

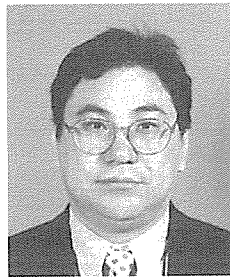
21세기의 기상정보 전달체계

자연의 위협으로부터 인명을 지키고 사회 경제활동에 영향을 최소한으로 억제하기 위해선 피할 수 없는 자연현상의 발생을 예측하여 충분히 대비하는 일이다. 기상예측기술은 대기관측과 컴퓨터 등 첨단기술에 의존하는 일종의 종합기술이다. 새로운 기상관측체계 수립과 최근 도입가동된 슈퍼컴퓨터에 기대를 걸어본다. 그러나 일반적으로 전달되는 기상정보전달체계에서 벗어나 국민 각자가 요구하는 특정지역, 특정시간에 기상정보를 전달할 수 있는 체계로 발전되어야 한다.

오늘날 세계는 경이적인 과학기술과 산업의 발전으로 인간의 생산활동은 거대화되고 폭발적인 인구의 증대를 가져왔다. 한편, 인간의 생활과 산업의 확대는, 지구온난화, 삼림의 감소 등의 지구환경문제를 대두시켰고, 홍수, 한발 등의 이상 기상에 의한 피해나 지진, 화산활동 등의 재해에 의한 피해도 심화되고 있는 것으로 보고되고 있으며, 이들 자연의 위협으로부터 인명을 지키고, 사회, 경제활동에 영향을 최소한으로 억제하기 위해서는 피할 수 없는 이상 자연현상의 발생을 예측하여, 충분한 대비를 게을리 하지 않도록 할 필요가 있다.

일기현상 과학적 분석

주술이나 경험에 의존하던 일기현상에 대해 과학적인 분석이 시작된 것은 대기상태를 관측할 수 있는 근대적인 측기가 발명되면서 시작되었다. 1441년에는 세종대왕이 측우기를, 또 1593년에는 갈릴레오(Galileo)가 온도계를 발명하였고, 1643년에는 토리첼리(Torricelli)가 기압계를 발명하였다. 19세기 이후 일기현상들을 이해하고



吳 載 鎬
(기상연구소 예보연구실장)

과학적으로 설명하려는 노력이 계속되었지만, 현대 기상예측기술은 20세기 초의 Newton의 운동방정식, Boyle-Charles-Dalton의 상태방정식, 질량 연속방정식, 열역학방정식을 이용하여 기상변화 예측을 시도함으로써 시작하였다고 볼 수 있다. 1922년 영국의 Richardson에 의하여 기상변화예측은 유체역학적인 방법으로 미·적분 방정식에 의하여 수치적으로 계산될 수 있음이 보여졌다. 1940년대에는 컴퓨터를 이용한 기상예측이 시도되었으며 오늘날에 이르기까지 컴퓨터의 지속적인 발달로 예보자의 경험적인 예측에서 발전하여 수치예보의 전성기를 맞이하게 되었다.

수치예보를 가능하게 한 것은 컴퓨터의 발달 뿐 아니라 지속적인 기상현상에 대한 물리적, 역학적 이해를 빼놓을 수 없다. 또 많은 기상현상들이 단지 대기권의 변화에 따른 것이 아니라 지표 특성, 상층대기의 상태, 해양과 해빙 등의 영향을 받고 있음을 알았고, 엘니뇨와 같이 지구상의 한 곳에서 발생한 기상 이변이 원거리에 전달되어 나타나며, 이 원거리 전달에는 지역적 특성이 있음을 알게 되었다. 이와 같은 지식은 보다 더 향상된 수치모형을 가능하게 하였다. 동시에 정확한 수치예측을 위해서는 정확한 초기 조건과 경계 조건이 필수적임을 알게 되었고, 이를 위하여 초기의 간단한 기상관측에서 발전하여 이제는 땅속 환경과 해양상태, 또 3차원적 기상관측을 하고 있다. 여기에는 기상관측 외에도 인공위성, 기상레이더, Lidar, 무인 자동관측 시스템 등 첨단 과학장비가 활용되고 있다. <그림 1>

이상 기상현상을 정확히 파악하고 그 변동을 정확하게 예측하기 위해서는, 광대한 지구가 다양한 변동을 구성하는 개개의 요소과정을 상세히 해명하고 각각이 서로 복잡한 영향을 미치게 하는 지구를 종합적인 시스템으로서, 시·공간적으로 변모를 충실히 재현하는 노력이 필요하다. 이 때문



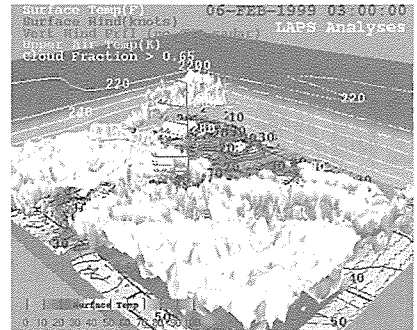
<그림 1> 첨단 기상측기 중 하나인 이동식 기상레이더

에, 선진국에서는 지구의 미세한 변동을 탐지하기 위한 지상관측체계를 보강하고, 지구관측 위성, 대형 해양관측연구 선박을 비롯한 전 지구를 시야에 넣은 종합적인 관측시스템의 보강을 통하여, 지구를 여러 가지 각도로부터 진단하여, 감시하기 위한 체제가 구축되고 있다. 이들에 의해 얻어지는 대용량의 관측 자료를 실시간으로 전송, 또 최근 연구성과의 결과인 고도의 자료 가공·처리기술 등을 기상변동 예측의 실현에 최대한 활용하려는 노력을 국가적으로 추진하고 있다. 근년의 컴퓨터와 통신망을 중심으로 급속한 발전을 이룬 정보과학기술은, 풍부한 국민생활의 실현과 새로운 시대를 개척하는 원동력으로서의 역할을 다하고 있다. 이에 중요한 역할을 담당하는 계산과학기술은, 이론·실험에 이어 '제3의 과학기술'이라고 불리며, 고성능 슈퍼컴퓨터를 이용한 첨단 모의를 통해, 폭발적으로 증가되는 정보를 효율적으로 처리 가능하게 하는 획기적인 수단으로서 기대가 높아지고 있다.

고속 컴퓨터 도입에 기대

이상과 같이 기상예측기술은 대기관측, 컴퓨터, 고속다중통신, 영상표출 등의 첨단기술에 절대적으로 의존하는 일종의 종합기술이다. 즉, 유체역학, 열역학, 수학, 통계학, 수치해석 등의 기본 학문을 바탕으로 하고 있다. 구체적인 응용기술로는 일기현상의 관측 및 분석기술로서는 지상 및 고층 관측 기술, 위성과 레이더 등의 원격탐사 기술, 기상정보처리기술, 종관분석기술 등이 있다. 이를 토대로, 앞으로의 기상 유체 흐름을 예측하기 위하여 기상 현상 규모별로 단시간 예보기술, 중규모 예보기술, 종관 예보기술, 장기 예보기술, 기후변화 예측기술 등이 종합화하여 발전되고 있다. <그림 2>

국내의 기상예측 기술개발 현황은 선진국과는 많은 차이를 보이고 있다 <표 1>. 악(惡)기상의 예보의 적절한 선행시간의 확보는 아직 충분하지 못하며, 예보 정확도 또한 많은 발전의 여지를 남겨놓고 있는 실정이다. 악(惡)기상의 예보를 좀더 향상시켜 재



<그림 2> 4차원 기상 일기예보의 예

해를 줄이기 위해서는 수동적이고 지표에 집중된 기상관측의 자동화, 입체화, 종합화를 목표로 기상 수감부, 자료처리체계의 개발이 필요하다. 기상 예측 향상에 절대적인 고층관측을 위하여 매 2~3분마다 상층대기의 흐름을 파악할 수 있는 Wind Profiler 실용화, 위성, 차세대 레이더, Lidar, Soda 등의 관측망을 통한 원격관측의 수준향상이 시급히 요구된다.

이러한 새로운 기상관측체계 수립과 더불어 금년 6월에 도입가동된 기상예측용 슈퍼컴퓨터는 기상예측기술에 새로운 전환기를 마련할 것이다. 모든 관측자료(레이더 및 위성 포함)가 수치 예보를 초기화할 수 있는 자료동화 기술의 실용화, 슈퍼컴퓨터가 제공하는 수치 모델의 조밀한 분해능과 앙상블 예보기법은 결정론적 예보기법에 혼돈이론, 신경망 이론 등의 새로운 통계적 기법이 가미됨으로써 기상예보의 정확도에 대한 신뢰도를 획기적으로 개선시킬 것이다. 나아가 현재의 불특정 다수인에게 특정시간에 일방적으로 전달되는 기상정보 전달체계에서 탈피하여 21세기가 요구하고 국민 각자가 요구하는 특정지역의 특정시간에 대한 고부가 기상정보를 상시 전달하는 체계로 발전하여야 한다. ①

<표 1> 한국과 선진국과의 주요 기상예측기술 수준 비교

	한국	선진국
지상관측 및 고층 관측기술	지상 양호/고층 미흡	연속 신기술 개발
위성분석기술	미흡	확보
레이더 분석/예측기술	강수, 바람	강수, 바람, 단시간예측
기상정보처리기술	음성영상다중화 개발단계	음성영상다중화 실용단계
자료동화기술	초보단계	실용단계
수치모델 개발기술	초보단계	실용단계
분석기술	비슷	비슷
악기상 예보 선행시간	실황(0분)	약 40분
중간규모 예보기술	초보단계	실용단계
종관 예보기술의 정확도	83%	85~86%
장기 예보기술	모델 미보유	모델 개발 보유
기후변화 예측기술	개발단계	실용단계