

기상기술정책

METEOROLOGICAL
TECHNOLOGY &
POLICY



"장기예보 정보의 사회·경제적 가치와 활용"

칼럼

- 장기예보 투자 확대해야

정책초점

- 전력계통 운영 분야의 기상정보 활용
- 기상 장기예보에 대한 소고
- 패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용
- 장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안
- 기상 장기예보의 농업적 가치와 활용
- 장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용
- 기상예보와 재해관리
- 장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래

해외기술동향

- 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후영향에 관한 서비스 현황
- WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO LC-LRFMME)

뉴스 포커스

- 영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결



기상청 Korea
Meteorological
Administration

『기상기술정책』

제3권 제3호(통권 제11호)

2010년 9월 29일 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



"장기예보 정보의 사회·경제적 가치와 활용"

칼럼

- 장기예보 투자 확대해야 / 박정규 1

정책초점

- 전력계통 운영 분야의 기상정보 활용 / 정응수 4
- 기상 장기예보에 대한 소고 / 박창선 16
- 패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용 / 손미영 24
- 장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안 / 김동식 34
- 기상 장기예보의 농업적 가치와 활용 / 한점화 44
- 장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용 / 우수민·김태국 54
- 기상예보와 재해관리 / 박중윤·신영섭 65
- 장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래 / 김지영·이현수 82

해외기술동향

- 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후영향에 관한 서비스 현황 / 조경숙 90
- WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO LC-LRFMME) / 윤원태 102

뉴스 포커스

- 영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결 / 이예숙 107

장기예보 투자 확대해야



박 정 규

기상청 기후과학국장
ckpark@kma.go.kr

기상예보는 크게 단기예보, 중기예보, 장기예보로 구분된다. 매일의 날씨에 대한 예측정보를 제공하는 단기예보는 일상생활이나 방재에 목적을 두고 있는 반면, 수주 또는 수개월 이후의 기후예측정보를 제공하는 장기예보는 산업정보로서의 가치가 더욱 크다.

2003년 여름 동아시아 대부분의 지역에서는 냉하(冷夏)가 나타났다. 일조량이 적고 서늘하여 농작물 수확에 차질이 빚어지면서 일본에서는 농민들이 농작물 수확을 포기하고 직장을 찾아 대도시로 집단이주하는 사회적 문제가 야기되었다. 같은 해 유럽지역은 기록적인 가뭄과 폭염으로 35000여 명이 사망하기도 하였다.

최근에도 예년에 볼 수 없었던 기상이변이 세계 도처에서 빈발하고 있다. 지난여름에 섭씨 40도를 육박하는 150년만의 폭염과 장기간 지속된 산불 등의 피해를 입은 러시아는 국내총생산(GDP)의 약 1%에 해당하는 150억 달러 정도의 경제적 손실을 입은 것으로 추산되고 있다. 파키스탄에서는 100년만의 호우로 400

만 명 이상의 이재민이 발생했으며, 전 국토의 약 20%가 침수 피해를 입었다. 우리나라도 예외가 아니어서 지난 봄철에는 이상저온과 잦은 강수로 기상관측 이래 일조량이 가장 작았고, 여름철에 들어서는 북태평양고기압이 이례적으로 강하게 발달하면서 평년 기온을 웃도는 이상 고온현상이 지속된 바 있다.

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 지난 2007년에 발간된 보고서를 통해 지구온난화에 따른 기후변화로 극단적인 이상기후의 발생빈도가 앞으로 더욱 증가할 것으로 전망한 바 있다. 이는 앞으로 인류의 안전과 지속가능한 발전에 커다란 위협 요인으로 작용할 가능성이 높고, 인류가 직면해 있는 새로운 도전으로 여겨지고 있다.

이상기후 현상이 반복될 경우 농업 등 인간의 기본적인 산업 활동뿐만 아니라 건설, 유통, 보건 등 다양한 분야에 걸쳐 피해를 초래하게 된다. 기후가 변화함에 따라 농민들은 새로운 기후환경에 적합한 농작물을 선택해야 하고, 어민들은 새롭게 출현하는 어종에 맞게

어구를 준비해야 한다. 기업들은 원자재 수급, 제품 생산 및 재고 관리, 상품의 홍보와 유통, 신상품 개발 등 생산에서 마케팅에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 새로운 기후정보를 활용함으로써 원가절감과 부가가치 향상을 위해 고민해야 한다. 또한, 기후변화에 따른 소비 패턴의 변화를 면밀히 파악해야만 경쟁에서 살아남을 수 있다. 따라서, 미래에 나타날 이상기후 현상의 시공간적 분포와 강도를 정확하게 예측할 수 있다면 이는 재해 예방은 물론 막대한 규모의 사회경제적 손실을 줄이는데 큰 도움이 될 수 있을 것이다. 이상기후 현상의 빈번한 발생에 따른 위기를 새로운 산업 발전의 기회로 전환시킬 수 있는 범정부적 차원의 새로운 접근이 필요하다.

장기예보 자료를 사용하여 기업경영의 손실과 리스크를 줄이고 수익을 극대화하기 위한 시도가 선진국을 중심으로 매우 활발하게 이루어지고 있다. 실제로 무더운 여름이나 추운 겨울에는 냉난방기기의 수요가 급증하고, 전력이나 도시가스 등 에너지 수요도 폭발적으로 증가하게 된다. 이상기후의 출현에 대비한 날씨파생상품의 시장규모도 점차 커지고 있다. 또한 전 세계 곡창지대의 작황을 미리 예측함으로써 곡물시장의 판도 변화를 미리 가늠할 수 있는데, 농산물의 대외의존도가 높은 우리나라의 현실을 감안할 때 식량안보 측면에서 이는 국가적으로도 중요한 의미를 지니는 것이 분명하다.

기상청은 이상기후의 감시와 원인 분석을 포함한 장기예보 정보를 정기적으로 생산하여 제공함으로써 장기예보 정보가 국가경제 및 산업 발전에 효과적으로 활용될 수 있도록 노력하고 있다. 기상청에서 정기적으로 발표하는 장기예보 중 1개월 기후전망은 월 3회,

3개월 기후전망은 매월, 계절 기후전망(기온과 강수에 대한 확률)은 연 4회 발표하고 있다. 또한 각종 산업 분야에 막대한 영향을 미치는 태풍과 황사에 대한 장기전망을 비롯하여 엘니뇨·라니냐 전망 등도 병행하고 있다.

기상예보의 정확도를 높이기 위해 단기예보 분야는 과거 수십 년 간 꾸준히 인력과 예산을 투자하여 발전해 온 반면에, 장기예보 분야는 최근 들어 그 중요성이 부각되어 아직 충분한 인력과 예산의 투자가 이루어지지 못했다. 그래서 장기예보의 정확도는 세계적으로 그리 높지 않은 편이다. 기후변화에 따른 이상기후 현상의 발생빈도가 점차 증가하고 있고, 그에 따른 장기예보 정보의 사회경제적 수요와 잠재적 활용 가치가 큰 만큼 이 분야에 대한 인력과 예산 투자를 획기적으로 확대할 필요가 있다.

단기예보에 투자하는 수준의 기술개발 노력이 지속적으로 이루어진다면 틀림없이 산업에 유용한 정보를 생산하여 경제성을 높일 수 있을 것이다. 이를 위해서 국제적인 공동노력이 무엇보다 필요하다. 기상청은 장기예보 정확도에서 매우 중요한 대기와 해양 사이의 상호작용을 구현하기 위해 대기-해양 접합모델의 도입을 추진하고 있다. 지난 6월에 영국기상청과 체결한 『한·영 공동 계절예측시스템 구축』 협정은 앞으로 양국 간의 장기예보 기술교류 및 인력양성을 위한 좋은 계기가 될 것으로 기대된다. 또한 현재 부산에 있는 「APEC 기후센터」의 역할과 기능을 더욱 강화함으로써 아시아·태평양지역에 대한 장기예보 기술 개발과 정보 활용도 제고를 위한 노력을 지속적으로 추진할 필요가 있다.

정책 초점

전력계통 운영 분야의 기상정보 활용 | 정응수

기상 장기예보에 대한 소고 | 박창선

패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용 | 손미영

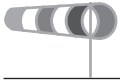
장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안 | 김동식

기상 장기예보의 농업적 가치와 활용 | 한점화

장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용 | 우수민 · 김태국

기상예보와 재해관리 | 박종윤 · 신영섭

장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래 | 김지영 · 이현수



전력계통 운영 분야의 기상정보 활용

정응수

전력거래소 중앙급전소 부장

jesoo@kpx.or.kr

I. 서론

동서양을 막론하고 많은 민족 신화에는 날씨와 관련된 신들이 등장하는데 이는 고대부터 날씨가 인간의 힘으로 다스릴 수 없는 영역으로 신성시 되었다는 증거이다. 우리나라 단군신화에도 바람, 구름 그리고 비를 다스리는 기록들이 있으며, 이는 날씨가 자연채집과 농경사회로 이어지는 인류의 역사에 얼마나 큰 영향을 미쳤는지를 보여준다.

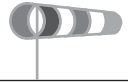
그리스 신화 속의 제우스신이 무기로 사용 하던 번개를 오늘날 인간이 전기에너지로 개발하였지만, 이를 사용하는데 있어서는 아직도 신들의 영역이었던 날씨의 영향을 받는 것은 아이러니라 하겠다. 현대는 이러한 일들을 항공우주 기술과 컴퓨터 기술 등이 대신하고 실시간으로 기상 정보를 공유하고 활용할 수 있다

는 차이는 있겠지만 아직도 날씨는 그 실체를 우리들에게 완전히 보여주지 않는다. 산업화와 정보화를 거쳐 사회가 전문화 되면서 전기관련 사업영역도 세분화 되었는데 그 중에서도 전력계통을 운영하는 일은 날씨의 영향을 많이 받는 분야라 할 수 있다.

본고는 전력 분야에 생소한 독자들의 이해를 돕기 위하여 먼저 전력계통(Electric Power System)의 개요와 운영에 대하여 설명하고, 이어서 날씨와의 상관관계와 기상정보의 활용 사례 등을 소개한다.

II. 전력계통과 기상의 관계 고찰

1. 전력계통의 특성



전기를 공급하기 위한 시스템(전력계통)이 만들어지고 일반 대중들이 전기를 사용하게 된 것은 100여년에 불과하지만, 사용의 편리함과 클린 에너지로서의 이점 덕분에 공기와 물처럼 없어서는 안 되는 필수 공공재로 자리매김하였다. 오늘날의 전력계통은 인간이 만든 시스템 중에서 가장 거대한 시스템의 하나이며 대표적인 설비산업이다. 여기에는 전력을 생산하는 수력, 화력 및 원자력 발전소 등 발전설비와 전력을 유통하고 배분하기 위한 송·배전선로 등의 수송설비 그리고 일반 가정이나 공장에서 이를 소비하는 전기기기를 포함한 수용설비 등의 수많은 요소로 구성되어 있다. 우리나라 전력계통은 2,600여대의 발전기와 3만 km의 송전선로 등으로 구성되어 세계에서 12번째로 큰 규모이다.

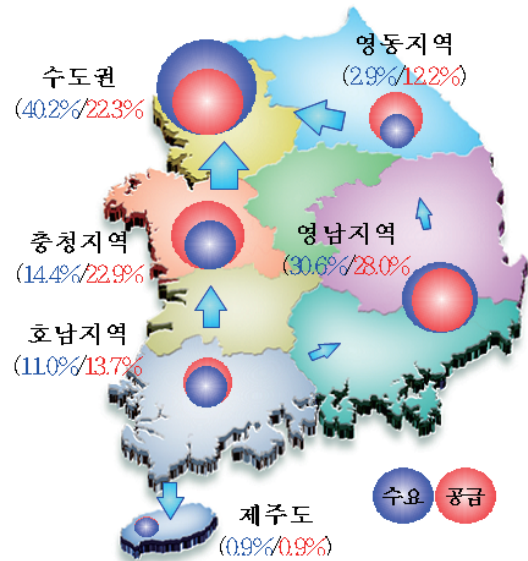
전력계통을 구성하는 요소는 전국에 산재되어 낙뢰, 태풍, 산불, 홍수 등 자연환경의 영향을 받는다. 전기는 빛과 같이 1초당 약 30만 km의 속도로 이동하기 때문에 순간적인 수요의 변동이나 전기적인 고장 현상 등이 전체 계통으로 전파된다. 또한 저장에 불가하여 생산과 소비가 동시에 이뤄지므로 수급의 균형 유지가 어렵다.

2. 전력계통의 운영

전력계통의 운영은 발전소에서 생산한 전기가 원활하게 소비자에게 도달되도록 하고, 전기기기들의 성능이 최상으로 발휘되도록 운전 상황을 관리하는 것이다. 여기에는 매 순간 계속 변동하는 수요에 맞추어 발전기를 기동·정지하거나 출력을 조정하는 일, 송전선로의 개폐조작을 지시하는 일, 전압·주파수 등 전기

품질을 관리하는 일, 고장발생시 신속한 대응으로 시스템을 안정한 상태로 복원시키는 일 등의 활동이 망라되어 있다.

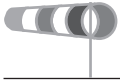
[그림 1]은 2010년 우리나라 여름철 최대 약 7,070만kW의 예상 전력이 생산·유통되어 지역별로 소비되는 현황을 나타내었다. 전력 공급이 수요보다 많으면 주파수가 상승하고, 반대로 수요가 공급보다 많으면 주파수가 떨어지는데 우리나라는 주파수 유지범위를 $60 \pm 0.2\text{Hz}$ 로 정하고 있으며, 이 범위 내에서 운전되는 시간을 지표화한 주파수 유지율은 99.99% 이상으로 최고 품질의 전력을 공급하고 있다.



[그림 1] 지역별 전력수급

3. 기상 영향

전력계통의 운영은 직·간접으로 날씨조건, 조도, 풍



속, 일사량 등 기상 영향 받는데, 이에 대해 몇 가지 살펴보고자 한다.

1) 전력수요

계절에 따라 기온의 변화가 뚜렷한 우리나라의 요일별 및 계절별 전력소비 유형은 [그림 2]와 같다. 하루 24시간의 전력소비는 사람의 사회활동과 유사하게 변화한다. 대체로 전력 사용은 여름철에는 오후 3시 경에, 겨울철에는 오전 11시 경에 최대가 되며, 새벽에는 하루 중 최대 수요의 약 70~80% 정도로 낮아진다. 요일별로 보면 월요일부터 금요일에 해당하는 평일에는 거의 같은 모양으로 변화하고 주말이나 공휴일에는 평일에 비하여 80~90% 수준으로 감소된다.

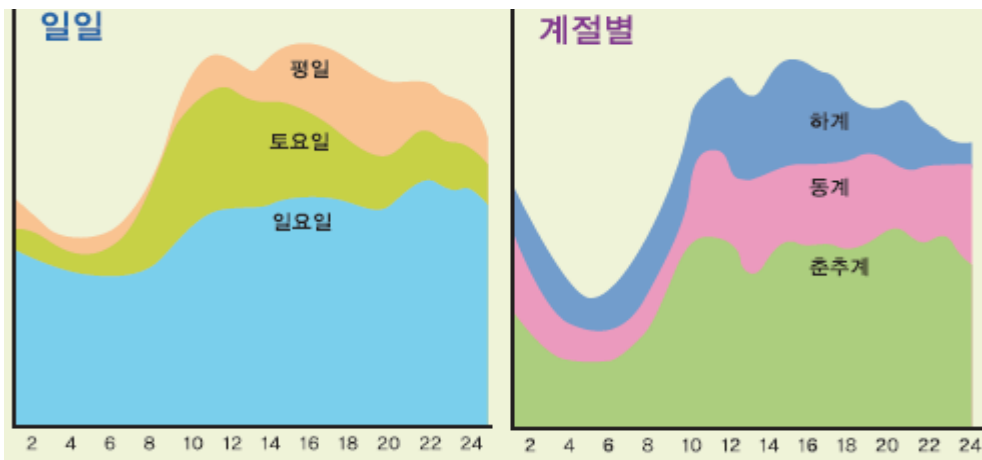
계절별로는 기온이 온화한 봄철과 가을철에 전력소비가 적으며, 보통은 5월에 연중 전력소비가 가장 적다. 여름철에 해당하는 6월과 8월 사이에는 냉방용 전력

사용이 크게 증가하며, 12월부터 2월까지의 겨울철에는 난방전력의 소비량이 증가한다.

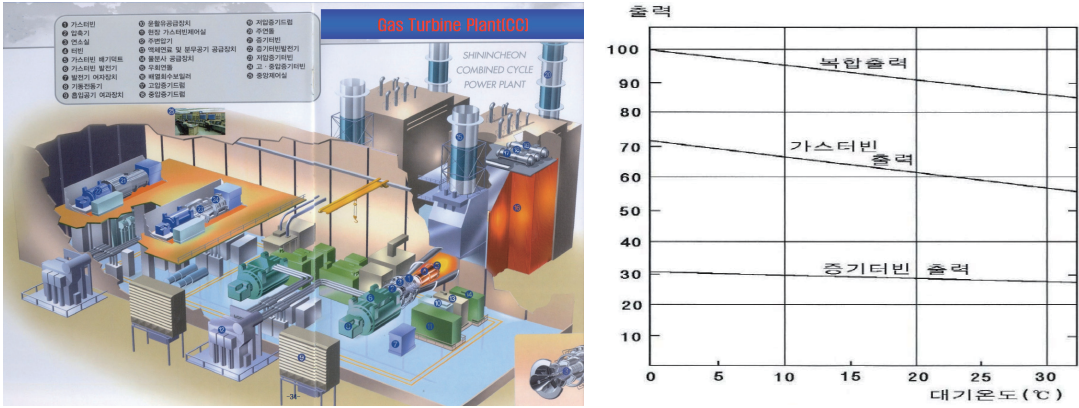
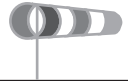
이에 따라 전력계통 운영자는 연·월·주간 및 일간으로 구분하여 전력 수요를 예측하는데, 여기에는 GDP 성장률, 가전기기 보급률, 전력 판매량 증가율, 기상 등 다양한 입력 변수들이 고려된다. 이러한 요소들 중에서도 가장 큰 영향을 미치는 것이 기상에 대한 정보이다.

2) 발전기 공급능력

발전기는 수력, 원자력, 화력, 풍력, 태양광 등과 같이 자연계에 존재하는 에너지원을 전기에너지로 변환하는 기기이다. 석탄 또는 유류를 사용하는 화력이나 원자력발전소의 경우는 기상조건에 거의 영향을 받지 않지만, 수력, 태양광, 풍력, 복합 발전 등은 기상 영향 많이 받는다.



[그림 2] 요일 및 계절별 일일 전력소비 패턴



[그림 3] 대기온도에 따른 복합발전기 공급능력 변동

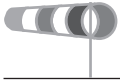
수력발전은 값이 싼 수자원을 이용할 수 있다는 장점이 있으나, 우리나라에서 가용할 수 있는 수자원이 한정되어 있다. 또한 연간 강수조건이 반영된 댐 수위조절 계획이나 갈수기 등 기상에 의한 수량의 제한으로 하루 중 부하가 증가하는 피크시간대에만 운영한다. 따라서 소수력을 포함한 수력발전기 용량은 전체 발전설비의 2.1% 수준이지만 2009년 발전량은 전체 발전량의 1.3%에 불과하였다.

[그림 3]은 액화천연가스(LNG)를 연료로 사용하는 복합발전기인데 비행기 제트엔진과 같은 가스터빈을 작동시키고 나온 폐가스를 열원으로 다시 일종의 보일러에서 고온·고압의 증기로 만들어 증기터빈을 구동하여 발전하는 방식(Combined Cycle)이다. 대기온도의 변화는 가스터빈에 들어가는 압축공기와 연료량에 영향을 주고 이는 증기터빈의 입력이 되는 가스터빈의 배출가스량에 영향을 미쳐 결과적으로 복합발전기의 출력을 변화시킨다. 복합발전기는 기준 온도를 정하여 공급능력을 결정하는데, 온도에 따라 많게는

10%이상의 공급능력이 상하로 변동되어 전력계통 운영에 부정적인 영향을 준다.

3) 송전망의 안정성

번개는 송전망의 안정 운영에 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나이다. 송전선과 철탁은 충분한 절연(Insulation)이 되어 있어 평소 전기가 전선으로만 흐르지만, [그림 4]와 같이 높은 전압을 가진 번개에 맞으면 절연물이 Flash-over되어 전기가 철탁을 타고 땅으로 흐르거나, 절연물에 손상을 입히기도 한다. 또한 이로 인한 Surge(전압, 전류의 충격파)가 송전망에 유입되어 정상적으로 운전 중인 설비의 오동작을 일으키거나, 전력계통의 불안정을 유발하기도 한다. 이에 대한 대책으로 피뢰기를 설치하거나, 송전망에 도달한 번개가 소멸되는 짧은 시간동안 송전선로 개폐기를 자동으로 차단하고 재폐로(Reclosing)하여 안정화 시키는 방법을 적용한다. 이러한 대책에도 송전설비가 번개에 맞는 건수는 연간 수천 건에 달하며, 많



[그림 4] 전력설비의 낙뢰 피격 및 기기손상 모습

계는 120건 정도가 전력계통에 파급되어 전력설비 손상이나 심각한 불안정을 일으킨다.

4) 풍력 및 태양광 발전

지구 온난화와 화석연료의 고갈에 대한 우려로 전 세계적으로 신재생에너지에 대한 관심이 높아 졌으며, 이들 에너지를 실생활에 이용하는 사례도 크게 증가하였다. 풍력, 태양광, 지역, 조력, 파력, 매립지 가스 발전 및 연료전지 등 그 종류도 다양하며, 이들이 실용화되면 인류의 에너지 문제를 해결해줄 수 있을 것으로 생각된다.

하지만 이중에서 [그림 5]의 풍력이나 태양광 발전처럼 기상에 따라 출력이 불규칙하게 변동하는 경우 전력계통을 운영하는 측면에서 보면 매우 다루기 어려운 존재들이다. 특히 다른 신재생 발전방식보다 비교적 용량이 큰 풍력발전기의 경우 출력이 계속 변동할 뿐만 아니라 전력 수요가 증가하는 여름철 한 낮에는

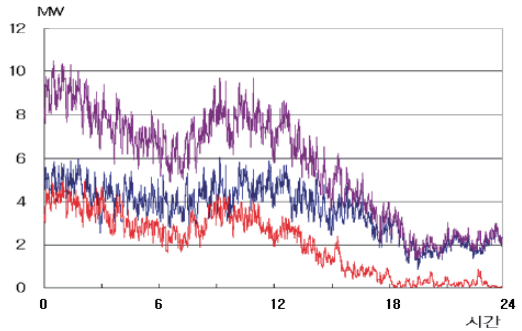
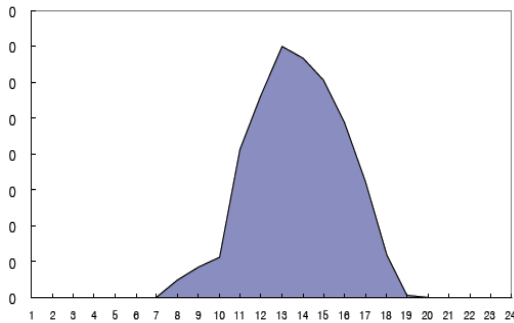
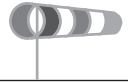
오히려 바람이 줄어들어 발전을 하지 못하는 경우가 많다. 이러한 경우에 대비하여 전력계통 운영자는 풍력발전기 용량만큼의 다른 발전기를 추가로 운영하면서 풍력발전기의 출력변동을 보상할 수 있도록 준비하여야 한다.

III. 전력계통 운영과 기상정보의 활용

1. 전력계통 운영과 전력거래소의 역할

전력계통의 운영은 전기관련 학술지식은 물론 전력설비 전반에 대한 기술과 경험을 필요로 하는 종합적인 분야이다. 2001년 4월 우리나라는 전력산업 구조개편을 통해 한국전력공사를 6개의 발전회사와 송전회사 겸 판매회사로 분할하여 전력거래를 위한 전력시장을 개설하였다.

또한 이러한 전력시장을 중립적이고 공정하게 운영하



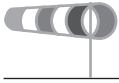
[그림 5] 태양광 및 풍력 발전 출력 특성(문승일,2009),(최홍석,2010)

기 위하여 우리나라 유일의 전력계통 및 시장운영 전문기관인 전력거래소를 설립하였다. 전력거래소는 비영리 특수법인으로서 발전회사들과 판매사업자인 한국전력공사가 공정하게 전력을 거래할 수 있도록 중개하는 역할을 담당한다. 전력 생산이나 유통을 위한 설비는 소유하지 않지만 전기사업법 제35조에 따라 발전회사의 발전기와 한전의 154,000볼트 이상의 송전망에 대한 운영권을 가진다. [그림 6]은 전력거래소에서 운영하고 있는 중앙급전소의 내부 전경이며, 여기에는 전국의 발전 및 송·변전설비 운전상황에 대한 자료를 실시간으로 취득하여 Monitoring하고 제어하는 EMS(Energy Management System)가 설치되어 우리나라 전력계통 운영의 두뇌와 같은 역할

을 담당한다.

2. 전력거래소의 기상정보 시스템

전력거래소 기상정보시스템은 1998년 개발되었으며, 기상청으로부터 기상 예보 및 인공위성 자료를 직접 수신할 수 있는 시스템으로 구축되었다. 2007년 4월부터는 전력거래소와 기상청이 ‘기상정보 활용 증진에 관한 협약’을 체결하여 기상 관련 자료를 제공 받아 사용할 수 있게 되었다. 특히 2009년에는 자체 구축한 기상 DB에서 처리된 자료를 기반으로 특화된 기상정보를 생산할 수 있게 되었다.



[그림 6] 전력거래소 중앙급전소 전경

전력거래소는 전력계통 운영에 있어서 기상 정보의 중요성을 충분히 인식하고 사용자 편리성을 강화하고자 [그림 7]과 같은 홈페이지를 구현하였다. 기상 관측 자료와 예보 자료를 융통성 있게 조합할 수 있도록 구

성한 발·변전소 기상정보와 중앙급전소 기상정보 시스템과 같은 콘텐츠들은 이를 사용하는 직원들의 만족도를 크게 개선하였으며, 업무능률을 향상시켰다.

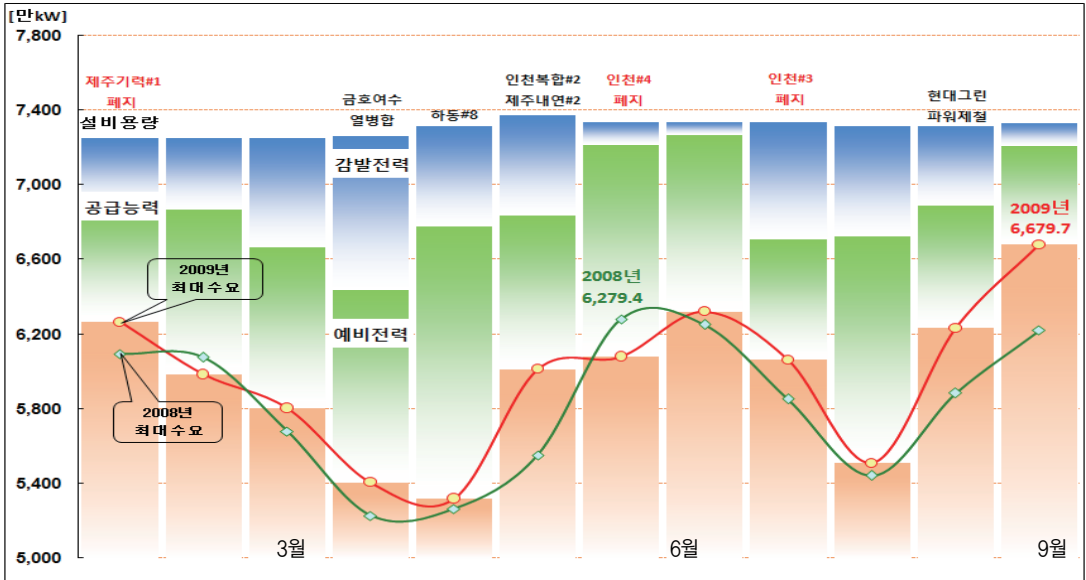
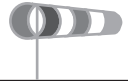
3. 전력수급의 경제성과 효율성 제고 기여

적정 공급능력의 확보는 전력계통을 안정적으로 운영하기 위해서 만이 아니라 경제적이고 효율적인 운영을 위해 아주 중요하다. 전력거래소는 적절한 수준의 전력공급 능력을 확보하기 위하여 다양한 형태로 수요를 예측하는데, 여기에 일기예보 등의 기상조건이 전력소비량에 크게 영향을 미치게 된다. 장기적인 예측보다는 일일 예측과 같은 단기적인 전력수요 예측에 기상의 영향이 더 크다. 여기서는 중기 및 단기 전력수급 관련 업무에 기상정보가 어떻게 사용되는지 소개하겠다.

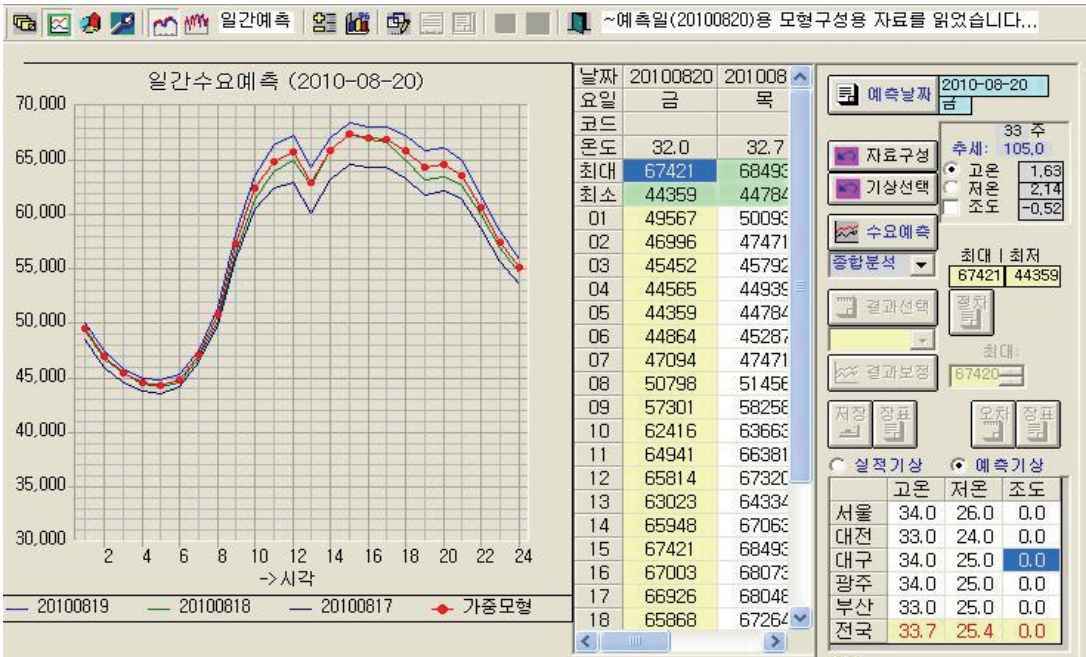
발전기는 고온 고압의 증기를 사용하고 고속으



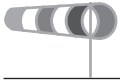
[그림 7] 기상정보 시스템



[그림 8] 2009년 월별 발전기 정지계획 수립결과



[그림 9] 일일 전력수요 예측 프로그램 화면



로 회전하는 기기로써 수명 유지와 원활한 운전을 위해 주기적인 점검과 정비가 필수적이다. 그런데 이러한 정비시기를 발전 사업자가 결정한다면 전력시장의 거래가격이 낮을 때 정비를 하고 가격이 높을 때 운전하여 수익을 창출 하려고 할 것이기 때문에 연중 적절한 공급능력을 확보할 수 없다. 전력거래소에서는 [그림 8]에서 보는 바와 같이 매년 2년 단위의 월별 최대 전력 수요를 예측하고 여기에 적절한 예비전력이 유지될 수 있도록 발전기 정비기간을 조정하는데, 이에 따라 감발전력, 즉 정비를 위해 정지하는 발전기 용량이 결정된다.

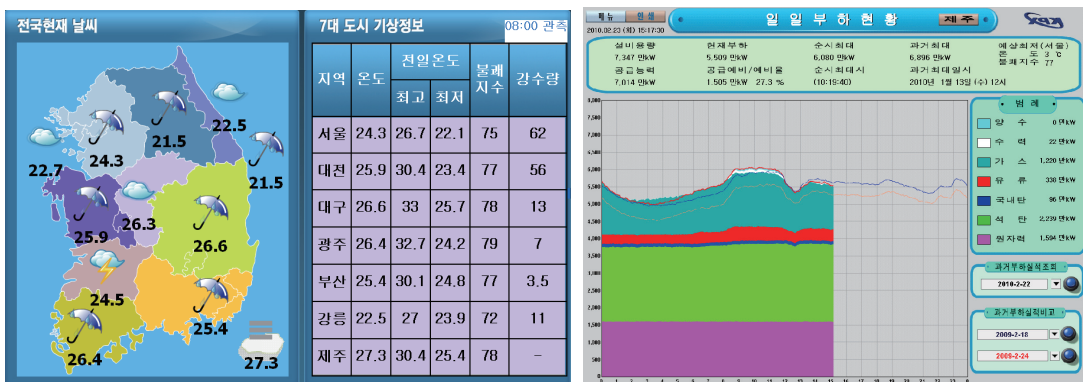
일일 전력수급 담당자는 다음 날의 시간대별 수요예측 결과를 토대로 발전기 운영계획을 수립하여 그 결과를 중앙급전소의 운전원들에게 넘겨준다. [그림 9]와 같이 일간 수요 예측프로그램 입력을 위해 기상청에서 제공하는 기온(최고, 최저, 평균), 습도, 조도 등을 사용한다. 더 나아가 지역별 전력소비 비중을 고려하여 전국 5대 도시의 기온을 부하의 분포에 따라 각종 평균(수도권 0.5, 부산 0.22 등)하여 사용하며, 고

온 또는 저온이 수일간 지속되는 경우 누적효과에 의한 부하증가 모델을 개발하여 사용함으로써 수요예측의 정확성을 크게 향상하고 있다.

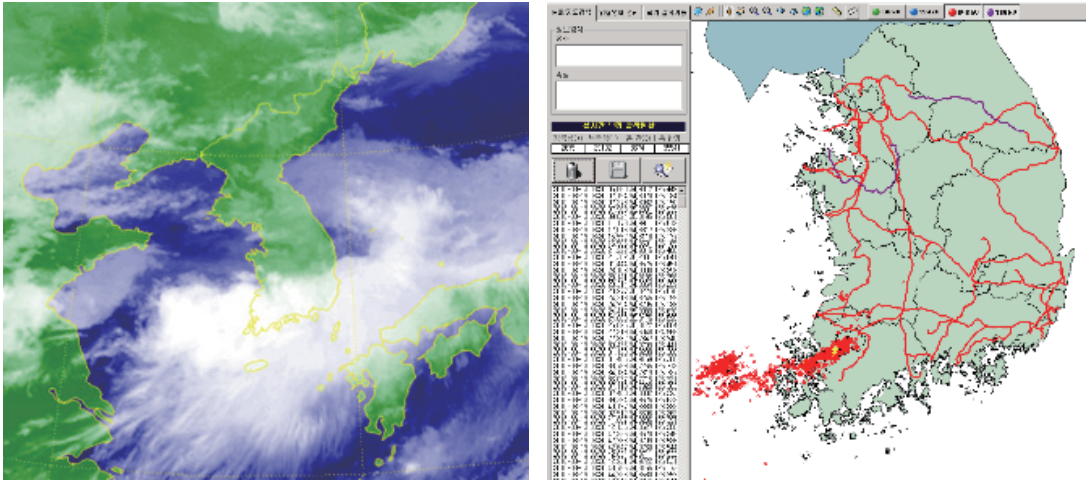
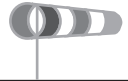
또한 중앙급전소에는 [그림 10]과 같이 급전 운전원들이 날씨 및 기상정보와 부하현황을 보면서 예방운전을 할 수 있도록 상시 필요한 정보를 제공하고 있다.

4. 전력계통의 안정성 향상

전력계통은 물이 끊임없이 흘러 들어오고 흘러 나가는 Pool에 비유할 수 있다. 유입되거나 유출되는 물의 양에 따라 수위가 항상 변화하게 된다. 뿐만 아니라 외부에서 큰 충격이 가해질 경우 파문이 일어나 물이 넘치는 경우도 발생하게 된다. 예를 들어 전력 소비량에 따라 수요가 변하고, 수요와 공급의 급격한 변동은 주파수를 불안정하게 만들어 심한 경우 수급균형을 유지하기 위하여 일부 부하나 발전기를 전력 계통에서 강제로 분리시켜야 한다. 또한 낙뢰 등의 외부 충격은 송전설비에 손상을 줄뿐만 아니라 운전하는 발전기를 전



[그림 10] 중앙급전소 기상 및 부하현황 화면



[그림 11] 태풍 위성사진 및 낙뢰 표시장치

력 계통에서 분리되게 만들기도 한다.

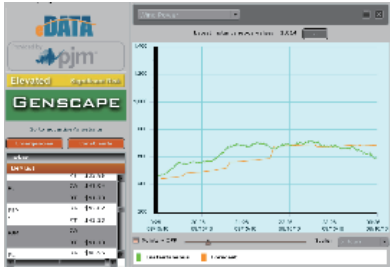
전력계통에서는 이러한 외부의 충격을 왜란 (Disturbance)으로 표현하며, 이에 따른 고장의 개연성을 상정하여 운영 계획을 수립하게 된다. 이 경우 잠재적인 모든 고장을 고려하여 운영하게 되면 신뢰도 수준은 높아지지만 이를 감당하기 위하여 천문학적인 설비 투자비용이 수반되므로 고장을 상정하는 기준을 법으로 정하고 있다.

여기에 추가하여 중앙급전소에는 [그림 11]과 같이 실시간 기상정보를 활용하는데, 낙뢰표시장치는 GPS(Global Positioning System)를 기반으로 번개의 위치, 크기, 이동경로 등을 표시하는 화면이며, 전력 계통을 안정하게 유지하기 위한 예방제어 수단을 제공한다. 예를 들어 태풍이나 폭우, 폭설 등이 예보 되면 송전선로나 발전기 고장발생 확률이 높아지므로

출력을 낮추는 대신 정지중인 발전기를 추가로 기동함으로써 발전기가 고장으로 불시에 정지하더라도 다른 발전기들이 부하를 분담하여 수급안정을 이룰 수 있도록 조치한다. 또한 발전기를 추가 운전하면 지역간에 이동하는 전력이 줄어들어 송전선로 고장시에도 안정을 유지할 수 있게 해준다. 하지만 이러한 운전 방법은 안정성에 초점을 둔 것으로 비상시 등 특정한 경우로 한정되며, 평소에는 경제성과 안정성을 모두 고려하여 운영한다.

5. 신·재생 자원의 최적 운영

앞에서 설명한 바와 같이 전력계통에서의 신재생에너지의 증가는 운영측면에서 해결해야 할 도전과제로 남아 있다. 이에 대응하기 위하여 현재는 풍력발전량을 예측하기 위한 다양한 기술개발이 한창이며, 대규모 풍력발전기를 운영하는 나라에서는 이미 발전량을 예



전 체		풍력	태양광	기온, 바람 수평분포도
실시간	발전량	150.2 kW	0.0 kW	
	일누계	6.2 MWh	421.3 kWh	
예측발전량	+1h	86.0 kWh	0.0 kWh	
	+6h	150.2 kWh	53.0 kWh	
	오늘	561.2 MWh	521.3 kWh	
	내일	563.2 MWh	620.6 kWh	

[그림 12] 미국 PJM 및 개발 중인 제주 풍력발전 예측시스템

출처: <https://edata2007.pjm.com/eData/index.html>

측하여 계통운영에 이용하기 위한 시스템을 개발하여 실용화 하였는데, [그림 12]는 미국 PJM¹⁾에서 개발하여 운영 중인 풍력발전 예측시스템이다.

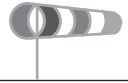
이러한 흐름에 맞추어 전력거래소에서도 스마트그리드 시범단지와 도시가 건설되는 제주 통합운영센터에 사용할 풍력발전 예측시스템을 독자적으로 개발하고 있다. 개발 중인 시스템은 기상관측 자료를 활용하여 풍력이나 태양광이 설치된 특정 지역의 발전량을 6시간 이내의 단기와 48시간 이내의 중장기로 예측 정보를 만들게 된다. 현재는 초기 단계이지만 실시간 기상자료와 예보자료를 연동한 예측시스템으로 구축될 경우 기상정보 활용분야의 기술 이정표를 제공할 것으로 기대된다.

IV. 맺음말

전력거래소는 지난 8월 20일 금요일에 최대 전력수요 6,989만kW의 사상 최고치 기록 경신을 발표하며, 큰 무리 없이 올 여름철 전력공급을 마무리 했다는 안도의 한숨을 쉬었다. 왜냐하면 일요일까지만 무덥고 월요일 처서부터 수요일까지 비가 온 후에는 기온이 낮아진다는 일기예보 때문이었다. 이에 따라 월요일 전력수요도 금요일 보다 150만kW 정도를 낮게 예측하고 오랜만에 무거웠던 부담을 어깨에서 내려놓았다.

하지만 월요일 출근해서 맞은 상황은 전혀 달랐다. 일요일에 발전기 두 대가 고장으로 정지되어 가동이 불가능해진 데다가 중부지방부터 내린다는 비는 내리지 않고 오히려 불쾌지수를 높이는데 일조를 하고 있었다. 일요일까지 달궂진 열기가 식지 않아 수요가 아침부터 가파르게 증가하여 금요일의 최고 기록을 바로 뒤엎을 기세였다. 비상상황 발령까지 생각하면서 오전 내내 상황판만 쳐다보았고, 급하게 오후 수요자원 시장을 열어 부하를 감축함으로써 최고기록보다 겨우

1) PJM(Pennsylvania, New Jersey, Maryland) 미국 중동부지역 14개 주의 전력계통 및 전력시장을 운영하는 기관(RTO : regional transmission organization). 우리나라(74,407 MW)의 2배가 넘는 163,500 MW의 발전설비와 56,350 miles의 송전망을 운영.



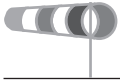
40만kW 적은 수준으로 힘들게 처서를 보내야 했다. 이러한 사례는 전력계통 운영에 있어 기상정보가 얼마나 중요한지를 잘 보여주고 있다.

끝으로 평소 생각해 왔던 기상정보 제공의 차별화 필요성을 제언하면서 본고를 마무리 하고자 한다. 최근 수년간 한반도 주변의 기후변화로 기온이나 국지성 호우 또는 폭설 예보 등에 예상치 못한 차이가 발생하고, 이에 따른 대다수 국민들의 평가를 보면서 안타까운 마음이 든다. 기상청이 정부기관으로서 국민에게 범용적인 정보를 제공해야 하는 공익적인 의무를 다하는 것은 어찌면 당연한 일이다. 여기에 추가하여 전문적이고 신뢰성 높은 기상자료를 원하는 수요자에게 맞

춤형 정보를 제공하는 서비스의 고급화를 추구할 필요가 있을 것으로 생각한다. 비록, 유료 서비스가 되더라도 말이다. 기상정보를 이용하여 부가적인 서비스를 재창출해야 하는 사람들을 위해서는 필요한 일이며, 기상관련 분야의 발전을 위해서도 충분한 가치가 있는 일이 될 것으로 생각된다.

참고문헌

문승일, 2009.3: 한국형 지능형 전력망의 비전, 녹색성장위원회
최홍석, 2010: 2010 신재생에너지 및 스마트그리드 교육자료, 전력거래소



기상 장기예보에 대한 소고 - 손해보험의 측면에서 -

박 창 선

코리아리재보험(주) 상무

cspark@koreanre.co.kr

I. 서론

전세계적으로 폭염, 집중호우, 가뭄 등 기상이변에 의해 인적, 물적 손해가 급증하고 있는 실정이다. 기상에 의한 자연재해는 2009년 7월 유럽강풍, 8월 대만의 태풍 모라곶, 12월 유럽한파 및 2010년 8월 중국 홍수로 이어지면서 기후에 의한 자연재해에 대하여 선제적으로 대처할 수 있는 방안이 절실하다.

전세계 보험시장에 따르면 2009년 동안 850건의 자연재해 손해가 발생했으며, 대재해로 인한 경제손해액은 500억불, 보험손해액은 220억불을 나타내었다.

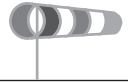
금번 기고에서는 손해보험의 측면에서 기상위험을 전가하는 방법을 소개하고 이와연계하여 장기 기상예보의 필요성에 대해서 강조하고자 한다.

II. 기상위험을 담보하는 보험상품

보험은 위험을 전가하는 수단으로 널리 활용되고 있으며, 지속적으로 기상위험을 담보하는 신상품이 개발되고 있다. 그 중 대표적인 담보 상품을 중심으로 소개하였다.

1. 풍수재위험담보 특약부 화재보험

손해보험의 대표적인 상품인 화재보험에 풍수재위험 담보 특약을 추가하여 화재 외에 태풍, 회오리바람, 폭풍, 폭풍우, 홍수, 해일, 범람 및 이와 유사한 풍재 또는 수재로부터 보험의 목적물에 생긴 손해를 담보한다.



2. 재산종합보험 (Property All Risk)

재산종합보험은 화재보험 보통약관 및 특별약관을 포괄위험담보방식으로 담보하는 상품으로 면책위험 및 비담보위험을 제외한 위험을 담보하는 것으로 자연재해 손해를 보상하고 있다.

3. 풍수해보험

정책보험인 풍수해보험은 소방방재청이 관장하고 있으며 국가 및 지자체에서 보험료의 일부를 보조함으로써 예기치 못한 풍수해(태풍, 홍수, 호우, 해일, 강풍, 풍랑, 대설)에 대해 주택, 온실(비닐하우스 포함)의 피해를 담보한다.

4. 농작물재해보험

‘농작물재해보험법’에 의해 도입된 농작물재해보험은 기존 재물손해를 담보하는 보험상품과는 달리 농가의 작물을 보험의 목적으로 하는 상품으로 2001년 시범 사업을 시작으로 현재는 사과, 배, 복숭아 등 작물의 품목을 넓혀가고 있으며 논벼에 까지 담보 목적물을 확대할 예정이다.

대상재해는 태풍, 우박, 강풍피해, 한해, 냉해, 조해, 설해 등 농작물에 피해를 끼칠 수 있는 대다수의 자연재해를 담보하고 있다.

5. 날씨보험

날씨로 인한 피해나 손실을 보상해주는 상품으로 갑

작스런 기상악화 등으로 피해손실을 입었을 경우 이를 보상해 주는 일종의 안정장치이다. 초창기 기업의 판촉활동의 하나로 특정기상조건을 조건으로 경품행사를 벌일 경우 그 비용을 지급하는 상금보상보험의 수준에서 행사취소보험, 재정손실보험 등 예상치 못한 날씨변화에 따른 상품이 개발되었다.

III. 기상위험을 전가하는 다른 방법

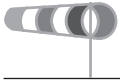
앞서 소개한 보험은 개별 위험을 담보하는 대표적인 보험상품으로 앞으로 소개할 또다른 위험 전가 방법의 근간이 된다. 지금부터 설명할 위험전가 방법은 위험 집단을 포괄적으로 전가하는 것으로 수리·통계적 기법을 통한 기술력이 뒷받침되어야 한다.

1. 자연재해 초과손해액재보험(Catastrophe Excess of Loss Cover)

자연재해를 담보하는 대표적인 재보험 방법인 초과손해액재보험은 전통적인 재보험 방식으로 자연재해에 따른 누적 손해의 일정액을 담보한다. 원수보험사(또는 재보험사)는 재보험사(또는 재재보험사¹⁾)와 약정한 수준 이상의 자연재해 누적손해가 발생하면 재보험사가 비비례적으로 손해에 따른 보험금액을 지급하는 것으로 전세계적으로 널리 통용되고 있다.

예를 들어 A사가 K재보험사와 50억 초과 100억까지

1) 재재보험 : 원수보험사가 재보험사에 위험을 전가하는 것을 재보험이라하며, 재보험사의 위험을 또다른 재보험사에게 위험을 전가하는 방법을 재재보험이라고 한다.



의 초과손해액재보험 계약을 체결했다고 가정하고 담보지역에서 자연재해로 인하여 72시간내에 누적적으로 발생한 손해가 70억인 경우 A사는 자체적으로 50억의 손해를 부담하고 K재보험사가 50억원을 초과하는 20억원을 보상하게 된다.

2. 초과손해율재보험(Stop Loss Cover)

앞서 설명한 초과손해액재보험과 같이 자연재해를 담보하는 재보험 계약으로 초과손해율재보험이 있다. 이는 초과손해액재보험의 손해액 기준이 아닌 약정한 손해율 이상에 대해서 위험을 전가하는 수단이다.

농작물재해보험을 예로 들어보면 연간 손해율의 110%~180%를 초과손해율재보험으로 담보하고 있으며 180%이상의 손해에 대해서는 국가재보험으로 담보하고 있다. 보험기간이 끝나고 연간 손해액 정산시 손해율이 150%인 경우 초과손해율재보험은 손해율의 110%~150%까지의 손해를 보상하게 된다. 즉 원수보험사는 담보범위를 충족하는 어떠한 재해가 발생하여도 손해율 110%까지의 손해만을 담보한다.

3. Cat Bond (대재해 채권, ART2)

전통적 방법의 위험전가 수단인 초과손해액재보험, 초과손해율재보험과 달리 보험회사가 인수한 자연재해위험을 채권을 통하여 자본시장에 전가하는 새로운 형태의 위험관리기법으로 Cat Bond가 있다. Cat

Bond는 재보험을 통해 전가가 어려운 초과위험에 대한 보험료 자산과 보험금 채무를 특수목적회사(SPV : Special Purpose Vehicle)에 이전하고, SPV는 보험수지차를 담보로 시장금리보다 높은 이율로 채권을 발행하여 채권판매대금으로 기금을 조성한 후 자본시장에 투자하는 방식이다.

Cat Bond의 발행을 위해서는 선제적으로 자연재해 위험을 예측하여야 한다. 또한 중장기적으로 5~10년의 만기를 가지고 있는 Cat Bond의 가격결정을 위해 장기적인 기상 예측은 필수요소라 하겠다.

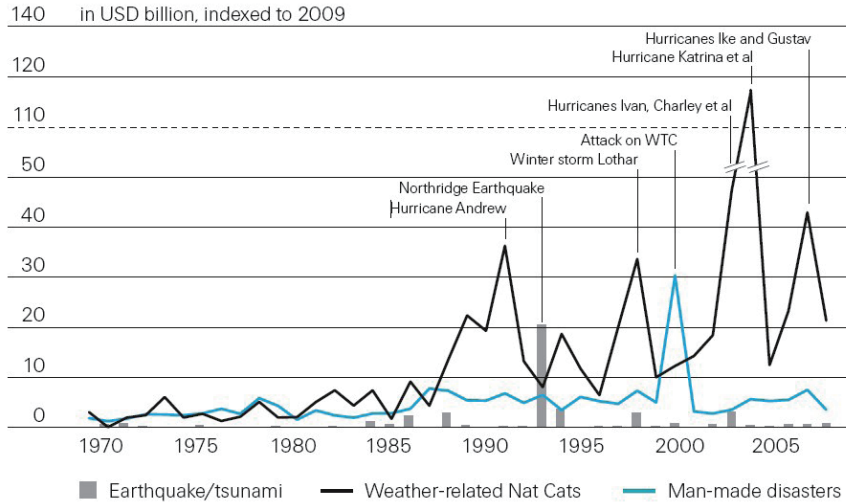
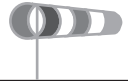
IV. 손해보험사의 기상위험 예측 방법

- Cat Modelling

영국의 재보험 전문지 Reinsurance誌가 선정한 Reinsurance Power List 2010에 의하면 1위가 자연재해(Mother Earth)일 정도로 향후 자연재해가 보험시장에 미칠 영향은 증가할 것으로 보인다.

전세계적으로 기상이변 및 기상악화에 따른 자연재해 손해는 그래프에서 보이는 바와 같이 기하급수적으로 증가하고 있으며, 한반도의 경우 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미 이후 보험산업에 미친 대규모 피해는 없었으나 향후 기후변화에 따른 빈번한 집중호우로 인하여 자연재해에 대한 대비를 소홀히 할 수 없다.

2) ART(Alternative Risk Transfer) : 전통적인 보험기법을 변형시킨 대체위험수단으로 보험위험증권화(Cat Bond, 대재해 채권), 보험파생상품(Insurance Derivatives) 등이 있다.



Source: Swiss Re, sigma catastrophe database

[그림 1] 1970~2009 인제·자연재해 보험손해액 추이

출처: Swiss Re, sigma catastrophe database

■ 손해보험사의 자연재해 위험 측정 Process

1. 노출 위험 파악

자연재해위험은 지진, 태풍, 허리케인, 해일 등 많은 종류가 있으나 보험사는 다음과 같은 순서로 회사가 직면한 위험에 대하여 파악한다.

1) 주요 노출 위험 선정

한반도의 주요 노출 위험은 태풍이며, 우박 및 지진에 대한 위험도가 점진적으로 증가할 것으로 예상된다.

2) 노출 위험에 대한 해당지역 선택

전세계적으로 통용되는 위험노출지역은 CRESTA Zone³⁾에 의해 구분된다. 한반도의 경우 CRESTA Zone은 총 11곳⁴⁾이며 실무적으로 한반도 주요위험인 태풍의 경우 CRESTA Zone을 경로별로 그룹화를 하여 3개의 Zone으로 분류하여 관리하고 있다.

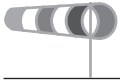
* Zone A : 서울, 인천, 경기

* Zone B : 대구, 부산, 울산, 경북, 경남, 제주

* Zone C : 대전, 광주, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남

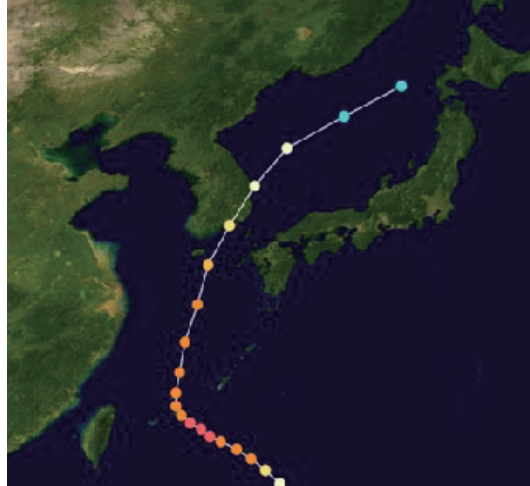
3) CRESTA Zone : Catastrophe Risk Evaluation and Standardizing Target Accumulations, 1977년 보험업계에서 공동으로 전세계 자연재해위험 담보를 기술적으로 관리하기 위하여 지역별로 구분하여 표준화함.

4) 서울(1), 부산(2), 경기도(3), 강원도(4), 충청남도(5), 충청북도(6), 경상북도(7), 경상남도(8), 전라북도(9), 전라남도(10), 제주도(11)



[그림 2] 한반도의 CRESTA Zone 도해

출처: CRESTA organisation



[그림 3] 태풍 매미 경로

출처: 기상청

3) 노출 집중 지역 선정

우리나라는 미주, 유럽에 비하여 면적이 작아 어느 한 곳을 위험노출 집중지역으로 판단하긴 어려우나 한반도내의 상황을 볼 때 상대적으로 부산, 울산일대가 포함된 Zone B가 위험노출 집중지역으로 볼 수 있다.

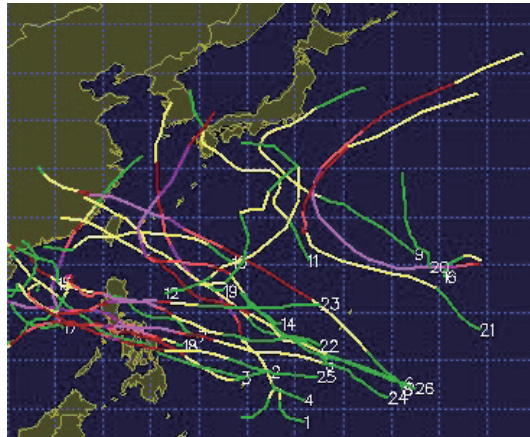
2. 노출 위험도 산정

다음은 노출위험에 대한 심도 및 빈도를 파악하여 현재 보험사가 부담하고 있는 누적위험에 대한 시뮬레이션을 실시한다.

1) Data Input / Data Accumulation

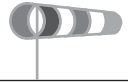
미래를 예측함에 있어서 과거의 경험적 통계는 기본적인 필수 정보이다. 과거 발생 자연재해에 대한 빈도, 심

도 및 경로 등의 정보를 축적하여 자연재해 발생 추이를 파악하고 장기적인 예측에 활용한다.



[그림 4] 2005년 아시아지역 태풍 발생경로 및 강도
출처: EQECAT

또한 자연재해에 의한 손해를 담보하는 보험종목별



현재 Exposure(가입금액), 보험료 및 손해액, 그리고 건물구조, 목적물의 소재지(우편번호)에 대한 정보를 필요로 한다. 누적 Exposure는 현재 보험사가 보유하고 있는 위험에 대한 최대금액으로 보험사의 최대보상한도이다. 건물구조는 철근콘크리트, 목조 등 자연재해가 발생하였을 때 발생할 수 있는 피해를 건물의 강도에 따라 비율로 표시하여 최대손실가능액(PML⁵⁾)을 측정할 수 있다.

2) 자연재해 모델링(Cat Modelling)

자연재해위험을 예측하는 가장 핵심단계인 모델링은 과거 경험 Data를 바탕으로 수백의 자연재해 발생가능성 및 특성(강도, 경로, 발생시간 등)을 가정하게 된다.



[그림 5] EQECAT사의 2010년 아시아지역 태풍경로 예측자료

출처: EQECAT

모델링에 대해서는 많은 보험사들이 전문 컨설팅 기관의 협조를 받는데 대표적으로 미국의 EQECAT사, RMS(Risk Management Solutions)사, AIR사 등이 있으며 그중에서 한반도의 태풍위험에 대한 모델을 보유하고 있는 회사로는 EQECAT이 있다. 우리나라도 자체 통계를 활용한 고유의 Model 개발을 위하여 보험사, 기상청, 국립기상연구소 등 관련 기관과의 협력이 필요하고 이를 통하여 한반도에 대한 독자적인 Cat Model 구축이 필요한 시점이다.

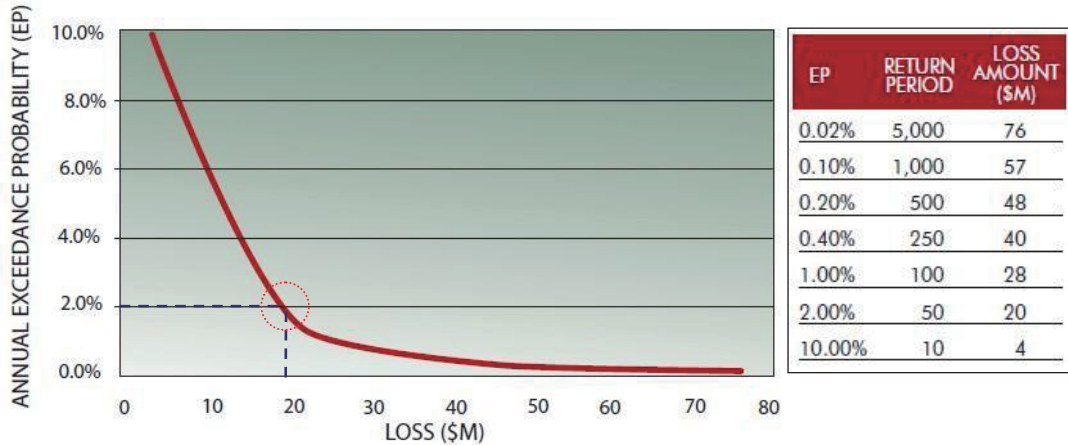
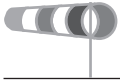
3) 손해분포 Simulation 결과

Input Data를 바탕으로 Cat Model에 의하여 수만 번의 Simulation이 실행됨에 따라 보험사는 P/F에 대한 최대손해액 및 손해발생확률을 산출할 수 있다. Simulation에 활용되는 자연재해 발생 시나리오는 대표적으로 확률론적 모형에 의하여 계산되는 것으로 예상 손해액에 대한 평균, 분산, 표준편차 등의 통계적 지표를 제공한다.

Exceedance Probability(EP)⁶⁾는 일정금액 이상 손해가 발생할 확률의 연간 평균값을 나타내는 기준으로써 아래와 같이 EP Curve 또는 Return Period에 따른 추정손해액이 Simulation 결과로 출력된다. 아래의 샘플 추정결과를 살펴보면 2천만불(\$)이상의 손해가 발생할 확률은 2%로 50년 주기로 발생가능함을 나타내고 있다.

5) PML : Probable Maximum Loss, 실제로 발생할 수 있는 최대규모의 손실로써 1사고당 추정최대손해액을 뜻한다.

6) Exceedance Probability : Average Annual Loss(AAL)이라고도 하며, 모델링된 위험의 손해를 담보하기 위하여 연간 요구되는 보험료를 의미한다.



[그림 6] Exceedance Probability 예시

출처: RMS

3. 리스크 관리(위험의 전가)

Modelling 결과는 보험사의 보유 위험의 P/F에 따라 다양하게 산출되며 이를 바탕으로 각 보험사는 담보능력 이상의 리스크량에 대하여 인수를 축소하거나 재보험을 가입하여 위험을 전가하는 방안을 모색하여야 한다.

통제기법에 의한 리스크 관리는 사전에 손해를 야기시키는 사건구조를 파악하여 제어하는 것으로 보험계약자에게 자연재해에 의해 생길 수 있는 손해를 사전에 통제할 수 있도록 예방책을 건설링하는 것이다. 반면 재무적 기법에 의한 리스크 관리는 앞서 소개한 바와 같이 보험 또는 Cat Bond를 통하여 사후적으로 관리하는 방법이 있다.

리스크 관리의 주체는 위험전가에 따른 비용 및 자연재해 발생시 손익분석을 통하여 사전적·사후적 안전장치를 필요로 한다.

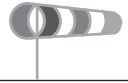
V. 기상 장기예보의 효과

보험회사는 앞서 설명한 바와 같이 자연재해 위험에 대하여 매우 민감하며 매년 자연재해 발생가능성을 예측하기 위해 많은 투자를 하고 있다. 하지만 아직까지 보험산업이 발달한 서방선진국(미국, 유럽 등) 이외의 지역에 대한 자연재해 예측 모델 및 기술력은 많이 부족하다.

따라서 기상 예보의 발달은 한국 보험산업 발전에 기여할 것이며 자연재해 보험시장에 적절한 수요공급의 원리가 반영될 것으로 예상된다.

1. 보험시장의 안정화 및 적정 요율의 산정

자연재해 보험시장은 영향력 및 기술력을 갖추고 있는 몇몇 대형 재보험사에 의하여 자연재해 담보가 공급되고 있으며 이에 대한 요율도 한정된 공급자에 의하여



결정된다. 하지만 기상이변 등 오늘날 급격한 기후변화로 인한 사후적 대응은 자연재해 담보에 대한 적절한 요율 공급을 점점 어렵게 만들고 있다.

보험요율은 급부반대급부 균등의 원칙⁷⁾, 수지상등의 원칙⁸⁾에 따라 적정하고 안정적이며 신축적이어야 한다. 이를 위해 변화하는 기상에 대하여 장기적으로 예측할 수 있는 방법이 마련된다면 수요·공급의 시장논리가 반영된 적절한 요율에 대한 충분한 담보력이 공급될 수 있을 것이다.

2. 국가적 손해 방지 및 보험침투율 증가

소비자들은 아직까지 자연재해위험 예방에 소홀하며 자연재해 위험을 보험으로 전가하는 것에 대한 공감대 형성이 부족하다고 판단된다. 과거의 보험상품과 달리 오늘날의 일반보험상품은 화재 및 풍수해를 동시에 담보하는 포괄담보방식의 종합상품으로 발전하고 있다. 이는 소비자에게 더 많은 위험을 보장해 줌으로써 사고발생시 충분히 보상하고 보상에 대한 논쟁에서 벗어나기 위함이다.

하지만 소비자들은 자연재해 위험에 대한 인식부족으로 매년 발생하는 태풍, 집중호우에 속수무책으로 피해를 입고 있다. 다음해 그리고 그 이상의 미래를 예

측하는 장기예측은 소비자들로 하여금 손해를 사전에 예방하고 적절한 방법으로 위험을 전가할 수 있는 시간을 마련하여 정신적·경제적 피해를 최소화할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것이다.

3. 변화하는 자연재해에 대한 연구

한반도의 경우 대표적인 자연재해는 태풍이었다. 그리고 농작물, 건설공사 등 기상에 영향을 받는 산업에서도 태풍기간을 피하여 사업계획을 시행해 왔다. 하지만 2003년 태풍매미 이후 한반도의 태풍피해는 점점 줄어들고 있으며 집중호우, 우박, 냉해 등 새로운 형태의 자연재해가 우리 삶에 피해를 끼치고 있다.

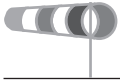
2009년 농작물의 대표적인 피해원인은 태풍이 아닌 냉해였으며 해상공사에 있어서 태풍기간인 8~9월에는 공사를 중단하고 대기하는 기간으로 인하여 경제적 손실을 보곤 한다. 즉 기후가 변화하여 자연재해의 발생 형태도 더불어 변하고 있으며 이를 대비하기 위해서는 장기적인 기상예보가 갖추어져야 할 것이다.

VI. 나오며

기상 장기예보는 보험산업을 비롯하여 산업 전반 및 국가경제에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다. 급변하는 국제경제 속에서 자연재해 손실이 증가하고 있는 지금, 장기 기상예측에 의한 위험회피는 불필요한 손실을 사전에 차단하고 발전가능성에 집중할 수 있는 바탕을 마련한다는 측면에서 매우 기대되는 국가경제력이라고 생각된다.

7) 급부반대급부 균등의 원칙(Equivalence of Principle of Benefit and Consideration) : 보험계약으로 인하여 각각의 보험계약자가 지급하는 보험료(급부)의 합계는 각각의 보험계약자가 사고발생시 수령하는 보험금(반대급부)의 합계와 균등해야 한다는 원칙.

8) 수지상등의 원칙(Principle of Equivalence) : 위험집단에서 징수한 보험료 총액과 지급하는 보험금의 총액이 서로 균등해야 한다는 원칙.



패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용

손 미 영

방송통신대학교 가정학과 의상학 전공, 조교수
pkt2000@knou.ac.kr

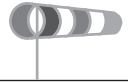
I. 서론

최근 들어 이상 기후 현상에 대한 기사들이나 보도를 자주 접하게 된다. 지난해 겨울에는 이상한파가, 올해 봄에는 이상저온이, 초여름부터는 이상고온 현상이 지속되고 있다. 이러한 이상 기후 현상은 농작물뿐만 아니라 우리의 삶 전반에 다양한 영향을 미친다. 특히 이상 기후는 농작물에 피해를 줄뿐만 아니라 관광산업의 취소, 사람들의 야외활동의 축소, 더 나아가 여행 및 스포츠, 예술, 패션 산업에서의 매출액 감소 등 다양한 피해를 가져오고 있다.

패션기업들은 1990년대부터 이상 기후 현상 및 예측할 수 없는 기상변동으로 고전하면서 이에 대응한 기업과 대응하지 못한 기업의 희비가 교차하고 있다. 특히 따뜻한 겨울, 긴 여름으로 그간 관행적으로 진행되

었던 시즌 주력 상품들의 판매가 부진하였고 짧아진 봄과 가을과 더불어 급변하는 날씨에 빠르게 대응한 제품들을 선보이지 못하여 매출액이 급감하는 등 고전을 하고 있다. 반면 이상 기후 현상이나 기상 변동에 대응하기 위해 기상예보를 적극 활용하거나 날씨 마케팅을 적극 추진하였던 패션기업들은 예상치 못한 큰 매출액 상승을 가져왔다.

따라서 본 소고에서는 21세기 기후변화 현상에 향후 패션산업이 어떤 대응 방안을 모색해야 하는지를 알기 위해 이상기후 변화가 패션산업에 미친 영향을 살펴보고자 한다. 이에 따라 기후변화 현상에 대한 대응 방안으로써 기상 예보 정보가 어떻게 패션산업 내에서 활용될 수 있는지를 패션머천다이징 프로세스와 패션마케팅 측면에서 알아보고자 한다.



II. 기후와 패션

1. 국내 기후변화

산업혁명 이후 과학기술과 산업의 발달은 인간의 삶을 물질적으로 풍족하게 하였다. 그러나 이러한 기술과 산업은 대량생산체제의 생산과정과 무분별한 사후 폐기과정 등으로 대기 및 수질오염 등 환경문제를 초래하였다. 특히 21세기 환경문제를 야기하고 있는 지구 온난화 현상, 오존층의 파괴, 열대지방의 산림벌채, 수질 오염 등은 이상 기후변화를 가져왔고, 이러한 기후변화는 여러 가지 형태의 자연재해를 낳고 있다. 오늘날 전세계적으로 발생하는 환경난민의 경우 대체로 이상 기후변화가 큰 이유라고 알려져 있다.

‘이상기후’의 기후학적 의미는 기온이나 강수량 따위가 정상적인 상태를 벗어난 상태로 정의된다. 예년에 느낄 수 없을 만큼 기온이나 강수량의 변화가 일정기간 동안 지속적으로 클 때 이상기후가 나타났다고 할 수 있다고 한다. 최근 아시아 및 북아메리카와 유럽에서 등장하였던 한파와 폭설, 남태평양과 아프리카에서의 폭우는 지구촌에 등장한 이상기후 현상으로 볼 수 있다. 이상기후 현상의 이유에 대해서 일반적으로 북극의 이상 고온 현상과 엘니뇨(열대 동태평양에서 중태평양까지 넓은 범위에서 해수면 온도가 지속적으로 높은 현상) 때문이라고 알려져 있다.

최근 이상 기후 현상은 우리나라도 예외는 아닌 듯하다. 예전과는 달리 사계절이 뚜렷하지 않고 평균기온이 상승하면서 이상기후 현상이 빈번해지고 있다. 특히 봄과 가을이 매우 짧아지고, 여름은 길어졌으며 겨

울은 예년처럼 춥지 않다. 한 보고서에서는 1920년대와 1990년대의 서울 여름과 겨울의 일수를 비교하였는데, 1990년대의 여름 일수가 16일이 더 늘었으며, 겨울 일수는 19일이 줄었다는 보고를 하였다. 더욱이 2090년대에는 여름 일수가 1920년대에 비해 45일이 더 늘어나는 반면 겨울 일수는 1920년대에 비해 63일 줄어들 것으로 예상하고 있다.

이러한 현상은 소비자의 착장 형태나 의류제품 구매에 영향을 줄뿐 만 아니라 패션기업의 패션제품 생산 및 판매에 영향을 주며 더 나아가 패션산업 전체 차원에서 환경이라는 큰 이슈를 고려한 다양한 움직임들을 등장케 하고 있다.

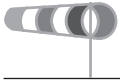
2. 기후변화와 패션시장의 변화

국내 이상 기후의 등장으로 야기된 패션시장에서의 변화를 소비자의 착장방법과 패션기업의 패션아이템 및 상품기획과정의 변화를 중심으로 살펴보자.

1) 패션소비자의 착장방법의 변화, 레이어드 룩

짧아진 봄과 가을, 긴 여름, 길지 않은 혹한기 등의 국내 기후변화는 소비자의 의류제품의 소비와 착용에 영향을 미쳤다. 봄과 가을 제품의 착장기간이 짧아지고 여름과 겨울 제품의 착장 기간이 길어졌다.

또한 계절 구분이 모호해지면서 소비자들끼리 날씨에 옷을 갖춰 입는 형태가 등장하였다. 즉 옷을 겹쳐 입어 멋을 내는 ‘레이어드 룩’과 겉옷에 속옷을 겹쳐있는 느낌의 ‘란제리룩’ 등이 유행하였다. 얇은 두께와 가벼운



중량감의 여러 겹의 옷을 겹쳐서 착용하는 레이어드룩이 보편화되면서 재킷, 트렌치코트, 점퍼 등 상의 아우터 아이템이 새로운 트렌드로 등장하였고, 특히 가디건, 머플러와 부츠 등도 트렌드 아이템으로 인기를 끌었다[그림 1].

2) 패션디자인의 변화, 시즌리스 아이템과 트랜스포머 아이템

사계절의 개념이 점차 무너지면서 봄과 가을은 짧아지고 여름과 겨울은 계절답지 않은 날씨가 이어지면서 아이템에서도 획기적인 변화가 나타났다. 시즌과 상관없이 연중 입을 수 있는 시즌리스(seasonless) 아이템이 급격히 증가하였다. 또한 봄-여름, 가을-겨

울 두 시즌에 걸쳐 입을 수 있는 both item이 생겨났다. 날씨의 변화 상황에 적합한 시즌리스 아이템들로 트렌치 코트, 점퍼, 재킷, 블라우스 등 아우터 아이템들이 등장하였고, 4계절 내내 꾸준히 구매되고 착용되었다.

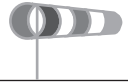
또한 전통적인 의미는 4계절이 모호해지면서 봄옷이나 가을옷은 사라지고 ‘겨울성 봄옷’여름성 봄옷’ 등 오랜 기간 입을 수 있는 간절기 패션이 트렌드가 되었다. 이에 따라 하루 중 기온이나 날씨의 변덕스러운 변화에 기민하게 대처할 수 있는 아이템들이 등장하였다. 트랜스포머(transformer) 아이템이란 날씨 변화에 따라 형태를 달리해 입을 수 있는 아이템을 말한다. 즉 소매길이를 자유롭게 조절할 수 있는 재킷이나



:: codes combine

[그림 1] 레이어드룩 사례

출처: <http://www.codes-combine.co.kr/>



블라우스, 조끼를 붙였다 떼었다 할 수 있는 점퍼, 그 외에 안감 탈부착 점퍼, 후두 탈부착 재킷 등이 있다.

3) 패션상품기획의 변화, 반응생산 (Quick Response, QR)

패션업체들은 최근 3-4년간 이상 기후를 겪으면서 날씨 변화나 소비자들의 반응에 빠르게 대응할 수 있는 제품의 생산 비중을 늘려왔다. 1년 전에 미리 제품을 기획하여 생산하고 계절별로 제품을 출시하던 과거와 달리 그때그때의 기후와 소비자 수요에 따라 기획부터 생산까지 1~2주 내에 이루어지는 반응생산(QR)이나 SPA¹⁾ 구조를 갖추고 있다. 즉 패션기업들이 실시간 판매정보를 분석하여 생산량을 결정하는 반응생산(QR)을 이용하여 실제 기상 예보를 확인하여 생산에 반영하는 시스템을 운영하고 있다. 또한 체계적인 기상예보서비스를 통해 상품의 발주 물량도 조절하고 스팟(spot) 생산비중²⁾도 늘리고 있다.

통상적으로 패션 업계에서는 봄코트의 판매는 2-3월에 집중된다. 그러나 올해(2010년)는 4월까지 쌀쌀한 봄 날씨가 이어졌는데, 제일모직의 '구호'는 반응생산으로 인해 봄 코트 물량을 충분히 확보하여 전년도 대비 매출을 증가시켰다.

3. 기후변화와 패션산업의 이슈

1) Specialty store retailer of private label apparel에서 비롯된 용어, 우리말로 직역하면 '자사 오리지널 기획 브랜드에 의한 어패럴 제조 직판 전문점'으로 정의될 수 있으며, 기획 제조 직판형 사업 전반에 걸쳐 넓은 의미로 사용되고 있음
 2) 어느 시점에 시장에서 인기 있는 상품과 이론상품에서 빠진 부분을 채워주는 상품을 그때그때 기획하여 생산하는 방식

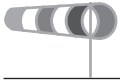
기후변화가 패션산업에서 다양한 이슈를 등장시켰는데, 여기서는 지속가능한 패션디자인과 다기능 패션디자인, 그린환경을 중심으로 살펴본다.

1) 지속가능한 패션디자인

기후변화와 같은 환경문제 해결과정에서 등장한 것 중 하나가 21세기 인간 사회의 새로운 패러다임과 가치관으로서 '지속가능한(sustainable)' 개념이다. 1987년 브룬틀랜드 위원회(Brundtland commission)의 '우리의 공동 미래(Our Common Future)'라는 보고서에서 처음 등장한 이 개념은 현세대는 물론 다음 세대의 미래에도 사람과 환경 모두에게 최선의 상태를 가져다 줄 수 있는 자연자원의 개발과 이용에 관한 것을 말한다.

패션산업에서도 지속가능한 디자인 개념을 도입하고 있는데, 자연환경의 보존을 위한 단순한 개념이라기보다는 환경자원의 보전과 자연친화적 관계들을 고려한 확대된 자연주의 개념이다. 즉 디자인의 영역 내에서 경제적, 사회적, 윤리적 그리고 생태학적 관계의 지속가능성을 고려한 총체적인 개념으로써 환경과 인간을 위한 디자인이다[그림 2].

실질적으로 지속가능한 패션디자인은 기존 에코 디자인에서 보여지는 재생과 재활용의 방법을 적용하면서 과학기술의 발달과 함께 보다 다양한 스타일과 제품개발의 가능성을 증가시켜주고 있다. 예를 들면, 지속가능한 패션디자인을 고려한 브랜드들은 제품의 디자인 과정과 완성에서 뿐만 아니라 사용 후 폐기과정에서



[그림 2] 지속가능한 패션디자인의 사례

출처: <http://www.oftheearth.com/home>

다시 재생되고 재활용되어 완전히 새로운 용도의 새로운 제품으로 다시 디자인이 된다.

2) 다기능 패션디자인

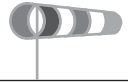
패션산업에서 기후변화에 대응한 방안 중 하나가 다기능 패션이다. 다기능 패션디자인이란 하나의 복식이 여러 가지 목적, 용도, 기능에 따라 변형이 가능하며, 복합적인 디자인을 다기능적으로 활용하는 디자인 유형이다. 하나의 패션디자인이 주된 용도 외에 다른 목적으로 디자인 변형이 가능하며, 착용자의 착장방법에 따라 형태변화를 주어 다양한 스타일로 연출할 수 있는 멀티 스타일링(multi-styling)도 가능하다.

착용자의 요구에 따라 변경가능한 다기능 디자인은 하

나의 아이템에서 다른 아이템으로 사용 효과도 있으며, 다양한 기능을 가짐으로써 사용 기간을 보다 확장할 수 있으며, 에너지 측면에서도 효율성을 높일 수 있다[그림 3]. 즉 착용자의 다양한 미적 표현 욕구를 수용해 지속적으로 사용하게 함으로써 제품의 수명을 역시 길게 연장시키는 효과도 있으며 다기능 패션의 기능적 변화는 다양한 아이템의 불필요한 생산을 감소시킴으로써 자원의 낭비를 줄일 수도 있다.

3) 그린 환경

기후변화와 함께 항상 동일 이슈로서 등장하는 것은 환경문제이다. 패션산업 분야에서도 1960년대부터 환경문제에 대한 인식이 고무되면서 선두적 디자이너에 의해 자연보호의 필요성이 강조되었고, 방법론으



[그림 3] 다기능 패션의 사례

출처: <http://www.cpccompany-corporate.com/#/en/archive/>

로써 다양한 제안들이 등장하였다. 즉 재활용과 재사용을 강조하는 에코 패션디자인 방법론, 자연환경의 보존 및 지속에 대한 기업의 에코 정책적 방법론, 소비자 개인의 윤리적 책임의식과 공정거래를 지향하고 지역적 특수성을 고려한 사회적 공동체의식 등이다.

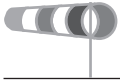
III. 패션머천다이징 프로세스와 기상 예보 정보

국내의 기후변화와 변덕스러운 날씨로 인해 수년 간 패션산업에서 피해가 속출하면서 패션산업에서 기후의 장기예보를 활용하는 것이 필수적이라는 인식이 번지고 있다. 그러면 실제 패션상품을 기획하여 개발한 후 판매하는 일련의 활동과 관련된 패션머천다이징 프로세스에서 어떻게 기상 예보가 활용될 수 있는지 알아본다.

1. 패션머천다이징 프로세스

패션상품을 기획 및 개발한 후 생산(구매)하여 판매(판촉)하는 일련의 활동과 관련된 개념이 패션머천다이징(fashion merchandising)이다. 패션머천다이징 프로세스란 패션기업이 시즌마다 새로운 상품을 고객에게 제공하기 위하여 상품화과정을 단계적으로 진행토록 체계화한 것으로, 일반적으로 기획 및 개발 과정, 생산 및 구매과정, 판매 및 판매촉진과정으로 구분된다.

패션상품의 기획과정은 신상품을 위해 패션정보를 입수하여 분석하고 표적시장을 확인한 후 머천다이징 컨셉을 설정하고 차기 시즌을 위한 상품구성, 예산 및 물량 계획을 수립하여 상품기획방향을 정하고, 디자인 컨셉을 잡아 디자인을 구체적으로 개발하여 최종 상



품을 선정하는 과정이다. 패션상품의 생산과정은 품평 및 수주회를 통해 대량생산이 결정된 디자인을 이용 가능한 자원을 활용하여 상품화하는 과정이다. 즉 이러한 과정을 통하여 대량생산이 이루어진다. 판매 과정은 다양한 유통경로를 경유하면서 판매와 판매촉진활동을 통하여 표적고객에게 패션상품이 전달된다.

2. 패션머천다이징 프로세스에서 기상 예보 정보 활용

패션머천다이징 각 프로세스에서는 업무수행을 위한 다양한 정보가 활용된다. 패션산업에서 정보의 의미는 상품을 기획, 생산, 판매하기 위해 필요로 하는 정보이기에 최종적으로 무엇을 팔 것인가를 결정하는데 도움이 되는 정보가 중요하다.

최근의 기후 변화와 예측불허한 날씨 변동은 앞에서 살펴본 바와 같이 소비자의 착장방법 및 형태, 패션기업의 상품 아이템과 디자인에 영향을 주고 최종적으로 패션소비자의 상품 선택과 구매, 착장 형태와 방법에 영향을 주기 때문에 기후의 장기/단기 예보 정보는 패션머천다이징 프로세스에서 필수적인 정보이다.

기상예보는 단기예보, 중기예보, 장기예보로 나뉘어 지는데, 단기예보는 오늘과 내일, 모레까지의 하늘상태 및 강수량, 기온 등 구체적인 날씨 표현을 넣는 예보이다. 모레까지의 예보는 오늘, 오늘밤, 내일 등으로 나눠 발표한다. 특히 내일예보는 모든 국민들의 일상생활과 산업활동 계획을 위해 필수적이다. 중기예보는 단기예보 기간 다음날부터 광역예보구역에 대한 5일간의 하늘상태, 기온, 해상상태 등의 정보를 일 2회

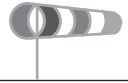
발표하는 것이다. 장기예보는 1개월부터 반 년 앞까지의 예보로서 아주 긴 기간을 대상으로 하는 예보이다. 최근 이러한 장기기간의 예보는 기후변동과 이상기상의 빈발로 사회로부터 요청이 크게 증가하고 있다.

1) 패션상품기획과 기상 예보 정보의 활용

패션상품기획 과정에서 기상예보 정보는 최근 빠르고 민첩한 상품기획을 가능케 한다. 기후변화와 예측불허한 기상 변동에 민첩하고 정확한 상품기획 대응이 패션기업의 경쟁력으로 부각되고 있다.

1990년대부터 국내 패션산업에서 본격적으로 도입된 QR 시스템으로 패션상품기획과정이 빠르게 진행될 수 있는 인프라와 기술을 갖추게 되었다. 여기에 기상장단기 예보가 상품기획에서 주요 정보로 활용되면서 과거에는 S/S(춘하), F/W(추동) 2 시즌으로 구분하거나 춘, 하, 추, 동 4 시즌으로 구분하였지만, 최근 시즌 개념이 사라지고 월별기획이 세분화되는 것을 가능케 하였다. 월별 기획으로 세분화되면서 아이템별 판매시기를 구체화할 수 있게 되었고 기후변동에 즉각적인 반응으로 매출을 확보할 수 있게 되었다.

그리고 패션제품의 매출에 영향을 미치는 기상요인이 계절마다 매우 차이가 있으므로, 패션상품기획에서 시즌별로 적용되어야 한다. 예를 들어 가을 시즌의 경우 기온의 변화에 따라 여름 상품의 재고량 및 가을 신상품의 입고시기를 조절하여야 하며, 여름 시즌의 경우 강수량 즉 장마의 기간에 따라 여름 상품의 재고량을 줄이거나 기상 예보를 활용하여 가격인하정책을 모색하는 것도 필요하다. 특히 캐주얼 상품의 기



획은 기후변화에 민감하게 반응해야 한다. 시즌이 교체되는 시점의 간절기 상품을 추가로 기획하여야 하며 길어진 여름과 겨울을 대비해 아이템과 소재를 변화시켜야 한다.

2) 구매 및 생산에서 기상 예보 정보

일반적으로 패션머천다이징 프로세스에서 패션상품이 기획되면 생산으로 진행되는데, 패션상품의 기획에서 생산, 최종소비자에게 돌아가기 까지 최장 6개월에서 최단 2주라는 기간이 소요된다. 최근 기상예보가 상품기획에서부터 활용되면서 반응생산과 같은 유연성을 가지고 날씨의 변동에 따라 대응하고 있다. 즉 상품기획 및 생산에서 장기예보를 활용하여 제품의 품목, 물량, 생산시기 및 출고 시기 등을 결정한다. 많은 기업에서 기온 및 강수량 강수일수 등을 고려하여 상품기획에서부터 디자인은 물론 소재 선택, 생산품목, 생산량까지도 모두 조정하고 있다.

실제로 '빈폴'의 경우 장기예보 정보를 통해 겨울철 날씨가 따뜻해질 것을 예측해 파카의 비중을 30% 줄이고 패딩점퍼 등 가볍고 활동적인 겨울상품을 30% 늘려 겨울제품의 재고를 크게 줄였다. 특히 번덕스러운 날씨를 고려해 고정생산 물량을 줄이고 반응생산 물량을 늘리는 것은 물론이며, 반응생산의 시기도 일주일 내에 대응이 가능하도록 하였다.

3) 판매 및 촉진에서 기상 예보 정보 활용

패션제품 판매에도 기상 요인들이 영향을 미치므로 판매관리의 중요한 도구로서 활용되고 있다. 특히 패션

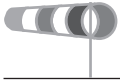
점포에서 중기 예보 및 단기 예보는 필수적 정보 사항으로 일일 재고관리나 판매관리, VMD(Visual Merchandising)관리 등에 활용되고 있다.

기상요인은 정기세일이나 사은품 증정과 같은 촉진활동에도 영향을 미친다는 연구보고들이 있으므로 장기 및 중기 예보를 활용하여 이에 맞는 판매 촉진활동 계획을 수립하고 일일 이벤트와 같은 차별적인 판매촉진방법을 구사하여 매출 증대를 꾀할 수 있다. 특히 20-30대를 겨냥한 캐리터 캐주얼이나 영캐주얼의 경우, 목표 고객들이 전체 연령층 중에서 비교적 날씨에 영향을 많이 받으므로, 이들을 유인할 수 있는 다양한 이벤트와 판매촉진방법이 모색되고 있다.

점포의 VMD관리에서도 단기예보를 활용하여 제품의 진열이나 디스플레이를 구성하고 있다. 실제 (주)테무 영업기획부에서는 매일 아침 사무실에 걸려 있는 날씨판을 확인하여 전화나 메일로 백화점 등 주요 점포에 '오늘의 디스플레이법'을 알려준다고 한다. 미국의 의류업체인 헨리 한센은 매장 건물에 기상측정장비를 설치하고 매장의 진열을 수시로 정비하기도 한다.

IV. 패션마케팅에서 기상 예보 정보 활용

기상마케팅(weather marketing)은 기상 상태의 변화에 따른 소비자의 욕구와 구매행태의 변화를 기업의 마케팅 계획에 반영하려는 노력이다. 패션제품과 같은 계절 상품의 경우 기상 상태에 따라 제품별 판매량이 크게 차이가 나고 시즌 초기의 날씨가 판매의 성패를 판단하는 중요한 지표로서 활용되므로, 이미 머



천다이징 프로세스에서 살펴보았듯이 기상 예보 정보는 재고관리나 판매시기, 생산시기 등을 결정하는데 큰 역할을 한다.

실제 미국 등 선진국에서는 오래전부터 패션기업들이 중장기 기상정보를 활용한 날씨 마케팅을 적용하여 20% 정도의 매출 증대 효과를 보고 있는 것으로 알려져 있다. 국내에서도 대기업을 중심으로 날씨 마케팅이 활용되고 있으며, 특히 제일모직의 경우 10여 년 전부터 패션연구소를 중심으로, 신원은 제품사업부 차원에서 장기 기상전망을 기초로 지역별 판매기간을 미리 선정하고 재고 관리를 하는 등 기상 요인을 반영한 과학적인 판매-재고 시스템을 운영하였다.

최근에는 기후변화나 날씨와 같은 패션산업의 위협 요인을 기회 요인으로 바꾸려는 사고의 전환이 이루어지면서, 패션기업에서 날씨와 계절을 적극적으로 마케팅에 활용하고자 하는 움직임이 나타나고 있다. 올해의 경우, 현재 매출액이 100억 이상 규모의 패션기업 중 100여개 업체들이 기상정보서비스업체로부터 장기예보 등 날씨정보서비스를 받아서 활용하고 있다.

V. 결론

본 소고에서는 21세기 기후변화와 예측불허한 기상변동 현상에 대응하기 위한 방안을 모색하기 위해 최근 이상 기후변화가 패션산업에 어떤 영향을 미쳤는지 알아보고, 실제적으로 기상예보가 패션머천다이징 프로세스와 패션마케팅에서 어떻게 활용될 수 있는지 알아보았다.

국내 기후변화로 야기된 패션시장에서의 변화는 우선적으로 패션소비자들의 착장방법과 형태의 변화를 들 수 있다. 또한, 전통적인 패션시즌 개념의 변화에 적응한 패션디자인의 변화, 시즌리스 아이템과 트랜스포머 아이템 등의 등장을 들 수 있다. 패션기업의 차원에서는 패션상품기획에서의 변화를 들 수 있으며 패션산업의 차원에서는 지속가능한 패션디자인과 다기능 패션디자인 개념, 그린 환경 이슈 등의 등장을 들 수 있다.

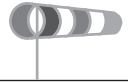
패션머천다이징 프로세스에서 기상예보 정보의 활용은 이미 선진국 및 국내 대기업을 행해지고 있으며, 구체적으로 패션상품기획에서부터 구매와 생산, 판매 및 판매촉진 기획에서 모두 필수적으로 이용되고 있다. 특히 QR시스템에서 기상예보의 적용은 최근 더욱 빨라지고 있는 패션상품기획과 생산, 판매까지의 기간을 더욱 단축시키고 있으며 상품기획의 정확성과 민첩성을 더욱 확보시키고 있다.

패션마케팅에서 기상예보 정보의 활용은 최근의 기후변화와 예측불허한 기상변동에 대응한 차원에서 진행될 뿐만 아니라 위협요인을 기회요인으로 전환한다는 인식하에서 기상마케팅, 날씨마케팅, 온도마케팅 등으로 이미 패션기업에서 진행되고 있다.

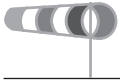
참고문헌

김수현, 이재정, 2006: 지속가능한 패션디자인의 개념과 원리. 기초조형학연구, 7(3), 225-237.

박수민, 유영선, 2008: 200년대 그린디자인에 나타난 로하스(Lohas)의 패션특성 분석. 한국의류학회지, 32(2), 307-318.



- 박환일, 2010: 불편한 진실 Revisited. 삼성경제연구소, 1-25.
- 양용석, 2010: 해외의 기후변화정책통합 현황 및 시사점 고찰을 통한 우리나라의 대응과제. 기후변화 뉴스레터 여름호, 11-14.
- 이중우, 이기광, 2007: 기업의 의사결정을 반영한 기상정보의 경제적 가치 연구: 유통업을 중심으로. 한국기상학회 봄 학술대회 논문집, 482-483.
- 이현영, 박혜원, 2009: 다기능 패션디자인에 관한 연구: 기후변화 및 환경의식을 중심으로. 패션비즈니스, 13(2), 123-135.
- 장은영, 임병훈, 2003: 백화점 패션의류제품에 있어 기상요인이 미치는 영향에 대한 탐색적 연구. 마케팅과학연구, 12, 121-134.
- 정준석, 2010: 기후변화 대응을 위한 장기예보 전국 확대 실시. 기후변화 뉴스레터 여름호, 7-10.
- 고은주, 윤선영 (2006). 패션머천다이징 프로세스에서의 고객 정보 활용 및 고객관리에 관한 사례 연구. 한국의류학회. 30(5), 788-799.
- 박진아, 조진숙 (1997). 패션 상품 기획 정보화 전략 방안에 관한 연구. 복식문화연구. 5(4), 89-111.
- 이유리 (2002). 의류 상품화 과정과 의사 결정 지원 시스템. 섬유기술과 산업. 6(3), 180-186.
- 장성환 (2010). 패션산업의 환경변화에 따른 패션 머천다이징의 새로운 패러다임. 한국의류학회. 34(1), 175-188.
- Biddle, Ian, 2008: Climate change and business marketing opportunities. Busidate, 16(2), 1-4.
- Tsal, J., 2010: Marketing the new green. Customer Relationship Management, April, 24-29.
- Hansen, A., and Machin, D., 2008: Visually branding the environment: climate changes as a marketing opportunity. Discourse Studies, 10(6), 777-794.
- <http://www.nytimes.com>
- <http://ko.wikipedia.org>
- <http://web.kma.go.kr>
- <http://www.aparelnews.co.kr>
- <http://www.asiae.co.kr>
- <http://www.donga.com>
- <http://www.fashionchannel.co.kr>
- <http://www.hankyung.com>
- <http://www.mk.co.kr>
- <http://www.newsprime.co.kr>
- <http://www.okfashion.co.kr>
- <http://www.samsungdesign.net>
- <http://www.sbs.co.kr>
- <http://www.sportsseoul.com>



장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안

김 동 식

케이웨더 대표이사

kdsik@kweather.co.kr

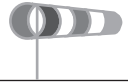
I. 머리말

지구온난화 추세가 가속화되면서 기후변동과 기상이변 현상이 더욱 잦아지고 있다. 자연재해 가운데 약 90% 이상을 차지하는 기상재해는 전 세계적으로 시기와 지역에 무관하게 빈발하고 그 강도 또한 강화되는 추세이다. 날씨의 의미도 생활에서 산업으로 중심이 이동되면서 사회·경제분야에서 기상과 기후정보에 대한 수요가 높아지고 있다. 이에 따라 지구온난화로 인한 기후변화와 기상이변이 사회·경제적으로 미치는 영향의 상관관계에 대한 연구가 이어지고 있으며, 이에 비례하여 기상을 정확하게 예측하기 위한 노력 또한 계속되고 있다.

국내 산업의 70~80%와 국내 GDP 52%가 날씨에

직·간접적으로 영향을 받는 것으로 조사된 바 있는데, 기상정보가 무형의 자원으로서 경제·사회적 가치를 갖는 것도 이 때문일 것이다. 다시 말해 기상·기후가 사회 및 경제활동에 지대한 영향을 미치기 때문에, 기상정보는 농업생산 증진, 수자원 관리, 사막화 방지, 교통안전 보장, 전력생산과 분배계획, 여가활동 지원, 국민보건 증진 등 다양한 분야에서 활용되고 있는 것이다.

또한 국가 경제규모가 커지고 국민들의 소득수준이 향상되면서 여가활동이 늘어난 국민들은, 기상예보에 대한 기대 수준을 점차 높이고 있다. 특히 최근에는 스마트폰을 비롯한 모바일과 인터넷 등 다양한 IT 기술을 활용한 기상정보 수요의 저변이 확대 되었고, 이를 통해 더 큰 고부가가치 창출을 위한 새로운 방식



도 시도되고 있다. 또한, 기상정보는 산업 전반에 걸쳐 의사결정 과정에 중요하게 활용되고 있으며, 지속적인 예보 정확도 개선을 통해 우리 사회의 편익 증진과 경제발전에 뒷받침이 될 수 있도록 다각적인 노력이 계속 되고 있다.

그러나 이러한 노력에도 불구하고 기상예보에는 한계가 있다. 특히 장기예보는 단기예보와 달리 과거에 비해 정확도가 크게 나아지지 않는 상황으로, 오히려 잦은 기후변동으로 예보의 어려움이 발생되고 있다. 이에 장기예보가 사회·경제적으로 보다 가치 있는 정보로서 활용되기 위해 어떠한 노력이 필요하며 국내외 시장 사례를 들면서 이에 대한 대안을 함께 제시하고자 한다.

II. 장기예보 활성화를 위한 과제

1. 기상예보의 사회·경제적 중요성

기상예보는 여러 종류의 기상관측장비를 비롯해 슈퍼컴퓨터와 인공위성까지 동원되는 최첨단 기술의 집합체라 할 수 있다. 국가에서는 더 확률 높은 예보를 위해 기술개발, 전문인력 양성, 재정 지원을 지속적으로 해 오고 있다. 이는 자연재해가 발생했을 때 국가와 국민이 입는 직접적인 피해는 물론 정신적 피해와 복구비용까지 고려하면, 피해를 막기 위한 사전 투자 효과가 훨씬 크기 때문이다. 또한 기상재해는 공공시설 등의 사회간접자본을 파괴하고 주택과 산업기반 시설 등에 직접적인 피해를 초래하는 것 외에도, 사회·경제적 활동에 유·무형적으로 장애를 일으키는 등 간

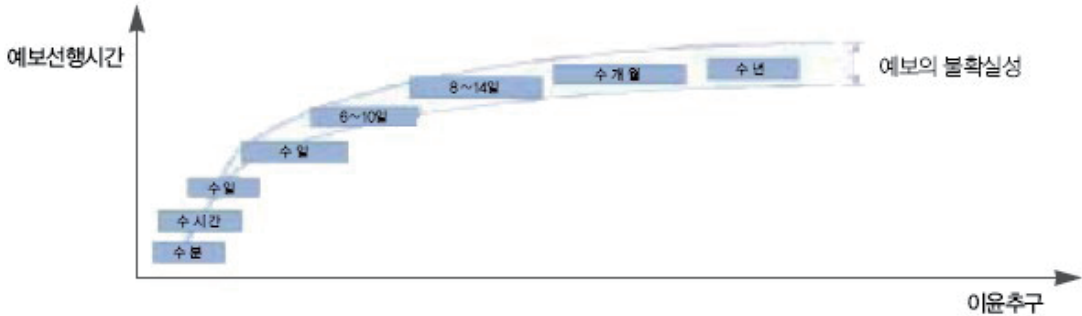
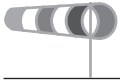
접적인 피해도 유발하기 때문에 기상예보의 중요성은 클 수밖에 없다.

2. 불확실성으로 인한 장기예보 문제

기상예보에 대한 중요성의 인식으로 상시적인 주목을 받고 있는 단기예보는 많은 연구와 기술투자로 정확도가 상당히 향상되었다. 특히, 최근에 수치예보 기술의 진보가 현저하게 나타남으로 인해 전 세계적으로 단기예보의 적중률은 85~90%선까지 이르고 있다. 반면 장기예보는 상대적으로 중요성이 낮게 인식되어 왔다. 더구나 장기예보는 엘니뇨, 라니냐 현상 등의 예측, 대기와 해양의 상호작용의 규명 등의 문제뿐만 아니라, 예보기간이 길어짐에 따라 나타나는 초기장의 오차에 의한 불확실성이 증가하는 등 여러 가지 한계점을 포함하고 있어 낮은 예측성을 갖고 있다.

지구가 회전하는 것은 천체의 유체 운동으로, 이는 초기 상태를 통해 예측이 가능한 물리법칙이다. 반면 대기 운동은 비선형이기 때문에 초기의 사소한 차이가 유한 시간 내에 엄청나게 확대되어 이를 100% 정확하게 예측하는 것은 불가능 하다(그림 1). 대기의 운동법칙은 단순한 계산이 아니기 때문에, 이를 지배하는 여러 물리법칙을 슈퍼컴퓨터를 이용하여 수치적으로 계산하고 미래의 상태를 예측하는 것이다. 기상예보는 기본적으로 수치예보 모델에 의해 수행되는데, 초기 상태에서 몇 분 후의 상태를 예측하고 이를 반복하여 1일, 1주일 후를 예측하는 것이다.

이러한 기상예보의 어려움을 나타내는 말이 “남미에서 나비가 날아오르면 2주 뒤 뉴욕의 날씨가 영향을



[그림 1] 예보선행시간에 따른 예보의 불확실성

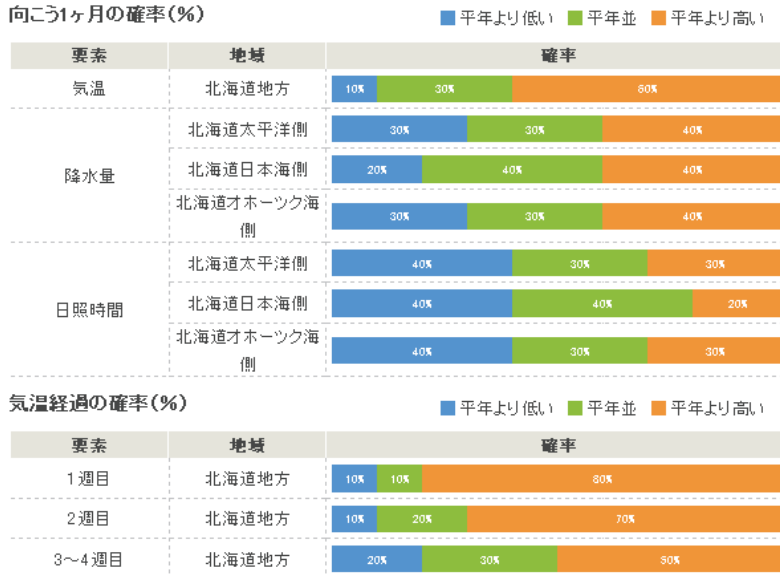
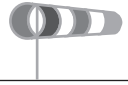
받는다”는 Lorenz의 나비효과이다. 예측한계 시간이라고도 하는데 초기 오차값의 문제로 예측이 가능한 한계 시간을 무한대로 늘리지 못한다.

주요 선진국 대부분과 우리나라의 평균 장기예보 적중률(평년 대비 기온편차 기준)은 40%대로, 우연히 들어맞을 확률인 33%보다 약간 높은 수준이다. 그러나, 전 세계적으로 진행되고 있는 기후변화의 영향으로 이상기후 현상이 지구촌 곳곳에서 나타나고 있기 때문에, 장기예보상의 예측 불확실성은 점차 커지고 있다. 2009년 세계 최고의 예보 기술을 보유한 것으로 손꼽히는 영국 기상청조차도 계절예보가 계속 어긋나 거센 비판을 받았고, 결국 이를 발표 하지 않기로 하였다. 일본 기상청도 최근 몇 년 동안 빗꽃예보가 계속해서 빗나가자 55년의 역사를 이어온 빗꽃예보를 올해부터는 더 이상 발표하지 않기로 하고 이를 민간에서 담당하게끔 했다. 우리 기상청 역시 올해 2월부터 3개월 연속으로 장기예보가 빗나가는 어려움을 겪기도 했다.

3. 장기예보 활용도를 높이기 위한 방안

기상예보의 정확도 개선을 위한 연구 및 기술개발과 동시에 수요자의 체감만족도를 높이기 위한 방안도 강구되고 있다. 기상청은 장기예보에 대한 신뢰도를 제고 하는 차원에서 기온과 강수량의 장기예보에서 “평년보다 낮겠음(적겠음)”, “평년과 비슷하겠음”, “평년보다 높겠음(많겠음)”과 같은 3분위 형태의 예보 외에 각 단계별로 발생 가능성을 정량적으로 동시에 제공하는 확률 정보를 함께 제공하는 시도를 하고 있다.

이웃한 일본의 경우 3개월 예보를 확률로 표시하는데, 지역에 따라 기온이 평년보다 낮음(-10%), 평년과 비슷(-30%), 평년보다 높음(+60%) 과 같이 장기예보를 정량적으로 파악할 수 있도록 확률 분포로 나타내고 있다([그림 2]). 그러나 일본 기상청은 장기예보에 대한 사회적 요구가 높은 것에 비해 정밀도 높은 예보 기술이 충분히 확립되어 있지 않은 것을 주의사항으로 알리며, 예보 확률에 따라 발생할 수 있는 여러 위험을 수요자가 충분히 고려하라고 조언하고 있다.



[그림 2] 일본 기상청의 1개월 예보 확률 제공 사례

출처: 일본 기상청 홈페이지

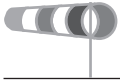
III. 기업의 날씨경영의 확산과 장기예보 활용의 가능성

1. 기상정보의 중요성 확대와 기업의 날씨경영 도입

예상하기 어려운 이상기상의 발생은 농작물 및 시설물 등의 재산뿐만 아니라 많은 인명 피해를 가져와 사회와 산업 전반에 미치는 영향이 매우 크게 나타나고 있다. 특정 산업의 경우 기업 활동에 상당한 영향을 미치면서 최근 리스크 관리에 대한 기업들의 인식이 높아지고 있다. 날씨로 인한 불확실성을 해결하기 위한 여러 방안을 강구하는 기업이 늘고 있는 것이다. 수요의 변화를 예측하는데 날씨정보는 중요한 변수로 작용하고, 이를 어떻게 활용하느냐에 따라 기업의 이윤 극대

화를 도모할 수도 있다. 단순히 과거의 경험을 바탕으로 의사결정을 내리는 것이 아니라, 기업 활동에 미치는 날씨의 영향을 정확히 파악하고 보다 효율적으로 기업활동을 수행할 수 있다. 이처럼 기업활동에 영향을 주는 날씨를 경영상 의사결정 단계에 효과적으로 활용하고자 하는 것이 날씨경영이며, 이는 날씨를 마케팅 수단으로 활용하는 단계를 넘어 경영과 연관 지어 시장 활성화를 도모하고 있다.

날씨마케팅은 날씨의 변화에 따른 생산량과 판매량 변화, 소비자의 구매욕구 변화, 가격변화, 선호제품 변화, 소비자의 기호변화 등 상품과의 상호관계를 분석하기 위해 도입된 것이다. 기상정보를 이용하고 활용하여 기업이 예측할 수 있는 날씨 위험관리를 통해 생



산한 제품 및 서비스를 판매하는 것이 주목적이다. 이것은 날씨가 기업의 경영활동에서 고려해야 할 주요 사안이 됐다는 점에서 의미가 크다고 할 수 있는데, 날씨를 마케팅과 경영 전략으로 도입하게 된 구체적인 배경에는 다음과 같다: 1) 최근에 전 세계적으로 발생하고 있는 기상이변과 홍수, 가뭄, 태풍, 엘니노 및 지구온난화 등의 기상재해는 예측하기가 매우 어렵고, 2) 갈수록 그 변화의 정도와 피해 규모가 증가하는 추세이다. 3) 기후 변화와 기상이변에 의한 영향을 받는 산업분야의 규모와 범위가 확대되고 있다. 4) 날씨 상태에 영향을 받는 관련업종들은 사전에 수요와 피해의 예측을 통해서 이익을 극대화하고 손실을 최소화하려고 한다.

이러한 배경들로 인해 최근 기업들은 사업 형태에 맞춰 기상정보를 시스템으로 구축하는 곳이 점점 늘어나고 있는 추세이다. 점포가 위치한 지점의 실시간 기상정보는 물론, 단기예보, 중·장기예보, 과거기상정보, 열대야정보 등을 기업 경영 및 점포 운영에 반영하는 사례가 늘고 있는 것이다. 이처럼 기업의 경영자와 정책입안자에게 기상정보의 효과적 이용은 기업경영의 성과를 좌우하는 중요변수가 되고 있다.

2. 장기예보 활용을 위한 시장의 움직임

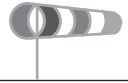
최근 산업 분야에서 장기예보의 중요성이 크게 부각되면서 기상청과 산업계에서 장기예보에 대한 연구와 투자가 이루어지고 있으며, 이와 더불어 국제 공동연구와 교류도 활발하게 진행되고 있다. 이에 따라 과거에 비해 장기예보의 대국민 서비스도 확대되고, 기업에서 활용 가능한 서비스도 조금씩 선보이기 시작하고 있다.

국내 장기예보 서비스 시장은 크게 기상청과 민간시장으로 나뉜다. 현재 기상청이 1개월예보, 3개월예보, 계절예보를 제공하고 있고, 기상예보업으로 등록된 대부분의 기상사업자들은 기상청 장기예보와 사업자별로 자체의 1개월예보, 3~9개월예보도 제공하고 있다(표 1). 기상사업자들은 정보의 출처가 어디든 장기예보 유통을 통해 수익을 창출하기 위해서는 '정확도'가 확보되어야 수요자가 늘어날 것이기 때문에 아직까지는 많은 어려움을 토로하고 있는 상황이다.

다행스러운 것은 최근 기상사업자를 중심으로 장기예보 활용도를 높이기 위한 노력이 시도되고 있다. 아직

[표 1] 기상청과 기상사업자의 장기예보 서비스 현황

구분	장기예보 서비스 종류		비고
기상청	1개월전망 3개월전망 계절별 기상/기후전망	-	-
기상사업자	1개월예보 3개월예보 6개월예보(장기경향예측) 9개월예보	기상청 장기예보 제공	기상예보업, 기상컨설팅업



까지 장기예보 서비스에 대한 수요자와 기상사업자 간의 인식에 큰 차이가 존재하는 상황에서, 기상사업자가 수요자의 니즈(needs)를 세세하게 파악하여 정보의 이용가치를 높이는 노력이 요구되고 있다. 이에 따라 기상사업자들은 업종별, 업체별 특성과 요구사항에 맞춰 수요자 편의성과 업무의 효율을 높일 수 있는 형태로 서비스 기능을 구축하고 있으며, 날씨로 인한 매출 및 비용에 영향을 받는 업종 및 업체에 보다 상세하고 정기적인 예보도 제공하고 있다. 이러한 서비스는 기상청의 장기예보와 달리 차별화된 것이며, 향후 3~6개월간의 예보를 월별 상·중·하순으로 세분화한 기상전망을 제공하고 있다. 특히 매 기간의 기상전망과 함께 컨설팅을 통한 종합적인 사후분석도 함께 제공하는 방식으로 장기예보 활용을 도모하고 있다.

IV. 해외 사례로 살펴 본 장기예보의 활용 방안

어느 나라든 장기예보는 정량적으로 들어맞지 않는 경우가 많은데, 기상청은 기상사업체든 장기예보의 정확성을 높이기 위해 상당한 노력을 하고 있는 상황이다. 제한될 수밖에 없는 예보 정확도 문제를 극복하면서 시장을 넓혀 가고 있는 미국과 일본의 장기예보 시장의 사례를 통해 국내 서비스의 방향을 모색하는 것도 필요할 것이다.

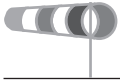
1. 미국의 장기예보 서비스

미국은 예보 시장이 일찍이 개방되어 예보기간에 관한 규제가 없기 때문에 최장 2년까지의 기상예보를 하는 사업자도 있다. 그 중 Weather2000은 장기예보(1개

월~1년)를 전문성으로 하는데, 적중률이 통상 80%까지 나왔다고 한다. 이 회사는 소매업, 농업, 레저, 놀이시설, 파생상품의 거래에 관여한 사람을 주요 고객으로 매출을 올리고 있는데, 대부분의 사업자가 단기 예보에 집중할 것과 달리 경쟁이 심하지 않은 장기예보를 전문으로 하고 있다. 최근 엘리노, 라니아 등의 전지구적 기상현상에 따라 수시로 언론이 주목하고 있는 것도 회사에 도움이 되고 있다.

미국 기상정보 시장은 기후파생상품 확대 등의 요인으로 확장 추세에 있다. 파생상품의 천국인 미국은 기후파생상품 시장을 신흥시장으로 꾸준히 주목해 왔다. 시장 확대를 계기로 기상사업자들은 예보 정확도 향상, 서비스 다양화 등이 진행되고 있다. 날씨위험관리 회사인 WRMA(Weather Risk Management Association)에 따르면 기후파생상품이 1996년 최초 거래된 이래 성장세를 이어 오다 2000년대 초반 에너지 회사를 중심으로 급격히 늘어나면서 북미, 일본 및 유럽 등으로 확대시켰다. 2006년을 전후로 농업, 건설, 운송, 레저 등 다양한 분야를 포괄하면서 기후파생상품 시장은 계속 확대되고 있다.

기후파생상품의 성장 배경에는 미국 전력시장의 자유화에 따른 전력회사의 기후 리스크 헤지(hedge)의 필요성이 대두되었기 때문이다. 초기에는 주로 전력회사를 중심으로 거래되다가 현재는 일반 기업도 기후 리스크를 회피 가능한 것으로 인식하면서 증가 추세에 있다. Black hills energy(구 Aquila) 등 에너지 회사에 더해, 손해보험회사, 상업은행, 투자은행이 거래에 참가하여 시장을 확대시켜 나가고 있으며, 기후파생상품의 대형 기업들은 시장은 더욱 성장할 것



이라고 예상하고 있다. 특히 기후파생상품이 시카고 상품거래소(CME)에 상장되고 있고 기후파생상품의 가격에도 기상예측이 이용되고 있어 장기예보의 이용이 확대되고 있다. 기후파생상품 시장이 활성화되는 것을 감안하면 장기예보에 대한 잠재수요는 매우 크다. 미국 TV 날씨방송 시장의 60%를 점유하고 있는 WeatherChannel을 자회사로 두고 있는 기상전문기업 WSI도 장기예보모델을 개발하는 등 기후파생상품과 관련하여 장기예보에 참여하고 있다고 한다.

기상사업체가 컨설팅을 할 경우 자문, 해설 등의 수준에 그쳐, 기상과 고객의 매출을 상관적으로 정량 분석 하는 회사는 많지 않다. 그 이유는 고객으로부터 데이터를 입수할 수 없는 것이 큰 장애가 되기 때문이다. 그럼에도 미국의 대표적인 기상컨설팅 회사인 WeatherBank은 산업별 데이터베이스를 구축하여, 고객사와 기상의 상관성을 제시하는 것으로 컨설팅 서비스를 연결하고 있다. 예를 들어 운송업계의 데이터베이스는 기상상황에 따른 노면의 상태나 주행 시 연료효율 등이 포함된다. 이와 같은 산업별 데이터베이스를 전력, 레저, 도·소매업, 임업, 농업용으로 구축하고 있으며, 개인을 위한 유료서비스도 하고 있다.

미국은 케이블 방송에서 24시간 기상정보에 한 섹션을 할애할 정도로 기상정보에 대한 국민의 의식은 높다. 그러나 기업과 달리 일반인 대상의 유료정보 시장은 성장이 완만한 상태에 있다. 그러나 일반적인 기상정보가 아니라 수요자의 니즈와 일치하는 정보를 서비스한다면 시장의 성장 가능성이 크다는 분석이다. 특히 미국의 기상사업자들도 정확도를 가장 많이 신경을 쓰고 있는데, 예보의 정확도에 대한 고객의 신뢰를 확

득하기 위해 예보를 무료로 제공하는 등의 마케팅 방법을 사용하기도 한다.

2. 일본의 장기예보 서비스

2001년 1개월예보를 시작으로 장기예보가 민간에 허가된 일본은 WeatherNews, CRC-Solutions 등의 사업자가 서비스를 하고 있다. 이들 기업은 농업, 어업, 음료, 관광 등 기온의 변화에 매출이 좌우되는 산업 분야와 더불어 기후파생상품을 취급하는 금융기관에도 장기예보 정보를 판매하고 있다. 특히, CRC-Solutions는 과거 100년의 기온 데이터를 이용하여 확률론에 근거한 계산방법으로 다음 달의 평균기온을 추정하는 것 이외에, 예측의 오차와 오차가 발생하는 확률도 표시하고 있다. 장기 기상예측 시스템에 대해서는 특허를 출원하고 있는 회사도 있으며, 기상현상의 재현 등에 따라 풍력발전 건설과 관련 있는 토지평가나 발전량 예측 등 기상평가 및 예측 등의 분야에도 적용되고 있다. 예보기간의 장기화나 기상현상의 상세해석 및 시뮬레이션 기술 개발도 이루어지고 있다.

중장기 예측을 전문으로 하는 한 회사는 일본 기상청이 발표하는 일반적인 장기예보 외에도 자체 개발한 노하우를 활용해서 고객 맞춤형 예측정보를 제공한다. 또한, 기상정보만이 아니라 부가가치의 정보도 제공하는데 힘쓰고 있다. 특히, 독일에서 시도된 생명기상(Bio-weather) 분야에 주목하여 의학계 등과 연구회를 만들어 열사병 등 건강, 의학 관련 기상정보를 TV나 인터넷으로 제공하기도 한다. 이외에도 환경, 의학, 건설 분야에도 활용하고 있으며, 지자체와 기상회사가 공동으로 꽃가루 알레르기가 있는 사람들

을 위한 꽃가루 예보에 장기에보를 제공하고 있다. 이를 통해 매년 꽃가루 알레르기가 발병하는 사람들은 진료 시간의 기준으로 할 수도 있고, 종료 시기에 대한 정보제공을 통해 야외 작업이나 스포츠 등의 활동에 도움을 주고 있다.

또한 미국처럼 기후파생상품의 출현으로 기온 등의 예상에 대해서 주문량을 조절하는 등의 판매전략이나 리스크 헤지 등의 관점에서도 장기에보의 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상된다. 또한, 상세한 기상정보가 보건, 환경 등 다양한 분야에 적용·이용 될 수 있는 가능성을 보여준 것에 주목할 만하다. 다만 일본 기상사업자들은 1년 이상의 장기에보는 하지 않고 있는데, 이는 발생 예측이 사실상 불가능한 지진, 화산과 마찬가지로 자연과학기술이 확립되어 있지 않기 때문이라고 한다.

는 사실도 인식할 필요가 있다. 따라서 기상사업자가 이러한 프로세스를 기업에 적극적으로 제안하여 내용을 이해시키는 것과 동시에, 기업에 최적의 특정 기상 정보와 이를 경영상 의사결정에 활용하는 경로를 찾도록 하는 노력도 요구된다. 또한 관측 데이터의 수집 강화나 데이터 해석기술의 고도화, 역학적 방법에 따른 예보 모델개발 및 개선을 통한 예보 정확도 향상도 필요할 것이다. 예를 들어 계절상품을 취급하는 주류, 의류, 가전업체 등은 1개월~반년 간의 예측정보가 있으면 이를 활용하여 보다 정확하게 수요를 예측하여 효율적인 생산계획을 세울 수 있도록 할 수 있는 것이다.

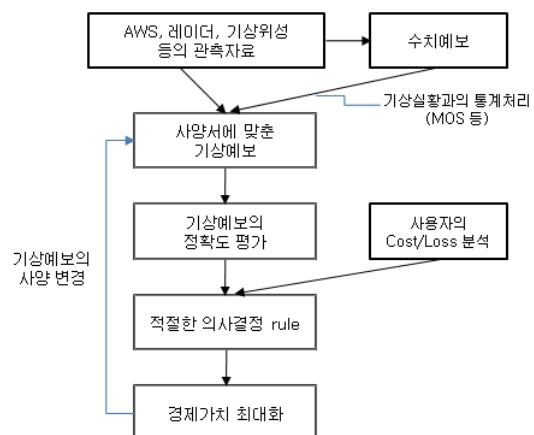
최근에는 날씨로 인해 발생하는 리스크를 고객이 체계적으로 관리할 수 있도록 많이 활용되고 있는 것이 날씨위험관리(Weather Risk Management, WRM)이다. 이것은 기업이 WRM 현황 파악과 문제점 분석을 통해 앞으로의 수요예측과 매출증대를 가능하게

V. 기상컨설팅 확산을 통한 장기에보 활용 방안

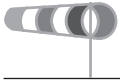
1. 기상정보의 의사결정에서의 이용 검토

사용자가 최적의 의사결정 룰을 발견하고 필요에 따라 최적의 사양을 갖춘 기상예보를 주문함으로써 최대한의 경제적 가치를 얻을 수 있다. 그러나 컨설팅 기업에 제공하기 위한 프로세스로 [그림 3]의 '기상예보의 경영가치를 끌어내는 프로세스'를 참고할 만하다.

기상정보의 적절한 활용법을 발견하지 못한 기업으로서, 그 유용성을 이해하고 얻는데 제한이 많이 있다



[그림 3] 기상예보의 경영가치를 끌어내는 프로세스
출처: 타치하라 '기상정보에 따른 의사결정', 동경당출판, 1999



해 주는데 그 목적이 있다. 즉 기업의 공급체인관리 과정에서 날씨와 관련된 경영위험을 제거해 주고, 이를 통해 기업들이 안정적인 구매가격 확보, 적정생산량 결정, 적절한 생산 및 출하시기 선택, 매출증대 등을 효율적으로 관리할 수 있도록 한다(그림 4).

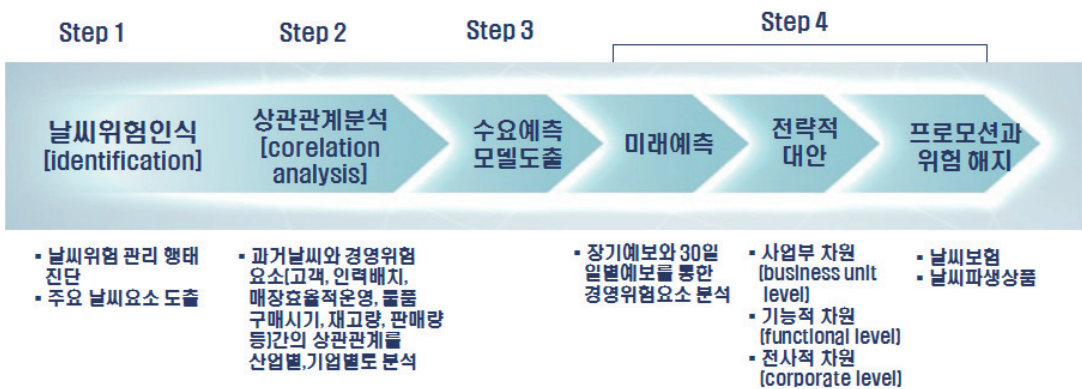
2. 경제 분야에서의 기상서비스 방향성

현재 기상서비스는 매우 애매한 수요자 니즈와, 기상 정보 공급자의 불완전한 서비스 내용으로 인해 수급 미스매치가 이루어진 상황이다. 경제 분야에서 수요자가 필요한 구체적인 기상정보 서비스는 1) 산출근거의 객관성이 높고, 2) 비용대비 효과가 명확한 사업자간 비교가 용이하고 3) 고객고유의 니즈에 부합하고 4) 높은 예보 정확도를 가진 것이다. 즉 기상정보는 사용자의 의사결정을 도와 이익을 줄 수 있을 때 정보의 가치를 가질 수 있다. 기상예보는 보통 확정적 또는 확률적 방식으로 어떤 기상사건의 발생여부의 추정치를 사용자에게 제공하며, 이를 제공받은 사용자 즉, 의사결정자는 주어진 기상정보에 기초해 최선의 행동을 취하

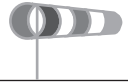
기 위한 노력을 해야 하는 것이다.

결론적으로 장기예보를 포함한 기상정보를 활용하여 기업의 이익을 최대화하기 위해서는 수요자와 기상사업자가 각각 고려해야 하는 필수사항이 존재한다. 먼저 수요자는 기상정보에 대한 주관적인 신뢰도를 정해야 하고, 각각의 기상상황에 대해 예상되는 기업의 손실 및 이익구조를 객관적으로 평가해서 이에 맞는 기상정보 사용전략을 결정해야 한다. 다음으로 기상사업자는 예보시스템의 기본적 성능 즉 정확도를 향상시키는 것뿐만 아니라, 비교적 작은 손실대비 이익구조를 갖고 있는 기업의 기상예보에 대한 주관적인 신뢰도 향상이 같은 기상정보라도 그 경제적 가치를 제고시킬 수 있다는 결과를 감안한다면 이러한 것을 알리기 위한 활동을 강화하는 것도 의미 있는 일이라고 할 수 있겠다.

비록 아직까지 국내에서는 기업의 장기예보와 이를 바탕으로 하는 기상컨설팅에 대한 수요가 낮은 상황이다. 이는 대다수 기업들이 매출과 함께 기상·기후 관



[그림 4] WRM 프로세스



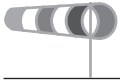
런 데이터를 가지고 있지 않기 때문에 장기에보의 필요성을 절감하고 있지는 않다. 그러나 앞선 시도들이 지속적으로 이어진다면 향후에는 기업들이 매출을 예상하고 날씨로 인해 발생될 수 있는 경영상의 위험을 줄일 수 있는 방법으로 활용 될 것이다. 많은 기업들이 날씨로 매출이 영향을 받는다는 것을 알고는 있지만, 그 영향을 수치화시켜 파악하지 않으면 기업들에 도입하는 것은 매우 어렵다. 기업의 의사결정의 시점에서 구체적인 검토가 요구되고 있으므로, 날씨로 인한 매출의 영향도를 먼저 수치화하지 않으면 안된다. 결과적으로 날씨경영정보시스템 등이 제공되는 경영 환경이 확립될 것으로 기대된다. 이는 결국 기상건설팅의 잠재적인 수요가 지속적으로 존재하는 것으로 생각할 수 있다. 다만 해외와 달리 국내에서는 기후파생상품의 확대에는 다소 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 수요처 측에 여러 가지 니즈가 존재하고 있어 기상사업자가 이에 잘 대응한다면 시장이 확대될 가능성은 충분하다.

VI. 맺음말

기상산업진흥법이 시행되기 전 국내 기상서비스는 기상청을 중심으로 제공되어 왔기 때문에, 민간사업자

들이 제공하는 기상서비스가 사용자의 요구를 충족할 정도로 효율적이고 신속·정확하기에는 아직 역량이 충분치 못한 것이 사실이다. 그러나 정부는 민간 기상정보 서비스 산업이 성숙될 때까지 인내하고 이에 대한 투자를 지속적으로 추진해야 한다. 대신 기상사업자들이 변화에 탄력적이고 환경에 강한 조직이 될 수 있도록 공공 기상서비스의 제도를 필요에 따라 개선해야 할 것이다. 지금처럼 국민의 요구에 일일이 부응하면서 양을 늘리기보다 앞서 누차 제기된 '정확도'향상을 위한 연구와 기술개발에 더욱 매진하여 질 높은 기상서비스가 제공 될 수 있도록 해야 할 것이다.

현대사회는 정부 주도만으로 국가가 더 이상 발전할 수 없으며, 기상서비스 역시 다양해지는 수요에 따르기 위해서는 민간 서비스 영역 확장이 반드시 필요하다. 각종 공공 부문과 민간 부문의 아래로부터의 활력이 살아날 때에만 국가의 발전이 가능한 것이다. 이 과정에서 정부와 관계 기관은 규제자로서의 역할보다는 사업자간의 공정한 경기규칙이 지켜질 수 있도록 하는 감시자로서의 역할에 보다 충실해야 한다. 미국과 일본의 사례에서 보듯 민간에서의 생산성이 강화될 수 있도록 지원하는 서비스 기관으로서의 역할을 강화되기를 기대한다.



기상 장기예보의 농업적 가치와 활용 - 과수 농업 분야 중심으로 -

한 점 화

국립원예특작과학원 원예작물부 과수과
najuflower@korea.kr

I. 서언

농업은 다른 어느 분야보다도 기상·기후에 따라 크게 영향을 받는 산업이다. 시설하우스를 만들어 온도를 제어하는 시설재배를 포함하여 대부분의 작물은 종자가 싹이 트는 그 순간부터 수확하기까지 전기간 동안 기상과 밀접한 관계를 맺으며 관리되고 있다. 그래서 옛날부터 우리 선조들은 24절기를 구분하여 기상을 예측하고 여기에 맞춰 씨앗을 준비하고, 밭을 갈고, 씨를 뿌리고, 수확을 하였다(표 1). 우리나라 지상기상관측장비 자동화의 효시라고 볼 수 있는 1970년대의 기상관측장비가 농업 분야에 처음 활용되었던 이유도 그 만큼 농업에 있어서 기상이 중요한 요인이었기 때문일 것이다. 그러나 산업의 발달로 인한 지구의 기후 변화는 농업 생태계의 변화를 가져왔다. 특히, 작물의 수량 감소 및 품질 저하를 초래하는 이상기상 즉,

이상 저온, 가뭄, 집중호우, 태풍, 홍수, 이상 고온 등의 발생 빈도가 증가하고 있으며, 앞으로도 증가될 것으로 전망되고 있다. 본 보에서는 기상 장기예보의 농업적 활용 분야 및 수요자 측면에서 농업기상예보 정보 서비스의 보완사항에 대해 논의해 보고자 한다.

II. 기상자료의 농업적 활용

기상 관측 정보는 기상에 따른 작물 생육, 병해충 발생 상황을 평가하는데 이용되며, 기상 예보는 작물의 생육 예측, 병해충 발생 예측에 의한 농작업 계획수립에 이용되므로 둘 중 어느것이 중요하다고 얘기하기는 쉽지 않다. 그러나 평가를 통해 예측이 가능하므로 관측자료의 보관 및 가공이 우선되어야 할 것이다. 실제 우리나라 기상정보 서비스도 지금껏 관측정보 제공 중

[표 1] 24절기와 기상, 농사 계획

절 기	일 자	내 용
입춘(立春)	2월 4일 또는 5일	봄의 시작
우수(雨水)	2월 18일 또는 19일	봄비 내리고 싹이 틈
경칩(驚蟄)	3월 5일 또는 6일	개구리 겨울잠에서 깨어남
춘분(春分)	3월 20일 또는 21일	낮이 길어짐
청명(淸明)	4월 4일 또는 5일	봄농사 준비
곡우(穀雨)	4월 20일 또는 21일	농사비가 내림
입하(立夏)	5월 5일 또는 6일	여름의 시작
소만(小滿)	5월 21일 또는 22일	본격적인 농사 시작
망종(芒種)	6월 5일 또는 6일	씨 뿌리기 시작
하지(夏至)	6월 21일 또는 22일	낮이 연중 가장 긴 시기
소서(小暑)	7월 7일 또는 8일	더위의 시작
대서(大暑)	7월 22일 또는 23일	더위가 가장 심함
입추(立秋)	8월 7일 또는 8일	가을의 시작
처서(處暑)	8월 23일 또는 24일	더위 식고 일교차 큼
백로(白露)	9월 7일 또는 8일	이슬 내리기 시작
추분(秋分)	9월 23일 또는 24일	밤이 길어짐
한로(寒露)	10월 8일 또는 9일	찬이슬 내리기 시작
상강(霜降)	10월 23일 또는 24일	서리 내리기 시작
입동(立冬)	11월 7일 또는 8일	겨울 시작
소설(小雪)	11월 22일 또는 23일	얼음이 얼기 시작
대설(大雪)	12월 7일 또는 8일	겨울 큰 눈이 오
동지(冬至)	12월 21일 또는 22일	밤이 가장 긴 시기
소한(小寒)	1월 5일 또는 6일	가장 추운 때
대한(大寒)	1월 20일 또는 21일	겨울 큰 추위

심으로 이루어져 왔으며 최근들어 동네예보와 장기에 보, 생활예보 등 매우 빠른 속도로 예보서비스가 확대되고 있다.

1. 관측정보의 농업적 활용

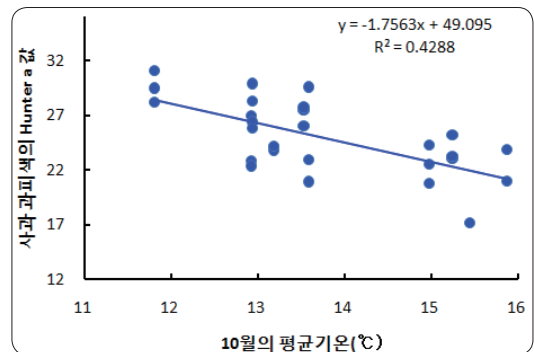
농업기상 관측정보는 작물의 생육 및 품질, 병해충 발생 상황, 기상재해를 평가하는데 이용되고 있다. 일반적으로 기상청에서 제공되는 자료가 활용되고 있으며

일부 민간업체에서 기상청 자료를 기본으로 하여 가공된 자료가 제공되고 있으나 아직은 미흡한 실정이다.

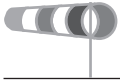
1) 작물의 생육 및 품질 평가

현재 기상청에서는 주요 기상 관측소 81개소의 기상 자료를 일 단위로 제공하고 있어 작물의 작황을 평가하는데 효율적으로 활용되고 있다. 농업에 있어서 작물의 작황, 즉 생산량, 품질의 평가는 농가경영, 농업정책 수립, 농업연구 등 다양한 측면에서 매우 중요한 사항이다. 따라서 농촌진흥청, 농촌경제연구원 등 공공기관 및 농협, 생산자 단체 등은 각자의 사정에 맞춰 작황을 조사하고 원인을 분석하여 판매전략 및 다음해의 농작업 수립, 연구 설계, 정책 수립에 활용하고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 기상은 농작물의 생육 및 품질에 많은 영향을 미치므로 작황분석시 기초가 되는 것은 기상관측 자료이다.

최근에는 기후변화에 따른 재배지 변동과 관련한 연구가 주요 연구테마가 되고 있으며, 특히 영년생(다년생) 작물인 과수는 재배지 이동이 어려우므로 재배적



[그림 1] 기상과 사과 과피색과의 관계(S대, 2003)



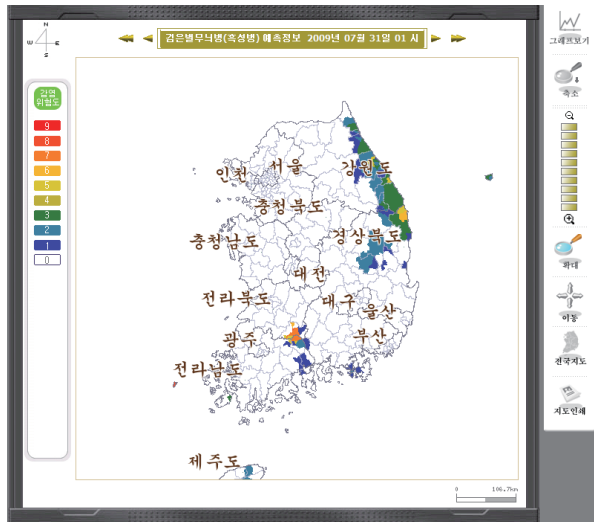
지 선정이 중요하다. 재배적지 선정을 위해서는 동해(凍害)를 발생시키는 저온의 발생빈도, 온대 과수의 자발휴면타파¹⁾에 필요한 저온요구도²⁾의 충족여부, 과수 특유의 과피색이 충분히 발현될 수 있는 환경조건 등 다양한 기준이 있겠지만 당도나 아삭거림 등 과실의 품질 또한 재배적지를 구분할 수 있는 중요한 요인이라고 할 수 있다. 따라서 최근에는 재배적지 선정을 위한 기초 연구로서 과실 품질과 기상요인과의 관계를 규명하고 과실 품질을 예측할 수 있는 모델을 개발하는 연구가 시작되고 있다.

오래전부터 벼, 콩 등 1년생 식량작물에 대하여 전세계적으로 작황 진단과 예측을 위한 모델들이 개발되어오고 있으나 과수는 영년생 작물로서 당년의 기상뿐만 아니라 과수나무의 건강상태, 가지 숙음 정도, 착과정도 등 수량 및 품질에 미치는 요인이 매우 다양하여 1년생 작물에 비해 작황예측 연구가 매우 더딘 수준이다.

또한 기상청에서 제공되는 81개소의 기상자료는 과수원의 기상환경과는 많은 차이를 보이므로 직접 농가에 기상장비를 설치하여 장비를 관리하고 자료를 수집하는데 많은 어려움이 따르고 있다.

2) 농작물의 병해충 발생 해석

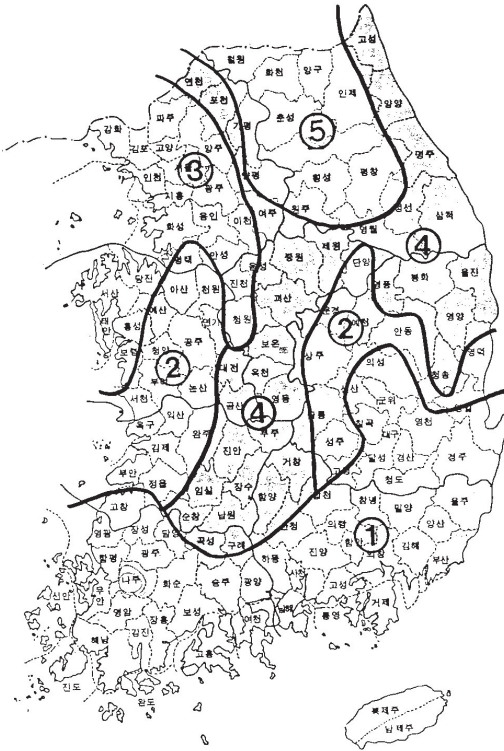
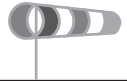
농작물 병해충의 발생과 피해정도는 기상과 밀접한 관계가 있으며, 병해충 발생은 작황에 직접적인 영향을 미친다. 그러므로 기상을 이용한 병해충 발생 예측 및 평가 모델은 전세계적인 관심사가 되어 왔으며 상당한 성과를 거두고 있다. 우리나라에서도 오래전부터 전국의 주요 농업지대에 병해충 예찰포장³⁾을 운영하고 병해충 예찰회의를 정기적으로 개최하여 발생정보를 발표하고, 농가지도에 활용하고 있다. 동시에 연구기관에서는 작물별 병해충 예찰 모델과 실제 관측 결과를 이용하여 병해충 발생상황을 인터넷상에서 실시간으로 제공하고 있으며, 농가로부터 좋은 호응을 얻고 있다(그림 2).



[그림 2] 배 주요 병해충 발생 현황 정보 제공 (www.pear.go.kr)

- 1) 낙엽과수는 낙엽기부터 일정기간 동안은 기온 등 환경조건이 생육에 적합한 상태가 되어도 눈(芽)이 움직이지 않음. 이러한 상태를 자발휴면이라고 하며 일정량의 저온에 노출되면 자발휴면이 종료됨.
- 2) 자발휴면이 타파되는데 필요한 저온의 정도, 작물, 품종에 따라 다름

- 3) 농작물의 병해충해가생기는 시기와정도를조사하기만들어놓은 포장 (논과 밭)



[그림 3] 배 재배지대 구분도 (1986, 농진청)

- ①지대 : 동해위험이 없는 지역
- ②~④지대 : 동해위험이 예상되는 지역
- ⑤지대 : 재배 부적지

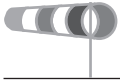
3) 농작물 기후지대 구분

앞에서도 강조된 바와 같이 농작물의 생육 및 품질은 날씨의 영향이 크므로 옛부터 기상환경에 따른 작물별 기후지대가 구분되어 왔다. 벼는 이양기의 강수량과 한발지수, 유효온도의 출현시기와 지속시간, 저온출현을 그리고 기온과 일조시간의 분포 변동 등을 종합적으로 분석하여 전국을 19개 벼 재배지대로 구분하였다. 배는 생육기인 4~10월의 평균기온, 8~9월

의 평균기온, 동해위험 정도에 따라 5개 지대로 구분하였다(그림 3). 다른 작목도 유사한 방법으로 재배지대가 구분되고 있다. 그 예로 사과 동해 출현온도의 분포, 발아기간의 지역별 최저기온 분포, 발아기간의 지역별 강수량 분포, 개화기 지역별 만상위험지수 분포 등이다. 최근에는 IT기술의 발달에 힘입어 보다 상세하고 신뢰도가 높은 농업관련 기상분포도작성이 추진되고 있다.

4) 농작물재해 평가 및 보상

기상재해 발생 증가로 농작물 재해보험 가입이 확대될 전망이다. 농작물 재해보험은 작목에 따라 특정위험방식과 종합위험방식으로 구분되지만, 사과, 배를 포함한 대부분의 주요 과수는 특정위험방식이 채택되고 있다(표 2). 특정위험방식의 대상재해는 기본적으로 태풍과 우박이 해당되며, 봄과 가을의 동상해, 집중호우는 선택사항으로 규정되어 있다. 재해보험에서 인정되는 태풍피해는 기상청에서 태풍에 대한 기상특보(태풍주의보 또는 태풍경보)를 발령한 때 발령지역의 바람과 비를 말한다. 적용 기준은 최대순간풍속 14m/sec 이상의 바람에 의한 피해를 말하고, 기상청에서 설치한 기상관측소 중 과수원에서 가장 가까운 3개 지점의 측정자료 중 가장 큰 수치의 자료로 판정한다. 또한 봄과 가을의 서리피해의 경우 기온이 0℃ 이상에서 발생한 피해는 보상이 인정되지 않는다. 따라서 실제 0℃ 이하의 조건에서 서리피해를 입었어도 피해 보상을 받을 수 없는 경우가 발생함에 따라 이를 판정할 기상관측지점을 확대 시켜 달라는 민원이 제기되고 있다.



[표 2] 농작물 재해보험에서 보상하는 재해

구분	작목	대상재해
특정위험방식	사과, 배, 복숭아, 포도, 단감, 감귤, 딸은감	(기본) 태풍(강풍), 우박 (선택) 봄동상해, 가을동상해, 집중호우, 태풍(강풍)·집중호우로 인한 나무보상
		태풍(강풍) : 기상청에서 설치한 기상관측소의 측정자료중 14m/sec이상의 바람 동상해 : 기온이 0°C미만에서 발생한 저온에 의한 피해
종합위험방식	밤, 참다래, 자두, 매실, 대추, 고구마, 벼, 감자, 고추, 콩, 옥수수, 양파, 마늘, 수박, 토마토, 오이, 참외, 딸기	자연재해 : 태풍, 우박, 동상해, 호우, 강풍, 한해, 냉해, 조해(潮害), 설해, 기타자연재해, 조수해(鳥獸害), 화재

자료: <http://mynh.nonghyup.com>, 농작물재해보험약관 2010-2

5) 관측정보 서비스 보완 사항

시간별 관측자료 제공 최근에는 작물의 생물계절 예측, 병해충 발생 예측을 위한 시간 단위 발육속도 모델들이 개발되고 있어, 기상청에서 시간별 기상자료가 제공된다면 보다 정확한 작물관련 정보를 농가에 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

관측지점의 지리정보 제공 눈부신 IT기술의 발달로 작물의 생물계절, 병해충 발생정보 등이 지리정보와 결합되어 시각적인 정보로 제공되고 있으며 다양한 내삽법에 의해 관측되지 않은 지점에 대해서도 정보가 제공되고 있는데, 이를 위해서는 반드시 지리좌표가 필요하다. 그러므로 기상관측지점의 지리정보가 함께 제공된다면 기상자료의 활용범위가 보다 확대 될 수 있을 것으로 생각된다.

관측지점의 확대 앞에서도 언급하였지만 관측지점의 확대도 필요하다. 우리나라 지형은 좁지만 매우 복잡한 지형으로 좁은 범위에서도 기상 변화의 폭이 크다.

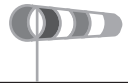
따라서 관측지점과 정보제공 서비스 지점을 확대해야 할 필요가 크다고 생각된다.

그 외 관서용, 방재용, 연구용 자동기상관측장비(AWS)가 설치된 곳의 강수량, 기온, 풍속, 습도 자료가 장비가 설치된 곳의 주소와 함께 매분 단위로 제공되고 있어 태풍, 집중호우, 이상 저온이나 고온 발생시 실시간으로 기상정보를 확인할 수 있어 매우 유용하게 활용되고 있다. 그러나 관측지점의 표현방식이 현재시각 기준으로 제공되고 있어 일본기상청과 같이 일단위, 월단위 기상자료로 가공하는데 불편함이 있고, 관측지점의 지리정보가 제공되지 않아 사용상의 한계가 있다(그림 4와 5).

2. 기상 예보 정보의 농업적 활용

1) 동네예보를 활용한 봄가을 서리대책 수립

동네예보에서 다음날 일 최저기온 예보자료는 봄가을의 초상과 만상 서리피해 경감대책 수립을 위한 의사



気象庁 Japan Meteorological Agency

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識 気象庁について 案内・申請・リンク

ホーム > 気象統計情報 > 過去の気象データ検索

過去の気象データ検索

各地の気温、降水量、風など 高層の気温、風など 最新の気象データ

地点と年月日時を選択して、表示するデータの種類を選択して下さい。検索条件を全てクリア

地点の選択 年月日の選択 データの種類

2010年 1960年 1910年 1月 1日 16日

2009年 1959年 1909年 2月 2日 17日

2008年 1958年 1908年 3月 3日 18日

2007年 1957年 1907年 4月 4日 19日

2006年 1956年 1906年 5月 5日 20日

2005年 1955年 1905年 6月 6日 21日

2004年 1954年 1904年 7月 7日 22日

2003年 1953年 1903年 8月 8日 23日

2002年 1952年 1902年 9月 9日 24日

2001年 1951年 1901年 10月 10日 25日

2000年 1950年 1900年 11月 11日 26日

1999年 1949年 1899年 12月 12日 27日

1998年 1948年 1898年 13日 28日

1997年 1947年 1897年 14日 29日

1996年 1946年 1896年 15日 30日

1995年 1945年 1895年 31日

1994年 1944年 1894年

1993年 1943年 1893年

1992年 1942年 1892年

1991年 1941年 1891年

1990年 1940年 1890年

1989年 1939年 1889年

1988年 1938年 1888年

1987年 1937年 1887年

1986年 1936年 1886年

1985年 1935年 1885年

年ごとの値を表示 年・月ごとの平均値を表示

3ヶ月ごとの値を表示 3ヶ月ごとの平均値を表示

観測開始からの月ごとの値 旬ごとの平均値を表示

2010年の月ごとの値を表示 8月の日ごとの平均値を表示

2010年の旬ごとの値を表示 初終日(露・雪・結露)と初冠雪日の平均値を表示

2010年8月の日ごとの値を表示

2010年8月15日の1時間ごとの値を表示

2010年8月15日の10分ごとの値を表示

地点ごとの観測史上1~10位の値

全地点中の1~20位の値 平年値分布図

[그림 4] 일본 기상청의 다양한 형태의 데이터 제공 (http://www.jma.go.jp) 년간, 1개월 간격, 1일 간격, 1시간 간격, 10분 간격 등 다양

気象庁 Japan Meteorological Agency

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識

ホーム > 気象統計情報 > 過去の気象データ検索 > 都道府県の選択 > 地点の選択

地点の選択

茨城県

地点 つくば(館野)※

カナ ツクバ(タテノ)※

緯度 北緯36度03.4分

経度 東経140度07.5分

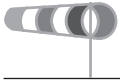
標高 25.2m

区分 気象台、測候所など

観測

備考 ※地点、カナの()内は気象台・測候所などの名称です。

[그림 5] 일본 기상청의 관측지점 위치정보 표시 (http://www.jma.go.jp)



결정 자료로 유용하게 활용되고 있다. 4~5년 전만 하더라도 시군단위별로 제공되어 실제 농가 현장에 적용하기 어려웠지만 현재 읍면단위까지 매 시간 당위로 제공되는 것은 엄청 난 발전이라고 할 수 있다. 이제는 예보값의 신뢰도를 더 높이는 연구가 이루어져야 할 것이다.

또한 서리는 가을부터 다음해 봄에 이르기까지 특정시기에 발생하는 기상현상이긴 하지만, 작물에 많은 피해를 주는 재해인 만큼, 서리에보에 관한 연구와 서비스의 수요가 높다. 특히 최근의 기상변화는 겨울철의 온난화로 작물의 생육기를 앞당겨서 서리피해 증가가 예상되는 만큼 서리에보와 정보체계에 관한 연구가 시급하다고 할 수 있다.

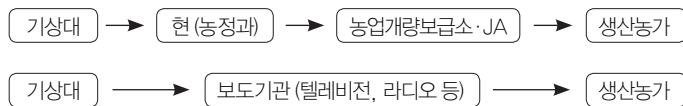
우리나라 도단위에 해당되는 일본의 현(縣) 단위의 하나인 돗토리는 배 재배로 유명한 지역이다. 이 지역 지방기상대에서는 서리에 의한 농작물의 피해가 심각하다고 예상되는 10월 31일까지의 초상과 4월 1일 이후의 만상을 대상으로 일 최저기온이 3°C이하가 될 것으로 예상되는 경우 서리주의보를 발표하고 있다. 돗토리현을 지형에 따라 5개의 지대로 구분하여 서리주의보 및 경보를 정오 조금 전에 발표하고 있다. 기상대가 발표한 서리주의보는 돗토리현 농정과에 전달되고 농정과에서 농업개량보급소(우리나라의 농업기술센터)와 농협으로 전달되며, 농업개량보급소와 농협에서는

생산농가에 정보를 제공한다. 동시에 기상대는 텔레비전, 라디오 등을 통해 직접 서리주의보 정보를 제공한다(그림 6). 주간 예보는 약제살포, 시비, 관수시기 등 한주간의 작업계획을 세우는데 매우 유용하게 활용되고 있다.

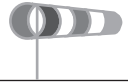
2) 장기예보의 활용

기상청에서 제공되고 있는 장기 예보는 1개월 전망, 3개월 전망, 기후전망으로 나눌 수 있다. 장기전망자료는 주로 과수의 개화기 및 수확기와 같은 생물계절 전망과 병해충 발생 예상, 과실 품질 및 수량 등 작황을 예상 하는데 이용되고 있다.

생물계절 예측 재배품종과 재배양식의 변화, 개화기 이상기상 출현빈도 증가 등으로 개화기 결실을 위한 인공수분이 일반화되면서 개화기 예측은 인공수분 계획 수립과 개화기 병해충 방제 계획 수립을 위해 그 중요성이 증가되고 있다. 과수의 만개기 예측모델은 작목에 따라 다양한 모델들이 활용되고 있다. 대부분의 모델은 2~5월의 일 평균기온을 이용하지만 모델들이 많으며, 최근에는 시간별 기온자료를 이용한 모델도 개발되고 있다(그림 7). 과수의 만개기 예측은 대체로 자발휴면이 끝난 후 2월부터 수요가 증가되는데, 2~3월에 만개기를 예측할 경우에는 기상관측 시점 이후부터 예상 만개일까지의 일별 혹은 시간별 기온 정보가



[그림 6] 일본의 서리 주의보·경보 정보의 흐름도 (인백지과수, 2005년 3월호)



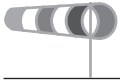
[그림 7] 일최고기온과 일최저기온을 활용한 만개기 예측 프로그램 (한점화, 2008)
 기상청에서 제공되는 일 최고기온과 일 최저기온을 활용하여 시간별 기온을 추정하고 시간별 꽃눈의 발육속도를 계산하여 만개일 예측

없기 때문에 평년 기상을 이용하고, 기상청에서 제공되는 장기예보를 감안하여 예측 만개일의 조만을 조정하고 있다. 그러나 기상청에서 제공되는 장기 예보 형태는 평년대비 높거나(따뜻하거나) 비슷하거나 낮을(적을) 확률로 제공되고 있어서 실제 어느정도 높을 것인지에 대한 정보를 얻을 수 없는 현실이다. 따라서 기상정보를 농업분야에 이용하는 소비자 입장에서 “높을 것이다 혹은 낮을 것이다”라는 범주를 좀 더 구체화할 필요가 있다고 생각된다.

병해충 발생 예측 2010년은 1월부터 현재 8월에 이르기까지 한파와 일조부족, 이상저온 등 작물생육에 원할하지 못한 기상이 지속되고 있다. 4월의 잦은 강우는 배 재배의 주요 병충해 문제인 흑성병 피해를 발생시켰다. 흑성병 발생 추정은 잎 표면에 물방울이 맺혀있는 상태로 유지되는 지속시간을 가지고 예측하게 되는데, 주로 관측데이터를 이용하여 현재의 발생현황을 추정하는 형태로 정보를 제공하고 있다. 그러나

강수 장기전망 형태를 현재의 강수량뿐만 아니라 강수 일수나 강수빈도 등으로 세분할 수 있다면 보다 효율적으로 병해충을 방제하는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

생산량 및 품질 예측 장기예보 자료를 활용할 수 있는 또다른 분야는 농작물의 작황 예측이다. 금년은 봄철 이상저온으로 대부분 과수의 개화시기가 평년보다 7~15일 정도 늦어졌으며 현재까지 과실의 비대도 개화기가 지연된 만큼 늦어지고 있는 상황이다. 그러나 과수는 생육기간이 길기 때문에 생육기의 기상여건에 따라 개화기 지연에 따른 과실비대 지연을 어느정도 보충할 수 있으며 당도, 맛 등도 생육기 기상이 크게 관여함을 과거의 데이터를 통해 확인할 수 있다. 그러므로 3개월 혹은 5개월 후의 장기예보 정보를 활용한다면 어느 정도 작황을 예측할 수 있을 것이다. 과수의 작황을 결정하는데 많은 요인들이 있겠지만 주로 기온, 강수량, 강수빈도, 일조량 등을 들 수 있다. 현

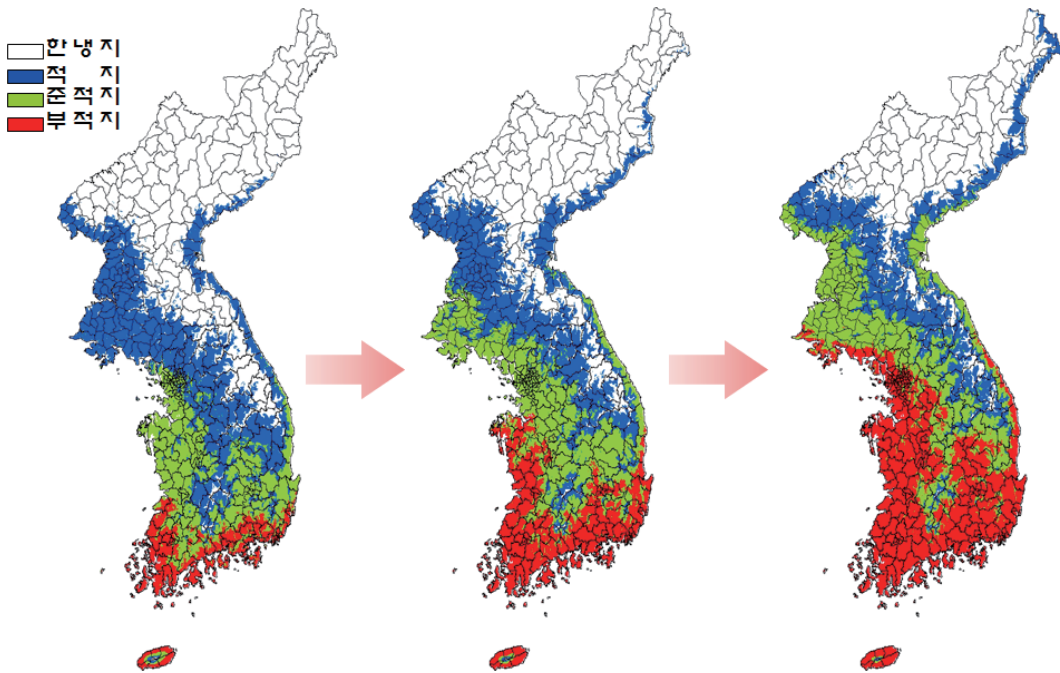


재 기상청에서 제공되고 있는 장기전망 자료는 앞에서 언급된 바와 같이 기온과 강수량 정보만 제공되고 있다. 강수량과 일조량은 어느정도 상관을 가지고 있으므로, 강수전망을 통해 일조량을 어느정도 예측할 수 있지만, 최근의 강수는 집중호우 발생빈도가 증가되는 추세이므로 강수량만으로 일조량을 추정하는데는 한계가 있다. 따라서 강수빈도 혹은 일조량 전망 자료가 제공되기를 희망한다.

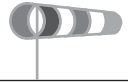
과수는 영년생 작물로 수량을 결정하는 요인이 매우 많기 때문에 아직까지 수량 예측 모델 개발이 시도되지 못하고 있다. 그러나 벼를 비롯한 콩 등 식량작물에서는 기상자료를 이용하여 생산량을 예측하는 많은

모델들이 개발되었고 지금도 지속적으로 검증과 보완이 이루어지고 있다. 이러한 생산량 예측 모델의 개선과 과수분야로의 활용을 위해서는 여러 지역의 상세한 관측자료 뿐만 아니라 장기예보자료가 반드시 필요하다.

재배지 변동 예측 마지막으로 수년에서 수십년에 걸친 기후 전망이나 년 최저 극기온이나 최고 극기온, 1일 최대 강우량 등 특이 기상에 관한 장기전망 자료의 활용 분야이다. 앞에서 언급된 바와 같이 현재 기후변화와 관련하여 농업분야에서 가장 큰 연구테마 중 하나는 재배지 변동에 관한 연구이다. 특히 기상요인과 과실품질과의 관계 분석 및 재배적지 변동에 관한 연구



[그림 8] 기온 상승에 따른 재배지 변동 추정 (서형호)



의 중요성에 대한 공감대를 얻고 있다. 따라서 향후 재배지 예측을 위해서는 우리나라 지형별 장기 기상변화 전망이 필수적이라고 할 수 있다(그림 8).

금년 겨울에는 경기북부와 강원지역에 심한 한파로 복숭아를 포함한 사과 등 과수가 동해피해를 받아 나무가 고사함에 따라 동해 피해 지대구분 필요성이 대두되고 있다. 온대과수 동해피해 예측은 겨울철 저온 누적에 의한 자발휴면 타파시기 추정이 선행되어야 한다. 자발휴면 기간에는 비교적 낮은 온도에서도 내한성이 강하나 자발휴면 타파이후에는 내한성이 급격히 약해지기 때문에 높은 온도에서도 동해 피해를 받는다. 우리나라의 기후변화는 계절별 뚜렷한 차이를 보이며, 특히 겨울철 온도 상승이 뚜렷한 것으로 보고되고 있다. 따라서 겨울철 온도변화의 장기전망 자료를 통해 자발휴면 타파시기와 동해 발생 위험지대 추정이 가능할 것이다.

III. 맺는 말

세계화, 무역자유화와 더불어 농업의 형태도 많은 변화를 요구받고 있다. 자가 생산을 통한 직접 판매보다는 대규모 경영, 집단화, 공통 매뉴얼에 의한 재배관리와 공동 판매가 경쟁력 향상의 한 방향으로 제시되고

있다. 또한 정부에서는 친환경 안전농식품 공급을 위한 정책을 실시하고 있다. 이러한 농업의 환경변화는 관행농법에 의한 농산물 생산을 어렵게 하고, 정밀농업의 필요성을 강조하고 있다. 기후변화에 의한 기상재해 증가, 생물계절 변화, 재배지 변동 등은 관측 기상에 의한 작물의 영향 평가뿐만 아니라 기후변화에 따른 작물의 생산성과 품질 예측의 중요성에 대한 공감대를 형성시켰다. 정밀농업을 발전시키고 기후변화가 정밀 미치는 부(-)의 영향을 최소화하면서 안정적인 농산업을 유지·발전시키기 위해서는 더불어 농업과 관련하여 다양한 맞춤형 장기예보시스템의 발전이 선행되어야 할 것이다.

참고문헌

<http://www.jma.go.jp>

<http://www.mynh.nonghyup.com>

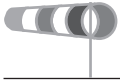
<http://www.pear.go.kr>

谷中春男, 2005: 만상과 기상정보의 이용. 인백지과수 3월호, 8-10.

농작물재해보험약관 2010-2, 21-22.

농진청 농업경영자료 제 59호

Seo, H.H., 2003: Site selection criteria for the production of high quality apples based on agroclimatology in Korea, ph. D. Dissertation. Kyung Hee University.



장기예보 정보의물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용

우 수 민

K-water 물관리센터 수문기상과 연구원
sumin@kwater.or.kr

김 태 국

K-water 물관리센터 수문기상과 과장
tkim@kwater.or.kr

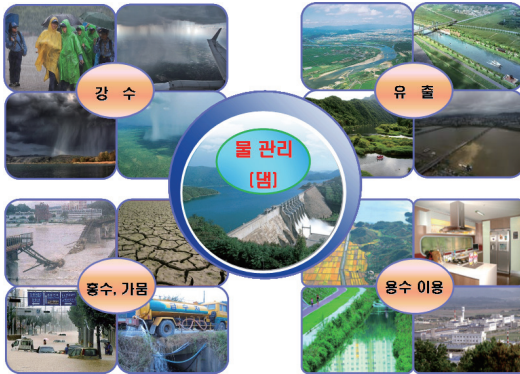
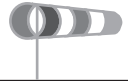
1. 들어가는 말

최근 지구온난화에 따른 전 지구적 기후변화에 따라 이상기상 현상이 빈번하게 발생하고 있으며, 발생 강도 또한 높아지고 있다. 단기적으로는 태풍, 집중호우에 따른 돌발성 강우의 발생빈도가 높아질 뿐만 아니라 시·공간적으로도 큰 편차를 보이는 반면, 장기적으로는 가뭄 발생의 위험도도 크게 높아지고 있다. 이러한 홍수와 가뭄 현상은 국가 수자원 관리에 절대적으로 영향을 미치고 있으므로 효율적 물관리에 매우 밀접하게 관련되어 있다.

국내 물관리의 총괄적인 업무를 담당하고 있는 곳이 한국수자원공사(K-water) 물관리센터이며, 센터 업무 중 강우예측정보 제공을 위한 수문기상 업무는 물

관리센터에서도 가장 '최전방 부대'와 같은 역할을 수행하고 있다고 해도 과언이 아니다. 강수가 언제, 어느 지역에, 얼마만큼의 양으로 내릴까를 예측하는 것을 시작으로 유역에 내릴 강수량 예측정보를 제공하게 되면 이를 기초로 하여 하천에 흐를 유량(流量)과 하천에 위치한 댐의 수위를 예측하고 홍수 조절(용수 공급)을 위한 방류량(공급량)을 검토할 수 있게 된다. 그러므로 이 두 가지 물관리 업무는 기상예측 정보를 어떻게 제공하는가를 시작으로 물관리를 어떻게 할 것인가에 대한 최종적인 의사결정 방향이 결정된다고 할 수 있다(그림 1).

수자원장기종합계획 보고서(국토해양부, 2006)에 따르면 우리나라는 연평균 강수량 1,245mm로 세계 평균인 880mm보다 많지만 국토의 65%가 산악지형이



[그림 1] 물관리의 기본 개념

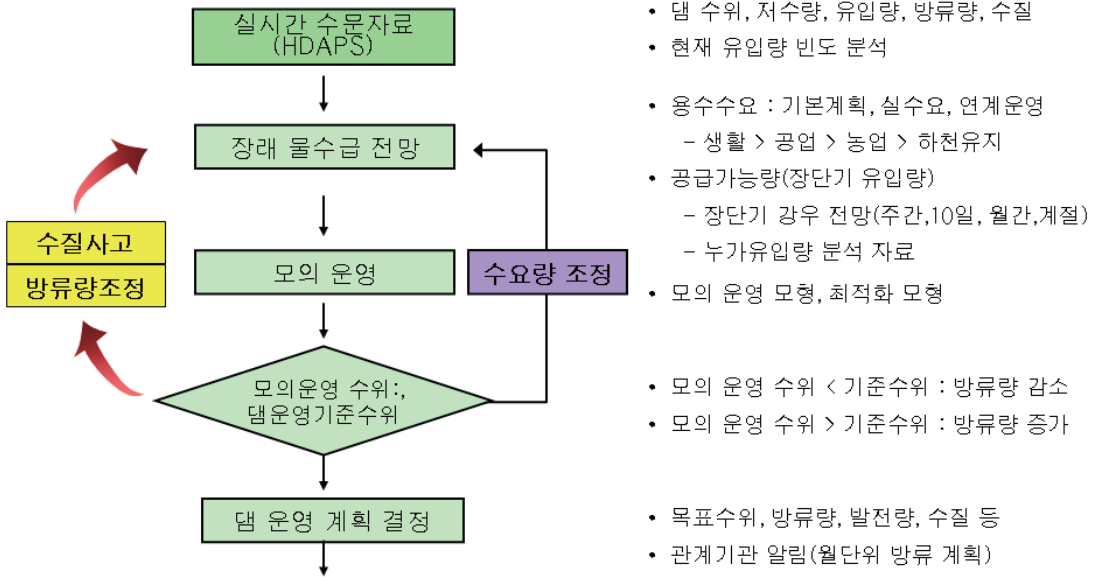
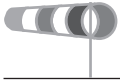
고, 하천경사가 급한 지리적 특성으로 인하여 홍수 발생 시에는 일시적으로 유출되며, 갈수기에는 유출량이 적어 용수 공급에 차질이 생길 뿐만 아니라 하천수질의 오염을 가중시켜 수자원의 관리 측면에서 매우 불리한 자연 조건을 가지고 있다. 또한, 연평균 강수량이 세계 평균의 1.4배로 수자원부존량(연평균강수량×국토면적)은 1,240억m³/년이지만, 높은 인구밀도로 인해 1인당 부존량(강수총량)은 연간 2,591m³로 세계 평균의 약 1/8에 불과하다. 그러므로 갑작스런 홍수 발생시 물관리 대응도 중요하지만, 장기적으로는 용수 공급을 위한 물관리 이수 대책 마련도 매우 중요하므로 이를 위한 적절한 장기 기상정보가 반드시 필요하다.

따라서, 본 고에서는 장기적인 물관리 이수(利水) 측면에서의 장기 기상정보의 필요성과 국내·외 장기 기상전망 사례, 외국에서 물관리에 장기 기상전망 적용 사례를 살펴보고, 물관리를 위한 장기기상전망 활용 현황 및 앞으로 개선되어야 할 점은 무엇인지를 제고해보고자 한다.

II. 물관리 이수(利水) 측면에서의 기상자료 활용의 필요성

갑작스런 집중호우로 인한 홍수 등으로 물관리의 단기적 측면에서 기상정보의 활용도가 매우 높으며, 기상청에서 제공되는 관측 자료(일기도, 위성, 레이더 등)와 기상수치예보자료를 적극 활용하고 있다. 초단기예보(0~6시간 이내)에서는 레이더 자료의 활용도가 매우 높으며, 단기예보(6시간 이후~3일)에는 동네예보와 수치예보자료가 현업 물관리에 적극 활용되고 있다. 이러한 기상 정보는 최근 기상수치예보 기술의 발달로 80% 이상의 신뢰도를 보이고 있으며, 특히 지난 6월 독자기상위성인 천리안 위성의 발사로 인해 상세 위성자료를 제공 받을 수 있게 됨으로써 물관리에 더욱 도움을 줄 수 있게 되었다. 또한, 물관리센터에서도 자체 강우예측모형(K-PPM)을 현업 운영하여 상세 강우예보 자료를 하루에 4번씩 생산하여 홍수조절을 위한 물관리 업무에 효율적으로 활용하고 있다.

하지만, 가뭄에 대비하고, 안정적인 용수 공급을 위한 물관리의 이수(利水) 측면에서는 월간 단위에서 계절 단위, 연단위의 기상정보를 필요로 한다. 이러한 월간 단위 이상의 자료는 월간 저수지 공용량 확보를 위한 댐수위 운영계획 수립과 홍수기 운영 목표 수위를 결정하는 데에 활용도가 매우 높다. 장기 댐운영 계획 수립은 [그림 2]와 같이 실시간 물관리시스템을 개발하여 운영 중에 있으며, 물 수급 전망을 토대로 한 모의 운영을 통해 시행되고 있다. 댐운영 계획은 홍수기에 많은 강우 전망 시에는 최대 방류를 통한 저수위 댐 운영을 실시하지만, 예측보다 실제 강우가 적을 시에는 수위확보가 어려워져 가뭄에 매우 취약할 수 있으며,



[그림 2] 물관리 이수(利水)를 위한 실시간 물관리시스템

이는 저수량 확보가 어려워져 용수 공급에 차질이 생기게 된다. 반대로 홍수기에 적은 강우를 전망하여 방류 최소화로 고수위 운영을 했을 시에는 예측보다 강우가 많을 시에 댐 범람 등 홍수에 매우 취약하게 되어 물관리에 부담이 가중될 뿐만 아니라 댐 건설 등 관련 공사현장에 수해의 위험성도 더해진다([표 1]). 그러므로 여름철 홍수기를 사전에 대비하고, 장기적으로

는 가뭄에 대비하여 중장기 댐운영 의사결정을 위해서는 장기 강우전망 자료의 활용이 매우 중요하다. 하지만, 현재 K-water 물관리센터에서 자체적으로 장기예보를 수행하고 있지 않으므로 기상청에서 매 1개월, 3개월 단위로 발표되는 기상전망 자료에 전적으로 의존하고 있는 상황이다.

[표 1] 장기기후전망에 따른 중장기 댐운영 계획 및 위험요소

장기 기상 전망	홍수기 많은 강우 전망	홍수기 적은 강우 전망
댐 운영 계획	최대 방류를 통한 저수위 운영	방류 최소화로 고수위 운영
위험요소	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수기 강우 적을시 • 수위확보가 어려워 가뭄에 매우 취약 • 저수량 확보가 어려워 용수공급에 차질 	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수기 강우 많을시 • 댐 범람 등 홍수에 매우 취약, 물관리 부담 가중 • 댐-보 건설사업 관련 공사현장에 수해의 위험성

Ⅲ. 국내·외 장기기상 전망 제공 현황

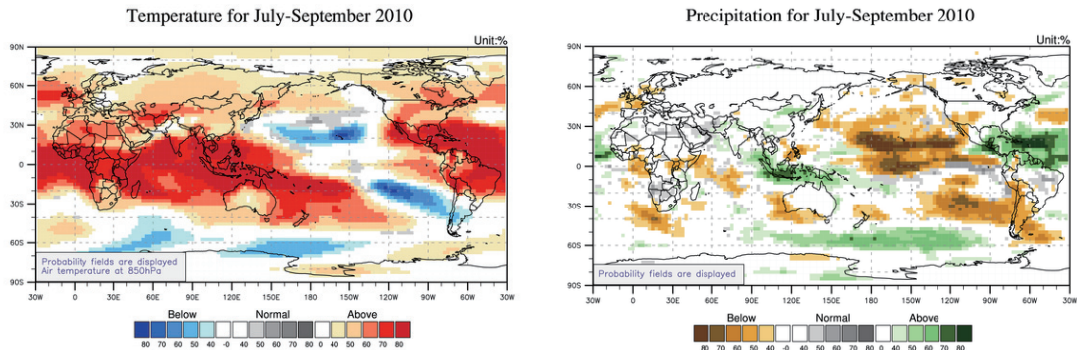
장기 댐운영 계획 수립시에 중장기 기상전망의 활용을 위해 현재 국내·외에서 어느 기관에서 장기 기상전망이 수행되고 있고, 어떻게 제공되고 있는지를 알아보았다(표 2).

국내에서는 기상청, APEC 기후센터 등에서 장기 기상전망을 발표하고 있는데, 기상청에서는 장기에보를 매 1, 3개월 단위로 발표하며, 기후전망으로 계절예보와 엘니뇨/라니냐 전망을 자체 전지구 예측모형의 결과를 분석하여 기압계 전망, 기온 및 강수량 예보를

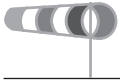
실시하고 있다. 또한, 장기기후전문가단을 구성하여 국내 연구기관 및 학계 전문가들이 통계적, 역학적 기법 등 다양한 분석 기법을 적용해 장기 계절예측 결과를 생산하고 매 3개월마다 전문가별 기상전망의 예측 결과를 토의하고 있으며, 이를 기상청에서 최종적으로 조율하여 발표하고 있다. 국내 기후연구전문기관인 APEC 기후센터는 아시아·태평양지역의 21개 회원국들이 생산하는 전구 예측모형 결과들을 수집하고, 다중모형 앙상블(Multi-Model Ensemble, 이하 MME) 기법 활용하여 3, 6개월 단위로 분석한 장기 기상전망을 기상청과 자체 웹사이트를 통해 발표하고 있다.

[표 2] 국내·외 장기에보 시행 현황

기관명	예보기간	예보기법	비고
기상청	1,3개월	- 자체 전지구 예측모형 - 학계 전문가 검토	
일본·미국·유럽 기상청	1,3개월	- 자체 전지구 예측모형 - MME(Multi Model Ensemble) 기술	
APEC 기후센터	3,6개월	- 21개 회원국 모형 결과 활용 분석	
미국 국제기후연구소	3,6개월	- 전세계 10개의 모형 결과 활용 분석	



[그림 3] APEC 기후센터 장기에보 예시(왼쪽: 기온, 오른쪽: 강수량)



미국, 일본, 유럽 등 국의 대부분 기상청에서도 자체 전지구 예측 모델을 수행하고, 그 결과에 통계적 기법을 활용하여 분석된 장기 기상전망 자료를 발표하고 있다. 미국 국제기후연구소(IRI)에서는 전 세계 10개의 다양한 전구 기후모형 결과들을 MME로 분석하여 그 결과를 공유하고 있으며, 자체 웹사이트를 통해서도 발표하고 있다. 이와 같이 국내·외 다양한 기관에서 장기 기상전망을 수행 중에 있지만, 대부분의 기관에서 장기예측 신뢰도 한계로 상·하한 강우 범위를 넓게 부여하여 ‘평년보다 많다’ 또는 ‘평년보다 적다’라는 정성적인 예보로 발표하고 있다. 그러나 현재 일반적인 장기 기상예측 수준으로는 물관리 운영계획에 직접 활용하기는 매우 어려움이 따르므로 장기 기상예측의 신뢰도를 감안하면서도 물관리에 적용 가능한 좀 더 상세화된 장기 기상전망이 필요할 것이다.

IV. 외국에서의 물관리에의 장기 기상전망 적용 사례

1. 일본의 장기 흐름 예측 시스템

일본에서는 수자원의 효율적 이용 및 물 수요에 대한 안정적 공급, 그리고 미래 갈수(이수)에 대한 즉각적 대응을 위해 저수 흐름 예측 시스템을 보유하고 있다 (국토해양부 한강홍수통제소, 2009). 장기 저수관리

를 위한 시스템도 가장 우선적으로 일본 기상청의 장기 강우 예보자료를 근거로 하고 있으며, 하천 흐름 상황 예측은 장기 강우예보와 과거 26년간의 자료를 통계 처리한 “年”을 예측하는 유사법에 의해 예측하고 있다. 예측을 위한 기준으로는 전국적으로 공통 적용이 가능하도록 표준 기준을 작성하여 [표 3]과 같이 제시하고 있으며, 일부 상류 유역의 경우에는 시기별로 보다 세분화된 기준을 적용하고 있다.

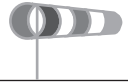
장기 강우예보(3개월)는 단계별로 월별 강우량 범위를 제시함에 따라 유출량의 범위를 찾고, 그것에 유사한 과거의 대상 년을 구분하고 공통되는 해(年)를 통해 예측 흐름 상황을 예측하는 방법을 이용한다. 이는 과거 26년간 저수 유출 실적에서 선택한 결과에 기초하기 때문에 갈수를 예방하고 물 수요를 가장 만족시킬 수 있는 가장 효율적인 운용과 동시에 예측값이 어느 정도 어긋난 경우에도 안정적 운용이 가능한 장점이 있다.

2. 미국의 가뭄경감 의사결정시스템에서의 가뭄 예측기법

미국 국가가뭄경감센터(National Drought Mitigation Center, NDMC)에서는 가뭄에 대한 사회적인 취약성을 경감시키기 위해 일반 국민들과 관련된 기관들을 대상으로 가뭄경감 의사결정시스템을 개

[표 3] 장기 흐름 예측을 위한 강수비율 기준

단계	적다	조금 적다	보통	조금 많다	많다	비고
강수비율(%)	39이하	40-69	70-119	120-169	170이상	對平年値 (평년값대비)



발하여 운영 중에 있다. 다양한 가뭄 지수를 조합한 가뭄 현황을 주(week) 단위로 작성하고 이를 종합적으로 분석하여 가뭄 단계를 5단계로 구분한 후 기상예보 센터, 농무성, 상무성 등 관련 기관에 자료를 제공하고 있다. 또한, 각 지방 정부에서도 수자원 관련 기관을 대상으로 수자원 정책 및 가뭄위기 관리에 도움이 될 수 있도록 가뭄 정보를 제공하고 있다. 미국 해양대기청(NOAA)에서 제공하는 기온, 강수량 예측 지도와 계절별 가뭄예측 지도를 활용하여 미국 내무성 산하의 지질조사국(USGS)에서는 실시간 하천유량 부족분과 수문관측소에서 관측한 유량의 과거대비 유량 비율 등의 정보를 제공하고 있다. 미국 농무성(USDA)은 계절별 유량예측지도와 기상예측자료에 의한 가뭄지수와 토양 수문 예측 지도를 제공하는 등 수자원 이수 관리에 있어 여러 연방기관들과의 긴밀한 협조체계를 구축하고 있다.

특히, USDA는 현재 운영 중인 가뭄경감 의사결정 시스템에 가뭄 예측기능을 부과하여 보다 더 적극적인 가뭄 대비 훈련을 도모함으로써 가뭄의 피해를 최소화하고 효과적인 수자원관리 및 농업가뭄관리에 초점을 두고 있다. 이를 위해 전국 기후모형을 지역 기후모형으로 재설정하고, 지역기후모형을 수문모형으로 다운스케일링 하는 기법을 개발하여 상세한 장·단기 기상예측 정보 생산을 추진하고 있다. 또한 기상예측 정보를 활용하여 장·단기 가뭄지수를 산정하고 이를 효율적인 물관리에 적용하고자 연구 개발 중에 있다.

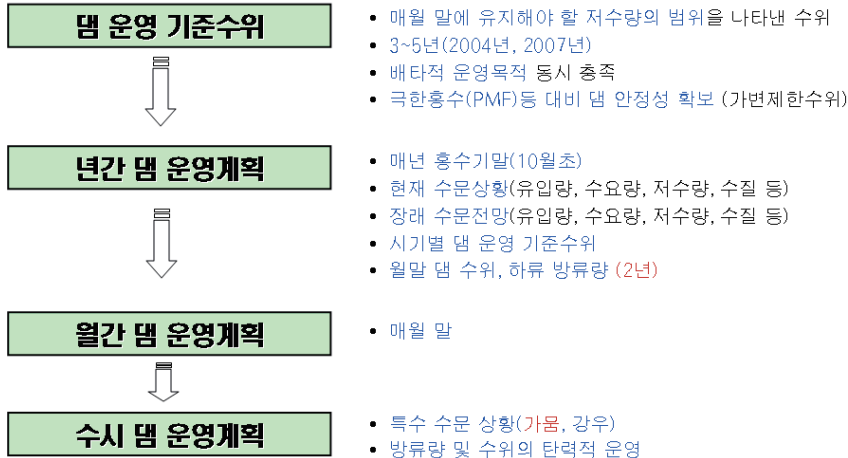
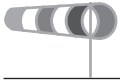
일본과 미국에서의 물관리 이수 측면에서의 관리 방식은 서로 다르지만, 일본에서 장기강우예측을 단계

별 강수 비율 기준을 두어 저수 관리 시스템을 운영하는 방식과 미국에서 지역 기후모형으로의 다운스케일링 기법을 통한 상세 장·단기 기상예측 정보와 가뭄지수 정보의 수자원 관리에 활용·개선하는 부분을 적용할 필요가 있다. 특히, 미국의 관련 연방기관들간의 긴밀한 협조를 통한 정보 공유 방식도 고려해야 할 필요성이 있다.

V. 장기적인 물관리 이수(利水) 측면에서의 운영 현황

1. 댐운영 및 용수공급 전망

다목적댐은 안정적 물 공급 및 홍수조절이라는 기능을 모두 충족시킬 수 있는 가이드라인으로 댐 운영 기준수위를 설정하여 운영 중에 있다. 안정적인 용수공급을 위해서는 댐 수위를 비교적 높게 유지하여 저수량을 많이 확보하여야 하나, 홍수조절은 가능한 댐 수위를 낮추어야 하므로 이 두 가지는 서로 상반된 댐 운영을 필요로 한다. 따라서 이러한 목적을 기반으로 용수수요량, 평년 댐 수위, 유입량(공급가능량) 등을 고려한 연간, 월간 댐운영 계획을 수립하여 운영하고 있다. 댐운영 계획 수립시에는 매월 유지해야 할 저수량 범위를 나타낸 기준수위가 사용되며, 이를 기준으로 매년 홍수기말(10월 초)에 현재의 유입량, 수요량, 저수량, 수질 등을 고려한 수문 상황과 장래의 전망을 통한 시기별 연간, 월간 댐운영 계획을 수립한다 ([그림 4]).



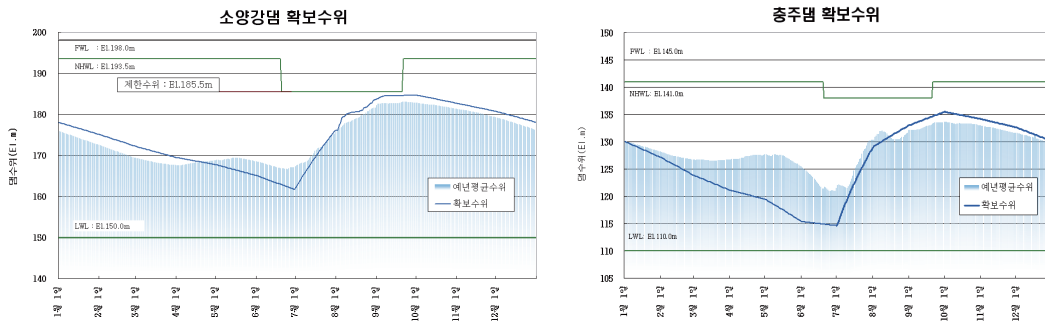
[그림 4] 댐운영 계획 수립 절차

이 중 안정적 용수공급을 위한 댐 운영 수위 기준 설정은 기준 수위로 확보수위를 적용(그림 5)한다. 확보수위란 다음해 여름철 전까지 가뭄상황이 발생하더라도 안정적 물 공급이 가능한 댐 수위를 말한다. 실제 가뭄대비 댐 운영 시에는 강수량 및 댐 저수상황에 따라 탄력적으로 댐 방류량을 조절함으로써 해당시기에 설정된 확보수위를 최대한 유지하도록 하고 있다. 이처럼 댐운영 기준수위 및 확보수위를 기준으로 두고, 미래 장기 기상전망을 고려하여 연간, 월간 댐운

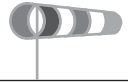
영 및 물공급 전망(한국수자원공사, 2010)을 발표하고 있다(그림 6).

2. 가뭄정보시스템(Drought Information System)

한국 수자원공사에서는 가뭄진행상황을 모니터링하고 평가하여 객관적 수치인 가뭄지수를 산출함으로써 가뭄의 시공간적 전개과정을 조기에 확인하고 댐 관



[그림 5] 다목적댐 확보수위(예)



2010.8
(총권 80호)

댐운영 및 물공급 전망



The Best Water Partner
Kwater

댐운영 및 물공급전망

7월 실적

비상개방 : 중형천산, 낙동강 및 직현천의 주요 댐, 준수댐, 운영 특역
 장마전선은 7월 중순까지 주로 제주지역에 위치, 남부지방까지 폭풍과 남파를 반복하면서 제주 및 남해안에 많은 비를 내렸음. 15일 이후에는 북상하여 한반도 북부에 위치한 후 22~23일 남부지방에 집중강수를 비롯한 강기 및 강하폭류를 중심으로 경기권인 폭풍, 비가 내렸고, 22~25일에는 남파하여 남해안 중심으로 의한 비를 내린 후 북상전해의 차과되었음.

7월은 예년보다 적은 강수량, 지역적 편차 현상
 특히 중부지역(충청, 낙동강 상류 구간) 강수량 매우 적음

구 분	지역	한강수계	낙동강수계	금강수계	서해안수계	기타수계	총수계
과년(㎜)	210.9	140.3	253.2	235.0	345.1	335.0	246.8
월간(㎜)	309.2	326.3	278.9	314.7	302.2	336.1	296.6
달변(%)	68.2	42.3	59.8	74.9	114.2	59.7	63.0

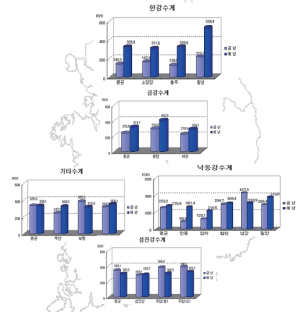
* 낙동강 하류 15일 27(연비율의 135%), 상류 12(연비율 90(연비율의 30%))

8월 예상 현황

7월 31일 기준 다목적댐 평균저수율 95.8%, 예년역 92% 수준
 기상청 및 하천유역용 고려해 상수요(15~19)수준 예상수급

구 분	저수율		유입률		공급률	
	7월(%)	예년(%)	7월(%)	예년(%)	7월(%)	예년(%)
□충청지역	35.8	63.6	19.0	38.6	8.5	40.7
한 강	34.2	62.5	3.6	16.1	3.1	30.7
낙동강	23.9	66.7	6.2	11.4	2.8	57.9
금 강	39.5	72.7	3.0	29.2	1.3	28.9
서해안	46.5	96.7	3.5	88.9	1.1	89.2
기 타	57.8	103.4	0.7	63.6	0.2	66.4
총수 계	43.2	95.3	1.2	43.8	0.7	72.4

7월 강수량

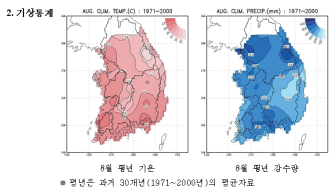


※ 수계별 7월 월평균 강수량(㎜) 추이

8월 전망

1. 기상전망
 - 8월(09~07)보다 높음
 - 8월 상순과 중순에는 제비꽃달고기압의 영향을 받고 밤이 차가운 날이 많으므로, 기온은 평년보다 높을 것으로 예상되며, 특히 평년보다 높을 것으로 예상되며, 이는 8월의 기상특성을 나타내 줄 것으로 보인다.
2. 강수량
 - 평년(17~37%)과 비슷하겠으나, 기온이 차가워 많은 비가 오겠음
 - 8월 상순과 중순에는 강수량이 평년과 비슷하겠으나, 경기 북방지역에 의해 강수량이 많은 비가 오는 곳이 있을 것으로 예상되며, 강수량이 평년과 비슷하거나 높을 것으로 예상된다.
3. 수문현황

수문	구 분	관 수량
충청	평년(10~17%)이하 높음	평년(10~12%)이하 저수
한강	평년(19~27%)이하 높음	평년(16~11%)이하 저수
낙동	평년(18~25%)이하 높음	평년(17~16%)이하 저수



8월 계획수립 기준

3. 2010년 8월 계획수립 기준
4. 9월말 계수장전망
 - 7.19일 현재 계수장 22억 2천 5백 50만 5천 500리터(95.4%), 예년대비 92.5%

8월 실적

구 분	계 수 장		한 강	
	8월	7월	8월	7월
계수장(억리터)	22.25	22.25	22.25	22.25
계수장(%)	95.4	95.4	95.4	95.4

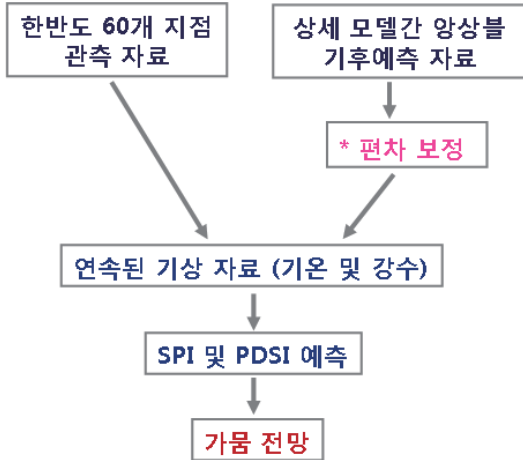
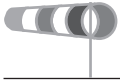
8월 실적

구 분	계 수 장		한 강	
	8월	7월	8월	7월
계수장(억리터)	22.25	22.25	22.25	22.25
계수장(%)	95.4	95.4	95.4	95.4

[그림 6] 댐운영 및 물공급 전망 예시 (2010년 8월)

리에 활용하고자 가뭄정보시스템을 구축하여 운영 중에 있다(http://drought.kwater.or.kr). 가뭄정보 시스템에서는 기상 및 강수 자료를 이용한 기상학적인 가뭄지수(파머지수 등)는 물론 하천수량과 지하수 등을 감안한 수정 지표수공급지수(Modified Surface Water Supply Index, MSWSI) 및 표준강수지수

(Standardized Precipitation Index, SPI), 토양 수분지수(Soil Moisture Index, SMI) 자료를 제공하고 있다. 또한, 가뭄을 사전에 대비하기 위해 기후전문 기관인 APEC 기후센터와 협력연구를 통해 가뭄예측 기능 개발 사업을 추진하고 있다(한국수자원공사, 2009). APEC 기후센터에서 21개 회원국을 통



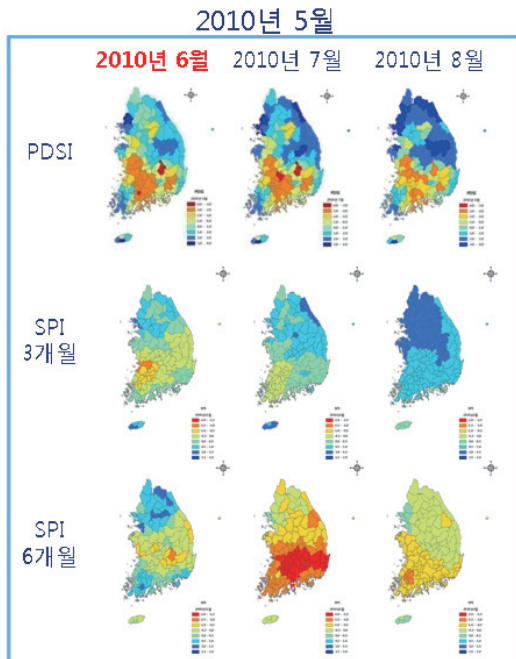
[그림 7] 가뭄예측 절차(APEC 기후센터)

고 관측 자료와 비교하여 월 단위의 기상학적 표준가뭄지수(SPI)나 수문학적 가뭄지수(PDSI)에 의한 정량적 가뭄분석을 실시하여 월별 가뭄전망 자료를 [그림 8]과 같이 제공하고 있다(그림 7). 이 외에도 용수공급을 고려한 수문학적 가뭄지수(Water supply Drought Index, WADI)를 산정하여 댐유입량 및 지하수위, 농업용 저수율 등을 검토하고 있다.

이밖에도 실시간수문자료관리시스템(Hydrological Data Acquisition and Processing System, HDAPS)을 통해 전국 댐 유역의 161개 강수량 관측소와 댐 상·하류 주요 지점에 126개의 수위관측소를 설치·운영하여 댐 및 하천의 유량 등 수문 상황을 실시간으로 모니터링 하고 있다(그림 9).

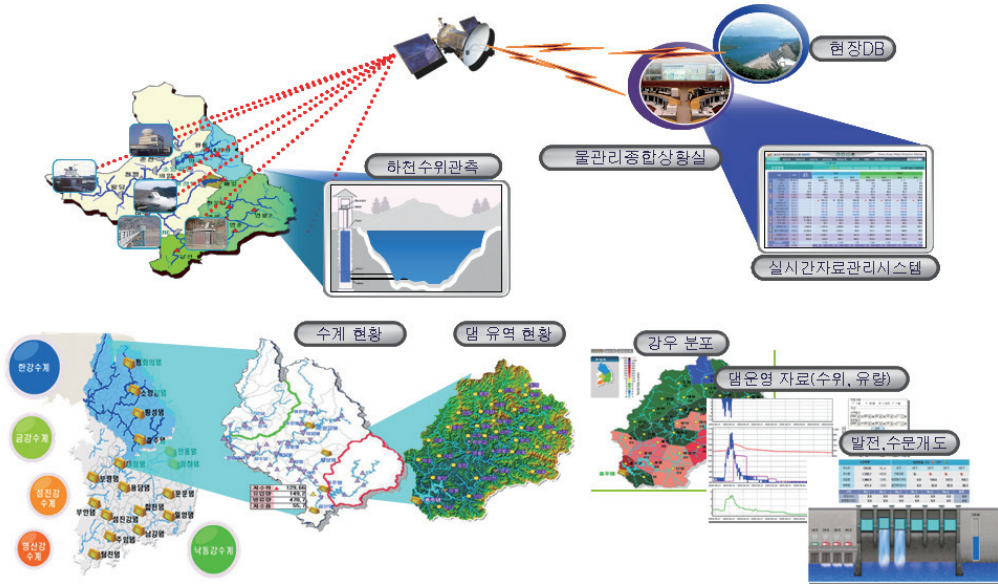
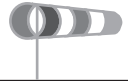
또한, 실시간 저수지 운영시스템(Integrated Water Resources Management System, IWRMS)을 통해 기상과 유출 분석 기술을 활용하여 물의 수요와 공급 가능한 양을 예측하고, 이를 바탕으로 하천과 저수지의 수질을 고려한 최적의 물 공급 계획을 수립할 수 있도록 하고 있다(그림 10).

실시간 저수지 운영시스템은 기상청 예보자료와 유출량 해석프로그램(Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation, SSARR)을 이용하여 하천수량을 예측하고 최적화 및 모의운영 프로그램으로 안정적인 물 공급을 위한 댐 운영계획을 수립한다. 또한, 하류 하천의 수질상태를 고려한 댐 운영을 위해 수질프로그램(CE-QUAL-RIV1, QUAL2E)을 포함하여 운영 중에 있다.



[그림 8] 가뭄전망 예시(2010년 5월 발표)

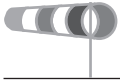
해 수집한 전 지구 장기 기후전망 자료를 다운스케일링하여 상세화된 앙상블 기후 예측 자료를 재생산하



[그림 9] 실시간 수문자료 관리시스템(HDAPS)



[그림 10] 실시간 저수지 운영시스템

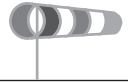


VI. 맺음말

본 고에서는 물관리 이수(利水) 분야에서의 장기예보의 중요성과 활용분야에 대해서 기술하였다. 장기 기상전망은 물관리에 있어 용수공급을 위한 댐운영을 위한 연간, 월간 계획 수립시에 우선적으로 고려되어야 하는 사항이며, 가뭄에 대비하기 위한 가뭄정보시스템에도 기초 자료로 활용되는 정보임을 알 수 있다. 장기 물관리를 위한 장기 기상전망의 활용도가 더 높아지고 있는 상황에서 장기 기상전망도 물관리 분야에서의 활용을 위해 개선되어야 할 필요가 분명히 있다. 비록 장기 강우예측의 신뢰도가 선진국에서도 50% 미만의 수준으로 한계가 있다하더라도 현재와 같이 상한·하한 단위로만 제공하는 정성적인 예보로만 끝날 것이 아니라 좀 더 상세화되고 정량화된 정보를 제공할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 국토해양부 (2006) 수자원장기종합계획 보고서
- 국토해양부, 한강홍수통제소 (2009) 실시간 물관리 시스템 구축 연구(4차) 보고서
- 한국수자원공사 (2009) 가뭄관리에보체계구축 연구(1차) 보고서
- 한국수자원공사 (2010) 댐운영 및 물공급전망 가뭄정보시스템(<http://drought.kwater.or.kr>)
- 한국수자원공사(<http://www.kwater.or.kr>)



기상예보와 재해관리

- 장기예보와 가뭄재해관리 사례를 중심으로 -

박종윤

소방방재청 기후변화대응과장
pjyun@korea.kr

신영섭

소방방재청 기후변화대응과 주무관
sys6736@korea.kr

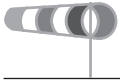
1. 머리말

기후변화로 인한 재해 중 전 세계적으로 가장 많은 인적, 물적 피해를 가져다주는 주요 유형은 태풍·호우와 가뭄이다. 삼국시대의 기록을 보면 가뭄에 의한 피해는 상상을 초월할 정도로 국가의 근간을 무너뜨릴 정도로 치명적인 국가적 위기사태가 발생된 적이 있다. 최근 국내에서도 기후변화에 기인한 것으로 생각되는 집중호우 및 가뭄의 영향으로 많은 인명과 재산피해가 발생하고 있다.

인류 역사에서 기상 정보가 전쟁의 승패를 결정했던 사례는 수없이 많다. 거의 모든 전투의 승패가 날씨에 의해 결정되었다고 해도 크게 틀리지 않을 정도이다. 몽고와 고려의 연합군은 태풍의 특성을 고려하지 않았던 탓에 일본 공격에 실패할 수밖에 없었다. 나폴레옹

의 러시아 공격도 추운 날씨와 극심한 눈보라 탓에 수포로 돌아가 버렸다. 전쟁에서 승리하기 위해서 날씨가 반드시 좋아야만 하는 것도 아니었다. 제2차 세계대전 당시 독일군에게 치명적인 상처를 입혔던 노르망디 상륙작전이 대표적인 경우다. D-데이 하루 전까지도 노르망디 지역에서는 일주일 이상 극심한 폭풍우가 몰아치고 있었다. 그러나 연합군의 기상 전문가가 제갈공명에 버금가는 능력을 발휘한 것이 승리의 요인이 되었다고 전해지고 있다.

우리 일상에서도 행락객이 많이 찾는 산간계곡, 해안가 등에서의 정확한 기상예보는 무방비 상태로 있는 행락객의 인명피해 예방에 많은 도움이 될 것으로 보인다. 특히, 여름철 재난대책기간중 태풍과 집중호우에 대비한 댐·저수지의 사전 방류와 관련한 정확한 기상예보야말로 국민들의 생활불편 및 인명피해 예방과



밀접한 관계가 있다고 볼 수 있기에 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

최근 지구촌 곳곳에서 홍수, 태풍, 가뭄 등 대규모 자연재해가 인류에게 얼마나 큰 위협요인으로 작용하고 있는지 언론보도 등을 통해 자주 접하고 있다. 전 지구적으로 극한 기상이 빈발하면서 2009년 8월 8~9 일에는 대만 전역에 태풍 '모라꼿'내습으로 3,000 mm의 기록적인 폭우로 인명 670명, 재산 3조 6천억 원의 피해가 발생하였고, 2010년 2월 10일에는 미국 동부 워싱턴 DC와 버지니아주 등에 111년만의 폭설(140 cm)로 연방정부가 휴무를 하고 차량과 항공기 운행중단 등 국가 심장부의 기능이 마비되었다.

또한, 우리나라도 작년 여름만 해도 7월중에 장기간(7월 3~28일)에 걸쳐서 집중호우가 빈발하였고, 전국 평균 강수량이 490.6 mm로 평년 강수량 263.4 mm를 훨씬 초과하는 집중호우가 내리면서 12명의 인명과 2,553억 원의 재산피해가 발생하였다. 특히, 부산 등의 도심지역에서는 하루 300 mm가 넘는 기록적인 폭우가 발생하는 등 예년에 볼 수 없었던 기상양상이 나타나고 있다. 이처럼 매년 우리가 피할 수 없는 자연재해를 겪게 되는 것은 우리나라의 위치가 여름철에 잦은 집중호우와 태풍의 내습을 피할 수 없는 기상학적으로나 지리적으로 취약한 환경을 안고 있기 때문이기도 하다. 최근 IPCC(기후변화에 관한 정부간

협약체)는 제4차 보고서를 통해 21세기말 지구의 평균기온이 최대 6.3℃ 상승할 것으로 전망하고 있으며, 평균기온이 3℃ 상승하면 아시아에서만 연간 700만 명 이상이 가뭄 및 홍수 피해에 직면할 것으로 예측하고 있다.

본고에서는 범국가적으로 관리하고 있는 재해 중 가뭄재해와 관련하여 장기기상예보를 활용한 광동댐 용수관리 사례를 분석하고, 최대 50%까지 감축하여 제한급수를 할 수 밖에 없었던 강원도 태백지역의 극심한 가뭄과 재해관리 실패 사례를 중심으로 정책적 제언을 하고자 한다.

II. 기상전망과 광동댐 용수관리

1. 2008년 9월~2009년 3월 기상전망과 재난종합상황분석 및 전망

1) 2008년 9월~11월 기상전망과 재난종합상황분석 및 전망

[표 1~3]에서와 같이 기상청에서는 2008년 8월 하순과 9월 상순에 강수량이 평년과 비슷하고, 2008년 9월 중순에는 평년보다 많을 것으로 전망하였다.

[표 1] 기상청(2008년 8월 13일 발표)

구분	기온	강수량
8월 하순	평년(평균 18~26℃)과 비슷하겠음	평년(78~155mm)과 비슷하겠음
9월 상순	평년(평균 16~25℃)보다 높겠음	평년(45~91mm)과 비슷하겠음
9월 중순	평년(평균 14~23℃)과 비슷하겠음	평년(29~92mm)보다 많겠음

[표 2] 기상청(2008년 9월 12일 발표)

구 분	기 온	강 수 량
9월 하순	평년(평균 12~22℃)보다 높겠음	평년(22~66mm)보다 적겠음
10월 상순	평년(평균 10~21℃)보다 높겠음	평년(11~42mm)보다 적겠음
10월 중순	평년(평균 8~19℃)과 비슷하겠음	평년(11~40mm)과 비슷하겠음

[표 3] 기상청(2008년 10월 13일 발표)

구 분	기 온	강 수 량
10월 하순	평년(평균 6~17℃)보다 높겠음	평년(12~33mm)과 비슷하겠음
11월 상순	평년(평균 5~16℃)보다 높겠음	평년(13~31mm)보다 적겠음
11월 중순	평년(평균 2~14℃)과 비슷하겠음	평년(13~39mm)과 비슷하겠음

기상청에서 1개월을 상순, 중순, 하순으로 구분하여 평년대비 기온 및 강수량 상황 또는 3개월로 구분하여 예보하는 기상전망을 토대로 소방방재청에서는 매월 재난종합상황분석 및 전망을 실시하고 있다.

매월 분석하여 제공하는 재난종합상황분석 및 전망에는 자연재난분석 및 대처요령, 인적재난 분석 및 대처요령 등에 대한 내용을 책자로 발간하고, 홈페이지 게재 등을 통하여 국민들에게 정보를 제공하고 있는데, 이는 국민 개개인이 생활에서 미리 예측하여 계획을 짜고 실천하는데 도움이 되도록 하고 있다.

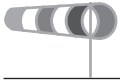
2008년 9월에 분석한 재난종합상황분석 및 전망을 보면 최근 20년간('88~'07년) 9월중에 발생한 호우 피해는 총 15회로 207명의 인명과 6,151억 원의 재산피해 발생하였고, 10월 분석에서는 최근 20년간 ('88~'07년) 10월중 총 17회의 자연재난(호우 4, 태풍 1, 강풍·풍랑 10, 우박·낙뢰 2)으로 32명의 인명과 1,183억 원의 재산피해가 발생하였다. 또한 11월 분석에서 최근의 피해 패턴이 이상기온 현상으로 과거

폭풍피해에서 호우, 풍랑, 강풍, 대설 등으로 변하고 있는 것으로 나타나고 있다고 분석하였다.

이에 태풍·집중호우 대비 인명피해 최소화 대책으로 재난발생 예견시 위험지역 접근 통제 및 위험물 지키기 시행, 주민·행락객 등의 대피를 위한 홍보 강화와 예·경보시스템 재점검, 대피 대상에게 미리 경고 메시지 전달 등을 집중 추진토록 하였고, 또한 폭설·대설에 대비하여 한 단계 빠른 대응계획을 수립함으로써, 2005~2006년 겨울철 재난대책기간중 도출된 문제점에 대한 개선방안을 중점 추진하고, 폭설 상황 등을 가상 설정하여 민·관·군이 참여하는 전국 단위 제설도상훈련 및 실제 훈련을 실시하는 것을 제안하였다.

2) 2008년 12월~2009년 2월 기상전망과 재난종합 상황분석 및 전망

[표 4]와 같이 기상청에서는 2008년 12월 기상에 대하여 일시적으로 찬 대륙고기압이 확장하면서 기온이 큰 폭으로 떨어지는 등 기온변화가 크겠으나 전반



[표 4] 기상청 3개월 예보 (2008. 11. 24 발표)

12월	상순에는 이동성고기압의 영향을 주로 받아 기온이 평년보다 높겠고 강수량은 평년보다 적겠음. 중순과 하순에는 대륙고기압과 기압골의 영향을 주기적으로 받겠고 일시적으로 찬 대륙고기압이 확장하면서 전반적인 기온과 강수량은 평년과 비슷하겠음. 서해안과 강원도 영동 및 동해안 지방에서는 지형적인 영향으로 다소 많은 눈이 올 때가 있겠음
1월	대륙고기압의 약화로 기온은 평년보다 다소 높은 경향을 보이겠으나 일시적으로 찬 대륙고기압이 확장하면서 기온이 큰 폭으로 떨어질 때가 있겠음. 기압골의 영향 및 지형적인 영향으로 지역에 따라 많은 눈이 오는 곳이 있겠으나 강수량은 평년과 비슷하겠음.
2월	대륙고기압과 이동성고기압의 영향을 주기적으로 받아 기온 변화가 크겠으나 대체로 평년보다 기온이 높겠음. 찬 대륙고기압 확장 때 따른 한기 남하로 기온이 다소 큰 폭으로 떨어질 때가 있겠으며 서해안 및 강원도 영동 산간지방에는 지형적인 영향으로 많은 눈이 오는 곳이 있겠음.

적으로 기온과 강수량은 평년과 비슷하겠다고 전망하였다.

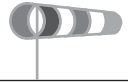
민·관 공동 대비체제 구축 강화가 필요하다고 제안하였다[표 5].

이에 따른 소방방재청의 재난종합상황분석 및 전망 자료를 보면 최근 10년간('98~'07년) 12월 재난발생현황을 분석한 결과, 총 4회(폭설)에 걸쳐 14명의 인명피해와 5,455억 원의 재산피해가 발생함으로써, 유관기관·민간 자율참여 비상대응 및 구조 협력체계 구축, 사전예방 및 효율적 응급조치 대책 마련을 위한 유관기관 협력 강화, 내집·내점포 앞 눈치우기 등 민간 자율 안전관리 실천운동 전개 등 대설피해 경감을 위한

3) 2009년 3월 기상전망과 재난종합상황분석 및 전망
기상청에서는 2009년 2월 하순과 3월 상순에는 건조한 날이 많아 강수량은 평년보다 적겠으나 강원 영동 지방에는 지형적인 영향으로 다소 많은 눈이 올 때가 있겠으며, 3월 중순에는 평년과 비슷한 강수량을 보일 것이라고 전망하였다[표 6].

[표 5] 최근 10년간('98~'07년) 12월중 자연재난 발생현황

기간	주요피해지역	원인	적설량	피해내용	
				인명(명)	재산(백만원)
합 계				14	545,540
'99.12.18~12.21	전북, 전남, 제주	폭설	19cm(목포)	-	13,911
'05.12.3~12.24	광주, 강원, 충남, 충북, 전북, 전남, 제주	폭설	59.3cm(정읍)	14	520,615
'06.12.16~12.18	인천, 경기, 충남, 전북, 전남	폭설	17.2cm(정읍)	-	3,572
'07.12.29~1.1	전북, 전남, 광주	폭설	41cm(광주)	-	7,442



[표 6] 기상청(2009년 2월 13일 발표)

구 분	기 온	강 수 량
2월 하순	평년(-5~8℃)보다 높겠음	평년(7~31mm)보다 적겠음
3월 상순	평년(-3~9℃)과 비슷하겠음	평년(12~36mm)보다 적겠음
3월 중순	평년(-1~10℃)과 비슷하겠음	평년(9~52mm)과 비슷하겠음

소방방재청의 재난종합상황분석 및 전망 자료를 보면, 2008년 9월 이후 2009년 1월말까지 강수량이 평년의 47%(평년 286 mm, 금년 137 mm)에 불과하고, 봄철 기상예보를 보면 강수량이 평년과 비슷하거나 다소 적어 가뭄이 지속될 것으로 예상하였으며, 2008년 7월 1일부터 2009년 2월 10일까지 내린 강수량은 평년값(71~00년, 855.1 mm)의 67.8% 밖에 되지 않았고, 1973년 이후 2번째로 적은 강수량을 보이는 것으로 분석되었다(96/97년 63.9%).

이에 가뭄상황 지속 모니터링 및 물절약 홍보 추진, 관정개발·저수지 준설 등 용수확보사업의 조기집행, 긴급 식수원개발 및 중·장기적 용수확보대책 수립 시행, 긴급 용수원 개발 및 논·밭작물 영농대책 수립 시행, 갈수기 수질오염사고 예방대책 추진, 미활용 관정에 대한 활용방안 모색 등 가뭄대비 생활용수 및 농·공업용수 확보대책을 마련하여 시행이 필요하다고 제안하였다.

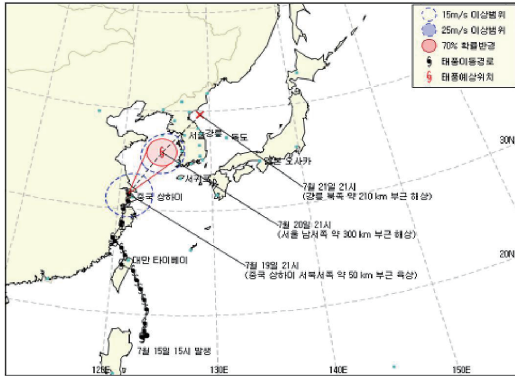
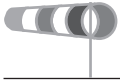
2. 광동댐 용수 관리실태와 강우량 부족

2008년 9월부터 2009년 4월까지 전국적인 가뭄이 있었다. 그 가운데 태백시는 심각한 물 부족현상으로 겨울철 엄동설한에도 불구하고 3개월간이나 사상 초유의 제한급수 사태를 겪어야만 했다. 이렇게 가뭄제

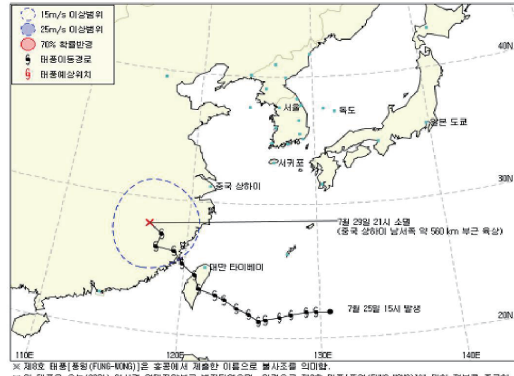
해가 발생된 원인을 살펴보면 용수전용댐인 광동댐을 관리하고 있는 한국수자원공사 태백권관리단의 댐 수위관리 즉 용수관리 실패가 가장 큰 원인으로 작용한 것으로 생각된다. 또한 앞으로 효율적인 수자원 관리를 위하여 기상청에서 생산되는 장·단기적 수문기상 예측 정보가 수문분야의 의사결정 과정에 효과적으로 사용될 필요가 있으며, 이를 담당하는 기관사이의 긴밀한 협력체계 구축이 필요하다.

2008년 7~9월중 기상예보와 홍수기 광동댐 운영상황을 살펴보면, 2008년 7월 19일부터 20일까지 85 mm의 강우와 태풍 ‘갈매기’의 북상이 예보되어 예비방류를 실시하였으나, 7월 20일 태풍은 군산 서쪽 170 km에서 소멸하였다[그림 1]. 이어서 7월 24일 06시30분 기상청에서 한강 탄천유역에 내린 강우의 영향으로 홍수주의보를 발령하였으나 강원남부 지역은 별 다른 영향을 주지 않은 상태에서 같은 날 21시에 해제되었고, 7월 25일 태풍 ‘풍왕이’ 북상하다가 7월 29일 21시 중국 상하이 남서쪽에서 소멸하였다[그림 2].

또한 8월 16일 기상청에서 60 mm의 강우를 예보하여 댐 수위가 상시만수위를 초과할 것으로 예상됨에 따라 비상방류관을 통한 사전예비 방류를 실시하였으며, 9월 1일 30~80 mm의 강우가 예보되어 사전방류를 지속하였으나 실제 4 mm의 강우량만 기록하였



[그림 1] 제7호 태풍 갈매기의 이동경로



[그림 2] 제8호 태풍 풍령의 이동경로

다. 이상과 같이 홍수기에 기상청에서는 여러 차례 강우를 예상하였으나, 실제로 내린 강우는 이에 미치지 못하였다.

태백권관리단에서는 기상예보에 따라 광동댐의 물을 방류하게 된 것은 댐관리 매뉴얼에 의한 것이기도 하지만, 광동댐 상류 유역이 짧아 집중호우로 인하여 일순간 다량의 유량이 댐으로 유입될 수 있기 때문에 이에 대처할 수 있는 시간적 여유가 많지 않은 이유이기도 하다. 따라서 집중호우가 예보될 경우 실시간으로 강우량을 분석하고 상류 지역으로부터의 유입량과 댐에 미치는 안전성, 하류지역에 예상되는 피해, 향후 용수대책 등 종합적인 검토와 함께 현장중심의 수문관리는 적절하였다고 생각된다[표 7].

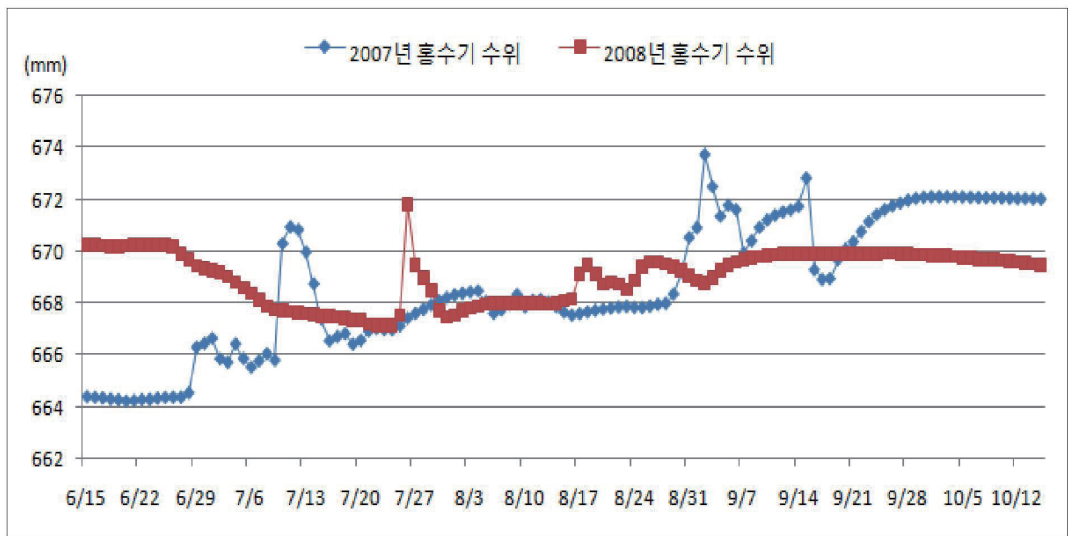
[표 7] 광동댐 유역 홍수기 기상예보 및 강우량(2008.7~9월)

일자	댐수위 (EL.m)	강우량(mm)		적중률 (%)
		예보(평균)	실측	
07-16	667.44	5~30(17.5)	3.40	1.9
07-17	667.41	5~10(7.5)	2.10	28.0
07-19	667.33	5(5)	47.20	9.4
07-20	667.18	30~80(55)	7.50	23.6
07-21	667.12	5~20(12.5)	0.00	0.0
07-24	667.53	30~80(55)	103.50	188.2
07-25	671.83	50~120((85))	88.30	103.9
07-26	669.49	20~60(40)	10.70	26.8
07-27	668.97	5~30(17.5)	4.10	23.4
08-02	667.80	30~80(55)	1.50	2.7
08-03	667.89	10~50(30)	5.10	17.0
08-12	667.96	10~40(25)	4.90	19.6
08-13	668.00	10~60(35)	3.80	10.9
08-14	668.08	5~20(12.5)	1.90	15.2
08-15	668.15	10~60(35)	16.10	46.0
08-16	669.12	10~60(35)	40.70	116.3
08-17	669.49		0.00	0.0
08-18	669.14	20~60(40)	17.50	43.8
08-19	668.72	5~20(12.5)	0.00	0.0
08-20	668.79	20~60(40)	0.00	0.0
08-21	668.72	5~30(17.5)	0.00	0.0
08-22	668.51	20~60(40)	38.70	96.8
08-23	668.87	5~30(17.5)	5.60	32.0
08-27	669.52	5~20(12.5)	0.50	4.0
08-28	669.39		0.00	0.0
09-01	668.77	30~80(55)	3.90	7.1
09-02	669.00	10~40(25)	10.00	40.0
계		(782.5)	417	53.3

광동댐 수위 운영 기준을 살펴보면, ‘용수댐 관리규정 별표1’에서 광동댐의 홍수기간을 매년 6월 11일부터 10월 15일까지 규정하고 있으며, 광동댐 운영 및 유지 관리 지침서(‘04.7) 제4조에는 6월 21일부터 9월 20일까지 규정하고 있다. 2008년 홍수기 광동·달방댐 운영기준 승인(강원 지역본부-3815, 2008.7.10)에 따르면 홍수기 운영수위는 강우초기에 EL.672.0 m 이하로 유지하되, 강우량 및 수문상황에 따라 탄력적으로 운영하도록 되어 있고, 이수기의 안정적인 용수 공급을 위하여 10월초 수위를 EL.669.0 m 이상 확보

하여야 한다고 명시되어 있다.

2008년 10월 1일부터 10일까지의 광동댐 평균 수위는 669.70 m로 운영규정을 만족하고 있으나, 2007년도의 수위에 비하여 다소 낮은 수위를 유지하여 운영하였다. 2007년 10월 1일부터 10일까지의 평균 수위인 671.38 m에 비하여 약 2 m 가량 낮아져 약 1,556천톤의 용수가 적게 저류되었음을 알 수 있다 [그림 3].

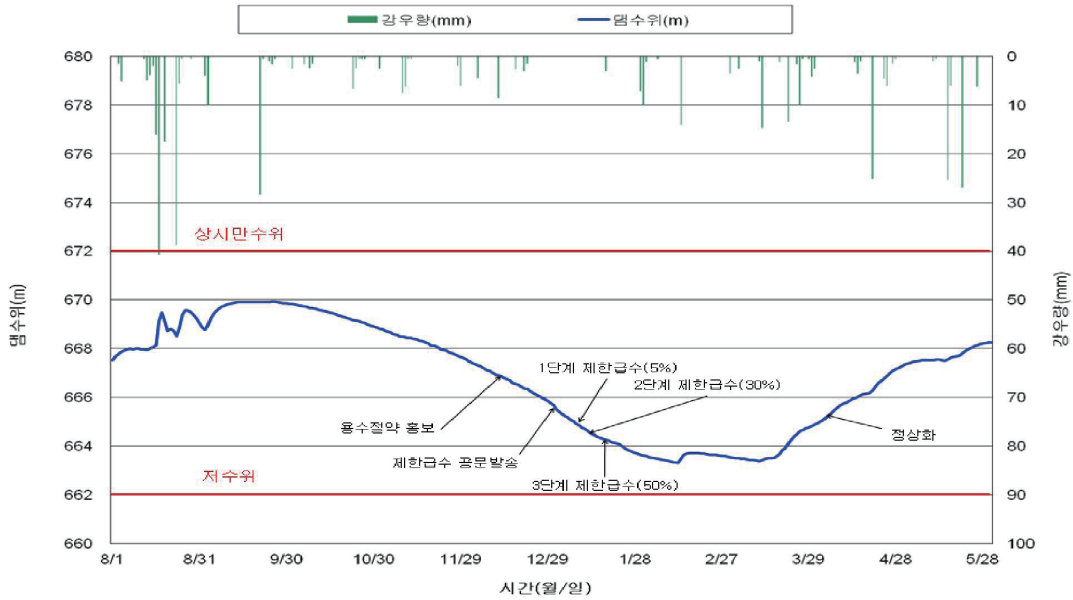
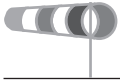


[그림 3] 2007년, 2008년 광동댐 홍수기 수위

[표 8] 월별 강우량의 10년(1998~2007년)평균과 2008년 비교

(단위 : mm)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
10년평균	31.58	32.41	53.6	100.1	99.2	165.05	289.45	321.69	271.85	58.15	37.76	14.72
2008년	65.60	2.1	59.4	63.0	56.1	150.3	264.0	201.4	47.7	24.0	10.4	15.5

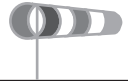


[그림 4] 댐 수위에 따른 진행상황

가뭄은 물 수요에 비하여 공급량이 장기간에 걸쳐 부족하게 되어 발생하는 것으로 대부분 강우량이 기대 강우량에 비하여 부족하기 때문에 발생된다. 태백지역의 2008년 강우량을 과거 10년간 월평균 강우량과 비교하면 홍수기에는 663.4 mm가 내려 10년 평균강우량 1,048.04 mm의 63%에 해당하는 강우량이 내렸고, 갈수기가 시작되는 10월부터 12월까지 49.9 mm 강우가 내려 10년 월평균 강우량 110.63 mm의 약 45% 정도의 강우량이 내렸다[표 8].

이로 인하여 2008년 9월부터 2009년 3월까지 심각한 가뭄이 발생하였으며, 가뭄에 의하여 87일간의 장기간에 걸쳐 제한급수가 실시되는 사상 초유의 사태가 발생하였다. 태백권 지역은 가뭄으로 인한 물 부족

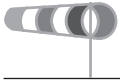
으로 생활뿐만 아니라 각종 산업이 위축되면서 경제적 피해와 주민 불편을 겪었다. [그림4]는 2008년 8월부터 2009년 5월까지 대상지역의 강우량과 광동댐의 수위 저하로 인한 대처 상황이며, <표 9>은 광동댐과 연계한 태백지역의 가뭄 진행과정을 댐수위, 저수량 및 용수공급 가능일수에 따른 진행과정을 나타낸 것이다. 9월부터 급격하게 줄어든 강우량으로 인하여 댐수위는 저수위에 근접하게 되었고, 수위가 감소함에 따라 용수 절약 홍보와 함께 단계적으로 제한급수를 시행하였다. 대략적으로 665 mm의 광동댐 수위 상황에서 제한급수가 이루어졌으며, 3월 13일 이후 4월 1일까지 48.2 mm의 비가 내려 4월 3일 가까스로 정상화 될 수 있었다.



[표 9] 광동댐 운영과 연계한 태백시 가뭄진행과정

시기	댐 수위 (EL.m)	저수량 (천톤)	용수공급 가능일수	진행상황	
08년 10월	1주	669.78	7,381.2	74.2	-광동댐 유역의 강수량은 63.5mm로 예년 강수량 149.8mm의 42%수준으로 발생
	2주	669.61	7,231.9	72.0	
	3주	669.37	7,024.0	69.1	
	4주	669.12	6,810.9	66.0	
08년 11월	1주	668.83	6,568.2	62.6	-광동댐 강수량은 22.5mm로 예년 강수량 58mm의 39%수준으로 발생 -광동댐 수위가 점차 줄어들
	2주	668.53	6,322.2	59.0	
	3주	668.34	6,169.0	56.9	
	4주	668.01	5,907.8	53.1	
	5주	667.62	5,607.0	48.8	
08년 12월	1주	667.26	5,337.0	45.0	-지자체 용수사용 확대자제와 물절약 홍보 등 가뭄대책을 요청(12.11) -댐 수위 부족으로 인한 제한급수 공문 발송(12.30)
	2주	666.85	5,038.4	40.7	
	3주	666.44	4,749.3	36.6	
	4주	665.99	4,442.9	32.2	
09년 1월	1주	665.26	3,969.9	25.4	-1단계 제한급수시행(5%감축)(01.07) -비상급수 실시 -2단계 제한급수시행(30%감축)(01.13) -3단계 제한급수시행(50%감축)(01.18)
	2주	664.68	3,615.3	20.4	
	3주	664.26	3,370.3	16.9	
	4주	663.91	3,173.6	14.1	
	5주	663.58	2,994.4	11.5	
09년 2월	1주	663.41	2,904.5	10.2	-비상급수 대비 지원인력 및 전국 지자체 생수공급 -태백시 특별재난 지역 선포 요청(02.06) -광동댐 비상용수 취수시설 설치(02.21)
	2주	663.61	3,010.5	11.7	
	3주	663.67	3,042.7	12.2	
	4주	663.57	2,989.1	11.4	
09년 3월	1주	663.45	2,925.5	10.5	-비상급수 대비 지원인력 및 전국지자체 생수공급 -급수대란극복 비상대책위 구성(03.13)
	2주	663.49	2,946.6	10.8	
	3주	664.09	3,273.9	15.5	
	4주	664.77	3,669.1	21.1	
09년 4월	1주	665.29	3,988.7	25.7	-광역상수도 정상공급(4.3)

※ 용수공급가능일수=저수량/70,000m³(광동댐 설계 당시 일 평균량)
 주) 자료 :광동댐 치수능력 증대사업 기본 및 실시설계 보고서 2004.7



적은 강수량으로 겨울가뭄의 장기화를 언론매체와 태백 시민들이 우려함에 따라 태백권관리단은 2008년 12월 30일 광동댐의 저수율에 따른 새로운 급수계획을 수립하는 한편, 태백시에 대하여 광역상수도 공급량을 단계적으로 감량할 수 있음을 통보하였다. 그리고 2009년 1월 5일 한국수자원공사는 가뭄대책 관계기관 회의에서 광동댐의 저수량과 관련한 브리핑과 함께 3단계의 단계별 제한급수계획을 확정하였다:

- ① 1단계(1.6~1.11) : 1일 30천톤의 5% 감축
- ② 2단계(1.12~1.14) : 1일 30천톤의 30% 감축
- ③ 3단계(1.15~가뭄해갈시) : 1일 30천톤의 50% 감축

태백권관리단은 1월 6일 광역상수도 5% 감량공급을 통보하고, 다음날인 1월 7일에 1단계 제한급수가 실시되었다. 제한급수가 실시됨에 따라 삼수동 사랑의 집, 절골 일부구간, 오투리조트 등 일부 지역이 단수되었고, 8일부터는 상수도사업소에 비상급수대책반이 구성되어 비상급수를 실시하게 되었다. 1단계 제한급수 실시기간 동안 광동댐 저수율이 회복, 용수공급을 정상화할 수 있기를 기대했으나 상황이 호전되지 않음에 따라 1월 12일에는 광역상수도 30% 감량공급을 결

정하고, 13일부터 17일까지 1일 2회 6시간의 2단계 제한급수를 실시하였다. 단수지역은 1단계 제한급수시의 단수지역을 포함하여 소릿골, 예랑골, 한보1단지, 고지대 980가구로 확대되었다[표 10].

가뭄이 장기화되어 감에 따라 1월 15일 태백시는 가뭄에 대한 종합적인 정보획득 및 가뭄극복 활동의 원활화를 위해 '태백시 재난안전종합상황실'을 설치·운영하게 되었다. 재난안전종합상황실은 4월 2일 4단계 제한급수가 해제되고 가뭄으로 인한 어려움이 상당부분 해소되었음을 확인, 4월 15일 재난상황실, 급수상황실 운영을 종료할 때까지 재난상황 점검 및 급수활동 조정 등 가뭄극복을 위한 활동을 실시하였다. 한편 재난안전종합상황실이 설치되던 1월 15일에는 광역상수도 50% 감량공급을 내용으로 하는 3단계 제한급수실시 방침이 수립되었고 18일부터 시행되었다.

3. 강원 태백지역 가뭄극복대책

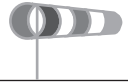
1) 제한급수에 따른 단계별 조치사항

3단계 광역상수도 감량공급에 따라 제한급수 또한 3

[표 10] 광역상수도 단계별 제한급수 현황

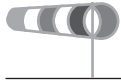
(단위 : m³)

단계별 (m³/일)	광역상수 감량공급	상수도 제한급수	광역 계약	감량		급수량 (자체포함)	부족분	비고
				비율	감량			
1단계	1. 6~1.11	1. 7~1.12	30,000	5%	1,500	34,500	7,500	일부지역단수
2단계	1.12~1.14	1.13~1.17	30,000	30%	9,000	27,000	15,000	1일2회 6시간급수
3단계	1.15~3.25	1.18~3.25	30,000	50%	15,000	21,000	21,000	1일1회 3시간급수



[표 11] 제한급수에 따른 단계별 조치사항

감량기간	감량공급량	조치사항
2009.01.06~ 01.11	계약량 5% 감량	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 제한급수 지역 <ul style="list-style-type: none"> o 사랑의집, 절골일부지역, 오투리조트 등 -오투리조트 개장과 더불어 일일 270톤 공급 필요 <input type="checkbox"/> 비상급수 <ul style="list-style-type: none"> o 소방차량1대, 자체차량1대를 이용 급수 o 7일부터 수공에서 급수차량 지원 : 2~4대(평균3대) -오투리조트 수공차량 전면 배치 -10일부터 오투 자체에서 15톤 3대 운영 -4개동 20,000병(500ml) 비치 <input type="checkbox"/> 홍보 <ul style="list-style-type: none"> o 물 절약안내 및 급수상황 전단 배포 : 25천부 o 물 절약 가두 캠페인 실시 o 각종 언론매체, 전광판 등 물절약 홍보 o 추가 단수지역 사전 홍보 : 소랏골, 예랑골 등 <input type="checkbox"/> 수원확보 <ul style="list-style-type: none"> o 백산 수원지 바이패스 실시
2009.01.12~ 01.14	계약량 30% 감량	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 자체 제한급수 전면실시 : 1일 2회 공급(오전6~9시/오후6시~9시) <input type="checkbox"/> 급수중단 지역 확대 <ul style="list-style-type: none"> o 사랑의집, 절골일부지역, 오투리조트 -6개지역 680가구, 1,410명(고지대) 확대 <input type="checkbox"/> 비상급수 <ul style="list-style-type: none"> o 1.13일부터 임차 차량(계약전 사전) 배치 : 9대 o 수공에서 급수차량 지원 4대, 소방서 5대 o 4개동 20,000병(500ml) 추가 비치(수공) <input type="checkbox"/> 주요추진 상황 <ul style="list-style-type: none"> o 황지연못 취수(6대) : 일일 158톤(화전,당골수원지) o 비상근무반 편성 : 6개반 28명 o 지역별 제수변 조정(50%), 가압장 유출밸브 조정 o 공무원 파견 조치 : 3명 => 상수도운영팀 배치 o 비상급수 지원 공무원 배치(38명) : 13일 o 1.13일 122,600천원 예비비 배정
2009.01.15~ 03.25	계약량 50% 감량	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 자체 제한급수 전면실시 : 1일 1회 공급 <ul style="list-style-type: none"> o 6개권역으로 시간대별 공급(제수변 조정을 통해 실시) <input type="checkbox"/> 제한급수지역 확대 : 8개동 시 전지역 <input type="checkbox"/> 비상급수 <ul style="list-style-type: none"> o 1.16일 임차계약 18대(16톤5대, 6톤13대) o 수공 17일 9대, 21일 14대 확대 o 오투리조트 6대(1.17일부터) <input type="checkbox"/> 주요추진 상황 <ul style="list-style-type: none"> o 하천취수 : 황지연못 → 금강골 → 옥동천 o 수원지 주변 지하수 개발탐사 실시 및 관정개발 o 인근 시군 하천 등 대체수원 확보 추진 o 물탱크 및 이동식 화장실 설치 o 재난상황실 설치 운영 o 전국 병물 지원 요청 : 2. 4일, 재난지역 선포 건의



단계로 이루어졌다. 처음 5% 감량때는 일부 고지대를 중심으로 제한급수가 실시되었으나, 30% 감량공급이 시행되면서 태백시 전지역에 1일 2차례 6시간의 제한급수가 시행되었으며, 50%로 확대되자 1일 한 차례 3시간으로 급수시간이 제한되었으며, 고지대의 급수를 위하여 6개 권역으로 나누어 시간대별로 급수가 진행되었다[표 11].

2) 비상급수 현황

제한급수의 장기화로 단수지역이 발생함에 따라 시민들의 용수불편 해소를 위하여 가뭄기간 동안 차량을 활용한 비상급수가 실시되었다. 제1단계 제한급수에 따라 차량을 통한 비상급수활동이 처음 실시된 2009

년 1월 7일부터 5월 8일까지 태백시청(임차차량 포함), 소방서, 한국수자원공사, 군부대 등 다양한 기관들의 급수활동을 통해 일평균 48명의 인력, 18대의 차량이 동원되어 873톤의 용수를 공급할 수 있었다[표 12].

3) 대체수원 확보

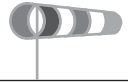
대체수원확보를 위해 26개의 관정을 시추하였으며, 이중 가뭄기간 중 16개공에서 2,050톤/일의 지하수를 취수하여 용수를 공급하였으며, 8개소의 농촌관정을 보수하여 1일 310톤의 용수를 취수하여 각 정수장에 공급하는 등 다소나마 용수확보에 노력하였다[표 13].

[표 12] 차량이용 비상급수 현황(총괄)

구분	계	시청	소방서	수공	군부대	기타	일평균
동원인력(명)	5,833	1,455	906	482	1,895	1,095	48
차량수(대)	2,155	373	410	768	298	306	18
급수량(톤)	106,541	47,216	3,332	31,502	2,638	21,853	873

[표 13] 대체수원 확보현황

구분		수량 (개소)	취수용량 (㎥/일)	연취수량 (㎥)	개발지	비고	
태 백 시	계	23	5,276	51,628			
	관정 개발	소계	20	2,360	14,679		
		신규	16	2,050	8,475	추진중 중단(폐공)3,당골 원동,백산,혈리,구문소,천포	
		보수	8	310	6,204	백산,예수원,귀네미 등	농촌관정
	하천수 취수	3	1,516	36,949	황지연못,금강골,옥동천		
수공	관정개발	3	1,400	취수장 유입			



또한 부족한 용수를 확보하기 위하여 삼척시, 영월군, 정선군에 하천수 취수를 승인해 줄 것을 요청하는 공문을 시행함과 동시에 하상을 정비하고 양수기를 확보하는 등 하천수 취수를 위한 노력을 지속적으로 펼쳐나아갔다. 그러나 극심한 가뭄으로 하천수마저 수량이 충분치 않고 수질기준에 적합하지 않아 충분한 양을 취수하기에는 역부족이었다. 하천수는 20여년 만에 처음으로 1월 13일 황지연못 물을 취수하기 시작하였으며, 자연휴양림이 소재하고 있는 금강골 계곡물과 영월군 상동읍에 소재하고 있는 태백산 계곡의 옥동천 물을 취수·정수처리하여 생활용수로 활용할 수 있도록 하였다. 세 곳에서 취수한 용수는 모두 3,700여 톤으로 하루 평균 510여 톤에 달하였다.

4) 동파 누수관로 및 계량기 교체

태백시는 한국수자원공사와 상수도 누수관로의 탐사를 4차례 실시하였으며, 추운 겨울철 제한급수에 따라 동파된 누수관로와 계량기를 보수하고 교체하였다[표 14].

제한급수기간중 누수관로 동파보수는 447건, 동파계량기 교체는 287건이었으며, 1차 상수도 누수관로 탐

사는 황지북부권을 대상으로 2009년 2월 3일부터 6일까지 실시되었고, 2차 탐사는 2월 10일부터 13일까지 황지남부권을, 3~4차는 장성권과 철암권을 대상으로 4월 14일부터 17일까지 실시되었다. 해당 탐사는 가뭄극복을 위한 유관기관간 협력의 일환으로 실시되었다.

5) 이동식 화장실 설치

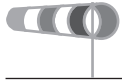
제한급수에 따른 화장실이용의 생활불편 완화를 위해 일정지역 단위로 이동식 화장실을 설치하였다. 총 46개동의 이동식화장실을 주요 거점 및 고지대, 아파트 단지 등에 설치하여 주민들의 편의를 도모하고자 하였다[표 15]. 이와 함께 정보산업고와 태백고등학교에 이동식 화장실을 설치하여 학생들의 학습에 불편을 최소화하였다.

6) 수질검사 및 수도요금 감면

물탱크나 학교급수시설, 차량을 통해 공급되는 용수에 대해 총 277회의 수질검사가 실시되었다. 또한 용수공급에 활용할 수 있을 것으로 기대되는 총 50여 개소의 대체수원에 대한 용수적합성 여부를 확인하

[표 14] 동파 누수관로 교체현황

구분	구분	계	1월	2월	3월	4월
동파 누수관로	'08년	183건	38	45	55	45
	'09년	447건	248	119	46	34
	변동	264	210	74	△9	△11
동파 계량기	'08년	223건	103	85	22	13
	'09년	287건	144	69	36	38
	변동	64건	41	△16	14	25



[표 15] 이동식 화장실 설치현황

구분	계	설치장소
계	46	
황지동	5	대윤아파트2, 궁전아파트2, 태백오피스텔1
황연동	5	통리역4, 다인실업1
삼수동	18	태백역12, 용연동굴4, 팔마아파트2
상장동	11	유진2차아파트2, 노인요양원2, 풍전연립1, 청록아파트2, 태백감리교회1, 문곡역3
문곡소도동	3	태산사1, 독립공원2
장성동	2	장성석공2
구문소동	2	수목전시관화장실2

기 위해 124회에 걸쳐 수질검사가 이루어졌다[표 16]. 가뭄이라는 특별한 경우를 고려하고 3개월 동안 태백 시민들이 입은 식용수 사용부족 및 생활불편을 기친 데 대한 보상차원에서 태백시에서는 제한급수 기간에 한해 수도전별로 월 3m³씩의 수도요금, 총 178,472 m³에 부과되는 수도요금 약 1.4억 원을 감면하였다.

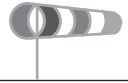
7) 유관기관 사랑의 생명수 지원

상수도 고갈에 따른 용수공급의 어려움과 주민불편의 최소화를 위해 국내 생수업체 및 전국 지방자치단체에 대해 사랑의 생명수 지원을 요청하는 서한문을 보내어 사랑의 생명수는 모두 448개기관 및 단체에서 총 3,649,170명을 지원받았다. 이중 기관에서는 가장 많은 121개 기관에서 1,018천병의 사랑의 생명수를 지원하여 주었고, 108개 단체에서 689천병, 129개 업체에서 1,730천병, 기타 학교 및 종교단체와 개인이 210천병의 생명수를 지원해 주었다.

[표 16] 수질검사 현황

구분	연도	계	1월	2월	3월	비고
무료검사	'08년	2	-	-	2	
	'09년	46	2	30	14	
가뭄관련	'09년	277	69	102	106	
변동	-	321	71	132	108	

주) 법정검사는 '08년과 동일하므로 현황에서 제외



[표 17] 사랑의 생명수 접수현황(태백시)

구분	계	기관	단체	업체	학교	종교	개인
기관·단체수	448	121	108	129	8	29	53
접수량(병)	3,649,170	1,018,680	689,834	1,730,337	12,639	191,062	6,618

주) 사랑의 생명수 용량(규격)은 구분하지 않음, 기독교연합회 자체접수 및 개별배부 미포함

4. 시사점

1) 태풍정보 및 집중호우 관련 기상예보가 댐 저수량 관리에 매우 중요하다.

태백권관리단에서는 광동댐에 대하여 2008년 7월 19일부터 20일까지 85 mm의 강우와 태풍 ‘갈매기’의 북상이 예보되어 예비방류를 실시하였으나, 7월 20일 태풍은 군산 서쪽 170km에서 소멸하였다.

그리고 8월 16일 기상청에서 60 mm의 강우를 예보하여 댐 수위가 상시만수위를 초과할 것으로 예상됨에 따라 비상방류관을 통한 사전예비 방류를 실시하였으며, 9월 1일 30~80 mm의 강우가 예보되어 사전방류를 지속하였으나 실제 4 mm의 강우량만 나타났다. 이상과 같이 홍수기에는 효율적인 댐 저수량 확보를 위해서 수문분야에 특화된 기상예측 정보의 생산과 제공이 이루어질 필요가 있다.

2) 지역별로 세분화된 장기예보 서비스가 필요하다.

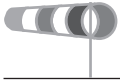
광동댐은 9월부터 급격하게 줄어든 강우량으로 인해 댐 수위가 저수위에 근접하게 되었으나, 기상청에서 8

월 13일 발표한 8월부터 10월까지 월별 기상예보에 의하면 강수량은 8월 하순부터 11월 중순까지와는 9월 하순과 상순, 11월 상순은 평년보다 적겠고, 나머지 기간은 평년강수량과 비슷하거나 많겠다고 예보하였다.

이에 태백권관리단에서 광동댐 수위관리를 함에 있어 기상청에서 발표한 기상예보의 강수량 정보가 중요하 요소임은 누구도 부인할 수 없을 것이고, 기상예보에 따라 평년과 비슷한 강수량이 오면 용수공급에 차질이 없을 것으로 판단하였을 것이다.

그러나, 9월에는 10년 평년 강우량인 297.9 mm의 17.5%인 47.7 mm가 내렸고 10월부터 12월 사이도 10년 평균강우량인 110.6 mm의 약 45.1%인 49.9 mm가 내려 기상예보와는 다른 양상을 보였다. 최근 기후변화에 따른 이상기온 등이 심화되고 있고 지역별로 강우 편차가 크게 나타나고 있으므로 지역 특성을 고려하고, 좀 더 세분화하여 권역별로 장기예보를 할 필요가 있다고 생각된다.

3) 댐 관리자의 용수관리 미숙이 제한급수 고통을 심화시켰다



기상청의 3개월 예보가 실제와 맞지 않았다 하더라도 댐 관리자는 강수량이 부족하여 용수공급에 어려움이 발생할 수 있을 것이라는 것을 충분히 알 수 있었을 것이나 너무 안이하게 댐 용수관리를 한 것이 아닌가 생각된다.

12월부터 2월까지 기상청 3개월 예보를 보면 12월과 2009년 1월에는 강수량이 평년과 비슷하겠고 2월에는 강원도 영동 산간 지방은 다소 많은 눈이 오는 것으로 예보되었으나, 태백지역에 내린 강수량은 12월에 15.5 mm, 2009년 1월에 17.9 mm, 2월에 16.5 mm로 합계 49.9 mm 정도에 불과하였다.

광동댐 수위가 낮아 용수공급에 문제점이 발생되어 2009년 1월 7일 1단계 제한급수(5%감축)를 시행한 6일 만인 1월 13일 2단계 제한급수(30% 감축)하고, 또 다시 5일 만인 1월 18일부터 3단계 제한급수(50% 감축)를 하는 최악의 사태가 발생하였다.

댐 관리 실태를 보면 [그림 4]에서 보듯이 강수량이 부족한 10월부터 급격히 댐 수위가 낮아지는 것을 알 수 있고, 12월에는 댐 수위가 665.99 m로 이수기의 안정적인 공급수위인 669 m보다 약 3 m 정도 낮게 되었다. 돌이켜 보면 10월부터 가뭄대책을 수립하여 물 절약 등을 홍보하고 최소한의 제한급수대책을 지속적으로 추진하였더라면 50%의 제한급수라는 최악의 사태는 막을 수 있지 않았을까 생각한다.

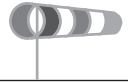
댐을 효율적으로 관리하기 위해서는 홍수기에는 태풍 정보와 집중호우 등 강우에 대한 기상예보에 따른 예비방류 등의 의사결정이 댐의 안정성뿐만 아니라 홍수

재해관리를 위해 무엇보다 중요하다. 또한 이수기에는 최악의 가뭄이 발생하여도 안정적인 공급이 가능토록 하는 용수관리의 중요성은 몇 번을 강조하여도 지나침이 없다. 이를 위해 기상청에서 발표하는 장기예보의 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 또한 장기 기상예보가 잘 맞지 않더라도 강수량과 가뭄의 진행 추이를 분석하여 안정적인 용수관리대책을 추진할 필요가 있음을 광동댐 가뭄대책 실패 사례에서 시사하는 바가 크다.

III. 맺음말

최근 지구온난화에 따른 세계적인 기후변화로 홍수와 가뭄 등 자연재해가 빈발하고 있으며, 이로 인하여 많은 인명과 사회·경제적 피해가 발생하고 있다. 아직까지 우리나라를 포함한 세계 각국에서는 홍수와는 달리 가뭄에 대한 제도적인 지원책이 미흡한 것이 현실이다. 그것은 오랜 역사를 두고 홍수와 가뭄은 반복되어 왔지만, 홍수와는 달리 가뭄은 그 현상이 장기간 지속되고 피해 또한 서서히 나타나기 때문인 것 같다.

소방방재청에서는 기상청에서 발표하는 1개월 또는 3개월 장기예보 자료와 예년의 자연재난 및 인적재난 발생 사례 등을 종합·분석하여 월별 또는 3개월간 중점 추진할 사항을 포함한 “재난종합상황분석 및 전망”을 매월 책자로 발간하며, 관련 부처 및 유관기관과 지방자치단체, 재난관련 전문가 등에게 송부하여 활용토록하고 있다. 또한 소방방재청 홈페이지에 게재하는 등 국민들에게 정보를 제공하여 국민 스스로 생활에서 계획을 짜고 실천하는데 도움이 되도록 정보를 제



공하고 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 태백지역 가뭄재해에 따른 지역 주민의 고통은 너무나 컸었다. 이와 관련하여 기상예보의 중요성에 대해서는 말이 필요 없을 것이다. 따라서, 각종 재난을 사전에 예방하고 대비하며 신속한 대응과 적절한 수습을 위한 재난 관리 전반에 걸쳐 기상청의 장기예보가 영향을 미치게 되므로 정확성 향상을 위해 정책적 배려를 통한 개선 등이 절실하다.

오늘날 기상예보는 생활이 윤택해지면서 많이 늘어난 여가 생활에 필수적인 정보다. 특히, 주말이나 휴일의 날씨에 대한 사회적 관심이 놀라운 수준으로 높아졌다. 주말이나 휴일의 기상예보가 조금이라도 빗나가면 엄청난 비난이 쏟아진다. 다른 사회에서는 찾아보기 어려운 현상이다. 심지어 휴일에 비가 내리는 것이 기상청의 탓인 것처럼 느끼는 경우도 있다.

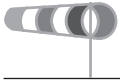
그러나, 기상청의 장기예보는 과학의 결집으로 가능한 일이며, 기초과학과 응용과학이 어우러져야만 자연현상의 복잡성·불확실성을 예측 가능한 현실로 만들 수 있을 것이다. 게다가 지구온난화 영향으로 장기예측에 영향을 미치는 변수는 더욱 복잡해지고 있다. 현대 사회에서 기상예보의 가장 중요한 사회적 가

치는 태풍, 폭우, 폭설, 해일과 같은 자연재해에 대한 예방 기능이다.

댐 관리에 있어 홍수대비 사전방류, 저수율 관리 등은 기상예보에 의존할 수밖에 없는 상황이며, 또한 여름철이면 계곡마다 가족단위 피서객들로 북적이곤 하는데 이는 무더위와 장마가 겹치는 시기에 맞춰 산간계곡을 찾는 것이 때로는 위험한 일이기도 하다. 무더위가 기승을 부리는 7~8월 산간계곡에서는 집중호우에 따른 인명피해가 거의 매년 되풀이되기 때문이다. 따라서 세부적인 지역까지 기상예보를 정확하게 맞추는 것은 현실적으로 어려운 것은 사실이지만 여러 사항을 고려하여 볼 때 기상예보의 정확도는 무엇보다 중요한 것으로 판단된다.

참고문헌

- 태백시, 발원지 고장 태백시 가뭄백서, 2009.
- 소방방재청, '08년도 월별재난종합상황 분석 및 전망 총괄편
- 소방방재청, '09년도 월별재난종합상황 분석 및 전망 총괄편
- 행정자치부 국립방재연구소, 2002 태풍 루사 피해 현장조사 보고서, 2002.



장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래

김지영

기후과학국 기후예측과 기상연구원
aceasia@korea.kr

이현수

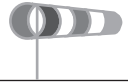
기후과학국 기후예측과 기상주사
hslkma@korea.kr

I. 서론

2010년은 아직 4개월 정도 남아 있음에도 불구하고 기상이변이 자주 나타난 아주 특이한 해로 기록될 것 같다. 지난 봄과 여름 동안 북반구, 남반구, 아시아, 유럽, 북아메리카 등 어느 곳 할 것 없이 이상기후로 몸살을 겪고 있다. 지난 1월부터 7월까지의 전지구적 평균기온이 20세기 평균보다 0.68℃ 높아 기온관측이 시작된 1880년 이래 가장 높은 해로 기록되고 있다. 지난 겨울철에는 1950년 이래 가장 강했던 북극진동(Arctic Oscillation)의 영향으로 북아메리카와 유럽, 그리고 동아시아에 이르기까지 북반구 대부분의 지역에서 이상한파와 폭설이 나타났다. 봄으로 접어들면서 동아시아 지역에서는 이상저온 현상이 지속적으로 나타난 반면 유럽과 북아메리카 등 북반구의 다른 지역에서는 이상고온 현상이 나타나면서 전지구적

인 기온 분포가 지역적으로 심한 불균형 상태를 보였다. 또한 러시아 지역의 여름철 이상고온과 산불은 세계 곡물 시장의 판도를 바꿀 정도의 파괴력을 지니기에 충분하였다. 이웃나라 일본은 북태평양 고기압의 발달로 여름철 평균기온 통계를 시작한 1898년 이후로 가장 높았고 장기간 지속된 극심한 폭염으로 인한 사망자가 속출하기도 하였다. 우리나라도 예외가 아니어서 한파, 이상저온, 폭염, 강수량 분포, 태풍의 발생과 영향 등에서 예전에 볼 수 없었던 기후 패턴이 계속해서 나타나고 있다.

이상기후 현상은 산업경제적 측면 뿐 아니라 우리들의 일상생활에도 실질적인 영향을 주고 있다. 따라서, 수개월 이전에 기후상태를 미리 알 수 있다면 그 사회경제적 효과와 가치 또한 매우 클 것이 분명하다. 이와 같은 이유로 인해 미국, 영국, 일본, 호주 등 세계 각



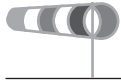
국에서는 장기에보 기술을 향상시키기 위해 많은 연구 인력과 예산을 투자하고 있다. 우리나라도 1960년대부터 월간예보를 시작으로 현재의 연 전망 정보 생산에 이르기까지 지속적인 발전을 거듭해 왔다. 본 고에서는 우리나라 장기에보 업무의 역사와 현황을 간략하게 살펴보고 미래의 바람직한 발전 방향을 제시해 보고자 한다.

II. 장기에보 업무의 역사

기상청에서 장기에보 업무는 1964년에 대내용 월간예보 자료를 생산하면서부터 시작되었다. 대외적 서비스 업무는 1973년 6월에 중앙관상대 연구조사부에서 월간예보를 처음 발표하면서 시작되었다. 이후 1984년 5월에 중앙기상대 예보국 예보관실에서 처음으로 계절예보를 여름과 겨울철에 대해 연 2회 발표하기 시작하였으며, 1991년 2월에 예보국 예보관실에서 4계절로 확대하여 발표하기 시작하였다. 그러나 이때까지의 장기에보는 주로 유사년 등 통계적인 기법에 의해 실시되어 왔으며, 주로 단기 및 주간예보를 담당하는 예보국 소속의 현업 예보관실에서 담당하였기 때문에 장기에보 전문가가 거의 전무하였다고 해도 과언이 아니었다. 점차 엘니뇨/라니냐 및 지구온난화 등 이사회적 이슈로 떠오르면서 장기에보 및 장기적인 관점에서의 기후에 대한 관심이 고조되기 시작하였다. 이에 따라 1998년 4월에 처음으로 월간 및 계절예보와 이상기후 업무를 위주로 한 테스크 포스로서 지금의 기후예측과의 전신이라 할 수 있는 “장기에보반”이 태동하게 되었다.

장기에보반 출범과 동시에 그동안 시행되어온 원시적인 방법에 의한 장기에보에서 탈피하고 다양한 객관자료 분석 및 워크스테이션에 의한 자동화 작업 등 일대 변화가 있었으며, 학계와의 공동 연구를 통해 수치예보 모델에 근거한 장기에보 생산 체제로서 엘니뇨/라니냐 예측모델 및 장기에보용 역학모델이 개발되었다. 이를 토대로 1999년 12월 28일에는 기존의 월간예보(매 월말 통계적인 방법에 의해 1회 발표) 대신 장기에보용 역학모델(GDAPS_T106L21)을 이용한 매 순별 1개월예보제로 확대 시행하게 되었다. 2000년 8월 1일에는 기상청의 대폭적인 조직개편에 의해 기존의 예보국 소속의 장기에보반과 기후자료과가 통합되면서 기후예측과가 탄생하게 되었다.

이후에도 학계와의 공동연구가 계속되면서 계절예보 생산을 위한 장기에보용 역학모델이 도입되었으며, 내부 보완 작업을 거치면서 2001년 11월 27일부터는 매년 5월과 11월에 발표하는 6개월예보제를 시행하게 되었다. 이와 같은 장기에보 발표와 함께 2001년부터 새로운 기후 평년값(1971~2000 평균)이 적용되면서 과거 기후값에 기초를 둔 기온, 강수량의 계급 기준 재설정에 대한 검토 필요성이 부각되었을 뿐만 아니라 수치예보모델에 근거한 장기에보 생산 체계가 구축되면서 보다 객관적인 장기에보 및 장기에측모델의 평가 체계를 확립하고 이에 따른 향후 발전 방향의 지표로 설정하여야 할 필요성이 제기되었다. 이에 따라 2002년 8월 1일에는 장기에보 개선 및 평가지침을 확정하게 되어 2002년 8월말 발표된 가을철 예보부터 공식적으로 적용하게 되었다. 즉, 장기에보에 있어 기존의 5분위 체계에서 벗어나 3분위 체계로 변경하기로 하였으며, 장기에보 평가를 위해 국제적으로 널리 통용



되는 HSS(Heidke Skill Score)를 도입하게 되었다.

장기예보의 종류로는 1개월전망, 계절예보 및 6개월 예보로 구성되어 발표하여 왔으나, 다양화된 산업·경제 활동 및 국민들의 레저·문화 활동의 증대로 급증하고 있는 장기예보 서비스 수요에 부응하고자 2006년 3월부터 계절예보를 개선·보완하여 3개월전망을 매월 운영하고 있다. 2008년 5월부터는 연 2회 발표하던 6개월예보를 폐지하고 연 4회(2, 5, 8, 11월)에 걸쳐 다음 다음 계절에 대한 기온 및 강수량의 확률 정보 제공으로 구성된 기후전망을 발표하고 있다.

2009년 10월부터는 기존의 전국 평균에 대한 장기예보를 개선하여 지역별 기후특성을 반영한 12개 구역별로 상세 장기예보 정보를 제공하고 있다. 기후전망은 기상법 제22조 및 동법 시행규칙 제6조에 의거, 매년 2월에는 여름철 기후전망을, 5월에는 가을철 기후전망을, 8월에는 겨울철 기후전망을, 11월에는 다음해 봄철의 기후전망을 발표하게 된다. 2010년 5월부터는 5개 지방기상청(부산, 광주, 강원, 대전, 제주) 및 5개 특·정보기상대(대구, 인천, 전주, 춘천, 청주)에서 관할 지역의 기후특성을 반영하여 장기예보를 직접 생산하여 서비스하고 있다[표 1].

III. 장기예보 업무 현황

기상청의 장기예보 및 기후전망에 대한 운영 현황은 [표 1]에 제시되어 있다. 현재 1개월전망 및 3개월전망 자료의 생산을 위하여 장기예보 전지구 역학모델 및 상세모델을 각각 매순 1회(연 36회), 매월 1회(연 12

[표 1] 기상청의 장기예보 업무 변천사

시기	내용
1964	월간예보(대내)
1973. 6	월간예보(대외)
1984. 5	계절예보(여름, 겨울)
1991	계절예보(봄, 여름, 가을, 겨울)
1999	GDAPS 결과 활용
2000. 1	1개월전망 실시
2001	기후값 교체(1971~2000)
2001. 11	6개월예보 실시
2002. 9	3분위제 전환
2006. 3	3개월 전망 실시 전지구해수면온도예측 기후값 계산방법 변경(AMIP-)SMIP/HFP)
2008. 5	기후전망 발표
2009. 10	상세 장기예보 발표
2010. 5	지역 장기예보 및 계절기상예보 확대 시행 (5개 지방기상청, 5개 특·정보기상대)

회) 수행하며, 경제조건으로 사용되는 전지구 해수면 온도 예측자료는 매월 첫순(월1회)에 수행한다. 3개월 전망 자료 생산의 참고자료로서 통계 분석 모델(주기 분석법과 다중회귀 분석법)을 사용한다. 또한 전지구 해수면온도 예측자료는 장기예보 전지구 역학모델의 경제조건뿐만 아니라 엘니뇨/라니냐의 감시 및 예측에도 사용된다. 기후전망 자료의 생산을 위해서는 매년 2월, 5월, 8월, 11월에 장기예보 전지구 역학모델의 적분기간을 230일로 연장하여 수행하며, 예측된 결과에 통계적 방법을 적용하여 확률 정보를 생산한다.

장기예보 발표 시, 표현방법은 3분위로 기온의 경우 평년보다 높음, 비슷, 낮음으로 구분하고, 강수량의 경우 평년비를 이용하여 평년보다 많음, 비슷, 적음으로 구분하여 발표하고 있다[표 3].

[표 2] 기상청의 장기예보 및 기후전망 운영 내용

종류		1개월전망	3개월전망	기후전망
발표일		매월 3, 13, 23일	매월 23일	2월, 5월, 8월, 11월 23일
모델명 (GDAPS)	공간해상도	2.5° × 2.5°		
	공간분포	전지구(Global)		
	선행시간	약 3주		
	표출방법	이미지		
예보형태		3분위제(낮음(적음), 비슷, 높음(많음))		3분위 확률 정보
예보내용		순별, 월별 평균 기온 및 강수	월별, 3개월별 평균 기온 및 강수 ※ 계절별 전망 - 봄 : 황사 - 여름 : 태풍 - 가을 : 태풍	엘니뇨/라니냐 전망, 기온 및 강수 확률 ※ 발표일, 예보기간 - 2월 : 여름철 - 5월 : 가을철 - 8월 : 겨울철 - 11월 : 봄철
예보지역		전국 12개 구역		전국평균

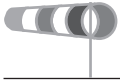
[표 3] 장기예보 3분위 기준

계급	구분	기온 편차(°C)		강수량 평년비(%)	
		순별	월별/3개월	순별	월별/3개월
높음(많음)		0.7<	0.5<	130<	120<
비슷		-0.7~0.7	-0.5~0.5	50~130	70~120
낮음(적음)		-0.7>	-0.5>	50>	70>

IV. WMO 장기예보 선도센터의 설립과 국제 협력

기상청은 기후예측 기술을 개발하고, 고품질의 기후예측 자료를 제공하기 위하여 미국 기상청과 함께 다중모델앙상블센터를 설립하였고, 2009년 3월 25일부터 4월 2일까지 크로아티아에서 개최된 제14차 WMO CBS 총회에서 “WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO Lead Center for Long-

range Forecast Multi-Model Ensemble, LC-LRFMME, 이하 WMO 장기예보 선도센터”)로 인준 받았다. WMO 장기예보 선도센터의 목적은 WMO에서 지정한 11개의 전지구 장기예측자료 생산센터(GPC)와 협력하여 전세계 기후예측 자료 공유를 위한 허브 역할을 수행하고, 자료 표준화 및 기후예측 기술을 개발함으로써 기후예측 분야에서 선도적인 역할을 수행함으로써 WMO 회원국을 지원하는 것이다. 앞으로도 WMO 장기예보 선도센터는 고품질의 기후



전염병 방제를 위한 지원

아프리카지역에 강수량, 기온 등 계절예측자료 제공

세계기상기구, 국제기후연구소(미국) 남아프리카 가뭄감시센터

지역기후포럼 지원

PRESAO, GHACOF, FOCRAII, SASCOF

WMO 장기예보 선도센터

교육 활동

아프리카 지역의 기상 재해 대응력 개선 (2009. 5)

남아시아, 동부 및 남동부 아프리카 지역의 기후변화와 예측 (2009. 6)

[그림 1] WMO 장기예보 선도센터의 활동

예측 자료를 제공하고 더욱 진보된 기후예측 기술을 개발하여 WMO 회원국 간의 기후예측 능력 및 기술의 교류에 기여할 것이다. 또한, 이상기후 및 기후변화로 인한 전세계의 자연재해를 줄이는데 기여할 것으로 기대를 모으고 있다.

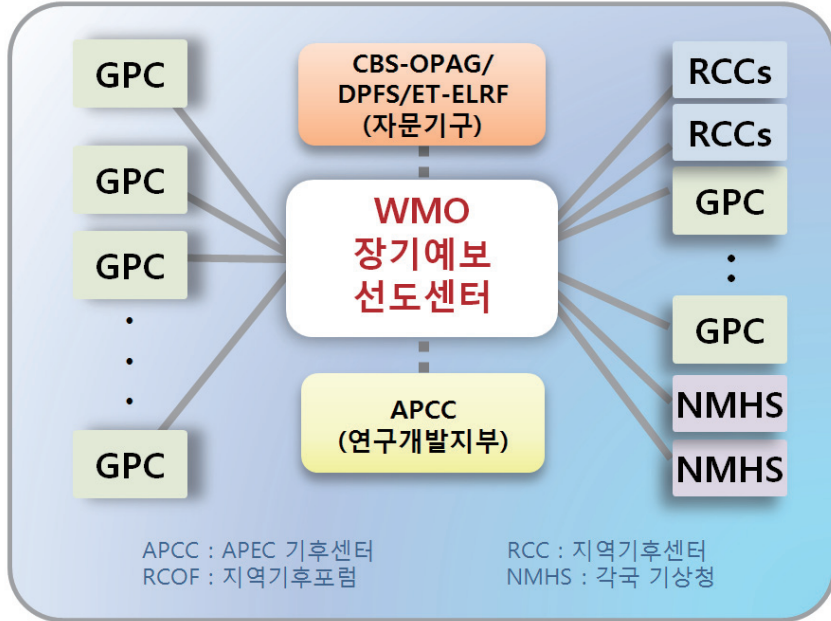
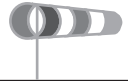
- 5) 다른 모델과의 비교를 통한 모델 성능 정보를 GPC에 피드백
- 6) WMO 전문가 회의에서 합의된 선도센터 자료 생산
- 7) 표준화된 디지털자료 제공(제한적)

WMO 장기예보 선도센터의 주요 기능은 다음과 같다.

- 1) 모든 GPC의 시스템 구성 자료 제공
- 2) GPC 예측자료 수집
- 3) GPC 자료 표준화 및 표출
- 4) 다중모델 앙상블(MME) 기술 연구 및 경험 증진, GPC, 지역기후센터(RCC), 각국 기상청(NMHS)에 MME 기술 지원 및 가이던스 제공

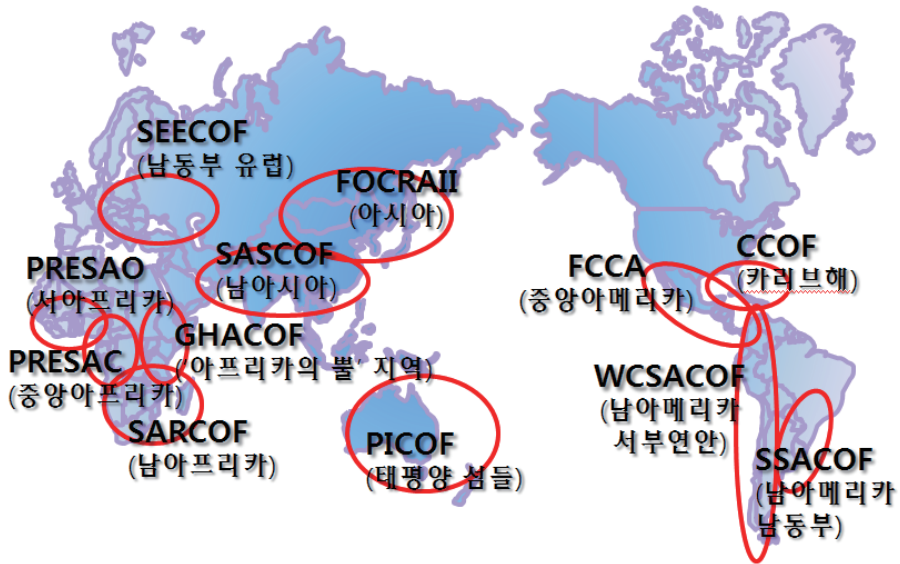
V. 앞으로의 발전을 위한 제언

기상청은 현재의 GDAPS 모델을 이용한 역학적 기후예측 자료 생산 체제를 금년 내에 UM 대기모델로 대체할 계획을 가지고 있다. 그러나, 대기모델 만으로는 해수면 온도 등 해양의 변화에 따른 영향을 반영할 수 없기 때문에 수개월 후의 기후상태를 예측하는데 한계가 따른다. 따라서, 궁극적으로는 대기와 해양 사이

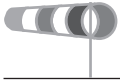


[그림 2] WMO 장기예보 선도센터의 기능

전세계지역기후포럼



[그림 3] 전세계 지역기후포럼



의 물리적 상호작용을 반영할 수 있는 대기-해양 결합 모델(coupled model)을 현업적으로 사용할 필요가 있다. 이에 따라 기상청은 지난 6월 21일 영국기상청(UKMO)과 계절예측시스템의 공동 운영에 관한 협약을 체결한 바 있다. 새롭게 도입될 UM((HadGEM3) 기반의 GloSea4(N96L60+ORCA1L42) 모델은 금년 하반기에 포팅을 시작으로 시험운영과정을 거쳐 향후 수년 내에 현업용으로 사용될 계획이다. 이때, 영국기상청과 앙상블 모델 구동을 각자 동시에 운영하게 된다.

장기 기후예측 분야의 선두를 달리고 있는 영국 기상청과의 기술협력과 모델의 공동 운영을 통하여 조기에 선진기술에 근접할 수 있다는 점은 우리에게 기회 요인으로 작용할 것으로 보인다. 그러나, 향후에는 이를 기반으로 하여 장기 기후예측을 위한 독자기술력을 확보할 필요가 있다. 특히, 장기예측에서 경계조건(boundary condition)으로서 중요한 부분을 차지하는 해양 자료동화(ocean data assimilation) 기술이나 해빙(sea ice) 수치모의 기술 등에 대해서 기술개발과 인력의 양성이 시급하다. 모든 분야에서 그렇듯이 원천기술을 확보하거나 독자적인 기술력을 보유하기 위해서는 중·장기 발전 계획을 수립하여 예산을 투자하고 인력을 양성하는 것이 필요하다. 특히, 기후예측 모델은 대기모델 보다 기후시스템 전체를 다루어야 하기 때문에 물리과정이 더욱 복잡하므로 더 많은 노력과 투자가 필요하다.

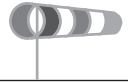
미래 사회에는 이상기후와 장기예측 정보를 필요로 하는 사용자가 더욱 늘고 다양할 것으로 예상된다. 왜냐하면 기후변화로 인해 기상이변의 발생빈도와 강도가

증가하고 그 지속성은 더욱 길어질 것으로 예상되고 있고, 다른 한편으로 이를 극복하려는 인간의 노력 또한 더욱 적극적일 것이기 때문이다. 따라서, 방재, 농업, 에너지, 수자원, 보험, 보건 등 다양한 분야에서 필요로 하는 적절한 형태의 시공간적으로 수치화된 장기예측 자료의 생산과 활용 기술 개발이 필요하다. 특히, 이를 위해서는 계량 경제학, 사회학, 지리학, 통계학, 예방의학 등 타 분야와의 과감한 다학제적 접근과 시도가 필요하다.

VI. 맺음말

지구가 점점 더워지고 있고 과거에 경험할 수 없었던 기상이변이 자주 나타나고 있다. 그에 따른 사회경제적 피해의 규모 또한 점점 커지고 있다. 이상기후로 인한 피해를 줄이고 편익을 증진시키기 위해서는 그 원인에 대한 과학적 이해를 바탕으로 정확하게 예측할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 이러한 업무를 현재 기상청과 국립기상연구소에서 담당하고 있다. 그리고 국내의 연구소 및 대학에서 연구와 교육을 병행하고 있고, 일부 기후 관련 전문업체에서도 참여하고 있다.

지금까지 국내의 학계와 연구소에서는 한반도를 중심으로 한 동아시아의 지역기후와 그 변화를 규명하기 위하여 많은 노력과 더불어 가시적인 성과를 거두어 왔다. 그리고 그동안 배출된 전문 인력들이 국내는 물론 국제적으로도 널리 인정받으며 활발한 연구 활동을 하고 있다. 그러나, 우리나라를 둘러싸고 있는 방대하고 복잡한 사계절의 기후의 현상과 그 변화를 이해하고 예측하기에는 아직도 많은 것들이 부족한 게 현실



이다. 특히, 장기예보 현업에서 실제로 활용할 수 있는 안정적 시스템의 개발, 지식과 정보의 재생산과 보급 등 앞으로 해야 할 일들이 많이 남아있다.

좋은 장비와 기기는 충분한 예산이 주어지면 어렵지 않게 확보할 수 있다. 그러나, 우수한 인재를 양성하고 배출하기 위해서는 상당한 시간과 노력을 필요로

한다. 하지만 우수한 인적자원의 확보 없이는 장기 기후예측 기술의 발전을 기대하기는 어렵다. 21세기 고도의 지식정보화 사회가 필요로 하는 기후예측 서비스를 효과적으로 담당하기 위해서 기상청, 학계, 연구소, 민간기업 등의 효율적 역할 분담과 긴밀한 협력이 더욱 필요하다. 또한 장기 기후예측정보의 활용적 측면에서 새로운 시도와 준비가 필요하다.



영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후영향에 관한 서비스 현황

조 경 속

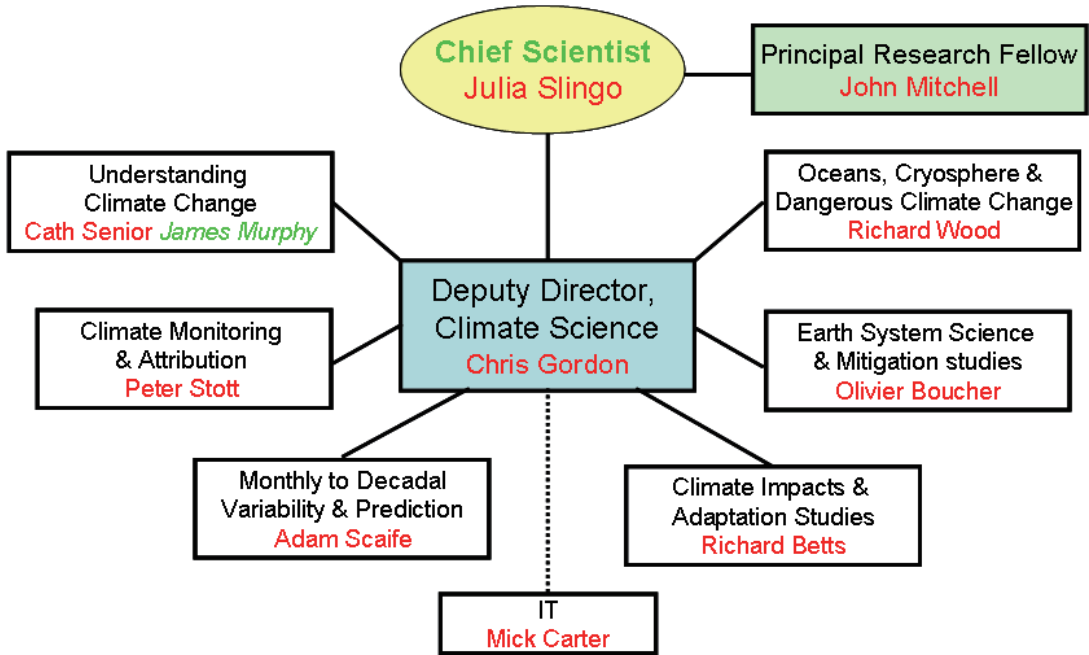
Met Office Hadley Centre 파견 중
kyungsuk.cho@metoffice.gov.uk

I. 해들리 센터 설립 목적 및 현황

영국기상청(Met Office)의 기후예측의 태동은 1950년대로 거슬러 올라간다. 영국기상청의 한 부서로 기후업무를 시작한 이후 기후관련 업무는 1960년대 초까지는 장기예보와 역학기후모델 개발에 주력하였으나 그 중요성과 역할은 그다지 크지 않았다. 그러나 1962/63년 겨울철 재해기상 발생을 계기로 장기예보를 포함한 기후예측에 대한 관심과 투자가 증대되었고, 1970-80년대에 들어서는 기후변화의 원인 및 영향에 대한 연구에 집중하였다. 특히 1988년 IPCC (International Panel on Climate Change) 설립과 더불어 전세계 우수 대기과학 연구기관에서 기후변화에 대한 과학적 원인규명과 이해를 위한 연구가 본격적으로 활성화 되면서 1990년 5월 해들리센

터(Hadley Centre)가 설립되었다. 센터의 목적은 기후와 기후변화에 대한 포괄적 분석·평가 및 예측기술 개발로 구체적 내용은 다음과 같다.

- (i) 기후변화 영향에 관한 이해 및 기후모델 예측기술 개발
- (ii) 준 실시간 기후 및 기후변화에 관한 포괄적 모니터링 및 분석
- (iii) 기후 및 기후변화에 관한 탐지 및 영향 평가
- (iv) 기후변화 불확성을 평가하기 위한 기술 개발
- (v) 기후변화 적응 및 완화와 관한 정부의 정책수립 지원
- (vi) 국제적 지원 및 기술교류 등의 협력을 통한 세계 선도 센터로의 지위 확보



[그림 1] 해들리센터 조직도(6개 연구그룹 및 IT 서포팅 팀) (2010년 9월 현재)

올해 20주년을 맞이한 해들리센터는 영국기상청 내 기후에 관한 모든 분야를 총망라해 기초이론부터 응용기술 개발 그리고 기후예측정보 생산 및 기업, 관련 정부부처에 대한 컨설팅까지 포괄하고 있다. 총 6개의 연구그룹 및 IT 서포팅 팀(Understanding Climate Change, Climate Monitoring & Attribution, Monthly to Decadal Variability & Prediction, Oceans, Cryosphere & Dangerous Climate Change, Earth System Science & Mitigation studies, Climate Impacts & Adaptation Studies 및 IT) 으로 이루어져 있으며, 약 200여명의 연구원이 왕성한 연구 활동 중에 있다 [그림 1]. IPCC 제 4차 평가보고서에 이르기까지 기후예측 결과와 다수의 논문들이 전 세계에서 지속적으로 인용

되고 있으며, 2009년 현재 연구원들의 논문이 전세계 GeoScience 분야에서 가장 빈번하게 인용되고 있는 것으로 조사 발표된 바 있다.

II. 통합기후프로그램

최근 해들리센터는 통합기후프로그램(Integrated Climate Programme: Delivering the UK Climate Service, 2010-2014)을 추진하고자 2009년 대대적으로 조직을 개편하여 연구조직의 역량을 극대화하고, 수요자중심의 기후서비스를 위한 체계 마련에 노력하고 있다 [표 1]. 특히, 신뢰성 있는 기후예측(2주~10년) 능력 확보를 통한 정책지원을 가



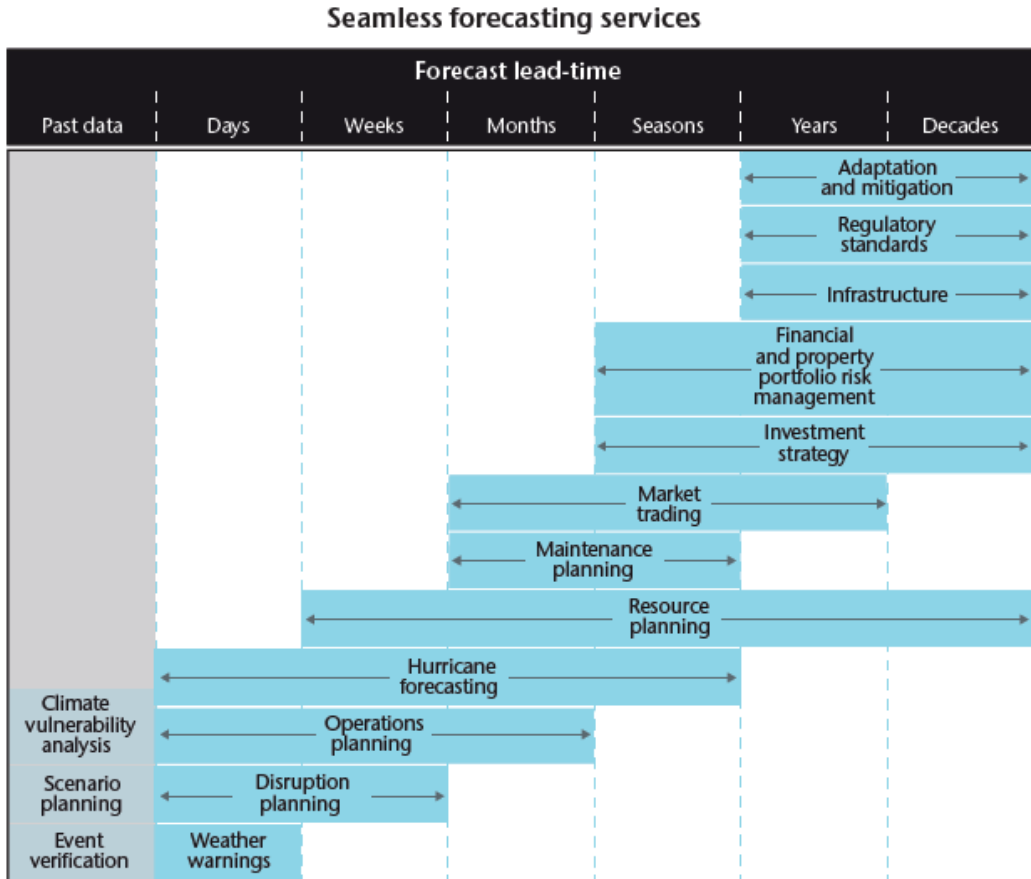
장 큰 목표로 삼고 있으며, 그 일환으로 공백 없는 예보 서비스(Seamless forecasting service) 제공을 위해 연구에 박차를 가하고 있다. 공백 없는 예보 서비스란 수요자의 요구사항에 부응하는 기후예측서비스를 위해 날씨예보와 기후예측정보의 연속성을 확보하고 끊어짐 없이 정보를 제공하는 것으로 주간예보에서 계절, 수십 년, 수백 년까지 확장하여 기후예측

정보를 제공하는 것을 말한다. 따라서 현재 계절, 10년, 100년, 1000년 규모의 예측을 위한 기후예측 모델의 성능향상과 기후 및 기후변화에 관한 영향 서비스를 위한 연구에 중점을 두고 있다. 서비스 대상 수요자는 금융, 에너지, 식량, 수자원, 보건, 건설업 등으로 민간기업에서 관련 정부부처에 이르기까지 다양하다 [그림 2].

[표 1] 영국기상청 해들리센터 기후통합프로그램

통합기후프로그램 (Integrated Climate Programme: Delivering the UK Climate Service, 2010-2014)	
□ 배경 및 목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영국기상청 해들리센터의 과학적 탐구 및 연구 기능을 기반으로 한 기후관련 서비스 기능 개선 및 강화 필요 ○ 기존의 연구 규모는 효율화하며, 이에 관련한 산출물은 기후 및 기후변화 관련부처가 요구하는 수요자중심의 자료로 생산 필요 ○ 3-5년 단위의 통합 기후프로그램 구축을 통해 기후 및 기후변화 관련 부처 지원 체계를 다양화하고, 자원 조달 체계 강화
□ 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후예측 현업화를 통한 장기예측 서비스 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 신뢰성 있는 기후예측(2주~ 10년) 능력 확보를 통한 정책지원 - 기후변화 적응 및 완화 관련 부처를 대상으로 한 서비스 강화 ○ 국가 통합 기후서비스 시스템 구축 ○ 국내외적으로 기후관련 세계선도 지위 유지 및 국제지원 강화
□ 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ MetOffice/NERC¹⁾ Joint Climate Research Programme (JCRP)의 역할을 강화 : 영국기상청-영국 자연환경조사국(NERC)-대학의 연구 교류 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 영국기상청 : 주요 인프라 확대, 컴퓨팅 시스템 강화, 직원의 연구 능력 향상 ※ ecosystem, geo-engineering을 포함한 지구시스템모델(Earth System Model) 개발을 우선으로 하며, 산출물의 서비스화 - 자연환경조사국(NERC) : 자원 확보를 통해 대학 연구 지원 - 대학 : 기후 및 기후변화 연구를 통한 Met Office 지원

1) NERC : Natural Environment Research Council



[그림 2] 공백 없는 예보서비스(Seamless forecasting service)

출처: Met Office The UK's Climate Service Statement of Intent

III. 해들리센터 기후 및 기후영향 서비스

1. 기후 서비스(Climate Service)

영국기상청은 지난봄부터 국민들을 대상으로 하는 계절예보를 중단하고 1개월 예보만을 발표하고 있다. 세계적 수준의 기후예측모델을 보유하고 운영 중에 있으

나 기후변화로 인해 최근 영국의 여름철 강우와 겨울철 대설의 특성이 변화하고 있으며, 이를 정확히 예측해 내는 것이 현재의 과학적 수준으로는 어렵다고 공식적으로 설명한바 있다.

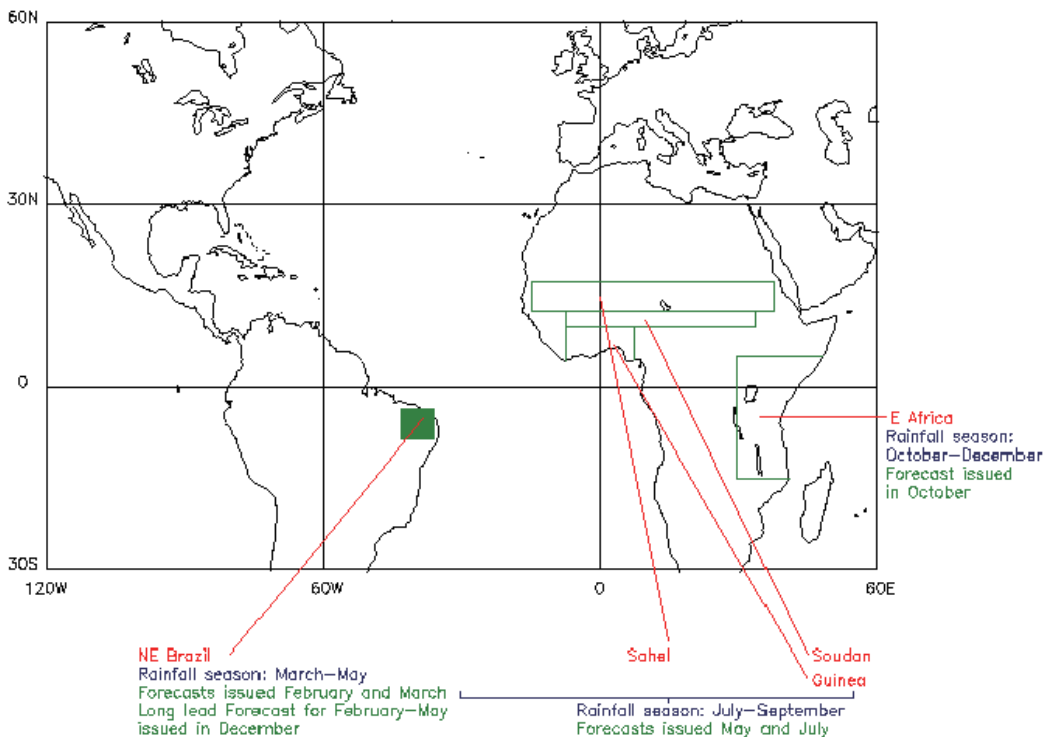
그러나 장기에보의 정확도에 대한 신뢰도의 비관적인 시각에도 불구하고 해마다 민간 기업 또는 정부



부처의 관심과 수요도가 점점 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 Monthly to Decadal Variability and Prediction 연구 그룹에서는 계절예보뿐만 아니라 10년 및 100년 규모의 예보를 위해 10년 규모 이상의 예보시스템(DePreSys; Decadal Prediction System)과 계절예측시스템(Glosea4; Global Season forecast 4)을 각각 구축하여 운영 중에 있다. 2011년 이후에는 두 시스템을 통합 운영할 예정으로 지구 시스템모델을 기반으로 재구성 될 예정이다. 주 수요 대상은 금융 및 보험, 에너지(유전 및 전력회사 등), 관련 정부 부처 등으로 3개월예보가 1개월마다 제공되

고 있으며, 정부부처를 제외하고는 모두 서비스 내용에 따라 유상으로 정보를 받고 있다. 그러나 이러한 차별적, 맞춤형 서비스의 콘텐츠에 대해서는 공개하지 않고 있다.

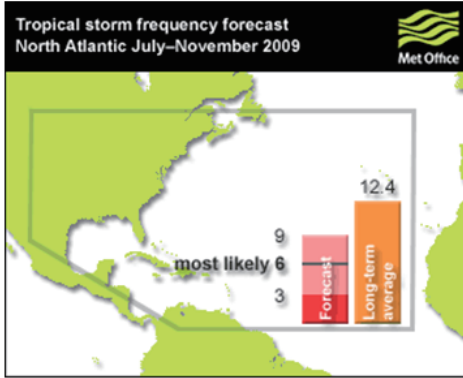
[그림 3]은 영국 국제개발부(DfID; UK Department for International Development)가 브라질 및 아프리카 수자원 관리를 지원하기 위한 사업의 일환으로 해들리센터가 1986년 이후 지속적으로 서비스 하고 있는 강수예보의 예제이다. 특히 올해부터는 국제개발부의 전폭적인 예산지원을 기반으로 아프리카지역



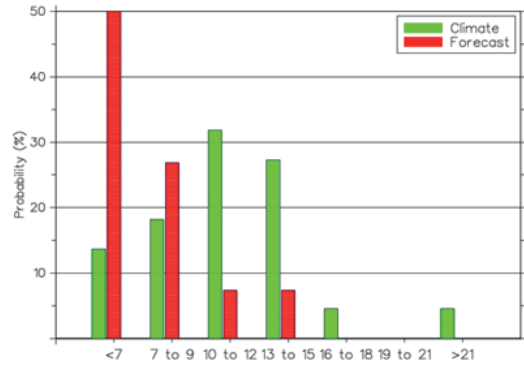
[그림 3] 브라질 및 아프리카 수자원 관리를 지원하기 위한 계절예측서비스(강수) (대상: 영국국제개발(DFID))
출처: Met Office Seasonal to Decadal Forecasting Internal Guidance for Government and Commercial Business



PWS product



Business product

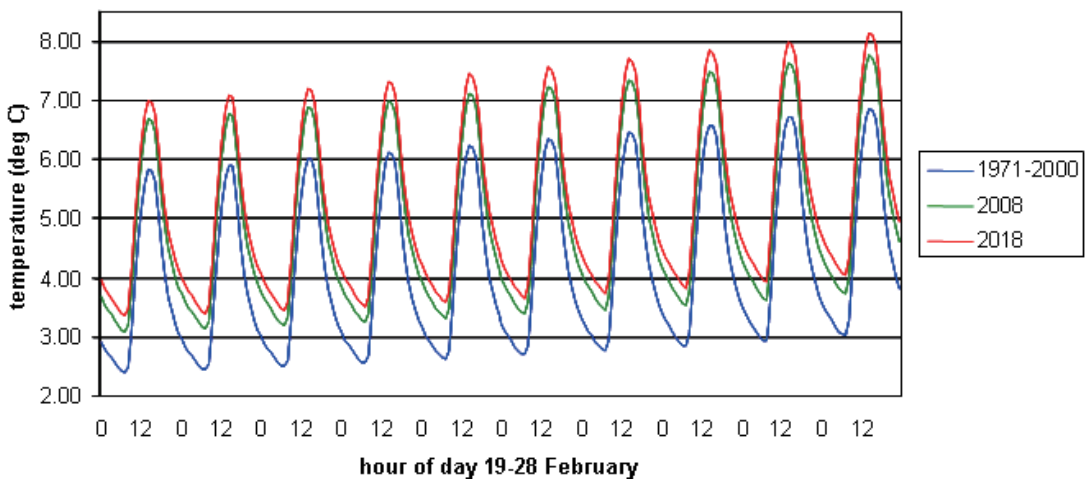


2009 season: 6 storms observed so far
 Started in 2007: good guidance in 2007 and 2008 seasons

[그림 4] 해들리센터 허리케인 발생 예측서비스 (대상: 유전개발 회사)

출처: Met Office Seasonal to Decadal Forecasting Internal Guidance for Government and Commercial Business

Coleshill hourly temperature climatology for 19th to 28th February:
 1971-2006, 2008, 2018



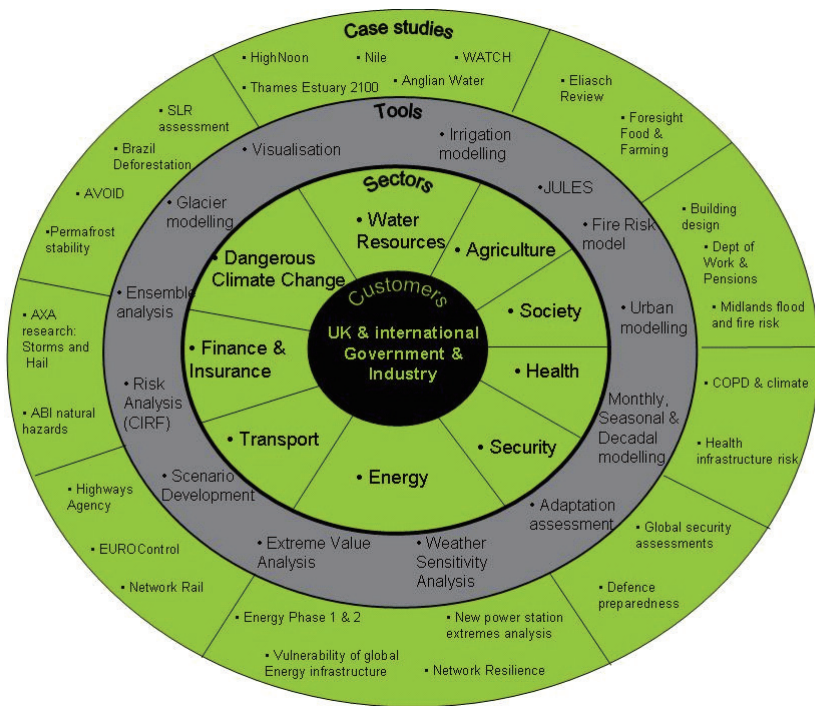
[그림 5] DePreSys을 이용한 미래 기후전망(대상 : 전력회사, 영국 국제개발부)



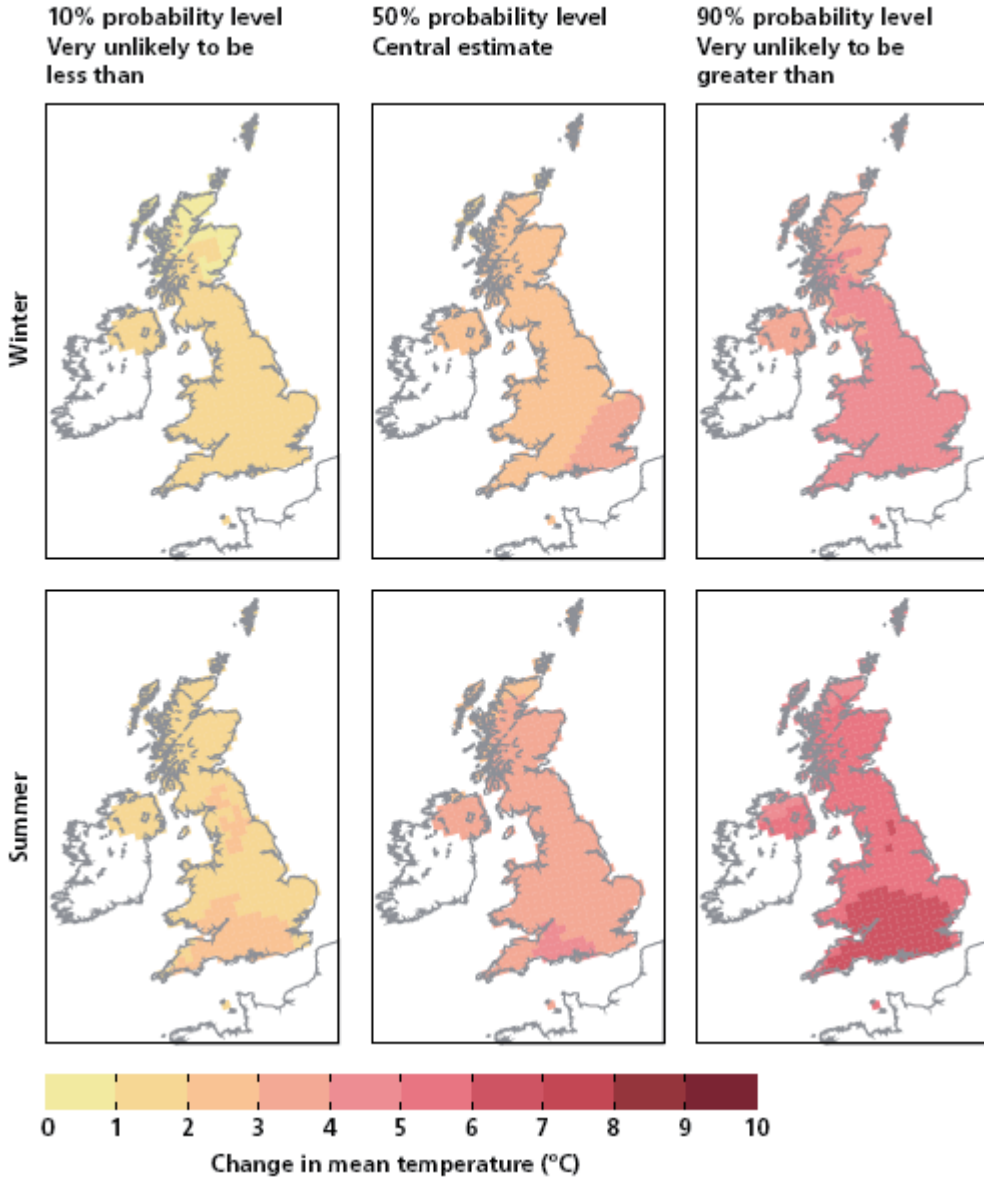
국가의 장기예보관을 대상으로 해들리센터 기후예측 자료 활용 방법 등 장기예보관 교육을 실시하고 있다. [그림 4]는 유전개발 회사를 대상으로 매달서비스 되고 있는 허리케인 발생 예측정보의 한 예제로, 필요에 따라서는 수요자의 요청에 따라 전화 또는 이메일 컨설팅이 이루어지고 있으며 구체적으로 제공되는 내용은 비공개로 알려지고 있지 않다. 한편 북해지역(North Sea)의 가스 및 유전개발 회사를 위해 겨울철 파고 등에 관한 전망을 제공하고 있다. [그림 5]는 전력회사 및 영국 국제개발부를 대상으로 한 맞춤형 미래 기후전망의 예로, 미래 에너지 수급조절을 위한 정책수립 시 기초 자료로 활용되고 있는 것으로 알려지고 있다.

2. 기후영향 서비스(Climate Impact Service)

IPCC 4차 평가보고서에 따르면, 불확실성이 여전히 존재하고 있으나 90%의 가능성에서 20세기 동안의 전 지구 온도상승의 원인이 인간에 의한 인위적 온실가스 농도의 증가에 의한 것으로 분석되고 있다. 한편, 지금 현재 온실가스 배출을 감축하여 온실가스 농도가 더 이상 증가하지 않는다고 가정하더라도 기후시스템의 관성에 의해 일정기간(약 100년)동안 기후시스템 변화가 지속될 것으로 예상된다. 이에 영국정부는 국민을 기후변화로 인한 위험으로부터 보호하고 지속적이며 안정적인 발전을 도모하고자 기후변화 적응 및 완화 정책을 우선적으로 마련하고자 노력하고 있다.

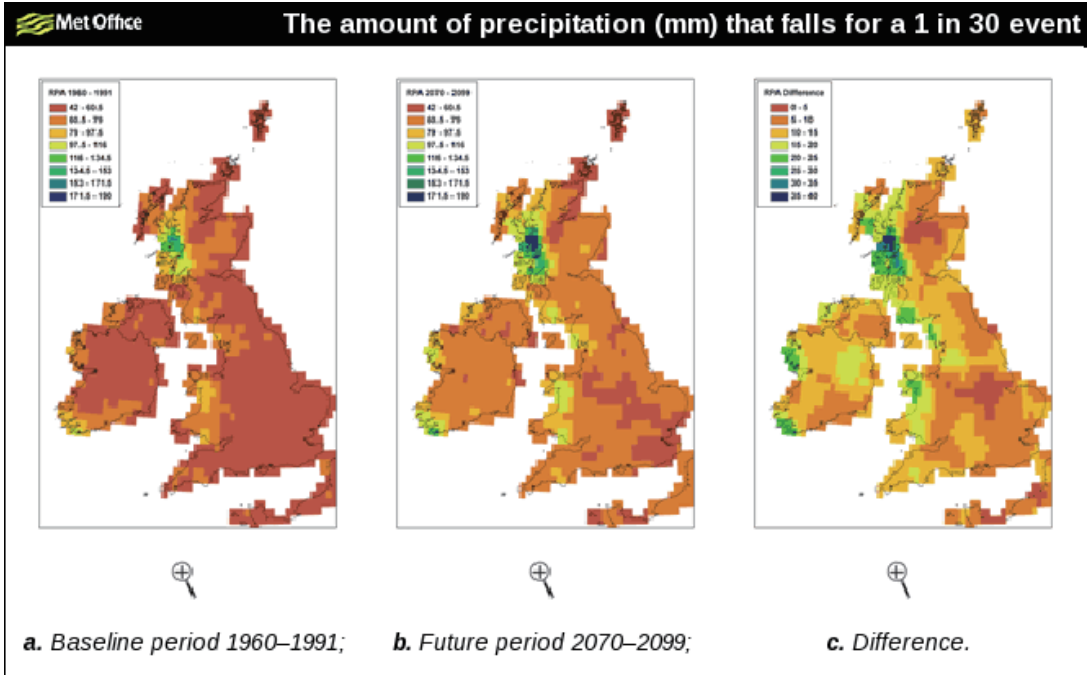


[그림 6] 해들리센터 기후영향 연구개발 및 서비스 분야



[그림 7] 2080년대 겨울철 일평균기온 편차(1961-1999년 대비)

출처: UK Climate Projections: Briefing report



[그림 8] UKCP09 자료를 이용한 미래 극한기후 서비스(요소: 강수)

이러한 목적에 발맞춰 해들리센터는 2008년 총 6명으로 구성되었던 기후영향연구팀을 기후영향그룹(Climate Impact Group)으로 승격하고, 현재 3개 팀(모델개발팀, 분석팀 및 적응팀) 30여명으로 확대·개편하여 수요자 중심의 기후영향 서비스를 위한 기반을 마련하였다. 지표특성 변화 등에 관련한 기후영향 평가 모델 및 극한기후 등의 연구를 통한 기후변화 위험평가기술 등을 개발하고 있으며, 이를 기반으로 수자원, 농업, 보건, 에너지, 교통, 금융 및 보험, 위험 기후변화 등으로 국내외 관련정부 부처와 산업계를 대상으로 맞춤형 기후영향 서비스를 실시하고 있다. 특히, 기후영향 적응팀 내의 연구원들은 대기, 기후, 지리, 수학, 통계, 사회경제학 등 다양한 분야의 전공자

들로 수요자의 요구에 따라 콘텐츠 개발이 가능하며, 포괄적 컨설팅까지 전담하고 있다. [그림 6]과 [부록 1]은 이 그룹이 직접 또는 간접적으로 수행하고 있는 연구개발 사업과 주요 서비스 분야를 요약한 것이다.

한편 이와 별개로, 최근 해들리센터는 기후변화와 관련한 정부부처²⁾(DEFRA, DECC, DfID, MoD 등)의 지원으로 영국 국가표준 기후변화 시나리오

2) DECC: Department of Energy and Climate and Change
 DEFRA: Department for Environment, Food and Rural Affairs
 MoD: Ministry of Defence



(미래기후 전망)을 산출해 내었는데, “UK Climate Projections 2009 (UKCP09)” 라고 불리 운다. UKCP09는 IPCC 4차 평가보고서에서 사용했던 IPCC 온실가스 배출 시나리오와 11개의 섭동물리 과정(perturbed physics) 앙상블 모델을 이용하였으며, 에뮬레이터(emulator)를 통해 통계처리 후 시나리오를 확률정보와 함께 제공한다. 공간해상도는 25km로 16개 행정구역, 23개 수역 및 9개의 해역으로 구분하여, 수요자가 쉽게 자료에 대해 이해하고 사용할 수 있도록 고려하였다. 시간해상도는 2010-2039년부터 2070-2099년 까지 7개의 기간으로 구분하였으며, 30년 편차와 평년비가 제공된다. 제공되는 기후요소는 기온, 강수, 상대습도 및 월별, 계절별, 연별 극한기후 등이 있다(그림 7).

UKCP09의 가장 큰 특징은 확률전망(probabilistic projections)을 제공하므로 다양한 범위의 기후변화 가능성을 사용자에게 제시해 줄 수 있다는 점이며, 특히 기후변화 적응 및 완화 정책 수립시 폭넓은 의사결정 수단으로 활용할 수 있다는 것이다. 이러한 장점으로 최근 들어 해들리센터 기후영향연구그룹은 UKCP09 자료를 기반으로 한 다양한 기후영향 컨설팅 프로젝트가 추진 중에 있으며, 런던지역의 미래 조수로 인한 홍수위험(tidal flood risk) 영향평가, 미래 극한기상 및 기후에 의한 전력손실 영향평가, 미래 물 관리 및 하수처리시스템 개발을 위한 미래극한기후 영향평가 등이 대표적이라고 할 수 있다. [그림 8]은 UKCP09 자료를 이용한 미래 극한기후 서비스(요소: 강수)로 DEFRA 및 DECC 등 관련 정부부처에 제공된바 있다.

[부록 1] 주요 기후 및 기후변화에 관한 영향정보 서비스(Climate Impacts Group)

사업명 (과제명)	주요내용
○ JULES (Joint UK Land Environment Simulator)	○ Vegetation scheme 개발을 통한 지구시스템모델 성능향상 및 기후영향모델로 활용 ○ HadGEM3(지구시스템모델)의 지면모델로 결합되었으며, IPCC AR5 기여할 예정임 - 대학+MetOffice 공동으로 개발 - river routing, crop 및 irrigation, 도시효과, dynamic 식생지표 Scheme 개발 주력
○ Climate Change in cities from green house gases and urban effects	○ 도시지역의 온실가스 강제력 Scheme을 개발하여 HadRM3(지역규모모델)과 결합 - 차세대 UK 기후변화 시나리오(UKCP) 생산에 활용 예정
○ HighNoon	○ EU 프로젝트, 히말라야 빙하 소멸(후퇴)과 인도몬순과의 연관성 연구 - 수문관련 극한기후관련 영향모델로 개발 - dynamic glacier model과 catchment scale water 모델로 개발 후, HadRM3과 결합 예정
○ Thames Estuary 2100 (TE2100)	○ 런던지역의 미래 tidal flood risk 대책 수립을 위한 사업으로 UKCP09 시나리오를 활용하고 있음 - 관련링크 : www.environment-agency.gov.uk
○ Impacts of Climate Change on Crop and Livestock Production	○ UKCP09 시나리오를 이용한 식량생산 예측 (사업명: Foresight Global Food and Farming Futures) - 관련링크 : http://www.foresight.gov.uk



○ Avoiding dangerous climate change (AVOID)	○ 영국정부는 2°C상승을 목표로 정하고 이를 위한 완화정책을 마련 중에 있으며, 이의 근거를 찾기 위한 연구 과제 - 관련링크 : ensembles-eu.metoffice.com/avoid/
○ UK Climate Change Risk Assessment	○ 기후변화관련 영국정부 조직간 협력사업 (Climate Impacts and Risk Assessment Framework(CIRF)) 일환 - 기후변화적응 대책 중 우선순위를 sector별로 정하기 위한 연구(GIS와 Google Earth 플랫폼을 활용하여 인프라를 구축할 예정임(2011년까지))
○ The impacts of climate change on the Energy Industry	○ 11개의 영국 전력회사 지원 사업(사업명: EP2) - 국한기상 및 기후에 의한 전력손실과 기후변화에 의한 미래 영향분석 - 관련링크: http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/businesses/casestudies/energy.html
○ The financial risks of climate change	○ 영국과 중국을 대상으로 기후변화에 따른 보험산업계 영향평가 연구(영국보험협회 지원) - 주요 자연재해현상과 원인에 따른 보험사업 파급효과 등
○ Weather and Climate Change Risk Assessment for the West Midlands Fire Service	○ 해들리센터와 West Midlands Fire Service와 공동연구 - West Midlands 지역에서의 자연재해 위험수준을 진단하고 미래적응 정책 수립
○ Dangerous Climate Change in Brazil	○ 영국 Foreign and Commonwealth Office 지원사업으로, 브라질의 기후변화 영향평가 기술개발 지원 - 아마존지역의 수자원 변동 영향평가 주력
○ Forests and emissions: The Eliasch Review	○ UNFCCC COP 15차 회의를 지원하기위한 연구프로젝트 - 산림이 이산화탄소배출과 관련하여 현재와 미래에 미치는 영향 등에 관한 연구
○ Assessing the impacts of climate change on the water resources in the Nile Basin using a regional climate model ensemble	○ basin-wide hydrological 모델과 지역규모양상불을 활용한 나일강 및 High Aswan 댐 기후영향 평가 - UNEP, MetOffice, 스웨덴수문연구소 및 이집트 수자원부(MWRI)와의 공동 연구
○ Assessment of climate impacts on permafrost regions	○ 러시아수문기상국과의 공동협력 연구과제 - JULES land surface scheme을 활용한 러시아 영구동토지역의 기후변화 영향평가
○ Impact of vegetation in northern Eurasia on future climate	○ 유라시아지역의 지표특성 변화로 인한 기후변화 영향 평가 - HadCM3을 이용한 climate-carbon cycle 예측
○ Air traffic management	○ GIS 및 Google Earth을 이용한 유럽지역 공항(40여개)의 해수면상승에 관한 위험수위예측 및 DB화(EU 항공운항기구 지원)
○ Climate Change and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)	○ 겨울철 폐관련 질병환자가 증가함에 따라 겨울철 기후특성을 파악하고, 미래 겨울철 기후와 사회경제학 위험지수를 결합한 미래 보건 분야 적응대책 수립을 위한 연구과제
○ The potential impacts of climate change on precipitation extremes in the Anglian Water region	○ 미래기후변화시나리오를 이용한 미래 물 관리 및 하수처리시스템 개발 - 물 관리 및 하수처리회사 지원으로 수행



<p>○ Seasonal forecasting of winter wave heights in the North Sea to improve Shell's downtime estimates</p>	<p>○ 북해지역을 대상으로, NAO (North Atlantic Oscillation) index와 겨울철 파고의 상관성을 파악하고, 미래기후 확률예측 기술개발 - 북해의 원전에 대한 기후영향평가의 일환</p>
<p>○ Managing climate risk in Africa</p>	<p>○ 아프리카대륙을 대상(가나, 케냐, 남아프리카공화국)으로 미래 위험관리 대책수립을 지원하기위한 연구 - 영국의 대표은행인 Barclays의 지원으로 수행되었으며, 농업, 에너지, 보건 및 수자원분야를 집중적으로 분석함</p>
<p>○ AXA research</p>	<p>○ 세계적 규모의 금융그룹 AXA의 지원으로 수행되는 과제로, 유럽지역에서의 hail 및 폭풍에 관한 영향평가 기술 개발</p>



WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터 (WMO LC-LRFMME)

윤원태

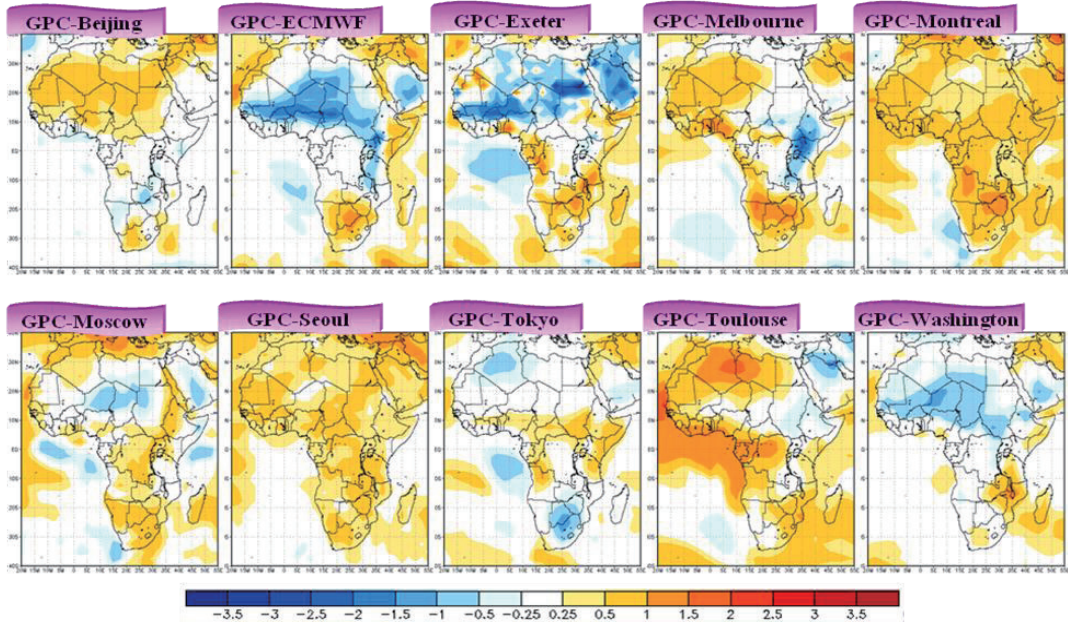
기상청 국제협력담당관

wtun@kma.go.kr

미래를 알고자 하는 인간의 호기심은 과학의 발달을 촉진시키는 매개체 역할을 한다. 인류가 날씨를 예측할 수 있으리라는 기대는 먼 옛날 신화와 더불어 시작되었다. 옛날 사람들에게 있어서 기상은 신이 인간에게 지시하는 명령이나 분노였으며, 신을 섬기는 사제들은 폭풍이나 좋은 날씨를 신의 기분과 결부시켜 생각했다. 기원전 5C경에 그리스 철학자들은 일기변화의 배후에는 어떠한 원인이 존재한다는 것을 깨닫기 시작했으나 관측기구가 없었고, 물리적인 법칙을 몰랐던 그들은 상상만을 할 수밖에 없었다. 그러나 기상을 관측할 수 있는 기구가 발달하기 시작하고 과학자들이 물리학의 법칙을 체계화시킴으로써 점차 자연의 신비를 깨닫게 되었고 기상예측을 할 수 있게 되었다. 전 세계의 기후예측모델들이 생산하는 예측 결과들은 각 모델들이 가지고 있는 특성이나 여러 가지 이유

로 인해 많은 불확실성을 내포하고 있다[그림 1]. 이를 제거하고 모델의 예측성을 높이기 위해 다양한 역학적, 통계적 모델들이 개발되고 있다. 우리나라 기상청은 다중 모델 앙상블(Multi-model Ensemble, MME)이라는 기술을 개발하여 예보에 활용하고 있다. 다중 모델 앙상블이란 서로 다른 수치모델에서 계산해 낸 결과를 통계적인 계산 방법에 의해 재 생산해 내어 정확도를 향상시키는 기술로 수치예보모델이 가지는 한계성을 극복하는 방법 중의 하나이다.

우리나라 기상청은 다중 모델 앙상블 기술을 기반으로 2005년 10월 제주도에서 개최된 WMO 전 지구 장기예보생산센터 (Global Producing Centre for Long-Range Forecasts, GPC) 워크숍에서 “WMO장기예보 다중모델 앙상블 선도센터



[그림 1] WMO GPC 모델들이 예측한 2010년 10월 아프리카지역의 2m 기온편차 결과. 각 모델마다 각기 다른 예측 결과를 보이고 있어 사용자들의 의사결정이 어렵다. 이를 극복하고 예측정확도를 향상시키기 위해 다중모델 앙상블 기법이 개발되었다.

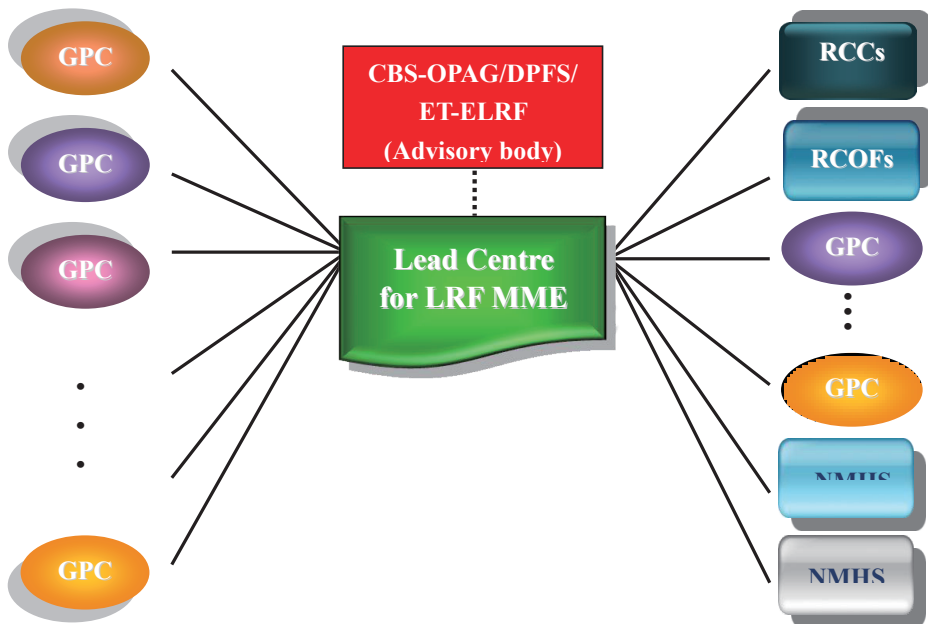
터 (Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble, LC-LRFMME)”의 설립을 최초로 제안하였다. 이어 2005년 11월 중국에서 개최된 WMO 기후위원회(Commission for Climatology, CCI), 2006년 4월 영국에서의 WMO/CBS 장기예보 전문가회의, 2006년 11월 서울에서 열린 WMO 기본체계위원회 (Commission for Basic System, CBS) 특별 회의의 검증을 거쳐 2009년 4월 크로아티아에서 열린 제14차 WMO 기본체계위원회 총회에서 우리나라 기상청은 미국 기상청(The National Weather Service, NWS)과 함께 “WMO장기예보 다중모델 앙상블 선도센터”로 공식 승인을 받았다.

현재 WMO에 가입한 전 세계 189개 국 중 WMO가 심사를 통해 장기예측 기술력이 있다고 인정해 GPC로 선정한 나라는 우리나라를 포함해 11개국과 ECMWF뿐이다 (한국, 미국, 영국, 러시아, 중국, 프랑스, 일본, 호주, 캐나다, 남아프리카 공화국, 브라질, ECMWF). 그러나 GPC들이 생산하는 자료는 모델마다 편차가 크며[그림 1] 자료의 형태나 해상도 등이 달라 회원국들이 이 자료들을 효과적으로 활용할 수가 없다. WMO 장기예보 다중모델앙상블 선도센터는 전 세계 12개 GPC로부터 장기예측 자료를 실시간으로 제공받아 이를 표준화하고 여러 형태의 유익한 기후예측정보로 재 가공하여 회원국들에게 제공하는 WMO의 유일한 센터이다[그림 2]. 현재 우리



[표 1] WMO 전 지구 장기예보생산센터 (Global Producing Centre for Long-Range Forecasts, GPC)와 모델 및 자료현황

GPC	System Configuration	Atmospheric Model Resolution	Hindcast Period	Forecast Period
Beijing, BCC	Coupled	T63/L16	1983-2004	2008.02~
ECMWF	Coupled	T159/L62	1981-2005	2009.02~
Exter, Met Office	Coupled	1.875x1.25/L38	1989-2002	2009.09~
Melbourne, BoM	Coupled	T47/L17	1980-2006	2008.07~
Montreal, CMC	2-tier	4 Models	1969-2004	2007.12~
Seoul, KMA	2-tier	T106/L21	1979-2007	2007.12~
Tokyo, JMA	Coupled	T95/L40	1979-2008	2010.02~
Toulouse, Météo-Fr	Coupled	T63/L91	1997-2007	2009.02~
Washington, NCEP	Coupled	T62/L64	1981-2004	2008.02~
Moscow, HMC	2-tier	1.1x1.4/L28	1979-2003	2008.02~
Brazil, CPTEC	2-tier	T62/L28	1979-2001	2009.01~
Pretoria, SAWS	2-tier	T42	1982-2001	2009.09~



[그림 2] WMO 장기예보 다중모델앙상블 선도센터 (Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble, LC-LRFMME). WMO GPC에서 생산되는 자료는 선도센터에서 표준화되어 WMO 회원국과 관련 센터나 포럼에 제공된다.



나라에서 WMO로부터 승인 받은 공식 센터는 WMO 전 지구 장기예보생산센터(GPC) 와 WMO장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(LC-LRFMME) 2개이며 일본은 17개의 센터를 운영하고있다.

WMO 장기예보 다중모델앙상블 선도센터는 전 세계를 대상으로 예측성 높은 장기예측정보를 제공하고 있다 (<http://www.wmolc.org>). 선도센터를 통하여 회원국들은 다중모델앙상블 결과를 비롯한 각 GPC 모델결과, 엘니뇨/라니냐 예측결과, 모델에너지분석, 여러가지 지수 등 다양하고 우수한 예측정보를 활용할 수 있고 각 GPC들은 모델 평가결과를 제공 받아 모델을 개선할 수 있는 등 여러 가지 장점을 가지고 있다.

특히 선도센터가 제공하는 예측자료는 슈퍼컴퓨터를 통해 생산된 고부가가치의 원시자료이므로 그 자체로 경제적 가치를 가진다. 뿐만 아니라, 전 세계 WMO 회원국에 재 분배되어 자연재해 발생을 미리 예측할 수 있게 함으로써 그들의 생명과 재산 보호에 이바지하고 있다. 또한 선도센터는 기후예측기술을 후진국에 이전하고 교육을 하는 등 전 세계 기후예측 분야의 선도적인 역할을 담당하고 있다.

현재WMO에서 강조하고 있는 기후예측분야의 세 가지 정책을 소개하고자 한다. WMO의 정책은 전세계 전문가들의 의견을 반영하여 수립되며, 이러한 정책은 회원국들의 기상정책에 직접적인 영향을 미친다. 우리



[그림 3] WMO 지역기후예측포럼(Regional Climate Outlook Forum, RCOF). 현재 전 세계적으로12개의 RCOFs가 구성되어 있으며 RCOFs의 컨센서스예보 (consensus forecast)와 다양한 기후예측정보생산에 WMO 장기예보 다중모델앙상블 선도센터의 자료가 활용된다.



나라 기상청이 운영하고 있는 WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터가 여기 소개하는 WMO의 정책에 중요한 역할을 하고 있다.

첫째, 지역간의 컨센서스예보 (consensus forecast) 이다. 잘 알다시피 현재의 기후예측 신뢰도나 정확도는 그리 높지 않다. 이를 극복하기 위해서 WMO는 지역기후예측포럼(Regional Climate Outlook Forum, RCOF)의 구성을 권장하고 있으며 여기에서 컨센서스 지역 기후예측 정보를 생산하고 있다[그림 3]. RCOFs에서 생산된 정보는 지역국가들의 산업, 경제 등 정책의사결정에 유용하게 활용된다. WMO 장기예보 다중모델앙상블 선도센터의 자료는 전세계 지역기후예측포럼의 기초자료로 활용된다.

둘째, 기후예측기술과 예측시스템의 개발이다. 2-tier 예측 시스템은 1-tier 예측시스템으로 전환되고 있으며, 이를 위한 coupled data assimilation 기술 개발이 강조되고 있고, 계절예보까지의 이음새 없는 (develop a seamless approach to weather and seasonal prediction) 예측시스템의 필요성이 제기되고 있다. 현재 WMO 장기예보 다중모델앙상블 선도센터의 표준화된 GPC의 자료는 새로운 시스템의 개발을 위한 자료로 활용된다.

셋째, 전 세계적인 기후예측정보의 서비스이다. WMO는 GFCS (Global Framework for Climate Services)의 틀 안에서 전세계 계절·기후 업데이트

(Global Seasonal Climate Updates) 발간을 추진하고 있다. 전세계 계절·기후 업데이트는 기후예측 정보뿐만 아니라 현재 WMO에서 제공하고 있는 엘니뇨/라니냐 정보, 전 세계 기후관측정보 (global-scale climate monitoring analyses) 등을 포함하게 될 것이다. 여기에서도 WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터의 자료는 전세계 기후예측정보 생산을 위한 기본 자료로 활용된다.

기후 변화로 인해 기상 변동의 폭은 갈수록 커져가고 그런 만큼 예보는 갈수록 어려워지고 있다. 기상 재해가 급증하고 있어 조기 경보를 위한 기후예측의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 또한 기후예측정보는 경제, 산업정보로서 점점 더 각광받고 있다. 수출입, 토목, 의류 및 전자제품 생산, 농업 등 산업 전 분야의 계획 수립뿐만 아니라 수자원, 에너지 등 정책의 결정에도 기후예측 정보는 없어서는 안될 정보이다. 그러나 WMO 189개 회원국 중 기후예측 정보를 자체 생산하여 활용할 수 있는 국가는 선진10여 개국 정도 밖에 되지 않는다. 기후 변화로 인한 피해는 후진국일수록 더욱 취약하다. 기상 기술이 낙후해 있어 예측만 제대로 한다면 미리 대비해 피해를 줄일 수 있는 상황인데도 많은 재산과 인명 피해가 발생하고 있다. 우리나라가 WMO의 장기예보 다중모델앙상블 선도센터로 인정받은 것도 중요하지만, 그보다는 보다 나은 기후예측정보와 기술을 전 세계에 보급해 기상 재해와 이로 인한 피해를 최소화하는데 도움을 줄 수 있다는 것이 무엇보다 의미 있는 일이라 할 수 있겠다.

영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결

이 예 속

기후예측과 기상주사

lys@kma.go.kr

한국기상청과 영국기상청은 2010년 6월 21일 현업 계절예보의 생산과 개선을 위하여 양국이 계절예측시스템을 공동으로 구축·운영하기로 하는 협정을 체결하였다. 이 협정은 개시일로부터 향후 5년 동안 효력을 갖게 된다. 양 기관을 대표하여 박정규 기후과학국장과 Alan Dickinson 영국기상청 과학기술국장이 협정서에 서명하였다. 또한 이번에 교환한 협정서 내에는 양국의 대표 각 3인으로 구성된 조정위원회를 통하여 향후 대기·해양 결합모델의 개선과 해양자료동화 기법 개발, 현업 운영 시 발생하는 제반 문제에 대하여 양국이 공동으로 대처하기로 합의한 내용이 포함되어 있다.

이에 앞서 기상청은 World Best 365의 비전에 따라 세계 6위의 기상기술력을 확보하기 위하여 2007년 11월에 세계적인 수준의 성능을 가진 것으로 평가

된 영국기상청의 통합수치예보시스템(UM, Unified Model)을 기상청의 차세대 전지구예보시스템으로 선정할 바 있으며, UM 모델의 도입의 일환으로 2008년 5월에 “UM 공동협력 약정서”를 영국 기상청과 체결한 바 있다.

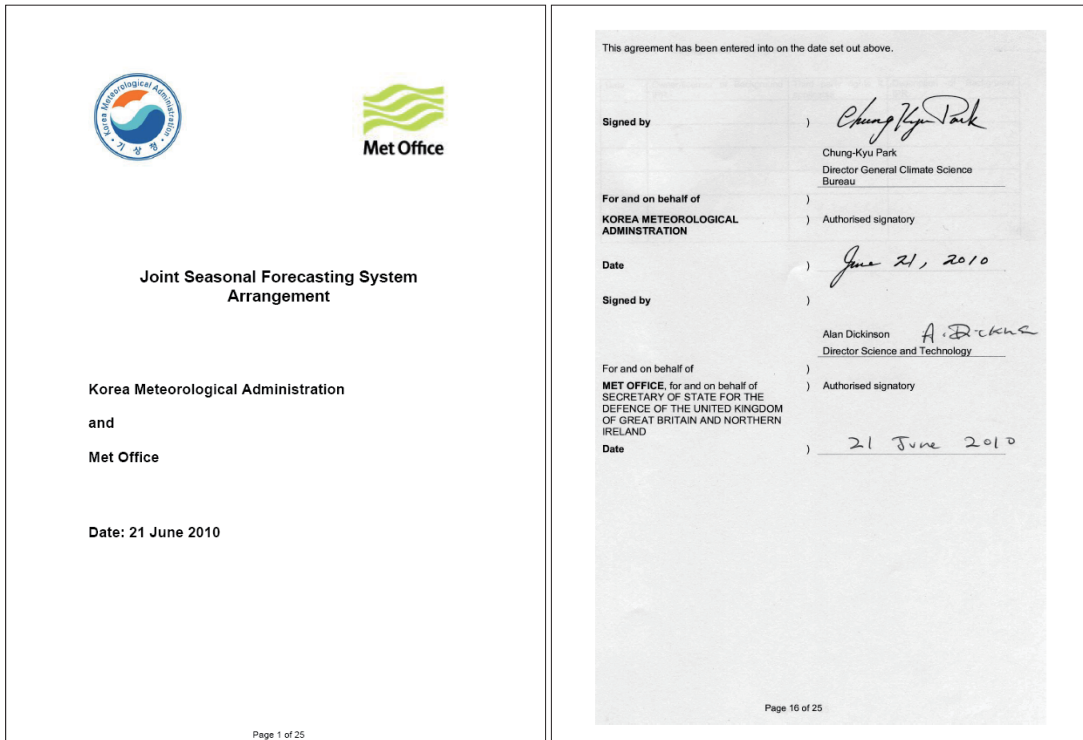
기상청은 그동안 영국 기상청과의 기후분야 협력 강화를 위하여 장기예측모델 분야, 지역기후모델 분야, 지구시스템모델링 분야 등 다양한 분야에 걸쳐 긴밀한 협력관계를 유지하여 왔다.

한영 공동 계절예측시스템은 2011년 1월에 영국 기상청의 대기-해양결합모델(GloSea4)을 슈퍼컴퓨터 3호기에 구축하는 것을 시작으로, 2011년 6월에는 영국기상청의 해양자료동화 초기장을 이용한 대기-해양결합모델 시스템을 구축하고, 2012년 6월부터는 준

현업적으로 운영될 예정이다. 특히, 2013년에는 한국기상청에서 해양자료동화를 통해 초기장을 생산하여, 정식으로 한영 공동 계절예측시스템을 현업 운영할 계획이다.

현재 기후예측과에서 제공하는 장기예보(1, 3개월 예보) 및 기후전망(예보시점에서 4~6개월 후의 기후 전망)에 사용되는 모델은 대기모델로서 해양의 상태를

충분하게 고려하지 못하고 있다. 따라서, 이번에 대기-해양 결합모델(GloSea4)의 도입을 통해 기후예측에 있어 중요한 인자로 알려져 있는 해양의 효과를 충분히 반영함으로써 계절 기후전망에 대한 예측성 향상이 기대되고 있다. 또한, 12개월 정도 이후의 장기적인 기후전망에 대한 서비스도 향후 수년 내에 가능해질 것으로 기대된다.



〈 한영 공동 계절예측시스템 협정서 〉

Jun 2010	Testing of HadGEM3 vn7.4 onto Cray-XT5 interim system.
Jul 2010	KMA staff to visit MO to learn the GloSea4 Discussion of model configuration for joint system.
Third quarter of 2010	MO staff to visit KMA to help porting the GloSea4.
Jan 2011	Migration of KMA-GloSea4 from Cray-XT5 to Cary Baker system. Testing of KMA-GloSea4 and performing hindcast onto Baker system.
First half 2011	Discussion on ODA implementation and setup of a tentative plan
Jun 2011	Testing of KMA-GloSea4 with real-time ICs from MO
Jun 2012	Semi-operational run of KMA-GloSea4 with real-time ICs from MO
Jun 2013	Completion of KMA-GloSea4 with ODA(depending on discussion result and progress of ODA implementation at KMA)

〈 한영 공동 계절예측시스템 운영 향후 계획 〉

기상기술정책지 발간 목록

참간호, 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
	·항공/위성 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
	- 에너지자원 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	배덕호	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	박현종	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	김익근	42-50
	· [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조운원, 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?	김연종	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
논 단	·가치있는 기후정보	김윤태, 정도준	84-99
	·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

『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 제1저자를 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 3

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