

기상기술정책

METEOROLOGICAL
TECHNOLOGY &
POLICY



"사회가 요구하는 미래기상서비스의 모습"

칼럼

- 시대의 요구에 부응하는 기상·기후서비스

정책초점

- 기상학의 역사
- 지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래
- 예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈
- 전쟁과 기상
- 날씨와 선거
- 기후변화와 문학
- 기후 변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로)
- 비타민 D의 새로운 조명
- G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할

논단

- 기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출
- 날씨의 심리학

해외기술동향

- 기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향



기상청 Korea
Meteorological
Administration

『기상기술정책』

제3권 제4호(통권 제12호)

2010년 12월 17일 발행

등록번호 : 11-1360395-000017-09

ISSN 2092-5336

『기상기술정책』지는 범정부적인 기상·기후 분야의 정책 수요에 적극적으로 부응하고, 창의적인 기상기술 혁신을 위한 전문적인 연구 조사를 통해 기상·기후업무 관련 분야의 발전에 기여할 목적으로 발간 기획되었습니다.

본 『기상기술정책』지는 기상·기후 분야의 주요 정책적 이슈나 현안에 대하여 집중적으로 논의하고, 이와 관련된 해외 정책동향과 연구 자료를 신속하고 체계적으로 수집하여 제공함으로써 기상 정책입안과 연구개발 전략 수립에 기여하고자 정기적으로 발행되고 있습니다.

본지에 실린 내용은 집필자 자신의 개인 의견이며, 기상청의 공식의견이 아님을 밝힙니다. 본지에 게재된 내용은 출처와 저자를 밝히는 한 부분적으로 발췌 또는 인용될 수 있습니다.

원고모집

『기상기술정책』에서는 기상과 기후분야의 정책이나 기술 혁신과 관련된 원고를 모집하고 있습니다. 뜻있는 분들의 많은 참여를 부탁드립니다. 편집위원회의 심사를 통하여 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 지급하고 있습니다.

▶ 원고매수 : A4 용지 10 매 내외

▶ 원고마감 : 수시접수

▶ 보내실 곳 및 문의사항은 발행처를 참고 바랍니다.

☞ 더 자세한 투고방법은 맨 뒷편의 투고요령을 참고바랍니다.

『기상기술정책』 편집위원회

발행인 : 전병성

편집기획 : 국립기상연구소 정책연구과

편집위원장 : 권원태

편집위원 : 김세원, 김성균, 조천호, 서명석,
전용수, 조석준, 최영진

편집간사 : 이영곤, 박소연

발행처

주소 : (156-720) 서울시 동작구 기상청길 45 기상청

전화 : (02) 6712-0235 팩스 : (02) 849-0668

E-mail : ni_pol@kma.go.kr

인쇄 : 미래미디어

Contents



"사회가 요구하는 미래기상서비스의 모습"

칼럼

- 시대의 요구에 부응하는 기상·기후서비스 / 권원태 1

정책초점

- 기상학의 역사 / 윤일희 6
- 지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래 / 이용일 17
- 예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈 / 변희룡 30
- 전쟁과 기상 / 반기성 45
- 날씨와 선거 / 유현중 56
- 기후변화와 문학 / 신문수 65
- 기후 변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로) / 오성남 75
- 비타민 D의 새로운 조명 / 김상완 88
- G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할 / 이선제 97

논단

- 기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출 / 김영신 106
- 날씨의 심리학 / 최창호 116

해외기술동향

- 기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향 / 김정운·김인겸 123

시대의 요구에 부응하는 기상·기후서비스



권 원 태

국립기상연구소장

wontk@kma.go.kr

2010년 기상청 10대 뉴스거리 중 이상기상에 관한 사항이 3가지나 선정되었다. 이중 2가지는 기상기록 갱신에 관한 내용이다. 이는 2009년 10대 뉴스에서는 찾아볼 수 없었던 현상이다. 물론 기상을 업으로 삼는 사람들이 관측기록을 갱신한 사례에 많은 관심을 가지는 것은 당연하지만, 한편으로는 금년이 유난히 이상기상 현상이 많았다는 것을 반증하기도 한다. 지난 1월 4일 서울에 내린 눈 25.8cm는 1937년 적설 관측 이래 가장 많은 양이고, 금년 초 겨울만 따지면 최저기온 -10°C 이하인 날이 서울에서 17일이나 기록하였는데, 이는 1985년 이래 가장 추운 겨울이었다. 봄철과 여름철에는 이상 저온현상과 폭염으로 가을철 무와 배추 값 파동을 가져왔다. 추석 연휴 첫날인 9월 21일에는 이례적으로 서울과 경기도 강원도 일부 지방에 집중호우가 내렸고, 특히 서울에 내린 강수량 259.5mm는 9월 하순에 내린 일강수량의 종전 최고 기록을 갈아치울 정도였다. 이 양은 서울시 빗물펌프장 111개소 중 92%인 102개소가 20년 빈도 이하(시

간당 강우강도 87mm 이하)로 설계된 현 상황에서 감당하기엔 엄청난 양이었다. 소방방재청의 집계에 따르면 과거 1990년대 이러한 극단적인 기상재해로 인한 피해액이 약 7,000억 원에서 2000년대에 약 2.2조원으로 약 3배 이상 증가하고 있다. 이것은 사회 안전시설 및 인프라가 과거에 비해 상당부분 향상되었음에도 불구하고 더욱 많은 피해가 발생하고 있음을 나타낸다. 이러한 추세는 우리나라 뿐만 아니라 지구촌 도처에서 공통적으로 관측되고 있다.

최근 전 세계 도처에서 사상 유례 없이 발생하는 재해 기상 현상의 원인으로 국내외 대다수의 과학자들은 지구온난화로 인한 기후변화를 지목하고 있다. 특히 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)는 2007년 발행한 4차 보고서에서 지구온난화로 인해 기상 이변들이 강화될 가능성이 크다고 전망하였는데, 금년 우리나라를 비롯하여 전 세계에 나타난 기상 이변의 양상

과 IPCC 전망과 일치한다는 사실은 결국 이들이 지구 온난화와 연관되어 있을 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

이처럼 기후변화로 인한 기상재해 피해 증가의 우려 속에서 기상 관측과 예보 정보의 중요성이 어느 때보다 높아지고 있다. 무엇보다도 국민들이 기상청에 최우선적으로 요구하는 것은 기상재해와 관련한 피해를 줄이고 국민들의 생명을 보호하기 위한 정확한 기상예측 정보서비스일 것이다. 2009년 미국 기상학회지에 실린 한 연구보고서에서 연간 기상정보를 생산하는 비용이 51억 달러인데 반해, 혜택은 315억 달러 정도인 것으로 추산한 결과에서 알 수 있듯이 국민들을 위한 기상예·특보 투자에 대한 경제적 혜택은 상당하다. 재해기상 발생위험이 더욱 높아지는 현 시점에서 국민들은 점차 자신이 원하는 다양한 시간대에 더욱 신속하고 정확한 날씨예보 서비스를 시간과 장소의 구애 없이 받기를 원하고 있다. 기상청은 이러한 국민적 요구에 부응하고자 선진 수치모델 시스템 구축 및 세계 20위 수준의 슈퍼컴퓨터 도입을 통해 날씨예보의 정확도를 높이기 노력하고 있다. 또한 2008년 동네예보 서비스를 시작으로 스마트폰을 이용한 기상정보 서비스 애플리케이션 개발, 기상청 트위터 운영 등 언제, 어디서나 국민들이 손쉽게 기상정보를 이용할 수 있도록 다양한 서비스 시스템을 운영하고 있다.

기상정보 서비스와 더불어 최근 급증하고 있는 것이 바로 기후변화과학에 대한 정보서비스의 수요이다. 우리나라 혹은 특정 지역의 기온이 과거에 비해 얼마나 더워지고 추워지는 가에 대한 단순한 예측을 넘어 서서 국가 경제와 산업, 문화 전반에 걸쳐 얼마만큼의

피해나 이익을 줄 지에 대해 정량적이고 객관적인 지표가 필요로 하고 있다. 기후변화로 인해 겨울이 한 달 정도 짧아지고 여름이 더 길어지는 등 주변 기후 환경이 지속적으로 변하면서 이에 대한 정보 수요가 급속히 증가하고 있다. 기상청은 기후변화의 감시, 예측 및 원인규명에 대한 정부업무를 주관하고 국가 기후변화시나리오를 개발하는 등 기후변화의 과학적 현황을 정확히 파악하는데 중추적 역할을 수행하고 있다. 특히, 부문별, 지역별 기후변화 영향 및 취약성 평가를 위한 기반정보를 제공하기 위하여 국가 기후변화시나리오를 개발하여 다양한 수요처에 제공하고 있다. 아울러 기후변화의 원인 물질인 온실가스와 에어로졸을 지속적으로 감시하고, 위성과 라이다 등 원격장비를 이용하여 대기, 해양 등 기후시스템 전반에 나타나는 변화를 탐지할 수 있도록 자료를 통합·관리하는 체계를 구축함으로써 한반도와 동아시아의 기후변화 감시를 효율적으로 수행하고 있다.

최근 기후변화대응을 위한 의무와 책임이 기업경영에 까지 확대됨에 따라 기상·기후관련 산업이 새로운 블루오션으로 인지되기 시작하였다. 정부의 녹색성장 정책과 맞물려서 기상산업 발전가능성이 더욱 커짐에 따라 다양한 기상·기후 과학정보의 생산·활용과 풍력, 태양광 등 기상자원을 이용한 저탄소 녹색기술 산업육성 필요성이 증대되었다. 이와 관련하여 민간사업분야에서는 관련 산업의 발전을 위하여 범국가적 차원의 기상·기후정보제공 인프라의 확대와 다양한 예보기술 이전 및 예보 톨의 공유, 선진기술 동향 지원을 요청하였다. 기상청은 이러한 수요에 구체적이고 적극적으로 대응하기 위한 일환으로 2009년 12월 기상산업진흥법을 제정·시행하였다. 이 법이 시행됨으

로써 장비판매 대행과 같은 초보적이고 영세한 형태의 기상산업 체계가 연구개발 중심의 고부가가치 기술 창출을 통하여 2012년에는 연간 1,000억 원 이상의 신성장 녹색산업 분야로 발전할 수 있는 기반이 마련되었다.

이상과 같이 기상청은 다양한 사회 계층에 속한 국민들의 요구에 능동적으로 대응하고 관련 정보 서비스를 확대·강화하는데 많은 노력을 집중해 왔다. 그 결과 과거에 비해 기상현상에 대한 관측과 분석, 예측 등 모든 분야에서 괄목할 만한 성장을 이루어왔다. 그러나 지난 추석 연휴의 갑종호우 사례와 같이 국민들이 기상청에 바라는 기대수준을 여전히 충족시키지 못하였기 때문에 많은 비판과 질책이 따랐다. 이는 그동안 우리들의 성과를 국민들에게 제대로 이해시키지 못한 부분과 함께 정말로 국민들이 필요로 하는 것이 무엇인지를 제대로 파악하지 못하고 있음을 반증하는 것이다. 따라서 복잡·다양화되고 첨단화되는 사회구조 속에서 국민들이 기상과 기후정보를 정확하게 이해하기 위해서 기상청과 다양한 수요 계층의 양방향 커뮤니케이션을 강화하고, 국민들이 기상정보를 언제, 어떻게, 왜 사용하는지와 사용하지 않는지를 정확하게 판

단하는데 사회경제적 측면을 고려하여야 한다. 최근 ‘날씨 공감 포럼’, ‘기후변화와 미래포럼’ 등 국민들이 참여하여 정부와 기상청의 기후변화 대응에 관한 정책들에 대해 다양한 소통의 기회들을 마련하였음에도 불구하고 여전히 효율적인 기상커뮤니티를 위한 학제간 능력이 부족한 실정이다. 또한, 기상청의 업무성과가 사회경제적으로 어떠한 영향을 미치는 지에 대해 평가할 수 있도록 기상-사회경제학에 대한 전문성을 확보하고 관련 분야들과의 공동연구 역량을 강화해야 할 것이다.

기상청과 기상학에 대한 국가와 국민들의 요구가 변화에 따라 우리의 연구개발 및 정책추진 우선순위도 변해야 한다. 또한 업무를 수행한 후 산출된 주요 결과들은 반드시 기상청 내·외부 수요자들에 의해 활용되어야 하고, 이에 대한 문제점과 개선사항 등에 대해 이해 당사자들 간의 지속적인 소통이 이루어져야 한다. 기존의 다양한 수요와 더불어 새롭게 대두되는 요구에 대해서도 가치 추산 등 사회경제적 사안을 고려하여야 한다. 이를 통하여 기상청은 앞으로도 시대가 필요로 하는 요구들을 적극 수용하고 국민들이 바라는 기대수준을 보다 효율적으로 충족시킬 것이다.

정책 초점

기상학의 역사 | 윤일희

지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래 | 이용일

예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈 | 변희룡

전쟁과 기상 | 반기성

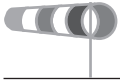
날씨와 선거 | 유현종

기후변화와 문학 | 신문수

기후 변화와 문화 | (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로) | 오성남

비타민 D의 새로운 조명 | 김상완

G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할 | 이선계



기상학의 역사

윤 일 희

경북대학교 사범대학 지구과학교육과 교수

ihyoon@knu.ac.kr

I. 서론

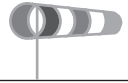
기상학은 날씨를 예보하고 이와 관련된 과정들을 설명하는데 도움을 줄 수 있는 대기 운동과 여러 대기 현상들을 연구한다. 기상학은 짧은 주기 내의 대기 상태에 주로 관여하고 대기권을 설명하기 위해서 물리 법칙들을 사용한다.

기상 현상에 관한 인간의 관심은 거의 문명의 시작과 함께 이루어졌기 때문에, 그 역사는 매우 오래된 것이다. 기상학의 역사는 일반적으로 3가지 시대로 구분되고 있다. 즉, 고대에서부터 서기 1,500년까지, 서기 1,500년부터 1,800년까지, 서기 1,800년부터 현재까지의 시대이다.

II. 고대에서 서기 1,500년까지

1. 아리스토텔레스 이전의 기상학

기상학(meteorology)이란 과학은 어느 날 갑자기 발생한 것은 아니다. 아주 오래전에는 현재 기상학이라고 고려되는 현상들이 천문학(astronomy)의 한 분야였다. 후에 기상학적 이론들이 역학, 광학, 물질에 관한 이론들 속에서 체계화되기 시작하였다. 사실, 지난 130년간의 세월 속에서 기상학은 과학으로 우뚝 서게 되었다. 그렇지만 기상학을 처음으로 과학으로 구체화시킨 사람은 아리스토텔레스(Aristotle, 384 BCE~322 BCE)로서 기원전 340년 경 발간된 그의 유명한 논문집인 《기상론(De Meteorologica)》에서 언급되었다. 이것은 기상학 분야에 대한 가장 오래된 종합적인 논문집이고, 이것의 제목이 기상학



(meteorology)의 어원이 되었다. 이 논문집은 땅, 하늘, 공기 내의 물리적 원인들에 대한 체계적인 연구의 시작으로 평가되고 있고, 4권으로 구성되어 있다. 제1권은 혜성, 바람, 구름, 강, 샘, 이슬, 우박, 기후 등이 기술되어 있다. 또한 4원소(불, 물, 땅, 공기) 이론을 설명하였다. 제2권은 바다, 지진, 번개, 천둥 등에 관한 내용이었고 제3권은 허리케인, 소용돌이, 빛 등이 기술되어 있다. 마지막 제4권은 뜨거움, 차가움, 습윤함, 건조함의 성질에 대해서 취급하고 있다.

그러면 아리스토텔레스의 《기상론》 이전의 기상학 연구와 이론은 무엇일까? 《기상론》은 아리스토텔레스의 이론을 대표할 뿐만 아니라 그 당시 역사학자, 철학자, 서사시와 더불어 상식들을 집대성한 것이기 때문에, 아리스토텔레스가 역사적으로 중요한 기상학 책을 집필할 수 있게 된 과학적인 배경을 살펴보는 것은 매우 유익한 일이 될 것이다.

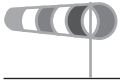
언제 어디서 처음으로 기상 현상을 예견하기 위해서 또는 이해하기 위해서 논리적인 시도가 이루어졌는지에 대해서는 명확하게 밝혀지지 않고 있다. 천문학의 선구자인 고대 바빌로니아 사람들과 칼데아 사람들은 날씨 현상과 천체 운동을 연관시키려는 시도들을 수행하였다. 기원전 3,500년 이전, 이집트 사람들은 하늘 숭배 신앙을 가지고 있었고, 하늘을 비를 만드는 신이라 생각하였다. 그렇지만 기상 현상에 대해서 과학적인 관심을 가진 최초의 사람들은 고대 그리스의 수학자였고 이들은 또한 자연 철학자였다. 이들은 고대 과학집단을 조직하였다.

과학사에 대한 대부분의 책들에 의하면, 최초의 유

명한 고대 그리스 철학자는 밀레투스 출신의 탈레스(Thales 624 BCE~546 BCE)였다. 사물을 탐구하려는 의지를 소유하고 천문학에 관심을 가지고 있던 탈레스가 여러 가지 날씨 현상에 관심을 기울였던 것은 놀라운 일이 아니었다. 그는 세계가 단 하나의 기본 원소인 물로 구성되어졌다고 믿었다. 또한 고전에 따르면, 탈레스는 분점(equinox)과 지점(solstice), 날씨 현상이 일어났던 시간을 기록하였다. 그는 히아테스라고 알려진 성단에 대해서 연구하였다. 고대인들은 히아테스 성단이 태양과 함께 붉게 되면 곧 비가 내린다는 것을 알고 있었다. 탈레스는 대장정의 여행을 단행하였고, 그가 이집트로 향하는 여행 도중에 이집트 사람들을 수 세기동안 괴롭히고 있었던 혼란스러운 문제들을 알게 되었을 것이다.

매년 나일 강은 범람하여 주변 지역에 홍수를 발생시켰다. 이렇게 연중 발생하는 사건들을 설명하기 위한 시도들이 그 당시 많은 지식층의 관심을 끌게 되었다. 이러한 설명들의 대부분은 자연 내의 기상학적 현상이었다. 고대 로마의 수사학자인 세네카(Lucius Annaeus Seneca, 54 BCE~39 CE)의 저서 《자연 탐구(Quaestiones Naturales)》에서, 탈레스가 나일 강 홍수에 대해서 설명하였다고 언급하였다. 사실이 문제는 탈레스의 시대 후에도 300년이란 세월동안 수학자와 자연철학자의 관심을 계속 끌었다.

기상학의 초기 역사를 통하여 천둥과 번개 같은 기상 현상들은 자연철학자들에 의해 고찰된 저명한 토픽이었다. 탈레스의 제자인 아낙시만드로스(Anaximandros, ca. 611 BCE~ca. 547 BCE)와 아낙시메네스(Anaximenes, ca. 585 BCE~ca.



528 BCE)는 천둥과 번개의 원인에 대해 유사한 이론들을 가지고 있었다. 그들은 천둥이 구름에 대해서 공기가 세차게 충돌하고 난 후 구름을 통해서 달아남에 따라 천둥이 번개의 불꽃을 지피게 된다고 주장하였다.

아낙시만드로스는 날카로운 관측자로서 대기 현상을 살펴보고 아마도 이러한 예리한 관찰로 인하여 바람을 “공기의 흐름”이라고 정의할 수 있었을 것이다. 그는 처음으로 바람에 대한 과학적인 정의를 내린 사람이 되었다.

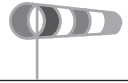
아낙시메네스는 세계를 구성하는 기본원소에 대한 탈레스의 이론을 받아들였다. 그러나 그는 이 원소가 물이 아니라 공기라고 믿었다. 왜냐하면 그는 지구상의 생명을 지탱하는데 필요한 것이 공기라고 관측하였기 때문이다. 공기는 “정신(pneuma)”이라 부르는 정수(essence)를 포함하고 있다고 추측하였고 이 정수가 공기가 인간 존재를 지지하는 동일한 방법으로 우주를 지탱하고 있다고 믿었다.

탈레스에 의해서 설립된 이오니아학파의 마지막 자연 철학자는 유명한 아낙사고라스(Anaxagoras, ca. 499 BCE~ca. 427 BCE)였다. 아리스토텔레스에 의하면, 아낙사고라스는 구름 내에 불이 존재한다는 이론을 구축하였다. 이것은 상층 대기의 부분 즉 아낙사고라스가 불이라고 불렀던 에테르(aether)가 하층 대기로 내려온다는 것을 처음으로 언급한 것이다. 따라서 번개는 구름을 통해서 비치는 이러한 불빛으로 간주하였고 천둥은 번개가 소멸될 때 내는 소음이라고 설명하였다.

또 다른 기상현상인 우박에 관해서, 아낙사고라스는 우박은 구름들이 상층 대기 속으로 강제로 치올려져 얼은 것이라는 견해를 지니고 있었다. 이것은 대단히 현대적인 이론이었지만 아리스토텔레스와 다른 사람들에게 의해서 비판을 받았다. 하나의 명백한 모순은 건조하고 뜨거운 불로 구성된 것으로 가정된 상층 대기 내의 구름의 결빙이었다.

우주의 주된 원소가 물이라는 탈레스 이론에 이어 주된 원소 또는 원소들의 문제에 관계되는 다른 많은 이론들이 고대 그리스 수학자와 자연 철학자에 의해서 제안되었다. 아리스토텔레스를 포함한 대부분 고대 과학자들에 의해서 최종적으로 받아들여진 이론은 아크라가스의 엠페도클레스(Empedocles, ca. 490 BCE~ca. 435 BCE) 이론으로서, 2000년 이상 기상학의 모든 부분을 지배하였다. 엠페도클레스에 따르면, 하나의 원소가 아니라 4개의 기본원소 즉, 땅, 공기, 불, 물이 우주 내에 존재한다는 것이었다. 이들 4개의 원소들은 4개의 주된 성질 즉, 습윤함(moisture), 건조함(dryness), 뜨거움(heat)과 차가움(cold)과 연관되었다. 엠페도클레스는 이들 2개의 원소들이 대립된다고 결론을 내렸다. 다시 말하면, 물과 땅은 다른 2개의 원소들에 대해서 보충적이거나 동족관계를 가진다. 따라서 엠페도클레스는 전체 우주는 4개의 기본 항들로 구성되고, 2개의 원소로 묶이는 동족관계와 대립관계가 존재한다고 추정하였다.

유명한 원자론자이고 기하학자인 데모크리토스(Democritus, ca. 460 BCE~ca. 357 BCE)는 기상 현상에 대해 대단한 관심을 가졌다. 데모크리토스는 위대한 여행가였다. 아마도 이집트에 머물고 있는



동안, 데모크리토스는 매년 발생하는 나일 강 홍수의 문제점을 접하게 되었다. 탈레스와 마찬가지로 그는 홍수의 원인으로서 에테시안 바람을 지목하였다. 그러나 어떻게 이들 북풍계열 바람이 이런 현상을 동반하는지에 대한 데모크리토스의 견해는 탈레스와 아주 상반되었고, 이것은 대기활동에 대한 데모크리토스의 견해에서 잘 알 수 있다. 데모크리토스는 세계의 북쪽 지역의 눈이 하지 때 녹아서 날리고, 구름이 수증기에 의해서 형성된다는 생각을 가지고 있었다. 에테시안 바람에 의해서 구름들이 남쪽으로 이동하고, 특히 이집트 쪽으로 이동할 때 격렬한 폭풍들이 발생하고 호수와 나일 강이 차도록 만든다.

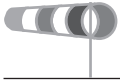
앞에서 설명한 데모크리토스의 이론에서 그는 공기의 흐름으로 바람을 정의한 아낙시만드로스의 견해를 받아들였다는 것이 명백하다. 그러나 남쪽으로 이동하는 구름에 관한 이론은 데모크리토스가 부분적으로 폭풍 시스템의 이동에 관한 중요한 개념을 가졌다는 것은 매우 흥미로운 사실이다. 18세기 전까지 이 개념은 일반적으로 받아들여지지 않았다. 이 이론은 특별한 폭풍은 한 장소에서 다른 장소로 움직이지 않는다는 것이 밝혀지기 전까지 통용되었다.

데모크리토스는 바람의 정의에서 원자론을 사용하였다. 그는 작은 빈 공간에 그가 원자라고 불렀던 많은 입자들이 존재할 때 바람이 생성한다고 주장하였다. 그러나 반대로 공간이 크고 입자들의 개수가 작으면, 대기는 여전히 평화스러운 상태로 존재하였다. 바람은 어떤 다른 관점보다 작은 공간에서 입자들이 함께 모여든다는 점에서 확실하게 보였다. 바람에 대한 이 이론은 즉각적으로 비판을 받았고 바람이 항상 구름이

덮인 대기를 동반하지 않는다는 보통의 관측 사실로부터 경시를 받았다. 이와 동시에 데모크리토스는 입자들이 부동의 혼합물에 기인한다고 주장하였으며, 구름 내의 격렬한 움직임을 일으키는 천둥과 번개의 현상을 설명하기 위해서 원자론을 또다시 적용하였다. 그는 천둥과 번개가 함께 발생하지만 듣는 것 보다는 보는 것이 좀 더 빠르기 때문에, 사람들은 이를 분리해서 감지한다는 것을 깨달았다.

아리스토텔레스 이전 시기에 기상학에 관심을 기울인 마지막 자연 철학자는 크니도스 출신의 유명한 에우독소스(Eudoxus, ca. 408 BCE~ca. 347 BCE)였다. 그는 고대 그리스의 수학자, 의사, 천문학자, 철학자였다. 그는 《나쁜 날씨 예측(ceimonos prognostica)》의 저자로 추정되고 있다. 이 책의 원전은 명확하게 바빌로니아 사람들에게 의한 것이었다. 에우독소스는 날씨 현상 내에 주기성이 존재한다고 믿었다. 그에 따르면, 바람뿐만 아니라 다른 날씨 현상을 포함한 모든 현상들에는 규칙적인 순환이 존재한다. 이러한 순환 주기는 4년이었고 기간은 항상 시리우스별이 떠오르는 윤년에 시작한다. 여기서 우리는 다시 기상학과 고대에 번성하였던 천문학 사이의 연관성을 볼 수 있다.

기상학 발전의 초기 시기에 많은 자연 철학자들은 그들의 관심을 날씨의 연구에 헌신하였다. 그러나 그들의 연구들은 기상 측기의 도움없이 이루어 질 수밖에 없었다. 기상 측기의 등장은 2000여년 뒤까지 발달되지 못하였다. 결과적으로 고대 과학자들에 의해서 이루어진 기상 현상의 연구는 정량적이라기보다 정성적이었다. 아낙시만드로스의 바람 개념과 데모크리토스



의 구름 이동 이론이외에 제시된 다른 현상에 대한 이론들은 시험을 할 수 없었다. 그들은 4 원소설과 같은 아주 일반적인 자연 이론들과 사색적으로 관련성을 맺음으로서 받아들여지거나 기각되었다. 그럼에도 불구하고, 이들 이론들은 아리스토텔레스의《기상론》을 기본으로 형성되었고, 이후 2000년 동안 날씨 이론에 있어서 무소불위의 권위를 가지게 되었다.

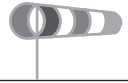
2. 아리스토텔레스 이후의 기상학

기상학에 대한 아리스토텔레스의 지대한 관심은 그의 제자들에게도 그대로 전달되었다. 기원전 약 300년에 아리스토텔레스의 문하생인 그리스 철학자 테오프라스토스(Theophrastus, 372 BCE~287 BCE)는 기상학 논문집인 《비, 바람, 폭풍, 맑은 날씨의 징후에 관해서(On the Signs of Rain, Winds, Storms and Fair Weather)》를 집필하였다. 이 책은 일종의 날씨 예보의 기본서로서 날씨와 관련된 특정한 징후들을 관찰함으로써 날씨를 예측하려고 하였다. 이 책은 비가 올 징후 80개, 바람의 징후 40개, 폭풍의 징후 50개를 담고 있다. 테오프라스토스에 의하면 “해가 뜨기 전이나 해가 뜨는 아침에 관찰할 수 있는 가장 손쉬운 징후는 하늘 전체가 붉게 타는 것처럼 보이는 것이다. 이것이 바로 비가 올 것을 나타낸다.”라고 하였다. 이런 설명은 타당한 과학적 근거가 있는데, 이것은 공기 중에 습도가 증가하게 되면 하늘을 붉게 만드는 원인이 되기 때문이다. 그러나 다른 여러 징후들은 사실상 아무런 근거가 없는 것으로 판명되었다.

위대한 로마 문명은 기상학 발전에 중요한 업적을 더하지 못하였다. 아쉽게도 로마인들의 관심은 하늘이

아니라 땅에 있었다. 로마인이 기여한 분야는 주로 조 직, 법, 의학, 농업, 도로 축조, 수로 등의 건설 분야였다. 그나마 기상학에 관심을 가졌던 로마인의 예로서 세네카를 들 수 있겠다. 그러나 그는 《자연 탐구》에서 그리스인들의 연구 성과들을 재론하는 수준이었다.

로마 제국 멸망과 함께 시작되어 르네상스의 시작과 함께 끝난 유럽 역사의 한 시기를 중세라고 한다. 유럽에서 중세는 “암흑의 시대”였다. 왜냐하면 유럽의 과학과 예술 분야가 매우 침체되었기 때문이다. 이 기간 동안 과학적인 발견은 바빌로니아인, 수메르인, 한국인, 중국인, 힌두인, 아랍인 등과 같은 유럽 이외의 고대 국가 사람들에 의해 이루어졌다. 예를 들면, 바빌로니아인은 초기 수학의 기초를 다졌다. 또한 그들은 4개의 기본 방위(동, 서, 남, 북)를 알고 있었고 또한 기본 방위 사이의 중간 방위도 이름을 붙여 부르고 있었다. 이집트인은 무게를 정의하여 측정하였고, 우수한 물시계를 발명하였으며, 365일을 1년으로 하는 달력을 도입하였다. 중국인은 나침반을 발명하였고 천문 관측을 하고 기상학적 예측을 하였다. 아랍 사람은 위대한 수학적 발견인 영(0)의 부호 사용을 힌두 학자로부터 배웠다. 아랍 사람은 대수학을 뜻하는 ‘algebra’라는 낱말을 만들어 내었다. 수학에서 사용되는 숫자 표현법은 아직도 아라비아 숫자라 부른다. 아라비아 숫자는 이탈리아의 피보나치(Leonardo Pisano Fibonacci, 1170~1250)에 의해서 유럽에 소개되었다. 1170년경 이탈리아 사람들이 아리스토텔레스의 《기상론》을 아라비아어에서 라틴어로 번역하기 시작하여 1474년 파도바에서 처음으로 인쇄되었다. 우리나라는 1441년에 세계 최초의 우량계인 측우기를 발명하였고, 1442년에 전국적



인 우량 관측망 구성을 완성했다. 1450년 독일 쿠사의 추기경, 철학자, 행정관이었던 니콜라스 크리프츠(Nicholas Cryfts, 1401~1464)는 최초의 습도계를 발명하였다.

III. 서기 1500년부터 1800년까지

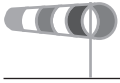
서기 1500년부터 1800년까지는 과학적인 견해가 전 세계적으로 일반화 되는 시기였다. 역사학자들은 이 기간을 최초의 '천재의 시대'이고 최후의 '이성의 시대'라 칭하였다. 서기 1543년 폴란드의 천문학자 니콜라우스 코페르니쿠스(Nicolaus Copernicus, 1473~1543)는 독일 성직자인 안드레아스 오지안더(Andreas Osiander, 1498~1552)에 의해 그의 사후에 4권으로 편찬된 《천체의 회전에 관하여(De Revolutionibus Orbium Coelestium)》라는 책에서, 지구는 단지 광대한 태양계 내의 작은 일원이라는 것을 보여주었다. 결과적으로 아리스토텔레스의 지구 중심 우주관은 점점 호평을 잃게 되었다. 코페르니쿠스는 과학 혁명의 중간적 존재였으며, 실험을 하지 않고 스스로 천문 관측도 하지 않은 점으로 보아 근대 과학자보다 고대 그리스 철학자를 더 닮았다고 말할 수 있다.

순수 자연과학으로서의 기상학은 기상 측기의 발명과 기상 관측의 도입을 이룬 유럽에서 태동하였다. 기상 현상에 신비주의적 사고를 적용하고자 하는 사람은 거의 없어지게 되었다. 서기 1593년 이탈리아 천문학자, 물리학자, 수학자인 갈릴레오 갈릴레이(Galileo Galilei, 1564~1642)는 간단한 액체 온

도계(온도경)를 발명하였다. 50년 후인 1644년 이탈리아의 수학자 겸 물리학자인 에반젤리스타 토리첼리(Evangelista Torricelli, 1608~1647)는 기압을 측정하는 수은 기압계를 발명하였다. 수년 뒤인 1648년 프랑스의 수학자이자 물리학자, 철학자인 블레즈 파스칼(Blaise Pascal, 1623~1662)과 르네 데카르트(Renè Descartes, 1596~1650)가 수은 기압계를 이용하여, 고도가 높아지면 기압이 감소한다는 사실을 입증하였다.

아일랜드의 화학자이자 물리학자, 철학자인 로버트 보일(Robert Boyle, 1627~1691)은 1661년 온도가 일정한 경우 공기가 차지하는 부피는 그 압력에 반비례한다는 "보일의 법칙"을 확립하였다. 또한 프랑스의 물리학자 겸 성직자인 에دم 마리오테(Edmè Mariotte, 1620~1684)는 1679년 "공기 체적의 감소는 부하되는 공기의 무게에 비례 한다"는 그의 관측을 보고 하였다. 잉글랜드의 물리학자인 로버트 훅(Robert Hooke, 1635~1703)은 1664년 풍속을 측정하는 압력 판 풍속계를 발명하였다. 1687년에 잉글랜드의 물리학자인 아이작 뉴턴(Sir Issac Newton, 1642~1727)은 "역학의 법칙"을 공식화 하였다. 같은 해에 프랑스 물리학자인 기욤 아몽통(Guillaume Amontons, 1663~1705)은 흡습성 습도계를 발명하였다.

1700년대에는 대기 특성들을 측정하는데 필요한 측기들이 개선되었으며 날씨와 관련된 더 많은 발명들이 이루어졌다. 1719년 독일의 물리학자인 다니엘 파렌하이트(Daniel Gabriel Fahrenheit, 1686~1736)는 물이 끓고 어는 과정을 연구하다가 파렌하이트 온도눈금(화씨 온도눈금)을 개발하였다. 1731년



프랑스 곤충학자 겸 기상학자인 르네-앙투안 레오 뒤르(René-Antoine Ferchault de Réaumur, 1683~1757)는 알코올과 물을 혼합하여 물의 어는 점에서 끓는점까지를 80°로 나누는 레오뒤르 온도계 즉 “열씨온도계”를 고안하였다. 잉글랜드의 기상학자인 조지 해들리(George Hadley, 1685~1768)는 1735년 지구 자전이 열대의 바람(무역풍)에 미치는 영향을 설명했고, 스웨덴의 천문학자인 안데르스 셸시우스(Anders Celcius, 1701~1744)는 1742년 끓는점을 0으로 어는점을 100으로 하는 ‘셸시우스 온도 눈금’(섭씨 온도 눈금)을 개발하였다. 1744년 셸시우스가 죽은 후 스웨덴의 식물학자인 린네(Carolus Linnaeus, 1707~1778)에 의해서 이 눈금은 끓는점을 100으로 어는점을 0으로 하는 현재와 같은 눈금으로 바뀌었다.

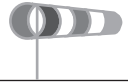
1751년 프랑스 과학자인 샤를 르 로이(Charles Le Roy, 1726~1799)는 이슬점과 강수를 정의하였다. 또한 미국의 정치가 겸 과학자인 벤저민 프랭클린(Benjamin Franklin, 1706~1790)은 1752년 뇌우 속에서 연을 날려 번개의 전기 특성을 규명하였다. 그는 또한 폭풍이 북반구 중위도에서 북동 방향으로 이동한다는 사실을 최초로 기록하였다. 1755년 스코틀랜드 내과의사 겸 화학자인 윌리엄 컬렌(William Cullen, 1710~1790)은 건습구온도계를 발명하였고, 스위스의 물리학자인 오레스 베네딕트 드 소쉬르(Horace Benedict de Saussure, 1740~1799)는 1783년 모발 습도계를 발명하였다. 이것은 인간 모발이 습도가 증가함에 따라 길이가 늘어나고 공기가 건조하게 되면 길이가 짧아진다는 자신의 관찰에 기초를 두고 있다. 이 모발 습도계는 상대 습도를 측정하는 측

기로서 아직까지도 널리 사용되고 있다.

이렇게 등장한 기상 측기들을 이용해서 얻은 관측결과를 가지고 과학자들은 당시 개발된 실험과 물리법칙에 따라 특정 기상 현상에 대한 설명을 시도했다. 유체 운동 방정식은 1752년 스위스의 수학자인 레온하르트 오일러(Leonhard Euler, 1707~1783)에 의해서 유도되었다. 1787년 프랑스의 화학자인 앙투안 라부아지에(Antoine Lavoisier, 1743~1794)는 새로운 화학이론을 발표하기 위해서 낡은 화학 술어를 버리고 새로운 ‘화학명명법’을 만들어 출판하였다. 또한 그는 1789년 《화학교과서(Traité élémentaire de chimie)》를 출판하여 ‘질량불변의 법칙’과 ‘원소 개념의 정의’를 이루어 현대 화학의 기초를 다졌다. 1787년 프랑스 화학자인 자크 샤를(Jacques Alexandre César Charles, 1746~1823)은 대기 온도와 부피의 상관관계를 발견하여 샤를의 법칙을 구축하였다.

IV. 서기 1800년 이후

19세기에는 주로 물리학적 연구 성과를 토대로 하여 각종 기상 현상이 연구되기 시작하였다. 1802년 프랑스의 화학자 겸 물리학자인 조제프 루이 게이-뤼삭(Joseph Louis Gay-Lussac, 1778~1850)은 공기, 산소, 수소, 질소, 암모니아, 염화수소, 이산화황, 이산화탄소 등이 모두 9℃~100℃까지 온도가 상승함에 따라 본래 부피의 0.375(1/266.66)씩 팽창한다는 ‘기체팽창의 법칙’을 발견하였다. 이때 팽창물은 뒤에 독일의 하인리히 마그누스(Heinrich Gustav Magnus, 1802~1870)에 의하여 1/273



으로 수정되었지만, 시료의 수분을 충분히 제거하고 실험하였으므로 종래의 측정값보다 진보해 있었다. 또한, 1802년 12월 잉글랜드의 기상학자인 루크 하워드(Luke Howard, 1772~1864)는 아스케시안 학회(Askesian Society)에서 읽은 그의 에세이 〈구름의 분류에 대해서(On the modifications of clouds)〉에서 최초의 실용적인 구름 분류를 소개하였다.

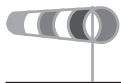
1817년 독일의 알렉산더 폰 훔볼트(Alexander von Humboldt, 1769~1859)는 등온선을 사용하여 기온의 분포를 나타내는 지도를 제작하였다. 1821년에는 당시 충분한 기상자료가 축적됨에 따라 영성하나마 최초의 일기도가 독일의 하인리히 빌헬름 브란데스(Heinrich Wilhelm Brandes, 1777~1834)에 의해서 작성되었다. 그 후 얼마 지나지 않은 1827년에 독일의 하인리히 빌헬름 도베(Heinrich Wilhelm Dove, 1803~1897)는 한대와 적도 기류를 분석하여 국지 기상을 설명하였다. 1835년 프랑스의 구스타브 가스파르 드 코리올리(Gustav Gaspard de Coriolis, 1792~1843)는 지구의 자전이 대기 운동에 미치는 효과를 수학적으로 입증하였다.

20세기에 이르러 대기의 특징은 더욱 상세히 밝혀졌다. 기상학은 수학, 물리학, 화학, 전자기학과 같은 관련 학문 발달에 영향을 받아 과학적으로 급격한 팽창을 경험하였다. 1902년에 프랑스의 기상학자인 레옹 필립 테스랑 드 보르(Léon Philippe Teisserence de Bort, 1855~1913)에 의해 대기층들을 대류권과 성층권으로 구분하여 부르기 시작하였다. 간단한 대기 운동을 기술하는 방정식에 대한 최초의 수학적

인 해답은 서기 1905년 스웨덴의 방 발프리트 에크만(Vagn Walfrid Ekman, 1874~1954)에 의해서 유도되었다.

종관 기상학은 노르웨이의 기상학자인 빌헬름 비야크네스(Vilhelm Frimann Koren Bjerknes, 1862~1951)와 그의 제자들에 의해서 세계 제1차 대전 후 개발되었다. 1904년 빌헬름 비야크네스는 〈역학과 물리학 문제로서의 날씨 예보(Weather Forecasting as a Problem in Mechanics and Physics)〉란 제목의 논문을 발표하였다. 이 논문에서 빌헬름 비야크네스는 날씨 예보를 할 수 있는 절차를 계획하였다. 그는 지속적으로 일어나는 대기 상태가 물리 법칙에 따라 이전의 상태로부터 발달한다고 주장하였다. 날씨를 예보하기 위해서는 대기의 초기 상태와 법칙들을 알고 있어야만 했다. 또한 빌헬름 비야크네스는 대기의 상태를 적절하게 기술하기 위해 기본적인 기상요소(기압, 기온, 습도, 바람)들을 전 세계적으로 관측해야할 필요성이 있다고 인식하였다. 그는 특정한 시간의 대기 상태에 알려진 물리 법칙을 적용시켜 대기의 미래 상태를 예측하려고 시도하였다. 이후 그는 1905년 미국으로 건너가서 카네기연구소의 원조를 받아 연구를 계속하였다.

1907년 빌헬름 비야크네스는 크리스티아니아의 대학교수직을 수락하며 노르웨이로 돌아왔다. 1910년 카네기재단의 지원으로《기상역학 및 해양역학》을 간행하였다. 1912년에서 1917년 사이 그는 독일 라이프치히 대학교에서 연구하였고 그곳에서 라이프치히 지구물리학 연구소를 세웠다. 그는 1917년 노르웨이로 귀국하여 베르겐 대학에 세계에서 가



장 중요한 기상 연구를 수행한 베르겐 지구물리 연구소(Bergen Geophysical Institute)를 설립하였다. 그의 업적 대부분이 1917년부터 1926년까지 베르겐 대학의 교수로 있으면서 이루어 졌는데 1921년에 발표한 유명한 《대기 소용돌이와 파동 운동에 적용되는 순환 소용돌이의 역학(On the Dynamics of the Circular Vortex with Applications to the Atmospheric Vortex and Wave Motion)》이란 저서도 이 시기에 이루어졌다. 이제는 고전이 되어 버렸지만 이 책에 그가 연구한 중요한 내용들을 상세히 기술하고 있다. 빌헬름 비야크네스는 그래프 방법을 도입하여 날씨 예보의 문제를 실용적인 형태로 조사하였다. 1913년 발간된 《기상역학과 수계지리학(Dynamic Meteorology and Hydrography)》두 번째 권에서 빌헬름 비야크네스와 그의 동료들은 그래프 분석과 계산의 토대를 확립하였다. 그 후 그는 1926년 오슬로 대학교의 교수로 지내며 1932년 은퇴할 때까지 그곳에서 연구를 하였다.

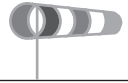
빌헬름 비야크네스(그림 1 왼쪽)는 아들인 야코브 비야크네스(Jacob Aall Bonnevie Bjerknes, 1897~1975)(그림 1 오른쪽)와 조수인 할보르 쉘베르그(Halvor Sølberg, 1895~1974), 토르 베르세론(Tor Harold Percival Bergeron, 1891~1976)과 함께 기상학의 베르겐 학파(Bergen School)를 구축하였다. 야코브 비야크네스는 <이동성 저기압의 구조(On the structure of moving cyclone)>라는 박사학위논문을 1918년에 발표하여 중위도 대부분의



[그림 1] 노르웨이의 기상학자인 빌헬름 비야크네스(왼쪽)와 아들인 야코브 비야크네스(오른쪽)로서 한대전선이론을 주창하였다.

날씨가 단지 기압 변화에서 오는 것이 아니라, 찬 기단과 더운 기단의 상호 작용에 의한 것이라는 사실을 발견하여 한대전선의 개념을 수립하였다. 그들은 1차 세계대전에 참여하면서 전선(front)이라는 군사 용어를 빌어 사용하였다. 이런 전선과 저기압에 대한 생각은 날씨의 이해와 예보에 일대 전기를 마련하였다.

초기 라디오존데 개척자는 러시아의 기상학자인 파벨 몰차노프(Pavel Aleksandrovich Moltchanov, 1893~1941)와 핀란드의 수학자 겸 기상학자인 빌호 바이살라(Vilho Väisälä, 1889~1969), 프랑스의 이드락(M. Idrac), 로베르 뷰로(Robert Bureau)가 포함된다. 이들 중 이드락과 뷰로는 1927년 3월 풍선에 라디오존데를 매달아 처음으로 공중으로 날렸다. 이런 종류의 라디오존데(code radiosonde)는 성층권까지 상승하여 단파 라디오를 이용하여 지상으로 대기 자료들을 전송하였다. 지금도 구름 속을 통과할 때



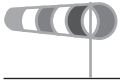
는 풍선을 추적할 수 없지만, 맑은 날씨에서는 경위의 (theodolite)를 사용하여 풍선을 추적하면서 풍속과 풍향을 얻을 수 있다. 1,939년 러시아의 기상학자인 파벨 몰차노프가 최초의 소모성 라디오존데를 고안하고 시험하여 관측에 성공하였다.

스코틀랜드의 공학자 겸 기상학자인 로버트 왓슨-와트(Sir Robert Alexander Watson-Watt, 1892~1973)는 1938년, 적 항공기의 접근을 초기에 정보할 수 있도록 7~14 m 파장을 사용한 최초의 레이더 관측소 망을 설치하였다. 1.5 m 파장을 사용하는 항공기 탑재 레이더가 그 이후 개발 되어 1940년대 말에 실용화 되었다. 또한 레이더는 항공기용 항법 장치(GEE system)와 해상에 활용할 수 있도록 선박용으로도 개발되었다.

스웨덴의 기상학자인 칼 구스타프 로스비(Carl-Gustaf Arvid Rossby, 1898~1957)가 MIT에 있던 1930년대에 고도가 높은 곳으로부터 기압, 기온, 다른 변수들을 연구하여 이론화시키기 시작하였다. 기상학자들은 대기 대순환에 관한 새로운 정보를 얻게 되었다. 그는 작은 비행기를 임대하여 보스턴 공항으로부터 매일 날씨 비행을 수행하였다. 그런 다음 그는 거대한 수평 파동의 새로운 패턴을 알게 되었다. 오늘날 이 패턴이 극지방 소용돌이의 워노로 알려져 있는 로스비 파동(Rossby wave)이다. 회전하는 지구상에서 공기의 유체 흐름에 대한 방정식을 사용하여, 로스비는 극지방 바람에서 굽이치는 상황이 일어나는 조건을 예측할 수 있었다. 이에 따라 부분적으로 대기 파동의 변경(shifting)을 설명할 수 있게 되었다. 대규모 날씨 현상은 이러한 변경에 의존하기 때

문에, 그의 방정식은 이론적으로 변화하는 대규모 날씨 패턴을 예보할 수 있도록 하였다. 로스비의 업적은 기상학을 과학으로 바꾼 것으로 인정되고 있다. 또한 그는 해류를 연구하였고 제트 기류의 기본 개념을 개발하였다. 제트 기류(jet stream)란 이름은 로스비가 명명한 것이다. 컴퓨터의 출현으로 로스비의 계산과 방정식은 복잡한 예보 기술 개발에 적용될 수 있었다. 로스비에 의해 최초로 컴퓨터를 이용한 날씨 예보가 1950년에 구축되었다.

대기 연구의 새로운 차원은 대기를 탐사하기 위한 기상 위성이 우주 궤도에 진입함으로써 이루어졌다. 최초의 기상위성은 1960년 미국에 의해 발사된 극궤도 위성인 TIROS(Television and Infrared Observation Satellite) 1호이고, 그 뒤 1966년에는 정지기상위성인 ATS (Applications Technology Satellite) 1호를 발사하였다. 정지기상위성의 지구 궤도 높이는 약 35,800 km이다. 이 고도에서 지구 자전 속도와 동일한 속도로 기상위성도 자전하면서 궤도를 유지한다. 지구와 기상위성이 동일하게 운동하기 때문에 지구에서 보면 기상위성이 마치 한 곳에 정지한 것처럼 보인다. 현재 운용되고 있는 정지기상위성은 일본의 MTSAT-1R, 미국의 GOES(Geostationary Operational Environmental Satellite), 유럽의 Meteosat, 인도의 INSAT, 중국의 Feng-Yun(風雲) 시리즈이다. 극궤도 위성에는 미국의 NOAA, 러시아의 Meteor, 중국의 Feng-Yun 시리즈가 있다. 자동기상관측기의 역사는 잉글랜드의 수학자이자 건축가, 천문학자인 크리스토퍼 렌(Sir Christopher Wren, 1632~1723)이 1663년 12월 9일 영국학술원에 제출한 <날씨 자동 기록기의 기술(Description



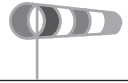
of weather clock))이라는 논문으로부터 시작된다. 실제로 “날씨 박사기(Weather wiser)”를 만든 사람은 렌의 친구인 로버트 훅이었다. 그러나 현대 자동기상관측기의 역사는 1960년대 트랜지스터(transistor)의 개발로부터 시작한다. 극소 전자공학(microelectronics)이 자료 저장기의 개발을 가져왔기 때문에 펜과 종이로 기록하던 기술을 대체했을 뿐만 아니라 먼 거리에 떨어져 있는 곳에서도 관측하여 송신하는 기술을 개발했기 때문에 자동기상관측기를 광범위하게 사용할 수 있게 되었다.

V. 맺는 말

기상학의 역사는 인간의 역사와 궤적을 같이한다. 인류가 이룬 두 번의 혁명(농업 혁명과 산업 혁명)에서도 기상학은 큰 역할을 하였다. 21세기를 살고 있는 우리에게 기상학적 현상들은 지속적으로 우리들을 괴롭힐 것이다. 그러나 우리는 이를 극복하여 아름다운 지구를 후손에게 물려주어야 할 것이다.

참고문헌

- 윤일희, 2006 : 스토리 기상학, 경북대학교 출판부, 346 pp.
- 윤일희, 2007 : 천재들의 과학노트(6 대기과학)-과학사 밖으로 뚫어나온 대기과학자들. 일출봉, 265 pp.
- Carl B. Boyer, 1959 : *The Rainbow*. New York, Thomas Yoseloff, P. 38.
- Frisinger, H. Howard, 1965 : Early theories on the Nile floods. *Weather*, 20, 206-208.
- Frisinger, Howard, 1971 : Meteorology before Aristotle. *BAMS*, 52(11), 1078-1080.
- Freeman, Kathdeen, 1953 : *The Pre-Socratic Philosophers*. 3rd ed., Oxford, Basel Blackwell, p. 51.
- Seneca, *Quaestiones Naturales*. Trans. John Clarke, London, Macmillan and Co., Ltd., 1910, p. 195.
- Shaw, William Napier, 1926 : *Manual of Meteorology*. Cambridge, The University Press, I. p. 76.
- Smith, David E., 1958 : *History of Mathematics*, New York, Dover Publication, Inc., p. 63-69.



지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래

이용일

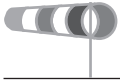
서울대학교 지구환경과학부 교수

lee2602@plaza.snu.ac.kr

I. 서언

기후변동에 대한 지질학적 기록은 지표근처에 쌓인 퇴적물(암)에 담겨져 있다. 이전에는 지질학의 연구측면에서 볼 때 고기후에 대한 기록을 단지 퇴적물의 조성 과 식생의 변화 등에 대한 해석에 초점을 맞추었다. 그러나, 점차 미래기후에 대한 예측 정확성을 기하기 위하여 개발된 기상모델들의 정확성을 검증하기 위하여 고기후의 자료가 수집되기 시작하면서 점차 고기후에 대해 지질학자들이 관심을 가지기 시작하였다. 지질학자들은 대체로 지구역사의 장구한 시간을 연구하기에 그들의 연구영역은 시공간을 초월하여 비교적 지질학적으로 긴 시간에 대한 논제가 연구의 초점이 되었으나, 점차 연구의 영역이 짧은 지질시대로 확대됨에 따라 연구의 시간적인 규모도 훨씬 작아지게 되었고, 또한 고해상도 지질자료의 습득이 주된 관심사가

되고있다. 이러한 연구는 급작스런 기후 변동이 지구 내적인 요인과 외적인 요인에 의하여 일어나는 것으로 밝혀지면서 이 분야에 대한 연구에 가속도가 붙기 시작하였다. 이 부분의 대표적인 연구 성과는 남극과 그린랜드의 빙하시추에서 얻어진 빙하코어에 대한 연구가 있다. 즉 지구의 기후가 수십 년만에 급하게 변할 수 있으며, 이렇게 바뀌어진 기후는 수천 년 동안 유지가 되는 것이 밝혀졌다. 다음으로는 빙하의 코어보다 훨씬 더 긴 지질시대로 거슬러 올라가는 오래된 기후의 변동 기록을 고해상도로 얻어낼 수 있는 해양골작 프로그램(Ocean Drilling Program)으로 밝혀지게 되었다. 하지만 기후의 변화와 변동의 시간적, 공간적인 분포에 대하여, 그리고 이러한 기후 변화가 일어나는 기작과 영향, 그리고 이러한 변화와 지구내부와 지구외부의 요인과의 관계 등에서 우리는 아직 잘 이해를 하지 못하고 있다. 여기서 지구의 기후를 변화시키



는 지구 내부의 요인으로는 해수면 변동, 화산활동과 조산운동이 있으며, 지구외적인 요인으로는 지구 자전과 공전궤도의 주기성이 있다. 현재 우리가 알고 있는 지식은 지난 제4기(Quaternary) 동안 빙하기에서 간빙기의 기후변화가 일어난 것이 지구의 자전과 공전궤도의 변화에 의한 것이라는 것이다. 이보다 장주기와 단주기의 기후변동에 대한 지식은 아직 충분하지 못한 편이다.

본 논문에서는 기후변화를 일으키는 기작을 살펴본 다음 현재까지 우리가 알고 있는 지질시대에 따른 기후변화를 선캄브리아시대로부터 홀로세까지 정리하여 보고, 각 지질시대에 따른 기후 변화의 원인에 대하여 리뷰하고자 한다. 지면의 제약으로 인하여 각 지질시대의 기후변화에 대한 깊이 있는 토의는 다루지 않고, 대신 기후변화에 관련된 주된 사항만을 거론한다. 지질시대 동안 기후변화에 대한 우리의 지식은 현재에 가까운 지질시대로 오면서 점차 자료의 정밀도가 높아지게 되고 이에 따라 기후변화의 시간 규모도 짧아지게 된다.

II. 기후변화를 일으키는 기작

그럼 우선 기후의 변화를 일으키는 기작에 대하여 살펴보기로 하자. 기후변화를 일으키는 인자로는 크게 네 가지로 시간의 규모에 따라 나누어진다.

첫 번째 인자는 지구와 태양 간의 거리와 태양광에너지의 정도에 밀접한 관련이 있는 태양 발광도, 대기 조성의 변화가 있다. 대기 중에 들어있는 온실가스는 지

구 표면의 온도를 15~30도 상승시키는 역할을 한다. 이러한 첫 번째 인자는 수십억 년 단위로 작용을 한다.

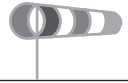
두 번째 인자는 지구의 열을 전달하는 해류로서, 이 해류의 역할은 대륙과 해양의 분포에 의하여 조절받는다. 적도 지역을 따라 해수가 순환을 하면 지구 전체의 온도가 데워지고, 오늘날과 같이 적도지역을 따르는 해수의 순환이 없으면 지구전체의 온도는 낮아진다. 이러한 인자의 영향은 수천만 년에 걸쳐 15~30도의 기후변화를 일으킨다. 즉, 이 두 번째의 인자는 지구의 기후를 수천만 년에서 수억 년에 걸쳐 작용을 한다.

세 번째 인자는 태양의 광도 변화와 지구 궤도의 변화에 따라 지구에 영향을 미치는 태양에너지의 변화에 의한 것이다. 이 인자로 인하여 약 10도 정도의 온도 변화가 있으며, 대규모 해수 순환의 변화와도 밀접한 관련이 있다. 이 인자는 수만 년에서 수백만 년 주기의 기후변화를 야기한다.

네 번째 인자로는 많은 자연현상들이 있다. 여기에는 El Nino와 같은 작은 규모의 해양학적인 진동, 화산활동, 태양풍, 운석의 충돌과 인간의 간섭작용 같은 것들로 수십 년에서 수백 년의 기후변화를 야기한다.

III. 기후대리지시자(climate proxy)

온도계를 이용한 기상관측의 기록이 길어야 150년에 이르는데, 150년 이전의 기후에 대한 기록은 어떻게 알아볼 수 있을까? 여기에는 기상관측 자료와 비교하여 정량적인 자료를 제시를 하지 않지만 기후의 변화



에 의하여 야기되는 자연현상을 기록한 역사적 자료 및 자연현상의 변화를 기록하고 있는 지질 및 생물자료를 이용하여 과거의 기후를 추정한다. 이러한 자료를 기후대리시지자라고 한다. 그러면 고기후의 복원에 이용이 되는 기후대리시지자에는 어떤 것들이 있을까?

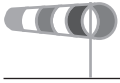
먼저 지질자료로는 빙하코아가 있다. 빙하코아는 산소동위원소, 물리적인 특성, 흔적원소와 미세입자의 함량 등을 분석하여 빙하생성 당시 대기의 조성과 온도, 기후변화 사건 등의 기본자료를 획득한다. 또 다른 지질자료로는 퇴적물이 있는데, 우선 해양의 퇴적물 자료에서는 부유성과 저서성 생물 화석을 포함한 유기 퇴적물에 대한 산소동위원소, 동물군과 식물군 산출빈도, 그리고 형태적 다양성 등을 이용한 해수의 수온 특성과 이를 통하여 대륙빙하의 존재와 그 규모에 대한 정보를 알아본다. 해양퇴적물 중 무기 퇴적물에 대하여는 광물화학적 조성과 입자 표면의 조직, 육지성 퇴적물의 분포, 유빙(iceberg)기원 퇴적물의 유무, 지화학 조성 등을 조사하여 고기후 자료를 획득한다. 반면 육지에 쌓인 퇴적물에서는 빙하주변의 지형적 특성, 빙하 퇴적물과 빙하에 의한 침식 기록, 빙하의 확장 후퇴에 따른 해수면 변동의 기록, 사구와 같은 풍성기원(eolian) 퇴적물의 유무, 그리고 호소 퇴적물의 특성과 이 퇴적물에 나타나는 호상점토퇴적층(varve)의 유무 등을 조사하여 대륙지역에서의 고기후 조건을 알아 볼 수 있다. 이미 고화가 이루어진 퇴적암에 대하여는 퇴적물의 종류에 따른 분포를 다루는 퇴적상(sedimentary facies) 분석, 화석/미화석의 분석, 광물조성 분석과 동위원소 지화학 특성을 조사하여 고기후의 자료를 획득한다.

생물자료로는 나이테의 폭, 밀도와 동위원소 조성을 분석하여 온도와 강수조건을, 화분의 종류와 산출량으로 식생이 자랄 때의 기후조건, 그리고 기후에 따르는 곤충의 종류를 알아본다. 이외에 역사자료로서는 특정지역의 강이나 호수가 얼었던 날수, 먼지 폭풍의 발생빈도, 해안선에 발달하였던 해빙의 지속일수, 그리고 곡물가의 변동과 같은 준기상기록(parameteorological records), 환경을 지시하는 준기상기록, 그리고 계절적으로 이동을 하는 생물의 자료 등을 이용한다.

그러나 이들 기후대리시지자들은 각각의 지시자들이 제시할 수 있는 자료가 공간적으로 한계가 있으며, 각 지시자들이 대변하는 시간적인 규모에 차이가 있다. 또한, 이들 기후대리시지자들이 기후가 변화하는 시기를 어느 정도 정확히 대표할 수 있는가에 대하여 차이가 있다. 이에 따라 이들 기후대리시지자들을 이용하여 고기후를 복원하고자 할 때는 이들이 기후변화를 어느 정도까지 잘 나타낼 수 있는가 하는 기후자료의 신뢰성, 기후변화 시기의 측정가능성, 그리고 이들이 나타내는 자료의 해석과 그 의미에 대하여 면밀한 검토가 있어야 한다.

IV. 고기후 변화

고기후 변화는 그 시간의 규모에 따라 백만 년에서 억년의 변화로부터 지난 2백 6십만 년 동안의 지질시대인 제4기에 일어난 빙하기와 간빙기의 변화, 그리고 지난 1만 년의 홀로세(Holocene) 동안에 100년 또는 1000년 주기로 일어난 기후변화까지 다양한 시간



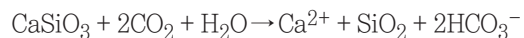
규모를 나타낸다.

제4기 이전의 지구역사는 전 지구역사의 약 99.95%를 차지하는 시간인데, 이 시기 이전의 기후변화에 대하여는 지난 제4기 동안의 기후에 대하여 우리가 알고 있는 지식에 비하면 아주 빈약하다. 지질시대를 거슬러 올라가면 갈수록 고기후의 기록은 이후에 일어난 기후변화 사건에 의하여 지워져 버리거나 변질이 되고, 또한 시간의 정확도도 많이 떨어져 고해상도의 기후변화를 알아보기가 어려워진다.

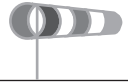
1. 선캠브리아기시대의 기후

선캠브리아시대(Precambrian)는 지구역사의 약 85%를 차지하는 지질시대로서 이 시기에는 크게 두 번의 빙하기가 있었던 것으로 알려지고 있다. 빙하기의 시기는 27억 년에서 23억 년 사이 그리고 8억5천만 년에서 6억3천만 년 사이에 일어났었다. 선캠브리아시대에는 태양이 지금보다는 더 젊었기 때문에 태양복사에너지가 지금보다는 약 6% 정도 더 약했을 것으로 여겨지고 있다. 특히 두 번째 빙하기는 아주 기온이 낮았으며, 이에 따라 빙하기의 영향이 적도지역까지 포괄하는 전 지구적 규모로 일어났던 것으로 해석이 되고 있다. 이러한 전 지구적인 빙하기를 설명하기 위하여 이 때의 지구를 '눈덩이 지구(Snowball Earth)'라고 부르기도 한다(Krishivink, 1992). 정말로 전 지구가 빙하로 다 덮여 있었는지, 아니면 전 지구가 빙하로 덮인 것이 아니라 빙하로 덮이지 않은 바다가 열대지역이 존재하였는지에 대하여는 논의가 계속되고 있다. 당시의 대륙들은 한데 모여져 로디니아 초대륙(Rodinia supercontinent)을 이루고 있

었을 때였다. 두꺼운 빙하퇴적물이 당시 저위도 열대 지역이었던 여러 곳에서 관찰이 되고, 해양퇴적물의 탄소동위원소 조성이 비이상적으로 낮아지는 현상이 관측됨에 따라 열대지역에도 빙하가 덮고 있었으며, 빙하가 해양을 덮음으로 인해 광합성을 하는 생물의 생존이 어려워져서 해수의 탄소동위원소 조성이 바뀌어졌다고 해석을 한다. 그러나 로디니아 초대륙이 위치한 고지리적인 위도에 대하여 다른 의견이 있기도 한다. 그렇다면 어떤 원인에 의하여 선캠브리아기시대 후기의 빙하기가 일어날 수 있었을까? 이에 대하여 다양한 가설들이 제시되었는데, 그중에 빙하기가 시작되는 시나리오 중 하나를 소개하면 다음과 같다. 만약 로디니아 초대륙이 열대지역에 분포를 하고 있었다면, 우선 열대지역의 대륙들은 바다에 비하여 태양복사 에너지를 더 반사를 하여 태양으로부터 열을 덜 흡수하게 된다. 이는 오늘날 태양에너지의 대부분이 열대지역에 있는 바다에서 흡수가 된다는 점과 비교해보면 쉽게 이해할 수 있다. 또한 당시의 열대지역에 있는 대륙에는 많은 강수량이 있었을 것이고 이렇게 되면 하천을 통한 배수량이 늘어남에 따라 지표의 침식 작용 역시 더 활발하였을 것이다. 이러한 지표의 침식 과정을 통하여 풍화를 받지 않은 신선한 규산염 암석(silicate rocks)이 지표에 노출이 되고 이들이 풍화를 받으면서 대기 중의 이산화탄소를 줄이는 역할을 하였을 것이다. 이러한 풍화작용을 간단히 표현하면 다음과 같다.



여기서 암석을 이루는 광물로부터 방출 되는 칼슘이온이 해양의 중탄산이온과 결합하여 해양에서 탄산



칼슘으로 침전이 일어난다. 이와 같이 대기 중의 온실가스인 이산화탄소가 탄산칼슘으로 바뀌어 지권(geosphere)에 저장 되는 작용이 지질시대동안 지속적으로 일어난다면 화산활동에 의해 대기로 방출이 된 이산화탄소의 양이 대기 중에서 점차 줄어들게 되었을 것이다. 이에 따라 전 지구적으로 기온이 낮아져서 빙하가 시작이 되고 전 지구를 덮었을 것이라는 가설이 있다. 이러한 후기 선캠브리아기시대의 빙하기 끝날 때 까지 전 지구가 아마도 빙하로 덮여있었으므로 대기 중의 이산화탄소는 더 이상 지표의 풍화에 소모가 되지 않고 그대로 보존이 되었을 것이며, 여기에 로디니아 초대륙(약 7억5천만 년 전에 8개의 대륙으로 갈라짐)이 갈라지는 과정에서 발생한 화산활동으로 공급되는 이산화탄소와 메탄가스(대기 중에서 산화되어 이산화탄소 생성)가 대기 중에 추가가 됨으로 인해 대기 중의 온실가스의 양이 점차 증가를 하면서 충분한 온실효과가 일어나 빙하가 녹게 되었을 것이라고 설명을 한다.

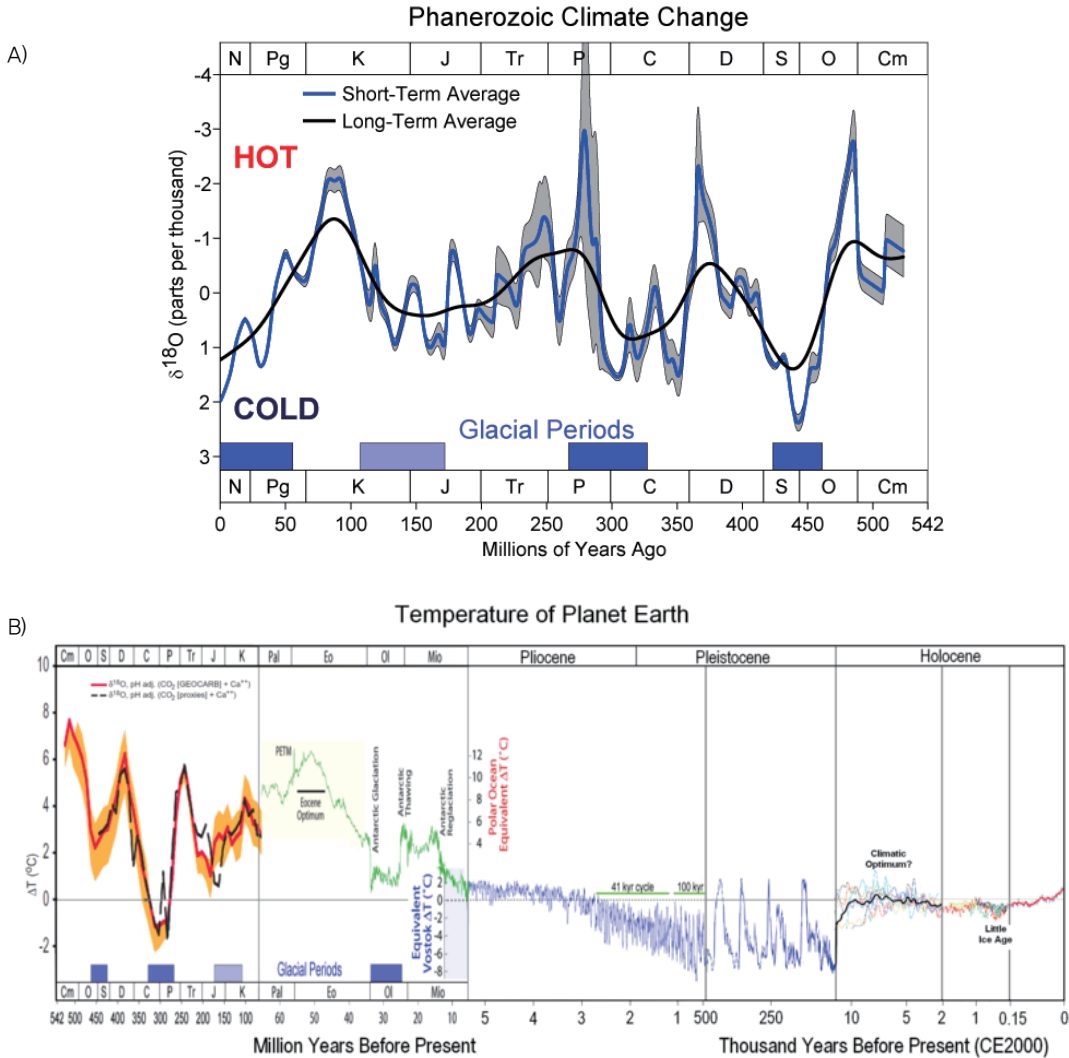
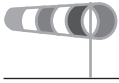
2. 현생이연(Phanerozoic Eon)의 기후

현생이연은 선캠브리아기시대가 끝난 후 5억 4천 2백만 년 전부터 시작한 고생대부터 현생에 이르기까지의 지질시대를 일컫는다. 선캠브리아시대가 끝나가는 무렵에는 지구의 평균기온이 약 22도 정도였을 것으로 추정된다. 이처럼 온난한 기후를 배경으로 하여 빙하로 덮여있었던 열대지역이 바다로 바뀌면서 우리가 캄브리아기(Cambrian)라고 부르는 시기에 지구역사상 가장 빠른 속도로 생물의 번성을 맞이하게 되었다. 현생이연 동안의 기후는 세번의 추웠던 시기(icehouse)와 세번의 더웠던 시기(greenhouse)가

반복적으로 나타났는데[그림 1], 이러한 기후변화는 대륙의 이동, 조산운동과 조륙운동 등과 같은 장기간에 걸친 기후강제력에 의하여 변화를 하였다. 현생이연 동안 기후변화에 영향을 미친 구조작용의 기록을 보면 후기 선캠브리아기시대에 존재하였던 로디니아 초대륙의 분리가 계속 일어나 대륙과 대륙 사이에 바다가 생성되었고, 이렇게 분리된 대륙들이 고생대에 다시 판게아(Pangea)라는 초대륙으로 뭉치게 되었다. 그리고 중생대에 들어서면서 다시 판게아 초대륙은 분리가 일어나면서 오늘날의 대륙과 해양의 분포 모습으로 바뀌게 되었다.

1) 고생대의 기후

고생대 동안 북반구와 남반구의 대륙과 해양의 분포는 사뭇 달랐다. 북반구에서 북위 30도 이상은 해양으로 이루어졌었으며, 남반구는 로디니아 초대륙의 일부인 곤드와나(Gondwana)라는 큰 대륙이 아직 남아있었다. 고생대 전기에는 로디니아 초대륙의 분리에 따르는 활발한 구조작용으로 대륙이 분리되는 장소의 화산활동으로 인해 대기에는 이산화탄소가 높은 농도를 유지하고 있었다. 이때의 대기 중 이산화탄소 농도는 지금보다 약 10배 이상 높았을 것으로 여겨지고 있다. 이러한 높은 이산화탄소 농도에 따른 온실효과와 함께 대륙의 분리에 따라 열대지역의 얕은 바다가 넓어지면서 전 지구적으로 해양성 기후가 발달하였을 것으로 여겨진다. 이러한 기후의 해석은 지구의 기후가 온실기후(greenhouse period)와 빙기후(icehouse period)에 따라 달라지는 해양의 조건에서 자생적으로 생성이 되는 무기 탄산칼슘과 해양생물의 껍질에 대한 광물조성으로부터 확인할 수 있다. 이산화탄소

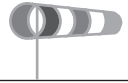


[그림 1] 현생이인 동안의 기후변화

- A) 3번의 추웠던 시기(빙기기후: icehouse)와 더웠던 시기(온실기후: greenhouse)의 시기가 반복되어 나타남. 중생대 주라기 후반과 백악기 초반 동안은 더웠던 시기 중 약간 기온이 낮았던(cool) 시기가 나타났었음(출처: <http://wikipedia.org>).
- B) 현생이인 동안의 기온변화 곡선에서 신생대의 시간규모를 달리하여 표현한 기온변화 곡선(출처: <http://wikipedia.org>).

의 농도와 해수면이 모두 높게 유지되던 온실기후 시기에 방해석(calcite)이 탄산칼슘의 주된 광물로 해양에 침전을 한다. 고생대 초기에는 해양에 방해석이 주

로 침전을 하던 시기였다. 이렇게 따뜻하게 유지되던 고생대 초기의 기후가 약 4억 4천만 년 전에 해당하는 오르도비스기 후기에 남반구에 분포를 하였던 곤드와



나 대륙에 빙하가 발달하였다. 이러한 기록은 곤드와나 대륙을 이루고 있었던 아프리카 대륙 북부에 과거 빙하의 기록으로 남아있는데, 이때 곤드와나 대륙의 이 부분이 남극점에 가까이 위치하였었다.

실루리아기와 데본기에는 전 지구적으로 빙하의 흔적이 없는 따뜻한 지질시대였다. 아프리카 중부가 비록 남극점에 위치를 하였는데도 이 시기에는 기후의 계절성이 두드러짐에 따라 여름의 온도 역시 높았을 것으로 여겨져 빙하의 생성이 되지 않았을 것으로 추정된다. 또한 실루리아기에는 육상에 식물이 처음으로 출현을 하였는데, 이렇게 육지에 식생이 자라나 지표를 덮으면서 지표의 태양열 반사도를 낮추어 태양으로부터 오는 단파장의 복사열에 대한 흡수율을 높였을 것이다.

이렇게 따뜻하게 유지되는 지구의 기후는 다시 한 번 고생대 말기에 빙하기를 맞이하게 된다. 빙하기는 약 3억 년 전에 시작하여 고생대 말기인 페름기까지 계속 지속되었다. 이 시기에 일어난 빙하기의 원인으로서는 조산운동으로 호주와 남아메리카 대륙에서 융기가 일어나 높은 고도를 이루었기 때문에 기후변화가 시작되었다는 주장이 제기되었다. 이때의 빙하기는 주로 남반구에 분포하던 곤드와나 대륙에서 대부분 일어났다. 흩어져 있던 대륙들이 다시 모여들기 시작하여 충돌하면서 초대륙인 판게아를 형성하는 과정에서 대륙과 대륙 사이에 존재를 하였던 바다가 사라지고 대륙이 충돌을 하는 곳에서 높은 고산지대가 생성이 되었다. 이에 따라 점차 해수면이 하강 하고 대륙들이 충돌을 하는 과정에서 중앙해령의 해양판 확장속도가 점차 느려져 이에 따른 화산활동이 둔화되면서 이산화탄

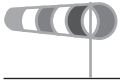
소의 발생량이 줄어들게 되었을 것이다. 결국 대기 중 이산화탄소의 농도가 낮아지면서 온실효과 역시 낮아진 것이다.

2) 중생대 기후

초대륙 판게아는 약 2억 2천만 년 전인 중생대 삼첩기에 와서 완성이 되었다. 이러한 거대한 규모의 대륙과 낮아진 해수면으로 인해 규모가 커진 초대륙은 극심한 대륙성기후를 겪게 되었으며, 또한 건조한 기후가 지배적이었다. 이러한 기후의 기록은 바람에 의해 운반되었던 풍성 퇴적물이 여러 대륙에 넓게 분포하며, 이 시기에 형성된 지층들은 특징적으로 적색 지층(red beds)으로 나타난다. 또한 이러한 기후의 영향으로 고생대 말기의 페름기에서 중생대 초기의 삼첩기에는 많은 증발잔류암(evaporites)이 생성되었다.

중생대 말기와 백악기에는 다시 판게아가 분리되기 시작하였는데, 대륙을 분리시키는 중앙해령에서의 확장이 활발해지면서 대륙주변부로 해수면이 상승하였다. 이 과정에서 적도지방을 죽 관통하면서 발달한 바다가 생성되었는데, 이때 존재하던 바다를 테티스해(Tethys Sea)라고 한다. 이러한 테티스해의 발달로 인하여 저위도 지역은 상당히 따뜻하였고 또한 해양으로부터 공급되는 습기도 증가하였다. 이러한 영향으로 점차 고위도 지역까지 포함한 지구 전체가 아주 온난했던 시기가 도래하였다.

중생대 말기의 백악기는 극지역까지 온난했던 지질시대로서 당시의 적도지역과 극지역의 온도 차는 남·북반구 모두 35도 이하였을 것으로 알려지고 있다.



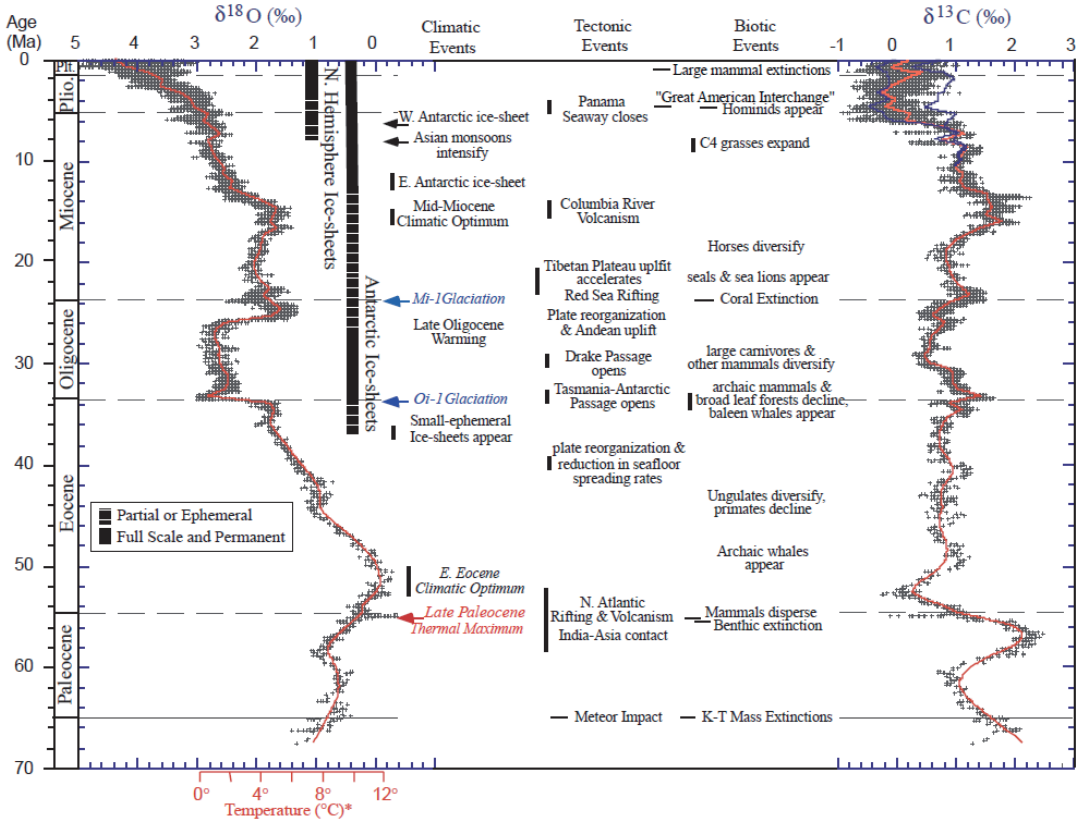
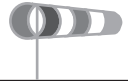
적도지역의 온도는 지금보다 약 2도에서 4도 정도 더 높았을 것으로 해석이 된다. 현재는 극지방과 적도의 온도차가 북반구에서는 약 50도, 남반구에서는 90도 정도가 된다. 백악기에는 이렇게 극지역까지 온난한 기후를 유지하였기에 극지방에 가까운 고위도 지역에도 온난하고 습윤한 지역에서 주로 생성되는 석탄층이 발견되고 있다. 해수면의 높이는 지금에 비하여, 특히 중기 백악기(약 1억 년 전)에 최대 200 m 이상 높았던 것으로 알려지고 있으며, 이 시기에는 화산활동 역시 매우 활발하였던 것으로 기록에서 찾을 수 있다. 기후대리시지자를 이용한 당시의 대기 중 이산화탄소의 농도는 중기 백악기에 대략 1,000 ppmV에서 2,000 ppmV 사이에 달하였던 것으로 최근의 연구(Breecker et al., 2010)에서 밝혀졌는데, 이 양은 향후 2100년에 예상되는 대기 중 이산화탄소의 농도와 비슷한 것으로 예상이 된다.

백악기의 기후가 이렇게 전 지구적으로 온난했었을 것으로 알려지면서 백악기에는 빙하가 존재하지 않았을 것으로 여겨지고 있었으나, 최근 여러 연구에서는 백악기 동안 최소한 네 번의 빙하기가 있었을 것으로 보고를 하고 있다. 그러나 백악기 동안의 빙하기는 장시간 동안 지속이 된 것이 아니라 비교적 짧은 지질시간 동안 잠깐 존재했을 것으로 여겨진다.

3) 신생대 기후

중생대의 온난했던 기후는 신생대에 들어서면서 점차 추워지는 경향을 띤다(그림 2). 신생대 초기에는 전 지구적으로 빙하가 존재하지 않았던 것으로 알려지고 있으며, 신생대 시작 때 심해의 수온은 현재보다 약

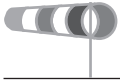
10~15도 정도 더 따뜻했던 것으로 알려지고 있다. 신생대 중에서도 약 5,500만 년 전에서 5,000만 년 전의 에오세(Eocene) 초기가 가장 온난했던 시기로서, 이 시기에는 열대의 영역이 지금보다 위도가 10도에서 15도 정도 더 고위도 쪽으로 확장되었었다. 지구가 이와 같이 따뜻해지기 바로 전인(약 5,550만 년 전) 팔레오세(Paleocene)와 에오세의 경계시기에 약 1만 년에서 3만 년도 안되는 기간 동안 전 지구 기온이 약 5도에서 9도 정도 급격히 높아지는 사건을 경험하였다. 이러한 급격한 기후변화는 대기 중 증가된 이산화탄소로 인한 온실효과에 의해 일어났다고 여겨지고 있다. 이때의 급격한 온난화로 저서성 생물들, 특히 저서성 유공충의 멸종이 일어났으며, 육상에는 식물의 분포가 약 1,500 km 이상 북상하고 해저의 탄산염이 녹기 시작하는 수심(lysocline)이 얕아졌다. 이에 따라 해저에 쌓였던 탄산염 퇴적물의 용해가 일어나면서 전 지구적인 탄소와 물의 순환에 많은 변화를 일으켰다. 이러한 기후변화 급변시기를 팔레오세-에오세 최고온시기(Paleocene-Eocene Thermal Maximum)라고 부른다. 이때 일어났던 기후의 급격한 변동은 현재 이산화탄소 농도의 증가로 인해 온실효과의 영향이 가속화 될 경우 우리가 앞으로 맞이할 기후 양상과 비슷할 것으로 예상이 된다. 팔레오세-에오세의 최고온시기를 일으킨 요인을 설명하기 위하여 여러 가지 가설들이 제안되었다. 그중에서 가장 지지를 받고 있는 가설은 심해의 수온이 높아지면서 대륙사면 근처의 해저에 얇게 매장 되어 있었던 메탄하이드레이트(methane hydrate)의 해리가 일어났었다는 주장이다. 메탄하이드레이트에서 유리된 메탄이 해수로 그리고 대기로 방출되어 약 1500에서 4500 Gt의 탄소가 증가하였고(Zachos et al., 2005) 이



[그림 2] 신생대의 저서성 유공충을 이용한 심해의 산소와 탄소 동위원소 조성변화 기록. 신생대 초기부터 현재에 이르는 동안 심해의 수온은 전반적으로 낮아지는 경향을 보인다(출처: Zachos et al., 2001)

에 따라 온실효과가 강화되었기 때문인 것으로 해석되고 있다. 이밖에 당시 활발했던 화산활동에 의하여 대륙을 가로지르는 얇은 바다(epicontinental seaway)가 융기하고 증발하여 마르면서 해양퇴적물에 있던 유기물이 산화함으로써 이산화탄소를 공급하였다는 주장(Higgins and Schrag, 2006)도 있다. 이후 지구의 기후는 약 4,000만 년 전부터 2,500만 년 전(후기 에오세-올리고세)까지 온난한 기후에서 추운 기후로 점차 변화를 하였다.

남미대륙과 남극대륙은 서로 붙어있었으나 약 3,400만 년 전에 이 두 대륙이 분리가 되어 오늘날 우리가 알고 있는 드레이크 해협(Drake Passage)이 열리게 되었다. 이 드레이크 해협의 생성으로 남극대륙을 감싸며 순환하는 환남극해류(Circum-Antarctic Current)가 발달하면서 남극대륙에는 적도지방의 따뜻한 해수로부터 운반되던 열전달이 차단되었다. 이러한 영향으로 남극대륙은 점차 기온이 낮아지면서 급기야는 대륙빙하가 생성되기 시작하였다. 또한



1500만 년 전에서 1000만 년 전의 중기 마이오세(Miocene) 동안에는 남극대륙에 빙하가 빠르게 성장을 하면서 지구의 기온도 빠르게 낮아졌다. 이러한 빙하의 성장으로 심해의 수온은 점차 낮아졌다. 올리고세(Oligocene)에서 마이오세 동안 이렇게 대륙빙하가 성장하면서 전 지구적으로 해수면의 하강이 일어났고 기온 또한 낮아졌다.

북반구의 중위도 지역에 빙하가 언제부터 생성되었는지에 대해서는 아직 확실하지 않지만 아마도 플리오세(Pliocene) 후반기, 즉 약 300만 년에서 200만 년 정도에 시작되었던 것으로 여겨지고 있다. 이 시기는 지구조작용으로 북미대륙과 남미대륙 사이가 오늘날과 같이 육지로 연결되는 바람에 열대지방을 따라 순환을 하는 해류의 흐름이 막혀서 일어났거나, 장기간에 걸친 대륙의 풍화로 인해 대기 중 이산화탄소를 소모하였을 것으로 해석이 되고 있다(Raymo, 1994). 북반구 빙하의 시작 기록은 노르웨이해의 해저퇴적물에서 280만년에서 260만 년 전으로 여겨지는 유빙(iceberg)에 의해 쌓인 퇴적물(ice-rafted debris)을 관찰함으로써 추론된 것이다. 그러면 어떤 요인이 신생대 동안 기후가 추워지는 방향으로 유도를 했는가? 여기에는 아래와 같이 세 가지의 요인을 들 수 있겠다:

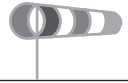
- ① 육지와 바다 분포의 변화에 의한 것 - 그러나 전 지구적 대기순환모델들은 기온 변화를 설명하지 못한다.
- ② 대륙의 위치변화에 따른 해수의 순환 변화
- ③ 신생대 동안 대륙의 지형변화 - 콜라라도고원과 티벳고원이 형성됨으로 북미와 북유럽, 아시아 북부

그리고 북극해 지역에 대기의 순환의 변화가 일어나 추운 겨울이 시작되었다.

알프스 산맥과 히말라야 산맥의 형성과 같은 조산운동에 의하여 지형의 용기가 일어나면 규산염 암석의 풍화속도가 증가를 하게되고 이러한 과정에서 대기 중 이산화탄소가 많이 소모된다(선캠브리아기시대 기후 참조). 이렇게 되면 지구와 대기간의 상호관계에서 온실효과를 일으키는 강제력이 감소를 하면서 전 지구적으로 기온이 낮아지게 된다. 이러한 시나리오에 따라 신생대의 기후가 점차 나빠졌었다는 것으로 해석할 수 있으나, 대기 중 이산화탄소의 감소가 언제 일어났는지 그리고 어느 정도 일어났는지에 대해 믿을 만한 정보를 제공하는 기후대리지시자의 자료가 현재는 아주 부족하다는 점이다. 이렇게 볼 때 대륙과 해양의 분포, 해양의 열전달, 지형 그리고 이산화탄소의 종합적인 작용이 신생대 기후의 장기적인 변화에 개입되었을 것으로 여겨진다. 아마도 수천 년에서 수억 년에 걸쳐 일어난 고생대 동안의 기후 변화에도 이러한 요인들이 복합적으로 작용하여 일어난 것으로 여겨지기도 한다.

4) 제4기의 기후

제4기는 지난 2백 6십만 년에서 1만 년까지의 플라이스토세(Pleistocene)와 1만 년 전부터 현재까지의 지질시대인 홀로세(Holocene)를 포함하는 지질시대이다. 제4기 동안 지구의 기후는 비교적 온난했던 시기와 아주 추웠던 시기가 반복적으로 일어났었다. 연속적인 플라이스토세의 빙하기와 간빙기의 기록들은 심해저의 시추코아로부터 얻어진다. 또한 플라이스토세

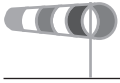


해수면 변화는 이들 심해저 시추코아 퇴적물에서 추출해낸 미고생물 화석의 안정동위원소 조성을 분석하여 복원시킬 수 있다.

그러면 이렇게 빙기와 간빙기의 기후가 두드러지게 차이가 나면서 반복적으로 나타난 요인은 무엇이었을까? 지금까지의 연구에 의하면 지구가 태양의 주위로 공전을 하는 궤도와 자전운동의 변화에 의하여 일어났을 것으로 해석이 된다. 여기서 지구의 공전과 자전운동의 변화는 밀란코비치(Milankovitch)의 주기로 해석이 되는데, 여기에는 세차운동(precession), 자전축의 기울기 변화(obliquity), 그리고 이심률(eccentricity)이 있다. 이들 각각은 2만3천 년, 4만1천 년, 그리고 10만 년과 40만 년의 주기를 가지고 변한다. 시간에 따른 이들 각 주기들의 합이 나타내는 변화양상이 심해저 퇴적물의 미고생물 화석으로부터 얻어낸 빙기와 간빙기를 나타내는 지질시대의 동위원소 변화양상(이는 대륙빙하의 부피의 변화를 대변)과 거의 같은 시기에 대비가 잘 이루어지는 것으로 나타남에 따라 플라이스토세 동안의 빙기와 간빙기의 기후변화 시기는 밀란코비치 주기로 해석이 되고 있다. 총 30회 이상의 빙하기와 간빙기의 기록이 플라이스토세 동안 반복된 것으로 알려지고 있다. 그런데 플라이스토세 초기부터 약 80만 년 전까지는 빙기와 간빙기의 주기가 평균 약 4만 년으로 짧았으나, 80만 년 전부터 현재까지는 그 주기가 약 10만 년으로 알려지고 있다. 빙하의 규모도 빙기와 간빙기의 주기가 짧았던 플라이스토세 전기에는 후기 플라이스토세의 긴 주기 때에 비하여 훨씬 작았던 것으로 나타난다. 이렇게 빙기와 간빙기의 주기가 약 10만 년으로 나타나는 동안 약 9만 년에 해당하는 시간은 지구의 기온이 서서

히 낮아지다가 마지막 1만 년 동안에 갑자기 기온이 상승하여 간빙기를 맞이한 것으로 나타난다. 해저 시추코아에서 얻어진 플라이스토세의 기후변화 기록은 남극대륙에서 채취한 빙하 시추코아에서도 같은 기후변화가 기록되어 있음이 밝혀졌다. 남극 대륙의 빙하 시추코아 연구(Petit et al., 1999)에 의하면 빙기와 간빙기 동안에는 대기 중 이산화탄소의 농도가 각각 180 ppmV에서 280 ppmV로 변화를 하였으며, 메탄의 함량도 이와 비슷한 경향으로 변화한 것으로 알려져 있다.

마지막 간빙기는 해양 시추코아에서 얻어진 동위원소의 조성으로 보아 해양동위원소스테이지(marine isotope stage) 5e (13만5천 년 전~11만6천 년 전)이며, 마지막 빙기는 이후부터 1만 년 전까지다. 마지막 빙기는 약 1만8천 년 전에 가장 추웠던 빙하시기를 경험하였으며 이때 전 지구적인 해수면은 약 120 m 정도 낮았던 것으로 알려지고 있다. 이후 빙하는 녹으면서 후퇴를 하였는데, 이에 따라 지구의 기온도 점차 회복을 하였다. 그러던 중 그린랜드 빙하 시추코아 관측에서 약 12,900년 전과 11,500년 전 사이 기온이 오늘날 보다 약 5도 정도 낮았던 것으로 알려지고 있다. 이렇게 갑자기 기온이 낮아진 시기를 Younger Dryas라고 부르는데, 이 시기는 약 1,300년 동안 지속이 되었다. Younger Dryas를 일으킨 원인으로는 북미대륙에 넓게 자리를 잡고 있던 로렌타이드 빙하(Laurentide Ice Sheet)의 가장자리에 커다란 호수(Lake Agassiz)가 존재하였었는데, 이 호수를 막고 있던 빙하가 녹으면서 후퇴함에 따라 호수물과 빙하의 녹은 물이 한꺼번에 북대서양과 북극해로 유출이 일어났다. 이때 대서양에서 일어나는 열염분순환에 장



애를 일으켜 전 지구적으로 한랭한 기후로 바뀌었다고 해석이 되고 있다 (Broecker, 2006; Broecker et al., 1989; Murton et al., 2010; Teller et al., 2002).

5) 홀로세 기후

마지막 빙하기 말기에 Younger Dryas의 한랭한 기후에서 회복한 지구는 빠른 속도로 온도가 증가를 하였다. 1만 년 전 지구는 홀로세로 들어서면서 따뜻한 기온을 유지하는 온난한 기후로 접어들게 된다. 그러던 중 약 8,200년 전에 북반구의 기온이 갑자기 추워지는 시기를 겪게 된다. 이 급격한 기후변화를 8,200년 사건(Event)라고 하는데, 이렇게 추워진 시기는 약 1세기 정도 지속되었었다(Rohling and Pällke, 2005).

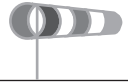
다시 8,200년의 한냉 시기를 회복한 지구는 약 7,000년 전에서 5,000년 전까지 홀로세 동안 가장 따뜻했던 시기를 겪게 된다. 이렇게 따뜻했던 시기 동안 북반구의 기온이 지금보다는 평균 4도 정도 높았으며, 이때 사하라 사막지대도 푸른 녹색의 숲을 이루었던 것으로 알려지고 있다. 이후에 기온이 서서히 낮아져 가다가 약 1,000년 전에 다시 기온이 갑자기 높아지는 시기를 만난다. 기온의 변화가 이전에 비하여 그렇게 큰 폭의 변화는 아니었지만 이 따뜻한 시기는 약 300년 가까이 지속되었는데, 이렇게 따뜻했던 시기를 중세온난기(Medival Warm Period)라고 한다. 이러한 따뜻한 기후 덕분에 노르웨이 사람들이 그린란드에 정착할 수 있었다고 한다. 그러다 약 700년 전에 다시 기온이 갑자기 낮아지는 바람에 그린란드에 정착했

던 노르웨이 사람들은 다시 그곳을 떠났다. 약 1,300년부터 1,850년까지 지속된 이 추운 시기를 소빙하기(Little Ice Age)라고 하는데, 혹심한 겨울 추위는 유럽에서의 농업, 경제, 그리고 정치 분야에 많은 영향을 끼쳤다. 급기야 유럽의 소작농들은 곡물생산가의 급등으로 유럽을 등지고 신대륙인 북미대륙으로 이주를 했다. 그러나 소빙하기 전 기간동안 항상 기온이 따뜻하고 추웠던 시기의 반복이 있었다.

소빙하기를 벗어난 유럽에서는 온난해진 기후와 더불어 산업혁명이 일어나면서 화석연료를 점차 많이 사용하기 시작하여 오늘에 이르게 되었다. 이러한 기후의 변화와 더불어 전 세계 인구도 17세기 말 약 7억 명에서 현재의 약 70억 명으로 매우 가파르게 증가하였다. 에너지 수요 역시 이에 발맞추어 증가를 하였으며 그 결과로 많은 온실가스가 대기 중으로 배출되었다.

V. 끝맺음

온실가스의 증가로 인하여 향후 겪게 될 지구의 미래는 2007년에 발표된 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 약칭 IPCC)의 보고서에 잘 정리가 되어있다. 아직 우리가 알고 있는 기후변화에 대한 지식이 충분하지 않은 관계로 이를 바탕으로 미래기후를 예측하기에는 한계가 있다. 그렇기 때문에 IPCC 2007 보고서에도 예측의 불확실한 경우를 모두 포함하고 있는데, 지속적으로 과학 지식이 축적 되면 이러한 불확실성은 점차 줄어들 것으로 예상된다. 이와 더불어 IPCC 2007 보고서는 향후 인류의 온실가스 배출저

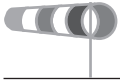


감에 더 많은 노력을 기울여야 한다는 점을 강조하고 있다. 현재 해수의 순환이 적도로부터 고위도 지역으로 전달하는 열의 2/3 수송을 담당하여 따뜻한 지구의 온도를 유지하고 있다. 그런데 증가하는 온실가스에 의한 온실효과의 영향으로 지구온난화가 지속되면 극지방의 빙하가 녹으면서 용빙수가 해양으로 유입이 되어 대서양 북부의 해수 밀도가 낮아진다. 이렇게 되면 적도의 열을 고위도 지역으로 수송하는 해수의 순환에 영향을 미쳐 전 지구적인 이상기온 현상을 야기시킬 것이라는 연구결과들이 보고가 되고 있다. 이러한 점을 예측하기 위하여 대서양을 비롯한 전 세계 해양에서 해수의 순환에 대한 모니터링 계획이 수립되어 진행이 되고 있다. 시간이 지나면서 많은 자료들이 축적되면 지구온난화에 따른 해양 순환변화에 대한 이해가 높아질 것으로 예상된다.

다양한 시간규모에 대한 고기후의 과학적 지식이 더 많이 습득되어 기후변화의 주기와 원인에 대한 이해가 높아지고, 이에 따른 생물의 변화 등을 포함한 지구 환경 변화의 지식을 갖추게 되면 앞으로의 기후변화를 예측하는데 좀더 신뢰성이 높아질 것으로 여겨진다.

참고문헌

- Breecker, D. O., Sharp, Z. D. and McFadden, L. D., 2010: Atmospheric CO₂ concentrations during ancient greenhouse climates were similar to those predicted for A.D. 2100. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107, 576-580.
- Broecker, W. S., et al., 1989: Routing of meltwater from the Laurentide Ice Sheet during the Younger Dryas cold episode. *Nature*, 341, 318-321.
- Broecker, W. S., 2006: Was the Younger Dryas triggered by a flood? *Science*, 312, 1146-1148.
- Higgins, J. A. and Schrag, D. P., 2006: Beyond methane: Towards a theory for the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Earth Planet. Sci. Lett.* 245, 523-537.
- Kirschvink, J. L., 1992: Late Proterozoic low-latitude global glaciation: The snowball Earth", In: Schopf, J. W. and Klein, C. (Eds.), *The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 51-52.
- Murton, J. B., Bateman, M. D., Dallimore, S. R., Teller, J. T. and Yang, Z., 2010: Identification of Younger Dryas outburst flood path from Lake Agassiz to the Arctic Ocean. *Nature*, 464, 740-743.
- Petit, J. R. et al., 1999: Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399, 429-436.
- Raymo, M. E., 1994: The initiation of Northern Hemisphere glaciation. *Annu. Rev. Earth Planet Sci.*, 22, 353-383.
- Rohling, E. J. and Pällke, H., 2005: Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. *Nature*, 434, 975-979.
- Teller, J. T., Leverington, D. W. & Mann, J. D., 2002: Freshwater outburst to the oceans from glacial Lake Agassiz and their role in climate change during the last deglaciation. *Quat. Sci. Rev.*, 21, 879-887.
- Zachos, J. C. et al., 2001: Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to Present. *Science*, 292, 686-693.
- Zachos, J. C. et al., 2005: Rapid Acidification of the Ocean During the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Science*, 308, 1611-1615.



예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈

변 희 룡

부경대학교 환경대기과학과 교수

hrbyun@pknu.ac.kr

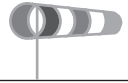
I. 서론

광각렌즈는 넓은 풍경을 한눈에 잡아내므로 문제가 되는 부분을 쉽게 포착할 수 있는 장점이 있다. 먼저 해방 후 기상청에 대한 국민의 인식 변화를 조명해 보자. 그리하여, 구조적 문제점이 무엇이고, 어찌 해결해야 할지를 조명해 보자. 구체적으로 변화가 필요하고 도전이 필요한 기술에 무엇이 있는 지를 살펴보자. 앞으로 어떤 점을 중점적으로 추진해야 할지 고려해 보자. 그러나 이것들만으로 예보기술이 괄목한 성장을 이룰 것이라는 단언은 아직 시기상조이다. 본 소고는 예보기술을 진단하고 분석하는 여러 개의 견해 중 하나일 뿐이다.

이에 앞서, 이 시대에 기상예보 기술이 증진되어야 할 특별한 이유를 요약해 보면 대략 네 가지로 정리된다.

첫째, 국민 생활에서 기상예보 의존도가 커져 가고 있다는 사실이다. 산업 활동이나 개인생활에서 계획된 생활을 해야 하는 경우가 많아지니 날씨 예보에 의존하는 정도가 높아진 것이다. 언제 어디서나 날씨 예보를 청취할 수 있도록 대중매체가 발달한 것도 한 원인일 것이다. 둘째, 재해가 발생하면 생기는 피해의 규모가 커졌다는 사실이다. 산업화한 만큼 재해에는 취약성이 커졌기 때문이다.

셋째는 기후의 변화이다. 지구가 온난화 되고 있다는 사실은 아직 증거가 더 필요함에도 불구하고 기정사실인 것처럼 인식되고 있다. 그래서 이 방면에 전 지구인의 관심과 공포가 함께 높아지고 있다. 이런 요구들 때문에 기상예보 기술의 발달을 위하여 국가는 적지 않은 예산을 배분하고 있고 국민들도 그것을 알고 있다. 그런데 만족할 만한 성과가 나오지 않는다고 생



각하니 분노하는 것이다. 이 사실만으로 국민의 바람과 기상예보 기술의 수준에는 괴리가 있음이 분명하게 드러난다.

넷째는 기상예보 기술이 좀처럼 발달하지 않는다는 사실이다. 전 세계 기상청이 많은 연구투자를 하고 있는 것이 사실이지만 약속이나 한 듯, 기상예보 분야보다는 다른 분야에 더 많이 투자한다. 정확한 기상예보를 생산하기 위해 투자한다면서 정작 기상예보 기술 증진에 직접적으로 연관되는 투자는 거의 없는 것이나 다름없다. 투자 후 가시적인 효과를 보기가 엄청나게 어렵다는 것이 그 원인 중 하나이다. 이는 간단히 해결될 문제가 아니어서 구조적 문제로 접근하지 않으면 안 된다.

본 소고는 이 문제에 대한 원인과 해결책을 완만하게 다룬다. 2010년 2월 9일 기상청에서 기상담론으로 발표하고 토론했던 사실을 11월에 다시 교정하고 정리하는 원고이다. 처음 발표한 내용에 조금 더 첨삭되었을 것이다.

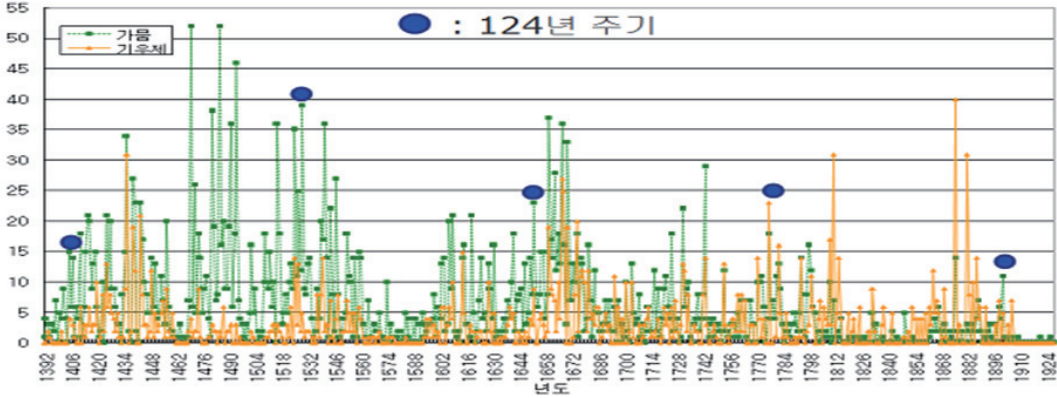
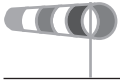
II. 비난의 시대에서 이해의 시대로

기상청에 대한 국민의 인식은 시대에 따라 많은 부침이 있었던 것으로 보인다. 50년대와 60년대 초반까지는 신비로운 시각이 있었다. ‘내일 날씨를 미리 알아내다니...’ 저 사람들은 신선인지도 모른다고 생각하는 사람들도 있었다. 지방에서 농업에 종사하는 사람들은 매일 라디오에 귀를 기울이며 내일의 예보를 경청했다. 좀 틀려도 원망하지 않았다. ‘신이 아닌 이

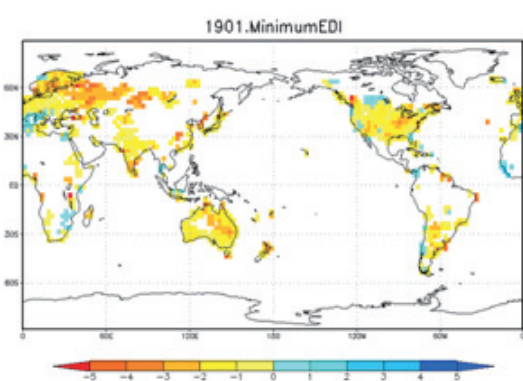
상, 다 알 수는 없겠지...’라고 생각하며 이해해 주었다. 그러나 1970년대는 비난의 시대였다고 할 수 있다. 기상예보는 전혀 믿을 수 없다는 생각이 팽배하고 있었다. 기상예보는 믿을 수 없다는 사실로 놀림감을 삼은 예는 많다. 기상청(당시는 중앙기상대)이란 직장이 초라한 직장의 대명사이기도 했다. 군에서는 예보가 틀렸다고 주먹다짐을 받거나, 마구잡이 욕을 먹는 경우도 있었다. 서울대학에 천문기상학과(후에 기상학과-대기과학과 -지구환경과학부 로 이어짐)가 있었지만 이 학과를 졸업하고 전공을 살려 취업하는 학생은 거의 없었다.

1980년대가 되어서야 기상예보의 한계를 국민이 이해하기 시작한 것으로 보인다. 이에 따라 1990년대는 기상에 대한 투자가 확대되기 시작하였다. 슈퍼 컴퓨터를 비롯하여 장비 현대화가 이루어진 것이 이 시대이다.

그런데 21세기 들어서면서 예보가 틀리면 맹비난을 받는 시대로 복귀되고 말았다. ‘기상청이 행사하는 날은 꼭 비가 온다.’는 가시 뜻인 농담이 가끔 등장하더니 심할 때는 비난의 칼날이 되어 나타나기도 한다. 기상청장의 임기가 좌우되는 사건으로 비화되기도 한다는 소문이 들린다. 국민의 기대에 미치지 못하였기 때문일 것이다. 기상예보를 위한 고가 장비를 사 주었더니, 디지털예보, 동네 예보를 한다고 선전을 많이 하여 뭔가 잘 되는 줄 알았는데, 막상 국민의 피부에 와 닿는 느낌은 별로 좋아진 것 같지 않았기 때문일 것이다. 뿐만 아니라 가끔 발생하는 기상재해는 오히려 더 규모가 커졌기 때문일 것이다.



[그림 1] 조선 왕조 실록에 나타난 가뭄(실선), 기우제(점선)의 연도별 빈도수와 124년의 주기연도(큰 동그라미). 1901년과 1777년은 실측 강수량이 있다. 그 외 주기연도 전후에 심한 가뭄이 발생한 것이 보인다.

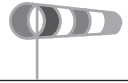


[그림 2] 1901년의 전 지구 가뭄상태를 월별 EDI로 나타낸 것, -1 이하면 가뭄으로 간주하는데 -5이하였던 지역이 많이 보인다.

구태여 원인을 논하자면, 하드웨어 등 눈에 보이는 것에 많이 투자 하였고 발전한다고 선전은 많이 했지만, 막상 예보의 근간이 되는 지식은 발달하지 못했기 때문이 아닐까 생각한다. 책임까지 논하자면, 기상청이나 정부에만 문책할 것이 아니라, 학계, 기상산업계가 모두 함께 책임을 공유해야 할 것이다. 21세기에 들어

와 기상분야에의 국가 투자는 현저하게 늘어나고 있는데, 이에 대한 이론적, 현업적 실적은 별로 늘어난 것이 보이지 않으니 이 책임은 기상분야 전체에서 져야 할 것이다. 기상연구소보다 훨씬 늦게 출발한 해양연구소가 조직 규모나 예산, 실적 면에서 기상연구소를 훨씬 앞서고 있음도 좋은 예이다. 미국 기상학회는, 해양 분야가 기상학회 내에 한 분과로 소속되어 있다. 5대양을 지배하는 미국이지만, 정작 그 목적은 자국의 기상감시 능력의 범위 내에 두고 싶은 욕망이 이 시스템 안에 포함되어 있다고 보인다.

여기에서 우리는 비난의 시대를 이해의 시대로 다시 돌려야 할 필요를 느낀다. 예보기술 발달만이 그 해결책이라 하고 싶다. 기상장비도 발달하고 기상환경에 대한 연구도 발달해야 함도 맞지만, 가장 중요한 것은 기상예보 기술의 발달이다. 다음 장부터는 그 방법을 지적해 본다.



III. (기상예보) 독점에서 경쟁으로

1. 예보 독점체제의 성립과정과 문제점

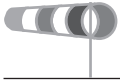
독점 기업은 독점의 특혜를 누리면서 기술개발을 통한 시장개척을 하려 하지 않기 때문에 장기적으로 몰락하는 길을 걷게 된다는 사실은 이미 잘 알려져 있다. 따라서 기상청이 기상예보기술을 독점하고 있는 한, 진정한 발전을 기대하기는 어려울 것이다. 최소한 새로운 예보기술이 태동하고 성장할 근거를 말살하고 있음은 분명하다. 기상예보 기술이 기상청에 의해 독점된 배경과 최근 미약하게 보완된 역사, 그리고 앞으로의 대처방법을 약술해 본다.

우리나라에는 기상업무법이란 것이 오래전부터 있었다. 그 법에는 기상청이 기상예보를 독점하도록 하는 규정은 없었다. 그래서 기상예보를 주 업무로 하는 공군 제 73기상전대와 기상청은 가끔 충돌하기도 했다. 특히 태풍이 내습할 때는 기상청과 공군이 각기 다른 예보를 놓고 대결을 벌였으며, 공군이 이겨 기상청이 여론의 비난의 대상이 되는 일이 자주 있었다. 신문들은 이 사실을 재미있게 보도하였고, 박정희 대통령은 기상청장(당시 중앙기상대장)에게 공군에 가서 한 수 배우란 지시까지 내렸으며, 중앙기상대는 없느니만 못하다는 말실수를 한적까지 있다. 전두환 대통령은 공군 제 73기상전대와 기상청의 통합을 연구하라는 지시까지 내려 실제로 진척되었었다. 기상청 예보 담당자로서는 속상하는 일들이었음에 틀림없다.

이런 일들이 기상청으로 하여금 예보 독점체제를 구축하겠다는 작심을 가지게 한 것으로 보인다. 그리고

1987년 기상청은 기상업무법 (후에 기상법이 된다) 개정작업을 성공했다. 기상예보는 기상청장 또는 기상청장으로 부터 위촉 받은 사람들만 수행할 수 있다는 조항이다. 기상청장이 아닌 자가 기상예보를 하려면 예보 사업자로 등록해야 하며 그 등록 역시 기상청장이 취소할 수 있으며, 등록자마저도 기상청에서 발표한 예보내용을 변형할 수 없도록 규정하였다. 단 공군은 국방부 조직에 한하여 독자적인 예보 지원을 할 수 있도록 허용하였다. 입법 공청회에서 기상청에서 요청하여 토론에 참석한 법학 전문가(한성대 법대 교수)는 국민의 자유와 권리를 제한하는 입법은 시대를 역행하는 행위라며 강하게 성토했으나 법은 통과되었다.

2008년 전반기 겨울, 두 차례 폭설을 미리 예고하지 못해 큰 피해가 발생한 일이 있었다. 시사저널, 조선일보 등에서 기상예보가 발달하지 못하는 것은 기상예보를 기상청이 독점하기 때문이라는 기사가 보도되었다. 이 시기에 외국의 사례들이 조사되었다. 기상청에서는 외국에서도 기상청만 기상 예보권을 가지고 있다는 주장을 하고 싶어서 유사한 사례를 전 세계를 통해 조사하였다. 그러나 특별히 성과를 얻지 못했는지 결과를 공개적으로 제시하지 않았다. 반대로 미국은 기상예보 발표권에 관한 규정이 아예 없으며 아무나 예보를 발표해도 된다는 사실, 일본은 기상예보사 자격증을 가진 사람(약 6천여 명)이면 누구나 기상예보를 발표할 수 있다는 사실, 독일은 2차 대전까지 국가만 기상예보를 하였으나, 1980년대 이전에 이러한 독소조항을 모두 정리하면서 국민의 권한을 국민에게 돌려주었다는 사실이 밝혀졌다.



여기에 얼마전 일본 기상청과 민간 기상예보사업자간의 기상예보 기술경쟁은 좋은 본보기로 제시되기도 했다. 벚꽃 개화시기를 정확하게 예측하기 위한 일본 기상청의 노력은 오랜 세월 진행되어 온 것이다. 그런데 일본 민간 사업자들은 이 부분에서 일본 기상청보다 더 정확한 예보로 자사의 홍보효과를 얻고자 부단한 노력을 기울였다. 그 결과 2007년에 기상청이 벚꽃 개화시기를 크게 오보하는 사례가 발생했다. 반대로 그 해에 어떤 기상사업자는 상당히 근접한 예보를 발표했다. 이 사실이 곧 국민적 관심사가 되자 양 기관은 상호의 예보방법에 관하여 비교·검토하는 토의를 했다.

이름 없는 작은 회사가 기상청 보다 예보를 잘 함으로서 일본 기상청과 머리를 맞대고 기술토론을 하게 된 것이다. 오랜 회의 끝에 일본 기상청은 벚꽃 개화시기를 예측하는 일을 이 사업자 측에 일임해 버렸다. 결과적으로 사업자는 회사의 홍보효과 뿐 아니라 중요 예보에 대한 최종 결정권도 확보하여 큰 이익을 보았다. 따라서 다른 예보 사업자도 기상청 예보를 능가하는 예보를 생산하기 위해 있는 힘을 다하게 되었다. 이런 자세가 일본이라는 나라의 기상예보 기술을 향상시킬 것임을 국민과 정부도 잘 알고 있다.

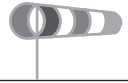
민간과 정부의 예보 경쟁은 미국도 마찬가지이다. 미국 기상청(NWS)으로부터 기상 자료를 전송받아 보도하려면 시간이 12분 정도 더 늦어진다는 문제를 해결하기 위해, 미국 NBC 방송국은 자체적으로 기상 레이더를 이용한 관측 시스템을 설치하여 지금까지 운영하고 있다. 기상청예보에만 의존하지 않고, 관측도 예보도 자체적으로 수행할 능력을 갖고 싶기 때문이다. 다

른 방송국도, 각 방송국마다 특유의 기상 캐스터를 고용하여 청취율 향상을 도모한다. 즉, 기상청 예보와는 다를 것이라는 예보를 누구나, 아무 방송에서나, 아무 신문에서나 해도 된다. 기상청을 이겨 영웅이 되어 보려는 시도가 시도 때도 없이 벌어지는 것이다. 이 제도의 가장 큰 장점은 정부(즉 기상청)의 예보가 틀리더라도, 이를 보완해 줄 만한 다른 감시기관은 얼마든지 있다는 것이다.

이에 반해 한국은 기상청 담당 공무원 한 사람의 실수 또는 과오로 오보를 낸 경우 이를 점검하거나 검토할 과정이 전혀 없이, 정보도 피해도 고스란히 그대로 국민에게로 전파되고 만다. 2010년 9월 21일 추석을 앞둔 공휴일에 서울에는 호우가 내렸는데, 기상예보는 기상청의 당직 예보팀만 담당하고 있었다. 이로 인해 약간의 오차가 생겼는데 그 결과로 서울이 호우로 인해 큰 고통을 겪었다. 민간 예보사업이 당시 활성화 되어 있었다면 기상청 당직 예보자가 휴일 기본으로 근무하는 동안에도 민간에서 계속 관찰함으로써 결국 신속한 예보를 통해 피해를 최소화 하는 데 큰 역할을 했을 것이다.

2. 예보 독점체제의 변화

2009년 2월 23일 국회 환경노동위원회에서는 기상산업진흥법 개정과 함께 기상청장의 예보독점권에 관한 공청회를 가졌다(<http://w3.assembly.go.kr/vod/jsp/vod/vod.do?cmd=vod&mc=334&ct1=18&ct2=281&ct3=03>). 이 공청회를 통해 기상예보는 기상청장외에도 기상사업자로 등록한 자에 한하여 할 수 있다고 수정되었고 그해 9월 이 법은 시행되

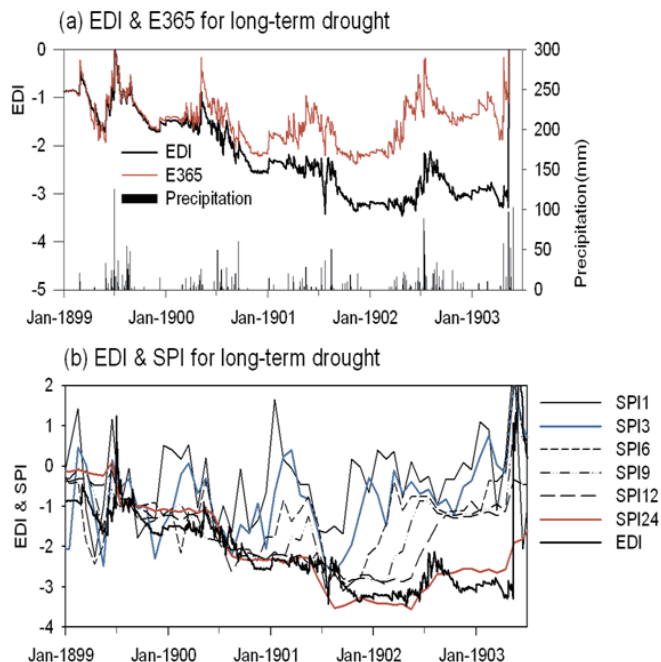


었다. 그러나 특보는 여전히 기상청장만 할 수 있다고 제한했다. 기상사업자가 기상청과 기상예보에 관하여 선의의 경쟁을 할 수 있도록 규정하는 것이 그 목적이었다.

그리고 나서 1년이 지났지만, 기상사업자 중 기상예보 문제로 기상청과 선의의 경쟁하려는 사업자는 단 한명도 나타나지 않았다. 법 개정을 하였다 하지만 실효성이 나타나지 못하게 개정했기 때문일 것이다.

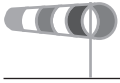
내용을 자세히 살펴보면, 첫째, 기상사업자의 등록절차에서부터 문제가 발견된다. 기상청장외에는 등록된

기상사업자만 기상예보를 발표할 수 있다. 일반인은 기상예보를 발표할 수 없다(기상법 17조)고 규정되어 있다. 그런데 또 한편으로는 기상사업자는 등록을 하여야 하며(기상산업진흥법 6조), 기상사업자가 기상정보(예보)의 출처를 밝히지 않으면 기상청장이 등록을 취소할 수 있다(동법 8조, 14조). 그런데 기상예보란 예보자의 머릿속에서 나오는 것이니 달리 출처란 것이 없을 수가 많다. 간혹 수치모델의 결과자료가 출처로 나올 수 있지만 그 결과대로 예보하지는 않는다. 따라서 예보의 출처를 제공하기란 애매한 일이므로 기상청장이 마음만 먹으면 기상사업자 등록을 취소할 수 있다. 실제로 기상청장이 권한을 함부로 사용



[그림 3] 장기 가뭄에서 EDI와 SPI의 비교.

EDI는 한 개의 지수로 나타내며 장기 가뭄현상을 잘 진단하나, SPI는 여러 개의 지수를 동원해야 할 뿐 아니라 그 중 최선의 지수를 선택할 방법이 없다.



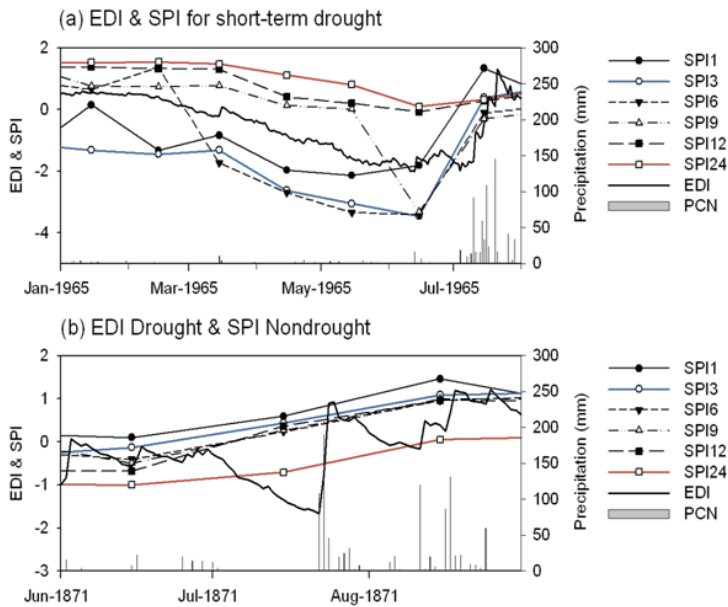
하지 않는다 하더라도, 기상사업자에게는 위협이 되
기에는 충분한 범조항이다. 누가 자기 사업체의 생명을
걸고 기상청과 경쟁하려 할 것인가? 이 때문에 기상
사업자는 독자적인 기상사업을 전혀 추진할 수 없
다고 봐야 할 것이다.

둘째, 예보와 특보의 개념정리에서 문제가 발견된다.
기상법 2조 10항에 의하면 1) 강수량이 100mm 가 예
상된다고 하면 예보에 해당되나, 2) 강수량 100mm
가 예상되니 주의를 요한다고 하면 특보에 해당된다.
또한, 3) 강수량 100mm 가 예상되는 호우경보는 당
연히 특보이다. 그런데 문제점은 1) 민간인은 기상예
보를 발표할 수 없다. 기상청장과 기상사업자로 등록
된 자만 할 수 있다(기상법 17조). 2) 기상 사업자는
강수량 예측치는 발표할 수 있으나 주의를 요한다는

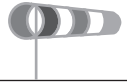
말(특보)을 첨가할 수 없다(기상법 2조 10항) 라는 독
소조항이 더 있다는 것이다.

3. 독점에서 경쟁으로

여러 가지 정황에도 불구하고 대한민국에서는 기상예
보를 기상청이 독점하는 것이 더 낫다고 생각하는 풍
조가 있다. 기상예보가 여러 군데서 발표되면 국민이
혼란에 빠지기 때문이라는 것이 한 원인으로 지목되
어 왔다. 2008년 폭설 피해 후에 기상청의 예보 독점
에 대한 반대여론이 비등하자, 이를 무마하기 위해 충
남의 보령출신 모 국회의원은 작은 이벤트를 벌이기
도 했다. 방송국 기상캐스터 들의 학벌을 조사한 다
음, 이들이 기상학 전공자가 아님을 강조하고는, '기
상전문가가 아닌 자들이 마음대로 기상예보를 발표해



[그림 4] [그림 2]와 같으나 단기 가뭄을 다룸.



도 좋겠는가?’ 하는 질문을 던지고, 이에 반대하는 사람이 많다는 결론을 유도하여 발표하였다. 기상캐스터를 기상전문가로 바꾸면 된다는 대안은 여기서 무시되고 있었다. 이리하여 기상 예보권은 기상청이 독점해야 한다는 논리는 잠시 여론을 지배하기도 했다. 이 논리는 현재 기상청이 경쟁자 없이 독점적 지위에 안주하고 있다는 사실은 애써 외면했다. 이 논리에 대해 심각한 반발도 있었지만 메아리 없이 묻히고 말았다.

이점에 대해 다음과 같은 해설이 가능하다. 첫째, 기상청 독점이 사라지고 예보경쟁 체제가 도입되어 경쟁이 시작된다면, 각 방송국에서 나름대로 효과적인 정책을 따로 마련할 것이니, 전직 기상 예보자들을 모셔 오거나 훌륭한 예보 경력 소지자를 서로 모시려고 경쟁하게 될 것이다. 기상 예보자들은 훗날 모셔지기 위해서, 즉 유명한 기상예보자로 알려지기 위해서 부단한 노력을 경주 할 것이며, 기상청에 재직할 때나, 민간 사업체에 재직할 때나 가능한 최대의 노력을 경주하여 예보기술을 연마하려 할 것이다. 이를 통해 기상예보인력의 고용창출도 시행될 것이며, 예보기술은 덩달아 발전할 것이다. 반면에 현 체제는 기상예보자들이 예보를 잘 한다고 하여 좋아지는 것이 아무것도 없다. 어찌다 보니 예보가 맞더라 하고 웃고 넘어가고 만다. 더 자세한 원인 분석, 다음번에는 더 잘해야지 하는 의욕은 요식행위에 거칠 가능성이 많다. 다음 기회에 본인은 다른 부서에 가서 일하고 있을 것이기 때문이다.

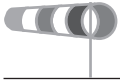
민주주의 국가에서 국민은 특정 집단이 독점한 정보가 아닌 다양한 분야로부터 정보를 제공받고 싶어 한다. TV, 라디오, 신문, 잡지 등을 국가가 하나로 통합하

면 안 되듯이 기상정보를 국가가 독점하면 안 되는 것이다. 국민은 자기가 선호하는 신문, 자기가 선호하는 TV를 선택한다. 그래서 TV나 신문은 상호 경쟁한다. 기상예보도 국민에 의해 선택될 때 서로 경쟁한다. 국민은 예보자를 스스로 고를 수 있는 권리를 가지며, 그 권리의 행사에 따른 책임은 스스로 가진다. 국가에서 신문을 결정해 주거나, TV를 결정해 주면서 한 가지만 보라고 강요할 수는 없는 일이다. 기상청의 예보만 믿어라 하고 강요하는 것은 월권행위이다. 더구나 다른 사람의 예고(예보건 특보건)를 발표도 못하게 하고, 듣지도 못하게 기상청이 법으로 막는 것은 위헌적 요소가 많다고 본다.

4. 특보도 경쟁 체제로

현행법에서 기상특보는 기상청장만 발표할 수 있다는 조항을 금과옥조로 고수하고 있다. 여기에도 적지 않은 문제가 있다. 기상법 2조 10항에는 "특보"란 기상현상으로 인하여 중대한 재해가 발생될 것이 예상될 때 이에 대하여 주의를 환기하거나 경고를 하는 예보를 말한다고 규정하고 있고, 동법 17조는 '기상청장 외의 자는 예보 및 특보를 할 수 없다. 다만, 대통령령으로 정하는 특수한 목적을 위한 경우와 「기상산업진흥법」 제6조에 따라 기상예보업의 등록을 한 자(이하 "기상사업자"라 한다)가 예보를 하는 경우에는 그러하지 아니하다.'(개정 2009.6.9.)라고 규정한다.

예를 들어 산이 무너지는 위험한 상황에서 산에 깔려 죽을 처지에 임한 사람을 보고도 지금 위험하니 빨리 피하라는 조언을 기상청장만 할 수 있고, 허가 낸 기상사업자도 이 점에 대하여는 언급할 수 없는 것이다.



어찌 피해가 나는 것을 보면서 입을 닫고 있던 말인가! 도저히 지키지 못할 법, 절대로 지키면 안 될 법을 만들어 놓고는, 범법하면 기상청에서 편리한 대로 법을 운용할 수 있도록 만들어 놓았다고 하지 않을 수 없는 현상이다.

따라서 특보에 대한 기상청장의 독점도 빨리 해제되어야 한다. 특히 태풍진로 예보의 경우, 태풍 진로는 그 자체가 위험에 대한 경고이므로 기상사업자는 태풍진로 예보를 할 수가 없다(기상법 2조 10항). 현행법이 기상청장이 아니면 아무도 손대지 못하도록 규정해 놓았다. 누구를 위해 기상청장 독점을 허용한 것인가? 공군 제73기상전대 뿐만 아니라 연구소나 대학의 기상 예보자들이 각자 자기 나름대로 진로를 발표할 때, 예보기법의 비교검토가 가능해 진다는 사실은 인정되어야 한다. 그들도 예보할 수 있으면 더 열심히 연구할 것이다. 태풍 진로를 연구한 과학자는 태풍 내습시 바로 자기 방법으로 예측하려 할 것이다. 그러나 예보할 수 없다고 못이 박혀 있는 상황에서 태풍진로를 연구하려면 누구나 맥이 빠지게 마련이다.

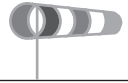
IV. (기상자료)독점에서 공유로

기상청이 생산한 기상 자료는 국민의 세금으로 만들어진 것이다. 특정인을 위해서만 사용되어서는 안 되는 것은 명확하다. 또한 가능한 한 많이 국민들이 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 조치되어야 한다. 이 점에서 대한민국 기상청은 발전해야 할 여지가 많다. 신임 기상청장이 기상학회에 참석하는 자리가 있으면 거의 항상 기상 자료에의 접근을 용이하게 해 달라는 건의가

따랐다. 그 때마다, 기상자료는 공개되어야 한다는 원칙을 되풀이 강조하곤 했다. 그리고 조금만 기다리면 다 공개할 것이라 했다. 이점에서 지난 30년동안 단 한사람의 예외도 없었다.

그런데 학계에서는 어떠한가? 좋아지는 것을 거의 느끼지 못한다. 무슨 연구이든 연구하면서 가장 어려운 것은 대한민국의 관측자료를 확보하는 일이다. 미국, 일본, 중국 등 외국의 기상자료는 많은 양을 무보수로 즉각 공급받고 있다. 그런데 대한민국 기상청은, 기상 자료를 원칙적으로 돈을 주고 사야하며 그것도 쉽지 않다는 것이 기상학계의 입장이다. 국립대학의 경우, 공식 문서를 보내 요청하면, 1~2주일 가량의 기간이 지나면 자료를 보내준다. 그런데 제공용으로 준비된 자료만 보내주며, 지원용 자료를 따로 준비해서 지원하지는 않는다. 인력부족, 장비 부족이 원인이다. 사립기관에서는 그마저도 유료로 제공받아야 한다. 학계에서 제공받아 연구를 완료한 후면, 그 연구 결과는 또 기상청에서 사용하는 등의 방법으로 피드백되어야 함에도 불구하고, 그러한 시스템은 확립되어 있지 않은 것이다.

예를 들어보자. 기상청은 측우기 자료를 큰 돈을 들여 복원하는데 성공하였다. 그 자료를 이용하여 여러 가지 연구를 하고 싶은 연구자는 많다. 그런데 그 자료를 어디서 얻을 수 있는가? 아무도 알려주지 않는다. 기상청에 문의 해 봐야 이 자료를 책임지는 사람은 없다. 또 다른 예를 보자. 북한의 날씨를 시시각각 확인 하고 싶은데, 어디서 얻어야 하는가? 10년 전 북한의 기온 자료를 얻고자 하는데 어디서 얻어야 하는가? 예를 하나 더 들어보면, 10년 전 오늘 날씨의 제트 스트림의



위치를 확인해 보려면 어찌 해야 하는가? 이런 많은 자료들을 기상청 내에서는 쉽게 확인할 수 있는 것들이다. 그런데 학계에서는 접속이 어렵다.

담당자에게 따지면 다 지원한다고 하는 경우가 많다. 그러나 정작 사용자입장에서는 연구를 위해 자료를 모으는 일은 여전히 어려운 일이다. 미국 자료, 전 지구 자료는 외국 사이트에서 Down받을 수 있는데, 정작 우리나라 자료를 구하기가 어려운 것이다. 그래서 연구의 초점을 우리나라로 하지 않고 외국으로 하려는 풍조가 없지 않다. 최근(2010년), 기상청에서 기후자료센터가 발족된다는 소식이 있다. 이제 변화가 생기는 모양이니 기대해 보겠다.

바라건데 자료는 선 download, 후 공문 조치 제제로 바꿔주기를 바란다. 공문 제출 절차도 가능한 한 없애 주기 바란다. 전담 인원이 없다, 전담 장비가 없다는 구태의연한 발언은 이제 더 이상 용납되지 않기를 바란다. 컴퓨터 한 대, 상주인원 한명이면 거의 모두 해결될 일이라고 본다. 수년전 미국에서 그렇게 운영하는 것을 보았다.

V. (기상산업) 견제에서 동반자로

기상청은 기상예보에서 대한민국을 대표하는 기관임에도 불구하고, 상당히 오랜 기간 동안 이 사실을 망각하고 공군 제73 기상전대, 각종 기상예보 사업자 등과 견제 관계라고 오인해 왔다고 보인다. 국민의 사랑을 받기 보다는 불신을 받은 경력이 더 많은 나머지 발생한 부작용이라고 보인다. 그래서 학계, 산업계, 기

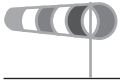
상청의 상호관계는 바람직하지 않은 방향으로 흐른 감이 없지 않다.

예를 들어 보자. 기상청의 경우, 별도로 예보기술 향상을 위한 연구개발을 주도하곤 했다. 주로 담당하는 인력은 위촉 연구원이며, 그 위에 선임 연구원들이 함께 연구하기도 한다. 그런데 기상청 선임연구원들은 한 방향만 꾸준히 연구하는 사람은 많지 않다. 기상청의 정책에 따라 그때그때 필요한 연구들을 한다. 그러다 보니 전문성 문제에서 대학의 연구원보다 열등하기가 십상이다.

학계만 독자적으로 연구하는 풍토도 별로 좋지 않다. 학계의 연구는 논문을 위한 연구로 국한되는 경우가 많다. 현업용으로 개발하기 위한 연구는 특별한 요청이 있을 때만 하기 마련이다. 그런 문제점을 각오하고서 현업용 연구를 해 놓더라도 낭패보기가 쉽다. 실적으로 인정되지도 않고, 기상청에서 사용해 주지도 않는 경우, 난감해 질 수 밖에 없다. 또 개발된 연구결과로 기상청에 적용시켜달라고 제출하면, 현재 시점에서 그 결과를 검토하여 적용하려 생각하는 공무원이 없는 것 같다. 그것이 아무리 좋은 연구라도, 혹은 나 다른 문제가 생길까 두려워 감히 손을 대지 못한다.

업계에서 독자적으로 예보기술을 연구하는 것도 바람직하지 않음은 같다. 시장성 있는 연구만 하게 될 것이며, 자기 업계만 사용하기 위해 배타적으로만 발전할 것이다. 따라서 진정한 예보기술로 발달하기 어렵다.

기상청과 학계, 기상사업계가 동반자의 관계로 협력하는 방법은, 기상연구를 학계가 주관하고, 날씨예보



등 기상 사업은 업계가 주관하며, 기상청은 양 기관을 모두 보조하고 조정하는 관계일 것이다. 기상학계에는 가능한 한 오랜 기간 동안 연구를 보장해 주는 것이 좋다. 안심하고 장기 연구에 매진할 때, 값진 결과가 나올 수 있기 때문이다. 전산 표출 등 즉각 보이는 부분에만 연구개발의 초점을 두면, 학계보다는 업계와의 협력에만 집중하게 되므로 이는 바람직하지 않다. 주로 시장성 높은 품목이 많이 교류될 것이니, 진정한 연구를 기대하기 어려울 것이기 때문이다. 학계에 연구 발주 또는 용역 발주를 하되 성과에 대하여 철저한 점검이 필요하다. 발주하고 결과물로 보고서 한권 받고, 그것으로 종료되는 사업이라면 하지 말아야 한다.

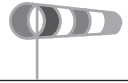
국립기상연구소는 독자적인 연구를 수행하기 보다는 학계에 많은 연구 발주를 하고, 그 결과를 현업화 하는데 더 큰 목적을 두는 것이 좋다. 학계에서 좋은 연구 결과가 나오면 즉시 현업화 하겠다는 자세를 보이고, 또 그에 대한 적절한 포상이 있을 경우 현업화가 가능한 예보기술이 발전할 것이다. 그러나 현업화 여부까지 학계에 맡겨 두고, 기상청에서 실적 평가만 하겠다고 하면, 학계 사람들은 기상청에 현업용 사업에 참여하기를 포기할 것이다. 연구하기도 어려운데, 연구 결과를 현업화하기 위해 또 다시 기상청 공무원들에게 부탁하고 다녀야 할 것이기 때문이다. 이런 일은 학계에서 특별히 선호하지 않는 일이다.

이에 대한 해결책은 간단하다. 첫째, 기상연구소 내에 현업화 가능한 업무를 발굴해 내는 팀을 운영하면 된다. 월 평균 1편 이상씩 현업화 가능한 연구 자료를 찾아내는 것을 목표로 하고, 이를 현업화 하거나 특허로 발전시키거나 하는 일을 주 업무로 하는 부서이다.

이 부서를 운영하면, 지금까지 수동적으로 현업화 여부가 점검되던것이 능동적으로 바뀌어 연구자가 현업화를 위한 로비활동까지 해야 하는 비효율이 추방될 것이다. 둘째, R&D이거나 연구용역이거나 결과물을 심사하는 제도를 확립해야 한다. 심사를 공정하게 하기 위해서는 일인이 심사하지 말고, 여러 사람이 심사하게 해야 한다. 연구 개발한 내용이 기상업무의 발전과 유관한지를 심사해야 한다. 한국기상학회지에 등재할 수 없는 성격의 연구결과를 제출하는 경우 무효 처리하거나 달리 취급하는 제도가 있어야 한다. 기상 관련 사업단이 점차 커지면서 기상과 무관한 연구결과가 자주 등장하는 것이 사실이기 때문이다.

VI. 새 기후시대에의 새로운 도전

기후변화는 인류의 미래에 대해 많은 우려를 생산하고 있다. 이중 특히 우려되는 것이 있다. 기후 변화로 인하여 발생하는 다른 문제는 적응할 시간이 주어지거나(예, 강우량 증가), 효과가 국지적으로만 발생하거나(예, 홍수) 할 것이다. 그러나 가뭄문제는 다르다. 일단 지구촌 역사에는 가뭄으로 인해 국가나 문명이 멸망한 예가 많고도 많다. 따라서 이에 대해 고려는 아무리 심해도 지나치지 않는다. 대한민국의 역사에서도 국가가 망하고 새 국가가 탄생할 때는 항상 심한 가뭄이 있었다. 국가 흥망과 관계되는 이 가뭄은 대략 124년 주기로 발생했다고 보인다. 측우기 관측에 의하면 1901년은 년 강수량이 374mm에 불과했으며 전후 약 29년간 가물었고 1777년 전후도 13년 동안 가뭄이 지속되었다. 연대역순으로 124년을 거슬러 올라가 보면, 세 번(1652년, 1529년, 1405년)이 조선시대 1281



년과 1157년, 1033년 고려 시대 909년과 785, 661년은 삼국시대에 해당된다(그림 1). 조선시대의 가뭄이란 단어와 기우제란 단어가 조선 왕조 실록에 무척 많이 기록되었다는 특징이 있다.

1405년은 조선 건국(1392년)과 비교할 때, 가뭄으로 민심이 흉흉할 때 만들어진 나라라고 추측이 가능하다. 909년의 주기는 발해멸망(926년), 후백제 흥망(892-936), 후고구려 흥망(901-918)과 유관하다. 785년의 주기는 마야문명과 당나라가 멸망한 시대와 같다. 661년의 주기는 백제멸망(660), 고구려 멸망(668)과 시대를 같이 한다. 즉, 주기가 생기는 원인이 알려지지 않았으나 하여 절대로 등한시 할 수 없는 일임이 분명하다. 같은 간격이라면 큰 가뭄이 2012년 또는 2015년에 시작하여 2025년에 최고도에 도달할 것이기 때문이다. [그림 2]는 1901년 전지구의 가뭄 현황이다. EDI가 -5 이하로 심각한 가뭄상태가 보이는 곳이 많다.

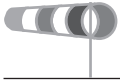
VII. 가뭄문제의 해결방안

가뭄이 인류의 생존을 위협하는 가장 중대한 재해임에도 불구하고 이 방면의 이론적 발전은 일천하다. 그래서 정의부터 명확하지 않고, 강도의 진단방법도 원시적이며, 원인이나 특징에 대해 밝혀진 것도 거의 없다. 본 소고에서는 인류의 생사가 걸린 가뭄문제의 문제점만 간단히 서술한다. 가뭄의 정의는 기상학적 가뭄, 기후학적 가뭄, 수문학적 가뭄, 농업적 가뭄, 사회문화적 가뭄 등으로 흔히 분류되기도 한다. 그러

나 이런 분류는 가뭄에 대한 학문적 발전을 도모하는 이장에서 보면 전혀 의미없는 분류이며 가뭄을 어렵게만 만들 뿐이다. 단적으로 표현하여 단지 기후학적 가뭄만이 가뭄이고, 그 강도가 강수량만으로 결정되어야 한다는 사실이 중요하다. 이 점은 가뭄과 물부족을 엄밀히 구별하고 보면 자명해 지는 일이다.

가뭄의 강도를 결정하는 가뭄 지수를 계산하는 방법은 많은데, 가장 중요한 개념과 강수기간, 날짜별 평년치에 대한 물 부족량을 모두 반영한 것은 EDI 뿐이다. 가뭄 기간을 고무줄처럼 늘였다 줄였다 하며 계산하는 SPI를 세계 표준 가뭄지수로 하자는 결의(2009년 12월, 네브라스카 링컨)가 있었으나, 이는 오래 가지 못할 것이다. EDI는 장기가뭄, 단기 가뭄 모두 잘 반영하는 지수이나 아직 폭넓게 지지를 받지 못하는 상태이다. [그림 3]과 [그림 4]는 EDI가 장기 가뭄, 단기 가뭄을 모두 잘 반영한다는 증거이다.

가뭄의 대책으로 비를 많이 오게 하는 방법보다 좋은 것이 없다. 대한민국의 가뭄은 여름 강수가 부족한 것이 가장 큰 원인이나, 여름 강수량을 늘리는 것이 가뭄을 대비하는 해법이다. 갈수기의 강수량을 늘리면 더 좋으나, 원칙적으로 갈수기에는 비를 늘리기가 어렵다. 공기 중에 수증기 함량이 적고, 대기층이 안정하여 강수가 유발되기가 어렵기 때문이다. 여름에 비가 많이 오게하는 방법으로 인공 증설이 아닌 인공 소나기 기법이 있다(특허-10-2009-0000323, pct/kr09/006044에 기록되었다). 상술은 생략한다. [그림 5]는 인공소나기의 원리를 설명한 것이다.

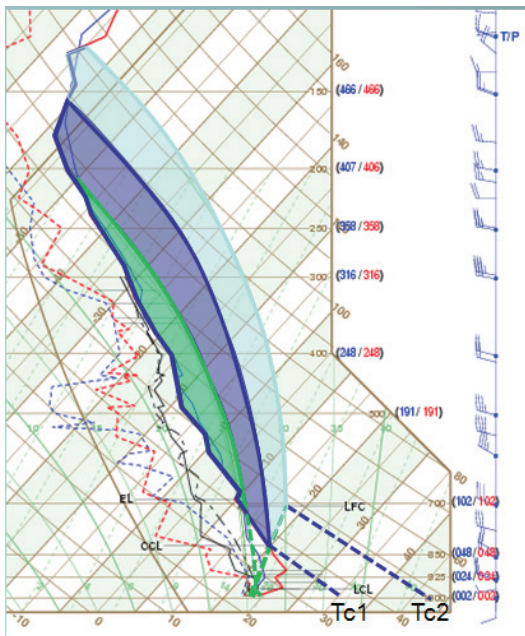


VIII. 기후변화의 문제와 해결을 위한 도전

기후변화는 그 자체로 막연한 공포를 줄 뿐이다. 다른 면으로는 지구온난화가 인류를 위해 긍정적으로 작용하는 면이 있다. 지구온난화가 두려운 첫번째 이유는 동반할 재앙이다. 그 재앙 중에 가장 중요한 것이 바로 가뭄이다. 돌이켜 보면, 역사를 변화시켜온 주 세력이 인간이나 기계문명이 아닌 기후였다는 사실은 아직 충분히 이해되지 못하고 있다. 국가나 문명의 멸망은 대개 가뭄과 연관되어 있고, 흉수가 발생하는 해는 오히려 풍년이 드는 경향이 있었다. 가뭄은 장기간에 걸쳐 넓은 지역에서 발생하고 흉수는 매우 국지

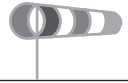
적인 지역에서만 발생하는 특징이 있기 때문이다. 이러한 시대적 요구에 기상예보가 부응하지 못하고 있는 것이다. 인공 소나기나 가뭄연구는 지구온난화란 기본적 문제점을 해결하는 한 방편에 지나지 않을 수도 있다. 지구 온난화는 그 자체로 인류가 해결해야 할 과제이다.

지구 온난화를 해결하는 기법들을 지구공학이라 부른다. 지금까지 알려진 지구공학적 방법은 많지 않다. 첫째는 성층권에서 태양빛을 반사하는 방법이다. 반사하기 위해 성층권에 대형 거울을 다는 방법, 성층권에 SO₂층을 만드는 방법, 성층권에 오존량을 늘리는 방법 등으로 요약된다. 그런데 세가지 방법 모두 실행하기 어렵다. 또 실행했을 경우 후속하는 냉해와 가뭄이 무시무시할 것이란 경고가 있었다. 두 번째 방법은 대기권에서 반사하는 방법이다. 해수를 구름 속에 주입하면 반사율이 높아진다는 원리인데, 해수입자를 해상 구름에 주입하는데 소요되는 에너지가 오히려 지구온난화를 가속할 우려가 있다. 셋째는 바다 속 또는 땅속에 이산화탄소를 묻어 버리는 방법이다. 역시 쉽지 않고 이론일 뿐이다. 네 번째가 지표에서 분해하는 방법이다. 해양표면에 철분을 뿌리면 플랑크톤이 증식되어 이산화탄소의 분해가 늘어난다. 그러나 심해에서 산소결핍증이 발생한다는 부작용이 있다. 또 지표 육상에 엽록소를 증가시키는 방법이 있다. 그러나 이 때 부수적으로 만들어진 섬유질은 언젠가는 탄산가스로 환원되는데 그 수명이 100년~150년 정도일 뿐이다(Keith, 2001).



[그림 5] 인공소나기 제작에서 작용하는 대류 에너지의 원리. Tc1은 대류온도, Tc2까지 하층 기온을 올려주면 LFC가 상승하면서 대류에너지가 훨씬 커진다. 지표온도가 Tc1 이상 상승하여 한 시간 이상 계속되면 강수량은 216mm가 된다. Tc2이상이면 엄청나게 많아진다.

지구 온난화를 막는 방법 중에 가장 확실하고 부작용이 적은 방법은 눈과 얼음을 이용하는 방법

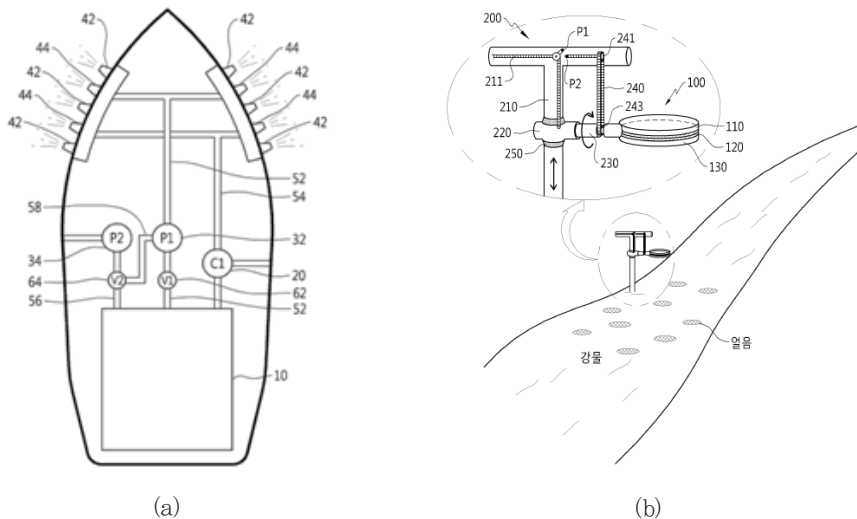


이다(Heygster, et al., 2009). 눈은 태양열을 60~95%, 얼음은 60~90% 반사하나 물은 8%를 반사한다. 얼음이 녹으면 그만큼 태양열을 많이 받는 것이다. 그런데 얼음을 인공에너지로 열리려 하면 경비가 많이 들어 실현가능성이 적어진다. 따라서 자연력의 이용을 최대한으로 늘여야 한다. 이 점에서 Byun et al. (2008)은 특이한 제안을 한다. 바닷물은 -3.5°C 에서 최대 비중이 되므로 자연상태에서는 좀처럼 열기가 어렵다. 그러나 일단 얼음판이 형성되면 판 위에 눈비가 쌓여 얼음이 두꺼워 지고, 얼음 밑으로는 담수이온이 얼음에 붙어 얼음이 자라게 된다. 여름이 되면 이렇게 반 인공으로 자란 얼음이 먼저 다 녹아야 그 다음으로 빙산이 녹게 되므로 북극해에 얼음이 빨리 녹아 없어지는 것을 방지할 수 있다. 그 결과는 태양빛을 많이 차단하게 되고, 따라서 기온이 내

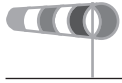
려가며, 하강한 기온은 다시 얼음을 더 많이 얼리게 된다. 지구 온난화의 경고가 떨어지면 가장 먼저 이 방법으로 지구의 기온 상승을 막을 수 있다. [그림 6]은 해수면에 먼저 얼음을 얼리는 방법이다. a는 냉각된 물을 배에서 물을 분사하여 수면에 떨어지면서 얼어붙게 하는 방법이다. 추운 날 그냥 지나가면서 분사만 해도 되니 상당히 많은 얼음을 한꺼번에 얻을 수 있다. a는 출원특허10-2009-0072310이며, b는 10-2010-0097532이다.

IX. 요약 및 토의

기상예보발전을 위해 보완되어야 하는 구조적 문제를 요약해 보았다. 기상청 독점으로 되어 있던 기상예보



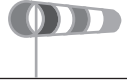
[그림 6] 해상에 얼음을 대량 늘리는 방법.
 (a)는 배를 이용하여 해상에 물을 뿌려 얼음을 얼림.
 (b)는 해수를 퍼 올려 대기 중에서 얼린 다음 다시 해수면으로 떨어뜨리는 방법.



발표권이 2009년 해제되었다고는 하나, 전혀 실효를 거두지 못하는 이유를 설명하였다. 기상경보 발표권은 여전히 기상청장 독점적 권한이나, 이를 해제하여야 하는 이유를 설명하였다. 이 두 가지의 해결이 기상예보 기술 발달을 위한 가장 중요한 선결요건임을 지적하였다. 그 외 시대적 상황, 수자원 보존을 위해 인공강수 기법 개발문제, 얼음을 이용한 수자원의 효율적 보관문제에 대한 신기술을 요약하여 보았다. 기후변화에 대처하기 위해, 얼음을 이용하여 온난화를 막는 구체적 방법, 최근 고안되어 발전되고 있는 것들을 소개하였다. 대한민국 기상분야는 이런 방향으로 나아가야 한다고 생각된다.

참고문헌

- Byun, H. R., S. J. Lee, S. Morid, K. S. Choi, S. M. Lee, and D. W. Kim, 2008: Study on the Periodicities of Droughts in Korea. *Asia-Pacific J. Atmos. Sci.*, 44, 417-441.
- Heygster, G., C. Melsheimer, N. Mathew, L. Toudal, R. Saldo, S. Anderson, R. Tonboe, H. Schyberg, F. T. Tveter, V. Thyness, N. Gustafsson, T. Landelius, and P. Dahlgren, 2009: Integratyed Observation and Modeling of the Arctic Sea Ice and Atmosphere. *Bul. Amer. Met. Soc.*, March 2009, 293-297.
- Keith, D.W. 2001; Geoengineering. *Nature*. 409, 18 January 2001, 420-421.



전쟁과 기상

반기성

케이웨더 예보센터장

wxbahn@kweather.co.kr

I. 여는 말

삼국지에도 로마 제국의 흥망사에도 전쟁이 있고, 역사가 있고, 날씨가 있다. 고대의 원시전쟁에서부터 첨단 현대전에 이르기까지 병력, 무기, 전략과 전술, 제너럴십 등 전쟁의 승패를 좌우하는 요소가 참으로 많다. 그럼에도 날씨는 변함없이 전쟁의 승패에 중요한 요소로 자리 잡고 있다.

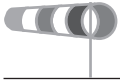
본고에서는 고대부터 현대까지 전쟁의 승패에 영향을 준 기상요소 중, 바람, 추위, 더위, 안개, 문순, 열대기후, 사막기후를 선택하여 각각의 대표적인 전쟁사례를 소개했다. 전쟁에서 날씨를 활용해야 함을 간략히 서술한 후 미래전에 영향을 줄 기상변조에 대해 소개하였다. 아울러 미래전쟁의 주 무대가 될 우주공간에서 기상이 어떤 역할을 감당할 것인지에 대해서도

서술하였다. 마지막으로 기후변화가 국제안보에 미치는 영향에 대해 정보기관들의 움직임과 연관시켜 소개하였다.

II. 전쟁의 승패에 영향을 준 날씨

1. 바람 - 적벽대전

서기 208년 위나라의 조조는 80만 대군을 동원하여 양자강 남쪽에 있는 오나라로 쳐들어왔다. 촉나라의 유비병력까지 합쳐도 겨우 10만 명이 되지 않았으니 오나라는 큰 위기였다. 이때 오나라의 대장군 주유는 계략을 사용하여 위나라의 배들을 묶어 놓는데 성공했다. 그러나 묶어놓은 배를 무용지물로 만들기 위해서는 불을 이용한 화공이 필요했다. 북서쪽에 위치한 조



조의 배를 불태우기 위해서는 반드시 남동풍이 불어야만 했다. 그러나 때는 동지 무렵으로 북서풍이 강하게 불어오는 계절이었다. 고민에 빠져버린 주유에게 제갈공명의 편지가 도착했다. “조조를 이기려면 화공을 해야 하리, 모든 것 갖추었으나 남동풍이 없구나!”

주유는 공명에게 남동풍을 구할 계책을 알려달라고 간절히 구했다. 공명은 짐짓 못 이기는 체 한다. 남병산에 제단을 쌓고는 하늘에 빌어 동짓달 스무날로부터 세 달 동안 남동풍을 불게 하겠다고 약속했다. 공명은 머리를 풀고 단식기도를 하는 척 능청을 부렸다. 약속된 날짜 다음 날 놀랍게도 정말 남동풍이 불기 시작했다. 주유는 불을 이용하여 조조의 모든 배들을 불태웠다. 80만 명을 자랑하던 위나라 대군은 전멸하고 만다. 오나라의 필승, 쾌승, 압승이었다. 이게 바로 그 유명한 적벽대전이다. 바람이 전쟁의 승패를 가른 전형적인 사례이다.

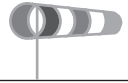
그런데 공명이 정말 비를 부르고 바람을 일으키는 신통력을 가지고 있었을까? 그건 아니었을 것이다. 공명은 오랜 동안 날씨를 관측하면서 바람의 흐름, 구름의 모양, 해와 달의 모양 등으로 남동풍을 예측할 수 있었다. 또한 동짓날을 전후해 미꾸라지가 물 위로 부지런히 들락거리면 남동풍이 분다는 사실도 이용했다. 날씨와 지형을 아는 것은 빼어난 장군의 필수적인 덕목이었다. 중국 통일의 꿈을 꾸어왔던 제갈공명은 이 지역의 날씨 변화에 대한 최고의 감각을 가지고 있었다. 제갈공명은 한마디로 최고의 기상예보자이었던 것이다.

2. 추위 - 나폴레옹의 러시아 원정

1812년 유럽은 계속되는 농산물 부족 사태에 시달리고 있었다. 나폴레옹은 그 원인을 대륙 봉쇄를 따르지 않았던 러시아에게 있다고 보고 러시아를 정벌하기로 한다. 1812년 6월 6일 나폴레옹은 60만 명의 병력을 이끌고 러시아 원정에 나섰다. 출발부터 날씨가 나폴레옹을 괴롭혔다. 일사병과 전염병으로 수많은 병력이 죽어갔다. 스몰렌스크와 브로디노에서 러시아군에 승리한 나폴레옹은 9월 14일 모스크바에 천신만고 끝에 입성한다. 그러나 모스크바는 대화재로 거의 불타 폐허화 된데다 텅 비어 버린 죽음의 도시였다.

러시아의 쿠투조프 장군은 나폴레옹을 모스크바에 묶어두는 작전을 통해 프랑스군을 식량부족에 이르게 한다. 식량보급이 끊어진 나폴레옹군은 시내의 모든 고양이를 잡아먹게 되는 최악의 사태를 맞이한다. 게다가 유럽의 제3 소빙하기로 추웠던 이때 9월말이 되자 예년보다 일찍 서리가 내리기 시작하면서 날씨는 급격히 추워진다. 동장군(冬將軍)이 닥쳐오자 나폴레옹은 눈물을 머금고 철수할 수밖에 없었다.

후퇴하던 나폴레옹이 스몰렌스크에 도착한 11월 9일 경에는 식량은 이미 바닥이 나 있었고 극심한 피로와 함께 영하 30℃의 추운 날씨로 인해 병력은 5만 명으로 줄어들어 있었다. 지속적인 코사크기병의 공격과 굶주림 그리고 혹한 속에서 병사들은 수는 급격히 줄어들었다. 12월 6일 영하 38℃까지 떨어졌다. 이때의 추위로 4일 동안 4만 명이 얼어 죽었다. 나폴레옹은 뮤라장군에게 지휘권을 맡기고 단신으로 파리로 도망친다. “하나님, 살려주소서” 뮤라장군의 기도와 필



사적인 탈출로 네만강을 넘은 나폴레옹군은 1천 6백 명에 불과했다. 전체 병력 중 겨우 0.3%만이 살아서 돌아온 것이다. 세계 전사상 보기 드문 참패였다. 이 시기에 유럽의 겨울 추위는 평년보다 몇 도나 낮은 엄동이었다. 만일 그 당시 겨울이 그렇게 춥지 않은 겨울이었다면 나폴레옹은 승리했을지도 모른다. 그렇다면 세계의 역사는 분명 달라졌을 것이다.

3. 더위 - 십자군전쟁

중동지역을 통일한 셀주크 터어키가 예루살렘을 정복한 후 성지 순례자를 박해하기 시작했다. 대다수 국민들이 기독교 신자였던 유럽에서 성지순례의 박해는 하나님에 대한 반역으로 여겨졌다. 유럽의 기독교 국가들은 1096년부터 1270년까지 약 200여 년 간 10차례에 걸쳐 성지 탈환을 시도하였으나 끝내 실패하고 말았다.

당시 살라딘이라는 이슬람의 명장이 나와 중동지역을 통일시켰다. 예루살렘에 주둔하던 십자군은 기드루지애 장군의 지휘하에 살라딘을 공격하기 위해 갈릴리 지역으로 진군했다. “뜨거운 한 여름이고 물이 없으면 싸울 수 없으니 예루살렘 성을 지키는 것이 옳습니다.” 기드루지애 장군은 참모의 건의를 무시했다.

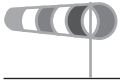
무더위는 전쟁에서 승패를 좌우하는 요인이 된다. 이 지역의 낮 기온이 최고 45℃까지 올라간다는 사실을 알고 있던 살라딘 장군은 무더위를 전쟁에 철저히 이용했다. 그는 십자군과의 전쟁을 앞두고 필승의 전략을 세운다. 「건기에, 그것도 가장 더운 한 낮에 공격을 감행할 것, 물을 충분히 확보할 것, 태양을 등지고 진

을 칠 것, 무장을 가벼이 할 것, 전장에 나오기 전 공기병(弓騎兵)으로 하여금 게릴라전으로 적을 지치게 할 것--」 반면 2차례의 적은 승리에 도취된 십자군에게 더위는 고려 대상이 되지 못했다. 드디어 한낮의 열기 속에서 살라딘이 지휘하는 사라센군의 최초 공격이 감행되었다. 이슬람 군이 태양을 등지고 진을 쳤으므로, 뜨거운 태양을 정면으로 바라 볼 수밖에 없는 십자군은 서서히 지치기 시작했다. 더구나 그들은 완전무장을 했고, 물마저 동이 나버렸다. 태양은 점점 뜨거워지고, 열파에 지친 십자군은 결집력을 잃고 만다. 십자군이 그토록 중시했던 밀집대형은 무너지고, 후미 경호대와 대부분의 병력이 적의 궁수들에게 포위되고 말았다. 결국 이슬람군의 집요한 공격에 십자군은 전멸 당하고, 이후 이스라엘 지역은 영원히 이슬람군의 손에 들어가게 된다.

4. 안개 - 일본의 진주만 공격

동남아시아를 점령하여 획득한 전쟁물자로 강국으로 도약하려는 일본을 미국이 견제했다. 일본은 미국을 무력화시키기 위하여 미 해군사령부가 있는 하와이의 진주만을 기습공격하기로 결정했다.

1941년 11월 26일 제1기동함대는 나구모 중장 지휘하에 함재기 414대를 적재한 항모 6척과 전함 및 구축함 11척, 순양함 4척, 잠수함 3척, 유조선 8척의 대규모 선단으로 진주만을 향해 출발했다. 일본의 항공모함 기동 타격대는 미국 정찰대에 포착되지 않은 채 하와이 북쪽 440km 지점에 이르렀다. 1941년 12월 7일 일요일 항공모함에서 급강하 폭격기와 뇌격기(雷撃機) 및 전투기로 이루어진 360여 대의 항공기가 진



주만에 정박해 있는 미군 함정들을 기습 공격하여 큰 승리를 거두었다. 미군의 피해는 전함 및 구축함 7척 침몰, 함정 12척 대파, 347대의 항공기 손실, 3,581명의 사상자가 생기는 등 엄청난 타격을 받았다.

그런데 어떻게 이렇게 대규모의 기동함대가 3만5천 마일의 거리를 12일 동안이나 미군이 전혀 알지 못하게 항해할 수 있었을까? 그건 바로 날씨 때문이었다. 일본이 택했던 북방항로는 쿠로시오 난류와 쿠릴 한류가 만나는 곳으로 온도차에 의해 바다는 짙은 안개가 끼는 곳이다. 안개의 종류는 주로 전선무(Frontal fog)¹⁾와 증기무(Steam fog)²⁾였다. 일본을 통과하는 저기압은 알류우산 열도 쪽으로 가면서 겨울철에는 더욱 발달해 전선무를 발생시킨다. 알류우산 열도에서 하와이 방향으로 갈 때는, 증기무의 영향을 받았다. 안개가 일본함대의 기동을 숨겨주었고 세계 전사에 드문 성공적인 기습공격이 이루어진 것이다. 일본의 진주만 기습은 철저하게 날씨 예보를 이용한 전쟁이었다.

5. 몬순 - 디엔비엔푸 전투

베트남이 프랑스의 식민지가 된 것은 1858년이다. 40여년을 지배하던 프랑스가 태평양전쟁 중 일본에 쫓겨났다. 전쟁이 끝나자 프랑스는 다시 베트남을 점령하여 식민지로 삼겠다고 돌아왔다. 이에 베트남인들은 프랑스에 맞서 전쟁을 벌였다. 1946년 이후 프

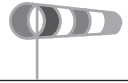
랑스와 베트남은 8년간에 걸쳐 피비린내 나는 전쟁을 치렀다.

프랑스는 라오스 국경 근처에 강한 기지를 세우기로 하고 1953년 11월에 북서 베트남에 있는 디엔비엔푸에 프랑스군을 공수하였다. 1953년 말 11,000명에 달하는 프랑스 정예 공정부대가 이곳에 투입되었다. 프랑스의 가장 중대한 실수는 날씨의 중요성을 간과한 것이었다. 디엔비엔푸 지역은 열대 몬순 기후구에 속한다. 4월에 접어들면서 다섯 달 동안 1,500mm 이상의 억수같은 비가 내린다.

1954년 3월 호지명이 이끄는 베트남들이 프랑스군에 총공격을 감행했다. 이 해의 몬순은 예년보다 빨리 시작되어 3월 하순부터 호우가 내리기 시작했다. 비로 인해 프랑스군의 참호에는 물이 차기 시작했고, 물이 찬 참호에서 적의 포화를 피할 수는 없었다. 게다가 프랑스 보급항공기는 두껍고 낮은 비구름으로 인해 매우 낮게 날 수 밖에 없었고, 산에 숨겨져 있던 베트남들의 대공포에 의해 수많은 항공기가 격추 당한다.

프랑스의 식량과 의약품은 바닥이 나기 시작했다. 마침내 강이 범람하면서 활주로를 따라 형성된 방어기지는 거의 전 지역이 물에 잠기고 프랑스군 진지는 아수라장이 되었다. 심한 굶주림과 말라리아와 이질, 장티푸스 등의 전염병으로 병사들이 수도 없이 죽어 나갔다. 병사들의 상처에는 흰 구더기가 득실거리지만 의약품이 없어 치료는 꿈도 꾸지 못했다. 마침내 베트남의 공격이 절정에 달한 5월 7일 8천명의 사상자를 낸 후 지치고 병든 프랑스군은 항복을 하게 된다. 공수된 후 여섯 달 만에 살아남은 모든 프랑스군이 포로가 된

1) 발달한 전선 상에서는 빗방울에서 증발된 수증기가 찬 공기 내에서 안개로 바뀌는데 이것을 전선무라 한다.
2) 찬 공기가 따뜻한 수면 위로 이동할 때 발생하는 안개가 증기무이다.



것이다. 문순이 전쟁의 승패를 가른 전투가 디엔비엔푸 전투이다.

6. 열대우림 - 뉴기니 전투

일본 대본영은 1942년 1월, 뉴기니의 포트모르즈비를 공격하기로 결정한다. 1942년 7월말 일본의 호리장군이 이끄는 11,000명의 병력은 뉴기니의 고나와 부나에 상륙하여 산맥을 넘어 남쪽에 있는 포트모르즈비를 향해 진격하였다. 해안에서 내륙으로 전진하던 일본군은 정글과 우림지로 덮인 지역을 만났다. 늪 때문에 일본군의 진격 속도는 느려졌고 병사들은 지치게 되었다. 천신만고 끝에 해안 늪지대를 지나자, 2천m의 경사진 산맥이 그들을 기다리고 있었다. 산 곳곳에서 호우로 인해 생겨난 급류로 일본군의 숫자는 점차 줄어들었다. 일본군이 9월 2일 코코다 지역에 도착했을 때 그들의 숫자는 3분의 1로 줄어들어 있었다. 식량과 탄약도 거의 남아있지 않았고 병사들 대부분이 영양실조로 인해 극히 쇠약해져 있었다. 여기에서 미군과 호주군의 강한 저항에 부딪치자 더 이상 진격이 어려워진 일본군은 후퇴할 수밖에 없었다. 후퇴한 일본군이 출발했었던 북쪽 해안에 도착했을 때 살아 온 병력은 채 5%도 되지 않았다. 전투다운 전투 한 번 없이 열대우림에서 많은 병력을 잃은 것이다.

열대 우림 지역은 특이한 날씨와 환경을 만들어 낸다. 매일 쏟아지는 소나기와 높은 기온은 식물들을 번성케 만들어 열대 정글과 밀림을 만든다. 또한 우림 안에 뿔과 진창을 만들고 공기를 습하게 한다. 뜨거운 열과 습기는 병을 옮기는 유기물들의 성장을 돕고 사람들의 면역체계를 약화시켜 건강한 군인을 위협에 빠뜨

린다. 군인들은 이런 독특한 기상환경 하에서 발생하는 말라리아, 장티푸스, 설사병 등으로 생명을 위협받는다. 또한 쥐, 불개미, 전갈, 거미, 독사와 같이 독을 품은 동물들의 살기 좋은 환경이 된다. 그러다 보니 태평양 전쟁 당시 열대 우림지대에서 전염병으로 죽은 병력이 특히 많았다.³⁾ 열대우림이 전쟁의 승패에 주는 영향을 잘 보여주는 예라 할 수 있다.

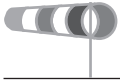
7. 사막기후 - 이란 인질구출작전

1980년 4월 이란 주재 미대사관에 인질구출작전이 벌어졌다. 호메이니가 통치하던 이란은 테헤란에서 66명의 미국인 인질을 잡았다. 미국은 인질들을 구출하는 작전을 벌였는데, 바로 "독수리 발톱작전"이다.

계획단계에서 여러 가지 일어날 수 있는 상황에 대비하여 비밀 급유장소⁴⁾가 검토되었다. 그러나 막상 텔타포스를 태운 헬리콥터와 수송기가 도착했을 때 급유장소에는 강력한 모래바람인 하부브가 불고 있었다. 하부브는 뇌우와 소규모의 토네이도를 동반하며, 거대한 양의 모래나 먼지를 운반하기도 하고, 900m 높이에 달하는 장벽이 되어 이동하기도 한다. 당시 이란의 사막 좁은 지역에 국지적으로 강하게 형성된 하부브 바람은 최악의 시계와 함께 강력한 난류, 뇌우 현상을 동반하였다. 예상치 못한 기상현상으로 헬리콥터와 수송기가 충돌하면서 8명의 텔타포스 요원이 사망

3) 태평양전쟁중 전염병이나 풍토병으로 죽은 병력이 사망자수의 83%에 이르렀는데, 이것은 전투 중 총에 맞아 죽은 병사보다 7배나 많은 것이다.

4) 당시 사막에 위치한 대쉬테 카비어는 미국이 테헤란에 잡혀있는 66명의 인질을 구출하는 특별한 작전 임무인 '독수리 발톱 작전'을 위한 비밀 급유 장소였다.



하면서 ‘독수리 발톱작전’은 실패하였다. 국지적인 사망기후가 작전을 망친 것이다.

이 작전이 실패로 돌아가면서 미군에 회색 베레모라고 알려진 특수 작전 기상 팀⁵⁾이 창설되었다. 이들의 임무는 특수 전 상황에서 기상 정보를 수집하고 예보 자료를 생산하고 필요한 시간에 필요한 지역에 필요한 직접적인 예보를 지원하는 것이다. 이들은 예보 이론에서 브리핑 기술들에 이르는 모든 것들을 아우르는 11개월의 집중적인 기상학적 훈련을 받는다. 그리고 델타포스 대원들이 하는 모든 훈련을 추가적으로 받아야만 한다. 현재 미군은 약 1백 명 정도의 회색베레모를 유지하는 것으로 알려져 있다. 아프카니스탄 전쟁과 이라크 전쟁에서도 선봉부대로 들어가 성공적인 특수작전을 수행한 정예부대이기도 하다.

II. 기상의 무기화가 미래전쟁을 바꾼다

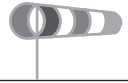
“만일 발지 전투에서 안개 제거 기술을 사용했다면 희생자를 대폭 줄일 수 있었다.” 피에르 생 아망(Pierre Saint-Amand)이라는 기상학자의 말이다. 2차 대전 중 독일의 마지막 반격이 발지전투다. 아르덴 지방에 짙게 덮인 안개와 낮은 구름 때문에 연합군의 공군지원이 불가능했다. 독일군은 거의 저항을 받지 않고 기습 공격을 했고 연합군의 피해는 컸다. 생 아망은 안개제거 기술을 사용했으면 공군지원이 가능했을 것이고 사상자는 대폭 줄었을 것이라는 것이다.

이후 전쟁에서 기상을 인공적으로 변조시키는 연구가 시작되었다. 생 아망은 미해군의 ‘안개와 구름의 응결을 조절하는 프로젝트’에 참여했다. 그의 연구가 실전에서 처음으로 사용된 것이 월남전에서의 인공강우 프로젝트인 ‘뽀빠이 작전’이었다. 미국은 호지명루트를 통해 월남으로 지원되는 군수물자를 줄일 수만 있어도 베트남의 세력을 약화시킬 수 있을 것으로 판단했다. 생 아망이 참가한 인공강우 작전이 미 국방성과 해군에 의해 1966년에 극비리에 라오스에서 실시⁶⁾되었다. “인공 강우 실험이 수행된 구름에서는 그렇지 않은 경우보다 강우량이 많았고 오랫동안 지속되었다. 한 달이 지난 다음 강물은 거의 홍수 수준을 유지했고 호지명 루트를 통해 베트남의 이동이 현저하게 감소했다.” 라고 생 아망의 보고서는 기록하고 있다. 그러나 월남전에서 미국이 인공강우를 실시했다는 비판적 여론이 형성되면서 미국 정부는 러시아와 전략 무기 감축협상(SALT)에서 ‘환경전(environmental warfare) 금지 방안에 관한 공동 성명’을 발표하였다. 기상을 무기화 할 수 없도록 하자는 것이다. 기상을 무기화하는 작전을 지구상에서 수행할 수 없도록 1977년 유엔총회에서 의결되었다. 따라서 월남전은 공식적으로 다양한 인공기상무기를 사용한 마지막 전장이 되었다.

월남전에서 기상변조를 통한 비용과 효과분석을 해본 미국은 엄청난 이익이 있다는 판단을 했다. 그 이후 비공식적으로 기상에 대한 인공변조 연구가 미 공군 주도로 시작되었다. 이중 가장 먼저 개발되기 시작한 것이 인공강우기술이다. 최근 베이징 올림픽에서 인공

5) SOWT(special operations weather team)

6) 미국의 1기상전대에서 주도한 인공강우 작전은 1972년 7월까지 총 2602회나 실시되었다



강우를 만드는 고사포 부대의 위력이나, 러시아가 즐겨 사용하는 인공강우 항공대의 성공적인 실적은 인공강우 수준이 우리의 생각 이상임을 보여준다. 군사적인 관점에서 인공강우는 비를 내리게 해서 적의 기동력에 영향을 줄 수 있으며, 반대로 비가 내리지 않도록 함으로써 아군의 기동력을 유지하게 할 수 있다. 한마디로 전쟁에 큰 영향을 줄 수 있다는 말이다.

두 번째는 안개이다. 지금까지는 주로 안개의 소산에 중점을 두어왔지만 군 쪽에서는 안개를 만들어내는 기술도 연구하고 있다. 현재 미군의 경우 인위적으로 안개를 만들어 낼 수 있는 기술을 보유한 것으로 보인다. 일상적인 기구를 사용해서 수백 미터 되는 도로 위에 안개를 자욱하게 만들 수 있다는 것이다. 그렇게 된다면 아군의 탱크나 보병의 움직임은 숨길 수 있고 은밀하게 작전을 수행할 수 있게 될 것이다.

셋째는 태풍이다. 군사적인 목적을 위해 태풍에 변화를 주는 것은 날씨에 영향을 끼치는 행위 중 가장 공격적인 것이다. 태풍으로부터 나오는 에너지는 1만 개의 수소폭탄과 맞먹는다. 2008년 미얀마를 강타한 태풍 '나르기스'로 18만 명의 사람들이 죽었다. 만일 어느 나라든 태풍을 인위적으로 조절하는 기술을 가지고 있다면 그것은 가공할 무기가 될 것이다.

넷째는 천둥 번개를 만드는 것이다. 가장 현대적인 전투기조차 뇌우와 우박, 돌풍으로부터 안전하지 못하다. 인위적으로 뇌우를 만들어내는 기술이 있다면 적 비행장 쪽으로 뇌우를 만들고 아군비행장은 뇌우가 치지 못하도록 함으로써 전쟁에 큰 도움을 줄 수 있다.

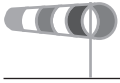
다섯째는 인공지진과 쓰나미다. 2005년 남아시아를 강타했던 지진과 쓰나미로 25만 명 이상의 사람들이 죽었다. 2010년 아이티와 대만, 칠레와 인도네시아를 강타한 지진과 쓰나미로 엄청난 인명 및 재산피해가 있었다. 가장 강력한 기상무기가 해지진과 쓰나미다.

세계는 기상을 무기화해 전쟁에 이용하려는 계획을 착착 진행시켜 나가고 있다. 앞으로의 전쟁에서는 단순히 날씨를 예측한 정보를 이용하기 보다는, 인위적으로 날씨를 조절함으로써 승리하는 방법을 모색해 나아가리라 생각한다. 프랑크푸르트 알게마이네의 니코 슈테어는⁷⁾ 미군이 날씨를 변화시킬 수 있을 뿐 아니라 완전히 지배할 수 있다고 결론짓고 있다. 미군의 능력으로 2025년이 되면 거의 모든 분야에서 인공적인 기상변조가 가능하다는 것이다. 우리나라도 마냥 손 놓고 있을 수만은 없지 않은가? 기상무기를 개발해 다른 나라를 침략하지는 것이 아니라, 우리 형편에 맞는 계획을 세워 다른 나라가 우리를 목표로 태풍이나, 뇌우, 인공강우, 쓰나미 등을 만들어 사용하지 못하도록 해야 하는 것은 아닐지 생각해본다,

III. 우주전쟁과 기상

“그들이 경고한 마지막 날이 온다!” 종말론을 그린 영화 ‘2012’의 광고카피다. 2012년, 고대 마야력의 예언대로 전 세계 곳곳에 지진, 화산폭발, 거대한 해일 등이 발생한다. 대륙이 갈라져 바다 속으로 사라지고

7) 니코 슈테어기자는 ‘2025년 날씨의 소유’라는 글을 통해 기상변조에 관한 사실을 알렸다



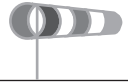
지자기 바뀐다. 누구도 막을 수 없는 최후의 순간이 다가온다. 영화 '2012'에서는 지구멸망의 증거로 마야인의 달력, 태양과 은하계 중심의 일직선 정렬, 중성미자의 지구 핵 교란, 지자기의 역전현상을 꼽았다. 이중 태양의 거대한 폭발로 생긴 중성미자가 지구에 쏟아져 들어오면서 지구 내부 핵 온도를 변화시키고, 이로 인해 지각 위의 땅들이 지진이나 화산폭발 등에 의한 거대 쓰나미로 지구가 멸망한다는 것이 주요 줄거리이다. 최근 재난영화의 흐름이 지구온난화와 태양활동의 영향을 다루는 쪽으로 흐르고 있다. 그만큼 인간의 생활에 태양이 많은 영향을 주고 있다는 증거다. 그런데 태양 활동은 우리의 삶뿐만 아니라 군사무기 운용에도 막대한 영향을 미치고 있으며 차장 전쟁에서 승패를 좌우할 우주무기로 사용될 확률이 높다.

군사부분에서 태양활동과 관련되어 우주공간에서 나타나는 현상을 우주기상(Space Weather)이라고 부른다. 평상시에 우주기상은 문제가 되지 않는다. 그러나 태양이 급격한 폭발이나 활발한 활동으로 태양에서 방출되는 전자기복사나 고에너지 입자, 태양풍 등이 증가하면 군 작전에 엄청난 영향을 준다. 예를 들어 전자기복사에서 극자외선, X선 등은 태양에서 방출되는 전체 전자기 복사의 1%에도 못 미친다. 그럼에도 플레어 현상이 발생하면서 방출되는 에너지는 1조 500백 만 톤의 핵무기가 동시에 폭발하는 것과 비슷하다. 따라서 레이더, 통신, 우주시스템이 큰 영향을 받을 수밖에 없다. 고에너지 입자들인 태양풍의 연속적인 유출 역시 우주기상 변화의 주요 원인이다. 행성간 자기장(IMF)이나 코로나물질분출(CME)은 태양풍 고에너지 입자의 속도와 밀도를 증가시켜 지구의 자기권을 교란시킨다.

강력한 태양활동으로 발생하는 우주기상 요소들은 무기체계에 막대한 영향을 미친다. 첫번째는 GPS 체계 및 군 저궤도 위성에 영향을 준다. 강력한 X선 복사 및 고에너지 입자 방출은 GPS위성체에 직접적 손상을 주고, GPS 신호의 굴절이나 지연을 초래한다. 또한 군 감시 및 정찰 위성 등 저궤도를 돌고 있는 위성의 궤도 이탈 및 수명을 단축시킨다. 둘째는 GPS 신호의 굴절 및 잡음비 증가로 GPS 위성신호 두절이 발생한다. 1996년 10월 남미에서는 2개의 위성을 제외하고 모든 위성의 신호가 두절된 적이 있다. 셋째로는 GPS를 이용하는 정밀타격무기체계의 정확도를 감소시킨다. 현대전의 핵심요소인 순항미사일이나 정밀유도폭탄의 경우 GPS신호를 수신하지 못할 시 정확도가 감소한다. 넷째, 우주감시 및 탄도탄 추적레이더의 탐지 오차가 증가한다. 강력한 태양활동은 추적 레이더 파의 굴절과 지연을 초래하며 주파수 간섭(RFI)을 일으킨다. 다섯째, 위성 및 무선통신의 경우 장애가 발생한다.⁸⁾ 이처럼 우주기상 요소들은 승패에 영향을 줄 수 있는 중요한 팩터인 것이다.

대륙간탄도탄, 순항미사일, 정밀유도폭탄, 군사위성, 통신 등이 우주 기상에 절대적인 영향을 받게 되고, 최신 무기들이 이온권 공간에서의 활용이 증가되면서 우주기상은 절대적인 무기체계로 변화해 나가고 있다. 미군의 경우 미공군기상국(AFWA)과 미공군연구소(AFRL)에서 우주기상 예보 및 경보를 전담하고 관련 연구를 추진하고 있다. 매년 수십 억 원의 연구비를 투입하면서 우주기상 요소들이 전투에 미치는 영향에 대한 연구와 함께 실질적인 우주기상 업무를 지

8) 1989년 3월, 수 일 간 미군 HF통신이 지연되거나 통화불능 사례가 발생했다.



원 하고 있는 것이다. 이들이 주로 수행하는 우주기상 업무로는 위성 통신작전 수행을 위한 자료를 제공하고 전리층 분석, UHF신틸레이션 지도 및 지점별 최적 주파수 예보 자료 등을 제공한다. 아울러 GPS를 활용한 무기체계의 정밀도 극대화 추구하기 위해 지형별 신틸레이션 강도와 위성 연결 상태 자료를 제공하고 있다. 우주감시 및 탄도탄 추적 레이더의 정밀도를 향상시키기 위해 레이더 기지별 레이더파의 지연오차도 제공한다.

미래는 우주전쟁이 될 것이라고 말한다.⁹⁾ 우리도 우주기상 예보의 중요성과 필요성을 인식하고 국가 우주개발 계획과 공군의 우주분야 중장기 발전계획과의 연계, 효과적인 우주기상 예보를 해야 하겠으며, 아울러 그 다음단계인 우주무기 개발 쪽에도 투자가 이루어졌으면 한다.

IV. 기후변화가 국가안보에 미치는 영향

“기후 안보가 뜨고 있다. 미중앙정보국(CIA), 기후변화 센터 오픈” 세계에서 가장 유명한 정보기관이 미국의 중앙정보국이다. 2009년 9월말 CIA가 ‘기후변화와 국가안보에 관한 센터’를 열었다. 정보기관에 기후변화라니 도대체 안보와 기후변화가 무슨 연관이 있는 것일까? CIA는 9.11테러와 같은 것만 안보에 위협이 되는 것이 아니라 기후변화도 국가 안보에 심각한 영

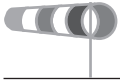
향을 미칠 수 있다고 말한다.

부시 행정부 시절 미국은 ‘펜타곤 보고서’를 만들었다. 럽스펠드 국방장관이 주도해 만든 이 보고서에는 향후 20년 안에 기후변화에 따른 자연재해와 전쟁 등으로 수백만 명이 사망하는 등 전 지구적 재앙이 올 것이라고 예측하고 있다. 특히 전쟁이라는 것이 지금까지처럼 종교나 이데올로기를 둘러싼 다툼이라기보다는 급변하는 자연환경 속에서 살아남기 위한 처절한 몸부림일 것이라고 본다. “자연재해가 핵위기나 테러보다 국가안보에 더 큰 위협이 된다.”는 결론을 내면서 이 보고서는 미국 정부로 하여금 군사전략 개념은 물론 국가안보 개념을 기후변화에 맞춰 바꾸도록 촉구하고 있다. 이 보고서를 기반으로 기후안보라는 말이 만들어졌다. 특히 미국의 버락 오바마 대통령이 ‘기후안보’라는 말을 사용하면서 속칭 뜨는 단어가 되었다.

미국만이 아니다. 영국정부도 발 빠르게 움직이고 있다. 영국정부는 정보기관에 기후와 에너지안보담당이라는 새로운 고위직을 만들어 해군 제독 출신인 닐 모리세티를 임명했다. 그는 10월 미국 워싱턴 DC에서 열린 8개국 군사전문가들의 모임에 참석했다. 이들이 모인 이유는 기후변화와 지정학적 불안정 간의 관계를 논의하기 위해서였다. 군사전문가들이 내린 결론은 다음과 같다. “점진적이고 급작스런 기후변화가 인류에게 전례가 없는 비극을 불러오고 있다. 안보에 중대한 영향을 미칠 수 있는 것이므로 시급하게 이에 대처해야 할 필요가 있다.”

기후 안보와 관련한 군사전문가들이 가장 염려하는 지역은 히말라야 산맥이다. 히말라야 산맥에 쌓인 빙하

9) 토플러는 ‘전쟁과 반전쟁’에서 “미래 전쟁에서 우주는 결정적인 요소가 될 것이며 따라서 미래에 있어서 중요한 자산은 우주이고, 육·해·공군 3차원 전쟁 개념을 육·해·공·우주 4차원의 전쟁 개념으로 변화시킬 것”이라고 예측하였다.



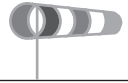
가 심각할 정도로 빠르게 녹고 있다. 히말라야의 빙하와 눈은 우리나라 장마에도 영향을 줄만큼 아시아국가의 기후에 큰 영향을 준다. 빙하가 사라진다는 것은 아시아 기후가 교란된다는 것 외에도 이 지역에 살고 있는 사람들에게 안전한 물 공급원이 사라진다는 의미도 된다. 게다가 빠르게 녹으면서 홍수가 일어날 수 있다. 네팔, 부탄, 인도를 비롯해 파키스탄과 같은 국가는 혼란에 빠질 확률이 높다.

‘펜타곤 보고서’에는 2010년에서 2020년 사이에 해수 열염 순환이 붕괴될 것으로 본다. 지구온난화로 빙하가 녹고 강수량이 증가하면서 극지방의 해수염도가 낮아지므로 지구의 해류를 움직이는 컨베이어 벨트가 멈춘다는 것이다. 이렇게 되면 멕시코 난류가 북상하지 못하면서 영화 ‘투모로우’에 나오는 빙하가 닥친다는 것이다. 유럽은 기후변화에 따른 최악의 피해를 보게 될 것이며, 영국은 더 추워지고 건조해 지면서 시베리아와 비슷한 기후로 변한다고 예상한다. 2010년 1월 유럽과 북미동부지역, 동아시아 지역을 휩쓴 폭염과 폭설현상을 두고 일부 기후학자들은 소빙하기가 오는 것이 아니냐는 의견을 내놓을 만큼 열염순환이 붕괴될 확률이 꽤 높아진 것으로 보고 있다.

사람들이 기후변화를 이야기하면 현대문명은 그것에 적응할 것이며 사회의 적응능력에는 큰 문제가 없을 것으로 생각한다. 그러나 세계적인 기후전문가들의 연구에 의하면, 기후변화는 우리가 생각하는 것 이상으로 심각하다. 적절히 대응하지 않으면 상상도 초월하는 비극이 발생할 수 있다는 것이다. 기후변화가 국가의 역사만 바꾸는 것이 아니라 세계의 역사까지도 바꾸는 심각한 요소라는 것이다. 그럼에도 덴마크

에서 2009년 12월 열렸던 기후변화회의는 실질적인 합의를 이루어내지 못하면서 많은 사람들을 실망시켰다. “우리가 생각하는 것 이상으로 기후문제는 정말 심각합니다. 하루 빨리 힘을 모아 대책을 세우고 하나하나 양보하면서 해결해나가야만 합니다.” 반기문 유엔 사무총장의 말이다.

펜타곤 보고서에서는 기후변화가 국가안보에 미치는 영향을 다음과 같이 예측한다. 첫째, 지구가 먹여 살릴 수 있는 수준으로 인구가 줄 때까지 전쟁과 기아가 수없는 지구인의 목숨을 앗아갈 것이다. 폭동과 국내 갈등이 인도와 남아프리카, 인도네시아를 붕괴시킬 것이다. 둘째, 물 확보를 위한 싸움은 더욱 치열해질 것이다. 이미 북아프리카의 나일강과 유럽의 도나우강, 남미의 아마존 강에서 물 분쟁이 위험 수위에 올라와 있다. 셋째, 해수면 상승으로 물에 잠긴 땅에 살던 사람들과, 더 이상 농사를 지을 수 없게 황폐해진 곳에 살던 사람들 때문에 대규모 난민, 보트피플이 발생할 것이다. 넷째, 미국이나 유럽 같은 부자나라는 이들 난민의 입국을 막기 위해 사실상 쇄국정책을 펴게 될 것이다. 다섯째, 북유럽의 스칸디나비아 사람들은 혹한으로 변해버린 날씨를 피해 대거 남쪽으로 내려오고, 폭염과 가뭄에 시달리는 아프리카 사람들은 반대로 살길을 찾아 남부 유럽으로 몰려들 것이다. 여섯째, 핵무기 확산도 불가피해진다. 한국과 일본, 독일은 핵무기 개발에 나설 것이며, 이스라엘, 중국, 인도, 파키스탄이 핵무기를 실제 사용할 가능성 역시 높아질 것이다. 우리나라도 펜타곤보고서를 타산지적으로 삼아 기후변화에 대응하는 안보체제를 시급히 구축해야만 할 것이다.



V. 닫는 말

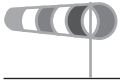
“선지자로부터 제사장까지 모두가 거짓을 행하며, 평화롭다, 평화롭다 하나 평화가 없도다.” 성경 예레미야서에 나오는 말이다. 몇 천 년 전부터 이어진 인류의 역사에 평화로운 시대는 한 번도 없었다. 선량한 사람들의 마음에 수 천 년 이상 평화에 대한 갈구가 있었음에도 여전히 세계는 전쟁 중이다. 우리가 살고 있는 세상이 때때로 길을 잘 못 들은 것이 아닌가 싶을 정도로 악이 횡행하고 있다. 인간의 집단 행위 중 가장 잔인하고 악한 행위가 전쟁이다. 올 11월에 북한의 연평도 포격으로 한반도에는 전쟁의 위기감이 짙게 드리워져 있다. 정말로 가슴 아픈 일이다. 하지만 지금 평화로운 그 어떤 나라도 전쟁의 위협에서 결코 자유롭지 못하다. 그래서 전쟁은 악이기에 피해야 하지만 전쟁을 통해 우리를 지배하려는 어떠한 세력도 반대해야 할 책임이 우리에게 있다. “평화를 원하는 자에게 전쟁을 준비하게 하라.”는 베게티우스의 말은 역사가 인류에게 가르쳐준 절대적 교훈이다. 온고지신(溫故知新)¹⁰⁾이라는 말이 있다. 옛 것을 알면서 새 것도 안다는 뜻이다. 옛 전쟁에서 날씨가 승패에 영향을 준 부분을 잘 배우면 미래의 전쟁에 큰 도움을 받을 수가 있다. 미래의 전쟁에서는 날씨 예보 정확도보다 날씨변조를 통한 무기화의 유희를 많이 받을 것으로 보인다. 우리의 적국이 사용하는 날씨무기에 대한 연구와 대책이 시급하다. 아울러 무기체계가 첨단화, 정밀화될수록 지구자기장, 온도, 습도, 전기장, 바람에 더 많은 영향을 받게 된다. 우리가 대기기상, 해양기상뿐 아니

라 우주기상에 관해 관심을 가져야 하는 이유이다. 미국은 걸프전을 치른 후 전투지휘관에게 요구되는 가장 필요한 능력을 다음과 같이 바꾸었다. “지형과 기상의 영향을 볼 줄 아는 능력, 적을 볼 줄 아는 능력, 자기 자신을 볼 줄 아는 능력, 특히 자신을 적의 입장에서 볼 줄 아는 능력, 그리고 다가올 전투를 그려 볼 줄 아는 능력.” 미국이 기상의 영향을 볼 줄 아는 능력을 가장 앞에 놓은 것은 어떤 의미가 있을까? 한 번 생각해봤으면 한다.

참고문헌

- 그레고리 프리몬-반즈, 도드 피셔, 박근형역, 2009 : 나폴레옹 전쟁. 플래닛 미디어, 652pp.
- 마이클 매클리어, 유경찬역, 2002 : 베트남 10000일의 전쟁. 을유문화사, 621pp.
- 반기성, 2010 : 날씨가바꾼어메이징세계사. 플래닛미디어, 364pp.
- 반기성, 2000 : 날씨토픽. 명진출판, 254pp.
- 양욱, 2009 : 그림자전사, 세계의 특수부대. 플래닛 미디어, 312pp.
- 에릭 두르수미트, 방대수 역, 2006 : 날씨가 바꾼 전쟁의 역사. 이다미디어, 391pp.
- 조지프 커민스, 채인택역, 2009 : '별난 전쟁 특별한 작전. 플래닛 미디어, 408pp. 주시후, 2007 : 전쟁사. 한국학술정보, 2007, 431pp.
- 칼스미스, 김홍래역, 2008 : 진주만 1941. 플래닛 미디어, 176pp.
- 폴 콜리어, 알라스타어 핀란, 마크 J, 그로브, 강민수역, 2008 : 플래닛 미디어, 952pp.
- Fuller, John F.C. 1954 : A military History of the Western World(Vol. III). Funk & Wagnalls Co., 772pp.
- John. F. Fuller, 1997 : Thor's Legions : Weather Support to the U.S. Air Force and Army/1937-1987. AMS, 443pp.
- Harold A. Winters, 1998 : Battling the Elements. Johns Hopkins, 362pp.
- Howard C. Kunreuther, Erwann O. Michel-Kerjan, 2009 : At War with the Weather. Massachusetts Institute of Tech. 462pp.

10) 《논어(論語)》(위정편(爲政篇))에 나오는 공자의 말 중에 “옛 것을 알고 새 것을 알면 남의 스승이 될 수 있다(溫故而知新 可以爲師矣).”라는 구절에서 나온다.



날씨와 선거

유 현 중

중앙선거관리위원회 서기관

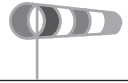
active@moleg.go.kr

I. 들어가며

과거에 위정자들은 하늘의 뜻에 순응하는 것을 통치의 근본으로 삼았고, 홍수나 가뭄 등으로 민생이 도탄에 빠지면 하늘이 위정자의 잘못으로 내리는 고난으로 보아 그 위정자를 폐하기도 하였다. 또한 성경에서도 요셉이 꿈에 하나님께서 계시한 7년 풍년과 7년 기근을 예언하고 이집트 왕으로 하여금 이에 대한 대비를 하게 함으로써 재앙을 피할 수 있다(창세기 41장). 이처럼 천기(天氣)를 미리 예측하고 대비하는 것은 인간의 생활을 안전하게 보장하는 중요한 방법인 것이다. 날씨와 선거에 관하여 기상담론에서 강의를 해달라고 제의를 받았을 때 막상 무슨 내용을 강의할 것인지에 대하여 다소 생소하였으나 날씨가 유권자의 활동에 직접적으로 영향을 미치는 환경적 요인이 된다고 생각할 때 나름대로 의의가 있음을 발견하게 되었

다.¹⁾ 선거는 주권을 가진 유권자가 자신을 대신하여 통치 권력을 행사할 대리인을 선택하는 사회적 의사결정(social decision-making)이다. 유권자 개인의 선호가 집합되어 사회적 선호로서 선택의 결과가 형성되기 때문에 개인의 선택에 영향을 미치는 환경적 요인이 중요하다. 미국에서도 비가 오는 날씨일수록 유권자가 선거참여를 더 망설이기 때문에 비가 오는 날씨는 보수적인 공화당에 더 유리할 것이라는 속설이 있다. 만일 집권자가 날씨의 상황에 따라 선거일을 선택하게 된다면 투표결과에 왜곡이 발생하여 민주주의의 위협이 될 것이다. 이러한 맥락에서 이 연구는 날씨와 선거가 어떤 관계에 있는지를 고찰하고자 한다. 날씨와 유권자 개인의 선택의 관계에 관한 이론적 모형, 날씨와 관련된 선거법 규정, 과거의 투표율과 선거관

1) 이 원고는 기상청의 기상담론에서 강의한 내용을 요약한 것이다.



리 사례 등을 고찰한 후 향후 선거에 대비하여 기상당국에서는 어떤 역할을 하여야 할 것인지에 대하여 전망과 과제를 제시하고자 한다. 이 연구의 의의는 날씨가 국민의 경제적 또는 문화적 생활뿐만 아니라 선거와 같은 정치적 활동에도 영향을 미칠 수 있으며, 주권자로서 국민이 날씨에 관한 정보를 정확하게 제공받음으로써 선거의 절차적 또는 내용적 정당성을 확보할 수 있다는 점을 제시하는데 있다.

II. 날씨와 유권자의 선택

날씨는 유권자의 선택에 어떤 영향을 미칠까? 이와 관련된 기존의 선행연구는 날씨와 유권자의 투표율의 관계를 설명하는데 초점을 맞추었다. 유권자의 투표참여에 영향을 미치는 요인으로는 첫째, 유권자의 인종, 출신지역, 성별, 연령 등의 인구사회적 특성이 영향을 미친다는 인구사회학적 이론(Larzarsfeld, Berelson and Gaudet, 1944), 둘째, 유권자의 투표행태를 외부적 요인에 의하여 설명하는 대신에 선거에 대한 관심과 같은 심리적 요인에 의하여 설명하는 사회심리학적 투표이론(Campbell et al. 1960; Converse, 1964), 셋째, 유권자가 비용/편익과 같은 경제적 계산에 의하여 투표 참여를 결정한다는 합리적 선택이론(Downs, 1957; Riker and Ordeshook, 1968; 조성대, 2006) 넷째, 도시와 농촌간의 투표율의 차이에 주목하면서 농촌의 경우 동네 유지들에 의하여 투표참여가 독려된다고 하는 동원이론(Mishler, 1979), 다섯째, 유권자의 투표참여에 영향을 미치는 유권자 등록제도, 투표일 법정주의, 투표소의 수 등 제도적 측면을 강조하는 입장 등이 있다.

이 중에서 라이커와 오데숙의 합리적 선택이론에 의하여 유권자의 투표참여에 관한 단순한 모형을 설정하면 다음과 같다.

$$R = P * B + D - C$$

R : 투표참여 여부

P : 투표결과에 영향을 미칠 확률²⁾

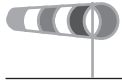
B : 투표로부터 발생하는 경제적 이익(정당 또는 후보자에 대한 선호)

C : 투표로 인한 비용

D : 투표로부터 개인적인 만족(투표의무 이행으로 인한 효능감, 정당일체감)

이 중에서 P*B, C, D가 모두 투표참여 여부에 영향을 미칠 수 있지만 미국의 미시간 대학교의 여론조사 자료를 통하여 1952년, 1956년 1960년의 대통령 선거를 분석한 결과 투표로부터 개인적 만족을 나타내는 변수 D가 가장 결정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 즉, 단순한 경제적 이익 보다는 투표권 행사로부터 얻는 효능감, 사회적 의무의 이행에 대한 만족감이 더 중요한 비중을 차지하는 것으로 나타난 것이다. 이것은 일종의 투표참여의 역할을 설명하는 문제와도 관련된다. 유권자가 자신의 한 표의 행사로 선거

2) 두 명의 후보가 존재한다고 할 때 유권자가 결정적 투표를 행사할 확률은 다음과 같다. $P = \frac{3e^{-2(n-1)(n-\frac{1}{2})^2}}{2\sqrt{2\pi(N-1)}}$, 여기서 두 명의 후보자가 당선될 확률은 각각 P1, P2이고, N=투표자의 수, p=특정 후보자가 당선될 것으로 생각하는 주관적 확률, 1-p: 반대 후보자가 당선될 것으로 생각하는 주관적 확률을 의미한다. p=0.51, N=100,000,000, P=6*10⁻⁶으로서 이는 유권자가 결정적 투표를 행사할 확률은 투표소로 가거나 돌아오는 과정에서 교통사고를 당할 확률과 같은 것이다.



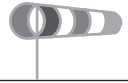
결과에 영향을 미칠 확률은 극히 작음에도 투표에 참여하는 것은 경제적 합리성의 논리만으로는 설명할 수 없다. 따라서 유권자가 투표권 행사로 인한 심리적 만족 요인을 변수로 포함시켜 유권자의 의사를 정치적으로 표현함으로써 얻을 수 있는 만족 또는 도덕적 의무감을 이행함으로써 얻는 만족 등이 주된 참여 요인이라는 것을 제시한 것이다.

한편 보통 선거에 투표참여 여부를 묻는 설문에는 개인적 특성, 투표 참여비용, 투표에 대한 전략적 가치, 선거운동에 대한 관심, 투표에 대한 의무감 정도 등이 포함된다. 이 중에서 날씨의 투표참여 비용에 영향을 미치는 변수라 할 수 있다. 왜냐하면 날씨가 나쁠수록 비옷과 교통수단을 준비하여 투표소로 가야 하기 때문에 더 많은 비용이 소요되고 날씨가 좋은 경우에는 투표 대신에 여행을 떠날 수 있는 기회비용이 존재하기 때문이다.

이와 관련하여 미국에서는 굿은 날씨는 투표율을 낮추기 때문에 공화당(보수) 후보에게 유리하다는 것이 일반적 속설이었다. 그러나 S. Knack(1994)의 실증 연구에 의하면 그 결과의 해석이 다소 복잡해진다. 미국 국립 기후자료센터(National Climatic Data Center)와 전국선거연구(National Election Studies) 설문조사 자료(1984, 1986, 1988) 분석한 결과 비오는 날씨 요인이 정당별로 투표율을 하락시키는 요인은 아닌 것으로 나타났다. 한편, 비 오는 날씨가 유권자 전체의 투표율을 하락시키는 요인은 아니지만, 투표를 공적 의무(public duty)로 여기는 정도가 낮은 사람에게는 나쁜 날씨가 투표율을 낮추는 요인으로 작용하고, 결국 보수 후보에게 유리하게 된다는 것이다. 앞에서 설명한 것처럼 투표참여에 영향을 미치는 요인 중 공적 의무의 이행으로부터 얻는 효능감 또는 만족감이 중요한 비중을 차지하고 있으므로 공적 의무가 낮은 사람은 어차피 이러한 요인들이 투표 참여에 미치는 영향이 낮으므로 날씨가 나쁘면 보

[표 1] 민주화 이후 전국단위 선거의 투표율 변화

대통령선거	투표율(%)	국회의원선거	투표율(%)	지방선거	투표율(%)
13대 대선 (1987.12.16.)	89.2	제13대 총선 (1988.4.26.)	75.8	제1회 지선 (1995.6.27.)	68.4
14대 대선 (1992.12.18.)	81.9	제14대 총선 (1992.3.24.)	71.9	제2회 지선 (1998.6.4.)	52.7
제15대 대선 (1997.12.18.)	80.7	제15대 총선 (1996.4.11.)	63.9	제3회 지선 (2002.6.13.)	48.8
제16대 대선 (2002.12.19.)	70.8	제16대 총선 (2000.4.13.)	57.2	제4회 지선 (2006.5.31.)	51.6
제17대 대선 (2007.12.19.)	63.0	제17대 총선 (2004.4.15.)	60.6	제5회 지선 (2010.6.2.)	54.5
		제18대 총선 (2008.4.9.)	46.1		



다 자연스럽게 투표에 참여하지 않게 된다는 것이다. 보통 공직 의무감은 교육수준이 높을수록 증가하는 경향이 있는데 민주당의 득표 기반은 흑인이나 빈곤층이 많으므로 이들은 상대적으로 교육수준이 낮아 투표 의무의 이행에 대한 의식이 부족하므로 나쁜 날씨는 민주당에게는 불리하고 공화당에게는 유리한 요인으로 작용할 수 있게 되는 것이다.

그렇다면 우리나라의 경우에는 어떠한가? [표 1]에서 보는 바와 같이 우리나라도 최근 국민들의 정치에 대한 불신이 증가하고 있으며 이는 투표율의 하락으로 이어지고 있다. 교육수준이 증가함에도 불구하고 선거에 참여하는 것을 공직 의무로 느끼는 사람이 줄어들고 있으며 이는 민주주의의 위기로 평가되기도 한다. 이처럼 선거에 대한 관심이 없는 유권자가 증가하는 상황에서 날씨는 유권자의 선택에서 더욱 중요한 요인이 될 수 있는 것이다.

III. 날씨와 관련된 공직 선거법 규정

앞에서 날씨를 유권자 개인의 선택행위가 집합되는 선거라는 사회적 의사결정에 영향을 미치는 요인임을 확인하였다. 사실 날씨가 선거에 영향을 미치는 변수라는 것을 알고 있는 집권자는 자신에게 유리한 날씨가 있는 날을 선택하여 선거를 실시하고자 할 것이다. 이렇게 되면 유권자의 자유로운 선택이라는 선거과정에서 왜곡이 발생하게 되고 공정한 선거가 이루어질 수 없게 되는 것이다. 따라서 공직선거법에서는 날씨와 관련해서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위하여 몇가지 규정들을 두고 있다.

첫째, 선거일을 집권자가 자의적으로 결정하는 것을 방지하기 위하여 공직선거 및 선거부정방지법(공직선거법으로 법령 변경)에서는 선거일을 법정화하고 있다(공직선거법 제34조). 과거의 선거법에서는 선거일 공고주의를 채택하여 선거일을 특정한 날로 법정하지 않고 일정한 기간에 선거를 실시하되 그 선거일로부터 일정한 기간 전에 공고권자(대통령)가 공고하도록 하여 집권자가 유리한 기일에 선거일을 지정할 수 있다는 논란이 있었다. 그러나 현행 선거법에서는 선거일을 법정화함으로써 공고권자가 좋은 날씨 또는 나쁜 날씨를 택하여 선거일을 정할 수 있는 가능성을 배제하고 있다. 임기만료에 의한 선거의 선거일은 다음과 같다.

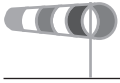
대통령 선거: 그 임기만료일전 70일 이후 첫 번째 수요일

국회의원 선거: 그 임기만료일전 50일 이후 첫 번째 수요일

지방의회의원 및 지방자치단체의 장의 선거: 그 임기만료일전 30일 이후 첫 번째 수요일

만일 위의 선거일이 국민생활과 밀접한 관련이 있는 민속절 또는 공휴일인 때와 선거일 전일이나 그 다음 날이 공휴일인 때에는 선거일을 그 다음 주 수요일로 하도록 되어 있다.

둘째, 공직선거법은 선거운동기간을 정하고(공직선거법 제59조) 선거운동기간이 아닌 때의 선거운동을 금지하고 처벌하는 규정을 두고 있다(공직선거법 제254조). 선거운동은 후보자등록마감일의 다음 날부터 선



거일 전일까지에 한하여 이를 할 수 있고³⁾, 이 기간 전에 선거운동을 하는 경우에는 사전 선거운동으로, 선거일 당일 날 선거운동을 하는 경우에는 선거운동기간 위반죄로 처벌된다. 따라서 후보자가 유권자에게 본격적으로 선거운동을 할 수 있는 기간은 한정되어 있으며, 이 기간 동안 기상상황에 따라 후보자의 선거운동이 영향을 받을 수 있다. 만일 기상이 악화되는 시기를 알 수 있다면 방송토론과 같은 실내 선거운동을 기상이 나쁜 날짜로 정하는 것도 좋은 방법이며, 기상 상황에 따라 후보자가 준비하는 장비도 사전에 구비할 수 있다.

셋째, 공직선거법은 천재·지변 및 기타 부득이한 사유로 인하여 선거를 실시할 수 없는 경우에 대비하여 선거의 연기 및 재선거에 관한 규정을 두고 있다(공직선거법 제196조). 천재·지변 및 기타 부득이한 사유로 인하여 선거를 실시할 수 없거나 실시하지 못한 때에는 대통령 선거와 국회의원 선거에 있어서는 대통령이, 지방의회의원 및 지방자치단체의 장의 선거에 있어서는 관할 선거구 선거관리위원장이 당해 지방자치단체장과 협의하여 선거를 연기한다. 이 경우 선거절차의 진행이 이루어지지 않고 선거를 연기한 때에는 처음부터 선거절차를 다시 진행하여야 하고, 선거절차가 어느 정도 진행되어 선거일만을 다시 정한 때에는 이미 진행된 선거절차에 이어 계속하여야 한다. 또한 선거를 연기하는 때에는 대통령과 관할 선거구 선거관리위원회위원장은 연기할 선거명과 연기사유 등을 공고하고, 지체없이 대통령은 관할선거구선거관리

위원장에게, 관할 선거구 선거관리위원장은 해당 지방자치 단체장에게 각각 통보하여야 한다.

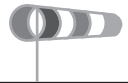
넷째, 투표가 진행되는 도중에 천재·지변이 발생한 경우로서 어느 투표구의 투표를 실시하지 못한 때와 투표함의 분실 또는 멸실사유가 발생한 때에는 관할 선거구선거관리위원회는 당해 투표구의 재투표를 실시한 후 당해 선거구의 당선인을 결정한다. 다만, 해당 투표구에서 재투표를 실시하더라도 선거결과(당락 여부)에 영향을 미칠 염려가 없다고 인정되는 때에는 재투표를 실시하지 아니하고 당선인을 결정한다.

IV. 날씨와 관련된 선거결과 및 관리 사례

날씨와 유권자의 선택 관계를 분석하기 위해서는 유권자의 투표행태에 관한 설문조사 자료들을 이용하여 해당 유권자가 투표하는 장소에서 날씨와의 관계를 회귀 분석하는 것이 바람직하다. 현재 유권자의 투표행태와 관련된 자료로는 한국사회과학데이터센터(KSDC)에서 축적한 선거설문조사 자료가 있는데 보통 시·도 단위로 유권자의 투표참여와 관련된 행태자료를 수집하고 있다. 한편 기상청에서도 기상정보에 관한 역사적 자료를 축적하고 있으며 시도별 기상자료를 보유하고 있을 것이다. 이들 간의 관계를 분석하면 우리나라에서도 날씨와 선거참여에 관한 분석이 가능할 것으로 본다. 이 논문에서는 이러한 회귀분석의 방향만 일단 제시하기로 하고 보다 구체적인 연구가 곧 있게 되기를 기대한다.

대신에 대통령 선거와 국회의원 선거에서의 투표율과

3) 예비후보자 등록을 마친 자가 명함이나 일정 수의 홍보물을 보내는 예비후보자 선거운동을 하는 경우나 후보자(후보자가 되고자 하는 자 포함)가 자신이 개설한 인터넷 홈페이지를 통하여 선거운동을 하는 경우는 제외한다.



기상정보에 관한 개괄적 자료를 제시하고, 날씨와 관련된 선거관리 사례 등을 소개하여 향후 선거관리에서 날씨 요인을 어떻게 대비할 것인지에 대하여 논의하고자 한다. 아래 [표 2]에서 보는 바와 같이 대통령 선거의 경우 건국 초기에는 주로 여름에 실시되었고, 1956년부터 1971년까지는 모두 날씨가 좋은 봄과 가을에 실시되었다. 1981년 이후부터 대통령 선거는 모두 추운 겨울에 실시되고 있음을 알 수 있다. 날씨가 춥고 눈이 많이 온다면 투표율을 저하시키는 요인으로 작용할 가능성이 있다. 민주화 이후 대통령 선거일에 서울지역의 날씨는 흐린 날도 있고 맑은 날도 있으나 다행히도 폭설이 내리는 날은 지금까지 나타나지 않았다.

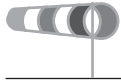
한편 국회의원 선거를 보면 [표 3]에서와 같이 1948년부터 1958년까지는 주로 봄에 실시되었음을 알 수 있고 날씨는 대체로 맑은 편이었다. 그러나 1960년에는 여름에 실시되었고, 1963년에는 겨울에 실시되었으며, 1967년과 1971년에는 다시 봄에 실시되었다. 또한 1985년에는 추운 겨울에 실시되어 선거일이 들쭉날쭉하다. 그러나 1987년 민주화 이후에는 국회의원 선거일이 모두 봄에 실시되고 있으며 1994년 통합선거법에 따라 선거일이 법정화된 이후에는 모든 선거일이 4월경에 실시되고 있음을 확인할 수 있다. 국회의원 선거에서 날씨는 비가 오는 날, 맑은 날, 흐린 날 등 다양한 형태로 나타나고 있다.

[표 2] 역대 대통령선거 결과와 날씨

연월일	대통령선거	투표율	당선자	날씨	기온	비고
1948-07-20	1	99	이승만	비	19도-31도	간선
1952-08-02	2	88.1	이승만	맑음	19도-30도	직선
1956-05-15	3	94.4	이승만	맑음	9도-22도	직선
1960-03-15	4	97	이승만	맑음	영하1도-9도	직선
1963-10-15	5	85	박정희	맑음	8도-22도	직선
1967-05-03	6	83.6	박정희	맑음	9도-22도	직선
1971-04-27	7	79.8	박정희	맑음	8도-24도	직선
1972-12-23	8	100	박정희	흐림	3도-8도	간선
1978-07-06	9	99.9	박정희	비	22도-26도	간선
1979-12-06	10	99.6	최규하	흐림	2도-6도	간선
1980-08-27	11	99.4	전두환	비	19도-24도	간선
1981-02-25	12	99.9	전두환	흐림	영하6-13도	간선
1987-12-16	13	89.2	노태우	흐림	영하4도-4도	직선
1992-12-18	14	81.9	김영삼	맑음	영하4도-4도	직선
1997-12-18	15	80.7	김대중	흐림	5도-9도	직선
2002-12-19	16	70.8	노무현	맑음	영하1-9도	직선
2007-12-19	17	63	이명박	흐림	영하3-5도	직선

출처: 중앙선거관리위원회 역대선거정보, 기상청 홈페이지 기상자료

* 기상자료는 서울지역의 정보임.



[표 3] 역대 국회의원 선거 결과와 날씨

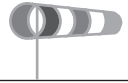
연월일	국회의원선거	투표율	날씨	기온
1948-05-10	1	96.5	대체로 비	11도-22도
1950-05-30	2	91.9	대체로 맑음	17도-34도
1954-05-20	3	91.1	대체로 맑음	15도-28도
1958-05-02	4	90.7	맑음	7도-18도
1960-07-29	5	84.3	비	25도-32도
1963-11-26	6	72.1	흐림	영하3도-2도
1967-06-08	7	76.1	흐림	15도-23도
1971-05-25	8	73.2	맑음	13도-23도
1973-02-27	9	71.4	흐림	영하2도-7도
1978-12-12	10	77.1	흐림	0도-8도
1981-03-25	11	78.4	비	1도-7도
1985-02-25	12	84.6	맑음	영하9-1도
1988-04-26	13	75.8	맑음	8도-20도
1992-03-24	14	71.9	약간 비	5도-8도
1996-04-11	15	63.9	맑음	1도-10도
2000-04-13	16	57.2	흐림	9-18도
2004-04-15	17	60.6	대체로 맑음	10-21도
2008-04-09	18	46.1	비	9-16도

출처: 중앙선거관리위원회 역대선거정보, 기상청 홈페이지 기상자료

* 기상자료는 서울지역의 정보임.

날씨는 유권자의 선택행위에도 영향을 미칠 수 있지만 선거관리 행정에도 영향을 미칠 수 있다. 과거에 날씨와 관련된 선거관리사례를 몇 가지 소개하면 다음과 같다. 대표적인 예로 나쁜 기상여건으로 인하여 투표함의 수송이 지연되거나 투표함 운반차량 등의 교통사고를 들 수 있다. 제7대 대통령 선거 때에는 신안군 임자면 및 지도면 투표함 17개를 실은 세종호 선박이 선거일 다음 날인 1971년 4월 28일 만조 시까지 뱃에 박혀 운항이 불가능 하였다. 이후 같은 날 오후 1시 이후 만조가 되어서 뱃에 박힌 선박이 부상하여 투표함을 수송하여 개표장에 접수시킴으로써 개표가 지연된 사례가 있었다. 또한 제15대 국회의원 선거 때에

는 전북 군산시 을 선거구에서 옥도면 개야도에 설치된 투표소 투표함을 선박으로 이송하던 도중 스크류가 페어망에 걸려 움직이지 못하다가 날이 어두워지고 파도가 높아져 개야도로 다시 이송하였다가 다음 날 군산시에 있는 개표소로 이동한 사례가 있었다. 강원 산간 지대에는 투표함 운반차량의 교통사고가 발생한 경우도 있다(대한민국 선거사, 6집:282). 1991년 구시군의원선거에서 강원도 영월군에서는 투표함을 개표소로 운송한 후 돌아가던 도중 차량이 노면 결빙으로 말미암아 전복하는 사고가 발생하였다(대한민국 선거사, 5집:231). 이처럼 기상으로 인하여 선거관리 행정에 차질을 빚는 사례는 앞으로도 반복될 수 있으



로 서남해안의 도서지역이나 강원 산간지역의 선거관리를 담당하는 기구는 보다 정확하고 차별화된 기상정보가 제공될 필요가 있다.

V. 향후 과제와 시사점

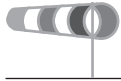
앞에서 날씨와 선거의 관계에 관하여 유권자의 선택행위, 공직 선거법 규정 그리고 과거의 선거결과 및 선거관리 사례를 중심으로 고찰하였다. 날씨는 합리적 유권자가 선거에 참여 여부를 결정하는 비용에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서 투표에 대하여 공적 의무감이 약한 유권자일수록 날씨가 선거참여에 더 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다. 특히, 정치에 대한 불신과 투표율이 하락하는 우리나라의 상황에서도 이러한 결과가 타당할 수 있는 가능성이 있음을 제시하였다. 또한 현행 공직선거법은 날씨와 관련된 여러 가지 규정을 두고 있으며 집권자에 의하여 공직 선거일이 자의적으로 설정되는 것을 차단하고 천재·지변으로 인한 선거관리의 차질을 방지할 수 있는 규정들을 두고 있다. 과거의 선거를 살펴볼 때 아직까지 기상재해 때문에 선거관리에 큰 차질을 빚은 사례는 발견되지 않았다. 그러나 지구온난화로 인하여 기후변화가 심각한 미래에는 폭설, 폭한, 홍수 등이 선거에 미칠 수 있는 가능성이 충분히 있다. 현행 대통령 선거는 12월이라는 한겨울에 실시되고 있으나 기상재해가 발생할 가능성이 적은 10월 또는 11월경으로 일자를 변경하는 것도 생각해 볼 수 있다.

유권자가 주권을 행사하는 선거가 축제의 장으로서 안전하게 실시될 수 있도록 향후 몇 가지 과제와 시사점

을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 기상청이 보다 선거관계자가 요구하는 기상정보를 맞춤형으로 제공하는 개선이 필요하다. 선거과정에서 날씨는 후보자, 유권자, 선거관리와 관련된 행정기관에 모두 영향을 미칠 수 있다. 후보자에게는 선거운동이 가장 중요하므로 선거운동기간 동안 지역별로 상세한 날씨 정보를 제공받을 수 있도록 하여야 할 것이다. 가급적이면 구·시·군별 기상정보를 상세하게 제공하고, 이를 기상청 홈페이지와 연결된 스마트폰 등으로 실시간으로 제공받을 수 있게 하면 좋을 것이다. 또한 유권자가 투표 당일 주권을 행사하는데 장애가 없도록 충분한 시일을 두고 투표 당일의 날씨 정보를 제공하며, 기상예보를 할 때 선거관리위원회와 협력하여 투표참여에 관한 안내를 할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 선거행정기구에 대해서는 투·개표와 관련된 선거준비에 있어 천재·지변 및 기타 기상악화에 미리 대비하기 위하여 기상청과 상호협력 체계를 구축하고 날씨에 따른 사건·사고를 미연에 방지할 수 있어야 한다.

둘째, 날씨에 상대적으로 영향을 받지 않는 새로운 선거운동 및 투·개표방법의 개발도 필요하다. 대표적으로 방송이나 인터넷을 이용한 선거운동을 들 수 있다. 이러한 선거운동은 보다 저렴한 비용으로 날씨에 영향을 받지 않고 전천후로 시행할 수 있다. 또한 투·개표에서도 안전성이 확보된다는 전제하에 전자투표나 인터넷 투표와 같은 방식을 도입한다면 날씨로 인한 선거관리의 영향을 보다 줄일 수 있을 것이다.

셋째, 날씨로 인하여 투표참여에 부정적 영향을 받는 유권자들은 주로 교육 수준이 낮거나 공익적 마인드가 약한 유권자들이므로 이들에 대한 민주시민교육



을 체계적으로 실시할 필요가 있다. 또한, 투표참여를 높이기 위한 인센티브제, 의무투표제(compulsory voting) 등 다양한 대안들의 장·단점을 면밀하게 검토하여 우리나라의 현실에 적합한 대안을 도입하여야 할 것이다.

참고문헌

조성대. (2006). 투표참여와 기권의 정치학. 한국정치학회보, 제40집 제2호, 51-74.

중앙선거관리위원회. 대한민국 선거사. 1-6집.

기상청 홈페이지 기상정보 (<http://www.kma.go.kr/weather/observation/currentweather.jsp>)

중앙선거관리위원회 역대선거정보 (http://www.nec.go.kr/nec_new2009/InsStatisticData.do?module=NEC)

Campbell, Angus, Philip E. Converse, Warren E. Miller, and Donald E. Stokes, (1960), The American Voter, John Wiley & Sons, Inc.

Converse, Philip, (1964), The Nature of Belief System in Mass Publics, In Ideology and Discontent, (ed.) David E. Apter. London: Collier-MacMillan.

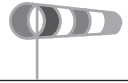
Downs, Anthony, (1957), An Economic Theory of Democracy, New York: Harper & Row.

Knack. (1994). Does Help the Republicans? Theory and Evidence on Turnout and the Vote. Public Choice, Vol. 79(1/2):187-209.

Larzarsfeld, Paul, Bernard Berelson, Hazel Gaudet, (1944), The People's Choice, New York: Duell, Sloan, and Pearce.

Mishler, William. (1979). Political Participation in Canada. Toronto: Macmillan of Canada.

Riker, William H. and Peter Ordeshook, (1968), A Theory of the Calculus of Voting, American Political Science Review 62, March, p. 25-42.



기후변화와 문학

신문수

서울대학교 영어교육과 교수

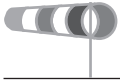
비람아 불어라, 땀 터지게! 사납게 불어라!
 하늘과 바다의 폭풍우야, 침탑들이 잡기고
 풍향계가 다 빠질 때까지 내뿜어라!
 참나무 쪼개는 벼락의 선구자,
 생각보다 더 빠른 유행색 번갯불아,
 내 흰 머리 태워라! 만물을 뒤흔드는 천둥아,
 둥글게 짝 찬 세상 납작하게 깨부숴라!
 - 『리어 왕』, III. 2. 1-7

최근의 빈번한 기상 이변은 이제 예외적 현상이라기보다는 일상화된 현실이 되고 있다. 우리 삶의 터전인 지구는 오늘날 이른바 소비하기(대략 1300~1850년)를 거친 후 150 여 년에 걸쳐 진행되어온 온난화의 극점에 이른 듯하다. 통계에 의하면 1880년 이래 지구 연평균 기온이 가장 높았던 10년의 해가 모두 1998년 이후에 집중되어 있고, 21세기로 들어선 지난 10년

동안 500명 이상의 사망자 또는 5억 달러 이상의 재산 피해가 발생한 대형 기상이변의 발생 건수가 1980년대에 비하여 2배 수준으로 증가했다. 한국의 경우도 예외가 아니다. 통계 작성이 시작된 1916년 이래 이상 기상현상으로 인해 연간 재산 피해액이 가장 컸던 열 번 중 여섯 번이 2001년 이후에 몰려 있다.¹⁾ 이런 통계 수치는 온난화의 추세를 멈추게 하지 못하는 한 인류는 날로 심각해지는 기상재해를 감수해야 할 것이라는 암울한 전망을 하지 않을 수 없게 만든다.

지구 온난화와 기상 이변의 이 같은 밀접한 상관성 앞에 최근의 기후현상이 아무리 비정상적인 것으로 비쳐더라도 여전히 자연적 과정의 일환일 뿐이라는 과학계 일각의 주장은 이제 설 땅을 잃고 말았다. 지구촌 곳곳

1) 박환일, 『불편한 진실 Revisited』 1-4 참고.

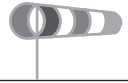


을 기습하고 있는 기상 이변은 자연을 지속적으로 피폐시키고 화석 연료를 과다하게 사용해온 오늘의 소비 자본주의 문명에 의해 야기된 것이라는 사실을 부인할 수 없게 만들고 있기 때문이다. 전 세계가 지구온난화를 가속화시키는 이산화탄소 배출을 자율적으로 규제할 필요성에 동의하고 있는 것도 이런 인식의 소산일 것이다. 지구공동체의 일원으로서 우리는 이제 기후 변화를 완화시킬 수 있는 생활방식을 모색하고 거기에 합당한 사회적 체계의 구축을 절실한 과제로 떠안고 있다. 예컨대 화석 연료에 의존하는 삶의 방식의 변화, 이산화탄소의 배출을 조정하는 육류 소비의 절감, 이산화탄소를 흡수할 수 있는 숲의 조성 등이 그 과제를 이행하고자 하는 노력에 포함될 수 있을 것이다. 이러한 실제적 노력 못지않게 중요한 것이 자연과 인간의 관계에 대한 반성적 성찰과 그것에 입각한 새로운 사회적 규범의 확립이다. 일찍이 엘도 레오폴드(1949)는 동식물뿐만 아니라 공기, 물, 토양을 포함한 물리적 환경도 생명공동체에 포함시키고, 인간은 이 생명공동체의 지배자가 아니라 평범한 시민의 일원으로 인식하는 '대지윤리(land ethic)'를 주창한 바 있는데(Leopold 1949), 가령 이 같은 윤리적 태도의 내면화 또한 전자의 실천을 위한 밑바탕으로서 중요하다. 기후변화를 야기하는 물리적 변인만을 고려하는 실용주의적 태도만으로는 문제 해결에 이를 수 없다는 것이 지금까지의 역사적 경험으로 자명해졌기 때문이다. 기후변화에 대한 인문적 조망이 필요한 것은 바로 이 때문이다.

I. 물리적 환경과 문학

근래의 급격한 기후변화와 그로 인한 심각한 피해는 자연 환경이 인간사의 불변적 배경이 아니라 그 변화의 중요한 변인일 수 있음을 새삼 환기시킨다. 근래에 주목을 끌고 있는 환경사 혹은 생태문화사는 이런 관점에서 자연 환경을 역사적 변화의 중요 동인으로 고려하여 역사와 문명의 변화를 새롭게 볼 필요성을 제기해 왔다. 그 밑바탕에는 무엇보다 자연이 인간의 정신세계와 유리된 별개의 대상이나 추상적 생태 체계가 아니라 인간의 인식과 의식 작용에 영향을 미치는 중요한 요소로 간주될 수 있다. 더불어 인간 또한, 크로스비(Alfred Crosby)가 환기시키고 있듯이, '수천 년 동안 동료 생명체들에게 영향을 미치고 또 영향을 받으며 살아온 이 지구상에 존재하는 생물학적 존재(크로스비, 2006)'라는 생각이 깔려 있다. 영국의 환경사가인 데이비드 아널드(2006)는 생물학적 존재로서의 인간과 자연의 내밀한 관계에 주목하는 환경사의 주제 영역을 구체화하기 위하여 아래와 같이 세 가지로 나누는 바 있다: 첫째, 환경이 인간 사회와 그 문화적 혹은 물질적 조건을 어떻게 변화시켜 왔는가? 둘째, 인간이 자연을 형성하고 변모시키는 데 어떤 역할을 했는가? 셋째, 이런 과정에서 형성되고 변모한 자연관과 그것이 역사와 문화에 대한 인간 인식에 끼친 영향을 탐구한다.²⁾ 요컨대 생태환경사는 문명의 발전과 역사적 변화의 주체를 전적으로 인간에 국한시키는 시각에서 벗어나 인간이 서식하는 자연 환경 또한 인간의 인식, 가치 체계, 종교, 더 나아가 사회 구조의 형성에 영향을 끼쳤다는 확장된 역사관을 그 기저로 삼는다.

2) 『인간과 환경의 문명사』 26; 김기봉 31 참조.

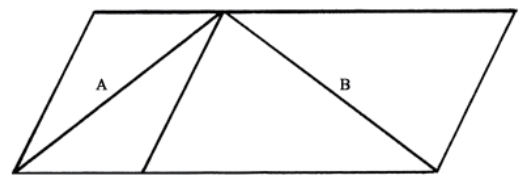


기후변화와 문학의 연관성도 이런 맥락에서 찾아진다. 다시 말해 기후변화에 대해 문학연구자들의 일차적 관심은 문학작품의 배경을 이루는 물리적 환경의 중요성을 새롭게 인식함으로써 작품 이해의 지평을 확대해자는 취지에서 비롯된다. 그것은 문학 작품을 통하여 생명의 소중함을 환기시키고, 자연에 대한 외경심을 일깨우며, 이를 바탕으로 인간과 자연의 관계를 재정립함으로써 환경 위기를 극복하고자하는 시대적 요구에 부응하여 태동한 문화생태학의 주제적 관심사의 일부이기도 하다. 그동안 문학에서 삶의 환경은 인물의 행동과 사건이 펼쳐지는 무대임에도 불구하고 별로 주목을 받지 못해 왔다. 특히 인간의 사회적 관계에 초점을 맞춘 리얼리즘 문학이나 인간의 내면세계의 묘사에 관심을 기울였던 모더니즘 문학에서 물리적 배경은 작품 구성의 부차적 요소로 간주되었을 뿐이다. 그러나 근대 이전의 설화나 서사문학, 비극, 혹은 근대에 주목을 받고 있는 지방색(local color) 문학으로 시선을 돌린다면 사정은 다르다. 여기에서 자연 환경과 대지는 나날의 삶을 추동하면서 인간의 내밀한 정서와 상상력을 빚어내는 근원적 힘으로 나타난다.

일찍이 야성의 자연 속에서 삶의 활력을 찾고자 했던 로렌스(D. H. Lawrence)는 선배 소설가 토마스 하디(Thomas Hardy)의 문학 세계에서 진정한 주인공은 인물들이라기보다는 그들의 비극적 삶을 주형하는 웨섹스의 황야, 이그돈 히스(Egdon Heath) 그 자체라고 지적한 적이 있다. 이는 토마스 하디의 소설에만 국한되는 것이 아니다. 예이츠(William Butler Yeats)의 시문학에서 그의 고향 슬라이고나 조이스(James Joyce)의 소설에서 더블린은 단순한 물리적 배경으로 그치지 않는다. 그것은 이들의 문학적 상

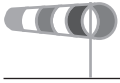
상력이 펼쳐지는 무대이면서 동시에 그것을 주형하고 채색하는 원천이다. 마찬가지로 마크 트웨인(Mark Twain)의 미시시피 강, 포크너(William Faulkner)의 요크나퍼토파 카운티, 윌라 캐더(Willa Cather)의 황량한 네브라스카 평원, 박경리의 평사리는 그 문학 세계의 궁극적인 모습을 결정짓는 운명과도 같은 공간인 것이다.

이-프 투안(1974)과 같은 현상학적 지리학자는 인간의 사고와 의미의 조직화가 특정 장소들과 밀접하게 관련되어 있음을 말한 적이 있다. 특히 어린 시절의 장소 체험은 성인이 된 후의 인식과 사고 작용을 규제하는 근본 바탕이 된다. 이프-투안은 예컨대 직선과 각도가 첨예한 사물들이 많은 환경, 이른바 ‘목공적 세계(carpentered world)’에서 성장한 사람은 그렇지 않은 형상 역시 그런 규격화된 사물로 인식하는 경향을 보인다는 점을 지적하고 있다. 잘 알려진 대로 ‘샌더 평행사변형의 착시 현상(Sander Parallelogram Illusion)’은 인간의 사물 인식이 환경에 영향을 받을 수 있는 점을 환기시키는 또 다른 예이다[그림 1].



[그림 1] 샌더의 평행사변형

위 평행사변형에서 대각선 A와 B는 그 길이가 동일하지만, 면적이 넓은 평행사변형 속의 B가 A보다 길게 보인다. 아프리카의 평원에 사는 부쉬맨 부족의 경



우 시각이 특히 발달되어 있고, 변화가 별로 없는 설원에 사는 에스키모인의 경우 후각과 촉각이 남달리 예민하다는 것도 마찬가지로 관점에서 설명된다. 이프-투안은 또한 열대우림 지역에 사는 부족들의 세계관, 평원 지역에 사는 부족들의 세계관, 그리고 숲과 평원의 경계 지역에 사는 사람들의 세계관이 각각 서로 다른 것도 그들을 둘러싼 물리적 환경의 차이에서 기인함을 밝히고 있다. 이처럼 물리적 환경은 인간의 지각과 태도, 더 나아가 세계관의 형성에까지 영향을 미칠 수 있다.³⁾

지각 심리학 또한 인간의 지각이나 상상 행위에 작용하는 '원소적 바탕(the elemental background)'을 주목해 왔다. 인간의 세계 체험에서 가장 중요한 바탕을 이루는 것은 하늘, 대지, 비, 눈, 햇빛과 같은 원소적 현상이다. 이런 근원적 체험은 기억 속에 저장되어 인식과 상상력의 바탕으로 작용한다. 근대 서양의 풍경화는 회화적 상상력에서 이런 원소적 바탕이 얼마나 중요한 것인지를 극명히 보여주는 사례이다. 원소적 체험을 근대의 풍경화를 창출한 회화적 상상력으로 전환시키는 결정적인 계기를 제공한 인물이 바로 근대 기상학의 아버지인 루크 하워드(Luke Howard)였다. 1801년에서 1841년까지 런던의 기상 상태를 꼼꼼히 기록함으로써 기상학의 정초를 마련한 하워드는 무정형의 구름을 린네의 식물 분류법을 원용하여 오늘날 우리가 알고 있는 난운, 층운, 적운, 권운 등으로 분류한 장본인이다. 그의 구름 분류 덕분에 컨스터블(John Constable)과 같은 화가는 그림 낀 하늘의 풍경을 화폭에 재현할 수 있었고, 괴테를 통해 하워드의

『구름의 변형에 관하여(Essay on the Modification of Clouds)』라는 글을 접한 1820년대의 독일 드레스덴 파 화가들 역시 풍경화의 세계를 새롭게 열어 나갈 수 있었으며, 러스킨(John Ruskin)은 이를 길잡이로 근대 풍경화 이론을 정립할 수 있었다(Novak 1980).

기상학적 비전은 이처럼 문학과 예술 창조를 자극하는 중요한 원천이었다. 낭만주의 시인 셸리(Percy B. Shelley)가 1820년에 발표한 『구름(The Cloud)』이라는 시도 하워드의 영향이 뚜렷한 작품이다.

구름

나는 목마른 꽃들에게 시원한 소나기를 가져다줍니다.
바다와 강으로부터

나는 나뭇잎들이 한 낮의 꿈에 젖어 있을 때
어스름 그늘을 제공해줍니다.

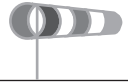
나의 날개로부터 이슬방울이 떨어집니다.
향긋한 꽃봉오리를 하나하나 깨우는,

마치 태양을 향해 춤을 추듯이
어머니의 가슴 속에서 안식을 취하며 흔들거릴 때,

나는 쏟아지는 우박의 도리깨를 휘둘러
푸른 초원 아래를 하얗게 만들어 버립니다.

그런 다음 그것을 다시 비로 녹여 버리고
천둥 속을 지나면서 웃음을 터뜨립니다.

3) Topophilia 제7장, "Environment, Perception, and World Views" 참조.



I bring fresh showers for the thirsting flowers,
 From the seas and the streams; I bear light
 shade for the leaves when laid
 In their noonday dreams.
 From my wings are shaken the dews that waken
 The sweet buds every one,
 When rocked to rest on their mother's breast,
 As she dances about the sun.
 I wield the flail of the lashing hail,
 And whiten the green plains under,
 And then again I dissolve it in rain,
 And laugh as I pass in thunder.

낭만주의 시인 가운데 셸리는 누구보다도 당대의 과학 사상에 밝은 인물이었다. 그는 데이비(Humphry Davy), 다윈(Erasmus Darwin) 그리고 갈바니(Luigi Galvani)와 같은 당대의 저명한 과학자들의 책을 탐독했다. 이 시에서도 그는 구름의 다양한 모습과 기능 그리고 액체에서 수증기로 변했다가 다시 비가 되어 떨어지는 일련의 순환상을 의인화 시켜 형상화하고 있다. 모두 6련으로 구성되어 있는 이 시의 첫련에 해당하는 인용 부분에서 특히 인상적인 것은 자연 속의 꽃과 나무들에게 '시원한 소나기'라는 자양을 제공하고 한낮에는 '그늘'을 만들어주어 이들을 보살피는 부드러운 모성적 이미지와 더불어 그것과 정반대로 대지를 도리깨질 하듯이 광폭하게 쏟아 내리는 우박과 그것을 다시 비웃듯이 녹여버리는 천둥치는 폭풍의 이미지를 대비시키고 있는 점이다. 구름에 대해 이러한 대조적 이미지는 시인이 나날의 기상 현상을 예사롭지 않게 체험했음을 암시한다.

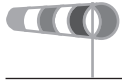
II. 기상학적 비전과 문학적 상상력

1986년 영국의 노동당 당수 마이클 풋(Michael Foot)은 핵무기 감축 캠페인을 벌이면서 바이런이 1816년에 발표한 『어둠(Darkness)』이란 시를 인용한 적이 있다. 저널리스트로서 정치에 입문한 뒤 꾸준히 저술 활동을 하면서 의원 생활을 해온 풋은 바이런의 전기를 쓰기도 했는데, 핵전쟁 후 핵폭발로 방출된 방사능 재가 성층권으로 올라가 태양 빛을 차단하는 결과가 도래한다는 이른바 '핵겨울(nuclear winter)'의 가공할 모습을 그리면서 특히 시의 끝 부분에 주목했다.

세상은 텅 비었다,
 일반 대중과 권력자들 모두--하나의 덩어리
 계절이 없고, 풀이 없고, 나무가 없고, 인간이 없고, 생명
 이 없으니,
 죽음의 덩어리--메마른 흙덩어리의 혼돈일 뿐이다.
 강, 호수, 바다도 모두 멈추어 섰다.
 그 고요한 심연에서 어떤 움직임도 찾을 수 없다.

The world was void,
 The populous and the powerful--was a lump,
 Seasonless, herbless, treeless, manless,
 lifeless--
 A lump of death--a chaos of hard clay.
 The rivers, lakes, and ocean all stood still,
 And nothing stirred within their silent depths;

풋은 핵무기가 확산되어 핵전쟁이 일어난다면 그 파국적 정황이 이 시가 표현하고 있는 암울한 종말론적 비



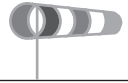
전과 흡사할 것이라고 경고하면서 ICBM과 같은 핵미사일을 비롯한 핵무기 체제 폐기의 필요성을 역설했다. 인용 부분에서 특히 주목되는 것은 생명이 사라진 종말론적 파국 앞에서는 빈부와 귀천이 따로 없다는 점의 지적이다. 독일의 사회학자 울리히 벡(1997)은 고도의 기술문명을 성취한 오늘의 사회에 뒤따르는 예측할 수 없는 부작용에 노정되어 그 스스로를 보호할 수 없는 '위험사회'라고 진단하고, 이런 사회에서는 빈부의 차이나 계급의 상하에 상관없이 모두가 그 재해의 희생자가 될 수 있음을 경고한 적이 있다. 이 암울한 시에서 바이런은 흥미롭게도 일반 대중이나 권력자들 모두가 생명의 파국을 맞은 재앙 앞에 속수무책인 무력한 혼돈의 '덩어리'일 뿐이라고 말하고 있다. 이런 점에서도 『암흑』이 핵 재앙에 노정되어 있는 지구촌 사회의 파국을 선견지명으로 그려내고 있다는 뜻의 주장은 나름 정당성을 지닌다 하겠다.

물론 바이런이 핵무기의 등장을 예견하고 이 시를 쓴 것은 아닐 것이다. 그렇다면 바이런의 문학 세계는 물론 낭만주의 문학을 통틀어서도 가장 암울한 시 작품이라고 할 수 있는 『암흑』을 빚어낸 궁극적 동인은 무엇인가? 혹자는 이 시가 1816년 여름, 제네바에서 쓰여진 점에 주목하여 시가 표현하고 있는 암울한 비전을 결혼의 파탄과 스캔들로 인해 영국 사회에서 쫓겨나다시피 제네바로 떠난 직후 바이런의 우울한 심사의 발현으로 보았다. 전기적 사실보다는 문학의 내재적 전통을 중시하는 연구자들은 그것을 성경의 묵시록적 비전과 연관시키기도 하고, 그 당시 널리 읽히고 있던 프랑스 소설가 쿠생(Cousin de Grainville)의 『최후의 인간(The Last Man)』, 루이스(M. G. Lewis)의 고딕 소설 『수도사(The Monk)』, 뷔퐁(Buffon)이

나 폰트넬(Fontenelle)의 박물지, 혹은 더 소급해서 로마의 루크레티우스(Lucretius)가 쓴 『자연의 본성에 관하여(De rerum natura)』 등과 같은 텍스트의 영향을 언급하기도 했다(Bate, 2000).

최근에 영국의 생태문학자인 조나단 베이트(Jonathan Bate)는 태양이 사라져 버린 '꿈 아닌 꿈같은 현실'에 대한 소묘로 시작되는 이 시의 암울한 정황을 비유가 아니라 사실적인 묘사라고 주장하면서 그 근거로 당시의 기상 자료를 제시하고 있다: "1816년 스위스에서 4월에서 9월까지 183일 중 130일 동안 비가 내렸다. 그 해 7월 스위스의 평균 기온은 1807~1824년 간의 평균 기온에 비해 4.9°F가 낮았다... 이는 런던에서도 마찬가지였다. 그 해 7월 런던에는 18일 동안 비가 내렸고, 21°C 이상인 날은 단 하루였다. 그 전에는 비가 온 날이 단 3일에 불과했고, 기온도 21°C 이상인 날이 19일이었다. 1816년 8월에 21°C 이상인 날은 2일에 불과했다(Bate, 2000). 고기후학자들은 이처럼 온 여름동안 비가 줄곧 내리고 기온이 곤두박질 치는 이상 기후가 유럽과 북아메리카 전 지역에 지속된 것을 자료를 통해 확인하고 1816년을 '여름이 없는 해(the year without a summer)'로 불러왔다. 바이런 자신도 이 무렵 영국의 한 지인에게 보낸 편지에서 "이런 끔찍한 연무-안개-비 그리고 영속적 일 것 같은 칙칙함"이 지속되고 있음을 언급하고 있다(Bate, 2000). 이런 이상 저온 현상은 3년이나 지속된 후 1819년에 가서야 정상을 되찾았다.

그 당시 유럽은 1815년 나폴레옹 전쟁의 종결로 평화를 되찾긴 했지만 그 후유증으로 사회적 불안이 가지 않은 상태였다. 퇴역병이 거리에 넘쳐났고 군수 산



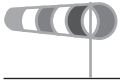
업의 쇠퇴로 대량 실업이 발생하고 그로 인해 결식 가정이 늘고 있었다. 이런 상황에서 기상 이변으로 그 해 가을에 흉작이 들면서 주식인 곡물과 빵 가격이 급등했다. 브라이언 페이지(2002)이 전하는 이 시기의 비참한 사회상은 자급자족적 생계형 농업이 주종을 이루었던 근대 농경 사회가 기후 변화에 얼마나 취약한지를 여실히 드러낸다.

1816년 5월 동안 잉글랜드 동부에 과도한 비가 내린 후 곡물 가격이 급등하고 농촌 고용이 줄어들었다. 해고된 농장 노동자들이 농장주의 집을 습격하고 약탈했다. 창고에 불을 지르고 곡물을 꺼내갔다. 창으로 무장하고 ‘빵 아니면 피라’고 쓴 깃발을 들고 행진했다. 그들은 빵 값 인하를 요구하다가 진입 군대가 가담자를 사형에 처할 수 있는 폭동진압법을 낭독하자 비로소 해산했다. 그 해 여름은 조용했다. 그러나 연이어 흉년이 들고 물가가 오르자 더 많은 사건이 일어났다. 스코틀랜드의 던디에서는 2천명의 군중이 1백여 개의 상점을 기습하여 약탈해갔고 한 곡물 상인의 집에 불을 질렀다. 질서 회복을 위해 또다시 군대가 동원되었다(페이지, 2002).

기근으로 굶주림이 지속되면서 많은 사람이 영양실조로 쓰러졌고 질병이 창궐했다. 예컨대 1817~1818년 동안 아일랜드에서는 85만 명이 장티푸스로 사망했다. 스위스의 경우 1816년의 사망률이 1815년에 비해 8%가 증가했고, 1817년에는 수치가 무려 56%로 증가했다. 이 무렵 일어난 러다이트 운동은 무역과 제조업의 불경기, 그로 인한 대량 실업 못지않게 이 같은 지속적인 기근이 중요한 동인이었다. 생존의 위기는 또한 유럽 전역에 이민 바람을 일으켜 많은 사람들이 아메리카 대륙으로 이주하는 계기가 되기도 했다.

자연에 의존해야 했던 근대 농경사회에서 기후 변화는 이처럼 사회 전반에 심원한 영향을 끼치는 중요한 변인이었다.

1816년을 여름 없는 해로 만든 이상 저온 현상의 원인은 무엇인가? 당대의 사람들은 태양 흑점의 증가를 주목했다. 신문은 육안으로도 볼 수 있는 큰 흑점이 목격되었다고 보도하면서 태양열의 감소로 자연이 시들고 지구가 종국을 맞이할지 모른다는 과학자들의 우려를 전했다. 그 후 설왕설래가 많았지만 보다 설득력 있는 설명은 거의 한 세기가 지난 1913년 미국의 기상학자 윌리엄 험프리스(William J. Humphreys)에 의해 제시되었다. 그는 화산 폭발로 분출된 화산재가 성층권으로 올라가 두터운 띠를 형성하여 지구 주위를 돌면서 장기간 지구로 입사되는 태양열의 흡수를 감소시킴으로써 이상 저온 현상을 야기한다는 것을 밝히고, 거대한 화산 폭발은 국지적인 문제가 아니라 전 지구적 재앙을 부를 수 있다고 주장했다(Clubbe, 1991). 그리하여 1816년 여름의 기록적인 저온과 이어진 냉해는 1815년 인도네시아 동자바 지역의 슌바와 섬의 탐보라 화산 폭발이 직접적인 원인이라는 것이 밝혀졌다. 탐보라 화산 폭발은 지난 400여 년 동안 있었던 화산 분출 중 가장 강력한 것이었다. 화산재의 분산 규모에서 탐보라 화산은 지구 일사량을 15~20%나 감소시킨 것으로 조사된 1883년의 크라카타우아 화산 폭발을 훨씬 능가했고, 1980년의 세인트 헬렌스 화산 폭발의 100 배에 해당되었다. 게다가 그 전해인 1814년 필리핀의 마운 화산의 대규모 폭발, 1812년 카리브 해 세인트 빈센트 섬의 수프리에르 화산 폭발이 있는 직후여서 그 폐해가 가중되었을 것으로 추정된다(페이지, 2002).



1816년의 이상 저온은 1819년에 가서야 정상을 회복했다. 조나단 베이트는 키츠의 유명한 시『가을에게 (To Autumn)』도 오랜만에 정상을 되찾은 화사하고 따뜻한 날씨에 대한 사람들의 안도감과 환희와 연관시켜 이해할 것을 주문하고 있다.

안개와 무르익은 결실의 계절,
성숙시키는 태양의 절친한 친구여,
태양과 공모하여 초가지붕 처마를 감은 포도 덩굴을
열매가 넘치도록 축복하고,
이끼 낀 오두막집의 나무들을 사과들로 휘어지게 하고,
모든 열매를 속까지 짝 차게 익도록 하고,
박을 부풀게 하고, 개암 열매를
달콤한 속살로 살찌우고, 늦게 피는 꽃들을
꿀벌을 위해 더욱 화사하게 피어나게 하고,
꿀벌들이 따뜻한 날이 결코 그치지 않으리라 생각할 때까지,
여름이 끈적끈적한 벌집을 넘쳐흐르도록 했기에.

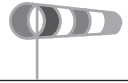
Season of mists and mellow fruitfulness,
Close bosom-friend of the maturing sun;
Conspiring with him how to load and bless
With fruit the vines that round the thatch-eaves run;
To bend with apples the moss'd cottage-trees,
And fill all fruit with ripeness to the core;
To swell the gourd, and plump the hazel shells
With a sweet kernel; to set budding more,
And still more, later flowers for the bees,
Until they think warm days will never cease,
For summer has o'er-brimm'd their clammy cells.

이 시를 쓴 직후인 1819년 9월 21일, 키츠는 친구 레

놀즈 (J. H. Reynolds)에게 “계절이 이제 얼마나 아름답다운가, 대기는 얼마나 청량한가”라고 찬탄하는 편지를 써 보냈다. 그렇지만 이 해에 키츠는 실상 경제적으로 쪼들리고, 건강이 약화되어가서 어려움이 많았다. 그 전 해 11월 둘째 동생 톰 키츠가 폐결핵으로 사망하는 슬픔을 겪었고 이 시를 쓴 일 년 반 뒤인 1821년 2월 23일 그 역시 폐결핵으로 사망하게 된다. 그럼에도 불구하고 『가을에게』에는 그런 개인적 슬픔과 고통의 흔적을 찾을 수 없다. 시인의 눈은 풍요한 결실의 계절을 장식하는 과일과 나무 열매와 꽃과 벌이 서로 어우러져 조화를 이루고 있는 모습을 드러내고 있다. 『가을에게』는 일부 비평가들이 지적하듯이 1810년대 섭정 시대 (Regency Era)의 불안한 사회상으로부터 등을 돌린 시인의 도피적 환상의 소산이 결코 아니다. 자연과 생명체가 상호동화하는 모습을 연출하고 있는 그 정경은 3년여의 음침한 날씨로 어찌면 병이 깊어가고 있었던, 그리하여 화사한 날씨의 지복을 누구보다 절실히 갈구했을, 시인이 오랜만에 맞은 ‘정결한 날씨’와 되찾은 ‘다이애너와 같은 하늘(Dian skies)’에 대한 찬사이다. 기상 자료는 그 해 영국의 날씨에 대해 8월 7일에서 9월 22일까지 47일 동안 38일이 화창했고, 9월의 평균기온도 전년도의 14℃에 비해 4℃나 높은 18℃였음을 밝히고 있다(Bate, 2000).

III. 맺음말

1816년의 이상 기후는 어느 한 지역의 환경 변화가 그로부터 동떨어진 다른 지역에 뜻밖의 영향을 미칠 수 있는 이른바 '나비 효과'의 극단적 사례라 할 수 있다. 지구 온난화, 황사 현상, 오존층의 파괴와 같은 오늘



날 우리가 당면하고 있는 환경 문제의 상당 부분이 상상 이와 같은 나비 효과의 소산이라는 점에 문제의 심각성이 있다. 우리는 지구가 하나의 단일한 공동체라는 거시적 시각과 범지구적 비전에 입각한 사고와 행동을 요청하는 시대에 살고 있다. 이런 시대적 요구가 지금까지 살펴보았듯이 자연과 인간의 관계에 대한 새로운 시각의 필요성을 제기한다고 하겠다.

세계가 날로 좁아지고 교류가 빈번해지면서 사람들은 정확한 기상 예보를 요구하지만 예측은 종종 빗나간다. 기상 예보의 정밀성에 대한 사회적 요구는 자연을 통제하고 정복하고자 하는 또 다른 표현이라고 말할 수 있다. 기상 위성을 띄워 정보를 수집하고 대용량 컴퓨터를 비롯한 온갖 첨단 장비를 동원하여 기상 예측의 정확도를 높이고자 많은 노력을 기울여 왔지만 인간의 그런 노력을 비웃기라도 하듯 기상 이변은 끊이지 않고 있다. 그런 의미에서 기후변화는 자연 그 자체의 표상이요 메타포라고 말할 수 있다. 자연은 결코 정복될 수 없는 대상임을 기상 이변은 웅변으로 말해 주면서 인간에게 자연의 일원으로서 겸손할 것을 주문하고 있는 것처럼 보인다. 우리는 자연과 인간의 관계에 대한 반성적 성찰, 특히 자연을 대상적 존재로 보아온 이원론적 세계관과 그에 입각한 제반 사회적 관계의 변혁을 통한 보다 근본적인 사고방식과 생활태도를 정립하고 그것을 하나의 사회적 윤리로 내면화할 필요가 있다.

감각적 경험을 바탕으로 상상의 세계를 만들어갈 수밖에 없는 작가들에게 날씨와 기상 조건은 창작의 중요한 자극제라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 자연을 정복의 대상으로 보고 그것을 인간 문화와 별개의 영

역으로 간주해온 근대의 관행적 사고는 그 밀접한 연관성을 도외시해왔다. 이처럼 자연 세계로부터 눈을 돌림으로써 문학을 보는 지평도 좁아지고 그 결과 인간 삶의 이해 또한 부분적이고 편향적인 결과를 초래했다. 인간의 나날의 삶은 필경 자연과의 상호작용에서 이루어지는 것임을 상기시켜준 오늘날의 기상 이변은 이처럼 문학 작품의 이해와 감상에 새로운 창을 열어서 보여주고 있다.

참고문헌

김기봉, 2008: 「환경사란 무엇인가: 환경과 인간의 상호작용의 역사」, 『서양의 환경과 생태의 역사』, 한국서양사학회 제 12회 학술대회 논문집, 27-51.

데이비드 아널드, 2006: 『인간과 환경의 문명사』, 서미석 역, 한길사, 315pp. [David Arnold. *The Problem of Nature: Environment, Culture and European Expansion*. Cambridge: Blackwell, 1996].

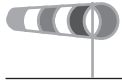
박환일, 2010: 『불편한 진실 Revisited』, 삼성경제연구소, 24pp.

브라이언 페이건, 2002: 『기후는 역사를 어떻게 만들었는가』, 윤성옥 역, 도서출판 중심, 371pp. [Brian Fagan. *The Little Ice Age: How Climate Change Made History 1300-1850*. New York: Basic Books, 2001].

앨프리드 W. 크로스비, 2006: 『콜럼버스가 바꾼 세계』, 김기윤 역, 지식의 숲, 424pp [Alfred W. Crosby. *The Columbian Exchange*. Westport: Praeger, 2nd Ed. 2003].

울리히 벡, 1997: 『위험사회: 새로운 근대(성)을 향하여』, 홍성태 역, 새물결, 384pp. [Ulrich Beck. *Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*. Frankfurt: Suhrkamp, 1986].

Bate, Jonathan, 2000: *The Song of the Earth*. Cambridge: Harvard University Press, 335pp.

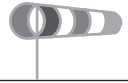


Clubbe, John, 1991: "The Tempest-toss'd Summer of 1816: Mary Shelley's Frankenstein." *The Byron Journal* 19: 26-40.

Leopold, Aldo, 1949: *A Sand County Almanac and Sketches Here and There*. Oxford University Press, 226pp.

Novak, Barbara, 1980: *Nature and Culture: American Landscape Painting 1825-1875*. New York: Oxford University Press, 329pp.

Tuan, Yi-Fu, 1974: *Topophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes, and Values*. Columbia University Press, 260pp.



기후 변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로)

오 성 남

연세대학교 대기과학과 지구환경연구소

snoh@yonsei.ac.kr

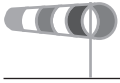
I. 요약

우리는 인류가 의도적이던 비의도적이던 간에 일으켰던 생존 양식으로서의 문화와 그로인해 발생된 문명들이 발달 과정에서 기후와 그 변동에 어떻게 의존했는가에 관심을 가진다.

기후 최적기와 인류의 최초 문명들이 한 시대에 출현한 것이 우연이라면 우연일 수도 있다. 적어도 60만년이 넘는 인류의 긴 여정에서 인류의 생존 양식은 60만년의 1%에도 못 미치는 5,500년의 짧은 역사를 가질 뿐이다. 석기시대 수메르인들이 문명을 일으킨 것이 최적 기후가 원인은 아닐지라도 최적의 기후가 그들이 문명을 일으킨 단초였음을 알 수 있다.

인류의 가치적 소산으로서의 종교, 철학, 예술 과학 뿐만 아니라 생활양식, 사고 등을 종합해 문화라 일컫는다. 세계의 문화는 기후조건에 따라 창조되어 왔고 기후의 변동을 극복하기 위하여 과학이 발전되어 왔다. 역사의 흐름 속에서 근세 문명의 대표지역인 유럽은 기후의 변동과 변화에 적응하지 못한 문화적 고통의 시대를 맞았고 기후에 적응하기 위하여 새로운 세계를 발견하였다. 기후의 변동을 극복하고자 일으킨 산업혁명은 오늘날 전대미문의 지구온난화를 초래하고 있다.

오늘날 과학의 발달과 경제적 풍요함은 로마시대의 풍요와 진배없다. 그러나 문화적 인간의 성숙이 없다면 부패와 타락과 오만함이 가득 한 어두운 세계가 됨을 과거로부터 볼 수 있다. 경제적 성장만큼이나 새로운



문화적 변화가 우리에게 절실하다. 우리는 기후의 변화가 인류의 문화적 문명사에 미친 영향을 역사적으로 새겨 봄으로써 향후 발생할 수 있는 기후변화에 적응하고 대응할 수 있는 문화적 지혜를 함양할 수 있겠다.

II. 서론

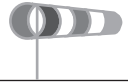
기후는 생물의 출현 이후 지금까지 생물의 진화를 지배해 왔으며 생물 진화에 궁극적인 역할을 해왔다 (Roberts, et al., 1997). 생물학적 진화는 다양한 주거환경들이 제공하는 가능성 안에서, 처음에는 서로 다른 유기체로 시작하여 후에는 서로 다른 동물로 믿기 힘들만큼 느리게 조금씩 전진하여 왔다. 인류와 그에 따르는 생물들이 서로 다른 문화를 가능케 한 결정적인 인자는 기후였다(김정우, 2009).

문명 이전에 사람(homo)이라 불릴만한 생명체들의 첫 흔적들은 3백만BP¹⁾ 경에 아프리카 올두바이에 나타났고, 최초의 농사는 1만1,000BP 시기에 남서 아시아 아부후리라에서 시작되었다. 그러나 첫 문명은 5,500BP 쯤에 메소포타미아에서 나타났다. 공교롭게도 지난 3백만 년은 빙하기가 적어도 17~19번이나 나타났던 격동적인 기후 변동의 시기이다. 이 시기에 첫 빙하기는 3백만BP에 시작되었고, 마지막 빙

하기는 영저드라이아스(Younger Drays)와 함께 1만1,500BP에 끝났다. 그 반대로 지난 1만여 년은, 8,200BP에 출현한 한 미니 빙하기를 제외하면, 1,360~1,860AD 기간 동안의 소빙하기(Little Ice Age)를 포함하더라도 기후학적으로 매우 안정된 시기였다. 소빙하기는 900AD에서 1,300AD기간의 약 400년간의 기후가 상대적으로 따뜻하고 안정적이었던 중세온난기 이후 갑작스럽게 나타난 기후의 불안정한 한랭기의 시기를 의미한다. 고고학자인 브라이언 패이건(2004)에 따르면 20세기와 비교할 때 소빙하기 동안의 겨울철 기온 변동은 40~50%가 더 높았다고 한다. 즉, 소빙하기 기간 기후의 제일 큰 특징은 ‘불안정’이다. 이러한 소빙하기의 불안정적인 기후의 변동은 혹한의 겨울, 몹시 찌는 여름, 극심한 가뭄, 폭우, 풍년 그리고 온화한 겨울과 따뜻한 여름들이 불규칙적으로 나타났고 유럽인들은 이러한 불규칙적인 기후에 적응하는데 큰 어려움을 겪었다(김정우, 2009).

1,860AD 쯤에 추위가 더위로 바뀐 다음부터 지금까지 현대인은 “지구 온난화(地球溫暖化 global warming)”라 불리는 전대미문의 기후 변화를 경험하고 있다. 특히, 20세기 북반구 연평균 기온의 증가율은 1.0℃/100년으로써 지난 1천년 기록에서 유일하고 지난 42만년 기록에서도 유일한, 가공할만한 것이다. 길게는 지난 1000년이 이른바 “현대 문명”이 형성되어온 시기이고, 짧게는 지난 42만년이 호모 에렉투스가 이른바 “현대인”으로 진화해온 것으로 알려진 시기이다. 지난 100여년에 출몰한 지구 온난화는 인간이 문명의 이기를 통해 대기 속으로 배출한 이산화탄소 등 온실기체들의 과다로 설명되고 있다. 그동안 생명체의 진화까지 지배해 오던 기후가 이제 인류

1) 문자로 쓰여진 기록이나 문헌 따위가 있는 시대 곧 역사 시대는 흔히 BC(주전)와 AD(주후)로 양분되어 표현된다. 이에 비해 선사 시대를 포함한 지질학적 연대를 말할 때 우리는 BP를 사용한다. 예로 500BP는 “현재부터 500년 전 시점”을 뜻하는 약어이다. 여기서 그 현재는 서양인들의 관례로 1,950AD(주후 1,950년)이다. 따라서 500BP와 1,500AD는 같은 시점이다.



의 문명과 문화를 지배하는 시점에 도달했다는 말인가? 기후는 항상 일방적으로 문화를 지배해 왔는가? 과거 문명들이 기후를 변화시킨 일은 없었는가? 만일 있었다면 그로 인해 인류의 문화는 어떻게 진행되어 왔는가?

전 지구적 온난화는 역사 이래 지난 천년 동안 여러 차례 동일한 과정이 있었지만 지금은 그 어느 때보다 길게 이어지고 있다. 사상 처음으로 인간은 숲을 개간하고 농경을 대규모로 산업화시키고 석탄, 석유 등 화석 연료를 사용함으로써 대기 중의 온실가스 농도를 그 어느 때보다도 많이 만들어 지구 기후의 변화를 초래하고 있다. 사람들은 지나간 온난기나 소빙하기의 기후 현상들을 쉽게 무시하지만 전례 없이 지속되는 온난화 시대를 살고 있는 우리에게는 대단히 중요한 역사이다. 기후의 문화사에는 우리의 미래를 엿볼 수 있는 많은 선례가 있기 때문이다. 지난 기후변동의 자취를 보면 유럽이 그리스 · 로마 시대부터 중세 봉건국가 시대를 넘어 르네상스 시대, 대발견의 시대, 계몽 시대 그리고 프랑스 혁명과 산업혁명을 거쳐 근대 유럽으로 성립하기까지 어떤 영향이 있었는지 되돌아볼 수 있다. 한마디로 고통의 시대였다(blog.aladdin.co.kr).

우리나라의 경우 기후는 사계가 분명하여 단순한 채집만으로는 경제 활동을 이루어 나가기 힘들었다. 농사는 대체로 일모작이 행해졌으며 이모작이 널리 퍼진 것은 조선 후기였다. 때문에 농업 생산물의 대부분이 가을철에 쏟아지는 현상이 생겼다. 잉여 생산물의 축적은 강력한 상층 계급에 의해 독점되었다. 고려에서 조선으로 오면서 본래 동반과 서반을 가리키던 양반의

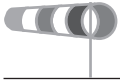
개념은 특권을 가진 혈족 개념으로 변화하였다. 양반들은 계절의 생산물을 확보하면서 정신노동에만 종사하게 되고, 여기서 육체노동을 경시하는 취약한 문화가 생겨났다. 결국 청렴하고 고귀함만을 나타내는 '선비정신'의 양반문화 형성의 근간에는 이러한 기후의 특색이 있다고 볼 수 있다.

오늘날 우리는 매우 불안정하고 취약한 문화시대에 살고 있다. 따라서 기후의 지배 속에 있었던 지난 시대의 문화적 사건을 되돌아 본 지식을 바탕으로 오늘의 문화를 새겨보는 것이 보다 나은 미래를 창조할 수 있는 마당이 되겠다.

III. 하인릿치 사건과 인류 문명의 시작

1. 석기 시대의 기후학적 연대적 인류

인류의 시작은 아프리카 올두바이에서 발견된 유원인의 화석으로부터 엿볼 수 있다. 이후 하층 구석기 시대는 과거 인류인 호모 에렉투스가 전 세계로 퍼져 나간 시대이다. 이 시기에는 주로 손도끼를 사용한 것으로 추적되며 호모에렉투스의 시대로 알려지고 있다. 역사적 기록은 존재하지 않고 화석으로 추정하고 있다. 중층 구석기(Middle Paleolithic, 12만BP~5만BP)는 고대 인간과 네안데르탈인이 나타나 구세계 전체로 퍼져 나간 시기으로써 지난 빙하기(뷔름빙하기)의 시작으로 네안데르탈인의 멸절로 끝난 시기이다. 그러나 상층 구석기 시대(Upper Paleolithic, 5만BP~1만BP)는 호모 사피엔스 사피엔스 곧 신인(新人)의 출현으로 시작되고 지난 빙하기를 마지막으로 끝이 나며



하층 구석기 시대는 지난 빙하기(the Late Ice Age: 12만BP~1만BP)의 도래로 끝이 난다.

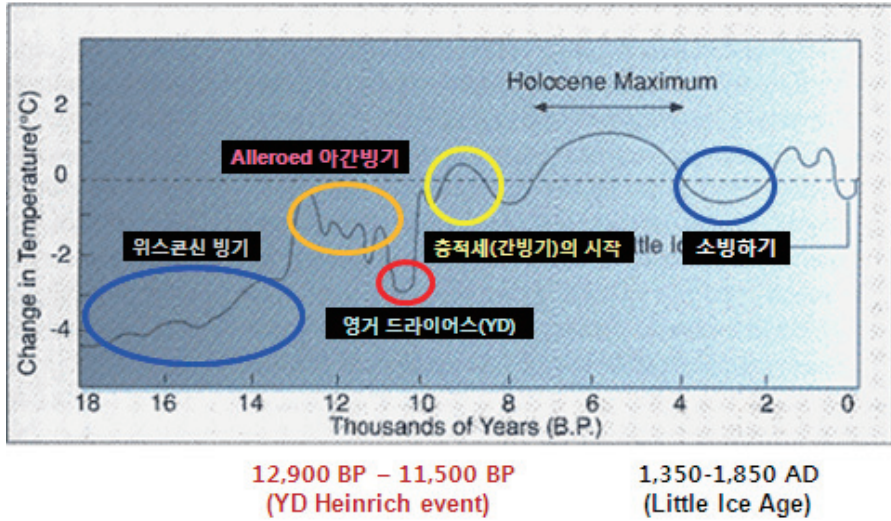
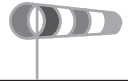
상층 구석기 시대와 중층 구석기 시대가 겹친 지난 빙하기의 시작에 호모 사피엔스(고대 인간과 네안데르탈인)가 출현했다는 사실은 환경의 격변기에 진화의 선택이 작동했음을 우리에게 상기시킨다. 지난 빙하기 바로 앞 간빙하기에 풍미했던 온난 다습 기후에 익숙해진 대다수 종의 호모 에렉투스는 별안간 드러 닥친 빙하기의 서두에서 선택의 행운을 놓치고, 손도끼로 추적되던 이들의 시대 즉 하층 구석기 시대는 종말을 맞이한다. 네안데르탈인이 5만 BP에 완전히 사라짐으로써 중층 구석기 시대의 종말을 긋는다. 이 때 네안데르탈인을 대체한 고대 인간은 신인(新人) 곧 호모 사피엔스 사피엔스(크로마뇽인)로 나타나고 상층 또는 후기 구석기 시대를 열게 된다(상층 구석기 시대가 후기 구석기 시대라고 불리는데 대해 중층 및 하층 구석기 시대는 함께 전기 구석기 시대라 불린다). 지난 빙하기에서 가장 혹독한 추위가 22,000BP에 시작되었지만 혹독한 추위를 이겨낸 현대인과 생물학적으로 동일한 신인들에게 빙하기는 전혀 위협이 될 수 없었음을 의미한다. 이러한 경지에서 우리는 빙하기를 무서워할 이유가 없다고 본다(www.sciencetime.co.kr).

2. 인류 농사와 문명의 시작

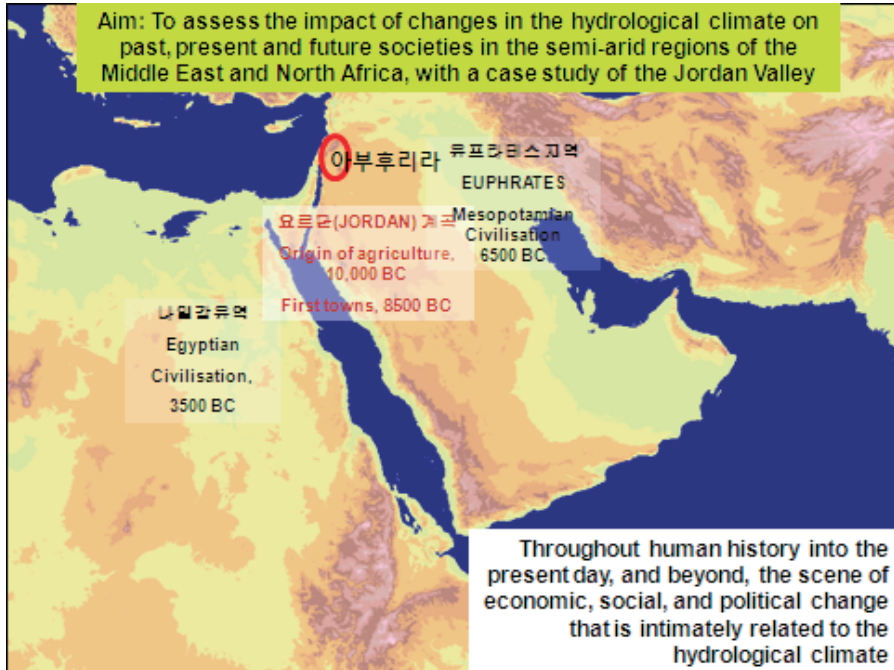
1만BP 이후 청동기 시대의 도래까지 농사가 시작되고 인간 정착이 이루어진다. 지난 빙하기는, 비교적 따뜻하고 습한 시기인 아간빙하기와 이에 이어진 춥고 가뭄 시기인 영저드라이아스는 끝이 나고 온난기로 이

어진다. 따라서 신석기 시대(Neolithic period: 1만BP-청동기 시대의 시작)는 현재 간빙하기의 첫 부분을 이룬다(더그맥두걸 등, 2005).

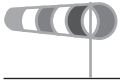
이 간빙하기의 시발점에서 현재에 이르는 기간을 지질 시대의 구분으로 충적세(Holocene)라 불린다. 우리는 현화 겁, 신생대 제4기 충적세에 살고 있다. 지난 빙하기의 거의 마지막에 나타난 아간빙하기의 온난 다습한 기후는 남서 아시아의 수렵채집자들인 신인들에게 정착으로 안주할 만큼 좋은 주거 환경을 제공했 터이다. 그러나 이 아간빙하기에 이어서 거의 1천년 동안 닥친 춥고 건조한 영저드라이아스는 남서 아시아에 혹독한 추위와 한발로 정착을 허락하지 않았을 터이다. 5만년이나 계속된 빙하기를 버텨오던 호모 사피엔스 사피엔스들은 비름빙하기를 끝으로 온난기가 도래하자 즐거워하며 마음을 놓았을 터이다. 그러나 갑자기 닥친 하인릿치 영저드라이아스 빙하기는 갑작스런 추위와 가뭄을 가져왔다. 수렵으로 연명하던 이들은 가뭄으로 사냥감이 줄어들고 기근이 시작되자 물이 남아 있는 유프라테스 강과 티그리스 강 주변으로 모여 야생초들의 씨를 뿌려 수확을 시도할 수밖에 없었다. 농사는 그렇게 시작되었다. 영저드라이아스의 충격이 가장 먼저 덮친 곳이 레반트(the Levant: 레바논, 시리아, 이스라엘 등 지중해 동안 지역)이기 때문에 결과적으로 이 때 발생된 천년의 가뭄을 견딜 수 없어 정착지를 버리고 메소포타미아로 이주했을 것으로 추정되고 있다. 이와 관련하여 고고학적 자료에 따르면 농사는 레반트 아부후리라(Abuhurira)에서 최초로 시작되었다(Roberts, et. al., 2006).



[그림 1] 영거드라이어스(Younger Dryas, 12,900~11,500BP)와 중세 소빙하기 (1,350~1,850AD)



[그림 2] 인류 최초의 농사기 시작된 요르단 강 유역 아부후리이라 (Lautenbacher, Conrad C., 2004)



IV. 중세 온난기와 소빙하기의 문명

1. 기후변화와 로마의 번영

로마의 역사에서 플리니우스의 시기와 그 이전 세기에 원예에 관해 저술한 로마의 저자들은 그 당시 포도와 올리브가 이탈리아에서 그 이전 세기에 재배되던 지역보다 더 북쪽에서 재배될 수 있었다는 사실을 강조하고 있다. 이러한 사실은 여러 종류의 화석과 대용 자료에서 나타나는 일반적인 지표들과 일치한다. 이들 자료에 의하면 서기 400년 무렵까지 로마 시대의 유럽 지역이 지속적으로 온난해지면서 점점 더 건조해지는 경향이 있었다. 대략 서기 400년까지의 점진적인 지구온난화는 해면 상승의 증거와 일치한다. 로마 지배 전성기의 이러한 배경은 지속적으로 변하는 기상 상태가 작은 방해에 불과하여 결코 그 당시와 그 이후의 역사 추이에 영향을 미치는 장애 요인이 되지 못했다는 학술적 주장도 있을 수 있다.

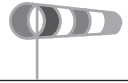
옥타비아누스 시대를 거친 후 사실상 제국으로 전환된 로마는 이후 약 200년간 비교적 평온한 시절이 지속되었는데, 이를 ‘로마의 평화’라고 부른다. 지루한 온난한 시기에 로마인들은 격렬하고 자극적인 유희를 즐겼으며 매춘이나 심야 술집 등 향락을 일삼는 타락적 밤문화를 추구하였다. 가장 인기가 높았던 것은 전차 경주와 검투 경기였다. 쾌속 전차들은 서로 충돌해서 부서지고 전복되기 일췌였다. 당연히 기수들은 전차에 치여 다치거나 말에 밟혀 죽곤 했다. 검투 경기는 특히 로마인들의 삶에서 빼놓을 수 없는 여흥이었다. 그 결과 기업적인 검투사 양성소가 번창했으며, 제국 전역에서 많은 짐승들이 수입되었다. 폭력과 유희이 난

무하는 광경들을 보면서 로마인들은 마치 피에 중독된 것처럼 흥분과 광란의 도가니에 빠졌다(제럴드 다이아몬드, 2005).

기온이 상승하고 점점 더 건조해져서 로마 시대 말기에 여러 종류의 전염병이 발생했다는 기록이 있다. 서기 144~146년과 171~174년 기간에 이집트는 여러 지역에서 인구의 1/3이 감소하였고 서기 166년에는 마케도니아로부터 로마에 페스트가 도달하여 로마 제국의 넓은 지역에 퍼졌다. 서기 251~268년에 이탈리아와 아프리카에 악성 전염병이 발생하여 당시의 기록에 의하면 로마에서 사망자 수가 하루에 5,000명까지 달했다. 이때 가장 심각했던 전염병은 서기 542~543년에 유스티니아누스(Justinian) 황제²⁾ 재임 기간의 림프절 페스트(Bubonic plague)였다. 이 시기 건조했던 기후와 열악한 위생 상태가 페스트 확산에 중대한 원인이었다.

전염병이 지나간 이후의 유럽은 십자군 전쟁과 교회의 분열, 크고 작은 전쟁에도 불구하고 중세 온난기는 중세 유럽에게 풍요를 안겨준 시기였다. 거의 모든 해가 풍요한 수확과 충분한 먹거리가 확보된 상태가 계속되었다. 여름철 평균 기온은 20세기 평균보다 섭씨 0.7 내지 1.0도 정도 높았고 시골과 도시 모두 인구가 크게 증가했다. 10세기에 약 4천만 명이던 유럽의 인구는 14세기 초에 이르러 7천만 명을 상회하게 되었다. 중세 초부터 300여 년간 줄곧 증가한 것이다. 이러한 인구의 증가에 따라 식량 생산을 늘릴 필요가 생겼고, 마침내 새로운 농업 기술이 모색되기에 이르렀다. 그

2) 527 ~ 565년에 재위한 비잔틴의 황제



결과 종종 '농업 혁명'으로까지 평가되는 기술적 발전이 이루어졌는데, 이는 새로운 윤작 방식인 삼포제(三圃制)라든가 철제 쟁기와 신형 마구(馬具) 등의 농기구 개발을 핵심 내용으로 하는 것이었다. '농업 혁명'에 힘입어 식량 생산이 크게 늘어남으로써 점증하는 인구를 부양할 수 있었다.

농업 생산의 꾸준한 증가는 잉여 산출을 가능케 했다. 이에 따라 수세기 전부터 거의 사라지기 시작한 지방 시장들이 재등장하기 시작했고, 수공업이 점차 활기를 띠게 되었다. 자급자족적인 봉건 세계에 국지적이거나 물물 거래가 나타났던 것이다. 그러나 더 중대한 변화는 국제 무역이 재개됨으로써 서유럽의 상업이 본격적으로 부활하게 된 것이다.

11세기부터 본격적으로 시작된 상업의 부활과 화폐 경제의 확산은 봉건 체제의 틀에 갇혀 있던 중세 유럽인들의 생활에 큰 변화를 가져왔다. 상업적 역동성이 경제적인 봉건적 유럽 세계의 관념을 서서히 바꾸어 놓았다.

2. 중세 소비하기의 흑사병과 마녀사냥

14세기 중세 유럽에 퍼져나간 흑사병은 "대흑사병"이라 하며 당시 중세 소비하기 시대의 가뭄과 기근의 산물이라 볼 수 있다. AD1,340년경에 유럽을 중심으로 발생한 흑사병은 약 2천5백만 명의 많은 희생자 내어 최악의 공포의 대상이었다. 희생자는 당시 유럽 인구의 약 30%에 달하는 숫자이다. 최초의 흑사병은 확산 이후 1,700년대까지 100여 차례 발생하여 전 유럽을 휩쓸었다. 이때 발생한 흑사병은 사회 구조를 붕괴시

킬 정도로 유럽 사회에 큰 영향을 주었다. 당시 유럽에서는 흑사병이 왜 생기는지는 몰랐기 때문에, 거지, 유대인, 한센병 환자, 외국인 등이 흑사병을 몰고 다니는 자들로 몰려서 집단폭력을 당하거나, 심지어는 학살을 당하기도 하였다. 한편, 흑사병의 창궐은 삶에 대한 태도도 바꾸어 "지금 이 순간을 즐기자"는 신조를 낳게 되었고, 이는 보카치오의 《데카메론》 등에 잘 반영되어 있다. 흑사병은 유럽인들의 종교적인 사고에도 영향을 주어, 일부 사람들은 하느님이 흑사병으로 심판하니 고행을 함으로써 죄를 씻어야 한다는 주장을 하기도 하였다. 이 시기의 흑사병은 중앙아시아나 인도에서 발원하여 전파된 것으로 추정되고 있다.

흑사병의 시작은 이러하다. AD1,346년 동서양 교역의 중심지였던 흑해 연안 크림반도의 항구도시 카파와 러시아의 키예프지역에 그동안 3년여 기간 이곳을 포위하고 있던 캅차크 한국(1,243~1,502)의 몽골군이 통치자 "야니 백"의 명령에 따라 아쉽게 포위를 풀고 철수를 하게 되었다. 그동안 계속된 가뭄으로 주위에 식량 조달이 극한에 치달고 이로 인하여 굶어 죽는 병사들이 속출하였기 때문이다. 철수하는 야니의 군사들은 미처 처리하지 못한 수많은 병사들의 시체를 투석기에 실어 성안으로 던져 넣은 것이다. 성안에도 먹을 것이 없는 상황에서 아시아 몽고 지역에서 영양실조에 의하여 발생한 막연한 질병에 측은 시체들을 뜯은 쥐들은 페스트균을 지닌 벼룩을 보유하게 되었고 가뭄과 기근에 치친 성안의 유럽 백성들은 페스트균에 그대로 노출되게 되었다. 당시 성안에 피신해 있던 많은 제노바 상인들은 몽골군이 물러나자 곧 성 밖으로 나와 상행을 위하여 다시 원행을 하게 되었고 이들에 의하여 페스트균이 유럽 각지로 전파되었다. 이듬해

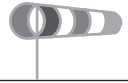


여름 이들이 고향으로 향하며 들른 지중해 항구 마다 페스트 환자가 속출하였다. 유럽 방방곡곡으로 번진 병은 1년 만에 영국과 아라비아 반도, 나일 강 삼각주 까지 번지게 되었다. 당시 신대륙을 제외한 거의 전 세계를 휩쓴 흑사병은 전무후무한 대유행(Pandemic) 이 되었다. 나라마다 3분의 1에서 절반의 인구가 목숨 을 잃었다. 당시 유럽에서만 사망자가 4,200만 명에 달하고 이 중 2,500만 명이 유럽인이라는 통계도 있다. 이러한 대 참사는 페스트균을 지닌 벼룩이 쥐의 몸 에 서식하고 이 쥐들이 식량을 쫓아 사람 가까이 머 무르는데 기인했다. 그러나 당시 전염에 대한 개념이 없던 사람들은 쥐를 박멸하기는 커녕 페스트병의 원인 을 엉뚱한 곳으로 돌렸다. 인간의 죄가 신의 분노를 일 으켜 내려진 천벌이라 생각하게 되었다. 신의 노여움 을 풀기 위한 인간의 노력을 보여 주기위하여 수 만명 의 사람들이 스스로를 채찍으로 때리는 고행에 나섰 다. 더구나 당시 성행하던 마녀 사냥도 페스트 병의 두 려움에 대한 결과로 더욱 기승을 부렸다. 사실 마녀사 냥은 그동안 평화롭고 풍요롭게 살던 유럽에 밀어 닥 친 소빙하기의 추위와 이로 인한 가뭄의 고통에 대한 이들의 잘못된 인식과 원망의 결과였다. 유대인이 우 물과 공기 중에 병균을 퍼뜨렸다는 헛소문이 돌면서 그들을 산체로 태워 죽이는 비극이 곳곳에서 벌어졌 다. 애꿎은 유대인이 희생양이 된 것은 흑사병이 유독 그들만 피해 갔기 때문이다. “비누 밑에 돈을 감추어 두면 절대 못 찾는다” 라는 속담이 유행할 만큼 안 씻 고 살던 중세 유럽인들과는 달리 “탈무드”는 청결을 강 조하는 유대교의 전통 교리 덕분에 유대인들은 잘 씻 는 습관만으로 병의 마수에서 벗어날 수 있었기 때문 이다. 건조한 가뭄과 위생에 대한 무지가 빛은 비극의 중세 유럽이었다(중앙일보, 2009).

1,430년경 높은 고원지대에서 경작을 하며 생을 이 어가고 있는 스위스인들은 한 해 동안 적당한 량의 강 우량과 기온 그리고 바람과 같은 기상조건이 그들의 생명이었다. 소빙하기 기간 중 짧은 기간 동안 지구의 온난화가 시작된 1,560년 경 유럽 전역에 흑독한 가뭄과 더위가 시작되었다. 농경사회인 유럽 모든 나 라가 농사의 흉작과 기아가 찾아 왔고 특히 많은 기술 들을 거느리는 지배자 계급일수록 더욱 불안과 어려 움이 커졌다. 그들에게는 마녀라 칭하는 여인들을 재 물로 희생시킴으로써 어려운 흉년의 시기를 헤쳐 나 갈 수 있으리라 믿게 되었다. 1,760년까지 계속된 마 녀 사냥에 무고한 여인 26,000명과 그의 가족 들이 희생되었다.



[그림 3] 마녀 사냥의 제물이된 중세 유럽



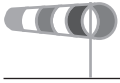
3. 르네상스 시대의 기후와 유럽 문화

14~16세기 이탈리아에서 시작된 중세 르네상스는 기후변화의 소산이다. 인간과 사회와 세계에 대한 새로운 개념과 인식으로 부패와 타락으로부터 벗어나 인간 본연으로 되돌아가는 문화적 계몽이었다. 이러한 움직임은 고전 연구에서 출발하여 문학, 미술, 음악, 건축 등으로 확산되었다. 르네상스의 가장 큰 특징은 '인간과 세계의 새로운 이해, 탈 중세적 가치관의 모색, 인문주의'로 볼 수 있다. 즉 인간이 창조하였던 찬란한 문화를 고대 그리스, 로마 문화를 이상으로 하여 이들을 부흥시킴으로써 새 문화를 창출해 내려는 운동으로, 인간성이 말살된 시대로 부터 고대의 부흥을 통하여 타락한 야만시대를 극복하려는 문화적 운동이라 볼 수 있다.

르네상스는 AD1,300년부터 1,600년까지 약 300년간 광범위하게 일어난 사회적인 변화이다. 이 시기는 중세 온난기 이후 본격적으로 소빙하기가 시작된 시기라고 볼 수 있다. 소빙하기의 평균기온은 10.2°C 인 중세온난기보다 약 1.5°C 정도 떨어진 8.8°C이다. 소빙하기 기간의 제일 큰 기후 특징은 '기후의 불안정성'이다. 이러한 소빙하기의 불안정적인 기후의 변동은 혹한의 겨울, 몹시 찌는 여름, 극심한 가뭄, 폭우, 풍년 그리고 온화한 겨울과 따뜻한 여름이 불규칙적으로 나타났고, 유럽인들은 이러한 불규칙적인 기후에 적응하는데 큰 어려움을 겪었다. 무엇보다 지리적인 특성상 지중해성 기후에 속하는 이탈리아 반도는 겨울에 비가 많이 오고 여름에는 고온 건조하여 겨울에도 기온이 영하로 내려가지 않고 따뜻한 날씨를 유지한다. 그러므로 현재까지도 주로 올리브, 포도, 무화

과, 레몬 등의 농업재배로 인한 농업적 풍요로움이 가져다주는 기후와 지리적인 특성에 이미 익숙해진 유럽인들에게 갑자기 닥친 소빙하기는 그들로 하여금 세계를 보는 인식세계에 큰 영향을 주었고 그로 인해 당시 유럽인들이 고수해왔던 중세적 가치관을 벗어난 탈 중세적 가치관을 모색하는 계기가 되었다. 유럽인들은 과거의 신과 내세가 중심이었던 전통적 사고 관에서 벗어나 그들 주위에서 일어나고 있는 일들, 즉, '인간과 현세'에 더 관심을 갖기 시작하였다. 특히, 소빙하기의 불안정한 기후로 인해 흉년이 계속되고 기아와 전염병으로 고통을 받은 유럽의 암울한 시대를 우리는 르네상스의 대표적인 소설이라고 할 수 있는 보카치오의 『데카메론』속에서 찾을 수 있다(시어도어 래브, 2008).

기후변화의 소산으로써의 종교개혁은 1,517년 루터가 당시 로마 가톨릭 교회의 부패와 타락을 비판하는 내용의 95개조 반박문을 읽는 것이 시발점이 되어 16세기에 전반적으로 일어난 운동이었다. 1,570년에서 1,600년이 가장 추웠던 기간으로 이 기간에는 잦은 태풍과 가뭄으로 인해 곡류가격이 인상되고 수백만 명이 기아로 사망하였다. 즉, 불안정한 기후와 잦은 재해는 기독교인들로 하여금 이러한 현상이 악마의 소행이라고 여겨 곧 사회적으로 가장 하류계층에 속했던 여성, 특히 과부를 대상으로 마녀사냥을 하였다. 이와 더불어 기존에 창궐했던 페스트가 다시 주기적으로 재발하였고 이로 인해 점점 산더미처럼 쌓이는 주검과 해체되는 가족, 전통적인 공동체 의식의 붕괴와 죽음의 일상화 그리고 교회의 타락으로 인해 사람들은 종교에 회의를 느끼면서, 결국 면죄부를 판 로마가톨릭에 대한 종교인들의 반발로 종교개혁이 일어나게 하였



[그림 4] 중세 르네상스 시대의 예술과 로마 카톨릭 교황청

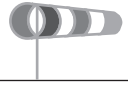
다(Pater, Walter, 1998).

4. 산업 혁명 기원과 자연 환경변화

한랭 건조한 기후시기의 도래에 따른 기아와 빈곤, 흑사병으로 철저히 파괴되고 붕괴된 유럽사회는 모든 부문에서 새로운 변화를 모색할 수밖에 없었다. 농촌사회가 무너짐에 따라 농사를 포기한 땅이 여기저기에서 속출하면서 농업기술의 대전환이 일어났다. 한편 유럽 국가들은 15세기 이후 적극적으로 대외진출을 모색하게 된다. 유럽 세력이 적극적으로 대외진출을 모색한 데에는 서유럽의 자원 특히 산림의 고갈에서 그 원인을 찾을 수 있다. 또한 소빙하기의 기근으로 살기 어려워진 많은 사람들이 배를 타고 신대륙을 찾았다. 유럽의 신세계 진출의 선봉장은 스페인과 포르투갈이었다. 유럽 세력은 아프리카 해안과 인도양, 동남아시아 그리고 오스트레일리아와 뉴질랜드 등 지구 모든 지역으로 나아갔다. 적극적인 대외진출을 위한 탐험의 결과로 유럽인들은 신대륙을 발견하게 되었다.

유럽인들은 정복한 식민지에서 다양한 상업용 작물을 대규모 플랜테이션(plantation) 방식으로 재배하기 시작하였다. 이를 위하여 대규모의 개간과 노예를 활용하게 되었고 종래에는 노예무역도 이루어졌다. 유럽의 식민지 작물재배 중 환경적으로 특히 큰 타격을 준 것이 사탕수수 재배다. 사탕수수는 인도에서 유래한 것으로 10세기까지 지중해 동부 일대로 확산되었다. 사탕수수 재배를 위해 식민지의 광대한 숲이 개간되었으며 설탕생산을 위한 연료 목 생산을 위해 무분별한 벌목이 다시 자행되었다. 유럽인의 신세계 진출과 신세계에서의 자원 착취는 유럽이 세계사의 주역이 되고 18세기 중엽 산업혁명을 일으킬 수 있는 힘의 원천이 되었다. 산업혁명이 성숙해 가던 시기의 세계 기후는 18세기 초 소빙하기의 절정기가 끝나고 큰 변동성은 있으나 점차 온난한 상태로 회복되어 가는 시기였다.

1760년대 이후 영국에서 시작된 산업혁명으로 인류사회는 전통적인 농업 중심 경제에서 공산품의 대량생산물 기반으로 하는 산업경제로 전환되는 사회 경

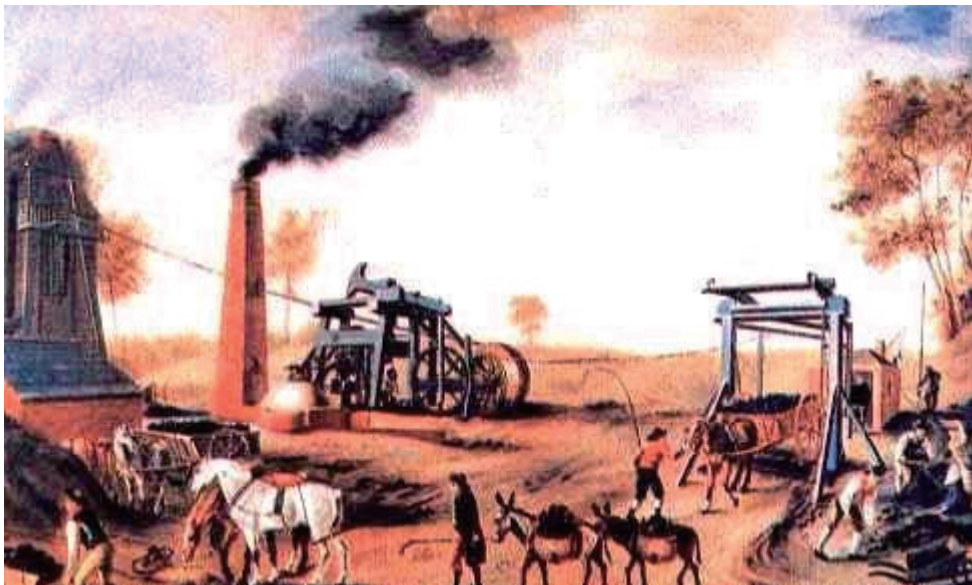


제적인 대변동을 겪는다. 산업혁명은 전통적인 농업과 교역으로부터 인구를 기계화된 생산으로 이동시켰고 공장시스템과 공업생산을 지탱하는 국제적인 시장을 발전시켰다. 산업혁명으로 철, 석탄, 증기가 상징적인 자원으로 부상하였다.

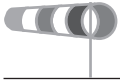
신석기혁명 이후 지구상의 모든 대륙에서 인간은 도구를 발전시켰다. 사람들은 기계를 이용하여 물건을 옮기고 수자원을 개발하고 배로 강과 바다를 항해하였다. 기계를 움직이려면 힘, 즉 에너지가 필요하다. 인간은 수천 년 동안 4가지 에너지를 이용하였다. 인간의 근력(노예), 동물의 힘, 물과 바람의 힘 등이 그것이다. 산업혁명의 초기 주요 에너지원은 목탄과 수력이었다. 14세기 페스트의 공격으로 인구의 3분의 1이 사망함으로써 유럽은 인구의 감소와 함께 개간되었던 경작지가 폐농되자 산림이 점차 회복되었다. 그

러나 인구나 경제활동이 다시 회복되어 산림 수요가 늘고 개간이 확대되자 산림이 다시 황폐해지기 시작하였다. 유럽에서 에너지원으로서 17~18세기에 완전히 고갈되었다. 이에 따라 온실기체의 주범인 석탄 사용은 산림자원은 대체에너지원으로서 불가피한 선택이었다.

1836년 이후 산업혁명에 의한 석탄에너지 사용의 증대는 산업 도시를 중심으로 심각한 대기오염 문제를 야기하였다. 증기기관의 작동을 위한 석탄의 연소는 막대한 양의 먼지와 이산화황(SO₂)을 배출하였다. 산업혁명의 발생지인 영국은 “검은 나라”라는 명칭을 얻었고 대표적인 산업 도시였던 영국의 런던을 포함하여 미국의 피츠버그와 신시네티 등은 심각한 대기과 수질 오염을 겪게되었다. 대기오염의 대명사인 런던 대기오염 사건(1952년 12월)은 복사냉각에 의한 대기역



[그림 5] 영국의 산업 혁명(1836년)



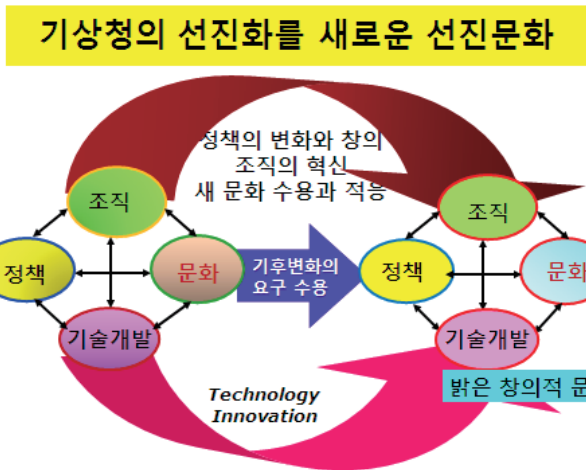
전층의 이황산가스의 과농도에 의하여 30만 런던시 민 중 10%가 새벽에 사망 사례로서 인류의 산업 활동이 낳은 최대의 비극이었다. 특히 전력이 등장한 제 2차 산업혁명 이후 구리와 니켈을 생산하기 위한 광산과 제련소 부근에서는 심각한 인체와 생태 피해가 발생하였다. 산업 활동의 단위와 산업 도시의 규모가 커지면서 환경오염 문제는 국지적인 것에서 점차 지구적 환경 문제로 확산되기 시작하였다(Fred Singer & Dennis Avery, 2009).

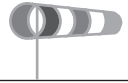
V. 결론

미국의 Anthes 교수(1993)가 미국기상학회지에 밝히기를 인류의 멸망을 결정 짓는 요인으로 “인구과잉”, “지속가능하지 못한 경제발전”, “빈곤” 그리고 “환경파괴” 4가지와 덧붙여 “낙후된 문화”를 들었다. 오늘날 과학의 첨단 정보화 지식사회 시대에 있어서 기후가 개인과 경제사회에 미치는 영향은 지난 시대

에 비하여 줄어들었다고 한다. 그러나 적어도 지난 30년 동안 기후와 관련된 대형 자연재해의 빈도와 강도는 오히려 크게 증가해 왔다. 아무리 과학이 발전한다 해도 인간능력의 범위를 넘어선 자연재해는 언제나 존재한다. 과학의 범주 안에서 통제할 수 없는 기후변화가 우리 곁에 있음을 인지하여야 한다.

여기서 새로운 문화를 일구어 항상 초심을 간직한 기상인의 세계를 역설한 2009년 미국 대기 해양청(NOAA)의 주장을 다시한번 새겨보자. 내적인 혁신적, 문화적 사고와 지적 능력의 배양은 과학기술과 정치, 문화, 조직사회를 한 단계 끌어 올려 발전시킬 수 있는 원동력이 된다. 새로운 문화를 일구어 조직을 재 정비함으로써 진정한 발전과 새로운 기술을 이끌어 낼 수 있다. 이와 같은 혁신은 중앙정부가 행하여야 할 일이라고 치부할 수 있지만 실상은 각 개인으로부터 시작되어 그 개인을 포함하고 있는 기관, 나아가 그 기관 주위의 관련된 사회와 국가 그리고 결국은 국제사회에 까지 도달 된다는 것이며 그러한 문화의 단초는 바로



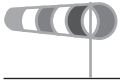


기상과 기후라는 것이 NOAA의 주장이다. 참된 미래를 위하여 우리는 과거를 주목해 보아야 한다. 우리는 기후와 문명과의 상관성을 찾아보고, 기후변화와 문화 변천과의 상호작용을 탐구하고 이해함으로써 현대인인 우리의 좌표와 미래를 볼 수 있게 된다.

진정한 선진화를 위해 기상청이 가야할 길은 기상청 “시스템의 변화와 기술의 혁신”과 함께 실용적 편견이 없는 새로운 문화를 만들어 나아가는 것이다. 문화적 성장이 배제된 부흥은 타락과 갈등과 자포자기를 유발함을 우리는 중세 유럽의 기후역사에서 크게 깨닫게 된다. 아울러 정부는 이제라도 기후변화에 바탕을 둔 경제적 자신감과 함께 새로운 국가적 문화를 창조하여야 할 시기임을 깨달아야 한다.

참고문헌

- 김정우, 2009: 2005년 기후와 문명 강의노트.
- 더그맥두걸, 2005: 우리는 지금 빙하기에 살고 있다, 말글빛냄
- 브라이언 페이건, 2004: 기후, 문명의 지도를 바꾸다. 예지, 398pp
- 시어도어 래브, 2008: 르네상스 시대의 삶. 안티쿠스
- 제럴드 다이아몬드, 2005: 문명의 붕괴, 김영사
- Anthes, Richard A., 1993: The Global Trajectory. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 74, No. 6. 1121-1130.
- Lautenbacher, Conrad C., 2004: Leading in a Changing Environment, A special seminar at NOAA Administrator, March 23, 2004.
- Fred Singer & Dennis Avery, 2009: Unstoppable global warming, 동아시아 초판, 147-169.
- Pater, Walter, 1998: 르네상스. 종로서적
- Robert, F., and M. Chaussidon, 2006: A palaeotemperature curve for the Precambrian oceans based on silicon isotopes in cherts. *Nature*, 443, 969-972.
- Roberts, J. M., 1997: A Short History of the World. Oxford University Press, New York, 539pp.
- <http://www.sciencetimes.co.kr/article.do?todo=view&atidx=0000038160><http://blog.aladdin.co.kr/720750155/3012693>



비타민 D의 새로운 조명

김 상 완

서울대학교 의과대학 내과학교실 부교수
보라매병원 내분비대사내과
swkimmd@snu.ac.kr

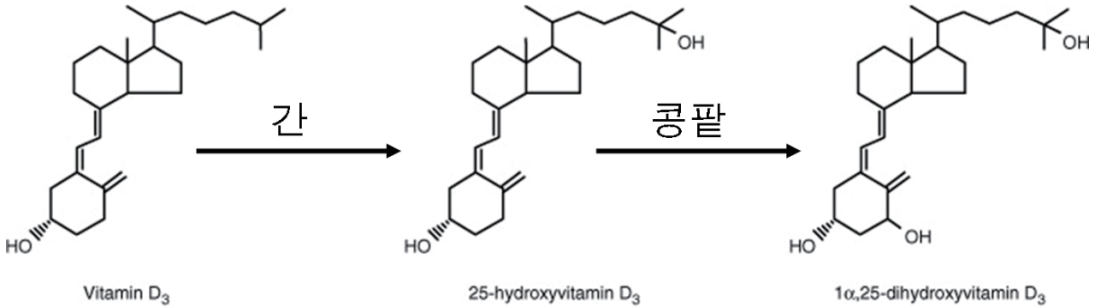
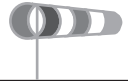
I. 비타민 D의 발견

구루병(rickets)은 소아에서 칼슘이나 인과 같은 무기질의 부족에 의해 뼈가 약해지고 쉽게 변형되는 질환이다. 야외 활동이 많고 정제 과정을 거치지 않은 음식을 먹었던 고대에는 구루병의 발생이 매우 드물었다고 한다. 하지만 19세기 후반 산업혁명이 일어난 후 도시화가 급격히 진행되었고 공장에서 뿜어 나오는 매연에 의해 대기가 오염되기 시작하였다. 특히, 영국과 같이 일조량이 적은 나라에서 구루병의 발생이 급증하게 되었다. 실제, 구루병은 “The England disease”로 알려질 정도였다. 당시 영국의 Mellanby 경은 대구의 간유가 구루병을 예방하는 효과가 있다는 것을 알아내었고 처음에는 그것이 간유에 들어 있는 비타민 A의 효과로 알았으나 당시 비타민 연구를 주도했

던 McCollum에 의해 새로운 물질, 즉 비타민 D에 의한 효과임이 밝혀지게 되었다. 이후 여러 연구를 통해 비타민 D는 단순한 비타민이 아니라 칼슘과 인 대사에 중요한 작용을 하는 호르몬임이 알려지게 되었다.

II. 비타민 D의 대사와 생물학적 작용

비타민 D는 우리 몸에서 2가지 경로를 통해 흡수되는데, 80%는 햇빛을 통해 피부에 있는 비타민 D 전구 물질에 의해 합성되어 흡수되고 나머지 20%는 음식물의 섭취를 통해 체내로 들어오게 된다. 체내에 흡수된 비타민 D는 일차적으로 간에서 대사되는데 이때 만들어진 25-hydroxyvitamin D[25(OH)D]는 체내에 비타민 D의 저장 상태를 나타낸다. 25(OH)D는 신장

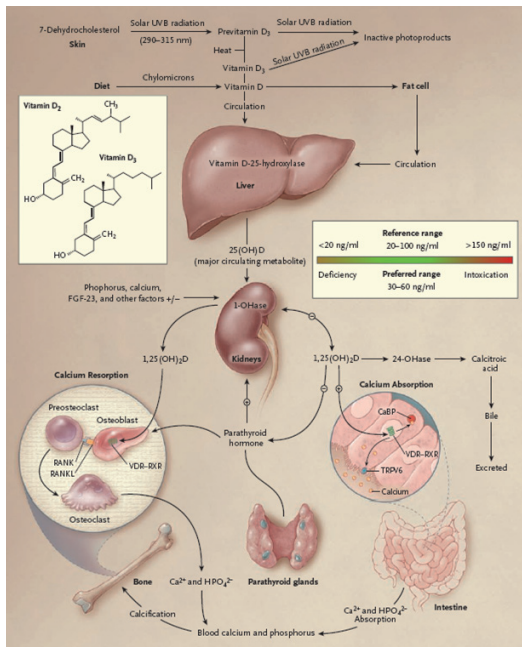


[그림 1] 비타민 D의 활성화

출처: (Feldman, 2005)

의 1- α 수산화효소에 의해 대사되어 활성형비타민 D인 1,25 hydroxyvitamin D [1,25(OH)₂D] (칼시트리올)로 전환된다 [그림 1].

따라서 비타민 D의 생물학적 작용은 1,25(OH)₂D에 의해 일어나게 된다. 전술한 바와 같이 비타민 D는 호르몬으로서 1,25(OH)₂D가 세포내에 존재하는 비타민 D 수용체와 결합하여 다양한 유전자의 발현을 조절하여 생물학적 작용을 나타낸다. 따라서 비타민 D는 단순한 영양소가 아니며 비타민이라는 명칭은 역사적인 배경에 기인한 결과이다. 활성형 비타민 D인 칼시트리올은 장의 칼슘 흡수를 조절하는 가장 중요한 호르몬이며 이와 함께 뼈를 흡수하는 파골세포의 활성화를 통해 뼈에서 칼슘의 흡수를 자극하여 혈중 칼슘을 유지시킨다 [그림 2]

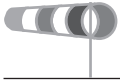


[그림 2] 비타민 D의 합성과 생물학적 작용 (Holick, 2007)

III. 비타민 D의 광생물학 (Photobiology)

1. 비타민 D의 광합성

피부에서 합성되는 비타민 D가 체내 흡수량의 80%를 차지하므로 매우 중요하다. 우리가 태양 광선에 피부를 노출하게 되면 태양광 속에 290-315 nm의 파장을 갖는 UVB가 피부에서 7-dehydrocholesterol



을 전구 비타민 D를 거쳐 비타민 D로 변환시키게 된다. 변환된 비타민 D는 흡수되어 혈중에 도달하게 된다. 적도와 같이 지속적으로 태양광에 노출되는 환경에서 비타민 D 과다 생성에 의한 독성은 일어나지 않는데 그 이유는 UVB는 비타민 D를 합성할 뿐 아니라 전구 비타민 D나 비타민 D를 다른 물질로 전환시키므로 체내에 흡수되는 전체 비타민 D의 양을 조절하기 때문이다.

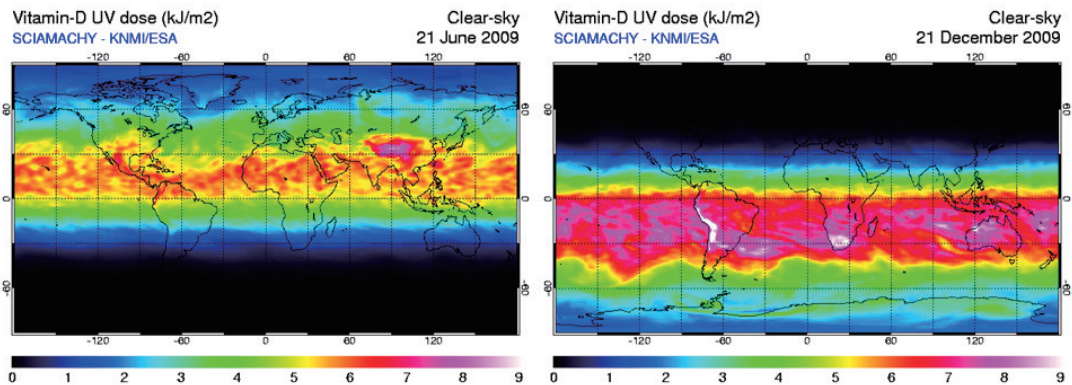
2. 비타민 D 광합성에 영향을 미치는 인자들

1) 위도, 계절 및 일중 시간

일조량은 피부에서 비타민 D 합성에 결정적인 역할을 하므로 위도, 계절, 하루 중의 시간은 비타민 D의 합성에 영향을 미치게 된다. 이미 20세기 초에 구루병의 발생이 여름이나 가을보다 겨울이나 이른 봄에 증가한다는 사실이 알려졌다. 태양 광선의 입사각

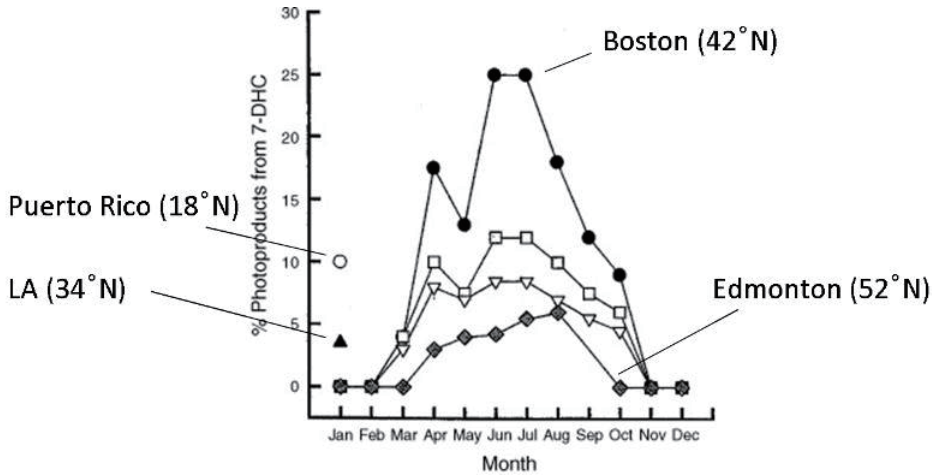
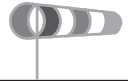
은 피부의 비타민 D 생성에 매우 중요한데 이른 아침이나 늦은 오후 그리고 북위 35도 이상 지역의 겨울(10월에서 3월)에는 비타민 D를 만들어 낼 수 있는 자외선이 지표에 거의 도달하지 못한다. 이와 같은 사실은 네덜란드 기상관측연구소에서 제공하는 TEMIS(Tropospheric Emission Monitoring Internet Service)를 보면 확연하게 알 수 있는데 위도와 계절에 따라 비타민 D 합성에 필요한 UVB 조사량에 큰 차이를 보여 주고 있다[그림 3].

이것을 지역별로 좀더 자세히 살펴 보면, [그림 4]에서 보듯이 보스톤 지역(북위 42도)의 비타민 D 전구물질인 previtamin D3의 합성이 6,7월에 활발히 일어나다가 가을부터 감소하기 시작하여 11월 이후에는 거의 일어나지 않게 되며 3월 중순이 되어야 다시 증가한다. 하지만 로스앤젤레스(북위 34도)나 푸에르토리코(북위 18도) 등은 일년 내내 피부에서 previtamin D3의 합성이 일어난다.



[그림 3] 비타민 D 합성을 위한 UV 조사량의 위도 및 계절별 차이

(<http://www.temis.nl/index.php>)



[그림 4] 일광 조사 후 previtamin D3의 광합성의 지역별 차이

(Webb, 1988)

북극 근처의 에스키모인들은 일조량이 절대적으로 부족하므로 비타민 D의 결핍에 시달릴 것으로 예상되지만 실제로는 그렇지 않다고 한다. 에스키모인들이 즐겨 먹는 연어에 비타민 D가 많이 들어 있기 때문이다. 비타민 D의 합성에 하루 중의 시간도 매우 중요한데 여름에는 아침 7시부터 오후 5시까지 피부에서 비타민 D가 합성되지만 가을이나 봄에는 태양의 입사각이 커지므로 아침 9시부터 오후 4시까지만 합성이 일어난다.

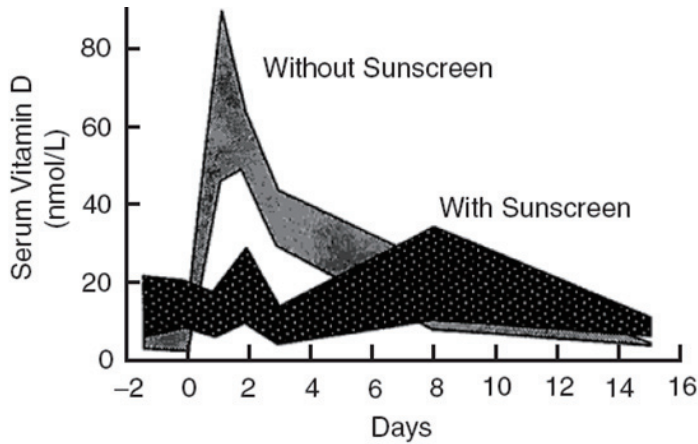
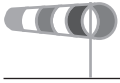
2) 피부색소

피부 색소 멜라닌은 비타민 D 전구물질의 합성을 방해한다. 미국에 거주하는 흑인의 50%가 백인에 비해 비타민 D가 감소되어 있다고 한다. 실제 벨기에에 사는 흑인의 혈중 비타민 D는 자이레에 사는 흑인의 3분의 1정도에도 미치지 못한다는 보고가 있다. 과거 노

예 사냥에 의해 어쩔 수 없이 적도 부근을 떠나 북미에 강제로 정착하게 된 것은 비타민 D의 측면에 있어서도 불행한 일이라고 할 수 있다.

3) 자외선 차단제

자외선 차단제는 일광 화상, 피부암 및 일광과 관련된 각종 피부질환을 예방하는 데 매우 효과적이다. 피부에 손상을 입힐 수 있는 태양광은 UVB인데 자외선 차단제의 주요 기능이 UVB가 피부 심부에 투과하기 전 피부 표면에서 UVB를 흡수하는 것이므로 자외선 차단제는 피부 내 비타민 D 전구물질의 합성을 효과적으로 억제한다. SPF 8의 자외선 차단제를 사용한 후 전신에 일광을 조사하였을 때 혈중 비타민 D는 조사 전과 거의 비슷하였으나 자외선 차단제를 바르지 않은 경우 급격한 상승을 보였다[그림 5].



[그림 5] 비타민 D 혈중 농도에 대한 자외선차단제의 영향 (Matsuoka, 1987)

이러한 자외선 차단제는 노인에서 장기간 사용할 때 비타민 D의 결핍이 올 위험이 높는데 그 이유로 노인들은 거의 맨살이 나타나지 않게 옷을 입으며 피부에서 비타민 D 합성에 사용되는 7-dehydrocholesterol이 감소되어 있기 때문이다.

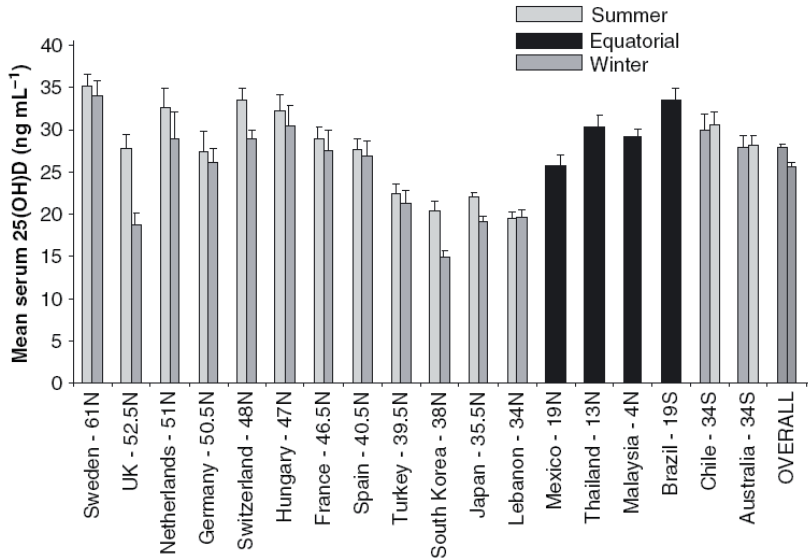
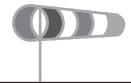
IV. 비타민 D와 건강

일반적으로 혈중 25(OH)D가 20 ng/ml 미만일 경우 비타민 D 결핍증이라고 정의하며 30을 초과할 경우 충분한 상태라고 한다.

1. 비타민 D의 결핍과 골격계 질환

문명이 고도로 발달된 현대 사회에서 비타민 D 결핍증은 전세계적인 현상이며 피부암에 대한 지나친 걱정이

로 비타민 D의 결핍은 전 연령에 걸쳐 광범위하게 발견된다. 비타민 D의 결핍은 임산부와 모유 수유를 받는 유아들에게도 중요한 문제이다. 모유에는 비타민 D가 들어 있지 않으므로 모유 수유를 받는 경우 별도의 공급이 필요하다. 실제로 위도가 높아 일조량이 부족한 캐나다의 경우 구루병의 위험 때문에 모든 유아에게 비타민 D를 공급하도록 권고하고 있다. 또한 성장기의 아동들에게 비타민 D의 결핍이 일어나면 유전적으로 예측된 최대 골량에 도달하지 못하게 될 수 있으므로 주의가 필요하다. 성인의 경우는 골다공증을 조장하거나 악화시킬 수 있으며 골절의 위험이 증가된다. 그 외에 뼈의 무기질화가 저하되는 골연화증이 발생할 수 있다. 2005년에 18개국의 골다공증이 있는 폐경 후 여성을 대상으로 시행된 역학연구에서 대상 환자의 60% 이상이 체내 비타민 D가 불충분한 것으로 확인되었고 우리나라의 경우 세계에서 가장 열악한 수준을 보였다[그림 6].



[그림 6] 국가별 폐경 후 골다공증 여성의 평균 혈중 비타민 D의 농도

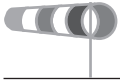
(Lips, 2006)

우리 나라 폐경 후 여성에서 비타민 D 부족이 많은 이유로는 실내 생활이나 생활 습관에 의한 태양광 노출 부족 및 노화에 의한 비타민 D 합성 능력 저하, 불충분한 음식물의 섭취 등을 생각할 수 있다. 최근 하루 800IU 이상의 섭취가 골절을 감소시킨다는 무작위 연구들이 보고되었으며 이를 근거로 각국에서는 비교적 고용량의 비타민 D 섭취할 것을 권고하고 있다. 최근 메타 연구에서도 하루 700IU 이상의 비타민 D 섭취가 골절과 넘어짐을 예방할 수 있다고 보고하였다.

2. 비타민 D의 결핍과 비골격계 질환

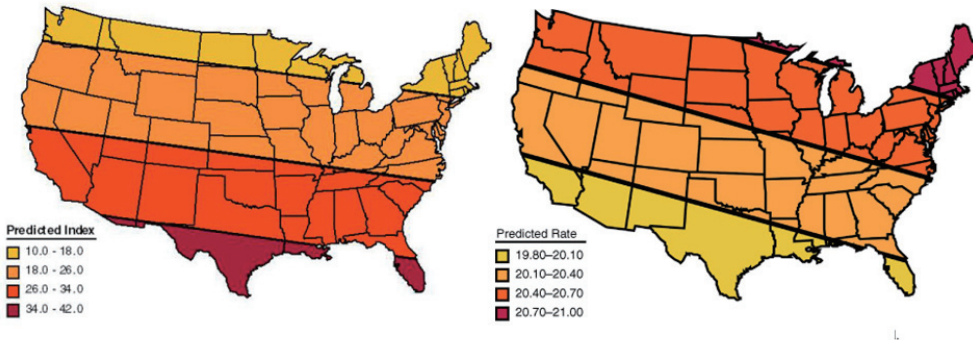
1990년대 초 미국에서 전립선암의 발생과 자외선 조사량 사이에 음의 상관관계가 있으며 이는 지리학적으로도 매우 뚜렷한 패턴을 보였다 [그림 7].

이 외에도 비타민 D의 결핍이 대장암, 유방암, 식도암 등의 발생과 그로 인한 사망을 증가시킨다는 사실이 여러 역학 연구를 통해 알려져 왔다. 한편 비타민 D는 오래 전부터 세포 증식 억제 효과가 있다고 알려져 있으며 현재 활성형 비타민 D 국소 제제는 피부 질환인 건선의 1차 치료제로 사용되고 있다. 이미 세포 실험을 통해서 전립선암, 유방암, 대장암에 대한 비타민 D의 종양 억제 효과가 확인되었지만 임상적인 증거는 아직 확실히 증명되고 있지는 않은 실정이며 아직도 연구가 진행 중에 있다. 이외에도 면역계의 활성화, 심혈관계와 췌장의 베타세포 인슐린 분비 등에도 긍정적인 작용이 보고되었으나 역시 임상에 활용하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요한 실정이다 [그림 8].



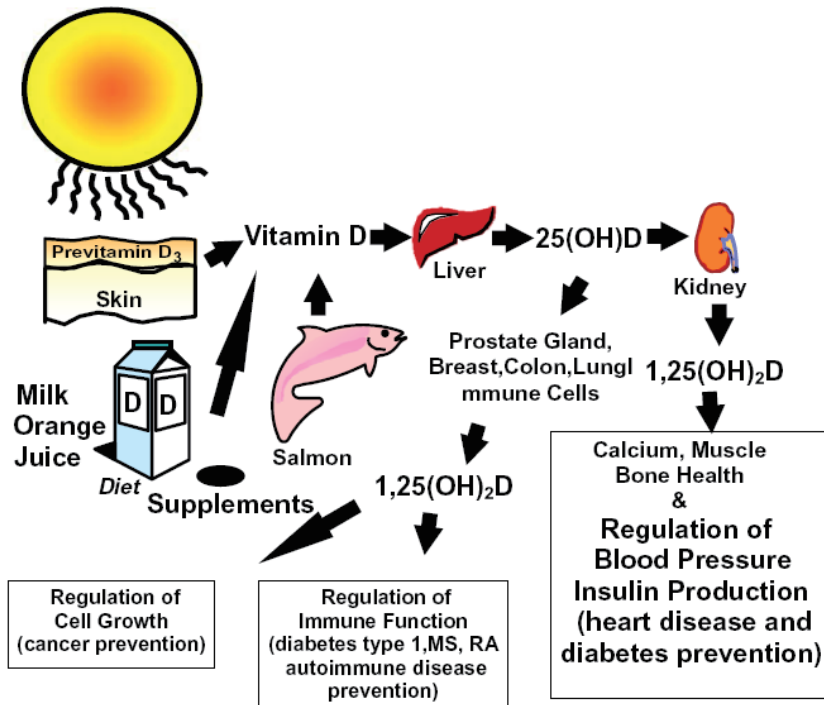
자외선 조사량

전립선 암의 발생



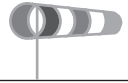
[그림 7] 미국의 자외선 조사량과 전립선암 발생의 지리적 패턴

(Hanchette, 1992)



[그림 8] 비타민 D의 합성과 섭취 및 대사와 생물학적 작용의 요약

(Holick, 2008)



활성형 비타민 D 제제의 부작용으로 고칼슘혈증이 발생할 수 있으므로 비타민 D 수용체와의 결합능력이 향상되고 국소 조직 내 고농도를 유지하면서도 고칼슘혈증의 부작용을 최소화할 수 있는 새로운 활성형 비타민 D의 개발이 현재 관심을 모으고 있다.

3. UVB와 피부 질환

비타민 D의 부족을 예방하기 위해서는 적절한 태양광의 노출이 필요하지만 만성적이며 과도한 태양광의 노출은 기저세포암과 같은 피부암과 피부 주름의 위험을 증가시킨다고 알려져 있다. 많은 사람들, 특히 여성들이 야외에서 자외선 차단제를 자주 바르거나 양산이나 모자를 사용하는 이유도 이 때문이다. 하지만 비타민 D의 합성을 위해 요구되는 일조량이 이러한 피부암의 위험을 증가시키는데 대해서는 연구 결과가 거의 없는 실정이다. 더구나 피부암 중 치명적인 흑색종(melanoma)은 주로 노출 부위가 아닌 곳에서 호발한다. 실제 매년 미국에서 기저세포암으로 사망하는 수가 1200 여명인데 반해 적절한 일조량이나 비타민 D 섭취의 부족으로 인한 일반적인 암으로 사망하는 수는 15 만명에 달할 것으로 추정된다. 뿐만 아니라 심장 질환, 제 1형 당뇨병 등 비타민 D의 결핍과 관련된 비종양성 질환의 사망률까지 포함한다면 과도한 자외선 차단에 의한 비타민 D 결핍에 더 많은 관심을 가져야 할 것으로 생각된다.

4. 비타민 D의 보충

한국인의 비타민 D의 충분 섭취량은 일광에 노출되는 시간이 비교적 많은 20-49세 성인의 경우 하루 400

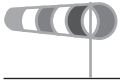
IU가 필요하며 임신, 수유부는 600 IU 이상, 노인의 경우 600-800 IU가 필요하다. 비타민 D를 포함하고 있는 음식은 매우 제한적인데 대구 간유나 연어, 고등어 등이 중요한 섭취원이 될 수 있다[표 1]. 외국에서는 비타민 D를 첨가한 유제품이 판매되고 있으나 유감스럽게도 우리나라는 그렇지 못하다. 따라서 적절한 비타민 D를 유지하기 위해서는 비타민 D의 추가적인 공급이 중요하다. 일반적으로 100IU의 비타민 D를 섭취할 경우 혈중 25(OH)D는 1ng/ml 정도 올라가는 것으로 알려져 있기 때문에 전문가들은 30 ng/ml 이상의 혈중 농도를 유지하기 위해서는 하루 1000-2000IU 이상의 비타민 D를 섭취하는 것이 필요하다고 주장한다.

[표 1] 비타민 D가 많이 들어 있는 음식

food	IU per serving
대구 간유(liver oil), 1찻술	1,360
요리된 연어, 85g	794
요리된 고등어, 85g	388
참치 통조림, 85g	154
Vitamin D 강화 우유 1컵	115-124
Vitamin D 강화 오렌지 주스, 1컵	100
Vitamin D 강화 요구르트, 170g	80
정어리 통조림, 60g	46
요리된 소 간, 100g	46
계란, 1개(노른자)	25
스위스 치즈, 28g	6

V. 결론

비타민 D는 주로 일광 속의 UVB에 의해 피부에서 만들어지며 위도, 계절, 피부색, 일광 차단제에 의해 영



향을 받는다. 비타민 D는 칼슘, 인 등 무기질 대사를 통해 골격의 성장과 발육에 매우 중요한 기능을 하며 결핍되면 소아에서는 구루병, 성인에서는 골연화증이 나 골다공증을 유발할 수 있다. 이 외에도 비타민 D의 결핍이 각종 암과 면역 질환, 심혈관계 질환의 발생과 관련이 있다. 문명의 발달과 실내 생활의 비중이 증가되는 등 생활 습관의 변화에 의해 비타민 D 결핍 증은 전 세계적으로 매우 광범위하며 혈중 비타민 D가 적절한지 확인하기 위해 25(OH)D 검사와 적극적인 인 비타민 D의 보충이 필요하다. 향후 비타민 D를 고려한, 계절과 날씨에 따른 일조량과 UVB 등의 기상 정보는 국민의 건강에 매우 중요한 영향을 미칠 것으로 생각된다.

참고문헌

김상완. 2010: 비타민 D의 골격계 및 비골격계효과. 대한골대사학회 Clinical Osteoporosis Update 강의를록, 33-44.

Bischoff-Ferrari, H.A., et al., 2009: Prevention of nonvertebral fractures with oral vitamin D and dose dependency: a meta-analysis of randomized controlled trials. Arch. Intern. Med., 169(6), 551-561.

Feldman D., 2005: Vitamin D. Elsevier Academic Press., 1892pp.

Hanchette C.L., 1992: Geographic patterns of prostate cancer mortality. Evidence for a protective effect of ultraviolet radiation. Cancer., 70(12), 2861-2869.

Holick, M.F., 2008: The vitamin D deficiency pandemic and consequences for nonskeletal health: Mechanisms of action. Mol. Aspects. Med., 29(6), 361-368.

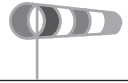
Holick, M.F., 2007: Vitamin D deficiency. N. Engl. J. Med., 357(3), 266-281.

Matsuoka L.Y., et al., 1987: Sunscreen suppress cutaneous vitamin D3 synthesis. J. Clin. Endocrinol. Metab., 64(6), 1165-1168.

Lips P., et al., 2006: The prevalence of vitamin D inadequacy amongst women with osteoporosis: an international epidemiological investigation. J. Intern. Med., 60(3), 245-254.

Webb, AR., et al., 1988: Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of vitamin D3: exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote vitamin D3 synthesis in human skin. J. Clin. Endocrinol. Metab., 67(2), 373-378.

<http://www.temis.nl/index.php>



G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할

이 선 제

서강직업전문학교 경찰경호학과 교수

white-6296@hanmail.net

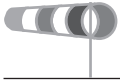
I. 머리말

국가적인 행사와 사건이 발생하였을 때 정부기관은 수동적인 활동에서 벗어나 능동적인 활동을 하여야 한다. 2010년 12월 대한민국은 G20서울정상회의와 천안함 의 폭침사건과 연평도의 북한포격으로 인하여 안보와 국가적 경호경비의 강화에 대한 국가적 요구에 직면하고 있다. 2010년 11월 11일부터 12일까지 2일간 서울특별시 삼성동 소재의 코엑스에서 실시한 G20서울정상회담은 세계 각국의 정상들뿐만 아니라 경제관료 등 세계를 움직이는 주요인사들이 모이는 회담이다. 중요인사의 안전문제는 외교적으로 큰 문제를 발생시키며 국가신뢰도에 직접적인 영향을 미치게 된다. 따라서 중요시설에 대한 경비문제가 대두된다. 특히, 경호활동은 모든 위해가능성을 열어두고 대비하는 것이다. 서울지방경찰청은 범죄현장 분

석을 통해 범죄자의 심리 등을 파악하는 프로파일링(Profiling)기법을 G20서울정상회의의 경호경비에 활용하였다.¹⁾ 지금까지 프로파일링기법은 수사 분야에만 사용하였으나 경호경비에서도 도입을 시도하는 것이다. 프로파일링기법 이외에 지향성음향장비(LRAD-Long Range Acoustic Device)라는 다중시위 해산장비를 여러 논란에도 불구하고 도입되었다. 이와 같이 정부는 모든 역량을 동원하여 안전을 확보하고자 노력하였다.

본 논고는 G20서울정상회담 때 기상이 경호경비에 어떠한 영향을 주었는지 살펴보고, 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할이 무엇인지 고찰하여 보았다.

1) 매일경제신문(2010년 3월 10일)



II. 이론적 배경

1. 경호의 개념

경호는 실질적 의미의 경호개념과 형식적 의미의 경호개념으로 살펴볼 수 있다. 실질적 의미의 경호개념이란 일반사람들이 경호라는 단어를 듣고 떠올리는 개념으로 국어사전적 의미인 ‘경계하고 보호함’의 의미와 ‘신변보호’를 뜻한다.

형식적 의미의 경호개념은 대통령 경호처를 비롯한 경찰청 등 여러 경호기관과 같이 제도상 성문법으로 정의되어 있는 개념이다. 대통령경호실법은 제1조, 제2조, 제3조를 통해 ‘경호란 경호대상자의 생명과 재산을 보호하기 위하여 신체에 가하여지는 위험을 방지 또는 제거하고 특정한 지역을 경계순찰 및 방비하는 등의 모든 안전활동’으로 정의하고 있다. 경찰관직무집행법과 전직대통령예우에 관한 법률상의 경호개념을 보면, 경찰관직무집행법 제2조에서 경찰관의 직무를 ① 범죄의 예방 진압 및 수사 ② 경비 요인경호 및 대간첩작전 수행 ③ 치안정보의 수집 작성 및 배포 ④ 교통의 단속과 위해의 방지 ⑤ 기타 공공의 안녕과 질서유지 등으로 규정하였다. 그리고 경비는 인명과 재산을 인위적 자연적인 위해로부터 보호하기 위하여 특정한 지역을 비롯한 국가시설 및 중요시설을 경계순찰 방비하는 것이다. 요인경호는 국가와 사회적으로 중요한 직책에 있거나 기밀 등을 알고 있어 보호를 요하는 자에 대한 경계와 보호를 뜻한다.²⁾ 경비업법 제2조에서는 경비업의 구분을 시설경비업무, 호송경

비업무, 신변보호업무, 기계경비업무, 특수경비업무로 명시하고 있는데 신변보호업무가 경호업무이므로 경비개념 속에 경호의 개념이 포함되어 있다.

이와 같이 실질적인 의미와 형식적인 의미의 경호개념을 종합하여 보면 경호란 경호대상자의 신변안전 및 재산을 보호하기 위하여 구성된 경호조직에 의하여 행하여지는 신변보호 및 시설경비 및 기타 제반 지원업무를 의미한다.

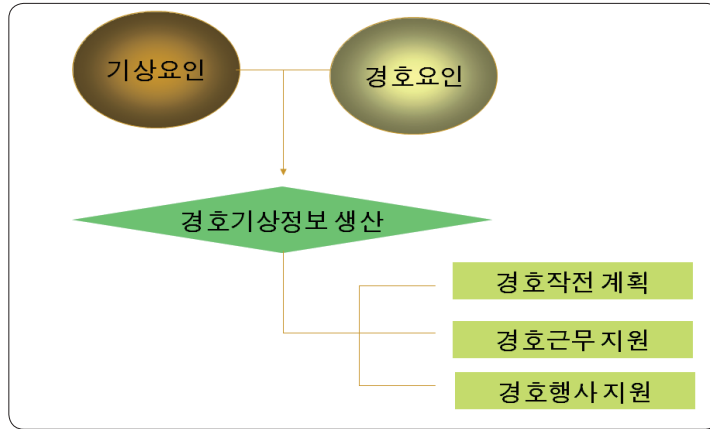
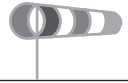
2. 경호활동

경호활동이란 경호대상자의 신변에 대한 직간접적으로 가해지는 위험을 예방하고 사태발생시 대응하기 위한 활동이다. 경호활동을 주제로 삼은 영화나 드라마를 보면 경호활동은 단지 듄직한 체구의 경호원이 경호대상자 옆에서 수행하는 모습의 근접경호만을 연상하고 있으나 근접경호는 경호활동의 일부이다. 마치 기상학을 전공하지 않는 일반 국민들이 기상청이 하는 일을 떠올리면 대부분 예보업무만을 생각하는 것과 유사하다. 경호활동은 근접경호활동 이외에 다양한 분야로 구분되는데 예를 들어 대통령 경호처의 업무를 보면 경호, 경비, 정보 보안, 검측(화학) 검식, 안전기동(항공통제), 통신, 의무 등 다양하게 이루어지고 있는 것을 알 수 있다.

3. 경호기상정보

경호기상정보란 피경호인의 절대 안전을 보장하기 위한 각종 제반활동을 수립 시행함에 있어 영향을 주는 기상정보를 뜻한다. 현재까지 이에 대한 학술적인 체

2) ① 최기남, 2004 : 중동테러리즘에 대한 한국경호안전도극대화 방안, 경기대학교 박사학위논문, 36p.



[그림 1] 경호기상정보 생산과정 및 활용분야
출처: 이선제, 2010 : 기상담론 발표자료집, 86p.

계획은 다소 미흡하지만 경호기관 및 경호경비 작전부대에서는 기상정보를 획득하여 자체적으로 경호활동에 활용하고 있다.

경호기상정보는 기상요인과 경호요인의 인과관계를 지수화(指數化)하여 경호작전계획, 경호근무지원, 경호행사지원에 생산된 정보를 활용하는 것이다. 이러한 과정을 도식화 하면 [그림 1]과 같다.³⁾

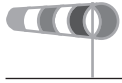
III. 기상이 경호활동에 미치는 영향

기상이 경호활동에 미치는 영향은 크게 경호경비작전부대에 미치는 영향과 위해요소, 예를 들면 다중시위 군중에 미치는 영향으로 구분된다.

경호경비업무를 수행하는 작전부대는 기상상태에 따라 계획수립, 수행장비, 기동수단, 경호경비, 작전부대의 근무지원 등을 결정한다. 예를 들어 경호대상자를 행사장에 수행해 오고 갈 때 기동수단을 정하여야 하는데, 이때 기상상태에 따라 기동수단이 정해진다. 예컨대 풍속이 강하고 항공기상상태가 악천후 일 경우 회전익 항공기(헬리콥터)로 이동하는 것은 매우 위험하다. 이러한 경우 기동수단을 회전익 항공기에서 자동차나 기차 등 육상 기동수단으로 변경하여야 한다. 따라서 기상예보를 통하여 적절한 기동수단을 사전에 선정하고, 기동당일 실시간 기상상태에 따라 최적의 기동수단을 활용하는 것이다. 기동수단 이외에 우천, 강풍 등 실시간 기상상황에 따라 경호경비요원과 부대들이 취해야 하는 일련의 행동들이 있다.

기상은 경호경비작전부대에 미치는 영향 이외에 위해자의 심리와 위해기도 수단의 위해능력 증감에도 영향을 준다. 봄처럼 기온이 상승하고 활동이 용이한 기상

3) 이선제, 2010 : G20과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할, 기상청 제4회 기상담론, 86p.



상태는 사람의 감성을 격동적이게 하는데 위해가해자의 심리상태 역시 격동적이게 한다. 이와 반대로 강풍 한파와 같이 악천후는 사람의 활동을 움츠리게 하는데 위해가해자의 위해의지 역시 움츠리게 한다. 가시거리를 짧게 하는 해무는 저격 등의 위해행위에 방해가 되는 요소가 되며, 겨울철에는 코트를 입을 수 있으므로 위해물체를 쉽게 감출 수 있지만 여름철에는 신체에 위해물체를 은닉하기 어렵다.

‘날씨를 알면 내일이 보인다’의 저자 박대홍은 날씨와 폭동과의 상관관계에 대한 사례로 ‘세계의 폭동 및 큰 범죄는 대부분 날씨가 맑고 바람이 적당히 부는 날보다 저기압 접근할 때에 일어났다는 보고가 있다. 이는 날씨가 사람의 기분에 미치는 영향이 크다는 것이다’라고 하였다. 하지만 절대적으로 저기압일 때 폭동이 발생하는 것은 아니다. 하지만 불쾌지수가 높으면 많은 사람들이 불쾌감을 느끼듯이 저기압일 경우 군중들이 감성적으로 흥분될 수 있음을 뜻한다. 기상이 시위자의 폭동가능성에 대한 영향을 경호경비를 하는 입장에서는 간과하여서는 안 되는 문제이다. 이에 대한 연구가 아직 심층적으로 이루어져 있지 않아 차후 연구하여야 할 과제이다. 그러나 날씨와 폭동과의 상관관계와 저기압이 군중심리에 미치는 영향이 있다는 사실은 경호 관련분야에서 꼭 짚어보고 넘어가야할 문제이다.

IV. G20정상회담과 경호기상정보의 관련성

정상회담 기간인 2010년 11월 11일부터 12일까지 2일간 기상개황을 알기 위해 기상청의 과거 기상자료를

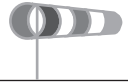
검토하여 1960년부터 2009년까지 49년간 11월 11일과 12일의 개황을 살펴보았다. 11월 11일이 맑았던 날은 13번 있었고 12일이 맑았던 날은 12번이었다 [표 1]. 11일과 12일 연속으로 맑았던 날은 5번이었다. 기상학의 비전문가는 이와 같이 지난 기상자료를 바탕으로 예측한다. 실제 행사날인 2010년 11월 11일 서울은 비, 황사, 뇌전, 천둥이 있었고 12일은 비와 황사가 관측되었다.

2010년 11월 11일과 12일 이틀간 발생한 비와 황사, 강풍등으로 인해 외부 활동 여건이 안 좋았다. 경찰은 악천후 기상으로 G20서울정상회담 기간 중인 11일 오후 민주노총과 참여연대 등 국내 80여개 진보단체와 외국인 활동가 100여명이 참석한 가운데 열린 반대 집회에서 과격할 폭력시위는 없었다고 발표하였다.⁴⁾ 이미 위의 제3장에서 저기압 접근 시기에 군중심리가 흥분되기 쉽다는 내용을 언급하였다.

그러나 11일의 기상개황은 저기압의 영향으로 군중심리가 고조되었다 하더라도 비(雨) 황사 강풍으로 집회의욕이 낮아진 것으로 해석된다. 경찰 측의 발표는 기상으로 인해 폭력시위가 없었다는 점만으로도 기상이 시위군중의 심리에 영향을 주었다는 것으로 시사하는 점이 크다.

영국 런던에서 열린 제2차 G20정상회의에서는 시위대와 경찰이 충돌하여 시민 1명이 사망하였다. 미국 피츠버그에서 개최한 제3차 G20정상회의 때에도 경찰과 시위대간에 물리적 충돌이 있었다. 2010년 6

4) 연합뉴스(2010.11.12), <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2010/11/12/0200000000A KR20101112062900004.HTML?did=1179m>.



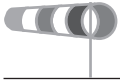
월 제4차 캐나다 토론토 회의 때에도 시위대가 경찰 기관에 방화를 하고 은행과 다국적기업 매장의 유리를 파손하였다. 2000년 10월 서울에서 열린 제3차 ASEM(아시아유럽정상회의) 당시 시위대와 경찰

이 몸싸움을 하였고, 2005년 11월 부산에서 개막한 APEC(아시아태평양경제협력체) 정상회의에서도 과격시위가 있었던 것과는 대조적이다.

[표 1] 1960~2009년간 11월 11일, 12일 개황자료

년	11월 11일	11월 12일	년	11월 11일	11월 12일
1960	안개 연무 햇무리 달무리	안개 연무 달무리	1984	박무	없음
1961	박무	박무	1985	눈 소낙눈	눈 박무
1962	비 박무	비 박무	1986	없음	연무
1963	비 박무	비 박무	1987	박무	비 박무
1964	비 박무 뇌전 천둥 번개	없음	1988	연무	박무
1965	박무 연무	비 박무	1989	박무 연무	비 박무
1966	박무 햇무리	박무 연무 햇무리	1990	박무	박무
1967	박무	비	1991	없음	소나기
1968	박무	안개 연무	1992	박무 연무	박무
1969	박무	비 박무	1993	없음	비 소나기
1970	없음	비 박무	1994	없음	비 박무
1971	박무	비 안개 박무	1995	없음	박무
1972	박무	비 박무	1996	박무 연무	박무
1973	없음	없음	1997	박무 연무 달코로나	비 박무
1974	눈	없음	1998	박무	없음
1975	없음	비	1999	비 박무	비 박무
1976	박무	박무	2000	비 박무	박무
1977	박무	박무	2001	박무	박무
1978	비 박무연무	비	2002	박무 황사	소낙눈 박무 황사
1979	없음	없음	2003	비	비 박무 달무리
1980	박무	비 소나기 박무 뇌전	2004	비 안개비 박무	없음
1981	비 박무 연무	박무 연무	2005	안개 박무	없음
1982	비 박무	박무 연무	2006	없음	없음
1983	비 박무 연무	없음	2007	없음	연무

출처: 기상청 홈페이지, 과거 기상자료.



물론 황사와 비(雨) 등 악천후에는 반드시 폭력시위가 발생하지 않는다는 것은 아니다. 하지만 경찰의 발표처럼 악천후 기상이 과격시위의 의지를 낮추었다는 것은 간과할 수 없다. 그러므로 기상요인이 경호활동에 미치는 요인으로 작용되는 것이므로 경호기상정보를 생산할 수 있다.

V. 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 과제

1. 능동적인 기상정보제공 활동

능동적 활동이란 부여된 업무 또는 기존에 하던 업무에서 벗어나 새로운 시도를 찾아 도전하는 것이다. G20서울정상회담은 국력을 과시하며 총력을 기울이는 행사이다. 이러한 행사를 치루는 데 있어 정부의 모든 기관은 능력을 과시할 수 있는 기회이기도 하다.

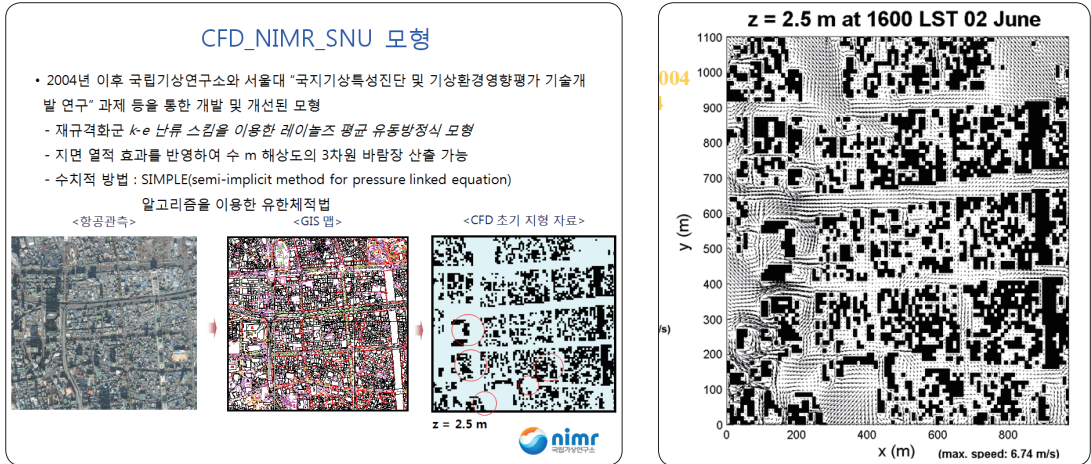
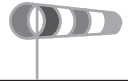
중요 경호부서에서는 기상정보를 기상청 외에 공군기상대의 정보를 더 많이 선호하고 있다. 공군기상대의 정보는 지휘통제 및 보안활동에 용이하기 때문이다. 그러나 기상정보생산에 있어서 가장 큰 조직은 기상청이다. 기상청에서도 중요 경호부서와 지휘통제 및 보안활동을 용이하게 하고 보다 경호기관에서 요구하는 맞춤형 경호기상정보를 제공할 수 있다면 기관의 위상이 높아질 것이다. 특히 2010년 G20서울정상회담과 같이 경호경비의 비중이 커짐에 따라 새로운 위험을 예방하고 위험 발생시 신속히 대응하기 위해서는 새로운 시도를 통하여 국가지원이 절실히 필요한 때 보다 능동적인 자세가 필요하다.

G20서울정상회담 경호를 위한 기상정보 역시 관련 부서에서 요구하기 이전에 능동적으로 기상정보를 생산하여 제공하는 노력도 중요하다. 기상학의 비전문가는 행사당일의 기상을 예측하는 방법으로 과거날씨를 기준으로 통계적 예측을 한다. 기상청은 기상에 대한 전문성을 가지고 있는 정부기관이므로 레이더, 수치모델 등의 각종 기상기술을 활용하여 행사 수개월 전부터 자문해 줄 수 있다.

2. 도시의 바람 길을 활용한 경호기상정보의 제공

환경부에서 개발하고 경찰청 등 468개 기관에서 사용 중인 CARIS(Chemicals Accident Response Information System : 화학물질사고 대응 정보시스템)는 화학테러 사고의 발생시 AWS정보를 이용하여 유독물질 확산범위, 독성물질 제독방법, 주민대피범위 등 다양하고 정확한 정보를 실시간으로 제공하고 있다. CARIS는 경찰청 등 468개 기관에서 화학물질을 사용한 테러를 사전 대비하고 사태발생시 대응하는데 사용하고 있다. 기상청은 CFD_NIMR_SNU 모형을 기반으로 삼아 도시의 바람길 시뮬레이션을 통하여 CARIS보다 일정 도심지역의 고층건물로 인한 바람길에 대한 시뮬레이션을 더욱 자세히 할 수 있는 능력을 보유하고 있다.

CFD_NIMR_SNU 모형은 2004년 이후 국립기상연구소와 서울대 “국지기상특성진단 및 기상환경영향평가 기술개발 연구” 과제 등을 통한 개발 개선된 모형으로 CARIS보다 더욱 상세한 도시 바람길을 시뮬레이션 할 수 있다. [그림 2]는 국립기상연구소에서 발표한 CFD_NIMR_SNU 모형과 이것을 이용한 청계



[그림 2] 도시바람길 모형 및 시뮬레이션 모습

출처: 국립기상연구소

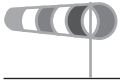
천 주변의 도시 바람길을 시뮬레이션한 결과를 보여 주고 있다.

도시의 바람길은 경호작전부대가 다음과 같이 활용할 수 있다. 첫째, 화학테러 대비 화생방경보기를 배치할 경우 유용하게 사용할 수 있다. 생화학테러는 테러리스트에게 '가난한 테러리스의 핵무기'라는 말이 있을 정도로 적은 비용으로 큰 혼란을 줄 수 있는 테러 방법이다. 물론 개방되어 있는 도심에서 살상효과를 가져올 정도의 화학물질은 탱크로리(tank lorry) 등을 이용한 다량의 화학물질을 살포하여야 한다. 그러나 소량의 화학물질 테러가 발생하여도 VIP 및 작전부대의 이동을 지휘하기 위한 정보자료로 매우 유용하게 사용할 수 있다. 둘째 불법 다중 폭력시위대를 해산하기 위하여 부득이하게 화학진압제(최루탄 등)를 사용할 경우에 대비한 사전 정보자료로 사용할 수 있다.

3. 맞춤형 경호기상정보의 생산

기상청은 도시별 생활기상, 생활기상지수, 산업기상지수, 보건기상지수, 등 각종 생활과 활동에 미치는 기상자료를 지수로 변화시켜 정보를 제공하고 있다. 이와 같이 경호경비작전에 미치는 기상자료를 지수화하여 제공할 수 있도록 G20서울정상회담을 계기로 연구해 볼 수 있었을 것이다. 정상회담이 종료되었으나 장기적 관점에서 경호경비기상정보를 연구할 가치가 있다. 지금까지 학계에서는 학과의 경계를 넘어 통합적 사고(思考)와 기술의 융합이 이루어지고 있다.

그러나 기상학과 경호학의 융합에 대한 시도는 아직까지 없었다. 다만 경호경비작전 분야에서는 실제로 필요한 기상정보를 활용하여 계획을 수립하고 실행하고 있다. 그러므로 경호경비관련 부서 및 학계와 연계하여 경호분야에서는 경호기상정보에 대한 요구사항을



제한하고 기상청은 기술력을 제공하여 맞춤형 경호기상정보를 개발 보급하게 되면 기상청의 위상과 역할도 높아질 것이다.

VI. 맺음말

2010년 대한민국은 G20서울정상회담 개최로 인하여 경호경비분야에 많은 발전을 가져 왔다. 또한 천안함의 폭침사태와 연평도의 포격사건으로 안보분야에 매우 커다란 위협이 발생하였다. 천안함 폭침사태에서 해상기상의 영향으로 수색작업에 어려움이 있었으며, 연평도 포격사건에도 악천후 기상으로 아군의 포사격훈련이 연기되기도 하는 등 군사작전에도 기상요인은 밀접한 관계가 있다. G20서울정상회담에도 결과적으로 황사, 비, 강풍의 영향으로 폭력시위가 없었다는 경찰 측의 논평도 있었다.

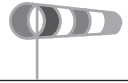
G20서울정상회담은 세계를 움직이는 정상들이 서울에 모이는 국제행사이다. 이러한 회담에 세계정상을 향한 신변의 위해요소가 발생하면 세계전쟁으로까지 확산될 가능성이 있다. 제1차 세계대전도 사라예보에서 발생한 황태자암살사건에서 발생되었다. 경호분야는 만약에 발생할 수 있는 1%의 위해요소도 간과하지 않고 사전 대비하고 사태발생시 대응한다. 세계 각국 정상들의 절대 안전을 확보하기 위해 기상정보까지 활용하는 것은 당연하다. 러시아는 매년 5월 9일 전승기념일에 실행하는 '구름 소산(消散)'을 통하여 자국의 국력을 과시한다. 대규모 국가행사에 구름소산이라는 기상기술도 사용하는 것이다. 그러므로 G20서울정상회담과 같은 국가행사를 시초로 경호경비관련

분야에 적합한 기상기술을 발전시키는 것은 의미 있는 일이라 하겠다.

따라서 우선적으로 경호기상정보생산을 위한 기상청의 역할을 3가지로 정리하여 보았다. 첫째, 능동적인 기상정보제공 활동이다. 국가행사시 예전부터 하던 기상지원활동을 하는 수동적인 자세에서 벗어나 현재 보유하고 있는 기상청의 기술을 활용하여 경호부서에서 필요한 기상정보를 기상청에서 먼저 찾아내서 제공하는 능동적 자세를 견지하는 활동이 필요하다. 기상에 관한 비전문가는 행사당일의 날씨를 예측하기 위해 과거의 날씨만을 가지고 판단하지만 기상청에서 보유하고 축적된 기술을 이용하면 좀 더 세분화된 기상정보를 경호부서는 제공받을 수 있다. 그리고 경호장비, 경호근무자, 근무지원 등에 영향을 주는 기상요인을 종합하게 되면 경호지수(警護指數)라는 것도 제공할 수 있을 것이다.

둘째, 도시바람길을 활용한 경호기상정보 제공이다. 현재 기상청 국립기상연구소에서 보유한 도시바람길 시뮬레이션은 환경부의 CARIS보다 더욱 좁은 구간의 도시바람길을 묘사할 수 있다. 이 기술을 활용하면 VIP의 숙소와 행사장의 바람길을 세부적으로 알 수 있으므로 생화학테러 대비에 유용하게 사용할 수 있다. 그리고 만약의 사태에 직면하여 경호작전부대에서 화학진압제를 사용할 때 시에도 유용하게 사용할 수 있도록 정보를 제공해 주는 자료이다.

셋째, 맞춤형 경호기상정보의 생산이다. 기상학과 경호학의 융합체인 경호기상정보생산에 대한 학문적 토의는 지금까지 없었다. 그러나 과학계에도 인문학과



공학간의 학문적 경계가 통합되는 시대에 경호학과 기상학이 융합되어 경호분야에 최적화된 맞춤형 경호기상정보를 제공할 수 있는 토대가 마련되어야 할 것이다. 경호분야에서는 경호에 영향을 주는 기상요인을 연구하고, 기상청은 보유한 기술을 공유하여 경호활동에 적합한 맞춤형 경호기상정보를 제공하게 되면 기상청의 위상과 역할의 중요성은 한층 높아질 것이다. 또한, 기상현상에 의한 위협을 경호관련부서와 연계하면 경호관련부서도 기상위험을 인지하고 이에 대비하기 위한 노력을 기상청과 함께 함으로써 경호안전도의 극대화에도 획기적인 계기가 될 것이다.

참고문헌

- 국립기상연구소 'CFD_NIMR_SNU 기반 도시기상 빌딩풍 시뮬레이션' 발료자료
- 박대홍, 1994 : 날씨를 알면 내일이 보인다, 한겨레신문사.
- 이상철, 2006 : 경호현장운영론, 도서출판 원.
- 최기남, 2004 : 중동테러리즘에 대한 한국경호안전도 극대화 방안, 경기대학교 일반대학원 박사학위논문.
- 연합뉴스, 2010년 11월 12일 <G20> 시위문화도 성숙...반대 목소리 평화적 전달.

기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출

김 영 신

기상청 기획재정담당관
younggod@kma.go.kr

I. 서론

지난 11월 18일, 국회의원 회관에서는 문화체육관광부가 후원하고, 한국데이터베이스진흥원이 주관한 '기상정보서비스산업 활성화를 위한 공공-민간 상생협력 토론회'가 열렸다. 본 토론회를 주최한 의원은 인사말을 통하여 "기상정보는 국가 경제의 성장과 국민 소득 수준의 향상에 따라 국민의 여가 생활 및 다양한 산업 분야에 점차적으로 확대되고 있으며, 그 중요성은 이제 국가 안보의 중요한 요소로까지 인식되고 있다. 기후변화 시대를 맞아 기상 및 기후분야 정보서비스 수요가 급증하면서 사회·경제적으로 다양한 분야로 확장하고 있다"고 강조했다. 지식정보 사회에서 핵심상품인 기상 DB를 문화콘텐츠의 일부로서 인식하고 있다는 것은 과거 산업사회에서는 거의 상상할 수 없었던 현상이다. 정보통신 기술을 활용하는 정보

수요 급증은 단지 기상정보에만 국한된 것은 아니다.

선진국에서는言년대부터 시작되었으나 한국은 '60년대의 정보화, 글로벌리제이션 등 기술적 경제적, 정치사회적 환경에 다양한 네트워크 유형을 등장시키면서 본격화되었으며, 기상정보 서비스를 비롯한 지식서비스의 부가가치 비중과 고용이 모두 증가하고 있다[표 1 참조].

[표 1] 국내 서비스산업 부가가치 및 고용비중 추이

구분	1980년	2007년
서비스산업 부가가치 비중	47%	58%
서비스산업 고용 비중	37%	67%

출처 : 한국은행 경제통계시스템, 2008

이것은 글로벌리제이션, 민주화, 정보화와 함께 인류 사회가 인간의 창의적 두뇌혁명과 경험적 지식의 투입

을 통한 지식정보의 개발 및 활용이 자본, 원자재, 노동 등 어떠한 실물생산요소보다 중요한 역할을 하는 지식혁명을 경험하면서 나타나는 현상이다.

II 정보의 진화와 기상정보의 특성

1. 정보의 진화

일반적으로 정보란 어떠한 목적에 직접 또는 간접으로 도움을 줄 수 있도록 구체적 지식이나 사실들을 정리한 것을 말하며 데이터를 유용한 형태로 변환시킨 것을 의미하는데 유의미하게 가공된 2차 데이터의 형태로 표시된다. 반면 데이터란 정보로 생성되기 이전의 단순한 관찰이나 측정을 통하여 수집한 사실 또는 값을 의미하며 가공하기 전의 순수한 상태의 수치로 표시된다. 지식은 데이터, 정보, 그리고 가능한 다른 지식 사이의 패턴에 의해 표현된다. 지식을 표현하는 패턴들은 과거나 현재, 미래와 연계될 때 고도의 예측력을 가지고 있다. 또한 지혜란 인지적(cognitive)이며 분석적(analytical)인 것으로 지식을 이용하거나 이전의 지식으로부터 새로운 지식을 도출하는 프로세스를 통하여 올바른 결정이나 판단을 하도록 지식과 경험이 축적된 상태를 의미하며 의식의 수준에 따라 좌우된다. 특히, 도덕, 윤리적 코드에 따라 결정된다.

예를 들어 기상관측을 통하여 얻게 되는 강수량, 기온 등의 자료는 데이터이다. 이 데이터를 가지고 내일, 오전 서울 신대방동의 비 올 확률이 92%라는 산출물은 정보라고 말할 수 있다. 과거 자료 및 미래 예측 시나리오를 가지고 ‘올 겨울 우리나라 중부지방은 평년기

온보다 3도 이상 낮을 것이다’라는 분석을 내놓았다면 이것은 기상 관련 과학적 지식이며, 장기 기후예측시나리오 따라 재해, 건강, 에너지, 기후, 물, 기상, 생태계, 농업, 생물다양성에 미치는 영향을 분석하여 녹색성장 대책을 수립하여 실천하는 일은 지혜에 해당된다고 보아야 할 것이다.

정보의 개념은 사회가 발전하고 고도화됨에 따라 계속해서 변화하고 있다. 실제적으로 인간이 하는 모든 가치판단과 행동이 정보에 의존하고 있다는 측면에서 살펴보면 정보는 매우 복잡하고 다양하게 정의될 수 있으며 활용되는 분야에 따라 행정정보, 도시정보, 환경정보, 교통정보, 기상정보 등 다양한 형태의 정보가 존재할 수 있다.

2. 재화로써 기상정보의 특성

자유 시장경제 체제하에서 자원의 배분은 가격의 매개변수적 기능에 의해 소비자와 생산자들 간의 자발적인 교환과 경쟁을 통하여 이루어진다. 그러나 대부분의 시장은 공공재, 외부효과, 규모의 경제¹⁾, 불확실성 등에서 불완전한 부분이 존재한다. 특히 기상정보는 지식정보재로서의 특성, 불확실성을 강하게 내포하고 있다. 기상정보시장에서 정부의 역할이 특별히 중요시되는 것은 바로 이러한 특성 때문이다.

기상정보를 법령에서 별도로 정의한 바는 없지만 2008년 개정된 기상법에서 기상정보시스템을 ‘국내 외의 기상업무에 관한 자료를 수집·가공·저장·검

1) 투입규모가 커질수록 이익이 커지는 현상

색·표출·송수신 및 활용할 수 있도록 체계적으로 구성된 기기·프로그램 및 데이터베이스 등의 결합체로 정의함으로써 기상정보를 국내외 데이터는 물론 가공 정보 및 관련 소프트웨어를 포괄한 개념으로 정의하고 있다. 본 연구에서 활용되는 기상정보도 대부분 본 개념을 따르고 있다.

지식정보재로서의 기상정보는 첫째, 그것의 존재형태, 접근 허용성, 소유형태 등 매우 다양하다. 최근에는 디지털 기술을 통하여 하나의 포맷으로 통합되면서 표준화된 환경을 요구하고 있다. 둘째, 기상정보는 공공재의 특성을 지니고 있다. 하나의 수급단위로 분할되지 않는 비분할성, 소비에 있어서의 비경합성, 소유에 있어서 비배타성으로 인하여 무임승차 속성을 지님에 따라 지식정보재의 사회적 배분과정에 대한 정부개입이 필요하다. 무임승차를 억제하지 않으면 사회적으로 저공급 상태에 놓이게 된다. 셋째, 기상정보는 직접 소비해봐야 그 가치를 평가할 수 있는 경험재(experience good)이다. 기상정보에 대한 체험이 중요한 이유이다.

정의 네트워크 외부효과를 가지는 기상정보는 네트워크에 가입자 수가 한 단위씩 증가할 때, 가입자의 네트워크는 한 단위 이상으로 체증된다. 네트워크 외부효과는 정보통신 등 네트워크에 기반한 거래에서 당사자가 아닌 제3자에게 긍정적 파급효과를 미치는 것을 의미한다. 네트워크 효과는 $NE(\text{Network Effect}) = n(n-1)/2$ (n = 가입자 또는 가입망의 수)로 표시할 수 있다.

일반적으로 외부효과에는 긍정적 효과나 부정적 효과

가 모두 존재할 수 있다. 그러나 네트워크에서는 가입자 수의 증가로 인하여 발생하는 부정적 효과보다는, 유무선 전화, 컴퓨터통신망, 인터넷, 소셜미디어 등 표준화, 호환성, 상호운용성, 상호접속성 등에 토대를 둔 네트워크의 확장을 통하여 보다 많은 사람에게 기회와 편의성을 제공하는 긍정적 효과가 일반적으로 더 크다. 즉 수요측면에서는 규모의 경제를 실현시키는 기능을 수행하면서 생산자 측면에서는 규모의 경제를 통하여 달성되는 수익체증의 효과를 갖는다. 네트워크 산업에서 규모는 거대한 네트워크를 통하여 표준화된 제품을 유통함으로써 쉽게 달성된다. 뿐만 아니라, 다른 재화에도 그러한 특성을 지니는 경우가 있지만, 지식정보재는 전형적으로 높은 고정비용과 낮은 가변비용 구조를 지니고 있다. 이것이 초기 투자에 있어서 정부의 역할이 중요한 이유이기도 하다. 하지만 지식정보재의 시장가격은 투입된 비용과 기대이윤보다는, 제품의 가치에 대한 소비자의 필요성과 평판도에 따라 매겨진다.

기상정보는 불확실하고 복잡한 환경 변화에 대한 예측능력의 부족으로 인하여 불확실성이 존재하고, 공급자와 수요자간 정보비대칭으로 거래 또는 계약 당사자 사이에 비효율성이 발생하는 측면이 있다. 디지털 정보기술의 쌍방향성, 실시간 처리, 중개자 제거, 보편적 접근성 등은 정보비대칭에서 발생하는 시장과 정부의 실패요인을 교정하는데 커다란 기회를 제공한다. 네트워크 거버넌스에서 주된 쟁점은 정보 부족보다는 과부하이다. 정보풍요가 주목(注目)의 빈곤을 야기하는 상황 하에서 기상정보 공급자가 소비자에게 유용한 정보를 검색, 여과 및 전달하는 재중개 기능이 매우 중요한 영역으로 대두되고 있다. 네트워크 경제에서 인

간의 주목이 가장 희소한 재화라고 한다. 따라서 어떻게 주목을 받게 하여 기상정보의 가치를 인식하게 할 것인가가 수요창출의 관건이다.

III. 지식정보시대의 정보의 생산 및 확산·활용 구조

범용 기술이란 '경제의 넓은 부분에 영향을 미치는 것으로 파악되는, 동일한 속(屬)의 기술혁신 또는 기술혁신의 집합'을 의미하는데 세계정치에서 전략적 요지를 접하기 때문에 누가 이러한 범용기술의 생산, 확산 및 활용을 주도하느냐가 매우 중요하다. 왜냐하면 지식구조에서 도구적 지식의 층위에 속하는 범용기술은 도구적 지식의 층위에서도 특정한 시기의 과학적·기술적·기능적 결과물인, 소위 '첨단기술(high-tech)'의 의미를 가지기 때문이다.

그러면 지식정보시대에 기상정보를 어떻게 생산, 확산시켜 활용하게 함으로써 기상정보 서비스 시장을 활성화시킬 것인가? 최근에 급진전되고 있는 정보화는 급속한 기술변화로 인해 세 가지 정보기술의 산물이 개발되고 확산되는 상황이다: ① 많은 양의 정보를 값싸게 축적·저장·처리하는 기계적·전자적 수단으로서 다양한 컴퓨터시스템의 개발과 확산, ② 통신의 비용과 가용성을 크게 제고시킨 커뮤니케이션 시스템의 개발과 확산, ③ 의사소통 장벽을 제거할 가능성을 제시한 언어의 디지털화 등을 들고 있다.

기술변화가 항상 지식 구조를 변화시키는 것은 아니며 오직 기술변화가 사회적으로 수용이 되어 기본 신

념체계의 변화를 수반할 경우에만 지식구조의 변화를 야기한다. 종전의 근대 산업기술과는 달리 정보기술이 지니는 가장 핵심적인 속성 중의 하나는 '자원적 소유개념'을 넘어서는 '구조적 공유개념'을 그 바탕에 깔고 있다는 것이다. 다시 말해 근대 기술의 개념적 핵심이 소유할수록 가치와 권력이 증대되는 '소유적 지식(proprietary knowledge)'에 있다면, 정보기술의 핵심은 '공유적 지식(sharable knowledge)', 즉 널리 나누어 공유될 수 있도록 가치와 권력이 증대되는 종류의 지식에 있다. 물론 정보기술에서도 소유적 지식의 측면은 사라지는 것이 아니고 공유적 지식과 밀접한 관계를 맺으면서 여전히 중요한 역할을 담당한다. 소유적 지식으로서 정보기술의 특징을 잘 드러내는 사례로는 정보산업에서 등장하는 기술표준, 지적재산권, 문화콘텐츠 등을 들 수 있다. 기술표준에는 호환성과 상호작용성이 무엇보다도 중요한 문제이기 때문이다. 근대 산업기술의 경우에 비해서 호환성과 상호작용성이 결정적인 의미를 지니는 정보기술의 경우 표준화가 보다 더 중요하다. 기술 표준의 문제와 더불어 정보화시대의 지식구조를 보여주는 또 하나의 사례는 지적재산권이다. 지적재산권은 이전에 주로 공공재로서 인식되어 왔던 지식자원에 사유재의 성격을 부여함으로써 근대적인 의미의 배타적 소유개념을 도입하는 것을 의미한다. 국내외 기상관련 관측자료를 통합하여 서비스하고자 할 경우 원소유기관을 밝히는 것은 자료 공유를 극대화하기 위해서 매우 중요한 요건이다.

정보화시대의 지식 구조를 보여주는 마지막 사례는 문화콘텐츠를 담은 미디어기술로서 정보기술의 속성이 다. 콘텐츠 미디어의 발달은 단순히 양적인 정보 처

리의 증대라는 의미를 넘어서 질적인 정보처리 과정의 비약이라는 의미를 가진다. 이러한 맥락에서 글로벌 미디어와 문화산업을 중심으로 하여 문화콘텐츠를 생산·전파·소비하는 메커니즘이 정보화시대 지식구조의 전면부에 부상하고 있는 것이다. 미국은 도구적 지식과 지식소통 매개체 및 상징적 지식에 이르기까지 정보산업 분야 지식구조의 전 층위에 걸쳐서 지식패권을 행사하고 있다. 최근 들어 미국의 지식 패권에 도전하는 대항담론이 동아시아의 정보산업과 사이버공간에서 급속히 부상하고 있음에 주목할 필요가 있다.

IV. 한국의 기상정보서비스 산업 진단

선진국의 경우, 미국은 300개 이상의 기상사업자가 존재하고 매출시장 규모가 2조원이 넘는 것으로 파악되고 있다. 일본은 110여개 기업이 사업을 영위하고 있으며 매출은 약 3,200억원 규모로 알려져 있다. 반면, 한국은 1997년 민간기상사업자 제도가 처음으로 도입 되었으며 '09년말 기준으로 7개 업체의 매출이 443억원으로 매우 영세한 형편이다.

한편, 기상산업 활성화 목적으로 2009년말 기상산업진흥법이 제정·시행되면서 금년도에 기상사업자가 급격히 증가하여 2010년 10월 말 현재 56개 업체로 늘어났다. 하지만 기상 사업자 대부분이 기상장비업에 치중되어 있고 기상정보의 활용이나 정보유통 분야는 매우 저조하다(표 2 참조). 이는 아직까지 국민들이 기상정보의 경제적 가치에 대한 인식이 부족하고 기상정보가 무료라는 마인드 때문에 기상정보 활용분야의 사업이 활성화되지 않는데 원인이 있다

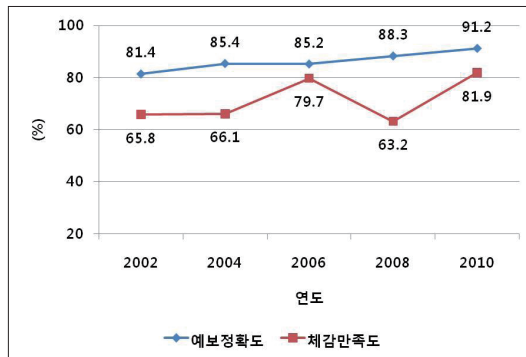
고 판단된다.

[표 2] 한국-미국의 기상산업 분야별 매출액 비율

분야	한국	미국	비교
기상장비 판매	61.2%	5.0%	미국의 12.2배
기상정보 서비스	11.0%	24.0%	미국의 0.46배

출처: 기상산업발전정책방안, 제7회 기상산업정책포럼 재구성, 2008

하지만 수요자의 입장에서 보면 경쟁자인 기상정보를 활용할 기회를 충분히 갖지 못했고 네트워크상에서도 기상정보를 주목할 기회가 충분하지 못했다고 볼 수 있다. [그림 1]은 정보에 대한 실제 사실과 인식 수준이 주목 환경조성에 따라 다를 수 있음을 보여준다. 더구나 기상정보서비스 시장을 국내시장으로 국한시키려고 하는 것도 근시안적인 시각이다. 네트워크는 특성상 국경을 두려워하지 않는다.



[그림 1] 정보정확도와 만족도 추이

기상정보서비스는 사회·경제 전반에 걸쳐 중요한 정보로서 공공 및 민간에서 다양하게 활용되고 있음에 따라 기상서비스에 대한 민·관의 투자가 활발히 이루어지고 있는 편이다. 하지만 민간사업자의 입장에

서는 민·관의 역할이 분명하지 않아 공공의 무료 기상콘텐츠와 민간의 유·무료기상 콘텐츠간의 충돌 사례가 발생하고 있다. 특히, 기상청이 유관기관, 지방자치단체, 공기업 및 일반기업과 기상정보 제공을 위한 MOU 체결로 인해 민간 기상시장의 위축을 초래한다고 판단하고 있다. 하지만 공급자인 기상청의 입장에서 보면 다양한 분야에서 기상정보에 대한 민간의 요구를 민간 사업자가 충분히 충족할 수 없기 때문에 정부에서 기상정보를 제공할 수밖에 없다고 보는 입장이다. 그 결과 지식서비스에 대한 낮은 아웃소싱 → 총체적인 수요 부족 → 지식서비스 기업의 영세성 지속 및 전문성 부족 → 기업의 아웃소싱 기피의 악순환이 지속된다.

우리나라의 경우는 압축 성장에 따른 부작용이라고 볼 수 있다. 금년 IPCC²⁾ 총회나 G20 정상회담의 성과는 불과 100년전 우리 대표가 국제회의장 밖으로 쫓겨나야 했고 바로 10년 전 외환위기 때 굴욕적인 IMF의 지원 조건을 수용할 수밖에 없었던 우리로서는 특별한 의미를 갖는다. 그러한 과정에서 체계적인 선순환 시스템을 구축하기란 쉬운 일이 아니다. 이러한 압축 성장은 기상업무에 있어서도 예외는 아니다. 금년에 독자기상위성인 천리안 위성의 발사와 세 번째 슈퍼컴퓨터 교체, 내년에 본격적인 독자예보모델을 개발하기 시작하면 처리해야할 정보는 기하급수적으로 늘게 될 것이다. 하지만 바로 전년도인 2009년까지 우리나라 기상과학 발전의 일부 성과는 해외원조와 차관에 의한 흔적이라는 것이 예산서 상에 남아 있다.

이러한 과정에서 기상업무의 패러다임이 기초과학분야에서 응용연구개발로 확산되고, 아날로그예보에서 디지털예보인 동네예보로 전환되면서 기상수요가 질적, 양적으로 급격히 증대되었다. 우리는 운영시스템의 효율성을 재고해볼 사이도 없이 열심히 뛰었다. 지난해 기상청의 예보 선진화 업무를 추진하기 위해 영입된 외국인 전문가가 한국의 기상청은 많은 부분에서 선진국과 뒤지지 않지만 기후자료센터와 같은 자료 공유 기능 등이 선진국보다 미흡하다고 진단한 것은 우리나라의 압축성장과 무관하지 않다([표 3] 참조).

[표 3] 국가기후자료서비스 개선계획

구분	현행	개선
저장용량	250TB	1,500TB
보존자료 생산 기관	기상청	기상청, 유관기관, (외국 기상청)
서비스 전용시스템	없음	통합기후정보 제공
개인서비스 방식	간행물	웹기반 양방향서비스
개인서비스 절차	목적별 순차적 검색	실시간 일괄검색
유관기관서비스 유통	1:1 협의 (개별 공유)	자동화된 연계 (통합공유)
유관기관서비스 접속	개별적 관리로 외부 접속 불능	공개된 웹서비스 제공으로 상호공유 가능
정보 수준	방재중심의 1차 정보	2차 가공자료, 부가 정보 포함
취득 검색	수동적 취득	능동적 취득

출처: 기상청 내부자료

V. 기상 정보 축적과 유통을 통한 국부 창출

우리나라 지식서비스산업의 성장에 가장 큰 구조적인 문제는 이미 앞서 지적한 바와 같이 낮은 수요수

2) 기후변화에 관한 정부간협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change)

준과 공급부문의 낮은 경쟁력 수준이 악순환(vicious cycle)의 고리를 이루고 있다는 점이다. 이러한 악순환을 극복하기 위해서는 기존 공급부문의 경쟁력 강화 정책과 더불어 수요부문의 변화를 동시에 자극함으로써 지식서비스산업의 수급 구조를 악순환에서 선순환으로 좀 더 빨리 전환시켜야 한다. 그러기 위해서는 무엇보다도 기상정보의 창출 촉진, 기상정보의 확산 체계 구축, 기상정보의 활용 체계 구축이 시급하다.

1 기상정보의 창출 촉진

1) 기상정보의 공급 확대

기상정보의 공급 확대는 기상청을 비롯한 정부의 책임이다. 높은 부가가치를 지닌 기상정보의 공공재적, 경험재적 특성 때문에, 시장에 그 수급을 맡길 경우 사회적으로 필요한 적정규모의 공급이 부족하여 시장균형이 파괴될 수 있다. 기상정보 또는 기상자료 기반 R&D분야의 정부 개입은 시장에 맡겨둘 경우 사회적으로 바람직한 최적 투자에 비하여 과소하게 투자되는 시장실패이론에 근거하여 이루어지고 있다.

네트워크 거버넌스에서도 합리적인 의사결정을 위하여 적절한 지식정보가 필요하다. 따라서 정보가 부족하거나, 비대칭하거나, 분산 존재하거나, 또는 지나치게 많아서 주목의 부족을 유발하는 문제를 극복하기 위하여 지식정보의 통합시스템을 적극 구축하여야 한다. 최근 기상청에서는 기상청의 관측자료와 지방자치단체 등 27개 유관기관의 기상관측자료는 물론 지구촌 전체적으로 수집되는 자료를 공유하기 위한 국가기후자료센터를 구축하고 있다. 국제적으로 기상관측

자료를 교환하기 위하여 서울-동경간 국제기상전용통신망이 1971년부터 개통된 이후 국제적으로 인정받고 있는 한국의 자료는 능력을 감안한다면 국내 자료센터의 신설 현실화는 많이 늦은 감이 있다. 지금 세계기상기구에서는 전지구 정보시스템센터(GISC³⁾) 및 자료 수집과 생산센터(DCPC⁴⁾)로 지정하기 위한 국가간 경쟁이 치열하게 진행되고 있다. 중국이나 일본과 달 그동안 지역센터로서 역할을 해본 적이 없는 우리나라로서는 국격 제고에 기여할 수 있는 대단한 도전이다. 13개 국가가 후보군이며 기술적인 뒷받침만 된다면 15개 국가까지 인정 가능하기 때문에 한국의 기상정보서비스가 국제무대에 진입할 수 있는 절호의 기회이기도 하다.

정부가 부처간에 분산 소유하거나 부처내에 소유하고 있는 정보의 소재를 발굴 공개하는 정보의 공동 소유 및 공동활용시스템을 구축함으로써, 국민은 많은 거래비용을 들이지 않고 필요한 정보에 쉽게 접근할 수 있다. 이런 측면에서 근래에 들어서는 거시적 관점에서 시장 실패 관점이 아니라 연구수행 주체들 간의 긴밀한 협력관계를 구축하고 촉진시키는 적극적인 역할을 강조하는 시스템 실패이론 측면에서 정부 개입의 정당성이 인정받고 있다. 장기적으로는 지식정보의 원천인 기초적인 과학기술 및 학문, 기상정보를 근간으로 생산된 과학적 지식을 DB화하여 유통하는 시스템이 구축되어야 할 것이다.

3) Global Information System Centre

4) Data Collection or Production Centres

2) 기상정보의 수요 창출

기상정보의 수요 창출은 정부의 역할도 중요하지만 기상정보 매출액과 직접 연계되기 때문에 기상산업진흥원이나 기상사업자가 비즈니스 모델 창출을 위해 특별히 역점을 두어야 할 분야이다. 따라서 창의적인 기상정보서비스를 위한 정부의 적극적인 진흥정책은 물론, 기상정보를 경험하기 위한 교육훈련 및 창업을 위한 인력양성정책도 적극 추진되어야 한다. 예를 들면 2006년부터 기상정보를 효과적으로 활용하여 경영을 혁신하고, 기상산업의 활성화에 등에 기여한 기업, 단체 및 개인의 모범사례를 선발하여 시상하는 「대한민국 기상정보대상」과 2009년부터 기상정보의 유용성을 알리기 위해 전국적으로 실시하고 있는 「날씨공감포럼」이나 「기후변화와 미래포럼」, 2011년부터 일반국민을 대상으로 시행될 예정인 한국기상기후아카데미의 「기상정보 활용 및 기후변화 이해 저변 확대를 위한 교육훈련」소외된 지역의 학생을 중심으로 하는 「날씨체험캠프」, 지역 전문가 융합컨소시엄을 구성하여 기상정보 활용 활성화를 기하고자 하는 「지역기후변화 과학서비스」등이 수요 창출을 위한 적절한 사례라 할 수 있다.

‘기상청이 왜 기상사업자의 영역까지 넘보느냐’하는 기업의 불만 속에는 정보비대칭에서 오는 불편함이 포함되어 있다. 민간과 공공부문의 경계가 모호한 까닭은 우선, 정보가 모든 국민에게 공개됨에 따라 공공부문이 아닌 민간부문에서 일하는 시민들의 사회 참여가 확대되고 있다는 점이다. 따라서 민간영역에서 자연스럽게 기상정보서비스가 제공될 경우에는 주민들의 서비스에 대한 불만이 없지만 그 반대일 경우 불

만에 대한 책임은 공공부문의 몫이다. 공공부문으로부터 기술이전을 받아 이전의 서비스와 차별없는 서비스를 할 수 있고 유·무료에 대한 사회적 수용이 가능하다면 기상사업자는 기술이전을 언제든지 주장할 수 있다. 비즈니스 모델 창출여부는 2009년에 설립된 기상산업진흥원이 국가와 기업간 대리인의 역할을 얼마만큼 충실하게 하여 정보비대칭을 줄이느냐에 달려 있다.

2. 기상정보의 확산 체계 구축

공급이 확대되고 수요가 창출되면 기상정보 서비스 시장이 활성화될 수 있는 거래여건이 조성될 수 있지만 그것만으로 거래가 바로 성사되는 것은 아니다. 산업 시대에서는 수요자와 공급자 간 만남의 장소가 시장이지만 IT기반의 지식정보사회에서 유통시장은 네트워크이다. 따라서, 부의 외부효과 통제와 정의 외부효과 확산을 도모하여야 하는 정부는 네트워크 거버넌스에서 디지털 기술을 이용한 지식정보의 생산 및 유통을 위하여 각종 유·무선 정보통신 인프라 구축에 초점을 두어야 한다. 이를 통하여 정의 외부효과를 극대화할 수 있다. 이 점에서 표준화는 네트워크 거버넌스의 성패를 좌우하는 중요한 기능이다. 기상청의 기상관측은 세계기상기구 관측표준에 따라 1904년부터 관측을 실시해 오고 있으며 국내 표준화를 위한 제도 기반으로서 2006년 기상관측표준화법을 제정시행하고 있다. 2003년부터 전자정부사업의 일환으로 꾸준히 추진해온 기상관측자료의 DB화 작업성공을 세계 기상기구(WMO⁵⁾)가 인정함에 따라 2009년에는 자

5) World Meteorological Organization

료관리 및 공동활용을 위한 아시아지역 시범국가로서 한국을 지정할 만큼 국제기준에 충실하다. 또한 부문별로 분산적으로 이루어지고 있는 지식생산 활동을 네트워킹하는 학·연·산·관 파트너십을 구축하는 일은 기상정보의 부가가치를 높여 기상정보서비스시장을 극대화하기 위한 필수조건이다. 세계기상기구가 최근 제시한 전 지구적인 통합관측망의 구성을 위한 '네트워크의 네트워크(network of networks)' 개념을 기상정보서비스 시장은 새겨들을 필요가 있다.

새로 신설될 국가기후자료센터를 중심으로 21개국의 아시아태평양 지역의 국가에 기후예측정보를 제공하기 위하여 2005년에 설립된 APEC 기후센터와 수문 기상 및 농업 지원을 목적으로 기상청, 농촌진흥청, 산림청, 서울대학교가 상호 협력하여 2009년에 설립한 국가농림기상센터간 네트워크 구축 및 기상정보 유통은 서비스 시장을 더욱 확장시킬 수 있다. 기상정보서비스 시장의 규모 확대를 위하여 정보 수집 및 공동 활용을 위한 품질관리는 국가가, 정보 유통은 프로슈머로서의 역할을 수행하는 기상산업진흥원 또는 기상사업자를 통하여 전자 민원 또는 전자상거래도 가능하다.

기상정보 서비스의 시장 가격은 투자비용(고정비용+가변비용+적정이윤)보다는 소비자의 필요성과 고객평판도에 따라 결정되는 경험재의 특성을 띠기 때문에 가격 책정 등의 행태가 다른 어느 제품보다 치열하게 전개될 가능성이 크다. 기상정보 유통은 단지 국내 수요만을 의미하는 것이 아니고 국제 유통이 가능하기 때문에 경쟁정책은 지식정보재시장의 특성을 새로 반영한 정책 활동이라는 점에서 정부의 중요한 활동영역

이다. 예를 들면 러시아, 영국, 동아프리카, 인도, 몽골 등 기상협력 다변화와 기술지원 확대 기반 마련을 위한 정부의 노력은 한국의 기상정보 생산 역량을 제협하도록 하기 위한 방편이라 할 수 있다.

3. 기상정보의 활용 촉진시스템 구축

기상정보 서비스시장은 일반재화시장과는 달리 비즈니스모델 창출이 매우 복잡한 양상을 띤다. 공공재인 기상정보의 특성상 정부의 기술 이전 및 아웃소싱만으로 기상정보 서비스시장을 활성화한데는 한계가 있다. 결과적으로 기상사업자의 매출액을 높이기 위해서는 최종적으로 경영자의 경영마인드에 달려 있다. 우리 기업은 지식경영을 위해 단순한 정보처리가 아닌 지식 창조의 단위로서 기업을 인식하고 조직적인 지식 창조를 할 수 있도록 패러다임을 전환하는 것이 필요하다. 서구기업에 비해 경영자원의 양이 절대적으로 부족한 우리 기업들이 자원의 질적인 수준을 높이기 위해서는 지식 창조 프로세스에 중점을 둔 나머지 지식관리의 메커니즘이 취약해지지 않도록 해야 한다. 결국 다른 한편으로는 체계적인 지식관리시스템에 충분한 주의를 기울여야 할 것이다.

정보기술의 활용내지는 지식관리메커니즘의 구축이라는 측면에서 우리나라 일부 기업들이 최근 상당한 정도의 기간과 비용을 투입하고 있는 것으로 나타나고 있다. 그러나 역사가 일천한 기상관련 기업들은 창업과 경영교육 및 컨설팅트 양성교육 강화, 시장성이 강한 제품 개발에 기술개발비 지원 등 창의적이고 기업가정신이 충만한 조직으로 만드는 일이 급선무이다. 지식은 부문별·순차적으로 창출·확산·활용되는

것이 아니라 동시적인 순환구조 속에서 진행되기 때문에 지식기반산업의 발전을 위해서는 지식의 창출· 확산· 활용의 동시적 순환구조를 활성화시키기 위한 인프라 구축과 시스템의 개혁이 필요하다. 손바닥도 마주쳐야 시너지 효과를 볼 수 있는 법이다.

VI. 맺는 말

국가기후자료센터 하나 없는 국가에서 어떻게 기상자료 및 정보 또는 과학적 지식이란 제품을 포장하여 고품질 상품화할 수 있을까? 기상관측자료나 기상정보는 거울과 같은 존재이다. 사용자가 누구냐에 따라 가치가 달라진다. 부처님의 눈에 기상정보는 부처님이 될 수도 있다. 이 정보를 기반으로 과학적 지식을 만들어 내는 것은 과학자의 몫이고 사회경제적인 영향을 미치는 것 까지 감안하는 지혜를 획득하는 것은 정책 결정자의 몫이다.

과거에는 대기의 관측을 통하여 생산된 기상정보가 주로 예보에만 활용되었으며 예보후 저장되는 자료는 기상통계로서만 의미를 가졌다. 그러다가 2003년부터 우리나라의 훌륭한 IT 환경에 힘입어 과거 기상관측자료의 DB가 기상사업자의 활동을 통하여 기업의 의사결정과정을 지원하고, 과학자의 연구를 통하여 기후변화에 관한 과학적 지식의 필요성이 증대되면서 기상정보의 역할이 많이 달라졌다. 구슬도 꿰어야 보배지

만 악화(惡貨)는 양화(良貨)를 구축하는 법이다. 그런 만큼 기상정보를 활용하는 것도 중요하지만 정확하지 못한 정보는 자원의 낭비를 초래하기 마련이다. 따라서 국가는 지식정보를 수집하여 필요로 하는 많은 수요자에게 품질 높은 정보를 제공해야할 의무가 있다. 그렇지 않으면 시장에서 악화가 양화를 몰아내어 기상정보의 경우 양화가 양화로 인정받지 못하는 매우 어려운 상황이 발생할 것이다. 기상청 선진화를 위해 영입했던 크로포드 단장의 기상청 하드웨어 인프라 모두 선진국 수준인데 단지 시스템에 문제가 있다는 지적을 잘 새길 필요가 있다. 우선 기상정보 활용 및 기후변화 과학 이해를 위한 저변 확대부터 서둘러보자.

참고문헌

- 김경섭, 2010: 행정정보 공유의 패러다임 변화와 전망, 정보공유로 새로운 행정서비스 창조를 위하여. 한국행정학회 추계국제학술대회 : 2369-2394.
- 김상배, 2004: 정보화시대의 지식 구조, 수잔스트레인지의 개념화를 넘어서, 한국정치학회보. 38(3) : 255-276.
- 산업연구원, 2009: 지식서비스산업의 성장요인 분석과 시사점. 산업경제정보(459) : 1-12.
- 송희준외, 2000: 지식정보사회의 정부역할, 시장과 정부, 그리고 네트워크 가버넌스. 한국행정학회 기획세미나 발표논문집 : 189-205.
- 이길우외, 2009: 연구관리 전문기관의 실태분석을 통한 유형화에 관한 탐색적연구. 기술혁신학회지 12(1) : 1-35.
- 최봉현외, 2009: 지식서비스 수요활성화 정책방안. 산업연구원 : 1-218

날씨의 심리학

최 창 호

심리학박사/HR컨설팅 대표

chpsyko@nate.com

I. 날씨와 정신건강

심리학자들에 의하면 기온이 오르내리는 현상이나 낮과 밤의 길이변화 즉 일조량의 차이가 사람들의 감정에 미묘한 영향을 준다. 특히 기온이 점차 오르고 낮의 길이가 길어지는 봄철에는 기쁘고 희망적이며 충동적인 감정이 저절로 솟는다. 이는 태양고도가 높아지면서 강한 빛이 뇌를 자극하여 멜라토닌이라는 호르몬 분비를 촉진시키고 사람들의 정서 변화를 유발한다. 특히 이런 현상은 남성에 비해 더 감성적이라고 할 수 있는 여성에게 더 큰 영향을 미친다. 이를 증명하듯, 통계에 의하면 여학생이나 주부의 기출이 봄철에 가장 많이 발생한다.

멜라토닌이라는 호르몬의 증가는 사람을 기분 좋게 만드는데, 일조량이 줄어드는 가을 겨울에는 분비량이

줄어 심한 사람은 우울증을 앓기도 한다. 그러나, 봄이 되면 겨우내 줄었던 멜라토닌이 다시 증가한다. 따라서 계절 변화에 따른 심리적, 신체적 적응 과정에서 나타나는 심리지거 장애를 계절정동장애(Seasonal Affective Disorder, SAD)라고 한다. 일명 계절우울증이라고 부르는 것이다.

일조량이 저하되면, 세로토닌 분비도 저하되고, 멜라토닌 수준도 낮아진다. 그에 따라 도파민이라고 하는 신경전달물질도 떨어지면서 우울한 감정을 일으키고, 심한 경우에는 우울증을 유발하기도 하는 것이다. 그래서인지 겨울이 되면 우울하다는 사람들이 확실히 늘어나고 자살률도 높아진다. 특히 환절기, 계절과 계절 사이의 간절기인 3월과 11월에는 정동장애, 우울증, 심지어 정신분열증도 많이 악화된다. 연예인들의 자살이 11월에 집중되어 나타나는 것도 이런 계절 변화

와 무관하지 않은 듯하다.

그래서 우울증을 치료하기 위해서는 항우울제 복용을 비롯해서 여러 가지 심리치료를 하지만, 인공 햇빛을 쬐는 것도 효과적이다. 물론 햇빛, 특히 오전 햇빛을 받으며 산책하는 것이 가장 좋다. 오전에 자외선에 노출되면 우울증도 좋아지고, 당뇨, 알레르기 질환에도 좋은 효과가 있다. 그러나 자연광을 쬐기 힘든 바쁜 현대인들의 경우에는 광치료 기법이 효과적이다.

II. 날씨와 연애

날씨에 민감한 여성들에게 어떠한 날씨 상황에서 프로포즈 하는게 좋을까?

첫번째, 바람 부는 날엔 명랑하고 기분이 좋아진다. 바람이 불면 대기 중 음이온이 증가하고 이는 고통을 유발시키는 세로토닌 분비를 억제하는 효과가 있기 때문이다. 따라서 프로포즈 전에는 미리 일기 예보를 확인해야 한다.

뿐만 아니라 생체리듬 주기상 사람은 밤에 긴장이 이완되고 마음이 오픈되므로 프로포즈는 밤에 하는 것이 좋다.

그리고 맑은 날보다는 흐린 날, 비가 오거나 눈이 오는 날이 더욱 더 효과적이다.

III. 날씨와 마케팅

어떤 백화점에서는 화창한 날에는 가벼운 팝이나 클래식을 틀어주고 비오는 날에는 '비와 연인들(김형원)'이나 'Yesterday' 혹은 'Just walking in the rain'과 같이 감성적이고 우울한 노래를 틀어준다. 이것은 소비자의 감성을 자극하기 위함이다. 이 기법을 사용한 후 백화점의 매출액은 놀랄 정도로 급상승했다고 한다.

〈英, 소비자 신뢰지수 급상승 연말 축제분위기 편승, 올해 들어 최고치 기록 최근 영국 소비자 신뢰도가 연말 크리스마스 시즌에 돌입함에 따라 완연한 회복세를 보이고 있는 것으로 나타났다. Nationwide building society의 최근 설문 조사자료에 따르면, 지난 11월의 소비자신뢰지수는 9%가 상승해 101포인트를 기록했다. 이는 지난 일 년간의 월별 조사에 있어 가장 높은 수치이다. 특히 지난 3개월 간의 거듭된 하락으로 10월 지수가 최저치였던 점을 감안한다면 그야말로 회복을 넘어서 가파른 급상승 국면을 보여주고 있다. 이 같은 현상은 그 간의 유가 인상, 부동산 경기 불안 등과 같은 부정적 심리 요소들이 점차 제거되고 점증적으로 경기회복 기미를 나타내고 있는 시점에서 이미 연말 축제 분위기가 형성됐기 때문인 것으로 분석되고 있다.

발표된 Nationwide building society의 조사결과는 다른 기관의 조사를 통해서도 증빙되고 있다. 소매시장 전문정보기관인 풋폴(Footfall)은 주간 자료를 통해 지난 일주일간 쇼핑객 수가 전 주 대비 7.1%나 증가했음을 확인시켜 주고 있다. 영국의 소매시장

은 최근의 추운 날씨로 인해 특히 의류 판매 부문에 있어 높은 증가세를 보여주고 있는 가운데 크리스마스 쇼핑을 겨냥한 다양한 판촉활동과 특별세일 등이 이어짐으로써 보다 많은 수의 쇼핑객들을 유혹하고 있다.(2005, 박운홍)

그밖에도 비가 올 것으로 예보되는 날엔 식사시간에 회사원들이 밖에 나가고 싶어하지 않는다는 심리를 파악하여, 배달원을 늘려 영업 한 중국집 주인의 마케팅 전략도 들 수 있는데, 이것은 규모가 큰 기업뿐 아니라 작은 가게에서도 날씨를 잘만 이용한다면, 얼마든지 더 큰 수입을 올릴 수 있다는 것을 보여준다.

IV. 날씨와 범죄

"왜 죽였습니까?" "햇빛이 너무나 눈부셔서요" 이것은 카뮈의 소설<이방인>의 주인공 뫼르소가 재판장에게 살해 이유를 진술하는 장면이다. 비록 소설 속에서의 예이긴 하지만 실제로도 날씨상태에 따라 범죄까지도 저지를 수 있다는 사실을 보여주고 있는 아주 좋은 예라고 할 수 있다.

미국의 사회학자인 텍스터는 4만 건의 폭행 사건 수를 조사한 뒤 흥미로운 연구 결과를 발표하였다. 그 연구 결과에 따르면 폭행 사건 발생빈도는 온도 상승과 거의 일치한다고 한다. 따라서, 날씨가 더운 여름철에는 사람의 신체 접촉에 관계되는 폭행 사건이 많이 발생하고 가을과 겨울에는 재산에 관계되는 문서 사기나 위조 같은 지적인 사건이 많이 발생한다.

그렇다면 왜 이렇게 날씨에 따른 범죄의 유형이 다르게 나타나고 있는 것일까?

여름철에는 당연히 짜증나고 불쾌지수가 높아지기 때문에 다른 때보다 사소한 일에도 짜증을 참지 못하고 신경이 예민해져 공격적인 행동과 언어로 시비를 일으키고 급기야 폭행, 나아가 살인 등을 저지르게 된다. 그에 반해 겨울에는 사람의 행동이 소극적이 되는 반면에 머리회전이 좋아지기 때문에 지적인 사건들이 많이 발생하는 것이다.

날씨와 요일특성을 동시에 고려한 시계열분석 결과 강간의 경우 유의한 모형을 얻을 수 없었으나 살인, 강도, 절도는 날씨요인보다는 요일특성과 밀접한 관계가 있음이 확인되었고, 폭력 범죄는 요일특성 뿐 아니라 최저기온이 높을수록 발생건수가 증가하는 것으로 나타났다(2010, 이윤호 등).

국가 간 자살률, 조이혼률, 범죄율의 차이는 경제적인 요인도 있겠지만 국민성, 가치관, 사회 규범 및 심리, 문화 및 제도, 남녀평등 정도, 종교, 날씨 등 여러 가지 복합적인 요인들의 '국가간 차이'가 오히려 더 중요한 변수로 작용할 가능성이 높다(2005, 송태정 등).

V. 날씨와 주식투자

"주식투자를 하려거든 아침에 일어나 하늘을 보라. 날씨가 화창하면 투자하고, 흐리면 삼가라" 미국 오하이오대 데이비드 허스라이퍼 교수와 미시간대 타임러쉬웨이교수가 26개의 주요 증시를 대상으로 1982년부터

터 1997년까지 날씨와 주가의 상관관계를 분석한 결과, 뉴욕증시의 경우 맑은 날의 수익률은 24.8%로 꾀은날의 수익률보다 3배 가까이 높게 나타났다고 발표했다. 그 외에 2배 이상 월등히 높은 것으로 분석됐고, 이들은 이런 결과를 두고 다음과 같은 결론 내렸다: 화창한 날씨는 사람들의 마음을 들뜨게 하기 때문에 주식을 사게 만들고, 아울러 기업에 대한 정보를 대한 정보를 긍정적인 쪽으로 해석하게 해 주가에 호재로 작용한다. 결국 날씨가 사람의 심리를 변화 변화시켜 주가에도 영향을 미친다는 것이다.

VI. 날씨와 선거

날씨는 선거 투표율에 어떤 영향을 미칠까?

각 정당과 후보자들은 투표 당일 날씨에 무척 신경을 많이 쓴다.

개인적으로 통상 날씨가 맑으면 나들이 가는 사람이 많아 투표율이 낮아지는 반면 날씨가 흐리면 투표율이 높아질거라는 생각을 한다.

일반적으로 봄과 가을의 화창한 날씨에는 청년층이나 정치 성향이 불분명한 중산층의 기권율이 높아질 것이라 생각된다. 그런 부류의 사람들은 날씨가 좋은 때는 선거보다는 가족 나들이를 즐기는 경향이 높아질 것으로 생각할 수 있다. 그러나, 조사결과는 생각과 많이 다르게 나타났다.

통계에는 맑은 날보다는 눈이나 비가 올 경우에 투표

율이 떨어지는 것으로 나타났다.

그 이유는 눈이나 비 등으로 나쁜 날씨일 때는 산간 오지의 주민들이나 노년층, 노약자의 기권율이 높아지기 때문이다.

미국의 경우 별다른 문제점이나 과열경쟁이 없다면 맑은 날보다는 비오는 날의 투표율이 15%정도 떨어진다고 한다. 그 밖에 날씨가 갑자기 추워져도 투표율이 떨어지는데, 예년에 비해 기온이 5도 정도 내려가면 투표율도 5%정도 낮아진다고 한다. 이처럼 선거 당일의 날씨는 유권자들의 투표 심리에 꽤나 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

VII. 날씨와 음악

날씨에 자극 받는 심리는 음악과도 관련이 있다.

지금까지 발표한 자료들을 보면 날씨가 우리의 생활 전반의 구석구석을 지배한다고 해도 과언이 아니다. 날씨라고 하는 자연 속에 사람은 희노애락을 즐기며 살아가는 존재이기 때문에 사람은 날씨로부터 자유로울 수 없다. 그러나 날씨 만큼은 아니지만 사람들의 삶에 리듬을 주고 활력을 주기도 하고 슬픔을 주기도 하고, 희망을 노래하도록 하는 음악을 빼놓고 이야기할 수 없다.

날씨에 따라 듣는 음악을 잘 선택하면 사람들의 정서에 긍정적으로 작용하기 때문에 다음과 같이 날씨에 따른 음악, 계절에 따른 음악을 선곡해서 듣는 것도 좋다.

• 비오는 날

Extrem - 'More than words

바하 - 골든 베르그

이승훈 - 비오는 거리

Aprodites Child - 'Rain & Tears'

The Cascdes - 'Rhythm Of the Rain'

Leonard Cohen - 'Famous blue rain coat'

Rainbow - 'Rainbow Eyes'

Extrem - 'When I first kissed you'

F.R. David - 'Music'

• 눈오는 날

영화 러브스토리 테마 음악 Snow Frolic -Francis lai

wham의 'last christmas'

Anne Murray - 'Snowbird'

The Lovin's Poonful - 'Day Dream'

• 화창한 날

마로니에의 '커피 사랑'

laura fygi의 'let there be love'

Edith Piaf - 'Non Je Ne Regrette Rien '

the tide is high(블론디)

french kiss

Eric Carmen 'Never Gonna Fall In Love Rgain'

부활 'Lonely Night '

The Beatles - 'Rock and Roll Music '

일기예보 - 좋아 좋아

안치환 - '내가 만일'

VIII. 날씨와 속담

날씨와 관련된 속담은 오랜 자연 생활 속에 터득한 삶의 지혜들이 가득하다. 속담을 잘 분석해보면 계절에 따른 대비, 기상 예측, 농사활동, 생활의 지혜를 엿볼 수 있다.

'봄비가 많이 오면 아낙네 손이 커진다' 봄비는 풍년을 기약하기 때문이다.

'아침 노을은 비, 저녁 노을 맑음' 아침에 노을이 물들면 비가 올 징조이고, 저녁 서쪽 노을은 맑음을 예고한다.

'봄비는 일 비고, 여름비는 잠 비고, 가을비는 떡 비고, 겨울비는 술 비다.'

'가을 안개에는 곡식이 늘고, 봄안개에는 곡식이 준다'

'질은 안개가 끼면 사흘 안에 비가 온다'

'처서(8월22일경)에 비가 오면 십리안 곡식 천석을 감한다'

'비 올 때 마당에서 큰 거품이 일면 비가 많이 온다'

'3년 가뭄은 견뎌도, 1달 홍수는 못 견딘다'

'처서가 지나면 모기도 입이 비뚤어진다'

'거미가 줄을 치면 날씨가 좋다'

'가을비는 장인 구렛나루 밑에서도 피한다'

'가을 무우 꾀지가 길면 겨울이 춥다' 무도 자기 살길 찾으려고 뿌리를 길게 뻗는다는 의미이다..

'쥐구멍에 눈 들어가면 보리농사 흉년 된다' 눈 내리는 것까지는 좋은데 바람이 불어 쥐구멍에 눈 들어갈 정도로 추우면 보리농사 흉년 든다.

'손님은 갈수록 좋고, 눈은 올수록 좋다'

'쌀인 눈을 밟아서 뾰드득 소리가 크면 날씨가 추워진다'

IX. 날씨 심리학에 따른 기상 예측 지수들

날씨와 심리는 그동안 단편적으로 연구되어져 온 분야이다. 이제 날씨와 심리 분야에 대한 학문적인 연구와 함께 기상청에도 심리학 연구자들을 채용해서 날씨와 심리에 관한 체계적인 학제간 연구를 해야 될 때이다. 그나마 지난 세월 동안 날씨에 따른 심리 상태를 연구한 분야는 불쾌지수 분야라고 할 수 있다. 불쾌지수(Discomfort Index)에 관한 연구는 그동안 많은 자료들이 축적되어 어느 정도 익숙해져 있다. 불쾌지수란 기온이나 습도, 일사 등이 인체에 주는 쾌감, 불쾌감의 정도를 수량화한 것. 땀이 많이 나는 여름철에는 공기중 습도가 높아 땀이 증발되지 않으면서 덥게 느껴지고 기분이 나쁘게 된다. 일반적으로 불쾌지수가 60~70이면 쾌적한 상태며, 71~76은 보통 상태, 76~80에서는 불쾌함을 느끼고, 81~85에서는 아주 불쾌하며, 86 이상은 견디기 어려운 상태이다. 그러나 이제는 불쾌지수를 넘어 좀더 구체적인 날씨 심리 예측을 해야 한다.

결혼정보회사에서 미혼남녀 644명을 대상으로 '여름철 지켜야 할 소개팅 매너'에 대한 설문 조사한 결과, 여름철 소개팅 꼴불견 매너로 남성은 41%가 '짜증 섞인 말투'를, 여성은 34%가 '지각쟁이'를 각각 1위로 손꼽았다. 이어 남성은 지각쟁이(35%)와 과도한 노출(12%) 순으로 답했고, 여성은 심한 땀 냄새(24%), 짜증 섞인 말투(21%)를 꼽았다. 남녀 간 다소 차이는 있지만 공통적으로 '지각'과 '짜증'에 대해 불쾌감을 드러낸 것이다.

'최악의 여름철 소개팅 복장'에 대한 질문에 대해 남성

은 진한 화장(28.5%), 진한 향수(17.5%), 속이 비치는 의상(13%), 초미니스커트 및 핫팬츠(12.5%) 등을 꼽았다. 이에 비해 여성은 스포츠 샌들(27%), 민소매 옷(18.5%), 부담스런 액세서리(14.5%) 등을 꼽아 남성은 여성의 '과도한 치장'을, 여성은 남성의 '단정치 못한 옷차림'에 부정적인 반응을 보였다.

한편 불쾌지수가 높은 여름철 '가장 선호하는 첫 데이트 장소'로 51%가 실내에 영화관이나 레스토랑 등이 밀집된 '복합 문화공간'을 택했다. '분위기 좋은 카페' 역시 28.5%로 비교적 높은 응답률을 보였으나, 야외 활동이 뚜렷한 '공원'은 11%, '강가·호숫가'와 '놀이동산'은 각각 5%와 2.5%에 그쳤다(2010, 조현일).

<서부 및 북부독일에서는 급성 심장순환계의 장애가 급증할 것이다. 베를린 지방에서는 특히 순환기계통의 장애가 심하게 나타난다. 정오부터는 경련증세가 증가한다. 독일 함부르크의 기상대가 내보내는「의학 기상예보」내용 중 일부다. 이 예보는 매일 아침 기상학자·의학자등 5명의 전문가들이 모여 날씨에 따라 어떤 질환이 일어나기 쉬운가를 분석하여 병원등에 통보한다. 미국의 유선방송 중 시청률이 가장 높은 채널의 하나는 「웨더 채널」이다. 24시간 날씨관련 정보만 방송한다. 특히 전국을 3천개 지역으로 세분하여 일기예보는 물론 낚시 등 취미생활을 위한 기상정보와 건강, 운전자를 위한 정보 등 날씨에 관한 모든 것을 알려준다. 따라서 시청자들은 자신이 원하는 시간에 살고 있는 지역의 최신 기상정보를 얻을 수 있다. 그러나 국제적으로 가장 널리 알려진 날씨관련 정보는 불쾌지수이다. 기온과 습도를 복합적으로 고려하여 무더위에 대한 사람들의 반응을 지수화한 것으로 1959년 여

름철부터 미국에서 약3백개 도시를 대상으로 일기예보 때 이를 발표하기 시작했다. 우리나라는 64년부터 도입, 기상청에서 매일 오후3시를 기준으로 계산하고 있다. (경향신문)

과학적 접근에는 언제나 신뢰도와 타당도의 딜레마가 있기 마련이다. 너무 엄격한 신뢰도를 따지다보면 타당도를 잃게 되고, 너무 타당도를 쫓게 되면 신뢰도를 잃게 되는 딜레마가 있기 마련이다.

이제는 일기 예보도 다양한 시도를 해야 한다. 일기예보야 당연히 신뢰도와 타당도를 함께 따져야 하겠지만, 날씨와 관련된 다양한 분야에서 만큼은 신뢰도 수준을 조금 낮추더라도 날씨 수요자들을 위한 좀더 타당한 예측 지수들을 개발해야 한다. 그렇게 해야만 나라와 국민의 재산과 산업, 건강, 행복을 위한 타당도 높은 기상 예측이 될 것이다.

앞으로 방송이나 신문, 인터넷 정보 등에서 이런 예측들이 기상청 제공으로 들리길 바라면서 글을 맺고자 한다.

- 1) 날씨에 따른 우울증 지수
- 2) 패션 지수 또는 컬러 지수
- 3) 날씨와 음식 지수
- 4) 폭력지수 또는 범죄 지수
- 5) 날씨와 재테크 지수
- 6) 날씨와 교육 지수
- 7) 교통사고 예측 지수
- 8) 세차지수
- 9) 계절별 알레르기 지수
- 10) 날씨에 따른 프로포즈 지수 또는 연애지수

참고문헌

- 김무성, 2008; 지수옵션시장에서의 투자심리와 정보 효율성. 금융공학연구, 제7권 1호 pp.27-48.
- 이운호 등, 2010; 날씨 및 요일 특성과 범죄발생의 관계분석. 한국범죄심리연구 제6권 1호 pp.207-238.
- 임순례 등, 2009; 날씨가 주식시장에 미치는 영향. J Korean Data Anal Soc vol. 11 no. 1(B) Feb. 2009 pp.457-468.
- 김효규, 1999; “날씨가 시장을 좌우한다” 소비행태 변화 꺾음은 기상마케팅. 한국방송광고공사 광고정보 222(99.9) pp.98-103.
- 김형선 등, 2006; 기상정보의 사회경제적 효용 및 사업과제의 평가. 산업혁신연구 제22권 2호 pp.1-24.



기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향

김 정 윤

국립기상연구소 정책연구과 연구사
yjk@kma.go.kr

김 인 검

국립기상연구소 정책연구과 연구원
kimig@korea.kr

I. 서론

세계 경제의 80%가 날씨의 영향을 받는 것으로 발표되고 있고(Schwarz, 2005), 국민의 건강과 삶에 필수적인 자원인 물·식량의 체계적인 공급과 국가경제의 기반이라 할 수 있는 에너지 수급, 수자원 관리 등의 주요 활동에 기상정보가 활용되고 있다. 이처럼 기상정보의 사용과 그에 따른 관심 및 중요성이 증대되고 있지만, 여전히 국내에서는 기상정보의 가치와 영향에 대한 평가연구가 부족하다. 하지만 최근 관련 학계를 포함해 국립기상연구소에서도 기상정보의 사회경제적 가치(socioeconomic value)에 대한 관심을 가지고 연구를 본격적으로 시작하고자하는 분위기가 조성되고 있다. 특히, 기온과 강수 정보를 중심으로 다양한 기상요소들에 관련된 연구가 행해지고 있다. 이에 해외 선진국 중 영국과 미국의 기상정보 사용 영

역과 관련 연구를 살펴봄으로써 향후 관련 연구방향을 도출하고, 연구영역을 확장하는데 이해를 높이고자 한다.

II. 영국 기상청의 기상정보와 산업내 활용

에너지 수요에 대한 공급을 효율적으로 조절, 전력부족 위험을 최소화, 전력수요 예측, 발전시설의 장기 계획, 발전소 가동비용 절감 및 터빈과 발전기의 수명 연장, 발전소의 위치 선정(신재생에너지), 보험 위험 관리와 가격 결정, 공급사슬에서의 자원 배분, 타워 크레인 작동 시기, 외부 작업 시간 결정, 건강, 안전, 운송 수단 결정, 운송 경로 설정, 레저 활동 시기 결정, 안보 등 기상정보는 주말의 여가 계획을 세우는 것뿐만 아니라 미처 개인이 생각지도 못하는 부분



까지 깊숙이 영향을 미치고 있다. 이러한 기상정보의 가치를 평가하고자 할 때는 실제로 어떤 사용자들에게 무슨 정보가 영향을 미치는지를 아는 것이 중요하다.

[표 1]은 영국기상청에서 제공하는 기상정보가 산업과 교통의 각 분야에서 운영상의 위험을 줄이는데 정보가 활용되는 예시를 요약한 표이다. 영국기상청은 공공

기관, 정부, 지역자치단체, 안보, 민간항공, 전력, 교통, 미디어 등을 포함하여 거의 모든 산업 주체들에게 자국뿐만 아니라 세계의 기상/기후정보를 제공하고 있다. 또한, 표에서 알 수 있듯이 제공하는 기상정보가 어디에 사용되고 있는지 기상청에서 정확히 파악하고 있다. 우리나라에서도 기상청에서 생산하는 정보를 다양한 분야에 제공하고 있지만, 구체적으로 어느

[표 1] 영국 기상청의 기상정보와 산업 활용

	풍력 (onshore/ offshore)	지점 검색, 선정	개발, 건설		운영
		UK 풍력 지도, 해양 데이터, Virtual Met Mast™, 부이	Safeses™, VisualEyes™, Offshore 운영 서비스, 예보전문가 지원	Safeses™, VisualEyes™, Offshore 운영 서비스, 지점 특화 예보	
에너지	전송, 분배 서비스	분배/공급 예측 서비스 제공			
	가스 터빈	Combined Cycle Gas Turbine과 Open Cycle Gas Turbine를 위한 지점 특화 예보			
	태양	전지구 태양광 데이터 평가, 기후변화로 인한 전지구 태양광의 월간/계절별/연간 변화 연구, 최적 조건지 선정에 관한 관측 지점 분석, 최적의 지리적 위치 어드바이스, 최적 패널 각도 정보 제공			
	보험	침하, 화재, 홍수, windstorm, 허리케인 예보			
금융	무역	Swing charts-가장 최근의 ECMWF예보를 국가별 마지막 예보와 비교함으로써 트레이드할 위치를 업데이트할 수 있게 해줌			
	투자/자산관리	재해모델, 북대서양 허리케인의 계절별 빈도와 Accumulated Cyclone Energy, 수요자 맞춤 예보			
	재보험	Storm, 집중호우, 폭풍해일, 해일, 극한 기온, 가뭄			
	금융서비스 자문	기후 데이터, 허리케인에 관한 자문 보고서, 맞춤 예보 등			
엔지니어링/ 건설	광산	설비의 수명과 안전(붕괴)에 영향을 미치는 기상 영향(비, 기온, 바람, 안개, 결빙, 눈, 번개)에 대한 정보 서비스			
	건설	30년 기후자료 분석을 통한 월간 총 강수량, 5 mm이상 강수 횟수, 서리 횟수, 강설 횟수(0900UTC) 정보 서비스			
환경	물	용수 서비스	하수도 서비스	국제 용수 서비스	이벤트 캘린더
		물 수요 예측, 파이프 파열 위험 및 누출, 녹조	집수장 수위 강수 예보, 공기 흐름을 파악한 악취 방향 통제	Volta호수 계절 예보, 케냐 최대 강수, 기후변화의 영향 분석	월별 특이사항 정리
	환경 역량	기후변화	공기질	기상 민감도 분석	
		UK Climate Projections 2009를 통한 기후변화 대응 마련	중·장기 대기 확산모델을 통한 기상자료	기상이 소비자 행동과 제품/서비스 수요에 미치는 영향을 분석해서 제공하는 서비스	



[표 1]에서 계속

교통	항공	항공사	Global briefing system, 항공기 제빙예보 서비스, SITA를 활용한 예보(자동 브리핑 차트 서비스, 세계 5일 예보), 화산재 예보, 기후자료, 항공기후에 대한 자문활동, 항공기상을 위한 전문가 양성
		공항	Open Runway를 위한 서비스, 기타 항공사에 제공하는 서비스와 유사
		관제탑	항공기 최적루트의 5일 예보, 항공기상을 위한 전문가 양성, 화산재 예보
		항공기상 관련 서비스 제공자	Terminal Aerodrome Forecasts, Single European Skies, International Civil Aviation Organization
	해양	연안 석유/가스	Aberdeen의 해양기상 예보 센터에서 정보 제공(5일 예보, 운영시간 동안 예보 지원, 예인 예보, 확률 예보, 지점 예보)
		신재생 에너지	산업에너지)onshore/offshore 풍력 참고
		항구/항만	Nowcast 설비를 통한 시간별 예보, 지점 예보(텍스트, 탭, 그래프), 위험기상 경고
		선박	Nowcast 설비를 통한 시간별 예보, Surge 예보, 위험기상 경고, 지점 예보(텍스트, 탭, 그래프)
	도로	법/보험	특정 지점, 항구, 루트에 대한 질문에 답변 가능
		이벤트 캘린더	Cold Comfort 2010, Extreme Events, Resilient Transport Networks: Planning for Severe Weather Conditions
		겨울철 유지	Ice-prediction system, road weather information service, 24시간 예보, 2~5일 예보, 야간 업데이트, 지점 결빙 그래프, 강수/범람 경고, 연별 비교, 합법적인 자문, 핵심 인력을 위한 트레이닝
		여름철 유지	기온, 바람, 강수 예보
철도	교각	Threshold에 의한 날씨 경고, 24시간 겨울 예보, 지점 결빙 예측/그래프, 24시간 교각 바람 예보, 2~5일 예보	
	Open Rail	기상청의 도움으로 철도에 피해를 주거나 서비스를 지연시킬 수 있는 기상사건에 대한 계획을 세울 수 있음-강풍, 강우, 결빙/강설, 고온	
	맞춤예보	가을철 레일접착문제를 야기하는 적은 강우량 예보, 결빙을 야기하는 온도 예보, 결빙형성 경보	
	낙엽예보	가을철 레일위에 떨어진 낙엽으로 인해 바퀴와 레일 사이의 접착력 저하 위험을 제거하기 위해 5 일전에 낙엽발생을 예보	

※출처: <http://www.metoffice.gov.uk/services>

분야에서 어떻게 이용되고 있는지 체계적으로 정리되어 있지 않다. 예보정보의 의사결정 활용이나, 과거 데이터를 활용한 미래 기후관련 산업의 수요예측 등에 관한 여러 연구들을 통해 개략적으로 기상정보의 사용처에 대해 알 수 있고, 그것들을 통해서 기상정보의 가치를 추정할 수 있다. 하지만 기상정보와 산업의 활용

범위를 체계적으로 정리하지 않으면 향후의 연구를 주도적으로 진행하기 어렵고 기존에 연구된 범위에 머무를 수밖에 없는 한계점을 가질 수 있다. 그러므로 기상정보의 사회경제적 가치 추정에 대한 폭넓은 조사를 위해선 우선 기상정보가 사용되는 분야와 과정에 대한 이해가 선행되어야 할 것이다.



III. 미국 기상정보의 가치 평가

미국 역시 기상관련 단체 및 기관에서 그동안 기상과 사회 또는 기상정보와 사회의 상호작용에 대해 지속적으로 관심을 가져왔지만, 기상정보의 사회경제적 측면에 대한 이해를 높이고, 관련 지식들의 홍보 및 예보 시스템에 통합하기 위한 노력에는 부족한 것이 사실이었다. 하지만 최근의 지구 온난화로 인한 결과로서 기상 관련 자연 재해의 빈도 증가 외에도, 이들 이벤트의 전세계 경제적 영향 또한 상당히 증가해 왔다. 보험 산업을 예로 들면, 2005년 기상재해로 인한 경제적 피해액의 합은 2,280억 달러(세계GDP의 0.5%)를 기록하며 역대 최고점을 기록했으며, 이때의 보험 손실은 1,060억 달러였다. 특히 2005년 플로리다주를 강타한 Katrina는 총 1,250억 달러의 총 손실과 610억 달러의 보험손실을 초래했다. Katrina에 의해 야기된 경제적 손실은 2005년 미국 GDP의 약 1%를 차지하며, 이는 2005년 가장 작은 EU 6개국의 경제규모와 비슷하다.¹⁾ 이는 늘어만 가는 위험기상의 피해에 있어서 기상정보를 활용한 경우의 사회적 혜택이 기상정보 생산비용보다 훨씬 커질 수 있음을 의미한다. 그리고 자연과학과 기상예보 시스템의 선진화뿐만 아니라 올바른 기상정보에 대한 이해를 위해서 사회경제적인 측면을 고려해야 할 필요성이 제기된다.

미국은 CASA(Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere), CHI(Communicating Hurricane Information), PROBCAST(The

University of Washington Probability Forecast), SIP(Collaborative Program on the Societal Impacts and Economic Benefits of Weather Information), SSWIM(The Social Science Woven into Meteorology), WAS*IS(Weather and Society * Integrated Studies)등과 같은 프로그램에 자금을 지원함으로써 기상정보의 가치에 대한 평가 연구를 수행해 오고 있다. 본 절에서는 위와 같은 프로그램들에서 연구한 기상정보의 가치 및 영향에 대해 NOAA가 제공하는 자료 중 일부를 소개한다.

■ 기상정보의 가치(Benefits)와 비용(Cost)

- 해안침식/범람(Coastal Erosion/Inundation)
 - 미국의 해안습지는 스톱에 대한 보호기능으로 매년 232억 달러의 가치를 제공하는 것으로 평가되어 있음(Costanza et al., 2008).
 - 해양사고의 위험을 줄이고, 탐색·구조 등을 개선하는데 있어서, 지역 해양 관측 시스템의 경제적 가치는 Maine만에서 연간 3,000만 달러 이상, 미국의 전체 해안지역에서 3억 달러로 분석하고 있음(Kite-Powell et al., 2005)
 - 강화된 NOAA의 위성 영상기기(satellite imager and sounder)는 바람과 파도에 대한 해양 예보를 개선하여 체류시간 절약, 화물 손실 감소를 통해 상업운송 분야에만 연간 9,500만 달러의 경제적 이익을 창출하고 있음(NOAA, 2004)

1) 2005년 US GDP는 \$ 12,455 bn 이고, Slovenia, Lithuania, Cyprus, Latvia, Estonia, Malta의 총 GDP는 \$110 bn이다.



● 산호 탈색(Coral Bleaching)

- 2000년도에 산호초는 어장생성, 다이브(dive) 관광, 해안선 보호측면에서 매년 31억 달러에서 46억 달러에 이르는 순이익을 제공했음. 이중 다이브 관광으로 인한 순이익이 전체에서 가장 큰 부분을 차지(21억 달러). 다음으로 해안선 보호(7억~22억 달러), 어장생성(약 3억 달러)임(Burke and Maidens, 2004).
- 카리브해 지역에서 산호초와 관련된 해안선 보호의 총 가치는 연간 7억 4,000만 달러에서 22억 달러로 평가되어 있음. 산호초의 성장 정도에 따라 해안 보호 이익은 해안선 1km당 2,000달러~100만 달러의 가치를 가짐(Burke and Maidens, 2004).

● 산호초의 가치(Cesar et al. 2003)

상품/서비스	가치
어장생성	57억 달러
해안보호	90억 달러
관광/레크리에이션	96억 달러
자연경관/생물종의 다양성	55억 달러
합계	298억 달러
순 현재 가치	7974억 달러

● 가뭄(Drought)

- NOAA 가뭄 예보 정보는 조지아(Georgia) 주에서 가뭄재해 상태를 선포한 동안 농업 손실을 완화하는 측면에서 1억 달러~3억 5,000만 달러의 경제적 이익을 가지는 것으로 평가하고 있음(Steinemann, 2006).
- NOAA ENSO 예측의 경제적 이익은 부정확한 예측으로 연간 1억 6,800만 달러인 반면, 정확한 예측으로는 연간 2억 5,400만 달러로 분

석되었음(미국 남동부의 농업지역)(Adams et al., 2004).

● 미국 가뭄 현황

(단위: 백만 달러)

연도	재산피해	농작물 피해	총 피해
2000	0.7	2,438.1	2,438.8
2001	0.0	1,273.9	1,273.9
2002	0.0	737.6	737.6
2003	645.2	572.5	1,217.7
2004	0.0	1.2	1.2
2005	77.4	1,311.1	1,388.5
2006	138.0	2,498.1	2,636.1
2007	3.43	1,528.66	1,532.08
2008	0.1	1.59	1.69

- 2007년 대초원지대와 동부에 가뭄 발생. 남동부 대부분 지역과 대초원지역, 오키오 협곡, 5대호지역의 일부에 걸친 가뭄과 폭염은 농업생산에 감소를 초래함. 그로인한 피해는 50억 달러 이상으로 평가됨(Lott et al., 2008).

● 엘니뇨/라니냐(ENSO)

- ENSO 빈도와 강도의 변화 감시와 조기경보 시스템을 전지구 농업에 활용함으로 인한 경제적 이익은 연간 4억 8,200만 달러~5억 9,200만 달러에 달하고 있음(Chen et al., 2002).
- 미국 농업분야의 의사결정에서 ENSO 예측의 경제적 이익은 부정확한 예측으로 연간 5억 700만 달러~9억 5,900만 달러에 이르고, 정확한 예측으로는 17억 6,800만 달러로 분석하고 있음(Chen et al., 2002).
- ENSO와 PDO(Pacific Decadal Oscillation)의 개선된 장기 기상예보는 전기, 가스, 위성



(방역)서비스의 현물시장에서 더 효율적인 급수장 운영과 수력 전기 판매를 통해 연간 1억 6,100만 달러의 경제적 이익을 창출하고 있음 (Hamlet et al., 2002).

- 집중호우와 홍수(Heavy Rain & Flooding)
 - NEXRAD의 이중편파 레이더를 활용한 강수량 추정에서 현재 30% 이내의 지상검증자료를 수정함으로써 돌발홍수 경보 개선을 가져와 연간 6억 9,000만 달러의 경제적 가치를 나타내는 것으로 평가함(Ice et al., 2006).
 - 바람(연안 스톰, 허리케인, 토네이도, 강한 스톰), 홍수, 지진과 관련된 완화활동을 통해 소비되는 1달러는 평균 4달러의 사회 비용을 절감함. 즉, 사회경제적 이익에 더하여 미(美)재무부는 기상재해 완화활동을 위해 사용되는 1달러를 통해 재해구호비용과 세금 손실을 피함으로써 평균 3.65달러를 전용할 수 있음 (Multihazard Mitigation Council, 2005).
 - 강화된 NOAA 위성 영상기기는 관개와 토지 유지의 효율성을 개선하여 주택지 조경 산업에서 발생하는 손실을 줄임으로써 연간 2억 9,800만 달러의 경제적인 이익을 창출하고 있음(NOAA, 2004).
 - 미국 홍수 피해 현황

(단위: 명, 백만 달러)

연도	사망	부상	재산피해	농업피해	총 피해
2000	38	47	1,255.10	679.30	1,934.40
2001	48	277	1,220.30	43.00	1,263.30
2002	49	88	655.00	82.50	737.50
2003	86	70	2,543.10	158.10	2,701.20
2004	82	128	1,696.20	341.40	2,037.60

연도	사망	부상	재산피해	농업피해	총 피해
2005	43	38	1,537.70	104.20	1,641.90
2006	76	23	3,767.70	200.10	3,967.80
2007	87	59	1,740.14	568.30	2,308.44
2008	82	46	3,383.76	2,177.90	5,561.66

※ 출처: NOAA, 2000~2008

- 허리케인과 열대스톰(Hurricane & Tropical Storm)
 - 강화된 GOES-R 관측의 잠재적 이익은 NOAA의 열대 사이클론 예보를 개선하여 스톰의 경로에 거주하는 주민들의 재산보호와 대피 활동을 효율적으로 가능하게 하여 2015년에 4억 5,000만 달러, 2015년에서 2027년까지 24억 달러에 이르는 경제적 가치로 연구결과를 발표함(Centrec, 2007).
 - 강화된 GOES-R 관측의 잠재적 이익은 NOAA 열대 사이클론 예보를 개선하여 레저 보트산업의 피해를 줄여 2015년 3,100만 달러, 2015~2027년에 1억 4,100만 달러의 경제적 가치를 낼 것으로 분석하고 있음(Centrec, 2007).
- 강설과 결빙(Snow and Ice)
 - 강설로 인한 수자원 공급은 미국 내 특히 수자원 공급의 70%이상을 강설에 의존한다고 알려진 서부지역에서 매우 중요한 요소임. 서부지역의 들뜬에 쌓인 적설을 수자원 가치로 평가하면 23억 달러~3,480억 달러에 이름(Adams et al., 2004).
 - 철도 회사가 NOAA 기후 자료를 얻기 위해 사용하는 매 1달러는 그들 스스로 데이터베이스



저장소를 유지, 보관, 보고하는 시스템에 들어갈 13,140달러의 기반시설 비용을 절감하는 효과를 가진. 이러한 추정에 근거할 때, 화물열차 부문의 잠재적 이익은 약 1,150만 달러에 이릅니다(Centrec, 2005).

- 공항에서의 결빙진단을 위해 사용될 더 나은 수준의 강설 예보의 잠재적인 경제적 가치는 미국 공항에서만 연간 6억 달러를 초과함(Adams et al., 2004).

● 온도 극치(Temperature Extremes)

- 필라델피아의 폭염 감시/경보시스템은 1995년~1998년까지 117명의 인명을 구하고 4억 6,800만 달러의 경제적 이익을 가져왔다고 평가됨. 필라델피아는 미국에서 폭염 감시/경보 시스템을 운영 중인 17개 도시 중 하나임(Ebi et al. 2004).

- 개선된 GOES-R데이터의 잠재적 이익은 개선된 에너지 수요예측과 전기/가스부문의 에너지 절감에 기여하는 더 정확한 기온예보를 가능하게 할 것이며, 그로인한 가치는 2015년 5억 1,200만 달러, 2015년에서 2027년까지 25억 6,000만 달러에 이를 것으로 분석하고 있음(Centrec, 2007).

● 뇌우와 강풍(Thunderstorm & High Winds)

- 공항 대류 기상예보(Terminal Convective Weather Forecast)는 공항의 지연시간을 감소시킴으로써 연간 5억 8,000만 달러의 경제적 이익을 달성함(Sunderlin and Paull, 2001).

- 통합된 공항 기상 시스템 서비스는 항공 의사결정을 개선하여 정체와 지연을 감소시킴으로써 연간 1억 7,600만 달러의 경제적 이익을 제공한다(Alan et al., 2001).

IV. 주요 연구 동향

기상정보는 국민들 또는 기상정보를 필요로 하는 기업, 연구를 목적으로 하는 학계에 서비스되는 무형의 정보로서 단순한 가치를 평가하기 어렵다. 기상에 대한 사회경제적 영향을 사건발생으로 인한 피해액 산정으로 일부 추정할 수 있겠지만, 정보, 특히 공공정보로서의 기상정보에 대한 가치산정은 다른 평가 방법이 필요하다. 이에 통계 및 사회과학분야에서 사용하는 가치 평가모형들이 다수 활용되어지고 있다.

[표 2]는 기상정보의 가치를 정량적으로 추정하기 위한 방법들을 요약한 것이다. 특히 기상정보는 불확실하지만 정보를 사용하는 이해당사자들의 행동을 변화시켜 이익을 안겨줄 때 가치를 가지는 것에 초점을 둔 의사결정모델과 사용자들이 느끼는 기상정보의 효용을 살펴봄으로써 기상정보의 가치를 추정하는 서베이 및 효용함수에 대한 연구가 다수 발표되고 있다. 여기서 의사결정모델은 사용자의 예보에 대한 주관적 신뢰도가 예보의 객관적 정확도와 다를 수 있다는 가정하에 변화하는 사용자의 예보에 대한 신뢰도에 따라 확률로 제공되는 기상정보의 가치를 추정할 때 주로 사용된다. 서베이와 효용함수를 활용한 방법은 기상정보 발생할지 혹은 발생하지 않을지에 대해 결정적으로 제공되는 예보하에서 현재 제공되는 기상정보 또는



향상된 품질의 기상정보에 대해 사용자가 지불할 수 있는 금액을 설문을 통해 직접 물어봄으로써 해당 정보의 가치를 추정할 때 주로 활용할 수 있다.

혹은 서비스로서의 기상정보 그리고 불확실하지만 활용이 충분히 가능한 기상정보로 인식되기 위해서는 기상정보의 가치에 대한 폭넓은 연구가 필요하다.

V. 맺음말

사람들은 흔히 태풍, 가뭄과 같은 자연재해의 심각성과 그러한 자연재해를 예방하기 위해 기상정보가 중요하다는 것에는 쉽게 동의한다. 하지만 기상정보를 가치를 지닌 재화로 인식하는 사람은 드물다. 이는 그동안 제공된 기상정보가 공공재로서 무료였던 이유도 있지만, 근본적으로 사람들이 기상정보에 대한 가치를 제대로 알지 못하고 있기 때문이다. 또한 개인 및 기업들이 기상정보를 사용할 때 의사결정에 기상정보를 사용하는 것을 주저하는 가장 큰 이유는 정보 자체에 내재된 불확실성 때문일 것이다. 따라서 가치 있는 재화

지금까지 미국과 영국의 사례를 통해 기상정보의 활용 가능 분야 및 기상정보를 활용한 이익, 그리고 기상정보의 가치를 추정하기 위해 사용되는 방법을 살펴보았다. 기상정보가 활용되는 분야는 무궁무진하며, 선진국에서는 이미 기상정보와 사회과학을 접목시키는 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있었다. 우리나라는 비록 선진국에 비해 기상과학과 사회과학 분야에 대한 통합연구가 늦었지만, 기존의 연구방법을 활용해 우리나라의 기상정보에 대한 가치를 정량적으로 평가하고, 기상청은 도출된 결과를 통하여 개인 및 기업을 포함한 기상정보 사용자들이 만족할 수 있는 서비스를 제공하는데 노력을 기울여야 할 것이다.

[표 2] 기상정보의 사회·경제적 가치 추정 연구 동향

기상정보의 가치를 추정하는 정량적 방법	직접적 방법	<p>수요관계의 평가: 소비자가 사려고 하는 어떤 재화의 양과 소비자가 그것을 위해 비용을 지불할 수 있는 가격 사이의 관계를 고려 일반적인 수요곡선으로 이해할 수 있음.</p> <p>서베이: 이해 당사자들에게 설문조사(프로빗, 로짓 모델)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 당신의 활동의 계획을 위해 우리가 제공하는 정보를 고려하는가? (Yes/No) - 당신에게 제공하는 정보를 (1~4)로 평가할 수 있는가? (4 : 가장 중요 ~ 1 : 전혀 중요하지 않음) <p>의사결정모델(비용-손실 상황): $\frac{C(비용)}{L(손실)}$ (기예보확률) 일 때, 보호행동 결정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 위험회피, 위험중립, 위험선호 행동으로 구분 - 대부분의 연구는 위험중립에 대해서 다루었는데, 실제로 다수의 의사결정자는 위험회피 경향을 보임 ※ 불확실성 검증을 위해 민감도 분석이 필요
	간접적 방법	<p>헤도닉프리이스: 몇몇 서비스의 경우, 경제적 가치는 재산의 가치함수를 통해 알 수 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 우리가 평가하고자 하는 정보에 대한 가격 탄력성이 추정될 수 있음 ※ 특정지역의 환경적 피해(오염 등)는 집값에 영향을 미침 <p>서로 다른 경제 분야에서 기후의 영향을 확인하는 경제적 모델: 경제적인 결과가 어떻게 기후에 영향을 받는가를 알 수 있음</p> <p>-> 정보가치의 상한치를 추정가능</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정보가 개선되고, 에이전트가 한계영향을 관리할 수 있으면, 그들의 활동으로 인한 기후영향을 확인할 수 있음 - 데이터 유형: 타임시리즈, 크로스섹션, 패널데이터

기상기술정책지 발간 목록

창간호, 제1권 제1호(통권 창간호), 2008년 3월

칼 럼	·기후변화 대응을 위한 기상청의 역할	권원태	3-11
정책초점	·기후변화감시 발전 방향	김진석	12-18
	·미국의 기상위성 개발현황과 향후전망	안명환	19-38
	·기상산업의 위상과 성장가능성	김준모	39-45
	·최적 일사 관측망 구축방안	이규태	46-57
	·국가기상기술로드맵 수립의 배경과 의의	김백조, 김경립	58-61
논 단	·A New Generation of Heat Health Warning Systems for Seoul and Other Major Korean Cities	L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, Y.C. Au	62-68
해외기술동향	·프랑스의 에어로솔 기후효과 관측 기술	김상우	69-79
	·일본의 우주기상 기술	김지영, 신승숙	80-84

기상산업의 현황과 전략, 제1권 제2호(통권 제2호), 2008년 6월

칼 럼	·기후변화시대, 기상산업 발전상	봉종현	1-3
정책초점	·기상산업의 중요성과 전략적 위치	이중우	5-13
	·기후변화가 산업에 미치는 경제적 영향과 적응대책	한기주	14-22
	·기후경제학의 대두와 대응 전략	임상수	23-33
	·기후변화와 신재생에너지 산업	구영덕	34-45
	·기상산업 육성을 위한 정책대안 모색	김준모, 이기식	46-54
	·미국 남동부의 응용기상산업 현황	임영권	55-64
	·최근 황사의 특성 및 산업에 미치는 영향	김지영	65-70
논 단	·A brief introduction to the European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST)	Radan Huth	71-81
	·우주환경의 현황과 전망	안병호	82-92
해외기술동향	·유럽의 기후변화 시나리오 불확실성 평가 : EU(유럽연합) 기후변화 프로젝트를 중심으로	임은순	93-103
	·미국 NOAA의 지구 감시 현황	전영신	104-107

항공기 관측과 활용, 제1권 제3호(통권 제3호), 2008년 9월

칼 럼	·기상 관측 · 연구용 항공기 도입과 활용	정순갑	1-4
정책초점	·무인항공기 개발 현황 및 응용 방안	오수훈, 구삼옥	6-18
	·해외 기상관측용 항공기 운영 및 활용 실태	김금란, 장기호	19-34
	·항공기를 이용한 대기물리 관측 체계 수립 방안	오성남	35-45
	·효과적인 항공기 유지 관리 방안	김영철	46-56
	·공군에서의 항공관측 현황과 전망	김종석	57-66
	·항공기를 이용한 대기환경 감시	김정수	67-74
	·항공위성 정보를 활용한 재해 피해 조사	최우정, 심재현	75-84
논 단	·유/무인항공기를 이용한 기후변화 감시	윤순창, 김지영	85-93
해외기술동향	·미국의 첨단 기상관측 항공기(HIAPER) 운영 현황	김지영, 박소연	94-99
	·미국의 탄소 추적자 시스템 개발 현황 및 전략	조천호	100-108
	·미국의 우주기상 예보와 발전 방향	곽영실	109-117
뉴스 포커스	·한국, IPCC 부의장국에 진출	허은	118-119

기상기술정책지 발간 목록

전지구관측시스템 구축과 활용, 제1권 제4호(통권 제4호), 2008년 12월

칼 럼	· 전지구관측시스템(GEOSS) 구축과 이행의 중요성	정순갑	1-4
정책초점	· GEO/GEOSS 현황과 추진 계획	엄원근	6-21
	· GEOSS 구축을 위한 전략적 접근 방안	김병수	22-31
	· GEO 집행위원회에서의 리더십 강화 방안	허 은	32-39
	· 국내의 분야별 GEOSS 구축과 발전 방안	신동철	40-41
	- 재해 분야	박덕근	42-44
	- 보건 분야	이희일	45-47
	- 에너지지원 분야	황재홍, 이사로	48-50
	- 기상 및 기후 분야	이병렬	51-53
	- 수문 및 수자원 분야	조효섭	54-56
	- 생태계와 생물다양성 분야	장임석	57-58
- 농업 분야	이정택	59-62	
- 해양 분야	김태동	63-67	
- 우주 분야	김용승, 박종욱	68-71	
논 단	· Taking GEOSS to the next level	José Achache	72-75
해외기술동향	· GEOSS 공동 인프라(GCI) 구축 동향	강용성	76-83
	· 최근 주요 선진국의 GEO 구축 현황	이경미	84-95
뉴스 포커스	· 한국, GEO 집행 이사국 진출	이용섭	96-97

기상장비의 녹색산업화 전략, 제2권 제1호(통권 제5호), 2009년 3월

칼 럼	· 녹색산업으로서의 기상장비 산업 육성 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	· 기상장비의 산업여건과 국산화 전략	김상조	4-13
	· 기상장비 수출 산업화를 위한 성공전략	이종국	14-21
	· 기상레이더 국산화 추진 방안	장기호, 석미경, 김정희	22-29
	· 기상레이더의 상용화 현황과 육성 방안	조성주	30-41
	· 기상장비의 시장성 확보 전략 및 방향	이부용	42-51
논 단	· 외국의 기상레이더 개발 동향과 제언	이규원	52-72
해외기술동향	· 유럽의 기상장비 산업 현황: 핀란드 바이살라를 중심으로	방기석	73-80
	· 세계의 기상장비 및 신기술 동향	김지영, 박소연	81-89

기후변화와 수문기상, 제2권 제2호(통권 제6호), 2009년 6월

칼 럼	· 기후변화에 따른 수문기상 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	· 기후변화와 물환경정책	김영훈	4-15
	· 기후변화에 따른 물 관리 정책 방향	노재화	16-27
	· 기후변화에 따른 하천 설계빈도의 적정성 고찰	김문모, 정창삼, 여운광, 심재현	28-37
	· 수문기상정보를 활용한 확률강우량 산정 방안	문영일, 오태석	38-50
	· 수문기상학적 기후변화 추세	강부식	51-64
	· 기상정보 활용을 통한 미래의 물관리 정책	배덕효	65-77
	· 이상기후에 대응한 댐 운영 방안	차기욱	78-89
논 단	· 기후변화의 불확실성 해소를 위한 대응방안	양용석	90-110
해외기술동향	· 미국의 기상-수자원 연계기술 동향	정창삼	111-121
	· NOAA의 수문기상 서비스 및 연구개발 현황	김지영 · 박소연	122-131
	· 제5차 세계 물포럼(World Water Forum) 참관기	김용상	132-140

기상기술정책지 발간 목록

기상 · 기후변화와 경제, 제2권 제3호(통권 제7호), 2009년 9월			
칼 럼	· 기상정보의 경제적 가치 제고를 위한 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	· 기후변화에 따른 에너지정책	박현중	4-18
	· 기후변화 대응이 경제에 미치는 영향	박종현	19-29
	· 기후변화가 농업경제에 미치는 영향	김창길	30-42
	· 기상 재난에 따른 경제적 비용 손실 추정	김정인	43-52
	· 기상산업 활성화와 과제	이만기	53-59
	· 날씨 경영과 기상산업 활성화를 위한 정책 제언	김동식	60-69
논 단	· 기후변화와 새로운 시장	이명균	70-78
해외기술동향	· 기상정보의 사회 · 경제적 가치와 편익 추정	김지영	79-85
	· 강수의 경제적 가치 평가 방법론	유승훈	86-96
뉴스 포커스	· 기상정보의 경제적 가치 평가 워크숍 개최 후기	이영곤	97-103
날씨 · 기후 공감, 제2권 제4호(통권 제8호), 2009년 12월			
칼 럼	· 날씨공감포럼의 의의와 발전방향	전병성	1-2
정책초점	· [건강] 지구온난화가 건강에 미치는 영향	고상백	4-19
	· [해양] 기후변화에 있어서 해양의 중요성과 정책방향	이재학	20-29
	· [산림] 기후변화에 따른 산림의 영향과 정책방안	차두송	30-41
	· [관광] 기후변화 시대의 관광 활성화 정책방향	김의근	42-50
	· [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조윤원, 김성재	51-60
	· [에너지] 태양에너지 소개와 보급의 필요성	김정배	61-72
	· [디자인] 생활디자인과 기후 · 기상과의 연계방안	김명주	73-88
논 단	· 국민과의 '소통' - 어떻게 할 것인가?	김연중	89-97
뉴스 포커스	· 날씨공감포럼 발전을 위한 정책 워크숍 개최 후기	김정윤	98-101
기후변화와 산업, 제3권 제1호(통권 제9호), 2010년 3월			
칼 럼	· 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책	박광준	1-2
정책초점	· 기상이변의 경제학	이지훈	4-11
	· 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고	한기주	12-21
	· 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언	이종인	22-32
	· 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향	이상현, 정상기, 이상훈	33-45
	· 기후변화와 건설 산업	강운산	46-56
	· 코펜하겐 어코드와 탄소시장	노종환	57-66
	· 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영	이서원	67-77
	· 이산화탄소(CO ₂) 저감기술 개발동향: DME 제조기술	조원준	78-84
논 단	· 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로	양용석	85-99
	· 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임	김창섭	100-109
뉴스 포커스	· 기후변화미래포럼 개최 후기	김정윤	110-115

기상기술정책지 발간 목록

국가 기후정보 제공 및 활용 방안, 제3권 제2호(통권 제10호), 2010년 6월

칼 럼	·국가기후자료 관리의 중요성	켄 크로포드	1-2
정책초점	·기후변화통합영향평가에대한 국가기후정보의 역할	전성우	4-11
	·친환경 도시 관리를 위한 기후 정보 구축 방안	권영아	12-22
	·기상정보의 농업적 활용과 전망	심교문	23-32
	·기상자료 활용에 의한 산불위험예보 실시간 웹서비스	원명수	33-45
	·경기도의 기상·기후정보 활용	김동영	46-57
	·국가기본풍속지도의 필요성	권순덕	58-62
	·국가기후자료센터 구축과 기상산업 활성화	김병선	63-74
	·국가기후자료센터 설립과 민간의 역할 분담	나성준	75-83
	·가치있는 기후정보	김윤태, 정도준	84-99
논 단	·기상청 기후자료 활용 증대 방안에 관한 제언	최영은	100-110
뉴스 포커스	·국가기후자료센터의 역할	임용한	111-119

장기예보 정보의 사회·경제적 가치와 활용, 제3권 제3호(통권 제11호), 2010년 9월

칼 럼	·장기예보 투자 확대해야	박정규	1-2
정책초점	·전력계통 운영 분야의 기상정보 활용	정응수	4-15
	·기상 장기예보에 대한 소고	박창선	16-23
	·패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용	손미영	24-33
	·장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안	김동식	34-43
	·기상 장기예보의 농업적 가치와 활용	한점화	44-53
	·장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용	우수민, 김태국	54-64
	·기상예보와 재해관리	박중윤, 신영섭	65-81
	·장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래	김지영, 이현수	82-89
해외기술동향	·영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후 영향에 관한 서비스 현황	조경숙	90-101
	·WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO LC-LRFMME)	윤원태	102-106
뉴스 포커스	·영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결	이예숙	107-109

사회가 요구하는 미래기상서비스의 모습, 제3권 제4호(통권 제12호), 2010년 12월

칼 럼	·시대의 요구에 부응하는 기상·기후서비스	권원태	1-5
정책초점	·기상학의 역사	윤일희	6-16
	·지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래	이용일	17-29
	·예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈	변희룡	30-44
	·전쟁과 기상	반기성	45-55
	·날씨와 선거	유현종	56-64
	·기후변화와 문학	신문수	65-74
	·기후변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로)	오성남	75-87
	·비타민 D의 새로운 조명	김상완	88-96
	·G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할	이선제	97-105
논 단	·기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출	김영신	106-115
	·날씨의 심리학	최창호	116-122
해외기술동향	기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향	김정윤, 김인겸	123-130

『기상기술정책』 투고 안내

투고방법

1. 본 정책지는 기상기술 분야와 관련된 정책적 이슈나 최신 기술정보 동향을 다룬 글을 게재하며, 다른 간행물이나 단행본에서 발표되지 않은 것이어야 한다.
2. 원고의 특성에 따라 다음과 같은 5종류로 분류된다.
(1) 칼럼 (2) 정책초점 (3) 논단 (4) 해외기술동향 (5) 뉴스 포커스
3. 본 정책지는 연 4회(3월, 6월, 9월, 12월) 발간되며, 원고는 수시로 접수한다.
4. 원고를 투고할 때는 투고신청서, 인쇄된 원고 2부, 그림과 표를 포함한 원본의 내용이 담긴 파일(hwp 또는 doc)을 제출하며, 일단 제출된 원고는 반환하지 않는다. 원고접수는 E-mail을 통해서도 가능하다.

원고심사

1. 원고는 편집위원회의 검토를 통하여 게재여부를 결정한다.

원고작성 요령

1. 원고의 분량은 A4용지 10매 내외(단, 칼럼은 A4용지 3~5매 분량)로 다음의 양식에 따라 작성한다.
 - 1) 워드프로세서는 ‘아래한글’ 또는 ‘MS Word’ 사용
 - 2) 글꼴 : 신명조, 글자크기 : 본문 11pt, 표 · 그림 10pt
 - 3) 줄간격 : 160%
2. 원고는 국문 또는 영문으로 작성하되, 인명, 지명, 잡지명과 같이 어의가 혼동되기 쉬운 명칭은 영문 또는 한자를 혼용할 수 있다. 학술용어 및 물질명은 가능한 한 국문으로 표기한 후, 영문 또는 한문으로 삽입하여 표기한다. 숫자 및 단위의 표기는 SI규정에 따르며, 복합단위의 경우는 윗 첨자로 표시한다.
3. 원고 첫 페이지에 제목, 저자명, 소속, 직위, E-mail등을 명기하고, 저자가 다수일 경우 제 1저자를 맨 위에 기입하고, 나머지 저자는 그 아래에 순서대로 표시한다.
4. 원고의 계층을 나타내는 단락의 기호체계는 I, 1, 1), (1), ①의 순서를 따른다.
5. 표와 그림은 본문의 삽입위치에 기재한다. 표와 그림의 제목은 각각 원고 전편을 통하여 일련번호를 매겨 그림은 아래쪽, 표는 위쪽에 표기하며, 자료의 출처는 아랫부분에 밝힌다.

예) [표 1] [표 2]...[그림 1] [그림 2]

※ 출처:


6. 참고문헌

1) 참고문헌 표기 양식

- 참고문헌(reference)은 본문의 말미에 첨부하되 국내문헌(가나다 순), 외국문헌(알파벳 순)의 순서로 정리한다.
- 저자가 3인 이상일 경우, ‘등’ 또는 ‘et al.’을 사용한다.
- 제1 저자가 반복되는 경우 밑줄(_)로 표시하여 작성한다.

2) 참고문헌 작성 양식

- 단행본 : 저자, 출판년도: 서명(영문은 이탤릭체). 출판사, 총 페이지 수.
(예) 홍성길, 1983: 기상분석과 일기예보. 교학연구소, 521pp.
Sutton, O.G., 1953: Micrometeorology. McGraw-Hill Book Co., 333pp.
- 학술논문 : 저자, 출판년도: 논문명. 게재지(영문은 이탤릭체), 권(호), 수록면.
(예) 허창희, 2006: 서울에서 1954-2005년 동안 관측된 설날 귀성에 따른 일교차의 변화. 대기, 16(1), 49-53.
Seinfeld, J., et al., 2004: ACE-Asia: Regional climatic and atmospheric chemical effects of Asian dust and pollution. Bull. Amer. Meteor. Soc., 5(3), 367-380.
- 학술회의(또는 세미나) 발표논문 : 저자, 발표년도: 논문명, 프로시딩명(영문은 이탤릭체), 수록면.
(예) 신경섭, 2005: 기상청 디지털예보 개발 및 운영계획. 한국기상학회 봄철 학술대회 논문집, 2-5.
Song, I.-S., and H.-Y. Chun, 2005: Impacts of convectively forced internal gravity waves in Whole Atmosphere Community Climate Model (WACCM). Proceedings of the Spring Meeting of the Korean Meteorological Society, 58-59.
- 인터넷자료 : 웹 페이지 주소
(예) <http://www.kma.go.kr/>



하늘을 친구처럼,
국민을 하늘처럼

Meteorological Technology & Policy

Volume 3, Number 4

서울시 동작구 기상청길 45
Tel. 02-6712-0235 / Fax. 02-849-0668
<http://www.kma.go.kr>