

---

# 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발 추진 계획 (NARAE-Weather)

---

2022. 1.



항공기상청



# 목 차

I. 배경 및 목적 .....	1
II. 추진 근거 및 경과 .....	2
III. 현황 및 시사점 .....	3
1. 수요자 요구 .....	3
2. 국외 기술 동향 .....	4
3. 진단과 시사점 .....	6
IV. 추진 계획 .....	8
1. 사업 개요 .....	8
2. 사업 내용 .....	9
3. 연구개발 내용 및 소요예산 .....	18
4. 사업 관리 및 추진 체계 .....	21
IV. 기대효과 .....	22

[붙임] 미래 항공기상서비스의 변화

[참고] 미국의 항공위험기상 예측기술 현황



# I

## 배경 및 목적

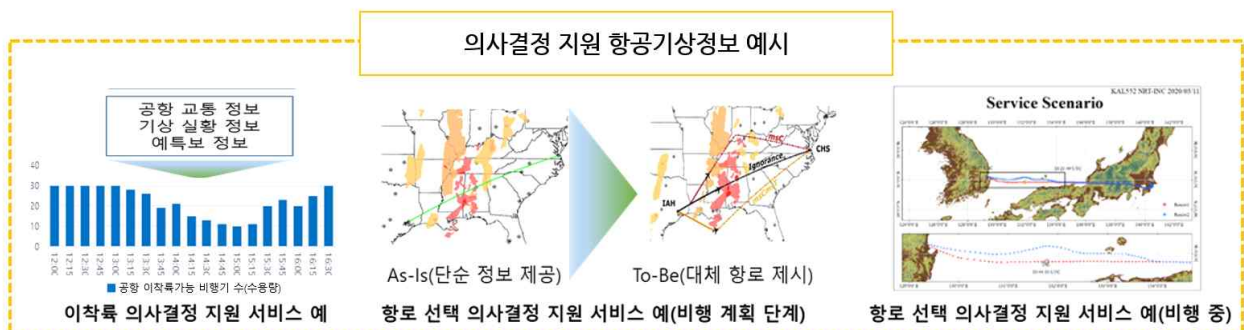
◆ 국가의 미래 항공교통을 대비한 국가항행계획(NARAE2.0) 이행을 위해 항공운항 의사결정을 지원하는 차세대 항공기상서비스 필요

### □ 배경

- 항공교통량이 꾸준히 증가(코로나 이전 연 6%)하였으나, 한정된 인프라(공역·공항 등)로 항공운항의 효율성 향상 요구 증대
  - ※ 항공교통량 추이(만대): 48.5('10년)→58.5('13년)→73.9('16년)→84.2('19년)
- 국제민간항공기구(ICAO\*)는 자동화·광역화·무인화되는 미래항공체계에 대비한 항공시스템 전환계획을 수립('13)하고, 주기적 갱신('19)
  - \* ICAO(International Civil Aviation Organization)
- 우리나라(국토교통부)도 항공교통을 안전하고 효율적으로 처리하기 위해 국가 차원의 종합계획 '국가항행계획(NARAE\*)'을 수립('15~'21)
  - \* NARAE: National ATM Reformation And Enhancement, 날개를 뜻하는 우리말
  - ※ 차세대 항공교통시스템 구축계획('15) → 2차례 수정('17, '18) → 국가항행계획2.0('21.8)
- ICAO, 국토교통부 등 항공기상정보 수요자는 미래항공 환경변화에 따라 최적 운항에 필요한 상세하고 입체적인 의사결정 지원 기상정보 요구

### □ 목적

- 최적 운항에 필요한 항공기상정보의 상세화·입체화·확률화를 통해 항공운항 의사결정을 지원하는 차세대 항공기상서비스 제공기반 마련



## II

## 추진 근거 및 경과

### □ 추진 근거

- 기상법 제5조(기상업무에 관한 기본계획의 수립 등), 제14조(선박 또는 항공기에 대한 예보 및 특보), 제32조(기상업무에 관한 연구개발사업의 추진)
- 제3차 기상업무 기본발전계획('17~'21)
  - 항공기 안전운항을 위해 항공기상정보 서비스 개선·제공
- 중장기 항공교통시스템 기본계획('18/국토교통부)
  - 추진과제 2-4. 항공기상정보 관리 및 활용체계 선진화
  - 추진과제 4-2. 궤적기반 항공교통 운영체계 구축
- 국가항행계획 2.0 ('21/국토교통부)
  - 세부과제 2-1-3 기상정보 스마트화(항공기상청)

### □ 추진 경과

- 대내외 서비스 개선 요구에 부응하기 위해 청내 관련 기관과 부서로 구성된 '항공기상서비스 발전 협의회' 운영('18~'19./기상서비스정책과)
  - 지속 가능한 서비스 개선을 위해 항공기상 R&D 사업 필요성 제기
- 항공기상정보 사용료 현실화 등을 고려한 항공기상서비스 개선에 관한 항공기상청의 주도적 역할 강화('20.1., 기상청 정책간담회)
- 항공기상 R&D 사업 필요성과 시급성이 인정('20.6., 연구용역사업심의회) 되어 신규 R&D 사업의 체계적 준비를 위한 기획연구\* 추진('20.8.~12.)
  - \* 수치모델 기반 이음새 없는 항공기상서비스 기술개발 기획연구(한국전자통신연구원/69백만원)
- 항공기상 R&D '22년 기상청 신규사업 심의(연구개발사업 운영위원회/'21.1.)
- 항공기상 R&D 추진의 제도적 근거 보완을 위해 국토교통부 '국가항행 계획 2.0'에 '기상정보 스마트화' 반영('21.3.~8./총리주재 현안조정회의 확정)
- '22년 예산 과기부·기재부 심의 대응으로 예산 17억 확보('21.12.)

### Ⅲ

## 현황 및 시사점

### 1

### 수요자 요구

- 국제민간항공기구(ICAO)와 국토교통부의 항공교통관리체계 전환계획에 따른 항공운항의 의사결정을 지원하는 항공기상 서비스 필요
- 신속한 의사결정을 위한 항공교통체계에 기상정보 통합 및 자동화, 자료중심 정보로 전환, 위험기상 발생확률 및 강도 등 영향정보화 등

< 국내의 항공교통관리체계 전환 관련 주요 정책 >

▲ (국제민간항공기구) 미래 항공운항을 위해 '궤적기반 운항에 따른 전(全) 비행단계별 맞춤형 항공기상정보 제공 요구'

※ (출처) ICAO 세계항행계획('19) '36년까지 항공분야별 발전 방향 제시

▲ (세계기상기구) ICAO 계획에 대응한 '위험기상 예측능력 향상, 확률예측 정보 제공, 신기술(인공지능, 빅데이터) 접목한 혁신' 등 기술개발 방향 제시

※ (출처) WMO 항공기상 장기계획('19) 미래 항공교통을 대비한 연구 및 기술개발 방향

▲ (국토교통부) 우리나라의 미래 항공교통관리시스템 전환을 위해 항공기상 예측 및 활용능력 제고로 항공운항에 대한 기상 영향 최소화 제시

※ (출처) 차세대 항공교통시스템 구축 기본계획('15, '17)

- 항공기상정보 개선에 대한 관제기관, 항공사 등 수요자의 요구사항은
  - ① 입체적 기상정보 ② 운항정보와 기상정보 통합 ③ 확률예보
  - ④ 시공간 고해상도 예보 등

< 국내·외 항공기상 개선 요구 >

구 분	ICAO·WMO	국토부(NARAE)	항공교통업무기관·항공사
통합·자동화	자동화된 기상정보	기상정보 활용성 향상 통합 기상정보	항공정보와 기상정보 통합 입체적 정보
해상도 향상	시공간 고해상화	-	시공간 고해상도 예보
확률화	확률정보 (발생확률, 강도 및 신뢰도 등)	의사결정 강화 (실시간·단기·계획 단계)	확률예보
	영향정보		위험기상 분석·영향정보

## 2

## 국외 기술 동향

### □ 미국

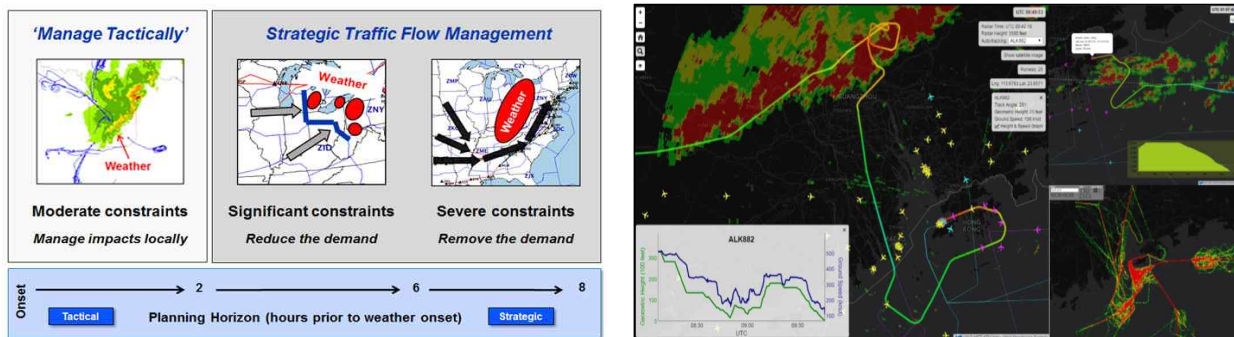
- 미국연방항공청(FAA\*) 주관, **항공안전·효율·환경·고용량을 목표로 NextGen\*\*프로젝트**(370억달러, '30년 완료) 개발 계획 수립('08년) 및 이행

\* FAA(Federal Aviation Administration) \*\* NextGen(Next Generation air transportation system)

- 항공교통관리를 지원하는 기상의 **'NextGen-Weather' 프로젝트**를 통해 수치모델 기반 통계모델과 실황(지상관측, 레이더, 위성 등) 기반 위험기상(강수·천둥번개·난류 등) 예측용 **항공 특화모델 운영**

· 천둥 번개 등 대류기상에 대한 의사결정 지원을 위해 **전술적(2시간 이내), 전략적(2~8시간) 기상정보 제공 등**

※ 최근 5년('17~'21) 미연방항공청의 항공기상 관련 예산은 **연평균 700억원**



< 미국의 항공교통관리 기상지원(Nextgen-weather) >

- 기상 관점으로 관측, 예보, **영향정보** 등의 기상정보가 통합된 **'4D Wx Cube'**에서 사용자가 원하는 해상도와 갱신주기로 제공
- 통계모델 기반으로 매시간 관측 실황을 반영한 LAMP\*를 통해 단기(3시간 이내) 예측정확도를 높여 **위험기상에 대한 선제 대응**

\* LAMP(Localized Aviation Model output statistics Program)

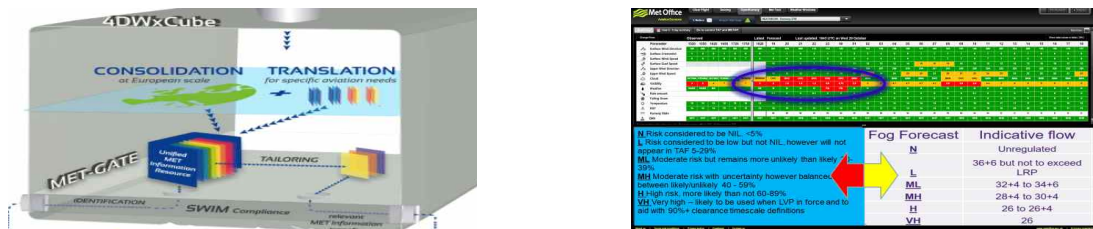
- 또한, 항공교통관리의 자동화 및 의사결정을 위해 항공기상정보를 항공교통관리 플랫폼에 단계별 통합 추진 중

※ 1단계: 기초 통합('12~'22), 2단계: 완전 통합('21~'27)



## □ 유럽

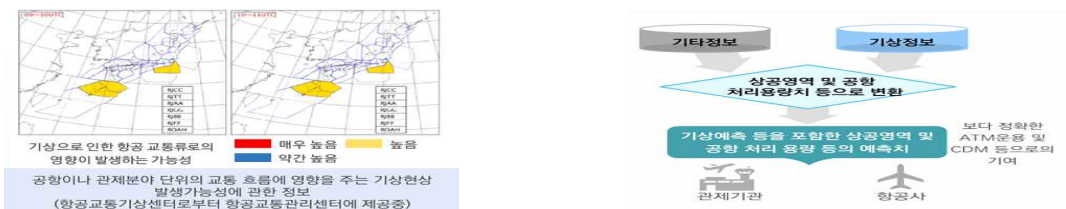
- 유럽 항공관제기구(Euro Control) 주관으로 유럽지역의 항공교통의 안전과 효율성 향상을 위한 단일 유럽공역 실현을 위한 SESAR (Single European Sky ATM Research) 프로젝트 이행 중('04년~)
  - 기상분야는 4D Wx Cube, MET-Gate를 통해 유럽 사용자에게 기상 정보를 제공하여 항공교통관리 예측성 향상 및 효율적 의사결정을 지원
    - (4D Wx Cube) 유럽 국가별 항공기상정보 통합 수집 및 저장
    - (MET-Gate) 항공교통관리 관계자들이 다양한 통합, 변환된 기상 정보를 원하는 형태로 사용할 수 있는 윈스톱 접점
    - (FMP-MET) 항공교통흐름관리 지원을 위한 확률예보 체계



< 4D Wx Cube 개념도 및 확률정보 기반의 의사결정 정보 예시 >

## □ 일본

- 항공교통시스템 혁신을 위한 차세대 **항공교통 인프라 구축 종합 계획 'CARATS'** 수립('10), 통합적 연구개발 추진 중('25년 완료 목표)
  - \* CARATS(Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)
    - ICAO 계획에 따라 국제적 공조와 협력을 도모하고 **아시아 지역**에서 **미래 항공교통 분야를 선도할 대표 시스템**을 구축 추진
    - CARATS의 성공적인 실현을 위한 **항공기상 분야 연구개발**로 기상 관측과 예측 향상, 항공교통관리 의사결정 지원을 위한 통합시스템 개발



< CARATS 기상정보 개선 >

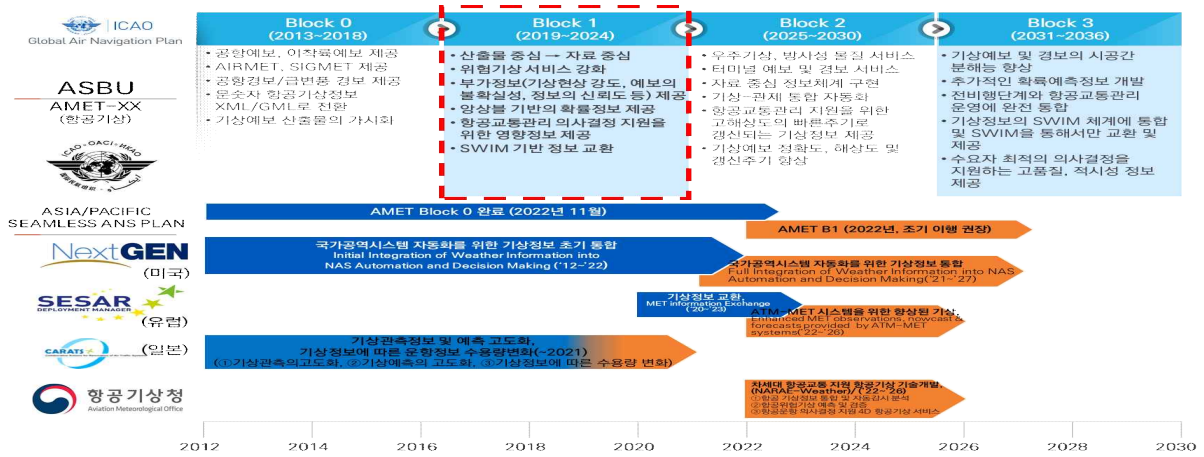
### 3

## 진단과 시사점

### □ 국제기구 정책과 주요국가의 이행현황

- 미국, 유럽 등 선진국은 NextGen, SESAR 등 종합적인 항공교통 전환계획을 통해 ICAO 계획의 항공기상(AMET, Advanced Meteorology) 분야의 Block1('19~'24) ~ Block2('25~'30) 단계 이행 추진 중

※ (AMET Block1) 자료 중심으로 전환, 현상의 부가정보, 확률 및 영향정보 제공 등

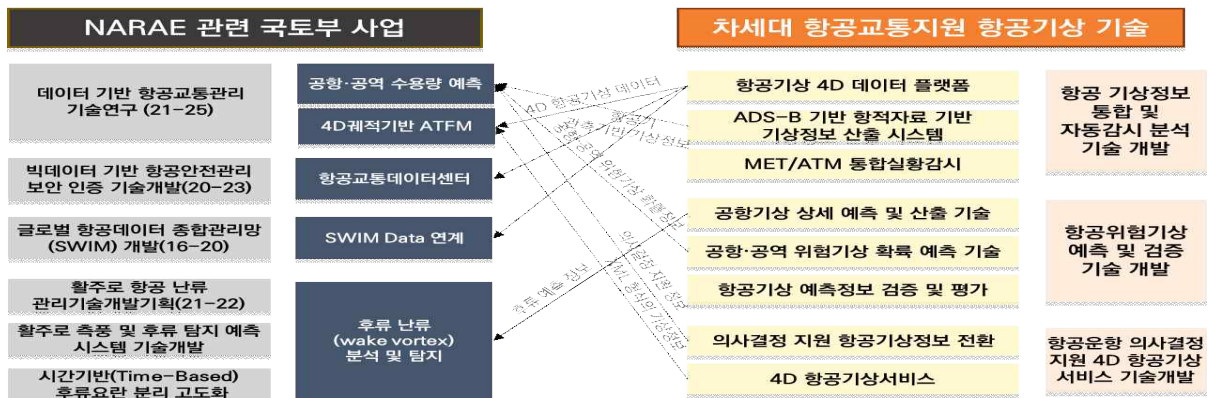


< 국내·외 항공기상 기술개발 추진 현황 및 계획 >

- 선진국들은 Block1('19~'24) 단계 이행 중이나, 우리나라는 국제규정 (부속서 3)에 따른 Block0('13~'18) 단계를 이행하여 다소 기술개발이 늦음

### □ 국토교통부 R&D와 연계

- 항공기상은 다른 분야 이행을 위한 필수요소이므로 '국가항행계획 (NARAE)'의 성공적 이행을 위해 관련 국토부 항공교통 R&D와 연계 추진



< 국토교통부 NARAE 관련 R&D와 항공기상 R&D 연계트리 >

## □ 국내 기술 수준 및 시사점

- 기상청 내 항공기상 기술개발이 공항예보 가이드스, 제주공항 급변풍 예측 등 항공기상서비스 분야의 단기적인 현안 해결에 집중
  - ☞ 국가계획(국가항행계획)에 따른 미래 수요에 대한 기술개발 미흡
- 현재 항공기상정보는 항공운항에 필수적인 기상정보를 1950년대 정해진 국제표준\*에 따라 문숫자(또는 그림) 형태로 제공 중
  - ☞ 수요자 요구에 따른 다양하고 상세한 정보제공에 제한
    - \* 국제민간항공기구 부속서 국제항공항행을 위한 기상서비스(ICAO Annex 3)
- 위험기상에 대한 결정론적 기상정보가 제공되어 수요자 개별 지식과 경험에 의존한 영향분석과 주관적인 의사결정
  - ☞ 기상 현상의 특징, 기상예측의 불확실성 등에 대한 검토 부족
- 기상정보와 항공정보의 개별 관리와 기상현상 인식, 정보 수집 및 분석 등 인적 기반의 예·특보 생산 및 제공
  - ☞ 항공운항에 기상현상이 미치는 영향분석과 신속한 의사결정 제한

### 주요 시사점

- ◆ 미래항공 환경변화와 수요에 대한 종합적인 항공기상 기술개발
- ◆ 수요자 중심의 맞춤형 및 시공간 상세한 항공기상정보로 전환
- ◆ 신속한 의사결정을 지원하는 항공기상정보의 확률화 및 영향정보화
- ◆ 디지털(데이터) 기반의 입체적 항공기상정보 생산과 제공의 자동화

## □ 개선방향

- 항공기상정보의 상세화·입체화·확률화를 통해 운항단계별 의사결정을 지원하는 차세대 항공기상서비스 기반 마련

2021		2027	
생산자 및 산출물 중심의 기상정보	항공운항 특화	운항단계, 항공교통관제업무 단계별 상세화·입체화된 수요자 중심의 기상정보	
기상 관점의 정해진 형태의 단순 정보	의사결정 지원	항공운항에 미치는 영향(발생확률, 신뢰도 위험수준 등)과 대응방안이 포함된 영향정보	
인적 기반의 기상정보 생산, 분석 및 제공	초자동화	인공지능, 빅데이터 기반의 자동화된 기상정보의 생산, 분석, 제공 및 개선	
정해진 시간과 규칙에 생산 따른 정기적 정보 생산	실시간/적시	수요자 요구 시점에 최신자료 기반의 정보 생산 및 제공(Forecast on demand)	

< 항공기상서비스 개선방향(안) >

# IV

## 추진 계획

### 1

### 사업 개요

#### □ 개요

- 사업명: 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발(NARAE-Weather)
- 사업기간/총예산: 2022 ~ 2026년(총 5년) / 254억원
- 수행주체/지원형태: 기상청-항공기상청(한국기상산업기술원)/출연금
- 사업목표: 항공기상정보의 상세화·입체화·확률화를 통해 의사결정을 지원하는 차세대 항공기상서비스 제공기반 마련

< 항공기상서비스 전환 방향(안) >

구분		현황('21)	목표('27)
정보제공	내용	한정된 결정론적 정보 	영향정보(발생확률, 영향도 등) 
	형태	그림(이미지) 	XML, Grib, 그림(이미지) 
	방법	홈페이지 또는 AFTN	사용자 운영시스템, 4D 플랫폼(홈페이지), SWIM
	생산시점	규칙적(매 6시간 등)	수요자 요청 시(MOD) * Meteorological information On Demand
	생산자	예보관	4D 통합항공기상 플랫폼(자동화)
위험기상 인지·분석		수동(예보관)	실시간 자동
예측정보의 시간 해상도	공역	6시간	1시간
	공항	1시간	10분 ~ 1시간

## 2

## 사업 내용

### 1. [자료처리] 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발

#### □ 항공·기상 데이터 통합 및 입체화 기술개발('22~'26/6,600백만원)

○ (내용) 항공기상정보를 항공정보와 연계하여 시간, 공간지리 정보를 포함하는 4차원 형태의 정보로 구성 및 제공

○ (연차별 추진계획)

연 차	추진 내용
1차년도('22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다기관 분산 항공운항 및 항공기상 데이터 접근·수집·처리 기술 규격 정의</li> <li>○ 대용량 항공운항 및 항공기상 데이터 분류, 관리체계 연구</li> <li>○ 기상-항공교통관리 융합 항공기상 데이터 분석·제공 인터페이스 요구사항 정의</li> </ul>
2차년도('23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대용량 항공운항 및 항공기상 데이터 접근·수집·처리 프레임워크 설계</li> <li>○ 통합 항공기상 4차원 데이터 모델링 기술개발</li> <li>○ 기상-항공교통관리 융합 항공기상 데이터 분석·제공 인터페이스 설계</li> </ul>
3차년도('24)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대용량 항공운항 및 항공기상 데이터 접근·수집·처리 프레임워크 개발</li> <li>○ 4D 통합항공기상 데이터 플랫폼 아키텍처 설계</li> <li>○ 기상-항공교통관리 융합 항공기상 데이터 분석·제공 인터페이스 기술개발</li> </ul>
4차년도('25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4D 통합항공기상 데이터 플랫폼 아키텍처 기술개발</li> <li>○ 4D 통합항공기상 데이터 플랫폼(실용 시제품) 설계 및 구축</li> </ul>
5차년도('26)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4D 통합항공기상 데이터 플랫폼(실용 시제품) 시험운영 및 개선</li> </ul>

○ (주요 산출물)

- 분산 이종 데이터 통합 수집·처리 기술
- 4D 항공기상 데이터 모델링 기술
- 4D 궤적기반 데이터 인터페이스 기술
- 4D 통합항공기상 데이터 플랫폼

○ (기대효과) 궤적기반 정보와 입체화된 항공기상정보 연계를 통한 전주기 항공운항과 항공교통관리 지원



□ **항공위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발('23~'26/1,600백만원)**

- (내 용) 융합된 항공기상과 항공정보 기반의 위험기상 사전 탐지 및 실시간 대응을 위한 통합실황감시 표출 및 분석
- (연차별 추진계획)

연 차	추진 내용
1차년도('23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공항 항공교통자료 연계처리 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계</li> <li>○ 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계</li> <li>○ 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계</li> <li>○ 공역 항공교통자료 연계처리 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계</li> <li>○ 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계</li> <li>○ 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 요구사항 분석 및 기능 정의/설계</li> </ul>
2차년도('24)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 구현</li> <li>○ 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현</li> <li>○ 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현</li> <li>○ 공역 항공교통자료 연계처리 기술 구현</li> <li>○ 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현</li> <li>○ 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현</li> </ul>
3차년도('25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공항 기점 항공교통자료 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축</li> <li>○ 공항 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현 및 시스템 구축</li> <li>○ 공항 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 및 시스템 구축</li> <li>○ 공역 항공교통자료 수집 연계처리 기술 구현 및 시스템 구축</li> <li>○ 공역 기상실황정보 통합 자동 생산 기술 구현 및 시스템 구축</li> <li>○ 공역 기상실황정보 및 항공교통자료 융합 감시/분석 표출 서비스 기술 구현 및 시스템 구축</li> </ul>
4차년도('26)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 항공융합정보 통합 표출 및 위험기상 자동 분석 시스템 통합 시험운영 및 개선</li> </ul>

- (주요 산출물)
  - 공항·공역 기상실황정보 통합 자동 생산 및 표출 기술
  - 공항·공역 기상실황정보와 항공교통자료 융합 감시 및 분석 기술
- (기대효과) 항공궤적을 고려한 항공기상 감시와 위험기상 자동분석을 통해 신속한 위험기상 탐지와 대응으로 항공운항 안전도 향상

□ (목적) 최신의 상세한 항공기상정보를 항공교통관리 의사결정과정에서 통합하기 위한 자동화된 기상정보의 통합수집·분석·제공 체계

□ (주요 기능)

① 항공운항에 필요한 기상청 생산 기상정보(수치모델, 레이더, 위성, 지상관측, 공항관측, 공항예보 및 경보 등) 수집

② 수집된 기상정보를 항공정보와 융합 및 입체화(4D화)

※ 기상정보량이 항공정보량 보다 매우 크므로(약 1000배), 항공운항 관련 기상정보를 융합 후 선별하여 수요자에게 제공하는 것이 효율적  
(일 정보생산량: 기상정보 40테라바이트 이상, 항공정보 0.04테라바이트)

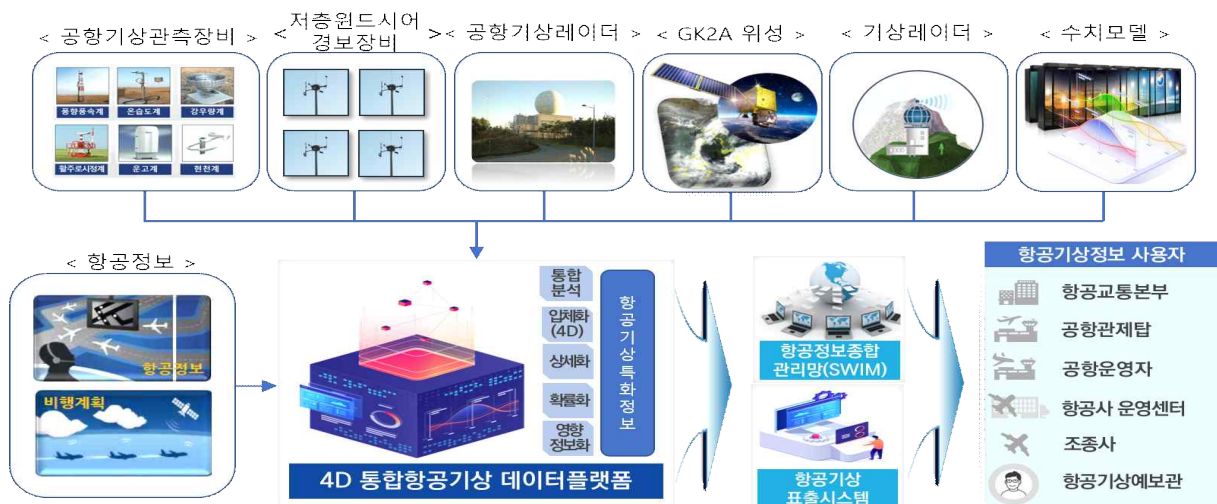
③ 기상현상이 항공운항에 미치는 영향 분석 및 영향정보 산출

④ 수집 및 산출된 정보를 수요자가 사용할 수 있는 표준형태\*로 전환

\* (IWXXM) ICAO Meteorological Information Exchange Model, XML 포맷

⑤ ICAO의 정보교환 표준체계인 '항공데이터 종합관리망(SWIM)\*'을 통해 수요자 요구(필요)에 따라 제공

\* (System-Wide Information Management System) 항공운항에 필요한 정보를 사용자에게 제공하기 위한 표준정보교환모델 기반의 항공정보 인프라



< 4D 통합항공기상 데이터 플랫폼(안) 예시 >

## 2. [예측정보] 항공 위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발

### □ 공항기상 예측 및 후처리 기술개발('22~'26/7,100백만원)

- (내 용) 공항별 빠른 주기로 갱신되는 초단기 항공기상 예측기술 및 공항예보 가이드언스를 제공하기 위한 후처리 통계모델 기반의 항공기상 특화 예측기술 개발

연 차	추진 내용
1차년도('22)	○ 초단기 항공기상 예측기술 요구사항 분석 및 기술 정의 ○ 후처리 통계모델 기반 항공기상 특화 예측기술 요구사항 분석 및 기술 정의
2차년도('23)	○ 초단기 항공기상 예측기술 원형개발 ○ 후처리 통계모델 기반 항공기상 특화 예측기술 원형개발
3차년도('24)	○ 초단기 항공기상 예측기술 기술개발 ○ 후처리 통계모델 기반 항공기상 특화 예측기술 기술개발
4차년도('25)	○ 초단기 항공기상 예측기술 개선 및 구축 ○ 후처리 통계모델 기반 항공기상 특화 예측기술 개선 및 구축
5차년도('26)	○ 초단기 항공기상 예측기술 시험운영 및 개선 ○ 후처리 통계모델 기반 항공기상 특화 예측기술 시험운영 및 개선

- (주요 산출물)
  - 공항별 빠른주기로 갱신되는 초단기 예측기술
  - 후처리 통계모델 기반의 항공기상 가이드언스 생산 기술
- (기대효과) 시공간 고해상도 항공기상정보 생산으로 비행단계별 세분화된 예측정보 제공 기반 마련



< 초단기 항공기상 예측기술(안) >

- (목적) 비행 중 전술적(2시간이내)/전략적(2~8시간) 수요자 의사결정 지원을 위해 실황을 반영해 빠르게 갱신되는 초단기 기상정보 제공
- (항공기상 특화) 기본 기상요소(풍향·풍속·기온 등) 외 항공운항에 영향을 미치는 항공 위험기상요소(RVR·급변풍·난류·착빙 등) 추가 산출

< KLAPS 항공기상 요소 산출(안) >

	현재	미래('25~)
산출 요소	풍향, 풍속, 기온, 습도, 강수량, 강수형태, 하늘상태, 뇌전, 시정	(추가) 활주로가시거리, 급변풍, 난류, 착빙 등 항공기상 특화 요소

- (산출물) 공항별 매시간 10분 간격으로 생산되는 항공기상 예측정보
  - 대상/수평해상도: 공항중심 반경 16km 범위\* / 1km 이내\*\*
  - 생산주기/예측시간/예측간격: 매시간/1~6시간/10분 간격
    - \* 이착륙경로(10km) 및 관측 Vicinity(8~16km) 고려한 범위 설정
    - \*\* 수치모델링센터 KLAPS 개선 계획에 따라 고해상도(1km)로 향상 예정

< 통계기반 항공기상 예측기술(안) >

- (목적) 더욱 정확한 공항예보 제공을 위해 수치모델의 국지예측 한계 극복과 지역특성을 반영한 항공기상에 특화된 가이드스 마련
- (공항기상 최적화) 기상청 MOS\* 예측자료 기반에 공항별 관측자료를 통계적으로 반영하여 공항 최적화 및 예측 정확도 향상
  - \* 특정 지점의 관측자료와 수치예보 자료 간 통계분석을 통한 예측법. BEST MOS는 KIM, UM 및 ECMWF 자료를 사용한 예측자료
- (산출물) 매시간 공항별 관측자료를 반영해 갱신되는 예보 가이드스
  - 대 상: 국내 민간 및 군공항(13소), 울릉도 공항
  - 생산주기/예측시간/예측간격: 매시간/최대 36시간/1시간 간격
  - 기상요소: 풍향·풍속·시정·기상현상·기온·노점·운량·운고 등

□ **공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발('22~'26/3,500백만원)**

- (내 용) 항공운항 의사결정에 필요한 위험기상 발생확률과 위험수준 등의 상세한 예측정보 제공을 위한 앙상블 기반의 확률예측기술 개발

연 차	추진 내용
1차년도('22)	○ 공항·공역 위험기상 확률예측 기술 요구사항 분석
2차년도('23)	○ 공항·공역 위험기상 확률예측 기술 원형 개발
3차년도('24)	○ 공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발
4차년도('25)	○ 공항·공역 위험기상 확률예측 기술 개선 및 시험체계 구축
5차년도('26)	○ 공항·공역 위험기상 확률예측 기술 시험운영 및 개선

- (주요 산출물) 위험기상 발생확률, 강도 및 영향수준 등 확률정보 산출 기술
- (기대효과) 위험기상 확률예측정보 제공으로 관제기관 및 항공사의 신속한 항공운항 의사결정 지원

□ **항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발('24~'26/900백만원)**

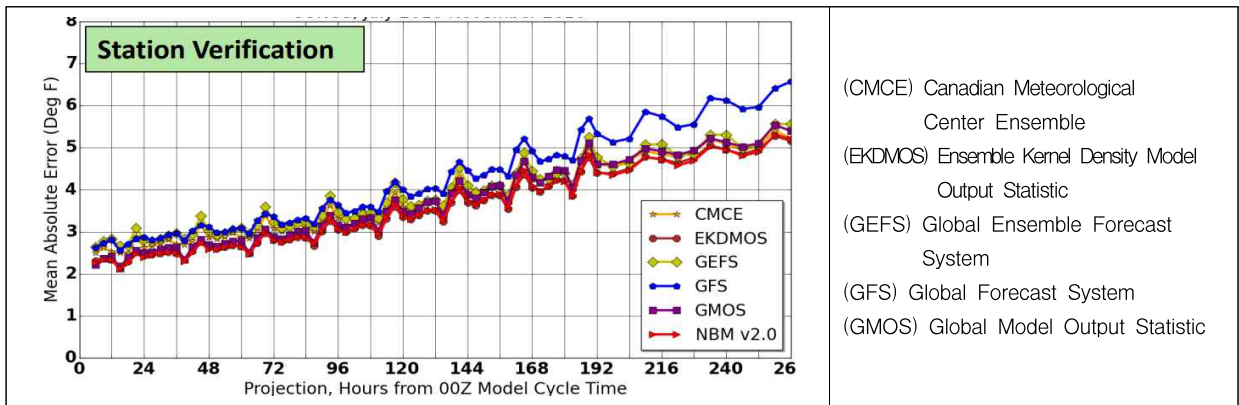
- (내 용) 초단기 예측기술, 통계모델 기반 가이드스 및 확률예측 기술의 지속적인 발전을 위한 검증 및 평가기술 개발

연 차	추진 내용
1차년도('24)	○ 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술 설계
2차년도('25)	○ 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술 개발
3차년도('26)	○ 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술 시험운영

- (주요 산출물) 항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술
- (기대효과) 지속적인 항공기상정보 검증을 통한 정보의 정확도 평가로 사용자의 신뢰도 확보

- (목적) 기상현상 발생확률, 정보의 신뢰도 등을 포함한 수치모델 기반의 격자형 항공기상 확률예측정보 마련
- (수치모델 융합) 기상청 현업모델(KLAPS, KIM-Meso, GDAPS-KIM, GEPS-KIM) 및 준현업모델(LDAPS, LENS, KMAPP) 기반의 항공기상 요소 산출과 모델별 가중치\* 부여한 대푯값 산출

\* (가중치 부여) 모델별 예측과 관측과의 평균절대오차(MAE)를 고려 가중치 설정



< 융합모델(밝은붉은색) 성능 예시(기온요소 평균절대오차, '16.7.~'16.11.) >

- (산출물) 격자별 기상요소 및 현상의 결정적 및 확률 예측정보
  - 대 상: 우리나라 비행정보구역 또는 동아시아지역
  - 생산주기/예측시간/예측간격: 일 2회/최대 36시간/1시간 간격
  - 예측요소: 기본 기상요소(풍향·풍속·시정·기상현상·기온·기압 등) 및 항공위험 기상현상(난류, 착빙, 대류영역 등)

### 3. [서비스] 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발

#### □ 의사결정 지원 항공기상 영향정보 전환 기술개발'22~'26/2,600백만원

- (내 용) 입체화·상세화·확률화된 항공기상정보를 수요자별 의사 결정에 바로 활용할 수 있는 영향정보로 전환하는 기술개발

연 차	추진 내용
1차년도('22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 분석 및 설계</li> <li>○ 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출기술 요구사항 분석 및 설계</li> <li>○ 최적 항로 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출기술 요구사항 분석 및 설계</li> </ul>
2차년도('23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 개발</li> <li>○ 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출기술 개발</li> <li>○ 최적 항로 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출기술 개발</li> </ul>
3차년도('24)	
4차년도('25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의사결정 지원 항공기상정보 전환기술 구현</li> <li>○ 공항 이착륙 의사결정 지원 항공기상정보 산출기술 구현</li> <li>○ 최적 항로 선택 의사결정 지원 항공기상정보 산출기술 구현</li> </ul>
5차년도('26)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의사결정 지원 시제품 구축 및 시연</li> </ul>

- (주요 산출물)
  - 의사결정 지원 항공기상 영향정보 자동 전환 및 제공 체계
  - 의사결정 지원 항공기상정보 산출 알고리즘(공항 이착륙, 최적 항로)
- (기대효과) 항공운항 지연과 결항 최소화를 통한 항공사 운영 비용 절감 및 국가 탄소배출량 감축에 기여

□ **수요자 맞춤형 항공기상서비스 기술개발('23~'26/2,400백만원)**

- (내 용) 항공운항 전 단계에 대한 수요자 맞춤형 항공기상정보의 적시 제공을 위한 서비스 기술개발

연 차	추진 내용
1차년도('23)	○ 비행 전 주기를 시공간으로 연결하는 항공기상서비스 기술 요구사항 분석 ○ 위험기상요소 4차원 항공기상서비스 기술 요구사항 분석 ○ 수요자 맞춤형 GUI 서비스 및 기능 요구사항 정의
2차년도('24)	○ 비행 전 주기를 시공간으로 연결하는 항공기상서비스 기술 개발 ○ 위험기상요소 4차원 항공기상서비스 기술 개발 ○ 수요자 맞춤형 GUI 개발
3차년도('25)	○ 비행 전 주기를 시공간으로 연결하는 항공기상서비스 기술 개발 및 구축 ○ 위험기상요소 4차원 항공기상서비스 기술 개발 및 구축 ○ 수요자 맞춤형 GUI 개발 및 구축
4차년도('26)	○ 수요자 맞춤형 통합 4D 항공기상서비스 시제품 구축 및 시연

- (주요 산출물) 전주기 통합 4D 항공기상서비스 기술
- (기대효과) 항공사 및 조종사, 일반 사용자를 위한 수요자 맞춤형 항공기상정보 서비스 적시 제공과 사용자 단말 GUI 환경 제공

□ **항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발('24~'26/700백만원)**

- (내 용) 수요자 맞춤형 항공기상서비스의 정확도 및 편의성 향상을 위한 검증 및 평가 기술개발

연 차	추진 내용
1차년도('24)	○ 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 요구사항 정의 및 설계
2차년도('25)	○ 4D 항공기상서비스 검증 및 평가 알고리즘 개발
3차년도('26)	○ 4D 항공기상서비스 검증 및 평가체계 구축 및 시험

- (주요 산출물) 전주기 4D 항공기상 검증 및 평가기술
- (기대효과) 항공기상서비스의 지속적인 개선과 환류체계 마련으로 수요자의 신뢰도 및 서비스의 활용도 향상

### 3

## 연구개발 내용 및 소요예산

### □ 단계별 개발 내용

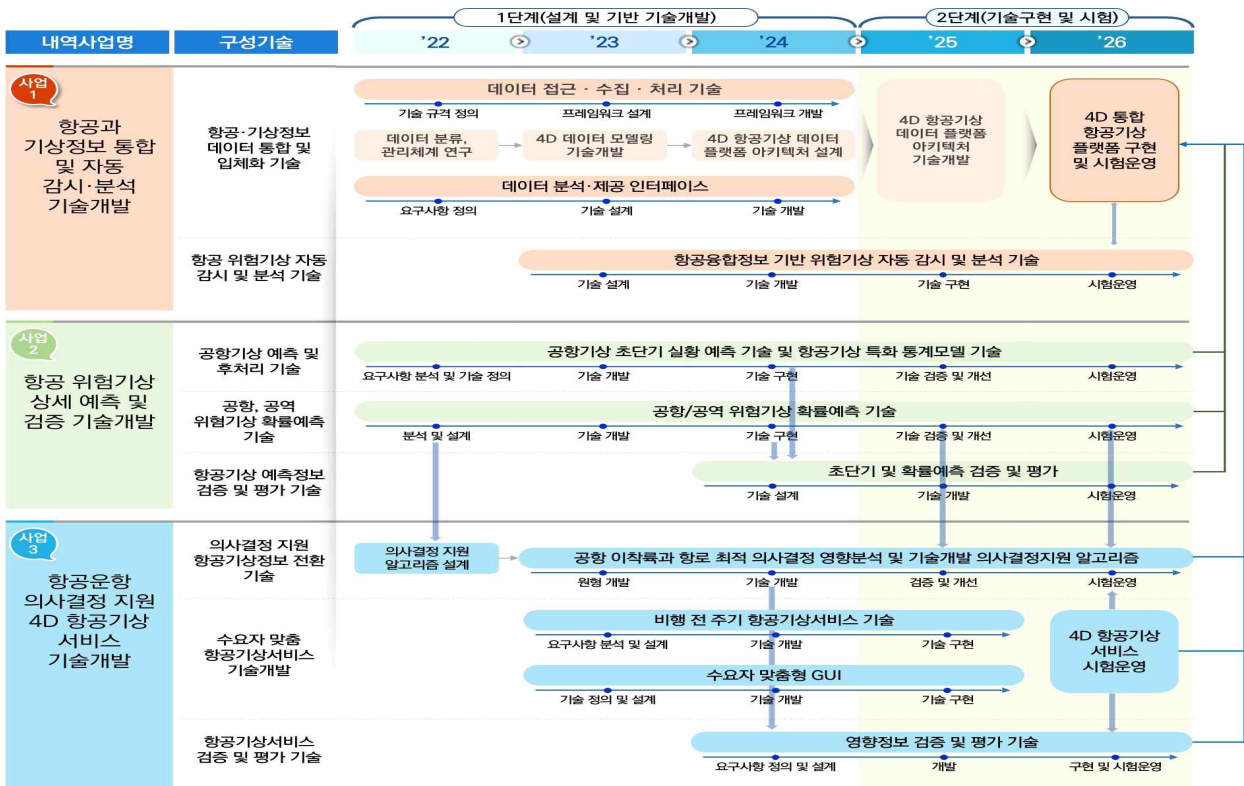
○ 1단계('22 ~ '24): 설계 및 기반 기술개발

- (2022년) 항공·기상정보 통합을 위한 데이터 수집·처리 기술 정의 및 항공기상 초단기 및 위험기상 확률예측기술 설계 등
- (2023년) 항공·기상정보 데이터 처리를 위한 인터페이스 설계, 및 의사결정 지원정보 생산을 위한 알고리즘 설계 등
- (2024년) 항공·기상 통합정보 실시간 제공기반 기술확보, 초단기 예측정보 및 예측·영향정보 검증·평가 기술설계 등

○ 2단계('25 ~ '26): 기술 구현 및 통합시험

- (2025년) 실시간 정보제공을 위한 통합항공기상 플랫폼 구현 및 의사결정 지원을 위한 항공 위험기상 영향정보 생산 등
- (2026년) 통합항공기상 플랫폼 시험운영, 개발 기술의 검증 및 개선

### □ 사업 추진 로드맵



< 사업 추진 로드맵 >

## □ 연차별 개발 내용

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2022년)	부문별 요구사항 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ [4D 플랫폼] 데이터 접근·수집·처리 기술 규격 정의 데이터 분류, 관리체계 연구 데이터 분석·제공 인터페이스 요구사항 정의</li> <li>▶ [초단기 예측/통계모델] 요구사항 분석 및 기술 정의</li> <li>▶ [위험기상 확률예측] 요구사항 분석 및 설계</li> <li>▶ [의사결정 지원] 기상정보 전환 기술 분석 및 설계 공항 이착륙, 최적 경로 예측 알고리즘 설계</li> </ul>
2차년도 (2023년)	부문별 기술 설계 및 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ [4D 플랫폼] 데이터 접근·수집·처리 기술 프레임워크 설계 데이터 모델링 기술개발 데이터 분석·제공 인터페이스 설계</li> <li>▶ [위험 자동분석] 자료처리, 생산 및 표출 요구 분석 및 설계</li> <li>▶ [초단기 예측/통계모델] 알고리즘 원형기술개발</li> <li>▶ [위험기상 확률예측] 알고리즘 원형기술개발</li> <li>▶ [의사결정 지원] 기상정보 전환 체계 설계 및 개발 공항 이착륙, 최적 경로 예측 알고리즘 개발</li> <li>▶ [전주기 서비스] 요구사항 분석 및 정의</li> </ul>
3차년도 (2024년)	부문별 기술 개발 및 구현	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ [4D 플랫폼] 데이터 접근·수집·처리 기술 프레임워크 개발 데이터 플랫폼 아키텍처 설계 데이터 분석·제공 인터페이스 기술개발</li> <li>▶ [위험 자동분석] 자료처리, 생산 및 표출 기술 구현</li> <li>▶ [초단기 예측/통계모델] 알고리즘 기술 구현</li> <li>▶ [위험기상 확률예측] 알고리즘 기술 구현</li> <li>▶ [의사결정 지원] 기상정보 전환 체계 개발 공항 이착륙, 최적 경로 예측 알고리즘 개발</li> <li>▶ [전주기 서비스] 서비스 기술 및 GUI 개발</li> </ul>
4차년도 (2025년)	부문별 기술 구현 및 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ [4D 플랫폼] 데이터 플랫폼 아키텍처 기술개발 데이터 플랫폼 시제품 설계 및 구축</li> <li>▶ [위험 자동분석] 자료처리, 생산 및 표출시스템 구축 및 시험</li> <li>▶ [초단기 예측/통계모델] 체계 구축 및 개선·시험</li> <li>▶ [위험기상 확률예측] 기술개선 및 체계 구축·시험</li> <li>▶ [의사결정 지원] 기상정보 전환 기술 구현 및 시험 공항 이착륙, 최적 경로 알고리즘 구현 및 시험</li> <li>▶ [전주기 서비스] 서비스 기술 및 GUI 구현·시험</li> </ul>
5차년도 (2026년)	통합 시험운영 및 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ [4D 플랫폼] 데이터 플랫폼 시제품 시험운영 및 개선</li> <li>▶ [위험 자동분석] 자료처리, 생산 및 표출시스템 시험운영</li> <li>▶ [초단기 예측/통계모델] 시험운영 및 개선</li> <li>▶ [위험기상 확률예측] 검증 및 시험운영</li> <li>▶ [의사결정 지원] 전환 및 알고리즘 통합 시제품 구축 및 시연</li> <li>▶ [전주기 서비스] 시제품 구축 및 시연</li> </ul>



## □ 소요예산

○ 정부 출연금 254억원으로 사업 수행('22년 정부(안) 총 예산 기준)

(단위: 백만원)

사업명	내역사업	'22	'23	'24	'25	'26	계
차세대 항공교통지원 항공기상 기술개발		1,700	7,100	7,800	6,700	2,100	25,400
자료처리	항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발	700	1,800	2,500	2,500	700	8,200
예측정보	항공위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발	800	3,800	3,700	2,400	800	11,500
서비스	항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발	200	1,500	1,600	1,800	600	5,700

※ 연간 예산 확보 규모에 따라 투자 규모 변동 가능

(단위: 백만원)

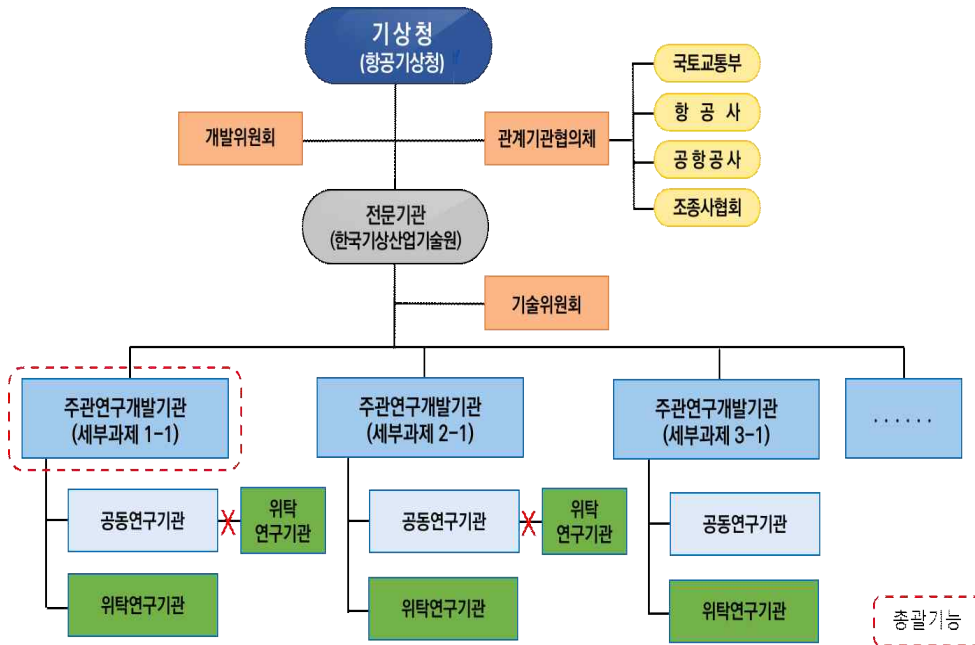
		22년	23년	24년	25년	26년	합계
세부 사업	차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발	1,700	7,100	7,800	6,700	2,100	25,400
내역 사업	항공과 기상정보 통합 및 자동 감시·분석 기술개발	700	1,800	2,500	2,500	700	8,200
세부 과제	항공·기상정보 데이터 통합 및 입체화 기술개발	700	1,500	2,000	2,000	400	6,600
세부 과제	항공 위험기상 자동 감시 및 분석 기술개발	-	300	500	500	300	1,600
내역 사업	항공 위험기상 상세 예측 및 검증 기술개발	800	3,800	3,700	2,400	800	11,500
세부 과제	공항기상 예측 및 후처리 기술개발	400	2,600	2,300	1,400	400	7,100
세부 과제	공항·공역 위험기상 확률예측 기술개발	400	1,200	1,200	500	200	3,500
세부 과제	항공기상 예측정보 검증 및 평가 기술개발	-	-	200	500	200	900
내역 사업	항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 기술개발	200	1,500	1,600	1,800	600	5,700
세부 과제	의사결정 지원 항공기상정보 전환 기술개발	200	1,000	700	500	200	2,600
세부 과제	수요자 맞춤형 항공기상서비스 기술개발	-	500	700	1,000	200	2,400
세부 과제	항공기상서비스 검증 및 평가 기술개발	-	-	200	300	200	700

< 세부과제 연차별 예산 >



## 4 사업 관리 및 추진 체계

### □ 추진 체계도



### □ 사업관리 체계

- 사업 주관: 항공기상청(전담 추진단)
- 의사결정: NARAE-Weather 개발위원회
  - 사업 추진 정책·계획 등 주요사항 심의·의결·평가 및 기술자문 등
  - 항공기상청장, 각 과장 및 내·외부 전문가로 10명 이내로 구성
  - ※ 분야(내역사업)별 소위원회 운영 가능
- 사업 관리: 기상청 R&D 전문기관(한국기상산업기술원)
  - 사업관리, 평가 및 성과확산 등 전문적 사업관리
- 주관연구기관: 공개입찰을 통해 선정
- 관계기관협의체: 국토교통부, 항공사, 공항공사 등 항공기상정보 사용자
  - 사용자 요구사항 반영, 산출물 활용방안 검토 및 시험운영 참여 등
- 기술위원회: 사업의 기술적 현안 자문 및 개발 산출물 검토 등

## IV

## 기대효과

- (국가정책 지원) 자동화된 4D 항공기상서비스 제공 체계를 통해 수요자들과 기상정보의 상호운용성을 증대시키고, 기상예측능력 향상으로 국가항행계획 이행을 지원
  - 미래 항공교통체계에 대한 향상된 위험기상 감시·분석, 상세 예측정보 제공으로 항공교통 안전성·효율성 개선 및 정부 정책(그린뉴딜) 지원
    - ※ 항공운항 지연 감소(10.3%→4.5%), 관제량 증가(2,224대/일→2,600대/일) 비행시간 단축(5.58%), 탄소배출량 감소(5.31%) 등 연 200억원 경제적 편익 기대
  - 위험기상으로 인한 국적 항공사의 항공운항 도착지연을 감소로 항공산업과 국민에 대한 경제적 편익은 연간 20~120억원\* 기대
    - ※ '19년 기상 지연 항공편(2,789편) 중 '27년 3.6%(100편), '42년 20%(557편) 개선
- (항공기상기술 확보) 수치모델·위성·레이더 등 기상정보의 항공 분야 활용 확대와 인공지능, 빅데이터 등 신기술과 융합한 최첨단의 항공기상서비스 기반 마련
  - 항공운항 단계별 및 수요자별 의사결정을 지원하는 맞춤형 기상 정보 제공을 위한 원천기술 확보
  - 자동화·상세화·확률화된 스마트한 항공기상정보와 항공교통정보의 통합으로 정보분석 및 의사결정 소요시간 단축 등 업무 효율성 향상
- (기상산업 인프라 강화) 미래 항공산업 환경변화에 대응한 항공기상 전문인력 양성과 개발된 기술의 민간이전을 통한 기상산업 활성화 지원
  - 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업혁명 유망기술과 연계한 항공기상 분야의 전문적 연구인력 양성('20년 대비 '24년 900% 증가)
    - ※ ('20) 학계 약 20여명 → 투입예상인력 ('22) 47명, ('23) 139명, ('24) 183명, ('25) 146명
  - 선진 항공기상 기술기반의 국제적 기상산업 주도권 확보 및 국가 기상산업 시장 활성화 및 경쟁력 향상

# 붙임

# 미래 항공기상서비스의 변화

구분	AS-IS ('21)
자료의 개별 분석·관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기상청은 기상정보만, 관제기관은 항공정보만 분석·관리 * 관제기관은 기상정보를 기상청 홈페이지로 확인</li> <li>· 수요자가 항공운항에 필요한 기상정보를 직접 파악 및 분석</li> <li>· 국제기준(1950년 설정)에 따라 정해진 형태(문숫자·이미지)의 기상정보 제공으로 활용성 낮음</li> </ul>
	<p>&lt; 현재 항공기상정보 전달 체계 &gt;</p>
위험기상 인식 지연	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 위험기상 발생 시, 기상정보 수집·분석 및 예보 생산절차로 수요자에게 전달되는 시간 지연</li> </ul>
생산자 중심의 항공기상 정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수요자의 항공기상정보 사용 목적을 고려하지 않은 정해진 주기와 형식의 정보</li> </ul>
기상예보의 불확실성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기상예보의 불확실성을 반영하지 않은 결정론적* 정보로 제공 * 결정론적 정보: 예보한 현상이 필히 발생</li> </ul>
항공운항에 미치는 영향정보 부재	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기상 관점의 정보를 일방 제공하고 수요자별 항공운항에 미치는 영향분석</li> <li>※ 기상에 대한 이해수준에 따라 위험 수준 판단이 상이할 수 있음</li> </ul>
	<p>&lt; 현재 구역예보 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 위험기상만 제공되어, 수요자별 공항·구역항공기 등에 대한 영향도 직접 판단</li> </ul>

TO-BE('27)
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 운항 항공기별 맞춤형 기상정보 제공을 위해 항공정보와 항공기상정보 통합</li> <li>· 기상정보를 수요자 운영시스템에 통합 표출이 가능한 형태(격자, 비격자)의 정보 생산 및 제공</li> <li>* 정보의 상호호환성 향상으로 수요자가 항공운항 관련 필요한 정보만 수집·활용</li> </ul>
<p>&lt; 산출물 예시(4D 통합항공기상 플랫폼) &gt;</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통합 데이터 기반으로 항공운항에 영향을 미치는 위험기상 실시간 자동 감시·분석 및 신속 제공</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공항 이착륙 등 전술적(0~2시간) 항공운항 지원을 위해 빠른 주기로 갱신되는 고해상도* 기상정보 생산</li> <li>* 매시간 생산되는 10분 간격 예측정보</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 비행계획 수립과 전략적(2시간이후) 항공교통관리를 위한 보다 정확한 항공기상 예보 생산</li> <li>※ 매시간 예보와 실황 간 차이를 자동 반영한 예측정보</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수요자 의사결정 과정에서 기상예보의 불확실성을 고려할 수 있도록 현상의 발생확률, 강도 및 신뢰도 등 부가정보 제공</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 비행단계(이착륙·순항 등)에 따라 항공기상이 항공운항에 미치는 영향을 고려하여 대응방안을 제시하는 영향정보 제공</li> <li>※ 기상정보와 항공정보를 통합하고 확률예측정보로 산출</li> <li>예시) 이착륙 의사결정 지원정보 위험기상 회피 정보 최적 비행경로 산출 정보</li> </ul>
<p>&lt; 영향정보(x축 예상강설량, y축 발생확률) &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 녹색→노랑(경계)→주황(주의)→빨강(위험) 순으로 특정 지역·공항·구역 등에 대한 영향 제공, 위험 수준 시 비행 제한 고려</li> </ul>

□ 미국 현황

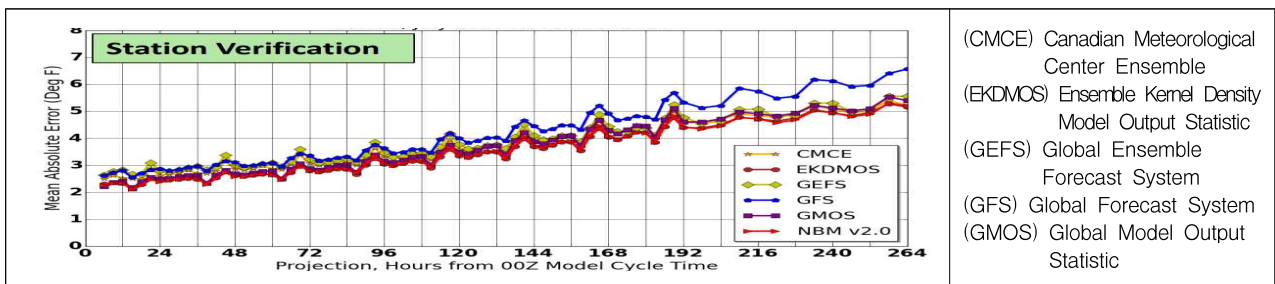
- 항공운항 지원을 위해 수치모델 기반 통계모델 및 실황(관측·레이더·위성 등) 기반 위험기상(강수·Echo Tops·낙뢰·난류·시정 등) 예측 특화모델 운영
  - (HRRR\*) 항공기상요소 예측모델 운영을 통해 위험기상 요소별(강수, Echo Tops, 낙뢰, 난류, 시정 및 운고 등) 예측정보 제공
    - \* HRRR(High Resolution Rapid Recycle): 고해상도 빠른 갱신주기 수치모델
  - (LAMP\*) 매시간 관측정보와 예측정보 간 차이를 반영하여 초단기 예측정확도 향상. 미국 내 2,000소 이상 공항예보 가이드런스 제공
    - \* LAMP(Localized Aviation MOS Program): 국지 항공기상 통계수치모델



PHR1	GFS	LAMP	GUIDANCE	1/12/2020	0030 UTC																					
UTC	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	
CIG	7	8	8	8	5	8	8	8	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
CCG	6	5	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	5	5	6
VIS	7	6	5	6	6	7	5	5	7	5	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
CVS	5	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	6	5	5	5	5
OBV	N	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR

< 공항별 예보요소 가이드런스, LAMP 격자 데이터 >

- (NBM\*) 미국 기상청과 기상청 외 결정론적, 앙상블 모델 및 후처리 가이드런스 등 30여개 자료를 융합하여 높은 정확도의 예측정보 생산
  - \* NBM(National Blend Model): 국가융합모델
- ※ (항공기상) 기본요소 외 시정, 운저고도, 급변풍 등 항공기상 특화된 산출물 제공('20.) (검증결과) 다른 단일 또는 앙상블 모델보다 융합모델(NBM, 밝은 붉은선)이 높은 예측성



< 기온에 대한 모델별 평균절대오차('16.7.~'16.11.) >

⇒ ① 고해상도 모델, ② 통계모델 가이드런스, ③ 융합모델 등으로 항공기상에 특화된 정보 산출