기 고

기상연구소 연구현황과 발전계획

오 성 남

기상청 기상연구소
응용기상연구실장

개 요

우리나라에서 기상에 관한 연구가 시작된 것은 매우 오래되었으나 현대적인 연구가 체계적으로 시작된 것은 기상청의 역사에 비하여 비교적 늦게 출발되었다.

기상청을 중심으로 기상 및 기후에 관한 연구를 종합적 체계적으로 수행하기 시작한 것은 1978년 당시 중앙기상대 산하 기상연구소가 설립되면서부터이다.

기상연구소는 그 동안의 많은 개선을 통하여 기상청 예보업무 뿐만 아니라 기후 및 응용기상 분야에 학술 및 기술적 개발을 통하여 기상청에 지원해 왔다. 1996년에 들어 기상연구소의 조직을 크게 개편하여 5개 연구실과 1개 관리과 그리고 지구대기감시 관측소를 산하로 두고 본격적으로 연구에 박차를 가하기 시작하였으며, 장기적으로는 독립기관으로 발돋움하기 위하여 제도정비, 연구 분야 확장 등을 위해 학계 및 연구계의 의견을 모아 왔다.

지금까지 기상청의 현대화 계획에 발맞추어 기상 계측장비의 국산화, 통계적 강수 확률 예보 모델 개발, 태풍 예측 모델 개발, 해양기상 관측과 지진 방재, 집중호우, 대기의 수치 모델에 관한 연구 등 각종 기상재해를 방지 할 수 있는 예보정확도 향상에 집중 노력해왔다. 또 기상청의 슈퍼컴을 이용한 기상기술 개발 연구를 비롯하여 기상위성 및 기상레이더 등 원격탐사 기술 개발을 비롯하여, 종합기상 정보 시스템 구축, 기후예측 모델 개발에 관한 연구와

그림 1. 해남 악기상 감시관측소(KEOP)에 시설된 윈드프로파일러 레이더(Wind Profiler Radar)

그림 2. 전남 무안에 시설된 연구용 도플러 레이더 (Doppler Radar)

도시기상, 항공기상 등 응용기상 등 현장 연구 결과의 실용화를 추진하여 왔다.

특히 새천년이 시작된 이래 급격히 증가하는 수준 높은 기상 정보와 고도의 기상기술에 대한 각 분야의 요구에 따라 예보 중심의 연구개발에서 기후변화 감시 및 예측, 산업, 응용, 첨단기상 관측 기술 개발 등 연구 분야가 크게 다양화 되고 있다.

조직 및 연구내용

기상연구소는 소장(정효상 박사)을 중심으로 예보연구실, 원격탐사 연구실, 기후연구실, 응용기상 연구실, 해양기상지진 연구실 등 5개 연구실과 1개의 지구대기감시 관측소를 운영하고 있으며 연구소 기획과 관리를 위하여 연구기획관리(과) 부서로 구성되어 있다.

각 연구실의 현재 연구 활동은 다음과 같다. **예보연구실** 은 자연재해의 90%이상을 차지하는 기상재해 경감을 위해 예측 정확도 향상에 주력하고 있다. 대기의 종관적, 역학적 구조에 관한 연구, 대기 수치 모형에 관한 연구, 통계적 기상예측에 관한 연구, 기상예보 및 태풍에 관한 연구, 중규모 기상 현상에 관한 연구 등을 주요 업무로 하고 있다. 연구 활동으로는 고해상도 중규모 수치예보 모델의 연구, 집중호우 및 폭설사례 수치실험연구, 악기상 감시(KEOP, 그림 1) 및 예측 시스템 개발연구, 태풍모델 연구와 4차원 자료동화 연구 등이 대표적이다. **원격탐사연구실은** 기상위성자료 분석과 이용에 관한 프로그램 개발과 도플러 기상레이더(그림 2) 운영 및 data 처리, 태풍 등 악기상 영상 감시 그리고 인공증우 등 한반도 기상조절 기술 개발이 주요 업무 이며 기상위성자료를 이용한 기상요소 산출, 마이크로파 관측 자료를 이용한 태풍중심위치, 강우강도, 해수면 온도 산출과 레이더 운영 기술 향상, 위성 및 레이더 관측자료 분석 및 표출 기술 개발 등에 관한 연구를 수행하고 있다. 기후연구실은 기후시스템 및 전구 기후예측모델(GCM) 개발(그림 3)과 기후 및 장기기상예측, 기후변화 영향 평가, 고기후 등에 관한 연구 등이 주요 업무이다. 한반도 기후의 계절별 예측성 연구, 중·장기 예보 시스템 개발 연구, 이상기후 및 기후 변동성 연구,

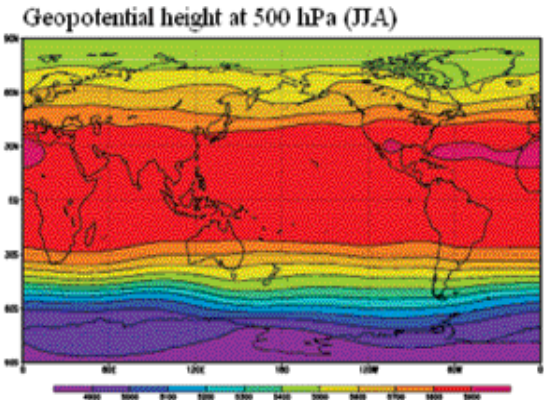

그림 3. METRI-AGCM (기상연구소 대기대순환모델)에 의하여 모사된 전구 기온 분포

그림 4. 제주도 고산에 시설된 ACE-Asia 지구대기감시관측소

기후 변화 탐지, 기후변화에 대한 과학적 이해를 높이기 위한 기후시스템의 물리과정과 상호작용 연구, 기상연구소의 전구모델(METRI-AGCM)을 이용한 앙상블 장기예보 시스템 구축과 한반도 에너지-물순환 변화 진단, 한반도 고 기후자료 복원, 상세 국지 기후정보 시스템 개발 등이 대표적 연구내용 이다. **응용기상연구실** 은 주요 업무는 미기상 및 국지기후에 관한 연구와 대기복사, 대기화학, 항공 및 산업기상, 환경기상, 농업 및 산악기상과 생물기상, 대기오염 및 보건기상, 기후변화 감시 등이 주요업무 이며, 황사 예측을 위한 지역대기 변화예측 연구와 도시기상 및 도시 대기특성 예측 연구, 항공기상 종합 예측 기술 개발, 한반도 배경대기 및 기후변화 감시 기술개발(국가지정연구실 사업), 지표 경계층의 에너지 플럭스 감시등이 연구내용이다. 특히 제주도 고산에 동북아 기후변화 감시를 위한 ACE-Asia 국제협력관측 site(그림 4) 구축은 대표적 성과이다. 해양기상지진연구실은 해양기상관측과 특성 조사 연구와 대기해양 상호작용 그리고 남극 및 북극 해양 기상연구와 해양 재해 예방과 지진 및 지진해일에 관한 연구를 수행함으로써 지진예지와 대응기술을 개발함 주요 업무이다. 연구활동 분야에는 장기 기후예측 능력 향상을 위한 해양 자료동화 및 예측 모델 개발과 부이 및 파고계(그림 5) 등 선진해양 감시시스템 도입과 해양 풍, 파랑, 해무예측, 지진해일의 수치적 점파 모델 및 범람 모델 개발 등 지진해일 등에 대한 다각도 예지예방 연구가 주요 내용이다. 기상연구소의 유일한 관측소로서 지구대기감시관측소에 세계기상기구(WMO) 지정 동북아지역 지역 배경대기 감시관측소이다. 지구온난화 등 대기 내 기후변화 원인 물질인 온실기체 농도와 특성 변동을 관측하며 배경대기의 대기질과 태양 및 대기복사에너지, 대기 미세분진인 에어러솔의 물리화학적 특성 조사 및 산성비관측과 대기화학성분 분석이 주요 업무이다. 한반도 배경대기의 온실기체 변동을 분석하여 온난화현상을 파악하며, 에어러솔 분포와 황사관측, 대기복사효과 및 대기화학성분 분석과 국내 산성비 영향 분석 등에 관한 연구와 한반도 지역 지구대기 감시를 위한 data base 구축은 미국해양기상청(NOAA)과 일본, 중국 등 국제적 관심 분야이다

그림 5. 해양 기상 관측용 브이 시설
(해수 2000m 깊이까지 측정)

그림6. 안면도 지구대기감시관측소

. 대기의 이산화탄소(CO_2)와 메탄(CH_4), 오존(O_3), CFCs 등 온실기체 측정을 위한 가스크로마토그래피(GC), 비분산적외탐사기(NDIR)을 비롯하여 에어러솔 Nehpheolometer 시정 측정계, PN10, PM2.5, Optical Particle Counter(OPC) 등 부유 분진 측정기와 에어러솔 LIDAR 및 라만 오존 라이더(그림 6) 등 60여 측정 시스템이 구성되어 있다.

기상연구소의 운영 및 발전 모체인 **연구기획관리과**는 장단기 기상지진 연구사업과 주요 및 기본 연구사업과제의 계획 및 조정과 관리뿐만 아니라 주요 정책설정, 국제협력, 물품 수급 관리, 예산 편성 및 연구소의 전산기기 유지 관리 등을 수행함으로써 활발한 연구 분위기를 조성하고 있다.

기상연구소는 지금까지 기본연구사업으로 100여개 과제, 20여개 특정 연구사업 과제 등을 수행하여왔다. 특히 각종 기상재해를 예방할 수 있는 예보기술 향상을 위한 연구를 집중 추진, 총 연구과제 중 예보분야 연구가 전과제의 75%를 차지하였으나 현재 50% 수준이어서 연구의 다양화가 진행되고 있다. 주요 연구 실적은 기상 특·경보 기준량 설정을 위한 기술개발 연구, 서해지역 기상조사, 호남 내륙지방의 저온기후가 농업에 미치는 영향, 태백산맥의 폭우와 폭설, 연안항로의 기상학적 안전성 조사연구, 대기혼탁에 의한 도시일사량 감쇄 분석, 도시대기 바람 장 모의와 확산도 연구, 기상장비 현대화를 위한 연구, 올림픽경기장의 기상환경조사, 수치모델을 이용한 예상일기도 작성, 한반도 지역의 기상위성 영상특성 분석, 연구용 도플러 레이더 영상 특성분석이며, 특정연구 개발사업 과제로는 "한반도 배경대기 기후변화 감시 기술개발" 연구와 기상정보 시스템의 현대화를 위한 전산식 예보 및 관측망자동화 개발연구, 기후예측 모형개발, 기상특보 발표 및 통보기능 향상을 위한 기술개발연구 등이 있다.

연구방향

기상연구소의 연구사업 추진은 기상청의 기상기술 수요 창출 계획과 그 개발 결과의 평가를 활용하는데 연구방향이 있으며 기상예보의 정확도 향상에 연구의 기본을 두고 있다. 따라서 국가 기상 기초 기반기술 개발 계획과 기상청이 추진하고 있는 기상지진 연구개발 사업과 주요과제 등이 연구소의 연구과제 발굴의 근간을 이루고 있으며 기상기술 개발 10년 계획에 주요 내용을 두고 있다. 이를 위하여 철저한 개발 결과의 검증과 이에 따른 실용화가 연구의 목표이며 국내외 공동 및 위탁 등을 통한 산학연 협력에 큰 중심을 두고 있다. 또 과학기술부의 특정연구개발 분야에도 적극 참여하고 있으며 환경부 및 건설교통부, 정보통신부 등과도 긴밀한 연구 협력이 이루어지고 있다. 기상 또는 대기과학 분야의 특수성에 따라 국제협력 분야에는 10여국가의 20여 연구기관과 협약서 교환, 공동연구, 전문가 교환 등으로 매우 활발하고 긴밀한 관계를 유지하고 있다. 대표적으로 미국의 국립대기연구소(NCAR)와 예측모델 개발 협력, 오클라호마 대학 및 미국악기상연구소(NSSL)와의 단시간 강수예보 연구, 독일 기상청(DWD)과의 도시기상연구 협력, 중국기상청 및 중국과학원과의 황사관측 협력, 러시아과학원 지리연구소와의 상호방문 및 연례연구 발표, 일본기상연구소(MRI)의 연구원 교육, 헝가리 기상청과 인도열대 기상연구소와의 연구원 상호교류 등 기상 예보기술 개발과 기후 및 응용분야의 연구 협력 성과는 타 기관의 추종을 불허하고 있다.

기상연구소의 연구계획으로는 이상기상 연구 등 모두 10여개 과제를 추진 중에 있다. 먼저 현재의 연구수준에서 보다 강화되어 수행할 연구과제는 다음과 같다.

(1) 태풍연구 - 우리나라에서 발생하는 기상재해 중 태풍에 의한 피해 규모가 가장 크다. 2002년 여름에 발생한 태풍 루사에 의한 경제적 피해 규모는 5조원을 넘었다. 향후 지구 온난화의 영향으로 태풍의 강도가 강해질 뿐 아니라 우리나라 부근을 통과할 빈도가 더욱 높아질 것으로 예상되고 있어 이에 대한 예측 능력 향상을 위한 연구 개발이 절실히 필요하다. 그러나 아직도 기상연구소에는 태풍 연구 전담 부서가 없는 실정이다. 위성 및 레이더에 의한 태풍감시와 정확한 예측모델개발에 주력해야 할 연구과제와 전담 부서의 신설이 계획되어 있다.

(2) 환경수문연구 - 최근 지구온난화 이상기후에 의한 가뭄현상이 빈번해 지고 있으며, 중국 대륙의 사막화지역 확대와 이상기상현상으로 황사의 발생이 증가하고 있다. 한반도 지역의 가뭄 극복과 수자원 확보를 위한 인공증우 기술 개발과 황사 발생의 예측과 대응 등에 대한 연구는 국가의 경제 발전을 위해서도 필수적인 분야이다. 이에 대한 전담 부서의 신설과 한·중·일, 그리고 미국과 연계하여 장기 연구과제가 계획되어 있다.

(3) 지구대기감시 강화 - 지구온난화, 오존층 파괴, 산성비 등의 지구환경 문제는 국제적인 핫 이슈이다. 세계기상기구(WMO)의 Global Atmosphere Watch (GAW) 프로그램에 따라 설치된 현재의 지역급 지구감시관측소를 동북아시아 대표 지구급 관측소로 격상하여 지구대기환경 실태를 정확히 파악하고 이를 근거로 장기적인 지구기후변화를 예측하고 대처하기 위한 지구대기감시 관측 및 자료관리·제공 시스템 구축이 필요하며 현재의 지구대기감시관측소를 제1 및 제2 감시관측소로 나누어 확대한다.

둘째 계속 유지하여 발전해야 할 연구로서 다음을 계획하고 있다.

(1) 예보연구 - 악기상 예측능력 향상 등을 위하여 중규모 기상 현상 수치 모델의 개선 등 정확한 기상예보를 위한 연구 및 기술개발은 지속적으로 수행해야 한다.

(2) 원격탐사연구 - 차세대 원격탐사 장비의 개발 및 자료 활용 기술 개발에 자원 및 인력을 집중 투입하여 우리나라의 2008년 국가우주개발 중장기계획인 "통신해양기상위성" 사용에 적극 참여하고 레이더 관측망 확충계획에 따라 지속적인 레이더관측소의신축 및 기존 레이더의 성능 향상을 추진하고 있다. 상세하고 수준 높은 각종 기후정보를 지역규모에 공급함으로서 대국민 기상서비스를 증진하기 위해서 관련 연구의 필요성을 인식하고 있다.

(3) 해양연구 - 해양대기 상호작용, 기후변화, 태풍 등 악기상현상과 밀접한 관련을 맺고 있는 해양의 상태와 변화에 대한 연구가 주된 계획이다.

(4) 지진연구 - 다양한 지질학적, 지구물리학적 정보를 방대하게 분석하여 지진재해도 작성 등 지진방재 연구에 주력하고 향후 지진발생을 예보를 할 수 있는 기반 구축을 위한 정밀 관측시스템 연구가 필수적이다.

(5) 응용기상연구 - 국가의 산업과 과학기술의 발전에 따라 응용기상분야에 대한 요구가 다양해지고 있으며, 태양 및 풍력 등 에너지 이용, 대기오염, 생태환경, 교통, 보건 기상 등이 이 분야에 해당된다. 항공기 이용의 안정을 위한 대기난류와 공항의 시정 및 돌풍에 대한 예측 및 해운선박 운항과 도로교통 기상예측, 도시의 대기오염, 산악지역 군 작전에 따른 화생방 대기확산, 보건기상, 도시환경조성을 위한 도시기상 및 평가기술 등에 대한 연구와 개발이 요구되고 있다.

현재 수행중인 과제로 중장기 예보모델 개발이 있으며 모델개발 및 운영을 위하여 기상청의 슈퍼컴퓨터를 이용하고 있으나 기상연구소 자체의 슈퍼컴퓨터 (슈퍼 돔, HP기종)를 운영하여 현재 수치예보를 위한 자료처리와 중장기 한국형 예보 모델로 개발하고 있다. 또 우리나라 전체의 기후변동 및 이상기상 현상에 대한 연구를 종합적 체계적으로 실시하고 있다. 세계기상기구와 연결, 오존, 이산화탄소, 메탄가스 등 대기관련 가스 측정 분야, 엘리뇨 분야, 기후변화, 이상기상 영향 평가, 기후 분야 등에 집중연구 중에 있다. 이는 앞으로 지구 및 한반도 기후변화 파악과 국제 기후변화 협약에 크게 기여할 것이며, 이상기상 예보, 방재 기상기술 향상, 기후변화 예측 및 감시 변화 및 이상기상 대응책 마련 등 폭넓게 이용할 것으로 기대 된다. 특히 위성과 레이더 기술의 향상은 향후 우리나라 집중호우의 예측을 위하여 보다 정확성을 향상 시길 수 있을 것으로 본다. 현재 개발된 해상풍 모델은 기상청의 제한구역 수치모델과 연결 48시간 예보를 시도하고 있으며, 파랑 수치예보, 청해 파랑 모델 등을 개발, 해상풍 모델과 연결하는 연구가 진행 중에 있다. 장기적으로 제한구역 수치예보 모델- 해상풍 모델-파랑모델로 연결되는 일련의 유기적인 예보체계가 구축 되어 해상에 관측시스템을 설치하는 한편 이를 통해 얻은 해상자료를 좀더 구체적이고 체계적으로 하여 우리나라 연근해의 해양기상 수치예보를 가능케 할 뿐만 아니라 재해의 예방에도 큰 도움을 줄 것이다.

연구소 발전 방안

기상연구소는 앞으로 국내 대기 과학 분야의 중추적 연구기관으로 성장하기 위해 확장 독립할 계획이다. 이 안에 따르면 발족 초기에는 현재의 인원과 비슷한 2부 7개 연구실 100명 정도의 규모로 출발, 기구를 점차 확대 예보 연구부와 응용 연구부등 2부 14실 300명 규모로 조직을 확대하여 국내는 물론 외국에서 수학한 유능한 연구원을 최대한 수용할 계획이며, 기상청의 전문인력 확보에도 기여하게 될 것으로 전망된다. 특히 민간기상업무의 기술지원, 산업분야 전문기상정보 생산, 기술개발 등의 연구가 강화되며, 대기환경에 관한 연구, 국내의 독자 기상위성 보유와 원격탐사 기술 향상 및 장비 운영기술, 위성자료의 획득처리 등을 위하여 신설될 위성센터 설립과 태풍예측 전담 연구를 위한 태풍연구실, 황사 및 기상조절을 위한 환경수문연구실 등의 신설을 적극 추진할 계획이다. 또 윈드프로파일러 레이더와 도플러 기상레이더망을 이용한 집중호우 예측 기술개발에 관한 연구가 보다 활발해질 것이다. 또한 우수 전문인력 확보, 최신장비 및 시설도입 등으로 실질적인 연구 분위기가 성숙되어 첨단기술을 활용한 현대적인 기상예보기술 개발이 촉진될 것이며 기후연구, 해양기상, 지진연구 등 기초 및 방재 기상연구를 계속 확장 발전 추진하여며 지구대기 감시 관측소를 현재의 안면도와 제주도를 연결하여 안면도 지구대기감시관측소의 기능을 확대하여 직급을 상향 조정하며 관측소 청사 증축은 이미 설계가 진행 중이다. 또 제주 고산의 ACE-Asia site를 기상연구소의 제 2 지구대기 감시 관측소로 설립할 계획을 하고 있다. 한편 대국민 생활 및 국가의 경제 산업 발전을 위하여 기상정보 고급화 연구와 관련 민간기업과의 활발한 교류가 이루어질 것으로 기대된다. 보다 나은 국민의 삶과 경제 산업, 과학기술 발전을 위한 기상연구소의 역할을 우리나라 대기과학의 중추로서 출연연구기관으로 발전하기 위한 연구도 진행 중이다.