

발 간 등 록 번 호
11-1360000-001426-01

( 옆 면 )

( 앞 면 )

<p>장기예보 업무의 역량강화를 위한 조직 및 기능 효율화 방안</p> <p>2017</p> <p>기상청</p>	<p>장기예보 업무의 역량강화를 위한 조직 및 기능 효율화 방안</p> <p>(Toward efficiency of system and function to strengthen the ability of climate prediction)</p> <p>2017년도</p> <p>기 상 청</p>
--	--

# 제 출 문

기 상 청 장 귀 하

본 보고서를 “장기예보 업무의 역량강화를 위한 조직 및 기능 효율화 방안”  
최종보고서로 제출합니다.

2017년 11월 15일

- 주관연구기관명 : 과학기술정책연구원
- 연 구 기 간 : 2017. 5. 19 ~ 2017. 11. 15
- 주관연구책임자 : 박 환 일
- 참여연구원
  - 연 구 원 : 박 철 호
  - 연 구 원 : 구 지 선
  - 연 구 원 : 이 주 량
  - 연 구 원 : 유 하 영



# 목 차

## 요 약 문

제1장 | 서 론 ..... 2

제1절 연구 배경 및 목적 ..... 2

1. 연구 배경 및 필요성 ..... 2

2. 연구 목적 ..... 9

제2절 연구내용 및 수행체계 ..... 10

1. 연구내용 및 주요 연구질문 ..... 10

2. 연구방법 및 수행체계 ..... 11

제2장 | 거시 환경 분석 ..... 15

제1절 산업·경제적 가치 ..... 15

1. 전력 및 에너지 산업 ..... 15

2. 농·식품산업 ..... 19

3. 보험 산업 ..... 23

4. 관광·레저 산업 ..... 28

제2절 사회적 효용 ..... 30

1. 건강 및 보건 문제 ..... 30

2. 이주 및 난민 문제 ..... 31

제3절 4차 산업혁명과 사회적 변화 ..... 34

1. 4차 산업혁명 개념 ..... 34

2. 사회적 변화 ..... 35

제3장 | 국내외 장기예보 현황 조사 및 분석 ..... 38

제1절 주요국의 장기예보 현황 조사·분석 ..... 38

1. 미국의 장기예보 현황 조사·분석 ..... 38

2. 영국의 장기예보 현황 조사·분석 ..... 50

3. 일본의 장기예보 현황 조사·분석 ..... 53

4. 중국의 장기예보 현황 조사·분석 ..... 61

5. 기타 주요국의 장기예보 현황 조사·분석 ..... 66

제2절 국내 장기예보 현황 조사·분석 ..... 73

1. 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황 ..... 73



- 2. 장기예보 조직 및 인력 운영 현황 ..... 76
- 3. 장기예보 생산 절차 ..... 84
- 4. 장기예보 관련 생산 정보 및 제공 방식 ..... 87
- 5. 장기예보센터 유사 조직 현황 ..... 92
  
- 제4장 | 국내 장기예보 현안 및 이슈 도출을 위한 심층 조사 ..... 99
  - 제1절 장기예보 현안 파악을 위한 심층 조사 내용 ..... 99
    - 1. 장기예보 운영의 문제점 ..... 99
    - 2. 장기예보 역량강화를 위한 개선 방안 ..... 100
    - 3. 장기예보 서비스 활용 방안 ..... 102
  - 제2절 국내 장기예보 현안 및 문제점 도출 ..... 104
    - 1. 인력 측면 ..... 104
    - 2. 조직 측면 ..... 105
    - 3. R&D 및 전략 측면 ..... 106
  
- 제5장 | 장기예보 업무 효율화를 위한 개선방향 ..... 109
  - 제1절 장기예보 업무 일원화 ..... 110
  - 제2절 장기예보 인력 증원 및 전문화 ..... 113
  - 제3절 장기예보 투자 효율화 및 확대 ..... 114
  - 제4절 장기예보 인식 제고 ..... 115
  
- 제6장 | 장기예보센터 설립 추진방안 ..... 117
  - 제1절 개 요 ..... 117
    - 1. 장기예보센터 설립 필요성 및 기대효과 ..... 117
    - 2. 장기예보센터의 기능 및 조직 ..... 118
  - 제2절 단계별 추진전략 및 과제 ..... 123
    - 1. 단기: 업무 통합·일원화 및 기반구축 ..... 123
    - 2. 중장기: 소속기관 확대 후 선진국형 기관으로 도약 ..... 126
  
- 제7장 | 결론 ..... 129
  - 제1절 요약 및 결론 ..... 129



제2절 기대 효과 및 활용 방안 ..... 135

참고문헌 ..... 136



## 표목차 ■■

[표 1-1] 제3차 기상업무발전 기본계획 추진전략별 중점과제 .....	4
[표 1-2] 기상기술의 분야별 기술력 평가 결과 .....	7
[표 1-3] 기후 분야의 기상기술력 수준 평가 결과 .....	7
[표 1-4] 기상청 정확도 향상 대책의 주요 내용 .....	8
[표 1-5] 연구 방법 .....	12
[표 2-1] 기후변화의 잠재적 영향 .....	28
[표 2-2] 기후변화와 이주 및 난민문제 .....	32
[표 2-3] 기관별 4차 산업혁명 추동기술 정의 .....	35
[표 3-1] 미국의 부처별 기상 관련 예산 현황 .....	42
[표 3-2] 미국 기후예측센터의 주요 업무 .....	43
[표 3-3] 기상청의 정원 현황 .....	73
[표 3-4] 기상청의 프로그램별 예산 현황 .....	75
[표 3-5] 기상청 기후예측과의 주요 업무 .....	77
[표 3-6] 한국형수치예보모델개발사업단의 주요 업무 .....	83
[표 3-7] 지진화산센터의 주요 업무 .....	96
[표 4-1] 활용도를 높이기 위해 필요한 기후 정보의 예 .....	102
[표 4-2] 장기예보 현안 및 주요 이슈 .....	104
[표 5-1] 기관별 장기예보 업무 수행 현황 .....	110
[표 6-1] 기능별 주요 업무 .....	120
[표 6-2] 기능별 인력구조변화 .....	122
[표 6-3] 기상청 기후과학국 주요 사무분장 현황 .....	123



## 그림목차 ■■

<그림 1-1> 기후변화 위협의 파급경로 .....	3
<그림 1-2> 2016년 장기예보 서비스 만족도 조사 결과 .....	4
<그림 1-3> 국내 장기예보 관련 기관 간 역할 .....	5
<그림 1-4> 우리나라 장기예보 핵심요인별 역량수준 .....	6
<그림 1-5> 주요 연구질문 및 연구내용 .....	11
<그림 1-6> 연구 수행체계 .....	12
<그림 1-7> 연구진 구성 .....	13
<그림 2-1> 계절별·월별 전력 수급량(2010~2016) .....	16
<그림 2-2> 발전 방식별 전력량 생산 추이(2004~2016) .....	17
<그림 2-3> 2016년도 신재생에너지 계절별·월별 발전량 .....	18
<그림 2-4> 뇌격에 의한 과전압 발생 .....	19
<그림 2-5> 농업기상정보서비스 재배적지 및 재해지도(사과) .....	21
<그림 2-6> 재배지 변동 추이(기후변화 시나리오) .....	22
<그림 2-7> 국가농작물병해충 관리시스템 병해충예측지도 .....	23
<그림 2-8> 자연재해로 인한 피해액 및 복구액(2007~2016)> .....	24
<그림 2-9> 우리나라의 기상이변 원인별 피해액(2007~2016(평균)) .....	25
<그림 2-10> 재해별 보험손해액 추이(1970~2017) .....	25
<그림 2-11> 한국의 CRESTA Zone .....	27
<그림 2-12> 기후변화와 공공보건 .....	30
<그림 2-13> 4차 산업혁명의 동인, 가치창출 단계 및 관련 기술 .....	35
<그림 3-1> 미국 해양대기청 본부의 조직 현황 .....	39
<그림 3-2> 미국 기상청 지역 본부의 위치 .....	40
<그림 3-3> 미국 기상청의 조직 구조 .....	41
<그림 3-4> 미국 기후예측센터의 인력 구성 ① .....	43
<그림 3-5> 미국 기후예측센터의 인력 구성 ② .....	44
<그림 3-6> 미국 기후예측센터의 1개월 및 3개월 예보 제공 방식 .....	45
<그림 3-7> 미국 기후예측센터의 MJO 전망 정보 제공 방식 .....	46
<그림 3-8> 미국 기후예측센터의 북극진동 정보 제공 방식 .....	47
<그림 3-9> 미국 기후예측센터의 북대서양 진동 정보 제공 방식 .....	48
<그림 3-10> 미국 기후예측센터의 폭풍우 경로 정보 제공 방식 .....	49
<그림 3-11> 영국 기상청의 기후 관련 정보 제공 방식 .....	51
<그림 3-12> 영국 기상청 해들리센터의 조직 구조 .....	52
<그림 3-13> 영국 기상청 해들리센터의 기후 관련 생산 정보 .....	53
<그림 3-14> JMA의 조직 구조 .....	54
<그림 3-15> JMA 본부의 위치 .....	55
<그림 3-16> 장기예보 생산체계 모식도 및 모델 구성 .....	56
<그림 3-17> JMA의 계절 전망 제공 방식 .....	57





<그림 3-18> 도쿄기후센터의 1개월 및 계절 전망 제공 방식 .....	58
<그림 3-19> TCC의 기후 관련 정보 제공 방식 .....	60
<그림 3-20> 북경기후센터의 조직 구조 .....	62
<그림 3-21> BCC의 인력 구성 .....	63
<그림 3-22> 중국 북경기후센터의 기후모델예측 결과 제공 방식 .....	64
<그림 3-23> 중국 북경기후센터의 기후 관련 정보 제공 방식 .....	65
<그림 3-24> 호주 기상청의 조직 구조 .....	66
<그림 3-25> 호주 기상청의 기후 전망 제공 방식 .....	67
<그림 3-26> 호주 기상청의 MJO 정보 제공 방식 .....	68
<그림 3-27> 호주 기상청의 태양광선 및 자외선 지수 관련 정보 제공 방식 .....	69
<그림 3-28> 호주 기상청의 상대 습도 관련 정보 제공 방식 .....	70
<그림 3-29> 호주 기상청의 일조 시간 관련 정보 제공 방식 .....	70
<그림 3-30> 유럽중기기상예보센터의 기후 관련 정보 제공 방식 .....	72
<그림 3-31> 우리나라 기상청의 조직 현황 .....	74
<그림 3-32> 우리나라의 장기예보 업무 관련 조직 현황 .....	77
<그림 3-33> 지방기상청의 조직 구조 .....	78
<그림 3-34> 대전지방기상청의 가뭄 현황 및 전망 제공 방식 .....	79
<그림 3-35> 대전지방기상청의 기상·기후정보 제공 방식 .....	80
<그림 3-36> APCC의 조직 현황 .....	81
<그림 3-37> 한국형수치예보모델개발사업단의 조직 현황 .....	83
<그림 3-38> 우리나라의 장기예보 생산 절차 .....	85
<그림 3-39> 우리나라 기상청 기후감시전망시스템의 구성도 .....	86
<그림 3-40> 우리나라 기상청의 1개월 전망 제공 방식(홈페이지) .....	88
<그림 3-41> 우리나라 기상청의 1개월 전망 제공 방식(예보문) .....	89
<그림 3-42> 우리나라 기상청의 3개월 전망 제공 방식(예보문) .....	90
<그림 3-43> 우리나라 기상청의 기후전망 및 엘니뇨·라니냐 전망 제공 방식 .....	91
<그림 3-44> 우리나라 기상청의 이상기후 감시·예측 정보 .....	91
<그림 3-45> 우리나라 기상청의 기타 기후 정보 제공 방식 .....	92
<그림 3-46> 국가태풍센터의 태풍 발생 감시 현황 정보 제공 방식 .....	94
<그림 3-47> 국가기후데이터센터의 기후자료 제공 방식 .....	95
<그림 3-48> 우리나라 기상청의 지진 관측망 및 지진 정보 제공 방식 .....	97
<그림 4-1> 우리나라 기상청의 장기예보 생산 및 업무 프로세스 .....	105
<그림 5-1> 장기예보 관련 주요 이슈 및 개선 방향 .....	109
<그림 6-1> 장기예보 관련 업무 및 기능 변화 .....	119
<그림 6-2> 장기예보센터 조직도 .....	119
<그림 6-3> 장기예보센터 인력변화 .....	121
<그림 6-4> 단기 및 중장기 전략 .....	125
<그림 6-5> 단기 및 중장기별 목표 및 조직형태 .....	127



## 요 약 문

### □ 연구 배경 및 목적

- 최근 지구온난화 및 기후변화가 점차 심화되면서 1개월 이상 1년 미만의 기간을 대상으로 수치 모델 및 통계 분석을 통해 기상을 전망하는 장기예보의 중요성이 부각되고 있음
- 장기예보는 에너지, 농업, 제조업, 서비스업 등 다양한 분야에서 활용되며, 특히 정부 부처, 지방 자치단체, 기업 등의 장기 기상정보에 대한 수요 및 서비스 확대 요구는 지속적으로 증대
- 본 연구에서는 주요국과 우리나라의 장기예보 현황 및 장기예보 전담 기관 현황을 체계적으로 조사·분석하여 국내 장기예보의 현안 및 주요 이슈를 파악하는 한편, 국내 장기예보의 효율화 및 활성화를 위한 개선 방향을 제시하고자 함

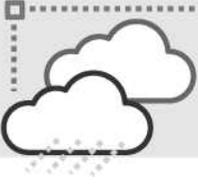
### □ 연구 내용 및 범위

- 본 연구에서는 장기예보의 경제·사회적 활용 및 가치 조사·분석, 주요국의 장기예보 현황 조사·분석, 국내 장기예보 현황 조사·분석, 국내 장기예보 현안 및 이슈 도출을 위한 심층 조사를 통해 국내 장기예보 효율화 방향을 체계적으로 수립하였음
  - 미국, 영국, 일본, 중국, 기타 주요국을 대상으로 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황, 장기예보 현황, 장기예보 전담 기관 현황을 종합적으로 분석하고, 국내 장기예보 조직 및 인력 현황, 장기예보 생산 절차, 장기예보 생산 정보 및 제공 방식을 조사·분석하여 시사점을 도출함
  - 기상 관련 학계 및 유관 기관 전문가 대상의 심층 인터뷰를 통해 도출된 국내 장기예보에 대한 현안 문제점 및 주요 이슈를 종합적으로 분석하여, 국내 장기예보 선진화를 위한 주요 개선 방향을 세부적으로 제시함

### □ 장기예보 중요성 확대

- 지구온난화 및 기후변화가 심화되면서 기존과는 다른 패턴의 기상재해가 발생하는 등 기후변동성이 커지고 있는 추세임
- 기후변동성 확대는 경제·사회 등 다양한 분야에 걸쳐 영향을 미치고 있으며, 이에 대한 대응책으로 장기예보의 역할이 커지고 있음
  - 기온, 강수량 등 기상요인의 변동으로 농수산물 생산, 건강 및 질병, 다양한 산업생산 및 소비 활동 등에 영향을 미침





- 장기예보는 전력 및 에너지, 농식품, 보험, 관광레저, 의류, 가전 산업 등 다양한 분야에 활용되어 경제적 이익을 줄 것으로 기대됨
  - 정확도가 높은 기후예측 정보 활용 시 농업, 수자원, 수산업 등에 생산 불확실성이 제거되어 경제적 이익이 증가할 것임
  - 장기예보는 건강 및 보건문제에 있어 직간접 피해를 줄이고 이주 및 난민 문제를 최소화할 수 있게 하는 등 사회적 가치도 창출함

#### □ 장기예보 수요 증가 추세

- 정부, 지자체, 기업 등 다양한 분야에서 장기 기상정보에 대한 수요와 서비스 확대에 대한 요구가 증가
  - 장기예보의 정확도 향상, 지역적·시간적 세분화된 정보, 다양한 콘텐츠 등을 요구
  - 산업 분야별 활용성 제고 및 이익창출을 위해 상세하고 다양한 장기예보 정보 서비스에 대한 니즈 확대

#### □ 주요국의 장기예보 현황 조사·분석

- 미국의 장기예보 현황 조사·분석
  - 미국 기상청은 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration) 산하 연방부속 기관으로, ① 연방 및 주 정부, 기업, 일반 국민에 대한 기상정보 제공, ② 정부 부처의 정책 수립에 필요한 농업·식량·수자원 관리 등에 대한 정보 제공, ③ 국제 조약 및 협력에 의한 전 지구적 모니터링 및 예측 관련 정보 제공, ④ 과거, 현재 및 미래 날씨에 대한 정보 제공 업무 등을 수행
  - 국립환경예측센터(National Centers for Environmental Prediction) 산하에 기후, 해양, 태풍, 우주 등 특화된 분야의 기상 관련 업무를 담당하는 센터가 설치·운영되고 있으며, 이 중 기후예측센터(Climatic Prediction Center)는 기후위험을 효과적으로 관리하고, 기후회복적인 사회 촉진 및 기후변화 예측을 위한 정보를 실시간으로 제공하는 기관으로 주로 기후 예측, 기후 모니터링, 기후 평가 업무를 수행하고 있음
  - 기후예측센터의 인력은 2017년 8월 기준으로 총 67명으로 전체 인력의 77.6%가 감시 및 분석, 모델 관리 부문에 소속되어 있으며, 기후 감시 및 예측·진단·분석, 가뭄 감시 및 예측, 기후 예측모델 진단 및 개선 등 다양하고 세분화된 전문 분야의 인력으로 구성되어 있음



- 기후예측센터에서는 8~14일, 1개월, 3개월에 대한 평균 기온 및 평균 강수량 전망을 확률예보 방식으로 발표하며, 엘니뇨-남방진동(El Niño-Southern Oscillation), 매든-줄리안 진동(Madden-Julian Oscillation), 원격상관(Teleconnections), 폭풍우 경로(Storm Tracks) 등을 감시·예측·평가하고, 애니메이션 또는 지도의 형식으로 정보를 제공함

#### ○ 영국의 장기예보 현황 조사·분석

- 영국 지역을 대상으로 6~15일의 중기예보와 10~30일의 장기예보를 발표하고 있으며, 전 세계의 지역을 대상으로 텍스트 및 지도의 형식으로 장기예측 정보를 제공하고 있음
- 영국 기상청 해들리센터(Hadley Centre)는 ① 전 지구적, 국가적 기후변동의 감시, ② 기후 시스템 내의 물리적, 화학적 및 생물학적 과정의 이해 및 컴퓨터 모델의 개발, ③ 최근 기후의 변화에 대한 반영, ④ 전 지구적 기후와 지역 기후의 차이, 이전 세기와 다음 세기 동안의 변화를 모델로 시뮬레이션하는 등의 업무를 수행하며, 2010년 9월 기준으로 200여명의 인력이 근무하고 있음
- 해들리센터는 엘니뇨-남방진동, 특정 지역의 강수량 예측 정보는 물론 전 세계 해빙 및 해수면 온도, 해양 온도 및 염분에 대한 분석 결과 등 해양 관련 정보도 홈페이지에 제공하고 있음

#### ○ 일본의 장기예보 현황 조사·분석

- 일본 기상청은 국토교통성 산하 기관으로 본부, 지역 본부, 지방기상청, 기상관측소 및 보조시설로 구성되어 있으며, 이중 장기예보를 담당하는 기후예측과 인원은 2014년 기준 총 50명으로 구성되어 있음
- 일본 기상청은 평균 기온, 강수량, 일조, 강설량에 대해 1개월 전망 및 3개월 전망, 이상기후 조기 경보를 생산·제공하고 있으며, 기상청 홈페이지 및 도쿄기후센터(Tokyo Climate Center) 홈페이지를 통해 지도의 형식으로 해당 정보를 제공하고 있음
- 도쿄기후센터는 2002년 아시아-태평양 지역의 기후서비스 제공을 위해 설립되었으며, 2009년에 세계기상기구의 지역기후센터(Regional Climate Center)로 지정되어 ① 전 지구 기후 및 극한 현상에 대한 모니터링 결과, ② 눈 덮임을 포함한 지구기후시스템에 대한 모니터링 결과, ③ 열대 태평양에서의 엘니뇨 현상 등 해양 모니터링 결과, ④ 수치예보모델에 의해 산출된 정보로서, 특히 앙상블 평균 통계 및 확률 정보, ⑤ 기후변화에 따른 정부 간 패널 시나리오 이후의 지구온난화 예측, ⑥ 일본의 월간 및 계절 전망 등의 데이터를 제공하고 있음





○ 중국의 장기예보 현황 조사·분석

- 중국 기상국은 중화인민공화국 국무원 직속 기관으로 기상 업무에 대한 행정 및 조직 관리 업무를 담당하고 있으며, 중국 기상국 소속의 중국천기망에서 8~15일, 40일 예보를 제공하는 한편, 500hPa 고도장, 700hPa 유선장, 700hPa 상대습도, 850hPa 풍장, 2m 온도예보, 누적강수예보 등 미국 NCEP의 수치예보모델을 활용한 예측 결과를 제공하고 있음
- 북경기후센터(Beijing Climate Center)는 2003년 국가기후센터를 기반으로 설립된 이후 2009년 6월에는 세계기상기구 지역기후센터로 지정되었으며, 2017년 11월 기준 총 161명(관리 부문 21명, 연구 부문 133명)의 인력으로 구성되어 있음
- 북경기후센터는 ① 동아시아의 주요 기후 현상 및 주요 대기·해양 상태에 대한 모니터링 및 진단, ② 동아시아 지역의 월간·계절 및 연간 전 지구적 기후변화 예측 및 영향 평가 제공, ③ 전 지구 및 지역의 기후변화, 지역기후시나리오의 개발 및 대응 전략에 대한 연구 수행, ④ 데이터 수집 및 교환을 위한 관측, 통신 및 컴퓨터 네트워크에 대한 국가 기상 및 수문 관련 기관(NMHS)과의 협력 강화, ⑤ 기후 데이터베이스 및 파일 보관 서비스 제공, ⑥ 해석, 평가, 처리, 탐색과 같은 관련 기후 서비스 제공 등의 업무를 수행하고 있음

○ 기타 주요국의 장기예보 현황 조사·분석

- 호주 기상청은 ① 국가 기상 조건 감시 및 보고, ② 기상데이터 추이 분석, ③ 국민의 안전, 재산에 영향을 주는 기상 현상의 예보·경보 및 중장기 전망 제공, ④ 기상 지식의 공공 이해도 증진 업무를 수행하고 있으며, 2016년 기준으로 총 1,654명의 인력이 업무를 수행하고 있음
- 유럽중기기상예보센터는 수치날씨예보 생산 및 지구시스템 모니터링, 예측 기술 향상을 위한 과학기술 연구, 기상데이터 보관을 주요 임무로 하고, 중기(10일, 15일), 장기(32일 이상, 13개월 이상) 대상 예보 자료를 제공하고 있음

□ 국내 장기예보 현황 조사·분석

○ 장기예보 조직 및 인력 운영 현황

- 우리나라의 장기예보 관련 업무를 담당하는 조직은 기상청(장기예보 정책 및 예보 현업), 국립기상과학원(기후 R&D 수행 및 현업 지원), APEC 기후센터(아시아-태평양 지역 기후서비스 제공), 한국형수치예보모델개발사업단(수치예보모델 개발)등이 관련되어 있음



- 기상청 기후과학국 기후예측과는 ① 기후예측업무에 관한 사항, ② 이상기후 감시업무에 관한 사항, ③ 기후예측 관련 WMO 지정센터 업무에 관한 사항, ④ 북한의 기후업무에 관한 사항을 담당하고 있으며, 이 중 장기예보 관련 업무를 담당하고 있는 인원은 총 10명(기후감시 및 분석 4명, 모델 개발 및 관리 3명, 예보 3명)으로 주요 선진국에 비해 극히 적은 인력으로 구성되어 있음
- 국립기상과학원은 기상청 소속기관으로 기후연구과 및 지구시스템연구과에서 기후 R&D를 수행하고 있으며, 이 중 지구시스템연구과는 현업 장기예측모델인 전지구계절예측시스템 버전 5(Global Seasonal Forecasting System version 5) 운영을 지원하고 있음
- 장기예보 생산 절차
  - 우리나라의 장기예보는 기후 감시 및 분석, 모델 운영 및 분석, 영향 분석, 종합 분석 및 예보 초안 결정, 예보 최종 결정 및 발표의 절차로 진행되며, 3개월 전망의 경우 동아시아몬순 전문가 회의와 기후예측 전문가 회의를 통해 기후예측 결과에 대한 의견을 교환하고 있음
- 장기예보 관련 생산 정보 및 제공 방식
  - 1개월 전망은 발표일이 속한 주의 다음 두 번째 주부터 다섯 번째 주까지 4주간의 기후를 예측하는 것으로, 기상청 홈페이지에 요약 및 날씨 전망, 지역별 확률예보, 전국확률분포도를 게시하고, 별도의 예보문을 PDF 파일로 제공하고 있음
  - 3개월 전망은 발표일이 속한 월의 다음 월부터 3개월 동안의 기후를 예측하는 것으로, 기상청 홈페이지에 요약 및 날씨 전망, 지역별 확률예보, 전국확률분포도를 게시하고, 별도의 예보문을 PDF 파일로 제공하고 있음
  - 최근 전 지구 해수면 온도 현황 및 발표일이 속한 월부터 10개월 동안의 엘니뇨 감시구역 상황의 예측 정보를 홈페이지를 통해 PDF 파일 형태로 제공하고 있으며, 2017년 11월부터 이상기후 감시·예측과 관련한 주간 및 월간 전망을 시범 운영하고 있음
- 기상청 내 유사 조직 현황
  - 기상청 기후과학국 이상기후팀은 수문기상 및 가뭄, 이상기후에 관한 업무를 담당하고 있으며, 2017년 11월 현재 인력은 총 12명으로 구성되어 있음





## □ 국내 장기예보 현안 및 이슈 도출을 위한 심층 조사

### ○ 장기예보 현안 파악을 위한 심층 조사 내용

- 주요국 및 국내 장기예보 현황에 대한 조사·분석 결과를 바탕으로 장기예보 관련 전문가 대상의 심층 인터뷰를 진행한 결과, 장기예보의 문제점 및 장기예보 역량강화를 위한 개선 방안, 장기예보 서비스 활용 방안에 대한 다양한 의견이 도출되었음
- 대부분의 전문가들은 장기예보 관련 인력 부족과 순환 근무로 인한 업무의 지속성이 결여되어 전문성을 축적하기 힘든 조직형태를 가장 대표적인 문제점으로 지적하였으며, 그 밖에 한국형 기후모델의 부재, 초기장 기술 부족으로 인한 외국 자료 의존, 모델 운영 및 관리 역량 미비, 장기예보 관련 제공 정보의 부족 등에 대한 문제도 제기되었음
- 전문가를 대상으로 장기예보센터 설립과 관련된 의견을 청취한 결과, 대부분의 전문가는 기본적으로 장기예보센터 설립의 필요성을 피력하였으며, 센터의 설립 형태로는 ① 기상청 내 예보, 분석, 연구개발을 통합한 조직 형태, ②지진화산센터와 같이 별도의 연구직을 두는 형태, ③ 미국 기후예측센터나 일본 도쿄기후센터와 같은 독립적인 센터 형태, ④ APEC 기후센터와 국립기상과학원의 장기예보 기능을 통합한 기상청 내 조직 형태, ⑤ APEC 기후센터와 국립기상과학원의 장기예보 기능을 통합한 센터를 신설하고, 기상(국립기상과학원에서 수행) 및 기후(국립기후연구소 신설) 관련 연구 기능의 이원화 형태, ⑥ 장기예보에만 집중할 수 있는 기후과학국 내 장기예보관리관실 형태, ⑦ 국립기상과학원 내 센터 형태 등 다양한 방식을 제안하였음
- 반면, 전문가들은 장기예보센터 설립 및 인력 배치 시 타 부서의 인력 감축 등 내부 공감대 형성에 어려움이 있을 것으로 예상하였고, 아시아-태평양 지역의 기후 감시 및 예측을 수행하는 APEC 기후센터와의 역할 중복에 대한 우려도 제기하였음
- 많은 전문가들은 장기예보의 정확도 향상 측면에서 기후모델 개발의 필요성을 언급하였으며, 한국형수치예보모델사업단에 소속된 인원의 활용을 통해 후속 과제로 모델 개선 및 기후모델 개발 수행을 지원할 필요성을 제시하였음

### ○ 장기예보 관련 주요 이슈 도출

- 주요국 및 국내 장기예보 현황 조사·분석 결과 및 장기예보 전문가와의 심층 인터뷰 결과를 종합적으로 분석하여, 국내 장기예보 현안 문제점 및 주요 이슈를 ‘인력’, ‘조직’, ‘R&D 및 전략’의 세 가지 측면에서 제시함
  - 인력 측면에서 살펴보면, 미국, 일본, 영국 등의 장기예보 전담 인력 및 국내 단기예보 지원



인력에 비해 장기예보 수행 인력은 현저히 부족하며, 장기예보 관련 전문 업무의 장기간 수행을 통해 경험 및 노하우가 축적된 선진국과 비교하면 국내 장기예보 인력의 전문성은 매우 미비한 실정임

- 조직 측면에서 살펴보면, 장기예보 기능 및 관련 업무는 기상청 기후예측과, 국립기상과학원, APCC, 기상청 이상기후팀 등 여러 기관에 분산되어 있으며, 공무원 조직이 갖고 있는 순환보직 시스템은 장기예보 인력의 전문성 향상에 있어 걸림돌로 작용하고 있음
- R&D 및 전략 측면에서 살펴보면, 장기예보 수요자 및 예산 투자 현황에 대한 조사·분석 체계 구축은 물론 장기예보의 조직 및 인력 측면을 고려한 중·장기 계획 수립이 미비하고, 장기예보에 대한 사회적 인식도 부족하여 실질적인 투자로 연계되지 못하고 있음

## □ 장기예보 효율화를 위한 개선 방향 제언

### ○ 장기예보 기능 효율화 필요성

- 증가하는 장기예보 수요를 충족하고 활용가치를 제고하기 위해서는 우리나라의 장기예보 기능을 재정비하여 효율화를 모색할 필요
  - 비효율적인 장기예보 기능으로 인해 발생하는 사회경제적 피해를 사전에 방지하는 효과
  - 장기예보 활용도가 확대되면 연관된 산업과 시장이 창출되는 경제적 효과를 기대
  - 관련 분야 전문 연구인력과 기술에 대한 투자가 확대되어 학문적·기술적 성과가 창출되고 궁극적으로 장기예보의 정확도 향상이 가능

### ○ 장기예보 업무 일원화

- 국내 장기예보 업무 일원화의 일환으로 장기예보센터 설립과 관련하여, ① 주요국과 같이 기상청 내부에 장기예보 관련 인력·조직·기능을 통합한 장기예보센터를 신설하고, 장기예보 정책 수립, 현업, 기후 R&D, 예보를 수행하는 방안, ② 기상청 내에 별도의 센터를 신설하여 정책 수립 및 예보를 포함한 현업 및 기후 R&D를 수행하고, 기초연구개발은 국립기상과학원 등의 연구기관에서 담당하는 방안, ③ 기후과학국 내에 소규모 단위의 장기예보 센터를 설치하고, 장기예보 컨트롤타워로서 장기예보 정책 수립 및 예보·서비스 기능을 담당하도록 하는 방안, ④ 기존 조직을 활용하여 기상청의 기후예측과는 장기예보 정책 수립 및 예보, 국립기상과학원은 기후 R&D, 기상청 내 유관 부서는 예보를 제외한 현업으로 업무를 재배분하는 네 가지 방안을 제시함





○ 장기예보 인력 증원 및 전문화

- 국내 장기예보 관련 인력은 기상청 기후예측과 및 국립기상과학원을 포함하여 약 10여명에 불과하고, 기상청 내 수치모델링센터, 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 국립기상과학원의 수치모델개발과 등에서 현업을 지원하는 단기예보와 비교할 때 규모가 작은 실정임
- 향후 2030년까지 단계적인 인력 증원 추진을 통해 기후 감시 및 분석, 모델 개발 및 운영, 예보 및 서비스, 국제협력, 기후 R&D 등 장기예보 기능에 따른 인력을 확대해야 하며, 장기예보 예보관에 대한 교육 지원 체계 구축을 통해 전문성을 강화하는 한편, 전문분석관, 평생예보관 제도 도입 등 장기예보 업무를 지속적으로 수행할 수 있는 제도적 기반 조성이 필요함

○ 장기예보 투자 효율화 및 확대

- 장기예보 관련 정보는 에너지, 농업, 건설, 제조, 유통, 보건 분야에서의 활용을 통해 사회·경제적 가치를 창출하고, 이상기후 현상을 예측하여 재해를 예방하는 등 다양한 방식으로 활용될 수 있으나, 장기예보 필요성에 대한 공감대가 낮아 관련 투자가 현저히 저조한 실정임
- 장기예보의 정확도 향상 및 서비스 강화를 위해서는 인력 증원과 함께 R&D 투자 규모 및 비중이 지속적으로 확대되어야 하며, 투자와 자원 배분의 효율성 극대화를 위해 장기예보 정책 및 기술 개발 분야 등에 투자된 예산을 심층 조사하는 한편 주요 성과를 체계적으로 분석하고, 중장기적인 관점에서 장기예보 발전을 위한 투자 모델 및 전략을 체계적으로 수립해야 함

○ 장기예보 인식 제고

- 기상청은 장기예보와 관련하여 기온 및 강수량에 대한 일반적인 정보만을 제공하고 있어 다양한 수요를 충족시키지 못하고 있으며, 장기예보에 대한 사회적 인식 또한 전반적으로 낮은 수준임
- 정부 부처, 지방자치단체, 기업, 일반 국민 등 수요처를 대상으로 필요 정보, 장기예보에 대한 만족도, 개선 방향 등에 대한 심층수요를 조사하는 한편, 장기예보 중요성 관련 인식 제고를 위해 다양한 정보 매체를 활용하여 장기예보의 중요성과 활용성을 적극적으로 홍보할 필요가 있음

□ 장기예보센터 설립 추진방안

○ 장기예보센터 수립 필요성



- 장기예보 기능 효율화는 기능 일원화, 투자확대, 조직기능 개선 등을 통해 추진해야 하며, 장기예보센터와 같은 물리적으로 독립된 형태가 효과적임
    - 장기예보센터 형태를 갖추고 장기예보에 필수적인 연구, 현업 등 기능을 연계하고 통합할 경우 시너지 창출이 가능
    - 독립된 조직으로 발전시켜야 인력, 예산에 대한 투자가 증가
  - 또한 장기예보는 국가정책과 기업 경영전략을 수립하는데 있어 반드시 고려할 사항이며, 장기간에 걸쳐 인력, 기술, 조직 등에 투자가 필요하다는 측면에서 공공조직으로 확대해야 함
- 장기예보센터의 기대효과
- 장기예보 정확도 향상
  - 장기예보 관련 서비스 콘텐츠 확대
  - 장기예보 연관 산업 성장
- 장기예보센터 설립을 위한 단기적 방안
- 기후과학국 산하 기후예측과 및 이상기후팀을 통합하여 센터체제를 갖추고 장기예보센터를 설립하여 장기예보 모델 운영 및 검증 인력과 APCC 파견인력 포함 약 30여명의 인력으로 출범
  - 장기예보 기능 효율화 및 수요확대를 목표로 설정하고 향후 조직 확대를 위한 기반을 구축
  - 장기예보 인식확대 및 홍보강화, 미래지향적 연구투자 확대, 신규 정보 및 서비스 개발 등 과제를 추진하여 장기예보의 필요성과 중요성을 확산
- 장기예보센터 설립을 위한 중장기적 방안
- 조직개편, 인력보강, 서비스 확대 이후 장기예보센터를 소속기관으로 확대하고 전문성을 강화할 수 있는 직제로 개편
  - 고공단 또는 3급을 소속기관의 장으로 하고 이전보다 인력이 10여명 증가한 40여명으로 구성
  - 한국형 기후모델 개발과 연계하여 이의 운영, 개선 등 업무를 수행하고 감시분석 기능을 강화하여 선진국 수준의 규모로 확대
  - 장기예보센터는 장기예보 정확도 향상을 목표로 설정하여 관련 기능과 인력을 전문화함으로써 선진국형 기관으로 도약



# 제1장



## 서론

제1절 연구 배경 및 목적

제2절 연구 내용 및 추진 체계

## ■ 제1장 | 서론

### 제1절 연구 배경 및 목적

#### 1. 연구 배경 및 필요성

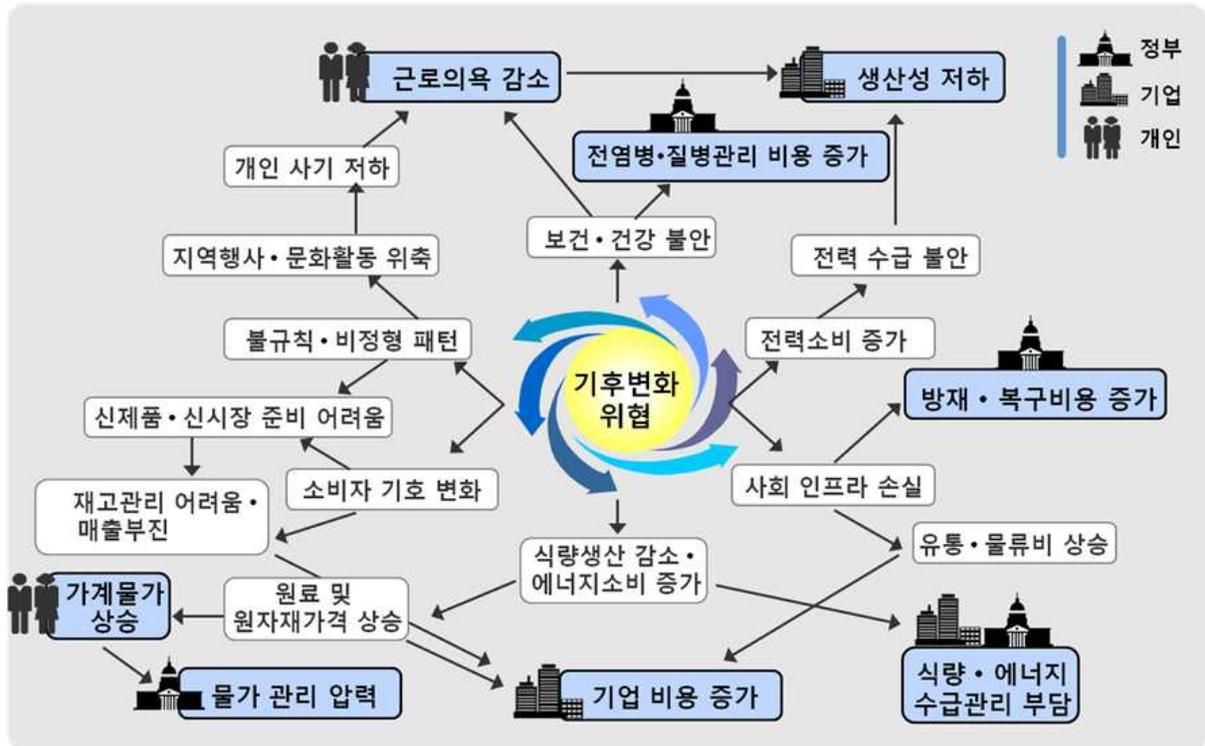
##### 1) 연구 배경

지구온난화와 이로 인한 기후변화가 심화되면서 기존과는 다른 다양한 형태의 기상재해가 발생하고 기후변동성이 커지고 있는 상황이다. 기후변동성이 확대되고 기상이변이 빈발하게 되면 경제·사회 등 다양한 분야에서 피해가 발생하게 된다. 기온, 강수량, 엘니뇨 등 기상요인의 변동으로 농수산물 생산, 건강 및 질병, 다양한 산업생산 및 소비활동 등에 영향을 미치게 된다. 이와 같이 기후에 대한 예측 불확실성 증가로 장기예보의 역할이 점차 중요해지고 있다.

장기예보는 단기예보와 달리 10일 이상 1년 미만 기간에 대해 수치모델 및 통계분석을 통해 기상전망을 하는 것을 의미한다. 우리나라의 장기예보는 11일 이상에 대한 예보를 의미하고, 1개월 및 3개월 전망과 기후전망으로 구분된다. 기상청은 1973년부터 월간 예보, 1984년 5월부터 계절예보(여름, 겨울), 2001년 1월부터 1개월 예보, 2001년 11월부터 6개월 예보를 시행해 왔으며, 2006년 3월부터 계절예보를 3개월 예보로 대체하여 운영하고 있다. 또한, 2008년 5월부터는 6개월 예보를 폐지하고 계절에 대한 기후전망을 발표하고 있으며, 2009년 10월부터 지역별 기후 특성을 반영하여 12개 구역에 대한 장기예보 서비스를 제공하고 있다. 과거 장기예보는 단정예보 방식이었으나, 2014년 5월부터 정책결정권자의 의사결정 지원 등 활용도 향상을 위하여 확률예보 방식으로 변경하여 현재에 이르고 있다.

장기예보는 전력 및 에너지, 농식품, 보험, 관광레저, 의류, 가전 산업 등 다양한 분야에서 의사결정과 전략수립 과정에서 활용된다. 보다 정확도가 높은 기후예측 정보를 활용할 경우 농업, 수자원, 수산업 등에서 생산 불확실성이 제거되어 경제적 이익이 증가하게 된다. 실제로 미국과 캐나다 밀 농사에서 강수량, 기온 등에 대한 장기예보를 통해 농업부문의 이익이 5배 이상 증가하기도 했다. 또한 장기예보는 건강 및 보건문제에 있어 직간접적인 피해를 줄이고 이주 및 난민문제를 최소화할 수 있게 하는 등 사회적 가치도 창출한다.

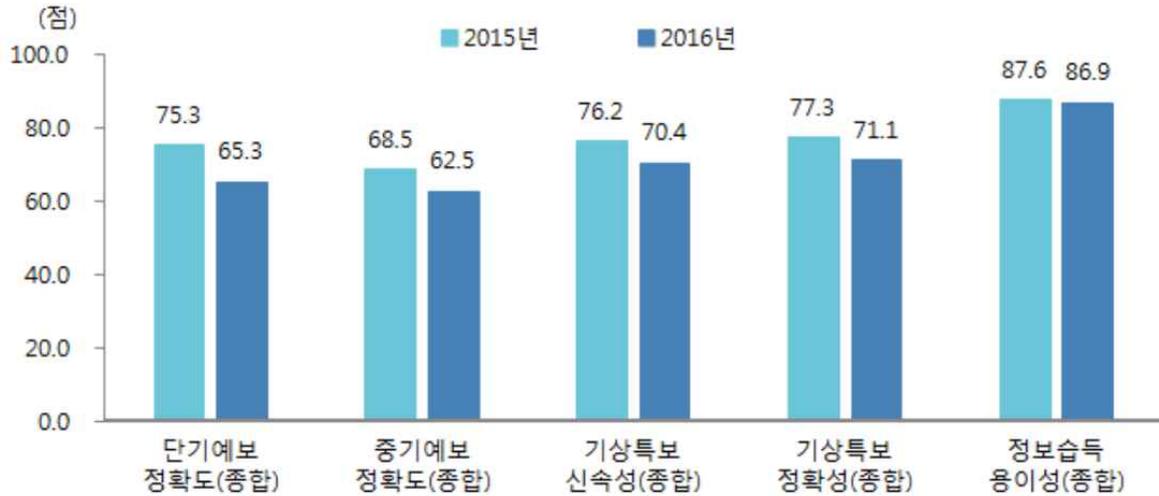
&lt;그림 1-1&gt; 기후변화 위협의 파급경로



\* 출처: 박환일 외.(2013.7) 가시화된 기후변화 리스크와 대응. 4쪽 재인용. CEO Information. 삼성경제연구소.

이와 같이 장기예보의 중요성이 커지면서 이에 대한 수요도 증가하는 추세이다. 중앙정부를 비롯해 지방정부, 기업 등 다양한 분야에서 장기 기상정보에 대한 수요와 서비스 확대에 대한 요구가 증가하고 있다. 특히 장기예보의 정확도 향상, 지역적·시간적으로 보다 세분화된 정보, 다양한 콘텐츠 등을 필요로 하고 있다. 산업분야별 활용성을 제고하고 이익창출을 위해 상세하고 다양한 장기예보 정보와 서비스를 생산하고 제공해야 한다. 한국전력거래소, 코리안리재보험 등이 참가하는 기후예측정보 사용자 협의회에서도 이러한 장기예보의 필요성을 강조하기도 했다.

<그림 1-2> 2016년 장기예보 서비스 만족도 조사 결과



구분		단기예보 정확도	중기예보 정확도	기상특보 신속성	기상특보 정확성	정보습득 용이성
2016년 종합 ②		65.3	62.5	70.4	71.1	86.9
2015년 종합 ①		75.3	68.5	76.2	77.3	87.6
Gap (②-①)		-10.0	-6.0	-5.8	-6.2	-0.7
조사 대상자별	일반국민	60.2	60.0	61.4	-	85.8
	전문가	70.3	65.0	79.4	71.1	88.1

\*'기상특보 정확성'은 전문가 설문만 실시함.

\* 출처: "2016년도 기상업무 국민 만족도 조사 결과보고서", 기상청, 2016.12.

특히 제3차 기상업무발전 기본계획에서도 선진 장기예보 생산체계를 구축하고 개선하며 이상기후 사전 대응을 위한 장기예보 활용서비스 확대를 중점 과제로 제시하고 있다.

[표 1-1] 제3차 기상업무발전 기본계획 추진전략별 중점과제

(추진전략) 기후변화 대응 국내의 역할 강화 / (중점과제) 선진 장기예보 서비스 체계 구축	
선진 장기예보 생산체계 구축 및 개선 ('17~)	- 기후예측모델 성능 개선 - 장기예보관 의사결정 지원시스템 구축·운영 - 최신 장기예보 기술 습득 및 장기예보센터(가칭) 설립 추진
이상기후 사전 대응을 위한 장기예보 활용 서비스 확대 ('18~)	- 이상기후 감시·예측정보 서비스 시행 및 확대 - 분야별 수요자 친화형 장기예보 전달체계 구축

\* 출처: "제3차 기상업무발전 기본계획(2017~2021)", 기상청, 2016.12.

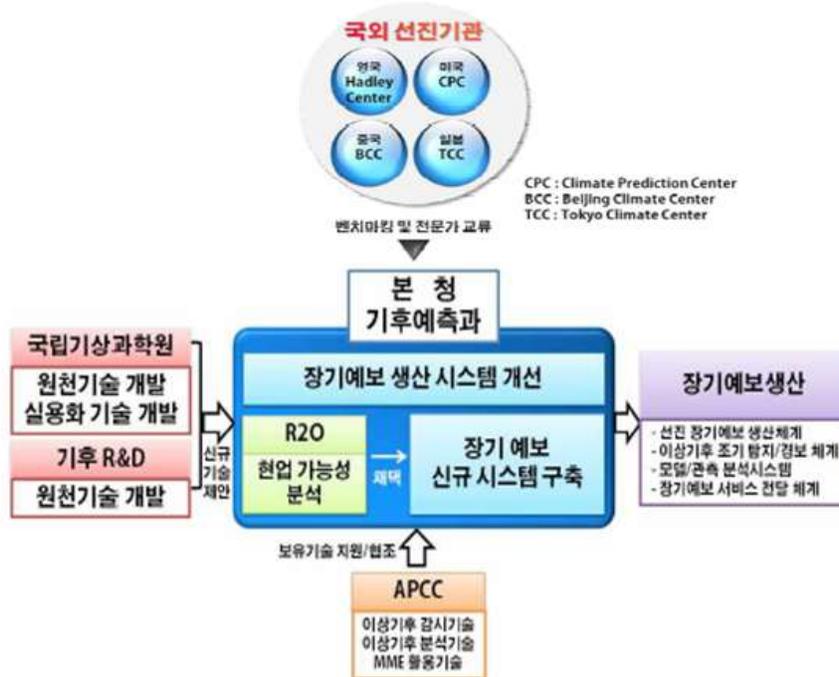
2) 연구 필요성

장기예보의 중요성과 수요가 확대되고 있음에도 불구하고 우리나라의 장기예보를 생산하는 조직과 핵심역량은 전반적으로 미흡한 수준으로 평가된다. 우선 장기예보 인력과 조직이 소규모이고 필요한 기능이 여러 기관에 분산되어 있어 효율성이 떨어지는 문제가 있다. 장기예보 업무의 분산과 전문 인력 부족 등으로 인한 업무의 효율성 및 시너지 효과가 저하되고 있는 것이다.

1998년부터 기상청 내에 장기예보 전담반인 ‘장기예보반’을 구성하여 운영하고 있고, 현재는 ‘기후예측과’에서 장기예보 관련 업무를 담당하고 있으나 전담인력이 충분하지 않은 상황이다. 참고로 기후예측과 인력은 15명인 반면 유사한 기능을 하고 있는 미국의 CPC(Climature Prediction Center)는 60명이상으로 구성되어 있다.

현재 장기예보 업무는 기상청 본청에서 장기예보 생산·제공 및 가이던스 개발을 통해 정확도를 향상하기 위한 현업화 연구용역 등 주요 업무를 수행하고 있다. 국립기상과학원에서는 기후예측에 필요한 모델운영 및 진단개선 업무를 맡고 있다. 장기예보 가이던스 및 기후예측모델 성능 개선을 위한 기후원천기술 등 R&D는 대학과 연구소 등 여러 기관에서 수행한다. 장기예보를 위해 기본적으로 필요한 감시분석과 예보는 서울 기상청에서 이루어지지만 결과도출을 위해 필수적인 모델운영은 제주도 기상과학원에서 수행하고 있어 시너지효과를 기대하기 어렵고 소통에 어려움이 존재한다.

<그림 1-3> 국내 장기예보 관련 기관 간 역할



\* 출처: 기상청(2015). 장기예보 역량진단평가를 통한 정확도 향상방안 연구. 92쪽 재인용

장기예보 핵심역량 수준이 선진국에 비해 전반적으로 미흡하고 정확도 수준이 낮은 편이다. 그동안의 노력으로 인해 역량이 점차 향상되고는 있지만 핵심요인별로 선진국과 수준차이가 크기 때문에 불균형에 대한 개선이 필요하다. 기후예측모델운영, 기후감사·분석 역량 등 장기예보 핵심요인별 역량수준은 68.2점으로 취약한 상태이다.

<그림 1-4> 우리나라 장기예보 핵심요인별 역량수준



\* 출처: 기상청(2015). 장기예보 역량진단평가를 통한 정확도 향상방안 연구. 76쪽 재인용

장기간 투자와 노력을 통해 단기예보는 90% 이상의 정확도를 보이는 반면 장기예보에 대한 투자는 다소 미흡하여 2015년 기준 36% 수준에 불과하다. 미국, 일본, 유럽 등 기상선진국은 장기예보의 정확도가 50~60% 수준으로 우리나라에 비해 높은 수준을 나타내고 있다. 우리나라는 2014년 한영 공동계절예측시스템 기반 선진 장기예보 서비스 체계를 구축하여 확률장기예보를 시행하고 있으나 낮은 정확도가 단기간에 향상되지는 않고 있다.

2016년 기상청 장기예보의 정확도 향상을 위한 중기 로드맵 및 이행계획 수립 이후 조직 및 기능 효율화 방안에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 장기예보 조직의 강화, 예산투자의 확충 및 전략적 집중, 유관 기관과의 협력시너지 극대화 등 장기예보 역량강화를 위한 조직 및 기능 효율화 방안 수립이 시급한 시점이다.

기상기술력 평가를 위한 조사 및 분석 연구 결과에 따르면, 2015년 우리나라의 기후 분야 기상기술력은 미국의 74.3% 수준이며, 영국의 93.8%, 일본의 92.7% 수준으로 평가되었다. 또한, 기상예보의 정확도는 92%로 미국과 일본 대비 뒤쳐지진 않지만, 예보관의 직관이나 경험에 크게 의존하는 장기예보의 정확도는 2014년 기준 36%로 매우 낮은 실정이다. 반면, 2015년 우리나라의 기후 분야 기상기술력은 미국의 74.3% 수준으로, 영국의 93.8%, 일본의 92.7% 수준 정도로 평가되었다. 이 중 예보관의

직관이나 경험에 크게 의존하는 장기예보 정확도는 2014년 기준 36%에 불과한 상황으로 기후 예측 및 모델 부문에 대한 기술 및 인력 개발이 필요한 상황으로 분석된다.<sup>1)</sup>

[표 1-2] 기상기술의 분야별 기술력 평가 결과

분 야	한국	미국	일본	부 문	미국	일본	영국
관 측	87.1 (81.52)	97.6 (92.6)	95.8 (90.0)	기본 관측망	93.3 (91.9)	96.4 (91.3)	97.1 (92.9)
				원격 관측망	80.5 (79.5)	99.6 (98.9)	96.2 (95.0)
				관측자료 품질	85.0 (72.3)	98.4 (87.5)	93.5 (81.7)
자료처리	86.4 (86.1)	96.6 (94.5)	90.8 (91.2)	자료 동화	83.1 (86.3)	100.0 (98.9)	91.3 (95.6)
자료처리	86.4 (86.1)	96.6 (94.5)	90.8 (91.2)	예측 모델	86.0 (82.9)	95.0 (94.4)	91.2 (92.9)
				슈퍼컴퓨터 성능	91.0 (91.3)	95.0 (89.2)	89.6 (82.8)
예 보	93.0 (90.3)	95.5 (94.2)	93.9 (95.3)	예보 정확도	93.0 (90.3)	95.5 (94.3)	93.9 (95.3)
기 후	71.1 (82.8)	91.8 (94.3)	89.9 (91.7)	기후 예측	71.7 (82.8)	91.8 (94.3)	89.9 (91.7)
평 균	84.6 (85.2)	95.4 (93.9)	92.6 (92.0)	-	85.5 (84.7)	96.5 (93.6)	92.8 (91.0)

\* 출처: 기상청, 기상조직 역량강화를 위한 중장기 전문인력 양성 마스터플랜 수립, 2016.11.

특히, 기후 분야의 기상기술력 수준을 구체적으로 살펴보면, 기후예측모델 수준(13.7), 기후예측 수준(12.8), 국가표준 시나리오 산출 수준(12.6), 기후자료 품질 수준(12.5), 지구대기감시 수준(12.0), 지구시스템모델 개발 수준(10.7)의 순이었으며, 미국, 영국, 일본과 비교하여 모두 낮은 수준이다. 주요 국가의 기후 분야 기상기술력 수준은 미국(100.0), 영국(93.8), 일본(92.7)의 순으로, 일본의 경우 기후자료 품질 수준 및 기후예측모델과 관련하여 영국보다 높은 수준으로 평가되었다.

[표 1-3] 기후 분야의 기상기술력 수준 평가 결과

중분류 평가지표	평가 점수				
	가중치	한국	미국	일본	영국
기후자료 품질 수준	0.170	12.5	17.0	16.0	15.0
기후예측모델 수준	0.180	13.7	18.0	16.5	17.5

1) 기상청, 기상조직 역량강화를 위한 중장기 전문인력 양성 마스터플랜 수립, 2016.11, 21면.

2) 기상기술의 분야별 기술력 평가 결과는 100점 만점이며, 괄호 안의 수치는 2010년 조사 결과치임

중분류 평가지표	평가 점수				
	가중치	한국	미국	일본	영국
기후예측 수준	0.170	12.8	17.0	15.8	16.1
지구대기감시 수준	0.160	12.0	16.0	15.2	14.4
지구시스템모델 개발 수준	0.160	10.7	16.0	14.2	15.3
국가표준 시나리오 산출 수준	0.160	12.6	16.0	14.9	15.5
합 계	1.000	74.3	100.0	92.7	93.8

\* 출처: 국립기상과학원, 기상업무 발전을 위한 중장기 정책 개발 연구, 2015.11.

최근 우리나라 기상청의 예보 정확도에 대한 문제가 제기되면서 기상청은 2016년 8월 기상예보 정확도 향상 대책을 발표하였다. 동 대책은 치밀한 분석 강화, 유능한 예보관 확보, 적극적인 소통 강화를 내용으로 하는 단기 대책과, 특이 기상 연구센터 지정 운영, 공백지역 관측자료 보강, 평생예보관 제도, 영향예보체계 전환을 포함하는 중·장기 대책으로 구성되어 있으나, 장기예보 관련 역량강화에 초점을 맞춘 개선 방안 마련이 필요하다.

[표 1-4] 기상청 정확도 향상 대책의 주요 내용

구분	전략	방안	주요 내용
단기대책	치밀한 분석 강화	전문분석관 제도 도입	강수를 전문적으로 분석할 수 있는 단기예보 전문분석관제 및 기온을 전문적으로 분석하는 중기예보 전문분석관제 도입
		유능한 자문관 영입	퇴직기상인 중 예보경력 20년 이상의 전문가를 예보 자문관으로 위촉(지방청 확대)
		예보 토론 활성화	매일 오후 2시 30분에 개최되는 예보 브리핑 확대
	유능한 예보관 확보	예보관 자격제 실시	예보관을 4등급으로 분류하여 직급별, 경력, 자격요건, 교육훈련을 이수한 자로 임명(자격유지 요건 명시 및 공모 선발)
		예보관 교육훈련 체계 강화	직급별 교육기간, 커리큘럼, 해외훈련기간 등을 차등화하고, 기상선진국 전문교육기관 장기과견 교육(인재개발원 과정 신설)
		근무체계 개선	예보관 20%의 상시 교육을 위한 1개조 추가, 일정 기간 교대 근무, 1개월 주간 근무
단기대책	유능한 예보관 확보	철저한 사후분석과 공유	국내외 이상 기상현상에 대한 집중분석 및 토론을 실시하고, 지식, 경험, 노하우를 공유
	적극적인 소통 강화	객관적 외부평가 체계 구축	외부 전문평가 기관에 의뢰하여 예보업무 전반에 관한 객관적 평가 실시(예보특보의 적정성, 예보특보 만족도 등)
		상세한 예보해설서 제공	예보 결정 과정에 대한 상세 정보 및 위험기상 발생 가능성 정보 제공
중·장기 대책	특이 기상 연구센터 지정 운영	예보 결정 과정 공개	위험 기상 예상 시에는 예보 브리핑에 언론기관의 참석을 허용하고, 1일 예보관 체험 프로그램을 운영
		공백지역 관측자료 보강	장마, 집중호우, 황사, 폭염/한파, 대설, 태풍 등의 이상기상 연구 수치 예측 기술력 확보, 한·중·일 실시간 레이더 자료 공유(2017년 이후), 지레도 위성 자체 개발(2022년 이후) 등

구분	전략	방안	주요 내용
		평생예보관 제도	예보 분야 장기 근무를 위한 평생예보관 제도 도입 추진을 통한 자긍심 및 전문성 제고
		영향예보체계 전환	발생가능성과 사회경제적 영향을 고려한 영향예보 체계로 전환, 인공지능 유사일기도 검색, 빅데이터를 이용한 예보 기법 및 예보 훈련용 실습장비 개발

\* 출처 : 기상청, 기상예보 정확도 향상 대책, 2016.

## 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 조직 내 분산되어 있는 기후감시, 분석, 예측 및 모델개선, 개발 업무의 상호연계를 통해 장기예보 관련 업무의 효율화 및 조직기능 강화방안 마련에 활용하는 것이다. 이를 위해 우리나라 기상청을 비롯한 관련 기관에서의 장기예보 관련 업무 및 조직현황을 조사·분석하고 해외 기상 선진국 사례조사를 통한 국내 장기예보 시스템의 문제점 및 개선점을 확인할 예정이다. 이를 바탕으로 장기예보의 정확성과 효율성 증대를 위한 장기예보 업무의 연계 및 조정을 통해 업무 효율화와 조직 개선 방안을 마련하고자 한다.

## 제2절 연구내용 및 수행체계

### 1. 연구내용 및 주요 연구질문

#### 1) 연구내용

본 연구의 주요내용은 다음과 같다. 최근 일어나고 있는 환경변화에 대응하는 미래지향적인 기상청의 장기예보 업무체계의 변화 필요성을 제시한다. 최근의 기후환경 및 사회·경제적 환경변화에 따른 장기예보의 중요성과 타당성을 도출하고자 한다. 기상청 장기예보 업무 및 기능 효율화를 위한 조직체계의 정비 방향을 수립하고 이를 통해 얻어지는 기대효과를 제시한다.

미국, 일본 등 기상선진국의 장기예보센터 현황을 조사·분석하여 우리나라에 대한 시사점을 도출한다. 우리나라 장기예보 생산체계 및 조직과 비교하여 문제점을 제시할 예정이다. 또한 우리나라의 장기예보 관련 전문가를 대상으로 심층인터뷰를 실시하여 우리나라 장기예보의 현황 및 문제점을 다양한 각도와 시각으로 분석할 계획이다.

이를 통해 장기예보 효율화를 통한 발전방향과 세부방안을 수립한다. 기상청 장기예보의 조직 및 기능 강화방향을 수립하고 장기예보조직 강화 시 예상되는 문제점과 해소방안을 마련한다. 이와 같은 발전방향과 세부방안에 대한 전문가 의견을 수렴하고 자문을 반영하여 최종적인 합리적 방안을 마련하고자 한다.

#### 2) 주요 연구질문

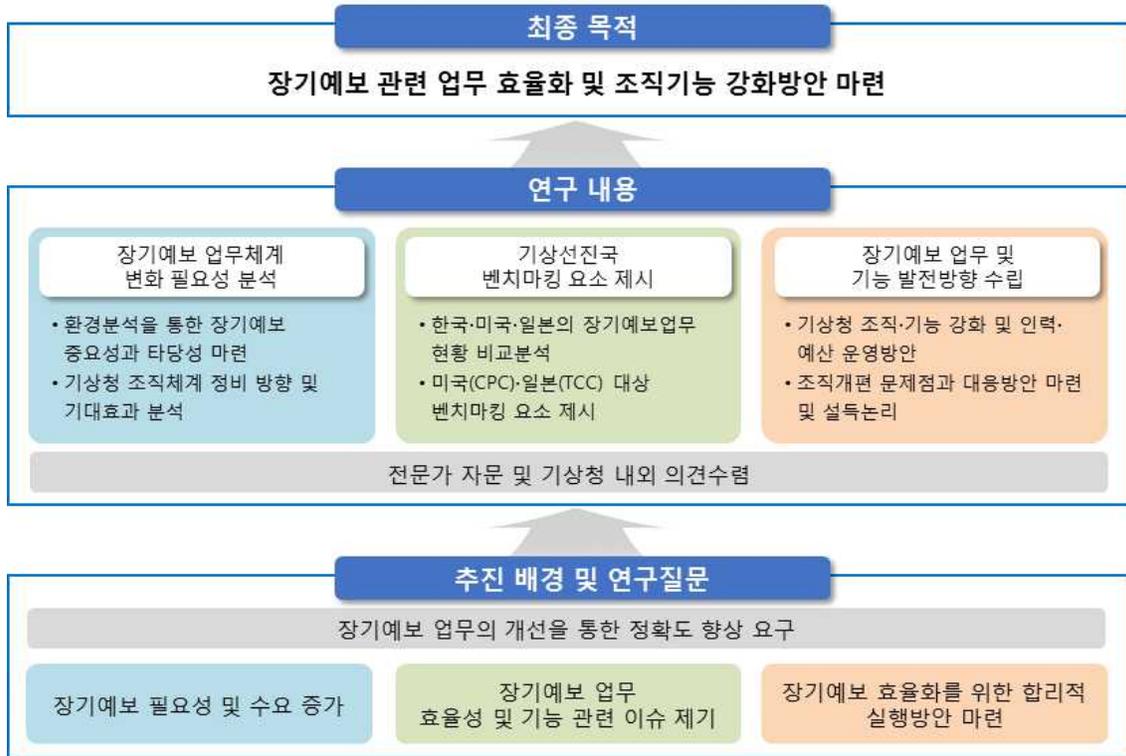
본 연구를 수행하기 위해 다루어야 할 주요 연구질문은 다음과 같다.

첫째 장기예보는 왜 필요한가?

둘째 우리나라의 장기예보 생산을 위한 조직, 기능의 문제점은 무엇인가?

셋째 장기예보 기능 효율화를 위한 가장 합리적인 방안과 그 실행과제는 무엇인가?

&lt;그림 1-5&gt; 주요 연구질문 및 연구내용



## 2. 연구방법 및 수행체계

### 1) 연구방법

본 연구의 주요 질문에 답하기 위해 다음과 같은 연구방법을 활용할 계획이다. 국내외 다양한 문헌연구와 자료조사를 통해 거시적 환경변화를 분석하고 국내외 장기예보 현황에 대해 분석할 계획이다. 또한 장기예보 관련 정부부처, 대학, 연구소 등 각 분야의 전문가를 대상으로 심도 있는 인터뷰를 실시하여 자료에서 얻을 수 없는 깊이 있는 시각과 분석을 제시한다. 이러한 과정에서 자체 연구진과 외부연구진의 브레인스토밍과 토론을 거쳐 최종적인 발전방향과 세부방안을 수립한다.

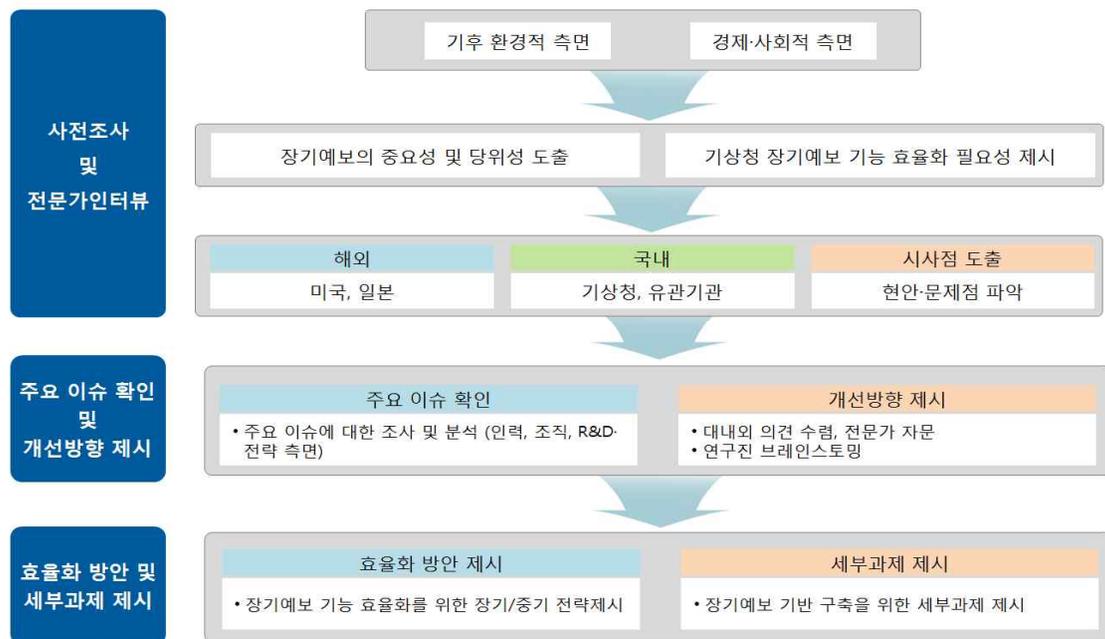
[표 1-5] 연구 방법

연구내용	연구방법	비고
거시적 환경변화 분석	- 기후환경 및 경제사회 측면의 환경변화에 대한 문헌연구, 자료 조사	자체
장기예보 중요성 및 기상청 효율화 방향 제시	- 장기예보 분야 전문가 인터뷰 수행 - 연구진 브레인스토밍	자체
국내외 장기예보센터 현황 조사·분석	- 국내 유관기관 대상 현황 문헌 조사·분석 및 인터뷰 - 국외(미국, 일본) 대상 현황 문헌 조사·분석 - 연구진 토론을 통한 시사점 도출	자체 외부 전문가 그룹
장기예보 선진화 위한 추진방향 제시	- 국내외 관련 문헌 연구 - 기상청 내·외 전문가 및 관련자 대상 심층인터뷰	자체 외부 전문가 그룹
세부 발전방안 수립	- 조직 및 기능, 예산 및 인력, 대내외 공감대 형성 등 부문별 전략 수립을 위한 국내외 관련 문헌연구 및 기상청 내외 전문가 인터뷰	자체 외부 전문가 그룹
공개토론회 운영	- 이해관계자, 학·연 전문가 대상 공개토론회 개최 - 세부 발전방안에 대한 의견 수렴 및 개선방향 도출·반영	자체 외부 전문가 그룹

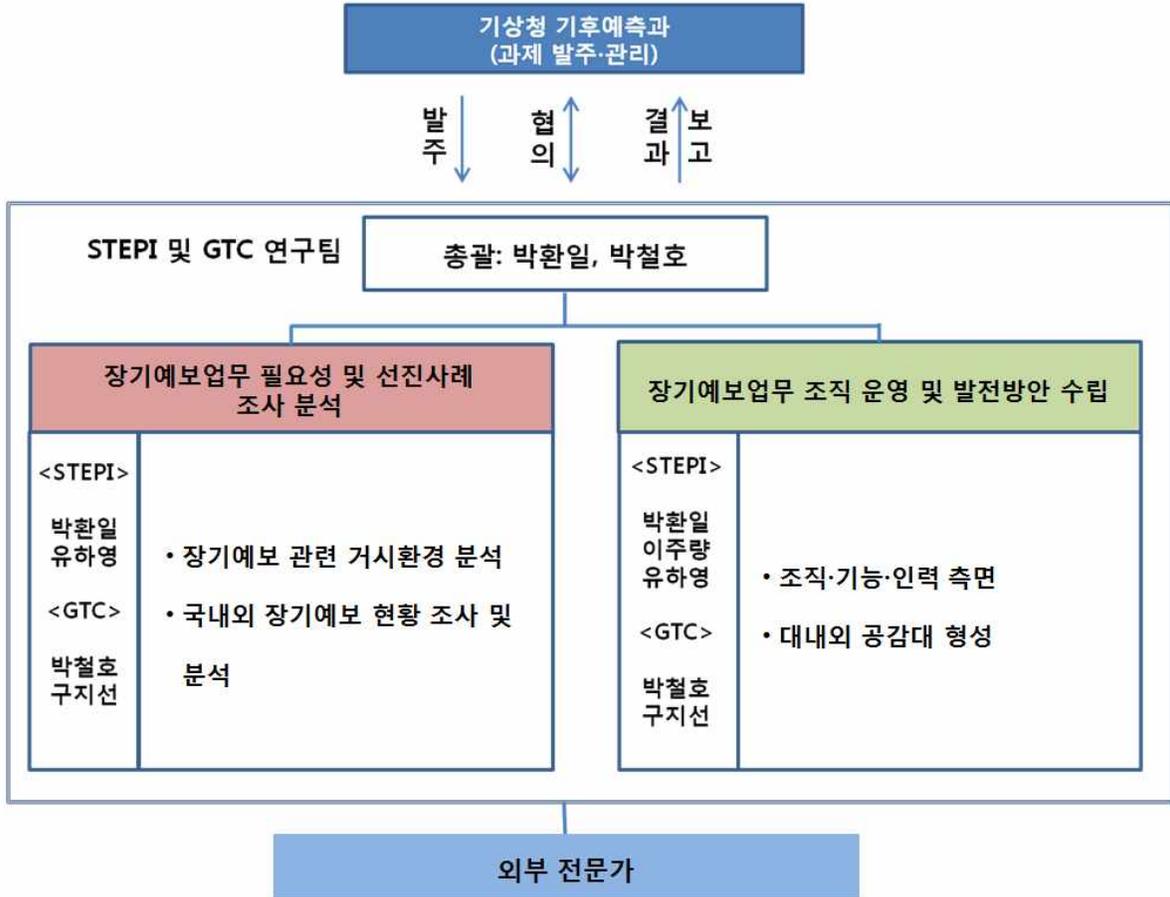
2) 수행체계

본 연구의 수행체계는 다음 그림에서 설명되어 있다. 본 연구는 사전조사 및 전문가 인터뷰, 주요 이슈 확인 및 개선방향 제시, 효율화 방안 및 세부과제 제시 등 3개 부분으로 이루어져 있다.

<그림 1-6> 연구 수행체계



<그림 1-7> 연구진 구성



## 제2장



### 거시 환경 분석

제1절 산업·경제적 가치

제2절 사회적 효용

제3절 4차 산업혁명과 사회적 변화

## ■ 제2장 | 거시 환경 분석

### 제1절 산업·경제적 가치

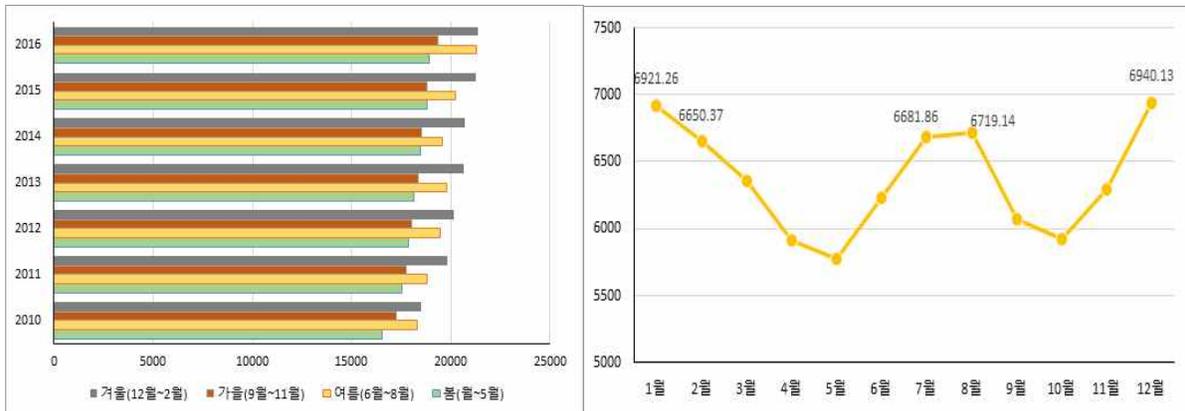
#### 1. 전력 및 에너지 산업

현대 경제·사회체제에서 전력 및 에너지 분야가 차지하는 비중은 상당하다. 제조업·공업을 포함한 모든 산업에 있어서 전력과 에너지는 생산의 필수요소를 제공하는 근간산업이라고 할 수 있으며, 여타 다른 산업과 마찬가지로 기상 및 기후에 민감하게 반응한다. 전력산업은 그 특성 상 생산된 전력을 저장하기가 쉽지 않다. 물론 최근에는 전력저장장치(Energy Storage System, ESS) 기술이 발전하고 있어 전력 저장 분야에 새로운 활로가 개척되고 있기는 하지만 현 기술수준에서는 전력의 생산과 소비가 동시에 이루어진다는 전제 하에 전력의 수급계획에 따라 발전량을 결정하기 때문에 예기치 않은 기상재해가 발생할 경우 전력 수급에 차질이 발생하게 된다. 특히 기후변화로 인한 기상재해의 불확실성이 커짐에 따라 계절별 전력 수급 상의 리스크도 커지고 있으므로 전력 수급계획의 구축에 있어 계절별 기후를 보다 정확히 예측할 수 있는 장기예보의 중요성이 크게 부각되고 있다.

전력 및 에너지산업에서 장기예보로 인한 경제적 가치는 전력수급의 안정성 확보와 효율적인 에너지 정책 수립에 기여한다는 점으로 요약될 수 있다. 안정적 전력수급은 전력의 수요와 공급 측면 모두 고려되어야 한다. 이는 전력산업의 특성상 전력계통 전반이 기상요인에 영향을 받기 때문이다. 구체적으로 전력계통의 구성요소, 즉 발전설비(발전소), 전송설비(송전과 배전선로), 수용설비(소비를 위한 설비)가 공간적으로 여러 지역에 걸쳐 존재하고 있기 때문에 낙뢰, 태풍, 홍수 등의 기상조건 및 자연환경이 각 지역과 시기 별로 상이하게 영향을 줄 수밖에 없다.

먼저 전력수요 측면에서는 냉·난방을 고려한 계절별 수요 특성이 고려되어야 한다. <그림 2-1>은 한국의 계절 및 월별 전력 수급량을 나타낸다. 이에 따르면 연 중 7~8월, 12월과 이듬해 1월의 수급량이 다른 월보다 상대적으로 높게 나타남에 따라 계절별 전력 수급량에 있어서 여름과 겨울이 차지하는 비율이 매우 높은 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 여름철 냉방시설과 겨울철 난방시설 사용에 따른 것으로 전력계통 운영자는 계절별·월별 추세를 반영하여 전력수요를 예측하는 한편 예비전력을 적정 수준으로 유지시키기 위해 노력한다.

<그림 2-1> 계절별·월별 전력 수급량(2010~2016)



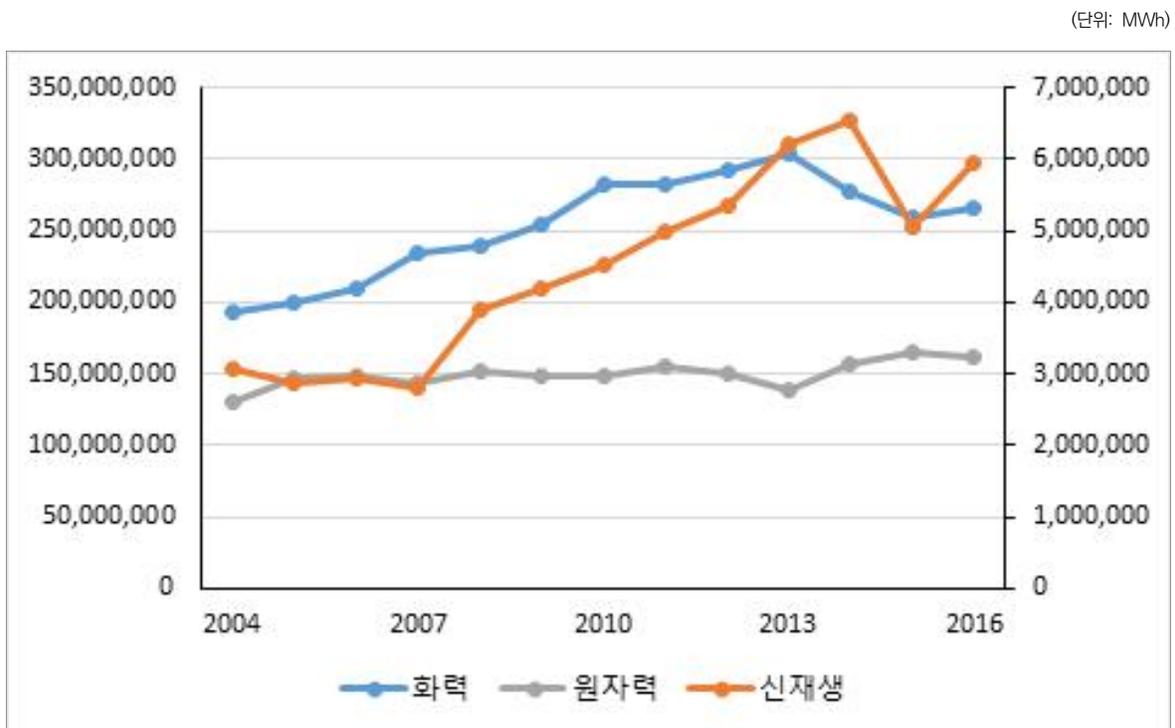
\* 출처: 전력통계정보시스템, <http://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/selectEkgeGepTotGrid.do?menuId=040201>

한국전력공사는 GDP 성장률, 냉·난방기기를 포함한 가전기기 보급률, 기상요인 등을 고려하여 연·월·주간 및 일간 단위로 전력수요를 예측한다. 특히 기상이변으로 인한 전력계통의 효율성을 제고하기 위해 1998년 전력거래소 기상정보시스템을 개발, 기상청의 기상예보 및 인공위성 자료를 직접 수신하여 2년 단위의 월별 최대 전력수요를 예측하고 예비전력을 적정 수준으로 유지하기 위해 발전기 정비 기간을 조정하고 있다(정응수, 2010).

따라서 1개월 이상 기간의 전력수요를 예측하는 데에는 장기예보로 제공된 기상정보가 필수적이라고 할 수 있다. 즉 장기예보의 정확성을 제고하는 것은 곧 전력수요 예측의 정확성을 높여 전력수급이 안정적으로 이루어질 수 있도록 기여하는 것이라고 할 수 있다. 또한 안정적 전력수급은 ESS 등 전력 저장기술이 보편화되지 않은 현 시점에서 전력생산의 투입요소인 에너지자원이 효율적으로 사용될 수 있도록 가능하다. 특히 지구온난화에 따른 기온 상승, 여름철 기온은 더 높아지고 겨울철 기온은 더 낮아지는 이상 기후, 점차 아열대성 기후대로 진입하는 기후변화 등 기후·기상적 요인과 더불어 냉·난방 전기제품 수요 확대로 인해 전력수요 예측이 더욱 중요해지고 있는 상황에서 장기예보의 정확성을 높이는 것은 전력수급 안정화를 통하여 전력시장의 적정 거래가격을 유지시키는 시장조절 기능도 함께 담당한다고 볼 수 있다. 이는 곧 에너지자원의 효율적 이용을 가능케 함으로써 전력 및 에너지 분야에서 야기되는 비효율성에 따른 사회적 비용을 경감하는데 기여할 수 있다.

전력공급 측면에서는 앞서 기술한 에너지자원의 효율적 이용과 연관되어 설명될 수 있다. 최근 에너지정책이 탈(脫)원전 및 신재생에너지 강화 측면으로 방향을 잡고 있기는 하지만 전력공급의 주요 발전원은 아직 화력 및 원자력이다. <그림 2-2>는 최근 10여 년간 발전 방식별 전력량 생산 추이를 나타낸다.

&lt;그림 2-2&gt; 발전 방식별 전력량 생산 추이(2004~2016)



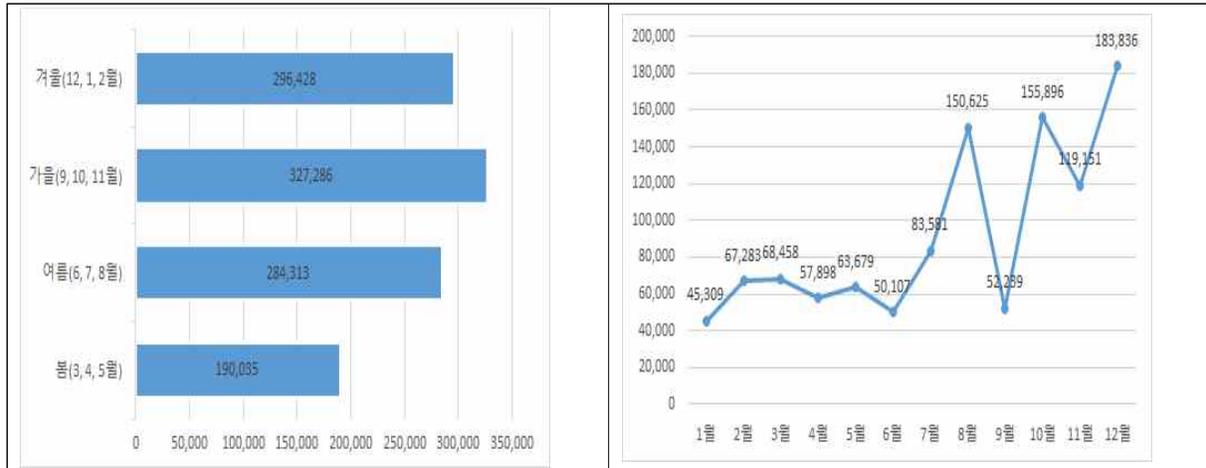
\* 출처: 한국전력공사, 「2016년 한국전력통계」

왼쪽 수직축은 화력 및 원자력 발전량을, 오른쪽 수직축은 신재생에너지 발전량을 나타내는데 왼쪽 수직축의 값이 오른쪽 수직축의 값보다 50배 이상 더 크다는 것에 유의하며 그래프를 살펴보도록 하자. 이에 따르면 신재생에너지 발전량은 화력 및 원자력 발전량의 2%에 지나지 않는 수준이다. 그러나 <그림 2-2>에서 신재생에너지 발전량의 생산 추이를 볼 때 화력 및 원자력에 비해서 성장률은 괄목할만하게 증가해 왔음을 확인할 수 있다.

신재생에너지 발전량은 규모 면에서 비교할 때 아직 화력과 원자력에 비해 미미한 수준이기는 하지만 그 성장률이 높다는 점에 주목해 보면, 향후 전력 및 에너지산업 분야에서 차지하는 비중이 클 것으로 예상된다. 이 경우, 신재생에너지 발전량은 화력이나 원자력과 비교하여 기상조건에 더욱 민감하게 반응하기 때문에 기후변화로 인한 기상여건의 불확실성이 커진다면 안정적인 전력 공급에 리스크로 작용할 여지가 크다. <그림 2-3>은 2016년도 신재생에너지 계절별·월별 발전량을 나타낸다.

<그림 2-3> 2016년도 신재생에너지 계절별·월별 발전량

(단위: MWh)

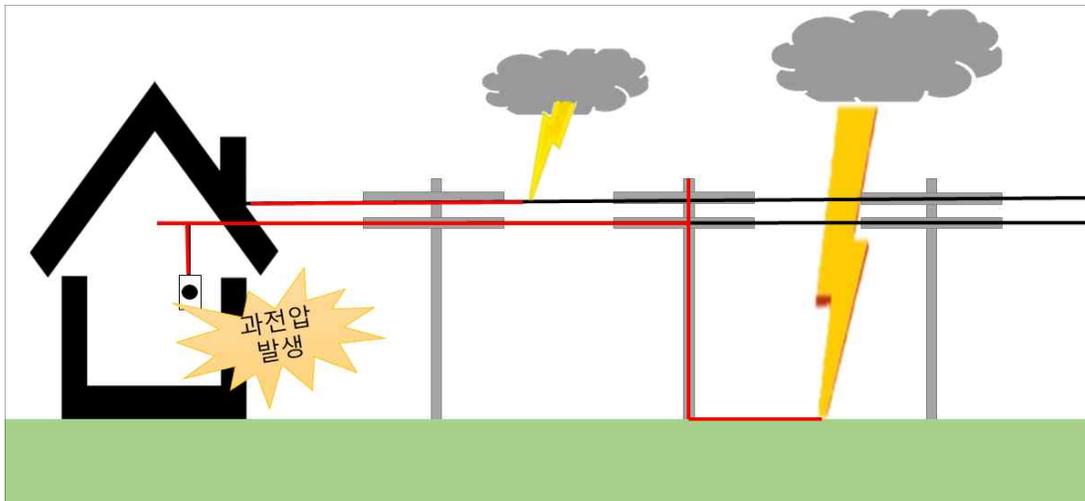


\* 출처: 한국전력공사, 「2016년 한국전력통계」

<그림 2-3>에 따르면 신재생에너지의 계절별·월별 발전량은 앞서 제시되었던 전력수요 패턴과 비교할 때 다소 다른 양상을 보인다. 화력 및 원자력 발전량은 전력수요가 피크인 여름과 겨울철에 가장 높은 반면 신재생에너지의 경우 비록 소폭이지만 가을철에 발전량이 더 높게 나타난다. 아울러 월별 발전량을 비교할 때도 8월과 12월은 앞서 월별 전력수요와 유사하게 발전량이 높지만, 1~2월과 6~7월은 낮은 수준을 보인다. 이는 신재생에너지가 화력 및 원자력보다 기상조건에 더 민감하게 반응하기 때문인 것으로 이해할 수 있다. 가령 신재생에너지원 중 하나인 수력발전의 경우 수자원의 원천인 강수량에 영향을 받기 마련인데 가뭄이 길어진다거나 장마 기간이 불규칙한 경우를 고려해 보면 안정적인 전력 공급이 힘들 수 있을 것이라 예상할 수 있다. 이는 다른 신재생에너지원인 풍력이나 태양광의 경우도 마찬가지이다. 풍력발전은 풍속·풍향 등에, 태양광발전은 일사량·일조량 등에 영향을 받는데, 기후변화로 인해 기상여건의 불확실성이 커지는 경우 전력공급도 불안정하게 된다. 따라서 신재생에너지 발전의 효율성 및 유연성을 제고시키기 위해 장기예보의 정확성을 제고하는 것이 필수적으로 요구된다. 더욱이 향후 에너지 정책이 지속가능성(sustainability) 및 친환경에 초점을 맞추어 신재생에너지를 근간으로 할 가능성이 큰 만큼 장기예보는 신재생에너지원에 기반한 예비전력 확보와 전력가격의 적정 수준을 유지시킬 수 있도록 에너지 정책 수립에 있어 효율성을 부여할 것으로 기대된다.

마지막으로 장기예보는 전력계통 중 송전 분야의 안정성을 제고하는 데에도 기여할 것으로 기대된다. 전력계통 중 전송설비와 수용설비는 지역적으로 전국에 걸쳐 퍼져 있어 태풍, 낙뢰(직격뢰, 간접뢰), 피뢰설비 및 건축물에 대한 뇌격, 홍수 등이 발생할 경우 <그림 2-4>와 같이 과전압 발생으로 설비가 오작동하거나 전력계통 전체에 불안정성이 야기된다.

&lt;그림 2-4&gt; 뇌격에 의한 과전압 발생



전송 및 수용설비는 장비 특성 상 투자비용이 천문학적이기 때문에 뇌격과 같은 기상재해 발생 시 전력중단(정전) 및 그 보수를 위한 비용 역시 막대하게 발생한다. 따라서 기상이변으로 인한 전력계통의 피해를 사전에 방지하기 위해서는 정확한 기상정보가 필요하며 송전설비가 전국적으로 퍼져있는 만큼 충분한 시간을 요하게 된다. 즉 장기에보의 정확성 제고는 송전설비가 기상재해로부터 입을 수 있는 피해를 사전적으로 방지함으로써 전력계통의 안정성을 도모하여 사회적·경제적 손실을 감소시킬 수 있다.

## 2. 농·식품산업

농업은 기후변화에 따른 영향을 가장 직접적으로 받는 산업이다. 농작물은 각 품종 별로 생육에 적합한 기상변인들을 필요로 하며 기후변화로 인한 기상재해의 불확실성이 커질수록 생육조건이 달라져 수확량에 영향을 받게 된다. 수확량의 변화는 곧 농산물 수급 상의 불안정을 야기하고 가격 변동성을 심화시켜 농작물을 생산하는 농가와 이를 소비하는 소비자 양 측의 후생을 감소시키는 결과를 초래한다. 일례로 2016년 1월 말 제주도 지역에 발생한 유례 없는 폭설과 기록적 한파로 인해 월동 무 및 월동 배추를 비롯한 채소 가격이 급등한 사례를 들 수 있다.<sup>3)</sup>

아울러 농산물은 공산품과 달리 최종 산출물 형태로 소비되기 보다는 이를 활용한 다른 산업의 중간 투입물로 활용되는 경우가 많다. 배추나 무는 그 자체로 소비되기도 하지만 이를 재료로 한 포장 김치나 포장 깍두기와 같은 가공식품으로 판매되기도 하고 식당 등 외식업소에서 밑반찬으로 활용되기도

3) 연합뉴스(2016.01.26.), “한파에 농수산물 가격 급등: 감귤 값 1주일 새 2배로”;  
<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/01/26/0200000000AKR20160126064151030.HTML>

한다. 즉 농업은 농업생산과 함께 이를 기반으로 한 식품산업과도 깊은 연관을 맺기 마련이며 기상변인은 농·식품산업 전반에 걸쳐 영향을 미친다.

따라서 기후변화 영향이 본격화됨에 따라 기상재해의 변동성이 커지고 있는 추세에서 장기예보의 정확성이 제고된다면 농·식품산업 내 생산, 유통, 소비 전 과정에 걸쳐 각 경제주체(생산자, 유통업자, 소비자)들이 장기 기상정보를 활용하여 리스크를 관리함으로써 사회적 손실을 줄일 수 있다. 예를 들어 장기예보로 인해 계절별 기상요인을 미리 파악할 수 있다면 생육조건 변화로 인해 농산물의 공급부족이 예상되는 경우를 대비하여 유통단계 도·소매업자 및 식품제조업체들은 산지로부터 미리 물량을 확보하려는 노력을 기울일 것이다. 반대로 공급과잉이 예상되는 경우 농산물 가격폭락에 대비, 농정당국이 잉여농산물을 처리하기 위한 정책을 수립하는 데에 장기예보에 기반한 기상정보들을 활용할 수 있다. 소비자들 역시 기상조건 변화로 인한 농산물 및 식품의 수급변동에 대비하여 합리적인 소비계획을 사전에 세움으로써 편익을 피할 수 있다. 일례로 김장재료용 채소류에 관한 계절별 장기예보 전망을 활용할 경우 배추, 무를 비롯한 양념 채소류의 장기 수급 예측을 참고하여 김장시기를 앞당기거나 늦추는 등의 의사결정을 행할 수 있다.

이렇듯 장기예보 전망은 농·식품산업에 종사하는 각 유통단계별 이해당사자들과 소비자들의 의사결정에 영향을 미치지만, 아무래도 농작물을 직접 재배하는 생산 농가들에게 활용되는 측면이 가장 크다고 할 수 있다. 장기적으로 예측된 기상정보가 정확할수록 작물의 생육과정에서 기상재해나 병해충 예방에 활용하여 작물의 생산량을 증가시키고 품질을 높임으로써 생산농가의 소득 불안정성을 완화시킬 수 있기 때문이다. 이러한 농업생산 분야에서 기상정보의 중요성을 고려하여 기상청, 농촌진흥청, 산림청, 서울대학교의 협약 하에 2009년부터 국가농림기상센터<sup>4)</sup>가 운영되고 있으며, 농촌진흥청에서도 농업기상정보서비스<sup>5)</sup>를 제공하고 있다.

농촌진흥청에서 운영 중인 농업기상정보서비스 중 실제 농업생산 분야에 활용도가 높은 대표적인 서비스로는 과수별 재배적지와 재해지도를 꼽을 수 있다. 재배적지는 과수별<sup>6)</sup> 생육조건과 그에 적합한 기상 및 기후를 가진 지역을 지도상에 나타내 준다(<그림 2-5>). 이 때 생육조건은 지형, 경사, 토성, 배수등급 등 토양요인과 생육기온, 연평균기온, 생육적온, 최저기온 등 기후요인을 바탕으로 결정되는데 생산농가 입장에서 재배지는 성격상 고정자산에 속하기 때문에 일단 재배품종 및 수량을 결정하면 탄력적으로 운영하는 데 어려운 특징이 있다. 따라서 장기적인 측면에서 기후변동성이 심화되어 발생하는 기상재해 등의 영향을 받을 경우 생산농가가 기민하게 대응하지 못할 가능성이 높다. 이러한 사항들을 고려할 때 장기예보의 정확성이 제고된다면 생산농가들로 하여금 재배적지를 결정하는 데 있어 기상변인으로 인한 영향을 사전에 관리할 수 있는 여지를 제공한다.

4) 국가농림기상센터 홈페이지(<http://www.ncam.kr>)

5) 농업기상정보서비스 홈페이지(<http://weather.rda.go.kr/index.jsp>)

6) 사과, 배, 포도, 복숭아, 단감, 감귤, 한라봉

&lt;그림 2-5&gt; 농업기상정보서비스 재배적지 및 재해지도(사과)



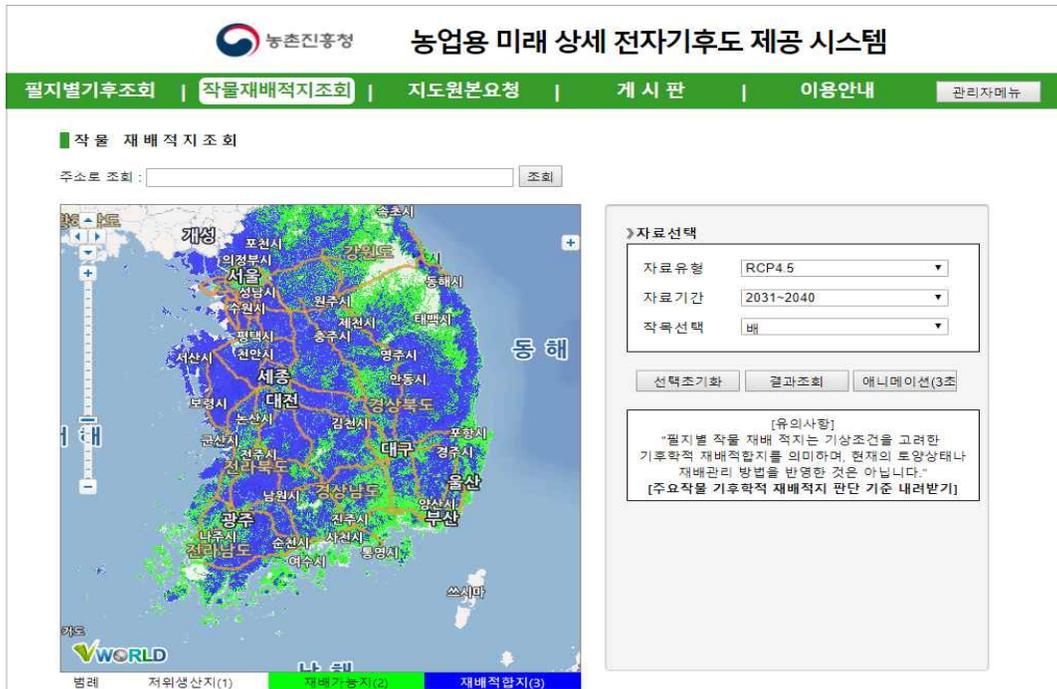
\* 출처: 농촌진흥청, 농업기상정보서비스 (<http://weather.rda.go.kr/ftMap.jsp#>)

현재 제공되고 있는 과수별 재배적지는 과거 자료를 바탕으로 계산한 결과이다. 그러나 기후변화로 인해 기상 변동성이 커지는 추세에서 평균기온의 상승 및 기상이변의 발생 등은 재배적지 관련 여건들을 지속적으로 변화시키기 때문에 이를 고려할 필요가 있게 된다. 이를 반영하여 농촌진흥청에서는 “농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템”을 제공하고 있다(<그림 2-6>). 이는 기상청에서 제공하는 기후변화시나리오(Representative Concentration Pathways; RCP<sup>7)</sup>)를 바탕으로 한국 농업 환경에 맞춰 토지별 농업 기후를 예측하는 방식으로 이루어진다. 현재는 향후 90년간의 시나리오를 바탕으로 2100년까지의 재배적지를 제공하고 있다.

토지 자체는 고정투입요소에 해당되지만, 토지의 사회적·경제적 가치는 가변적이기 때문에 생산농가 입장에서 재배적지에 대한 결정은 신중히 이루어질 필요가 있다. 재배적지는 기후변동성 및 불확실성이 커지고 있는 상황에서 기상이변과 함께 지속적으로 변화할 것이며, 이에 발맞추어 지형별 장기 기상 전망을 통한 신뢰성 있는 재배적지 예측이 필요한 시점이다. 이를 위해서는 장기예보의 정확성을 제고하는 것이 선행되어야 한다.

7) IPCC 4차 평가보고서(IPCC, 2007)에서 사용된 온실가스 시나리오 SRES(Special Report on Emission Scenario)를 대신하여 IPCC 5차 평가보고서(IPCC, 2014)에서 사용한 RCP에 기반한다(국가기후변화적응센터, [http://ccas.kei.re.kr/climate\\_change/menu3\\_5\\_04.do](http://ccas.kei.re.kr/climate_change/menu3_5_04.do)).

<그림 2-6> 재배지 변동 추이(기후변화 시나리오)

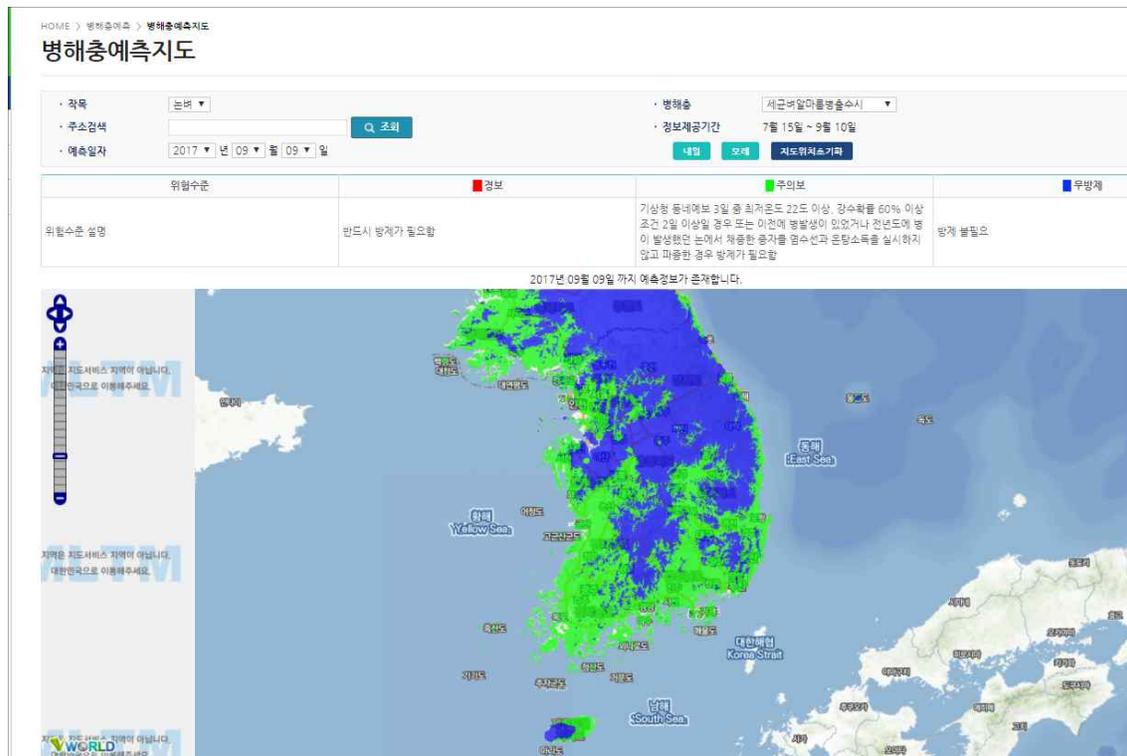


\* 출처: 농촌진흥청, 농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템(<http://www.agdcm.kr/map/search2.do>)

재배적지에 관한 기상정보 서비스가 생산농가들의 사전적 의사결정에 기여하는 바가 크다면 재배과정에서는 병해충 예방과 관련된 기상정보의 역할이 중요하다. 이상고온과 갑작스러운 소나기는 작물의 병해충 발생을 높이는 주요 요인이다. 일제로 소나기나 잦은 강우는 벼 재배 농가에 흑성병 피해를 야기한다. 또한 극심한 일교차는 작물의 냉해 피해를 심화시키며, 높은 습도는 감염위험도를 높일 수 있다. 이러한 기상변인에 따른 병해충 발생을 사전에 방제하기 위하여 농촌진흥청은 국가농작물병해충 관리시스템(National Crop Pest Management System; NCPMS)<sup>8)</sup>을 제공하고 있다. 이는 병해충예측 모형을 통해 계산한 결과 값을 지도상에 표시하여 제공하는 형태로 이루어지는데, 예측 모형의 경우 병해충별로 해당 병해충을 유발할 수 있는 기상조건을 입력하여 감염위험도, 생육단계별 적산온도 등을 계산한다(<그림 2-7>).

8) 국가농작물병해충 관리시스템(<http://ncpms.rda.go.kr/npms/Main.np>)

&lt;그림 2-7&gt; 국가농작물병해충 관리시스템 병해충예측지도



\* 출처: 국가농작물병해충 관리시스템(<http://ncpms.rda.go.kr/npms/SpaceDistributionSearchR.np>)

현 수준의 병해충 관리시스템은 과거 자료를 바탕으로 향후 2~3일까지의 예측정보를 제공하고 있다. 병해충은 작물 생산량 및 품질과 직결되기 때문에 철저한 방제가 필요하지만, 2~3일 수준의 예측 정보는 비교적 짧은 시간이라고 할 수 있다. 생산농가가 상황에 맞게 유연한 대처를 하기 위해서 중·장기적인 기상예측 자료를 활용한 병해충 예측이 이루어진다면 농가의 소득불안정성을 해소하는데 기여를 할 수 있다.

요컨대 농·식품산업 분야에서 장기예보의 정확성 제고는 재배 초기 생산농가가 재배적지를 사전적으로 결정하고 재배 과정에서 병해충 발생 시 방제를 함에 있어 탄력적 대응이 이루어지도록 하는데 기여한다. 이는 곧 해당 작물의 수급 안정화와 가격 변동 진폭을 최소화하여 농업생산 및 식품산업에 관련된 경제주체들의 리스크를 완화시키고 소비자의 후생을 증진시킴으로써 농·식품산업 분야 생산-유통-소비 단계 전반에 걸쳐 시장 안정화를 도모할 수 있는 기반을 제공한다고 할 수 있다.

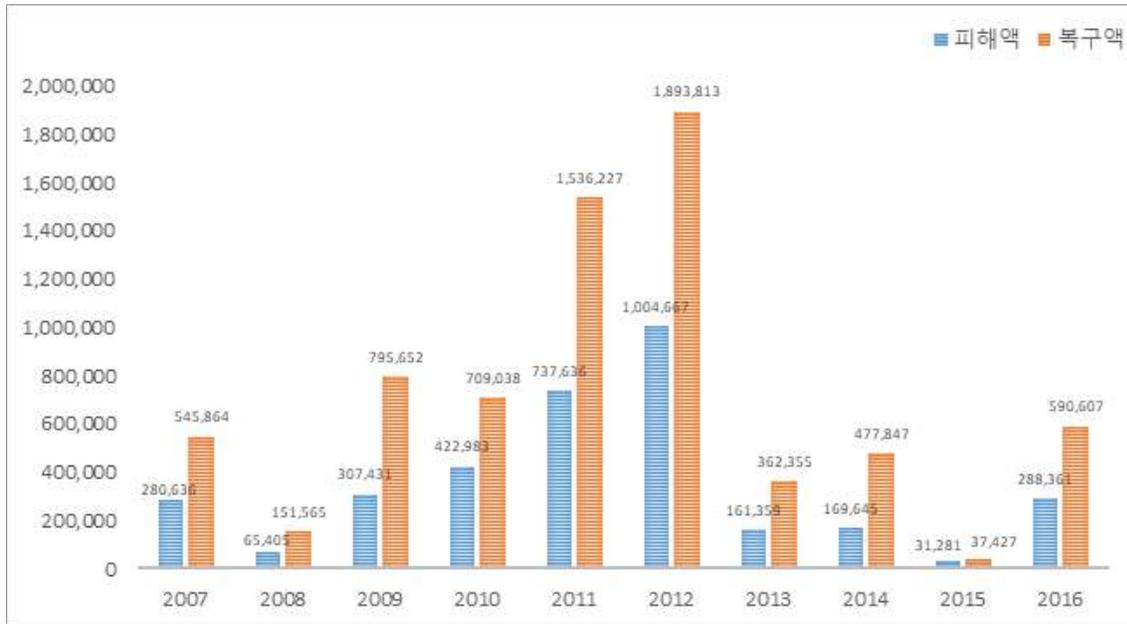
### 3. 보험 산업

기후변화로 인해 기상재해가 빈번하게 일어나면서 전 세계적으로 사회·경제적 피해가 늘어나는 추세이며, 이는 한국의 경우도 예외가 아니다. <그림 2-8>은 최근 10여 년간 자연재해로 인한 피해액 및

복구액 규모를 보여 준다. 앞서 기술하였듯이 한국의 경우 태풍으로 인한 피해가 전통적이었으나 기후 변동성이 확대됨에 따라 연도별 편차도 큰 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.<sup>9)</sup>

<그림 2-8> 자연재해로 인한 피해액 및 복구액(2007~2016)>

(단위: 백만 원(2016년도 환산가격기준))



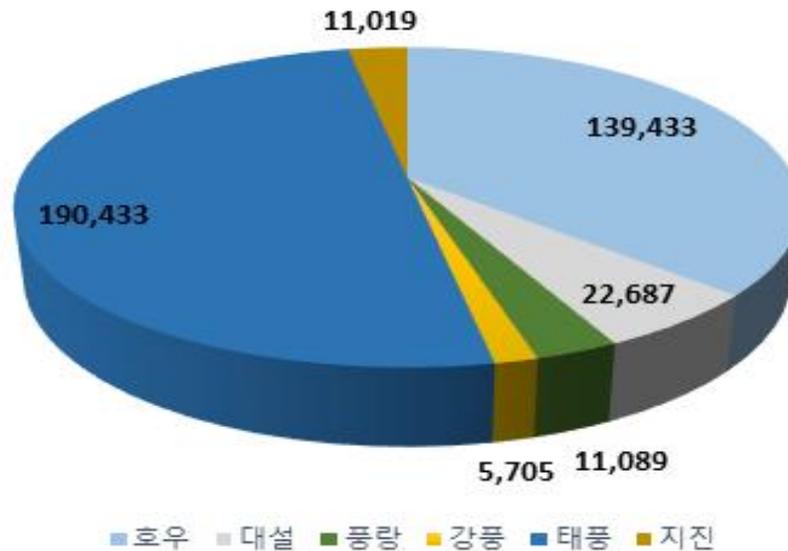
\* 출처: 국민재난안전포탈, 「2016년도 재해연보」

또한 기상이변의 특성 상 기상재해의 강도와 이에 대한 예측이 어렵기 때문에 계절 및 시기별로 피해 규모가 매우 상이하게 나타난다. <그림 2-9>는 최근 10년 간 한국에서 발생한 기상이변들의 원인별 피해액을 정리한 것으로 한국의 지리적 특성 상 여전히 호우 및 태풍으로 인한 피해액이 큰 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 기상재해에 따른 위험을 분산시키기 위한 방편으로 기상피해를 담보로 하는 보험 상품이 늘어나고 있는 추세이다.

9) 2010년 7, 8월의 호우, 9월 태풍 곤파스, 12월 대설, 2011년 2월 대설, 7월 호우, 8월 태풍 무이파 및 호우, 2012년 피해, 2012년 8월 태풍 덴빈, 불라벤, 9월 태풍 산바 등 주로 태풍과 호우, 대설 피해가 컸던 것으로 파악된다.

&lt;그림 2-9&gt; 우리나라의 기상이변 원인별 피해액(2007~2016(평균))

(단위: 백만 원(2016년도 환산가격기준))

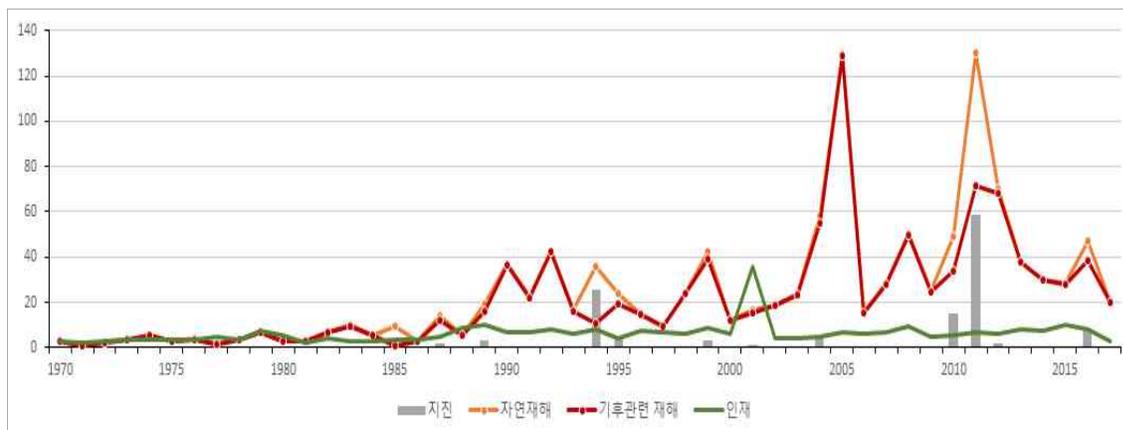


\* 출처: 국민재난안전포탈, 「2016년도 재해연보」

기상위험을 담보하는 대표적인 보험 상품으로는 풍수해보험, 농작물재해보험, 날씨보험 등을 들 수 있다. 풍수해보험은 정부 및 지자체에서 권장하는 정책보험으로 풍수해로 인한 피해를 담보하며, 농작물재해보험은 농가 작물을 보험대상으로 하여 기상이변으로 인해 농작물이 피해를 입는 경우 손실을 담보로 한다. 마지막으로 날씨보험은 날씨로 인한 피해를 보상해주는 보험 상품이다. 이러한 기상위험 담보 신상품은 지속적으로 개발되고 있는 추세인데, 이는 기 설명하였듯이 기후변화로 인해 기상이변이 본격화되고 기상재해로 인한 불확실성이 커지고 있는 데에서 기인한다.

&lt;그림 2-10&gt; 재해별 보험손해액 추이(1970~2017)

(단위: 천만 달러(2017년도 환산가격 기준))

\* 출처: Swiss Re., sigma catastrophe database (<http://www.sigma-explorer.com/>)

<그림 2-10>은 1970년부터 최근까지의 자연재해별 보험손해액 추이를 나타내는데 자연재해로 인한 보험손해액 중 기후관련재해의 보험손해액이 지진이나 인재의 경우를 압도하며 그 추이 역시 지속적으로 증가하고 있는 것을 파악할 수 있다. 또한 <그림 2-8>과 <그림 2-10>을 함께 살펴보면 자연재해 피해액과 보험손해액이 유사한 추세를 가지는 것을 알 수 있는데 이를 통해 재해보험 가입자 역시 증가추세에 있음을 유추할 수 있다.

재해보험의 특성상 손해액의 진폭은 연도별로 차이가 심하게 나타난다. 이는 곧 적정 보험율을 정교하게 산정하는 작업이 필요하다는 것을 의미한다. 기상재해 관련 보험율을 산정하기 위해 손해보험사는 기상재해로 인한 위험을 측정하며 다음과 같은 과정을 거친다. 첫째, 주로 발생하는 자연재해의 형태를 파악한다. 둘째, 자연재해가 발생할 가능성이 높은 지역을 선정한다. 셋째, 자연재해의 과거 발생 빈도와 규모에 관한 자료를 이용하여 자연재해 발생 확률 및 손해발생 분포를 산출한다. 넷째, 보험요율을 산정한다.

자연재해가 발생할 지역을 선정하는 데에는 CRESTA Zone<sup>10)11)</sup> 개념이 활용된다. <그림 2-11>은 한국의 CRESTA Zone 현황을 보여준다. 이에 따르면 총 11개 지역을 CRESTA Zone으로 분류하고 이를 다시 태풍 경로 기준으로 3개 Zone으로 그룹화 한다. 각 그룹은 Zone A, B, C로 명명되며 Zone A는 서울, 인천, 경기, Zone B는 대구, 부산, 울산, 경북, 경남, 제주, Zone C는 대전, 광주, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남 지역을 포함한다(박창선, 2010).

CRETA Zone에 따라 구분된 지역 별로 자연재해 발생 확률과 손해발생 분포를 산출한 후 보험요율을 산정하기 때문에 각 지역에 적합한 기상정보가 필수적으로 요구된다. 기상재해를 담보로 하는 보험 특성 상 보험이 만기될 때까지의 기간이 대개 1년 이상 장기적이기 때문에 보험요율을 산정하는데 있어서 단기적인 기상정보만을 활용하기에는 한계가 있다. 또한 농작물재해보험과 같은 경우 만기는 1년이지만, 매년 가입을 해야 하기 때문에 보험요율을 신속적으로 중도 변경하기에는 어려운 측면도 있다. 이러한 점들을 고려할 때 자연재해 발생 확률과 그로 인한 손해분포를 추정하는데 있어서 과거 기상자료들뿐만 아니라 3개월 이상의 장기예보가 활용된다면 보험요율 산정의 정확성을 높여 합리적인 수준의 보험요율이 산정될 수 있을 것이라 기대된다.

10) The CRESTA organization에 의해 표준화한 자연재해 자료를 바탕으로 국가별로 지역을 구분한 것을 의미한다. (<https://www.cresta.org>).

11) CRESTA: Catastrophe Risk Evaluation and Standardizing Target Accumulation.

&lt;그림 2-11&gt; 한국의 CRESTA Zone



\* 출처: CRESTA organisation

아울러 장기에보의 정확성이 제고된다면 기상재해로 인한 피해를 줄일 수 있도록 충분한 준비 시간을 보장하여 경제적 손실을 낮출 수 있다. 예를 들어 3개월 뒤 기온이 평년보다 낮고, 강수량이 많을 것이라 예상된다면, 농가 입장에서는 냉해 대비 농작물재해보험에 가입하거나 또는 냉해 방지시설을 설치하는 등 충분한 시간을 가지고 기상재해에 대비할 수 있다.

즉, 장기에보의 활용은 기상위험을 담보로 하는 보험 상품을 제공하는 공급 측면에서는 보험요율 산정의 정확성을 높여 해당 상품을 제공하는 손해보험사들로 하여금 신뢰성에 기반한 상품개발이 용이하게 하며, 수요측면에서는 소비자들로 하여금 관련 보험 상품에 대한 주의를 환기시켜 기상재해 리스크를 전가시킬 수 있는 대안을 사전에 마련할 수 있도록 한다. 이는 곧 보험시장의 안정화를 이루게 하며 시장뿐만 아니라 기상재해에 대한 복구비용을 담당하는 정부의 부담도 덜어주는 순기능을 제공할 수 있다. 아울러 장기에보의 정확성 제고에 따라 보험요율 산정의 정확성도 함께 제고될 경우 관련 상품의 개발이 활발히 이루어져 상품 다각화를 통해 보험 산업 시장 자체가 확대될 여지가 크다. 이는 기후변화에 따라 기존 기상재해 패턴이 점차 변화하는 추세를 감안할 때 보험 산업계에 적절한 지향점을 제시한다고 할 수 있다.

#### 4. 관광·레저 산업

관광·레저 산업은 일반적으로 소비성향(propensity to consume)<sup>12)</sup>이 높은 산업이다. 한국의 경우도 소득 수준이 높아짐에 따라 관광·레저에 대한 수요가 증가하는 경향을 보여 왔다. 아울러 관광·레저 산업은 농·식품산업과 함께 기후조건에 가장 민감하게 반응하는 산업에 해당된다. 높아진 소득 수준을 배경으로 관광·레저산업의 규모가 확대되는 추세에서 기후변화로 인한 기상재해 발생의 불확실성이 동시에 커지고 있는 점을 고려한다면, 기상재해에 따른 관광·레저산업의 영향은 클 수밖에 없으며 이에 대한 대비책의 일환으로 장기예보의 역할이 강조되고 있다. 이러한 배경에는 기상이변이 잦아질수록 관광자원인 자연경관이 훼손되고 관광인프라 시설이 파괴되는 등 관광·레저산업 전반에 피해가 커진다는 점이 주된 요인으로 꼽히고 있다. [표 2-1]은 기후변화로 인한 기상재해가 관광·레저 산업에 미칠 수 있는 영향을 정리한 것이다.

[표 2-1] 기후변화의 잠재적 영향

구분	관광산업
기온상승	스키장 강설량 감소 자연자원을 활용한 축제의 취소 증가 및 개최시기 변화
자연재해	홍수, 태풍 등에 의한 관광자원의 훼손 및 항공기 결항 증가
물 부족	타 산업과의 물 이용 갈등 발생
생태계 변화	동식물 분포 및 농특산물 재배 변화로 관광자원 변화

\* 출처: 문화체육관광부, 「2009년 저탄소 녹색 관광자원개발 가이드라인」 재구성

관광·레저 산업은 그 특성 상 야외활동이 주가 되기 때문에 관광·레저 상품을 수요하려는 소비자들은 사전에 기상예보를 적극적으로 활용하는 특징이 있다. 만일 해당 상품에 대한 수요가 10일 이내로 단기적 혹은 즉흥적으로 이루어진다면 단기예보에 대한 활용도가 높겠지만, 계절 단위 수요의 경우 장기예보에 대한 의존도가 높아지게 된다. 일례로 전국 단위 1,046명을 대상으로 장기예보 활용 빈도 및 민감도에 대한 설문조사를 실시한 결과 다양한 산업 분야들<sup>13)</sup> 중 관광·레저 산업이 장기예보에 가장 민감하게 반응한다는 결과를 도출한 바 있다(홍현철 외, 2013).

이는 주로 경제적 요인에서 기인하는데, 관광·레저 상품의 계절 단위 수요가 사전 예약 형식으로 이루어지는 경우가 많기 때문이다. 관광·레저 상품이 몇 달 전에 예약된 상황에서 기상재해가 발생할 경우 수요자 입장에서는 숙박 및 교통편 예약을 취소하고 계획을 변경하는 등 해당 상품을 수요함으로써 얻으려 했던 편익을 상실할 수밖에 없다. 아울러 공급자 및 마케팅 업자 입장에서는 행사 진행을 취소하고 당초 유치가 예상되던 관광객의 급감으로 인해 기대되던 수익을 얻지 못하게 된다. 즉 기상재해로

12) 소비성향은 소득에서 소비가 차지하는 비율로 정의된다.

13) 농림어축산업, 건설제조업, 서비스업, 관광레저업 등으로 분류하였다.

인해 관광·레저 상품 관련 시장 전체의 경제적 손실이 초래된다.

이러한 점을 고려할 때, 관광·레저 산업에서는 행사나 관광 상품을 기획하는데 있어서 장기예보에 기반한 수요예측과 마케팅 전략이 선행될 필요가 있다. 일례로 관광산업이 지역 주력산업인 제주도의 경우 제주 기상청과의 협조로 주말 여가활동 증가 및 관광 활성화를 지원하기 위해 도로 기상정보 서비스를 제공하고 있다. 해당 정보에는 관광 코스인 22개의 오름에 대한 기상정보(기온, 강수형태, 강수량, 풍속 등)가 포함된다(김태운·김병선, 2015). 또한 장기예보의 정확성이 제고될수록 야기되는 경제적 손실을 최소화할 수 있을 것으로 기대되는데, 이는 사전에 결정된 행사나 이벤트를 변경하는 데 들어가는 비용이 매우 크기 때문에 기 투입된 광고 및 마케팅 비용을 보전할 수 있기 때문이다.

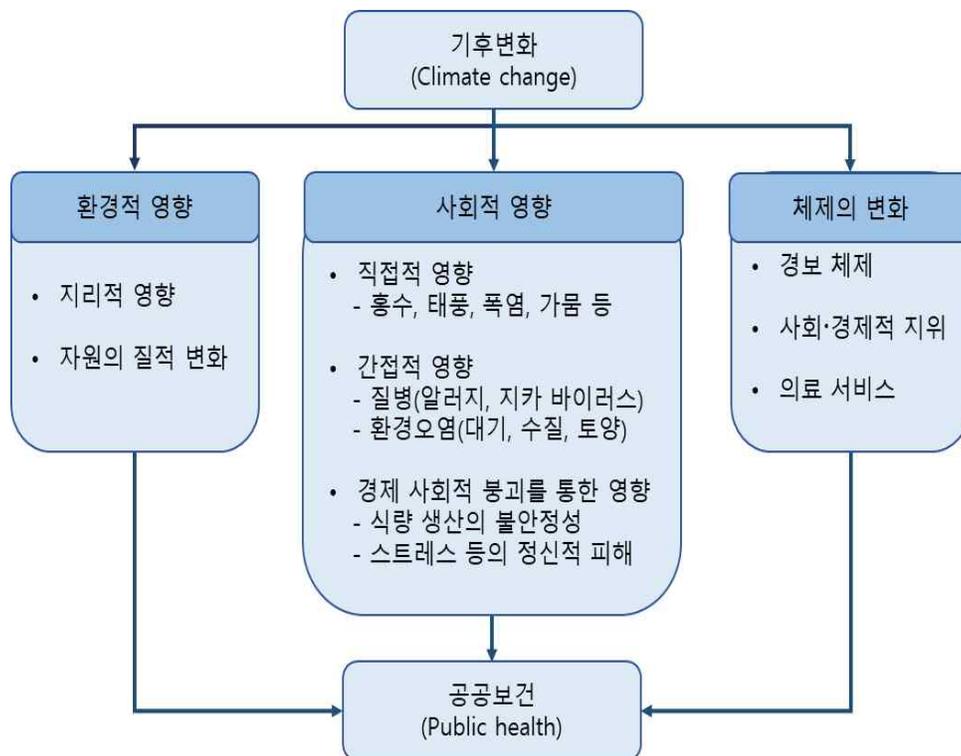
## 제2절 사회적 효용

장기예보의 가치 평가에 있어 경제적 가치를 평가하는 것은 직관적으로 이해하기 쉽다. 왜냐하면 장기예보가 제공될 경우 야기되는 경제적 편익(benefit)이 화폐단위로 표현되어 그 규모를 가늠해 볼 수 있기 때문이다. 반면 사회적 가치는 화폐 단위를 사용하여 수량화시키기가 용이하지 않아 상대적으로 파악이 어려운 측면이 존재한다. 이에 본 절에서 다루는 사회적 가치는 앞서 산업별 분야에서 제시했던 수치나 자료를 다루기보다는 규범적(normative) 측면에서 예상되는 영향들을 기술하도록 한다. 따라서 사회적 가치라는 용어보다는 효용으로 표현하고자 한다.

### 1. 건강 및 보건 문제

기후변화 및 이에 따른 기상재해로 인해 인류 사회가 가장 직접적으로 영향을 받을 수 있는 부분은 건강 및 보건 분야라고 할 수 있다. IPCC(2014)는 기후변화가 보건 분야에 미치는 영향을 <그림 2-12>와 같이 다각적인 경로를 통해 설명한다.

<그림 2-12> 기후변화와 공공보건



\* 출처: IPCC(2014) 중 'human health'를 재구성

이에 따르면 기후변화로 인해 환경, 인류 사회, 사회 시스템을 구성하는 체제 등이 직·간접적으로 영향을 받게 되고, 이는 곧 공공보건에 위협이 될 수 있음을 강조한다. 일례로 위의 그림에서 가장 큰 비중을 차지하는 '사회적 영향' 부분을 참조하면 기후변동성 심화로 인해 발생하는 홍수, 태풍, 폭염, 가뭄 등 기상재해는 인류 사회에 직접적인 위해요소로 작용할 수 있다. 일차적으로는 주거 및 산업시설이 파괴되는 물리적 피해가 우선적으로 발생하겠지만, 이차적으로는 전염성 질병 발생, 세균 및 바이러스 창궐, 모기나 파리 등의 해충 번식, 열사병 및 일사병 발생, 수원(水源) 오염으로 인한 식수 문제 등 인류 건강 및 보건 분야 피해가 추가적으로 따르게 된다(신호성, 2009). 아울러 간접적으로는 토양, 수질, 대기 등 환경오염이 심화될 수 있으며, 인류 사회를 위협할 수준의 질병이 장기적으로 창궐하여 사회 시스템을 마비시킬 수도 있다.

기후변화로 인한 건강 및 보건 분야 피해에 관해 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 2030~2050년 사이에 영양실조, 말라리아, 설사 및 열병 등으로 연간 약 25만 명의 사망자가 발생할 것이라 예상하고 있으며, 2030년까지 직접적인 건강 피해 비용이 연간 2~4억 달러 수준에 이를 것으로 추정하고 있다.<sup>14)</sup>

이러한 전망에서 기후변화 및 기상재해로 인한 인류 건강 및 보건 분야 피해를 고려할 때 장기예보의 역할은 갈수록 커질 것으로 기대된다. 장기예보가 건강 및 보건 문제를 직접적으로 해결할 수 있는 것은 아니지만 장기예보의 정확성이 제고될 경우, 예상되는 기상재해 및 보건 피해에 대비하여 면역 및 방역 실시, 백신 확보, 식수원 관리 및 확보, 의료 서비스 확대 등 전반적인 보건정책 시스템을 사전에 구축할 수 있기 때문이다.

더욱이 기후·기상재해로 인해 발생하는 건강 및 보건 분야 피해는 사회적 취약계층에 더 큰 피해를 야기할 수 있으므로 공공 보건 정책 및 복지 시스템에 대한 관리도 동반되어야 한다. 장기예보가 제공하는 정보가 부정확하거나 부재할 경우 보건 및 복지 당국은 갑자기 발생하는 기상재해에 대비할 역량이 부족하기 마련이다. 따라서 장기예보에 기반한 경보 체제가 구축되고 장기예보를 통해 정보가 지속적으로 업데이트된다면 관련 정책 담당자들은 장기적 관점에서 상존하는 리스크를 줄이는 대비책을 마련하여 안정적인 대응을 꾀할 수 있을 것이다.

## 2. 이주 및 난민 문제

앞서 기술한 건강 및 보건 문제와 함께 기후 및 기상재해가 야기하는 사회적 문제로 심각한 것은 이주 및 난민 문제를 들 수 있다. Greenpeace(2007)는 기후변화로 인해 난민 및 이주문제가 심화될 것이라 전망하며 그 원인으로 다음과 같은 두 가지 요인을 제시하고 있다. 첫째, 기상재해를 포함한 자연재

14) <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>

해이다. 홍수나 태풍은 전통적으로 수재민을 발생시키는 기상요인이며, 이와 동반하여 발생하는 산사태, 고온 현상으로 인한 자연발화를 포함한 산불 등 자연재해는 재해 발생 전·후로 주민들이 해당 지역을 이주하게 하거나 피해에 취약한 계층으로 하여금 난민이 되게 한다. 둘째, 직접적인 자연재해는 아니더라도 점진적인 환경 변화가 이루어지는 경우이다. 기후변화가 지속될 경우 해수면이 상승하거나 가뭄 및 폭염이 장기화될 수 있는데, 이 경우 기존 토양 및 수자원의 성질을 변화시키거나 생태계가 교란되는 등 환경이 변화되어 거주민들이 생존 및 생산 활동이 불가능해져 다른 지역으로 이주해야 할 수 있다. [표 2-2]에는 상기 요인으로 발생한 대표적인 이주 사례들이 정리되어 있다.

[표 2-2] 기후변화와 이주 및 난민문제

국가	이주 원인	이주 규모
방글라데시	다양한 자연재해로 많은 이주민 발생	거의 대부분 지역이 해발 1미터에 위치 2007년 대홍수로 56명 사망, 325명 강제이주
태평양 섬 국가들	토양약화와 수자원의 염수화(바닷물화)	가장 높은 지점이 해발 5미터 미만 대부분 지역이 2미터 미만 홍수발생 위험이 매우 높음
아프가니스탄	폭우와 온난화로 인한 홍수와 산사태	온난화로 빙하가 녹으며 홍수와 산사태를 야기 결과적으로 농업 및 국가하부구조를 파괴함
미국	해수면 상승 및 허리케인	2005년 허리케인 카트리나로 400명이 강제이주 2012년 허리케인 샌디로 776,000명이 강제이주

\* 출처: Greenpeace(2007)을 재구성

특히 이러한 피해는 선진국보다 개발도상국에서 그 규모가 더욱 크게 발생하는 경향이 있다. 국제이주기구(International Organization for Migration, IOM)에 따르면 기후변화로 인한 기후 변동성 심화로 지난 30년 동안 폭풍, 가뭄, 홍수 등이 약 3배가량 늘었으며 그 피해가 개발도상국에 더 치명적인 영향을 미쳤다고 분석하고 있다. 일례로 2008년 한 해 동안 전쟁, 분쟁과 같은 정치적 이유로 이민 및 난민이 발생한 수는 약 460만 명으로 추산되지만 같은 시기 자연재해로 인해 발생한 이민 및 난민 규모는 2천만 명에 달하는 것으로 파악되었다.<sup>15)</sup> 아울러 지난 30년 동안의 가뭄은 16억 명에게 영향을 미쳤으며 추후에도 2050년까지 2,500만~2억의 인구가 환경적 요인으로 이민자가 될 것이라고 전망하고 있다(Greenpeace, 2007).

이러한 상황 역시 장기예보의 중요성을 더욱 부각시키는데 일조할 것으로 예상된다. 이는 앞서 건강 및 보험 분야 영향에서도 기술한 바와 유사한데, 이주 및 난민이 갑작스럽게 발생할 경우 그 사후대책과 규모는 단순히 지역사회를 넘어 국제분쟁으로까지 야기될 수 있을 정도로 더 심각한 수준일 것이므로 장기예보의 중요성이 더욱 강조된다. 즉 장기예보의 정확성 제고를 통해 장기적으로 정확한 기상정

15) <https://www.iom.int/migration-and-climate-change-0>

보를 제공할 경우 이주 및 난민으로 예상되는 사회적 손실을 완화시킬 수 있는 사회안전망 구축이 용이해질 수 있다. 가령 지속되는 가뭄이 예보될 경우 해당지역에 식수를 공급하거나 용수를 확보하는 등 수자원 관리가 가능한 토목공사 계획을 세운다거나 홍수, 태풍 등이 예상되는 경우 갑작스런 이주 및 난민 발생으로 인한 사회적 혼란을 줄일 수 있는 시스템을 사전에 구축할 수 있는 시간을 확보할 수도 있다. 물론 이러한 시스템이란 이주민 및 난민을 수용할 수 있는 토지나 시설 확보와 같은 물리적 시스템뿐만 아니라 이주로 인한 스트레스를 완화하거나 추후 발생할 수 있는 사회적 갈등을 미연에 방지할 수 있는 제도적 시스템을 모두 포함한다.

요컨대 장기예보가 제공하는 정보 자체가 이주 및 난민 문제를 직접적으로 해결하는 것은 아니지만, 이를 담당하는 정책 입안자나 지역사회, 나아가 국제 협력기구 등이 장기적 관점에서 충분한 시간을 갖고 물리적 및 제도적 시스템을 구축할 수 있도록 시간을 확보할 수 있도록 기여할 수 있다. 즉 장기예보로 인한 정보는 일종의 공공재 기능을 함으로써 기후 및 기상재해로 인해 지역사회, 나아가 국경을 초월한 범위에 걸쳐 야기될 수 있는 사회적 갈등을 완화시키는데 일조한다고 할 수 있다.

### 제3절 4차 산업혁명과 사회적 변화

#### 1. 4차 산업혁명 개념

최근 들어 4차 산업혁명이란 용어가 국내외에서 주요한 화두로 부상하고 있다. 주요국가의 정책 설정과 국가비전에서도 중요하게 다루어지고 있으나 4차 산업혁명의 개념은 아직 명확하게 정의되어 있지는 않다. 4차 산업혁명 개념은 독일 제조업 혁신정책 Industry 4.0에서 4차 산업혁명이란 용어가 처음 언급된 이후 2016년 세계경제포럼(WEF)의 중점적으로 다루어지면서 주목을 받기 시작했다.

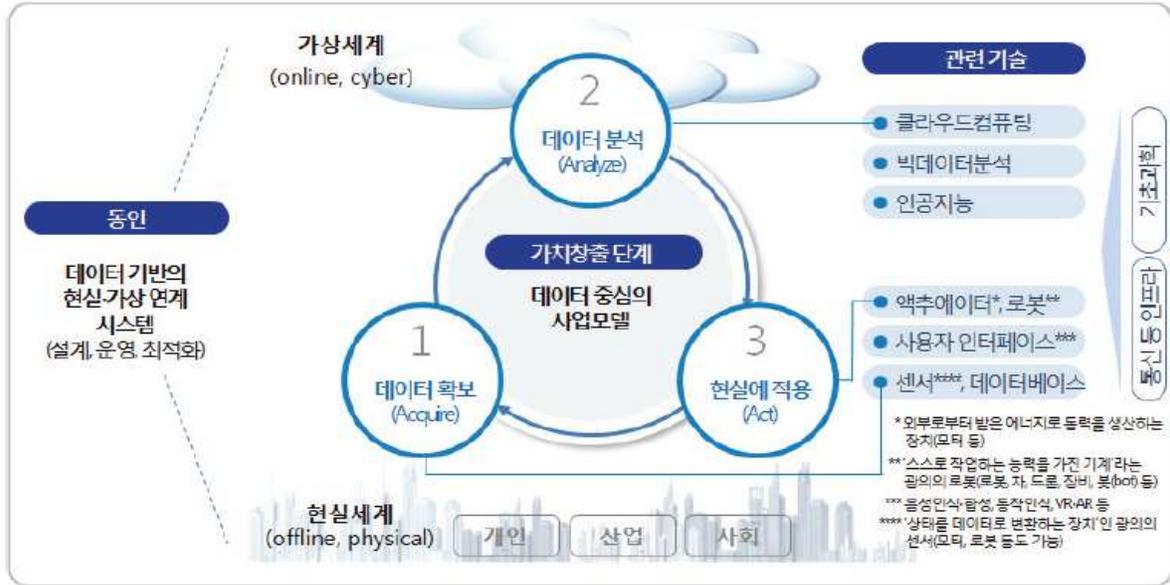
다양한 연구에서 4차 산업혁명을 각 연구의 목적과 취지에 적합하게 정의하고 있다. 최병삼 외(2017)는 제4차 산업혁명은 ‘데이터 기반의 현실가상 연계 시스템’에 의해 구현되며 데이터 확보, 분석, 적용의 3단계로 가치를 창출하는 것으로 정의했다. 기존 산업혁명은 범용기술(general purpose technology)을 특정 단위기술로 정의할 수 있었으나 4차 산업혁명은 1, 2차 산업의 현실세계 혁신과 3차의 가상세계 혁신을 결합하는 혁신의 성격이 강한 것으로 분석했다. 1차의 기계식 생산설비와 2차의 전기 동력 기반 대량생산시스템이 3차의 ICT 기반 자동화 기술과 융합되어 제조업 뿐 아니라 전 산업에서 데이터 기반의 지능화가 확산될 것으로 예상된다.

4차 산업혁명과 미래사회 변화를 주도하는 기술에는 여러 가지가 존재하지만 주로 ICBM<sup>16)</sup>, 인공지능(AI), 로봇(Robot)기술 등이 공통적으로 언급되고 있다.

거시적인 트렌드 관점에서 보면 4차 산업혁명의 기술 동인은 1970년대부터 시작된 디지털 전환(Digital Transformation)의 심화된 형태로 보는 것이 타당하다. 산업과 사회의 각 부문이 디지털화되어 생산성 향상, 비즈니스 모델 혁신, 소비자 편익 증대가 일어나는 현상을 의미한다.

16) 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 모바일(Mobile)을 의미.

<그림 2-13> 4차 산업혁명의 동인, 가치창출 단계 및 관련 기술



\* 출처: 최병삼 외(2017.6). 제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제. STEPI Insight215호, 과학기술정책연구원

[표 2-3] 기관별 4차 산업혁명 추동기술 정의

출처	4차 산업혁명 추동 기술	특징	
Klaus Schwab (2015)	· 인공지능 · 로봇틱스 · 사물인터넷 · 자율주행차 · 3D 프린팅	· 나노기술 · 바이오기술 · 재료과학 · 에너지저장 · 양자컴퓨팅	최신 ICT 기술들과 함께 바이오, 소재, 에너지 관련 기술을 총망라
Boston Consulting Group (2017)	· 로봇틱스 · 산업인터넷 · 시뮬레이션 · 클라우드/사이버보안	· 적층 제조 · 증강현실 · 빅데이터 분석 · 수평/수직통합	제조혁신 관점의 미래 기술에 초점
한국은행(2016)	· 인공지능 · 빅데이터	· 로봇공학 · 사물인터넷 · 3D 프린팅	최신 ICT 기술 중심
정보통신기술진흥센터(2016)	· 인공지능 · 빅데이터	· CPS · 사물인터넷	최신 ICT 기술 중심이며 CPS를 별도 기술로 구분
관계부처 합동(2016)	· 인공지능 · 사물인터넷	· 모바일 · 클라우드 · 빅데이터	기존 ICBM에 인공지능을 추가

\* 출처: STEPI 내부자료 참고

## 2. 사회적 변화

4차 산업혁명은 광범위하게 진행되는 변화로써 우리 사회모습을 커다랗게 변화시킬 가능성이 높다. 경제·산업·교육·문화 등 각 분야별로 4차 산업혁명의 영향을 받아 다양한 모습의 변화가 일어나겠지만 이번 절에서는 기후와 관련이 높은 분야를 중심으로 그 영향에 대해 살펴보고자 한다.

4차 산업혁명으로 인해 특히 사회 인프라의 변화가능성과 그 변화정도가 매우 높다는 것이 주요 전문가의 의견이다. 앞으로 자율주행차, 스마트그리드의 보급이 확산되어 이와 관련된 교통체계, 도시 구조, 에너지 시스템 등이 전환될 전망이다.

자율주행차의 보급이 대폭 확대될 경우 교통사고 및 혼잡, 에너지 사용, 대기오염 등을 감소시키고 장기적으로 도시 구조를 변화시킬 것이다. 교통사고 원인의 89%가 운전자 과실에 기인하고 고령화에 따른 고령운전자의 사고증가가 사회적 이슈로 떠오르고 있다. 신호등 같은 도로시설물을 변화시키고 자율자동차가 이전보다 먼 거리를 더욱 빠르고 편리하게 이동할 수 있으므로 장기적으로 도시 확산(Urban Sprawl)이 가속화될 것이다.

에너지 부분은 화석에너지 중심의 중앙 집중형에서 재생에너지 중심의 분산형으로 에너지시스템의 전환을 촉진할 전망이다. 공급 측면에서는 스마트그리드, VPP(virtual power plant) 등을 통해 간헐성에 의해 변동성이 높은 재생에너지와 같은 분산자원의 기술적 통합과 안정적인 운영이 가능할 것으로 본다. 수요 측면에서는 공급자와 수요자 간 양방향 정보교환이 가능해지고 빅데이터 분석을 통해 수요 반응 자원량을 예측하고 실시간 모니터링과 자율적 제어가 가능할 것이다.

4차 산업혁명으로 인해 업종간 융합이 가속화되고 새로운 기술을 바탕으로 한 새로운 서비스 출현이 가능하다. 기존산업에 ICT 신기술이 접목되며 새로운 융합산업이 출현될 전망이다. 4차 산업혁명의 핵심요소인 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등의 ICT 신기술이 산업간 융합을 촉진하고 특히 기상기후 분야에서도 새로운 융합시도가 일어날 것이다.

## 제3장



# 국내외 장기예보 현황 조사 및 분석

제1절 주요국의 장기 예보 현황 조사·분석

제2절 국내 장기예보 현황 조사·분석

## ■ 제3장 | 국내외 장기예보 현황 조사 및 분석

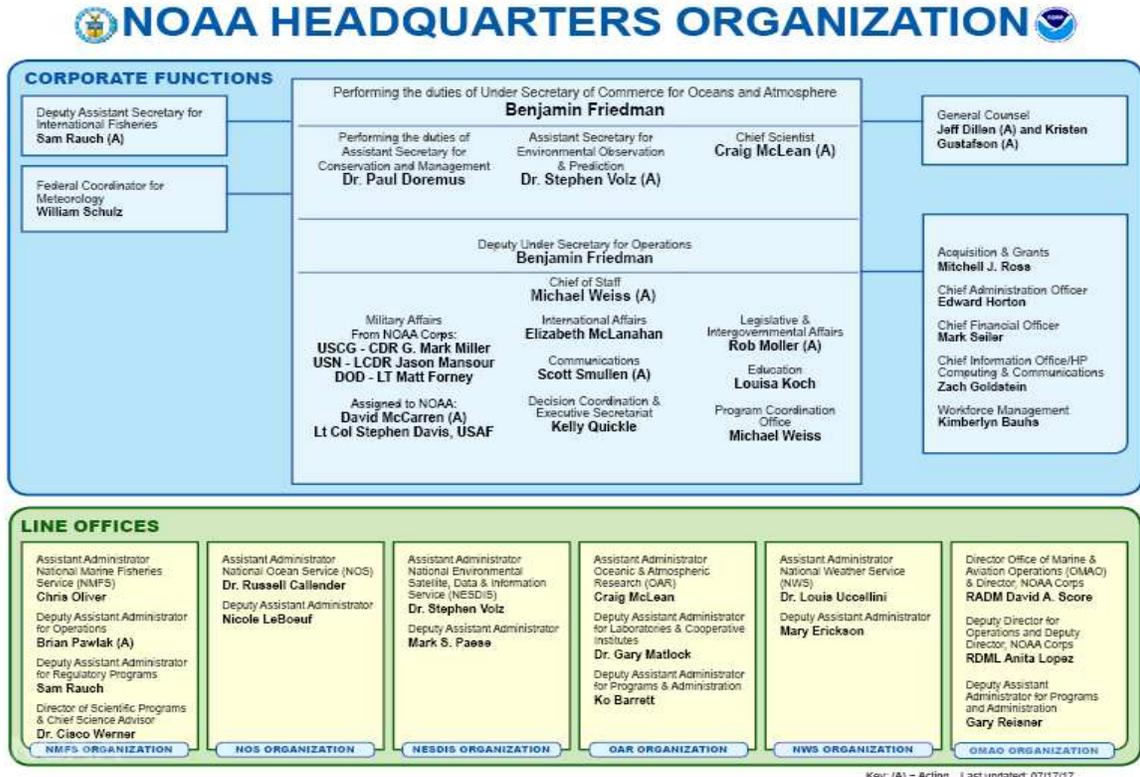
### 제1절 주요국의 장기예보 현황 조사·분석

#### 1. 미국의 장기예보 현황 조사·분석

##### 1) 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황

미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, 이하 “NOAA”라고 함)은 미 상무부(United States Department of Commerce) 산하의 연방행정기관으로, 연안 및 해양생태계와 자원을 보존·관리하고, 관련 지식 및 정보를 공유하기 위하여 기후, 날씨, 해양 및 해안의 변화를 연구·예측하고 있다. NOAA는 1807년 미국 해양측량조사청(U.S. Coast and Geodetic Survey)이 설립된 이래 1870년 설립된 기상청(Weather Bureau)과 1871년 설립된 수산위원회(U.S. Commission of Fish and Fisheries)이 통합되어 출범되었다. NOAA의 산하 기관에는 환경위성자료정보청(National Environmental Satellite, Data and Information Service,), 수산청(National Marine Fisheries Service), 해양청(National Ocean Service), 기상청(National Weather Service), 해양항공운영부(Office of Marine and Aviation Operations), 해양대기연구소(Office of Oceanic and Atmospheric Research)가 있다.

<그림 3-1> 미국 해양대기청 본부의 조직 현황



\* 출처: 미국 해양대기청 홈페이지 참조

미국 기상청은 NOAA 산하의 연방부속기관으로, 주요 기능은 ① 연방 및 주 정부, 기업, 일반 국민에 대한 기상정보 제공, ② 정부 부처의 정책 수립에 필요한 농업, 식량, 수자원 관리 등에 대한 정보 제공, ③ 국제 조약 및 협력에 의한 전 지구적 모니터링 및 예측 관련 정보 제공, ④ 과거, 현재 및 미래 날씨에 대한 정보 제공 등이다.<sup>17)</sup> 기상청 본부는 메릴랜드 주 실버스프링에 위치하고 있으며, 지역별 기상 관측 업무를 총괄하는 지역 본부는 미주리 주의 캔자스시티(중부 지역), 뉴욕 주의 보헤미아(동부 지역), 텍사스 주의 포트워스(남부 지역), 유타 주의 솔트레이크시티(서부 지역), 알래스카의 앵커리지(알래스카 지역), 하와이의 호놀룰루(태평양 지역)에 위치하여 지역기상서비스 총괄 및 계획·정책 관련 조정 업무를 담당하고 있다.

17) 한국기상산업진흥원, 글로벌 기상기후산업 정책 및 시장 동향 조사, 2014, 7면.

<그림 3-2> 미국 기상청 지역 본부의 위치

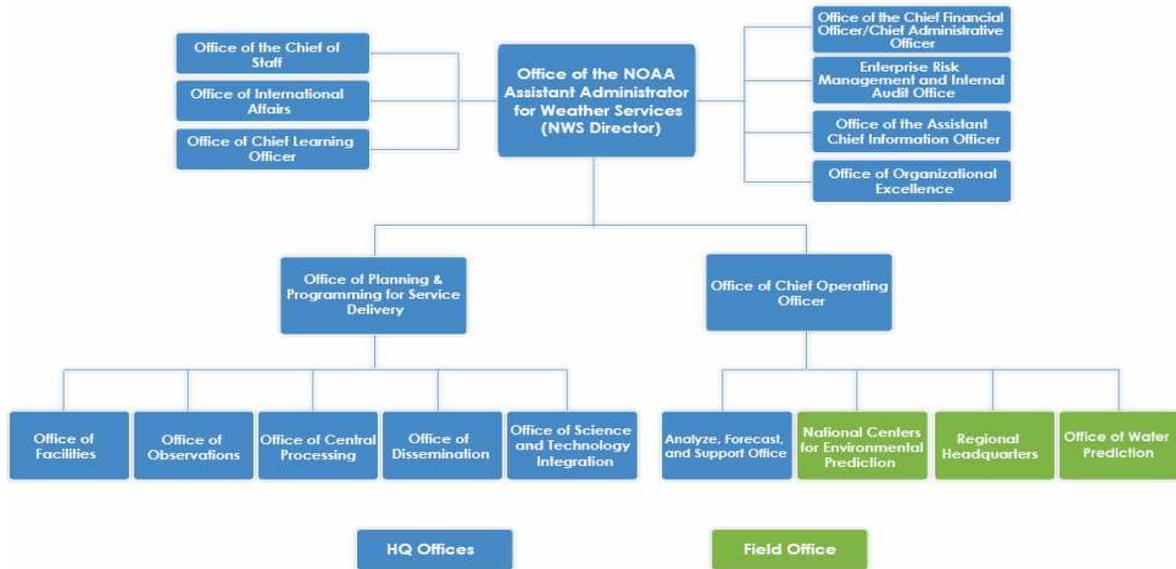


\* 출처: 미국 기상청 홈페이지 참조.

이 중 국립센터에는 국립환경예측센터(National Centers for Environmental Prediction, 이하 “NCEP”라고 함), 수리정보센터(Hydrologic Information Center), 국립데이터부이센터(National Data Buoy Center), 수문원격계측탐지센터(National Operational Hydrologic Remote Sensing Center), Telecommunications Operations Center, NOAA/NWS 교육센터(NOAA/NWS Training Center)가 있다. NCEP는 기후, 날씨, 태풍, 해양 등의 예측과 모델링 등의 업무를 수행하며 주요 업무는 태양 모니터링, 예측 및 경보, 기후 예측 및 엘니뇨·라니냐 예측, 7일 간의 날씨 예보 및 허리케인, 위험기상, 눈보라, 산불 발생 등 예보, 항공기상 예보 및 경보, 연근해 및 외해기상 예보 및 경보 등이다.<sup>18)</sup>

18) 목진용·김경신·이호춘, 해양 분야 기상정보 활용도 제고 방안 연구, 한국해양수산개발원, 2013, 74면.

<그림 3-3> 미국 기상청의 조직 구조



\* 출처: 미국 기상청 홈페이지 참조.

NCEP는 산하 기관으로 NCEP 본부(NCEP Central Operations Center), 환경모델링센터(Environmental Modeling Center), 날씨예보센터(Weather Prediction Center), 해양예보센터(Ocean Prediction Center), CPC, 항공기상센터(Aviation Weather Center), 태풍예보센터(Storm Prediction Center), 국립허리케인센터(National Hurricane Center), 우주기상예측센터(Space Weather Prediction Center)의 9개 센터 조직을 두고 있으며, 각 센터는 기후, 해양, 태풍, 우주 등 특화된 분야의 기상 관련 업무를 담당하고 있다. 이 중 환경모델링센터는 데이터 동화 및 모델링에 대한 광범위한 연구개발 프로그램을 통해 NCEP의 날씨, 해양, 기후의 수치적 예측 능력을 향상시키며, NCEP의 예보 임무를 지원하기 위해 데이터 동화 시스템과 대기·해양·지표 모델 및 결합 시스템을 개발·향상 및 모니터링 하고 있다. 수문기상예보센터(Hydrometeorological Prediction Center)에서는 정량적 강우예보(Quantitative Precipitation Forecasts), 하천 홍수 전망(Significant River Flood Outlook)과 같이 기상 및 수문을 통합적으로 운영하고 있으며, 3~7일 예보 및 초과 강우, 홍수 전망, 열 지수 등의 자료를 제공하고 있다. 특히, CPC는 기후변동에 대한 예측, 전 지구적 기후시스템의 모니터링, 현재의 기후 이상 및 추세를 예측하기 위한 데이터베이스의 개발, 기후시스템의 기원과 연결성에 대한 분석·평가로 구성된 기후서비스를 제공하며, NOAA의 구성 조직과 협력하여 물리적인 기후시스템에 대한 분석 및 예측, 모니터링의 개선을 위한 모델 진단 및 연구에 참여하고 있다.

또한, 미국 연방정부기관 내 기상 분야의 시스템적 조정을 수행하는 연방기상조정국(Office of the Federal Coordinator for Meteorology)에 따르면, 2016년 기상 분야 총 예산(운영 예산, 연구개발 지원 예산 포함)은 5,325,010천 달러이며, 운영 예산 및 연구개발 예산 모두 2015년에 비해 증액되었다. 이

중 NOAA의 2016년 예산은 총 3,710,597천 달러(운영 예산 3,494,335천 달러, 연구개발 지원 예산 216,262천 달러)로 이는 2016년 기상 분야 총 예산의 69.7%에 해당한다.

[표 3-1] 미국의 부처별 기상 관련 예산 현황

부 처 명	운영 예산		연구개발 지원 예산		합 계	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
농림부	20,100	19,951	54,909	55,169	75,009	75,120
해양대기청	3,332,491	3,494,335	191,793	216,262	3,524,284	3,710,597
- 국립기상청(NWS)	1,072,460	1,076,765	14,993	22,113	1,087,453	1,098,878
- 환경위성정보청(NESDIS)	2,197,144	2,353,311	26,000	26,316	2,223,144	2,379,627
- 해양대기연구소(OAR)	0	0	150,800	167,833	150,800	167,833
- 국립해양청(NOS)	31,287	31,966	0	0	31,287	31,966
- 해양항공운영부(OMAO)	31,600	32,293	0	0	31,600	32,293
국방부	237,584	230,759	50,757	64,014	288,341	294,773
국토안보부	29,887	29,970	0	0	29,887	29,970
내무부	68,791	69,983	1,676	2,336	70,467	72,319
교통부	336,223	346,641	26,260	29,769	362,483	376,410
환경보호청	0	0	6,430	6,690	6,430	6,690
항공우주국	1,973	2,035	536,909	616,465	538,882	618,500
원자력규제위원회	337	480	1,390	1,390	1,727	1,870
에너지부	0	0	0	0	0	0
국무부	2,800	2,800	0	0	2,800	2,800
스미소니언	15	0	55	70	70	70
국립과학재단	0	0	129,791	135,891	129,791	135,891
합 계	4,030,201	4,196,954	999,970	1,128,056	5,030,171	5,325,010

\* 출처: The Federal Plan for Meteorological Services and Supporting Research, OFCM, 2015, 1-25.

## 2) 기후예측센터(Climat Prediction Center)의 현황

### (1) 설립 배경 및 주요 임무

CPC는 NOAA 내 NCEP 산하 기관으로, 1980년대 기후분석센터(CAC)에서 시작되었으며, 기후위험을 효과적으로 관리하고 기후회복적인 사회를 촉진하기 위하여 기후변화를 예측·설명하는 실시간 정보를 제공한다. CPC의 주요 업무는 기후 예측(Climat Prediction), 기후 모니터링(Climat Monitoring), 기후 평가(Climat Assessment)이다.

[표 3-2] 미국 기후예측센터의 주요 업무

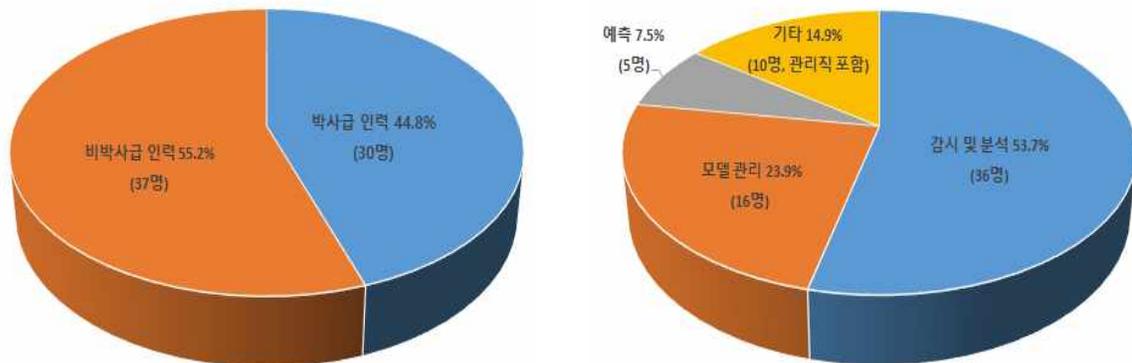
구분	주요 내용
기후 예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6~10일 간, 8~14일 간의 기온 및 강수량 전망</li> <li>- 3~14일 간 미국 및 전 세계 열대 지역의 기상 위험예측</li> <li>- 월별, 계절별 기온 및 강수량 전망</li> <li>- 가뭄 전망, 대서양 및 동태평양 지역의 허리케인 전망</li> <li>- 월간 엘니뇨-남방진동 예측</li> </ul>
기후 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후 변동의 주요 유형(엘니뇨-남방진동, 매든-줄리안 진동, 북극진동, 북대서양진동 등)</li> <li>- 대류권과 성층권의 대기 순환</li> <li>- 폭풍 진로 추적 및 몬순 데이터</li> <li>- 전 세계 및 연안의 해양 상태</li> </ul>
기후 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후 진단 게시판 운영</li> <li>- 주간 ENSO, MJO, 몬순 등</li> <li>- 계절별 기후 요약 및 특별 기후 예측 제공</li> <li>- 연간 기후 평가</li> </ul>

\* 출처: 목진용·김경신·이호춘, 앞의 보고서, 77~78면 참조.

## (2) 조직 및 인력 운용 현황

CPC는 크게 예측 부서(Operational Prediction Branch)와 모니터링 부서(Operational Monitoring Branch)로 구성되어 있으며, 인력은 2017년 8월 기준으로 총 67명이다. CPC의 인력은 박사급이 30명(44.8%), 비박사급이 37명(55.2%)이고, 업무별로는 감시 및 분석 36명(53.7%), 모델 관리 16명(23.9%), 예측 5명(7.5%), 기타 10명(14.9%, 관리직 및 프로젝트성 업무 담당자 포함)으로 구성되어 있으며, 특히 감시 및 분석 부문에 가장 많은 인력이 배치되어 있다.

<그림 3-4> 미국 기후예측센터의 인력 구성 ①



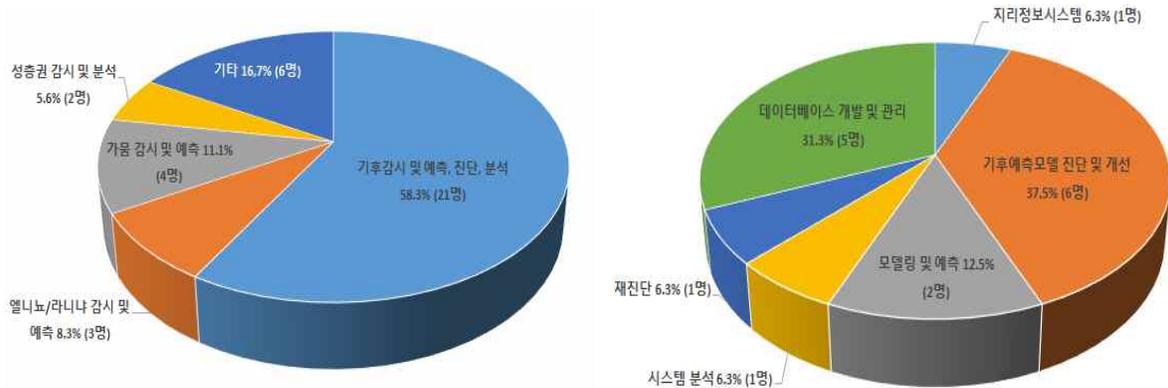
[박사급/비박사급 인력 구성]

[업무별 인력 구성]

\* 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지에 게시된 인력 현황을 바탕으로 작성

CPC 전체 인력의 77.6%를 차지하는 감시 및 분석 부문과 모델 관리 부문 인력의 구성 현황을 보다 상세히 분석해보면, 매우 다양하고, 세분화된 전문분야의 인력으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 인력 비중을 살펴보면, 감시 및 분석 부문은 기후 감시 및 예측, 진단, 분석 21명(58.3%), 기타 6명(16.7%),<sup>19)</sup> 가뭄 감시 및 예측 4명(11.1%), 엘니뇨/라니냐 감시 및 예측 3명(8.3%), 성층권 감시 및 분석 2명(5.6%) 순으로 나타났으며, 모델 관리 부문은 기후예측모델 진단 및 개선 6명(37.5%), 데이터베이스 개발 및 관리 5명(31.3%), 모델링 및 예측 2명(12.5%), 지리정보시스템 1명(6.3%), 시스템 분석 1명(6.3%), 재진단 1명(6.3%)의 순으로 조사되었다.

<그림 3-5> 미국 기후예측센터의 인력 구성 ②



[감시 및 분석 부문의 세부 인력 구성]

[모델 관리 부문의 세부 인력 구성]

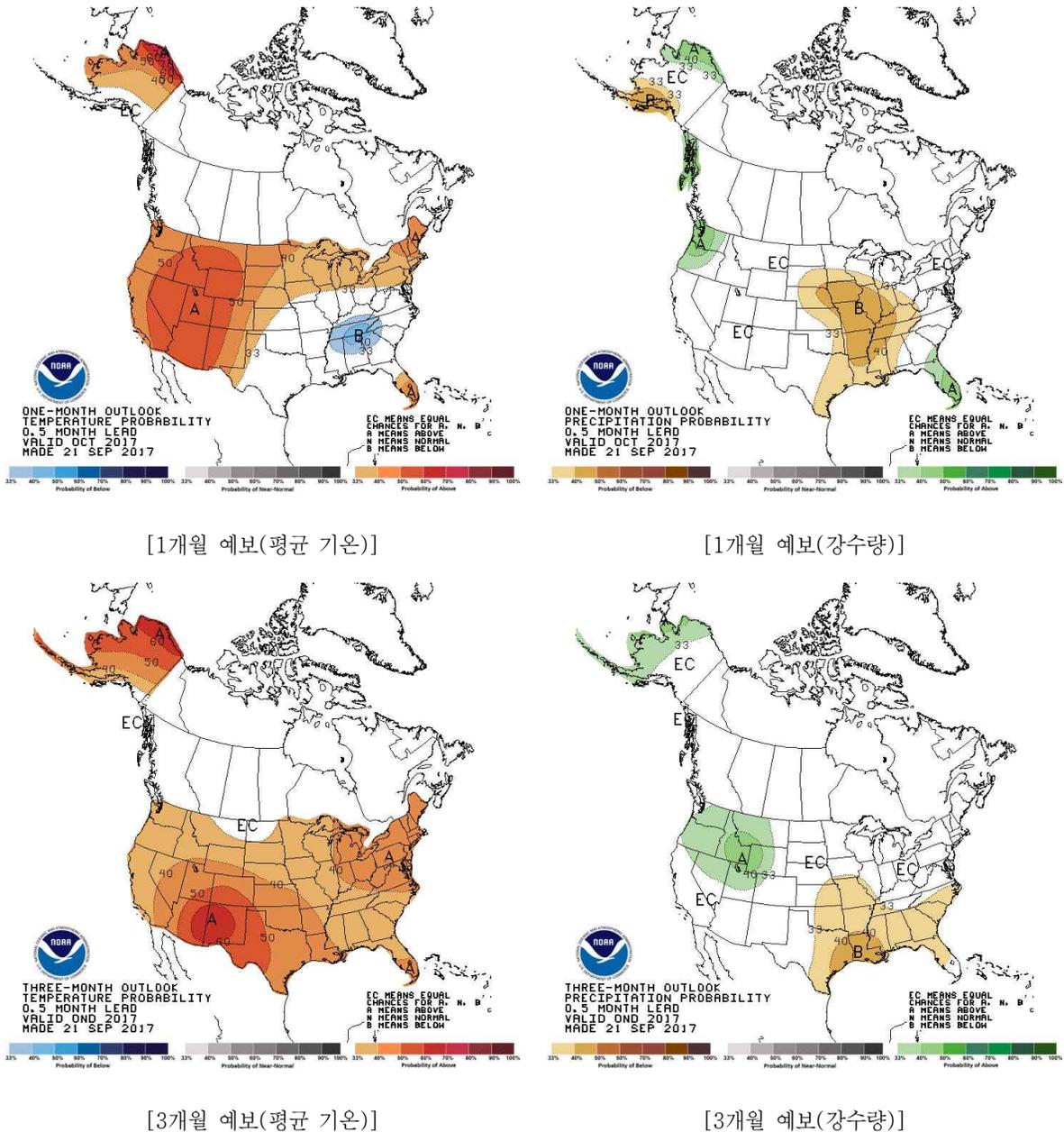
\* 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지에 게시된 인력 현황을 바탕으로 작성

### (3) 장기예보 관련 생산 정보 및 제공 방식

CPC에서는 8~14일 기온, 1개월 평균 기온 및 3개월 평균 기온을 예보한다. 1개월 예보는 매월 셋째 주 목요일(15~21일 사이) 오전 8시 30분경 기온 및 강수량 예보를 발표하며, 3개월 예보는 예보가 발표된 달의 다음 달부터 3개월간의 평균 기온과 강수량 예보를 제공하고 있다. Above(A), Below(B), Equal Chance(EC)의 3분위 확률예보로 나타내는데, A와 B의 합은 100%가 되며, 두 범주 모두 확률값이 50% 이하인 경우에는 EC로 구분하고 있다. 50%를 초과하는 확률 값의 경우에만 색으로 표시하여 강조하고 있으며, 기온이 평년보다 높을 것으로 예상되는 지역은 적색, 낮을 가능성이 큰 지역은 청색으로, 강수량이 평년보다 많을 것으로 예상되는 지역은 녹색, 적을 가능성이 높은 지역은 황갈색으로 표시하고 있다.

19) 여기에는 허리케인/열대폭풍 예측, 해양 감시, 북극 해빙 예측, 지표면 관측, 위험 평가, 연안재해 취약성 평가가 포함된다.

<그림 3-6> 미국 기후예측센터의 1개월 및 3개월 예보 제공 방식



[1개월 예보(평균 기온)]

[1개월 예보(강수량)]

[3개월 예보(평균 기온)]

[3개월 예보(강수량)]

※ 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지 참조

#### (4) 기후 관련 생산 정보 및 제공 방식

CPC는 날씨에 영향을 미치는 대기 및 해양 현상으로 엘니뇨<sup>20)</sup>-남방진동(El Niño-Southern Oscillation, 이하 “ENSO”라고 함),<sup>21)</sup> 매든-줄리안 진동(Madden-Julian Oscillation, 이하 “MJO”라고

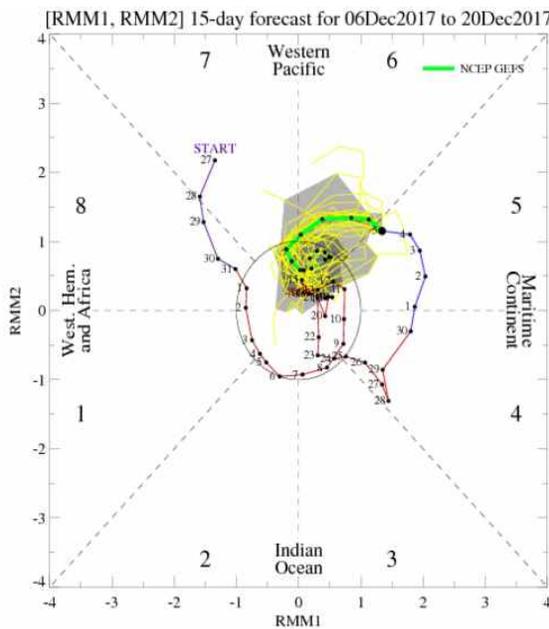
20) 엘니뇨(El Niño)는 중태평양에서 남미 해안에 이르는 열대 중-동태평양에서의 해수면 온도가 평년보다 높은(낮은) 상태로 지속 되는 현상이다. 기상청, 장기예보 업무 편람, 2015, 25면.

21) 엘니뇨-남방진동(El Niño-Southern Oscillation)은 수년에 1회 정도 준주기적으로 열대 태평양 주로 남태평양과 인도양에서

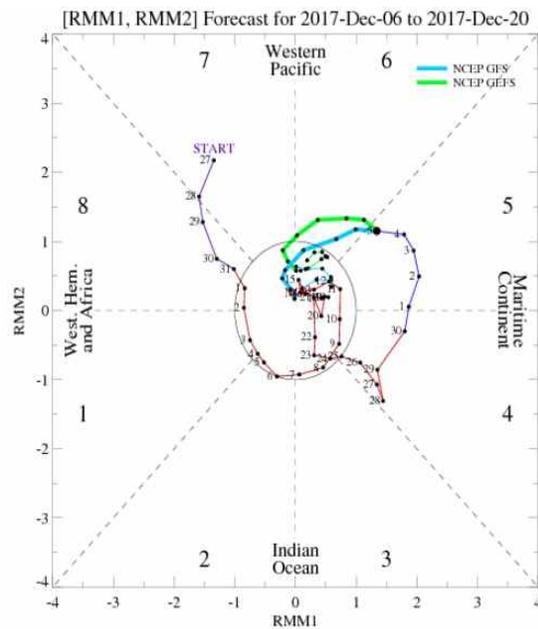
함),<sup>22)</sup> 원격상관(Teleconnections),<sup>23)</sup> 블로킹(Blocking), 폭풍우 경로(Storm Tracks) 등 기후 현상과 기상 간의 연관성을 감시·예측·평가하고, 홈페이지에 애니메이션 또는 지도 형식으로 정보를 제공하고 있다. ENSO와 관련하여, CPC는 현재 상태, 과거 정보, 앞으로의 전망을 제공하고 있으며, 엘니뇨 감시구역(열대 태평양 Nino3.4 지역: 5°S~5°N, 170°W~120°W)에서 3개월 이동 평균한 해수면온도의 편차가 0.5°C 이상 (-0.5°C 이하) 나타나는 달이 5개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨(라니냐) 발달의 시작으로 분석하고 있다.<sup>24)</sup>

MJO의 경우, MJO 지수(5일, 15일 기준), 지구 장파 복사량(Outgoing Longwave Radiation), 800hPa/200hPa 열대바람 등의 현재 상태 및 예측 자료를 홈페이지에 그래픽으로 제공하고 있다. 예측 정보로는 MJO 활동에 대한 양상블 GFS, 고해상도 GFS, GEF 지구장파복사량 지도, MJO에 대한 분석 결과, 200hPa 속도포텐셜(Velocity Potential) 전망 등의 정보를 홈페이지에 제공하고 있다.

<그림 3-7> 미국 기후예측센터의 MJO 전망 정보 제공 방식



[양상블 GFS 전망]



[고해상도 GFS 전망]

※ 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지 참조.

대규모의 기압이나 해면수온의 편차 패턴이 발생하는 것을 말한다.

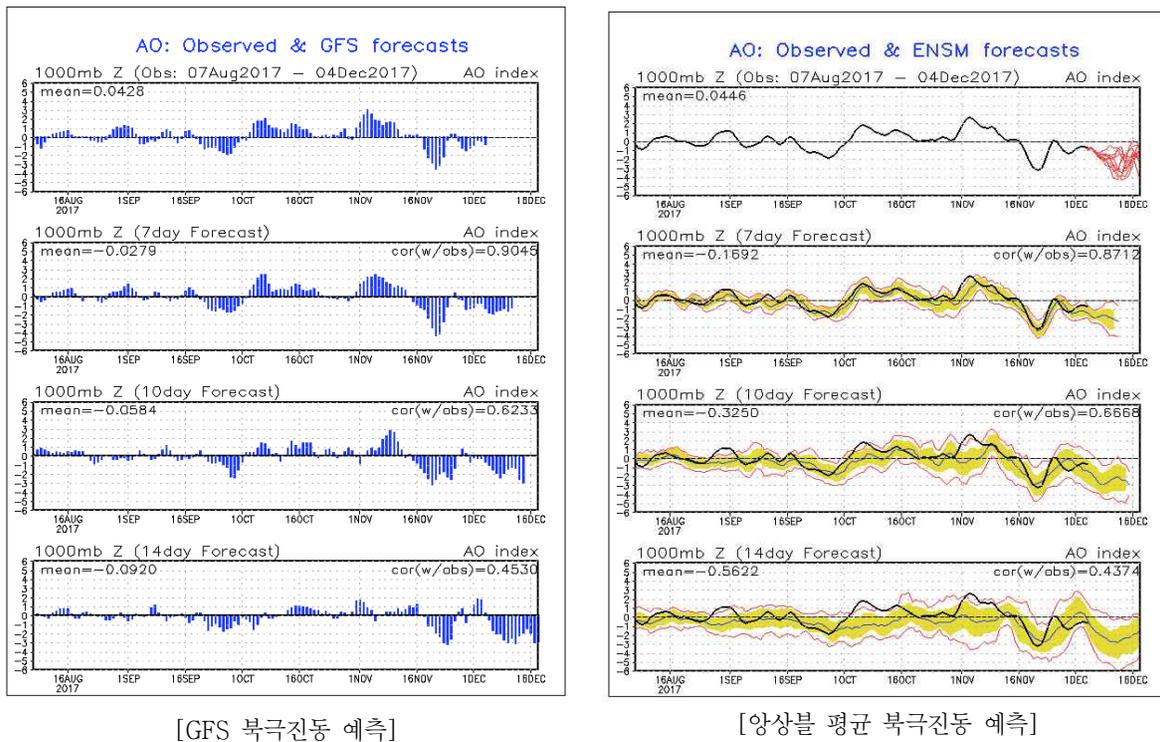
22) 매든-줄리안 진동(Madden-Julian Oscillation)은 전 지구적으로 열대지역에서 발생하는 계절적 기상진동 또는 계절과동이다.

23) 원격상관(Teleconnections)은 어느 지역의 기후변동이 다른 지역의 변동과 관련되어 나타나는 현상으로, 남방진동이나 ENSO에 의해 영향을 받는다고 알려진 PNA 패턴(Pacific-North American Pattern)을 예로 들 수 있다. 최신대기과학용어사전 참조.

24) 기상청, 앞의 책, 25면.

원격상관과 관련해서는 북극진동(Arctic Oscillation),<sup>25)</sup> 북대서양 진동(North Atlantic Oscillation), 태평양-북미형(Pacific-North American Pattern)에 대한 예측 정보를 제공하고 있다. 먼저, 일일 북극진동 지수는 지난 120일에 대해 표시되며, 지표는 1979년부터 2000년까지 관찰된 월간 북극진동 지수의 표준 편차로 조정된 수치이다. 각 그림의 왼쪽 위 및 오른쪽 구석의 값은 북극진동 지수의 평균값, 관측치 및 예측치 간의 상관 계수를 나타내고 있다.

<그림 3-8> 미국 기후예측센터의 북극진동 정보 제공 방식

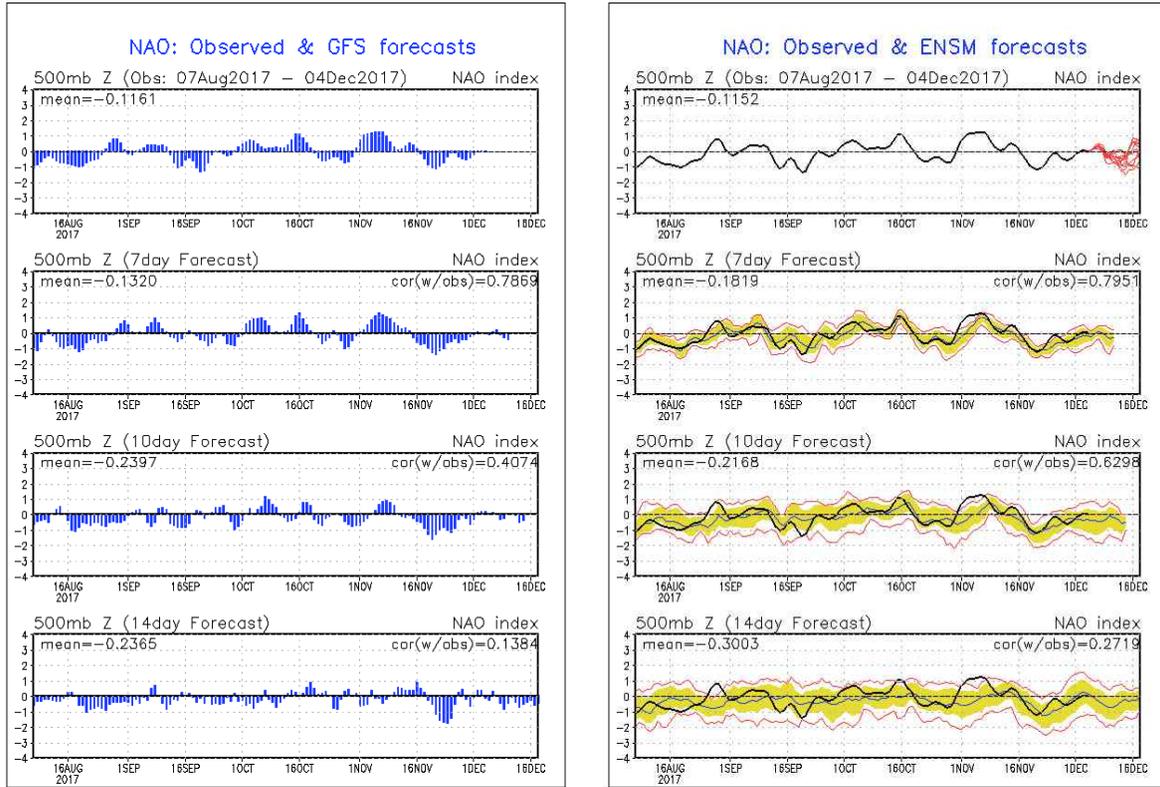


※ 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지 참조.

또한, 일일 북대서양 진동 지수는 이전의 120일 동안 표시되며 일별 북극진동 지수에 대한 GFS 예측치가 시계열에 추가된다. 지표는 1950년부터 2000년까지 관찰된 월별 북극진동 지수의 표준 편차이며, 예측된 시계열에 3일간의 평균이 적용된다. 북극진동과 마찬가지로, 각 그림의 왼쪽 상단과 오른쪽 모서리의 값은 북대서양 진동 지수의 평균값, 관측치 및 예측치 간의 상관 계수를 나타낸다. 첫 번째 그래프는 관찰 마지막 날(빨간색 선)부터 시작하여 11개의 MRF 앙상블 멤버 각각으로부터 관찰된 북대서양 진동 지수(검정색 선) 및 예측된 지수를 나타내고 있으며, 앙상블 평균 예측은 11개의 MRF 앙상블 구성 요소(파란색 선)를 평균한 값이다.

25) 북극진동(Arctic Oscillation)은 북극 주변을 돌고 있는 찬 공기 소용돌이가 수십 일 또는 수십 년 주기로 강약을 되풀이하는 현상으로 북반구 겨울철 기후를 지배하는 중요한 인자 중의 하나이다. 기상청, 앞의 책, 36면.

<그림 3-9> 미국 기후예측센터의 북대서양 진동 정보 제공 방식

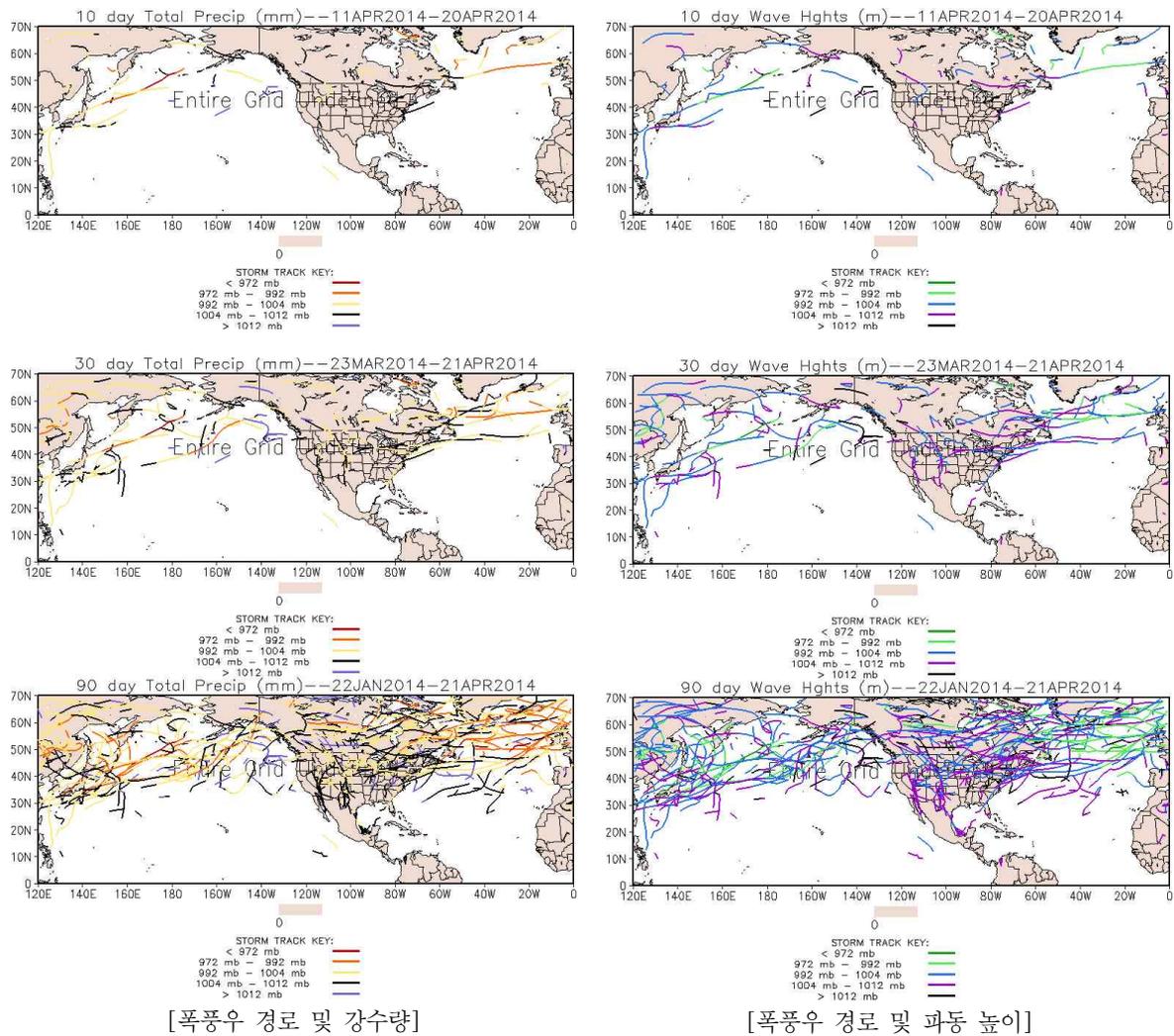


[GFS 북대서양 진동 예측]

[앙상블 평균 북대서양 진동 예측]

※ 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지 참조.

<그림 3-10> 미국 기후예측센터의 폭풍우 경로 정보 제공 방식



\* 출처: 미국 기후예측센터 홈페이지 참조.

또한, 현재 블로킹(Blocking) 상태 및 북미, 남반구, 알래스카 지역의 10일, 30일, 90일 폭풍우 경로 (Storm Tracks) 및 강수량에 대한 예측 사항을 지도로 제공하고 있다. 보다 상세하게 살펴보면, 폭풍우 경로 및 강수량(10일, 30일, 90일), 폭풍우 경로와 파동 높이(10일, 30일, 90일), 저기압 발생 (cyclogenesis) 및 저기압 위치(cyclolysis locations) 등의 정보를 제공하고 있다.

## 2. 영국의 장기예보 현황 조사·분석

### 1) 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황

영국 기상청(Met Office)은 영국을 대상으로 하는 7일 예보, 강수량 레이더 지도 제공, 지표면 기압 예보, 지역별 예보, 장기예보 등 공공서비스, 건강, 교통 및 산업, 기후변화 등 다양한 분야에 대해 맞춤형 예측 자료를 생산 및 제공하고 있다. 2017년 3월 기준으로 영국 기상청의 인력은 총 1,997명이며, 관리자 및 기타 정규직 직원을 포함하여 2,045명이다.<sup>26)</sup>

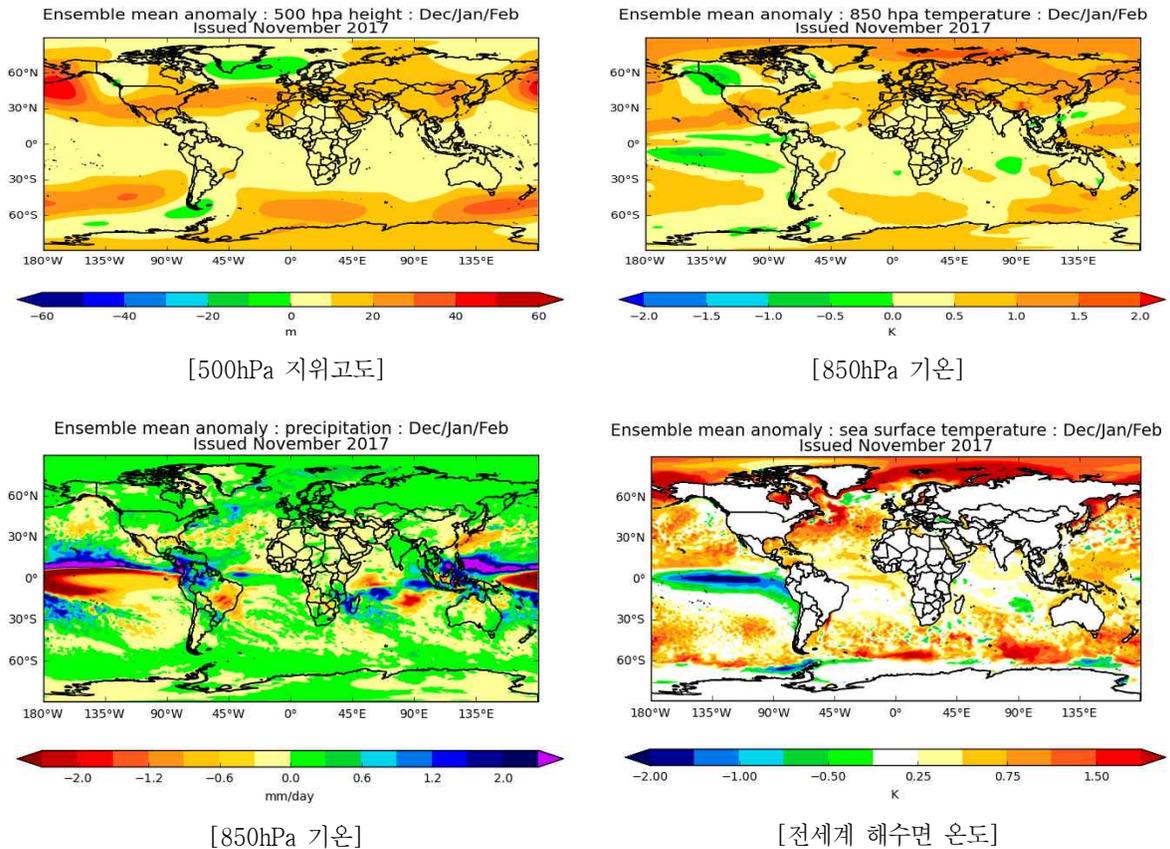
### 2) 영국 기상청의 장기예보 및 기후예측 현황

영국 기상청은 영국 대상의 6~30일 전망을 홈페이지에 발표하고 있으며, 2017년 12월 기준으로 12월 11일부터 12월 20일까지, 12월 21일부터 1월 4일까지의 예측 내용을 제공하고 있다. 영국 기상청은 6~15일의 중기예보와 10~30일의 장기예보를 제공하고 있는데, 6~10일에 대한 예측에는 날씨의 중대한 변화를 포함하여 폭우, 강풍, 고온 및 저온과 같은 악천후에 대한 위험평가가 포함되며, 영국 기상청 모델 뿐만 아니라 유럽중기기상예보센터(European Centre for Medium-Range Weather Forecast)의 모델 결과 등을 고려하고 있다.

또한, 기후 관련 정보로 1971년부터 2000년까지의 매월 전 세계 평균 기온은 물론 전 세계 및 지역에 대한 장기 예측 정보를 텍스트 및 그림의 형식으로 제공하고 있다. 앙상블 데이터를 홈페이지에 매달 업데이트하고 있으며, 현재 시점으로 2~4개월, 3~5개월, 4~6개월의 기간에 대해 2m 기온, 500hPa 지위고도(Geopotential Height), 850hPa 기온, 전 세계 강수량, 전 세계 기압, 전 세계 해수면 온도(Global Sea Surface Temperature)를 지도의 형식으로 제공하고 있다.

26) Met Office, Annual Report and Accounts 2016/2017, 2017, 38면.

<그림 3-11> 영국 기상청의 기후 관련 정보 제공 방식



\* 출처: 영국 기상청 홈페이지 참조

### 3) 영국 기상청 해들리센터(Met Office Hadley Centre)의 현황

#### (1) 설립 배경 및 주요 임무

해들리센터는 1988년 기후변동에 관한 정부간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)<sup>27)</sup> 설립과 함께 기후변화의 과학적인 원인 규명을 위한 연구가 활성화됨에 따라 설립되었다. 설립 목적은 ① 기후변화 영향에 대한 이해 및 기후모델 예측 기술 개발, ② 준 실시간 기후 및 기후변화에 관한 포괄적 모니터링 및 분석, ③ 기후 및 기후변화에 관한 탐지 및 영향 평가, ④ 기후변화 불확실성을 평가하기 위한 기술 개발, ⑤ 기후변화 적응 및 완화에 관한 정부의 정책 수립 지원, ⑥ 국제적 지원 및 기술 교류 등의 협력을 통한 세계선도 센터로의 지위 확보이다.<sup>28)</sup> 해들리센터의 주요 기능 및

27) IPCC는 1998년 11월 유엔 산하 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 기후 변화와 관련된 전 지구적인 환경 문제에 대처하기 위해 각국의 기상학자, 해양학자, 빙하 전문가, 경제학자 등 3천여 명의 전문가로 구성된 정부 간 기후 변화 협의체이다.

28) 조경숙, 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후영향에 관한 서비스 현황, 기상기술정책 제3권 제3호, 기상청, 2010.9, 90면.

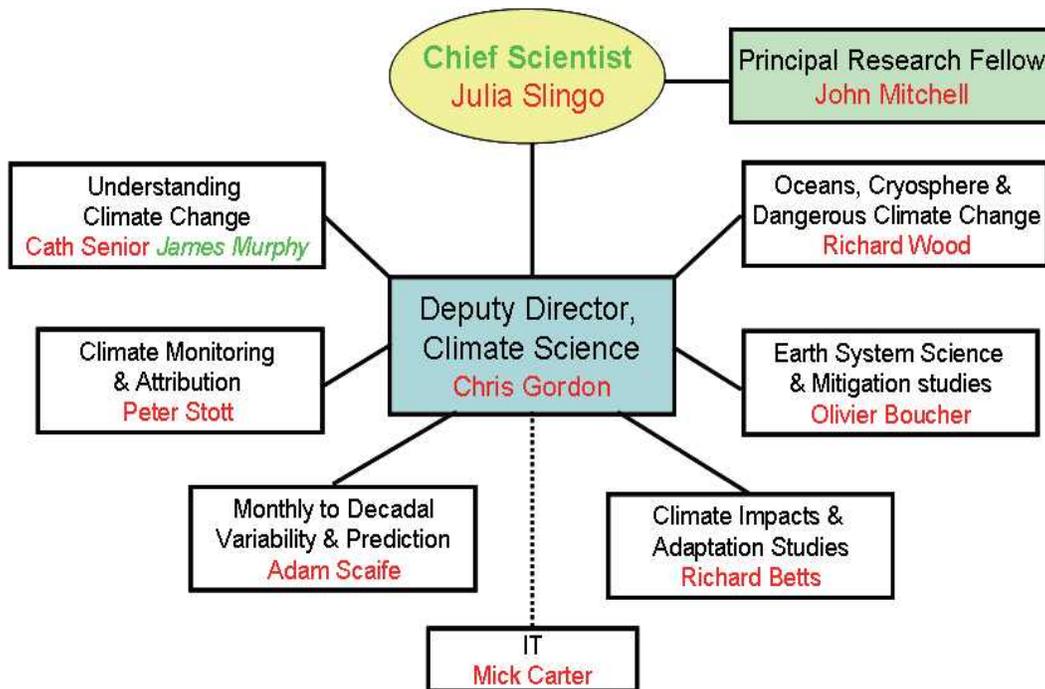
임무는 아래와 같다.

- 전 지구적, 국가적 기후변동의 감시
- 기후 시스템 내의 물리적, 화학적 및 생물학적 과정의 이해 및 컴퓨터 모델의 개발
- 최근 기후의 변화에 대한 반영
- 모델을 통해 전 지구적 기후와 지역 기후의 차이, 이전 세기와 다음 세기 동안의 변화를 시뮬레이션

(2) 조직 및 인력 운용 현황

해들리센터는 2010년 9월 기준으로 기후변화(Understanding Climate Change), 기후 모니터링(Climate Monitoring and Attribution), 해양의 변동성 예측(Monthly to Decadal Variability & Prediction Oceans), 빙권과 기후변화 위험(Cryosphere & Dangerous Climate Change), 지구시스템과학 및 완화 연구(Earth System Science & Mitigation studies), 기후영향 및 적응 연구(Climate Impacts and Adaptation)의 6개 연구그룹과 IT 관련 부서로 구성되어 있으며, 연구 인력은 200여명이다.<sup>29)</sup>

<그림 3-12> 영국 기상청 해들리센터의 조직 구조



\* 출처: 조경숙, 앞의 글, 91면.

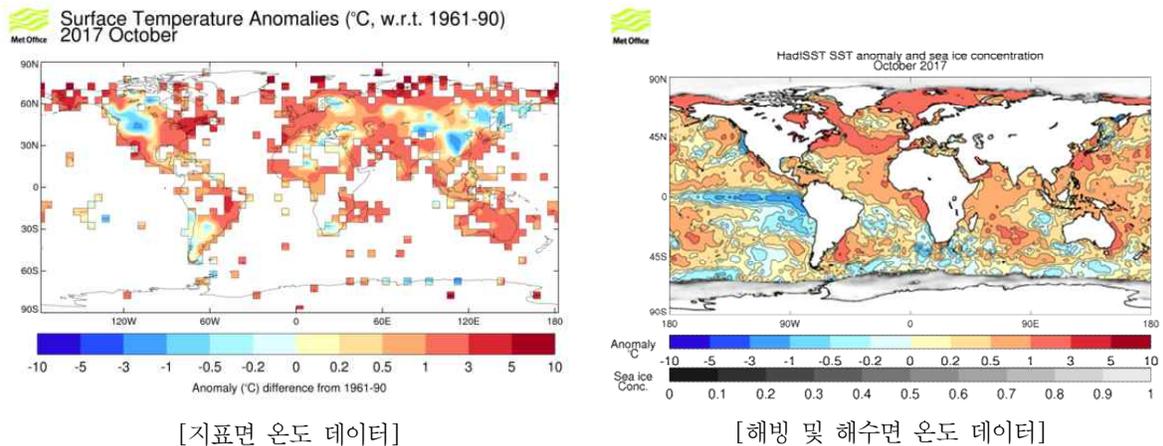
29) 조경숙, 앞의 글, 91면.

(3) 기후 관련 생산 정보 및 제공 방식

해들리센터는 적도 태평양의 상태, 특히 엘니뇨 및 라니냐와 관련된 비정상적인 온난화 및 냉각을 모니터링하기 위한 지표로 평균 지역별 해수면 온도를 활용하여 ENSO 예측 정보를 생산 및 제공하고 있으며, 북극 해빙, 동아프리카 지역 및 브라질 북동부의 강우량, 사헬, 수단 및 기니 해안의 강우량 예측 정보를 홈페이지를 통해 제공하고 있다.

또한, 해양 관련 정보로 전 세계 해빙 및 해수면 온도, 비구면 해수면 온도, 비해저 해양대기 온도, 해양 온도 및 염분에 대한 분석 결과, 지구의 해수면 하의 온도 분석 결과, 해수면의 주간 온도 범위에 대한 기후학적 분석 결과도 홈페이지에서 제공하고 있다.

<그림 3-13> 영국 기상청 해들리센터의 기후 관련 생산 정보



[지표면 온도 데이터]

[해빙 및 해수면 온도 데이터]

※ 출처: 영국 기상청 해들리센터 홈페이지 참조.

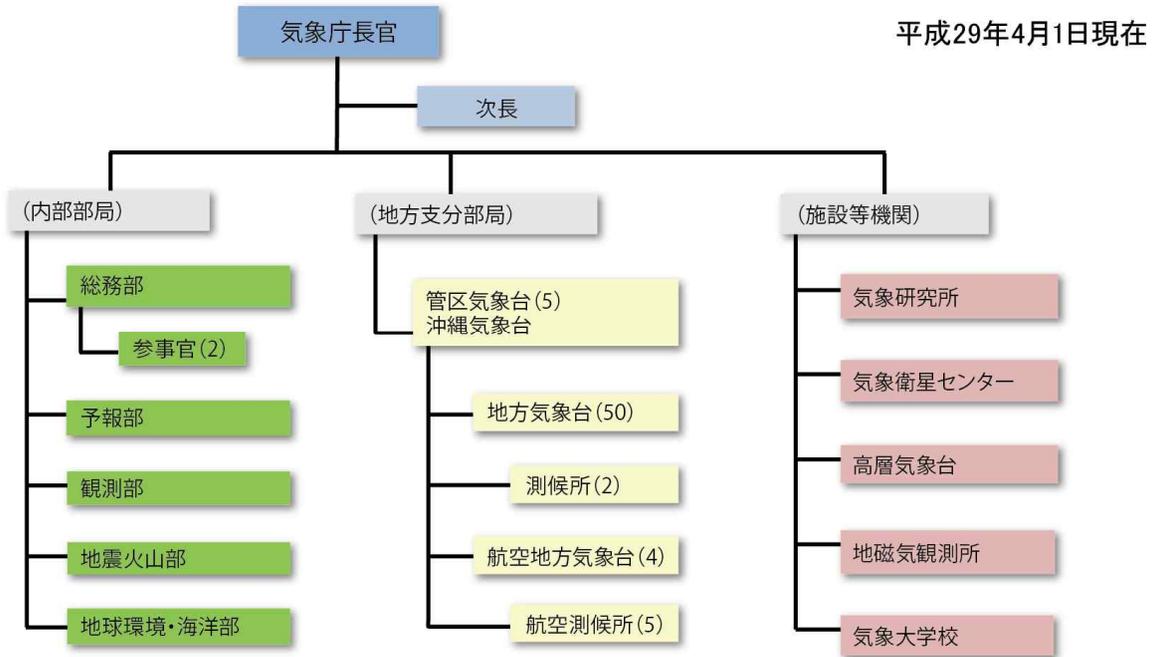
3. 일본의 장기예보 현황 조사·분석

1) 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황

일본기상청(Japan Meteorological Agency, 이하 “JMA”라고 함)은 국토교통성 산하 기관으로 1871년 설립되었으며, 본부, 지역 본부, 지방기상청, 기상관측소 및 보조시설로 조직되어 있다. 본부는 JMA의 행정 및 운영을 담당하고 있으며, 내부 조직은 행정과(Administration Department), 예보과(Forecast Department), 관측과(Observation Department), 지진 및 화산과(Seismology and Volcanology Department), 지구 환경 및 해양과(Global Environment and Marine Department)의 5개

부서로 구성되어 있다. 2014년 기준으로 기후예측과 인원은 총 50명이며, 이 중 예보팀은 총괄예보관 1명, 예보관 4명 등 10명이다. 예보관은 1개월 전망(2명), 3개월 전망(1명), 이상기후 조기경보(1명)을 각각 담당하고 있으며, 1개월 간격으로 업무를 교체하여 수행하고 있다.<sup>30)</sup>

<그림 3-14> JMA의 조직 구조

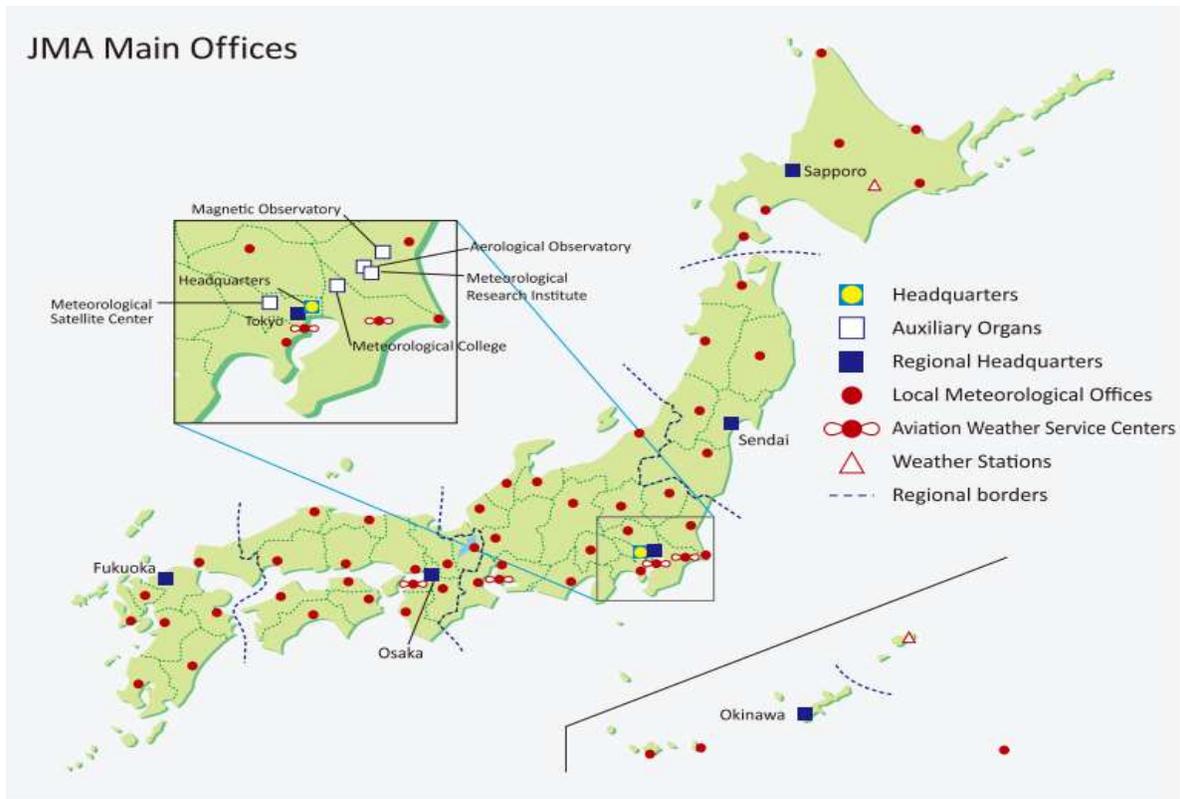


※ 출처: 일본 기상청 홈페이지 참조

삿포로, 센다이, 도쿄, 오사카, 후쿠오카, 오키나와의 지역 본부(Regional Headquarters)는 50개의 지방기상청(Local Meteorological Offices)과 2개의 기상관측소(weather station)를 관할하고 있다. 항공 기상 서비스 지원을 위해 총 4개의 항공기상서비스센터(Aviation Weather Service Centers), 6개의 항공기상관측소(aviation weather stations) 및 16개의 공항 지사(airport branches)가 설립되어 운영 중이다. 또한, 연구, 조사, 교육 훈련과 같은 전문 서비스를 지원하기 위한 보조시설로는 기상연구소(Meteorological Research Institute), 기상위성센터(Meteorological Satellite Center), 항공천문대(Aerological Observatory), 가키오카 자기관측소(Kakioka Magnetic Observatory), 기상대학교(Meteorological College)가 운영되고 있다.

30) 기후예측과 공무국의외행보고서 참조.

&lt;그림 3-15&gt; JMA 본부의 위치



※ 출처: 일본 기상청 홈페이지(<http://www.jma.go.jp/jma/en/Background/organization.html>) 참조

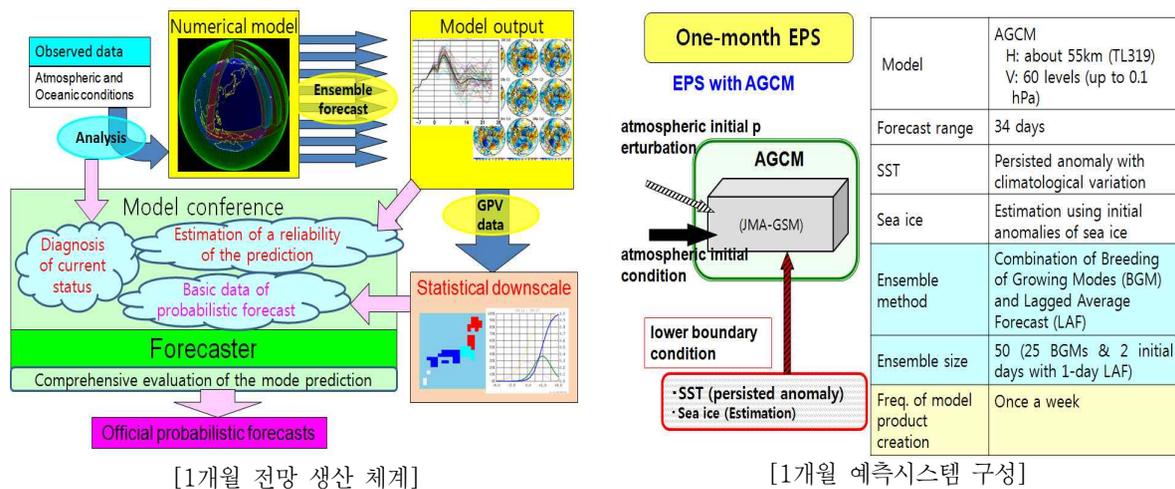
JMA는 1978년부터 정지기상위성(Geostationary Meteorological Satellite) 운영을 통해 아시아-오세아니아 지역의 태풍 및 기타 기상 조건을 모니터링 함으로써 기상과 관련된 재난의 예방 및 완화를 지원하기 위한 데이터를 생산하고 있으며, 악천후 대비 정보의 제공, 초단기예보, 단기예보, 1주일 예보, 장기예보 등의 기상예보, 태풍 분석 및 예보, 예보 및 경보의 발효를 수행하고 있다.

JMA 산하 기관인 기상위성센터는 정지기상위성의 운영을 통해 위성 제어, 위성 이미지 표출, 위성 이미지의 처리 및 보급, 위성 이미지에서 추출된 바람과 같은 산출물을 생산하고, 기상 및 해일 관련 데이터를 수집하고 있다. 한편, 기상연구소는 기상, 육상 및 수문 현상 예측과 관련된 기술 개발을 지원하기 위한 연구를 수행하고 있다. 연구부서는 예보 연구과(Forecast Research Department), 기후 연구과(Climatology Research Department), 태풍 연구과(Typhoon Research Department), 대기환경 및 응용기상학 연구과(Atmospheric Environment and Applied Meteorology Research Department), 기상위성 및 관측시스템 연구과(Meteorological Satellite and Observation System Research Department), 지진학 및 해일 연구과(Seismology and Tsunami Research Department), 화산학 연구과(Volcanology Research Department), 해양과학 및 지구화학 연구과(Oceanography and Geochemistry Research Department)로 구성되어 있다.

## 2) 일본 기상청의 장기예보 현황

JMA는 평균 기온(Average Temperature), 강수량(Precipitation), 일조(Sunshine), 강설량(Snowfall)에 대해 1개월 전망과 3개월 전망, 이상기후 조기경보를 생산·제공하고 있으며, 1개월 전망의 경우, 내부 회의 및 토론, 예보 결정, 예보 발표의 순으로 진행된다.

<그림 3-16> 장기예보 생산체계 모식도 및 모델 구성



※ 출처: 기후예측과 공무국의여행보고서 참조

1개월 전망은 일본 표준시 기준으로 매주 목요일 14시 30분에, 3개월 예보는 매월 25일 경 14시에 발표한다. 1개월 전망의 경우, 예보문의 날씨 전망 및 확률값은 모델예측장을 기반으로 작성되며, 1개월 장기예보 가이드선의 확률밀도 함수값을 기반으로 확률값 수정(2주), 열대 지역 고려를 통한 수정(3~4주)을 통해 최종 확률밀도함수를 결정하고 있다.<sup>31)</sup> 3개월 전망은 모델 결과뿐만 아니라 일본의 기온 편차, 강수량, 열대해양·대기순환장과의 통계적 분석 결과 등을 고려하여 결정한다.<sup>32)</sup>

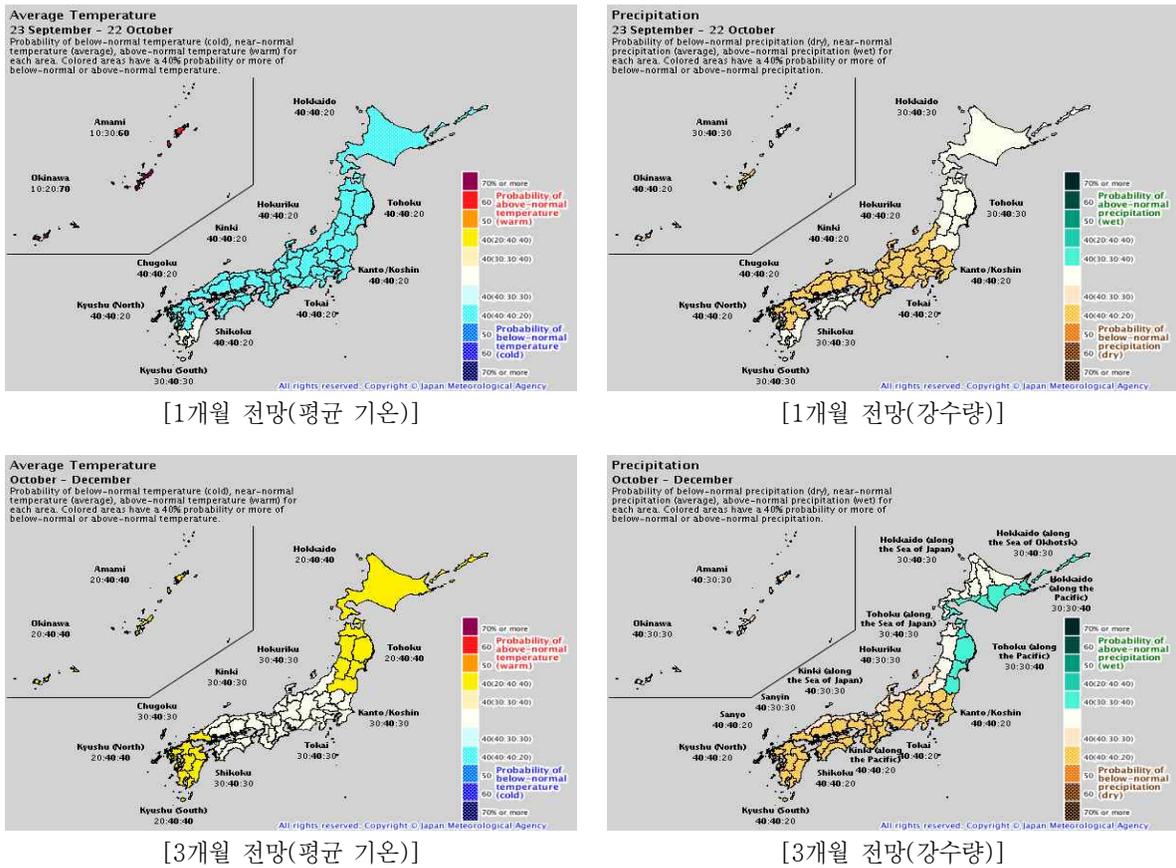
해당 정보는 JMA 홈페이지 및 TCC 홈페이지에서 제공하는데, JMA 홈페이지의 경우 평균 기온, 강수량, 일조, 강설량 여부와 예보 기간(1개월 전망, 3개월 전망, 겨울 전망) 선택 시 확률에 따라 색깔이 다르게 표기된 지도의 형태로 정보를 제공하고 있다. 먼저, 각 지명 하단의 숫자는 평년보다 낮은, 평년 수준, 평년보다 높을 것으로 예상되는 확률의 값을 의미하며, 지도상에서 각 지역을 클릭할 경우 예보 문장이 표시된다. 1개월 예보와 3개월 예보 모두 3분위 중 확률이 40% 이상인 범주를 강조하는데, 기온이 평년보다 높을 가능성이 있는 지역은 적색, 낮을 가능성이 높은 지역은 청색으로 표시하고, 강수

31) 기후예측과 공무국의여행보고서 참조.

32) 기후예측과 공무국의여행보고서 참조.

량이 평년보다 많을 가능성이 있는 지역은 녹색, 적을 가능성이 높은 지역은 황갈색으로 표시한다. 일조의 경우, 평균 일조시간보다 높을 확률이 있는 지역은 적색, 평균 일조시간보다 낮을 확률이 높은 지역은 흑색으로 표시한다. <그림 3-17>은 JMA 홈페이지에서 제공하고 있는 계절 예보로, 2017년 9월 23일부터 10월 22일까지 1개월 동안의 평균 기온 및 강수량과 2017년 10월부터 12월까지의 3개월 동안의 평균 기온 및 강수량을 나타내고 있다.

<그림 3-17> JMA의 계절 전망 제공 방식

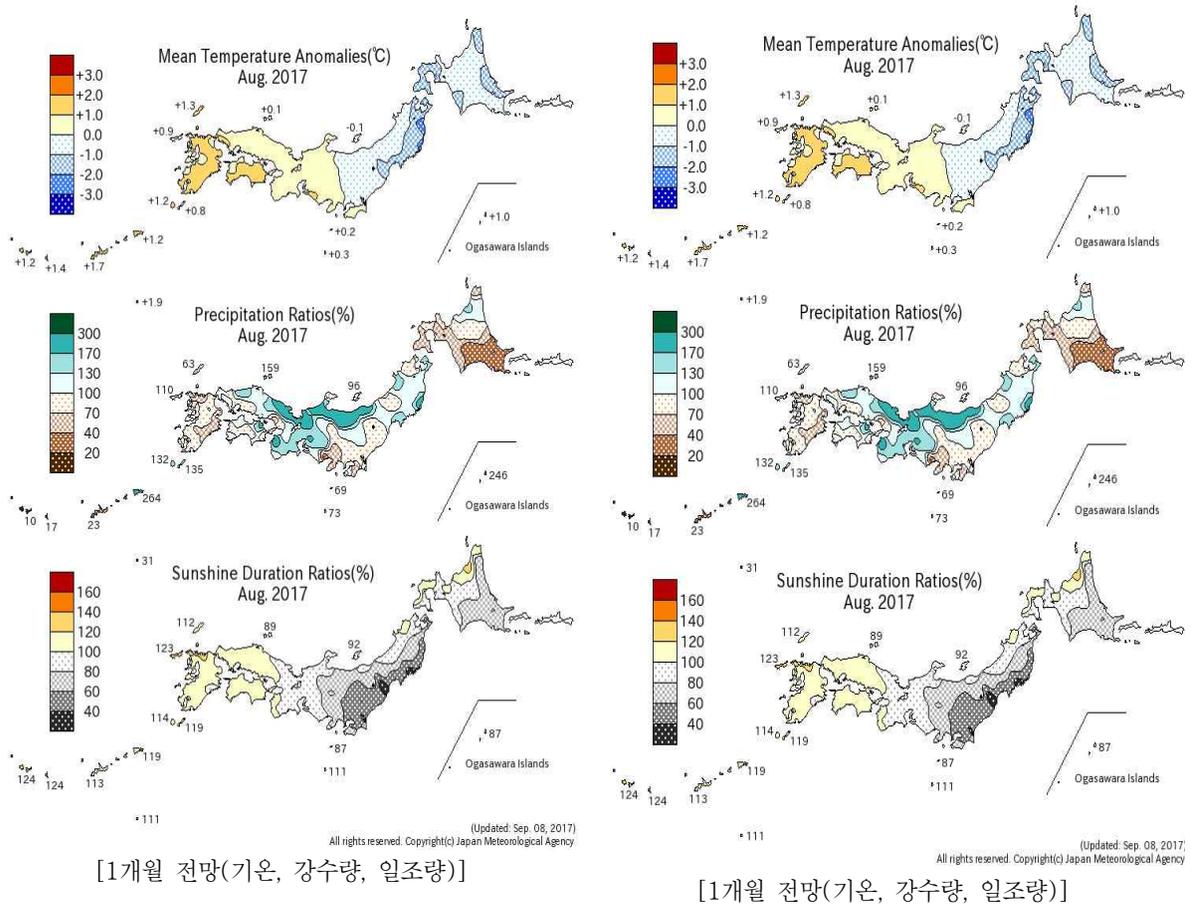


※ 출처: 일본 기상청 홈페이지 참조

계절적 기상 정보 또한 표 및 확률에 따라 색깔이 다르게 표기된 그림으로 제공하고 있다. 1개월 예보의 경우, 2012년 1월부터 2017년 8월까지 월간 기온(Monthly Temperature Anomalies), 월간 강수량 비율(Monthly Precipitation Ratios), 월간 일조 지속시간 비율(Monthly Sunshine Duration Ratios)이 표시된 지도는 물론 지역별 온도를 시계열로 나타낸 그래프, 10일 간 강수량 비율 및 일조 시간 비율의 시계열 그래프 등의 정보를 제공한다. 계절 예보의 경우, 2012년부터 2017년까지 12~2월, 3~5월, 6~8월, 9~12월의 3개월 간의 월간 기온, 월간 강수량 비율, 월간 일조 지속시간 비율이 표시된 지

도의 형태로 정보를 제공한다. <그림 3-18>은 2017년 8월의 1개월 간 평균 기온(Mean temperature), 강수량 비율(Precipitation ratios), 일조 시간 비율(sunshine duration ratios)과 2017년 6월부터 8월까지 3개월 동안의 평균 기온, 강수량 비율, 일조량 비율을 나타내고 있다.

<그림 3-18> 도쿄기후센터의 1개월 및 계절 전망 제공 방식



※ 출처: 도쿄기후센터 홈페이지 참조

JMA는 5년마다 예측시스템의 수평 및 수직 해상도 향상 및 모델 물리 과정 개선을 추진하고, 엘니뇨 및 라니냐를 포함한 열대 해수면 온도 예측성 향상을 통해 장기예보 정확도를 향상시킬 계획이다.<sup>33)</sup>

### 3) 도쿄기후센터(Tokyo Climate Center)의 현황

#### (1) 설립 배경 및 주요 임무

33) 기후예측과 공무국외여행보고서 참조.

TCC는 2002년 아시아-태평양 지역의 기후서비스 제공을 위해 설립되었으며, 2009년 7월 1일 WMO II 지역에서의 지역기후센터(Regional Climate Center)로 지정되었다. TCC의 주요 임무는 기후 관련 재난을 완화하고, 아시아-태평양 지역의 국가 기상 및 수문 관련 기관(National Meteorological and Hydrological Service, 이하 “NMHS”라고 함)에 기후정보서비스를 제공하는 것이다. 아울러 TCC 홈페이지를 통해 NMHS를 대상으로 아시아-태평양 지역의 역량 배양을 지원하는 등 아래와 같은 다양한 데이터를 제공하고 있다.

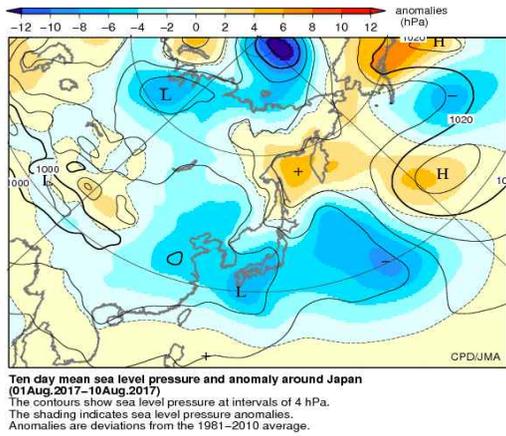
- 전 지구 기후 및 극한 현상에 대한 모니터링 결과
- 눈 덮임(snow coverage)을 포함한 지구기후시스템에 대한 모니터링 결과
- 열대 태평양에서의 엘니뇨현상 등 해양 모니터링 결과
- 수치예보모델에 의해 산출된 정보로서, 특히 앙상블 평균 통계 및 확률 정보
- 기후변화에 따른 정부 간 패널(IPCC) 시나리오 이후의 지구온난화 예측
- 일본의 월간 및 계절 전망

#### (2) 기후 관련 생산 정보 및 제공 방식

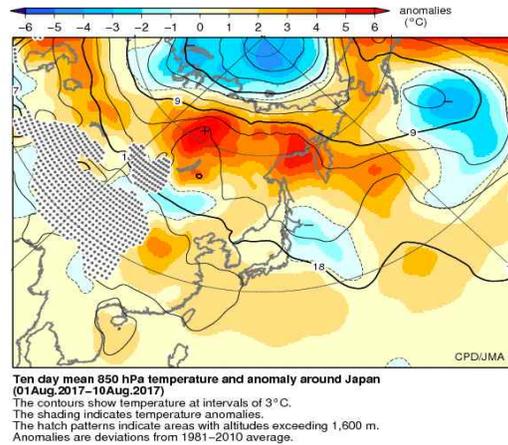
TCC에서는 10일 간의 평균 해수면 기압, 10일 간 850hPa의 평균 기온, 10일 간 500hPa의 평균 지위 고도(Mean 500hPa GeoPotential Height), 10일 간의 평균 장파 복사 등을 제공하고 있다. 일본은 엘니뇨 감시구역(열대 태평양 Nino3 지역: 5°S~5°N, 150°W~90°W)에서 5개월 이동 평균한 해수면 온도의 편차가 0.5°C 이상 (-0.5°C 이하) 나타나는 달이 5개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨(라 니냐) 발달의 시작으로 분석하고 있다.<sup>34)</sup>

34) 기상청, 앞의 책, 25면.

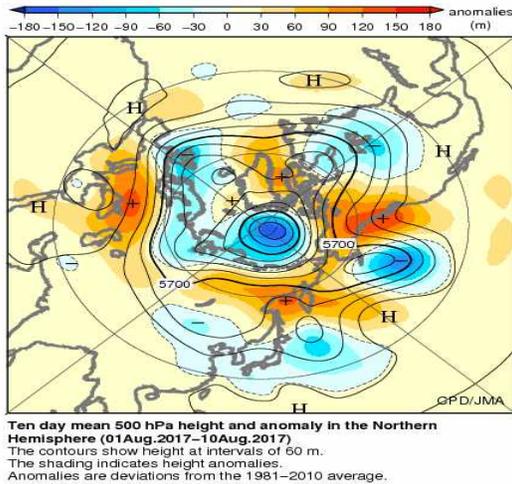
<그림 3-19> TCC의 기후 관련 정보 제공 방식



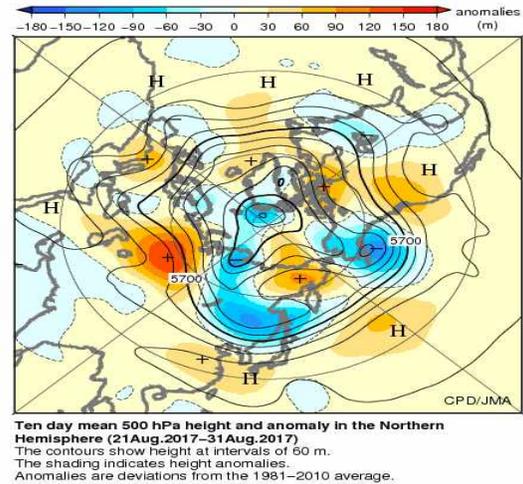
[10일 간 평균 해수면 기압(2017.09.01.~09.10)]



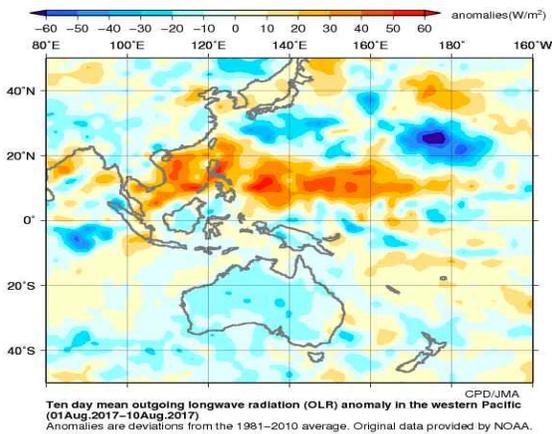
[10일 간 850hPa의 평균 기온(2017.09.01.~09.10)]



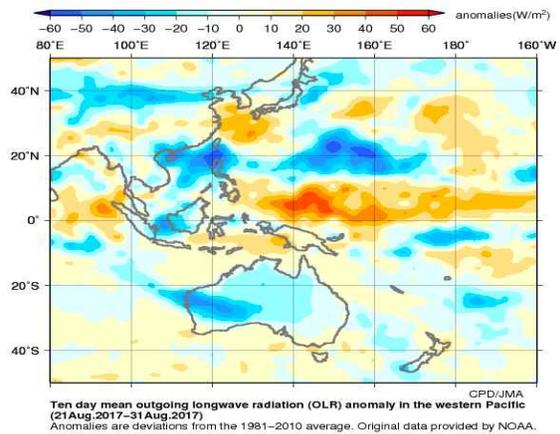
[10일 간 500hPa의 평균 지위 고도(2017.09.01.~09.10)]



[10일 간 500hPa의 평균 지위 고도(2017.09.21.~09.31)]



[10일 간 평균 장파 복사(2017.09.01.~09.10)]



[10일 간 평균 장파 복사(2017.09.21.~09.31)]

※ 출처: 도쿄기후센터 홈페이지 참조

## 4. 중국의 장기예보 현황 조사·분석

### 1) 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황

중국 기상국(中国气象局, China Meteorological Administration)은 중화인민공화국 국무원 직속 기관으로 기상 업무에 대한 행정 및 조직 관리 업무를 담당하고 있다. 중국 기상국은 본부와 본부 산하의 기관인 국가기상센터(National Meteorological Center), 국가기후센터(National Climate Center), 국가위성기상센터(National Satellite Meteorological Center), 국가기상정보센터(National Meteorological Information Center), 기상관측센터(Meteorological Observation Center), 중국 기상국 공공기상서비스센터(CMA Public Meteorological Service Center), 중국 기상과학아카데미(Chinese Academy of Meteorological Sciences), 중국 기상국 교육센터(CMA Training Centre), 기상통신센터(Meteorological Communication and Outreach Center), 중국 기상 관련 언론사로 구성되어 있다.

### 2) 중국 기상국의 장기예보 현황

중국의 장기예보는 중국 기상청의 중국천기망에서 담당하고 있으며, 주로 500hPa 고도장(高度场), 700hPa 유선장(流线场), 700hPa 상대습도(相对湿度), 850hPa 풍장(风场), 2M 온도예보(温度预报), 누적강수예보(累计降水预报) 등 미국 NCEP의 수치예보모델을 활용하여, 중국 내 장기 예보 관련 결과를 제공하고 있다. 특히, 모델 결과는 중국 대륙을 중심으로 한 구의 형태로 그래픽화 하여 제공하며, 시간별 변화를 시뮬레이션 할 수 있다. 아울러 중국천기망(中国天气网) 홈페이지에서는 단기예보는 물론 8~15일, 40일 예보를 제공하고 있다. 40일 예보의 경우, 오늘을 기준으로 40일 간의 아침, 저녁 기온과 강수량을 달력 형태로 표시하고, 이번 달과 다음 달의 기온 분포를 그래프로 게시하고 있다.

### 3) 중국 기상국 북경기후센터(Beijing Climate Center)의 현황

#### (1) 설립 배경 및 주요 임무

북경기후센터(Beijing Climate Center, 이하 “BCC”라고 함)는 2003년 중국 기상국의 국가기후센터(国家气候中心, National Climate Center)를 기반으로 설립되었으며, 2009년 6월 아시아 지역의 WMO 지역기후센터로 지정되었다. BCC는 아시아 및 국제기후공동체의 주변 국가에게 기후서비스를 제공할 의무가 있으며, WMO 동아시아 몬순활동센터(WMO East Asian Monsoon Activity Centre), WMO 전

지구 장기예측자료 생산센터(WMO Global Producing Centre for long-range forecasts) 및 아시아 극한기후모니터링센터(Centre for Extreme Events Monitoring in Asia)를 통합하였다.

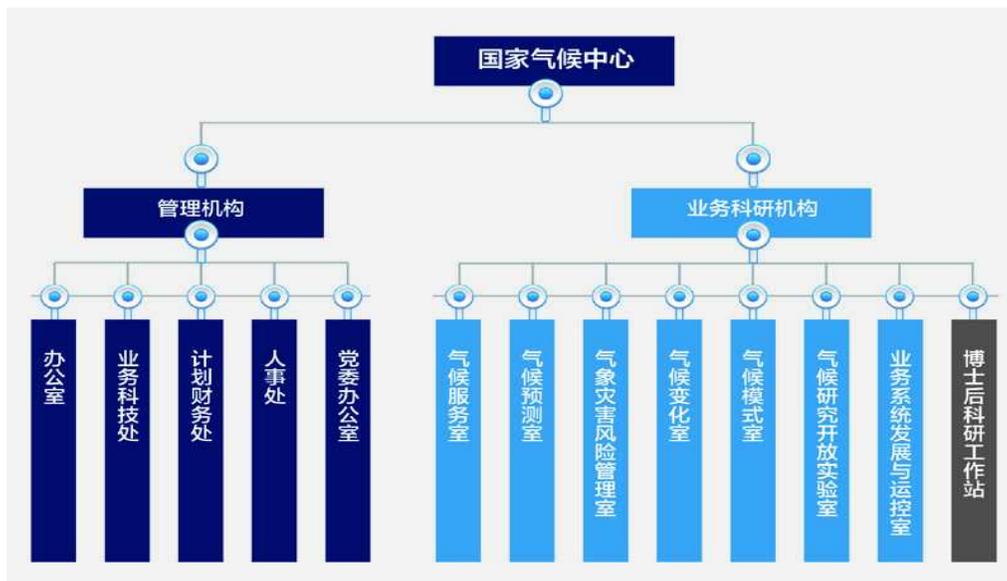
BCC는 지역적 기후, 기후 관련 서비스에 대한 연구를 수행하는 한편, 중국 및 기타 아시아 국가의 재난 예방 및 완화, 사회경제적 개발을 위해 기후 서비스를 제공하고 있다. 또한, 장기예보, 기후 모니터링, 데이터 서비스, 서비스 제공 관련 교육, 기후 및 기후 변화에 대한 연구뿐만 아니라 역량 배양과 같은 WMO 지역기후센터로서의 활동도 수행하고 있다. BCC의 주요 임무는 아래와 같다.

- 동아시아의 주요 기후 현상뿐만 아니라 주요 대기 및 해양 상태에 대한 모니터링 및 진단
- 특히 동아시아 지역의 월간, 계절 및 연간 전지구적 기후변화 예측 및 영향 평가 제공
- 전지구 및 지역의 기후변화, 지역기후시나리오의 개발 및 대응 전략에 대한 연구 수행
- 데이터 수집 및 교환을 위한 관측, 통신 및 컴퓨터 네트워크에 대한 NMHS와의 협력 강화
- 기후 데이터베이스 및 파일 보관 서비스 제공
- 해석, 평가, 처리, 탐색과 같은 관련 기후 서비스 제공

(2) 조직 및 인력 운용 현황

BCC는 크게 관리부서와 연구부서로 구분되며, 연구부서는 기후모니터링, 기후시스템모델링, 기후서비스, 기후예측, 기후영향평가, 기후변화적응, 운영시스템관리 등의 영역으로 구분 운영되고 있다.

<그림 3-20> 북경기후센터의 조직 구조

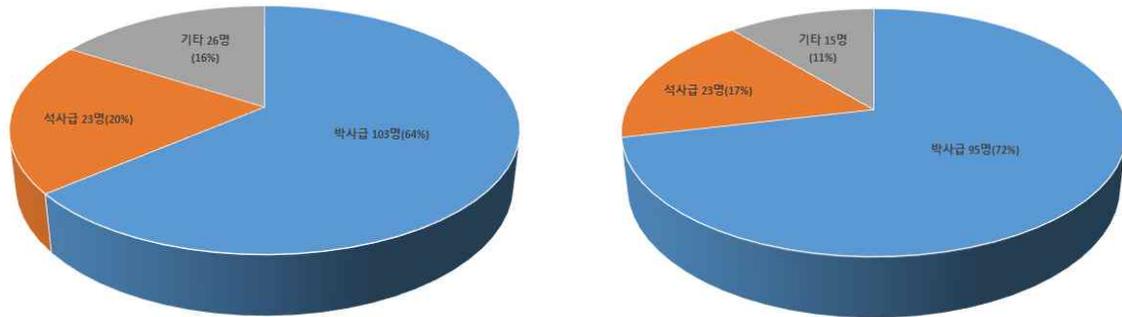


※ 출처: 북경기후센터 홈페이지 참조

BCC의 인력은 관리부문 21명과 업무 부문 133명으로 총 161명으로 구성되어 있으며, 전체 인력 중

64%인 103명이 박사급 인력이다. 구체적으로 인력 현황을 살펴보면, 관리 부문의 인력은 박사급 3명(14.3%), 석사급 8명(38.1%), 기타 10명(47.6%)이며, 업무 부문의 인력은 박사급 95명(71.4%), 석사급 23명(17.3%), 기타 15명(11.3%)으로 구성되어 있다.

<그림 3-21> BCC의 인력 구성



[전체 인력의 학력 구성]

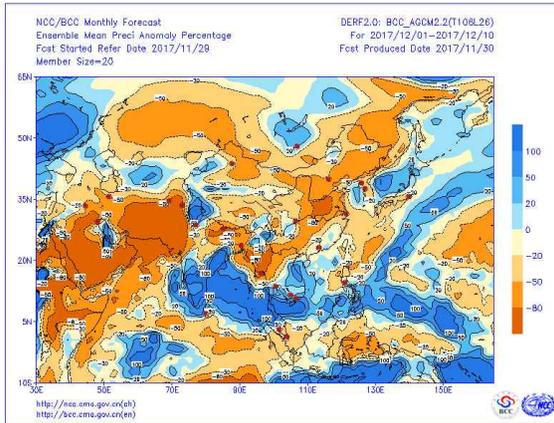
[업무 부문 인력의 학력 구성]

※ 출처: 북경기후센터 홈페이지 참조

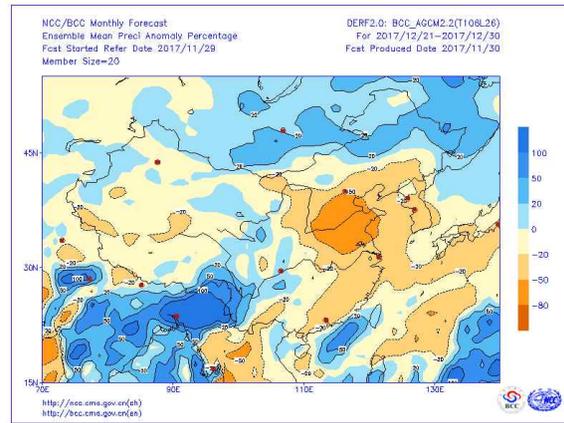
### (3) 기후 관련 생산 정보 및 제공 방식

BCC는 월별, 계절별로 기후모델 예측 결과를 홈페이지에 게시하고 있다. 특정 시점을 기준으로 1~10일, 11~20일, 21~30일, 31~40일, 1~30일, 11~40일의 기간을 대상으로 전 지구, 아시아, 중국의 기온, 강수량, 500hPa GPA, SLP, 200hPa 바람, 700hPa 바람에 대한 정보를 지도로 제공하고 있으며, 시점 및 기간, 항목, 지역을 선택할 수 있다.

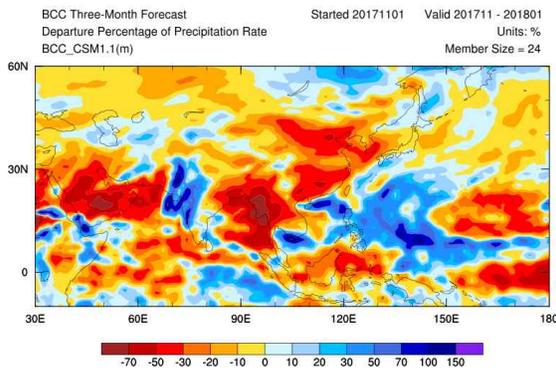
<그림 3-22> 중국 북경기후센터의 기후모델예측 결과 제공 방식



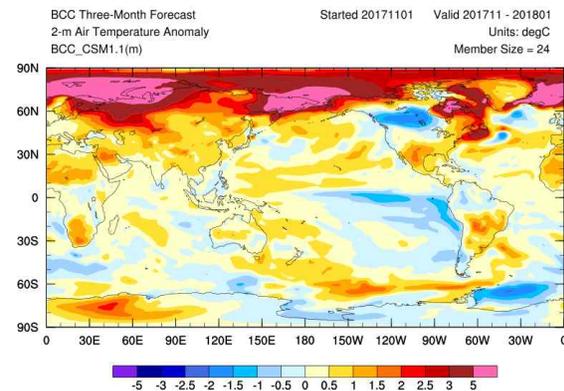
[아시아 지역의 강수량(12월 1일 기준 1~10일)]



[중국 지역의 기온(12월 1일 기준 21~30일)]



[아시아 지역의 강수량(11월 1일 기준 3개월)]



[전 세계의 2m 기온(11월 1일 기준 3개월)]

※ 출처: 북경기후센터 홈페이지 참조

전 지구의 월간 평균 기온 및 강수량 정보를 표시한 지도를 홈페이지에 게시하고 있으며, 계절 전망과 관련된 모델 결과, 모니터링 데이터를 텍스트로 제공하고 있다. 또한, 전 지구의 월평균 해면 기압 (Sea Level Pressure), 월평균 해수면 온도(Sea Surface Temperature)를 표시한 지도도 홈페이지에서 제공하고 있다.

<그림 3-23> 중국 북경기후센터의 기후 관련 정보 제공 방식

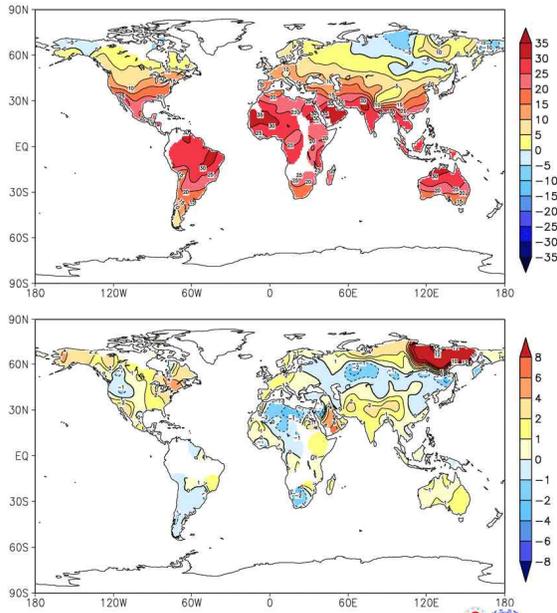


图 2.1 全球月平均气温(上)及距平(下) (°C) 2017.10  
Global Monthly Mean Temperatures(top) and Anomalies(bottom)  
Climate Diagnostics and Prediction Division /NCC/CMA

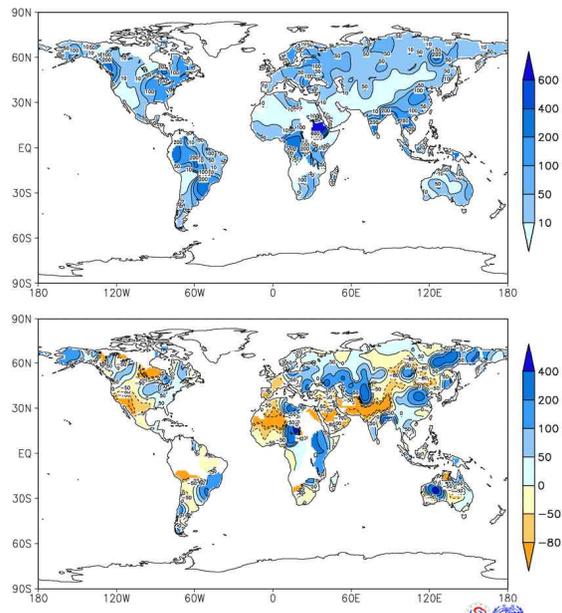


图 2.2 全球月降水量 (mm)(上) 及距平百分率(%) (下) 2017.10  
Global Monthly Precipitation Totals(top) and Percentage Anomalies(bottom)  
Climate Diagnostics and Prediction Division /NCC/CMA

[1개월 간 전망(기온)]

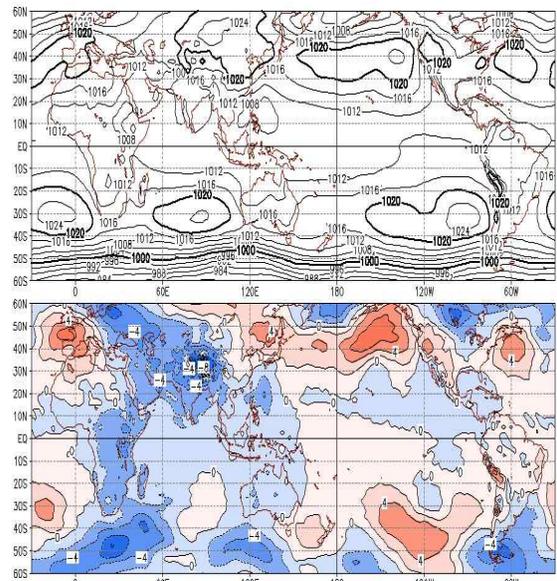


图 3.5 月平均海平面气压(上)及距平(下) (hPa) 2017.10  
Monthly Mean Sea Level Pressures (top) and Anomalies (bottom)  
CMA/NCC/Climate Diagnostics and Prediction Division

[월평균 해면기압]

※ 출처: 북경기후센터 홈페이지 참조

[1개월 간 전망(강수량)]

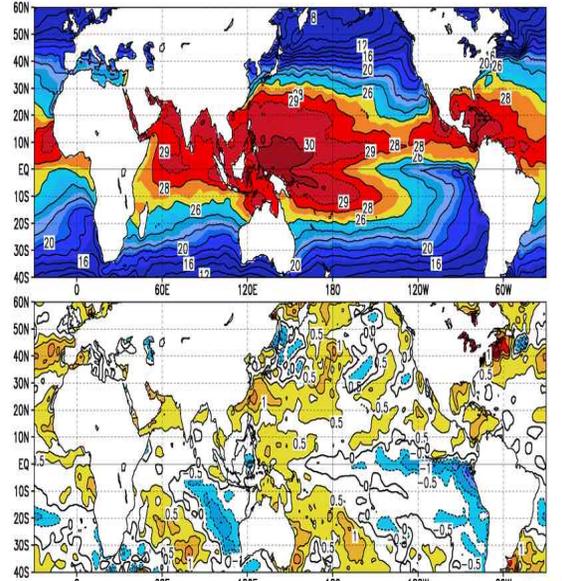


图 4.1 月平均海表温度(上)及距平(下) (°C) 2017.10  
Monthly Mean Sea Surface Temperatures (top) and Anomalies (bottom)  
Climate Diagnostics and Prediction Division /NCC/CMA

[월평균 해수면 온도]

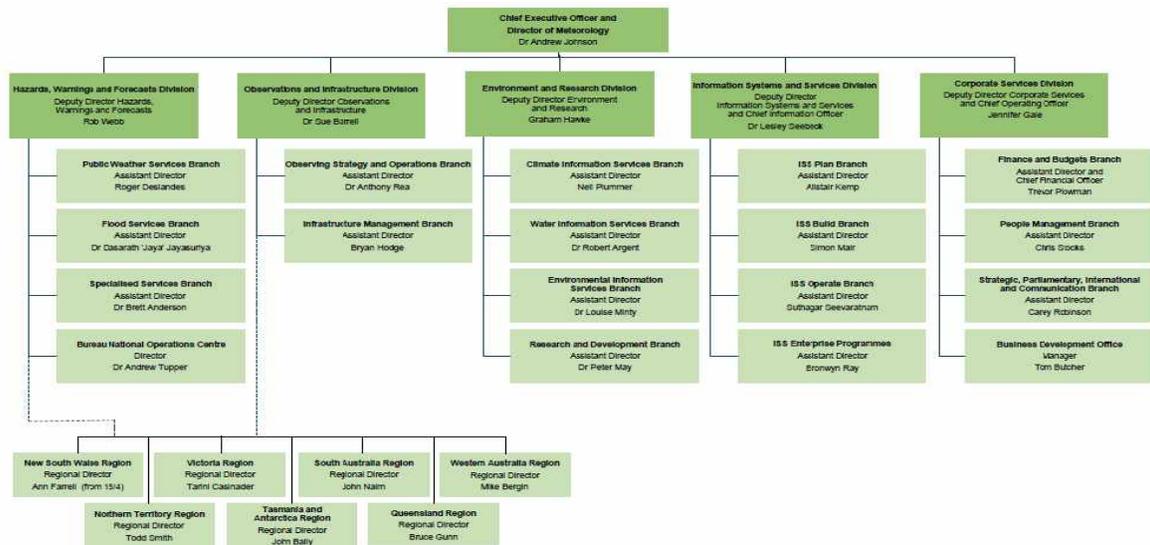
## 5. 기타 주요국의 장기예보 현황 조사·분석

### 1) 호주 기상청(Bureau of Meteorology)

#### (1) 설립 배경 및 주요 임무

호주 기상청(Bureau of Meteorology)은 1906년 설립되어 2002년에 행정부급 기관으로 승격되었으며, 1955년 기상법(Meteorology Act 1955)과 2007년 수자원법(Water Act 2007)을 근거로 운영되고 있다. 2016년 기준으로 호주 기상청의 인력은 총 1,654명이다.

<그림 3-24> 호주 기상청의 조직 구조



※ 출처: 호주 기상청 홈페이지 참조

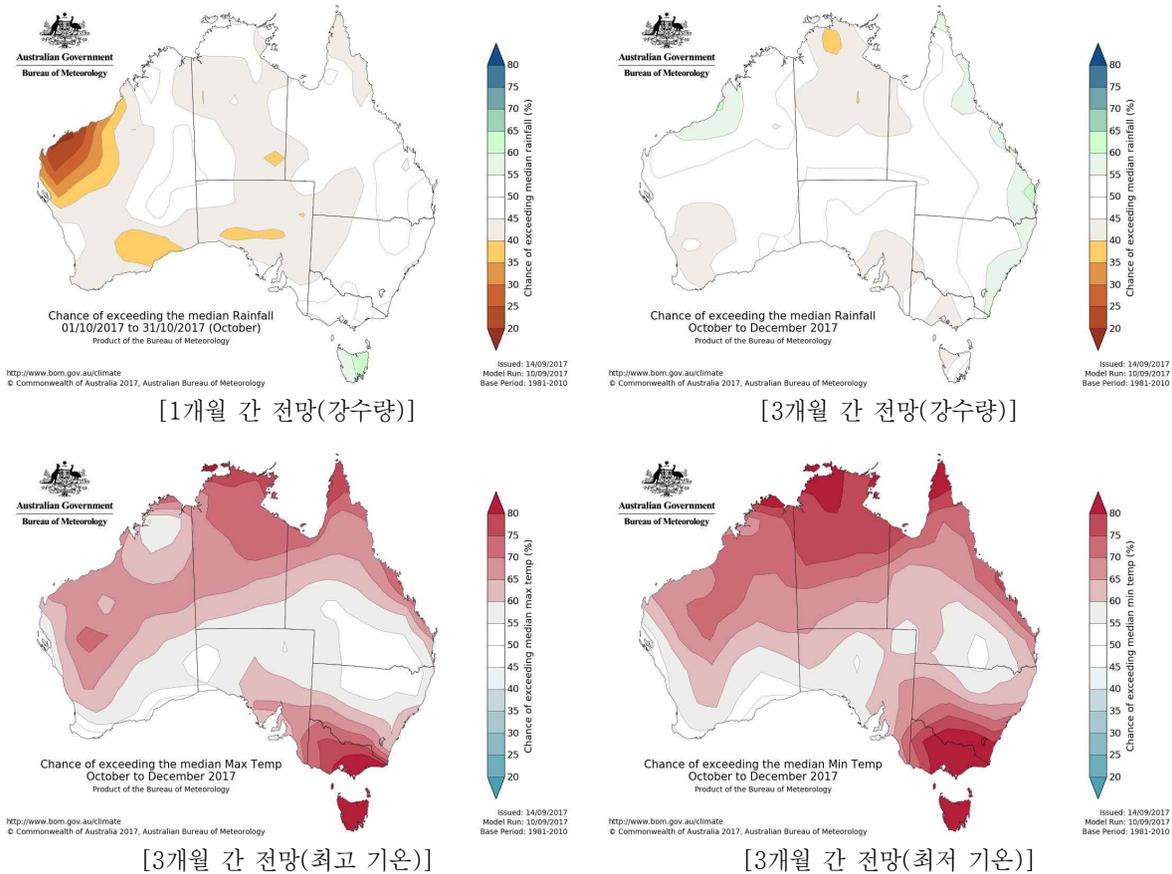
호주 기상청은 가뭄, 홍수, 화재, 폭풍, 해일과 열대성 저기압 등 호주 국민들의 자연환경에 대한 대응을 지원하기 위하여 호주 지역과 남극 지역에 대한 예보, 경보, 모니터링 관련 서비스를 제공하고 있다. 또한, 관측, 기상, 수문 및 해양 서비스를 제공하는 한편 해당 서비스 제공 지원과 관련되는 과학 및 환경에 대한 연구를 수행하고 있다. 호주 기상청의 주요 임무는 아래와 같다.

- 국가 기상 조건 감시 및 보고
- 기상데이터 추이 분석
- 국민의 안전, 재산에 영향을 주는 기상 현상의 예보, 경보, 중장기 전망 제공
- 기상 지식의 공공 이해도 증진

(2) 장기예보 현황

호주기상청은 최고 기온(Maximum Temperature) 및 최저 기온(Minimum Temperature), 강수량에 대해 다음 달, 그 다음 달, 3개월 간의 평균값을 확률 예보 형식으로 제공하고 있다. 과거 30년 간의 강수량 중앙값을 넘어설 확률이 75%, 50%, 25%일 때의 시나리오, 최소 강수량(10mm, 25mm, 50mm, 100mm, 150mm, 200mm, 250mm, 300mm, 400mm, 500mm, 600mm, 700mm)에 대한 확률 정보를 확률에 따라 색깔이 다르게 표기된 지도의 형태로 제공하며, 최고·최저 기온은 과거 30년 간의 기온 중앙값을 넘어설 확률에 따라 색깔이 다르게 표기된 지도의 형태로 제공한다. 강수량의 경우, 과거 30년 간의 강수량 중앙값을 넘어설 가능성이 높은 지역을 청색으로, 낮은 지역은 황갈색으로 표시하며, 최고·최저 기온의 경우 과거 30년 간의 기온 중앙값을 넘어설 가능성이 높은 지역을 적색으로, 낮은 지역을 청색으로 표시하고 있다. <그림 3-25>는 2017년 10월, 10월부터 12월까지의 3개월 간 과거 30년 간의 강수량 중앙값을 넘어설 확률, 10월부터 12월까지의 3개월 간 최고·최저 기온이 과거 30년 간의 기온 중앙값을 넘어설 확률을 나타내고 있다.

<그림 3-25> 호주 기상청의 기후 전망 제공 방식



※ 출처: 호주 기상청 홈페이지 참조

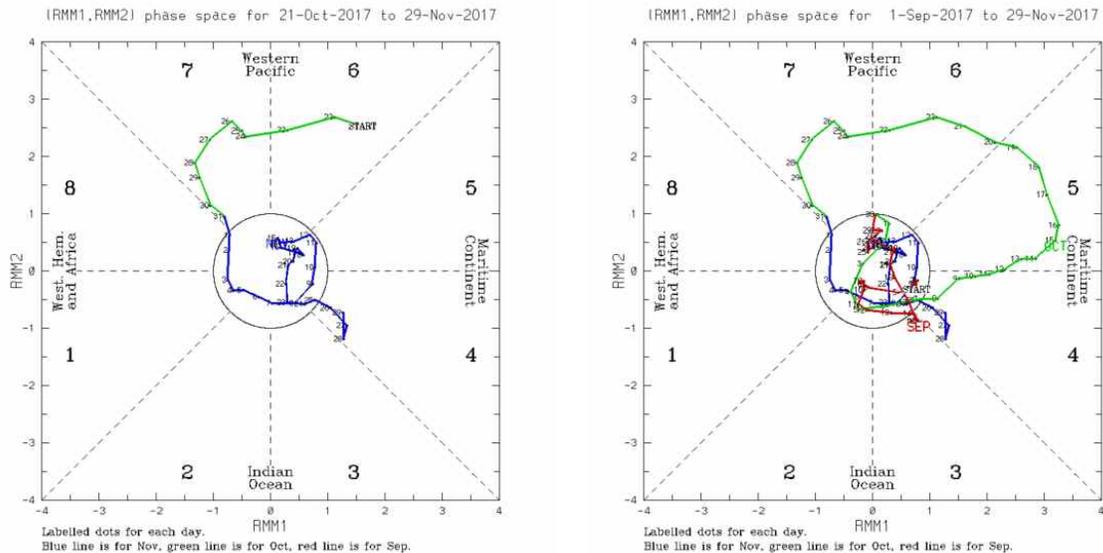
특히, 연간·월간 오전 9시와 오후 3시의 상대 습도(Relative Humidity),<sup>35)</sup> 연간·월간·계절 간 평균 증발량(Evaporation) 및 연간·월간 평균 증발증산량(Evapotranspiration),<sup>36)</sup> 연간·월간 평균 일조 시간(Sunshine Duration), 평균 일일 태양광선 노출(Average Daily Solar Exposure) 및 평균 자외선 지수(Average Solar Ultraviolet Index), 오전 9시의 연간·월간 평균 운량(Cloud Amount), 연평균 열대 저기압(Tropical Cyclone) 발생 수, 연평균 천둥 및 번개 섬광 밀도 등을 지도로 제공한다.

### (3) 기후예측 현황

호주 기상청은 기후 관련 정보로 엘니뇨/라니냐, 계절 간 유량 예보(seasonal streamflow forecasts), 열대 모니터링으로 MJO, 열대 저기압, 현재 태평양과 인도양의 상태에 대한 정보로 해수면 온도, 남방 진동지수(Southern Oscillation Index), ENSO, 인도양의 다이폴 현상(Indian Ocean Dipole) 등에 대한 정보를 제공하고 있다.

먼저, MJO의 경우, 년도 및 월 단위 기간(1~3월, 4~6월, 7~9월, 10~12월)에 따라 40일, 90일에 대한 상태를 상평형도(phase diagram)로 나타내며, 상평형도의 해석 방법을 제공한다.

<그림 3-26> 호주 기상청의 MJO 정보 제공 방식



[2017년 10월~12월(40일)의 상평형도]

[2017년 10월~12월(90일)의 상평형도]

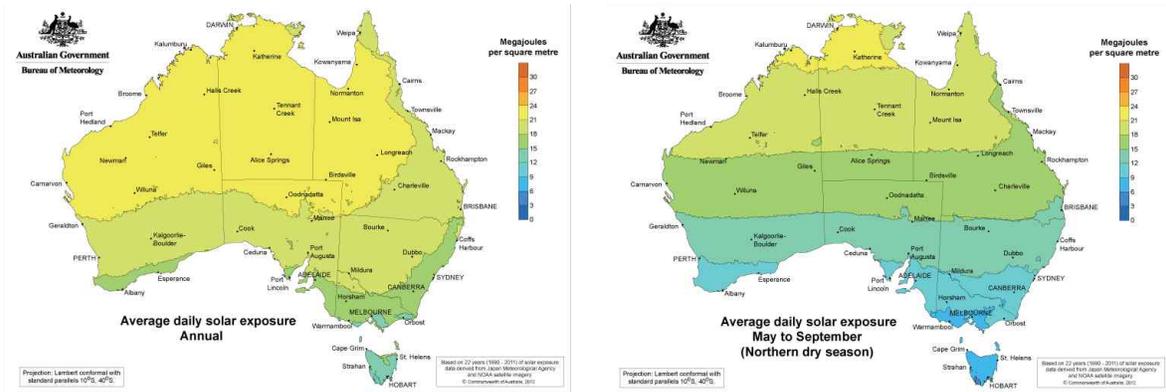
※ 출처: 호주 기상청 홈페이지 참조

35) 상대 습도(relative humidity)는

36) 증발증산량(evapotranspiration)은

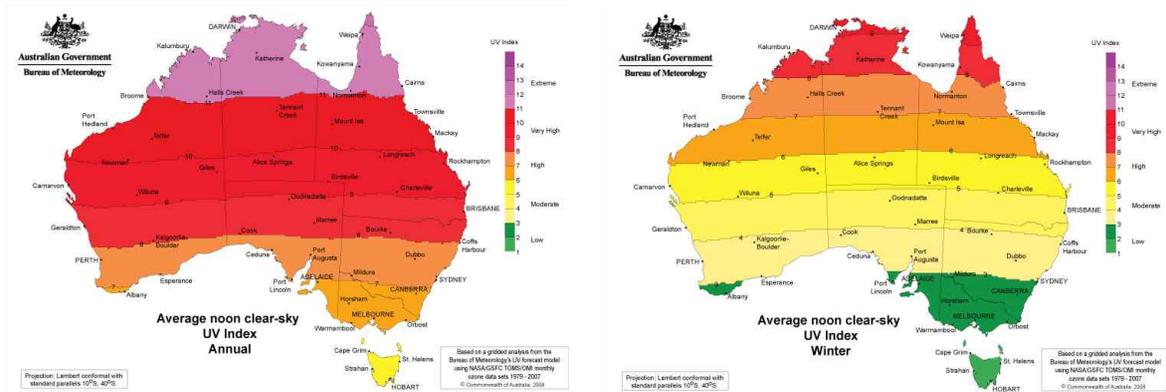
또한, 평균 일일 태양광선 노출 및 평균 자외선 지수의 경우도 평방미터 당 메가 줄(megajoules) 및 지수에 따라 지도상의 색깔을 다르게 표기하여 제공하고 있다. <그림 3-27>에서는 연평균, 5월부터 9월까지의 일일 태양광선 노출과 정오 기준 연평균, 겨울철 평균 자외선 지수를 나타내고 있다.

<그림 3-27> 호주 기상청의 태양광선 및 자외선 지수 관련 정보 제공 방식



[연평균 일일 태양광선 노출]

[5월부터 9월까지의 평균 일일 태양광선 노출]



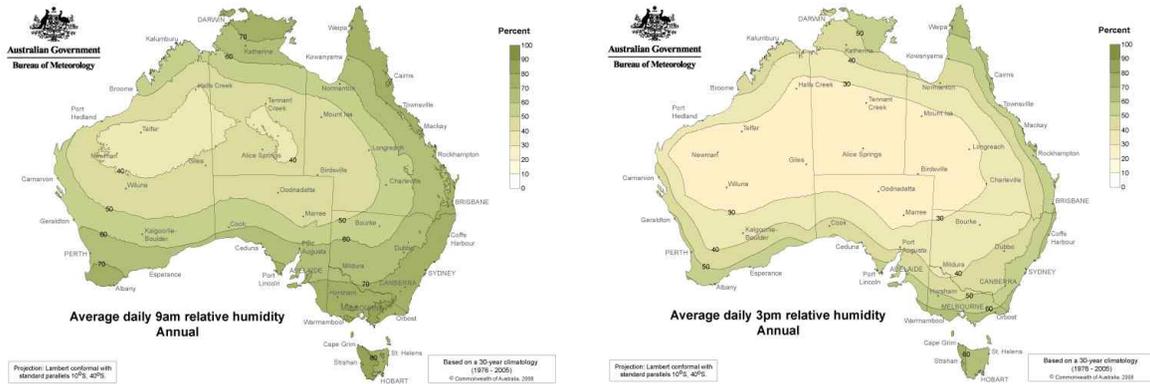
[연평균 자외선 지수(정오 기준)]

[겨울철의 평균 자외선 지수(정오 기준)]

※ 출처: 호주 기상청 홈페이지 참조

1976년부터 2005년까지의 기간 동안 오전 9시와 오후 3시의 연평균 일일 상대 습도 및 1월부터 12월까지의 월평균 일일 상대 습도에 대해 백분율에 따라 지도상의 색깔을 다르게 표기하여 제공한다. 일일 상대 습도가 100%에 근접할수록 진한 녹색으로 표시하며, 0에 가까울 경우 흰색으로 표시한다. 홈페이지에서는 ‘연평균 오전 9시 및 오후 3시 상대 습도는 연안 지역에서 증가하고 있으며, 습한 기후로 인해 호주 북부에서 더 높은 경향이 있다’는 등 해당 지도에 대한 해석을 안내하고 있다. <그림 3-28>은 오전 9시 및 오후 3시 기준 연평균 일일 상대 습도를 표시한 지도이다.

<그림 3-28> 호주 기상청의 상대 습도 관련 정보 제공 방식



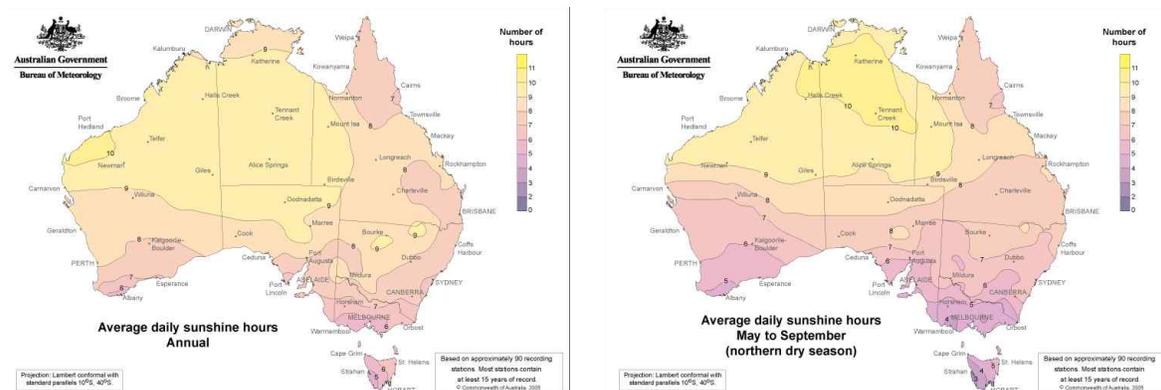
[연평균 일일 상대 습도(오전 9시 기준)]

[연평균 일일 상대 습도(오후 3시 기준)]

※ 출처: 호주 기상청 홈페이지 참조

연평균 일조 시간은 1990년부터 2003년까지 사용 가능한 데이터를 바탕으로 각 지점에서의 최소 15년 간의 기록을 통해 계산되며, 월평균 일조 시간도 매월 일조 시간 총계를 지정된 기간의 연도 수로 나누어 계산한다. <그림 3-29>는 연평균 일일 일조 시간과 5월부터 9월까지의 평균 일일 일조 시간을 표시한 지도이며, 일조 시간이 높은 경우 노란색으로 표시하며, 낮은 경우에는 보라색으로 표시하고 있다. 또한 지도 하단에 ‘남쪽 연안 지역의 일조 시간이 낮으며, 호주 중앙 지역의 일조 시간이 높다’거나 ‘상대 습도가 낮은 내륙 호주 지역의 운량이 적어 일조 시간에 직접적인 영향을 준다’는 등의 해석을 표기하여 홈페이지 이용자들에게 편의를 제공하고 있다.

<그림 3-29> 호주 기상청의 일조 시간 관련 정보 제공 방식



[연평균 일일 일조 시간]

[5월부터 9월까지의 평균 일일 일조 시간]

※ 출처: 호주 기상청 홈페이지 참조

평균 증발량은 연간, 1월부터 12월까지 월별, 계절별로 밀리미터 단위에 따라 색깔을 구분하여 표시하고 있으며, 평균 증발증산량은 연간, 1월부터 12월까지 월별로 밀리미터 단위에 따라 색깔을 구분하여 표시하고 있다. 연평균 증발량은 1975년부터 2005년까지의 증발량 총계를 더하여 해당 기간의 연수로 나누어 계산하며, 월별 및 계절별 증발량도 총계를 지정된 기간의 연도 수로 나누어 계산하고 있다. 또한, 일조 시간의 경우, 연간 일조 시간은 물론 1월부터 12월까지의 월간 일조 시간, 5월부터 9월, 10월부터 4월까지의 평균 일조 시간에 따라 색깔이 다르게 표기된 지도의 형태로 제공한다.

## 2) 유럽중기기상예보센터(European Centre for Medium-Range Weather Forecast)

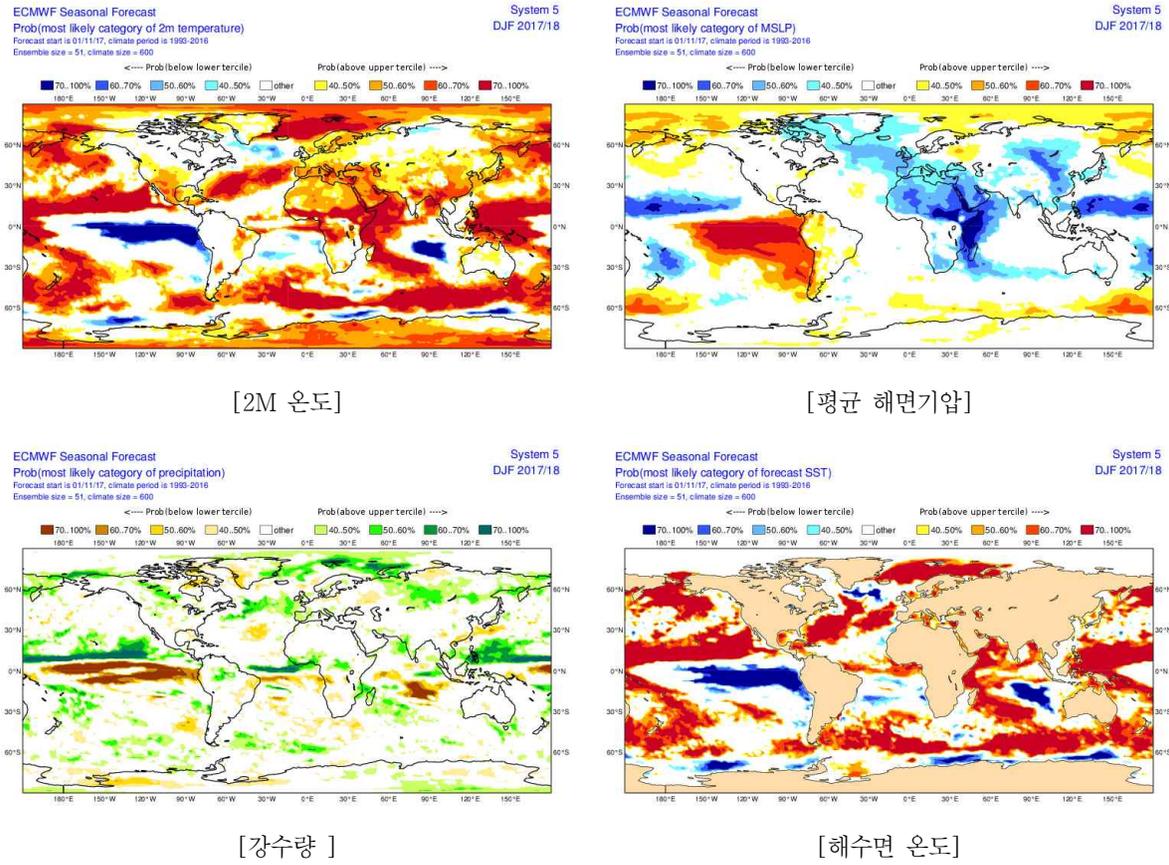
### (1) 설립 배경 및 주요 임무

유럽중기기상예보센터는 수치날씨예보(numerical weather forecast) 생산 및 지구시스템 모니터링, 예측 기술 향상을 위한 과학기술 연구, 기상데이터 보관을 주요 임무로 하며, 전 지구의 수치날씨예보(2회/1일), 대기질 분석, 대기 조성 모니터링, 기후 모니터링, 해양 순환 분석, 수문 예측을 제공한다. 유럽중기기상예보센터 1년 전 예측과 관련된 전 세계 기상 예측의 모든 측면에 대한 연구를 수행하고 있으며, 여기에는 유럽중기기상예보센터의 통합예측시스템(Integrated Forecasting System)의 지속적인 개선을 목표로 하는 데이터 동화, 모델 개발, 불확실성 평가 및 지구 시스템 구성 요소의 결합이 포함된다.

### (2) 장기후예측 현황

유럽중기기상예보센터는 통합예측시스템(Integrated Forecasting System)을 통해 10일, 15일의 중기, 32일 이상 또는 13개월 이상의 장기를 대상으로 하는 예보 자료를 제공하고 있다. 보다 상세하게는, 기후 관련 정보로 MJO는 물론 2m 온도, 평균 해면기압, 강수량, 해수면 온도에 대한 그래픽 자료를 중기, 장기, 기타 분야로 나누어 제공하고 있다. 여기서 중기예보는 10일이나 15일 이후의 예보를, 장기예보는 32일 이상의 예보를 의미한다.

<그림 3-30> 유럽중기기상예보센터의 기후 관련 정보 제공 방식



※ 출처: 유럽중기기상예보센터 홈페이지 참조

## 제2절 국내 장기예보 현황 조사·분석

### 1. 기상 관련 업무 체계 및 예산 현황

기상청은 환경부 소속기관으로, 6개 보조기관(운영지원과, 예보국, 관측기반국, 기후과학국, 기상서비스진흥국, 지진화산센터)과 7개 소속기관(지방기상청, 수치모델링센터, 국가기상위성센터, 기상레이더센터, 국립기상과학원, 항공기상청, 수치모델링센터)으로 조직되어 있다.

기상청의 주요 업무는 관측 업무, 예보 업무, 기후변화 관련 업무, 지진·화산 관련 업무, 국제협력 업무, 기상 관련 연구, 응용기상 관련 업무, 정보통신 관련 업무 등이다. 기상청의 인력 정원은 1,289명(차관급 1명, 고공단 14명, 3, 4급 11명, 4급 40명, 4, 5급 30명, 5급 176명, 6급 이사 894명, 연구직 120명, 전문경력관 1명, 전문임기제 2명)이며, 2017년 12월 현재 총 구성원 수는 1,324명으로 기상직, 통신직, 전산·기타직, 기상연구직, 행정직, 사무운영 등, 특수직으로 구성되어 있다. 기상청의 정원 현황은 표 3-1과 같다.

[표 3-3] 기상청의 정원 현황

계	정무직 차관급	고공단		3,4급	4급	4,5급	5급	6급 이하	연구직	전문 경력관	전문 임기제	
		일반직	임기제									
운영	1,289	1	12	2	11	40	30	176	894	120	1	2

\* 출처: 기상청 홈페이지 참조

이 중 예보 업무를 구체적으로 살펴보면, 기상법 제13조 제1항에서 기상청장은 기상현상에 대하여 일반인이 이용할 수 있도록 필요한 예보 및 특보를 하여야 한다고 규정하고, 동법 시행령 제8조 제1항에서는 초단기예보, 단기예보, 중기예보, 장기예보로 구분하여 발표한다고 규정하고 있다. 이에, 기상청은 초단기, 단기, 중기, 장기예보 등의 일기예보와 주의보, 경보 등의 기상정보 및 특보를 제공하고 있다. 초단기예보는 기온, 강수량, 강수 형태, 상대 습도, 풍향, 풍속, 하늘 상태, 낙뢰 등 8개의 기상실황과 강수 형태, 강수량, 하늘 상태, 낙뢰 등 4개의 예보요소를 1시간 단위로 최대 4시간까지 예보하며, 매시 30분에 하루 24회 발표한다. 단기예보는 정시 기온, 최고·최저기온, 강수 형태, 강수 확률, 강수량, 적설, 하늘 상태, 풍향, 풍속, 습도, 파고 등 12개 요소에 대해 전국을 5km × 5km 간격으로 세분화하여 총 3,500여 개의 읍·면·동을 3시간 단위로 모레까지의 예보를 발표한다. 중기예보는 향후 3일에서 10일까지의 기상 전망, 육상 및 해상 날씨, 최고·최저기온, 파고를 오전과 오후로 나눠 매일 2회 발표하고 있다.

장기·수치예보를 제외한 예보와 지진·지진해일·화산을 제외한 특보 관련 업무는 기상청 예보국에서 담당하고 있으며, 지진관측을 제외한 기상관측 업무는 기상청 관측기반국에서 담당하고 있다.

<그림 3-31> 우리나라 기상청의 조직 현황



※ 출처: 기상청 홈페이지 참조

기상청의 2017년도 예산은 385,276백만 원으로 2016년도 예산(402,086백만 원) 대비 16,810백만 원 감소되었다. 세부적으로 예산을 살펴보면, 인건비가 90,742백만 원, 기본경비가 18,740백만 원이며, 주요사업비는 275,794백만 원이다.

[표 3-4] 기상청의 프로그램별 예산 현황

(단위:백만 원)

번호	2016(A)	2017(B)	증감 내역	
			B-A	B/A(%)
1. 기상예보 프로그램	8,784	8,669	△115	△1.3
- 국가태풍센터 운영	1,184	1,093	△91	△7.7
- 예보 및 통보 체계 개선	7,600	7,576	△24	△0.3
2. 기상관측 프로그램	73,245	86,023	12,778	17.4
- 지상 및 고층 기상관측	11,651	14,871	3,220	27.6
- 기상레이더 관측	12,548	8,374	△4,174	△33.3
- 지진 관측	8,108	20,266	12,158	150.0
- 기상정보시스템 운영	40,938	42,512	1,574	3.8
3. 기후변화과학 프로그램	26,090	27,491	1,401	5.4
- 기후변화 과학정보 생산 및 서비스	7,241	7,245	4	0.1
- 아태 기후정보서비스 및 연구개발	7,750	8,428	678	8.7
- 해양기후 정보 생산 및 제공	11,099	11,818	719	6.5
4. 기상서비스 진흥 프로그램	15,738	15,505	△233	△1.5
- 기상산업 진흥	11,963	12,074	111	0.9
- 기후자료 관리 서비스	3,775	3,431	△344	△9.1
5. 기상연구 프로그램	145,377	108,395	△36,982	△25.4
- 선진기상기술개발	21,091	19,759	△1,332	△6.3
- 기상업무지원기술개발	24,039	23,541	△498	△2.1
- 기상관측위성개발	78,175	42,092	△36,083	△46.2
- 기상 See-At 기술개발	22,072	23,003	931	4.2
6. 책임행정기관 운영 프로그램	13,407	12,988	△419	△3.1
- 책임행정기관 인건비	6,567	6,912	345	5.3
- 책임행정기관 기본경비	824	857	33	4.0
- 항공기상장비 보강 및 운영	4,169	3,658	△511	△12.3
- 항공기상정보시스템 운영	1,847	1,561	△286	△15.5
7. 국제협력교육홍보 프로그램	8,749	8,698	△51	△0.6
- 국제기상협력 및 선진기술 습득	4,864	5,009	145	3.0
- 교육훈련 및 대국민 기상인식 제고	3,885	3,689	△196	△5.0

번호	2016(A)	2017(B)	증감 내역	
			B-A	B/A(%)
8. 기상행정 지원 프로그램	110,697	117,507	6,811	6.2
- 본부 인건비	32,986	34,284	1,298	3.9
- 소속기관 인건비	15,934	17,939	2,005	12.6
- 지방청 인건비	31,586	31,607	21	0.1
- 본부 기본경비	7,727	7,879	152	2.0
- 소속기관 기본경비	1,761	1,796	35	2.0
- 지방청 기본경비	8,428	8,208	△220	△2.6
- 청사 시설 개선	12,275	15,794	3,519	28.7
총 계	402,086	385,276	△16,810	△4.2

※ 출처: 기상청 홈페이지 참조

이 중 기후변화 과학 프로그램은 크게 기후변화 과학정보 생산 및 서비스, 아시아 태평양 기후정보서비스 및 연구개발, 해양기후 정보생산 및 제공으로 구분되며, 2017년도 예산을 세부 프로그램별로 살펴보면 다음과 같다. 기후변화 과학정보 생산 및 서비스는 기후변화 감시·서비스 체계 구축 및 운영(1,970백만 원), 장기예보 선진 서비스 체계 구축(2,088백만 원), 지역 기후정보 생산 및 활용(2,218백만 원), 기후과학 국제협력 역량 강화(969백만 원)로 구성되어 있으며, 해양기후 정보생산 및 제공은 해양기상관측망 확충 및 운영(9,366백만 원), 기상관측선 건조 및 운영(1,402백만 원), 해양기상기지 구축 및 운영(740백만 원), 무선 FAX 시스템 운영(310백만 원)으로 구성되어 있다.

특히, 장기예보 선진 서비스 체계 구축 사업은 크게 선진 기상예보 생산 체계 구축 및 운영(1,328백만 원)과 이상기후 조기탐지 및 조기경보 체계 구축(760백만 원)이며, 이 중 선진 장기예보 생산 체계 구축 및 운영 예산은 ① 이상기후 확률예보 생산시스템 체계 개선 및 현업 운영(536백만 원), ② 확률 장기예보 개선에 의한 장기예보관 지원시스템 구축(450백만 원), ③ 선진 장기예보센터 기후예측자료 자료처리 개선·활용기술 개발 등 WMO 장기예보 선도센터 기술 개선(180백만 원), ④ 국내외 최신 장기예보(기후예측) 기술습득 및 서비스 체계 개선(140백만 원), ⑤ 장기예보 기술노트 인쇄, 조달수수료 등 수용성 경비(22백만 원)로 구성된다.

## 2. 장기예보 조직 및 인력 운영 현황

우리나라 장기예보 관련 조직에는 기상청(본부, 지방기상청), 국립기상과학원(이하 “과학원”이라고 함), APCC, 한국형수치예보모델개발사업단(이하 “한수예”라고 함)이 있다.

기상청과 그 소속기관 직제 제12조에서는 기후과학국장이 기후관련 업무에 관한 기본 정책 수립·중

합·조정, 기후변화 감시에 관한 정책 수립 및 총괄, 기후변화에 관한 정부 간 협의체, 지구관측그룹 및 APCC에 관한 사항, 기후예측(장기예보 및 기후전망 포함)의 생산·관리 및 통보, 엘니뇨, 라니냐 등 이상기상·기후의 감시 및 조사·분석, WMO 전지구 장기예측 자료생산센터 운영, 세계기상기구가 정하는 바에 따른 기후변화 감시·조사 및 그에 대한 종합 분석과 분석 결과 발표, 기후변화감시 관련 국내외 기술 교류, 기후변화 응용정보의 생산·관리 및 통보, 해양기상관측선 운영에 관한 기본계획 수립, 해양 기상정책 수립 및 기술개발, 국내외 기상실황 및 예보의 무선통신, 수문기상·기름에 관한 업무 및 관련 유관기관과의 협력에 관한 사항을 분장한다고 규정하고 있다.

<그림 3-32> 우리나라의 장기예보 업무 관련 조직 현황



### 1) 기상청

#### (1) 기후과학국 기후예측과

기상청 기후과학국 기후예측과의 2017년 12월 현재 인원은 총 16명이며, 크게 기후예측업무에 관한 사항, 이상기후 감시업무에 관한 사항, 기후예측 관련 WMO 지정센터 업무에 관한 사항, 북한의 기후업무에 관한 사항을 담당하고 있다. 이 중 장기예보 관련 업무를 담당하고 있는 인원은 총 10명으로, 기후 감시 및 분석 4명(파견 포함), 모델 개발 및 관리 3명, 예보 3명으로 구성되어 있다. 이는 기상청 현원 인력 1,324명 대비 0.76%에 불과한 수준이다.

[표 3-5] 기상청 기후예측과의 주요 업무

구분	주요 내용
기후예측업무에 관한 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후예측(장기예보 및 기후전망 포함) 업무에 관한 기본계획의 수립 및 조정</li> <li>- 기후예측 정보의 생산·관리·통보 및 검증</li> <li>- 기후예측 기술개발 및 개선</li> <li>- 기후예측모델을 이용한 예보기법의 개발·개선</li> <li>- 기후예측자료의 분석기법 개발·개선</li> <li>- 기후예측시스템의 운영 및 관리</li> <li>- 기후예측분야 국내외 기술교류 및 국제협력</li> </ul>
이상기후 감시업무에 관한 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상기후 감시업무에 관한 기본계획의 수립 및 조정</li> <li>- 이상기상 및 기후(재해기상 및 실시간 분석이 필요한 현상은 제외한다)의 감시·분석</li> <li>- 기후감시 기술개발 및 개선</li> </ul>

구 분	주요 내용
	- 기후감시시스템의 운영 및 관리 - 기후감시분야 국내외 기술교류 및 국제협력
기후예측 관련 WMO 지정센터 업무에 관한 사항	- 세계기상기구 전지구 장기예측자료 생산센터 운영 및 관리 - 세계기상기구 다중모델앙상블 장기예보 선도센터 운영 및 관리 - 세계기상기구 지정 센터 관련 국내외 기술교류 및 국제협력
북한의 기후업무에 관한 사항	- 북한지역 기후특성 분석 및 자료 생산

※ 출처: 기상청 홈페이지 참조

## (2) 지방기상청

지방기상청에는 수도권 기상청(인천기상대), 부산지방기상청(대구기상지청, 안동·울산·창원기상대), 광주지방기상청(전주기상지청, 목포기상대), 강원지방기상청(춘천기상대), 대전지방기상청(청주기상지청, 홍성기상대), 제주지방기상청이 있다.

<그림 3-33> 지방기상청의 조직 구조

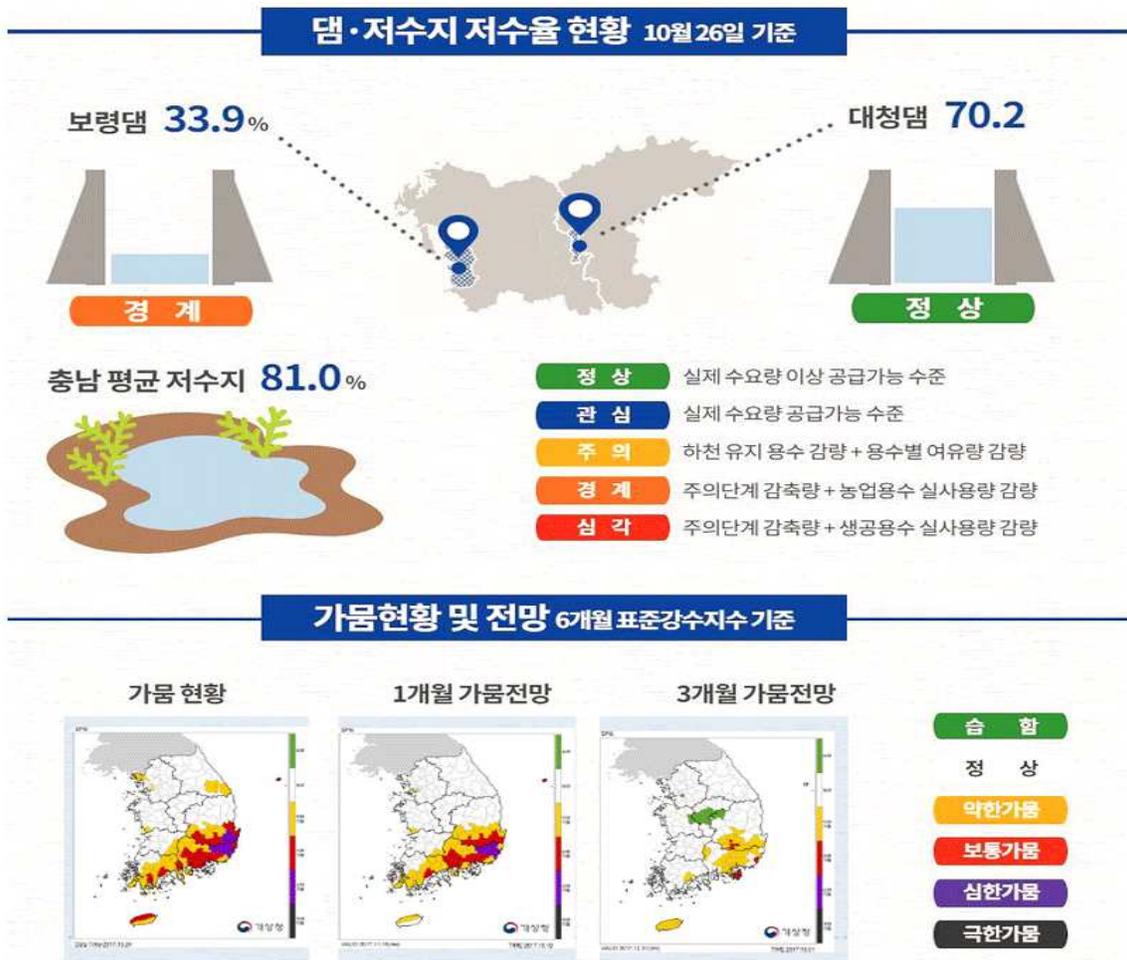


※ 출처: 기상청 홈페이지 참조

지방기상청은 관할 주민을 대상으로 지역 특성에 맞춘 기상·기후정보를 제공하고 있으며, 이 중 대전 지방기상청은 장기예보와 관련된 맞춤형 정보를 제공하고 있어 시사하는 바가 크다. 대전지방기상청은 대전·세종·충남 지역의 맞춤형 기상정보 서비스 및 기상기후정보 달력을 통해 장기예보 관련 정보를 제공하고 있다. 전·세종·충남 지역의 맞춤형 기상정보로 가뭄 기상정보(누적강수량 현황, 댐·저수지 저수율 현황, 가뭄현황 및 전망), 산불예방 기상정보(산불재난 국가위기경보, 최근 1년 누적강수량 현황, 지

난 주 산불 관련 기상 현황, 단기 및 중기 예보, 산불 위험 등급, 대전·세종·충청 지방 기상요소별 평년 값), 농업 기상정보 서비스(단기 및 중기예보, 평균기온·강수량 합계·일조 합계·평균기온·누적강수량, 농업 기상관측 자료, 종관 기상관측 자료)를 제공하고 있으며, 1개월·3개월 가뭄 전망의 경우 습함, 정상, 약한 가뭄, 보통 가뭄, 심한 가뭄, 극한 가뭄을 지도상에 색깔별로 구분되도록 표시하는 방식으로 정보를 제공하고 있다.

<그림 3-34> 대전지방기상청의 가뭄 현황 및 전망 제공 방식



※ 출처: 대전지방기상청 홈페이지 참조

또한, 대전·세종·충남 중부내륙, 충남남서내륙, 충남남동내륙, 충남남부서해안, 충남북부내륙, 충남북부서해안의 지역별로 평년과 작년의 최고기온, 최저기온, 강수량, 달 모양을 기재한 달력 및 해당 지역의 극값, 평년 대비 이번 달 기온, 평년 대비 이번 달 강수량 분포의 일자별 그래프를 제공하고 있다.

<그림 3-35> 대전지방기상청의 기상·기후정보 제공 방식

## 대전·세종·충남 중부내륙(공주·계룡)기상기후정보달력

12 2017 DECEMBER

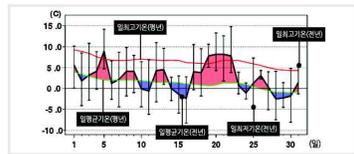
차고 건조한 대륙고기압이 우리나라 부근으로 확장하면서 북서계절풍이 강해지고 기온이 큰 폭으로 낮아지면서 추운 날씨를 보이며, 폭설로 인한 재해가 발생하기도 한다.



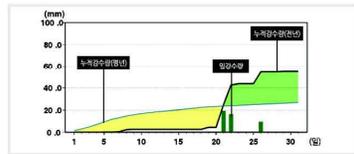
SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
	(보기) 평년최고기온(°C) / 적년최고기온(°C) 평년최저기온(°C) / 적년최저기온(°C) 평년강수량(mm) / 적년강수량(mm)		(달 모양) ☾		1 ☾ 9.2 / 10.1 -0.6 / 0.1 1.4 / 0.0	2 ☾ 8.9 / 8.5 -1.3 / -4.1 1.6 / -
3 ☾ 8.4 / 10.8 -1.8 / -2.8 1.7 / -	4 ☾ 7.6 / 8.8 -2.3 / -0.2 2.3 / 0.0	5 ☾ 7.0 / 14.2 -2.5 / 4.7 2.3 / 0.2	6 ☾ 6.8 / 6.6 -2.4 / -2.6 2.3 / -	7 대설(大雪) ☾ 6.7 / 8.7 -2.4 / -4.4 1.4 / 0.2	8 ☾ 6.7 / 9.8 -2.5 / -1.8 1.6 / 1.9	9 ☾ 6.9 / 7.9 -2.3 / -1.0 1.2 / 0.3
10 ☾ 7.0 / 6.4 -2.6 / -4.4 1.0 / -	11 ☾ 6.9 / 6.9 -2.8 / -6.2 0.8 / -	12 ☾ 6.8 / 11.0 -3.1 / -3.2 0.8 / 0.0	13 ☾ 6.7 / 9.6 -3.1 / 1.0 0.5 / -	14 ☾ 6.8 / 2.7 -3.2 / -2.9 0.6 / -	15 ☾ 6.7 / 3.0 -3.0 / -5.9 0.8 / -	16 ☾ 6.2 / 2.8 -3.5 / -8.3 0.7 / -
17 ☾ 6.1 / 10.5 -3.5 / -0.3 0.7 / -	18 ☾ 6.0 / 9.5 -3.8 / -1.8 0.7 / 0.0	19 ☾ 5.9 / 10.6 -3.9 / 5.1 0.5 / 1.8	20 ☾ 6.3 / 13.3 -3.9 / 4.3 0.3 / -	21 ☾ 6.8 / 12.6 -3.4 / 1.8 0.4 / 20.5	22 동지(冬至) ☾ 6.7 / 14.8 -3.2 / 3.8 0.3 / 17.6	23 ☾ 6.7 / 3.9 -3.2 / -1.3 0.3 / 1.3
24 ☾ 6.3 / 1.3 -3.5 / -2.5 0.3 / -	25 성탄절 ☾ 5.9 / 7.3 -4.1 / -4.5 0.4 / -	26 ☾ 5.5 / 4.3 -4.6 / 2.3 0.3 / 10.8	27 ☾ 5.0 / 4.0 -5.1 / -5.1 0.3 / 0.0	28 ☾ 4.6 / 4.1 -5.6 / -7.5 0.3 / -	29 ☾ 4.4 / 1.4 -5.7 / -4.5 0.3 / 0.2	30 ☾ 4.3 / 4.8 -5.7 / -8.1 0.4 / -
31 ☾ 4.3 / 5.2 -4.5 / -1.3 0.4 / -						

12월 극값순위	최고기온(°C)	최저기온(°C)	일 강수량(mm)
1	18.4 (1978. 12. 8.)	-17.7 (1973. 12. 24.)	34.1 (1975. 12. 4.)
2	17.7 (2004. 12. 3.)	-15.7 (2005. 12. 18.)	29.8 (1997. 12. 6.)
3	17.1 (1991. 12. 6.)	-15.6 (1973. 12. 25.)	28.0 (2004. 12. 4.)

대전 12월 극값순위



평년대비 2016년 12월 기온



평년대비 2016년 12월 강수량

· 담당자: 박선영 / 검토자: 박형진 / 감수자: 김 효  
· 연락처: 042-862-0366 / 이메일: parkyouie@korea.kr  
· 관측자료 기준지점: 대전광역시 유성구 대학로 383 대전지방기상청



※ 출처: 대전지방기상청 홈페이지 참조

## 2) 유관 기관

### (1) 국립기상과학원

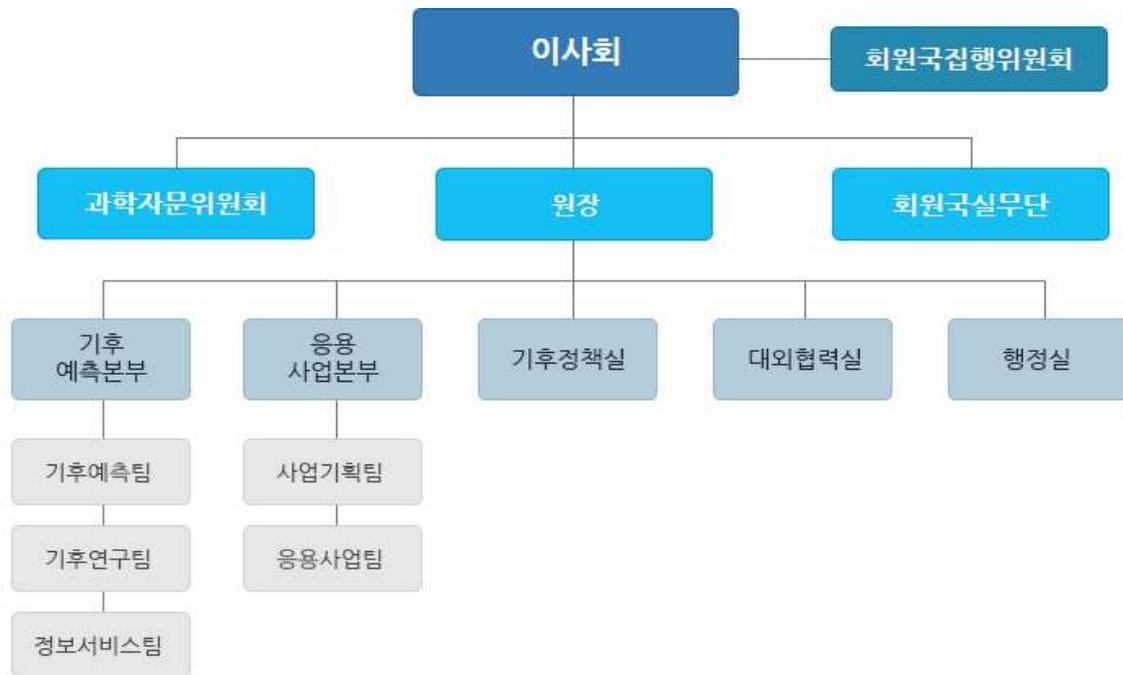
국립기상과학원은 1978년 기상청 소속기관으로 설립되었으며, 현재 연구기획운영과, 관측예보연구과, 기후연구과, 지구시스템연구과, 환경기상연구과, 응용기상연구과의 6과 직제로 운영되고 있다. 이 중 기후 관련 연구는 기후연구과 및 지구시스템연구과에서 수행하고 있는데, 기후연구과는 지구시스템 모델 개발과 기후변화 시나리오 산출체계 구축·운영, 전 지구 및 동아시아 지역 기후변화 시나리오 개발·분석, 기후변화 원인·메커니즘 분석을 통한 기후시스템 이해, 지상·항공·위성 관측을 통한 탄소감시 및 탄소순환 연구를 수행하고 있다. 지구시스템연구과의 업무는 크게 장기예측, 해양기상, 수문기상, 기상관측선으로 구분되는데, 장기예측에는 현업 장기예측시스템인 전지구계절예측시스템 버전5(Global

Seasonal Forecasting System version 5, 이하 “GloSea5”라고 함) 운영, 장기예측시스템 예측성 진단 및 검증, 세계기상기구 국제조정사무소 운영이 포함되며, 지구시스템연구과 소속 인력 1명이 장기예측 모델 현업 운영을 지원하고 있다.

(2) APEC 기후센터

APCC는 아시아·태평양 지역의 기후예측 정보 생산·전달 및 활용에 대한 역할을 수행하기 위하여 APEC 회원국의 합의에 의해 설립되었다. APCC의 연구 분야는 크게 기후예측, 기후분석, 기후변화연구, 기후응용서비스 개발로 나누어져 있으며, 조직은 2본부(기후예측본부, 응용사업본부), 3실(기후정책실, 대외협력실, 행정실)로 구성되어 있다. 이 중 기후예측본부는 기후예측팀, 기후연구팀, 정보서비스팀으로 구성되어 있으며, 인원은 총 38명(기후예측팀 17명, 기후연구팀 13명, 정보서비스팀 8명)이다. 기후예측본부의 주요 기능은 ① 센터의 기후예측 연구개발 관련 계획 수립에 관한 사항, ② 장기예측, 자료생산 및 예측에 관한 사항, ③ 전 지구 모델 개발 및 개선에 관한 사항, ④ 기후모델 운영, ⑤ 국내·외 공동연구수행이다.

<그림 3-36> APCC의 조직 현황



※ 출처: APCC 홈페이지 참조

(3) 한국형수치예보모델개발사업단

한수에는 우리나라에 적합한 현업용 수치예보모델을 개발하고 기상재해 저감 및 사회 경제 발전에

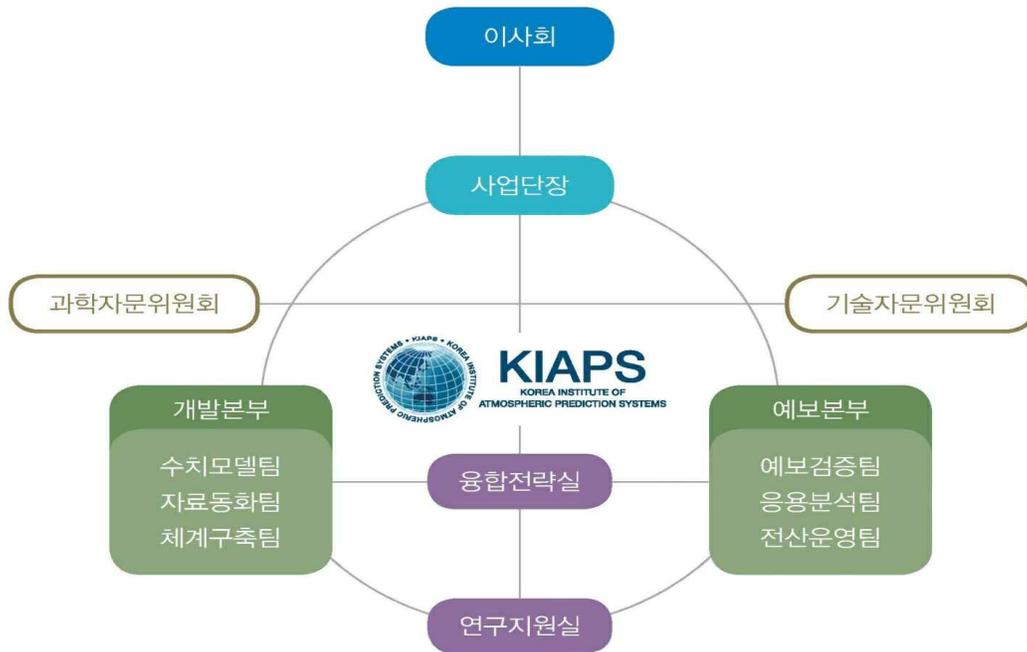
이바지하기 위하여 기상법 제32조 및 공익법인의 설립·운영에 관한 법률에 근거하여 설립되었다. 현재 기상예보에 활용되고 있는 수치예보모델은 전 지구 영역을 17km 간격으로 나누어 수치 분석을 수행하는 전지구예보시스템(Global Data Assimilation and Prediction System, 이하 “GDAPS”라고 함), 동북아시아 지역을 12km 간격으로 나누어 분석하는 지역예보시스템((Regional Data Assimilation and Prediction System, RDAPS), 한반도 및 주변 지역을 1.5km 간격으로 나누어 분석하는 국지예보모델(Local Data Assimilation and Prediction System, LDAPS)로 구성되어 있다.

한국형수치예보모델 개발을 위한 예비타당성보고서에서는 수치예보모델의 예측 정확도 개선률이 독자적인 모델 보유 시 24.6%, 미 보유 시 15.2%로 분석되었으며, 2011년부터 2019년까지 총 9개년 동안 946억 원의 사업비 투입을 통해 현재 1단계 사업(2013년 완료) 및 2단계 사업(2016년 완료)을 마치고 시범 운영 중이다. 한수예의 주요 기능은 아래와 같다.

- 한국형수치예보모델 개발·평가·보급
- 한국형수치예보모델의 현업 운영을 위한 제반 기술의 개발과 보급
- 국제공동연구 등 한국형수치예보모델 관련 제발 연구 개발
- 한국형수치예보모델 개발과 응용역량 배양을 위한 교육·훈련
- 국내외 관련 기관 및 기구와의 교류·협력
- 전문가 교환 방문 연구 및 초청, 방문과학자 프로그램 운영
- 서적·정기간행물·보고서·연구논문 등의 발간 및 보급
- 학술 및 국제협력회의 등의 개최·참가
- 기타 사업단의 조직과 운영에 필요한 사항

한수예의 조직으로는 크게 개발본부와 예보본부, 연구지원실이 있으며, 개발본부는 수치모델팀, 자료동화팀, 체계구축팀, 예보본부는 예보검증팀, 응용분석팀, 전산운영팀으로 구분되어 있다.

<그림 3-37> 한국형수치예보모델개발사업단의 조직 현황



※ 출처: 한국형수치예보모델개발사업단 홈페이지 참조

한수예의 단계별 사업 내용은 기반 구축 및 원천 기술 개발(1단계, 2011~2013년), 시험모델 개발(2 단계, 2014~2016년), 현업모델 개발(3단계, 2017~2019년)이며, 현재 독자수치모델 버전 9의 검증 및 개선을 통해 버전 10을 개발 완료한 상태이다. 한수예의 조직별 주요 업무는 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 한국형수치예보모델개발사업단의 주요 업무

구 분		주요 내용
개발본부	수치모델팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 역학코어 기법 이론 연구</li> <li>- 역학코어 설계, 개발 및 성능 평가</li> <li>- 물리과정 기법 이론 연구</li> <li>- 물리과정 기법 설계, 개발 및 성능 평가</li> <li>- 역학, 물리모수화가 통합된 수치모델의 성능 평가</li> </ul>
	자료동화팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자료 동화 기법 이론 연구</li> <li>- 자료 동화 시스템 설계, 개발 및 성능 평가</li> <li>- 관측 자료 전처리과정 설계, 개발 및 평가</li> <li>- 전처리과정, 자료동화가 통합된 시스템 성능 평가</li> <li>- 수치모델이 통합된 자료동화 시스템 성능 평가</li> </ul>
	체계구축팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모델 핵심모듈 결합 방안 설계 및 개발</li> <li>- 수치모델과 자료동화가 결합된 통합시스템 구조 설계 및 개발</li> <li>- 병렬화 기법 및 모듈 최적화 기법 개발</li> <li>- 외부 모델 커플링 기법 설계 및 개발</li> <li>- 통합시스템 운영 스크립트 및 가시화 기법 개발</li> </ul>

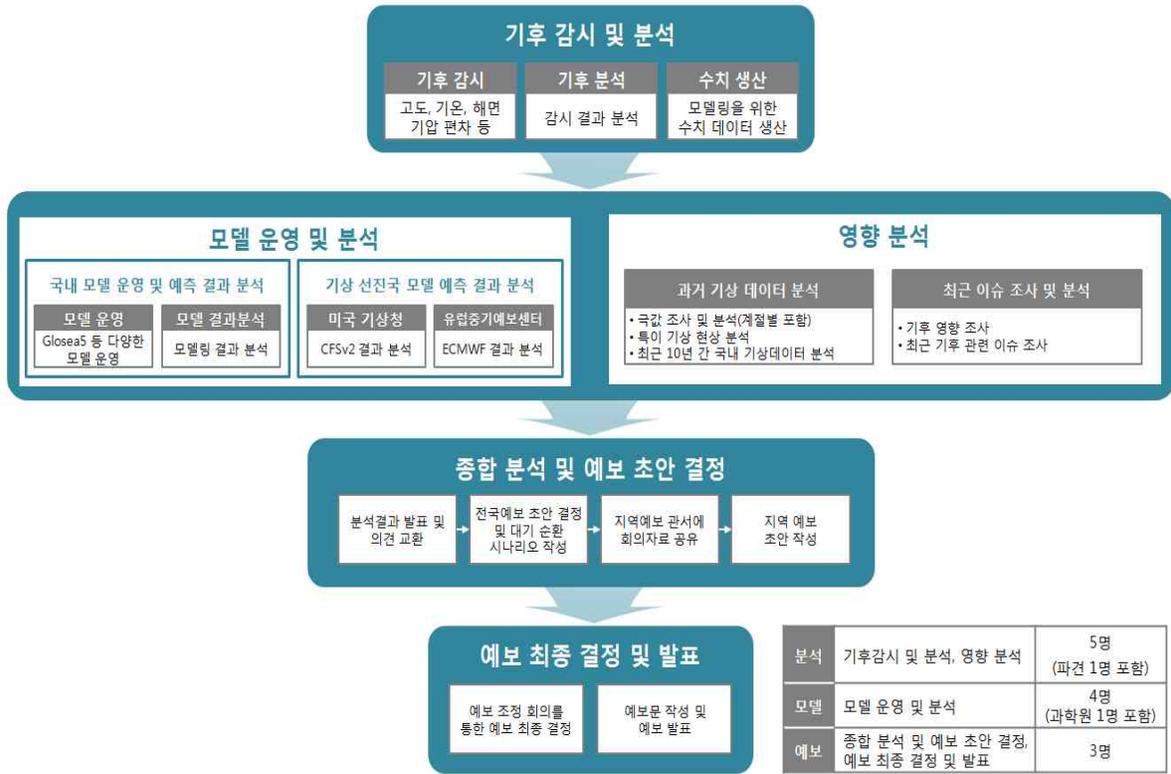
구 분		주요 내용
예보본부	예보검증팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선택된 악기상사례의 모의 성능 검증</li> <li>- 중기 예측 성능의 통계적 검증</li> <li>- 계절 예측 성능의 통계적 검증</li> <li>- 실시간 예측시스템 운영 및 자료관리</li> <li>- 검증을 통한 개발 및 개선 방향 환류</li> </ul>
	응용분석팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수치모델을 사용한 물리과정 메카니즘 진단</li> <li>- 다양한 민감도 실험을 통한 각 모듈의 특성 파악</li> <li>- 결과 분석을 통한 모델 개선 방향 환류</li> </ul>
	전산운영팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업단 전산 및 네트워크 시스템 운영</li> <li>- 전산 자원 및 소프트웨어 사용자 지원</li> <li>- 현업환경 수치예보시스템 관리 지원</li> <li>- 개인정보 보호 및 정보보안</li> </ul>
융합전략실		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발본부·예보본부 및 연구지원실 간 조정에 관한 사항</li> <li>- 대외협력 및 홍보, 국제협력 업무의 조정에 관한 사항</li> <li>- 그 밖에 기관장의 지시사항에 관한 사항</li> </ul>
연구지원실		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업단 회계, 세무관리, 문서처리 등 기관 운영 업무 등</li> </ul>

※ 출처: 한국형수치예보모델개발사업단 홈페이지 참조

### 3. 장기예보 생산 절차

1개월 예보는 발표일이 속한 주의 다음 두 번째 주부터 다섯 번째 주까지 4주 간의 날씨를 예측하는 것으로, 기후감시요소의 현황 감시, 자료 수집 및 분석, 전국 예보 초안 결정을 위한 자료 분석 결과 발표 및 토의, 전국 및 지역 예보 최종 결정을 위한 예보 조정 회의, 예보 발표의 절차로 진행된다. 3개월 예보는 발표일이 속한 월의 다음 월부터 3개월 간의 날씨를 예측하는 것으로, 1개월 예보와 동일하게 기후감시요소의 현황 감시, 자료 수집 및 분석, 전국 예보 초안 결정을 위한 자료 분석 결과 발표 및 토의, 전국 및 지역 예보 최종 결정을 위한 예보 조정 회의, 예보 발표의 절차로 진행되며 동아시아 문순 전문가 회의(5월, 11월 개최)와 기후예측 전문가 회의(2월, 5월, 8월, 11월)를 통해 기후 예측 결과에 대한 의견을 교환하고 있다. 우리나라의 장기예보 생산 절차는 <그림 3-38>과 같다.

<그림 3-38> 우리나라의 장기예보 생산 절차



### 1) 기후 감시 및 분석

기후감시전망시스템은 한반도 기온·강수 및 다양한 기후요소를 감시하고 예보관의 예보·통보 업무를 지원하는 현업시스템으로, 기후감시시스템, 브리핑시스템, 예보·통보·검증시스템, 영상회의시스템으로 구성되어 있다.<sup>37)</sup> 기후 감시 및 분석은 기후감시전망시스템 내 브리핑시스템을 활용하여 전 지구적 기압계 패턴 및 해수면 온도, 북극 해빙, 눈 덮임, 북극진동, MJO 등의 기후감시요소 현황을 감시한다.

37) 기상청, 앞의 책, 40면.

<그림 3-39> 우리나라 기상청 기후감시전망시스템의 구성도



※ 출처: 기상청, 앞의 책, 2015, 40면.

## 2) 모델 운영 및 분석

모델 운영 및 분석 단계에서는 기후감시요소 예측 결과, GloSea5, ECMWF, NCEP의 앙상블예측시스템모델(Coupled Forecast System Model Version 2, 이하 “CFSv2”라고 함)의 기온 및 강수량 예측 결과, 각 모델에 대한 특성 및 예측성을 분석한다.

우리나라 기상청은 일본 기상청 Global Spectrum Model 기반의 전 지구예보모델(GDAPS)을 기반으로 장기예측모델을 운영하였으나, 2010년 6월 영국 기상청과 계절예측시스템 공동 구축 및 운영을 위한 협의서를 체결하여 대기, 해양이 결합된 기후모델 기반의 계절예측시스템을 공동 운영하고 있다. 영국에서 도입한 GloSea5는 영국 기상청 해들리센터에서 기후 연구를 위해 개발한 HadGEM3(Hadley centre Global Environmental Model version 3)에 기반하고 있으며, 대기(Unified Model), 해양(Nucleus for European Modeling of the Ocean), 해빙(Los Alamos Sea Ice Model), 지표(Joint UK Land Environment Simulator) 모델이 하나로 합쳐진 전 지구 결합 모델(Coupled General Circulation Model, CGCM)로 구성되어 있다.<sup>38)</sup>

예측 자료는 기상청 전 지구 자료동화시스템에서 생산된 분석장을 초기 자료로 활용하며, 과거재현 자료는 1996년부터 2009년까지의 14년 기간을 대상으로 유럽중기기상예보센터에서 생산한 ERA-interim 재분석장을 대기 초기장으로 활용하고 있다.<sup>39)</sup> GloSea5에서는 일평균 등압면 변수, 일

38) 기상청, 앞의 책, 58면.

평균 단일면 변수, 6시간 순간값 변수, 대기복사관련 변수, 고층대기 변수, 그래픽 생산용 월평균 변수, 해양 일평균 변수, 계절 내 예측 프로젝트를 위한 교환용 자료 등이 생산되며, GloSea5에서 생산된 변수들은 일별·주별·월별 단순 평균 및 가중 평균 등의 후처리 과정과 그래픽 과정을 거쳐 장기예보에 활용되고 있다.<sup>40)</sup>

### 3) 영향 분석

최근 10년 간 전국 및 지역 평균 기온 편차 및 강수량 평비, 기압계, 계절별 주요 기압계 및 동아시아 평년장, 유사해 분석 등을 수행한다.

### 4) 종합 분석 및 예보 초안 결정

해당 자료 분석 결과의 발표 및 토의를 통해 전국 예보 초안을 결정하며, 전국 예보 초안 및 지역 상세 예보 초안에 대한 예보 조정 회의를 통해 최종 예보를 결정하고 예보문을 입력한다.

### 5) 예보 최종 결정 및 발표

예·통보시스템에서 예보문을 최종 검토한 후 통보하며, 기상청 홈페이지 및 종합기상정보시스템의 통보 결과를 확인한다. 1개월 및 3개월 전망, 기후전망에 대한 홈페이지 게시 및 예보문 내용에 대해서는 이하의 제4절에서 상세히 기술하고자 한다.

## 4. 장기예보 관련 생산 정보 및 제공 방식

### 1) 1개월 전망

1개월 전망은 발표일이 속한 주의 다음 두 번째 주부터 다섯 번째 주까지 4주 간의 기후를 예측하는 것이며, 기상청 홈페이지에 요약 및 날씨 전망, 지역별 확률예보, 전국확률분포도를 게시하고, 별도의 예보문을 PDF 파일로 제공하고 있다. 먼저, 요약 및 날씨 전망 페이지에서는 예보 요약(기온 전망, 강수량 전망)과 날씨 전망(1주차, 2주차, 3주차, 4주차)을 전국 및 지역별로 확인할 수 있다.

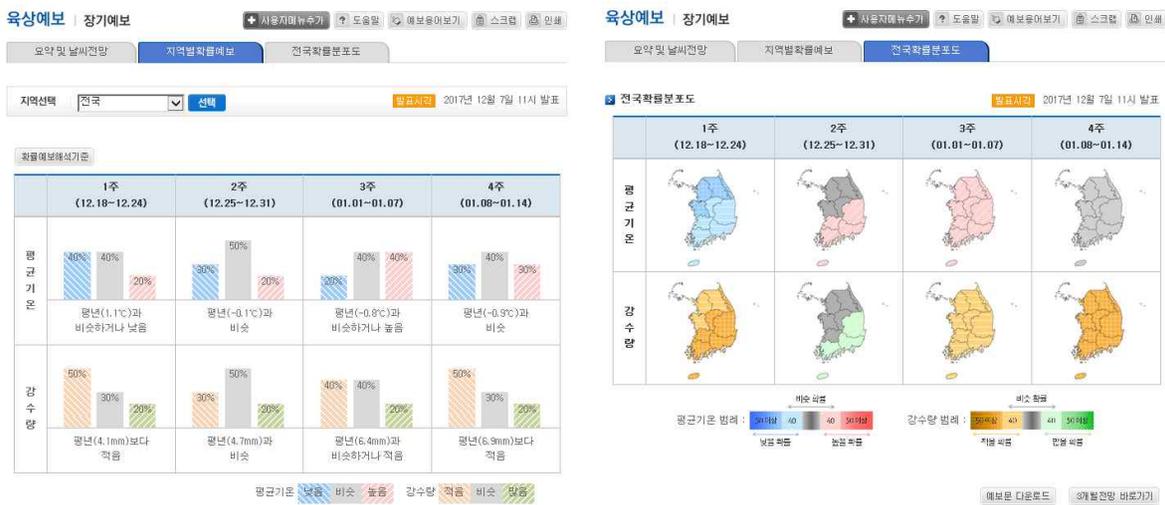
39) 기상청, 위의 책, 59면.

40) 기상청, 위의 책, 60면, 65면.

지역별 확률예보 페이지에서는 1주부터 4주까지의 평균기온 및 강수량의 확률예보를 그래프로 표시하고, 전국 평년 비슷 범위를 1주부터 4주에 나눠서 평균기온 및 강수량을 표로 표시하고 있다. 확률예보의 경우 높음(많음) 확률이 50% 이상이면 평년보다 기온이 높거나 강수량이 많은 것이며, 낮음(적음) 확률이 50% 이상이면 평년보다 기온이 낮거나 강수량이 적은 것으로 해석된다. 낮음(적음), 비슷, 높음(많음) 확률이 40:30:30, 30:40:30, 30:30:40이면 평년과 비슷한 것으로 해석된다.

전국확률분포도 페이지에서는 1주부터 4주까지의 평균기온 및 강수량의 확률예보를 지도상에 색깔로 표시하고 있으며, 평균기온의 경우 낮을 확률이 높으면 파란색, 높을 확률이 높으면 빨간색으로 표시하며, 강수량의 경우 적을 확률이 높으면 노란색, 많을 확률이 높으면 녹색으로 표시하고 있다.

<그림 3-40> 우리나라 기상청의 1개월 전망 제공 방식(홈페이지)



※ 출처: 기상청 홈페이지 참조

또한, 1개월 전망에 대한 예보문을 PDF 파일로 제공하고 있으며, 예보 요약, 날씨 전망, 전국 및 각 지역에 대해 주별 평균기온 및 강수량 전망을 표 및 지도로 제공하고 있다.

<그림 3-41> 우리나라 기상청의 1개월 전망 제공 방식(예보문)



■ 날씨 전망

1주 (10.02-10.08)	이동선 고기압과 상층 한기의 영향으로 기온 현상이 크겠음 (주평균기온) 평년보다 낮겠음 (주간수량) 평년과 비슷하거나 적겠음
2주 (10.09-10.15)	고기압의 영향을 주로 받겠으나, 남쪽을 지나는 저기압의 영향을 받을 때가 있겠음. (주평균기온) 평년과 비슷하겠음 (주간수량) 평년과 비슷하겠음
3주 (10.16-10.22)	이동선 고기압과 상층 한기의 영향으로 기온 변화가 크겠음. (주평균기온) 평년과 비슷하거나 낮겠음 (주간수량) 평년보다 적겠음
4주 (10.23-10.29)	이동선 고기압의 영향을 주로 받겠음. (주평균기온) 평년과 비슷하겠음 (주간수량) 평년보다 적겠음

■ 확률예보 해석의 기준

확률(양음(적음)·백수·높음(양음))	해설
높음(양음) 확률이 50% 이상 (20:40)	평년보다 높음(양음)
백수 확률이 50% 이상 (40:30:30)	평년과 비슷
낮음(적음) 확률이 50% 이상	평년보다 낮음(적음)

※ 장기예보를 수신하는 기관에서는 연락처 또는 담당자 변경 시 기상청(☎ 02-2188-0478)으로 알려주시기 바랍니다.

■ 주별 평균기온 전망(%)

지역	기간	1주 (10.02-10.08)		2주 (10.09-10.15)		3주 (10.16-10.22)		4주 (10.23-10.29)	
		예보	확률	예보	확률	예보	확률	예보	확률
한국예우도북한예비	16.5	45	50	15.6	45	15.1	57	14.0	20
서울·강원·경기도	16.7	45	50	15.7	45	15.0	50	13.6	45
강원도 영서	14.5	45	50	13.5	45	13.1	45	12.0	45
강원도 영동	17.2	45	50	16.4	45	15.0	40	12.2	45
대전·세종·충청남도	15.9	45	50	14.5	45	13.0	45	11.2	45
충청북도	15.0	45	50	14.0	45	12.0	45	10.1	45
경주·울산	18.0	45	40	17.1	45	15.0	40	13.9	45
전라북도	17.0	45	50	16.0	45	14.5	45	12.8	45
부산·울산·경상남도	17.2	45	40	16.3	45	14.5	45	12.9	45
대구·경상북도	16.3	45	40	15.4	45	13.5	45	11.9	45
제주도	20.5	45	40	19.7	45	18.1	45	17.0	45
평안남도·평안북도	14.2	45	50	13.1	45	12.0	45	10.8	45
함경남도	12.1	45	50	11.1	45	10.0	45	9.1	45

■ 주별 강수량 전망(%)

지역	기간	1주 (10.02-10.08)		2주 (10.09-10.15)		3주 (10.16-10.22)		4주 (10.23-10.29)	
		예보	확률	예보	확률	예보	확률	예보	확률
한국예우도북한예비	12.6	35	40	13.2	35	10.0	20	8.8	20
서울·강원·경기도	11.9	45	40	12.5	45	10.0	20	7.9	20
강원도 영서	11.3	45	40	11.8	45	10.0	20	7.6	40
강원도 영동	17.1	45	40	12.9	45	10.0	20	10.1	40
대전·세종·충청남도	11.6	45	40	12.1	45	10.0	20	7.8	45
충청북도	10.6	45	40	11.1	45	10.0	20	8.2	45
경주·울산	13.4	45	40	13.1	45	10.0	20	10.5	45
전라북도	13.2	45	40	14.0	45	10.0	20	11.4	45
부산·울산·경상남도	14.4	40	30	13.9	40	10.0	20	8.5	40
대구·경상북도	10.4	45	40	12.3	45	10.0	20	7.9	45
제주도	20.5	45	30	19.9	45	10.0	20	17.9	40
평안남도·평안북도	10.2	45	50	9.5	45	10.0	20	8.4	45
함경남도	11.2	45	50	11.2	45	10.0	20	8.6	45

※ 출처: 기상청 홈페이지 참조

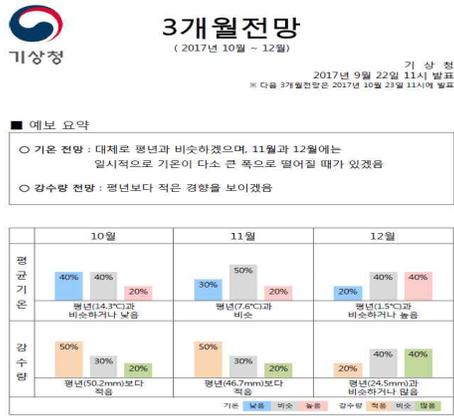
## 2) 3개월 전망

3개월 전망은 발표일이 속한 월의 다음 월부터 3개월 동안의 기후를 예측하는 것이며, 기상청 홈페이지에 요약 및 날씨 전망, 지역별 확률예보, 전국확률분포도를 게시하고, 별도의 예보문을 PDF 파일로 제공하고 있다. 먼저, 요약 및 날씨 전망 페이지에서는 예보 요약(기온 전망, 강수량 전망)과 날씨 전망(1주차, 2주차, 3주차, 4주차)을 전국 및 지역별로 확인할 수 있다.

지역별 확률예보 페이지에서는 1주부터 4주까지의 평균기온 및 강수량의 확률예보를 그래프로 표시하고 있다. 확률예보의 경우 높음(따뜻) 확률이 50% 이상이면 평년보다 기온이 높거나 강수량이 많은 것이며, 낮음(적음) 확률이 50% 이상이면 평년보다 기온이 낮거나 강수량이 적은 것으로 해석되는 점은 1개월 전망과 같다. 전국확률분포도 페이지에서는 1주부터 4주까지의 평균기온 및 강수량의 확률예보를 지도상에 색깔로 표시하고 있으며, 평균기온의 경우 낮을 확률이 높으면 파란색, 높을 확률이 높으면 빨간색으로 표시하며, 강수량의 경우 적을 확률이 높으면 노란색, 많을 확률이 높으면 녹색으로 표시하고 있다.

또한, 3개월 전망에 대한 예보문은 1개월 전망과 같이 PDF 파일로 제공하고 있으며, 예보 요약, 날씨 전망, 전국 및 각 지역에 대해 월별 평균기온 및 강수량 전망을 표 및 지도로 제공하고 있다. 날씨 현황, 평균 기온 및 강수량 분포도, 평균 기온과 누적 강수량 시계열을 참고자료로 제공하고 있다.

<그림 3-42> 우리나라 기상청의 3개월 전망 제공 방식(예보문)



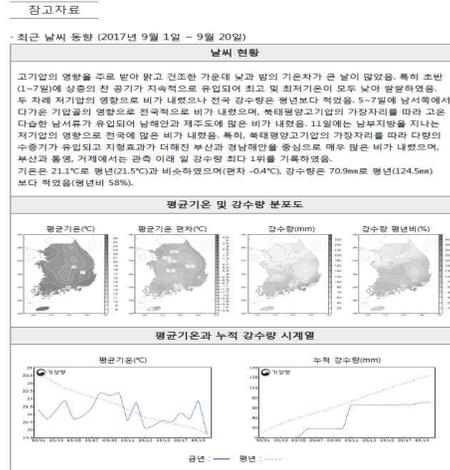
■ 날씨 전망

10월	이동성 고기압의 영향을 주로 받아 맑고 건조한 날이 많겠으며, 상층 한기의 영향으로 낮과 밤의 기온 차가 크겠음. (월평균기온) 평년과 비슷하거나 낮겠음. (월강수량) 평년보다 적겠음.
11월	이동성 고기압의 영향을 주로 받겠으나, 일시적으로 대륙고기압의 영향을 받을 때가 있겠음. (월평균기온) 평년과 비슷하겠음. (월강수량) 평년보다 적겠음.
12월	대륙고기압과 이동성 고기압의 영향을 주로 받겠으며, 남쪽을 지나는 저기압의 영향을 받을 때가 있겠음. (월평균기온) 평년과 비슷하거나 낮겠음. (월강수량) 평년과 비슷하거나 많겠음.

※ 확률예보 해석의 기준

확률(낙우(적음) : 비소 : 눈음(많은))	해 설
눈음(많은) 확률이 50% 이상	평년보다 눈음(많은)
(20:40:40)	평년과 비슷하거나 눈음(많은)
비소 확률이 50% 이상	평년과 비소
(40:30:30) (30:40:30) (30:30:40)	평년과 비슷하거나 눈음(적음)
(40:40:20)	평년과 비슷하거나 눈음(적음)
낙우(적음) 확률이 50% 이상	평년보다 낙우(적음)

※ 장기예보를 수신하는 기관에서는 연락처 또는 담당자 변경 시 기상청(☎ 02-2181-0478)으로 알려주시기 바랍니다.

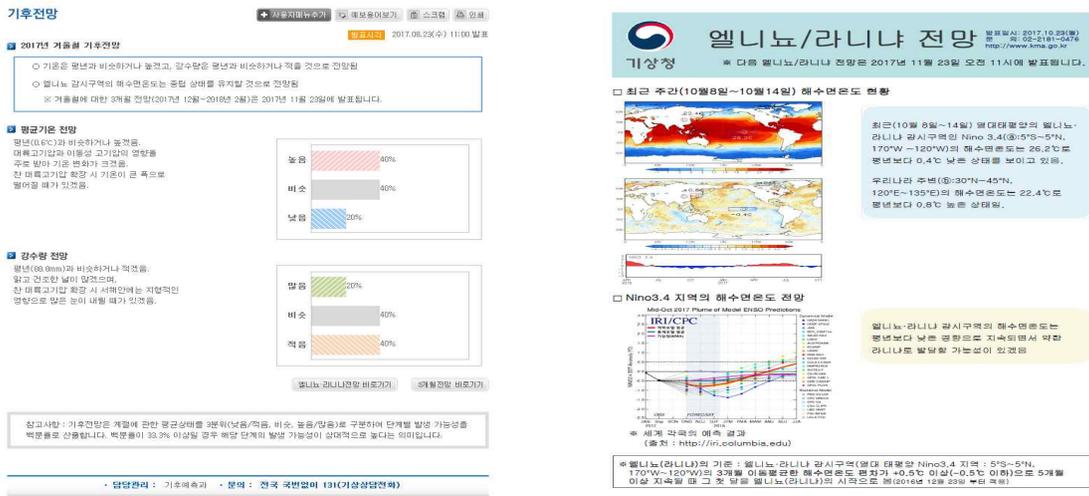


※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조

### 3) 기후전망 및 엘니뇨·라니냐 전망

엘니뇨·라니냐 전망은 최근 전 지구 해수면 온도 현황 및 발표일이 속한월부터 10개월 동안의 엘니뇨 감시구역 상황을 예측하는 것이다. 해수면 온도 감시는 NCEP가 제공하는 주간 해수면 온도 자료 및 월간 해수면 온도 자료를 수집하고, 주·월간 해수면 온도 편차 분포도 및 엘니뇨 지수를 생산하는 방식으로 이루어진다. NCEP가 제공하는 바람장 및 월간 해수면온도 자료 활용을 통해 엘니뇨 감시구역의 해수면 온도 편차값을 생산하여 국제기후연구소에 송부하면, 국제기후연구소는 매월 20일 경에 전 세계 엘니뇨 예측 모델 결과를 제공한다.

<그림 3-43> 우리나라 기상청의 기후전망 및 엘니뇨·라니냐 전망 제공 방식



[기후전망(홈페이지 게시)]

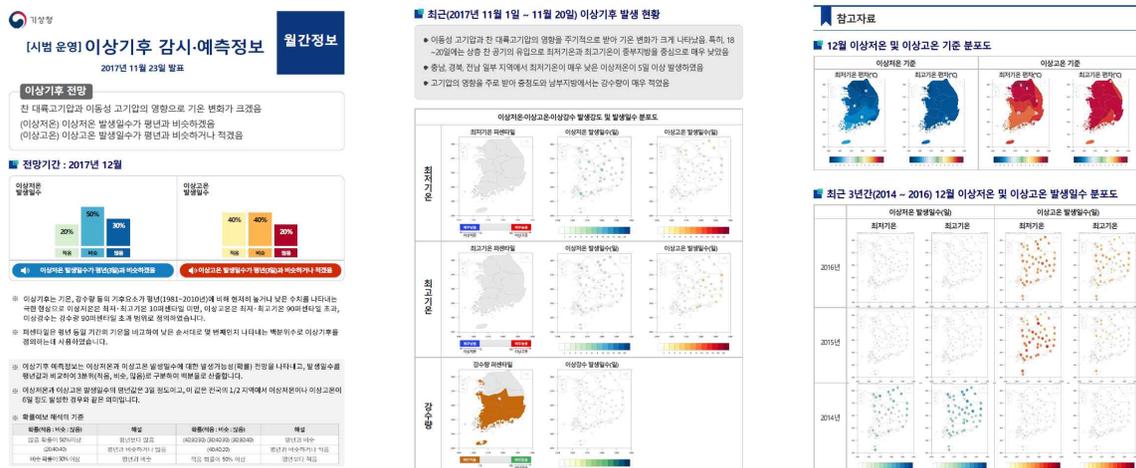
[엘니뇨·라니냐 전망]

※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조

4) 이상기후 감시·예측정보

2017년 11월부터 이상기후 감시·예측과 관련한 주간 및 월간 전망을 시범 운영하고 있다. 월간 전망의 경우 발표일 기준 다음 달을 전망 기간으로 이상저온 발생 일수 및 이상고온 발생 일수가 평년값과 비교하여 3분위(적음, 비슷, 많음)로 구분하여 백분율로 산출하여 제공하고 있다.

<그림 3-44> 우리나라 기상청의 이상기후 감시·예측 정보



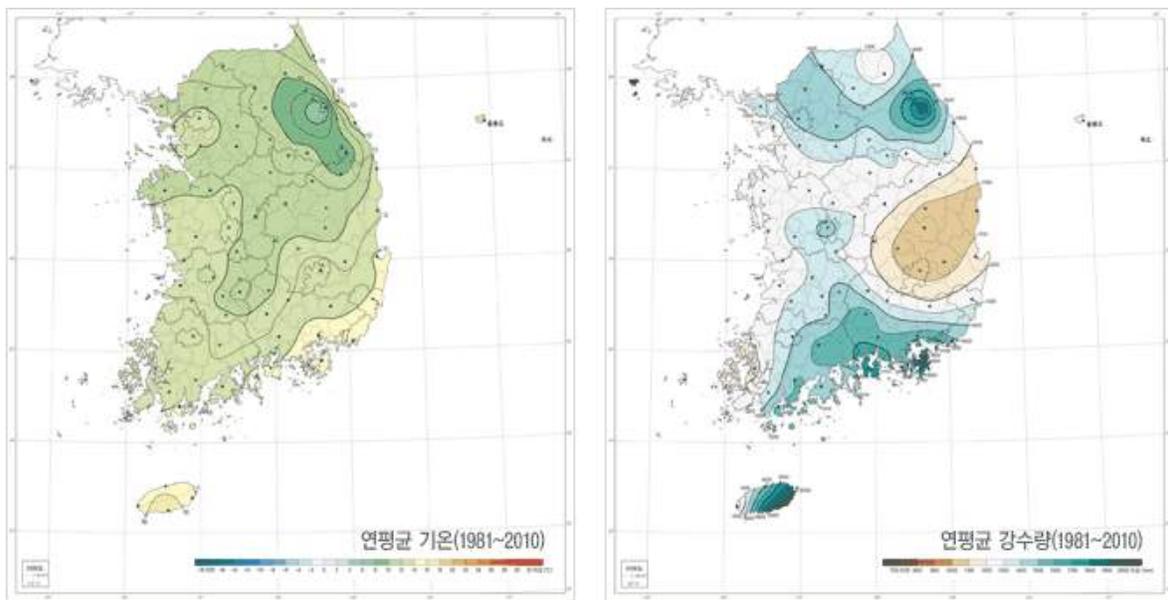
※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조

## 5) 기타 기후 정보

우리나라 기상청은 국내 기후자료 및 세계 기후자료를 홈페이지에 게시하고 있으며, 국내 기후자료로는 기후도, 분포도, 과거자료, 연월보자료, 평년값 자료(30년), 기후자료 극값(최대값), 연별변화도, 월별 해양기상도, 기후통계분석자료를 제공하고 있다. 기후표는 기후요소(연, 월, 계절, 일 평년값)와 현상일수를 분석이나 해석 없이 텍스트로 제공하고 있어 지방자치단체나 기업, 일반 국민이 활용하기에 어려움이 있다.

2010년에는 1981년부터 2010년까지의 한국기후도를 발간하였으며, 기온, 강수량, 적설, 기압, 습도, 증기압, 증발량, 일조, 운량, 지중온도, 계속기간, 계급별 일수, 현상별 일수, 계절값의 시종일, 바람, 기후지수, 요소별 분포 및 경년변화 등의 정보를 지도로 표시하여 제공하고 있다.

<그림 3-45> 우리나라 기상청의 기타 기후 정보 제공 방식



[우리나라의 연평균 기온(홈페이지 게시)]

[우리나라의 연평균 강수량(홈페이지 게시)]

※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조

## 5. 장기예보센터 유사 조직 현황

### 1) 기상청 기후과학국 이상기후팀

기상청 기후과학국 이상기후팀은 수문기상 및 가뭄, 이상기후에 관한 업무를 담당하고 있으며, 2017

년 12월 기준 인력은 총 12명이다. 이상기후팀의 주요 업무는 아래와 같다.

- 수문기상(水文氣象) 및 가뭄에 관한 정책의 수립 및 시행, 수문기상 및 가뭄 감시·예측·분석
- 수문기상 및 가뭄 관련 기술의 개발·검증 및 보급
- 수문기상 및 가뭄 대응 시스템 운영
- 수문기상 및 가뭄 관련 국내외 협력
- 이상기후에 관한 기본 계획 수립 및 시행
- 이상기후 감시(실시간 분석이 필요한 현상은 제외한다) 및 예측정보의 생산
- 이상기후 정보 시스템 구축 및 운영
- 이상기후 관련 기술 개발·개선·보급

## 2) 국가태풍센터

기상청은 1904년부터 태풍에 대한 특보 업무를 수행하였으나, 1984년이 되어서야 12시간, 24시간 태풍 진로를 본격적으로 예보하기 시작하였다. 2000년대 이후 태풍의 진로 및 규모를 신속하고 정확하게 예보하는 기술이 확보되면서, 태풍 진로예보의 72시간 연장(2003년), 48시간 강도예보 실시(2004년), 강도예보의 72시간 연장(2005년) 등을 실시하였으며, 2005년에는 태풍 예보 전담 부서인 태풍예보담당관실을 신설하였다. 2008년 4월에 태풍 예보 및 분석 기능을 분리하여 기상청 예보국 산하에 국가태풍센터를 개소하였고, 동 센터는 2013년 3월에 기상청 관측기반국 산하로 이동하였다가, 2015년 1월에 예보국 산하로 복귀하여 현재에 이르고 있다. 국가태풍센터 개소 이후, 2010년에는 120시간 태풍진로 및 강도 예보를 시범 운영하였으며, 2011년부터 태풍 5일 예보를 정식으로 운영하고 있다.

국가태풍센터 개소 당시 인력은 15명이었으나, 2008년 6월에 태풍 전문예보관 4명을 충원하였고, 2017년 12월 현재 인력 규모는 40명이다. 국가태풍센터의 주요 업무는 아래와 같다.

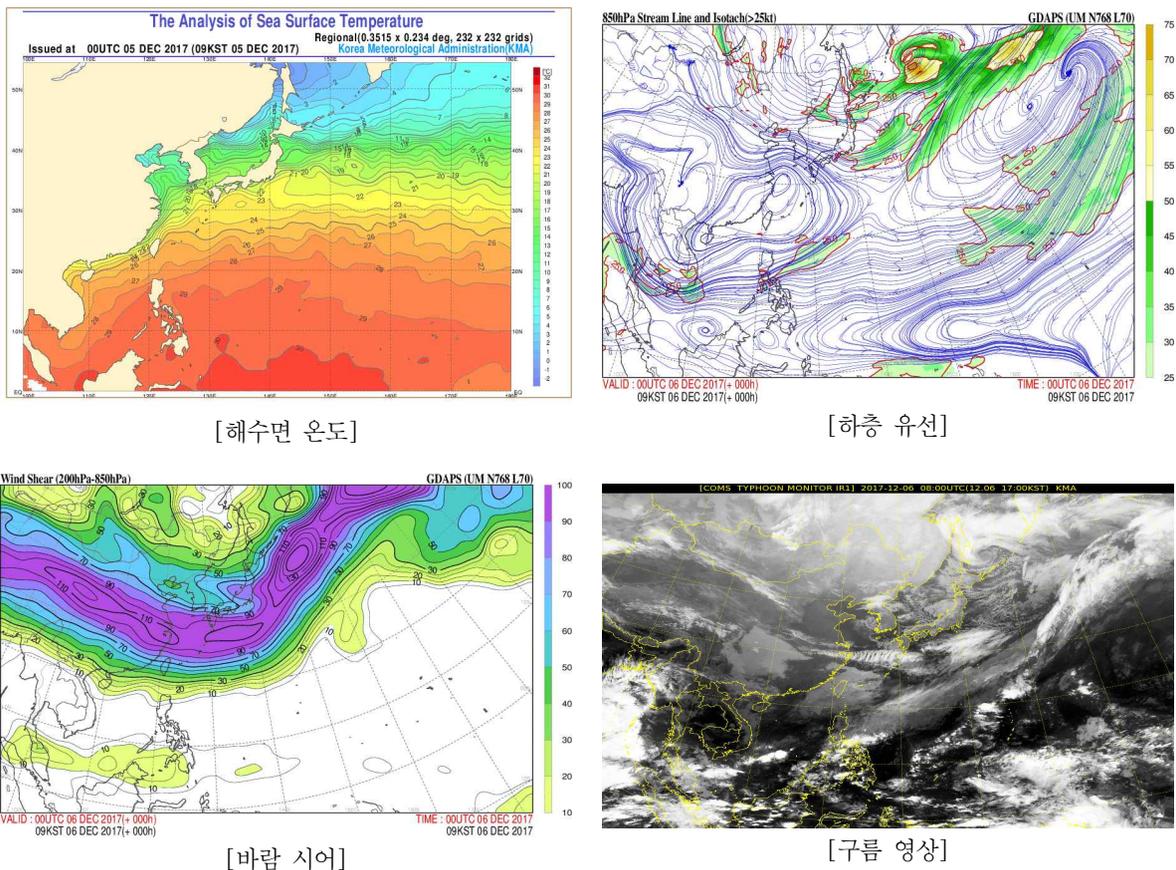
- 태풍 분석·예보업무에 관한 사항
- 태풍 관련 기술 개발에 관한 사항
- 태풍 연구에 관한 사항
- 보안 및 시설 관리에 관한 사항
- 고층기상관측에 관한 사항

국가태풍센터의 주요 업무를 구체적으로 살펴보면, 태풍 분석·예보업무에 관한 사항은 태풍업무 기본계획의 수립·종합·조정, 태풍 감시·분석 및 정보 생산, 태풍예보 및 분석시스템의 개선 및 관리, 태풍의 사례 분석 및 관련 보고서 작성, 열대저압부 감시·분석 및 정보 생산이다. 국가태풍센터는 태풍 관련 기술 개발도 수행하고 있으며, 이외의 업무로 태풍 예보에 관한 객관적인 가이드스 개발, 태풍의 발생

감시 및 탐지 기술 개발, 태풍의 진로 및 강도 예측 기술 개발, 태풍 관련 기술개발에 관한 국내·외 협력 업무를 수행하고 있다. 또한, 태풍 연구에 관한 사항으로 태풍 분석에 관한 연구, 태풍 단·장기 예측에 관한 연구, 태풍의 관측 및 활용에 관한 연구, 태풍과 주변 환경(해양, 대기, 육지 등)과의 상호작용 연구, 태풍에 관한 모델의 개발 및 개선, 태풍 관련 재해에 관한 연구, 태풍 관련 국제공동연구를 담당하고 있다.

국가태풍감시센터는 태풍 발생 감시 실태 참고 자료로 해수면 온도, 하층유선, 바람시어, 구름영상을 홈페이지에 게시하고 있으며, 과거 및 현재의 태풍 정보, 현재 열대저압부에 대한 정보를 제공하고 있다.

<그림 3-46> 국가태풍센터의 태풍 발생 감시 실태 정보 제공 방식



[해수면 온도]

[하층 유선]

[바람 시어]

[구름 영상]

※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조

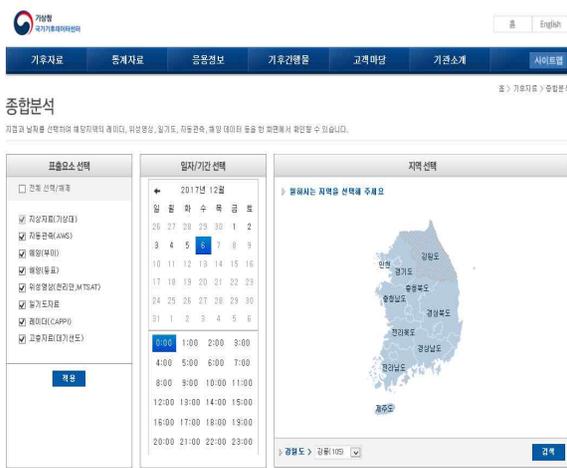
### 3) 국가기후데이터센터

국가기후데이터센터는 분야별로 운영하고 있는 기상기후자료를 통합 관리하고, 기상자료 제공을 위한 온라인 창구를 일원화하기 위해 2015년 1월 기상서비스진흥국 내에 신설하였다. 2017년 12월 현재 인력 규모는 24명이며, 주요 업무는 아래와 같다.

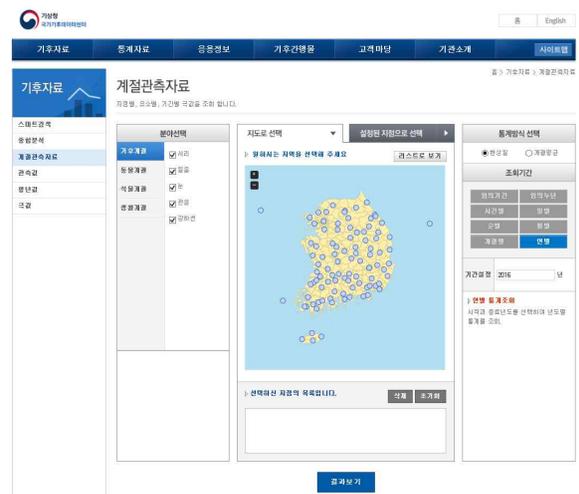
- 기상자료 관리에 관한 사항
- 기상관측자료 및 기후자료 관리에 관한 사항
- 기상관측자료 및 기후자료 통계·발간에 관한 사항
- 기상자료 민원 업무에 관한 사항
- 기후자료 관리위원회 운영에 관한 사항
- 한반도 기후분석을 위한 기상통계 및 북한기후 연보의 발간·배포
- 역사기후자료 발굴·복원 및 조사·분석에 관한 사항
- 기상과 관련한 공공데이터 제공 업무에 관한 사항

국가기후데이터센터 홈페이지에서는 기후자료, 통계자료, 응용정보, 기후간행물을 제공하고 있다. 기후자료의 경우, 분야별(기후계절, 동물계절, 식물계절, 생활계절) 계절관측자료 및 관측값 및 평년값, 극값을 분야 및 기후요소별로 지점 및 조회기간 설정을 통해 지도상에 표출할 수 있다.

<그림 3-47> 국가기후데이터센터의 기후자료 제공 방식



[기후자료 종합 분석]



[계절관측자료 조회]

※ 출처: 기상청 국가기후데이터센터 홈페이지 참조

#### 4) 지진화산센터

2015년 1월 관측기반국 내에 지진화산관리관실이 신설된 이후, 2016년 12월에 지진화산센터가 설립되었다. 지진화산센터는 지진화산정책과, 지진화산감시과, 지진화산연구과, 지진정보기술팀으로 구성되어 있으며, 인력 규모는 지진감시·분석 및 조기경보시스템 구축 강화를 위한 인력 6명 증원, 지방기상청 소속 인력 5명 재배정, 국립기상과학원 소속 인력 6명 이동, 지진화산연구과 내 한시 정원 3명

증원 등을 통해 2017년 12월 현재 총 58명(지진화산정책과 8명, 지진화산감시과 17명, 지진화산연구과 15명, 지진정보기술팀 18명)이다. 지진·화산 관련 주요 업무는 아래와 같다.

- 지진·지진해일·화산에 관한 정책 및 기본계획의 수립·종합·조정
- 지진·지진해일·화산에 관한 기준설정·기술지도 및 기술개발
- 지진·지진해일·화산 관측 장비의 규격 설정 및 검정에 관한 사항
- 지진 및 지진해일 관측기관협의회 구성 및 운영
- 지진·지진해일·화산 관측망 구축·운영 및 자료의 수집·분석·관리
- 지진·지진해일·화산 관련 특보의 생산·통보 및 사후분석
- 지진·지진해일·화산의 관측·감시·분석 및 통보
- 국내외 지진·지진해일·화산 유관기관과의 협력

[표 3-7] 지진화산센터의 주요 업무

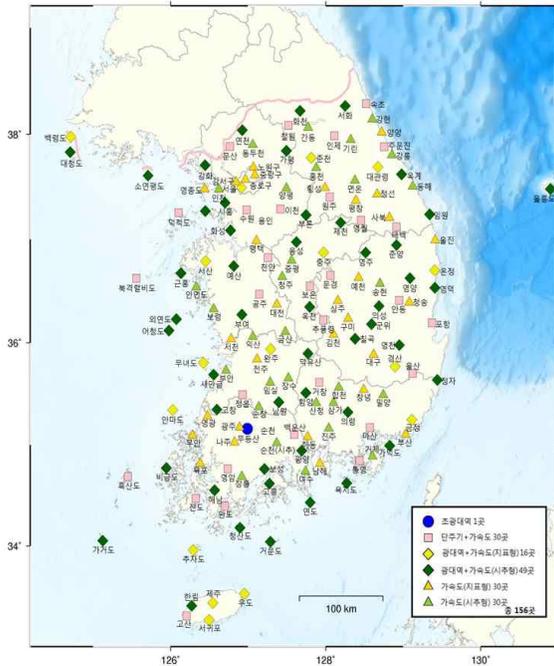
구 분	주요 내용
지진화산정책과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지진·지진해일·화산에 관한 정책 및 기본계획의 수립·종합·조정</li> <li>- 지진·지진해일·화산의 관측 및 경보에 관한 법률 개정에 관한 사항</li> <li>- 지진·지진해일·화산에 관한 국내외 협력 계획의 수립</li> <li>- 지진·지진해일·화산 관련 정보의 활용 증대 방안 마련</li> <li>- 지진·화산재해대책법에 따른 지진·지진해일·화산활동 관측장비의 성능·규격의 고시</li> <li>- 지진·화산재해대책법에 따른 지진·지진해일·화산활동 관측기관 협의회 구성 및 운영</li> <li>- 지진·지진해일·화산의 관측 및 경보에 관한 법률에 따른 지진·지진해일·화산의 관측 및 경보에 관한 기본계획의 수립</li> <li>- 그 밖의 센터 내 다른 과 및 팀의 주관에 속하지 아니하는 사항</li> </ul>
지진화산감시과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내외에서 발생한 지진·지진해일·화산활동 감시</li> <li>- 지진·지진해일·화산 관련 정보의 수집·분석 및 통보</li> <li>- 지진·지진해일·화산 관련 특보의 생산·통보 및 사후분석</li> <li>- 지진·지진해일·화산통지대상기관의 관리 및 조정</li> <li>- 국내외 화산폭발 및 화산재의 확산·이동 감시 및 통보</li> </ul>
지진화산연구과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지진·지진해일·화산 및 지구물리에 관한 연구</li> <li>- 지진·지진해일·화산 및 지구·물리 분야 연구개발 사업에 관한 사항</li> <li>- 지진·지진해일·화산의 관측분석 및 검정 등에 관한 기준설정</li> <li>- 지진·지진해일·화산활동의 예측을 위한 진조현상 관측 및 해석</li> <li>- 지진·지진해일·화산 연구성과의 현업화를 위한 기술개발</li> <li>- 지진조기경보 기술 연구</li> <li>- 한반도 및 주변지역의 지각구조에 관한 연구</li> <li>- 이동식 관측망을 활용한 지진발생 원인 규명</li> <li>- 청 내 지구물리관측망 구축</li> <li>- 지진의 규모진도 및 진앙위치·진원깊이 산출식 개발 및 개선에 관한 연구</li> <li>- 국내외 지진·지진해일·화산 유관기관과의 기술협력</li> </ul>
지진정보기술팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지진·화산재해대책법에 따른 지진·지진해일 및 화산활동 관측망 종합계획의 수립</li> <li>- 청 내 지진·지진해일·화산 관측망의 구축·운영</li> <li>- 지진·지진해일·화산 현상에 관한 데이터베이스 구축운영</li> <li>- 지진·지진해일·화산의 관측·감시·조사·분석 등에 관한 기준설정 및 기술지도·지원·개발</li> </ul>

구 분	주요 내용
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 지진조기경보 체계 구축에 관한 사항</li> <li>- 지진관측환경 표준화 및 최적화 체계 구축</li> <li>- 청 내 지진·지진해일·화산 관측장비의 유지·관리 및 검정</li> </ul>

※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조하여 재작성

지진화산센터는 지진 관측을 위해 156개소의 지진 관측소를 운영하고 있으며, 지진(지진 정보, 국내 지진의 목록, 발생 추이, 규모별 순위, 국외 지진 목록), 지진해일(지진해일 예측 체계, 피해 사례, 발생 지역), 화산(화산 감시체계, 화산 현황, 화산재해 유형)을 제공하고 있다.

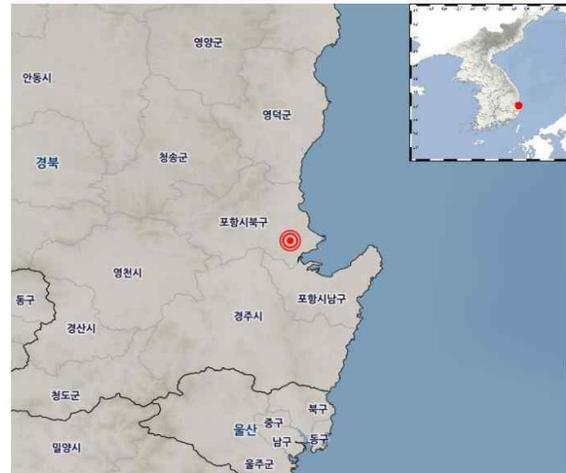
<그림 3-48> 우리나라 기상청의 지진 관측망 및 지진 정보 제공 방식



[지진관측망 현황]

※ 출처: 우리나라 기상청 홈페이지 참조

국내지진 조기경보 기상청   2017년 11월 15일 14시 29분 현재	
발생시각	2017년 11월 15일 14시 29분 31초
규모	5.5
발생위치 (시범) 예상진도	경북 포항시 북구 북쪽 6km 지역 (36.10 N, 129.37 E)
참고사항	



[지진 정보 제공 방식(홈페이지)]

## 제4장



# 국내 장기예보 현안 및 이슈 도출을 위한 심층 조사

제1절 장기예보 현안 파악을 위한 심층 조사 내용

제2절 국내 장기예보 현안 및 문제점 도출

## ■ 제4장 | 국내 장기예보 현안 및 이슈 도출을 위한 심층 조사

### 제1절 장기예보 현안 파악을 위한 심층 조사 내용

국내 장기예보에 대한 현안 문제점을 도출하고, 주요 이슈를 파악하는 등 국내 장기예보 선진화를 위한 주요 시사점을 도출하기 위해, 주요국 및 국내 장기예보 현황을 조사한 내용으로 바탕으로 기후, 대기 및 장기예보 관련 국내 학계 및 유관 기관(기상청 및 관련 연구기관)의 전문가를 대상으로 심층 인터뷰를 진행하였다.

#### 1. 장기예보 운영의 문제점

장기예보 현안 파악을 위한 전문가 대상 심층 조사 결과, 대부분의 전문가들은 장기예보 관련 인력 부족과 순환조직으로 인한 업무의 지속성이 결여되어 전문성을 축적하기 힘든 조직형태를 가장 대표적인 문제점으로 지적하였다. 단기예보는 위성을 통해 관측된 자료가 상세하고, 초기 조건 입력에 따라 정확도가 향상되지만, 장기예보는 해상, 식생 등 다양한 기후 조건 및 대기 환경을 종합적으로 반영하여야 하기 때문에 정확도가 저하되는 근본적인 한계점을 안고 있다.

인력 규모 측면에서 단기예보는 기상청 내 수치모델링센터(수치모델개발과 34명, 수치자료응용과 31명, 미래수치기술팀 10명)와 관측기반국 산하 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 과학원의 수치모델개발과에서 현업을 지원하고 있는 반면, 장기예보는 기상청 내 장기예보 전문 인력이 10명 미만이고, 국립기상과학원의 인력 2명이 현재 모델 분석 차원에서 장기예보 현업을 지원하고 있으나, 국내 장기예보 인력이 절대적으로 부족한 실정이다.

아울러 전문성 관점에서 장기예보는 관측 및 예측자료 분석은 물론 모델 특성을 파악해야 하는 분야로 무엇보다 예보관의 역량이 절대적으로 요구되나, 현재 장기예보 업무는 기상청 내부 조직인 기후예측과에서 수행하고 있어 기상청 내부 순환보직 체계를 적용하고 있다. 이는 장기예보의 노하우 축적과 관련 전문성 확보 차원에서 장애요인으로 작용하고 있다. 장기예보의 정확도와 활용도를 극대화하기 위해선 순환 보직 운영이 적합하지 않으므로, 준공무원 조직으로의 전환 등 전문가가 지속적·안정적으로 장기예보 업무를 수행하고, 전문성을 축적할 수 있는 체계를 모색할 필요성이 있다.

아울러 기후예측을 위해서는 대기, 해양, 해빙, 식생 등을 포함하는 접합대순환모형(Coupled General Circulation Model, 이하 “기후모델”이라고 함)이 필요하지만, 현재 우리나라는 독자적인 모델이 없어 영국에서 도입한 GloSea5에 활용하여 장기예보를 생산하고 있어 국내 장기예보 발전의 저해요인으로

작용하고 있으므로, 한국의 기후 환경에 적합한 한국형 기후모델 개발이 시급히 요구되고 있다. 또한, 초기장 관련 기술 부족으로 외국 자료에 크게 의존하고 있으며, 이에 따른 모델 운영 및 관리 역량이 미숙하다는 점이 그 밖의 국내 장기예보의 문제점으로 제기되고 있다. 그리고 기상 주요 선진국 대비 국내 장기예보 관련 콘텐츠나 해설이 매우 제한적이고, 대중 친화성이 부족하므로, 수요자인 국민을 대상으로 보다 다양한 정보를 생산하고, 기존의 추상적인 정보에서 벗어나 대중이 보다 이해하기 쉬운 정보를 체계적으로 제공할 필요성이 있다.

## 2. 장기예보 역량강화를 위한 개선 방안

### 1) 장기예보센터 설립

전문가를 대상으로 장기예보센터 설립과 관련된 의견을 청취한 결과, 대부분의 전문가는 기본적으로 장기예보센터 설립의 필요성을 피력하였으나, 다소 우려를 표명하는 입장도 공존하였다(장기예보센터의 설립의 필요성을 언급하는 입장과 다소 우려를 표명하는 입장으로 크게 2가지 그룹으로 조사되었다).

장기예보센터 설립 형태와 조직 운영 방식을 조사한 결과, ① 기상청 내 예보, 분석, 연구개발을 통합한 조직 형태, ②지진화산센터와 같이 별도의 연구직을 두는 형태, ③ 미국의 CPC나 일본의 TCC와 같은 독립적인 센터 형태, ④ APCC와 과학원의 장기예보 기능을 통합한 기상청 내 조직 형태, ⑤ APCC와 과학원의 장기예보 기능을 통합한 센터 신설하고, 기상(과학원에서 수행) 및 기후(국립기후연구소 신설) 관련 연구 기능의 이원화 형태, ⑥ 장기예보에만 집중할 수 있는 기후과학국 내 장기예보관리관실 형태, ⑦과학원 내 센터 형태 등 다양한 방식을 제시하였다. 조직 운영 측면에서는 대부분의 전문가들은 장기예보센터 설립 시 소속 전문가의 장기근속이 가능하고, 대학 등 외부 기관과의 정보 공유 및 소통이 원활하도록 체계 구축이 전제되어야 한다고 제안하였다.

장기예보센터 설립에 다소 우려를 표명한 전문가들은 장기예보센터 조직 설립 및 인력 배치 시 타 부서의 인력 감축 관련 우려 등 내부 공감대 형성에 어려움이 있을 것으로 예상되므로 유관기관으로부터 인력을 충당할 수밖에 없으며, 아시아-태평양 지역의 이상기후 감시 및 예측을 수행하고 있는 APCC와의 역할 중복에 대한 문제를 제기하였다. APCC의 고유 업무는 전 지구적 분석을 통해 아시아-태평양 지역의 기후를 예측하고 있으며, 장기예보 측면에서는 서비스 대상이 국내와 해외라는 차이만이 존재하므로, 기상청과의 장기예보 업무가 일부 중복될 수 있는 논란의 소지가 있다. 이에 일부 전문가들은 APCC와 기상청의 장기업무 중복에 대한 해결책으로 APCC의 경우 멀티모델앙상블 운영, 아시아-태평양 지역의 역량강화 교육 등 개도국 지원 등 현업성 업무 기능을 강화하고, 아시아-태평양 지역의 기상 예보 및 개도국 기상정보 축적 기능을 특화하여, 기상청과의 장기예보 관련 업무 및 역할을

명확히 구분하는 동시에 기상청과의 긴밀한 협력 체계를 구축하는 방안을 제안하였다.

## 2) 장기예보 정확도 향상을 위한 기후모델 개발

많은 전문가들은 장기예보 정확도 향상 측면에서 기후모델 개발의 필요성을 언급하였으며, 한국형 기후모델 개발을 위한 방안으로 한수예의 활용성을 크게 강조하였다. 현재 한수예 모델의 정확도는 현업 대비 95% 수준(향후 98% 목표)으로, 극점의 문제가 없어 예측성 향상이 가능하다. 한수예가 개발한 대기모델과 연계 가능한 전 지구 커플모델 개발을 통해 장기예보에 활용성을 극대화 할 수 있으나, 한수예 2단계 추진은 미정인 상태이다. 이에, 2019년 한수예의 대기모델 개발이 완료된 이후, 현재 한수예 소속된 인원을 적극 활용하여, 후속과제로 모델 개선 및 기후모델 개발을 수행할 수 있도록 지원할 필요성을 피력하였다.

## 3) 기상청과 민간기상사업자 간 역할 분담을 통한 서비스 확대

일부 전문가들은 장기예보 서비스 확대 차원에서 장기예보에 대한 기상청과 민간기상사업자와의 역할 분담의 필요성을 제기하였다. 현재 우리나라는 기상청을 중심으로 1개월 예보, 3개월 예보, 기후전망을 제공하고 있으나, 향후에는 장기예보 관련 소비자를 정의하고, 북극진동 지수, MJO 지수, 태풍 발생 지수, 가뭄 지수 등을 보급하는 등 다양한 분야에 활용 가능한 방안을 모색할 필요가 있다. 이에 장기예보 서비스 활용 범위 확대 차원에서 기상청 자체에서 모두 정보 및 서비스를 제공하기 보다는 기상청은 정보생산기관이자 감독자로서 장기예보 관련 원데이터에 대한 상세한 정보제공에 치중하고, 타부처 및 민간기상사업자가 맞춤형 정보를 생산·제공할 수 있도록 지원하는 역할에 집중해야 한다는 의견을 제시하였다.

## 4) 국립기상과학원 기능 확대 또는 기후 분야 출연(연) 설립

일부 전문가들은 국내 장기예보 역량강화 측면에서 중장기 관점의 연구개발 역량 제고를 위한 전문 연구기관의 역할을 강조하였다. 이에 일환으로 현재 과학원은 중점 연구 분야를 제외한 연구를 용역 형태로 운영하고 있으므로, 기상 또는 기후 관련 연구에 몰입할 수 있도록 출연(연) 형태의 대기과학연구소(가칭)를 신설해야 한다는 의견도 제시되었다. 그러나 기후 연구는 최소 5~6년 이상의 장기적인 투자가 필요한 연구 분야로, 단기성과 창출이 어려운 한계점이 있으므로, 연구 중심의 출연(연)으로의 전환 시 기관의 존속에 대한 불안감을 표명하였다. 또한 과거 대기과학연구소 신설 관련 논의 시 신분적 문제 등과 관련한 문제가 제기되었다는 점을 우려하였다.

한편, 과거 지진화산센터, 국가기상위성센터, 국가태풍센터, 기상레이더센터 신설로 인해 국립기상과학원 내 인력이 이동한 이력이 있으므로, 기상청 내 장기예보센터가 신설될 경우 국립기상과학원의 기능 및 인력 축소를 우려하였다. 이에, 기존 조직 체계를 유지하데, APCC와 한수예를 활용하는 동시에 국립기상과학원 내 기후 부문의 역할을 확대하여, 국내 장기예보 업무의 역량을 강화하는 방안을 제안하였다.

### 3. 장기예보 서비스 활용 방안

현재 기상청은 기후변화 시나리오 자료를 매년 600건 정도 제공하고 있으며, 일반 국민이 아닌 지방자치단체, 기업 등이 주된 수요자이다. 장기예보 관련 자료는 농업, 원양어업, 수자원 관리, 상업, 증권 등 다양한 분야에서 활용 가능하므로, 수요 분석을 기반으로 한 수요자 중심의 맞춤형 기술 개발을 통해 특정 시기 대상의 구체적인 수치예보가 이루어져야 한다. 그러나 장기예보 관련 원 데이터를 잘못 활용하는 사례가 많아 향후 제공 범위 및 방식에 대한 논의가 필요하며, 기상청에서는 정부 부처, 지방자치단체, 산업계로 제공 대상을 국한하여 서비스하는 방안을 논의하고 있다.

[표 4-1] 활용도를 높이기 위해 필요한 기후 정보의 예

구 분		주요 항목	
지리특성		세계기후지역구분도, 동아시아 지도, 우리나라 위성사진, 우리나라 지형도, 우리나라 식생분포도, 기상관측망의 위치, 주요 관측지점의 climograph	
기후요소	기온	연평균, 봄평균, 여름평균, 가을평균, 겨울평균, 최난월평균(8월), 최한월평균(1월), 여름최고평균, 겨울최저평균, 최고 최고온도, 최저 최저온도	
	강수량	연, 봄, 여름, 가을, 겨울, 최대강수량, 적설량	
	바람	연, 봄, 여름, 가을, 겨울 바람장미, 최대 풍속	
	기타	일조량, 상대습도, 운량	
기후지수	기후요소별	고온	열대일수, 열대야일수, 난방도일, 최대열파지속기간, 온난야율, 온난일, 온난야
		저온	결빙일수, 서리일수, 혹한일수, 냉방도일, 한냉야, 한냉일
		강수과잉	1, 3, 5일 최대강수량, 일강수량 10, 20mm 이상일수, 일강수량 50, 80, 100, 150mm 호우일수
		강수부족	최대무강수지속기간
		돌풍	강풍일수
	그 외	강수일수, 안개일수, 연막음일수, 연호림일수, 적설일수, 대설일수, 황사일수	
	분야별	농업	식물성장가능기간, 서리일수, 결빙일수, 최대강수량, 최대무강수지속기간, 초상일수, 종상일수, 강풍일수, 강우강도, 호우일수
수자원		최대무강수지속기간, 연강수량, 호우일수, 강수일수	
에너지		난방도일, 냉방도일, 최대무강수지속기간, 최대열파지속기간	

구 분		주요 항목	
		도시계획	난방도일, 냉방도일, 결빙일수, 혹한일수, 강우강도, 호우일수, 적설량, 적설일수, 강수일수
		안전, 보건	열대일수, 열대야수, 결빙일수, 최대열파지속기간, 최대한파지속기간, 대설일수, 혹한일수, 호우일수
기후변화	경향	기후요소	연 및 계절평균기온, 연 및 계절강수량
		기후지수	결빙일수, 서리일수 등
	전망	기후요소	연 및 계절평균기온, 연 및 계절강수량
		기후지수	결빙일수, 서리일수 등

※ 출처: 최영은, 기상청 기후자료 활용 증대 방안에 관한 제언, 기상기술정책 제3권 제2호, 2010.

## 제2절 국내 장기예보 현안 및 문제점 도출

주요국 장기예보 및 국내 장기예보 현황을 조사하고, 국내 기후, 대기 및 장기예보 관련 연구계와 유관 기관의 전문가와의 심층 인터뷰 결과를 종합적으로 분석하여, 국내 장기예보 발전을 위한 현안 및 주요 이슈를 아래와 같이 인력 측면, 조직 측면, R&D 및 전략 측면으로 크게 3가지로 관점에서 제시하였다.

[표 4-2] 장기예보 현안 및 주요 이슈

구분	주요 내용
인력 측면	- 인력 수가 절대적으로 부족하고, 분산적으로 업무 수행
조직 측면	- 기상청, 국립기상과학원, APEC 기후센터 등 유관기관 역할 중복 - 장기예보 내 인력, 예산 배분의 불균형 - 공무원 직제상 순환 보직 운영으로 전문성 축적이 어려움 - 장기예보 인력의 행정 업무 부담 과중 - 재교육체계 및 정보 공유를 위한 협의체 운영 미흡
R&D 및 전략 측면	- 장기예보의 필요성 및 활용에 대한 사회적 인식 및 공감대 부족 - 장기예보의 수요처(대국민, 기업, 지방자치단체 등) 불명확 - 기상청 내 날씨예보 대비 인력 및 예산 투자 부족 - 장기예보 관련 중·장기적 계획 수립 미비 - 장기예보 수요, R&D 투자, 기술 및 정책 관련 조사·분석 미흡

### 1. 인력 측면

#### 1) 장기예보 전문 인력 부족

기상청 내 장기예보를 담당하고 있는 기후예측과 인력은 2017년 12월 현재 총 16명으로, 모델 운영 및 분석 인력 4명, 기후 감시 및 분석 인력 5명(과학원 1명 포함), 예보 인력 4명, 행정 인력 2명으로 구성되어 있다. 국립기상과학원에서는 기후연구과와 지구시스템연구과에서 일부 장기예보 관련 업무를 수행하고 있으며, 직접적으로 현업을 지원하는 인력은 지구시스템연구과 인력 2명(기상사무관 1명, 연구원 1명)으로 모델 운영 및 검증 부분을 담당하고 있다. 반면, 2017년 12월 기준으로 기상청의 단기예보 현업을 지원하는 수치모델링센터와 국가기상슈퍼컴퓨터센터의 인력은 각각 82명과 28명이며, 단기예보를 담당하고 있는 예보국 인력은 76명으로 총 186명 규모에 달한다.

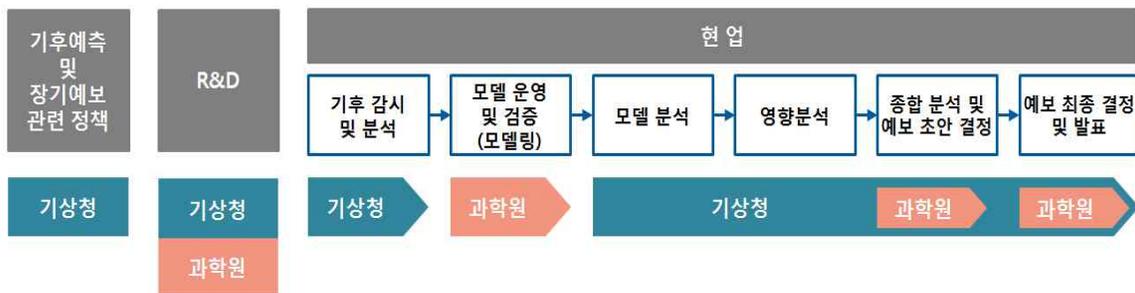
미국, 일본, 영국 등 주요 선진국의 장기예보 관련 인력 규모와 전문성을 비교해 보면, 국내 장기예보 전문 인력은 현저히 부족한 실정이며, 주요 선진국은 장기예보 관련 전문 업무를 장기간 수행하여, 축적된 노하우와 경험이 풍부한데 반해, 짧은 현업 경험으로 인해 국내 장기예보 인력의 전문성이 미흡한 상황이다. 또한, 장기예보는 감시 및 자료 분석, 모델 운영과 분석에 있어서 전문 인력의 역량이 매우 중요한 분야임에도 불구하고, 장기예보 인력은 매일 예보를 발표하는 단기예보와 달리 예보 횟수가 적

어 실제로 실무 경험을 쌓을 수 있는 기회가 적으므로, 중·장기적 측면에서 국내 장기예보 역량 강화를 위해선 장기업무에 집중할 수 있는 근무 환경과 지속적으로 자기개발을 할 수 있는 다양한 기회를 제공하여 국내 장기예보 전담인력의 전문성과 역량을 집중적으로 강화하여야 한다.

## 2) 분산적 업무 수행

장기예보의 생산 프로세스를 살펴보면, 기후감시 및 분석 자료에 기초하여 모델을 운영하고 분석하며 과거의 기상 데이터 등을 분석하는 영향 분석 단계를 거쳐 최종 예보를 생산한다. 기후 관련 정책 및 현업 전반에 관한 업무는 기상청에서 수행하고 있으나, 기후 R&D와 현업 지원성 업무(모델 운영 및 검증)는 과학원에서 수행하는 등 장기예보 관련 기능이 분산되어 있다.

<그림 4-1> 우리나라 기상청의 장기예보 생산 및 업무 프로세스



장기예보와 관련된 연구는 대부분 국립기상과학원과 국내 유관 대학에서 수행하고 있으며, 국립기상과학원에서 수행하고 있는 R&D의 상당 부분이 연구 용역의 형태로 대학을 통해 수행되고 있다. 기상청에서도 일부 R&D를 수행하고 있으나 극히 일부분이며 이 또한 연구 용역으로 추진되고 있는 실정이다. 이처럼 장기예보와 관련된 기능이 국립기상과학원과 대학 등으로 분산되어 있어 업무 간 시너지 효과를 창출하기에는 한계가 있다. 또한, 현실적으로는 장기예보 업무 외의 기관 고유 업무나 관련 행정 업무 등 부수적인 업무들이 상존하며, 조직 차원의 이해관계들로 인한 유기적인 업무 협력이 쉽지 않은 상황이다. 국내 장기예보 관련 인력이 현저히 부족한 현실을 타계하기 위해선 관련 인력의 공조 체계 구축하고, 상호 역할 분담을 명확히 할 필요성이 있다.

## 2. 조직 측면

### 1) 유관기관 간 역할 중복

장기예보 기능 및 관련 업무는 기상청 기후예측과, 과학원, APCC, 기상청 이상기후팀 등 여러 기관에서 분산되어 수행하고 있어 효율성이 저하되고 있다. 특히, 기후 감시 및 분석, 예보는 기상청의 기후예측과에서 담당하고 있으나, 예보 결과 도출을 위해 필수적인 모델 운영은 국립기상과학원에서 수행하고 있어 소통이 원활하지 않은 상황이다. 장기예보 협업 업무 차원에서는 장기예보 관련 프로세스를 분절되어 진행하기 보다는 한 기관에서 연속적으로 추진하는 것이 연결성과 정확도 측면에서 더 바람직하다 할 수 있다. 아울러 APCC에서 추진하고 있는 아시아-태평양 지역의 기후 정보 제공은 초기 정보 생산 과정이 다소 유사하므로, 기상청 내부의 장기예보와의 긴밀한 공조체계를 마련할 필요성이 있다. 아울러 각 기관은 해당 기관의 고유 업무에 더 몰입할 수 있도록 하여 전문성을 확보하고, 장기예보 관점에서 각자의 역할과 협력 관계를 재정립하는 것이 시급히 요구된다.

## 2) 순환보직 운영으로 인한 전문성 축적의 어려움

장기예보 업무의 경우에는 인력의 전문성이 보다 요구되고 중요하다는 점을 강조하였고, 장기간 근속하더라도 실제로 장기예보의 전체 프로세스를 경험할 수 있는 기회가 많지 않다는 점도 언급한 바 있다. 이러한 점에서 공무원 조직이 갖고 있는 순환보직이라는 시스템은 장기예보 인력의 전문성을 향상시키는 데 있어 큰 걸림돌이 되고 있다. 지속적인 업무 수행을 통해 관련 지식과 노하우를 축적하는 것이 장기예보 인력의 전문성을 향상시키고, 나아가 장기예보의 질을 높이는 유일한 돌파구인 것은 너무도 명확하다. 그럼에도 불구하고 주요 선진국과는 달리 국내 장기예보 인력의 잦은 인사이동과 순환보직은 국가차원의 장기예보 역량을 강화 측면에서 큰 장애요인으로 작용하고 있다.

기상청 수치모델링센터에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 인력이 센터 내에서 순환될 수 있는 장치를 마련해 두고 있다. 이러한 구조 내에서도 물론 단점은 있을 수 있지만, 장기예보의 경우 업무 특성상 연속성이 중요한 부분으로 작용할 수 장점이 있으므로, 선행 사례로 삼아 관련 단점을 보완하여 이를 기반으로 더욱 발전시켜 나갈 필요성이 있다.

## 3. R&D 및 전략 측면

### 1) 수요처 및 공감대 형성 부족

장기예보의 수요자(지방자치단체, 기업, 국민)에 대한 수요 조사 및 분석 체계가 극히 미비한 실정이며, 지속적으로 장기예보의 서비스 영역 및 필요성을 부각하기 위해선 무엇보다 수요자 중심의 니즈를 파악하여, 맞춤형 정보를 제공하는 것이 중요하다. 단기예보와 비교할 때 장기예보의 필요성에 대한 사

회적 인식 자체가 부족하여 장기예보에 대한 실질적인 투자 연계로 이루어지지 못하고 있다. 아울러 장기예보의 우수성과 필요성을 공감하기 위해선, 수요자와의 지속적으로 유대관계를 형성하고, 장기예보의 활용성과 우수사례를 적극적으로 홍보하기 위한 소통 체계를 마련하여야 한다.

## 2) 기술 관련 투자 부족 및 중·장기 발전 계획 수립 미비

제3차 기상업무발전 기본계획(2017~2021)에서는 기후변화 대응 국내의 역할 강화 전략 추진을 전략으로 제시하는 한편, GloSea5 개선, 대기·해양 초기화 기술개발 등을 통한 기후모델 성능 개선, 과학적이며 체계화된 예보 생산을 위한 장기예보관 의사결정지원시스템 구축·운영 등을 중점 과제로 제시하고 있다. 그러나 현재 장기예보의 조직 및 인력 측면을 고려한 중·장기 계획이 마련되어 있지 않다. 이처럼 국내 장기예보의 정확도와 활용성을 극대화하기 위해선 장기 예보 일류화라는 목표 하에 체계적인 방안 및 전략이 시급히 요구된다.

현재 장기예보는 여러 기관에서 활용하고 있지만 이에 대한 수요처의 활용 현황을 체계적으로 조사한 리포트 또한 부재한 상황이며, 장기예보 예산 투자 현황에 대한 조사 분석 및 성과 분석 체계조차 극히 미흡한 실정이다. 장기적으로 국내 장기예보의 역량 강화와 발전을 위해선 주기적으로 국내외 장기예보의 투자 현황 및 기술 동향을 지속적으로 파악하는 한편 국내외 장기예보의 성과를 지속적으로 모니터링 할 필요성이 있다. 이는 국내 장기예보 투자 확대를 위한 근거 자료 및 유용한 참고자료로 활용성이 높을 것으로 예상된다.

# 제5장



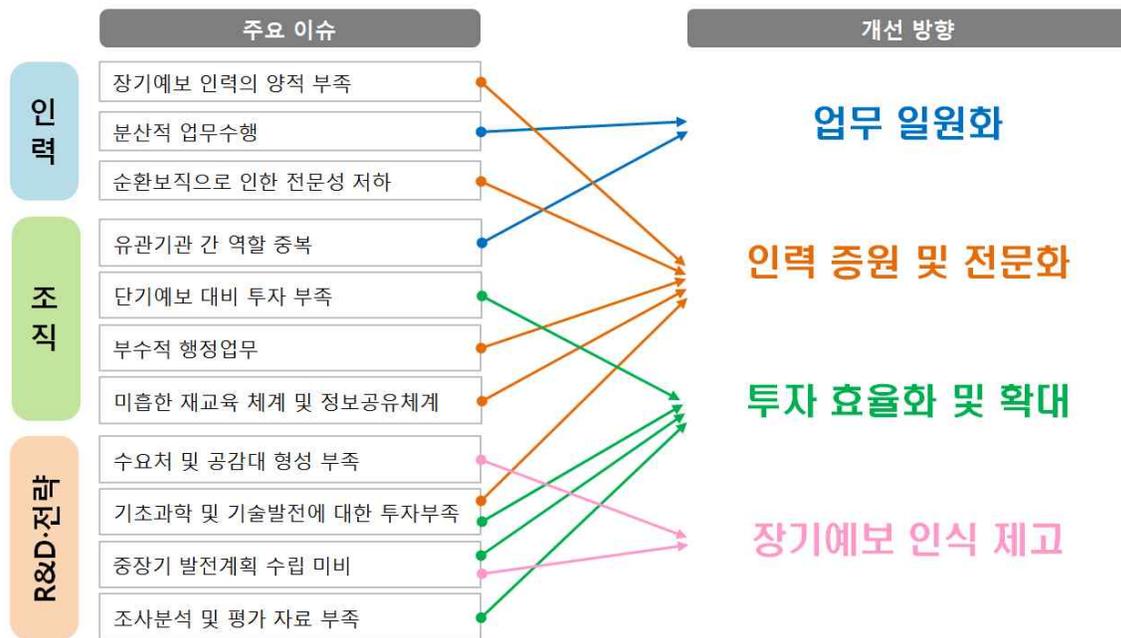
## 장기예보 업무 효율화를 위한 개선 방향

- 제1절 장기예보 업무 일원화
- 제2절 장기예보 인력 증원 및 전문화
- 제3절 장기예보 투자효율화 및 확대
- 제4절 장기예보 인식 제고

## ■ 제5장 | 장기예보 업무 효율화를 위한 개선 방향

본 장에서는 앞서 도출된 국내 장기예보에 대한 현안 문제점과 인력, 조직, R&D 및 전략 차원의 총 11개의 주요 이슈를 기반으로 아래와 같이 국내 장기예보 업무 효율화 및 활성화를 위한 4가지 주요 개선 방향을 마련하였다.

<그림 5-1> 장기예보 관련 주요 이슈 및 개선 방향



## 제1절 장기예보 업무 일원화

우리나라의 장기예보 업무는 기상청 기후과학국 내 기후예측과에서 주로 담당하고 있으나, 국립기상과학원, APCC, 한수예 등 기관들에서 유사한 업무를 수행하고 있으며, 지방기상청에서도 가뭄 등 장기예보 관련 정보를 제공하고 있다. 특히, 국립기상과학원은 장기예보 현업 지원성 업무로 장기예측시스템 현업 운영과 기후 R&D를 병행하여 수행하고 있으므로, 장기예보 현업 업무 수행 주체는 기상청의 기후예측과와 국립기상과학원으로 일부 이원화되어 있다. 또한, 기상청의 이상기후팀은 수문기상 및 가뭄에 대한 정책 수립 및 감시·예측·분석, 이상기후에 관한 기본계획 수립 및 이상기후 감시 등을 주요 업무로 수행하고 있어, 기상청 내부에서도 장기예보를 담당하는 기후예측과의 업무 중복이 일부 발생하고 있다.

[표 5-1] 기관별 장기예보 업무 수행 현황

구 분		주요 내용
기상청 기후예측과		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후예측업무에 관한 사항</li> <li>- 이상기후 감시업무에 관한 사항</li> <li>- 기후예측 관련 세계기상기구 지정센터 업무에 관한 사항</li> <li>- 북한의 기후업무에 관한 사항</li> </ul>
국립기상과학원	기후연구과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구시스템모델 개발과 기후변화 시나리오 산출체계 구축·운영</li> <li>- 전지구 및 동아시아 지역 기후변화 시나리오 개발·분석</li> <li>- 기후변화 원인·메커니즘 분석을 통한 기후시스템 이해</li> <li>- 지상·항공·위성 관측을 통한 탄소감시 및 탄소순환 연구</li> </ul>
	지구시스템연구과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구시스템모델 개발과 기후변화 시나리오 산출체계 구축·운영</li> <li>- 전지구 및 동아시아 지역 기후변화 시나리오 개발·분석</li> <li>- 기후변화 원인·메커니즘 분석을 통한 기후시스템 이해</li> <li>- 지상·항공·위성 관측을 통한 탄소감시 및 탄소순환 연구</li> <li>- 장기예측시스템 현업 운영</li> </ul>
APEC 기후센터		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후예측을 통한 아시아-태평양 지역에 대한 공헌</li> <li>- 예측 기술에 대한 지속적인 개발 및 개선</li> <li>- 다중모델앙상블 기업을 활용한 6개월 예측</li> <li>- 예측 정보에 대한 재해석 및 활용성 제고</li> </ul>
한국형수치예보모델 개발사업단		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국형 수치예보모델 개발·평가·보급</li> <li>- 한국형 수치예보모델의 현업 운영을 위한 제반 기술의 개발 및 보급 등</li> </ul>
기상청 이상기후팀		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수문기상 및 가뭄에 관한 정책의 수립 및 시행</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 감시·예측·분석</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 관련 기술의 개발·검증 및 보급</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 대응 시스템 운영</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 관련 국내외 협력</li> <li>- 이상기후에 관한 기본 계획 수립 및 시행</li> <li>- 이상기후 감시(실시간 분석이 필요한 현상은 제외한다) 및 예측정보의 생산</li> <li>- 이상기후 정보 시스템 구축 및 운영</li> <li>- 이상기후 관련 기술 개발·개선·보급</li> </ul>

장기예보 전문가 대상의 심층 조사 결과, 장기예보와 관련된 분산적 업무 수행과 유관기관 간 업무 중복이 인력 및 조직 측면의 현안 문제로 나타났으며, 대다수의 전문가들은 장기예보센터 신설을 통한 업무 일원화에 대해 긍정적인 의견을 제시하였다. 또한, 미국(CPC), 영국(해들리센터), 일본(TCC), 중국(BCC) 등 주요국에서도 기후 감시·분석, 모델 개발·운영, 기후 연구 등의 기능을 일원화 한 기관을 별도로 운영하고 있다.

이에, 장기예보센터 설립을 통해 기후 연구 및 현업 등 관련 기능을 물리적으로 통합하는 방식으로 장기예보 기능 및 업무 효율화를 달성할 수 있으며, 네 가지 개선 방향을 제시하고자 한다. 먼저, 주요국과 같이 기상청 내부에 장기예보 관련 인력·조직·기능을 통합한 장기예보센터를 신설하고, 장기예보 정책 수립, 현업, 기후 R&D, 예보를 수행하는 방안이다(이하에서는 “1안”이라고 함). 1안의 경우, 장기예보 업무 일원화를 통해 시너지 효과를 극대화할 수 있으나, 국립기상과학원, APCC 내 장기예보 인력 이동으로 인한 내부적 갈등 발생이 우려되는 단점이 있다. 두 번째 안으로, 기상청 내에 별도의 센터를 신설하여 정책 수립 및 예보를 포함한 현업 및 기후 R&D를 수행하고, 기초연구개발은 국립기상과학원 등의 연구기관에서 담당하는 방안이다(이하에서는 “2안”이라고 함). 2안은 유관기관과의 역할 중복을 개선하면서 갈등을 최소화할 수 있는 방안이지만, 장기예보 현업과 기후 R&D 간의 연계성이 약화될 수 있으므로 이를 보완하기 위해선 상호 소통을 위한 별도의 채널 구축이 전제되어야 한다.

세 번째 안은 기후과학국 내에 소규모 단위의 장기예보 센터를 설치하고, 장기예보 컨트롤타워로서 장기예보 정책 수립 및 예보·서비스 기능을 담당하도록 하는 방안이다(이하에서는 “3안”이라고 함). 3안은 현재 기상청의 기후예측과에 수행 중인 장기예보의 현업성 업무를 국립기상과학원으로 이관하여, 국립기상과학원은 장기예보 관련 현업 및 관련 R&D를 담당하고, 기상청의 기후예측과는 장기예보 정책·전략 및 예보 업무를 수행하는 장기예보의 컨트롤타워 역할을 수행하는 것이다. 본안은 장기예보 현업 및 기후 R&D 간 유기적인 협력을 통해 장기적인 측면의 기술경쟁력 확보를 도모할 수 있는 장점이 있으나, 기상청 내부의 소규모의 장기예보 센터가 총괄 기능을 효율적으로 수행할 수 있는 다양한 운영 방안과 소통 채널 마련이 선행되어야 한다. 마지막 안은 기존 조직을 활용하여 기상청의 기후예측과는 장기예보 정책 수립 및 예보, 국립기상과학원은 기후 R&D, 기상청 내 유관 부서는 예보를 제외한 현업으로 업무를 재배분하는 방안이다(이하에서는 “4안”이라고 함). 4안은 기상청 내 단기예보 관련 조직 등 타 부서 업무와의 연계성을 강화할 수 있고, 기존 조직 및 인력을 최대한 활용할 수 있기 때문에 인력 부족에 대한 문제를 효율적이지만, 오히려 장기예보 업무의 효율적 운영 보다는 단기예보 현안에 편중되어 장기예보의 발전을 저해하는 결과를 초래할 수도 있다.

장기적인 국내 장기예보의 효율성 및 발전 차원에서는 주요국 사례와 같이 장기예보 기능을 통합 운영하는 단일화된 국내 장기예보 센터를 신설하는 방안이 바람직하지만, 장기예보 효율화 기반 조성 및 유관기관과의 갈등을 최소화를 위해 단기적으로 기상청 내에 현업 중심의 장기예보센터를 신설하는 방

안을 제안하고자 한다.

## 제2절 장기예보 인력 증원 및 전문화

국내 장기예보 관련 인력은 기상청 기후예측과 및 국립기상과학원을 포함하여 약 10여명에 불과하며, 기상청 전체 인원의 1%에도 미치지 않는다. 반면, 단기예보의 경우, 기상청 내 수치모델링센터, 관측기반국 산하 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 국립기상과학원의 수치모델개발과 등에서 현업을 지원하는 등 단기예보에 집중되어 있으므로, 장기예보 관련 인력은 절대적·상대적 측면에서 매우 부족한 실정이다. 그러나 장기예보의 역량 강화를 위해선, 기후 감시 및 분석, 모델 개발 및 운영, 예보 및 서비스, 국제협력, 기후 R&D 등 장기예보 업무의 성격 및 필요에 따른 인력을 세분화하고, 확대하는 등 장기예보의 인력을 재배분하여야 한다.

이와 같이 장기예보 인력의 양적 확대를 위해선 2030년까지 단계적으로 인력증원을 추진하는 것이 바람직하며, 이 중 기후 감시 및 분석, 모델 개발 및 운영 분야의 인력 확대가 최우선적으로 필요한 분야이다. 2030년까지 80명 규모를 목표로 국제협력 기능 강화(2025년 목표) 및 기후 R&D 기능 흡수(2030년 목표)를 통한 장기예보 기능·인력의 통합 및 확대가 점진적으로 이루어져야 한다.

또한, 장기예보 예보관을 직급별로 세분화하여 교육 기간, 커리큘럼, 해외 훈련 등의 교육 지원 체계를 구축하여, 국내 장기예보 관련 인력의 역량을 제고하고, 전문성을 지속적으로 강화하여야 한다. 아울러 전문분석관, 평생예보관 제도 도입 등을 통해 장기예보 업무를 지속적으로 수행할 수 있는 제도적 기반 조성이 전제되어야 한다.

### 제3절 장기예보 투자 효율화 및 확대

우리나라 기상청은 단기예보에 대한 인력 및 예산 투자를 통해 정확도 등을 향상시켜 온 반면, 장기예보 분야는 최근에 이르러서야 기후변화에 따른 이상기후 발생 등으로 인해 장기예보의 중요성이 점차 부각되고는 있으나, 아직 장기예보에 대한 필요성에 대한 공감대와 관련 투자가 현저히 저조한 실정이다. 대다수의 국내 장기예보 전문가들도 기상청 내 단기예보 대비 인력 및 예산 투자 부족, 장기예보 내 인력 및 예산 배분의 불균형, 중장기 발전계획 수립 미비 등을 장기예보 관련 주요 문제점과 이슈로 지적하고 있다.

장기예보 관련 정보는 에너지, 농업, 건설, 유통, 보건 분야에서의 활용을 통해 사회·경제적 가치를 창출하고 이상기후 현상을 예측하여 재해를 예방하는 등 다양한 방식으로 활용될 수 있으므로, 장기예보의 정확도 향상 및 서비스 강화를 위해서는 인력 증원과 함께 R&D 투자 규모 및 비중이 지속적으로 확대되어야 하며, 장기적인 관점에서는 현업 장기예측모델인 GloSea5를 대체할 수 있는 한국형 기후모델 개발을 위한 별도의 예산 확보가 필요하다. 아울러 현재까지는 장기예보 관련 투자 분석과 확대를 위한 객관적인 지표나 근거가 마련되어 있지 않은 실정이다.

국내 장기예보의 투자 확대와 자원 배분의 효율성을 극대화하기 위해선 앞서 언급한 바와 같이 최근 10년 동안 장기예보 관련 정책 및 기술 개발 분야 등에 투자된 예산에 대한 심층 조사 및 주요 성과를 체계적으로 분석하여, 향후 장기예보 발전을 위한 투자의 효율성을 제고하고, 장기예보 투자 확대를 위한 근거 및 당위성을 단계적으로 마련하여야 한다. 나아가 장기예보 발전을 위한 투자 모델 및 전략을 중장기 관점에서 체계적으로 수립하여야 한다.

아울러 국내 장기예보에 대한 예산을 안정적으로 확보하기 위한 선순환 구조의 체계를 구축하기 위해선, 장기예보의 활용성 측면에서 장기예보의 활용처를 다변화하고, 관련 정보 및 서비스 범위를 지속적으로 확대하여야 하며, 미국, 일본, 영국, 호주, 중국 등 주요 선진국의 장기예보 투자 현황 및 정책 동향, 산업동향 등에 대한 최신 정보를 지속적으로 모니터링 하여야 한다.

## 제4절 장기예보 인식 제고

최근 기상재해가 빈번하게 발생하는 등 지구온난화로 인한 기후변동성이 증대되고 있으며, 기후변화에 따른 기상요소의 변동은 생산 및 소비 활동 등 다양한 분야에 영향을 미치고 있다. 장기예보는 에너지 분야, 농축산업, 관광서비스·유통업 등 다양한 분야에 활용되고 있으며, 정부 부처, 지방자치단체, 기업 등 장기예보에 대한 수요 및 서비스 확대에 대한 수요가 증가하고 있다.

한편, 우리나라 기상청은 기온 및 강수량에 대한 일반적인 정보만을 제공하고 있어 다양한 수요를 충족시키지 못하고 있으며, 장기예보에 대한 사회적 인식은 전반적으로 낮은 수준이다.

1,046명을 대상으로 장기예보에 대한 인지도, 수요도, 만족도 등에 대한 설문 조사를 통해 수집된 국내 장기예보의 수요특성에 대한 분석 결과에 따르면, 전체 응답자 중 42.4%가 장기예보에 대해 인지하지 못하고 있는 것으로 조사되었다.<sup>41)</sup> 그리고 장기예보를 인지하고 있는 57.6%를 대상으로 장기예보의 정보를 활용한 경험을 조사한 결과, 응답자의 17.5%가 기상청에서 제공하고 있는 장기예보 정보를 활용한 경험이 있는 것으로 나타났다.<sup>42)</sup> 이들을 대상으로 장기예보 정보를 활용하고 있지 않은 이유를 조사한 결과, “이용 가치에 대해 모름”, “정보 취득 방법에 대해 모름”, “부정확성” 순으로 나타났다.<sup>43)</sup> 이처럼 대부분의 응답자들은 장기예보에 대한 정보의 이용 가치와 정보 취득 방법에 대한 인식이 현저히 떨어짐을 알 수 있다.

따라서 정부 부처, 지방자치단체, 기업, 일반 국민 등 수요처를 대상으로 필요 정보, 현행 장기예보에 대한 만족도, 개선 방향 등에 대한 심층수요 조사를 추진할 필요가 있으며, 나아가 장기예보 중요성 관련 인식 제고를 위해 다양한 정보 매체를 활용하여 장기예보의 중요성과 활용성을 적극적으로 홍보하여야 한다.

아울러 일반 대중이 이해하기 쉬운 콘텐츠를 중심으로 현재 기후변화 및 변동의 심각성을 알리는 동시에 국내외 장기예보의 활용 성공 사례를 공유하는 월간지나 정보지를 정기적으로 발행하여, 장기예보의 중요성에 대한 국민의 인식을 전환하는 한편 저변 확대를 위한 다양한 소통 체계와 방식에 대한 구체적인 방안 마련이 병행되어야 한다.

41) 홍현철·김원진·김정운·김백조, 장기예보에 대한 수요특성 분석, 기후연구 제8권 제2호, 2013, 119면.

42) 홍현철·김원진·김정운·김백조, 앞의 글, 119면.

43) 홍현철·김원진·김정운·김백조, 앞의 글, 91~92면.

# 제6장



## 장기예보센터 설립 추진방안

## ■ 제6장 | 장기예보센터 설립 추진방안

### 제1절 개요

#### 1. 장기예보센터 설립 필요성 및 기대효과

##### 1) 장기예보센터 설립 필요성

증가하는 장기예보 수요를 충족하고 활용가치를 제고하기 위해서는 우리나라의 장기예보 기능을 재정비하여 효율화를 모색해야 한다. 장기예보 기능 효율화는 관련 업무와 기능을 일원화하고 조직기능을 개선함으로써 가능할 것으로 판단된다. 또한 장기예보 업무에 대한 투자를 확대할 필요가 있다. 이와 같은 방향으로 효율화를 추진하기 위해서는 무엇보다 장기예보센터와 같이 물리적으로 독립된 형태의 조직이 만들어지고 화학적으로 기능이 융합되어야 그 효과가 가장 클 것으로 기대된다.

장기예보센터와 같은 형태를 갖추고 장기예보에 필수적으로 요구되는 연구, 현업 등 기능을 연계하고 통합해야 장기예보 효율화를 위한 시너지 창출이 가능하다. 더군다나 장기예보센터는 독립된 조직으로 발전시켜야 향후 인력, 예산에 대한 투자증가가 이루어질 수 있다. 앞장에서 살펴본 바와 같이 미국, 일본 등 기상선진국은 기후 감시·분석, 모델 개발·운영, 기후연구 및 현업 등을 통합한 장기예보센터를 운영하고 있으며 그에 기반한 다양한 효용과 가치를 창출하고 있다.

또한 장기예보는 국가정책과 기업 경영전략을 수립하는데 있어 반드시 고려해야할 사항이며, 장기간에 걸쳐 인력, 기술 조직 등에 투자가 필요하다는 측면에서 공공조직으로 확대 및 활성화해야 한다. 장기예보 서비스는 누구나 이용할 수 있는 공공재적 성격이 강한 특성을 지니고 있으므로, 민간조직보다는 기상청과 같은 공공조직의 안정적 지원과 운영이 필요하다. 이를 통해 장기예보센터를 안정적으로 운영하여 전문인력의 지식과 경험을 축적하고 활용하여 국가적 자산으로 관리할 필요가 있다. 공공행정기관으로 장기예보센터를 설립하여 발전시키면 공공재적 특성이 강한 업무를 처리하는데 용이하고 단기적인 성과보다는 장기적 효용을 증진시키는데 집중할 수 있다.

##### 2) 장기예보센터의 기대효과

우리나라의 장기예보 기능을 효율화하면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다. 첫째, 비효율적인 장기예보 기능으로 인해 발생하는 사회경제적 피해를 사전에 방지하는 효과가 있다. 둘째, 장기예보 활용도

가 확대되면 연관된 산업과 시장이 창출되는 경제적 효과를 기대할 수 있다. 셋째, 장기예보 관련 분야 전문 연구인력과 기술에 대한 투자가 확대되어 학문적·기술적 성과가 창출되고 궁극적으로 장기예보의 정확도 향상이 가능하다.

전술한바와 같이, 장기예보 기능의 효율화를 위한 합리적 방안은 장기예보센터의 설립에서부터 시작된다. 장기예보센터가 원활하게 기능을 하고 소기의 목적을 달성하기 위해서 세부적으로 수행해야 할 과제들을 발굴하고 추진해야 한다. 우선적으로 추진해야 할 중점과제들은 다음절에서 제시할 예정이다. 장기예보센터의 궁극적인 기대효과는 다음과 같이 예상할 수 있다. 첫째, 장기예보 정확도 향상이 가능하다. 둘째, 장기예보 관련 서비스와 콘텐츠가 확대될 것이다. 셋째, 장기예보 연관 산업의 성장을 기대할 수 있다.

## 2. 장기예보센터의 기능 및 조직

### 1) 주요업무

장기예보센터의 주요 기능은 장기예보 관련 주요 계획 및 정책 수립·추진과 장기예보를 위한 현업업무를 포함한다. 주요한 업무는 다음과 같다.

- 기후 감시, 예측, 서비스 및 연구개발에 관한 주요계획 등 정책 수립·추진
- 기후 감시, 예측 정보 생산·발표
- 기후 감시·예측·서비스 관련 기술의 현업화
- 기후예측모델 개발, 개선 및 운영
- 수문 및 가뭄 감시·예측·서비스·기술개발에 관한 주요 계획 등 정책 수립·추진
- 수문 및 가뭄 예측·정보생산·발표 및 기술개발·보급
- 기후예측 기반 활용 서비스 제공 및 지원
- 기후예측 관련 국내외 전문가 협력
- 양자간, 다자간 기후예측 및 장기예보 국제협력

위와 같은 업무를 수행하기 위해 장기적으로 장기예보 기능을 통합 운영하는 독립 조직을 수립하는 것이 바람직하다. 기후 및 장기예보 관련 원천기술 R&D와 현업지원 업무를 제외한 정책, 현업 업무를 일원화하고 통합함으로써 효율성을 증진시킬 수 있다.

<그림 6-1> 장기예보 관련 업무 및 기능 변화

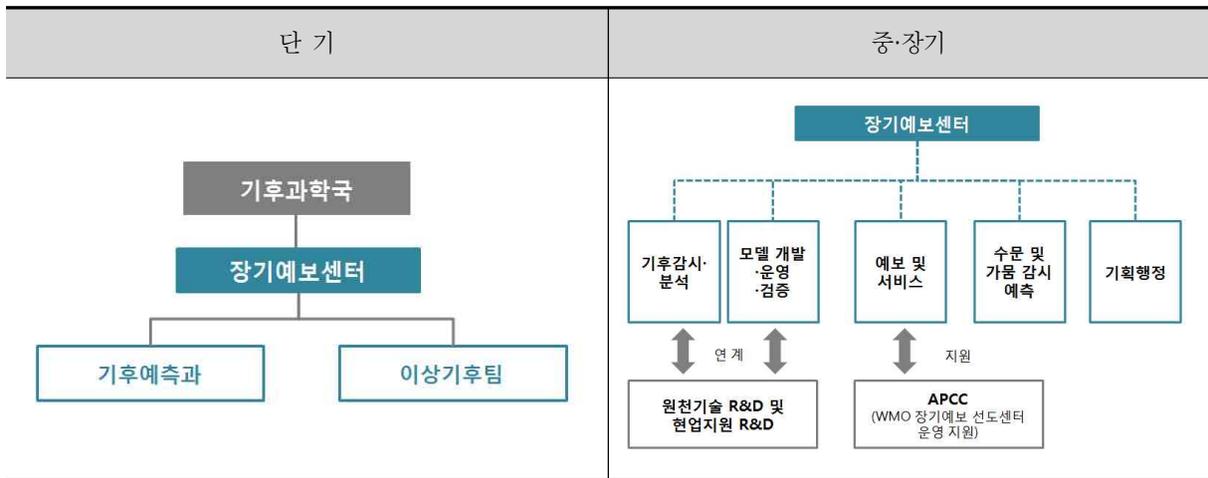


## 2) 조직 및 인력 구성

### (1) 조직

장기예보센터는 단기적으로는 기후과학국 산하 기후예측과와 이상기후팀을 합쳐서 센터로서 출범하고 상호업무의 연계를 강화한 이후 장기적으로 화학적 통합 및 일원화를 추구한다. 그리하여 더 이상 기후예측과 또는 이상기후팀과 같은 기존조직보다는 장기예보센터라는 하나의 조직을 구성하는 팀 단위로 업무를 수행한다.

<그림 6-2> 장기예보센터 조직도



장기예보센터 조직은 장기적으로 5개의 기능을 수행하는 팀 단위로 구성된다. 우선 기후감시·분석, 장기예보 및 활용서비스 기능을 통해 이상기후를 포함한 기후에 대한 감시·분석을 수행하고 예보를 생산하며 이를 다양한 수요자들이 활용할 수 있게 서비스를 제공한다. 모델 개발·운영·검증에서는 기후예측 모델의 개선·개발·운영을 담당하고 향후 한국형 기후모델 개발과 연계하여 한국형 모델의 운영을 목표로 삼는다. 장기예보에 큰 영향을 미치는 수문 및 가뭄 감시예측에서는 수문기상 및 가뭄의 감시·분석·기술개발 등 현업을 수행하며 장기예보 업무와 연계를 강화한다. 기획행정은 기후 관련 주요 정책을 수립하고 추진한다.

이러한 기능 가운데 기후 감시·분석과 모델 개발·운영·검증은 원천기술 R&D 및 현업지원 연구개발과 연계하여 품질과 경쟁력을 지속적으로 향상시킬 필요가 있다. 또한 장기예보 및 활용서비스에서는 APCC로부터 WMO 장기예보 선도센터 운영 지원을 받음으로써 전문성 보강이 가능하다.

[표 6-1] 기능별 주요 업무

구 분	주요 내용
기후 감시·분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관측자료 및 모델자료 기반 분석 및 장기예보 지원</li> <li>- 기후 및 이상기후 감시·분석 관련 기술 개발·개선 및 현업화</li> </ul>
모델 개발·운영·검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후예측 모델 개선·개발 및 현업운영</li> <li>- 기후예측 모델자료 분석 및 가이던스 개발</li> <li>- 이상기후 정보 시스템 구축 및 운영</li> </ul>
장기예보 및 활용서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국, 지역 장기예보 및 기후전망 생산·발표</li> <li>- 이상기후 예측정보 생산·발표</li> <li>- 기후예측기반 기후 및 이상기후정보 활용서비스 발굴·제공</li> <li>- 언론 및 수요자 대응</li> <li>- 지역 기후예측서비스 가이드</li> <li>- WMO 장기예보 선도센터 운영·관리</li> </ul>
수문 및 가뭄 감시·예측	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수문기상 및 가뭄 감시·예측·분석</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 관련 기술의 개발·검증 및 보급</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 대응 시스템 운영</li> <li>- 수문기상 및 가뭄 관련 국내외 협력</li> </ul>
기획행정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후 및 이상기후 감시, 예측, 서비스 및 연구개발에 관한 주요계획 등 정책 수립·추진</li> <li>- 예산 및 조직 운영, 기후예측 관련 국제협력</li> </ul>

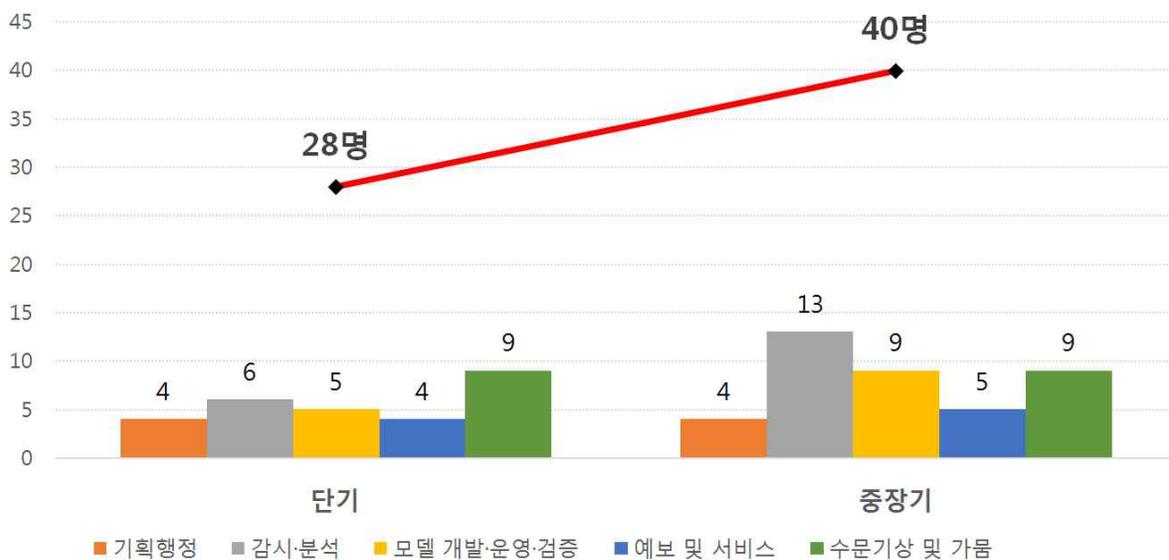
(2) 인력

현재 기후과학국 산하 기후예측과의 인력은 총 16명이고 이상기후팀의 인력은 총 12명이다. 따라서

단기적으로 장기예보센터의 인력은 총 28명이 되며 이 인력에는 APCC의 기후 감시·분석 관련 파견인력 1명이 포함되어 있다. 그리고 기상과학원의 기후모델 운영·검증 인력을 포함한다면 총 29명으로 늘어난다.

현재의 인력은 감시·분석 5명, 모델 운영·분석 4명, 예보 3명, 행정 4명, 이상기후 3명, 수문기상 및 가뭄 9명으로서 장기예보센터를 구성한다. 향후 2~3년 후에 장기예보의 기반이 구축되는 시점에는 감시·분석 및 모델운영·분석 활용서비스 등 분야에 전문인력을 보강하여 총 40명 조직으로 확대한다. 장기예보의 수준과 활용도를 제고를 위한 감시·분석 인력과 서비스 인력의 증원이 시급한 상황이다. 또한 한국형 장기예보모델 개발 계획과 연계하여 한국형 모델의 개발·분석 기술 및 운영능력 확보가 중요한 과제가 된다.

<그림 6-3> 장기예보센터 인력변화



[표 6-2] 기능별 인력구조변화

구 분	CPC	기상청		
		단 기		중·장기
전 체	67명	+0 (28명)		(40명)
		기후예측과	이상기후팀	
기획행정	4 (6%)	4 (25%)	0	4 (10%)
감시·분석	36 (54%)	5 (31%)	1 (8.3%)	13 (33%)
모델 개발·개선 및 운영·분석	16 (24%)	4 (25%)	1 (8.3%)	9 (23%)
예보 생산 및 서비스	5 (7%)	3 (19%)	1 (8.3%)	5 (13%)
수문기상 및 가뭄		0	9 (75%)	9 (23%)
기 타*	6* (8%)	0	0	0

\* 관리직 및 프로젝트성 업무

## 제2절 단계별 추진전략 및 과제

### 1. 단기: 업무 통합·일원화 및 기반구축

#### 1) 장기예보센터 설립을 위한 근거 마련

장기예보센터는 기상청 내부 조직의 이동 및 조정을 통해 설립되므로 별도의 법적 개정절차 없이 기상청 사무분장을 개정하여 추진할 수 있다. 우선적으로 기획재정담당관 및 창조행정담당관 대상 설명을 통해 장기예보센터 설립의 필요성과 중요성을 확산할 필요가 있다.

기상청 기후과학국의 주요 사무분장에 의하면 장기예보 관련 업무는 기후예측과와 이상기후팀에서 수행하고 있다. 기후예측과와 이상기후팀의 업무를 통합하여 장기예보센터가 출범 가능하므로 이에 대한 사무분장 규정을 개정하여 설립 근거를 마련한다.

[표 6-3] 기상청 기후과학국 주요 사무분장 현황

구 분	주요 내용
기후정책과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후정책에 관한 사항</li> <li>- 기후분야 국제협력에 관한 사항</li> <li>- 기후 관련 연구의 기획 및 조정에 관한 사항</li> <li>- APEC 기후센터 관리에 관한 사항</li> </ul>
기후예측과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후예측업무에 관한 사항</li> <li>- 기후감시업무에 관한 사항</li> <li>- 기후예측 관련 세계기상기구(WMO) 지정 센터업무에 관한 사항</li> <li>- 북한의 기후업무에 관한 사항</li> </ul>
해양기상과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양기상업무에 관한 사항</li> <li>- 기상통신소 운영에 관한 사항</li> </ul>
기후변화감시과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화감시에 관한 사항</li> <li>- 기후변화 자료의 관리 및 발표에 관한 사항</li> <li>- 기후변화감시 국내외 기술교류 및 국제협력에 관한 사항</li> <li>- 세계기상기구 육불화황 세계표준센터 및 운영에 관한 사항</li> <li>- 기후변화 시나리오 및 영향조사에 관한 사항</li> <li>- 기후 관련 대국민 이해확산 및 홍보에 관한 사항</li> </ul>
이상기후팀	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상기후 업무에 관한 사항</li> <li>- 수문기상 업무에 관한 사항</li> </ul>

\* 출처: 기상청 사무분장 규정(2017.3.2. 일부개정)

## 2) 장기예보센터 설립

기후과학국 산하 기후예측과 및 이상기후팀을 통합하여 센터체제를 갖추고 장기예보센터를 설립한다. 장기예보 모델 운영 및 검증 인력과 APCC 파견인력을 포함하여 약 30여명의 인력으로 출범한다. 이상기후팀의 주요 업무인 이상기후와 수문기상은 장기예보의 중요한 부분이 된다. 이상기후 현상은 장기예보센터 설립 필요성의 동인이 되며, 수문 연구도 기후모델의 주요한 구성요소임에 분명하다.

장기예보센터는 신규인력 증원보다는 기존 인력의 재조정을 통해 구성하는 것을 지향한다. 대외적인 공감대를 형성하기보다는 기상청 내부적으로 필요성과 중요성을 확산하는 것이 우선적으로 필요한 과제라고 볼 수 있다. 단기적으로 장기예보센터의 주요 목표는 장기예보 기능 효율화 및 수요확대로 설정하고 향후 조직 확대를 위한 기반을 구축해야 한다.

장기예보센터의 기능, 조직, 인력 등에 관한 내용은 6장 1절에서 기술한 바와 같이 진행하도록 한다.

## 3) 장기예보 업무를 물리적으로 통합·일원화하고, 조직 확대를 위한 기반 구축

국내 장기예보 관련 업무를 수행하고 있는 유관기관 사이의 업무를 재정립하고 전문성을 강화해야 한다. 기상과학원은 기후관련 기초, 원천기술 연구 및 현업지원 연구개발에 집중하며 현재 업무중인 영국 기후모델 개발·개선 업무를 수행한다. APCC는 아태지역 대상 기후정보서비스 제공 및 국제협력에 집중하며 현재의 장기예보 지원기능을 유지한다.

이와 같이 기상과학원, APCC의 전문성을 집중 강화하는 동시에 장기예보 기능은 기상청 장기예보센터로 통합 및 일원화한다. 기상과학원의 기후모델 운영 및 검증 기능은 장기예보센터로 이관하여 장기예보센터에서 현업업무를 일괄 수행한다. APCC의 기후감시 및 분석 기능을 수행하는 인력은 현재와 같이 기상청 파견근무 형태를 유지한다.

장기예보 업무의 물리적 통합 및 일원화 이후 장기예보 관련 인식 및 공감대를 확산하고 향후 조직 확대를 위한 기반을 구축한다. 구체적으로 다음과 같은 과제들을 전략적으로 수행할 필요가 있다.

### (1) 장기예보 인식확대 및 홍보강화

기후 및 장기예측 관련 기술, 정책 국내외 동향, 전망 등을 공유하고 발전방안을 모색하는 정기 심포지엄을 개최한다. 학계, 산업계, 정부 관계자들이 참여하여 관련 분야의 기술동향을 파악하고 주요 이슈에 대해 논의함으로써 향후 정책 추진방향을 설계하는데 참고하는 계기로 삼는다. 이를 통해 일반인에게도 장기예보의 개념과 가치에 대한 인식을 확산할 수 있을 것으로 본다. 또한 장기예보에 대한 수요를 정기적으로 조사 및 발굴할 필요가 있다. 주요 산업체, 지방자치단체 등을 대상으로 장기예보의 수요분야와 활용범위를 조사하고, 새로운 수요를 발굴하여 지속적으로 홍보를 강화할 수 있다.

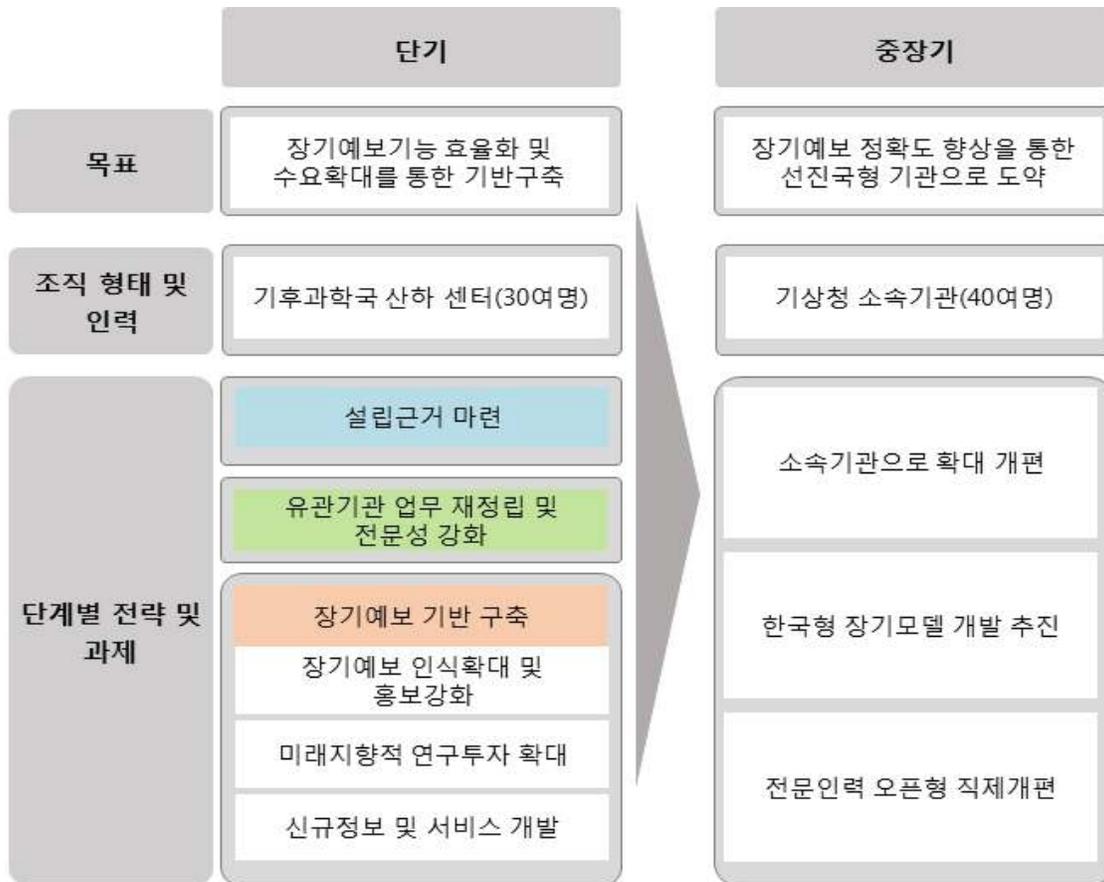
(2) 미래지향적 연구투자 확대

장기예보 관련 R&D 투자 및 성과 조사분석을 시행하고 이를 통해 R&D 투자방향을 제시한다. 매년 이루어지는 R&D 실태를 조사하여 주요 기술에 대한 수준, 격차, 단계 등을 분석하고 기술 및 사회변화 전망에 따른 중장기 R&D 수행방향을 설정한다. 특히 4차 산업혁명기술(IoT, Big data, Cloud, Mobile, AI 등) 활용전략을 수립하고 장기예보 업무의 발전기반을 조성한다. 장기예보 생산과정에서 필수적으로 중요한 역할을 하는 예보관의 분석·판단 역량을 향상시키고 의사결정 지원에 활용할 수 있을 것이다.

(3) 신규 정보 및 서비스 개발

기온, 강수량 이외에 일조량, 바람 등 여러 산업분야에서 활용할 수 있는 기초데이터를 제공한다. 이를 통해 농업, 환경, 보건, 에너지 등 각 분야별 특화된 정보 생산의 기반을 마련한다. 또한 지역별·시간별 세분화된 정보제공 및 서비스를 추진한다. 다양하고 세분화된 정보를 생산하고 제공함으로써 장기예보의 활용도가 제고되고 산업·경제·사회적 가치도 증대할 것이다. 또한 장기예보 정보를 활용하여 2차적으로 생성되는 제품 및 서비스가 활발해지고 이를 기반으로 기상기후산업의 발전을 가능해질 것이다.

<그림 6-4> 단기 및 중장기 전략



## 2. 중장기: 소속기관 확대 후 선진국형 기관으로 도약

### 1) 조직개편, 인력보강, 서비스확대 이후 장기예보센터를 소속기관으로 확대하고 전문성을 강화할 수 있는 직제로 개편

#### (1) 기상청 소속기관으로 확대 개편

기후과학국 소속이었던 장기예보센터는 조직개편, 인력보강, 서비스 확대 등을 추진하여 장기예보의 인식확산 및 기반구축을 추구한다. 이후 기상청 소속기관으로 확대되어 전문적인 장기예보기관으로 성장한다. 고공단 또는 3급을 소속기관의 장으로 하고 이전보다 인력이 10여명 증가한 40여명으로 구성한다. 한국형 기후모델 개발과 연계하여 이의 운영, 개선 등 업무를 수행하고 감시분석 기능을 강화하여 선진국 수준의 규모로 확대한다. 중장기 관점에서의 장기예보센터는 장기예보 정확도 향상을 목표로 설정하여 관련 기능과 인력을 전문화함으로써 선진국형 기관으로 도약할 것이다.

#### (2) 한국형 장기모델 개발 추진

기존에는 영국 기후모델을 사용했으나 우리나라 기후, 토양, 해양 및 대기 환경에 알맞은 한국형 기후모델의 개발이 필요하다. 지금까지는 모델 개발자와 예보관 사이의 의사소통이나 협력이 쉽지 않은 환경이었다면 한국 환경에 적합한 기후모델의 개발·운영·검증 및 개선을 통해 예보의 질을 높이고 예보관과 개발자간 협력과 시너지를 강화할 수 있다. 특히 2020년 예상되는 2단계 한수에 사업과 연계하여 한국형 기후모델 개발 전문인력과 조직 인프라를 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

#### (3) 전문 인력 오픈형 직제개편

장기예보 업무는 단기예보와 달리 수십년에 걸쳐 경험과 경력을 축적해야 분석 및 예보의 질적 성장이 가능한 분야이다. 특히 관련 분야에서 오랜 기간 동안 업무를 수행하고 네트워크를 구축하여 전문성을 확보하는 것이 중요하다. 하지만 잦은 인사이동과 전문분야와 관계없는 분야에서의 업무는 장기예보 인력의 전문성을 저해하는 요인이다. 따라서 장기예보 관련 연구직렬 확대로 장기근무가 가능한 환경을 조성할 필요가 있다. 더불어 외부 민간전문가에게 문호를 개방하여 전문성과 창의성을 지속적으로 담보할 수 있는 직제와 조직문화로 전환이 요구된다.

<그림 6-5> 단기 및 중장기별 목표 및 조직형태

구분	추진 단계	
	단기	중·장기
목표	장기에보 기능효율화 및 수요 확대	장기에보 정확도 향상
조직 형태	<pre> graph TD     A[기후과학국] --- B[장기에보센터]     B -.- C[기후예측과]     B -.- D[이상기후팀]             </pre>	<pre> graph TD     A[기후과학국] --- B[장기에보센터]     B -.- C[기획 행정팀]     B -.- D[감사·분석팀]     B -.- E[모델 운영·분석팀]     B -.- F[예보 및 서비스 팀]     B -.- G[수문 기상 및 가뭄]             </pre>

# 제7장



## 결론

제1절 요약 및 결론

제2절 기대 효과 및 활용 방안

## ■ 제7장 | 결 론

### 제1절 요약 및 결론

장기예보는 기상이변으로 인해 증가하고 있는 기상재해를 사전에 예방하고, 에너지, 농림축산업, 유통업 등 다양한 분야에서의 활용을 통해 사회·경제적 가치를 창출할 수 있는 기상 정보이다. 우리나라 기상청은 1973년부터 장기예보를 실시하였으며, 현재 1개월 전망, 3개월 전망, 기후전망(엘니뇨·라니냐 전망)을 확률예보 방식으로 제공하고 있다. 그러나 단기예보의 정확도가 90% 이상인 반면 장기예보의 정확도는 2015년 기준으로 36%에 불과하며, 장기예보 업무의 분산 및 전문 인력 부족 등으로 업무의 효율성이 저하되는 등의 문제가 지속적으로 제기되어 왔다. 이에, 본 연구에서는 장기예보의 활용 가치를 살펴보고 주요국의 장기예보에 대한 일반 현황 및 장기예보 전담 조직의 현황을 체계적으로 조사·분석했다. 그리고 국내 장기예보 조직 및 인력, 장기예보 생산 절차, 생산 정보 및 제공 방식 등을 면밀히 검토하고, 국내 장기예보의 현안·이슈를 도출한 이후 국내 장기예보 효율화 방향과 세부방안을 제시하였다.

지구온난화 및 기후변화가 심화되면서 기존과는 다른 패턴의 기상재해가 발생하는 등 기후변동성이 커지고 있는 추세이다. 기후변동성 확대는 경제·사회 등 다양한 분야에 걸쳐 영향을 미치고 있으며, 이에 대한 대응책으로 장기예보의 역할이 커지고 있다. 장기예보는 전력 및 에너지, 농식품, 보험, 관광레저, 의류, 가전 산업 등 다양한 분야에 활용되어 경제적 이익을 줄 것으로 기대된다. 정확도가 높은 기후예측 정보 활용 시 농업, 수자원, 수산업 등에 생산 불확실성이 제거되어 경제적 이익이 증가할 것이다. 또한 장기예보는 건강 및 보건문제에 있어 직간접 피해를 줄이고 이주 및 난민 문제를 최소화할 수 있게 하는 등 사회적 가치도 창출한다. 정부, 지자체, 기업 등 다양한 분야에서 장기 기상정보에 대한 수요와 서비스 확대에 대한 요구가 증가하고 있다. 장기예보의 정확도 향상, 지역적·시간적 세분화된 정보, 다양한 콘텐츠 등에 대한 수요가 커지고 있으며 산업 분야별 활용성 제고 및 이익창출을 위해 상세하고 다양한 장기예보 정보 서비스에 대한 요구가 확대되고 있다.

주요국의 장기예보 현황을 조사·분석한 결과, 미국, 영국, 일본, 중국은 장기예보 및 기후예측의 전담 조직을 별도로 운영하고 있으며, 장기예보뿐만 아니라 기후 예측, 기후 모니터링, 기후 평가 등의 업무를 수행하고 있다. 미국 CPC의 경우는 2017년 8월 기준으로 67명의 인력이 8~14일 간의 기온 및 강수량 전망, 월별, 계절별 기온 및 강수량 전망, ENSO, 매든·줄리안 진동, 북극진동, 북대서양진동, 폭풍진로 추적 및 몬순 모니터링 등을 주요 업무로 수행하고 있다. 특히, CPC의 인력은 다양하고 세분화된 전문 분야의 인력으로 구성되어 있으며, 전체 인력의 대부분이 감시 및 분석 부문과 모델 관리 부문에 포진되어 있다. CPC가 제공하는 기온 및 강수량 전망 관련 정보는 수요자가 이해하기 쉽도록 지도로

제공하고 있으며, 기후에 영향을 미치는 요소에 대한 데이터의 경우는 그래프, 텍스트 등을 통해 정보를 제공하고 있다.

영국 기상청은 영국 대상의 6~15일의 중기예보와 10~30일의 장기예보를 홈페이지에 발표하고 있으며, 기후변화 관련 연구를 수행하기 위해 별도의 기관으로 해들리센터를 두고 있다. 동 센터는 2010년 9월 기준으로 200여명의 인력이 전 지구적, 국가적 기후변동의 감시, 기후시스템 내의 물리적·화학적·생물학적 과정의 이해 및 컴퓨터 모델 개발, 전 지구적 기후와 지역 기후의 차이, 이전 세기와 다음 세기 동안의 변화 시뮬레이션 등의 업무를 수행하고 있다.

일본의 경우 기상청 기후예측과에서 장기예보를 담당하고 있으며, 2014년 기준으로 총 50명의 인원이 기온, 강수량, 일조, 강설량에 대해 1개월 전망 및 3개월 전망, 이상기후 조기경보를 생산하며, 해당 정보는 JMA 및 TCC 홈페이지에서 지도 형태로 제공하고 있다. 또한 WMO 지역센터인 TCC는 전 지구 기후 및 극한 현상에 대한 모니터링 결과, 열대태평양에서의 엘니뇨 현상 등 해양 모니터링 결과, 수치예보모델에 의해 산출된 앙상블 평균 통계 및 확률 정보, 일본의 월간 및 계절 전망 등 다양한 데이터를 제공하고 있다.

중국 기상국은 기상국 내 중국천기망 홈페이지를 통해 8~15일, 40일 예보를 제공하고 있으며, WMO 지역센터인 BCC가 별도로 조직되어 있다. BCC는 동아시아 주요 기후 현황과 전 지구적인 대기 및 해양 상태에 대한 모니터링·진단, 동아시아 지역의 월간, 계절 및 연간 전 지구적 기후변화 예측 및 영향평가 등 기후변화에 대한 연구는 물론 아시아-태평양 지역을 중심으로 기후서비스 제공, 역량 배양 지원 등의 역할을 수행하고 있다. 2017년 11월 기준으로 TCC의 인력은 총 161명이며, 전체의 64%가 해당분야의 박사학위를 소지한 전문 인력으로 구성되어 있다.

기타 주요국으로, 호주 기상청은 기온, 강수량에 대한 1개월 및 3개월 전망은 물론 연평균·월평균 상대습도, 평균 증발량, 평균 증발증산량, 일조 시간, 일일 태양광선 노출, 자외선 지수 등의 다양한 정보를 지도 형태로 제공하고 있으며, 별도의 해석을 병기하여 이용자에 대한 편의를 제공하고 있다. 유럽 중기기상예보센터는 10일, 15일의 중기, 32일 이상 또는 13개월 이상의 장기에 대한 전망 자료, 매든·줄리안 진동, 평균 해면기압, 해수면 온도 등에 대한 자료를 홈페이지를 통해 제공하고 있다.

국내 장기예보 현황을 조사·분석한 결과, 우리나라의 장기예보는 기후과학국 내 기후예측과에서 담당하고 있으며, 유관 기관으로 국립기상과학원, APCC, 한수예, 지방기상청 등이 있다. 기후예측과는 기후예측업무에 관한 사항, 이상기후 감시업무에 관한 사항, 기후예측 관련 WMO 지정센터 업무에 관한 사항 등을 주로 담당하고 있으며, 2017년 11월 현재 인원은 총 16명이다. 이 중 총 10명이 장기예보 업무를 수행하고 있으며, 분야별 구성 인원을 살펴보면, 기후감시 및 분석 4명(과전 포함), 모델개발 및 관리 3명, 예보 3명으로 구성되어 있다. 장기예보는 기후 감시 및 분석, 모델 운영 및 분석, 영향 분석, 종합 분석 및 예보 초안 결정, 예보 최종 결정 및 발표의 절차로 진행되며, 모델 운영 및 분석

단계에서 국립기상과학원의 지구시스템연구과가 현업 장기예측시스템인 GloSea5을 운영 및 지원하고 있다. 1개월 및 3개월 전망 관련 생산 정보는 요약 및 날씨 전망, 지역별 확률 예보, 전국확률분포도를 기상청 홈페이지에 게시하고, 예보문을 PDF 파일로 제공한다. 요약 및 날씨 전망 페이지에서는 예보 요약(기온 전망, 강수량 전망)과 날씨 전망을 시기별·지역별로 확인할 수 있고, 지역별 확률예보 페이지에서는 시기별로 평균 기온 및 강수량의 확률예보를 그래프로 표시하고, 전국확률분포도 페이지에서는 지도에 평균 기온 및 강수량의 확률예보를 색깔로 구분하여 표시하고 있다. 이외 기후전망 및 엘니뇨·라니냐 전망, 이상기후 감시·예측 정보, 국내 기후자료 및 세계 기후자료 등에 대한 정보도 홈페이지를 통해 제공하고 있다.

주요국 및 국내 장기예보 현황에 대한 조사·분석 결과를 바탕으로, 장기예보 관련 전문가 대상의 심층 인터뷰를 진행하여 국내 장기예보의 현안 문제점 및 주요 이슈를 파악하였다. 심층 인터뷰 조사 결과, 대부분의 전문가들은 장기예보 인력 부족 및 순환보직으로 인한 지속성 결여로 인해 전문성을 축적하기 힘든 조직 형태를 대표적인 문제점으로 제기하였다. 인력 규모 측면에서, 수치모델링센터, 국가기상슈퍼컴퓨터센터, 국립기상과학원 수치모델과 등 다수의 조직이 현업을 지원하는 단기예보와 비교할 때, 장기예보 인력은 절대적으로 부족하다. 장기예보는 관측 및 예측자료 분석, 모델 특성 파악 등 예보관의 역량이 절대적으로 요구되는 분야임에도 불구하고, 기상청 내부 규정에 의해 순환 근무 제도를 적용하고 있다. 이 같은 기상청 내 순환보직 체계는 예보관의 역량 강화 차원에서 장기예보 관련 노하우 축적 및 전문성 확보 측면에서 장애 요인으로 작용하고 있다. 그 밖의 국내 장기예보의 문제점으로 많은 전문가들은 우리나라만의 독자적인 기후모델 부재 및 초기장 기술 부족으로 인한 외국 자료에 대한 의존성, 장기예보 콘텐츠 및 이용자 편의성 부족 등을 지적하였다.

아울러 전문가를 대상으로 장기예보센터 설립 관련 의견을 청취한 결과, 대다수의 전문가는 장기예보센터 설립 필요성을 피력하면서도 유관기관과의 내부적인 갈등, APCC와의 역할 중복 등의 우려를 표명하였다. 장기예보센터 설립 형태로는 ① 기상청 내 예보, 분석, 연구개발을 통합한 조직 형태, ② 지진화산센터와 같이 별도의 연구직을 두는 형태, ③ 미국의 CPC나 일본의 TCC와 같은 독립적인 센터 형태, ④ APCC와 과학원의 장기예보 기능을 통합한 기상청 내 조직 형태, ⑤ APCC와 과학원의 장기예보 기능을 통합한 센터를 신설하고, 기상(과학원에서 수행) 및 기후(국립기후연구소 신설) 관련 연구기능의 이원화 형태, ⑥ 장기예보에만 집중할 수 있는 기후과학국 내 장기예보관리관실 형태, ⑦ 과학원 내 센터 형태 등 다양한 방식이 제안되었다. 다만, 장기예보센터 조직 설립은 인력 배치 시 타 부서 인력 감축에 대한 내부 공감대를 형성에 대한 어려움과 장기예보 및 기후예측 업무 측면에서 기상청과 APCC의 역할 중복 논란 등에 대해 우려를 표명하였다.

또한, 많은 전문가들은 장기예보 정확도 향상을 위해 기후모델 개발의 필요성을 강조하였으며, 한수예에 소속된 인원을 활용하여 수치예보모델 개선 및 기후모델 개발을 추진할 수 있도록 지원해야 한다

고 주장하였다. 장기예보에 대한 서비스 확대 및 활용성 제고 차원에서 기상청과 민간기상사업자 간의 역할을 분담하는 한편, 수요 분석을 통해 수요자 중심의 맞춤형 정보를 다양하게 제공하여야 한다는 의견을 제시하였다. 나아가 장기예보 역량 강화 측면에서 출연(연) 형태의 대기과학연구소(가칭)를 신설해야 한다는 의견도 있었다.

문헌조사 및 장기예보 관련 전문가 심층 인터뷰 분석 결과를 기반으로, 인력 측면, 조직 측면, R&D 및 전략 측면에서의 국내 장기예보에 대한 현안 및 주요 이슈를 도출하였다. 인력 측면에서 살펴보면, 미국, 영국, 일본 등 주요국의 장기예보 인력 규모와 비교하여 국내 장기예보 전문 인력은 현저히 부족한 실정이며, 장기예보 현업 업무는 기상청(기후 관련 정책 및 현업 전반에 관한 업무)과 국립기상과학원(기후 R&D 및 모델 운영)으로 분산되어 있다. 조직 측면에서 장기예보 기능 및 관련 업무는 기상청 기후예측과, 국립기상과학원, APCC, 기상청 이상기후팀 등 여러 기관이 분산 수행하고 있어 효율성이 저하되고 있으며, 잦은 인사이동으로 인해 전문성이 축적되기 어려운 실정이다. R&D 및 전략 측면에서 장기예보 수요자에 대한 수요 및 투자 현황에 대한 조사·분석이 부재하고, 국내 장기예보 역량 강화를 위한 중장기 발전 전략이 미흡할 뿐만 아니라 장기예보에 대한 사회적 인식 자체가 부족하여 장기예보에 대한 투자 및 예산 규모가 정체되어 있다.

이에 본 연구에서는 장기적인 국내 장기예보 발전을 위해 “장기예보 업무 일원화”, “장기예보 인력 증원 및 전문화”, “장기예보 투자 효율화 및 확대”, “장기예보 인식 제고” 등 크게 4가지 측면에서 국내 장기예보 효율화 방향을 도출하였다.

첫 번째로, 인력 및 조직 측면의 장기예보 현안 문제점과 관련하여 대다수 전문가들은 장기예보센터 신설을 통한 업무 일원화에 대해 긍정적인 의견을 제시하였으며, 따라서 본 보고서에서는 장기예보 업무 일원화 측면에서 국내 장기예보센터 설립을 위한 다음과 같은 ① 주요국과 같이 기상청 내부에 장기예보 관련 인력·조직·기능을 통합한 장기예보센터를 신설하여 장기예보 정책 수립, 현업, 기후 R&D, 예보를 수행하는 방안, ② 정책 수립 및 예보를 포함한 현업 및 기후 R&D를 수행하고, 기초연구개발은 국립기상과학원 등의 연구기관에서 담당하는 방안, ③ 기후과학국 내에 소규모 단위의 장기예보 센터를 설치하고, 장기예보 컨트롤타워로서 장기예보 정책 수립 및 예보·서비스 기능을 담당하도록 하는 방안, ④ 기존 조직을 활용하여 기상청의 기후예측과는 장기예보 정책 수립 및 예보, 국립기상과학원은 기후 R&D, 기상청 내 유관 부서는 예보를 제외한 현업으로 업무를 재배분하는 방안 등 4가지 안을 모색하였다. 국내 장기예보의 효율성 강화 및 발전 차원에서는 주요국 사례와 같은 단일화 된 장기예보센터 신설이 바람직하지만, 장기예보 효율화 기반 조성 및 유관기관과의 갈등 최소화를 위해 우선적으로 세 번째 안인 기상청 내에 현업 중심의 장기예보센터를 신설하는 방안을 제안하고자 한다.

두 번째로, 장기예보의 역량 강화를 위해서는, 기후 감시 및 분석, 모델 개발 및 운영, 예보 및 서비스, 국제협력, 기후 R&D 등 장기예보 업무의 성격 및 필요에 따른 인력 세분화 및 확대가 필요하다.

인력 확대 측면에서는 2030년까지 단계적으로 인력 증원을 추진하는 것이 바람직하며, 이 중 기후 감시 및 분석, 모델 개발 및 운영 분야의 인력 확대가 최우선적으로 필요하다. 또한, 장기에보 예보관에 대한 교육 지원 체계 구축을 통해 역량을 제고하고 전문성을 강화하는 한편, 전문분석관, 평생예보관 제도 도입 등을 통해 장기에보 업무를 지속적으로 수행할 수 있는 제도적 기반 조성이 전제되어야 한다.

세 번째로, 장기에보의 정확도 향상 및 서비스 강화를 위해서는 인력 증원과 함께 R&D 투자 규모 및 비중이 지속적으로 확대되어야 하며, GloSea5를 대체할 수 있는 한국형 기후모델 개발을 위한 별도의 예산 확보가 필요하다. 또한, 장기에보 투자 확대 및 자원 배분의 효율성 극대화를 위해 관련 투자에 대한 심층 조사 및 주요 성과를 체계적으로 분석하고, 미국, 일본, 영국, 호주, 중국 등 주요 선진국의 장기에보 투자 현황 및 정책 동향, 산업 동향 등에 대한 최신 정보를 지속적으로 모니터링 해야 할 것이다.

마지막으로, 우리나라 기상청에서는 기온 및 강수량에 대한 일반적인 정보만을 제공하고 있어 다양한 수요를 충족시키지 못하고 있으며, 장기에보에 대한 사회적 인식은 전반적으로 낮은 수준이다. 이에, 정부 부처, 지방자치단체, 기업, 일반 국민 등 수요처를 대상의 필요 정보, 만족도, 개선 방향 등에 대한 심층 조사를 추진해야 하며, 다양한 매체를 활용한 정보 제공 및 홍보를 지속적으로 확대하여, 국내 장기에보에 대한 인식을 제고하여야 한다.

증가하는 장기에보 수요를 충족하고 활용가치를 제고하기 위해서는 우리나라의 장기에보 기능을 재정비하여 효율화를 모색해야 한다. 위에서 설명한 바와 같이 효율화를 추진하기 위해서는 무엇보다 장기에보센터와 같이 물리적으로 독립된 형태의 조직이 만들어지고 화학적으로 기능이 융합되어야 그 효과가 가장 클 것으로 기대된다. 장기에보센터와 같은 형태를 갖추고 장기에보에 필수적으로 요구되는 연구, 현업 등 기능을 연계하고 통합해야 장기에보 효율화를 위한 시너지 창출이 가능하다. 더군다나 장기에보센터는 궁극적으로 독립된 조직으로 발전시켜야 향후 인력, 예산에 대한 투자증가가 이루어질 수 있다. 이를 통해 장기에보센터를 안정적으로 운영하여 전문 인력의 지식과 경험을 축적하고 활용하여 국가적 자산으로 관리할 필요가 있다.

우리나라의 장기에보 기능을 효율화하면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다. 첫째, 비효율적인 장기에보 기능으로 인해 발생하는 사회경제적 피해를 사전에 방지하는 효과가 있다. 둘째, 장기에보 활용도가 확대되면 연관된 산업과 시장이 창출되는 경제적 효과를 기대할 수 있다. 셋째, 장기에보 관련 분야 전문 연구 인력과 기술에 대한 투자가 확대되어 학문적·기술적 성과가 창출되고 궁극적으로 장기에보의 정확도 향상이 가능하다. 장기에보 기능의 효율화를 위한 합리적 방안은 장기에보센터의 설립에서부터 시작된다. 장기에보센터의 궁극적인 기대효과는 다음과 같이 예상할 수 있다. 첫째, 장기에보 정확도 향상이 가능하다. 둘째, 장기에보 관련 서비스와 콘텐츠가 확대될 것이다. 셋째, 장기에보 연관 산업의 성장을 기대할 수 있다.

장기예보센터를 설립은 2단계로 추진할 수 있다. 단기적으로는 장기예보관련 업무의 통합·일원화를 통해 기반을 구축하는 단계이다. 기후과학국 산하 기후예측과 및 이상기후팀을 통합하여 센터체제를 갖추고 장기예보센터를 설립한다. 장기예보 모델 운영 및 검증 인력과 APCC 파견인력을 포함하여 약 30여명의 인력으로 출범한다. 장기예보센터는 신규인력 증원보다는 기존 인력의 재조정을 통해 구성하는 것을 지향한다. 대외적인 공감대를 형성하기보다는 기상청 내부적으로 필요성과 중요성을 확산하는 것이 우선적으로 필요한 과제라고 볼 수 있다. 단기적으로 장기예보센터의 주요 목표는 장기예보 기능 효율화 및 수요확대로 설정하고 향후 조직 확대를 위한 기반을 구축해야 한다. 국내 장기예보 관련 업무를 수행하고 있는 유관기관 사이의 업무를 재정립하고 전문성을 강화해야 한다. 기상과학원, APCC의 전문성을 집중 강화하는 동시에 장기예보 기능은 기상청 장기예보센터로 통합 및 일원화한다. 장기예보 업무의 물리적 통합 및 일원화 이후 장기예보 관련 인식 및 공감대를 확산하고 향후 조직 확대를 위한 기반을 구축한다. 구체적으로 장기예보 인식확대 및 홍보강화, 미래지향적 연구투자 확대, 신규 정보 및 서비스 개발 등 과제를 추진한다.

중장기적으로는 기상청 소속기관으로 확대 후 선진국형 기관으로 도약하는 단계이다. 단기적 과제를 수행하여 조직개편, 인력보강, 서비스 확대 이후 장기예보센터를 소속기관으로 확대하고 전문성을 강화할 수 있는 직제로 개편한다. 또한 한국형 장기모델 개발을 추진하여 예보의 질을 높이고 예보관과 개발자간 협력과 시너지를 강화할 수 있다.

## 제2절 기대 효과 및 활용 방안

본 연구에서 수행한 장기예보의 경제·사회적 활용 및 가치 분석, 주요국 및 국내 장기예보 현황 조사·분석 및 장기예보 관련 전문가 대상 심층 조사 결과는 그동안 상대적으로 관심이 적었던 장기예보에 대해 새로운 인식을 만들어내는 동시에 장기예보의 중요성을 부각시키는 효과를 기대할 수 있다. 현재 기상청과 유관 기관에 분산되어 있는 기후감시 및 분석, 모델 개선 및 개발 업무 등 국내 장기예보에 대한 유관기관과의 상호 연계성 강화 방안 도출 및 국내 장기예보의 효율화 방안 마련 시 유용한 정보로 활용 될 수 있을 것으로 예상된다. 또한 국내 장기예보에 대한 현안 문제점 및 주요 이슈를 기반으로 도출된 4가지 개선 방향은 향후 국내 장기예보 효율화 방안 및 중장기 발전 전략 수립 시 주요 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

아울러 본 보고서에서 제시한 국내 장기예보센터 설립방안은 향후 기상청에서 국내 장기예보센터 또는 장기예보 전담 조직 신설 검토 시 객관적인 근거로 활용할 수 있으며, 관련 세부 방안을 수립 시 유용한 정보로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

종합적으로 본 연구를 통해 다음과 같이 세 가지 기대효과를 유발할 것으로 판단한다. 첫째, 국내 장기예보 관련 조직, 인력의 효율화 및 장기예보 역량 강화를 이룰 것이다. 장기예보 핵심요소별 수준의 불균형을 해소하고 선진국 수준의 장기예보 역량확보가 가능하다. 둘째, 장기예보 관련 업무의 유기적 연계를 통해 고품질의 장기예보 서비스 창출이 가능하다. 마지막으로 장기예보 활용 증진 및 수요자 만족도를 제고할 것으로 기대한다.

나아가 본 연구의 결과는 향후 국내 장기예보 역량 강화 및 장기예보 선진화를 위한 기반이 될 수 있을 것이다.

## ■ 참고문헌

### 1. 국내문헌

- 국민재난안전포탈, 2016년도 재해연보, 2016.
- 국립기상과학원, 기상업무 발전을 위한 중장기 정책 개발 연구, 2015.11.
- 기상청, 기상조직 역량강화를 위한 중장기 전문인력 양성 마스터플랜 수립, 2016.11.
- \_\_\_\_\_, 기상예보 정확도 향상 대책, 2016.
- \_\_\_\_\_, 장기예보 업무 편람, 2015.
- \_\_\_\_\_, 장기예보 역량 진단 평가를 통한 정확도 향상 방안 연구, 2015.
- \_\_\_\_\_, 제3차 기상업무발전 기본계획(2017~2021), 2016.
- \_\_\_\_\_, 해양기상정보 서비스 선진화 방안 연구, 2010.
- \_\_\_\_\_, 한국기상산업진흥원, 날씨경영 우수사례집, 2016.
- \_\_\_\_\_, 2016년도 기상업무 국민 만족도 조사 결과보고서, 2016.
- 기상청 기후예측과, 공무국외여행보고서.
- 김태윤·김병선, 기상·기후산업 활용 사례와 제주의 시사점, 정책이슈브리프, Vol.241, 제주발전연구원, 2015.
- 목진용·김경신·이호춘, 해양분야 기상정보 활용도 제고 방안 연구, 한국해양수산개발원, 2013.
- 박창선, 기상 장기예보에 대한 소고, 기상기술정책, Vol.3, No.3(통권 제11호), 2010.
- 박환일·조용권·김화년·이승철·정태수·유도일.(2013.7) 가시화된 기후변화 리스크와 대응. CEO Information. 삼성경제연구소.
- 소재민·오테석·배덕효, 장기예보자료를 활용한 장기 가뭄전망정보 산정 및 평가, Journal of Korea Water Resources Association Vol.50, No.10, 2017.
- 신호성 외, 기후변화와 식중독 발생 예측, 보건사회연구 제29권 제1호, 한국보건사회연구원, 2009.
- 이상림, 전력시장에서의 날씨위험 추정 연구, 에너지경제연구원, 2013.
- 이영철, 날씨마케팅의 활용 방안, 인문사회과학연구 제13권, 2004.
- 정응수, 전력계통 운영 분야의 기상정보 활용, 기상기술정책 Vol.3, No.3(통권 제11호), 2010.
- 조경숙, 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후영향에 관한 서비스 현황, 기상기술정책 제3권 제3호, 기상청, 2010.9.
- 최병삼 외(2017.6). 제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제. STEPI Insight215호, 과학기술 정책연구원

- 최영은, 기상청 기후자료 활용 증대 방안에 관한 제언, 기상기술정책 제3권 제2호, 기상청, 2010.
- 한국기상산업진흥원, 글로벌 기상기후산업 정책 및 시장 동향 조사, 2014.
- 한국전력공사, 2016년 한국전력통계, 2016.
- 한점화, 기상 장기예보의 농업적 가치와 활용-과수 농업 분야 중심으로-, 기상기술정책, 2010.9.
- 홍현철·김원진·김정운·김백조, 장기예보에 대한 수요특성 분석, 기후연구 제8권 제2호, 2013.
- IPCC, IPCC 5차 평가보고서, 2014.

## 2. 국외문헌

- Met Office, “Annual Report and Accounts 2016/2017, 2017.
- Greenpeace, Climate Change, Migration, and Displacement, 2007.
- OFCM, The Federal Plan for Meteorological Services and Supporting Research, 2015.
- WMO, “Proceedings of International Workshop on Agrometeorology in the 21<sup>st</sup> Century, Needs and Perspective”, 1999.

## 3. 기타

- 국가농작물병해충 관리시스템, <http://ncpms.rda.go.kr>
- 농촌진흥청, 농업기상정보서비스, <http://weather.rda.go.kr/>
- 농촌진흥청, 농업용 미래 상세 전자기후도 제공 시스템, <http://agdcm.epinet.kr/>
- 미국 기상청 홈페이지 <http://www.weather.gov>
- 미국 기후예측센터 홈페이지 <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>
- 연합뉴스, 한파에 농수산물 가격 급등: 감귤 값 1주일 새 2배로, 2016.01.26.
- 영국 기상청 홈페이지 <https://www.metoffice.gov.uk>
- 유럽중기기상예보센터 홈페이지 <https://www.ecmwf.int>
- 일본 도쿄기후센터 홈페이지 <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc>
- 일본 기상청 홈페이지 <http://www.jma.go.jp>
- 전력통계정보시스템, <http://epsis.kpx.or.kr>
- 중국 북경기후센터 홈페이지 <http://bcc.ncc-cma.net>
- 한국 국립기상과학원 홈페이지 <http://www.nimr.go.kr/MA/main.jsp>

한국 기상청 홈페이지 <http://www.kma.go.kr/index.jsp>

한국형수치예보모델개발사업단 홈페이지 <https://www.kiaps.org/main.do>

APEC 기후센터 홈페이지 <http://www.apcc21.org/main.do>

## ■ 첨부1 | 장기예보 관련 인터뷰 전문가 명단

번호	성명	소속 및 직위
1	국종성	포항공과대학교 환경공학부 부교수
2	김윤재	기상청 수치모델개발과 과장
3	김현경	기상청 기후정책과 과장
4	변영화	국립기상과학원 기후연구과 과장
5	부경운	국립기상과학원 기후연구과 연구관
6	안중배	부산대학교 대기환경공학과 교수
7	오재호	부경대학교 환경대기과학과 교수
8	이명인	울산과학기술원 도시환경공학부 부교수
9	조경숙	기상청 이상기후팀 사무관
10	현유경	국립기상과학원 지구시스템연구과 사무관
11	홍성유	한국형수치모델개발사업단 단장