

우리 나라 대기과학의 전망

이 승 만

연세대학교 천문대기과학과

1. 서론

한국기상학회가 창립30주년을 맞이하면서 우리 나라의 대기과학의 미래를 정리하여 보는 것은 여러 가지 면에서 뜻깊은 일이다. 우리나라 대기과학은 여러 단계를 거치면서 발전해왔고 현재 더 빠른 속도로 발전해가고 있다. 우리 대기과학이 관심을 가졌던 문제들은 발전 단계마다 그 당시의 여건에 따라, 즉 인적, 기술적 및 재정자원이 허용하는 범위 안에서 조성이 되었고, 또 그것에 알맞게 문제해결 방법을 찾아왔다. 이제 21세기에 들어서면서 우리 대기과학은 어떤 단계에 돌입할 것인가, 사회·경제적 및 학문적 요구에 의해 어떤 종류의 문제를 갖게 될 것인가, 그리고 이 문제를 해결하기 위해 우리 나라 대기과학은 어떻게 발전할 것인가를 알아보는 것은 우리의 미래를 효과적으로 설계하는데 필수적이라고 생각하여 그 전망을 시도해 본다.

현재 우리 나라의 대기과학은 국내, 외적 상황과 분위기 때문에 발전을 강요받고 있다. 기상청(1992)은 그의 장기계획에서 인력, 기술 및 장비의 선진화를 통해 우리 나라 기상업무가 2001년까지 선진국 수준에 진입하는 것을 기본 목표로 제시하고 있다. 이것은 우리가 몇년 이내에 선진 7개국의 수준이 되어야 한다는 뜻이다. 이것이 구호적 성격의 것이 아니고 구체적 목표로 제시된 이상 대기과학 분야에 종사하는

우리들은 큰 압력을 받고 있음에 틀림없다. 그리고 우리 대학 교육의 질을 높이는 일과 과학 입국을 역설하는 사회적·국가적 요망도 우리의 발전을 강요하고 있는 간접 압력이다.

한편, 세계의 인구 급증과 인간 활동의 증가로 인해 지역 규모 또는 전지구 규모의 자원 고갈과 환경 파괴가 일어남으로써 인류 생존이 위협을 받게 될 것이라는 여러 국제 환경 보호단체의 주장이 끊임없이 들려오는 시대에 우리는 살고 있다. 우리는 이 위협을 기술 발전을 통해 해결해야 하는 과제를 안고 있다. 이 과제를 풀기 위해 문제를 이해해야 한다. 이러한 이해는 정밀한 과학적 평가 자료를 바탕으로 하여야 한다. 따라서 지구환경은 정확히 진단되어야 하며, 이 진단을 바탕으로 예측되어야 한다. 이러한 측면에서 대기과학은 매우 중요한 역할을 수행해야 할 임무를 부여받게 된 것이다.

어떤 학문의 발전을 전망하는 일은, 매우 중요한 일이지만 쉬운 일은 아니다. 그것은 우리에게 학문 발전의 원리에 대한 이해가 부족하기 때문이다. 다만 여러 가지 요인이 복잡하게 작용하고 있다는 것을 알고 있을 뿐이다. 예를 들면, 사회적 요구의 변화 추세, 학문적 개념의 변천 과정, 그리고 관련 기술수준의 발전상황이 상호작용하여 새로운 발전으로 유도될 수 있다는 것이다. 영국의 철학자 Jeans(1946)는 그의 저서 "Physics and Philosophy"에서 어떤 학문의 발전은 인접학문의 발전과 긴밀하게 연계되어 있음을 주장했다. 그는 학문의 발전을 다음과 같이 표현하였다. 안개로 덮

혀 지척을 분간할 수 없는 미지의 세계를 여러 분야의 학문이 서로 손을 잡고 한 걸음씩 걸어가고 있는 모양과 같다고 하였다. 1940년에 기상학 분야에서 실시된 전망은 그의 주장대로 인접분야의 기술 발전을 예측하지 못했기 때문에 빗나간 예이다. 당시에는 인공위성과 같은 우주과학기술과 위성에 탑재된 복사 측정에 관한 기술, 그리고 컴퓨터에 관한 기술의 출현과 발전이 예측되지 못했다.

그리고 학문적 요인 이외에 학문의 발전에 큰 영향을 주는 것이 있는데 그것은 정부가 갖고 있는 그 학문 분야에 대한 지원정책이다. 정부가 대기과학을 중요한 분야로 인식하고 발전시켜야겠다는 의지를 재정적 지원으로 나타낼 때 대기과학의 발전은 틀림없이 가속된다. 그러나 정부의 태도는 때에 따라 바뀌는 경우가 많고 결과적으로 재정적 지원의 정도는 예측하기 어려운 기복을 나타낸다. 이처럼 학문 발전에 큰 영향을 미치는 정부의 태도가 정치적으로 변화될 수 있기 때문에 학문의 발전에 전망하는 일은 매우 어려운 일로 생각된다.

여기서는 전망에 관계되는 여러 가지 어려움을 인정하면서, 대기과학 분야에서 우리의 현황과 발전추세, 그리고 세계적 동향을 고려하여 21세기의 첫 10년 내지 20년에 처할 우리의 미래를 전망해 보았다.

2. 과거에 실시된 전망의 예

지난 20여년 동안 실시된 대기과학 분야의 전망은 비교적 잘 예상했다고 본다. Lorenz(1970)는 예측자료로써 학문발전 상황도를 작성하였다. 이 자료에 의하면 중규모 현상과 구름분야에서 알려지지 않은 부분이 가장 많았다. 따라서 이 분야의 연구에 관심이 집중될 것이라고 했다. 이 예상은 잘 적중했다고 생각되며 현재 추세로 보아 21세기에 들어가서도 유효할 것으로 본다. Mason(1970)은 복사 측정기술에 의한 관측수단의 혁신이 이루어질 것으로 보고 있으며, 관측기술과 컴퓨터 발전에 따르는

정보처리 능력의 비약적 향상에 근거하여 대기과학을 대기내의 복잡한 문제를 풀 수 있는 정밀과학으로 인식하였다. 그리고 다가오는 고도의 기술사회에서 대기과학은 인류 복지를 위해 과학적 및 서비스적(Science and Service) 측면에서 크게 공헌할 것으로 전망했다.

한편 우리 나라에서는 한국기상학회 20주년 기념 특집호에서 “대기과학의 전망”(김정우, 1983)을 찾아볼 수 있다. 그는 미국 학계의 동향, 주어진 현실, 미개발 잠재능력을 고려하여 우리의 연구주제를 제안했고 그 전망을 기술했다. 이들은 오늘날 우리의 연구활동을 살펴볼 때 잘 예상했다고 보겠다. 연세대학교 천문대 기과학과 신입생의 연도별 남녀학생수의 변화 추세로부터 여학생수의 증가를 지적했고 이들의 전문분야로의 진출을 바람직한 것이라고 했다. 기상청(1993) 자료에 의하면 1983년의 기상청 직원의 정원은 687명이었고 이중에서 54명이 여직원이었다. 그러던 것이 1993년에는 932명중 여직원은 140명이 되었다. 따라서 10년동안 비율로 따지면 여성 인력은 7.8%에서 15%로 증가했으며 실제 수는 약 3배로 증가했다. 앞으로 여성 인력은 더욱 증가할 것으로 예상되며 그것은 바람직한 추세라고 생각한다. 그리고 기후역학과 대기화학이 중요한 연구분야가 될 것이라고 한 것은 역시 적중한 부분이다. 현재 기후분야에서는 GCM을 이용한 기후변동 연구가, 대기오염과 산성비 등 환경문제에서는 대기화학 분야의 연구가 활발하다. 앞으로도 이 분야의 연구는 활발하게 지속될 것으로 본다.

3. 기상청의 기상업무 장기발전 계획 (1992-2001)에 따른 전망

기상청은 대기과학 분야의 인력자원을 가장 많이 차지하고 있고 예산 규모는 가장 크다. 수행하는 업무의 내용과 범위를 감안할 때, 기상청은 우리 나라의 대기과학 분야를 대표한다고 할 수 있다. 따라서 기상청(1992)의 기상업

무 장기 발전계획은 우리 나라 대기과학의 미래에 지대한 영향을 미치게 될 것이다. 이 계획의 기본 목표는 인력, 장비, 기술에서 선진국 수준에 진입하는 것이다. 이 목표를 달성하기 위해 인력 양성과 업무 현대화를 추진하도록 되어 있으며, 목표달성은 사회에 질 높은 기상서비스를 보장하게 될 것이다.

인력은 양적, 질적인 면에서 큰 향상이 있을 것으로 생각된다. 총 인력은 1992년도의 933명으로부터 2001년까지 1500명으로 증가하게 되며 학사이상의 학력 소지자가 60% 이상이 되도록 하고 국내외 대학원에서 관련분야 석사, 박사 과정을 이수하도록 함과 동시에 해외 연수 및 고급두뇌 유치를 통해 인력의 질적 향상을 계획하고 있다.

업무 현대화는 관측, 정보처리 및 기구의 현대화로 나누어 생각하고 있다. 관측에 있어서는 중규모 현상을 검출하기 위한 고밀도 자동 관측망(AWS) 설치와 복사 측정기술을 이용한 원격 관측장비의 활용을 중점적으로 계획하고 있다. 정보 처리면에서는 슈퍼컴퓨터를 도입하여 자료처리 속도를 고속화할 방침이다. 기상 종합 정보통신망, 대량자료 계산체제, 기상정보 DB를 구축함으로써 업무, 연구, 서비스의 질 향상을 꾀하고 있다. 기구의 현대화는 새로운 업무개념에 입각한 업무처리 방식에 알맞는 구조개편을 통해 이를 것이다. 또 이와 같은 현대화된 업무를 수행할 새로운 청사의 건축을 동시에 계획하고 있다.

기상서비스의 현대화는 종합 수치예보 시스템과 전산기술의 활용으로 시도되고 있다. 이 예보 시스템은 중규모의 최단기 예보로부터 기 후 예보에 이르기까지 여러 가지 현상을 다루도록 되어 있으며, 연구를 통한 적중률 향상으로 재해예방, 산업기상 서비스, 환경 개선 등에 다양한 종류의 질 높은 자료를 제공함으로써 사회복리 향상에 공헌할 것이다.

4. 대기과학 관련 대학교육 및 연구기관

30년전과 오늘을 비교해 보면 대기과학 분야의 학과를 가진 대학이나 이 분야의 연구를 수행하는 연구기관은 그 수와 질적인 면에서 현격한 발전을 해왔다. 1958년 서울대학교 천문기상학과가 창설된 이래 현재는 7개 대학에 정규 대기과학과가 있다. 매년 200여명의 학생을 모집하고 있으며 약 30여명의 교수가 이들을 교육하고 있다. 앞으로 21세기에 이르기까지 대기과학과를 설치한 대학의 수는 현재의 두 배가 될 것으로 생각된다. 그 이유는 몇 가지로 나누어 생각할 수 있다. 우선 다음 세기로 들어가면서 요구되는 고급인력의 증가를 고려하면 이들의 교육에 필요한 교육기관의 증가는 불가피하다. 그리고 지역적 특성상 대기과학과의 설치가 필요한 대학이 있겠고 학과의 설치를 현재 진행시키고 있는 대학이 있다는 것을 생각하면 21세기 초까지는 14개 대학으로 증가할 것이 예상된다. 이렇게 되면 전임 교수의 총수는 100명을 넘을 것이며 매년 모집할 학생 수는 400명 규모가 될 것이다.

대기과학 관련 연구기관은 기상청 소속의 기상연구소와 공군 기상전대의 기상연구부가 대표적이며 가장 많은 연구 인력을 차지하고 있다. 그리고 연구 인력은 소수이지만 여러 종류의 연구기관에서 대기과학 분야의 연구를 수행하고 있는 소규모의 연구실이 10여곳 있다. 대기과학 관련 연구기관은 앞으로 그 수와 질적인 면에서 크게 발전해야 된다고 생각하며 그렇게 될 것으로 생각된다.

기상청 기상연구소에서 실시한 대기과학연구소 설립 방안(봉중현, 1991)에 관한 연구는 현재의 기상연구소가 안고 있는 여러 가지 문제점을 지적하고 이를 개선하기 위해서 대기과학 연구소를 정부출연 연구기관으로 설립할 것을 제안했다. 국내 대기과학 연구의 중심적 역할을 수행하고 연구 수준을 높이기 위해 정부출연의 대기과학연구소는 절대 필요하다. 그리고 앞에 언급한 기상분야에서의 선진국 진입 목표를 달성하려면 이 연구소의 설립은 필요조건이

다. 이 연구소는 국내외에 분산된 연구인력과 해외 과학자를 유치하여 연구능력을 높이고, 첨단 및 대형 관측·실험 시설을 구비함으로써 연구환경을 선진국 수준으로 개선하도록 제안되어 있다. 이 방안에는 독립적인 연구기관이 될 수 있도록 연구소 운영 방식의 개선에 대해서도 언급되어 있다.

대기과학연구소의 설립은 21세기에 이르기 전에 이루어 질 것이다. 계획에 의하면 최종 목표 인원은 선임급 이상의 연구원이 60명 이상이고 다른 직원들을 합쳐서 총인원은 200명이 넘을 것이다. 연구 장비로는 Doppler Radar, Wind Profiler, Lidar 등 첨단 원격 관측계기와 지상 기상 자동관측장치(AWS), 기상위성 자료분석장치, 항공기, 대기 화학분석장치, 슈퍼컴퓨터 등 대학이나 소규모 연구소에서 운영하기 어려운 고가의 장비를 보유하게 될 것이며, 이것들을 일반 연구자에게 사용 가능하도록 제도화함으로써 연구의 영역을 넓히게 되고 수준을 높이게 된다. 더 나아가서 연구소는 “기상청 * 대기과학연구소 * 대학” 공동 연구의 장을 마련할 것이며, 상호 의견 교환을 통한 연구동기의 부여, 문제해결의 실마리를 찾게 하며, 상호간의 연구 수준을 높이는 데 중추적 역할을 할 것이다.

5. 우리 나라의 대기과학분야 연구활동

한 과학분야의 연구활동 현황을 기술하기는 쉬운 문제가 아니다. 그러나 연구활동의 결과로 생산되는 논문의 수나 그 내용의 질을 평가함으로써 그 현황의 일면을 기술할 수 있다고 본다. 한국기상학회지에 게재된 논문은 파악하기 쉽지만 대학 학술지나 연구소의 보고서에 실린 논문은 종류도 여러 가지이고 관계기관에 빠짐없이 배포되지 않기 때문에 모든 논문을 파악하기는 어렵다. 여기서는 1965년부터 현재까지 한국기상학회지에 게재된 논문을 연간 평균 논문편수의 연대별 변화로 파악하였다. 1960년대와 1970년대에는 연간 5편을 약간 넘

을 정도의 미미한 활동을 보였기 때문에 이 기간을 준비단계라고 보는 것이 좋겠다. 1980년대에는 해외에서 귀국한 고급 연구인력의 증가와 함께 연구활동도 증가하여 연간 16편 정도로 증가하였다. 그러던 것이 1990년대에 들어서면서 계속되는 연구인력의 증가와 연구비의 증가에 따라 연구활동은 폭발적으로 증가하여 연간 50편을 넘었다. 이러한 연구활동의 증가 추세를 근거로 1980년대를 출발단계, 1990년대를 가속단계로 보았다. 이것은 우리 대기과학계가 빠른 변화의 시대에 놓여 있음을 나타내고 있으며 이 추세는 당분간 지속될 것으로 보인다.

1980년대 이후의 논문편수 증가는 대기물리, 대기역학, 기후분야에서 이루어졌는데 특히 대기역학분야의 활동은 두드러지게 보인다. 연구활동의 발달 단계를 연구방법이나 주제에 따라 해석해 보면 그 나름대로의 계통을 찾을 수 있다. 초기에는 관측자료의 정리로부터 대기구조에 대한 기술 또는 유형분류 등 정성적·기술적 경향에서 점차 수치실험 방식에 의한 대기구조, 진화과정 및 변화기구의 이해 등 정량적·이론적 경향으로 옮겨가고 있음을 볼 수 있다. 자료분석 분야에서는 초기에 고전통계기법에만 국한되던 것이 최근에는 여러 가지 복잡한 현대통계기법이 많이 사용되고 있다. 수치모형은 소규모 현상으로부터 대기대순환에 이르기까지 다양하게 개발되어 연구도구로 쓰이고 있다. 한편 관측연구로는 해륙풍 관측, 대기오염 관련관측, 대기 복사관측, 오존관측이 실시되고 있으나 타분야의 연구에 비해 활발하지 못한 편이다. 이와 같은 연구경향은 지속되었지만 앞으로는 관측연구분야에 관심을 더 쏟게 될 것이다.

연구비의 변동은 연구활동과 긴밀한 관계를 갖는다. 연구비가 전혀 없었던 시절로부터 오늘에 이르기까지 연구비의 출처나 지원방식이 상당히 다양화되었다. 연구비 역시 파악하기 어려운 항목 중의 하나이지만 시간에 따라 증가하고 있음은 쉽게 추정할 수 있다. 대기과학분야의 총 예산규모가 증가하고 있는 사실과

정부가 기초과학 분야의 지원을 획기적으로 증가시키기로 천명한 것을 근거로 추정하면 대기 과학분야의 연구지원은 크게 증가할 것이라는 전망을 할 수 있다. 연구비는 작게는 500만원 정도의 개인 연구과제로부터 크게는 수십 억원의 국책과제에 이르기까지 다양하게 지원된다. 연구비 지원기관으로서는 한국과학재단, 학술진흥재단, 기상청, 공군기상전대, 한국전력주식회사, 환경처, 기업체 및 대학 등이며 연구비의 증가는 물론, 지원기관이 더 발굴될 수 있을 것이다.

우리 나라 대기과학 연구의 질적 수준은 분야에 따라 이미 세계적 수준에 도달했다고 본다. 국내에서 생산된 개인 연구논문이 외국의 유명 학회지에 게재되는 경우가 증가하고 있으며 이와 비슷한 수준의 논문이 국내 학회지에도 많이 게재되고 있음을 보면 우리들의 연구의 질이 세계수준에 도달했음을 말해준다. 특히, G7 프로젝트로 불리우는 선도기술 개발사업의 중분류과제인 지구 환경감시 및 기후변화 예측기술의 연구개발 계획서(김정우, 1993) 중에 국제 공동 연구계획을 보면 연세대학교 GCM YONU가 AMIP(Gates, 1993)사업에 쓰이는 세계의 30개 모형 중의 하나로 채택되었음은 이 분야에서 우리의 수준을 공식적으로 세계무대에 내놓은 셈이 된다. 그리고, 우리나라는 국제공동관측 연구 TOGA/COARE(권원태, 1991)에 참여하고 있으며 연세대학교 조희교교수의 오존관측자료는 매우 높은 수준의 질을 유지하고 있음이 WMO 오존관측 Regional Rapporteur(Ito, 1993)에 의해 확인되었다. 이러한 사실들을 종합해 보면 모형 연구나 이론적인 연구에서는 선진국 수준에 진입하는 것이 용이하다고 생각되지만, 항공기 등 고가의 특수 첨단장비가 동원되는 대형 관측 연구분야에서는 경험과 재정적 측면에서 야기되는 문제때문에 급속한 성과를 기대하기는 어렵다. 따라서 관측연구분야의 발전에는 시간이 많이 소요될 것으로 보인다.

6. 국내 및 국외의 연구 관심분야

연구 인력이 증가함에 따라 우리는 대기과학 여러 분야의 다양한 문제에 관해 골고루 관심을 갖게 되었으며, 어떤 것은 세계적인 관심분야와 일치하거나 그것에 접근되어 가고 있다. 우리들의 연구역량과 연구환경이 향상되면서 세계적인 연구관심 분야에 눈을 돌리게 되는 것은 자연스러운 일이다. 그러나 관심을 갖는 문제라고 해서 우리가 이 문제를 모두 연구대상으로 삼을 수는 없다. 특히 막대한 장비와 경비를 필요로 하는 대형 관측연구는 수행해 본 경험도 없으며 여건이 마련되지 않는 한 가까운 미래에도 수행하기 어려울 것이다. 관측 연구의 중요성을 감안할 때 이 분야의 연구는 면밀하게 계획되고 수행되어야 할 것이다.

연구 관심분야는 학문적 수준과 사회적 요구에 의해 결정된다고 하였다. 이런 측면에서 볼 때 재해예방과 산업정보 생산을 목적으로 하는 예측 분야는 항상 관심의 대상이 된다. 최근에 들어와서 인간활동에 의한 지구규모의 환경 파괴와 기후변화의 증상이 관측으로 확인됨에 따라 대기화학과 기후예측은 최신의 관심사가 되었다. 연구대상을 규모면에서 볼 때 악기상과 관련된 중규모 현상의 이해와 기후 변화와 관련된 대규모 현상의 이해에 관심이 집중되어 있고 이들은 앞으로의 문제로 남을 것이다. Dutton(1992)에 의하면 대규모 현상의 문제 해결에 작은 규모의 과정을 이해하는 것과 시간적으로 변화하는 경계조건에 대한 이해가 필요하다라는 것을 언급하고 있으며 예측자체의 정의와 해석에 중대한 의의를 가지는 Chaotic Evolution에 관심이 일어나고 있음을 기술하고 있다.

문제해결의 방식은 관측기술의 진보와 수치모사 기술의 진보에서 찾고 있는 것으로 보인다. 관측은 시, 공적으로 분해능이 높은 자료의 획득에 중점을 두고 있으며 복사선 측정 기술과 우주 기술의 결합으로 이루어지는 원격 관측방식의 연구에 강조점을 두고 있다. IAMAP/IAHS(1993)에서는 기후변화를 감시

하기 위한 전구자료 획득의 필요성이 제안되었고, 기상위성, Lidar, RASS, MU Radar, Lim sounder, SSM/I, Scatterometer 등 각종 첨단 관측기기의 관측결과들이 발표되었다. 구름분야에서는 Doppler Radar를 이용한 NEXRAD system은 물론 Dual Polarization Radar를 이용한 구름의 입자성질 관측결과도 발표되었다. Emanuel and Anderson(1991)은 현장 관측방식으로 무인비행기를 이용하여 뇌우와 태풍을 관측함으로써 복사속, 구름미세물리, 습기 관측에 혁신적인 자료를 제공할 수 있을 것으로 내다 보았다. 이와 같이 전구적으로 모든 규모에 대한 다양한 관측결과는 전산 기술의 도움으로 DB로 만들어진 다음 모든 연구자에게 제공될 것이다. 대기 모사 기술에서는 전산기기의 능력향상으로 분해능이 높은 모형을 쓰게 될 것이며 전산기에 병렬식 처리방식을 도입함으로써 기후모형 활용에 또 하나의 큰 변혁이 기대된다. 모형의 분해능이 높아짐에 따라 모형내의 아격자 규모 현상의 중요도 인식이 달라질 것이며 이의 모수화 방식 연구도 뒤따르게 될 것이다.

Dutton(1992)은 최근의 대기과학 분야의 연구경향을 다음과 같이 기술하고 있다. 중규모 현상에서는 인명과 재산 손실을 가져다 주는 악성 뇌우, 토네이도, 활강풍, downburst, lake-effect storm 등에 관심을 두고 있으며 발전된 관측 기술과 수치모사 기술로부터 현상의 검출, 이해, 예측에 공헌하는 연구가 활발하다. 그리고 매일 매일의 일기예보를 중규모 현상에 대해 실시할 계획을 세우고 있다. 기후예측 분야에서는 기후 변화를 일으키는 외력을 규명하는 일과 시간적으로 변화하는 내부계 간의 계면을 규정하는 문제를 가지고 있다. 기권, 수권, 생권, 지권, 빙권의 내부계를 포함하는 Earth System Model이 약 10년내에 마련될 것으로 예상하고 있으며 이것으로 수십년에서 수 세기의 현실적 기후모사를 시도하고 있다. 대기화학에서는 온실기체의 분포 측정, 대류권 내의 기체의 수치, 물리·화학 과

정의 상호작용, 성층권의 오존 감소등을 연구 대상으로 삼고 있다. 고층대기 분야에서는 지구대기와 태양과정의 상호작용, 이온층과 관련된 plasma 물리 및 전기 역학적 연구, 자기권 연구, 태양구조 연구가 활발하다. Chaotic System의 예측성에 관한 연구는 대기과학의 새로운 영역을 전개한다.

7. 결론

대기과학 분야에서 우리의 현황과 발전 추세 그리고, 세계적 연구 동향을 고려하여 21세기의 첫 10년 내지 20년에 처할 우리의 미래를 전망해 보았다. 이 전망은 현재 세계적 수준에서 미래의 문제라고 생각하고 있는 것을 기술한 것이며 단순한 시간적 외삽이다. 주어진 자료와 필자의 능력으로 볼 때 앞으로 대기과학 분야에서 일어날 기술 혁신에 관한 정확한 예측이 불가능하기 때문에 여기서 마무리한다.

전망된 미래가 현재 수준의 연장이라 할 지라도 여기에 무난히 도달하려면 몇 가지 필요한 조건들이 있다. 우선 대기과학의 미래를 위한 좋은 정책을 세우기 위해 넓은 시야와 창의성을 겸비한 선도 집단이 있어야 하며, 여기서 제시된 중요한 목표를 달성하기 위한 효율적인 관리 운영체제가 있어야 한다. 즉, 발전 방향을 제시해야 하고, 중요한 문제를 선별하고, 연구 우선 순위를 결정하고, 연구에 투자될 자원을 개발하는 집단이 있어야 한다. 우선 대기과학 연구 발전을 위해 필요한 사항은 첨단 기술을 동원한 관측체제의 개발을 꼽을 수 있다. 현대적 관측체제로부터 입수되는 좋은 질의 막대한 자료는 전산 기술을 활용하여 잘 처리 정리되어야 하며 DB를 구축함으로써 응용, 연구, 교육에 막힘없이 제공되어야 한다. 이를 위한 기능의 계획과 수행에 필요한 인적, 기술적 확보가 필수적이다. 또 이를 뒷받침할 견고한 제도적 장치 역시 없어서는 안 될 필수 조건이다. 대기과학 기술의 발전이 가속됨에 따라 교육에 있어서도 변화가 뒤따라야 한다.

즉, 원격 관측, 컴퓨터 영상 기술, 대기 모사 기술등을 목적으로서가 아니라 연구의 도구로서 교육에 포함시켜야 할 것이다.

Johnson(1993)은 1993년 AMS시상식에서 우리가 새겨들어야 할 중요한 내용을 역사학자 Arnold Toynbee의 말을 인용하여 표현하였다. 국가나 인류문명은 그 구성원이 지혜롭고, 발전하려는 의지가 있고, 사태에 적절히 대처할 수 있는 자원이 있어야 살아 남을 수 있다고 했다. 이것은 우리 대기과학 분야가 다가오는 21세기를 대비하는 시점에서 명심해야 할 글귀가 아닌가 생각한다.

REFERENCES

권원태, 1991: 한국-태평양 기후 system 연구(I). 기상연구소, 254pp.
 김정우, 1983: 대기과학의 전망. 한국기상학회지, 특집호, 53-64.
 김정우, 1993: 지구환경 감시 및 기후변화 예측기술. 연구개발 계획서, 연세대학교, 지구환경연구소.
 기상청, 1992: 기상업무 장기발전계획, 1992-

2001. (주)동진문화사, 88pp.
 기상청, 1993: 인사과 자료제공.
 봉종현, 1991: 대기과학연구소 설립 방안에 관한 연구, 기상청 기상연구소, 과학기술처, 135pp.
 Dutton, J.A., 1992: The Atmospheric Sciences in the 1990's: Accomplishments, Challenges, and Imperatives., *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 73, 10, 1549-1562.
 Emanuel, K.A. and J. Anderson, 1991: 19th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology May 6-10, 1991, Miami, Florida, A.M.S., 435-436.
 Gates, W.L., 1993: The Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP) IAMAP-IAHS '93 ABSTRACTS JULY 11-23, 1993, Yokohama, Japan.
 IAMAP-IAHS, 1993: IAMAP-IAHS '93 ABSTRACTS JULY 11-23, 1993, Yokohama, Japan.
 Ito, J., 1993: 일본 기상청 관측부, Ito박사와의 개인적 접촉.
 Jeans, Sir James Hopwood, 1946: *Physics and Philosophy*, New York, MacMillan. 222pp.
 Johnson, D.R., 1993: Challenges in the Atmospheric Sciences: Past, Present, and Future., *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 6, 1118-1120.
 Lorenz, E.N., 1970: Forecast for Another Century of Weather Progress. "A Century of Weather Progress", Published by A.M.S., 18-24.
 Mason, B.J., 1970: Future Developments in Meteorology: An outlook to the Year 2000., *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 96, 349-368.

