

<붙임 3> 최종보고서 양식

[별지 제7호서식]

## 정책연구 최종보고서

과 제 명	국문	국가기상관측 종합정책 수립 및 표준화업무 개선방안에 관한 연구		
	영문			
주관연구기관 (공동연구기관)	기 관 명	소 재 지	대 표	
	(주)웨더피아	서울시 영등포구	임상욱	
주관연구책임자 (공동연구책임자)	성 명	소 속	전 공	
	박지업 (박문수)	(주)웨더피아 (세종대 산학협력단)	대기과학 (대기과학)	
총 연구기간 (당해년도)	2022. 04. 15. ~ 10. 12. (6 개월)			
총 연구비 (당해년도)	일금 칠천팔백오십육만 원 (₩ 78,560,000)			
총 참여연구원 (당해년도)	총 13명	책임연구원	2명	
		연구원	5명	
		연구보조원	6명	
		보조원	○명	
연구 주요내용	<p style="text-align: center;">2022년도 정책연구의 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">붙임 : 최종보고서 30부.</p> <p style="text-align: center;">2022년 10월 12일</p> <p style="text-align: center;">주관연구책임자    박 지 업    인</p> <p style="text-align: center;">주관연구기관장    임 상 욱    직인</p> <p style="text-align: center;">기 상 청 장 귀 하</p>			

## 제 출 문

본 보고서를 “국가기상관측 종합정책 수립 및 표준화업무 개선방안에 관한 연구” 최종보고서로 제출합니다.

- 주관연구기관명 : (주)웨더피아
- 연 구 기 간 : 2022년 4월 15일 ~ 10월 12일
- 주관연구책임자 : 박지업
- 참 여 연 구 원
  - (주)웨더피아 임상욱
  - (주)웨더피아 강서영
  - (주)웨더피아 권윤택
  - (주)웨더피아 김성민
  - (주)웨더피아 김완희
  - (주)웨더피아 황지원
  - (주)웨더피아 한웅재
  - (주)웨더피아 박소연
  - 세종대 박문수
  - 세종대 김상헌
  - 세종대 백기태
  - 세종대 강민수

2022년 10월 12일

기상청장 귀중

# 목 차

I. 연구의 개요	1
1. 추진 배경	1
1.1 배경 및 필요성	1
1.2 목적 및 법적 근거	2
2. 종합정책의 성격 및 범위	3
2.1 성격	3
2.2 범위	3
2.3 주요 내용	4
3. 추진 경과	5
3.1 기상관측 관련 계획수립 경과	5
3.2 관련 계획 간 연계 방향	6
4. 그간의 성과 점검	6
4.1 관측 인프라 확충	6
4.2 관측기술 향상	6
4.3 레이더/위성 활용 확대	7
4.4 기상관측 업무 성장기반 조성	8
II. 국내외 환경 종합분석	10
1. 국내외 정책 동향	10
1.1. 국내 현황	10
1.2. 국외 현황	24
1.3. 시사점	40
2. 국내외 기술 동향	41
2.1 국내 기술 동향	45
2.2. 국외 기술 동향	52
2.3 시사점	66
3. 국내외 산업 및 사회 동향	67
3.1 국내 기상 분야 산업 및 사회 동향	67
3.2 국외 기상 분야 산업 및 사회 동향	69
3.3 시사점	71
4. 국내외 기상청 조직·운영체계	72

4.1. 국내 기상관측 관련 조직 운영체계	72
4.2. 주요 선진국 기상관측 관련 조직 운영체계	85
4.3 시사점	95
<b>5. 국내외 기상 관측망 운영현황</b>	<b>97</b>
5.1 국내 기상 관측망 운영현황	97
5.2. 주요 선진국의 기상 관측망 운영현황	111
5.3 시사점	117
<b>Ⅲ. 종합 시사점</b>	<b>118</b>
1. 기상관측 분야 추진 성과 분석 시사점	118
2. 종합 환경 분석 시사점	119
2.1 외부 환경	119
2.2 내부 환경	121
3. 향후 추진 방향	123
4. 종합적 분석을 통한 핵심 가치 도출	124
<b>Ⅳ. 국가기상관측 종합정책</b>	<b>125</b>
1. 정책 목표 및 추진 방향	125
1.1 SWOT 분석을 통한 내·외부 환경분석	126
1.2 분야별 추진 방향 설정	130
2. 추진전략 체계	133
2.1 정책 비전 및 목표	133
2.2 분야별 전략 체계	136
2.3 우선순위 과제 도출	137
3. 전략과제별 추진계획	144
4. 종합정책 로드맵 수립 및 예산(안) 도출	218
<b>Ⅴ. 지상기상관측 표준화 업무 개선방안</b>	<b>225</b>
1. 지상기상관측망 분류체계 및 관측표준화 방향	225
1.1 범국가 지상기상관측망 현황	225
1.2 국가지상기상관측망 분류체계	242
1.3 지상기상관측망별 기준	261
2. 기상관측시설 설치·운영에 대한 전문성 강화 방안	282
2.1 기상관측시설 설치·운영 전문기관 현황 및 시사점 검토	282
2.2 기상관측시설 운영·관리체계 개선 방안	290
2.3 시설 설치·운영 관련 자격증 제도 현황 및 민간·관측기관 전문성 강화 방안	300

3. 기상관측표준화업무 개선 -----	316
3.1 지상기상관측망 자료 품질과 기상관측시설 평가체계 현황 및 시사점 도출---	316
3.2 지상기상관측망 자료 품질과 기상관측시설 평가체계 개선 -----	328
3.3 관련기관 별 역할 및 이행력 확보 방안-----	333
3.4 기상관측표준화 업무 진단 및 개선 방안-----	336
VI. 종합 제언 -----	348
VII. 참고문헌 -----	351
VIII. 부록 -----	354

# 표 목차

<표 1> 국민 안전과 미래전략을 위한 정부 부처별 정책 동향 .....	11
<표 2> 제3차 국가기후변화 적응대책 중 기상청 유관과제 .....	14
<표 3> 기상업무발전 기본계획 비교 .....	17
<표 4> 기상관측 분야 중장기 계획 비교 .....	20
<표 5> 기상관측 분야 R&D 투자 현황 .....	21
<표 6> 환경부 소형 강우레이더 설치 계획 .....	23
<표 7> 국가별 기상관측 정책 동향 .....	25
<표 8> NWS의 기상 대비 국가 전략 계획(2019-2022) .....	27
<표 9> 미국 NCEI 및 협력기관 소재 .....	29
<표 10> 4가지 워킹그룹별 개요 .....	30
<표 11> 영국 기상청 2019-2024 중장기 전략 .....	31
<표 12> UKRI 선정 5개 우주기상 프로젝트 .....	32
<표 13> 2020년 일본 기상청 예산 .....	35
<표 14> U-space 기상정보서비스 요구사항 .....	39
<표 15> 국내외 기술 동향 비교 .....	42
<표 16> 환경기상 산업의 기술체계 중 기상관측기술 .....	45
<표 17> IP 활동력 및 기술력 분석지표 .....	46
<표 18> 원격기상관측/장비/제어 기술개요, IP 트렌드, 부상기술 지표분석 .....	46
<표 19> 관련 분야 R&D 사업의 정부출연금(과제 단가) .....	49
<표 20> 자연재해 감시·예측·대응 기술 수준 연구단계 역량 및 연구개발 활동 경향 49	
<표 21> 2018년 대비 2020년 주요국 기술 수준 변화 .....	50
<표 22> Weather Underground의 Bestforecast와 NWS NDFD 비교 .....	53
<표 23> 날씨관측 웹사이트(WOW) 민간 참여 방법 .....	56
<표 24> 민간 기상사업자 등록 현황 .....	67
<표 25> 대표적 기상선진국 기상산업 규모 현황 .....	70
<표 26> 관측기반국 업무체계 .....	73
<표 27> 2020년 관측기반국 주요 업무 추진성과 .....	74
<표 28> 국립기상과학원 관측연구부 업무 내용 .....	79
<표 29> 국립기상과학원 연구자료 제공목록 .....	82
<표 30> 미국 기상위성 운영 추진 체계 .....	86
<표 31> 호주 기상국 부서 .....	90
<표 32> 일본 기상청 부서 .....	92
<표 33> JMA 조직개편 관련 신구대조표 .....	93

<표 34> 일본 기상청의 기상 강좌 .....	94
<표 35> 국내 기상 관측망 운영 현황 요약 .....	97
<표 36> 전국 자동기상관측장비 현황 .....	98
<표 37> 자동기상관측장비 센서별 지점 수 .....	99
<표 38> 기상청 운영 황사 관측장비 .....	100
<표 39> 고층관측 장비 설치현황 .....	101
<표 40> 기상청 해양기상 관측망 .....	102
<표 41> 기상1호 세부장비 및 관측요소 .....	104
<표 42> 국내 레이더 설치현황 .....	106
<표 43> 연직바람관측장비 도입 .....	107
<표 44> 항공관측장비 현황 .....	109
<표 45> 감시소별 관측요소 .....	110
<표 46> 기상관측 분야 성과에 대한 시사점 도출 .....	118
<표 47> 기상관측표준화 적용 및 제외 대상 .....	226
<표 48> 기상요소별 기상관측환경에 관한 기준 .....	227
<표 49> 관측시설별로 갖추어야 하는 기상측기의 종류 및 수량에 관한 기준 .....	227
<표 50> 기상요소별 사용 단위 및 관측단위 자리에 관한 기준 .....	228
<표 51> 형식승인 대상 기상측기의 세부 기준 .....	230
<표 52> 기상측기의 검정기준(제7조제5항 관련) .....	231
<표 53> 운영기관별 지상기상관측시설 현황 .....	235
<표 54> 기상관측시설 등급 부여 현황(2022.06.30.기준) .....	238
<표 55> 기상측기별 지상기상관측시설 등급 현황 .....	240
<표 56> 2021년 관측기관별 품질등급 부여 현황 .....	241
<표 57> 대기오염측정망 설치목적 및 측정항목 현황 .....	244
<표 58> 국가지상기상관측망의 설치목적 및 측정항목 .....	247
<표 59> 기상관측장비의 조밀도·중복도 관련 국내·외 선행연구 정리 .....	262
<표 60> 각 관측망 별 기상관측소의 수와 평균수평해상도 .....	266
<표 61> 지역 및 관측기관별 지상기상관측시설 수 현황 .....	270
<표 62> 지역별 지상기상관측시설 공간해상도 .....	271
<표 63> 국가지상기상관측망에 따른 관측표준화 기준 .....	277
<표 64> 국가지상기상관측망에 따른 세부 기상측기별 적정 관측시설 등급 목표 기준 (안) .....	278
<표 65> 미세먼지 간이측정기 성능평가에 따른 성능인증 등급 기준 .....	280
<표 66> 간이형 기상측기 성능평가 기준에 따른 시험방법(안) .....	281
<표 67> 지자체별 지상기상관측시설 수 현황 .....	283
<표 68> 관측시설 설치·운영 사례 및 검토 .....	291

<표 69> 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무 .....	293
<표 70> 지상기상관측시설 유지관리 용역 추진체계에 따른 주요 역할 .....	295
<표 71> 지상기상관측장비 유지관리 용역 사업대상 및 계약추진 내용 .....	295
<표 72> 대기오염측정망의 설치 및 운영 위탁관리에 대한 일반사항과 위탁관리 기관의 기술인력 및 장비보유 기준 .....	298
<표 73> 지상기상관측장비 유지관리 용역 제안 요구사항(투입인력) .....	299
<표 74> 기상관측시설 설치·운영 관련 자격증 현황 .....	301
<표 75> 기상장비특화 교육과정 세부 내용 .....	312
<표 76> 기상관측장비 교육과정 .....	312
<표 77> 대기관측 및 실습 교육과정 .....	313
<표 78> 폐기물처리시설 평가 등급 .....	317
<표 79> 폐기물처리사업 평가 등급 .....	317
<표 80> 기상관측자료 정상자료율 산출식 .....	324
<표 81> 품질등급 부여기준 .....	324
<표 82> 2021년 관측기관별 품질등급 부여 현황 .....	325
<표 83> 관측시설의 기상측기별에 등급 부여 기준 일반사항 .....	326
<표 84> 기상청 ASOS 서울 관측소 기온 자료의 정상자료율에 따른 관측 통계값 (단위: ℃) .....	327
<표 85> 강화된 품질등급 부여 기준(안) .....	329
<표 86> 관측기관별 목표 품질등급 기준(안) .....	330
<표 87> 지상기상관측시설 등급의 기상요소 별 배점의 예 .....	331
<표 88> 기상관측 전문인력 등급 평가 기준(안) .....	331
<표 89> 운영 기상관측소 수 가점 기준(안) .....	332
<표 90> 지상기상관측기관 배점 기준(안) .....	332
<표 91> 지상기상관측기관 등급 기준(안) .....	332
<표 92> 지상기상관측장비 관련 언론 보도 및 국회 시정 요구사항(2021년) .....	337
<표 93> 지상기상관측망 중장기 계획 주요내용(안) .....	341
<표 94> 지상기상관측망 중장기 계획(5년 단위) 수립절차(안) .....	341
<표 95> 관측시설 구축 및 관리계획 지침(안) .....	343



# 그림 목차

[그림 1] Met Office의 Vision과 3가지 핵심 활동, 9가지 R&I 주제	31
[그림 2] 5년간 발간된 연도별 관측 관련 주제 국외 논문 수	50
[그림 3] 5년간 관측 관련 국외 논문 주제	51
[그림 4] 5년간 발간된 연도별 관측 관련 주제 국내 논문 수	51
[그림 5] 5년간 관측 관련 국내 논문 주제	52
[그림 6] 기상산업 부문 매출액	67
[그림 7] 대표 업종별 분류	68
[그림 8] 항공기 관측 데이터의 감소	68
[그림 9] 항공기 관측 데이터 경향	68
[그림 10] 기상청 조직도	72
[그림 11] 2021년 관측기반국 주요 업무 추진전략 및 계획	75
[그림 12] 본청-지방청 업무체계	76
[그림 13] 기상정보 제공 절차	81
[그림 14] 기상정보 신청 절차	81
[그림 15] 한국기상산업기술원-과학원-기상청-지자체 관계	83
[그림 16] 한국기상산업기술원-과학원-기상청 운영체계 As-is와 To-be	84
[그림 17] 기상관측 조직의 패러다임 변화에 따른 Gap 극복 방안	84
[그림 18] 미국 NOAA 조직도	86
[그림 19] STAR의 전략목표와 부서별 연구 우선순위	87
[그림 20] 영국 Met Office 조직 구성	87
[그림 21] 영국 기상청 WesCon 프로젝트	88
[그림 22] 호주 기상청 운영체계	89
[그림 23] 일본 기상청 조직도 (2022년 4월 1일 기준)	91
[그림 24] 중국 기상국 조직도	95
[그림 25] 지상기상관측장비 분포도	99
[그림 26] 나라호 및 기상 1호 관측 경로	100
[그림 27] (좌) 국내 황사 관측망 현황 (우) 국외 황사 관측망 현황	100
[그림 28] 국내 고층기상 관측장비 분포도	102
[그림 29] (좌) 해양기상 관측망 현황 (우) 해양기상기지 기상 관측망 현황	103
[그림 30] 해양기상관측망(2019.9.기준)	103
[그림 31] (좌) 서울 도심의 설치 예정 부지(추후 변동 가능) (우) 스캔 가능 윈드라이드 (Windex-2000)	105
[그림 32] 기상레이더 관측장비 분포도	106

[그림 33] 낙뢰관측장비(좌) 낙뢰관측 영상(중) 낙뢰관측망 21개소 (우) .....	107
[그림 34] 천리안 2A/2B호 시스템 구성 .....	108
[그림 35] (좌) S-Dot 센서 외관 및 구성요소 (우) MEMS 실시간 표출 .....	110
[그림 36] 미국 고층기상관측망 .....	111
[그림 37] 영국 Met office 지표 기상관측망 .....	112
[그림 38] 영국 Met office 기상레이더 관측망 .....	113
[그림 39] 호주의 기상레이더 관측망(2021.04 기준) .....	114
[그림 40] 일본의 AMeDAS 관측소 구성 장비 .....	114
[그림 41] 일본의 AMeDAS 관측망 (2021.12.7. 기준) .....	115
[그림 42] 일본의 고층 기상 관측망 .....	115
[그림 43] 종합적 분석을 통한 핵심가치 키워드 및 전략 방향성 .....	124
[그림 44] 본 연구의 추진 프로세스 .....	125
[그림 45] 기상관측 분야 외부 환경 종합 분석 .....	126
[그림 46] 기상관측 분야 내부 환경 종합 분석 .....	127
[그림 47] 전략적 방향성 도출 .....	130
[그림 48] 기상관측 분야 현황(As-is)과 미래상(To-be) .....	132
[그림 49] 비전(안) 검토 .....	133
[그림 50] 전략체계 프레임워크 .....	134
[그림 51] 우선순위 도출 추진 경과 .....	137
[그림 52] 접경지역 범위 .....	176
[그림 53] 기상청-과학원-기술원 관계도 .....	203
[그림 54] SNS를 통한 홍수 상황 사진 공유 사례 .....	217
[그림 55] 국내 전체 지상기상관측시설 분포도 .....	236
[그림 56] 환경부 대기오염측정망 운영체계 .....	243
[그림 57] 국가지상기상관측망 분류 .....	246
[그림 58] 국가표준기상관측망 위치 .....	248
[그림 59] 보성, 추풍령, 고창 표준기상관측소 전경 .....	249
[그림 60] 국가기후관측망 위치 .....	250
[그림 61] 기상청 서울 송월동 관측소 전경 .....	250
[그림 62] 국가기상관측망 위치 .....	251
[그림 63] 국가기상관측망 전경 .....	251
[그림 64] 지역기상관측망 위치 .....	252
[그림 65] 지역기상관측망 전경 .....	252
[그림 66] 산악기상관측망 위치 .....	253
[그림 67] 산악기상관측망 전경 .....	253
[그림 68] 농업기상관측망 위치 .....	254

[그림 69] 농업기상관측망 설치 전경 .....	254
[그림 70] 강수관측망 위치 .....	255
[그림 71] 낙동강홍수통제소의 전도형 우설량계 설치 전경 .....	255
[그림 72] 적설관측망 위치 .....	256
[그림 73] 기상청 적설관측망 부다리고개 관측소 전경 .....	256
[그림 74] 도로기상관측망 위치 .....	257
[그림 75] 도로기상관측망 설치 전경 .....	257
[그림 76] 도심항공교통기상관측망 구축 예시 .....	258
[그림 77] 서울 S-DoT 장비 및 관측소 분포도 .....	258
[그림 78] 대기오염측정망(기상) 위치 .....	259
[그림 79] 대기오염측정소 설치 전경 .....	259
[그림 80] 기타특수목적망 위치 .....	260
[그림 81] 기후학적 공간 규모 분류 (Orlanski, 1975) .....	263
[그림 82] MACRO, MESO, MICRO 규모의 기후 시스템(Foken, 2017) .....	264
[그림 83] 호주 퀸스랜드 지역의 강수량계 분포도 (Gyasi-Agyei, 2020) .....	265
[그림 84] (a) 인천지역 기관별 강수량계 분포도와 2017년 (b) 7월, (c) 8월의 강수량과 관측소 거리와의 상관관계 분석, 강수 (d) Case 1, (e) Case 2의 관측소 밀도에 따른 상관도 분석, (f) Case 1, (g) Case 2의 인천, 정왕, 남동 관측소의 강수량 분포 분석 결과 (장민수 등., 2019) .....	267
[그림 85] 호남 및 제주 권역에서의 최적의 산악기상관측망 적정위치 선정 절차 흐름도 및 결과 분포도 (윤석희 등, 2016) .....	268
[그림 86] 자동기상관측망(AWS) 중복거리 기준 설정을 위한 기상현상의 탐지 해상도 (기상관측표준화위원회, 2014.12.) .....	274
[그림 87] 미세먼지 간이측정기 성능인증 등급표지 및 QR 코드 .....	280
[그림 88] 한국수자원조사기술원 연혁 .....	286
[그림 89] 한국수자원조사기술원 조직 구성도(www.kihs.re.kr) .....	287
[그림 90] 기상청 관측메타데이터시스템, 기상청 방재기상정보시스템, 산림청 산악기상관측시스템, 농진청 농업날씨 365, 홍수통제소 웹페이지 모습 .....	289
[그림 91] 개정된 기상관측표준화법 .....	290
[그림 92] 지상기상관측시설 유지관리 용역 추진체계(2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년, 한국기상산업기술원) .....	294
[그림 93] 기상관련 민간자격증인 기상장비관리사 안내 포스터 .....	310
[그림 94] 기상관련 민간자격증인 기상장비관리사 자격 취득을 위한 기상장비특화 교육과정 안내 포스터 .....	311
[그림 95] 기상청 나라배움터의 기상관측 관련 교육일정 .....	315
[그림 96] 의료기관평가인증원의 의료기관 인증제도 주요내용 .....	318

[그림 97] 의료기관평가인증원의 의료기관 인증조사 진행과정 .....	319
[그림 98] WMO-No.8 Volume 1에서 제시된 지상기상관측소의 예(좌)와 설치 구분 기준 (우)의 일부(국내 기상관측표준화법의 기상관측시설 등급 기준에 반영됨) .....	320
[그림 99] WMO-No.8 Volume 2에서 제시된 경사면에서 적설 두께(D)와 .....	320
[그림 100] WMO-No.8 Volume 3에서 제시된 compact AWS(좌)와 .....	321
[그림 101] WMO-No.8 Volume 4에서 제시된 SAR(Synthetic aperture radar)(좌)와 ...	321
[그림 102] WMO-No.8 Volume 5에서 제시된 품질관리 시스템 .....	322
[그림 103] 기상청 ASOS 서울 관측소 기온 자료의 정상자료율에 따른 시계열 .....	327
[그림 104] 국가지상기상관측망의 효율적 구축·운영을 위한 기관별 역할 .....	335
[그림 105] 관측기관의 기상자료 수집체계 현황 .....	338
[그림 106] 개정(2022년 6월 10일)된 기상관측표준화법 .....	340
[그림 107] 국가지상기상관측망 분류 .....	342
[그림 108] 개선된 관측기관의 기상자료 수집체계 방안 .....	344
[그림 109] ‘22년 기상기후데이터허브 구축 사업(국가데이터센터) .....	345

# 약어표

약어	원말	국문
4DVAR	4-Dimensional Variational Method	4차원 변형법
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler	초음파 해류관측장비
AFS	Analyze, Forecast, Support	분석, 예측 및 지원
AI	Artificial Intelligence	인공지능
AMDAR	Aircraft Meteorological Data Relay	항공기 기상 관측 자료 중계
AMeDAS	Automated Meteorological Data Acquisition System	지역기상 관측시스템
AMOS	Aerodrome Meteorological Observation System	공항기상관측장비
AOC	Aircraft Operations Center	항공기 운영 센터
API	Application Programming Interface	운영체제가 제공하는 함수의 집합체
AR	Augmented Reality	증강현실
AR7	Seventh Assessment Report	제7차 평가 보고서
ARC	Australian Research Council	호주 연구 위원회
ASAP	Automated Shipboard Aerological Program	고층기상관측장비
ASOS	Automated Surface Observation System	종관기상관측장비
ATM	Air Traffic Management	항공 교통 관리
AutoMETAR	Auto Meteorological Aerodrome Report	자동정시항공기상관측
AWS	Automatic Weather System	방재기상관측장비
AWOS	Automated Weather Observation System	자동기상관측장치
BOM	Bureau Of Meteorology	호주기상국
C-ITS	Cooperative-Intelligent Transport Systems	차세대 지능형 교통체계
CB	Cumulonimbus	적란운
CCTV	Closed-Circuit Television	폐쇄회로 텔레비전
CEO	Chief Executive Officer	최고 의사결정권자
CGMS	Coordination Group for Meteorological Satellites	세계기상위성조정그룹
CMA	China Meteorological Administration	중국 기상국
CoCoRaHS	Community Collaborative Rain	비, 해일, 눈에 대한 협력 공동체 네트워크
COMIS	Combined Meteorological Information System	종합기상정보시스템
Coop	Cooperative Observer Program	(NWS) 협력 관찰자 프로그램

COSD	Co-operation Organization for Standards Development	표준개발협력기관
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	영연방 과학 및 산업 연구 기관
CTD	Conductive Temperature Depth	자기수은염분수심기록계
DB	Database	데이터베이스
DMZ	Demilitarized Zone	비무장지대
DOC	Department Of Commerce	(미국) 상무부
DOT	Department Of Transportation	(미국) 교통성
DWD	Deutscher Wetterdienst	독일 기상청
EASA	European Union Aviation Safety Agency	유럽연합항공안전청
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	유럽 중기 예보 센터
EFSO	Ensembled-based Forecast Sensitivity to Observations	앙상블 기반의 관측 영향평가 체계
ENSO	El Nino/Southern Oscillation	엘니뇨/남방 진동
EO	Earth Observation	지구 관측
ESCAP	Economic and Social Commission for Asia and the Pacific	아시아 태평양 경제 사회 위원회
EU	European Union	유럽 연합
EUMETSAT	European organization for the exploitation of Meteorological Satellites	유럽기상위성기구
eVTOL	Electric Vertical Take Off and Landing	전기수직이착륙항공기
FAA	Federal Aviation Administration	미국연방항공청
FAAM	Facility for Airborne Atmospheric Measurements	영국 Cranfield 대학 캠퍼스 소재 연구조직
FHWA	Federal Highway Administration	(미국)연방도로청
GHCN-D	Global Historical Climatology Network-Daily	전 세계 지표 관측소의 일일 기후 요약 통합 데이터베이스
GMAP	Gaussian Model Adaptive Processing	가우시안 모델 적응 처리
GNSS	Global Navigation Satellite System	전지구위성항법시스템
GNSS-RO	GNSS-Radio Occultation	전파음폐
GRAPES	Global & Regional Assimilation and Prediction System	전 지구와 지역적 동화 및 예측 시스템
GTS	Global Telecommunication System	세계기상통신망
GWD <CWD>	Critical Weather Day	하루의 중요 날씨(NCEP 포털 사이트)
HQ	Headquarters	본사
HSR	Hybrid Surface Rainfall	다중 고도각 기반 선택적 합성기술

ICAO	International Civil Aviation Organization	국제민간항공기구
ICT	Information and communications technology	정보통신기술
IDSS	Impact based Decision Support Services	영향 기반 의사 결정 지원 서비스
IG3IS	Integrated Global Greenhouse Gas Information System	통합 전 지구 온실가스 정보시스템
IoT	Internet of Things	사물인터넷
IP3	Industry Patent Purchase Program	매입 특허 공유
IP5	Intellectual Property offices 5	특허출원 상위 5개국의 특허청 간 협의체
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	기후변화에 관한 정부간 협의체
ISO	International Organization for Standardization	국제 표준
IT	Information Technology	정보통신기술
ITS	Intelligent Transport Systems	지능형고통시스템
JAMSTEC	Japan Agency for Marine-earth Science and Technology	(일본)해양연구개발기구
JMA	Japan Meteorological Agency	일본기상청
KEI	Korea Environment Institute	한국환경연구원
KIM	Korean Integrated Model	한국형수치예보모델
KMAPP	Korea Meteorological Administration Post Processing	기상청 현업수치모델 기반 고해상도 규모상세화 수치자료 산출체계
KS	Korean industrial Standards	국가 표준
KST	Korean Standard Time	한국 표준시
LiDAR	Light Detection And Ranging	라이다
LLWAS	Low Level Windshear Alert System	저층윈드시어경고장비
LIDEN	Lightning Detection Network system	낙뢰감지네트워크시스템
MARS	Meteorological Archival and Retrieval System	ECMWF 기상 기록 보관소
MEMS	Micro-Electro Mechanical Systems	미세전자기계시스템
ML	Machine Learning	기계학습
MO	Meteorological Office (Met Office)	영국 기상청
MOSAiC	Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate	북극기후연구를 위한 국제 관측 프로젝트
MST/IS radar	Mesosphere-Stratosphere-Troposphere / Incoherent Scatter radar	대류권-성층권-중간권 불간섭 산란 레이더
NARAE	National ATM Reformation And Enhancement	국가항행계획

NASA	National Aeronautics and Space Administration	미국 항공우주국
NCAS	National Centre for Atmospheric Science	영국 대기과학센터
NCEI	National Centers for Environmental Information	(미국) 국립환경정보센터
NCEP	National Centers for Environmental Prediction	(미국) 국립환경예측센터
NDFD	National Digital Forecast Database	NWS 국가 디지털 예측 데이터베이스
NESDIS	National Environmental Satellite, Data, and Information Service	(미국)기상위성센터
NEXRAD	Next generation weather Radar	차세대 기상레이더관측망
NIPR	National Institute of Polar Research	일본 극지연구소
NLDN	National Lightning Detection Network	NASA 전국 낙뢰 탐지 네트워크
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	(미국) 국립해양대기청
NSSL	National Severe Storms Laboratory	(미국)국립 폭풍 연구소
NSW	New South Wales	(호주)뉴사우스웨일스주
NWS	National Weather Service	(미국) 국립기상청
O&M	Operation&Maintenance	유지 보수 관리
O2R	Operation to Research	현업의 연구화
OAR	Office of Oceanic and American<Atmospheric> Research	해양대기연구소
OBS	Office of Observations	관측사무소
OBS	Observation-based research	관측 기반 연구
ODA	Official Development Assistance	공적개발원조
OPC	Optical Particle Counter	광자입자계수기
OSSE	Observing System Simulation Experiment	한국형모델 기반 모의 관측에 대한 영향평가 체계
PAV	Personal Air Vehicle	개인항공기
PDR	Precision Depth Recorder	정밀음향측심기
PFS	Patent Family Size	시장확보지수
PS-LTE	Public Safety-LTE	재난안전통신망
QC	Quality Control	품질관리
R&D	Research&Development	연구개발
R&I	Research&Innovation	연구혁신
R2O	Research to Operation	연구성과의 현업화
RCP	Representative Concentration Pathways	대표농도경로 시나리오(기상청 장기 기후전망)
RISS	Research Information Sharing Service	학술연구정보서비스



ROC	Radar Operation Center	레이더운영센터
RVR	Runway Visual Range	활주로가시거리
RWIS	Road Weather Information System	도로기상정보시스템
S-DoT	Smart Seoul Data of Things	(서울시) 도시데이터 센서
SAR	Synthetic Aperture Radar	합성 구경 레이다
SCI(E)	Science Citation Index (Expanded)	과학인용색인(확장판)
SES	the Single European Sky	단일 유럽 하늘
SESAR	Single European Sky ATM Research	항공교통관리 시스템 연구
SLEP	Service Life Extension Program	수명연장프로그램
SLP	Sea Level Pressure	해수면 기압
SMCD	Satellite Meteorology and Climatology Division	위성 기상 및 기후 부서
SNS	Social Networking Service	소셜 네트워크 서비스
SOCD	Satellite Oceanography and Climatology Division	위성 해양학 및 기후 부서
SPECI	Aviation selected Special weather report	특별항공기상관측
SSP	Shared Socioeconomic Pathways	공통사회 경제경로
SST	Sea Surface Temperature	해수면 온도
STAR	Center for Satellite Applications and Research	(미국)위성응용연구센터
SW	Software	소프트웨어
SWIM	System Wide Information management	글로벌 항공정보종합관리망
TC	Tropical Cyclone	열대저기압
TCCON	Total Carbon Column Observing Network	온실가스 관측위성 지상검증 네트워크
TCU	Towering Cumulus	탑상적인
TDWR	Terminal Doppler Weather Radar	공항기상레이더
TOGA	Tropical Ocean Global Atmosphere program	열대해양과 대기대순환과의 상호작용을 연구하기 위한 국제프로그램
TRL	Technology Readiness Level	기술성숙도
TS	Thunderstorm	뇌우
(K-)UAM	(Korean-) Urban Air Mobility	도심항공교통
UAS	Unmanned Aircraft System	초경량 무인항공기
UATM	Urban Air Traffic Management	도심항공교통용 항공교통관리
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	무인항공기
UI	User Interface	사용자 인터페이스
UKRI	United Kingdom Research & Innovation	영국 연구 혁신 기구
UML	UAM Maturity Level	도심항공교통 성숙단계척도
UNSW	University of New South Wales	뉴사우스웨일스대학교

UTM	Unmanned aerial system(UAS) Traffic Management	저고도 무인비행장치 교통관리시스템
UxS	Unmanned Systems	무인시스템
VCTS	Vicinity Thunderstorm	(인접)뇌우
VR	Virtual Reality	가상현실
WIGOS	WMO Integrated Global Observing System	WMO 전지구 통합관측시스템
WMO	World Meteorological Organization	세계기상기수
VMS	Variable Message Sign	도로전광판
WOW	The UK Met Office Weather Observation Website	날씨관측웹사이트
WXBC	Weather X Business Consortium	기상비즈니스 추진 콘소시움
XBT	Expendable Bathy Thermograph	수심수온기록계

# 의도적 공란

- 위험기상, 기후변화에 의한 국민 안전확보의 필요성이 증대됨에 따라 고품질의 관측정보 생산 필요성 부각
  - 전 세계적으로 기후변화로 인해 폭우, 폭염, 태풍 등 잦은 위험기상이 발생하고 있으며, 기상이변으로 인한 대국민 불안감 증대뿐만 아니라 사회·경제적 피해 급증
  - 위험기상 대비 기상정보의 기대 수준이 높아짐에 따라 신속하고 정확한 관측정보 생산 요구 증대
- 기후변화로 인한 잦은 기상이변 발생, IT 기술의 발달 등 급격한 환경변화에 맞는 국가 차원의 미래지향적인 대응 역량 강화 필요
  - 미래수요에 적극적으로 대응하기 위해 대내외 환경변화에 맞는 국가 기상업무의 발전 방향을 모색
  - 관측 분야 국내외 주요 정책 동향, 기술개발 연구 현황 등 환경변화를 반영한 미래 국가 기상관측의 종합적인 발전방안 필요
- 4차 산업혁명으로 인한 IT 기반 첨단기술의 확산과 융·복합 기술의 가속화로 신기술을 활용한 기상관측 고도화 시급
  - 다양한 분야의 융·복합이 심화하고 산업간 경계가 사라지면서 스마트시티, 도로기상, K-UAM, 신재생에너지 등과 같이 기상정보가 융합된 새로운 산업 영역이 창출
  - 신규 기상정보 수요에 대응하기 위해 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷 등의 첨단기술을 활용한 기상관측 고도화 필요
- 다양한 미래수요 대응을 위해 기본에 충실한 관측업무 재정비 및 체계적인 국가기상관측 정책 필요
  - 정확한 예·특보 업무, 수치모델 지원을 위해 기본에 충실한 지상·고층·해양·원격탐사 관측망 보강 및 확충 및 도로기상, K-UAM 등 시민이 체감할 수 있는 관측업무 재정비가 필요함
  - 기상관측 표준화, 관측망의 효율적 배치 등을 위한 체계적인 국가기상관측망 운영 정책 수립 및 대형 관측인프라 도입을 위한 예비타당성 면제 방안 마련 필요
- 범정부 차원에서 국가기상관측 중장기 정책 추진 방향과 전략 수립 필요
  - 기상법 제5조에 따라 제4차 기상업무발전 기본계획(2023~2027) 수립을 통해 향후 5년간의 정책 기본방향 및 분야별 세부계획 수립 필요

## 1.2 목적 및 법적 근거

### □ 목적

- 본 연구는 4차산업혁명 시대에 요구되는 다양한 기상관측 미래수요에 선제적으로 대응하기 위하여 국가 기상관측 종합정책을 수립하고 관측표준화 법·제도 개선 등 기상관측 업무체계 발전방안을 마련하는 데 그 목적이 있음

### □ 법적 근거

- 「기상법」에 따른 기상정책을 종합하고 체계화하는 법정계획으로서 범정부 차원의 중장기 「기상업무발전 기본계획」을 5년마다 수립 필요

#### <기상법 제5조 제1항>

(기상업무에 관한 기본계획의 수립 등) ① 기상청장은 기상업무의 건전한 발전 등 이 법의 목적을 체계적·효율적으로 달성하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 5년마다 기상업무에 관한 기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

- 제3차 기상업무발전 기본계획(2017~2022)을 연계하고 정책발전이 필요한 부분을 개선·보완할 제4차 기상업무발전 기본계획(2023~2027)의 선제적 방안 마련
- 제4차 기본계획의 추진에 직간접적으로 영향이 클 것으로 판단되는 기상관측 분야 주요 이슈를 다각적으로 분석하고 현행 체계 및 성과를 종합 검토하여 차기 계획 수립을 위한 방향성을 제시하고 관측 분야의 정책적 기반 마련

## 2. 종합정책의 성격 및 범위

### 2.1 성격

- 제3차 기상업무발전 기본계획, 관측업무 발전 기본계획, 국내외 기술 동향, 미래수요 등을 바탕으로 향후 5년간의 기상관측 정책을 종합하고 체계화하는 국가기상관측 종합계획
  - (포괄성) 공공부문과 민간부문을 동시에 고려하며, 하위 분야별 세부 계획을 포괄함
    - 기상관측업무 고도화 및 기상산업 진흥을 함께 고려
    - 기술환경 분석, 목표 설정, 기술 우선순위 설정, 투자 타당성, 실천방안 등 모색
  - (적응성) 기상관측 분야 미래수요에 선제적으로 대응하기 위한 국가 기상관측 정책·전략 수립 지상 기상관측표준화 제도 개선 및 발전방안 제시
    - IoT와 3초(초고속, 초저지연, 초연결) 환경에 대응한 새로운 개념의 기상 관측망 구성
    - 예보, 관측, 원격탐사, 정보화 등 기상업무 간 유기적 연계에 기반한 기상 관측망 최적화
  - (이행력) 지상 기상관측표준화 법·제도 개선 발전방안 제시
    - 목적관측망 간 상호 보완적 역할 수행을 위한 범국가적 차원에서의 조정·관리

### 2.2 범위

- 시간적 범위
  - 2023년~2027년
- 공간적 범위
  - 한반도 전역의 지상, 고층, 해양 및 우주
- 내용적 범위
  - (환경 분석) 기상관측 분야 국내외 동향 및 환경변화 분석
    - 기상관측 분야 국내외 정책·기술·산업·사회 동향
    - 국내외 기상 관측망 및 업무체계 구성·운영 현황
    - 기상관측 분야 내·외부 환경 종합분석 및 시사점
  - (전략 수립) 연구과제의 기본방향, 비전, 목표 및 세부 사업별 발전방안 도출, 세부과제별 우선순위에 따른 로드맵 및 예산(안) 도출

## 2.3 주요 내용

### □ 국가기상관측 종합정책 수립

- 국내외 정책환경의 종합분석 및 시사점 도출
  - 기술·경제·사회·환경 분야별 미래사회의 변화예측
  - 기상선진국의 기상관측 정책 동향 및 발전전략 조사
  - 관계부처 중기 계획과 기상·기후 관련 정부 계획 조사·분석
  - 그간의 기상청 관측정책 및 중기 계획의 추진성과 분석과 시사점 도출
- 미래 기상관측 수요조사 및 첨단 기상관측기술 발전 동향 분석
  - 언론·정책환경 분석을 통한 미래기상관측 수요조사 및 분석
  - 기존 관측망의 한계점 분석 및 수요별 기상관측 공급전략 제시
  - 미래 신기술(AI, IoT, 비정형 데이터 등)의 기상 활용 및 원격 탐사 장비(레이더, 위성) 발전방안 도출
- 체계적인 기상관측 업무 추진을 위한 운영체계 제시
  - 기상관측 및 운영 관련 전문조직 구성 및 인력양성 방안
  - 기상관측에 대한 국립기상과학원 역할 및 정책부서와의 연계성 정립
  - 집중관측업무의 발전방안 제시(정례화, 체계화, 예·특보 연계 등)
- 국가기상관측 종합계획(2023~2027) 전략 제시
  - 종합계획의 비전과 목표 도출
  - 중점 추진과제 발굴 및 과제별 로드맵, 추진전략 도출
  - 수행 체계, 환류 방안 제시 및 기대효과

### □ 지상기상관측 표준화 업무 개선방안 마련

- 지상기상관측망 분류체계 및 관측 표준화 방향 제시
  - 범국가 기상관측 현황 조사(운영기관, 설치목적, 환경, 관측 요소 등)
  - 설치목적, 설치환경(장소), 관측 요소 등을 고려한 기상 관측망 분류체계 제시
  - 관측망별 조밀도, 중복도, 관측시설등급, 측기의 최소성능등급 등 기준 제시
- 기상관측시설 설치·운영에 대한 전문성 강화방안 마련
  - 국내·외 관측시설 설치·운영 등 전문기관 활용 현황 조사 및 시사점 도출
  - 전문기관 역할 및 활용 방안 등 관측시설 운영·관리체계 개선방안 도출
  - 국내·외 시설 설치·운영 관련 자격증 제도(3개 사례 이상) 현황 조사와 민간업체·관측기관 전문성 강화방안 제시

- 기상관측표준화업무 개선방안 제시
  - 국내·외 시설 운영·자료품질, 운영기관 등에 관한 평가체계 현황 조사(3개 사례 이상) 및 시사점 도출
  - 현 평가체계(시설등급, 품질등급) 분석 및 개선안 제시(기관평가 포함)
  - 국가기상관측망 구축·운영 관련 기관 간 역할 분담 및 이행력 확보방안 도출
  - 현 표준화 업무(관측망, 수집·활용체계, 품질관리 등) 진단 및 개선방안 제시

### 3. 추진 경과

#### 3.1 기상관측 관련 계획수립 경과

##### □ 기상업무발전 기본계획 수립

- 제1차 기상업무발전 기본계획(2007~2011) 수립(2006.12.)
- 제2차 기상업무발전 기본계획(2012~2016) 수립(2011.12.)
- 제3차 기상업무발전 기본계획(2017~2022) 수립(2016.12.)

##### □ 기상관측 발전 기본계획 수립

- 기상관측 발전 기본계획(2009~2013) 수립(2009.07.)
- 자동기상관측장비 첨단화 기본계획 수립(2010.03)
- 기상관측 자동화 실행계획 수립(2013.08)
- 관측업무발전 기본계획(2017~2021) 수립(2016.08.)
- 범정부 최적 기상관측망 구축 수립(2019.03)

##### □ 과학기술기본계획 수립

- 제1차 과학기술기본계획(2003~2007) 수립(2003.05.)
- 제2차 과학기술기본계획(2008~2012) 수립(2008.08.)
- 제3차 과학기술기본계획(2013~2017) 수립(2013.07.)
- 제4차 과학기술기본계획(2018~2022) 수립(2018.02.)

##### □ 기상산업진흥기본계획 수립

- 제1차 기상산업진흥계획(2011~2015) 수립(2010.11.)
- 제2차 기상산업진흥계획(2016~2020) 수립(2015.12.)
- 제3차 기상산업진흥계획(2021~2025) 수립(2021.01.)



### 3.2 관련 계획 간 연계 방향

- 과학기술 분야 최상위 국가계획인 ‘제4차 과학기술기본계획’ 및 기상청 소관 법정계획과의 정합성·연계성 유지
  - 기상청 소관 법령에 따른 분야별 세부 계획인 ‘관측업무 발전 기본계획(2016)’ ‘법정부 최적 기상 관측망 구축(2019)’ 과 유기적 연계
- 「기상법 제5조」에 따라 2022년 수립 예정인 제4차 기상업무발전 기본계획 (2023~2027)과의 연계를 위한 선제 대응

## 4. 그간의 성과 점검

### 4.1. 관측 인프라 확충

#### □ 데이터 개방 확대

- 기상자료개방 포털을 통한 기상자료 전면 개방 및 대국민 활용 확대 극대화
  - (데이터 개방) 82종('17) → 99종('18) → 124종('19) → 134종('20) → 136종('21)

#### □ 빅데이터 기상 전문인력 육성

- 대학 연계 빅데이터 교육과정 개설 및 종사자 교육 강화 등 기상 전문인력 육성 기반 마련
  - 기상산업 강좌개설 대학 수는 2020년 10개 대학으로 2016년 대비 약 3배 증가
  - 기상 관련 면허 소지자 누적 수는 2016년 347명에서 2020년 470명으로 약 1.4배 증가

#### □ 특별 관측 시행

- 맞춤형 집중관측을 통한 기상지원
  - 2018년 평창동계올림픽·패럴림픽에 기상인력 현지 파견 및 실시한 현장 기상지원 서비스 제공

### 4.2. 관측기술 향상

#### □ 핵심 관측망 확충

- 핵심 관측망 확충(~'20) 및 법정부 최적 기상 관측망 구성안 마련('19.3.)을 통한 기상 관측망 사각지대 해소
  - AWS 594대('18) → 600대('19) → 604대('20) → 635대('21)/ 적설계 389대('18) → 399대('19) → 461대('20)
  - 대형해양기상부이 17대('18) → 17대('19) → 19대('20) / 해양안개관측망 25대('19) → 50대('20) → 75대('21)
  - 유관 기관 AWS 303대('19) → 557대('20)

- 유관 기관 관측자료 활용 강화로 기상관측 조밀도 향상: 13km('18) → 5km('23)
- 기상 관측망 사각지대 해소를 위한 유관 기관 CCTV 6,903대 직접 연계('19.6.)
- 목측 요소(구름량, 구름 높이) 관측 자동화 전환('18.8.1.)

#### □ 입체집중관측 시행

- 첨단 기상장비를 활용한 위험기상 조기 감시 강화 및 입체적 특별 관측 확대
  - (고층 관측) 레원존데 일 2회 → 4회 확대('18~)
  - (해양 기상관측) 태풍 예상 진로에 표류부이 투하(6회, '20), 서·남해 대형기상부이 2대 확충('20), 인천·경기권 여객선 항로 주변 해역 시정계 25대 설치('20), 서해 종합관측(지상·고층·해양·환경)을 위한 제2해양기지 구축(덕적도)('20~)
  - (이동관측) 모바일 기상관측차량 특별기상지원(2020, 총 130일/태풍, 폭염 등 위험기상지원 124일, 산불지원 6일)
  - (기상관측선) 서해·남해상의 태풍 강도 관측을 위한 관측영역 확대
  - 기상 항공기 도입('17.11.), 서해상 항공/해상/지상 통합관측 시행 ('18~'20.4.6.)
- 기상 항공기를 활용한 인공증우 실험 시행
  - 산불 예방 10회, 미세먼지 저감 7회, 가뭄 저감 6회 등 2021년 총 23회 진행
- 위험기상 입체감시와 모델 성능향상을 위한 원격탐측 장비 개발 및 확충
  - 수도권 집중호우 감시용 소형레이더 관측망 구축(덕적도, 수리산, 망일산)('18)
- 한·중·일 동아시아 레이더 자료 공동 활용 확대
  - (일본) 기존 6개소 → 11개소('18.7.18.), (중국) 기존 7개소 → 10개소('18.9.1.)

#### □ 첨단기상관측장비 기술 개발

- 부처 협업을 통한 첨단기상관측장비 핵심기술 개발
    - (방사청) 연직바람관측장비 및 검증체계('17~'21), (과기정통부) 드론 탑재용 기상 센서('16~'18)
    - 학·관·연 연계 기계학습, 딥러닝 등의 기술을 활용한 인공지능 예보 보좌관\* 초기 버전 설계('20)
- ※ 예보관 대비 강수예보 정확도 향상: 90.8%('20) → 92.4%('21)

### 4.3. 레이더/위성 활용 확대

#### □ 세계 최고 수준의 레이더 강수 영상

- 세계 최고 수준의 신속한 대국민 레이더 강수 영상 제공('18.3.)
  - 실시간 관측 주기(10분→5분/ 미국 6분, 일본 5분) 및 영상 표출 시간(15분→3분) 단축

#### □ 첨단 레이더 관측망 구축

- S-밴드 이중 편파 기상레이더 기반 첨단 레이더 관측망 구축 완료(~'19)

- 백령도·면봉산·진도·관악산·구덕산('14~'16), 광덕산·고산('17), 성산·오성산('18), 강릉('19)
- 선제적 장애 대응으로 레이더 장애 시간 감축: 694시간('19) → 315시간('20) → 133시간('21)
- 면봉산, 강릉 기상레이더에서 독도까지 입체관측 가능
- 레이더 보정 편차 분석·현업 적용 시간 단축(30분 → 5분)으로 신속·정확한 강수 탐지('20)
- 이중편파레이더 기반 강수량 추정 정확도 향상: 81.3%('19) → 84%('20)
- 독자 기술 기반 '한국형 레이더 강수 실황 예측기술' 개발('20.6.29.)

#### □ 천리안위성 활용

- (인프라) 천리안위성 1호와 2A호의 연이은 발사 성공과 24시간 무중단 운영으로 기상위성 개발 및 독자 운영 능력 확보
  - (분석) 천리안위성 2A호 기반 위험기상(집중호우, 태풍 등) 조기 탐지 정확도 향상 및 집중호우 동반 대류운 분석 기술 개발을 통한 기상예보 지원
  - (서비스) 기상청 홈페이지에 관측자료 포출, 국내외 기관에 실시간 관측자료 서비스 제공 및 국 작전 기상지원
  - 천리안위성 2A호 성공적 발사('18.12.) 및 영상 대국민 서비스 시행('19.7.)
    - (채널 수) 5채널 → 16채널/ (한반도 관측 주기) 15분 → 2분/ (가시 영상 해상도) 1km → 0.5km('18)
    - 천리안위성 2A호 영상 적시 제공률: 97.11%('19) → 99.50%('20) → 99.78%('21)
    - 위성 자료 처리 속도 개선: 관측에서 제공까지 (기존) 12분 → (개선) 6분으로 단축('20)
    - 천리안위성 2A호 산출물: 13종(기상 7종, 활용 6종)('19), 62종(기상 45종, 활용 16종)('20)
    - 천리안위성 2A호 운영 성공률 향상: 97.1%('19) → 98.0%('20)
    - 한반도 영향 태풍 2분 간격 추적관측을 통한 정확한 태풍 진로 예측('18)
    - 집중호우 조기 탐지 정확도 향상: 40%('19) → 64.8%('20)
    - 대류운 발생 탐지율 80%('20)
    - 산불 발생 지역 2분 간격의 산불탐지 및 산불분석 영상제공('20)
- ※ 안동 산불(4.24.), 전남 곡성 산불(4.5.) 등 산불탐지 및 위성분석 영상 총 20회 제공

## 4.4. 기상관측 업무 성장기반 조성

#### □ 데이터 품질수준 확보

- 범정부 기준에 부합하는 기상청 데이터 품질수준 확보
  - 공공데이터 품질관리 수준 평가에 따른 DB별 품질진단 및 개선
  - 「기상청 데이터 종합 품질관리 지침」 개정('18.7.31.)

- 공공데이터 품질관리 수준(행안부 주관): 3등급(' 17) → 2등급(' 18) → 1등급(' 19~' 20)

## □ 기상장비 인증·검정 기반 조성

### ○ 기상장비 신뢰성 및 정확성 확보를 위한 인증·검정 기반 조성

- 형식승인업무 추진 근거 마련을 위한 기상관측표준화법 일부개정(' 18.4.17.)
- 기상·지진 장비 인증센터 구축을 위한 정책연구 수행(' 19.3~7.)
- 기상·지진 장비 형식승인 체계구축 기본계획 수립(' 20.4.21.)과 기술기준 마련
  - ※ 형식승인 대상 기상장비 10종의 기술기준('20.8.5.), 내구성 등급 기준 마련('20.12.)
- 자동기상관측장비(데이터로거, 온도계, 습도계, 기압계) 성능시험 체계 마련(' 18)
- 기상측기 형식승인제도 시행(' 21.04.18.)

## □ 국가·국제 표준업무 내실화

### ○ 기상 분야 국가(KS), 국제(ISO) 표준업무 내실화

- 기상 분야 KS·ISO 표준화 중장기 로드맵 수립(' 19.6.26.)
- 기상 분야 국가 표준 제정 및 개정(' 19): (제정) 기상레이더 성능과 운용 표준, (개정) 일사, 풍속, 기온 측정 표준 현행화
- 기상레이더 국제 표준(시스템 성능 및 운영)에 대한 국문 번역(' 18.8.31.)
- 시정계, 적설계 국제 표준(ISO) 신규 제안 승인(' 18) 및 개발 추진

## □ 관측장비 운영환경 개선

### ○ 관측장비 제도 및 설비 보강(' 20)

- 관측장비 구매제도 개선을 통한 성능·규격 평가 강화
- 노후 관측장비 적시 교체\* 및 AWS(600개소) 낙뢰 방지 설비 보강
  - \* 자동기상관측장비 62대, 파고부이 10대, 연직바람관측장비 1대 등

## 1. 국내외 정책 동향

### 1.1. 국내 현황

#### 1.1.1. 국내 현황 개관

- 기후변화 및 위험기상에 대응하여 더욱 정밀하고 고도화된 재난안전관리 체계 확립 필요성 대두
  - 국민 생활안전을 위한 고해상도 기후변화 감시망, 지구대기 감시망, 복합 지형 기상 관측망 등 보강 필요
- 최근 과학기술 발전 추세 및 미래 산업 수요를 반영한 ICT 융합기술 기반 정보 서비스 생산·제공체계 수립 지원정책 추진
  - ICT 기반 입체관측 인프라 확충, AI·기상기후 빅데이터 기반 맞춤형 스마트 위험기상 모니터링 및 정보 제공, 정형·비정형 관측 데이터 활용 정책 수립
  - 국방, 농축산업, 항공·드론, 에너지, 해운물류, 도로교통, 스마트시티 등 다양한 산업 분야에서 필요로 하는 고품질의 기상정보 실시간 제공 관련 수요 대응
- 기상관측의 공간적 범위 확대
  - 항공·해양 기상, 연안, 한반도, 동북아시아 환경재해 모니터링을 위한 기상 관측망 확충
- 국내외 관계기관과의 협력체계 형성 및 구축 촉진
  - 인접 국가와의 국제 공동 관측, 관계기관과 데이터 활용을 위한 연계 채널 단일화 등 다방면의 협력 강화

#### □ 현 정부 국정과제

- 2022년 5월, 윤석열 정부 110대 국정과제는 국민 안전, 탄소중립 실현, 기후환경 위기 대응 등 환경·기상 분야 이행과제 포함
  - 41. ‘해양영토 수호 및 지속 가능한 해양 관리’에서는 연안 태풍·해일 등 재해감시망 구축 등 연안 안전망 확보 등 내용을 이행과제로 제시
  - 65. ‘선진화된 재난 안전 관리체계 구축’에서는 AI 데이터를 활용한 디지털 재난관리체계를 구축하여 맞춤형 재난 안전 정보와 ICT 기반의 일상 안전 모니터링 체계를 구축을 세부 이행과제로 제시
  - 86. ‘과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환’에서는 녹색융합클러스터 조성을 통해 기후 기술, 환경 IoT 등 신산업 집중 육성을 세부 이행과제로 제시
  - 88. ‘미세먼지 걱정 없는 푸른 하늘’에서는 초미세먼지 30% 감축 로드맵 마련과 함께 고농도 예보 조기 제공(12시간 전 2일 전 예보), 주변국 양자 협력 및 동아시아

대응체계 제도화를 이행과제로 제시

- 대통령직인수위원회는 기상청과 탄소중립에 필요한 상세한 기후변화 전망 정보, 국민 체감도 높은 사회·경제·문화 분야 기후변화 영향정보 제공 방안, 특보기준 개선 등 위험기상 대응체계 과학화, 대형 산불 등 현장 기상정보 지원 강화, 대국민 기상정보 전달체계 개선 등에 대해 논의<sup>[1]</sup>

### 1.1.2. 부처별 국민 안전 관련 정책 및 계획

<표 1> 국민 안전과 미래전략을 위한 정부 부처별 정책 동향

구분	정책명	주요 내용	키워드
국정 과제	문재인 정부 국정과제 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>55-6. 맞춤형 스마트 기상정보제공</li> <li>55-4. 지진으로부터 국민 안전 확보</li> <li>56-4. 재난 예·경보 체제 구축</li> <li>61-3. 기후변화 적응 능력 제고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>맞춤형 위험기상정보 제공</li> <li>관측 인프라 확충</li> <li>기상기후 빅데이터</li> </ul>
	윤석열 정부 국정과제 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>41. 해양영토 수호 및 지속 가능한 해양 관리</li> <li>65. 선진화된 재난 안전 관리체계 구축</li> <li>86. 과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환</li> <li>88. 미세먼지 걱정 없는 푸른 하늘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연안 태풍·해일 등 재해감시망</li> <li>ICT 기반 일상 안전 모니터링</li> <li>환경 IoT</li> </ul>
관계 부처 합동	한국판 뉴딜 종합계획 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>사회, 경제, 기후 문제 해결에 활용될 수 있는 기상기후데이터 및 서비스 수요 증가 전망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래수요 대응</li> <li>기상기후 데이터</li> </ul>
	제3차 국가기후변화 적응대책 (2021-2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후감시 및 예측 인프라 구축</li> <li>관측망 및 자료 표준화</li> <li>협력체계 구축 및 전문인력 양성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화 감시정보 생산 확대</li> <li>지구대기 감시망 최적화</li> <li>해양기상 감시활동</li> <li>고해상도 감시 역량</li> <li>전문인력 양성</li> </ul>
	제5차 국가표준 기본계획 (2021-2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>세계시장 선점을 위한 표준화</li> <li>기업 혁신을 지원하는 표준화</li> <li>국민이 행복한 삶을 위한 표준화</li> <li>혁신 주도형 표준화 체계 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>저탄소 기술</li> <li>스마트시티</li> <li>국가측정표준 확립</li> </ul>
	K-UAM 로드맵 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상정보가 복합된 공간정보 활용 한국형 UAM 운용 기준 마련을 위한 실증사업 추진전략 수립</li> <li>유망 대도시권 대상 세밀한(100m) 기상정보 수집체계 단계적 구축 및 데이터 제공 전략 수립</li> <li>(국립기상과학원) 정확도 높은 기상 예측 정보 제공을 위하여 AI 기반 기상정보 제공체계 개발·보급 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>세밀한 기상정보 수집체계</li> <li>기상정보가 복합된 공간정보</li> <li>기상 탐지 센싱</li> <li>AI 기반 항공기상정보 제공체계</li> </ul>

		예정	
행정안전부	제4차 국가안전관리 기본계획 (2020-2024)	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술 재난관리·맞춤형 스마트 기상정보 제공</li> <li>생활기상서비스 강화 및 기상기후 빅데이터 활용 확산</li> <li>기상예보·관측 인프라 확충 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학기술 재난관리</li> <li>맞춤형 스마트 기상</li> <li>기상기후 빅데이터</li> <li>관측 인프라 확충</li> </ul>
기획재정부	국가재정운용계획 (2021-2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털·녹색 산업 등 미래 전략산업 육성으로 선도형 경제 구축</li> <li>체계적 혁신형 인재 양성 및 직업훈련 서비스 확대로 인적자원 전환 뒷받침</li> <li>신종·복합 재난 및 기후변화에 대비한 예방·생활안전 투자 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래 전략산업 육성</li> <li>혁신형 인재 양성</li> <li>재난 대비 생활안전 투자 확대</li> </ul>
산업통상자원부	제7차 산업기술혁신계획 (2019-2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업기술 플랫폼·표준화·실증을 통한 사업화 적극 지원</li> <li>시장 변화에 대응한 R&amp;D 투자전략 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지능정보 서비스</li> <li>재생에너지</li> <li>지능형 전력 시스템</li> <li>무인모빌리티</li> </ul>
	제3차 에너지 기본계획 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상을 포함한 에너지 공급·수요·기술정보를 통합·운영·제공하는 빅데이터 플랫폼 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 빅데이터 플랫폼</li> </ul>
	제9차 전력수급기본계획 (2020-2034)	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 보급을 태양광, 풍력 중심으로 확대</li> <li>신규 설비의 대부분을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 공급</li> <li>기온 변동성 확대가 전력수요에 미치는 영향에 대한 고려가 필요함을 시사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>태양광·풍력 에너지 보급 확대</li> <li>기온 변동성 및 전력수요 예측역량 제고 필요</li> </ul>
과학기술정보통신부	제4차 과학기술기본계획 수립방향 (2018-2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>재난 현장 지원·대응을 위한 스마트 재난안전관리 시스템 확보</li> <li>기후변화 및 신기후체제 대응으로 지속가능성 확보</li> <li>쾌적하고 청정한 생활환경 구현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 재난안전관리</li> <li>기후변화 대응</li> </ul>
	제5차 과학기술기본계획 수립방향 (2023-2027)	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털 전환 정책목표 및 방향 설정</li> <li>과학기술 진흥·발전(과기) + 국가·사회 현안 해결(혁신)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 현안 해결</li> <li>과학기술 진흥</li> </ul>
	제3차 융합연구개발 활성화 기본계획 (2018-2027)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국민의 삶의 질 향상 측면에서 과학난제 극복</li> <li>국민생활문제 해결을 위한 융합선도 프로젝트 추진</li> <li>이상기후 현상 정밀 원인 분석 기반 예측 기술 개발 및 이상기후 발생 억제 방법 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국민 생활문제 해결</li> <li>이상기후 정밀 분석</li> </ul>
	연구개발사업 종합시행계획 (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국제 공동 측정(한·중·일·몽골), 항공·위성·지표 연직 관측 및 집중측정 등 3차원 입체관측에 의한 원인 규명 고도화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>동북아시아 3차원 입체관측</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한반도를 정밀 관측할 수 있는 지구 저궤도 실용급 관측 위성개발</li> <li>▪ 국가안보 목적의 관심 지역 관측 효율성 극대화를 위해 다목적 실용위성 7호 대비 향상된 성능의 후속 위성 1기(7A호) 개발</li> <li>▪ 기상재해, 화재 등 재난 안전의 예방 및 대응에 필요한 기반 기술의 개발과 과학기술 기반의 긴급 대응체계 구축</li> </ul>	
환경부	제5차 국가환경 종합계획 (2020-2040)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수문·기상 정보의 공동 활용 통합시스템을 통한 실시간 정보공유 및 연계·활용성 강화</li> <li>▪ 기상-해양-환경 정지궤도 복합위성 정보를 기반으로 한 한반도 감시정보 다원화·표준화 및 차기 복합위성 개발</li> <li>▪ 미세먼지와 대기오염의 위해성에 기반한 통합관리를 위해 집중 관측소 확대 운영</li> <li>▪ 한반도 환경재해 대응체계 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 집중관측소</li> <li>▪ 한반도 환경재해 대응</li> </ul>
해양수산부	지능정보화 기본계획 (2018-2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양 관측정보의 체계적 수집 및 품질관리 강화 필요</li> <li>▪ 해양 관측정보 수집·연계 등에 대한 품질관리 모니터링 체계 구축</li> <li>▪ 다층구조의 해양조사 정보 융복합 DB 구축을 통해 정책 활용도 제고</li> <li>▪ 기후변화 대응 기초자료 수집을 위한 계류형 관측기 추가 확보</li> <li>▪ 모니터링 자원조사선 및 관측소 확대</li> <li>▪ 기상 및 해양정보(관측·예측), 유사 태풍피해 규모 등 보고서 자동화 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정형·비정형 데이터 활용을 위한 연계 채널 단일화</li> <li>▪ 다층구조의 융복합 정보 구축</li> <li>▪ 실시간 관측</li> <li>▪ 해양기상정보 보고서 자동화 작성</li> </ul>
국토교통부	제5차 국토종합계획 (2021-2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 미세먼지 정밀 관측</li> <li>▪ 기후변화, 사막화, 황사 등 지구적 환경문제에 대응하는 관측망 및 예·경보 시스템 구축을 위한 국가환경협력체제 강화</li> <li>▪ IoT, AI 등 첨단기술을 활용하여 농촌의 생활환경을 개선</li> <li>▪ 시설물의 생애주기를 고려한 유지관리의 스마트화, 지역 여건을 고려한 맞춤형 대응체계 구축, 빅데이터 등을 활용한 스마트 관측</li> <li>▪ 해수면 상승에 대비한 연안 토지이용 및 방재체계를 강화</li> <li>▪ 기후변화에 따른 홍수, 가뭄, 폭설, 폭염, 지진 등 재해에 대비</li> <li>▪ 도시·교통 시설의 모니터링 시스템을 연계하고 예측 가능성 제고를 위한 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정밀 관측</li> <li>▪ 스마트 관측</li> <li>▪ 국제환경협력체제</li> </ul>



	제3차 스마트시티 종합계획 (2019-2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>성장단계별 맞춤형 모델 조성, 스마트시티 확산기반구축 등에 기상서비스 연관</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공간 데이터로 재해재난 예측 및 대응</li> <li>분야별 cctv 통합연계</li> </ul>
농림축산식품부	농업·농촌 및 식품산업 발전계획 (2018-2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상재해 조기경보 서비스 전국 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재해 감시</li> </ul>

출처: 저자 작성

## □ 관계부처 합동

- (한국판 뉴딜 종합계획) 사회경제적 구조 전환 및 신산업 대응을 위한 3대 전략 방향으로 디지털 뉴딜, 그린뉴딜, 안전망 강화를 제시하였으며 사회, 경제, 기후 문제 해결에 활용될 수 있는 기상기후데이터 및 서비스 수요증가를 예상
  - 디지털 뉴딜에 따른 기술환경 변화, 그린뉴딜에 따른 미래수요 대응을 위한 기상기후데이터 및 각종 비정형 데이터를 통합 활용한 융합 서비스 및 기술 개발 필요
  - 2021년에는 25개 지역의 스마트 그린 도시를 추진하고 있어, 기상연계 수요가 높을 것으로 전망
- (제3차 국가 기후변화 적응대책) 정부, 지역, 산업계, 시민사회를 포함한 과학기반 6대 부문 84개 국가 기후변화 리스크 목록 구축
  - 전략목표 중 하나인 기후감시 및 예측 인프라 구축으로 과학기반 적응 추진을 위해 관측망 및 자료 표준화 등 세부 전략 제시
  - (기상청 및 관련 기관 추진과제) 5개 추진과제를 단독 및 연계 수행, 9개 세부과제가 신규 채택

<표 2> 제3차 국가기후변화 적응대책 중 기상청 유관과제

정책	추진과제	세부 내용
① 기후리스크 적응력 제고	6. 산업 및 에너지 분야 적응역량 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>산업별 기상·기후 정보 이용 활성화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업수요 맞춤형 기상·기후 융합 서비스 정보 공급·서비스 체계구축 (기상청)</li> </ul> </li> </ul>
② 감시·예측 및 평가 강화	1. 종합 감시체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화 관련 감시정보 생산 확대               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵심 기후변수 다양화(천리안위성 1·2A호 기반 4종-6종)(기상청, 국가기상위성센터)</li> </ul> </li> <li>해양·극기 감시정보 생산               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극지 빙하 감시정보 생산 및 확대 연구(기상청 국가기상위성센터+해수부)</li> </ul> </li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>온실가스 및 단기체류 기후변화 유발물질 감시 역량 강화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화 감시 공백 해소를 위한 지구대기 감시망 최적화(기상청, 국립기상과학원)</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위성 기반 환경 감시정보 생산 및 감시·분석 기술 고도화(국립환경과학원, 국립기상과학원) (신규)</li> <li>▪ 온실가스 감시정보의 활용체계 개선</li> <li>- 통합 전 지구 온실가스 정보시스템(IG3IS)* 고도화(기상청, 국립기상과학원) * IG3IS : Integrated Global Greenhouse Gas Information System</li> <li>▪ 안전한 해상활동 위한 감시정보 제공</li> <li>- 해양 기상 종합정보시스템 구축 및 서비스 개선(기상청)</li> <li>▪ 복합 재난 대비 고해상도 감시 역량 강화</li> <li>- 도시 규모 기상·기후 현상 메커니즘 분석·지원 (기상청, 국립기상과학원)</li> <li>- 가뭄 대비 수문 기상정보 제공 강화(국가기상위성센터)</li> </ul>
	2. 시나리오 생산 및 예측 고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 남한 상세 기후변화 시나리오 생산</li> <li>- 공통사회 경제 경로(SSP) 기반의 남한 상세(1km 해상도) 기후변화 시나리오 생산(국립기상과학원, 국립수산과학원, 국립해양조사원)</li> <li>▪ 미래 기후변화 분석 및 불확도 산정</li> <li>- 신규 기후변화 시나리오(SSP)를 활용한 기후변화 분석 (국립기상과학원) (신규)</li> <li>- 동아시아 미래 지면-대기 상호작용 불확실성 분석 (국립기상과학원) (신규)</li> <li>▪ 지구 시스템 모델 기술 역량 강화</li> <li>- AR7 기후변화 시나리오 생산을 위한 기반기술 확보(국립기상과학원) (신규)</li> <li>- 온실가스 감축 시나리오의 기후분석 기술 개발(국립기상과학원) (신규)</li> <li>▪ 초고해상도(1km 이하) 예측 기반 구축</li> <li>- 초고해상도 도시 미기후 모델링 기반 마련 (국립기상과학원) (신규)</li> <li>▪ 예측에 기반한 해양기후 서비스 제공</li> <li>- 해양기후 예측자료 특성 평가 및 활용 (국립기상과학원, 해수부)</li> </ul>
	3. 평가도구 및 정보 제공 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 적응정보 관리 인프라 구축</li> <li>- 기후변화 적응정보 통합 플랫폼 구축 (환경부, 기상청) (신규)</li> <li>- 기후변화 입체감시 정보 서비스 플랫폼 구축 (기상청, 국립기상과학원)</li> <li>- 해양 기후변화 적응정보 활용체계 구축 (기상청, 국립해양조사원) (신규)</li> <li>▪ 기후변화 적응 정보 제공 강화</li> <li>- 「한국 기후변화 평가보고서 2025(환경부-기상청)」 발간 (환경부, 기상청)</li> <li>- WMO 육불화황(SF6) 세계표준센터 운영 (국립기상과학원)</li> <li>- 학·연·관 기후변화감시 협의체 확대 운영 및 공동 활용 (국립기상과학원)</li> <li>- IPCC 보고서에 대한 우리나라의 참여 주도 및 국내 유관 기관 연계 (기상청)</li> </ul>
③ 적응 주류화 실현	3. 기후적응 협력체계 구축 및 인식 제고	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 적응 국내 협력체계 구축</li> <li>- 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 국내 대응체계 마련 (기상청)</li> <li>▪ 기후변화 적응 교육 강화 및 전문 인력 양성</li> <li>- 미래세대 기후변화 적응 교육 강화 (환경부, 기상청) (신규)</li> <li>▪ 기후 위기 대응 인식 제고 및 실천 캠페인</li> <li>- 국민 참여 활성화를 위한 온라인 콘텐츠 홍보 (환경부, 기상청)</li> </ul>

출처: 관계부처 합동, 제3차 국가기후변화 적응대책(2021)

- (지방기상청 유관 추진과제) 지역단위 재난정보 알림 실효성 강화를 위해 지방기상청+자치단체+지역방송간 협력 강화

- 리스크별 맞춤형 이행과제 발굴 및 5개년의 구체적인 실행대책 수립
- 국민 체감형·정책 지표 중심의 이행 및 국민 체감도 점검·평가 시행

○ (제2차 기후변화대응 기본계획) 기후변화 감시예측 고도화 및 적응평가 강화

- (환경부+국방부+기상청) 레이더 관측자료(DB 구축) 공유로 기상과 홍수예보 정확도 향상(2020)
- (환경부+기상청) 제3차 한국 기후변화 평가보고서 발간(2020)
- 기상청 장기 기후전망 시나리오(RCP 시나리오)에 따른 전국 기초지자체 대상 폭염·한파 위험지도 구축
- 정량적 영향 예측기반의 국가·지자체 기후변화 적응대책 수립 추진 : 기상청과 KEI 시나리오(RCP4.5/8.5)에 따른 단기(2030), 중기(2050), 장기(2080) 평가 수행, 고해상도(~1km) 격자 및 시군구별 결과 홈페이지 제공

○ (관계부처 합동, K-UAM\* 로드맵) UAM 상용화를 목적으로 3대 기본방향 및 6대 추진전략 제시

\* K-UAM : Korean Urban Air Mobility

- 기상정보가 복합된 공간정보 활용 한국형 UAM 운용 기준 마련을 위한 실증사업 추진전략을 수립하여, 지자체 협조를 통해 기상 현황 등 실태조사 수행 예정
- 유망 대도시권에 대해 세밀한(100m) 기상정보 수집체계를 단계적으로 구축\*하고 데이터 제공 전략 수립
- \* 서울시는 100m 단위로 기상정보 수집체계를 구축·운영 중
- 기상장비 구축·운영비는 사업자(UATM 제공사업자 등) 사용료로 환수 예정
- (국립기상과학원) 정확도 높은 기상 예측 정보 제공을 위하여 AI 기반 기상정보 제공체계 개발·보급 추진 예정

### 1.1.3. 국내 기상관측 정책 동향

#### 1.1.3.1. 기상관측 관련 계획 및 정책

##### □ 기상업무발전 기본계획

○ 역대 기본계획의 성과와 변화한 기상업무 환경을 반영한 5개년 계획수립

- 기술발전 동향을 반영한 미래지향적 R&D 전략 추진

※ 다학제 연구 → 융복합 기술 개발 등

- 전략과제의 다양성 확보, 제1차~제3차 계획 간 정책적 연속성 확보 미흡

- 과거 추진되었으나 중단된 전략과제들에 대한 이행상황 및 성과 점검 필요

<표 3> 기상업무발전 기본계획 비교

정책명		제1차 기상업무발전 기본계획 (2007~2011)	제2차 기상업무발전 기본계획 (2012~2016)	제3차 기상업무발전 기본계획 (2017~2022)
주요 내용	예보	<ul style="list-style-type: none"> <li>유비쿼터스 악기상 예·경보 전달체계 구현</li> <li>수치 예측 모델 개선을 통한 예보정확도 향상</li> <li>미래기상 수요에 대비하기 위한 장기 예측기술 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험기상 감시와 예·특보 생산의 전 과정을 통합 지원하는 선진 예보시스템 구축으로 예·특보 생산체계 고도화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>예보정확도 제고를 위한 핵심기술 개발 및 기술력 확보</li> <li>기상 현상의 사회·경제적 영향을 고려한 영향예보 서비스 실시</li> <li>선진 장기에보 생산체계 구축 및 개선</li> </ul>
	관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>악기상의 신속·정확한 탐지를 위해 한반도 및 인근 지역을 대상으로 하는 3차원 상세 관측시스템 구축</li> <li>국가 차원의 통합형 기상 관측망 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>독자 기상위성, 기상관측선, 글로벌 표준기상관측소 등을 통한 입체적 기상감시 및 첨단화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측망 확충 및 관측 센서 보강</li> <li>목적별 핵심 기상 관측망 구축·운영을 세부과제로 제시</li> <li>위성·레이더 기반의 입체적 감시를 위한 원격탐사 관측망 고도화</li> <li>관측자료 공동 활용 강화를 위한 정책 및 제도 개선</li> <li>기상장비의 체계적 도입·운영·관리를 위한 기반 구축</li> </ul>
	서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>저출산·고령화 사회에 대비한 사회 복지 연계 기상서비스 시행</li> <li>고품질, 고부가가치의 맞춤형 기상정보 생산 및 활용 증대 전략 개발</li> <li>환경, 건강, 교통, 해양 등과 연계된 새로운 기상정보 수요에 대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>서민 중심의 기상서비스 제공으로 기상서비스의 불균형 해소</li> <li>위험기상 및 기후변화 대응, 기상산업 육성, 안전 대한민국 구현 등 사회·경제적 수요 충족을 위한 기상서비스 개선</li> <li>기상서비스 전략상품 개발 및 사업화 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국민 안전을 위한 분야별 수요자 맞춤형 서비스 확대</li> <li>국민의 삶의 질과 생활 편의 향상을 위한 기상서비스 강화</li> <li>기상정보 활용 인식 제고를 통한 날씨경영 확산 기반 구축</li> <li>안정적 기상업무 수행을 위한 정보통신 인프라 확충 및 고도화</li> </ul>

<p><b>기후</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화협약 대응 전략 수립을 위한 과학정보 제공</li> <li>국가 기후변화 표준 시나리오 작성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화에 대한 과학적 사실과 예측정보 생산</li> <li>기후변화과학 정보의 활용도를 제고하여 이상기후 대응 역량을 향상하고 기상재해 경감을 도모</li> <li>국가 기후자료 품질 고도화 및 활용성 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상기후자료 고품질화 및 자료 개방 확대</li> <li>기후변화 원인 감시·분석 강화를 위한 체계구축</li> <li>국내외 기후변화 대응전략 수립을 위한 과학정보 제공 확대</li> </ul>
<p><b>인력양성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상업무 발전을 위한 多학제적 전문 인력 양성(고급인력 비율 1.5배 증가)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>多학제적 전문 인력 양성</li> <li>미래인재 육성을 위한 기상과학 문화 확산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상인력 양성 및 기상과학 문화 확산을 위한 교육체계 구축</li> </ul>
<p><b>R&amp;D</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가성장 동력 신기술에 대응하는 선진 기상 기술 기반 구축</li> <li>多학제적 기상 R&amp;D 프로그램 강화</li> <li>에너지 수급·개발계획 수립과정에 활용하기 위한 기상·기후정보 이용기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래사회 대비, 새로운 기상 수요 충족을 위한 R&amp;D 역량 확충</li> <li>국립기상연구소 확대 개편, 선택과 집중을 통한 R&amp;D 활성화로 사회·경제적 기상 수요에 부응하는 기상기술 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래유망 융합 新기상서비스 기술 개발' 사업 추진</li> <li>미래수요 선제 대응을 위한 연구개발 활성화</li> </ul>
<p><b>대외협력</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다부처/다학제 간 네트워크 구성 및 기반 구축</li> <li>북한 관측망 현대화 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>남북분단으로 인한 성장 잠재력 훼손과 통일 한국으로서 부담해야 할 비용 감축을 위한 선제적 남북기상 협력 추진</li> <li>동북아 기상·기후재해 공동 대처를 위한 주변국과의 기상기술 교류 강화 및 경제 규모에 부합하는 기상서비스 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상황별 차별화된 탄력적 남북기상협력 추진을 위해 중장기 남북기상협력 정책 수립</li> <li>기후변화 공동 대응을 위한 국제사회 협력과 지원 강화</li> <li>국제적 선도 지위 확보를 위한 국제협력 외연 확대 및 내실화</li> </ul>
<p><b>이해확산</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전국 도시 순회'기상 타운 미팅(town meeting)' 시행</li> <li>대학·지자체·정부 연계 기상 과학도시 육성 지원 및 공동문화 사업 추진</li> <li>기상업무에 대한 시민 모니터링 제도 운용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상역사 뿌리 찾기</li> <li>국민 생활 중심의 날씨를 즐기는 문화 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화 대국민 이해확산 참여 프로그램 운영</li> </ul>
<p><b>키워드</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>새로운 기상정보 수요 대응</li> <li>북한 관측망 현대화</li> <li>전문 연수조직 신설</li> <li>다부처/다학제 네트워크</li> <li>기상 과학도시 육성 지원</li> <li>시민 모니터링</li> <li>에너지 기상·기후정보 이용기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험기상 및 기후변화 대응</li> <li>기상산업 육성</li> <li>사회·경제적 수요 충족</li> <li>입체적 기상감시 및 첨단화</li> <li>多학제적 전문 인력 양성</li> <li>선제적 남북기상 협력</li> <li>주변국과의 기상기술 교류 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>목적별 핵심 기상 관측망 구축</li> <li>항공기, 기상관측선, 드론을 활용한 목표관측</li> <li>원격탐사 관측망 고도화</li> <li>남북 기상협력 정책</li> <li>기상장비 품질관리제도 강화</li> <li>기상기후인재개발원</li> </ul>

출처: 저자 작성

## □ 기상 R&D 중장기 추진전략

- 4대 추진전략 및 34개 과제를 통해 선진국대비 기술 수준을 2027년까지 96.2%로 향상이 목표
  - 4대 전략: 국민수요를 반영한 R&D 추진강화, 개방형 공모와 융합을 통한 R&D 기획 강화, 장기 연구지원 강화, 기술 자립화 기반 마련
  - (중점 추진 방향) 관측/예보지원, 기후변화대응 역량 강화(기후), 지진·화산의 핵심기술 확보, 융합 기상 R&D 추진
  - (이슈별 추진전략) 극한기상·기후 현상 대응, 수치모델링, 기후변화 전망정보 생산 및 대응지원, 한반도 지진발생 원인 분석 및 조기경보 고도화
- (2021 기상청 예산) 위험기상 예측역량 강화, 기후변화 적응대책에 집중 투자<sup>[2]</sup>
  - 기상청, 2021년도 예산 4,257억 원 편성(2020년 대비 347억 원, 8.9% 증액)
  - 입체적(지상·고층·해양·항공·위성 등)인 관측자료를 활용하여 수치예보 모델 성능을 개선하고, 위험기상에 대한 수치 예측 능력 향상(호우 예측 선행시간 2020년 현재 119분 →2021년 130분)을 위해 필요한 예산을 확대 편성(109억 원)

## □ 자동기상관측장비 첨단화 기본계획 (2010)

- 최신기술을 활용한 관측장비 및 측정방식 개선 과제 마련
  - 관측 품질도 향상, 기상관측장비 측정방식 개선 및 첨단화를 위한 비교관측, 관측 및 산출 자동화, 시스템 구축, 현업화, 기술 개발, 노후 장비 교체 지원

## □ 기상관측 자동화 실행계획 (2013)

- 기상관서 관측업무 자동화 및 최적화를 위한 「기상관측 자동화 계획(2013~2015)」의 실행계획으로 2014년까지의 8개 과제 개요 및 로드맵 제시
  - 기상관측 자동화 도입에 따른 업무 개선방안 제시

## □ 관측업무 발전 기본계획 (2016)

- 국가 수요에 부합하는 목적 지향적 기상관측 시스템 구축·운영을 목표로 5대 전략 25개 과제 제시
  - 관측 공백 해소, 장비 국산화, 관측업무 효율화, 민간 관측자료 활용, 지방 관측업무 역할 변화 대응 등 과제 제시

## □ 범정부 최적 기상 관측망 구축 (2019)

- 기상청-관계기관 상호 협업으로 범정부 최적 기상 관측망 구축방안 제시
  - 관측망 조밀도 개선 및 최적화, 생산자료 표준화, 관계기관 자료 활용 및 품질관리, ICT 응용기술을 활용한 관측영역 확장 등 과제 제시

<표 4> 기상관측 분야 중장기 계획 비교

구분	자동기상관측장비 첨단화 기본계획 (2010)	기상관측 자동화 실행계획 (2013)	관측업무 발전 기본계획 (2016)	법정부 최적 기상 관측망 구축 (2019)
목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측장비 측정방식 개선 및 첨단화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관서 관측업무 자동화 및 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 수요에 부합하는 목적 지향적 기상관측 시스템 구축·운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상청-관계기관 상호 협업으로 법정부 최적 기상 관측망 구축</li> </ul>
관측망	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후 장비 교체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCTV 보강</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측 공백 해소</li> <li>핵심 기상 관측망 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전국 관측 공백 현황 조사</li> <li>관측망 조밀도를 2×2km까지 개선</li> </ul>
관측자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측자료 품질관리 시스템 구축</li> <li>관측 및 산출 자동화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위탁관측</li> <li>공동협력 기상관측소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동화 확대</li> <li>목적별 관측자료 운용체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생산 자료 표준화, 품질관리 강화</li> <li>관계기관 관측자료 품질관리 강화와 활용 확대</li> </ul>
장비	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측장비 측정방식 개선 및 첨단화를 위한 비교관측</li> <li>목적 자동화 장비 현업 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>완전 자동형 기상장비 시범 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 국산화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 기상 관측망 구성 최적화, 운영 효율화, 활용 활성화</li> <li>관계기관 관측장비 기상청 이관</li> </ul>
업무체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측자료 품질관리시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측통합상황실 구축</li> <li>표준기상관측소 운영 단순화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협업을 통한 공동 활용</li> <li>기상대 및 관측인력 축소</li> <li>관측업무 효율화 등 비용 효율성 추구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측장비 운영·관리 전담 기관 신설</li> </ul>
첨단기술 활용	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>복합형 적설계 시범 구축 및 통합표출 알고리즘 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사물인터넷 및 민간 관측자료 활용</li> <li>무인항공기/드론 활용</li> <li>빅데이터 및 인공지능을 이용한 기상감시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4차 산업혁명 기술, 응용기술과 연합하여 관측영역 확장</li> </ul>
제도개선	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측업무 규정 통합 개정 및 관측 관련 법규 정비: 관측 자동화로 변경된 관측업무 반영</li> <li>공동협력 기상관측소 운영</li> <li>관측업무 위탁 관련 규정 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>법령 및 제도 개선</li> <li>선진 검정체계 확보</li> <li>기상관측 센서 국제 표준화</li> <li>사회적 수요 대응 관측연구 선도</li> <li>지방 관측업무 역할 변화 대응</li> </ul>	-

출처: 저자 작성

<표 5> 기상관측 분야 R&D 투자 현황

단위 : 백만원

기술 분야	세부 분야	수행 방식	세부사업-내역사업-세부과제	2018	2019	2020	2021	2022
관측	관측기술 고도화	자체	기상업무지원기술개발연구	2,518	3,936	5,552	8,434	8,830
			관측기술 지원 및 활용연구	2,518	3,936	5,552	8,434	8,830
			재해기상 목표관측·분석 및 활용기술개발	969	969	932	2,117	2,195
			기상 항공기 활용기술개발	320	278	269	782	1,100
			기상조절 및 구름물리 연구	1,229	2,689	4,351	5,535	5,535
	레이더 활용	자체	국가레이더 통합 활용기술 개발	-	-	-	2,049	2,733
			범부처 융합 이중편파레이더 활용기술개발	3,446	3,468	-	-	-
	위성 활용	자체	기상위성 예보지원 및 융합서비스 기술 개발	-	-	4,254	5,636	6,394
			기상위성자료 현업지원기술개발	4,849	4,875	-	-	-
		출연	정지궤도 기상위성 지상국 개발	12,390	8,890	-	-	-
			정지궤도복합위성 개발사업	22,783	-	-	-	-
	관측장비 선진화 및 자료품질 표준화	자체	기상업무지원기술개발연구	360	360	348	2,561	2,792
			관측기술 지원 및 활용연구	360	360	348	2,561	2,792
			국가 기상관측장비 및 관측자료 표준화	360	360	348	2,561	2,792
			기상관측장비 연구 및 시험시설 구축·운영	2,312	4,023	2,679	-	-
		출연	기상관측장비 핵심기술 및 관측자료 활용기법 개발	-	-	-	3,000	3,700
			기상관측장비 형식승인 시험절차 표준기술 개발	-	-	-	300	400



		기상관측장비 국산화 기술 개발	-	-	-	2,700	2,700
		비정형 기상관측자료 활용기법 연구	-	-	-	-	600
		연직바람 관측장비 융합기술개발	525	1,160	1,300	1,450	-
목적기초	출연	기상·지진 See-At 기술개발연구	3,530	2,907	2,512	408	408
		기상관측기술	3,530	2,907	2,512	408	408

출처: 기상청, 기상연구개발사업 성과진단 및 관리 개선연구, 2021

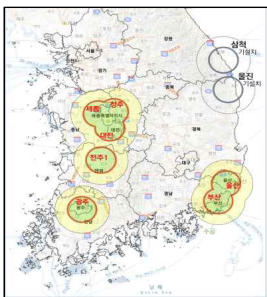
### 1.1.3.2. 기상관측 관련 타 부처(기상청 외) 계획 및 정책

#### □ 환경부

##### ○ (레이더) 도심 돌발 홍수예보용 소형 강우레이더 설치 계획

- (목적) 도시지역 강우를 고해상도로 관측하여 홍수예보 정확도 개선 및 돌발 홍수 등의 다양한 홍수정보 생산 제공
- (계획) 홍수예보용 소형 강우레이더 7개소 1단계 구축(2021~2025):  
울산, 부산(2021~2022), 대전·청주·세종(2023~2024), 광주·전주(2024~2025)
- 소형 강우레이더 관측망(관측반경 40km)을 활용하여 도시지역 강우를 고해상도로 관측하여 각 지역의 홍수예보 정확도를 개선하고 돌발 홍수에 선제적으로 대응

<표 6> 환경부 소형 강우레이더 설치 계획



구분	합계	(환경부) 소형 강우레이더 설치 계획				
		2021	2022	2023	2024	2025
지점	-	울산	부산	대전 청주	세종 광주	전주
수량(대)	7	1	1	2	2	1

출처: 환경부 보도자료, 홍수예보용 소형 강우레이더 확충 계획(2021.8.27.)

##### ○ 국지성 집중호우 발생 시 중소규모 하천 및 산악지역의 면적 강수량을 산출하고, 단시간에 발생할 강우를 예측하기 위하여 강우레이더 도입 및 운영

- 2001년 3월에 임진강 유역에 강우레이더 설치
- 2004년에 강우레이더 설치에 관한 기본계획 수립
- 2009년 6월에 영남지역 및 낙동강 유역을 담당할 비슬산 강우레이더 운영
- 2011년에 대구에서 시범운영
- 2015년까지 전국지방자치단체에서 재난 방재업무에 활용할 수 있도록 함

#### □ 서울시

##### ○ 서울시 전역의 도시 현상 관측 및 정책 수립 지원을 위해 도시데이터 센서(S-DoT) 설치(2019~2020)

- (측정항목) 온·습도, 풍향·풍속, 미세먼지, 자외선, 조도, 소음·진동, 방문자 수, CO, NO2, SO2, NH3, H2S 총 15개 요소
- (설치 수량) 총 2,500대(2019년: 850대, 2020년: 250대, 2021년~: 1,400대 계획)
- (설치지역/위치) 424개 행정동 균등 설치/공공시설물(보안등, CCTV 폴대, 벽면 거치 등) 2.5~3m 높이

## 1.2. 국외 현황

### 1.2.1 국제 정세

#### □ 국가별 국제 정세 및 이슈

- 기상관측 분야 선도국의 위상 유지를 위한 R&D 강화
  - 미국과 영국은 위성, 슈퍼컴퓨터, 데이터 사이언스 등 AI를 비롯한 첨단기술 분야 연구 수행
  - 글로벌 기상연구의 선도적 지위를 차지하기 위해 개척 R&D 연구 수행
- 후발 국가들은 관측역량 강화를 통한 기상관측 분야 선도국 기술 역량 catch-up 전략 추진
  - 지방정부 혹은 민간 유관 기관과의 협업체계 구축
  - 지방정부 기상조직 업무 및 제도 강화
- 조직 운영 효율화를 위한 정책 수립
  - 기상업무 프로세스 개선 및 민간 기상 데이터 도입 활용계획 수립

<표 7> 국가별 기상관측 정책 동향

정책명	미국	영국	호주	일본	중국	
주요 내용	관측	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측시스템 로드맵을 통해 관측의 영향과 가치를 극대화하는 목적에 부합하고, 신뢰할 수 있고 적합하며 탄력적인 관측 시스템 구현 도모</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 지구시스템 「해양·지구·생명」의 일체화 도모</li> <li>AI 기반 기상 라이더 관측자료 품질관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>센서·원격탐사와 같은 수단을 통해 위험성에 대한 심층 조사 수행 체계 수립</li> <li>생태 관측과 기후변화 작용을 결합한 기상관측 역량 구축, 다양한 생태계를 포괄할 수 있는 관측 네트워크의 배치, 재생에너지 및 수자원에 대한 관측계획 제시</li> </ul>	
	기후	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후·날씨·해양·해안의 변화 이해 및 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상·기후 과학과 서비스 분야의 글로벌 리더</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상재해와 기후변화 위험의 발달 과정 규명, ‘저탄소 개발정책 지원시스템’과 전 세계 기후 거버넌스를 선도</li> </ul>
	R&D	<ul style="list-style-type: none"> <li>지구·해양 관측 및 모델링 분야 혁신기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구선도 (개척연구)</li> <li>우주기상 재해 예측 및 완화 역량 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수요자 요구사항을 효과적으로 충족시킬 수 있는 핵심기술 및 기능 개발</li> <li>신뢰도 높은 예보를 위해 관측 자료 동화(종류, 크기)의 대폭 증가 등에 관한 10년간의 R&amp;D 방향 제시</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>신형 기상관측장비, 합동 관측 기술, 신기술 융합 응용기술, 기상관측장비 품질관리, 기상관측 종합 활용기술 등 5대 분야 53개 기술에 대한 R&amp;D 방향성 제시</li> </ul>
	기상업무	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율적인 조직 달성을 위한 파트너십 강화 및 기상업무 프로세스 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학적 지식, 인재, 파트너십, 인프라의 개발 및 사용을 통한 위험기반 의사결정 지원</li> <li>인력 정보 관리 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운영 효율성(operation excellence): 최고의 단순성(simplicity), 생산성 및 민첩성을 위해 협력하는 뛰어난</li> </ul>	-	-

		전환	인력, 과학, 시스템 및 인프라		
융복합	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI 기반 기상관측 품질관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미래 슈퍼컴퓨터, 데이터 사이언스 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>새로운 디지털 운영 모델 구현</li> <li>차세대 고성능 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅, 기계학습 등 디지털 플랫폼 구현, 도플러 라이다·X-band 레이더 등 고급장비에 투자</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본 이화학연구소와 기상관측·예측에 AI 기술 활용을 위한 공동연구 계약 체결</li> </ul>	-
지역연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>연방, 주 및 지방의 의사결정권자와의 예·경보 협업 강화</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상재해 대응 지방기상대 업무·제도 강화</li> <li>관측·예보업무에 대해 지방기상대와 관구기상대 사이에 긴밀한 연락 및 협조를 통해 더욱 신속하게 예·경보 전달</li> </ul>	-
대외협력/이해 확산	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 관련 기관, 산업, 정부 부처를 시작으로 분야 간 협업체계 확립</li> <li>2030년까지 민간사업자 기상 데이터 도입 활용 계획 수립</li> </ul>	-
키워드	<ul style="list-style-type: none"> <li>지구·해양 관측 및 모델링 분야 혁신기술 개발</li> <li>AI 기반 기상관측 품질관리</li> <li>연방, 주 및 지방과 협업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개척연구 수행</li> <li>우주기상 재해 예측 및 완화 역량 강화</li> <li>과학적 지식, 인재, 파트너십, 인프라의 개발 및 사용을 통한 위험기반 의사결정 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측시스템 로드맵</li> <li>고급관측장비에 투자</li> <li>운영 효율성</li> <li>수요자 요구사항을 효과적으로 충족시킬 수 있는 핵심기술 및 기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI 기반 관측</li> <li>AI 기반 기상라이다 관측자료 품질관리</li> <li>지방기상대 업무·제도 강화</li> <li>민간사업자 기상 데이터 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생태 관측</li> <li>원격탐사</li> </ul>

출처: 저자 작성

## 1.2.2. 국외 기상관측 정책 동향

### 1.2.2.1 미국

#### □ 상무부(DOC)

- 상무부 전략목표 중 극한기후 영향 감소를 위한 4대 전략 방향 제시
  - (전략 방향) NWS 예보 역량 및 커뮤니케이션 강화, 산업계와의 파트너십 강화, 첨단관측장비 활용 데이터 수집 시스템 강화, 차세대 환경 관찰 및 모델링 시스템 개발·배치
  - (정책 기초) 저비용·고효율의 민간협력 강화와 연방·주·지방 정부 기관 대상 기상정보 제공 역량 강화에 초점

#### □ 국립기상청(NWS)

- 기상 대비 국가 전략 계획(Weather-Ready Nation Strategic Plan 2019-2022)은 기후변화에 탄력적 대응을 위한 3대 목표 제시
  - 대국민 인식 개선, 최첨단 관측, 조직 발전을 목표로 관측, 운영체계, R2O/O2R, 대외협력, 인력양성 관련 전략 수립

<표 8> NWS의 기상 대비 국가 전략 계획(2019-2022)

구분	내용
3대 목표	① 사람들의 정보에 대한 습득, 이해, 행동 방식의 변화를 통한 날씨, 수문, 기후 사건 영향 감소
	② 최첨단 과학, 기술, 엔지니어링을 활용한 최상의 관측, 예측, 경고 제공
	③ 인력, 파트너십 및 조직 성과에 대한 투자를 통해 변화에 대응한 조직 발전
관측	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 레이더 및 위성 시스템 등 기본 관측 자산의 지속적인 운영 및 비용 절감과 정보 개선을 위한 신기술 채택</li> <li>▪ 기업의 광범위한 관측 기능을 활용하여 대기, 지상, 해양 및 북극권에 대한 최상의 분석 수립, 데이터 동화 강화, 사용자 요구 충족</li> </ul>
운영체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 실사용자 요구에 대응한 NWS 운영 모델, 조직 구조, 역할 및 인력구성</li> <li>▪ 연방, 주, 지방정부 수준별 IDSS(Impact based Decision Support Services)의 품질, 수량 및 일관성 향상</li> </ul>
R2O/O2R	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 혁신적인 과학기술의 신속한 시제품 제작 및 운영에 대한 채택을 위한 프로세스 효율화 및 예보관 지원을 위한 R2O/O2R 효율성 개선</li> </ul>
대외협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ OAR(Office of Oceanic and American Research), 미국 기상 연구 커뮤니티 및 기타 민간 파트너와 협력하여 최신 과학기술 발전의 지속적인 개발과 운영으로의 전환 보장</li> <li>▪ NOAA와의 협업을 통한 통합 환경 정보, 예측, 제품 및 서비스 및 액세스 권한 향상</li> <li>▪ 민간 협력 확대 및 규제 개선, 업계 모범사례 채택</li> </ul>
인력양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 인력 다양성 강화, 지속적 교육, 성과체계 확립 등 조직문화 이니셔티브 촉진</li> <li>▪ NWS 리더 역량 강화</li> <li>▪ 거버넌스 프로세스 간소화 등 의사결정 효율화 및 투자 가치 극대화</li> </ul>

출처: NWS, Weather-Ready Nation Strategic Plan 2019-2022

- 관측 공백 해소 및 위험기상 관측 역량 강화를 위해 민간 커뮤니티 데이터

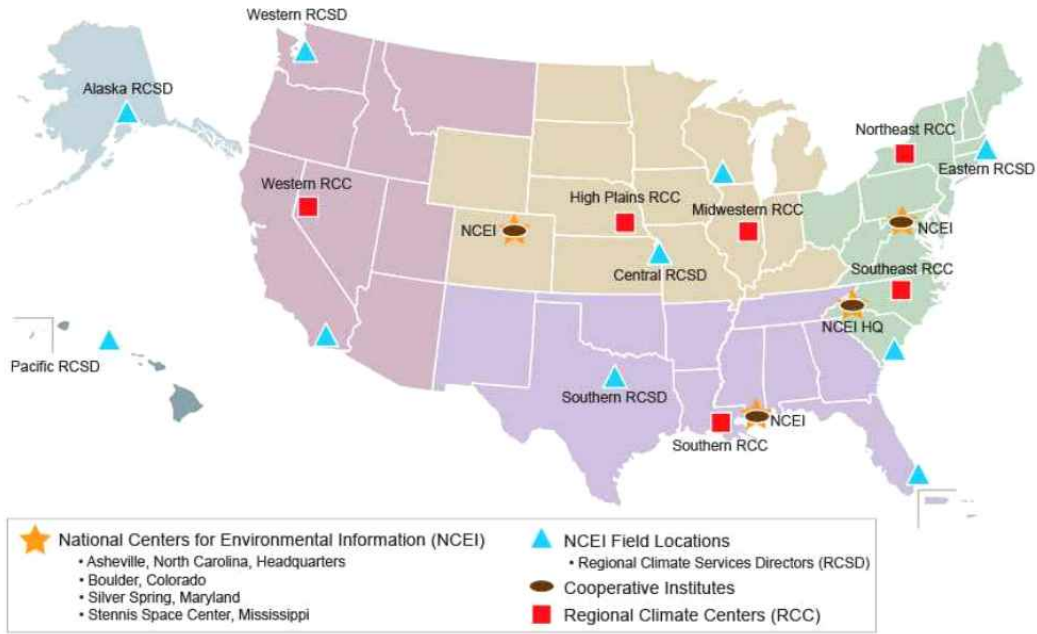
### 활용[3]

- 비영리단체 CoCoRaHS(Community Collaborative Rain, Hail and Snow Network)는 자원봉사자들의 강수량 측정값을 NWS 등 공공기관에 전송하여 강수량 지도 작성에 기여
- NWS 협력 관찰자 프로그램(Coop)은 전국에 관측소를 설치하여 일일 최고 및 최저 기온, 강설량, 24시간 총 강수량 등의 관측 데이터를 국립 환경 정보 센터(NCED)에 전송
  - ※ 설치지점: 농장, 도시 및 교외 지역, 국립공원, 해변, 산 정상
- NWS가 조직한 위험기상 관측 자원봉사 프로그램(SKYWARN)은 지역 토네이도, 뇌우 및 돌발 홍수 감시 보고서 작성

## □ 국립해양대기청(NOAA)

- NOAA FY22-26 전략 계획은 상무부 2022-2026 전략 계획에 대응하여 고임금 일자리를 창출할 청정에너지로의 전환 선도를 목표로 설정[4]
  - 기후 대응 국가 구축, NOAA 미션을 핵심으로 형평성 달성, 정보기반 블루 이코노미의 성장 가속화를 3대 전략적 방향으로 수립
  - 관측 분야에서는 로컬/현장 분산 관측치 개선, 공간 기반 관찰 혁신, 비즈니스 파트너십 및 신기술 확대, 공통 소스 데이터 통합 및 공통 라운드 서비스 개선을 전략과제로 설정
- NOAA 과학기술 중점분야(NOAA Science and Technology Focus Areas)로 무인시스템(UxS), 인공지능(AI), 데이터, 시민 과학을 선정하여 분야별 전략 계획 발표
  - 무인시스템을 통한 관측 격차 해소 및 비용 절감, AI 전환 가속화를 위한 효율적인 조직 구축, 강수 관측·해저지도 작성 등 관측 임무에 대중을 참여시키는 개방형 협력 추구
- 데이터센터를 통합한 기관인 미국 국립환경정보센터(NCED) 설립을 통해 NOAA 환경 정보 원스톱(One-stop) 제공 채널 구축
  - 지점 관측, 수치모델, 레이더, 위성 자료를 통합 관리하며, 매시간 자료부터 수십 년, 지리적으로는 지역부터 전 세계에 이르는 자료를 생산·제공
  - 기상·기후, 해양, 연안, 지구물리 자료 및 서비스에 대한 전방위 기반을 마련

<표 9> 미국 NCEI 및 협력기관 소재



출처 : 박영주, 국가기후데이터 관리 최적화 방안 연구, 2018

- 전 세계 지상 관측지점, 선박, 부이, 고층기상 관측 풍선, 레이더, 위성, 기상 및 기후 모델 자료, 해저, 태양표면, 나이트 정보 등 모든 환경 정보 기록 저장

□ 기상연구 및 예보 혁신법(The Weather Research and Forecasting Innovation Act of 2017)

- 기상연구에 대한 분야별 우선순위 및 진행 프로세스 명문화하였으며, 관측 분야에서는 관측 데이터 및 관측역량 격차 해소와 위성 관측 시스에 관한 내용 명문화
- 정부 기관, 민간 산업, 학계, 연구 커뮤니티 및 비정부 기관을 포함한 미국 기상-수질-기후 기업과의 포괄적인 참여 및 협업, 공동 기술이전 이니셔티브 강조
- 미국 기상연구 프로그램의 활성화를 위한 다학제 연구 노력을 촉진하는 관측 시스템 분석 및 R2O(Research to Operation) 필요성 강조

□ 미국항공우주국(NASA)

○ NASA 등 정부 기관, 기업 및 대학이 참여하는 도심항공교통 실증 프로젝트 ‘UAM(Urban Air Mobility) Grand Challenge’ 계획 공표(’ 19)

- UAM의 개념을 교외, 시골 및 지역 환경 범위까지 확대 적용하여, ‘AAM(Advanced Air Mobility) National Campaign’ 으로 명칭 변경(’ 20)
- AAM 개발 가속화를 위해 이해관계자들이 참여하는 4개 워킹그룹\* 구성(’ 20)

\* 워킹그룹: Aircraft, Airspace, Community Integration, Crosscutting



<표 10> 4가지 워킹그룹별 개요

구 분	개요
<b>Aircraft</b>	- (Pillar 1) 기체의 설계, 인증 및 생산(승객의 편안함, 적정 수준의 소음, 다양한 기상 조건에서의 안전한 비행 등 고려) - (Pillar 2) 도심 내외에서의 안전한 운항을 위한 운항 규칙 및 절차
<b>Airspace</b>	- (Pillar 3) 공역과 지상 시설들에 대한 설계, 규제 및 관리 - (Pillar 4) 안전하고 효율적이며 확장 가능한 공역 운영 및 운항 관리 ※ 도심 환경에서의 바람 영향에 대한 이해와 국지적인 기상 예측 기술 개발 ※ 기상 센서 요구사항, 기상자료 수집을 위한 지상 인프라, 자료 교환 및 품질 표준, 기상 관련 운항 기준, 기상관련 정책 등 5개 세부 주제 논의
<b>Community Integration</b>	- (Pillar 5) 안전, 보안, 경제성, 소음, 개인정보 보호 및 합법성 등 사회적 이슈 논의 ※ 기상 센서, 유틸리티, 데이터 네트워크 및 UAM 운영 통합에 필요한 인프라를 개발하고 구현
<b>Crosscutting</b>	- (All) 기체 개발, 공역·운항 관리, 사회적 이슈 모두와 관련되는 안전, 보안, 자율성, 경제성, 운영개념 등의 요소들에 대한 지침, 표준 및 요구사항

출처 : 기상청, 한국형 도심항공교통(K-UAM) 실현을 위한 항공기상지원 로드맵, 2021

#### □ 미국연방항공청(FAA)

##### ○ FAA는 기존 국가공역체계를 고도화하는 NextGen 프로젝트 추진

- 초경량 무인항공기(UAS, Unmanned Aircraft System) 기반의 저고도(400ft 이하) 항공교통시스템(UTM, UAS Traffic Management) 개발을 위해 NASA와 협력
- ※ NextGen 사무국은 UTM(v2.0)과 UAM(v1.0) 운영개념 제시('20), NASA는 UAM 성숙기에 이르기 위한 비전 운영 개념(v1.0) 제시('21)
- ※ UTM 운영개념에 따르면, UAS의 운항과 교통관리를 위해 기상정보는 부가 정보 서비스 제공자에 의해 수집·배포

##### ○ 도심항공교통 성숙단계 척도(UML, UAM Maturity Level)에 따른 중장기 계획 수립(' 20)

### 1.2.2.2 영국

#### □ 영국 기상청(Met Office)

- (2019-2024 중장기 전략) 과학, 기술 및 운영 우수성 달성을 위한 현재의 시뮬레이션 접근방식을 보완, 과학에서 서비스에 이르는 통합솔루션을 개발
  - (비전) 변화하는 세계에서 기상·기후 과학과 서비스 분야의 글로벌 리더 달성
  - (목적) 안전과 번영을 위한 더 나은 의사결정 지원
  - 비전 달성을 위한 3대 목표 및 13개 실행과제 선정

<표 11> 영국 기상청 2019-2024 중장기 전략

1. Excellent people and culture	2. Exceptional science, technology and operations	3. Extraordinary impact and benefit
① 미래를 위한 리더십 역량 전환 ② 인재 활용과 개발 ③ 균등, 다양성, 포용력 강화 ④ 인력 정보 관리 방식 전환	⑤ 미래 슈퍼컴퓨터 역량 제공 ⑥ 차세대 모델 역량 제공 ⑦ 미래 데이터 사이언스 활용 ⑧ 역량 제휴 개발 및 육성	⑨ 현업 기상학의 미래 선도 ⑩ 0~2시간 예·경보 개선 ⑪ MO-고객이 하나의 데이터 서비스 접근 ⑫ 단일 MO 데이터 플랫폼 제공 ⑬ MO가 제공할 수 있는 한계에 대한 이해

출처: Met Office, Our strategy 2019 to 2024

○ (R&D 전략) 과학을 서비스로 끌어내고, 국가역량 개발, 새로운 서비스 제공 및 개척연구수행에 대한 방향 제시(' 20)

- 변화하는 환경에서의 기상·기후과학과 서비스에 집중하기 위해 High-Impact Weather, 변화하는 기후, 변화하는 위험, 국가안보와 긴급 대응, 청정 성장과 혁신 및 새로운 기술과 과학 분야로 나누어 R&D 전략 계획 수립
- Met Office의 연구·혁신이 나아갈 방향은 과학을 서비스로 끌어내기 위해 국가적 역량 유지와 개발, 변화하는 세계가 요구하는 새로운 서비스 제공과 개척연구 수행



출처: <https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/research-and-innovation-strategy>

[그림 1] Met Office의 Vision과 3가지 핵심 활동, 9가지 R&I 주제

□ 영국 연구혁신 기구(UKRI, UK Research & Innovation)

- 우주기상 재해 예측 및 완화 역량 강화를 위한 5개 프로젝트를 선정·발표
  - 프로젝트들은 4년 동안 2,000만 유로가 계획된 SWIMMR 프로그램의 일환으로

진행되며 연구는 항공 시스템, 상층 대기 변화, 통신, 위성궤도, 전력망 등에 영향을 줄 수 있는 우주 방사선에 초점을 맞춰 수행

<표 12> UKRI 선정 5개 우주기상 프로젝트

주제	제목
인공위성 위험예보 (Satellite risk forecasts)	Satellite Radiation Risk Forecasts (Sat-Risk)
항공 위험예보 (Aviation risk forecasts)	SWIMMR Aviation Risk Modelling (SW ARM)
GNSS, HF 항공예보 (GNSS and HF aviation forecasts)	Space Weather Instrumentation, Measurement, Modelling and Risk: Ionosphere (SWIMMR-I)
지상영향예보 (Ground effects forecasts)	SWIMMR Activities in Ground Effects (SAGE)
인공위성 항력예보 (Satellite drag forecasts)	Space Weather Instrumentation, Measurement, Modelling and Risk: Thermosphere (SWIMMR-T)

출처: 기상청 국립기상과학원, '19~'21 주요선진국 기상기술·정책 정보 동향, 2021

### 1.2.2.3 호주

#### □ 호주 기상국

##### ○ 2017-2022 중장기 전략<sup>[5]</sup>

- (비전) 안전하고, 번영하며, 건강한 호주를 가능케 하는 역할을 통해 지역사회에 높이 평가받는 글로벌 수준의 조직
- (미션) 호주의 기상, 수문, 기후, 해양 서비스를 ‘믿을 수 있고(trust)’, ‘신뢰할 수 있으며(reliable)’, ‘신속하게(responsive)’, ‘항상(all day, every day)’ 제공
- 미션과 비전을 달성하기 위해 4대 목표 설정
  - 영향과 가치(Impact and value): 호주 커뮤니티에 혜택을 주면서 기업과 산업 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 제품 및 서비스
  - 운영 효율성(operation excellence): 최고의 단순성(simplicity), 생산성 및 민첩성을 위해 협력하는 뛰어난 인력, 과학, 시스템 및 인프라
  - 통찰력과 혁신(Insight and innovation): 사용자와 조직을 위한 새로운 솔루션을 생성하는 깊은 이해, 창의적인 사고 및 지속적인 파트너십
  - 기상국의 발전 방향(The bureau way): 안전하고 다양한 기업, 직원이 성장하고 탁월해질 수 있는 권한을 부여받은 기업, 사용자가 최우선인 기업

##### ○ 데이터 및 디지털 부서의 발전전략 부합 프로그램

- 2021-2022 기간 및 전망 기간(2022~2025) 동안 7개의 프로그램 수행<sup>[6]</sup>
- (계획 및 구조, Planning and Architecture): 새로운 디지털 운영 모델을 구현하여 사용자 중심적인 면을 강화하고, 차별화된 기능을 구축함. 파트너(기상 학계 및 산업 등)를 육성하고, 탄력적이며 안전한 서비스를 보장함
- (관측시스템 및 운영, Observing Systems and Operations): 관측시스템 로드맵을 통해 관측의 영향과 가치를 극대화하는 목적에 부합하고, 신뢰할 수 있고 적합하며 탄력적인 관측 시스템 구현 도모
- (서비스와 인프라 관리, Service and Infrastructure Management): 시스템 성능 및 안정성을 최대화하고 중단을 최소화하기 위한 서비스 관리 기능 향상 도모
- (사이버 보안, Cyber Security): 사이버 보안 로드맵을 구현하여 보안 인식을 높이고 위협 노출을 관리하며 합의된 보안 기준 및 규정에 대한 준수를 보장함
- (디지털 채널 및 사용자 경험 디자인): 디지털 로드맵을 진행하여 콘텐츠 및 접근성 지침을 준수하는 현대적이고 매력적이며 혁신적인 디지털 경험을 제공함
- (어플리케이션 서비스, Application Services): 온종일 안정하고 탄력적이면서 접근 가능한 응답이 빠른 서비스를 통해 전 세계적으로 벤치마킹된 데이터 및 디지털 기능을 제공함
- (데이터, Data) : 국가의 데이터관리 능력 지속적 향상 도모를 위해 작업을 유지하면서 변환 우선순위를 지원하는 기능을 제공함

- (2020-2021 계획) 인프라 및 기술 역량 개발을 위해 차세대 고성능 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅, 기계학습 등 디지털 플랫폼 구현, 도플러라이다·X-band 레이더 등 고급장비에 투자를 통한 수요자 요구사항을 효과적으로 충족시킬 수 있는 핵심기술 및 기능 개발
- (2020-2030 R&D 계획) 신뢰도 높은 예보를 위해 관측 자료동화(종류, 크기)의 대폭 증가 등에 관한 10년간의 R&D 방향 제시
  - (3년 목표) 기존 관측기술과 목표로 새로운 장비 개발
  - (5년 목표) 관측 자료동화 적합도 증가, 신기술 활용한 관측역량 구축 등
  - (10년 목표) 자료동화 대폭 증가, 시스템에서 다양한 자료 활용
- 호주 기상청 훈련센터(Bureau of Meteorology Training Centre)는 현장 사이트에 구축된 기상장비들을 통해 직원·민간 사업자 대상 실무 중심 기상장비 운영 교육과 최신 트렌드를 반영한 관측시스템 설계·개발에 주력
  - 멜버른 빅토리아주 글렌리타에 자동기상관측소, 오토존데, 일사·일조계, 증발량계, 기상레이더 구축

## 1.2.2.4 일본

### □ 일본기상청(JMA)

- 제4기 중기 계획(2019~2026)
  - 제3기 해양 기본계획 및 지속가능 개발목표 등에 나타난 국내외 상황변화에 대응할 수 있는 과제를 포함하고, 일본 해양과학 기술의 핵심 기관으로서 역할 추진
  - ‘다양한 지구 시스템 「해양·지구·생명」의 일체화 도모’, ‘인간 활동과 상호작용의 종합적 이해 추진’, ‘지식공유를 통한 지구 미래 창조에 공헌’ 등을 위해서 아래의 연구개발을 추진
    - 지구 환경의 상태 파악과 변화예측
    - 해양 자원의 지속적 이용
    - 해역에서 발생하는 지진 및 화산 활동
    - 해양 지질정보의 고도화 및 최적화
    - 도전적·독창적 연구개발
    - 해양조사 플랫폼의 선진기술개발 및 운용
  - 성과 극대화를 위해 국내외 관련 기관, 산업, 정부 부처를 시작으로 분야 간 협업체계를 확립하고, 국제 프로젝트를 선도하기 위한 연구개발을 추진

○ 2020년 일본 기상청 예산

- JMA의 「2020년 기상청 관계 예산 개요」에 따르면, 예산총액은 전년도와 크게 다르지 않았으나, ‘기상업무 계속성 확보’ 예산과 ‘청사 이전’ 예산이 대폭 증가

<표 13> 2020년 일본 기상청 예산

(단위: 백만원)

구분	2020년 예산액					2019년 예산액		
	통상	비율 (A/D)	감시·특별 조치	계 (C=A+B)	비율 (C/F)	통상	감시·특별 조치	계 (F=D+E)
	(A)		(B)			(D)	(E)	
일반회계								
물건비(物件費)	212,306	1.05	43,200	255,506	0.96	202,576	64,800	267,376
1. 지역방재력 강화	1,220			1,220		1,372		1,372
2. 이상기상과 격화되는 재해 대응을 위한 관측체제 강화·예측정확도 향상	3,910		13,414	17,323		1,825	52,337	54,173
3. 지진·해일·화산분화 시 방재 행동·응급대책을 지원하기 위한 방재정보 강화	540		3,564	4,104		140	10,498	10,638
4. 기상정보제공기반의 고도화 및 기상 데이터 활용 촉진	54		2,030	2,084		432	1,955	2,398
5. 기상업무 계속성 확보에 관한 긴급시책			24,192	24,192				
6. 기상청 토라노몬(虎ノ門) 청사 이전 경비	19,321			19,321		734		734
7. 그 외 행정 경비 (유지운영비 등)	187,261			187,261		198,050		198,050
인건비	387,007	1.05		387,007	0.96	388,886		388,886
합계	599,314	1.05	43,200	642,514	0.96	591,462	64,800	656,262

\* 환율: 100엔 ≒ 1080원(2020.1.3.매매기준)

출처: 기상청 국립기상과학원, '19~'21 주요선진국 기상기술·정책 정보 동향, 2021

○ 지역 방재 개선을 위한 지방기상대 조직 강화

- JMA는 기상재해 및 지진·화산 등으로 인한 주민의 피해 저감을 위해 2019년 4월부터 지방기상대 업무·제도 강화를 순차적으로 진행 중이며, 2020년에는 도카이, 킨키, 규슈 북부 지방에서 조직 강화 시행
- 지방기상대는 지역별 「여러분 마을의 예보관」 팀을 편성하여 평상시에도 담당 지역과 긴밀한 연계 관계를 구축하고, 기상 방재 워크숍 등을 실시하는 등 지원 수행
- 관측·예보업무에 대해 지방기상대와 관구 기상대 사이에 긴밀한 연락 및 협조를 통해 더욱 신속하게 예·경보 전달
- 해당 지역의 기상 상태에 정통한 지방기상대와 관구 기상대 직원이 항상 기상 상태를 감시하고 대응하는 것뿐만 아니라 지방기상대의 숙직체제 및 야간 호우 발생이

예측될 때 인원 증강 등을 통해 야간에 돌발적으로 발생할 수 있는 재해 대응을 포함하여 방재 대응

○ (AI 기술 활용을 위한 공동연구) 「2030년 수치예보기술개발 중점계획」의 일환으로 일본 이화학연구소와 기상관측·예측에 AI 기술 활용을 위한 공동연구 계약 체결(2019.1)

- 기상관측정보·수증기 라이더 정보 품질관리에 AI 기술 도입, 임의장소에서 기상관측치 추정 기법 개발

○ 수치예보 모델 개발 간담회

- 간담회에서 논의된 의제는 ① 「2030년을 향한 수치예보기술개발 중점계획」 현황과 과제, ② 중점목표달성을 위한 외부 연계 현황과 과제 등으로 홈페이지를 통해 공개

- 현재 지방자치단체나 정부가 자체적으로 진행 중인 기상관측 자료를 수집하여 감시 및 예측 분야에 기상정보를 제공하기 위해 2030년까지 민간사업자의 기상 데이터를 도입하여 활용

- 효율적인 활용을 위해 데이터의 품질 및 최적의 관측환경을 구축하고 민간사업자의 기상관측 데이터를 해석하여 강우량이나 가을 기상분포 등의 기상정보에 시험적 도입을 통해 효과를 검증할 예정

## 1.2.2.5 중국

### □ 중국 기상국(CMA)

○ 통합 빅데이터 응용 플랫폼 구축 계획

- 국가 데이터공유 플랫폼, 클라우드 컴퓨팅, IoT를 비롯한 인터넷 기술을 활용하는 포괄적인 빅데이터 응용 플랫폼 구축 계획 수립(2019)

- 센서·원격탐사와 같은 수단을 통해 위험성에 대한 심층 조사 수행 체계 수립(2019)

○ 생태 기상관측 네트워크 배치 가이드라인 제시

- 생태 관측과 기후변화 작용을 결합한 기상관측 역량구축, 다양한 생태계를 포괄할 수 있는 관측 네트워크의 배치, 재생에너지 및 수자원에 대한 관측계획 제시

- 태양에너지와 방사선 관측을 담당하는 응용기상 관측소를 건설하여 기상 현상 및 태양에너지 목표관측을 실현함으로써 신재생에너지 개발 지원

- CMA는 국가개발 제한구역, 생태계 보전구역, 주요 농업생산구역에 대한 실시간 관측을 위해 생태 관측 네트워크 구축, 관측소 네트워크 배치 개선, 포괄적 역량 강화에 집중

○ 「2018년 국가 핵심 R&D 프로그램」

- 기상재해와 기후변화 위협의 발달 과정 규명, ‘저탄소개발정책 지원시스템’ 과 전세계 기후 거버넌스를 선도하기 위한 24개 특별 프로젝트를 시작

- 모델섭동기술 개발, 글로벌 고해상도 GRAPES 앙상블 4DVAR 연구개발 시스템 구축 및 적용
- 다중(Multi-scale) 글로벌 수치모델의 물리프로세스 및 자료동화시스템 연구를 통한 예비 솔루션 제공
- 주요 극한기상·기후 속성 연구: 고온/폭염, 극한 저온, 집중호우, 대규모 가뭄 연구 및 지역의 극한 현상 예측
- 24개 프로젝트 중 19개는 자연재해 감시/경고/예방과 관련
- 프로젝트들은 핵심기술 개발, 장비 개선, 연구기반 조성, 전문가 양성, 지속 가능한 사회-경제 개발을 위한 기상지원을 제공

#### ○ 「2019-2022 해양 기상 운영개발 실행계획」

- 해당 보고서는 다중 플랫폼에서의 효과적인 관측자료 통합, 스마트 해양기상예보, 포괄적 해양 기상서비스, 효율적 운영 절차 정보를 제공하고, 「일대일로」 건설 및 해양개발을 지원
- 실행계획은 2022년까지 연안 지역에서의 강풍, 안개와 같은 위험기상의 예보정확도 및 감시 향상뿐만 아니라 항만/수송/연안 생태/수산업을 지원하는 기상서비스; 해양 기상감시 및 예측정확도 향상; 21세기 해상 실크로드 인접 항로/항만에 대한 기상서비스 수요 충족; 전 지구 재해성 강풍(태풍, 허리케인) 감시 및 예측 강화를 위한 계획을 포함
- 실행계획은 통합 관측 네트워크, 해양기후 통합감시 및 예보 운영시스템, 이음새 없는 해양 기상 정보시스템, 지역-전 지구 및 기상-기후 규모에 이르는 해양 기상 수치예보모델 시스템 구축 등과 관련된 31개 과제를 제시

#### ○ 통합 빅데이터 응용 플랫폼 구축 계획

- 중국은 국가 데이터공유 플랫폼, 빅데이터, 클라우드컴퓨팅, IoT를 비롯한 인터넷 기술을 활용하는 포괄적인 빅데이터 응용 플랫폼을 구축할 계획
- 해당 플랫폼은 온라인 모니터링, 주요 위험에 대한 예·경보, 효율적 재해관리에 활용
- 국무원이 발표한 <응급기반 정보 관리 강화에 관한 안내>에 따르면 응급관리부가 플랫폼 계획 및 구축을 주도할 예정
- 응급관리부는 기상, 산업, 보안, 천연자원, 생태환경, 운송, 수자원 분야 부처와 정기적 소통을 통해 정보공유를 강화
- 실현을 위해서는 위험정보의 동적 모니터링 및 관리 요구
- CMA는 센서, 원격탐사와 같은 수단을 통해 위험성에 대한 심층 조사 체계 수립 추진

#### ○ 기상 고품질발전개요(2022-2035)

- ‘스마트 기상’을 특징으로 하는 기상 현대화 및 미래기술과의 융복합을 위한 중장기 계획수립
- 신형 기상관측장비, 합동 관측 기술, 신기술 융합 응용기술, 기상관측장비 품질관리,



### 1.2.2.6 국제기구

#### □ 세계기상기구(WMO)

- 이상기상 및 기후변화 심화, 기상정보 활용분야 확대를 위한 기상·기후 위성관측 감시 체계 고도화 및 전지구적 협업 강조
  - WMO 전지구 통합관측 비전(WMO VISION 2040): 사용자 요구사항 진화 및 기술발전, 기상정보의 경제가치 상승 대응 WMO 전 지구 통합관측시스템(WIGOS)<sup>[7]</sup> 응용 분야 확장, 관측 네트워크 역할 강조
- 세계기상위성조정그룹(CGMS)
  - 위성 연속성 확보/비상계획 마련, 위성시스템 최적화, 데이터 접근/사용자 지원, 위성 데이터/산출물 품질 향상, 기후변화/우주기상 모니터링
- 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC)
  - 제6차 평가보고서에서 탄소중립의 과학적 근거를 재확인하고 국내 정책 연계 및 관계부처 협력 강화를 언급

### 1.2.2.7 유럽

#### □ 유럽 항공교통 관제 인프라 현대화 프로그램(EU SESAR)

- EU SESAR에서는 지속적인 항공 교통 증가 및 운영에 대응하기 위해 2004년부터 단일 유럽 하늘(SES; The Single European Sky) 프로젝트를 진행
  - SESAR(Single European Sky ATM Research)를 통해 ATM과 UAM이 완벽하게 통합된 U-space 구현을 목표로 항공교통관리 시스템 연구

<표 14> U-space 기상정보서비스 요구사항

요구사항	세부내용
기상정보 접근성	운영자는 기상 상태가 비행에 적합함을 확인하기 위한 비행 계획을 수립할 때 기상 정보에 접속해야 한다
밀집지역(hyper-local) 기상정보	기상 시스템은 드론 운용자와 사용자에게 분 단위의 밀집 지역 기상정보 데이터를 제공해야 한다
지역규모(local-scale) 기상정보	지역 규모 기상정보 서비스가 다음과 같은 기상 정보의 구성 가능한 조합으로 제공되어야 한다 - 기상정보 공급자 ID, 예보종류(초단기/장기), 정보생성시간, 적용가능 기간 - 기상요소(온도, 압력, 아이싱, 시정, 강수, 대류 강수, 번개, 평균 바람, 난류, 돌풍, 온난기류, 장기/초단기예보 불확실성 등)
지리공간 영역	서비스 되는 기상정보는 사용자에게 의해 기술된 지리공간 영역에 대응되어야 한다
기상정보 서비스의 위험평가 영향	기상정보 서비스는 위협 장벽을 고려해야 한다
기상 업데이트 정보	잠재적 위험을 경감시키기 위하여 순간 지역 기상 변화가 운용자에게 통보되어야 한다
기상정보의 처리 시간 조건	기상정보 서비스는 최대 10초의 처리 시간으로 정보를 전달해야 한다
임무 계획 관리(MPM) 자료 표출	MPM 서비스가 사용자에게 정보 형태로 표출되어야 한다
지원 기상 상태	시스템은 기상상태가 드론을 지원할 수 있는지 알려야 한다

출처: 항공기상청, 항공기상관측 중장기 발전방안 연구, 2021

### 1.3. 시사점

- 해외 주요국은 국가별 기술발전 수준에 근거하여 기술 선도형(미국, 영국, 일본 등), 기술 추격형(호주, 중국 등) R&D 전략 수립
  - 민간 수요를 반영한 핵심기술 개발 추진을 R&D 전략 기조로 설정하고 세부과제 수립
- 해외 주요국은 관측자료 품질 제고를 위해 민간 관측자료 및 AI 활용 확대를 적극적으로 추진
  - (미국) AI 기반 기상관측 품질관리를 전략과제로 제시
  - (일본) AI 기반 관측 및 기상 LiDAR 관측자료 품질관리를 통해 민간사업자 기상 데이터 활용 전략을 수립
- 해외 주요국은 기상관측 고도화 기반 조성을 위한 인력양성, 대외협력, 인프라 구축을 위한 정책 마련
  - (미국) 연방, 주 및 지방과 협업체계를 구축하고 있으며 다양한 인력양성 정책을 수립
  - (영국) 과학적 지식, 인재, 파트너십, 인프라 개발을 통한 위험기반 의사 결정 지원
- 국내에서는 기후변화 및 위험기상에 대응한 재난안전관리 체계 및 융복합 기술 기반 산업수요 대응 관측기반 조성 정책 수립
  - 국민 생활안전을 위한 고해상도 기후변화 감시망, 지구대기 감시망, 복합 지형 기상 관측망 등 보강
  - ICT 기반 입체관측 인프라 확충, AI·기상기후 빅데이터 기반 맞춤형 스마트 위험기상 모니터링 및 정보 제공, 정형·비정형 관측 데이터 활용 정책 수립
  - 국방, 농축산업, 항공·드론, 에너지, 해운물류, 도로교통, 스마트시티 등 다양한 산업 분야에서 필요로 하는 고품질의 기상정보 실시간 제공 관련 수요 대응
  - 기상관측의 공간적 범위를 국내 고층, 연안, 한반도 전역, 동북아시아까지 확대
  - 항공·해양기상, 연안, 한반도, 동북아시아 환경재해 모니터링을 위한 기상 관측망 확충
  - 인접 국가와의 국제 공동 측정, 관계기관과 데이터 활용을 위한 연계 채널 단일화 추진

## 2. 국내외 기술 동향

### □ 국내외 기상관측 분야 기술의 주요 특징

- 글로벌 트렌드 및 산업수요를 반영한 기상관측 요소 확대 및 기술 개발 활성화
  - 에너지, 농업, 도로, 환경, 우주 등 산업 분야에서 필요로 하는 기상정보 및 서비스의 확대 추세에 따른 기술 R&D 활성화
  - 미국과 영국 같은 기상관측 분야 선도국은 위성, 데이터 사이언스, 슈퍼컴퓨터 등 혁신기술 강화 및 개척연구 등 선도형 R&D 전략 추진
  - 기상관측 분야 후발국은 핵심기술 확보를 통한 선진국과의 기술격차 추격형 R&D 전략 추진
- 지상-해양-우주 등 관측 범위 확대
  - 관계기관 기상관측자료 공동 활용 확대, 4차산업혁명 기술과 응용기술을 연립하여 관측영역 확장
- UAM, 위성, 해양관측선, 레이더 등을 활용한 입체관측 역량 강화
  - 레이더, 위성, 관측선, UAM, 차량 등 기상관측 다각화로 입체적 위험기상 감시 강화
- 민간 관측자료 및 AI 활용을 통한 기상관측 고도화
  - AI 기반 관측자료 품질관리 강화

<표 15> 국내외 기술 동향 비교

분야	미국	영국	호주	일본	중국	한국
지상 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측 데이터를 활용해 농업기상 지원시스템 구축</li> <li>클라우드 소싱 관측자료를 통한 맞춤형 기상예보 서비스 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 관측정보 공유 플랫폼인 날씨관측 웹사이트(WOW) 클라우드 소싱 활성화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호주 기상국(BOM), Monash University, ARC Center는 클라우드 소싱을 통해 민간 폭풍, 토네이도 및 홍수 데이터 수집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AMeDAS 적설계 관측치를 활용하여 현재의 적설 깊이와 강설량 분포 추정 정보 제공</li> <li>커넥티드 카의 와이퍼 작동자료를 날씨 예측에 활용하는 클라우드 소싱 추진</li> </ul>	-	-
고층 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 항공기 활용 온실가스 측정 협업 수행</li> <li>기상 드론 콥터존데 연구개발 수행 및 관측자료 정확도, 운영환경에 대한 실험 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 항공기 정보를 활용한 고층 바람 관측자료 사용</li> <li>기상 항공기를 통한 뉴멕시코 막달리나 산맥 수직운 연구 수행</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>남극에서 실시한 라디오존데 고층기상관측을 통해 저기압 진로 예측정확도를 향상</li> <li>일본 4개 공항 자동관측 제공</li> <li>UAM 시험·인증을 위한 로봇 테스트 필드 구축</li> <li>주요 공항(간사이, 후쿠오카, 요론, 요나구니 등)에 공항기상 자동관측시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>에어로졸, 구름, 강수의 미세구조 및 공간적 변화 특성을 조사를 위한 구름-강수 항공관측실험 수행</li> <li>드론을 활용하여 1,500 m 연직 기상관측실험을 시행</li> <li>독자 개발 드롭존데를 활용한 태풍 관측 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항공기, 드론 등 첨단기상관측장비 활용하여 고층기상관측 연구</li> <li>드롭존데 태풍 관측</li> </ul>
해양 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>고품질 환경관측자료 수집을 위한 자율드론 배치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해수면 온도 관측자료 오차 비교 보정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조위관측, 파고부이, 표류부이를 포함한 위험기상 관측망</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>북극해 난류열 흐름 정량적 분석 수행 및 북극해 자동관측 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jiuquan 위성발사센터는 해양환경 관측위성 HY-2C를 궤도로</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측선을 통한 고층, 해상, 해양, 환경 등 종합적인 집중관측 수행</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>수중 글라이더 활용 허리케인 이동 경로 무인 관측</li> <li>해상용 초소형·초경량 라디오미터 개발</li> </ul>		<p>구성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>주요 5개 항로 수온 관측 및 민간 선박 해상관측자료 활용</li> <li>관계기관 자료 공동 활용을 통한 해양 관측 네트워크 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양로봇 MONACA를 이용한 해빙 아랫면 전자동 계측</li> <li>자료동화 시스템에 EFSO(Ensemble-based Forecast Sensitivity to Observations)를 도입하여 해양 기상 예측 개선</li> </ul>	발사	<ul style="list-style-type: none"> <li>쇄빙연구선 아라온호의 고정식, 이동식 해양-대기 종합 관측장비를 통한 북극 관측 수행</li> </ul>
레이더·위성 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주기상 관측망을 통한 기후변화 연구 수행</li> <li>S밴드 도플러 레이더·X밴드 이중편파레이더 관측망 구축</li> <li>기상레이더 신호처리기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Met Office-미국 NSSL 기상레이더 기술 향상 및 네트워크 구축 공동연구 수행</li> <li>신호처리기 및 운영.제어 소프트웨어를 자체 개발하여 이중편파 레이더로 자체 업그레이드 완료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낙뢰 센서, SAR, 고분광분해능 마이크로웨이브 사운더를 활용한 기상위성 설계 공동연구 수행</li> <li>농업 지원을 위한 신규 기상레이더 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이중편파 위상배열 기상레이더 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중국 최초 민간 활용 광전송 3차원 지구관측위성인 Gaofen-7 발사</li> <li>우주기상 감시 및 경고 기능 향상</li> <li>X-밴드 기상레이더 활용 인증 통과</li> <li>236개의 차세대 S-밴드/C-밴드 레이더로 세계 최대 규모의 기상레이더 감시망 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>천리안위성을 통해 2분 간격 관측하여 52종의 산출물 생성</li> <li>범부처 융합 이중 편파 레이더 활용 기술 개발</li> </ul>
빅데이터·AI 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI 기상 기술 지원을 위한 연구센터 NCAI 설립</li> <li>구글, NOAA 원격감지기의 3D 관측 데이터 분석</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI 기술 활용 관측자료 품질개선 공동연구 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>레이더·드론·AI를 활용한 위험기상 분석 기술개발</li> </ul>	-
융복합 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시 노드센서 설치를 통한</li> </ul>	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>인공위성, 항공기, 드론, 이동형 관측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사물인터넷, 무인항공기</li> </ul>

	<p>기상정보 수집</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상 관측소 기반의 농업기상, 에너지, 물류 예보 맞춤형 관측 확대</li> <li>▪ 전국 단위의 통합 도로기상 관측망 구축</li> </ul>				<p>차량을 활용한 태풍 입체관측 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기존의 FY-4A 위성과 기상자료를 이용한 지표일사량 나우캐스팅 시스템 개발</li> </ul>	<p>활용하여 기상관측</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 레이더 활용하여 기상조절 실험 실증 연구</li> </ul>
--	---	--	--	--	--	---

출처: 저자 작성

## 2.1 국내 기술 동향

### 2.1.1 기상관측 특허 동향

#### □ 조사 범위<sup>[8]</sup>

- 기상관측기술의 거시적 트렌드를 파악하기 위하여 특허청의 특허 메가트렌드 분석 보고서(환경 기상)를 바탕으로 조사 진행
  - 특허청은 환경 기상 전 사업을 「산업-대분류-중분류-소분류-핵심기술」 5개 레벨로 기술체계를 구성하였으며, 기상관측기술은 ①고층기상관측/장비/제어, ②원격기상관측/장비/제어, ③지상관측/장비/제어, ④해양관측/장비/제어로 분류됨

<표 16> 환경기상 산업의 기술체계 중 기상관측기술

산업	대분류	중분류	소분류	기술정의
환경 기상	기상	기상관측	고층기상관측/장비/제어	고층기상관측/장비/제어 분야는 라디오미터 관측분석, 라디오존데 관측분석, 연직바람 관측분석을 포함하고 있음
			원격기상관측/장비/제어	원격기상관측/장비/제어 분야는 기상라이더 관측분석제어, 기상레이더 관측분석제어, 기상 위성용 관측장비 및 부품, 위성기상 관측분석관리, 위성기상 관측정보통신망, 항공 관측분석제어를 포함하고 있음
			지상관측/장비/제어	지상관측/장비/제어 분야는 관측기술복합화기반, 자동기상관측 관리시스템, 자동기상관측장비 및 부품, 자동기상관측정보통신망 기반을 포함하고 있음
			해양관측/장비/제어	해양관측/장비/제어 분야는 해양 기상관측, 해양 부이를 포함하고 있음

출처 : 특허청, 특허 메가트렌드 분석 보고서 (환경 기상), 2019 재구성

- 특허 검색 범위의 경우, 지역적 범위는 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 특허청이 포함된 IP5 지역이며, 시간적 범위는 출원 일자를 기준으로 1998년 1월 1일 ~ 2019년 9월 30일까지 등록 또는 공개된 특허로 한정
- 활동력과 기술력 지수를 분석하기 위한 지표로써 다음과 같은 분석지표 활용



<표 17> IP 활동력 및 기술력 분석지표

분석지표		내용
활동력	특허 점유율	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체구간 평균 점유율, 4구간 평균 점유율</li> <li>각 산업의 전체 출원 특허 중 특정 기술의 출원 특허 비중</li> <li>기술별 최근 구간 평균 점유율 비(4구간/전체구간)를 분석하여 최근 기술 개발이 활발한 핵심기술 파악</li> </ul>
	특허 증가율	<ul style="list-style-type: none"> <li>3, 4구간 특허 증가율</li> <li>출원 특허를 대상으로 하며, 최근 구간의 특허 증가율을 분석하여 최근 활동이 활발한 핵심기술 파악</li> </ul>
	시장 확보력	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체구간 PFS, 4구간 PFS</li> <li>출원 특허 대상으로, 출원 특허의 패밀리 국가 수 합계</li> <li>기술별 최근 구간 평균 점유율 비(4구간/전체구간)를 분석하여 최근 기술 개발이 활발한 핵심기술 파악</li> </ul>
기술력	특허 인용율	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체구간 피인용지수</li> <li>미국특허청의 등록 특허가 대상</li> <li>기술별 피인용수를 분석하여, 주요 핵심기술 여부 판단</li> </ul>
	주요국 특허 확보율	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체구간 IP3 지수</li> <li>IP5(한국, 미국, 일본, 유럽, 중국) 특허청 중 3곳 이상에 동시 출원된 특허 비율</li> </ul>
	특허 청구항수	<ul style="list-style-type: none"> <li>전체구간 평균 특허 청구항 수</li> <li>등록 특허 대상으로, 등록 특허의 청구항 수 합계</li> </ul>

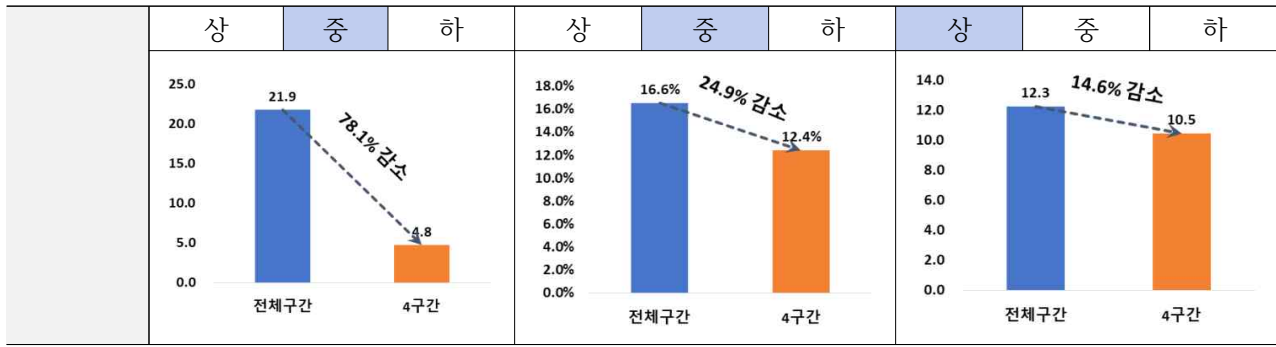
출처 : 특허청, 특허 메가트렌드 분석 보고서 (환경기상), 2019

○ 기상관측기술 중 원격기상관측/장비/제어 기술개요, IP 트렌드, 부상기술 지표분석 결과는 다음과 같음

- 중국의 원격기상관측/장비/제어 특허출원 수가 급격하게 증가하는 추세를 보이고, 42.4%의 비중을 차지하고 있으며, 그 뒤를 이어 미국은 22.6%, 한국은 19.2%의 비중을 차지하고 있음
- 한국특허청 내국인 출원 비중이 높으며, 이는 자국 중심 R&D 특성이 강하고 타국 출원인이 한국 시장 진입에 소극적인 것을 시사함
- (IP 활동력 분석) 최근 4구간(2013~2017)의 특허 점유율 및 특허 증가율이 증가하였으며, 특히, 특허 증가율은 3구간(2008년~2012) 대비 93.1%의 값을 보이는 등 최근 원격기상관측/장비제어 핵심기술에 대한 국내 연구 활동이 활발해진 것을 알 수 있음
- (IP 기술력 분석) 한국 원격기상관측/장비제어 기술 특허 청구항 수는 ‘상’ 수준으로 분석되나, 최근 4구간(2013~2017)의 특허 인용율, 주요국 특허 확보율, 특허 청구항 수 모두 감소한 것으로 보아 특허출원이 활발한 것과 대비하여 충분한 특허 기술력을 확보하지 못한 것으로 분석됨

<표 18> 원격기상관측/장비/제어 기술개요, IP 트렌드, 부상기술 지표분석

대분류	기상	중분류	기상관측	소분류	원격기상관측/장비/제어
기술개요	<b>기술정의</b>				
	원격기상관측/장비/제어 분야는 기상라이더관측분석제어, 기상레이더관측분석제어, 기상위성용관측장비및부품, 위성기상관측분석관리, 위성기상관측정보통신망, 항공관측분석제어를 포함하고 있음				
기술개요	<b>핵심기술</b>				
	①기상라이더관측분석제어, ②기상레이더관측분석제어, ③마이크로파 탐측, ④기상위성용관측장비및부품, ⑤위성기상관측분석관리, ⑥위성기상관측정보통신망, ⑦항공관측분석제어				
IP 트렌드	<b>주요국 특허청별 출원동향</b>				
IP 트렌드	<b>한국특허청의 출원인 유형별 분석</b>				
부상기술 지표분석	<b>IP 활동력 (*4구간 : 전체구간 중 가장 최근 구간인 2013~2017년 의미)</b>				
	<b>특허 점유율</b>		<b>특허 증가율</b>		<b>시장 확보력</b>
	상	중	상	중	상
	하	하	하	하	하
<b>IP 기술력</b>					
특허 인용율		주요국 특허 확보력		특허 청구항 수	



출처 : 특허청, 특허 메가트렌드 분석 보고서 (환경기상), 2019

## 2.1.2 기상 R&D 현황

### ○ (기술분류) 5대 기술 분야, 20개 세부 분야로 분류

- (예보) 위험 기상예보, 수치예보, 영향예보, 인공지능예보, 목적기초
- (관측) 관측기술 고도화, 레이더 활용, 위성 활용, 관측장비 선진화 및 자료품질 표준화, 목적기초
- (융합기상) 생명·농림·산업·생활 등 응용기상, 도시기상, 항공기상
- (기후) 기후감시 및 영향분석, 장기기후 예측, 기후변화 전망

※ 근거 : 기상 R&D 중장기 추진전략(2018~2027) 및 '22년 주요 R&D 예산편성 방향

### ○ 예산 규모 및 투자 비중 추이

- (예산 규모) 정부 R&D 총예산대비 기상청 예산은 14.6% 차지(2022)
- (연도별) 최근 5년간 2018년 예산 규모가 가장 컸으며, 2019년 급격히 감소하였다가 2022년까지 조금씩 증가추세

※ (총예산 규모) 1,328억 원('18), 1,105억 원('19), 1,014억 원('20), 1,162억 원('21)

- (유형별) 최근 5년간 자체 연구는 증가하였고, 출연 연구는 감소하였으며, 이는 신규 기획과제가 감소함을 의미

※ (자체) 31.3%('18), 43.5%('19), 48.3%('20), 53.6%('21), 55.1%('22), (출연) 68.7%('18), 56.5%('19), 51.7%('20), 46.4%('21), 44.9%('22)

- (기술 분야별) 매년 고유기술인 예보·관측 분야가 기상 R&D 총예산대비 53% 이상을 차지

※ (예보) 증가추세, (관측) 2018년 이후 감소하여 현재 약 27% 수준을 유지

※ (예산 추이) (예보) 23.1%('18)→39.2%('22), (관측) 49.0%('18)→26.6%('22), (기후) 10.7%('18)→16.2%('22), (융합기상) 5.8%('18)→10.8%('22), (지진 등) 10.4%('18)→7.2%('22)

- (세부 분야별) 위성 활용, 수치예보, 관측기술 고도화 분야를 제외하고는 10% 미만 수준으로 개별과제당 소규모 예산(10억 단위 이하)

※ (위성 활용) 37%('18) → 57%('20), (관측기술 고도화) 2.3%('18) → 10.1%('22), (수치예보) 13%('18) → 22.7%('22), (위험기상) 3.6%('18) → 7.0%('22), (영향예보) 3.3%('18) → 3.8%('22), (인공지능예보)

0.8%(’20) → 4.0%(’22), (관측장비 선진화/자료품질 표준화 3.0%(’18) → 6.3%(’22), (기후감시/영향분석) 1.8%(’18) → 5.3%(’22), (장기기후) 1.2%(’18) → 5.9%(’22), (생명농림산업생활) 4.5%(’18) → 6.7%(’22) 등

<표 19> 관련 분야 R&D 사업의 정부출연금(과제 단가)

- (중소벤처기업부) '2020년도 Tech-Bridge 상용화 기술개발사업': 4억원 규모
- (산업통산자원부) '2019년도 혁신조달 연계형 신기술 사업화(R&D) 사업': 4~8억원 규모
- (환경부) '2020년도 재활용저해제품 순환 이용성 개선 기술개발사업': 4~5억원 규모
- (기상청) '미래유망 민간기상서비스 성장 기술개발사업': 1~2억원 규모

- (2022 투자 비중) 관측은 관측기술 고도화, 위성활용 관측, 관측장비 선진화/표준화 등 순

※ (분야별) 예보 40.0%, 관측 26.6%, 기후 15.3%, 융합기상 10.8%, 지진 7.2% 순이며, (세부 분야별) 수치예보 22.7%, 관측기술 고도화 10.1%, 위험기상 7.0%, 위성활용관측 6.9%, 관측장비 선진화·자료품질 표준화 6.3% 등 순

### 2.1.3 주요국 기술 동향 및 기술격차

- 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 2020년 자연재해 감시·예측·대응기술 기술수준평가에 의하면, 미국과 EU 대비 한국은 70% 수준이며, 5년의 기술 격차 발생

<표 20> 자연재해 감시·예측·대응 기술 수준 연구단계 역량 및 연구개발 활동 경향

국가	기술수준			연구단계 역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹 (점수*)	기초 (점수**)	응용개발 (점수**)	
한국	75.0	5.0	추격 (2.89)	보통 (3.38)	우수 (3.63)	상승 (2.88)
중국	80.0	3.0	추격 (2.89)	우수 (4.00)	우수 (4.00)	급상승 (3.88)
일본	90.0	2.0	선도 (3.67)	우수 (4.38)	우수 (4.13)	상승 (2.88)
EU	98.0	0.5	선도 (4.00)	탁월 (4.88)	탁월 (4.63)	상승 (2.88)
미국	100.0	0.0	최고 (4.00)	탁월 (5.00)	탁월 (4.88)	상승 (2.50)

출처: 한국과학기술기획평가원, 2020년 자연재해 감시·예측·대응기술 기술수준평가, 2021

- 2018년 대비 2020년 기술 수준이 5.0%p 증가함으로써 우리나라는 다른 국가들에 비해 후발주자임에도 불구하고 빠르게 발전(한국과학기술평가원, 2021)
- 그럼에도 불구하고, 국가에 직접적인 피해를 미친 사례의 발생 빈도에 따라 국민적 관심과 투자가 이루어지고 있으며, 투자의 변동성이 커서 지속적 성장을 기대하기는 어려우며, 인력 및 예산도 부족하여 양적·질적 면에서 큰 격차 존재

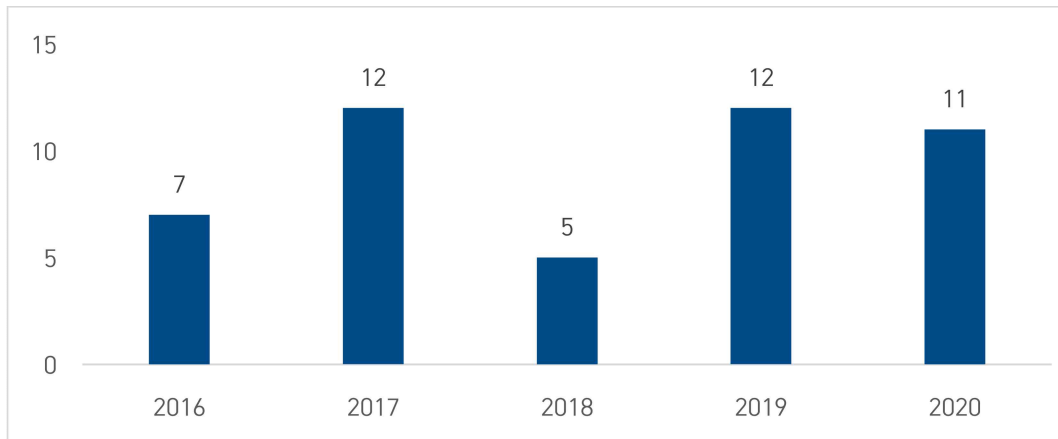
<표 21> 2018년 대비 2020년 주요국 기술 수준 변화

국가	기술 수준(%)			기술격차(년)			기술 수준 그룹		
	2018	2020	증감(%p)	2018	2020	증감(년)	2018	2020	증감
한국	70.0	75.0	5.0	5.0	5.0	0.0	추격	추격	-
중국	80.0	80.0	0.0	4.5	3.0	-1.5	추격	추격	-
일본	95.0	90.0	-5.0	1.0	2.0	1.0	선도	선도	-
EU	100.0	98.0	-2.0	0.0	0.5	0.5	최고	선도	↓
미국	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	최고	최고	-

출처: 한국과학기술기획평가원, 2020년 자연재해 감시·예측·대응기술 기술수준평가, 2021

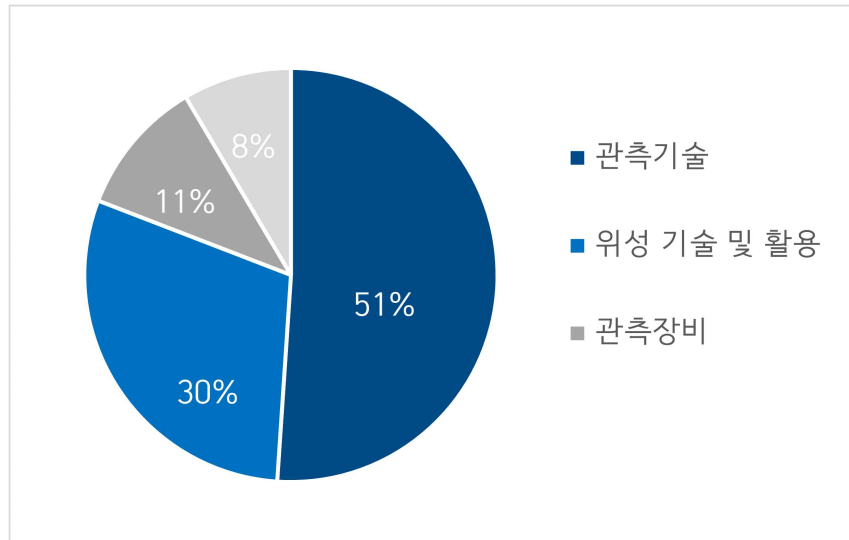
○ 5년간(2016~2020) 발표된 관측 관련 국외 논문은 총 47건으로, 논문 주제는 관측기술 51%, 위성 기술 및 활용 30%, 관측장비 11%, 레이더 기술 및 활용 8% 순으로 비중을 차지함

※ 학술연구정보서비스 RISS 홈페이지 자료 중 SCI, SCIE에 등재된 논문만 발췌하여 분석



출처: 저자 작성

[그림 2] 5년간 발간된 연도별 관측 관련 주제 국외 논문 수

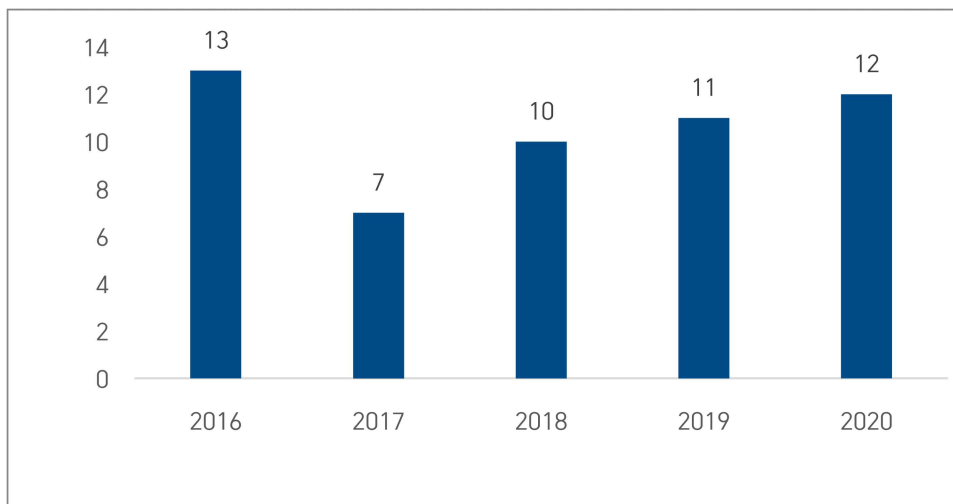


출처: 저자 작성

[그림 3] 5년간 관측 관련 국외 논문 주제

- 5년간(2016~2020) 발표된 관측 관련 국내 논문은 총 53건으로, 논문 주제는 레이더 기술 및 활용 30%, 관측기술 28%, 위성 기술 및 활용 27%, 관측장비 15% 순으로 비중을 차지함

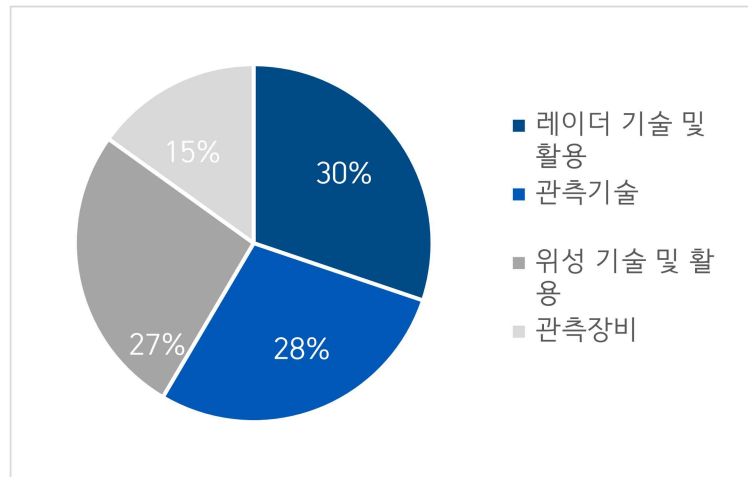
※ 학술연구정보서비스 RISS 홈페이지 자료 중 SCI, SCIE에 등재된 논문만 발췌하여 분석



출처: 저자 작성

[그림 4] 5년간 발간된 연도별 관측 관련 주제 국내 논문 수

- 관측장비에 관한 논문이 5년간 총 8권(15%)으로 다른 분야 논문과 비교해 상대적으로 적었으며 레이더, 위성, 관측기술에 관한 논문은 비슷한 분포를 보임



출처: 저자 작성

[그림 5] 5년간 관측 관련 국내 논문 주제

- 5년간(2016~2020년) 발표된 국내외 논문을 비교하면 국외는 관측기술이 절반을 차지할 정도로 위험기상 관측, 감시 분야에 꾸준히 투자하는 반면 우리나라는 한 분야에 치우치지 않고 고른 성과를 보임

## 2.2. 국외 기술 동향

### 2.2.1 미국

#### □ 지상 분야

- 오클라호마주, 대기 모니터링 개선을 위해 36개의 마이크로넷 관측소 운영(2008~)
  - 미시적 현상의 모니터링에 사용되는 자동화된 기상관측소로, 온도, 풍향·풍속, 습도, 강수량, 기압 관측, 교통신호등 약 9m 높이에 센서 설치
- NCEI, 온도 및 강수량 관측 데이터와 ASOS의 일사량 데이터를 활용한 농업기상 지원시스템 구축
  - GHCN-D 등에서 수집된 온도 및 강수량 관측 데이터, ASOS의 일사량 데이터 기반 질소 비료 투입량 최적 관리시스템 Adapt-N 개발
  - 1에이커 당 약 30달러의 옥수수 비료비용 절감 효과와 환경오염 감소 효과
- Weather Underground社, 클라우드 소싱 관측자료를 통한 맞춤형 기상예보 서비스 BestForecast 제공
  - 전 세계 25만여 개의 개인 기상관측소(Personal Weather Station)에서 관측된 실시간 기상정보, 모바일 기업 센서 데이터, 시민들이 작성한 기상보고서 활용

<표 22> Weather Underground의 Bestforecast와 NWS NDFD 비교

	Bestforecast	NWS NDFD
기상 조밀도	4 km	5 km
정보업데이트 주기	15분	4시간
관측자원	개인 기상관측소, 공항 기상자료, 라디오존데	COOPs, 공항 기상자료,
예보생산주기	1시간	3시간
예보기간	2주 동안의 예보가 만들어지지만, 10일 예보만 웹사이트에 제공	7일 예보 제공
기상요소	온도, 운량, 습도, 강수확률, 이슬점, 체감기온, 기압	온도, 운량, 습도, 강수확률, 이슬점

출처: 이재능, 이승휘, 크라우드 소싱을 통한 참여형 기상기록정보의 수집과 활용에 관한 연구, 한국기록관리학회지 19(2), 2019

## □ 고층 분야

### ○ NOAA, 기상 항공기 추가 도입<sup>[9]</sup>

- NOAA는 허리케인 및 열대 폭풍 관측, 기상과학 연구 등을 지원하기 위해 두 대의 기상 항공기(Gulfstream G550, Beechcraft King Air 350 CER) 구매계약을 체결
- Gulfstream G550 구매를 위해 4,070만 달러(약 481억 원)의 예산이 배정되었으며, 과학적 관측을 위한 기체 변경에 추가 비용이 예상
- Gulfstream G550은 2022년 후반 도입될 예정이며, 허리케인 관측을 수행 중인 NOAA의 기상 항공기 Gulfstream IV-SP를 보완할 것으로 예상
- 또한, Beechcraft King Air 350 CER 구매를 위해 1,180만 달러(약 139억 원)의 예산이 배정되었으며, 눈, 토양수분 관측을 위한 원격탐사 장비가 장착됨
- 2대의 기상 항공기는 NOAA의 AOC에서 다른 9대의 기상 항공기와 함께 운영될 예정

### ○ 민간 항공기 활용 온실가스 측정 협업

- 2021년, NOAA는 민간 항공기에서의 온실가스 모니터링을 위해 Boeing사와 협력하여 Boeing 737기에 온실가스 샘플링 시스템의 최적 배치 평가 시행
- NOAA와 Boeing사의 협업은 온실가스 모니터링 장비의 위치와 설치 표준화에 도움이 될 것이며, 궁극적 목표는 기존의 장기간 온실가스 관측자료를 개선하고 전 세계 연구자나 정책입안자에게 정보를 제공하는 계기가 됨

### ○ 지속적인 기상 드론 연구개발 추진

- 미국 오클라호마대학은 콥터존데(CopterSonde)를 연구개발하고 관측자료의 정확도와 운영환경에 대한 실험을 지속적으로 진행



## □ 해양 분야

### ○ 자율드론 활용

- NOAA는 올해 여름 태평양, 북극, 대서양에 자율드론을 배치하여 수자원 관리 및 일기예보를 위한 고품질 환경 데이터를 수집
- 북극에 배치된 드론은 바람, 태양복사, 염도(salinity), 해수면 온도를 측정하여 북극에서의 스톱 예측에 활용되고, 음향 센서가 장착된 드론은 북극 북쪽 경사면의 해저지형 지도화에 사용

### ○ 자율 무인 잠수정 수중 글라이더 활용

- 대서양, 카리브해, 멕시코 걸프 지역에서는 NOAA, 미 해군, 대학 및 산업계가 약 30기의 수중 글라이더(underwater ocean glider)를 통해 허리케인 이동 경로를 따라 해양 온도, 염도 측정 계획

### ○ 해상용 초소형·초경량 라디오미터 개발

- 미국의 대기복사측정기후연구시설(Atmospheric Radiation Measurement Climate Research Facility)에서는 극지방 기상연구를 수행하는 연구선에 지상용 마이크로파 라디오미터를 장착하여 연구를 수행함

## □ 레이더·위성 분야

### ○ 고성능 기상영상기, 우주기상 관측 센서, 번개 탐지기 등을 탑재하여 지구 기상 이외에도 우주 환경 자기장 측정, 대기환경요소(에어로졸, 이산화황, 오존)의 정량적 산출, 장기 모니터링을 통한 기후변화 연구 등에 사용

- 후속 정지궤도 기상위성으로 초분광적외탐측기 개발을 추진하고, 3세대 후속 위성(GEO-XO<sup>[10]</sup>) 개발은 외부기관과의 공동개발 체계로 전환
- GOES-16/17 위성 및 DSCOVR 위성을 통해 태양 플레어 폭발(X-선 감시), 고에너지입자 유입, 지구자기장 교란 등 우주기상 관측 데이터를 제공

### ○ S밴드 도플러 레이더·X밴드 이중편파레이더 관측망 구축

- NWS, 미국해양대기청, 미 공군은 NEXRAD 프로젝트를 공동으로 추진하여 미국 전역에 분포하는 159개의 S밴드 도플러 레이더 관측망 통합 구축하여 현업에 활용
- 미국 전역에서 발생하는 강수 시스템의 성장·이동·소멸 과정을 통합 레이더 관측망으로 감시·예측하고, X-밴드 이중편파레이더 관측망을 조밀하게 구성하여 고분해능 자료 획득

※ 첨두전력: 750 kW, 빔폭: 약 1°, 불륨관측간격: 5분, 관측반경: 300km(시선속도)~460km(반사도), 동일한 신호처리기로 통합 레이더 자료 가공 환경 구축

- 향후 X-밴드 이중편파레이더를 위상배열 레이더로 전환하여 불륨관측간격을 5분에서 30~40초로 줄일 예정(2025년 미국 현업화 예정)

### ○ 기상레이더 신호처리기술 개발

- 미국 레이더운영센터(ROC)는 수명연장프로그램(SLEP)을 기상레이더관측망(NEXRAD) 신호처리기 자체 업그레이드 완료(' 18)

※ 제작사 상용제품에 새로운 신호처리 신기술 알고리즘 적용을 통한 지속적 성능 개선

## □ 빅데이터 · AI 분야

### ○ NOAA, AI 기상 기술 지원을 위한 연구센터 NCAI 설립

- AI와 ML 기술의 역량구축을 목적으로 하는 기관으로, 효율적 자료 처리, 자료와 정보의 활용방식 개선, 데이터의 패턴 식별 등 분석 및 예측 능력 향상 기술연구 수행

### ○ 구글社, AI 기반 기상 예측 모델 ‘나우캐스트’ 개발

- 미국 해양대기청(NOAA)이 원격감지기를 통해 수집한 3D 관측 데이터 분석

## □ 융복합 분야

### ○ 시카고, 「광역도시 센서 프로젝트(AoT: Array of Things)」를 통해 도시 전체를 데이터화하고, 수집된 정보를 공유 · 활용

- 시카고 거리에 약 500여 개의 ‘노드’ 센서 설치를 통해 대기 및 표면온도, 습도, 기압 등 기상 데이터 수집 및 전면 개방

※ 대기 및 표면온도, 습도, 기압 등, 가로등과 차량 신호등 5.5m 높이에 구축

### ○ AWIS社, 전 세계 15,000개 이상의 지상관측소 기반의 농업기상, 에너지, 물류 예보 및 컨설팅 수행

- 농장 지역의 서리 · 냉해 예측 서비스 및 관측자료를 활용한 시간 · 일 · 15일 에너지 모델 예보

### ○ 도로기상 관측망 구축

- 미국 도로기상 관측장비 약 2,500대 설치, 도로 기상 실황 및 운전조건 정보 제공

※ (Clarus) 2010년부터 미국 교통성(DOT) 연방도로청(FHWA) 도로기상관리 프로그램은 지능형교통시스템(ITS) 합동 프로그램과 함께 Clarus 이니셔티브를 설립하여 전국 단위의 통합된 도로기상 관측, 예측, 데이터관리 시스템을 구축·운영

## 2.2.2 영국

### □ 지상 분야

○ Met Office, 민간 관측정보 공유 플랫폼인 날씨관측 웹사이트(WOW) 클라우드 소싱 활성화

- 전 세계 218개국 약 만 명 이상의 민간 자원봉사자들이 자발적으로 기상정보를 업로드

※ '20년까지 15억 건 수집, 매달 2,500만 건 이상의 민간 관측자료 수신

- 기온, 노점온도, 강수량, 현재 일기, 풍향·풍속, 습도, 기압, 눈, 토양수분, 날씨 영향, 사진, 웹캠 등 정보 제공

※ 활용 사례: 네덜란드 가뭄 감지, 베를린 도시 기후 연구

<표 23> 날씨관측 웹사이트(WOW) 민간 참여 방법

	수동 관측	자동 관측
관측자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 목적 관측한 날씨 상태, 사진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AWS로 측정된 기상요소 관측값</li> <li>▪ (기온, 눈, 비, 바람, 기압 등)</li> </ul>
전송방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quick Observation 또는 Detailed Observation 형태로 직접 입력 전송</li> <li>※ 로그인하지 않아도 등록 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정해진 형식에 맞는 데이터 파일형태로 업로드하거나, 자동전송이 가능한 API SW 사용</li> <li>※ 'Enter a site'에서 사이트 등록 및 ID 발급 후 진행</li> </ul>

출처: 기상기술 정책 정보 동향 보고(2022, 4월 1호), p.8

### □ 고층 분야

○ Met Office, 지난 4월부터 고해상도 모델에 민간 항공기 정보를 활용한 고층 바람 관측자료 사용

- 2011년부터 저비용 관측을 위한 새로운 방법 모색 결과, 항공기 전파 정보를 활용하는 방법을 개발

- 본 방법은 항공기 이동 및 지상 정보를 포함하며 두 이동 정도 차이를 통해 항공기에 불어오는 바람을 계산

- Met Office는 하루 약 1억 건의 자료를 수집하여, 품질검사를 통해 기존 AMDAR 자료의 500배에 해당하는 양인 5백만 건 이상의 고층 바람 관측자료를 활용

- Met Office의 항공 전파 정보 수신기는 6개이며 향후 지속해서 확대 예정

○ 영국 대기과학센터(NCAS) FAAM\* 항공기를 통한 뉴멕시코 막달리나 산맥 수직운연구 수행<sup>[11][12]</sup>

- 해당 지역 얼음 입자 및 에어로졸을 측정하고, 수직운 입자 및 형성에 필요한 조건과 기후변화가 악천후에 미치는 영향 등을 관측

- \* FAAM: 영국 Cranfield 대학 캠퍼스 소재 연구조직, Met Office NCAS 등 영국 기상연구조직에 “항공기 관측자료” 제공

## □ 해양 분야

### ○ 해수면 온도 관측자료 오차 비교 보정

- Met Office는 과거 관측자료의 오차를 제거하기 위해 NOAA, JMA 기관과 협력하여 연구 선박 및 해양 기상관측 부이의 관측자료와 과거 관측 방법에 따른 자료의 비교 연구 수행
- 배 내부에 유입된 해수의 온도를 측정하는 방식은 점차 개선되어 1960년~1970년대의 오차는 약 +0.5 °C 에 불과하였으며 2000년대의 오차는 더욱 감소

## □ 레이더·위성 분야

### ○ Met Office, 미국 NSSL과의 지속적인 협력을 통해 레이더 수신기의 잡음(noise) 강도를 측정하는 기상레이더 기술향상 연구를 성공적으로 수행

- 연구 결과 강수 에코의 실제 강도 및 호우에 의한 신호 감쇠량을 추정하는 데 활용될 수 있으며, Met Office는 자료품질 개선과 더욱 정확한 강수량도 예측을 기대
- Met Office와 NSSL 간 국제협력의 상호이익 및 기상레이더 네트워크의 자체 개발, 유지보수, 기능 향상

### ○ 기상레이더 신호처리기술 개발

- Met-office, 신호처리 및 운영·제어 소프트웨어를 자체 개발하여 이중편파 레이더로 자체 업그레이드 완료(' 10~' 18년)

※ 영국은 미국 CLEAN-AP 알고리즘을 기술이전('16.2.) 받아 성능을 개선함(CLEAN-AP: Clutter Environment Analysis using Adaptive Processing)

## 2.2.3 호주

## □ 지상 분야

### ○ 호주 기상국(BOM), Monash University, ARC Center는 크라우드 소싱을 통해 민간 폭풍, 토네이도 및 홍수 데이터 수집

- WeatherX 앱에서 기상 현상 유형, 사용자 설명, 사진 및 관측 위치를 기록

## □ 해양 분야

### ○ 위험기상 관측망 구성

- 폭풍해일, 지진해일, 호주 북부지역에서 주로 발생하는 열대저기압(TC) 등을 위성과 조위관측소, 쓰나미터 등을 활용하여 감시
- 내해에서는 조위관측(Tide Gauge), 파고부이(Wave Buoy, 호주 기상청 2대 소유) 31대 등 운영
- 먼바다에서는 표류부이(Drifting Buoy), Argo Float 296대(전체 약 10%)의 관측망 구성

○ 관측선 활용과 민간 선박 해상관측자료 활용

- 대형선박 XBT 프로그램을 통해서 주요 5개 항로에 대해 수온 관측 실시
- 호주에서 남극을 비롯한 원거리 항로를 항해하는 선박으로부터 나오는 연간 6만건 이상의 해상관측자료를 활용

○ 관계기관 자료 공동 활용을 통한 전국 해양 관측 네트워크 구축

- Geoscience Australia, Royal Australian Antarctic Division, 호주 해양과학 연구소, CSIRO, 대학 및 주 정부와 협업
- 모든 관측자료는 AODN(Australian Ocean Data Network)등을 통해 실시간 또는 QC된 지연모드 등을 통해 접속 및 사용, 재가공

□ 레이더·위성 분야

○ 호주 기상위성 설계 연구<sup>[13]</sup>

- 호주는 Earth Observation(EO) 위성을 소유하거나 운영하지 않으며, 해외 소유의 위성 자료를 활용하므로 기상 및 기후 관측에 대한 호주의 특정 요구를 충족할 수 있는 기상위성을 설계하기 위하여 연구를 수행
- 본 연구에는 호주 국립 동시 설계 시설(Australian National Concurrent Design Facility), 호주 기상국, UNSW Canberra Space, 호주 우주국이나 호주 지구과학국(Geoscience Australia)이 공동연구로 진행
- 기상국이 향후 위성 데이터에 활용할 기상 장비로 ▲낙뢰 센서(심한 폭풍 예보, 경고 및 기후 연구를 지원) ▲SAR(남극 얼음 모니터링 지원), ▲고분광분해능 마이크로웨이브 사운더(Hyperspectral Microwave Sounder, 자료동화 NWP 모델 입력자료의 자료동화를 위하여 대기 온도와 수증기 정보 제공)를 선택함
- EO 커뮤니티는 기상국이 제시한 3개의 임무 외에, 산불 및 심한 폭풍 등의 위험 기상 정보 지원 또는 수치예보 지원을 위한 센서 등이 포함됨

○ 호주 NSW주 농업 지원을 위한 신규 기상레이더 가동

- 2021년, NSW주 정부는 Black Spot(탐지 불능 지역)을 개선하기 위해 2,450만 달러를 투자하여 최첨단 신규 레이더 완공

※ 최대 200Km 떨어진 곳의 빗방울, 우박, 산불, 빗줄기, 풍속 등을 탐지 가능

## 2.2.4 일본

### □ 지상 분야

- JMA, AMeDAS 적설계 관측치를 활용하여 현재의 적설 깊이와 강설량 분포 추정 정보 제공
  - 강설 관측이 이루어지지 않는 지역을 포함하여 적설·강설 분포 파악 가능
- 민간업체 Weathernews Inc., 토요타와의 협업을 통해 커넥티드 카의 와이퍼 작동자료를 날씨 예측에 활용하는 클라우드 소싱 추진
  - 기상레이더가 감지하지 못한 소나기 등 기상 현상을 와이퍼 수집자료로 확인 가능하므로, 기상예보 정확도 향상에 기여

### □ 고층 분야

- JAMSTEC, 남극에서 실시한 라디오존데 고층기상관측을 통해 호주에 접근하는 저기압 진로 예측정확도를 향상
  - 남극 쇼와기지 대형대기레이더(Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar) 자료를 모델에 적용 시 저기압 중심 및 기압계 예측정확도 향상 확인
- JMA, 2017년부터 일본 4개 공항(간사이, 후쿠오카, 요론, 요나구니)에서 자동관측(AUTO MERAR) 제공
  - 운량·운고는 운고계와 풍향·풍속계 자료를 기반으로 운량·운고 알고리즘을 통하여 산출
  - 상층풍은 추정값 활용하는데 층별 구름의 이동속도에 적용하고 운고계 탐지주기(15초)에 따른 구름량 이동을 더하여 층별 운량 산출
  - 뇌우(TS), 적란운(CB), 탑상적운(TCU)은 낙뢰탐지네트워크시스템(LIDEN)과 기상레이더 자료를 이용하여 자동(5분 간격 업데이트) 산출
  - 현재 일기(비, 눈, 진눈깨비, 안개, 박무, 연무 등)는 온도계, 습도계, 우량계, RVR 관측장비(또는 시정계) 데이터를 이용
- 일본은 정부, 민간기업, 지자체를 중심으로 관민협의회를 구성하여, 2023년 UAM 사업 시작을 목표로 기술 개발과 제도 마련을 위한 ‘하늘의 이동 혁명을 향한 로드맵(2019~2030)’ 발표(2018)
  - UAM 시험비행, 인증시험 시행 및 서비스 시나리오 발굴 등을 목표로 ‘로봇 테스트 필드(후쿠시마현)’ 구축(2020)
- 항공기상 자동관측기술 개발
  - 일본은 주요 공항(간사이, 후쿠오카, 요론, 요나구니 등)에 공항기상 자동관측시스템 구축하고 자동 관측 개시('17년 3월)

- 자동관측 시스템 구성 및 방법
- ※ (운형) 뇌우, 우박현상을 일으키는 적란운(CB), 탑상 적운(TCU) 자동관측
- ※ 낙뢰탐지망(LIDEN)과 지상 기상레이더 데이터를 이용
- ※ (현재일기) 비, 눈, 진눈깨비, 안개 등 자동관측
- ※ 온도계, 습도계, 우량계, RVR 관측장비(또는 시정계) 데이터를 이용

## □ 해양 분야

- 도쿄대학, 홋카이도대학, 국립극지연구소의 합동연구팀은 북극기후 연구를 위한 국제 관측 프로젝트(MOSAIC)에서 얻은 정보를 토대로 자동관측 기술 개발<sup>[14]</sup>
  - 해빙-해양 경계층에서의 난류열 흐름에 대한 정량적 정보를 토대로 북극해 여름철 해빙 용해, 가을 이후 결빙의 특징을 규명
  - 향후 북극해에 자동관측 네트워크 구축 예정
- 2021년, 일본 극지연구소(NIPR) 공동연구진은 해양로봇 MONACA를 이용한 해빙 아랫면 전자동 계측에 성공
  - 지구시스템에서 남극의 역할 규명을 위해 완전 무선 잠항으로 47,143㎡ 규모의 남극해 결빙지역 해빙 아랫면 형태 데이터 수집
- 일본 해양연구개발기구(JAMSTEC) 공동연구진은 JAMSTEC의 자료동화 시스템에 EFSO(Ensemble-based Forecast Sensitivity to Observations)를 도입하여 기상 예측 개선
  - 북극, 중위도, 열대지역 위도에서의 특별 관측 자료가 단기 예측(2~3일 후)에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인
  - 특히 북극 관측자료가 북미지역 중기 예측(6~7일 후) 개선에 기여

## □ 레이더·위성 분야

- X밴드 대역의 위상배열 기상레이더 상용개발 및 운영(2012) → 이중편파 위상배열 기상레이더 개발 완료(2019)
  - 2020년 7월 폭우 이후 치바현 가시와시의 기상청 도쿄레이더를 이중편파 기상도플러레이더로 교체하여 수평·수직 편파 전파를 동시에 발사·수신하여 레이더 데이터의 해상도를 높이고 비구름 및 노이즈의 구분 능력의 상승 및 비의 세기를 정확하고 포착할 수 있는 능력을 개선
  - 지역 기상관측망(아메다스)를 개선하여 새롭게 습도 관측을 시작하였으며, 습도 관측을 통해 선승강수대의 수증기 감시 능력이 강화되었으며 풍향 및 풍속측정기 방식을 구동부가 있는 풍차 방식에서 구동부가 없는 초음파식으로 변경하여 동결 및 고장으로 인한 관측 데이터의 공백 감소 기대
- 고성능 기상영상기, 우주환경모니터 등을 탑재하여 기상관측 기능 대폭 강화, 후속 위성으로 초분광탐측기, 번개 탐지기 등 다양한 센서 개발 중

- Himawari-8/9호에 우주기상 관측용 센서를 탑재하여 태양풍에 의한 고에너지입자 유입 등에 정보를 생산하여 제공
- 민간투자를 통한 지상 시스템 운영

#### ○ 기상레이더 신호처리기술 개발

- 기상레이더는 자국의 제작사가 신호처리기술 자체 개발하고 ODA 사업을 통해 동남아를 비롯한 국외 레이더 시장 선점
- 레이더 개발기술 상용화 및 차세대 소형 위상배열 기상레이더 개발을 통해 도쿄올림픽 지원에 활용

### □ 빅데이터·AI 분야

#### ○ JMA, AI 기술 활용을 위한 공동연구 개시

- JMA가 보유한 기상관측·예측기술과 이화학 연구소의 혁신지능통합연구센터가 보유한 AI 기술을 융합하여 기상관측·예측에 AI 기술 활용을 위한 연구개발을 공동 진행할 예정
- 관측기술에 관한 연구개발에서는 기상관측정보 품질관리에 AI 기술을 도입하여 정확도 향상을 도모하고, 임의의 장소의 기상관측치를 추정하는 기법 개발
- 또한, 호우 예보에서 중요한 상공의 수증기량을 관측하는 수증기 라이다터 정보의 품질관리에 AI 기술의 활용 가능성에 관한 연구를 진행
- 예측기술에 관한 연구개발에서는 전 지구·중규모·국지 모델 등 여러 수치예보 결과 및 관측 데이터를 AI 기술 활용을 통해 조합하는 「통합형 가이드스」를 개발
- 본 「통합형 가이드스」 개발에서는 기계학습 기술을 이용해 다양한 수평해상도(5 km~20 km)의 예측자료를 더욱 높은 정확도와 해상도로 변환하는 다운 스케일링 기술 개발 포함

## 2.2.5 중국

### □ 고층 분야

#### ○ 칭하이-티벳고원 구름-강수 항공관측 실험 수행

- CMA는 최근 칭하이-티벳고원 지역에서 에어로졸, 구름, 강수의 미세구조 및 공간적 변화 특성을 조사를 위한 구름-강수 항공관측 실험을 수행
- 실험에 사용된 KingAir 기상 항공기는 50 km 범위 내에서 7,200 m 와 7,500 m 고도로 비행하여 에어로졸, 구름 수분 함량 및 입자 크기를 관측
- 수집된 자료는 티벳고원에서의 구름 정보와 지상레이더 및 위성 관측에 대한 검증 자료를 제공

#### ○ CMA, 드론 관측실험 시행

- 2019년 산시성 기상청은 드론을 활용하여 1,500 m 연직 기상관측실험 성공
- 실험에 사용된 기체는 직경 1.5 m, 비행 고도 3,000 m 사양으로, 비행시간(40분) 동안



지상관측소는 실시간 관측자료(온도, 기압, 습도, 풍향, 풍속 등)와 드론 상태정보 수신

- 드론 관측자료는 일기예보, 농업정보 수집, 대기 구성요소 연구에 활용
- 산시성 기상청은 현재까지 드론관측소 4개소, 관측 및 비행 훈련용 소형 드론 시스템 8기, 드론 운영인력 9명을 보유하고 있으며, 향후 장기적인 관측실험 및 자료응용 연구 수행

#### ○ 중국 최초 무인항공기 활용한 드롭존데 태풍 관측 성공

- 태풍 신라쿠(Sinlaku)가 하이난에 상륙했을 때, 중국이 독자 개발한 UAV가 태풍의 구름시스템을 스캔
- UAV에서 투하한 30대의 존데로 수집한 태풍 주변 구름의 온도, 습도, 기압, 풍향 등 실시간 연직 프로파일 자료를 지상으로 전송
- 본 실험데이터는 태풍의 중심을 찾는 데 중요한 참고자료를 제공하여 태풍 궤도 및 강도 예측정확도 향상, 재난 대비 강화에 도움

### □ 해양 분야

#### ○ Jiuquan 위성발사센터는 해양환경 관측위성 HY-2C를 발사하여 해양 분야 감시 강화

- 기존 HY-2B와 후속 위성인 HY-2C가 네트워크를 통해 고정밀 해양환경 모니터링 수행

### □ 레이더·위성 분야

#### ○ 2019년, 중국 최초 민간 활용 광전송 3차원 지구관측위성인 Gaofen-7 발사

- 서브미터 수준의 정밀도를 보유하여 지상 측량, 지도화, 도시와 농촌 지역의 건설 분야에서 중요한 역할 수행

#### ○ 적외탐측기, 고성능 기상영상기, 번개 탐지기, 우주기상 탑재체 등을 적용하여 대기, 번개, 태양, 우주기상 감시 및 경고 기능 향상

- FY-4E/W 등의 기상위성에 태양 X-선 관측, 고에너지입자 유입 등 우주기상 관측용 센서 탑재 국제사회와 관측자료 미공유

#### ○ 북경 X-밴드 기상레이더 활용 인증 통과

- X-밴드 기상레이더 응용시스템(BJ-Xnet)은 초단기 예측과 조기경보 역량향상, 운영 중인 레이더의 관측공백 개선, 북경 지역의 3차원 감시자료 생산을 통해 기상서비스, 대류계 예측, 자료동화 업무 지원

- 본 시스템은 소규모 위험기상 감시 및 예측 능력을 효과적으로 높일 것으로 평가됨

#### ○ CMA, 세계 최대 기상레이더 감시망 구축

- 2022년, 236개의 차세대 S-밴드/C-밴드 레이더로 세계 최대 규모의 기상레이더 감시망 구축<sup>[15]</sup>

- CMA는 2022-2024년 기간 동안 4개 재난 현상(토네이도, 뇌우, 우박, 집중호우)을

대상으로 레이더 모니터링 실험 진행

## □ 빅데이터 · AI 분야

### ○ 레이더 · 드론 · AI를 활용한 위험기상 분석 기술 개발

- 2020년 SAR은 구름을 관통하여 홍수 지역의 재해피해를 직접 관찰하고 m 단위의 격자 해상도 관측 수행
- X-밴드 레이더는 7~8월 집중호우 예측과정에서 대류셀(Convection cell)을 4~6분 전에 파악해 예보관이 조기경보 발령 시간 확보에 도움
- 제3호 태풍 Sinlaku의 하이난 상륙 당시, 고층 관측 드론은 30대의 고층기상관측 장비를 투하하여 태풍 주변의 3차원 스캐닝을 시행
- CMA 공공기상서비스센터는 Baidu와 협력해 AI 조기경보 비디오 생성 툴 개발
- 해당 AI는 영상 작업시간을 줄이고, 조기경보 정보 제공 효과 향상

## □ 융복합 분야

### ○ 지상-해양-우주, 태풍 입체관측 성공적 수행

- CMA는 태풍 남카의 발생과 발달 과정을 관측하기 위해 남중국해 중북부 해안지역에서 10월 12일~14일 동안 인공위성, 항공기, 드론, 관측 차량을 활용한 지상-해양-우주 복합관측과학실험을 수행
- 태풍의 내부구조를 동시에 관측하기 위해 3대의 항공기를 구성하여 다양한 고도 및 지역에서의 고해상도 기상자료를 수집
- 태풍 상륙에 따른 폭풍우 과정 분석을 위해 드론을 활용한 관측을 수행하여 기온, 기압, 습도, 해수 온도, 염도 등 자료를 수집하고, FY-4와 Gaofen 계열 위성은 태풍 영향 지역을 집중관측

### ○ 위성 자료를 활용한 지표일사량 예측 시스템 개발

- 중국과학원 대기물리연구소(IAP), 하얼빈공과대학, 중국위성기상센터(NSMC) 연구진은 기존의 FY-4A 위성과 기상자료를 이용하여 지표일사량 나우캐스팅 시스템 개발<sup>[16]</sup>
- ※ 물리적 clear-sky 모델, 실증적 cloudy-sky 모델을 결합한 하이브리드 지표일사량 추정 방법 및 불특정합 알고리즘을 사용하여 구름 움직임 벡터 도출

## 2.2.6 기타 국가

### □ 지상 분야

- 슬로바키아의 기상솔루션 전문업체 MicroStep-MIS社は 카메라 기반의 우세시정과 전운량 및 운고를 관측하는 IMS4 REMOTE OBSERVER 개발
  - 카메라 영상 장애물(지형, 지물)의 거리 정보 등 데이터베이스를 활용하여 시정을 자동으로 산출
  - IMS4 AeroCloud 시스템은 가시 스펙트럼 및 적외선 카메라로 전체 하늘 이미지를 캡처하고 이미지 처리(하늘/회색 지수 보정 계산, 클러스터링, 분할)를 통해 자동화된 의사 결정을 수행
  - 전천 카메라 영상 처리 기법을 통해서 자동으로 전운량 산출
  - 야간에 구름 범위, 구름층 및 운고 관찰 가능

### □ 고층 분야

- 관측 품질 향상을 위한 국제민간항공기구(ICAO)의 자동관측정보 제공 승인(2007) 이후 해외 공항의 관측 자동화 전환 확대 추세
  - ※ 프랑스, 네덜란드, 뉴질랜드, 일본 등 목적 관측 요소 자동화를 통해 자동관측 시행
  - 독일 기상청(DWD)은 2014년부터 AutoMETAR 프로젝트를 추진하여 2022년 말까지 독일 내 국제공항에서 기상관측을 완전히 자동화하는 것을 목표로 AutoKON(대류), AutoCLD(구름), AutoPWX(현천) 하위 프로젝트를 운영[17]
  - 스위스 기상청(MeteoSwiss)은 24시간 AutoMETAR 서비스를 위해 구름 레이더, 윈드프로파일러, 라이다, 운고계, 온도 프로파일러, 카메라 등 다양한 장비를 설치[18]
- 유럽연합항공안전청(EASA), UAM 비행체를 전기수직이착륙항공기(eVTOL, electric Vertical Take Off and Landing)로 정의하고 감항인증을 위한 새로운 기준을 마련
- 유럽의 단일 공역 실현 및 안전한 항공교통 시스템을 위한 SESAR(Single European Sky ATM Research) 공동사업에서 U-space\* 청사진 제시('17)
  - ※ U-space: 유럽연합 영공 및 환경에서 쉬운 항공임무를 위해 설계된 프레임워크
  - UAM 비행 지원을 위한 U-space 서비스 및 솔루션이 통합된 초대형 실증 프로젝트 진행(영국, 독일, 프랑스 등 7개국 참여)
  - 프로젝트 이행 및 서비스 개선을 위한 신규 관측·예측 시스템 개발
  - ※ ATM 이해관계자를 위한 항공기상정보 가상 저장소인 4D Weather Cube 개념 제시
- 독일 기상청, AutoMETAR 프로젝트를 통해 항공기상관측보고를 완전 자동화하는 것을 목표로 추진 중
  - 관측 자동화 목표를 달성하기 위해 대류, 구름, 현재 일기 등 하위 프로젝트 운영

- 2022년 말까지 독일 내 국제공항의 기상관측을 자동화할 계획
- 지역 공항에 대하여 자동 항공기상관측보고를 단계별로 도입하기 위하여 3가지 단계로 나누어 추진

#### □ 위성 분야

##### ○ 유럽의 저궤도위성 GNSS-RO 수신기 탑재 위성개발

- 유럽기상위성기구(EUMETSAT)는 전파염폐(GNSS-RO) 수신기를 탑재한 저궤도위성 Sentinel-6 운영과 시리즈 위성개발을 시작함
- Sentinel-6A 위성은 2020년 발사하여 2021년부터 2027년까지 운영될 예정이며, Sentinel-6B 위성은 2025년에 발사될 예정
- GNSS-RO 자료의 굴절각(Bending angle) 및 굴절도(Refractivity) 정보기반의 대기 연직 온·습도 자료는 수치예보 모델 예보정확도 향상에 기여
- EUMETSAT은 이 GNSS-RO 관측자료를 이용하여 대기 연직 온·습도 정보뿐만 아니라, 이온층 연구, 행성 경계층 고도, 지오이드 등 연구에 활용

#### □ 융복합 분야

##### ○ 프랑스 기상청(Meteo France)은 레이더, 위성, 지상관측 등 다양한 관측망과 수치모델을 통합하여 위험기상 관측에 활용

- 기상레이더, 낙뢰 탐지 장비를 활용한 항공기에 기상 현상(TCU, CB, VCTS)을 공항관측(METAR)으로 제공

## 2.3 시사점

### □ 기술 동향 분석

#### ○ 국내외 기술 동향

- 기후변화 및 대형재난 대응을 위한 위험기상 감시 방법의 패러다임이 현장 중심의 이동관측, 능동관측, 입체관측으로 이동
- UAM, 농업 등 다양한 산업 분야의 미래 수요 맞춤형 기상관측 기술개발 추진
- 지상-해양-우주를 포함한 전 지구적 관측으로 기상관측의 공간적 범위 확장 및 층위 다양화

#### ○ 국내의 경우 선진국과의 기술격차 축소를 위해 패러다임 선도형 기술 R&D 전략 수립 필요

- 기상관측기술 분야 특허/논문의 양적 확대뿐 아니라 질적 성장 필요
- 관측장비 핵심기술 국산화 개발을 통해 국내 기술수준 향상 필요
- 기상관측 분야 업무체계 개선을 통한 예산 및 업무 효율화 추진 필요

### □ 추진 방향

- 항공기, 드론 등 첨단기상관측장비를 활용한 미래지향적 입체관측망 구축 필요
- 범부처 레이더 데이터 통합관리 및 보존 필요
- 후속 정지궤도 기상위성 개발기술 연구 필요
- 사물인터넷, UAM 등의 관련 기술개발과 데이터 표준 및 관리 기준 설계 필요
- AI 기반 관측자료 품질관리 방안 연구 필요

### 3. 국내외 산업 및 사회 동향

#### 3.1 국내 기상 분야 산업 및 사회 동향

##### □ 기상 분야 민간기업 현황

○ 기상사업자 등록 현황: 장비업 760, 서비스업 71 등

<표 24> 민간 기상사업자 등록 현황

구분	예보	예보/컨설팅	예보/장비	예보/컨설팅/장비	예보/감정/장비	예보/컨설팅/감정/장비	컨설팅	컨설팅/장비	감정	감정/장비	장비	합계
사업자 수	3	3	11	12	0	2	17	20	1	2	760	831

출처 : 기상청, 2022년도 기상업무 주요 통계, 2022

##### □ 국내 기상산업 동향

○ 최근 광역 관측기술, 원격 관측 등을 이용한 관측장비들이 개발

- 오늘날 기상관측은 단순히 목측 관측과 관측된 자료 수집뿐만 아니라 4차산업혁명 기술의 발전에 따라 관측방식 다양화 추세
- 여전히 기상장비에 대한 국내 시장 점유율은 미약하고 특정 장비는 국산화하지 못하여 국외 장비에 의존하는 실정이므로 국산화에 대한 투자 필요

○ (기상산업 지속 성장세) 국내 기상산업 매출액은 2019년 505,253 백만 원에서 2020년 608,448 백만 원으로 21.1% 증가, 국내 기상산업 산업체 수 14.7% 증가<sup>[19]</sup>



출처: 한국기상산업기술원(2021), 2020 기상산업 실태조사

[그림 6] 기상산업 부문 매출액

○ 국내 기상관측 관련 산업은 기상산업의 81.3%로 절반 이상을 차지하며 기상관측용 기기 및 장치 제조업의 매출액은 550억 6,500만 원으로 기상산업의 매출 중 11% 차지

- (관측 산업비중) 한국기상산업기술원이 실시한 기상산업 실태조사에 따르면 관측 관련 기상관측용 기기 및 장치 제조업 업종이 전체의 14.1%로 기상산업에서 2위에 해당
- ‘기상산업 분류체계’에 따르면, 기상관측 관련 산업에는 기상관측용 기기 및 장치 제조업(14.1%), 기타 기상측정기기 제조업(12.5%), 기상 교구 제조업(0.1%), 기상 기기·장치 및 관련 제품 수리·유지보수업(32.3%), 기상관측용 기기 및 장치 도매업(12.0%), 기상 관련 소프트웨어 개발 및 공급업(10.3%)이 포함



출처: 한국기상산업기술원, 기상산업 실태조사 결과보고서, 2020

[그림 7] 대표 업종별 분류

- (관측산업 전망) 위험기상의 신속한 예보 및 대응을 위한 초정밀 기상관측용 센서 등 관측장비의 필요성 부각으로 향후 관측장비 산업의 지속 성장 전망

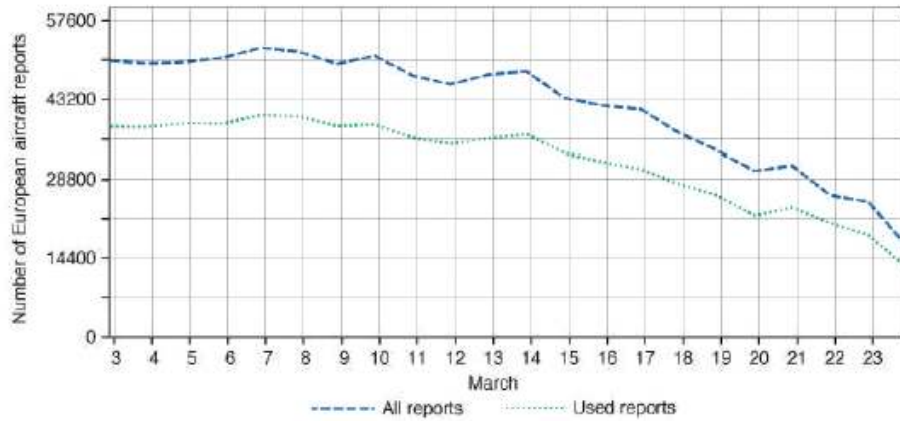
## □ 국내 사회 동향

○ COVID-19 팬데믹으로 인해 비행기 운항 수가 줄어들며 항공기 관측에도 영향을 미침

- 코로나로 인한 항공기 운항 감소로 '20년 4월 항공기 관측 데이터가 감소했다가 현재 증가하는 추세지만 예전 수준보다 훨씬 못 미치며 항공 데이터 증감 경향이 빠르게 변하여 데이터가 일정하지 못한 상황임<sup>[20]</sup>

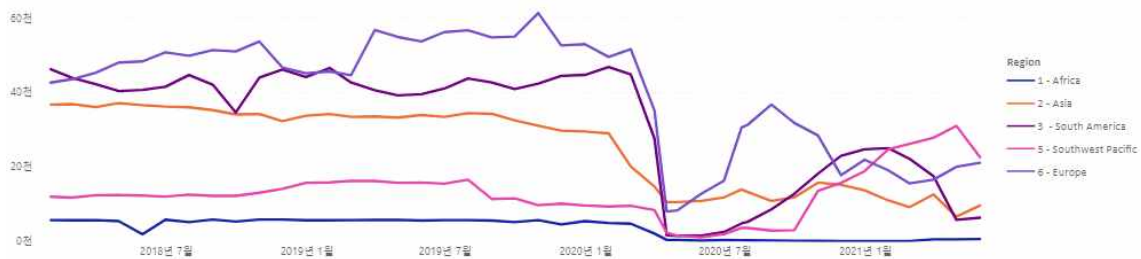
○ 국민은 기상청에 대한 신뢰도가 상대적으로 낮아 ‘기상 망명족’ 현상 대두

- 특히 '20년 여름 장기 전망 예측 실패와 오보로 인하여 노르웨이, 미국, 영국 등 해외 일기예보 사이트를 통해 우리나라 날씨를 확인하는 등 부정적인 태도 유지<sup>[21]</sup>



출처: 한국기상산업기술원, 2020년도 기상관측장비 동향조사 보고서, 2020

[그림 8] 항공기 관측 데이터의 감소



출처: WMO, <https://community.wmo.int/activity-areas/aircraft-based-observations/data/statistics>, (접속일자 : 2022년 06월 22일)

[그림 9] 항공기 관측 데이터 경향

## 3.2 국외 기상 분야 산업 및 사회 동향

### □ 국외 기상산업 현황

- (시장전망) 전 세계적인 기후변화에 따라 기상 수요 증가로 기상산업 분야의 지속 성장 전망
  - 기상예보 시스템 및 솔루션 시장: 25.1억 달러(2016) → 30.4억 달러(2019) → 46.3억 달러(2025)
  - 기상예보 서비스 시장: 13.3억 달러(2017) → 27.8억 달러(2023)
- (기상기업 동향) 신재생에너지 분야 사업 확대, 기상정보 기반 기업 맞춤형 서비스 제공이 두드러짐
  - Vaisala(핀란드) 환경 계측 분야 신사업 발굴 전략 설정
  - Accu Weather(미국) 기상예보·정보 기반 기업 컨설팅 제공
- (국가별 시장규모) 미국 약 8조 2,915억 원, 영국 약 1조 1,603억 원, 일본 약 4,089억 원이며, 국내는 약 5,023억 원 규모
  - 기업 수는 미국 351개, 일본 125개, 영국 38개, 국내 730개 규모



<표 25> 대표적 기상선진국 기상산업 규모 현황

구분	미국	일본	영국	한국
민간 시장규모	약 8조 2,915억 원 (2017년) <sup>[22]</sup>	약 4,089억 원* (2017년) <sup>[23]</sup>	약 1조 1,603억 원 (2017년) <sup>[24]</sup>	약 5,023억 원 (2020년 조사)
기업 수	351개 (2017년) <sup>[25]</sup>	125개 (2019년)	38개 (2018년) <sup>[26]</sup>	730개 (2020년)
기상청 예산	5조 4,138억 원 (2020년) <sup>[27]</sup>	6,500억 원 (2017년) <sup>[28]</sup>	3,791억 원** (2018년) <sup>[29]</sup>	3,909억 원 (2020년)

\* (일본) 기상예보업에 한함(일본에서 장비·컨설팅·감정업은 법으로 규정되지 않음)

\*\* (영국) 운영 수익 포함 시 약 4,199억 원

## □ 국외 사회 동향

- 기후변화 가속화와 사회적 여건 변화에 따라 재해로 인한 사회·경제적 손실 증가
  - 자연재해로 인한 직접적인 세계의 경제적 손실 및 물리적 피해는 2021년에 3,430억 달러로 추산되며, 지난 10년과 비교할 때 경제적 손실은 평균보다 4%, 중위수보다 15% 높음<sup>[30]</sup>
- 기후 위기를 극복하기 위한 지속 가능한 사회문화에 대한 시민사회의 관심 확대
  - 기업 차원에서는 탄소중립을 위한 ESG 경영문화와 RE100 캠페인 확산
  - 민간 차원에서는 친환경 제품에 대한 가치 소비(미닝 아웃) 경향이 지속 확대
- 에너지 안보에 따른 신재생에너지 비중 확대로 기상 상황에 따른 전력 발전량 및 수요 예측을 위한 기상정보 수요 확대
- 디지털 전환, 친환경 기조에 따른 신산업 확대로 산업 간 융·복합 현상이 지속 확대되고 있으며, 기상기후 데이터와 ICT 융합 데이터를 접목한 신규 비즈니스 확대
  - 건설 현장 및 항공 안전을 위한 위해 관리 서비스, 공공 기상 데이터 활용 확대, 지능형 신재생 발전 및 O&M 서비스, IoT 기반 스마트시티 및 항만물류 최적화 등 다양한 영역에서 고품질 기상정보에 대한 수요 확대 예상

### 3.3 시사점

- 국민의 삶의 질 향상과 안전 사회 실현을 위한 기반으로써 기상정보의 가치가 확대됨에 따라 신속하고 정확한 기상관측 정보생산과 활용체계 필요
  - 기후 변화에 따른 시민사회의 관심이 확대되고 있으며, 신뢰성 높은 관측자료, 기상정보의 제공이 필요함
  - 융복합 기상서비스를 중심으로 글로벌 기상산업이 지속 성장함에 따라 서비스 고도화를 위한 고품질·고부가가치 기상정보의 생산 및 활용체계 마련 시급
- 4차 산업혁명 기술 발전 및 기후 위기 극복을 위한 기상산업 경쟁 가속화 전망
  - 국내 기술경쟁력 확보를 위한 핵심기술 국산화 및 연구개발 지원을 통해 세계 시장 선점 필요
  - 신재생에너지 발전량 수요 예측을 위한 기상정보 및 산업별 맞춤형 기상정보 제공을 위한 대응 필요

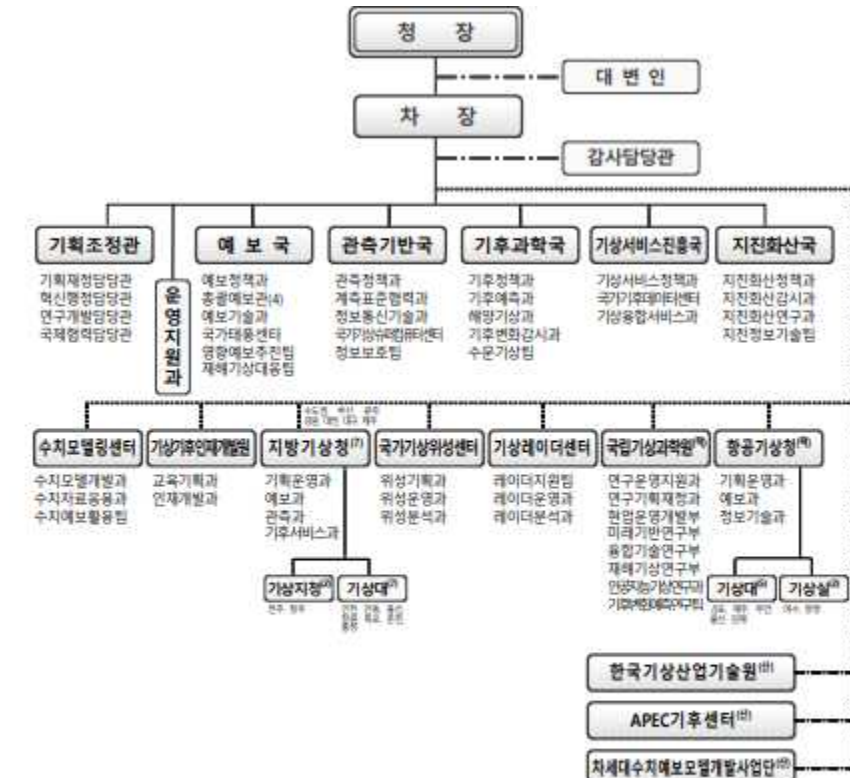
## 4. 국내외 기상청 조직·운영체계

### 4.1. 국내 기상관측 관련 조직 운영체계

#### 4.1.1 기상청

##### □ 기상청 관측기반국 조직 구성

- 기상청 내부 조직도는 다음과 같으며, 기상청 관측기반국은 관측정책과, 계측표준협력과, 정보통신기술과, 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 정보보호팀으로 구성되어 있음



☞ 책: 책임운영기관, 산: 산하기관, (숫자): 기관수

- 본부: 차장, 6국, 28과, 5팀
- 소속: 수치모델링센터, 기상기후인재개발원, 7지방기상청, 국가기상위성센터, 기상레이더센터, 국립기상과학원, 항공기상청
- 산하: 한국기상산업기술원, APEC기후센터, 차세대수치예보모델개발사업단

출처 : 기상청, 2022년도 성과관리 시행계획, 2022

[그림 10] 기상청 조직도

- 관측기반국의 업무체계는 ‘기상청과 그 소속기관 직제 시행규칙’에 따라 다음과 같이 분류

<표 26> 관측기반국 업무체계

추진성과	내용
관측정책과	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측에 관한 정책과 기본계획의 수립·종합·조정</li> <li>▪ 기상관측 기술 관련 제도의 개선</li> <li>▪ 기상관측 기술업무의 지도·점검 및 평가에 관한 사항</li> <li>▪ 민간 및 유관 기관과의 기상관측자료 공동활용·협력에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측(지진관측은 제외한다) 기술기준 설정에 관한 사항</li> <li>▪ 국가기상관측망의 구성·운영 및 조정</li> <li>▪ 기상관측 방법의 설정·변경에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측업무 종사자의 기준에 관한 사항</li> <li>▪ 최적 기상관측환경의 확보·유지에 관한 사항</li> <li>▪ 청 내 기상측기의 유지·관리에 관한 사항</li> <li>▪ 관측 분야 연구개발 사업에 관한 대내외 기관과의 협의·조정</li> <li>▪ 해양기상관측망의 구성</li> <li>▪ 관측지원선박에 관한 사항</li> <li>▪ 해양기상관측선의 도입에 관한 사항</li> <li>▪ 그 밖에 국내 다른 과 및 센터의 주관에 속하지 아니하는 사항</li> </ul>
계측표준협력과	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상장비 도입에 관한 계획의 종합·심의·조정·평가 및 제도개선</li> <li>▪ 기상기자재 수급 조정 및 관리에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측장비의 기술표준규격 제·개정 및 대상 선정·심의·조정</li> <li>▪ 기상측기 기술개발 전략 및 지원정책의 수립</li> <li>▪ 기상측기의 검·교정업무에 관한 사항</li> <li>▪ 「기상관측표준화법」에 따른 기상측기 검정대행기관의 관리 및 기술지원</li> <li>▪ 청내 기준기의 정밀도 유지 및 관리</li> <li>▪ 기상관측표준화 정책의 수립·조정 및 운영에 관한 사항</li> <li>▪ 「기상관측표준화법」의 개정에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측자료의 표준화와 품질관리에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측시설의 조정·협의·등급부여 및 지원 등에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측자료의 정확도 확보를 위한 지원에 관한 사항</li> <li>▪ 기상관측표준화위원회 및 실무위원회의 운영에 관한 사항</li> </ul>
정보통신기술과	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 청내 정보화(기상 및 행정)에 관한 정책 및 기본계획의 수립·종합·조정</li> <li>▪ 청내 기상통신 및 전산운영에 관한 정책 및 기본계획의 수립·종합·조정</li> <li>▪ 청내 정보자원 관리 정책 및 기본계획의 수립·종합·조정</li> <li>▪ 청내 정보화사업 계획의 수립·조정 및 평가</li> <li>▪ 청내 정보시스템 통합 운영 정책의 수립 및 조정</li> <li>▪ 청내 사무자동화 추진 및 정보화 기술 도입</li> <li>▪ 기상청 정보화 관련 국내외 협력에 관한 사항</li> <li>▪ 기상청 홈페이지의 운영정책 수립 및 조정</li> <li>▪ 기상청 정보시스템의 통합 운영 및 관리</li> <li>▪ 기상통신시스템의 구축·운영 및 관리</li> <li>▪ 청내 정보자원관리시스템의 구축·운영 및 관리</li> <li>▪ 국내외 기상자료의 수집·분배·처리 및 교환</li> <li>▪ 기상정보 데이터베이스의 구축·운영 및 관리</li> <li>▪ 청내 정보통신시스템에 관한 사항</li> <li>▪ 기상청 홈페이지 구축·운영 및 관리</li> <li>▪ 기상청 정보통신센터의 운영 및 관리</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측장비의 관리를 위한 전산시스템 구축·운영 및 관리에 관한 사항</li> <li>▪ 그 밖에 청내 다른 부서의 주관에 속하지 아니하는 정보화 관련 업무</li> </ul>
국가기상슈퍼컴퓨터센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상용 슈퍼컴퓨터의 도입 및 운영에 관한 정책 및 기본계획의 수립·종합·조정</li> <li>▪ 기상용 슈퍼컴퓨터와 부대 시스템의 운영 및 관리</li> <li>▪ 기상용 슈퍼컴퓨터 자원 및 사용자 관리</li> <li>▪ 슈퍼컴퓨터 관련 신기술 도입·적용 및 국내외 협력</li> <li>▪ 국가기상슈퍼컴퓨터센터의 운영 및 관리</li> </ul>
정보보안팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 정보보안 및 개인정보 보호에 관한 정책 수립·운영 및 평가</li> <li>▪ 정보보안 및 개인정보 보호에 관한 교육 및 지도·점검</li> <li>▪ 기상분야 사이버안전센터 운영·관리</li> <li>▪ 기상청 주요정보통신기반시설의 보호 및 관리</li> <li>▪ 정보보호시스템 구축·운영 및 관리</li> <li>▪ 정보화사업 보안성 검토 및 보안 적합성 검증</li> <li>▪ 정보보안 및 개인정보 보호에 관한 유관 기관과의 협력</li> <li>▪ 사이버 침해 예방·대응 및 위기 대응 훈련</li> <li>▪ 정보시스템 보안취약점 점검 및 관리</li> </ul>

출처: 기상청, 기상청과 그 소속기관 직제 시행규칙(환경부령 제 989호)

## □ 관측기반국 주요 업무 추진성과 및 계획

○ 2020년 관측기반국의 주요 업무 추진성과는 다음의 표와 같이 요약

<표 27> 2020년 관측기반국 주요 업무 추진성과

추진성과		내용
1. 국민 안전을 뒷받침하는 관측 사각지대 해소 및 목표관측 강화	1-1. 촘촘한 기상관측망 구축과 운영 최적화로 상세 기상정보 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 핵심 기상관측망 확충으로 상세 기상자료 제공 및 예·특보 생산 지원</li> <li>▪ 이동형 기상관측장비를 적극 활용하여 재난대응 현장 기상정보 지원</li> <li>▪ 관측장비 운영환경 개선으로 결측 최소화 및 자료 수집 확대</li> </ul>
	1-2. 기상장비 성능검증 및 시험 인프라 구축으로 관측자료 신뢰성 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 「기상 지진장비 인증센터」 신축 부지확보로 국가인증 기반 마련</li> <li>▪ 「기상 지진장비 형식승인 체계 구축 기본계획 수립과 기술기준」 마련으로 형식승인 제도의 안착을 위한 기틀 확립</li> <li>▪ 기상장비 성능 및 관측환경 개선을 위한 온·습도 비교 관측 실시</li> </ul>
2. 기상정보 전달체계 개편으로 편리하고 정밀한 기상정보 제공	2-1. 기상정보 전달체계 개편으로 대내외 기상서비스 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상정보 전달체계 날씨누리 알리미를 개편하여 변동성이 큰 위험기상 정보를 국민에게 적시에 효과적으로 전달</li> </ul>
3. 정보자원의 개선으로 신속하고 안정적인 기상서비스 환경 구현	3-1. 정보자원 개선으로 편리하고 안정적인 기상서비스 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 클라우드 기술을 활용한 안정적인 정보통신 인프라 운영 및 청내 정보화 업무 지원 강화</li> <li>▪ 슈퍼컴퓨터 5호기 초기분 서비스 개시 및 4호기 병행 운영으로 기상 기후 수치예측모델 운영 안정성 확보</li> <li>▪ 사이버 침해사고 예방 활동 강화로 '20년도 공공분야 사이버 공격 대응훈련 결과 최상위 등급(A등급) 취득</li> </ul>

○ 2021년 관측기반국 주요 업무 추진전략 및 계획은 다음과 같음

2021년도 정책추진 목표		
관측·정보 역량 집중으로 국민편익에 충실한 기상서비스 제공		
추진전략	세부 추진계획	정책연계성
가. 틈새없는 기상감시를 위한 기상관측망의 체계적 운영	<ol style="list-style-type: none"> <li>상세 기상정보 제공을 위한 핵심 기상관측망 구축</li> <li>믿고 쓰는 기상정보 생산을 위한 기상관측시설 표준화 및 품질 개선</li> </ol>	국정과제 55-6 국정과제 56-4 3차 기본계획 1-2-1, 1-2-3
나. 관측정확도 향상을 위한 기상장비 성능검증 인프라 개편	<ol style="list-style-type: none"> <li>정확한 관측정보 제공과 국산장비 해외 진출 지원을 위한 형식승인 제도 시행</li> <li>형식승인 제도의 안착을 위한 전담 인증센터 설립</li> <li>기상장비 도입·운영의 공정성·객관성 확보를 위한 제도 개선</li> </ol>	3차 기본계획 1-2-4, 5-1-1 3-2-4 기상산업 기본계획
다. 모바일시대 맞춤형 기상정보 전달을 위한 유통체계 전환	<ol style="list-style-type: none"> <li>모바일시대에 요구되는 국민 생활 밀착형 기상정보 전달체계 구현</li> <li>지능정보기술을 활용한 청내 기상업무 지원 강화</li> <li>다양한 국내외 기상자료 수집확대 및 공유체계 확립</li> </ol>	3차 기본계획 5-1-2, 2-2-3, 3-1-1, 5-2-2 기상정보화 기본계획
라. 안정적인 기상서비스 지원을 위한 정보자원의 효율적 관리	<ol style="list-style-type: none"> <li>슈퍼컴퓨터 5호기 도입으로 상세 기상정보 생산 역량 강화</li> <li>무중단 기상정보서비스를 뒷받침하는 안정적인 정보인프라 운영</li> <li>사이버침해로부터 안전한 업무지원 체계 구현</li> </ol>	3차 기본계획 2-2-1, 5-1-2 기상정보화 기본계획

출처 : 기상청, 2021년도 주요업무 추진계획(관측기반국), 2021

[그림 11] 2021년 관측기반국 주요 업무 추진전략 및 계획

4.1.2. 지방기상청

□ 지방청 주요 업무

○ 협업체계

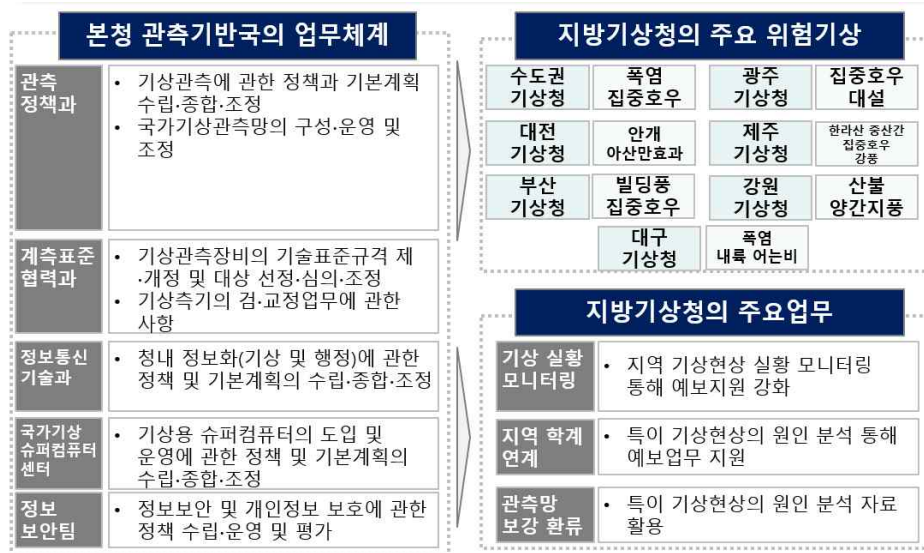
- (관측 현업) 지역 기상 현상 실황 모니터링 등 실효적인 예보지원 강화
- (상일 근무) 사후 심층분석 및 지역 학·연 연계 관측분석 프로그램 운영
- (본청) 분석업무 종합 조정·지도, 관측·분석 프로그램 기획 및 예산 확보 등

○ (관측·분석 프로그램) 지역 학계 등과 연계, 특히 기상 현상의 원인 분석을 통한 예보업무 지원 ⇔ 관측망 보강 등에 환류 자료로 활용

○ (지역별 특화 집중관측) 지형적 영향, 지역적 특성에 따라 발생 빈도가 높고 그 피해 정도가 심한 위험기상 및 집중관측지역을 선정하여 기상요소를 입체적이고 시공간적으로 조밀한 관측 수행

○ 위험기상 및 집중관측 지역

- 수도권(해무): 안개관측장비(시정계, CCTV) 및 운고계 설치, 기상관측차량 특별관측, GNSS 활용(기상청+유관 기관)하여 해무 관측
- 부산(초고층빌딩풍): 빌딩 주변 윈드라이다 운영(탐지거리 40~200m), 기상관측차량 특별관측, 이동형 AWS 설치하여 기상정보 생산을 통해 빌딩풍 분석
- 광주(태풍): 남해안 도서지역 AWS 운영, 남해안 고층기상기상관측망 설치(연직바람관측장비/고고도), 기상관측차량 특별관측을 통해 태풍 집중관측
- 강원(동풍·대설): 강원영동 공동 입체기상관측(' 19. /학·연·관·군 14개 기관 참여)
  - ※ 관측방안: 고해상도(4km × 4km) 지상 기상관측망 구축·활용
  - ※ 관측장비: 기상 항공기, 기상관측선, 레원존데, 윈드라이다, 연직바람관측장비(고고도) 등
- 대전(대설): 이동형 소형레이더, 윈드라이다 및 기상관측차량 특별관측을 통해 대설 집중관측
- 대구(폭염): 2x2km 수평 고분해능 기온 관측망 구축(대구광역시 협업), 기상관측차량 특별관측을 통해 폭염 집중관측
  - ※ 대구청: 스마트센서(기온, 습도) 500개소
  - ※ 대구광역시: 스마트그늘막(기온센서) 161개소, 도심대기질 측정망
  - ※ 대구시 보건환경연구원: 대기오염측정망(17개소)
- 제주(안개): 안개 집중관측망 구축(제주도청 3대 포함) 및 기상청↔제주도 안개집중감시 시스템 구축
- 전주(우박): CCTV 서리 관측, 기상관측차량 특별관측을 통해 우박 집중관측
- 청주(호우): 관측공백 지역 AWS 설치, 기상관측차량 특별관측을 통해 호우 집중관측



출처 : 저자 작성

[그림 12] 본청-지방청 업무체계

## □ 기상위성센터

- (독자 위성 운영) 세계 7번째 정지궤도 기상위성 보유국이며, 천리안위성 1호, 2A호 발사 성공으로 기상위성 개발 및 독자 운영 역량 확보
  - 천리안위성 2A호 24시간 무중단 운영과 영상의 실시간 서비스 및 품질개선, 10분 간격으로 전 지구 영역, 2분 간격으로 한반도 및 동아시아 영역의 기상 실황 감시, 한반도 상공 우주기상 감시 등 기상서비스 제공
  - ※ (대국민 서비스 강화) 천리안위성 2A호 영상처리속도(동아시아 영역)를 12분에서 6분으로 단축하고 수요자 맞춤형 유비쿼터스형 기상위성 정보 유통 및 활용기반 마련
  - ※ (우주기상 관측) 태양 고에너지입자, 지구자기장, 위성대전량 관측 등 우주 위험기상을 실시간 관측하고 국가 우주자산(위성, 통신, 항법 등) 보호 및 안정적 운영체계 구축
  - 천리안위성 2A호 운영으로 20년 이상의 기상정보 데이터 확보가 기대
  - ※ AI, 기계학습 등 신기술 도입을 위해서는 충분한 양의 DB 확보가 선결과제
  
- (서비스) 아시아태평양 지역 위성방송서비스, 기상청과 국가기상위성센터 홈페이지 자료 제공, 군 작전 기상지원, 15개 관계기관, 12개 산업체, 방송 3사 및 15개 해외기관 실시간 서비스
  - 천리안위성 2A호 기반 위험기상(집중호우) 조기탐지 정확도 향상 및 집중호우 동반 대류운 분석기술개발과 기상예보 지원
  - ※ 천리안위성 2A호 활용한 2분 간격으로 추적관측 및 일본·미국·중국보다 더 정확한 태풍 분석정보 제공으로 한반도를 통과하는 태풍피해로부터 국민의 생명과 재산피해를 최소화
  - ※ 천리안위성 2A호 관측자료를 활용하여 호주 산불, 경북·전남 산불 등 국내외 산불탐지·분석을 수행, 산불재난 대응력을 강화하고 피해를 최소화
  
- (연구역량) 천리안위성 2A호 지상 시스템 독자 개발, 기상탐재체 해외 협력 개발
  - 센터 내 기술 개발 전담 조직 부재\*, 국내 학계의 연구역량 강화 필요
  - \* 천리안위성 2A호 현업화 완료로 차세대 위성개발팀 폐지(2021.8.)
  - 이해관계자의 수요 충족, 인공지능, 클라우드 등 데이터 서비스 관련 신기술 및 시스템 개발을 위한 인력과 예산 확대 필요
  - ※ 예산 최근 3년 연평균 40% 감소, 기상청 총 예산 대비 비중: ('16) 20.3% → ('20) 4.6%
  - ※ (사업) 기상위성 운영 및 활용기술 개발사업, 기상위성 자료 현업 지원기술 개발사업
  
- (국제협력) 기상위성 보유국과의 자료 공유 협조체계 구축, 동남아시아 등 개도국 시장진출
  - (정보수집) 천리안위성 2A호 데이터 외 국외 기관과 협력하여, 정지·저궤도 위성정보 직간접 수신



- ※ (안테나 직수신) 정지궤도위성(일본 Himawari-8, 중국 FY-2H), 저궤도위성(미국 Terra, Aqua, NOAA-18/19/20, Suomi-NPP, 유럽 MetOp-A/B/C)
- ※ (지상망 FTP) 정지궤도위성(미국 GOES-16/17, 유럽 Meteosat-8/11, 중국 FY-4A), 저궤도위성(FY-3C/D, DMSP, GPM, GCOM-W1 등)
- (위성 서비스) 동남아 국가에 대한 위성정보 서비스 제공 및 수신 시스템 수출
- ※ 천리안위성 2A호 필리핀 및 인도네시아 화산분화 탐지, 호주 산불탐지 등 위성정보 제공
- ※ 공적개발원조(ODA) 캄보디아와 방글라데시에 천리안위성 2A호 수신 분석시스템 구축, 라오스에는 태풍 감시/예측 통합플랫폼 구축
- (기술 개발) 유럽 및 미국과의 기술협력을 통한 기술력 제고, 아·태 지역과의 기술협력은 상대적으로 낮은 편
- ※ 유럽기상위성센터, 미국 등과의 기술교류 및 단기연수를 활용한 기상청 알고리즘 개발 기술력 확보(대기운동벡터, 구름탐지 등)

○ (국내 기반) 대내외 관계기관과의 연구 협력 및 공조를 통해 위성정보 융합·통합 기반 조성, 레이더 및 지상 등 타 관측자료와의 융합 확대의 지속적 노력 필요

- 천리안위성 2B호 발사 후 해양위성센터, 환경위성센터 간 업무협약 체결, 관측자료 공동 활용 및 융복합 연구 협력
- 우주기상 관계기관(과학기술정보통신부, 공군, 항공우주연구원, 천문연구원 등)과의 관측자료 공동 활용 및 협력 강화, 우주기상 산출물의 미국, 유럽 연합, 호주 등 국외 실시간 서비스 체계구축

#### □ 본청과 지방기상청 간의 조직 운영체계에 대한 시사점

- ⊖ 기상청은 관측기반국을 관측정책과, 계측표준협력과, 정보통신기술과, 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 정보보호팀으로 구성하여 관측 관련 정책부서로서의 역할 수행
- 지방청은 지역 특화 기상관측을 수행해야 하며, 기상청과 긴밀한 연계 및 협력을 할 수 있도록 적합한 운영체계 수립 필요
  - 최적의 관측망 구축 전략 수립을 위하여 지방기상청 관측과와 기상청 관측정책과 긴밀한 연계 운영체계 수립 필요
  - 지역 특화 기상관측 시스템의 공유를 통한 전국 위험기상 대응력 제고 기반 조성
  - 관측정보 역량 집중을 위해서는 지역 특화 위험기상 관측역량 개선 강화 필요
  - 관측 관련 전담 인력의 지속적인 역량 강화 필요
  - 지역대학, 공공기관, 연구기관의 협업을 통한 동반성장 도모
  - 연구개발실무검토회의에 지방기상청의 관측과의 실무진 참여 기회 확대 필요

### 4.1.3. 국립기상과학원 · 한국기상산업기술원 역할 및 정책부서와의 연계성

#### □ 국립기상과학원 역할

○ (인프라) 기상관측장비 연구 및 실험시설 내 연구실험 장비 구축 및 운영

- 실내 기준 실험장비 도입 및 운영기반 구축(2021~2025)

※ ('21) 온습도 시험장비(3조) → ('22) 전파 및 광학장비(4조) → ('23) 통신 및 계측장비(5조)

- 시정계 관측 정확도 향상을 위한 교정 기준 장비 운영(2022~)

○ (관측) 관측연구부에 기상 항공기 운영센터, 기상관측선 운영센터를 두어 부서별 업무분장체계 수립

<표 28> 국립기상과학원 관측연구부 업무 내용

업무	내용
전체	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측에 관한 연구</li> <li>▪ 표준기상관측소(고창·보성·추풍령)의 운영 및 그 활용에 관한 연구</li> <li>▪ 관측장비의 시험운영 및 시험운영 효과의 분석에 관한 연구</li> <li>▪ 현업 기상관측장비의 성능개선에 관한 연구</li> <li>▪ 기상 항공기의 운영계획 수립 및 기상 항공기의 운영·관리</li> <li>▪ 기상 항공기와 그 관측자료의 활용에 관한 연구</li> <li>▪ 기상관측선의 운영계획 수립 및 그 활용성과 분석</li> <li>▪ 기상관측선의 운영·관리</li> <li>▪ 관측연구부에 속하는 국가연구개발사업의 추진 전략 수립</li> </ul>
관측기술개발 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측장비·기술 개발 및 활용에 관한 연구</li> <li>▪ 기상관측정책 지원에 필요한 조사 및 연구</li> <li>▪ 현업 기상관측장비의 시험 운영 및 성능 개선에 관한 연구</li> <li>▪ 표준기상관측소(고창·보성·추풍령) 운영·관리 및 그 활용에 관한 연구</li> <li>▪ 기상관측장비 연구 및 실험 시설의 실험장비 운영·관리 및 그 활용에 관한 연구</li> <li>▪ 관측분야 국내외 협력(관측자료 활용, 교환, 제공을 포함)</li> </ul>
해양기상관측 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 해양기상 관측기술 개선 연구</li> <li>▪ 해양기상 관측자료 품질관리기법 개발</li> <li>▪ 해양기상 관측자료 활용기술 및 그 검증기법 개발</li> <li>▪ 한반도 주변 해역 해양기상 감시 및 변동성 분석 연구</li> <li>▪ 전지구해양관측 공동연구 참여 및 지역자료센터 운영·관리</li> </ul>
기상 항공기 운영센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상 항공기 운항계획 수립 및 운항관리</li> <li>▪ 기상 항공기 운영, 정비 및 관측장비 유지관리</li> <li>▪ 기상 항공기 관련 예산·법무 관리 및 운영위원회 구성·운영</li> <li>▪ 기상 항공기 관측자료 수집·처리·유통 및 품질관리</li> <li>▪ 기상 항공기 관측자료 분석 및 현업활용 기술 개발</li> <li>▪ 기상 항공기 활용기술 개발 및 활용분야 확대에 관한 연구</li> <li>▪ 기상 항공기 활용 국내외 협력(관측자료 활용, 교환, 제공을 포함)</li> </ul>
기상관측선 운영센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측선 운항계획 수립 및 운영성과보고서 작성</li> <li>▪ 기상관측선 예산 계획 및 집행</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측선 해양기상관측 업무</li> <li>▪ 기상관측선 대항역무 사업 관리</li> <li>▪ 기상관측선 국유재산 및 물품 관리</li> <li>▪ 기상관측선 활용 국내외 협력</li> </ul>
전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 관측연구부에 속하는 국가연구개발사업의 추진 전략 수립</li> </ul>

출처 : 국립기상과학원, 국립기상과학원 기본 운영 규정(국립기상과학원 훈령 제107호), 2022.5.1.  
국립기상과학원, 국립기상과학원 사무분장 규정(국립기상과학원 훈령 제108호), 2022.5.16.

○ (분석) 현업관측장비 운영 및 활용기술 개발

- AI 및 통계기법 기반 시정현천계 기반 현천 자동화 기술 개발(2019~2021)
- 지상 기반 라디오미터 수치모델 기반 자료 활용기술 개발(2021~2025)
- 라디오존데 하강 자료 수신 이중화 기술 개발(2021~2023)

○ (분석) 관측자료 수동품질관리 업무체계 개선

- 전도형 강수량계 히터 운영기준 마련 및 강우감지기 성능 개선(2021~2024)
- 차광통·소형백엽상 운영기준 도출 및 데이터로거 현장 품질 알고리즘 원형 개발(2021~2025)
- (분석) 현업기상관측장비(16종)에 대한 형식승인 기술기준절차 진단 및 평가(2020~2025)
- ※ 대상: 전자식 온도계, 습도계, 기압계, 무게식강수량계, 데이터로거, 증발계, 전자식 및 초음파식 풍향풍속계, 일사계, 일조계, 적설계, 라디오존데, 시정계, 운고계, 파고계, 파향계

○ (서비스) 표준기상관측소 운영 및 종합기상탑 기반 고품질 자료 생산체계 구축

- 표준기상관측소(보성, 고창, 추풍령) 및 WMO Lead Centre/Testbed 역할 수행
- ※ WMO Lead Centre/Testbed → Measurement Lead Centre(MLC) 변경 예정

□ 한국기상산업기술원 역할

○ (관측지원) 관측지원본부를 통해 관련 사업 기획, 표준 인증 등 업무 추진

○ (R&D) 기상기후 R&D를 통해 분야별 미래에 필요한 기상기술 개발 지원

- “기상·지진 See-At 기술개발” 의 ‘기상관측기술’ 관련 위험기상 감시 능력 향상 및 기상재해 피해 최소화를 위한 관측기술, 관측자료 품질 고도화, 분석 기술 등 기술 개발 지원
- “기상관측장비 핵심기술 및 관측자료 활용기법 개발” 을 통한 ‘기상관측장비 형식승인 시험절차 표준기술 개발’, ‘기상관측장비 국산화기술 개발’ 사업 수행 지원

○ (인력양성 및 교육) 전문가 양성 및 개발도상국의 기상기술 전수를 위해 교육 실시

- “기상 분야 융·복합 인재 양성 프로그램” 을 통해 4차산업 연계 빅데이터, AI 등 기상·기후 정보 이해 활용 교육 시행
  - “국제교육훈련 프로그램” 을 통해 개발도상국 기상 전문가들에 실무 중심 교육과정 운영
  - “기상장비·제조업분야 전문인력 양성과정” 을 통해 민간자격(기상장비관리사) 연계 기상장비특화과정 운영
- (표준 및 검정·인증) 기상·태양에너지 분야 표준개발협력기관(COSD) 및 간사기관으로 표준 수요조사, 로드맵 및 계획 작성, 국가표준(KS) 관리 업무 등 수행
- (기상서비스) 기상사업자에게 기상정보를 제공하여 국가기상 관측망 및 기상기후 빅데이터 사업 수행
- 기상정보는 기상관측자료, 국지기상관측자료, 항공기상자료, 수치자료, 위성자료, 레이더자료, 낙뢰자료 등을 실시간으로 제공
  - 기상사업자가 한국기상산업기술원에 기상정보제공 서비스를 신청하면 한국기상산업기술원에서 검토 후 기상정보를 제공하고, ‘기상정보 종류’ 목록 외 신규자료 요청 시 기상청에서 제공가능 여부를 검토한 후 결과에 따라 기상정보 제공



출처: 한국기상산업기술원 홈페이지,  
[https://www.kmiti.or.kr/usr/com/prm/ContentView.do?cId=PRGM\\_00000000000012&menuNo=2006&upperMenuId=2](https://www.kmiti.or.kr/usr/com/prm/ContentView.do?cId=PRGM_00000000000012&menuNo=2006&upperMenuId=2)

[그림 13] 기상정보 제공 절차



출처: 한국기상산업기술원 홈페이지,  
[https://www.kmiti.or.kr/usr/com/prm/ContentView.do?cId=PRGM\\_00000000000012&menuNo=2006&upperMenuId=2](https://www.kmiti.or.kr/usr/com/prm/ContentView.do?cId=PRGM_00000000000012&menuNo=2006&upperMenuId=2)

[그림 14] 기상정보 신청 절차

□ 기상청-국립기상과학원-한국기상산업기술원의 역할 연계

- 국립기상과학원에서는 지상관측 및 기상 항공기, 기상관측차량을 통해 관측 공백 지역을 최소화하고 표준기상관측 및 활용연구, 재해 기상감시·분석·예측 기술개발 및 활용연구, 기상 항공기 활용기술 개발연구를 수행하는 등 정확한 관측을 위한 연구 수행
  - 국내 유일한 기상관측탑인 보성 종합기상탑을 통해 대기경계층에 대한 연직기상관측을 수행하며 중규모 위험기상 현상에 대한 감시·분석 관측체계 구축
  - 재해기상연구센터에서는 장마, 호우, 태풍 등 기상재해에 대해 집중감시 분석을 하여 기상청의 예보업무 지원 및 재해 기상 매커니즘 분석, 고해상도 수치모델 시스템 실용화 수행
  - 또한, 기상 항공기 운영을 통해 위험기상 선행관측, 환경기상 감시, 온실가스 감시, 구름물리·기상조절 관측기법 개발 등 기상 현상별 항공관측 기술 개발
  - 국립기상과학원에서는 관측 데이터를 연구자료로 제공하며 제공하는 데이터 목록은 아래 표와 같음

<표 29> 국립기상과학원 연구자료 제공목록

데이터	비고
고층관측 데이터	보성표준기상관측소의 보성표준기상관측소의 운고계 (CL31-1,CL31-2,CL51-1,CL51-2) 관측장비를 통한 관측한 운저, 운량, 경계층고도 자료를 제공
지상관측 데이터	보성표준기상관측소의 전천카메라, 광학강우강도계를 통해 관측한 하늘상태이미지, 강우율(mm/hr), 누적강우율(mm) 자료를 제공
종합기상탑 데이터	종합기상탑 관측장비(5628 PRT, PT100, HMP155, UAD-2D, 05103-4, UAD-3D)를 통해 관측한 1분평균 기온, 습도, 풍향, 풍속 자료를 제공
온실가스 측정 데이터	고산, 안면도, 울릉도 기후변화감시소를 통해 측정한 온실가스 - 이산화탄소(CO <sub>2</sub> ), 메탄(CH <sub>4</sub> ), 염화불화탄소11 (CFC11), 염화불화탄소12(CFC12), 염화불화탄소113(CFC113), 육불화황(SF <sub>6</sub> ) - 에 대해 일·월·년 별 배경대기농도 평균값을 제공
자외선 관측 데이터	고산, 안면도, 울릉도 기후변화감시소를 통해 측정한 일누적 자외선A와 흥반가중합수가 적용된 일최대 자외선B 자료를 일·월·연별로 제공
반응가스 관측 데이터	고산,안면도 기후변화감시소를 통해 측정한 반응가스-일산화탄소(CO), 오존(O <sub>3</sub> ), 이산화황(SO <sub>2</sub> ), 질소산화물(NO <sub>x</sub> )-에 대해 일·월·년 별 농도값을 제공
에어로졸 관측 데이터	고산, 안면도 기후변화감시소에서 측정한 일·월·년 별 에어로졸 자료-입자크기별 수농도, 응결핵수농도, 광흡수계수, 광산란계수, PM10 이온성분-를 제공
성층권오존 관측 데이터	고산,안면도 기후변화감시소에서 관측되는 일·월·년 별 평균 오존전량 값과, 포항 관측소에서 일주일에 한 번씩 관측되는 연직

	오존 값을 제공
대기복사 관측 데이터	안면도 기후변화감시소에서 직달일사, 산란일사, 전천일사(태양하향복사), 태양상향복사, 지구하향복사, 태양상향복사, 순복사 총 7개 성분을, 고산 기후변화 감시소에서 직달일사, 산란일사, 전천일사(태양하향복사) 3개 성분을 관측하여 일·월 별로 제공
수층별 수온, 염분 데이터	해양물리현상관측의 일환으로 기상1호 선박의 자기수온염분수심기록계(CTD)를 통해 격월로 관측된 수층별 수온, 염분 자료를 제공

출처: 국립기상과학원 홈페이지, [http://www.nims.go.kr/?sub\\_num=1124](http://www.nims.go.kr/?sub_num=1124)

- 한국기상산업기술원은 기상청 산하 공공기관으로 기상산업의 진흥·발전을 위해 기상사업자에게 기상정보제공, 국가 기상 관측망 운영 등의 업무 수행
  - 한국기상산업기술원은 기상관측장비(지상·해양) 구매사업 계약 및 관리, 기상관측 표준화 시설 등급 상향 등 기상 관측 환경 개선, 해양기상관측기지(격렬비도, 덕적도) 운영 등을 수행하여 국가 기상예보 기초자료 생성에 기여
  - 또한, 지자체·정부·공공기관 간 협업을 통해 기상관측장비 도입 및 운영 지원, 지자체나 관계기관에서 운영 중인 기상관측 및 방재시스템 품질관리 컨설팅, 기상관측장비 유지관리 기술 전수 등 지자체·관계기관에 기술 지원

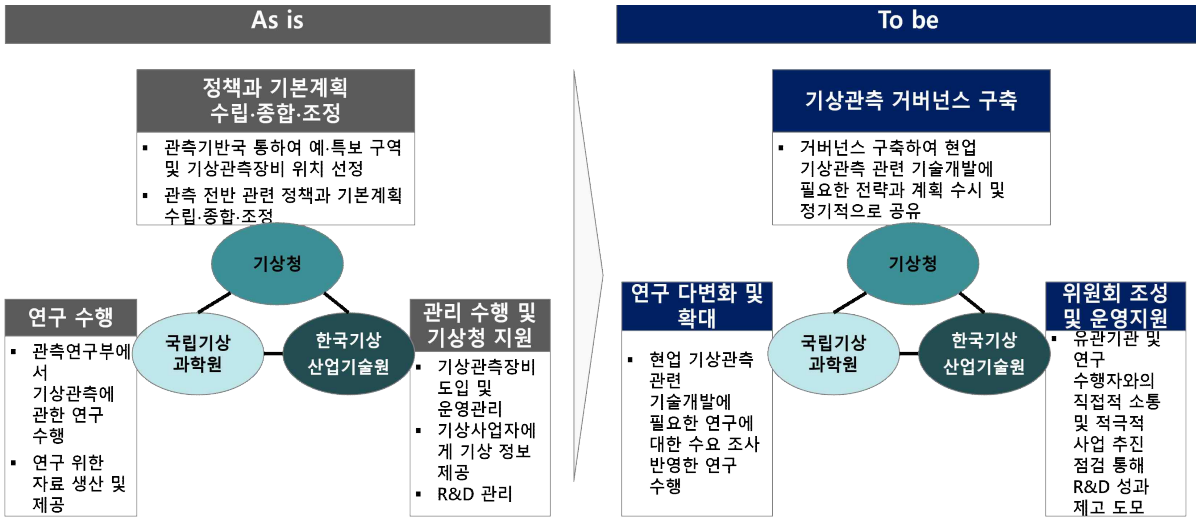


출처: 한국기상산업기술원 홈페이지 재구성,  
[https://www.kmiti.or.kr/usr/com/prm/ContentView.do?cid=PRGM\\_00000000000012&menuNo=2006&upperMenuId=2](https://www.kmiti.or.kr/usr/com/prm/ContentView.do?cid=PRGM_00000000000012&menuNo=2006&upperMenuId=2)

[그림 15] 한국기상산업기술원-과학원-기상청-지자체 관계

- 기상청-국립기상과학원-한국기상산업기술원의 공조를 통해 R&D 현업화 및 연구 강화 선순환 체계구축 필요

- 기상관측의 개선 및 고도화를 위하여 긴밀한 연계 필요
- (기상청) 정책부서로서 기상관측 거버넌스를 구축하여 이해관계자에게 기본계획 및 전략을 공유
- (한국기상산업기술원) 위원회 조성 및 운영 지원하여 관계기관 및 연구 수행자와의 직접적 소통 및 적극적 사업 추진 점진 통해 R&D 성과 제고 도모
- (국립과학기상과학원) 기상관측 관련 기술개발 연구를 수행하고, 해당 성과를 기상관측 정책에 환류



출처: 저자 작성

[그림 16] 한국기상산업기술원-과학원-기상청 운영체계 As-is와 To-be

	현재(As-Is)	미래(선진 기상관측 조직)	To-Be 전략(Gap 극복)
<b>본청 (정책 부서)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정책과 기본계획 수립·종합·조정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상하조직이 아닌 네트워크형 조직 구성 통해 효율적인 의사소통 도모</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이해관계자 모두 참여 가능한 기상관측 거버넌스 구축</li> </ul>
<b>지방 기상청</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기획운영과 예보 및 관측 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역대학, 공공기관, 연구기관의 협업 기회 확대 통한 동반성장 도모</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역별 주요 위험기상의 관측 및 예보 역량개선 위하여 산·학·연 기관과 긴밀한 연계 운영체계 수립</li> </ul>
<b>국립기상과학원</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측에 관한 연구 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구 담당 조직 분리하여 기초과학, 기후연구소, 응용과학, 기상과학 등으로 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현업 기상관측 관련 기술개발에 필요한 연구에 대한 수요 조사 반영한 응용과학 연구 수행</li> </ul>
<b>한국 기상산업기술원</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측장비 도입 및 운영 관리 수행</li> <li>R&amp;D 관리 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전략의 목표 달성 위하여 전략과의 일치보장, 전략 및 운영상의 위험요소를 효과적으로 관리하는 역할 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위원회 조성 및 운영 지원하여 유관기관 및 연구 수행자와의 직접적 소통 및 적극적 사업 추진 점진</li> </ul>

출처: 저자 작성

[그림 17] 기상관측 조직의 패러다임 변화에 따른 Gap 극복 방안

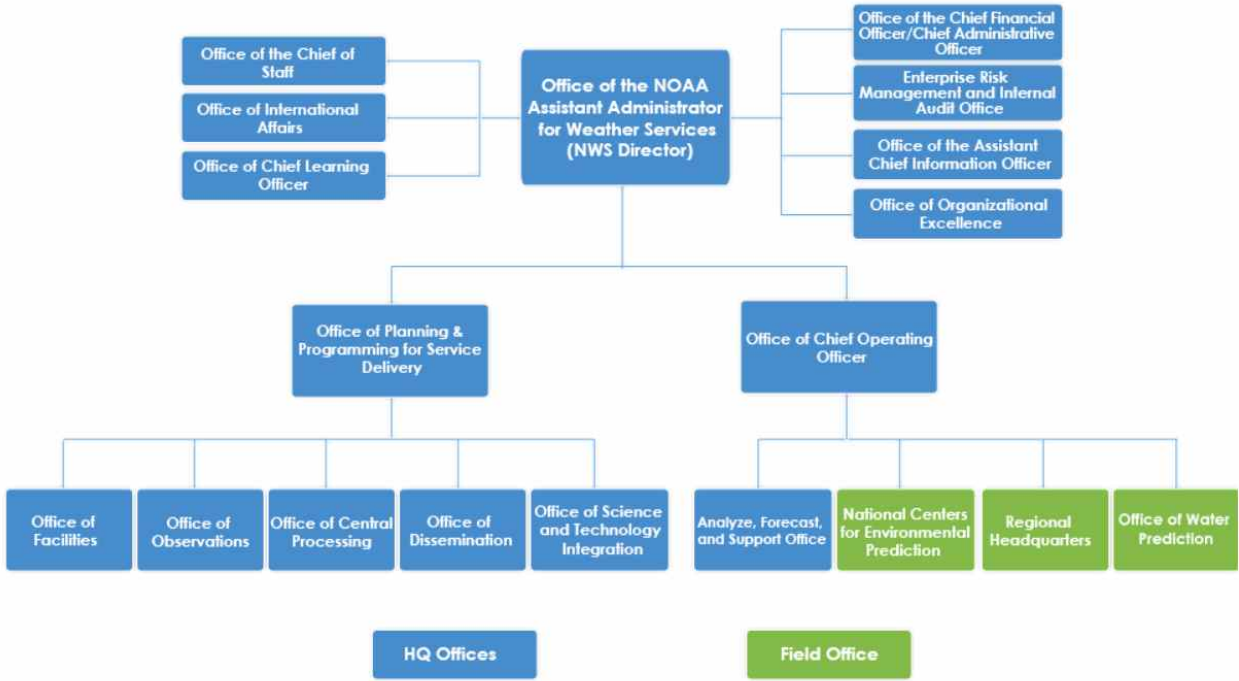
## 4.2. 주요 선진국 기상관측 관련 조직 운영체계

### 4.2.1 미국

#### □ 조직 · 운영체계

- NWS는 기상기후 및 해양 등의 포괄적인 분야를 담당하는 연방해양대기청(NOAA) 소속의 기관이며, NWS 청장 산하에 크게 두 개의 부서 배치
  - Office of Chief Operating Officer에서 실제 현업 예보를 하는 기관들을 두고 있으며, 특히 National Centers for Environmental Prediction, Regional Headquarters, Office of Water Prediction의 경우 Field Office로 분류하여 실제 기상·기후 예보 담당
  - 우리나라의 지방기상청 역할을 하는 Office의 경우, 미 50개 주 전역에 걸쳐 122개의 지부로 구성되어 있으며, 일기예보 및 재난 발생 시의 경보/주의보 발령, 외부활동, 장비 관리 등의 다양한 업무 수행
  - 그 외 각 HQ Offices에서 기상과학 기술 개발, 관측장비 지원, 기획 등의 행정적인 업무를 담당
- 관측업무를 담당하는 부서인 OBS(Office of Observations) 사무소 설치
  - 사무국은 예산, 효율적인 관측기술의 개발, 획득 및 관리, 하드웨어 및 소프트웨어 향상, 유지보수 및 수리, 물류, 비용 관리, 기술 데이터 검증, NWS 관측 플랫폼의 수명 주기 교체 관련 업무 담당
  - Office는 시스템 요구사항 및 기술 솔루션을 결정하기 위해 서비스 요구 사항에 대한 계획을 이끌고 AFS(분석, 예측 및 지원)와 조정
  - 산하 기관으로 레이더 운영센터, 국립 데이터 기상부이 센터, 지상 및 고층 부서 포함
- 운영 추진 체계에서 기상위성 운영과 연구개발 기능이 분리 운영되고 있으며, 연구개발을 담당하는 STAR 내 조직은 크게 기상·기후, 해양기후, 공동연구프로그램 운영부서로 구성
  - 미국 해양대기청(NOAA): 기상위성 운영 총괄
  - 기상위성센터(NESDIS<sup>[31]</sup>): 기상위성 운영 및 서비스 제공
  - 위성응용연구센터(STAR<sup>[32]</sup>)에서 기상위성자료 활용을 위한 R&D 수행





출처: NOAA 홈페이지

[그림 18] 미국 NOAA 조직도

<표 30> 미국 기상위성 운영 추진 체계

구분	역할	구분
해양대기청 (NOAA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>지구의 환경변화를 예측하고 해양 자원을 보호·관리하기 위한 기관으로 기상 및 해양·수산업 서비스, 연구, 기획, 위성정보 서비스를 제공</li> </ul>	관리부처
기상위성센터 (NESDIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성을 비롯한 여러 관측원으로부터 지구 환경에 대한 자료 수집과 정보 제공 서비스를 담당</li> </ul>	위성 운영
위성응용연구 센터 (STAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성 관측 시스템의 기술개발 및 과학적 활용에 중요한 역할을 하고 있는 연구개발 부서</li> </ul>	연구개발
위성 기상 및 기후 부서 (SMCD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성자료 활용을 확대하고나 새로운 위성 산출물을 개발하고 연구를 수행</li> </ul>	연구개발 (STAR 내 조직)
위성 해양학 및 기후 부서 (SOCD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전구 해양자료의 연구 및 개발을 담당하며 사용자들의 요구에 맞는 해양 자료 생산을 수행</li> </ul>	
공동 연구 프로그램 (CoRP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>협력 기관·센터들과 함께 위성 관측시스템의 기획, 위성 자료 산출 알고리즘 개발, 센서 자료 보정, 위성 검정, 자료 처리 시스템 개발 등의 연구 수행</li> </ul>	

출처: NOAA 홈페이지

비전

향후 10년간 정지궤도 및 극궤도 위성들(JPS, JPSS, GOES-R)의 활용 가치 극대화를 위해 NOAA의 개발, 이행, 협업을 지원

목표

새로운 센서 및 응용연구 촉진	고품질 위성데이터 보장	알고리즘 개선 및 관련 기술 개발	연구 성과 협업화	파트너십 구축 및 유지
<ul style="list-style-type: none"> <li>위성 산출물 개선</li> <li>의미있는 정보의 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성 데이터 품질관리에 집중 및 이를 위한 협업</li> <li>데이터 검토정 노력</li> <li>위성자료 처리시스템의 지속적 업데이트</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시뮬레이션을 통한 예보 정확도 향상</li> <li>프록시 및 융합 데이터로 미래 위성 시스템을 테스트하고 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고품질 산출물의 안정적 생산을 위한 소프트웨어 수정</li> <li>협업화 과정 표준화로 개발비용 경감, SW 개선 등 추구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>타기관, 대학 등과의 협력을 통한 연구개발 및 교육</li> </ul>

조직



\* 자료 : STAR Strategic Plan 2013-2018, STAR 홈페이지(부서별 소개)

출처 : STAR 홈페이지, STAR Strategic Plan 2013-2018, STAR 홈페이지

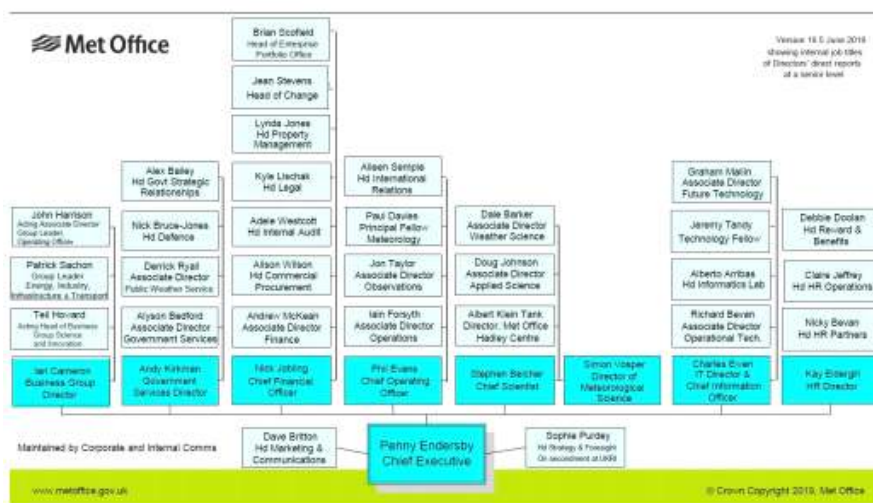
[그림 19] STAR의 전략목표와 부서별 연구 우선순위

## 4.2.2 영국

### □ 조직 · 운영체제

○ 영국기상청의 조직은 행정, 과학, 기상서비스, IT, 현업 운영, 회계 등의 하위조직으로 구성

- 기상연구와 관련된 조직으로 기초과학(Foundation science), 기후연구소(Hadley Centre)와 응용과학(Applied Science), 기상과학(Weather Science) 등이 있음

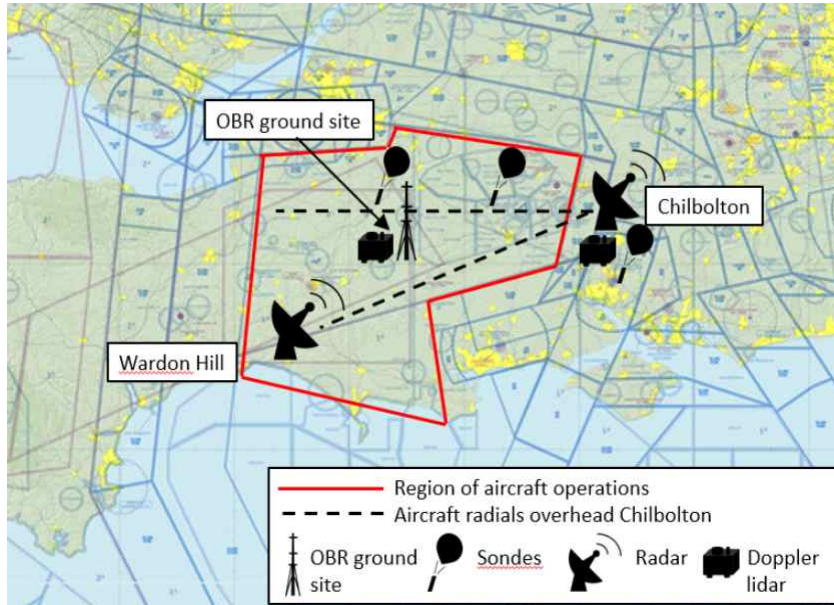


출처: Met Office 홈페이지

[그림 20] 영국 Met Office 조직 구성

- Foundation Science 그룹 중 관측기반 연구(OBS, Observation-based research)는
  - 맞춤형 관측망 구축, 공중 및 지상 기반 현장 관측, 기본과학 연구 및 분석 수행
  - 구름 및 에어로졸 연구, 방사선 연구, 경계층 연구 및 장비 개발의 4가지 분야로 구성
  - 차세대 km 규모 및 도시 규모 모델 개발을 위한 입체관측 프로그램인 WesCon 프로젝트 추진 중

※ FAAM Bae-146 항공기, Wardon Hill 연구 레이더, 지상관측, 라디오존데 및 Chilbolton 레이더 활용



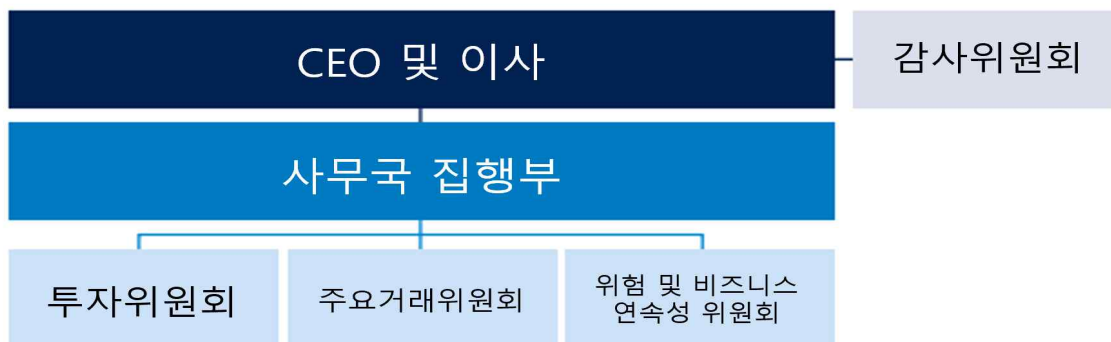
출처: Met Office 홈페이지

[그림 21] 영국 기상청 WesCon 프로젝트

### 4.2.3 호주

#### □ 조직·운영체계

- 사무국 집행부는 조직 내 최고 수준의 의사 결정 기관이며, 집행부 회의는 국장이 주재하며 월 1회 개최함
- 집행부는 3개의 소위원회로 구성되며, 각 위원회는 책임 현장에 따라 관리
  - 투자 위원회: 조직 계획을 개발하고 전략적 우선순위 투자 결정에 있어서 사무국 집행부를 지원
  - 주요 거래위원회: 집행부가 주요 거래 및 관련 문제에 대한 사무국의 개입을 지시하고 통제하여 전략과의 일치를 보장하고 사무국 투자에서 비용 대비 가치를 달성할 수 있도록 지원
  - 위험 및 비즈니스 연속성 위원회: 전략 및 운영상의 위험을 효과적으로 관리하고 보안, 비즈니스 연속성 및 탄력성 문제의 효율성에 대한 조언 통해 집행부 지원
- 국의 감사 위원회(Audit Committee)는 국의 위험, 통제 및 규정 준수에 대해 독립적인 보증을 제공함
  - 기상국의 재무 및 성과 보고 책임, 위험 감독과 관리, 내부 통제 시스템의 적절성에 대해 기상청 국장에게 독립적인 조언을 제공
  - 위원회는 국의 위험 관리 능력 및 관행의 적절성에 대한 보증을 제공



출처: 호주 기상국 Annual report 2020-2021, p.106

[그림 22] 호주 기상청 운영체계

- 소위원회 외에도 국의 고위 관리자는 매월 회의를 통해 주요 문제와 진행 상황을 논의

#### □ 호주 기상국 조직

- 호주 기상국은 CEO와 기상학 책임자, 5명의 그룹 임원, 3명의 프로그램 책임자로 구성된 경영진으로 구성하여 국 전략을 수행함<sup>[33]</sup>
  - CEO 겸 기상 이사, 5명의 그룹 임원 및 3명의 프로그램 이사로 구성된 경영진이 리드함

- 크게 8개 부서로 구분하며, CEO 산하 사회봉사(Community Services), 비즈니스 솔루션(Business Solution), 과학 및 혁신(Science & Innovation), 데이터 및 디지털(Data & Digital), 사업 서비스(Enterprise Services), 기후 서비스(Australian Climate Service), 공공 서비스 변화(Public Services Transformation) 및 Robust 그룹으로 구성
- 그중 관측시스템 및 관측 운영 담당 부서는 데이터 및 디지털 부서임

<표 31> 호주 기상국 부서

부서	업무
CEO 산하 사회 봉사	의사결정 지원 서비스(Decision Support Services) 환경 예측 서비스(Environmental Prediction Services) 전국 생산 서비스(National Production Services)
비즈니스 솔루션	농업과 물(Agriculture & Water) 항공, 육상 및 해상 운송(Aviation, Land & Maritime Transport) 에너지 및 자원(Energy & Resources) 국제 개발(International Development) 국가 안보 및 우주(National Security & Space)
과학 및 혁신	연구(Research) 현업을 위한 연구(Research to Operations)
데이터 및 디지털	어플리케이션 서비스(Application Services) 데이터(Data) 디지털 채널 및 사용자 경험 디자인(Digital Channels & Customer Experience Design) 관측 시스템 및 운영(Observing Systems & Operations) 계획 및 건축(Planning & Architecture) 서비스 및 인프라 관리(Service & Infrastructure Management)
사업 서비스	경영 관리(Business Management) 소통(Communications) 조직 개발(Organisational Development) 조직 탄력성(Organisational Resilience) 포트폴리오 관리(Portfolio Management) 전략 및 성과(Strategy & Performance)
기후 서비스	호주 기후 서비스 부서(Australian Climate Service Office)
공공 서비스 변화	사용자 경험 및 영향력 높은 서비스(Customer Experience & High Impact Services) 기획 및 통합(Planning & Integration) 변환 및 전달(Transformation & Delivery)
Robust	어플리케이션(Applications) 전달(Delivery)

출처: 호주 기상국 홈페이지

- 호주 기상국 산하 기상측기센터에서는 6개 분야 검·교정업무 수행
  - 일사·일조, 강수량, 기압, 온도, 습도, 수면 측정
- 호주 기상국은 본토, 태즈메이니아 및 호주의 근해 섬과 영토(호주 남극 영토 포함), 주변 대양과 바다(인도양, 태평양 및 남극해 포함)를 포함하는 호주 지역 관측 수행

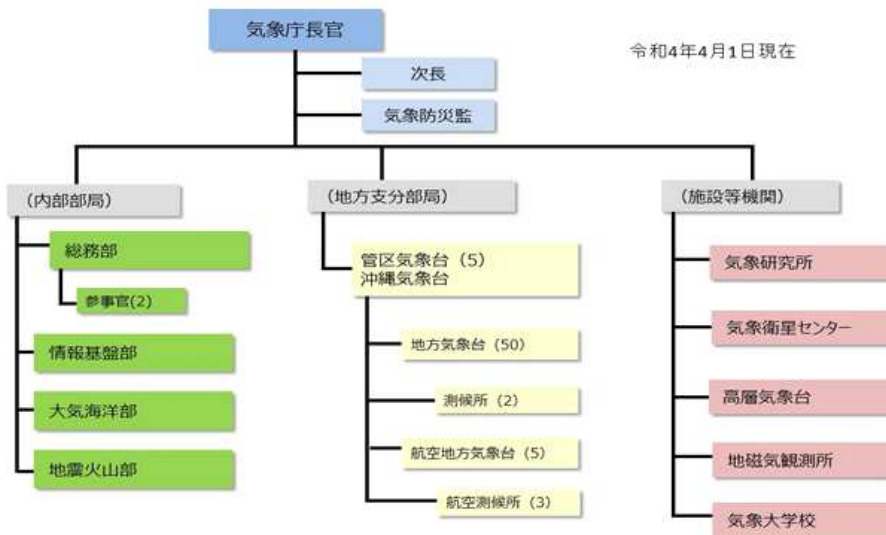
- 멜버른 도크랜드즈에 있는 사무국의 빅토리아 사무소는 행정 및 운영 활동의 중심지로 사무국 서비스의 전반적인 국가 전략 계획, 관리 및 조정을 제공

#### 4.2.4 일본

##### □ 조직 · 운영체계

- 일본 기상청(JMA)은 기상관측 및 예보/경보를 담당하는 국토교통성 소속의 행정기관이며, 기상청 장관 산하 내부부국, 산하기관, 그리고 지방지부국이 세 갈래로 분류되어 운영되고 있음

- 직접적으로 관측을 담당하는 지방지부국 외 관측장비를 담당하는 기관은 내부 부국 산하 대기해양부에 있으며, 관측정비계획과, 원격 관측기술관리조정관으로 이루어져 있으나, 지진에 관련된 관측업무는 지진화산부 산하 지진 해일 감시·경보 센터에서 담당하며, 관측기술은 지진화산기술·조사과에서 담당



출처: 일본 기상청 홈페이지

[그림 23] 일본 기상청 조직도 (2022년 4월 1일 기준)

<표 32> 일본 기상청 부서

부서	업무
관측정비계획과	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상, 지상(지진 및 화산현상 제외) 및 수상(해일 제외)과 이와 관련된 복사에 관한 관측과 그 성과의 수집 및 발표에 관한 업무(타 과의 소장에 속하는 것은 제외)</li> <li>▪ 기상, 지상(지진 및 화산현상 제외) 및 수상(해일 제외)에 관한 정보의 수집 및 발표에 관한 업무(기후정보과 및 환경·해양기상과의 소장에 속하는 것은 제외)</li> <li>▪ 기상측기 및 그 밖의 측기에 관한 업무(지진화산부 및 다른 과의 소장에 속하는 것은 제외)</li> </ul>
원격관측기술관리조정관	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상, 지상(지진 및 화산현상 제외) 및 수상(해일 제외)과 이와 관련된 복사에 관한 관측(전자파를 이용하여 실시하는 것에 한함)에 관한 기획 및 입안 및 관계 행정기관 및 그 밖의 관계자와의 연락조정 에 관한 사무(환경·해양기상과의 소장에 속하는 것은 제외)를 담당</li> </ul>
지진 해일 감시·경보센터	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진동 및 쓰나미 예보 및 경보 실시에 관한 업무</li> <li>▪ 지진 및 지동 및 이와 관련된 복사에 관한 관측의 실시 에 관한 업무</li> <li>▪ 지진 및 지동 및 이와 관련된 복사에 관한 관측 성과의 수집 및 발표 실시에 관한 업무</li> <li>▪ 지진에 관한 정보의 수집 및 발표 실시에 관한 업무</li> <li>▪ 지진 및 지동에 관한 측기의 보수 및 관리 실시에 관한 업무</li> </ul>
지진화산기술·조사과	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지진동, 화산현상 및 쓰나미의 예보 및 경보에 관한 기술의 개발 및 개량에 관한 업무</li> <li>▪ 지진, 화산현상 및 지동과 이와 관련된 복사에 관한 관측에 관한 업무 (지진해일감시과 및 화산감시과의 소장에 속하는 것은 제외)</li> <li>▪ 지진, 화산현상 및 지동과 이와 관련된 복사에 관한 관측 성과의 해석에 관한 기술의 개발 및 개량에 관한 업무</li> <li>▪ 대규모 지진 발생 전망을 평가하기 위한 지진에 관한 정보의 수집 및 발표에 관한 업무</li> <li>▪ 지진, 화산현상 및 지동에 관한 측기에 관한 업무(다른 과의 소장에 속하는 것은 제외)</li> </ul>

출처 : 일본 기상청 홈페이지

○ JMA 조직개편

- JMA는 조직개편을 위해 국토교통성 조직령을 일부 개정하고, 기상방재감, 정보기반부, 대기해양부로 3개 부서를 신설
- (1) 기상방재감: 전문지식을 바탕으로 관계부처와 긴밀한 조정을 시행하여 재해 발생 시 정부 전체의 의사 결정 신속화 도모 및 방재 대책의 부처별 적절한 대응 수행
- (2) 정보기반부: 예측 모델 개발 담당 부서를 통합하여 예측정확도 향상을 위한 기술개발 체제를 구축하고 기상정보 데이터 제공 및 활용 도모
- (3) 대기해양부: 태풍, 호우, 대설, 폭염 등 위험기상 대응에 이바지할 수 있도록 단기 방재 기상정보에서 장기 계절예보 및 기후변화예측 등을 일원화하여 제공(예보부, 관측부, 지구환경·해양부 통합)
- 총무부에 국제·항공기상 관리관 설치
- 총무부 기획과에 지방방재기획실, 기술개발추진실 등 설치
- 정보기반부에 정보정책과, 정보이용추진과, 수치예보과, 정보통신기반과, 기상위성과

설치

- 정보기반부 수치예보과에 수치예보모델기반기술개발실, 수치예보모델기술개발실, 지구시스템모델기술개발실 등 설치
- 대기해양부에 업무과, 기상위협대책과, 예보과, 관측정비계획과, 기후정보과, 환경·해양기상과 설치
- 지진화산부에 화산감시과, 지진화산기술·조사과 설치

<표 33> JMA 조직개편 관련 신규대조표

[개편전]			[개편후]		
장관 차관			장관 차관		
<b>총무부</b>	총무과	홍보실 업무평가실 조달관리실 시설물품관리실 후생관리실 인사기획관 방재기획실 국제실 위기관리기획조정관 정보보안대책기획관 기술개발조정관 해외기상프로젝트추진관 기상비즈니스지원기획실 민간예보업무감리관	총무과	총무부	홍보실 업무평가실 조정관리실 시설물품관리실 후생관리실 인사기획관 방재기획실 지역방재기획실 기술개발추진실 국제실 항공기상관리실 위기관리기획조정관 해외기상프로젝트추진관 국제항공기상기획조정관 항공기상업무추진관
참사관 참사관 (기상·지진화산병재)	인사과	인사기획관	인사과	참사관 참사관 (기상·지진화산병재)	
	기획과	국제실 위기관리기획조정관 정보보안대책기획관 기술개발조정관 해외기상프로젝트추진관 기상비즈니스지원기획실 민간예보업무감리관	기획과		
	정보이용추진과	국제항공기상기획조정관 항공기상업무감리관	경리관리관		
	경리관리관	국제항공기상기획조정관 항공기상업무감리관	국제·항공기상관리관		
	항공기상관리관	국제항공기상기획조정관 항공기상업무감리관			
<b>예보부</b>	업무과	기상방재정보조정실 정보통신시스템기획관	정보정책과	정보기반부	
	예보과	기상방재추진실 항공예보실 아시아태평양기상방재센터 주임예보관 지역기상방재추진관 항공예보기술개발추진관 수치예보모델개발추진관 시스템운용실 데이터네트워크관리실 국제통신관리관	정보이용추진과		
	수치예보과	수치예보모델개발추진관 시스템운용실 데이터네트워크관리실 국제통신관리관	수치예보과		
	정보통신과	수치예보모델개발추진관 시스템운용실 데이터네트워크관리실 국제통신관리관	경보통신기반과		
		수치예보모델개발추진관 시스템운용실 데이터네트워크관리실 국제통신관리관	기상위성과		
		수치예보모델개발추진관 시스템운용실 데이터네트워크관리실 국제통신관리관			
<b>관측부</b>	계획과	기상기술개발실 정보관리실	업무과	대기해양부	
	관측과	기상관측빅데이터연계추진관 관측시스템운용실 항공기상관측정비운용실 위성정비계획관 위성운용사업관리관	기상위협대책과		
	기상위성과	위성정비계획관 위성운용사업관리관	예보과		
		위성정비계획관 위성운용사업관리관	관측정비계획과		
		위성정비계획관 위성운용사업관리관	기후정보과		
		위성정비계획관 위성운용사업관리관	환경·해양기상과		
<b>지진화산부</b>	관리과	지진해일방재대책실 지진정보기획관	지진정보기획관	지진화산부	
	지진해일감시과	국제지진해일정보조정관 지진동예측모델개발추진관 해일예측모델개발추진관	지진해일감시·경보센터 주임예보관 항공예보기술개발추진관 원격관측기술관리조정관 위험기상정보센터 기후정보조정관 해양기상정보실 전지구대기감시조정관		
	지진예지정보과	지각활동감시기술개발추진관 평가분석관			
	화산과	화산방재정보조정실 화산감시·경보센터 화산대책관 화산활동평가분석관 화산기동관측관리관			
		화산방재정보조정실 화산감시·경보센터 화산대책관 화산활동평가분석관 화산기동관측관리관			
		화산방재정보조정실 화산감시·경보센터 화산대책관 화산활동평가분석관 화산기동관측관리관			
<b>지구환경·해양부</b>	지구환경업무과	지구온난화대책고정관 지구환경관측네트워크기획조정관 관측선운용관리관	관측선운용관리관		
	기후정보과	위험기상정보센터 기후모델개발추진관	대규모지진조사실 지진동·해일예측모델개발추진관 지진화산관측기획조정관 지진화산분석기술개발추진관		
	해양기상과	해양기상정보실 연안방재정보조정관			
	환경기상관리관	전지구대기감시조정관			

□ : 삭제    ■ : 신설

출처: 기상청, '19~'21 주요선진국 기상기술·정책 정보 동향, 2021



□ 대국민 이해확산 분야

○ 기상자료 분석가 육성 강좌 실시

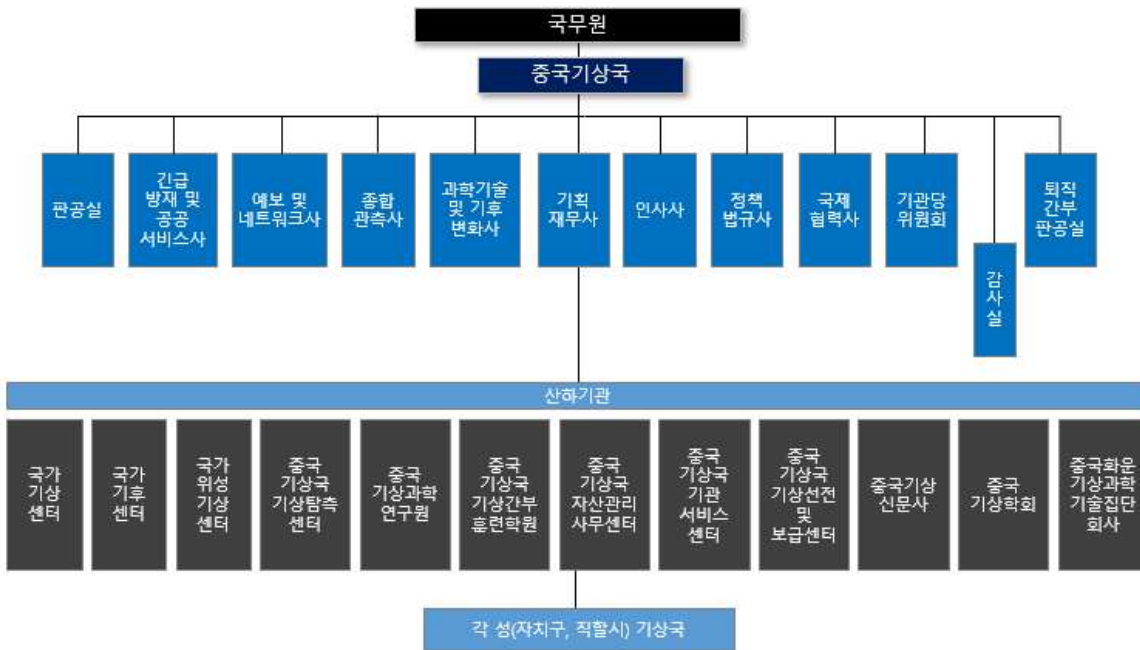
- JMA는 기상자료의 활용을 통해 기업의 비즈니스 창출 및 과제 해결이 가능한 전문인력인 ‘기상자료 분석가’ 육성을 위한 강좌개설
- JMA와 기상 비즈니스 추진 컨소시엄(WXBC, Weather Business Consortium)이 공표한 ‘커리큘럼 가이드라인’에는 대상 수강자, 커리큘럼 내용, 수료 인정 요건 등이 포함

<표 34> 일본 기상청의 기상 강좌

카테고리	내용(지식·기능)	내용(사고력·표현력)
기상	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상 현상 및 기후변화 이해</li> <li>▪ 기상요소 및 기상관측·예보 이해</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상자료 불확실성</li> <li>▪ 기상자료의 종류와 선택</li> <li>▪ 기상자료 처리</li> <li>▪ 기상업무법</li> </ul>
데이터 사이언스	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 통계학</li> <li>▪ 기계학습</li> <li>▪ 자료 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 데이터 가시화</li> </ul>
비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 비즈니스 과제 발견</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 분석제안서 작성</li> <li>▪ 분석결과 발표 및 평가</li> </ul>

출처 : 기상청 국립기상과학원, 기상기술·정책 정보동향, 2021년 2월 2호

## 4.2.5 중국



출처 : 중국 기상국 홈페이지를 토대로 저자 작성

[그림 24] 중국 기상국 조직도

### □ 조직 · 운영체계

○ 중앙 기상청 중심의 지방 인민 정부와의 이중 지도 체계를 구축하고 기상국 조직 단위는 중앙 · 성 · 시 · 현급으로 구분하여 각급의 행정기관인 인민 정부와 연계

- 2020년 말 기준 전국에 31개 성(성 · 구 · 시) 기상청, 333개 시(지 · 주 · 맹) 기상청, 2,180개 현(구 · 시 · 기) 기상청 설치
- 중국 기상국의 예산은 국무원 중앙재정에서 총괄하며, 지방 기상사업은 각 지방정부의 예산 투입
- 2020년 말 현재 전국 기상 부문 직원은 총 11만600명으로, 소속별 비중을 살펴보면 중앙정부 6.6%, 성 23.8%, 지방 32.4%, 현 37.2% 순

- 국가직 5만 20명(공무원법 관리자 1만 5,200명 포함), 지방직 4,900명, 계약직 1만 3,700명

○ 중앙의 관측부서인 종합관측사(综合观测司)는 기상 관측망 계획, 데이터 수집 및 품질관리, 기상계측, 통신체계, 연구개발 관리업무 수행

- 종합발전처(综合发展处), 네트워크 관리처(站网管理处), 표준품질처(标准质量处), 운영관리처(运行管理处), 리모트센싱처(遥感处), 장비보장처(装备保障处)로 구분

## 4.3 시사점

- 국내외 정부 기상부처의 위계 구조는 일반적으로 1) 중앙부처-하위조직 2) 중앙부처-산하 공공기관/연구기관 3) 중앙부처-지방 기상조직 층위로 구성
  - 중앙부처-하위조직은 관리부처로서 전략 수립, 통신체계, 품질관리, 계측표준화, 보안 등 국가기상업무 프로세스 효율화를 위한 업무분장 체계 구성
  - 중앙부처-산하 공공기관/연구기관은 현업 지원과 연구개발을 위한 업무분장 체계 구성
  - 중앙부처-지방 기상조직은 관할 지역 지점 관측을 위한 업무분장 체계 구성
- 주요국들의 관측조직은 각자의 목표 지향성에 따라 특화된 기상업무 협력체계 구축
  - 미국은 현업 지원 및 연구개발, 영국은 현장 관측, 호주와 일본은 데이터 활용, 중국은 원격 관측을 중심으로 한 기상조직 내부 업무체계 구축
  - 국내 기상청 관측기반국은 관측망 운영·표준화 및 데이터 활용(관리) 중심의 업무체계를 구축하고 있으며, 산하 공공기관(연구개발·현업화)과 지방 기상청(집중관측)의 독자성을 고려한 별도 업무체계 구축
- 각 조직의 기능 강화 및 유기적 연계를 위한 업무 조정 및 협력체계 마련 필요
  - 특히 현업 지원 및 연구개발과 현장 관측, 원격 관측 강화를 위한 관측업무체계 조정방안 제시 필요

## 5. 국내외 기상 관측망 운영현황

### 5.1 국내 기상 관측망 운영현황

#### □ 국내 기상 관측망 운영현황 요약

<표 35> 국내 기상 관측망 운영 현황 요약

관측망	분류	장비	비고
지상 기반 기상 관측망	자동기상관측장비	AWS	기상청 537개소
		ASOS	기상청 98개소
	황사관측장비	PM10	기상청 27개소
		광학입자계수기	기상청 9개소
표준기상 관측소	보성	종합기상탑	지상 및 고층 관측
	고창	-	기상관측장비 성능 비교 시험 지원
	추풍령	-	WMO선도센터
고층기상 관측망	레인존데	-	기상청 6개소
	연직바람관측장비	-	기상청 11개소
	기상 항공기	나라호	관측요소 200개
	항공기 탑재	AMDAR	국내 9대 운영
해양기상 관측망	조간대	현재 조간대 기상관측 운영되지 않음	과제 통해 조간대기상관측시스템 구축
	해양기상관측장비	해양기상부이	기상청 26개소
		파고부이	기상청 72개소
		등표기상관측소	기상청 9개소
	해양기상기지	제1해양기지 (북극렬비도)	제2, 3 해양기상기지 구축 예정
	기상관측선	AWS	해양기상, 고층기상, 해양물리현상을 관측하며, 연직으로 수중 3km ~ 고층 20km까지 관측
		시정현천계	
		PM10	
		레이더식 파랑계(WEVEX)	
		웨이브 라이더 부이	
고층기상관측장비 (ASAP)			
직독식 유속계			
초음파 해류관측장비			
기상위성	자기수온염분 수심 기록계(CTD)		
	정밀음향측심기		
	천리안 2A호		(기상) 전지구(143회), 한반도확장(715회), 한반도(715회) 관측 (우주기상) 1분, 5분간격으로 관측을 수행
	기상레이더		기상청 현업용 레이더(10대), 이중편파레이더(10대), 테스트베드(1대), 연구용레이더(3대)
원격관측망	낙뢰관측망	제작사 Nowcast(독일)	전국 21개소
	윈드라이다	-	관측반경 고려하여 서울

			내 3개 권역(강북, 강서, 강남) 배치 계획
항공기상 관측망	-	공항기상관측장비(AMOS)	8개소
		저층윈드시어경고장비(LWAS)	3개소(인천, 제주, 양양)
		공항기상레이더(TDWR)	1개소(인천)
수도권 집중관측	UAM	-	UAM 운항 공역 집중 시범관측 수행 필요
K-UAM	-	-	UAM맞춤 기상정보 기술개발 시급
기후변화 관측망	안면도	-	총 34종 요소 관측
	고산	-	총 22종 요소 관측
	울릉도독도	-	총 14종 요소 관측
	포항	-	총 3종 요소 관측
도로기상	거점관측소	-	기상청 27소 확보
	기본관측소	-	기상청 138소 확보
	목표관측소	-	기상청 335소 확보
	이동센서	-	기상청 1000대 확보
스마트시티	국가기범도시별 기상관측망 구축	-	미세먼지, 황사, 온습도, 풍향, 풍속, 조도, 자외선 등 64대(2~300m 간격) 설치
신재생에너지	태양광 발전	-	신재생에너지 맞춤형 기상정보 기술개발 필요
	풍력 발전	-	

출처: 저자 작성

#### □ 지상 기반 기상관측장비 운영현황

○ (자동기상관측장비) 총 635개소로 관측소 간 수평 간격(해상도)은 약 13km로 WMO 권고 수준인 45km보다 더 조밀하며, 자료 수집 주기는 1분

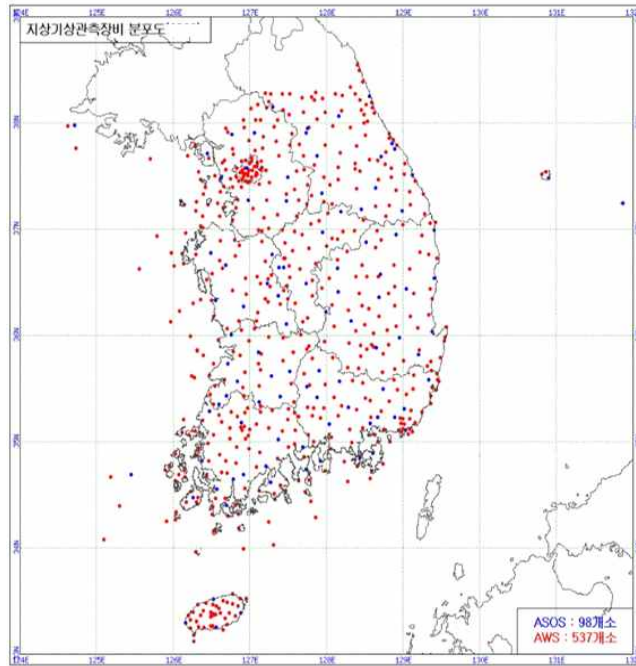
- 종관기상관측장비(ASOS) 98개소, 방재기상관측장비(AWS) 537개소
- 읍면동 단위의 기상서비스를 위한 수 km ~ 수십 km 중규모 기상 현상의 감시를 목표로 기상 관측망 구성·운영 중

<표 36> 전국 자동기상관측장비 현황

(2021.12.31. 기준)

구분	수도권청	부산청	광주청	대전청	강원청	대구청	제주청	전주지청	청주지청	계
종관기상관측장비 (ASOS 98개소)	10	16	14	8	14	16	4	10	6	98
방재기상관측장비 (AWS 537개소)	100	66	87	41	78	64	39	35	27	537
계	110	82	101	49	92	80	43	45	33	635

출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022



출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

[그림 25] 지상기상관측장비 분포도

- ※ 지상 관측망 수평해상도는 약 13km 기상관측표준화 공동 활용(전국 28개 기관 3,942개소, 2019 기준) 시 해상도 약 5km
- 일부 지점은 시정, 적설, 일사, 일조, 운고·운량을 추가로 관측

<표 37> 자동기상관측장비 센서별 지점 수

구분	전체 지점수	시정계	적설계	일사계	일조계	운고·운량계
ASOS	98	94	95	49	96	93
AWS	537	192	172	3	9	1
합계	635	286	267	52	105	94

출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

- 전운량, 중·하층운량, 최저 운고의 관측 자동화 시행으로 전국 유·무인자동기상관측소 운고·운량계 설치·운영(총 94대/’22년 현재)
- 2020년 10월 기준 기상관측 조밀도의 지역별 격차가 크며, 특히 서울( $16.32km^2$ )과 대구( $176.7km^2$ )의 조밀도가 10배 이상 차이로 세계기상기구가 권장하는 최소  $100km^2$ 의 해상도 기준에도 충족하지 못함[34]



출처: 기상청, 변화무쌍한 여름철 위험기상 대비를 위해 관측장비 총출동, 촘촘한 입체관측!, 2021

[그림 26] 나라호 및 기상 1호 관측 경로

○ 2021년 6월 21일부터 9월 28일까지 변화무쌍한 여름 날씨를 대비하기 위해 고층기상관측 횟수를 하루 4회로 늘리고 나라호와 기상 1호를 활용하는 등 관측장비를 총동원하여 집중관측을 시행 중<sup>[35]</sup>

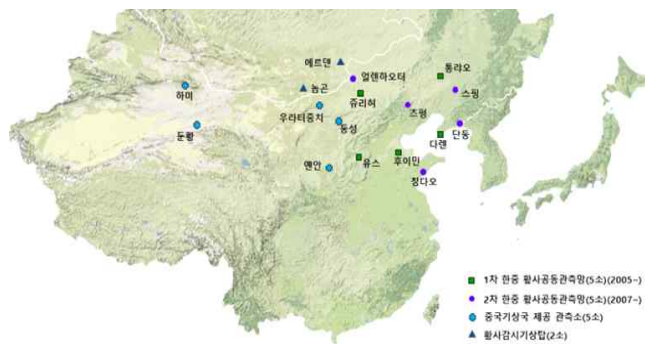
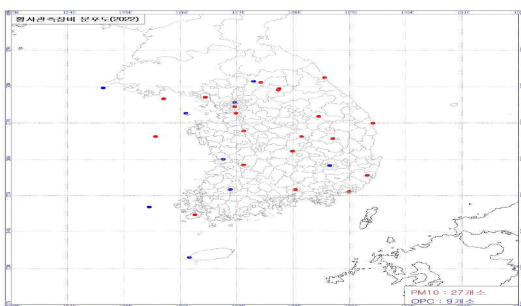
- 추후 시행 결과를 확인하여 기상 관측망 확충 전까지 유연성 있는 정책 및 계획 필요

○ (황사 관측장비) 기상청 35개소, 관계기관 약 500개소, 황사발원지(중국 15개소, 몽골 2개소) 관측소를 활용하여 관측망을 운용하며, 자료 수집 주기는 5분

<표 38> 기상청 운영 황사 관측장비

장비명	지점명
부유분진측정기 (PM10 27개소)	강화, 백령도, 고산, 관악산, 군산, 흑산도, 광주, 광덕산, 천안, 추풍령, 북격렬비도, 연평도, 대관령, 문경, 울진, 구덕산, 속초, 북춘천, 대구, 안동, 영월, 진주, 서울, 수원, 울산, 전주, 진도군
광학입자계수기 (OPC 9개소)	서울, 광주, 철원, 군산, 백령도, 대구, 흑산도, 고산, 덕적북리

출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022



출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

[그림 27] (좌) 국내 황사 관측망 현황 (우) 국외 황사 관측망 현황

○ (기상관측 차량) 수도권·부산·광주·대전기상청 관할 총 4대 운영

## □ 표준기상관측소

- 세계기상기구 WMO에서 정한 국제 표준 규격과 부합하는 기상관측소를 표준기상관측소라 하며 국내에는 보성, 고창, 추풍령 3곳에 위치
  - 보성에 있는 표준기상관측소는 세계기상기구에서 정한 국제 표준 기상관측소로 307m 높이의 종합기상탑을 보유하고 있으며 첨단기상관측장비로 지상과 고층의 기상관측을 수행
  - 보성표준기상관측소는 ①종합기상탑, ②관리동, ③공동협력 기상관측소, ④관측동, ⑤홍보관, ⑥기상체험관, ⑦비교관측시설, ⑧농업 미기상 관측시설로 구성되어 있으며 그 중 종합기상탑은 고도별 10m, 20m, 40m, 60m, 80m, 100m, 140m, 180m, 220m, 260m, 300m 총 11개 층으로 이루어져 있고, 층마다 층계참과 관측장비가 설치되어 있어 고도별 상층 대기 관측 수행이 가능
  - 관측뿐만 아니라 기상측기들의 성능시험 및 비교관측 실험 진행을 통해 기상장비 국산화 개발 지원 수행
  - 추풍령 표준기상관측소는 2012년 WMO 선도센터(Lead Center)로 지정되었으며, 검·교정 실험실 운영 및 일사, 일조 비교관측 수행
  - 고창 표준기상관측소는 기상관측장비 성능 비교 시험, 관측 표준 제시, 기상장비 국산화 지원

## □ 고층기상 관측망

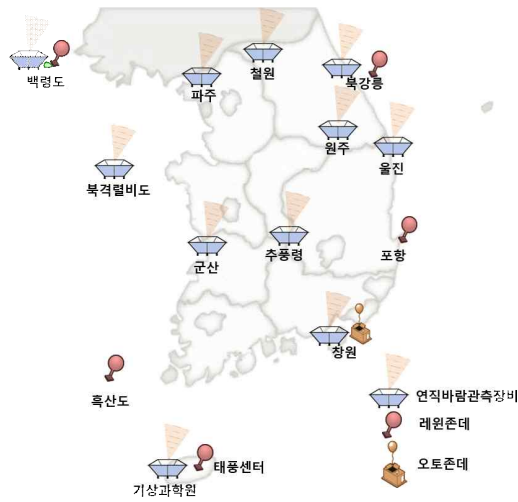
- 지점 연직 관측을 위한 고층기상관측장비를 구성하여 운영 중
    - 레윈존데 7개소에서 일 4회 대기 상층의 바람, 기온, 습도 관측
    - 연직바람관측장비 11개소에서 10분 간격으로 대기 상층의 바람 관측
    - 공군 관측장비(레윈존데 2개소, 연직바람관측장비 8개소) 공동 활용
- ※ 레윈존데 수평해상도 약 200km, 연직바람관측장비 포함 시 약 100km

<표 39> 고층관측 장비 설치현황

	장비명	지점명	관측고도 및 요소
고층 관측	레윈존데 (7개소)	포항, 국가태풍센터, 백령도, 흑산도, 북강릉, 창원, 덕적북리 / 공군 2개소 운영(오산, 광주)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상 ~ 약 35km</li> <li>▪ 기온, 기압, 상대습도, 풍향, 풍속</li> <li>※ 일 4회 관측(09KST, 15KST, 21KST, 03KST)</li> </ul>
	연직바람관 측장비 (11개소)	파주, 북강릉, 군산, 창원, 울진, 철원, 원주, 추풍령, 북격렬비도, 백령도, 제주(과학원)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상 ~ 약 5km</li> <li>▪ 강수유형, 강수강도, 풍향, 풍속, 대기의 연직운동</li> <li>※ 자료생산주기: 10분</li> </ul>

출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022





출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

[그림 28] 국내 고층기상 관측장비 분포도

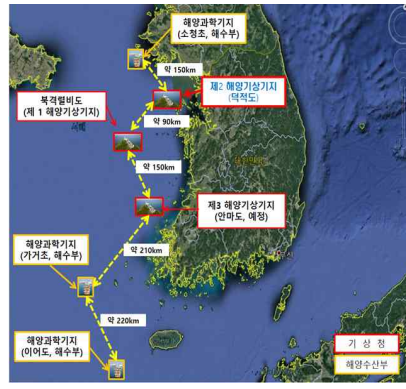
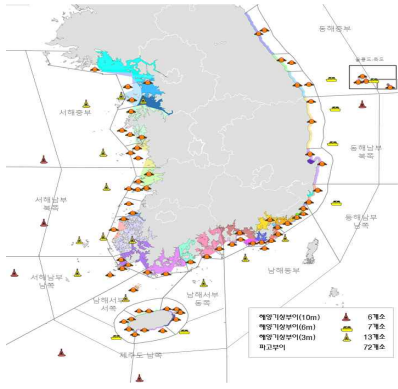
### □ 해양기상 관측망

- (해양기상관측장비) 해양기상부이 26개소, 파고부이 73개소, 등표기상관측 9개소 운영
  - 해양기상부이는 수온, 파고, 파주기, 파향, 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도를 관측(일부 시정 포함)하고, 자료 수집 주기는 30분
  - 파고부이는 수온, 파고, 파주기를 관측하고 자료 수집 주기는 60분
- (해양기상기지) 제1 해양기상기지(북격렬비도, '05년), 제2 해양기상기지(덕적도, '21년)를 운영 중이며, 제3 해양기상기지(안마도, '23년) 구축 예정

<표 40> 기상청 해양기상 관측망

장비명	지점명
해양기상부이 (26개소)	(서해12) 덕적도, 외연도, 인천, 칠발도, 신안, 부안, 가거도, 흥도, 서해170, 서해206, 서해190, 풍도 (남해8) 거문도, 거제도, 통영, 추자도, 마라도, 서귀포, 남해239, 남해465 (동해6) 동해, 포항, 울릉도-독도, 울산, 울진, 동해78
파고부이 (73개소)	(서해25) 신진도, 삽시도, 이작도, 녹도, 비안도, 자은, 진도, 자월도, 서천, 군산, 영광, 맹골수도, 천수만, 낙월, 대치마도, 안면도, 장봉도, 변산, 조도, 불무도, 위도, 장안퇴, 위도동부, 연평도, 녹도 (남해32) 청산도, 금오도, 두미도, 장안, 해금강, 북항, 남항, 한산도, 추자도, 노화도, 고흥, 잡도, 소매물도, 남해, 연화도, 사랑도, 나로도, 제주항, 중문, 우도, 협재, 김녕, 신산,영락, 가파도, 기장, 지심도, 이수도, 구엄, 위미, 신창, 하도 (동해16) 죽변, 구룡포, 연곡, 후포, 토성, 맹방, 간절곶, 월포, 구암, 혈암, 울릉읍, 독도, 당사, 고성, 강릉, 삼척

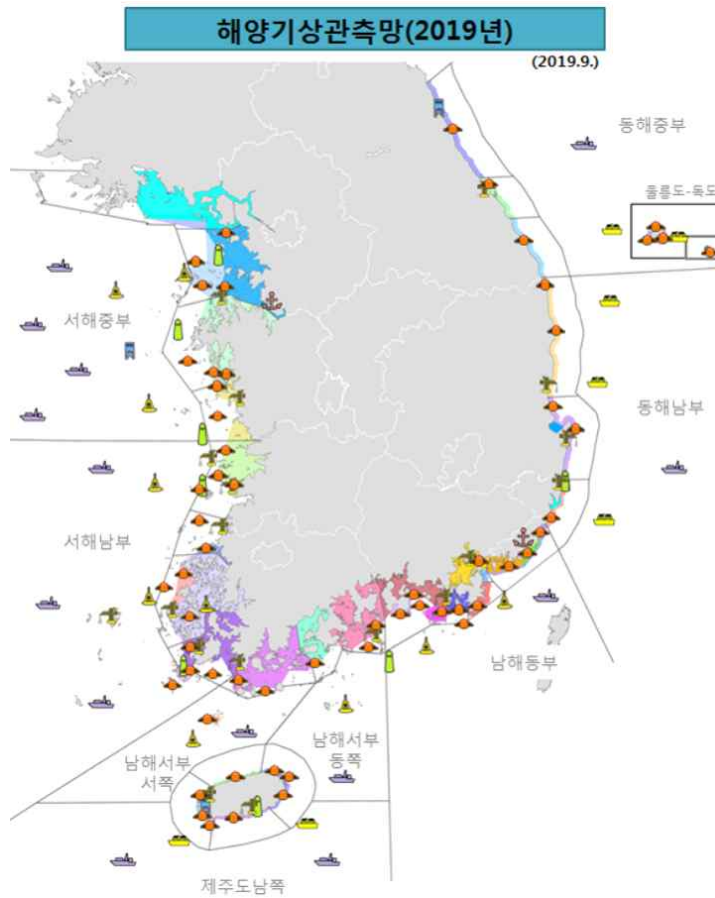
출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022



출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

[그림 29] (좌) 해양기상 관측망 현황 (우) 해양기상기지 기상 관측망 현황

- 삼면이 바다로 둘러싸였으며 편서풍 지역에 있기에 해양기상관측 자료가 매우 중요
- 해양기상 관측자료 확보를 위해 해양기상부이, 등표기상관측장비, 파고부이, 연안기상관측장비, 항만기상관측장비, 해양안개관측장비, 선박기상관측장비, 해양기상기지 등 설치 및 운영



출처: 기상청 블로그, [https://m.blog.naver.com/kma\\_131/221733925938](https://m.blog.naver.com/kma_131/221733925938), 검색일자 : 2022.6.22.

[그림 30] 해양기상관측망(2019.9.기준)

- 기상관측선(기상1호)은 연간 160일 이상 운항하며 해양기상, 고층기상, 해양물리현상을 연직으로 수중 3km 관측

<표 41> 기상1호 세부장비 및 관측요소

구분	기상관측장비	관측요소
해양기상 관측	자동기상관측장비(AWS) (Automatic Weather System)	기압, 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 수온, 일사량, 일조
	시정·현천계(VPF-730) (visibility and present weather sensor)	시정 및 현천
	부유분진측정기(PM10) (Particle Matter 10)	미세먼지(황사)농도
	레이더식 파랑계(WAVEX) (Wavex Marine Radar Wave Extractor)	파고, 파향, 파주기
	웨이브 라이더 부이 (Wave-Rider)	파고, 파향, 파주기
고층기상 관측	고층기상관측장비(ASAP) (Automated Shipboard Aerological Program)	20km까지 대기층별 풍향, 풍속, 기온, 기압, 습도
해양물리 현상관측	직독식 유속계 (Doppler Current Sensor)	수심별 유향, 유속 및 수온 (수심 약 30m 까지)
	초음파 해류관측장비(ADCP) (Acoustic Doppler Current Profiler)	수층별 해류(유속, 유향, 700m)
	자기수온염분 수심 기록계(CTD) (Conductive Temperature Depth)	수층별 수압, 수온, 염분(3,000m), 용존산소량, 산성도
	정밀음향측심기(PDR) (Precision Depth Recorder)	정밀한 수심측정(12kHz, 5,000m)

출처: 기상청 홈페이지, <https://www.kma.go.kr/kma/biz/observation07.jsp>, 검색일 : 2022-06-22

- 해양기상부이는 원반형(3m, 10m)과 선박형(6m)의 3종류로 관측 중이며 풍향, 풍속, 기압, 습도, 파고, 파주기, 파향, 수온 등을 30분 단위로 관측
  - 파고와 파주기는 해수면에서 부이 몸체의 움직이는 가속도를 측정하여 분석
  - 또한, 18대 해양기상부이에 영상 장비를 탑재하여 1시간 간격 해상영상 관측 수행
- 관측 공백 해역에는 웨이브 글라이더를 이용하여 해양 기상을 관측하며 태풍 등 위험기상 실시간 감시에 활용
  - 웨이브 글라이더는 무인 이동형 해양관측장비로 파고, 파주기, 풍향, 풍속, 기압, 기온, 수온 등을 관측하는데 양방향 통신이 가능하여 원격으로 이동 경로 제어 가능
- 육지와 해양이 만나는 조간대는 조석으로 인한 한정적 관측부지와 낮은 접근성으로 인해 현재 조간대 기상관측은 운영되지 않고 있음
- “조간대에서의 기상관측장비 및 관측기법 개발” 과제를 통해 부경대에서 조간대 기상관측시스템을 구축<sup>[36]</sup>
  - 간조 시에는 조간대 지표가 드러나고 만조 시에는 조간대 지표가 완전히 잠기는 곳인 섬 ‘오도’ 를 관측부지로 선정

- 조간대 기상관측시스템은 관측부, 서버부, 사용자부로 구성되어 있으며 기온, 습도, 강우량, 풍향/풍속, 조위, 알베도를 측정하여 기상 및 해양정보 취득
- 조간대 기상관측을 위해서는 안정적 환경이 필요하며 설치 시 콘크리트 시공으로 바닥을 고정하는 작업 수행
- 기상 타워 설치를 위해 연간 최고조, 최저조 조위 정보 필요
- 기상 타워를 유지·관리하기 위해 장비 결함, 전력 공급, 통신 장애 등 대처 필요

## □ 기타 관측망

### ○ 기상 항공기(나라호)를 활용한 대류권 기상요소 관측

- 목적: 위험기상 선행관측, 구름물리·기상조절, 환경기상·온실가스 감시
- 관측요소: 기온, 기압, 바람, 습도, 수증기량, 에어로졸, 온실가스 등 200개(25개 관측장비)

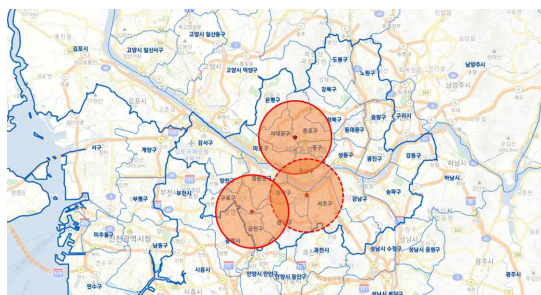
### ○ 항공기에 탑재된 AMDAR를 활용한 고층기상관측자료 수집

- ※ AMDAR(Aircraft Meteorological Data Relay): 항공기 비행 중 관측한 기상요소(기온, 기압, 풍향·풍속 등)를 수집하여 수치모델에 반영(국내 9대 운영, 2021.7. 기준)

### ○ UAM 운항고도에 대한 관측자료가 절대적으로 부족하여 운항 구역의 3차원 종합감시 및 예보를 위해 고층관측자료 확보 필요

### ○ 윈드라이다를 활용한 서울 도심의 수평·연직 바람장 관측

- 3차원 스캔 가능한 윈드라이다를 활용한 바람장 산출 기술 개발
- 관측반경 고려하여 서울 내 3개 권역(강북, 강서, 강남) 배치 계획
- ※ 관측반경 및 해상도(1대 기준): 수평 약 5km, 연직 약 2km, 해상도 약 50m



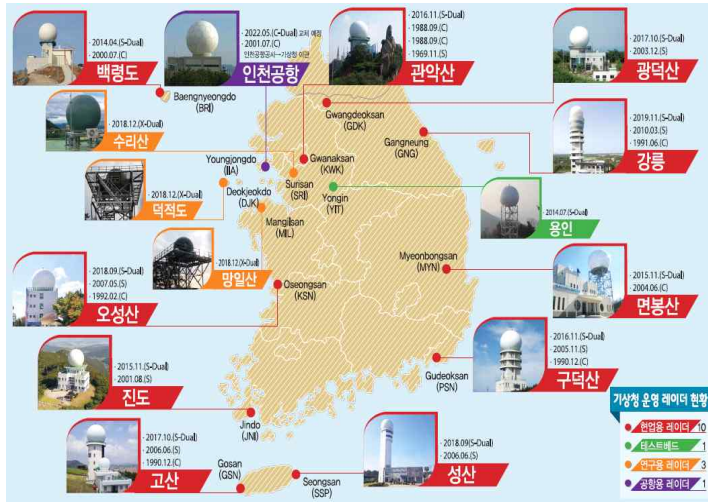
출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022

[그림 31] (좌) 서울 도심의 설치 예정 부지(추후 변동 가능) (우) 스캔 가능 윈드라이드(Windex-2000)

□ 기상레이더 · 연직바람관측장비 · 낙뢰관측망 운영현황

○ (기상레이더) 전국 10개소 현업용 이중편파레이더 관측망 구축(' 19)

- 현업관측망(10개소) : 백령도, 관악산, 광덕산, 강릉, 오성산, 진도, 고산, 성산, 구덕산, 면봉산
- 테스트베드(1개소) : 용인
- 공항용(1개소) : 인천공항(제주 공항 추진 중)
- 연구용(3개소) : 수리산, 덕적도, 망일산



출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022

[그림 32] 기상레이더 관측장비 분포도

<표 42> 국내 레이더 설치현황

	기상청 (1969년 ~)	환경부 (2000년 ~)	국방부 (1977년 ~)	한국항공우주연구원 (2007년 ~)
	관악산 구덕산 오성산 광덕산 고산 성산 강릉 백령도 진도 면봉산 테스트베드(1대) 연구용(3대)**	임진강* 비슬산 소백산 가리산 서대산 예봉산 모후산 삼척** 울진**	서산 대구 원주 광주 사천 예천 포항 강릉* 수원* 증원*	외나로도
	14대 (기술개발·연구용 4대 포함)	9대	10대	1대

\*단일편파레이더, \*\* 소형기상레이더

출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

○ (연직바람관측장비) 전국 11개소\*에서 실시간 대기 상층의 바람 관측을 위해 연직바람관측장비 운영 중

\* 파주, 철원, 북강릉, 군산, 원주, 울진, 추풍령, 창원, 북격렬비도, 백령도, 기상과학원

<표 43> 연직바람관측장비 도입

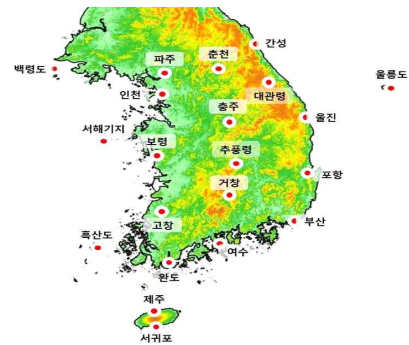
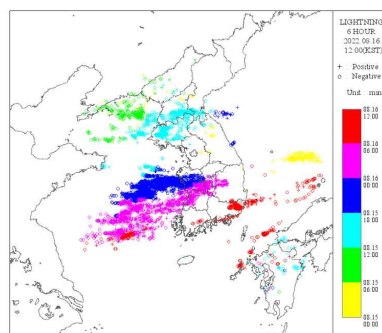
지 점 (11개소)	추풍령, 울진, 원주, 철원	북강릉, 창원	파주, 군산	백령도	북격렬비도	과학원
제조사 (제조국)	디그리안 (프랑스)	Scintec AG (독일)	Nanjing (중국)	Scintec AG (독일)	BIRM (중국)	Nanjing (중국)
모델명	PCL-1300	LAP-3000	CLC-11-H	LAP-8000	YJK3	CLC-11-H
주파수	1,290MHz	1,290MHz	1,290MHz	437.5MHz	1,290MHz	1,290MHz
도입연도	2007	2015, 2018	2016, 2017	2017 (2020 이전설치)	2019	2020

출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022

○ (낙뢰) 전국 21개소\*에 설치된 낙뢰 센서로 구성된 낙뢰 관측망 운영

- 제작사/도입시기: Nowcast(독일)/2014.12. (정식 운영 시작: 2015.9.)
- 사용주파수/탐지방식: VHF/LF(5~200kHz)/도달 시차 방식
- 관측요소: 낙뢰 발생 시각, 위치(위·경도), 고도, 극성(음,양), 강도 등

※ 낙뢰 관측망(21개소) : 간성, 백령도, 춘천, 파주, 대관령, 울릉도, 인천, 울진, 충주, 서해기지, 보령, 추풍령, 포항, 거창, 고창, 부산, 여수, 흑산도, 완도, 제주, 서귀포



출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022  
기상레이더센터 홈페이지, <http://radar.kma.go.kr/lightning/lightning.do#>

[그림 33] 낙뢰관측장비(좌) 낙뢰관측 영상(중) 낙뢰관측망 21개소 (우)

○ (레이더 기술) 레이더 기반 위험기상 분석·서비스 기술 현황

- (품질관리) 이중편파레이더 품질관리 기술(CLEANER\*) 독자 개발(2019.6~)
- ※ CLEANER: CLutter Elimination Algorithm for Non-meteorological Echo of Radar data
- (호우감시) 레이더 기반 집중호우 정보를 읍·면·동 정보 실시간 제공(2021.8)
- ※ [1단계] 강한 호우 에코에 대응하는 지점정보(위·경도) 추출
- ※ [2단계] 예보구역에 발생한 모든 집중호우 정보를 읍·면·동 형태로 예보관에게 제공

○ (바람장 제공) 고해상도 레이더 3차원 상세 바람장 개선

- 시선속도 잡음제거 및 소실영역 복원기술개발 및 제공(2021.8.)
- 고속화 기술개선을 통한 바람장 자료 제공 간격 개선(10분→5분)

○ (태풍 추적) 레이더 기반 태풍 중심 자동 탐지 기술(2중) 제공(2021.5.)

- 레이더 기반 기하학적 태풍 중심 자동 탐지 정보
- 영상처리기법을 활용한 레이더 기반 태풍 중심 자동 탐지 정보

※ 제공정보: 태풍 위경도, 이동속도, 이동 방향

※ 시간 간격/영역: 10분, 30분, 1시간, 3시간/ 동아시아, 한반도 영역

□ 기상위성 관측망

○ (현황) 천리안위성 2A호(기상·우주기상탐재체) 및 지상국 시스템(송수신안테나 2기 포함)

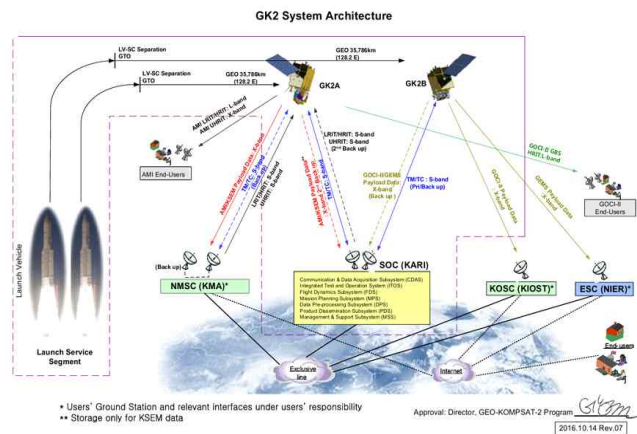
- 기상의 경우, 전 지구(143회), 한반도 확장(715회), 한반도(715회) 관측을 수행하며 우주기상의 경우, 1분, 5분 간격으로 관측을 수행함

※ 지면/장면분석, 구름/강수, 복사/에어로졸, 대기/항공 등 분야별 52종 + 우주기상 3종

○ 국외 정지·저궤도 위성 직수신 자료처리시스템(수신안테나 포함)

※ 국내외 데이터수신: 천리안위성 2B호 및 미국, 유럽 등 20개 위성

○ 지상 GNSS 관측망: 기상청 GNSS 운영 22개소 및 국내 관계기관 자료 수집 114개소



출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022

[그림 34] 천리안 2A/2B호 시스템 구성

□ 항공기상 관측망

- 활주로 부근의 기상 상태를 실시간 감시하기 위하여 공항의 규모, 관측환경 등을 고려하여 국내 7개 공항의 관측 및 예보를 위한 항공기상관측망\* 구축·운영

※ 공항기상관측장비(AMOS), 저층급변풍경고장비(LLWAS), 공항기상레이더(TDWR)

- 국내 공항을 중심으로 항공기상관측장비가 설치·운영되어, 도심지역 곳곳을 운항하는 UAM을 감시하기에는 역부족

<표 44> 항공관측장비 현황

(2021.1.31. 기준)

	장비명	수량	관측요소
항공 관측	공항기상관측장비 (AMOS)	8	풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도, 강수량(0.1·0.5mm), 강수유무, 일사량, 일조시간, 초상온도, 지면온도, 지중온도, 시정·현천, 운고·운량, 적설 / 활주로그시거리
	저층윈드시어경고장비 (LLWAS)	3	활주로 및 활주로 인접지역의 저층에서 발생하는 윈드시어 및 마이크로버스트 탐지 ※ 인천, 제주, 양양
	공항기상레이더 (TDWR)	1	강수분포, 강수강도, 윈드시어, 마이크로버스트 등 ※ 인천

출처: 기상청, 관측분야 주요 기상 통계, 2022

- 도심항공교통(UAM), 개인항공기(PAV)와 같은 소형 비행체 관련 항공 교통환경의 급격한 변화 예상
- 항공기상 관측은 공항 주변 반경 16km 내의 정규기상을 관측하여야 하나, 관측장비의 공간적 관측한계(point 관측)로 목측(유인관측) 병행
  - 목측요소 포함으로 관측 품질(객관성, 연속성)에 한계 존재
    - ※ 객관성 한계: 동일 기상에 대한 관측값은 일정해야 하나 관측자에 따라 주관적 관측값 생산
    - ※ 연속성 한계: 계기 관측은 연속적으로 자료가 생산되고 있으나 유인관측은 관측 시점에만 자료생산
  - 24시간 항공기상관측자료 생산을 위해서는 다수의 인력 소요
- 일부 자동관측(AUTO METAR/SPECI) 시, 목측요소(시정, 현재일기, 구름) 값은 대표 활주로 계기에서 산출되는 단일 값을 제공하거나 미제공
  - (시정, 운량, 운고) 관측지점의 단일 값으로 공항 전체를 대표하지 못함
  - (최단 시정, 우세시정, 운형) 계기 관측이 되지 않아 목측에 의존
  - (현재 일기) 일부 산출되고 있으나 정확도가 떨어짐(눈, 비, 안개, 박무, 연무 등 구분 불완전)



○ (관측 자동화의 필요성) 관측 품질의 한계를 극복하고 정밀한 항공기상 관측을 위하여 첨단기술을 활용한 자동관측기술 개발 필요

- 기존 관측장비와 첨단기술(레이더, 위성, 전방위 카메라 등)을 융합한 자동화 추진

□ 기후변화 감시

○ 기후변화감시소 운영: 총 4개소(안면도, 고산, 울릉도·독도, 포항)

○ 관측 분야 및 요소: 6개 분야\*, 총 36종 요소 관측

\* 온실가스, 반응가스, 에어로졸, 성층권오존/자외선, 대기복사, 총대기침적

<표 45> 감시소별 관측요소

감시소(개소년도)	관측분야(요소수)	
안면도(1996)	34종	온실가스(7), 반응가스(4), 에어로졸(10) 성층권오존(1), 자외선(2), 대기복사(7), 총대기침적(3)
제주 고산(2009)	22종	온실가스(4), 반응가스(4), 에어로졸(5) 성층권오존(1), 자외선(2) 대기복사(3), 총대기침적(3)
울릉도·독도(2014)	14종	온실가스(4), 반응가스(1), 에어로졸(4) 자외선(2), 총대기침적(3)
포항(1994)	3종	성층권오존(1), 자외선(2)

출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022

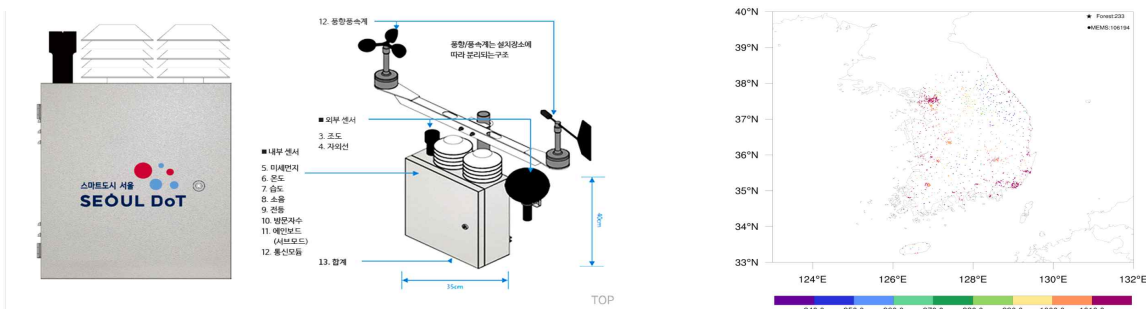
□ (지자체·민간) 기상청 관측망과 별도로 자체 기상 관측망 구축

○ 대표적인 예로 서울시는 자체 도심기상관측장비(S-Dot)\*를 설치·관리 중

※ S-Dot(Smart Seoul Data of Things), '21년 기준 서울시 전역에 1,063대 설치

측정항목: 기온, 습도, 풍향·풍속, 미세먼지, 대기질, 자외선 등(지점별 요소 상이)

※ SKT는 저가형 MEMS 가속도 관측망을 통해 전국 2,800여 개 지점 기압정보 수집



출처 : 기상청, 미래 세대와 함께하는 국가기상관측 종합정책 보고서, 2022

[그림 35] (좌) S-Dot 센서 외관 및 구성요소 (우) MEMS 실시간 표출

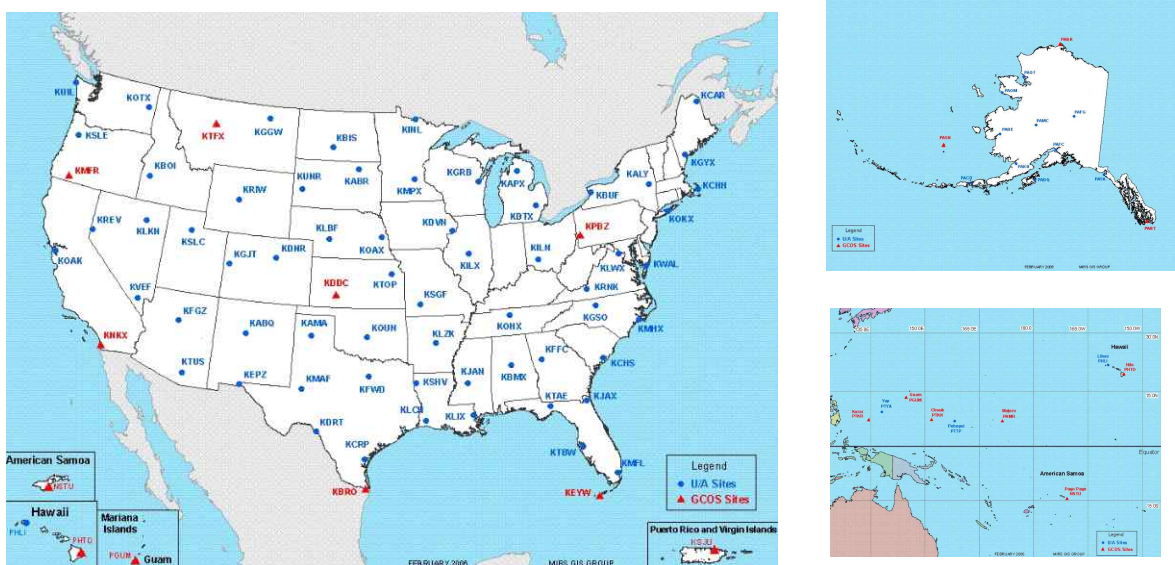
○ 기상청 지상관측자료는 중관규모 수치예보모델에는 충분하나, UAM 이·착륙 안전 지원을 위하여 버티포트 중심 지상 관측망 확대 구축 필요

## 5.2. 주요 선진국의 기상 관측망 운영현황

### 5.2.1 미국

#### □ 기상 관측망 운영현황

- 미 전역에 걸쳐 900여 개의 ASOS (Automated Surface Observation System), 1100여 개의 AWOS (Automated Weather Observation System)를 비롯한 지상관측 장비가 있으며, 그 외 NWS Cooperative Observers 및 CoCoRaHS를 통해 각 지역에서 시민들이 측정한 관측자료를 활용함
- 이외에도 각 주에서 Mesonet을 통한 지역 관측망을 구축하여 주별 기상정보를 수집하고 있으며, 대표적으로 켄터키주의 Kentucky Mesonet, 오클라호마대학교에서 구축/운영 중인 Oklahoma Mesonet이 있음
- 상층 기상정보 수집을 위해 미 전역에서 92개의 라디오존데 관측소 (미 대륙 69개, 알래스카 13개, 태평양 9개, 푸에르토리코 1개)를 운영 중이며 160개의 도플러 레이더를 통해 위험기상을 감시
  - 아래 그림의 파란색 지점은 NWS의 고층기상관측장비 지점(U/A site), 빨간색 지점은 기후관측시스템 지점(Global Climate Observing System)을 나타냄



출처 : NWS 홈페이지, [https://www.weather.gov/upperair/hws\\_upper](https://www.weather.gov/upperair/hws_upper)

[그림 36] 미국 고층기상관측망

- 또한, National Lightning Detection Network (NLND)을 구축하여 미 전역의 낙뢰 감시 업무를 담당

## 5.2.2 영국

### □ 기상 관측망 운영현황

- 영국의 육상관측망은 약 270개의 종관(자동) 관측소 및 기후(수동) 관측소로 약 40Km 간격으로 조밀하게 설치되어 있음
  - 종관 기상관측소에서는 지상 1.25m 기온·상대습도, 잔디 표면의 기온, 콘크리트 표면의 기온, 지면 아래 0.1m, 0.3m 및 1.0m의 토양 온도, 강우량, 눈의 깊이, 지상 10m에서의 평균 풍속·평균 풍향·최대 돌풍, 관측소 기압, 압력 경향, 운량, 운형, 운고, 현재 날씨 및 과거 날씨 등을 측정
  - 또한, The UK Met Office Weather Observation Website(WOW, <https://wow.metoffice.gov.uk/>)를 통해 기간별 영국 기상 데이터 제공 및 지도 표출



출처: met office 홈페이지,

<https://www.metoffice.gov.uk/weather/guides/observations/uk-observations-network>, 검색일자 : 2022.6.20.

[그림 37] 영국 Met office 지표 기상관측망

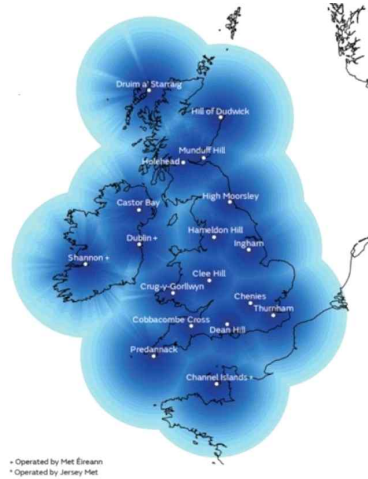
- 영국의 해상관측망은 해양 자동기상관측소(MAWS), 자율관측선(Voluntary Observing Ships), Shipbourne 자동기상관측소(Shipbourne Automatic Weather Statinos), 표류 부표(Drifting Buoys), 아르고 플로트 해양계측기(Argo Flats)로 구성되어 있음[37]
  - MAWS는 11개의 계류부표와 7개의 등대로 구성되어 있으며 계류부표는 기압, 기온, 해수 온도, 습도, 풍속, 풍향, 파고 및 파주기를 측정
  - 또한, Foula, Sule Skerry 2개의 무인도에서 자동 기상 관측소 운영
  - 300척 이상의 VOS(Voluntary observing ships)를 통해 해상기상 관측을 수행하며 그중 150척 이상이 기후 데이터 제공
  - Shipbourne 자동기상관측소는 컨테이너 선박, 운반선(ferries), 연구 선박 등에

설치하여 관측을 수행

- 전 세계적으로 약 1,250개의 표류 부표 데이터를 사용하며 매년 약 20~30개의 표류 부표를 북대서양에 배치

○ 영국은 15개의 기상레이더를 통해 폭우 모니터링 및 예측 수행

- 이중 편광 및 도플러 기술을 추가하였으며 고사양 레이돔을 설치하여 레이더 기능 및 정확도를 개선



출처: Met office 홈페이지,

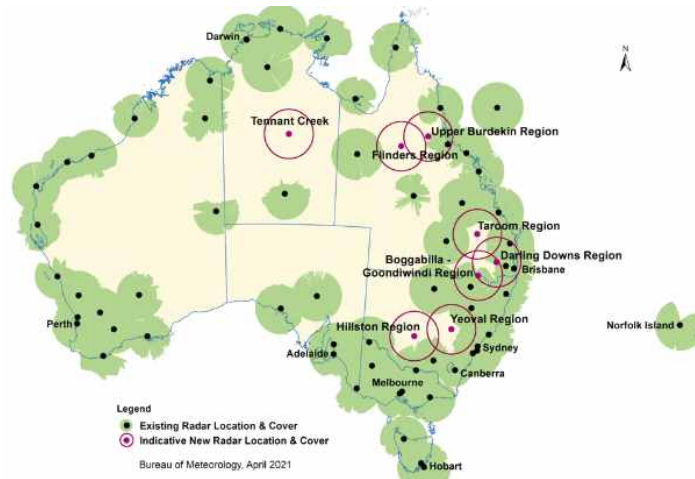
<https://www.metoffice.gov.uk/weather/guides/observations/uk-observations-network>, 검색일자 : 2022.6.20.

[그림 38] 영국 Met office 기상레이더 관측망

### 5.2.3 호주

#### □ 기상 관측망 운영현황

- 호주 기상국의 Aunnaul Report 2020-21에 따르면 기상레이더 63개, 유인 기상청 48개, AWS 703개, 강우량계 약 6,300개, 윈드 프로파일러 13개, 고공 대기 관측(upper air balloon stations) 38개, 일사 관측 및 복사 에너지 모니터 13개, 파고 부이 32개, 해수면 관측소 45개, 국외 파트너들과 운영하는 위성 33개, 관련 부서와 파트너가 운영하는 수문 모니터링 관측소 약 5,400개 이상, 자발적 관측자 약 4,600개 이상 운영 중[38]



자료 : 호주 기상청 사이트(<http://www.bom.gov.au/australia/radar/ron/new-radars.shtml>)

\* 그림의 8개 레이더는 2024년 6월까지 추가 건설 예정

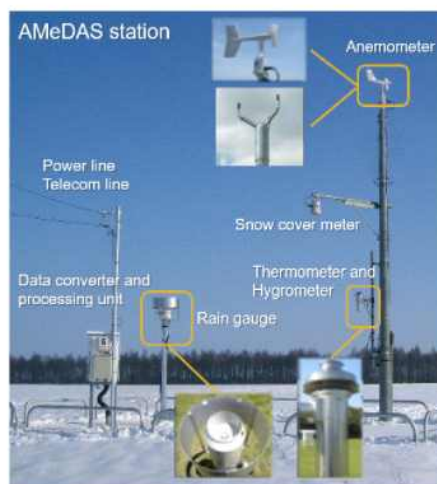
[그림 39] 호주의 기상레이더 관측망(2021.04 기준)

## 5.2.4 일본

### □ 기상 관측망 운영현황

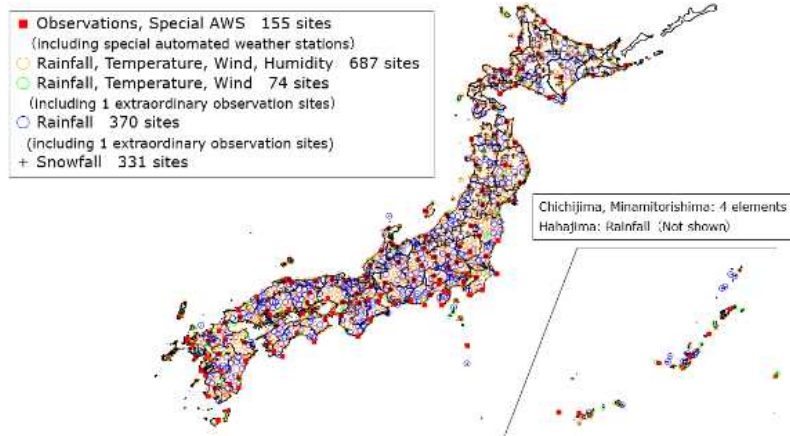
○ 일본 기상청은 전국적으로 지역기상 관측시스템인 AMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System) 운영

- AMeDAS는 평균 17km 간격으로 설치되어 있으며 1,300개의 우량계를 포함, 이 중 1,200여 곳은 무인으로 운영
- 약 840개의 관측소에서 강우량, 적설량, 풍향/풍속, 온도 및 습도 관측
- 눈이 많이 내리는 지역에서는 약 330개의 유·무인 관측소에서 적설량 관측



자료 : 일본 기상청 사이트(<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/amedas/amedas.html>)

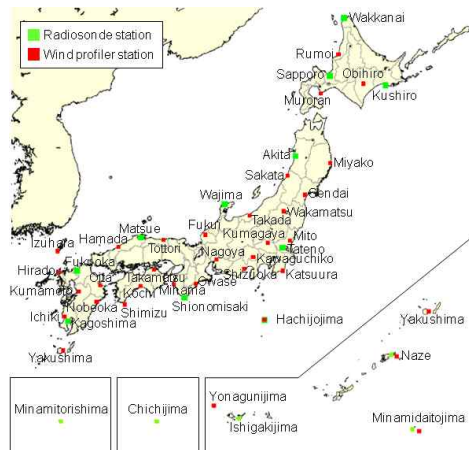
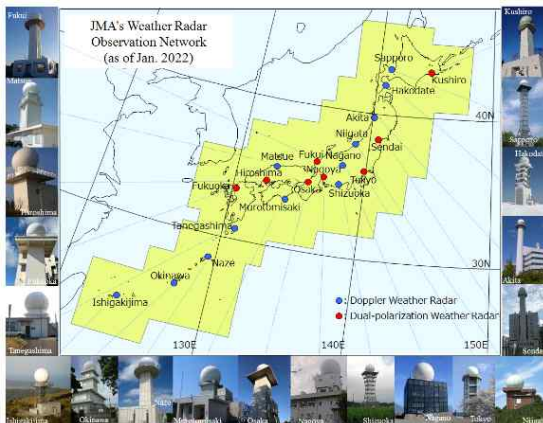
[그림 40] 일본의 AMeDAS 관측소 구성 장비



자료 : 일본 기상청 사이트(<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/amedas/amedas.html>)

[그림 41] 일본의 AMeDAS 관측망 (2021.12.7. 기준)

- 일본 기상청은 일본 전역에 20개의 C-band 도플러 기상레이더와 라디오존데 16개 관측소, 윈드 프로파일러 33개 관측소를 통해 고층 관측 수행
  - 윈드 프로파일러는 최대 12km 범위를 커버하며 10분마다 측정



자료 : 일본 기상청 사이트(<https://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/observations.html>)

[그림 42] 일본의 고층 기상 관측망  
(좌) 레이더 관측망(2022.01 기준) (우) 고층 관측망

- Himawari 8호 위성은 가시광 대역 3채널, 근적외선 대역 3채널, 적외선 대역 10채널로 10분 간격 관측 수행
  - 위성 관측을 통해 태풍 감시, 지구 및 해양환경 모니터링, 수치예보에 활용
- 카키오카 자기 천문대는 지자기 및 지전기 관측을 수행하여 태양계-지구 환경 모니터링 및 우주기상 예보, 화산폭발 예측연구에 활용
- 기상관측선 및 표류 부표를 통한 해양기상 관측

- 료후마루, 케이후마루 두 척의 기상 연구 선박에 의해 해양기상 관측
- 북서태평양의 137° E 자오선을 따라 선박 기반 수로 관측 수행
- 표류 해양 부표를 활용하여 위치, 기압, 해수면 온도 및 파고/주기 측정

## 5.2.5 중국

### □ 기상 관측망 운영현황

#### ○ 기상 관측망 현황

- 2020년 말 기준 중국 전역에 7개 국가대기배경관측소, 24개 기후관상대, 216개 기준기후관측소, 626개 기본기상관측소, 10,078개 기상관측소, 918개 응용기상관측소, 120개 고기상관측소, 287개 기상레이더역(이 중 차세대기상레이더 224개, 풍광선레이더 63개), 56개국 우주기상관측소 설치
- 극궤도 기상위성 8기, 정지기상위성 9기를 성공적으로 발사했으며 현재 궤도에서 7기의 기상위성을 운용 중
- 지상 기상관측을 전면 자동화하여 인공 관측보다 4~8배 이상 자주 관측
- 관측 데이터 전송 시간을 분 단위에서 초 단위로 높여 데이터 품질 제어 수준을 향상하였고, 통합판별 데이터가 예보 서비스 업무 플랫폼에서 통합되어 정밀하고 정확한 관측·예보 서비스를 제공
- 허베이 송안신구(河北雄安新区)와 텐진(天津)·상하이(上海)·항저우(杭州)·선전(深圳) 등 시범도시의 스마트 기상관측 체계를 구축하여 첫 고고도 대형 드론 태풍 관측시험에 성공
- 기상관측 분야는 전반적으로 품질관리 체계를 구축하고 ISO9001 인증 통과

### 5.3 시사점

- 해외 주요국들은 각국의 국토 및 자연환경, 기술발전 상황을 고려한 기상 관측망을 운영하고 고도화를 추진
  - 미국은 주별 고밀도 기상 관측망(Mesonet)을 통해 지상 관측자료의 정확도 향상
  - 영국은 다양한 해양기상관측장비 현업 활용 활성화
  - 호주는 프로파일러 및 Upper Balloon Stations 등 고층기상 관측망 강화
  - 일본은 고층, 지진, 해양 기상 관측망 운영 강화
  - 중국은 지상 기상관측 전면 자동화, 관측 데이터 전송시간 단축 등을 통해 관측망 최적화 추구
- 해외 주요국들은 대부분 민간 클라우드 소싱을 통한 관측자료 정확도 향상 추구
  - 미국의 NWS Cooperative Observers 및 CoCoRaHS, 영국의 컨테이너 선박, 운반선(ferries), 연구 선박 등을 통한 관측 자료 수집이 대표적
- 관측장비별 개수와 조밀도, 요소별 센서 개수와 조밀도를 파악하여 지역별 특징적 위험기상 관측망 개선 도모 필요
  - 일본은 지상기반 관측망의 AMeDAS에서 요소별 센서와 센서 탑재 관측소 개수 파악



### 1. 기상관측 분야 추진 성과 분석 시사점

□ 분석결과 및 시사점

○ 문헌 조사를 토대로 기상관측 분야 성과 및 한계를 도출하여 전략적 방향성 제시

<표 46> 기상관측 분야 성과에 대한 시사점 도출

구분	분석 결과	시사점
1) 관측 인프라 확충	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 관측 데이터 활용기반 조성</li> <li>▪ 재난 통신체계 및 관측기관 자료 공동활용기반 미약</li> <li>▪ 산업 수요 대응 관측요소 제공 기반 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 특별관측·입체집중관측 확대 필요</li> <li>▪ 자료 품질관리 강화 필요</li> <li>▪ 기상관측업무 체계 개선 필요</li> </ul>
2) 관측 기술 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상장비 국산화 지원 및 핵심기술 개발에도 상용화 지연</li> <li>▪ AI, 빅데이터 기술 도입을 위한 인프라 및 제도적 기반 부족</li> <li>▪ 첨단관측장비 개발 및 장비 간 상호연계 성과 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 핵심 기술개발 상용화를 위한 제도적 지원 강화 필요</li> <li>▪ AI 도입 가속화, 비정형 데이터 및 공동 장비 활용 확대, 자료 시각화 필요</li> </ul>
3) 레이더/ 위성 활용 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 천리안위성 2A호 관제·운영 이원화에 따른 장애복구 지연 발생</li> <li>▪ 레이더·위성을 활용한 항공기상에 특화된 기상정보 미비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 다중궤도 기상위성 활용 기반 마련</li> <li>▪ 차세대 기상레이더 활용 확대</li> </ul>
4) 기상관측 업무성장 기반 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 공인제도의 부재로 국내·외 기술 선도에 근본적인 어려움 존재</li> <li>▪ 예산 투입 및 절차의 효율성 검토 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 관측장비 운영환경 개선 및 체계적인 장비 도입 절차 제도화</li> <li>▪ 충분한 예산 확보 및 절차 간소화</li> </ul>

출처: 저자 작성

## 2. 종합 환경 분석 시사점

### 2.1 외부 환경

#### □ 정책 동향

- 기상관측 분야 선도국의 위상 유지를 위한 R&D 강화 기조를 보이며, 후발 국가들은 관측역량 강화를 통한 기상관측 분야 선도국 기술 역량 catch-up 전략 추진 중
  - 국가별 기술발전 수준에 근거하여 미국, 영국, 일본 등은 기술 선도형, 호주, 중국 등은 기술추격형 R&D 전략 수립
- 정책적 연속성 확보와 함께 조직 운영 효율화를 위한 기상업무 프로세스 개선 및 민간 기상 데이터 도입 활용계획 수립 필요
  - 지역 방재체계 개선을 위한 지방청 조직 강화 등 조직 운영 효율화를 위한 정책 마련 필요
  - 인력양성, 대외협력, 인프라 구축을 위한 정책 추진을 통해 기상관측 고도화 기반 조성
- 기존 추진 전략과제 간 정책 연속성 확보를 통한 성과 고도화 필요
  - 기술격차 감소 및 글로벌 트렌드를 선도하는 기술 R&D 확대 필요
  - 위험기상 및 다목적 관측망 보강 필요
  - 민간 관측자료 및 AI 활용을 통한 기상관측업무체계 고도화 필요
  - 대외협력, 인력양성 등 인프라 강화 지원 필요

#### □ 기술 동향

- 기후변화 및 대형재난 대응을 위한 위험기상 감시 방안의 패러다임이 현장 중심의 이동관측, 능동관측, 입체관측으로 이동
  - UAM, 신재생에너지, 농업 등 다양한 산업 분야의 미래 수요 맞춤형 기상관측 기술개발 추진
  - 지상-해양-우주를 포함한 전 지구적 관측으로 기상관측의 공간적 범위 확장 및 층위 다양화
- 국내의 경우 선진국과의 기술격차 축소 및 패러다임 선도형 기술 R&D 전략 수립 필요
  - 기상관측기술 분야 특허/논문의 양적 확대뿐 아니라 질적 성장 필요
  - 관측장비 핵심기술 국산화 개발을 통해 국내 기술수준 향상 필요
  - 기상관측 분야 업무체계 개선을 통한 예산 및 업무 효율화 추진
  - 원격·이동·입체 관측기술 및 장비 핵심기술 국산화 R&D 지원 강화 필요
- 대기 저층~고층, 대륙~해양 등 관측 영역의 확대 및 세분화 필요

- 지점 관측 강화를 위한 IoT 센서 개발 확대 필요
- 산업 수요 기상정보 제공을 위한 다목적 관측망 확충 필요

#### □ 산업·사회 동향

- 국민의 삶의 질 향상과 안전 사회 실현을 위한 기반으로써 기상정보의 가치가 확대됨에 따라 신속하고 정확한 기상관측 정보생산과 활용체계 필요
  - 기후 변화에 따른 시민사회의 관심이 확대되고 있으며, 신뢰성 높은 관측자료, 기상정보의 제공 필요
  - 융복합 기상서비스를 중심으로 글로벌 기상산업이 지속 성장함에 따라 서비스 고도화를 위한 고품질·고부가가치 기상정보의 생산 및 활용체계 마련 시급
- 4차 산업혁명 기술 발전 및 기후 위기 극복을 위한 기상산업 경쟁 가속화 전망
  - 국내 기술경쟁력 확보를 위한 핵심기술 국산화 및 연구개발 지원을 통해 세계 시장 선점 필요

## 2.2 내부 환경

### □ 기상관측 조직 운영체계

- 국내외 정부 기상부처의 조직 구조는 일반적으로 1) 중앙부처-하위조직 2) 중앙부처-산하 공공기관/연구기관 3) 중앙부처-지방 기상조직 층위로 구성
  - 중앙부처-하위조직은 관리부처로서 전략 수립, 통신체계, 품질관리, 계측표준화, 보안 등 국가기상업무 프로세스 효율화를 위한 업무분장 체계 구성
  - 중앙부처-산하 공공기관/연구기관은 현업 지원과 연구개발을 위한 업무분장 체계 구성
  - 중앙부처-지방 기상조직은 관할 지역 지점 관측을 위한 업무분장 체계 구성
- 주요국들의 관측조직은 각자의 목표 지향성에 따라 특화된 기상업무 협력체계 구축
  - 미국은 현업 지원 및 연구개발, 영국은 현장 관측, 호주와 일본은 데이터 활용, 중국은 원격관측을 중심으로 한 기상조직 내부 업무체계 구축
  - 국내 기상청 관측기반국은 관측망 운영·표준화 및 데이터 활용(관리) 중심의 업무체계를 구축하고 있으며, 산하 공공기관(연구개발)과 지방기상청(현업화)의 독자성을 고려한 별도 업무체계 구축
- 유관 조직 간 효율적 공동 연계 방안 수립 필요
  - 부서간 정기적인 정보 공유를 통해 이해관계자 대상 기상관측 거버넌스 구축
  - 지방기상청과 지역 산·학·연과의연계 확대를 통한 지역별 주요 위험기상 관측·예보 역량개선

### □ 관측망 운영 현황

- 해외 주요국들은 각국의 국토 및 자연환경, 기상기후, 기술발전 상황을 고려한 대형재난 맞춤형 기상 관측망 운영 고도화 추진
  - 미국은 주별 고밀도 기상 관측망(Mesonet)을 통해 지상 관측자료의 정확도 향상
  - 영국은 다양한 해양기상관측장비 현업 활용 활성화
  - 일본은 고층, 지진, 해양 기상 관측망 운영 강화
  - 호주는 프로파일러 및 Upper balloon stations 등 고층기상 관측망 강화
  - 중국은 지상 기상관측 전면 자동화, 관측 데이터 전송시간 단축 등을 통해 관측망 최적화 추구
  - 고사양레이더 관측망 도입, 관측 자동화, 데이터 전송시간 단축 등을 통해 최적화
- 국내 환경을 반영한 최적의 관측망 구축 필요
  - 지역별 조밀도 격차를 고려한 지상 관측망 조정 필요

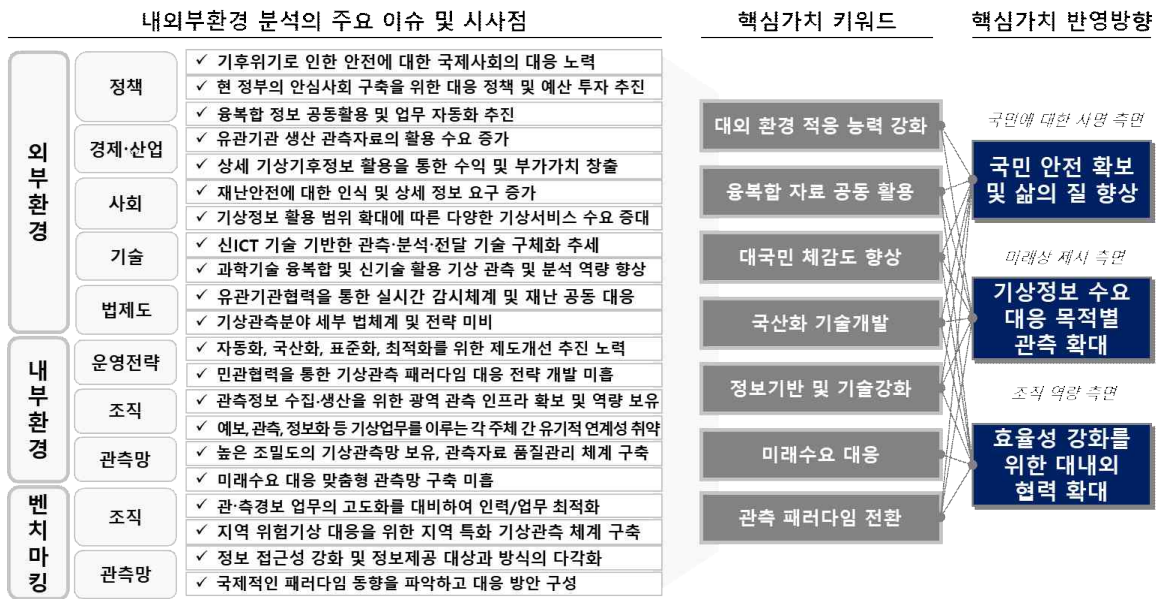
- 중앙·지방정부 외에도 대학, 연구소, 민간업체의 기상 관측 활성화 필요
  - 서해를 중심으로 해양기상 관측망과 UAM 지원을 위한 저층 관측망 보강 필요
  - 기상항공기·관측선, 위성 활용 확대
  - 자동 관측 도입 확대
  - 해외 주요국들의 민간 클라우드 소싱 사례를 참고하여 민간 관측자료 활용 기반 마련 필요
- ※ 미국의 NWS Cooperative Observers 및 CoCoRaHS, 영국의 컨테이너 선박, 운반선(ferries), 연구 선박 등을 통한 관측데이터 수집이 대표적

### 3. 향후 추진 방향

- (정책) 상위 계획과의 정책적 연속성을 확보하고, 위험기상에 대응하기 위한 기상관측망 확충, 품질관리·표준화 업무 개선을 위한 정책적 기반 마련
  - 기상관측표준화 업무 개선, 기상관측망 효율적 배치를 위한 관측영향도 평가 기반 마련을 통한 기상관측망 운영 효율성 제고
  - 국제·지역 차원의 기상관측업무 협력체계 구축을 위한 제도 마련
  - 기상위성, 슈퍼컴퓨터 등 관측 인프라의 적시 도입을 위한 예비타당성 면제 방안 마련
- (기술) 국내 정책 환경 및 기술 수준을 반영한 선도 추격형 및 R&D 전략 수립
  - 4차 산업혁명 기술을 활용하여 미래 수요에 대응하기 위한 국산화 기술개발 지원 필요
  - 위험기상 감시를 위한 기상위성 분석기술 개발, 기상레이더 핵심기술 기술개발
- (기후위기) 기후변화에 따른 위험기상에 대응 능력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충
  - 기상감시 능력 강화, 기상재해 경감을 위한 지상, 고층, 해양 및 원격탐사 입체 관측망 보강 및 확충 추진
- (수요) 도로기상, K-UAM, 신재생에너지 등 미래수요를 대비한 융복합 기상관측 기반 마련
  - 운전자 안전 확보를 위한 도로기상서비스 체계 구축 및 K-UAM 입체기상관측 기술개발
  - 신재생에너지(태양광, 풍력) 발전을 위한 기상정보 제공 등 관련 산업 지원
- (조직) 국내 기상환경에 특화된 관측업무 협력체계 구축과 함께 기상청-과학원-기술원의 연계를 통한 성장기반 마련
  - 기상청-과학원-기술원 간 업무 분담 체계 구축을 통한 업무 효율성 향상
- (지역 연계) 위험기상 감시 역량 향상 및 학·연 연계 강화를 위한 제도 마련
  - 지역특화 운영 관측 프로그램 위험기상 관측역량 향상 및 기상현상 분석을 통한 기술개발 활성화
  - 위험기상 집중관측을 통해 지역대학과 협력을 강화하고 기상 인재 양성
- (패러다임) 민간 관측자료 활용 및 AI 기반 관측역량 강화 등 글로벌 기상관측 트렌드를 반영
  - 민간 기상관측자료 활용 체계 정립, 간이형 성능인증제도 도입 등 민간 참여 확대 기반 마련 및 시민참여 기상관측과학 이해 확산 추진
  - AI, 빅데이터, IoT 기술 기반 관측기술 개발 등 추진

#### 4. 종합적 분석을 통한 핵심 가치 도출

- 외부환경, 내부환경 및 벤치마킹 요소를 통해 7가지 핵심가치(▲ 대외환경 적응 능력 강화, ▲ 융복합 자료 공동 활용, ▲ 대국민 체감도 향상, ▲ 국산화 기술 개발, ▲정보기반 및 기술강화, ▲ 미래수요 대응, ▲ 관측 패러다임 전환) 도출
- 도출된 핵심 가치는 국민에 대한 사명 측면에서 ‘국민 안전 확보 및 삶의 질 향상’, 미래상 제시 측면에서 ‘기상정보 수요 대응 목적별 관측 확대’, 조직의 역량 강화 측면에서 ‘효율성 강화를 위한 대내외 협력 확대’를 목표로 전략적 방향성을 연계 도출



[그림 43] 종합적 분석을 통한 핵심가치 키워드 및 전략 방향성

## 1. 정책 목표 및 추진 방향

## □ 연구 방법

- 환경분석 결과를 토대로 전략적 방향성 수립
- 기상청 내부 관계자 및 외부 전문가 자문의견을 수렴한 전략체계 초안 마련
- 기상청 내부 관계자 및 외부 전문가 대상 심층조사를 통한 전략과제별 우선순위 도출
  - ※ 기상청 내부 관계자 총 40명(정책과장, 담당사무관, 주무관 등) 심층조사: 응답률 87.5%(응답수 35)
  - ※ 외부 전문가 총 4명 심층조사: 응답률 50%(응답수 2)
- 전략체계 세부 내역 및 우선순위 도출 결과에 대한 기상청 내부 관계자 및 외부 전문가의 자문 검토를 통한 최종안 확정

## 본 연구의 추진 프로세스 개관

[1] 국내외 환경 분석을 통한 전략 방향 설정	[2] 자문 의견을 수렴한 전략체계 조정	[3] 설문조사를 통한 전략과제 우선순위 도출	[4] 추진 로드맵 및 중기 예산(안) 제시
1-1. 그간의 성과 및 정책·기술·산업·사회 동향 조사	2-1. 중간보고회	3-1. 설문조사지 배포	4-1. 제2차 자문회의 개최
1-2. 분야별 종합 시사점 도출	2-2. 제1차 자문회의 개최	3-2. 데이터 분석	4-2. 전략체계 수정·보완을 통한 최종(안) 확정
1-3. SWOT 분석	2-2. 전략체계 수정·보완	3-3. 과제별 우선순위 도출	4-3. 과제별 로드맵 수립 및 중기예산(안) 도출
1-4. 전략체계 초안 작성	2-4. 청내 인터뷰 의견 수렴		4-4. 활용방안 및 기대효과

[그림 44] 본 연구의 추진 프로세스



## 1.1 SWOT 분석을 통한 내·외부 환경분석

### □ 외부 환경 분석

○ 정책·제도, 산업, 사회 및 기술 동향 분석을 통해 기회요인과 위협요인을 파악

		기회(O)	위협(T)
정책 제도	• 기후위기로 인한 안전에 대한 국제사회의 대응 노력 가속화	○	
	• 현 정부의 안심사회 구축을 위한 적극 대응 정책 및 예산 투자 추진	○	
	• 실시간 감시체계 및 재난 공동 대응을 위한 유관기관 협력 체계 강화	○	
	• 통합적 재난관리를 위한 융복합 정보 공동활용 및 업무 자동화 추진		○
	• 국가별 기술발전 수준에 근거하여 R&D 전략 수립		○
	• 유관기관 생산 관측자료의 활용 수요 증가	○	
경제 산업	• 목적별 상세 기상기후정보 활용을 통한 수익 및 부가가치 창출 활성화	○	
	• 빈번한 기상이변 및 위험기상으로 재난안전에 대한 인식 및 상세 정보 요구	○	
사회	• 기상정보 활용 범위 확대에 따른 다양한 기상서비스 수요 증대		○
	• 신속 정확한 정보제공, 교육 필요, 객관성 및 신뢰성 등의 수요 증가	○	
기술	• 과학기술 융복합 가속화 및 신기술 활용 기상 관측 및 분석 역량 향상	○	
	• 선진국 대비 기술 경쟁력 상대적으로 취약		○
	• 주요국은 AI 기반의 관측 역량 향상 및 민간 관측자료 확대 등 패러다임 선도		○

[그림 45] 기상관측 분야 외부 환경 종합 분석

□ 내부 환경 분석

○ 기상청의 기상관측 분야 중장기 전략과 관측 분야 조직 및 관측망 운영 현황을 분석하여 기상관측 분야의 강점과 약점 요인을 파악

		강점(S)	약점(W)
기상청 전략	• 상위 계획과의 정책적 연속성 확보 미흡		○
	• 자동화, 국산화, 표준화, 최적화를 위한 제도개선 추진 노력	○	
	• 정책적 연계성을 위한 기상관측 분야 기술발전 및 체계 확립 노력	○	
	• ICT 인프라 기반을 통해 기상관측 활용체계 구축을 위한 개선 과제 필요	○	
	• 민관협력을 통한 기상관측 패러다임 전환 및 산업기반 전략 개발 미흡		○
	• 관측장비 연계 활용 성과 부족 및 민간 영역 관측자료 활용 전략 부재		○
관측망	• 기상장비 국산화율 저조, 노후화된 기상장비 일부 운영		○
	• 국내의 도로위험기상, 스마트시티 등 미래수요 대응 맞춤형 관측망 구축 미흡		○
	• 지역 위험기상 대응을 위한 지역 특화 기상관측 체계 필요		○
	• 높은 조밀도의 기상관측망 보유, 기상관측장비 품질관리 체계 구축	○	
조직	• 관측정보 수집·생산을 위한 광역 관측 인프라 확보 및 역량 보유	○	
	• 예보, 관측, 정보화 등 기상업무를 이루는 각 주체 간 유기적 연계성 취약		○
	• 관측·경보 업무의 고도화를 대비하여 인력/업무 최적화 미흡		○

[그림 46] 기상관측 분야 내부 환경 종합 분석

□ SWOT 분석

	강 점(Strength)	약 점(Weakness)
내부환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 범정부 기상관측망 총괄 운영·조정기관으로서의 리더십 확보</li> <li>▪ 기상관측망 확충으로 관측 인프라 및 역량 지속 성장</li> <li>▪ 높은 조밀도의 기상관측망 확보</li> <li>▪ 기상분야 전문인력 Pool 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 선진국 대비 기술경쟁력 상대적으로 취약</li> <li>▪ 기상장비 국산화율 저조, 노후화된 기상장비 일부 운영</li> <li>▪ 기상업무 발전전략의 정책적 연속성 확보 미흡</li> <li>▪ 관측장비 상호간 연계 활용 성과 부족</li> <li>▪ 연구개발, 현업 지원 업무 담당기관과의 협력체계 미약</li> <li>▪ 지방청 기상업무와의 연계방안 부족</li> <li>▪ 민간 관측자료에 대한 활용 전략 미비</li> </ul>
	기 회(Opportunity)	위 협(Threat)
외부환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생활안전 및 삶의 질 향상 등 다양한 기상 서비스 수요 증가(K-UAM, 신재생에너지 등)</li> <li>▪ 산업 발전에 따른 목적별 상세 기상기후정보 활용을 통한 수익 및 부가가치 창출 활성화</li> <li>▪ 과학기술 융·복합 경향 가속화</li> <li>▪ 유관 기관 생산 관측자료의 활용 수요 증가</li> <li>▪ 정부의 기후변화 및 환경 안전 부문 예산투자 증가추세</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 및 위험기상 증가</li> <li>▪ 국민 눈높이에 맞는 기상정보서비스 요구 증가</li> <li>▪ 일부 유관 기관의 관측자료형식, 자료생성 방식 등에 표준화 미흡</li> <li>▪ 유관 기관 관측자료 품질 신뢰성 이슈 존재</li> </ul>

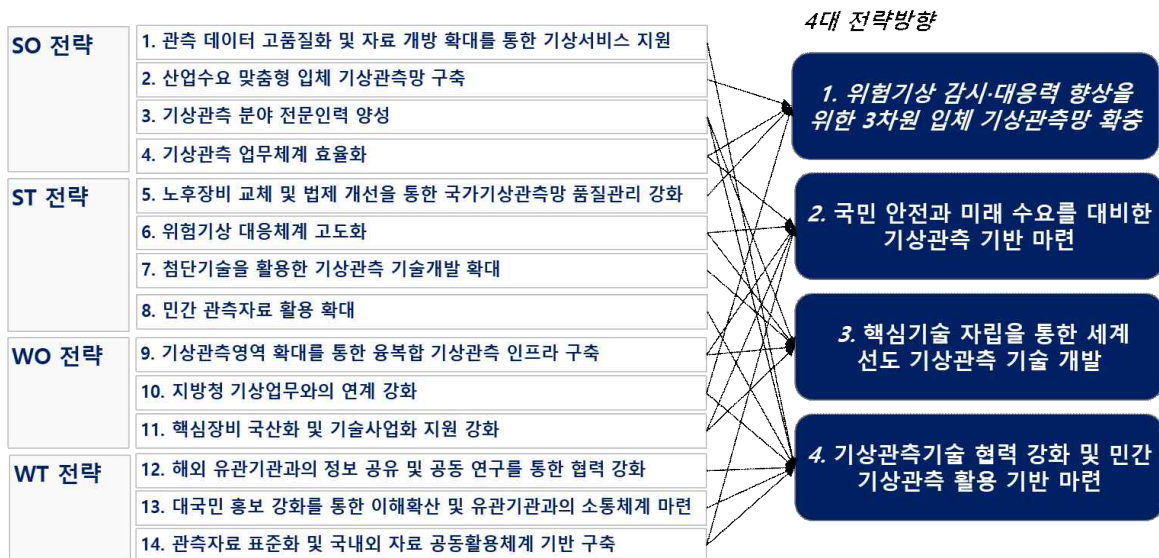
□ Cross-SWOT 분석

	기 회 (Opportunity)	위 협 (Threat)
강점 (Strength)	<p><b>[SO 전략]</b></p> <p>SO1. 관측 데이터 고품질화 및 자료 개방 확대를 통한 기상예보 및 서비스 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 미국, 영국, 일본 등은 클라우드 소싱을 활용하여 지상·해양 관측 정확성 확대</li> </ul> <p>SO2. 산업수요 맞춤형 입체 기상관측망 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 도시, 항공, 도로, 에너지, 농업 분야 목적관측망 확대</li> </ul> <p>SO3. 기상관측 분야 전문인력 양성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상 전공자, 재직자, 일반 시민 대상 수준별 교육 프로그램 마련</li> </ul> <p>SO4. 기상관측 업무체계 효율화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 과학원-기술원 연계 현업화 지원 및 지역별 특화 기상관측체계 구축</li> </ul>	<p><b>[ST 전략]</b></p> <p>ST1. 노후장비 교체 및 법제 개선을 통한 국가기상관측망 품질관리 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상예보 지원을 위한 관측 장비 첨단화 및 체계적인 자료 품질관리방안 마련</li> </ul> <p>ST2. 위험기상 대응체계 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 위험기상의 사회경제적 피해 최소화를 위한 조기탐지 역량 강화</li> </ul> <p>ST3. 예산 투입 및 추진절차의 효율성 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 관측망 중복 개선 및 관측업무체계 간소화를 통한 비용 절감 추구</li> </ul> <p>ST4. 민간 관측자료 활용 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 미국, 영국, 일본 등 국가의 클라우드 소싱 사례를 벤치마킹하여 지상·해양 관측 정확도 향상</li> </ul>
약점 (Weakness)	<p><b>[WO 전략]</b></p> <p>WO1. 기상관측영역 확대를 통한 융복합 기상관측 인프라 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한반도 전지구적 관측 및 대기 연직구조 분석을 위한 고도별 관측망 구축</li> </ul> <p>WO2. 첨단기술 기반 관측 데이터 활용성 증대</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기반 데이터 융합 플랫폼 및 통신체계 마련</li> </ul> <p>WO3. 핵심장비 국산화 및 기술사업화 지원 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 세계 선도국가로의 도약을 위한 연구개발 및 현업화 제도적 지원 확대</li> </ul>	<p><b>[WT 전략]</b></p> <p>WT1. 해외 유관 기관과의 공동 연구를 통한 협력 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mT 특별관측 등 선진국과의 기상 협력 강화</li> </ul> <p>WT2. 대국민 홍보 강화를 통한 이해확산 및 유관 기관과의 소통체계 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대상별 교육 및 이해확산 프로그램 운영</li> </ul> <p>WT3. 지방청 기상업무와의 연계 강화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 각 지역별 학·연 네트워크 구축 및 연계 관측분석 프로그램 도입</li> </ul>

## □ 전략 방향 도출

○ Cross-SWOT 분석을 종합하여 국가기상관측 종합정책의 4대 전략 방향성을 설정

- (전략 방향 I) 관측기반 강화를 목표로 위험기상 감시·대응력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충
- (전략 방향 II) 미래수요 대응을 목표로 국민 안전과 미래수요를 대비한 기상관측 기반 마련
- (전략 방향 III) 세계 선도 관측기술 개발을 목표로 핵심기술 자립 및 R&D 강화
- (전략 방향 IV) 패러다임 전환을 목표로 기상관측기술 협력 강화 및 민간 기상관측 활용 기반 마련



[그림 47] 전략적 방향성 도출

## 1.2 분야별 추진 방향 설정

### □ 현황(As-is)

○ (분야 1) 위험기상 감시 대응

- 대형재난 현장 관측·원격탐사 입체 관측장비 및 통신 인프라 미비
- 장비 노후화 및 중복설치로 지상부터 해양 영역의 관측 공백 존재
- 관측업무 추진 시 예산 및 절차상의 효율성 확보 부족

○ (분야 2) 미래수요 대응

- 신성장동력 산업수요에 부합하는 관측정보 제공체계 미비
- 남북관계 경색 국면에 따른 한반도 공동 관측·협력 정체

○ (분야 3) 관측 기술 개발

- 융복합 기술 기반 관측 자동화 확산 지연에 따른 구름 관측한계 존재
- 핵심 관측장비들의 핵심부품 지속 해외 의존
- 선진국과의 관측기술 수준 격차 존재

○ (분야 4) 패러다임 전환

- 관측망의 개별 목적 활용과 통합활용 병행 체계 부재
- 시민 기상관측자료 활용체계 및 관측 관련 교육 프로그램 부족
- 산하 공공기관 및 지방청과의 관측업무체계 연계 수준 미약

□ 5년 후의 미래상(To-be)

○ (분야 1) 위험기상 감시 대응

- 위험기상 감시를 위한 기상관측망 확충 및 장비 운영 강화
- 재난 현장 실시간 통신 및 모니터링 체계 확보
- 기상관측업무 체계, 관측업무 법·제도 개선을 통한 효율성 향상

○ (분야 2) 미래수요 대응

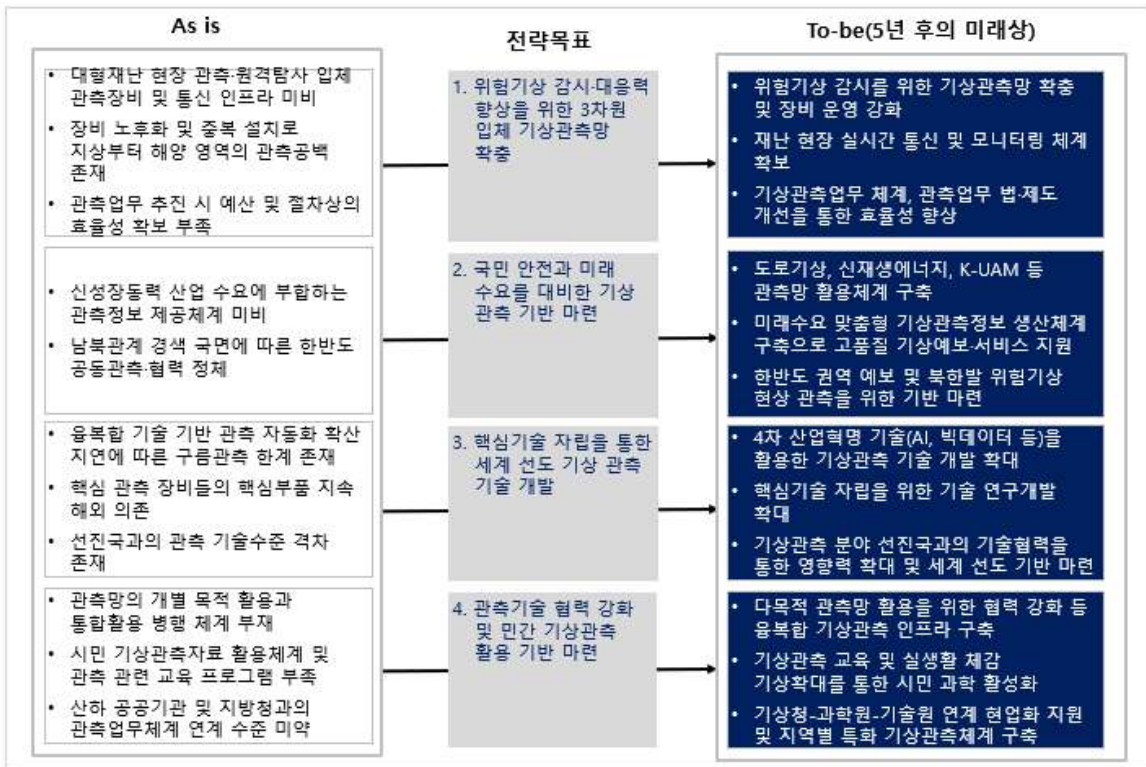
- 도로기상, 신재생에너지, K-UAM 등 관측망 활용체계 구축
- 미래수요 맞춤형 기상관측정보 생산체계 구축으로 고품질 기상예보·서비스 지원
- 한반도 권역 예보 및 북한발 위험기상 현상 관측을 위한 기반 마련

○ (분야 3) 관측 기술 개발

- 4차 산업혁명 기술(AI, 빅데이터 등)을 활용한 기상관측 기술 개발 확대
- 핵심기술 자립을 위한 기술 연구개발 확대
- 기상관측 분야 선진국과의 기술협력을 통한 영향력 확대 및 세계 선도 기반 마련

○ (분야 4) 패러다임 전환

- 다목적 관측망 활용을 위한 협력 강화 등 융복합 기상관측 인프라 구축
- 기상관측 교육 및 실생활 체감 기상확대를 통한 시민 과학 활성화
- 기상청-과학원-기술원 연계 현업화 지원 및 지역별 특화 기상관측체계 구축



[그림 48] 기상관측 분야 현황(As-is)과 미래상(To-be)

## 2. 추진전략 체계

### 2.1 정책 비전 및 목표

#### □ 국가기상관측 종합정책의 미션(안) 도출

- 과학적인 기술강화 및 역량 고도화를 기반으로 기상정보 수요 대응을 위한 목적별 관측 확대를 통해 국민이 원하는 신속하고 정확한 관측정보를 제공하여 국민의 생활안전 확보와 삶의 질 향상에 이바지하기 위하여, 국가기상관측 종합정책의 미션을 「신속하고 정확한 관측정보로 지속가능한 안전 사회 구축」으로 설정
  - 기상업무 발전 기본계획 등의 상위 계획과의 연계성 및 정체성 강화 측면에서 대내외 협력 확대를 통한 패러다임 변화에 선도적으로 대응하고,
  - 정확성과 적시성에 기반한 관측정보 생산 및 위험기상 감시·대응력 향상을 위해 입체 기상 관측망 확대를 통한 최적의 기상정보 제공으로 국민의 안전과 재산 보호에 이바지함과 더불어,
  - 글로벌 재해정책 강화와 기상정보 미래수요 대응을 위한 목적별 관측 확대와 핵심기술 자립으로 지속 가능한 안전 사회 구축을 실현하고자 함

#### □ 국가기상관측 종합정책의 비전(안) 수립

- 자문회의, 내부 인터뷰에서 제시된 기상청 관계자 및 내·외부 전문가들의 의견을 종합 수렴하여 비전(안) 수립
  - 위험기상 감시·대응력 향상, 수요 맞춤형 정보 생산·전달, 핵심기술 자립, 협력 강화 및 민간 활용기반 마련이라는 관점에서 여러 비전(안)의 적합성 검토

Vision 대안 1	<b>기본에 충실하고 미래를 준비하는 선진 기상관측체계 확립</b>		
Vision 대안 2	<b>세계를 선도하는 미래 지향적 국가기상관측 업무체계 구축</b>		
Vision 대안 3	<b>능동적이고 신뢰할 수 있는 국가 기상관측체계 기반 마련</b>		
위험기상 감시· 대응력 향상	수요 맞춤형 정보 생산·전달	핵심기술 자립	협력 강화 및 민간자료 활용 기반 마련
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후 변화 선제대응 입체관측·원격관측망 확보</li> <li>▪ 재난현장 신속대응을 위한 통신체계 및 현장 실시간 모니터링 역량 강화</li> <li>▪ 다목적 관측망 연계 활용 체계 구축으로 위기 대응력 제고</li> <li>▪ 관측자료 품질관리체계 확립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 산업에서 필요로 하는 고품질·고부가가치 자료 생산체계 마련</li> <li>▪ 도로, UAM, 에너지, 농업, 스마트시티 등 미래 수요에 선제 대응한 관측망과 데이터 활용체계 확보</li> <li>▪ 남북 협력강화 대비 접경지역 관측망 및 인도적 지원 기반 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 핵심 관측기술 및 장비의 해외 의존 저감</li> <li>▪ 국내 관측기술 현업화 지원 및 연구개발 강화</li> <li>▪ AI, 빅데이터를 도입하여 자동 관측 및 비정형 데이터 활용 강화</li> <li>▪ 글로벌 기상 관측 패러다임 선도국가로 도약</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 선진국과의 공동 연구 강화를 통한 국제사회에서의 영향력 제고</li> <li>▪ 시민과학 활성화를 통한 민간 관측자료 활용 및 기상관측 분야 미래 인재 양성 기반 마련</li> </ul>

[그림 49] 비전(안) 검토



○ 연구진 내부 평가를 통해 최종 비전(안) 마련

- 미래상, 미션과의 연계성, 차별성, 의미성, 구체성, 공감대 형성 가능성의 6대 항목에 대해 5점 리커트 척도로 점수 부여

**새로운 Vision 선정을 위한 판단 기준**

구분	대안 1	대안 2	대안 3
미래상	4	3	3
Mission과의 연계성	5	3	4
차별성	4	3	4
의미성	4	3	3
구체성	4	3	4
공감대 형성 가능성	5	3	4
<b>합계</b>	<b>26</b>	18	22

미래상	Mission과의 연계성	차별성
<ul style="list-style-type: none"> <li>• '관측 종합정책'이 이루고자 하는 미래상에 대해 효과적으로 담고 있는가?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '관측 종합정책'의 Mission과 연계성은 얼마나 높은가?</li> <li>• 가까운 미래에 이루고자 하는 미래상을 Mission보다 구체적으로 표현하고 있는가?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 타 정책이나 계획과 명백히 구분되는 새로운 미래상의 목표 의식을 담고 있는가?</li> </ul>

**종합적인 환경분석을 기반으로 도출된 Vision 및 담당 부서 메시지, 기관의 목표, 전문가 의견 등을 종합 분석하여 대안 확정**

의미성	구체성	공감대 형성 가능성
<ul style="list-style-type: none"> <li>• '관측종합정책'의 추진방향을 효과적으로 대변하고 있는가?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추상적이지 않은 명확한 방향을 제시하고 있는가?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 담당 부서 전체가 공감대를 느낄 수 있도록 포괄적이고 함축적인 의미를 담고 있는가?</li> </ul>

[그림 50] 전략체계 프레임워크

○ 전략체계 프레임워크를 통해 도출한 국가기상관측 종합정책의 비전은 「기본에 충실하고 미래를 준비하는 선진 기상관측체계 확립」으로 설정

- 비전의 구체화를 위해 국가기상관측체계 효율화 및 연계 강화를 통한 지속성장 동력 확보를 전략목표로 설정

□ 국가기상관측 종합정책의 목표(안) 도출

○ 미션과 비전 달성을 위해 향후 5년간 중점을 두고 추진해야 할 내용으로 4대 전략목표와 18개 전략과제를 설정

- Cross-SWOT 분석을 종합하여 국가기상관측 종합정책의 4대 전략 방향 설정

## Mission

신속하고 정확한 관측정보로 지속가능한 안전 사회 구축

국민에 대한 사명 측면

국민 안전 확보 및  
삶의 질 향상

미래상 제시 측면

기상정보 수요 대응  
목적별 관측 확대

조직 역량 측면

효율성 강화를 위한  
대내외 협력 확대

## Vision

기본에 충실하고 미래를 준비하는 선진 기상관측체계 확립

## Goal

국가기상관측 체계 효율화 및 연계 강화를 통한  
지속성장 동력 확보

전략방향 I

기반 강화

위험기상  
감시·대응력 향상을  
위한 3차원 입체  
기상관측망 확충

전략방향 II

미래수요 대응

국민 안전과 미래  
수요를 대비한  
기상관측 기반  
마련

전략방향 III

R&D 선도

핵심기술 자립을  
통한 세계 선도  
기상관측 기술  
개발

전략방향 IV

패러다임 전환

관측기술 협력 강화  
및 민간 기상관측  
활용 기반 마련

## 2.2 분야별 전략 체계

<b>추진 전략</b>	
<b>전략 방향</b>	<b>전략 과제</b>
<p><b>I. 위험기상 감시·대응력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충</b></p>	<p>[1-1] 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충                      [1-2] 대기 상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충                      [1-3] 해상 관측 공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충                      [1-4] 위험기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화                      [1-5] 효율적인 국가기상관측을 위한 업무체계 개선</p>
<p><b>II. 국민 안전과 미래 수요를 대비한 기상 관측 기반 마련</b></p>	<p>[2-1] 도로 안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축                      [2-2] 신재생에너지 산업 지원을 위한 기상 관측 기반 마련                      [2-3] K-UAM 지원을 위한 입체 기상 관측 기술 개발                      [2-4] 남북관계 개선 대비 공동협력 기상관측 기반 조성</p>
<p><b>III. 핵심기술 자립을 통한 세계 선도 기상 관측 기술 개발</b></p>	<p>[3-1] 4차산업혁명 기술을 활용한 기상 관측 기술 개발 가속화                      [3-2] 다중궤도 기상위성을 활용한 기상위성 기술 개발                      [3-3] 초단기 위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발                      [3-4] 국민 교통 안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발                      [3-5] 북태평양 고기압 공동 관측 국제협력 추진</p>
<p><b>IV. 관측기술 협력 강화 및 민간 기상관측 활용 기반 마련</b></p>	<p>[4-1] 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상 관측 인프라 강화                      [4-2] 지역 학연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련                      [4-3] 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련                      [4-4] 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련</p>

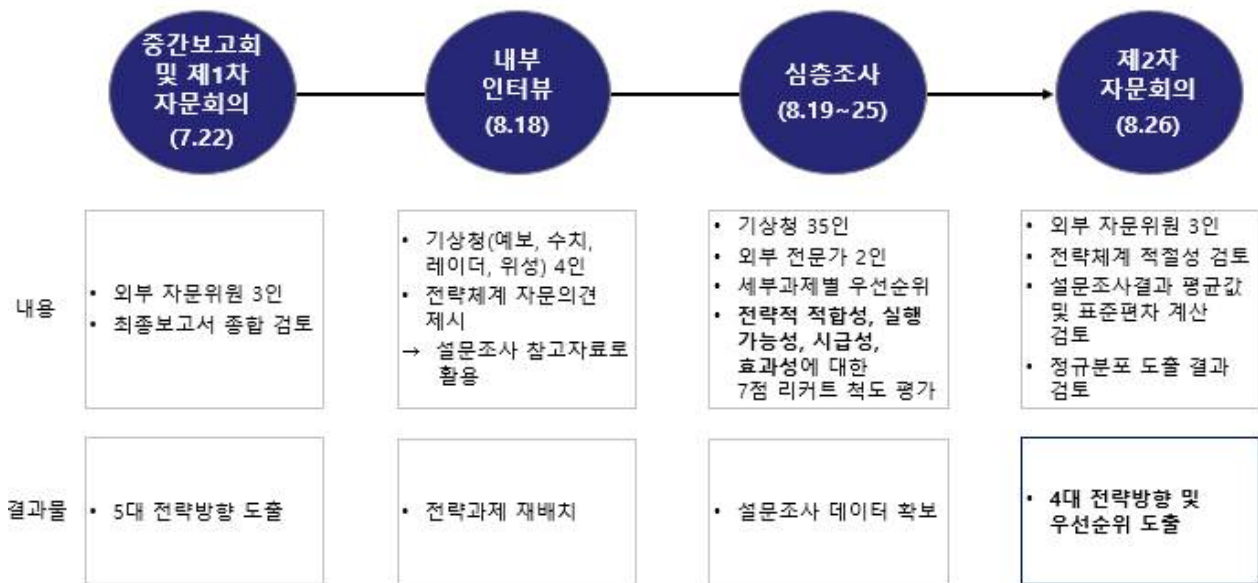
## 2.3 우선순위 과제 도출

### 2.3.1. 개요

#### □ 목적

- 기상청 내부 관계자 및 외부 전문가 자문 의견을 수렴한 세부과제별 우선순위 제시
  - 변화하는 미래에 신속히 대응하기 위해 ‘기본업무’와 ‘미래업무’로 구분하여 각각의 우선순위 과제 도출

#### □ 추진 경과



[그림 51] 우선순위 도출 추진 경과

#### ○ 중간보고회 및 1차 자문회의(7.22)

- 외부 자문위원 3인 대상 최종보고서 종합 검토
- 既도출 전략체계 수정·보완 의견 제시

#### ○ 내부 인터뷰(8.18)

- 기상청 내부 관계자 4인 대상 전략체계 종합 검토
- 전략체계 수정 의견 제시 및 내부 동향 공유

#### ○ 심층조사(8.19~25)

- 기상청 35인, 외부 전문가 2인 대상 세부과제별 우선순위 도출
- 전략적 적합성, 실행 가능성, 시급성, 효과성 등을 고려하여 항목별 7점 리커트 척도 평가 수행

○ 2차 자문회의(8.26)

- 외부 자문위원 3인 대상 전략체계 우선순위 도출결과의 적절성 검토
- 전략체계 수정 의견 제시
- 자문의견을 수렴하여 4대 전략방향으로 재편하고, 세부과제를 기본업무와 미래업무로 구분하여 그룹별 우선순위 도출

### 2.3.2. 세부과제 우선순위 심층조사

#### □ 목적

- 관측정책과제 중장기 계획 도출을 위한 기상청 내부 전문가와 실무자들의 인식조사 수행
  - 세부과제별 전략적 적합성, 실행가능성, 시급성, 효과성 지표에 대한 7점 척도 설문조사 수행

#### □ 진행방식

- 관계자 대상평가 설문지 배포
  - 기상청 내부 35인, 외부 전문가 2인 응답 데이터 취합
- 세부과제의 성격에 따라 기본업무와 미래업무로 구분하여 그룹핑
  - 기본업무(14개), 미래업무(32개)
  - ※ 기본업무: 필수적으로 수행해야 하며, 시급성이 있는 과제를 의미함
  - ※ 미래업무: 미래 수요에 대응하기 하거나 미래 지향적으로 추진할 필요가 있는 과제를 의미함
- 세부과제 우선순위 도출
  - 지표(전략적 적합성, 실행가능성, 시급성, 효과성)에 따른 과제별 평균값 및 표준편차 계산
  - 확률분포별 세부과제 우선순위 도출
  - 세부과제의 평균값을 활용하여 전략과제 우선순위를 「핵심-중점-선택」 순으로 도출
    - ※  $-1\sigma$  미만: 선택,  $-1\sigma \sim 1\sigma$ : 중점,  $1\sigma$  이상: 핵심
- 세부과제를 기본업무와 미래업무로 구분하여 각각의 정규 분포 도출
  - 전체 응답자 결과 도출
  - 각 업무 유형별(기본업무/미래업무) 평균과 표준편차를 구하고 정규분포 함수를 산출하여 결과를 도출
  - 기본업무는 평균값을 활용하여 우선순위를 「핵심-중점」 순으로 도출하였으며, 미래업무는 평균값을 활용하여 「핵심-중점-선택」 순으로 우선순위를 도출
    - ※ (기본업무)  $1\sigma$  미만: 중점,  $1\sigma$  핵심
    - ※ (미래업무)  $-1\sigma$  미만: 선택,  $-1\sigma \sim 1\sigma$ : 중점,  $1\sigma$  이상: 핵심

○ 세부과제 업무 유형 구분 및 우선 등급 도출 기준

구분	업무 유형		우선 등급
	유형	성격	
세부과제명	기본업무 (14개 세부과제)	기상청 고유·현안 업무로서 필수적으로 수행해야 하는 시급성이 있는 과제	핵심 (우선순위 1, 2 순위)
			중점 (우선순위 3~14 순위)
	미래업무 (32개 세부과제)	미래 수요에 능동적으로 대응 하기 위하여 기술개발·예산 투자 등을 중기적으로 검토 할 필요가 있는 과제	핵심 (우선순위 1~6 순위)
			중점 (우선순위 7~26 순위)
			선택 (우선순위 27~32 순위)

□ 세부과제 업무유형, 우선 등급 도출 결과

전략 방향	전략 과제	세부 과제	업무 유형	우선 등급	연도별 계획				
					'23	'24	'25	'26	'27
					1. 위험기상 감시·대응력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충				
1-1. 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충									
[1-1-①] 지상 기상관측망 운영 강화	기본	중점							
[1-1-②] 기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화	기본	중점							
[1-1-③] 대형 재난 지원용 특별관측장비 구축	미래	중점							
1-2. 대기상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충									
[1-2-①] 고층 기상관측망 확충 및 고도화 (레이존데, 연직바람 장비 노후화 등)	기본	중점							
[1-2-②] 고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화	미래	핵심							
1-3. 해양 관측공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충									
[1-3-①] 해양 기상관측망 확충 및 운영강화	기본	중점							
[1-3-②] 대형 기상관측선 및 대형 기상항공기 도입	미래	선택							
1-4. 위성기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화									
[1-4-①] 기상레이더 관측망 확충 및 운영강화	기본	중점							
[1-4-②] 기상위성 관측망 확충 및 운영강화	기본	중점							
[1-4-③] 항공 기상관측망 확충 및 운영강화	기본	중점							
[1-4-④] 저층 복합재난 대응 기반 확충	미래	중점							
1-5. 효율적인 국가기상관측을 위한 업무체계 개선									
[1-5-①] 국가 지상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선	기본	핵심							
[1-5-②] 관측영향도 평가체계 구축	미래	핵심							

전략 방향		업무 유형	우선 등급	연도별 계획				
				'23	'24	'25	'26	'27
전략 과제								
세 부 과 제								
	[1-5-③] 후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진	미래	중점					
2. 국민 안전과 미래 수요를 대비한 기상관측 기반 마련								
2-1. 도로안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축								
	[2-1-①] 전국 고속도로·국도 기상관측망 구축	기본	중점					
	[2-1-②] 도로기상정보시스템 구축	기본	중점					
2-2. 신재생에너지 산업 지원을 위한 기상관측 기반 마련								
	[2-2-①] 태양광 발전을 위한 기상관측 지원	미래	중점					
	[2-2-②] 해상 풍력 발전을 위한 기상관측 지원	미래	중점					
	[2-2-③] 스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축	미래	선택					
2-3. K-UAM 지원을 위한 입체기상관측 기술개발								
	[2-3-①] 차세대 도심항공교통을 위한 저층 관측 기술 개발 (레이더, 연직바람관측장비 등)	미래	핵심					
	[2-3-②] 차세대 도심항공교통을 위한 기상운영체계 마련	미래	중점					
2-4. 남북관계 개선 대비 공동협력 기상관측 기반 조성								
	[2-4-①] 남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대	미래	선택					
	[2-4-②] DMZ 내 기상 관측망 구축	미래	선택					
3. 핵심기술 자립을 통한 세계 선도 기상관측 기술 개발								
3-1. 4차 산업혁명 기술을 활용한 기상관측 기술 개발 가속화								
	[3-1-①] AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발	미래	핵심					



전략 방향		업무 유형	우선 등급	연도별 계획				
				'23	'24	'25	'26	'27
전략 과제								
세 부 과 제								
	[3-1-②] IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심 기술 개발 (원격탐사장비)	미래	중점					
	[3-1-③] 기상관측 핵심장비 국산화 연구개발 지원	기본	중점					
3-2. 다중궤도 기상위성을 활용한 기상위성 기술 개발								
	[3-2-①] 천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발	기본	중점					
	[3-2-②] 기상위성기반 위험기상 조기탐지기술개발	미래	핵심					
3-3. 초단기 위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발								
	[3-3-①] 기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발	기본	핵심					
	[3-3-②] 기상레이더 차세대 (이중편파, 실시간 신호처리) 기술 개발	기본	중점					
3-4. 국민 교통 안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발								
	[3-4-①] 도로기상관측 기술 개발	미래	중점					
	[3-4-②] 차량용 비정형관측자료 분석 활용 체계 구축	미래	선택					
3-5. 북태평양 고기압 공동관측 국제협력 추진								
	[3-5-①] 기상선진국과의 mT 특별관측 협력 네트워크 구축	미래	중점					
	[3-5-②] mT 특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련	미래	중점					
4. 관측기술 협력 강화 및 민간 기상관측 활용 기반 마련								
4-1. 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상관측 인프라 강화								
	[4-1-①] 국가기상레이더 통합 활용체계 구축	미래	핵심					
	[4-1-②] 기후위기 대응 기후변화 종합감시체계 구축	미래	중점					
	[4-1-③] R2O 기반 기상청, 과학원, 기술원 간	미래	중점					

전략 방향		업무 유형	우선 등급	연도별 계획				
				'23	'24	'25	'26	'27
전략 과제								
세 부 과 제								
협업체계 정립								
4-2. 지역 학·연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련								
	[4-2-①] 지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화	미래	중점					
	[4-2-②] 지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충	미래	중점					
	[4-2-③] 지역 특화 관측 프로그램 운영	미래	중점					
	[4-2-④] 위험기상 집중관측을 위한 대학 협력강화	미래	중점					
4-3. 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련								
	[4-3-①] 민간 기상관측 자료 활용 체계 정립	미래	중점					
	[4-3-②] 민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련	미래	중점					
	[4-3-③] 간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 도입	미래	중점					
4-4. 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련								
	[4-4-①] 시민참여 기상관측과학 이해확산	미래	선택					
	[4-4-②] 대국민 관측자료 공유 네트워크 운영	미래	중점					

### 3. 전략과제별 추진계획

## 전략방향 | 위험기상 감시·대응력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충

### 기본방향

#### □ 배경 및 필요성

- 국민안전, 탄소중립, 기후환경위기 대응 재난안전관리 및 위험기상 감시망 보강 필요성 대두
  - 윤석열 정부 110대 국정 과제에서 국민안전, 탄소중립 실현, 기후환경위기 대응 등 환경·기상 분야 이행과제 포함
- 미래 수요 대응을 위한 상세 기상정보 제공을 위한 기상관측 범위 및 관측망 조밀도 확대 추이 지속
  - 도로, 재생에너지·스마트시티, UAM 등 분야별 맞춤형 관측요소 확대 필요성 증가
- 정밀·입체·집중 관측기술개발 가속화
  - 첨단기술을 응용한 지상-해양-우주, 태풍 입체관측 확대

#### □ 전략의 주요 내용

- 기상 감시능력 강화 및 관측 공백 해소를 위한 기상관측망 보강 및 확충
  - 다양한 첨단 기상장비를 활용한 지상, 고층, 해양, 원격탐사 관측 인프라 확충
  - 고품질의 고부가가치 기상관측 자료 확보 기반 마련
  - 대형 관측 인프라 도입 절차 간소화를 위한 제도적 기반 마련
- 미래 관측수요에 대응한 기상 관측장비의 성능·자료품질 향상과 장비 운용 측면의 효율성 강화
  - 내용연수 초과 장비 적시 교체, 관측 영향도 평가체계 구축을 통한 장비 가동률 향상 및 자료품질 유지
  - 관측센서 보강을 통한 종합 관측지점으로 기능 강화
  - 위험기상 감시 역량 강화를 위한 기상관측차량 도입 확대

## □ 전략과제 및 세부과제

[1-1] 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충

[1-1-①] 지상 기상관측망 운영 강화

[1-1-②] 기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화

[1-1-③] 대형 재난 지원용 특별관측장비 구축

[1-2] 대기상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충

[1-2-①] 고층 기상관측망 확충 및 고도화

[1-2-②] 고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화

[1-3] 해상 관측공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충

[1-3-①] 해양 기상관측망 확충 및 운영 강화

[1-3-②] 대형 기상관측선 및 대형 기상항공기 도입

[1-4] 위험기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화

[1-4-①] 기상레이더 관측망 확충 및 운영강화

[1-4-②] 기상위성 관측망 확충 및 운영강화

[1-4-③] 항공 기상관측망 확충 및 운영강화

[1-4-④] 저층 복합재난 대응 기반 확충

[1-5] 효율적인 국가기상관측을 위한 업무체계 개선

[1-5-①] 국가 지상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선

[1-5-②] 관측영향도 평가체계 구축

[1-5-③] 후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진

## 전략과제 1-1

## 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충

### □ 추진배경

- 지상 기상관측자료의 정확도 확보와 방재 기상업무를 위한 최신 기상관측장비 도입 시급
  - 내용연수 도래한 장비들을 전면 교체하고, 기상관측요소 확대를 위한 첨단 다목적 관측센서 활용 필요
- 기상 파악이 어려운 지역의 기상정보 및 재난현장 실시간 모니터링을 위한 이동형 관측장비 도입 필요
  - 기상 현상을 따라가며 하는 추적관측과 특정 기상에 집중하는 목표관측 강화 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-1-①	지상 기상관측망 운영 강화	기본업무	3	중점

### □ 목표

- 노후 장비 교체 및 관측 센서 보강을 통한 종합 관측 지점 기능 강화

### □ 추진 내용

- 내용연수 초과 장비 적시 교체를 통한 장비 가동률 향상 및 자료품질 유지
  - 시정계는 장비 교체(~' 24./290개소) 후 확충(' 25.~)
  - 내용연수가 도래한 노후된 자동기상관측장비, 시정현천계, 운고계, 황사관측장비 교체
- 관측센서 보강을 통한 종합 관측지점으로 기능 강화(~' 25.)
  - 관측요소: (' 21.) 4개(기온, 풍향·풍속, 강수) → (' 25.) 7개(습도, 기압, 적설 추가)

구분	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	비고
습도	580	608(+28)	635(+27)			
기압	378	435(+57)	497(+62)	568(+71)	635(+67)	
적설	381	459(+78)	541(+82)	578(+37)	610(+28)	등표·항만·연안AWS 제외

- 지상관측장비 종합관리시스템 구축 및 운영(~' 26.)

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-1-②	기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화	기본업무	8	중점

□ 목표

- 재난현장 기상지원과 위험기상 감시 및 관측공백 지역 관측강화를 위한 기상관측차량 도입·운영

□ 내용

- (현황) 수도권·부산·광주·대전기상청 관할 총 4대 운영
- 기상재해 기상지원을 위한 기상관측차량 도입 확대(~' 24년 9대)
  - (' 20년) 수도권·대전 → (' 21년) 부산·광주 → (' 22년) 강원·대구 → (' 23년) 전주·청주 → (' 24년) 제주

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-1-③	대형 재난 지원용 특별관측장비 구축	미래업무	8	중점

□ 목표

- 위험기상·대규모 재해 현상(태풍, 산불, 화산폭발 등)에 대한 집중감시와 신속한 재난대응을 위한 관측장비 보강 및 효율적 배치

□ 내용

- 기상관측용 드론 장비 및 시스템 구축
  - 기상 항공기 및 차량 탑재형 소형화 드론 장비 구축
  - 드론 장거리 통신을 통하여 드론 재난 시스템 구축
  - ※ 국내 이동통신사와 협업하여 드론 재난시스템 구축 진행중
- 위험기상, 재해 현상 등 상황 맞춤형 이동관측장비 구축
  - 휴대성 우수, 상시 통신, 자체전력 가능한 장비
- 재난 현장에서 바람관측장비를 통한 중하층 집중관측
- 대형 재난 지원을 위한 통신체계 구축
  - 재난안전통신망(PS-LTE) IOT 서비스
  - 인말샤프트(Inmarsat) 위성 데이터 통신망 이용
  - 스타링크 위성통신망 활용

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[1-1-①] 지상 기상관측망 운영 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>노후 장비 교체 통해 기상청 관측장비 장애시간 단축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상청 기상관측장비 장애시간(시간)</li> </ul>
[1-1-②] 기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측차량 데이터 적시 제공률(%)을 설정하여 관측종료 후 일정시간 내에 데이터가 정상적으로 전송되는지 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측차량 데이터 적시 제공률(%)</li> </ul>
[1-1-③] 대형 재난 지원용 특별관측장비 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>특별관측장비 데이터 적시 제공률(%) 설정하여 관측종료 후 일정시간 내에 데이터가 정상적으로 전송되는지 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특별관측장비 데이터 적시 제공률(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 노후 장비 교체 및 첨단 장비 보강을 통한 관측공백 해소
- 특별관측장비 및 시스템 구축과 관측 요소 확대를 통한 재난 현장 정밀 관측 역량 강화 및 제고
- 노후된 지상기상관측장비 교체 및 자동화 등 지상기상관측망 운영을 통해 집중호우·태풍·대설 등 위험기상 조기대응 역량 강화

## 전략과제 1-2

## 대기상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충

### □ 추진배경

- 한반도 대기의 연직구조를 입체적으로 조사하기 위하여 대기상층 고도별 기상요소 관측의 필요성 증대
  - 다수 연구결과들은 상층 대기흐름이 지상의 고·저기압 이동, 태풍 등 위험기상 경로에 영향 증명
- 강수량에 직간접적으로 관여하는 구름의 고도, 구름의 상, 구름의 입자 크기, 구름의 총량 측정 필요
  - 구름 관측을 통한 기후변화예측의 불확도 개선 기여 가능

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-2-①	고층 기상관측망 확충 및 고도화	기본업무	4	중점

### □ 목표

- 관측공백지역 최소화 및 관측자료 품질 제고를 위한 고층 관측장비 첨단화와 레윈존데 및 연직바람관측장비 확충·교체

### □ 내용

- 고층기상관측 자동화를 위한 레윈존데 자동발사장치 도입(~' 22)
  - 백령도·흑산도·강원·포항·태풍센터
  - 관측지점 및 관측횟수 증가를 통해 수치모델 정확도 향상 및 위험기상 감시 강화
  - 레윈존데(서해상)
- 위험기상 입체관측 및 관측자료 품질 제고를 위한 연직바람관측장비 관측망 확대 및 노후장비 교체(' 21.~' 26.)
  - 서쪽에서 유입되는 위험기상 감시를 위한 서해상 및 서해안 연직관측망 5소 신규 설치
  - 태풍 진로 초입에 위치한 남해안 연직관측망 1소 신규 설치
  - 겨울철 동풍 대설 및 봄철 강풍 감시를 위한 동해안 연직관측망 2소 신규 설치



※ 공간해상도/관측 지점수: ('21년) 96km/11대 → ('26년) 73km/19대							<b>연직바람 관측망</b> 
구분	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	
교체	원주, 추풍령	울진, 철원	-	-	북강릉	파주	
신설	덕적도	해남	울산, 연평도, 안마도	흑산도	현내	서산	
운영(대)	12	13	16	17	18	19	

※ 관측 지점수/평균 간격: (기존) 11소/96km → (개선) 19소/73km

○ 관측 시간밀도 강화 및 위험기상 감시역량 강화를 위한 이동형 관측체계 개선

- 기상관측차량, 기상항공기 등의 표출체계 실시간 시현으로 개선

※ AWS 관측망 수준의 지연시간(~3분 내외) 확보 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-2-②	고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화	미래업무	2	핵심

□ 목표

- 고층 기상관측 입체 관측자료 품질관리 체계 개선을 통한 수치예보 성능 향상 기여

□ 내용

○ 원격탐사장비 관측자료 융합 활용한 한반도 상층 입체 분석망 확대

- 원격탐사장비 관측자료의 통합 처리 및 융합 활용기술 적용 확대
- 레이더, 연직바람관측자료, 항공관측 등을 융합한 3차원 바람장 산출

※ 레이더 34대(기상청 14, 환경부 9, 공군 10, 항우연 1), 연직바람관측장비 17대(기상청 10, 공군 7), AMDAR 9대(대한항공 8, 아시아나항공 1), 윈드라이더 6대, 낙뢰관측장비(기상청 21소, 항우연 4소, 공군 23소)

○ IASI 위성 자료 검·교정 방법론 개발 및 적용

- 한반도 배경 대기 자료를 기반으로 위성자료(수증기 채널)를 검·교정할 수 있는 방법론(skill score, bias correction 등) 개발
- GEO-KOMSAT 2A(GK-2A) 위성 자료 검·교정을 위해 수도권 라디오미터(수도권 7개 설치) 관측자료를 활용하여 품질관리(슈아내기, Super-observation technique 등)
- 수치 예측성능에 대한 GK-2A의 기여도 평가 관련 R&D 기획

○ 위험기상 예상 시 관측 주기 확대

- '22년 기준, 일 4회→ 6회('24)

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[1-2-①] 고층 기상관측망 확충 및 고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>고층 기상관측망 확충 및 첨단화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상청 고층 기상관측장비 장애시간 감축율(%) 및 기상특보 선행시간 단축률(%)</li> </ul>
[1-2-②] 고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>수치예보 성능향상을 위한 고층 기상관측 입체 관측자료 품질관리 체계 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고층 입체관측자료 품질 향상률(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 원격·고층 관측 공백 극복 및 관측 시·공간 밀도 증가
- 3차원 입체관측망 구축을 통한 위험기상 관측체계 수립
- 고층 기상관측 자료 확대 및 품질관리 체계 개선을 통한 수치예보 성능 향상

## 전략과제 1-3

## 해양 관측공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충

### □ 추진배경

- 해양 기상관측망의 지속적인 확충과 노후장비 교체 및 관측장비 유지보수를 통해 해양기상 관측 등으로 해상의 위험 상황을 조기 탐지
  - 해상 관측자료 확보의 한계, 해양기상정보의 생산·활용 효율성 등을 고려할 때 항만, 항로 등을 중심으로 맞춤형 정보제공 필요
- 기후변화 심화에 따라 삼면이 바다인 우리나라의 특수성을 고려하여 대형 기상관측선 도입을 검토하는 등 이에 대한 종합적인 대책 마련 필요
  - 고정 기상관측망의 보완 및 위험기상 상세 관측, 관측자료 활용연구 확대를 위해 대형 기상관측선, 대형 기상항공기 등을 활용한 입체적인 기상감시 강화 필요

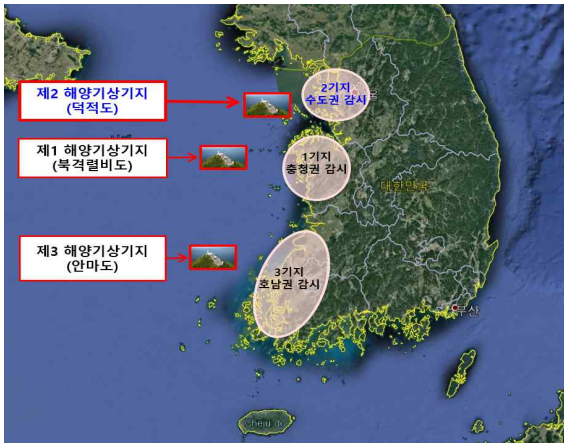
구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-3-①	해양 기상관측망 확충 및 운영 강화	기본업무	6	중점

### □ 목표

- 해상 안전 지원과 위험기상 조기 탐지를 통해 위험기상에 대한 감시체계 강화 및 상세 해양기상 서비스 제공 기반 마련

### □ 내용

- 해양 위험기상 감시·분석을 위한 해양기상기지 등 관측망 확충 및 무인 원격이동 관측장비(웨이브글라이더, 표류부이) 활용
  - 서해·남해 먼바다에 대형 해양기상부이(10m) 확충, 표류부이 확보
  - 내용 연수가 도래한 해양기상관측장비 교체
  - 해양기상관측장비의 안정적 운영·관리를 위한 장비 점검 등 유지 보수 관리
- 해상 위험기상 선도관측을 위해 제2, 3 해양기상기지 구축 및 장비 도입
  - ※ 제1 해양기상기지(북격렬비도, '05년)
  - ※ 제2 해양기상기지(덕적도, '21년)
  - ※ 제3 해양기상기지(안마도, '23년 완공)



해양기상기지 위치도

- (지상) 자동기상관측장비, 낙뢰기상관측장비
  - 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도, 강수량, 낙뢰의 발생시간, 위치, 강도 등 관측
- (환경) 황사관측장비
  - 대기 중 직경 10 $\mu$ m이하의 입자 농도 측정
- (지진) 지진관측장비
  - 지진파를 관측하여 지진의 진앙과 규모 측정
- (고층) 연직바람관측장비, 자동발사장치
  - 고도별 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도 등 관측
- (해양) 해양기상부이
  - 풍향, 풍속, 기온, 습도, 파고, 파주기, 수온 등 관측

해양기상기지 주요 관측 현황

- 주요 도입장비(4종): 자동기상관측장비, 황사관측장비, 연직바람관측장비, 자동발사장치

○ 해양 관측 공백 해소를 위한 해양 관측 센서 개발

- 해양 시정 장비, 강수량 측정 장비, 부표 부착형 간이형 해양 관측장비 등
- 해상안개 감시 강화를 위한 해양 안개 관측망 구축·운영

○ 서해상 위험기상 관측과 태풍 진로 정확도 향상을 위한 해양기상부이 및 안개 관측장비 추가설치 및 운영

- 먼바다 관측 공백 해소를 위한 10m 규모 대형해양기상부이 2대 추가설치 및 예비부이 1대 추가 확보(~' 23)
- 3m 규모 해양기상부이 10대 확충(~' 26)
- 해양 안개관측장비 50대 추가 배치(~' 22)

구분	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년
해양기상부이 10m 규모	2대 (남해1, 동해1)	2대 (남해1, 동해1)	2대 (서해2, 남해1)	-	-	-
파고, 파주기, 파향, 풍향, 풍속, 기온, 습도, 기압, 수온 등 30분 주기 관측						
해양기상부이 3m 규모	-	-	2대	3대	3대	2대
해양안개 관측장비	25 (충청·전북권)	25 (부산·경상· 강원·제주권)				
해양수산부 등표, 등대를 활용하여 여객선 출발항과 도착항에 시정계 설치 1(인천·경기 권역 25개소)						

- 해양기상관측장비 운영·관리를 위한 관측장비 보험료 증액

○ 해기차에 의한 강수 감시 등 서해 먼바다 관측망 보강을 위한 서해 해수 온도 관측망 구축

- 해양기상부이로 교체 예정인 파고부이(19대)를 활용해 바깥 먼바다를 중심으로 서해상 수온 관측망 확충(' 23. 2대 → ' 24. 4대 → ' 25. 6대)

※ 위험기상 감시 강화를 위해 앞바다 파고부이를 해양기상부이로 교체(19대) 추진('23.~)

○ 해양 안개 관측망, 위성 등을 활용한 해무 사례 분석 및 해무 관측정보 생산체계 구축

- 관측자료 기반의 해무 발생 및 소멸 메커니즘 분석
- 지상 관측 네트워크 및 위성자료를 이용한 초단시간 예보 기술 개발
- 해무 관측·분석 및 활용 가이드스 개발
- 해무 관측·운영 자동화 기술 개선 및 적용 지역 확대
- 해양안전 기상정보 생산 및 고도화

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-3-②	대형 기상관측선 및 대형 기상항공기 도입	미래업무	30	선택

□ 목표

- 태풍, 장마 등 위험기상 시 연근해에서 원해까지 동시 입체관측을 수행할 수 있는 대형 기상관측선 도입 추진

□ 내용

- 대형기상관측선(3,000톤급)을 활용한 집중관측실험 수행 및 관측 공백 지역에 대한 전략적 관측 추진

- 연근해부터 원해까지 고층기상, 해양기상, 해양물리현상 등을 종합적으로 관측
- 위험기상(태풍, 장마, 집중호우 등) 예·특보 지원을 위한 특별관측
- ※ 규모: 3,000톤급 (3~5m 내외의 파고에서도 운항 가능 수준)
- ※ 운항속도/거리: 16.5노트/10,000km 이상

현재(기상1호)	대형 기상관측선 주요 추가 장비
자동기상관측장비, 고층기상관측장비(반자동), 레이더식 파랑계, 부유분진측정기, 해수수온염분측정기, 유속계 등	기상레이더, 윈드라이더, 해상 웨이브글라이더, 고층기상관측장비(자동발사장치)

- 풍랑특보 발효 시에도 운항 가능(최소 3,000톤 이상), 다양한 첨단기상관측 장비 탑재가 가능한 통합 플랫폼 구축 고려
- ※ 선박도입을 위한 사전 기술현황과 시장조사('22.), 기획연구 예산확보('23.), 기획연구('24.), 대형관측선 상세기획('25), 설계 및 건조 ('26~'28)



해양기상관측선(기상1호/500톤급)



도입 예정 (3,000톤급)

○ 기상 항공기(나라호)를 활용하여 위험기상 및 대규모 재해 집중감시 선제 대응

※ 관측요소: 기온, 기압, 바람, 습도, 수증기량, 에어로졸, 온실가스 등 200개(25개 관측장비)

- 환경기상·온실가스 감시 통해 화산재 감시
- 구름물리·기상조절 통하여 태풍 및 산불 감시 및 신속 대응 지원
- 실시간 기상정보의 양방향 통신을 위한 차세대 위성통신망 구축

구 분	현 황	개 선	
	L밴드(SBD)	차세대 L밴드	Ka밴드
통신속도	4.8kb/sec	700kb/sec	15Mb/sec
기능비교	문자 ※ 단방향 통신(송신만 가능)	문자/영상/인터넷 ※ 양방향 통신	문자/영상/인터넷/화상통신 ※ 양방향 통신
구축비용	현재 단종	4억 3천만원	17억 2천만원
설치기간	-	2주 (기체개조 인증불필요)	6개월 이상* (기체개조 인증필요)

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[1-3-①] 해양 기상관측망 확충 및 운영 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양기상관측 자료 품질 향상 및 해양기상정보 서비스 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양기상관측자료 품질정확도(%)</li> <li>• 해양기상정보 서비스 개선도(%)</li> </ul>
[1-3-②] 대형기상관측선 도입 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여러 해역 동시 관측 및 입체적 자료 수집을 통한 기상 예측정확도 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험기상 예측정확도(%)</li> </ul>

## □ 기대 효과

- 해무 예측정보 제공으로 선박 운항 안전 확보 및 사고피해 최소화
- 해양 분야의 기초연구와 실험자료를 응용·개발하여 국내 개발이 저조한 해양기상관측장비에 대한 기술 개발 추진으로 관측 정확도에 대한 신뢰성 확보와 기술경쟁력 확보
- 기상관측선 운영을 통한 해양관측 수행으로 해양 기상 및 해양 순환의 이해와 예측정확도 향상
- 연근해에서 원해까지 동시 입체관측을 수행할 수 있는 대형 기상관측선 추가확보로 여러 해역 동시 관측을 통한 입체적 자료수집을 통한 기상예보 역량향상
- 장마, 집중호우, 풍랑, 해무, 폭설 등 월별, 계절별 발생하는 위험기상에 대한 집중·특별 감시 강화
- 위험기상 조기 감시를 위해 원해상 위험기상 현상의 효율적 관측
- 기상예보 정확도 지원을 위한 해상 고층기상관측자료 생산과 수치예보모델 지원

## 전략과제 1-4

## 위험기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화

### □ 추진배경

- 지상관측의 공간범위적 한계를 극복하고 전지구적 관측을 실현하기 위한 원격탐사 관측망 도입 확산
  - 관측기술 트렌드는 장비간 장단점을 보완하기 위해 복합위성 및 다중센서를 융합하는 방향으로 발전중
  - 기상청 관측 정책기조는 지상·고층·해상 등 정규 기상관측망을 촘촘하게 보강하고 집중관측을 지속 확대하는 방향 유지
- 위험기상의 사회경제적 피해 최소화를 위한 조기탐지 역량 강화 필요
  - 풍상측(서해상), 풍하측(서울·경기 동부)의 공기 변화를 지상~상공까지 입체적으로 관측함으로써 급변하는 기상상황에 신속 대응 가능

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-4-①	기상레이더 관측망 확충 및 운영 강화	기본업무	9	중점

### □ 목표

- 태풍, 장마 등 위험기상 시 연근해에서 원해까지 동시 입체관측을 수행할 수 있는 대형 기상관측선 도입 추진

### □ 내용

- 한반도 주변 먼 해상의 관측공백 해소 관측영역 확대 및 위험기상 선형감시 필요
  - 위험기상 감시공백 최소화를 위한 기상레이더 추가 설치(3대/여수, 가거도, 울릉도)
- 이중편파기상레이더 도입 및 성능 시험
  - 위험기상(집중호우, 대설, 태풍 등) 감시 강화를 위해 이중편파기상레이더 운영기술을 개선하고 범부처 레이더 자료를 공동 활용
  - 신규 이중편파레이더 설치를 위한 환경조사
  - 레이더 테스트베드 성능시험 및 공동실험 및 계측기 교체
- 지상기반 원격탐사관측장비 통합관리시스템 구축
  - 다양화되고 고도화되는 원격탐사관측장비의 종합적인 관리·운영
  - 원격탐사관측장비의 송·수신기, 제어부, 안테나부와 발전기, 무정전전원장치 등의 실시간 운영상태 감시 및 제어 시스템 설계·구축
  - ※ 대상(45소): 기상레이더 11소, 연직바람관측장비 13소, 낙뢰관측장비 21소
  - 장비의 상태정보(BITE, 장애이력, 설정변수 등) 관리 DB 구축



구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-4-②	기상위성 관측망 확충 및 운영 강화	기본업무	12	중점

□ 목표

- 기후변화 감시 및 미래기상 수요 대응 다중궤도 기성위성 운영 및 관측자료 확보

□ 내용

- 정지궤도 위성 총 3기 확보를 위한 단계별 로드맵 수립·이행
  - (1단계) 천리안위성 2A호 후속 위성(천리안위성 5호) 개발(' 25~' 31)
  - (2단계) 4차원 대기관측을 위한 초분광적외탐측기 탑재위성 개발, 병행 운영(' 26~' 34)
  - (3단계) 차세대 기상영상기(23채널 이상)가 탑재된 승계 위성개발 추진(' 35~' 41)
- 저궤도 기상위성 운영을 위한 사전연구 및 탑재체 기술개발 추진
  - 마이크로파 및 적외선 기상탑재체 기술 사전연구 및 단계적 개발 추진(' 26)

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-4-③	항공 기상관측망 확충 및 운영 강화	기본업무	10	중점

□ 목표

- 국제적 항공시스템 전환 대응 실시간 공항기상 감시기능 강화를 위한 항공 기상관측망 보강

□ 내용

- 위험기상 조기탐지 강화를 위한 입체관측망 확충
  - 급변풍·난류 탐지 강화를 위한 LIDAR 및 연직바람관측장비 도입 추진: 제주(' 23.), 김포(' 25.), 인천(' 27.)
  - 위험기상 탐지능력 강화를 위한 공항기상레이더(TDWR) 인천공항 교체 및 제주공항 기상레이더 확충(' 22.~' 25.)
- 최적의 성능 유지를 위한 항공기상관측장비 교체 및 보강
  - AMOS 교체: 제주·양양(' 22.), 무안(' 23.), 울산·여수(' 25.)
  - LLWAS 교체: 제주(' 23.), 양양(' 24.), 인천(' 26.)
- 신설공항 최적의 관측망 구축
  - 울릉공항: 레이더, 윈드라이다 도입 추진(' 24./부산지방항공청)
  - ※ 울릉공항: '25년 개항 예정(現 토목공사 중, 부산지방항공청)

- 신공항(가덕도, 새만금, 흑산도 등/국토부 계획 의거) 건설시 최적의 위험기상 탐지장비 도입 협의 추진

○ 겨울철 활주로 노면 살얼음 정보제공을 위한 노면센서 설치(' 23.)

- 과학원의 집중관측 및 유용성 확인 결과를 토대로 적합한 센서 배치
- 위험기상 경보횟수 등을 감안한 단계별 주요공항 TDWR 구축 추진

항공기상관측장비	설치 공항
공항기상관측장비(AMOS)	인천, 김포, 제주, 무안, 울산, 여수, 양양
저층윈드시어경고장비(LLWAS)	인천, 제주, 양양
공항기상레이더(TDWR)	인천, 제주(부지확보 중)

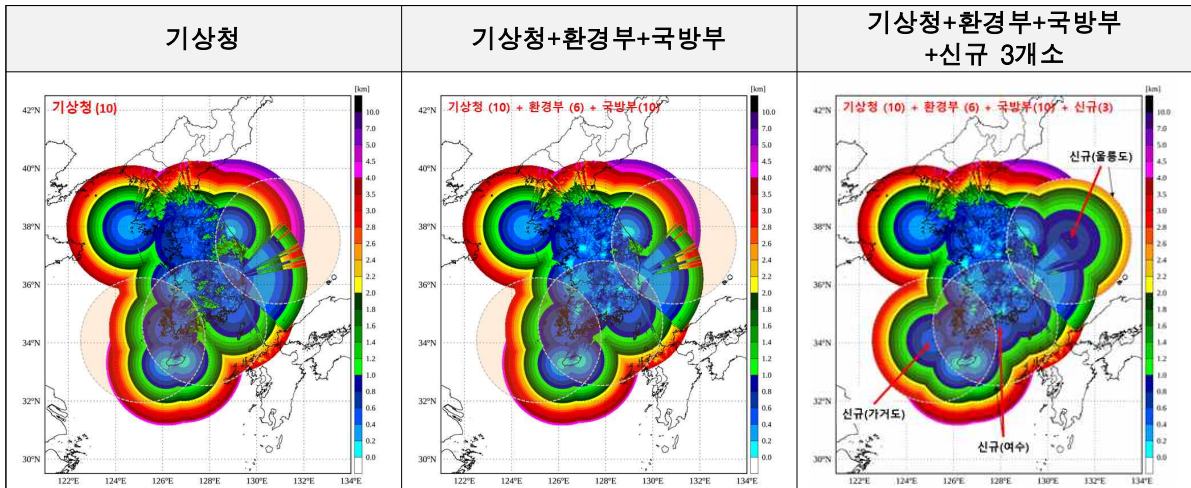
구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-4-④	저층 복합재난 대응 기반 확충	미래업무	25	중점

□ 목표

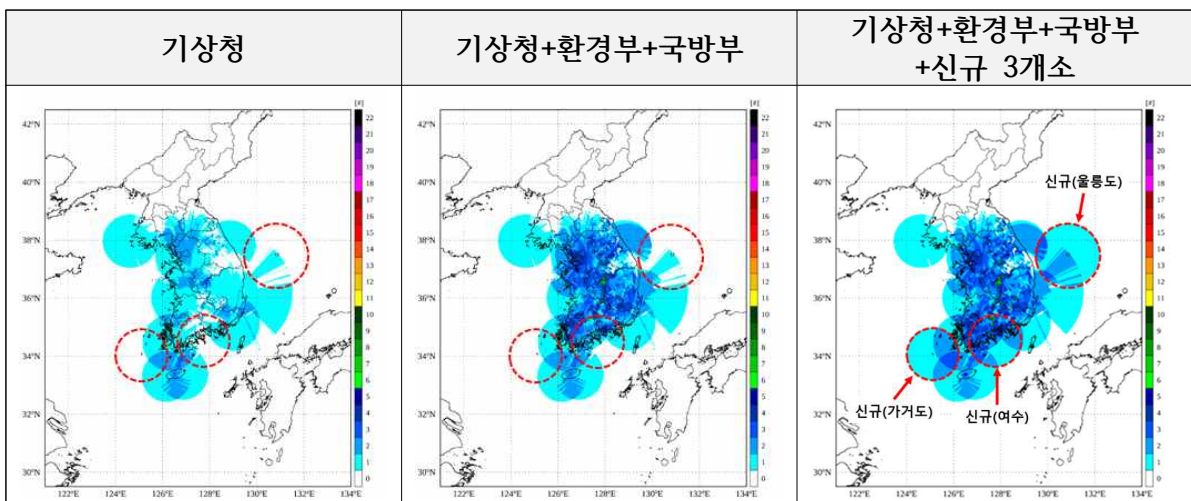
- 재난 상황 대응을 위한 소규모 저층 관측망 보강

□ 내용

- 1km 이하 저층 고도 관측공백 지역에 대한 위험기상 공동 감시체계 강화
  - 위험기상 감시영역 확대를 위한 기상레이더 관측망 기술 분석
    - ※ 혼합층고도, 저층난류, 착빙, 우박, 전선 등 신규정보 개발 위한 관측망 기술 분석
    - ※ 대형 및 소형레이더(환경부 포함) 합성장 생산 및 도심지역 분석
  - 연직 가변격자 기반 저층 고해상도 바람장 산출 기술 개선을 통한 3차원 바람장 제공
  - 기상레이더(이중편파, S밴드) 및 부대장비(예비품, 계측기 등) 도입
    - ※ 관측가능 최저고도 분포도



※ 저층 관측영역(절대고도 1 km 이하 관측영역 및 중첩 레이더 수)



- 폭우 등으로 인한 저층 시설물의 침수피해 감시체계 강화 위하여 강우센서 및 강우 감지기 관측망 보강

※ 환경부와의 업무 협력 필요

### □ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[1-4-①] 기상레이더 관측망 확충 및 운영 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>서해 지역 기상레이더 관측망 확충 및 통신 운영체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 장애시간 및 레이더 기반 강수량 추정값 정확도(%)</li> </ul>
[1-4-②] 기상위성 관측망 확충 및 운영 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>정지궤도·저궤도 기상위성 R&amp;D 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상위성 분야 연구성과 창출지수(점)</li> </ul>
[1-4-③] 항공 기상관측망 확충 및 운영 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>항공 기상관측망 보강을 통한 실시간 공항기상 감시기능 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공항 기상정보 서비스 제공률 및 만족도(%)</li> </ul>

[1-4-④] 저층 복합재난 대응 기반 확충	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술 R&amp;D를 통한 저층 레이더 관측망 공동감시 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설 공동활용률 및 저고도 항공기상정보 서비스 제공률(%)</li> </ul>
-----------------------------	---	--

□ 기대 효과

- 예·특보 지원 및 기후변화 감시를 위한 데이터 생산 및 활용
- 가시광선·적외선 기반 영상기로 인한 대기 입체관측, 구름 아래 대기·지표관측 불가 및 주·야간 변화 시간대 관측 확대
- 지리산 등 남부지역 고도 1km 이하 관측공백 해소 및 동해 관측영역 확대를 통한 입체 관측 정보 제공
- 조밀한 기상레이더 관측망 구축에 따른 위험기상 정보 제공 능력 제고
- 태풍 이동경로 추적·강수량 추정 능력 향상을 통한 인명·재산피해 최소화
- 주요공항 위험기상 탐지를 통한 항공여행객 안전 확보 및 항공교통 흐름 지원
- 공항 및 공역 맞춤형 항공기상정보 생산으로 결항, 운항지연 최소화

## 전략과제 1-5

## 효율적인 국가기상관측을 위한 업무체계 개선

### □ 추진배경

- 기상관측자료의 신뢰성 확보 및 고품질 기상관측자료 생산에 영향을 미치는 관측환경 개선 필요
  - 기상관측 표준화 및 설치 예상지점 모의관측을 통한 영향평가 등 기상관측망 확충·설치를 위한 체계적인 관리방안 마련 요구
- 해외 주요국들은 기상업무 예산 운용 및 절차적 효율화 지속 추진
  - 미국은 조직 발전을 목표로 관측, 운영체계, R2O/O2R 관련 전략을 수립하였으며 일본은 ‘기상업무 계속성 확보’ 분야에 예산 배치하였고, 호주는 기상청 정책방향으로 ‘운영 효율성’을 추구
  - 기상청은 관측업무발전기본계획을 통해 관측공백 해소, 장비 국산화, 관측업무 효율화, 민간 관측자료 활용, 지방 관측업무 역할 변화 대응 등 과제 제시

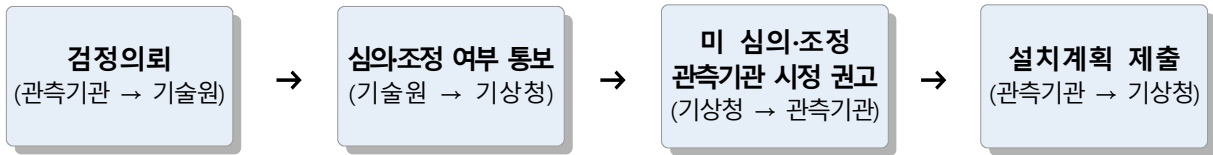
구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-5-①	국가 기상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선	기본업무	2	핵심

### □ 목표

- 기상관측표준화 업무 심의조정체계 및 상시 모니터링 체계 도입을 통한 관측기관 장비의 효율적 관리·운영

### □ 내용

- (관측망 분류) 관측 목적에 따라 기상관측망을 구분하고, 분류별 설치기준, 최적조밀도 설정 등 표준화를 통한 체계적 운영
  - 기상실황 감시 및 예·특보에 주로 사용되는 “일반관측망”과 각 기관별 고유 목적에 따라 운영하는 “특수관측망”으로 분류
  - 중복설치 된 AWS(1km), 강수량계(1km)의 조정
- (심의·조정 체계) 심의·조정 기구를 통한 기상관측망 구축 및 관리계획 심의 및 국가기상관측망 중복도 조정 등
  - ※ 설치계획 제출(관측기관) → 조정안 및 위원회 상정(기상청) → 심의·의결(표준화위원회)
- (상시 모니터링) 심의·조정되지 않은 관측장비가 검정 의뢰된 경우 관측기관에 시정 권고 조치



○ 고품질 관측자료 생산 및 산출물 다양화를 위한 운량·운고 관측업무 체계 개선

- (수집 체계) 전국 운량·운고계(총94대)의 직접 수집체계 안정화와 활용체계 개선으로 원시자료 활용 및 지원
- (장비 노후화) '11년 도입 장비 교체(9소) 및 신규 장비 설치(1소)('22년)
- (자료 시각화) 운고데이터 시각화로 예보 현업 및 대국민 서비스 제공('22년)

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-5-②	관측영향도 평가체계 구축	미래업무	5	핵심

□ **목표**

○ 설치 예상 지점 모의 관측을 통한 관측영향도 평가 기반 마련

□ **내용**

○ 한국형모델 앙상블 기반의 관측 영향평가 체계(EFSO) 구축('22.~'26.)

※ ('22) EFSO 개발 → ('23) EFSO 체계 구축 → ('24~'26) EFSO를 활용한 관측자료 영향평가

○ 한국형모델 기반 모의 관측에 대한 영향평가 체계(OSSE) 구축('21.~'25.)

※ ('21~'22) OSSE 개발 → ('23) OSSE 체계 구축 → ('24~'25) 미래 위성(천리안 초분광적외탐측기) 영향평가

○ 수치모델별 맞춤형 관측자료 활용 확대를 위한 영향평가 수행

- (초단기모델) 초단기 예측을 위한 관측 4종 추가

※ ('22) MODE-S, ('23) S-DOT, ('24) 기지국 기압계, ('25) 장대교량 GNSS

- (한국형모델) 선진 현업기관에서 성능이 검증된 위성\* 및 종관관측\*\* 추가

\* ('22) 적외, 바람, 전자차폐, 총지연량, ('23) 적외, 마이크로, 바람, 전자차폐, ('24.~'26.) 적외, 마이크로, 전자차폐

\*\* 기상청·유관 기관 AWS 활용 영향평가 후 현업화 ('22.8)

- (수도권집중관측) 한반도 고층집중관측 수행 및 예보 영향평가('22.)

※ 고층연속관측(신규 3지점) 및 특정관측(나라호, 기상1호, 기상관측차량)

※ 전지구, 국지, 초단기 수치모델에 입력, 주요 실험 분석 지원

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
1-5-③	후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진	미래업무	10	중점

□ 목표

- 기상위성, 슈퍼컴퓨터 등 대형 관측 인프라 도입시 적시 임무 승계를 위한 예비타당성 면제 방안 마련

□ 내용

- 예비타당성 면제를 위한 법률 및 재정적 근거 마련 조사·연구 수행(~' 23)
  - 국가재정법 제38조 제2항 등 관련 법령 개정(안) 마련
  - 민간 우주기술 개발 지원을 위한 조사·연구
    - ※ 위성시스템 도입 예산 확보방안, 구매·운영 등 제반 절차 및 방안, 기상센서관련 연구개발사업 발굴 등
  - 천리안위성 5호 후속위성 확보 및 관련기술 연구개발지원 방안 수립

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[1-5-①] 국가 지상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측표준화업무 심의조정체계 및 상시 모니터링 체계 도입</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정책 활용도 및 기술규격 마련 건수(건)</li> </ul>
[1-5-②] 관측영향도 평가체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측영향도 평가절차 도입을 통한 기상관측망의 효율적 배치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측망 조밀도 개선(%), 시험인증 건수(건), 관측 정확도 향상률(%)</li> </ul>
[1-5-③] 후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예비타당성 면제에 따른 예산절감 효과 및 절차 간소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예비타당성 면제 제도 및 운영 개선(건), 신속집행률(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 기상관측표준화 업무 및 관측기관 장비의 효율적 관리·운영
- 기상 관측망 설치기준 마련을 통한 기상관측망의 효율적 배치 및 관측 공백 해소
- 기상위성 예비타당성 면제를 통한 정책적 연속성 확보 및 추진 비용 절감

## 기본 방향

### □ 배경 및 필요성

- 도로, UAM, 신재생에너지 등 신성장동력 산업 분야에서 요구하는 기상관측 데이터 제공 필요
  - 교통 안전을 위한 관측 공백지역 해소 및 실시간 도로상황 감시 서비스 제공 필요
  - 날씨의 영향을 받는 태양광·풍력 발전량 및 전력 수요 예측을 위한 일사량, 고도별 풍황 정보 미비
  - 교통저층 난류 및 악기상에 의한 항공안전사고 저감 및 국제기준에 부합하는 항공기상관측제도 도입 필요
- 스마트시티 등 차세대 도시기반 서비스 구현이 가시화되며 이를 지원할 수 있는 기상정보 수요 대두
  - IT 기반 기술의 확산과 과학기술 융복합의 가속화로 첨단기술을 활용한 기상관측 기술 고도화 시급
- 정부는 중장기 계획들을 통해 국제 공동연구 및 남북협력 지원과 관련한 과제들을 지속 추진

### □ 전략의 주요 내용

- 위성, 레이더 등 원격탐측 자료를 활용한 전국 도로의 시·공간 실시간 감시 강화 및 전국적인 실시간 도로기상관측시스템 구축
- 신재생에너지 발전 지원을 위한 관측망 확충, 개발 및 인프라 구축
- 스마트시티 등 미래기술 기반 수요자 중심의 기상관측 기술 고도화를 통한 맞춤형 관측망 구축
- K-UAM 운항시 저층 난류 및 악기상에 의한 항공안전사고 저감을 위한 저층 관측기술 개발
- 미래 항공교통체계에 전환계획에 대응한 국제적 기준에 부합하는 선진 항공기상관측제도 도입
- 북쪽 국지기상특성 파악을 위한 접경구역 기상관측 인프라 구축 및 DMZ 구역 평화벨트 기상대 확충



## □ 전략과제 및 세부과제

### 2-1. 도로안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축

[2-1-①] 전국 고속도로·국도 기상관측망 구축

[2-1-②] 도로기상정보시스템 구축

### 2-2. 신재생에너지 산업 지원을 위한 기상관측 기반 마련

[2-2-①] 태양광 발전을 위한 기상관측 지원

[2-2-②] 해상 풍력 발전을 위한 기상관측 지원

[2-2-③] 스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축

### 2-3. K-UAM 지원을 위한 입체기상관측 기술개발

[2-3-①] 차세대 도심항공교통 지원을 위한 저층 관측 기술 개발

[2-3-②] 차세대 도심항공교통 운영제도 마련

### 2-4. 남북관계 개선 대비 공동협력 기상관측 기반 조성

[2-4-①] 남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대

[2-4-②] DMZ 내 기상 관측망 구축

## 전략과제 2-1

## 도로안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축

### □ 추진배경

- 기존 기상관측망은 도로로부터 멀리 떨어져 있으므로 도로 인근의 기상 및 도로변 상태 관측에 어려움 발생
  - 도로변의 기상 및 상태를 관측하기 위해서는 도로기상관측망 구축이 필요함
- 도로 위험기상으로 인한 교통사고는 대형사고로 이어질 수 있을 만큼 위험하지만, 운전자는 실시간 도로 위험기상에 대한 정보 취득이 어려움
  - 도로 안전성 향상을 위하여 도로기상서비스 체계 구축이 필요함

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-1-①	전국 고속도로·국도 기상관측망 구축	기본업무	13	중점

### □ 목표

- 도로 기상관측 공백지역 해소를 위하여 위성, 레이더 등 원격탐측 자료를 활용하여 전국 도로의 시·공간 실시간 감시 강화

### □ 내용

- 고정형 및 이동형 도로기상관측장비를 활용한 고속도로·국도 관측망 구축
  - 전국고속도로 노선(26개) 도로기상관측망 구축('22.~'25.)
  - 거점 27소, 기본 138소, 목표 335소, 이동센서 1,000대 관측망 확보
- 전국 고속도로·국도의 원격탐측 실황정보 생산 체계 구축
  - 위성, 레이더 등 원격탐측 자료를 활용한 도로기상관측 공백지역 관측정보 산출 필요
    - ※ 위성자료의 AI 기반 실시간 위험기상 탐지 자동화 기술개발('21~'30)
    - ※ 도로 안전관리를 위한 천리안위성 2A호 산출물\*\* 생산('21~'25)
    - ※ 천리안위성 2A호 및 후속위성 기반 고해상도(100-250m) 안개·하층운 및 적설 정보제공
  - 기상관측자료와 비정형 기상관측자료(CCTV, 차량정보 등) 등의 융합기술 개발 필요
- 도로기상관측망 및 원격탐측 실황을 기반으로 도로살얼음('22.12.), 안개('23.) 등 발생가능성 정보제공

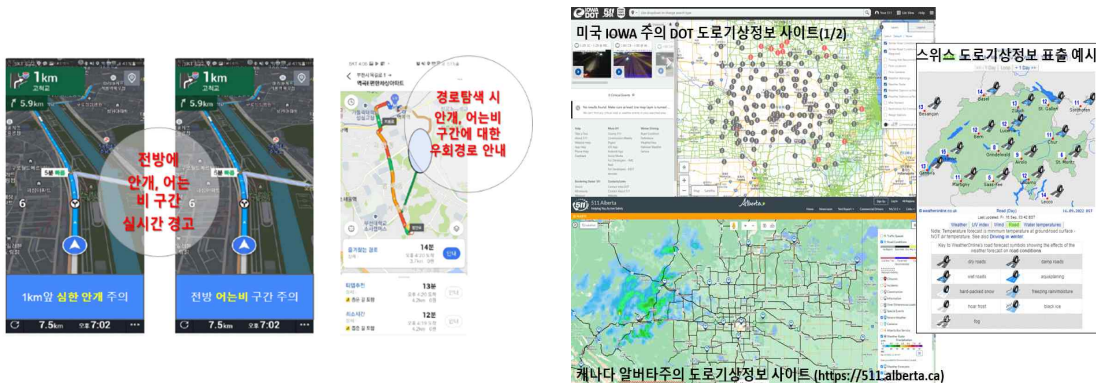
구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-1-②	도로기상정보시스템 구축	기본업무	11	중점

□ 목표

- 전국적인 도로기상관측망 구축과 함께 관측자료 품질관리, 실황기반의 도로위험기상정보 생산·제공을 위한 도로기상정보시스템 구축으로 실효성 있는 국민교통안전 지원

□ 내용

- 정형+비정형 데이터의 융합을 통한 융합기반 실시간 및 예측정보 제공
  - 상습결빙구간, 도로통제상황, 우회도로 정보 등의 실시간 정보 전달체계 구축을 통한 시민 안전과 편리성 향상
    - ※ ①도로살얼음, 안개 등 도로위험기상정보의 운전자 활용성 제고를 위한 내비게이션 기반의 서비스 제공, ②효율적 도로관리를 위한 제설 등 도로관리기관 맞춤형 정보 제공, ③향후 사용자 위치기반의 차세대 지능형 교통체계(C-ITS)와 직접 연계 등
- 레이더 영상, 도로 CCTV, RWIS, 이동형 관측센서의 관측값을 활용한 다양한 분석·예측 기법 도입으로 도로위험기상 예측 정확도 향상
  - (상세 융합적 예측정보 산출) 지역모델과 천리안 2A호 관측자료 융합으로 안개 예측자료 생산
    - ※ 지역모델(3km 해상도) 기반 융합체계 구축('22.8.) → 고해상도(1km) 자료생산('22.10.)
  - (가이던스) 기계학습 기반의 한반도 고해상도(1km) 가이던스 생산·제공
    - ※ 레이더 기반 어는비 가능성 정보 산출('22.10., 해상도 1km)
    - ※ ('22) 5km 해상도/ 기온, 습도 → ('23) 1km 해상도/ 기온, 습도, 바람, 강수, 하늘상태
  - (다운스케일링) 초고해상도(1km 이하) 지점예보 및 특화정보 산출
    - ※ 집중관측과 AI 기술을 융합한 안개, 도로살얼음 등 2차 정보 산출기법 개발
    - ※ KMAPP을 활용한 초고해상도 지점 및 격자정보 산출



내비게이션 표출(예시)

해외 도로기상정보 서비스

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[2-1-①] 전국 고속도로·국도 기상관측망 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로기상관측망 구축 계획 목표 달성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관측망 구축률(%)</li> </ul>
[2-1-②] 도로기상정보시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로기상서비스 플랫폼 구축 목표 달성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로기상서비스 플랫폼 구축 이행률(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 수요자 체감형 도로위험기상 정보제공 통해 사고 위험성 감소로 인적 물적 피해 저감
- 도로관리 부문의 행정, 경제적 측면의 비용 절감과 고부가가치 기상서비스 확립 가능

□ 추진배경

- 탄소중립 추진 과정에서 신재생에너지 발전량 예측에 중대한 영향을 미치는 에너지기상 기술 개발 필요성 대두
  - 태양광·풍력 등 변동성 에너지가 유발하는 출력예측 불확실성과 출력 변동성이 공급과잉 및 블랙아웃 등 전력계통운영에 부정적인 영향 초래
- 발전량 예측 및 발전시설 O&M을 위한 상세 기상정보의 수요 증가에 대한 대응체계 마련 미비
  - 재생에너지 발전량 예측 및 위험기상에 따른 발전시설 가동 중단·효율 저하 방지를 위한 맞춤형 상세기상정보 요구 증가
- 스마트시티, 스마트팜 확대에 기상기후 데이터를 활용한 기상재해 피해대책 수립 및 대응 기반 마련 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-2-①	태양광 발전을 위한 관측망 기상관측 지원	미래업무	16	중점

□ 목표

- 일사계 확대 및 검정체계 개선, 현장·실내검정 강화, 국가표준 법적 근거 마련을 통한 태양광 발전에 필요한 기상정보 제공

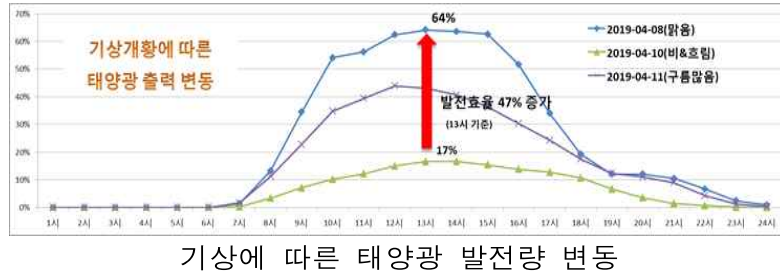
□ 내용

- (현황) 우리나라 태양광 발전량은 신재생에너지 연간 생산량 중 25.5%를 차지, 풍력·태양광은 기상에 따라 발전량이 변동하므로 기상예측이 중요
  - 전력거래소는 기온, 운량, 습도 및 대기권 밖 일사자료를 머신러닝 기반 인공 신경망과 시계열모형을 이용하여 일사 및 태양광 발전량 예측치 결정
- 일사량 산출 및 관측요소 확대를 위한 일사 관측망 확충
  - 천리안위성 기반 일사량 산출 및 KIM-meso 기반 전천일사 예측자료 생산
  - 일사 및 일조 관측자료 품질진단 및 개선
  - 전천일사를 ASOS급 기본관측요소로 확대(' 21. 52개소 → ' 22. 55개소 → ' 25. 99개소)
- 일사계 품질관리체계 마련
  - 검정(현장, 실내)체계 개선을 위한 절차·기준 방안 마련(R&D 추진)

- 현장검정(오차범위, 5%)만 수행하나, 실내검정을 통해 교정에 필요한 감도정수 보정 체계 마련
- 일사계의 국제표준 소급체계와 국가표준 관리에 대한 법적 근거 마련



일사계



기상에 따른 태양광 발전량 변동

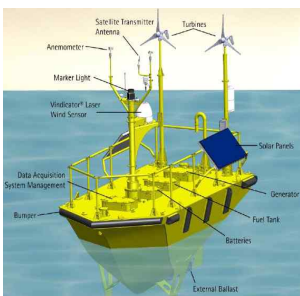
구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-2-②	풍력 발전을 위한 관측망 기상관측 지원	미래업무	21	중점

□ 목표

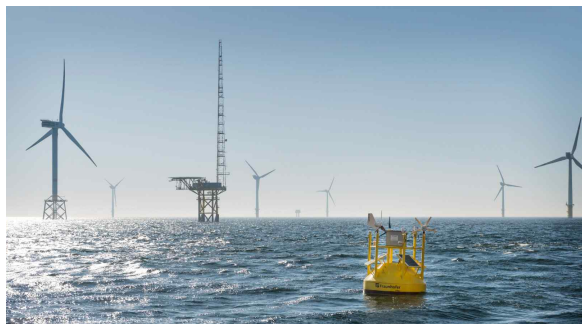
- 라이다 추가 장착 및 공공기관 기상탑 인프라 공동활용을 통한 고도별 바람 관측망 보강 및 풍력 발전 특화 기상예측 정보 제공

□ 내용

- (현황) 발전사업자는 해상에 기상탑(약 100미터) 또는 부유식 라이다 등을 설치하여 풍력발전단지의 풍향을 계측(최소 1년)하고 있음
  - 기상청은 10m급 6기, 6m급 7기, 3m급 13기의 해양기상부이 운영 중
- 해양기상부이 활용 부유식라이다(7대) 설치 (' 23.~' 27., 6,300백만원)
  - 해양기상부이 교체 시 고도 200m까지 해상 저층 바람을 관측할 수 있는 라이다를 부이에 추가 장착하여 해상풍력발전 지원
    - ※ (서해안·남해안: 5대) 부이 등급 상향(3→6m급) 및 라이다 추가장착
    - ※ (제주도·동해안: 2대) 6m급 부이에 라이다 추가장착
- 해상 풍력발전 인프라 공동활용 추진
  - 공공기관 기상탑 인프라를 공동활용하여 고도 1~2km 바람 관측 라이다를 설치



해양기상부이(6m급)



Fraunhofer IWES LiDAR buoy



부유식 라이다

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-2-③	스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축	미래업무	28	선택

□ 목표

- 첨단 정보통신기술(ICT)을 활용한 관측망 구축으로 스마트시티 및 스마트팜 기상서비스 지원

□ 내용

- 스마트시티 시범사업 지원을 위한 미래형 기상관측망 구축 추진
  - 부산, 세종 스마트시티 시범사업과 연계한 기상융합서비스 기술개발 및 기반 설계(' 20~)
- 4차원 도시대기 관측자료 생산체계 구축
  - 수평 고해상도(수백 m 규모) 산출물을 위한 다운 스케일링 기법 개발
  - 인공지능 모의영상 적용을 통한 관측취약 출·퇴근시간대 산출기술 개발
  - 도심항공교통·도로기상 지원을 위한 위성 기반 관측자료 산출 및 융합기술 개발
  - ※ 항공관제용 고해상도 안개(100m급), 착빙, 도로 적설 등 교통기상 지원 및 운항로상 대류운 및 강우 정보 제공
- 3차원 기상관측 및 도시 환경에 적합한 IoT 센서 및 저전력 일체형 센서 개발

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[2-2-①] 태양광 발전을 위한 기상관측 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>일사 오차 개선 및 관측요소 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일사 오차 개선 수준 및 관측요소 증가율(%)</li> </ul>
[2-2-②] 해상 풍력 발전을 위한 기상관측 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>고도별 풍향·풍속 정보 제공 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고도별 바람 정보 정확도 및 사용자 만족도(점)</li> </ul>
[2-2-③] 스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT기반 도시대기 관측자료 생산체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시대기 관측자료 활용체계 구축 수준 및 활용도(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 태양광·풍력 발전량 예측에 핵심적인 일사량 및 고도별 풍향 관측 역량 향상
- 신재생에너지 발전량 예측을 통한 전력계통 안정성 확보
- 날씨 데이터 활용을 통한 도시 생활환경 개선 및 스마트농업을 통한 작물 생산성 향상 기반 마련

□ 추진배경

- 정부의 한국형 도심항공교통(K-UAM) 로드맵('20)발표로 국내 UAM 인프라 구축 본격화로 안전·환경에 관련된 고해상도 기상정보 제공 기반 형성
  - 한국기상산업기술원은 UAM용 실시간 기상정보 및 예측서비스 제공, 기상 분야 R&D 추진
- 미래 항공교통과 항공기상 분야의 세계적인 큰 흐름에서 국가 경쟁력 확보를 위한 항공기상서비스 및 항공교통시스템 구축 필요
  - 캐나다는 수퍼사이트를 구축하여 항공기상 현재 예보(Nowcasting) 및 NWP(NextGen Weather Processor) 모델 검증과 기상 관측장비의 성능 평가 수행
  - 고해상도 공항 기상예보를 위한 관측 효율성 증대 및 공항/공역 위험기상 탐지 능력 고도화 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-3-①	차세대 도심항공교통을 위한 저층 관측 기술 개발	미래업무	6	핵심

□ 목표

- 국민의 안전한 K-UAM 이용을 위한 저층 관측기술 개발

□ 내용

- 항공기상관측망 목적요소 관측자동화 기술개발
  - (현재일기 관별) AMOS 기반 현재일기(안개, 눈, 비 등)의 정확도 향상을 위한 보정기법\* 개발('22.~'24./국립기상과학원 협조)
    - ※ 시정계, AMOS 등 관측자료와 목적관측과의 통계적 분석 및 딥러닝 기반
  - (자동관측기술) 카메라 영상 및 관측자료(레이더, 위성, 착빙센서, 현천계 등)를 융합하여 목적요소 자동산출 기술 개발(R&D 수행/'21.~'23.)
    - ※ 시정(우세, 최단), 구름(운량, 운고), 안개(부분, 외곽), 적란운, 어는비 등
- 항공기상 지원을 위한 레이더기반 컨텐츠기술 개발
  - 도심항공교통(K-UAM) 운항고도(300~600m)에 대한 저층 입체관측정보 제공 혼합층고도, 저층난류, 착빙, 우박, 전선 등 신규정보 개발
  - 대형 및 소형레이더(환경부 포함) 합성장 생산 및 도심지역 상세 기상정보 개발
- 지상원격탐사장비 통합품질관리 기술 개발('22.~'23.)
  - 연직바람관측자료 품질분석 및 품질관리 기초기술 개발('22.)
  - 연직바람관측자료 통합 품질관리 기술 개발('23.)



- 연직바람관측장비 신호대잡음비 기반 반사도 산출기술 개발(' 23.)
- 고분해능 원격탐측자료 기반 3차원 융합 바람장 산출기술 개발(' 22.~' 23.)
  - 레이더-연직바람관측 자료를 융합한 3차원 통합 바람장 제공(' 22.)
  - 3차원 통합 바람장 기반 개선된 발산 및 와도장 제공(' 22.)
  - 3차원 통합 바람장을 활용한 연직 향·풍속 시어 산출기술 개발(' 23.)
- 고분해능 원격탐측자료 기반 위험기상 정보제공기술 개발
  - 우박실황 대응을 위한 레이더 기반 우박 탐지 정보 제공(' 22.)
  - 3차원 통합 바람장을 활용한 전선탐지 기술 개발(' 24.)
  - 연직바람관측장비 낙하속도 기반 용해층 정보 산출기술 개발(' 24.)
- K-UAM 항로 종합감시 및 고해상도 3차원 관측자료 제공을 위한 윈드라이드, 연직바람관측장비 등 개발

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-3-②	차세대 도심항공교통을 위한 기상운영체계 마련	미래업무	14	중점

□ 목표

- 미래 항공교통체계에 전환계획에 대응하여 국제적 기준에 부합하는 선진 항공기상관측제도 도입

□ 내용

- 국가항행계획(NARAE) 2.0에 따른 항공기상정보의 디지털 기반 입체적 정보 전환기술 통합(' 24~)
  - 항공과 기상정보 통합 및 자동 감시 분석, 항공 위험기상 상세 예측 및 검증, 항공운항 의사결정 지원 4D 항공기상서비스 등
  - ※ 차세대 항공교통 지원 항공기상 기술개발(NARAE-Weather) 사업('22년~'26년): 254억원 규모
- 고도별 국가 비행정보 관리 체계 통합 시스템 개발
  - 한국항공우주연구원과의 업무협약을 통한 저고도 무인비행장치 교통관리시스템(UTM) 관련 정보 교류
  - ※ 대상: 고도 150m 이하의 저고도를 운항하는 자체 중량 150kg 이하의 무인기
  - 'K-UAM 그랜드챌린지' 실증사업과의 연계방안 검토
- 글로벌 항공정보 통합관리체계 개발(~' 25)
  - 한국공항공사, 국토교통부와 글로벌 항공정보종합관리망(SWIM) 공동 개발
  - ※ SWIM(system wide information management): 항공인터넷 기반의 멀티미디어통신 형태로

전세계 실시간 공유

- UAM 대비 첨단·무인 기반 교통관리체계 마련
- AI, VR, AR 기반 공학 원격 관제업무 추진
  - 관제장비 자동화, 디지털화, 공항·공역에서의 입체적 관측정보 제공 플랫폼 구축

#### □ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[2-3-1] 차세대 도심항공교통을 위한 저층 관측 기술 개발	도심항공 저층관측 기술 R&D 확대	항공기상 예보정확도 개선율 및 연구성과 창출지수(점)
[2-3-2] 차세대 도심항공교통을 위한 기상운영체계 마련	차세대 도심항공교통 운영제도 기반 마련	차세대 도심항공교통 운영제도 이행률 및 통합관리체계 활용률(%)

#### □ 기대 효과

- 관측 자동화를 통한 데이터 기반 항공기상안전 관리 강화
- 항공시스템 데이터 분석을 통한 직접적 사고 원인 및 잠재적 위해요인 식별 역량 향상
- 과학적인 항공 교통 관리 체계 구축으로 최적의 비행경로 제시

## 전략과제 2-4

## 남북관계 개선 대비 국제공동협력 기상관측 기반 조성

### □ 추진배경

- 기상청은 기상업무발전 기본계획을 통해 국제협력 관련 과제 지속 추진
  - 기상·기후재해 공동 대처를 위한 주변국과의 기상기술 교류 강화와 국제적 선도 지위 확보를 위한 국제협력 외연 확대 및 내실화 추구
  - 상황별 차별화된 탄력적 남북기상협력 추진을 위해 중장기 남북기상협력 정책 수립

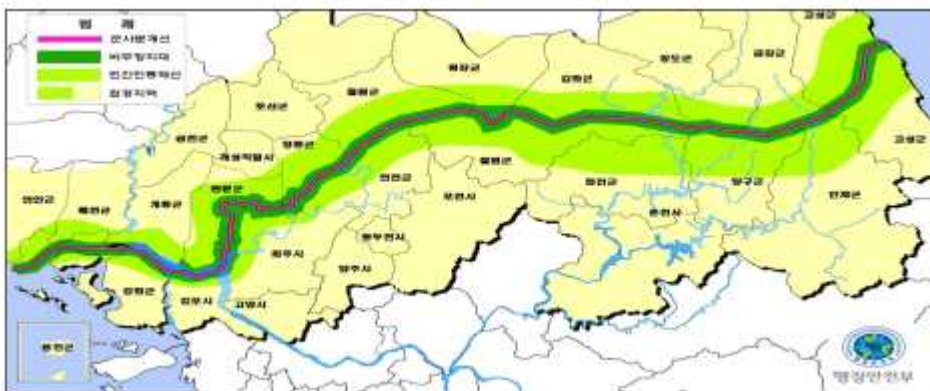
구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-4-①	남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대	미래업무	31	선택

### □ 목표

- 관계부처 합동 기상관측 협력체계를 중심으로 북쪽 국지기상특성 파악을 위한 접경구역 기상관측 인프라 구축

### □ 내용

- 접경지역 기상관측망 설치·운영 현황 및 타당성 조사 수행
  - 현지 답사를 통한 기상관측장비 설치 및 유지보수 현황 검토
- ※ 범위: 접경지역 지원 특별법 제2조에 의한 접경지역
  - 인천시: 강화군, 옹진군
  - 경기도: 김포시, 고양시, 파주시, 양주시, 동두천시, 연천군, 포천시
  - 강원도: 철원군, 화천군, 양구군, 인제군, 고성군, 춘천시



출처 : 행정안전부, 접경지역 발전종합계획, 2011

[그림 52] 접경지역 범위

- 군사시설보호구역, 자연환경보전지역 등 규제구역 관련 법령 검토

- 타 부처 접경지역 발전 지원정책 검토 및 연계방안 모색
- 환경부, 국방부, 산림청과의 공동관측 및 정보 공유 체계 구축
  - 국립산림과학원의 산악기상관측소(12개소) 정보 공유를 위한 업무 협약 체결
  - 산악기상정보시스템 데이터 실시간 공유체계 구축
- 남방한계선 인근 기상감시 및 기후자료 축적을 위한 기상대 구축
  - 서해 5도, 판문점 인근 자동기상관측장비(AWS) 추가 설치
    - ※ 백령도(서해최북단)-파주(개성·판문점)-철원(내륙중앙)-양구(북한강최북단)-고성(동해안최북단)
    - ※ 휴전선 248km, 5~10km 간격, 50여대 목표, 현재 14대 운영 중 추가 25대

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
2-4-②	DMZ 내 기상 관측망 구축	미래업무	32	선택

□ 목표

- 중장기적 관점에서 남북관계 개선에 따른 DMZ 구역 평화벨트 기상대 확충

□ 내용

- DMZ 내 유·무인 기상관서 확보
  - 남북 방재 모니터링 및 기상정보 상호교환체계 구축
- 중장기 비무장지대 내 생태계·환경 보존 지원을 위한 관측망 구축
  - 통일부 남북협력기금 활용 사업 지원 방안 검토
- 한반도 기상관리체계 구축을 위한 법제 개선 추진
  - 기상청을 중추기관으로 한 남북 기상정보 및 기상업무관리체계 수립을 위한 법제 정비
- 관계부처 합동 (가칭)한반도생태환경교류센터 설치
  - 한반도 기후변화 및 대형복합재난, 생태 보존을 위한 센터 건립 추진
  - WMO 태풍위원회, ESCAP(Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) 등을 중심으로 북한 기상수문국과 인접 국가 기상기관과의 협력 강화
  - 관계부처 합동 기상분야 남북협력 TF팀 구성을 통한 공조 방안 지속 발굴
  - 남북 기상분야 전문인력 교육훈련 프로그램 마련

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[2-4-①] 남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접경지역 관측 인프라 확충</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접경지역 관측 조밀도 개선율(%)</li> </ul>
[2-4-②] DMZ 내 기상 관측망 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한반도 권역 예보 및 북한발 위험기상 현상 관측을 위한 기반 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제안 입법화 정도 혹은 정부정책 반영률(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 접경 및 이북지역 기상·기후 데이터 축적을 통한 군 기상정보 강화 지원
- 남북 공동의 이해관계 및 교류·협력 영역 확대
- 민통선 및 비무장지대 예특보 및 위험기상 정보 제공 역량 마련
- 한반도 통합 기상 관측망 및 자료 확보를 통한 기상관측 역량 향상
- 타부처 기상관측시설 및 자료 공동활용을 통한 예산절감 효과 확보

## 기본 방향

### □ 배경 및 필요성

- 기후변화 및 이상기후에 따른 재난·재해 대응 예측 고도화 및 전 지구적 기후변화 감시, 입체적 감시를 통한 미래형 기상정보 제공, 데이터 경제 시대의 수요 맞춤형 기상관측 정보 적시 제공이 중요
  - 시·공간 고해상도의 기상관측정보 제공과 자료 품질 향상 요구
  - 기상정보 접근과 활용 용이성 제고를 위한 서비스 체계 개선 필요
- 산업화, 정보화, 지능화 등 사회·경제적 구조가 세분됨에 따라 육상, 해상 및 고층에 대한 입체적 관측과 함께 통합분석기술이 요구되며, 관측 공백 해소를 위한 관측 최적화 및 모델링 활용기술 등 다양한 신기술요구
- 전 세계적으로 인공지능(AI) 기술을 도입하여 데이터 처리량 증대 및 처리시간 단축, 품질관리 개선, 수치예보모델 정확성 향상을 도모하고 있으며, 비정형 데이터 활용 및 클라우드를 활용한 수요자 활용 편의성 강화에 주력
  - 신기술 적용 서비스 개선 및 융합기술개발
  - 데이터 가치 증대로 인한 기상위성 활용범위 확대와 기관 간 협업 강조

### □ 전략의 주요 내용

- 핵심 기술 국내 자립을 위한 기술 R&D 확대
  - AI, 빅데이터, ICT 기술을 활용한 첨단 기상관측 핵심기술 개발
  - 비정형 데이터 활용 도로기상관측기술 개발
- 위험기상 대응 기상위성, 레이더 핵심기술 개발
  - 맞춤형 위성정보 생산 기술 및 조기탐지 기술 개발
  - 레이더 기반 위험기상 입체분석 및 차세대 기술 개발
- 미국, 일본, 중국과 북태평양고기압 mT협력 네트워크 구축 및 자료분석 협업화 적용 체계 마련

## □ 전략과제 및 세부과제

### 3-1. 4차 산업혁명 기술을 활용한 기상관측 기술 개발 가속화

- [3-1-①] AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발
- [3-1-②] IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심기술 개발
- [3-1-③] 기상관측 핵심장비 국산화 연구개발 지원

### 3-2. 다중궤도 기상위성을 활용한 기상위성 기술 개발

- [3-2-①] 천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발
- [3-2-②] 기상위성기반 위험기상 조기탐지기술개발

### 3-3. 초단기위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발

- [3-3-①] 기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발
- [3-3-②] 기상레이더 차세대 기술 개발

### 3-4. 국민 교통 안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발

- [3-4-①] 도로기상관측 기술 개발
- [3-4-②] 차량용 비정형 관측자료 분석 활용 체계 구축

### 3-5. 북태평양 고기압 공동관측 국제협력 추진

- [3-5-①] 기상선진국과의 mT 특별관측 협력 네트워크 구축
- [3-5-②] mT 특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련

□ 추진배경

- 기상 관측기술과 정보통신(IT) 등 첨단 과학기술과의 시너지 창출을 위한 융·복합 기술 개발 경향 가속화
  - 인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등 첨단기술을 접목한 수요자 중심의 기상·기후 서비스 전달로의 패러다임의 전환으로 융·복합 기술 개발 경향 가속화
  - 전 세계적으로 신규 인공위성, 모바일 등 첨단 관측자료의 급증으로 다양화·대형화되어 가는 자료 처리를 위한 AI, 빅데이터 기반 효율적 활용기술 개발 필요
- 기상관측 자동화를 위해 기존의 목측을 계기관측 장비가 개발되고 있으나, 구름의 다양한 모양, 이슬/서리, 비/눈 구분, 시정거리(안개등) 판단에 한계 존재
  - 신기술(사물인터넷, 인공지능, 빅데이터 활용, 영상처리기술)을 활용한 목측 요소의 자동화와 강우, 강설, 안개 감지, 기상 현상 감시기술 개발이 필요
- 기상관측장비의 주요 부품을 해외 도입에 의존하고 있으며, 부품 수급에 장기간 소요되는 등 장비의 해외 의존도가 높아 원천적 자료품질 향상에 제약
  - 핵심부품 국산화를 통해 기상레이더 관리·운영 효율성 향상 및 핵심부품 기술자립으로 미래 수요에 탄력적 대응
  - 제작사 의존을 탈피한 기상관측 핵심 장비의 자체 기술력 확보

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-1-①	AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발	미래업무	3	핵심

□ 목표

- AI, 빅데이터 등을 활용한 관측 자동화 및 분석 고도화 기술개발

□ 내용

- 기계학습 기반 대류 에코 관별 및 자동추적기술 개발
  - 레이더 HSR 강수장 기반 대류에코 탐지성능 고도화(' 22)
  - 위성과 연계분석을 위한 레이더 기반 대류에코 탐지, 추적, 예상이동 정보 중첩 및 제공(' 23, 기상레이더센터→국가기상위성센터)
  - 위성 대류운, 수치예보모델, 레이더 실황장과 비교를 통한 요소 검증(' 24, 국가기상위성센터+수치모델링센터 협력)
  - 위성-레이더 융합 대류에코 발달가능영역 및 대류에코 정보 예보관 제공(' 25)



- (공동개발) 위성-레이더-수치모델 분야별 분석시스템의 통합플랫폼 구축(' 25~' 27)

○ AI, 딥러닝 등 신기술을 적용한 목측 자동화 핵심기술 개발

- VR카메라 영상정보를 활용하여 영상기반 기상 현상 목측 자동화 알고리즘을 개발하고, 목측 자료 등과 비교 검증을 통한 알고리즘 성능 평가(' 23)

※ 'CCTV 영상기반 날씨판별 알고리즘'을 기반으로 한 기상 현상 추출 기술 고도화

※ 하이퍼파라미터 조정, 심층 신경망 구조탐색(NAS) 등 최적화된 기계학습 기술 개발

- 목측 자료 및 지중 관측자료 등과 비교 검증을 통한 알고리즘 성능 평가(' 23)

- 학습 외 분포 데이터 탐지 등 자료 노이즈 처리 및 대응기술 개발 등 현장 적용 연구(' 24)

- 서비스 API 개발 및 모델 운용상태 모니터링 체계 구축(' 24)

- 운고·운량 자동관측장비 개발, 시정계(안개 포함) 개발

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-1-②	IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심기술 개발	미래업무	12	중점

□ 목표

○ 기상관측의 자동화·디지털화·지능화를 통한 기상관측 핵심기술 강화

□ 내용

○ 기존장비(TDWR, LLWAS, AMOS)를 통합한 급변풍 탐지기술 개발 및 탐지유효향상 기술 개발

※ 2종류 이상의 장비를 활용한 통합 탐지기술 개발, 활용 가능한 관측장비(AMOS, AWS 등)를 통한 급변풍 탐지유효향상기술 개발 등

- 공항영역 뇌우정보 산출기술 및 저층 우박 가능성 탐지기술 개발(기상레이더센터 협조)

- 천리안 위성 기반 전운량 산출기술 적용, 해무 유입속도 분석기술 개발, 착빙유무 및 착빙고도 산출기술 개발 등

○ 스마트 자가 진단 및 신호처리 기술개발

- IOT 기반 핵심부품 상태감시 및 진단기술개발(' 23)

- IOT 기반 자동장애 복구 및 인공지능 기반 부품교체 진단 기술 개발(' 24~' 27)

- 다중 신호처리기 진단 플랫폼 구축 기술개발(' 24~' 27)

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-1-③	기상관측 핵심장비 국산화 연구개발 지원	기본업무	14	중점

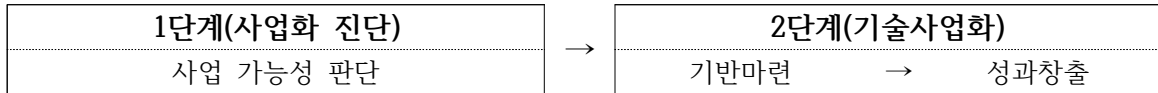
□ 목표

- 기상관측장비 자체 기술 확보를 통한 기상관측장비의 안정적 운영 및 국내 기술 기반의 신속한 장애 대응 강화 및 선제적 신기술 구현을 위한 신규 연구개발 발굴

□ 내용

- 해상용 초소형·초경량 라디오미터 개발
  - 해상용 라디오미터 제작 및 성능 시험을 통한 라디오미터 관측자료 처리기술 개발 및 선박 운영 시험
  - 해상용 라디오미터의 해양부이 장착 및 운영 시험
    - ※ 밝기온도와 온습도 자료의 품질 평가
  - 해상용 라디오미터 해양부이 장착 현장운영 시험 및 자료 품질 검증
- 항공기상 자동관측기술 개발
  - 카메라 영상과 관측자료를 융합한 시정, 구름(운량·운고), 현천 자동 산출기술 검증 및 개선
    - ※ 공항(6개소/~'23) 전방위 카메라 추가설치 및 확대 적용
  - 대류성 구름(적란운, 탑상적운) 산출기술 개발 및 발달 양성 분석
  - 관측센서 기반 현천(어느비 등) 판별 기술 개발
  - 전국 공항 적용을 위한 항공기상청 현업시스템에 기술 적용 후 시험 운영
  - 웹 기반 공항기상 자동관측기술 표출 시스템 개선
- 저궤도위성 전파엄폐(GNSS-RO) 수신기 개발
  - GNSS-RO 수신기 핵심기술 인증모델 개발 및 성능 평가
  - GNSS-RO 수신기 안테나부 비행모델 제작 및 성능검증
- 기상 R&D 상용화율 제고 및 기상장비 산업 활성화를 위한 기상장비개발 R&D 기획 및 지원 프로그램 마련
  - 기상장비 시장성 분석 및 미래 수요 분석
  - 타 부처 연계 기상 R&D 상용화 지원 사업 추진
  - 우수 기상 R&D 성과물을 대상으로 상용화 지원 연계 프로그램 개발
    - ※ TRL 7단계→8~9단계로 향상 목표
- 공동활용 및 기상기술 사업화 R&D와 연계

- 연직바람관측장비 공동활용 계획 연계 (국립기상과학원 협조)
- 시제품의 상용화 단계 진입을 위한 추가 검증 실시
- 현장 비교관측을 통한 개선사항 도출로 시제품 성능 향상에 기여
- ※ '기상장비 기술개발 운영지침'에 따라 개발 장비의 성능시험 신청이 있을 시 현장성능시험을 시행해야 함
- 기상기술 사업화 R&D 추진 계획 연계 (기상서비스진흥국 협조)
- 기상기술 사업화 추진과제로 선정하여 사업화 추진('23~'26)



※ 매년 10개 과제 선정, 과제 당 4년간 최대 9.5억원 지원 계획(안)

### □ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[3-1-①] AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 첨단기술 기반 기상관측 분야 연구성과 창출지수 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학성과의 우수성(mrnIF)(점)</li> <li>• 연구성과 우수성(점)</li> </ul>
[3-1-②] IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기상관측 핵심기술 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부지원금 1억원당 핵심기술 확보 건수(산업재산권 등록)</li> </ul>
[3-1-③] 기상관측 핵심장비 국산화 R&D 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기상관측기술 국산화 연구성과 사업화 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부지원금 1억원당 국산기술 확보 건수(사업화 건수)</li> </ul>

### □ 기대 효과

- 차세대 관측 기술 개발 기반 마련 및 체계 구축을 통한 신뢰도 높은 관측정보 생산으로 차세대 관측기술 통합 및 고도화에 따른 기상서비스 가치 향상
- 첨단 관측장비 활용체계 구축 및 목적 요소에 대한 관측 자동화 기술확보를 통한 객관적 고품질 관측자료 확보
- 국산화 가능성이 큰 원격관측장비의 관측자료 활용은 장애 지속시간 단축, 관측자료 품질 신뢰도 향상 등으로, 위험기상감시 능력 강화 및 수치예보 모델의 활용도 증대로 인한 예보정확도 향상에 기여
- 관측 공백 해소를 위한 고분해능 시공간 자료 제공을 통한 국지 규모 위험기상정보 제공 및 기상재해 사전 예방

- 영상인식 인공지능 기술 알고리즘 개발로 다양한 목적 요소의 자동화 확보
- 영상기술, 인공지능 기술을 기상 분야에 융합하여 기상관측 장비의 개선 또는 경쟁력 강화
- 기상관측 기술력 향상과 국산 장비에 대한 공신력 제고를 통한 수출경쟁력 확보

□ 추진배경

- 탄소중립, 데이터 경제, 우주 경제 등 국가정책 및 사회경제적 수요변화에 대비한 체계적인 기상위성 개발 및 정보지원 서비스 추진 필요
  - 위험기상 패턴 변화 및 기상발전에 따른 위성감시 강화, 예보 역량향상을 위한 기상 위성정보의 융합 및 활용 고도화 필요
  - 재난·재해 대응 및 예측기술에 대한 다분야 수요증가에 따른 최첨단 위성 자료기반 전 지구관측·분석 및 기후변화 감시기술 확보를 통해 위성 자료의 다분야 활용을 위한 다중궤도 기상위성 기술 개발 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-2-①	천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발	기본업무	7	중점

□ 목표

- 천리안위성 2A호 다분야 융복합 활용 확대를 위한 위성자료의 기후환경 융합서비스 기술개발 확보

□ 내용

- 4차원 기상관측 다중위성 개발
  - (정기궤도 1단계) 천리안위성 2A호보다 성능이 향상된 후속 정지궤도 기상위성(천리안위성 5호) 개발(' 23~' 29)
    - ※ 정밀관측을 위한 GNSS<sup>[39]</sup> 수신기 및 탄소복합재 패널 적용
  - (정기궤도 2단계) 4차원 기상·기후 관측을 위한 초분광탐측기\* 탑재위성 병행운영(' 25~' 32)
    - \* 초분광탐측기: 미국, 유럽의 정지궤도기상위성에 탑재될 동급의 센서 개발
    - ※ 정지궤도 상에서 시공간적 4차원의 고해상도를 가진 대기 온·습도, 수증기 및 이산화탄소 등 온실가스 관측정보 생산
  - (정지궤도 3단계) 차세대 기상영상기 탑재 승계 위성 개발(' 32~' 39)
    - ※ 탐측기 탑재 위성과의 시너지를 통한 우주기반 초고해상도 및 초정밀 대기 입체관측정보 생산
  - (저궤도 1단계) 수치모델 예측 정확도 향상 및 기후변화감시 강화를 위한 저궤도 기상위성 개발(' 28~' 35)
    - ※ 스페이스파이오니아 사업<sup>[40]</sup>을 통해 국내 개발된 적외선 기상센서\*의 저궤도 및 정지궤도 위성 탑재를 위한 단계적 기술 개발 추진

\* 2차원 적외선 검출기: 증적외선 검출기('21~'24) 및 원적외선 검출기('21~'26)

○ 천리안위성 2A/2B호 산출물 융합 활용 연구 추진(' 23~' 24)

- 천리안위성 2A/2B호 융합산출물 최적화
  - ※ 천리안위성 융합산출물의 시간해상도 증대(1h→10m), 천리안위성 2B호 계절특성 반영
- 고해상도 지표정보, 아화소영상 융합으로 지표 산출물 상세화 기술 개발 및 상세 산출물 성능 검증, 산출체계 구축
- 저궤도위성자료(CALIPSO)를 이용한 황사분석정보(광학두께, 고도) 고도화 기술 개선

○ 초분광탐측기 기반 고해상도 연직정보 산출기술 고도화

- 초분광 자료의 활용(채널선택, 구름탐지 개선, 관측오차 산출 등) 기술 개발
- 정기위성의 초분광 적외탐측기 기반 고해상도 대기 연직정보 산출기술 개선
- 구름의 광학적 특성을 반영한 복사 모의기술 개발을 통한 구름 영역 대기 연직 정보 산출 기술개발

○ 수치예보모델 활용 위성관측 자료의 품질관리 기술개발 및 개선

- 위성관측자료의 오차특성 분석 기술 개발
- 천리안위성 2A호, 마이크로파 위성자료 및 저궤도 위성자료의 품질감시 체계 개선
- 천리안위성 2A/2B호의 전천복사 자료 수치예보 활용기술 개발
  - ※ 구름영역의 위성관측자료 수치예보모델 활용을 위한 관측오차 산출 기술개발
- 복사모델 기반 위성 산출물 정확도 향상을 위한 후속 정지궤도 기상위성 산출물 개발
  - ※ 구름, 황사, 안개, 지면 등에 따른 복사량 모의 및 특성 분석

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-2-②	기상위성기반 위험기상 조기탐지 기술개발	미래업무	1	핵심

□ 목표

- 위성기반 대류운 전조, 레이더 기반 대류 에코 탐지 및 수치모델 산출물의 융·복합을 통한 위험기상 조기탐지로 돌발 위험기상 예측의 신속 · 정확성 확보

□ 내용

- 위성데이터 기반의 대류운 전조 등 위험기상 감시·예측 기술개발
  - 집중호우 동반 가능성이 있는 대류운 선행 탐지 기술 개발(' 21~' 26)
  - 태풍, 호우, 낙뢰 등 위험기상 객관예측 및 초단기 객관예측정보(~12h) 생산 확대 기술 개발(' 22~' 25)

- 빅데이터(위성)·인공지능기반 위험기상 예측산출물 활용 특보시스템 구축('25~'27)
- 대류운 식별 및 추적기술을 통한 대류운 종합 진단 기술 개선('23)

○ 위험기상 조기탐지 및 정확도 개선 기술 개발('23~'24)

- 안개/황사/구름의 종합 탐지 체계 구축 및 기계학습을 이용한 체계 최적화('23~'24)
- 위성(광학두께) 및 황사모델(연직분포) 융합으로 지상 황사농도 성능 개선('23)
- 모의근적외 영상을 이용한 여명기 안개/황사/구름 탐지 불연속성 완화 기술 개발('23)
- 저궤도위성자료(CALIOP) 활용 구름 분석정보 산출 기술 개발('23)
- 다중 정지궤도위성을 이용한 여명기 여상탐지 보완 기술 개발('24)
- 후속위성을 위한 구름/황사/안개 통합적인 영상탐지 알고리즘 표준화('24)

○ 위성기반 위험기상 종합 탐지체계 구축 및 기상예보 협업지원 강화

- 위성영상과 지상관측 간 실시간 비교 가이드스 산출 체계 경량화
- 천리안위성 2A호 2분 위성영상 활용한 영상 오탐지 완화 및 대류운 탐지 정확도 향상
  - ※ 적외 및 수증기 패턴 DB와 및 유사 패턴 분석기술 개발
- 위험기상 등 초단기 예보지원 산출기술 개발
  - ※ 위성영상기반 예측장 산출기술 개선 및 야간 가시채널 활용 RGB 영상 개선
- 비지도학습 활용 구름탐지 및 위성영상 예측장 산출 기술 최적화
- 대류운 식별 추적 산출기술 적용을 통한 운정냉각률 및 가강수량기반 대류운 진단 지표 정량화

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[3-2-①] 천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>천리안위성 2A호 고품질 자료의 안정적 서비스 체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>천리안위성 2A호 영상 적시 제공률(%)</li> </ul>
[3-2-②] 기상위성기반 위험기상 조기탐지기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험기상 및 다분야 활용을 위한 위험기상 조기탐지 체계 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성기반의 위험기상 조기탐지 정확도(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 위험기상에 대한 실시간 감시를 통한 기상재해 저감
- 위성자료 기반 예측장 생산 및 미래 수치모델 격자 부합 위성정보 상세화 가능
- 위험기상 대응을 위한 시공간적 공백 영역 해소

- 기상재난 피해 경감을 위한 초단기예보 역량 강화
- 위성영상 분석체계 구축을 통해 정확도 향상, 특보 선행 지원과 초단기 예보 지원시간 연장, 지상탐지 범위 확장, 수치예보 지원 정밀도 향상
- 고해상도 안개정보, 항공관제 정보 지원, 스마트시티 실현을 위한 지면 및 대기특성 정보 등 다분야 융합정보 서비스 생산 및 제공
- 고해상도 영상기·탐측기 위성 2기 운영을 통한 4차원 기상관측 및 정지궤도·저궤도 다중궤도위성 통합 운영으로 수치모델·위험기상·기후변화 감시지원 확대
- 천리안위성과 다중위성 활용기반 향후 20년 기후정보 제공 및 온실가스 탐지능력 향상



## 전략과제 3-3

## 초단기위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발

### □ 추진배경

- 풍수해 위험기상 증가에 따른 높은 시·공간 해상도의 레이더 기반 위험기상 정보생산 요구 증대
  - 관측자원 효율성 향상 및 계절별 강수 특성을 고려한 효과적 위험기상 관측을 위해 기상레이더 핵심기술 개발 및 고도화 필요
  - 기상재해의 사회경제적 파급효과가 증대됨에 따라 대국민 서비스 향상을 위한 영향예보 지원을 위한 레이더 기반 위험기상 예·경보 기술개발 필요
- 위험기상 현상의 강도·빈도 증가 및 피해 규모 대형화 추세로 인해 위험기상 조기 탐지·관측·활용기술 개발 요구 증가
  - 차세대 현업 기상레이더의 패러다임 혁신을 위한 선행적 레이더 관측 및 활용기술 개발 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-3-①	기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발	기본업무	1	핵심

### □ 목표

- 국가 레이더 자료의 효율적 통합분석 및 활용체계 마련을 통한 신속한 위험기상 감지 및 예측정보 제공으로 예보지원 강화

### □ 내용

- 레이더 통합분석 및 분야별 맞춤형 기술 개발
  - 레이더기반 위험기상(호우, 우박 등) 통합분석 기술 개발(' 21~' 25)
  - 호우, 대설 정보 분석 지원을 위한 레이더 격자기반 누적강수량 산출 기술 개발(' 22~' 25)
  - 레이더기반 우박 탐지 선행시간 및 낙하 가능성 정보 산출기술 개발(' 23)
  - 우박/호우 탐지 가이드스 개발 및 위험정보 알람 서비스 기술개발(' 24~' 27)
  - 국가레이더자료 표준체계 개발(' 21~' 25)
  - 항공지원을 위한 레이더(낙뢰) 기반 뇌우 및 우박 정보 산출기술 개발(' 22~' 25)
  - 위험기상 통합분석 및 맞춤형 서비스(항공, 낙뢰, 수문 등) 기술 개발(' 23~ '27)
  - 분야별 맞춤형 기술 지원을 위한 통합 위험기상정보 시스템 구축 및 정보 제공(' 25~' 27)
- 레이더 기반 위험기상 감시기술 개발
  - 레이더 강수 영역별(강우, 강설) 3차원 복합강수 추정 기술 개발(' 22~' 25)

- 고분해능 바람장을 활용한 전선탐지 기술 개발(' 21~'25)
- 강풍을 고려한 강수발달 추정기술 개발(' 21~' 25)
- 레이더기반 태풍중심 분석 및 객관탐지기술 개발(' 21~' 22)
- 레이더 기반 집중호우 발생 행정구역별 강수정보 제공 기술개발(' 23~' 25)

○ 레이더 기반 위험기상 예측기술 개발

- 레이더 기반 강수 실황예측모델 현업운영 기술 개발(' 23)
- 다중센서 활용 뇌우 확률예측 모델 현업운영 기술 개발(' 23~' 25)
- 레이더 기반 열역학장 산출 기술(수증기, 기온 조정)개발(' 21~' 25)

○ 소형강우레이더(환경부) 공동 활용 강화

- 소형강우레이더 공동활용 및 추가 도입 시 사전 협의 요청
- 소형강우레이더 단계별(' 21~' 25) 도입에 따른 자료 실시간 공유

※ 기상청은 소형레이더 품질관리('19~'21), 수상체 판별('20), 강우추정('21) 독자기술을 확보하여 자료 공동활용과 동시에 현업활용 가능

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-3-②	기상레이더 차세대 기술 개발	기본업무	5	중점

□ 목표

- 레이더 기반 위험기상의 효율적 감시·예측을 위한 국지규모 위험기상 조기탐지 기술개발 및 레이더 신기술 핵심기술 확보

□ 내용

○ 연구용 기상레이더 분석기술 및 레이더 신기술 개발

- 연구용 기상레이더 분석 및 활용기술 개발(' 21~' 25)
- 위험기상 입체분석을 위한 이중편파변수 준-연직분포 산출(' 22)
- 연구용 기상레이더 3차원 정보를 활용한 위험기상 발달 조기 탐지기술 개발(' 23)
- 수도권 위험기상 감시를 위한 위험기상 예측정보 산출기술 개발 및 제공(' 24~' 25)
- 연구용 위상배열레이더 도입 판단(필요여부, 효율성, 운영기반 기술 등)을 위한 기획연구(' 23)
- 국외 차세대 위상배열 레이더 자료를 이용한 자료처리 원형기술 개발(' 25)

○ 기상레이더 이중편파레이더 신호처리기술 독자기술 개발 (' 21~' 25)

- 수도권 위험기상 입체분석을 위한 소형 기상레이더 이중편파변수 준-연직분포 제공
- 제작사 의존성을 탈피한 기상레이더 핵심 신호처리기술 자체 기술력 확보 및 시제품(TRL8) 개발

- ※ 실시간 신호처리 알고리즘 및 상용품 동등수준 신호처리기 시제품 개발
- 운영자시스템(설정, 표출, 분석, 감시, 저장) 구축 및 표준포맷 개발
- (1단계) 테스트 플랫폼 구축 및 플랫폼 활용 신호처리 알고리즘 시험, 시작품 설계
- (2단계) 실시간 신호처리기 시제품 개발 및 성능시험을 통한 최적화

구분	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년
	1단계		2단계		
개발내용	신호처리기 테스트플랫폼 구축		신호처리기 시제품 개발 및 성능시험		
주요 예상성과 (산출물)	신호처리기 개발개념 및 테스트플랫폼 설계	테스트플랫폼 활용 알고리즘 실환경 시험	신호처리 알고리즘 및 시작품 개발	신호처리기 1차 시제품 개발	2차 시제품 개발
	테스트플랫폼 원형		실시간 신호처리기 시제품		
					성능 시험평가

### □ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[3-3-①] 기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초단기 위험기상 대응을 위한 중단없는 기상레이더 운영 및 위험기상 예측 정확도 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기상레이더 장애시간(시간)</li> <li>• 선진기술 대비 레이더 기반 강수실황예측 정확도(%)</li> </ul>
[3-3-②] 기상레이더 차세대 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험기상 예측정보 제공과 기상레이더 핵심기술 자립기반 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국대비 레이더 강수예측 기술 수준(%)</li> <li>• 기상레이더정보 제공률(%)</li> </ul>

### □ 기대 효과

- 국민 안전 생활 지원을 위한 레이더정보 서비스 강화로 위험기상 지원 정보 확대
- 기상청 소관 개발기술 및 자료 공유를 통한 국가레이더 활용 기술향상 기여
- 고품질 레이더 자료생산을 통한 레이더 자료 활용 증대 및 가치 창출
- 범부처 레이더 자료 공동 활용을 통한 위험기상정보 사전 제공 및 기상재해 사전 예방
- 우박, 낙뢰, 돌풍 등 위험기상의 예보정확도 향상을 통한 국민 신뢰도 제고
- 범부처 레이더 자료 공동 활용을 위한 기술 개발 및 기술이전으로 국가 예산 절감 및 대국민 서비스 개선
- 우리나라 주변 국가의 레이더 자료 활용을 통한 위험기상정보 사전 제공 및 예보정확도 향상
- 차세대 위상배열레이더 관측망 구축 및 분석기술 확보를 통한 국내외 레이더 연구선도

## 전략과제 3-4

## 국민 교통 안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발

### □ 추진배경

- 겨울철 도로에서의 안개, 도로살얼음, 결빙 등으로 인한 교통사고 급증에 따라 사고 예방 안전대책 마련이 필요
  - 도로교통사고 중 노면상태, 안개 등으로 인한 사고는 치사율이 높으므로 예방 안전대책이 필요
- 도로 위험기상으로 인한 교통사고를 예방하고 도로 사용자 안전 향상을 위한 관측기반 정보 제공 방안 필요
  - 도로 위험기상 관측을 위한 기술 개발이 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-4-①	도로기상관측 기술 개발	미래업무	15	중점

### □ 목표

- 도로기상관측을 통해 교통사고 방지 및 운전자 안전 확보

### □ 내용

- 상세한 도로 관측을 위한 도로 기상 관측망 구축 및 도로 기상 센서 기술 개발
  - 서리, 눈, 강우 등은 노면온도의 변화에 따라 도로살얼음 및 결빙으로 변환되어 대형사고를 유발할 수 있으므로 도로 노면온도센서 및 노면상태센서 기술 개발
    - ※ 노면상태(건조, 습윤, 적설, 결빙)별 적외선 분광 분포 특성 분석 위한 기술 개발
    - ※ 적외선 분광 특성을 이용한 노면상태 분류 알고리즘 기술 개발
  - 집중호우 및 수막현상으로 인한 교통사고 미연 방지 위하여 강수량, 수막두께 측정 센서 기술 개발
  - 안개로 인한 다중 추돌사고 방지를 위하여 시정계 기술 개발



시정계



노면온도센서



안개센서 ONED 250

- 도로변 기상관측망의 시공간적 공백 해소를 위한 국지적 도로 위험기상 감시 기술 개발
  - (공간적 공백 해소) 위험기상의 상습 구간 선정하여 도로 특성별 최적 관측망 설계 위한 기술 개발
  - (시간적 공백 해소) 도로변 설치한 기상장비의 효율적 데이터 전송(통신) 기술 개발
- 도로기상센서 관측 데이터의 정확성 제고
  - 개발한 센서의 성능평가 방안 마련 위한 기술 개발
  - 데이터 품질관리 기술 개발

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-4-②	차량용 비정형관측자료 분석 활용 체계 구축	미래업무	27	선택

□ 목표

- 차량용 비정형관측을 통해 고정형 도로 관측 장비의 한계로 인해 생기는 공간적 공백을 해소

□ 내용

- 비정형 데이터의 효율적 운영을 위한 도로기상 데이터 수집 방안 마련
  - 순찰 차량을 이용한 차량 부착형 도로기상센서의 요소별 관측 기술개발
    - ※ 노면상태, 노면온도, 시정, 풍향, 풍속, 습도, 강우 등의 센서 포함
    - ※ 위도, 경도, 고도 정보 포함
  - 차량 부착형 도로기상센서 운영 방안 도출
    - ※ 차량 부착방법, 센서의 보정 방법, 센서의 성능평가 방안, 센서 데이터의 품질관리 방안 등 수립
- 기상관측자료와 비정형 기상관측자료 등의 융합 활용체계 구축
  - 대기기상 관측망 데이터와의 융합을 통해 도로기상 관측망 수집 및 활용체계 구축
    - ※ 레이더, CCTV, 위성 기반의 도로기상 관측자료를 포함하여 융합 후 활용이 가능하도록 기술 개발 필요
  - 도로 위험기상 정보 실황·예측 정보 산출 알고리즘 기술 개발

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[3-4-①] 도로기상관측 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>상세한 도로 관측을 위하여 도로 특성별 기상관측 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로기상 관측기술 현업화 실적 건수 (건)</li> </ul>
[3-4-②] 차량용 비정형관측자료 분석 활용 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>활용 체계 구축 및 비정형관측자료 분석 및 활용 위한 알고리즘 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>활용 체계 및 분석 알고리즘의 우수성(점)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 지역 특성에 맞는 도로위험기상 감시 기술개발을 통해 사고 위험성 감소로 인적 물적 피해 저감
- 도로상에서 발생하는 기상자료의 실시간 수집·품질관리 기술개발을 통해 효율적인 도로 운영 지원 및 교통사고 예방에 기여
- 도로기상관측을 통해 데이터 기반 도로위험기상 상습 구간 선정이 가능함
- 도로상의 적설, 결빙 등의 실시간 감시가 가능해지며 향후 차세대 지능형 교통체계 (C-ITS) 등에 활용 가능
- 고해상의 도로기상 데이터를 활용 시 전반적인 수치예보 모델의 정확성 향상이 가능하며, 향후 도로 맞춤형 기상예보 개발 가능

□ 추진배경

- 한국 여름철 기후에 큰 영향을 끼치는 북태평양 고기압 구조를 파악하는 것이 필요
  - 북태평양 고기압의 확장 정도 및 위치를 파악하여 여름철 장마 전선 및 폭염에 대한 관측 및 예측 정확성 제고
- 북태평양 고기압은 대기대순환과 관련하여 생기는 현상이므로 정확한 관측을 위해서는 국제적으로 협력하여 관측 수행하는 것이 필요
  - 대기대순환은 해수면 온도에 큰 영향을 받으며 북태평양 고기압의 위치 및 강도 또한 해수면 온도에 영향을 받으므로 국제적으로 해수면 온도 및 엘니뇨, 라니냐 현상에 대한 관측 협력이 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-5-①	기상선진국과의 mT특별관측 협력 네트워크 구축	미래업무	9	중점

□ 목표

- 미국, 일본, 중국과 북태평양 고기압의 구조 파악 위한 협력 네트워크 구축

□ 내용

- 북태평양 고기압의 강도에 영향을 미치는 엘니뇨 및 라니냐 현상 관련 국제회의 연 1회 이상 개최하여 기상선진국과의 네트워크 구축
- 미국, 일본, 중국과 mT특별관측 국제 프로젝트 구축을 통하여 지구 규모 차원의 엘니뇨 및 라니냐 공동관측 기반 마련
  - 중국, 일본과는 지리적으로 가까우므로 mT의 강도에 영향을 미치는 해수면 온도 관측의 비교분석 통해 정확성 제고
    - ※ 중국 기상청(CMA)의 지구 시스템 모델링 및 예측센터에서 ENSO 관련 연구 수행
    - ※ 일본 기상청의 기후예보과에서 월간 엘니뇨 및 라니냐 모니터링 관련 진단보고서 발행
  - 미국과는 지구 규모 차원의 엘니뇨 및 라니냐 관측 및 전망 예측 관련하여 협력
    - ※ 미국의 NOAA-국립환경예측센터(NCEP)-기후예측센터와 국제기후사회연구소는 공동으로 월간 El Niño/Southern Oscillation (ENSO) DIAGNOSTIC DISCUSSION 발행

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
3-5-②	mT특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련	미래업무	7	중점

□ 목표

- 장마철 및 혹서기 폭염에 대한 집중 감시를 통해 선제적 대응 가능

□ 내용

- 국제협력 네트워크 통하여 기상선진국이 엘니뇨, 라니냐 관측을 위하여 활용하는 장비 관련 동향 파악 및 분석
  - (요소) 해수면 온도(SST), 해수면 기압(SLP) 등
  - (관측 장비) 위성, 계류 부이, 표류 부이, 해수면 분석 및 소모성 부이, 라디오존데 등
- 데이터 융복합 방안 도출
  - 장비 네트워크 관련 정보 파악하여 SST 도출 위한 관측망 구축 체계 마련
  - 해양 기상 관측 장비의 데이터 전송 방안 마련
  - 위성 및 다양한 해양 장비 등의 데이터 융합 기술 분석
  - 관측 데이터 활용하여 SST, 엘니뇨, 라니냐 전망 예측 위한 모델 지원 방안 도출 통해 엘니뇨, 라니냐의 주기 예측 정확성 제고

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[3-5-①] 북태평양 고기압 공동관측 국제협력 추진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mT 공동관측 국제협력을 위하여 국가 간 기상협력 이행률 제고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 간 기상협력 이행 완료율(%)</li> </ul>
[3-5-②] mT 특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국과의 협력을 통해 첨단관측 장비의 동향 파악 및 분석하여 장비활용 및 기술지원도 제고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 첨단관측 장비활용 및 기술지원도(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 엘니뇨, 라니냐의 주기 예측 정확성 제고를 통하여 장마철 및 혹서기 폭염 기간 동안의 해양기상 데이터 수시 관측 수행
- 북태평양 고기압, 엘니뇨, 라니냐 현상에 영향을 미치는 해수면 온도 및 해수면 기압 등의 관측 데이터 정확성 제고를 통해 장마 및 폭염에 대하여 선제적 대응
- 선진국 기술교류 및 기술지원·협력 확대로 기상관측 성과 확산



**기본 방향**

**□ 배경 및 필요성**

- 미국, 일본 등 해외 주요국은 중앙 기상조직과 지방 정부와의 협업 및 업무 연계 강화를 위한 제도적 기반 마련
  - 연방, 주 및 지방의 의사결정권자와의 예·경보 협업 강화
  - 기상재해 대응 지방기상대 업무·제도 강화 관측·예보업무에 대해 지방기상대와 관구기상대 사이에 긴밀한 연락 및 협조를 통해 보다 신속하게 예·경보 전달
  - 국내 정책 역시 관측업무 효율화, 민간 관측자료 활용, 지방 관측업무 역할 변화 대응 등 전략과제 제시(관측업무 발전 기본계획, 2016)
- 미국, 영국, 호주 등 주요국은 민간 기상관측 데이터 활용 확대
  - 민간 항공기 정보를 활용한 고층 바람 관측자료나 민간 선박 해상관측자료 활용하여 관측 데이터의 교차 검증 수행 및 예산 절감
- 기상업무 선진화를 위한 기반 마련의 일환으로써 전문인력 양성 및 대국민 홍보 확대 필요
  - 다학제적 전문인력 양성과 미래인재 육성을 위한 기상과학 문화 확산 및 교육체계 확립 필요

**□ 전략의 주요 내용**

- 대학(원)생, 관련업종 재직자 대상 교육 프로그램 마련 및 대국민 홍보를 위한 시민과학 프로그램 운영
- 날씨정보 정보공유 포털 구축 및 데이터 통합관리 시스템 연계
- 민간 기상관측 업체와의 자료 구매계약 체결 및 통합 관리 시스템 구축
- 간이형 기상측기에 적합한 성능인증제도 마련
- 국립기상과학원 연구성과 활용체계 확립과 기상기술 사업화 R&D 추진을 위한 협업체계 마련

## □ 전략과제 및 세부과제

### 4-1. 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상 관측 인프라 강화

[4-1-①] 국가기상레이더 통합 활용체계 구축

[4-1-②] 기후위기 대응 기후변화 종합감시체계 구축

[4-1-③] R2O 기반 기상청, 과학원, 기술원 간 협업체계 정립

### 4-2. 지역 학·연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련

[4-2-①] 지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화

[4-2-②] 지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충

[4-2-③] 지역 특화 관측 프로그램 운영

[4-2-④] 위험기상 집중관측을 위한 대학 협력강화

### 4-3. 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련

[4-3-①] 민간 기상관측 자료 활용 체계 정립

[4-3-②] 민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련

[4-3-③] 간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 도입

### 4-4. 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련

[4-4-①] 시민참여 기상관측과학 이해확산

[4-4-②] 대국민 관측자료 공유 네트워크 운영

## 전략과제 4-1

## 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상관측 인프라 강화

### □ 추진배경

- 새로운 시대, 새로운 환경에 맞는 기상관측망 구성 필요성 증가
  - 위험기상, 도로기상, 농업기상 등 다양한 목적의 관측망이 생겨나고 있음에 따라 개별 목적 활용과 통합활용 병행이 필요하며, 범국가적 다양한 용도로 운용되고 있는 관측망이 상호 보완적인 역할을 할 수 있도록 조정 필요
- 양질의 기상예보 생산을 위한 관측망 확충과 최적화 필요성 대두
  - 지역별로 다수 발생하는 위험기상 및 기후적 특징이 다르므로, 지역별, 기상 현상별 그리고 기후별 필요한 기상관측 체계 또한 특징에 따라 구별될 필요가 있음

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-1-①	국가기상레이더 통합 활용체계 구축	미래업무	4	핵심

### □ 목표

- 기상레이더 통합 활용체계 통하여 지역적 폭우에 대한 감시 및 예측 확대

### □ 내용

- 기상레이더의 통합 활용체계 통하여 수평 및 수직 해상도 제고
  - 통합 활용체계 운영 시 활용 가능 레이더의 총 대수는 34대
    - ※ 기상청, 환경부, 국방부 레이더 중첩 시 고도 1km부터 관측 가능
    - ※ (현황) 총 기상레이더 대수는 기상청 14대, 환경부 9대, 국방부 10대, 한국항공우주연구원 1대
  - 연구용 기상레이더(3대) 활용한 목표(RHI) 관측 수행을 통한 수도권 집중관측 지원

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-1-②	기후위기 대응 기후변화 종합감시체계 구축	미래업무	20	중점

### □ 목표

- 지상-항공-선박-위성을 통한 전지구적 기후변화 감시 및 기후위기 대응력 강화

### □ 내용

- 기후변화감시망 보강
  - (현황) 총 4개 기후변화감시소에서 37종에 대한 기후변화감시 관측 수행 및 위탁·협력기관을 통한 관측자료 공유

- ▶ 기후변화감시소(4개소): 안면도, 제주 고산, 울릉도독도, 포항
- ▶ 위탁(7개소): 광주과기원, 남극기지(세종.장보고), 서울대, 숙명여대, 연세대, 제주대
- ▶ 고산협업체(6개 기관): 경북대, 서울대, 제주대, 고려대, 연세대, 한국환경공단

- 입체 감시망 기반의 종합적 관측자료 활용체계 구축

현재	'22년 이후
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상 위주 관측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상.위성.항공.선박 등 기후변화 입체감시자료 수집체계 구축</li> <li>▪ 감시요소 및 영역 확대</li> <li>▪ 유관 기관 자료 공동활용을 위한 협력 체계 마련</li> <li>▪ 관측자료 공개기준 마련 및 실시간 서비스</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지점 및 해안가 위주 관측</li> <li>▪ 환경·산림 등 정부부처 관측자료 공동활용 미흡</li> <li>▪ 통계정보(전년도 관측) 연1회 자료 제공</li> </ul>	

- 기상위성의 상시관측 통해 동아시아-한반도 등의 기후변화 감시

- ※ 핵심기후변수 다양화 (천리안위성 1:2A호기반 4종→6종)
- ※ (기존) 지면알베도, 표면도달일사량, 지구방출복사량, 해수면온도 → (변경) 토양수분, 증발산량 추가

- 지상·위성·항공·선박 등 입체 감시망 기반의 기후변화감시자료 수집

- ※ (상시관측) 기후변화감시소, 위탁감시소, 위성, 보성관측타워 등
- ※ (이벤트관측) 기상 항공기, 기상1호, 모바일 차량 등

- 온실가스 등의 기원 추적을 위한 감시요소 및 단기체류물질 분석을 위한 감시영역 확대(' 22~)

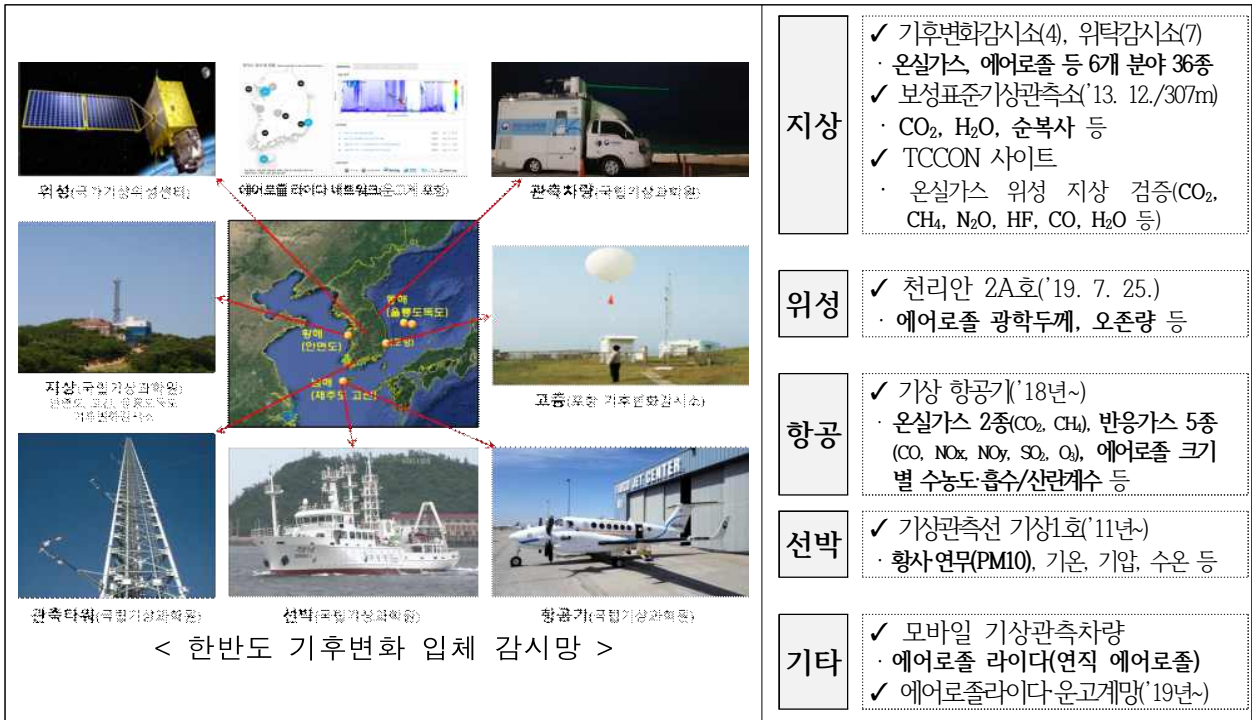
- ※ (감시요소) 온실가스 동위원소, 에어로졸 화학조성, 반응가스(VOCs), 대기복사 등
- ※ (감시영역) 해안가 위주의 관측지역에서 내륙지역으로의 영역 확대('23~)

- 유관 기관 자료 공동활용 등 감시망 확대를 위한 협력체계 마련(' 23~)

- ※ 환경부, 산림청 등 유관 기관 관측자료 공유 확대

- 요소별 관측자료 공개기준(품질관리 단계) 마련 및 실시간 서비스(' 22~)

- ※ 기존 연 1회(6월) 통계자료 공개 → 실시간 관측자료 제공 및 연 2회(6월, 12월) 통계자료 공개

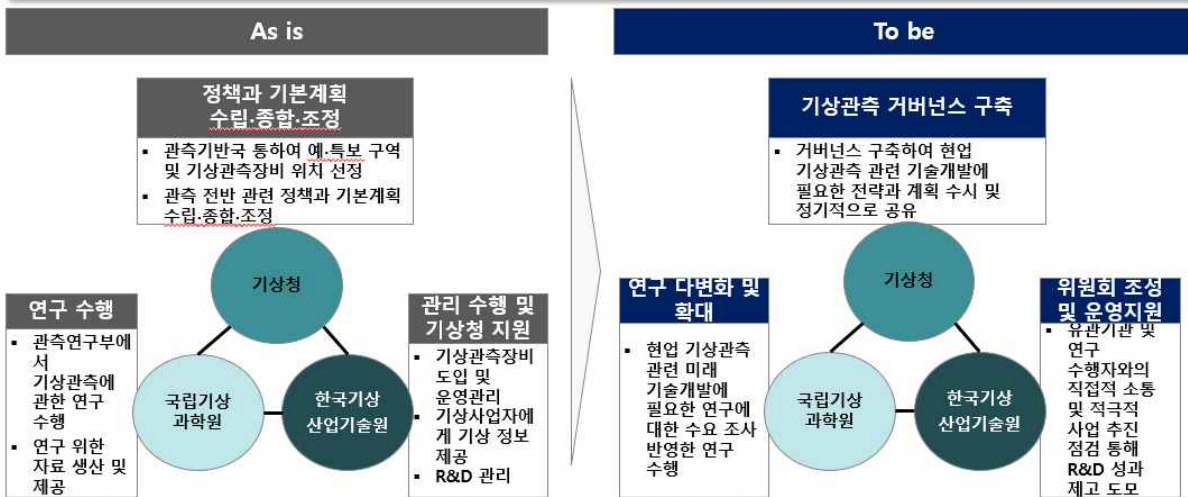


구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-1-③	R2O 기반 기상청, 과학원, 기술원 간 협업체계 정립	미래업무	11	중점

□ 목표

- 국립기상과학원 연구 성과 활용체계 확립을 위한 기상기술 사업화 R&D 추진을 위한 협업체계 마련

□ 내용



출처 : 저자작성

[그림 53] 기상청-과학원-기술원 관계도

○ 기상관측장비 연구 및 실험시설 내 연구실험 장비 구축 및 운영

- 실내 기준 실험장비 도입 및 운영기반 구축(' 21~' 25)
  - ※ 온습도 시험장비(3조) ('21)→ 전파 및 광학장비(4조)('22) → 통신 및 계측장비(5조)('23)
- 시정계 관측 정확도 향상을 위한 교정 기준 장비 운영(' 22~)

○ 현업관측장비 운영 및 활용기술 개발

- AI 및 통계기법 기반 시정현천계 기반 현천 자동화 기술 개발(' 19~' 21)
- 지상기반 라디오미터 수치모델 기반 자료 활용기술 개발(' 21~' 25)
- 라디오존데 하강자료 수신 이중화 기술 개발(' 21~' 23)

○ 관측자료 수동품질관리 업무체계 개선

- 전도형 강수량계 히터 운영기준 마련 및 강우감지기 성능 개선(' 21~' 24)
- 차광통·소형백엽상 운영기준 도출 및 데이터로거 현장품질 알고리즘 원형 개발(' 21~' 25)

○ 현업기상관측장비(16종)에 대한 형식승인 기술기준절차 진단 및 평가(' 20~' 25)

※ 대상: 전자식 온도계, 습도계, 기압계, 무게식강수량계, 데이터로거, 증발계, 전자식 및 초음파식 풍향풍속계, 일사계, 일조계, 적설계, 라디오존데, 시정계, 운고계, 파고계, 파향계

○ 표준기상관측소 운영 및 종합기상탑 기반 고품질 자료 생산체계 구축

- 표준기상관측소(보성, 고창, 추풍령) 및 WMO Lead Centre/Testbed 역할 수행

※ WMO Lead Centre/Testbed → Measurement Lead Centre(MLC) 변경 예정

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[4-1-①] 맞춤형 국가기상레이더 통합 활용체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가기상레이더 통합 활용체계 구축을 통하여 선진국 대비 기상레이더 정보 제공률을 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국 대비 기상레이더정보 제공률(%)</li> </ul>
[4-1-②] 기후위기 대응 기후변화 종합감시체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종합감시체계 구축 통하여 관측하는 기후변수 다양화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표 관측요소 수 대비 실제 관측요소 수의 관측률(%)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화감시 자료 대국민 실시간 제공률(%) 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실시간 제공률(%)</li> </ul>
[4-1-③] R20 기반 기상청, 과학원, 기술원 간 협업체계 정립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R20 업무체계 확립 및 표준기상관측소 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구실험장비 구축률 및 공동활용률(%), 표준기상관측소 자료 활용 증가율(%) 및 생산 자료 품질 개선도(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 시내(내륙)의 기상관측망 확충 통해 시민이 자연재해에 대한 피해 정도 축소를 체감 가능
- 지역별 기상학적/기후학적 특징에 의해 다수 발생하는 위험기상에 대한 맞춤형 관측망을 통해 자연재해로 인한 피해 미연에 방지
- 지방청, 과학원, 기술원과의 업무 분담 체계 구축을 통한 업무 효율성 향상 및 위험기상 감시 역량 강화

## 전략과제 4-2

## 지역 학·연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련

### □ 추진배경

- 기후 위기로 인해 지역별 위험기상이 증가하므로 이에 대해 집중하여 감시하고 대응하기 위하여 지역 학·연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련 필요
  - 기후 위기로 인해 지역별 특징적인 위험기상의 빈도수와 피해 정도가 증가함에 따라 이에 대한 감시 및 선제 대응 필요
- 지역별 위험기상 실황 감시 및 예보생산 지원 필요

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-2-①	지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화	미래업무	18	중점

### □ 목표

- 지방청별 지역적으로 특성화된 기상 현상의 관측·분석 업무 체계 고도화

### □ 내용

- 특이·위험기상 현상 실시간 감시 및 분석업무 강화를 위한 조사분석서 작성·관리
  - ※ 전국 지방청·지청에서 시범운영 시 관측요소 점진적 확대: ('22.5~'23.3) 호우, 폭염, 안개, 대설 → ('23.4~) 복수 요소
  - 객관적인 기상 현상 조사, 기록을 통해 기상 현상 이해와 시사점 분석으로 예·특보 지원 강화와 지역 기상특성 이해, 관측기법·관측망 구축 등 관측업무 자원 활용
  - 본청-지방청-과학원 등 상호 연계로 특별관측 및 심층분석 수행
  - 국지적 기상 현상에 대한 연구조사로 개선된 관측 기법 개발
- 지방청-기술원 간 관측업무 조정(안) 마련
  - 기술원 업무 수행 기반 마련을 위한 관리체계 구축 및 인력 확보
  - ※ 자동기상관측장비 통합 관리 시스템 체계 및 사업수행 신규 인력, 예산 마련
  - 관측망 운영·관리의 기술원 업무 이관으로 관측현상 분석 업무 여건 마련
- 과학원을 중심으로 관측분야 R&D 현업화를 위한 O2R 연구 강화
  - 국지 위험기상 원인 규명을 위한 집중 관측 업무 수행
  - 기상학적·지리적 특성을 반영한 분야별 상세 위험기상 특성 분석·연구
  - 관측지점 대표성, 적정성, 입지조건 등 관측실험을 통한 최적 관측망 도출



구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-2-②	지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충	미래업무	17	중점

□ 목표

- 지역별 기상학적/기후학적 위험기상 특성에 최적화된 관측망 구축

□ 내용

- 시민 체감형 위험기상 조기탐지를 위한 도심(내륙) 기상관측망 구축

- (수도권) 시내(내륙)에 폭염 및 집중호우 관측을 위한 기온과 강수량 관측망 구축
- (부산) 시내(내륙)에 빌딩풍 및 집중호우 감시를 위한 바람과 강수량 관측망 구축
- (대구) 시내(내륙)에 폭염 감시를 위한 기온 관측망 구축 및 어는비로 인한 피해 저감을 위한 도로변 노면온도 센서 설치 확대
- ※ 기상관측장비(센서)는 보성, 고창 및 추풍령의 표준기상관측소와 연계

- 지역별 위험기상 맞춤형 기상요소 관측 통해 관측 공백 해소

- (제주도) 중산간 강우 감시를 위한 제주도 4방위로 고층 장비 설치
- (강원) 양간지풍, 산불 감시를 위한 산악기상관측망 확충 및 강설집중관측 프로그램과 연계한 폭설 감시망 강화
- (광주) 집중호우, 대설 감시를 위한 강수량 관측망 확충
- (대전) 서해안 안개, 아산만 효과의 선제적 대응을 위해시정, 기온, 습도 등의 관측망 확충
- ※ 기상관측장비(센서)는 보성, 고창 및 추풍령의 표준기상관측소와 연계

- 표준기상관측소 개선 운영

- (현황) 표준기상관측소 관리규정 제정(' 08.6.) 후 추풍령(' 08.12.), 보성·고창(' 10.12.) 표준기상관측소 지정·차별화 운영 中
- 표준기상관측소 활성화 및 측정선도센터 전환 대응계획 수립(' 21.9.3.)
- ※ 추풍령, 보성, 고창(기존3소) 유지 및 WMO 측정선도센터 보성(실험동 포함) 운영
- 관측 표준 연구개발 추진, 지점별 표준기상관측장비 지정·운영 및 R&D와의 연계 강화

	보성	추풍령	고창
표준기상 관측장비	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 종합기상탑 기반 하부대기 연직기상관측장비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AWS/ASOS 기반 지상 기상관측장비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상기반 강우측정장비</li> </ul>
기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 원격관측장비 및 기상관측장비의 표준관측기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지상 기상관측장비에 대한 표준관측기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 강수 및 강설 관측장비에 대한 표준관측기술 개발</li> </ul>
세부 추진내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 장기간(추풍령) 및 단기간(고창) 비교 관측 및 실험을 모두 수행하는 방식</li> <li>▪ 일사계 국내 기준 관측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 장기간 비교 관측을 위한 종합관측소 형태로 운영</li> <li>▪ (관측정책과 협조) 기술원 관측보조원 상주를 통한 계절관측 및 목측관측</li> <li>▪ 소형백엽상/차광통의 장기간 비교 관측</li> <li>▪ (관측정책과 협조) 레윈존데 및 연직바람 관측장비 설치</li> <li>▪ 고층 집중 관측</li> <li>▪ 일사계 국내 기준 관측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 측기별 성능 시험 등 단기간 비교 관측을 수행</li> <li>▪ 민간업체 의뢰의 비교관측</li> </ul>

※ 효율적 관리를 위한 원격 모니터링 기반 조성 및 자료 공유 체계 강화

※ 운영활성화를 위한 표준기상관측소 전담운영 인력 확보 추진

- (규정개정) 전담인력 및 역할기능 조정, 해지요건 신설 및 장비 철거조항 추가 등 표준기상관측소 운영 개선

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-2-③	지역 특화 관측 프로그램 운영	미래업무	22	중점

□ 목표

- 각 지역 특화 관측분석 연구 프로그램 운영을 통한 지역별 위험기상 진단·분석 역량 강화

□ 내용

- 지역적으로 특성화된 기상 현상의 심층 관측분석
  - ※ 지역 학·연 연계 관측분석 프로그램 예산 요구 ('23.1.)→지역 학·연 연계 관측분석 프로그램 계획수립 및 예산 확보 ('23.12.)→지역 학·연 연계 관측분석 프로그램 시행 ('24.3.~)
  - 기상 현상의 발생원인 및 영향도 심층 분석을 통해 나타나는 감시 취약지역 관측망 개선 및 확충
  - 지자체, 공공기관, 지역별 맞춤형 기상관측 전문가 양성 추진
- 프로그램 통하여 연구용 기상관측장비 기술개발 활성화
  - 연구용 기상관측장비와 현업용 기상관측장비의 관측자료 비교분석 수행
  - 기상관측 현업 근무자와 연구 전문가의 협업 통하여 연구용 기상관측장비의 현장 활용성 제고

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-2-④	위험기상 집중관측을 위한 대학 협력 강화	미래업무	19	중점

□ 목표

- 위험기상 집중관측, 연구 등 활성화를 통해 대학 협력을 강화하여 기상 인력 양성에 기여

□ 내용

- 산·학·연·관 협업을 통한 지속 가능한 협력 네트워크 조성
  - 기상관측 산출물 알고리즘 관리·개발·개선의 지속가능한 관·학·연 협력연구기관\* 육성
  - ※ CIMSS: 미국 해양대기청(NOAA), 항공우주국(NASA), 위스콘신대학 사이의 장기 협약으로 이루어진 기상위성 연구를 위한 협력기관으로 위성 현업화로 기상예보 개선, 인력양성 등을 목적으로 함
  - 대학 연계 위험기상 집중관측 요소 선정 및 집중관측 수행을 통한 협력 강화
  - 테스트베드를 활용한 기술개발 협업과제 공동수행
  - ※ 운영기술개선 합동점검 등
- 지속 가능한 기상관측 역량 개발을 위한 지역 융합인재 양성 확대

- 지역 대학, 공공기관 등 협력으로 기상관측 활성화를 지원할 수 있는 관측 전문가 양성 추진
- 위험기상 집중관측을 통한 대학생 참여 교육 확대 및 위험기상 메커니즘 연구 활성화
- 지역 산·학·연·관 연계 인적 네트워크를 통해 관측 인재를 발굴·육성하여 지역사회 기여
- 시민 대상 기상관측 전문가 양성과정 운영 (한국기상산업기술원 위탁)

○ 기상관측 및 장비 운영기술 배양을 위한 교육체계 마련

- 기상관측 장비별 관리·운영 방법 등 교육 콘텐츠 개발
  - ※ 동영상 교육자료 및 교재 제작
- 청내외 전문인력의 노하우·경험·전문지식 공유를 위한 세미나 및 교육훈련체계 마련 (전문교육과정 운영)
- 기상관측 장비 유지보수 역량 강화를 위한 모의훈련 시행
  - ※ 기상청, 유지보수기관 참여하여 장비 장애처리 및 점검방법 등 전반적인 관리 운영절차 점검
- 기상관측 장비별 기술 습득 및 운영 관리를 위한 전문 엔지니어 초청 심층 교육
- 기상관측장비 운영 인력의 전문기술력 향상 및 환류
  - ※ 기상관측장비 운영 담당자 및 공무원 관리자 등/장비 장애 감시 및 사전조치, 운영기술 노하우 공유

○ AI, 빅데이터 분석 등 기상관측과 타 분야 정보의 융·복합 분석기술 활용 역량 강화 및 지원 확대

- 빅데이터 이해 및 분석을 위한 청내·외 교육 정례화 및 교육 이수 독려
- 신기술 및 다학제간 기상관측 분석기술 습득을 위한 전문가 세미나 운영 및 기상관측 빅데이터 분석 플랫폼 교육과정 운영

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[4-2-①] 지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험기상 대비 지역의 기상·기후과학의 실용적 연구개발 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비활용 및 기술지원도(%)</li> </ul>
[4-2-②] 지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기상실황 감시를 위하여 및 관측망 조밀도 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측망 조밀도(km)</li> </ul>
[4-2-③] 지역 특화 관측 프로그램 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역별 특징적 기상 현상의 심층분석을 위하여 관측자료의 활용도 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기상·기후정보 활용도(%)</li> </ul>
[4-2-④] 위험기상 집중관측을 위한 대학 협력강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교육 과정 운영을 통해 미래 기상인재 양성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측 기초역량 도달 정도(%)</li> </ul>

□ 기대 효과

- 지방청·지청 관측업무 방향 설정을 통해 미래 기상 수요에 부응하는 관측자료 확보
- 지역별 위험기상 대응 위한 최적의 관측망 설계 및 예보생산 지원
- 특정 기상 현상에 대한 학·연 연계 집중 연구를 통한 국가 전체적인 위험기상 감시 능력 제고 및 미래 기상인재 양성

## 전략과제 4-3

## 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련

### □ 추진배경

- 해외 주요국들은 민간 기상관측자료를 활용하여 관측 데이터 보강 및 기상관측 장비 설치 및 운영 비용 절감
  - 대표적으로 미국의 CoCoRaHS와 영국의 WOW는 시민들의 스마트 기기나 클라우드 소싱 기술을 통해 방대한 민간관측정보 수집·공유
  - 해양 관측 장비 및 운영 여건 부족 해소를 위해 민간 선박을 활용하여 WMO는 관측지원선박(VOS) 제도를 통해 해양 기상관측 데이터 수집
- 민간 관측센서 및 데이터를 활용함으로써 기존의 관측망에서 수집하지 못한 기상 현상을 관측할 수 있으며, 기상 예보 정확도 향상에 기여
  - 일본의 민간업체 Weathernews Inc.는 커넥티드 카의 와이퍼 작동자료를 클라우드 소싱하여 기상레이더가 감지하지 못한 소나기 등 기상 현상을 감지

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-3-①	민간 기상관측 자료 활용 체계 정립	미래업무	13	중점

### □ 목표

- 민간 관측자료 수집 및 활용 가능성 검토 및 설계(안) 마련 등 제도적 기반 마련

### □ 내용

- 기상관측자료 획득을 위한 지자체, 민간 보유 관측자료 활용 방안 마련
  - 지자체, 민간 보유 기상·비기상 관측자료, 빅데이터 기반 비정형 자료 등
  - CCTV 영상, 항공기 ADS-B, GPS 위성, GNSS 등 관측자료의 현황 파악 및 수요분석을 통한 기상정보 산출 가능성 진단
  - 지자체, 민간 기상·비기상 관측자료 수집, 활용을 위한 제도 마련
- 민간 관측자료 수집·활용 체계 구축 마스터플랜 수립
  - (플랫폼 구축) 민간 관측자료 수집·활용 규정 및 매뉴얼, D/B, 활용 시스템, 통합 인프라 구축
  - (플랫폼 운영) 매니지먼트 툴, 문제 해결 방법론 마련
  - 구축된 시스템의 공공기관, 지자체 및 정부 등 활용 확대방안 수립

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-3-②	민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련	미래업무	24	중점

□ 목표

- 비정형 데이터 통합 자료 운영 관리 시스템 운영을 통한 관측자료 품질의 체계적 관리 강화

□ 내용

○ 비표준 기상관측데이터 품질검사 체계 마련

- 비정형 관측자료 분석 및 인공지능 기반의 품질관리 기술 개발
  - ※ 인공지능 기반 품질분석·관리, 비기상 자료의 4차원 격자자료화로 기상요소 변환 산출
  - ※ (예시) CCTV 영상, 차량용 운행기록 등 기상자료로 변환 → 수치예측모델 운영으로 초고해상도의 도시규모의 예측장 산출
- 품질검사 알고리즘의 기준과 방식을 다양화·세분화하여 기상기후데이터의 목적별 활용성 확대
  - ※ 장비별, 요소별 단일 품질검사 체계 → 지점별, 활용목적별 품질검사 수준 차별화

○ 고해상도 격자기후데이터 생산 및 활용체계 강화

- 비균질한 시공간 분포를 갖는 관측데이터의 활용성 강화를 위해 전국을 임의 격자 단위\*로 하는 기후데이터 생산·제공
  - ※ 1km급 격자 단위로 과거~현재의 기상기후데이터(기온, 습도, 바람 등)를 신뢰성 높은 객관분석기술 등을 활용하여 시공간적으로 균질한 데이터 추정 산출
- 데이터 순환 생태계 조성을 통한 기상산업 인프라 조성 병행 추진
  - ※ 데이터 품질관리 및 표준화 → 빅데이터 플랫폼 구축 → 통합솔루션 지원 → 산업 맞춤형 기상서비스 확산

○ (가칭) ‘기상관측기술원 설치’

- 기상관측기술원 운영 근거 및 관측장비 설치·운영·유지관리 업무 위탁 방안 등 체계 확립
- 기상관측 표준화, 관측자료 품질관리, 관측시설 환경개선 및 유지관리 관측체계 구축
- 기상관측 표준화, 기상관측자료의 품질관리(QA/QC 포함), 관측자료의 물리적 의미 해석 연구 수행

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-3-③	간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 추진 계획(안)	미래업무	23	중점

□ 목표

- 기상장비 사업확대 및 활성화를 위한 기반으로서 간이형 기상측기에 적합한 성능인증제도 마련

□ 내용

- (법령 개정) 성능인증제도 시행을 위한 「기상관측표준화법」 및 하위 법령 개정, 고시 제정 등으로 도입 근거(안) 마련
  - 기상관측표준화법 정비를 위한 연구용역 추진(' 22.6.~11.)
    - ※ 「기상관측표준화법」 개정 추진('23.9~'24.12.)
    - ※ 「기상관측표준화법」 하위법령 개정 추진('24.9~'25.12.)
- (기술기준 마련) 간이형 기상측기 성능인증을 위한 대상 측기, 등급 기준, 성능인증 항목 및 시험방법 절차(안) 등 마련
  - (대상 측기) 수요가 많은 간이형 기상측기 우선 1차 기술 기준 마련(' 24., 온도계, 풍향계, 풍속계), 2차 기술수준 마련(' 25., 습도계, 기압계, 강수량계, 일사계, 일조계)
    - ※ 성능평가: 자료 수집율, 반복재현성 시험, 정확도 시험, 열사이클 후 정확도 시험 등
  - (등급제) 간이형 기상측기 성능인증제도는 등급제(1등급, 등급 외) 방식으로 검토
    - ※ 간이형 기상관측장비 성능인증 기준 및 시험방법 개발 연구용역 추진('23.~'25.)
- (인프라 조성) 조직·인력, 업무공간 및 검정 장비 등 활용 기반(안) 마련
  - (조직·인력) 인증센터 준공까지(~' 23.) 계측표준협력과에서 총괄
  - (업무공간) 인증센터 완공 후 형식승인 실험실 활용 및 운영 인력 사무공간 배정
  - (시험장비) 검정장비 활용 및 추가 장비는 인증센터 완료 시점 목표로 구매 추진

□ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[4-3-①] 민간 기상관측 자료 활용 체계 정립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민간 기상관측자료 활용을 위한 제도적 기반 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통합 DB 구축률(%)</li> </ul>
[4-3-②] 민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 민간 중심의 기상관측 표준화 및 기상관측자료의 품질관리 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기상관측기술원 예산 효율성(총사업비 비율, 운영비 비율 등), 목표달성도(%)</li> </ul>



[4-3-③] 간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>간이형 기상측기 성능인증 인프라 구축 및 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구시설 구축건수(건), 가동률(%), 활용 건수(건), 서비스 만족도(점) 등</li> </ul>
--------------------------------	---	--

□ 기대 효과

- 기상관측 장비 운영인력의 분야별 전문지식 및 운영 역량 강화
- 수요가 증가하고 있는 간이형 기상관측자료의 신뢰성 향상
- 국산 기상장비 성능, 품질 신뢰성 확보로 국내 기상산업 해외 진출 확대 기여
- 민간 관측자료 확대를 통한 기상예보 정확도 제고 기여 및 관측업무 효율화
- 민간기상사업의 활성화와 대기과학 전공자의 고용창출 등 사회경제적 이익 확대
- 기상관측장비 공급 확대로 공공 및 민간 기상 서비스 품질 향상

## 전략과제 4-4

## 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련

### □ 추진배경

- 국민들이 기후변화 및 기상과학문화 인식 확산과 차세대 기상인재 양성을 위한 기반 마련 필요
    - 연령, 전공, 직무 등을 고려한 맞춤형 기상과학 프로그램 및 기상 교육 다양화
  - ‘시민과학’ \*이 전 지구적 현상으로 대두함에 따라 해외 정부기관에서는 지역 커뮤니티 자원봉사자들의 기상 데이터를 수집·활용
    - 미국 비영리단체 CoCoRaHS, Met Office의 날씨관측웹사이트(WOW) 클라우드 소싱 활성화 등 사례 존재
- ※ 시민과학(citizen science): 과학 대중화의 일환으로, 실용적이고 의미 있는 과학 연구 프로젝트에 비과학자 시민을 참여시키는 활동

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-4-①	시민참여 기상관측과학 이해확산	미래업무	29	선택

### □ 목표

- 기상관측용 큐브위성 사업화 연계 지원, 아두이노 코딩 교육 확대를 통한 관측장비 측정원리 이해 및 실생활 체감기상 확대

### □ 내용

- 과기정통부 큐브위성 사업과 연계한 국내 기상학 전공 대학생 대상 경연대회 추진
  - 기상 관련 분야 석박사 대상 저궤도 초소형기상위성 경연대회 정기 개최
  - ※ 과기정통부 큐브위성 사업 예산: 기초위성(3억원) 및 고급위성(7.5억 원) 지원
  - 평가항목 및 평가기준에 기상관측 관련 내용 추가
  - ※ 시스템 설계 및 기술적 구현성 가능성, 기상관측자료 활용 방안 등 포함
  - 개발완료 후 민간업체를 통한 고품질 관측 자료 구매계약 등 사업화 연계
  - ※ 국내 위성체 개발 업체: 세트렉아이, 솔탑, 나라스페이스테크놀로지, KAI, 한화시스템 등
- 아두이노 기상관측소 제작 강좌 운영(\* 23~)
  - 아두이노 기상관측소 제작 프로그래밍 및 IoT 어플리케이션 연동 관련 유튜브 교육 자료 제작
  - ※ 아두이노 기본 개념, 아두이노 개발환경 및 프로그래밍 기초 교육
  - 대학기관 대상 아두이노 교육용 KIT 구매 지원
  - 기상청 홈페이지에 아두이노 제작 및 활용 관련 토론 게시판 운영

- 스마트시티 연계 아두이노 기상관측소 공모전을 통한 상용화 지원
- 대학교를 중심으로 무인관측소 목측관측 교육 실시
  - 규모 관측에 필요한 예보, 관측, 수치 기본교육 자료 마련(~' 22)
  - 관측 교육을 위한 업무협약 체결 및 실시(' 23~)
  - 관측자 자격증 발급, 학점제 연동, 관측보조원 등 신규채용 시 우대제도 등 혜택 정비
  - 목측자료는 시험 운영을 거쳐 품질 확보된 목측자료를 비용 지급 후 통계자료로 활용
- 기상전공 학생 대상 소형 초음파 레이더 시스템 구축 방법 교육 프로그램 운영(' 22~)
  - 위탁업체를 통한 전문강사 섭외 및 교재 개발 진행
  - 관련 장비 및 부품 구매비용 지원
  - 대학, 학회, 연구소 등 유관 기관과 SNS를 통한 교육 프로그램 홍보 확대

구분	세부과제명	업무유형	우선순위	세부과제 유형
4-4-②	대국민 관측자료 공유 네트워크 운영	미래업무	26	중점

□ 목표

- 대국민 관측자료 공유 통합 포털 개방을 통한 단일 시스템 통합 제공 및 공공데이터 활용 활성화 촉진

□ 내용

- (가칭)대국민 관측자료 공유 통합 포털 개발
  - (목적) 기관 및 분야별로 산재되어 있는 다양한 관측자료를 단일 시스템으로 통합 제공
    - ※ 제공범위: 1. 종관관측자료 2. 기상위성 관측자료 3. 기상레이더, 4. 기타 관측자료 (지상GNSS, IoT센서 등)
  - 해외 관측소 위치, 온도, 강우량, SWAT입력형식 기상자료 등 제공
    - ※ NOAA,GWD 등 포털 사이트 링크 연계
  - 일반인 교육자료, 세미나, 강좌, 다큐 동영상 제공
  - 연내 2회 시범운영 추진(' 24)
- 전국 기상관측자료 공유 네트워크 운영(' 25~)
  - 개방형 웹사이트 혹은 SNS 플랫폼 구축(~' 24)



출처 : 온라인 커뮤니티 캡처

[그림 54] SNS를 통한 홍수 상황 사진 공유 사례

※ (벤치마킹 사례) Community Collaborative Rain, Hail & Snow Network(미국): 기상관측자들의 풀뿌리 자원봉사 네트워크로 저비용 측정 도구를 사용하고 훈련 및 교육을 강조하며 대화형 웹사이트를 활용함으로써 천연자원, 교육 및 연구 응용 프로그램에 대한 최고 품질의 데이터를 제공

### □ 기대 성과

세부과제	성과 방향 및 산출물	비고
[4-4-①] 시민참여 기상관측과학 이해확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 이해확산 프로그램 운영을 통한 시민과학 활성화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>프로그램 참여율(%), 전문인력 확보율(%), 교육훈련 만족도(점) 등</li> </ul>
[4-4-②] 대국민 관측자료 공유 네트워크 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 관측 데이터 수집·활용 기반 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>목적사업 프로그램 수(건), 참여자 수(명), 활용 데이터 건수(건) 등</li> </ul>

### □ 기대 효과

- 첨단 기상기술 관련 대국민 인식 확산 및 홍보 효과 제고
- 미래 기상분야 전문인력 양성을 위한 토대 마련

#### 4. 종합정책 로드맵 수립 및 예산(안) 도출

전략 방향	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산	최종목표	
			'23	'24	'25	'26	'27	(단위: 백만원)		
								823,108		
1. 위험기상 감시·대응력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충			56,247	64,126	111,973	134,512	84,406	451,264		
1-1. 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충			9,593	8,969	7,840	6,905	3,236	36,543	지상기상 관측망 공백 해소로 감시역량 강화	
	[1-1-①] 지상 기상관측망 운영 강화	기본	중점	4,596	5,769	4,410	3,475			
	[1-1-②] 기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화	기본	중점	463	364	194	194			
	[1-1-③] 대형 재난 지원용 특별관측장비 구축	미래	중점	4,534	2,836	3,236	3,236			3,236
1-2. 대기상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충			4,459	8,006	8,823	7,751	400	29,439	고층 기상관측 공백 해소 및 입체관측 역량 강화	
	[1-2-①] 고층 기상관측망 확충 및 고도화	기본	중점	4,459	6,906	7,723	7,351			
	[1-2-②] 고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화	미래	핵심		1,100	1,100	400			400
1-3. 해상 관측공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충			19,843	19,747	18,997	23,463	6,339	88,389	해양기상 정보 서비스 개선 및 해양	
	[1-3-①] 해양 기상관측망 확충 및 운영강화	기본	중점	19,843	19,547	18,297	21,963			1,399
	[1-3-②] 대형 기상관측선 및 대형	미래	선택							

전략 방향	전략 과제	세 부 과 제	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산	최종 목표
					'23	'24	'25	'26	'27	(단위: 백만원)	
										823,108	
	기상항공기 도입				200	700	1,500	5,000		위험기상 예측 향상	
	1-4. 위성기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화				15,099	20,211	68,615	88,798	72,831	265,554	원격탐사 입체관측을 통한 목적별 기상정보 서비스 제공 확대
	[1-4-①] 기상레이더 관측망 확충 및 운영강화	기본	중점	4,481	4,647	5,647	6,439				
	[1-4-②] 기상위성 관측망 확충 및 운영강화	기본	중점			46,504	66,603	72,831			
	[1-4-③] 항공 기상관측망 확충 및 운영강화	기본	중점	10,518	15,284	14,784	13,284				
	[1-4-④] 저층 복합재난 대응 기반 확충	미래	중점	100	280	1,680	2,472				
	1-5. 효율적인 국가기상관측을 위한 업무체계 개선				7,253	7,193	7,698	7,595	1,600	31,339	관측표준화 및 통합관리체 계 강화
	[1-5-①] 국가 지상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선	기본	핵심	5,593	5,593	6,198	6,195	300			
	[1-5-②] 관측영향도 평가체계 구축	미래	핵심	1,500	1,500	1,500	1,400	1,300			
	[1-5-③] 후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진	미래	중점	160	100						
	2. 국민 안전과 미래 수요를 대비한 기상관측 기반 마련				15,768	61,756	34,448	11,630	7,446	131,048	
	2-1. 도로안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축				5,718	45,806	17,538	-	-	69,062	도로기상 관측망 구축을
	[2-1-①] 전국 고속도로·국도	기본	중점								

전략 방향	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산 (단위: 백만원)	최종 목표
			'23	'24	'25	'26	'27		
			전 략 과 제					823,108	
세 부 과 제									
기상관측망 구축			2,825	23,191	9,073			통합 도로기상서비스 강화	
[2-1-②] 도로기상정보시스템 구축			2,893	22,615	8,465				
2-2. 신재생에너지 산업 지원을 위한 기상관측 기반 마련			3,350	5,950	4,940	3,600	2,900	신재생 에너지 발전량 예측 지원을 위한 수요 맞춤형 기상정보 생산기반 확보	
[2-2-①] 태양광 발전을 위한 기상관측 지원			350	350	340				
[2-2-②] 해상 풍력 발전을 위한 기상관측 지원			2,000	4,600	3,600	3,600	2,900		
[2-2-③] 스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축			1,000	1,000	1,000				
2-3. K-UAM 지원을 위한 입체기상관측 기술개발			6,700	10,000	10,385	5,465	2,273	도심항공 교통 지원을 위한 저층 관측 기술 및 운영제도 개선	
[2-3-①] 차세대 도심항공교통을 위한 저층 관측 기술 개발 (레이더, 연직바람관측장비 등)			2,500	1,200	300				
[2-3-②] 차세대 도심항공교통을 위한 기상운영체계 마련			4,200	8,800	10,085	5,465	2,273		
2-4. 남북관계 개선 대비 공동협력 기상관측 기반 조성					1,585	2,565	2,273	6,423	한반도 통합 기상

전략 방향	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산 (단위: 백만원)	최종 목표			
			'23	'24	'25	'26	'27					
								823,108				
전 략 과 제												
세 부 과 제												
	[2-4-①] 남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대	미래	선택			1,350	1,280	450	관측망 및 자료 확보를 통한 기상관측 역량강화			
	[2-4-②] DMZ 내 기상 관측망 구축	미래	선택			235	1,285	1,823				
3. 핵심기술 자립을 통한 세계 선도 기상관측 기술 개발					41,847	39,597	39,189	9,939	4,239	134,811		
3-1. 4차 산업혁명 기술을 활용한 기상관측 기술 개발 가속화					7,350	7,750	7,500	6,000	1,000	29,600	기상관측 핵심기술 확보 및 국산화사업 화 증대	
	[3-1-①] AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발	미래	핵심			650	850	600	400			400
	[3-1-②] IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심 기술 개발 (원격탐사장비)	미래	중점			1,800	1,800	1,400	1,400			600
	[3-1-③] 기상관측 핵심장비 국산화 연구개발 지원	기본	중점			4,900	5,100	5,500	4,200			
3-2. 다중궤도 기상위성을 활용한 기상위성 기술 개발					2,847	2,347	2,139	1,939	1,739	11,011	위성기반 위험기상 조기탐지 체계 강화	
	[3-2-①] 천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발	기본	중점			939	939	589	589			589
	[3-2-②] 기상위성기반 위험기상 조기탐지기술개발	미래	핵심			1,908	1,408	1,550	1,350			1,150



전략 방향	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산 (단위: 백만원)	최종 목표	
			'23	'24	'25	'26	'27			
			전 략 과 제					823,108		
세 부 과 제										
3-3. 초단기 위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발			28,550	25,300	25,650	800	800	81,100	기상레이더 핵심기술 확보를 통한 예측정확도 향상	
[3-3-①]	기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발	기본	핵심	18,050	23,900	24,300	800			800
[3-3-②]	기상레이더 차세대 (이중편파, 실시간 신호처리) 기술 개발	기본	중점	10,500	1,400	1,350				
3-4. 국민 교통 안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발			3,000	3,800	2,500	-	-	9,300	도로기상 관측기술 현업화 및 활용체계 고도화	
[3-4-①]	도로기상관측 기술 개발	미래	중점	2,400	2,400	1,700				
[3-4-②]	차량용 비정형 관측자료 분석 활용 체계 구축	미래	선택	600	1,400	800				
3-5. 북태평양 고기압 공동관측 국제협력 추진			100	400	1,400	1,200	700	3,800	국내외 협력을 통한 대응 능력 강화	
[3-5-①]	기상선진국과의 mT 특별관측 협력 네트워크 구축	미래	중점	100	400	600	600			100
[3-5-②]	mT 특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련	미래	중점			800	600			600
4. 관측기술 협력 강화 및 민간 기상관측 활용 기반 마련			14,688	27,221	38,826	13,900	11,350	105,985		
4-1. 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상관측 인프라 강화			6,559	5,145	4,912	3,303	2,703	22,622	융복합 기상관측 인프라	
[4-1-①]	국가기상레이더 통합	미래	핵심							

전략 방향	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산	최종 목표
			'23	'24	'25	'26	'27	(단위: 백만원)	
								823,108	
전략 과제									
세부 과제									
활용체계 구축				700	600	600			확대를 통한 업무 효율성 및 위험기상 감시 역량 강화
[4-1-②] 기후위기 대응 기후변화 종합감시체계 구축	미래	중점							
[4-1-③] R2O 기반 기상청, 과학원, 기술원 간 협업체계 정립	미래	중점	3,900	1,900	1,900				
4-2. 지역 학·연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련			6,558	8,558	7,458	6,758	5,458		유관 기관 협력강화를 통한 기상관측 성장동력 확보
[4-2-①] 지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화	미래	중점	600	800	200				
[4-2-②] 지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충	미래	중점	5,158	5,158	5,158	4,658	4,658		
[4-2-③] 지역 특화 관측 프로그램 운영	미래	중점	500	1,500	1,000	1,000			
[4-2-④] 위험기상 집중관측을 위한 대학 협력강화	미래	중점	300	1,100	1,100	1,100	800		
4-3. 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련			900	900	14,759	2,802	2,252		민간 관측자료 활용 확대를 통한 관측업무 효율화 및 관측 산업
[4-3-①] 민간 기상관측 자료 활용 체계 정립	미래	중점	200	200	450	450			
[4-3-②] 민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련	미래	중점			1,500	2,352	2,252		
[4-3-③] 간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 도입	미래	중점	700	700	12,809				

전략 방향	전략 과제	세 부 과 제	업무 유형	우선 등급	연도별 계획					예산	최종 목표
					'23	'24	'25	'26	'27	(단위: 백만원)	
										823,108	
	4-4. 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련				671	12,618	11,697	1,037	937	26,960	활성화
	[4-4-①] 시민참여 기상관측과학 이해 확산	미래	선택	671	756	519	30	30	시민과학 활성화를 통한 대국민 인식 확산		
	[4-4-②] 대국민 관측자료 공유 네트워크 운영	미래	중점		11,862	11,178	1,007	907			

## 1. 지상기상관측망 분류체계 및 관측표준화 방향

### 1.1 범국가 지상기상관측망 현황

#### 1.1.1 기상관측 표준화업무 현황

##### □ 기상관측표준화법 기상관측망 구축 및 관리 지침

- 기상관측표준화법에서 기상청장은 관측기관의 관측시설이 전국적인 기상관측망을 구성하여 종합적으로 관리될 수 있도록 매년 기상관측망 구축 및 관리계획을 수립하고 이에 따라 관측기관의 장은 매년 그 소관 관측시설 구축 및 관리계획을 기상청장에게 제출하도록 명시하고 있음

\* 「기상관측표준화법」 제8조제1항 및 제3항

- 기상청장은 같은 종류의 관측시설이 관측 범위가 중복되게 설치되는 등 기상관측망의 종합적 관리에 지장이 있다고 판단되는 경우에는 해당 관측기관의 장과 협의하여 이를 조정하는 등 필요한 대책을 마련하여야 함

\* 「기상관측표준화법」 제8조의2제5항

##### □ 기상관측표준화법 적용 및 제외 대상

- 기상관측표준화법에서 정의하고 있는 기상관측표준화(법 제2조제2항, <표 1>)
  - 기상관측업무를 수행하는 방식·기준, 기상관측환경 및 기상관측자료 등의 표준화를 말함

○ 적용대상 및 제외 대상(법 제3조)

- 적용대상 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 수행하는 기상관측과 그에 관련된 사항에 대하여 적용함
- 제외 대상 각 호의 어느 하나에 해당하는 기상관측으로서 대통령령으로 정하는 것에 대하여는 적용하지 아니함

<표 47> 기상관측표준화 적용 및 제외 대상

구분	내용
적용 대상 「기상관측표준화법 제3조제1항」	1. 국가기관 2. 지방자치단체 3. 공공기관 4. 정부출연연구기관 5. 「특정연구기관 육성법」의 적용을 받는 특정연구기관 6. 「고등교육법」에 따른 학교 7. 기상관측업무를 위탁받은 기관 8. 환경영향평가를 실시하기 위한 기상관측 기관 및 단체(시행령제2조)
제외 대상 「기상관측표준화법 시행령 제2조제2항」	1. 교육 또는 연구를 위한 기상관측 가. 실험·실습 또는 연구활동을 위한 기상관측 나. 기상측기의 성능을 비교·확인하기 위한 기상관측 2. 전투·군사훈련 그 밖에 국토방위 목적의 기상관측 3. 해양조사를 위한 해양기상관측 4. 해양교통안전을 위한 해양기상관측 5. 기상관측기간이 1년 이하인 것

\*출처: 법제처, 기상관측표준화법, 2022

□ 기상요소별 기상관측환경에 관한 기준

- 기상관측표준화법에 의한 관측표준화 기준은 기상관측환경에 관한 기준과 관측시설별로 갖추어야 하는 기상측기의 종류 및 수량에 관한 기준, 단위 및 기상관측자료 관측단위의 마지막 자리에 관한 기준이 있음

- 기상요소별 기상관측환경에 관한 기준

<표 48> 기상요소별 기상관측환경에 관한 기준

구분	기준
1. 관측장소의 요건	<p>가. 관측장소는 지상에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 장애물 등의 영향이나 토지의 사용이 어려운 경우에는 건물의 옥상 등 적절한 장소에 설치할 수 있다.</p> <p>나. 관측장소의 면적은 35제곱미터 이상이어야 한다.</p> <p>다. 관측장소의 형태는 원형 또는 정사각형을 원칙으로 한다.</p> <p>라. 관측장소가 지상인 경우에는 지면에 자연잔디를 조성하고, 그 길이를 짧게 유지하여야 한다.</p> <p>마. 관측장소에는 기상측기 외의 다른 시설물의 설치를 최소화하여야 한다.</p> <p>바. 관측장소에는 기상측기의 보호를 위하여 통풍에 지장이 없는 울타리를 설치하는 것을 원칙으로 한다.</p> <p>사. 건물 옥상에 온도계를 설치할 경우에는 건물의 복사열을 최소화할 수 있는 조치를 해야 한다.</p>
2. 관측소의 위치	<p>가. 그 지역의 기상을 대표할 수 있는 곳이어야 한다.</p> <p>나. 건물·나무·숲 등 장애물의 영향이 적은 곳이어야 한다.</p> <p>다. 아스팔트·콘크리트 등 인공물의 영향이 적은 곳이어야 한다.</p> <p>라. 기상관측장비의 유지·관리를 위한 접근성이 용이한 곳이어야 한다.</p> <p>마. 관측시설의 보호 등 안정성이 보장될 수 있는 곳이어야 한다.</p>
3. 관측소의 주변 환경	<p>가. 기상관측에 영향을 미칠 수 있는 장애물의 영향이 적은 곳이어야 한다.</p> <p>나. 주변지형이 평탄한 곳이어야 한다. 다만, 산악지역 등 특수목적에 위한 관측소의 경우에는 그러하지 아니하다.</p>

\*출처: 법제처, 기상관측표준화법 시행규칙 [별표 1], 2022

\*비고 : 다음 각 호에 해당하는 기상관측에 대하여는 위의 기준을 적용하지 아니한다.

1. 「대기환경보전법」 제3조제1항에 따라 대기오염의 실태를 파악하기 위하여 행하는 기상관측
2. 「교통안전법」 제25조에 따라 교통안전을 위하여 행하는 기상관측 중 교량 및 터널의 출입구에서 행하는 기상관측
3. 그 밖에 기상청장이 정하여 고시하는 기상관측

- 관측시설별로 갖추어야 하는 기상측기의 종류 및 수량에 관한 기준

<표 49> 관측시설별로 갖추어야 하는 기상측기의 종류 및 수량에 관한 기준

구분	기준
제1호	<p>1. 각 관측시설은 다음 각 목의 기상측기를 각각 1개 이상 갖추어야 한다. 다만, 일부의 기상요소만을 관측하기 위하여 설치된 관측시설의 경우에는 그에 해당하는 기상측기만을 설치할 수 있다.</p> <p>가. 온도계</p> <p>나. 기압계</p> <p>다. 풍향계</p> <p>라. 풍속계</p> <p>마. 강수량계</p> <p>바. 강수유무계</p>
제2호	<p>2. 제1호 각 목의 기상측기를 제외한 기상측기는 각 관측시설의 관측목적에 따라 선택적으로 설치할 수 있다.</p>

\*출처: 법제처, 기상관측표준화법 시행규칙 [별표 2], 2022

- 기상관측에서 기상요소별로 사용 단위 및 관측 단위 자리에 관한 기준은 기상관측표준화법 시행규칙 [별표 3], <표 4>와 같음

<표 50> 기상요소별 사용 단위 및 관측단위 자리에 관한 기준

기상요소	관측단위	마지막 자리
기온	섭씨(°C)	0.1
습도	백분율(%)	1
풍향	도(°)	1
풍속	초당미터(m/s)	0.1
강수량	밀리미터(mm)	0.1
적설	센티미터(cm)	0.1
기압	헥토파스칼(hPa)	0.1
일조	시간(h)	0.1
일사	제곱미터당 메가줄(MJ/m <sup>2</sup> )	0.01
증발량	밀리미터(mm)	0.1
지면온도	섭씨(°C)	0.1
지중온도	섭씨(°C)	0.1
초상(草上)온도	섭씨(°C)	0.1
수온	섭씨(°C)	0.1
수위	미터(m)	0.1
물결높이	미터(m)	0.1
물결방향	도(°)	1
물결주기	시간(s)	0.1

\*출처: 법제처, 기상관측표준화법 시행규칙 [별표 3], 2022

## □ 관측시설에 대한 등급 부여 기준

- 기상청장은 관측기관의 관측시설에 대하여 관측시설의 종류, 기상관측환경 등에 관한 국제표준<sup>1)</sup>을 고려하여 등급을 부여할 수 있음(기상관측표준화법 제8조의2제3항)
  - 기상청장은 관측시설에 대하여 등급을 부여할 때에는 기상 요소별 기상관측환경에 관한 기준과 관측시설별로 갖추어야 하는 기상측기의 종류 및 수량에 관한 기준, 기상요소별 사용 단위 및 관측단위의 마지막 자리에 관한 기준<sup>2)</sup>을 고려하여 1등급부터 5등급까지 구분하여 부여함
  - 관측시설에 대한 등급 부여에 관한 세부기준은 기상청 고시로 정함<sup>3)</sup>
- 기상관측시설 등급 기준은 기상청고시 제2020-12호 및 부록 1 내용 참조

1) 세계기상기구 및 국제표준화기구에서 정하는 표준을 말함

2) 기상관측표준화법 시행규칙 [별표 1], [별표 2], [별표 3]

3) 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, 2020

□ 기상측기의 형식승인 및 검정 기준

- 관측기관의 관측 용도로 제공하기 위하여 대통령령으로 정하는 기상측기를 제작 또는 수입하려는 자는 그 제작 또는 수입 전에 해당 기상측기의 구조·규격 및 성능 등에 관하여 기상청장의 승인을 받아야 함

\* 「기상관측표준화법」 제12조의2제1항

- 현재 대통령령으로 정하는 기상측기는 <표 5>와 같음

\* 「기상관측표준화법 시행령」 제5조의2제2항

\* 「기상측기 형식승인 기준·방법 및 신청 절차 등에 관한 고시」 제3조 [별표 1]

- 기상측기의 제작·수입 또는 설치(이하 “제작등”이라 한다)를 업(業)으로 하는 자는 형식승인을 받은 기상측기<sup>4)</sup>를 관측기관의 관측 용도로 제공하려면 형식승인한 내용대로 구조·규격 및 성능 등이 유지되는지 여부에 대하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 기상청장의 검정(檢定)을 받아야 함

\* 「기상관측표준화법」 제13조제1항

- 기상측기의 검정기준은 <표 6>과 같음

\* 「기상관측표준화법 시행규칙」 제7조제5항

\* 「기상측기 형식승인 기준·방법 및 신청 절차 등에 관한 고시」 제3조 [별표 1]

4) 제12조의2제1항 단서에 따라 형식승인 대상에 해당하지 아니하거나 변경승인을 받은 경우를 포함한다.



<표 51> 형식승인 대상 기상측기의 세부 기준

순번	종류	형식 구분
1	온도계	전자식 온도계
		기계식 온도계
		유리제 온도계
2	강수량계	전도식 강수량계
		무계식 강수량계
		그 외 강수량계
3	기압계	전자식 기압계
		기계식 기압계
4	습도계	전자식 습도계
		기계식 습도계
5	풍향계	전자식 풍향계
		초음파식 풍향계
		기계식 풍향계
6	풍속계	전자식 풍속계
		초음파식 풍속계
		기계식 풍속계
7	일사계	전천 일사계
		직달 일사계
8	일조계	전자식 일조계
		줄단, 캠벨 일조계
9	적설계	레이저식 적설계
		초음파식 적설계
		그 외 적설계
10	증발계	소형, 대형 증발계

\*출처: 법제처, 기상측기 형식승인 기준·방법 및 신청 절차 등에 관한 고시 [별표 1], 2021

<표 52> 기상측기의 검정기준(제7조제5항 관련)

측기의 종류		구분	검정유형	검정기준
온도계	유리제		실내검정	1. 검정범위 • 공차(公差)의 범위 • 5점(최저점, 중간점, 0℃, 중간점, 최고점) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
			실내검정	
	유리제가 아닌 것	금속제	현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 3점(-10℃, 0℃, 20℃) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
			박막형	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 현장 온도 3회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
기압계	액주형		실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 7점(800hPa, 850hPa, 900hPa, 950hPa, 980hPa, 1,010hPa, 1,040hPa) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
			실내검정	
	액주형이 아닌 것		현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 현장 기압 3회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
현장검정			1. 검정범위 • 공차의 범위 • 3점(RH 30%, 60%, 90%) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
습도계			실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 3점(RH 30%, 60%, 90%) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
			현장검정	

비고

1. “실내검정”이란 기상청 또는 검정대행기관의 검정실에서 검정 기본장비로 기상측기를 검정하는 것을 말한다.
2. “현장검정”이란 기상청 또는 검정대행기관의 검정실이 아닌 장소에서 이동식 검정장비로 기상측기를 검정하는 것을 말한다.
3. “공차”란 검정결과 검정증명이 가능한 오차의 최대 허용범위의 값을 말한다.
4. 기상청장은 현장검정을 위하여 현장접근 및 검정요원의 안전을 위한 조치방안을 요청할 수 있다.
5. 그 밖에 기상측기의 검정기준에 관한 세부사항은 기상청장이 정하여 고시한다.

\*출처: 법제처, 기상관측표준화법 시행규칙 [별표 5], 2021

<표 6> 기상측기의 검정기준(제7조제5항 관련) (계속)

측기의 종류		구분	검정유형	검정기준
풍향계	기계식	실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 16방위 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
		현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 8방위 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
	초음파	실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 16방위 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
		현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 현장 풍향 3회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
풍속계	실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 10점(기동, 3m/s, 5m/s, 10m/s, 20m/s, 30m/s, 40m/s, 50m/s, 60m/s, 70m/s) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등		
	현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 현장 풍속 3회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등		
일조계	캠벨, 줄단	실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
	전자식	실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 직달일사(直達日射) 120W/m <sup>2</sup> 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	

<표 6> 기상측기의 검정기준(제7조제5항 관련) (계속)

측기의 종류		구분	검정유형	검정기준	
일사계			실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 순간일사량 30회 평균값 검정	
			현장검정	2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
강수량 계	히터 부착형		실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 2점(20mm/h, 50mm/h) 각 1회 검정 • 히터의 접점(4℃±2℃)과 분점(15℃± 2℃) 상태	
	히터 미부착형	원통형		1. 검정범위 • 공차의 범위 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
		원통형 이 아닌 것		1. 검정범위 • 공차의 범위 • 2점(20mm/h, 50mm/h) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
				현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 1점(20mm/h) 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
				현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 1점(20mm/h) 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등
증발계			실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위	
			현장검정	2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
적설계			실내검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 5점(5cm, 20cm, 60cm, 100cm, 150cm) 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
			현장검정	1. 검정범위 • 공차의 범위 • 60cm 에서 150cm 사이의 3점 각 1회 검정 2. 구조검사 • 구조상태, 재질 등	
위의 기상측기 중 2종 이상의 기상측기가 구조상 하나로 되어있는 기상측기				• 각 기상측기의 검정기준	

## 1.1.2 국가 지상기상관측 현황

### □ 운영기관별 지상기상관측시설 현황

- 22년 8월에 조사된 2022년도 상반기 국내의 운영기관별 지상기상관측 현황을 <표 7>에 정리하였음
- 22년 8월에 조사된 2022년도 상반기 국내의 운영기관은 총 28개의 기관임. 기상청, 환경부, 농촌진흥청, 산림청, 국토교통부(국가기관), 서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 세종특별자치시, 경기도, 강원도, 경상남도, 경상북도, 전라남도, 전라북도, 충청남도, 충청북도, 제주특별자치도(지방자치단체), 국립공원공단, 한국수자원공사, 한국전력공사, 한국수력원자력, 한국도로공사, 한국원자력환경공단(공공기관)
- 2022년 상반기 기준 신고된 지상기상관측시설은 국가기관 1,814소, 지방자치단체는 2,774소, 공공기관은 568소로, 전체 5,156소가 운영되고 있음
- 국내의 전체 지상기상관측시설(5,156소)의 분포도를 [그림 1]에 정리하였음. 각 기관별 지상기상관측시설 분포도를 부록 2. 국내 전체 및 기관별 국가지상기상관측망 분포도에 정리하였음
- 현재 국내의 지상기상관측시설은 매우 고밀도의 공간분포를 이루고 있는 것을 확인하였으며, 조밀도·중복도 및 공간해상도의 세부적인 분석은 본 보고서의 1.3.1 항목에서 서술하였음

<표 53> 운영기관별 지상기상관측시설 현황

구분	기관명	AWS		강수량계		대기오염 <sup>1)</sup>		기타 <sup>2)</sup>		합계		비고
		'21년 하반기	'22년 상반기	'21년 하반기	'22년 상반기	'21년 하반기	'22년 상반기	'21년 하반기	'22년 상반기	'21년 하반기	'22년 상반기	
국가 기관	기상청	637	638	9	9			24	24	670	671	+1
	환경부				426	74	81			74	507	+433
	농촌진흥청	211	211							211	211	
	산림청	414	414							414	414	
	국토교통부	11	11							11	11	
<b>국가기관 합계</b>		<b>1,273</b>	<b>1,274</b>	<b>9</b>	<b>435</b>	<b>74</b>	<b>81</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>1,380</b>	<b>1,814</b>	<b>+434</b>
지방 자치 단체	서울특별시			48	92	49	49			97	141	+44
	부산광역시		15*	21	21	31	33			52	69	+17
	대구광역시			40	40	20	21			60	61	+1
	인천광역시	4	4	33	33	30	30			67	67	
	광주광역시			14	14	13	15			27	29	+2
	대전광역시	2	2	12	12	13	13			27	27	
	울산광역시			19	19	20	20	20	20	59	59	
	세종특별자치시	1	1	12	12	5	5			18	18	
	경기도	149	149	150	194	116	117	2	4	417	464	+47
	강원도	11	11	112	119	21	24		9	144	163	+19
	경상남도	214	217	42	42	38	40			294	299	+5
	경상북도			273	275	28	48	3	3	304	326	+22
	전라남도		4	262	263	33	39		1	295	307	+12
	전라북도	33	32	148	145	32	39	1	2	214	218	+4
	충청남도	6	6	191	192	39	39			236	237	+1
	충청북도	1	1	106	140	25	28	2	4	134	173	+39
	제주특별자치도		18	61	61	5	9	28	28	94	116	+22
<b>지방자치단체 합계</b>		<b>421</b>	<b>460</b>	<b>1,544</b>	<b>1,674</b>	<b>518</b>	<b>569</b>	<b>56</b>	<b>71</b>	<b>2,539</b>	<b>2,774</b>	<b>+235</b>
공공 기관	국립공원공단	70	70	83	83					153	153	
	한국수자원공사			186	188					186	188	+2
	한국전력공사							186		186	186	+186
	한국수력원자력	5	5		30					5	35	+30
	한국도로공사	1	1					4	4	5	5	
	한국원자력환경공단	1	1							1	1	
<b>공공기관 합계</b>		<b>77</b>	<b>77</b>	<b>269</b>	<b>301</b>			<b>4</b>	<b>190</b>	<b>350</b>	<b>568</b>	<b>+218</b>
<b>합계</b>		<b>1,771</b>	<b>1,811</b>	<b>1,822</b>	<b>2,410</b>	<b>592</b>	<b>650</b>	<b>84</b>	<b>285</b>	<b>4,269</b>	<b>5,156</b>	<b>+887</b>

\*출처: 2022년 상반기 기상관측시설 현황 조사결과, '22. 08. 17, 기상청

주) <sup>1)</sup> 대기오염: 대기오염감시를 목적으로 운영되는 시설에 부착된 기상관측장비

<sup>2)</sup> 기타: 울산20(풍향·풍속계20), 경기4(적설계2, 시정계2), 강원9(적설계9), 경북3(적설계3), 전남1(적설계1), 전북2(적설계2), 충북4(적설계4), 제주28(적설계28), 한국전력공사186(풍향·풍속계186), 한국도로공사4(온·습도계1, 시정계3)

\* 부산 AWS 15개소 도시열섬관측장비



[그림 55] 국내 전체 지상기상관측시설 분포도

#### □ 운영기관별 지상기상관측시설 등급 현황

- 2021년도 하반기 기준 국가기관, 지방자치단체, 공공기관의 세부 운영기관별 기상측기에 따른 기상관측시설 등급 부여 지점의 수를 <표 8>에 정리하였음
- 기상청은 2017년부터 매년 500여 개소의 기상관측시설에 대한 메타정보 조사를 실시하고 있으며, 2022년 6월 기준으로 총 1,759개소에 대해 시설 등급을 부여하였음
- 국가기관 중 기상청의 경우 관측소에 구성된 모든 기상측기 1,976개 중 1등급에 해당하는 기기는 604개로 30.6%를 차지하고, 농촌진흥청의 경우 모든 기상측기 924개 중 1등급에 해당하는 기기는 373개로 40.4%를 하며, 산림청의 경우 모든 기상측기 663개 중 1등급에 해당하는 기기는 72개로 10.9%가 해당함
- 지방자치단체 별 1등급에 해당하는 기기의 수와 비율은 서울 44개 중 40.9%, 인천 13개 중 0.0%, 대전 6개 중 16.7%, 세종 11개 중 27.3%, 경기도 535개 중 15.0%, 강원도 67개 중 20.9%, 전라북도 98개 중 26.5%, 경상남도 639개 중 21.8%, 충청남도

24개 중 37.5%, 충청북도 30개 중 30.0%였음

- 공공기관의 경우, 한국수력원자력과 한국원자력환경공단은 1등급에 해당하는 지점 및 기기가 없었으며, 한국수자원공사의 전체 강수량계 69개 중 11.6%가 1등급에 해당하였음
- 관측기관별 고유의 지상기상관측시설 설치목적에 따라 기상측기의 설치 환경이 1등급을 이루기 어려운 경우가 많은 것으로 판단되나, 이상적인 관측환경 조성을 통한 신뢰성 있는 양질의 기상관측자료 생산을 위해서는 추후 지상기상관측 환경의 개선이 필요함
- 향후 개정된 기상관측표준화법의 적용에 따라 국내 전체 지상기상관측시설의 모든 기상측기에 따른 기상관측시설 등급 평가 및 부여가 필요함



<표 54> 기상관측시설 등급 부여 현황(2022.06.30.기준)

기관명 (등급부여 지점수)	기상측기	지상기상관측시설 등급(지점수)					합계
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	
기상청 (606개소, ASOS·AWS 604, 강수 2)	온도계, 습도계	103	199	105	155	42	604
	강수량계	384	192	25	3	2	606
	풍향계, 풍속계	25	89	195	243	52	604
	일사계(전천)	38	5	3	9	-	55
	일조계, 일사계(직달)	54	19	12	22	-	107
<b>기상청 합계 (소)</b>		<b>604</b>	<b>504</b>	<b>340</b>	<b>432</b>	<b>96</b>	<b>1,976</b>
<b>기상청 비율 (%)</b>		<b>30.6</b>	<b>25.5</b>	<b>17.2</b>	<b>21.9</b>	<b>4.9</b>	<b>100.0</b>
농촌진흥청 (201개소)	온도계, 습도계	27	54	46	59	15	201
	강수량계	90	89	20	2	-	201
	풍향계, 풍속계	10	17	25	115	34	201
	일사계(전천)	144	9	12	24	-	189
	일조계, 일사계(직달)	102	2	4	24	-	132
<b>농촌진흥청 합계 (소)</b>		<b>373</b>	<b>171</b>	<b>107</b>	<b>224</b>	<b>49</b>	<b>924</b>
<b>농촌진흥청 비율 (%)</b>		<b>40.4</b>	<b>18.5</b>	<b>11.6</b>	<b>24.2</b>	<b>5.3</b>	<b>100.0</b>
산림청 (221개소)	온도계, 습도계	41	4	16	80	80	221
	강수량계	21	79	109	12	-	221
	풍향계, 풍속계	10	14	19	34	144	221
<b>산림청 합계 (소)</b>		<b>72</b>	<b>97</b>	<b>144</b>	<b>126</b>	<b>224</b>	<b>663</b>
<b>산림청 비율 (%)</b>		<b>10.9</b>	<b>14.6</b>	<b>21.7</b>	<b>19.0</b>	<b>33.8</b>	<b>100.0</b>
<b>국가기관 합계 (소)</b>		<b>1,049</b>	<b>772</b>	<b>591</b>	<b>782</b>	<b>369</b>	<b>3,563</b>
<b>국가기관 비율 (%)</b>		<b>29.4</b>	<b>21.7</b>	<b>16.6</b>	<b>21.9</b>	<b>10.4</b>	<b>100.0</b>
서울특별시 (44개소)	강수량계	18	19	7	-	-	44
<b>서울특별시 비율 (%)</b>		<b>40.9</b>	<b>43.2</b>	<b>15.9</b>	-	-	<b>100.0</b>
인천광역시 (5개소, AWS 4, 강수 1)	온도계, 습도계	-	-	1	-	3	4
	강수량계	-	2	3	-	-	5
	풍향계, 풍속계	-	-	1	-	3	4
<b>인천광역시 합계 (소)</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>13</b>
<b>인천광역시 비율 (%)</b>			<b>15.4</b>	<b>38.5</b>		<b>46.2</b>	<b>100.0</b>
대전광역시 (2개소)	온도계, 습도계	1	-	-	1	-	2
	강수량계	-	2	-	-	-	2
	풍향계, 풍속계	-	-	1	1	-	2
<b>대전광역시 합계 (소)</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
<b>대전광역시 비율 (%)</b>		<b>16.7</b>	<b>33.3</b>	<b>16.7</b>	<b>33.3</b>		<b>100.0</b>
세종특별자치시 (9개소, AWS 1, 강수 8)	온도계, 습도계	-	-	-	-	1	1
	강수량계	3	4	2	-	-	9
	풍향계, 풍속계	-	-	-	1	-	1
<b>세종특별자치시 합계 (소)</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>11</b>
<b>세종특별자치시 비율 (%)</b>		<b>27.3</b>	<b>36.4</b>	<b>18.2</b>	<b>9.1</b>	<b>9.1</b>	<b>100.0</b>
경기도 (237개소, AWS 149, 강수 88)	온도계, 습도계	-	3	2	15	129	149
	강수량계	80	136	20	1	-	237
	풍향계, 풍속계	-	3	26	92	28	149
<b>경기도 합계 (소)</b>		<b>80</b>	<b>142</b>	<b>48</b>	<b>108</b>	<b>157</b>	<b>535</b>
<b>경기도 비율 (%)</b>		<b>15.0</b>	<b>26.5</b>	<b>9.0</b>	<b>20.2</b>	<b>29.3</b>	<b>100.0</b>

<표 8> 기상관측시설 등급 부여 현황(2022.06.30.기준) (계속)

기관명 (등급부여 지점수)	기상측기	지상기상관측시설 등급(지점수)					합계
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	
강원도 (45개소, AWS11, 강수34)	온도계, 습도계	2	2	-	4	3	11
	강수량계	12	24	8	1	-	45
	풍향계, 풍속계	-	2	5	3	1	11
<b>강원도 합계 (소)</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>67</b>
<b>강원도 비율 (%)</b>		<b>20.9</b>	<b>41.8</b>	<b>19.4</b>	<b>11.9</b>	<b>6.0</b>	<b>100.0</b>
전라북도 (32개소)	온도계, 습도계	2	1	-	3	26	32
	강수량계	22	10	-	-	-	32
	풍향계, 풍속계	-	8	11	11	2	32
	일사계(전천)	1	-	-	-	-	1
	일조계, 일사계(직달)	1	-	-	-	-	1
<b>전라북도 합계 (소)</b>		<b>26</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>98</b>
<b>전라북도 비율 (%)</b>		<b>26.5</b>	<b>19.4</b>	<b>11.2</b>	<b>14.3</b>	<b>28.6</b>	<b>100.0</b>
경상남도 (215개소, AWS 212, 강수 3)	온도계, 습도계	2	9	7	12	182	212
	강수량계	136	64	15	-	-	215
	풍향계, 풍속계	1	38	62	81	30	212
<b>경상남도 합계 (소)</b>		<b>139</b>	<b>111</b>	<b>84</b>	<b>93</b>	<b>212</b>	<b>639</b>
<b>경상남도 비율 (%)</b>		<b>21.8</b>	<b>17.4</b>	<b>13.1</b>	<b>14.6</b>	<b>33.2</b>	<b>100.0</b>
충청남도 (22개소, AWS 1, 강수 21)	온도계, 습도계	-	-	-	-	1	1
	강수량계	9	10	3	-	-	22
	풍향계, 풍속계	-	-	1	-	-	1
<b>충청남도 합계 (소)</b>		<b>9</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>24</b>
<b>충청남도 비율 (%)</b>		<b>37.5</b>	<b>41.7</b>	<b>16.7</b>		<b>4.2</b>	<b>100.0</b>
충청북도 (28개소, AWS 1, 강수 27)	온도계, 습도계	-	-	-	-	1	1
	강수량계	9	15	4	-	-	28
	풍향계, 풍속계	-	-	-	1	-	1
<b>충청북도 합계 (소)</b>		<b>9</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>30</b>
<b>충청북도 비율 (%)</b>		<b>30.0</b>	<b>50.0</b>	<b>13.3</b>	<b>3.3</b>	<b>3.3</b>	<b>100.0</b>
<b>지방자치단체 합계 (소)</b>		<b>299</b>	<b>352</b>	<b>179</b>	<b>227</b>	<b>410</b>	<b>1,467</b>
<b>지방자치단체 비율 (%)</b>		<b>20.4</b>	<b>24.0</b>	<b>12.2</b>	<b>15.5</b>	<b>27.9</b>	<b>100.0</b>
국립공원공단 (21개소)	온도계, 습도계	1	2	11	4	3	21
	강수량계	-	13	7	1	-	21
	풍향계, 풍속계	-	-	1	9	11	21
	일사계(전천)	-	-	-	1	-	1
	일조계, 일사계(직달)	-	-	-	1	-	1
<b>국립공원공단 합계 (소)</b>		<b>1</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>65</b>
<b>국립공원공단 비율 (%)</b>		<b>1.5</b>	<b>23.1</b>	<b>29.2</b>	<b>24.6</b>	<b>21.5</b>	<b>100.0</b>
한국수자원공사 (강수량계 69개소)	강수량계	8	48	13	-	-	69
<b>한국수자원공사 비율 (%)</b>		<b>11.6</b>	<b>69.6</b>	<b>18.8</b>			<b>100.0</b>
한국수력원자력 (1개소)	온도계, 습도계	-	-	-	1	-	1
	강수량계	-	1	-	-	-	1
	풍향계, 풍속계	-	-	-	1	-	1
<b>한국수력원자력 합계 (소)</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>한국수력원자력 비율 (%)</b>			<b>33.3</b>		<b>66.7</b>		<b>100.0</b>
한국원자력환경공단 (1개소)	온도계, 습도계	-	1	-	-	-	1
	강수량계	-	1	-	-	-	1
	풍향계, 풍속계	-	-	-	-	1	1
<b>한국원자력환경공단 합계 (소)</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>한국원자력환경공단 비율 (%)</b>			<b>66.7</b>			<b>33.3</b>	<b>100.0</b>
<b>공공기관 합계 (소)</b>		<b>9</b>	<b>66</b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>140</b>
<b>공공기관 비율 (%)</b>		<b>6.4</b>	<b>47.1</b>	<b>22.9</b>	<b>12.9</b>	<b>10.7</b>	<b>100.0</b>
<b>총 합계(1,759개소)</b>		<b>1,357</b>	<b>1,190</b>	<b>802</b>	<b>1,027</b>	<b>794</b>	<b>5,170</b>
<b>총 합계 비율 (%)</b>		<b>26.2</b>	<b>23.0</b>	<b>15.5</b>	<b>19.9</b>	<b>15.4</b>	<b>100.0</b>

## □ 기상측기별 지상기상관측시설 등급 현황

- 온도계, 습도계, 강수량계, 풍향계, 풍속계, 일사계, 일조계의 기상측기에 따른 지상기상관측시설 등급 부여 지점의 수 및 비율 현황을 <표 9>에 정리하였음

<표 55> 기상측기별 지상기상관측시설 등급 현황

기상측기		지상기상관측시설 등급					
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	합계
온도계, 습도계	지점수	179	275	188	334	486	1,462
	비율(%)	12.2	18.8	12.9	22.8	33.2	100
강수량계	지점수	792	709	236	20	2	1,759
	비율(%)	45.0	40.3	13.4	1.1	0.1	100
풍향계, 풍속계	지점수	46	171	347	592	306	1,462
	비율(%)	3.1	11.7	23.7	40.5	20.9	100
일사계(전천)	지점수	183	14	15	34	0	246
	비율(%)	74.4	5.7	6.1	13.8	0.0	100
일조계, 일사계(직달)	지점수	157	21	16	47	0	241
	비율(%)	65.1	8.7	6.6	19.5	0.0	100

■ 1순위(가장 많은 지점수) 시설 등급    ■ 2순위 시설 등급

- 온도계, 습도계의 경우 1순위와 2순위의 지상기상관측시설 등급은 5등급(33.2%)과 4등급(22.8%)으로 기상관측환경이 미흡한 관측시설이 상당히 많음
- 강수량계의 경우 1순위와 2순위의 지상기상관측시설 등급이 1등급(45.0%)과 2등급(40.3%)으로 다른 기상측기들에 비하여 기상관측환경이 좋은 편임
- 풍향계, 풍속계의 경우 1순위와 2순위의 지상기상관측시설 등급이 4등급(40.5%)과 3등급(23.7%)으로 온도계, 습도계보다는 좋으나, 다른 기상측기와 비교하면 기상관측환경이 미흡함
- 일사계(전천)의 경우 1순위와 2순위의 지상기상관측시설 등급이 1등급(74.4%)과 4등급(13.8%)으로 관측시설이 좋은 편임
- 일조계, 일사계(직달)의 경우도 일사계(전천)와 유사하게 1순위와 2순위의 지상기상관측시설 등급이 1등급(65.1%)과 4등급(19.5%)으로 관측시설이 좋은 편임

## □ 기상관측자료 품질등급 현황

- <표 10>에 2021년 월별 관측기관 품질등급 부여 현황을 정리함. 대체로 관측기관들은 우수 등급의 관측자료 품질을 부여받았으나, 한국수력원자력의 경우 보통 등급과 개선대상 등급을 받은 달이 다수 있었음. 국토교통부, 국립공원공단, 한국도로공사에서는

보통 및 개선대상 등급을 받은 달이 소수 있었음

<표 56> 2021년 관측기관별 품질등급 부여 현황

기관명	월											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기상청	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
환경부	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
농촌진흥청	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
산림청	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
국토교통부	우수	-	우수	우수	우수	우수	우수	개선	우수	우수	우수	우수
서울특별시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
부산광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
인천광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
대전광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
광주광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
대구광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
울산광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
세종특별자치시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
강원도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
경기도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
경상남도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
경상북도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
전라남도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
전라북도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
충청남도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
충청북도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
제주특별자치도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
국립공원공단	우수	우수	우수	-	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	보통
한국수자원공사	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
한국수력원자력	보통	우수	보통	보통	우수	우수	우수	우수	우수	개선	보통	보통
한국도로공사	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	보통	개선	우수	우수	우수
한국원자력환경공단	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수

※ 품질등급: 우수(정상자료율 80% 이상), 보통(정상자료율 50% 이상 ~ 80% 미만), 개선(정상자료율 50% 미만)

## 1.2 국가지상기상관측망 분류체계

### 1.2.1 국가지상기상관측망 분류체계

#### □ 국가지상기상관측망 분류의 필요성

- 기상관측 표준화에 참여하는 관측기관(28개 기관)의 관측시설은 총 5,156소(2022년 6월 기준)로 매우 많은 수의 관측시설이 설치되어 있음. 기상청은 기상관측표준화법 제9조에 따라 기상관측자료의 정확도 확보를 위하여 매년 500여 개소의 기상관측시설에 대한 관측환경, 센서정보 등 최신 메타정보 확보하고 이를 바탕으로 총 1,759개소(2022년 6월 기준)에 대해 시설 등급을 부여하였음. 이는 전체 관측시설의 34% 수준임
- 이에, 기상관측표준화법 제3장 기상관측망 구축과 기상관측자료 활용의 제8조 기상관측망 구축 및 관리계획의 수립 등에 따라 지상기상관측시설들의 관리를 강화할 필요성이 있음
- 타부처(환경부 대기오염측정망) 사례와 같이 지상기상관측 실태를 파악하고 지상기상관측시설들의 운영 및 추진성과를 평가하기 위하여 국가지상기상관측망을 분류하여 관측망별 차별화된 지상기상관측시설을 관리할 필요가 있음

#### □ 관측망 분류체계 타부처 사례 - 환경부 대기오염측정망

- 대기오염 실태를 파악하고 대기보전정책의 추진성과를 평가하기 위하여 1973년부터 국가(환경부)에서 대기오염측정망을 설치·운영하고 있음
  - \* 「대기환경보전법」 제3조, 제4조
  - \* 「대기환경보전법 시행규칙」 제11조, 제12조
- 1983년부터 환경기준이 설정된 대기오염물질을 대상으로 대기오염 실태 파악 등을 위해 전국으로 확대되었으며, 1989년 측정망 설치기본계획 수립 및 이행 후, 대기환경의 여건 변화 등을 고려하여 측정망 정비·확충 계획 수립을 정례화하여 지속해서 관리하고 있음
- 2000년부터 측정망 운영 효율화를 위해 각 세부 관측망의 설치목적에 따라 분류하여 환경부(254개 측정소, 167개 지점)와 지자체(621개 측정소, 564개 지점)가 역할을

분담하여 [그림 2]와 <표 11>과 같이 측정망을 운영하고 있음



※ 운영주체 : 국 가 지자체 측정망추가

\*출처: 대기오염측정망 설치·운영지침, 환경부·국립환경과학원, 2021.  
 대기오염측정망 운영계획(2021-2025), 환경부·국립환경과학원, 2021.

[그림 56] 환경부 대기오염측정망 운영체계

<표 57> 대기오염측정망 설치목적 및 측정항목 현황

구분		운영주체	측정방법	설치목적	측정항목	
일반 대기 오염 측정망	일반 대기 오염 측정망	도시 대기	지자체	연속	도시지역의 평균대기질 농도를 파악하여 환경기준 달성여부 판정	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, 풍향, 풍속, 온도, 습도 ※ 신규설치 시 SO <sub>2</sub> , CO 선택
		국가 배경 농도	국가	연속	국가적인 배경농도를 파악하고 외국으로부터의 오염물질 유입·유출 상태, 장거리이동 현황 등 파악	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, 풍향, 풍속, 온도, 습도
		교외 대기	국가	연속	광범위한 지역의 배경농도 파악	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, 풍향, 풍속, 온도, 습도
		선박	국가	자동	장거리 이동 미세먼지의 경로, 농도 등을 확인	PM-2.5, 블랙카본(BC), 풍향, 풍속, 온도, 습도
	배출 원 감시 측정망	도로변 대기	지자체	연속	자동차 통행량과 유동인구가 많은 도로변 대기질 파악	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, 풍향, 풍속, 온도, 습도 ※ 신규설치 시 SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10 선택 ※ 필요시 NO, BC, HC, Pb, 교통량 추가
		대기 중금속	지자체	월5회 (매월 2째 주)	도시지역 또는 산단 인근지역에서 중금속에 의한 오염실태 파악	VOCs(휘발성유기화합물) : 17종 ※ Acrylonitrile('23년)
		유해 대기 물질	국가	VOCs: 연속 PAHs: (2회/월) →1회/6일	도시지역, 주요 산단, 배경농도지역에서 특정유해대기물질에 의한 오염 실태 파악	PAHs(다환방향족탄화수소) : 16종
		항만	국가	자동	항만지역 등의 대기질 현황 및 변화에 대한 실태조사	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, 풍향, 풍속, 온도, 습도
	특수 대기 오염 측정망	산성 강하물	국가	습성: 강우 시, 건성: 6일간격 ※수은항목은 연속 (단, 수은 습성침적량은 수동)	산성대기오염물질의 건성 및 습성 침적량 파악	건성: 초미세먼지(PM-2.5) 중 이온성분(Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ), 가스상(HNO <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub> )
						습성: pH, 이온성분(Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ), 전기전도도, 강수량
						수은 : 총 가스상 수은, 중별수은(가스상 산화수은, 가스상 원소수은, 입자상 수은), 습성침적량
		광화학 대기 오염 물질	국가	연속	도시지역의 오존생성의 원인물질인 휘발성유기화합물질(VOCs)의 농도를 파악하여 오존 오염현상을 규명하고 오존예보 등을 위한 기초 자료로 활용	CO, NO <sub>x</sub> , NO <sub>y</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, VOCs(ethane 등 56종), 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 자외선량, 강수량, 기압, 카르보닐화합물
지구 대기	국가	연속	지구온난화물질, 오존층파괴 물질의 대기 중 농도 파악	CO <sub>2</sub> , CFC(-11,-12,-113,-114), N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>		
PM <sub>2.5</sub> 성분	국가	1회/1일 (농도) 1회/6일 (성분)	인체위해도가 높은 미세먼지(PM-2.5)의 농도 파악 및 성분파악을 통한 배출원 규명	PM-2.5, 탄소성분(OC,EC), 이온성분(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> ), 금속성분(Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, As)		
집중 측정망	백령도, 수도권, 경기권, 강원권, 중부권, 충청권, 충북권, 호남권, 전북권, 영남권, 대구권, 경북권, 제주도	국가	연속	국가 배경지역과 주요권역별 대기질 현황 및 유입·유출되는 오염물질 파악, 황사 등 장거리 이동 대기오염물질을 분석하고 고농도 오염현상에 대한 원인 규명 *백령도, 수도권, 제주도는 장거리 이동 대기오염물질 감시	SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM-10, PM-2.5, 풍향, 풍속, 온도, 습도, 탄소성분(OC,EC), 이온성분(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> ), 금속성분(S, K, Ca, Ti, V, Pb, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, As, Zn, Se, Br), NO <sub>y</sub> , 카르보닐화합물, 장거리이동 대기오염물질 (불화수소, 시안화수소, 염화수소, 포름알데히드) 등 ※NO <sub>y</sub> , 카르보닐화합물('23년)	

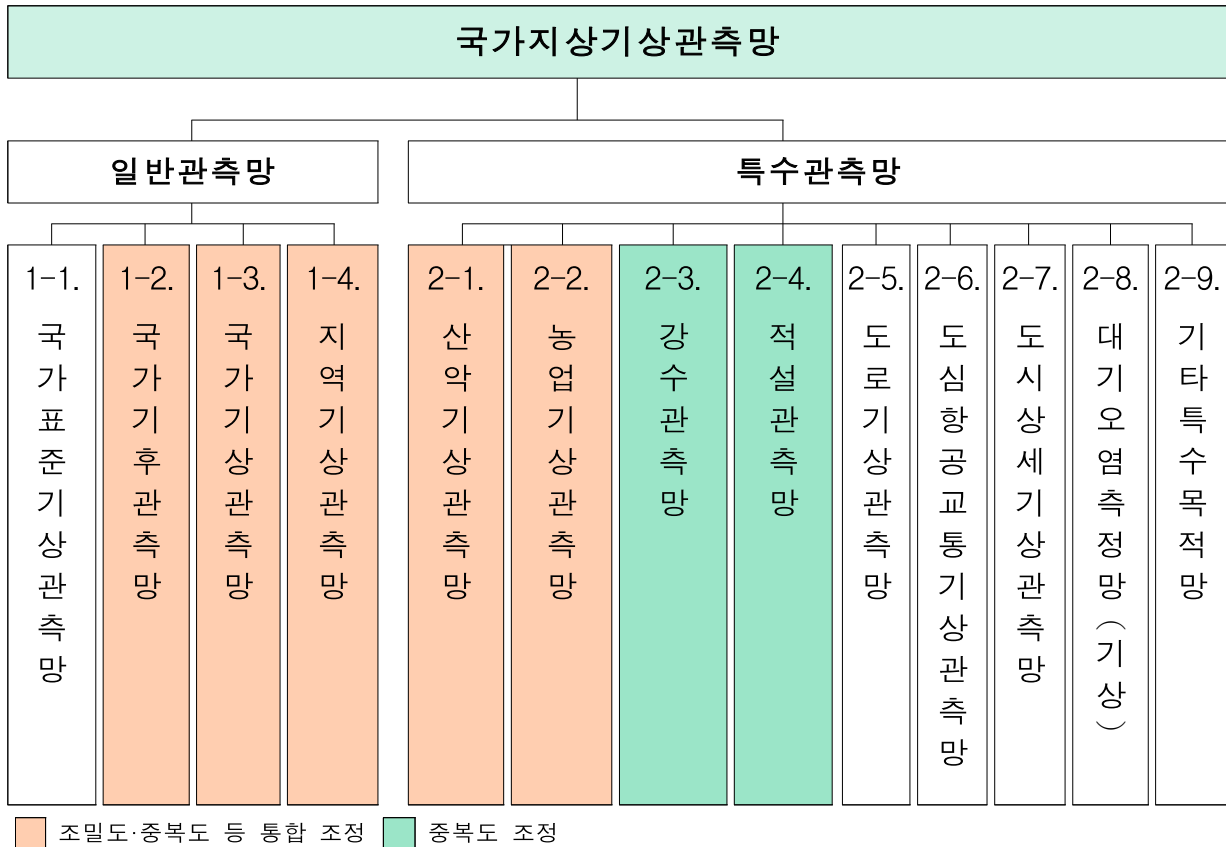
\*출처: 대기오염측정망 설치·운영지침, 환경부, 국립환경과학원, 2021.  
대기오염측정망 운영계획(2021-2025), 환경부·국립환경과학원, 2021.

## □ 국가지상기상관측망 분류체계

- 2022년 상반기 기준 신고된 지상기상관측시설은 총 5,156소로 매우 많은 수가 전국에 걸쳐 분포하고 있으며([그림 1]), 이러한 많은 수의 관측시설을 효율적으로 운영하기 위하여 관측망의 설치목적, 환경변화 등을 고려하여 국가지상기상관측망을 분류할 필요가 있음
- 국가지상기상관측망은 환경부의 사례를 참고하여 일반관측망과 특수관측망으로 대분류하였으며, 운영주체, 관측 및 설치목적, 관측항목을 고려하여 세부적으로 분류하였음([그림 3], <표 12>). 일반관측망은 기상 실황 감시 및 예·특보에 사용하기 위한 목적으로 기상청과 지자체, 국립공원공단이 운영주체임. 특수관측망은 개별 관측기관의 시설유지관리, 연구, 정책 수립 등의 특수한 기상정보 활용 목적으로 산림청, 농촌진흥청, 홍수통제소, 지자체 등이 운영주체임
- 일반관측망은 국가표준기상관측망, 국가기후관측망, 국가기상관측망, 지역기상관측망으로 구분함. 국가표준기상관측망은 기상관측 표준기술개발을 위하여 추풍령, 보성, 고창 관측소로 이루어짐. 국가기후관측망은 기후변화 현황을 장기간 파악하기 위하여 기상청 ASOS 일부로 구성됨. 국가기상관측망은 기상 예보 및 특보 업무를 위하여 기상청 AWS와 ASOS 일부로 구성됨. 지역기상관측망은 지역적인 기상특성 파악을 위하여 지자체의 AWS로 이루어짐
- 특수관측망은 산악기상관측망, 농업기상관측망, 강수관측망, 적설관측망, 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망, 대기오염측정망(기상), 기타특수목적망으로 구분함. 산악기상관측망은 산악지역의 기상을 파악하기 위하여 산림청의 AWS로 구성됨. 농업기상관측망은 농업 기상업무 및 연구를 위하여 농진청의 AWS로 구성됨. 강수관측망은 수문관리 목적으로 홍수통제소, 한국수자원공사 및 지자체의 강수량계로 이루어짐. 적설관측망은 강설 관측 목적으로 기상청과 지자체의 적설계로 이루어짐. 도로기상관측망은 도로위험 기상정보 생산을 위하여 이루어짐. 도심항공교통기상관측망은 한국형



도심항공교통 지원을 위하여 이루어짐. 도시상세기상관측망은 스마트시티, U-시티 기상 지원을 위하여 이루어짐. 대기오염측정망(기상)은 대기보전정책 수립의 근거자료로 활용하기 위하여 대기오염 실태 파악 목적으로 설치된 측정망으로 기상요소를 관측하는 장비만을 대상으로 함. 기타특수목적망은 그 외 기타 특수목적으로 이루어짐



[그림 57] 국가지상기상관측망 분류

<표 58> 국가지상기상관측망의 설치목적 및 측정항목

관측망 구분		운영주체	설치 목적	측정항목	
국 가 지 상 기 상 관 측 망	일 반 관 측 망	1-1. 국가표준기상	기상청	기상관측 표준기술개발을 위한 기상관측망	-
		1-2. 국가기후	기상청	기후변화 현황을 장기간 파악하기 위한 기상관측망	기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량, 강수유무, 일조, 일사, 운고, 운량, 시정, 적설, 지면온도, 지중온도 등
		1-3. 국가기상	기상청	기상 예보 및 특보 업무를 위한 기상관측망	기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량 등
		1-4. 지역기상	지자체, 국립공원공단	지역적인 기상 특성 파악을 위한 기상관측망	기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량 등
	특 수 관 측 망	2-1. 산악기상	산림청	산악지역의 기상을 파악하기 위한 관측망	기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량, 적설, 지면온도
		2-2. 농업기상	농촌진흥청	농업 기상 업무 및 연구를 위한 관측망	기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조, 일사, 적설, 초상온도, 토양수분, 결로 등
		2-3. 강수	지자체, 홍수통제소	수문관리 목적의 강우량계로 구성된 강우관측망	강수량 (적설량, AWS 기상요소)
		2-4. 적설	기상청, 지자체	강설 관측 목적의 적설계로 구성된 적설관측망	적설량
		2-5. 도로기상	국토교통부, 한국도로공사, 기상청	도로위험 기상정보 생산을 위한 관측망	온도, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량, 노면온도, 시정 등
		2-6. 도심항공교통기상	미정	한국형 도심항공교통 지원을 위한 관측망	지상관측 (기온, 풍향, 풍속, 강수, 시정 등), 원격관측 (UAM 운항고도 3차원 바람)
		2-7. 도시상세기상	지자체	스마트시티, U-시티 기상 지원을 위한 관측망	기온, 습도, 풍향, 풍속, 미세먼지, 조도, 소음·진동 등
		2-8. 대기오염측정망 (기상)	환경부	대기오염 실태를 상시 파악하여 대기보전정책 수립의 근거자료로 활용하기 위한 대기오염측정망(기상)	기온, 풍향, 풍속, 습도, 기압, 강수량, 일사, 자외선
		2-9. 기타특수목적망	관측기관	기타 특수 목적으로 운영하는 기상관측망	-

## □ 일반관측망

### ○ 국가표준기상관측망

- 정의: 기상관측 표준기술개발을 위한 기상관측망
- 보성(732), 추풍령(135), 고창(172) 3소로 구성 ([그림 4, 5] 참고)
- 세계기상기구 측기 및 관측법위원회(CIMO)의 시험관측소와 선도관측소로 지정
- 보성 표준기상관측소
  - : 우리나라 표준기상관측소 중 가장 규모가 큰 관측소
  - : 307m 높이의 종합기상관측탑 보유
  - : 총 11개 층의 기온, 습도, 풍향, 풍속 등 관측
  - : 대기하층에서의 기상특성 분석을 위한 연구에 활용
- 추풍령 표준기상관측소
  - : 2012년 WMO 선도센터(Lead Centre)로 지정
  - : 기상측기 성능 시험 및 현장실험, 비교관측, 검·교정 기술개발을 위한 연구에 활용
- 고창 표준기상관측소
  - : 2014년 WMO 고체강수 비교관측실험 프로그램에 참여
  - : 적설계 국산화 및 성능 분석을 위한 연구에 활용



[그림 58] 국가표준기상관측망 위치

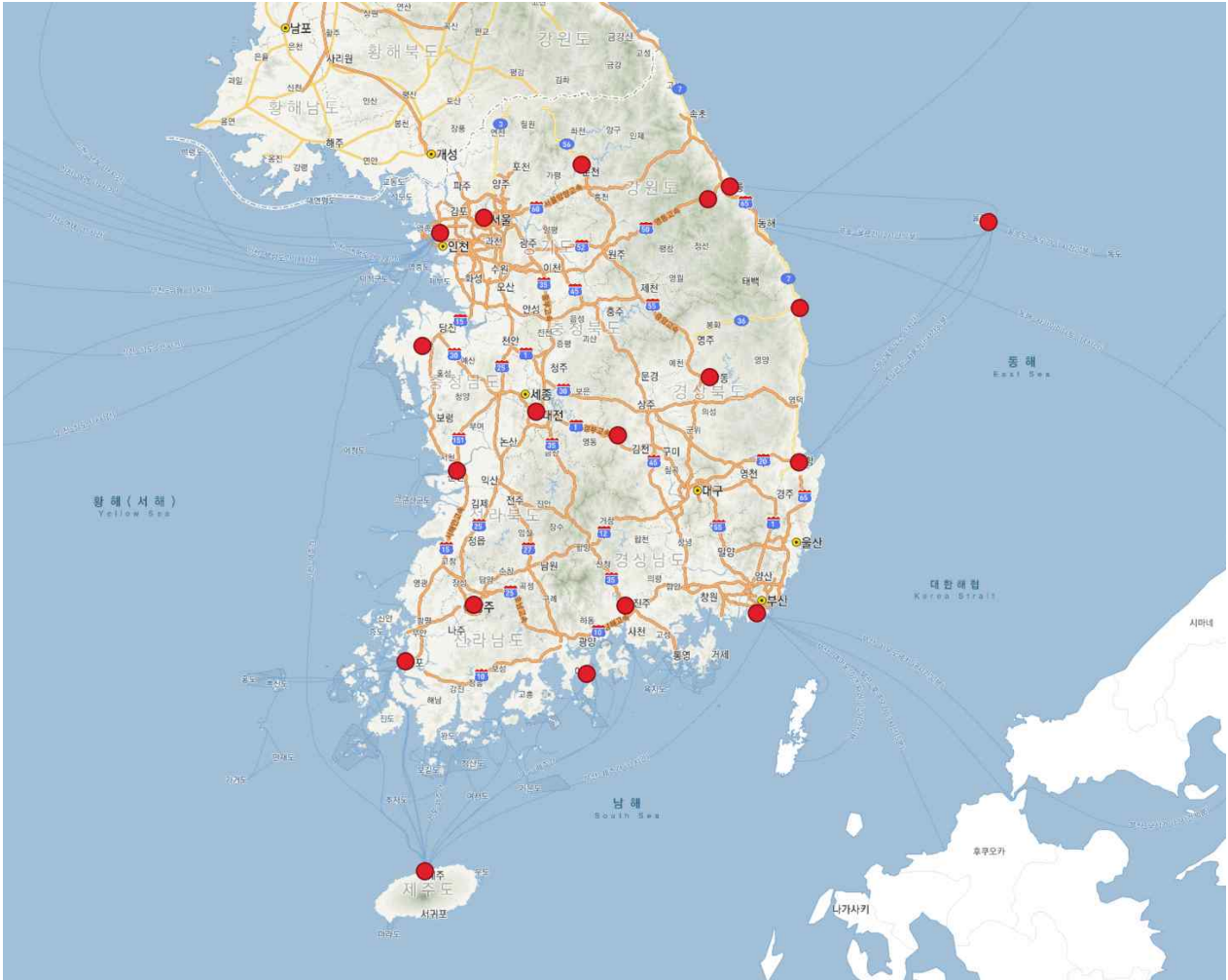


\*출처: 기상청 네이버 블로그([https://blog.naver.com/kma\\_131/220358326688](https://blog.naver.com/kma_131/220358326688))

[그림 59] 보성, 추풍령, 고창 표준기상관측소 전경

### ○ 국가기후관측망

- 정의: 기후변화 현황을 장기간 파악하기 위한 기상관측망
- 기상청 ASOS 관측망 중 일부인 19소로 구성: 서울(108), 부산(159), 대전(133), 제주(184), 포항(138), 여수(168), 인천(112), 목포(165), 울릉도(115), 강릉(105), 춘천(101), 대관령(100), 안동(136), 진주(192), 광주(156), 서산(129), 군산(140), 울진(130), 추풍령(135) ([그림 6, 7] 참고)
- 관측항목: 기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량, 강수유무, 일조, 일사, 운고, 운량, 시정, 적설, 지면온도, 지중온도 등



[그림 60] 국가기후관측망 위치

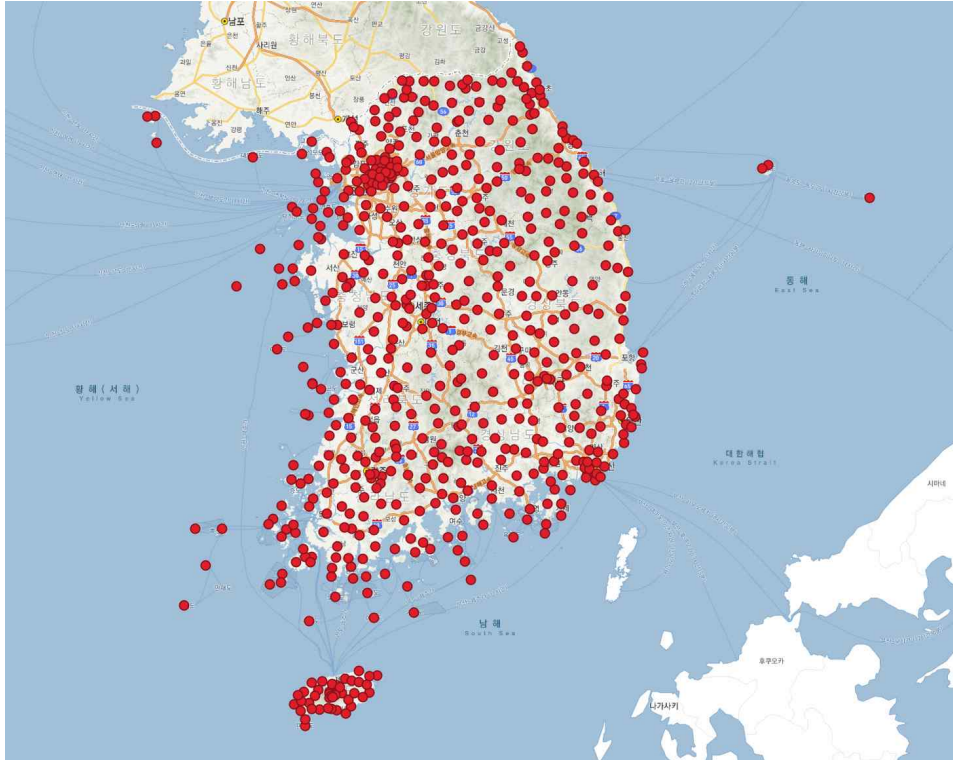


\*출처: 네이버 블로그(<https://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=a1k1&logNo=220287837674>)

[그림 61] 기상청 서울 송월동 관측소 전경

○ 국가기상관측망

- 정의: 기상 예보 및 특보 업무를 위한 기상관측망
- 국가표준기상관측망과 국가기후관측망을 제외한 ASOS 및 기상청 AWS 관측망으로 구성 ([그림 8, 9] 참고) (616소)
- 관측항목: 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량 등



[그림 62] 국가기상관측망 위치

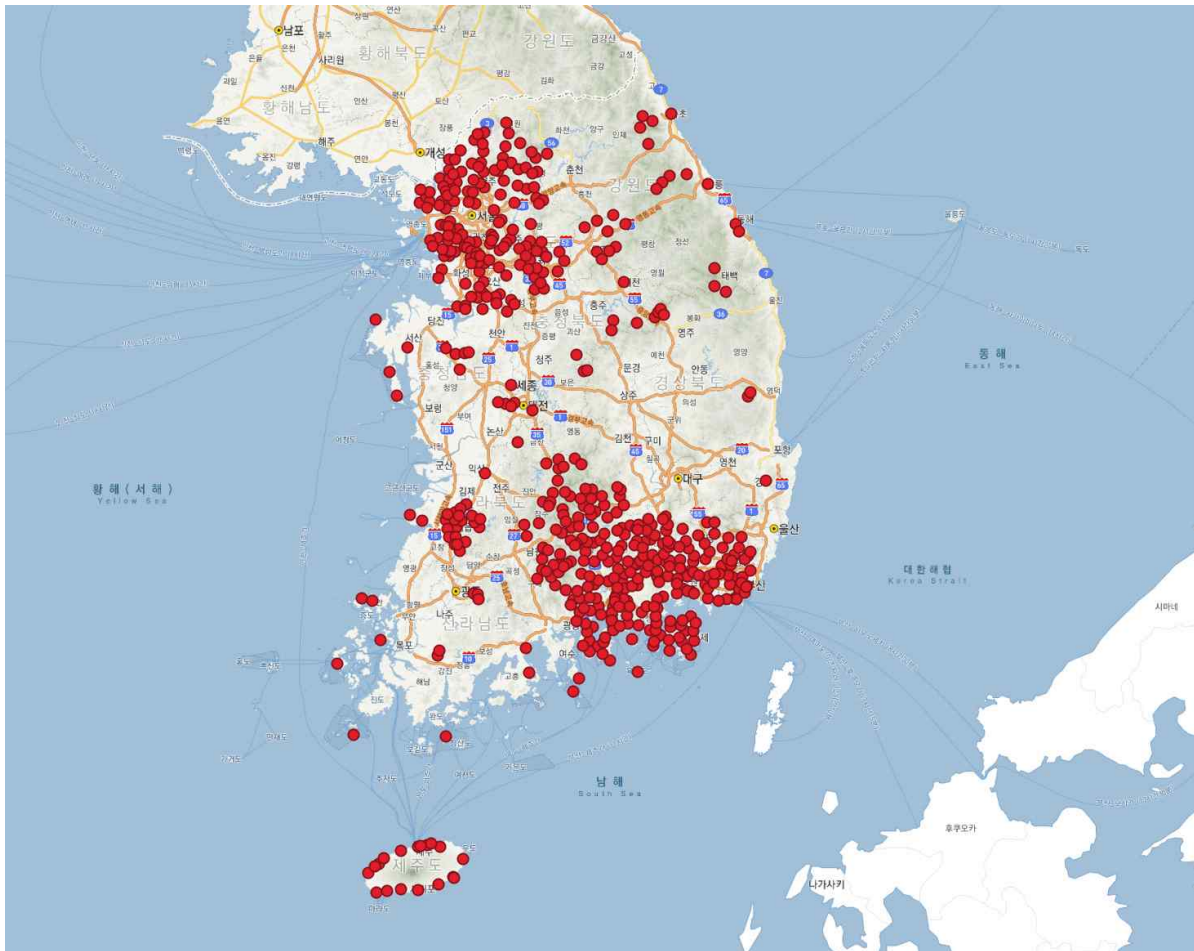


\*출처: 네이버 블로그(<https://blog.naver.com/formyski/222012257164>)

[그림 63] 국가기상관측망 전경

○ 지역기상관측망

- 정의: 지역적인 기상 특성 파악을 위한 기상관측망
- 관측기관: 각 지역 지자체 및 국립공원공단 (AWS)
- 관측항목: 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량 등
- 관측시설 수: 530소 ([그림 10, 11] 참고)



[그림 64] 지역기상관측망 위치



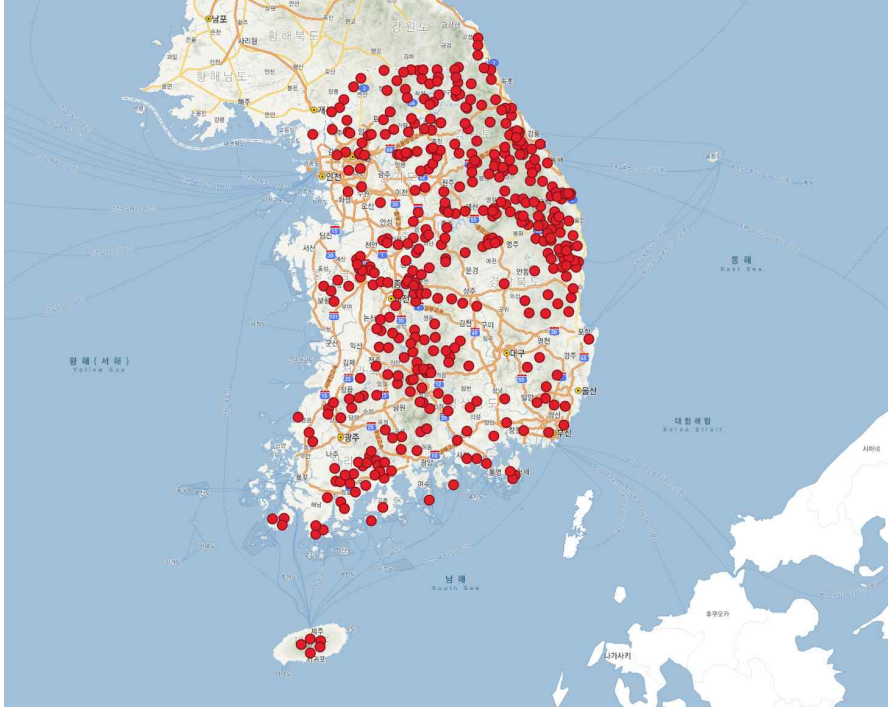
\*출처: 네이버 로드뷰

[그림 65] 지역기상관측망 전경

## □ 특수관측망

### ○ 산악기상관측망

- 정의: 산악지역의 기상을 파악하기 위한 관측망
- 관측기관: 산림청 (AWS)
- 관측항목: 기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량, 적설, 지면온도 등
- 관측시설 수: 414소 ([그림 12, 13] 참고)



[그림 66] 산악기상관측망 위치



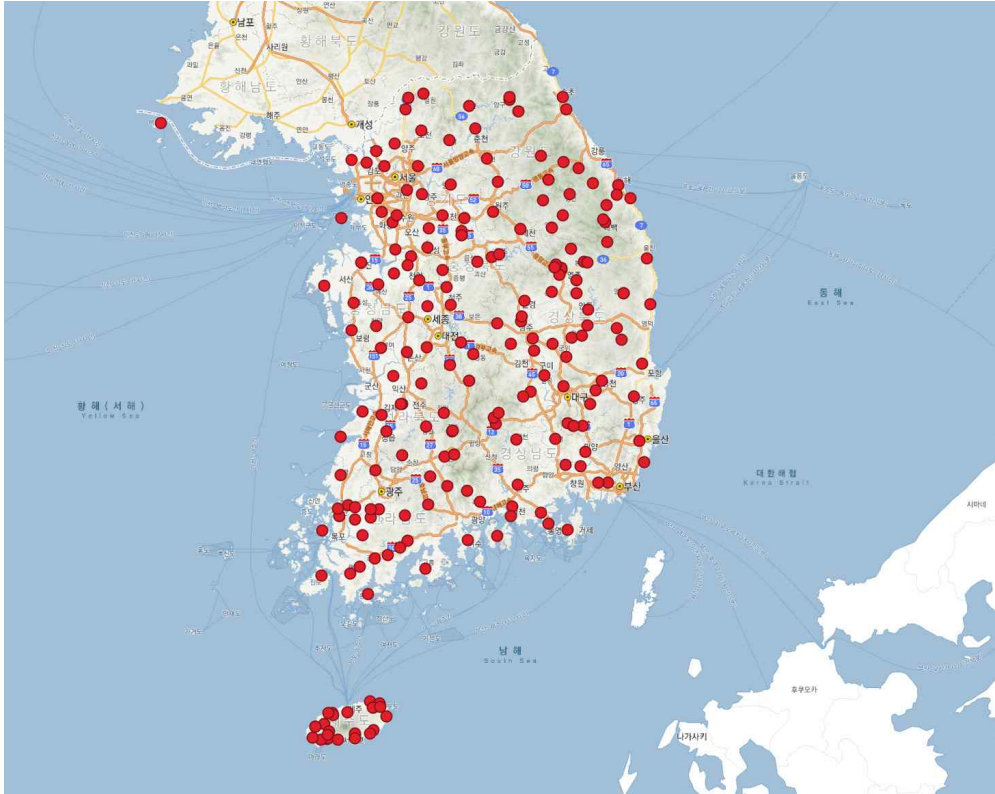
\*출처: 산악기상관측망 구축·운영 표준 매뉴얼 개정판, 국립산림과학원, 2020. 11.  
산악기상정보시스템 홈페이지(<http://mtweather.nifos.go.kr/about/goabout>)

[그림 67] 산악기상관측망 전경



○ 농업기상관측망

- 정의: 농업 기상 업무 및 연구를 위한 관측망
- 관측기관: 농촌진흥청 (AWS)
- 관측항목: 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조, 일사, 적설, 초상온도, 토양수분, 결로 등
- 관측시설 수: 211소 ([그림 14, 15] 참고)



[그림 68] 농업기상관측망 위치

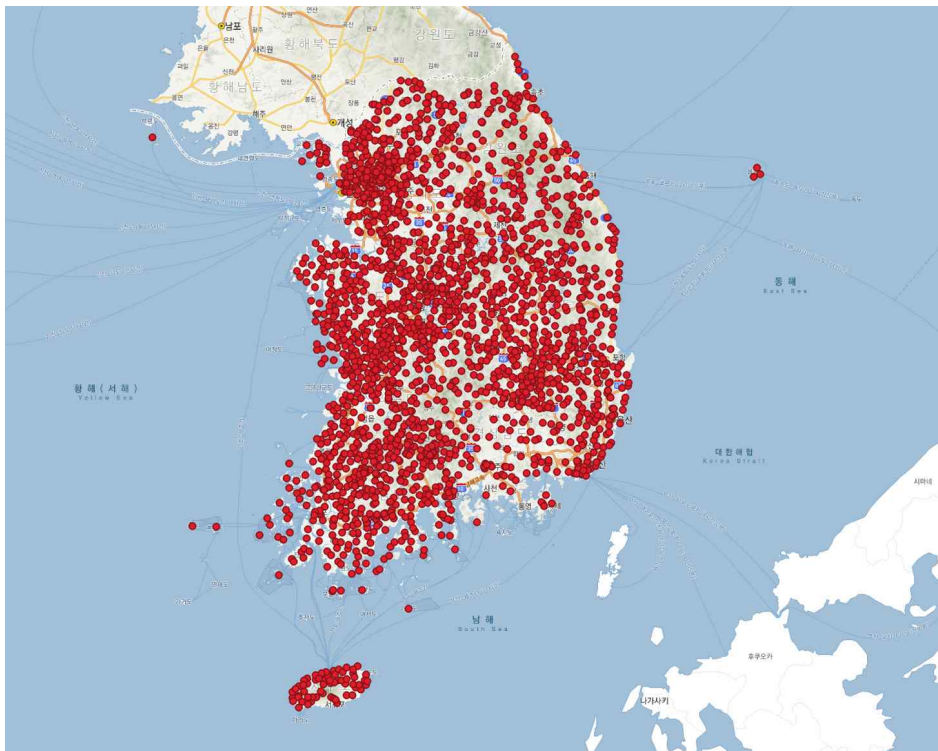


\*출처: 농촌진흥청 홈페이지([https://www.rda.go.kr/ptoPtoFrmPrmnDetail.do?photo\\_id=P000043537&image\\_id=I00000058196&currPage=2&searchKey=&searchVal=&prgId=pto\\_farmprmnptoEntry&tcode=&tname=#](https://www.rda.go.kr/ptoPtoFrmPrmnDetail.do?photo_id=P000043537&image_id=I00000058196&currPage=2&searchKey=&searchVal=&prgId=pto_farmprmnptoEntry&tcode=&tname=#))

[그림 69] 농업기상관측망 설치 전경

○ 강수관측망

- 정의 : 수문관리 목적의 강수량계로 구성된 관측망
- 관측기관: 환경부(강수량계), 홍수통제소(강수량계), 지자체(강수량계, 적설계), 수자원공사(강수량계), 수력원자력(AWS, 강수량계), 국립공원공단 (강수량계)  
\*강수관측망 중 강수량계 만 구성된 관측소와 적설계가 함께 구성된 관측소, AWS로 구성된 관측소가 존재
- 관측항목: 강수량
- 관측시설 수: 2,415소 ([그림 16, 17] 참고)



[그림 70] 강수관측망 위치

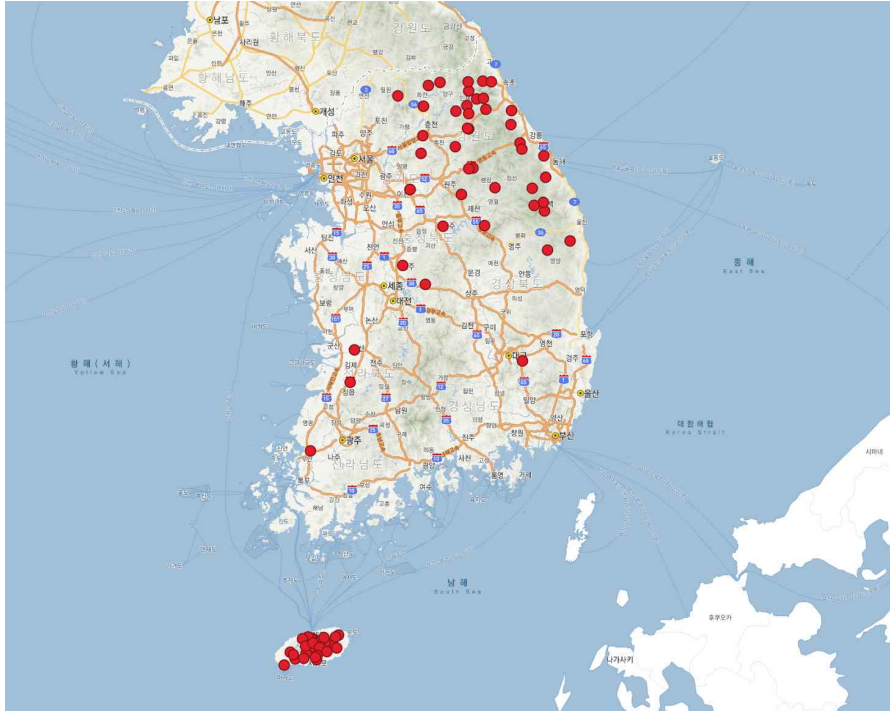


\*출처: 네이버 로드뷰(경북 포항시 북구 기북면관천리587-1)

[그림 71] 낙동강홍수통제소의 전도형 우설량계 설치 전경

○ 적설관측망

- 정의: 강설 관측 목적의 적설계로 구성된 관측망
- 관측기관: 기상청 및 지자체 (적설계)
- 관측항목: 적설량
- 관측시설 수: 73소 ([그림 18, 19] 참고)



[그림 72] 적설관측망 위치

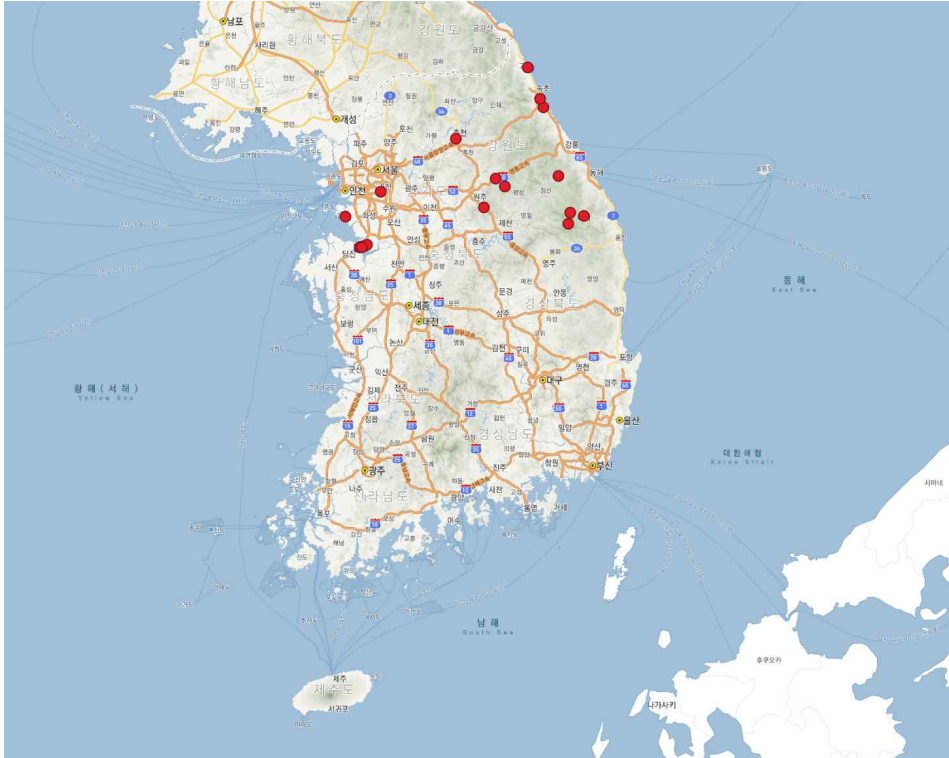


\*출처: 네이버 로드뷰

[그림 73] 기상청 적설관측망 부다리고개 관측소 전경

## ○ 도로기상관측망

- 정의 : 도로위험 기상정보 생산을 위한 관측망
- 관측기관: 지자체(경기지역), 국토교통부, 한국도로공사 등 (RWIS)
- 관측항목: 온도, 습도, 풍향, 풍속, 기압, 강수량, 노면온도, 시정 등
- 관측시설 수: 18소 ([그림 20, 21] 참고)



[그림 74] 도로기상관측망 위치

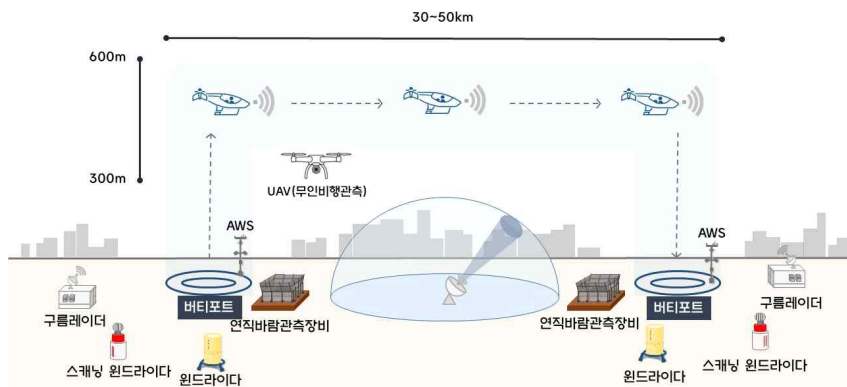


\*출처: 네이버 지도 로드뷰

[그림 75] 도로기상관측망 설치 전경

○ 도심항공교통기상관측망

- 정의: 한국형 도심항공교통 지원을 위한 기상관측망
  - 관측항목: 지상관측 (기온, 풍향, 풍속, 강수, 시정 등), 원격관측 (UAM 운항고도 3차원 바람)
  - 가용장비: AWS, 3차원 풍향풍속계, 시정계, 운고계, 저층바람시어경고장비(LLWAS, Low Level Windshear Alert System), 윈드라이더, 연직바람관측장비, 스캐닝 윈드라이더, 구름레이더 등
- ※ 현재 계획 단계로 실제 관측소 구축은 안 되어있음.

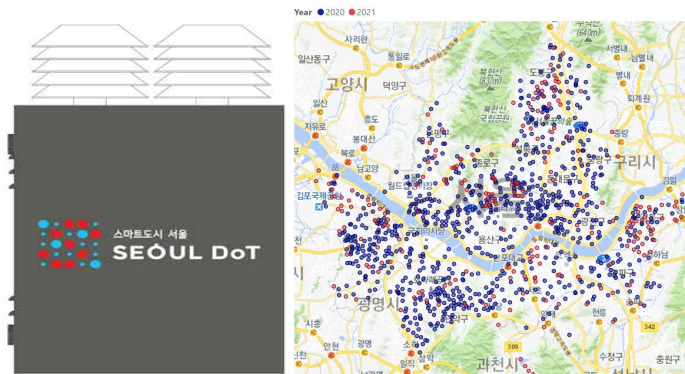


\*출처: 한국형 도심항공교통(K-UAM) 실현을 위한 항공기상지원 로드맵, 기상청, 2021. 8.

[그림 76] 도심항공교통기상관측망 구축 예시

○ 도시상세기상관측망

- 정의 : 스마트시티, U-시티 기상 지원을 위한 관측망
- ※ 현재 계획 단계로 실제 관측소 구축은 안 되어있음.
- 예시: 서울 S-DoT(Smart Seoul Data of Things)
  - 관측항목: 기온, 습도, 풍향, 풍속, 미세먼지, 조도, 소음·진동 등

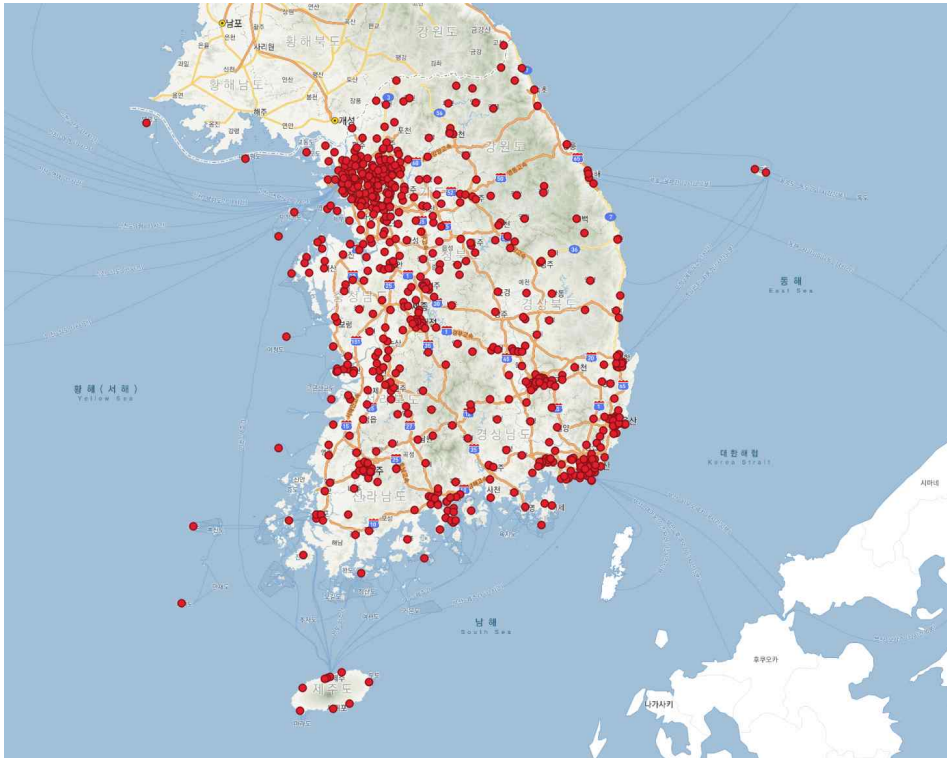


\*출처: 서울시 CCTV 스마트폴 공사지침서\_V1.0

[그림 77] 서울 S-DoT 장비 및 관측소 분포도

○ 대기오염측정망(기상)

- 정의: 대기보전정책 수립의 근거자료로 활용하기 위하여 대기오염 실태 파악 목적으로 설치된 측정망으로 기상요소를 관측하는 장비만을 대상으로 함
- 관측기관: 환경부 및 지자체
- 관측항목: 기온, 풍향, 풍속, 습도, 기압, 강수량, 일사, 자외선
- 관측시설 수: 650소 ([그림 24, 25] 참고)



[그림 78] 대기오염측정망(기상) 위치

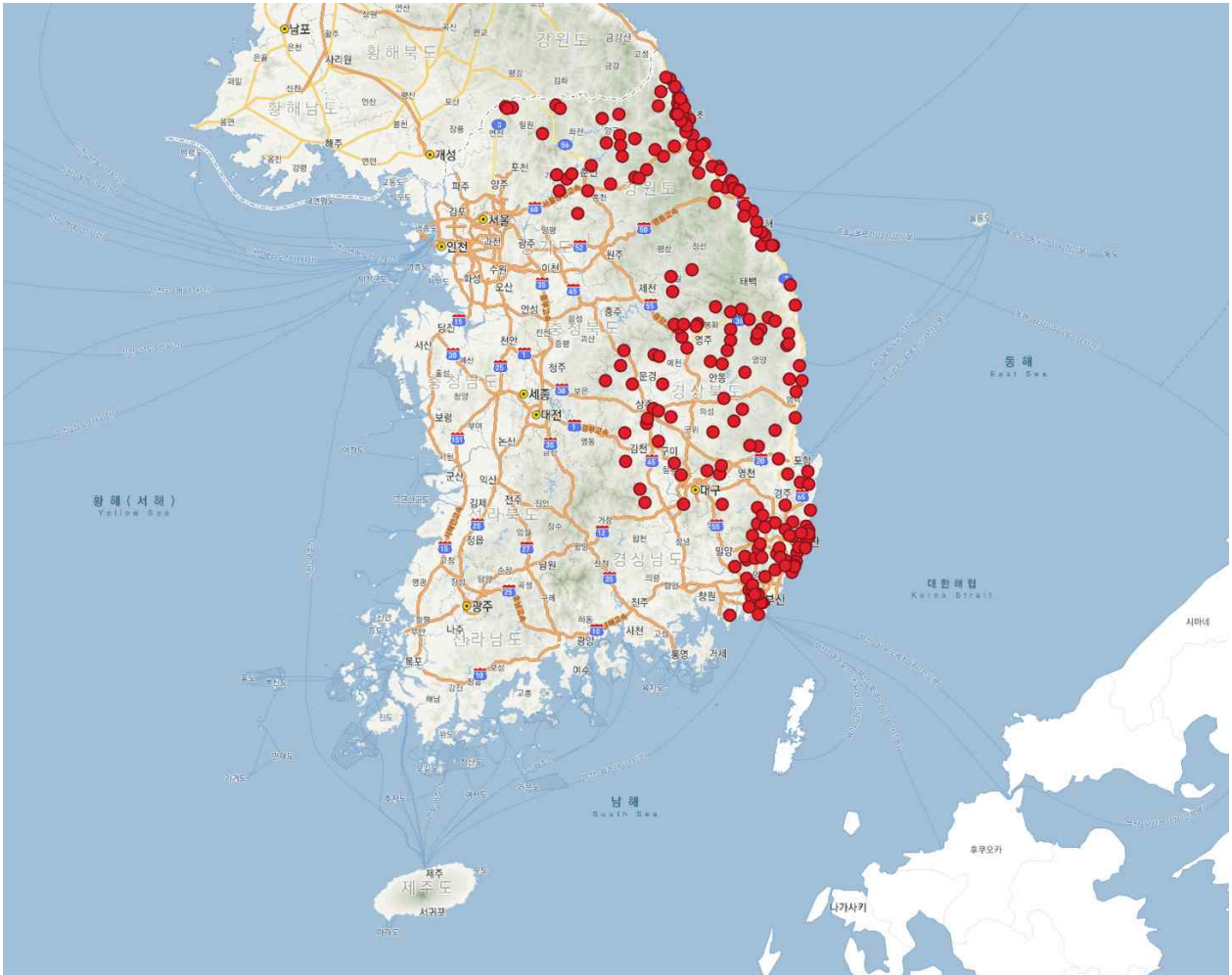


\*출처: 환경부 보도자료, 수도권 내 대기오염측정망 4개소 추가 운영, 2022. 03.

[그림 79] 대기오염측정소 설치 전경

○ 기타특수목적망

- 정의 : 기타 특수 목적으로 운영하는 기상관측망
- 관측기관: 한국원자력환경공단, 한국전력 등
- 관측항목: 기온, 풍향, 풍속, 습도, 기압, 강수량, 강수유무, 일사, 일조, 적설
- 관측시설 수: 207소 ([그림 26] 참고)



[그림 80] 기타특수목적망 위치

## 1.3 지상기상관측망별 기준

### 1.3.1 기상관측장비의 조밀도 · 중복도 및 최소성능기준

#### □ 국내 · 외 선행연구 종합

- 국외 연구의 경우, 강수량계 관측망의 밀도가 5-23km 범위 내로 나타남(Wu et al., 2020; Gyasi-Agyei, 2020; Adhikary et al., 2015). Gyasi-Agyei(2020)는 호주 퀸스랜드 지역의 최적 강수량계 관측망 밀도를 5km로 추천함. 그러나 국내에는 이미 5km보다 훨씬 조밀한 관측망이 구성되어 있음
- AWS와 강수량계 관측망의 해상도는 설치지역의 지형과 국지적 기상 특성, 설치 목적에 따라서 상이하게 결정되어야 함
- 최근 빈번하게 발생하는 게릴라성 호우와 같은 강수량의 공간 분포를 규명하려면 매우 고해상도(~대략 1km)의 강수량계 관측망이 필요함(강민수 등, 2019)
- 평평하고 균일한 지면에 설치하는 AWS는 대략 5~15km 내외의 관측망이 필요함. 복잡한 지형 또는 지면조건으로 구성된 지점에서는 해륙풍과 같은 국지 규모의 기상현상이 자주 발생하기 때문에 보다 고해상도(~대략 2.5km)의 AWS 관측망이 필요함(강민수 등, 2019)
- 산악지형의 경우에는 고도와 지형 경사면의 방향에 따라 바람, 강수량, 기온이 크게 차이 나기 때문에 2.5km 이내에도 AWS 관측망의 추가가 필요할 수 있음
- 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모에 따라 기상관측망의 적정 조밀도 · 중복도를 결정하기 위해서 각 관측망별 관측 목적에 맞게 공간 규모를 고려하여 판단하는 것이 필요함. 국가지상기상관측망은 미규모 현상도 관측할 수 있도록 2km 이하의 해상도까지 확대할 수 있음



<표 59> 기상관측장비의 조밀도·중복도 관련 국내·외 선행연구 정리

구분	지역	해상도	비고
국내	수도권 (서울, 인천, 경기)	1.2km 이하의 수평 해상도	강민수 등, 2019
	전남, 제주 권역 (전북, 광주 포함)	산악지형 고도 기준 최저 200m 이상	윤석희 등, 2016
국외	기후학적 공간 규모	대규모 = 2,000km 이상 중규모 = 2km - 2,000km 미규모 = 2km 이하	Orlanski, 1975
			Foken, 2017
	호주 남동부 퀸스랜드	14km <sup>2</sup> /개(3.7km/개) - 38km <sup>2</sup> /개(6.2km/개) 평균 25km <sup>2</sup> /개(5km/개)	Gyasi-Agyei, 2020

## □ 국외 선행연구 조사

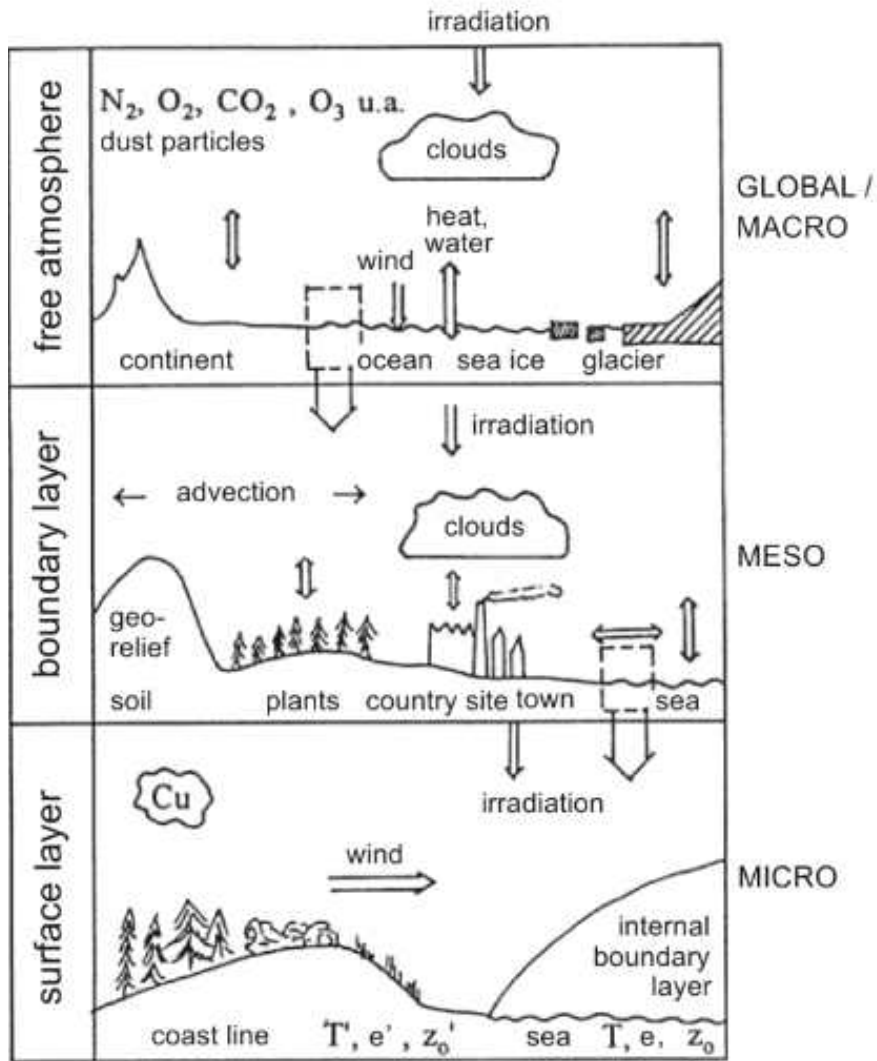
### ○ 기후학적 공간 규모 분류 연구

- 기후학적 공간 규모 분류에 관한 연구가 수행되었음(Orlanski, 1975). 대기순환의 공간과 시간에 따른 규모에 따라 기후학적 공간 규모는 [그림 27]과 같이 분류되었음. 공간과 시간적 규모를 고려하여 대규모(macro)- $\alpha$ ,  $\beta$ , 중규모(meso)- $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , 미규모(micro)- $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 로 구분됨
- 대규모는 2,000km 이상의 공간 규모를 가지고 경압파, 해일, 정상파, 초장파가 해당되며, 중규모는 2km부터 2,000km까지의 공간 규모를 가지고 전선, 허리케인, 야간 저층 제트류, 구름 무리 등이 해당하며, 미규모는 2km 이하의 공간 규모를 가지고 토네이도, 모래바람, 연기 기둥, 난류 등이 해당됨

SCALE DEFINITION				$T_s$	$L_s$	1 MONTH $(\beta L_s)^{-1}$	DAY $(t)^{-1}$	1 HOUR $(\frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z})^{-1/2}$	1 MINUTE $(\frac{g}{\theta})^{1/2} (\frac{L_s}{u})$	1 SEC	
MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	10,000 KM	Standing waves	Ultra long waves	Tidal waves				MACRO-SCALE
											MACRO-SCALE
INTERMEDIATE SCALE	MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	MACRO-SCALE	2,000 KM	Baroclinic waves						MACRO- $\beta$ SCALE
											MACRO-SCALE
MESO-SCALE	MESO-SCALE	MESO-SCALE	MESO-SCALE	200 KM				Nocturnal low level jet			MESO-SCALE
											MESO-SCALE
MESO-SCALE	MESO-SCALE	MESO-SCALE	MESO-SCALE	20 KM							MESO- $\beta$ SCALE
											MESO-SCALE
MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	2 KM							MESO- $\gamma$ SCALE
											MICRO-SCALE
MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	200 M							MICRO-SCALE
											MICRO-SCALE
MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	MICRO-SCALE	20 M							MICRO- $\beta$ SCALE
											MICRO-SCALE
											MICRO- $\gamma$ SCALE
JAPANESE NOMENCLATURE	EUROPEAN NOMENCLATURE	G.A.T.E.	U.S.A. NOMENCLATURE	C.A.S	CLIMATOLOGICAL SCALE	SYNOPTIC AND PLANETARY SCALE	MESO SCALE	MICRO-SCALE			PROPOSED DEFINITION

[그림 81] 기후학적 공간 규모 분류 (Orlanski, 1975)

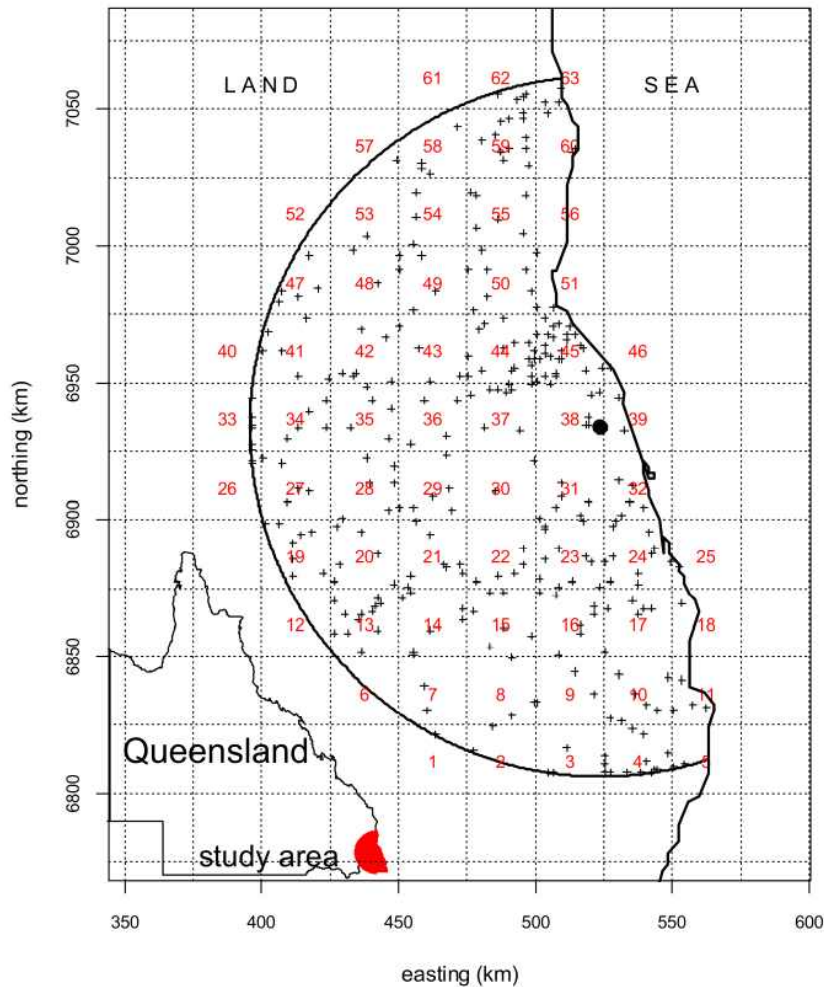
- Foken(2017)은 대, 중, 미규모의 기후 시스템에 대한 구성을 [그림 28]과 같이 정리함. 고도별로 기후 시스템의 규모를 구분하였으며, 지구/대규모는 자유대기층, 중규모는 대기경계층, 미규모는 지표층으로 구분함
- 기상관측망의 적정 조밀도·중복도는 구성하려는 기상관측망의 목적과 기상 및 기후학적 공간 규모를 고려하여 판단하는 것이 필요함



[그림 82] MACRO, MESO, MICRO 규모의 기후 시스템(Foken, 2017)

○ 최적 관측망 밀도 및 해상도 연구

- 수문학적 모델링에 필요한 최적의 강수량계 관측망 밀도를 평가하기 위하여 호주 남동부 퀸스랜드 지역([그림 29])에 설치되어 있는 315개의 강수량계 자료와 1km×1km 그리드 레이다 강수 기록을 사용하여 연구함(Gyasi-Agyei, 2020)
- 해당 연구는 ordinary kriging(OK) 기법을 활용하여 일회성 교차 검증을 수행했으며, 평균 제곱 오차 및 평균 절대 편차의 성능 통계와 그 변화율을 사용하여 최적의 강수량계 관측망 밀도를 평가함
- 강수량계 관측망 밀도는 14km<sup>2</sup>/개(3.7km/개)에서 38km<sup>2</sup>/개 (6.2km/개)까지 다양했으며, 평균 25km<sup>2</sup>/개(5km/개)를 추천함



[그림 83] 호주 퀸스랜드 지역의 강수량계 분포도 (Gyasi-Agyei, 2020)

## □ 국내 선행연구 조사

### ○ 최적 기상관측망 밀도 및 해상도 연구

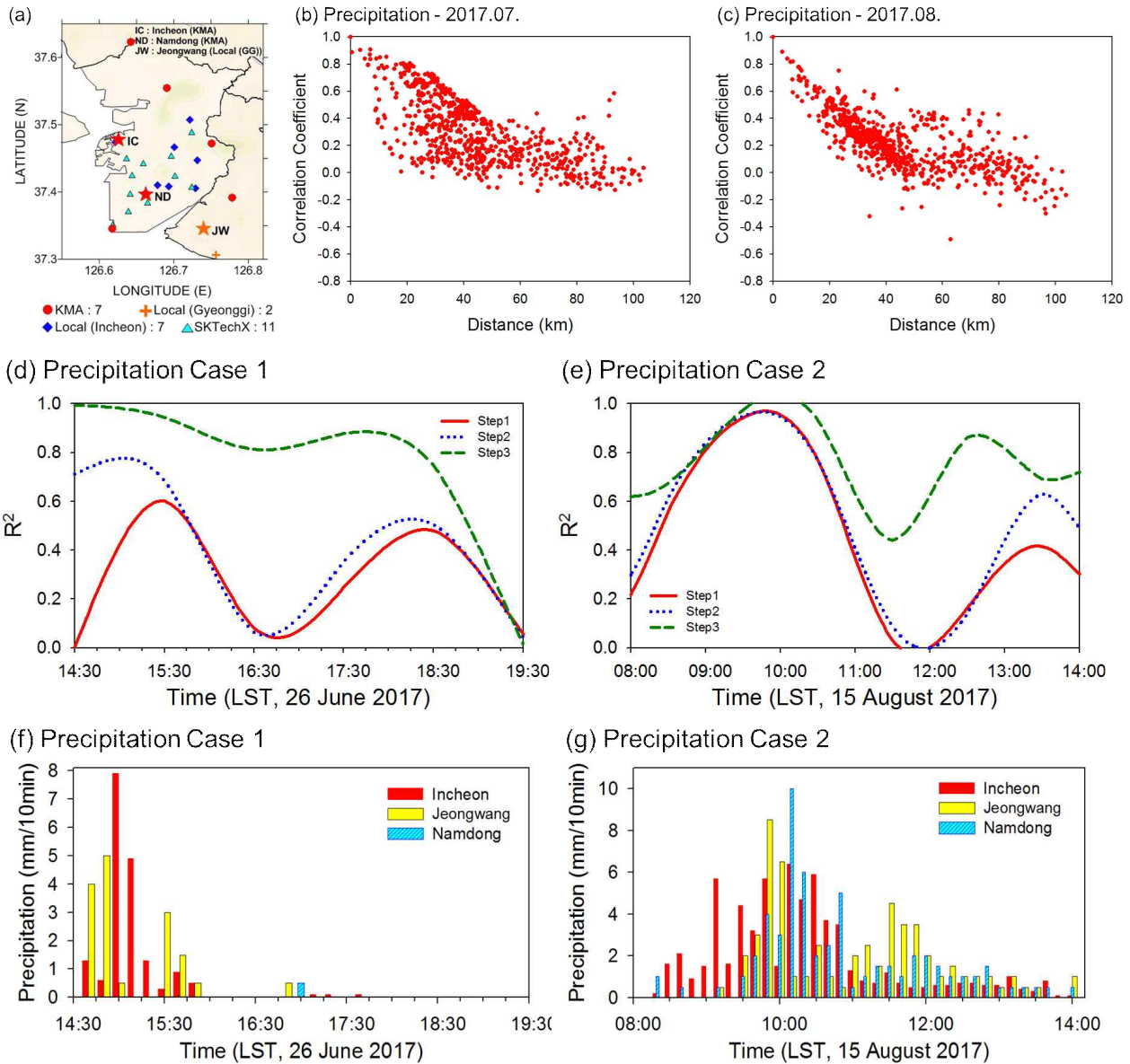
- 국내에서는 기구측된 기상청 AWS의 관측 밀도를 보완하기 위해 유관·민간 기관의 자료 활용 가능성과 효율성을 조사한 연구가 수행됨(강민수 등, 2019)
- 수도권 및 인천지역의 유관·민간 기관의 기상관측망 자료 중 2016년과 2017년에 폭염과 집중 호우가 포함된 사례 기간을 두 가지 선정하여, 관측망 밀도 증가에 따른 기온과 강수량 자료를 해상도 별 격자형 수평 분포 특성을 매분 단위로 분석함
- <표 14>은 각 관측망별 기상관측소의 수와 그에 따른 평균수평해상도를 정리한 표임. 기상청과 지자체, 민간 기관인 SKTechX까지 다 포함하면 평균수평해상도는 최소 350m까지 나타남

<표 60> 각 관측망 별 기상관측소의 수와 평균수평해상도

Observation Network	Total station number	Horizontal grid size (km <sup>2</sup> )
KMA	102	Seoul (29) : 4.6 × 4.6 Gyeonggi (50) : 14.3 × 14.3 Incheon (23) : 6.7 × 6.7
Local (Gyeonggi)	297	5.9 × 5.9
Local (Incheon)	45	4.8 × 4.8
SKTechX	414	Seoul (250) : 1.6 × 1.6 Gyeonggi (131) : 8.8 × 8.8 Incheon (33) : 5.6 × 5.6

\*출처: 강민수 등, 2019

- 해당 연구는 단계별로 관측망 밀도를 증가시키면서 Kriging 내삽 분석 방법을 사용하여 관측망 밀도에 따른 내삽 값의 산포도를 구한 후, 최고밀도 관측값과 그 지점에서의 내삽 값의 상관관계수(R)를 계산함([그림 30(d), (e)])
- 거리에 따른 강수량의 상관관계를 분석하기 위하여 기상청 인천관측소를 기준으로 수도권 지역의 기상관측소의 거리에 따른 상관계수를 계산하여 [그림 30(b)]와 [(c)]의 결과를 얻음
- 강수의 경우 거리에 따른 상관계수가 큰 경향성을 보이지 않거나, 40km 이내에서만 선형적으로 급격하게 줄어듦. 이는 강수가 발생하는 시각이 일시적이고 형태와 규모 역시 불규칙적이기 때문임
- 관측망의 밀도는 이들 상관계수의 임계값으로 결정할 수도 있으며, 만일 임계값을 0.9를 적용한다면, 강수량계는 1.2km 이하의 수평 해상도가 필요한 것으로 나타남
- 폭염과 집중 호우가 포함된 두 가지 사례 기간 중 인천, 남동, 정왕 관측소의 시간당 강수량 분포를 살펴본 결과, 인접한 지역임에도 불구하고 강수의 분포가 매우 다른 것을 확인할 수 있었음([그림 30(a), (f), (g)])
- 결론적으로 국내의 환경적 특성 및 강수 패턴에 따라 고밀도의 강수량 관측망이 필요함을 알 수 있었음

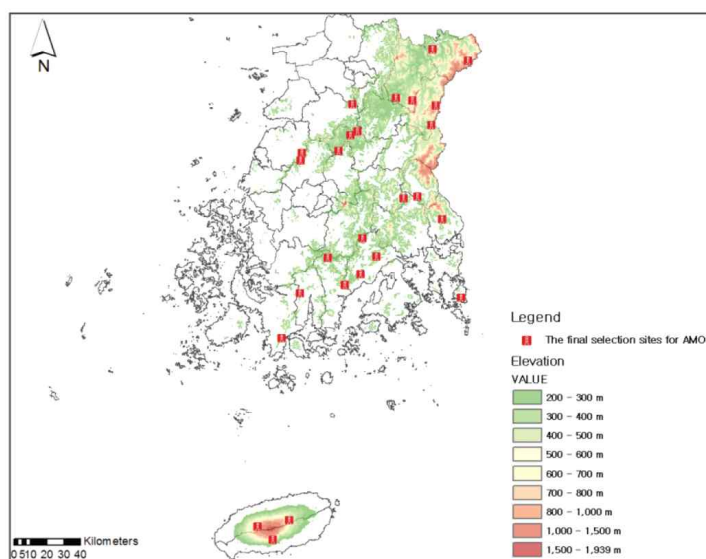
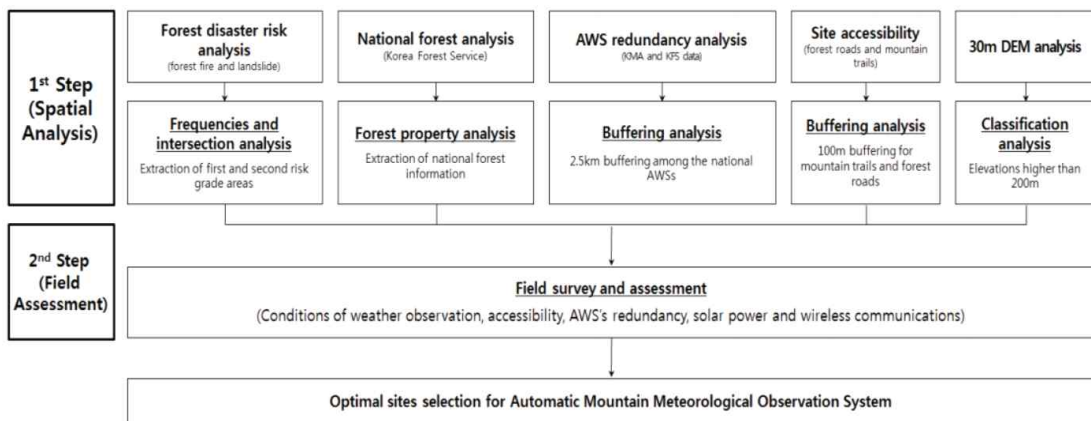


[그림 84] (a) 인천지역 기관별 강수량계 분포도와 2017년 (b) 7월, (c) 8월의 강수량과 관측소 거리와의 상관관계 분석, 강수 (d) Case 1, (e) Case 2의 관측소 밀도에 따른 상관도 분석, (f) Case 1, (g) Case 2의 인천, 정왕, 남동 관측소의 강수량 분포 분석 결과 (강민수 등., 2019)

### ○ 최적 산악기상관측망 밀도 및 해상도 연구

- 최적의 산악기상관측망 적정위치 선정에 관련하여 국내에서 연구가 수행됨(윤석희 등, 2016; [그림 31])
- 해당 연구는 산불과 산사태 등의 산림재해 방지 및 예측력을 강화하기 위하여 산악기상 관측망이 부족한 전북과 광주를 포함한 전남, 제주 권역을 대상으로 연구를 수행함

- 해당 지역의 산악기상관측망에 대한 적정위치 선정을 위하여 기상청 국립기상과학원의 5km 수평해상도의 KLAPS(Korea Local Analysis and Prediction System) 자료를 사용함
- 해당 자료로 시계열에 따른 강수량과 풍속의 멀티프랙탈 변동성 강도 분석과 현장 조사 및 평가도 수행하여 종합적으로 최적의 산악기상관측망 적정위치를 [그림 31]과 같이 선정함
- 지형 특성이 고려된 적정위치 공간분석은 30m 수치표고모델(DEM, Digital Elevation Model)과 국유지 공간정보와 중첩 분석을 실시한 결과 호남과 제주 권역의 적정위치선정을 위한 산악지형의 고도 기준을 최저 200m 이상으로 설정함
- 시계열에 따른 강수량과 풍속의 멀티프랙탈 변동성 강도가 큰 지점을 종합 분석한 결과 전국적으로 총 200개의 산악기상관측지점이 필요한 것으로 분석됨



[그림 85] 호남 및 제주 권역에서의 최적의 산악기상관측망 적정위치 선정 절차 흐름도 및 결과 분포도 (윤석희 등, 2016)

□ 지상기상관측시설 공간해상도 현황

○ 지상기상관측시설 공간해상도 현황

- 관측기관별 지상기상관측시설의 수를 지역에 따라 <표 15>와 같이 정리함
- 지역별로 지상기상관측시설을 분류해본 결과, 총 5,156소 관측시설 중 강원지역과 경기지역에 688소, 663소의 가장 많은 관측시설이 분포하고 있으며, 세종시에 가장 적은 30소의 관측시설이 분포하고 있음



<표 61> 지역 및 관측기관별 지상기상관측시설 수 현황

구분	관측기관명	전체	서울	인천	대전	부산	대구	광주	울산	세종	경기	강원	충북	충남	경북	경남	전북	전남	제주
국가기관	기상청	671	28	25	4	15	7	7	11	5	57	125	33	41	73	57	46	94	43
	환경부	507	7	8	5	8	7	5	8	3	78	67	38	41	100	43	42	47	-
	농촌진흥청	211	1	2	-	-	1	-	2	1	25	26	9	15	43	19	16	26	25
	산림청	414	8	-	2	2	-	-	2	3	27	126	42	21	70	36	27	43	5
	국토교통부	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
지방자치단체	서울특별시	141	139	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	부산광역시	69	-	-	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	대구광역시	61	-	-	-	-	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	인천광역시	67	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	광주광역시	29	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	대전광역시	27	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	울산광역시	59	-	-	-	-	-	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	세종특별자치시	18	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	경기도	464	-	-	-	-	-	-	-	-	464	-	-	-	-	-	-	-	-
	강원도	163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163	-	-	-	-	-	-	-
	경상남도	299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	299	-	-	-
	경상북도	326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	326	-	-	-	-
	전라남도	307	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	307	-
	전라북도	218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218	-	-
충청남도	237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-	
충청북도	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	173	-	-	-	-	-	-	
제주특별자치도	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	
공공기관	국립공원공단	153	2	-	1	-	-	3	-	-	3	28	23	5	17	15	17	39	-
	한국수자원공사	188	-	-	-	-	-	-	5	-	2	46	23	6	40	28	19	19	-
	한국전력공사	186	-	-	-	11	2	-	10	-	-	84	-	-	70	9	-	-	-
	한국수력원자력	35	-	-	-	1	-	-	1	-	5	12	7	-	2	-	-	7	-
	한국도로공사	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
	한국원자력환경공단	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
합계		5,156	185	102	39	106	78	44	98	30	663	688	348	371	742	506	385	582	189

\*출처: 2022년 상반기 기상관측시설 현황 조사결과, '22. 08. 17, 기상청

- 지역별 지상기상관측시설의 수만으로는 관측시설의 조밀도·중복도를 파악하기

어려움으로, 국가통계포털(KOSIS)의 2021년 행정구역별/소유구분별 국토이용현황 참고하여 각 지역에 따른 공간해상도를 <표 16>와 같이 분석함

- 지역별 지상기상관측시설의 공간해상도 분석 결과 한반도 전체의 경우 19.48km<sup>2</sup>/소 (4.41km/소)로 국외의 관측망에 비해 매우 조밀한 것을 확인함
- 가장 조밀한 지상기상관측시설 공간해상도를 나타낸 지역은 서울 지역이었으며(3.27km<sup>2</sup>/소, 1.81km/소), 가장 영성한 공간해상도를 나타낸 지역은 경북 지역임(25.65km<sup>2</sup>/소, 5.06km/소).

<표 62> 지역별 지상기상관측시설 공간해상도

지역	면적 (km <sup>2</sup> )	관측시설 수 (소)	지상기상관측시설 공간해상도		
			소/km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup> /소	km/소
전체	100,431.85	5,156	0.051	19.48	4.41
서울	605.24	185	0.306	3.27	1.81
인천	1,066.47	102	0.096	10.46	3.23
대전	539.50	39	0.072	13.83	3.72
부산	770.17	106	0.138	7.27	2.70
대구	883.70	78	0.088	11.33	3.37
광주	501.11	44	0.088	11.39	3.37
울산	1,062.33	98	0.092	10.84	3.29
세종	464.92	30	0.065	15.50	3.94
경기	10,196.73	663	0.065	15.38	3.92
강원	16,829.67	688	0.041	24.46	4.95
충북	7,406.99	348	0.047	21.28	4.61
충남	8,246.96	371	0.045	22.23	4.71
경북	19,034.80	742	0.039	25.65	5.06
경남	10,541.90	506	0.048	20.83	4.56
전북	8,072.15	385	0.048	20.97	4.58
전남	12,358.94	582	0.047	21.24	4.61
제주	1,850.28	189	0.102	9.79	3.13

\*출처: 각 지역별 면적은 국가통계포털(KOSIS) 행정구역별/소유구분별 국토이용현황 참고 (2021년)

### 1.3.2 지상기상관측망별 관측표준화 기준

#### □ 국가지상기상관측망 별 관측표준화 기준

- <표 17>은 국가지상기상관측망에 따른 운영주체 및 품질관리 기관과 적정 조밀도, 중복도와 관측시설등급 및 측기 최소성능등급을 정리한 것임
- 조밀도 및 중복도의 경우, 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모에 따라 기상관측망별 관측 목적에 맞게 공간 규모를 고려하여야 하고, 기상측기 설치환경이 유사한 경우와 고도차가 100m 이내의 경우에만 적용함

#### ○ 운영주체

- 국가지상기상관측망 별 운영주체는 각 관측망을 구축한 기관으로 함
- 국가표준기상관측망, 국가기후관측망, 국가기상관측망의 운영주체는 기상청이며, 지역기상관측망의 운영주체는 지자체와 국립공원공단임
- 산악기상관측망의 운영주체는 산림청이며, 농업기상관측망의 운영주체는 농촌진흥청이고, 강수관측망의 운영주체는 홍수통제소, 한국수자원공사와 지자체이며, 적설관측망의 운영주체는 기상청과 지자체이고, 도로기상관측망의 운영주체는 국토교통부, 한국도로공사, 기상청이며, 도시상세기상관측망의 운영주체는 지자체이며, 대기오염측정망(기상)의 운영주체는 환경부임

#### ○ 품질관리 주체

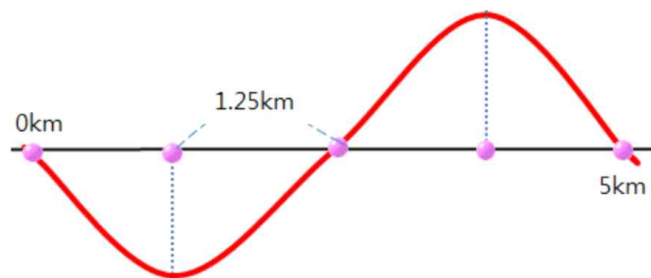
- 품질관리 주체는 고품질의 기상관측자료 생산 및 관리를 위하여 기상청이 전담하여 수행하는 것이 바람직함
- 자체적으로 품질관리를 수행하고 있는 산림청의 산악기상관측망, 농촌진흥청의 농업기상관측망, 홍수통제소의 강수관측망은 당분간 현행 상태를 유지함. 그 외의 지상기상관측망의 품질관리 주체는 기상청으로 함

#### ○ 적정 조밀도

- 조밀도를 적용하지 않는 관측망으로는 국가표준기상관측망, 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망, 대기오염측정망(기상), 기타특수목적망이 있음
- 국가표준기상관측망은 전국에 3소의 관측소만 존재하며, 대기하층에서의 기상특성 분석, 기상측기 성능 시험 및 현장실험, 비교관측, 검·교정 기술개발, 기상측기 국산화 및 성능 분석 연구와 같이 기상관측 표준기술개발을 위한 목적 때문에 조밀도를 적용하지 않음
- 도로기상관측망은 도로변, 교량 위, 터널 부근 등 도로위험 기상정보 생산을 위한 목적 때문에 조밀도를 적용하지 않음
- 도심항공교통기상관측망은 도심항공교통시스템 개발을 위한 지상관측과 3차원 원격관측을 통합하는 관측망이므로 조밀도를 적용하지 않음([그림 22])
- 도시상세기상관측망도 스마트시티, U-시티의 기상 지원을 위한 관측망이므로 조밀도를 적용하지 않음
- 대기오염측정망(기상)은 환경부의 대기오염 실태를 상시 파악하여 대기보전정책 수립의 근거자료로 활용하기 위한 관측망이므로 조밀도를 적용하지 않음
- 기타특수목적망은 한국원자력환경공단의 AWS 1개소, 한국전력의 첩탑, 전봇대에 풍향·풍속계 단일 설치된 관측소이기 때문에 조밀도를 적용하지 않음
- 조밀도 적용이 필요한 관측망은 국가기후관측망, 국가기상관측망, 지역기상관측망, 산악기상관측망, 농업기상관측망, 강수관측망, 적설관측망으로, 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모에 따라 각 관측망의 관측 목적에 맞게 공간 규모를 고려하여 판단함
- 국가기후관측망의 경우는 Orlanski, 1975의 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모 분류 가운데, 야간 하층제트, 스콜선, 관성파, 구름 무리 등과 같은 기상현상을 포함하는 중규모(meso)- $\beta$  (20km-200km)를 반영하여 100km의 적정 조밀도를 적용함([그림 27])
- 국가기상관측망의 경우는 Orlanski, 1975의 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모 분류 가운데, 뇌우, 관성중력파, 청천난류, 도시효과와 같은 기상현상을 포함하는 중규모(meso)- $\gamma$  (2km-20km)를 반영하여 15km의 적정 조밀도를 적용함([그림 27])
- 지역기상관측망은 Orlanski, 1975의 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모 분류

가운데, 중규모(meso)- $\gamma$ (2km-20km)와 토네이도와 같은 기상현상을 포함하는 미규모(micro)- $\alpha$ (200m-2km)를 반영하고, 기상청의 동네예보 기준을 고려하여 5km의 적정 조밀도를 적용함([그림 27])

- 산악기상관측망은 산림환경이라는 특수한 환경과 목적을 고려하고 윤석희 등(2016) 논문과 산림청의 산악기상관측망 구축·운영 표준 매뉴얼에 언급된 2.5km의 적정 조밀도를 적용함. 또한 산림의 경우, 건조단열감률이 100m당 0.1℃이므로 관측소 간 고도차가 100m 이내의 경우에만 조밀도를 적용함
- 농업기상관측망의 경우도 산악기상관측망과 동일하게 논, 밭과 같은 특수한 환경과 농업분야라는 특수한 목적을 고려하고 산악기상관측망과 유사한 2.5km의 적정 조밀도를 적용함
- 강수와 적설관측망은 약 1~5km의 공간 규모로 발생하는 기상현상(중규모 대류, 집중호우 등)의 탐지 해상도를 고려하여 1km의 적정 조밀도를 적용함([그림 32], 기상관측표준화위원회, 2014.12.)



[그림 86] 자동기상관측망(AWS) 중복거리 기준 설정을 위한 기상현상의 탐지 해상도 (기상관측표준화위원회, 2014.12.)

### ○ 중복도

- 조밀도와 동일하게 국가표준기상관측망, 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망, 대기오염측정망(기상), 기타특수목적망은 중복도를 적용하지 않음
- 국가기후관측망, 국가기상관측망, 지역기상관측망, 산악기상관측망, 농업기상관측망, 강수관측망, 적설관측망은 [그림 32]의 기상현상의 탐지 해상도 1km를 기준으로 하여 중복도를 적용함

○ 지상기상관측시설 등급

- 관측시설 등급은 각 센서별 관측환경을 파악하여 가장 높은 수준의 관측시설 등급(1등급)을 이루는 것을 추천하나, 관측기관의 설치목적 및 복잡한 지형 또는 도시 지역의 경우 낮은 등급(4등급~5등급) 시설이더라도 시설 등급 숫자 뒤에 “S” 를 붙여 특수한 환경임을 명시해서 특정한 장소의 관측이 필요한 경우나 특수 응용 분야에서는 가치 있게 활용할 수 있도록 함<sup>5)</sup>
- 기상관측망의 기상측기별 적정한 관측시설 등급의 목표치를 설정하여 관측기관들이 적정한 기상관측환경을 유지할 수 있도록 동기부여를 하는 것이 중요함
- 관측시설 등급은 현행 등급(1-5 등급) 기준을 그대로 유지하여 평가하되, 각 관측망별 목적과 주요 관측 요소를 고려하여, <표 18>과 같이 한 관측망에서 구성되어 있는 기상측기별로 세부적인 목표치를 설정하여 평가하는 것을 추천함
- 특수한 목적으로 구성된 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망, 대기오염측정망(기상)은 위의 적정 조밀도 및 중복도와 동일한 근거로 관측시설 등급 부여에서 제외함
- 관측시설 등급을 적용받는 국가지상기상관측망에 따른 세부 기상측기별 적정 목표치는 기상청이 운영주체인 국가표준기상관측망, 국가기후관측망의 경우, 국가의 기상 표준값을 제공할 의무가 있기 때문에, 온도, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 일사 측기 모두 최고 등급인 1등급을 목표로 설정하여 환경을 개선해야 함
- 국가기상관측망과 지역기상관측망의 경우도 일반 사람들에게 제공되는 기상정보이기 때문에 모든 기상 요소가 1등급을 목표로 하는 것이 바람직함. 그러나 대부분의 국가기상관측망과 지역기상관측망이 도심의 주변건물의 영향을 받을 수밖에 없는 환경이기 때문에 국가기상관측망의 온도, 습도는 2등급으로, 풍향, 풍속은 3등급으로, 지역기상관측망의 풍향, 풍속은 3등급, 온도, 습도와 일사는 2등급으로 완화함
- 산악기상관측망은 산의 능선 등 주변에 수목이 많이 분포하는 환경에 설치되어 있기 때문에 이상적인 기상관측 환경을 선택하기가 어려움. 따라서 기상관측소 주변의 수목으로 인한 그림자의 각도를 고려하여 온도, 습도는 2등급으로 완화하고 풍향,

5) 기상관측시설 등급 기준(기상청고시 제2020-12호) 별표 1. 관측시설의 기상측기별 등급 부여 기준

풍속은 주변 수목의 높이와 그로부터 떨어진 거리를 고려하여 4등급으로 완화함

- 농업기상관측망은 농경지 주변에 설치되어 있기 때문에 열원/수원이 가까이 있을 수 있으므로 온도, 습도는 2등급으로 완화하고 풍향, 풍속의 경우 기상측기의 설치 고도가 10m보다 낮게 설치되는 경우가 많으므로 4등급으로 완화함
- 강수관측망과 적설관측망의 경우, 강수량과 적설은 <표 9> 기상측기별 지상기상관측시설 등급 현황에 정리한 듯이 이미 관측시설 등급이 1등급(45.0%)과 2등급(40.3%)인 지점이 상당수이며, 정확한 강수량은 국가 물관리에 필수적인 기상요소이기 때문에 1등급을 목표로 설정함

#### ○ 인증 여부

- 기상측기의 형식승인 및 검정 여부의 경우, 국가표준기상관측망, 국가기후관측망, 국가기상관측망, 지역기상관측망, 산악기상관측망, 농업기상관측망, 강수관측망, 적설관측망, 기타특수목적망은 형식승인과 검정을 받아야함
- 도로기상관측망과 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망은 기존의 기상측기의 형식승인 및 검정 인증을 받기에는 관측망을 이루는 기상 센서들이 상이하고 다양하기 때문에, 간이형 기상측기 최소성능등급 기준과 같은 새로운 성능인증 제도의 도입이 필요함

<표 63> 국가지상기상관측망에 따른 관측표준화 기준

구 분	관측망	운영주체	품질관리 주체	적정 조밀도	중복도	관측시설 등급	인증 여부		
국 가 지 상 기 상 관 측 망	일반 관 측 망	1-1. 국가표준기상	기상청	기상청	미적용	미적용	표 17 참고	형식 승인 검정	
		1-2. 국가기후	기상청	기상청	100km	1km		형식 승인 검정	
		1-3. 국가기상	기상청	기상청	15km	1km		형식 승인 검정	
		1-4. 지역기상	지자체	기상청	5km	1km		형식 승인 검정	
	국립공원공단		기상청						
	특 수 관 측 망	2-1. 산악기상	산림청	산림청	2.5km	1km		형식 승인 검정	
		2-2. 농업기상	농촌진흥청	농촌진흥청	2.5km	1km		형식 승인 검정	
		2-3. 강수	홍수통제소	홍수통제소	1km	1km		형식 승인 검정	
			지자체	기상청					
		2-4. 적설	기상청 지자체	기상청	1km	1km		형식 승인 검정	
		2-5. 도로기상	국토교통부	기상청	미적용	미적용		미적용	성능 인증 제도 도입
			한국도로공사	기상청					
			기상청	기상청					
2-6. 도심항공교통기상		미정	미정	미적용	미적용	미적용	성능인증 제도 도입		
2-7. 도시상세기상	지자체	기상청	미적용	미적용	미적용	성능인증 제도 도입			
2-8. 대기오염측정망 (기상)	환경부	기상청	미적용	미적용	미적용	형식 승인 검정			
2-9. 기타특수목적망	관측기관	관측기관	미적용	미적용	미적용	형식 승인 검정			

1) AWS 중복도 기준: 수평 1km, 고도차 100m

2) 강수량계 중복도 기준: 1km



<표 64> 국가지상기상관측망에 따른 세부 기상측기별 적정 관측시설 등급 목표 기준(안)

구 분		관측망	기상측기 종류	적정 관측시설 등급 목표치
국 가 지 상 기 상 관 측 망	일 반 관 측 망	1-1. 국가표준기상	온·습도	1
			강수량	1
			풍향·풍속	1
			일사	1
		1-2. 국가기후	온·습도	1
			강수량	1
			풍향·풍속	1
			일사	1
		1-3. 국가기상	온·습도	2
			강수량	1
			풍향·풍속	3
			일사	1
	1-4. 지역기상	온·습도	2	
		강수량	1	
		풍향·풍속	3	
		일사	2	
	특 수 관 측 망	2-1. 산악기상	온·습도	2
			강수량	2
			풍향·풍속	4
			일사	1
2-2. 농업기상		온·습도	2	
		강수량	2	
		풍향·풍속	4	
		일사	1	
2-3. 강수		강수량	1	
		적설	1	
2-4. 적설		적설	1	

## □ 간이형 기상측기 성능등급 부여

### ○ 환경부 미세먼지 간이측정기 성능인증 등급

- 환경분야의 시험·검사 및 환경의 관리와 관련된 기술기준과 운영체계 등을 합리화함으로써 환경관리를 효율화하고 시험·검사 관련 기술개발을 촉진하며 나아가 국민보건의 향상과 환경의 보전에 이바지함을 목적으로 환경부장관은 시험·검사등의 운영체계를 확립하고 이의 유지·발전을 위하여 관련 사업을 추진하여야 함

\* 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제1조, 제5조

\* 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 시행령」 제7조

- 환경부장관은 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 따른 형식승인이나 예비형식승인을 받지 아니한 미세먼지 측정기기(이하 “미세먼지 간이측정기” 라 한다)에 대하여 성능인증제를 시행하여야 함

\* 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 제24조제1항, 제5항

- 성능인증평가는 실내시험실에서의 시험체임버평가와 실외 시험동에서의 등가성평가로 구분하며, 시험체임버평가는 반복재현성을 평가하여 인증등급을 책정하고, 등가성평가는 상대정밀도, 자료획득률, 정확도, 결정계수를 평가하여 인증등급을 책정함

\* 「미세먼지 간이측정기 성능인증 등에 관한 고시」 제6조제1항

\* 「미세먼지 간이측정기 성능인증 등에 관한 고시」 제6조제4항 [별표 4]

\* 「미세먼지 간이측정기 성능인증 등에 관한 고시」 제6조제5항 [별표 5]

- 성능인증제는 같은 항에 따른 미세먼지 간이측정기로서 초미세먼지를 측정하는 측정기기<sup>6)</sup>를 대상으로 하며, 성능인증기관은 <표 19>에 따른 성능인증 등급을 판정하여 성능인증서를 발급해야 함

\* 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행규칙」 제16조제3항 [별표 1]

6) 공기청정기, 냉난방기 등 전기·전자제품의 부속품으로 사용되는 것은 제외

<표 65> 미세먼지 간이측정기 성능평가에 따른 성능인증 등급 기준

등급	반복재현성	상대정밀도	자료획득률	정확도	결정계수
1	80% 초과	80% 초과	80% 초과	80% 초과	0.8 초과
2	70% 초과 80% 이하	70% 초과 80% 이하		70% 초과 80% 이하	0.7 초과 0.8 이하
3	60% 초과 70% 이하	60% 초과 70% 이하		50% 초과 70% 이하	0.6 초과 0.7 이하
등급 외	60% 이하	60% 이하	80% 이하	50% 이하	0.6 이하

\*출처: 환경부, 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행규칙 [별표 1]

- 성능인증기관으로부터 승인을 받은 제조·수입 판매업자는 [그림 33]과 같은 성능인증 등급표지를 간이측정기의 잘 보이는 곳에 부착하여야 함

\* 「미세먼지 간이측정기 성능인증 등에 관한 고시」 제7조



\*출처: 환경부, 미세먼지 간이측정기 성능인증 등에 관한 고시 [별표 6]

[그림 87] 미세먼지 간이측정기 성능인증 등급표지 및 QR 코드

### ○ 간이형 기상측기 성능등급 부여의 필요성

- 최근 S-DoT과 같이 특수한 관측 목적에 따라 저가형 IoT 기상센서의 활용이 증가하고 있음. 그러나, 이러한 IoT 기상센서의 경우, 생산되는 관측자료의 품질을 평가할 수 있는 기준이 없는 상황임
- 각각의 IoT 기상센서마다 현재의 측기검정을 수행하는 것은 경제적인 면에서 비효율적임
- 간이형 기상센서의 관측 품질을 개선하기 위해 센서 모델에 대한 사전 성능등급을 부여하고 그 기준을 충족하는 센서로 관측망을 구축하는 것이 필요함

○ 간이형 기상측기 성능등급 평가(안)

- 간이형 기상측기 성능등급 평가를 위하여 <표 20>과 같이 실내 성능평가와 야외환경 성능평가를 수행하여, 그 결과를 성능인증 등급 기준에 따라 종합적으로 평가하여 센서별로 등급(3 또는 5개)으로 구분하여 부여함
- 실내 성능평가와 야외환경 성능평가의 항목 및 등급 기준은 추후 연구로 결정함

<표 66> 간이형 기상측기 성능평가 기준에 따른 시험방법(안)

구분	시험방법
실내 성능평가	평가항목 : 기상측기검정대상 성능시험 항목, 반복재현성 기상환경변수 조정 가능한 가혹환경 조건의 챔버에서 평가
야외환경 성능평가	평가항목 : 자료획득률, 정확도

## 2. 기상관측시설 설치·운영에 대한 전문성 강화 방안

### 2.1 기상관측시설 설치·운영 전문기관 현황 및 시사점 검토

#### 2.1.1 기상관측시설 설치·운영 현황

##### □ 기상관측시설 설치·운영 현황

###### ○ 관측시설에 대한 구축과 관리

- 기상관측표준화법<sup>7)</sup> 개정으로 관측기관의 장은 매년 ‘소관 관측시설 구축 및 관리계획’을 수립하여 기상청장에게 검토·조정을 받아 관측시설의 구축 및 관리를 실시하여야 함
- 지자체 관측시설의 경우 유지·관리 비용이 각 지자체의 최소 예산 범위에서 자체적으로 수립·집행하고 있어 수집체계 개선 등 기상관측표준화 시책 준수가 실질적으로 어려운 실정<sup>8)</sup>이며, 소관 관측시설 구축·관리에 필요한 전문인력도 부족한 실정임
- 환경부의 대기오염측정망 중 한국환경공단에 위탁 운영중인 대기오염측정소의 경우 국가배경농도 관측망 11개소, 교외대기 관측망 27개소 등 209개소(‘21년 6월 기준, 한국환경공단 홈페이지), 운영인력 약 32인~40인으로 조사됨. 이에 비해 기상청 지상기상관측망의 경우 693개소<sup>9)</sup>, 운영인력 약 15인으로 조사되어 전문인력의 보강이 필요한 것으로 나타남

###### ○ 표준화 대상 관측시설의 체계적 관리 확대

- 기상관측표준화법(2022.12.11. 시행)의 제4조 기상관측의 표준화 추진, 제5조 관측기관의 책무, 제6조 기상관측의 표준화 사업의 실시로 기상청장은 기상관측의 표준화를 통하여 관측기관들이 정확한 기상자료를 수집할 수 있도록 표준화 시책을 마련하고 추진하여야 함. 기상관측의 표준화 체계를 확립하고 유지·발전시키기 위해 표준화 대상 관측시설의 체계적인 관리가 필요함
- 현재 지자체에서 운영 중인 기상관측시설 2,774소<sup>10)</sup>의 경우 기상관측표준화 적용 대상임에도 불구하고 앞서 언급한 바와 같이 각 지자체의 최소 예산 범위에서

7) 2022.12.11 시행, 제8조 기상관측망 구축 및 관리계획의 수립 제3항

8) 지자체 현장의견, 기상관측표준화 법제도 및 운영체계 종합정비 TF 보고서, 2021.12, 기상청

9) 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년 11월, 한국기상산업기술원

10) 2022년 상반기 기상관측시설 현황 조사결과, 기상청

유지·관리를 실시하고 있어 기상관측표준화 시책 준수가 실질적으로 어려운 실정이며, 개정된 기상관측표준화법의 기상관측망 구축 및 관리 강화방안을 이행하기 위해서는 지자체 소관 관측시설에 대한 체계적 관리가 더욱 확대될 것으로 예상되며, 유지·관리 비용의 지원이 필요함

<표 67> 지자체별 지상기상관측시설 수 현황

구분	관측기관명	전체	서울	인천	대전	부산	대구	광주	울산	세종	경기	강원	충북	충남	경북	경남	전북	전남	제주	
지방자치단체	서울특별시	141	139	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
	부산광역시	69	-	-	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	대구광역시	61	-	-	-	-	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	인천광역시	67	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	광주광역시	29	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	대전광역시	27	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	울산광역시	59	-	-	-	-	-	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	세종특별자치시	18	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	경기도	464	-	-	-	-	-	-	-	-	464	-	-	-	-	-	-	-	-	
	강원도	163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163	-	-	-	-	-	-	-	
	경상남도	299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	299	-	-	-	
	경상북도	326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	326	-	-	-	-	
	전라남도	307	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	307	-	
	전라북도	218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218	-	-	
	충청남도	237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237	-	-	-	-	-	
	충청북도	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	173	-	-	-	-	-	-	
	제주특별자치도	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116
	<b>합계</b>		2,774	139	67	27	69	61	29	59	18	466	163	173	237	326	299	218	307	116

\*출처: 2022년 상반기 기상관측시설 현황 조사결과, '22. 08. 17, 기상청

□ 타부처 사례-1: 대기오염측정망 설치·운영 전문기관(한국환경공단)

○ 설립배경

- 환경오염방지·환경개선·자원순환촉진 및 기후변화대응을 위한 온실가스 관련 사업을 효율적으로 추진함으로써 환경친화적 국가발전에 이바지함을 목적으로 설립함
- 2009년부터 대기오염측정망에 대한 설치·운영 업무를 위탁받아 수행중임

○ 대기오염측정망 설치 및 운영 근거

- 대기환경보전법 제3조 및 시행령 제66조: 환경부장관은 측정망 설치 및 대기오염도의 상시 측정<sup>11)</sup> 업무를 한국환경공단에 위탁함
- 위탁 업무: 측정망 설치 및 대기오염도의 상시 측정, 대기오염도에 관한 전산망 구축·운영, 측정망 설치에 필요한 토지·건축물 또는 그 토지에 정착된 물건을 수용 또는 사용 등

○ 대기오염측정망 설치·운영 업무범위

한국환경공단(수도권외 국가대기오염측정망 운영·관리, 정보시스템 운영·관리)

- 「대기환경보전법 제3조 및 시행령 제66조」에 의한 국가대기오염측정망 운영관리
- 상시 측정한 대기오염도 자료는 전산망을 이용하여 국가대기오염정보관리시스템(NAMIS)에서 수집·선별 및 통계 처리
- 국민의 건강보호와 알권리 충족을 위해 Airkorea를 통해 전국의 대기오염도를 실시간 공개
- 공공정보로서 실시간 측정자료 제공(「행정안전부 공공정보제공 지침 제2조」)

11) 수도권대기환경청의 관할구역 외의 지역에서의 장거리 이동 대기오염물질 외의 오염물질에 대한 것만 해당

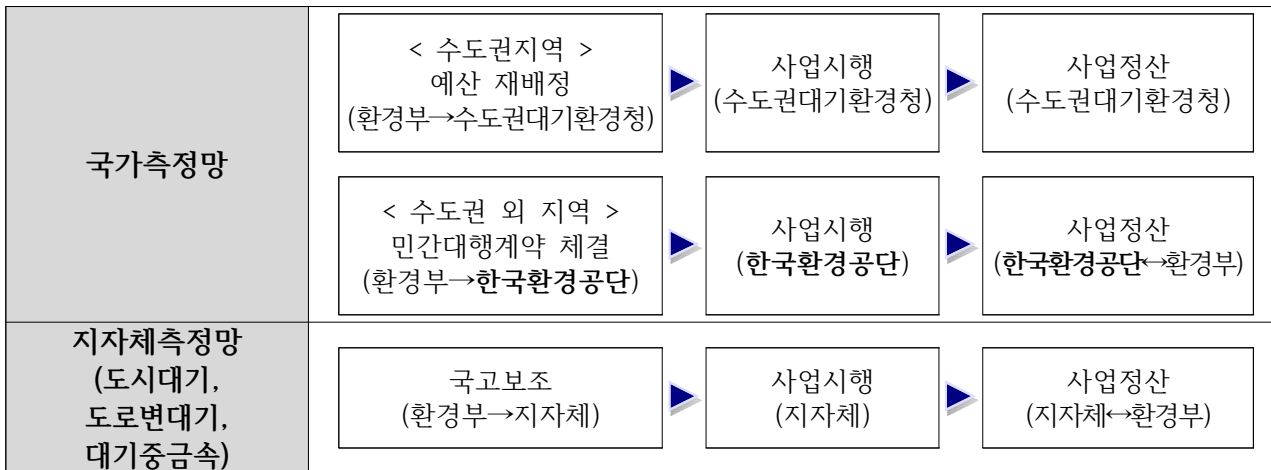
○ 대기오염측정망 설치·운영 역할 및 구축사업 추진체계

- 대기오염측정망 설치·운영 역할

기관구성(대기오염측정 분야)		역할
한국 환경 공단	대기정책지원부 (15명)	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기측정망정보시스템 사업계획 수립</li> <li>대기측정망정보시스템 구축·고도화·품질관리</li> <li>측정자료 분석, 측정망관련 민원업무</li> </ul>
	대기측정망부 (15명)	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기측정소 구축·이전·운영·관리</li> <li>대기오염측정망 지자체 등 기술지원</li> <li>이동측정차량 운영</li> </ul>
	지역본부 8개소 대기관리부 (2~10명)	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기측정망 운영·관리(55소)</li> </ul>

\*출처: 기상청 계측표준협력과 제공자료, 타부처 사례(환경부 대기오염 측정망 운영)

- 대기오염측정망 설치사업 추진체계(수도권 및 이외 지역)



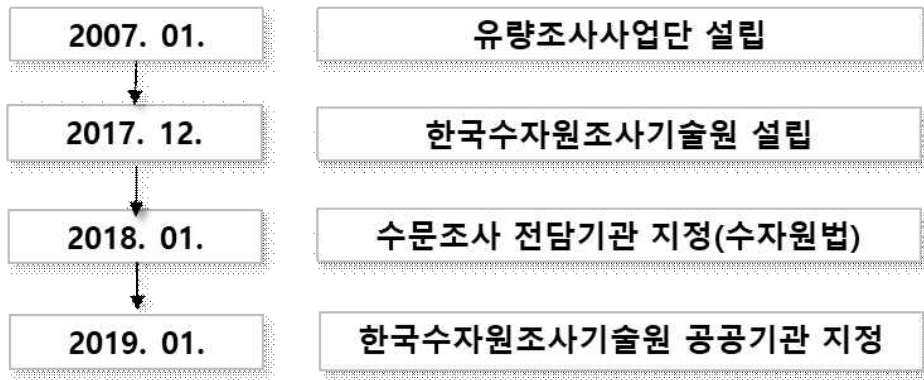
\*출처: 기상청 계측표준협력과 제공자료, 타부처 사례(환경부 대기오염 측정망 운영)

□ 타부처 사례-2: 유량조사시설 설치·운영 전문기관(한국수자원조사기술원)

○ 설립배경

- 유량측정에 대한 정량적인 수량관리 필요성 인식으로 여러 기관의 분산 수행, 자료의 정확성 및 일관성 결여, 전문인력의 지속적인 확보 어려움 등과 같은 문제가 발생함
- 2007년 수문조사를 체계적이고 전문적으로 추진하기 위하여 유량조사사업단을 설립하고 2017년에 이를 승계한 국내 최초 수자원 조사 전문기관인 한국수자원조사기술원을 설립함





[그림 88] 한국수자원조사기술원 연혁

○ 한국수자원조사기술원 설치 근거

- 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률 (수자원법)  
(9조 제6항) ‘환경부장관은 수문조사 시행을 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 수문조사 전담기관을 지정하고, 수문조사 업무를 수행하게 할 수 있다.’  
(시행령 제8조 제1항) 수문조사 전담기관 지정 요건
  - ① 공공기관 또는 비영리법인
  - ② 수문조사 업무를 전문적으로 수행하는 기관일 것
  - ③ 수문조사 업무 수행에 필요한 전담조직 및 30명 이상의 상근 전문 인력을 갖출 것

○ 한국수자원조사기술원 역할

- 수문조사(주요사업): 유량 및 유사량 조사, 토양수분량, 증발산량 조사, 자동유량측정시설 구축 및 운영
- 수자원 정부위탁사업: 수문조사 종사자 교육, 조사기기 검정, 전국 하천유역조사
- 연구사업 및 국제협력: 연구개발, 수문조사 표준화, 국제협력

○ 한국수자원조사기술원 구성

- 2007년 90여명의 수자원 분야의 전문 인력으로 출발(박사 6명, 석사 37명, 학사이하 48명)
- 2022년 6월 현재 약 227명으로 구성



[그림 89] 한국수자원 조사기술원 조직 구성도(www.kihs.re.kr)

## 2.1.2 기상관측시설 설치·운영 전문기관 시사점 검토

### □ 기상관측시설 설치·운영의 문제점 검토

#### ○ 관측시설 운영인력 및 전문성 부족

- 한국환경공단 국가대기오염측정망 209개소<sup>12)</sup>를 관리하는 인력은 32-40명 정도이고, 한국수자원조사기술원 유량관측소 244개소<sup>13)</sup>를 관리하는 인력은 227명인 반면에, 기상청 지상기상관측망 693개소를 관리하는 운영인력은 약 15인 정도로 절대적인 운영인력 수에서 매우 부족한 상황임
- 기상청을 제외한 관측기관(지자체 등)에 기상 관련 전문가가 매우 부족함. 지자체의 경우 순환보직 등과 같이 한 업무를 지속적으로 전담하여 관리하는 인력이 거의 없으며, 기상 관련 업무가 주요 업무가 아닌 부수적인 업무 중 하나임. 따라서 기상관측시설 운영 및 관리의 전문성을 증진하는 것이 중요함

#### ○ 관측자료의 통합관리 미흡

- 관측메타데이터시스템(<https://omds.kma.go.kr>)은 기상청에서 운영 중이며 유관기관 4,000여개의 공동활용 관측시설에 대한 환경정보의 분석, 처리, 분류, 평가 등의 업무 지원을 위한 시스템임. 관측메타데이터시스템에서는 메타데이터, 시설등급, 품질관리계획, 자료율 등을 확인 가능함
- 방재기상정보시스템(<http://afso.kma.go.kr>)은 기상청에서 운영 중이며 기상청으로 수집된 타 관측기관의 기상관측자료를 표출하고 있음. 기상청의 기상자료의 경우는 실시간으로 모니터링하여 자료의 결측 및 오류에 즉시 대응하고 있음. 그러나 관측기관 기상자료는 결측 및 오류 이슈가 발생하더라도 실시간 대응이 되고 있지 않음
- 현재 일부 관측기관(산림청, 농진청, 홍수통제소)에서 생산되는 관측자료는 각 기관이 수집 및 품질관리를 하고 있으며, 관측자료 제공 플랫폼, 웹페이지<sup>14)</sup> 등 자체

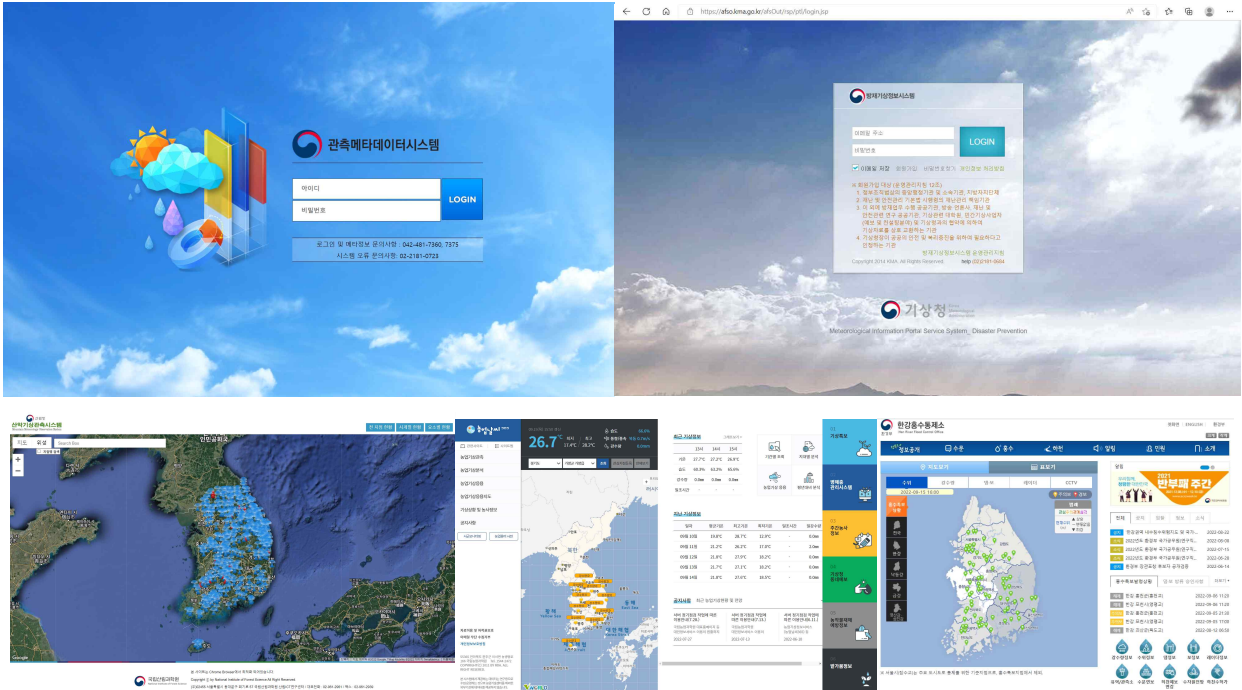
12) 21년 6월 기준, 한국환경공단 홈페이지 참조, <https://www.keco.or.kr/kr/business/climate/contentsid/1529/index.do>

13) 한국수자원조사기술원 홈페이지 참조, [https://www.kihs.re.kr/kor\\_sub/biz/gate\\_survey.do](https://www.kihs.re.kr/kor_sub/biz/gate_survey.do)

14) 산림청 산악기상관측시스템, <http://mw.nifos.go.kr/Main/>, 농진청 농업날씨 365, <http://weather.rda.go.kr/w/>, 홍수통제소 <http://www.hrfco.go.kr/main.do>

시스템을 구축하여 관리하고 있음

- 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 기상청 기상자료뿐만 아니라 각 관측기관에서 생산되는 자료를 한 번에 수집, 품질관리, 정보조회, 감시, 결측이나 오류 자료에 대한 알람 등 실시간으로 통합하여 관리할 수 있는 시스템과 이를 운영할 수 있는 전문기관이 필요함



[그림 90] 기상청 관측메타데이터시스템, 기상청 방재기상정보시스템, 산림청 산악기상관측시스템, 농진청 농업날씨 365, 홍수통제소 웹페이지 모습

## 2.2 기상관측시설 운영·관리체계 개선 방안

### 2.2.1 기상관측시설 운영·관리체계 개선의 필요성

#### □ 기상관측망 구축 및 관리 전담기관 설치 필요성

##### ○ 기상관측표준화법 개정(2022.06.10.)

- 제8조: 기상관측망 구축 및 관리 (관측시설 등급 부여 등 포함)
- 제8조: 기상관측망 구축 및 관리계획 수립 등
- 제8조의2: 관측시설에 대한 등급 부여 등

개정조항	제8조(기상관측망 구축 및 관리): 제1항 및 제2항								
개정 전	① 기상청장 기상관측망 구성 및 관리 시책 마련, 타 관측기관장과 협의 ② 타 관측기관장 관측시설 설치·교체·이전 또는 폐지 시 서면통보								
개정 후	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 70%;">기상관측망 구축 및 관리계획 수립 (기상청장)</td> <td>제1항</td> </tr> <tr> <td>관측시설 구축 및 관리계획 작성지침 (기상청장 -&gt; 관측기관장)</td> <td>제2항</td> </tr> <tr> <td>소관 관측시설 구축 및 관리계획 (관측기관장 &lt;-&gt; 기상청장(검토·조정))</td> <td>제3항, 제4항</td> </tr> <tr> <td>소관 관측시설 구축 및 관리 (관측기관장)</td> <td>제5항</td> </tr> </table>	기상관측망 구축 및 관리계획 수립 (기상청장)	제1항	관측시설 구축 및 관리계획 작성지침 (기상청장 -> 관측기관장)	제2항	소관 관측시설 구축 및 관리계획 (관측기관장 <-> 기상청장(검토·조정))	제3항, 제4항	소관 관측시설 구축 및 관리 (관측기관장)	제5항
기상관측망 구축 및 관리계획 수립 (기상청장)	제1항								
관측시설 구축 및 관리계획 작성지침 (기상청장 -> 관측기관장)	제2항								
소관 관측시설 구축 및 관리계획 (관측기관장 <-> 기상청장(검토·조정))	제3항, 제4항								
소관 관측시설 구축 및 관리 (관측기관장)	제5항								

[그림 91] 개정된 기상관측표준화법

- 관련 법 개정에 따라 관측시설에 대한 사전 조정기능과 표준화시책 준수가 강화되며, 기상청의 범국가적 기상관측망 설치계획 통합·조정·심의 및 표준화시책 미준수 시 시정권고 등 행정제재 적극 조치 등의 제도적 개선은 이루어짐
- 매년 관측기관의 기상관측업무종사자는 관련 교육을 이수하고 있으나 관측기관의 관측자료 결측률 및 관측시설 장애 건수는 개선되지 않고 있음. 지자체를 포함한 다수의 관측기관에서는 기상관측시설의 설치, 유지관리 계약과 같은 행정적인 업무에만 치중하고 있어, 기상자료의 실시간 감시 등 고품질의 기상관측자료를 관리하는데 한계가 있음. 타 관측기관의 기상자료를 기상청 수준으로 생산 및 관리할 수 있는 전문성을 가진 전담기관이 필요함
- 운영방향과 관측기관의 관측시설 설치 등 자체계획 수립 제출 및 표준화시책 준수 등의 강화방안이 요구되며, 이에 따른 관측시설 설치·운영 전담기관이 필요함

- 개정 기상관측표준화법(22. 12. 11 시행)의 ‘관측시설 구축 및 관리계획 수립지침’에 따라 관측기관의 장은 매년 소관 관측시설의 구축 및 관리를 실시하여야 하며, 관측기관의 기상관측장비 설치·운영·유지 관리 등 전문성 보완 및 표준화·공동 활용 준수 지원 등 관측장비 관리수준 향상 방안의 일환으로 기상전문기관 지정 또는 기상청 산하 공공기관인 한국기상산업기술원의 역할 확대 방안의 검토가 필요함

○ 기상관측 전문기관 역할

- 기상관측 전문기관은 관측자료의 수집, 실시간 감시시스템 운영 및 장애 통보·조치 등의 수집·감시 체계 개선과 기관별 관측자료 공동활용시스템 운영 등을 주관하여 기상관측 전반에 대한 전문성과 일관성을 확보하는 역할을 함
- 관측자료의 품질관리, 관측시설 수시점검 및 작업관리, 기상관측장비 관측시설 환경개선 및 유지관리 감독, 관측시설 설치·교체·이전 또는 폐지를 위한 환경분석 및 기술지도 등 관측시설 전반에 걸친 통합관리 역할을 함

○ 유사 사례 비교

- 환경부의 대기오염측정망 설치·운영 사례를 참고하여 기상전문기관 설치를 검토하였으며, 기상관측에 관한 전반적인 업무를 전담할 수 있는 신규 기관을 설립하는 방안과 현재 기상청 산하 공공기관인 한국기상산업기술원의 기상관측시설 유지관리 기능 강화 및 확대 방안으로 구분하여 검토함

<표 68> 관측시설 설치·운영 사례 및 검토

구분	기상청(안)	환경부 (대기오염측정망 설치·운영 지침)
총괄관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측망에 관한 업무 총괄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대기오염측정망에 관한 업무 총괄</li> </ul>
측정자료 분석·평가 및 종합관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상청 국가기후데이터센터               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반관측망 및 특수관측망 기상관측자료 전송 받아 국가 및 지역별 기상자료 관리</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 국립환경과학원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대기오염 정보관리시스템 모든 측정자료 전송 받아 국가 및 지역별 대기질 종합 분석·평가·확정하고 환경부에 보고</li> </ul> </li> </ul>
지자체 측정망 총괄 운영·관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측 전문기관 신규 설치(안)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기상관측표준화법 개정에 따라 기상청을 포함한 다른 관측기관의 소관 관측시설 구축 및 관리 전담기관 필요</li> </ul> </li> <li>▪ 한국기상산업기술원의 기상관측시설 유지관리 기능 강화 및 확대(안)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기상청 및 지자체 소관 관측망에 대한 구축 및 관리 전담기능 확대</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시·도 보건환경연구원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관할 구역 내 측정망의 설치 및 운영 관리</li> </ul> </li> </ul>
국가 측정망 운영·관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국기상산업기술원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가기상관측망 운영·관리</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국환경공단               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가대기오염측정망 운영·관리</li> </ul> </li> </ul>

※ 지자체 관측시설 총괄 운영·관리는 다양한 방안을 고려해 볼 수 있음



## 2.2.2 기상관측 운영·관리체계 개선 방안

### □ 기상관측 전문기관 신규 설치(안)

#### ○ 기상관측 전문기관(안) 설치 근거

- ‘기상관측표준화법 제8조(기상관측망구축 및 관리계획의 수립 등)’의 일부 개정을 통하여 기상관측 전담기관 설치 근거를 마련함
- (제8항 추가(안)) 기상청장은 기상관측망구축 및 관리를 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 기상관측 전담기관을 지정하고 기상관측망 구축 및 관리 업무를 수행하게 할 수 있음
- 기상관측 전담기관의 지정·운영, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정함(시행령으로 규정)

#### ○ 기상관측 전문기관 역할

- 기상관측망 설치 및 운영에 관한 전문기관을 신설하는 방안으로 전국의 지상기상관측망의 전문성을 고려하여 통합 관리함
- 기상관측 전문기관이 수행하는 역할은 다음과 같음
  - 기상청의 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무 사업(<표 23>)

<표 69> 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무

구분	사업 내용	
1. 구매	▪ 자동기상관측장비 교체	노후 자동기상관측장비 교체(ASOS, AWS), 노후 운고계 및 시정계 교체
	▪ 적설관측장비 보강	적설관측장비 보강
	▪ 도로기상관측망 확충	도로기상관측망 확충
2. 유지관리	▪ 지상기상관측장비	ASOS, AWS, 이동형 기상관측장비, 국지수집장치, 안개 관측장비, 레이저식 적설계, 자외선 관측장비, 통합센서, 직달일사관측장비
	▪ 황사관측장비	PM10, OPC
	▪ 기상관측 종합관리시스템 운영	기상관측종합관리시스템 운영 및 유지관리
	▪ 기상관측 종합관리시스템 기능 개선	기상관측종합관리시스템 기능 개선
	▪ 기상관측표준화 운영 및 관측환경 개선	육상녹화, 지면개선 등, 메타정보 조사 등록
	▪ 황사위탁기상관측	황사위탁기상관측

\*출처: 2022년 지상기상관측 장비 구매·유지관리 대행역무 세부사업계획서, 2022년, 한국기상산업기술원

- 관측시설 설치·교체·이전 또는 폐지를 위한 환경분석
- 기상관측시설 환경개선
- 관측자료 통합 및 실시간 모니터링 시스템 운영, 품질관리
- 기상관측 종사자 교육(민간자격증) 및 기술지도
- 기상관측종합관리시스템 운영 및 기능 개선



· 기상관측표준화 추진 및 관측환경 개선

○ 소요 인력

- 현재 기상청의 지상기상관측장비 693소(11종 1,313대)에 대한 ‘22년도 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무사업 세부사업계획서(2022.01. 한국기상산업기술원)’의 대행역무사업 참여 인력 현황(본부장 포함 14인)을 참고하여 산술적으로 계산하면 관리인력 1인당 약 50소(49.5소/1인)로 산정됨
- 기상관측 전문기관을 신설하여 5,156소의 기상관측시설을 관리하는 역할을 담당한다는 가정으로 인력을 산정하면 다음과 같음
  - 5,156소(2022년 상반기 기준)/49.5소(1인) = 105인
  - 경영기획(기획, 행정, 안전 등) 인력의 경우, 한국기상산업기술원(총 163인 중 기술인력 128인, 관리인력 35인(27.3%) 홈페이지 조직도 참조)의 구성인력을 참고하여 산정하면 약 30인(105인×27.3% 및 단체장 포함)으로 산정됨
- 기상관측 전문기관 신설 시 기술 인력 105인과 경영기획 인력 30인 등 최소 135인 이상의 인력이 필요함

□ 한국기상산업기술원 역할 강화 및 확대(안)

○ 한국기상산업기술원 지상기상관측장비 유지관리 대행역무 사업 현황

- 기상청은 지상기상관측장비 693개소<sup>15)</sup>를 효율적·안정적으로 운영하기 위하여 매년 기술력과 자격을 보유한 전문 유지관리 업체를 선정하여 관리하고 있으며, 한국기상산업기술원은 지상기상관측장비 유지관리 용역에 대한 세부계획 수립 및 제안, 사업계획 검토·조정, 기술평가 및 관리와 현장검정 업무를 대행역무 사업으로 수행하고 있음
- 지상기상관측장비 유지관리 용역 추진체계



[그림 92] 지상기상관측시설 유지관리 용역 추진체계(2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년, 한국기상산업기술원)

15) 11종 1,313대, 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년 11월, 한국기상산업기술원

<표 70> 지상기상관측시설 유지관리 용역 추진체계에 따른 주요 역할

구분	주요 역할
총괄 (기상청 관측정책과)	<ul style="list-style-type: none"> <li>용역사업 총괄 감독</li> <li>단계별 추진사항에 대한 의사결정</li> </ul>
운영기관 (기상관서)	<ul style="list-style-type: none"> <li>담당 기상장비의 관리·운영</li> <li>유관기관 협업·지원</li> </ul>
수요기관 (한국기상산업기술원)	<ul style="list-style-type: none"> <li>용역사업 세부계획 수립 및 제안요청서 작성</li> <li>용역사업 계획 검토·조정, 원가계산 및 발주, 제안서 기술평가</li> <li>용역사업 관리, 사업비 집행 관리 등</li> </ul>
계약이행(계약상대자)	<ul style="list-style-type: none"> <li>계약의 이행</li> </ul>
한국기상산업기술원(지역팀)	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장검정 업무 수행</li> </ul>

\*출처: 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년, 한국기상산업기술원

- 지상기상관측장비 유지관리 용역 사업대상 및 내용

<표 71> 지상기상관측장비 유지관리 용역 사업대상 및 계약추진 내용

구분	내 용
1. 사업대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>종관용 자동기상관측장비(ASOS): 98대</li> <li>방재용 자동기상관측장비(AWS): 523대</li> <li>이동형 기상관측장비(PAWS): 23대</li> <li>국지수집장치(LAU): 22대</li> <li>안개관측장비: 92대</li> <li>레이저식 적설계: 407대</li> <li>자외선 관측장비: 11대</li> <li>통합센서: 25대</li> <li>직달일사관측장비: 7대</li> <li>※ 지상기상관측장비 693개소 (11종 1,313대)</li> </ul>
2. 사업수행내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>지상기상관측장비 정기점검, 수시점검, 긴급보수, 유지관리, 성능개선 등</li> </ul>
3. 계약추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업예산: 1,886,990천원</li> <li>계약방식: 일반경쟁(협상에 의한 계약)</li> <li>계약기간: 1년</li> </ul>

\*출처: 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년, 한국기상산업기술원

- 한국기상산업기술원의 지상기상관측장비 유지관리 대행역무사업(구매 및 종합관리 시스템 운영 등의 인력 제외) 참여 인력: 장비사업실장 포함 5인

○ 한국기상산업기술원 역할 강화 및 확대 방안

- 한국기상산업기술원은 기상청의 지상기상관측장비 유지관리는 물론 기상관측장비의 구매와 종합관리시스템 운영 및 개선, 기상관측표준화 운영 및 관측환경 개선 등의 대행역무 사업에 약 15인의 인력이 참여(유지관리 인력 5인 포함)하고 있음
- 기상관측표준화법 개정에 따라 표준화시책 준수가 강화될 경우 현재의 인력으로는 관측시설의 유지관리에 한계가 있을 것으로 예상됨
- 한국기상산업기술원은 현재 기상청의 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무를 맡고 있으며, 향후 지자체 등에서 관측시설 유지관리에 대한 위탁할 경우를 대비하여 기술원의 지역 센터 확대 방안 등을 포함하여 예산 및 인력을 확보 방안을 마련할 필요가 있음

## □ 기상관측 전문기관 지정(안)

### ○ 기상관측 전문기관 지정·운영

- 관측기관은 기상관측시설 운영·관리 업무를 부가 업무로 인식하여 상시 자료 감시, 품질관리 등을 위한 기상 전문성을 갖춘 별도 조직 구성·운영 필요성의 인식이 부족함. 자체 운영 중인 관측시설 장애 모니터링, 자료 품질관리 등 기상관측시설 운영·관리 업무를 수행할 전담 조직 부재로 고품질 기상관측자료 생산이 어려움
- 고품질의 기상관측자료 확보 및 공동활용 효율성 증대를 위해 실시간 감시·장애 대응 등 신속한 의사결정, 관측자료 품질관리, 기상관측장비 점검·교체, 예비품 확보 등 기상청 운영·관리 수준의 기상 전문성을 갖춘 별도의 전문기관을 지정·운영 필요함
- 기상관측 전문기관을 일정 수준의 전문성을 갖춘 비영리법인 또는 단체로 지정하여 기상관측시설 운영·관리에 대한 역할을 위탁하여 관리할 수 있도록 함

### ○ 기상관측 전문기관 지정·운영 법제도적 근거 마련

- 기상관측 전문기관 지정·운영을 위한 법적 근거 마련이 필요하며, 이를 위해 관련 근거자료 확보 및 법령 개정안 마련을 위한 연구용역 수행도 필요할 것으로 판단됨

## 2.2.3 기상관측 운영·관리체계 개선에 따른 상생 방안

### □ 개선에 따른 예상 민원 및 마찰

- 기상관측표준화법 개정에 따른 표준화시책 준수 강화가 불가피할 것으로 예상됨
- 대부분의 지자체는 자체적으로 민간업체와 기상관측시설 유지관리 용역을 통해 관측시설 유지관리를 수행하고 있어, 기상관측시설 설치 및 운영·유지관리를 위한 기상관측 전문기관을 운영할 경우 민간업체의 반발이 있을 가능성이 있음

### □ 기상관측 운영·관리체계 개선에 따른 상생 방안

#### ○ 민간업체의 관측시설 설치·운영 위탁관리 병행 관련 타부처 사례

- 환경부의 대기오염측정망 설치·운영지침의 위탁관리 기준을 참고하여 기상관측망에 대한 위탁관리 기준을 마련하고, 관측시설 설치 및 운영 전문인력에 대한 기준규모 이상 인원수 확보 등의 기준을 충족할 경우 민간업체가 관측시설의 설치·운영에 참여할 수 있는 제도를 병행함
- <표 26>은 대기오염측정망의 설치 및 운영 위탁관리에 대한 일반사항과 위탁관리 기관의 기술인력 및 장비보유 기준에 관한 사항임

**<표 72> 대기오염측정망의 설치 및 운영 위탁관리에 대한 일반사항과 위탁관리 기관의 기술인력 및 장비보유 기준**

구분	내용
제2장 대기오염측정망의 설치 및 운영 1. 일반사항 바. 위탁관리	1) 측정 자료의 신뢰도 제고를 위하여 대기오염 자동측정소에 설치되어 있는 모든 측정 장비(대기오염 이동측정차량, 산성강하물측정기 등 포함)는 [별표 5]에 정의된 기술인력 및 장비보유 기준을 충족하는 자에게 위탁하여 관리할 수 있다. 2) 대기오염자동측정소를 위탁 받은 기관의 업무는 다음 사항을 포함할 수 있다. 가) 월 1회 정기점검(표준교정기에 의한 교정포함) 나) 기기이상 및 고장발생시 수시점검 다) 대기측정망의 경우 원격점검 구성이 되어 있는 측정소에 한하여 원격점검을 할 수 있다. 단, 주간점검의 경우 연 50% 이상은 원격으로 할 수 없음. 라) 기타 환경부장관 또는 시·도지사가 필요하다고 인정하는 사항 마) 측정망 운영담당자에 대한 정기교육 실시(국가측정망 위탁관리기관에 한함) : 연 1회
[별표 5] 대기측정망 위탁 관리기관의 기술인력 및 장비보유 기준	○ 기술인력: 행정구역(광역 지자체)내 5개 이하 측정소를 기준으로 4인 필요 - 고급기술자 1인, 중급기술자 2인, 초급기술자 1인 - 1개 측정소 추가마다 이동거리 등을 고려하여 기술인력 추가(0.5인/개소) ※ 기술인력 추가 시 중급기술자와 초급기술자의 비율은 1:1 이상을 유지하여야 한다. (중급기술자수 / 초급기술자수 ≥ 1) ○ 점검수행 - 측정망 위탁관리를 수행하는 경우 측정소 간의 이동시간, 점검시간 등을 고려하여 최대 1일 4개 측정소까지 점검 가능 ※ 엔지니어링 산업진흥법 시행령 제3조에 따른 [별표1] 엔지니어링 기술분야는 환경부문, 기계부문, 전기부문에 한한다. 동법 시행령 제4조에 따른 [별표2] 엔지니어링 기술자의 등급 기준을 적용한다.

\*출처: 환경부·국립환경과학원, 대기오염측정망 설치·운영지침, 2021.

○ 기상관측 운영·관리체계 개선에 따른 민간업체 상생 방안

- <표 27>은 기상관측장비 유지관리 용역 제안 시 투입인력에 대한 요구사항임. 용역 책임자를 포함하여 23명 이상<sup>16)</sup>을 제안하도록 규정하고 있음<sup>17)</sup>. 이는 앞서 언급한 바와 같이 지상기상관측장비 693개소(11종 1,313대)<sup>18)</sup>의 효율적·안정적으로 운영하기 위하여 매년 기술력과 자격을 보유한 전문 유지관리 업체를 선정하기 위한 기준임  
 ※ 권역: 서울·경기권, 충청권, 강원권, 호남권, 영남권, 제주권을 말함
- 향후 지자체 및 국가 공공기관에서 운영 중인 지상기상관측시설 5,156소<sup>19)</sup>의 유지·관리가 강화될 경우, 단순히 관측소 수치만으로 비교하여도 현재에 비해 약 7-8배의 전문 유지관리 인력이 필요함

16) 제주를 제외한 권역별 4명 이상, 제주권역 2명, 기상청 1명

17) 한국기상산업기술원, 2022년 지상기상관측장비 유지관리 용역 제안요청서

18) 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년, 한국기상산업기술원

19) 2022년 상반기 기상관측시설 현황 조사결과, 기상청

<표 73> 지상기상관측장비 유지관리 용역 제안 요구사항(투입인력)

구분	내용
자격분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 유·무선설비, 전기·전자, 정보통신, 대기, 환경, 기상분야 등</li> </ul>
자격기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 용역책임자(PM): 반드시 주사업자 소속 팀장 이상 직급의 직원으로 본 용역사업을 총괄할 수 있는 전문기술 인력</li> <li>▪ 책임기술자: 유·무선설비, 전기·전자, 정보통신, 대기, 환경, 기상분야 중 정보통신공사협회 및 한국엔지니어링협회의 기준에 따른 기술등급이 중급기술자 이상</li> <li>▪ 기술자: 유·무선설비, 전기·전자, 정보통신, 대기, 환경, 기상분야 중 하나 이상의 기능사 이상 자격취득 후 관련 경력(4년 또는 산업기사 이상의 자격증 취득자) 이상 또는 정보통신공사협회 및 한국엔지니어링협회의 기준에 따른 기술등급이 초급기술자 이상</li> </ul>
수행업무	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상관측장비 정기점검, 수시점검, 긴급보수, 유지관리, 성능개선 등</li> </ul>

\*출처: 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021년, 한국기상산업기술원

- 환경부의 사례를 참고하여 기상관측 전문기관 운영 시 일정한 자격을 갖춘 민간업체를 참여시켜 관측시설 운영·유지관리 역할을 분담함
- 기술인력: 행정구역 권역을 기준으로 서울·경기권 8인 이상, 충청권 8인 이상, 강원권 8인 이상, 호남권 10인 이상, 영남권 10인 이상, 제주권 5인 이상
- 시설기준: 관측시설 위탁관리를 수행하는 경우 관측소 간의 이동시간, 점검시간 등을 고려하여 최대 1일 10개 관측소까지 점검 가능
- 민간업체의 의견 수렴을 위하여 공청회 개최 등을 통해 민간업체와의 사전 의견 조율 및 지속적인 협의가 필요함

## 2.3 시설 설치·운영 관련 자격증 제도 현황 및 민간·관측기관 전문성 강화 방안

### 2.3.1 시설 설치·운영 관련 전문 자격 현황 조사

#### □ 기상관측시설 설치·운영에 필요한 전문 역량 분야

- 기상: 센서의 설치 환경 및 설치 고도, 자료 수집 주기 결정
- 광학: 광학 방식의 센서 및 장비 운영 및 자료의 해석
- 하드웨어: 센서로부터 자료 수집, 저장 및 처리하는 하드웨어 구성
- 소프트웨어: 자료의 수집, 변환 및 표출
- 전기 분야: 전원 공급
- 통신 분야: 근거리, 원거리 관측자료의 전송

#### □ 기상관측시설 설치·운영 관련 학과

- 기상관련: 대기과학과, 천문학과, 항공우주공학과, 항공운항학과
- 환경관련: 지구환경과학과, 환경공학과, 환경과학과
- 기타: IT융합학과, 기계공학과, 기계설계공학과, 메카트로닉스공학과, 모바일시스템공학과, 무인항공학과, 물리학과, 소프트웨어공학과, 시스템공학과, 응용소프트웨어공학과, 전기공학과, 전기전자공학과, 전기제어공학과, 전자공학과, 정보보호학과, 정보통신공학과, 제어계측공학과, 지구정보공학과, 컴퓨터공학과, 컴퓨터과학과, 토목공학과, 통계학과

\*참고: 커리어넷 홈페이지 (<https://www.career.go.kr/cnet/front/main/main.do>)

## □ 국가자격·국가공인 민간자격증 현황

<표 74> 기상관측시설 설치·운영 관련 자격증 현황

구분	국가기술자격증	국가공인 민간자격증	등록 민간자격증
기상관련	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상기사</li> <li>기상감정기사</li> <li>기상예보기술사</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상장비관리사</li> </ul>
환경관련	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기환경기사</li> <li>대기관리기술사</li> </ul>	-	-
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>전기기사</li> <li>광학기사</li> <li>정보처리기사</li> <li>빅데이터분석기사</li> <li>정보통신기사</li> <li>무선설비기사</li> <li>전파전자통신기사</li> <li>정보보안기사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SQL(Structured Query Language)</li> <li>데이터분석</li> <li>데이터아키텍처</li> <li>디지털정보활용능력(DIAT, Digital Information Ability Test)</li> <li>리눅스마스터</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>코딩능력마스터</li> <li>파이썬마스터</li> </ul>

\*참고: 한국산업인력공단 홈페이지 (Q-Net, <https://www.q-net.or.kr/man001.do?gSite=Q>)  
민간자격정보서비스 홈페이지 (PQI, <https://www.pqi.or.kr/indexMain.do>)

### ○ 기상관련 국가기술자격증

#### - 기상기사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 정확한 기상예측은 국민의 편의를 도모하며, 사전에 인적, 물적 피해를 예방하는 기능을 함. 이를 위해 기상 및 천문 관측장비를 사용하여 정확하게 기상예보 업무를 수행할 수 있는 기술인력이 필요하게 되어 자격제도가 제정됨
- 수행직무: 기류의 방향, 속도, 기압, 온도, 습도 및 기타 지구대기의 물리적 특성과 이들에 영향을 미치는 요인을 조사, 탐구하여 기상도를 작성하며 장·단기 기상예보를 위한 관측된 자료를 분석, 발표하는 직무를 수행함
- 필기: 기상관측법, 대기열역학, 대기운동학, 기후학, 일기분석 및 예보론
- 실기: 일기분석 및 예보 실무



- 기상감정기사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 기상감정기사는 기상의 영향을 분석하는 당사자들의 이해관계에 밀접한 영향을 미치게 되는 것으로 높은 전문성과 공정성이 요구되는 업무로 날씨보험, 기상관련 파생상품 거래에 대한 수요자의 요구에 따라 기상현상을 과학적으로 규명할 수 있는 자격임
- 수행직무: 기상 공학적 기술이론 지식을 가지고 조사·확인·분석·감정 등 과거 특정 지역·기간의 기상현상에 대한 구체적인 실제 기록이 부재한 경우 해당 기상현상을 과학적으로 추정하고, 그 기상현상이 특정 사건에 미칠 수 있는 영향을 감정 평가한 의견을 제시하는 직무임
- 필기: 일반기상학, 기상관측법, 일기해석, 기상통계, 감정일반
- 실기: 기상감정 실무

- 기상예보기술사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 수행직무: 지구표면과 대기 각층의 각종 기상요소 관측자료를 토대로 이들의 물리과정을 분석하고 기상현상의 발생·발달과 예측하는 업무와 이들 결과물을 응용하는 업무를 수행함
- 응시자격: 기사 취득 후 실무경력 4년, 대학 졸업 후 실무경력 6년, 관련분야 실무경력 9년 등
- 필기: 실황예보, 단기예보, 중·장기예보, 산업기상예보 및 그 응용에 관한 사항
- 면접: 실황예보, 단기예보, 중·장기예보, 산업기상예보 및 그 응용에 관한 전문 지식/기술, 품위 및 자질

## ○ 환경관련 국가기술자격증

### - 대기환경기사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 경제의 고도성장과 산업화를 추진하는 과정에서 필연적으로 수반되는 오존층과, 온난화, 산성비 문제 등 대기오염이라는 심각한 문제를 일으키고 있음. 이러한 대기오염으로부터 자연환경 및 생활환경을 관리·보전하여 쾌적한 환경에서 생활할 수 있도록 대기 환경 분야에 전문기술인 양성이 시급해짐에 따라 자격제도가 제정됨
- 수행직무: 대기 분야에 측정망을 설치하고 그 지역의 대기오염상태를 측정하여 다각적인 연구와 실험분석을 통해 대기오염에 대한 대책을 강구하고, 대기 오염물질을 제거 또는 감소시키기 위한 오염방지시설을 설계, 시공, 운영하는 업무를 수행함
- 필기: 대기오염개론, 연소공학, 대기오염방지기술, 대기오염공정시험기준(방법), 대기환경관계법규
- 실기: 대기오염방지실무(대기오염방지기술, 가스처리, 입자처리, 대기오염 측정 및 관리)

### - 대기관리기술사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 대기환경기사와 동일
- 수행직무: 환경분야의 기술사 자격 중에서 응시자격의 대기관리 분야에 관한 고도의 전문지식과 실무경험에 입각한 계획, 연구, 설계, 분석, 시험, 운영, 평가 또는 이에 관한 지도, 감리 등의 기술업무를 수행함
- 필기: 대기오염의 현상과 계획, 관리, 방지 및 측정기술에 관한 사항
- 실기: 대기오염의 현상과 계획, 관리, 방지 및 측정기술에 관한 전문 지식/기술

## ○ 기타 국가기술자격증

### - 전기기사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 전기를 합리적으로 사용하는 것은 전력 부문의 투자 효율성을 높이는 것은 물론 국가 경제의 효율성 측면에도 중요함. 하지만 자칫 전기를 소홀하게 다룰 경우 큰 사고의 위험이 있기 때문에 전기설비의 운전 및 조작·유지·보수에 관한 전문 자격제도를 실시하여 전기로 인한 재해를 방지하고 안전성을 높이고자 자격제도가 제정됨
- 수행직무: 한국전력공사를 비롯한 전기기기제조업체, 전기공사업체, 전기설계전문업체, 전기기기 설비업체, 전기안전관리 대행업체, 환경시설업체 등에 취업할 수 있음. 또한 전기부품·장비·장치의 디자인 및 제조, 실험과 관련된 연구를 담당하기 위해 생산업체의 연구실 및 개발실에 종사함
- 필기: 전기가학, 전력공학, 전기기기, 회로이론 및 제어공학, 전기설비기술기준
- 실기: 전기설비설계 및 관리

### - 광학기사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 광학을 이용한 기술은 안경, 확대경, 카메라, 복사기 등 일반적으로 쓰이는 광학기기 외에도 군사, 의료시술분야, 레이저응용분야, 광섬유분야, 광정보통신분야 등 매우 광범위하게 활용됨. 이와 같이 현대사회에 있어서 광학의 중요성이 날로 부각됨에 따라 광학에 관한 전문지식과 기술을 갖춘 기술인력 양성이 필요하게 됨에 따라 자격제도가 제정됨
- 수행직무: 주로 광학이론과 관련지식을 이용하여 광학기기(안경, 카메라, 현미경, 망원경 등)를 설계하며, 그 외 반도체, 레이저를 이용한 영상수송 및 광정보통신분야에서 광섬유를 연구, 개발하는 업무를 수행함
- 필기 - 기하광학 및 광학기기, 파동광학, 광학계측과 광학평가, 레이저 및 광전자
- 실기 - 광학실무(광부품 설계, 광학계 분석, 품질평가, 레이저 모듈검증)

### - 정보처리기사

- 실시기관: 한국산업인력공단 (Q-Net)
- 제정개요: 컴퓨터를 효과적으로 활용하기 위해서 하드웨어뿐만 아니라 정교한 소프트웨어가 필요함. 이에 따라 우수한 프로그램을 개발하여 업무의 효율성을 높이고, 궁극적으로 국가발전에 이바지하기 위해서 컴퓨터에 관한 전문적인 지식과 기술을 갖춘 사람을 양성할 목적으로 제정됨
- 수행직무: 기업체 전산실, 소프트웨어 개발업체, SI(system integrated)업체(정보통신, 시스템 구축회사 등), 정부기관, 언론기관, 교육 및 연구기관, 금융기관, 보험업, 병원 등 컴퓨터 시스템을 개발 및 운용하거나, 데이터 통신을 이용하여 정보처리를 시행하는 업체에서 활동함. 품질검사 전문기관 기술인력과 감리원 자격을 취득하여 감리 전문회사의 감리원으로 진출함
- 필기: 소프트웨어 설계, 소프트웨어 개발, 데이터베이스 구축, 프로그래밍 언어 활용,

## 정보시스템 구축관리

- 실기: 정보처리실무

### - 빅데이터분석기사

- 실시기관: 한국데이터산업진흥원
- 제정개요: 빅데이터 이해를 기반으로 빅데이터 분석 기획, 빅데이터 수집·저장·처리, 빅데이터 분석 및 시각화를 수행하는 실무자를 말함
- 수행직무: 대용량의 데이터 집합으로부터 유용한 정보를 찾고 결과를 예측하기 위해 목적에 따라 분석기술과 방법론을 기반으로 정형/비정형 대용량 데이터를 구축, 탐색, 분석하고 시각화를 수행하는 업무를 수행함
- 필기: 빅데이터 분석 기획, 빅데이터 탐색, 빅데이터 모델링, 빅데이터 결과해석
- 실기: 빅데이터 분석 실무(데이터 수집 작업, 데이터 전처리 작업, 데이터 모형 구축 작업, 데이터 모형 평가 작업)

- 정보통신기사
  - 실시기관: 한국방송통신전파진흥원
  - 수행직무: 정보통신 기술과 제반 지식을 바탕으로 정보통신설비와 이에 기반한 정보시스템의 설계, 시공, 감리, 운용 및 유지보수 등의 업무를 수행하고, 융·복합 통신서비스를 제공하는 직무임
  - 필기: 정보전송일반, 정보통신기기, 정보통신네트워크, 정보시스템운용, 컴퓨터 일반 및 정보설비 기준
  - 실기: 정보통신 실무(교환시스템 기본설계, 네트워크 구축공사, 구내통신구축 공사 관리, 구내통신 공사품질 관리)
  
- 무선설비기사
  - 실시기관: 한국방송통신전파진흥원
  - 수행직무: 무선통신에 관한 제반지식과 전파관계법령 등을 바탕으로 무선설비의 구축계획을 수립하고 설계·시공·감리·운용 및 유지 보수 등의 업무를 수행하는 직무임
  - 필기: 디지털 전자회로, 무선통신기기, 안테나 엔지니어링, 무선통신시스템 운용, 컴퓨터 일반 및 무선설비기준
  - 실기: 무선설비 실무(무선통신 시스템구축 계획수립, 무선통신 시스템 설계, 무선통신 시스템 시험, 무선통신 시스템 구축 감리, 무선통신시스템 최적화, 무선통신 시스템구축 하자관리)
  
- 전파전자통신기사
  - 실시기관: 한국방송통신전파진흥원
  - 수행직무: 무선설비를 이용하여 육상·해상·항공에서 조난·긴급·안전·일반통신 운용과 무선통신시스템 설계·감리·기술운용 업무를 수행함
  - 필기: 디지털 전자회로, 무선통신시스템, 안테나 시스템 운용, 해상통신운용, 전파관계법규
  - 실기: 해상통신 실무(위성통신운용, DSC 통신운용, 조난통신 운용, 일반통신 운용, 통신설비 유지보수)
  
- 정보보안기사
  - 실시기관: 한국방송통신전파진흥원
  - 수행직무: 정보보호에 대한 지식과 운용 경험을 바탕으로 실무적인 시스템과 서버, 네트워크 장비 및 보안시스템 운용을 통해, 보안업무 및 보안정책수립과 보안대책 구현, 정보보호 관련 법규 준수 여부를 판단하는 등의 업무를 수행함
  - 필기: 시스템보안, 네트워크보안, 어플리케이션보안, 정보보안일반, 정보보안관리 및 법규
  - 실기: 정보보안 실무(시스템 및 네트워크 보안특성 파악, 취약점 점검 및 보완, 관제 및 대응, 정보보호계획 수립, 위험분석, 정보보호대책 구현)

○ 기타 국가공인 민간자격증

- SQL (Structured Query Language)

- 실시기관: 한국데이터산업진흥원
- 제정개요: SQL(Structured Query Language)은 데이터베이스를 직접적으로 액세스할 수 있는 언어로, 데이터를 정의하고(Data Definition), 조작하며(Data Manipulation), 조작한 결과를 적용하거나 취소할 수 있고(Transaction Control), 접근권한을 제어하는(Data Control) 처리들로 구성됨. SQL 전문가(SQLP, SQL Professional)란 데이터베이스와 데이터모델링에 대한 지식을 바탕으로 데이터를 조작하고 추출하는 데 있어서 정확하고 최적의 성능을 발휘하는 SQL을 작성할 수 있고, 이를 토대로 SQL을 내포하는 데이터베이스 프로그램이나 응용 소프트웨어의 성능을 최적화하거나, 이러한 성능 최적화를 지원할 수 있는 데이터베이스 개체(뷰, 인덱스 등)의 설계와 구현 등의 직무를 수행하는 전문가를 말함
- 수행직무: SQL 전문가는 데이터모델링에 기본지식을 바탕으로 SQL 작성, 성능 최적화 등 데이터베이스 개체 설계 및 구현 등에 대한 전문 지식 및 실무적 수행 능력을 필수로 함
- 필기: 데이터 모델링의 이해, SQL 기본 및 활용, SQL 고급활용 및 튜닝
- 실기: 데이터 모델링의 이해, SQL 기본 및 활용, SQL 고급활용 및 튜닝

#### - 데이터분석

- 실시기관: 한국데이터산업진흥원
- 제정개요: 데이터분석 전문가란 데이터 이해 및 처리 기술에 대한 기본지식을 바탕으로 데이터분석 기획, 데이터분석, 데이터 시각화 업무를 수행하고 이를 통해 프로세스 혁신 및 마케팅 전략 결정 등의 과학적 의사결정을 지원하는 직무를 수행하는 전문가를 말함
- 필기: 데이터 이해, 데이터 처리 기술 이해, 데이터분석 기획, 데이터분석, 데이터 시각화
- 실기: 데이터분석 실무

#### - 데이터아키텍처

- 실시기관: 한국데이터산업진흥원
- 제정개요: 데이터아키텍처(DA, Data Architecture)란 기업의 모든 업무를 데이터 측면에서 처음부터 끝까지 체계화하는 것임. 데이터아키텍처 전문가(DAP, Data Architecture Professional)란 효과적인 데이터아키텍처 구축을 위해 전사아키텍처와 데이터품질관리에 대한 지식을 바탕으로 데이터 요건분석, 데이터 표준화, 데이터 모델링, 데이터베이스 설계와 이용 등의 직무를 수행하는 실무자를 말함
- 수행직무: 데이터아키텍처 전문가는 전사아키텍처 및 데이터품질관리에 대한 지식을 바탕으로 데이터 요건분석, 데이터 표준화, 데이터 모델링, 데이터베이스 설계와 이용에 대한 전문지식 및 실무적 수행 능력을 필수로 함
- 필기: 전사아키텍처 이해, 데이터 요건 분석, 데이터 표준화, 데이터 모델링, 데이터베이스 설계와 이용, 데이터 품질 관리이해
- 실기: 논리 데이터 모델, 표준화 정의서, 데이터표준화 기본원칙, 표준용어, 표준코드,

표준 도메인

- 디지털정보활용능력(DIAT, Digital Information Ability Test)
  - 실시기관: 한국정보통신진흥협회
  - 제정개요: 컴퓨터와 인터넷을 이용한 정보가 넘쳐나고 사물과 사물 간에도 컴퓨터와 인터넷이 연결된 디지털정보시대에 기본적인 정보통신기술, 정보처리기술의 활용분야에 대해 학습이나 사무업무를 수행할 수 있도록 종합적으로 묶어 효과적으로 구성한 자격 종목임
  - 수행직무: 정보통신·OA·멀티미디어·인터넷 등 분야별 등급화를 통한 실무능력 인증
  - 사무업무에 즉시 활용 가능한 작업식 위주의 실기시험: 프리젠테이션(기본설정, 슬라이드 작성), 스프레드시트(데이터 입력 및 수식과 함수, 데이터 관리·분석 및 차트), 워드프로세서(워드 작성, 표 및 차트 작성), 멀티미디어제작(이미지 보정 및 편집, 동영상 편집), 인터넷정보검색(주제별 내용 검색), 정보통신상식(컴퓨터의 이해, 정보통신 이해, 정보사회 이해)

- 리눅스마스터 1, 2급
  - 실시기관: 한국정보통신진흥협회
  - 제정개요: 리눅스로 운영되는 전세계 80%이상의 스마트폰, 70%이상의 클라우드 서버, 세계 상위의 500대 슈퍼컴퓨터를 비롯해서 5세대 이동통신(5G), 사물인터넷(IoT), 드론, 자율주행차 등 미래성장동력 분야에서 다양한 응용기반 기술에 토대가 되는 자격 종목임
  - 수행직무: 리눅스 시스템 관리자에게 요구되는 리눅스 OS의 기본지식 및 리눅스 기반의 서버·네트워크 관리 실무능력 인증을 통하여 리눅스 기반의 Desktop 활용 및 서버운영, 시스템의 설계개발 및 관리, 네트워크 구축 및 서비스 운영 등 직무를 수행함
  - 1급 시험내용: 리눅스 실무의 이해(리눅스의 개요, 리눅스 시스템의 이해, 네트워크의 이해), 리눅스 시스템 관리(일반운영관리, 장치 관리, 시스템 보안 및 관리), 네트워크 및 서비스의 활용(네트워크 서비스, 네트워크 보안)
  - 2급 시험내용: 리눅스 일반(리눅스의 이해, 리눅스 설치, 기본 명령어), 리눅스 운영 및 관리(파일 시스템 관련 명령어, Shell, 프로세스 관리, 에디터, 소프트웨어 설치, 장치 설정), 리눅스 활용(X 윈도, 인터넷 활용, 응용분야)

## ○ 기상관련 등록민간자격증

- 기상장비관리사
  - 실시기관: 한국기상산업기술원
  - 제정개요: 기상관측장비·유지보수 종사자의 전문성 향상을 위해 기상관측장비 교육과정 및 민간자격 제도가 2020년 도입됨([그림 39])
  - 수행직무: 기상관측장비에 대한 지식 및 실무능력을 활용하여 기상관측장비 유지·보수관리 업무를 전문적으로 수행함
  - 응시 요건: 기상장비특화 교육과정 수료 필요 ([그림 40], <표 29>)
  - 필기: 기상관측장비 이해(지상, 해양 등), 장애처리절차 이해, 일반기상 및 전기전자기술 이해, 기상관측표준화 이해도 평가
  - 실기: 자동기상관측장비(AWS) 구성 이해, 기상관측장비 감지기별 기능 및 설치방법 이해, 기상관측장비 설치 및 조립 실무능력 평가





\*출처: 한국기상산업기술원 네이버 블로그

[그림 93] 기상관련 민간자격증인 기상장비관리사 안내 포스터

○ 기타 등록민간자격증

- 코딩능력마스터 1, 2급

- 실시기관: 한국정보통신진흥협회
- 제정개요: IT산업의 전문인력양성 및 초·중·고의 SW교육 의무화 등 산업과 교육뿐 아니라 실생활에서 SW가 차지하는 비중이 커짐에 따라 전문프로그램 실무기술자로부터 프로그래밍을 처음으로 접하는 기초교육과정에 맞춰 능력을 평가할 수 있는 자격 종목임
- 1급 시험내용: 알고리즘의 이해, 조건 해결을 위한 코딩 구성, 문제 해결을 위한 코딩 활용, 코드 분석과 디버깅
- 2급 시험내용: 화면 설계와 코딩 이해, 조건 해결을 위한 코딩 구성, 문제 해결을 위한 코딩 활용, 코드 분석과 디버깅

- 파이썬마스터 1, 2, 3급

- 실시기관: 한국정보통신진흥협회
- 제정개요: 파이썬 언어를 이해하고 활용하여 주요 IT 분야의 서비스와 인프라 구축에 필요한 프로그래밍 전문인력을 양성하고 검증하는 자격 종목임
- 수행직무: 컴퓨팅 사고력 및 파이썬 문법과 알고리즘에 대한 지식을 배양하여

- 관련학과 전공학 또는 기업, IT 서비스와 인프라 구축 관련분야에서 활용 가능함
- 1급 시험내용: 객관식(컴퓨팅 사고력, 파이썬 문법, 알고리즘), 작업식(파이썬 문법)
  - 2급 시험내용: 객관식(컴퓨팅 사고력, 파이썬 문법, 알고리즘), 작업식(파이썬 문법, 알고리즘)
  - 3급 시험내용: 객관식(컴퓨팅 사고력, 파이썬 문법, 알고리즘), 작업식(파이썬 문법, 알고리즘)

## □ 기상관측시설 설치·운영 관련 교육 및 실습

### ○ 기상장비특화 교육과정 ([그림 40], <표 29>)

- 실시기관: 한국기상산업기술원
- 교육내용: 기상관측장비의 전반적인 원리 및 기술 이해와 이를 기반으로 하는 기상관측장비 유지·보수관리 실무능력을 향상하는 교육과정
- 교육대상: 기상장비 유지보수업체 종사자 및 지자체 기상장비 관리자 등 기상장비 유지·보수관리에 관심이 있는 자
- 교육혜택: 기상장비특화과정 교육 수수료(80% 출석 시 수수료) 시 기상장비관리사 민간자격 평가 응시 권한 부여

**2022년도**  
**기상장비관리사 민간자격 취득 연계**  
**기상장비특화 교육과정**



차시	교육명(시간)	신청기간	교육시간	교육내용
1	4.18 ~ 4.19 (2일)	4.1 ~ 4.6	16시간	1. 기상관측장비(기상관측기)의 원리 및 구성 2. 기상관측장비(기상관측기)의 구성요소 및 구성요소별 역할
2	6.27 ~ 6.28 (2일)	5.27 ~ 6.3	16시간	1. 기상관측장비(기상관측기)의 원리 및 구성 2. 기상관측장비(기상관측기)의 구성요소 및 구성요소별 역할
3	8.22 ~ 8.23 (2일)	7.25 ~ 8.5	16시간	1. 기상관측장비(기상관측기)의 원리 및 구성 2. 기상관측장비(기상관측기)의 구성요소 및 구성요소별 역할
4	10.17 ~ 10.18 (2일)	9.23 ~ 9.30	16시간	1. 기상관측장비(기상관측기)의 원리 및 구성 2. 기상관측장비(기상관측기)의 구성요소 및 구성요소별 역할

**교육대상**  
기상장비 유지보수업체 종사자 및 지자체 기상장비 관리자 등 기상장비 유지·보수관리에 관심이 있는 자

**교육방법**  
1. 강의: 실시간 원격교육    2. 실습: 집합교육  
※ 코로나-19 사회적 거리두기 등 교육에 영향이 있을 경우, 일정, 장소 변경 가능

**모집인원**  
차시당 20명

**교육비**  
전액 무료(종이비 기재용)

**교육혜택**  
기상장비특화과정 교육 수수료(80% 출석 시 수환) 시 기상장비관리사 민간자격 평가 응시 권한 부여  
※ 교육장 지정(교육장 지정 시 해당 교육장 운영비용 11월 이후 세부사항은 ※ ※ 한국기상산업기술원 홈페이지 공지사항 및 블로그(educenter@kmiti.or.kr)

**접수방법**  
1. 한국기상산업기술원 홈페이지 공지사항 및 블로그  
2. 기상장비특화교육센터(내선)로 전화 접수  
3. 교육장 지정(교육장 지정 시 해당 교육장 운영비용 11월 이후 세부사항은 ※ ※ 한국기상산업기술원 홈페이지 공지사항 및 블로그(educenter@kmiti.or.kr))

**교육문의**  
070-5003-5222 한국기상산업기술원 산업기반실



\*출처: 한국기상산업기술원 네이버 블로그

[그림 94] 기상관련 민간자격증인 기상장비관리사 자격 취득을 위한 기상장비특화 교육과정 안내 포스터

<표 75> 기상장비특화 교육과정 세부 내용

교과목	주요내용	시간
일반기상학 및 기상관측의 이해	- 지구의 대기 및 기상관측 개요	1
기상계측과 전기전자기술의 이해	- 기상계측과 전기전자기술의 기초 및 필요성	1
지상기상관측 장비 이해	- 종관자동기상관측장비(ASOS) 개요 및 작동원리 - 감지기별 기능 및 설치·관리방법 - 자료처리기 및 부대장비 구성 및 기능	3
장애처리절차 이해	- 감지기별 장애증상 유형 및 점검방법 - 장애유형별 장애처리 방법	3
해양기상관측 장비 이해	- 해양기상관측장비 소개 및 기능 - 해양기상관측장비 구조 및 작동원리	1
기상관측표준화 이해	- 기상관측 표준화 현황 및 필요성 - 관측표준화 환경 조성 사례 및 기준	1
AWS 설치 및 운영 실습	- 자동기상관측장비(AWS) 설치 및 운영절차 학습 및 실습 - 자료처리기 프로그램의 이해 및 프로그래밍 실습	6
7과목		16시간

○ 기상청 나라배움터 교육과정 (<표 30, 31>)

- 실시기관: 기상청
- 교육내용: 기상관측장비 1, 기상관측장비 2, 대기관측 및 실습 1, 대기관측 및 실습 2

<표 76> 기상관측장비 교육과정

구분	기상관측장비1	기상관측장비2
1차시	기상관측장비의 변천사	황사관측장비
2차시	기상관측 개론	고층기상관측장비(라디오존데, 오토존데)
3차시	방재용 자동기상관측장비(AWS) 소개	라디오존데 고층기상관측 절차
4차시	종관용 기상관측장비(ASOS) 소개	고층기상관측장비(WPR, 라디오미터)
5차시	농업기상관측장비(AAOS) 소개	해양기상관측장비 I
6차시	온도계	해양기상관측장비 II
7차시	습도계	해양기상 모니터링 시스템
8차시	강수량계	지진관측장비
9차시	기압계	관측센서의 장애 점검
10차시	풍향·풍속계	관측센서의 장애 점검(고층)
11차시	일사계	자동기상관측장비 자료수집 체계
12차시	일조계	기상관측자료의 품질관리
13차시	시정·현천계	기상관측표준화법
14차시	운고·운량계	자동기상관측장비의 표준규격
15차시	적설관측장비	기상측기의 검정기준에 대한 검사방법

<표 77> 대기관측 및 실습 교육과정

구분	대기관측 및 실습1	대기관측 및 실습2
1차시	대기관측의 역사	라디오미터 관측, 낙뢰 관측
2차시	대기관측 일반	연직바람관측장비(Wind Profiler) 관측
3차시	기압 관측	해양 기상관측 현황 및 분류
4차시	기온 관측	해양 기상 관측요소 및 자발적 관측선박
5차시	습도 관측	해양기상관측장비 1
6차시	바람 측정	해양기상관측장비 2
7차시	강수 및 적설 관측	항공기상관측 1
8차시	증발량, 시정, 구름 관측	항공기상관측 2
9차시	일사, 일조 관측	기후 변화와 대기조성물질
10차시	기상현상 관측 및 계절 관측	온실가스 관측과 기후변화감시
11차시	지상기상관측 일반	기상장비의 표준 및 검증
12차시	지상기상관측장비	기상분야 국가표준(KS) 및 국제표준(ISO)
13차시	황사 및 적설 관측 장비	기상관측데이터의 품질관리 및 품질검사 업무
14차시	고층기상관측 원리 및 전문	기상관측표준화 개요 및 설치 기준
15차시	레인존데 관측	기상관측자료의 신뢰를 위한 분류 및 공동활용

## 2.3.2 관측기관·민간기관 전문성 강화방안 제시

### □ 관측기관·민간 관측대행기관의 전문성 강화방안

#### ○ 기상관측 전문성 강화의 필요성

- 관측망의 종류 다양: 기상기후, 방재, 농업, 산악, 교통, 수문, 환경, 응용, 해양, 항공 등
- 활용 센서의 종류 다양: 기온, 습도, 기압, 바람, 강수량, 일조시간, 시정, 일사량, 토양수분, PAR, 지중온도, 표면온도, 노면온도, 노면상태 등
- 장비의 종류 다양: 운고계, 윈드프로파일러, 라디오미터, 에어로졸 라이더, 레이더 등
- 자료의 형식, 수집 간격 등이 장비마다 제각각임
- 상기 언급한 바와 같이 기상관측은 다양한 분야의 전문성을 필요로 하고 있으나 현재의 국가기술자격과 교육제도는 전문인력 양성에 한계가 있음. 더욱이 기상관측표준화법의 개정에 따라 기상관측 분야의 전문성 강화방안이 필요하며 이를 충족할 수 있는 자격제도 및 교육 확대가 요구됨

#### ○ 기상관측 전문성 강화방안

- 기상관측관련 국가공인자격증 신설(예: 기상관측기사, 기상관측기술사)
- 등록민간자격증 제도인 기상장비관리사의 공인민간자격증화를 위한 적극적인 홍보 필요
- 기상관측 분야 전문인력 교육 및 양성 프로그램 확대
  - ※ 현재 운영 중인 기상청 나라배움터([그림 41]) 활용 가능
- 기상관측장비 설치, 유지관리, 수집 및 표출 관련 매뉴얼 작성 및 배포
- 기상관측 전문기관을 통한 실시간 help desk 운영 및 기술 지원
- 기상관측 기술의 최근 동향에 대한 정기적인 워크숍 개최
- 기상관측특성화대학원을 통한 기상관측분야 전문인력 양성

나의 강의실

Gov-MOOC

공지사항

교육신청

열린강좌

고객센터

교육일정

학습지원

나의 활동공간

검색

자료실

**교육일정**

이러닝교육과정안내

**이러닝 추천과정**

- [2022-1기] 환경, 화학을 만나라
- [2022-1기] 온수예보의 대응
- [2022-1기] 정책프로세스(이론편)
- [2022-1기] 정책프로세스(사례편)
- [2022-1기] 적극형성 우수 공무원 유대 제도

**교육일정**

교육일정

이러닝교육과정안내

기관선택 | 기상청 | 년도 | 2022 | 교육구분 | 전체 | 교육분류 | 전문교육 | 학습일 | 전체 | 과정명 | 기상관측 | 검색

일반과정

수강과정

총 4건(1/1)						
교육구분	교육분류	과정명(기수)	비정원	신청기간	학습기간	
나라콘텐츠	전문교육	기상관측 실무과정(2022-1기)	300	2022-02-03 - 2022-12-30	2022-02-03 - 2022-12-30	
나라콘텐츠	전문교육	기상관측장비1(2022-1기)	300	2022-02-03 - 2022-12-30	2022-02-03 - 2022-12-30	
나라콘텐츠	전문교육	기상관측장비2(2022-1기)	300	2022-02-03 - 2022-12-30	2022-02-03 - 2022-12-30	
나라콘텐츠	전문교육	기상관측02_기상관측법(2022-1기)	200	2022-02-03 - 2022-12-30	2022-02-03 - 2022-12-30	

\*출처: 기상청 나라배움터 (<https://kma.nhi.go.kr/>)

[그림 95] 기상청 나라배움터의 기상관측 관련 교육일정

### 3. 기상관측표준화업무 개선

#### 3.1 지상기상관측망 자료 품질과 기상관측시설 평가체계 현황 및 시사점 도출

##### □ 타부처 사례-1: 폐기물처리시설 운영평가시스템(환경부, 한국환경공단)

###### ○ 목적

- 지자체 간 폐기물처리 사업을 효율적 운영을 위하여 처리사업 및 처리시설 설치 운영 실태 등을 평가함. 우수 자치단체에는 포상, 국고보조금 우선지원 등 인센티브를 부여하고 미흡 단체에는 재정적, 기술적 지원을 통해 개선을 유도함

###### ○ 추진근거

- 폐기물관리법 제55조 폐기물 처리사업의 조정
  - 제2항: 환경부장관은 제1항에 따라 지방자치단체 간의 폐기물 처리사업을 효율적으로 저정하기 위하여 폐기물 처리사업 및 폐기물처리시설의 설치·평가할 수 있다.
  - 제3항: 제2항에 따른 평가의 방법 및 절차 등의 세부 사항은 환경부령으로 정한다.
- 폐기물관리법 제56조 국고 보조 등
  - 제1항: 국가는 예산의 범위에서 지방자치단체에 폐기물처리시설의 설치에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.
  - 제2항: 환경부장관은 제1항에 따라 비용의 전부 또는 일부를 지원하려는 경우에는 제55조제2항에 따른 평가결과를 고려할 수 있다.
- \* 「국가 폐기물처리 시설 최적화 전략」(‘11.01, 환경부)
- \* 「폐기물처리사업 및 폐기물처리시설 설치·운영 실태 평가방법 및 절차 등에 관한 규정」(환경부고시 제2018-64호, ‘18.4, 일부개정)

###### ○ 폐기물처리시설 평가등위별 등급

- 폐기물처리시설 평가 등급

<표 78> 폐기물처리시설 평가 등급

등급	등 위	상 태
A	상위 20% 이내	매우 우수
B	상위 20% 초과~40% 이내	우 수
C	상위 40% 초과~60% 이내	보 통
D	상위 60% 초과	미 흡

\*폐기물처리사업 및 폐기물처리시설 설치·운영실태 평가방법 및 절차 등에 관한 규정 [별표 4]

- 폐기물처리사업 평가 등급

<표 79> 폐기물처리사업 평가 등급

등급	등 위	상 태
A	상위 20% 이내	매우 우수
B	상위 20% 초과~40% 이내	우 수
C	상위 40% 초과~60% 이내	보 통
D	상위 60% 초과	미 흡

\*폐기물처리사업 및 폐기물처리시설 설치·운영실태 평가방법 및 절차 등에 관한 규정 [별표 4]

□ 타부처 사례-2: 의료기관 인증(의료기관평가인증원)

○ 설립근거 및 목적

- 의료기관평가인증원은 의료기관 인증제도 및 의료기관을 대상으로 실시하는 각종 평가 업무를 통합·수행하여 의료의 질과 환자 안전 수준을 제고함으로써 국민 건강의 유지·증진에 기여하기 위하여 설립됨. 의료법 제58조의11에 의거하여 설립되었으며, 환자안전법 제8조의2에 근거하여 중앙환자안전센터로 지정됨
- 의료기관 인증제도는 의료기관으로 하여금 환자안전과 의료의 질 향상을 위한 자발적이고 지속적인 노력을 유도하여 의료소비자에게 양질의 의료서비스를 제공하기 위한 제도임
- 의료기관 인증제도는 순위를 정하는 상대평가와는 달리, 의료기관의 인증기준 충족



여부를 조사하는 절대평가의 성격을 가진 제도로, 공표된 인증조사 기준의 일정수준을 달성한 의료기관에 대하여 4년간 유효한 인증마크를 부여하는 제도임

○ 대상

- 의료기관 인증제도는 모든 의료기관을 대상으로 함. 병원급 이상 의료기관은 자율적으로 인증을 신청할 수 있으나, 요양병원은 의료 서비스의 특성 및 환자의 권익 보호 등을 고려하여 2013년부터 의무적으로 인증신청을 하도록 의료법에 명시됨

○ 인증기준 주요내용

- 인증기준은 의료법 제58조3(의료기관 인증기준 및 방법 등)의 1항에 명시된 사항으로서 환자의 권리와 안전, 의료기관의 의료서비스 질 향상 활동, 의료서비스의 제공과정 및 성과, 의료기관의 조직·인력관리 및 운영, 환자 만족도를 포함함
- [그림 42]와 같이 기본가치체계, 환자진료체계, 조직관리체계, 성과관리체계의 4개 영역으로 구성됨



\*출처: 의료기관평가인증원(<https://www.koia.or.kr/web/kr/index.do>)

[그림 96] 의료기관평가인증원의 의료기관 인증제도 주요내용

○ 인증조사 진행과정

- 의료기관 인증사업은 보건복지부장관이 인증을 위하여 필요하다고 정한 업무를 위탁받아 의료기관의 서비스 질과 환자 안전에 대한 신뢰성 보증을 목표로 [그림 43]과 같이 인증사업을 수행함



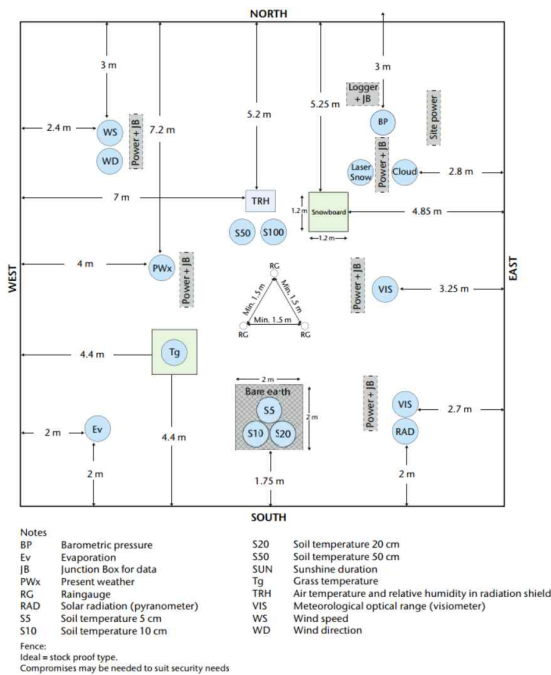
\*출처: 의료기관평가인증원 (<https://www.koiha.or.kr/web/kr/index.do>)

[그림 97] 의료기관평가인증원의 의료기관 인증조사 진행과정

□ 국외사례: WMO-No.8 Guide to Instruments and Methods of Observation

○ Volume 1 - Measurement of Meteorological Variables

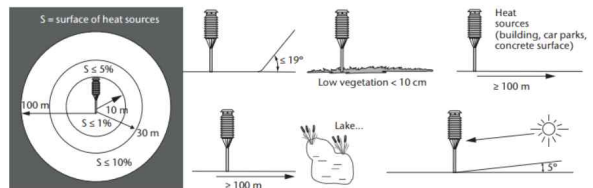
- 기상 요소별 관측환경, 관측기기의 종류, 관측기기의 작동원리, 측정 단위 및 범위, 보정 방법 등 세부적인 정보가 정리
- 구성 항목: 일반사항, 기온, 기압, 습도, 지표 바람, 강수, 일사·복사, 일조시간, 시정, 증발산, 토양수분, 상층 기압·기온·습도, 상층 바람, 현재·과거의 날씨, 구름, 대기 성분



## 2.2 Class 1

- Flat, horizontal land, surrounded by an open space, slope less than  $\frac{1}{5}$  ( $19^\circ$ );
- Ground covered with natural and low vegetation (< 10 cm) representative of the region;
- Measurement point situated:
  - At more than 100 m from heat sources or reflective surfaces (buildings, concrete surfaces, car parks, and the like);
  - At more than 100 m from an expanse of water (unless significant of the region);
  - Away from all projected shade when the sun is higher than  $5^\circ$ .

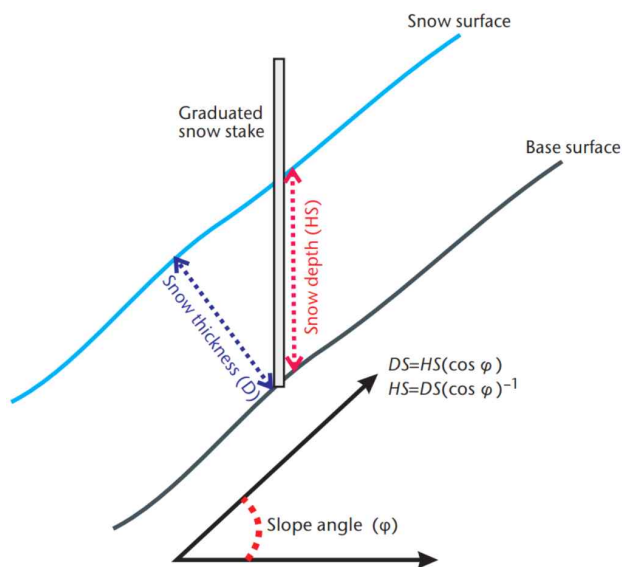
A source of heat (or expanse of water) is considered to have an impact if it occupies more than 10% of the surface within a circular radius of 100 m surrounding the screen, makes up 5% of an annulus of 10–30 m, or covers 1% of a 10 m radius area.



[그림 98] WMO-No.8 Volume 1에서 제시된 지상기상관측소의 예(좌)와 설치 구분 기준(우)의 일부(국내 기상관측표준화법의 기상관측시설 등급 기준에 반영됨)

## ○ Volume 2 - Measurement of Cryospheric Variables

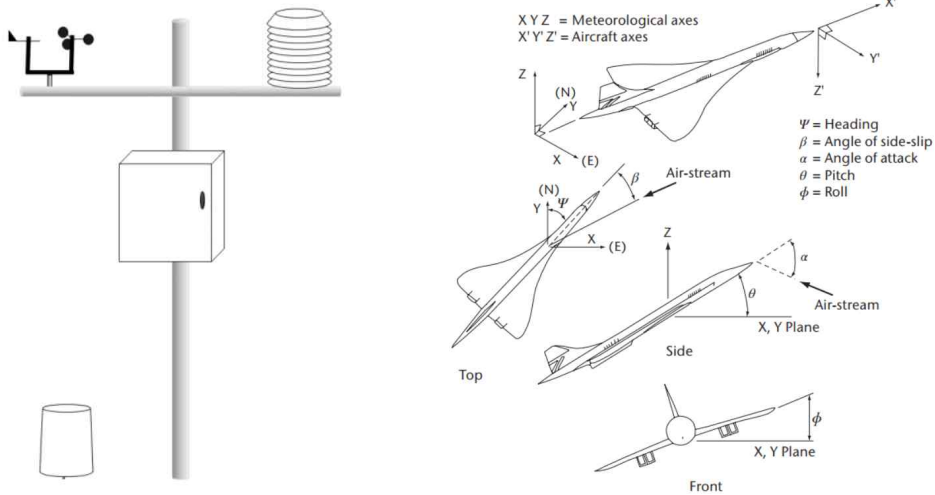
- 냉동구면, 적설과 관련된 관측환경, 관측기기의 종류, 관측기기의 작동원리, 측정 단위 및 범위, 보정 방법 등 세부적인 정보가 정리
- 구성 항목: 일반사항, 적설



[그림 99] WMO-No.8 Volume 2에서 제시된 경사면에서 적설 두께(D)와 적설 깊이(HS)의 관계(좌), 초음파 적설계 모습(우)

○ Volume 3 - Observing Systems

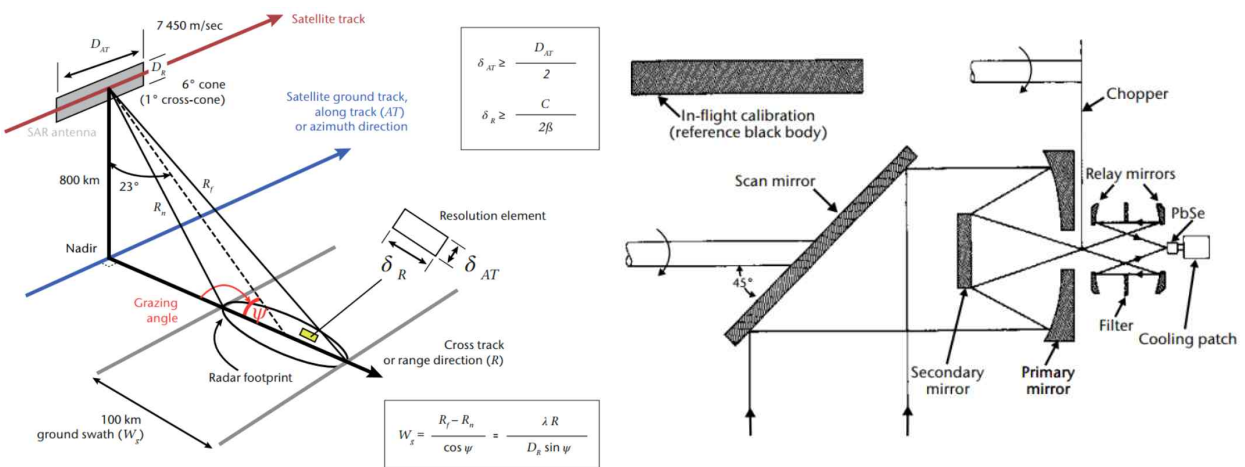
- 관측장비 및 관측기술별 관측요소, 불확도, QC, 유지보수 등 세부적인 정보가 정리
- 구성 항목: AWS, 항공기상관측소, 항공기 기반 관측, 해상관측, 대기경계층·대류권 관측, 낙뢰 관측, 레이더 관측, 기구 관측, 도시기상 관측, 도로기상 관측



[그림 100] WMO-No.8 Volume 3에서 제시된 compact AWS(좌)와 항공기, 지구 좌표계, 기류 사이의 각도(우)

○ Volume 4 - Space-based Observations

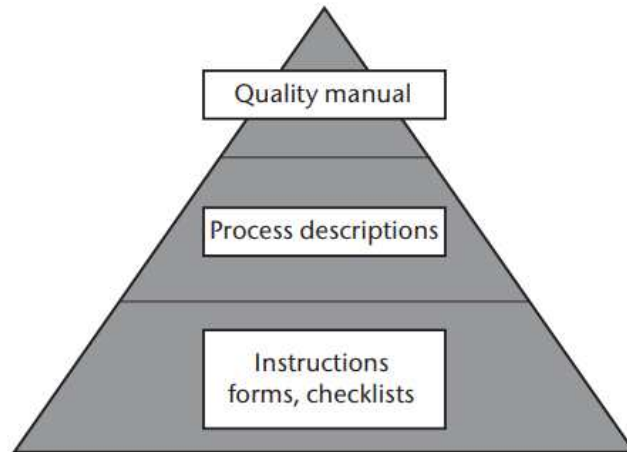
- 항공 우주 위성기반 관측장비의 소개, 관측 원리, 관측 요소, 보정 및 검정 등 세부적인 정보가 정리
- 구성 항목: 소개, 원리, 원격장비, 위성, 지구물리학적 요소 관측, 보정 및 검정 등



[그림 101] WMO-No.8 Volume 4에서 제시된 SAR(Synthetic aperture radar)(좌)와 scanning radiometer(우)의 원리

○ Volume 5 - Quality Assurance and Management of Observing Systems

- 관측된 기상관측장비 및 관측소의 품질관리 및 메타데이터, 보정, 시험 관련 내용과 장비관련 세부 분야별 전문가의 교육과 관련된 세부적인 정보가 정리
- 구성 항목: 관측장비 및 관측소의 품질관리, 기상요소 표본추출, 자료처리, 시험·보정·상호비교, 장비 전문가 교육



[그림 102] WMO-No.8 Volume 5에서 제시된 품질관리 시스템

□ 기상관측시설 평가체계 시사점 도출

○ 기상관측기관의 종합적인 평가의 필요성

- 기상관측시설의 효율적인 운영을 위하여 관측기관의 표준화 의무 준수 여부, 관측시설 설치 및 운영실태 등을 종합적으로 고려하여 관측기관을 평가할 필요가 있음
- 평가 결과를 통하여 우수 관측기관에는 포상, 국고보조금 우선지원 등 인센티브를 부여하고 미흡 관측기관에는 재정적, 기술적 지원을 통해 개선을 유도할 필요가 있음

○ 기상관측표준화에서 WMO-No.8 가이드라인의 활용 가능성

- WMO-No.8의 구성을 참고하여, 국가지상기상관측망의 기본 개요, 구성 장비, 관측 요소, 주기, 자료 형식, 품질관리 절차 등 관련된 정보를 사용자 또는 수요자들이 사용할 수 있도록 자세하게 정리하여 향후 새로운 국가지상기상관측망 가이드라인을 만드는 것에 활용할 수 있음

- WMO-No.8 Volume 5 Chapter 5 장비 전문가 교육 부분에 따르면 교육받는 대상을 personnel performing meteorological observation(기상관측수행자), personnel installing and maintaining instrumentation(장비 설치 유지보수자), personnel performing instrument calibrations(장비 보정자), personnel managing observing programmes and networks(관측 프로그램, 네트워크 관리자)로 상세하게 구분하여 교육 시스템을 안내하고 있음. 향후 기상관측 전문가 양성을 위한 교육프로그램 개발에 참고할 수 있음

#### □ 관측시설에 대한 등급 평가체계 현황

- 기상청장은 관측시설에 대하여 등급을 부여할 때에는 기상 요소별 기상관측환경에 관한 기준과 관측시설별로 갖추어야 하는 기상측기의 종류 및 수량에 관한 기준, 기상요소별 사용 단위 및 관측단위의 마지막 자리에 관한 기준을 고려하여 1등급부터 5등급까지 구분하여 부록 120과 같이 부여함
- 2021년도 하반기 기준 국가기관, 지방자치단체, 공공기관의 세부 운영기관별 기상측기에 따른 기상관측시설 등급 부여 지점의 수 현황은 <표 8>에 정리되어있음

#### □ 국내 지상기상관측망 자료 품질 평가체계 현황

##### ○ 국가기상관측자료 품질등급 기준

- 기상청장은 기상관측자료의 표준화를 추진하고, 품질관리를 위한 기술기준(이하 이 조에서 “기술기준”이라 한다)을 정하여 고시하여야 함
- 기상관측자료의 품질등급은 우수·보통 및 개선대상으로 구분하며, 기상청장은 기상관측자료의 품질등급을 부여하는 경우에는 기상관측자료의 기상요소 및 수량, 기상정보시스템에 전송된 기상관측자료의 전송비율, 기상정보시스템에 전송된 기상관측자료 중 정상적인 자료의 비율을 종합적으로 고려하여야 함
  - \* 「기상관측표준화법」 제10조
  - \* 「기상관측표준화법 시행규칙」 제6조의2
- <표 34>의 계산 방법에 따라 정상자료율을 산출하고 <표 35>의 기준으로 품질등급을 부여함
  - \* 「기상관측자료의 품질등급 기준 및 절차」 제6조

20) 기상관측시설 등급 기준(기상청고시 제2020-12호) [별표 1] 관측시설의 기상측기별 등급 부여 기준

<표 80> 기상관측자료 정상자료율 산출식

항목	산출식
정상자료율(%)	$\frac{\text{실제수집자료수} - \text{결측자료수} - \text{오류자료수}}{\text{이론수집자료수}} \times 100$
자료수집률(%)	$\frac{\text{실제수집자료수}}{\text{이론수집자료수}} \times 100$
결측자료율(%)	$\frac{\text{결측자료수} + \text{미수집자료수}}{\text{이론수집자료수}} \times 100$
오류자료율(%)	$\frac{\text{오류자료수}}{\text{이론수집자료수}} \times 100$

▶ **이론 수집자료수:** 기상정보시스템으로 수집되어야 하는 자료수(지점별 관측요소(온도, 풍향, 풍속, 습도, 강수량 등), 관측주기(1분, 5분, 10분, 60분 등)에 따른 자료수)

▶ **실제 수집자료수:** 기상정보시스템으로 수집된 자료수

▶ **정상 자료수:** 실제 수집된 자료 중 결측 또는 오류로 분류되지 않은 자료수

▶ **오류 자료수:** 기상정보시스템 품질검사 결과 오류로 분류된 자료수

▶ **결측 자료수:** 기상정보시스템으로 수집되었으나 값이 NULL인 자료수

▶ **미수집 자료수:** 이론 수집자료수에서 실제 수집자료수를 제외한 자료수  
[ 자료수 산출 기준 ]

미수집 자료수	실제 수집자료수		
	정상 자료수	오류 자료수	결측 자료수
이론 수집자료수			

<표 81> 품질등급 부여기준

품질등급	정상자료율(%)
우수	80 이상
보통	50 이상 - 80 미만
개선대상	50 미만

\*출처: 기상청고시, 기상관측자료의 품질등급 기준 및 절차, 제6조

○ 관측자료의 품질관리 등급 현황

- <표 36>에 2021년 월별 관측기관 품질등급 부여 현황을 정리함. 대체로 관측기관들은 우수 등급의 관측자료 품질을 부여받았으나, 한국수력원자력의 경우 보통 등급과 개선대상 등급을 받은 달이 다수 있었음. 국토교통부, 국립공원공단, 한국도로공사에서는 보통 및 개선대상 등급을 받은 달이 소수 있었음

<표 82> 2021년 관측기관별 품질등급 부여 현황

기관명 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기상청	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
환경부	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
농촌진흥청	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
산림청	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
국토교통부	우수	-	우수	우수	우수	우수	우수	개선	우수	우수	우수	우수
서울특별시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
부산광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
인천광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
대전광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
광주광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
대구광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
울산광역시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
세종특별자치시	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
강원도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
경기도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
경상남도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
경상북도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
전라남도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
전라북도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
충청남도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
충청북도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
제주특별자치도	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
국립공원공단	우수	우수	우수	-	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	보통
한국수자원공사	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수
한국수력원자력	보통	우수	보통	보통	우수	우수	우수	우수	우수	개선	보통	보통
한국도로공사	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	보통	개선	우수	우수	우수
한국원자력환경공단	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수	우수

※ 품질등급: 우수(정상자료율 80% 이상), 보통(정상자료율 50% 이상 ~ 80% 미만), 개선(정상자료율 50% 미만)

□ 기상관측시설 평가체계 현황에 따른 시사점

○ 표준화 대상 지상기상관측시설 등급

- 관측시설의 기상측기별에 등급 부여 기준에 정리되어있는 표준화 대상 지상기상관측시설 등급의 경우는 기상측기 별 적합한 환경에 대한 기준을 제시하는 점에서 현행 기준을 유지하여 관측시설을 평가하는 것이 적절함
- <표 37> 관측시설의 기상측기별에 등급 부여 기준의 일반사항에 제시된 것과 같이 산악, 농림 등 특수한 환경에 설치되는 지상기상관측시설의 경우, 각 관측기관의 고유하고 특수한 설치목적에 고려하여 평가하는 것이 필요함



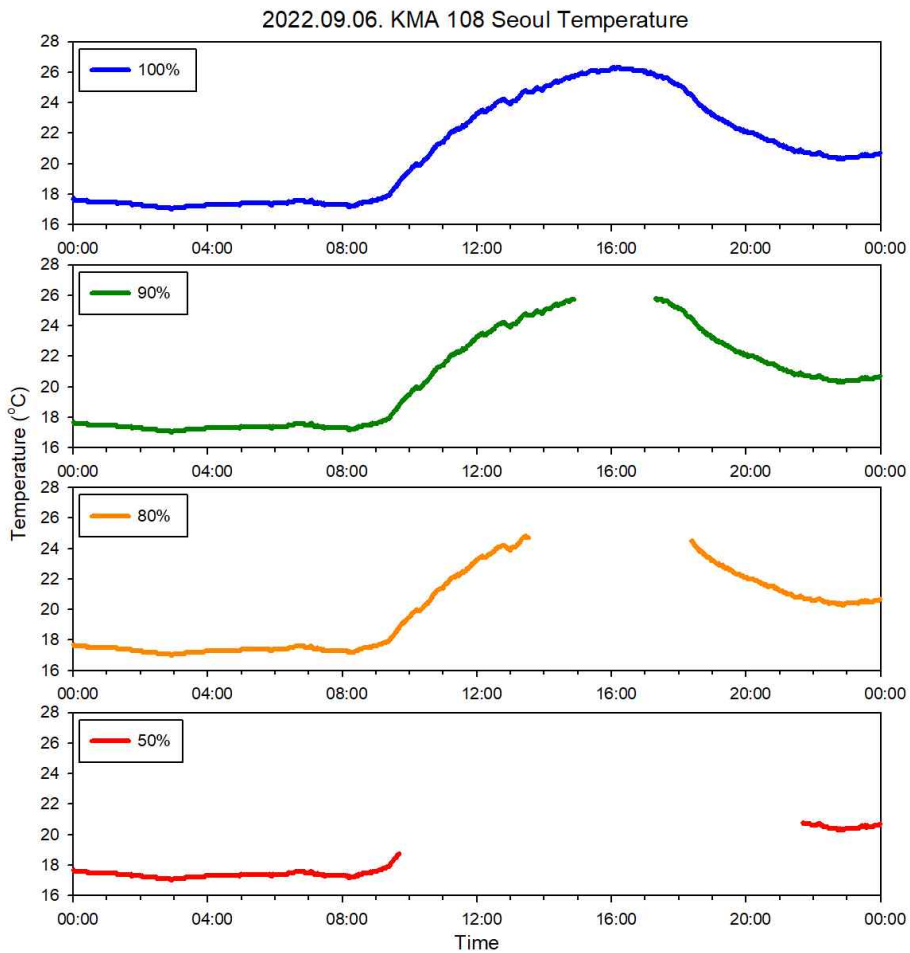
<표 83> 관측시설의 기상측기별에 등급 부여 기준 일반사항

구분	기준
1. 일반사항	1.1 본 기준에서는 관측시설이 1등급에 가까울수록 넓은 지역에 대한 관측 대표성이 높으며, 1등급 시설은 기준 관측장소(reference site)로 간주한다. 1.2 관측시설 등급이 5등급 또는 이에 가깝더라도 국지적 장애물이 있는 특정한 장소의 관측이 필요한 경우나 특수 응용 분야에서는 가치 있게 활용될 수 있다. 1.3 관측시설과 멀리 떨어져 있는 자연적 지형 기복은 시설등급 부여에 고려하지 않는다. 이 때, 관측시설을 지면을 따라 수평 방향으로 500 m 이동하였을 때 시설등급이 변하지 않을 경우를 자연적인 지형 기복으로 간주한다. 1.4 복잡한 지형 또는 도시 지역의 경우 4등급 또는 5등급 시설의 등급 숫자 뒤에 "S"를 붙여 특수한 환경임을 명시한다.

\*출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

○ 국가기상관측자료 품질등급 부여기준

- 다양한 관측기관에서 생산되는 수많은 기상자료의 활발한 연구 및 정보 제공을 위한 활용을 위해서는 품질관리를 통한 질적 성장을 이루어 기상자료 수요자들의 신뢰성 확보하는 것이 매우 중요함
- 정상자료율의 수준에 따라 관측자료의 통계값의 변화를 살펴보기 위하여 기상청 ASOS 서울관측소(108)의 2022년 9월 6일의 1분 간격의 기온 자료를 정상자료율 100%, 90%, 80%, 50%로 비교자료를 만들어 각각의 시계열과 기온의 최솟값, 최댓값, 평균, 표준편차를 [그림 49]와 <표 38>로 정리하였음
- 기존의 정상자료율 100% 자료에서 최악의 경우를 가정하여, 최고기온을 나타내는 지점에서 각 정상자료율 비율에 해당하는 자료의 결측 및 오류가 발생하였다고 가정하여 만든 비교자료임



[그림 103] 기상청 ASOS 서울 관측소 기온 자료의 정상자료율에 따른 시계열

<표 84> 기상청 ASOS 서울 관측소 기온 자료의 정상자료율에 따른 관측 통계값 (단위: °C)

정상자료율	평균 (편차)	중앙값 (편차)	표준편차 (차이)
100%	20.81	20.6	3.28
90%	20.23 (-0.58)	20.4 (-0.2)	2.92 (-0.36)
80%	19.60 (-1.21)	18.5 (-2.1)	2.45 (-0.83)
50%	18.00 (-2.81)	17.4 (-3.2)	1.24 (-2.04)

- [그림 49]와 <표 38>의 결과에서 나타나듯이 정상자료율이 50%인 경우는 평균과 참값과의 차이가 표준편차에 준할 정도로 오차가 크게 나타나기 때문에 보통 자료로 볼 수 없음
- 정상자료율이 80%인 경우는 평균과 참값과의 차이가 표준편차의 1/2 이하로 줄어들음
- 기상자료의 가용성 및 신뢰성 확보를 위하여 <표 35>와 같이 정상자료율이 80% 이상을 우수, 50% 이상 80% 미만을 보통, 50% 미만을 개선대상 등급인 현재의 품질등급 부여기준을 강화할 필요가 있음

## 3.2 지상기상관측망 자료 품질과 기상관측시설 평가체계 개선

### 3.2.1 지상기상관측 평가체계 개선 방안

#### □ 지상기상관측기관에 대한 평가체계 개선의 필요성

- 기상관측표준화법을 시행하고 있으나 각 관측기관의 적극적인 참여 부재로 원활한 지상기상관측망 유지 및 고품질의 기상관측 자료 생산이 어려움. 관측기관에 따라 구축 및 관리하고 있는 지상기상관측시설 및 기상측기의 종류와 수가 상이함으로 기존의 지상기상관측시설 등급과 관측자료 품질등급 만으로는 기상관측기관을 평가하기 어려움
- 실제 현업 및 연구 등에 활용하기 위하여 국가기상관측자료 품질등급 부여 기준값의 상향이 필요함
- 강화된 관측자료 품질등급 기준을 적용하여 관측기관에서 생산되는 기상자료의 질적 성장을 이루는 것이 필요함
- 관측기관이 운영 중인 관측소 수, 관측자료 품질등급, 기상관측 및 유지관리 관련 보유 인력현황 등과 같이 관측기관의 전반적인 요소들을 종합하여 통합적으로 평가할 필요가 있음
- 개선된 평가체계를 통해 각 관측기관이 기상관측표준화법에 좀 더 적극적으로 참여하고 관측시설을 좋은 환경으로 운영되고 우수한 관측자료를 생산하여 활발하게 활용할 수 있도록 기상관측기관평가를 해야 함

#### □ 국가기상관측자료 품질등급 부여 기준 강화(안)

##### ○ 국가기상관측자료 품질등급 부여 기준 강화의 필요성

- 양질의 기상자료 생산을 통한 기상관측자료의 신뢰성 확보가 매우 중요함. 본 보고서의 3.1 항목의 기상관측시설 평가체계 현황에 따른 시사점 중 국가기상관측자료 품질등급 부여 기준 내용과 같이 기존의 부여 기준은 자료의 대표성 및 신뢰성을 확보하기 어려움
- 기상관측자료의 신뢰성이 보장되지 않는다면 그 자료의 활용성도 떨어지므로

고품질의 기상관측자료를 생산하기 위해서는 관측자료 품질등급 기준을 강화할 필요가 있음

○ 강화된 관측자료 품질등급 부여 기준(안)

- <표 38>의 기상청 ASOS 서울 관측소 기온 자료의 정상자료율에 따른 관측 통계값 결과에서 정상자료율이 80%인 경우는 자료의 일평균이 1℃ 이상 차이날 수 있고, 90%인 경우는 자료의 일평균이 0.5℃ 이상 차이날 수 있음

- 강화된 관측자료 품질등급 부여 기준(안)은 <표 39>와 같음

<표 85> 강화된 품질등급 부여 기준(안)

품질등급	정상자료율(%)	
	기존	강화(안)
우수 (1등급)	80 이상	90 이상
보통 (2등급)	50 이상 - 80 미만	80 이상 - 90 미만
개선대상 (3등급)	50 미만	80 미만

- 국가기관, 공공기관, 지방자치단체 등 각 관측기관들은 본 보고서의 3.1 항목의 기상관측시설 평가체계 현황에 따른 시사점 중 국내 지상기상관측망 자료 품질 평가체계 현황에서 <표 36> 2021년 관측기관별 품질등급 부여 현황에서 정리한 것과 같이 이미 우수한 품질의 관측자료를 생산하고 있으므로, <표 39>의 강화된 품질등급 부여 기준(안)을 적용하여 평가를 하는 것이 적절함
- 다만, <표 39>에서 제시한 강화(안)이 이상적이긴 하지만, 현실을 감안하여 등급 기준을 검토하여 조정할 필요가 있음
- 각 관측기관들은 <표 39>의 강화된 품질등급 부여 기준(안)에 따라 <표 40>에 제시된 적정 품질등급 기준을 목표로 하여 기상관측장비 및 관측시설환경의 지속적인 유지관리와 기상자료의 품질관리를 통한 양질의 기상자료를 생산할 필요가 있음
- 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망을 제외한 모든 관측기관의 목표를 우수 등급으로 설정함. 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망은 기상측기와 통신환경을 고려하여 보통 등급 이상을 목표로 설정함

<표 86> 관측기관별 목표 품질등급 기준(안)

구분	관측기관명	목표 품질등급
국가기관	기상청	우수
	환경부	우수
	농촌진흥청	우수
	산림청	우수
	국토교통부	우수
공공기관	국립공원공단	우수
	한국수자원공사	우수
	한국전력공사	우수
	한국수력원자력	우수
	한국도로공사	우수
	한국원자력환경공단	우수
지방자치단체	AWS, 강수량계, 적설계	우수
도로기상관측망		우수 - 보통
도심항공교통기상관측망		우수 - 보통
도시상세기상관측망		우수 - 보통

※목표 품질등급은 강화(안) 기준을 적용함

#### □ 지상기상관측기관 등급 기준(안)

- 관측기관을 통합적으로 평가하는 지상기상관측기관 등급을 부여하는 데 반영해야 하는 요소는 기존의 관측자료 품질등급과 신규 항목으로 관측기관이 운영하는 관측소의 수, 관측기관이 보유하고 있는 기상관측 관련 전문인력의 수를 포함함
- 각 항목들을 개별적으로 평가한 후 그 결과를 통합하여 지상기상관측기관 등급을 부여함
- 지상기상관측기관 등급은 일정 기간의 계도를 거쳐, 해당 관측기관들의 다양한 의견 수렴 및 보완을 통해 정착하는 방식으로 접근할 필요가 있음

○ 지상기상관측시설 점수

- 지상기상관측시설 점수는 기존의 평가 기준(1-5등급)을 반영하여 각 기상요소 별 시설 등급을 평가하여 <표 41>과 같이 가중치를 두어 계산함

<표 87> 지상기상관측시설 등급의 기상요소 별 배점의 예

기상요소 별 시설 등급	배점(점)	비율(%)
1등급	100	a
2등급	90	b
3등급 또는 S등급	80	c
4등급	70	d
5등급	60	e

- <표 41>의 경우에 센서점수는  $(100a + 90b + 80c + 70d + 60e)/100$ 으로 계산함
- 지상기상관측시설 점수는 각 센서점수의 산술평균으로 계산함

○ 관측자료 품질등급

- <표 39>의 강화된 품질등급 부여 기준(안)을 반영함

○ 기상관측 전문인력 등급(안)

- 기상관측 관련 학위, 국가기술자격증, 국가공인 민간자격증, 등록 민간자격증 보유 여부를 반영하여 기상관측 전문성을 등급화함
- <표 42>은 기상관측 전문인력 등급을 평가하는 안으로, 향후 연구로 세부 평가 기준을 수립해야 함
- 학위 및 자격증의 세부 내용은 2.3.1 시설 설치·운영 관련 전문 자격 현황 조사 항목을 참고

<표 88> 기상관측 전문인력 등급 평가 기준(안)

분야 \ 자격	학위	국가기술자격증	국가공인 민간자격증	등록 민간자격증
기상	1등급	1등급	1등급	1등급
	2등급	2등급	2등급	2등급
	3등급	3등급	3등급	3등급
환경	2등급	2등급	2등급	2등급
	3등급	3등급	3등급	3등급
기타	2등급	2등급	2등급	2등급
	3등급	3등급	3등급	3등급

※자격 및 분야에 상관없이 해당하는 가장 높은 등급이 해당 관측기관의 기상관측 전문인력 등급임

○ 운영 기상관측소 수 가점 기준(안)

- 기상관측기관 별 운영하고 있는 기상관측소의 수가 상이함. 관측소 유지 및 관리에

소요되는 인력 및 예산에 차등이 생기기 때문에 이를 반영하여 기관을 평가할 필요가 있음

- <표 43>의 운영 기상관측소 수 및 증가율 기준을 반영하여 기관평가의 가점을 부여함
- <표 89> 운영 기상관측소 수 가점 기준(안)

가점	운영 기상관측소 수	운영 기상관측소 증가율
10점	600소 이상	100% 이상
8점	300소 이상 600소 미만	60% 이상 100% 미만
6점	100소 이상 300소 미만	40% 이상 60% 미만
4점	20소 이상 100소 미만	20% 이상 40% 미만
2점	20소 미만	0% 이상 20% 미만

\*기상관측표준화법에 해당하는 관측소를 기준으로 평가

○ 지상기상관측기관 등급 기준(안)

- 250점 만점(지상기상관측시설 점수 100점, 관측자료 품질등급 100점, 기상관측 전문인력 등급 50점)과 가점 최고 20점(운영 기상관측소 수 10점, 운영 기상관측소 증가율 10점)으로 지상관측기관을 <표 44>와 같이 점수화함

<표 90> 지상기상관측기관 배점 기준(안)

세부기준 배점	지상기상관측시설 점수	관측자료 품질등급 (개선안)	기상관측 전문인력 등급(안)	운영 기상관측소 수 가점 기준(안)
100점	계산된 기관의 시설 점수 반영	1등급	-	가점 체계 (최대 가점 20점)
50점		2등급	1등급	
30점		-	2등급	
20점		3등급	-	
10점		-	3등급	

- <표 44>의 배점으로 평가된 지상관측기관을 <표 45>의 우수, 보통, 개선으로 등급화함
- <표 91> 지상기상관측기관 등급 기준(안)

등급	배점
우수	200점 이상
보통	150점 이상 - 200점 미만
개선	150점 미만

### 3.3 관련기관 별 역할 및 이행력 확보 방안

#### 3.3.1 지상기상관측망의 효율적 구축·운영을 위한 기관별 역할

##### □ 지상기상관측기관별 역할

###### ○ 기상청

- 기상관측표준화법에 명시된 내용에 따라, 기상관측의 정확성과 기상관측장비의 운용 및 기상관측자료 공동활용의 효율성을 높여 기상재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 공공의 복리증진에 이바지함을 목적으로, 기상관측기관과의 지속적이고, 원활한 의견 교환을 통하여 기상관측망 구축, 기상관측자료 활용, 등 국가지상기상관측망의 총괄 관리 기관의 역할을 수행함

###### ○ 관측기관

- 기상관측표준화법에 의거하여 기상청의 기상관측망 구축·운영관리 및 관측자료 관련 협조 요청에 적극적으로 참여하고 함께 고품질의 국가지상기상관측망 구성에 기여할 수 있는 역할을 수행함



### 3.3.2 관련기관의 이행력 확보 방안

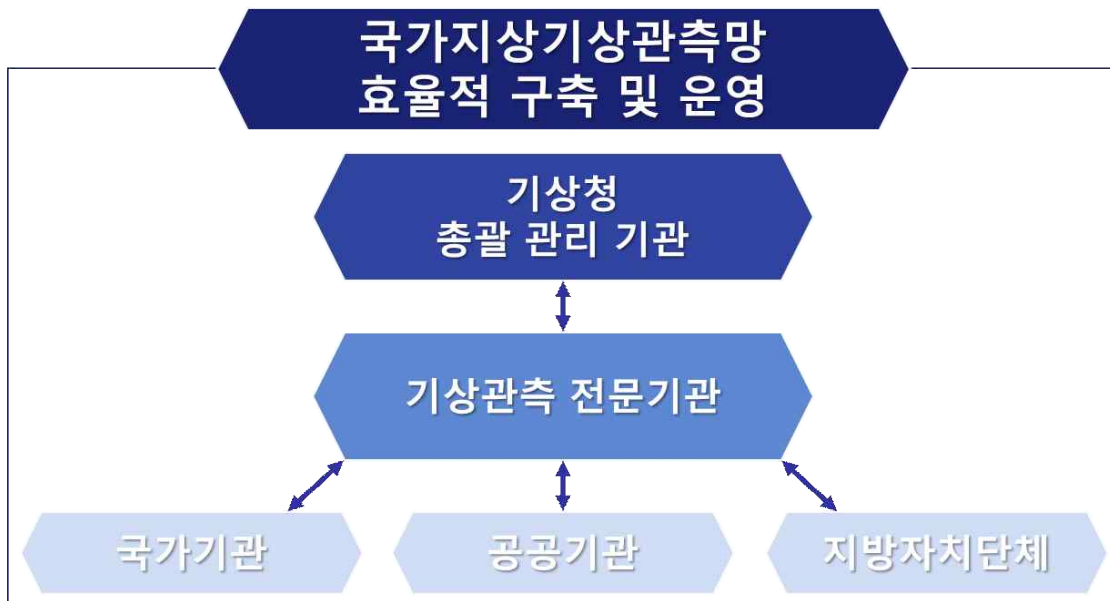
#### □ 지상기상관측기관의 이행력 확보 방안

##### ○ 기상청

- 기상청은 국가지상기상관측망의 효과적 구축·운영·관리를 이행할 수 있도록 함
  - ※ 본 보고서 2.2.2 기상관측 운영·관리체계 개선 방안 항목에 제안된 기상관측 전문기관 신규 설치 또는 기존 한국기상산업기술원의 역할 강화 방안 참조.
- 기상청의 기상관측표준화의 실효성 확보를 위한 법제도 정비 및 개선
  - 국가지상기상관측망 분류, 국가지상기상관측망 기본계획(법정계획, 기본계획 5개년, 시행계획 매년) 수립
  - 기상전문기관 활용, 국고보조금 지급, 성능인증제도 도입, 평가·환류 체계 개선
- 기상관측 전문기관은 관측기관들의 전문성 강화 및 이행력 확보를 위하여 전문가 교육 프로그램, 기상관측 매뉴얼, 워크숍, help desk 등을 개발하여 제공함

##### ○ 관측기관

- 기상관측표준화법 준수를 위한 개선사업 추진 등 관련 예산과 인력을 확보하기 위해 노력해야 함
- 관측환경 개선, 관측자료 결측 및 오류 발생 시 신속한 대응을 통해 고품질의 기상관측자료를 생산해야 함
- 기상관측시설 구축·운영·관리를 위한 다양한 전문가 교육프로그램, 기상관측 매뉴얼, 워크숍, help desk 등에 참여하여 자체 전문성을 증진함
- 본 보고서 3.2.1 지상기상관측 평가체계 개선방안 항목에 제안된 기상관측기관 등급을 향상시킬 수 있도록 노력해야 함



[그림 104] 국가지상기상관측망의 효율적 구축·운영을 위한 기관별 역할

## 3.4 기상관측표준화 업무 진단 및 개선 방안

### 3.4.1 기상관측표준화 업무 진단

#### □ 국가지상기상관측망

##### ○ 기상관측망 구축·관리 및 기상관측시설 설치·교체·이전

- 기상관측표준화법 제8조 제1항 “기상청장은 관측기관의 관측시설이 전국적인 기상관측망을 구성하여 종합적으로 관리될 수 있도록 매년 기상관측망 구축 및 관리계획(이하 “기상관측망 구축 및 관리계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.” 및 제8조의2 제5항 “기상청장은 같은 종류의 관측시설이 관측 범위가 중복되게 설치되는 등 기상관측망의 종합적 관리에 지장이 있다고 판단되는 경우에는 해당 관측기관의 장과 협의하여 이를 조정하는 등 필요한 대책을 마련하여야 한다.”에 기상관측망 구축과 관리에 대한 사항을 규정하여 각 지자체 및 관측기관 별 다양한 목적으로 설치하는 기상관측시설에 대한 중복 설치 조정과 표준화시책 준수 등의 의무를 강화하였음
- 기상관측표준화법 개정(2022.6.10.)에 따라 매년 수립하는 ‘기상관측망 구축 및 관리계획 작성지침’에 관측시설에 대한 분류 기준과 중복 설치에 대한 조정 방안, 표준화시책 준수 방안이 포함되어야 함
- 기상관측표준화법 개정(2022. 06. 10.) 이전에는 기상청 이외 다른 관측기관의 장은 관측시설을 설치·교체·이전 또는 폐지할 때 기상청장에게 서면으로 통보하는 단순 절차만으로 기상관측시설 설치 및 운영이 가능하도록 규정하고 있어 중복성, 운영·관리 효율성 등을 고려하지 않은 지자체, 공공기관의 비효율적 지상기상 관측장비 설치로 지상기상관측장비의 관리 및 공동활용 부실 등을 초래하였으며, 이에 따른 기상관측표준화법의 개정 및 준수와 관측시설의 체계적 관리가 시급한 실정임

○ 언론 보도 및 국회 요구사항

- 2021년 지상기상관측장비 운영 현황에 관한 언론 보도 및 국회 시정 요구사항을 요약하면 <표 46>과 같음
- 기상장비의 중복성 및 관리 부실 문제를 포함하여 표준화 법·제도 개선, 메타조사 증대 필요성이 언급됨

<표 92> 지상기상관측장비 관련 언론 보도 및 국회 시정 요구사항(2021년)

구분	내용
언론 보도 (KBS 강원뉴스 탐사기획)	▪ 제1편: 너도나도 ‘기상장비’... 반경 2km 안에 5대(‘21.08.30.)
	▪ 제2편: ‘비 오는데 강수량 0mm? 자동관측 무용지물’ (‘21.8.31.)
	▪ 제3편: ‘기상장비’, 정확한 현황도 몰라 (‘21.9.1.)
	▪ 제4편: 관측자료 활용률 15% ... ‘예산·인력 낭비’ (‘21.9.2.)
	▪ 제5편: 기상장비 운영 포기까지... 재배치·표준화 시급 (‘21.9.3.)
	▪ 제6편: 기상관측장비 관리 허술 ... “전국이 마찬가지” (‘21.9.27.)
	▪ 제7편: 기상청·국회, “우후죽순 AWS, 일제 정비 공조” (‘21.9.28.)
	▪ 제8편: 기상청 국감, “무분별한 AWS 설치...관리는 허술” (‘21.10.8.)
국회 시정 요구사항	▪ 표준화 법·제도 개선, 표준화 미포함 및 미신고 장비 관리 개선(노용래 위원)
	▪ 미신고 장비 포함 관측시설 중복설치 개선(이수진 위원)
	▪ 후진적 수집률 관리체계 개선(장철민 위원)
	▪ 메타조사(시설등급 부여) 조속히 진행(윤준병 위원)

\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.

○ 관측망 분류 및 중복 설치 기준

- 지상기상관측시설은 설치목적에 따라 실황 감시 및 특보, 예보 및 수치 입력 활용, 자연 재난 대응(지자체), 기후 및 통계, 기상현상 증명, 국제사회 기여 등 다양한 목적으로 설치되었으나 관측시설에 대한 일률적 기준 적용으로 관측시설의 유지·관리 및 자료품질 관리가 어려운 실정이며, 이에 따라 설치목적에 따른 관측망 분류가 우선되어야 함
- 중복설치에 대한 기준 및 포괄적인 법규정은 있으나 세부적인 지침이 없음. 분류된 관측망에 따른 적정 조밀도 및 중복도 적용 여부 및 품질관리 주체 등을 명확히 해야 함

## □ 수집·활용체계

### ○ 수집체계

- 복잡한 수집체계로 인한 관측자료 수신 시각 지연이 발생하고 있음([그림 51], 지자체 관측자료 기상청으로 수집, 약 12.5분 소요). 실시간 감시시스템 적용을 위하여 관측기관의 관측자료를 기상청이 직접 수신하는 방식으로 개선할 필요가 있음



\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.

[그림 105] 관측기관의 기상자료 수집체계 현황

### ○ 활용체계

- 관측메타데이터시스템(<https://omds.kma.go.kr>)은 기상청에서 운영 중이며 유관기관 4,000여개의 공동활용 관측시설에 대한 환경정보의 분석, 처리, 분류, 평가 등의 업무 지원을 위한 시스템이며 메타데이터, 시설등급, 품질관리계획, 자료율 등을 확인 가능함
- 방재기상정보시스템(<http://afso.kma.go.kr>)은 기상청에서 운영 중이며 타 관측기관의 기상자료가 수집되고 있음. 기상청의 기상자료의 경우는 실시간으로 모니터링하여 자료의 결측 및 오류에 즉시 대응하고 있음. 그러나 관측기관 기상자료는 결측 및 오류 이슈가 발생하더라도 실시간 대응이 되고 있지 않음
- 일부 관측기관(산림청, 농진청, 홍수통제소)에서 생산되는 관측자료는 각 기관이 수집 및 품질관리를 하고 있으며, 관측자료 제공 플랫폼, 웹페이지<sup>21)</sup> 등 자체 시스템을 구축하여 관리하고 있음
- 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 기상청 기상자료뿐만 아니라 각 관측기관에서 생산되는 자료를 한 번에 수집, 품질관리, 정보조회, 감시, 결측이나 오류 자료에 대한 알람 등 실시간으로 통합하여 관리할 수 있는 시스템과 이를 운영할 수 있는 전문기관이 필요함

## □ 품질관리

### ○ 기상관측기관 품질관리 현황

- 기상청과 일부 관측기관(산림청, 농진청, 홍수통제소)에서 생산되는 관측자료는 각 기관이

21) 산림청 산악기상관측시스템, <http://mw.nifos.go.kr/Main/>, 농진청 농업날씨 365, <http://weather.rda.go.kr/w/>, 홍수통제소 <http://www.hrfco.go.kr/main.do>

수집 및 품질관리를 하고 있으며, 관측자료 제공 플랫폼, 웹페이지(산림청 산악기상관측시스템, 농진청 농업날씨 365, 홍수통제소) 등 자체 시스템을 구축하여 관리하고 있음

- 지자체 관측시설의 경우 유지·관리 비용의 자체 예산 수립·집행, 기상관측 관련 전문인력 부족 등의 이유로 관측자료의 품질관리 및 수집체계 개선 등 관측시설에 대한 유지·관리가 실질적으로 어려운 실정임(지자체 현장의견, 기상관측표준화 법제도 및 운영체계 종합정비 TF 보고서, 2021.12, 기상청)
- 지자체에서 운영 중인 기상관측시설 2,774소(2022년 하반기 기상관측시설 현황 조사결과, 기상청)의 경우 기상관측표준화 적용 대상임에도 불구하고 앞서 언급한 바와 같이 각 지자체의 최소 예산 범위에서 유지·관리를 실시하고 있어 기상관측표준화 시책 준수가 실질적으로 어려운 실정이며, 개정된 기상관측표준화법의 품질관리 강화방안을 이행하기 위해서는 지자체 소관 관측시설에 대한 유지·관리 비용의 지원이 필요함. 양질의 기상관측자료 생산을 위해서는 통합적인 품질관리 시스템을 구축하여 관리할 필요가 있음

#### □ 기상관측 전문기관의 필요성 증가

- 기상청 산하 공공기관으로 한국기상산업기술원이 있으나 기상산업의 진흥·발전과 기상정보의 활용 촉진 및 유통을 효율적으로 지원하기 위하여 설립된 기관이며, 일부 인력이 기상청의 지상기상관측장비 유지관리 용역에 대한 세부계획 수립 및 제안, 사업계획 검토·조정, 기술평가 및 관리와 현장검정 업무 대행역무 등에 국한되어 기상관측망에 설치·운영·유지관리 등 전문기관으로써의 역할에 한계가 있음
- 기상청 및 지자체 등 관측기관의 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행과 관측자료의 감시 및 품질관리, 기상관측시설 환경개선, 관측시설 설치·교체·이전 또는 폐지를 위한 환경분석 및 기술지도, 기상관측 종사자 교육(민간자격증) 등 기상관측장비 설치·운영·유지관리 전반에 전문성을 갖춘 기관 설립이 필요함

### 3.4.2 기상관측표준화 업무 개선 방안

#### □ 국가지상기상관측망

##### ○ 기상관측시설 설치·교체·이전 개선 방안

- 기상관측표준화법 개정으로 기상관측망 구축 및 관리에 대한 강화된 표준화시책이 마련됨(개정 2022년 6월 10일, 시행 2022년 12월 11일)
- 기상청은 기상관측망 구축 및 관리계획을 수립하고 관측시설 구축 및 관리계획 작성지침을 마련하여 각 관측기관에 통보하여야 함
- 관측기관은 매년 소관 관측시설에 대한 관측시설 구축 및 관리계획 작성지침에 따른 기상관측망 구축과 운영계획을 수립하여 기상청의 검토·조정 과정을 거쳐 관리하여야 함

개정조항	제8조(기상관측망 구축 및 관리): 제1항 및 제2항	
개정 전	① 기상청장 기상관측망 구성 및 관리 시책 마련, 타 관측기관장과 협의 ② 타 관측기관장 관측시설 설치·교체·이전 또는 폐지 시 서면통보	
개정 후	기상관측망 구축 및 관리계획 수립 (기상청장)	제1항
	관측시설 구축 및 관리계획 작성지침 (기상청장 -> 관측기관장)	제2항
	소관 관측시설 구축 및 관리계획 (관측기관장 <-> 기상청장(검토·조정))	제3항, 제4항
	소관 관측시설 구축 및 관리 (관측기관장)	제5항

[그림 106] 개정(2022년 6월 10일)된 기상관측표준화법

- 지상기상관측망에 대한 중장기 계획(3년 또는 5년 주기)을 수립하여 관리할 수 있도록 기상관측표준화법을 개정해야 함
- 지상기상관측망 설치·운영 기본계획(안)의 주요 내용과 수립절차는 <표 47>과 <표 48>과 같음

<표 93> 지상기상관측망 증장기 계획 주요내용(안)

구분	내용
제1장 개요	▪ 기상관측망 추진 경과
	▪ 기상관측망 법적 근거
	▪ 설치·운영·품질관리 적용지침
제2장 기상관측망 설치현황	▪ 설치목적 및 달성도
	▪ 관측요소 현황
	▪ 용도지역별 세부현황
제3장 기상관측망 운영 평가	▪ 정상가동율 및 관측자료 품질
	▪ 관측기관 등급
	▪ 관측환경 개선
제4장 주요 추진내용	▪ 정책여건 및 환경변화 등에 따른 분류체계 변화
	▪ 관측망 운영체계 변화
	▪ 관측망 확대 조정
	▪ 미래 수요에 대한 기상관측망 확대 방안
제5장 세부운영계획	▪ 관측망별 목적, 관측요소 및 관측소 입지조건
	▪ 연도별, 운영주체별, 관측망별 관측소 확충계획
	▪ 관측망별 운영평가 및 세부 운영계획
	▪ 보조금 지급 계획
제6장 기상관측망 운영관리	▪ 설치·운영기관별 역할 - 기상청 - 기상관측 전문기관 - 관측기관
	▪ 관측망 운영현황 모니터링 시스템
	▪ 전문기관 위탁

\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.

<표 94> 지상기상관측망 증장기 계획(5년 단위) 수립절차(안)

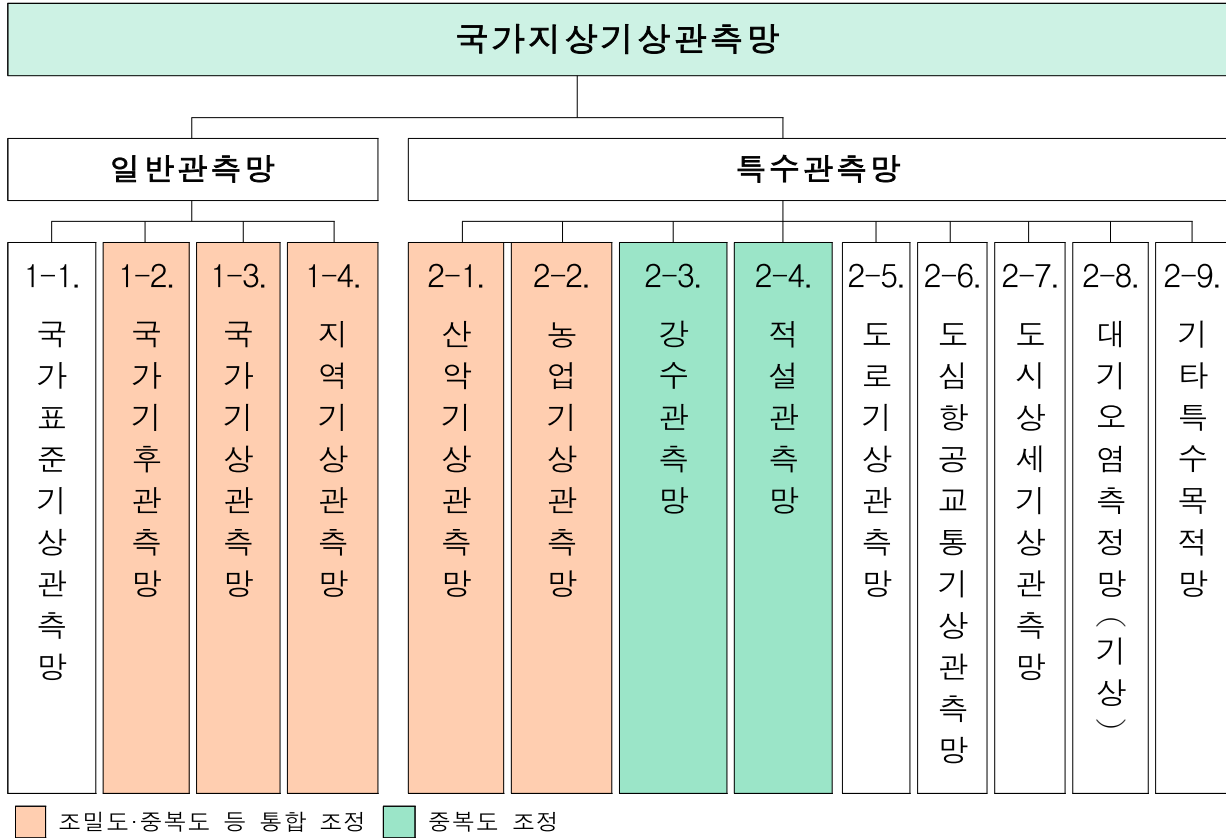
구분	기본계획 수립 전년도	기본계획 수립년도
주요내용	▪ 설치계획(5년) 제출 (관측기관)	▪ 기본계획 심의·승인 (위원회)
	▪ 관측기관 업무협의	▪ 기본계획(5년) 확정·통보
	▪ 기본계획(초안) 마련	▪ 당해연도 시행계획 수립 (시행계획에 따라 관측기관별 설치계획 고시)

\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.



○ 국가지상기상관측망 분류체계

- 2022년 상반기 기준 신고된 지상기상관측시설은 총 5,156소로 매우 많은 수가 전국에 걸쳐 분포하고 있으며 이러한 많은 수의 관측시설을 효율적으로 운영하기 위해서는 국가지상기상관측망을 관측목적에 따라 일반관측망과 특수관측망으로 분류하여 관리해야 함



[그림 107] 국가지상기상관측망 분류

○ 중복 설치 AWS 및 강수량계 조정 방안

- AWS 및 강수량계(기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01, 기상청)
  - 기상청 AWS는 현 조밀도 수준을 유지하되 지자체 AWS를 포함할 경우 1km 격자 내 중복이 없도록 유도함. 기존 AWS의 경우 현재 1km 내 중복 설치된 14개소 중 내용연수 등을 고려하여 7개소에 대해 이전·폐지를 추진하고 있음
  - 강수량계의 경우도 중복도 조정 기준을 AWS와 동일하게 1km 내 강수량계 714개소 중 286개소에 대해 이전·폐지를 추진하고 있음
  - 지상기상관측망별 적정 조밀도 및 중복도 적용 기준은 1.3.2 지상기상관측망별 관측표준화 기준 참조

- 심의·조정 체계 구축

- 기상관측표준화위원회를 통한 기상관측망 구축 및 관리계획을 심의 및 중복조정, 관측망 분류 등 심의·조정 체계를 구축

○ 관측시설 구축 및 관리계획 작성지침

- 개정된 기상관측표준화법에 따라 기상청장은 환경부령으로 정하는 바에 따라 매년 관측시설 구축 및 관리계획 작성지침을 정하여 관측기관의 장에게 통보하고 관측기관의 장은 작성지침에 따른 소관 관측시설 구축 및 관리계획을 제출하도록 규정하여 체계적인 기상관측망 구축 및 관리가 이루어지도록 계획하였으며, 작성지침에 포함되어야 할 주요 내용은 <표 49>와 같음

<표 95> 관측시설 구축 및 관리계획 지침(안)

구분		내용
목적		기상관측표준화 관측시설의 설치·운영 기준에 관한 사항을 명확하게 하여 관측시설의 체계적 관리 및 공동활용 효율성 제고
수립 방향	설치	표준화 대상, 설치기준, 신설·이전·폐지 절차 등
	운영	관측장비 검정, 유지관리에 관한 기준 등
	자료관리	관측자료의 자료품질 검사와 보증 기준 등
	자료유통	자료의 활용, 공개, 제공에 관한 기준 등
주요 내용	제1장(총칙)	목적, 적용대상, 국가기상관측망 운영체계 및 분류
	제2장(지상기상관측망 설치 및 운영)	일반사항 및 지상기상관측망 분류별 설치·운영 기준
	제3장(자료 연계 및 품질관리 기준)	관측자료 송수신 체계 및 품질관리 기준
	제4장(자료 유통 기준)	내·외부 활용 기준, 공개 및 제공 기준
	제5장(평가·환류 체계)	관측시설 및 관측자료 품질등급 기준 등

\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.

## □ 수집·활용체계

### ○ 수집·활용체계 개선 방안

- 기상청 이외 관측기관의 기상관측자료를 기상청이 직접 수신하는 방식으로 개선하고 시범적용을 통한 수집률 향상 및 지연시간 최소화하고, 기상청 실시간 감시시스템을 관측기관까지 확대 적용하여 실시간 감시 강화 및 장애에 대한 통보·조정을 신속히 처리할 수 있는 시스템을 마련함
- 수집한 기상관측자료는 국내외 모든 기상 관련 정보를 수집, 분석, 저장, 분배하는 기상청 종합기상정보시스템(COMIS)의 품질관리를 거쳐 유관기관 재난관리시스템, 방재기상시스템, 대국민 기상자료개방포털 등에 활용함



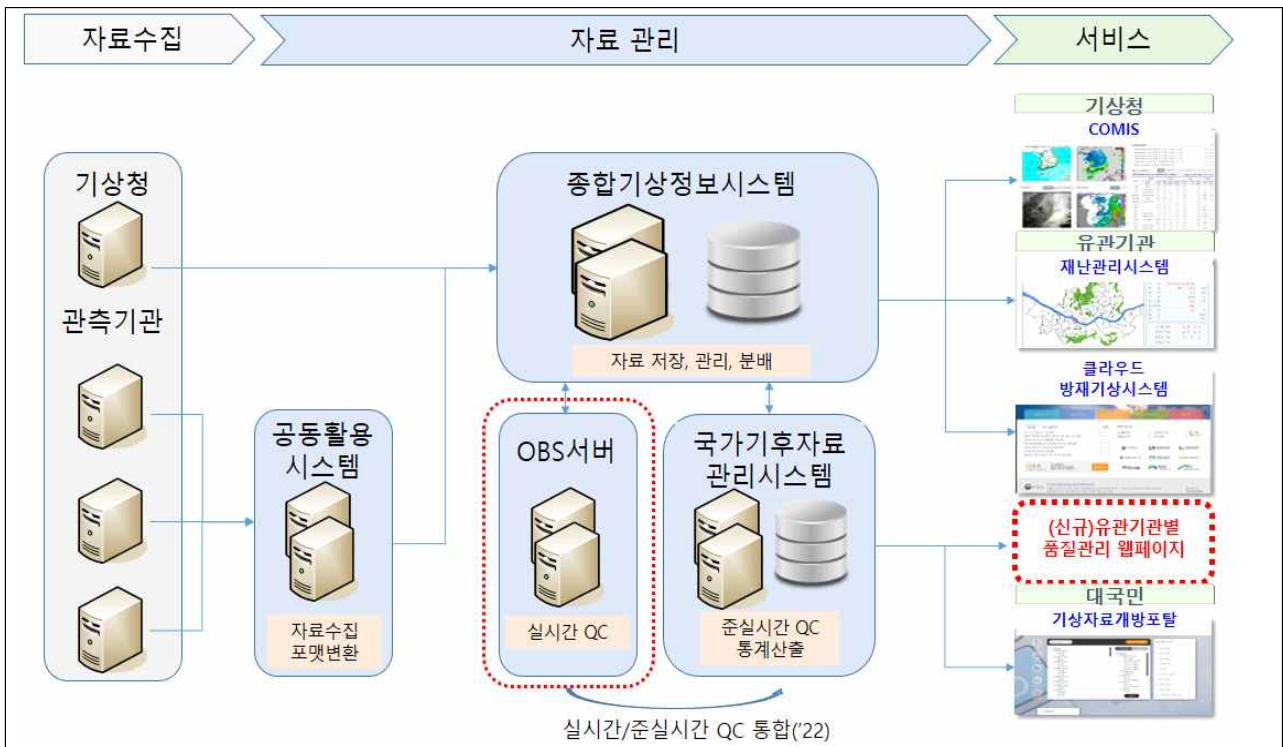
\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.

[그림 108] 개선된 관측기관의 기상자료 수집체계 방안

## □ 품질관리

### ○ 기상기후데이터허브 사업을 통한 품질관리

- 기상기후데이터허브 사업을 통해 관측자료에 대한 실시간/준실시간 품질검사를 수행하고 품질지표 산출을 자동화함([그림 55])  
※기상기후데이터허브 사업: 기상청 및 관측기관의 공동활용시스템을 구축하여 관측자료 수집 및 기상청 기준(KMA3) 형식으로 변환하고, 기상기후데이터허브 구축 사업을 통하여 관측자료 실시간/준실시간 품질검사 통합 및 품질지표 산출 자동화, 관측기관이 품질지표 결과(수집률, 정상자료율 등)를 실시간으로 조회할 수 있는 유관기관별 품질관리 웹페이지를 제공함



[그림 109] '22년 기상기후데이터허브 구축 사업(국가데이터센터)

\*출처: 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.

○ 관측기관 지원방안(1안): 품질관리 전문기관에 위탁

- 관측자료의 품질관리는 실시간/비실시간 품질검사가 필요하며, 기상현상의 이해, 기상관측요소 및 자료의 이해 등 기상전문지식이 필요함. 또한, 이를 위한 실시간 자료처리 시스템 및 전담인력이 필요하기 때문에 기상전문성이 부족한 지자체 등에서 이를 수행하기에서는 어려움이 있어 기상관측 전문기관을 활용할 필요가 있음

○ 관측기관 지원방안(2안): 국고보조금 지급

- 관측기관 소관 관측시설에 대한 운영·유지관리 경비 보조: 관측장비 교체·유지 관리, 관측자료 수집체계 개선 및 기상관측업무종사자 맞춤형 교육프로그램 참여 등
- 기상관측표준화법 개정을 통해 “제9조의2(재정적 지원) 기상청장은 관측기관에서 생산하는 자료의 활용성을 높이기 위하여 관측시설의 운영·유지관리를 위한 경비의 일부를 관측기관에 지원할 수 있다.” 조항을 신설할 필요가 있음

□ 기상관측 전문기관 운영

○ 필요성

- 기상관측표준화법 개정에 따라 관측시설에 대한 사전 조정기능과 표준화시책 준수가 강화되며, 기상청의 범국가적 기상관측망 설치계획 통합·조정·심의 및 표준화시책 미준수 시 시정권고 등 행정제재 적극 조치 등의 운영방향과 관측기관의 관측시설 설치 등 자체계획 수립 제출 및 표준화시책 준수 등의 강화방안이 요구되며, 이에 따른 관측시설 설치·운영 전담기관이 필요함
- ‘관측시설 구축 및 관리계획 수립지침’에 따라 관측기관의 장은 매년 소관 관측시설의 구축 및 관리를 실시하여야 함
- 대부분의 지자체에서는 기상관측시설의 설치, 유지관리 계약과 같은 행정적인 업무에만 치중하고 있어, 기상자료의 실시간 감시 등 고품질의 기상관측자료를 관리하는데 한계가 있음. 기상자료와 기상관측시설의 체계적이고 효율적인 유지관리를 위해 전문성을 가진 기상관측 전문기관 운영이 필요함

#### ○ 기상관측 전문기관 신규 설치

- 기상청, 산림청, 농진청 등이 협력하여 기상관측망 설치 및 운영에 관한 기상관측 전문기관을 신설함
- 기상관측 전문기관에서는 기상청의 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무 사업, 관측시설 설치·교체·이전 또는 폐지를 위한 환경분석, 기상관측시설 환경개선, 관측자료 통합 및 실시간 모니터링 시스템 운영, 품질관리 역할 등을 수행함

#### ○ 한국기상산업기술원 역할 확대

- 한국기상산업기술원 지상기상관측장비 유지관리는 물론 기상관측장비의 구매와 종합관리시스템 운영 및 개선, 기상관측표준화 운영 및 관측환경 개선 등의 대행역무 사업에 약 15인의 인력이 참여(유지관리 인력 5인 포함)하고 있음. 기상관측표준화법 개정에 따라 표준화시책 준수가 강화될 경우 현재의 인력으로는 관측시설의 유지관리에 한계가 있을 것으로 예상됨
- 한국기상산업기술원의 지상기상관측장비 구매·유지관리 대행역무에 대한 충분한 예산 확보와 전문인력을 보강하는 방안을 수립하여 관측시설 설치·운영 전담기관 역할 부여가 필요함

○ 기상관측 전문기관 지정·운영

- 관측기관은 자체 운영 중인 관측시설 장애 모니터링, 자료 품질관리 등 기상관측시설 운영·관리 업무를 수행할 전담 조직 부재로 고품질 기상관측자료 생산이 어려움
- 고품질의 기상관측자료 확보 및 공동활용 효율성 증대를 위해 실시간 감시·장애 대응 등 신속한 의사결정, 관측자료 품질관리, 기상관측장비 점검·교체, 예비품 확보 등 기상청 운영·관리 수준의 기상 전문성을 갖춘 별도의 전문기관을 지정·운영 필요함
- 기상관측 전문기관을 일정 수준의 전문성을 갖춘 비영리법인 또는 단체로 지정하여 기상관측시설 운영·관리에 대한 역할을 위탁하여 관리할 수 있도록 함
- 기상관측 전문기관 지정·운영을 위한 법적 근거 마련이 필요하며, 이를 위해 관련 근거자료 확보 및 법령 개정안 마련을 위한 연구용역 수행도 필요할 것으로 판단됨

## 1. 국가기상관측 종합정책의 실행력 제고를 위한 실천 방향

- 국가기상관측 종합정책의 실행력 제고를 위해 효율적인 예산확보, 기상관측 분야 고도화를 위한 기술력 확보, 종합정책의 효과 증진을 위한 국내외 협력 및 역량 강화 등 기상관측 분야의 전반적인 측면에서 다음과 같은 실천 방향 제시

### □ 효율적인 예산 확보

- 기상관측 분야의 전주기적 관리 프로세스 고도화에 따른 투자 지원 확대
- 기상관측 분야의 직·간접적인 사회경제적 파급효과를 종합하여 미래가치에 대한 타당한 예산확보로 지속가능한 안전사회 기반 마련
- 시급성과 효과성을 고려한 효율적인 예산 분배 및 투자 확보를 통해 추진력 극대화

### □ 국가기상관측 분야 고도화를 위한 기술력 확보

- 도로안전 및 기상재해 경감 등 미래수요 대국민 서비스 향상 및 기상자료 활용도 증대를 위한 기상관측 기반 확보 핵심 기술 강화
- 스마트시티 등 차세대 도시기반 서비스 구현을 지원할 수 있는 기상정보 수요 대응 기술 확보
- 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등의 첨단 기술을 활용한 기상관측 개선 기술 확보
- 기상정보생산 및 제공을 위해 필수적인 슈퍼컴퓨터 자원 확보 및 안정적인 운영을 위한 스마트 기술 강화

### □ 국가기상관측 종합정책의 효과 증진을 위한 국내외 협력 및 역량 강화

- 해외 유관 기관과의 협력 네트워크를 발굴하여 중장기적인 업무협력체계(MOU 체결 등)를 구축하고 진취적으로 국제협력을 주도함으로써 국제적 위상 제고
- 국제협력의 지속성 및 결속력을 유지하기 위해 국내외 유관 기관과의 정기적인 실무 업무회의, 세미나 및 전문가 포럼 등을 추진
- 해외 선진기관과의 전문영역별 전문가 교환, 전체 지원조직운영 인력교환

등을 포함한 인력교류 프로그램 운영을 통한 전문인력 역량 강화

□ 경영층 리더십 확보

- 중장기적인 사업추진을 위한 관련 경영층의 관심 및 리더십을 체계적으로 확보
- 정기적인 사업추진 성과분석을 통한 전략적 성과관리 체계 강화

## 2. 국가기상관측 표준화업무 개선을 위한 실천 방향

2022년 상반기 기준 기상청, 산림청, 농진청 등 다양한 관측기관에서 설치한 지상기상관측시설(총 5,156소)이 운영되고 있음. 일부 기상관측시설은 중복 설치되었으며 유지관리가 잘 되고 있지 않음. 운영주체, 설치목적, 관측항목을 고려하여 모든 지상기상관측시설을 국가지상기상관측망으로 통합 관리할 필요가 있음

국가지상기상관측망은 기상 실태 감시 및 예·특보에 주로 사용하기 위한 “일반관측망” 과 개별 관측기관의 시설유지관리, 연구, 정책 수립 등의 특수한 기상정보 활용을 위한 “특수관측망” 으로 구분함. 일반관측망은 국가표준기상관측망, 국가기후관측망, 국가기상관측망, 지역기상관측망으로 구분함. 특수관측망은 산악기상관측망, 농업기상관측망, 강수관측망, 적설관측망, 도로기상관측망, 도심항공교통기상관측망, 도시상세기상관측망, 대기오염측정망(기상), 기타특수목적망으로 구분함

국가지상기상관측망 관측표준화 기준은 기상관측망에 따른 운영주체 및 품질관리 기관과 조밀도, 중복도 적용 여부와 관측시설등급 및 측기 최소성능등급을 고려하여 결정함. 기상관측망의 적정 조밀도·중복도를 결정하기 위해서 관측망별 관측 목적에 맞게 기상·기후학적 현상 및 3차원 공간 규모를 고려하여 판단해야 함

IoT 기상센서 등의 미래수요에 대응하고 간이형 기상센서의 관측 품질을 개선하기 위해 센서 모델에 대한 사전 성능등급의 부여가 필요함

기상청은 국가지상기상관측망의 효과적 구축·운영·관리를 이행할 수 있도록 하고,



기상청의 기상관측표준화의 실효성 확보를 위한 법제도 정비 및 개선해야 함. 관측기관은 기상관측표준화법에 따라 개선사업을 통하여 예산과 인력을 확보해야 하며, 관측환경 개선, 관측자료 결측 및 오류 발생 시 신속한 대응을 통해 고품질의 기상관측자료를 생산해야 함

일부 관측기관에서는 자체 관측자료 제공 플랫폼을 운영하고 있으나 모든 관측기관에서 생산되는 관측자료를 체계적으로 관리, 조회, 실시간 장애 대응 등을 할 수 있는 통합시스템을 개선해야 함

기상관측표준화법 일부 개정에 따라 관측시설 사전 조정기능 및 표준화 준수 의무화 강화를 통한 관측시설 설치 관련 제도 개선은 추진 중에 있으나, 관측시설 운영관리와 관련된 체계 및 제도 개선은 제대로 이루어지지 않아 이에 대한 개선 필요성이 부각되고 있으며, 관측시설의 체계적이고 효율적인 유지관리를 위해 기상전문성을 갖춘 기상관측 전문기관 운영이 필요함

기상관측시설 설치 및 유지관리를 위한 기상관측 전문기관의 업무 대행이 확대될 경우 민간업체의 반발이 예상됨. 이를 보완하기 위해 기상관측망에 대한 민간업체 위탁관리 기준을 마련하여 민간업체가 관측시설의 설치·운영에 참여할 수 있도록 함

기상관측자료를 현업 및 연구 등에 활용하기 위하여 국가기상관측자료 품질등급 부여 기준값의 상향이 필요함. 관측자료 품질등급뿐 아니라 관측기관이 운영하는 관측소의 수, 기상관측 관련 전문인력의 수를 포함하여 관측기관을 평가할 수 있는 평가체계를 갖추는 것도 필요함

1. NOAA, NOAA FY22-26 STRATEGIC PLAN, 2022
2. NWS, Weather-Ready Nation Strategic Plan 2019-2022
3. 국립기상과학원, 국립기상과학원 기본 운영 규정(국립기상과학원 훈령 제107호), 2022.5.1.
4. 국립기상과학원, 국립기상과학원 사무분장 규정(국립기상과학원 훈령 제108호), 2022.5.16.
5. 기상기술 정책 정보 동향 보고(2022, 4월1호), p.8
6. 기상청, 2021년도 주요업무 추진계획(관측기반국), 2021
7. 기상청, 2022년도 기상업무 주요 통계, 2022
8. 기상청, 2022년도 성과관리 시행계획, 2022
9. 기상청, 기상연구개발사업 성과진단 및 관리 개선연구, 2021
10. 기상청, 기상청과 그 소속기관 직제 시행규칙(환경부령 제 989호)
11. 기상청, 변화무쌍한 여름철 위험기상 대비를 위해 관측장비 총출동, 촘촘한 입체관측!, 2021
12. 박영주, 국가기후데이터 관리 최적화 방안 연구, 2018
13. 이재능, 이승휘, 클라우드 소싱을 통한 참여형 기상기록정보의 수집과 활용에 관한 연구, 한국기록관리학회지 19(2), 2019
14. 특허청, 특허 메가트렌드 분석 보고서 (환경 기상), 2019 재구성
15. 한국기상산업기술원, 2020년도 기상관측장비 동향조사 보고서, 2020
16. 현대경제연구원, 2022년 기술 트렌드 분석과 시사점, 2022
17. 호주 기상국 Annual report 2020-2021, p.106
18. 환경부 보도자료, 홍수예보용 소형 강우레이더 확충 계획(2021.8.27.)
19. 강민수, 박문수, 채정훈, 민재식, 정보연, 한성의. (2019) 관측망 밀도가 기상 자료의 격자형 수평 분포에 미치는 영향. 대기, 29(2), 183-196.
20. 국립산림과학원, 산악기상관측망 구축·운영 표준 매뉴얼 개정판, 2020.11.

21. 기상청, 2022년 상반기 기상관측시설 현황 조사결과, 2022.08.17.
22. 기상청, 2022년 국정감사 대비 기상통계, 2021.12.31.
23. 기상청, 기상관측표준화 법·제도 및 운영체계 종합 정비 계획(안), 2022.01.14.
24. 기상청, 한국형 도심항공교통(K-UAM) 실현을 위한 항공기상지원 로드맵, 2021.08.
25. 법제처, 기상관측표준화법, 2021.
26. 법제처, 기상관측표준화법 시행령, 2022.
27. 법제처, 기상관측표준화법 시행규칙, 2021, 2022.
28. 법제처, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, 2020.
29. 법제처, 기상관측자료의 품질등급 기준 및 절차, 기상청고시 제2014-8호, 2014.
30. 법제처, 기상측기 형식승인 기준·방법 및 신청 절차 등에 관한 고시, 2021.
31. 법제처, 대기환경보전법, 2021.
32. 법제처, 대기환경보전법 시행규칙, 2022.
33. 법제처, 미세먼지 간이측정기 성능인증 등에 관한 고시, 2019.
34. 법제처, 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법, 2020.
35. 법제처, 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행규칙, 2022.
36. 법제처, 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률, 2020.
37. 법제처, 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률 시행령, 2022.
38. 법제처, 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률, 2022.
39. 법제처, 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 시행령, 2022.
40. 서울시 CCTV 스마트폴 공사지침서\_V1.0
41. 윤석희, 원명수, 장근창. (2016) 최적의 산악기상관측망 적정위치 선정 연구 - 호남·제주 권역을 대상으로. 한국농림기상학회지, 18(4), 208-220.
42. 한국기상산업기술원, 2022년 지상기상관측 장비 구매·유지관리 대행역무 세부 사업계획서, 2022.
43. 한국기상산업기술원, 2022년 지상기상관측 장비 유지관리 용역 제안요청서, 2021.
44. 환경부·국립환경과학원, 대기오염측정망 설치·운영지침, 2021.
45. 환경부·국립환경과학원, 대기오염측정망 운영계획(2021-2025), 2021.

46. Adhikary, S. K. (2015) Optimal design of rain gauge network in the Middle Yarra River catchment, Australia. *Hydrological Processes*, 29, 2582-2599.
47. Foken, T. (2017) *Micrometeorology*, Springer.
48. Gyasi-Agyei, Y. (2020) Identification of the Optimum Rain Gauge Network Density for Hydrological Modelling Based on Radar Rainfall Analysis. *Water*, 12, 1906.
49. Orlanski, I. (1975) A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 56(5), 527-530.
50. WMO-No.8, *Guide to Instruments and Methods of Observation*, 2018.
51. Wu, H.; Chen, Y.; Chen, X.; Liu, M.; Gao, L.; Deng, H. (2020) A New Approach for Optimizing Rain Gauge Networks: A Case Study in the Jinjiang Basin. *Water*, 12, 2252.

## 1. 제1차 자문회의

## □ 목적

- 국가기상관측 종합계획의 비전 및 중장기 전략방향, 전략과제 및 실행과제에 대한 외부 전문가 3인 의견 청취

## □ 진행방식

- 중간보고(대면) 기반 원탁회의 방식으로 진행

## □ 회의내용

- 기상관측 분야 위주 현황조사가 필요하며 전략 과제 우선순위 도출 및 리밸런싱, R20·장비 국산화·저층관측 등 과제들이 추가 필요
  - 현황조사, 국내외 정책동향 등에 대한 조사가 대기과학 전반에 대한 내용으로 조사분석 되어있어 보다 관측 분야에 국한되도록 분석 요망
  - 현 전략과제들이 그간의 기상관측 분야 핵심 키워드들을 망라하고 있으나 우선순위가 부재하므로, 지난 20년간 더 개선해야 하고 발전이 필요한 부분그리고 현재 시점에서 추진이 시급한 부분부터 우선 추진 필요
  - 기상관측 R20 체계 부재하므로, 장비 연구→테스트베드→현업화 계획을 종합적으로 연계하여 제시 필요
  - 장비 국산화에 대한 계획 및 현황을 보다 구체적으로 제시 요망
  - 글로벌 관측 키워드인 저층관측(바람, 온도, 습도) 반영 필요
  - 전략-세부전략 간 밸런싱(전략 4-2) 및 단/중/장기 계획 수립 필요
- R20, 장비 국산화 등 핵심적인 내용에 대한 자문의견 제시로, 청에서도 그 부분을 고민하고 있다고 답변함.
  - 조직개편 이후 관측국과 관측연구부가 일대일 대응하는 체계에서는 R20 추진이 미비
  - 장비 국산화는 작년 국정감사 때도 지적이 됐던 이슈로, 기상장비 R&D 과제로 함께 고민중
- 기상관측 분야의 질적 성장을 위한 관측자료 품질관리 및 관측자료센터, Super site 구축 방안이 마련되어야 함.
  - 관측 종합계획이 전반적으로 체계적으로 잘 기획 및 추진하고 있다고 생각되나, 사업의 실질적인 성과를 낼 수 있는 디테일이 중요함

- 관측 분야의 질적 성장을 위해서는 목적별 관측망의 구성, 관측 변수에 따른 관측기술 개선, 관측자료의 활용 측면이 고찰되어야 하며, 관측자료의 활용 측면에서 관측자료들의 품질관리와 자료향상을 전담하는 관측자료센터 운영이 필요함
  - 데이터센터를 중심으로 자료의 신뢰도를 높여가다보면 자연스럽게 리서치에 활용하게 되고, O2R 같은 선순환체계가 형성될 것이라 생각함
  - 특정 관측 요소에 대한 Super site를 구축하면 연구의 중심점이 될 것이라 봄
  - mT등 상층 정보, 위험기상 감지를 위한 구름관측이 필요함
- 지역연계 프로그램 및 표준기상관측소 역할 강화 전략과제를 구상중이며 전문가 의견 수렴을 통한 세부내용 보완이 필요함.
- 말씀하신 의견은 기상청장도 가장 신경쓰고 있는 부분으로, 본 전략과제의 지역 연계 관측 프로그램으로 구상중임
  - 표준기상관측소 역할 강화에 신경 쓰고 있으나, 전문가들의 의견 보완이 필요함
- 국민 눈높이에 맞는 미래지향적 기상관측 역량 강화 및 조직 효율성 보완 전략 수립이 필요함.
- 정책적 성과, 시사점 분석 등에 대한 관측자료의 1차 이용자의 피드백이 필요함
  - 미래지향적 관점에서 공중관측, 구름관측, 재난관측 역량 강화를 위한 기술/장비 도입 전략이 마련되어야함
  - 국민 눈높이에 맞는 새로운 관측영역(도심 상층부 등)에 대한 고민이 필요하며, 이를 시각화하여 효과적으로 보여줄 수 있는 방법으로 국민의 요구를 만족시켜야 함
  - 본 보고서의 동향 조사 파트에서 센서 기술들에 대한 구체적인 내용이 추가되었으면 함
  - 조직 효율성 보완이라는 목적의식을 가지고 국내외 조직 운영 체계를 분석하여 필요 예산을 도출해야함
  - 기상관측 정책 추진에서 가장 핵심인 고품질의 기상관측 자료 제공이라는 키워드가 빠져있어 보완이 필요함
  - 본 보고서에 자주 언급되는 4차산업혁명, AI 활용기술 등 모호한 용어를 구체화하는 것이 바람직함

## 1. 내부 전문가 인터뷰

## □ 목적

- 국가기상관측 종합계획의 비전 및 중장기 전략방향, 전략과제 및 실행과제에 대한 기상청 내부의 분야별 전문가 의견 청취

## □ 진행방식

- 기상청 예보국, 수치모델링센터, 기상레이더센터 전문가 대상 영상회의 방식의 인터뷰 진행
- 국가기상관측 종합계획의 중장기 전략과제 및 실행과제 검토
- 전략적 적합성, 실행가능성, 시급성, 효과성 등 우선과제 도출
- 분야별 전문가 인터뷰를 통한 추진전략별 세부과제 분석
- 정책연구 보고서 보완 및 개선사항 등 전반적인 의견 수렴

## □ 전략체계 관련 의견

- 전략과제 키워드 매칭
  - 키워드들이 관측 역량 강화를 통한 예보 효율 개선 보다는 기상산업 발전과 기상관련서비스 진흥 쪽에 가깝게 느껴지며 미래수요 대응과 관측 패러다임 전환의 차이점 역시 식별이 어려움
  - ‘미래 수요’는 미래지향적이기 보다는 현재 수요에 가깝다고 판단됨. R&D ‘선도’라는 키워드의 적절성에 대한 검토가 필요함
  - 종합계획의 궁극적인 목표가 예보정확도 개선 지원인지, 관측기술력 확보인지, 기상산업 진흥인지 결단 필요
- 과제간 연계성
  - 5-2-1과 4-3-4, 5-1-1과 4-1-2 등 전략과제들이 중복되어 보여 직관적으로 차이점을 도출하기가 어렵다고 판단됨
  - 법제 표준화, 관측영향도 평가체계 구축 등 과제들은 패러다임 전환 보다는 기반 강화의 성격이 강하다고 느껴짐
  - 전략과제들이 기상관측망 확충에 집중되어있으나, 확보된 기상관측자료를 활용하기 위한 데이터베이스와 관련한 과제가 부재한 점에 대한 개선 필요

- 종합계획의 궁극적인 목표가 예보정확도 개선 지원인지, 관측기술력 확보인지, 기상산업 진흥인지 결단 필요

#### ○ 조직 운영체계

- 국방부-방위사업청-ADD의 구조 및 업무체계를 벤치마킹한 관측업무체계 효율화 추진 필요
- mT특별관측, 수도권 집중관측은 데이터별 포맷 및 용도 표준 수립을 위해 대학 중심의 컨소시엄을 구성하고, 정부에서 펀딩과 인프라 지원 필요
- 과학원-지방청-기술원의 역할 분담 문제는 전체적인 공무체계에서 정립 필요
  - ※ 지방청: 담당 관측 운영(측기관리, 관측값 모니터링)
  - ※ 과학원: 관측 활용 연구 수행(현업 관측 활용 확대 및 미래 관측 적절성 판단)
  - ※ 기술원: 관리 및 운영 지원 (신규관측 도입, 센서 검보정)
- 공동관측시 가장 어려운 부분이 예산의 집행 후 정산으로 이를 위한 예산집행 제도를 간소화 방안 마련 필요

#### ○ 관측 패러다임 전환

- 향후 개발될 1km 이하 수치모델링을 위해 필요한 이동 센서 기반 관측자료의 활용 가능성에 대해 긍정적 의견 제시
- 기존의 대형 레이더 대신 도심에서 운영 가능한 짧은 파장의 레이더로 전환을 위한 실험 연구와 주파수 대역 확보 및 설치 관련 규정 마련 필요
- UAM, High resolution 수치모델 관련 자료조사 추가 진행 요망
- 민간 기상 관측 센서의 정확도와 오차율에 대한 체계적인 관리 체계 도입
- 관측망을 기후관측망, 방재기상망 등으로 필수 유지 망과 그렇지 않은 관측망으로 등급화 필요
  - ※ 필수 관측망은 국가에서 관리하고, 민간이 들어올 수 있는 상시 및 특별 관측 범위와 역할 등 정립 필요
- 민간의 관측자료 구매 활용을 위한 제도적 근거마련 및 적절한 구매단가 산정, 자료 표준화 등의 제도적 지원 필요

#### ○ 국제협력/시민참여

- 해외 해상 관측망이 매우 부족한 상황에서 ODA를 얼마나 지원할건지 세부적으로 계획 수립 필요
- 북한 지원에는 인도주의적 차원에서의 지원을 입증 기반 확보 필요
- 근본적으로는 초등, 중등 과정 교육과정에서 기상 관측과 기상예보에 대한 이해 증진을 위한 노력 필요
- 태평양해상, 대륙 중심부 등 한반도 기상에 영향은 크지만 지상·고층 관측망이 부족한 국가 대상 ODA 검토



## □ 기타의견

- 한반도로 진입할 가능성 있는 기압계에 대한 실황분석 강화를 위해 관측공백지 대상 지상·고층 관측망 확충 필요
  - TOGA 프로그램 등 해양 관측을 위한 국제 관측 프로그램과 연계를 통해 북서태평양 해상관측망 확충 필요
  - 몽골고원, 시베리아, 중앙아시아, 동남아시아와 같이 한반도 상공 기압계에 영향을 주지만, 고층 관측 밀도가 낮은 지역 대상 고층 관측 지원 ODA 필요
- 실황 감시 역량 개선을 위한 원격탐사장비 확충 필요
  - Cloudsat이나 TRMM과 같이 구름 및 강수 실황 감시를 위한 극궤도 기상위성 추가 도입
  - 상층의 T,q 프로파일을 실시간 또는 준실시간 확인 가능한 관측장비 (라디오미터 등) 확충
  - 한반도 및 주변의 대기 전층의 원격 감시를 위한 레이더 확충
- 국민의 생활과 방재 맞춤형 관측망 재구축 필요
  - 수도권 풍상측인 황해도 지역 고층기상관측 강화를 위한 인도적인 차원에서의 지원 방안에 대한 모색 방안 검토 필요
  - 관측지점별 예보 또는 방재 활용성에 대한 평가 방안 도출에 대한 검토
  - 관측환경에 대한 주기적인 점검 및 개선 체계 강화
  - 국토부 등과 연계를 통해 신도시 개발 등 대규모 택지개발시 방재 목적의 기상 관측망에 대한 선제적인 고려 및 설계 반영에 필요한 제도 마련
  - 원격 탐사 확대에 따른 장비별 주파수 대역 확보 이슈에 대응하여 표준 대역 확보를 위한 정책 과제 마련 필요

※ 현재 소형 기상레이더는 무선국 허가 절차라는 제약요건으로 이동형 장비 활용 불가
- COMIS DB 저장 관측자료의 메타정보 추가 필요(단기)
  - GTS 전문처럼 DB에 저장되는 관측자료에 수집시간 정보 추가
  - 실시간 자료 동화 체계 구축에 필요한 사항이며(차수예에서 개발 중), 자료동화 기술 외에도 기상 분석 재현, 실험에서 효용성 증가

※ 영국기상청과 같은 해외 선도기관 구현사례 참조
- ECMWF의 MARS나 영국기상청의 MetDB와 같은 통합된 자료 관리 체계 마련(장기)
  - ECMWF는 MARS, 영국기상청은 MetDB 같은 관측자료, 수치예보자료, 기후분석자료 등을 통합 관리하는 체계 개발 필요
  - 관측자료, 수치예보자료, 재분석자료 등 대규모의 기상자료를 통합 관리하며, 프로그램 API나 웹 인터페이스 등으로 자료를 추출하는 기능 제공 필요

- ※ 불량 자료 자동 소거 기능, 특정 조건(지역, 수집시간, 관측시간 등) 선택 추출(프로그램 API, 웹 UI) 기능, 수치예보모델을 통한 관측자료 진단 결과 저장 기능 포함
- ※ 공통적인 자료 입출력 관리체계 활용에 따른 업무의 연속성 확보

## 1. 전략과제 우선순위 설문조사

## □ 목적

- 관측정책과제 중장기 계획 도출을 위한 기상청 내부 관계자 및 외부 전문가들의 인식조사 수행
  - 각 전략과제별 전략적 적합성, 실행가능성, 시급성, 효과성 지표에 대한 7점 척도 설문조사 수행

## □ 진행방식

- 관계자 대상평가 설문지 배포
  - 기상청 내부 32인, 외부 3인 응답 데이터 취합
  - 응답결과를 과장급/5급 이하/외부전문가로 구분
- 데이터 취합 및 평균값, 표준편차 계산
  - 과제별 평균값 및 표준편차 계산
  - 확률분포별 세부과제 우선순위 도출
  - 각 지표별 결과값 합산을 통한 전략과제 우선순위 도출
  - ※  $-2\sigma \sim -1\sigma$ :선택,  $-1\sigma \sim 1\sigma$ :중점,  $1\sigma \sim 2\sigma$ :핵심
- 그룹별 정규 분포 도출
  - 전체 응답자 결과 도출
  - 과장급+외부전문가(그룹1) 결과 도출

## □ 조사결과

- 전체 응답자 및 그룹1의 정규분포 결과는 대부분 일치하는 것으로 확인
- 전체 응답자 대비 그룹1은 실행과제 1-1-1과 1-2-1의 우선순위를 한 단계 낮게 판단(핵심→중점)

## 2. 전략과제와 세부과제 우선순위 평가 통계

과제명	전략적 적합성	실행 가능성	시급성	효과성	평균	전략과제 순위	기본/미래	세부과제 순위
1. 위험기상 감시·대응력 향상을 위한 3차원 입체 기상관측망 확충								
1-1) 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충	5.61	5.41	5.06	5.41	5.37	5	중점	
① 지상 기상관측망 운영 강화	5.48	6.21	5.09	5.52	5.53		기본	3
② 기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화	5.76	5.42	5.06	5.33	5.32		기본	8
③ 대형 재난 지원용 특별관측장비 구축	5.85	4.82	5.27	5.61	5.26		미래	8
1-2) 대기상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충	5.92	5.62	5.22	5.66	5.60	2	핵심	
① 고층 기상관측망 확충 및 고도화	5.88	5.45	5.18	5.52	5.49		기본	4
② 고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화	5.88	5.79	5.36	5.73	5.72		미래	2
1-3) 해상 관측공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충	5.57	4.43	4.61	5.12	4.93	11	중점	
① 해양 기상관측망 확충 및 운영강화	5.88	5.06	5.33	5.45	5.46		기본	6
② 대형기상관측선 도입 추진 (대형 기상 항공기)	5.21	3.82	3.91	4.76	4.41		미래	30
1-4) 위성기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화	5.49	4.59	4.58	5.24	4.97	10	중점	
① 기상레이더 관측망 확충 및 운영강화	5.61	4.79	4.64	5.73	5.18		기본	9
② 기상위성 관측망 확충 및 운영강화	5.82	4.36	4.45	5.55	4.97		기본	12
③ 항공 기상관측망 확충 및 운영강화	5.58	4.97	4.85	5.18	5.11		기본	10
④ 저층 복합재난 대응 기반 확충	4.97	4.42	4.48	4.64	4.64		미래	25
1-5) 국가기상관측망 운영을 위한 기상관측업무체계 개선	5.86	5.05	5.20	5.75	5.46	4	핵심	
① 국가 지상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선	6.18	5.64	5.79	6.00	5.82		기본	2
② 관측영향도 평가체계 구축	5.82	5.15	5.06	5.76	5.41		미래	5

과제명	전략적 적합성	실행 가능성	시급성	효과성	평균	전략과제 순위		기본/ 미래	세부과제 순위	
③ 후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진	5.73	4.45	5.12	5.55	5.16			미래	10	중점
<b>2. 국민 안전과 미래 수요를 대비한 기상관측 기반 마련</b>										
2-1) 도로안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축	5.22	4.77	4.67	4.96	4.90	13	중점			
① 전국 고속도로·국도 기상관측망 구축	5.19	4.78	4.66	4.81	4.81			기본	13	중점
② 도로기상서비스 플랫폼 구축	5.36	4.85	4.79	5.15	5.00			기본	11	중점
2-2) 신재생에너지 산업 지원을 위한 기상관측 기반 마련	5.35	4.59	4.32	4.83	4.77	16	중점			
① 태양광 발전 지원을 위한 관측망 구축	5.64	4.91	4.55	5.00	4.99			미래	16	중점
② 해상 풍력 발전 지원을 위한 관측망 구축	5.52	4.45	4.42	4.97	4.83			미래	21	중점
③ 스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축	5.06	4.61	4.03	4.52	4.50			미래	28	선택
2-3) K-UAM 활용을 위한 입체기상관측 기술개발	5.92	4.81	4.97	5.15	5.21	7	중점			
① 차세대 도심항공교통 지원을 위한 저층 관측 기술 개발	6.18	4.85	5.27	5.39	5.39			미래	6	핵심
② 차세대 도심항공교통 운영제도 마련	5.52	4.85	4.76	4.91	5.03			미래	14	중점
2-4) 남북관계 개선 대비 공동협력 기상관측 기반 조성	4.93	3.64	3.36	4.39	4.08	18	선택			
① 남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대	5.27	3.94	3.61	4.70	4.22			미래	31	선택
② DMZ 내 기상 관측망 구축	4.97	3.67	3.39	4.42	3.95			미래	32	선택
<b>3. 핵심기술 국내 자립을 통한 세계 선도 기상관측 기술개발</b>										
3-1) 4차 산업혁명 기술을 활용한 기상관측 기술 개발 가속화	5.68	4.92	4.69	5.05	5.09	9	중점			
① AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발	6.21	5.33	5.27	5.48	5.48			미래	3	핵심

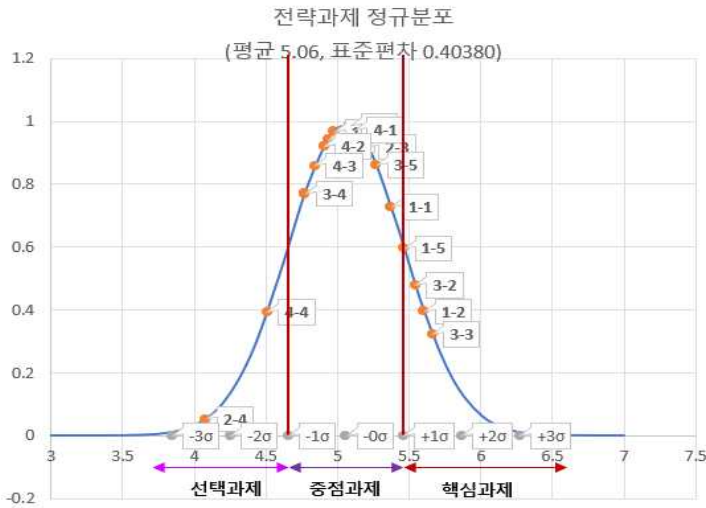
과제명	전략적 적합성	실행 가능성	시급성	효과성	평균	전략과제 순위	기본/ 미래	세부과제 순위
② IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심 기술 개발 (원격탐사장비)	5.88	5.12	4.70	5.18	5.08		미래	12 중점
③ 기상관측 핵심장비 국산화 R&D 지원	5.39	4.76	4.42	4.97	4.70		기본	14 중점
3-2) 다중궤도 기상위성을 활용한 기상위성 기술 개발	6.04	5.34	5.22	5.58	5.54	3	핵심	
① 천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발	6.03	5.42	5.03	5.48	5.36		기본	7 중점
② 기상위성기반 위험기상 조기탐지기술개발	6.15	5.48	5.67	5.91	5.72		미래	1 핵심
3-3) 초단기 위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발	5.96	5.65	5.18	5.86	5.66	1	핵심	
① 기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발	6.09	6.00	5.48	6.15	5.85		기본	1 핵심
② 기상레이더 차세대 (이중편파, 실시간 신호처리) 기술 개발	5.97	5.55	5.09	5.73	5.47		기본	5 중점
3-4) 국민안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발	5.45	4.53	4.46	4.66	4.77	15	중점	
① 전국 도로 특성별 기상관측 기술 개발	5.61	4.82	4.70	4.88	5.02		미래	15 중점
② 차량용 비정형관측자료 분석 활용 체계 구축	5.18	4.24	4.21	4.55	4.53		미래	27 선택
3-4) 북태평양 고기압 공동관측 국제협력 추진	5.70	4.96	5.15	5.27	5.27	6	중점	
① 기상선진국과의 mT 특별관측 협력 네트워크 구축	5.64	4.79	5.12	5.30	5.18		미래	9 중점
② mT 특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련	5.67	5.18	5.21	5.27	5.36		미래	7 중점
4. 기상관측기술 협력 강화 및 민간 기상관측 활용 기반 마련								
4-1) 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상관측 인프라 강화	5.48	4.99	4.88	5.17	5.13	8	중점	
① 맞춤형 국가기상레이더 통합 활용체계 구축	5.70	5.39	5.03	5.45	5.43		미래	4 핵심
② 기후위기 대응 기후변화 종합감시체계 구축	5.21	5.06	4.61	4.91	4.84		미래	20 중점
③ R20 기반 기상청, 국립기상과학원, 한국기상산업기술원 간 협업체계 정립	5.30	4.76	5.00	5.06	5.13		미래	11 중점
4-2) 지역 학·연 연계 강화 및	5.32	4.93	4.47	4.91	4.91	12	중점	

과제명	전략적 적합성	실행 가능성	시급성	효과성	평균	전략과제 순위		기본/ 미래	세부과제 순위	
지방청 성장기반 마련										
① 지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화	5.39	4.94	4.64	5.03	4.97			미래	18	중점
② 지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충 (표준기상관측소와 연계 포함)	5.30	4.70	4.76	5.15	4.99			미래	17	중점
③ 지역 학·연 연계 관측분석 프로그램 운영	5.24	5.03	4.30	4.76	4.82			미래	22	중점
④ 위험기상 집중관측을 위한 지방기상청-대학 협력강화	5.27	5.24	4.15	4.88	4.84			미래	19	중점
4-3) 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련	5.32	4.78	4.45	4.83	4.84	14	중점			
① 민간 기상관측 자료 활용 체계 정립	5.42	4.94	4.82	5.03	5.07			미래	13	중점
② 민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련	5.30	4.52	4.45	4.73	4.69			미래	24	중점
③ 간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 도입	5.21	5.06	4.27	4.91	4.78			미래	23	중점
4-4) 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련	4.93	4.53	4.08	4.50	4.51	17	선택			
① 시민참여 기상관측과학 이해 확산	4.94	4.55	4.06	4.48	4.43			미래	29	선택
② 대국민 관측자료 공유 네트워크 운영	5.12	4.73	4.27	4.70	4.59			미래	26	중점

### 3. 전략과제 평균, 표준편차에 따른 정규분포 함수

- 전략과제의 정규분포상 표준편차에 따른 위치 파악
- 확률분포에 따라 핵심( $1\sigma\sim3\sigma$ ), 중점( $-1\sigma\sim1\sigma$ ), 선택( $-3\sigma\sim-1\sigma$ ) 과제로 구분



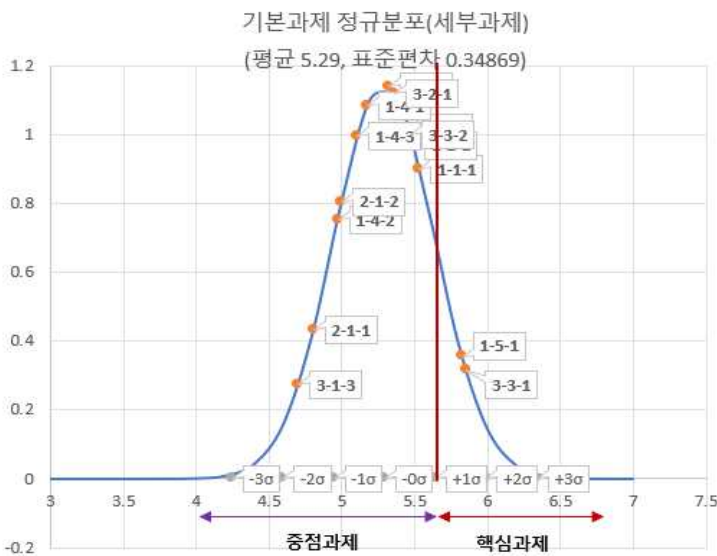


	전략 과제	평균	정규분포 함수
중점	1-1	5.37	0.727934
핵심	1-2	5.60	0.395418
중점	1-3	4.93	0.941144
중점	1-4	4.98	0.967019
핵심	1-5	5.46	0.59642
중점	2-1	4.90	0.918534
중점	2-2	4.77	0.769142
중점	2-3	5.21	0.918176
선택	2-4	4.08	0.052853
중점	3-1	5.09	0.985325
핵심	3-2	5.54	0.479338
핵심	3-3	5.66	0.322902
중점	3-4	4.77	0.770658
중점	3-5	5.27	0.860772
중점	4-1	5.13	0.972233
중점	4-2	4.91	0.919655
중점	4-3	4.85	0.858898
선택	4-4	4.51	0.393207
	평균	5.06	
	표준 편차	0.4038	

전략과제	우선순위
3-3. 초단기 위험기상 감지를 위한 레이더 핵심기술 개발	핵심
1-2. 대기상층 입체관측을 위한 고층 기상관측망 보강 및 확충	핵심
3-2. 다중궤도 기상위성을 활용한 기상위성 기술 개발	핵심
1-5. 국가기상관측망 운영을 위한 기상관측업무체계 개선	핵심
1-1. 기상감시 능력 강화를 위한 지상 기상관측망 보강 및 확충	중점
3-5. 북태평양 고기압 공동관측 국제협력 추진	중점
2-3. K-UAM 활용을 위한 입체기상관측 기술개발	중점
4-1. 고부가가치 관측자료 확보를 위한 융복합 기상관측 인프라 강화	중점
3-1. 4차 산업혁명 기술을 활용한 기상관측 기술 개발 가속화	중점
1-4. 위험기상 조기 탐지를 위한 원격탐사 입체 관측망 강화	중점
1-3. 해상 관측공백 해소를 위한 해양 기상관측망 보강 및 확충	중점
4-2 지역 학·연 연계 강화 및 지방청 성장기반 마련	중점
2-1. 도로안전을 위한 도로기상서비스 체계 구축	중점
4-3. 기상관측의 민간 참여 확대 기반 마련	중점
3-4. 국민안전 확보를 위한 도로기상관측 기술 개발	중점
2-2. 신재생에너지 산업 지원을 위한 기상관측 기반 마련	중점
4-4. 시민과학 활성화를 위한 프로그램 마련	선택
2-4. 남북관계 개선 대비 공동협력 기상관측 기반 조성	선택

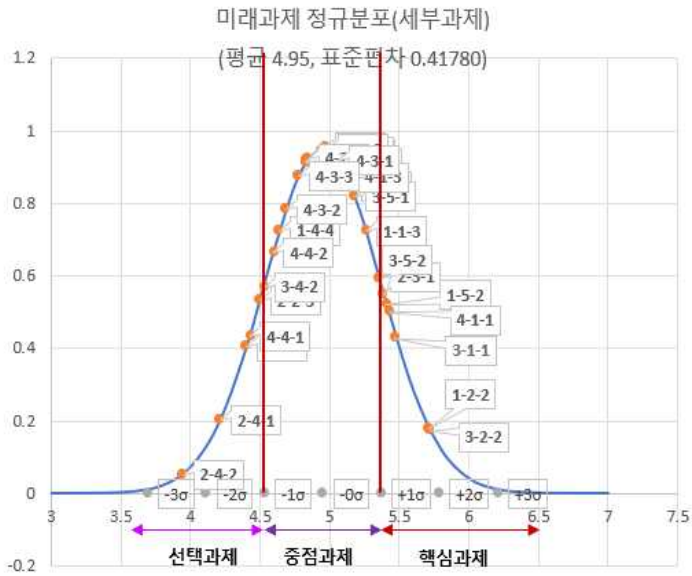
#### 4. 세부과제 평균, 표준편차에 따른 정규분포 함수

- 세부과제의 정규분포상 핵심, 중점, 선택과제 위치 파악
- 세부과제를 기본업무와 미래수요 대응 업무로 구분하고 기본업무는 핵심과제와 중점과제로, 미래수요 대응 업무는 핵심, 중점, 선택과제를 구분하기 위해 평균과 표준편차를 활용하여 확률 분포에 따라 과제 구분( $1\sigma\sim3\sigma$ :핵심,  $-1\sigma\sim1\sigma$ :중점,  $-3\sigma\sim-1\sigma$ :선택)



	기본 (세부) 과제	평균	정규분포 함수
중점	1-1-①	5.53	0.899795
중점	1-1-②	5.32	1.139227
중점	1-2-①	5.49	0.968737
중점	1-3-①	5.46	1.019625
중점	1-4-①	5.18	1.082081
중점	1-4-②	4.97	0.75264
중점	1-4-③	5.11	0.995426
핵심	1-5-①	5.82	0.356918
중점	2-1-①	4.81	0.432212
중점	2-1-②	5.00	0.805545
중점	3-1-③	4.70	0.274196
중점	3-2-①	5.36	1.119459
핵심	3-3-①	5.85	0.316144
중점	3-3-②	5.47	1.000082
	평균	5.29	
	표준 편차	0.3487	

기본(세부) 과제	우선순위
3-3-①. 기상레이더 기반 위험기상 입체분석 기술개발	핵심
1-5-①. 국가 지상기상관측 법·제도 표준화 업무 개선	핵심
1-1-①. 지상 기상관측망 운영 강화	중점
1-2-①. 고층 기상관측망 확충 및 고도화	중점
3-3-②. 기상레이더 차세대 (이중편파, 실시간 신호처리) 기술 개발	중점
1-3-①. 해양 기상관측망 확충 및 운영 강화	중점
3-2-①. 천리안-2A호 및 후속위성 기반 맞춤형 위성정보 생산 기술개발	중점
1-1-②. 기상관측차량 확충 및 현장 지원 강화	중점
1-4-①. 기상레이더 관측망 확충 및 운영강화	중점
1-4-③. 항공 기상관측망 확충 및 운영강화	중점
2-1-②. 도로기상서비스 플랫폼 구축	중점
1-4-②. 기상위성 관측망 확충 및 운영강화	중점
2-1-①. 전국 고속도로·국도 기상관측망 구축	중점
3-1-③. 기상관측 핵심장비 국산화 R&D 지원	중점



	미래 (세부) 과제	평균	정규분포 합수
중점	1-1-③	5.26	0.722140
핵심	1-2-②	5.72	0.178627
선택	1-3-②	4.41	0.406757
중점	1-4-④	4.64	0.725951
핵심	1-5-②	5.41	0.519564
중점	1-5-③	5.16	0.847380
중점	2-2-①	4.99	0.951465
중점	2-2-②	4.83	0.916185
선택	2-2-③	4.50	0.532918
핵심	2-3-①	5.39	0.547487
중점	2-3-②	5.03	0.936398
선택	2-4-①	4.22	0.203187
선택	2-4-②	3.95	0.052819
핵심	3-1-①	5.48	0.429017
중점	3-1-②	5.08	0.909835
핵심	3-2-②	5.72	0.173393
중점	3-4-①	5.02	0.941909
선택	3-4-②	4.53	0.570287
중점	3-5-①	5.18	0.819294
중점	3-5-②	5.36	0.594283
핵심	4-1-①	5.43	0.501089
중점	4-1-②	4.84	0.920335
중점	4-1-③	5.13	0.872769
중점	4-2-①	4.97	0.954245
중점	4-2-②	4.99	0.951465
중점	4-2-③	4.82	0.911815
중점	4-2-④	4.84	0.924263
중점	4-3-①	5.07	0.918547
중점	4-3-②	4.69	0.784377
중점	4-3-③	4.78	0.875369
선택	4-4-①	4.43	0.432863
중점	4-4-②	4.59	0.663321
	<b>평균</b>	<b>4.95</b>	
	<b>표준편차</b>	<b>0.41780</b>	

미래(세부) 과제	우선순위
3-2-②. 기상위성기반 위험기상 조기탐지기술개발	핵심
1-2-②. 고층 기상관측 입체 관측망 활용 강화	핵심
3-1-①. AI, 빅데이터 기반 기상 관측기술 개발	핵심
4-1-①. 맞춤형 국가기상레이더 통합 활용체계 구축	핵심
1-5-②. 관측영향도 평가체계 구축	핵심
2-3-①. 차세대 도심항공교통 지원을 위한 저층 관측 기술 개발	핵심
3-5-②. mT 특별관측 자료분석 현업화 적용 체계 마련	중점
1-1-③. 대형 재난 지원용 특별관측장비 구축	중점
3-5-①. 기상선진국과의 mT 특별관측 협력 네트워크 구축	중점
1-5-③. 후속 기상위성 등 대형 관측 인프라 예비타당성 면제 추진	중점
4-1-③. R2O 기반 기상청, 국립기상과학원, 한국기상산업기술원 간 협업체계 정립	중점
3-1-②. IT 융합기술을 적용한 기상관측 핵심 기술 개발	중점
4-3-①. 민간 기상관측 자료 활용 체계 정립	중점
2-3-②. 차세대 도심항공교통 운영제도 마련	중점
3-4-①. 전국 도로 특성별 기상관측 기술 개발	중점
2-2-①. 태양광 발전 지원을 위한 관측망 구축	중점
4-2-② 지역별 위험기상 맞춤형 기상관측망 확충	중점
4-2-①. 지방청 관측·분석 업무 프로그램 고도화	중점
4-2-④. 위험기상 집중관측을 위한 지방기상청-대학 협력강화	중점
4-1-②. 육상-해양-대기-환경의 다변화된 위성기반 기후변화 종합감시체계 구축	중점
2-2-②. 해상 풍력 발전 지원을 위한 관측망 구축	중점
4-2-③. 지역 학·연 연계 관측분석 프로그램 운영	중점
4-3-③. 간이형 기상측기를 위한 성능인증제도 도입	중점
4-3-②. 민간 기상관측 자료 운영 관리 시스템 마련	중점
1-4-④. 저층 복합재난 대응 기반 확충	중점
4-4-②. 대국민 관측자료 공유 네트워크 운영	중점
3-4-②. 차량용 비정형관측자료 분석 활용 체계 구축	선택
2-2-③. 스마트시티 및 스마트팜 운영을 위한 관측망 구축	선택
4-4-①. 시민참여 기상관측과학 이해확산	선택
1-3-②. 대형기상관측선 도입 추진	선택
2-4-①. 남북 접경지역 평화벨트 기상대 구축 및 기상관측망 확대	선택
2-4-②. DMZ 내 기상 관측망 구축	선택

## 1. 제2차 자문회의

## □ 목적

- 제1차 자문회의 의견 수렴 및 수정·보완 상황 점검
- 전략체계 우선순위 도출 결과 검토 및 자문의견 제시

## □ 진행방식

- 관측정책국 관계자 및 제1차 자문회의 자문위원단 대상 원탁회의 방식으로 진행

## □ 회의내용

- 기본적인 업무와 미래지향적인 과제를 따로 구분하여 우선순위를 정하고 미래지향적인 전략체계를 수립하는 것이 바람직함
  - 라이다, 위성, 고층/지상 관측망 확충, 표준화 업무 개선 등 과거 추진한 적 있는 기본업무들이 우선순위에 도출되어 있음
  - 기본업무와 미래지향적 과제들이 혼재된 상태에서 전략과제를 추진할 경우 3~5년 뒤 새로운 주제/이슈가 나타났을 때 대응하기 어려움
  - 변화하는 미래에 신속히 대응하기 위해 기본적인 업무와 미래지향적인 과제를 따로 구분하여 우선순위를 정하는 것이 바람직함
  - 추후 3~5년 후에도 같은 과제가 중복되어 나타나는 것은 아닌지 우려됨
- 향후 각 전략별 수행 결과물을 평가할 수 있는 방법이 마련되어야 함
  - 각 파트별 성과에 대한 자체 진단을 방향성/방법론 제시가 필요함
  - 전략별로 어떤 결과물을 기대할 수 있는지도 제시되어야 함
- 금번 설문조사에서 시급성 등 지표를 통해 우선순위를 도출하였는데, 실효성 측면에서 다소 애매한 부분이 있음
  - 향후 5년동안 무엇을 해야할 것인가에 초점을 맞춰서 전략별 그룹핑을 수행해야함
- 미션, 비전, 목표간 연계성이 다소 미흡하며, 일부 모호한 용어들이 사용되고 있어 보완 필요
  - 미션, 비전, 목표의 유기적 통합을 위한 워딩 수정 필요

- ‘맞춤형 기상관측 체계’ 라는 용어가 타겟 옵션배이션을 겨냥하여 이야기하는 것인지, 아니면 다른 의미가 담긴 것인지 고민할 필요가 있음
- 글로벌 패러다임이란 용어가 나오고 있는데, 패러다임이 어떻게 바뀌고 있고 앞으로는 어디에 집중해야하는지에 대한 방향성이 아직 잡히지 않은 느낌임
- 전략의 순서를 1-3-2-4로 바꾸고, 4, 5번을 통합하는 등 전체적인 틀을 수정하는 방법을 검토해볼 필요가 있음
- 수도권 집중 관측에는 극한기상이나 기후변화에 대응하여 훨씬 더 집중적이고 다양한 방식의 관측을 통해서 상세 데이터를 확보하고, 이를 바탕으로 균형된 관측 매커니즘을 규명해나가고 이를 토대로 정확도를 향상하겠다는 내용이 담겨야함
- 기재부 심사시 문제가 될 수 있는 ‘핵심’, ‘집중’, ‘선택’ 등 우선순위 등급명에 대한 워딩 변경 검토 필요
- 예산 도출시 필요 예산을 축소하여 경향이 있는데, 꼭 필요한 과업들이 잘 수행될 수 있도록 충분한 예산안을 작성해주기 바람

○ 앞서 언급한 전략체계 우선순위 도출 관련 의견들을 검토하여 본 연구에 반영할 예정임

- 기본업무/미래지향적 업무로 구분하는 것이 통계적 유의성을 확보하는데 지장을 주지 않으므로 연구진과 협의하여 그룹핑할 예정임
- 5년 후 미래상에 대해서는 전략별 As is - to be 형태로 정리할 것임
- 전략 4, 5를 하나로 통합하는 형태에 대해서도 조금 더 고민해보겠음
- 미션, 비전, 목표에 대해서는 ‘기본에 충실한, 기본이 탄탄하고 미래를 능동적으로 준비하는’ 등과 같은 형태로 키워드를 뽑아서 수정할 것임
- 관측 패러다임을 규정하는 것은 쉽지 않은 일이나, in-situ에서 리모센싱으로 바뀌는 등 큰 기술적인 흐름들에 대해서는 시대별로 정리할 수 있을 것으로 판단됨. 패러다임 형태는 조금 더 고민을 해보고 이러한 내용을 반영하도록 노력할 예정임
- 집중관측에 관해서는, 과학원의 지구 대기 감시 센서를 저가형 고성능 장비로 개발하는 워크숍에 대한 자료를 차주에 입수하여 연구진에 제공할 예정임
- 적합성, 실행가능성, 시급성, 효과성은 전략과제 우선순위 도출시 사용되는 방법론이어서 큰 문제가 없으나 기본업무와 미래지향적 업무를 구분하지 않고 한 점은 놓친 부분이라고 생각됨. 그럼에도 해당 설문조사의 통계적 유의성이 존재하므로 계속 활용해도 될 것으로 봄

○ 패러다임 파트는 청장님 의견을 반영하여 넣은 것으로 보이는데, 그런 그림들이 하위 실행과제에 들어가 있어서 잘 보이지 않음

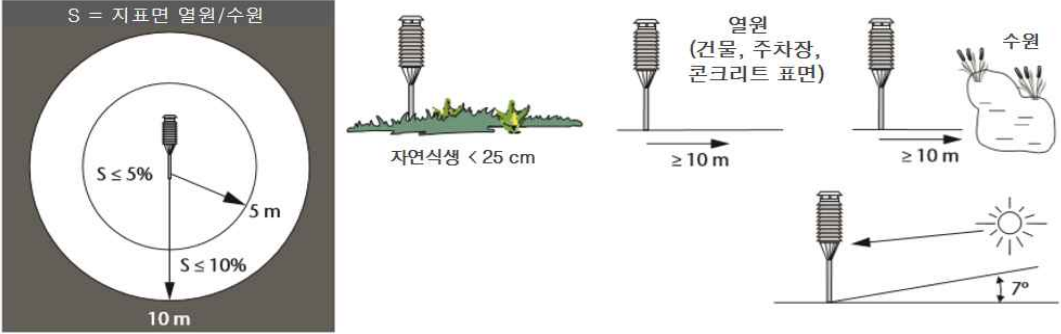
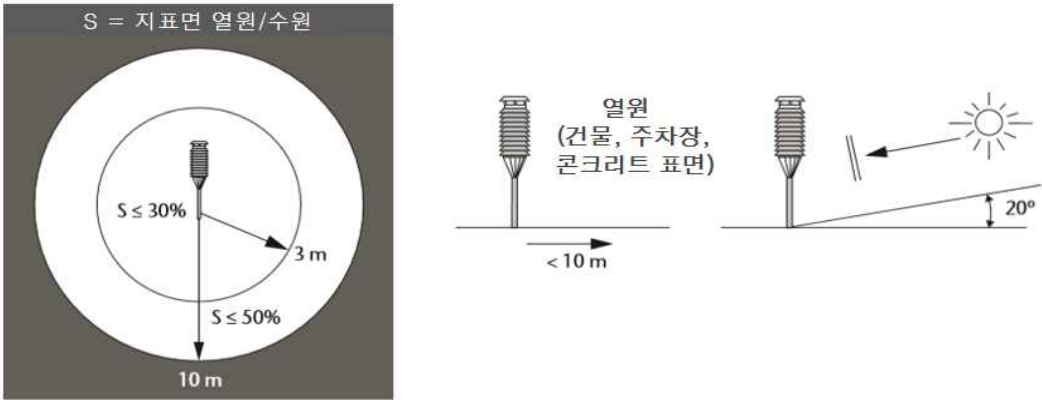
- 민간 데이터 구매 시스템 등 내용이 미약하게 느껴짐

- 해당 내용은 4-1-1과 4-2-2에 반영을 하였으며, 이에 대한 과장급 대상 설문조사 분석 결과가 청장님 관심사항에 대한 리더십 지지를 보여주고 있음
- 연구진에서 예시를 들어 설명한 맞춤형 지원체계의 의미는 전체 중 극히 일부분에 포함되므로 전략 3보다는 4나 5에 포커스가 맞춰져야함
  - 연구진이 말한 국민이 체감할 수 있는 맞춤형 관측 관련 내용은 전략 3에 해당하는 것으로 판단되나, 타겟 오퍼레이션이라는 개념들에 대한 개념까지 고려를 한다면 4번이나 5번에 해당한다고 판단됨

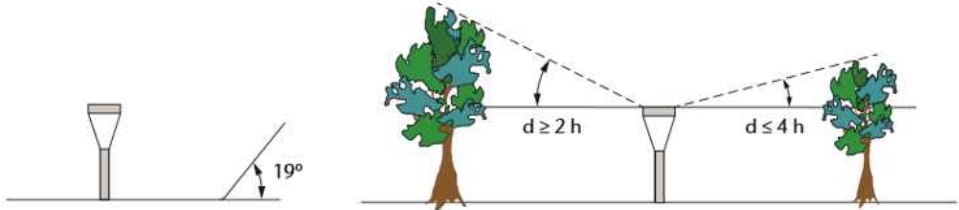
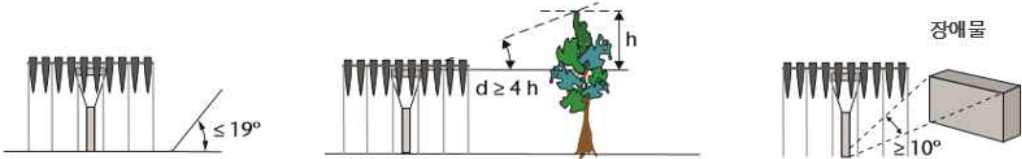
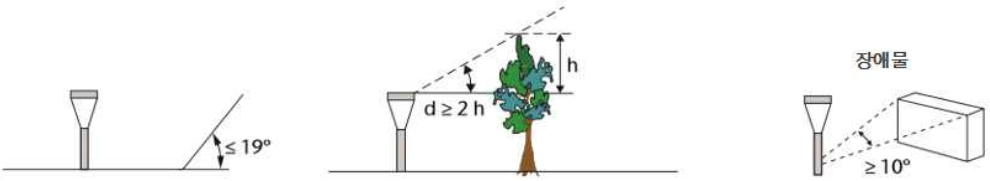
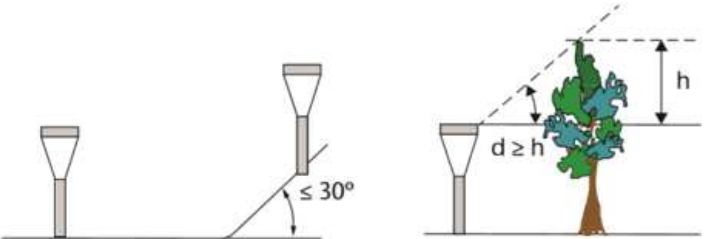


구분	기준
1. 일반사항	<p>1.1 본 기준에서는 관측시설이 1등급에 가까울수록 넓은 지역에 대한 관측 대표성이 높으며, 1등급 시설은 기준 관측장소(reference site)로 간주한다.</p> <p>1.2 관측시설 등급이 5등급 또는 이에 가깝더라도 국지적 장애물이 있는 특정한 장소의 관측이 필요한 경우나 특수 응용 분야에서는 가치 있게 활용될 수 있다.</p> <p>1.3 관측시설과 멀리 떨어져 있는 자연적 지형 기복은 시설등급 부여에 고려하지 않는다. 이 때, 관측시설을 지면을 따라 수평 방향으로 500 m 이동하였을 때 시설등급이 변하지 않을 경우를 자연적인 지형 기복으로 간주한다.</p> <p>1.4 복잡한 지형 또는 도시 지역의 경우 4등급 또는 5등급 시설의 등급 숫자 뒤에 “S”를 붙여 특수한 환경임을 명시한다.</p>
2. 온도계, 습도계	<p>2.1 일반사항</p> <p>가. 등급 부여 시 열원(빌딩, 콘크리트 표면, 주차장 등) 등 인공지표면과 수원(연못, 호수 및 관개지역)을 고려하여야 한다.</p> <p>나. 장애물로 인한 그늘 중 자연적 지형 기복으로 인한 그늘은 장애물로 간주하지 않는다.</p> <p>다. 식생의 높이는 일반적인 방식으로 유지 관리한 식물이 정상적으로 성장할 경우의 높이이다.</p> <p>2.2 1등급</p> <p>가. 관측장소는 주변이 개방된 평지이며, 경사도는 19° 이하이다.</p> <p>나. 지표면은 10 cm 미만의 자연식생으로 덮여 있다.</p> <p>다. 열원/수원으로부터 100 m 이상 떨어져 있고, 열원/수원이 차지하는 비율이 반경 100 m 이내는 10 % 이하이며, 반경 10~30 m 는 5 % 이하이며, 반경 10 m 이내는 1 % 이하이다.</p> <p>라. 태양고도각 5° 초과일 때, 그늘지지 않는다.</p> <div data-bbox="459 1137 1241 1384"> </div> <p>2.3 2등급</p> <p>가. 관측장소는 주변이 개방된 평지이며, 경사도는 19° 이하이다.</p> <p>나. 지표면은 10 cm 미만의 자연식생으로 덮여 있다.</p> <p>다. 열원/수원으로부터 30 m 이상 떨어져 있고, 열원/수원이 차지하는 비율이 반경 30 m 이내 10 % 이하이며, 반경 10 m 이내 5 % 이하이며, 반경 5 m 이내 1 % 이하이다.</p> <p>라. 태양고도각 7° 초과일 때, 그늘지지 않는다.</p> <div data-bbox="459 1630 1241 1877"> </div>

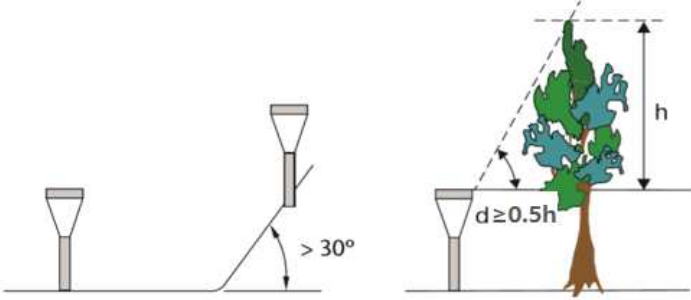
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준
2. 온도계, 습도계	<p>2.4 3등급</p> <p>가. 지표면은 25 cm 미만의 자연식생으로 덮여 있다.</p> <p>나. 열원/수원으로부터 10 m 이상 떨어져 있고, 열원/수원이 차지하는 비율이 반경 10 m 이내 10 % 이하이며, 반경 5 m 이내 5 % 이하이다.</p> <p>다. 태양고도각 7 ° 초과일 때, 그늘지지 않는다.</p> 
	<p>2.5 4등급</p> <p>가. 열원/수원이 차지하는 비율이 반경 10 m 이내 50 % 이하이고, 반경 3 m 이내 30 % 이하이다.</p> <p>나. 태양고도각 20 ° 초과일 때, 그늘지지 않는다.</p> 
	<p>2.6 5등급</p> <p>가. 4등급 조건을 만족하지 못한 경우 해당한다.</p>

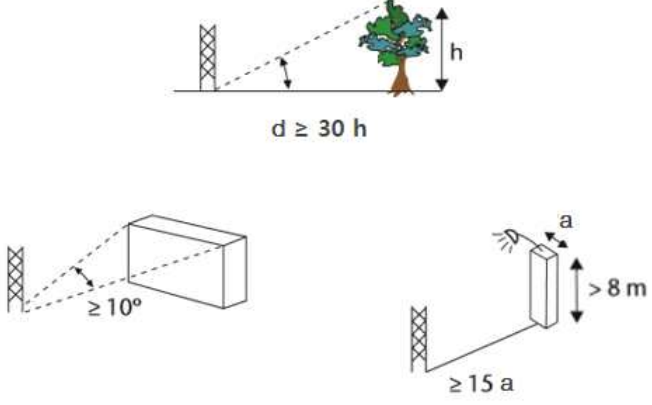
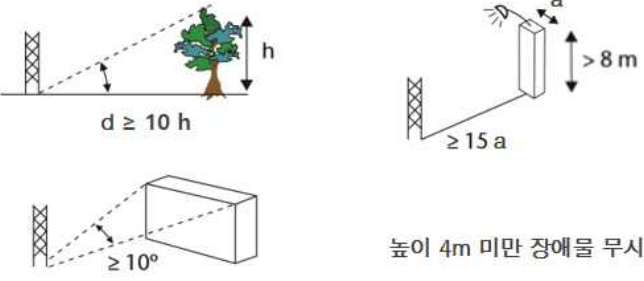
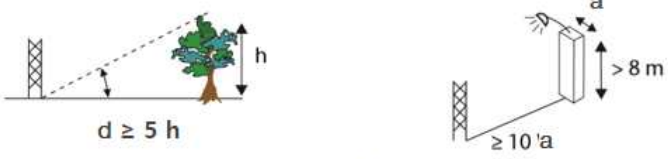
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준
3. 강수량계	<p>3.1 일반사항</p> <p>가. 장애물 높이는 강수량계 수수구 높이를 기준으로 하여 산정한다.</p> <p>나. 유효 각 너비(effective angular width)가 10 ° 이상인 물체를 장애물로 간주한다.</p> <p>3.2 1등급</p> <p>가. 관측장소는 개방된 평지이며, 경사도는 19 ° 이하이다.</p> <p>나. 바람막이가 없는 경우 강수량계는 균일한 높이의 장애물로 둘러싸여야 하며, 장애물 높이의 2 배 이상 4 배 이하의 거리에 위치해야 한다.</p> <p>다. 바람막이가 있는 경우 강수량계는 장애물 높이의 4 배 이상 떨어져야 한다.</p> <p><b>바람막이 없는 경우</b></p>
	
	<p><b>바람막이 있는 경우</b></p> 
	<p>3.3 2등급</p> <p>가. 관측장소는 개방된 평지이며, 경사도는 19 ° 이하이다.</p> <p>나. 강수량계는 장애물 높이의 2 배 이상 떨어져야 한다.</p> 
<p>3.4 3등급</p> <p>가. 관측장소는 개방된 평지이며, 경사도는 30 ° 이하이다.</p> <p>나. 강수량계는 장애물 높이의 1 배 이상 떨어져야 한다.</p> 	

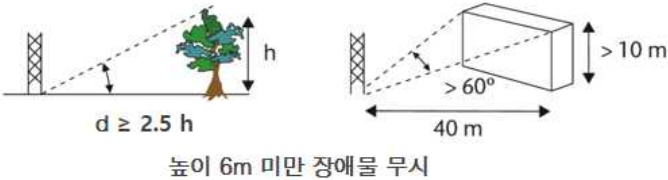
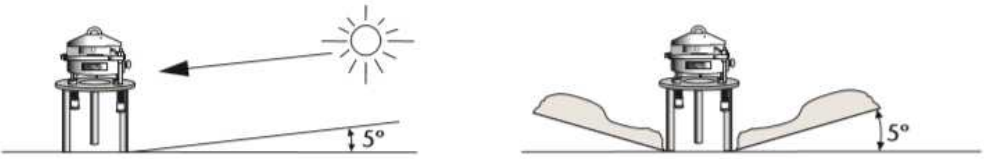
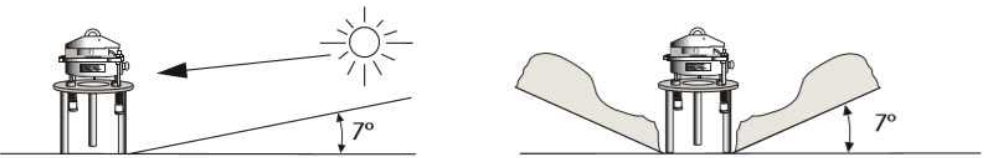
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준																		
3. 강수량계	<p>3.5 4등급  가. 관측장소의 경사도는 30 ° 초과이다.  나. 강수량계는 장애물 높이의 0.5 배 이상 떨어져야 한다.</p>  <p>3.6 5등급  가. 강수량계는 장애물 높이의 0.5 배보다 가까운 곳에 위치 한다.</p>																		
4. 풍향계, 풍속계	<p>4.1 일반사항  가. 등급 부여는 10 m 높이의 관측을 대상으로 하나 10 m 보다 낮은 높이에서 바람을 관측하는 경우 4등급 또는 5등급에 “S(Specific situation)”를 붙인다.  나. 등급 부여 시 고려해야 할 장애물의 높이는 센서 10 m 아래를 기준으로 한다.(예: 13 m 높이의 풍속계의 경우 장애물의 기준 높이는 3 m 이므로 7 m의 장애물은 4 m의 유효고도(effective height)를 가지는 것으로 한다.)  다. 유효 각 너비가 10 ° 이상인 물체를 장애물로 하며, 1등급부터 3등급까지는 유효 각 너비가 10 ° 미만이고 높이가 8 m를 초과하는 길고 폭이 좁은 물체도 장애물로 간주한다.  라. 지형의 대표성을 벗어나는 지형 변화는 장애물로 간주한다.</p> <p>4.2 거칠기 길이의 기준</p> <table border="1" data-bbox="331 1167 1390 1464"> <thead> <tr> <th>거칠기 길이</th> <th>주변 지형 및 환경의 주요 특징</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0002 m</td> <td>· 취주거리(fetch) 최소 5 km 이상인 해양(open sea)</td> </tr> <tr> <td>0.005 m</td> <td>· 개펄, 눈(식생 및 장애물 없음)</td> </tr> <tr> <td>0.03 m</td> <td>· 평평한 개활지(풀, 장애물이 일부 있으나 많지 않음)</td> </tr> <tr> <td>0.10 m</td> <td>· 키 작은 작물(때때로 대형 장애물 존재)</td> </tr> <tr> <td>0.25 m</td> <td>· 키 큰 작물(드문드문 장애물 존재)</td> </tr> <tr> <td>0.5 m</td> <td>· 공원, 관목 덩굴(수많은 장애물 존재)</td> </tr> <tr> <td>1.0 m</td> <td>· 대형 장애물이 고루 분포(도시 외곽, 산림)</td> </tr> <tr> <td>≥ 2 m</td> <td>· 고층 · 저층 빌딩이 있는 도시 중심</td> </tr> </tbody> </table> <p>4.3 1등급  가. 풍향계, 풍속계는 장애물 높이의 30 배 이상 떨어져야 한다.  나. 높이 4 m 미만인 단일 물체는 장애물로 간주하지 않는다.  다. 각 너비가 10 ° 미만이나 높이가 8 m를 초과하는 장애물이 있는 경우 해당 장애물의 폭보다 15 배 이상 떨어져야 한다.  라. 거칠기 길이는 0.1 m 이하이다.</p>	거칠기 길이	주변 지형 및 환경의 주요 특징	0.0002 m	· 취주거리(fetch) 최소 5 km 이상인 해양(open sea)	0.005 m	· 개펄, 눈(식생 및 장애물 없음)	0.03 m	· 평평한 개활지(풀, 장애물이 일부 있으나 많지 않음)	0.10 m	· 키 작은 작물(때때로 대형 장애물 존재)	0.25 m	· 키 큰 작물(드문드문 장애물 존재)	0.5 m	· 공원, 관목 덩굴(수많은 장애물 존재)	1.0 m	· 대형 장애물이 고루 분포(도시 외곽, 산림)	≥ 2 m	· 고층 · 저층 빌딩이 있는 도시 중심
거칠기 길이	주변 지형 및 환경의 주요 특징																		
0.0002 m	· 취주거리(fetch) 최소 5 km 이상인 해양(open sea)																		
0.005 m	· 개펄, 눈(식생 및 장애물 없음)																		
0.03 m	· 평평한 개활지(풀, 장애물이 일부 있으나 많지 않음)																		
0.10 m	· 키 작은 작물(때때로 대형 장애물 존재)																		
0.25 m	· 키 큰 작물(드문드문 장애물 존재)																		
0.5 m	· 공원, 관목 덩굴(수많은 장애물 존재)																		
1.0 m	· 대형 장애물이 고루 분포(도시 외곽, 산림)																		
≥ 2 m	· 고층 · 저층 빌딩이 있는 도시 중심																		

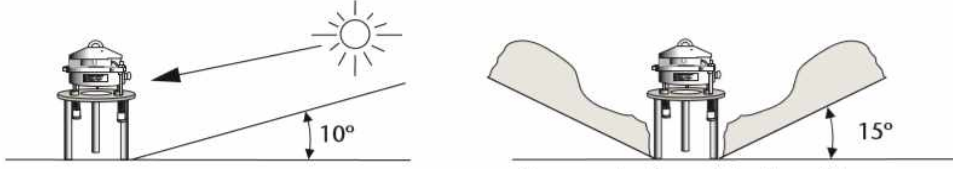

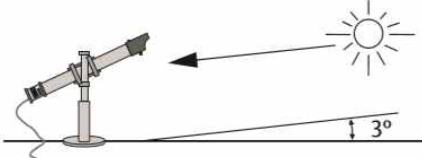
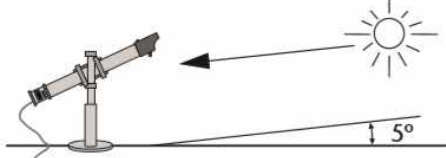
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준
4. 풍향계, 풍속계	 <p style="text-align: center;"><math>d \geq 30 h</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\geq 10^\circ</math></p> <p style="text-align: center;"><math>&gt; 8 m</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\geq 15 a</math></p> <p style="text-align: center;">높이 4m 미만 장애물 무시</p>
	<p>4.4 2등급</p> <p>가. 풍향계, 풍속계는 장애물 높이의 10 배 이상 떨어져야 한다.</p> <p>나. 높이 4 m 미만인 단일 물체는 장애물로 간주하지 않는다.</p> <p>다. 각 너비가 10 ° 미만이나 높이가 8 m를 초과하는 장애물이 있는 경우 해당 장애물의 폭보다 15 배 이상 떨어져야 한다.</p> <p>라. 거칠기 길이는 0.25 m 이하이다.</p>  <p style="text-align: center;"><math>d \geq 10 h</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\geq 10^\circ</math></p> <p style="text-align: center;"><math>&gt; 8 m</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\geq 15 a</math></p> <p style="text-align: center;">높이 4m 미만 장애물 무시</p>
	<p>4.5 3등급</p> <p>가. 풍향계, 풍속계는 장애물 높이의 5 배 이상 떨어져야 한다.</p> <p>나. 높이 5 m 미만인 단일 물체는 장애물로 간주하지 않는다.</p> <p>다. 각 너비가 10 ° 미만이나 높이가 8 m를 초과하는 장애물이 있는 경우 해당 장애물의 폭보다 10 배 이상 떨어져야 한다.</p>  <p style="text-align: center;"><math>d \geq 5 h</math></p> <p style="text-align: center;"><math>\geq 10 a</math></p> <p style="text-align: center;"><math>&gt; 8 m</math></p> <p style="text-align: center;">높이 5m 미만 장애물 무시</p>

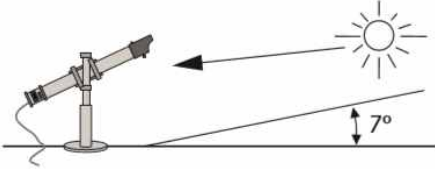
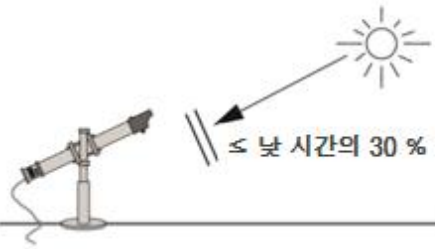
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준
<p>4. 풍향계, 풍속계</p>	<p>4.6 4등급  가. 풍향계, 풍속계는 장애물 높이의 2.5 배 이상 떨어져야 한다.  나. 높이 6 m 미만인 단일 물체는 장애물로 간주하지 않는다.  다. 높이 10 m 초과하고, 각 너비가 60 ° 초과하는 장애물이 40 m 이내에 없다.</p> <div style="text-align: center;">  <p>높이 6m 미만 장애물 무시</p> </div> <p>4.7 5등급  가. 4등급 조건을 만족하지 못한 경우 해당한다.</p>
<p>5. 일사계 (전천)</p>	<p>5.1 일반사항  가. 자연적 지형 기복에 의해 발생하는 그림자는 장애물로 간주하지 않는다.  나. 장애물의 알베도가 0.5 보다 큰 경우에 반사성 장애물로 분류한다.  다. 지평선 아래의 무반사성(Non-reflecting) 장애물은 고려하지 않는다.</p> <p>5.2 1등급  가. 태양고도각 5 ° 초과일 때 그늘지지 않는다.  나. 각 너비(angular width)가 10 ° 를 초과하면서 고도각(angular height)이 5 ° 초과하는 반사성 장애물이 없다.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>5.3 2등급  가. 태양고도각 7 ° 초과일 때 그늘지지 않는다.  나. 각 너비(angular width)가 20 ° 를 초과하면서 고도각(angular height)이 7 ° 초과하는 반사성 장애물이 없다.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준
<p>5. 일사계 (전천)</p>	<p>5.4 3등급 가. 태양고도각 <math>10^\circ</math> 초과일 때 그늘지지 않는다. 나. 각 너비(angular width)가 <math>45^\circ</math> 를 초과하면서 고도각(angular height)이 <math>15^\circ</math> 초과하는 반사성 장애물이 없다.</p>  <p>5.5 4등급 가. 연중 낮시간의 30 % 초과하여 그늘지는 날이 없다.</p>  <p>5.6 5등급 가. 낮시간의 30 % 초과하여 그늘지는 날이 연중 하루 이상 있다.</p>
<p>6. 일조계, 일사계 (직달)</p>	<p>6.1 일반사항 가. 자연적 지형 기복에 의해 발생하는 그림자는 등급 부여에 고려하지 않는다. 나. 지평선 아래의 무반사성(Non-reflecting) 장애물은 고려하지 않는다.</p> <p>6.2 1등급 가. 태양고도각 <math>3^\circ</math> 초과일 때, 그늘지지 않아야 한다.</p>  <p>6.3 2등급 가. 태양고도각 <math>5^\circ</math> 초과일 때, 그늘지지 않아야 한다.</p> 

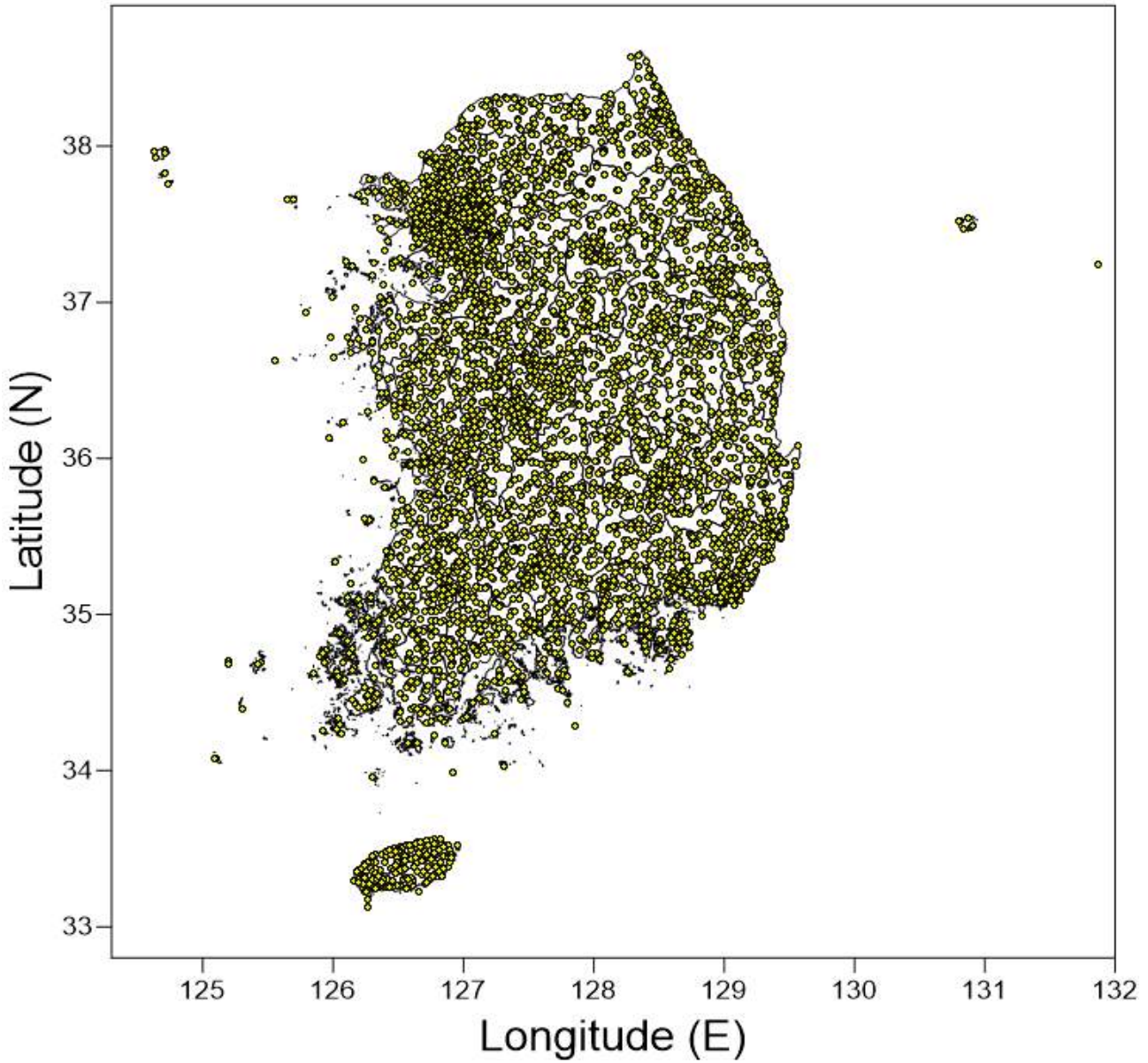
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020

구분	기준
6. 일조계, 일사계 (직달)	<p>6.4 3등급 가. 태양고도각 7° 초과일 때, 그늘지지 않아야 한다.</p> 
	<p>6.5 4등급 가. 연중 낮시간의 30% 초과하여 그늘지는 날이 없다.</p> 
	<p>6.6 5등급 가. 낮시간의 30% 초과하여 그늘지는 날이 연중 하루 이상 있다.</p>

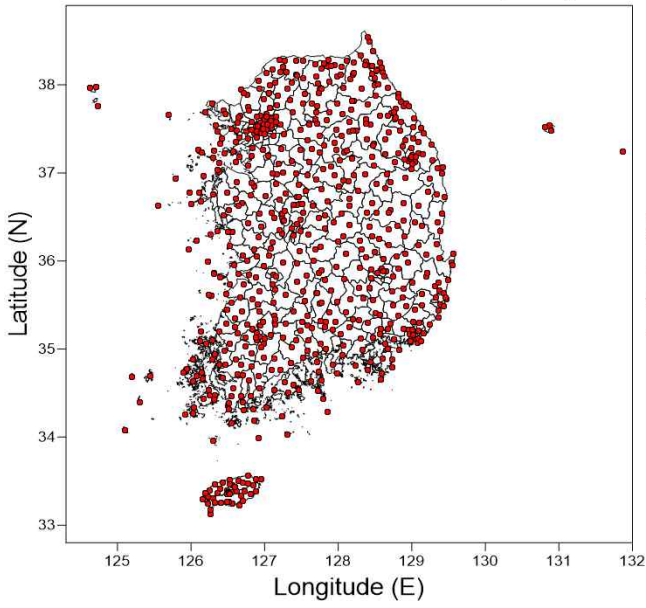
출처: 기상청, 기상관측시설 등급 기준, 기상청고시 제2020-12호, [별표 1], 2020



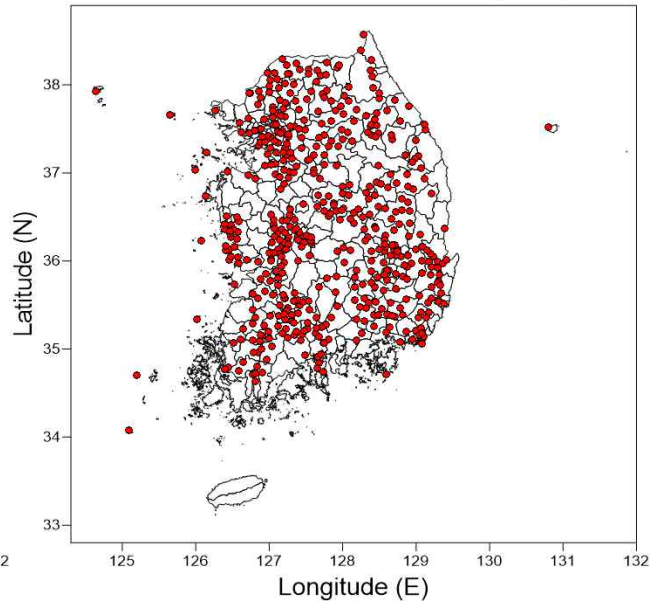
### Total Measurement Site (5,156)



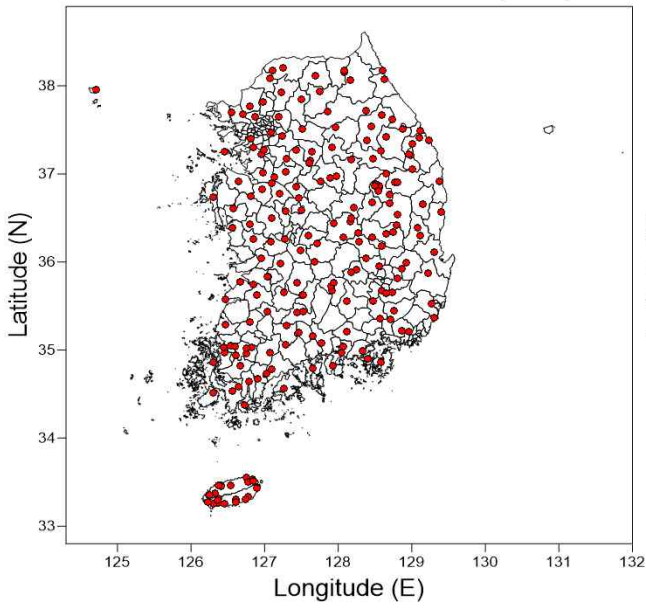
KMA Measurement Site (671)



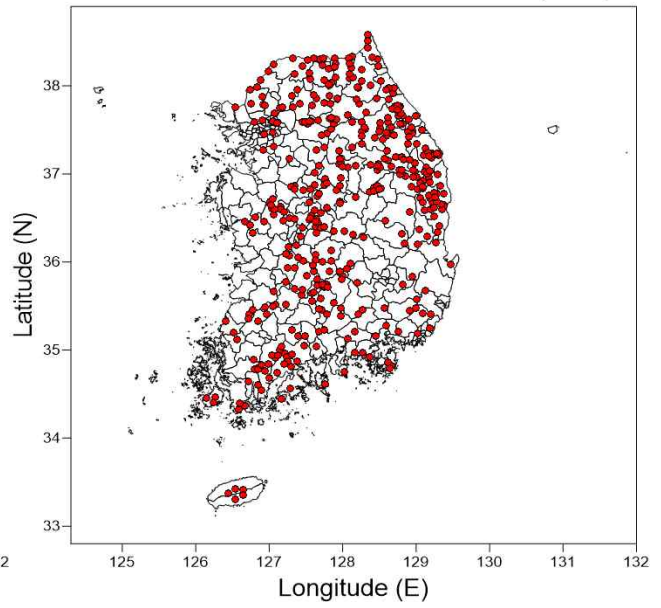
ME Measurement Site (507)



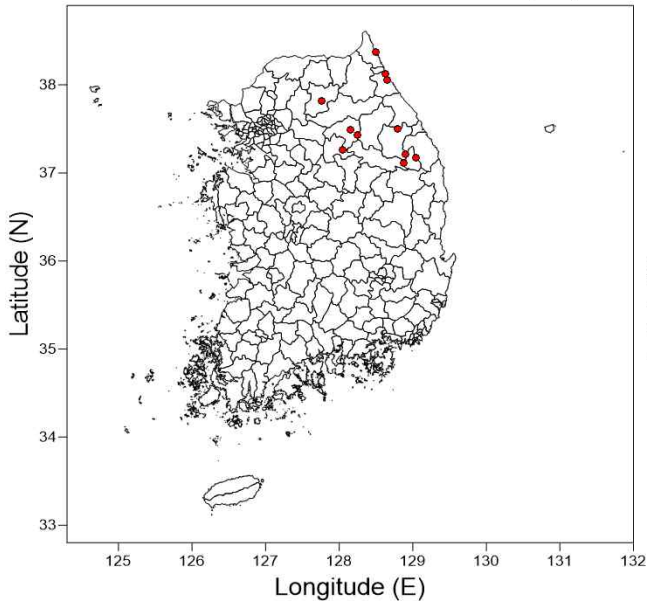
RDA Measurement Site (211)



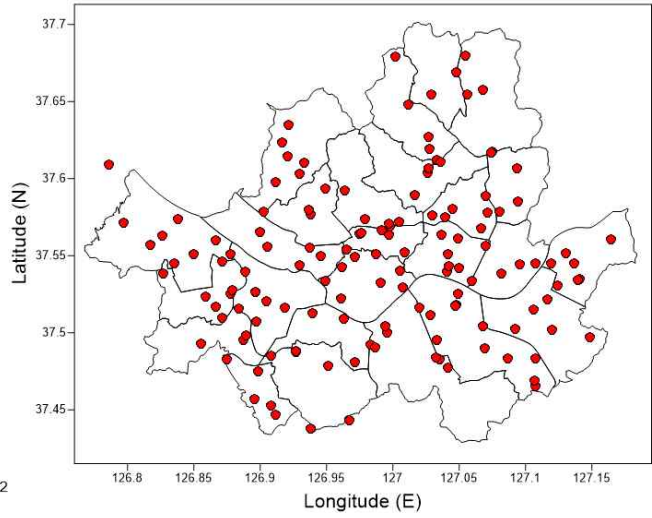
FOREST Measurement Site (414)



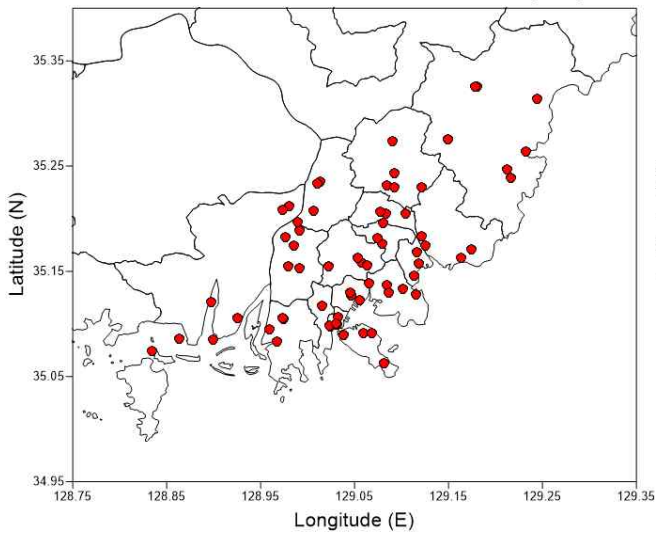
MOLIT Measurement Site (11)



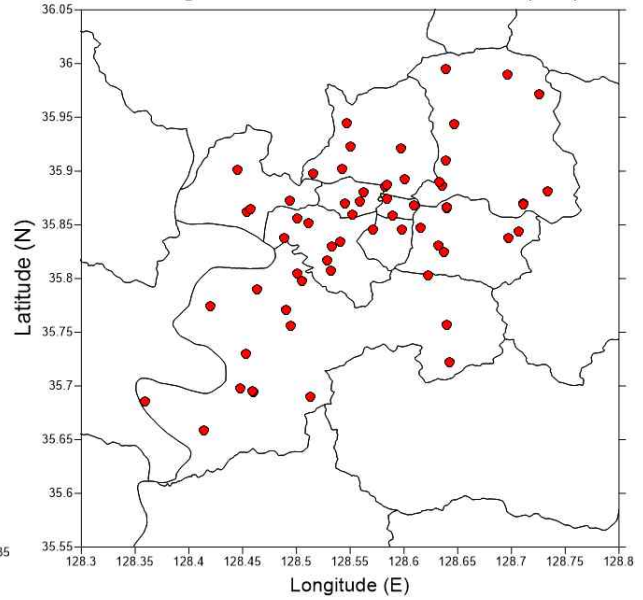
Seoul Measurement Site (141)



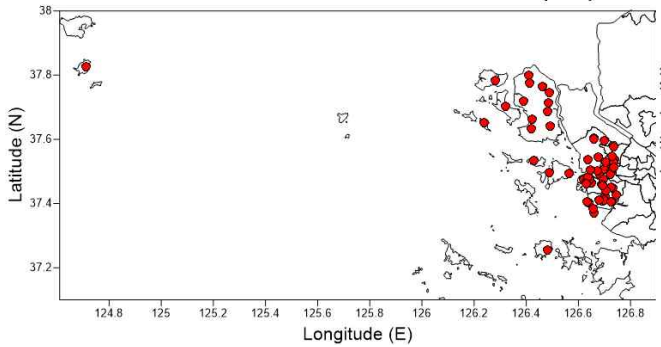
Busan Measurement Site (69)



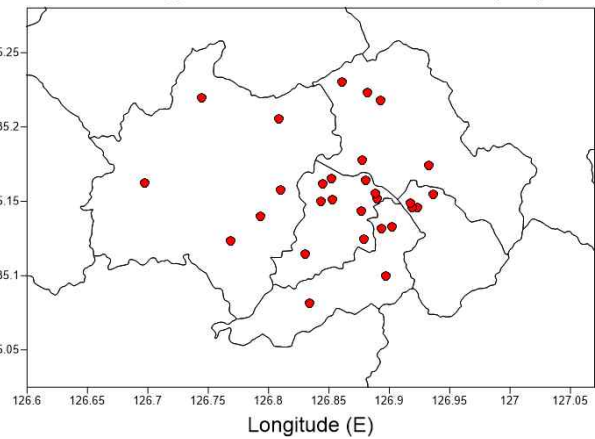
Daegu Measurement Site (61)



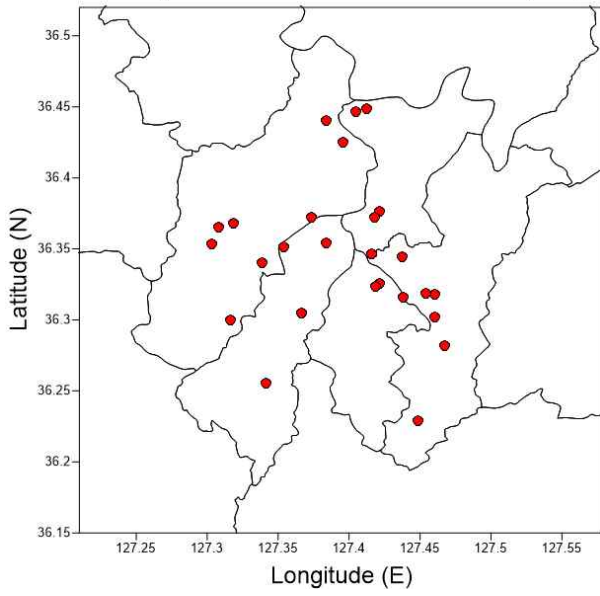
Incheon Measurement Site (67)



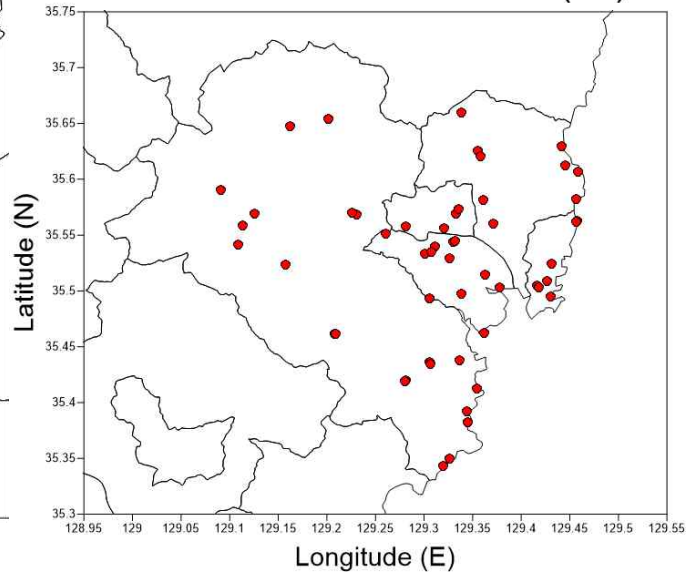
Gwangju Measurement Site (29)



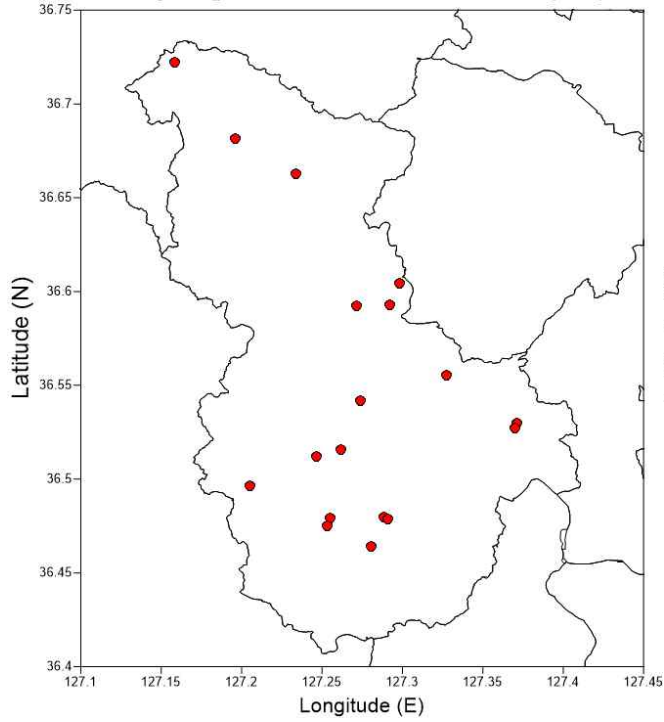
Daejeon Measurement Site (27)



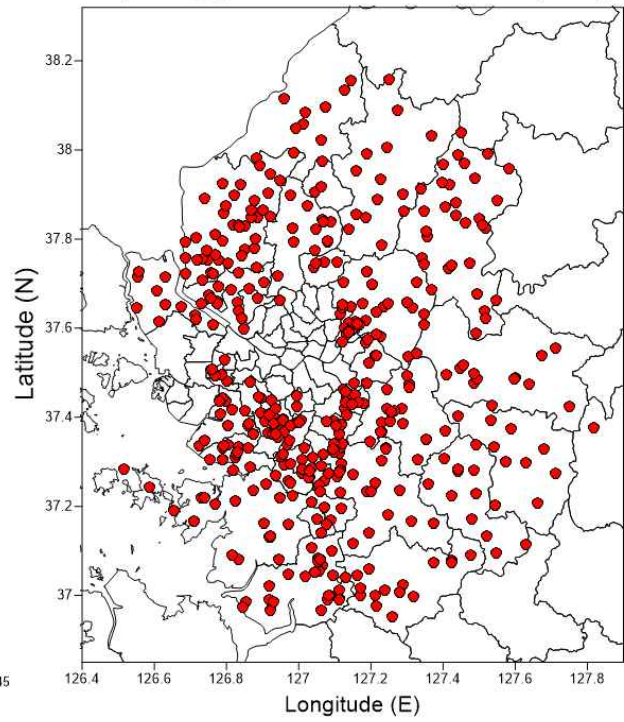
Ulsan Measurement Site (59)



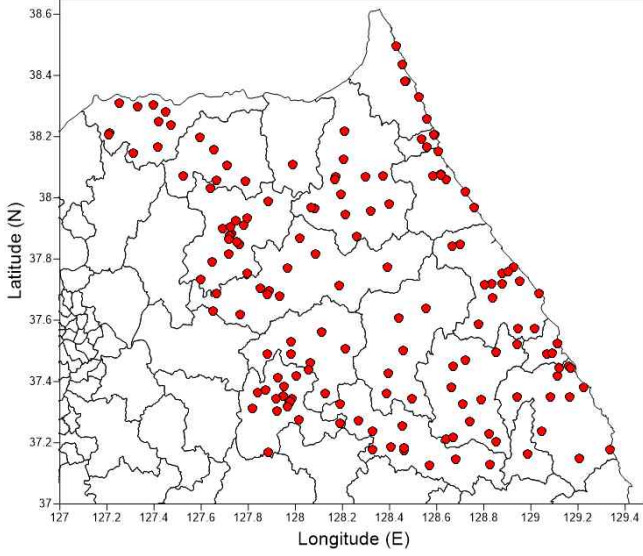
Sejong Measurement Site (18)



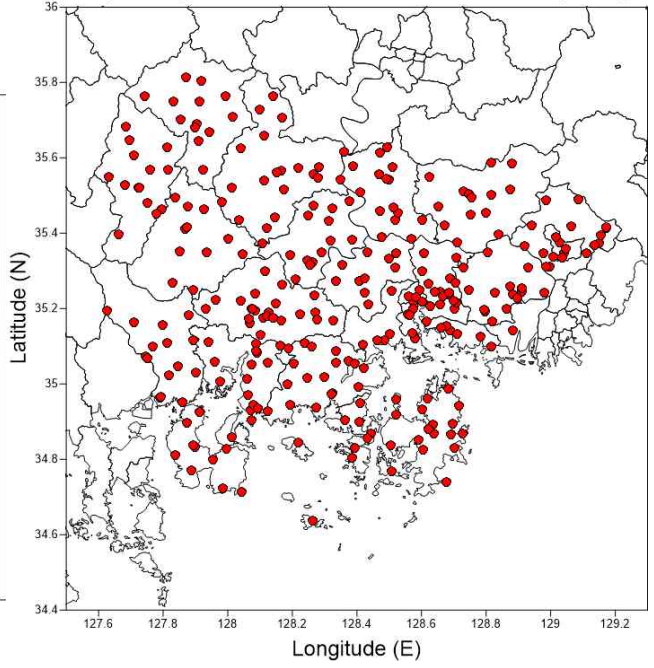
Gyeonggi Measurement Site (464)



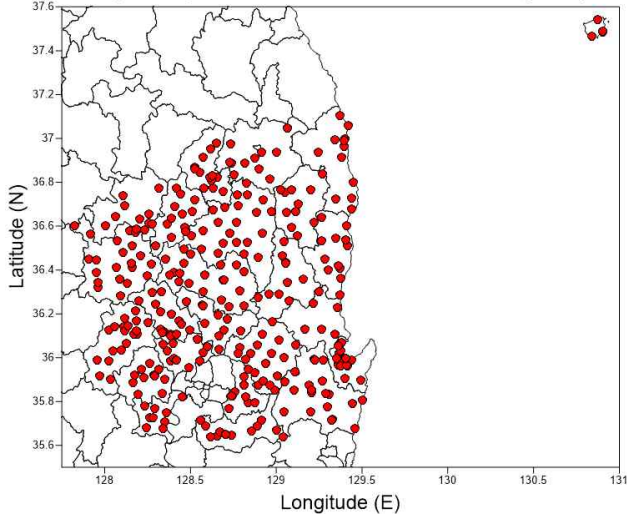
Gangwon Measurement Site (163)



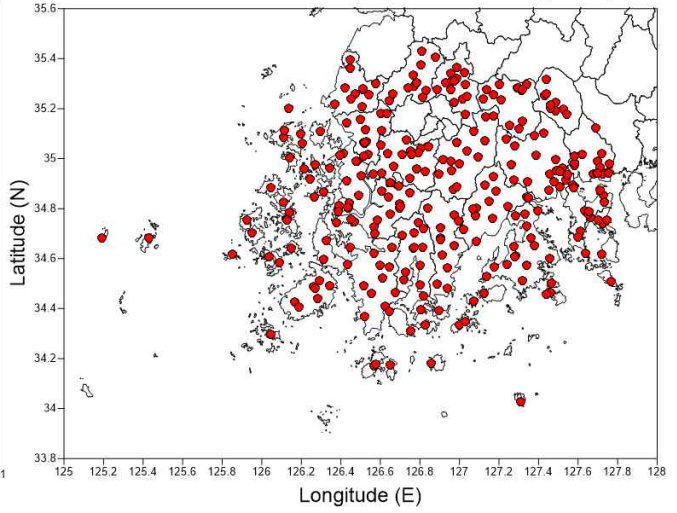
Gyeongnam Measurement Site (299)



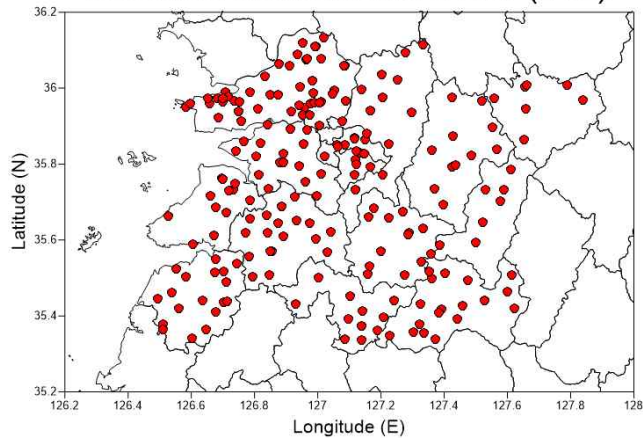
Gyeongbuk Measurement Site (326)



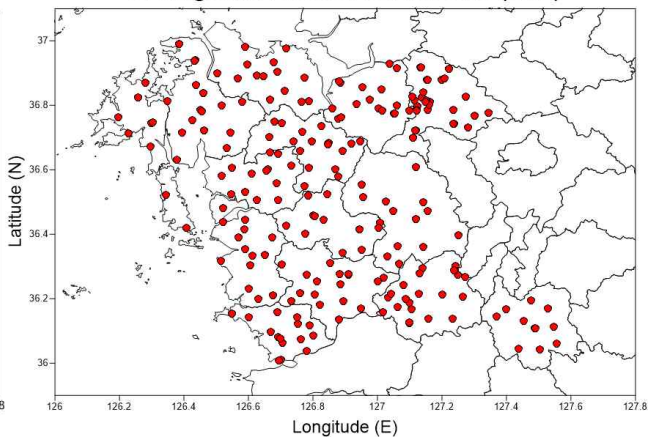
Jeonnam Measurement Site (307)



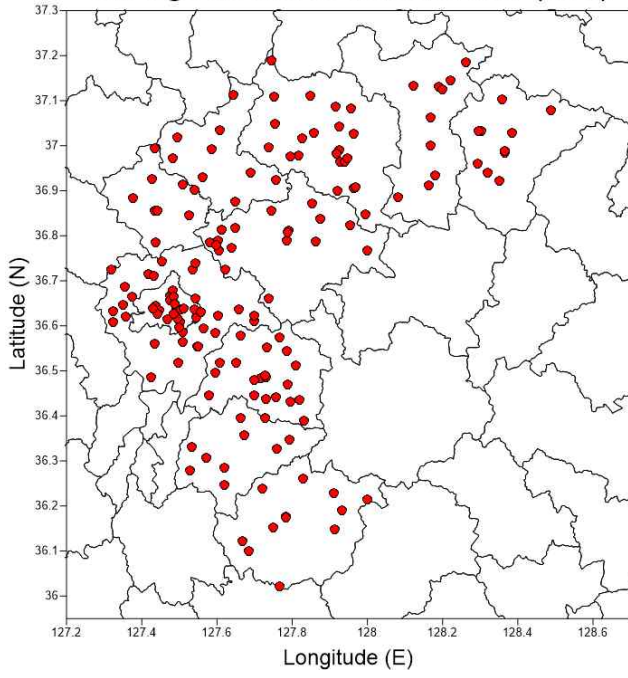
Jeonbuk Measurement Site (218)



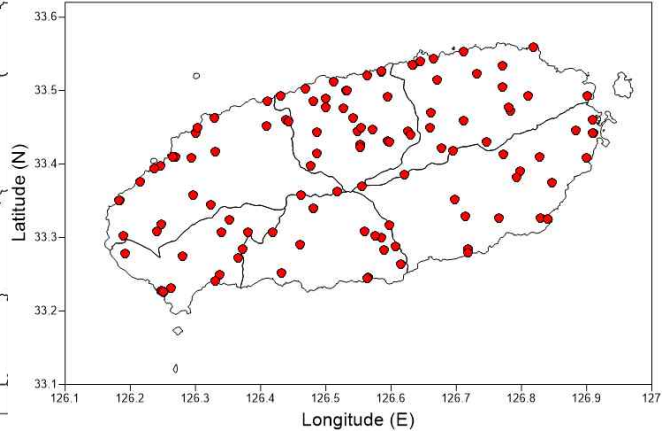
Chungnam Measurement Site (237)



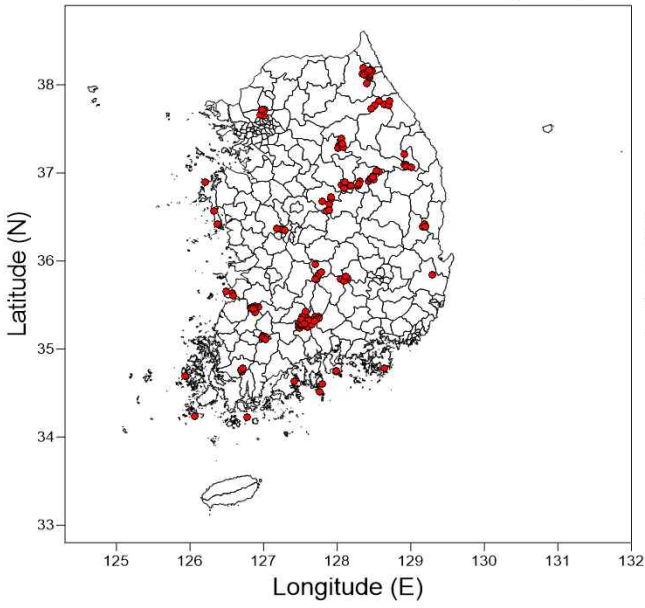
Chungbuk Measurement Site (173)



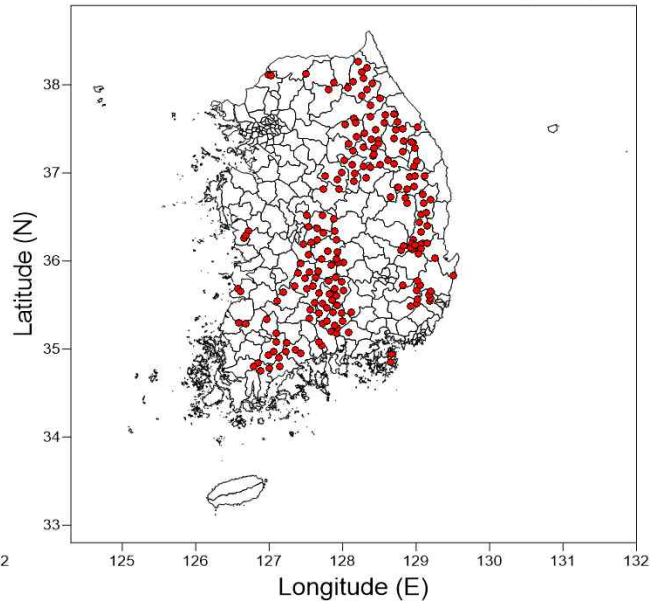
Jeju Measurement Site (116)



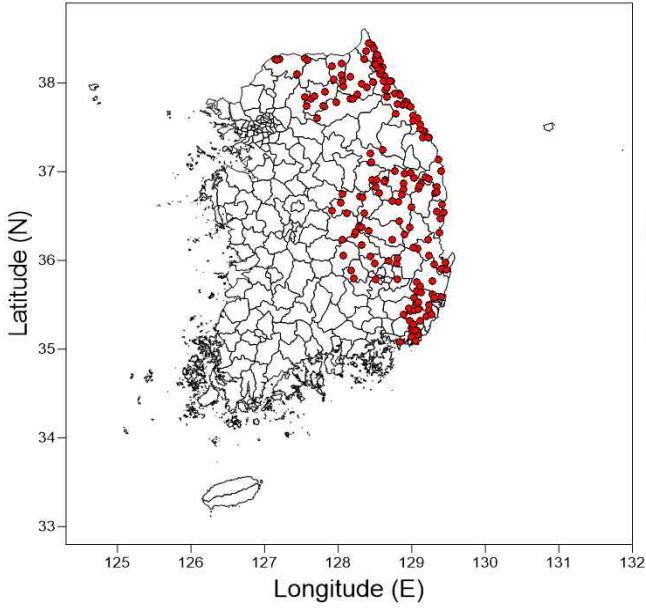
KNPS Measurement Site (153)



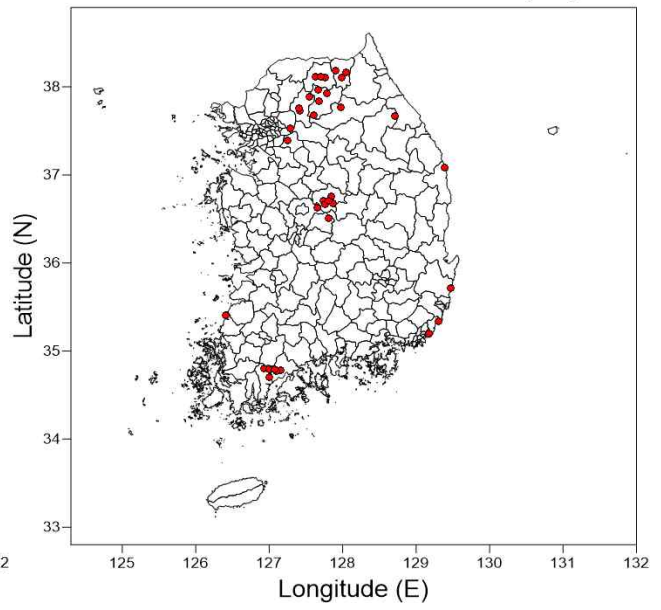
Kwater Measurement Site (188)



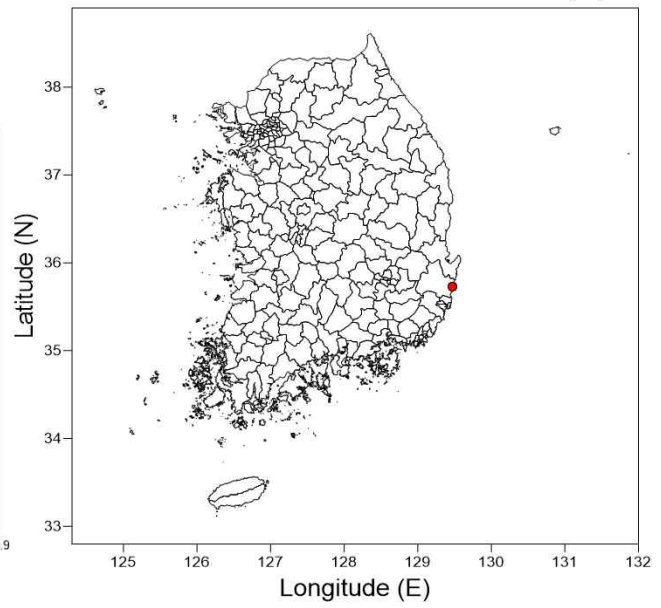
KEPCO Measurement Site (186)



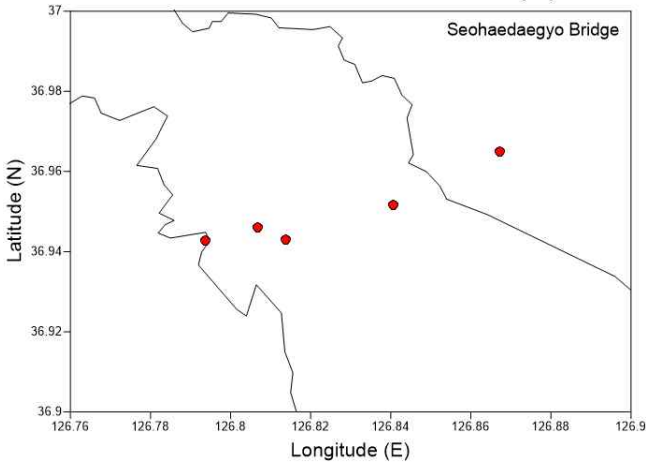
KHNP Measurement Site (35)

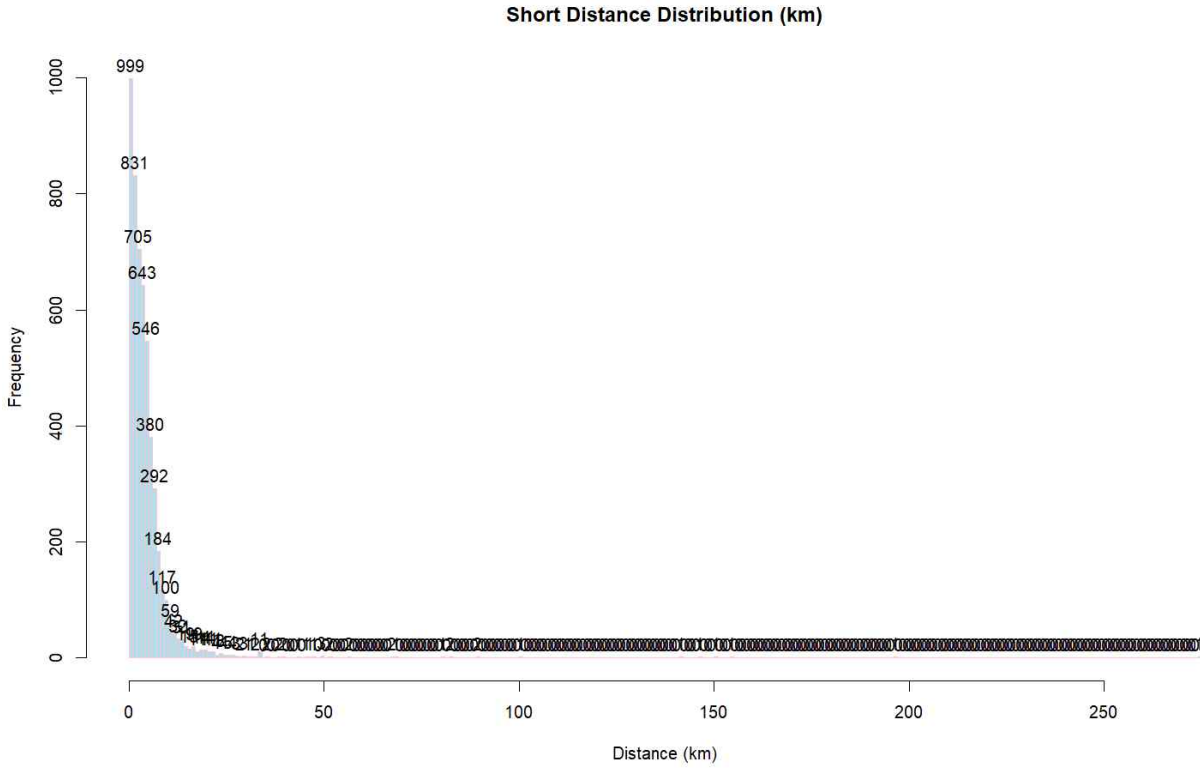


KORAD Measurement Site (1)



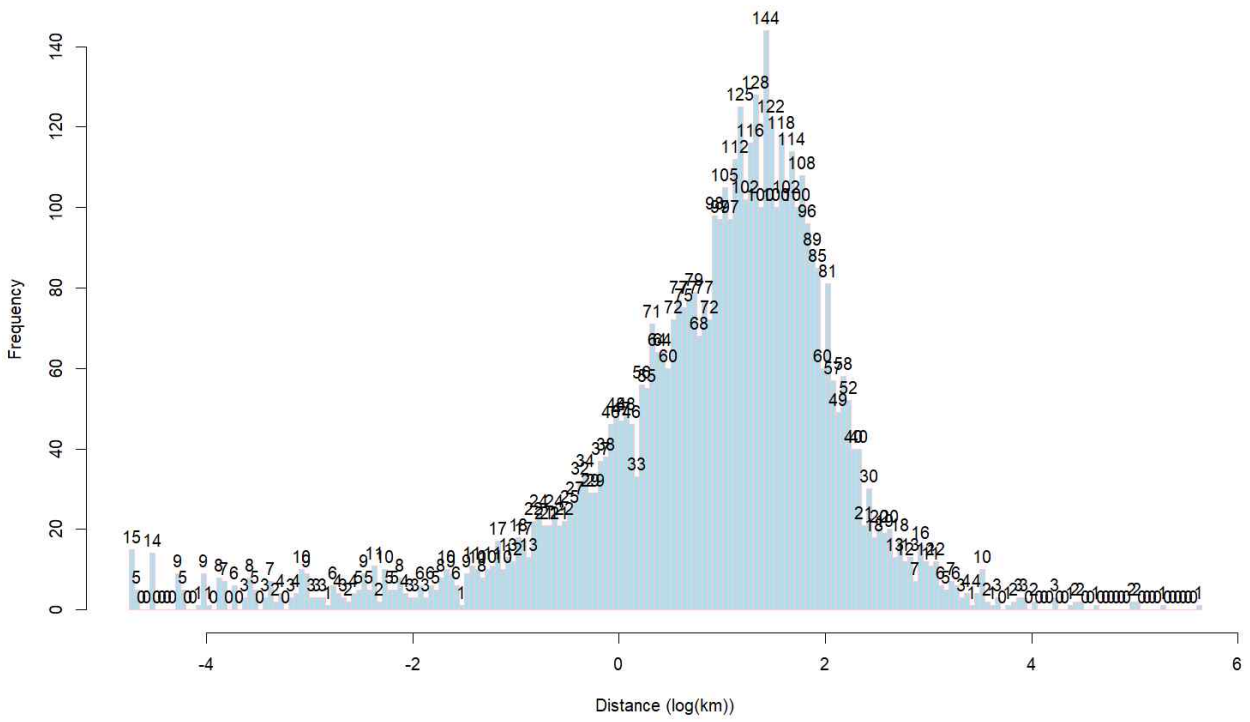
EX Measurement Site (5)



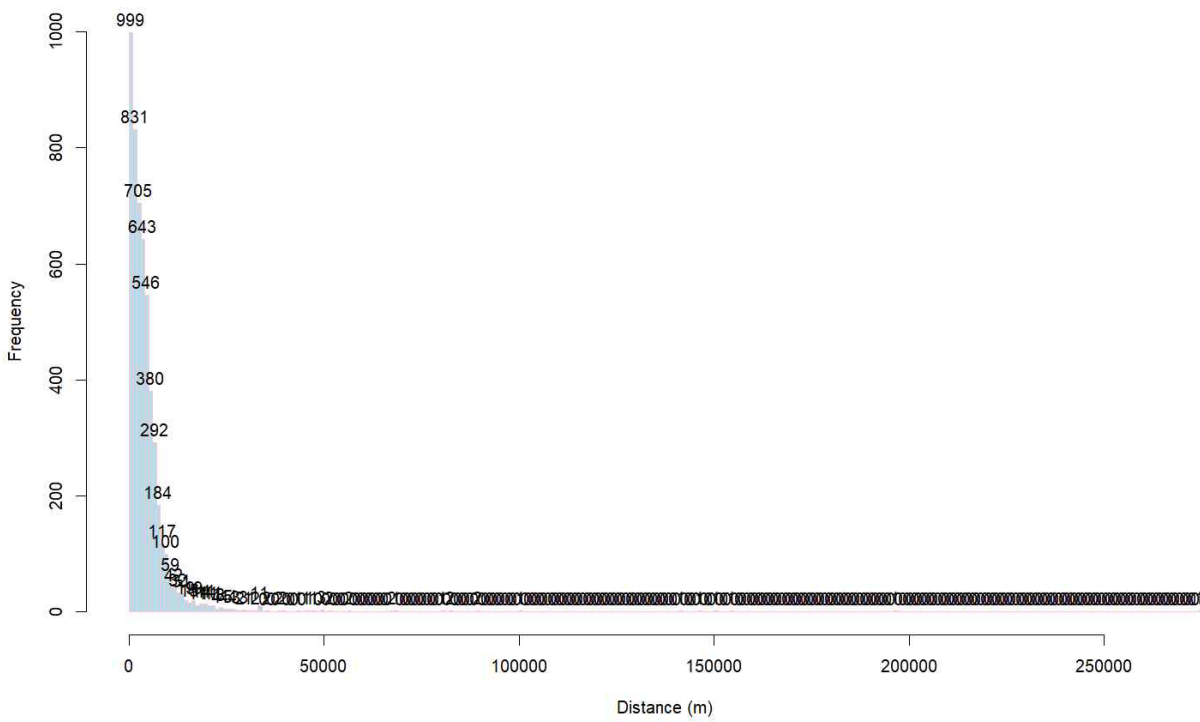




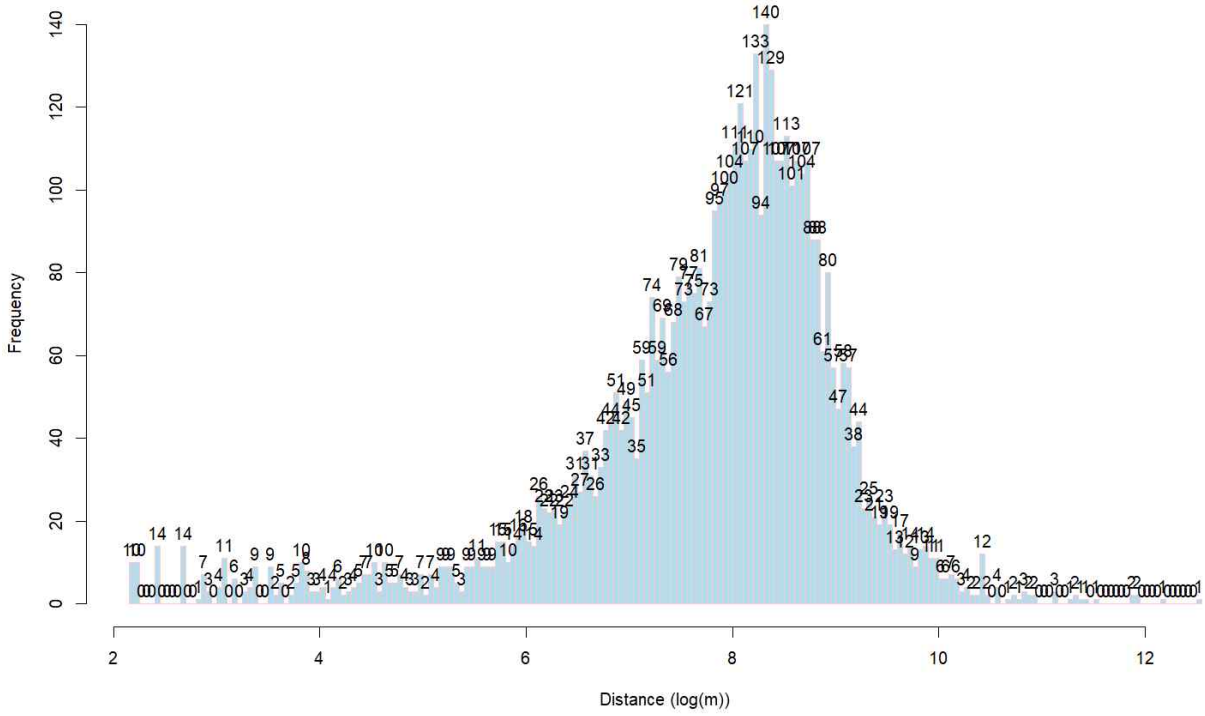
Short Distance Distribution (log(km))



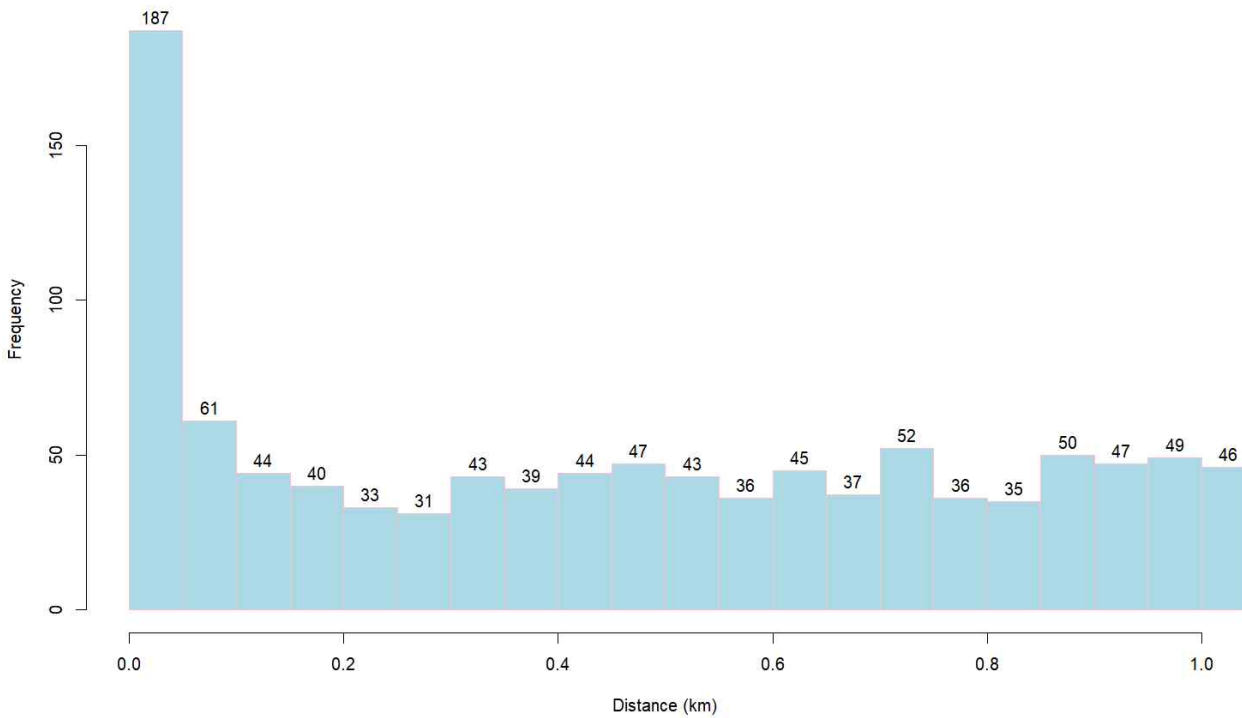
Short Distance Distribution (m)



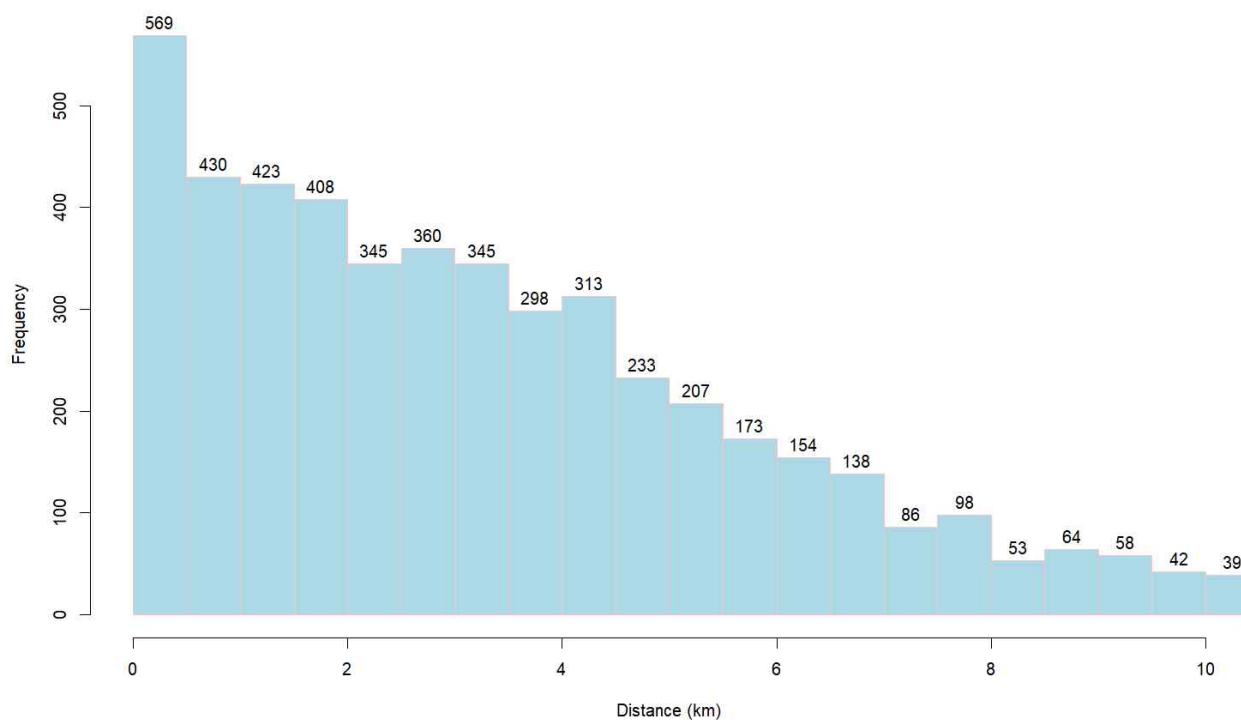
**Short Distance Distribution (log(m))**



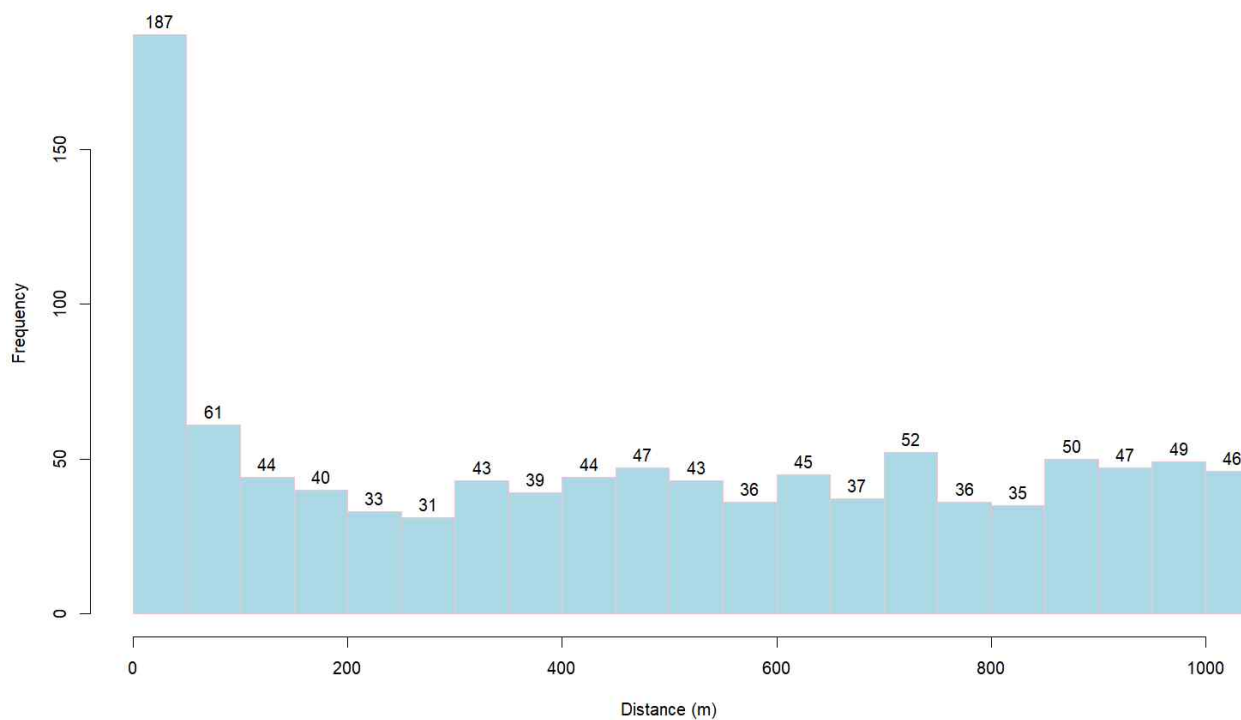
**Short Distance Distribution (Under 1km)**



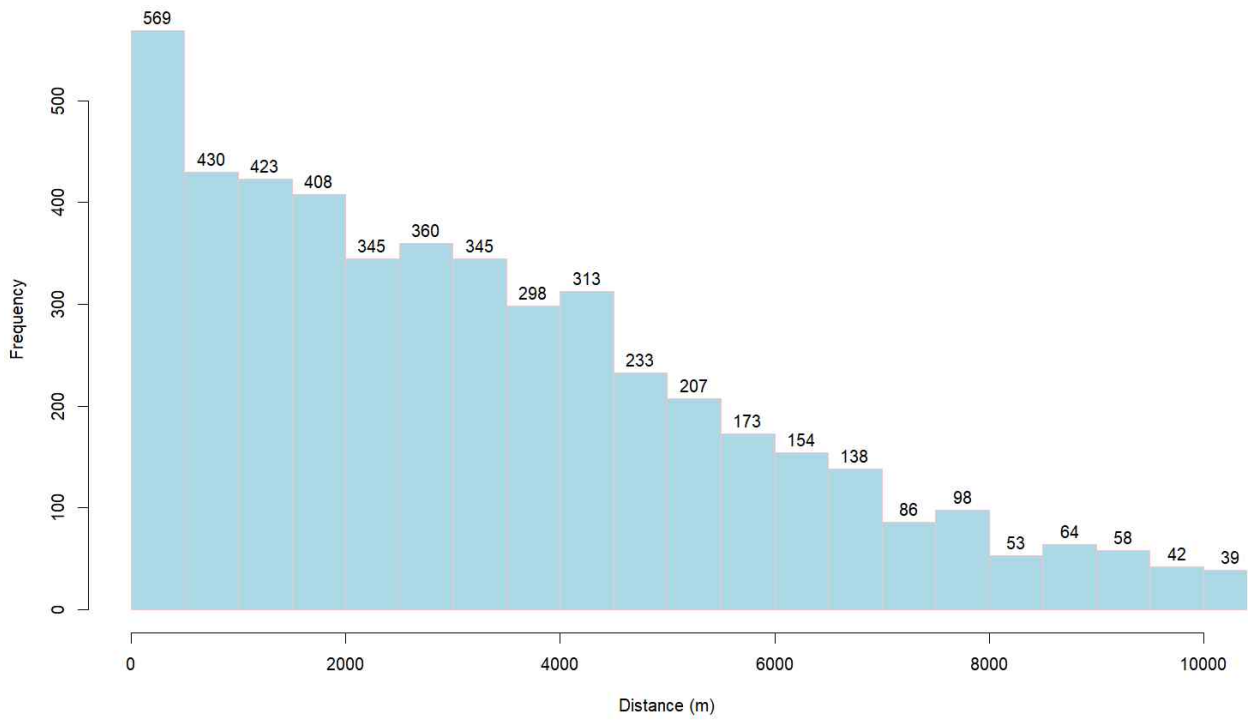
**Short Distance Distribution (Under 10km)**



**Short Distance Distribution (Under 1,000m)**

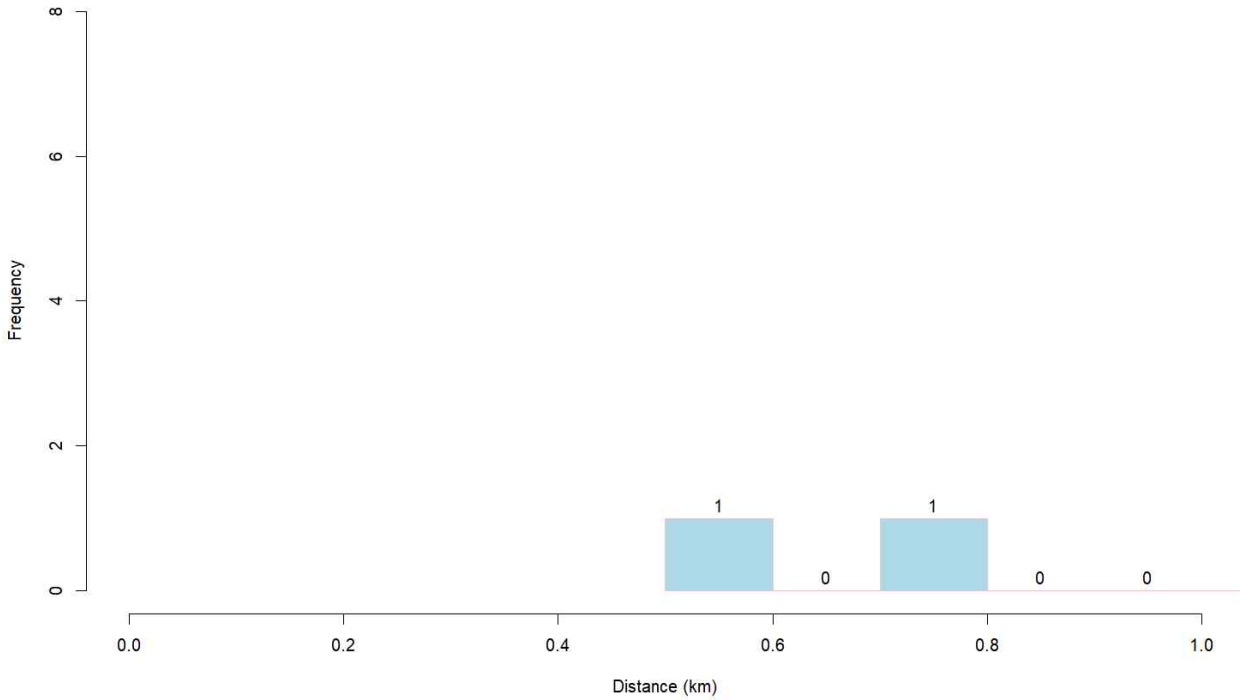


Short Distance Distribution (Under 10,000m)

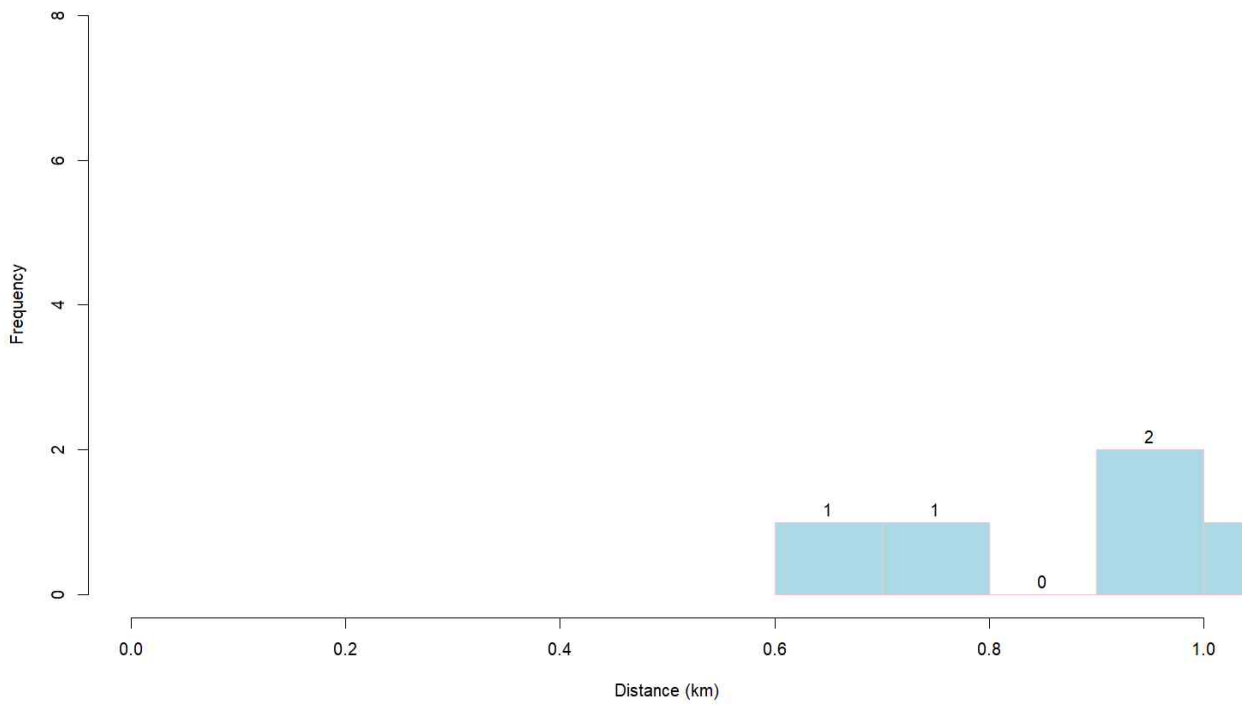


각 기관별 국가지상기상관측소 간 최단거리 1km 이하 분포도

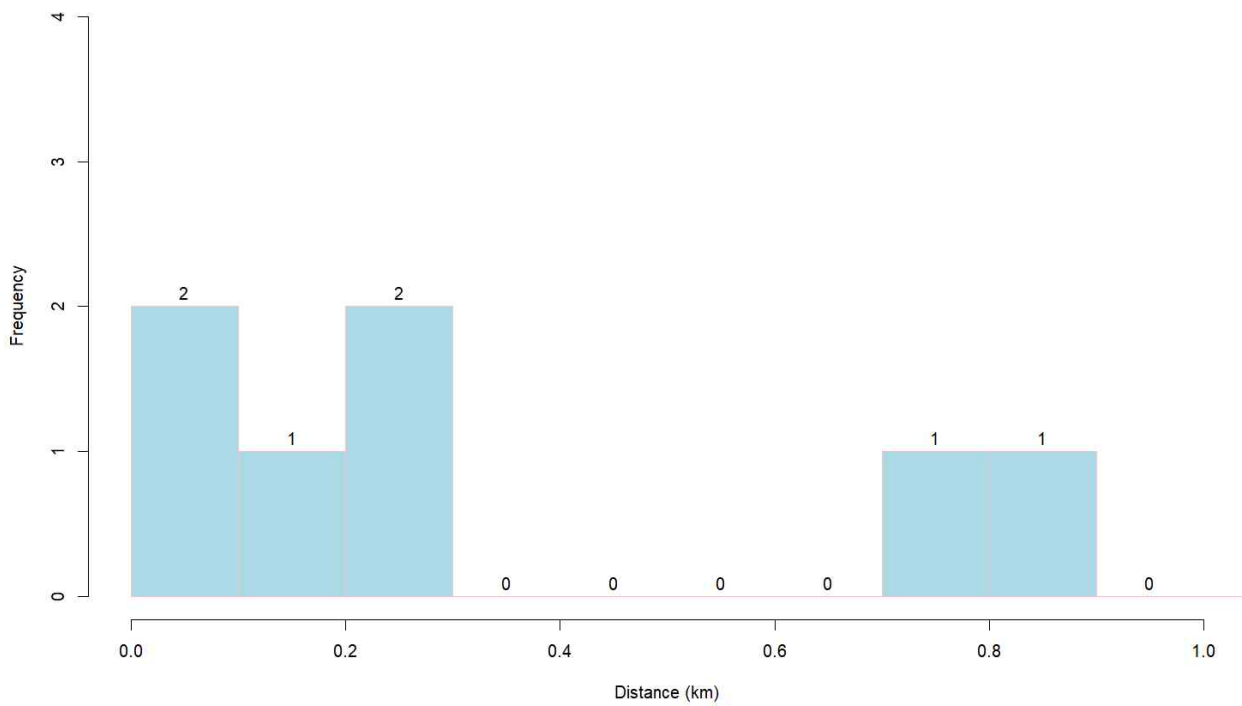
01 KMA Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



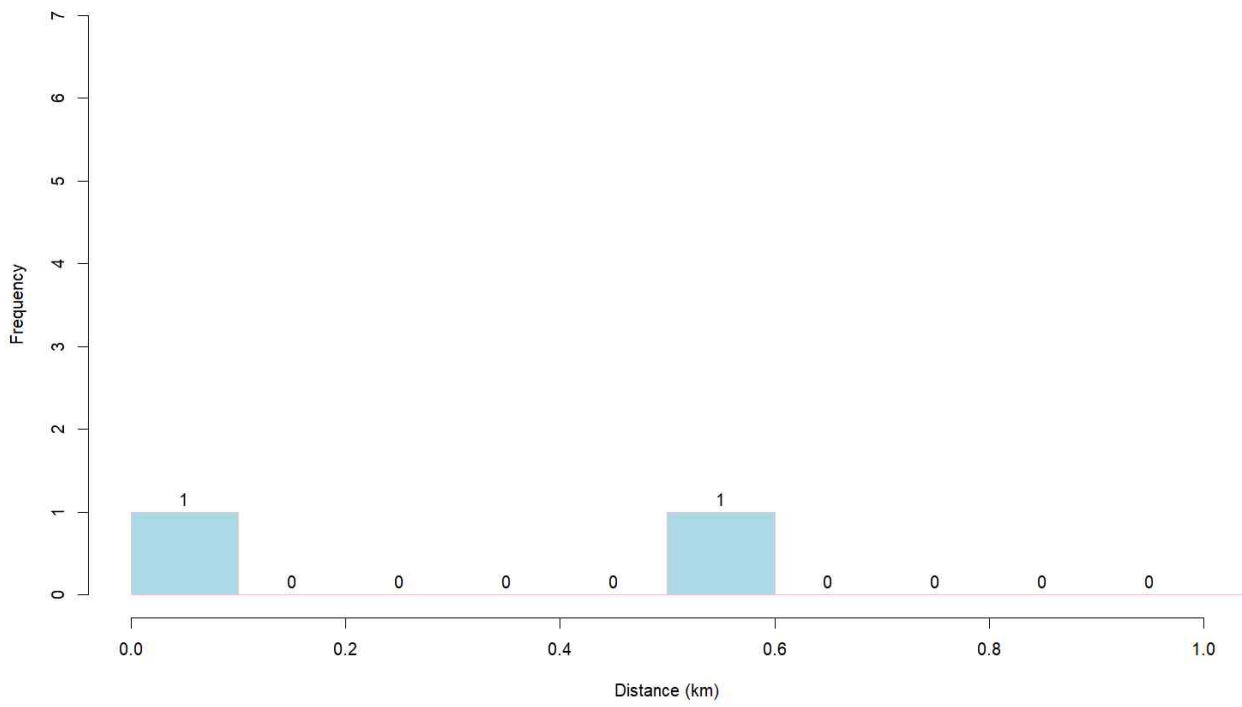
02 ME Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



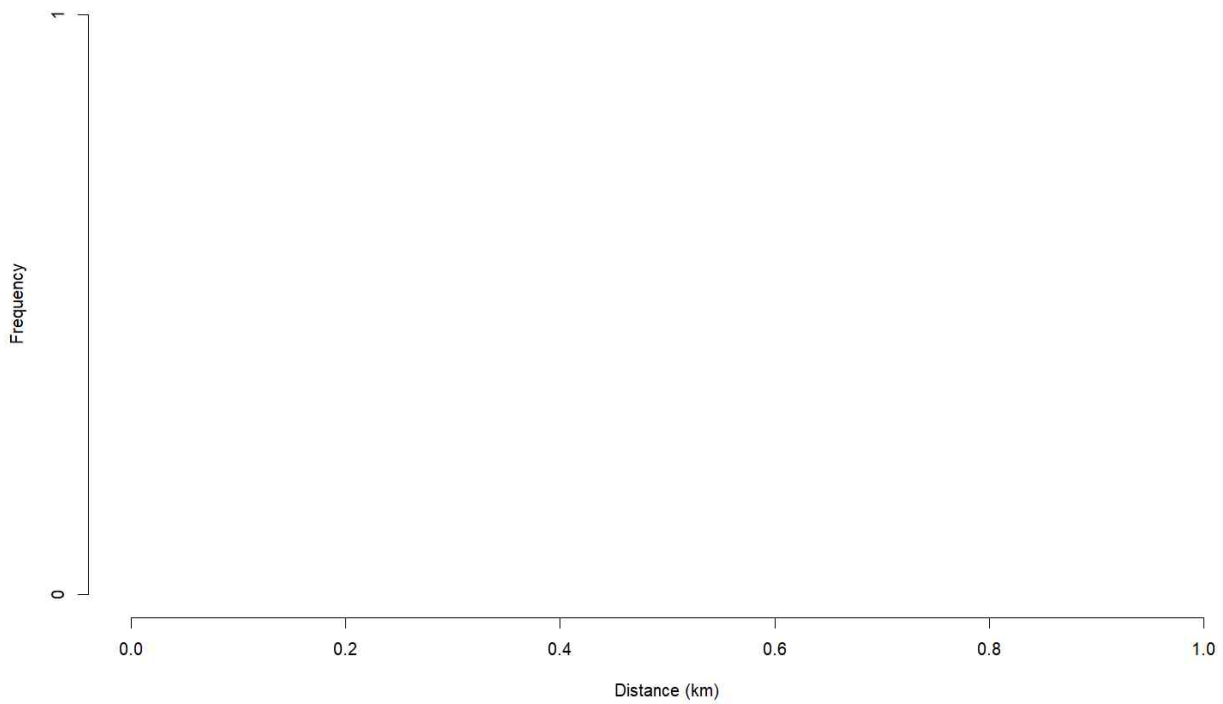
03 RDA Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



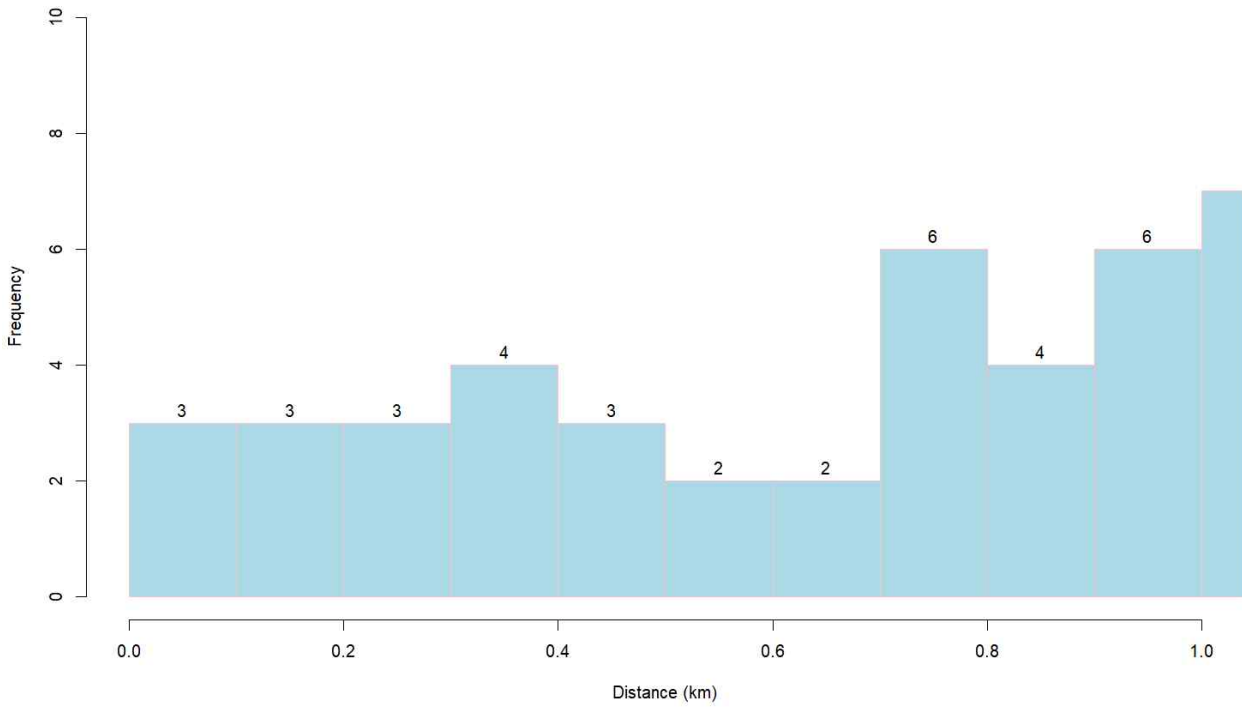
**04 FOREST Short Dist Distance Distribution (Under 1km)**



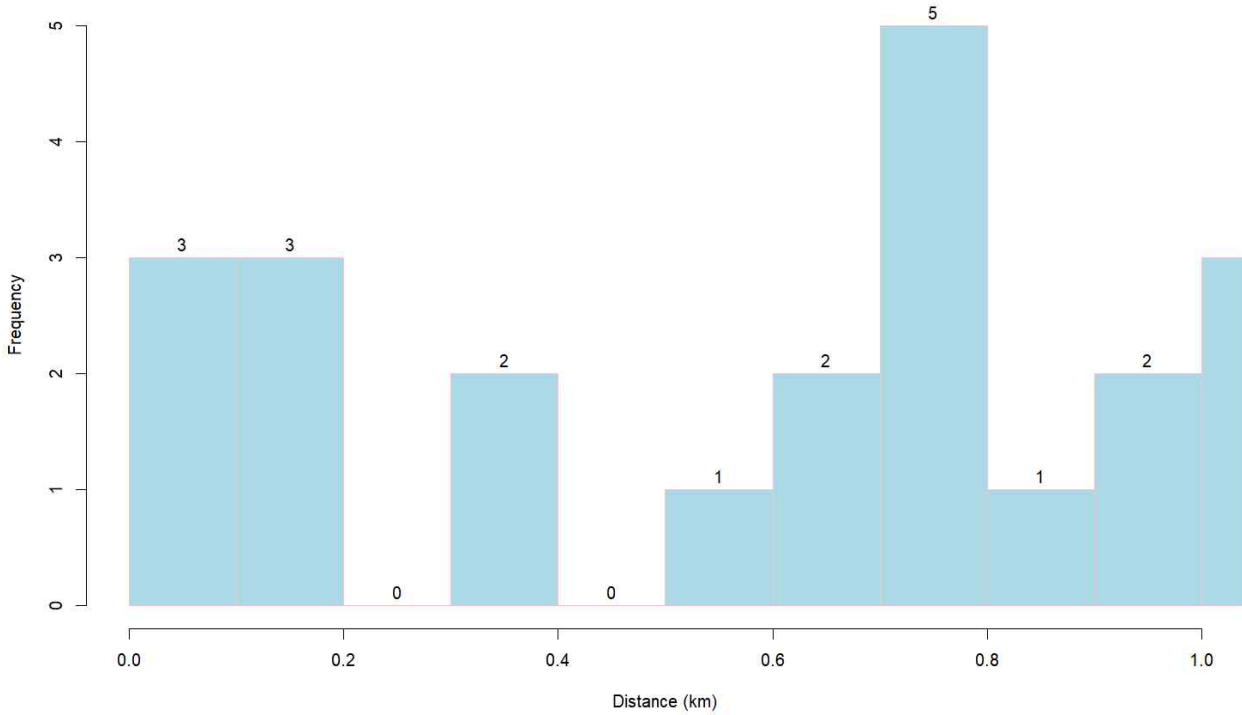
**05 MOLIT Short Dist Distance Distribution (Under 1km)**



06 Seoul Short Dist Distance Distribution (Under 1km)

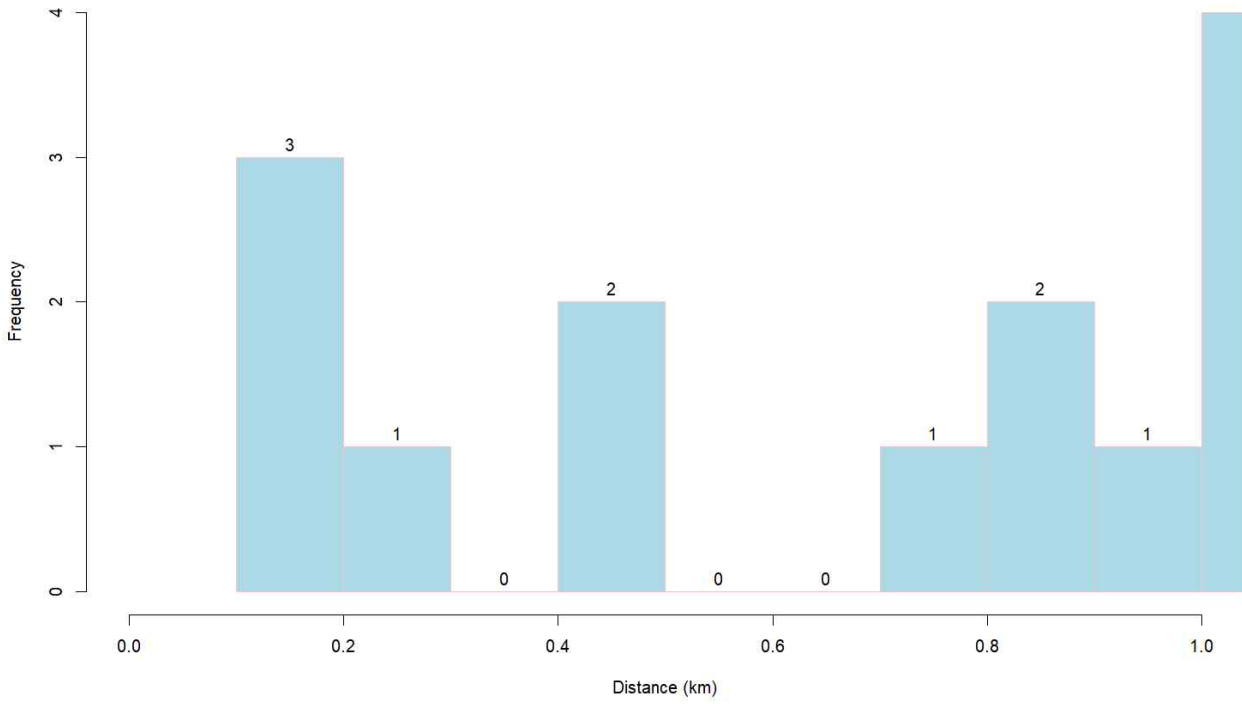


07 Busan Short Dist Distance Distribution (Under 1km)

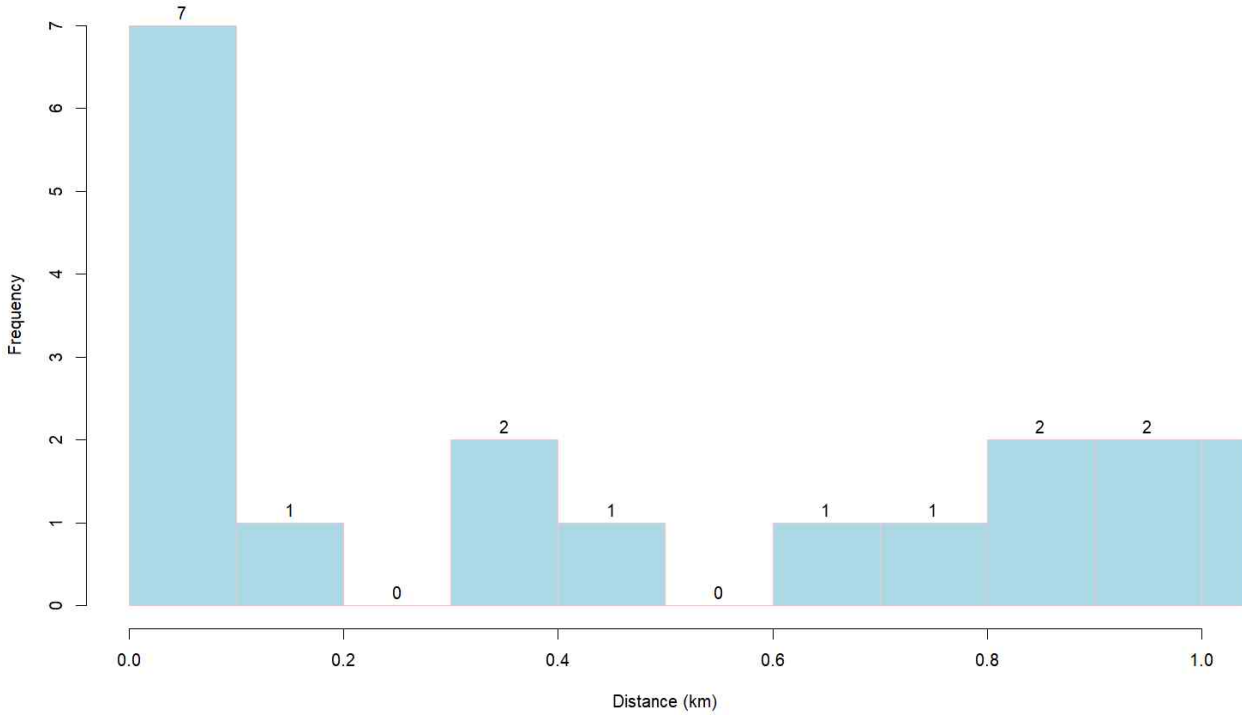




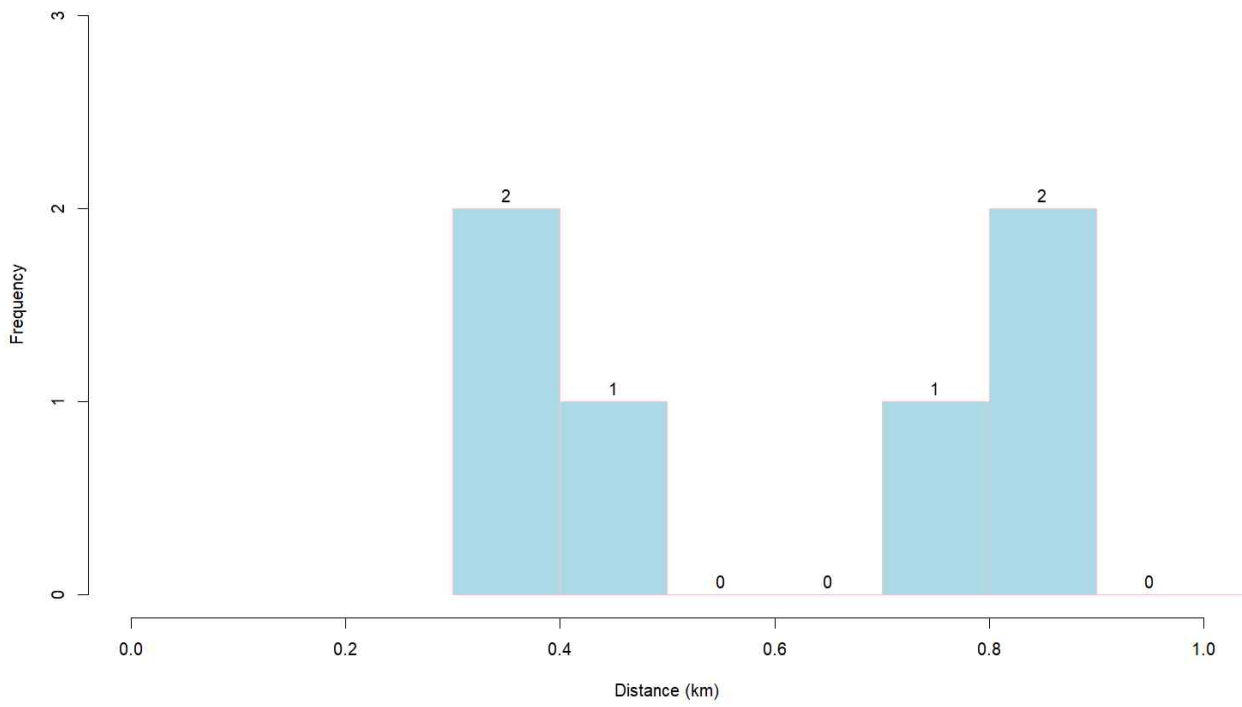
08 Daegu Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



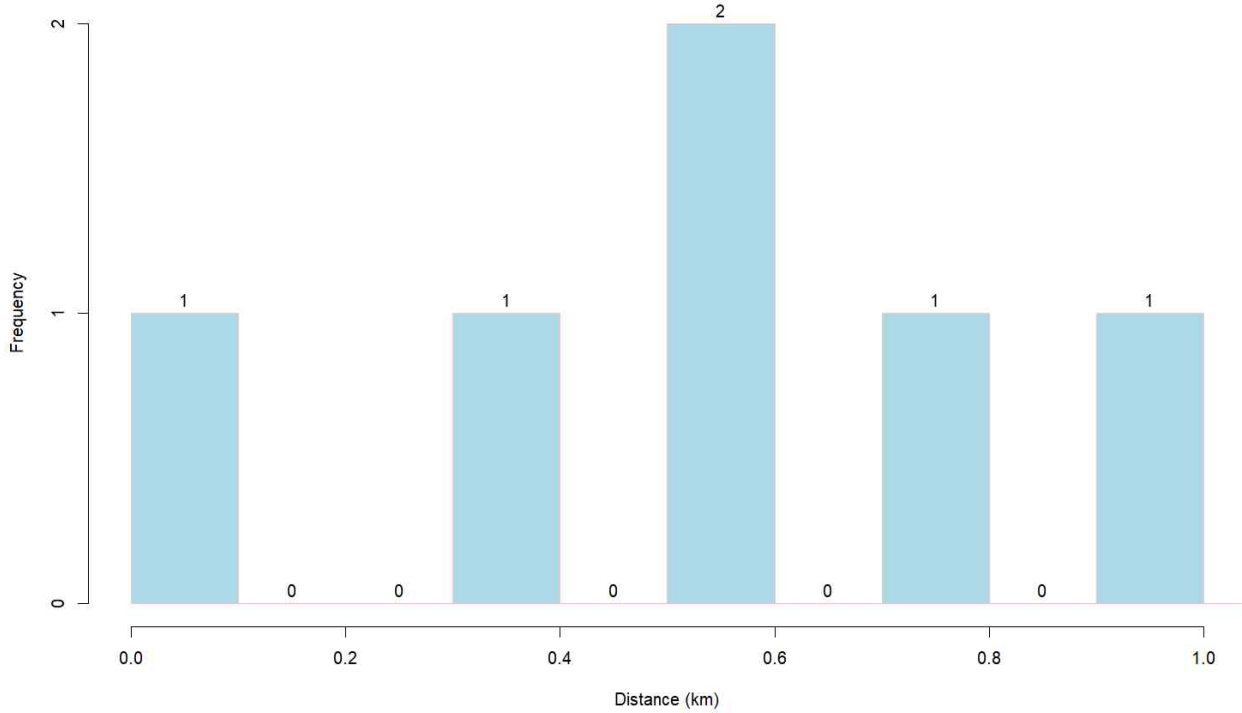
09 Incheon Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



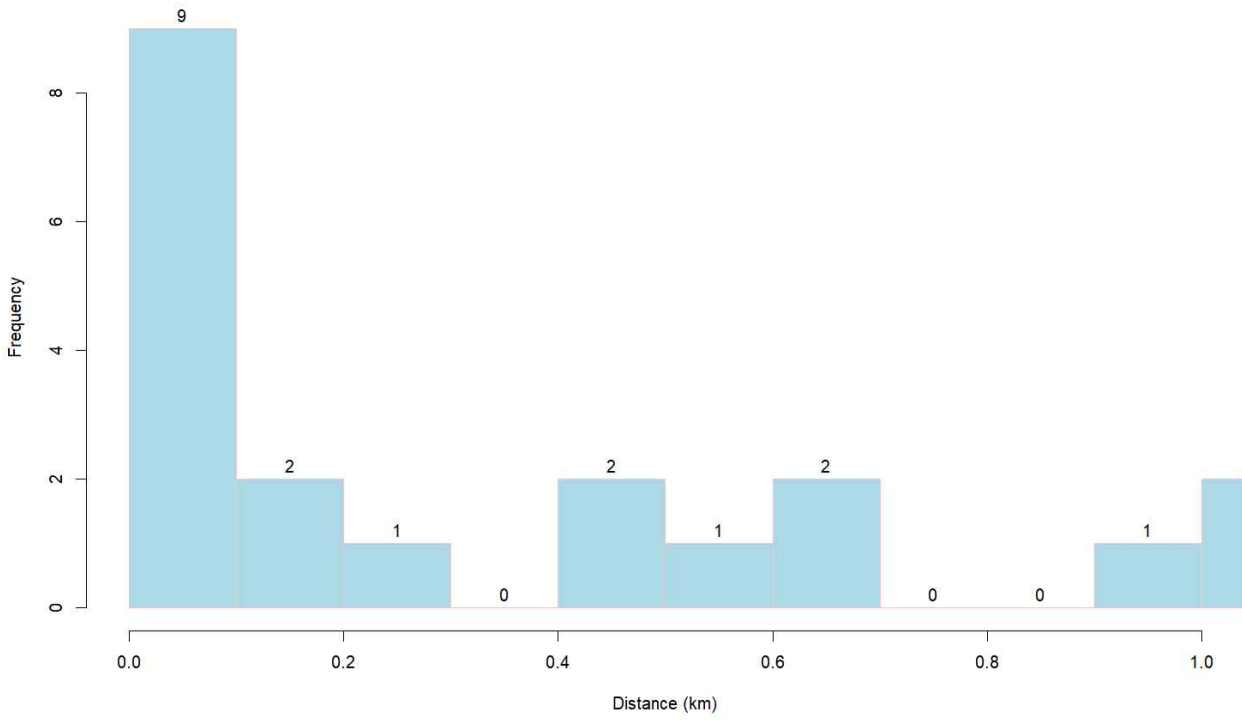
10 Gwangju Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



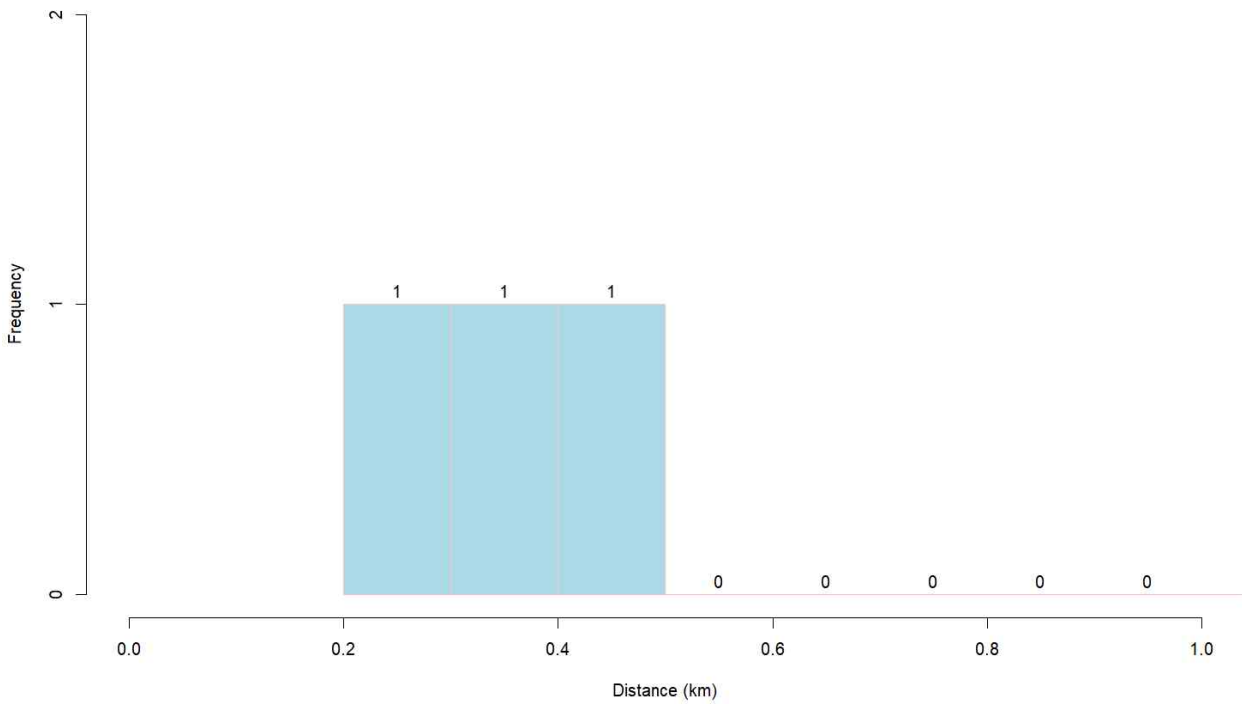
11 Daejeon Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



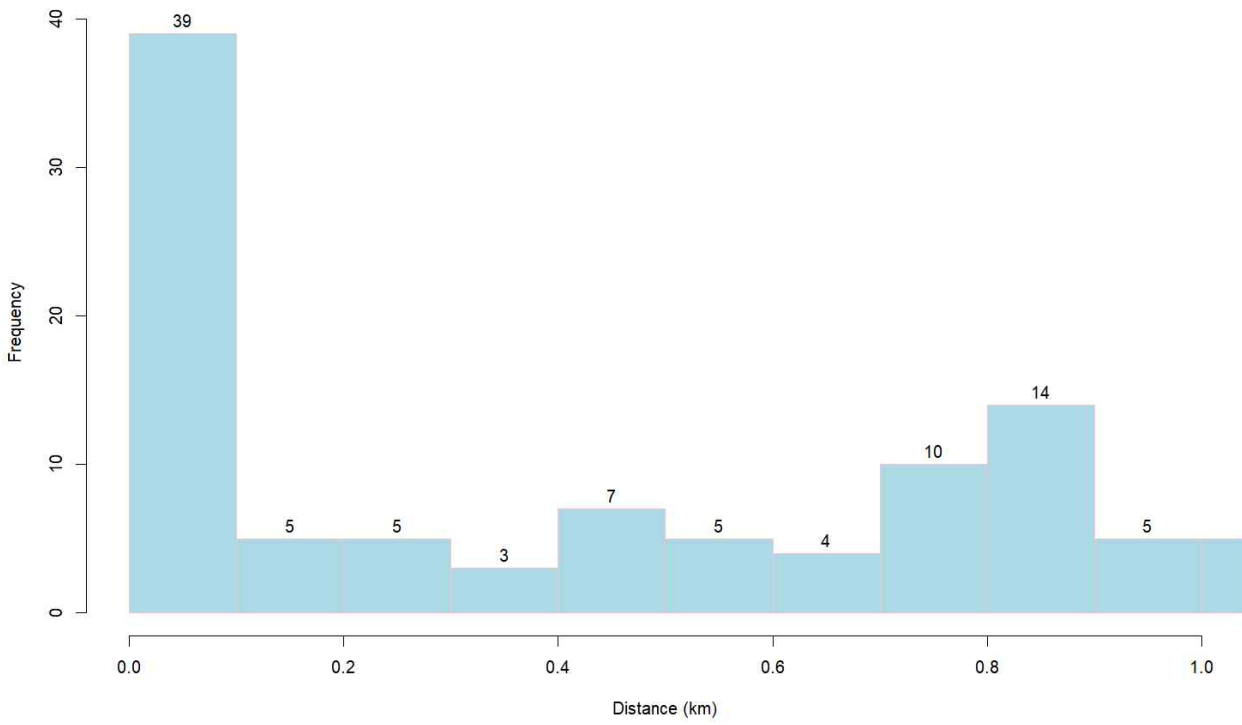
12 Ulsan Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



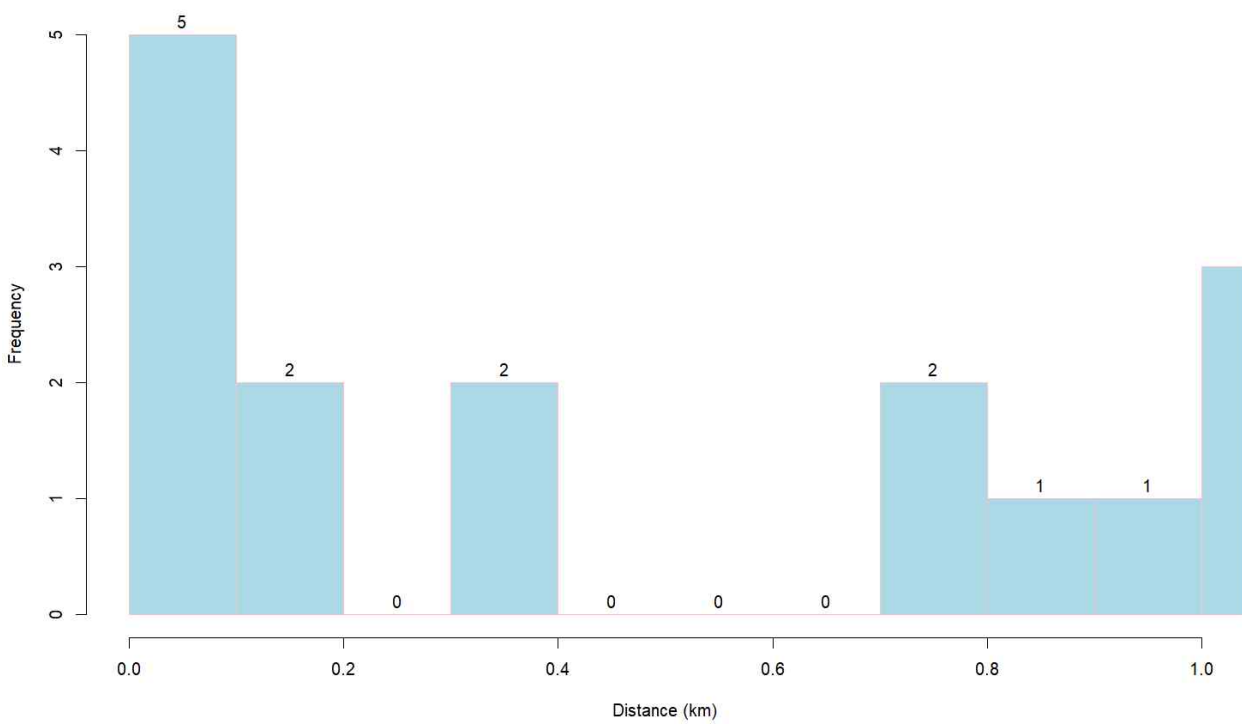
13 Sejong Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



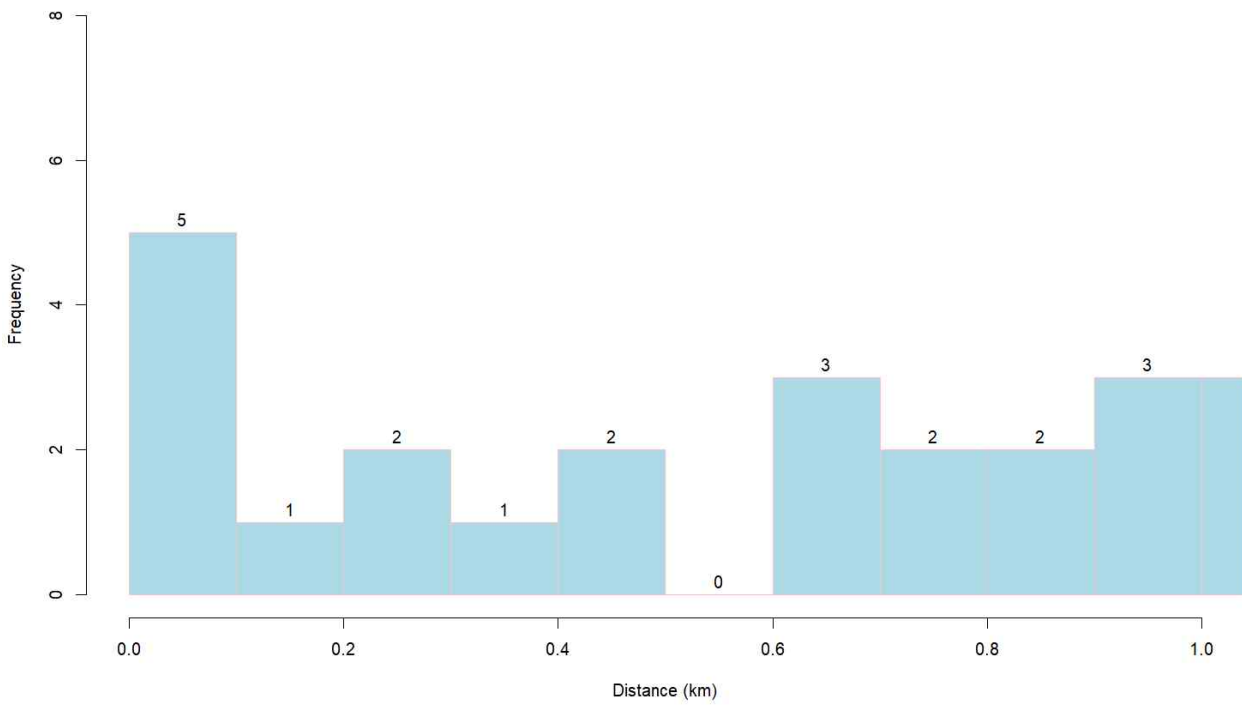
14 Gyeonggi Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



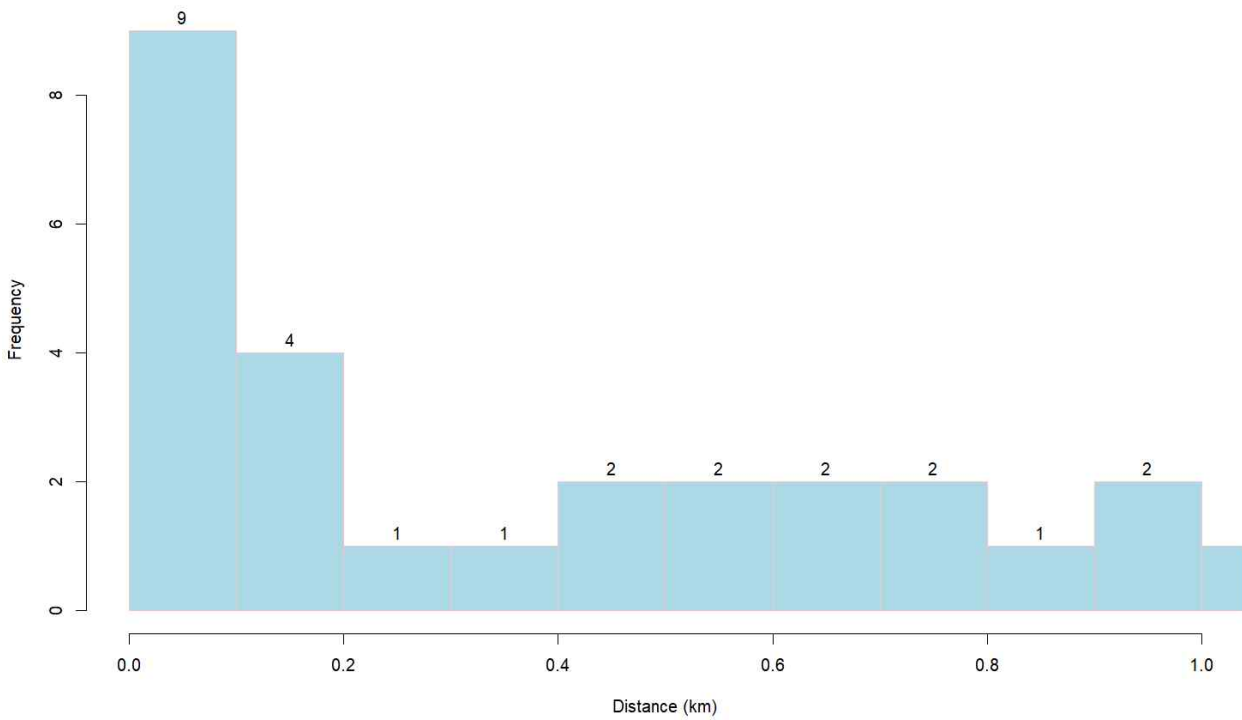
15 Gangwon Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



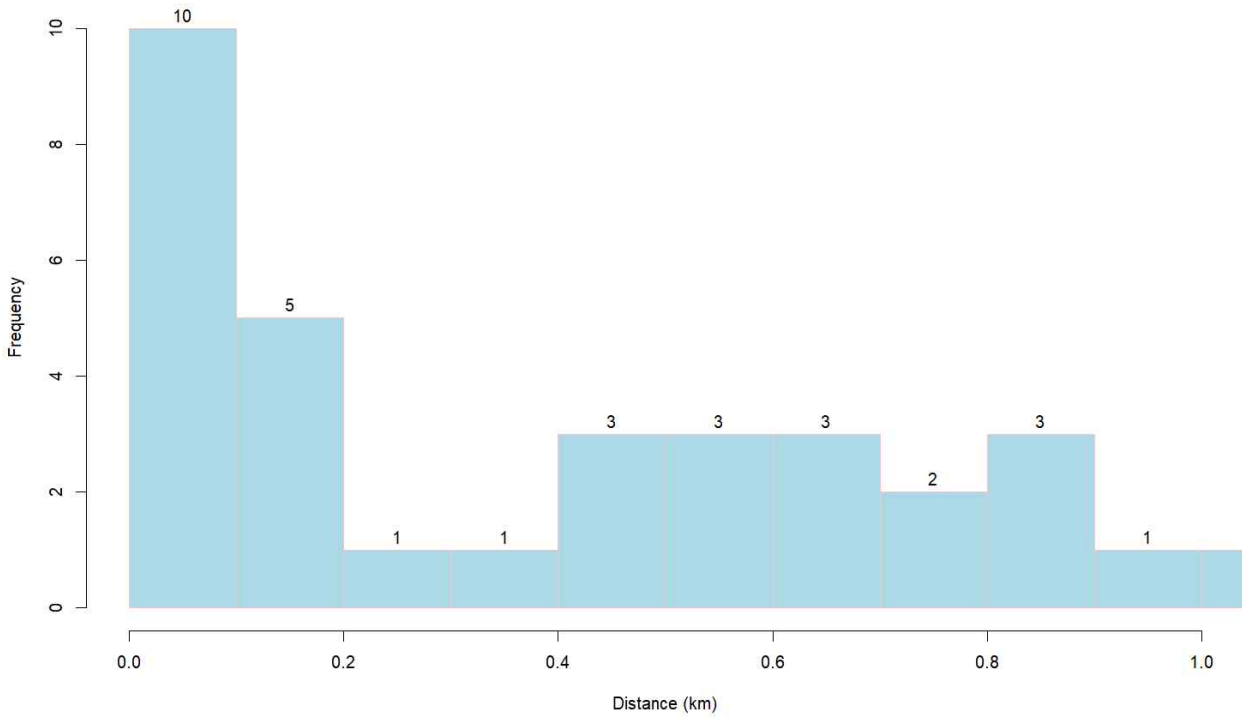
16 Gyeongnam Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



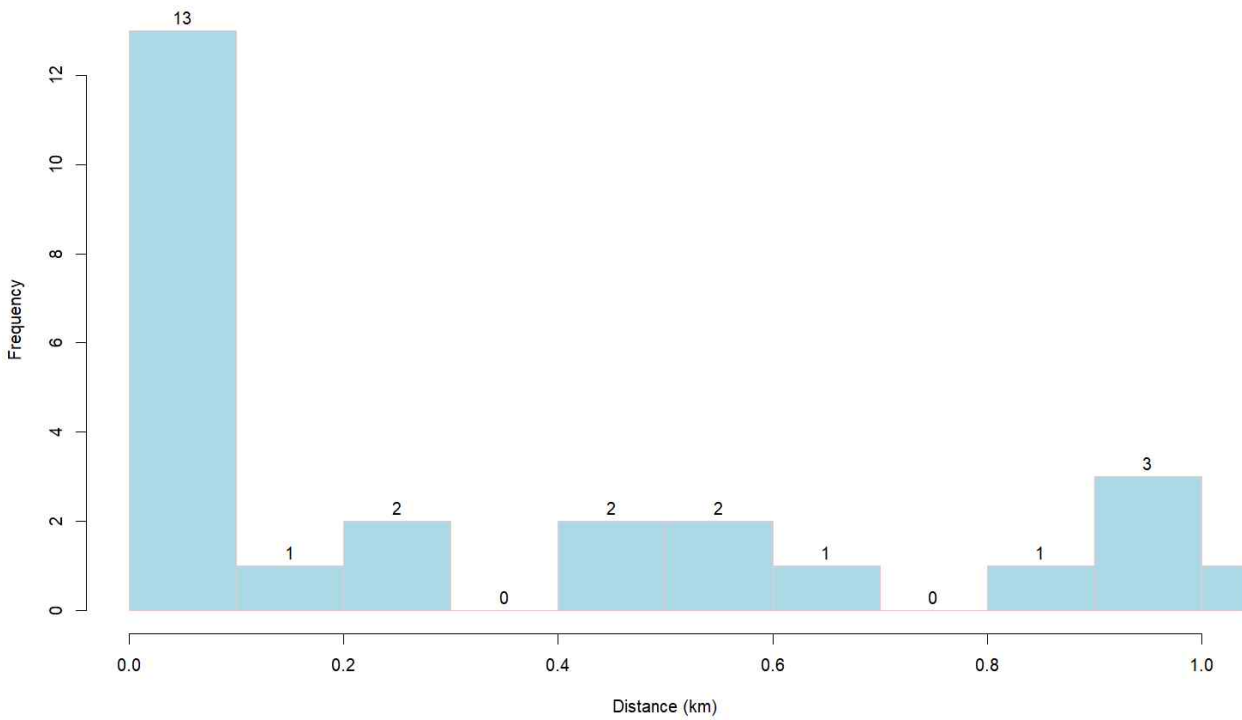
17 Gyeongbuk Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



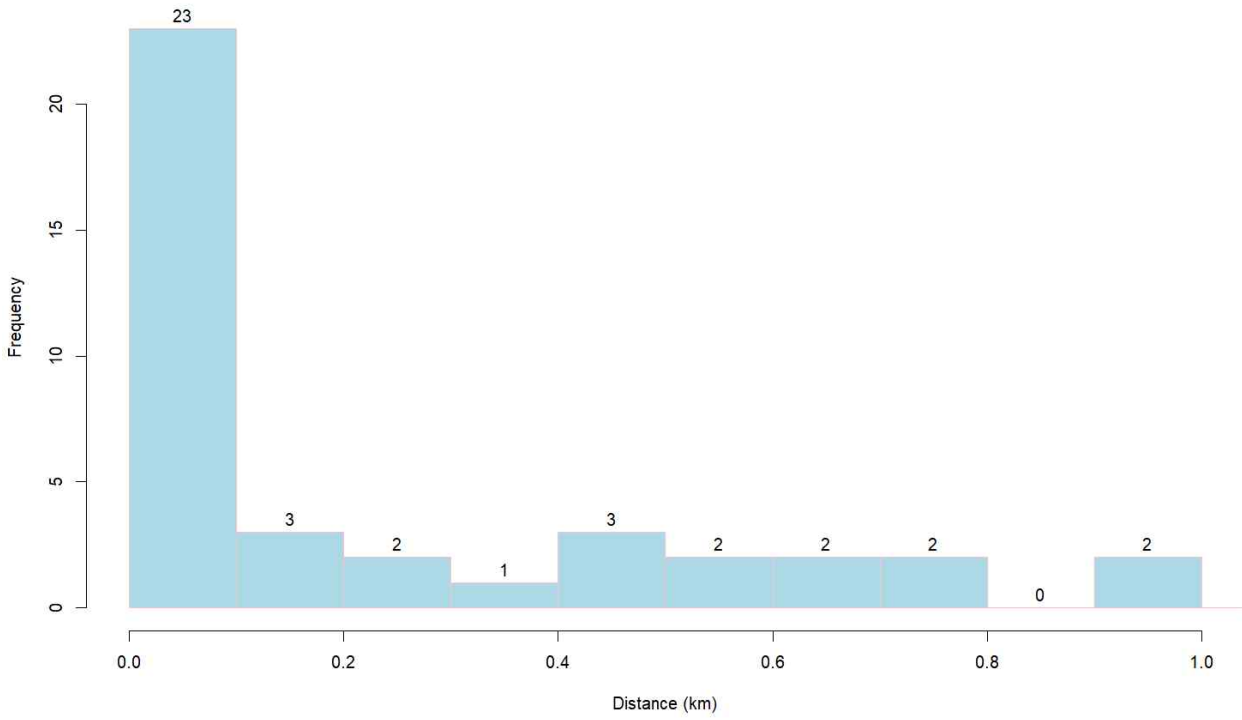
18 Jeonnam Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



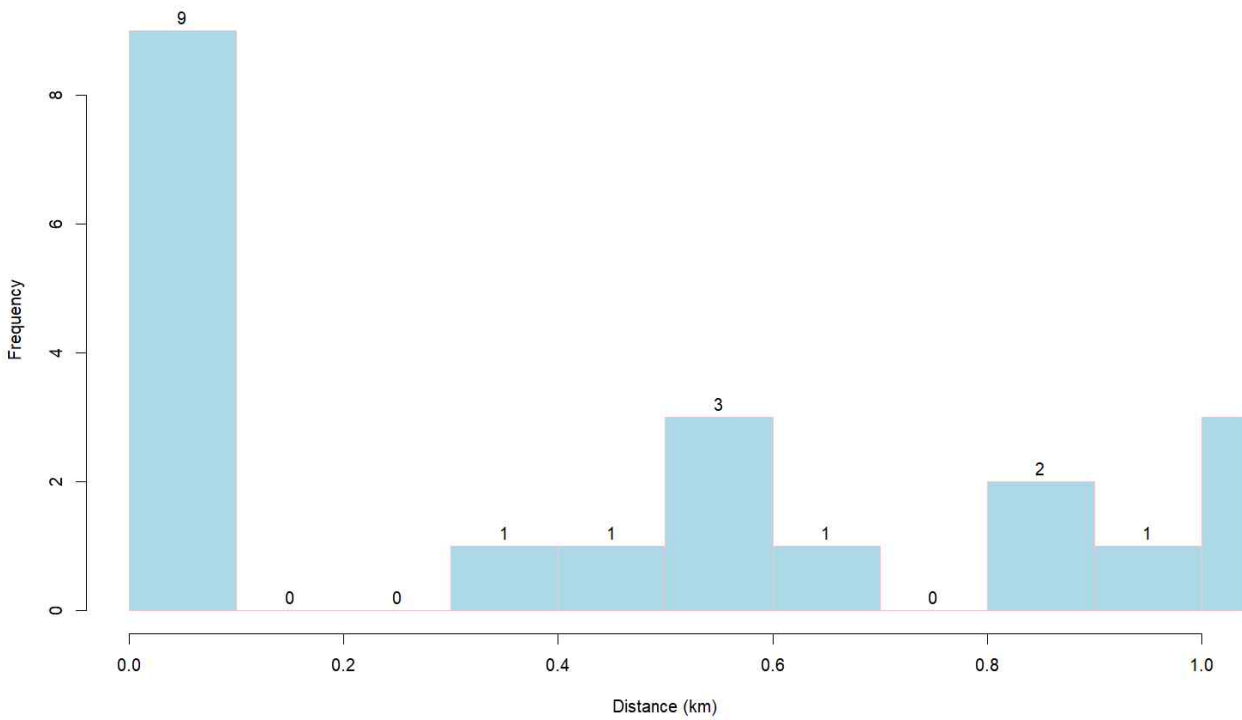
19 Jeonbuk Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



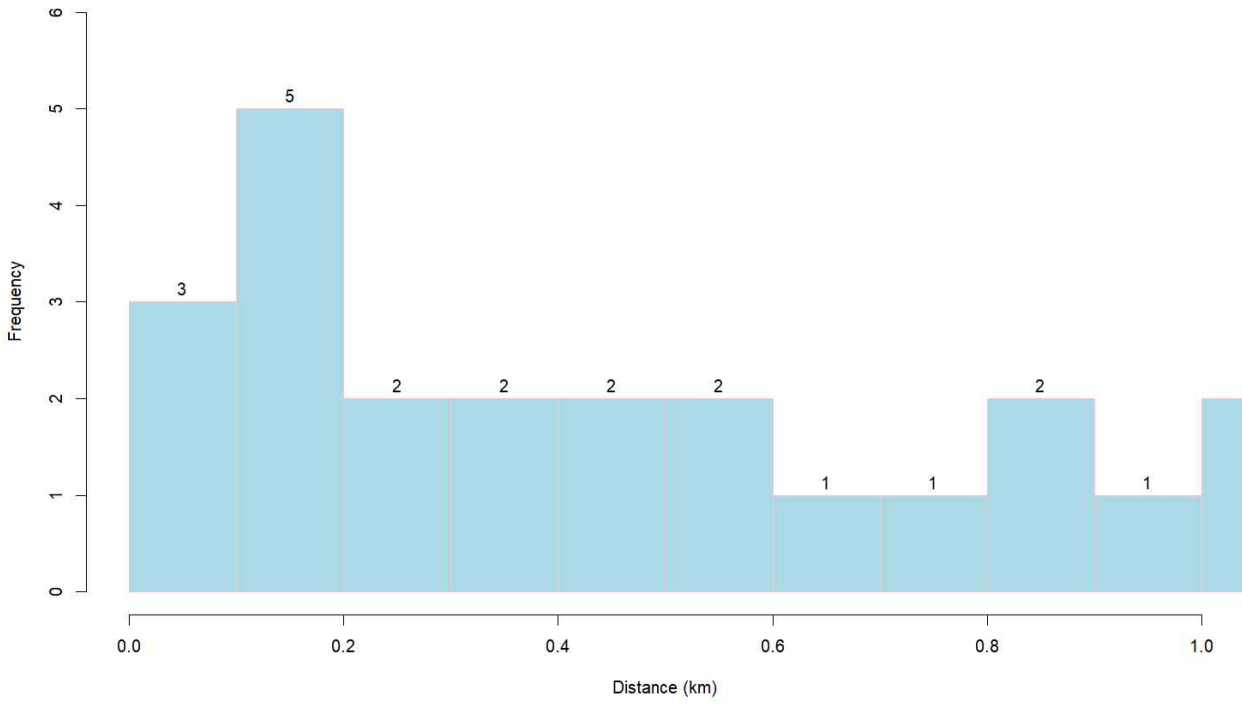
20 Chungnam Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



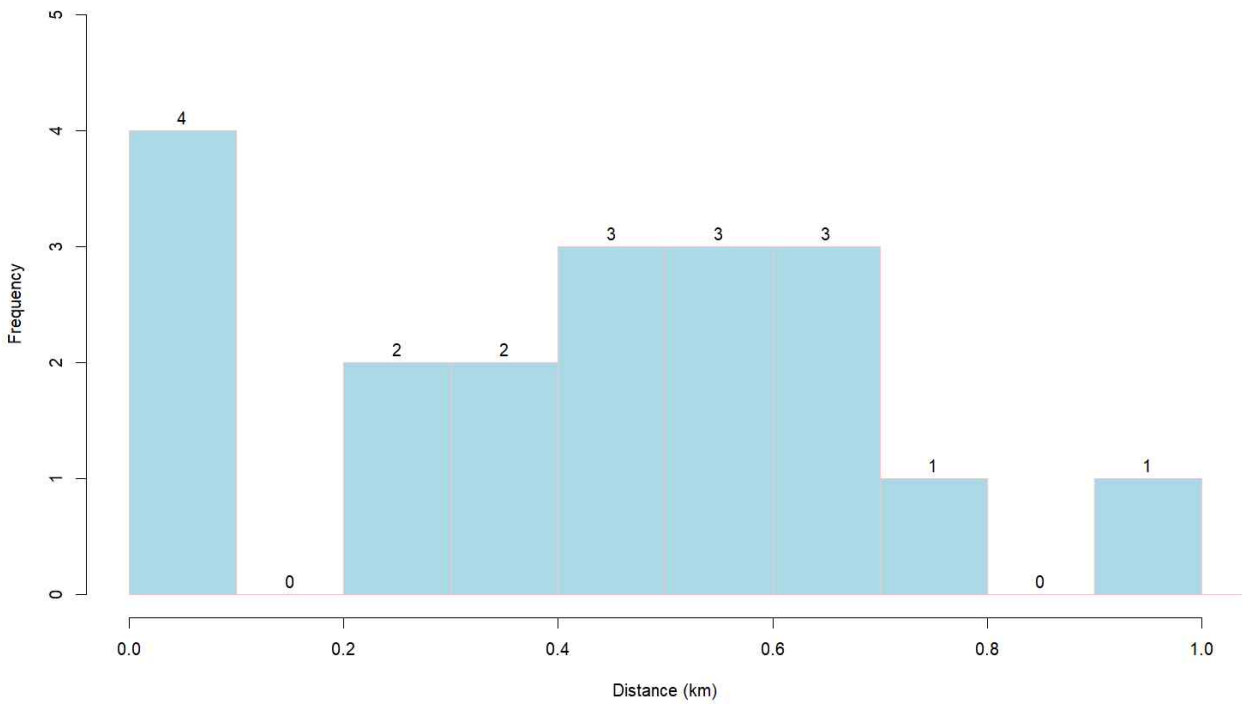
21 Chungbuk Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



22 Jeju Short Dist Distance Distribution (Under 1km)

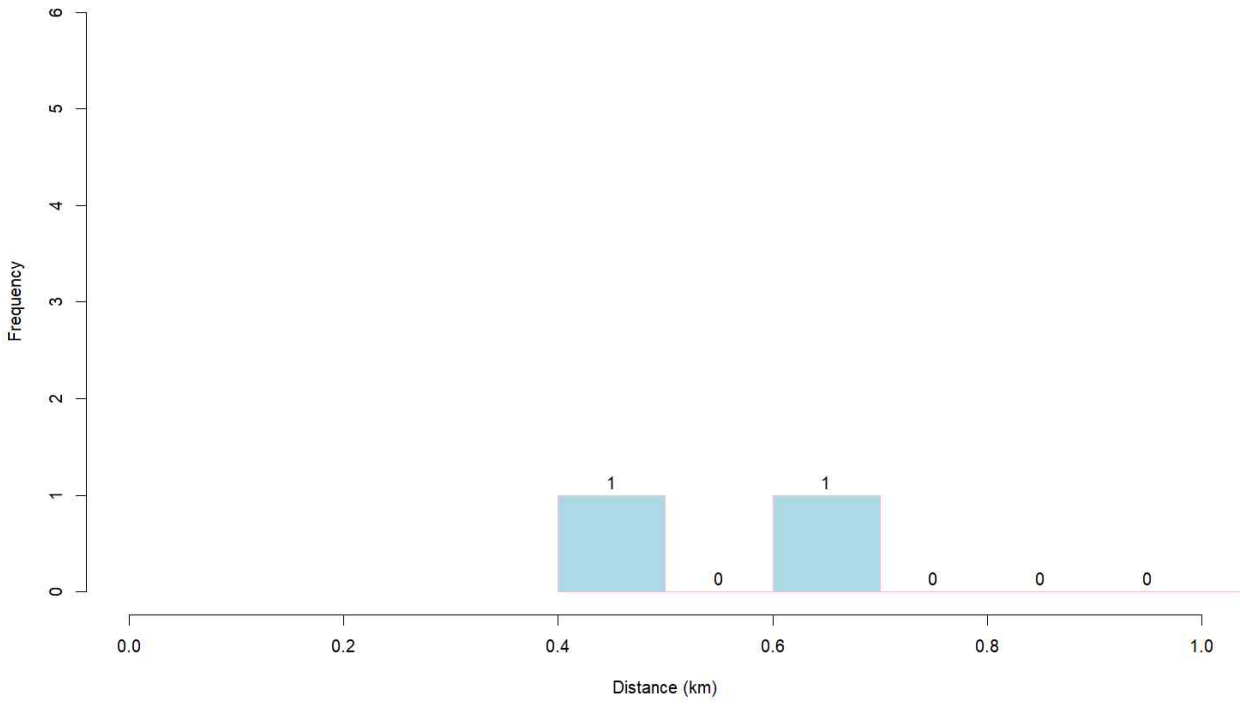


23 KNPS Short Dist Distance Distribution (Under 1km)

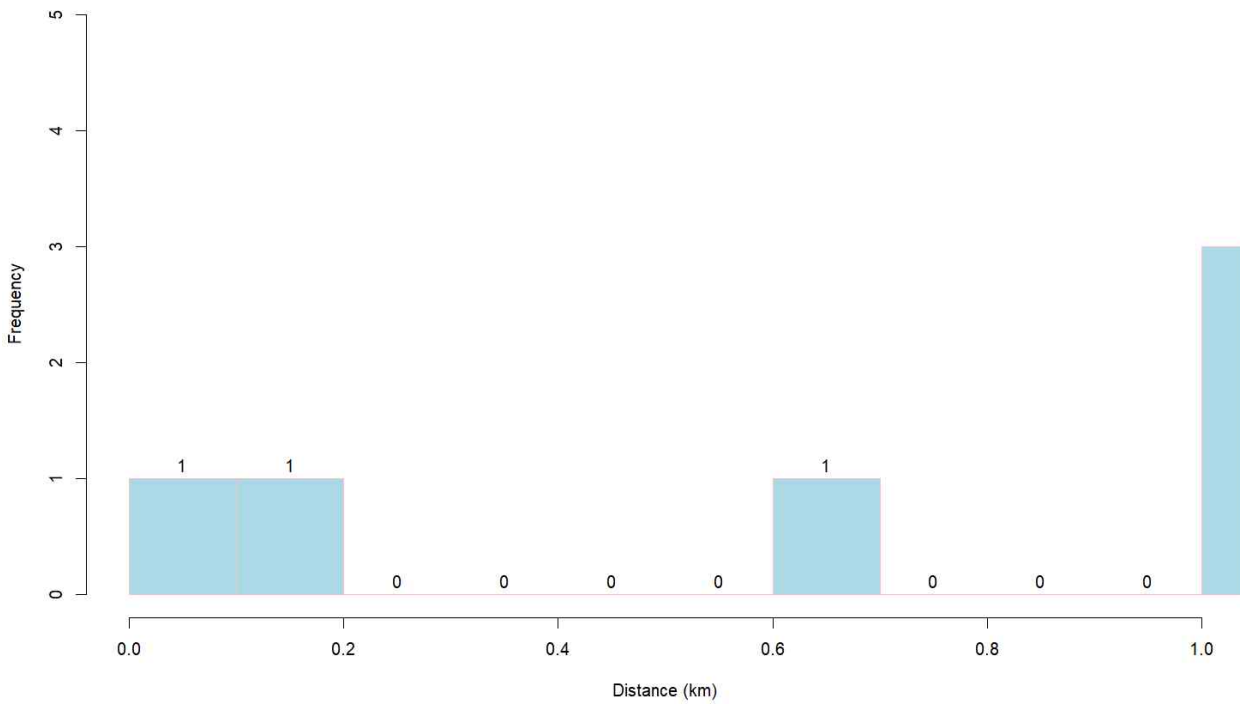




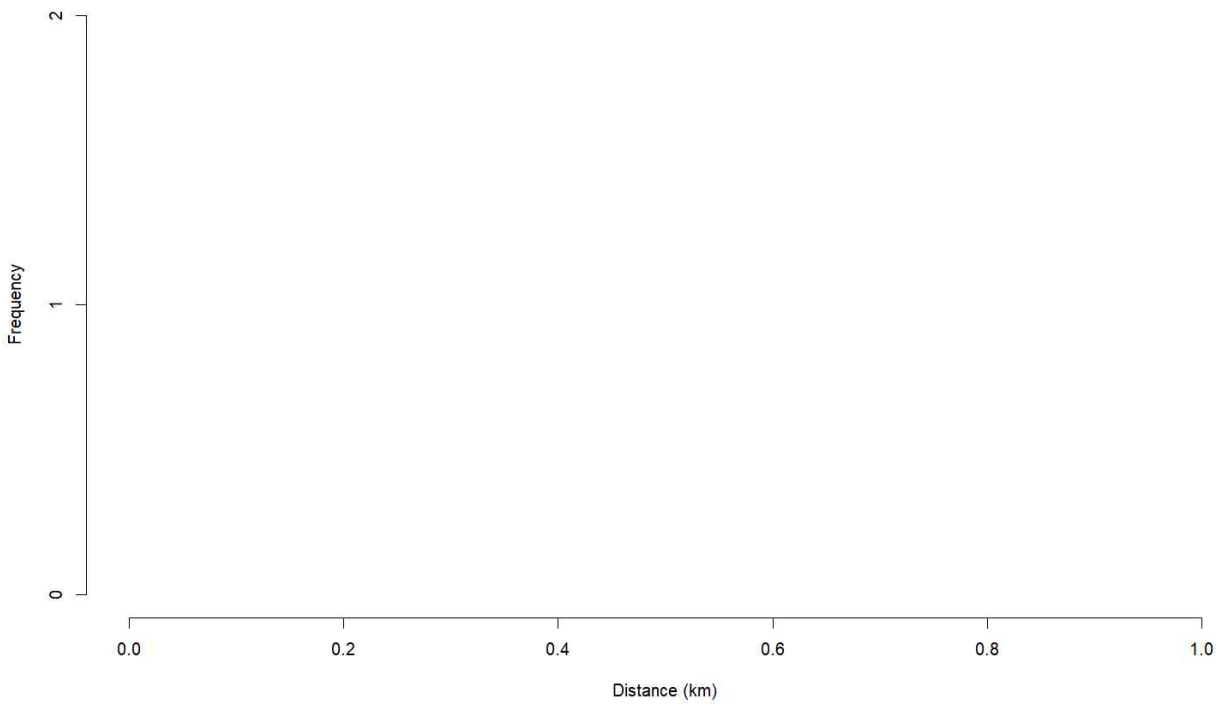
24 Kwater Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



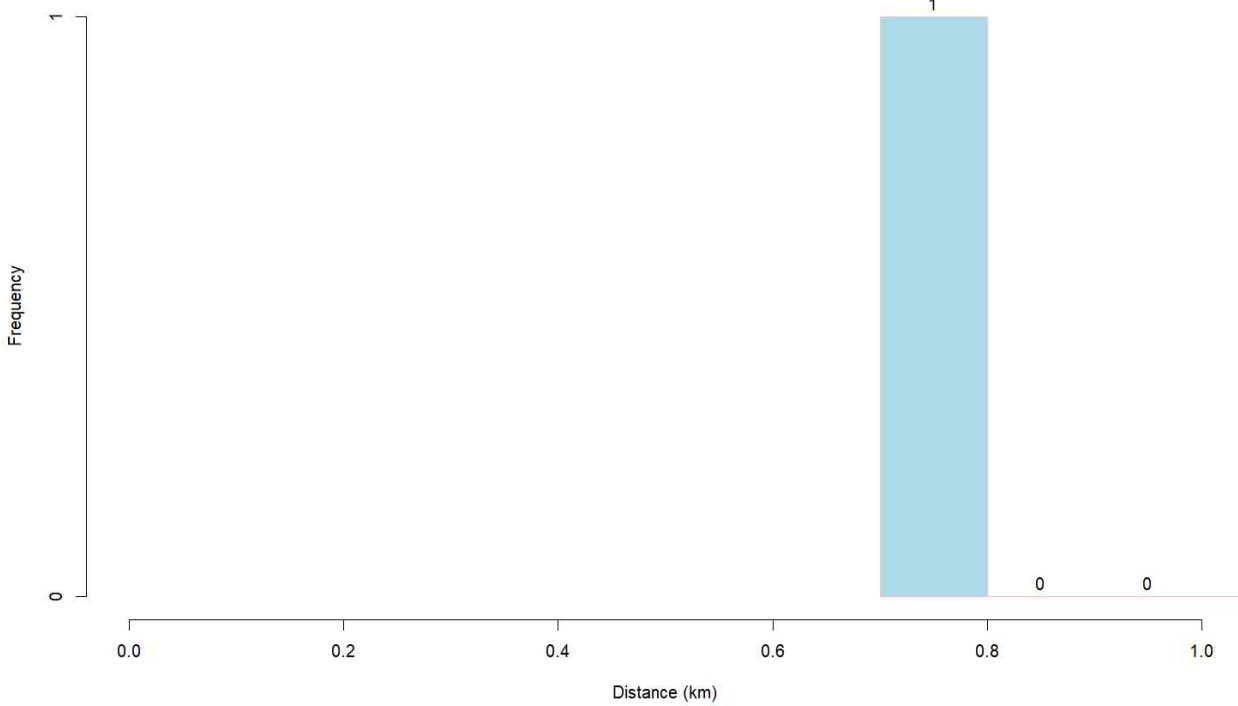
25 KEPCO Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



26 KHNP Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



27 EX Short Dist Distance Distribution (Under 1km)



## 설치·운영 기준 및 지침

- (목적) 기상관측표준화 관측시설의 설치·운영 기준에 관한 사항을 명확화 하여 관측시설의 체계적 관리 및 공동활용 효율성 제고
  - ※ 한국기상기술원 등 전문기관 용역을 통한 기준(지침) 마련으로 전문성 확보
- 수립 방향
  - (설치) 표준화 대상, 설치기준, 신설·이전·폐지 절차 등
  - (운영) 관측장비 점검, 유지관리에 관한 기준 등
  - (자료관리) 관측자료의 자료품질 검사와 보증 기준 등
  - (자료유통) 자료의 활용, 공개, 제공에 관한 기준 등
- 주요 내용(참고1)
  - (제1장 총칙) 목적, 적용대상, 국가기상관측망 운영체계 및 분류
  - (제2장 지상기상관측망 설치 및 운영) 일반사항 및 지상기상관측망 분류별 설치·운영 기준
  - (제3장 자료 연계 및 품질관리 기준) 관측자료 송수신 체계 및 품질 관리 기준
  - (제4장 자료 유통 기준) 내·외부 활용 기준, 공개 및 제공 기준
  - (제5장 평가·환류 체계) 관측시설 및 관측자료 품질등급 기준 등
- 법 조문(안) (기상관측표준화법)

현 행	개 정 안
제8조(기상관측망 구축 및 관리) ① ~ ⑥ (생략) <신설>	제8조(기상관측망 구축 및 관리) ① ~ ⑥ (현행과 같음) ⑦ 기상청장은 제1항에 따른 기상관측망 설치·운영에 대한 기준을 정하여 고시하여야 한다.

- 
- [1] <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=04162326632268240&mediaCodeNo=257>
- [2] 2021년 기상청 예산, 위험기상 예측역량 강화와 기후변화 적응대책에 집중 투자, 대한민국 정책브리핑([www.korea.kr](http://www.korea.kr))
- [3] <https://www.weather.gov/about/observations>
- [4] NOAA, NOAA FY22-26 STRATEGIC PLAN, 2022 <[https://www.noaa.gov/sites/default/files/2022-06/NOAA\\_FY2226\\_Strategic\\_Plan.pdf](https://www.noaa.gov/sites/default/files/2022-06/NOAA_FY2226_Strategic_Plan.pdf)>
- [5] 호주 기상국 Corporate Plan 2021-2022, p.6
- [6] 호주 기상국 Corporate Plan 2021-2022, p.10
- [7] WIGOS(WMO Integrated Global Observing System): WMO 전지구 통합관측시스템
- [8] 특허청, 특허 메가트렌드 분석 보고서 (환경기상), 2019
- [9] <https://www.meteorologicaltechnologyworldexpo.com/ko/industry-news.php?release=78bab4f4ce94374c8a53444c77c2c6>
- [10] Geo-XO(Geostationary and Extended Orbits: 미국 해양대기청에서 계획 중인 GOES-R 위성의 3세대 후속위성
- [11] <https://ncas.ac.uk/scientists-take-flight-over-new-mexicos-mountains-to-study-thunderstorm-formation/>
- [12]
- [13] Australian Bureau of Meteorology Pre-Phase A Mission Study Report, 2021
- [14] <https://www.nipr.ac.jp/info/notice/20220823-2.html>
- [15] <https://www.ecns.cn/cns-wire/2022-07-08/detail-ihazynnw3909350.shtml>
- [16] <https://phys.org/news/2022-07-scientists-solar-energy-nowcasting-based.html>
- [17] DACH(독일어권 기상학 컨퍼런스), 2019
- [18] The European Forecaster, 2020.9.
- [19] 한국기상산업기술원(2021), 2020 기상산업 실태조사
- [20] WMO, Aircraft-Based Observations Data Statistics, (접속일자 : 2021년 06월 22일), <https://community.wmo.int/activity-areas/aircraft-based-observations/data/statistics>
- [21] 시사저널, ‘기상 망명족’ 증가에 ‘노르웨이 기상청’ 인기까지, (접속일자 : 2021년 6월 22일), <https://www.sisajournal.com/news/articleView.html?idxno=203683>
- [22] National weather service enterprise analysis report, 2017
- [23] 気象データの利活用事例集, 2018
- [24] Climate Services – Quantitative market analysis of the European Climate Services sector, 2019
- [25] National weather service 웹페이지, 2017
- [26] PRIMET(Association of Private Meteorological Services) 회원사 기준
- [27] 2020 NOAA Budget Summary, 2019
- [28] 令和2年度 気象庁関係予算決定概要, 2019
- [29] 2018/19 Met Office Annual Report and Accounts, 2019
- [30] 기상·기후·재앙 인사이트: 2021년 연례 보고서(Weather, Climate & Catastrophe Insight: 2021 Annual Report)

- [31] NESDIS: National Environmental Satellite, Data, and Information Service
- [32] STAR: Center for SaTellite Applications and Research
- [33] 호주 기상국 사이트([http://www.bom.gov.au/inside/org\\_structure.shtml](http://www.bom.gov.au/inside/org_structure.shtml))
- [34] 한겨레, 기상관측 범위 서울-대구 10배 차, (접속일자 : 2021.6.22.)  
<https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/965354.html>
- [35] 기상청, 변화무쌍한 여름철 위험기상 대비를 위해 관측장비 총출동 촘촘한 입체관측, 2021
- [36] 조원기 등, 조간대 기상관측시스템 구축, 2022
- [37] Met office 홈페이지, <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/how-forecasts-are-made/observations/marine-observations>, 검색일 : 2022.6.20.
- [38] 호주 기상국 Annual report 2020-2021, p.6
- [39] GNSS(Global Navigation Satellite System): 전지구위성항법시스템
- [40] 스페이스파이오니아 사업: 국가 우주전략기술 자립화 및 원천기술을 확보하기 위하여 과학기술정보통신부에서 추진 중인 사업
- 기술의 실제 체계사업 적용을 목표로 기술수준 7단계(인증모델)까지 개발
  - 위성관측 탑재체 관련 과제는 ‘전자광학탑재체용 구동부 개발’ 및 ‘2차원 적외선 검출기 개발’ 2개 과제임