 시험평가 기술 확보 및 공항 현장 실증 달성률</td><td>질</td></tr>
<tr><td>데이터 연계 성능 고도화 수준 및 조류관리 고도화 SW 알고리즘 확보율</td><td>양</td></tr>
</table>

○ 1단계 성과목표

<표 129> 1단계 성과목표

단계 (평가주기)	기간	성과목표			
1단계	1차년도 ~ 2차년도	성과목표	공항주변 13km 이상 조류관리 정보와 실시간 대응, 조류 위험평가 기술을 확보한 한국형 조류관리 체계 표준화·검증 기술 기반 조성	설정 근거	한국형 조류충돌 예방 체계 구축을 위한 핵심 기술 개발 및 통합, 기술기준 수립

○ 1단계 성과지표

<표 130> 1단계 성과지표

성과목표명	성과지표명	단위	구분	목표치		지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유	비고
			연도	1차년도	2차년도				
공항주변 13km 이상 조류관리 정보와 실시간 대응, 조류 위험평가 기술을 확보한 한국형 조류관리 체계 표준화·검증 기술 기반 조성	공항조류관리 운영지원기술 확보율	%	목표	20	50	산출	질	공항조류충돌 예방 체계 개발 목표를 달성하기 위해 체계적인 연구 진행을 위해 SE 기법을 적용한 연구개발 수행 및 진척도 점검	
	공항 조류 위험평가 방법론 개발 진행률	%	목표	30	70	산출	질	공항의 조류 위험을 최소화하고 사전 예측적 예방하기 위한 정량적 방법 및 평가 기법	
	공항조류관리 데이터 통합 플랫폼 진행률	%	목표	3	5	산출	질	공항의 조류 관리를 위한 데이터 통합, 사전 예측적 및 사후 분석을 시스템 구축의 진척도 점검	
	한국형 조류관리 정책제안 및 기술기준화 건수	건	목표	-	1	산출	양	한국형 조류관리 체계 표준화가 본 과제의 중점 목표 중 하나로 조류관리 분야 정책 제안 및 기술기준 건수는 중요한 성과목표	
	조류관리 시험평가 기술 확보 및 공항 현장 실증 달성률	%	목표	20	40	산출	질	공항조류 관리를 위한 기능 · 성능 · 운용 요건에 대해 요구도 정의, 시험절차 도출, 구성품 시험 및 실증공항적용, 목표 실증공항 전체, 운용 시험 등의 과정은 본 과제의 핵심 목표	
계									

○ 2단계 성과목표

<표 131> 2단계 성과목표

단계 (평가주기)	기간	성과목표			
2단계	3차년도 ~ 4차년도	성과목표	공항 주변 조류 이동정보 확보 및 축적을 통한 공항 조류충돌 위험도 평가 등 데이터 기반의 조류 관리를 위한 체계 구축	설정 근거	국토부 최소성능기준 이상의 이동형 운용성 검증 시제품을 개발하여 공항 실증 현장에 적용하여 민간공항 조류 데이터 확보 및 조류충돌 감소에 기여

○ 2단계 성과지표

<표 132> 2단계 성과지표

성과목표명	성과지표명	단위	구분	목표치		지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유	비고
			연도	3차년도	4차년도				
사전 예방적 정보 및 실시간 조류 총돌경보 등 데이터 기반의 조류 관리를 위한 체계 구축	공항조류관리 운영지원기술 확보율	%	목표	75	100	산출	질	공항조류충돌 예방 체계 개발 목표를 달성하기 위해 체계적인 연구 진행을 위해 시스템엔지니어링 기법을 적용한 연구개발 수행 및 진척도 점검	
	공항 조류 위험평가 방법론 개발 진행률	%	목표	90	100	산출	질	공항의 조류 위험을 최소화하고 사전 예측적 예방하기 위한 정량적 방법 및 평가 기법	
	공항조류관리 데이터 통합 플랫폼 진행률	%	목표	75	100	산출	질	공항의 조류 관리를 위한 데이터 통합, 사전 예측적 및 사후 분석을 시스템 구축의 진척도 점검	
	한국형 조류관리 정책제안 및 기술기준화 건수	건	목표	2	3	산출	양	한국형 조류충돌 예방 체계 표준화가 본 과제의 중요한 성과목표로 조류관리 분야 정책 제안 및 기술기준 누적 점검 필요	
	조류관리 시험평가 기술 확보 및 공항 현장 실증 달성률	%	목표	70	100	산출	질	공항조류 관리를 위한 기능·성능·운용 요건에 대해 요구도 정의, 시험절차 도출, 구성품 시험 및 실증공항적용, 목표 실증공항 전체, 운용 시험 등의 과정은 본 과제의 핵심 목표	

성과목표명	성과지표명	단위	구분	목표치		지표 유형	질적 지표	성과지표 설정 사유	비고
			연도	3차년도	4차년도				
	데이터 연계 성능 고도화 수준 및 조류관리 고도화 SW 알고리즘 확보율	건	목표	1	2	산출	질	국토부 최소성능기준 이상을 만족하기 위한 핵심 기술로 SW 알고리즘 누적 등록 점검 필요	
계									

6.3. 기대(파급)효과

□ 정책적 기대효과

○ **한국형 공항 조류충돌 예방 체계 구축 및 제도화**

- 국내 공항 운영환경에 적합한 표준화된 공항 조류관리 체계를 구축하여 공항 조류관리 분야 사전 예방 및 사후 평가를 통한 철저한 안전관리 정책 구현
- 현재 국토교통부는 '공항 조류 충돌 예방 강화를 위한 첨단장비 도입 방안'을 수립하고, '한국형 조류 탐지 레이더 모델' 개발에 대한 적극적인 의지를 밝힌 가운데, 이 사업을 통해 마련된 표준화, 검증 및 인증 연구는 향후 관련 법규 제·개정의 기초 자료로 제도적 기반 구축에 기여

○ **관련 부처, 이해관계자 등 관련 기관들의 협력 체계 구축**

- 공항의 조류 관리는 국토교통부, 환경부, 해양수산부, 지방자치단체 등 다양한 정부 부처 뿐 아니라, 공항운영자, 항공사, 항공안전 관련기관 등 다양한 주체 및 기관들의 협력이 필요한 분야
- 관련 기관 간 협력 체계를 구축하고, 조류 충돌 예방을 위한 통합적인 접근 방식을 통해 조류 생태적 연구와 항공 안전 관리를 연계하는 정책적 협력체를 마련함으로써 보다 효율적인 공항 조류 관리가 가능해질 것으로 기대함

○ **국제 기준에 대한 선진적인 정책 실행을 통한 공신력 확보**

- 기본적으로 국제민간항공기구(ICAO)의 표준과 권고사항에 따라 실행하지만 최첨단 기술 적용 및 지속적인 위험관리 측면의 접근을 통해 국제적인 흐름에 부합하는 조류 충돌 예방 체계 구축
- 국내 기술로 개발된 한국형 조류 관리 체계는 향후 국제 표준으로 제시할 수 있으며, 이를 통해 국제적인 공신력과 신뢰성을 확보하는데 기여

□ 기술적 기대효과

○ **최첨단 조류 탐지 및 위험평가 기술 개발**

- 본 사업을 통해 한국형 조류관리시스템은 다양한 첨단 기술이 융합된 통합 시스템으로 개발됨에 따라 주·야간 전천후로 조류를 탐지하고 퇴치 가능한 능력 확보됨.
- 특히, 국내 15개 공항 주변의 조류 생태학적 데이터 기반으로 보다 정밀한 탐지와 정확한 위험 예측을 가능하게 하여 공항 조류관리의 효율성 및 안전성이 극대화 기대

○ **융합 기술의 발전 및 활용 확대**

- 이번 사업을 통해 개발되는 기술들은 양한 산업에 폭넓게 활용 가능함. 특히, 원자력발전소 원격 감시 및 제어 기술, 첨단 IT 기술 등으로 활용될 수 있어 항공분야 뿐 아니라 국방, 농업, 원자력 등 다양한 산업 분야에서 활용 확대

○ **표준화 및 인증체계 구축**

- 한국형 공항 조류관리 체계에 대한 표준화(규격화)·인증체계 연구를 수행하여 관련 법규 제정 근거를 마련함으로써 국내 모든 공항에 일관되고 효과적인 공항 조류관리 시스템을 적용 가능
- 공항의 안전한 운영을 위한 공항 조류 탐지 체계의 기술적 표준을 정의하고, 현장 실증 및 검증을 통한 한국형 공항 조류관리 시스템의 적정성을 확보하며, 기술 자료를 기반으로 한 개발·검증을 위해 공학적 개발 과정 지원과 경험 확보

○ **인공지능 기반 조류 위험 평가 기술 발전**

- 조류 탐지 및 퇴치 기술과 함께 인공지능(AI) 기반의 조류 위험 평가 기술도 크게 향상될 것으로 기대함. 본 사업을 통해 공항 운영 및 항공기 운항 위험 평가 기술이 체계적으로 발전하며, 조류 데이터를 통합·연계하여 보다 정밀한 위험 분석이 가능함
- 특히, 조류 탐지에 AI 기술을 활용하여 활주로 안팎에 조류를 감지하고 종을 분석하는 기술이 개발됨으로 실시간 조류 이동 정보를 관제탑으로 전송되며, 공항운영자는 실시간으로 위험도를 산출하고 필요한 대응 조치를 신속하게 할 수 있어 조류 충돌 예방이 더욱 효과적일 것으로 기대함

□ **경제적 기대효과**

○ **항공기 조류충돌로 인한 경제적 손실 감소**

- 글로벌 항공 시장이 조류 충돌 사고에 대응하며 입는 경제적 손실은 연간 1조 330억원에 달하는 것으로 추정됨. 공항에 유입되는 조류 탐지 및 생태학적 데이터의 수집・분석・활용을 위한 기반 기술을 확보함으로써 공항별 항공기와 조류의 충돌 위험을 사전에 인식 및 대응 체계가 구축됨으로 항공 안전 증진 및 항공사고 감소에 따른 인명피해 및 경제적 손실 절감 기여

○ **조류 퇴치 비용 절감**

- 공항 조류관리 시스템이 도입되어 보다 조류 탐지 및 퇴치가 명확한 프로세스에 의해 수행되면 조류 퇴치 비용을 대폭 절감할 수 있음. 또한 현재의 조류 퇴치 방법보다 높은 퇴치 효과를 발휘할 것으로 기대됨에 따라 경제적인 효율성이 향상

○ **관련 산업 육성 및 일자리 창출**

- 조류 탐지 및 퇴치 시스템의 국산화는 관련 산업의 육성과 일자리 창출 기여할 것으로 기대됨 특히 레이더, 센서, 인공지능 등 첨단 기술 분야의 발전을 촉진하고, 이를 통해 새로운 비즈니스 모델이 창출됨에 따라 관련 산업 활성화 기대

○ **수출 산업으로의 발전 가능성**

- 한국형 공항 조류관리 체계가 성공적으로 구축 및 운영되면 이를 해외 공항에 수출하는 새로운 산업으로 발전할 가능성이 있음. 특히 아시아 지역의 많은 공항들이 조류 충돌 문제를 겪고 있어, 한국의 기술과 시스템을 수출할 수 있는 잠재적 시장이 기대됨

○ **항공안전 증진 및 항공사고 감소에 따른 경제적 손실 절감**

- 글로벌 항공시장이 조류충돌 사고에 대응하며 입는 경제적 손실은 연간 약 12억 달러(약 1조 7,400억원)에 달하는 것으로 추정

○ **국내 기술 확보로 인한 수입 대체 효과**

<표 133> 수입 대체효과

구분	산정근거
장비 도입비	• 기존 공항 7대, 신공항 6대 적용 가능 • 13대 × 40억원(단가/대당) = 520억원 (HW : SW = 6 : 4)
유지 관리비	• 장비의 하드웨어와 소프트웨어 비율(6:4) 가정 • (하드웨어) 312억원 × 0.081) = 24.96억원 • (소프트웨어) 208억원 × 0.122) = 24.96억원 1) 공공부문 하드웨어 유지보수 대가기준(한국전산원) 최하 적용 2) 소프트웨어사업 대가선정 가이드(한국소프트웨어산업협회) 최하 적용

□ **사회적 기대효과**

○ **항공 안전 향상으로 인한 사회적 신뢰 증진**

- 공항의 조류 충돌 사고 예방을 통한 항공 안전 향상은 항공기 운항에 대한 사회적 신뢰를 회복하는데 기여할 것으로 판단됨. 특히 최근 발생한 제주항공 여객기 참사와 같은 사고가 예방될 수 있어 국민의 생명과 재산을 보호하고 항공 산업에 대한 신뢰 향상

○ **생물 다양성 보호 및 환경 보전, 지속 가능한 공항 운영**

- 공항 주변의 조류 충돌은 조류종 보호와 생태계 보전 측면에서도 중요한 의미가 있음. 본 사업을 통해 개발되는 조류 생태학적 대응 기술은 공항 주변 조류의 서식지를 파악하고 효과적으로 관리함으로써 조류와 항공 안전이 공존할 수 있는 환경을 조성함

- 확보된 항공기 운항의 조류충돌 위험도 평가 및 모니터링 기술은 공항별 조류의 생태를 고려하여 설계됨으로 항공기의 안전한 운항 뿐 아니라 공항 주변의 생태계를 보호함으로 지속 가능한 공항 운영 기여

○ **국제적 환경 문제 해결에 기여**

- 공항의 조류 충돌 문제는 전 세계 공항이 직면한 공통된 문제로 한국형 공항 조류 관리 체계의 개발과 성공적인 개발 및 운영은 국제적인 문제 해결에 기여함으로써 국가 이미지를 제고하고 국제 협력을 강화하는 계기가 될 것임

7. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

7.1 사업 성과 관리 계획

○ **(성과창출계획 수립)** 본 사업의 특성 및 유형을 바탕으로 설계한 성과목표 및 성과지표를 바탕으로, 사업목표 달성을 위해 요구되는 연차별 성과 창출에 대한 계획을 사전에 수립하여 성과지향적 사업관리가 이루어질 수 있도록 함

- 동 사업의 수행기관이 선정된 이후, 각 세부기관별 책임자와 전문기관이 협의하여 '전략계획서'를 작성(사업의 성과목표 및 성과지표, 성과지표 목표치 및 측정방법 등 포함)*하고, 이에 기반하여 사업의 관리 및 평가를 실시할 수 있도록 함

  * 과기부 '24년도 국가연구개발사업 전략계획서 작성 가이드라인 참조

○ **(성과 보고 및 모니터링)** 수립된 성과창출계획에 부합하는 성과들이 잘 발생하고 있는지 주기적으로 모니터링하고, 성과의 체계적 관리를 통해 향후 종합적 성과분석과 예산 투자의 타당성 입증의 기반을 구축

- 성과평가법 개정에 따라 기존 과기정통부의 국가연구개발사업 중간(자체·상위)평가가 폐지되고 부처 자체평가 중심으로 운영하므로, 본 사업의 특성을 고려한 전략계획서에 기반하여 부처 및 전문기관이 주기적으로 사업성과를 모니터링

○ **(성과분석 및 환류)** 사업에서 창출된 성과현황에 대한 심층적이고 종합적인 분석을 실시하고 개선방안을 마련하여 사업의 기획, 관리, 평가 전주기에 반영함으로써 정부 예산 투자 효율성을 강화

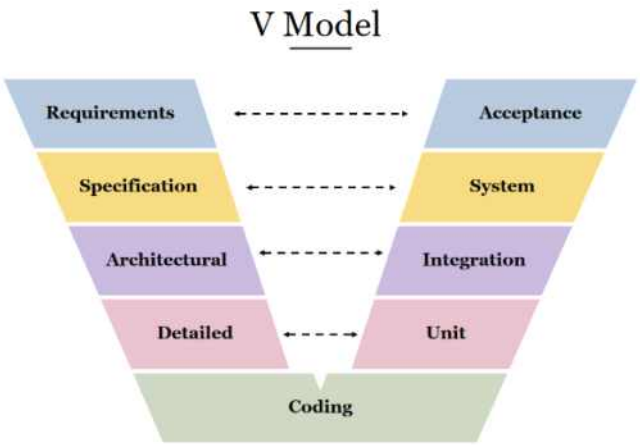
- 본 사업은 사업착수 시 설정한 중간평가(자체평가)를 위해, 해당 기간의 사업 추진 및 성과에 대해 종합적 성과분석을 실시
  - 성과평가법 개정에 따라 국가연구개발사업의 '전략계획' 수립 제도가 신설되어, 사업 착수 전 전략계획서 수립 시 사업 중간평가 주기를 자율 설정(3년기준±α) 하도록 하고, 부처가 중간평가(자체평가)를 실시하도록 함(성과의 목표 연계성, 추진실적, 추진계획 평가)
  - 자체평가(부처)→시스템 등록 및 공개(부처)→모니터링(혁신본부)
  - 사업목표 달성을 위한 성과창출이 잘 이루어지고 있는지, 만약 그렇지 않다면 사업추진 및 관리 측면에서의 개선점은 무엇인지 등을 종합적 성과분석을 통해 파악하고, 외부로부터의 지적사항 등을 포괄하는 사업관리 개선 대책을 마련 및 반영함으로써 사업추진의 효과성과 효율성을 제고

7.2. 연구개발성과물 검증 및 관리 방안

□ 시스템엔지니어링을 통한 연구성과물 검증 및 관리

○ 본 연구는 개발품의 개발단계부터 적합성 검증 및 실증까지 이루어져야 하므로, 일련의 과정들이 체계적이고 효율적으로 진행될 수 있도록 시스템 엔지니어링의 V&V 개념을 적용하여 과제 추진

○ 해당 개발품의 국내 공항에 실증 데이터 확보를 상용화가 예상되므로, 해외 시장 진출도 기대할 수 있음. 수요처의 공항운영자의 사용자 요구사항의 분석이 우선 이루어져하고, 개발품의 사용 환경이 공항밖이므로 높은 기준의 환경 및 신뢰성이 요구되므로, 해당 요구사항들이 만족 여부를 확인할 수 있는 단계별 적합성 검증을 추진

시스템 엔지니어링(SE)의 V&V 적용


○ 단계별 설정 수준에 맞는 완성도를 검토하기 위해 단계별 기술검토 회의 수행 예정

- 시스템요구사항검토(SRR, System Requirement Review) : 사용자 요구사항을 제품 개발을 위한 요구사항으로 적절히 반영되었는지를 검토하며, 본 사업에서는 1차년도 중반에 수행 예정
- 기본설계검토(PDR, Preliminary Design Review) : 개발 품목에 대한 기본설계의 완전성을 검토하며, 본 사업에서는 1차년도 후반기에 수행 예정
- 상세설계검토(CDR, Critical Design Review) : 개발 품목에 대한 상세설계의 완전성을 검토하며, 본 사업에서는 2차년도 중반 수행 예정
- 시험준비상태검토(TRR, Test Readiness Review) : 시험평가계획을 통해 시험준비상태가 제품 요구조건 충족여부를 검증·확인 가능한지 검토로 3차년도부터 시험을 수행할 수 있도록 TRR은 2차년도 종료 전에 수행 예정

7.3. 연구성과물 실증 방안

□ 실증을 위한 테스트베드 단계적 구축

○ 테스트베드 구축의 필요성

- 본 사업을 통해 개발된 시스템은 기능, 성능 등의 검증을 거쳐 실제 데이터 기반의 조류 탐지 및 관리 시스템의 실증을 위한 테스트베드 구축이 필요함. 본 사업의 최종목표는 상용화이므로 실증을 통한 시스템의 최적화를 통해 개발품의 완성도를 높여야 함
- 본 사업의 연구목표 중 하나는 표준화로 실제 공항 테스트베드 구축 및 운영을 통한 한국형 공항 조류관리 체계 표준화 수립이 필요함

○ 단계별 테스트베드 구축 전략

- 한국형 공항 조류관리 테스트베드는 다음과 같은 3단계로 구축

<표 134> 단계별 테스트베드 구축 전략

구분	추진 내용
실증 기반 구축 단계 (2026-27년)	• 공항 조류관리시스템에 대한 개발 착수 • 실증 대상 공항 선정 • 단계별 실증계획 수립 • 단계별 실증 내용 확정 및 준비사항 식별
통합 실증 단계 (2028년)	• 다양한 기술을 통합하여 실제 공항 환경에서 조류관리 체계의 전반적인 성능을 실증하는 단계 • 실증 시나리오 및 절차 수립 완료 • 실증 수행 (실증데이터 목표대비 50%확보) • 실증 수행 결과보고서 및 후속조치 사항
고도화 단계 (2029년 이후)	• 통합 실증 단계에서 개선사항 식별하고, 개발품에 보완 • 보완된 개발품 검증을 위한 실증 시나리오 및 절차 보완 • 실증 수행 (실증데이터 목표대비 100% 달성) • 실증 수행 결과보고서

○ 테스트베드 운영 및 평가 방안

- (산학연 협력 체계 구축) 테스트베드 운영에는 항공 안전, 조류 생태, AI 기술 등 다양한 분야의 전문성이 요구되므로 산·학·연 협력 체계를 구축
- (데이터 기반 검증 및 평가 체계) 테스트베드에서 구현된 시스템의 효과성을 객관적으로 평가하기 위한 데이터 기반 검증 체계를 마련해야 함. 미리 정해진 프로토콜에 따라 생태 데이터 및 메타데이터를 수집하고, 미리 정의된 데이터 구조를 통해 데이터의 유효성을 검증하는 과정이 필요함. 특히, 조류 탐지율, 퇴치 성공률, 조류충돌 감소율 등 핵심 성과 지표를 설정하고 지속적으로 모니터링 필요
- (법적·제도적 지원) 본 사업의 테스트베드 운영은 한국형 공항 조류관리체계 표준화(안)을 검증하는 과정으로 이후, 공항별 적합한 조류관리 체계에 적용되도록 유효성 확인 필요함

□ 실증 추진 방안

○ (실증기술) 민간 공항에 대한 한국형 조류관리 체계 운용성 검증 및 조류 관리를 위한 데이터 확보를 위한 시범 운용·실증

○ (대상지(안)) 국내 소형비행장·소형공항 및 중·대형 공항의 단계별 적용

○ (예정기간) ‘27.11 ~ ’29.12 (2년 2개월)

○ (추진방안) 한국형 조류관리 체계의 조류탐지 및 분산·대응 기술 단계적 이행을 위해 별도 시설 구축 없이 기존 실증 가능 비행장·공항을 활용하여 검증 시험, 시험 운용, 현장 시범 운용, 현업 연계 현장 운용 등 4단계로 구분하여 국내 15개 민간공항을 대상으로 단계적 실증 추진

- (1단계) 실험 운용 및 실증 가능 비행장을 활용한 기능·성능 평가를 위한 검증 시험(6개월 소요)
- (2단계) 실제 항공기 운항 영향의 조류활동 데이터 확보를 위한 소형공항 시험 운용(4개월 소요)
- (3단계) 국내 민간공항의 조류 관리·분산 현장 대응 검토를 위한 공항운영자 및 조류 대응팀이 참여하는 조류 관리 체계 통합 시범 운용(4개월 소요)
- (4단계) 조류 관리·활동의 위험도 산출과 항공교통관제 연계 운영 지원을 위한 시스템 활용 등 (12개월 소요)

<표 135> 실증 추진 방안

(1단계) 검증시험 / 소형비행장		(2단계) 시험운용 / 소형공항	
수행예정기간	2027년 11월 ~ 2028년 4월	수행예정기간	2028년 5월 ~ 2028년 8월
(3단계) 시범운용 / 중·대형공항		(4단계) 위험도 산출 및 현업연계 운용	
수행예정기간	2028년 9월 ~ 2028년 12월	수행예정기간	2029년 1월 ~ 2029년 12월

7.4. 연구개발성과물 활용 계획

○ 공항의 조류활동 데이터의 수집/처리/분석/활용(안전관리) 핵심기술 확보하여 예방형 공항 조류충돌 예방 관리에 적용된다면 공항운영자의 SMS 역량 및 국가안전프로그램 역량 강화

○ 한국형 공항 조류충돌 예방 체계의 표준화를 마련함으로 공항의 안전관리를 위한 체계적인 정보획득으로 공항 조류 위험에 대한 사전 예방적 안전에 기초적인 토대 마련

○ 공항 안전 데이터의 활용 주체들 간 비밀유지계약 등을 통해 데이터 보안을 강화하고, 협의체 역할을 구체화함으로써 데이터 기반 예방형 안전관리의 효과성 제고

- 데이터 수집·분석·활용 전문기관과 정부 및 공항 운영자 간 공항안전데이터 공유·분석·활용에 관한 비밀유지 계약 체결을 통해 데이터·정보·출처의 보호 강화
- 공항안전데이터 분석실무단을 중심으로 운영규약 제정 등을 통해 분석 범위·주제별 수행체계를 세분화함으로써 항공안전관리체계 강화에 기여

○ 사업 성과의 활용 및 확산을 위한 성과정보시스템 운영, 추적평가, 공모전, 전시회 등 활동을 정기적으로 추진

- (성과 및 사업화정보 시스템 운영) 국토교통기술촉진연구사업을 포함한 국토교통 R&D 사업의 성과관리를 위하여 국토교통 R&D 사업관리시스템(http://rnd.kaia.re.kr) 운영
- (추적평가 수행) 성과의 활용 및 확산을 위하여 종료된 R&D과제를 대상으로 과제 종료 후 5년간 발생성과에 대한 정기적 추적평가를 실시하여 성과의 사후관리를 수행
- (국토교통기술대전 개최) 매년 국토교통 R&D 성과물에 대한 대국민 홍보와 기술교류 확산을 위해 국토교통 R&D 우수성과 전시 등을 추진
- (국토교통기술 아이디어 공모전 개최) 국토교통 기술 분야에 대한 국민 관심 증대와 기술저변 확대를 위해 국토교통기술 아이디어를 발굴
- (국토교통 R&D 대표성과 사례집 발간) 매년 대국민을 대상으로 국토교통 R&D 성과물에 대한 홍보추진을 위해 대표성과 사례집 발간

○ 또한 사업의 성과 활용 및 확산을 촉진하기 위해 성과관리활용계획 수립, 성과 활용·확산 결과 및 파급효과 조사·점검을 실시

- (성과관리활용계획 수립) 사업 종료 단계에서 ‘성과관리활용 계획’을 수립하고, 혁신본부로부터 충실성을 점검받도록 함
- (성과 추적조사 및 실태점검) 사업 전략계획서 수립 시 추적조사 및 실태점검 주기를 자율 설정(5년 기준-α)하고, 사업 종료 시 ‘성과 활용·확산 결과 및 파급효과 조사·점검’을 실시

7.5. 과제제안요구서(RFP)(안)

연구개발과제명	공항 조류충돌 예방을 위한 한국형 조류관리 핵심 기술 개발

1. 연구개발목표

□ 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 개발 및 실증운용을 통한 항공기 안전운항 구현

2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□ 연구개발 필요성

○ (**조류 충돌 이벤트 지속 증가**) 최근 5년간 국내 공항 조류 충돌 이벤트가 1,500건 이상 발생하는 등 공항 구역 내 조류 충돌 원인 분석을 통한 안전관리 강화 대책 필요성 증가

* ('20) 189건 → ('21) 297건 → ('22) 324건 → ('23) 330건 → ('24) 371건

○ (**조류 충돌에 대한 국민 관심 증가**) 12·29 여객기 참사 이후, 조류 충돌 사고에 대한 국민의 관심이 집중되어, 선제적인 안전관리 강화 조치가 필요한 상황

○ (**데이터 기반의 조류안전관리 필수**) 현재의 인력 중심 또는 EO/IR만 적용할 경우, 좁은 시야나 악기상의 이유로 정밀한 위험 데이터 확보에 한계가 있으므로, 광범위 데이터 수집이 가능한 레이더와 고해상도 광학 센서를 통합하여 3차원의 조류 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 과학적 방법론으로 분석·예측하는 '데이터 기반 한국형 조류안전관리 기술' 개발이 필수

○ (**K-airport 조류충돌 위험 탐지·예방 체계 구축**) 국내 공항 특유의 환경·지리적 특성(서해안 갯벌, 철새도래지 인접 등)과 좁은 공역 내 높은 운항 밀도를 고려하여, 개별 공항 단위의 관리를 넘어 국가 차원의 통합 데이터 분석과 실시간 위험평가를 기반으로 하는 '한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 체계' 구축 필요

* 국제민간항공기구(ICAO) 및 미국 연방항공청(FAA) 등에서도 1년 이상의 관찰을 통해 축적된 공항 조류활동 데이터를 바탕으로 조류 예방 활동을 할 것을 권고하고 있으며, 이는 공항·지역·국가별 특성이 반영된 조류충돌 예방 활동의 필요성을 의미

□ 기술동향

<국내기술동향>

○ 대부분의 국내 공항에서는 조류 대응팀이 망원경 관찰이나 경험적 지식에 의존하여 조류관리 활동을 수행하는 실정이며, 주로 단기적·국지적 대응에 국한

- 현재 국내 민간공항에 조류탐지 레이더를 설치 사례가 없으며, 일부 군공항 및 비행훈련장에만 조류탐지 레이더 도입

* 서산 공군비행장에 캐다나 Accipiter社 2D·3D 조류탐지레이더 설치(2015년), 태안비행장 2D·3D 레이더 설치(2025.3월) 및 실험 운영

- 결과적으로 공항 주변의 지속 축적된 조류 정보(서식지, 행동 패턴 등)가 부족하며, 선제적 안전관리를 위한 기술력 확보 시급

- 국토교통부는 '항공안전 혁신 방안('25.4월)'을 통해 조류 충돌 예방을 위해 전국 공항에 조류탐지 레이더 순차적 도입 계획을 발표

<국외기술동향>

○ 국외 주요 공항의 경우 조류탐지 레이더 및 열영상 카메라를 복합적으로 활용하여, 사전에 조류를 탐지하고 이를 분산하기 위한 기술력을 확보하고 있음

- 국외 공항 운영 사례 : 일본 하네다공항, 네덜라드 스키폴공항, 독일 브란덴부르크 공항, 미국 로건공항, 미국 타코마 공항 등이 있음

○ 국외 제작사들은 대부분 조류 탐지 알고리즘을 적용한 형태로 상용화되었고, 미국과 유럽을 중심으로 활발하게 진행되었으며, 아시아 국가에서는 일본과 중국에서 기술을 보유한 것으로 파악됨

- 국외 제작사 : 미국 DeTect, 캐나다 Accipiter, 네덜란드 Robin, 일본 NEC, 중국 Sinorobin 등 있음

- 또한, 조류분산 관리를 위한 레이저 등 최신 기술 활용과 위험도 평가 모델 개발을 통해 조류충돌 위험 경감을 추진하고 있음

3. 연구개발내용

□ (구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발

※ **(한국형* 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템)** ①조류탐지시스템, ②조류 정보 및 조류 활동 데이터 생성·처리 시스템, ③조류충돌 위험도 평가·대응 시스템, ④데이터 획득 연계·통합 관리 시스템, ⑤공항주변 조류충돌 위험도 평가 DB 등 각 서브 시스템으로 구성

* 국내 조류 종류 및 활동 패턴, 공항 환경을 고려하여 개발된 탐지·예방 시스템

○ (1-1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 운용개념, 성능기준 및 검증 방안 개발

- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템을 활용한 국내 조류충돌 예방·관리체계 운용개념 및 운영 가이던스 개발*

  * 탐지-분석-경보-운항 결정 과정의 이해관계자(정부-공항운영자-항공사/조종사-관제기관 등) 간 역할 등이 포함

- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 정의, 성능기준(데이터/기능/성능/환경/운용성 요구도 등) 개발

- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 성능기준 충족 여부를 확인할 수 있는 검증 방안 개발

- 조류충돌 예방 관련 ICAO(International Civil Aviation Organization) WP(Working Paper)* 대응 기술지원

  * WP No. A42-WP/229 참조

- 관련 법·제도 등의 제·개정(안) 개발 및 지원

  * (예시) 국내 민간공항 조류 유인 시설 관리 규정(조류 등 야생동물 충돌 위험 감소에 관한 기준(국토교통부고시 제2025-344호)) 등 국토부 소관 조류 충돌 예방·관리를 위한 관련 법·제도

  * 조류관련 항공안전·공항운영 규정 등 법·제도 리스크 분석을 통해 사업 종료 시점에는 관련 제도 개선 또는 적용 방안을 구체적 성과물로 도출

○ (1-2) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템의 실증 및 운용성 검증

- 실증 대상 공항 분석, 실증 환경 구축 및 단계별 실증 시나리오, 실증 절차·방법 개발

  * 시스템의 검증·실증 대상 공항은 1단계 종료전 국토교통부와 협의하여 조기 확정하고, 조류 계절성을 반영한 데이터 확보를 위해 초기 데이터 수집 착수 시점을 최대한 앞당기고 이를 연구개발계획서에 제시 필요

- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능 시험·검증 및 현장 운용시험(Operation Test)

  * 단계별 실증을 통해 예방형 조류충돌 위험도 평가·검증체계를 구축하고, 공항 운영 주체(정부-공항운영자-항공사/조종사-관제기관 등)와의 역할 분담 및 연계를 통해 연구 성과의 제도·운영 적용 가능성을 검증

- 조류 위험 대응 장비·기술(음향·레이저·기타 방안 등)별 효과를 정량·정성적으로 평가하기 위한 평가지표, 측정 방법 개발 및 평가

- 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용 효과 분석

  * 공항 조류충돌예방 효과가 정량적으로 기존 대비 어느 수준까지 개선되는지 운용・개선 효과 제시

□ (구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 생성·처리 시스템 개발

○ (2-1) 영상기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발

- 민간공항 인근 영상정보(EO/IR, CCTV 등) 기반 실시간 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 생성·처리 기술 개발

- 인공지능(AI)을 활용한 조류 정보 생성 및 데이터 가공 기술 개발

○ (2-2) 이동형 조류탐지시스템 활용 중장거리 조류 정보 생성·처리 기술 개발

- 레이더에서 측정된 데이터를 가공/후처리하여 조류탐지레이더 최소성능기준 이상의 조류탐지·식별·추적 기술(SW) 개발

- 레이더 기반 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발

- 최소성능기준(표 참조) 이상의 이동형 조류탐지시스템 시제품 개발(2식)

  * 개발된 이동형 조류탐지시스템(2식)은 연구개발 종료 후 정부의 조류충돌 예방 활용을 위해 개발기관과의 협의 등을 통해 공항 현장에서 지속 활용 예정임

  * 이동형 조류탐지시스템에 탑재되는 레이더(하드웨어 부분)는 신규 개발하는 것이 아닌 기존 상용 레이더(하드웨어 부분)를 도입·활용

< 조류탐지시스템 최소성능기준(안) >

항목		성능기준(안)
개요	목적	공항 주변 조류탐지
성능	한국형 표준조류 (KSAT, Korea Standard Avian Target)	레이더단면적(RCS, Radar Cross Section) : -16 dBm^2 질량 : 1.0 lb (0.45kg) 이하
	표준객체탐지	0.5km ~ 2km 및 고도 300m 이내 1 KSAT 탐지
		0.5km ~ 6km 및 고도 600m 이내 2 KSAT 탐지
	다중객체	최소 1,000 개 탐지 객체 동시 식별(가능하면 추적) 가능
	객체 해상도 (object resolution)	2km 범위에서 50m 이하로 분리된 두 개의 한국형표준조류(KSAT) 구별 가능

항목		성능기준(안)
	감시영역	- 항공기 접근·출발 구간을 포함한 수평 360도 영역 및 접근·출발 구간은 최소 13km 거리 감시 가능하며, 비행장기준점(ARP, Aerodrome Reference Point)부터 9km거리-900m고도, 13km거리-1,000m고도 영역 감시 필요. - 감시가능 영역·공간에 대한 정보는 장비 제작사에서 별도 제시
	위치정확도	안테나로부터 0.5km ~ 5km 거리에서 추적물의 위치는 실제 위치에서 50m 이내로 정보 제공 (거리의 1% 위치정확도 적용)
	최대탐지거리 (instrument range)	13 km 이상 / 단, RCS·탐지율 등 성능 제시
	탐지정보 신뢰수준 (confidence level) 및 탐지율 정보	다음의 안테나 위치부터 거리별 탐지정보 신뢰수준에 대한 탐지율 정보 제공. 이때 오탐률은 1.0E-6 이하를 기준으로 함 - 2 km 이내에서 90% 신뢰수준 / 강우 없는 공항의 평평한 지역, 1KSAT - 2 km ~ 6.0 km 에서 75% 신뢰수준 / 강우 없는 공항의 평평한 지역, 1KSAT - 6.0 km ~ 13 km 에서 60% 신뢰수준 / 강우 없는 공항의 평평한 지역. 단, 이때 적용한 KSAT 값은 제작사 제시
	탐지주기	지속적 정보 업데이트 3초 이내 간격
	최초 탐지 시간	대상구역 내 탐지 후 5초 이내 조류 정보 산출
	날씨	- 성능 조건은 맑은 날씨일 때 적용하며, 악천후(비 또는 눈) 조건에서 레이더의 성능 하락 수준 정보를 제공 - 비 및 눈이 끝난 후 시스템 정상화까지의 시간 정보 제공 - 레이더는 24시간 탐지(낮, 야간, 새벽/황혼)가 가능하며, 우리나라 계절별 예측되는 정보를 제공
	데이터 저장	- 최소 48시간 이상의 레이더 raw 데이터 저장 - 최소 30일 이상의 조류탐지 화면 시현(사진·영상) 및 조류 탐지 데이터(문자) 기록 자체 저장 - 최소 180일 이상의 데이터를 별도로 저장하여 데이터 분석이 용이하도록 지원이 필요하며, 이때 최대 30일 이내의 시간에서 자동 전송·저장되는 기능이 포함되어야 함 - 각 데이터는 날짜, 시간 기준으로 보관되어, 데이터를 쉽게 검색할 수 있어야 함
	데이터 종류(형식)	주요 데이터는 아래와 같으며, 필요시 추가 데이터 저장 - Track ID - UTC 날짜(yyyymmdd), UTC 시간(HH:MM:SS.S) - 위·경도(WGS84) - 고도(m 및 ft) - 속도(m/s) - 진행(heading) 방향(1도 이내) - 거리(m), 방위(진북) - RCS(dBm^2)
	신뢰성	- 기대 장비 수명 : 10년 - MTBF : 최소 4,000 시간
	환경	- 운영온도 : -32℃ ~ +52℃ - 운영상대습도 : 5% ~ 90% - EMI/EMC : KC 기준(안전인증) 적용 - 무선설비 : KC 기준(안전인증) 적용(해당시) - LVD : KC 기준(안전인증) 적용탐지부(안테나 등) 방수방진 : IP55 이상 - 안테나 최대운영풍속 : 40 m/s (독립/자주식 안테나 - 적용) - 이동 진동/온도/습도 : 필요시 확인 및 제시 - 탐지부(안테나 외함 등) 염수분무 시험 : 필요시 확인 및 제시

항목		성능기준(안)
기능	조류 식별	탐지 정보의 조류 여부 Cross Check
	타 목적물 삭제	타비행체 식별 정보 도식 및 삭제 가능
	조류 이동 궤적	조류 이동궤적 표기, 이동궤적 속도 · 방향 제공 및 측정 기능
	조류 규모 측정	동일 군집 규모 측정
	조류 위험정보 생성	조류 위험정보 생성
	위험경보	특정 위험시 음성/팝업 등을 통한 자동 경보 특정 위험 상황에 대한 시나리오 별도 설정
전파	사용주파수	S-band, X-band, Ku-band, 기타 운영 가능 주파수 대역 (단, 타 주파수 영향 여부 등을 확인할 수 있도록 정보 제시)
탐지율	거리별 탐지율 측정	RCS별 탐지 가능 거리 정보 제공
	거리별 탐지율 시뮬레이션	거리별 탐지 가능 여부 / 탐지율 정보 제공

* 한국형 조류탐지시스템 최소성능기준(안)은 연구 과정을 통하여 구체화 필요

* 최소성능 기준은 주요 성능 범위를 참고하기 위한 최소값으로, 최소성능기준의 모든 항목은 연구 과정에서 개발된 기술의 실증·검증을 통하여 규정값 이상의 목표 성능을 확인하고, 데이터를 기반으로 국내 기술·운영·환경에 적합한 조류탐지 시스템 최소성능기준(안) 산출 필요

○ (2-3) 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 기술 개발

- 기후에너지환경부의 조류 조사 정보*를 활용한 공항 인근 조류 정보(조류 탐지 및 종류 식별, 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발

  * 기후에너지환경부에서 2026년부터 추진할 월단위 전국 공항 인근의 조류 조사 정보(종류, 개체수, 서식지, 행동 등). 조사 결과는 국토교통부, 공항운영자 및 관련 연구자에서 공유 예정

- 기상레이더 정보*를 활용한 항공로 인근 조류 정보(조류 탐지 및 유입·이동 패턴 등) 데이터 생성·처리 기술 개발

  * 기상청에서 공개하는 레이더 정보를 활용하여 국내에서 이동하는 대규모 조류 이동 현황(raw data) 등의 데이터를 확인할 수 있어 이를 본 연구에 활용

□ (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발

○ (3-1) 데이터 기반 조류충돌 위험도 평가·예측 시스템 개발

- 데이터[1)~6)] 기반 조류 위험도 평가·예측을 위한 조류 위험 정보 생성·연계·통합 관리 플랫폼 개발

  1) 영상 기반 조류 정보 데이터 (구성기술 2-1에서 획득)
  2) 조류탐지시스템(이동형 조류탐지시스템)을 통한 조류 정보 데이터 (구성기술 2-2에서 획득)
  3) 타부처(기후에너지환경부·기상레이더) 정보 기반 조류 정보 데이터 (구성기술 2-3에서 획득)
  4) 국내 공항 기구축 고정형 조류탐지시스템을 통한 조류 정보 데이터
  5) 공항운영자 생성 조류충돌 예방 대응 활동 데이터, 관제사·조종사 조류충돌 안전장애 의무보고 데이터
  6) 항공기 항적, 항공기 운항정보(기종, 항공사, 스케쥴) 등

- 데이터에 기반한 조류충돌 위험도 평가·예측 기술, 위험도 가시화 방안 개발

- 이종 센서 데이터(레이더, 영상, 연계정보 등)를 통합하고 AI를 활용하여 복합(퓨전) 기술 등을 적용하여 조류 식별·추적·예측 기술 개발

- 위험도 예측 정확도 평가(위험도 예측 결과에 대해 사후 평가·검증)

* 위험도 분석 예측에 인공지능(AI)기반 데이터 증강기술을 활용하여 비정상 상황 데이터(위험 상황)의 다양성 확보

- 항공정보간행물(AIP)에 데이터 기반 조류 정보(유입·이동 패턴 등) 제공 방안 개발

- 데이터 기반 전국 단위의 조류충돌 위험도 모니터링·평가 기술 개발

* 어느 공항/지역에서 조류 충돌 위험도가 높아지는가를 국가단위에서 모니터링하기 위해 공항단위 생성 데이터 등 비실시간 데이터를 연계하여 전국단위 위험도 분석 및 예방관리

○ (3-2) 실시간 조류충돌 위험도 산출 시스템 개발

- 조류탐지(레이더, 영상) 데이터와 항공정보 데이터(항적 등) 실시간 연계 및 표출

- 실시간 조류충돌 위험경보 생성* 기술 개발

* 조류탐지레이더 및 영상 데이터에 의한 조류 탐지 시간(Detection Response Time) 포함 10초 이내 경보 생성

- 조류충돌 위험도 실시간 산출, 위험도 가시화 방안 개발

○ (3-3) 위험도 평가·예측 및 실시간 위험도에 따른 대응 방안 개발

- 조류충돌 위험도 수준별·이해관계기관별 대응 방안 수립

* 위험도 수준별·이해관계자별(공항운영자, 항공사, 조종사, 관제사 등) 대응 방안(Safety Matrix) 등 포함
* 위험도 수준별 대응 방안 수립 시 탐지-식별-추적-평가-예측-대응 등이 연동될 수 있도록 공항 운영 시나리오를 구체화하고, 이를 운영 절차서 및 실증 계획에 반영하여 검증

- 대응 방안 실증 및 적절성 검증

* (1-2) 실증을 통해 대응방안 적절성 검증

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 정부, 전문기관, 기업(개발사 및 사용사업자 등) 외 유관기관 등과 유기적 협조체제 구축

- 기술수요기관의 충분한 의견수렴을 통하여 실용성 확보

- 각종 유사 선진시스템 및 적용 사례에 대한 조사 및 반영

- 과제성공률 제고를 위한 자문회의 등 내·외부 전문가 의견 수렴

○ 실증을 통해 예방형 위험도 평가 및 검증체계 구축과 함께 기술적・제도적 타당성 등을 검증

○ 기존 선행연구의 유무형 성과를 분석하여 중복성을 피하고 연계/활용방안 제시

○ 기존 하드웨어 및 소프트웨어의 단순 통합을 넘어 새로운 분석 기법, 운영 개념 또는 자동화·지능화 요소 등 차별화된 연구개발 내용을 제시

□ 추진체계

○ 조류데이터 및 운항자료는 수집·분석·활용 전문기관의 역할과 함께 연구·학술적 부분이 강조되는 분야에 대해서는 국내외 연구기관 및 대학이 공동연구, 위탁연구 등을 통해 협조체계 구성

○ 조류 데이터 및 항공기 운항자료는 수집·분석·활용 및 항공안전관리 경험이 풍부한 전문가로 자문위원회 구성 또는 자문용역 수행 및 연구진의 참여율을 높여 집중도 제고

○ 연구성과가 실용화로 연계될 수 있도록 전문 연구기관, 운영기관, 관련 기업 및 관련 학계 등 산학연 전문가로 구성된 공동연구진 구성 지향

○ 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적, 정책적, 경제적 보완사항에 대한 자문

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성 도모

○ 연구진의 연구참여율을 높여 연구집중도 제고

5. 최종 연구개발성과물	

○ (구성기술 1) 한국형 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 운용기술 개발

- 국내 조류충돌 예방·관리체계 운용개념 및 운영 가이던스
- 조류충돌 위험 탐지·예방 시스템 성능기준 및 검증방안
- ICAO Working Paper 기술지원 문서
- 조류충돌 예방 체계 법령·제도 개선(안)
- 조류충돌 탐지·예방 시스템 실증/검증/운용시험 계획서* 및 결과 보고서

  * 실증 시나리오, 실증 절차·방법, 구성기술 2 및 3의 시제품 활용계획 등 포함

- 공항주변 조류 위험 대응 장비·기술 평가 계획서* 및 평가 보고서

  * 정량적·정성적 평가지표, 측정방법 등 포함

○ (구성기술 2) 공항 주변 조류 정보 및 조류 활동 데이터 생성·처리 시스템 개발

- 레이더 측정 데이터 활용 조류탐지·식별·추적 SW(1식) 및 사용자 매뉴얼
- 이동형 조류탐지시스템 시제품(2식) 및 사용자 매뉴얼
- 조류탐지시스템 최소성능기준(안) 개정(안)
- 타부처 정보 연계 기반 조류 정보 생성·처리 결과 DB

○ (구성기술 3) 데이터 기반 조류 충돌 위험도 평가·대응 시스템 개발

- 데이터 기반 조류 위험 정보 생성·연계·통합관리 플랫폼 시제품(1식) 및 사용자 매뉴얼
- 조류 충돌 위험 예측 정확도 평가 보고서
- 항공정보간행물(AIP) 조류 정보 제공 방안 보고서
- 실시간 조류충돌 위험경보 플랫폼 시제품(1식) 및 사용자 매뉴얼
- 조류충돌 대응 매뉴얼

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ 정부는 공항 조류 충돌 예방 강화를 위해 적극적인 정책을 추진하는 가운데 이 사업을 통해 마련된 표준화, 검증 및 인증 연구를 향후 관련 법규 제·개정의 기초 자료로서 제도적 기반 구축에 활용

○ 국내 기술로 개발된 한국형 조류 관리 체계는 향후 국제 표준으로 제시할 수 있으며, 이를 통해 국제적인 공신력과 신뢰성을 확보

○ 이번 사업을 통해 개발되는 기술들은 다양한 산업에 폭넓게 활용 가능함. 특히, 원자력 발전소 원격 감시 및 제어 기술, 첨단 IT기술 등으로 활용될 수 있어 항공분야뿐만 아니라 국방, 농업, 원자력 등 다양한 산업 분야에서 활용 확대

□ 기대효과

○ (**정책적 효과**) 국내 공항 운영환경에 적합한 표준화된 공항 조류관리 체계를 구축하여 공항 조류관리 분야 사전 예방 및 사후 평가를 통한 철저한 안전관리 정책 구현

○ (**기술적 효과**) 공항에 유입되는 조류 탐지 및 생태학적 데이터의 수집·분석·활용을 위한 기반 기술을 확보하여 조류 충돌 위험 식별 및 평가를 통한 자체 기술력 확보

○ (**경제적 효과**) 항공안전 증진 및 항공사고 감소에 따른 인명피해 및 경제적 손실 절감 기여, 관련 산업 육성 및 일자리 창출, 국내 기술력 및 시스템으로 글로벌 시장 진출 시장 기대

- 미국 FAA 보고에 따르면 조류탐지시스템 도입 운영을 통하여 심각한 기체 손상 등의 사고를 약 30~50% 감소시키는 것으로 보고

  * “2003년 미국 공군이 조류 탐지 레이더를 가장 먼저 도입했는데, 그 후 조류 충돌 발생률이 무려 50%나 감소한 것으로 조사...” (SBS 뉴스, 2025.1.12.)

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2026.04～2029.12(3년 9개월)

[1단계]

- 1차년도 연구개발기간 : 2026.04～2026.12(09개월)
- 2차년도 연구개발기간 : 2027.01～2027.12(12개월)

[2단계]

- 3차년도 연구개발기간 : 2028.01～2028.12(12개월)
- 4차년도 연구개발기간 : 2029.01～2029.12(12개월)

○ 총 정부지원연구개발비 : 28,300 백만원 이내

[1단계]

- 1차년도 정부지원 연구개발비 : 1,500 백만원 이내
- 2차년도 정부지원 연구개발비(안) : 9,744 백만원 이내

[2단계]

- 3차년도 정부지원 연구개발비(안) : 9,222 백만원 이내

- 4차년도 정부지원 연구개발비(안) : 7,834 백만원 이내

  * 정부지원연구개발비는 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
  * 전국 공항인근 조류 조사는 기후에너지환경부의 조사 결과를 활용할 예정이므로 그에 따른 예산은 조정(감액)될 수 있음
  * 영리기관 참여시 기관부담연구개발비는 연차별로 「국가연구개발혁신법 시행령」 [별표 1]을 따르되, 추가 부담 가능
  * 연구개발비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기타

○ 필요시 연구개발 기간내 진도점검 및 현황점검 회의 등 수행 가능

○ 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발 결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함

- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발 목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-Is와 To-Be를 구체화·가시화하여 제시

○ 연구개발계획서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 개발기술과 성과물간 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 연구개발일정계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발기술 및 성과물의 목표수준 달성 정도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시

  * 연구개발과제 선정 이후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 신청자는 연구를 통해 도출되는 최종성과(핵심성과물)를 유형별(사양, 장비/장치, 소프트웨어, 시스템, 정책제도 등)로 나열하고, 세부 설명 제시

- 아래 표를 참고하여 본 연구개발과제와 관련되는 성과지표를 반영하고 그 외 과제 특성을 고려한 고유 성과지표도 제안할 수 있음

- 성과지표별 목표는 도전적으로 설정해야 하며 목표치 설정근거 제시

  * "성과지표 설정의 적정성 및 목표 도전성"은 선정평가 평가항목이며 미흡할 경우 협약시 조정

구분	단위/세부사업 성과지표	성과지표	IRIS 성과등록시 성과항목
1	기술사업화 효과(금액)	· **사업화/제품화(건)** * 연구개발성과를 실제 계약한 실적	· **사업화현황** · **매출실적**
2	기술실시계약(건)	· **기술실시(이전)(건)**	· **기술실시**(이전)
3	연구개발성과 현장검증(건)	· **현장시험 및 검증(건)** * 성과검증을 위해 현장에 시범적용, 시험시공 등을 한 실적	-
4	정책활용도(지수)	· **법제도 제개정(건)** · **정책채택(건)** · **설계기준·시방서 제·개정(건)**	· **법령반영** · **정책활용** · **설계기준**(설계기준, 표준시방서 등)
5	인증(건)	· **기술 및 제품인증(건)** * 형식승인, SIL, ISO, NET 등 인증서	· **신기술지정** · **기술및제품인증**
		· **표준화(국내·국제)(건)** * KS, KRS, IEC, IRIS 등	· **표준화**(국내표준) · **표준화**(국제표준)
6	특허등록(건)	· **특허등록(건)**	· **지식재산권**(특허)
7	참여기업의 청년인력 신규 채용(명)	· **청년인력 채용 인원(명)** * 채용시점 기준으로 만 15세이상 34세 이하(군복무기간 고려 최고 만 39세까지), 참여율 100%, 최소 1년 이상 고용 유지	· **고용창출**
8	학술지게재 논문(지수)	· **SCI(E) 학술지 게재(건)**	· **논문**

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 전문기관(국토교통과학기술진흥원)은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

참고문헌

<국내문헌>

- 국토교통부, 제6차 공항개발 종합계획('21~'25), 2021
- 국토교통부, 제9차 국가교통안전기본계획('22~'26), 2022
- 국토교통부, 제3차 항공정책기본계획('20~'24), 2019
- 국토교통부, 제2차 항공안전정책 기본계획('23~'27), 2023
- 항공안전기술원, 항공안전데이터분석센터 제공 조류충돌 사고 데이터
- 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 헬리콥터 비행자료 분석시스템 및 예방형 위험도 평가 기술 개발 기획연구, 2024
- 문민정 외, 드론 탐지 및 분류를 위한 레이다 영상 기계학습 활용, 2021
- 윤세원 외, 드론과 조류의 분별을 위한 효과적인 미세 도플러 특성벡터 연구, 2019
- 문민정 외, 레이다 기반의 드론 탐지 기법 연구, 2017
- 박찬용 외, 불법드론 탐지 및 식별을 위한 RF 기반 임무장비의 시험평가 방법에 관한 연구, 2023
- 양세훈, 헬리콥터 조류충돌 저감대책 연구, 2023
- 심현, 인공지능 기반 유해조류 탐지 관제 시스템, 2021
- 한승규 외, FMCW 거리-도플러 이미지 중첩을 통한 CNN 기반 드론 탐지 및 식별, 2021
- 이희용 외, FMCW 레이더를 이용한 원격 조류(鳥類) 관측 시스템 개발
- 황호원 외, 항공기의 조류충돌 사고에 대한 효과적인 대응방안에 관한 연구, 2009
- 한국원자력연구원, 이동로봇과 극지향성 음향송출을 이용한 공항내 조류퇴치 시스템개발, 2012
- 국토교통부, 흑산공항 철새 현황조사 및 영향분석 연구, 2015

<국외문헌>

- FAA, Advisory Circular 150/5220-25(Airport Avian Radar Systems), 2010
- ICAO, 2016 - 2021 Wildlife Strike Analyses (IBIS), 2023
- ACI, Wildlife Hazard Management Handbook, Third Edition, 2022
- Gary F. S., 'Wildlife Risk Management at Vancouver Int' Airport'. 2005
- D. C., Paton, 'Bird Risk Assessment Model for Airports and Aerodromes', 2010

- Y. Hu, ‘A birdstrike risk assessment model and its application at Ordos Airport, China’, 2020
- F. Coccon, ‘A Land-Use Perspective for Birdstrike Risk Assessment: ARI’, 2015
- M. Lopez-Lago, ‘A predictive model for risk assessment on imminent bird strikes on airport areas’, 2016
- E. S. Varnousfaderani, ‘Collsion-Free Takeoff: Preventing Bird Strikes with Aircraft by Tactical Deconfliction under Bird Movement Uncertainty’, 2024
- H. Sun, ‘AirBirds: A Large-scale Challenging Dataset for Bird Strike Prevention in Real-world Airports, 2022
- M. Munzberg, ‘The infrared based early warning system for bird strike prevention at Frankfurt airport’, 2011

<홈페이지>

- https://www.law.go.kr(국가법령정보센터)
- https://www.icao.int(국제민간항공기구)
- https://aci.aero(국제공항협회)
- https://www.ntis.go.kr(국가과학기술정보지식서비스)
- https://www.airport.kr(인천국제공항공사)
- https://www.airport.co.kr(한국공항공사)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.