

우리의 미래를 견인하는
기상, 기후, 물



World
Meteorological
Organization
Weather • Climate • Water

WMO-No. 1084

세계기상기구 1084호

© 세계기상기구, 2012

본 간행물의 저작권은 인쇄물이나 전자매체 등의 형태와 언어를 불문하고 세계기상기구에 있습니다. 세계기상기구 간행물의 단문인용은 출처에 대한 완전한 정보가 명시되어 있는 경우, 인가 없이 전재·번각이 가능합니다. 편집자 수신 서신과 본 간행물의 일부나 전문에 관해 출판·번각·번역 요청은 다음의 주소로 발송하십시오.

Chair, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

전화: +41 22 730 8403
팩스: +41 22 730 8040
전자우편: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-11084-8

표지 설명 : 캔버스 위의 오일, 로렌스 롱그빌(Laurence Longueville)

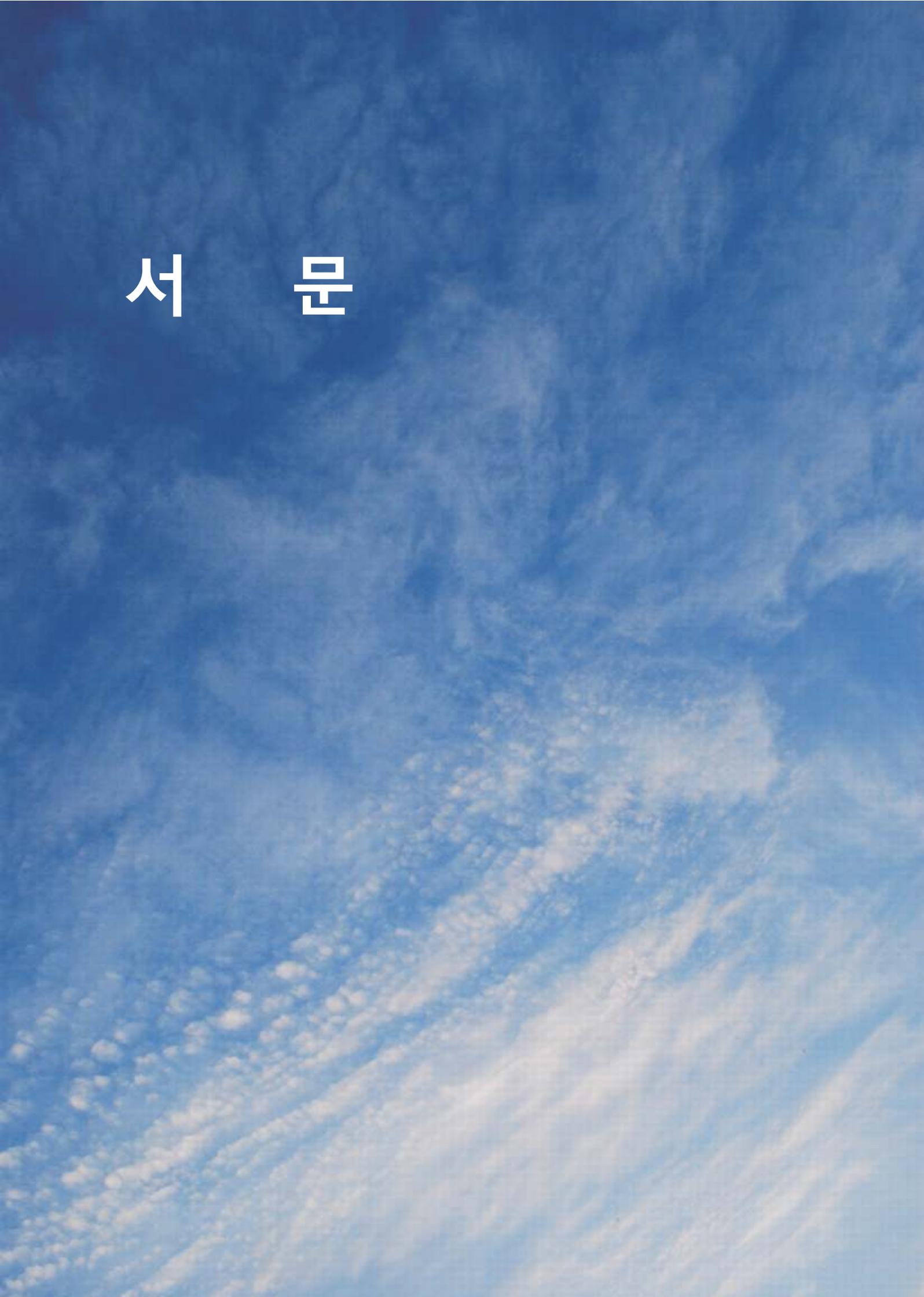
주)

세계기상기구 간행물에서 사용된 용어와 본 출간물에서 사용된 내용의 표시는, 어느 국가·지역·시·구역·당국이나 국경·경계설정의 합법성 여부에 대한 세계기상기구사무국의 의견을 절대 반영하지 않습니다. 세계기상기구 간행물에 나타난 견해는 저자(들)의 것으로, 세계기상기구의 견해와 일치하지 않을 수 있습니다. 특정 기업이나 상품이 언급되었다고 해서 언급되지 않거나 광고가 등재되지 않은 기타 유사물에 우선해 그 기업이나 상품에 대한 세계기상기구의 권고나 추천을 의미하지는 않습니다.

목 차

서문	2
행동을 위한 기후 지식	4
식량 안보와 농업	8
수자원과 리스크	12
기후와 건강	16
재해위험경감	20
교통, 무역, 관광	24
에너지와 기후	28
지속가능한 도시	32
미래 견인 및 선도	35

서 문



매일 매순간 전 세계 국가기상수문당국(NMHSs)은 기상, 기후, 물 관련 자료를 취합하고 분석하여, 이 자료를 생명과 재산을 보호하고 우리 사회와 지구의 현재 및 미래 안녕을 위해 중요한 부가가치 정보로 전환한다. 세계기상기구(WMO)는 유엔 산하 전문기구로서 189 회원국들이 이러한 과업을 증진할 수 있도록 국제협력을 강화한다.

매년 3월 23일 세계기상의 날은 1950년 WMO 창설을 위한 WMO 협약 발효를 기념하는 날이다.

2012년 세계기상의 날 주제는 “우리의 미래를 견인하는 기상, 기후, 물”이다. 이 주제는 현세대와 후대를 위한 지속가능한 미래를 견인하는데 있어 기상, 기후, 물 서비스의 역할의 중요성을 강조한다.

그 중요성을 보여주는 예는 무수히 많다. 식량과 농업 생산은 지역 별 기후 및 유효수에 맞춰져야 한다. 산업 과정에도 충분한 물과 에너지가 필요하다. 도시는 깨끗한 공기가 필요하고 태풍 및 홍수로부터 안전해야 한다. 국제무역과 관광은 안전하고 효율적인 교통에 좌우된다.

사회활동부터 수백만 달러의 가치가 수반되는 의사결정까지 우리 생활은 실시간의 신뢰성 있는 기상예보에 전적으로 의지한다. 최근 한 조사에 따르면 미국 경제의 연간 생산량은 기상 변동에 따라 4,850억 달러, 즉 GDP의 약3.4%까지 영향을 받는 것으로 알려졌다.

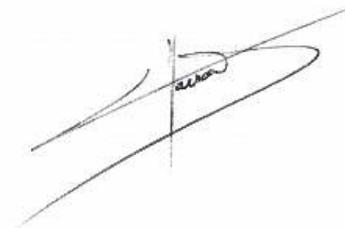
인류활동이 기상, 기후, 물에 미치는 영향이 날로 커지고 있다. 국가기상수문당국은 이렇게 복잡한 상호관계를 연구하고 이해하기 위한 노력에 선봉에 서 있다.

이제 미래를 위한 기후예측이 그 어느 때보다 절실하다. 우리는 세계기후현상이 지역, 국가, 지방 차원에서 어떻게 전개되는 지에 대한 지식을 강화해야 한다.

바로 이러한 이유로 2011년 세계기상총회는 WMO의 최우선 과제로 ‘전지구기후서비스체제(GFCS: Global Framework for Climate Services)’를 승인하였다.

광범위한 내용의 GFCS는 각국이, 특히 가장 취약한 국가들이 위험을 관리하고, 변화하는 기후 속에 이점을 포착할 수 있도록 할 것이다. 기후 관측, 연구, 정보 관리 체제에 대한 수십억 달러의 투자가 그 잠재 효과를 실현하도록 할 것이다. 이를 위해 GFCS는 재해위험경감, 물 관리, 식량안보, 보건을 그 최우선 과제로 하고 있다.

GFCS는 우리에게 힘을 실어 주고 우리의 미래를 견인할 것이다.



사무총장 미셸 자로(Michel Jarraud)

행동을 위한 기후 지식



초기 탐험가들이 익숙한 해안선에서 길을 나서던 그때, 위험은 도사리고 있었다. 철저히 준비된 자들만이 돌아올 수 있었다.

오늘날 우리는 변화하는 기후 환경 속에서 탐험여정에 나선다. 우리 후대는 선조가 남겨준 세상을 물려받게 될 것이다. 우리에게 방향을 제시할 과학지식이 그 어느 때보다 절실하다.

우리 앞에 놓인 과제에는 지구 기후의 자연적 변동 뿐 아니라, 인간이 초래한 인위적 변화 역시 포함된다. 눈에 보이지 않는 온실가스 배출 증가로 대기 온도는 서서히 증가하고 있다. 지구 온난화로 해수면이 상승한다. 북극 해빙 감소로 강우량이 증가하고 가뭄이 보다 극심해진다.

우리 모두가 그로 인해 영향을 받게 될 것이

다. 긍정적인 기후변화 현상도 일부 있지만, 대다수는 부정적인 영향을 초래할 것이다. 혁신, 리더십, 지역사회의 책임감에 관한 우리의 역할은 시험대에 오르게 될 것이다.

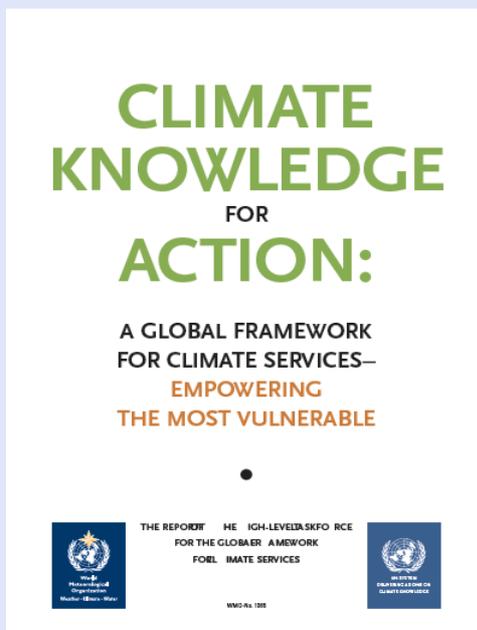
전지구기후서비스체제

전지구기후서비스체제(GFCS)는 오늘의 효율적 기후 위험관리가 내일의 기후변화 위험관리의 시발점이라는 철학에 바탕을 두고 있다. 이를 위해 탄탄한 과학적 지식이 선행되어야 한다.

기후서비스가 존재하는 곳에서 그 효과는 극명하다. 농업, 물 관리, 보건, 재해위험경감, 계획, 에너지 분야에서 기후서비스가 주로 이용된다.

그러나 기후서비스의 수요와 현재 공급 사이에 큰 간극이 존재하는 것이 사실이며, 특히 기

주요 특징



- 사용자인터페이스(UI) 플랫폼 : 적기에, 적합한 사람에게, 적합한 정보를 공급하기 위해서 사용자인터페이스 플랫폼이 국가기상수문당국 등 기후서비스 공급자와 우선분야 사용자들을 연계하게 된다.
- 기후서비스정보시스템 : 기후자료를 보호, 보급하기 위한 기후서비스정보체제 및 사용자 수요에 맞춘 정보 제공
- 관측 및 모니터링 : 서비스 공급 수요를 충족하기 위해 더 나은 자료 취합을 위한 관측 및 감시
- 연구, 모델링 및 예측 : 현재 일어나는 현상과 미래 예상되는 현상에 대한 이해를 증진하기 위한 연구, 모델링, 예측
- 역량 배양 : 취약한 국가와 지역사회가 가용한 서비스로부터 최대한의 혜택을 보게 하기 위한 역량 강화

후에 취약한 개도국에서 이 간극은 더욱 크다. GFCS를 위한 고위급 태스크포스는 약 70개 개도국에서 기후 서비스가 전무하거나 거의 없고, 따라서 극단기상의 위험에 대한 정보가 부족하다는 결론을 내렸다.

기후서비스를 전 지구적으로 제공하기 위한 토대는 이미 마련되었다. 여기에는 현존 기상·기후 관측 시스템, 자료 교환, 기후 연구 프로그램과 위험관리 기법 등이 포함된다.

격차 줄이기

GFCS의 목표는 정부의사결정, 기업 활동, 농업 등 모든 분야에 적합하고 시의적절한 정보를 제공하는 것이다.

2011년 동아프리카지역의 경우처럼, 작물을 심고 가축을 도살할 시기를 결정해야 하는 농부 및 목축업자들에게 임박한 가뭄에 대한 조기경보를 발표할 수 있다.

GFCS는 과학적 발전을 토대로 하여, 보편적 지식을 소규모 지역 수요에 적용하려는 실로 전 지구적인 노력이다.

우선과제 및 수혜자

GFCS는 초기 이행 우선과제로 식량안보, 물, 보건, 재해위험경감의 네 분야에 집중한다. 장기적으로는 에너지, 교통, 관광 등 다른 기후 민감 분야 역시 포함될 것이다.

GFCS는 광범위한 이해관계자와의 협의를 통해 점진적으로 이행될 것이다. 앞으로 기술적 역량이 좀 더 개선되어야 하지만, 전지구기후관측체제를 개선하고, 신속한 업그레이드가 가능한 개도국을 대상으로 하기 위한 탄탄한 지식기반은 이미 존재한다. 일부 프로젝트는 바로 시작될 수 있다.

GFCS 이행에 필요한 비용의 대부분은 현재 진행 중인 국가 프로그램을 개선하는 데 사용될 것이다.

기후서비스 잠재 이용자

- 토지사용규제 및 환경보호
- 도시 및 산업 계획
- 날씨에 강한 건물의 구조 설계
- 해수면 상승과 폭풍에 대비한 인프라 구축
- 에너지 공급 관리
- 교통 및 연료 효율성
- 물 공급 계획 및 댐 제어
- 토지 경작 및 축산
- 산림 및 해안 관리
- 폭서 및 폭한에 대한 보건 대응
- 수인성 질병 제어



GFCS의 관리 및 개발을 위한 추가 비용 대부분은 개도국 지원을 위한 우선 프로젝트를 위한 것이다. 고위급TF는 이 비용이 2012년~2021년 사이 10년 간 미화 4억~5억 5천만 달러에 달할 것으로 추산했다. 이 비용은 기상 및 기후로 인한 생명과 재산 손실을 줄이고, 기후관측 및 위

성, 슈퍼컴퓨터 등 정보시스템에 대한 수십억 달러의 투자 효과를 실현하는데 따르는 대가로는 적은 것이다.

단적인 예로, 프랑스 일국의 수문기상정보 가치는 매년 10~80억 유로로, 정보 생산 비용의 4~30배에 이른다.

“우리는 극한기상으로 인해 수 십 만 명의 사람이 목숨을 잃고 수 백 만 명이 고통 받는 상황을 너무나 자주 목격하고 있습니다. 극한기상은 점점 더 잦은 빈도로 발생하고, 피해자 수 역시 증가하고 있습니다. 기후변화 유발에 대한 책임이 가장 작은 사람들이 기후변화로 인해 가장 먼저 가장 큰 피해를 입는다는 사실은 명백한 불의입니다. 우리는 이를 바로 잡아야 합니다. 가장 취약한 국가에 기후정보를 제공하고 지원하는 것은 매우 중요합니다.”

고위급TF 공동의장 장 에젤랜드(Jan Egeland)

기후서비스가 이용될 수 있는 예로는
인구증가에 대비한 식량안보와 도시계획도 있다.



식량 안보와 농업



자연적으로 발생하는 기후 변동과 인간이 유발한 기후변화로 인해 일부 지역에서는 생장기가 길어지는 반면, 다른 지역에서는 농업과 식량생산의 지형이 변하고 수자원이 위협받고 있다. 믿을 수 있는 기상, 기후, 물 정보는 식량 및 농업 분야에서 필수적이다.

사하라 사막 이남 아프리카지역과 남아시아 지역 등지에 사는 10억 명 이상의 사람들에게 가난에 수반되는 기아는 냉혹한 현실이다. 이 지역은 일반적으로 인구가 밀집되어 있고, 비료와 수자원이 부족하여 농업생산성이 낮다. 토지, 물, 노동력을 얻기 위해 너도나도 도시지역으로 몰려들고, 환경이 파괴되고, 오염되고, 사막화가 심해짐에 따라 이에 수반되는 문제점이 생겨난다.

유엔식량농업기구는 인구증가(90억 명 추산)와 사회경제발전으로 인해 세계 식량 수요가 2050년까지 두 배로 증가할 것으로 예상한다. 기후변화는 이미 부족한 식량시장을 추가로 압박할 것이다. 지속가능한 토지 관리는 이러한 문제에 대처하는데 있어 중요하다.

경제성장의 기반인 농업

수 십 억 인구에게 농업은 생활방식이자, 생계고, 유일한 영양섭취 수단이다. 일부 개도국에서 농업은 GDP의 50%까지 차지하기도 한다.

식물품종개량, 관개, 농업의 발전과 국가지원 정책이 맞물려, 지난 수 십 년간 농업생산성이 장족의 발전이 있었다. 예컨대 관개지 생산성이 천수지 생산성의 3배에 달하기도 한다. 1960년에서 2007년 기간 동안 전 세계 식량생산은 거의 세 배 증가했고, 급격한 인구증가에도 불구하고 일인 당 식량 가용분은 일일 2300kcal에서 2800kcal 이상으로 증가했다.

아프리카 농업 잠재성에 대한 최근 연구를 보면, 많은 아프리카 국가에서 상당한 경제성

장을 이끌 수 있는 규모를 가진 산업으로 농업이 유일했다. 아프리카 신개발 협력 계획(NEPAD: New Partnership for Africa's Development)은 2002~2015년 사이 미화 2,500억 달러를 투자할 프로그램을 위한 최우선 분야로 농업을 선정했다.

농업분야에 대한 정보 제공

어느 농부에게나 기상, 기후, 물 정보를 원하는지 물으면 (그 정보가 이해하기 쉽고 정확하다는 전제 하에) 대답은 항상 '그렇다'일 것이다.

농업과 식량안보는 GFCS의 최우선과제에 포함된다. GFCS는 최저생활 농부와 같은 취약계층 등을 위해 기후정보의 가용성과 적합성을 높이기 위한 것이다. GFCS는 기상 및 기후 정보를 농업계 사용자와 연계하는 사용자인터페이스 플랫폼을 포함하고 있다. 이를 통해 과학자들은 농민들이 원하는 것을 파악할 수 있고, 농업인들은 정보에 접근하고 정보를 사용할 수 있게 된다.

기후변화에 따른 이산화탄소 농도, 기온상승, 강우량 및 강우시기 변화가 농업에 미치는 영향으로 인해 GFCS는 보다 시급해졌다.

대부분 대륙에 위치한 건조 및 반건조 지역에서 물 부족이 심화될 것으로 보인다. 이로 인해 식량 생산, 시장 및 식량 안보가 영향을 받을 것이다. 핫스팟(위험지역)을 찾아내고, 농업대안을 연구하기 위해 농업자료와 연계한 역사적 기후자료와 미래 기후 시나리오가 절실히 요구된다. 이 정보가 유용하기 위해서는 그 규모를 상세화하여(downscaled) 국가 및 지역사회 수요에 대응하도록 해야 할 것이다.

GFCS는 장기계획에 특히 유용할 것이다. 토지 구입, 관개 설계, 새 농업시스템 채택, 가뭄

에 저항력이 더 큰 종자 도입, 목축에서 고부가가치의 원예업으로의 이동과 같은 큰 의사결정이 여기에 포함된다.

농업-기후 지수

위성 영상은 지상관측과 결합되어 표준화된 차별 식생 지수(Normalised Difference

Vegetation Index; 식생을 모니터하고 지역·국가의 수확량을 평가·예측하기 위한 지수)와 같은 지도 정보를 제공할 수 있다. 또한 지리정보시스템은 사회·경제 자료를 포함하여 농촌인구의 기후위험 취약성과 같은 사항을 연구할 수 있다.

농업 생산 증진을 위한 순회 세미나

서아프리카 15개국이 참여하는 4개년 시범 프로젝트로서 1,000명의 농촌여성을 포함한 5,700명의 최저생활 농업인을 대상으로 수확량을 최대화하고 위험을 최소화하기 위해 어떻게 기상기후 정보에 접근하고 사용할지에 관한 훈련을 진행하였다.

METAGRI라고 알려진 이 프로젝트는 146번의 순회세미나를 조직하여, 국가기상수문서비스와 생계에 많은 부분을 날씨에 의존하는 농부 사이의 상호작용을 강화하였다.

이 세미나에서 농부들은 기상 및 기후 서비스에 대한 인식 제고를 통해 자족성을 키우고, 기상·기후 정보·서비스에 대한 지속가능한 이용을 도모할 수 있었다. 이 세미나는 또한 농업계의 소중한 피드백을 국가기상수문당국에 제공하는 역할도 하였다.

극한 가뭄과 홍수에 취약한 지역에서 국가기상수문당국은 2,838개 마을에 3,000개 이상의 즉유기를 보급하여 농부들에게 간단하지만 꼭 필요한 작물관리·계획 툴을 제공하였다.

순회세미나는 방글라데시, 에티오피아, 인도, 스리랑카에서도 개최되었다.

스페인기상청(AEMET)이 프로젝트의 자금을 지원하고, WMO가 기후 및 보건, 해양기상 및 관리 프로그램 등 서아프리카 국가기상수문당국 강화 노력의 일환으로 기술적 공조를 제공하였다.

서아프리카 농부를 위한 시범 프로젝트의 개념은 25년 전 말리(Mali) 국가기상국에서 처음 고안되었다. 그 목표는 서 아프리카 전 국가의 경험을 공유하고 농업 및 식량 안보를 강화하는 것이다.

현재 말리에서는 정부기구, 연구소, 언론, 농촌지도사업, 농부 간의 공조가 이루어지고 있다. 농업기상학 정보를 사용해 의사결정을 하는 농부들은 수확량과 수입의 증가를 경험하였다. 연구결과를 보면 농업기상정보를 사용하지 않는 농부들과 비교할 때 재파종(re-sowing)률이 35% 감소하고, 작물 수확량이 평균 20~25% 증가하였음을 알 수 있다.



기상예보 및 기후예측

급변하는 대기상태 예측에 특히 유용한 전 지구 수치 기상 예보는 십 년에 하루 이상씩 개선되었다. 오늘날 7~8일 기상예보는 1970년대 3일 예보만큼이나 신뢰성이 있다. 이러한 성과는 더욱 강력한 컴퓨터, 위성 관측 능력 증가 등 과학기술 발전 덕분이다.

과학기술 발전으로 인해 특히 국가·지역 차원에서 월별, 계절별 기후 예측의 가용성과 신뢰성이 강화되었다. 계절별~연별 예측의 주된 신호는 엘니뇨남방진동(ENSO) 현상과 상호관련이 있다. ENSO는 해수면온도와 대기상태의 결합

현상으로, 열대 및 아열대 지방의 기후상태에 매우 큰 영향을 미친다.

엘니뇨의 경제적 파급효과는 어마어마하다. 1997~98년 극심한 엘니뇨 현상이 있었고, 이후 1998~99년 강한 라니냐 현상이 이어져 미국에 막대한 경제손실을 가져왔다. 일부 연구에 따르면 완벽한 엘니뇨 예보의 경제적 가치는 매년 미화 수억 달러에 이른다고 한다.

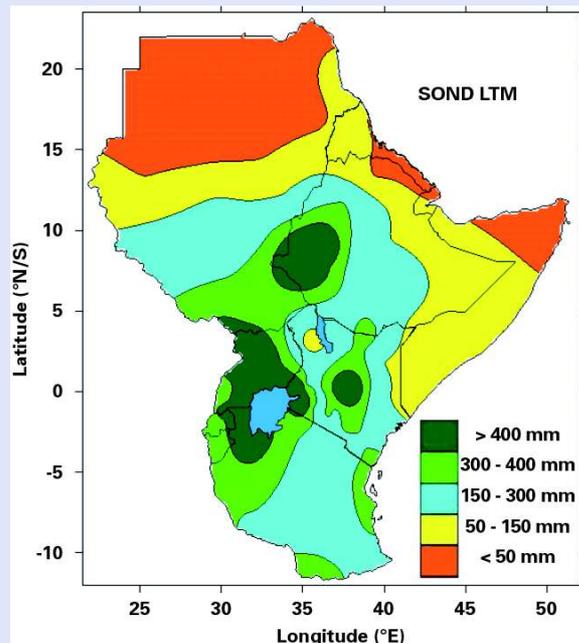
계절별, 십년간 기후 예측이 보다 개선되어 해양상부 열함량, 토양수분, 적설, 극해빙, 기타 요인들에 대한 발전된 지식을 보다 충분히 활용할 수 있기를 기대한다.

계절 예측 및 가뭄 대책 계획 수립

WMO와 파트너들은 여러 지역의 계절별 예측을 개선하기 위해 노력하고 있다. 일례로 '동아프리카 기후 전망 포럼(Greater Horn of Africa Climate Outlook Forum)'은 소말리아의 극심한 가뭄에 대해, 또 라니냐 현상이 이후 우기에 영향을 미쳤던 인근 지역에 대해 2010년 말 이후 기후감시업데이트를 정기적으로 발간하고 있다.

2011년 중반 유엔은 60년 만에 최악의 가뭄이 초래한 식량위기로 인해 동아프리카지역에서 인도주의 차원의 원조를 필요로 하는 사람의 수가 1천 2백만 명 이상이라고 추산하였다.

2011년 9월 기상학자, 기후예보관, 기타 전문가들이 만나 9~12월 기간의 예상 강우를 검토하였다(우측 지도 참조). 기근에 시달리는 남 소말리아에서 평년 또는 평년 이상 수준의 강우량 회복이 가능하다는 결론이 있었던 반면, 북 소말리아와 인근 지역에는 평년 이하 강우 위험성이 지적되었다.



수자원과 리스크



물 없이는 생명도 없다. 그러나 물이 넘치면 모든 생명이 사라질 수 있다.

보건, 농업, 도시행정, 산업, 수력, 내륙 항해, 환경보호에서 긴요한 역할을 하는 물은 모든 생명의 근원이다.

예컨대 담수 용수의 70% 정도가 농업, 특히 관개 식량생산에 사용된다. 여러 국가에서 물은 수력발전의 형태로 저렴하고 재생 가능한 에너지를 제공한다.

물은 위생과 보건에도 필수적이지만, 동시에 오염물질, 질병, 질병 매개체를 수반하기도 한다. 매년 수백만의 사람들이 수인성 질병에 감염된다.

7대 새천년개발목표의 중대 목표는 지속가능한 깨끗한 식수 및 기본적인 위생을 누리지 못하는 인구의 비율을 2015년까지 반으로 줄이는 것이다. 전 세계적으로 이 목표는 달성을 향해 가고 있으나, 일부 지역에서는 아직 많은 일들이 남아 있다.

전 세계적으로 물 부족은 인구 세 명당 한 명을 괴롭히는 매우 큰 문제이다. 인구 증가와 생활 및 산업 용수 수요 증가로 많은 지역에서 물 부족 문제는 악화되고 있다. 남미 및 아프리카의 건조지역과 아시아 내륙, 호주 등 많은 지역에서 물 공급은 갈수록 희박해지고 있다. 이에 언젠가는 물도 석유처럼 거래되는 값진 상품이 되지 않을까 하는 논의가 이어지고 있다.

한편 돌발홍수나 하천평지홍수와 같은 형태의 과도한 물은 엄청난 경제적, 인적 손실을 초래할 수 있다. 기록된 가장 심각한 7차례의 홍수가 유발한 경제손실은 미화 100억~300억 달러에

달한다.

밀접하게 연결되어 있는 글로벌 경제에서 홍수의 연쇄효과는 도처에서 목격된다. 예컨대 2011년 10~11월 발생한 태국의 홍수는 세계 최대 쌀 수출국인 태국의 쌀 작물에만 해를 입힌 것이 아니라 컴퓨터 하드 드라이브나 자동차 부품의 전 세계 공급 및 가격에도 영향을 미쳤다.

기후변화와 물

물은 얼음, 물, 수증기의 다양한 형태로 기후 시스템의 물리학에 결정적인 역할을 한다. 물은 기상예측과 기후변화 전망에 사용되는 전 지구 수치 모델의 아주 중요한 요소이다. 기본적인 물 순환 관측은 기후변화에 대한 적응에 있어 매우 중요하다.

기후변화로 인해 물 부족과 홍수가 증가하리란 것은 이제 주지의 사실이다. 지구 기온이 증가하면 대기에서의 물 순환이 촉진돼 가뭄이 잦아지는 반면, 강수량은 더욱 증가하는 현상이 발생하기 때문이다.

유엔워터(UN-Water)는 기후변화에 관한 주요 메시지에서 다음과 같이 말했다.

기후변화에 대한 적응은 많은 부분 더 나은 물 관리에 달려있다. 더 나은 물 관리를 통해 기후 변동성 및 변화 증가에 적응하기 위해서는 정책의 변화와 상당한 투자가 필요하다. 이는 (다른 기본 원칙 가운데) 기후, 물, 적응 조치에 대한 지식 및 정보를 개선하고 공유함으로써 가능하고, 종합적이고 지속가능한 데이터 취합 및 모니터 시스템에 투자해야 한다.

“지난 세기 동안 물 사용은 인구 증가율의 두 배가 넘는 속도로 증가해 왔다.”

세계자원연구소 커스티 젠킨슨(Kirsty Jenkinson)

산업화된 국가든 개도국이든 공히 수문 지원 서비스가 필요하다. 한 추산치에 따르면 미국은 수문 시스템을 계속 운영하고, 기후변화에 적응하기 위하여 현재부터 2050년 까지 미화 1조 7천억~2조 2천억 달러를 사용해야 한다. 양질의 기후 자료는 두 국가 이상에 걸쳐 있는 공유 유역의 물 관리 시스템에 특히 중요할 것이다. 세계적으로 263개의 국경을 통과하는 하천과 호수 유역이 있다. 이들은 전 세계 담수 수류의 60%, 인구의 40%를 차지하고, 모든 국가의 75%에 영향을 미친다. 물 공급과 인프라 투자에 관한 의사결정을 하기 위해 탄탄한 과학정보가 필수적이다.

가뭄 관리

장기적인 사회경제적, 환경적 영향을 유발하는 가뭄은 모든 자연 위험 중에서도 가장 파괴력이 크다. 가뭄은 한 계절 동안 지속될 수도, 수십 년에 걸쳐 나타날 수도 있고, 그 규모도 지역사회 단위부터 한 지역 전체에 걸친 가뭄까지 다

양하다.

2011년 동아프리카, 미국 남부, 중국 등 세계 각지에서 발생한 가뭄 때문에 지난 20년 간 가뭄이 보다 잦아졌다는 전문가들의 견해가 더욱 강화되었다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)의 2011년 특별 보고서에 따르면, 이 경향은 증가될 것으로 보인다.



파키스탄

2010년 파키스탄 대홍수는 2,000명에 달하는 생명을 앗아가고, 일반 인프라 시설과 약 2백만 가구의 주택을 파괴하는 등 약 2만 명의 피해자를 낳았다. 2011년 파키스탄의 곡창지대라 할 수 있는 신드(Sindh) 주에서 발생한 홍수로 GDP 성장이 0.5% 저해될 것으로 추산되었다.



돌발홍수로부터의 인명 및 재산 보호를 강화하기 위해 WMO는 통합홍수관리계획에 있어 파키스탄 기상청과 협력하였다. 그 결과 파키스탄은 조기경보 제공을 위한 돌발홍수 지침 시스템을 구축했다.

이 시스템은 WMO, 미국해양대기청, 미국기상청, USAID, 파키스탄 기상청의 공동 작업을 통해 미국에 있는 수문연구소가 개발하였다.

대부분의 국가에서 국가·지역 단위의 가뭄 관리를 위한 정책 개발이 부족하다. 즉 대부분 지역에서 감시, 예측, 위험평가, 통신으로 구성된 가뭄조기경보정보시스템이 충분치 않다.

WMO와 파트너들은 현재의 위기 위주 접근법에서 재해 위험 경감정책으로의 전환을 추구하고 있다. 재해 위험 경감정책은 국가가뭄정책을 통해 개발되는 가뭄 대비·감축 대책을 포함한다.

홍수 관리

2011년 호주, 콜롬비아, 인도네시아, 일본, 파키스탄, 스리랑카, 태국, 미국 등 많은 국가가 끔찍한 홍수를 겪었다.

홍수는 인명과 재산을 파괴할 수도 있지만 경제 발전에 기여할 수도 있다. 세계 각지의 하천

지역 또는 홍수다발 삼각주 지역에서는 농업, 수산업, 기타 활동에 크게 의존한다.

WMO와 글로벌워터파트너십(Global Water Partnership)이 함께 이끄는 홍수관리 공동프로그램은 홍수 관리에 있어 위험을 최소화하고 기회를 최대화하는 접근 방식을 강조한다.

통합홍수관리는 단순히 사고에 대응하는 것이 아니라 홍수에 대비하고 이를 예방하는 전략을 추구한다. 여기에는 기후위험관리, 홍수위험평가, 토지사용규제, 홍수보험, 수문기상 모니터링 강화, 홍수재난대비, 긴급 상황 관리 및 회복 등이 포함된다. 통합홍수관리는 홍수 관련 R&D 분야와 대홍수의 여파를 줄일 책임이 있는 홍수 전문가 사이에 존재하는 격차를 줄이는 것을 목표로 한다.

안데스 산맥

볼리비아, 페루, 에콰도르, 콜롬비아 등 열대 지역에 위치한 안데스 산맥의 눈과 얼음은 3천만 명의 식수원이다. 온도 상승으로 인해 최근 몇 년 간 이 얼음이 감소하고 있어 이 지역의 물 공급이 위협받고 있다. 에콰도르의 수도 키토(Quito), 볼리비아의 라파즈(La Paz)에서는 빙하유역에서 전제 물의 각각 50%와 30%를 얻는다.



1970년 이래 안데스 빙하가 20% 감소하였다. 이 빙하는 안데스 지역의 물 공급을 좌우하기 때문에, 이 지역의 국지적 기후변동과 세계적 기후변화에 대응할 수 있도록 전 세계적인 노력이 이어지고 있다.

상황을 타개하기 위하여 WMO 회원국들은 세계은행과 지구환경기금(Global Environment Facility)이 이끄는 종합프로젝트에 동참하였다. 일부 WMO 회원국들은 고해상도 위성 영상을 이용하여 빙하의 변화를 주시하고 있다. 관측 및 평가를 개선함으로써 취약 지역에 대한 더 나은 매핑(mapping)과 이 지역의 적응전략 개발이 가능하다. 그 밖의 대책으로 대체 수원 개발, 에너지원의 다각화, 대안작물 및 선진 관개시스템으로의 전환 등이 있다.

기후와 건강



조기경보시스템은 폭풍, 폭염 등 기상과 관련한 생명과 건강에 대한 위협으로부터 우리를 보호하기 위해 꼭 필요하다. 일부 경보 시스템은 체감온도 요인이나 자외선 강도를 추정하기도 한다. 알레르기원, 대기오염, 모기활동 등 특화된 건강 경보의 가치는 날로 높아지고 있으며, 이러한 경보는 건강을 위한 정보와 함께 제공되기도 한다.

일례로 2003년 8월 유럽의 기록적인 폭염은 70,000명 이상의 초과사망(excess deaths)으로 이어졌다. 이에 프랑스의 보건 및 기상 당국은 노인, 어린이 등 취약계층을 대상으로 하는 경보를 발행하기 위해 공조하였다.

공동 노력

기상·수문과 관련한 공공 정책은 청정수 공급, 위생 서비스, 전염병 관리, 대기오염 제어, 안전하고 건강한 주거 지원, 체계적인 재난 관리를 통해 국민 건강에 중요한 역할을 한다.

보건-기후 문제에 대한 관심과 연구가 증대되면서 보건 당국과 지역사회 모두를 위한 도구와

정책 개발이 촉진되었다. 이러한 팀 접근 방식은 공공보건 전문가의 전문성을 경제학자, 생태학자, 수문학자, 기후과학자, 기상학자의 전문성과 결합하는 것이다.

기후변화와 건강

기후변화는 수 백 만 명의 건강에 다양한 방식으로 영향을 미친다. 폭염이 심하면 아이들과 노인들의 건강에 큰 위협을 초래하고, 가뭄 증가가 예상되면 영양실조 가능성이 커지며, 건조한 환경은 호흡기에 영향을 미치는 모래 및 황사 발생을 쉽게 한다.

많은 지역에서 말라리아, 웨스트나일 바이러스, 뎅기과 같은 매개인자성 질병 위험이 높아지고 있다. 습하고 더운 환경에서 모기가 기승을 부리고, 콜레라와 같은 병원균도 이런 환경에서 살아남는다. 강우 및 홍수 증가는 유해물을 매개한다.



주요 개선점

푸네(Pune) 열대기상연구소(Institute of Tropical Meteorology)는 대기질 예보 및 연구 시스템(SAFAR: Air Quality Forecasting and Research)으로 알려진 인도 최초의 대규모 대기연구 프로그램을 주도한다. 이는 2010년 연연방대회(Commonwealth Games) 동안 뉴델리에서 성공적으로 시험되었었다. SAFAR를 인도의 다른 주요 도시로 확대하는 것이 그 목표이다. 대기의 질에 대하여 위치특정 정보를 제공하고 24시간 선행 예보가 가능하다.

이 프로그램은 뉴델리에 소재한 인도기상청이 개발한 기상예보시스템의 지원을 받는다. 그 목표는 대기의 질에 대한 일반인의 인식을 제고하여 적절한 행동을 촉구하는 것이다.

말라리아

세계 인구의 절반인 약 33억 명이 말라리아 발병 가능성에 노출되어 있다. 말라리아는 연간 2억 5천만 건 발생하며, 백만 명 가까이 이로 인해 사망한다. 아프리카 지역에서는 특히 심각해 아동 사망 5건 중 한 건이 말라리아와 관련되어 있다. 최빈국 국민들이 말라리아에 가장 취약하다.

일부 반건조 지역에서의 말라리아 발병 건수는 보통 모기의 개체수가 확장하는 우기 절정 한두 달 후에 정점에 다다른다. 폭우가 말라리아로 이어질 수 있다. 그러나 일부 고지대에서는 온도가 가장 중요한 요소이다. 대개 온난계절에 말라리아가 발생한다.

이러한 상호관계를 토대로 일부 아프리카 국가에서 조기경보시스템을 개발하여 시험 운영하고 있다. 이 조기경보시스템은 계절별 기후 예보를 기상, 모기 수, 말라리아 발생 건수와 관련한 월별 자료 및 관측과 종합하여 예측을 시행한다. 3~6개월 앞선 계절별 강수, 온도 예보를 통해 말라리아 위험이 큰 지역에 미리 경보할 수 있다.



상하이

중국 상하이는 인구 1천 8백 만 명의 인구밀집도시이다. 태풍, 폭염, 한파 등 자연위험에 취약하며, 대기도 오염되었다.

2010년 상하이세계박람회 기간 동안 중국기상청은 상하이 지역에 대기 오염예측 시스템을 구축하고, 환경의 질을 평가하는 기법을 개선하는 등 대기 질, 꽃가루, 식중독, 열사병에 관한 새로운 서비스를 선보였다.



이와 반대로 세계의 다른 지역에서는 특정 질병 매개인자에 대한 노출이 감소하고, 저온 노출로 인한 사망도 줄어들 수 있을 것이다.

각 사회가 이러한 과제에 어떻게 대비하느냐에 따라 그 결과는 다르게 나타날 것이다. 기상, 기후, 물에 관한 정보 및 예보의 사용이 이러한 대응에 힘을 실어줄 수 있을 것이다.

대기오염

실내외 대기 오염은 선진국과 개도국 모두에 영향을 미치며, 호흡기 감염 질환, 심장병, 폐암 발생에 원인이 된다. 세계보건기구(WHO)는 실내 공기 오염이 대략 2백만 건의 조산을 유발하고, 전 세계 인구 절반 이상의 건강에 위협요소로 작용한다고 추산한다.

WMO의 전지구대기감시(GAW) 활동은 오존, 자외선, 태양복사, 온실가스에 대한 정보를 취합

하며, 도시 환경 오염을 모니터링하는 특화 조직을 두고 있다.

WMO와 유엔환경계획(UNEP) 2011 공동 보고서는 검댕이나 그을음에서 오염을 줄일 수 있는 가능성이 크다고 보고하였다. 이를 통해 호흡기 건강을 개선할 수 있다. 또한 중요한 것은 대기 중 수명이 짧은 오염물질을 줄이는 것이 지구온난화를 경감하는 데에도 기여한다는 것이다.

WMO는 모래먼지폭풍경보평가시스템을 운영한다. 이 시스템은 모래 및 먼지 예보를 통해 아프리카, 중동, 동남아, 미국 서남부 등 위험지역에 조기 경보를 제공할 수 있다. 기상학자들은 보건 전문가와 공조하여, 서아프리카 세네갈에서 동부 에티오피아에 걸친 소위 아프리카의 '수막염 지대(meningitis belt)'에서 수막염이 발병하는데 있어 분진의 역할을 분석한다.



재해위험경감



수백만의 사람들이 홍수, 폭풍, 가뭄, 산사태, 기타 기상·기후·물 관련 재난으로 영향을 받는다. 수십 건의 대규모 재해가 매년 발생하며, 이는 그 지역 및 국가의 경제성과를 물거품으로 만들 수 있다. 이보다 규모가 작은 수백 건의 재난은 보고되지 않고 지나간다. 이 재난들 역시 생명을 위협하고, 주택을 파괴하고, 작물을 초토화시키고, 기업을 도산시킨다.

우리는 자연위험이 재난으로 번지지 않도록 예방하는 조치를 취할 수 있다. 도시의 주택을 보다 튼튼하게, 안전지대에 건설하고, 효율적인 경보 시스템을 사용하여, 잠재 손실을 줄일 수 있다. 2005년 효고행동강령(Hyogo Framework for Action)은 튼튼한 지역사회 건설에 관하여 국제적으로 합의된 청사진이다. 국가기상수문당국의 과학적 전문성 및 운영능력은 이를 달성하는데 있어 핵심이 된다.

재해는 증가하는가?

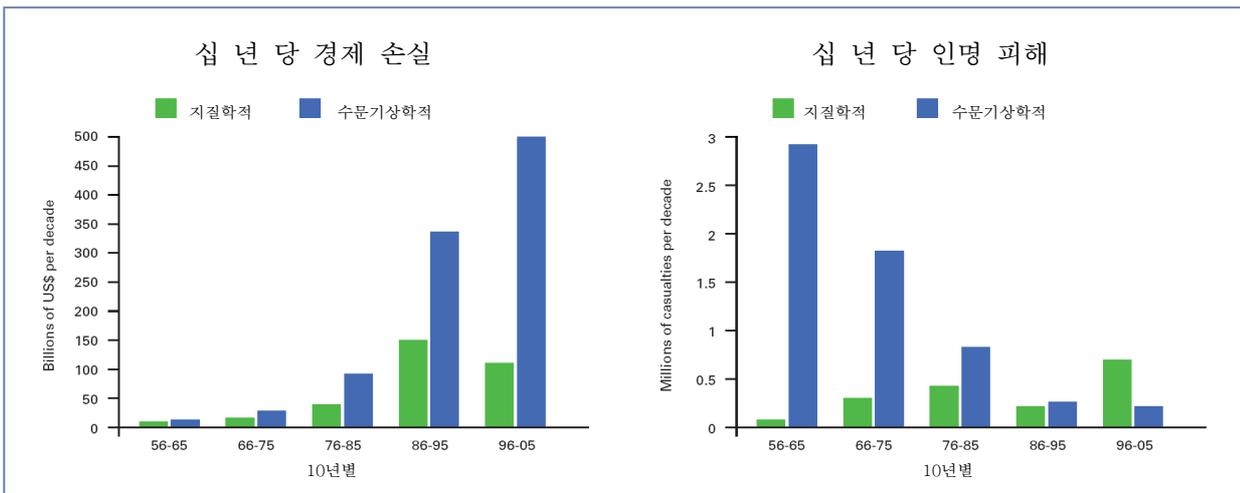
기후변화를 계기로 일반대중들은 자연 재해가 증가한다는 인식을 어느 정도 갖게 되었다. 사실

은 이보다 더욱 복잡하다. 과학적 기상자료 연구에서 일부 극한기상의 증가가 드러나기 시작한 한편, 중요한 요인 하나는 지역사회의 노출이다.

최근 수십 년 간 나타난 경향 중 가장 극적인 것은 조기 경보 및 대응 프로그램 개발을 통해 재난, 특히 가뭄·홍수의 사망자수가 감소한 것이다. 기상·수문 예보·경보를 긴급 상황 관리와 연계함으로써, 대규모 대피 및 인도주의적 대응 조치를 통해 수많은 생명을 구했다.

그러나 인구 증가와 빈곤으로 사람들은 보다 심각한 위험지역에 내몰리고 있다. 산사태가 잦은 범람원이나 경사지에 주택이 건축되고, 가뭄 다발 지역이 경작지로 쓰이고 있다. 많은 국가에서 주식홍수 및 기타 자산의 양은 인구증가 속도보다 더 빨리 증가하고 있어 전 세계적으로 경제·금융·보험 손실이 증가하고 있다.

기후변화로 인해 앞으로 더 많은 재난을 발생할 것으로 보인다. 이는 단지 기상위험의 변화와 해수면 상승 때문만이 아니라 먹이사슬, 수자원, 보건에 가해지는 압박 때문이기도 하다.



지난 50년 간 자연위험의 영향에 관한 추세를 보면, 수문기상 위험과 관련하여 경제 손실은 증가했고, 인명 피해는 감소했음을 알 수 있다.

위험 경감을 위한 기후 서비스 개선

기상, 기후, 물에 관한 양질의 정보 및 전문성은 재난 위험을 줄이는 데 절실한 요소이자 국가 기상수문당국의 우선과제이기도 하다.

경보서비스는 단기 기상예보 및 경보에서, 계절별 기후 예보, 수십 년 단위 기후변화 예측에 이르기까지 다양하다.

예컨대 모든 열대성 저기압, 허리케인, 태풍에 대해 주의보를 제공하는 열대성저기압 경보 센터가 여섯 곳 있다.

GFCS는 재난 위험 감소를 최우선과제로 하여 역량을 집중하고 있다. 가난한 인구가 이에 노출되면 규모가 크지 않은 위험으로도 인명 및 생계 피해가 뒤따르는 경우가 종종 있다. 개발당국은 이제 재난 위험 감소를 미래 경제·사회 개발의 성공을 가능할 주요 요소로 인식하고 있다.

선진국에서 인명피해는 여전히 발생하기는 하지만 계획·인프라·경보 서비스가 훨씬 우수하기 때문에 가난한 국가의 경우보다 그 수치는 훨씬 낮다. 그러나 선진국의 경우 경제적 자산 가치와 금전적 손실이 훨씬 더 클 수 있다. 적기의 조기

경보 서비스를 통해 피해를 줄이고, 비용을 절감할 수 있는 여지가 상당히 높다.

효과적인 조기 경보 시스템

효과적인 조기 경보 시스템은 네 가지 요소로 구성된다. 이 요소는 국가·지역사회 차원의 다양한 기구 간에 서로 조정되어야 한다.

- 위험은 감지되고, 관측되고, 예보되며, 위험 경보가 만들어진다.
- 위험은 분석되고, 정보는 경보 메시지에 포함된다.
- 경보는 지정된 기관에서 발행되어, 당국에서 대중으로 전달된다.
- 정보에 대응하여 지역사회 기반 긴급 대비 계획이 실행된다.

모든 요소를 조정하고 실행하지 못하면 시스템의 마비로 이어진다.

재난 조기 경보 시스템의 성공을 위해서는 경보를 신중하게 전달, 해석, 사용해야 한다. 그 효과를 극대화하기 위해 WMO는 우수사례를 홍보하고 있다.

쿠바

쿠바의 열대성저기압 조기 경보 시스템은 자연 위험으로 인한 사망자수를 급격히 줄인 것으로 인정받고 있다. 여기에는 조기경보시스템과 함께, 피해 지역 주민이 긴급대피소로 대피할 충분한 시간을 확보하는 효과적 대응이 포함된다.



허리케인 구스타프(Gustav)는 2007년 쿠바에서 약 십만 대의 가구를 파괴했다. 50년 만의 가장 강력한 허리케인이었지만 지역사회는 대비되어 있었고 인명피해는 발생하지 않았다.

여기에는 충분한 협의, 국가별 경험을 문서화하기 위한 표준 양식 마련, 정치적·사회적·제도적 요인을 불문한 표준 원칙의 통합 등이 포함된다.

기상·수문 위험을 위한 일곱 개의 조기 경보 시스템에서 우수사례가 문서화되었다. 일곱 개 시스템이란 방글라데시 사이클론 대비 프로그램, 쿠바 사이클론 조기경보시스템, 프랑스 경계 시

스템, 독일 경보관리, 일본 다중위험 조기경보시스템, 미국기상서비스의 다중위험 조기경보시스템, 상하이 다중위험 긴급대비프로그램이다.

기상 정보 및 재난 감소 기법을 사용함으로써 인명을 구하고 경제적 손실을 줄일 수 있는 여지가 매우 크다. 또한 이러한 시스템은 빈곤퇴치, 경제개발, 기후변화 적응에도 도움이 될 것이다.



교통, 무역, 관광



지난 수 십 년 간 세계무역은 연간 10%씩 증가하여, 2010년 현재 미화 15조 달러에 이른다. 관광의 경우 2012년 국제관광이 10억 건에 이를 것으로 예상된다. 기상은 안전 확보, 위험 경감, 기상·기후·해양 상태 변동 시 효율성·신뢰성 극대화 등의 다양한 방식을 통해 해운, 항공, 육로 교통의 복잡한 네트워크를 지원하는 데 있어 중요한 역할을 담당한다.

국제무역 및 해운

유엔무역개발회의(United Nations Conference on Trade and Development)에 따르면 1960년 전 세계 상품무역은 미화 1,300억 달러였으나, 이후 매년 10%씩 증가하여, 2010년에는 미화 15조 2,300억 달러에 이르렀다. 이 기간 동안 개도국의 세계 무역 비중은 42%로 증가하였다.

국제해사기구(International Maritime Organization)의 통계치를 보면 전 세계 무역의 90%는 해운으로 이루어진다. 2008년 세계 해상 무역은 33조 톤-마일로 추산된다.

전세계 항해경보시스템

선박의 운명은 바다와 날씨에 달려있다. 체계적인 기상예보는 바다에서 선박과 생명을 보호하기 위하여 19세기에 시작되었다. 1912년 타이타닉호 사건은 SOLAS(해상 인명 안전 조약)로 이



선박들이 북극지역에서 극한·돌발기상에 직면하게 된다.

어졌고, 이는 오늘날까지 해상 안전에 관한 가장 중요한 조약이다.

SOLAS 조약은 기상정보에 관한 구체적인 요건을 정하고, WMO가 전 세계 기상 서비스를 공조하는데 있어 핵심역할을 한다고 규정한다. 예컨대 국가기상수문당국은 WMO의 해상방송시스템(Marine Broadcast System)을 통해 정보를 제공해 전지구해상위험안전시스템(Global Maritime Distress and Safety System) 및 전세계항해경보서비스(World-Wide Navigational Warning Service)를 지원한다. 이러한 서비스는 모두 항상 운영되어야 한다.

전세계항해경보서비스는 1970년대 말 국제해사기구가 국제수로기구(International Hydrographic Organization)와 공조하여 개발하였다. 이 서비스에서는 바다를 16개의 항해지역으로 구분하여, 각 지역마다 항해정보 전과를 책임지는 담당국을 지정하였다. 항해지역과 지도상 동일한 지역인 기상지역 역시 지정되었다.

북극지역의 극한·돌발 기상으로 곤란을 겪는 선박에 더 많은 정보를 제공하기 위하여 최근 5개 새로운 항해 및 기상 지역이 추가되었다. 기후변화의 영향으로 해빙은 갈수록 감소할 것으로 예상된다. 늦여름 북극 해빙이 금세기 중반까지 완전히 사라져 전례 없는 해상 난제를 촉발할 가능성이 있다.

이전에는 얼음으로 덮여 있었던 고위도 해역에서 해운과 석유 및 가스 탐사가 증가할 것으로 예상되는 가운데 WMO는 안전을 강화하기 위해 협력파트너들과 공조하고 있다. 해양 설계 및 선박 운영 회사는 파도 및 바다 여건에 대한 자료를 확보하고 위험관리를 개선하기 위해 공조하고 있다.

약 6,000대 선박과 해양플랫폼이 기상, 기후, 물과 관련하여 중요한 관측을 하는데 기여하고 있다.

항로 서비스를 통한 연료와 비용 절감

현대적 기상예보서비스를 이용하면 최적의 항로를 산출하여 기상 위험을 예방하고, 선박이 추가 비용이나 상업적 불이익 없이 정시에 항구에 도착하도록 할 수 있으며, 역풍 관련 비용 및 연료 소모를 최소화할 수 있다.

선박들이 북극지역에서 극한·돌발기상에 직면하게 된다. 일부 국가기상수문당국은 상업적 차원에서 정교한 항로서비스를 제공한다. 기상변화나 정박지연을 반영하거나 다른 경로를 시험하기 위해 항로 중의 변수 정보를 업데이트하는 것이 가능하다. 일부 해운회사는 이러한 방식을 이용해 위험기상 비용을 상당히 줄이거나, 연료를 5% 이상 절감할 수 있었다고 보고한다.

국제해운이 상업수송방식 중 단연 가장 탄소효율적인 방식인 것은 사실이지만, 이 분야의 이산화탄소 배출량은 전 세계 배출량의 3%에 달하고, 이는 주요 경제국 일국의 배출량에 비견된다. 따라서 체계적인 연료사용 절감은 기업수익 뿐 아니라 기상 측면에서도 바람직할 것이다.

항공

항공산업은 비즈니스 및 관광 여행객들의 주요 장거리 이동수단이자, 고부가가치 또는 변질성 제품을 전 세계에 빠르게 수송하는 역할을 한다. 민간항공사들의 2008년 수익은 전세계적으로 미화 5,640억 달러에 달했고, 이는 전 세계 GDP의 약 1%에 해당한다. 항공산업은 국가기상수문당국이 제공하는 최신 전문 항공 기상 자료 및 예보에 대한 의존성이 크다.

2011년 세계기상총회는 안전하고, 정기적이며, 효율적인 항법에 있어서 항공기상의 중요성을 인식하고 이를 최우선과제의 하나로 선정하였다.

기장과 항공 운영 및 교통 관리자 등은 풍속,

풍향, 구름, 빙결, 뇌우 위치, 공항 기상여건에 대한 정보가 필요하다. 민간항공사들 역시 운항을 위한 최적의 항로 및 고도를 계산하는 데 이 정보를 수시로 이용한다. 이를 통해 위험회피, 순조로운 운항, 연료 및 비용 절감, 도착일정 준수 등 다양한 효과를 거둘 수 있다.

항공 위험

1982년 한 여객기가 인도네시아 갈룽궁(Galunggung)산의 화산재 구름에 접근한 후 엔진 4개 모두가 고장 나는 사고가 있었다. 이를 계기로 1987년 국제민간항공기구(ICAO)와 WMO 등은 국제항공로화산감시(International Airways Volcano Watch)를 창설하였다.

전 세계적으로 화산재주의보센터는 9개가 있다. 화산활동이 있으면 해당지역 센터는 위성 및 지상 관측, 기상보고, 화산재 바람 이동 방향과 화산재구름 분산량을 계산하는 기상예측모델을 통해 주의보를 발표한다.

이 시스템은 2010년 4월 아이슬란드 에이야프얄라요쿨(Eyjafjallajöull) 화산 및 2011년 6월 칠레 코르돈카우예(Cordon Caulle) 화산의 재 기동으로부터 기체를 보호하기 위해 사용되었다.

ICAO는 WMO의 지원 하에 이 지역 주의보 시스템을 확대하여, 국가항공기상경보인 주요기



아이슬란드의 화산재 구름

상정보(SIGMET)를 지원하고자 하고 있다. SIGMET은 항공기에 난기류, 빙결 등 위험을 경고하고자 발표된다. SIGMET 주의보 제공을 위한 시범 프로젝트가 현재 세 회원국에서 시행 중이다. 그 세 회원국은 동부 및 남동아시아 지역의 중국, 중서 아프리카의 프랑스, 남부 아프리카 지역의 남아프리카공화국이다

관광

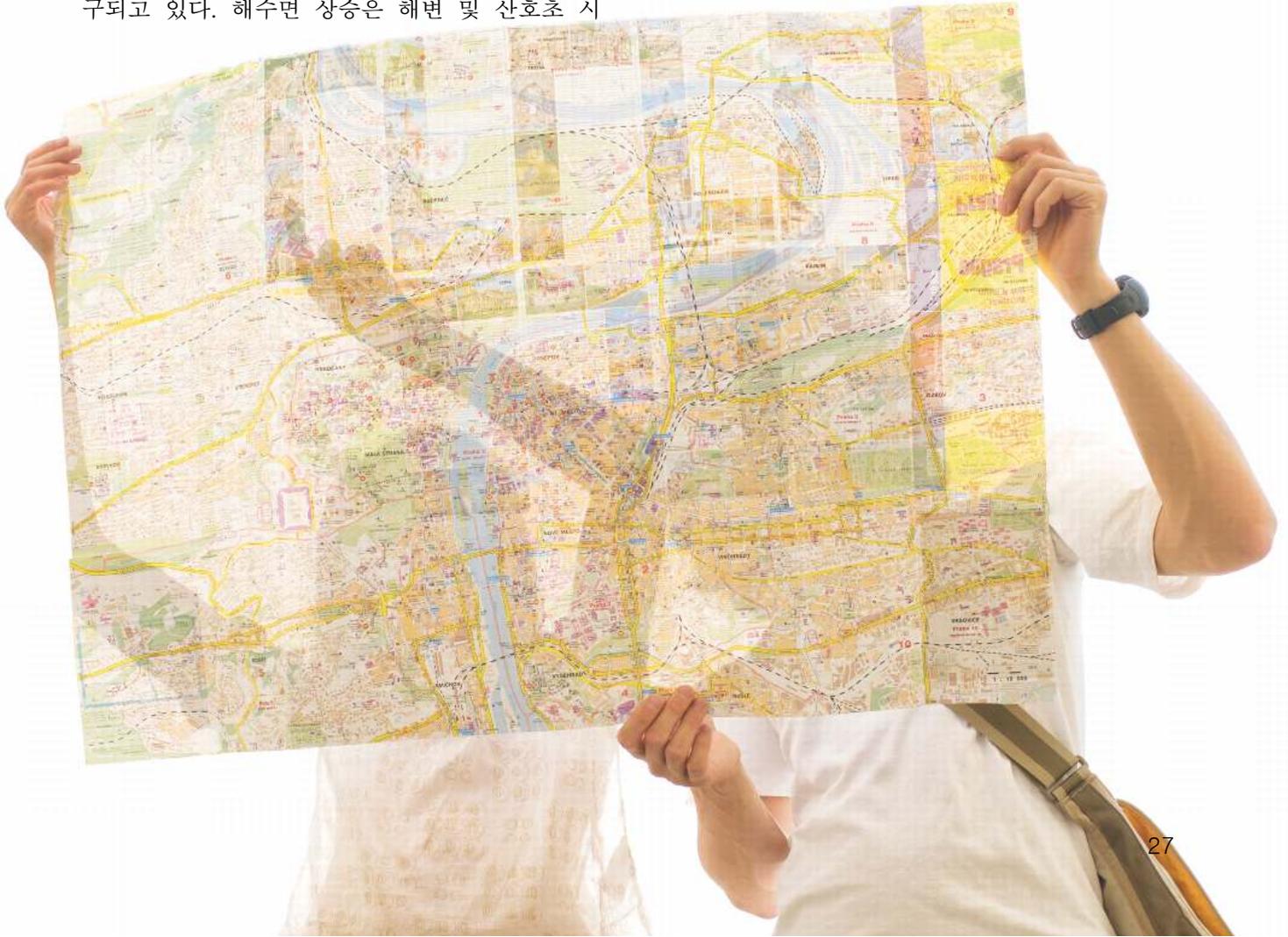
세계관광기구(World Tourism Organization)는 국제관광객이 앞으로 매년 3.3%, 즉 평균 4천 3백만 명씩 계속 증가할 것으로 내다보고 있다. 국제관광이 2012년에는 10억 건을 돌파하고, 2030년에는 18억 건에 이를 것으로 예상된다.

기후변화는 이미 관광부문에 영향을 미치고 있다. 예를 들어 스키산업의 경우 온도상승으로 스키시즌이 짧아지고 인공설 제조 장비 투자가 요구되고 있다. 해수면 상승은 해변 및 산호초 시

스템을 위협하고 있다. 물을 차지하기 위한 경쟁이 심화되면서 관광 인프라에 대한 이전의 투자는 지속가능하지 않다.

관광분야에서 기후 위험 및 기회를 관리하고 지속가능한 개발을 하기 위해서는 신뢰성 있는 기후 정보가 필요하다. 기후 변동은 많은 지역의 관광산업에 영향을 미칠 것이고, 따라서 충분한 정보에 입각한 적응 전략이 필요할 것이다. 스키 리조트는 30년 단위 온도변화에 관한 기후 모델에 기반하여, 신규 리프트 설치 장소를 계획할 수 있다. 해안 리조트는 기후변화에 취약한 장소를 찾아내고 방어책을 강화할 수 있다.

또한 기상기후 예측을 통해 자연위험에 대해 한발 앞서 경보할 수 있다. 2011년 8월 바하마(Bahamas) 지역 허리케인 아이린(Irene) 발생 당시, 당국이 여행객 대피 등 대책을 취할 시간이 있었기 때문에 단 한 명의 생명도 잃지 않을 수 있었다.



에너지와 기후



에너지 부문, 특히 화석연료 연소가 기후변화의 한 원인이라는 사실에 대부분이 동의한다. 기후 역시 다양한 방식으로 에너지에 영향을 미치기 때문에 에너지와 기후는 서로 영향을 주고받는다. 기후변화 및 그로 인한 에너지에 대한 영향을 이해하는 것은 매우 중요하다.

인구 증가와 산업발전으로 인한 전 세계 에너지 수요 증가는 에너지 공급량 증가 예상분을 뛰어넘을 것이다.

선진 산업사회는 상대적으로 저렴하고 안정적인 에너지원에 의존하고 있다. 그러나 수 십 억의 가난한 인구의 경우 대부분 바이오매스에 의존한다(30페이지 박스 참고).

개도국의 경우 취약한 기반에서 에너지 생산·공급 시스템을 빠른 시간 내에 마련해야 하는 문제에도 직면하고 있다. 바이오매스는 난방원으로서 중요하고, 석유는 아직도 수송 분야의 주 에너지원이며, 석탄은 대규모 전력 생산에 있어 여전히 쉬운 방안이다. 그렇지만 원자력, 가스, 지열, 수력, 태양 및 풍력 또한 나름의 중요성을 가지고 있다.

기후변화와 기타 환경 영향은 에너지 산업의



나무는 바이오매스의 주 공급원이다.

주요 과제이다. 온실가스 배출을 줄이고 최악의 기후변화를 피하기 위해 필요한 국제적 조치에 대해 열띤 토론이 이어지고 있다. 이 토론의 결과가 에너지 부문의 기술 지형을 크게 변화시킬 것이다.

선진국의 효율성 제고 및 소비 감축 노력과 개도국의 국민 및 국가경제발전을 위한 에너지 생산 가속화 노력에 전 세계적 에너지 산업이 좌우될 것이다. 선진국과 개도국 모두에서 기상, 기후, 물에 대한 전문가 정보는 매우 중요할 것이다.

에너지 성과 및 위험 감소

미래 계획, 신규 발전소 설계, 항시 운영 등에 있어서 기상 및 수문 정보를 사용하면 성과를 제고하고 위험은 줄일 수 있다. 최적의 설비 입지 선택, 환경 영향 제어, 운영관리 스케줄링 및 정전 예방 등을 다룰 수 있는 성공적인 기법이 존재한다.

국가기상수문당국이 운영하는 국가 기후 데이터베이스는 기후 자원·리스크·요건 계획을 위한 정보의 보고이다. 이 데이터베이스에는 공급 측면의 질문(가용한 강수, 바람, 일조량은 어느 정도인가), 수요 측면의 질문(냉난방 필요성), 위험 관련 질문(홍수 및 허리케인 가능성)이 포함된다.

난방과 냉방은 에너지 주 사용원이다. 난방 수요를 측정하는 간단한 단위인 '난방일수'는 쾌적 온도(18°C) 이하 온도일수를 계산한다. 일 년간 기록을 집계하면 '연간 총 난방일수'를 알 수 있다. 마찬가지로 '냉방일수'는 쾌적온도범위(습도 조정 반영)를 초과하는 일수를 계산한다.

국가별로 냉난방 수요는 크게 다르다. 또한 대부분 국가에서 냉난방 수요는 지역 및 계절별 차이가 크다.

전력 및 극한기상

계획된 또는 현존하는 에너지 시스템이 향후 어떻게 작용할 것인지를 알아보기 위해 역사적 데이터 세트를 사용할 수 있다. 이는 기후변화 및 극한기상 위험 증가와 관련해 특히 중요하다. 예를 들어 전력전송선은 고온에서 용량이 줄어들고, 겨울철에는 얼음 무게 때문에 무너질 수도 있다. 강에서 원전 냉각수를 끌어오는 것은 고온·가뭄·저 하천유량 기간 동안 효과적일 수 있다.

스위스의 기후변화 연구에 따르면 유거수 감소 및 원전 냉각능력 저하로 인해 수력 발전이 2050년까지 5~10% 줄어들 것으로 예상된다.

에너지 시스템 관리자들은 항상 이러한 기상, 기후, 물 민감성에 대처하여, 역사 자료를 실시간 모니터링과 융합해 의사결정을 내려야 한다. 이를 통해 더 많은 발전시설을 운영하고, 다양한

공급망을 통해 에너지를 전송할 수 있으며, 폭염과 같은 극한기상에 대비하고, 에너지 시장에서 에너지를 사고 팔 수 있을 것이다.

예컨대 미국에서는 난방, 환기, 냉방 수요가 전력 사용의 약 45%를 차지하며, 이 수요는 계절별로 또는 그날그날의 날씨에 따라 변동한다. 그 결과 에너지 도매가는 변동성이 매우 클 수 있다. 에너지 선물시장은 에너지가격 변동성이 기업에 미치는 영향을 완화하는 역할을 하며, 장기 기상 및 기후 정보를 활발히 이용한다.

전력 수요를 잘못 계산하면 2003년 8월 미국과 캐나다의 정전사태에서 보았듯이 전력공급 중단으로 이어질 수 있다. 당시 정전은 여름철 피크 전력수요가 공급 비축분을 넘어섰기 때문에 발생하였다. 에너지 관리자들은 이러한 상황을 막고, 상시 에너지 수요를 관리하고, 장기 에너지 투자 계획을 위하여 정확한 기상 및 기후 정보가 필요하다.

2012년, 세계 보편·지속가능 에너지의 해

유엔총회는 2012년을 ‘세계 보편·지속가능 에너지의 해’로 선언했다. 현재 개도국의 30억 명 이상이 요리와 난방을 바이오매스에 의존하고 있으며, 15억 명이 전기 없이 살아가고 있다. 에너지서비스가 공급되는 곳에서도 많은 사람들이 이를 이용할 금전적 여력이 없는 상황이다.

세계 보편·지속가능 에너지의 해의 목표는 현대적이고 저렴한 에너지 서비스를 특히 개도국에서 더 많이 누릴 수 있도록 만드는 것이다. 이것은 많은 사람들의 삶의 질을 높이기 위해 매우 중요하다. 유엔총회는 또한 지속가능한 개발과 기후에 강한 미래를 구축하기 위하여 보다 청정한 에너지 기술에 투자해야 한다고 강조한다.

국제에너지기구(International Energy Agency)는 미화 480억 달러를 투자하면 개도국에서 에너지 빈곤을 퇴치할 수 있다고 한다. 이 기구는 현재 이 투자액을 모금하기 위해 노력하고 있다. 이를 통해 개도국 국민 10억 명 이상에게 전력을 공급해 줄 것이며, 이는 앞으로 20년 안에 달성가능하다.

재생에너지 시스템

재생에너지 사용은 급격히 증가해 왔고, 2010년 전 세계적으로 신규 확보된 전력용량 약 194와트 중 절반가량을 차지했다. 국제에너지기구에 따르면 2005년에서 2009년 재생에너지 전력 부문은 17.8% 성장하였고, 전 세계 총 발전량의 20% 가량을 차지한다. 수력발전은 여전히 재생 가능한 전력의 주요 공급원이다. 그러나 절대적으로 볼 때 풍력발전의 증가가 가장 컸다. 세계풍력위원회(Global Wind Energy Council)에 따르면 2009년 전 세계 풍력 용량이 31% 증가했다. 2010년 재생에너지 투자는 2004년 대비 5배 이상 증가한 2,110억 달러에 달했으며, 이는 사상최고

치이다.

보다 청정한 연료, 저에너지 산업공정, 저오염 교통, 지속가능한 주거 사용이 증가하고 있다. 이러한 투자는 기상, 기후, 물에 관한 양질의 정보에 크게 의존한다. 재생에너지 생산은 수요의 변화와 공급 측면의 변동성에 대처해야 하며, 특히 수력 발전의 경우 강수량 부족, 풍력발전의 경우 바람 여부, 태양에너지 설비의 경우 흐린 날씨 등의 문제를 다뤄야 한다.

예를 들어 1991~92년 가뭄으로 인한 짐바브웨의 카리바(Kariba)호의 수력발전 피해는 미화 1억 2백만 달러에 달하는 GDP 감소, 수출수익 3천 6백만 달러 감소, 3,000개 일자리 감소로 이어졌다.

도시 에너지 수요 증가 충족

전형적인 가설 시나리오 : 한 소도시의 에너지 계획 관리자는 도시 내 에너지 수요 증가에 대처해야 한다. 가장 비용이 적게 드는 대안은 석탄발전소 건설이겠지만, 이 경우 이산화탄소 배출이 증가하고 대기오염이 악화될 것이다.

여기서 이러한 질문이 따른다. 바람은 발전소의 연기와 증기를 분산시키기에 충분한가? 인근 하천이 특히 건기 동안, 필요한 냉각수를 공급할 수 있는가? 기후변화 관련 정책은 향후 공장 가동에 어떤 영향을 미칠까?

다른 대안도 있다. 100km 떨어진 지역에 수력발전댐을 건설하는 것이다. 수문학자들은 강우와 하천흐름에 관한 기존 자료를 분석한 후, 200메가와트급 발전소를 지으면 초기 수 십년 간은 상시 99%, 이후에는 기후변화 예측에 따라 95% 가동가능하다고 믿는다. 송전망 엔지니어들은 국가기후데이터베이스를 분석하고, 100km 송전선에 대한 극한 바람 및 해빙은 평균 100년에 한번 꼴로 발생할 것으로 추산한다.

매우 인상 깊은 분석이었지만, 이 에너지 계획 관리자가 기상학자와 다른 전문가들의 도움을 받아 고려해 봐야할 대안이 두 개 더 있다. 하나는 인근 해안에 대형 풍력발전소를 짓는 것, 다른 하나는 가정에 대한 단열인센티브 지급과 태양에너지 사용 증가를 통해 이 도시의 에너지 수요를 15% 줄이는 도시에너지절감정책이다.

지속가능한 도시



유엔 자료에 따르면 전 세계 도시 인구는 1950년 29%에서 2010년 50%로 증가하였으며, 2050년에는 69%로 증가할 것으로 예상된다. 메가시티(인구 천 만 명 이상)의 수는 1950년 2곳(뉴욕, 도쿄)에서 2007년에는 19개로 늘었다. 메가시티의 수는 2025년까지 26개로 증가할 것으로 예상되며, 이중 다수가 개도국에 위치할 것이다.

도시계획을 위한 역사적 정보와 실시간 의사결정을 위한 자료 및 기상·기후·환경 예보 필요성이 증가하였다.

오염 및 위험

도시지역은 전 세계 에너지의 75%를 사용하고, 온실가스 배출량의 75%를 배출한다.

기상, 기후, 물 관련 요인 분석은 도시의 수요를 충족하고, 주거적합성과 지소가능성을 관리하고, 자연위험의 리스크와 비용을 줄이기 위하여 매우 중요하다.

전체 대도시의 4분의 3이 연안지역에 위치해 있다. 세계 인구의 60%는 해수면 상승에 취약한 저표고 해안지대(Low Elevation Coastal Zones - 해발 10미터 미만 지역)에 거주한다. 저표고 해안지대는 전 세계 면적의 2%를 차지하나, 인구의 60%가 이곳에 거주한다. 연안인구의 80%는 도시에 거주하며, 연안지역은 가장 도시화된 지역이다. 유엔해비타트(UN-Habitat)에 따르면 세계 19대 도시 중 14개가 항구도시이다.

극한 기상과 기후변화로 인해 도시 계획·공학, 인프라 개발, 해안관리, 연안방어에 있어서 기상 및 수문 서비스를 접목해야 한다는 사실이 강조되고 있다.

도시 교통 계획 및 에너지 생산·공급 시스템은 평균 기상여건 뿐 아니라, 눈보라와 같이 예외적인 극한 기상에도 대비해야 한다.

지속적인 해수면 상승은 바다에 근접한 도시에 문제가 되고 있다. 특히 열대성 저기압 및 폭풍 관련 기상활동 시즌에 큰 문제이다. 배수시설이 충분치 않은 빈곤 지역이 특히 취약하다. 또한 연안도시의 항구시설은 홍수와 폭풍해일에도 대비해야 한다. 또한 공공도로와 주요 국제공항 중 해수면 높이에 위치한 것이 많다.

물 수요 및 위험

과도한 지표수 사용과 공급 차질로 인해 거의 대부분의 대도시는 담수 위기에 직면해 있다. 멕시코 시티(Mexico City), 델리(Delhi), 다카(Dhaka) 등 아열대 건조지역에 위치한 도시는 하천유역의 잦은 가뭄과 고온으로 인해 물 부족을 경험할 것이다.

따라서 수문학자, 기후과학자, 기상예보관들은 긴밀히 협력하여 메가시티를 위한 물 관리 전략을 개발해야 한다. 많은 도시계획자들이 이미 조정 중이다. 예컨대 홍수다발 지역인 인도 푸네(Pune) 시 정부는 에너지 사용을 줄이고 배수시스템을 개선하는 조치를 담은 프로그램을 개발하였다. 마찬가지로 런던광역시(Greater London Authority)는 홍수, 가뭄, 폭염에 대한 위험 기반 접근방식을 도입한 런던기후변화 적응전략(London Climate Change Adaptation Strategy)을 실행 중이다.



멕시코시티 스카이라인

도시와 기상, 기후, 물



공공 안전 : 국가기상수문당국은 접근하는 폭풍 및 다른 위험에 대한 경보를 발령하여 공공 당국이 교통차단, 일부 지역 대피명령 등의 조치를 취할 수 있도록 한다.



공항 및 항구 : 국가기상수문당국은 공항, 항구가 안전하고, 효율적이고, 믿을 수 있는 운영을 할 수 있도록 협력한다. 관련 서비스는 매일 매일의 기상 예보에서 유막 흐름, 화산재 구름 확산 등 다양하다.



냉난방 설계 : 온도 및 습도 자료는 냉난방 시스템 설계에 매우 중요하다. 냉난방 효율이 좋은 건물을 설계하기 위하여 바람 및 태양 복사 자료 이용이 늘고 있다.



도시 건축 : 풍속 자료를 분석하여 도시 각 지역 및 서로 다른 높이의 건물에 대한 바람의 세기를 추산할 수 있다. 마찬가지로 건물의 내설성이 요구되는 지역에서 적설 자료를 통해 안전 기준을 마련할 수 있다.



물 공급 : 물 공급 시스템을 설계하는 데 있어서 역사적 자료가 기본이 되지만, 그래도 가뭄은 일어날 수 있고, 저수지가 수요를 감당해내지 못할 수도 있다. 물 시스템관리자는 계절별 기후 예측 등 기상·수문 정보를 이용해 위험을 평가하고 주요 의사결정을 내린다.



지속가능성 : 청정 공기·물, 재생 에너지, 대중교통에 관한 이니셔티브는 대부분 기상, 기후, 물 정보를 필요로 한다. 일부 이니셔티브는 전문 모니터링 프로그램, 분석연구, 대중홍보가 필요하다.

미래 견인 및 선도

인간 활동은 심각한 기후변화의 한 원인이다.

가장 더웠던 13개 해는 모두 1997년 이후 발생했다. 2011년 세계 온도는 냉각효과가 있는 라니냐가 발생한 그 이전 어느 해보다도 높았다. 2011년 북극 해빙은 기록상 두 번째로 낮은 수준이었고, 얼음량은 가장 낮았다.

대기 중 온실가스 농도는 유례없을 정도로 증가하였다. 1990년에서 2010년 사이 이산화탄소와 기타 온실가스의 복사강제력(radiative forcing - 기후 온난화 효과)이 29% 증가하였다. 온실가스 증가는 가속화되고 있다. 그러나 우리가 온실가스 배출을 오늘 당장 중단한다 해도 온실가스는 수십 년, 심지어는 수 백 년 간 대기에 잔류하여 지구의 생태계 균형을 흔들 것이다.

따라서 이렇게 급속한 기후변화 속에서 국가기상수문당국이 제공하는 신뢰성 있고 시의적절한 기상, 기후, 물 정보는 갈수록 중요할 것이다. 이러한 요구를 충족하기 위해 국가기상수문당국에 대한 투자는 그 어느 때 보다 절실하다.

기상, 기후, 물에 대한 우리의 과학적 이해는 최근 몇 년간 장족의 발전을 해왔다. 우리는 세계적인 지식 기반을 강화하고, 이러한 지식이 지역 차원에서도 유용하도록 해야 한다. 우리는 이 정보가 정부 의사결정권자, 산업계, 농부, 지역사회 지도자들까지 모든 사회경제 부문에서 이용되도록 해야 한다.

기상, 기후, 물에는 국경이 없기에, 우리는 전지구기후서비스체제(GFCS)가 필요하다. GFCS는 기후변화와 변동성에 관한 문제에 만병통치약은 아니다. 그러나 GFCS를 통해 우리는 이러한 문제에 대처하기 위한 정보와 틀을 갖게 될 것이다.

새천년개발목표 2015년 목표의 이후까지 내다보며, GFCS는 인구 증가 및 경제성장이 자원부족을 심화시키는 현 시대에 미래 세대를 위한 지속가능한 개발에 공헌할 것이다.

기상, 기후, 물은 그간 우리 경제와 사회의 성장을 견인해 왔다. 기상, 기후, 물 서비스는 미래 도전과제에 대응하는 우리 경제 및 사회의 노력에도 힘을 불어 넣어 줄 것이다.



보다 자세한 정보가 필요하신 분은 다음 기상청 또는 WMO 관련 부서로 연락주시기 바랍니다.

우. 156-720 서울특별시 동작구 여의대방로 16길 61

기상청 국제협력담당관실

전화: (02) 2181 2385 - 팩스: (02) 2181 0386

E-mail: pb_int@kma.go.kr

www.kma.go.kr

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix - P.O. Box 2300 - CH 1211 Geneva 2 - Switzerland

Communications and Public Affairs Office

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14 - Fax: +41 (0) 22 730 80 27

E-mail: cpa@wmo.int

www.wmo.int