

국가기후변화대응 지원을 위한 기후변화과학 전략체계

이병렬 · 김상백 · 정현숙 · 황동익 · 조경숙
기상청 기후변화과학대책과

Strategy Framework of Climate Change Science Program to Support National Climate Change Measures

Byong-Lyol Lee · Sang-Baek Kim · Hyun-Sook Jung · Dong-Ik Hwang · Kyungsook Cho

Climate Change Science Program Division, Korea Meteorological Administration

1. 서론

전 세계에 걸친 기후변화의 영향이 할리우드의 영화 소재 같이 보일지도 모른다. 그러나 북극에서 빙하가 녹아내리고, 저지대가 늪지로 둔갑하며, 아프리카에서 사막화가 진행되고 있는 것은 바로 우리 눈앞에 닥친 현실이다. 이대로 가다가는 전 지구적으로 나타나고 있는 생태계 파괴, 가뭄과 식량 위기, 빈곤 문제 등 전 세계를 둘러싼 각종 문제도 더욱 심각해질 뿐만 아니라 인류의 생존 기반 자체가 붕괴됨으로써 사회·경제의 지속가능한 발전에 막대한 지장을 초래할 가능성이 있다. 우리가 살아가고 있는 이 시대는 과학정보를 기반으로 기후변화의 위기를 기회로 만들기 위해 전 인류가 최선의 노력을 경주해야 하는 전환의 시대라고 할 수 있을 것이다.

1.1. 기후변화의 위기

기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)는 기후변화와 관련된 전 지구적 위험을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 1988년에 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하의 국제 협의체이다. IPCC는 각국의 기후학자, 해양학자, 빙하 전문가, 경제학자 등 3천여 명의 전문가가 참여하고 있으며, 사무국장, 3개 실무그룹, 1개 전담팀으로 구성되어 있다.

IPCC 제4차 평가보고서(2007)에 따르면, 지구가 온난화되고 있다는 것은 의심할 여지가 없으며, 그 원인은 인간 활동에 의한 온실가스의 증가라고 단정하고 있다. 지구온난화는 전 지구 평균 온도와 해수면 상승, 광범위한 지역에서의 눈과 얼음의 용해 등 관측 자료에서 명백하게 나타나고 있다. 그 예로, 지난 100년(1906~2005년) 간의 전 지구 평균 온도는 0.74°C [0.56~0.92°C] 상승하였으며, 북

극 해빙 범위는 1978년 이후 10년에 2.7% [2.1~3.3%] 감소하였다. 더불어 지구 평균 해수면은 1993년 이후에 3.1 mm/yr로 상승하였다.

IPCC 온실가스 배출 시나리오(Special Report on Emission Scenarios : SRES)에 따른 2100년까지의 기후변화 전망을 보면, 향후 20년간 매 10년마다 0.2°C의 온도가 상승할 것으로 전망되며, 화석연료에 의존한 현재의 경제 발전 시나리오(A1F1)를 유지할 경우, 21세기 100년 동안 지구평균 온도는 최대 6.4°C, 해수면은 최대 59 cm 상승할 것으로 전망하고 있다.

1.2. 기후변화의 영향

이러한 기후변화의 결과로 인하여, 이상기후의 빈발, 생태계 파괴 외에도 물 부족 현상의 심화, 병충해 증가, 재해 발생 빈도 증가 등 우리 경제 사회 활동에 다양한 악영향이 복합적으로 발생할 가능성이 높다. 이미 기후변화로 인하여, 빙하호가 확대 및 증가하고 있으며, 영구동토 지역의 지반 불안정성과 산악지대에서의 바위산사태가 증가하고, 먹이사슬에서 포식자의 수가 증가하는 것으로 나타났다. 녹은 빙하와 눈이 강으로 흘러들어 강의 유출량이 증가함으로써 수문 체계 또한 변화하고 있다. 동식물의 서식 범위가 극항하고 있으며, 철새이동, 산란과 같은 봄맞이 행사들의 시기와 봄철 식물의 녹화가 앞당겨지고 있다. 해양생태계는 고위도 대양에서의 해조류, 플랑크톤, 어종 풍부도의 변화와 서식범위가 이동하는 것으로 나타났다.

1.3. 범 지구적 규모의 기후변화 문제 촉발 및 기후변화 과학

21세기 기후변화 문제는 위에서 언급된 것처럼 지구환경정보전이나 자연재해대응의 차원을 넘어서 한 국가나 민족의 생존에 필수적인 식량 및 에너지 확보를 위한 국가 간의 기후안보 영역으로 확대될 가능성이 부각되고 있다. 기

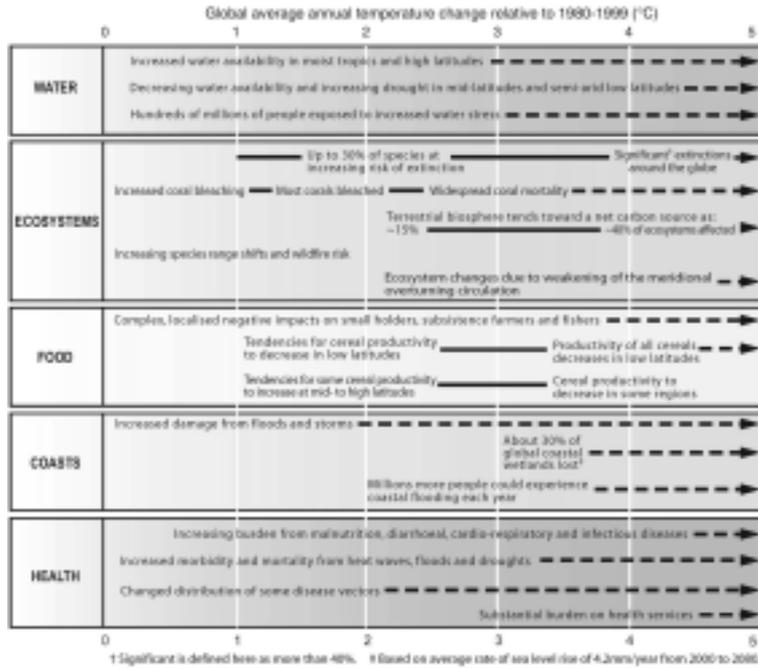


Fig. 1. Examples of impacts associated with global average temperature change(IPCC, Synthesis Report 2007).

후변화로 인한 지구규모의 자원수급 불균형이 증폭되어 식량, 물, 에너지 등 자원 확보를 목적으로 하는 지역분쟁 및 기후난민 발생 가능성이 그 어느 때 보다 높아질 것으로 예상되고 있다.

오늘날의 기후변화 아젠다는 과학자들의 활발한 연구수행 결과로 인하여 상당한 과학적 근거를 확보하고 있기는 하지만, 많은 글로벌 전략가들에 의해서 주도되고 있다. 이러한 이유 때문에, 기후변화의 감시, 탐지, 예측 등에 관한 과학정보의 국외의존도가 높아지게 된다면, 국제 기후변화의 협상은 물론 향후 식량 및 에너지자원 안보관리 체계에 필수적인 핵심정보의 자체생산과 제공이 불가능하게 되어 기후안보 국제경쟁에서 우리나라의 입지는 더욱 좁아지게 될 것이다. 이러한 국가안보적인 차원에서 기후변화의 중요성과 시급성을 고려할 때, 지구온난화 위기를 새로운 지속발전의 기회로 전환하기 위해서는 기후변화 과학정보의 독자적 확보가 매우 중요하다.

여기서는 기후변화과학 분야의 활동을 중심으로 기후변화 적응 대책 수립 지원을 위한 우리나라의 기후변화과학 전략 지원체계에 대해서 알아보려고 한다. 본 논문의 구성은 제 2절에서 선진국 및 우리나라의 기후변화 대응 체계에 대해서 살펴보고, 제 3절에서는 분야 별로 기후변화과학의 주요 추진 사항을 알아보고, 마지막으로 제 4절에서 기후변화 적응 분야 지원을 위한 전략 지원체계 및 향후 계획을 제시하고자 한다.

2. 기후변화 대응 체계

위에서 언급된 바와 같이 20세기 후반 해수면의 상승, 국지성 폭우 및 폭설 등 이상기상, 육상 및 해양생태계 변

화를 야기하는 기후변화는 인간 활동에 의한 대기 중의 온실가스 농도의 증가에 의한 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 환경 변화를 고려한다면, 지구 온난화 방지를 위해 모든 국가가 대기 중 온실가스 농도의 저감을 위해 노력해야 함은 자명한 사실이다. 각 국가는 온난화 방지를 위해서 온실가스 저감 및 기후변화 적응을 위한 경제적 손실을 감수해야만 할 것이다.

2.1. 주요국의 기후변화 대응 정책

선진국들은 기후변화 대응을 위하여 기후변화 감시·예측 등 과학정보를 활용하여 온실가스 저감과 기후변화 적응을 위한 노력에 집중하고 있는 실정이다. 각 국가의 사회경제 및 국가 안보와 관련된 이해관계가 서로 얽혀 있는 상태에서 기후변화 방지를 위한 각국의 노력은 다음과 같이 진행되고 있다.

2.1.1. 미국

미국은 세계 최대의 에너지 소비국이며 이에 따른 온실가스 배출량이 전 세계 온실가스 배출량의 약 1/4를 차지하고 있다. 미국은 2002년 지속적인 경제성장을 전제로 기술개발을 통하여 2002~2012년 동안 GDP 당 온실가스 배출량을 18% 삭감하는 목표를 달성하기 위하여 「Global Climate Change Initiative」를 발표하였다. 구체적인 온실가스 저감을 위하여 기후변화과학프로그램(Climate Change Science Program : CCSP)과 기후변화기술프로그램(Climate Change Technology Program : CCTP)을 마련하여 추진하고 있다. 이러한 프로그램을 통하여 단기적으로는 에너지 효율향상에 역점을 두고, 중장기적으로는 온실가스 회수처리(Carbon Dioxide Capture & Storage : CCS), 청정석탄

이용 기술(Clean Coal Technology : CCT), 수소이용기술에 중점을 두고 있다.

2.1.2. 유럽연합(EU)

EU는 지구온난화에 대한 대책으로서 재생 가능한 에너지의 사용 확대, 에너지 절약, 온실가스 배출 범위 거래제도, CO₂ 회수·저장 등의 정책을 추진해 오고 있다. EU는 기후변화에 관한 연구 및 기술개발을 위해 1980년부터 자금을 조성하여 현실적인 정책 목표 설정을 지지해 오고 있으며 수 년 마다 결정되는 체제계획을 통하여 유럽 연구개발 계획을 수립하고 있다. 기후변화와 관련하여 EU는 ①기후변화와 그 영향에 대한 이해·관측·예측, ②기후변화 경감, 그 영향에 대응하는 방법의 유효성, 비용, 이익 분석을 위한 도구 개발, ③기존의 기후 관련 기술의 개선·검증 및 신기술 개발 등에 초점을 맞추고 있으며, 기후변화에 의한 영향의 악화와 긴급성을 고려하여 2007~2013년의 FP7 연구 프로그램에서 기후 관련 연구에 대한 투자를 큰 폭으로 확대하여 90억 유로를 지원하고 있다.

2.1.3. 일본

일본은 세계 4위의 온실가스 배출 국가로써 지구온난화 문제 해결에 있어서 적극적인 입장을 취하고 있으며 교토의정서 발표에 따라 2005년 “교토의정서 목표 달성계획”을 내각에서 의결하였다. 또한 일본은 기후변화에 의한 지구규모 환경문제의 심각성을 근거로 지속 가능한 사회 구축을 위한 대책으로 “21세기 환경입국전략”을 2007년 6월에 수립하고 각 부처가 협력하여 지구환경 문제에 대처하고 있다. 일본은 지구환경 문제에 적극 대처하기 위하여 ①지구온난화 감시·예측에 관한 정보 제공, ②계절 예보와 이상기상에 관한 정보 제공, ③황사·광역 대기오염 등의 환경 기상에 관한 정보 생산과 같은 기후변화과학 분야의 중점 추진 정책을 선정하고 이를 시행하고 있다.

2.2. 우리나라의 기후변화 대응 체계

기후변화의 속도가 가속화되는 가운데 이로 인한 위협이 우리나라에서도 발생함에 따라 미래 발생할 기후변화로 인한 위협을 예측하고 사전에 국가 지속가능발전의 저해 요인을 방지하기 위해 1999년부터 2007년까지 3차에 걸쳐 종합대책(3개년)을 수립·추진하여 왔다. 1999~2007년까지 수행된 기후변화협약 대응 종합대책은 산업계 자발적 협약 등 부문별 감축추진 및 온실가스 배출통계 기반 구축 등 협상 위주로 접근하여 왔다. 최근 정부는 과거 감축 목표를 제시하지 못하고 에너지 다소비형 산업구조 및 업계의 부담 등을 감안한 소극적 대응, 국제사회의 기후변화 대응에 대한 동참 노력 부족 등 저탄소 사회구조로의 체질 전환을 위한 종합대책이 미흡하다는 평가에 따라, 2008년 9월 범정부적으로 환경대책·산업정책·국제협상 등을 포괄하는 「기후변화대응 종합기본계획(국무총리실, ‘08년~‘12년)」을 수립하였다.

이번 계획은 기존의 개발 성장 위주의 발전전략을 새로운 국가발전 패러다임으로 대체하기 위하여 기후변화대응 비전을 “범지구적 기후변화대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소사회 구현”으로 설정하였다. 구체적인 목표별 핵심 추진 사항은 다음과 같다.

[기후친화산업을 신성장동력으로 육성]

- 선진국에 비해 높은 에너지 원단위 개선을 위해 산업 부문의 에너지 절감 및 효율 향상 추진
- 기후변화 대응 연구개발 정부 투자규모(‘08년 약 7,000억원 수준)를 ‘12년까지 현재의 2배(5년간 약 5조원) 이상으로 대폭 확대
- 신재생에너지, 친환경산업, 청정개발체제(CDM) 사업 등 기후친화 산업의 보급·육성 및 수출 경쟁력 강화

[국민의 삶의 질 제고와 환경개선]

- 교통혼잡비용을 획기적으로 줄이기 위해 친환경적인 대중 교통체계로 전환
- 사회 각 부문별 감축과 산림 흡수원 조성 노력
- 기후변화 적응, 위기관리 능력을 강화하여 안전한 사회 구축
- 초·중등 교육 및 대국민 홍보를 통해 국민의 생활양식 변화 유도

[기후변화 대처를 위한 국제사회 노력을 선도]

- 국가 온실가스 중기(2020년) 감축 목표를 ‘09년 중 발표, 저탄소 사회 전환으로의 선도자(early mover) 역할 수행
- 시장기반(Market-based) 기후체제 제안으로 Post-2012 기후체제 개도국 동참을 유도하고 선진국·개도국 간의 가교 역할 수행
- 「동아시아 기후 파트너십」 등 개도국 기후변화대응 지원 사업 확대를 통한 기후산업 해외 진출 기반 조성

3. 기후변화과학 주요 추진분야

기후변화에 대처하는데 있어서 기후변화과학 분야의 역할은 기후변화에 관한 과학정보를 생산하여 제공하는 것이며 이러한 자료는 각 부처의 기후변화협약 대응 및 각 부문의 기후변화 적응을 위한 기초 자료로 사용되고 있다. 기후변화 대응을 위한 원천기술의 확보와 이의 활용 기술 개발을 주요 내용으로 하는 기후변화과학 분야의 활동은 다음과 같이 요약할 수 있다.

3.1. 기후변화감시

기후변화 감시는 현재 진행되고 있는 기후변화 이해에 중요한 정보를 제공하고 있다. 기후변화과학 분야를 대표하는 기상청에서는 지구환경 실태를 정확히 파악하고 장기적 지구 기후변화 예측·대응 전략수립에 필요한 과학 기초정보를 지속적으로 생산·지원하기 위하여, 세계기상

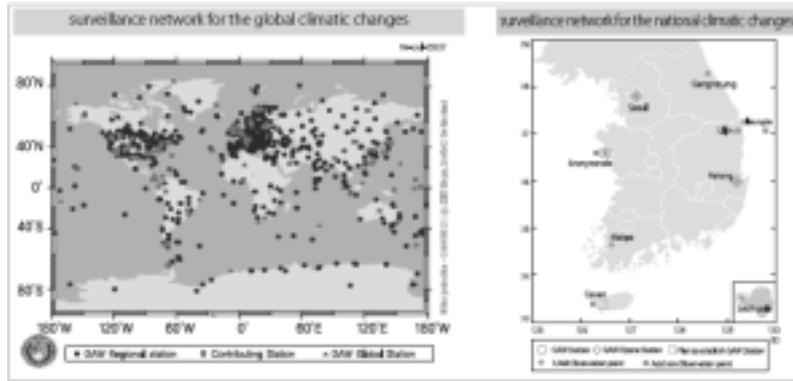


Fig. 2. Surveillance network for the global and national climatic change.

지구(WMO)/지구대기감시(Global Atmosphere Watch : GAW) 계획에 의거 1996년 안면도에 기후변화감시센터(WMO/GAW Staion 47132)를 신설하여 1987년부터 소백산에서 수행하던 배경대기관측 기능을 포함한 전반적인 기후변화감시 업무를 본격화하였다. 점진적 장비도입과 관측망 확대를 통하여, 2008년 현재 기본관측소 2소(안면도 기후변화감시센터, 포항기상대), 보조관측소 5소(강원지방기상청, 울진기상대, 울릉도기상대, 목포기상대, 고산기상대), 위탁관측소 2소(연세대학교, 광주과학기술원)를 운영하고 있으며, 2008년 7월에는 안면도 기후변화감시센터 수준의 종합감시센터 기능을 수행하기 위한 고산 기후변화감시소를 준공하였다. 현재, 기상청에서 생산하는 기후변화감시 자료는 온실가스, 반응가스, 에어러솔, 대기복사, 강수화학 등 총 40여종의 기후변화요소이며, 이들 자료는 각 부처의 정책자료 뿐만 아니라 국내·외 기초 연구 자료로 폭 넓게 활용되고 있다.

또한 범국가적 차원의 온실가스 대응책과 기후변화협상 순위 확보를 위한 국제적 신뢰도 향상을 위하여 온실가스 측정에 대한 세계 선도기술 추진 사업을 수행하고 있으며, 온실가스 측정을 위한 국가표준가스 국산화 기술개발 사업을 추진하여 이산화탄소, 메탄 등 총 6종의 온실가스에 대한 표준가스 개발을 성공하였다. 이를 기반으로, 교토의정서 규제대상 온실가스 6종 중 세계표준센터 미지정 3종(육불화황(SF6), 과불화탄소(PFCs) 수불화탄소(HFCs))에 대한 세계표준센터 유치를 주요 내용으로 하는 “WMO 온실가스측정 세계표준센터 유치”를 추진하고 있다. 특히, 이들 온실가스는 자동차·냉매 및 반도체 생산 공정에서 주로 발생되며, 반도체 생산국 세계 1위인 우리나라에서는 이에 대한 대비가 절실히 요구되는 온실가스이다. 세계표준센터는 전 세계 표준가스 제조·보급 및 검정업무, 국제비교분석 수행, 분석기술지도 및 교육훈련 수행을 주요 기능으로 하며, 본 사업의 성공적 수행을 통하여 온실가스 측정 기술의 세계선도 주도과 기후협약 국제 대응에 대한 우리나라의 위상을 제고하는 역할을 하게 될 것이다.

3.2. 차세대 독자 지구시스템 개발

IPCC 제4차 평가보고서(AR4)에서는 자료의 증대 및 분

석 기법의 개선과 지구시스템모델의 개선 및 다양한 시뮬레이션 자료의 생산에 의해서 기후변화에 관한 과학적 이해가 빠르게 발전할 수 있었다고 밝히고 있다. 이렇듯, 기후변화에 대한 효율적 대응을 위하여, 현재 기후변화과학 분야는 대기권, 수권, 지권, 빙권, 생물권 등 다학제 간의 교류와 협력을 통해 지구의 상태를 보다 더 정확히 이해하고 예측하기 위한 지구시스템모델 개발을 추진하고 있다. 지구시스템모델은 지구기후시스템의 장기간에 걸친 변화를 분석, 예측할 수 있는 수치모델로서, 지구기후시스템에 영향을 주는 각 기후과정들 간의 복잡한 상호작용을 표현하기 위해서 대기, 해양, 해빙, 지표, 물 순환, 에어러솔, 탄소 및 황 순환, 생태역학, 대기화학 등의 부문 기술이 총체적으로 결합된 모델이다.

우리나라의 지구시스템모델 개발 사업의 필요성은 2006년 과학기술부의 「기후변화 협약대응 연구개발 종합대책」 및 국무조정실의 「기후변화협약 제3차 종합대책」 종합평가에서 독자적인 기후변화 예측모델 개발의 필요성이 부각되면서 시작되었다. 본 사업은 향후 5년 내에 IPCC AR4에 기여한 선진국 수준의 지구시스템모델을 개발하고 10년 이내에 선진국과의 기술 격차를 5년 이내로 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 지구시스템모델 개발 사업은 2008년 대기-해양모델의 결합을 시작으로, 2011년에는 대기-해양-해빙-지표-에러러솔-탄소 및 황 순환을 포함하는 선진국 수준의



Fig. 3. Development of earth system model for climate change projection.

통합 지구시스템모델 프레임을 갖추게 될 것이다. 이를 통해 선진국 수준의 기후변화 시나리오를 산출하는데 기여하게 될 것이다.

3.3. 지역규모 기후변화 예측시스템 개발

기후변화 문제는 인류 전체의 문제로 국제 사회가 협력해서 추진해야 할 과제라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 IPCC는 제4차 평가보고서 작성을 위하여, '온실가스 배출에 관한 특별보고서(SRES)'에 제시된 배출 시나리오에 근거한 장기간 기후변화 시나리오 산출을 요청하였다. 기상청은 국립기상연구소에서 독일 막스플랑크기상연구소(MPI-Met)에서 개발한 대기-해양 결합모델(ECHO-G 모델)을 도입하여 온실가스 배출 시나리오에 따른 전지구 기후변화 시나리오를 생산하여 IPCC 제4차 평가보고서 작성에 기여하였다.

반면에, 기후변화 시나리오는 시나리오에 따른 부문별/지역별 영향평가 등을 통해 국가적응 정책 수립을 위해 사용되어야 하기 때문에, 우리나라 지형에 맞게 산출되어야 할 필요가 있다. 우리나라는 복잡한 지형구조로 인하여 변수별 시·공간적 변동성이 매우 크며, 최근의 기후변화는 그 변동성을 더 크게 만드는 방향으로 진행되고 있다. 반면 현대 사회는 컴퓨터 기술과 지리정보시스템의 발달로 인하여 점점 더 상세하고 정확한 미래 기후 정보를 요구하고 있다.

기후변화과학 분야에서는 이러한 사회적 수요에 부응하고 국가와 지방자치단체의 정책결정자와의 연계를 강화하며, 기후변화에 대한 정책을 지원하는데 필수적인 예측 정

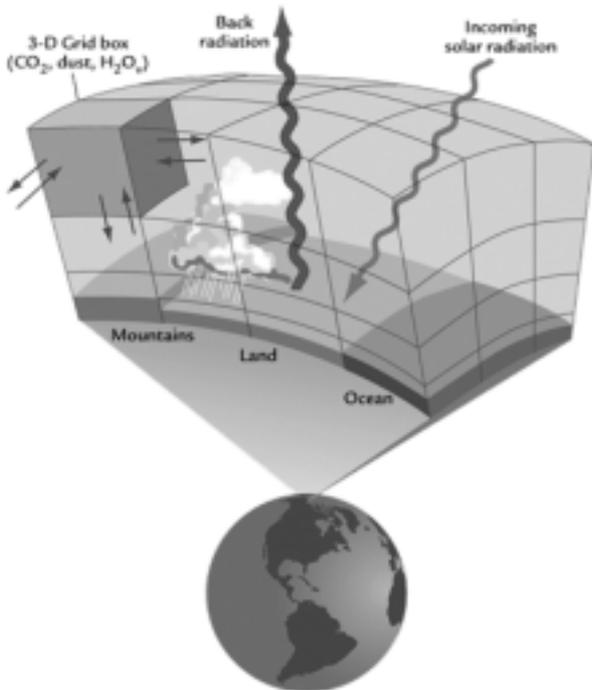


Fig. 4. Detailed downscaling schematic for regional climate prediction.

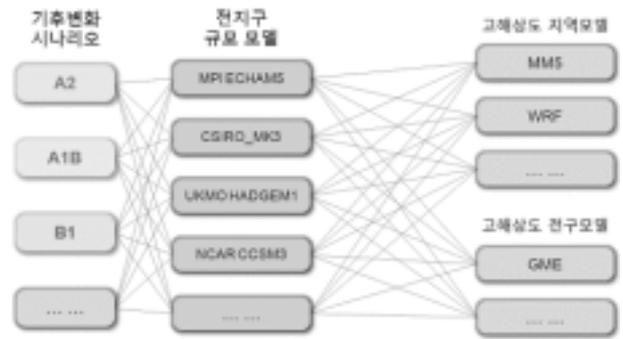


Fig. 5. Systematic process for climate change scenario.

보 및 사용자가 편하게 사용할 수 있는 자료 생산을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 우리나라 지형특성을 고려한 고해상도 지역규모 기후변화 예측시스템의 개발을 추진하고 있다. 여기서는 국지규모 기후변화 예측을 위한 역학·물리과정 개발과 통계적/역학적 규모 축소를 통한 시공간 해상도 상세화 기술 개발을 통한 예측 정확도 향상을 도모하고 있다. 또한 기후변화 예측의 가장 큰 문제가 불확실성이라는 인식하에 국지규모 예측 불확실성 원인 규명 및 감소를 위한 앙상블 예측 기법 개발과 모수화 방안에 대한 개발도 함께 추진하고 있다.

3.4. 국가표준 기후변화 시나리오 산출

이와 더불어 기후변화의 영향을 평가함에 있어 기후와 연관된 다양한 부분들이 복합적인 반응을 보이기 때문에 공통적인 시나리오를 사용하여야 부문별 영향평가를 종합 영향평가로 발전시키는데 일관성을 확보할 수 있다. 이를 위해, 지역규모 기후변화 예측시스템을 기반으로 다양한 온실가스 배출 시나리오 별, 다양한 전지구 모델을 통해 산출된 기후변화 시나리오를 평가하고 지역규모의 상세모델을 수행하여, 우리나라의 기후변화에 관한 적응 방안에 활용될 수 있는 「국가표준 기후변화 시나리오」 산출을 추진하고 있다.

4. 기후변화과학 전략 지원체계 및 향후 계획

기후변화과학 연구 활동과 생산된 과학정보는 전 지구 기후변화에 대한 인간 활동의 영향에 대한 광범위한 인식 제고 및 이러한 문제를 처리하기 위한 행동을 활성화시키는데 가이드라인을 제공한다고 할 수 있다. 향후 기후변화 미래 예측은 자연환경만을 예측하는 한계를 넘어서 인간 활동과 관련된 자연환경변화와 이들 자연환경변화가 산업 등 경제적 활동에 미치는 영향을 포함하게 될 것이다.

이러한 인식하에, 세계기후연구프로그램(World Climate Research Program : WCRP)과 WMO의 세계기상연구프로그램(World Weather Research Program : WWRP)은 2008년 5월 6~9일의 일정으로 장단기 기후변화 진단과 예측에 대한 사회적 수용에 대응하기 위한 수치예보와 기후모델 분야의 획기적인 과학적 대응방안 모색을 위해 「전세계 기후

변화와 같은 사회 문화적 변화에 대한 장기적인 대책에 활용된다. 또한 에너지 및 환경기술에서도 모델 시뮬레이션을 통해 가장 효율이 높은 지역을 선정할 수 있는 정보를 바탕으로 국내에서 개발된 관련기술을 수출하게 된다. 또한 장기적인 세계 식량 작황을 예측하여 대부분의 식량을 수입하는 국가장기정책을 세우게 된다.

이상과 같이 기후변화과학은 기후변화 감시 자료의 분석을 통한 기후변화 원인규명과 지구시스템모델 개발을 통해 고해상도의 국가표준 기후변화 시나리오를 생산하여 지구 미래 예측에 기여하게 될 것이다. 이러한 예측 정보는 기후변화 적응을 위한 노력을 뒷받침할 수 있는 가장 긴요한 기본정보를 이루게 될 것이며 이는 새로운 산업으로서 기후산업의 영역 확대를 도모함으로써 국가지속가능 발전을 위한 신성장동력의 창출에 기여할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김맹기, 고해상도 기후 격자 강수량 추정기술, *Climate Change Newsletter*, 5(2), 11, JUN.(2007).
2. 이동일, 국내 GEOSS 활동의 통합 고찰 및 비전, *KGEO 한국지구관측그룹 Newsletter*, 4, 14, SEP.(2008).
3. 변영화, 지구시스템모델 개발 계획, *Climate Change Newsletter*, 5(4), 17, DEC.(2007).
4. 한화진 외, 기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축 III, p. 417(2007).
5. 과학기술정책연구원, 기후변화 대응 과학분야 연구개발 발전전략에 관한 연구, p. 131(2007).
6. 소방방재청, 2008년도 주요통계 및 자료, p. 357(2008).
7. 일본기상청, 향후 지구환경업무의 중점 시책, p. 12(2008).
8. European Commission, EU action against climate change : Research and development to fight climate change, 18 (2007).
9. Center for Strategic & International Studies, The Age of Consequences : The Foreign Policy and National Security Implications of Global Climate Change, p. 119(2007).
10. IPCC, Climate Change 2007 : Synthesis Report, 73(2007).