

기상업무 연구개발사업 과제발굴연구회 운영사업 기술기획보고서

(기후변화 진단 및 예측과 관련한 과제발굴연구회)

2010년 9월 30일

주관기관(연구회 운영기관)

한국해양연구원

(재)기상지진기술개발사업단/
기후과학연구관리단

제 출 문

(재)기상지진기술개발사업단장/기후과학연구관리단장 귀하

본 보고서를 기상업무 연구개발사업 과제발굴연구회("기후변화 진단 및 예측과 관련한 과제발굴연구회") 기술기획보고서(기획기간 : 2010. 6. 1. ~ 2010. 9. 30.)로 제출합니다.

2010. 9. 30.

주관기관(연구회 운영기관) : 한국해양연구원 (대표자) 강 정 극 (인)

책임자 (위원장) : 권 민 호

연구 위원 : 김 맹 기

" : 최 영 은

" : 김 중 군

" : 강 현 석

" : 김 지 영

" : 김 백 민

요 약 서 (초 록)

과 제 명	기후변화 진단 및 예측과 관련한 과제발굴연구회
기술기획 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이상기후현상의 증가와 더불어 변화하는 기후시스템에 대하여 현업 장기계절예보와 관련된 조직적인 R&D 사업의 부재 ○ 향상된 예측시스템의 구축과 대국민 장기예보서비스 향상을 위한 R&D 사업의 발굴이 필요
주요 기획내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변화하는 기후에서 이상기후 진단 및 메커니즘에 대한 과제 발굴 ○ 장기예보 서비스 향상을 위한 수요분석 및 활용방안에 대한 과제발굴 ○ 현업 장기예보 시스템 개발을 위한 과제발굴
중점추진과제 내용	<ul style="list-style-type: none"> ① 에너지 사이클을 이용한 이상기후의 진단과 메커니즘 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 이상기후를 에너지 사이클의 관점에서 해석하여 이상 기후 메커니즘을 이해하려는 시도는 거의 없음 ② 산업 부문별 장기예보 수요분석 및 활용 시스템 구축 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 지구온난화로 인한 호우, 가뭄, 열파, 한파, 강풍, 폭설 등 빈번한 기상재해로 인해 인명과 재산피해가 증가함에 따라, 다양한 기후자료 특히 기후변화에 취약한 지역의 구체적이고 과학적인 기초자료 산출이 절실함 ③ 북극 빙권 예보선행인자와 겨울몬순 세기의 관련성 규명 및 이를 활용한 겨울몬순 계절예보 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 급격한 북극권 온도 상승, 증가된 수분 (수문 싸이클)을 고려시, 이상기후/기상의 강화는 충분히 예견. 앞으로 더욱 강화될 것임. 체계적인 예측/대응 강화 필요 ④ 자연원격상관을 이용한 겨울철 현업 장주기 한파 예보시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 동아시아 겨울철 기후와 MJO 및 NAO 특성의 자연원격상관의 진동특성을 이용하면, 동아시아 겨울철 장기예보를 위한 통계예측이 가능하여 현업 장주기 한파 예보시스템의 예측률을 획기적으로 개선시킬 수 있음 ⑤ 역학예측 모델의 성층권 모의능력 향상과 이에 기반한 겨울몬순 역학 예측 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 겨울철 계절예보의 획기적 향상을 위해, 국제수준의 계절 예측시스템 확보를 위해서는 성층권을 고려한 역학 모형 도입이 시급함 ⑥ 디지털 장기예보 생산기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 장기예보의 산업적 활용을 위하여 장기예보문에 일치하는 예보결과를 디지털화하여 표현하는 기술 개발이 필요함
과학·기술적 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이상 기후현상의 메커니즘 이해와 이에 대한 역학적 모형의 개발 ○ 현업 장기 계절 예측시스템의 구축
경제·산업적 파급효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이상기후 현상에 대한 이해와 예측성 증진을 통한 경제적 피해 경감 ○ 장기 계절 예측시스템의 산업적 적용을 통한 경제적 이익
실용화 가능성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기상청 장기예보 현업에 실용화 ○ 이상기후감시/진단정보의 범부처적 공동활용 ○ 대학, 민간업체, 언론 등에서의 실질적 활용

차 례

- 에너지 사이클을 이용한 이상기후의 진단과 메커니즘 연구 1
- 산업 부문별 장기예보 수요분석 및 활용 시스템 구축 연구 11
- 북극 빙권 예보선행인자와 겨울몬순 세기의 관련성 규명 및 이를
활용한 겨울몬순 계절예보 시스템 개발 33
- 지연원격상관을 이용한 겨울철 현업 장주기 한파 예보시스템 개발 43
- 역학예측 모델의 성층권 모의능력 향상과 이에 기반한 겨울몬순
역학예측 시스템 개발 57
- 동아시아 겨울몬순역학에 기반한 장주기(수주일~계절) 예보선행인자
개발과 이를 활용한 독자 계절예보 체계 구축 65
- 디지털 장기예보 생산기술 개발 79
- 기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP) 91

연구위원명단

성명	소속	직위	연락처	이메일주소
권민호	한국해양연구원	선임연구원	010-3244-7625	mhkwon@kordi.re.kr
김맹기	공주대학교	부교수	010-2258-8531	mkkim@kongju.ac.kr
최영은	건국대학교	부교수	010-7194-3447	yechoi@konkuk.ac.kr
김종균	(주)환경예측연구소	대표	010-9250-7670	jongkhun@hamail.net
강현석	기상청	연구관	02-6712-0306	hyunskang@korea.kr
김지영	기상청	연구관	010-7539-2797	aceasia@korea.kr
김백민	극지연구소	선임연구원	010-4194-9404	bmkim@kopri.re.kr

에너지 사이클을 이용한 이상기후의 진단과 메커니즘 연구

1. 개요

1.1 기술기획 필요성(목적)

최근 이상기후 발생과 그에 따른 피해 규모가 증가함에 따라 이상기후 감시 및 예측을 위한 장기예측 정보가 경제/산업 활동에 중요한 영향을 미치고 있다는 것은 널리 알려진 사실이다. 경제 활동에 있어서 이익 창출을 극대화하기 위해 많은 기상정보의 수집 및 이용에 대한 관심이 증대하고 있으며, 특히 이상기후 현상의 발생은 농업·건설업·상업 등 경제 활동 전반에 걸쳐 그 관심이 확대되고 있는 상황이다. 따라서 장기예측 정보를 제공하는 현업부서에서는 대규모 이상기후 현상과 맞물려 발생하는 지역적 기후변동을 수시로 모니터링하고 진단하여, 유관기관에 효과적으로 대처할 수 있는 정확한 예측정보를 제공하기 위한 시스템 개발이 필수적이다.

이에 본 연구에서는 한반도가 위치하고 있는 중위도 지역의 에디의 생성, 유지 및 소멸과 연관된 에너지 생성과 전환 방식에 대한 분석을 통해 한반도 주변에서 나타나고 있는 이상기후 현상에 대해서 에너지 순환과 결합시켜 그 메커니즘을 분석하고자 한다. 또한 에너지 순환의 모니터링을 통해 이상기후 발생의 사전 감지 기술 개발을 목적으로 한다.

1.2 기술기획 대상(내용) 및 범위

- 이상기후 사례 조사
 - 열파, 이상저온 이상기후 사례조사 (1순위)
 - 한파, 폭설의 이상기후 사례 조사 (2순위)
 - 집중호우, 가뭄에 대한 이상기후 사례 조사 (3순위)

- 에너지순환의 기후값 분포와 변동성 분석
 - 에너지 순환의 기후분포
 - 에너지 순환의 경년 변동성
 - 에너지 순환의 추세분석

- 이상기후의 에너지순환 분석
 - 이상기후에 따른 4개 성분의 에너지 수준조사
 - 이상기후에 따른 5개 성분의 에너지 전환 수준조사

- 이상기후 메커니즘 규명
 - 이상기후 발생에서 소멸까지의 에너지 순환은 어떠한가?
 - 이상기후 발생의 에너지는 어디에서 오는가?
 - 이상기후 발생의 시간규모와 공간규모는 무엇이 결정하는가?
 - 이상기후 지속의 에너지원은 무엇인가?
 - 이상기후의 공간패턴은 이동하는가?
 - 이상기후의 사전 탐지인자는 무엇인가?
 - 이상기후 소멸의 원인은 무엇인가?

1.3 기술기획 추진방법(연구개발비, 개발기간, 연 소요인력 등 포함)

본 연구는 3차년도 총 10단계로 구성하여 연구가 진행된다. 1차년도는 사례 분석, 2차년도는 메커니즘 규명, 3차년도는 시스템 개발로 이루어져 있다.

- 사례 분석 (1차년도)

- 메커니즘 규명 (2차년도)

- 시스템 개발 (3차년도)

연구에 참여하는 총 인원은 매년 10씩 총 30명의 인원이 연구에 참여할 예정이며, 총 연구비는 6억 5천을 예상하고 있다. 이상기후의 유형별로 매년 3개팀으로 구성하여 테마별로 연구를 진행할 예정이다. 박사급 인력 3인, 박사과정 2인, 석사과정 5인이 참여할 예정이다.

현장 감각을 익히기 위하여 현장 전문가와의 유기적인 네트워크를 구성하고, 필요한 정보를 필요한 순서대로 연구해 나갈수 있도록 사전에 조율할 필요가 있다. 아울러 국내외 전문가를 초빙하여 분석결과에 대한 논문작성, 발표 등이 이루어질 예정이다.

표 1. 연차별 연구내용, 기간, 소요인력 및 연구개발비

개발년차	연구내용 및 추진 절차	개발기간	소요인력	연구 개발비 (천원)
1년차 (사례분석)	이상기후 사례 조사 및 자료 수집	4개월	10인	150,000
	↓			
	동아시아 지역의 에너지 순환 경년변동 및 추세 분석	2개월		
	↓			
	몬순, 한파 등 이상기후 발생에 따른 에너지 순환 분석	6개월		
↓				
2년차 (메커니즘 규명)	에너지 흐름에 따른 이상기후 메커니즘 규명	5개월	10인	200,000
	↓			
	사전 감지 인자 추출 분석	3개월		
	↓			
	이상기후 탐지 가이드 라인 설정	2개월		
	↓			
	현업 적용을 가이드라인 알고리즘 개발	2개월		
3년차 (시스템 개발)	이상기후 분석/탐지 모듈 개발 및 현업 적용	3개월	10인	300,000
	↓			
	이상기후 표출 모듈 개발 및 현업 적용	3개월		
	↓			
	이상기후 분석/탐지/표출시스템 개발 및 현업 적용	6개월		

2. 해당기술의 국내외 동향

2.1 국내 현황

- 국내 기술개발 동향

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
공주대학교	각 GPC(Global Producing Centre for Long-Range Forecasts)가 제공하는 장기예측 자료의 진단 시스템으로 각 모델별 전구 및 지역별 에너지 수송·수렴 코드 개발	모델의 진단 시스템으로 활용
공주대학교	전 지구 및 동아시아 기후 변동 분석·예측 시스템 개발 사업 중 하나로 몬순의 강약에 따라 에너지 수송·수렴의 차이를 분석을 통해 몬순기작 분석	동아시아 겨울 몬순 기작 분석에 활용
공주대학교	여러 재분석자료(NCEP/NCAR R2, MERRA)를 이용하여 전구 및 지역별 에너지 수송·수렴 분석	여러 재분석 자료의 에너지 순환 특성 비교 및 모델 검증

2.2 국외 현황

- 국외 기술개발 동향

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
캐나다 빅토리아 대학	AMIP2에 참여한 12개의 AGCM들을 이용하여 전구 에너지 순환을 계산하여 모델 별로 비교 분석	AGCM의 에너지 순환 추정능력 비교
미국 California Institute of Technology	재분석 자료(NCEP/NCAR R2, ERA-40)를 이용하여 전구와 양반구의 에너지 사이클을 계산하여 과거 자료와 비교 분석	최신의 자료를 이용하여 에너지 사이클 갱신
영국 ECMWF	ECMWF 모델(CY32R3)을 이용하여 에너지 사이클의 아격자 규모 성분(대류)을 추정	GCM의 에너지 모사에 활용
미국 FSU	남아시아 몬순의 생성과 유지에 가용잠재에너지에서 운동에너지로의 전환의 영향력에 관한 연구	아시아 몬순의 예측에 활용
미국 FSU	한반도 여름철 강수 발생 시, 대류 시스템에 에너지가 미치는 영향과 전체 열수지 중 에너지가 상대적으로 기여하는 영향 분석	여름 몬순기작 분석에 활용
미국 Missouri 대학	동아시아 지역의 겨울몬순 동안 열에너지의 이동과 에너지 순환에 관련된 연구 및 겨울 몬순 시스템에 가장 큰 에너지를 제공하는 지역 및 에너지 순환에 관한 연구	동아시아 겨울 몬순의 메카니즘에 관한 연구에 활용

3. 해당기술 SWOT 및 경쟁력 제고방안

3.1 SWOT 분석

표 2. SWOT 분석

SWOT 분석	[기회](O) ○기후변화의 사회적 영향 다각화 ○이상기후로 인한 피해 대형화로 기후에 대한 국민 관심 증가 ○원인 해명에 대한 국민요구 수준 향상 및 급증 ○녹색성장 지원을 위한 기초 정보로 지원	[위협](T) ○지구온난화에 따른 이상기후 급증 ○이상기후 현상의 예측 불확실성 증폭 ○정확한 메커니즘 규명 필요성 증대 ○이상기후로 인한 피해 규모 및 빈도 급증
[강점](S) ○이상기후 발생시에 에너지순환 규명 용이 ○에디활동정도 파악 가능 ○에너지전환정도 파악 용이 ○모델의 성능 파악에 활용 ○이상 기후발생시 사전 진단 가능성 높음	[SO 전략] ○기후변화로 인하여 증가하는 이상기후에 의한 재해 최소화와 대국민에 대한 이상기후 원인 설명을 위하여 - 이상기후별 원인 설명용 사례를 작성 - 사전진당용 도구 개발 및 시스템화	[ST 전략] ○이상기후에 대한 신속한 진단을 기본으로 - 유관기관과의 협력체계 활성화 및 현상 메커니즘 파악을 토대로 사전진단 대책마련 - 현업업무자용 이상기후 예단인자 제공으로 대처 능력 극대화
[약점](W) ○기후값에 대한 분석에 집중하여 이상기후에 대한 충분한 분석이 없었음 ○이상 기후 발생시 에너지순환의 변화의 유의성 조사 필요 ○기상청 모델의 에너지 순환에 대한 충분한 검증 부족 ○이상 기후 발생 시간 규모에 대한 에너지 전환의 크기에 대한 불명확성	[WO 전략] ○국민 편의용 이상 기후 정보 생산을 중심으로 - 이상기후에 대한 기상학적, 사회학적, 경제적 측면의 체계적인 정리 및 능동적 대응체계 구축 - 장기예용 이상기상 특보를 위한 사전준비 및 관련 인력의 획기적인 확충방안 마련	[WT 전략] ○ 빈번한 이상 기후 사례 발생에 대처하기 위하여 -지속적인 사례 누적 분석을 통하여 메커니즘 파악 능력 향상 -관련인력의 지속적인 연구 참여 방안 마련 및 인력 흡수 계획 수립

3.2 경쟁력 제고방안

※ 해당사항없음

4. 단기 세부추진전략

1차년도 전략

- 사례 현황 분석

2차년도 전략

- 메커니즘 규명

3차년도 전략

- 시스템 개발

4.1 기상업무 R&D 정책반영

4.2 민간 투자 제고방안

※ 해당없음

5. 정책제언

- 연구와 사업을 분리할 필요가 있음.
- 연구는 그야말로 논문을 주 목적으로 하는 것이라면, 사업은 현업에서 필요한 것을 체계적으로 수행하는 것을 목적으로 한다고 할수 있음.
- 현실적으로 현업에 필요한 일을 하려면 사업으로 해야 함..

산업 부문별 장기예보 수요분석 및 활용 시스템 구축 연구

1. 개요

1.1 기술 기획의 필요성 (목적)

□ 기술 기획의 배경

- 합리적이고 예측가능한 사회 효율성 제고 필요성
- 장기 예보의 중요성 및 활용성 인식
- 국가 차원의 다양한 장기 예보 서비스 필요성
- 산업 부문의 특성에 맞는 맞춤형 장기 예보 서비스의 수요 분석 필요성
- 산업 부문의 수요에 맞는 최적화된 장기 예보 정보화 시스템의 구축 필요성

□ 기술 기획의 필요성

- 지구 온난화로 인한 호우, 가뭄, 열파, 한파, 강풍, 폭설 등 빈번한 기상 재해로 인해 인명과 재산 피해가 증가함에 따라, 다양한 기후 자료 특히 기후 변화에 취약한 지역의 구체적이고 과학적인 기초 자료 산출이 절실함.
- 에너지 수급, 수자원 관리, 도시 계획, 유통 관리, 관광 등 다양한 산업 분야의 장단기적 계획에 장기 예보의 중요성이 증가하고 있음.
- 우리나라 기상청에서도 다양한 장기 예보 자료가 생산, 제공되고 있지만, 실제 산업 분야별 필요한 정보의 유형이나 활용에 대한 연구가 미진한 것으로 보임.
- 장기 예보 정보의 수요 만족 극대화과 최적화된 활용을 위해서는 산업 부문별 맞춤형 수요 분석이 요구됨. 이를 토대로 산업 부문별 최적화된 활용 방안이 단계적으로 구축될 필요가 있음.
- 특히 장기 예보의 정보 서비스의 경우 지리정보체계(GIS: Geographic Information Systems)를 기반으로 한 Web 기반의 서비스 구현을 통해 보다 다차원적인 공간 스케일의 장기 예보 지도 정보 서비스가 필요함.

□ 기술 기획의 목적

- 산업 부문별 장기 예보 서비스에 대한 수요를 분석하고, 이를 기반으로 장기 예보 정보의 효율적인 활용 방안을 도출하며, 또한 이를 토대로 산업에 적용할 수 있는 구체적이고 유용한 장기 예보 정보의 시범 활용 시스템을 구축하여 적용하는 것이 연구의 목적임.

1.2 기술 기획 대상(내용) 및 범위

□ 기술 기획 대상(내용)

- 장기 예보 정보의 현황과 특성 유형 분석
- 산업 부문별 장기 예보 정보의 활용성에 대한 수요 분석
- 산업 부문에 적용된 장기 예보 활용에 대한 국·내외 사례 분석
- 산업 부문별 정보 활용성 제고 방안 수립(분야, 범위, 절차 등)
- 지역별, 공간 스케일별 장기 예보 정보 유형화 및 활용 방안 수립
- 장기 예보 활용을 위한 정보 서비스 시범 시스템 설계 및 구현

□ 기술 기획 대상(내용)의 범위

- 본 연구는 3년간의 연차 연구 방식으로 산업 부문에 대한 장기 예보의 종합적인 수요분석, 활용방안, 시범 정보 서비스 시스템 구축을 수행할 계획임.
- 1차년도에는 특정 산업 분야(에너지 산업)를 중심으로 수요 분석, 활용 방안, 정보화 서비스 시스템 구축을 연계하여 수행할 예정이며, 이러한 연구 성과를 보완, 발전시켜, 2,3차 산업에서는 적용하는 산업 부문의 확대 및 보다 종합적이고 체계적인 장기 예보의 산업 부문의 활용성을 극대화하는 연구 성과를 도출하는 것을 목표로 함.
- 연차적 기술 기획의 범위
 - 1차년도: 에너지 산업 분야의 장기 예보 수요 분석, 활용 방안, 활용 시범 시스템 구현
 - 2차년도: 농업, 수산업, 수자원 관리, 관광 산업 분야로 확대하여 1차 년도의 연구 내용을 확장 수행

- 3차년도: 유통물류 산업, 교통·건설 분야, 첨단 정밀산업, 스포츠 관련 산업 등에 대한 수요 분석, 활용 방안, 활용 시스템 구축

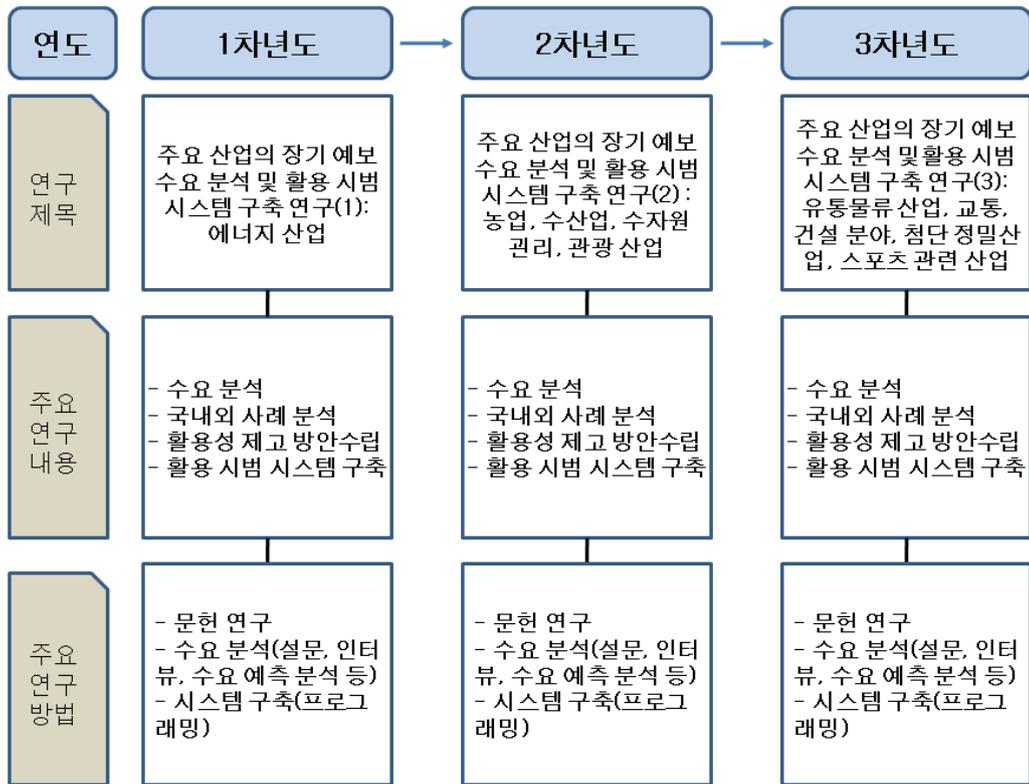


그림 1. 연차 사업의 전체적 구성

□ 기술 기획의 세부 내용

○ 산업 부문별 장기 예보 수요 분석

- 장기 예보 정보 서비스에 대한 산업의 만족도 및 수요 조사
- 산업 부문별 기존 장기 예보 서비스의 문제점 도출 및 개선보완 방안 모색
- 과학적 분석방법론을 이용한 장기 예보의 산업별 영향력 및 전략적 대응 분석(영향 강도 및 방향, 매출전망, 경영 및 마케팅 전략 변화)
- 장기 예보 활용에 대한 산업 부문의 수요 예측 분석

○ 산업 부문별 장기 예보 활용 방안 수립

- 에너지 산업의 부문별 주요 연구 대상 선정: 주요 에너지(석유, 석탄, 원자력, 수력), 재생 에너지(풍력, 지열 등)

- 활용성 제고를 위한 정보화 분석 방법의 검토와 수립(장기 예보의 영향력의 측정, 장기 예보 활용 적합성을 측정하여, 장기 예보 정보가 효과적으로 활용될 수 있는 산업 부문을 도출하고, 산업 분야의 특성에 맞는 맞춤형 활용 방안 수립)

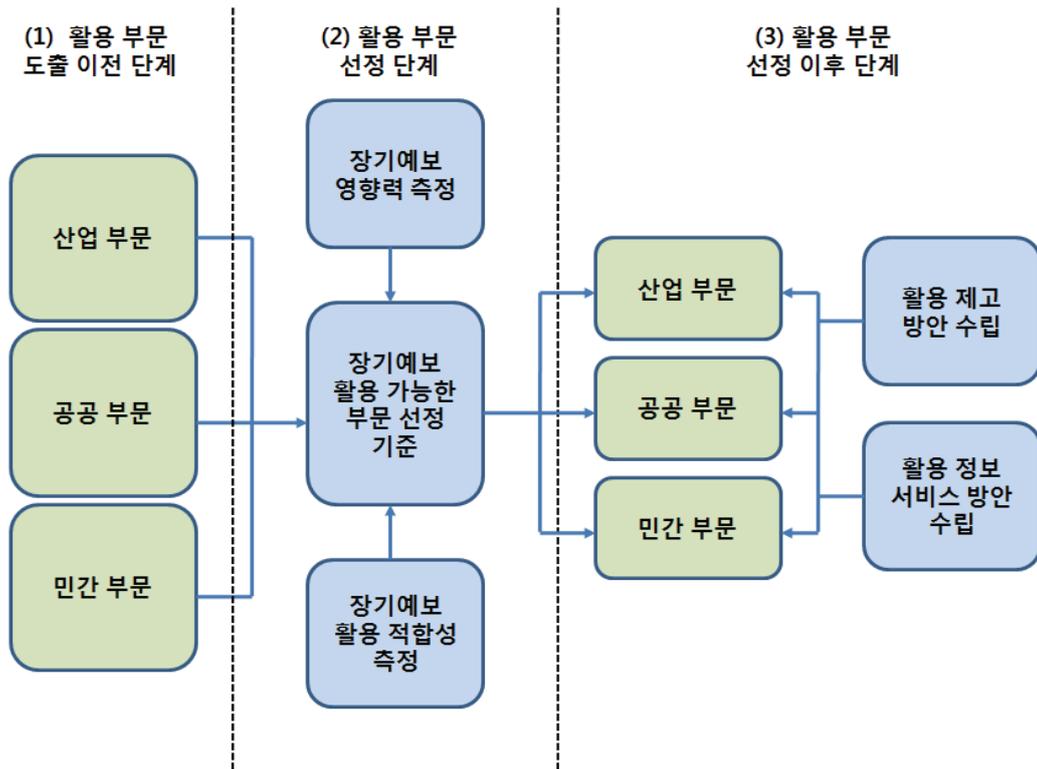


그림 2. 장기 예보 영향력과 적합성을 토대로 한 장기 예보 활용 산업 부문의 도출 및 활용 방안 수립

- 활용성 제고를 위한 정보화 분석 수행
- 활용 방안 수립: 목표 설정, 활용 범위 설정, 고려 측면, 활용 내용 요소의 설정, 장기 예보 정보의 활용, 구체적인 활용 전략, 활용의 예상효과 등

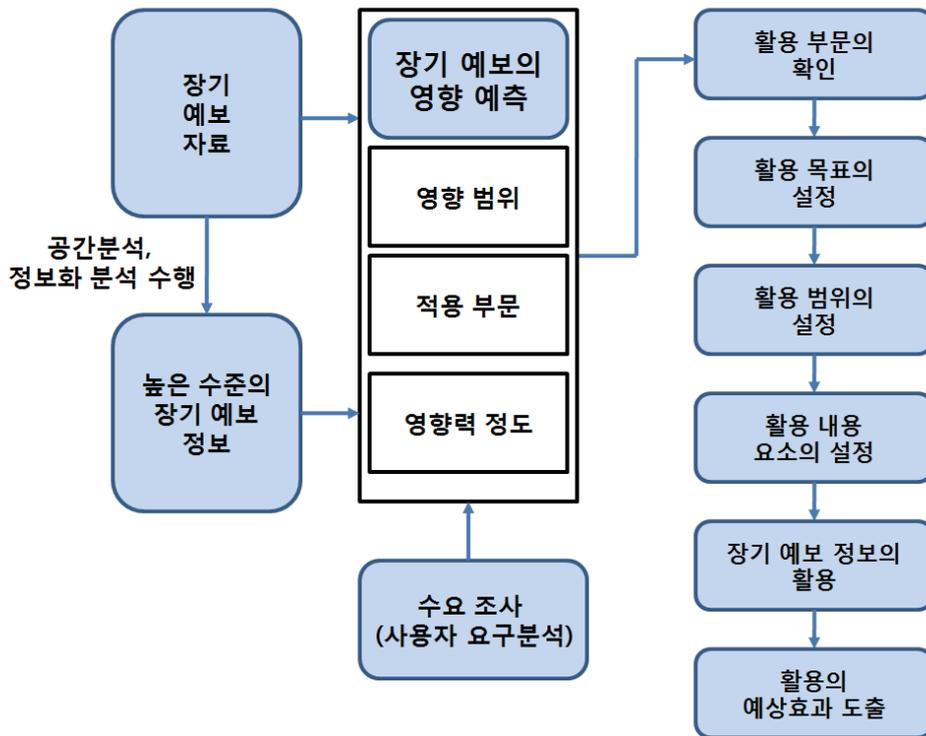


그림 3. 장기 예보 정보의 활용 절차(예시)

- 장기 예보 정보의 지역별, 공간 스케일별 유형화
 - 장기 예보 정보의 공간적 스케일에 따라 차등화하여 서비스할 필요가 있음.
 - 적용될 산업 부문의 공간 활용 범위가 다양하므로, 각 활용 공간 범위에 맞는 맞춤형 장기 예보 서비스를 수행할 필요가 있음(예, 전국 범위, 시도 범위, 시군구 범위, 읍면동 범위, 또는 특성에 맞는 지역 범위).
 - 공간 스케일을 국가, 지역, 소지역 등으로 분류하고, 이러한 다양한 공간 스케일에 따른 장기 예보 정보를 유형화함.
 - 이렇게 유형화된 장기 예보 정보를 측정하고, 분석하여 제시함.
 - 산업 부문의 공간 스케일에 따른 활동에 해당 장기 예보 정보를 적용함.

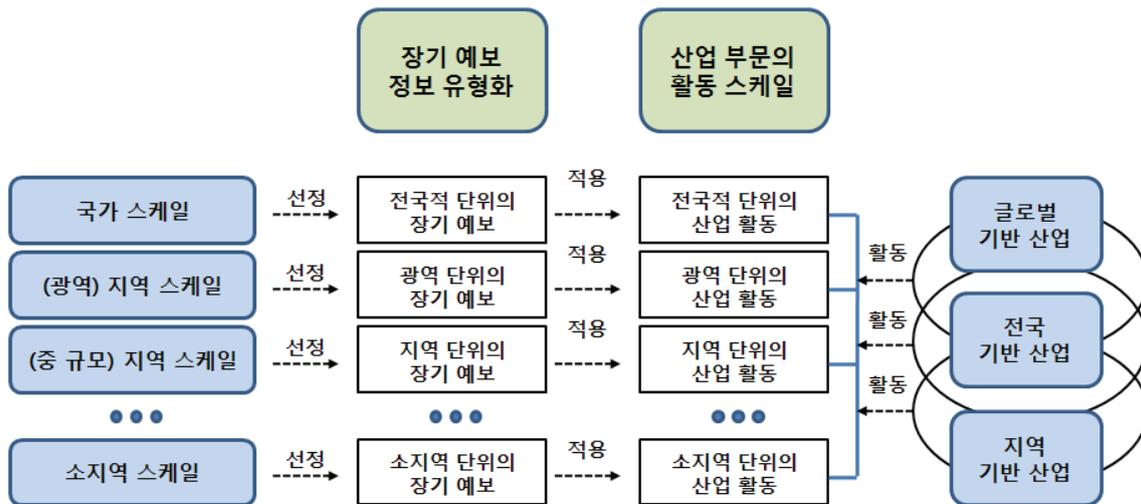


그림 4. 지역별, 공간 스케일별의 장기 예보 정보 유형화와 이에 맞는 스케일별 산업 부문에의 적용

- 산업 특성에 맞는 맞춤형 장기 예보 정보의 도출
 - 각 산업의 특성에 맞는 맞춤형 장기 예보 정보를 확인하고, 이들을 중심으로 정보 서비스 구현 방안 수립
 - 예를 들어, 에너지 산업의 경우에도 세부 에너지 분야(예, 정유, 원자력, 수력, 풍력)에 따라 필요한 장기 예보의 종류가 다름.
 - 또한 이들 장기 예보의 시간적 범위와 공간적 범위가 다름(산업적 특성에 따라 활동하는 공간 범위와 영향을 미치는 지역의 크기가 다름. 이에 걸 맞는 최적화된 장기 예보의 서비스가 이루어질 필요가 있음.)
 - 따라서 각 산업 특성에 맞추어 제시할 필요가 있음.

○ 장기 예보 활용 시범 시스템 구축

- GIS를 기반으로 한 맞춤형 장기 예보 활용 서비스 시스템 구현
- 앞서 수립된 활용 방안에 토대하여, 시범으로 활용 서비스의 범위 선정
- 고급의 장기 예보 정보화를 위한 공간 분석 수행(예, 영향권 분석, 공간 인 터플레이션 등)

- 다양한 공간 스케일별 장기 예보 정보의 시각화/지도화 구현
- 주요 구성 절차: (1) 활용 서비스 구현 목표 설정 → (2) 활용 서비스 범위 선정 → (3) 구현될 서비스 기능 선정 → (4) 지역별, 공간 스케일별 장기 예보 정보의 유형화 → (5) 장기 예보 데이터베이스 구축 → (6) 서비스 시스템 설계 → (7) 서비스 시스템 구현(프로그래밍)

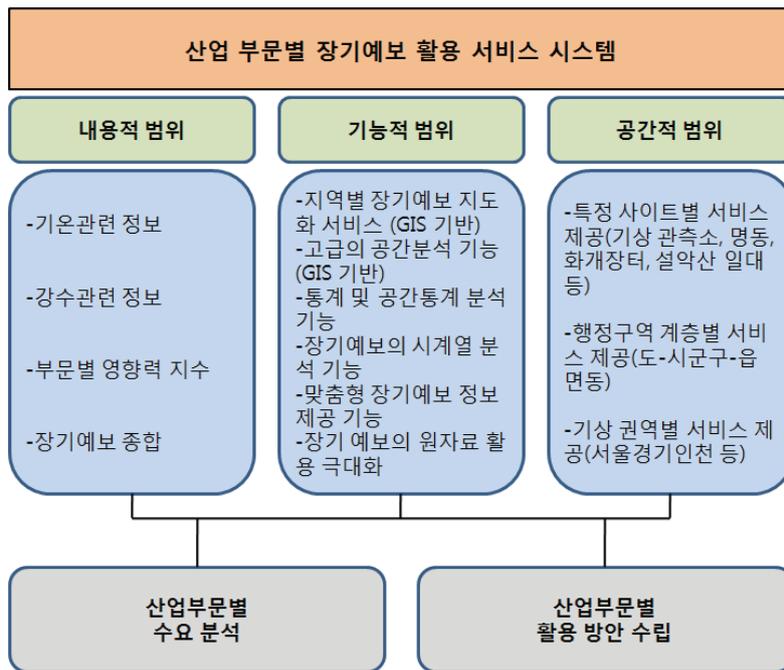


그림 5. 산업 부문별 장기 예보 활용 시범 시스템의 범위

1.3 기술기획 추진방법

□ 개발기간: 2011년 1월 1일 ~ 2013년 12월 31일(총 3년)

□ 연구개발비(단위: 백만원) 및 연 소요인력

연도	2011년	2012년	2013년	총 연구비
연구개발비	300	300	400	1,000
소요인력	12명	12명	12명	36명

2. 해당 기술의 국내외 동향

2.1 국내 현황

□ 국내 산업 시장 동향

- 국내에서는 기상청의 기상 정보 서비스와 더불어, 다양한 민간 부문에의 활성화 노력으로 인해 현재 기상 서비스 시장이 확대되고 있음.
- 기상 정보의 비용 효과는 국가 여건마다 달리 평가되는데, 중국에서는 30배, 미국은 8배, 우리나라는 20배의 경제적 이익을 창출하는 것으로 추산됨.
- 특히, 최근에 기상 정보의 중요성과 더불어 다양한 분야에서 기상 정보를 활용하려는 노력이 두드러지고 있음.

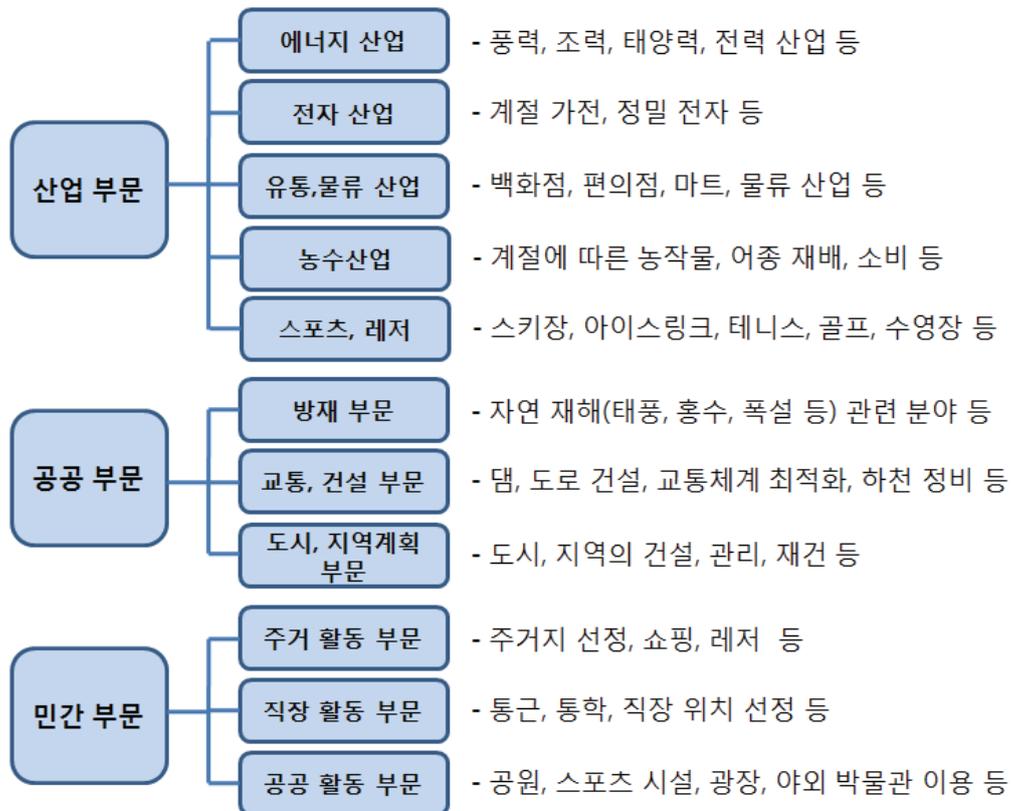


그림 6. 장기 예보의 주요 활용 분야의 구성(예시)

○ 국가 차원의 장기 예보 서비스의 본격화

- 기상청에서 장기 예보 정보를 이용한 서비스를 수행하고 있음.

표 1. 기상청 제공 기상지수 유형

대분류	세부지수
생활기상지수	자외선지수, 식중독지수, 열지수, 불쾌지수, 체감온도, 동파가능지수, 황사영향지수, 산불위험지수
산업기상지수	농업지수, 수산업지수, 축산업지수, 건설지수, 레저지수, 유통지수, 교통지수, 에너지지수
보건기상지수	천식가능지수, 뇌졸중가능지수, 피부질환가능지수, 폐질환가능지수, 꽃가루농도위험지수
가뭄판단지수	

출처: 기상청 (<http://www.kma.go.kr/>)

생활기상정보 지수기준

생활기상지수					
자외선지수	위험 (11 이상)	매우높음 (8~10)	높음 (6~7)	보통 (3~5)	낮음 (1~2)
식중독지수	위험 (85 이상)	경고 (50~85)	주의 (35~50)	관심 (35 이하)	
열지수	매우높음 (54 이상)	높음 (41~54)	보통 (32~41)	낮음 (32 이하)	
불쾌지수	매우높음 (90 이상)	높음 (75~90)	보통 (66~75)	낮음 (66 이하)	
체감온도	위험 (-45°C 이하)	경고 (-25°C ~ -45°C)	주의 (-10°C ~ -25°C)	관심 (-10°C 이상)	
동파가능지수	매우높음 (75 이상)	높음 (50~75)	보통 (25~50)	낮음 (25 이하)	
산업기상지수					
	나쁨	보통	중음		
보건기상지수					
	높음 (86 이상)	보통 (51~85)	낮음 (50 이하)		

주간 산업기상 예보 및 보건기상 정보 서비스 예시

분야	산업명	기준
농업	농약살포	강수량 없고 풍속 5% 미만이면 좋음
수산업	수산물건조	맑고 풍속 4~7% 이면 좋음
축산업	우유생산	평균기온 10~21도, 하루 27kg 산유 가능
건설	기초공사	강수량 없고 최저기온 5도, 최고기온 25도 미만 좋음
에너지	냉방에너지	최고기온 26~30도 소비 증가
레저	바다낚시	파고 3~5m는 안전한 곳에서 제한적으로 가능
유통	구이용육류	평균기온 5도 미만 혹은 눈-비올 때 소비 저조
교통	육상교통	강수량 5~50mm 또는 적설 3cm 미만 주의
보건	천식	입원발생률 85~100%는 위험
	등상	체감온도 영하 45~25도 10분내 동상 위험

그림 7. 기상청 제공 기상지수와 산업기상 예보 서비스

출처: 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr/>)

- 기상청 기상지수 서비스 특성

- 지역별 지수 현황 제공(보건 기상지수를 제외한 모든 지수에 대해 전국 읍면동 지역단위로 제공)
- 지수 기준 및 설명/주의 사항 제시
- 연중 매일 자료 제공

- 기상청 기상 지수 서비스 체계의 한계 및 보완 사항
 - 장기 예보에 근거한 생활 산업 기상 지수 부재
 - 장기 예보 자료에 기반한 새로운 유용한 지수 개발 및 지역별 지수 산출 필요
 - 다양한 수요층의 실제적 요구에 기반한 다양한 지수 개발 필요(예, 기상 경제지수, 재해재난지수, 기상매출지수, 레저여행지수, 관광지수, 해충지수, 악취지수 등)
 - 장기 예보(기온, 강수량)에 기반한 산업별 특성에 따른 영향력 지수 개발 (해외 사례 조사 및 개발)

○ 민간 기상 예보 서비스의 증가

- 기상청에서 제공되는 장기 예보 데이터를 바탕으로 하여 민간 부문에서 많은 서비스 수행
- 1997년 민간예보 사업제도가 시행되면서 날씨를 이용한 마케팅이 본격적으로 도입되기 시작함.
- 이러한 부분은 농업, 축산업, 수산업을 중심으로 이루어지다가, 최근 토목, 건축, 에너지, 제조업, 패션, 유통, 환경 등 다양하게 확대되고 있음.
- <http://www.w365.com>, <http://www.kweather.co.kr>, <http://www.630.co.kr> 등
- 기상청에서 제공되는 날씨, 예보 서비스 정보 서비스의 경험을 바탕으로 하여 민간 부문에서 부가가치적 정보 서비스의 시작

○ 국내 장기 예보 서비스 현황의 시사점

- 기상 관측소별로 정보를 제공하고 있음(관측소를 제외한 지역에 대한 정보 서비스 필요)
 - GIS를 이용한 연속적인 기상 정보의 서비스가 매우 유용할 것으로 판단됨.
 - 이때 일부 내삽(interpolation) 방법을 이용한 연속적인 기상 정보의 면 추정을 수행하고 있으며, 공간적 의존성 등에 의한 공간적 영향력을 충분히

고려하지 못하는 경우가 많음. 따라서 보다 과학적이고 합리적인 방식의 기상 정보 추정 방법론 적용 필요

- 지역별/권역별 서비스 제공의 어려움(기상청 지수 서비스, 동네/주간 예보는 지역별 서비스 제공하고 있음)
 - 지역별, 공간 스케일별로 장기 예보 정보를 유형화하여, 이에 맞도록 장기 예보 데이터를 공간 분석을 이용하여 재구성하여 서비스할 필요가 있음.
- 기온, 강수량에 대한 단순 서술(예: 평년과 비슷하겠음) 및 예측 확률만 제공
- 수요자 유형(산업, 교육, 일반인) 및 요구에 부합하는 서비스 콘텐츠가 부족함.
- 고부가가치 서비스 콘텐츠 미비(다양한 산업 및 생활지수 등)
- 지리정보시스템(GIS), 위치기반시스템, 모바일 기술과 같은 최신 IT 기술과의 연계 부족
- 기상청의 타 서비스와의 연동을 통한 포털 서비스 부족

□ 국내 기술개발 동향

- 날씨 보험과 관련하여 케이웨더와 동양화재가 장기 예보를 활용한 서비스를 수행하였음.
- 건설 재해와 관련하여 현대건설은 민간 기상업체로부터 제공받은 시간별 기상 정보를 업무에 활용하여 예방 서비스를 구현함.
- 홈쇼핑 비즈니스와 관련하여 CJ 홈쇼핑은 날씨 정보를 토대로 한 사내 지식 정보시스템(KOSS)을 통해 날씨에 따른 홈쇼핑 업무의 효율성을 높임.
- 에너지 분야에서 한국지역난방공사는 날씨 정보를 토대로 한 난방예보 시스템을 구축하여 에너지 공급업무에 적용하고 있음.
- 농촌 진흥청은 농업기상정보시스템(weather.rda.go.kr)을 운영하면서 농민의 농업 활동에 도움을 주고 있음.
- 해상 유통 물류와 관련하여 대한통운에서는 항만특화 통합기상시스템을 구축하여 물류업무에 적용하고 있음.

2.2 국외 현황

○ 국외 산업 시장 동향

- 미국 상무부의 자료에 따르면, GNP의 약 1%에 해당하는 9조 달러의 비즈니스가 날씨에 영향을 받으며, 모든 산업 분야의 70% 이상이 날씨에 상당한 영향을 받고 있다고 함.
- 오스트레일리아에서는 밀 수확 등 농업 활동에 장기 예보를 활용하는 사례가 존재함(Abawi et al., 1995). 이 경우 장기 강수량 등의 기상 정보를 활용하여 밀 수확기간을 시뮬레이션 모델을 통해 추산하여 이를 실제 농업 활동의 의사결정에 적용하고 있음.
- 이외에도 농업 분야의 장기 예보를 이용한 사례들이 많음(Abawi et al., 2002; Emberlin et al., 1999; Glantz, 1977; Livezey, 1990; Kolb and Rapp, 1962; Hill et al., 2002).
- 또한 미국 세크라멘토시의 전력 공급에 있어서 장기 예보가 활용되고 수력 발전소의 발전량을 유지관리하기 위해서, 장기 예보를 통해 강수량 정보를 이용하여 가뭄과 홍수 등에 따른 피해를 줄이는 역할을 함.

○ 국외 기술 개발 동향

- 미국 기후예측센터(Climate Prediction Center)에서는 기온, 강수량, 허리케인 등 다양한 요소를 다양한 시간 단위의 예측자료로 생산
 - 기온과 강수의 경우에는 6-10일, 8-14일, 1개월, 3개월, 가뭄 및 재해는 10일 단위로 확률예측 생산

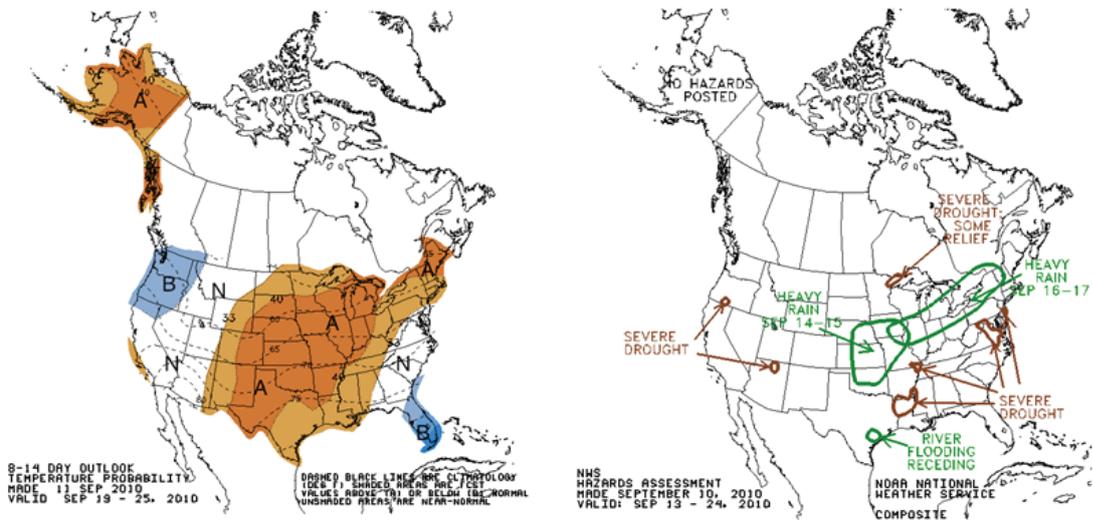


그림 8. 기후예측센터의 8~14일 기온 예측 지도

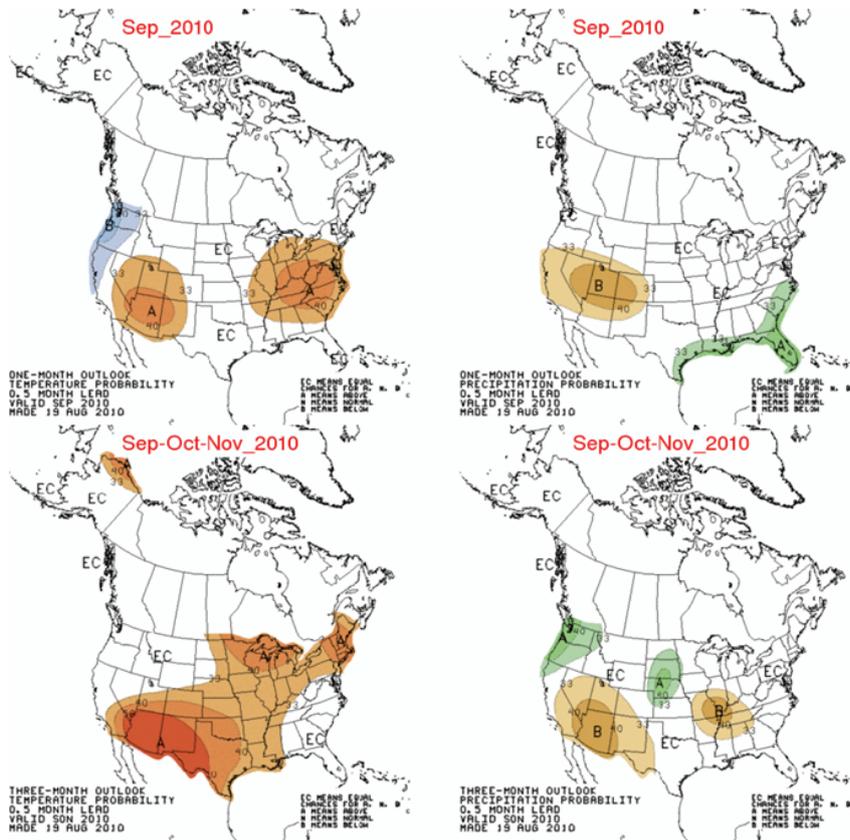


그림 9. 미국 CPC 1~3개월 기온 및 강수량 예측의 예

- 오스트레일리아 기상청에서는 기온, 강수량, 엘니뇨 전망을 3개월 단위로 확률예보 제공

- Bureau's official seasonal climate outlook 모델을 사용
- 3개월 단위로 계절별 강수 전망자료를 지도와 표로 제공
- 시나리오 전망(Chance of Exceeding 75%, 50%, 25%), 기준강수 초과 확률을 지도로 제공
- 기준강수 초과 확률의 경우 지점별로 표로 제공
- 계절별 최고기온과 최저기온의 확률예보를 지도로 제공
- 다음 계절의 기온 전망을 텍스트로 제공
- El Niño/La Niña에 대한 텍스트 및 지도 제공

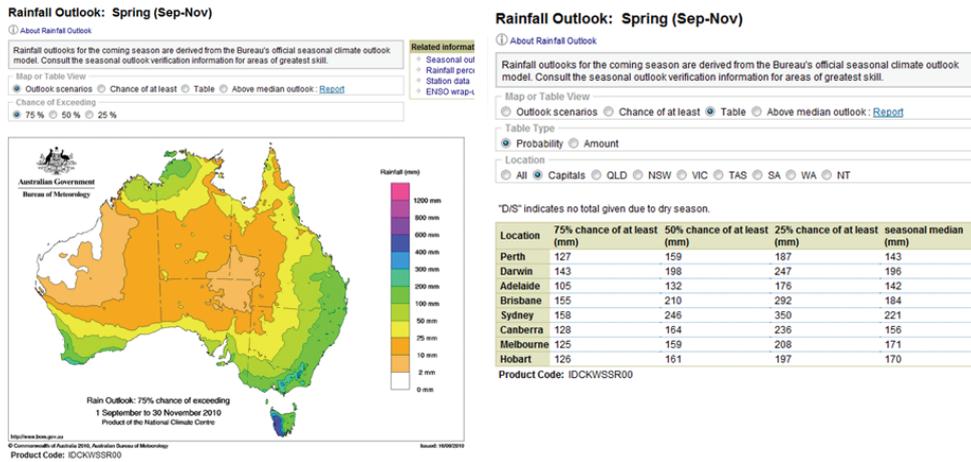


그림 10. 오스트레일리아 기상청의 계절별 강수량 전망 제공의 예

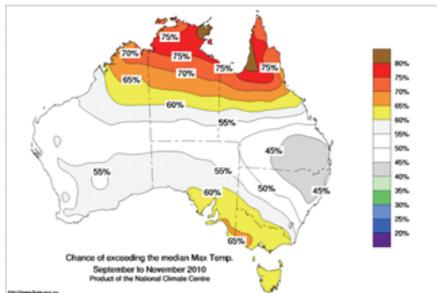
National Seasonal Temperature Outlook: probabilities for Spring 2010, issued 24th August 2010

Warmer days and nights favoured for the tropical north and southeast of the country

The national outlook for daytime maximum temperature for spring (September to November), favours warmer conditions over the north and southeast of the country. The outlook for minimum temperature favours warmer than normal nights for all of Australia.

The pattern of seasonal rainfall odds across Australia is dominated by the recent warm conditions in the Indian Ocean as well as a cooling trend in the equatorial Pacific Ocean associated with a La Niña, with the Indian Ocean being the dominant contributor in this outlook.

The chance that the average spring maximum temperature will exceed the long-term median maximum temperature is above 60% over northern parts of Australia, as well as southeastern SA and all of Victoria and Tasmania. These odds increase to over 75% in the northern NT and northern Queensland. This means that for every ten years with ocean patterns like the current, about seven to eight years would be expected to be warmer than average during this spring period over far northern Australia, with about two to three years being cooler.



La Niña strengthens in the Pacific

Issued on Wednesday 1 September 2010 | Product Code DCKGEW00

A La Niña event is now well established in the Pacific Ocean. All computer models surveyed by the Bureau suggest Pacific Ocean sea surface temperatures (SSTs) will continue to exceed La Niña thresholds through the southern hemisphere spring, with the majority indicating the event will persist into at least early 2011.

All key indicators of ENSO are at levels typical of a La Niña event. The central Pacific has cooled significantly over the past two weeks, the Southern Oscillation Index (SOI) remains well above La Niña thresholds, cloudiness over the central Pacific remains suppressed and trade winds continue to be stronger than the long-term average in the central and western Pacific.

La Niña periods are usually, but not always, associated with above normal rainfall during the second half of the year across large parts of Australia, most notably eastern and northern regions. Night time temperatures are historically warmer than average and Tropical Cyclone occurrence for northern Australia is typically higher than normal during the cyclone season (November-April).

Recent values of the Indian Ocean Dipole (IOD) index, combined with forecasts from the Bureau's POAMA model, suggest that a negative IOD event may have commenced in the Indian Ocean. Negative IOD events are often, but not always associated with above average rainfall over large areas of southern Australia during the southern hemisphere spring, and are known to coincide with La Niña events.

Next update expected by 15 September 2010 | [print version](#)

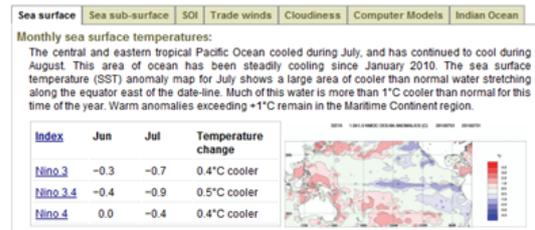


그림 11. 오스트레일리아 기상청의 계절별 기온 및 엘니뇨 전망 제공의 예

○ 기술개발이 가능한 국외업체 동향

- Climate Forecast Applications Network 는 Georgia Tech University의 Dr. J. Curry와 Dr. P. Webster가 설립한 예보자료 생산 기관
- 건설회사, 정유회사, 유통관리, 운송 등 다양한 분야에 장기 예보, 기후영향 평가, 허리케인 예보 등을 제공함.
- 기상청에서 제공된 앙상블 예보 결과(ECMWF Ensemble Prediction System) 를 이용하여 예보를 이용하여 기상과 기후의 확률예보 제공: 위험 관리나 의 상결정에 필요한 비용/손실 분석을 가능하게 함.
- 일 단위 예보는 15일까지 하루 두 번, 월 단위는 주간-32일, 계절은 1월-7개월까지 생산하여 정보를 제공
- 주요 예보 생산물
 - 기온, 강수량, 바람 자료와 아노말리 확률예보 지도: 난방도일이나 성장도 일 등 지수도 제공
 - 특정 도시나 국지 지역에 대한 지점 예보 생산
 - 열파, 한파 와 가뭄과 같은 극한 기후사상 확률예보(월, 계절) 생산
 - 원격상관영역의 확률예보(ENSO, Modoki, MJO, NAO, PNA, AO, EPO, WPO등) 생산

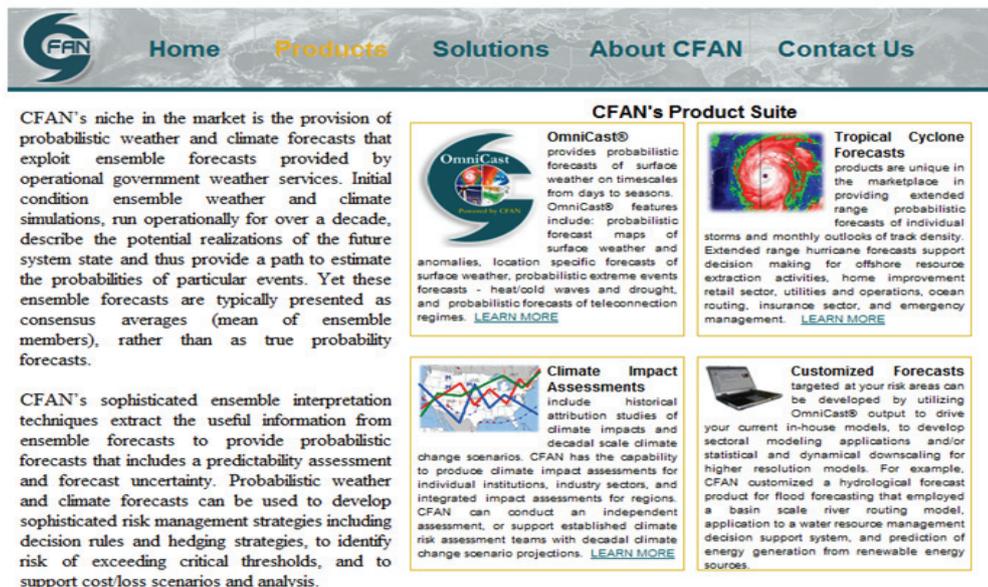


그림 12. Climate Forecast Applications Network의 홈페이지

3. 해당 기술 SWOT 및 경쟁력 제고 방안

3.1 SWOT 분석

○ SWOT 분석을 통해 장기 예보의 활용성 극대화를 위한 분석 수행

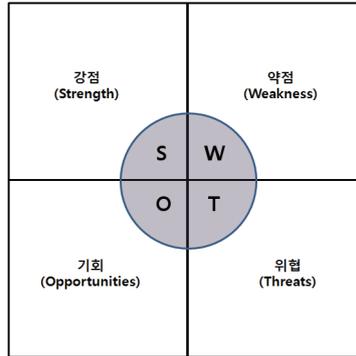


그림 13. 장기 예보 활용을 위한 SWOT 분석의 구성 요소

- 강점(Strength):

- 국가 차원에서의 장기 예보 중요성의 인식, 장기 예보의 중요성에 따른 산업 부문의 파급효과의 필요성 인식 → 장기 예보 서비스의 인식 토대 마련
- 기상청을 중심으로 한 장기 예보 및 기상 정보의 구축 및 서비스 → 국가 차원의 강력한 정보 인프라 존재

- 약점(Weakness):

- 장기 예보의 산업 부문 활용에 대한 체계적, 종합적 솔루션 부족
- 산업 부문의 특성에 맞는 다양하고 적합한 세분화된 정보 서비스의 부족
- 다양한 활동 영역을 갖는 산업 부문에 적합한 다양한 지역 단위 장기 예보 정보의 유형화 및 이를 기반으로 한 정보 서비스 부족
- 텍스트 기반의 서비스로 보다 시각적이고 지도화된 고품질 정보 서비스의 부족
- 공간 분석 방법론을 통한 고급의 장기 예보 정보의 생성 부족

- 기회(Opportunities):

- 장기 예보에 대한 민간 부분의 관심 증대와 투자 확대 가능성
- 장기 예보에 대한 다양한 수요 확대 및 이를 활용한 업무 효율화 기대 증진

- 위협(Threats):

- 장기 예보를 기반으로 한 지속적인 투자 확대 가능성의 문제점
- 장기 예보 정보의 정확도 향상 및 예측 효율성 향상을 위한 국내외 협조의 어려움

3.2 경쟁력 제고 방안

- 따라서 산업 분야의 효율성 제고를 위한 장기 예보의 활용은 매우 중요하다고 할 수 있음.
 - 이는 산업의 효율성 제고뿐만 아니라, 비용 절감과 위험 관리의 측면에서 적극적으로 도입해야 할 기술이라고 판단됨.
- 장기 예보에 대한 산업 부문별 수요 분석
 - 민간 부문에서 장기 예보에 대한 구체적인 투자와 활용을 적극적으로 하지 못하는 이유 중의 하나는 활용에 따른 기대 효과로서 이용에 따른 편익에 대한 정보가 부족한 것으로 생각됨.
 - 따라서 산업 부문별로 장기 예보 활용에 따른 구체적인 수요 분석과 예측에 대한 분석이 필요할 것으로 판단됨.
- 장기 예보 활용에 대한 방안 수립
 - 장기 예보의 활용은 단순히 일부 기상 정보의 업무 적용이라는 단편적인 수준에 그치는 것이 아니라, 보다 체계적이고 종합적인 관점에서 이루어질 필요가 있음.

- 특히, 활용전에 특정 산업 부문이나 기업체 등이 추구하는 목표를 확인하고, 단기/중기/장기의 시기에 걸쳐서 장기 예보 활용과 관련한 구체적인 방안의 수립과 이에 따른 투자, 기대효과 등을 제시할 필요가 있음.
- 또한 산업별 업무 수행과 관련하여 활동 영역인 공간 스케일이 매우 다양하므로 이들 다양한 공간 스케일의 업무에 최적화된 장기 예보 정보의 생성 및 제공이 필요할 것으로 판단됨.

○ 장기 예보 활용 서비스 시스템 구축

- 국내외 사례를 통해 살펴보았듯이, 일부 선진적인 기업들은 자체적으로 기상 정보를 활용한 서비스를 구축하여 이용하고 있음.
- 반면 많은 산업 분야나 기업들은 이러한 활용 서비스에 대한 혜택을 받지 못하고 있는 실정임. 또한 활용되는 정보 서비스의 경우도 보다 다양하고 고급의 장기 예보 정보가 이루어지지 못하는 실정임.
- 따라서 보다 유용하고 실질적으로 도움이 될 수 있는 장기 예보 정보를 생성하고 이를 서비스함으로써 활용의 극대화를 추구할 필요가 있으며, 이를 통해 산업 분야의 발전이 이루어질 것으로 예상됨.

4. 단기 세부추진 전략

- 산업 부문별 장기 예보 수요 분석 및 활용 시스템 구축 연구는 3여 년간의 다년 연구 수행을 통해, 주요 활용 가능한 산업 부문에 대한 종합적인 솔루션, 즉, 수요 분석, 활용 방안 수립, 시범 정보 서비스 시스템 구현을 확대할 계획임.
- 또한 이러한 솔루션은 현황 파악이나 정보 정리 수준에 그치는 것이 아니라, 장기 예보 활용에 대한 다양한 분석 방법론의 수립 및 적용을 통해, 보다 과학적이고 합리적인 연구 결과를 도출할 것으로 판단됨.

- 이러한 연구를 수행하기 위해 이론적 측면과 실증적인 측면에서 연계되어 연구가 수행됨으로써, 연구 측면에서는 장기 예보에 대한 기술·연구 방법론의 혁신뿐만 아니라, 산업 부문에 실질적으로 적용되어 활용할 수 있는 구체적인 솔루션을 제공한다는 점에서 의의가 있음.

4.1 기상업무 R&D 정책 반영

- 장기 예보의 수요 분석 및 활용 시스템 구축은 기상청 또는 기상 관련 업무와 매우 밀접한 관련을 맺고 있음.
 - 기상 정보 및 장기 예보 정보의 수집 및 구축은 본 연구의 선행 부분에서 매우 밀접한 관련성을 가짐.
 - 또한 장기 예보 정보의 유형화 및 분석을 통한 고급 정보의 생성은 기상 업무의 R&D와 매우 밀접함.
 - 또한 GIS를 기반으로 한 장기 예보 정보의 지역 정보 서비스는 정보 서비스의 수준을 한 차원 끌어올리는 효과를 가짐. 특히, 웹기반의 고급 공간 분석을 이용한 장기 예보 정보 서비스는 다양한 사용자의 요구를 만족시킬 것으로 판단되어 이에 대한 관련 연구와 밀접한 관련성을 가진다고 판단됨.

4.2 민간투자 제고 방안

- 산업 부문별 장기 예보의 수요 분석 및 활용 시스템 구축은 국가 전반에 있어서 많은 다양한 긍정적인 효과를 갖는 동시에, 해당 산업 분야의 개별 기업체에 있어서 매우 유익한 효과를 제공해 줄 것으로 판단됨.
- 특히, 공신력 있는 국가 차원의 공공 정보를 활용하여 민간 산업 부문의 효율성 제고와 부가가치 극대화에 기여하는 부분은 민간 부분이 이러한 연구에 공동으로 참여하는 것이 매우 긍정적일 것으로 판단됨.

- 특히, 산업 부문의 수요 분석-활용 방안 수립-시범 시스템 구축에 이르는 체계적이고 종합적인 프로토타입 솔루션이 구현되면, 많은 다양한 산업 분야에 적용됨으로서 많은 부가적인 이익을 창출할 것으로 보임.
- 따라서 활용 가능한 분야의 참여를 적극적으로 유도하고, 이러한 산업 분야의 적극적인 참여와 동시에 투자를 할 수 있도록 노력할 필요가 있음.
 - 이는 개별 산업 분야에 적용할 수 있는 수요분석 및 활용 시스템 구축 연구에 공동참여 또는 투자 유치의 방식으로 가능할 것으로 보임.
 - 또한 활용 시스템 구축과 운영에 있어서 해당 분야의 투자가 이루어지는 것이 가능할 것으로 보임.

5. 정책 제언

- 과학 기술적 측면
 - 장기 예보의 확률예보 및 기상관련 재해예보 향상을 추진
 - GIS에 기반한 수요자 맞춤형 장기 예보자료 제공
- 경제 산업적 측면
 - 다양한 산업 분야에서 요구되는 장기 예보의 정확한 수요를 분석하고, 활용 시스템 활용 극대화 방법을 모색
 - 민간예보산업의 활성화 방안 모색
- 실용화 가능성의 측면

**북극 빙권 예보선행인자와 겨울몬순 세기의
관련성 규명 및 이를 활용한 겨울몬순
계절예보 시스템 개발**

1. 개요

1.1 기술기획 필요성(목적)

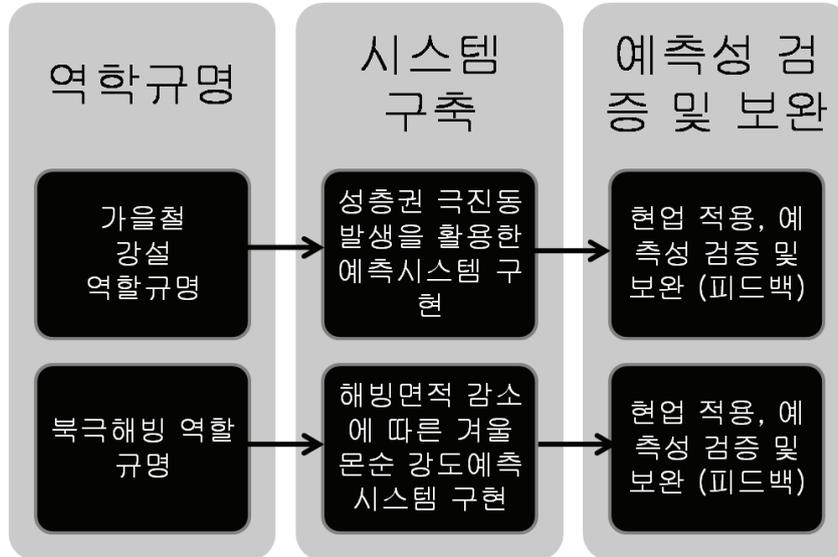
- 금세기 들어 겨울철 장주기 한파 및 폭설 증가경향 뚜렷. 피해 급증.
- 금세기 들어 나타나는 겨울 한파의 특징 변화. 삼한사온 -> 폭설을 동반하는 장기간 지속되는 형태.
- 급격한 북극권 온도 상승, 증가된 수분 (수문 싸이클)을 고려시, 이상기후/기상의 강화는 충분히 예견. 앞으로 더욱 강화될 것임. 체계적인 예측/대응 강화 필요.
- 겨울 몬순의 특징 변화는 예보 측면에서 매우 중요. 그러나, 현 시점에서는 원인 규명 불충분. 이에 따른 계절 예측 부재. 여름 몬순에 비해서도 매우 미흡한 실정.
- 국지대류 불안정에 지배되는 여름보다 제트기류에 지배되는 겨울은 역학적 관점에서 계절예보에 유리! 그럼에도 불구하고 이를 계절예보에 활용한 사례는 전무.
- 가을철 강설, 급격한 해빙면적 감소와 같은 빙권 기후변화와 동아시아 겨울몬순,한파발생 메커니즘에 대한 정확한 이해 및 이에 기반한 계절예보 시스템 개발이 시급함
- 지구온난화에 의해 적도지역 대류시스템의 특징이 급격히 변하고 있음.

1.2 기술기획 대상(내용) 및 범위

- 계절예측 선행인자로서의 가을철 시베리아 강설의 역할 규명
- 계절예측 선행인자로서의 북극 해빙의 역할 규명
- 성층권 극제트 세기변화가 겨울철 장주기 한파 형성에 미치는 영향 규명
- 규명된 역학에 따라 가을철 해빙, 늦가을 초겨울 시베리아지역 강설, 초겨울 성층권 극진동 및 돌연승온 현상을 선행인자로 하는 장주기한파 계절예보 시스템 개발

1.3 기술기획 추진방법(연구개발비, 개발기간, 연 소요인력 등 포함)

○ 추진체계



- 제목: 북극 빙권 예보선행인자(강설, 해빙)와 겨울몬순 세기의 관련성 규명 및 이를 활용한 겨울몬순 계절예보 시스템 개발
- 연구개발비: 연간 150,000천원
- 인건비 분담: 역학과정 분석 박사급 인력 2인 (50,000천원)
- 기술정보 입수: 국내 및 국외 전문가 자문, 협력 (10,000천원), 국외 기술정보 수집 및 워크샵 참석 (10,000천원)
- 기자재 및 재료비: 겨울몬순 계절예보 시스템 총괄 서버 구축 및 시작품 제작 (40,000원)
- 총괄 워크샵 개최 및 세미나 (10,000원)
- 개발기간: 총 3년 예상
- 연소요 인력: 3인 (총괄책임자, 박사급 연구원 1인, 석사급 연구보조 1인)

2. 해당기술의 국내외 동향

2.1 국내 현황

○ 국내 기술개발 동향

- 국내 한파 및 겨울몬순 연구는 정창희 (1975) ('동계한파에 따른 우리나라 일기변화의 특징에 관한 연구, APJAS')의 연구가 시작이라고 판단됨.
- 1980년대에는 한파 연구를 찾아 보기 힘들으나, 김금란과 박순웅 (1987)이 한파 발생과 동아시아 2차순환에 관한 연구를 수행함.
- 1990년대에 들어오면서, 이동규, 안영인, 부경은, 임규호등에 의해 활발히 연구가 진행됨.
- 이동규, 안영인등은 ECMWF 모델등을 이용하여 중규모 수치모델에서 나타나는 한파에 대해 사례분석 및 앙상블 예보를 시도함.
- 임규호, 부경은등은 한파의 정밀한 정의를 시도하였음이 높이 평가되며, 제트류와의 관련성에 대한 역학적 이해를 시도함.
- 2000년 이후 전종갑, 이은정등이 겨울몬순을 지수화하여 겨울몬순지수를 정의함으로써 보다 객관적인 겨울몬순 연구가 가능해 짐.
- 한편, 2000년대 이후 한파연구는 김백민, 정지훈, 허창희 등의 연구에 의해 기본적인 한파 메커니즘에 나아가 다른 장주기로 변화하는 역학적인 요소들 (극진동, 적운대류, 성층권-대류권 역학)과의 관계에 집중함으로써 한파의 장기예보 가능성을 열어놓고 있음.
- 이상의 분석을 통해, 현재 한파 연구의 경우 개념정립 단계와 역학 이해 단계에 대해 미진한 부분이 있으나, 어느정도 정립되어 있다고 판단됨.
- 겨울몬순 및 한파의 예측성 연구에 있어, 역학 모델링의 경우, 단순 사례 분석과 저해상도 미래기후 모형에서의 한파 특성에 대한 시험연구등이 미흡하나마 시행된 바 있음. 통계 모델링의 경우 아직 시도된 바 없어 미흡단계라고 판단됨.
- 관련논문:
김금란, 박순웅 (1987): 우리나라에 한파 내습시 동아시아 지역의 국지 2차 순환, 대기지

- 이동규, 안영인 (1993): ECMWF 모델을 사용한 동아시아 한파사례의 예보실험 연구, 대기지
- 이동규, 안영인 (1994): 시간지연 앙상블 예보법을 이용한 한파 예보사례 연구, 대기지
- 류상범 (2003): 우리나라 겨울철 한파내습과정에 관하여, 대기지
- 부경은, 임규호 (1996): 겨울철 한반도 한파와 동아시아 대기 순환, 기상학회 초록
- 신성철, 김맹기, 이우섭, 윤자영 (2005): 한파와 관련된 열원(Q1)의 특성
- 신성철, 김맹기, 이우섭 (2006): 극진동과 관련된 한반도 겨울 한파와 열원, 기상학회 초록
- 정창희 (1975): 동계 한파에 따른 우리나라 일기변화의 특징에 관한 연구, APJAS
- 임규호 (1995): 동아시아 겨울철 한파 내습기간중 대류권 상하층 바람장의 시공간적 전개, APJAS
- 임규호 (1994): 동아시아 제트의 변동성과 한파내습, APJAS
- 김백민, 정지훈, 김성중 (2009): Investigation of Stratospheric Precursor for the East Asian Cold Surge using the PV Inversion technique, APJAS
- 김백민, 정지훈, 임규호, 허창희 (2007): Potential Vorticity perspective on the stratospheric origin of cold surge in East Asia
- 정지훈, 허창희 (2005): Changes in occurrence of cold surges over East Asia in association with Arctic Oscillation, 기상학회 초록
- 류상범 (2003): Change in the frequency of cold surge outbreaks simulated by ECHO-G under SRES A2G and B2G, 대기지
- 전종갑, 이은정, Bin Wang, 안순일 (2002): 동아시아 겨울몬순 지수를 이용한 겨울몬순 특성분석, 대기지
- 이효신, 권원태, 민승기, A.Hense (2005): ECHO-G 실험결과에 나타난 동아시아 겨울몬순과 해양의 상관관계 분

○ 기술개발이 가능한 국내학계 및 연구소 동향

- 현재, 학계 및 연구소의 경우 여름몬순 및 집중호우등 악기상에 관해 연구를 많이 수행해 왔으나, 겨울몬순 및 한파의 경우, 연구가 부족한 실정임.
- 특히, 계절예측에 관해 역학 및 통계적 기법을 겨울철에 적용한 사례는 거의 없음. 이는 전통적으로 겨울철에 비해 여름철에 악기상 등에 의한 피해가 집중되었기 때문이나, 최근 10년간 겨울철 한파 및 폭설에 의한 피해가 급증하는 추세임. 이에 따라 최근 몇 년간 서울대를 중심으로 겨울몬순에 대한 전문가가 배출되기 시작하고 있는 추세임.
- 기상 연구소의 경우도 마찬가지로 겨울몬순에 대한 연구가 부족하다고 판단됨.

2.2 국외 현황

○ 국외 기술개발 동향

- 동아시아 겨울 몬순은 주로 중국 과학자들에 의해 1980년대, 1990년대에 많이 연구되었음. 특히, Chang 등은 동아시아 지역의 한파가 적운대류순환과 밀접한 관련이 있음을 밝혀 적도-중위도 상호작용으로 한파를 이해할 수 있는 근거를 마련해주고 있음.
- 시베리아 고기압의 발달과 한파의 관련성에 관한 연구가 1990년대 이후 다수 존재함.
- 국외 연구의 경우에도, 여름 몬순의 경우보다 겨울몬순의 경우 연구사례가 훨씬 적음. 특히, 동아시아라는 지역적 특성에 의해 주로 한국, 중국, 대만, 일본의 과학자들만 연구를 수행함.
- 한파의 정의는 각국 연구자들에 의해 주관적으로 정의되는 경향이 있어, 동아시아 한파를 정의하는 기준을 마련할 필요성이 있다고 판단되며, 이것 자체로 좋은 연구주제라고 생각됨.
- 한파 예측성에 관해서는, 아직 연구가 국제적으로도 미흡한 수준이라고 판단됨.

3. 해당기술 SWOT 및 경쟁력 제고방안

3.1 SWOT 분석

<p style="text-align: center;">SWOT 분석</p>	<p>[기회](O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국제적 수준 연구 가능. 성공시, 외국 유수기관에 독자적 계절예측시스템의 우수성 홍보가능 ○향상된 계절예측에 의해 대국민 신뢰 향상의 기회 	<p>[위협](T)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○실용성을 강조하는 연구로서, 연구성과의 적극 활용이 이루어지지 않으면 무용지물. ○예보선행인자의 한파에 대한 예측성이 없을 가능성 배재못함.
<p>[강점](S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국민적 관심사가 큰 주제이나, 아직 조직적으로 연구되지 않은 분야에 대한 최초의 시도로서 과업 성공시 파급효과가 클 것으로 기대됨. ○역학-모델링-통계 전문가를 각 세부과제별로 배치함으로써 상호 시너지가 있을것으로 기대됨. ○역학-통계-모델링을 기술적으로 통합하는 종합 계절 예보시스템 구축은 아직 시도된 바 없음. 따라서, 과제 성공시 새로운 다학제간 연구의 모범사례가 될 것임. 	<p>[SO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○연차별 도출된 중간 우수성과에 대해서는 적극 홍보 ○실질적인 계절예측시스템 구축에 대해 현업 적용 가능성에 대해 주무부서와 지속협의 ○현행 계절예측 전문가 회의를 통해 성능 모니터링 적용 	<p>[ST 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○연구성과가 적극 활용될 수 있도록 협의 ○역학-통계-모델링 전문가들의 정기적 종합 회의를 통해 적절한 예보선행인자 선정에 최선을 다함.
<p>[약점](W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○지역규모 연구. 세계적 수준의 연구성과 도출을 위해 확장노력 요구 ○시도된 바 없는 연구로서, 성공 확률 산출 불가. 	<p>[WO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○필요시 국외전문가와 함께 공동 연구 수행 ○시도된 바 없는 연구인만큼 연구소-학계간 긴밀한 협조가 이루어진다면, 세계적 성과도출 가능할 것임. 	<p>[WT 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○기상선진국 겨울 한파관련 연구 분석, 과제에 적극 반영 ○예보선행인자 선정에 대해 다양한 학계 및 연구소간 토의 유도

3.2 경쟁력 제고방안

※3.1 SWOT 분석 전략란에 상세히 기술하였으므로, 생략함.

4. 단기 세부추진전략

- 1차년도에 경우, 예보선행인자를 선정, 관련 역학을 규명하여 계절예보 시스템 개발의 체계를 구축하는 단계.
- 본 과제에 경우, 북극 빙권의 요소중 겨울몬순에 영향을 미치는 요소인 가을철 시베리아 강설과 북극 해빙의 지난 30년간 변동성을 조사
- 겨울몬순, 한파를 정량화된 지수로 정의하여, 시베리아 강설과 북극해빙간의 계절내 관계, 경년변동에서의 관계, 10년 이상의 경향성에서의 관계를 분석
- 분석시 성층권을 포함하여 모든 조사 수행, 기존 연구와 차별화 함.
- 이상의 분석에서 1차년도에서 계절예보 선행인자를 예보에 활용할 수 있는 방법을 고안하고, 체계를 구축함.

4.1 기상업무 R&D 정책반영

※아직 기술안함. 추후 기술하겠음.

4.2 민간 투자 제고방안

※해당사항 없음

5. 정책제언

※해당사항 없음

지연원격상관을 이용한 겨울철 현업 장주기 한파 예보시스템 개발

1. 개요

1.1 기술기획 필요성(목적)

* 필요성

- 신뢰성 있는 겨울철 한파시스템의 예측정보를 생산하지 못하고 있어 예측정보의 불확실성을 줄일 필요가 있음
- 겨울철 장기예측에 대한 인접국가들간의 과학/기술적 교류 및 국제차원의 활발한 연구지원을 통해 국가간 협력연구의 주도권을 획득하여야 함
- 겨울철 한파에 대하여 엘니뇨/라니냐를 통한 예측성 연구는 많이 이루어졌으나, MJO, NAO 등 장주기 파동현상을 활용한 예측연구는 부족함

* 목적

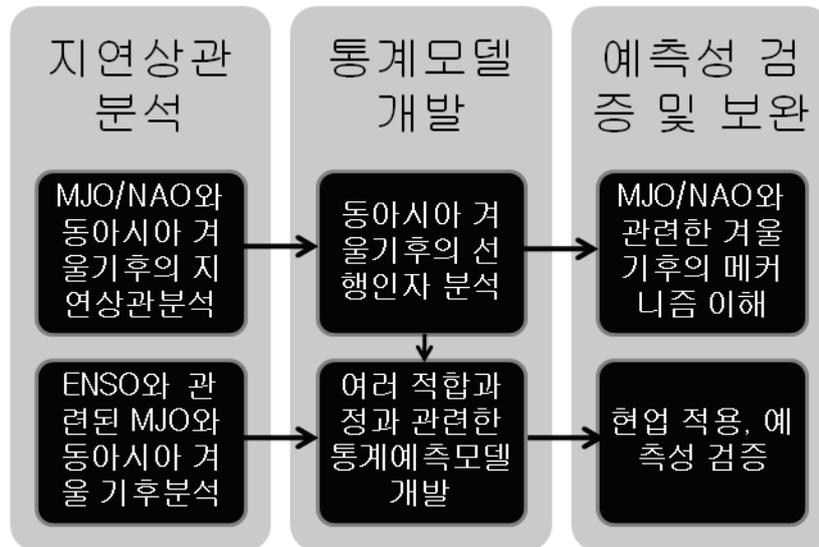
- MJO/NAO의 장기 지속성을 이용하여 동아시아 겨울철 한파시스템의 역학적 이해
- 겨울철 한파에 대한 통계적 현업 예측시스템 구축
- 예측시스템의 진단 및 평가

1.2 기술기획 대상(내용) 및 범위

- 적도-중위도 원격상관에 따른 겨울철 동아시아 기후의 선행인자 분석
MJO/NAO와 관련한 동아시아 겨울철 기후의 지연상관 분석
엘니뇨의 발달과 관련한 MJO/동아시아 겨울철 기후의 지연상관 분석
- 적도-중위도 원격상관에 기반한 동아시아 겨울몬순강도 변화의 역학 규명
MJO 진동 특성과 관련한 겨울철제트의 변동성 분석
겨울철 한파발생특성과 MJO진동의 상관성 연구
- 동아시아 겨울철 장기예측을 위한 통계모델 개발 및 검증
MJO/NAO와 관련한 겨울철 기후의 통계/역학적 예측인자 조사
선형/비선형 통계모형 개발 및 통계적 앙상블을 통한 예측성 검증
통계적 앙상블

1.3 기술기획 추진방법(연구개발비, 개발기간, 연 소요인력 등 포함)

○추진체계



○연구개발비: 연간 120,000원

- 인건비 분담:

자료분석 박사급 인력 1인 (20,000천원), 석사급 보조 1인 (15,000천원)

- 기술정보 입수: 국내 및 국외 전문가 자문, 협력 (5,000천원)

- 국외 기술정보 수집 및 워크샵 참석 (5,000천원)

- 기자재 및 재료비: 계절예측시스템개발을 위한 시스템 서버 및 자료 저장 시스템 구축(20,000원)

○개발기간: 총 3년 예상

○연소요 인력: 6인 (총괄책임자, 박사급 연구원 3인, 석사급 연구보조 2인)

2. 해당기술의 국내외 동향

2.1 국내 현황

- 국내 산업시장 동향

한파예측시스템에 대한 국내 산업시장은 이루어지지 않고 있음

- 국내 기술개발 동향

강인식, 백희정(1993)은 선형회귀모형을 통해 겨울철 월평균 기온에 대하여 장기적으로 예측하려는 시도를 하였다. 그들은 해수면온도 및 지오퍼텐셜 고도장을 이용하여 이전 계절(2-3 개월)의 예측인자로부터 어느 정도의 예측성이 있음을 제시하였다(Fig. 1). 전종갑 등(2002)은 300 hPa 상층 바람을 이용하여 동아시아 겨울 몬순 지수를 개발하여 그 주기적 특성을 파악하고, 가을철 snow cover의 변동성이 동아시아 겨울철 몬순 강도와 뚜렷한 상관성이 있음을 제시하였다(Fig. 2). 특히, 전종갑 등(2002; 2005)의 겨울 몬순 지수는 엘니뇨 뿐만 아니라 NAO 나 AO와 같은 극진동현상과 뚜렷한 상관성이 있음을 발견하였다.

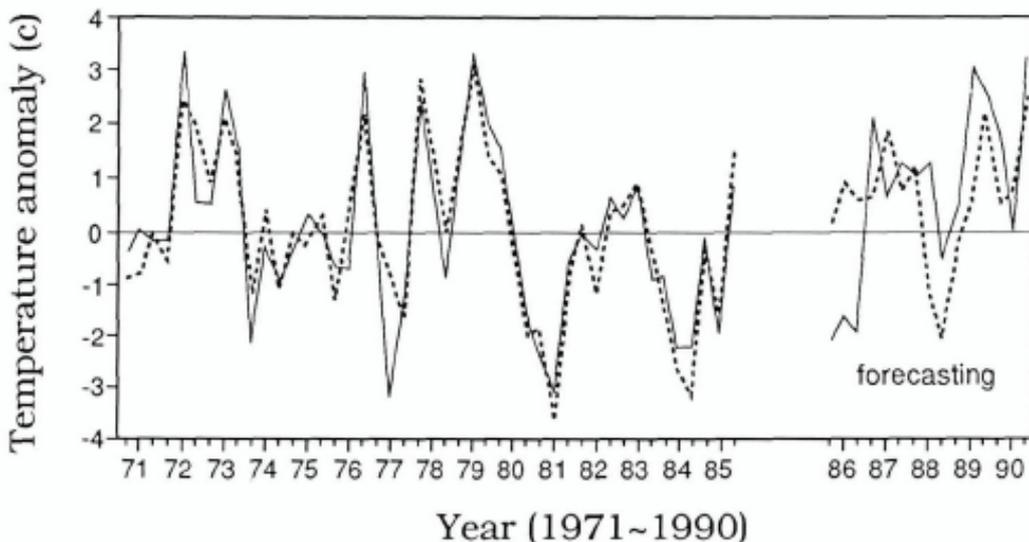


Figure 1. 선형회귀모형을 이용한 한반동 겨울철 기온의 장기예측

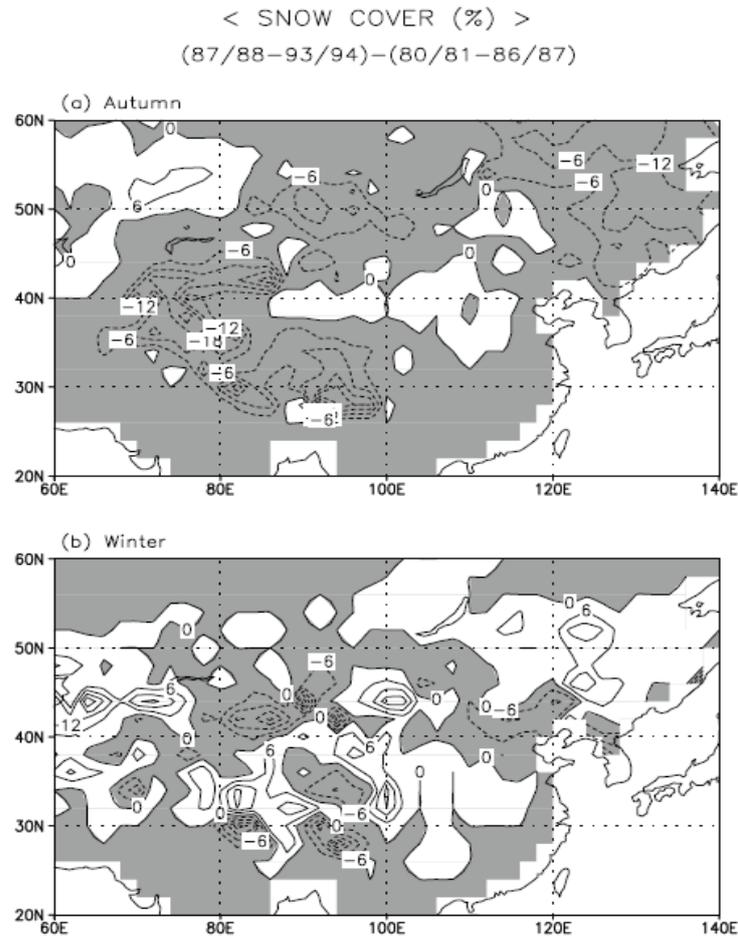


Figure 2. 강한 몬순과 약한 몬순기간 동안 눈덮힘의 차이

김백민 등(2006)은 MJO의 주기적 변화에 따라 제트를 포함한 동아시아 지역의 원격상관의 역학적 이해를 시도하였다. 관측자료의 회귀분석 결과에 의하면, MJO의 위상에 따라 중위도 특히 동아시아 제트가 있는 지역의 순환장이 달라지는 것을 토대로 일반화된 오메가방정식을 이용하여 MJO-중위도 원격상관에 대한 역학적 이해를 할 수 있게 되었다. 또한, MJO의 주기성을 이용하면, 원격상관을 통한 겨울철 중위도 중-장주기 기후도 예측이 가능할 수 있다. 즉, 적도 인도양에서 동진하는 적운군집은 비교적 정확히 예측이 가능한데, 이러한 특성을 이용하여 수십일 전에 동아시아 지역의 평균 기후 특성을 예측할 수 있다. 특히, 정지훈 등(2005)는 이러한 특성을 이용하여 겨울철 동아시아 한파 발생빈도에 대한 MJO의 영향을 연구하였다(Fig. 3).

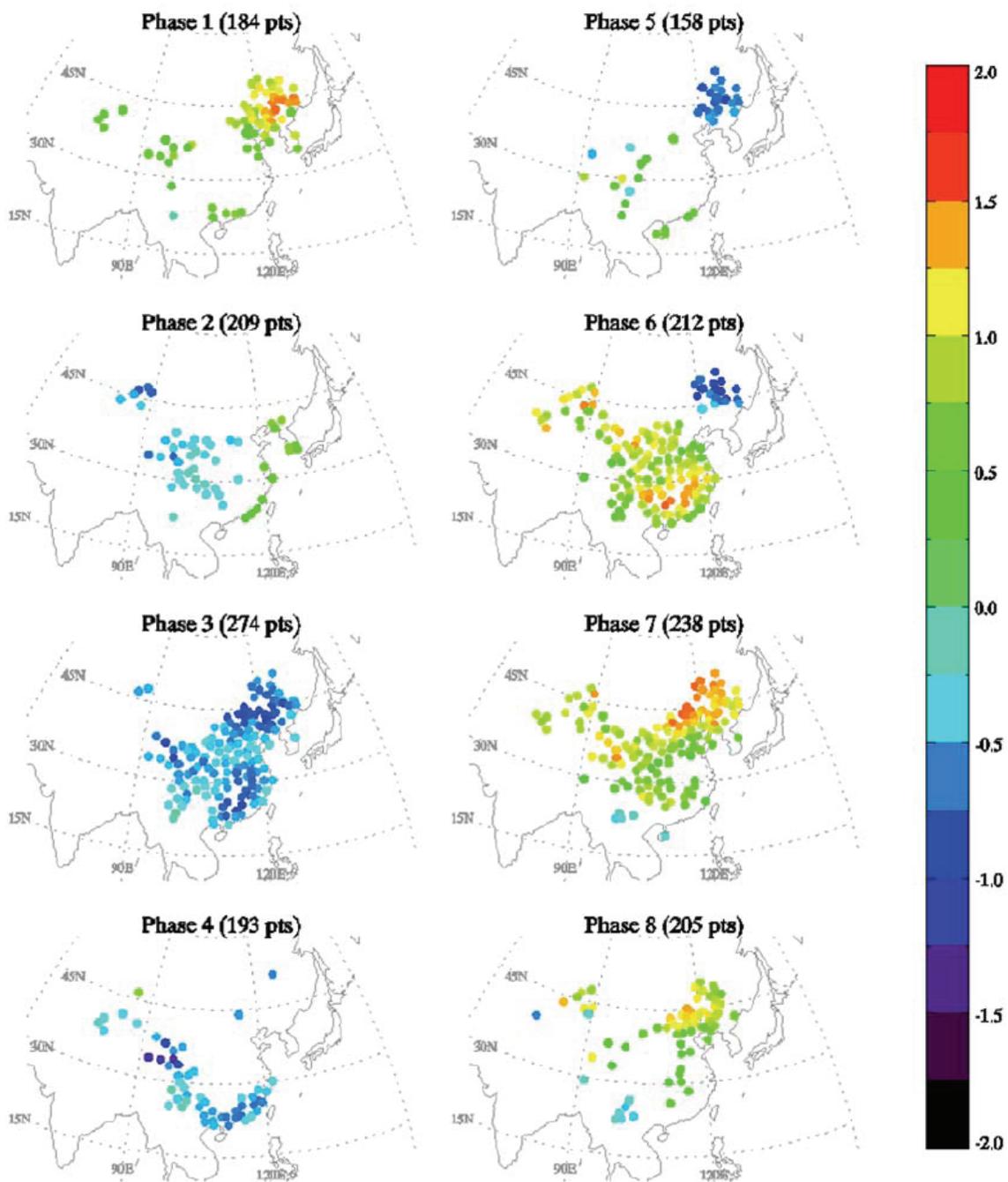


Figure 3. MJO 위상에 따른 동아시아 겨울철 한파 발생

특히, 한파 발생 전후의 순환장 분석을 통하여 한파발생의 역학적 이해와 함께 예측 가능성을 제시하였다 (Fig. 4).

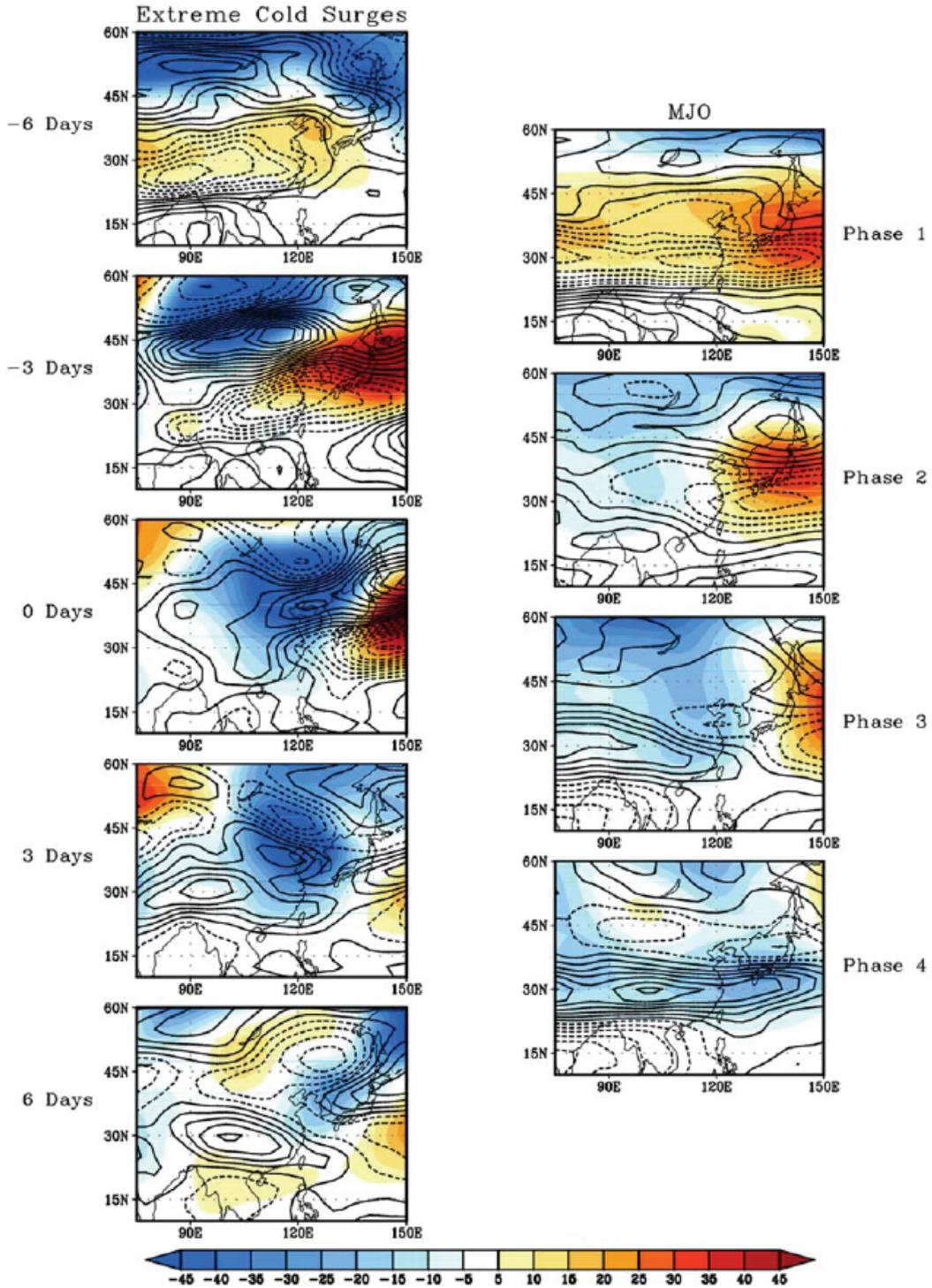


Figure 4. 한파 발생 전후 그리고 MJO 위상에 따른 지위고도(채색부분)와 경압성(등고선)

한편, 최근 성미경 등(2010)은 NAO의 발달에 따라 동아시아 겨울철 몬순에 어떠한 영향을 끼치는지 연구하였다. 그들은 NAO의 비대칭적 패턴이 시베리아 지역의 고기압에 영향을 끼쳐 다시 동아시아의 찬 이류를 이끌 수 있다고 제안하였다. 이는 NAO가 동아시아 겨울철 기후에 지연된 영향을 미칠 수 있다는 것을 제시한다.

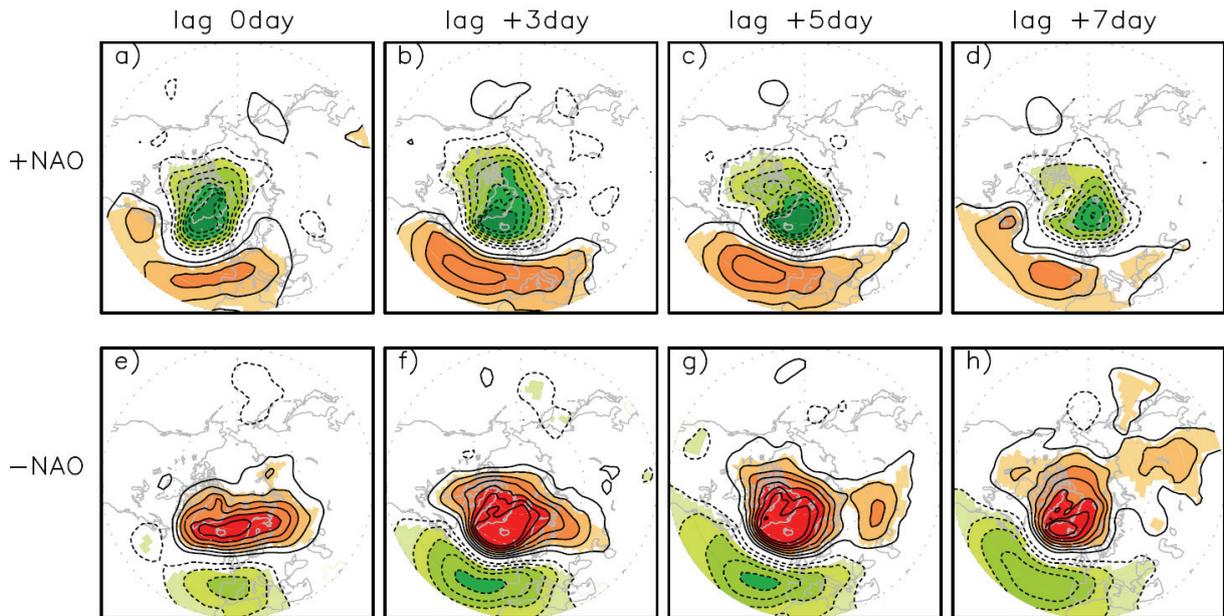


Figure 5. NAO 이벤트에 대한 SLP 지연 합성도

- 기술개발이 가능한 국내업체 동향

※ 해당사항없음

2.2 국외 현황

- 국외 산업시장 동향

※ 해당사항없음

- 국외 기술개발 동향

겨울철 대기변수의 장기예측과 관련하여 예측인자에 해당하는 것으로 해수면 온도, 토양수분, 눈덮힘 등이 있음이 알려져 있다(Shukla, 1984; Wallace and Blackmon, 1983; Kang and Lau, 1986). 또한, 겨울철 대규모 변동성이 순압구조를 갖고 있어(Wallace and Gutzler, 1981), 겨울철 몬순의 특성을 비교적 간략하게 설명할 수 있는 배경이 있음에도 불구하고 이에 대한 예측연구는 비교적 많이 이루어지지 않았다. 겨울철 통계적 장기예측에 대한 연구는 Walker(1924)에 처음으로 시도되었다. 이후 인도몬순의 장기예측을 위해 다양한 형태의 통계모형이 개발되어 운용되고 있다(Thapliyal, 1982; Gowariker et al., 1989; Parthasarathy, et al., 1991).

적도지역에서 동진하는 MJO 현상이 다양한 기상현상에 영향을 줄 수 있다는 선행연구가 많이 이루어졌다(Hartman and Michelsen, 1989; Wang and Rui, 1990; Hendon and Liebmann, 1990). 이들은 주로 인도몬순이나 호주몬순에 영향을 끼칠 수 있다는 것을 제시하였다. 한편, MJO가 미국의 악기상에 영향을 끼칠 수 있다는 연구도 이루어 졌는데(Mo and Higgins, 1998; Jones; 2000; Bond and Vecchi, 2003), 동아시아 기후에 대한 영향은 많이 이루어지지 않았다.

Simmons et al. (1983)의 연구에 의하면, 열대 대류활동에 의해 강제된 순압 로스피 파동이 장주기의 특성을 가지며 중위도에 매우 뚜렷하게 영향을 끼칠 수 있다. 이는 MJO의 위상변화에 따라 특히 겨울철에 동아시아 기후에 매우 유의한 변화가 나타날 수 있다는 것을 시사한다. 그럼에도 불구하고, 한국, 중국과 일본을 포함하는 동아시아 지역의 겨울철 기후에 대하여 MJO를 이용한 예측성 연구가 많이 이루어지지 않았다. 한편, NAO 현상은 지역적인 현상으로 이해되고 있으나, 다른 지역에 그 영향이 뚜렷하게 미칠 수 있음이 알려져 있다(Lamb

and Pepler, 1987; Qian and Saunders, 2003). 또한 NAO와 관련한 원격상관 패턴과 그에 대한 영향도 알려져 있다(Branstator, 2002; Watanabe, 2004; Hong et al., 2008). 그럼에도 불구하고, NAO 원격상관을 통한 겨울철 몬순의 이해는 매우 부족한 실정이다.

- 기술개발이 가능한 국외업체 동향

※ 해당사항없음

3. 해당기술 SWOT 및 경쟁력 제고방안

3.1 SWOT 분석

<p style="text-align: center;">SWOT 분석</p>	<p>[기회](O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○역학적 이해를 기반으로 하기 때문에 연구결과는 역학모형 개선에 활용할 수 있음 ○예측시스템의 획기적 예측물은 산업적으로 활용하여 경제적 이윤을 얻을 수 있음 	<p>[위협](T)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○현업에 적용하는 것을 목적으로 하기 때문에 경제성 있는 예측률이 없다면, 현업적용이 어려울 수 있음 ○동아시아 기후시스템은 복잡하기 때문에 예보선행인자와의 상관성이 유의하지 않을 수 있음
<p>[강점](S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○역학적 이해를 기반으로 하는 예측시스템의 개발은 겨울철 계절예보시스템의 예측률을 획기적으로 개선시킬 수 있음 ○현업예측시스템을 개발하는 것이 목적이므로 연구결과를 바로 이용할 수 있음 	<p>[SO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○겨울철 동아시아 기후에 대한 역학-통계 통합예측시스템을 구축할 수 있음 ○기상청 및 산업체를 통해 대국민 계절예측서비스의 향상과 부가가치를 창출할 수 있음 	<p>[ST 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○선행연구의 역학적 기반이 있기 때문에 예측시스템의 예측률이 유의할 가능성이 매우 높음 ○예측률과 경제성을 분석하여 예측시스템의 경제적 가치를 측정한다면, 산업화의 가능성이 높아짐
<p>[약점](W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○예측선행시간을 2개월 이상으로 확장시키기 어려움 ○겨울철 기후시스템이 비선형적이라면 선형통계모형으로는 한계가 있음 	<p>[WO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○역학모형의 결과를 활용하여 예측선행시간을 확장시킬 수 있음 ○겨울철 겨울몬순시스템의 역학적 이해를 증진시킬 수 있음 	<p>[WT 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○비선형통계기법을 이용하여, 시스템의 예측률을 향상시킬 수 있음 ○다른 인자에 대한 검토를 하여 새로운 역학적 이해와 예측시스템의 예측률 향상을 기대할 수 있음

3.2 경쟁력 제고방안

동아시아 겨울몬순에 대한 원격상관 선행인자 분석과 역학과정의 이해는 장기예측시스템을 구축하는데 이론적 배경이 될 수 있을 뿐만 아니라 역학모형의 개선에 기여할 수 있으므로, 기상청과 협력하여 현업 장기예보에 예측시스템을 도입할 수 있고, 산업체를 통하여 예측정보의 부가가치를 창출할 수 있다.

한편, 주변국과의 상호 협력연구를 통하여 겨울철 몬순 시스템에 대한 이해를 확충하고 역학모형을 개발하는데 자료로 이용될 수 있다.

4. 단기 세부추진전략

- 1차년도에는 MJO, NAO, 및 ENSO의 원격상관을 통하여 겨울철 동아시아 몬순의 특성을 이해하고 선행인자를 찾는다.
- 2차년도에는 선행인자를 바탕으로 현업에서 쓰일 수 있는 통계모형을 개발한다.
- 3차년도에는 개발된 예측시스템을 검증하고, 원격상관의 역학적 이해를 시도한다.

4.1 기상업무 R&D 정책반영

4.2 민간 투자 제고방안

※ 해당사항없음

5. 정책제언

※ 해당사항없음

**역학예측 모델의 성충권 모의능력
향상과 이에 기반한 겨울몬순 역학 예측
시스템 개발**

1. 개요

1.1 기술기획 필요성(목적)

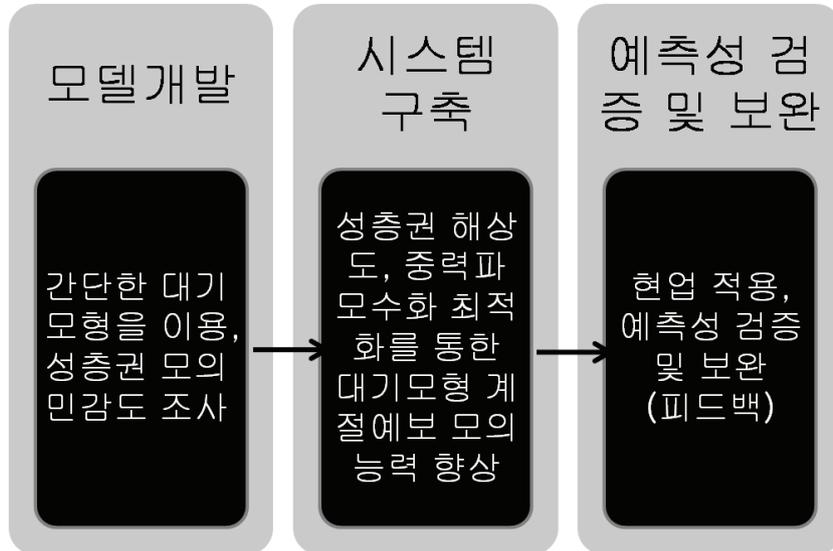
- 대류권-성층권 결합이 강한 겨울철은 성층권의 긴 역학적 메모리를 예보에 활용할 수 있는 좋은 기회. 그러나 현업 및 연구 모델은 이를 전혀 고려하고 있지 않음.
- 미국 WCRP 산하 SPARC, 영국의 Met Office 등이 주도한 연구성과에서 2000년 이후 대류권 기후시스템에 대한 성층권의 역할에 대한 논문이 급증함. 새로운 연구 추세 형성.
- 겨울철 계절예보의 획기적 향상을 위해, 국제수준의 계절 예측시스템 확보를 위해서는 성층권을 고려한 역학 모형 도입이 시급함

1.2 기술기획 대상(내용) 및 범위

- 성층권 모의 능력 향상을 위한 기반요소(해상도, 모수화) 검증.
- 극진동 및 대류권-성층권 상호작용(E-P 플럭스, 성층권 파동의 대류권 전파) 해석 및 모의 능력 향상
- 성층권 모의 능력이 향상된 역학 모델에 기반한 겨울몬순 계절예보 수행 및 평가

1.3 기술기획 추진방법(연구개발비, 개발기간, 연 소요인력 등 포함)

○추진체계



- 제목: 역학예측 모델의 성층권 모의능력 향상과 이에 기반한 겨울몬순 역학 예측 시스템 개발
- 연구개발비: 연간 120,000천원
- 인건비 분담: 수치모델링 박사급 인력 2인 (40,000천원), 석사급 보조 1인 (15,000천원)
- 기술정보 입수: 국내 및 국외 전문가 자문, 협력 (5,000천원), 국외 기술정보 수집 및 워크샵 참석 (5,000천원)
- 기자재 및 재료비: 겨울몬순 역학모델 개발, 클러스터 노드 추가(30,000원)
- 개발기간: 총 3년 예상
- 연소요 인력: 4인 (박사급 연구원 2인, 석사급 연구보조 1인)

2. 해당기술의 국내외 동향

2.1 국내 현황

○ 국내 기술개발 동향

- 아직까지 관련 모델링 연구 분야기술이 활성화되어 있지 않음.
- 관련 모델링 기술을 보유하고 있는 성층권 모델링 관련 전문가는 서울대 최우갑 교수, 기상청 김동준 박사, KIST(-> KEI) 윤대옥 박사 등으로 파악됨.

- 국내에서는 대류권을 중심으로 한 모델링 연구가 주로 진행되어 성층권 역학 모델링 관련 연구를 찾아보기 힘들.
- 1996-2001년 최우갑과 김동준은 대류권과 상호작용하지 않는 3차원 성층권 순환모형(중층대기 단순 역학모형)을 개발.
- 1995-2006년 최우갑과 윤대옥은 2차원 화학-복사-순환 모형의 성층권 물리/역학과정에 중점을 둔 성층권 화학조성물질을 연구
- 현재 KEI 윤대옥은 미국 NCAR의 성층권 역학/화학 모형인 WACCM 결과에 기반한 성층권 화학/복사 모델링을 진행하고 있음.
- 모델링분야는 아니나, 극지연구소 김백민 박사는 최근 성층권 와도가 동아시아 한파발생에 있어 중요한 배경조건이 될수 있음을 밝힘으로서 동아시아 겨울몬순에 있어 성층권-대류권 상호작용 연구를 활성화하는데 기여.
- 연세대학교 전해영 교수 연구진을 중심으로 10여년간 중력과 연구가 발전했음 (연세대 전해영 교수가 개발한 중력과 모수화 방법이 미국 NCAR의 성층권 모형인 WACCM에 사용되고 있음).
- 중력과 연구가 본격적인 성층권 연구는 아니나, 성층권 볼텍스의 생성에 중요한 기여를 하고 있으므로 본 연구와 관련성을 찾을수 있음.
- 관련논문

김동준, 오재호, 최우갑, 정준희 (2000): 3차원 중층대기 순환모형의 개발, APJAS.

김동준, 최우갑 (2001): 3차원 중층대기 단순역학모형으로부터 수치모의된 성층권계면 반년주기 진동현상, APJAS.

Wookap Choi and Daeok Youn (2000): Effects of Physical and Numerical Schemes on Model-Calculated Ozone Distribution in the Stratosphere, KJAS.

Daeok Youn, Wookap Choi, Huiko Lee, Don Wuebbles (2006): Interhemispheric differences in changes of long-lived tracers in the middle stratosphere over the last decade, GRL.

Daeok Youn et al. (2009): Explicit calculation of indirect global warming potentials for halons using atmospheric models, ACP.

○ 기술개발이 가능한 국내학계 및 연구소 동향

- 성층권 고해상도 모델링 분야의 경우, 계산 성능이 뒷받침되어야 하므로, 학계 단독으로 추진하기 쉽지 않음. 학계에서 주도하기 위해서는 기상청 및 기상연구소의 협조가 필요함.

2.2 국외 현황

○ 국외 기술개발 동향

- 미국에서는 WCRP/SPARC (Stratospheric Processes And their Role in Climate)를 중심으로 다수의 연구자가 성층권이 대류권 기후에 미치는 영향에 대해 금세기 들어 집중적인 연구를 수행하고 있음.
- 특히, Baldwin and Dunkerton (1999)의 연구로부터 시작되어 대류권 장주기 기상현상이 발생하기 2주-2달전 성층권 와도에 변화가 있음을 확인하는 다수의 연구 존재.
- 영국 Met Office의 경우 최근 Marshall et al. (2009)의 연구에서 HadGem 모형의 성층권 해상도를 증가시킨 경우, 악기상 모의에 있어 획기적인 향상이 있음을 보고함. 특히, Met Office의 Adam Scaife가 주도하는 기후연구분과는 성층권이 기상현상에 미치는 영향에 대해 2000년 이후 다수의 논문등을 발표하며 주도하고 있음.

3. 해당기술 SWOT 및 경쟁력 제고방안

3.1 SWOT 분석

<p style="text-align: center;">SWOT 분석</p>	<p>[기회](O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국제적 수준 연구 가능. 성공시, 외국 유수기관에 독자적 계절예측시스템의 우수성 홍보가능 ○향상된 계절예측에 의해 대국민 신뢰 향상의 기회 	<p>[위협](T)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○실용성을 강조하는 연구로서, 연구성과의 적극 활용이 이루어지지 않으면 무용지물. ○성층권 모델링을 통한 한파 예측성 향상이 크지 않을 가능성 배재 못함.
<p>[강점](S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국내 최초로 시도되는 성층권 모델링 연구 ○모델링 단독 연구가 아니라 역학, 통계분야 전문가들과 융합하여 이루어지는 다학제 연구로서 문제 해결 가능성 큼. ○기상청 예보시스템 발전에 필수적으로 필요한 연구 	<p>[SO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국내 최초 수행되는 성층권 연구임을 감안, 연차별 도출된 우수성과에 대해 적극 홍보, 연구성과 확산에 힘써 관련 분야 확장에 힘써야 함. ○실질적인 계절예측을 위해 역학 모델 발전방향에 대해 주무부서와 지속협의를 ○현행 계절예측 전문가 회의를 통해 역학모델 성능 검증 	<p>[ST 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○연구성과가 적극 활용될 수 있도록 협의 ○역학 및 통계 전문가간 상호 주기적인 협력을 통해 모델링 연구 방향성 설정
<p>[약점](W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○성층권 연구 인프라 매우 부족. ○시도된 바 없는 연구로서, 성공확률 산출 불가. 	<p>[WO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○필요시 국외전문가와 함께 공동 연구 수행 ○시도된 바 없는 연구인만큼 연구소-학계간 긴밀한 협조가 이루어진다면, 세계적 성과도출 가능할 것임. 	<p>[WT 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○기상선진국 겨울 한파관련 연구 분석, 과제에 적극 반영 ○예보선행인자 선정에 대해 다양한 학계 및 연구소간 토의 유도

3.2 경쟁력 제고방안

※3.1 SWOT 분석 전략란에 상세히 기술하였으므로, 생략함.

4. 단기 세부추진전략

- 1차년도의 경우, 성층권 모의연구에 최적 모형을 선정하고, 해상도 및 중력과 모수화에 따른 극진동 모의 향상에 주안점을 둠.
- 컴퓨팅 리소스가 중요하므로 자원 확보에 주의함.
- 연구 결과를 바탕으로 향상된 극진동 모의 능력을 검증, 모의 결과를 1세부과제와 공유하여 장주기 한파 분석에 활용

4.1 기상업무 R&D 정책반영

※아직 기술안함. 추후 기술하겠음.

4.2 민간 투자 제고방안

※해당사항 없음

5. 정책제언

※해당사항 없음

**동아시아 겨울몬순역학에 기반한
장주기(수주일~계절) 예보선행인자 개발과
이를 활용한 독자 계절예보 체계 구축**

1. 개요

1.1 기술기획 필요성(목적)

- 금세기 들어 겨울철 장주기 한파 및 폭설 증가경향 뚜렷. 피해 급증.
- 금세기 들어 나타나는 겨울 한파의 특징 변화. 삼한사온 -> 폭설을 동반하는 장기간 지속되는 형태.
- 급격한 북극권 온도 상승, 증가된 수분 (수문 싸이클)을 고려시, 이상기후/기상의 강화는 충분히 예견. 앞으로 더욱 강화될 것임. 체계적인 예측/대응 강화 필요.
- 겨울 몬순의 특징 변화는 예보 측면에서 매우 중요. 그러나, 현 시점에서는 원인 규명 불충분. 이에 따른 계절 예측 부재. 여름 몬순에 비해서도 매우 미흡한 실정.
- 국지대류 불안정에 지배되는 여름보다 제트기류에 지배되는 겨울은 역학적 관점에서 계절예보에 유리! 그럼에도 불구하고 이를 계절예보에 활용한 사례는 전무.
- 가을철 강설, 급격한 해빙면적 감소와 같은 빙권 기후변화와 동아시아 겨울몬순,한파발생 메커니즘에 대한 정확한 이해 및 이에 기반한 계절예보 시스템 개발이 시급함 (**제안과제 1의 필요성**).
- 지구온난화에 의해 적도지역 대류시스템의 특징이 급격히 변하고 있음.
- 적도지역 대류시스템, 특히 MJO가 동아시아 겨울몬순에 미치는 영향이 크다고 알려져 있음. 선행 역학연구 다수 존재.
- 선행연구들을 바탕으로, MJO의 계절내 진동 특성을 활용한 통계적 방법의 겨울철장기예보 가능 (**제안과제 2의 필요성**).
- 대류권-성층권 결합이 강한 겨울철은 성층권의 긴 역학적 메모리를 예보에 활용할 수 있는 좋은 기회. 그러나 현업 및 연구 모델은 이를 전혀 고려하고 있지 않음.
- 미국 WCRP 산하 SPARC, 영국의 Met Office 등이 주도한 연구성과에서 2000년 이후 대류권 기후시스템에 대한 성층권의 역할에 대한 논문이 급증함. 새로운 연구 추세 형성.

- 겨울철 계절예보의 획기적 향상을 위해, 국제수준의 계절 예측시스템 확보를 위해서는 성층권을 고려한 역학 모형 도입이 시급함 (제안과제 3의 필요성).

1.2 기술기획 대상(내용) 및 범위

(총괄)

- 동아시아 겨울몬순에 영향을 주는 북극 빙권, 적도 적운대류 시스템, 성층권 역학 시그널을 종합적으로 고려하는 통합 겨울몬순 계절예보 시스템 개발
- 역학규명에 따른 독립 선행인자 도출, 성층권 모의능력이 향상된 역학모델 예측결과 활용, 통계 모형을 통한 세부 구성요소간 결합.

(세부과제 1)

- 계절예측 선행인자로서의 가을철 시베리아 강설의 역할 규명
- 계절예측 선행인자로서의 북극 해빙의 역할 규명
- 성층권 극제트 세기변화가 겨울철 장주기 한파 형성에 미치는 영향 규명
- 규명된 역학에 따라 가을철 해빙, 늦가을 초겨울 시베리아지역 강설, 초겨울 성층권 극진동 및 돌연승온 현상을 선행인자로 하는 장주기한파 계절예보 시스템 개발

(세부과제 2)

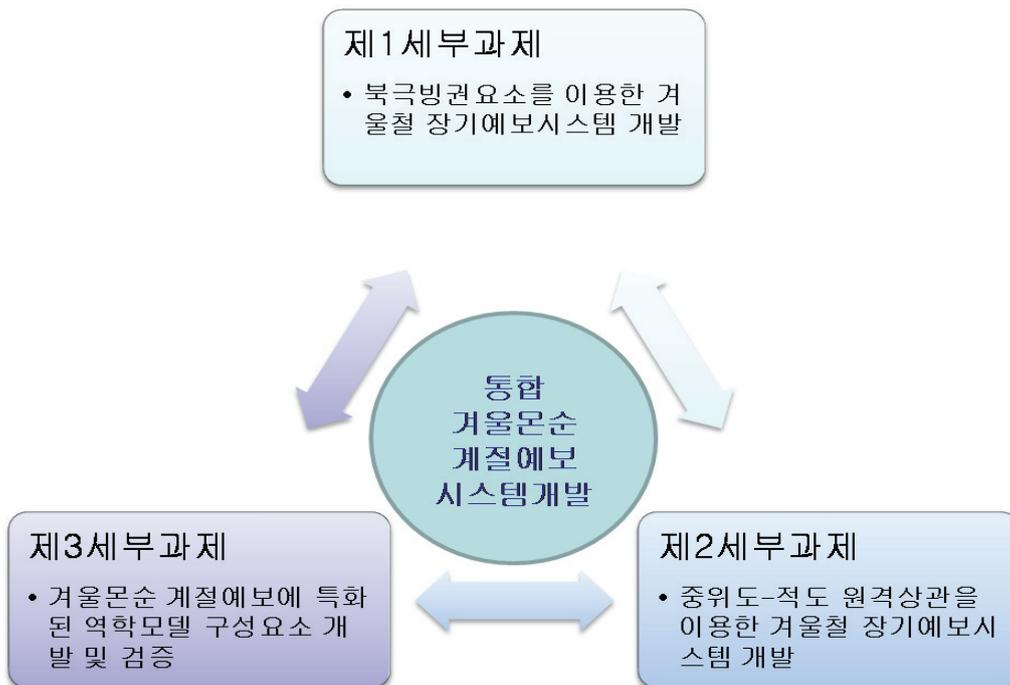
- MJO-중위도 원격상관에 따른 겨울몬순 강도변화 역학 규명
- ENSO-중위도 원격상관에 따른 겨울몬순 강도변화 역학 규명
- NAO 발달과 동아시아 한파발생 원인 규명
- 개별 원격상관 통계적 방법으로 결합, 원격상관 패턴을 활용한 계절예보 시스템 개발

(세부과제 3)

- 성층권 모의 능력 향상을 위한 기반요소(해상도,모수화) 검증.
- 극진동 및 대류권-성층권 상호작용 (E-P 플럭스, 성층권 파동의 대류권 전파) 모의 능력 향상
- 성층권 모의 능력이 향상된 역학 모델에 기반한 겨울몬순 계절예보 수행 및 평가

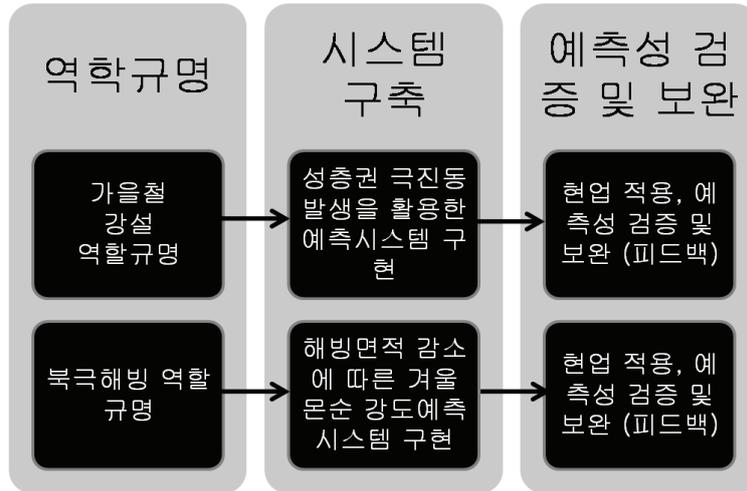
1.3 기술기획 추진방법(연구개발비, 개발기간, 연 소요인력 등 포함)

가. 총괄 추진체계



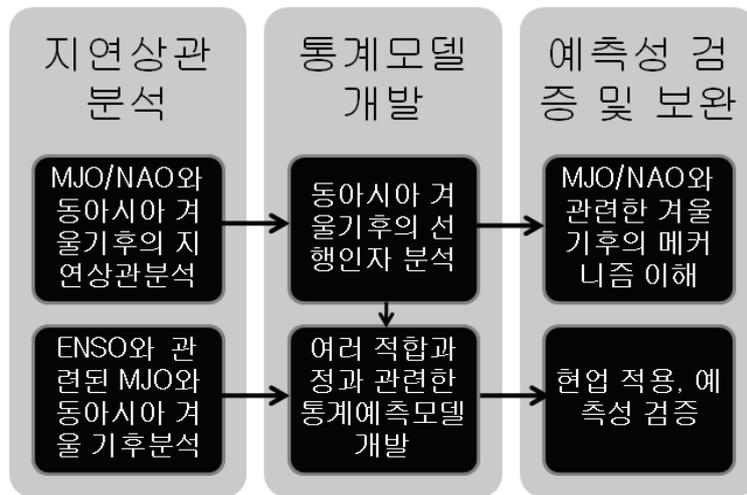
나. 세부과제별 추진체계

○ 세부과제 1의 추진체계



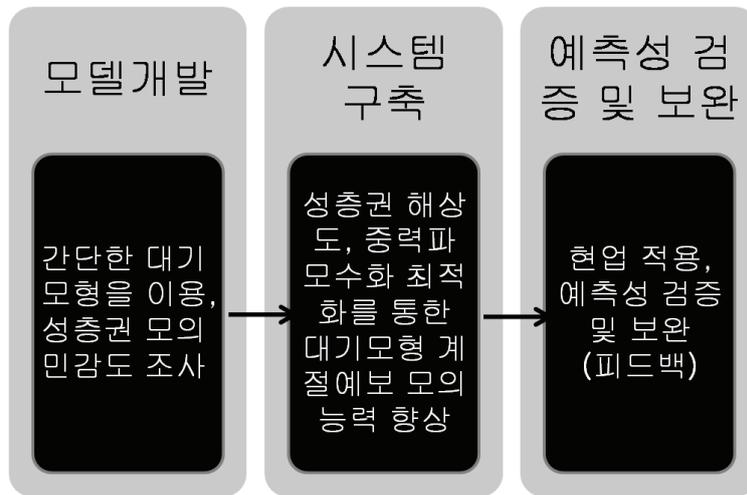
- 제목: 북극 빙권 예보선행인자(강설, 해빙)와 겨울몬순 세기의 관련성 규명 및 이를 활용한 겨울몬순 계절예보 시스템 개발
- 연구개발비: 연간 150,000천원
- 인건비 분담: 역학과정 분석 박사급 인력 2인 (50,000천원)
- 기술정보 입수: 국내 및 국외 전문가 자문, 협력 (10,000천원), 국외 기술정보 수집 및 워크샵 참석 (10,000천원)
- 기자재 및 재료비: 겨울몬순 계절예보 시스템 총괄 서버 구축 및 시작품 제작 (40,000원)
- 총괄 워크샵 개최 및 세미나 (10,000원)
- 개발기간: 총 3년 예상
- 연소요 인력: 3인 (총괄책임자, 박사급 연구원 1인, 석사급 연구보조 1인)

○ 세부과제 2의 추진체계



- 제목: 중위도-적도 원격상관을 이용한 겨울철 장기예보시스템 개발
- 연구개발비: 연간 120,000원
- 인건비 분담: 자료분석 박사급 인력 2인 (40,000천원), 석사급 보조 1인 (15,000천원)
- 기술정보 입수: 국내 및 국외 전문가 자문, 협력 (5,000천원)
- 국외 기술정보 수집 및 워크샵 참석 (5,000천원)
- 기자재 및 재료비: 계절예측시스템개발을 위한 시스템 서버 및 자료 저장 시스템 구축(20,000원)
- 개발기간: 총 3년 예상
- 연소요 인력: 3인 (박사급 연구원 1인, 석사급 연구보조 1인)

○세부과제 3의 추진체계



- 제목: 역학예측 모델의 성층권 모의능력 향상과 이에 기반한 겨울몬순 역학 예측 시스템 개발
- 연구개발비: 연간 100,000원
- 인건비 분담: 수치모델링 박사급 인력 1인 (20,000천원), 석사급 보조 1인 (15,000천원)
- 기술정보 입수: 국내 및 국외 전문가 자문, 협력 (5,000천원), 국외 기술정보 수집 및 워크샵 참석 (5,000천원)
- 기자재 및 재료비: 겨울몬순 역학모델 개발, 클러스터 노드 추가(30,000원)
- 개발기간: 총 3년 예상
- 연소요 인력: 3인 (총괄책임자, 박사급 연구원 1인, 석사급 연구보조 1인)

2. 해당기술의 국내외 동향

※ 제1세부과제만 기술

2.1 국내 현황

○ 국내 기술개발 동향

- 국내 한파 및 겨울몬순 연구는 정창희 (1975) ('동계한파에 따른 우리나라 일기변화의 특징에 관한 연구, APJAS')의 연구가 시작이라고 판단됨.
- 1980년대에는 한파 연구를 찾아 보기 힘들으나, 김금란과 박순웅 (1987)이 한파 발생과 동아시아 2차순환에 관한 연구를 수행함.
- 1990년대에 들어오면서, 이동규, 안영인, 부경은, 임규호등에 의해 활발히 연구가 진행됨.
- 이동규, 안영인등은 ECMWF 모델등을 이용하여 중규모 수치모델에서 나타나는 한파에 대해 사례분석 및 앙상블 예보를 시도함.
- 임규호, 부경은등은 한파의 정밀한 정의를 시도하였음이 높이 평가되며, 제트류와의 관련성에 대한 역학적 이해를 시도함.
- 2000년 이후 전종갑, 이은정등이 겨울몬순을 지수화하여 겨울몬순지수를 정의함으로써 보다 객관적인 겨울몬순 연구가 가능해 짐.
- 한편, 2000년대 이후 한파연구는 김백민, 정지훈, 허창희 등의 연구에 의해 기본적인 한파 메커니즘에 나아가 다른 장주기로 변화하는 역학적인 요소들 (극진동, 적운대류, 성층권-대류권 역학)과의 관계에 집중함으로써 한파의 장기예보 가능성을 열어놓고 있음.
- 이상의 분석을 통해, 현재 한파 연구의 경우 개념정립 단계와 역학 이해 단계에 대해 미진한 부분이 있으나, 어느정도 정립되어 있다고 판단됨.
- 겨울몬순 및 한파의 예측성 연구에 있어, 역학 모델링의 경우, 단순 사례 분석과 저해상도 미래기후 모형에서의 한파 특성에 대한 시험연구등이 미흡하나마 시행된 바 있음. 통계 모델링의 경우 아직 시도된 바 없어 미흡단계라고 판단됨.

- 관련논문:

- 김금란, 박순웅 (1987): 우리나라에 한파 내습시 동아시아 지역의 국지 2차 순환, 대기지
- 이동규, 안영인 (1993): ECMWF 모델을 사용한 동아시아 한파사례의 예보실험 연구, 대기지
- 이동규, 안영인 (1994): 시간지연 앙상블 예보법을 이용한 한파 예보사례 연구, 대기지
- 류상범 (2003): 우리나라 겨울철 한파내습과정에 관하여, 대기지
- 부경은, 임규호 (1996): 겨울철 한반도 한파와 동아시아 대기 순환, 기상학회 초록
- 신성철, 김맹기, 이우섭, 윤자영 (2005): 한파와 관련된 열원(Q1)의 특성
- 신성철, 김맹기, 이우섭 (2006): 극진동과 관련된 한반도 겨울 한파와 열원, 기상학회 초록
- 정창희 (1975): 동계 한파에 따른 우리나라 일기변화의 특징에 관한 연구, APJAS
- 임규호 (1995): 동아시아 겨울철 한파 내습기간중 대류권 상하층 바람장의 시공간적 전개, APJAS
- 임규호 (1994): 동아시아 제트의 변동성과 한파내습, APJAS
- 김백민, 정지훈, 김성중 (2009): Investigation of Stratospheric Precursor for the East Asian Cold Surge using the PV Inversion technique, APJAS
- 김백민, 정지훈, 임규호, 허창희 (2007): Potential Vorticity perspective on the stratospheric origin of cold surge in East Asia
- 정지훈, 허창희 (2005): Changes in occurrence of cold surges over East Asia in association with Arctic Oscillation, 기상학회 초록
- 류상범 (2003): Change in the frequency of cold surge outbreaks simulated by ECHO-G under SRES A2G and B2G, 대기지
- 전종갑, 이은정, Bin Wang, 안순일 (2002): 동아시아 겨울몬순 지수를 이용한 겨울몬순 특성분석, 대기지

이효신, 권원태, 민승기, A.Hense (2005): ECHO-G 실험결과에 나타난 동아시아 겨울몬순과 해양의 상관관계 분

○ 기술개발이 가능한 국내학계 및 연구소 동향

- 현재, 학계 및 연구소의 경우 여름몬순 및 집중호우등 악기상에 관해 연구를 많이 수행해 왔으나, 겨울몬순 및 한파의 경우, 연구가 부족한 실정임.
- 특히, 계절예측에 관해 역학 및 통계적 기법을 겨울철에 적용한 사례는 거의 없음. 이는 전통적으로 겨울철에 비해 여름철에 악기상 등에 의한 피해가 집중되었기 때문이나, 최근 10년간 겨울철 한파 및 폭설에 의한 피해가 급증하는 추세임. 이에 따라 최근 몇 년간 서울대를 중심으로 겨울몬순에 대한 전문가가 배출되기 시작하고 있는 추세임.
- 기상 연구소의 경우도 마찬가지로 겨울몬순에 대한 연구가 부족하다고 판단됨.

2.2 국외 현황

○ 국외 기술개발 동향

- 동아시아 겨울 몬순은 주로 중국 과학자들에 의해 1980년대, 1990년대에 많이 연구되었음. 특히, Chang 등은 동아시아 지역의 한파가 적운대류순환과 밀접한 관련이 있음을 밝혀 적도-중위도 상호작용으로 한파를 이해할 수 있는 근거를 마련해주고 있음.
- 시베리아 고기압의 발달과 한파의 관련성에 관한 연구가 1990년대 이후 다수 존재함.
- 국외 연구의 경우에도, 여름 몬순의 경우보다 겨울몬순의 경우 연구사례가 훨씬 적음. 특히, 동아시아라는 지역적 특성에 의해 주로 한국, 중국, 대만, 일본의 과학자들만 연구를 수행함.
- 한파의 정의는 각국 연구자들에 의해 주관적으로 정의되는 경향이 있어, 동아시아 한파를 정의하는 기준을 마련할 필요성이 있다고 판단되며, 이것 자체로 좋은 연구주제라고 생각됨.
- 한파 예측성에 관해서는, 아직 연구가 국제적으로도 미흡한 수준이라고 판단됨.

3. 해당기술 SWOT 및 경쟁력 제고방안

3.1 SWOT 분석

<p style="text-align: center;">SWOT 분석</p>	<p>[기회](O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국제적 수준 연구 가능. 성공시, 외국 우수기관에 독자적 계절예측시스템의 우수성 홍보가능 ○향상된 계절예측에 의해 대국민 신뢰 향상의 기회 	<p>[위협](T)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○실용성을 강조하는 연구로서, 연구성과의 적극 활용이 이루어지지 않으면 무용지물. ○예보선행인자의 한파에 대한 예측성이 없을 가능성 배재못함.
<p>[강점](S)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○국민적 관심이 큰 주제이나, 아직 조직적으로 연구되지 않은 분야에 대한 최초의 시도로서 과업 성공시 파급효과가 클 것으로 기대됨. ○역학-모델링-통계 전문가를 각 세부과제별로 배치함으로써 상호 시너지가 있을것으로 기대됨. ○역학-통계-모델링을 기술적으로 통합하는 종합 계절 예보시스템 구축은 아직 시도된 바 없음. 따라서, 과제 성공시 새로운 다학제간 연구의 모범사례가 될 것임. 	<p>[SO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○연차별 도출된 중간 우수성과에 대해서는 적극 홍보 ○실질적인 계절예측시스템 구축에 대해 현업 적용 가능성에 대해 주무부서와 지속협의 ○현행 계절예측 전문가 회의를 통해 성능 모니터링 적용 	<p>[ST 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○연구성과가 적극 활용될 수 있도록 협의 ○역학-통계-모델링 전문가들의 정기적 종합 회의를 통해 적절한 예보선행인자 선정에 최선을 다함.
<p>[약점](W)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○지역규모 연구. 세계적 수준의 연구성과 도출을 위해 확장노력 요구 ○시도된 바 없는 연구로서, 성공 확률 산출 불가. 	<p>[WO 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○필요시 국외전문가와 함께 공동 연구 수행 ○시도된 바 없는 연구인만큼 연구소-학계간 긴밀한 협조가 이루어진다면, 세계적 성과도출 가능할 것임. 	<p>[WT 전략]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○기상선진국 겨울 한파관련 연구 분석, 과제에 적극 반영 ○예보선행인자 선정에 대해 다양한 학계 및 연구소간 토의 유도

3.2 경쟁력 제고방안

※3.1 SWOT 분석 전략란에 상세히 기술하였으므로, 생략함.

4. 단기 세부추진전략

- 1차년도에 경우, 예보선행인자를 선정, 관련 역학을 규명하여 계절예보 시스템 개발의 체계를 구축하는 단계.
- 본 과제에 경우, 북극 빙권의 요소중 겨울몬순에 영향을 미치는 요소인 가을철 시베리아 강설과 북극 해빙의 지난 30년간 변동성을 조사
- 겨울몬순, 한파를 정량화된 지수로 정의하여, 시베리아 강설과 북극해빙간의 계절내 관계, 경년변동에서의 관계, 10년 이상의 경향성에서의 관계를 분석
- 분석시 성층권을 포함하여 모든 조사 수행, 기존 연구와 차별화 함.
- 이상의 분석에서 1차년도에서 계절예보 선행인자를 예보에 활용할 수 있는 방법을 고안하고, 체계를 구축함.

4.1 기상업무 R&D 정책반영

※아직 기술안함. 추후 기술하겠음.

4.2 민간 투자 제고방안

※해당사항 없음

5. 정책제언

※해당사항 없음

디지털 장기예보 생산기술 개발

1. 개요

1.1 기술기획 필요성(목적)

최근 기상청에서는 일기예보에 디지털 기술을 접목하여 지역적으로 상세하게 제공하는 동네예보, IT기반의 GIS 서비스 등 다양한 방식의 기상정보를 제공하여 수요자들이 일반적 또는 산업적으로도 활용가능 하도록 하고 있다. 이는 곧 기상 예측 정보를 격자점화 하여 제공함으로써 다른 다양한 분야의 환경 하에서도 그곳의 업무 성격에 맞게 기상예측 정보를 가공하여 활용할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 수치화된 기상예측정보에 대한 수요는 장기예보 분야에서도 나타나고 있는데, 예를 들어 수자원 관리를 위한 장기예측 정보 활용 가능성 타진으로서 장기예보에서 생산하는 강수예측 정보를 어떻게 수자원관리에 활용할 수 있는가는 중요한 시도가 될 것이다.

그러나 장기예보 분야에서의 수치화된 장기예보 자료의 제공은 그리 쉬워 보이지 않는다. 이는 장기예보 업무의 특성과 관련이 있는데, 이를 살펴보면 우선 장기예보 예측성의 문제로서, 이미 디지털 예보 자료가 제공되고 있는 단기예보와는 달리 장기예보의 예측성은 매우 떨어진다. 이는 사용되고 장기예보용 예측자료 생산 모델의 예측성능이 상대적으로 낮은 것으로, 예측기간이 길기 때문에 나타나는 필연적인 귀결이다. 그러나 이러한 상황은 장기예보용 예측자료 생산 모델의 자료를 곧바로 디지털 장기예보 자료로 사용하기 어렵게 만들게 된다. 실제로 현업에서는 사용되는 모델들이 서로 다른 방향의 예측결과를 내놓아 장기예보의 방향성을 잡기가 어려운 일이 상시적으로 나타나며, 대부분의 모델들이 매번 일관성 있는 적중률을 보이지도 않는다.

수치화된 장기예보 자료의 제공을 방해하는 또 다른 문제는 장기예보 생산 방식의 상대적 복잡함에 있는데, 이는 장기예보용 예측자료 생산모델의 정확도가 낮은 것과 많은 부분 관련이 있다. 따라서 장기예보의 경우, 예측자료 생산모델의 결과 뿐만 아니라, 이상기후에 대한 종합적인 분석과 기후시스템에 대한 이해가 매우 중요하게 활용된다.

한편 우리나라는 장기예보를 평년에 대해 기온의 높고 낮음과 강수량의 많고 적음을 3분위로 구분하여 표시하고 있으며, 지역적으로는 몇 개의 광역으로 나누어 정보를 제공하고 있다. 그러나 장기예보 정보를 산업적으로 활용하기 위해서는 전국 각 지역에 대한 수치자료로의 표현이 가능해야 하므로 현행 장기예보체계에서 제공하는 3분위와 몇몇 구역으로 구분하여 제공되는 장기예보문의 예측내용을 각 지역에 대한 수치자료로 표현하는 기술의 개발이 요구된다.

이러한 장기예보의 디지털 표현기술은 여러 가지 방법이 가능하며, 기본적으로는 PCA, CCA, SVD등의 통계적 방법을 이용한 시공간 모드의 분리추출, 수정 및 조합기술을 활용하게 될 것이다. 즉, 현재 이루어지고 있는 주요지역에 대한 3분위 결정 방식을 주요 공간모드에 대한 시계열 계수의 크기 조절 방식으로 대체함으로써 상세한 디지털 수치자료를 획득하게 된다.

1.2 기술기획 대상(내용) 및 범위

□ 디지털 장기예보 생산기술 개발

- 관측자료 기반의 한반도의 기후 및 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 개발
- 장기예보용 자료생산 모델의 결과를 디지털장기예보 시공간 모드로 변환하는 기술 개발
- 최종 장기예보문에 적합하도록 디지털 장기예보 시공간모드 변형기술 개발

1.3 기술기획 추진방법(연구개발비, 개발기간, 연 소요인력 등 포함)

분야	2011	2012	2013
디지털 장기예보 시공간모드 개발	관측자료 기반의 디지털장기예보 시공간모드 개발	모형자료 기반의 디지털장기예보 시공간모드 개발	
장기 예보용 모형에의 디지털 장기예보 표현 기술 적용		디지털장기예보 시공간모드 기반의 통계모델 개발	
디지털 장기예보 시공간 모드 변형기술 개발			장기예보문에 적합하도록 디지털 장기예보 시공간모드 변형기술 개발

□ 디지털 장기예보 생산기술 개발

- 관측자료 기반의 한반도의 기후 및 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 개발
- 장기예보용 자료생산 모델의 결과를 디지털장기예보 시공간 모드로 변환하는 기술 개발
- 최종 장기예보문에 적합하도록 디지털 장기예보 시공간모드 변형기술 개발

(1) 1차년도 목표

- 관측자료 기반의 한반도의 기후 및 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 개발
 - 장기예보 업무 중 디지털 표현 기술 적용 대상 업무의 특성 파악
 - 한반도 기후자료의 시공간모드 분석 기법의 비교 및 결과 분석

- 장기예보 업무에 적합한 시공간 모두 분석 기법 선택
- 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 개발
- 모형자료 기반의 한반도의 기후 및 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 개발
 - 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 분석 기법의 적용

(2) 2차년도 목표

- 모형자료 기반의 한반도의 기후 및 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 개발
 - 디지털장기예보 시공간모드 분석 기법의 적용 결과 특성 분석
 - 관측자료 기반 및 모형 기반의 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간모드 특성 비교
- 장기 예보용 모형의 디지털 장기예보 표현 기술 적용
 - 디지털장기예보 시공간모드 분석 기법을 적용한 통계모형 개발

(3) 3차년도 목표

- 장기 예보용 모형의 디지털 장기예보 표현 기술 적용
 - 기존 통계모형과 디지털장기예보 시공간모드 분석 기법을 적용한 통계모형의 특성 비교
- 최종 장기예보문에 적합하도록 디지털 장기예보 시공간모드 변형기술 개발
 - 이상기후에 대한 디지털 장기예보 시공간모드 변형기술 개발

- 주요 사례에 대한 디지털 장기예보 시공간모드 변형 결과 분석
- 디지털 장기예보 표현기술을 이용한 정보의 산업적 이용가능성 분석

가. 연구개발사업의 규모

본 연구개발 사업은 총 연구기간은 2011년부터 2013년까지 총 3년간으로 연구 개발된다. 연구인력은 년 2명이며 총 연구비 규모는 대략 3억원이다. 목표한 각 단계별 연구비 총액은 아래 표 1에 기술되어 있으며 연구기간 매해 추진되는 핵심과제 및 소요연구비는 표 2에 정리되어 있다.

표 1. 단계별로 필요한 연구비 및 소요인력

구 분		1단계(2011)	2단계(2012)	3단계(2013)
연구비	정 부	100백만원	100백만원	100백만원
	민 간	0백만원	0백만원	0백만원
	합 계	100백만원	100백만원	100백만원
개발기간		3년	연 소요인력	2명

표 2. 연구기간 매해 추진되는 핵심과제명 및 소요되는 연구비

핵심과제명	1차년도	2차년도	3차년도	합계
관측기반의 디지털 장기예보 시공간모드 개발	80백만원			80백만원
모형기반의 디지털 장기예보 시공간모드 개발	20백만원	60백만원		80백만원
장기 예보용 모형의 디지털 장기예보 표현 기술 적용		40백만원	30백만원	70백만원
예보문에 따른 디지털 장기예보 시공간 모드 변형기술 개발			70백만원	70백만원
합계	100백만원	100백만원	100백만원	300백만원

나. 연구개발사업의 추진체계

2. 해당기술의 국내외 동향

2.1 국내 현황

- 국내 산업시장 동향
- 국내 기술개발 동향

장기예보의 디지털 표현기술은 기본적으로는 PCA, CCA, SVD등의 통계적 방법을 응용하는 기술이므로 기술적으로는 전혀 새로울 것이 없는 분야가 될 것이다. 다만 지금까지는 이러한 통계적인 방법을 기후의 분석에 활용하여 왔으나 장기예보의 표현에 활용하지 않은 상태이기 때문에 어떻게 하면 효과적으로 현업에 활용가능한 절차를 수립하고 이를 표현하는가가 중요한 문제가 될 것이다.

장기예보의 디지털 표현기술에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 분야로서 새로운 분야의 응용기술 개발로 볼 수 있다. 장기예보의 디지털 표현기술에 활용될 PCA, CCA, SVD 등의 통계기법에 대해서는 이미 그 방법론들이 정립되어 있으며, 이를 연구에 활용하는 연구자들이 다수 존재하므로 장기예보의 디지털 표현기술에 대한 연구 가능 인력을 확보하는데에도 큰 어려움이 없을 것으로 보인다.

- 기술개발이 가능한 국내업체 동향

2.2 국외 현황

- 국외 산업시장 동향

- 국외 기술개발 동향

장기예보의 디지털 표현기술은 새로운 분야의 응용기술로서 해외에서의 연구도 많이 이루어지지 않고 있으나 장기예보의 디지털 표현기술에 활용될 PCA, CCA, SVD 등의 통계기법에 대해서는 다양한 연구와 접근이 이루어져 왔으며, 이를 연구에 활용하는 수많은 연구자들이 존재한다. 다만 현업적으로 장기예보의 디지털 표현기술을 적용하는 곳은 아직 존재하지 않는다.

- 기술개발이 가능한 국외업체 동향

3. 해당기술 SWOT 및 경쟁력 제고방안

3.1 SWOT 분석

SWOT 분석	[기회](O) <ul style="list-style-type: none"> ○ 보다 긴 기간에 대해 상세한 정보 요구 ○ 디지털 장기예보에 대한 산업적 수요 증대 	[위협](T) <ul style="list-style-type: none"> ○ 장기예보 정확도에 대한 높은 기대감 ○ 장기예보에 대한 낮은 만족도
[강점](S) <ul style="list-style-type: none"> ○ UM기반으로 장기예보체계 전환 ○ 슈퍼컴 3호기 도입 ○ 국립기상연구소 등과 관련 기술개발 협력 체계 구축 	[SO 전략] <ul style="list-style-type: none"> ○ 보다 정확하고 상세한 상세장기예보 서비스 제공 목표 달성 ○ 역학모델/통계모델 기반 디지털 장기예보 생산 체계 구축 	[ST 전략] <ul style="list-style-type: none"> ○ 기대수준에 부응하기 위해 역학모델/ 통계모델의 지속적 개선 ○ 국민들이 바른 이해와 더불어 지속적인 관심을 갖도록 노력
[약점](W) <ul style="list-style-type: none"> ○ 모델개발, 모델수행, 자료분석, 예보생산 및 통보, 예보 검증 업무가 혼재되어 수행 ○ 모델 자료의 진단 및 검증 미비 	[WO 전략] <ul style="list-style-type: none"> ○ 모델의 검증 강화 및 모델 진단 체계 확립 ○ 산업적 활용을 고려한 디지털 장기예보 생산체계 구축 	[WT 전략] <ul style="list-style-type: none"> ○ 장기예보의 불확실성을 고려해 예보표현과 전달 방법의 과학적인 개선 강구 ○ 국민의 기대수준에 부응하는 장기예보 정확도 향상을 위하여 기술협력 강화 및 기술력 확보를 위해 지속적 노력

3.2 경쟁력 제고방안

장기예보의 디지털 표현기술은 새로운 분야의 응용기술로서 국내외에서 비슷한 연구가 이루어지지 않는 분야이며, 현업적으로 활용가능한 장기예보의 디지털 표현기술을 개발하여 적용하는 실용적 성격의 연구가 될 것이다. 따라서 이 분야에 대한 연구는 소규모의 연구개발 투자로서도 앞선 경쟁력을 확보할수 있을 것으로 판단된다.

4. 단기 세부추진전략

4.1 기상업무 R&D 정책반영

4.2 민간 투자 제고방안

5. 정책제언

**기상업무 연구개발사업
선도과제 제안요청서(RFP)**

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

기술분류 체계	구분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
	대분류	A	D	
	중분류	A02	D05	030800
	소분류	A0205	D0503	
개발과제명	에너지 사이클을 이용한 이상기후의 진단과 메커니즘 연구			
제품명				
제품특성 및 개발유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			단독형	
개발목표 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 이상기후 사례 조사 • 에너지순환의 기후값 분포와 변동성 분석 • 이상기후의 에너지순환 분석 • 이상기후 메커니즘 규명 			
기술개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> • 최근 기후변화에 따라 이상기후 발생이 증가하고 있으며 그에 따른 피해액이 급증하고 있으나 메커니즘에 대한 이해가 충분하지 않음 • 이상기후를 에너지 사이클의 관점에서 해석하여 이상 기후 메커니즘을 이해하려는 시도는 거의 없음 • 중위도 에디의 생성, 유지 및 소멸의 과정동안 발생하는 에너지 전환방식과 강도에 대한 체계적인 분석 필요성 대두 			
기술동향 및 수준	국 내			
	국 외			
시장규모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실용화 가능성	이상기후에 따른 에너지 축적도 모니터링 및 사전 진단기술 현업화			
개발기간 및 소요예산	(36) 개월 / (650) 백만원			
키워드	(한글)			
	(영문)			

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

기술분류 체 계	구 분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
	대분류	A	D	
	중분류	A02	D05	030800
	소분류	A0204	D0503	
개발과제명	산업 부문별 장기예보 수요분석 및 활용 시스템 구축 연구			
제 품 명				
제품특성 및 개발 유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			단독형	
개발목표 및 내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산업 부문별 장기 예보 서비스에 대한 수요를 분석하고, 이를 기반으로 장기 예보 정보의 효율적인 활용 방안을 도출하며, 또한 이를 토대로 산업에 적용할 수 있는 구체적이고 유용한 장기 예보 정보의 시범 활용 시스템을 구축하여 적용하는 것이 연구의 목적임 ○ 장기 예보 정보의 현황과 특성 유형 분석 ○ 산업 부문별 장기 예보 정보의 활용성에 대한 수요 분석 			
기술개발의 필 요 성	○ 지구 온난화로 인한 호우, 가뭄, 열파, 한파, 강풍, 폭설 등 빈번한 기상 재해로 인해 인명과 재산 피해가 증가함에 따라, 다양한 기후 자료 특히 기후 변화에 취약한 지역의 구체적이고 과학적인 기초 자료 산출이 절실함.			
기술 동 향 및 수 준	국 내			
	국 외			
시 장 규 모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실 용 화 가 능 성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기상청 중점과제의 실질적 추진을 위한 토대 마련 및 WMO집행이사국으로서의 역할과 위상 제고 ○ 상세한 장기예보 수요분석을 통하여 장기예보 활용 서비스의 향상을 위한 기초자료 제공 			
개발기간 및 소 요 예 산	(36) 개월 / (1,000) 백만원			
키 워 드	(한글)			
	(영문)			

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

	구 분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
기술분류 체 계	대분류	A	D	
	중분류	A02	D05	030800
	소분류	A0204	D0503	
개발과제명	북극 빙권 예보선행인자와 겨울몬순 세기의 관련성 규명 및 이를 활용한 겨울몬순 계절예보 시스템 개발			
제 품 명				
제품특성 및 개발 유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			협동형	
개발목표 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 계절예측 선행인자로서의 가을철 시베리아 강설의 역할 규명 - 계절예측 선행인자로서의 북극 해빙의 역할 규명 - 성층권 극제트 세기변화가 겨울철 장주기 한파 형성에 미치는 영향 규명 - 규명된 역학에 따라 가을철 해빙, 늦가을 초겨울 시베리아지역 강설, 초겨울 성층권 극진동 및 돌연승온 현상을 선행인자로 하는 장주기한파 계절예보 시스템 개발 			
기술개발의 필요성	○ 급격한 북극권 온도 상승, 증가된 수분(수문 싸이클)을 고려시, 이상기후/기상의 강화는 충분히 예견. 앞으로 더욱 강화될 것임. 체계적인 예측/대응 강화 필요			
기술 동향 및 수준	국 내			
	국 외			
시 장 규 모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실 용 화 가 능 성	역학-통계-모델링의 상호보완에 근거하여 계획대로 과제가 수행된다면, 기존 통계 모델들의 예보인자 선정에 있었던 문제점들을 획기적으로 보완될 수 있음			
개발기간 및 소요 예산	(36) 개월 / (480) 백만원			
키 워 드	(한글)			
	(영문)			

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

기술분류 체 계	구 분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
	대분류	A	D	
	중분류	A02	D06	030800
	소분류	A0204	D0603	
개발과제명	지연원격상관을 이용한 겨울철 현업 장주기 한파 예보시스템 개발			
제 품 명				
제품특성 및 개발 유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			협동형	
개발목표 및 내 용	<ul style="list-style-type: none"> - MJO/NAO의 장기 지속성을 이용하여 동아시아 겨울철 한파시스템의 역학적 이해 및 겨울철 한파에 대한 통계적 현업 예측시스템 구축 - 적도-중위도 원격상관에 따른 겨울철 동아시아 기후의 선행인자 분석 - 동아시아 겨울철 장기예측을 위한 통계모델 개발 및 검증 			
기술개발의 필 요 성	<ul style="list-style-type: none"> - 한파에 의한 산업적/경제적 피해가 매년 증가하고 있어 한파와 관련한 예측-방제 시스템 구축이 시급히 요구됨 - 동아시아 겨울철 기후와 MJO 및 NAO 특성의 지연원격상관의 진동특성을 이용하면, 동아시아 겨울철 장기예보를 위한 통계예측이 가능하여 현업 장주기 한파 예보시스템의 예측률을 획기적으로 개선시킬 수 있음 			
기술 동 향 및 수 준	국 내			
	국 외			
시 장 규 모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실 용 화 가 능 성	동아시아지역 겨울철기후의 통계적 계절예측시스템이 개발되어 현업에서 활용될 것임			
개발기간 및 소 요 예 산	(36) 개월 / (360) 백만원			
키 워 드	(한글)			
	(영문)			

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

	구 분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
기술분류 체 계	대분류	A	D	
	중분류	A02	D04	030800
	소분류	A0204	D0405	
개발과제명	역학예측 모델의 성층권 모의능력 향상과 이에 기반한 겨울몬순 역학 예측 시스템 개발			
제 품 명				
제품특성 및 개발 유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			협동형	
개발목표 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 겨울철 계절예보의 획기적 향상을 위해, 국제수준의 계절 예측시스템 확보 ○ 대류권-성층권 결합 및 모수화 검증 ○ 모형의 해상도, 물리과정 모수화에 따른 극진동 모의 능력 향상 ○ 향상된 성층권-대류권 결합 역학 모델에 기반한 겨울몬순 계절예보 수행 및 평가 			
기술개발의 필요성	○ 폭설을 동반하는 장주기 겨울한파의 경우 성층권과 연관되어 있어, 겨울철 장기예보를 위해 관련 성층권 역학에 대한 이해와 모델 모의는 필수 요구조건임			
기술 동향 및 수준	국 내			
	국 외			
시 장 규 모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실 용 화 가 능 성	대류권-성층권 결합 겨울몬순 예측 시스템 확보			
개발기간 및 소요 예산	(36) 개월 / (360) 백만원			
키 워 드	(한글)			
	(영문)			

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

기술분류 체계	구분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
	대분류	A	D	
	중분류	A02	D04	030800
	소분류	A0204	D0405	
개발과제명	동아시아 겨울몬순역학에 기반한 장주기(수주일~계절) 예보선행인자 개발과 이를 활용한 독자 계절예보 체계 구축			
제품명	※ 장비개발인 경우 개발품명을 기재			
제품특성 및 개발유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			협동형	
개발목표 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동아시아 겨울몬순역학에 기반한 장주기(수주일~계절) 예보선행인자 개발과 이를 활용한 독자 계절예보 체계 구축 ○ 역학예측 결과, 통계예측 결과를 정량적으로 종합하여 객관화된 겨울몬순 계절예보 시스템 구축 ○ 현업화 시험 적용, 예측성 검증 및 보완 			
기술개발의 필요성	○ 겨울 한파의 특징 변화. 삼한사온 -> 폭설을 동반하는 장기간 지속되는 형태. 급격한 북극권 온도 상승, 증가된 수분(수문 싸이클)을 고려시, 이상기후/기상의 강화는 충분히 예견. 앞으로 더욱 강화될 것임. 체계적인 예측/대응 강화 필요. 겨울 몬순의 특징 변화는 예보 측면에서 매우 중요. 그러나, 현 시점에서는 원인 규명 불충분. 이에 따른 계절 예측 부재. 여름 몬순에 비해서도 매우 미흡.			
기술동향 및 수준	국 내			
	국 외			
시장규모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실용화 가능성	독자 겨울철 계절예보 시스템으로서 연구결과는 바로 현업에 활용될 것임			
개발기간 및 소요예산	(36)개월 / (1,200)백만원			
키워드	(한글)			
	(영문)			

기상업무 연구개발사업 선도과제 제안요청서(RFP)

기술분류 체 계	구 분	기상기술분류	국가과학기술표준분류	NTRM
	대분류	A	D	
	중분류	A02	D05	030800
	소분류	A0204	D0503	
개발과제명	디지털 장기예보 생산기술 개발			
제 품 명				
제품특성 및 개발 유형	제품특성 ^①		개발유형 ^②	
			단독형	
개발목표 및 내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 장기예보 생산기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 관측자료 기반의 한반도의 기후 및 장기예보를 표현할 디지털장기예보 시공간 모드 개발 - 장기예보용 자료생산 모델의 결과를 디지털장기예보 시공간 모드로 변환하는 기술 개발 - 최종 장기예보문에 적합하도록 디지털 장기예보 시공간모드 변형기술 개발 			
기술개발의 필 요 성	○ 장기예보의 산업적 활용을 위하여 장기예보문에 일치하는 예보결과를 디지털화하여 표현하는 기술 개발 필요			
기술 동 향 및 수 준	국 내	기존기술을 이용한 새로운 응용기술 개발이 될 것임		
	국 외	기존기술을 이용한 새로운 응용기술 개발이 될 것임		
시 장 규 모	세계시장	()년, ()억원		
	한국시장	()년, ()억원		
실 용 화 가 능 성	기술 개발후 기상청 장기예보 업무에 활용			
개발기간 및 소 요 예 산	(36) 개월 / (300) 백만원			
키 워 드	(한글)			
	(영문)			

