

한국에서의 대기과학 연구

박 순 응

서울대학교 대기과학과

한국에서의 대기과학에 관한 연구는 주로 대학, 기상청 산하 기상연구소, 기타 환경관련 연구소에서 이루어지고 있다. 대학에서는 대기과학 전반에 관한 연구가 이루어지고 있으며, 기상연구소에서는 기상청의 기상지원에 필요한 실무적인 연구를 주로 행하고 있다. 기타 연구소에서는 미미하나마 응용기상에 관한 연구가 진행되고 있다.

1. 대기과학 연구의 전문인력

지난 5년간 대기과학의 연구인력은 몇몇 대학에서 대기과학과가 신설되어 교수가 충원됨으로써 현저히 증가하고 있는 추세에 있다. 표 1은 대기과학과 및 기상학과에서 지난 5년간 배출된 학사 이상의 연구인력을 나타낸 것이다.

강릉대학교와 경북대학교에서는 1992년부터 학사를 배출하기 시작하였고, 부산수산대학교와 부산대학교에서는 1993년부터 학사를 배출하게 되어 앞으로 학사학위 이상의 연구 인력은 급격히 증가할 추세에 있다.

그리고 공주대학교에서도 1994년부터 대기과학과의 신입생을 모집할 예정이며, 대기과학과가 설치되어 있는 대부분의 대학에 최근에 박사학위 과정이 개설되어 향후 1~2년 후에는 일년에 학사 100명 이상, 석사 25명, 박사 4~5명이 배출될 것이 예상된다.

표 2는 1993년 현재 국내대학의 대기과학 연구인력을 나타낸 것이다.

대기과학과의 증설로 국내 대학의 교수수는 10년전에 비하여 2배 이상으로 증원되었으며 이에 따라 대학원 학생수도 급격히 증가하고 있는 추세에 있다.

대학외에 대기과학 관련 분야를 연구하는 주요 연구기관은 기상연구소, KIST의 환경연구센터, 시스템공학연구소, 해양연구소, 항공우주연구소, 국립환경연구원, 환경기술개발원, 한전기술주식회사, 한전연구원 등이며 이들 연구소에서 연구활동을 하는 대기과학 혹은 기상학의 박사학위 소지자만 해도 12명이나 된다.

따라서 대학과 연구기관을 포함하면 대기과학 분야의 박사학위 소지자의 연구인력은 현재 57명이나 1980년도 후반에 박사학위 과정이 개설된 대학으로 부터 앞으로 3~4년 후부터는 박사학위 소지자의 연구인력을 배출시키게 될 것이므로 고급 연구인력은 급격히 증가할 것이 예상된다. 또한 외국에서 학위를 취득한 연구인력도 상당수에 달하고 있다.

현재 대기과학 분야에 박사학위를 취득하고 외국에서 연구 및 교육에 종사하고 있는 과학자가 13명 가량이며 대학원 과정에 유학하고 있는 학생들도 다수 있으며, 이들 학생들은 대기과학의 다양한 분야의 전공을 택하고 있고 또한 학위취득 후 귀국할 것을 희망하고 있어서 앞으로 2~3년 후면 국내에서도 다양한 분야의 연구를 수행할 수 있는 연구 인력이 충분히 갖추어질 것으로 생각된다.

표 1. 최근 5년간 배출된 학위취득자

대학교	과정	연도					계
		89	90	91	92	93	
서울대학교	학사	10	12	9	16	12	59
	석사	5	8	13	8	11	45
	박사	0	0	2	2	1	5
연세대학교	학사	10	14	20	11	13	68
	석사	3	0	2	5	6	16
	박사	1	1	0	2	0	4
강릉대학교	학사	0	0	0	11	15	26
	석사	0	0	0	0	0	0
	박사	0	0	0	0	0	0
경북대학교	학사	0	0	0	10	11	21
	석사	0	0	0	0	2	2
	박사	0	0	0	0	0	0
부산대학교	학사	0	0	0	0	24	24
	석사	3	2	2	0	0	7
	박사	1	0	0	0	0	1
부산수산대학교	학사	0	0	0	0	23	23
	석사	0	0	0	0	0	0
	박사	0	0	0	0	0	0

표 2. 국내대학의 연구인력 현황(1993년 9월 현재)

대학교	교수	연구원	대학원 재학생 수
서울대학교	7	1	35
연세대학교	5	2	15
강릉대학교	4	0	0
경북대학교	3	0	6
부산대학교	4	0	5
부산수산대학교	4	0	4
기타 대학교	15	0	0
계	42	3	65

2. 대기과학 연구

대기과학은 대기의 구성 성분, 대기의 운동 및 대기현상을 관측, 실험, 분석을 통하여 이해하고 나아가 예측, 조절하고 지구 대기 환경을 보호하여 인류의 안녕과 복지 향상에 기여하고자 하는 학문으로써 표 3(김, 1983)과 같이 다양한 연구 분야를 포함하고 있다.

분류방법에 따라서 다르게 분류될 수도 있겠으나 대체로 대기과학은 표 3에서와 같이 대기 물리, 대기역학, 대기분석, 대기화학, 대기 모델링 그리고 응용 기상학의 여섯 개의 연구분야로 나눌 수 있을 것이다.

이들 각 분야에 대하여 현재 국내에서 이루어지고 있는 연구를 살펴보기 위하여 지난 4년간(1989년부터 1992년까지)에 한국기상학회지에 게재된 논문들을 조사하여 보았다. 물론 각 대학의 연구논문집이나 외국 관련 학술지 및 연구소에서 발간하는 연구 논문집에 발표되는 논문도 있긴 하지만 공식적인 자료를 집계할 수 없어서, 한국 대기과학 연구의 대표지인 한국기상학회지를 참고로 하여 국내에서 이루어지고 있는 대기과학의 연구 경향을 살펴 보았다.

지난 4년간 한국기상학회지에 게재된 논문 수는 모두 95편이었는데 이 중 3편(한편은 외국인, 한편은 외국에 거주하는 한국인, 그리고 한편은 올림픽 기상지원에 관한 해설로 기상청

표 3. 대기과학의 제반 분야

분야	세부내용
1. 대기 물리	대기 열역학 대기 복사 대기 광학 구름물리와 강수 태양복사와 관측 대기 전기
2. 대기 역학	기상 역학 지구물리 유체역학 대기 순환 상층 대기역학 대기 대류 자기-정역학 대기 난류 및 확산 중규모 역학 기후 역학 회전 유체
3. 대기 분석	종관 기상학 통계 기상학 기상측기 및 분석 대기 대순환 자료 분석 물리 기후학 고층 기상학
4. 대기 화학	고층대기 광화학 대기오염 화학 대기 화학 대기 오염 분진
5. 대기 모델링	수치 일기예보 통계-역학 모델 대기 대순환 모델 기후 모델 중규모 수치모델 구름과 강수모델 대기경계층 모델
6. 응용 기상학	일기예보 산업기상 항공기상 해양기상 수문기상 생물기상 원격탐사법 기상재해 농업기상

에서 발표한 논문)을 제외한 92편은 국내 대기 과학 연구인력에 의하여 발표된 논문이었다. 92편의 논문 중 그 반인 46편이 서울대학교에서 발표되었으며, 연세대학교에서 12편 그리고 기상청(기상연구소 포함)에서 11편의 순으로 발표하였다. 표 3에 제시한 연구분야별 발표된 연구논문을 조사한 결과 표 4와 같이 나타났다.

표 4에서 알 수 있는 바와 같이 대기분석과 대기모델링 분야에 대한 연구가 비교적 활발히 연구가 진행되어 왔으나 대기물리와 대기화학 분야의 연구가 저조했던 것을 알 수 있다. 특히 가장 많이 논문을 발표한 서울대학교에서 대기물리와 대기화학 분야의 논문 발표가 거의 없었으며 이들 분야의 연구는 주로 연세대학교, 경북대학교, 부산수산대학교에서 이루어지고 있었다.

최근 환경 문제가 주요 과제로 대두됨에 따라 대기과학 연구도 팔목할 정도로 활성화가 되고 있다. 그 예로 대기과학 연구를 체계적으로 실시할 수 있는 대학부설 연구소가 설치되고 있는 점을 들 수 있다.

서울대학교에서는 1991년 12월에 자연과학 대학 부설 대기환경연구소를 설립하여 대기와 환경분야에 관한 기초 연구 및 응용 연구를 실시하고 있다. 이 연구소는 대기 역학 연구부, 대기 물리 연구부, 기후 환경 연구부 그리고 연구 지원부로 조직되어 산학 협동 연구를 실시할 수 있는 기틀을 마련하게 되었으며 대기 과학 외의 타 관련 분야의 교수들이 연구원으로

표 4. 분야별 한국 기상학회지에 발표된 논문수

분야	최근 4년간 발표된 논문수	년평균 발표 논문수
대기 물리	8	2
대기 역학	11	2.8
대기 분석	30	7.5
대기 화학	8	2
대기 모델링	22	5.5
응용 기상학	14	3.5
계	92	23

로 참여하고 있다. 현재 이 연구소에는 1명의 Post Doc. 연구원이 있으며, 현재 진행 중인 연구로서는 한국-태평양 기후 시스템, 산업기상 정보의 산출 시스템 개발, 그리고 3건의 용역 연구를 실시하고 있다. 또한 이 연구소에서는 매년 1회의 Workshop을 실시하여 왔으며 외국 저명 과학기술자와의 교류도 활발히 진행해 왔다.

한편 연세대학교에서는 1993년 6월에 이과대학 부설 지구환경연구소를 설립하여 G7 프로젝트 안에서 기후역학과 산성비 역학에 관한 연구를 심도있게 진행하고 있다. 이 연구소는 기후시스템 연구부, 대기오존 연구부, 지권 연구부, 환경화학 연구부, 환경생물 연구부, 원격탐사 연구부 그리고 산성비 연구부 등 여러 분야의 연구부로 조직되어 있으며 연구원도 여러 분야의 연구원으로 구성되어 지구환경문제의 조직적 연구 및 해결을 시도할 수 있는 기틀을 마련하고 있다. 이 연구소에서는 현재 G7 프로젝트를 수행하고 있으며 또한 국제 공동 연구도 활발히 추진하고 있다. 또한 이 연구소에서는 정기적인 세미나를 실시하여 여러 분야의 연구 결과를 교환하고 연구자 간의 협력을 할 수 있는 기회를 마련해 왔다.

대학에서의 대기과학 연구는 활성을 띄기 시작하였으나 우리 나라 대기과학의 연구센터가 되어야 할 기상청 산하 기상연구소는 아직 답보상태에 있다. 기상연구소는 예보연구실, 응용기상연구실, 원격탐사연구실, 기상계측연구실, 소백산 관측소 및 연구관리과로 구성되어 있으며 총 인원은 51명이고 그 중 연구원은 36명이다. 그러나 고급전문 연구 인력의 부족, 연구환경의 열악, 운영체계 및 구조상의 불합리 및 연구 예산 부족 등으로 연구가 활성화되지 못하고 있는 실정이다(기상연구소, 1991). 앞으로 연구소의 활성화가 이루어진다면 고급 연구인력의 수요가 제일 많은 기관이 될 것이다.

대기과학의 연구는 궁극적으로 국가의 경제에 유익하게 하고 인간의 삶의 질을 향상시키는데 기여하게 된다. 이러한 목적 달성을 위하여 설립된 국제기구가 세계 기상 기구(WMO)

인 것이다. 따라서 WMO의 대기과학 연구와 환경 프로그램(WMO, 1992)에 대한 제3차 장기계획(1992년부터 2001년까지)을 살펴봄으로써 대기과학의 국제적 현황과 전망을 이해할 수 있을 것이며 나아가 한국에서의 대기과학 연구의 위상을 이해하는데 도움이 될 것이다.

3. WMO의 대기연구와 환경에 관한 제 3차 장기 계획(1992-2001)

WMO의 제3차 장기계획의 주요 목적은

- 대기의 화학성분과 이와 관련된 대기의 물리적 특성을 감시할 수 있는 전지구 대기 감시망(GAW)을 구축, 운영하여 이러한 변화가 기후 변동에 어떠한 영향을 미치는 지를 평가할 수 있게 하고,

- 대기 모델의 질을 향상시킬 수 있는 기본적인 대기과정과 현상에 대한 이해도를 증진시켜 모든 규모의 일기 현상과 일기 시스템의 예보의 정확도를 향상시키고,

- 구름 물리와 화학, 대기전기 그리고 일기 조절 가능성을 평가할 수 있는 많은 관련 분야에 대한 지식을 향상시키고,

- 대기과학의 전세계적 발전을 지원하며,

- 대기과학의 응용연구와 이와 관련된 교육 및 훈련 특히 일기예보와 다른 분야의 응용을 촉진시키며,

- 기상학 전반의 발전된 지식의 신속한 보급을 추진하는 것을 그 목적으로 하고 있다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 아래와 같은 대기과 환경 연구 프로그램을 두어 추진하고 있다.

- 전지구 대기 감시(GAW)

- 단·중기 일기예보 연구

- 장기 예보 연구

- 열대 기상학 연구

- 구름의 물리 화학적 연구와 일기 조절 연구 위에 열거한 각 프로그램 하에 몇 개의 연구과제를 두어 중점적으로 연구를 추진하고 있다. 각 프로그램별 연구과제는 아래와 같다.

1) 전지구 대기 감시 프로그램(환경오염 감시와 연구를 위한 프로그램)

이 프로그램에 속하는 연구과제는 다음과 같다.

가) 전지구 오존 관측 시스템(오존과 관련된 화학물 포함), (GO₃ OS)

이 과제는 오존, 분진, NO_x, 그리고 다른 오존 유도물질들을 동시관측하고, 전문 관측기관 관측치와 정규적으로 상호비교하여 공간과 지상에서 관측한 오존과 Trace가스의 정확도를 향상시키고, 과거에 관측한 오존 자료를 재검증하여 오존과 그와 관련된 화학 물질의 장기간 변화를 추정하고, 관측자료의 신속한 교환을 할 수 있는 시설을 마련하여 오존 변화에 대한 조기 경보를 할 수 있는 체제를 구축하고, 오존층의 상태에 대한 과학적인 평가를 할 수 있게 하고, 각 국에서의 오존관측, 실험실 관측, 수치 및 이론적 연구를 촉진시키고, 이 밖에 화학과 기후의 연관에 관한 연구를 촉진시키는 것등을 포함하고 있다.

나) 전지구적 BAPMON을 포함한 배경 대기 조성 감시

이 연구과제는 기존 BAPMON의 관측망의 재조정, 관측 매개변수의 확장 그리고 위성자료의 응용 등 BAPMON 관측망의 개선, 관측한 자료의 질을 향상시키기 위한 계획 수립, 세계 자료센터와 기술연구소, 국제기관과 지역 계획자간에 BAPMON 관측자료를 신속히 전달할 수 있는 전달 방법의 개선, BAPMON 자료의 활용 증진, WMO의 세계 기후 프로그램(WCP)에 기여하는 것 등을 포함한다.

다) 해상과 육지에서 대기오염물질의 여러 다른 시공간 규모의 확산, 수송, 화학물질의 변환과 침착.

이 과제는 주로 대기 조성의 변화를 예측할 수 있는 모델 개발, 장거리 수송 모델의 실용화 추진, 대기 오염물질의 장단기 예측 모델 개발, 방사성 물질의 수송과 침착과정의 개발 등을 포함한다.

라) 대기와 다른 환경요소 사이의 오염물질의 교환과 이의 종합적 감시

이 연구과제는 기후에 영향을 미칠 물질에 대하여 대기와 해양 그리고 생물권과의 상호작용을 종합적으로 감시할 수 있는 장기 계획수립, 대기와 다른 환경 매체 사이의 교환과정에 대한 이해도를 향상하여 지구계의 미래상을 예보할 수 있는 모델 개발, 대기와 해양 사이의 대기 오염물질 교환, 지역 및 전지구적 규모의 대기수송과정에 대한 연구, 해양에서 발생한 물질이 대기 조성변화 등에 미치는 역할 등을 포함한다.

2) 단·중기 일기예보 연구 프로그램

가) 악기상현상 예보 향상

이 과제는 각종 물리과정과 대기 경계층에 대한 이해를 증진시켜 대기의 단기 및 초단기 예보법을 향상시켜 나아가 악기상 현상예보를 발전시키고, 여러 종류의 관측자료를 복합적으로 사용하여 최적 자료를 생산하고 이로부터 각종 악기상조건의 현상적 연구를 촉진시킨다.

나) 제한 구역과 중관규모 일기 예보의 개발

이 과제는 위성자료를 포함한 모든 관측자료의 4차원 자료 동화법 개선, 제한구역 일기 예보법 개발과 일기 예보에 대한 국지연구 활동 강화, 객관적인 내삽법 개발과 예보의 신빙성 결정법 개발 등을 포함하고 있다.

3) 장기에보 연구 프로그램

월 및 계절 예보 향상과 장기에보의 방법론에 대한 지식 전수를 촉진시키는 프로젝트를 포함하고 있다. 이 연구에서는 주로 모델의 시스템 오차를 줄이는 방법, 대기 대순환 모델에서 구름 복사 전달에 미치는 영향을 보다 더 적절하게 표현하는 방법, 예보의 앙상블로부터 불확실도를 예측하는 기술, 운동량, 열, 복사와 수증기의 경계면에서 교환에 관한 더 좋은 모수화의 개선, 초기화 기술의 개선 등에 대한 연구가 포함되어 있다.

4) 열대기상 연구 프로그램

가) 열대 일기계에 관한 이해 증진과 이들의 예보 향상을 위한 연구 강화

이 연구에서는 monsoon 예보 연구, 열대 저기압의 예보법, 비를 내리는 열대성 요란의 연구, 열대지방의 제한 구역(limited-area) 일기예보 모델개발, 그리고 열대와 중위도 일기계와의 상호작용 등을 포함하고 있다.

나) 열대 기상학 연구 결과에 대한 과학적 지식의 효과적인 전수와 현업에 이용.

이 연구과제는 열대 가뭄의 기상학적 조건과 수치 일기예보 결과를 열대지방의 현업화에 사용하는 방법에 관한 연구를 포함한다.

5) 구름물리와 화학 그리고 일기조절 연구 프로그램

이 프로그램하에 구름물리와 화학에 관한 연구와 그 결과의 대기과학 전분야에 응용촉진과 일기조절에 관한 모든 과학적 기본 지식에 대한 지침서 마련의 두 프로젝트가 있다.

이러한 프로젝트하에서 구름물리와 화학의 기초연구, 이의 구름 모델링에 응용, 중규모에서 기후 모델에 이르기까지 각종 대기 모델에 사용할 수 있는 구름 매개변수화, 구름의 복사 성질과 전지구 복사 에너지 수지에 미치는 영향, 오염물질의 수송, 전환, 침착에 구름물리와 화학의 역할, 일기조절의 과학적 근거와 이를 강수량 증대나 우박소산에 응용, 그리고 구름연구와 관련된 대기 전기의 제반 양상 등이 포함되어 있다.

이상의 WMO의 대기 연구와 환경에 관한 장기 계획에 비추어 보아 대기과학에 관한 우리의 현연구는 대기화학과 일기조절 부분을 제외한 대부분의 분야에서 충분하지는 못하지만

연구가 진행되고 있음을 알 수 있다. 그러나 우리의 연구는 영세한 연구비, 연구 시설 및 기기의 부족으로 주로 개인적인 탐구열에 의한 기초연구에 치우쳐 있어서 응용할 수 있는 조직화된 연구가 이루어지지 못하고 있다.

오늘날 최대 관심사가 되고 있는 지구환경 변화란 난제를 연구하기 위해서는 대기과학의 모든 분야의 상호 협동 뿐만 아니라 타 학문분야의 협동연구가 이루어지지 않을 수 없게 되었다. 이러한 관점에서 대학 부설연구소의 설립은 시대에 부응하는 일이라 생각되며, 앞으로 연구소는 대기과학 연구의 구심체 역할을 할 것으로 생각된다.

앞으로 대기과학의 연구는 실용화할 수 있는 대단위의 종합적인 연구가 이루어져야 할 것이다. 연구소를 중심으로 여러 분야의 연구 인력이 집결하여 상호협조하여 종합적이고 체계적인 연구를 실시하여 실효성있는 연구 결과를 생산해야 할 것이며, 이를 위해서는 정부의 적극적인 재정지원이 있어야 할 것이다.

참고문헌

- 기상연구소, 1991: 대기과학연구소 설립 방안에 관한 연구. 과기처 보고서, 135pp.
- 김정우, 1983: 대기과학의 전망. 한국기상학회지(창립 20주년 기념 특집호), 53-64.
- WMO, 1992: The WMO Atmospheric Research and Environment Programme 1992-2001. Third WMO Long-Term Plan Part II, Vol.3, WMO-NO.763. 71pp.