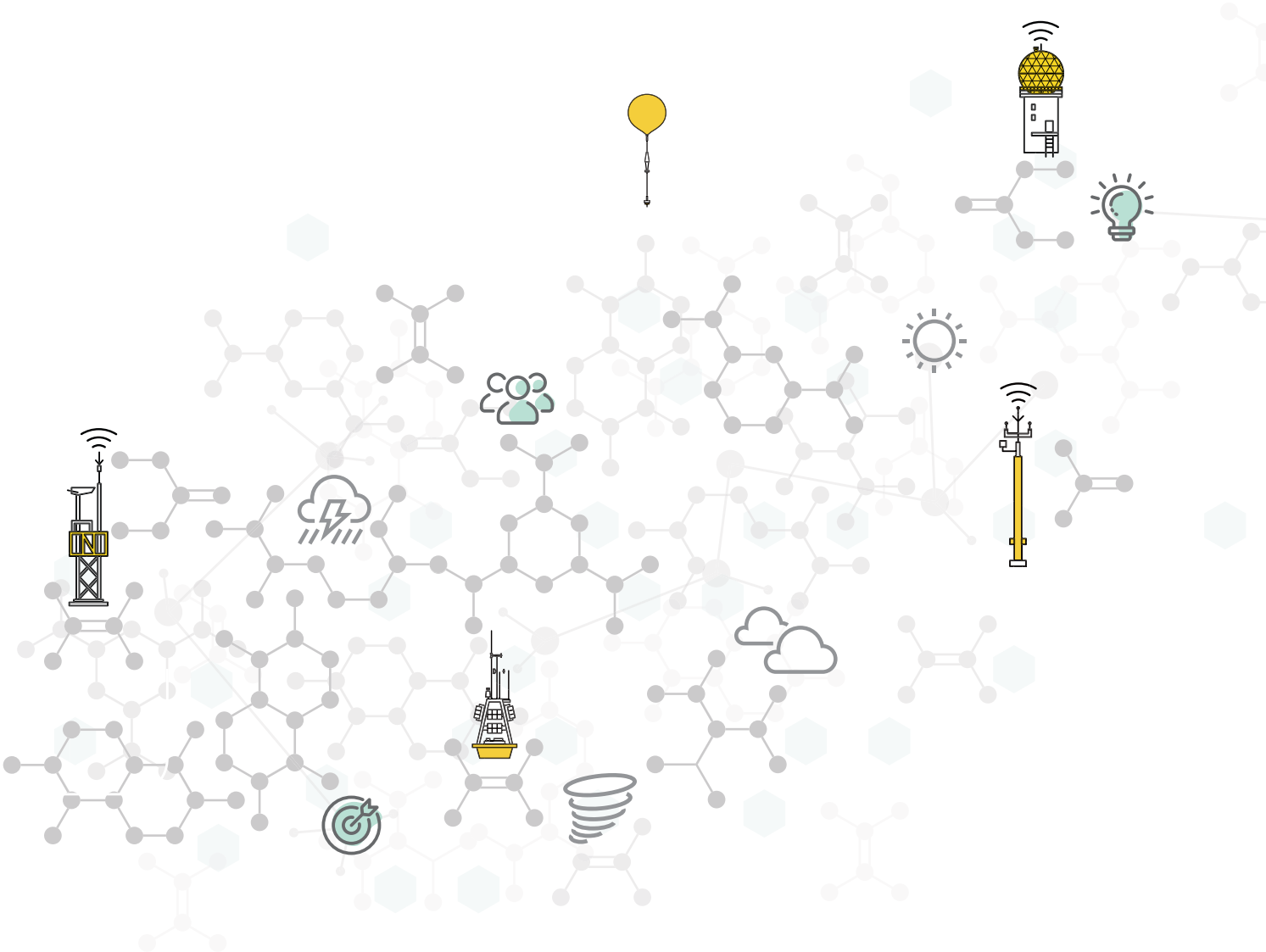
발간등록번호
11-1360000-001792-01

「기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발」 사업

성과분석보고서(1단계)



기상청

CONTENTS

기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 소개

사업개요 04

사업 로드맵 07

기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 성과

기후예측 및 위험대응 강화연구 10

- 계절내~계절 예측기술 개발 11
- 가까운 미래 예측성 향상기술 개발 23

기후변화 대응 및 정보 생산 · 활용연구 27

- 상세 기후변화정보 생산 및 불확실성 평가기술 개발 28
- 기후변화 감시 등을 통한 영향 분석기술 개발 36

부록

과제별 연구개발 성과 46

1.

기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 소개

사업개요 04
사업 로드맵 07

사업개요

기후분야 현업 및 국가 기후변화 정책지원을 위해 기후예측, 기후변화 감시 및 전망을 위한 기술 연구

사업기간: 2020~2026년(1단계: '20~'22 / 2단계: '23~'26)

목적

- 계절내~가까운 미래 기후예측성 향상기술과 기후응용정보 생산기술 개발을 통한 기후위기 및 위험 대응역량 강화
  - **(1단계)** 기후 감시 및 예측기술 개발, 수요자 맞춤형 예측정보 생산기술 등 기후 예측정보의 다양화 및 전달체계 기반 마련
  - **(2단계)** 기후 감시·예측 기술 고도화, 기후 예측정보의 다양화 및 전달 체계 구축

추진근거

- 관련법령, 정부 국정과제, 제5차 과학기술기본계획, 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획, 탄소중립 녹색성장 국가전략 및 국가 기본계획 등 상위 계획에 의거하여 추진

사업 추진근거

구분	기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발사업 반영사항
과학기술기본법	• 제11조 국가연구개발사업의 추진
기상법	• 제32조 기상업무에 관한 연구개발사업의 추진
자연재해대책법	• 제58조 방재기술의 연구·개발 및 방재산업의 육성
기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법	• 제10조 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획의 수립·시행 • 제37조 기후위기의 감시·예측 등
기후변화대응 기술개발 촉진법	• 제8조 기술개발사업의 촉진
제20대 정부 국정과제	• (86) 과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환 • (87) 기후위기에 강한 물 환경과 자연 생태계 조성
제5차 과학기술기본계획 (2023~2027)	• 과제 3-1. 탄소중립 선도 및 지속가능한 환경으로의 전환
제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 (2023~2032)	• 과제 2-4. 과학기술기반 기후변화 감시·예측 및 영향평가
탄소중립 녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획 (2023~2027)	• 과제 2-1. 과학기반 기후위기 감시·예측 및 적응정보 고도화

예산

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26
총액(백만원)	2,400	5,086	8,080	6,400	7,200	6,800	6,800
기후예측 및 위험 대응 강화 연구	1,600	2,926	3,910	2,730	1,900	2,400	2,400
기후변화 대응 및 정보 생산·활용연구	800	5,086	4,170	3,670	5,300	4,400	4,400

추진내용

- '기후예측 및 위험 대응 강화 연구'와'기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구' 2개의 내역사업으로 구성하여 추진

- **(기후예측 및 위험 대응 강화 연구)** 기후전망 신뢰도 향상 및 이상기후 예측을 통해 대응역량을 강화하는 기술개발을 목적으로 계절내부터 가까운 미래까지 기후예측체계 구축, 이상기후 예측을 위한 감시·원인분석 기술 강화, 계절예측정보(3개월) 맞춤형 응용정보 생산 등을 지원하는 과제로 구성
- **(기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구)** 신기후체제에 대비하고 기후변화 대응 기술력을 향상하는 기술개발을 목적으로 기후변화 영향조사를 위한 원인물질 관측 및 분석, IPCC 6차 평가보고서(AR6) 기반 기후변화 시나리오 및 응용정보 생산, 기후정보 전달체계 구축 등을 지원하는 과제로 구성

내역사업별·단계별 연계체계

구분	1단계 ('20~'22)		2단계 ('23~'26)
(내역사업1) 기후예측 및 위험 대응 강화 연구	• 계절내~계절 예측기술 개발 • 계절내 규모 이상기후 예측성 평가 • 차세대 전산과학 기술접합 기반기술 개발 • 가까운 미래 기후변동성 분석	→	• 계절내~계절 예측기술 개선·고도화 • 가까운 미래 예측성 향상기술 개발·개선 • 기후변동성 주요인자 예측기술 개발 • 가까운 미래 예측시스템 구축 및 진단평가
	(투입예산) 8,436백만원		(투입예산) 9,430백만원
(내역사업2) 기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구	• WMO IG³IS 이행사업 수행 • 온실가스 연속 추적 및 측정기술 개발 • 상세 기후변화정보 생산 기반기술 개발 • 해양 기후변화정보 생산기술 개발 • 기후자료 영향분석기술 개발 • 탄소중립 기후변화 메커니즘 및 온실가스 영향 탐지·진단기술 개발	→	• WMO IG³IS 이행사업 기술 개선 • 온실가스 기원추적을 위한 연속추적기술 개발 • 상세 기후변화정보 다원화 기술 개발 • 상세 해양기후변화 시나리오 기반 해양기상 분석정보 개발 • 분야별 맞춤형 기후 응용정보 생산 및 전달체계 구축
	(투입예산) 7,130백만원		(투입예산) 17,770백만원

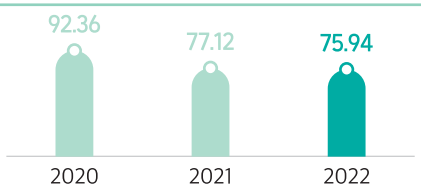
성과

- **(논문성과)** 1단계('20~'22년) 동안 발생한 논문성과는 총 90건으로 SCI급 70건(77.8%), 비SCI급 20건(22.2%)의 성과 창출
  - 2020년 1건, 2021년 34건, 2022년 55건으로 꾸준한 상승세
  - 논문의 평균 질적수준은 mmIF 81.8

논문성과 질적수준('20~'22)

(단위: 건, 점)

구분	2020	2021	2022	합계
SCI급 논문성과	1	26	43	70
표준화된 순위보정 영향력지수(mrnIF)	92.36	77.12	75.94	81.8



* 2022년 표준화된 순위보정 영향력지수(mrnIF)는 2022년 12월 기준 JCR 2021 기준
* 출처: 기상청 연구관리시스템, NTIS

• **(S/W 개발성과)** 1단계('20~'22년) 동안 발생한 S/W 개발성과 총 54건

S/W 개발성과('20~'22)

(단위: 건)

구분	S/W 성과			
	2020	2021	2022	합계
전체	19	14	21	54
• 기후예측 및 위험 대응 강화 연구	13	11	15	39
• 기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구	6	3	6	15

• **(특허성과)** 1단계('20~'22년) 동안 발생한 특허성과 총 45건, 특허출원 42건, 특허등록 3건

특허성과('20~'22)

(단위: 건)

구분	특허성과			
	2020	2021	2022	합계
전체	1	20	24	45
• 기후예측 및 위험 대응 강화 연구	1	12	15	28
• 기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구	0	8	9	17
특허출원	1	19	22	42
특허등록	0	1	2	3

• **(기술이전 성과)** 1단계('20~'22년) 동안 발생한 기술이전 성과 총 9건, 무상 기술이전으로 완료

기술이전 성과('20~'22)

(단위: 건)

구분	사업화 성과			
	2020	2021	2022	합계
전체	-	1	8	9
• 기후예측 및 위험 대응 강화 연구	-	-	1	1
• 기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구	-	1	7	8

사업 로드맵

내역사업	1단계(기후 예측·감시 기술개발)			2단계(수요자 특화 정보 생산)			
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
기후예측 및 위험대응 강화 연구	**계절내~계절 예측기술 개발**						
	• 계절내 예측성 향상기술 개발						
	• 계절내 규모 예측의 이상기후 잠재적 예측성 평가						
	• 계절내 규모 예측인자의 원격상관 진단·분석						
		• 기후예측시스템의 최적 결합 초기화기술 개발					
		• 차세대 전산과학 기술접합을 위한 기반기술 개발					
		• 동아시아지역 여름철 강수 변동성과 분석기술 개발					
				기후변동성 주요인자 예측기술 개발			
				• 기후예측시스템의 계절내 물리-역학 과정 향상기술 개발			
					• 동아시아 대기순환 변조에 따른 이상 기상기후 발생진단 및 예측성 연구		
			가까운 미래 예측성 향상기술 개발				
			• 가까운 미래 기후변동성 분석 및 원인규명				
			• 가까운 미래 예측시스템 구축을 위한 기반기술 개발				
						가까운 미래 예측시스템 구축 및 진단 평가	
기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구	**상세 기후변화 정보 생산 및 불확실성 평가기술 개발**						
	• AR6기반 상세 기후변화 정보 생산 기반기술 개발						
		• AR6 시나리오를 활용한 해양기후 변화 정보 생산기술 개발					
		• 기후변화 감시, 대응, 평가를 위한 기후자료 영향 분석기술 개발					
			• 탄소중립 기후변화 메커니즘 및 온실가스 영향 탐지·진단기술 개발				
					• 지역 기후변화 정보 다원화기술 개발		
						• 온실가스 영향탐지 시스템 운영체계 구축	
					맞춤형 기후변화 응용정보 생산 및 전달체계 구축		
					• 상세 해양 기후변화 시나리오 산출기술 개발		
					• 산업부문별(에너지와 사회·경제) 상세 기후변화 시나리오 응용정보 산출기술 개발		
		기후변화 감시 등을 통한 영향 분석기술 개발					
		• WMO IG³IS 이행사업			• WMO IG³IS 이행사업 개선		
		• 온실가스 동위원소 유출입 감시를 위한 연속 추적기술 개발			• 온실가스 기원추적을 위한 연속추적 기술 개선		
			• 배경대기 농도수준 할로겐화 온실가스 연속 측정기술 개발				
			• 모바일 온실가스 관측자료 활용기술 연구				

「기후 및 기후변화
감시·예측정보 응용 기술개발」 사업

성과분석보고서(1단계)

2.

기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 성과

기후예측 및 위험대응 강화연구 10

기후변화 대응 및 정보 생산·활용연구 27

내역사업 1 기후예측 및 위험대응 강화연구

연구목표

- 기후전망 신뢰도를 제고하고 이상기후 예측을 통해 대응역량을 강화하는 기술개발

주요 내용

- **(계절내 예측성 향상)** 기상청 현업 기후예측시스템의 계절내 예측성 향상을 위한 모델 개발·개선 및 계절내 규모 예측기술의 개발
- **(계절내 이상기후 예측)** 현업 운영체계를 이용한 이상기후 잠재적 예측성 평가 및 계절내 규모 예측기술의 고도화
- **(가까운 미래 예측시스템 구축)** 1~10년 내 국가 물자원, 식량, 경제 및 재난 대응 정보 생산을 위한 가까운 미래(1~10년)의 예측성 평가, 원인규명, 예측인자 개발, 예측 시스템의 도입·기반 구축
- **(한반도 이상기후 진단)** 한반도 이상기후 진단을 위한 객관적이고 정량적인 영향지표 개발

예산

연도별 투입예산('20~'26)

(단위: 백만원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	합계
□ 기후 예측 및 위험 대응 강화 연구	1,600	2,926	3,910	2,730	1,900	2,400	2,400	17,866
• 계절내~계절 예측기술 개발	1,600	2,926	2,926	1,330	-	-	-	8,782
• 가까운 미래 예측성 향상기술 개발	-	-	984	1,000	1,000	-	-	2,984
• 기후변동성 주요인자 예측기술 개발	-	-	-	400	900	900	900	3,100
• 가까운 미래 예측시스템 구축 및 진단평가	-	-	-	-	-	1,500	1,500	3,000

(세부과제 1) 계절내~계절 예측기술 개발

[공모 1]

계절내 예측성 향상 기술 개발

연구책임자
윤대옥(충북대학교)

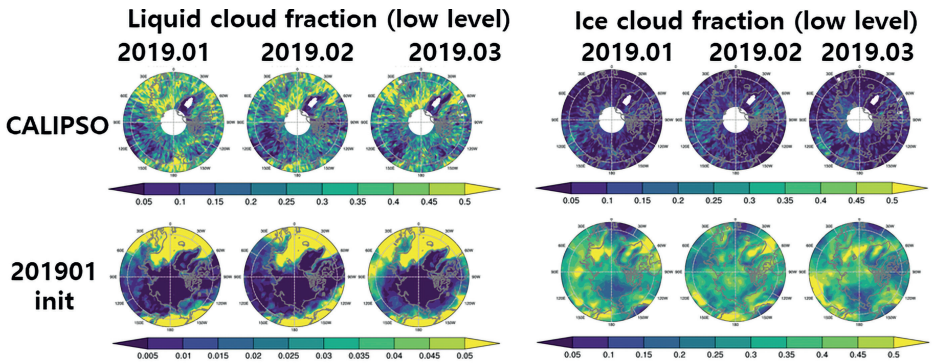
총 연구기간
2020.05.01.~2022.12.31.

과제목표

- 기후예측시스템의 역학-물리 과정의 계절내 예측 적용성·영향도 평가 및 개선
- 예측 불확실성의 정량적 분석 체계 구축(내부변동성)

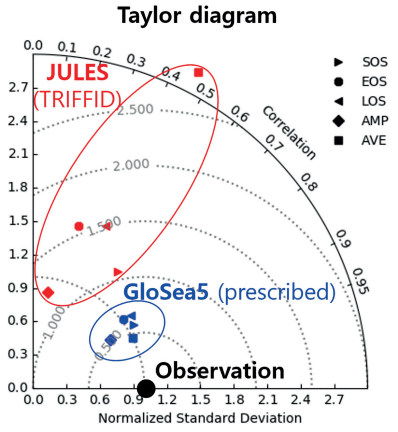
성과 주요내용

- 대기화학-에어로졸 물리과정 분석 및 효과에 대한 민감도 실험 체계 구축
  - 습윤입자 생성 원인 물질인 SOx 영향을 분리하기 위한 대기 오염 물질(SOx, NOx, NH_3)의 최신 동아시아지역 부문별 배출 자료 구축 및 과거 30년 모의실험 수행
  - 자연적 배출과 인위적 배출에 따른 기후 영향 모의실험 체계 구축 및 영향 평가, 에어로졸 2차 생성과 연관된 열역학 과정의 적용성 평가
- 계절내 예측성 향상을 위한 현업 기후예측시스템의 역학과정 평가 및 개선
- 계절내 예측성 향상을 위한 통합적운모수화(UNICON) 이식 및 기초성능 평가
  - 현업과 통합적운모수화 이식된 기후예측모델의 장기적분 민감도 실험을 통한 강수의 일변동, 매든-쥴리안 진동(MJO), 지상강수 특성 분석
- 기후예측시스템의 해빙 물리과정에 따른 기후모의 시공간 분포 모의 진단 및 최적 해빙 물리과정 모수 제시
- 계절내 예측성 불확실성의 정량적 분석 체계 구축
  - 구름물리과정 차이에 따른 북극-중위도 원격상관의 예측 불확실성에 대한 정량 정보 생산

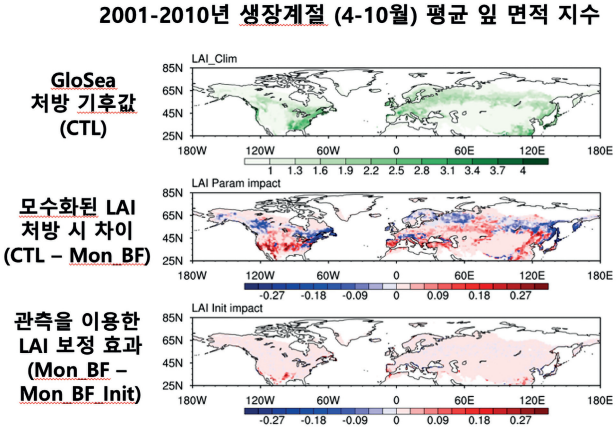


▲ 2019년 1월~3월 사이 위성관측자료와 GloSea6의 하층 구름 내 수적(좌), 구름 내 빙정(우) 분포 차이

- 해양/육지 식생 변수(클로로필/생장계절)의 기후예측성 평가 및 초기화 기법 개발
  - 해양 생지화학적 피드백 유무에 대한 엘니뇨-남방진동(ENSO; El Niño-Southern Oscillation)의 예측 영향 분석 및 예측성능 변화 실험 수행 통한 기후예측 성능 차이 분석
  - 식생 생장 계절 변동을 처방한 지면모델 오프라인 실험통한 식생 생장계절 변동에 의한 계절내 기후변동 정량화



▲ 관측과 GloSea5, JULES-Triffid 모델의 생장계절 특성 비교를 통한 GloSea 모델 성능 검증



▲ GloSea 모델에 처방되는 생장계절 평균 잎 면적 지수(위), 모수화 방안(가운데) 및 초기화 기법 적용(아래) 시 잎 면적 지수의 차이

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 대기화학-에어로졸-구름-복사 과정에 대한 전지구모형을 이용하여 국내에서 유일하게 모의실험 연구 수행. 전세계·동아시아에 대해 정밀한 대기오염 연구 및 과학적 평가도구 확보
- 강수 일변동, MJO, 태풍의 발생 빈도와 강도 및 ENSO의 예측 능력의 우수성이 확인된 통합적 운모수화(UNICON)의 이식 및 기초성능을 평가함. 성능 미세조정 및 계산성능 개선을 통해 계절내 예측성 향상에 직접적 기여 가능
- 북극-중위도 원격상관 예측성 진단을 위한 계층적 실험체계 구축, 다양한 민감도 실험·분석을 통해 계절내 예측 불확실성 정량화 및 개선방안 제시
- 해양/지면 식생 변동에 따른 계절내 기후변동 영향의 정량화 연구는 식생-기후 간 상호작용 및 메커니즘 분석에 대한 초석 마련

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 13편, 비 SCIE 2편
- 특허: 9건
- S/W: 21건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 이조한
- 참여기관: 충북대학교, 연세대학교, 서울대학교, 부산대학교, 광주과학기술원, 부경대학교, 전남대학교

[공모 2]

계절내 규모 예측의 이상기후 잠재적 예측성 평가

연구책임자
송하준(연세대학교)

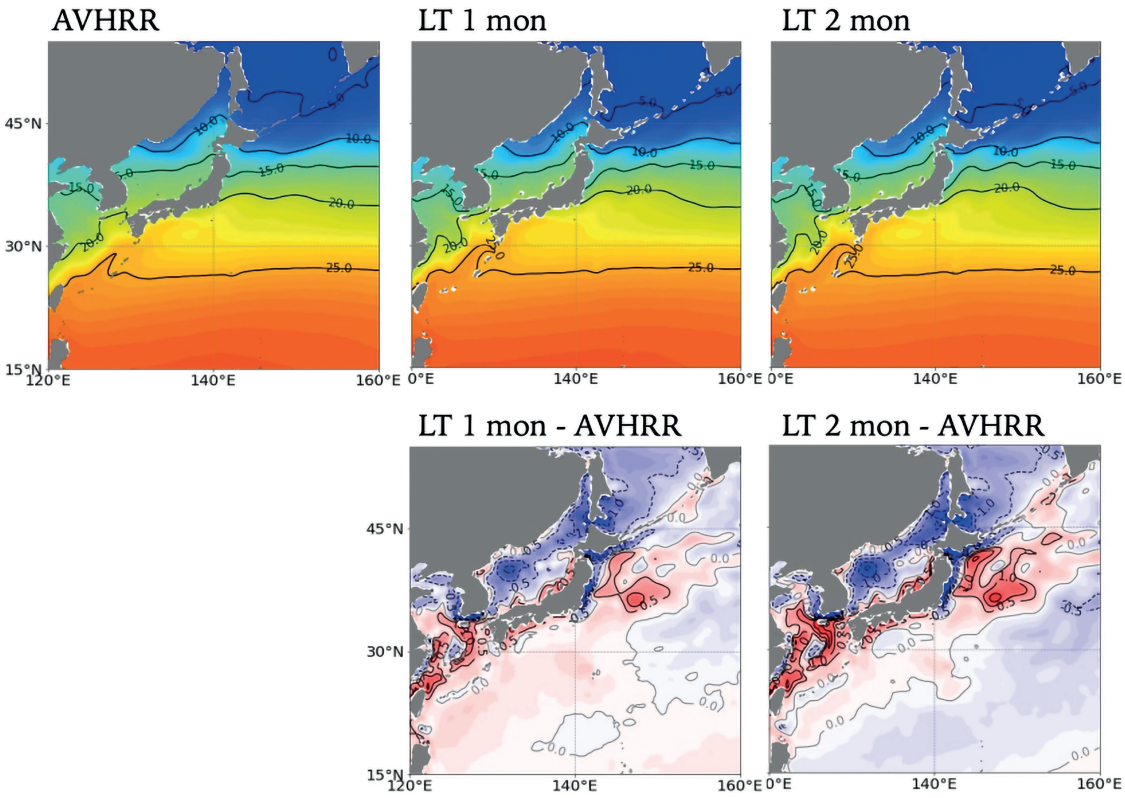
총 연구기간
2020.05.01.~2022.12.31.

과제목표

- 북서태평양 지역 해양열파 및 태풍 등의 이상기후의 계절내 예측 오차 분석 및 개선방안 제시와 표준평년 변경이 해양열파 및 태풍 잠재 예측성에 주는 영향 평가

성과 주요내용

- 현업기후예측시스템의 해수면온도 계절내 예측의 오차 분석
  - 현업기후예측시스템인 GloSea5에서 동아시아 해역 해수면온도의 계절내 규모 예측성을 분석
  - GloSea5 과거기후재현장은 평균적으로 관측자료보다 동해를 차갑게 모의하고 황해, 동중국해, 쿠로시오 확장역을 따뜻하게 모의

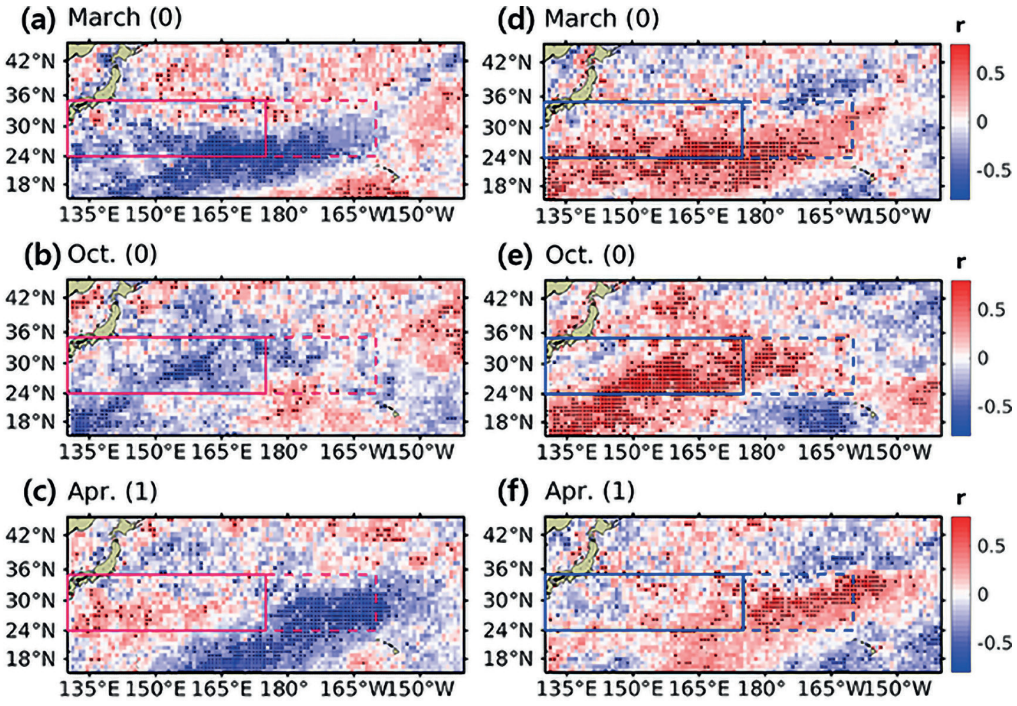


▲ (윗줄) 1992년부터 2015년까지 AVHRR 인공위성 자료의 평균 해수면온도와 Glosea5 재분석 자료의 Lead Time 1개월, 2개월인 결과들의 평균 해수면온도 (℃)
(아랫줄) Lead time 1, 2개월인 GloSea5 hindcast 해수면온도와 AVHRR 해수면온도의 편차 (℃)

- 북서태평양 해양열파 예측성 평가와 생지화학적 영향

  - 북서태평양의 아열대 모드수 생성지역에서 해양열파가 발생할 시 모드수 생성이 억제되며, 해양 내부 과정을 통해 이듬해 생성지역의 동쪽에서 해양열파 발생 가능성이 높아짐

  - 모드수 생성이 억제될 때 해양 내부에서 영양염 공급 감소에 따라 클로로필 농도도 낮아짐



▲ (a-c) 클로로필농도와 해양열파 간 상관관계와 (d-f) 클로로필농도와 모드수 생성량의 상관관계

※ 해양열파(marine heatwaves): 수온이 과다하게 높은 현상. 최근에는 수온 값이 90백분위 이상으로 5일 이상 지속되는 현상으로 통용

※ 아열대 모드수(subtropical mode water): 아열대 지역에서 수온이 16~19℃ 정도 되는 수괴를 의미하는데, 주로 12~3월 쿠로시오 확장역에서 연직 혼합으로 인해 생성되며 여름이 되면 표층이 따뜻해지면서 표층 아래에 갖혀있게 됨

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 현업기후예측시스템은 계절내 예측에 중요한 역할을 하고 있기 때문에, 성능을 정량적으로 평가하는 것이 중요함. 이번 연구를 통해서 대기 및 해양의 상태를 나타내줄 수 있는 해수면온도의 계절내 예측의 정확도를 평가하였고, 오차 정도와 원인을 파악함. 또한 그동안 주목받지 못했었던 봄철 북서태평양 해양열파의 연구를 통해 이 지역의 해양열파는 해류의 영향을 받아 발생 후 2년까지 해양열파 발생 가능성을 높인다는 결과를 밝혔으며, 이러한 과정이 생지화학 현상에도 영향을 주어, 클로로필 농도의 예측에도 유용하다는 것을 보임

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 9편, 비SCIE 2편
- 특허: 등록 1건, 출원 7건
- S/W: 7건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김백조
- 참여기관: 연세대학교, 전북대학교, 한양대학교, 울산과학기술원

[공모 3]

계절내 규모 예측인자의 원격상관 진단 분석

연구책임자

문자연((주)포디솔루션)

총 연구기간

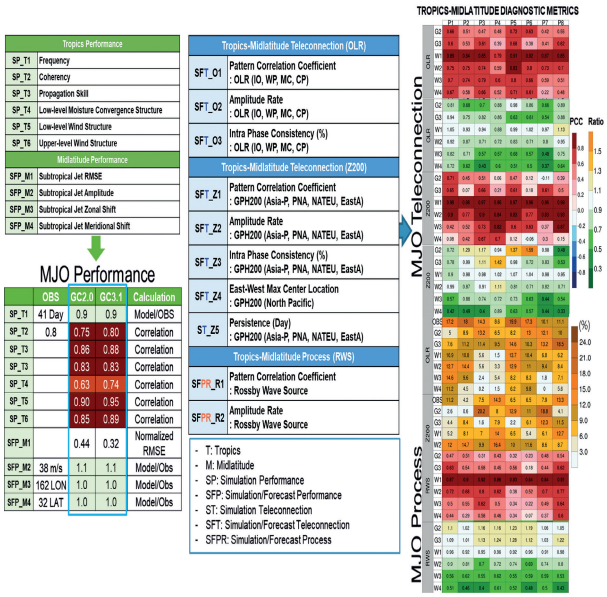
2020.05.01.~2022.12.31.

과제목표

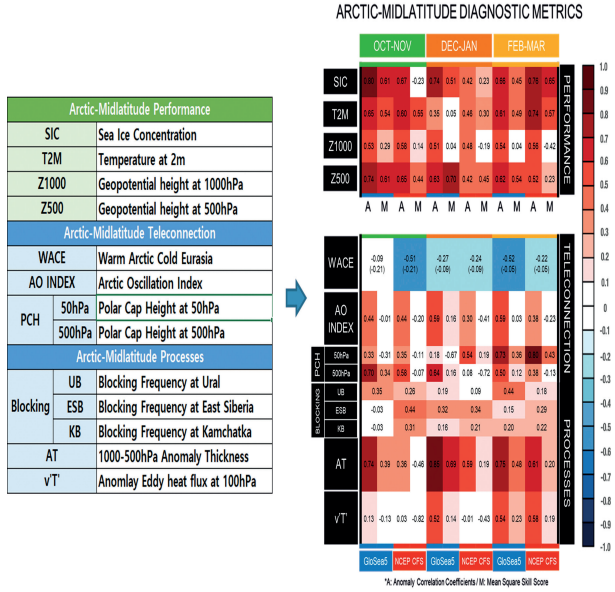
- 계절내 예측인자의 시·공간별 원격상관 상호작용 분석 및 원격상관 진단 매트릭스 개발을 통해 현업기후모델의 계절내 예측 오차 및 한계 진단
- 계절내 예측인자의 원격상관 과정의 문제점과 개선방안 제시를 통해 기후예측시스템의 계절내 예측성 향상

성과 주요내용

- 계절내 규모 예측인자와 원격상관 과정의 진단매트릭스 구축
  - 현업 기후예측시스템(GloSea5)의 주 단위 예측 결과와 현업 기후모델(Global Coupled Model, GC)의 계절내 열대-중위도/북극-중위도 예측성능 진단 매트릭스 개발

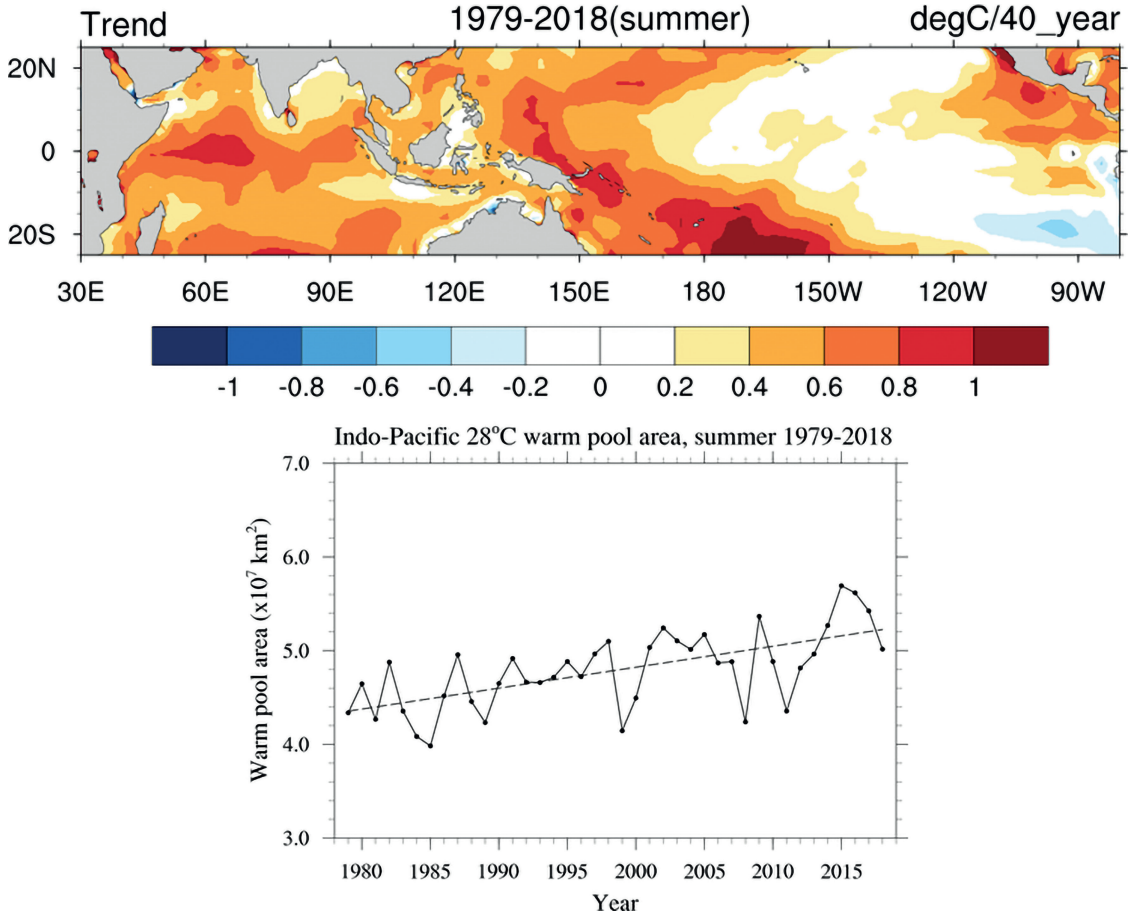


▲ 열대-중위도 원격상관 진단매트릭스



▲ 북극-중위도 원격상관 진단매트릭스

- 열대-중위도 예측인자 MJO 위상에 대응되는 대류 구조, 강수량 분포, 하층 수분 수렴구조, 상하층 바람장 구조, 연직 상당온위 구조 등 발생 메커니즘 진단
- 북극-중위도 예측인자인 북대서양 고온, 블로킹, 해빙농도, 북극기온, 유라시아 기온 등 발생 빈도와 패턴 예측성능 진단
- 현업 기후예측시스템에서 산출되는 계절내 예측성능을 정량적이고 객관적으로 진단 및 평가하기 위한 1) 예측인자의 성능, 2) 원격상관 과정의 성능, 3) 원격상관 패턴의 성능으로 세분화하여 진단체계를 구축



▲ 1979~2018년 여름철(MJJASO)에 해수면온도(SST)의 전구 해양에 나타나는 지역별 변화 경향(상단)과 인도-태평양에서 28℃ 이상 발생한 구역의 시계열 변화 경향(하단) 분포

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- **(우수성)** 계절내 예측인자 별 원격상관 역학관계 규명, 기상청 현업기후모델 검증-평가 툴인 'GS-ASSESS'에 적용 후 활용 예정
- **(혁신성)** 예측인자 별 통합적으로 진단 가능한 매트릭스 개발
- **(차별성)** 동아시아 기후예측에 필요한 열대-중위도 및 북극-중위도 예측인자의 통합적이고 정량적인 진단 방법 개발

정량적 연구개발성과

- 논문: SCI 3편, 비SCI 1편
- 특허: 등록 2건
- S/W: 6건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김백조
- 참여기관: (주)포디솔루션

[공모 4] 기후예측시스템 최적 결합 초기화기술 개발

연구책임자
이명인(울산과학기술원)

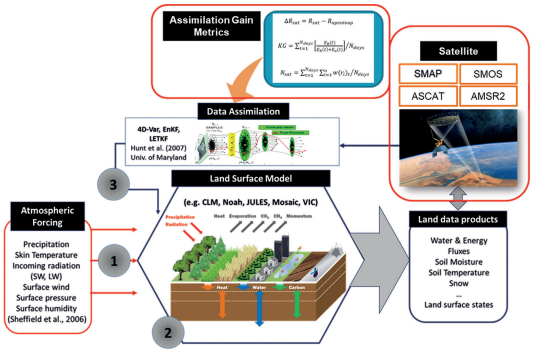
총 연구기간
2021.04.01.~2023.12.31.

과제목표

- 다중위성 기반의 지면자료동화 시스템 개발
- 계절내-계절 예측을 위한 대기-지면-해양 결합 초기화 기술 개발
- 계절내-계절 예측 성능 향상을 위한 결합 초기화 기술 개발
- 해양-해빙 결합 모형 구축 및 해양-해빙 변수 균형 강도 정량 평가 기법 개발

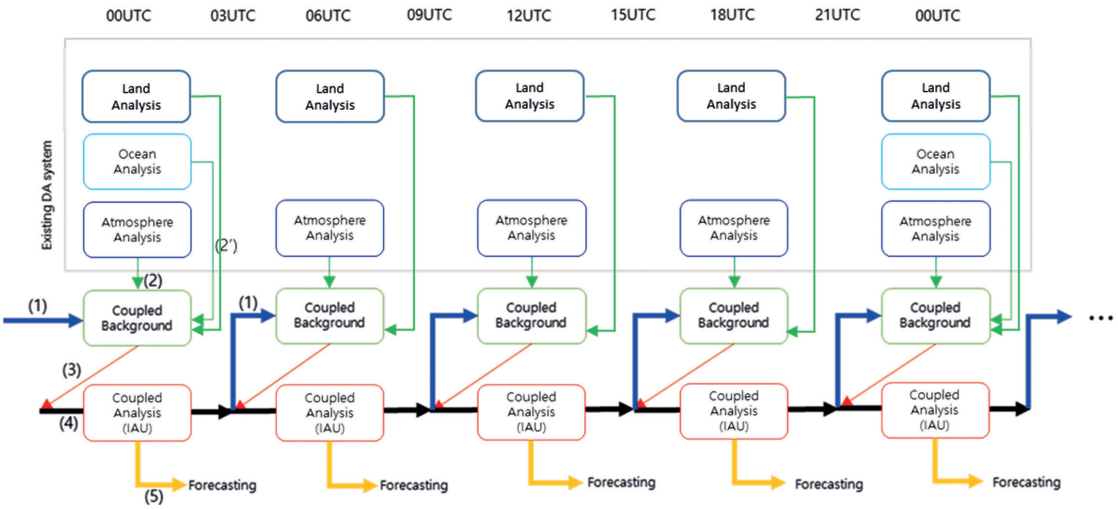
성과 주요내용

- 국내 최고 수준의 앙상블 기법 (EnKF) 기반의 다중위성 지면자료동화 시스템 기반 구축 및 성능 평가
  - 현업 계절 예측시스템의 지면 성분 모형 JULES를 활용하여 4개 위성자료 기반의 앙상블 지면자료 동화 기법을 개발. 생산된 토양수분 자료의 품질이 통계적으로 유의미하게 개선됨을 확인. 칼만게인 분석을 통해 다중위성을 통한 성능 향상의 원인을 설명



▲ 다중위성 기반 지면 지료동화 기법 구축

- 대기-지면-해양 결합초기화 기법 구축 및 계절내 예측성 영향 평가
  - 현업 계절 예측시스템을 활용하여 대기-지면-해양 결합 초기화 기법을 구축하고 정상적으로 대기-지면-해양 변수가 업데이트되는 것을 검증함



▲ 결합 초기화 기법 구축

- 구축된 대기-지면-해양 결합초기화 기법을 활용하여 계절내 예측성 영향평가 수행. 2018년 폭염 사례를 선정하여 전 지구와 한반도에서의 모의 성능을 검증하였고 이는 기상청 현업 초기화 기법의 결과와 대조하여 새로운 결합초기화 기법에서 개선됨을 확인함

- 해빙 성분 모형을 활용한 해빙 면적 및 두께 위성 관측 자료동화 시스템 개발

- 해빙 면적 위성 관측 자료를 계절 예측 시스템 해빙 성분 모형에 동화하는 시스템을 개발하여 개선된 해빙 초기조건을 산출하는 성과를 창출

- 현업 계절 예측 시스템의 해빙 성분 모형 CICE5를 활용하여 해빙 면적과 두께 위성 관측 자료를 자료동화하는 시스템을 개발함. 해빙 면적 변수가 유의미한 수준으로 개선됨을 확인. 해빙 두께 변수의 자료동화가 해빙 면적 변수 개선에 미치는 긍정적은 영향을 평가하였으며, 관련된 물리적 메커니즘을 규명함

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 4개 위성자료 기반의 앙상블 지면자료동화 기법을 구축하였으며, 앙상블 지면자료동화 시스템의 성능을 북미, 유럽지역 직접관측자료 네트워크 기반으로 성능을 검증하였을 때 토양수분 자료의 품질이 개선됨을 확인함. 본 연구에서는 대기-지면 접지면 변수를 활용해 대기-지면-해양 결합초기화 기법을 구축하고 정상적으로 대기-지면-해양 변수가 업데이트 되는 것을 검증함. 또한, 현업예측장과 결합초기화를 사용한 예측장 간의 비교를 통해 결합초기 충격의 크기를 정량화하고 구축된 결합초기충격 효과 진단 기법으로 현업 예측에서 나타나는 초기 충격의 영향을 진단함. 다중 위성 기반 자료동화와 대기-지면-해양 결합초기화 기술은 계절내-계절 예측성능 수준을 향상시킬 수 있는 선진기술임

- 계절내-계절 예측성능 향상을 위한 해빙 모델 초기화는 전 세계적으로 중요성이 알려져 활발한 연구가 수행되고 있음. 하지만 해빙 초기화의 이해도는 상당히 낮은 수준이며, 특히 해빙 두께 초기화를 적용하고 있는 기관이 없는 실정임. 본 연구에서 해빙 면적뿐만 아니라 두께 변수의 자료동화를 통하여 해빙 초기화 기술을 확보하였고, 개선된 초기조건 산출 여부를 확인. 이를 통한 계절 예측 시스템의 해빙 초기화 체계 구축은 계절내-계절 예측성능 수준을 향상시킬 수 있는 선진기술임

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 10편, 비SCIE 1편
- 특허: 2건
- S/W: 2건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 이조한
- 참여기관: 울산과학기술원, 전남대학교, 이화여자대학교, University of Washington

[공모 5] 차세대 전산과학 기술접합을 위한 기반 기술 개발

연구책임자
류성현((주)미래기후)

총 연구기간
2021.04.01.~2023.12.31.

과제목표

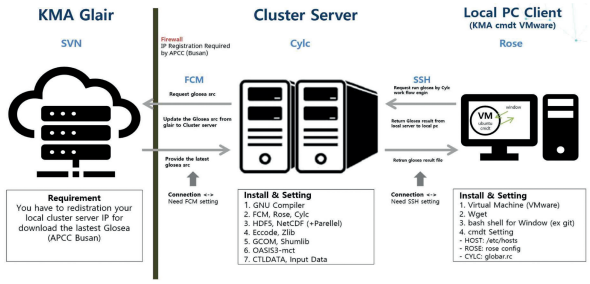
- 차세대 전산과학 기술 접합을 위한 기반 기술 개발

성과 주요내용

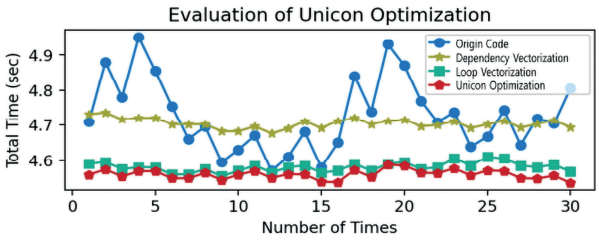
- 계절예측모델(GloSea) 간소화 버전을 이용한 다양한 계산 플랫폼 활용기술 연구
  - 다양한 운영체제* 및 아키텍처 환경에서 GloSea6의 호환성, 범용성, 이식성 연구 및 검증, GloSea6 설치 매뉴얼 작성 및 배포체계 구축

    * 운영체제: Ubuntu, CentOS, Fedora, 컴파일러: GNU, PGI, Intel 등
  - GloSea6 및 통합 적운모수화 계산 성능 향상을 위하여 LAPACK*, BLAS 라이브러리 적용 연구: 0.853% 계산 성능 향상

    * LAPACK: Linear Algebra PACKage, BLAS: Basic Linear Algebra Subprograms: 계산 성능 향상을 위한 범용 선형 대수 라이브러리



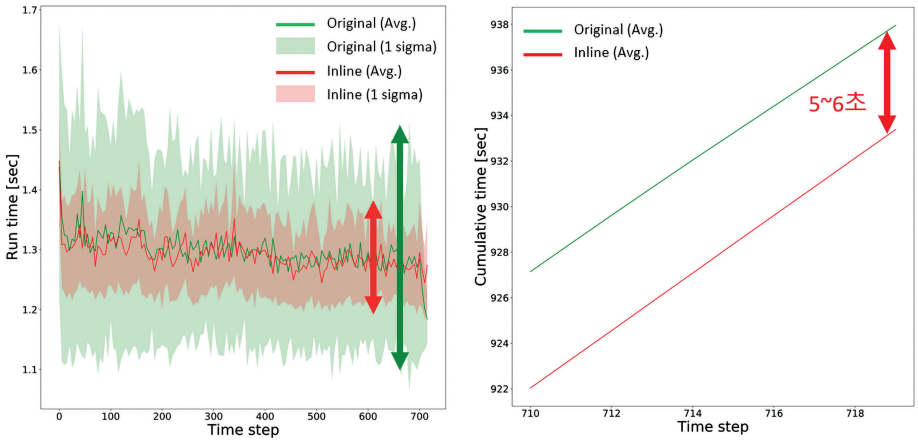
▲ 계절예측모델(GloSea6) 간소화버전 수행 환경



▲ 성능 향상 알고리즘 적용 결과

- 모델 입출력 효율화를 위한 HW/SW 연계 고속 I/O 기술 개발
  - 기후모델의 높은 입출력(I/O) 부담을 줄이기 위한 머신 러닝 기반 파라미터 최적화 방법의 실험 및 검증
  - 기후모델의 자료관리 효율화를 위한 손실 허용 압축 기법에 대한 연구 수행 및 변수 특성에 따른 손실 허용 압축 기법 적용으로 기후모델의 I/O 성능 향상
- 계절예측모델 적용을 위한 Auto Coding 기술개발
  - PSyclone* 기능 분석, 계절예측모델(GloSea)의 대기(UM), 해양(NEMO)모델의 소스코드 구조 파악 및 성능 프로파일링 수행을 통해 Auto Coding 적용 기반 마련

    * PSyclone: 영국기상청(Met Office)에서 개발한 Auto Coding 도구
  - 대기(UM), 해양(NEMO) 모델에 적용 가능한 PSyclone API 기반 Auto Coding 도구개발 및 적용



▲ Inline을 적용한 UM 서브루틴의 평균 수행시간(실선) 및 표준편차(음영) 감소 >

- 협업클라우드 설계 및 협업 최적화 기술 개발
  - **(형상관리)** 버전 관리 저장소(과학원 ↔ 협업클라우드) 동기화 방안 도출
  - **(자료교환)** 모델 결과 자료 고속 압축 알고리즘(Zstd 등) 적용으로 전송 파일 용량 최적화, 모델 결과 자료 검색 및 다운로드, 변수 영역 추출 및 저장 기능 개발
  - **(공동개발)** JupyterHub 기반 모델 결과 자료 검색, 결과 분석 및 표출 기능 개발
  - **(시스템관리)** 오픈소스 기반 협업클라우드 모니터링, 사용자 관리 및 인증 기능 개발

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 기후모델에 최신 컴퓨팅 기술을 적용하기 위한 auto coding 기술을 개발하고, 고해상도 모델을 위한 입출력 최적화 및 자료 크기 축소 기술에 대한 연구를 수행함. 본 연구를 통해 개발한 auto coding, 입출력 최적화 및 자료 크기 축소 기술은 향후 현업 기후예측시스템 및 새로운 기후모델 개발에도 활용 가능함
- 공동 개발을 위한 현업 시스템의 간소화 버전 및 배포 체계, 형상 관리, 자료 교환 최적화, 공동 분석 기술을 개발하였음. 해당 기술은 향후에도 지속적으로 활용 가능

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 5편, 비SCIE 5편
- 특허: 5건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 이조한
- 참여기관: (주)미래기후, 창원대학교, 홍익대학교

[공모 6] 동아시아지역 여름철 강수변동성과 분석기술 개발

연구책임자
서경환(부산대학교)

총 연구기간
2021.04.01.~2023.12.31.

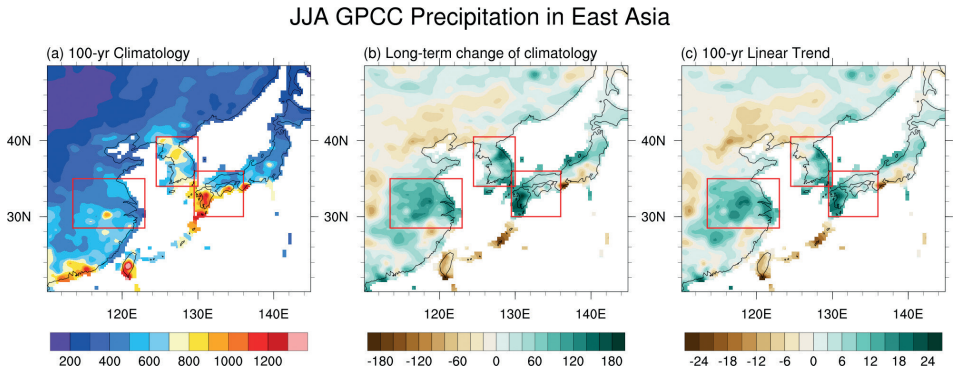
과제목표

- 동아시아지역 여름철 강수변동성과 분석기술 개발

성과 주요내용

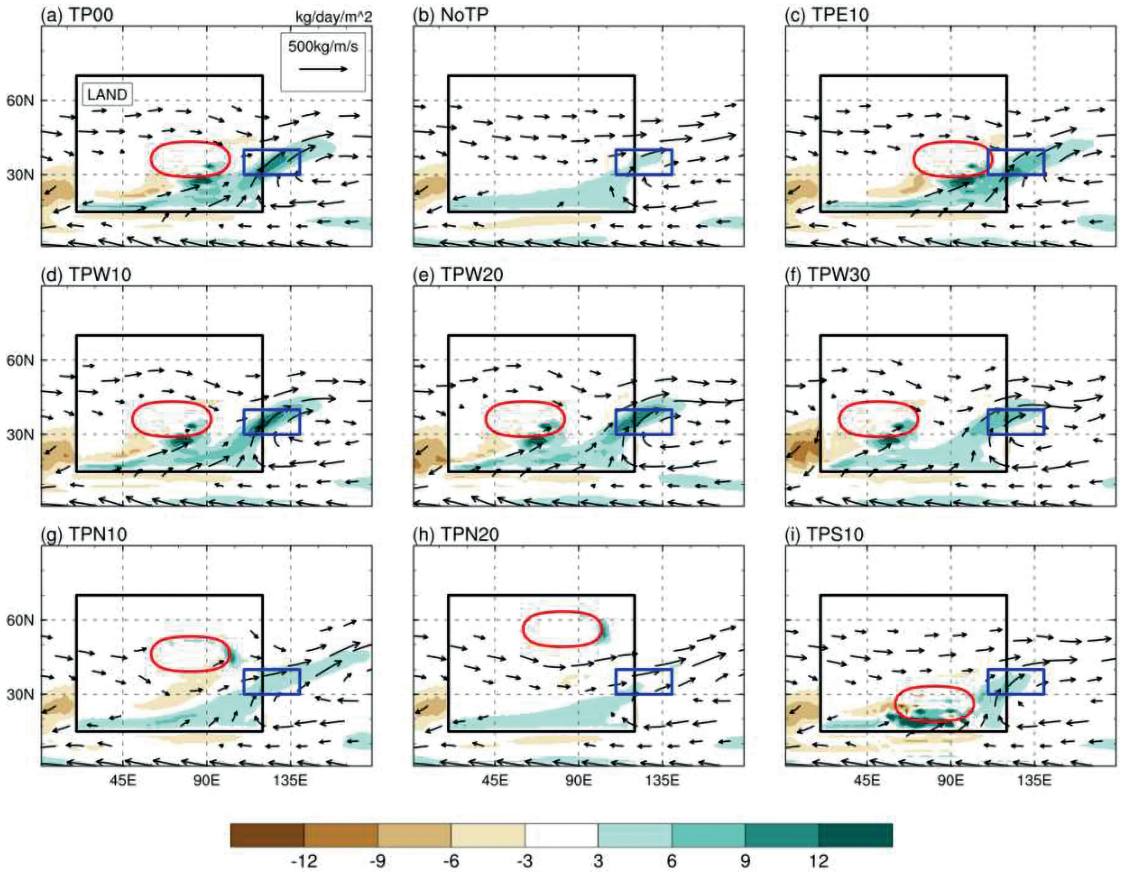
- 1차년도 성과: 동아시아 여름철 강수 변동 분석기술 개발
  - 한반도 여름철 강수 및 기온 변화 특성 분석
  - 동아시아 여름철 강수 모의 성능 및 미래 변화 분석
- 2차년도 성과: 동아시아 여름철 이상기후 장기 변동성 분석
  - 「장마백서 2022」 최종본 발간
  - 동아시아 여름철 이상기후 장기 변동성 분석
  - 한반도 강수 장기 변동성 분석
  - 동아시아 여름철 이상기후 사례 분석 및 메커니즘 규명

▲ 장마백서 2022



▲ 1920~2019년의 기간 동안 여름철(6~8월) 누적 강수량의 (a)100년 장기평균, (b)기간 중 첫 20년 평균과 끝 20년 평균의 차이, (c)100년 동안의 선형 추세

- 3차년도 성과: 동아시아 여름철 몬순 형성 메커니즘 분석 기술개발
  - 지구대순환 모델을 이용한 동아시아 여름철 몬순 형성 기제 기술개발
  - 민감도 모델 실험을 통한 여름철 몬순 강수의 형성 역학 분석
  - 동아시아 몬순 형성 기제와 관련된 중장기 변동성 분석



▲ 티벳산맥 위치에 따른 민감도 분석

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 「장마백서 2022」의 발간을 통하여 기상 및 기후 기술에 대한 최신 정보정리
- 동아시아 여름철 몬순 형성 기재 기술개발 및 형성 메커니즘 분석기술 개발을 통해, 우리나라 여름철 기후에 대한 이해를 증진하는 원천기술로 활용될 수 있음
- 동아시아지역 여름철 강수변동성 및 분석기술 개발은 장기적인 에너지 정책 마련에 도움 및 기상재해로부터 인명을 보호하고 사회·경제적 재산 피해를 경감 하는데 기여할 수 있음

정량적 연구개발성과

- 간행물: 장마백서 2022
- 논문: SCIE 1편
- 특허: 출원 1건
- S/W: 2건

연구진

- 과제담당관: 기후과학국 기후변화감시과 박영주
- 참여기관: 부산대학교

[공모 1]

가까운 미래 기후변동성 분석 및 원인규명

연구책임자
김기영((주)포디솔루션)

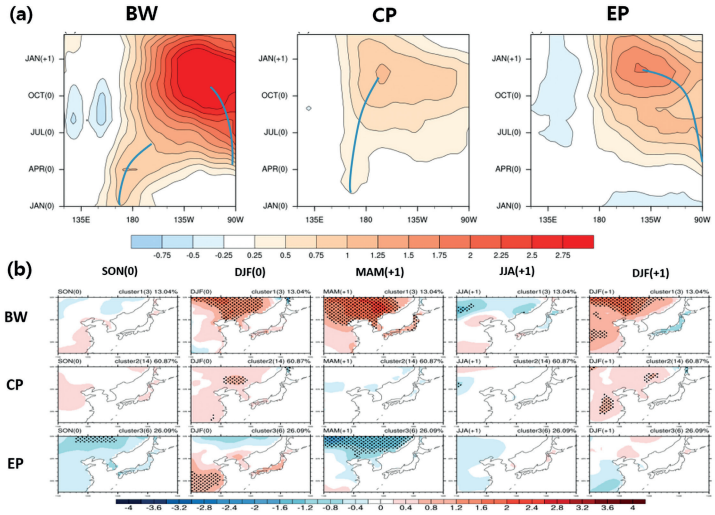
총 연구기간
2022.04.01.~2024.12.31.

과제목표

- 가까운 미래 예측을 위한 기후변동성 원인 규명 및 가까운 미래 예측을 위한 신뢰도 평가 기술개발

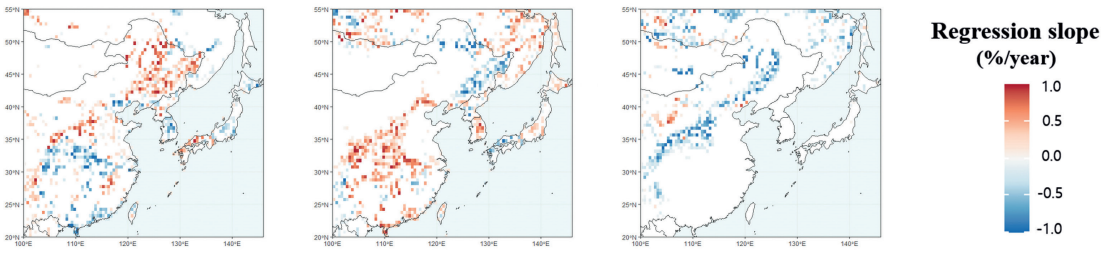
성과 주요내용

- 가까운 미래 예측을 위한 적도태평양 기후변동성 분석
  - K-means 클러스터 방법을 이용한 엘리뇨 유형별 동아시아 기온 영향 분석



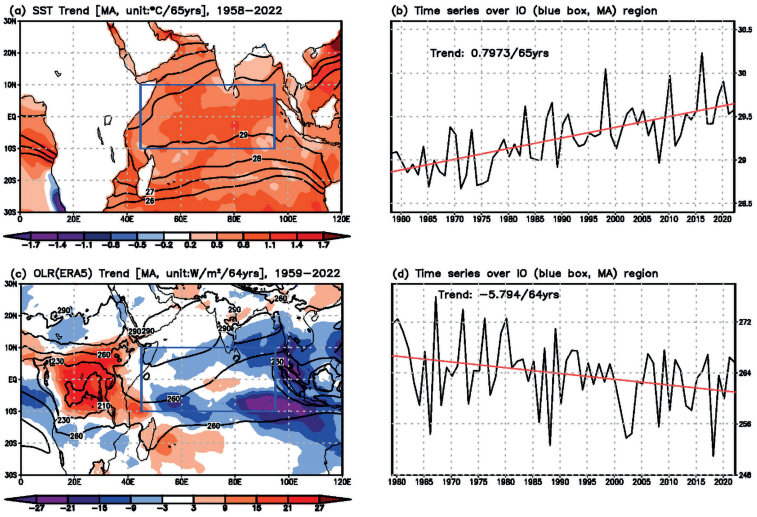
▲ K-means 클러스터의 엘리뇨 유형 별 (a) 적도지역(−5°S–5°N) SST 아노말리, (b) 계절 평균 지상기온 합성장

- 가까운 미래 기후변동성 예측을 위한 토지피복인자 개발
  - 최근 34년(1982~2015)에 걸친 연속적인 동아시아 토지피복인자(삼림, 농경지, 초지) 정량적 지도 구축 및 식생 간 전이 분석



▲ 1982~2015년 기간의 (a) 농경지, (b) 삼림, (c) 초지의 선형 회귀 추세

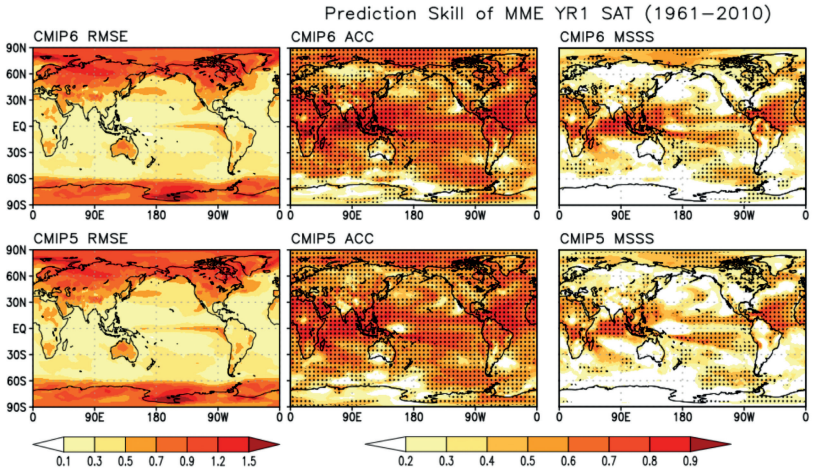
- 대기 및 해양의 장주기(1년~수십년) 변동으로 인한 원격상관 과정의 과학적 기작 규명
  - 인도양의 장주기 변동성과 관련한 온난화 휴지기 메커니즘 파악



▲ 인도양 지역의 (a), (c) 봄철(3~4월) 평균된 SST, OLR의 추세 분포(shadings)와 기후값(contours). (b), (d) 인도양 지역에 대한 평균 시계열

- 가까운 미래 기후 예측을 위한 검증 및 평가기술 개발

  - 과거 예측자료 CMIP5, CMIP6 decadal hindcast의 예측성능 검증



▲ (위) CMIP6 앙상블 평균(10개 모델, 총 98개 멤버)과 (아래) CMIP5 앙상블 평균(6개 모델, 총 49개 멤버)의 2m 대기온도 1년 예측성능 검증. (왼쪽) RMSE, (가운데) ACC, (오른쪽) MSSS

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- **(우수성)** 대기 및 해양 장주기 변동성 과학적 기작 규명
- **(혁신성)** 가까운 미래 예측체계 개발을 위한 물리기작 규명과 신뢰도 평가 기술 개발
- **(차별성)** 계절 규모 이상의 가까운 미래(1년~10년, Near-Future)규모 예측 연구

정량적 연구개발성과

- 특허: 출원 2건
- S/W: 3건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김백조
- 참여기관: (주)포디솔루션, 경희대학교, 부경대학교, 서울대학교

[공모 2]

가까운 미래 예측 시스템 구축을 위한 기반기술 개발

연구책임자
노준우((주)위즈아이)

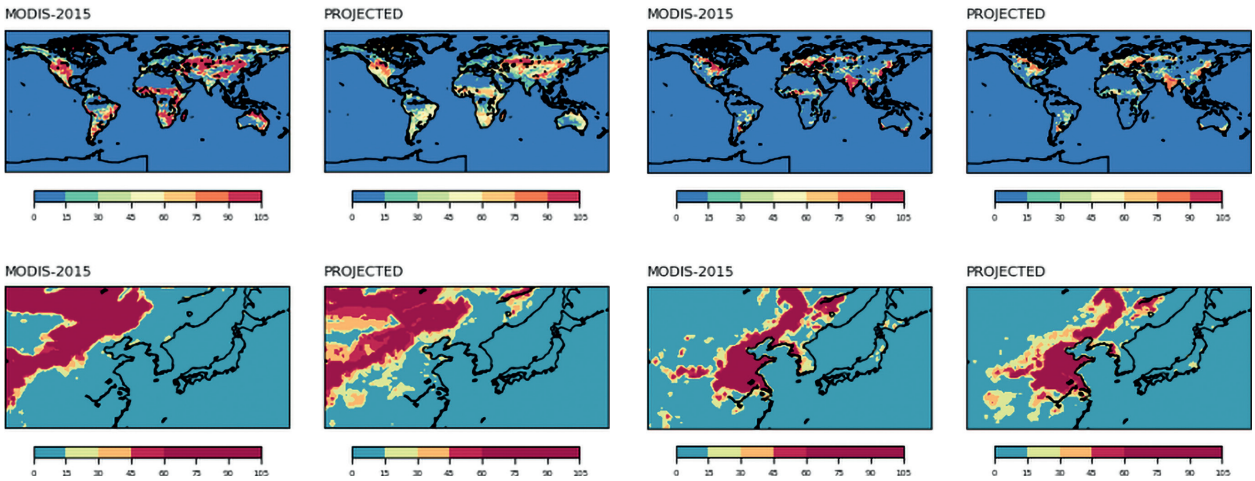
총 연구기간
2022.04.01.~2024.12.31.

과제목표

- 가까운 미래 예측을 위한 기반기술 개발
- 가까운 미래 예측체계 구축을 위한 주요 기술개발 및 서비스 체계 설계

성과 주요내용

- 가까운 미래 예측체계 원형 도입 및 구축
  - DePreSys4(Met Office decadal prediction system; 1~10년 예측시스템)와 모델체계가 유사한 현업 예측시스템을 기반으로 가까운 미래 예측 시스템(Near Future Prediction System, NFPS)을 구축함. 1년 예측을 위한 가까운 미래예측시스템 모의 자료(11.1. 초기시간, 16개월 예측)를 생산하고 현업 결과와의 정합성 확인
  - CMIP6의 식생, MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 자료를 심층학습하여 LUH2(Land-Use Harmonization)자료를 MODIS-IGBP로 구축하고, 입력 변환 체계를 개발

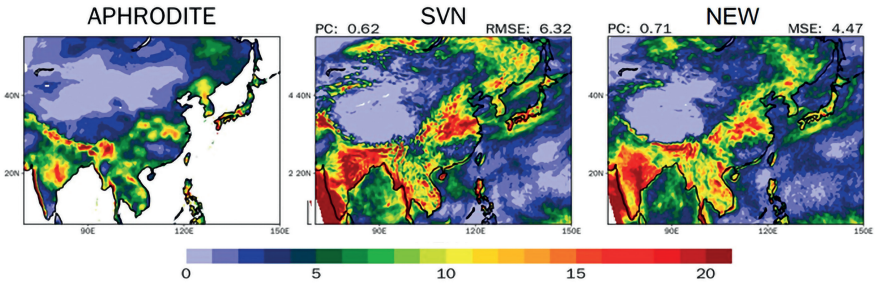


▲ 심층학습을 이용한 Grasslands(좌), Cropland(우) 기후강제력 자료(식생) 변환 결과

- 전구 미래 예측모델 결과의 지역 기후모델 입력자료 변환기법 개발
  - 상세 지역 미래 예측 모델로 GRIMs의 RMP(Regional Model Program)을 사용하기 위하여 전구 결합 모델의 결과를 spectral coefficient 형태로 변환하는 입력 전처리 시스템을 구축

※ GRIMs: Global/Regional Integrated Model system. 전구/지역 통합 모델 시스템

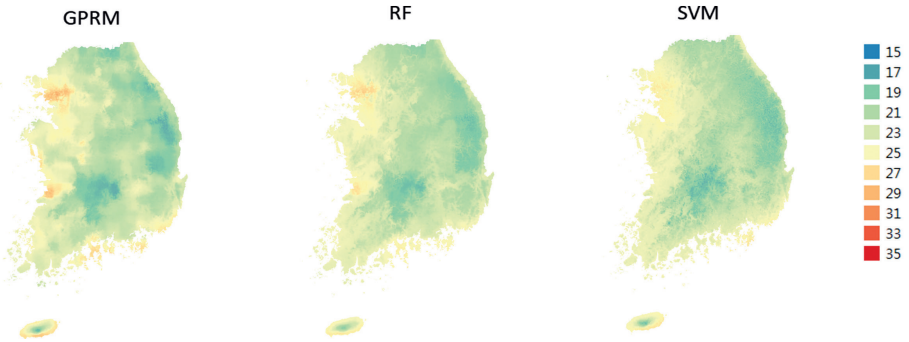
  - 모델 체계 개선을 통해 RMP 모델에서 나타나는 한반도 주변의 강수 잡음과 경계 부근의 이상 강수 모의를 개선함



▲ 2010년 7월 평균된 관측(APHRODITE) 강수, 기존 모델의 강수 모의 결과(SVN), 개선된 모델의 강수 모의 결과(NEW)

- 남한지역 지표면모델 구축과 통계적 상세화 원형모델 제시

  - 지표 대기에서의 열 및 바람과 관련된 기후예측 영향인자를 도출함. 도출된 영향인자는 기후예측 자료의 통계적상세화를 위한 학습자료로 구성하여, 기법별 평가를 수행하고 상세화 원형모델을 제시함



▲ 2018년 8월 1일 일 최고기온 통계기법별 상세화 결과 예시

- 가까운 미래 기후예측 후처리 활용 체계 설계

  - NFPS(GloSea6), 역학적 상세화, 통계적 상세화, 최신기술(기계학습 및 딥러닝 등)기반 가까운 미래 예측 자료와 그 후처리 활용 체계 원형을 설계함

  - 가까운 미래 예측시스템을 위한 최신기술(기계학습 및 딥러닝 등)을 기반으로 후처리 활용의 대표적인 예측 변수인 월 강수, 폭염 빈도에 대한 예측 기술 원형을 구축함

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 급변하는 기후변화로 인해 인문, 사회, 경제 등 기후위기 대응을 위한 1년~10년에 해당하는 가까운 미래 예측 체계 구축 및 역학적 상세화 기술 개발
- 통계적 내삽관련 연구에서, 지형과 다양한 공간 자료들을 추가하여 활용하는 Co-kriging, PRISM 기법을 적용. 다양한 지형변수 고려가 가능한 SVM, RF, GPRM 기법을 적용하고 토지피복을 포함한 20개의 지형변수들이 활용되어 지표면의 국지성 반영
- 최신기술(기계학습 및 딥러닝 등)을 기반으로 가까운 미래 예측자료 후처리 및 활용을 위한 체계 설계 및 기술 원형의 기반을 갖춤

정량적 연구개발성과

- S/W: 1건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 이조한
- 참여기관: (주)위즈아이, (주)환경예측연구소, 공주대학교, 한국외국어대학교

내역사업 2 기후변화 대응 및 정보 생산·활용연구

연구목표

- 신기후체제에 대비하고 기후변화 대응 기술력을 향상하는 기술개발

주요 내용

- **(지역 상세 기후변화 정보)** 동아시아와 한반도 영역의 지역 상세 기후변화 정보제공을 위한 AR6기반의 상세 기후변화 시나리오 정보 생산
- **(탄소중립 기후변화 메커니즘)** 탄소중립에 따른 극한기후의 변화 메커니즘 및 주요 이상기후 현상에 대한 인위적 영향 정보제공을 위한 분석 및 탐지기술 개발
- **(WMO IG3IS)** WMO IG3IS 이행사업의 일환으로 역모델링을 이용하여 온실가스 기원추적모델 개발
- **(온실가스 관측)** 대기 중 탄소동위원소, 할로겐화 온실가스 등의 측정·분석 기술개발 및 지상원격(FTS), 지상, 고층타워 등 다양한 관측자료를 이용한 온실가스 시공간 분포 산출기술 개발

예산

연도별 투입예산('20~'26)

(단위: 백만원)

구분	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	합계
□ 기후변화 대응 및 정보 생산·활용 연구	800	2,160	4,170	3,670	5,300	4,400	4,400	24,900
• 상세 기후변화정보 생산 및 불확실성 평가기술 개발	800	1,400	2,150	1,350	1,350	1,500	1,500	10,050
• 맞춤형 기후변화 응용정보 생산 및 전달체계 구축	-	-	-	-	700	900	900	2,500
• 기후변화 감시 등을 통한 영향 분석기술 개발	-	760	2,020	2.320	3.250	2,000	2,000	12,350

[공모 1]

AR6 기반 상세 기후변화 정보 생산 기반기술 개발

연구책임자

장은철(공주대학교)

총 연구기간

2020.05.01.~2022.12.31.

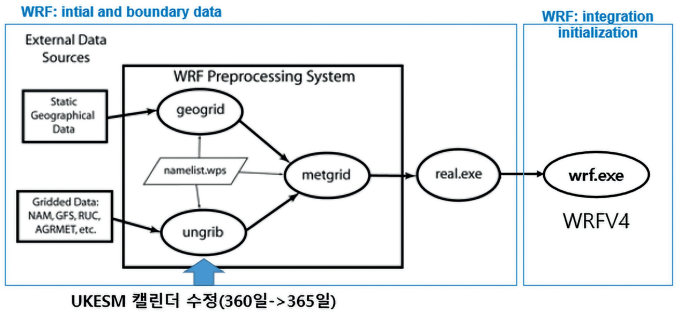
과제목표

- IPCC 6차 보고서(AR6) 기반의 온실가스 경로에 대한 역학 상세화 기술을 이용한 지역기후 시나리오 자료 생산
- 관측 기상자료와 역학적 상세화 자료를 이용한 통계적 상세화 기술 기반 한반도 지역의 기후변화 자료 생산

성과 주요내용

- AR6 기반 역학적 상세화 기술을 이용한 지역기후 시나리오 자료 생산
  - 국립기상과학원에서 산출한 지구시스템모델(UKESM) 자료를 입력자료로 지역기후모델 4종(GRIMs, RegCM, WRF, CCLM)을 이용한 역학적 상세화 수행
  - 남한지역에 대한 대류허용모형(CPM; Convective Permitting Model) 실험을 통해 현재 및 미래기후의 고해상도 자료 생산 성능 평가
  - 지역규모의 해양-대기 결합모형을 이용한 역학적 상세화 수행체계 구성

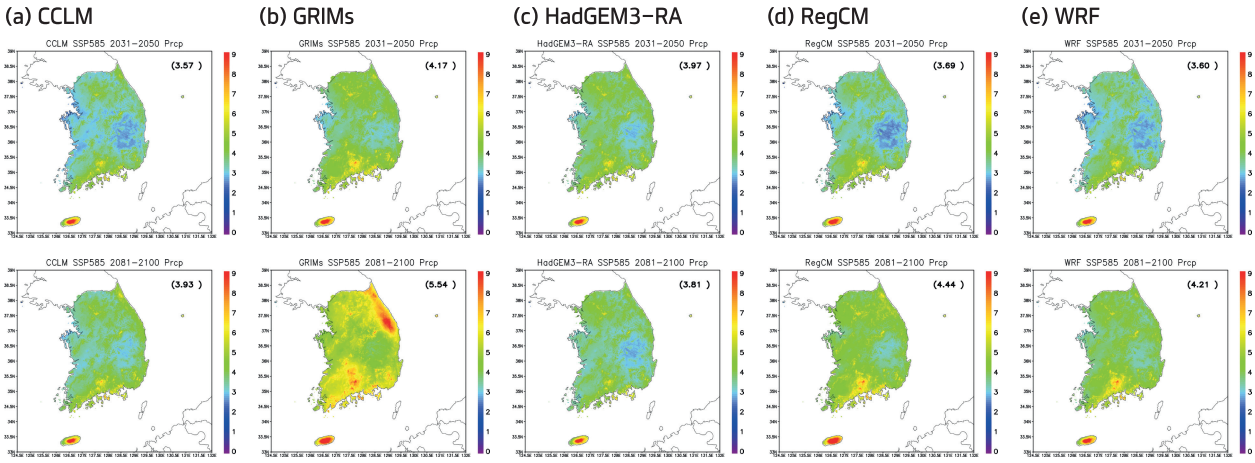
대기모델(WRF)의 UKESM 강제력 상세화 체계구축: 전처리 과정 세팅 및 초기화 작업 수행



자료기간	1979 ~ 2014년 (36년), 1년 적분시, 약 12시간 소요(12개 node, 288개 CPU)
수평 해상도	25km (396 × 251)
대기모델	WRF (Weather Research and Forecasting Model) v 4.1.2
전처리 과정	WPS v 4.1
지면 모델	Noah LSM
대기 연직 해상도	35 layers
Convection	Kain Fritsch
Microphysics	WSM6
PBL	YSU
초기/경계 자료	UKESM 1.875X1.25 degree (~135 km)
넛징	무

▲ 대기-해양 결합 지역기후모델 중 대기 모델에 대한 UKESM 상세화 체계구축

- 통계적 상세화 기술 기반 한반도 기후변화 자료 생산
  - 7종 기상변수(기온 3종, 강수, 상대습도, 일사량, 풍속)에 대한 고해상도(1km) 관측 격자자료 생산, 검증 및 분석
  - 시공간 상관을 고려한 통계적 상세화 기술 개발 및 적용을 통한 남한상세 기후변화시나리오 생산



▲ SSP5-8.5 시나리오에 대한 미래 중반(위)과 후반(아래)의 일강수량(mm/day) 공간분포.
(a) CCLM, (b) GRIMs (c) HadGEM3-RA, (d) RegCM, (e) WRF

- 다중 지역기후모형을 이용한 동아시아 기상시스템의 분석 및 모형 평가
  - 온대저기압의 활동성과 변동성을 분석하고 미래 기후변화 분석
  - 태풍 모의에 대한 모형의 계통오차를 파악하고 미래 태풍 배경장 분석

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- AR6 대응 CMIP6 UKESM 강제력을 이용한 동아시아 상세 기후변화 정보 생산(다중 지역기후모델(4종)을 이용한 역학적 상세화)
- 지역기후모델 대기-해양 결합모델 성능 검증 및 최적화
- 역학적 상세화 기반 고해상도 지역기후변화 정보 생산을 위한 대류허용모델(CPM) 실험 및 모의성능 평가
- 관측기반 고해상도 상세 기후 격자자료 생산 및 관측자료와 역학적상세화 자료의 시공간 상관성을 고려한 통계적상세화 기법 기술 개발을 통한 고해상도(1km) 남한상세 기후변화 전망 자료 생산

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 18편, 비SCIE 7편
- 특허: 출원 7건
- S/W: 15건
- 기술이전: 8건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후변화예측연구팀 정주용
- 참여기관: 공주대학교, 울산과학기술원, 포항공과대학교

[공모 2]

AR6 시나리오를 활용한 해양기후 변화 정보 생산기술 개발

연구책임자

장찬주(한국해양과학기술원)

총 연구기간

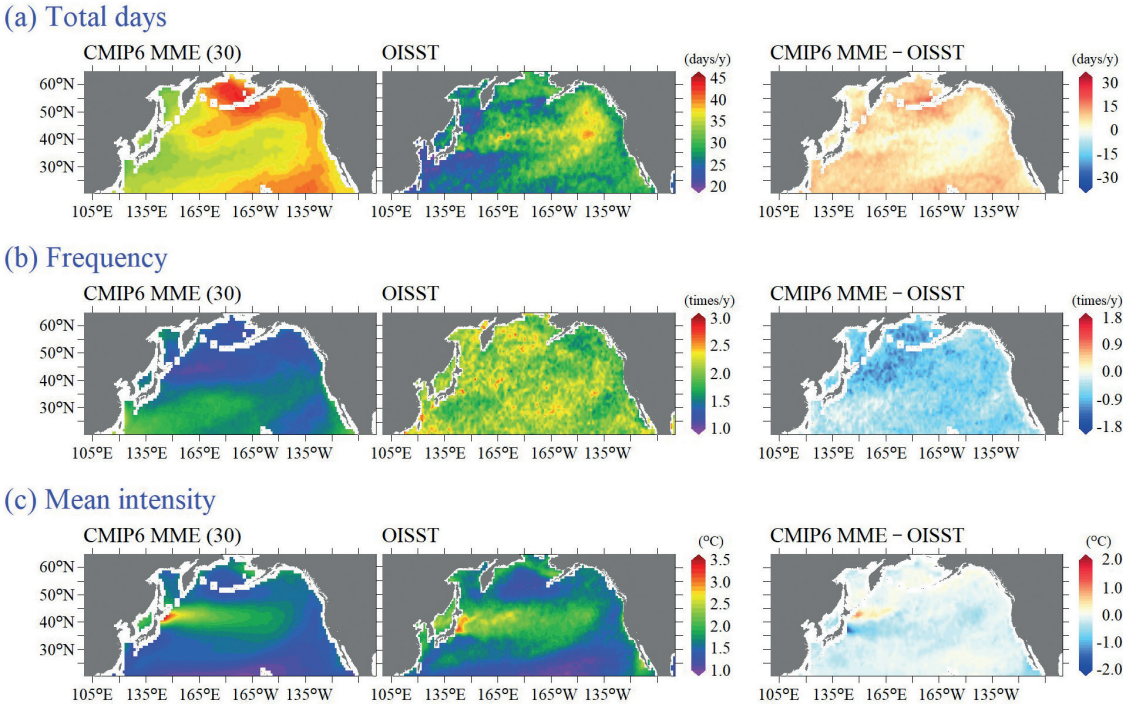
2021.04.01.~2023.12.31.

과제목표

- SSP 기반의 동아시아 해역 해양기후 상세변화 시나리오 산출과 기후변화에 따른 해양변화 기작 분석

성과 주요내용

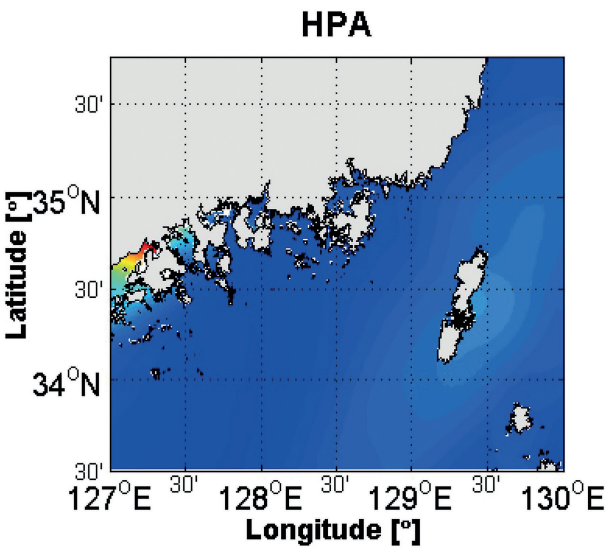
- AR6 시나리오 자료의 해양기후 활용 적합성 평가 및 동아시아 해양기후/극한기후 발생 기작 분석
  - AR6 모형 해면수온 일자료 수집 및 동아시아 해양극한기후(해양열파) 특성 이해
  - AR6 모형 해양극한기후 특성별 품위평가를 통한 우수모형 선정



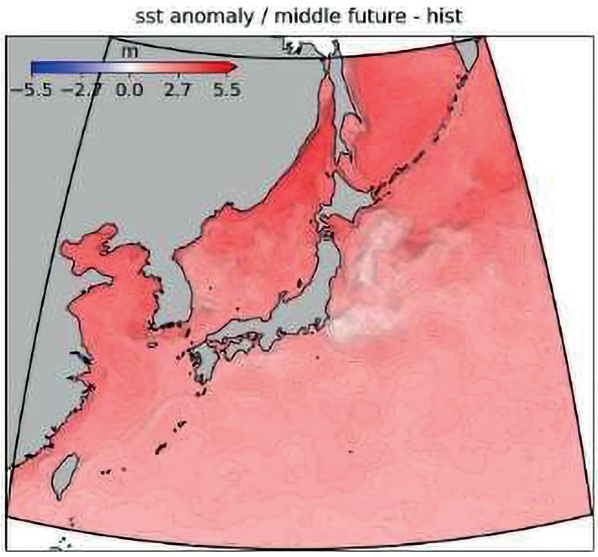
▲ 북태평양 해양열파 특성 분석

- AR6 시나리오 기반 동아시아 해양기후 미래전망 역학적 상세화 시스템 구축
  - 동아시아 해양순환모형 구축
  - CMIP6 기반 과거재현과 모형개선 실험 및 역학적 상세화를 위한 입력장 생성
- AR6 시나리오 다중모형 결과를 활용한 신뢰도 있는 미래 해양 및 대기 기후변화정보 생산 및 해양극한기후 발생 변화 기작 이해
  - CMIP6 동아시아 대기변수 모사 성능 평가, 관측과의 비교 분석
  - CMIP6를 활용한 동아시아, 서해, 동중국해, 동해의 극한기후 변화 분석

- AR6 시나리오 기반 동아시아 상세 해양기상 시나리오 산출
  - 해양기상모형의 입력자료로 활용하기 위한 기후예측실험자료 전처리 프로세스 마련
  - 역학적상세화를 활용한 동아시아 및 한반도 영역 해양기상 과거 재현실험
  - CMIP6를 활용한 동아시아 및 한반도 연안에서의 해양기상 미래 시나리오 산출



▲ 미래 최대 폭풍해일고



▲ 해면수온 미래 상세전망

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 동아시아 해양열파의 다양한 지수(발생일수, 지속시간, 발생횟수, 평균세기, 최대세기) 등을 산출하고, 이를 활용하여 동아시아 해양열파의 미래전망 특성 분석 기반 마련
- AR6 시나리오 기반 미래 예측 테스트에 적합한 자료 추출 및 초기입력자료를 생산함으로써, 고해상도/초고해상도 미래 동아시아 해양기후 상세 예측을 위한 발판 마련
- 모델간 차이로 인한 불확실성을 줄이고, 미래기후변화 양상의 신뢰도를 높이기 위하여 Emergent Constraint 기법이 사용되고 있음. 이 기법을 새로이 극한 대기현상 중 하나인 폭우 강도에 적용하여 분석하였음
- 과거기후에 대한 동아시아 해역 및 한반도 연안지역에서의 폭풍해일, 파랑을 모의하였고, 기후변화 시나리오별 기압장 및 바람장 등 대기기상변수의 미래 변화량 특성을 분석하였음

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 4편
- 특허: 출원 1건
- S/W: 1건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후변화예측연구팀 정주용
- 참여기관: 한국해양과학기술원, 연세대학교, 전남대학교, 고려대학교

[공모 3]

기후변화 감시, 대응, 평가를 위한 기후자료 영향분석 기술개발

연구책임자
최영은(건국대학교)

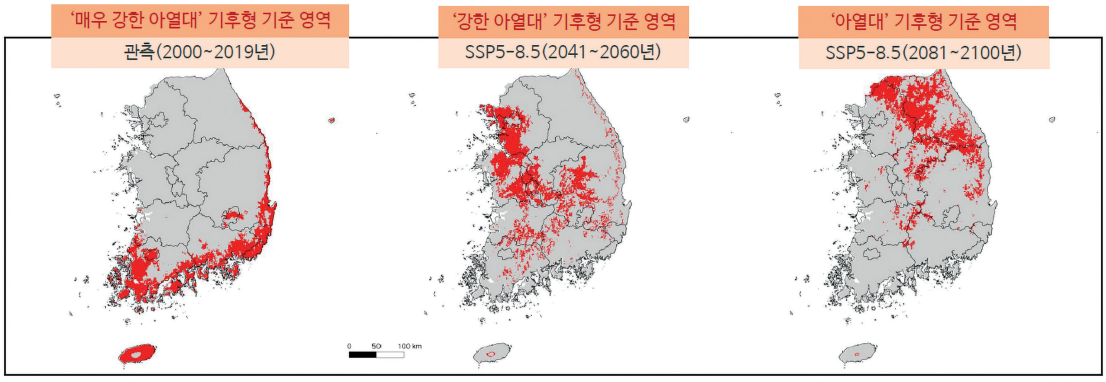
총 연구기간
2022.04.01.~2024.12.31.

과제목표

- 신기후값(1991~2020년)에 기반한 한반도 기후와 기후변화 특성 평가와 영향분석
- AR6 SSP-RCP 시나리오 기반 보건정보 산출 및 미래 불확실성 평가
- AR6 SSP-RCP 시나리오 기반 방재정보 산출 및 미래 불확실성 평가

성과 주요내용

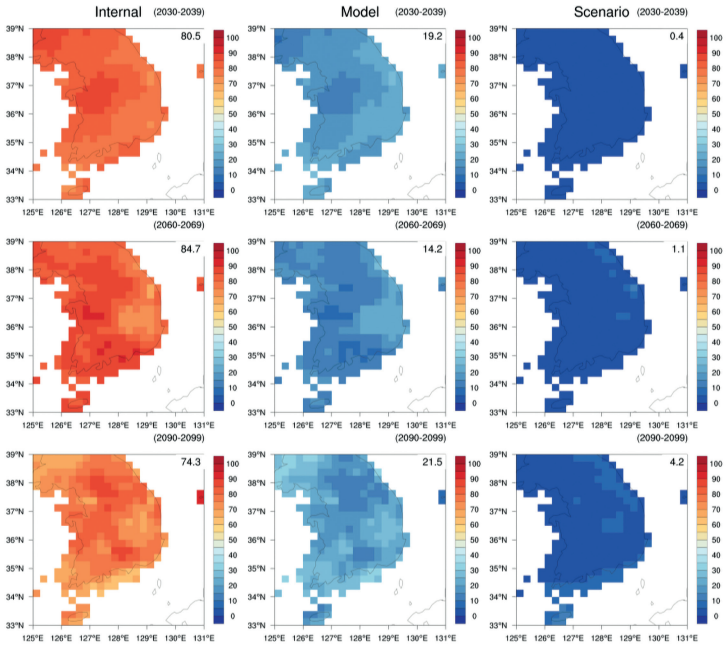
- 신기후값(1991~2020년)에 기반한 한반도 기후와 기후변화 특성 평가와 영향분석
  - 새로운 한반도 기후값(기온, 강수, 상대습도, 풍속 등 기후요소) 분석 및 평가
  - 신기후값(1991~2020년)과 구기후값(1981~2010년)을 비교한 기후변화 강도와 특성 분석
  - 종관패턴 분류를 적용한 우리나라 계절 정의 및 고온/저온의 지리적 범위와 지속시간을 고려한 우리나라 극한기후 특성 분석
  - 지역별 보건과 방재에 필요한 핵심 기후정보 분석(지리적 분포, 필요 응용정보 유형 선정)
  - 한반도 기후구 구분을 위한 기술조사 및 기준 선정을 통한 한반도 상세 기후구 구분



▲ 새로운 아열대 기후형의 미래 강도별 아열대 기후형 기준 영역

- AR6 SSP-RCP 시나리오 기반 보건정보 산출 및 미래 불확실성 평가
  - QDM(Quantile Delta Mapping) 방법으로 보정된 열스트레스(WBGT; WetBulb Globe Temperature) 지수 산출 및 열스트레스 미래전망 민감도 분석
  - 동아시아 및 한반도를 포함한 세부 분석영역별 열스트레스 미래 변화 상세 분석
  - 미래 열스트레스 시공간 발생 특성의 미래변화에 대한 모델 및 시나리오간 차이 분석

- AR6 SSP-RCP 시나리오 기반 방재정보 산출 및 미래 불확실성 평가
  - 다중 지역기후모델의 미래 기후변화 시나리오 자료에 대한 편의보정
  - 편의보정이 적용된 지역기후모델의 미래 시나리오 자료를 이용한 미래 한반도 홍수와 가뭄 정보 산출 및 분석
  - 기후변화에 따른 홍수와 가뭄 특성(강도와 영향범위 등)의 변화 분석 및 원인 조사



▲ QDM 편의보정된 RCMs에 대한 미래 기간별 우리나라 여름철 일평균강수량의 총분산에 대한 불확실성 요인 비율의 공간분포

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 신기후값을 이용한 기후변화 강도 및 특성, 우리나라 계절 정의, 극한기후 특성 분석
- 한반도 상세 기후구의 구분 기준 선정(아열대 기후형)
- QDM으로 편의보정된 미래 열스트레스(WBGT) 지수를 산출 및 분석하여, 보다 신뢰할 수 있는 미래 전망정보 생산. 극한 열스트레스의 빈도와 강도뿐만 아니라, 공간범위, 시종일, 지속기간 등의 다양한 발생특성에 대한 미래변화를 분석하여 연구결과의 활용도를 높임
- 동아시아 지역의 미래 열스트레스 변화특성을 더 정확하게 이해하기 위해 열스트레스의 변화에 영향을 미치는 기온과 습도의 기여 평가. 지역에 따라 여름철 열스트레스에 미치는 습도 영향이 다름을 확인
- 기후변화에 따른 홍수와 가뭄 등 방재정보 산출을 통한 변화 분석 및 원인 조사

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 4편, 비SCIE 2편
- 특허: 출원 1건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후변화예측연구팀 정주용
- 참여기관: 건국대학교, 포항공과대학교, 울산과학기술원

[공모 4]

탄소중립 기후변화 메커니즘 및 온실가스 영향탐지·진단기술 개발

연구책임자
김맹기(공주대학교)

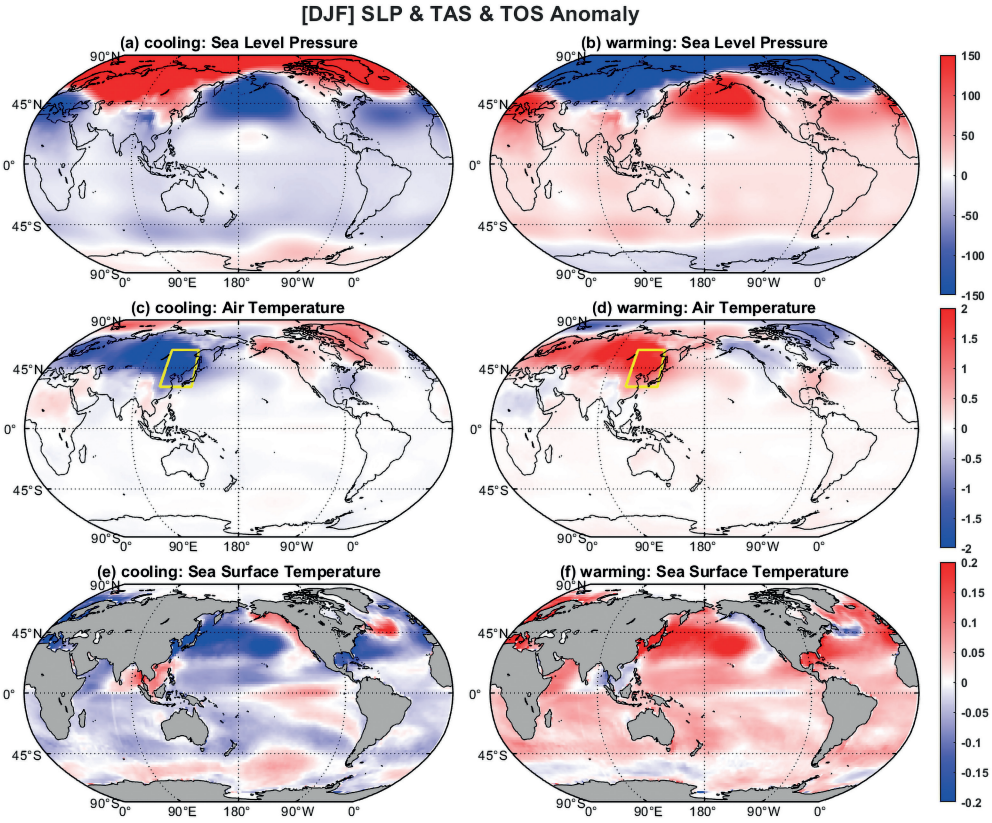
총 연구기간
2022.04.01.~2024.12.31.

과제목표

- 탄소중립 온실가스 감축실험에 기반한 한반도 폭염/한파 변화 메커니즘 분석 및 진단기술 개발
- 탄소중립 온실가스 감축실험에 기반하여 한반도 및 동아시아 태풍/극한강수(몬순) 기후 진단지수를 산출하고, 미래변화 전망 및 메커니즘, 재현주기/불확실성 등 특성 분석
- 이상기후 현상의 인위적 영향탐지 실험체계를 설계·구축하고 모의성능 진단

성과 주요내용

- 탄소중립 온실가스 감축실험에 기반한 한반도 폭염/한파 변화 메커니즘 분석 및 진단기술 개발
  - 한반도 폭염 관련 고위도-동아시아 원격상관 메커니즘 분석
  - NIMS 탄소중립 감축실험 자료를 이용한 한반도 폭염의 원격상관 패턴 변화 분석
  - 한반도 한파 관련 원격상관 메커니즘 분석
  - NIMS 탄소중립 감축실험 자료를 이용한 한반도 한파 강도/빈도 변화 분석



▲ CMIP6 historical 시뮬레이션 분석을 통한 동북아시아 겨울철 극한저온(a, c, e)과 극한고온(b, d, f) composite. (a, b) 해수면 기압, (c, d) 표면 대기 온도, (e, f) 해수면 온도

- 탄소중립 온실가스 감축실험에 기반하여 한반도 및 동아시아 태풍/극한강수(몬순) 기후 진단지수를 산출하고, 미래변화 전망 및 메커니즘, 재현주기/불확실성 등 특성 분석
  - 한반도 영향태풍 빈도수/강도 조절 메커니즘 분석 및 진단지수 산출
  - NIMS 및 CMIP6 탄소중립 감축실험 자료를 이용한 한반도 영향태풍 미래 전망 및 가역성 분석
  - 강도, 빈도, 지속시간에 대한 극한강수 모의 성능 평가
  - 탄소중립 감축실험에 따른 극한강수 미래변화 및 회복성 분석
- 이상기후 현상의 인위적 영향탐지 실험체계를 설계·구축하고 모의성능 진단
  - 이상기후 현상의 인위적 영향탐지기법 조사
  - 이상기후 현상의 인위적 영향탐지기법 실험체계 설계

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 국제표준 온실감축 실험인 CDRMIP(Carbon Dioxide Reduction Model Intercomparison Project) 시나리오와 이를 응용한 감축실험 결과를 활용하여, 탄소중립시 기후변화 메커니즘 및 온실가스 영향탐지·진단기술 개발
- 탄소중립 온실가스 감축시 한반도 폭염/한파, 태풍/극한몬순 등의 미래변화전망 및 메커니즘 분석
- 동아시아 폭염에 영향에 중요한 북극/유라시아 기원의 ASP 원격상관 기작 제시: 동아시아 폭염에 영향을 주는 북극/시베리아 기원의 강제력의 기원과 관련 기작이 알려져 있지 않았으나 이 연구를 통해서 새로운 Arctic/Siberian Plain(ASP) 원격상관 기작을 제시. 특히, ASP 원격상관에서는 ASP에서 발생하는 열돔이 중요하며, 열돔 형성과정과 열적고기압의 발달, 그로 인한 로스비 파동의 전파 등을 규명
- 중위도에 영향을 미치는 태풍활동은 기후모형에서 모사가 어려워 한반도 영향 태풍의 미래 변화에 대한 연구가 부족하였으나, 이를 극복하기 위해 통계적 다운스케일링을 통한 간접적 한반도 영향 태풍활동 추정 기술을 개발하고, 미래 변화를 전망함. 미래 변화에 대한 열역학적 및 역학적 원인 분석을 수행함으로써 통계적 다운스케일링 기반 미래 예측의 과학적 근거를 강화함
- 극한강수의 강도, 빈도, 지속시간에 대한 지수를 산출하여 다양한 탄소감축 시나리오에서의 비가역성을 진단함
- 이상기후 현상의 인위적 영향탐지를 위한 실험을 우리나라와 동아시아에 맞게 모델 실험을 설계하고, 인위적 강제력 영향에 대한 경계조건(해수면 온도와 해빙 면적)을 다양한 패턴을 처방하여 실험 수행

정량적 연구개발성과

- 논문: SCIE 3편, 비SCIE 1편
- S/W: 1건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후변화예측연구팀 정주용
- 참여기관: 공주대학교, 경북대학교, 포항공과대학교

[공모 1]

WMO IG³IS 이행사업

연구책임자

홍진규, 심창섭

총 연구기간

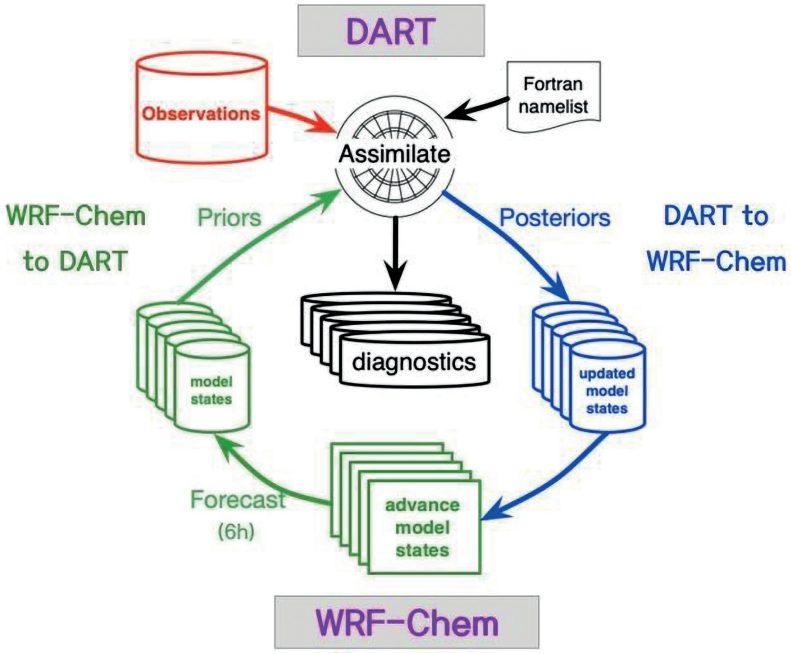
2021.04.01.~2023.12.31

과제목표

- 신속하고 투명한 온실가스 배출량 검증을 위한 고해상도 하향식 온실가스 배출량 검증 시스템 개발

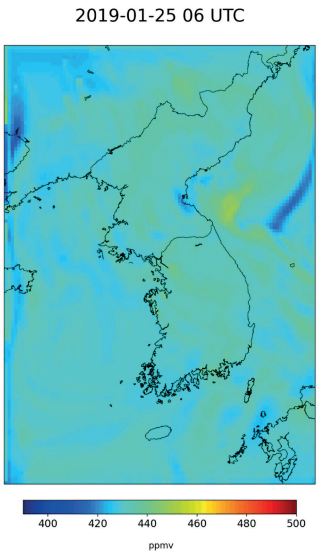
성과 주요내용

- 국내 최초 고해상도 하향식 온실가스 배출량 감시 시스템 구축 및 최적화
  - 기상 및 온실가스 자료 동화시스템 구축
  - 새로운 지면 모수화 기반의 온실가스 배출량 감시 시스템 성능 개선
  - 온실가스 농도 및 경계 조건 자료 처리 기술 개발
  - 바이오매스 연소 배출량 자료 처리 기술 개발
  - 육상생태계 및 해양 탄소 흡수량 산정 기술 개발
  - 한반도 상세 하향식 배출량 산출로 기존의 상향식 배출량 비교 분석

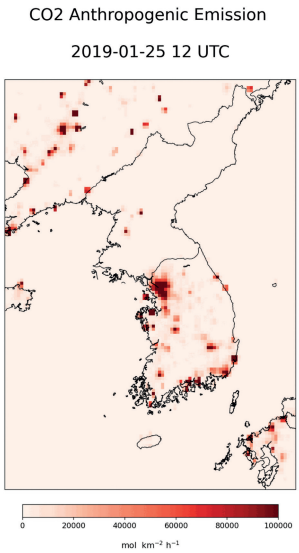


▲ WRF-Chem GHG에서의 자료동화 모식도

- 동아시아 중해상도 이산화탄소 하향식 배출량 산출 및 분석에 대한 시스템 구축
  - 다중 위성, 모델, 딥러닝을 활용한 중해상도 하향식 배출량 산출 시스템 구축
  - 위성자료 기반으로 한 동아시아 지역의 격자형 이산화탄소 추정기법 개발
  - 동아시아 지역의 중해상도 이산화탄소 역추적 모델링 시스템 개발



▲ 하향식 온실가스 배출량 감시시스템 구동 결과(이산화탄소 농도)



▲ 하향식 온실가스 배출량 감시시스템 구동 결과(이산화탄소 배출량)

- 중해상도 수준의 동아시아 온실가스 농도와 배출량을 추정함
  - 다중 위성(GOSAT, OCO2)을 활용한 동아시아 이산화탄소 배출량 분석
  - 위성자료(TROPOMI) 등을 활용하여 동아시아 메탄 배출량 분석
  - 육불화황(SF_6)의 배출량 분석 체계 구축
- 메탄 농도분포파악 및 핫스팟에 대한 특징분석
  - 위성 자료를 활용한 한반도 메탄 관련 hot spot 등의 배출 지역의 시공간 변동성 분석
  - 위성 자료 기반의 국내 메탄 고농도 지역의 특징과 원인분석을 통한 국가 메탄 배출의 시공간적 특성과 정책적 의미 도출

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- UN차원의 온실가스의 투명한 검증체계에 기여할 수 있는 재분석 체계를 구축. 우리나라의 다양한 온실가스의 하향식 감시와 평가 기법을 지원할 수 있는 방법론을 구축하여 지역 및 국가 차원의 과학적 정책 검증방법 개발에 기여
- 이산화탄소 이외의 메탄, SF_6 등에 대한 세분화한 공간정보 및 배출량 제공 시스템 기반 마련하여 국내 메탄에 대한 전국차원의 분포와 성격을 파악하여 지역별 저감정책에 기여
- 관련 분야(예: 관측 기술, 위성 자료 처리 기술, 중규모 모델링, 역추적 기술, 지면자료동화, 대기경계층 모델링)의 전문가 양성 및 국내 관련 기술의 비약적 발전

정량적 연구개발성과

- 논문: SCI 2편
- 특허: 등록 1건, 출원 1건
- S/W: 1건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김수민
- 참여기관: 연세대학교, 한국환경연구원

[공모 2]

온실가스 동위원소 유출입 감시를 위한 연속추적 기술 개발

연구책임자
임정식(한국표준과학연구원)

총 연구기간
2021.04.01.~2023.12.31.

과제목표

- CO_2, CH_4 동위원소비 연속측정법 및 표준물질 개발
- 항공시료 중 동위원소비 측정기술 개발

성과 주요내용

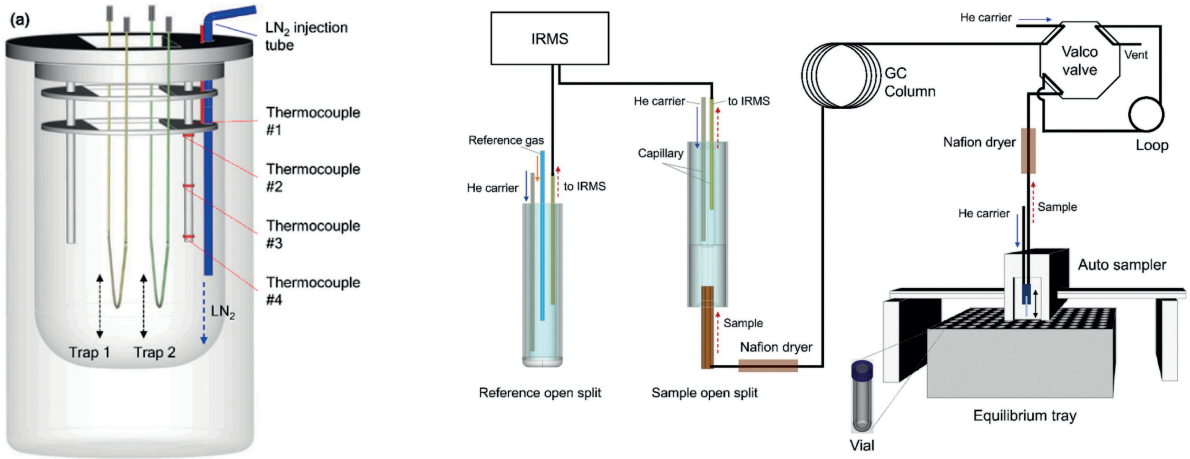
- 이산화탄소 안정동위원소비 연속측정을 위한 표준 개발
  - 이산화탄소 원료가스 수준(99.9%)의 동위원소비 표준물질 개발 및 국제비교를 통한 탄소동위원소비 국제동등성 확인(CCQM-P204)
  - 배경대기 농도 수준의 이산화탄소 동위원소비 표준물질 개발
  - Precon-IRMS 및 Isotope CRDS를 이용한 배경대기 동위원소비 측정기술 개발

▲ 배경대기 농도수준 이산화탄소 안정동위원소비 표준가스

※ 400 ppm CO_2 in Air/Nominal $\delta^{13}C_{VPDB}$= -4.1, -8.5, -10, -13‰

- 매탄 안정동위원소비 연속측정을 위한 표준 개발
  - Precon-IRMS를 이용한 배경대기 농도 수준 매탄 동위원소비 측정기술 개발
- 항공시료 중 온실가스 동위원소비 측정 기술 개발
  - CO_2, CH_4, N_2O 동위원소비 동시 측정을 위한 IRMS용 전처리 장치개발
- 미세먼지 중 CNS* 동위원소비 동시 표준 측정기술 개발

* CNS: Carbon, Nitrogen, Sulfur



▲ Autosampler와 연동된 Precon-IRMS 장비 개요도

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 배경대기 농도수준 이산화탄소 동위원소비 표준물질 개발 및 연속관측기술 적용
- 미세먼지 중 CNS 동위원소비 표준 측정기술 개발
- 항공시료 중 온실가스 동위원소비(13C in CO2, 13C in CH4) 동시 측정기술 개발

정량적 연구개발성과

- 특허: 출원 3건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김수민
- 참여기관: 한국표준과학연구원

[공모 3]

배경대기 농도수준 할로겐화 온실가스 연속 측정기술 개발

연구책임자

권도현(한국표준과학연구원)

총 연구기간

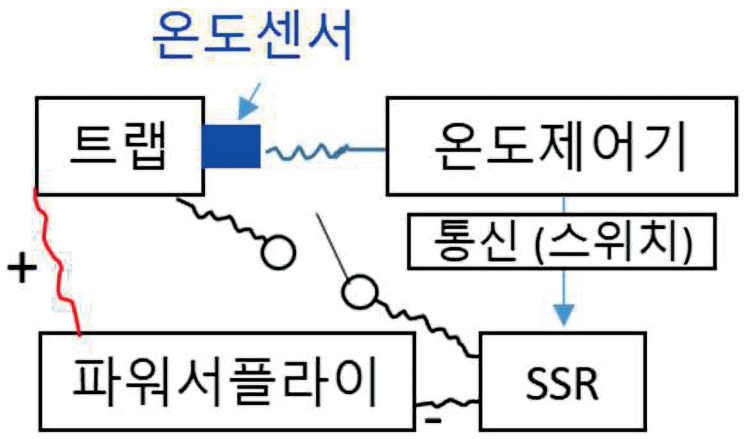
2022.04.01.~2024.12.31.

과제목표

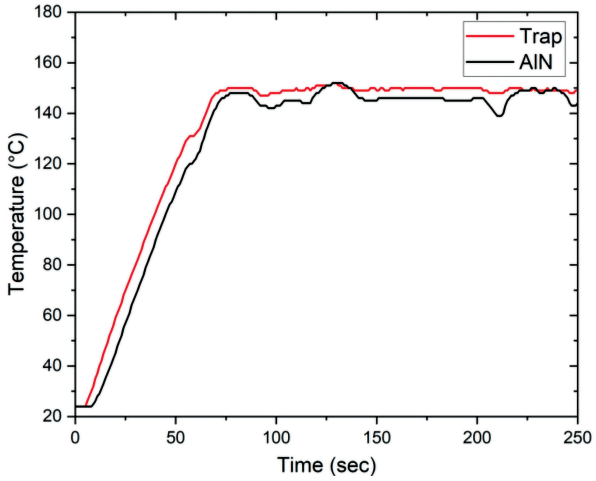
- 할로겐화 온실가스 표준물질에 대한 검교정 기술 개발

성과 주요내용

- 탈부착 농축장치 성능 고도화
  - 대기 중 극미량인 할로겐화합물 측정을 위해 극저온 농축 및 가열 탈착의 효율이 핵심 관측 기법임
  - 기존 히터 시스템은 냉각에 시간소요, 본 과제 통해 개발한 고속 줄 히팅 시스템으로 냉각 소요시간을 기존보다 10~20분 줄이도록 구현
  - 줄 히터 사용시 농축관을 전기로 가열함. 농축관만 타겟팅하여 전기로 가열하고 그 외의 관은 절연하는 기술 개발. 농축성능을 효율화시키고 결로를 방지하기 위한 진공시킨 이중관 트랩 구현



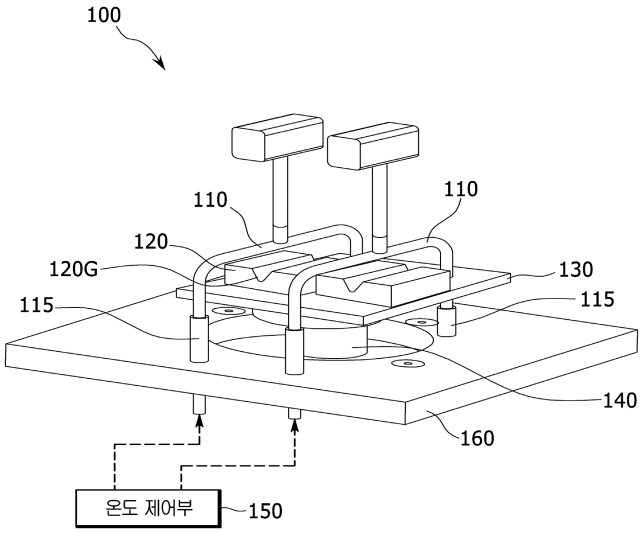
▲ 줄히팅 방식(고속(고전류)-냉각속도확보(열용량))



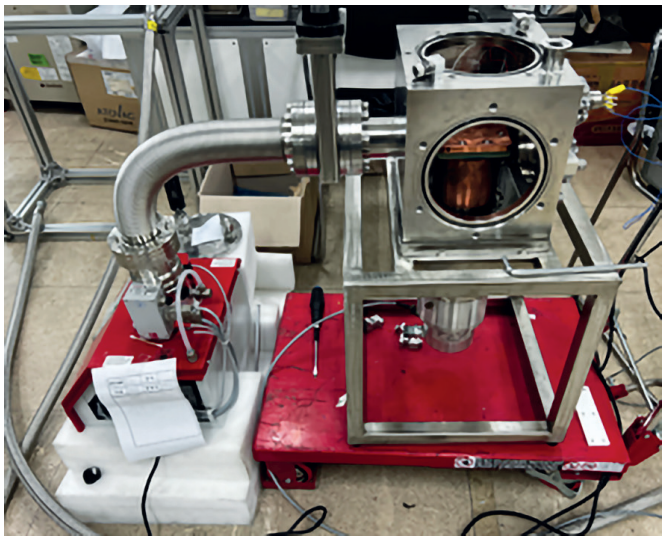
▲ 절연 소재 질화알루미늄 기반 고속 줄히팅 가열 테스트 결과

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- **(우수성)** 고속 줄 히팅 시스템하여 열용량과 가열 속도 개선하므로써 히터시스템 대비 분석 속도 크게 개선
- **(차별성)** 절연, 진공 가능한 이중관 트랩 구현: 줄 히팅 시스템의 탈부착 과정 시 전기 절연, 진공 문제 동시 해결, 장시간 고온 가열이 가능함에 따라 오염물 탈착 성능 개선 가능



▲ 개발한 극미량 온실가스 고속 측정을 위한 줄 히팅 기반 탈부착 트랩 장치



▲ 개발한 극저온(영하 200도) 냉동기 기반 가스 농축기와 진공챔버

정량적 연구개발성과

- 특허: 등록 1건

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김수민
- 참여기관: 한국표준과학연구원

[공모 4]

모바일 관측장비를 이용한 고품질 온실가스 관측자료 생산연구

연구책임자

이정순(한국표준과학연구원)

총 연구기간

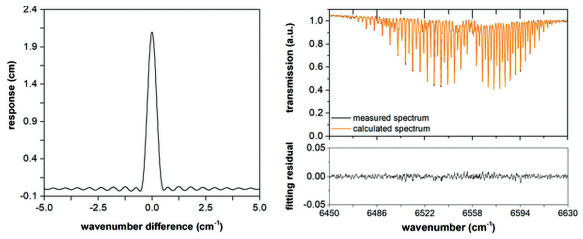
2022.04.01.~2024.12.31.

과제목표

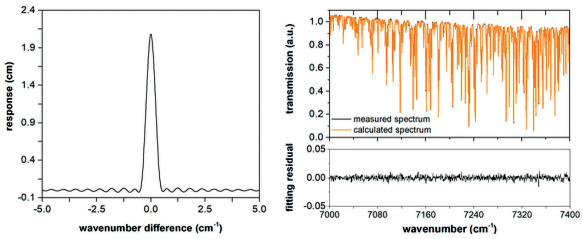
- 모바일 원격관측 장비를 이용한 고품질 온실가스 관측자료 생산연구

성과 주요내용

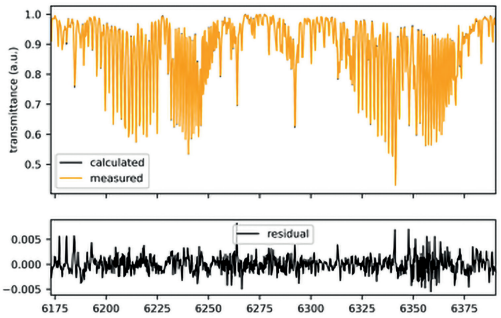
- 모바일 관측장비를 이용한 온실기체 농도 산출 기술 연구
  - 모의자료 및 기존 알고리즘 원형의 특성분석
  - 모바일 관측 자료의 전량농도 특성 분석특성분석
- 가스 흡수라인 및 배경스펙트럼 개발
  - 온실가스 특성과 실험과정의 조사를 통한 계산 방법론 수립
  - 온실가스 분자들에 대한 물성 및 흡수 스펙트럼 계산



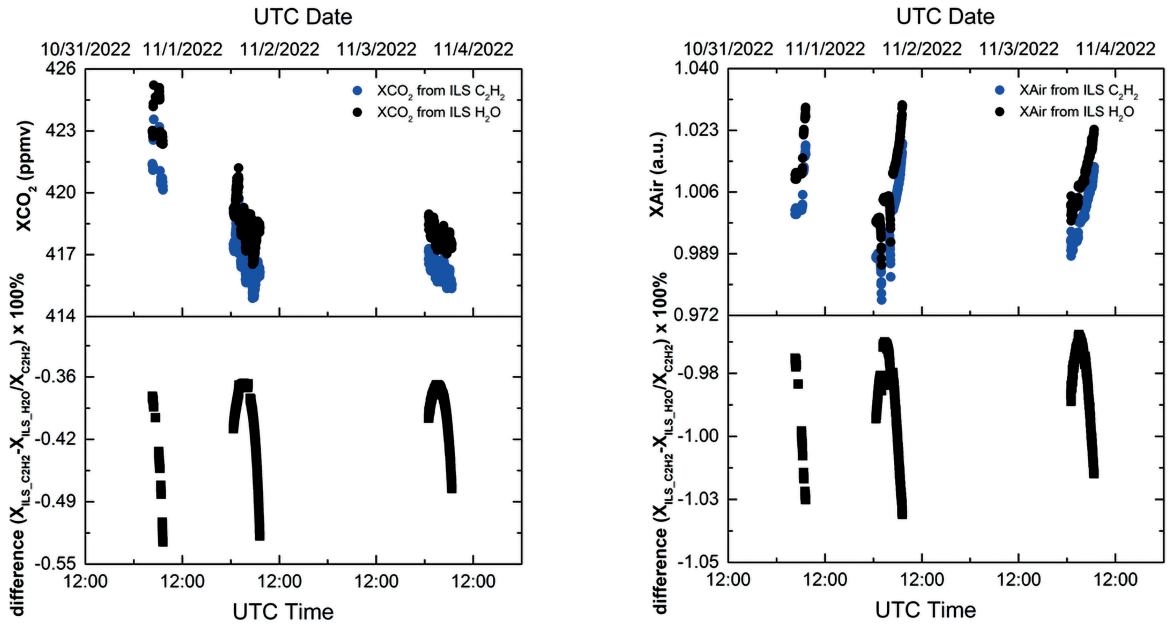
▲ ILS characterization result using H_2O lines (OPL: 455 cm).(left) retrieved ILS function of Norton–Beer medium (right) and residual figure.



▲ ILS characterization result using C_2H_2 (OPL: 10 cm). (left) retrieved ILS function of Norton–Beer medium (right) and residual figure. the fitting residual figure.



▲ Fitting result obtained from the retrieval of X_{CO2} in the wavelength range between 6173 and 6390 cm^{-1}.



▲ (top panel) result of X_{gas} or X_{Air} retrieval. The blue dot is value obtained using ILS parameters of C_2H_2, while the black dot is the X_{gas} or X_{Air} values obtained from ILS of H_2O. (bottom panel) their diffence between blue and black dot.

성과의 우수성, 혁신성, 차별성

- 모바일 원격관측장비를 활용한 지점별 온실가스 전량농도 특성 기반 기술 개발
- 한국 지역, 기상, 기후 특성을 반영한 온실가스 산출 알고리즘 개발의 환경 마련
- 양자이론을 기반으로한 온실가스 분자의 물성 및 흡수스펙트럼 정보 생산 기반 구축

연구진

- 과제담당관: 국립기상과학원 기후연구부 김수민
- 참여기관: 한국표준과학연구원, 이화여자대학교, 한국핵융합에너지연구원

「기후 및 기후변화
감시·예측정보 응용 기술개발」 사업

성과분석보고서(1단계)

3.

부록
과제별 연구개발 성과

기후예측 및 위험대응 강화연구 46

기후변화 대응 및 정보 생산·활용연구 55

내역사업 1 기후예측 및 위험대응 강화연구

(세부과제 1) 계절내~계절 예측기술 개발

(공모 1) 계절내 예측성 향상기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	리눅스 기반 U.K. 지구시스템모형을 이용한 동아시아 SO_2 배출에 따른 기상장 변화	Journal of the Korean earth Science Society	윤대옥, 송형규, 이조한	비SCIE
2	U.K. 지구시스템모델 UM의 리눅스 클러스터 설치와 성능 평가	Journal of the Korean earth Science Society	윤대옥, 송형규, 박성수	비SCIE
3	Communicating Arctic-midlatitude weather and ecosystem connections: direct observations and sources of intermittency	Environmental Research Letters	James E Overland	SCIE
4	Characteristics of High-Latitude Climate and Cloud Simulation in Community Atmospheric Model Version 6 (CAM6)	Atmosphere	Eun-Hyuk Baek	SCIE
5	Population ageing determines changes in heat vulnerability to future warming	Environmental Research Letters	Chang-Eui Park	SCIE
6	Population Exposure Projections to Intensified Summer Heat	Earth's Future	Chang-Eui Park	SCIE
7	Recent weakening of the southern stratospheric polar vortex and its impact on the surface climate over Antarctica	Environmental Research Letters	Hataek Kwon	SCIE
8	Synoptic Features of August Heavy Rainfall Episodes Accompanied by a Quasi-Stationary Front over the Korean Peninsula and its Relationship with the Western Pacific Subtropical High	Frontiers in Earth Science	신우주	SCIE
9	Interdecadal change in the relationship between the western North Pacific subtropical high and the ENSO	Theoretical and Applied Climatology	김정은	SCIE
10	How Does the Tibetan Plateau Dynamically Affect Downstream Monsoon Precipitation?	Geophysical Research Letters	Jun-Heyok Son, Kyong-Hwan Seo	SICE
11	Anthropogenic Influence on the Antarctic Mesospheric Cooling Observed during the Southern Hemisphere Minor Sudden Stratospheric Warming	Atmosphere	Sunkara Eswaraiah, Kyong-Hwan Seo	SCIE
12	The Role of Summer Snowstorms on Seasonal Arctic Sea Ice Loss	Journal of Geophysical Research: Oceans	Won-Il Lim, Hyo-Seok Park, Kyong-Hwan Seo	SCIE
13	Three western pacific typhoons strengthened fire weather in the recent northwest U.S.	Geophysical Research Letters	Jacob Stuivenvolt Allen, Jin-Ho Yoon	SCIE

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
14	Evaluating NA-CORDEX historical performance and future change of western U.S. precipitation patterns and modes of variability	Internaitonal Journal of Climatology	Jonathan David Douglas Meyer	SCIE
15	Mechanisms driving ESM-based marine ecosystem predictive skill on the east African coast	Environmental Research Letters	Woojin Jeon	SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	지구시스템 모델의 기후와 대기질 동시 예측을 위한 2차 에어로졸 효과 포함 방법	충북대학교 산학협력단	2021.12.23.
2	기후예측시스템과 통합적운모수화 방안을 접합하기 위한 인터페이스	서울대학교산학협력단	2021.11.30.
3	Charney-Philips 형태 좌표계에서 로렌츠 형태의 좌표계 사용 방법	서울대학교산학협력단	2022.10.19.
4	북극-동아시아 원격 기후 상관성 진단 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체, 진단 장치 및 진단 시스템	부경대학교 산학협력단	2021.09.15.
5	구름미세물리과정방안을 고려한 고위도 지역 계절별 기후 특성 분석 장치와 그 방법	부경대학교 산학협력단	2022.12.06.
6	CICE5 해빙모형의 파라미터 민감도 산출을 위한 시스템 및 방법	부산대학교 산학협력단	2022.12.22.
7	북극-동아시아 원격 기후 상관성 진단 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체, 진단 장치 및 진단 시스템	부경대학교 산학협력단	2021.09.15.
8	구름미세물리과정방안을 고려한 고위도 지역 계절별 기후 특성 분석 장치와 그 방법	부경대학교 산학협력단	2022.12.06.
9	해양 플랑크톤의 피드백 효과를 고려한 기후 예측 시스템	전북대학교산학협력단	2021.10.13.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	REAS 자료 다운로드, 격자화 및 UM모델 배출량 컨버팅 프로그램	2020.11.15.	충북대학교 산학협력단
2	CMIP5 질소산화물(NOx) 시간변동성(Time-varying) 배출량 변환 및 REAS 질소산화물(NOx) 배출량 치환 프로그램	2021.11.01.	충북대학교 산학협력단
3	UM(유엠) 대용량 결과물의 NetCDF(넷시디에프) 변환 프로그램	2022.07.20.	충북대학교 산학협력단
4	diagnostic package for GCM (기후모형 평가를 위한 분석 프로그램)	2020.12.09.	서울대학교 산학협력단
5	diagnostic package for precipitation processes in GCM (기후모형 강수과정 평가를 위한 분석프로그램)	2021.08.16.	서울대학교 산학협력단

번호	저작권명	창작일	저작자명
6	diagnostic package of precipitation diurnal cycle for GCM (기후모형 강수일변동 분석을 위한 프로그램)	2021.06.30.	서울대학교 산학협력단
7	북극 온난화-유라시아 냉각화 사례 탐지 및 합성분석 프로그램	2020.10.27.	부경대학교 산학협력단
8	지역별 블로킹 지수 탐지 프로그램	2020.11.13.	부경대학교 산학협력단
9	지역모형의 급격한 토양수분 변동 및 발생 시기 분석 프로그램	2020.12.07.	서울대학교 산학협력단
10	더블 로지스틱 곡선 적합성을 통한 식생 생장계절 시작일 산출 프로그램	2022.11.02.	한국과학기술연구원
11	더블 로지스틱 곡선 적합성을 통한 식생 생장계절 종료일 산출 프로그램	2022.11.02.	한국과학기술연구원
12	CESM자료를 이용한 성층권 돌연 승온 가시화	2020.02.03.	연세대학교 산학협력단
13	전구모형에서 지형 복잡성 확인을 위한 지형 스펙트럼 계산	2021.05.01.	연세대학교 산학협력단
14	해빙모델(CICE5) 생산자료를 이용하여 해빙 면적 (sea ice extent)을 계산하는 프로그램 버전 1.0	2020.12.03.	부산대학교 산학협력단
15	해빙모델(CICE6) 생산자료를 이용하여 해빙 용적 (sea ice volume)을 계산하는 프로그램 버전 1.0	2020.11.17.	부산대학교 산학협력단
16	기후모형 생지화학 변수 모의 성능 평가 프로그램	2020.12.04.	전북대학교 산학협력단
17	NEMO 해양모형 변수 재격자화 프로그램	2022.11.23.	전북대학교 산학협력단
18	클로로필 피드백에 의한 광역해양생태계 해수면온도 예측 비교 시스템	2022.12.26.	전북대학교 산학협력단
19	지역모형의 급격한 토양수분 변동 및 발생 시기 분석 프로그램	2020.12.07.	서울대학교 산학협력단
20	더블 로지스틱 곡선 적합성을 통한 식생 생장계절 시작일 산출 프로그램	2022.11.02.	한국과학기술연구원
21	더블 로지스틱 곡선 적합성을 통한 식생 생장계절 종료일 산출 프로그램	2022.11.02.	한국과학기술연구원

(공모 2) 계절내 규모 예측의 이상기후 잠재적 예측성 평가

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Impact of the reemergence of North Pacific subtropical mode water on the multi-year modulation of marine heatwaves in the North Pacific Ocean during winter and early spring	Environmental Research Letters	Yong-Jin Tak	SCIE
2	Atmosphere-driven cold SST biases over the western North Pacific in the GloSea5 seasonal forecast system	Climate Dynamics	Ajin Cho	SCIE
3	이례적으로 영향 태풍 수가 많았던 2019년 한반도 주변 종관장 특성 분석	기후연구	김은지	비SCIE
4	Impact of local atmospheric circulation and sea surface temperature of the East Asia (Sea of Japan) on heat waves over the Korean Peninsula	Theoretical and Applied Climatology	Jieun Wie	SCIE
5	Three distinct atmospheric circulation patterns associated with high temperature extremes in South Korea	Scientific Reports	Han-Kyoung Kim	SCIE
6	Two Overarching Teleconnection Mechanisms Affecting the Prediction of the 2018 Korean Heat Waves	Journal of the Korean earth science society	Jieun Wie	비SCIE

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
7	Surface temperature variability in climate models with large and small internal climate variability	Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	예상욱	SCI
8	Contrasting factors on the trends in hot days and warm nights over Northern Hemisphere land during summer	Weather and Climate Extremes	예상욱	SCIE
9	On the relationship between ENSO diversity and the ENSO atmospheric teleconnection to high-latitudes	International Journal of Climatology	D. Gushchina	SCI
10	Indian Ocean warming as a driver of a long term upward trend of Arctic Oscillation	npj Climate and Atmospheric Science	정용철	SCI
11	Effect of a Scale-Aware Convective Parameterization Scheme on the Simulation of Convective Cells-Related Heavy Rainfall in South Korea	Journal of Advances in Modeling Earth Systems	Haerin Park	SCI

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	모드수를 이용한 해양 열파 발생 예측시스템 및 예측방법	송하준, 탁용진	2021.12.14.
2	모드수를 이용한 클로로필 농도 예측시스템 및 예측방법	송하준, 탁용진	2022.09.20.
3	자기상관계수 및 탄젠트 역함수 회귀모형을 이용한 해수면 온도편차의 지속성 평가 시스템 및 평가방법	송하준, 이채형	2022.11.22.
4	폭염 발생 진단 방법 및 장치(출원)	문병권, 위지은	2021.07.20.
5	폭염 발생 진단 방법 및 장치(등록)	문병권, 위지은	2022.12.06.
6	슈퍼앙상블 기법을 이용한 표면 대기 온도 예측 방법 및 시스템	문병권, 위지은, 강진희	2022.09.13.
7	여름철 평균 기온 예측 시스템 및 여름철 평균 기온 예측 방법	예상욱, 이용한	2022.12.
8	역학 모델을 이용하여 계절 내 태풍을 예측하는 전자 장치 및 그 동작 방법	차동현, 김태형, 김은지, 조하은	2022.12.08.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	GLOSEA5(글로씨 모델 버전 5) 모델 500HPA(500헥토파스칼) 지위고도 Time-LAGGED(시간 지연) 앙상블 계산프로그램	2020.10.15	울산과학기술원
2	GLOSEA5(글로씨 모델 버전 5) 모델의 연직시어 계산 프로그램	2020.12.01.	울산과학기술원
3	GloSea5 모델 지구방출복사량 계산 프로그램	2021.11.10.	UNIST, 연세대
4	GloSea5 모델 중위도 영향태풍 탐지 프로그램	2021.11.12.	UNIST, 연세대
5	GloSea6 모델의 태풍 발생위치 구별 프로그램	2022.09.15.	울산과학기술원
6	태풍의 급강화 판별 프로그램	2022.03.03.	울산과학기술원
7	고해상도 GloSea6 모델의 태풍 탐지 프로그램	2022.10.15.	울산과학기술원

(공모 3) 계절내 규모 예측인자의 원격상관 진단, 분석

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Diagnosing ISO forecast from GloSea5 using dynamic-oriented ISO theory	Atmosphere	Young-Min Yang, Taehyoun Shim, Ja-Yeon Moon, Ki-Young Kim, and Yu-Kyung Hyun	SCI
2	Improved boreal summer intraseasonal oscillation simulations over the Indian Ocean by modifying moist parameterizations in climate models	Climate Dynamics	Young-Min Yang, Jeong-A Cho, Ja-Yeon Moon, Ki-Young Kim, and Bin Wang	SCI
3	Contribution of Ural and Kamchatka Blockings to the Amplified Warm Arctic-Cold Eurasia Pattern under Arctic Sea Ice Loss and Eurasian Cooling	Journal of Climate	Seon-Hwa Kima, Hyun-Joon Sung, Seong-Joong Kim, Eun-Hyuk Baek, Ja-Yeon Moon, and Baek-Min Kim	SCI
4	Global Coupled 모델 2와 3.1의 MJO 모의성능 평가	대기	문자연, 김기영, 조정아, 양영민, 현유경, 김백조	비SCI

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	기후예측 모델의 계절내 규모 모의성능을 진단하기 위한 기후분석 장치 및 방법	(주)포디솔루션	2020.12.08.
2	계절내 규모 예측인자의 원격상관 진단 및 평가 매트릭스	(주)포디솔루션	2020.12.08.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	기후예측모델의 MJO 지수 산출과 가시화 파이썬 프로그램	2020.11.30.	(주)포디솔루션
2	기후예측모델의 계절내 시간규모 예측성 진단·평가를 위한 입력자료 생산 프로그램	2020.11.30.	(주)포디솔루션
3	기후예측모델의 MJO life cycle 분석 프로그램	2020.11.30.	(주)포디솔루션
4	군집분석을 이용한 계절내진동(MJO) 유형분류	2021.11.10.	(주)포디솔루션
5	계절내 시간 규모의 열대-중위도 원격상관의 패턴 상관관계, 강도의 비율, 중심 위치, 패턴의 일관성을 진단하는 프로그램	2022.12.09.	(주)포디솔루션
6	계절내 열대-중위도 원격상관의 패턴 상관관계, 강도 비율, 일치도를 매트릭스로 표출하는 프로그램	2022.12.09.	(주)포디솔루션

(공모 4) 기후예측시스템 최적 결합 초기화기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	The Origin of Systematic Forecast Errors of Extreme 2020 East Asian Summer Monsoon Rainfall in GloSea5	Geophysical Research Letters	Yoo-Geun Ham	SICE
2	Improved representation of tropical cyclones in the NASA GISS-E3 GCM	J. Adv. Model. Earth Syst	Russotto, R.	SCI
3	Importance of ocean initial conditions of late autumn on winter seasonal prediction skill in atmosphere-land-ocean-sea ice coupled forecast system	Climate dynamics	Lee J.L	SCI
4	Satellite-Based Data Assimilation System for the Initialization of Arctic Sea Ice Concentration and Thickness Using CICE5	Frontiers in Climate	Jeong-Gil Lee	비SICE
5	Critical Role of Tropical North Atlantic SSTA in Boreal Summer in Affecting Subsequent ENSO Evolution	Geophysical Research Letters	Leishan Jiang	SICE
6	Future Changes of PNA-like MJO Teleconnections in CMIP6 Models: Underlying Mechanisms and Uncertainty	Journal of Climate	Jiabao Wang	SICE
7	Seasonal locking of the MJO's southward detouring of Indonesia caused by the Australian monsoon	J. Climate	Kang, D.	SCI
8	Representation of convectively-coupled Kelvin waves in four modern reanalysis products	J. Atmos. Sci.	Chien, M.-T.	SCI
9	Tropical modulation of East Asia air pollution	Nature Communications	Myoung-Il Jung	SICE
10	An evaluation of global climate model-simulated tropical cyclone rainfall structures in the HighResMIP against the satellite observations	J. Climate	Moon, Y	SCI
11	Subseasonal Tropical Cyclone Prediction and Modulations by MJO and ENSO in CESM2	Journal of Geophysical Research: Atmosphere	Hui Li	SICE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	지면모델의 적설 자료동화 방법	울산과학기술원	2022.12.06.
2	다중 위성 토양수분 자료를 이용한 지면 자료 동화 시스템	울산과학기술원	2021.12.24.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	현업 기후 예측 모형의 해빙 농도 자료동화 시스템	2022.03.01.	함유근, 이정길
2	현업 기후 예측 모형의 해빙 두께 자료동화 시스템	2022.10.19.	함유근, 이정길

(공모 5) 차세대 전산과학 기술접합을 위한 기반기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Enabling Role-Based Orchestration for Cloud Applications	Applied Sciences	Yue Wang	SCIE
2	A Multi-Layer Network for Aspect-Based Cross-Lingual Sentiment Classification	ACCESS	Kalim Sattar	SCIE
3	기상예측시스템 소프트웨어 조사 및 GloSea6 소프트웨어 저해상도 설치방법 구현	KIIECT	Chung, Sungwook	비SCIE
4	Understanding Users' Behavior towards Applications Privacy Policies	Electronics	Salim Ullah	SCIE
5	Unicon Optimization 기법을 이용한 적운모수화 코드 성능 향상	KIIECT	이창현	비SCIE
6	A Multi-Considered Seed Coat Pattern Classification of Allium L. Using Unsupervised Machine Learning	Plants	Gantulga Ariunzaya	SCIE
7	SCAM 기상모델의 성능향상을 위한 PGI Compiler의 OpenACC 활용	KIIECT	이창현	비SCIE
8	딥러닝 모델의 압축 방법에 따른 엣지 장치에서의 성능 평가 연구	전자공학회 논문지	최진욱	비SCIE
9	Improving Air Pollution Prediction System through Multimodal Deep Learning Model Optimization	Applied Sciences	고경규	SCI
10	고성능 기상예측시스템 I/O 성능 툴 기술 조사	전자공학회 논문지	최수혁	비SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	저해상도 기후 예측 소프트웨어의 로컬 설치 방법	창원대학교	2021.10.29.
2	NFT를 활용한 블루투스 장치 인증 시스템	창원대학교	2022.05.30.
3	적운 모수화 코드 향상을 위한 유니콘 최적화 방법 및 시스템	창원대학교	2022.09.23.
4	이기종 환경에서 RPM, DEB 패키지를 활용한 전지구 기상예측모델의 효과적인 시스템 구축 방법	창원대학교	2023.03.28.
5	고성능 과학응용프로그램의 입출력 성능을 개선하기 위한 시스템적 벤치마킹 및 프로파일링 장치 및 방법	홍익대학교 세종캠퍼스 산학협력단	2021.12.31.

(공모 6) 동아시아지역 여름철 강수변동성과 분석기술 개발

간행물

장마백서 2022

- 최근 신(新) 평년기후값(1991~2020년)을 활용하여 장마 및 동아시아 여름몬순과 관련된 여러 기상장 및 시계열에 대한 분석을 진행하여 최신의 장마 및 호우 정보를 제공하고 관련 기후 변동성에 대한 연관성을 기술하였다.

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Sensitivity of East Asian Summer Monsoon Precipitation to the Location of the Tibetan Plateau	Journal of Climate	S.-H. Seok, K.-H. Seo	SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	장마의 시작 시기 결정을 위한 장치 및 방법	서경환, 석수현	2021.11.19.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	병합관측자료(GPCP)를 이용한 기후모델(CMIP6)의 강수 모의 성능을 정량화하는 프로그램	2021.12.15.	서경환, 윤상필
2	기상청 종관기상관측 자료로부터 지점별 강수량 자료를 추출하고 월별 강수 및 호우 발생 통계를 내는 프로그램(Ver 1.1)	2022.12.09.	서경환, 윤상필

(세부과제 2) 가까운 미래 예측성 향상 기술개발

(공모 1) 가까운 미래 기후변동성 분석 및 원인규명

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	지역별 해수면온도를 이용한 근미래 남한지역 기온 예측 방법 및 장치	(주)포디솔루션	2022.11.21.
2	지구시스템 모델에서 임의의 지역 해수면 온도 처방에 대한 방법	부경대학교 산학협력단	2022.12.26.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	Python을 이용한 클러스터링(K-means) 분류에 따른 엘리뇨 패턴별 원격상호작용 분석	2022.11.22.	(주)포디솔루션
2	군집분석에따른 엘리뇨 분류별 합성장 분석	2022.11.22.	(주)포디솔루션
3	엘리뇨 분류에 대한 패턴별 회귀분석	2022.11.22.	(주)포디솔루션

(공모 2) 가까운 미래 예측시스템 구축을 위한 기반 기술개발

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	Input4MIPs 및 MODIS 자료를 사용한 자료 처리 체계	2022.11.09.	(주)환경예측연구소

내역사업 2 기후변화 대응 및 정보 생산·활용연구

(세부과제 1) 상세 기후변화정보 생산 및 불확실성 평가기술 개발

(공모 1) AR6기반 상세 기후변화 정보 생산 기반기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Climate Variability Impacts on Global Extreme Wave Heights: Seasonal Assessment Using Satellite Data and ERA5 Reanalysis	Journal of Geophysical Research: Oceans	Patra Anindita	SCI
2	Long-term evaluation of atmospheric composition reanalyses from CAMS, TCR-2, and MERRA-2 over South Korea: Insights into applications, implications, and limitations	Atmos. Environ.	Ryu, Y.-H	SCIE
3	Recent decreasing trends in surface PM2.5 over East Asia in the winter-spring season: Different responses to emissions and meteorology between upwind and downwind regions	Aerosol Air Qual. Res.	Ryu, Y.-H	SCIE
4	Multi-model ensemble projections of extreme ocean wave heights over the Indian Ocean	Climate Dyn.	Kaur, S	SCIE
5	On the anomalous development of the extremely intense positive Arctic Oscillation of the 2019-2020 winter	Environmental Research Letters	Ana Juzbašić	SCIE
6	The impact of coupled air-sea interaction on extreme East Asian summer monsoon simulation in CMIP5 models	INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY	Taehyung Kim	SCIE
7	COSMO-CLM regional climate simulations in the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) framework: a review	Geosci. Model Dev	Sørland, S. L	SCIE
8	Impact of North Atlantic-East Asian teleconnection on extremely high January PM10 cases in Korea	Environmental Pollution	Jeong-Hun Kim	SCIE
9	The Role of the Pacific-Japan Pattern in Extreme Heatwaves Over Korea and Japan	GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS	El Noh	SCIE
10	Influence of Okhotsk Sea blocking on summer precipitation over South Korea	International Journal of Climatology	Chan-Yeong Song	SCIE
11	Changes in heat stress considering temperature, humidity, and wind over East Asia under RCP8.5 and SSP5-8.5 scenarios	International Journal of Climatology	Ana Juzbasic	SCIE
12	The roles of global warming and Arctic Oscillation in the winter 2020 extremes in East Asia	Environmental Research Letters	So-Hee Kim	SCIE
13	Interdecadal changes in the genesis activity of the first tropical cyclones over the western North Pacific from 1979 to 2016	Climate Dynamics	Yumi Cha	SCIE
14	Study on the classification and characteristics of cold surge in South Korea	International Journal of Climatology	Eung-Sup Kim	SCIE

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
15	Added value of high-resolution regional climate model in simulating precipitation based on the changes in kinetic energy	Geoscience Letters	Gayoung Kim	SCIE
16	Improving Wet and Dry Deposition of Aerosols in WRF-Chem: Updates to Below-Cloud Scavenging and Coarse-Particle Dry Deposition	Journal of Advanced in Modeling Earth Systems	Young-Hee Ryu	SCIE
17	Contrasting roles of clouds as a sink and source of aerosols: A quantitative assessment using WRF-Chem over East Asia	Atmospheric Environment	Young-Hee Ryu	SCIE
18	Enhanced Role of Convection in Future Hourly Rainall Extremes Over South Korea	Geophysical Research Letters	Donghyun Lee	SCIE
19	고해상도 수치예측자료 생산을 위한 경도-역거리 제곱법(GIDS) 기반의 공간 규모 상세화 기법 활용	대기	오수빈	비SCIE
20	지역기후모델들로 모의된 기온 자료를 활용한 남한 지역의 21세기 중반(2026-2050) 기온변화 전망	기후연구	서명석	비SCIE
21	이순신 장군의 난중일기에 기록된 기상자료의 분석	대기	서명석	비SCIE
22	SNURCM을 이용한 CORDEX-동아시아 실험에서 동아시아 기온 모의에 대한 수평해상도의 영향	기후연구	신석우	비SCIE
23	알류샨 저기압 강도가 한반도 한파 발생 과정에 미치는 영향	기후연구	이영석	비SCIE
24	우리나라에서 누적시간 및 극한 수준별 극한강수 특성의 최근(1991~2020년) 현황 및 변화 경향	기후연구	박인기	비SCIE
25	한반도에서 상대습도의 시공간적 분포 특성 및 군집화	기후연구	차소영	비SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	RDT 및 수치모델을 활용한 집중호우 예측방법	공주대학교	2021.10.19.
2	역학모형 및 통계적 기법을 활용한 태풍의 동아시아 상륙빈도 예측 방법	공주대학교	2021.10.19.
3	역학적 수문모델과 고해상도 수치표고모델을 이용한 범람지역 진단 방법	공주대학교	2021.10.19.
4	장기기상 및 기후예측을 위한 전지구 접합 대순환 모형의 성분모형인 지면모형의 초기화 방법	공주대학교	2021.10.19.
5	전지구 대기 모델에서 대기-해양 상호작용을 고려한 해양 혼합층 물리과정 모델링 방법	공주대학교	2021.10.19.
6	지역기후모델을 이용한 기후데이터 모의 방법, 컴퓨터 프로그램 및 장치	울산과학기술원	2021.12.30.
7	강수 지도 내 강수 영역을 그룹화하기 위한 전자 장치 및 그 동작 방법	을신과학기술원	2022.12.14.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	GRIMs-RMP(그림스알엠피) 모델 수행을 위한 UKESM(유케이이에스엠) 자료처리 프로그램	2020.10.16.	공주대학교 산학협력단
2	대역필터 기법을 사용한 GRIMs-RMP(그림스-알엠피) 자료 분석 프로그램	2020.11.01.	공주대학교 산학협력단
3	대기의 연직운동 진단을 위한 비단열 가열항 계산 프로그램	2020.11.01.	공주대학교 산학협력단
4	GRIMs-ROP(그림스-알오피) 재수행 프로그램	2020.11.01.	공주대학교 산학협력단
5	GRIMs-ROP(그림스-알오피) 수행을 위한 UKESM(유케이이에스엠) 해양 자료처리 프로그램	2022.10.22.	공주대학교 산학협력단
6	UKESM(유케이이에스엠) 원자료를 WRF(워프) 입력자료로 변환하는 프로그램	2022.10.22.	공주대학교 산학협력단
7	RegCM4 적분 실험을 위한 UKESM LBC 전처리 프로그램	2020.10.20.	울산과학기술원
8	UKESM(유케이이에스엠) 강제력 기반 RegCM4(레그씨엠4) 적분 실험 변수 추출 후처리 프로그램	2020.10.30.	울산과학기술원
9	CMIP6(씨밉6) 강제력을 이용한 WRF(워프) 실험 자료 NETCDF(넷씨디에프) 변환 후처리 프로그램	2021.10.22.	울산과학기술원
10	다중지역기후모델 자료를 이용한 동아시아 겨울 몬순 강도 분석 프로그램	2021.10.20.	울산과학기술원
11	UKESM(유케이이에스엠) 강제력을 이용한 다중 지역기후모델과 재분석장 ERA5(에라5) 종관장 분석 프로그램	2022.9.05.	울산과학기술원
12	품질 관리 인증을 위한 CORDEX(코덱스) 일간격 자료 변환 프로그램	2022.9.01.	울산과학기술원
13	종관기상관측 및 농촌진흥청 일사량 관측 자료를 이용한 품질검사 프로그램	2020.08.27.	공주대학교 산학협력단
14	프리즘(MK-PRISM) 수행을 위한 관측자료 전처리 프로그램	2020.11.01.	공주대학교 산학협력단
15	AWS(방재기상관측소) 자료를 이용한 상대습도 자료 품질검사 프로그램	2021.11.15.	공주대학교 산학협력단

(공모 2) AR6 시나리오를 활용한 해양기후 변화 정보 생산기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Inter-Basin Interaction Between Variability in the South Atlantic Ocean and the El Nino/Southern Oscillation	Geophysical Research Letters	Yoo-Geun Ham	SCIE
2	Future changes in the seasonal habitat suitability for anchovy (Engraulis japonicus) in Korean waters projected by a maximum entropy model	Frontiers in Marine Science	Bang, Min Kyoung	SCIE
3	Destination of New Guinea Coastal Undercurrent in the western tropical Pacific: Variability and linkages	Frontiers in Marine Science	Fuad Azminuddin	SCIE
4	Improvement of the Ocean Mixed Layer Model via Large-Eddy Simulation and Inverse Estimation	JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND OCEANIC TECHNOLOGY	최연주	SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	기후변화의 영향을 고려한 폭풍해일의 기후학적 특성 예측 시스템 및 그 방법	양정아, 김수열	2022.12.29.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	국립수산과학원 혼합층 계산 프로그램	2022.10.19.	한국해양과학기술원

(공모 3) 기후변화 감시, 대응, 평가를 위한 기후자료 영향 분석기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Added value of high-resolution climate projections over South	Environmental Research Letters	Liying Qiu	SCIE
2	What determines future changes in photovoltaic potential over East Asia?	Renewable Energy	Changyong Park	SCIE
3	Future changes in heat wave characteristics and their impacts on the electricity demand in South Korea	Weather and Climate Extremes	Yujin Kim	SCIE
4	Inter-Model Differences in Future Summer Onset Over the Northern High Latitudes	Geophysical Research Letters	Bo-Joung Park	SCIE
5	우리나라 여름철 극한강수량의 최근 레짐이동과 그에 따른 종관특성 변화에 관한 연구	대한지리학회지	강권민	비SCIE
6	신평년값(1991~2020년)을 이용한 우리나라 기후형 구분과 특성에 관한 연구	기후연구	강권민	비SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	지리적 특성을 고려한 기상관측지점의 분류 장치 및 방법	건국대학교 산학협력단	2022.11.30.

(공모 4) 탄소중립 기후변화 메커니즘 및 온실가스 영향 탐지·진단기술 개발

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	East Asian heatwaves driven by Arctic-Siberian warming	Scientific Reports	Jeong-Hun Kim	SCIE
2	The parametric hurricane rainfall model with moisture and its application to climate change projections	NPJ CLIMATE AND ATMOSPHERIC SCIENCE	Dasol Kim	SCIE
3	Hysteresis behaviors in East Asian extreme precipitation frequency to CO2 pathway	GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS	조서영	SCIE
4	체계 변위 전후 기간 동안 우리나라 1월 평균기온 변화의 원인	기후연구	남소현	비SCIE

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	계절별 비가역성 진단 프로그램	2022.11.11.	전북대학교 산학협력단

(세부과제 2) 기후변화감시 등을 통한 영향분석기술 개발

(공모 1) WMO IG^{3}IS 이행사업

논문

번호	논문명	학술지명	주저자명	SCIE 여부
1	Traces of urban forest in temperature and CO2 signals in monsoon East Asia	Atmospheric Chemistry and Physics	Lee, K	SCIE
2	Harmonized gap-filled dataset from 20 urban flux tower sites	Earth System Science Data	Lipson, M	SCIE

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	대기모형 예보 기반 풍력 발전량 예측 장치 및 방법	연세대학교 산학협력단	2021.05.25.
2	위성데이터 결측값 추정 및 시스템	심창섭, 한국환경연구원	2023.03.31.

S/W

번호	저작권명	창작일	저작자명
1	WRF-Chem(워프켐) CO2(이산화탄소) 모의를 위한 mozbc(모즈비씨) 기반 CarbonTracker(카본트래커) 초기/경계조건 자료 생성 프로그램	2022.04.29.	연세대학교 산학협력단

(공모 2) 온실가스 동위원소 유출입 감시를 위한 연속추적 기술개발

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	광비트 신호 검출 장치 및 이의 동작방법	임정식, 이승호	2022.05.04.
2	레이저 주파수 스윕 시스템 및 이의 동작 방법	임정식, 이승호	2022.05.04.
3	광주파수빗 기반 무교정 파장측정기 및 이의 동작 방법	권도현, 임정식, 이정순	2021.09.13.

(공모 3) 배경대기 농도수준 할로겐화 온실가스 연속 측정기술 개발

특허

번호	지식재산권 등 명칭	출원	
		출원인	출원일
1	극미량 온실가스 고속 측정을 위한 탈부착 트랩 장치	권도현, 임정식, 이정순	2022.11.25.

「기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발」 사업

성과분석보고서(1단계)

발 행 일	2023년 7월
발 행 처	기상청
집 필 진	기후과학국, 국립기상과학원
주 소	(350208) 대전광역시 서구 청사로 189 정부대전청사 1동 기상청 기후과학국 기후정책과

PDF 파일은 기후자료개방포털(climate.go.kr)에서 다운받으실 수 있습니다.

OPEN
출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

기상청

35208 대전광역시 서구 청사로 189 정부대전청사 1동
기상청 기후과학국 기후정책과

ISBN 979-11-6988-091-6(95450)