

# 기후변화 2007: 종합 보고서

---

## 종합 보고서

### 기후변화에 관한 정부간협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 평가

IPCC 제27차 총회(스페인 발렌시아, 2007년 11월 12일~17일)에서 채택된 이 요약보고서는 실무그룹의 제4차 평가보고서에 대한 기여를 토대로 주요 발견과 불확실성에 관해 IPCC가 공식 동의한 선언문을 나타낸다.

---

#### 이 보고서 안을 준비한 핵심 저자팀 :

Lenny Bernstein, Peter Bosch, Osvaldo Canziani, Zhenlin Chen, Renate Christ, Ogunlade Davidson, William Hare, Saleemul Huq, David Karoly, Vladimir Kattsov, Zbigniew Kundzewicz, Jian Liu, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Bettina Menne, Bert Metz, Monirul Mirza, Neville Nicholls, Leonard Nurse, Rajendra Pachauri, Jean Palutikof, Martin Parry, Dahe Qin, Nijavalli Ravindranath, Andy Reisinger, Jiawen Ren, Keywan Riahi, Cynthia Rosenzweig, Matilde Rusticucci, Stephen Schneider, Youba Sokona, Susan Solomon, Peter Stott, Ronald Stouffer, Taishi Sugiyama, Rob Swart, Dennis Tirpak, Coleen Vogel, Gary Yohe

#### 추가 저자팀

Terry Barker

#### 감수자

Abdelkader Allali, Roxana Bojariu, Sandra Diaz, Ismail Elgizouli, Dave Griggs, David Hawkins, Olav Hohmeyer, Bubu Pateh Jallow, Lucka Kajfez-Bogataj, Neil Leary, Hoesung Lee, David Wratt



---

## 서론

---

## 서론

종합보고서(Synthesis Report)는 IPCC(기후변화에 관한 정부간협의체)의 제1 실무그룹이 수행한 평가에 기초한다. IPCC 제 4차 평가보고서(AR4)의 최종본인 이 보고서는 기후변화에 대한 총체적 시각을 제공한다.

주제 1(Topic 1)은 관측된 기후변화와 원인을 불문하고 그런 변화가 자연계와 인간계에 끼치는 영향을 간추려 설명한다. 주제 2에서는 관측된 변화를 평가하고, 주제 3에서는 서로 다른 시나리오에 따른 미래의 기후변화 전망과 그에 관련된 영향을 제시한다.

주제 4에서는 다음 몇 십 년 동안의 적응(adaptation)과 완화(mitigation)에 대한 의견, 그것들과 지속 발

전과의 상호작용을 고찰한다. 주제 5에서는 적응과 완화의 관계를 좀더 개념적으로 평가하고 좀더 장기적으로 조망한다. 주제 6에서는 이 4차 평가의 주요 확실한 발견과 남아있는 주요 불확실성을 간추려 설명한다.

인위적 동인(driver)을 나타낸 구조적 프레임워크, 기후변화의 영향, 기후변화에 대한 반응, 그것들 간의 관계를 그림 1.1에 나타냈다. 2001년에 제 3차 평가보고서(TAR)가 발표될 당시의 정보로는 주로 시계방향의 관계만 설명할 수 있었다. 즉, 사회경제적 정보와 배출량으로부터 기후의 변화와 영향을 도출하는 것만 가능했다. 이 관계에 대한 이해가 높아진 현재는 반시계방향으로도 평가할 수 있다. 즉, 피해가야 할 미래 영향 위험을 줄일 개발 경로와 지구적 배출량 제약을 평가하는 것이 가능하다.

인위적 기후변화 동인과 영향, 대응 체계도

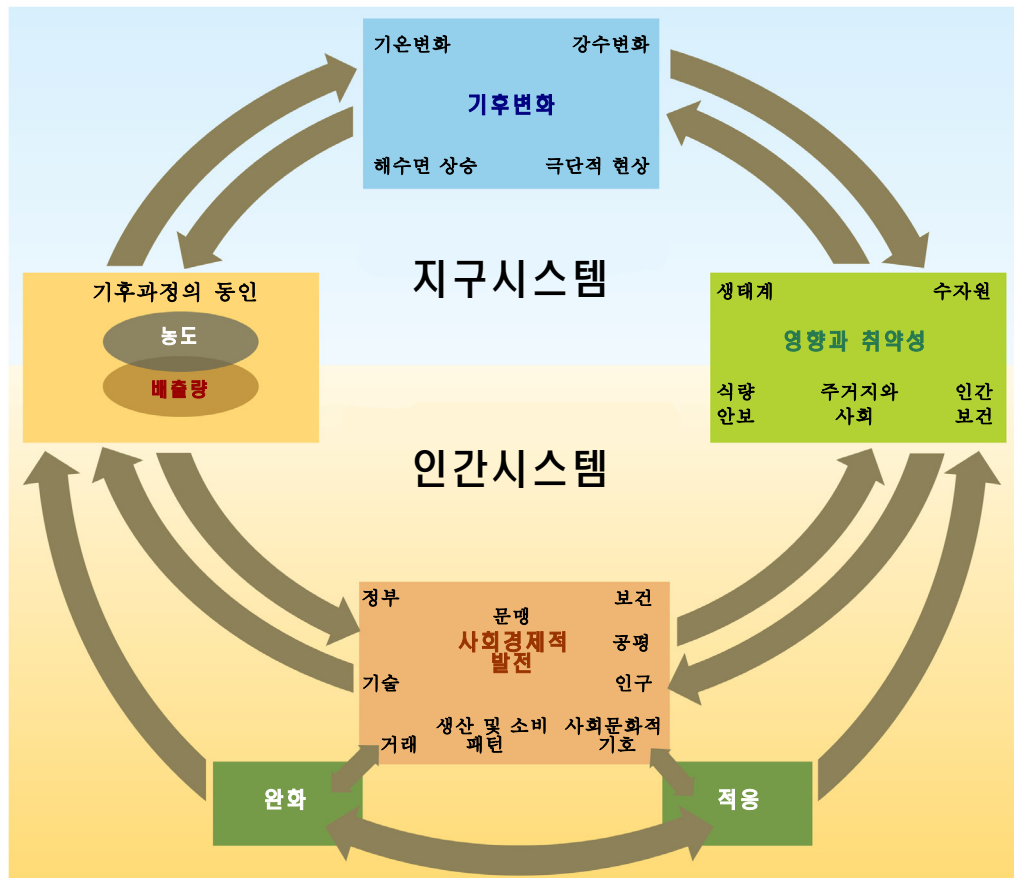


그림 1.1 기후변화의 인위적 동인(drivers)과 영향, 기후변화에 대한 대응 및 이들의 관계

### 불확실성 처리

IPCC 불확실성 처리지침<sup>1)</sup>은 전체 실무그룹과 이 종합보고서(SYR)에서 불확실성을 처리할 때 사용할 처리 체계를 정의한 것이다. 실무그룹은 여러 분야의 자료를 평가하고 문헌들에서 파생된 불확실성을 처리하는 데도 다양한 접근방식을 사용하기 때문에 불확실성 처리체계는 방대하다. 자연과학에서 사용하는 데이터, 지시자 및 분석의 성격은 일반적으로 기술개발 평가나 사회과학에서 사용하는 그것들과는 다르다. WG I은 전자에, WG III는 후자에, WG II는 두 측면 모두에 중점을 둔다.

불확실성을 기술하는 데에는 각각 독특한 형태의 언어를 사용하는 3가지 접근방식이 사용된다. 그 3가지 접근법 중에서 어느 것을 선택하느냐는 이용 가능한 정보의 성격과 저자가 전문가적으로 판단하기에 현재의 과학적 이해가 얼마나 맞는가, 얼마나 완전한가에 달려 있다.

불확실성에 대한 정성적 평가는 증거의 양과 품질에 대한 상대적 의미(즉, 이론이나 관측 혹은 모델에서 확신이나 주장이 참인지 혹은 유효한지 여부를 나타내는 정보)와 의견일치 정도(즉, 그 문헌에서 특정 소견에 관한 동의 수준)를 제시하는 특징이 있다. WG III는 높은 공감도와 많은 증거, 높은 공감도와 보통 증거, 보통의 공감도와 보통의 증거 등과 같이 그 자체로 의미가 파악되는 일련의 용어들을 통해 이 접근법을 사용한다.

기본 데이터, 모델, 분석의 정확성에 대한 전문가 판단을 사용해서 불확실성을 정량적으로 평가하는 경우, 발견의 정확성에 대한 가능성은 아래 스케일의 신뢰수준을 사용해 표현한다.

최소 9/10의 가능성	매우 높은 신뢰성 (very high confidence)
8/10의 가능성	높은 신뢰성 (high confidence)
5/10의 가능성	보통(중간) 신뢰성 (medium confidence)
2/10의 가능성	낮은 신뢰성 (low confidence)
1/10 이하의 가능성	매우 낮은 신뢰성 (very low confidence).

일련의 증거에 대한 전문가 판단과 통계분석을 사용해서 특정 결과(예: 관측치나 모델 결과)의 불확실성을 판단하는 경우에는 평가된 발생확률은 아래 가능성(likelihood) 범위를 사용해 표현한다.

사실상 확실한 (virtually certain)	>99%
극히 가능성 높은 (extremely likely)	>95%
가능성 높은 (very likely)	>90%
가능성 있는 (likely)	>66%
가능성이 없지는 않은 (more likely than not)	>50%
가능성이 반반인 (about as likely as not)	33~66%
가능성 없는 (unlikely)	<33%
가능성 매우 낮은 (very unlikely)	<10%
극히 가능성 없는 (extremely unlikely)	<5%
사실상 가능성 없는 (exceptionally unlikely)	<1%

WG II는 신뢰도와 가능성 평가치를 결합하여 사용하였고, WG I은 주로 가능성 평가치를 사용했다.

이 종합보고서는 해당 실무그룹의 불확실성 평가를 따른다. 통합된 소견이 한 개 이상의 WG에서 나온 정보에 기초한 경우, 불확실성 표현은 해당 WG 보고서와 일치하게 사용했다.

달리 언급하지 않는 한, 이 보고서에서 대괄호 안의 수치범위는 90% 불확실성 구간을 나타낸다(즉, 값이 그 범위보다 높을 가능성이 5%, 낮을 가능성이 5% 존재한다). 불확실성 구간은 최적 추정치에 꼭 대칭할 필요는 없다.

1) <http://www.ipcc.ch/activity/uncertaintyguidancenote.pdf> 참고



# 1

---

## 관측된 기후변화와 그 영향

---

## 1.1 기후변화의 관측

제3차 평가보고서 이후, 데이터세트 확대, 데이터 분석 향상, 지리적 포함 범위의 확장, 불확실성에 대한 이해도 향상, 더 다양해진 측정 덕분에 기후가 시공간적으로 어떻게 변하고 있는지에 대한 이해가 많이 진전되었다. {WG I SPM}

### 기후변화의 정의

IPCC에서 말하는 기후변화는 기후 특성의 평균이나 변동성의 변화를 통해 확인 가능하고 (예: 통계 분석을 통해) 수십 년 혹은 그 이상 오래 지속되는 기후 상태 변화를 뜻한다. 자연적 변동성 때문이든 인간 활동에 따른 결과이든 시간 경과에 따른 모든 기후 변화를 일컫는다. 이 기후변화는 UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)에서 말하는 기후변화와는 다르다. UNFCCC에서 뜻하는 기후변화는 지구 대기의 조성을 변화시키는 인간 활동에 직간접 원인이 있고 그에 더해 상당한 기간 동안 자연적 기후변동이 관측된 것을 말한다.

**기후계의 온난화는 확실하다. 그간 관측된 지구 평균 기온과 해수면의 상승, 널리 일어나는 눈과 얼음의 용해, 지구 평균 해수면의 상승에서 명백히 드러난다(그림 1.1). {WG I 3.2, 4.8, 5.2, 5.5, SPM}**

지난 12년(1995~2006년) 중 11번이 1850년 이래 전 지구 표면기온의 측기 기록에서 가장 더웠던 해에 속한다. 100년(1906~2005년) 선형경향은 0.74 [0.56~0.92]°C로, TAR의 100년(1901~2000년) 선형경향 0.6[0.4~0.8]°C보다 높았다 (그림 1.1). 1956년부터 2005년까지 50년 동안의 선형 온난화 경향 (0.13 [0.1~0.16]°C/10년)은 1906~2005년 경향의 거의 두 배였다. {WG I 3.2, SPM}

기온상승은 전 지구적으로 널리 일어나고 있고, 북반구 고위도일수록 현저하다 (그림 1.2). 북극 평균 기온은 지난 100년 동안 지구 평균의 거의 두 배 속도로 상승했다. 육지 지역이 해양보다 빠르게 온난화 되었다 (그림 1.2와 1.5). 1961년 이후의 관측치를 보면, 지구 해양은 최소한 3,000

m 수심까지 평균 수온의 상승이 나타났고, 기후계에 가해지는 열의 80% 이상 기여했다. 풍선과 위성을 이용해 측정한 저층 및 중간층 대류권 온도의 새로운 분석 결과는 지표기온에서 관측된 것과 유사한 온난화 속도를 보인다. {WG I 3.2, 3.4, 5.2, SPM}

해수면 상승은 온난화와 일치한다 (그림 1.1). 지구 평균 해수면은 1961~2003년에는 1.8[1.3~2.3] mm/yr 속도로 상승했고, 1993~2003년에는 3.1 [2.4~3.8] mm/yr 속도로 상승했다. 1993~2003년의 속도가 더 빠른 것이 10년 변동성을 반영하는지 더 장기적인 경향의 증대를 나타내지는 확실하지 않다. 1993년 이래, 해양의 열팽창은 해수면 상승에 대한 추정 기여도 합계의 약 57%를 차지했고, 빙하 및 만년설(ice cap) 감소는 약 28%를, 극지 빙상의 소실이 그 나머지를 차지했다. 1993년부터 2003년까지 이러한 기후 기여도의 합계는 직접적으로 관측된 총 해수면 상승과 불확실성 범위 내에서 일치한다. {WG I 4.6, 4.8, 5.5, SPM, 표 SPM.1}

관측된 눈과 얼음 범위의 감소 역시 온난화와 일치한다 (그림 1.1). 1978년 이후의 위성 데이터를 보면, 연평균 북극 해양빙 범위는 10년 당 2.7 [2.1~3.3]% 감소했고, 여름에는 더 심하게 10년 당 7.4[5.0~9.8]% 감소했다. 산악 빙하와 적설 평균은 남반구와 북반구 모두에서 감소했다. 계절적 동토의 최대 면적이 1900년 이후 북반구에서 약 7% 감소했고, 봄에는 최대 15% 감소했다. 영구 동토층의 표층 온도는 1980년대 이후 북극에서 최대 3°C 상승했다. {WG I 3.2, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 5.5, SPM}

대륙, 지역, 해양분지(Ocean Basin) 규모에서, 다수의 장기 변화가 다른 기후 특성들에서도 관측되었다. 여러 넓은 지역의 강수량에서 1900~2005년 경향이 관측되었다. 이 기간 동안, 북미와 남미의 동부, 북유럽, 북부 및 중앙아시아에서는 강수량이 상당히 증가했고, 사헬, 지중해, 남아프리카, 일부 남아시아에서는 감소했다. 지구 전체로는 가뭄이 든 면적이 1970년대 이래 증가했을 가



능성이 있다<sup>2)</sup>. {WG I 3.3, 3.9, SPM}

이 있다. {WG I 5.5, SPM}

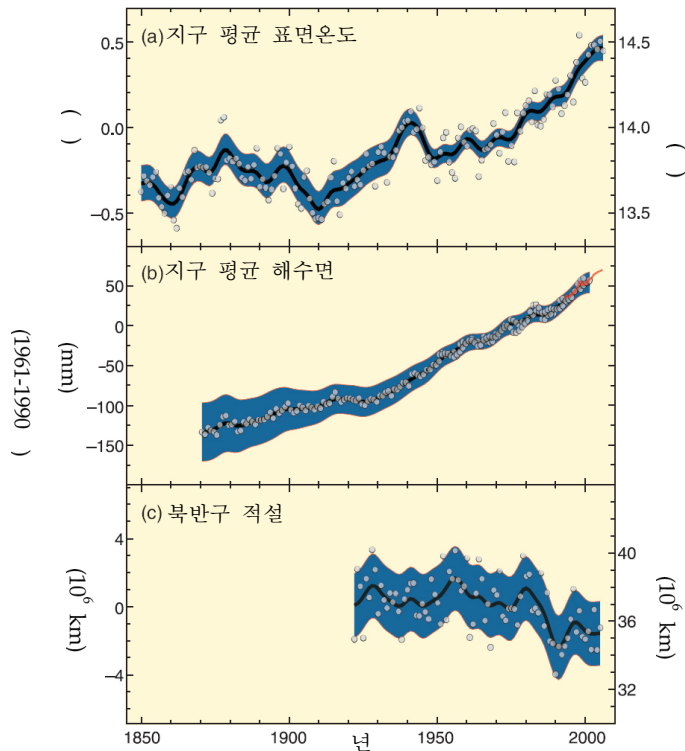
일부 극단적 기상현상은 지난 50년 동안 그 빈도와 세기가 변했다:

- 대부분의 육지 지역에서 추운 낮, 추운 밤, 서리의 빈도는 감소하였고 더운 낮과 더운 밤의 빈도는 증가했을 가능성이 높다. {WG I 3.8, SPM}
- 대부분의 육지 지역에서 열파의 빈도가 증가했을 가능성이 있다. {WG I 3.8, SPM}
- 집중호우 (heavy precipitation)의 빈도(또는 총 강우량에서 폭우가 차지하는 비율)가 대부분의 지역에서 증가했을 가능성이 있다. {WG I 3.8, 3.9, SPM}
- 극단적으로 높은 해수면의 출현빈도가 1975년 이래 세계의 여러 지점에서 증가했을 가능성

강력한 열대성 저기압 활동이 북대서양에서 1970년 이래 증가했다는 관측 증거가 있고, 데이터 품질이 좀더 우려되지만 일부 지역에서도 강력한 열대성 저기압 활동의 증가를 암시하는 관측 증거가 있다. 수십 년(multi-decadal) 변동성과 약 1970년 경 위성관측이 시작되기 전의 열대성 저기압 기록의 품질 때문에 열대성 저기압 활동의 장기 경향을 탐지하기는 복잡하다. {WG I 3.8, SPM}

20세기 후반 50년의 북반구 평균 기온은 지난 500년 중 어떤 50년 기간보다도 높았을 가능성이 높고, 최소한 지난 1300년 중에서도 가장 높았을 가능성이 있다. {WG I 6.6, SPM}

기온, 해수면 및 북반구 적설(Snow cover)의 변화



**그림 1.1.** (a) 지구 평균 지표온도 변화, (b) 지구 평균 해수면 변화 (파란색: 검조계 데이터, 붉은 색: 위성 데이터), (c) 북반구 3~4월 적설(Snow cover) 변화. 모두 1961~1990년 기간의 해당 평균에 비한 변화이다. 평활화된 곡선은 10년 평균, 동그라미는 연평균을 나타낸다. 음영 부분은 알려진 불확실성(a와 b)과 시계열(c)을 포괄적으로 분석하여 추정된 불확실성 구간이다. {WG I FAQ 3.1 그림 1, 그림 4.2와 그림 5.13, 그림 SPM.3}

2) 이탤릭체로 표시한 가능성(likelihood)과 신뢰도(confidence)는 지침에 따라 표현된 불확실성(uncertainty)과 신뢰도를 뜻한다. 이 용어들에 대한 설명은 서론의 박스 '불확실성 처리' 를 참고한다.

## 1.2 기후변화의 감시 결과

여기에서 기술된 내용들은 대체로 1970년 이후의 기간이 포함된 데이터세트에 기초한다. 제3차 평가 보고서 이후, 물리적, 생물학적 환경 및 그것들과 지역적 기후변화 사이의 관계에서 관측된 경향에 대한 연구가 매우 증가했다. 데이터세트의 품질도 향상되었다. 그러나 관측된 변화에 관한 데이터와 문헌은 지리적 균형이 상당히 결여되어 있고, 개도국에서 뚜렷이 부족하다. {WG II SPM}

이 연구들은 관측된 온난화와 영향 사이의 관계를 TAR 보다 더 폭넓고 더 신뢰도 높게 평가하였다. 3차 평가는 “최근의 지역적 기온변화가 물리적, 생물학적 시스템에 뚜렷한 영향을 주었다는 높은 신뢰가 있다<sup>3)</sup>” 고 결론 지었다. {WG II SPM}

**모든 대륙과 대부분의 해양에서 나온 관측치 증거를 보면, 많은 자연계가 지역적 기후변화, 특히 기온상승의 영향을 받고 있다. {WG II SPM}**

눈, 얼음, 동토 (영구동토 포함)에 관련된 자연계가 영향 받고 있다는 높은 신뢰가 있다.

예를 들면:

- 빙하 호수가 확대되고 갯수도 증가했다. {WG II 1.3, SPM}
- 영구동토 지역의 지면 불안정이 증가했고, 산악지역의 낙석(rock avalanche)이 증가했다. {WG II 1.3, SPM}
- 북극과 남극에서는 해양빙 생물군계와 먹이그물 상위포식자에 생긴 변화를 포함, 생태계가 변화했다. {WG II 1.3, 4.4, 15.4, SPM}

점점 느는 증거에 근거하여, 수문 시스템에도 다

음과 같은 영향이 발생하고 있다는 높은 신뢰가 있다. 빙하나 눈이 유입되는 강에서 유출량(runoff)이 증가하고 봄철 최고 배출 시기가 빨라졌으며, 여러 지역에서 호수와 강이 온난화 되어 열적 구조와 수질이 영향 받고 있다. {WG II 1.3, 15.2, SPM}

다양한 생물 중에서 나온 많은 증거에 근거해, 최근의 온난화가 육지 생물계에 강하게 영향 주고 있다는 높은 신뢰가 있다. 즉, 나뭇잎 개엽, 철새 도래, 산란과 같은 봄철 현상의 발생시기가 더 빨라졌고, 동식물 종의 범위가 극지 쪽으로 상향되었다. 1980년대 초반 이래의 위성 관측 자료에 기초하면, 최근의 온난화로 인해 식생의 생장 기간이 길어진 것과 관련하여 봄에 식생의 '녹화(greening)'가 더 빨라지는 경향이 여러 지역에서 나타났다는 높은 신뢰도가 있다. {WG II 1.3, 8.2, 14.2, SPM}

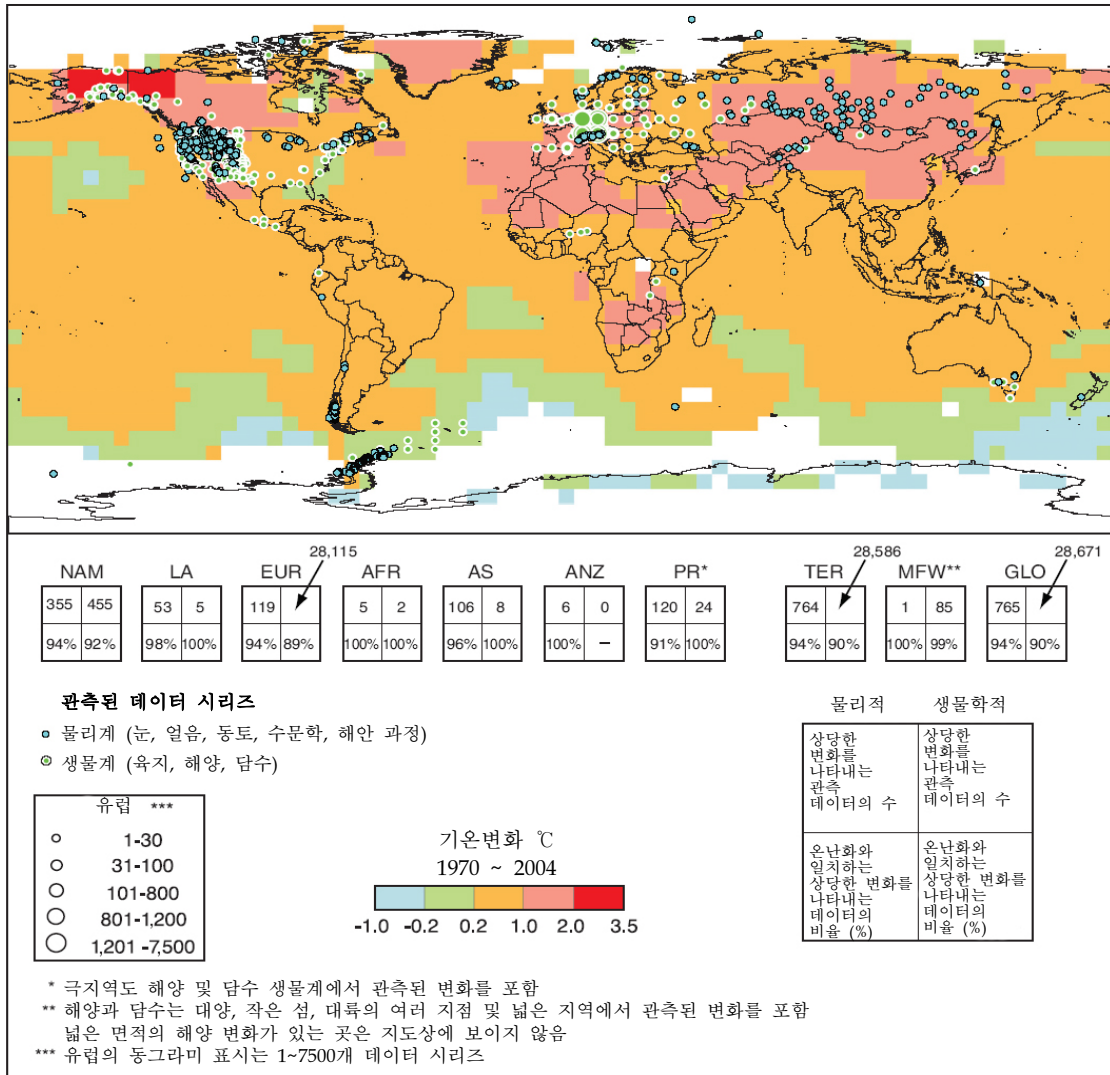
상당히 새로운 증거에 기초하여, 해양 및 담수 생물계에서 관측된 변화들은 해수온도 상승뿐 아니라 그에 관련된 얼음 커버, 염도, 산소 농도, 순환과도 연관 있다는 높은 신뢰가 있다. 이 변화에는 고위도 해양에서 조류, 플랑크톤, 어류의 서식범위 이동과 종류의 변화, 고위도 및 높은 고도의 호수에서 조류와 동물성플랑크톤 종류의 증가, 강의 범위 변화 및 어류 도래시기가 더 빨라졌다. 기후변화가 산호초에 끼치는 영향에 관한 증거도 증가하고 있지만 기후 관련 스트레스의 영향을 다른 스트레스 (예: 과도한 낚시, 오염 등)의 영향과 구분하기는 어렵다. {WG II 1.3, SPM}

**지역적 기후변화가 자연환경과 인간 환경에 끼친 다른 영향들도 나타나고 있지만 적응과 비기후적 동인 때문에 분간하기 어려운 것이 많다. {WG II SPM}**

기온상승의 영향이 보통의 신뢰 속에 아래와 같은 관리 시스템과 인간 시스템에서 보고되었다.

3) 쓰나미는 제외한다. 쓰나미는 기후변화로 인한 것이 아니다. 극단적으로 높은 해수면은 평균 해수면과 지역적 기상계에 좌우된다. 여기서 극단적으로 높은 해수면이란 한 관측소에서 일정 기간 동안 관측된 1시간 해수면 값의 상위 1%로 정의한다.

물리계 · 생물계 및 지표온도의 변화 (1970~2004년)



**그림 1.2.** 물리적 시스템(눈, 얼음, 동토, 수문, 해안 과정)과 생물학적 시스템(육지, 해양 및 담수의 생물계)의 데이터 시리즈에서 상당한 변화가 관측된 곳과 1970~2004년의 기온변화. 577개 연구에서 나온 약 80,000개 데이터 시리즈로부터 약 29,000건의 하위 데이터 시리즈를 선정했다. 선정기준은 (1) 1990년 이후에 끝나고, (2) 기간의 범위가 최소 20년 이상이고, (3) 해당 연구에서 어느 쪽으로든 상당한 변화를 보이는 데이터시리즈로 하였다. 이 데이터 시리즈는 약 75개 연구에서(그 중 약 70개 연구는 TAR 이후에 시작) 나온 것으로 약 29,000건의 데이터 시리즈를 포함한다. 그 중 약 28,000개 시리즈는 유럽 연구에서 나온 것이다. 하얗게 표시된 지역은 기온경향을 추정할 기후 관측데이터가 충분하지 않은 곳이다. 2 x 2 박스에서 윗줄은 상당한 변화를 보인 데이터 시리즈의 총 개수이고, 아랫줄은 (i) 대륙 규모: 북아메리카(NAM), 라틴 아메리카(LA), 유럽(EUR), 아프리카(AFR), 아시아(AS), 오스트레일리아와 뉴질랜드(ANZ), 극지역(PR)과 (ii) 지구적 규모: 육지(TER), 해양과 담수(MFW), 지구전체(GLO)의 온난화와 일치하는 데이터의 비율을 나타낸다. 7개 지역박스(NAM~PR)의 연구 건수를 모두 더한 것은 지구전체(GLO) 합계와 일치하지 않는데 그 이유는 극지(Polar)를 제외한 지역들의 연구 건수에는 해양과 담수(MFW) 시스템에 관한 연구 건수는 포함되지 않기 때문이다. 지도상으로는 넓은 범위의 해양 변화가 일어난 곳은 없다. {WG II 그림 SPM.1, 그림 1.8, 그림 1.9, WG I 그림 3.9b}

- 북반구 고위도의 농업 및 산림 관리: 더 빨라진 봄철 파종시기, 산불과 병충으로 인한 산림 교란의 변화 등 {WG II 1.3, SPM}
- 인간건강: 유럽에서 과도한 열에 관련된 사망, 유럽 일부에서 감염성 질병의 매개체 변화, 북반구 고위도 및 중위도에서 알레르기성 꽃가루 발생철의 계절적 발생량 증가 {WG II 1.3, 8.2, 8.ES, SPM}
- 인간활동: 북극 (예: 눈과 얼음 위에서의 사냥과 짧아진 여행철), 저고도 알프스 지역(산악 스포츠 제한 등) {WG II 1.3, SPM}

해수면 상승과 인위적 개발은 여러 지역에서 해안 습지와 홍수림(mangrove) 소실, 해안범람의 피해 증가에 함께 기여하고 있다. 그러나 발표된 문헌에 기초하면, 이 영향은 아직 확실한 경향이 되지는 않았다. {WG II 1.3, 1.ES, SPM}

### 1.3 물리계 · 생물계의 변화와 온난화 간의 일관성

적설과 북반구 해양빙(Sea ice) 범위의 감소, 점점 얕아지는 해양빙, 강과 호수의 점점 짧아지는 동결 계절, 빙하 융해, 영구동토 범위 감소, 토양온도 상승, 시추공 온도 프로파일, 해수면 상승을 포함한 해양과 육지의 변화는 세계가 점점 온난화되고 있다는 추가 증거가 된다. {WG I 3.9} 75건의 연구로부터, 많은 물리계와 생물계에서 현저한 변화를 보여주는 29,000건 이상의 관측자료 중

89% 이상이 온난화에 대한 대응으로서 예상되는 변화 방향과 일치한다 (그림 1.2). {WG II 1.4, SPM}

### 1.4 변화가 관측되지 않은 기후 특징

일부 기후특성은 변하지 않은 것으로 보인다. 기후특성에 관하여, 부적당한 데이터(data inadequacy)란 기후특성이 변했는지 여부가 결정 불가능하다는 의미다. 남극 해양빙 범위는 연간(inter-annual) 변동성과 국지적 변화를 보이지만 통계적으로 유의한 평균 수 십년 경향은 보이지 않는다. 지구적 해양의 자오선 순환(MOC)이나 토네이도, 해일, 뇌전, 먼지폭풍 같은 소규모 현상 등 다른 변수들에도 경향이 존재하는지 여부를 결정할만한 증거는 충분치 않다. 열대성 저기압의 연 발생 수에 뚜렷한 경향은 없다. {WG I 3.2, 3.8, 4.4, 5.3, SPM}

# 2

---

## 변화의 원인

---

## 변화의 원인

주제 2는 기후변화에 관하여 온실가스 배출량, 대기 농도, 복사강제력<sup>4)</sup>, 기후 반응의 관계를 포함하는 자연적, 인위적 동인(Driver)을 다룬다.

### 2.1 장수의 온실가스 배출량

기후계의 복사강제력은 장수의 온실가스(long-lived greenhouse gas)가 지배적이다. 이 절은 UNFCCC에 의해 배출량이 규제되는 장수의 온실가스들을 다룬다.

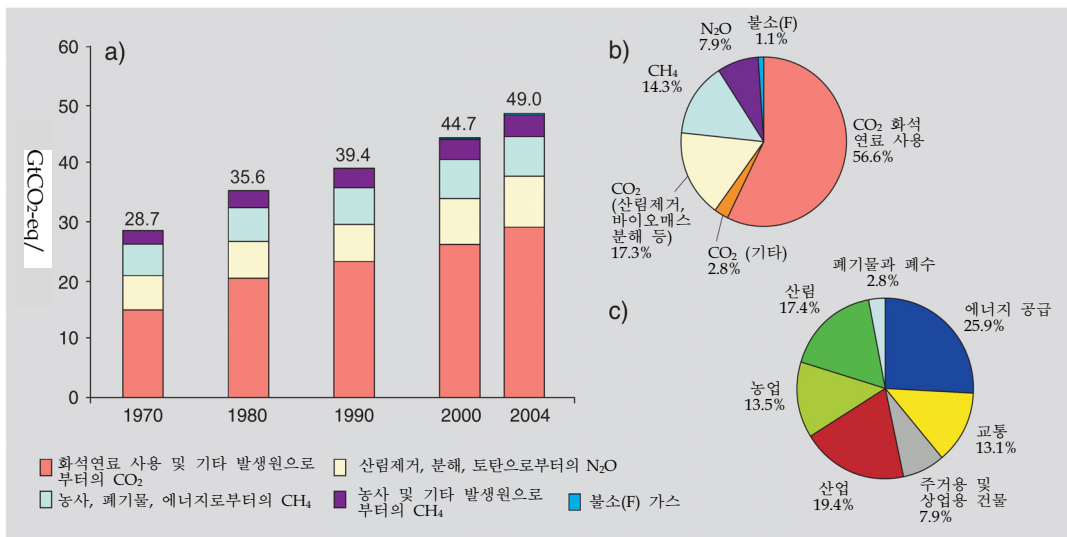
인간 활동으로 인한 전 지구 온실가스 배출량은 산업화 이후로 증가하여 1970년부터 2004년 사이에 70% 증가했다(그림 2.1)<sup>5)</sup>. {WG III 1.3, SPM}

#### CO<sub>2</sub> 상당(CO<sub>2</sub>-eq) 배출량과 농도

온실가스마다 복사 특성과 대기 내 잔류시간이 다르기 때문에 지구 기후계에 미치는 온난화 영향력(복사강제력)도 다르다. 이 온난화 영향력은 CO<sub>2</sub> 복사강제력을 기준한 공통 도량형을 사용해 표현될 수 있다.

- **CO<sub>2</sub> 상당 배출량:** 장수의 온실가스 혹은 혼합 온실가스 배출량이 일정 기간 동안 야기할 복사강제력을 적분한 것과 동량의 복사강제력을 야기할 CO<sub>2</sub> 배출량. CO<sub>2</sub> 상당 배출량은 해당 기간의 온실가스 배출량에 지구 온난화 지수(Global Warming Potential; GWP)를 곱하여 구한다. 혼합 온실가스의 경우에는 각 가스의 CO<sub>2</sub> 상당 배출량을 합산하여 구한다<sup>6)</sup>. CO<sub>2</sub> 상당 배출량은 하나의 표준으로서 서로 다른 온실가스의 배출량을 비교하는 유용한 도량형일 뿐이지 똑 같은 기후변화 반응을 한다는 의미는 함축하지 않는다(WG I 2.10 참고).
- **CO<sub>2</sub> 상당 농도:** CO<sub>2</sub>+기타 강제력 구성분이 야기할 복사강제력과 동량의 복사강제력을 야기할 CO<sub>2</sub> 농도<sup>7)</sup>.

지구 전체 인위적 온실가스 배출량



**그림 2.1.** (a) 1970~2004년 지구 전체 인위적 온실가스 연간 배출량. (b) 2004년 인위적 온실가스 총 배출량 중 가스별 배출량(CO<sub>2</sub>-상당). (c) 2004년 인위적 온실가스 총 배출량 중 부문별 배출량(CO<sub>2</sub>-상당). (산림에는 산림제거 포함). {WG III 그림 TS 1a, TS 1b, TS 2b}

4) 복사강제력(Radiative Forcing)은 어떤 한 인자가 지구-대기 시스템에 들어오는 에너지와 나가는 에너지의 균형을 변화시키는 영향력을 측정하는 것으로, 잠재적 기후변화 메커니즘으로서 그 인자의 중요도 지수이다. 이 보고서에 제시된 복사강제력 값은 1750년으로 정의한 산업화 이전 상태에 대한 변화량이며, 1 m<sup>2</sup> 당 와트(W/m<sup>2</sup>)로 표현한다.

5) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>만 포함한다. 이것들의 배출량은 UNFCCC에서 관장한다. 이 온실가스들에게는 UNFCCC 아래 보고된 각각의 100년 지구 온난화 지수(GWP)를 가중치로 적용한다.

6) 이 보고서는 UNFCCC 아래 보고된 값을 100년 지구 온난화 지수로 사용한다.

7) 이 값은 온실가스만을 고려할 수도 있고 온실가스와 에어로솔을 함께 고려할 수도 있다.

CO<sub>2</sub>는 가장 중요한 온실가스다. CO<sub>2</sub> 연간 배출량은 1970년과 2004년 사이에 21 Gt에서 38 Gt으로 약 80% 증가했고, 2004년도 총 인위적 온실가스 배출량의 77%를 차지했다(그림 2.1). CO<sub>2</sub>-상당 배출량 증가속도는 과거 1970~1994년(0.43 GtCO<sub>2</sub>-상당/yr)보다 최근 10년인 1995~2004년(0.92 GtCO<sub>2</sub>-상당/yr)에 더 높았다. {WG III 1.3, TS.1, SPM}

1970년과 2004년 사이에 온실가스 배출량 증가율이 가장 높았던 부문은 에너지 공급, 교통, 산업이었고, 주거용 및 상업용 건물, 산림(산림제거 포함), 농업 부문에서는 그보다 낮은 속도로 증가했다. 2004년의 온실가스 발생원 부문을 그림 2.1c에 나타냈다. {WG III 1.3, SPM}

1970~2004년에 전 지구 에너지 원단위(energy intensity)의 감소(-33%)가 전 지구 배출량에 미친 효과는 에너지 관련 CO<sub>2</sub> 배출량 증가의 두 가지 동인인 전 지구 소득 성장(77%)과 전 지구 인구성장(69%)의 결합 효과보다 작았다. 공급된 단위 에너지 당 CO<sub>2</sub> 배출량의 장기 감소경향은 2000년 이후에 역전되었다. {WG III 1.3, 그림 SPM.2, SPM}

1인당 소득, 1인당 배출량, 에너지 원단위는 국가별로 차이가 크다. 2004년에 UNFCCC 부속서 I 국가들(Annex I countries)은 세계 인구의 20%를 차지했고, 구매력 평가(Purchasing Power Parity: PPP)에 기초한 전세계 국내총생산(GDP<sub>ppp</sub>)의 57%를 생산했다. 그리고 전지구 온실가스 배출량의 46%에 해당하였다(그림 2.2). {WG III 1.3, SPM}

## 2.2 기후변화의 동인

온실가스와 에어러솔의 대기농도, 토지 피복 및 태양복사의 변화는 기후계의 에너지 수지를 변화시킨다. 즉, 기후 변화의 동인이다. 이것들은 대기와 지표에서 복사의 흡수, 산란, 방출에 영향을 준다. 이 인자들로 인한 결과적인 양성 혹은 음성 에너지수지 변화를 복사강제력으로 표현한다. 복사강제력은 지구 기후에 대한 온난화 영향 혹은 냉각 영향을 비교하기 위해 사용된다. {WG I TS.2}

인간활동은 장수의 4가지 온실가스, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, 할로 카본(불소, 염소 혹은 브롬을 함유하는 가스)을 배출시킨다. 온실가스의 배출이 제거과정보다 크면 그것들의 대기 농도는 증가한다.

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O의 전지구 대기 농도는 1750년 이래 인간 활동의 결과로 뚜렷이 증가했고, 현재는 수천 년된 빙핵을 분석해 알아낸 산업화 이전 시대의 농도를 훨씬 초과한 상태다(그림 2.3). 2005년에 CO<sub>2</sub>와 CH<sub>4</sub>의 대기 농도는 지난 650,000년 동안의 자연적 범위를 훨씬 초과했다. CO<sub>2</sub> 농도의 전 지구적 증가는 주로 화석연료 사용 때문이고, 화석연료보다 기여도는 낮지만 토지사용 변화도 중요하게 기여한다. CH<sub>4</sub> 농도에서 관측된 증가는 지배적으로 농사와 화석연료 사용 때문일 가능성이 높다. N<sub>2</sub>O 농도의 증가는 주로 농사 때문이다. {WG I 2.3, 7.3, SPM}

인구와 GDP<sub>ppp</sub>에 따른 온실가스 배출량의 지역적 분포

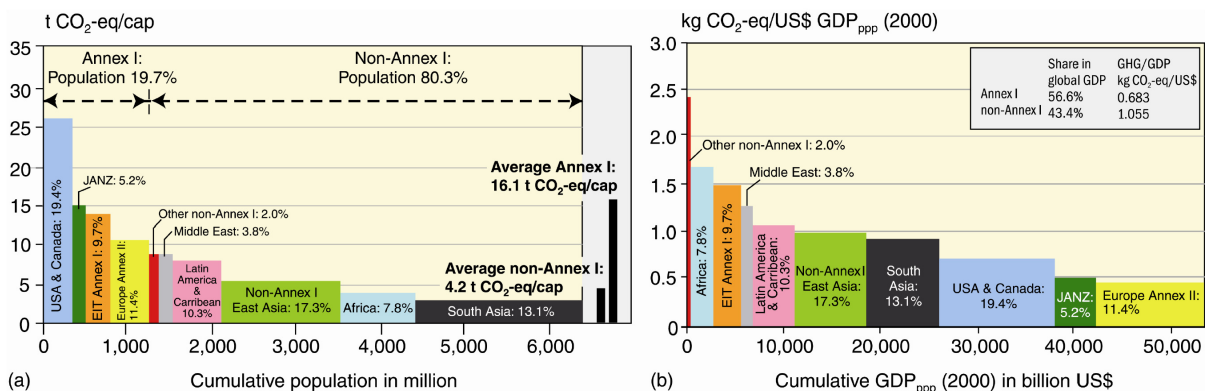


그림 2.2. (a) 2004년에 국가 그룹의 인구에 따른 1인당 온실가스 배출량의 지역적 분포(국가그룹에 대한 정의는 부록 참고). (b) 2004년에 국가 그룹의 GDP에 따른 GDP<sub>ppp</sub> 1달러(US\$) 당 온실가스 배출량의 지역적 분포. 막대 안의 %는 전지구 온실가스 배출량에서 그 지역이 차지하는 비율을 뜻한다. {WG III 그림 SPM.3A, SPM.3B}

CO<sub>2</sub>의 전지구 대기 농도는 산업화 이전의 약 280 ppm에서 2005년에 약 379 ppm으로 증가했다. CO<sub>2</sub> 농도의 증가율은 연간 변동성은 있지만 연속 직접 대기 측정이 시작된 이래보다(1960~2005년 평균: 1.4 ppm/yr) 지난 10년 동안(1995~2005년 평균: 1.9 ppm/yr)이 더 높았다. {WG I 2.3, 7.3, SPM; WG III 1.3}

메탄의 전 지구 대기 농도는 산업화 이전 시대의 약 715 ppb에서 1990년대 초기에 1732 ppb로 증가했고 2005년에는 1774 ppb로 증가했다. 1990년대 초기 이후로는 메탄 증가율이 감소했는데, 이 기간 동안 메탄의 총 배출량(인위적 발생원과 자연 발생원의 배출량 합계)이 거의 일정한 것과 일치하는 현상이다. {WG I 2.3, 7.4, SPM}

전지구 대기 N<sub>2</sub>O 농도는 산업화 이전의 약 270 ppb에서 2005년에 319 ppb로 증가했다. {WG I 2.3, 7.4, SPM}

많은 할로카본은 거의 0이었던 산업화 이전 배경농도로부터 주로 인간활동으로 인해 증가했다. {WG I 2.3, SPM; SROC SPM}

1750년 이후 인간활동의 지구 평균 순 효과는 온난화였고 +1.6[+0.6~+2.4] W/m<sup>2</sup>의 복사강제력을 동반했다는 매우 높은 신뢰가 있다(그림 2.4). {WG I 2.3, 6.5, 2.9, SPM}

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O의 증가로 인한 복합 복사강제력은 +2.3[+2.1~+2.5] W/m<sup>2</sup>이다. 산업 시대의 증가율은 10,000년 이상 동안 전례 없이 높은 수준이었을 가능성이 높다(그림 2.3과 2.4). CO<sub>2</sub> 복사강제력은 1995년부터 2005년까지 20% 증가했는데 이 증가율은 적어도 지난 200년의 10년 증가율 중 최고이다. {WG I 2.3, 6.4, SPM}

에어러솔(주로 황산염, 유기탄소, 검댕, 질산화물, 분진)에 대한 인위적 기여는 -0.5[-0.9~-0.1] W/m<sup>2</sup>의 총 직접 복사강제력과 -0.7[-1.8~-0.3] W/m<sup>2</sup>의 간접적 구름 알베도 강제력으로 냉각효과를 일으킨다. 에어러

솔은 강수에도 영향을 준다. {WG I 2.4, 2.9, 7.5, SPM}

비교상, 1750년 이후의 일사량 변화는 +0.12[+0.06~+0.30] W/m<sup>2</sup>의 적은 복사강제력을 야기한 것으로 추정되는데 이것은 TAR 추정치의 절반보다 작은 수준이다. {WG I 2.7, SPM}

빙핵과 현대의 측정치로부터 분석된 온실가스 농도

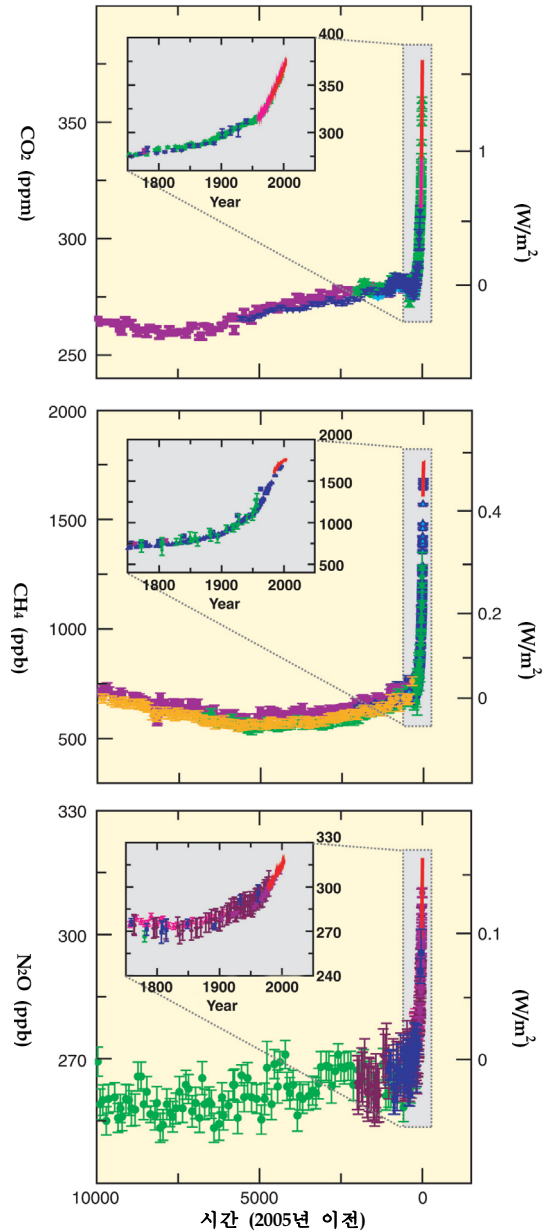


그림 2.3. 대기 중 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O의 지난 10,000년 동안(큰 패널)과 1750년 이후(삽입된 패널)의 농도, 빙핵(각 연구별로 기호에 다른 색을 사용)과 대기 샘플(붉은선)을 분석한 데이터를 사용했다. 큰 패널의 오른쪽 Y축은 1750년 대비 복사강제력을 나타낸다. {WG I 그림 SPM.1}



## 2.3 기후 민감도와 피드백

평형 기후 민감도(equilibrium climate sensitivity)는 지속된 복사강제력에 대한 기후계의 반응을 측정한 것이다. 이것은 CO<sub>2</sub> 농도가 두 배가 된 후의 지구 평균 지표 온난화라고 정의된다. TAR 이후의 진전 덕분에 기후 민감도의 범위는 2~4.5°C, 최적 추정치는 약 3°C일 가능성이 있고 1.5°C 이하일 가능성은 낮다는 평가가 가능해졌다. 실질적으로 4.5°C보다 높은 값도 배제할 수는 없으나 관측치를 사용한 모델들에서 이 값은 그다지 일치하지 않는다. {WG I 8.6, 9.6, 박스 10.2, SPM}

피드백은 강제력에 대한 반응을 증폭시키거나 완화시킬 수 있다. 인간활동에 의한 직접적 수증기(온실가스) 방출이 복사강제력에 기여하는 정도는 무시할 만하다. 그러나 지구 평균 기온이 상승함에 따라 대류권 수증기 농도는 증가한다. 대류권 수증기는 주요 양의 피드백이긴 하지만 기후변화의 강제력은 아니다. 수증기 변화는 평형 기후 민감도에 영향을 주는 가장 큰 피드백이며, TAR 이후로 이해도가 향상되었다. 구름 피드백은 가장 큰 불확실성 요소로 남아 있다. 구름 반응의 공간적 패턴은 대체로 기후 과정 및 피드백에 의해 조절된다. 한 예로, 해양빙 알베도 피드백은 높은 고도의 반응을 강화시키는 경향이 있다. {WG I 2.8, 8.6, 9.2, TS 2.1.3, 2.5, SPM}

온난화는 육지와 해양의 대기 CO<sub>2</sub> 흡수를 감소시키고, 그리하여 대기에 잔류하는 인위적 배출을 증가시킨다. 탄소 순환의 이 양의 피드백은 대기 CO<sub>2</sub> 농도를 더 많이 증가시키고 배출 시나리오에서 기후변화를 더 심화시킨다. 그러나 이 피드백 효과의 세기는 모델마다 뚜렷이 다르다. {WG I 7.3, TS 5.4, SPM; WG II 4.4}

## 2.4 기후변화의 원인규명

원인규명(attribution)은 관측된 변화가 외부 강제력(예: 일사량이나 인위적 온실가스의 변화)에 대한 예상된 반응과는 정량적으로 일치하고 물리적으로 타당한 다른 설명과는 일치하지 않는지 여부를 평가하는 것이다. {WG I TS.4, SPM}

**그동안 관측된 20세기 중반 이후 지구평균 기온 상승의 대부분은 관측된 인위적 온실가스 농도의 증가 때문일 가능성이 높다.** <sup>8)</sup> 이것은 TAR에서 “지난 50년간 관측된 온난화의 대부분은 온실가스 농도 증가 때문일 가능성이 높다”는 결론 이후 진전된 것들 중 하나이다(그림 2.5). {WG I 9.4, SPM}

얼음 질량의 소실과 함께 그간 관측된 대기와 해양에서 널리 일어난 온난화는 지난 50년간의 전 지구적 기후변화가 외부 강제력 없이 설명될 가능성은 *극히 낮고* 알려진 자연적 원인 때문만은 아닐 *가능성이 높다*는 결론을 뒷받침한다. 이 기간의 태양 및 화산 강제력의 합계는 온난화가 아니라 냉각을 일으켰을 가능성이 있다. 기후계의 온난화는 지표 및 대기의 온도 변화, 해양의 상층 수백 m의 해수온도 변화에서 탐지되었다. 인위적 온난화와 성층권 냉각에서 관측된 패턴은 온실가스 증가와 성층권 오존 고갈의 복합적 영향력 때문일 가능성이 높다. 온실가스 농도 증가만으로도 그간 관측된 것보다 더 심한 온난화를 야기했을 가능성이 있다. 왜냐하면 화산성 에어러솔과 인위적 에어러솔이 그렇지 않으면 일어났을 온난화를 일부 상쇄했기 때문이다. {WG I 2.9, 3.2, 3.4, 4.8, 5.2, 7.5, 9.4, 9.5, 9.7, TS 4.1, SPM}

**지난 50년간 각 대륙(남극대륙 제외)에 상당한 인위적 온난화가 평균화 되었을 가능성이 있다(그림 2.5).** {WG I 3.2, 9.4, SPM}

해양보다 육지에서 더 현저하게 나타난 온난화를 비롯해 그간 관측된 온난화 패턴과 시간 경과에 따른 패턴 변화는 인위적 강제력을 포함한 모델에 의해서만 시뮬레이션 된다. 자연강제력만을 사용한 결합 지구 기후 모델에서는 20세기 후반 50년의 개별 대륙(남극대륙 제외)

8) 나머지 불확실성은 현재의 방법론에 기초해서 고려한다.

복사강제력 요소

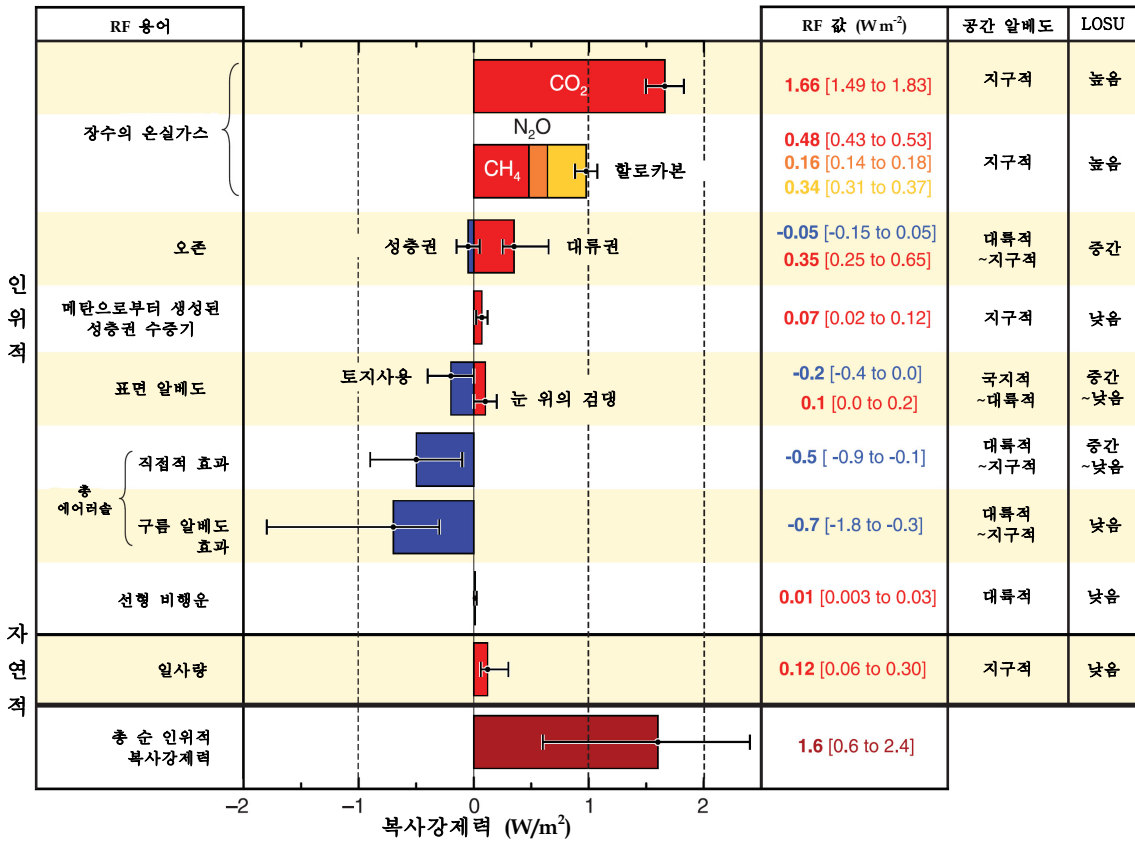


그림 2.4. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, 기타 중요한 요소 및 메커니즘의 1750년 대비 2005년의 지구평균 복사강제력(RF), 강제력의 일반적 지리적 범위(공간적 범위), 과학적 이해 수준 평가치(LOSU). 화산폭발로 방출된 에어러솔은 폭발 후 몇 년 동안에도 추가 일시적 냉각에 기여한다. 선형 비행운의 범위에 비행이 운량에 끼치는 다른 효과는 포함되어 있지 않다. {WG I 그림 SPM.2}

의 대륙 평균 온난화 경향이 재현되지 않았다. {WG I 3.2, 9.4, TS 4.2, SPM}

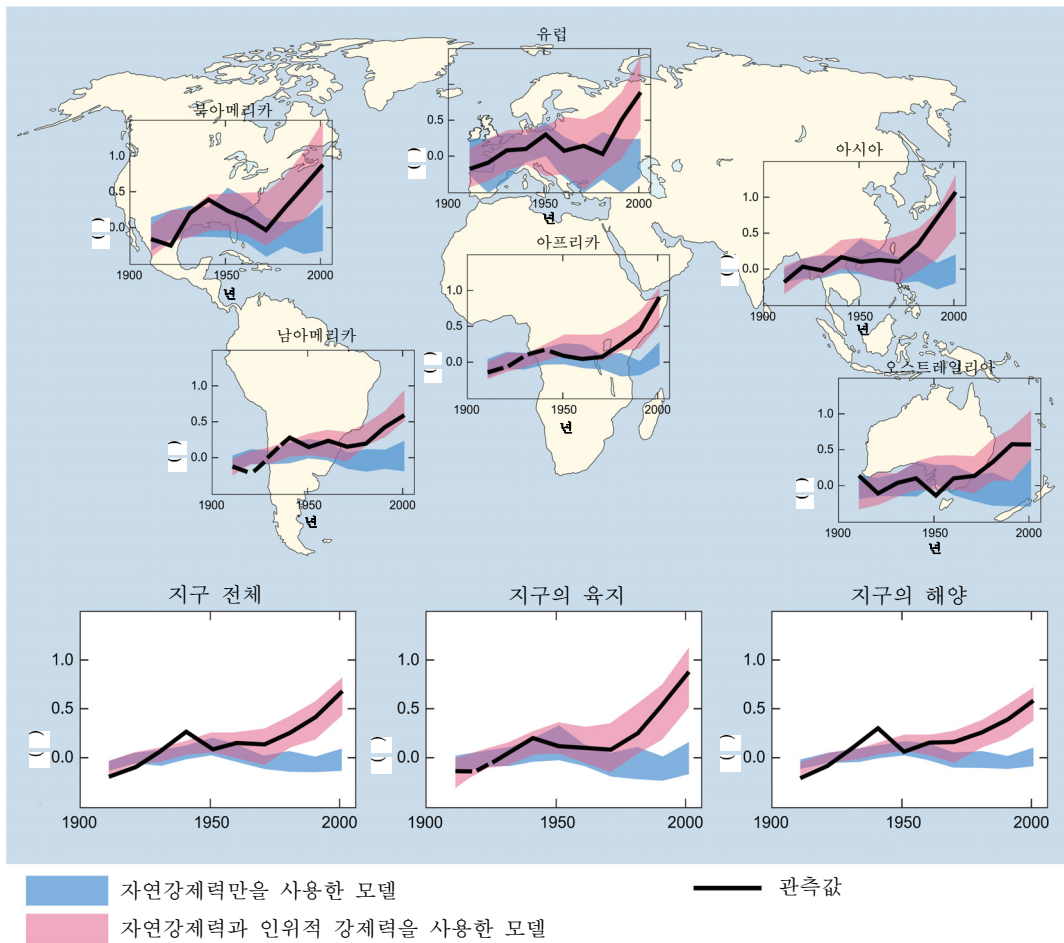
작은 범위에서 관측된 기온변화를 시뮬레이션(모사)하고 원인규명하는 데는 여전히 어려움이 있다. 이런 작은 범위에서는 자연적 기후변동성이 상대적으로 더 크기 때문에 외부 강제력 때문이라고 예상되는 변화를 구분해 내기가 더 어려워진다. 에어러솔과 토지사용 변화 같은 지역적 강제력의 불확실성과 피드백 역시 관측된 작은 범위 기온변화에 대한 온실가스 증가의 기여도를 추정하기 어렵게 한다. {WG I 8.3, 9.4, SPM}

TAR 이후의 진전은 확연히 인간 영향력이 평균 기온에

대한 영향을 넘어 기온이변과 바람패턴을 비롯한 다른 기후특성에게도 확대되고 있음을 보여준다. {WG I 9.4, 9.5, SPM}

가장 극단적인 무더운 밤, 추운 밤, 추운 낮의 기온은 인위적 강제력으로 인해 상승했을 가능성이 있다. 인위적 강제력이 열파 위험을 증대시켰을 가능성이 없지는 않다. 인위적 강제력은 바람패턴의 변화에 기여하여 남반구와 북반구 모두에서 아열대 폭풍경로와 기온패턴에 영향을 주었을 가능성이 있다. 그러나 북반구 순환에서 관측된 변화는 20세기 강제력 변화에 대한 반응의 모델 시뮬레이션 결과보다 크다. {WG I 3.5, 3.6, 9.4, 9.5, 10.3, SPM}

지구 및 대륙의 기온변화



**그림 2.5.** 대륙 및 지구 규모의 지표온도 변화에 대한 관측치와 기후 모델 시뮬레이션 결과의 비교. 모델 시뮬레이션은 자연 강제력만 사용하거나 자연 강제력과 인위적 강제력 둘 다 사용하였다. 1901~1950년의 10년 평균에 비한 1906~2005년 관측치의 각 10년 평균의 변화(검정선)를 각 10년의 중간점에 그렸다. 점선으로 표시된 부분은 공간 범위가 50% 이하인 곳이다. 파랑색 음영은 태양활동과 화산의 자연 강제력만을 사용한 5개 모델 19개 시뮬레이션의 5~95% 범위이다. 붉은색 음영은 자연강제력과 인위적 강제력 둘 다 사용한 14개 기후 모델 58개 시뮬레이션의 5~95% 범위이다. {WG I 그림 SPM.4}

인위적 강제력에 대한 반응이 20세기 후반기의 해수면 상승에 기여했을 가능성이 높다. 20세기에 육지 강수량에서 관측된 넓은 범위의 변화 패턴을 포함해 인간의 기후 영향력이 수문 순환에 영향을 끼쳤다는 증거가 있다. 인간의 영향력이 1970년대 이후 가뭄 침범면적의 증가와 집중호우 빈도 증가를 보이는 전지구적 경향에 기여했을 가능성이 없지는 않다. {WG I 3.3, 5.5, 9.5, TS 4.1, TS.4.3}

지난 30년 동안의 인위적 온난화는 지구의 물리계와 생물계에 뚜렷한 영향을 주었을 가능성이 높다. {WG II 1.4}

연구결과를 종합해보면, 지구에서 상당히 온난화된 지역과 온난화와 일치하는 상당한 자연계 변화가 관측된 곳이 공간적으로 일치하는 이유는 전적으로 온도의 자연 변동성이나 시스템의 자연변동성 때문일 가능성은 낮다는 것이 강력히 입증된다. 몇몇 모델링 연구들이 물리계와, 생물계의 특정 반응을 인위적 온난화와 관련 시키긴 했으나 수행된 연구는 몇 건에 지나지 않는다. 각 대륙(남극대륙 제외)별 평균으로 지난 50년간 상당한 인위적 온난화가 있었다는 증거를 함께 생각해보면, 지난 30년간의 인위적 온난화가 여러 자연계에 뚜렷한 영향을 주었을 가능성이 있다. {WG I 3.2, 9.4, SPM: WG II 1.4, SPM}

여러 제약과 차이 때문에 현재로서는 인위적 온난화에 대한 그간 관측된 자연계의 반응을 완전히 원인규명하기 어렵다. 유효한 분석은 시스템의 수, 기록의 시간길이, 고려된 장소의 제한을 받는다. 자연적 기온변동성은 지구적 규모보다 지역적 규모에서 더 크고, 그래서

외부 강제력에 대한 변화를 식별하는 데 영향을 준다. 지역 규모에서는, 비기후 인자(예: 토지사용 변화, 오염, 침투 생물종(invasive species))들이 영향을 준다. [WG II 1.2, 1.3, 1.4, SPM]

# 3

---

## 기후변화와 시나리오별 장·단기 영향

---

### 3.1 배출 시나리오(Emission scenario)

현재의 기후변화 완화 정책과 그에 관련된 지속가능 발전 관행으로는 전 지구 온실가스 배출량이 다음 몇 십 년 동안에도 계속 증가할 것이라는 공감대가 높고 증거 또한 많다<sup>9)</sup>. IPCC 배출시나리오에 관한 특별보고서인 IPCC SRES(IPCC Special Report on Emissions Scenarios) (SRES, 2000) 이후 발표된 베이스라인(baseline) 배출 시나리오에서 나오는 범위는 SRES에 제시된 것과 비슷하다(SRES 시나리오의 박스와 그림 3.1 참고)<sup>10)</sup>. {WG III 1.3, 3.2, SPM}

SRES 시나리오는 2000년부터 2030년 사이에 지구의 베이스라인 온실가스 배출량이 9.7~36.7 GtCO<sub>2</sub>-상당(25~90%) 증가할 것이라고 전망한다. 이들 시나리오에서 화석연료는 2030년 이후에도 전 지구 에너지원에서 지배적 위치를 유지할 것이라고 전망된다. 그래서 2000년부터 2030년 사이에 에너지 사용으로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 40~110% 증가할 것으로 전망된다. {WG III 1.3, SPM}

SRES 이후에 발표된 연구들(즉, SRES 이후 시나리오들)은 몇몇 배출 동인, 특히 인구 전망에선 SRES 보다 작은 값을 사용했다. 이 새로운 인구전망을 적용한 연구들에서는, 경제성장 같은 다른 동인들이 변하더라도 전반적 배출량 수준은 거의 변하지 않을 것으로 나타났다. SRES 이후 베이스라인 시나리오에서 아프리카, 라틴 아메리카, 중동의 2030년까지의 경제성장 전망은 SRES에서 전망된 것보다 작지만 전지구적 경제성장과 전반적 배출량에 미치는 효과는 미미하다. {WG III 3.2, TS.3, SPM}

에어러솔은 순 냉각효과를 갖는다. SRES 이후 시나리오에서는 이산화황, 검댕, 유기탄소를 비롯한 에어러솔 및 에어러솔 전조물질의 배출량에 대한 표현이 향상되었다. 일반적으로 이것들의 배출량은 SRES에서 보고된 것보다 적을 전망이다. {WG III 3.2, TS.2, SPM}

연구결과들에 의하면, GDP 환율(MER 혹은 PPP) 선택은 그 환율을 일관되게 사용하는 경우에는 전망된 배출량에 가시적인 영향을 주지 않는다<sup>11)</sup>. 영향이 있다 해도 그 차이는 시나리오의 다른 파라미터(매개변수)들, 이를테면 기술 변화 등에 관한 가정에서 야기되는 불확실성에 비하면 작은 편이다. {WG III 3.2, TS.3, SPM}

2000~2100년 온실가스 배출량 시나리오

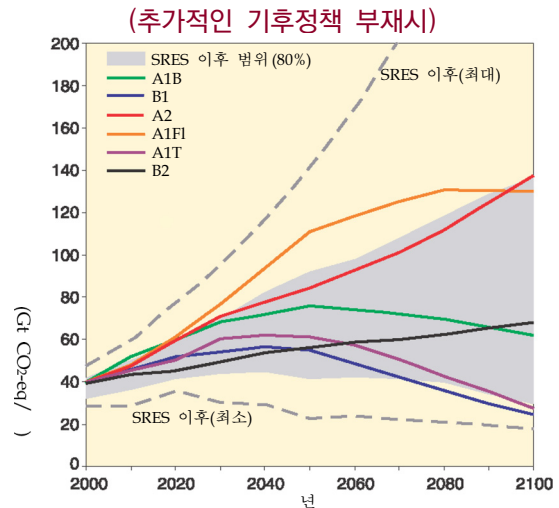


그림 3.1. 추가 기후정책이 없을 때의 전지구 온실가스 배출량(CO<sub>2</sub>-상당/yr) 전망. 유색 실선은 SRES 마커 시나리오 6가지, 회색 음영은 SRES 이래 발표된 최근 시나리오들(SRES 이후 시나리오들)의 80 백분위수(퍼센타일) 범위를 나타낸다. 점선은 SRES 이후 시나리오의 전체 범위를 나타낸다. 배출량은 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, F-가스의 배출량이다. {WG III 1.3, 3.2, 그림 SPM.4}

9) 이탤릭체로 표시된 공감대/증거(agreement/evidence)는 지침에 따른 불확실성과 신뢰도를 뜻한다. 불확실성과 신뢰도의 정의는 서론의 박스 '불확실성 처리' 를 참고한다.

10) 베이스라인(baseline, 기준 배출량) 시나리오에는 위에 언급한 현재의 것들 외에는 추가 기후정책이 포함되어 있지 않다. 좀 더 최근의 연구들은 UNFCCC와 교토의정서를 반영하고 있어 이와는 다르다. 완화 시나리오의 배출 경로는 주제5에서 다룬다.

11) 배출 시나리오에 사용되는 환율이 서로 다른 것에 관해 TAR 이후로 논쟁이 일었다. 국가 간 GDP를 비교하는 데는 두 가지도 양형이 사용된다. 국가 간에 거래되는 제품이 관련된 분석에는 MER를 사용하는 것이 바람직하고, 발달 단계가 다른 국가 간 소득 비교가 관련된 분석에는 PPP를 사용하는 것이 바람직하다. 이 보고서에서 통화단위의 대부분은 MER로 표현되어 있다. 통화단위가 PPP로 표현된 경우 그것은 GDP<sub>PPP</sub>를 의미한다. {WG III SPM}

시나리오에서 온난화 전망의 최적 추정치와 가능한 불확실성 범위를 제시할 수 있다. 표 3.1은 6가지 SRES 마커(대표) 시나리오(기후-탄소 순환 피드백 포함)에 따른 지구 평균 기온 온난화의 최적추정치와 가능한 범위를 나타낸 것이다. {WG I 10.5}

이 전망들은 TAR에 제시된 범위(1.4~5.8℃)와 대체로 일치하지만 직접적으로 비슷하지는 않다. TAR에 비해 더 폭넓은 범위의 모델들이 더 강력한 기후-탄소 순환 피드백을 제시하기 때문에 기온 전망의 상한이 TAR 때보다 높게 평가되었다. 예를 들어 A2 시나리오의 경우, 기후-탄소 순환 피드백은 2100년의 지구 평균 온난화를 1℃ 이상 증가시킨다. 탄소 피드

백은 주제 2.3에서 다룬다. {WG I 7.3, 10.5, SPM} 해수면 상승을 일으키는 중요한 효과 중 일부분에 대한 이해가 너무 제한적이기 때문에 이 보고서는 가능성(likelihood)을 평가하지 않고 해수면 상승의 최적 추정치나 상한을 제시하지도 않는다. 모델에 기초한 21세기 말 지구평균 해수면 상승 전망을 표 3.1에 나타냈다. 각 시나리오에서, 표 3.1의 범위의 중간값은 TAR 모델 평균의 10% 이내이다. 이 범위가 TAR 보다 좁은 이유는 전망된 기여도의 일부 불확실성에 대한 정보가 향상되었기 때문이다<sup>12)</sup>. 해수면 전망은 기후-탄소 순환 피드백의 불확실성을 포함하지 않고 빙상 흐름의 변화에 대한 전체 효과도 포함하지 않는다.

**표 3.1. 21세기 말 지구 평균 기온 온난화와 해수면 상승 전망. {WG I 10.5, 10.6, 표 10.7, 표 SPM.3}**

시나리오	기온 변화 (℃, 1980~1999년 대비 2090~2099년) <sup>a, d</sup>		해수면 상승 (m, 1980~1999년 대비 2090~2099년)
	최적 추정치	가능 범위	모델에 기초한 범위 (얼음 유출의 향후 급속한 역학적 변화는 제외)
2000년 농도로 일정 <sup>b</sup>	0.6	0.3~0.9	유효한 자료 없음
B1 시나리오	1.8	1.1~2.9	0.18~0.38
A1T 시나리오	2.4	1.4~3.8	0.20~0.45
B2 시나리오	2.4	1.4~3.8	0.20~0.43
A1B 시나리오	2.8	1.7~4.4	0.21~0.48
A2 시나리오	3.4	2.0~5.4	0.23~0.51
A1FI 시나리오	4.0	2.4~6.4	0.26~0.59

Notes:

- a) 이 추정치들은 1개의 단순 기후 모델과 몇 개의 EMIC (중간 복잡도 기후 모델), 다수의 AOGCM뿐 아니라 관측치 한계를 포함하는 계층적 모델로부터 추정되었다.
- b) 2000년의 일정한 조성은 AOGCM으로부터만 도출된다.
- c) 6가지 SRES 마커 시나리오이다. SRES B1, A1T, B2, A1B, A2, A1FI 마커 시나리오에서, 2100년의 인위적 온실가스 및 에어로졸로 인한 복사강제력 계산치에 대응하는 대략적 CO<sub>2</sub>-상당 농도는 각각 약 600, 700, 800, 850, 1250, 1550 ppm이다.
- d) 기온 변화는 1980~1999년 기간의 기온과의 차이이다. 1850~1899년 기간과의 변화를 구하려면 여기에 0.5℃를 더한다.

발표된 문헌들에 대한 근거가 결여되어 있기 때문이다. 따라서 이 제시된 범위의 상한을 해수면 상승의 상한으로 간주할 수는 없다. 이 전망은 그린란드 및 남극대륙 빙류가 1993~2003년에 관측된 속도로 증가하는 것의 기여도를 포함하고 있으나 이 흐름 속도는 미래에 증가하거나 감소할 수도 있을 것이다. 만약 이 기여도가 지구 평균 기온 변화에 선형적으로 증가한다면 표 3.1의 SRES 시나리오별 해수면 상승 범위의 상한은 0.1~0.2 m 커질 것이다<sup>13)</sup>. {WG I 10.6, SPM}

### 3.2.2 21세기 지역적 변화

**바람패턴, 강수, 일부 이변 및 해양빙의 특징을 비롯해 온난화 및 기타 지역적 특징들에서 전망된 패턴에 대하여 TAR 보다 신뢰도가 높아졌다. {WG I 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}**

21세기에 전망되는 온난화는 시나리오에 차이 없이 지난 몇 십 년 동안의 관측결과와 비슷한 지리적 패턴을 보인다. 온난화는 최근에 관측된 경향이 지속되면서 육지와 북반구 대부분의 고위도에서 가장 크고 남

12) TAR는 2100년에 대하여 전망했으나 이 보고서는 2090~2099년 기간을 전망했다. 만약 TAR에서 불확실성을 이 보고서와 같은 방

대양(남극대륙 근처)과 북대서양 북부에서 최소 일 것으로 예상된다(그림 3.2 우측 그래프). {WG I 10.3, SPM}

적설 면적은 축소될 것으로 전망된다. 영구동토의 대부분에서 해동 깊이(thaw depth)의 증가가 널리 일어날 것으로 전망된다. 어느 SRES 시나리오 아래서든 해양빙은 북극과 남극 모두에서 감소될 것으로 전망된다. 21세기 후반기에 북극의 늦여름 해양빙이 거의 완전히 사라질 것이라는 전망도 있다. {WG I 10.3, 10.6, SPM; WG II 15.3.4}

무더위 이변, 열파, 집중호우 현상이 더 빈번해질 가능성이 높다. {SYR 표 3.2; WG I 10.3, SPM}

여러 모델에 따르면, 미래에는 열대성 저기압(태풍과 허리케인)이 더 강력해질 것이고, 열대 해수면 온도의 지속적 증가로 인해 최고 풍속은 더 높아지고 집중호우는 더 많아질 가능성이 있다. 열대성 저기압의 발생수가 전 지구적으로 감소하리라는 전망은 신뢰도가 낮다. 1970년 이후 일부 지역에서 매우 강력한 폭풍의 비율이 명백히 증가하였는데 현행 모델들로 그 기간을 시뮬레이션 한 것보다 훨씬 많이 증가하였다. {WG I 3.8, 9.5, 10.3, SPM}

아열대 폭풍 경로는 극지방 쪽으로 이동할 것이고 그에 따라 바람, 강수, 기온의 패턴이 변할 것이며 지난 반세기 동안 관측된 경향의 폭넓은 패턴이 계속될 것으로 전망된다. {WG I 3.6, 10.3, SPM}

TAR 이후, 전망된 강수 패턴에 대한 이해가 향상되었다. 관측된 최근 경향이 계속되면서 고위도에서는 강수량이 증가할 가능성이 높고, 반면에 대부분의 아열대 육지 지역에서는 감소할 가능성이 있다(A1B 시나리오의 경우 2100년에 약 20%나 감소, 그림 3.3 참

고). {WG I 3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2-11.9, SPM}

### 3.2.3 21세기 이후의 변화

**온실가스 농도가 안정화 되더라도 기후 과정과 피드백에 관련된 시간범위로 인해 인위적 온난화와 해수면 상승은 수세기 동안 계속될 것이다.** {WG I 10.4, 10.5, 10.7, SPM}

모든 복사강제력 인자가 2100년에 B1 혹은 A1B 수준으로 일정하게 유지되고 복사강제력이 안정화 되더라도, 모델실험 결과들은 2200년까지 지구 평균 기온의 약 0.5°C 추가 상승이 예상된다는 것을 보여준다. 게다가 열팽창만으로도 2300년까지 해수면을 1980~1999년에 비해 0.3~0.8 m 상승시킬 것이다. 열을 심해로 전달하는 데 소요되는 시간 때문에 열팽창은 수세기 동안 계속될 것이다. {WG I 10.7, SPM}

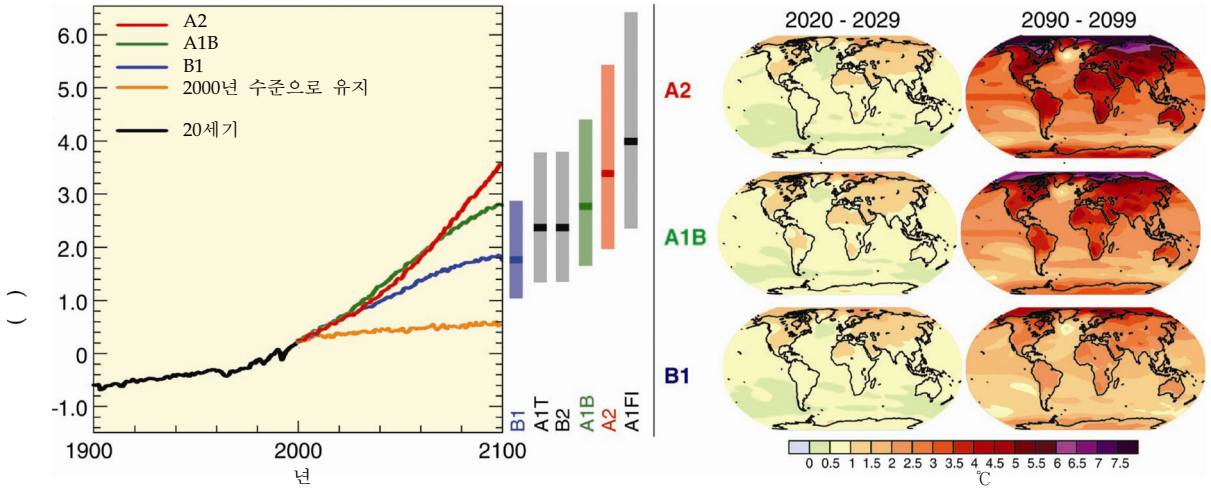
그린란드 빙상의 축소는 2100년 이후에도 계속 해수면 상승에 기여할 것으로 전망된다. 현재의 모델들은 기온 상승과 함께 강수량 증가로 인해서 빙하의 질량 손실이 질량추가보다 더 급속히 증가할 것이고, 1.9~4.6°C를 초과하는 지구 평균 온난화(산업화 이전에 비해) 아래 지표 질량수지가 마이너스(순 얼음 소실)가 될 것이라고 암시한다. 지표의 질량수지가 그러한 마이너스로 1천년 동안 계속된다면 그린란드 빙상은 사실상 완전히 사라질 것이고 결과적으로 해수면은 약 7 m 상승될 것이다. 그에 상응하는 미래의 그린란드 기온(전지구적으로 1.9~4.6°C)은 125,000년 전 마지막 간빙기에 대해 추정되는 기온과 비슷하다. 고기후 정보는 마지막 간빙기 때 극지 육지빙의 범위가 감소했고 해수면이 4~6 m 상승했다는 것을 암시한다. {WG I 6.4, 10.7, SPM}

### 대기-해양 대 순환 모델 (AOGCM)을 통한 지표 온난화 전망

식으로 처리했다면 TAR에서도 표 3.1과 유사한 범위가 나왔을 것이다.

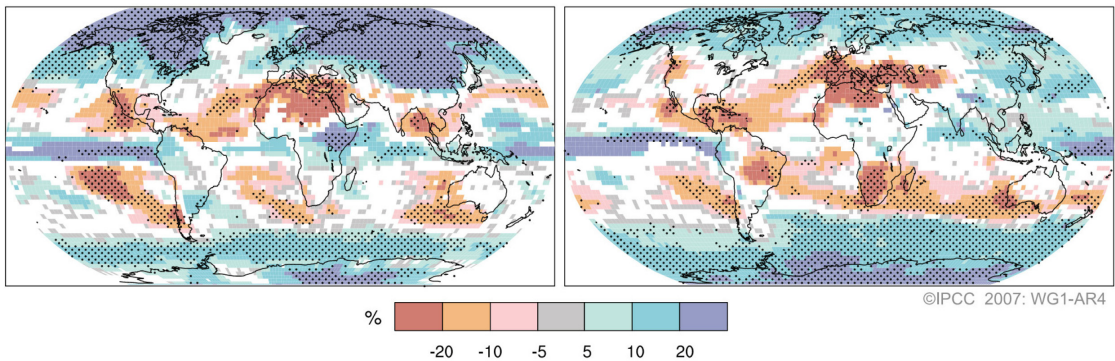
13) 더 장기간에 대한 고찰은 섹션 3.2.3과 5.2를 참고한다.





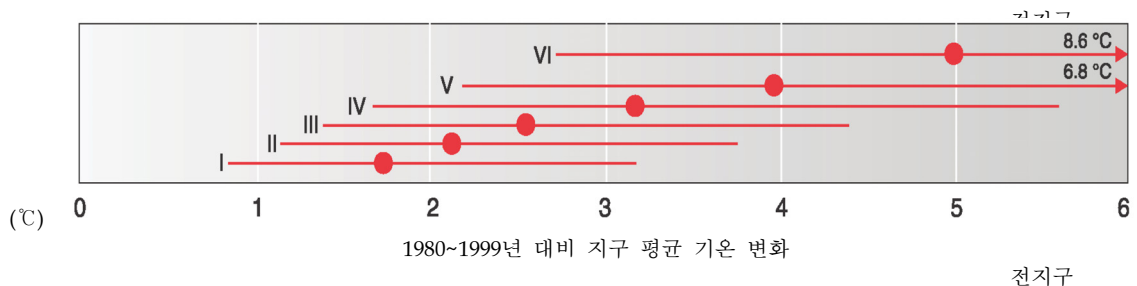
**그림 3.2.** (좌): 실선은 SRES 시나리오 A2, A1B, B1에 따른 지표 온난화(1980~1999년 대비)의 다중 모델 지구 평균을 20세기 시뮬레이션에 연장시켜 나타낸 것이다. 오렌지색 실선은 농도를 2000년 수준으로 일정하게 유지한 실험의 결과이다. 그림의 중앙에 있는 막대는 6가지 SRES 마커 시나리오에 대해 평가된 1980~1999년 대비 2090~2099년의 최적 추정치(각 막대의 실선)와 가능한 범위를 나타낸다. 막대의 최적 추정치와 가능한 범위는 그림의 왼쪽에 있는 AOGCM 뿐 아니라 독립된 모델 및 관측치 제약의 결과를 포함시켜 평가되었다. (우): 1980~1999년 대비 21세기 초기와 말기의 지표 기온 변화 전망. SRES 시나리오 A2(위), A1B(가운데), B1(아래)에 대하여 2020~2029(좌측)년 10년과 2090~2099년(우측)10년을 평균한 다중 AOGCM의 평균 전망이다.

다중 모델로 전망된 강수량 변화 패턴



**그림 3.3.** 1980~1999년 대비 2090~2099년 강수의 상대적 변화(%). 값들은 SRES A1B 시나리오에 기초한 12~20월(좌측)과 6~8월(우측)의 다중 모델 평균이다. 하얗게 보이는 부분은 모델들에서 변화의 부호가 66% 미만 일치하는 지역이고, 조밀한 점들로 표현된 부분은 90% 이상 일치하는 지역이다.

AR4 안정화 범주별로 추정된 수백 년 온난화 (1980~1999년 대비)



**그림 3.4.** 6가지 AR4 WG III 안정화 범주(카테고리)에 대응되는 추정 장기(수백년) 온난화(표 5.1). 산업화 이전과 1980~1999년 기간 사이의 온난화를 대략 감안하기 위해 온도범위는 표 5.1에 비해  $-0.5^{\circ}\text{C}$  이동되었다. 가장 안정된 경우, 지구 평균 기온은 몇 세기에 걸쳐 평형에 도달할 것이다. 2100년까지 SRES B1 및 A1B와 비슷한 수준(각각 600과 850  $\text{CO}_2$ -상당 ppm; 범주 IV와 V)의 안정화에 도달할 온실가스 배출 시나리오의 경우, 평가된 모델들은 기후 민감도를 약  $3^{\circ}\text{C}$ 로 가정하여 추정된 지구 평균 기온 상승의 약 65~70%가 안정화 시점에서 실현될 것이라고 전망한다. 이보다 훨씬 낮은 농도의 안정화 시나리오(범주 I과 II, 그림 5.1)에서는 평형 기온에 더 일찍 도달할 수도 지표기온

있다. {WG I 10.7.2}

얼음 흐름에 관련된 역학적 과정 - 현재의 모델에는 포함되지 않았지만 최근의 관측치에서 암시되고 있음 - 이 온난화에 대한 빙상의 취약성을 증가시켜 미래의 해수면 상승을 증가시킬 수도 있다. 그러나 이 과정에 대한 이해는 제한적이고, 그 규모에 대해서는 일치된 의견이 없다. {WG I 4.6, 10.7, SPM}

과거와 미래의 인위적 CO<sub>2</sub> 배출량은 대기에서 제거 되는 데 필요한 시간 때문에 1천년 이상 계속 온난화와 해수면 상승에 기여할 것이다. {WG I 7.3, 10.3, 그림 7.12, 그림 10.35, SPM}

6가지 AR4 WG III 안정화 범주에 대응하는 장기(수백 년) 온난화 추정을 그림 3.4에 나타냈다.

### 3.3 미래 기후변화의 영향

현재는 이전의 평가에서 다뤄지지 않은 분야를 포함해 미래 영향의 성격에 관한 다양한 시스템 및 부문의 구체적 정보들이 이용 가능하다. {WG II SPM; WG II TS.4}

전망된 21세기 기후변화의 범위에 관련하여, 시스템, 부문, 지역에 대한 기후변화의 영향에 관한 주요 소견<sup>14)</sup>과 취약성<sup>15)</sup>에 관한 일부 소견을 선별하여 아래에 제시했다. 달리 언급하지 않는 한, 이 전망의 신뢰수준은 높다. 여기서 지구 평균 기온 상승은 1980~1999년과 비교한 상승이다. 영향에 대한 추가 정보는 WG II 보고서를 참고한다. {WG II SPM}

#### 3.3.1 시스템과 부문별(Sectors) 영향

##### 생태계

- 금세기에 교란(예: 홍수, 가뭄, 산불, 병충해, 해양 산성화)으로 인한 기후변화와 다른 기후변화

동인들(예: 토지사용 변화, 오염, 자연계 파괴, 자원의 과도한 개발)의 전례 없는 결합이 생태계의 복원력을 초과할 가능성이 있다. {WG II 4.1~4.6, SPM}

- 금세기에 육지 생태계의 순 탄소흡수량은 금세기 중반이 되기 전에 최고에 달한 다음 약해지거나 역전되어<sup>16)</sup> 기후변화를 증폭시킬 가능성이 있다. {WG II 4.ES, 그림 4.2, SPM}
- 지구 평균 기온의 상승이 1.5~2.5℃를 초과하면 지금까지 평가된 동식물 종의 대략 20~30%는 멸종 위험이 증가할 가능성이 있다(보통 신뢰도). {WG II 4.ES, 그림 4.2, SPM}
- 지구 평균 기온의 상승이 1.5~2.5℃를 초과하고 그와 병행해 대기 CO<sub>2</sub> 농도가 증가하면, 생태계의 구조와 기능, 종들의 생태계 상호작용, 종들의 서식범위 이동에 큰 변화가 일어나고 생물다양성과 물과 먹이의 공급 같은 생태계 상품 및 서비스에 현저한 부정적 결과가 생길 것으로 전망된다. {WG II 박스 TS.6, 4.4, SPM}

##### 식량(작물)

- 중위도~고위도에서 지역 평균 기온 상승이 최대 1~3℃인 지역은 작물에 따라 수확고가 약간 증가할 것이나 그 이상 상승하는 지역에서는 감소할 것으로 전망된다(보통 신뢰도). {WG II 5.4, SPM}
- 저위도 지역, 특히 계절적으로 건조하고 열대성인 지역에서는, 지역 기온이 적게 상승하더라도(1~2℃) 작물 생산량이 감소할 것으로 전망되며, 이것이 기아 위험을 증가시킬 것이다(보통 신뢰도). {WG II 5.4, SPM}
- 지구 전체로는, 지역 평균 기온의 1~3℃ 상승까지는 식량생산 잠재력이 증가할 것이나 그 이상 상승하면 감소될 것으로 전망된다(보통 신뢰도). {WG II 5.4, 5.5, SPM}

14) 선택 기준: 영향의 크기와 시기, 평가의 신뢰도, 시스템, 부문 및 지역의 대표성.

15) 기후변화 취약성이란 시스템이 부정적 영향에 취약하고 대처할 수 없는 정도를 말한다.

16) 온실가스가 계속해서 현재 속도로 혹은 그 이상으로 배출되고 토지사용 변화를 비롯한 다른 지구적 변화를 가정할 때.

**해안**

- 기후 변화와 해수면 상승으로 인해 해안 침식을 비롯한 위험이 증가할 것으로 전망된다. 해안 지역에 대한 인위적 영향의 증가가 이 효과를 더욱 심화시킬 것이다(매우 높은 신뢰도). {WG II 6.3, 6.4, SPM}
- 2080년대쯤에는, 해수면 상승으로 인해 현재보다 수백만 명 더 많은 사람들이 매년 홍수를 겪을 전망이다. 아시아와 아프리카에서 인구 밀도가 높고 저지대에 위치한 메가델타 지역에서 피해가 가장 클 것이고 작은 섬들이 특히 취약할 것이다(매우 신뢰도 높음). {WG II 6.4, 6.5, 표 6.11, SPM}

**산업, 거주지, 사회**

- 해안과 강가의 홍수 평원(범람지)에 위치한 곳, 경제가 기후에 민감한 자원과 밀접한 관계가 있는 곳, 기상이변이 일어나기 쉬운 곳, 특히 급속한 도시사회화가 일어나는 곳의 산업, 거주지, 사회가 가장 취약할 것이다. {WG II 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, SPM}
- 집중적으로 위험도가 높은 빈곤 지역은 특별히 취약할 수 있다. {WG II 7.2, 7.4, 5.4, SPM}

**보건**

- 영양불량 증가, 기상이변으로 인한 사망, 질병, 상해 증가, 설사병 위험 증가, 기후변화에 관련된 도시 지상 오존농도 증가, 전염성 질병의 공간적 분포 변화 등에 의해 수백만 명의 보건상태가 영향 받을 전망이다. {WG I 7.4, 박스 7.4; WG II 8.ES, 8.2, 8.4, SPM}

**기후변화와 물**

기후변화는 도시화를 비롯해 인구증가와 경제 및 토지사용 변화로 인한 현재의 수자원 스트레스를 악화시킬 것으로 예상된다. 지역적 범위에서는 눈 덮힌 산악, 빙하, 작은 만년설이 담수 가용성에 중요한 역할을 한다. 최근 몇 십 년간 널리 일어난 빙하 질량소실과 적설 감소가 21세기 내내 가속되면서 주요 산맥(예: 힌두-쿠쉬(Hindu-Kush), 히말라야, 안데스)의 눈 녹은 물이 유입되는 지역의 물 가용성, 수력발전 가능성, 유량의 계절적 변화를 감소시킬 전망이다. 이 지역에는 현재 세계 인구의 1/6 이상이 거주하고 있다. {WG I 4.1, 4.5; WG II 3.3, 3.4, 3.5}

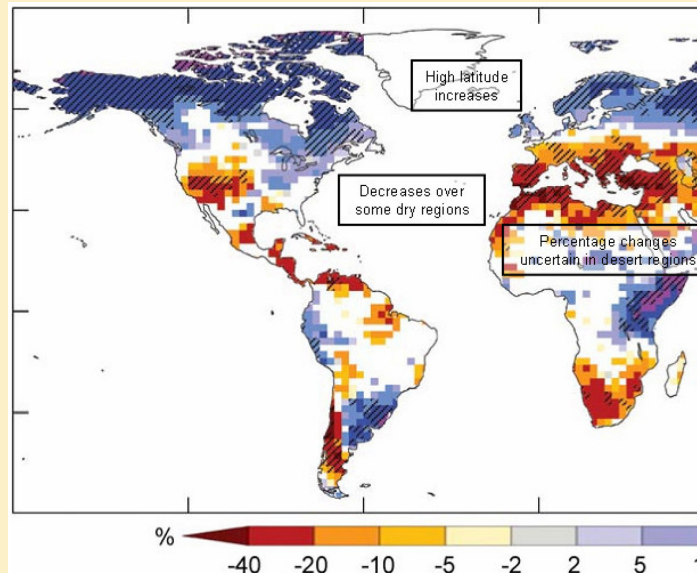
강수 변화(그림 3.3)와 기온 변화(그림 3.2)는 유출량(그림 3.5)과 물 가용성에 변화를 가져온다. 유출량은 동아시아와 남동 아시아의 인구가 많은 지역을 포함해 고위도와 비가 많은 일부 아열대 지역에서 금세기 중반까지 10~40%

증가할 전망이고(신뢰도 높음)이고, 중위도의 일부 건조 지역과 건조한 열로 인해 10~30% 감소할 전망이다. 또한 여러 반건조 지역들(예: 지중해 연부)도 기후변화로 인한 수자원 감소로 고생할 것이라는 *신뢰도가 높다*. 농업, 상수, 발전, 보건 등 여러 부문에 부정적 영향을 끼칠 잠재력이 있다. 이로 크게 증가할 전망이다. {WG I 10.3, 11.2~11.9; WG II 3.4, 3.5, 그림 3.5}

기후변화는 담수 시스템에 이득보다 부정적 영향을 더 많이 줄 것이다(신뢰도 높음). 특히 수자원에 의해 제공되는 서비스의 가치가 감소할 것이다(신뢰도 높음). 강수량 증가의 긍정적 영향은 강수 변동성의 증가와 유출량의 계절적 변화가 효과에 의해 상쇄될 가능성이 있다. {WG II 3.4, 3.5, TS.4.1}

믿을만한 연구결과가 암시하는 바에 의하면, 미래에는 평균 강수량이 감소할 것으로 예상된다. 고위도 지역에서 집중호우가 상당히 증가할 것이다. 그 결과적인 홍수 위험도 증가할 것이다. 세계 인구의 최대 20%의 거주지에서는 2080년대까지 강의 범람 발생빈도 및 심각성 증가는 지속 가능한 발전에 부정적 영향을 줄 전망이다. 화학적, 생물학적 특성에 또다른 영향을 주면서 담수 생물종, 생물종의 조성, 해안 지역에서는 지하수의 염도 증가로 인해 해수면 상승이 수자원 제약을 초래할 수 있다. {WG II 3.2, 3.3, 3.4, 4.4}

21세기 말까지 유출량의 상대적 변화에 대한 전망



**그림 3.5.** 1980~1999년 대비 2090~2099년 연간 유출량(물 가용성 %)의 상대적 변화. 모델의 중간값이다. 하얗게 보이는 지역은 12개 모델에서 변화의 부호가 66% 미만 일 90% 이상 일치하는 지역이다. 20세기 대범위 유출량 관측치의 시뮬레이션 품질은 다르다. 전지구 연간 유출량 지도는 넓은 범위에 대해 표현한 것으로, 그보다 강우량과 유출량이 매우 적은 지역(예: 사막)에서는 강우량이 조금만 변해도 %로는 변화 전망의 부호와 최근에 관측된 경향이 일치하지 않는다. 유출량이 증가할 것으로 유출량 감소 같은 서로 다른 계절적 효과가 예상된다. 여기 제시한 것과 상당히 다른 그림 3.4, 그림 SYR 3.3의 가정과 통하도록 조정하였음. WG II 3.3.1, 3.4.1, 3.5.1)

- 기후변화는 온대 지역에는 한파에 의한 사망의 감소 같은 일부 이득, 아프리카에서는 말라리아의 발생범위 및 전달 잠재력의 변화 같은 혼합 효과를 가져올 전망이다. 전반적으로 기온상승은 이득보다 부정적 영향을 더 많이 줄 것으로 예상되며 특히 개도국의 경우 더욱 그렇다. {WG II 8.4, 8.7, 8ES, SPM}
- 결정적으로 중요한 것은 교육, 건강관리, 공중보건 이니셔티브, 기간시설, 경제발달 같이 국민의 보건에 직접적으로 영향을 주는 인자들일 것이다. {WG II 8.3, SPM}

## 물

- 모든 부문과 지역에서 핵심은 물에 대한 영향이다. 이에 대해서는 박스 '기후변화와 물'에서 고찰한다.

**TAR 후의 연구들 덕분에 기후변화의 서로 다른 양과 속도에 관련된 영향의 시기와 규모를 좀더 체계적으로 이해할 수 있게 되었다. {WG II SPM}**

시스템과 부문에 관한 새로운 정보들의 예를 그림 3.6에 나타냈다. 상단의 그래프는 기온상승에 따라 증가하는 영향을 나타낸 것이다. 그것들의 추정된 크기와 시기는 개발 경로의 영향도 받는다(아래 그래프). {WG II SPM}

문헌에 있는 수많은 기준 (영향의 크기, 시기, 지속성/가역성, 적응 잠재력, 분포 양상, 가능성, '중요성')에 기초하면, 환경에 따라 그림 3.6의 영향 중 일부는 '핵심 취약성' 과 관련 될 수 있다 (주제 5.2를 참고). {WG II SPM}

### 3.3.2 지역별 영향<sup>17)</sup>

#### 아프리카

- 2020년까지, 7천 5백만 명~2억 5천만 명이 기후 변화로 인한 물 스트레스에 노출될 전망이다.

{WG II 9.4, SPM}

- 2020년까지, 일부 국가에서는 천수답 농사의 생산고가 최대 50% 감소될 수도 있다. 식량조달을 비롯해 아프리카 여러 국가의 농업 생산량이 심각하게 훼손될 전망이다. 이것은 식량안보에 더욱 부정적 영향을 주고 영양부족을 악화시킬 것이다. {WG II 9.4, SPM}
- 21세기가 끝나갈 무렵에는 전망된 해수면 상승이 인구가 많은 해안의 저지대 지역에 영향을 줄 것이다. 적응 비용이 GDP의 최소 5~10%에 달할지 모른다. {WG II 9.4, SPM}
- 2080년까지는, 아프리카의 건조 및 반건조 토지가 5~8% 증가할 것으로 여러 시나리오에서 전망된다 (높은 신뢰도). {박스 TS 6, 9.4.4.}

#### 아시아

- 2050년까지는, 중앙아시아, 남아시아, 동아시아, 남동아시아에서, 특히 큰 강 유역에서 담수 이용률이 감소될 전망이다. {WG II 10.4, SPM}
- 남아시아, 동아시아, 남동아시아의 해안 지역, 특히 인구가 과밀한 메가델타 지역은 해수 범람 증가로 인해, 일부 메가델타에서는 강물 범람의 증가로 인해 최대의 위협에 처할 것이다. {WG II 10.4, SPM}
- 기후변화는 급속한 도시화, 산업화, 경제 발달로 인한 자연자원 및 환경에 대한 압력을 심화시킬 전망이다. {WG II 10.4, SPM}
- 전망되는 수문 순환의 변화로 인해 동아시아, 남아시아, 남동아시아에서 풍토병 발생률과 주로 홍수와 가뭄에 관련된 설사병으로 인해 사망률이 증가할 것으로 예상된다. {WG II 10.4, SPM}

#### 오스트레일리아와 뉴질랜드

- 2020년까지는, Great Barrier Reef와 Queensland Wet Tropics를 비롯해 생태계가 풍부한 지역에서 생물다양성이 상당히 손실될 전망이다. {WG II 11.4, SPM}
- 2030년까지는, 오스트레일리아 남부 및 동부, 뉴

17) 달리 명시하지 않는 한, 이 내용들의 출처는 WG II SPM이며, 신뢰도가 높거나 또는 매우 높으며, 여러 부문(농업, 생태계, 물, 해안, 보건, 산업, 거주지)을 반영한다. WG II SPM은 내용, 일정(timeline) 및 기온의 출처이다. 궁극적으로 실현될 영향의 크기와 시기는 기후변화, 배출 시나리오, 개발 경로, 적응의 양과 속도에 따라 달라질 것이다.

질랜드의 노스랜드와 일부 동부 지역에서 물 확보 문제가 심화될 전망이다. {WG II 11.4, SPM}

- 2030년까지는, 오스트레일리아 남부와 동부, 동부 뉴질랜드의 여러 지역에서 가뭄과 산불 증가로 인해 농림 생산량이 감소할 전망이다. 그러나 뉴질랜드 일부 지역에서는 초기에 이득이 있을 것으로 전망된다. {WG II 11.4, SPM}
- 2050년까지는, 오스트레일리아와 뉴질랜드의 지속적 해안 개발과 인구 증가가 해수면 상승과 폭우 및 해안 범람의 심각성과 빈도 증가로 인한 위험을 초과시킬 전망이다. {WG II 11.4, SPM}

### 유럽

- 기후변화는 유럽의 자연자원과 자산의 지역적 차이를 확대시킬 것으로 예상된다. 부정적 영향에는 내륙의 돌발 홍수(flash flood) 위험 증가, 해안 범람 빈도 증가, 침식 증가(폭우와 해수면 상승으로 인한)가 포함될 것이다. {WG II 12.4, SPM}
- 산악 지역은 빙하 퇴각, 적설 감소, 겨울철 관광 감소, 광범위한 생물종 감소(고배출 시나리오에서는 일부 지역에서 2080년까지 최대 60% 감소)에 직면할 것이다. {WG II 12.4, SPM}
- 남부유럽에서는 기후변화로 인해 기후변동성에 이미 취약한 지역의 상태(고온과 가뭄)가 악화되고, 물 가용성, 수력발전 가능성, 여름철 관광, 일반적인 작물 생산량이 감소될 전망이다. {WG II 12.4, SPM}
- 기후변화는 열파로 인한 보건 위험과 산불 빈도도 증가시킬 전망이다. {WG II 12.4, SPM}

### 라틴 아메리카

- 금세기 중반까지는, 아마존 동부지역에서 기온 상승과 그로 인한 토양수분 감소로 인해 열대우림이 사바나로 점차 대체될 전망이다. 반건조 식생은 건조 식생으로 대체되는 경향이 있을 것이다. {WG II 13.4, SPM}
- 열대 라틴 아메리카의 많은 지역에서는 멸종을 통해 생물다양성이 상당히 소실될 위험이 있다. {WG II 13.4, SPM}
- 일부 중요한 작물의 생산량이 감소하고 가금류

생산량이 감소하여 식량안보에 부정적 결과를 가져올 전망이다. 온대지역에서는 콩의 생산량이 증가될 전망이다. 전반적으로 기아 위험에 처하는 인구의 수가 증가될 전망이다(중간 정도 신뢰도). {WG II 13.4, 박스 TS.6}

- 강우 패턴의 변화와 빙하 소실이 인간용, 농업용, 발전용 용수의 가용성에 상당한 영향을 줄 전망이다. {WG II 13.4, SPM}

### 북 아메리카

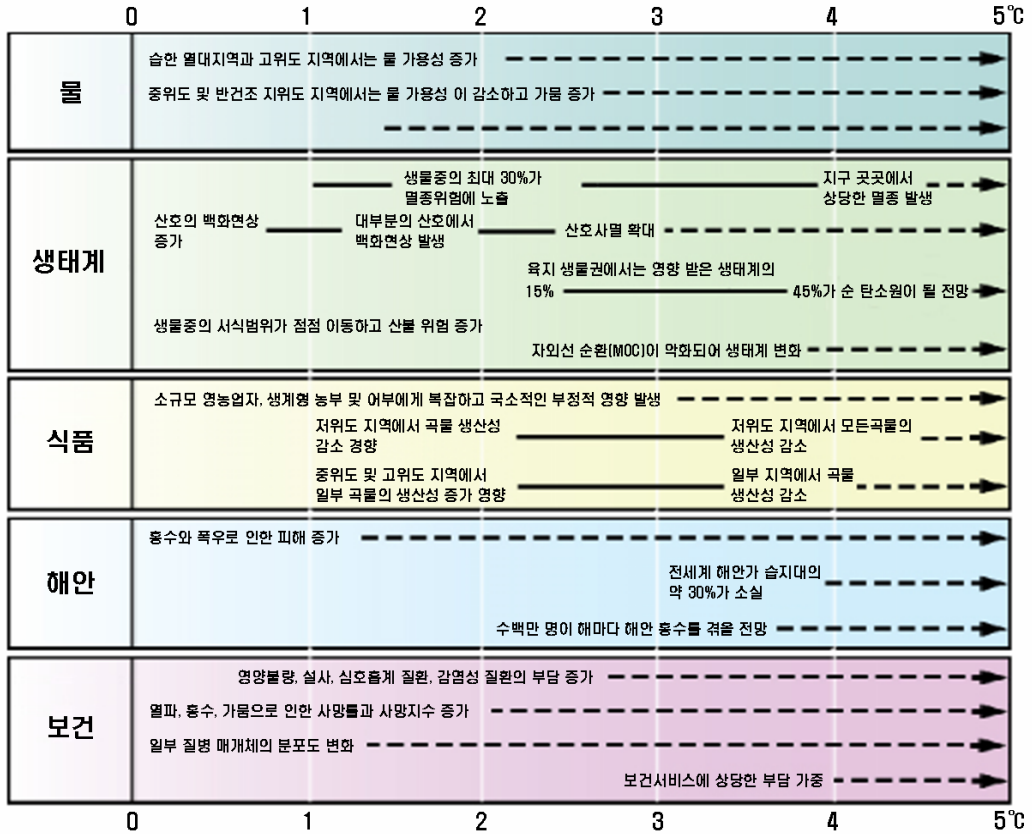
- 서부 산악지역의 온난화가 눈 덮힘(snow pack) 감소, 겨울철 홍수 증가, 여름철 유량 감소를 야기하여 과도하게 배치된 수자원에 대한 경쟁을 심화시킬 전망이다. {WG II 14.4, SPM}
- 금세기 초반 몇 십 년 동안에는 중간정도의 기후변화가 천수답 농사의 종합적 생산량을 5~20% 증대시킬 전망이나 지역 간 차이가 클 것이다. 주로 영향 받는 작물은 경작 범위의 온난 한계에 가까운 작물 혹은 수자원 의존도가 높은 작물이 될 전망이다. {WG II 14.4, SPM}
- 금세기 중에 현재 열파를 겪는 도시들은 열파의 발생 수, 세기, 지속기간이 더욱 증가하고 보건에 부정적 영향이 있을 것으로 예상된다. {WG II 14.4, SPM}
- 해안지역은 개발 및 오염과 상호 작용하는 기후변화 충격에 더욱 압박당할 것이다. {WG II 14.4, SPM}

### 극지방

- 주요 생물리학적 영향으로 빙하, 빙상 및 해양빙의 두께와 범위의 감소, 철새, 포유류, 고등 포식자를 포함한 여러 유기체에 결정적 영향을 주는 자연생태계의 변화가 전망된다. {WG II 15.4, SPM}
- 북극의 인간사회는 눈과 얼음의 상태 변화로 인한 영향을 복합적으로 받을 전망이다. {WG II 15.4, SPM}
- 결정적 영향에는 기반시설과 전통적인 토속적 생활 방식에 대한 영향도 포함될 것이다. {WG II 15.4, SPM}
- 남극과 북극 지방 모두 종의 침입에 대한 기후 장벽이 낮아짐에 따라 생태계와 거주지가 취약해질 전망이다. {WG II 15.4, SPM}

지구 평균 기온 변화로 인한 영향의 예  
(영향은 적응 정도, 기온변화 속도, 사회·경제적 경로에 따라 다름)

1980~1999년 대비 지구 평균 연간 기온변화량(°C)



†: '상당한'은 40% 이상을 뜻함. ‡: 2000~2080년 평균 해수면 상승 속도 4.2 mm/yr에 근거함.

비완화 시나리오에서 1980~1999년 대비 2090~2099년의 온난화

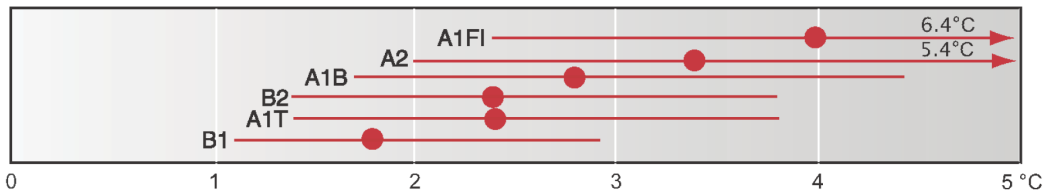


그림 3.6. 지구 평균 기온 변화에 관련된 영향의 예. (위) 21세기 지구 평균 지표기온 상승으로 인한 기후변화 (및 해수면 상승과 대기 CO<sub>2</sub> 농도 증가)의 지구적 영향 전망의 예. 검정선은 영향을, 화살표는 기온상승과 함께 계속되는 영향을 뜻한다. 텍스트의 시작 위치는 해당 영향이 개시되는 대략적 온난화 수준을 나타낸다. 물 부족과 홍수에 관한 수치는 SRES 시나리오 A1FI, A2, B1, B2의 범위에서 전망된 조건에 대한 기후변화의 추가 영향을 나타낸다. 이 추정치는 기후변화에 대한 적응은 포함하지 않는다. 이 자료들의 신뢰수준은 모두 높다. 맨 오른쪽 옆은 그래프 내용을 찾아볼 수 있는 WG II 참조이다. (아래) 점과 막대는 6가지 SRES 마커 시나리오에서 1980~1999년 대비 2090~2099년 온난화 평가의 최적추정치와 가능성(likelihood)을 나타낸다. {WG I 그림 SPM.5, 10.7; WG II 그림 SPM.2; WG III 표 TS.2, 표 3.10}

\* ES = 실무 요약문 (Executive Summary), T = 표 (표), B = 박스 (Box), F = 그림 (Figure).  
(예) B4.5는 4장의 박스 4.5를 뜻하며, 3.5.1은 3장의 3.5.1절을 뜻함.

### 작은 섬들

- 해수면 상승으로 인해 범람, 폭우 급습, 침식, 기타 해안 위협이 심화되어 섬 생활을 지탱하는 중요한 기반시설, 거주지, 시설들이 위협받을 것으로 예상된다. {WG II 16.4, SPM}
- 해변 침식과 산호백화를 통한 해안 상태의 악화가 현지 자원에 영향을 줄 것으로 예상된다. {WG II 16.4, SPM}
- 금세기 중반까지는, 기후변화로 인해 카리브해와 태평양 상의 작은 섬들은 갈수기 동안 물 수요를 충족 시키지 못할 정도로 수자원이 감소될 것으로 예상된다. {WG II 16.4, SPM}
- 중위도와 고위도 섬들에서는 기온상승과 함께 비토 착종의 침입이 증가할 것으로 예상된다. {WG II 16.4, SPM}

- 적응능력이 낮은 사람들의 보건

지역: {WG II TS.4.5}

- 높은 속도의 온난화가 자연계와 인간사회에 영향을 주게 될 북극
- 낮은 적응능력과 기후변화 영향을 받을 아프리카
- 인구와 기반시설이 기후변화 영향을 심하게 받게 될 작은 섬들
- 인구가 많고 해수면 상승, 폭우, 강의 범람을 겪을 가능성이 높은 아시아와 아프리카 메가델타 지역

소득이 높은 다른 지역에서도, 일부 인구 (빈곤층, 어린 아이들, 노령자들)는 특히 위험할 수 있고, 일부 지역과 일부 활동도 마찬가지다. {WG II 7.1, 7.2, 7.4, 8.2, 8.4, TS.4.5}

### 3.3.3. 특히 영향을 받을 시스템, 부문, 지역

기후변화에 의해 특히 영향 받을 가능성이 있는 시스템, 부문, 지역이 있다<sup>18)</sup>. {WG II TS.4.5}

시스템과 부문: {WG II TS.4.5}

- 생태계:
  - 육지: 온난화에 민감한 툰드라, 아한대 산림, 산악지역; 강우량이 감소할 지중해성 생태계; 강수가 감소할 열대 우림.
  - 해안: 다중 스트레스를 받을 망그로브와 염습지 (salt marsh)
  - 해양: 다중 스트레스를 받을 산호초; 온난화에 민감한 해양빙 생물군계 (biome)
- 강수량과 증발량의 변화가 있을 중위도의 일부 건조 지역<sup>19)</sup>과 건조한 열대 지역의 수자원; 눈과 얼음 녹은 물에 의존하는 지역
- 물 가용성이 감소할 중위도 지역의 농업
- 해수면 상승과 기상이변의 위협이 증가할 저지대 해안 생태계

### 3.3.4 해양 산성화

1750년 이후 인위적 탄소의 흡수 때문에 바다는 점점 산성화 되고 pH는 평균 0.1 감소했다. 대기 CO<sub>2</sub> 농도의 증가는 산성화를 더욱 부추긴다. SRES 시나리오에 근거한 전망에 의하면, 21세기에 지구 해양의 평균 pH는 0.14~0.35 감소할 것이다. 관측된 해양 산성화가 해양 생물권에 미친 영향은 아직 보고된 바 없지만, 해양의 점진적 산성화는 해양의 갑각류와 그것에 의존하는 생물종에게 부정적 영향을 줄 것으로 예상된다. {WG I SPM, WG II SPM}

### 3.3.5 극단적 현상

극단적 기상현상의 빈도와 세기의 변화는 해수면 상승과 함께 자연계와 인간계에 대부분 부정적 영향을 줄 것으로 예상된다 (표 3.2). {WG II SPM}

선택된 극단현상과 부문들의 예를 표 3.2에 나타냈다.

18) 평가된 문헌에 대한 전문가 판단, 기후변화의 크기, 시기 및 전망된 속도, 기후 민감도, 기후 적응능력을 고려하여 확인됨.

19) 건조지역과 반건조 지역 포함

**표 3.2. 21세기 중후반 전망에 기초한 기상 및 기후 이변의 변화에 따른 기후변화 영향. 적응능력의 변화나 발전은 고려하지 않았다. 두 번째 열은 첫 번째 열의 현상이 발생할 가능성의 추정치이다. {WG II Table SPM.1}**

현상 <sup>a</sup> 및 변화 방향	SRES 시나리오를 이용한 21세기 전망에서 미래 경향의 가능성	부문별 주요 영향 전망			
		농업, 산림, 생태계 {WG II 4.4, 4.5}	수자원 {WG II 3.4}	보건 {WG II 8.2, 8.4}	산업, 거주지, 사회 {WG II 7.4}
대부분의 육지지역에서 추운 낮과 밤의 온도는 높아지고 빈도는 감소, 더운 낮과 밤의 기온은 상승하고 빈도도 증가	사실상 확실 <sup>b</sup>	더 한랭한 환경의 수확량은 증가, 더 온난한 환경의 수확량은 감소, 병충해 발생 증가	눈 녹은 물에 의존하는 수자원에 영향, 물 공급에 영향	한파 노출이 감소되어 한파로 인한 사망 감소	냉방에너지 수요 감소, 냉방에너지 수요 증가, 도시의 공기질 악화, 눈과 얼음으로 인한 교통교란 감소, 겨울관광에 영향
온난기/열파. 대부분의 육지지역에서 빈도 증가	가능성 높음	온난화 지역에서 열 스트레스로 인해 수확량 감소, 산불위험 증가	물 수요 증가, 수질 문제 (예: 적조 현상)	고령자, 만성질환자, 유아, 사회적 고립자들의 열 관련 사망 위험 증가	온난 지역에서 무주택자들의 삶의 질 감소, 고령자, 유아, 빈곤층에 영향
집중호우. 대부분의 지역에서 빈도 증가	가능성 높음	작물피해, 토양침식, 토양 침수로 인해 토양경작 불가능	지표수와 지하수 수질 악화, 상수 오염, 물 부족은 완화될 수도 있음	사망, 상해, 감염, 호흡계 질환, 피부질환의 위험 증가	홍수로 인한 주거와 상업 및 교통과 사회의 교란, 도시 및 시골의 기반시설에 영향, 재산 손실
가뭄 피해지역 증가	가능성 있음	토양 붕괴, 수확량 감소/작물 피해 및 경작 실패, 가금류 사망 증가, 산불위험 증가	물 스트레스 확대	식량 및 물 부족 위험 증가, 영양불량 위험 증가, 수인성 및 식중독 위험 증가	주거와 산업 및 사회에 물 부족, 수력발전 여력 감소, 인구의 이민 가능성
강력한 열대성 저기압 활동 증가	가능성 있음	작물피해, 바람에 쓰러지는 나무 (뿌리 뽑힘), 산호초 피해	정전으로 상수 공급 중단 야기	사망, 상해, 수인성 및 식중독 질병 위험 증가, 외상 후 스트레스 장애	홍수와 거센 바람으로 교란, 민간보험사의 취약지역 적용범위 축소, 인구 이민 가능성 및 재산 손실
극단적으로 높은 해수면 출현빈도 증가 (쓰나미 제외) <sup>c</sup>	가능성 있음 <sup>d</sup>	관개용수, 강 어귀, 담수계의 염수화	해수 유입으로 담수 가용성 감소	홍수로 인한 익사 및 상해 위험 증가, 이민 관련 보건에 영향	해안보호 비용 대 토지사용 재할당 비용, 인구와 기반시설의 이주 가능성, 위에 설명된 열대성 저기압 참고

Notes:

- a) 용어의 정의는 WG I 표 3.7 참고
- b) 매년 가장 극단적인 낮과 밤 기온의 상승
- c) 극단적으로 높은 해수면은 평균 해수면과 지역적 기상계에 따라 달라진다. 극단적으로 높은 해수면이란 한 관측소에서 일정 기간 동안 1시간 해수면 관측치의 상위 1%로 정의된다.
- d) 모든 시나리오에서, 2100년도 지구 평균 해수면 전망은 기준기간보다 높다. 지역적 기상계의 변화가 극단적 해수면에 미치는 영향은 아직 평가되지 않았다. {WG I 10.8}

### 3.4. 돌발적 혹은 회복 불가능한 변화 위험

인위적 온난화는 기후변화의 속도와 크기에 따라 돌발적이거나 회복 불가능한 영향을 일으킬 수도 있다. {WG II 12.6, 19.3, 19.4, SPM}

10년 범위의 돌발적 기후변화는 해양순환 변화와 관련 있는 것으로 생각된다. 더 긴 시간범위에서는, 빙상과 생태계 변화도 기여할지 모른다. 넓은 범위의 돌발적 기후변화가 일어난다면 그 여파가 매우 클 수 있다 (주제 5.2 참고). {WG I 8.7, 10.3, 10.7;

WG II 4.4, 19.3}

매우 긴 시간에 걸쳐 극지방 부근 육지의 부분적 빙상소실과 해수의 열팽창은 수 미터에 달하는 해수면 상승, 해안선의 큰 변화, 저지대 침수를 일으켜 강의 삼각주와 저지대 섬에 큰 영향을 줄 수 있다. 1.9~4.6°C (산업화 이전에 비해)의 지구 기온상승이 지속된다면 매우 긴 시간 (천년)에 걸쳐 이런 변화들이 일어날 것이라고 현재의 모델들은 전망한다. 100년 시간범위의 급속한 해수면 상승도 배제할 수 없다. {SYR 3.2.3; WG I 6.4, 10.7; WG II 19.3, SPM}



기후변화는 회복 불가능한 영향을 일으킬 가능성이 있다. 지구기온 상승이 1.5~2.5℃(1980~1999년 대비)를 초과하게 되면 현재까지 평가된 생물종의 약 20~30%가 멸종 위험이 증가될 것이라는 보통의 신뢰도가 있다. 지구 평균 기온 상승이 약 3.5℃를 초과할 때는 상당한 멸종(평가된 생물종의 40~70%)이 지구 전체에서 일어날 것이라고 모델들은 전망한다. {WG II 4.4, 그림 SPM2}

현재의 모델 시뮬레이션에 근거하면, 대서양의 자외선순환(MOC)이 21세기에는 느려질 가능성이 높다.

MOC가 21세기에 돌발적으로 크게 전이될 가능성은 매우 낮다. 더 긴 시간 범위의 MOC 변화는 신뢰도 있게 평가할 수 없다. {WG I 10.3, 10.7; WG II 그림 SPM.2, 표 TS.5}

넓은 범위의 지속적인 MOC 변화의 영향에는 해양 생태계의 생산성, 어종, 해양의 CO<sub>2</sub> 흡수, 해양의 산소 농도 및 육지 식생의 변화가 포함될 가능성이 있다. 육지와 해양의 CO<sub>2</sub> 흡수의 변화는 기후계에 피드백 영향을 줄지도 모른다. {WG II 12.6, 19.3, 그림 SPM2}

# 4

---

**지구 및 지역 규모에서 적응과 완화 옵션과 대응,  
그리고 지속 가능한 발전과의 상호관계**

---

## 4.1 기후변화에 대한 대응

사회가 기후변화에 대응할 수 있는 방법은 기후변화의 영향에 적응하고 온실가스 배출량을 완화하여 기후변화의 속도와 크기를 감소시키는 것이다. 주제 4는 다음 20~30년 동안 이행될 수 있는 적응과 완화 옵션, 그리고 그것들과 지속 가능한 발전과의 상호관계에 초점을 맞춘다. 이 대응들은 상호 보완적일 수 있다. 주제 5는 이 대응들의 보완적 역할을 좀 더 장기적이고 개념적인 견지에서 다룬다.

적응하고 완화할 수 있는 능력은 사회경제적, 환경적 정황, 이용 가능한 정보와 기술에 달렸다<sup>20</sup>). 그러나 완화 대책보다 적응 대책의 비용과 효과성에 관한 유효한 정보가 훨씬 적은 실정이다. {WG II 17.1, 17.3; WG III 1.2}

## 4.2 적응 옵션

**적응은 장기적으로도 단기적으로도 취약성을 감소시킬 수 있다.** {WG II 17.2, 18.1; 18.5, 20.3, 20.8}

기후변화에 대한 취약성은 여러 스트레스에 의해 심화될 수 있다. 이런 취약성은 현재의 기후 유해요소, 빈곤, 자원 활용의 불평등, 식량불안, 경제적 세계화 경향, 갈등, HIV/AIDS 같은 질병 발생 등에서 기인한다. {WG II 7.2, 7.4, 8.3, 17.3, 20.3, 20.4, 20.7, SPM}

세계는 홍수, 가뭄, 폭풍 같은 기상 및 기후 관련 현상의 영향에 대한 취약성에 오랫동안 적응해왔고 감소시켜왔다. 그럼에도 불구하고, 다음 20~30년 동안 취해질 완화 규모를 불문하고, 전망된 기후변화와 기후변동성의 부정적 영향을 감소시키기 위해서는 지역적, 국지적 차원의 추가 적응 대책이 필요하다. 그러나 대부분의 영향은 규모가 증대될 것이므로 적응만으로는, 특히 장기적으로는, 전망된 기후변화의 모든 영향에 대처하기는 어려울 것으로 예상된다. {WG II 17.2, SPM; WG III

1.2}

매우 다양한 적응 옵션이 이용 가능하지만, 기후변화 취약성을 줄이기 위해서는 현재 시행 중인 것보다 더 포괄적인 적응이 필요하다. 장벽, 한계, 비용 문제가 존재하지만 이것들은 아직 완전히 파악되지 않았다. 일부 적응 계획은 이미 제한적으로 이행 중에 있다. 표 4.1은 부문별 적응계획 옵션을 나타낸 것이다. 많은 적응 조치들이 경제발달이나 빈곤 완화 같은 다중적 동인을 갖고 있고, 더 다양한 개발 전략이나 수자원 계획, 해안 방어, 재난 위험 감소 전략 같은 부문별, 지역적, 국지적 계획 이니셔티브에 포함되어 있다. 방글라데시 국립 물 관리 계획(Bangladesh National Water Management Plan)이나 네덜란드와 노르웨이의 해안 방어 계획은 이러한 특정 기후변화 시나리오를 결합한 접근방식의 예이다. {WG II 1.3, 5.2, 11.6, 17.2}

지구 차원의 적응 비용과 이득을 포괄적으로 추정하는 사례는 몇 건 되지 않는다. 그러나 지역 및 프로젝트 차원에서 농업, 냉난방 에너지 수요, 수자원 관리, 기반시설 등에 대한 적응 비용과 이득을 추정한 연구 수가 점차 증가하고 있다. 이 연구결과들에 기초하면, 일부 부문은 적은 비용과 높은 BCR(benefit-cost ratio; 비용-이득 비)로 이행될 수 있는 긍정적인 적응 옵션들이 있다는 것이 **높이 신뢰된다**. 경험적 연구 역시, 나중에 장수명 기반시설을 개조하는 것보다 초기 단계에서 적응 대책을 이행하는 것의 BCR이 더 높을 수 있다고 암시한다. {WG II 17.2}

**적응 능력은 사회적, 경제적 발달과 긴밀한 관계가 있지만 사회 전체적으로 균등하지는 않다.** {WG II 7.1, 7.2, 7.4, 17.3}

적응 능력은 역학적이며, 사회의 생산력 기반에 좌우된다. 이러한 사회적 생산력 기반으로는 자연적, 인위적 자산, 사회적 네트워크와 권리, 인적 자본과 제도, 관리, 국가소득, 보건과 기술 등이 있다. 적응 능력은 다중적 기후 및 비기후 스트레스는 물론 개발 정책에 의

20) 기술이란 특정 과제를 성공시키기 위해 기술적 인공물(하드웨어, 장비)과 (사회적)정보(“소프트웨어”, 즉 인공물을 생산하고 사용할 노하우)를 활용하여 지식을 실용적으로 적용하는 것이라고 정의된다.

해서도 좌우된다. {WG II 17.3}

최근의 연구결과들은 적응이 관건이고 득이 된다는 3차 평가의 소견을 재확인해 준다. 그러나 재정, 기술, 인식, 행동, 정치, 사회, 제도, 문화 측면의 제약 때문에 적응 대책의 이행과 효과가 제한된다. 적응 능력이 높

은 사회조차도 기후 변화, 기후 변동성, 기후 이변에 취약하다. 2003년의 열파는 유럽 사회에 엄청난 수의 사망자(특히 고령자들)를 발생시켰고, 2005년에는 허리케인이 미국에 인적, 재정적 큰 희생을 안겼다. {WG II 7.4, 8.2, 17.4}

표 4.1. 부문별 적응계획의 예

부문(Sector)	적응 옵션/전략	기본 정책 구조	이행의 주요 제약과 기회 (일반 서체 = 제약, <i>이탤릭체</i> = 기회)
<b>물</b> {WG II, 5.5, 16.4, 표 3.5, 11.6, 17.1}	천수담 농사 확대, 물 부족과 보존 기술, 물 재사용, 담수화, 물 사용 및 관개의 효율	국가적 물 정책과 수자원 통합 관리, 물 관련 위험요소 관리	재정 자원, 인적 자원, 물리적 방어 장치, <i>수자원 통합관리, 다른 부문과의 시너지</i>
<b>농업</b> {WG II 10.5, 13.5; 표 10.8}	파종시기 조절, 작물 다양화, 작물 재배치, 토지관리 개선 (예: 식목을 통해 부식 방지와 토양 보호)	R&D 정책, 제도개혁, 토지소유권 및 토지 개혁, 교육, 역량 강화, 작물 보험, 재정적 인센티브 (보조금, 세금공제 등)	기술적/재정적 제약, 신규 품종 보급, 시장, <i>고위도일수록 경작기간 연장, '신규' 작물을 통한 소득</i>
<b>기반시설/주거지 (해안지역 포함)</b> {WG II 3.6, 11.4, 표 6.11, 17.1}	재배치, 방파제와 해일방파제, 모래언덕 강화, 해수면 상승과 범람을 막을 완충지로서 토지를 획득하여 습지로 개발, 기존 자연적 방파제 보호	설계에 기후변화 고려사항을 결합한 표준과 규제, 토지사용 정책, 규격 수립, 보험	재정적/기술적 장애, 재배치 공간의 가용성, <i>통합 정책 및 관리, 지속 가능한 개발 목표와의 시너지</i>
<b>보건</b> {WG II 14.5, 표 8.1}	열 관련 보건조치 계획, 응급의료 서비스, 기후에 민감한 질병 조사 및 통제 개선, 식수 안전과 위생 개선	기후위험을 인식하는 공중보건 정책, 보건서비스 강화, 지역적/국제적 협력	인간 내성의 한계 (취약 집단), 재정적 능력, <i>보건서비스 업그레이드, 삶의 질 개선</i>
<b>관광</b> {WG II 12.5, 15.5, 17.5, 표 17.1}	여행 상품&수입원 다양화, 스키 슬로프를 고위도 및 빙하로 이동, 인공설 제조	통합 계획 (예: 수송 능력, 다른 부문과 연계), 재정적 인센티브 (보조금, 세금공제 등)	새 상품 개발/마케팅, 재정 및 물류에 관한 도전, 다른 부문에 잠재적 부작용 (예: 인공설 제조는 에너지사용량을 증가시킬 수 있음), <i>'신규' 상품을 통한 소득, 더 다양한 이해관계자들의 참여 유도</i>
<b>교통</b> {WG II 7.6, 17.2}	재정돈/재배치, 설계표준, 온난화와 배수에 대처할 수 있게 도로, 철도, 기타 기반시설을 계획	국가적 교통정책에 기후변화 고려사항을 결합, 특별상황에 대한 R&D 투자 (영구동토 지역)	재정적/기술적 장벽, 덜 취약한 경로의 이용 가능성, <i>향상된 기술과 핵심 부문과의 통합 (예: 에너지)</i>
<b>에너지</b> {WG II 7.4, 16.2}	지상 수송 및 배전 시설 강화, 시설 케이블 지하매설, 에너지 효율, 재생 자원 사용, 단일 에너지원 의존도 축소	국가적 에너지 정책, 규정, 대체에너지 사용을 활성화시키기 위한 회계 및 재정 인센티브, 설계표준에 기후변화를 결합	핵심적 대체에너지의 가능성, 재정적/기술적 장벽, <i>신기술 수용, 신기술 자극, 지역자원 활용</i>

Notes:

다른 부문(Sector)은 조기 온난화 시스템이 포함될 것임.

### 4.3 완화 옵션

상향식 연구와 하향식 연구<sup>21)</sup> 결과에 의하면, 다음 몇 십 년 동안 전 지구 온실가스 배출량을 감축하기 위해 전지구 배출량의 전망된 증가량을 상쇄하거나 현재 수준보다 낮출 수 있는 실질적 완화를 위한 경제적 잠재력(economic potential)<sup>21)</sup>이 있다는 **공감대가 높고 증거가 많다.** {WG III 11.3, SPM}

그림 4.1은 2030년의 지구 전체 경제적 완화 잠재력을 2000~2030년의 배출량 증가 전망과 비교한 것이다. 상향식 연구(bottom-up study)결과에 의하면, 순 마이너스 비용<sup>22)</sup>이 들어가는 완화 기회는 2030년 안에 배출량을 약 6 GtCO<sub>2</sub>상당/yr 줄일 잠재력이 있다. 이것이 실

현되려면 이행 장벽이 해결되어야 한다. 경제적 완화 잠재력은 일반적으로 시장을 통한 완화 잠재력보다는 크지만 적절한 정책이 알맞게 추진되고 장벽이 해소될 때에만 실현될 수 있다<sup>21)</sup>. {WG III 11.3, SPM}

완화 잠재력을 두 배로 하여 보정한 상향식 연구에서 부문별로 추정된 경제적 완화 잠재력과 한계비용(marginal costs)을 그림 4.2에 나타냈다. 하향식 연구와 상향식 연구의 결과는 지구 차원에서는 서로 비슷하지만 섹터 차원에서는 상당히 큰 차이를 보인다. {WG III 11.3, SPM}

어느 부문에서도 한 가지 기술로 모든 완화 잠재력을 제공하지는 못한다. 부문별 주요 기술, 정책, 제약점 및 기회의 예를 간추려 표 4.2에 나타냈다. {WG III SPM}

2030년 지구 전체 경제적 완화 잠재력과 전망된 배출량 증가 비교

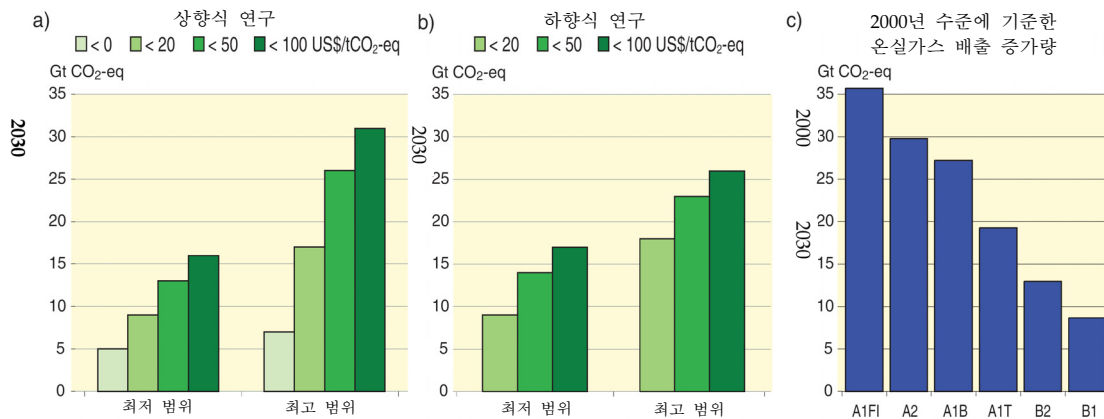


그림 4.1. 상향식 연구(a)와 하향식 연구(b)에서 추정된 2030년 전지구 경제적 완화 잠재력과 SRES 시나리오에 따른 2000년 온실가스 배출량 (40.8 GtCO<sub>2</sub> 상당/yr)(c) 대비 2030년의 배출량 증가 전망. 주: 2000년의 온실가스 배출량에 지상 바이오매스의 부식에 따른 배출량은 포함되어 있지 않다. 목재로 베어나가거나 벌채된 후에 남아있고 토탄 연소와 토탄토양의 배수를 통해 배출되는 바이오매스는 SRES 시나리오와의 일관성을 유지하기 위해 제외되었다. {WG III 그림 SPM.4, SPM.5A, SPM.5B}

21) "완화 잠재력 (Mitigation Potential)"이란 개념은 일정 수준의 탄소가격(감축된 배출량과 동등한 단위 CO<sub>2</sub> 당 비용으로 표현)으로 베이스라인 온실가스 배출량에 비해 감축 가능한 온실가스 배출량의 규모를 평가하기 위해 도입되었다. 완화 잠재력은 "시장 완화 잠재력 (market mitigation potential)"과 "경제적 완화 잠재력 (economic mitigation potential)"으로 세분된다.

**시장 완화 잠재력:** 민간 비용과 민간 할인율(민간 소비자 및 회사에 대한 전망을 반영)에 기초한 완화 잠재력이다. 이것은 장벽 때문에 실제 흡수량은 제한된다고 지적하는 현재 수립된 정책과 대책을 포함해 예보시장 조건 아래서 생길 것으로 예상된다.

**경제적 완화 잠재력:** 시장의 효율이 정책과 대책에 의해 향상되고 장벽이 제거된다는 가정 하에, 사회적 비용과 이득, 사회적 할인율 (사회의 전망을 반영; 사회적 할인율은 민간투자자들이 사용하는 할인율보다 낮음)을 고려한 완화 잠재력이다.

완화 잠재력을 추정하는 데는 여러 유형의 접근법이 사용된다. 상향식 연구는 완화 옵션에 대한 평가결과에 기초하고 특정 기술과 규제에 중점을 둔다. 일반적으로 거시경제는 불변한다고 간주하는 부문 연구이다. 하향식 연구는 완화 옵션의 범경제적 잠재력을 평가한다. 지구 전체적으로 일관된 틀과 완화옵션에 대한 집합적 정보를 사용하고, 거시경제 피드백과 시장 피드백을 포착한다.

22) 순 마이너스 비용 (후회 없는 기회) 옵션이란 에너지비용 감소와 국지적/지역적 오염물질 배출량 감소 같은 이득(기후 변화 방지에 따른 이득은 제외)이 사회비용보다 크거나 같은 옵션이라고 정의된다.

상향식 연구에서 추정된 2030년 부문별(Sector) 경제적 완화 잠재력

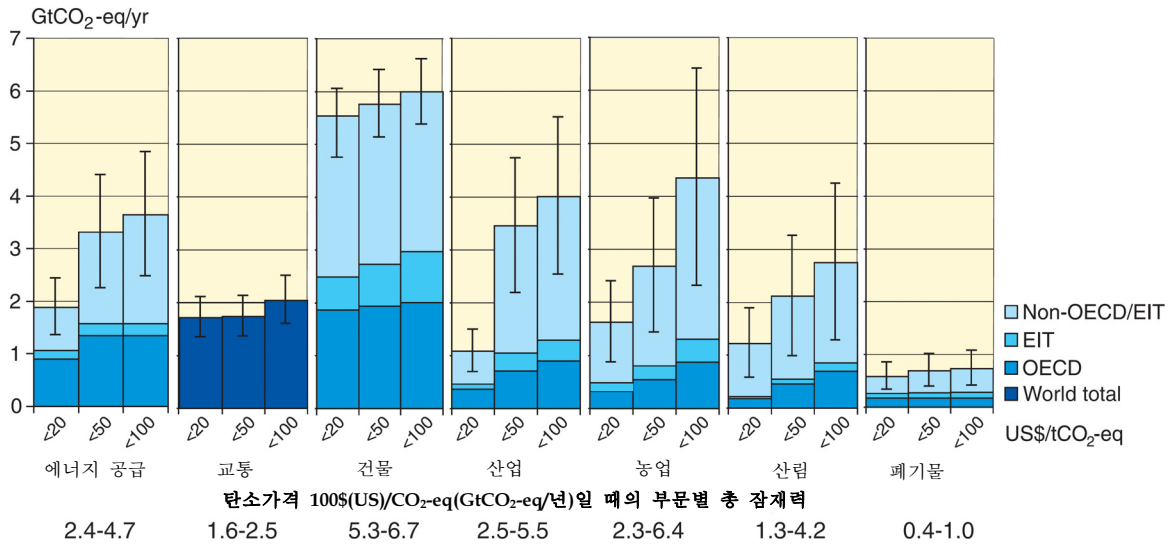


그림 4.2. 상향식 연구에서 도출된 2030년 부문별 경제적 완화 잠재력 추정치. 이 잠재력에는 생활방식 변화 같은 기술 외적인 옵션은 포함되어 있지 않다. {WG III 그림 SPM.6}

Notes:

- a) 세로선은 부문별로 평가한 전지구 경제적 완화 잠재력의 범위를 나타낸다. 이 범위는 최종 사용(end-use)에 배치된 배출량에 기초한다. 즉, 전기사용 배출량은 최종사용 부문에 포함되고 에너지공급 부문에는 포함되지 않는다는 의미다.
- b) 이 잠재력 추정치들은 높은 수준의 탄소가격에 관한 연구결과가 부족하여 제약이 있다.
- c) 부문마다 상이한 베이스라인이 사용되었다. 산업 부문에는 SRES B2 베이스라인이 사용되었고, 에너지 공급과 교통 부문에는 WEO 2004 베이스라인이 사용되었다. 건물 부문은 SRES B2와 A1B 사이의 베이스라인을 사용했고, 폐기물 부문은 SRES A1B 추진력(driving force)을 사용해서 폐기물 특성의 베이스라인을 구축했다. 농림 부문은 거의 B2 추진력이 사용된 베이스라인을 사용했다.
- d) 수송의 경우, 국제 항공이 포함되었기 때문에 전세계적 총계만 나타냈다.
- e) 제외된 범주는 건물과 교통의 비 CO<sub>2</sub> 배출량, 재료효율 옵션의 일부, 열병합 발전, 대형차량, 선박과 대량 수송 교통, 건물에 관한 최다비용 옵션, 폐수처리, 탄광과 가스 수송관의 배출량 감축, 에너지 공급 및 수송에서 발생하는 불소화 가스이다. 이 배출량을 제외시키면 총 경제적 잠재력의 과소평가는 10~15% 수준이다.

미래의 에너지 기반시설 투자 결정은 2005년과 2030년 사이에 총 20조 달러(US\$)<sup>23)</sup>를 넘을 것으로 예상되며, 발전소의 긴 수명과 다른 기반시설 주식자본으로 인해 온실가스 배출량에 장기 영향을 줄 것이다. 저탄소 기술은 설령 조기 투자가 이익이 된다 하더라도 널리 확산되는 데는 수십 년 걸릴 수 있다. 초기 추정치를 보면, 전 지구 에너지 관련 CO<sub>2</sub> 배출량을 2030년까지 2005년 수준으로 회복시키는 데 필요한 순 추가 투자의 범위는 무시할만한 수준부터 5~10%까지 정도지만 그래도 투자 패턴의 큰 변화가 필요할 것이다. {WG III 4.1, 4.4, 11.6, SPM}

연구에 사용된 방법론은 서로 다르지만, 분석 대상의

세계 모든 지역에서 온실가스 배출량 완화 조치의 결과로 인한 대기오염의 감소는 단 시일 내에 보건상 전반적인 수혜 폭은 상당히 클 것이고 완화비용의 상당한 부분을 상쇄시킬 수도 있다는 것에 **공감대가 높고 많은 증거들이 있다.** {WG III 11.8, SPM}

재생에너지의 에너지 효율과 활용은 지속 가능한 발전과 시너지를 발휘한다. 개발이 가장 덜 된 국가들에서 에너지 대체는 실내 공기 오염을 감소시켜 질병 발생률과 사망률을 낮추고 여성과 아동들의 작업부하를 줄이며 지속되어서는 안 될 땀나뭇 사용과 관련 산림벌채를 감소시킬 수 있다. {WG III 11.9, 11.9, 12.4}

23) 20조 = 2x10<sup>13</sup>

표 4.2. 주요 부문별 완화 기술, 정책과 조치, 제약과 기회의 예. {WGIII 표 SPM.3, SPM.7}

부문	현재 상업적으로 이용가능한 주요 완화 기술과 실행. 2030년 전에 상업화될 것으로 추정되는 주요 기술과 실행은 이탤릭체로 표시.	환경적으로 효과적이 됨을 보여주는 정책, 조치, 도구	주요 제약 또는 기회 (표준 서체 = 제약, 이탤릭체 = 기회)
에너지 공급 {WG III 4.3, 4.4}	향상된 공급과 분배 효율; 석탄에서 가스로 연료 전환; 원자력; 재생가능 열과 동력(수력, 태양열, 바람, 지열, 바이오에너지); 결합된 열과 동력; 이산화탄소 포획과 저장의(Carbon dioxide capture and storage, CCS) 조기 적용(예: 천연가스로부터 떨어진 CO <sub>2</sub> 의 저장); 가스, 바이오매스, 석탄-연소 발전 시설 등을 위한 CCS; 향상된 원자력; 조수와 파도 에너지, 농축된 태양열, 태양열 광전지 등을 포함하는 향상된 재생에너지	화석연료 보조금 축소; 세금 또는 화석연료에 탄소 사용료  재생가능 에너지 기술을 위한 무관세율; 재생가능 에너지의 무; 생산자 보조금	기득 이권에 의한 저항으로 이행이 어려워질 수 있음  저-배출량 기술을 위한 시장을 만드는 데 적절할 수 있음
운송 {WG III 5.4}	더 큰 연료-효율 차량; 하이브리드 차량; 무공해 디젤 차량; 바이오연료; 도로수송에서 철도와 대중교통 시스템으로 형태 전환; 모터가 없는 운송 (자전거, 도보); 토지-사용과 운송 기획; 2세대 바이오연료; 고효율 항공기; 더 강력하고 민을 만든 전지를 가진 향상된 전기 하이브리드차량	도로 운송을 위한 의무적인 연료 절약, 바이오연료 함량, CO <sub>2</sub> 규격  차량의 구입, 등록, 사용, 모터 연료 등에 과세; 도로와 주차 유료화  토지-사용 규제와 인프라 기획 등을 통한 작용 가동성 요구; 매력있는 대중교통 시설과 모터가 없는 교통 형태에 투자	차량의 부분적 범위는 효율성을 제한할 수 있음  효율성은 더 높은 소득에 따라 떨어질 수 있음  운송시스템을 구축하는 국가를 위해 특히 적절
건물 {WG III 6.5}	효율적인 조명과 일광; 더 효율적인 전기 기구와 냉난방 장치; 향상된 요리용 렌지; 향상된 단열재료; 냉난방을 위한 수동 및 능동 태양열 설계; 대체 냉각 유체; 불소화 가스의 회수와 재활용; 피드백과 제어를 제공하는 인텔리전트 계측기 등과 같은 기술을 포함하여 상업적 건물의 통합 설계; 건물에 융합된 태양열 광전지	기기의 표준화 분류	요구된 규격의 정기적 개정
		건물 규약과 인증	새로운 건물을 위한 매력. 실행은 어려울 수 있음
		수요-측면 관리 프로그램	시설이 이익이 될 수 있도록 규제를 위한 요구
산업 {WG III 7.5}	더 효율적인 최종-용도 전기 설비; 열과 동력 회수; 자재 재활용과 대응품; non-CO <sub>2</sub> 가스 배출 통제; 넓은 배열의 공정-특별 기술; 진보된 에너지 효율; 시멘트, 암모니아, 철 생산을 위한 CCS; 알루미늄 생산을 위한 불활성 전극	벤치마크 정보 제공; 성과 기준; 보조금; 세액 공제	기술 갱신을 자극하기에 적절할 수 있음. 국가 경쟁력 측면에서 중요한 국가 정책의 안전성
		거래할 수 있는 배출권	투자를 위해 중요한 예측할 수 있는 할당 메커니즘과 안정적인 가격 시그널
		자발적 합의	성공 인자는 다음을 포함한다: 명확한 목표, 기준선 시나리오, 설계와 검토 그리고 감시의 공식적 제공에서 제3자 참여, 정부와 업계 사이의 긴밀한 협조
농업 {WG III 8.4}	토양의 탄소 저장을 향상시키기 위한 향상된 작물과 목초지 관리; 경작된 토탄토양과 저하된 토지의 복구; 향상된 쌀 경작 기술과 CH <sub>4</sub> 배출을 줄이기 위한 가축과 비료 관리; N <sub>2</sub> O 배출을 줄이기 위한 향상된 질소 비료 적용 기술; 화석연료 사용을 대체하기 위한 전용 에너지 작물; 향상된 에너지 효율; 작물의 수확량 향상	향상된 토지 관리를 위한 재정 인센티브와 규정; 토양의 탄소 함유량 유지; 비료의 효율적 사용과 관계	지속 가능한 발전 및 기후변화에 대한 취약성을 줄이는 것과 함께 시너지를 장려할 수 있으며, 그에 따라 이행에 대한 장애물 극복
산림학/산림 {WG III 9.4}	조림; 재식림; 산림 관리; 줄어든 산림 파괴; 수확된 목재 생산물 관리, 화석연료 사용을 대체하기 위하여 바이오에너지를 위한 산림 생산물의 이용; 바이오매스 생산성과 탄소 분리를 증가시키기 위한 수종 개량; 식물/토양 탄소 분리 잠재력의 분석을 위한 향상된 원격탐사기술 그리고 토지-사용 변화 지도제작	산림면적을 증가시키기 위한, 산림파괴를 줄이기 위한, 삼림을 유지 및 관리하기 위한 재정적 인센티브(국가적, 국제적); 토지-사용 규정과 실행	제약은 투자 자본의 부족과 토지 소유 문제를 포함한다. 빈곤 완화에 도와줄 수 있다.
폐기물 {WG III 10.4}	매립지 CH <sub>4</sub> 회수; 에너지 회수와 함께 폐기물 소각; 유기성폐기물 퇴비화; 폐수 처리; 재활용과 폐기물 최소화; CH <sub>4</sub> 산화를 최적화시키기 위한 바이오커버와 바이오필터	향상된 폐기물과 폐수 관리를 위한 재정적 인센티브	기술 확산을 고무시킬 수 있다
		재생할 수 있는 에너지를 위한 인센티브 또는 의무	저-비용 연료의 지방 이용가능성
		폐기물 관리 규정	실행전략을 가지고 국가 차원에서 가장 효과적으로 적용

TAR이후 발표된 문헌들을 보면, 탄소 누수(carbon leakage)의 규모가 불확실하긴 하지만 부속서I에 포함된 국가들의 지구적 경제 및 배출량에 관한 조치가 효과적일 수도 있다는 것이 높은 공감대와 보통 증거 속에 확인된다. {WG III 11.7, SPM}

TAR에서 나타난 바와 같이 화석연료 수출국들(부속서 I에 포함된 국가 및 미포함국가 모두)은 완화정책으로 인해 수요와 가격이 낮아지고 GDP 성장률도 낮아질 것이라고 예상할 수 있다. 이 여파의 규모는 정책 결정과 오일시장 조건에 관한 가정에 따라 상당히 좌우된다. {WG III 11.7, SPM}

핵심 불확실성은 탄소 누수량 평가에 있다. 피크 평형 모델링 결과는 교토의정서 조치로 세계에서 약 5~20% 정도의 탄소 누수가 있을 것이라는 TAR의 결론을 뒷받침한다. 경쟁력 있는 배출 저감 기술이 효과적으로 확산된다면 이 비율은 작아질 것이다. {WG III 11.7, SPM}

모든 부문에 걸쳐 생활방식과 행동패턴의 변화는 기후 변화 완화에 기여할 수 있다는 높은 공감대와 보통의 증거가 있다. 관리도 긍정적으로 기여할 수 있다. {WG III SPM}

완화에 긍정적 영향을 줄 수 있는 것의 예로는 소비행태의 변화, 교육과 훈련, 건물입주자 행동의 변화, 교통 수요 관리, 업계의 관리도구이다. {WG III 4.1, 5.1, 6.7, 7.3, SPM}

실제적 혹은 묵시적 탄소가격을 제시하는 정책은 생산자와 소비자가 저온실가스 제품, 기술 및 공정에 많이 투자하도록 인센티브를 창출할 수 있다. {WG III SPM}

효과적인 탄소가격 시그널은 모든 부문에서 상당한 완화 잠재력을 실현시킬 수 있을 것이다. 모델링 결과들을 보면, 2030년까지 20~80 US\$/tCO<sub>2</sub> 상당으로 상승할 전 지구 탄소가격은 2100년까지 550 ppm 부근의 안정화와 일치한다. 동일한 안정화 수준에 관해서, 유도된 기술변화를 고려하는 TAR 이후의 연구들은 이 탄소가격 범위를 2030년 안에 5~65 US\$/tCO<sub>2</sub> 상당으로 낮출 수도 있다<sup>24</sup>. {WG III 3.3, 11.4, 11.5, SPM}

정부가 완화조치의 인센티브를 창출하는 데 사용할 수 있는 매우 다양한 국가 정책과 도구가 있다는 공감대가 높고 증거가 많다. 그것들의 적용 가능성은 국가 상황과 파악된 그것들의 상호작용에 달렸지만 여러 국가 및 부문의 이행 경험이 알려주는 바로는 어떤 도구를 이행 하든 장단점은 있다. {WG III 13.2, SPM}

정책과 도구를 평가하는 데 사용되는 주요 4가지 기준은 환경 효율, 비용 효율, 형평성을 포함한 분배 효과, 제도적 타당성이다. {WG III 13.2, SPM}

정책의 성과에 관한 일반적 조사결과는 아래와 같다. {WG III 13.2, SPM}

- **기후정책을 더 다양한 개발정책에 통합**하면 이행과 장벽 극복이 쉬워진다.
- **규제와 표준**은 일반적으로 배출 수준에 대한 약간의 확실성을 제공한다. 정보나 다른 장벽 때문에 생산자와 소비자가 가격 시그널에 반응하지 못하는 경우에는 이것이 다른 도구들보다 바람직할 수 있다. 그러나 이것에 혁신과 첨단 기술은 포함되지 않을 수도 있다.
- **세금과 요금**은 탄소에 가격을 설정할 수는 있으나 특정 배출량 수준을 보장하지는 못한다. 문헌에 의하면 세금은 온실가스 배출량의 비용을 국제화할 수 있는 효율적인 방법으로 간주된다.

24) 완화 포트폴리오에 관한 연구들과 이 보고서에서 평가된 거시경제 비용은 하향식 모델링에 기초한다. 대부분의 모델은 완화 포트폴리오에 배출권 거래의 보편화와 함께 지구적 최소 비용 접근법을 사용하고, 투명한 시장, 거래비용 제로, 그리하여 21세기 내내 완화 정책의 완벽한 이행을 가정한다. 비용은 특정 시점에 대해 주어진다. 지구적으로 모델링된 비용은 일부 지역, 부문(예: 토지 사용), 옵션 혹은 가스를 제외시키면 증가할 것이다. 그러나 베이스라인이 낮을수록, 탄소세와 경매된 허가권에서 나온 소득이 사용될수록, 그리고 유도된 기술습득학습을 포함시키는 경우에는 감소될 것이다. 이 모델들은 기후 이득과 완화대책의 공동이득을 고려하지 않고 자산문제도 고려하지 않는다. 유도된 기술 변화에 기초한 접근법을 안정화 연구에 적용하는 것이 상당히 진전되었다. 그러나 개념적 문제가 남아있다. 유도된 기술변화를 고려한 모델들에서는 안정화 수준의 비용이 보다 적게 전망된다. 안정화 수준이 낮을수록 그 감소분은 더 커진다.



- **배출권 거래**는 탄소가격을 확정시킬 것이다. 허용 배출량에 따라 환경 효율이 결정되지만 배출권 할당은 분배 문제를 일으킨다. 탄소가격의 변동 때문에 배출권 거래제 준수에 드는 총 비용을 추정하기는 어렵다.
- **재정적 인센티브**(보조금과 세금공제)는 정부가 신기술의 개발과 확산을 촉진시키기 위해 흔히 사용하는 방법이다. 일반적으로 위에 열거한 도구들보다 비용은 많이 들지만 장벽을 극복하는 데 아주 중요한 경우가 많다.
- 업계와 정부 간의 **자발적 합의**는 정치적으로 매력 있고 이해관계자들의 인지도를 높이며, 국가정책을 전개시키는 데도 기여한다. 대부분의 합의에서는 사업성을 넘는 상당한 배출량 저감이 달성되지는 못했다. 그러나 최근에 한 두 국가에서 이뤄진 일부 합의로부터는 이용 가능한 최선의 기술을 적용하는 것이 촉진되었고 배출량도 가시적 수준으로 저감되었다.
- **정보 도구**(예: 인지도 향상 캠페인)는 정보에 입각한 선택을 촉진시키고 행동변화에 기여함으로써 환경의 질에 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 그러나 배출량에 대한 영향은 아직 측정되지 않았다.
- **연구, 개발, 실증 (RD&D)**은 기술을 진보시키고 비용을 경감시키며 안정화를 향해 나아가게 할 수 있다.

일부 기업, 지방 및 지역 당국, NGO, 시민단체는 다양한 자발적 운동을 채택하는 중이다. 이 자발적 운동들은 온실가스 배출을 한정시키고 혁신적 정책을 촉구시키며 신기술 보급을 독려할 수도 있다. 이들은 일반적으로 국가 혹은 지역 수준의 배출량에 제한적 영향을 끼친다. {WG III 13.4, SPM}

#### 4.4 적응옵션과 완화옵션의 관계 및 지속 가능한 발전과의 관계

시너지를 실현하고 다른 차원의 지속가능한 발전과의 마찰을 피하기 위해 몇몇 부문에서 기후반응 옵션을 선택하여 이행할 기회에 대한 이해가 점점 향상되고 있다. {WG III SPM}

에너지 효율과 재생에너지에 관련된 기후변화 정책은 종종 경제적으로 이득이 되고 에너지 안보를 높이며 오염물질 방출을 저감시킨다. 자연 서식지의 소실과 산림 제거를 줄이는 일은 생물다양성과 토양 및 물이 보전되는 이득을 줄 수 있으며, 사회적, 경제적으로 지속 가능한 방식으로 이행될 수 있다. 조림과 바이오에너지용 식목은 악화된 토지를 복원시키고 물의 유출을 조절하며 토양 탄소를 유지시키고 시골 경제에 이득을 줄 수 있다. 그러나 식량작물 생산과 경쟁하게 될 수도 있고 계획을 잘못 세우는 경우엔 생물다양성에 부정적 영향을 줄 수도 있다. {WG II 20.3, 20.8, WG III 4.5, 9.7, 12.3, SPM}

거시경제 정책, 농업정책, 다각적 개발은행 대출, 보험 관행, 전기시장 개혁, 에너지 안보, 산림보전 등에 대한 결정은 기후정책과는 별개인 것으로 취급되곤 하지만 사실은 배출량을 상당히 감축시킬 수 있다(표 4.3). 비슷한 경우로, 비기후 정책도 적응능력과 취약성에 영향을 줄 수 있다. {WG II 20.3; WG III SPM, 12.3}

적응옵션과 완화 옵션 사이에는 시너지와 맞교환(trade-off) 둘 다 존재한다. {WG II 18.4.3; WG III 11.9}

표 4.3. 기후변화 고려사항과 발전정책의 결합 - 완화 영역에서 선정된 예. {WG III 12.2.4.6}

부문(Sector)	비-기후변화 정책 도구와 조치	잠재적 영향
거시경제	비-기후 세금/보조금 혹은 기타 회계 및 규제 정책을 이행하여 지속 가능한 개발을 촉진	총 전지구 온실가스 배출량
산림	산림보전 및 지속 가능한 관리 조치 채택	산림제거로 인한 온실가스 배출량
전기	비용효율이 높은 재생에너지 채택, 수요측 관리 프로그램, 송배전 손실 축소	전기부문의 CO <sub>2</sub> 배출량
석유 수입	수입연료와 국내연료의 혼합비 다양화, 경제의 에너지 원단위를 낮춰 에너지안보 개선	원유에서 나오는 배출량과 석유제품 수입
건물 및 교통 부문의 보험	차별적 프리미엄, 책임성보험 배제, 녹색제품 조건 개선	교통 및 건물 부문의 온실가스 배출량
국제 자금	국가 및 부문 전략과 배출을 줄이는 프로젝트 대출	개도국의 배출량

시너지의 예로는 적절하게 설계된 바이오매스 생산시설, 보호구역 형성, 토지관리, 건물에서 에너지 사용, 산림 등이 있다. 그러나 다른 부문에서는 시너지가 다소 제한적이다. 잠재적 등가교환으로는 적응 반응에 관련하여 에너지 소비량 증가로 인한 증가된 온실가스 배출량이다. {WG II 18.4.3, 18.5, 18.7, TS.5.2; WG III 4.5, 6.9, 8.5, 9.5, SPM}

### 4.5 국제적 · 지역적 협력

UNFCCC와 교토의정서는 기후변화 문제에 대하여 전 지구 차원의 대응을 확립하고, 일련의 국가 정책을 수립하도록 격려하고, 국제 탄소시장을 창출하고, 미래 완화노력의 토대가 될 수 있는 새 제도적 장치를 수립하는 주목할 만한 성과를 이뤄냈다는 높은 공감대와 많은 증거가 있다. UNFCCC 내에서도 적응을 다루는 데 많은 진전이 있었고 추가로 이니셔티브들이 제창되었다. {WG II 18.7, WG III 13.3, SPM}

전지구 배출량에 기준한 교토의정서 최초 의무 이행 기간 (commitment period)의 영향은 제한적일 것으로 전망된다. 부속서B 국가들에 대한 경제적 영향은 TAR에 제시된 것보다 작을 것으로 전망된다. TAR에서는 배출권 거래가 없는 경우 2012년의 GDP는 0.2~2% 하락할 것이고 배출권 거래가 있는 경우에는 1.1% 상승할 것이라고 전망했다. 환경에 좀 더 효과적 이려면 미래의 완화 노력은 전지구 배출량의 더 많은 부분을 다루고 더 큰 폭의 감축을 달성해야 할 것이다

(주제 5). {WG III 1.4, 11.4, 13.3, SPM}

이 문헌은 협력을 통해 국제 수준의 전지구 온실가스 배출량 감축을 달성하기 위한 여러 옵션에 대하여 높은 공감대와 많은 증거를 제시한다. 이 문헌에 의하면, 성공적인 합의들은 환경에 효과적이고 비용에도 효과적이며 분배 고려사항과 형평성을 반영하고, 제도적으로도 타당하다. {WG III 13.3, SPM}

배출량을 완화시키기 위한 협력 노력이 클수록 주어진 완화수준을 달성하는 데 드는 지구적 비용이 감소하거나 환경 효율이 개선될 것이다. 시장 메커니즘(배출권 거래, 공동이행 및 청정개발 체제)의 범위를 개선하고 확대하면 전반적 완화 비용이 감소될 수도 있을 것이다. {WG III 13.3, SPM}

기후변화를 해결하기 위한 노력에는 배출량 목표; 부문별, 지역별, 국가별, 권역별 조치; RD&D 프로그램; 공동정책 채택; 개발 지향적 조치의 이행; 재정지원 도구의 확대 같은 다양한 요소들이 있을 수 있다. 이런 요소들은 통합적으로 이행될 수 있다. 그러나 서로 다른 국가들의 노력을 정량적으로 비교하는 것은 복잡하고 자원 집약적인 일이다. {WG III 13.3, SPM}

참여국들이 취할 수 있는 조치들은 조치가 취해지는 시기, 참여하는 국가, 취해질 조치를 기준으로 구분할 수 있다. 조치는 구속력이 있을 수도 있고 없을 수도 있으며, 목표치는 고정적이거나 동적일 수 있으며, 참여는 고정적이거나 시간에 지나면서 변할 수 있다. {WG III 13.3, SPM}



# 5

---

**장기 전망: 지속 가능한 발전 측면에서의  
협약의 목적 및 조항과 일치하는 적응 및 완화의  
과학·사회경제적 특징**

---

## 5.1 위험 관리 관점

기후변화 대응에 관한 의사결정에는 완화와 적응 둘 다 포함하는 반복적 위험 관리 과정이 관련되고, 실제 및 모면된 기후변화 피해, 공동이득, 지속가능성, 형평성, 위험(Risk)에 대한 자세가 고려된다. {WG II 20.9, SPM, WG III SPM}

위험 관리 기법은 부문, 지역, 시간의 다양성을 명확히 조절할 수 있다. 그러나 위험 관리 기법을 적용하려면 가장 그럴듯한 기후 시나리오에서 생길 영향에 대한 정보뿐 아니라 확률은 보다 낮지만 중요도는 더 높은 현상에서 생길 영향에 대한 정보, 정책과 대책의 결과에 대한 정보도 필요하다. 일반적으로 위험은 어떤 현상이 발생할 가능성 (likelihood)과 그 결과들로 간주한다. 기후변화 영향은 자연계와 인간계의 특징, 개발 경로, 구체적인 장소에 따라 달라진다. {SYR 3.3, 그림 3.6, WG II 20.2, 20.9, SPM, WG III 3.5, 3.6, SPM}

## 5.2 핵심 취약성, 영향, 위험 - 장기 전망

많은 위험이 보다 높은 신뢰도 속에 확인되면서 현재는

### 핵심 취약성과 UNFCCC 제2조

UNFCCC의 제2조는 다음과 같이 밝히고 있다.

“이 협약과 COP가 채택할 수 있는 법적 장치의 궁극적 목적은 기후계에 대한 인간의 위험한 간섭이 예방될 수준으로 이 협약의 조항에 따라 대기 내 온실가스 농도의 안정화를 달성하는 것이다. 이 수준은 생태계가 기후변화에 자연적으로 적응하고 식량생산이 위협 받지 않고 경제발달이 지속 가능한 방식으로 계속 나아가기에 충분한 시간 틀 내에서 달성되어야 한다.”

UNFCCC의 제2조에 관련하여 “기후계에 대한 위험한 인위적 간섭”에 포함되는 것들을 결정하는 데는 가치 판단이 관련된다. 이 문제에 관하여 과학은 어떤 취약성이 “핵심” 취약성으로 분류될 수 있는지를 판단할 기준을 제공하는 것을 포함해 정보에 입각한 결정을 뒷받침할 수 있다. {SYR 3.3, WG II 19.ES}

핵심 취약성 (key vulnerability)<sup>25)</sup>은 식량공급, 기반시설, 보건, 수자원, 해안 시스템, 생태계, 전지구 생물지구화학 순환, 빙상, 해양 및 대기의 순환모드를 비롯해 여러 기후 민감 시스템에 관련 있을 수 있다. {WG II 19.ES}

보다 자세한 정보는 미래 영향의 성격을 다루는 세계 여러 지역에서 구할 수 있으며 이전의 평가에는 포함되지 않았던 지역 중 일부의 정보도 현재는 이용 가능하다. {WG II SPM}

TAR에서 확인된 5가지 “우려하는 이유(reasons for concern)”가 더욱 확실한 것으로 평가된다. 일부는 더 증대될 것으로 또는 기온상승 폭이 감소된 수준에서 일어날 것으로 전망된다. 그 이유는 (1) 현재의 기후변동성에 대한 취약성을 포함해 지구 평균 기온의 상승과 온실가스 농도의 증가에 관련된 영향 및 위험의 크기가 더 많이 이해되었고, (2) 취약한 시스템, 부문, 집단, 지역을 특히 더 취약하게 만들 수 있는 상황이 더 정밀하게 확인되었고, (3) 온실가스 농도와 기온이 계속 증가되는 한, 수백 년 범위의 매우 큰 영향이 발생할 위험이 계속 증가할 것이라는 증거가 많아졌기 때문이다. 영향 (TAR의 “우려하는 이유”에 대한 근거)과 취약성 (영향에 적응할 능력을 포함) 간의 관계에 대한 이해가 향상되었다. {WG II 4.4, 5.4, 19.ES, 19.3.7, TS.4.6, WG III 3.5, SPM}

TAR는 기후변화에 대한 취약성이 노출, 민감도, 적응 능력의 함수라고 결론을 내렸었다. 적응은 기후변화에 대한 민감도를 감소시킬 수 있는 반면에 완화는 기후변화의 속도와 범위를 포함해 기후변화에 대한 노출을 감소시킬 수 있다. 두 결론 모두 이번 평가에서 입증되었다. {WG II 20.2, 20.7.3}

25) 핵심 취약성은 문헌에 있는 수많은 기준에 기초해 확인할 수 있다. 이런 기준으로는 영향의 크기, 발생시기, 지속성/가역성, 적응 잠재력, 분포 특성, 발생 가능성, ‘중요도’가 있다.

하나의 도량형으로는 핵심 취약성의 다양함을 설명하거나 그것들의 순위를 뒷받침할 수 없다. 그림 3.6에 이에 관련된 영향의 예를 나타냈다. 시스템의 핵심 취약성과 내포된 피해에 대한 추정치는 노출(기후변화의 속도와 크기), 민감도(부분적으로 분석되며 관련된 경우에는 발달 상태로 분석), 적응능력에 따라 달라질 것이다. 핵심 취약성 중 어떤 것은 발달이 될 수도 있다. 시스템의 상태 변화를 야기할 수 있는 출발점을 갖는 경우도 있고, 주관적으로 정의되고 그래서 사회적 가치에 좌우되는 시초가 되는 경우도 있다. {WG II 19.ES, 19.1}

TAR에서 확인된 “우려하는 이유” 5가지의 취지는 기후 위험과 핵심 취약성에 관한 정보를 종합하고 위험에 대하여 “독자들이 분석을 하는 데 도움”을 주자는 것이었다. 이 5가지 이유는 현재도 핵심 취약성을 고려하는 데 중요한 틀로 남아 있으며, AR4에서 갱신되었다. {TAR WG II 19장; WG II SPM}

- **특이하고 위험 받는 시스템에 대한 위험:** 기후변화가 특이하고 취약한 시스템(예: 극지방과 높은 산악 지대의 공동체 및 생태계)에 미치는 관측된 영향들에 대한 새롭고 강력한 증거들이 존재하며, 온도가 증가할수록 부정적 영향의 수준도 증가하였다. 온난화가 진행될수록 생물 종의 멸종 위험과 산호초의 파괴 위험도 증가한다는 것이 TAR에서 보다 더 확실하게 예측되었다. 지구 평균 온도상승이 1980~1999년 대비 1.5~2.5℃를 초과한다면 지금까지 평가된 동식물 종의 약 20~30%에 대한 멸종위험이 증가할 가능성이 높다. 지구 평균 기온이 1990년 수준보다 1~2℃ 높아지면(산업화 이전보다 약 1.5~2.5℃ 상승) 생물 다양성이 존재하는 특이하고 위험 받는 많은 시스템에 상당한 위험을 가할 것이라는 확실성은 더욱 높아진다. 산호초는 열 스트레스에 취약하여 적응능력이 낮다. 따라서 해수면 온도가 약 1~3℃ 상승하게 될 경우 산호들이 열 적응이나 열 순응을 하지 않는 한 산호 백화현상과 넓은 지역에서 폐죽음이 더 자주 발생할 것으로 예측된다. 남극지역과 작은 섬들의 원주민 공동체에서도 온난화 취약성이 증가될 것으로 예측된다. {SYR 3.3, 3.4, 그림 3.6, 표

3.2; WG II 4.ES, 4.4, 6.4, 14.4.6, 15.ES, 15.4, 15.6, 16.ES, 16.2.1, 16.4, 표 19.1, 19.3.7, TS.5.3, 그림 TS.12, 그림 TS.14}

- **극단적 기상현상의 위험:** 최근의 극단적 기상현상에 대한 반응 중 일부에서 개발도상국과 선진국 모두 TAR 보다 높은 수준의 취약성이 드러났다. 가뭄, 열파, 홍수는 물론 그것들의 악영향이 증가할 것이라는 전망의 신뢰도가 더 높아졌다. 표 3.2에 요약된 바와 같이, 가뭄, 열파, 홍수의 증가가 여러 지역에서 전망되며, 대부분은 물 스트레스와 산불 빈도의 증가, 식량생산에 대한 악영향, 보건 악영향, 홍수 위험 및 해수면 상승 이변의 증가, 기반시설 피해를 비롯한 악영향을 끼칠 것이다. {SYR 3.2, 3.3, 표 3.2; WG I 10.3, 표 SPM.2; WG II 1.3, 5.4, 7.1, 7.5, 8.2, 12.6, 19.3, 표 19.1, 표 SPM.1}
- **영향과 취약성의 분포:** 지역 간에 뚜렷한 편차가 존재하고, 경제적 입지가 가장 약한 지역이 기후변화에 가장 취약한 경우가 많고, 특히 다중적 스트레스에 직면하는 경우에는 기후 관련 피해에도 가장 위태로운 경우가 많다. 개도국은 물론 선진국에서도 빈곤층이나 노약자 같은 집단의 취약성이 더 높다는 증거가 늘고 있다. 지역별 기후변화 패턴 전망(주제 3.2 참고)과 지역별 영향전망의 신뢰도가 높아져 특별히 취약한 시스템, 부문, 지역(주제 3.3 참고)을 더 잘 파악할 수 있게 되었다. 더욱이 저위도 및 저개발 지역에서, 예를 들면 건조지대와 메가델타 지대는 일반적으로 더 높은 위험에 직면한다는 증거가 많아졌다. 아프리카는 전망된 영향의 범위, 다중 스트레스, 낮은 적응 능력 때문에 가장 취약한 대륙 중의 하나라는 것이 새 연구들에서 확증되었다. {SYR 3.2, 3.3, 5.4; WG I 11.2-11.7, SPM, WG II 3.4.3, 5.3, 5.4, 박스 7.1과 7.4, 8.1.1, 8.4.2, 8.6.1.3, 8.7, 9.ES, 표 10.9, 10.6, 16.3, 19.ES, 19.3, 표 19.1, 20.ES, TS.4.5, TS.5.4, 표 TS.1, TS.3, TS.4, SPM}
- **총체적영향 (aggregate impacts):** 기후변화에 따른 초기 시장기반 순 이득은 TAR에서 평가된 것보다

더 적은 규모에서 최고에 달할 것이고 따라서 TAR에서 평가된 것보다 더 일찍 일어날 것으로 전망된다. TAR의 추정보다 더 큰 폭의 지구 기온 상승으로 인한 피해도 TAR의 추정보다 더 크고 온난화 증가의 영향에 관한 순 비용이 시간이 지날수록 증가할 가능성이 있다. 총체적 영향은 다른 도량형으로도 정량화 되었다 (주제 3.3 참고). 예를 들면, 다음 세기의 기후변화는 해안 범람 증가, 물 공급 감소, 영양불량 증가, 보건영향 증가를 통해 수억 명에게 악영향을 끼칠 가능성이 있다. {SYR 3.3, 그림 3.6; WG II 19.3.7, 20.7.3, TS.5.3}

- **대규모 특이성 (singularity)에 대한 위험<sup>26)</sup>**: 주제 3.4에서 살펴보았듯이, 금세기 중에는 자오선 순환 (MOC)의 대규모 돌발적 변화가 일어날 가능성은 *매우 낮다*. 수 세기 동안의 지구 온난화는 열팽창만으로도 해안지역 소실 및 관련 영향을 동반하며 해수면 상승에 기여할 것이라는 *높은 신뢰가 있다*. 이 해수면 상승은 지난 20세기에 관측된 것보다 훨씬 더 클 전망이다. 그린란드 빙상과 남극 빙상이 해수면 상승에 기여할 위험이 빙상 모델의 전망보다 클지도 모르고 백 년 범위에서 발생할 수도 있다는 점이 TAR 보다 더 잘 이해되었다. 이것은 최근의 관측에서 나타나지만 AR4의 빙상 모델에 완전히 반영되지는 않은 얼음의 역학적 과정이 얼음 소실 속도를 증가시킬 수도 있기 때문이다. 그린란드 빙상이 완전히 용해되면 해수면은 약 7 m 상승될 것이고 회복 불가능할 수도 있다. {SYR 3.4; WG I 10.3, Box 10.1; WG II 19.3.7, SPM}

### 5.3 적응과 완화

적응도 완화도 단독으로는 모든 기후변화 영향을 피할 수 없다는 *높은 신뢰가 있다*. 적응은 최저 수준의 안정화 시나리오에서도 발생할 온난화 영향을 해결하는 데 단기적으로도 장기적으로도 필수적이다. 완전히 파악되지 않은 장벽, 한계, 비용이 존재한다. 적응과 완화는

서로 보완적일 수 있고, 함께 기후변화의 위험을 상당히 감소시킬 수 있다. {WG II 4.ES, TS 5.1, 18.4, 18.6, 20.7, SPM, WG III 1.2, 2.5, 3.5, 3.6}

적응은 자연 생태계 (예: 북극 해양빙 소실, 해양생태계 변동성), 산악빙하(물의 저장과 공급에 핵심 역할을 한다)의 소실, 수 미터에 달하는 해수면 상승<sup>27)</sup>에 대한 적응 등에는 비효과적일 것이다. 또한 다음 몇 십 년 이후로 전망되는 기후변화에는 타당성이 낮거나 매우 많은 비용을 요하는 경우가 많을 것이다 (예: 델타지역, 강어귀). 금세기만 해도 자연적 적응능력으로는 역부족인 생태계가 많을 것이라는 신뢰도가 높다. 게다가 효과적인 적응을 방해하는 다중 장벽과 제약이 인간계에 존재하고 있다 (주제 4.2 참고). {SYR 4.2; WG II 17.4.2, 19.2, 19.4.1}

완화되지 않은 기후변화는 장기적으로는 자연 시스템, 관리된 시스템, 인간 시스템의 적응능력을 초과할 가능성이 있다. 적응에만 의존하면 결국엔 효과적인 적응이 불가능할 정도의 또는 아주 많은 사회적, 환경적, 경제적 비용을 들여야만 가능할 정도의 기후변화가 일어날 수도 있다. {WG II 18.1, SPM}

**기후변화의 속도와 규모를 줄이기 위해 온실가스 배출량을 완화하기 위한 노력은 기후계와 사회경제적 시스템의 관성(inertia)을 고려할 필요가 있다.** {SYR 3.2, WG I 10.3, 10.4, 10.7, SPM; WG III 2.3.4}

온실가스 배출량이 안정화된 후에는 지구 평균 기온의 상승 속도가 몇 십 년 안에 느려질 것으로 예상된다. 그러나 몇 백 년 동안은 여전히 약간의 기온 상승이 있을 것으로 예상할 수 있다. 열팽창으로 인한 해수면 상승은 수세기 동안 계속될 것이나 해양이 지속적으로 열을 흡수하므로 상승속도는 안정화 이전에 도달된 속도로부터 중국에는 감소할 것이다. {SYR 3.2, WG I 10.3, 10.4, 10.7, SPM}

배출량 감축이 지연되면 보다 낮은 수준의 안정화를 달

26) 용어집 참고.

27) 수 미터의 해수면 상승에 적응하는 것은 기술적으로는 가능하지만 그러기 위해 필요한 자원이 매우 불균등하게 분포되어 있어 현실적으로 이 위험은 적응 범위를 벗어난다. {WG II 17.4.2, 19.4.1}

성할 기회는 제한되고 더 심각한 기후변화 영향이 발생할 위험은 증가한다. 모면된 기후변화 측면에서 완화 대책의 이득이 가시적으로 드러나는 데 수십 년 걸린다 해도 단계적으로 시작된 완화 조치는 장수명 탄소 집약적 기반시설과 개발경로의 폐쇄를 예방하고, 기후변화 속도를 늦추고, 더 높은 수준의 온난화에 관련된 적응 필요를 감소시킬 것이다. {WG II 18.4, 20.6, 20.7, SPM, WG III 2.3.4, 3.4, 3.5, 3.6, SPM}

안정화 수준이 낮을수록 이 최고치와 감소는 더 빨리 일어날 것이다 (그림 5.1). {WG III 3.3, 3.5 SPM}

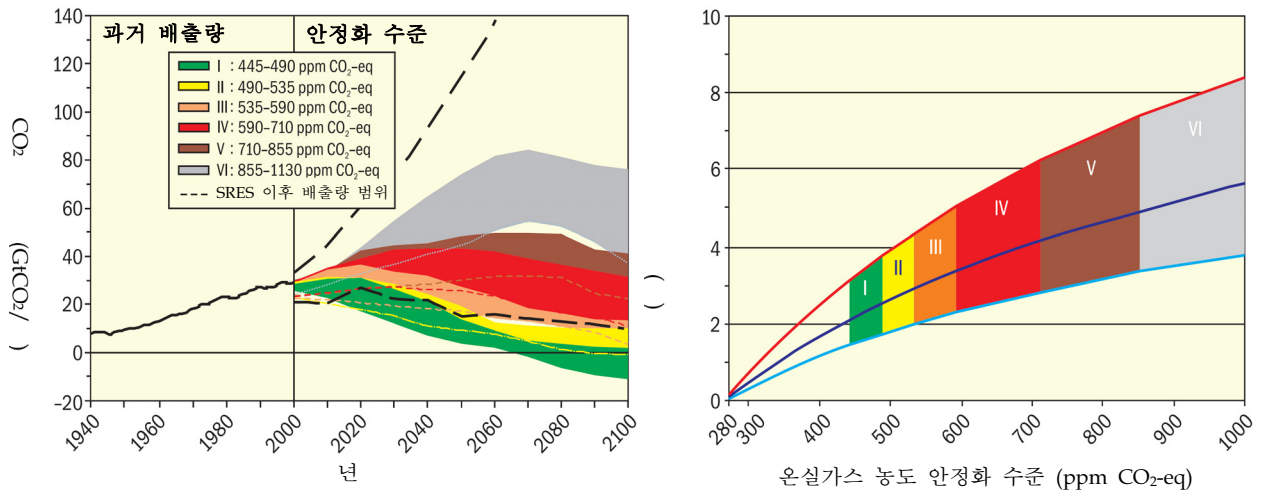
TAR 이후 모델링이 발전한 덕분에 온실가스 농도 안정화의 달성가능성과 소요비용을 탐구하기 위한 다중 가스 감축전략의 평가가 가능해졌다. 이 시나리오들은 TAR보다 더 낮은 수준의 안정화를 비롯한 더 넓은 범위의 미래 시나리오를 탐구한다 (그림 5.1)<sup>29</sup>. {WG III 3.3, 3.5, SPM}

### 5.4 안정화를 위한 배출량 계획

대기의 온실가스 농도를 안정화시키기 위해서는 배출량이 최고치에 달한 다음에는 계속 감소해야 한다<sup>28</sup>.

다음 20~30년의 완화 노력은 더 낮은 수준의 안정화를 달성할 기회에 큰 영향을 줄 것이다 (표 5.1과 그림 5.1). {WG III 3.5, SPM}

여러 안정화 수준에 관한 CO<sub>2</sub> 배출량과 평형 기온 상승



**그림 5.1.** (좌) 1940~2000년의 지구 CO<sub>2</sub> 배출량과 안정화 시나리오 범주별 2000~2100년 배출량 범위. (우) 안정화 목표수준과 가능한 평형 지구 평균 기온 상승(산업화 이전에 비한)의 관계. 평형에 근접하는 데는, 특히 안정화 수준이 높은 시나리오에서는 수 세기가 걸릴 수 있다. 각 음영의 색상은 안정화 목표에 따라 분류된 안정화 시나리오 그룹을 나타낸다(안정화 범주 I-IV). 우측 그래프는 산업화 이전의 기온과 비교한 지구 평균 기온의 변화범위로, (i) 기후 민감도 “최저 추정치”는 3°C(음영 중심의 검은색 실선), (ii) 가능한 기후 민감도 범위의 상한은 4.5°C(음영 상부의 붉은색 실선), (iii) 가능한 기후 민감도 범위의 하한은 2°C(음영 바닥의 파란색 실선)가 사용되었다. 좌측 그래프의 검은색 점선은 SRES(2000년) 이후 발표된 최근 베이스라인 시나리오들의 배출량 범위이다. 안정화 시나리오의 배출량 범위는 CO<sub>2</sub> 만의 시나리오와 다중 가스 시나리오로 나뉘고, 전체 시나리오 분포의 10~90 백분위수에 해당한다. 주의: 대부분의 모델에서 CO<sub>2</sub> 배출량에는 통나무로 벌채되고 남은 지상 바이오매스가 분해되어 배출되는 양과 토탄연소 및 토탄토양에서 배수된 물로부터 배출되는 양은 포함되지 않는다. {WG III 그림 SPM.7과 SPM.8}

28) 최고치에 달한다는 것은 배출량이 최고치에 도달한 다음에 그 뒤로는 계속 감소하는 것을 뜻한다.  
 29) 평가된 것 중 최저 완화 시나리오 범주에서는 배출량이 2015년까지 최고치에 도달하고, 최고 완화 시나리오에서는 2090년까지 최고치에 도달 한다 (표 5.1 참고). 다른 배출경로를 사용하는 시나리오들은 지구 기후변화 속도에서 상당한 차이를 보인다. {WG II 19.4}



표 5.1. TAR 이후의 안정화 시나리오의 특징과 그에 따른 장기적 지구평균 평형기온 및 해수면 상승(열팽창만 고려)<sup>3)</sup>. {WG I 10.7; WG III 표 TS.2, 표 3.10, 표 SPM.5}

범주	안정화된 CO <sub>2</sub> 농도 (2005 = 379 ppm) <sup>(b)</sup>	안정화된 CO <sub>2</sub> -상당 농도(온실가스 와 에 어려울 포함) (2005 = 375 ppm) <sup>(b)</sup>	CO <sub>2</sub> 배출량 최고 년도 <sup>(a, c)</sup>	2050년 지구 CO <sub>2</sub> 배출량 변화 (2000년도 배출량에 대한 백분율) <sup>(a, c)</sup>	산업화 이전대비 지구평균 기온상승 (평형기온, "최적 추정" 기후민감도 사용) <sup>(d, e)</sup>	산업화 이전 대비 지구평균 해수면 상승 (열팽창만 기여) <sup>(f)</sup>	평가된 시나리오의 수
	ppm	ppm	년	%	°C	m	
I	350~400	445~490	2000~2015	-85~-50	2.0~2.4	0.4~1.4	6
II	400~440	490~535	2000~2020	-60~-30	2.4~2.8	0.5~1.7	18
III	440~485	535~590	2010~2030	-30~+5	2.8~3.2	0.6~1.9	21
IV	485~570	590~710	2020~2060	+10~+60	3.2~4.0	0.6~2.4	118
V	570~660	710~855	2050~2080	+25~+85	4.0~4.9	0.8~2.9	9
VI	660~790	855~1130	2060~2090	+90~+140	4.9~6.1	1.0~3.7	5

Notes:

- a) 완화 연구에서 보고된 특정 안정화 수준을 충족시킬 배출량 감축은 탄소 순환 피드백의 누락으로 인해 과소평가되었을 수 있다 (주제2 참고).
- b) 대기 CO<sub>2</sub> 농도는 2005년에 379 ppm이었다. 모든 장수명 온실가스의 2005년도 총 CO<sub>2</sub> 상당농도 최적 추정치는 약 455 ppm이었으나 모든 인위적 강제력 요소의 순 효과를 포함시키면 375 ppm CO<sub>2</sub> 상당이 된다.
- c) 포스트-TAR 시나리오 분포의 15~85 백분위수에 해당되는 범위다. 다중 가스 시나리오를 CO<sub>2</sub>만의 시나리오와 비교하기 위해 CO<sub>2</sub> 배출량을 표시했다.
- d) 기후민감도의 최적추정치는 3°C이다.
- e) 평형된 지구 평균 기온은 기후계의 관성으로 인해 온실가스 농도 안정화 시점에 예상되는 지구 평균 기온과는 차이가 난다. 평가된 시나리오의 대다수에서 온실가스 농도의 안정화는 2100년과 2150년 사이에 이루어진다 (주석30을 참고)
- f) 평형된 해수면 상승은 해양 열팽창만의 기여도를 고려한 것이며 최소한 수 백 년 내에는 평형에 도달하지 않는다. 이 값들은 상대적으로 단순한 기후 모델 (저해상도 AOGCM 1개와 기후민감도를 3°C로 한 최적추정치에 기초한 EMICs 서너 개)을 사용해 추정된 것이며, 빙상, 빙하 및 만년설의 용해의 기여도는 포함되어 있지 않다. 장기적 열팽창은 지구가 산업화 이전보다 평균 1°C 온난화될 때마다 0.2~0.6°C 상승시킬 것으로 전망된다 (AOGCM은 대기-해양 대순환 모델 Atmosphere Ocean General Circulation Model, EMIC은 복잡도가 중간 정도인 지구시스템 모델 Earth System Models of Intermediate Complexity의 약자이다.).

표 5.1은 기후 민감도의 '최적 추정치(best estimate)'를 사용해 서로 다른 안정화 시나리오에 필요한 배출량 수준과 결과적으로 평형에 도달할 상승된 지구 평균 기온을 요약한 것이다(불확실성의 가능한 범위는 그림 5.1을 참고). 더 낮은 농도의 안정화와 그에 관련된 평형된 기온수준은 배출량이 최고치에 달하는 시점보다 먼저 일어나며, 2050년까지 더 대폭적인 배출량 감축을 요한다<sup>30)</sup>. 특정 기온 수준을 충족하는 것이 목적인 완화 시나리오에서는 기후 민감도가 주요 불확실성이다. 기후 민감도가 낮은 경우보다는 높은 경우가 기온안정화 수준에 도달할 완화 시기는 더 이르고 완화 수준은 더 엄격하다. {WG III 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, SPM}

온난화 아래서는 해수면 상승이 불가피하다. 평가된 안정화 수준 중 어느 수준에서 온실가스가 안정화되든 간

에 열팽창은 온실가스 농도가 안정화된 후에도 수 세기 동안 계속될 것이고 21세기에 전망보다 훨씬 큰 폭의 해수면 상승을 야기할 것이다 (표 5.1). 온실가스와 에 어려움이 2000년 수준으로 안정화 되었다면 열팽창 단독으로도 해수면이 0.3~0.8 m 상승될 것으로 예상할 수 있을 것이다. 산업화 이전보다 1.9~4.6°C 높은 온난화가 수 세기 동안 지속된다면 그린란드 빙상이 소실되어 중국에는 해수면이 수 m 상승될 수 있고 열팽창에 의한 상승보다 현저할 수 있다. 이 장기적 결과는 전세계의 해안선에 중대한 영향을 끼칠 것이다. 온난화에 대한 열팽창과 빙상의 장기적 반응이 함축하는 바는 온실가스 농도를 현재보다 높거나 같은 수준으로 안정화시킨다는 완화 전략으로는 해수면을 수세기 동안 안정화시키지 못한다는 것이다. {WG I 10.7}

30) 금세기의 기온변화에 대한 추정에서 안정화 시나리오에 관한 것은 AR4에서 가능하지 않다. 대부분의 안정화 수준에서 지구 평균 기온은 몇 십 년에 걸쳐 평형 수준에 접근한다. 훨씬 낮은 농도의 안정화 시나리오라면 (범주 I과 II, 그림 5.1) 평형 온도에 더 일찍 도달할 수도 있다.

탄소 순환과 기후변화 사이의 피드백은 기후변화에 대응하는 데 필요한 완화와 적응에 영향을 끼친다. 기후-탄소 순환 결합은 기후계가 온난화될수록 대기에 잔류하는 인위적 배출량 율을 증가시킬 것으로 예상된다(주제 2.3과 3.2.1 참고). 그러나 완화 연구들은 아직 이 피드백을 완전히 반영하지 못했다. 결과적으로, 표 5.1의 완화 연구들에서 보고된 특정 안정화 수준을 충족시키기 위한 배출량 감축은 과소평가되었을 수 있다. 기후-탄소 순환 피드백에 대한 현재의 이해도에 근거하여 모델 연구들이 주장하는 바는 CO<sub>2</sub> 농도를 예를 들어 450 ppm<sup>31)</sup>에서 안정화시키려면 21세기의 누적 배출량이 1800[1370~2200] GtCO<sub>2</sub>보다 적어야 할지도 모른다는 것이다. 이것은 탄소 순환 피드백을 고려하지 않고서 분석된 2460[2310~2600] GtCO<sub>2</sub>보다 약 27% 적은 양이다. {SYR 2.3, 3.2.1; WG I 7.3, 10.4, SPM}

5.5 기술 흐름과 발전

평가된 모든 안정화 수준은 기술을 개발, 습득, 활용, 보급하고 관련 장벽들을 해결하기 위한 적절하고 효과적인 인센티브가 운영된다고 가정하면 현재 이용 가능한 기술이나 앞으로 몇 십 년 안에 상용화될 것으로 예상되는 기술들을 이용해서 달성 가능하다는 높은 공감대와 많은 증거가 있다. {WG III SPM}

안정화 목표를 달성할 뿐 아니라 비용도 절감<sup>32)</sup>하기 위해서는 온실가스 배출량 저감기술의 범세계적 활용은 물론 공공 및 민간 RD&D를 통한 기술개발이 필요할 것이다. 그림 5.2는 완화 옵션의 기여도를 보여준다. 여러 기술들의 기여도는 시간과 지역에 따라 다르며, 베이스라인 개발 경로, 이용 가능한 기술과 상대적 비용, 분석된 안정화 수준에 의해 좌우된다. 평가된 수준(490~540 ppm CO<sub>2</sub>)의 하한에서 안정화를 달성하기 위해서는 초기 투자가 필요하고, 다음 몇 십 년 동안(2000~2030년) 첨단 배출량 저감기술이 매우 신속히 확산되고 상용화 되어야 하며, 장기적으로(2000~2100년)

온실가스 농도 안정화를 달성하기 위한 완화 포트폴리오

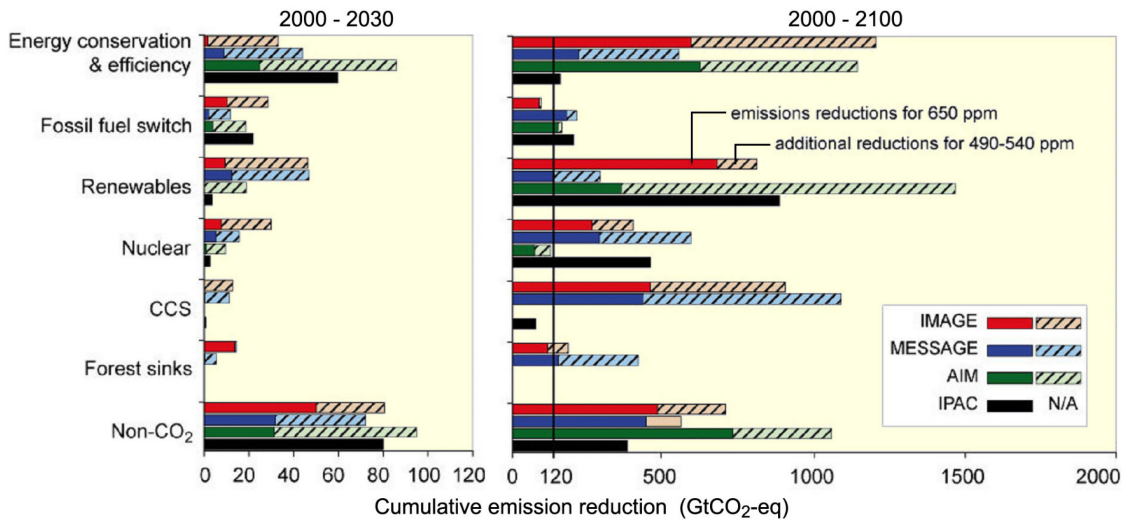


그림 5.2. 대안적 완화대책에 따른 2000~2030년(좌)과 2000~2100년(우)의 누적 배출 감축량: 설명 시나리오들을 4개 모델(AIM, IMAGE, IPAC, MESSAGE)에서 낮은 수준(490~540 ppm CO<sub>2</sub>-상당)과 중간 수준(650 ppm CO<sub>2</sub>-상당)의 안정화를 목표로 적용한 결과이다. 검정색 막대는 650 ppm CO<sub>2</sub>-상당을 목표로 한 경우의 감축분이고, 밝은색 막대는 490~540 ppm CO<sub>2</sub>-상당을 달성하기 위한 추가 감축분이다. AIM과 IPAC은 산림의 CO<sub>2</sub> 흡수 강화를 완화를 고려하지 않고 AIM은 CO<sub>2</sub> 포획저장(CCS)을 통한 완화를 고려하지 않는다는 점을 유의해야 한다. 또한 총 에너지 공급에서 저탄소 에너지 옵션이 차지하는 비율은 이 옵션들을 베이스라인에 포함시켜 분석된다는 점도 유의해야 한다. CCS에는 바이오매스에서 나오는 CO<sub>2</sub>의 포획과 저장이 포함된다. 산림에 의한 CO<sub>2</sub> 흡수에는 산림벌채에서 나오는 배출량 감축분이 포함된다. 이 그림은 베이스라인 시나리오에 따른 배출량 감축을 보여주는데 2000~2100년의 누적 감축량은 6000~7000 GtCO<sub>2</sub>-상당이다. {WG III 그림 SPM.9}

31) 1000 ppm CO<sub>2</sub>에서 안정화시키기 위해서는 이 피드백의 누적 배출량이 모델 평균으로 대략 5190 [4910~5460] GtCO<sub>2</sub>에서 대략 4030 [3590~4580] GtCO<sub>2</sub>로 감축되어야 한다. {WG I 7.3, 10.4, SPM}

32) 대부분의 에너지 연구 프로그램에서 말 그대로 정부 자금제공은 거의 20년 동안 변화가 없거나 오히려 감소했으며(UNFCCC가 발효된 후에도 마찬가지였음), 현재는 1980년 수준의 거의 절반에 지나지 않는다. {WG III 2.7, 3.4, 4.5, 11.5, 13.2}

완화 옵션이 더 많이 기여해야 한다. 이를 위해서는 기술의 개발, 습득, 활용, 보급을 가로막는 장벽을 적절한 인센티브를 동원해 효과적으로 해결하는 것이 필요하다. {WG III 2.7, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 4.4, 4.6, SPM}

지속적 투자흐름과 효과적인 기술 전달이 없으면 배출량 감축을 상당한 규모로 달성하기는 어려울지 모른다. 탄소저감기술의 증분 비용에 대한 자금조달을 유동화하는 것이 중요하다. {WG III 13.3, SPM}

서로 다른 기술들의 미래 기여도는 불확실성이 크다. 그러나 평가된 모든 안정화 시나리오는 금세기에 60~80%의 감축이 에너지 공급과 사용, 산업공정에서 이루어질 것이라는 데 일치한다. 비(非)CO<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 토지사용 및 산림을 포함해 완화 옵션은 융통성과 비용 효율이 크다. 에너지 효율은 여러 시나리오에서 대부분의 지역과 시간대에 핵심 역할을 한다. 낮은 안정화 수준일수록 시나리오들은 재생에너지나 원자력발전 같이 탄소배출이 적은 에너지원과 탄소 포획저장(CCS)을 더 많이 중시한다. 이런 시나리오에서는 에너지 공급의 탄소 원단위(carbon intensity)와 전체 경제를 개선하는 일이 과거보다 더 신속히 이루어져야 한다(그림 5.2). {WG III 3.3, 3.4, TS.3, SPM}

### 5.6 완화 비용과 장기 안정화 목표

완화의 거시경제 비용은 일반적으로 안정화 목표가 엄격할수록 증가한다. 그리고 높은 배출수준이 특징인 베이스라인 시나리오에서 유도되는 경우에도 상대적으로 비용이 크다. {WG III SPM}

710 ppm CO<sub>2</sub>-상당과 445 ppm CO<sub>2</sub>-상당 사이의 안정화를 위한 복합적 가스 감축의 2050년 지구 평균 거시경제 비용은 지구 GDP 1% 증가와 5.5% 감소 사이에 들 것이라는 높은 공감대와 보통의 증거가 있다 (표 5.2). 이것은 지구 GDP의 평균 연간 성장률이 0.12% 포인트 둔화되는 것에 해당한다. 2050년에 비해 2030년까지의 추정 GDP 손실은 평균적으로 더 적고 범위도 더 좁다

(표 5.2). 구체적으로 국가와 부문별로 살펴보면 지구평균과 상당한 차이가 난다.<sup>33)</sup>{WG III 3.3, 13.3, SPM}

### 5.7 지구 및 지역 차원의 비용, 이득, 모면된 기후영향

기후변화의 영향은 지역에 따라 다를 것이다. 현재까지의 상황만 종합해 보면, 기후변화 영향은 지구기온이 상승함에 따라 시간에 비례해 순 연간비용이 증가될 가능성이 높다. {WG II SPM}

지구 평균 기온이 1980~1999년 수준보다 1~3℃미만 상승하는 경우, 일부 영향은 일부 지역과 일부 부문에서 시장 이득을 창출하지만 그와 동시에 다른 지역과 다른 부문에서는 비용을 부가시킬 것으로 전망된다. 4℃만 큼 온난화 되는 경우, 지구 평균 손실은 GDP의 1~5%가 될 수 있지만 지역적 손실은 그보다 상당히 더 클 수도 있다. {WG II 9.ES, 10.6, 15.ES, 20.6, SPM}

검토를 거친 2005년도 탄소 사회비용 추정치(기후변화로 인한 순 경제비용을 현재까지로 국한하여 지구 전체로 종합한 것)는 평균 12 US\$/ton CO<sub>2</sub>이지만 100회 추정된 결과는 범위가 넓다 (-\$3~ \$95/ton CO<sub>2</sub>). 발표된 증거자료들의 범위를 보면, 기후변화의 순 피해비용은 상당히 크고, 시간이 지날수록 증가할 것으로 전망된다. {WG II 20.6, SPM}

지구 전체적인 종합 수치는 많은 정량 불가능한 영향을 포함하지 못하므로 피해비용을 과소평가했을 가능성이 높다. 비용의 종합적 추정치는 부문, 지역, 국가, 인구집단 간 영향의 큰 차이를 반영하지 못했다는 것이 사실상 확실하다. 순비용은 일부 지역과 높은 노출, 높은 민감도, 낮은 적응능력을 가진 인구집단에서는 지구 평균보다 상당히 클 것이다. {WG II 7.4, 20.ES, 20.6, 20.ES, SPM}

완화의 지구적 비용과 이득에 대한 통합 분석에서 나온 한정적인 초기 결과는 비용과 이득이 규모 면에서 서로 비슷하다는 것을 보여주지만 이득이 비용을 초과할 수

33) 비용 추정과 모델 가정에 대한 자세한 내용은 주석 24를 참고.

있는 배출경로나 안정화 수준은 아직 명확히 분석해 내지 못한다. {WG III SPM}

완화 비용과 모면된 피해를 비교하기 위해서는 서로 다른 곳과 서로 다른 시점에 사는 사람들의 복지에 미치는 영향을 지구적 종합 복지 대책에 결합하는 것이 필

요할 것이다. {WG II 18.ES}

온실가스 감축의 규모와 시기를 선택할 때는 더 신속한 배출량 감축의 경제 비용과 감축이 지연될 경우의 중장기 기후위험의 균형을 맞추어야 한다. {WG III SPM}

표 5.2. 2030년과 2050년의 지구 거시경제 비용 추정치. 비용은 장기 안정화 수준별 최소비용 궤도의 기준선을 이용하였다. {WG III 3.3, 13.3, 표 SPM.4와 SPM.6}

안정화 수준 (CO <sub>2</sub> -상당ppm)	GDP 감소 중간값 <sup>(a)</sup> (%)		GDP 감소 범위 <sup>(b)</sup> (%)		평균 연간 GDP 성장률의 감소 (% 포인트) <sup>(c), (e)</sup>	
	2030년	2050년	2030년	2050년	2030년	2050년
445~535 <sup>(d)</sup>	유효 자료 없음		< 3	< 5.5	< 0.12	< 0.12
535~590	0.6	1.3	0.2~2.5	약간 마이너스 ~4	< 0.1	< 0.1
590~710	0.2	0.5	-0.6~1.2	-1~2	< 0.06	< 0.05

Notes:

- 이 표의 값들은 GDP 수치를 제시하는 모든 베이스라인 시나리오와 완화 시나리오의 전체 문헌과 일치한다.
- (a) 시장의 환율에 기초한 전세계 GDP
- (b) 해당되는 곳에는 분석된 데이터의 10 백분위수와 90 백분위수 범위를 표시했다. 마이너스 값은 GDP 증가를 뜻한다. 첫줄 (445~535 ppm CO<sub>2</sub>-상당)은 문헌의 상한 추정치만을 제시했다.
- (c) 연간 성장률의 감소는 평가된 기간의 감소를 평균한 값으로서 결국 2030년과 2050년까지 그만큼 감소하게 된다.
- (d) 연구의 수가 상대적으로 적은데다가 이 연구들은 일반적으로 낮은 베이스라인을 사용하였다. 높은 배출량 베이스라인의 경우에는 일반적으로 이보다 큰 비용을 보인다.
- (e) 이 값들은 3열에 표시한 GDP 감소율의 최고 추정치에 해당한다.

완화를 통해 많은 영향을 피하거나 감소시키거나 지연시킬 수 있다. {WG II SPM}

안정화 시나리오를 평가한 영향 평가의 수가 몇 안 되어서 안정화된 기후에 대한 전망의 불확실성을 완전히 반영하지는 못하지만, 그래도 서로 다른 양의 배출량 감축으로부터 피해가 모면되고 위험이 감소되는 것을 보여준다. 미래의 인위적 기후변화와 그에 관련된 영향의 속도 및 크기는 배출 경로에 영향을 주는 대체 사회경제적 미래와 완화 조치를 정하는 인간의 선택에 의해 결정된다. 그림 3.2는 대체 SRES 배출 시나리오들이 21세기의 기후변화에 상당한 차이를 가져올 수 있을 것임을 보여준다. 그림 3.6에서 고온 쪽 끝에서 나타날 영향의 일부는 배출량을 제한하는 사회경제 개발경로와 그 덕분에 기후변화가 그림 3.6의 범위의 하한을 향하게 됨으로써 모면될 수 있다. {SYR 3.2, 3.3, WG III 3.5, 3.6, SPM}

그림 3.6은 완화된 온난화가 어떻게 하여 상당수의 생태계에 영향을 줄 위험, 멸종 위험, 일부 지역의 곡물 생산성을 하락시킬 가능성을 줄일 수 있는지를 보여준다. {SYR 3.3, 그림 3.6, WG II 4.4, 5.4, 표 20.6}

## 5.8 환경 및 지속가능성 문제

**지속 가능한 발전은 기후변화에 대한 취약성을 감소시킬 수 있고, 기후변화는 국가가 그러한 지속 가능한 발전 경로를 달성할 능력을 저해할 수 있다. {WG II SPM}**

기후변화는 직접적으로 악영향에 대한 노출 증대를 통해 혹은 간접적으로 적응능력 퇴화를 통해 지속 가능한 발전을 향한 전진 속도를 늦출 가능성이 높다. 다음 50년 동안 기후변화는 천년 개발 목표(Millennium Development Goals)를 달성하는 데 지장을 줄 수도 있다. {WG II SPM}

기후변화는 물, 토양오염, 대기오염, 보건위험, 재난위험, 산림벌채를 포함해 지구의 환경과 자연자원에서 보이는 여타 경향들과 모든 규모에서 상호작용 할 것이다. 완화와 적응의 통합 대책이 없다면 미래에는 그것들의 영향이 결합되어 복합적으로 나타날 수도 있다. {WG II 20.3, 20.7, 20.8, SPM}

**좀 더 지속 가능한 발전을 한다면 완화 및 적응 능력이 강화될 수 있고, 배출량이 감소되고 취약성이 감소될 수 있다. 그러나 그것을 이행하는 데는 장벽이 있을 수 있다. {WG II 20.8, WG III 12.2, SPM}**

적응능력과 완화 능력 둘 다 지속 가능한 발전을 통해 강화될 수 있다. 지속 가능한 발전은 기후 민감도를 (적응을 통해) 감소시키거나 또는 노출을 (완화를 통해) 감소시킴으로써 기후변화에 대한 취약성을 감소시킬 수 있다. 그러나 현재로서는 지속 가능성을 촉진시키기 위한 계획 중에 기후변화 영향에 대한 적응이나 적응능력 촉진을 명확히 포함한 것이 거의 없다. 발전경로를 변경하는 것은 완화에 중대하게 기여할 수 있지만 여러 장벽을 극복할 자원이 필요할 수 있다. {WG II 20.3, 20.5, SPM, WG III 2.1, 2.5, 12.1, SPM}

# 6

---

## 확실한 발견과 주요 불확실성

---

## 확실한 발견과 주요 불확실성

TAR에서와 마찬가지로, 기후변화에 관한 확실한 발견은 다양한 접근법, 방법, 모델 및 가정 아래서 갖는 발견으로 정의되며, 비교적 불확실성의 영향은 받지 않을 것으로 예상된다. 주요 불확실성은 만약 그 불확실성이 낮아지는 경우엔 새로운 확실한 발견이 될 수도 있는 것들이다. {TAR SYR Q.9}

확실한 발견들이 AR4의 모든 주요 발견을 아우르지 않는다. 불확실성이 크더라도 일부 주요 발견은 정책과 관련될 수도 있다. {WG II 20.9}

아래 나열된 확실한 발견과 주요 불확실성은 완전한 전체 목록이 아니다.

### 6.1 관측된 기후변화, 영향 및 원인

#### 확실한 발견

기후계의 온난화는 확실하다. 그간 관측된 지구 평균 기온 및 해수면의 상승, 널리 일어나는 눈과 얼음의 용해, 지구 평균 해수면의 상승으로 보아 명백하다. {WG I 3.9, SPM}

모든 대륙과 일부 해양의 많은 자연계가 지역적 기후변화의 영향을 받고 있다. 여러 물리 및 생물계에서 관측된 변화들은 온난화와 일치한다. 1750년 이후로 해양에 인위적 CO<sub>2</sub>가 흡수된 결과로 표층해양의 산성화가 심해졌다. {WG I 5.4, WG II 1.3}

전지구 총 인위적 온실가스 연간 배출량은 각 온실가스의 100년 지구 온난화 지수(GWP)를 가중치로 적용했을 때 1970년부터 2004년 사이에 70% 증가했다. 인위적 배출의 결과로 현재 대기의 N<sub>2</sub>O 농도는 산업화 이전 수천 년 동안의 농도보다 훨씬 높은 상태이다. 현재의 메탄과 CO<sub>2</sub> 농도는 지난 650,000년 동안의 자연적 범위를 훨씬 초과했다. {WG I SPM; WG III 1.3}

지난 50년 동안의 지구 평균 온난화의 대부분은 인위적 온실가스의 증가 때문일 가능성이 높고, 각 대륙(남극대륙은 예외)에서 뚜렷한 인위적 온난화가 평균화되었을 가능성이 있다. {WG II 1.4, SPM}

#### 주요 불확실성

기후데이터는 일부 지역에서 여전히 제한적이다. 자연계와 관리된 계(managed system)에서 관측된 변화에 관한 데이터와 문헌은 지리적 불균형이 심하고, 개도국의 데이터는 확연히 부족하다. {WG I SPM, WG II 1.3, SPM}

가뭄, 열대성 저기압, 극단적 기온현상, 강수의 빈도와 세기를 포함해 이변현상의 변화를 분석하고 모니터링하는 것은 기후 평균을 다루는 경우보다 공간적, 시간적 해상도가 더 높은 더 긴 시계열이 필요하기 때문에 더 어렵다. {WG I 3.8, SPM}

적응과 비기후적 동인 때문에 인간계와 일부 자연계에 대한 기후변화의 결과는 탐지하기 어렵다. {WG II 1.3}

관측된 기온변화를 대륙보다 작은 범위에서 시뮬레이션하고 자연적 혹은 인위적 원인을 밝혀내는 일은 여전히 어렵다. 이런 작은 범위에서는 토지사용 변화나 오염 같은 인자들도 물리 및 생물계에 대한 인위적 온난화 영향의 탐지를 복잡하게 만든다. {WG I 8.3, 9.4, SPM, WG II 1.4, SPM}

토지사용 변화로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량의 규모와 개별 발생원의 메탄 발생량 규모는 주요 불확실성으로 남아 있다. {WG I 2.3, 7.3, 7.4, WG III 1.3, TS.14}

### 6.2 미래 기후변화의 동인과 전망 및 영향

#### 확실한 발견

현재의 기후변화 완화 정책과 관련 지속 가능한 발전 관행에서는 지구 온실가스 배출량이 다음 몇 십 년 동안에

도 계속 증가할 것이다. {WG III 3.2, SPM}

다음 20년 동안 약 0.2°C/10년의 온난화가 여러 SRES 배출 시나리오에서 전망된다. {WG I 10.3, 10.7, SPM}

온실가스 배출량이 현재 속도보다 높거나 같게 계속된다면 21세기에 지구 기후계는 더욱 온난화 되고 많은 변화를 겪을 것이다. 그것은 20세기에 관측된 것보다 더 클 가능성이 높다. {WG I 10.3, 11.1, SPM}

미래에 육지는 주변 해양보다 더 많이 온난화되고 북반구 고위도일수록 더 많이 온난화되는 패턴이 모든 시나리오에서 나타난다. {WG I 10.3, 11.1, SPM}

온난화는 육지 생태계를 감소시키고 해양의 대기 CO<sub>2</sub> 흡수를 감소시켜 인위적 배출량의 대기 잔류분율을 증가시키는 경향이 있다. {WG I 10.7, SPM}

온실가스 농도가 안정화되기 충분한 정도로 온실가스 배출량이 감소되더라도 인위적 온난화와 해수면 상승은 기후과정과 피드백에 관련된 시간 때문에 수 세기 동안 계속될 것이다. {WG I 10.7, SPM}

평형 기후 민감도가 1.5°C보다 낮을 가능성은 매우 적다. {WG I 8.6, 9.6, 박스 10.2, SPM}

일부 시스템, 부문, 지역은 기후 변화에 의해 특히 영향 받을 가능성이 있다. 이에 속하는 시스템과 부문은 일부 생태계[툰드라, 아한대림, 산악, 지중해성, 맹그로브(홍수림), 염습지, 산호초, 해양빙 생물군계], 저지대 해안, 건조 열대 및 아열대 지역과 눈과 얼음 녹은 물에 의존하는 지역의 수자원, 저위도 지역의 농업, 적응능력이 낮은 지역의 보건이다. 영향에 취약한 지역에 속하는 곳은 북극, 아프리카, 작은 섬, 아시아 및 아프리카의 메가델타 지역이다. 소득이 높은 지역에서조차도 일부 인구, 지역, 활동은 특별히 위험할 수 있다. {WG II TS.4.5}

영향은 일부 극단적 기상현상의 빈도와 세기가 증가함에 따라 심화될 가능성이 높다. 최근의 기상현상은 선진국을 포함해 일부 부문과 지역이 열파와 열대성 저기압,

홍수와 가뭄에 취약하다는 것을 입증하여 TAR의 발견에 비해 우려할 만한 확실한 이유를 제공했다. {WG II 표 SPM.2, 19.3}

### 주요 불확실성

평형 기후 민감도의 불확실성은 CO<sub>2</sub>-상당 안정화 시나리오의 예상 온난화에 불확실성을 낳는다. 탄소 순환 피드백의 불확실성은 특정 안정화 수준을 달성하는 데 필요한 배출량 궤도에 불확실성을 낳는다. {WG I 7.3, 10.4, 10.5, SPM}

모델에 따라 기후계의 여러 피드백의 세기, 특히 구름 피드백, 해양의 열 흡수, 탄소 순환 피드백의 세기에 대한 추정치에서 상당히 차이가 나지만 이전 보다는 진전되었다. 또한 전망의 신뢰도는 다른 변수(예: 강수)에 비해 온도 변수에서 신뢰도가 높고, 공간 범위가 더 넓고 더 긴 시간을 평균할수록 더 높다. {WG I 7.3, 8.1-8.7, 9.6, 10.2, 10.7, SPM; WG II 4.4}

에어러솔이 온도 반응의 크기, 구름, 강수량에 미치는 영향은 여전히 불확실하다. {WG I 2.9, 7.5, 9.2, 9.4, 9.5}

미래에 얼음흐름의 변화로 인한 그린란드 및 남극 빙상의 질량변화는 해수면 상승 전망을 증가시킬 수도 있는 중대한 불확실성 중의 하나이다. 열이 해양으로 침투하는 것의 불확실성도 미래의 해수면 상승 불확실성에 기여한다. {WG I 4.6, 6.4, 10.3, 10.7, SPM}

21세기 이후의 대규모 해양순환 변화는 그린란드 빙상의 용해수 공급과 온난화에 대한 모델 반응의 불확실성 때문에 신뢰할만하게 평가되지 못한다. {WG I 6.4, 8.7, 10.3}

2050년 이후 기후변화의 전망과 영향은 시나리오와 모델에 따라 차이가 크다. 전망을 향상시키기 위해서는 불확실성의 원인에 대한 이해가 향상되어야 하고 체계적인 관측망이 강화되어야 한다. {WG II TS.6}

영향 연구는 기후변화, 특히 강수량의 지역 전망을 둘러



싼 불확실성 때문에 지장이 있다. {WG II TS.6}

확률은 낮고 영향은 큰 현상들에 대한 이해와 그보다 사소한 일련의 현상들의 누적 영향에 대한 이해가 일반적으로 부족한 상태다. 위험 기반의 의사결정을 하기 위해서는 그것들에 대한 이해가 필요하다. {WG II 19.4, 20.2, 20.4, 20.9, TS.6}

### 6.3 기후변화에 대한 반응

#### 확실한 발견

(인간 활동의) 계획된 적응 중 일부는 현재 실시되고 있다. 기후변화에 대한 취약성을 감소시키기 위해서는 좀 더 포괄적인 적응이 필요하다. {WG II 17.ES, 20.5, Table 20.6, SPM}

완화되지 않은 기후변화는 장기적으로 자연계, 관리되는 계 및 인간계의 적응능력을 초과할 가능성이 있다. {WG II 20.7, SPM}

다양한 완화 옵션이 현재 이용 가능하고, 2030년까지는 모든 부문에서 이용 가능할 것으로 전망된다. 그 경제적 완화 잠재력은 전망된 지구 배출량 증가율을 상쇄하거나 배출량을 2030년에 현재 수준 이하로 감축을 충족하려면 순 마이너스 비용부터 최대 100 US\$/tCO<sub>2</sub>-상당의 비용이 들어갈 것이다. {WG III 11.3, SPM}

완화를 통해서 많은 영향을 감소시키거나 지연시키거나 피할 수 있다. 다음 20~30년 동안의 완화 노력과 투자는 보다 낮은 안정화 수준을 달성할 기회에 크게 영향을 줄 것이다. 배출량 감축이 지연되면 낮은 안정화 수준을 달성할 기회가 상당히 제약되고 더 심각한 기후변화 영향이 발생할 위험이 증가된다. {WG II SPM, WG III SPM}

평가된 온실가스 농도에 대한 안정화 수준의 범위는 현재 이용 가능하거나 앞으로 수십 년 내에 상용화되리라 예상되는 기술들을 활용하여 달성될 수 있다. 단, 적절하고 효과적인 인센티브가 실시되어야 하고 장벽이

제거되어야 한다는 전제가 필요하다. 더욱이 기술성능 향상, 비용 절감, 신기술의 사회적 수용 달성을 위해서는 RD&D가 더욱 필요할 것이다. 안정화 수준이 낮을수록, 다음 몇 십 년 동안 신기술에 대한 투자는 더 많이 필요해진다. {WG III 3.3, 3.4}

발전 경로를 변경함으로써 개발을 좀 더 지속 가능하게 하면 기후변화 완화 및 적응과 취약성 감소에 중대하게 기여할 수 있다. {WG II 18.7, 20.3, SPM; WG III 13.2, SPM}

거시경제 정책, 그리고 기후변화와는 무관해 보이는 다른 정책들에 대한 결정은 배출량에 크게 영향을 끼칠 수 있다. {WG III 12.2}

#### 주요 불확실성

개발 계획자가 기후 취약성과 기후변화에 대한 정보를 의사결정에 어떻게 결합하느냐에 대한 이해가 제한적이다. 이 때문에 취약성의 통합적 평가가 제한된다. {WG II 18.8, 20.9}

적응 및 완화 능력의 전개와 활용은 근본적인 사회경제적 개발 경로에 따라 달라진다. {WG II 17.3, 17.4, 18.6, 19.4, 20.9}

적응의 장벽, 한계, 비용이 완전히 이해되지 않았다. 효과적인 적응 대책은 특정 지리적 인자와 기후 위험 인자 뿐 아니라 제도적, 정치적, 재정적 제약점에 크게 좌우되기 때문이다. {WG II SPM}

완화비용과 완화 잠재력에 대한 추정치는 미래의 사회경제적 성장률, 기술변화, 소비패턴에 대한 가정에 따라 달라진다. 불확실성은 기술 확산의 동인과 장기적으로 기술이 성과가 있을 잠재력, 비용 개선에 관한 가정에서 발생한다. 또한 행동과 라이프스타일의 변화에 따른 결과에 대해서는 알려진 바가 거의 없다. {WG III 3.3, 3.4, 11.3}

배출량에 관한 비기후적 정책의 효과는 거의 정량되지 않았다. {WG III 12.2}

## 부록 I

---

### 사용자 가이드와 세부정보 입수 방법

IPCC 절차서에 정의된 바와 같이, 이 종합보고서(SYR)는 IPCC 평가보고서(Assessment Report)와 특별보고서(Special Report)에 포함된 자료를 취합하여 통합한다. 제4차 평가보고서(AR4)의 SYR의 범위는 AR4의 3개 실무그룹 보고서에 담긴 자료를 포함하며, 필요할 때마다 다른 IPCC 보고서에 담긴 정보들을 이용한다. 이 SYR은 IPCC 실무그룹들의 평가에 전적으로 기초하며, 그 일차적 과학 문헌 자체를 참조하거나 평가하지 않는다.

이 SYR은 이것만으로도 내용을 파악할 수 있도록 작성되었으나 이것의 근간이 된 실무그룹 보고서의 보다 풍부한 정보를 매우 응축시킨 요약도 제공한다. 독자는 필요한 세부 수준의 관련 자료를 아래 방식으로 입수할 수 있다.

- SYR의 정책결정자를 위한 요약서(SPM)는 기후변화의 사회적, 기술적, 사회경제적 특징에 대해 현재 이해된 것들을 가장 응축시켜 제시한 것이다. 이 SPM에서 등근 괄호에 표시된 참고문헌은 SYR 원본의 섹션 번호를 뜻한다.
- SYR의 서론과 6개 주제는 SYR SPM보다 더 상세하고 포괄적인 정보를 제공한다. SYR에서 등근 괄호에 표시된 참고문헌은 AR4 3개 실무그룹 보고서의 장 번호, SPM, 기술요약문(TS)을 나타내며, 어떤 경우에는 SYR 자체의 다른 주제 섹션을 나타내기도 한다. IPCC TAR(2001)을 나타내는 참조는 언급된 보고서 앞에 "TAR"이라고 표시하였다.
- SYR의 기초가 된 과학적 세부내용을 더 잘 이해하고 싶거나 일차적 과학 자료를 입수하고 싶은 독자는 SYR에 인용된 근본 실무그룹 보고서의 장 번호를 참고하면 된다. 실무그룹 보고서의 각 장은 IPCC 평가의 기초가 된 방대한 일차적 과학 자료들을 참고자료로서 제공하고 있다. 또한 가장 상세한 지역별, 부문별 정보도 제공한다.

가급적 각계의 독자들이 이 보고서를 잘 활용할 수 있도록 아래에 용어집, 동의어 목록, 약자와 과학 단위, 인덱스를 제공하였다.

## 부록 II

### 용어

감수자: Alfons P.M. Baede (네덜란드)

공동 감수자: Paul van der Linden (영국), Aviel Verbruggen (벨기에)

이 용어집은 IPCC 제4차 평가보고서(AR4)에서 발표한 용어집에 기초한다. 각계의 독자들이 이 용어집을 활용할 수 있도록 추가 용어, 일관성, 정의 축약에 관해 추가작업을 하였다.

이탤릭체 표시는 아래와 같은 의미다.

**용어집 단어 참조:** 용어집 2차 참조(즉, IPCC AR4에 제출된 실무그룹 보고서의 용어집에 들어있거나 이 용어집의 용어설명 부분에 정의되어 있는 용어).

#### A.

##### 돌발적 기후 변화(Abrupt climate change)

기후계의 비선형성 때문에 돌발적 기후변화가 일어날 수 있다. 이것은 급속한 기후변화, 돌발적 현상, 혹은 기습이라고도 불린다. “돌발적(abrupt)”이라는 용어는 원인 강제력의 전형적인 시간범위보다 더 급속한 시간범위를 말한다. 그러나 모든 돌발적 기후변화에 외부 강제력이 필요하지는 않다. 가능한 돌발 현상으로 제기된 것들로는 열염순환(thermohaline circulation)의 극적인 재편성, 급속한 용해(deglaciation), 영구동토(permafrost)의 대량 해동 혹은 탄소 순환의 급속한 변화로 이어지는 토양 호흡작용의 증가 등이 있다. 비선형계의 급속히 변화하는 강한 강제력으로 인한 완전히 예상 밖의 현상도 있을 수 있다.

##### 복사의 흡수, 산란, 방출(Absorption, scattering and emission of radiation)

전자기 복사는 가스의 원자와 분자 형태이든(예: 대기의 가스) 액체나 고체 입자 형태이든(예: 에어러솔) 여러 방식으로 물질과 상호작용 할 수 있다. 물질 자체가 그 구성과 온도에 따라 복사를 방출한다. 복사는 물질에게 흡수될 수 있고 그렇게 흡수된 에너지는 전달되거나 다시 방출 될 수 있다. 결국 복사는 물질과의 상호작용 결과로 원래의 경로로부터 이탈될 수 있다(산란).

##### 공동이행 활동(Activities Implemented Jointly; AIJ)

선진국( 및 자국 회사들) 간, 선진국과 개도국( 및 자국 회사들) 간의 프로젝트 활동을 허락하는 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)의 4조 2(a)에 정의된 공동이행 시험단계이다. AIJ는 UNFCCC 당사국들이 공동이행 프로젝트에서 경험을 쌓

을 수 있게 하기 위한 것이다. AIJ 프로젝트들의 미래와 그 프로젝트들이 교토 의정서 체제와 어떻게 관련될 수 있는가에 관한 결정이 남아 있다. 간단한 배출권 거래 형태인 AIJ와 기타 시장 기반의 구도들은 배출량 감축을 위한 추가 자원 흐름을 자극할 잠재적 메커니즘을 대표한다. 청정 개발 체제, 배출량 거래 참고.

##### 적응(Adaptation)

실제 혹은 예상 기후변화 결과에 대한 자연계와 인간계의 취약성을 감소시킬 이니셔티브와 대책. 예기적 적응(anticipatory adaptation)과 대응적 적응(reactive adaptation), 민간 적응과 공공 적응, 자율적 적응(autonomous adaption)과 계획 적응(planned adaptation) 등 다양한 적응유형이 존재한다. 예를 들면, 강과 해안의 둑 높이기, 온도 충격에 민감한 식물을 좀 더 강한 식물로 대체하기 등이 있다.

##### 적응 이득(Adaptation benefits)

적응과 적응대책의 이행 후에 모면된 피해 비용 혹은 발생한 이득.

##### 적응 비용(Adaptation costs)

과도비용을 포함해서 적응대책을 계획, 준비, 촉진, 이행하는데 드는 비용.

##### 적응 능력(Adaptive capacity)

한 국가나 지역이 효과적인 적응 대책을 이행할 능력, 자원 및 제도의 종합

##### 에어러솔(Aerosols)

공기 중의 고체나 액체 입자들. 전형적인 크기는 0.01~10 μm

(1 mm의 1/1000)이며, 대기에 수 시간 동안 잔류한다. 에어러솔은 자연적으로 발생하거나 **인위적**으로 발생할 수 있다. 에어러솔은 몇 가지 방식으로 **기후**에 영향을 줄 수 있다. 직접적으로는 복사를 산란시키고 **흡수**하여, 간접적으로는 구름 응결핵으로 작용하거나 구름의 광학특성과 수명을 변경시켜 기후에 영향을 준다.

### 조림(Afforestation)

과거에(최소 50년 간) 숲이 없었던 토지에 새로이 숲을 조성하는 것. **산림(forest)**과 조림(afforestation), **재조림(reforestation)**, **산림벌채(deforestation)** 등 관련 용어에 관해서는 <IPCC 특별 보고서: 토지사용, 토지사용 변화 및 산림(IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry)> (IPCC, 2000)을 참고한다. 또한 <인간에 의한 직접적인 산림 붕괴 및 식생 붕괴로 인한 인벤토리 배출량의 정의와 방법론적 옵션에 관한 보고서(Report on Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types)> (IPCC, 2003)을 참고한다.

### 종합 영향(Aggregate impacts)

부문과 **지역**을 통틀어 종합한 총 **영향**. 영향을 종합하기 위해서는 서로 다른 부문과 지역에서 영향의 상대적 중요도를 알아야 한다(혹은 가정해야 한다). 종합 영향에 대한 대책에는 영향 받는 사람들의 수, 혹은 총 경제비용이 포함된다.

### 알베도(Albedo)

표면이나 물체에 반사되는 **태양복사(solar radiation)** 분율이며 %로 표현한다. 눈에 덮인 표면은 알베도가 높고, 토양 표면의 알베도는 높은 곳부터 낮은 곳까지 다양하다. 식생으로 덮인 표면과 해양의 알베도는 낮다. 행성으로서 지구의 알베도는 주로 구름의 양, 눈, 얼음, 나뭇잎, 토양피복의 변화에 따라 달라진다.

### 알베도 피드백(Albedo feedback)

지구의 **알베도** 변화에 관련된 **기후 피드백**. 보통은 **빙권(cryosphere)**의 변화를 말한다. 빙권의 알베도(~0.8)는 평균 지구알베도(planetary albedo, ~0.3)보다 훨씬 크다. 온난화 되는 기후에서는 빙권이 축소될 것으로 예상되므로, 지구의 전반적 알베도는 감소하고 **태양복사**는 더 많이 흡수되어 지구가 더욱 온난화될 것이다.

### 적조현상(Algal bloom)

호수, 강, 바다의 조류가 폭발적으로 번식한 것.

### 고산(Alpine)

생물지리학적으로 수목한계선 위는 비탈로 되어 있고, 로제트(rosette)를 형성하는 초본 식물과 키가 작고 느리게 자라는 목본 식물이 존재하는 것이 특징인 지대.

### 부속서 I 국가(Annex I countries)

UNFCCC의 부속서 I(1998년에 수정됨)에 포함된 국가들. 1990년의 모든 OECD 국가와 시장경제전환 국가들이 포함되어 있다. UNFCCC의 4.2(a)와 4.2(b) 아래, 부속서I 국가들은 개별적으로 혹은 공동으로 2000년까지는 1990년 **온실가스** 배출량 수준으로 복귀할 목적을 다짐했다. 자동으로 다른 국가들은 부속서 I 비포함국(non-annex I countries)으로 불린다. 부속서I 국가들의 목록은 <http://unfccc.int>, OECD 국가들의 목록은 <http://www.oecd.org>를 참고한다.

### 부속서 II 국가(Annex II countries)

UNFCCC의 부속서 II에 포함된 국가들. 1990년의 모든 OECD 국가가 포함된다. UNFCCC의 4.2(a) 아래, 이 국가들은 국가 보고서 작성 등 그들의 의무를 준수하기 위해 개도국을 도울 재정적 자원을 제공할 것으로 예상된다. 또한 환경적으로 건전한 기술을 활발히 개도국으로 이전시킬 것으로 예상된다. 부속서 II 국가들의 목록은 <http://unfccc.int>, OECD 국가들의 목록은 <http://www.oecd.org>를 참고한다.

### 부속서 B 국가(Annex B countries)

**교토의정서** 부속서 B에 포함된 국가로, 온실가스 배출량 목표에 합의한 국가들이다. 터키와 벨라루스를 제외한 모든 **부속서I 국가**(1998년에 수정됨)가 포함된다. 부속서I 국가의 목록은 <http://unfccc.int>를 참고. **교토 의정서** 참고.

### 인위적(Anthropogenic)

인간에게서 기인하거나 인간에 의해 만들어짐.

### 인위적 배출량(Anthropogenic emissions)

**화석연료** 연소, **산림벌채**, **토지사용 변화**, 가금류, 비료 등을 포함해 인간활동으로 인한 **온실가스**, 온실가스 전조물질 및 에어러솔의 배출량

### 건조 지역(Arid region)

강수량이 적은 육지 지역. 적은 강수량이란 대체로 연강수량이 250 mm 미만인 것으로 간주한다.

### 대기(Atmosphere)

지구를 둘러싸고 있는 기체. 건조 공기는 질소(78.1% volume mixing ratio)와 산소(20.9% volume mixing ratio)가 대부분을 차지하고, 나머지는 다수의 미량 가스들, 이를테면 아르곤(0.93% volume mixing ratio), 헬륨, 복사활성이 있는 CO<sub>2</sub>(0.03% volume mixing ratio)와 오존 등의 온실가스가 차지한다. 실제 **대기**는 온실가스인 수증기를 포함하고 있다. 수증기량은 매우 가변적이지만 일반적으로 대략 1% volume mixing ratio가 함유되어 있다. **대기**에는 구름과 **에어로솔**도 포함되어 있다.

### 원인규명(Attribution)

**탐지와 원인규명** 참고.

## B.

### 장벽(Barrier)

목표, 즉 **적응**이나 **완화** 잠재력에 도달하는 데 방해가 되는 것. 장벽은 극복되거나 정책, 프로그램, 대책에 의해 완화될 수 있다. 장벽 제거 방법으로는 직접적으로 시장오류를 시정하거나 제도적 능력의 개선, 위험과 불확실성 축소, 시장 거래 활성화, 규제정책 강화를 통해서 공공 및 민간 분야의 거래비용을 삭감하는 것이 있다.

### 베이스라인(Baseline, 기준 배출량)

다른 결과를 측정하는 데 기준으로 삼을 수 있는 측정 가능한 양. 이 기준으로부터 다른 것의 결과를 측정할 수 있다. 중재 시나리오를 분석할 때 기준(reference)으로 사용되는 비중재(non-intervention) 시나리오가 그 예이다.

### 분지(Basin)

하천, 강, 호수의 배수 구역.

### 생물다양성(Biodiversity)

다양한 공간범위에 있는 모든 유기체와 생태계의 총 다양성(유전자부터 전체 **생물군계**까지).

### 바이오연료(Biofuel)

유기물질 혹은 식물이 생성하는 가연성 기름으로 만든 연료. 예를 들면, 알코올, 제지공정에서 나오는 흑액(black liquor), 목재, 콩기름 등이 있다.

### 바이오매스(Biomass)

일정 지역 혹은 부피 안의 유기체의 총 질량. 최근에는 죽은 식물을 바이오매스(biomass)에 포함시키기도 한다. 바이오매스의 양은 건조중량으로 표현하거나 **에너지**나 탄소 혹은 질소 함량으로 표현한다.

### 생물 군계(Biome)

**생물권(biosphere)**의 중요하고 독특한 지역적 요소. 일반적으로 몇 개의 생태계(예: 기후가 비슷한 지역 내의 산림, 강, 연못, 늪)로 구성된다. 전형적인 동식물 집단이 있는 것이 특징이다.

### 생물권(Biosphere)(육지 생물권, 해양 생물권)

지구시스템의 대기, 육지(육지 생물권), 바다(해양 생물권)에서 모든 **생태계**와 살아있는 유기체로 이루어진 부분. 찌꺼기, 토양 유기질, 해양의 유기분해물 같은 파생된 유기물 사체도 포함된다.

### 아한대림(Boreal forest)

캐나다 동부해안에서 서쪽으로 알래스카까지 이르고 시베리아에서 서쪽으로 러시아 전체를 지나 유럽 평원까지 계속되는 진소나무, 가문비나무, 전나무, 낙엽송 수림.

### 시추공 지온(Borehole temperature)

시추공 지온은 지구의 지표 밑 수십 미터에서 수백 미터 심도의 시추공에서 측정한다. 시추공 지온 심도 프로파일은 흔히 100년 기간의 지표면 온도 변화를 추정하는 데 사용한다.

### 상향식 모델(Bottom-up models)

상향식 모델은 기술, 엔지니어링, 비용의 세부사항을 고려하여 특정 활동과 공정의 특징을 종합함으로써 현실을 표현한다. **하향식 모델** 참고.

## C.

### 탄소(CO<sub>2</sub>) 포획저장(CCS)

산업 및 에너지 관련 발생원에서 나온 CO<sub>2</sub>를 분리, 저장 장소로 전달, **대기**로부터 장기적 격리하는 것으로 이루어진 공정.

### 탄소 순환(Carbon cycle)

**대기**, 해양, 육지 생물권, 암권(lithosphere)을 통한 탄소(CO<sub>2</sub> 등 여러 형태의 탄소)의 흐름을 이르는 용어.

### 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)

자연적으로 발생하는 가스이며, 화석탄소 퇴적물로 된 화석 연료(예: 오일, 가스, 석탄)의 연소, **바이오매스** 연소, **토지사용 변화**, 기타 산업공정에서 부산물로 생성되기도 한다. CO<sub>2</sub>는 지구의 복사 균형에 영향을 주는 주요 **인위적 온실가스**이다. 다른 온실가스를 측정하는 데 기준이 되는 가스이고, 그래서 **지구 온난화 지수(global warming potential)**는 1을 갖는다.

**CO<sub>2</sub> 시비효과(CO<sub>2</sub> fertilization effect)**

대기의 CO<sub>2</sub> 농도가 증가한 결과로 식물성장이 증대되는 것. 식물의 **광합성** 메커니즘에 따라, 특정 종류의 식물은 대기 CO<sub>2</sub> 농도의 변화에 좀 더 민감하다.

**탄소 원단위(Carbon intensity)**

단위 GDP당 CO<sub>2</sub> 배출량

**탄소 누수(Carbon leakage)**

부속서B 국가들의 배출 감소량이 제약을 받지 않는 국가들의 배출량 증가(베이스라인 수준 위로)에 의해 상쇄되는 양. 탄소누수는 (1) 비제약 지역에서 에너지 집약적 생산의 재배치, (2) 이 지역에서 석유와 가스의 수요 감소에 의해 촉발된 이 원료들의 국제가격 감소로 이 지역들에서 화석연료 사용량 증가, (3) 좋아진 거래조건으로 인한 소득 변화(그리하여 에너지 수요 변화)에 의해 일어날 수 있다.

**탄소 제거(Carbon sequestration)**

흡수 참고

**집수지(Catchment)**

우수를 수집하고 배수하는 구역

**염화불화탄소(CFCs)**

할로카본 참고.

**청정 개발 체제(Clean Development Mechanism; CDM)**

CDM은 교토의정서의 12조에 정의되어 있으며, 다음 두 가지 목적을 충족하기 위한 의도이다. (1) 부속서 I에 포함되지 않은 국가들이 **지속 가능한 발전**을 달성하고 교토의정서의 궁극적 목적에 기여하는 데 원조한다. (2) 부속서 I에 포함된 국가들이 그들의 배출량 한도와 감축 약속을 지키는 데 원조한다. 온실가스 배출량을 제한하거나 감소시키는 부속서 I 비포함국에서 착수된 CDM 사업에서 발생하는 배출권(Certified Emission Reduction Units; CER)은 COP/MOP(당사국 회의)에서 지정한 운영단체의 인증을 받으면 부속서 B 국가들로부터 투자자(정부 혹은 산업체)에게 날 수 있다. 이 사업에서 생긴 수익의 지분은 경영 경비를 충당하는 데 사용될 뿐 아니라 **기후변화**의 악영향에 특별히 취약한 개도국들이 적응 비용을 충당할 수 있게 돕는 데도 사용된다.

**기후(Climate)**

좁은 의미로는 평균 기상, 좀 더 엄밀히 말하면, 수개월에서 수천 년 혹은 수백만 년에 걸쳐 관련 수량의 평균과 변동성을 통계적으로 표현한 것이라고 정의된다. 세계기상기구

(WMO)가 정한 이 변수들의 평균 산출기간은 30년이다. 관련된 양은 온도, 강수, 바람 같은 지표변수들이다. 넓은 의미의 기후는 통계적 표현을 포함해 **기후계**의 상태를 말한다. 이 보고서에서는 20년 등 여러 기간의 평균이 사용되었다.

**기후-탄소 순환 결합(Climate-carbon cycle couplinig)**

온실가스의 대기 배출량으로 유발된 미래의 **기후변화**는 지구적 탄소 순환에 영향을 줄 것이다. 그러면 지구 탄소 순환의 변화가 대기에 잔류하는 인위적 온실가스 분율에 영향을 주고 온실가스의 대기 농도에도 영향이 미쳐 결국은 기후변화가 더욱 일어날 것이다. 제1세대 기후-탄소 순환 결합 모델은 지구온난화가 대기에 잔류하는 인위적 CO<sub>2</sub> 분율을 증가시킬 것임을 보여준다.

**기후변화(Climate change)**

**기후**상태의 변화가 기후 특성의 평균이나 변동성의 변화를 통해 확인되고(예: 통계분석을 통해) 보통 수십 년 이상 장기간 지속되는 것을 말한다. 기후변화는 자연적 내부 과정 혹은 **외부 강제력**으로 인해 일어나거나 대기 조성이나 **토지사용**에서 **인위적** 변화가 지속되어 일어날 수도 있다. **UN 기후변화 협약(United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)** 제1조는 기후변화를 “대기 조성을 변경시키는 인간 활동에 직·간접적인 원인이 있고, 그에 더해 상당한 기간 동안 관측된 자연적 기후 변동에도 원인이 있는 기후 변화”로 정의한다. 따라서 UNFCCC는 대기 조성을 변경시키는 인간 활동에 원인이 있는 기후변화와 자연적 원인에 의한 기후 변동성을 구분한다. **기후 변동성; 탐지와 원인규명** 참고.

**기후 피드백(Climate feedback)**

최초 과정의 결과가 2차 과정에 변화를 일으키고 그것이 다시 초기 과정에 영향을 주는 식의 **기후계** 과정들 간의 상호작용 메커니즘. 양의 피드백은 애초의 과정을 강화하고 음의 피드백은 약화시킨다.

**기후 모델(Climate model)**

**기후계** 구성요소들의 물리적, 화학적, 생물학적 특성, 구성요소 간 상호작용 과정과 **피드백** 과정을 토대로 이미 알려진 특성의 전부나 일부를 고려하여 기후계를 수치로 표시한 것. 기후계는 복잡성을 달리한 모델들을 통해 표현될 수 있다. 즉, 구성요소 혹은 복합적 구성요소에 대해 공간 차원의 개수, 물리적, 화학적, 생물학적 과정을 명확히 표현할 수 있는 정도, 경험적 **모수화(parameterization)**가 포함되는 수준 등의 특성이 다른 다양한 계층적 모델을 확인할 수 있다. 대기-해양 대순환 모델(AOGCMs)은 현재 유효한 스펙트럼 내에서 최대한

반영할 수 있는 기후계를 표현한다. 화학과 생물학을 대화형으로 모델링하는 것을 포함해 좀 더 복잡한 모델 쪽으로 진화하는 중이다(WG I의 8장 참고). 기후 모델은 기후를 연구하고 시뮬레이션 하기 위한 연구도구로서 사용되고, 월, 계절 및 연내 **기후예측**을 비롯한 운영 목적에 사용된다.

### 기후 예측(Climate prediction)

기후예측 혹은 **기후예보**(climate forecast)는 계절, 연내, 장기간 등 향후에 **기후**가 실제 어떻게 발달할지를 추정하는 것이다. **기후계**의 미래 발달은 초기 조건에 매우 민감할 수 있으므로 그런 예측은 보통 확률적 성격을 갖는다. **기후 전망**, **기후 시나리오** 참고.

### 기후 전망(Climate projection)

**온실가스**와 **에어리솔**의 **배출** 혹은 농도 **시나리오** 또는 **복사강제력** 시나리오에 대한 **기후계**의 반응을 전망한 것. 보통은 **기후 모델**을 통한 시뮬레이션에 기초한다. **기후전망**은 **기후예측**과는 다르다. 기후전망은 사용된 **방출/농도/복사강제력** 시나리오에 좌우된다. 이 시나리오들은 미래의 사회경제적, 기술적 발달에 관한 가정들에 기초하는데 이 가정들은 미래에 실현될 수도 실현되지 않을 수도 있으므로 상당히 높은 **불확실성**이 적용된다.

### 기후 반응(Climate response)

**기후 민감도** 참고.

### 기후 시나리오(Climate scenario)

내부적으로 모순 없는 기후학적 관계에 기초해서 미래의 **기후**를 타당하고 간단하게 표현한 것. 이 관계들은 **인위적 기후 변화**의 잠재적 결과를 연구하기 위해 구성되고 종종 영향모델(impact model)의 입력 자료로 사용된다. **기후전망**은 기후 시나리오를 구성할 때 원시 자료로 사용되기도 한다. 그러나 기후 시나리오는 관측된 현재 기후 같은 추가 정보를 필요로 하는 경우가 많다. 기후변화 시나리오는 기후 시나리오와 현재 기후의 차이이다.

### 기후 민감도(Climate sensitivity)

IPCC 보고서에서 말하는 **평형 기후 민감도**(equilibrium climate sensitivity)는 **대기 CO<sub>2</sub> 상당 농도**(equivalent carbon dioxide concentration)가 2배가 된 후 평형 상태에서 지구 표면온도의 연평균 변화를 말한다. 컴퓨터 연산의 한계 때문에 **기후 모델**에서 평형 기후민감도는 보통은 혼합층 해수모델과 결합시킨 대기 대순환 모델을 실행하여 추정한다. 평형 기후민감도는 대체로 대기 과정에 의해 결정되기 때문이다. 효율적인 모델은 동적인 바다와 평형을 이룰 때까지 실행될 수

다.

**잠진적 기후반응**(transient climate response)은 대기 CO<sub>2</sub> 농도가 2배가 되는 시점, 즉 전 지구적 결합 기후 모델을 사용한 화합물 CO<sub>2</sub>의 1%/yr 증가 실험에서 70년이 되는 해를 중심으로 20년 동안의 평균한 **지구 표면온도**의 변화이다. 이것은 **온실가스** 강제력에 대한 지표온도 반응의 세기 및 신속성의 척도이다.

### 기후 전이(Climate shift)

평균값이 갑자기 변하거나 풀쩍 뛰어올라 **기후형**(기후변동 패턴) 참조의 변화를 신호하는 것. **엘니뇨-남방진동**의 거동 변화에 대응한 것으로 보이는 1976/1977년 기후전이에 관련해서 사용되는 용어다.

### 기후계(Climate system)

**기후계**는 5가지 주요소, 즉 **대기**, **수권**(hydrosphere), **빙권**(cryosphere), 육지표면(land surface), **생물권**(biosphere), 그리고 이들의 상호작용으로 이루어진 매우 복잡한 시스템이다. 기후계는 자체의 본질적 역학의 영향 아래 화산분출, 태양 변동 같은 **외부 강제력**과 **대기**의 조성변화, **토지사용** 변화 같은 **인위적 강제력**으로 인해 시간이 지나면서 서서히 전개된다.

### 기후 변동성(Climate variability)

개별 기상현상을 넘어 모든 시공간 범위의 **기후**에서 평균 상태와 통계수치(표준편차, 이변 발생횟수 등)가 변동하는 것. 변동성은 **기후계**내의 자연적인 내부 과정(내부 변동성) 때문일 수도 있고, 자연적 혹은 **인위적 외부 강제력**(외부 변동성) 때문일 수도 있다. **기후변화** 참고.

### 구름 피드백(Cloud feedback)

대기의 변화에 반응하여 구름 특성이 변화되는 **기후 피드백**. 구름 피드백을 이해하고 구름 피드백의 크기와 부호를 결정하기 위해서는 **기후**의 변화가 구름 종류, 구름 조각, 구름 높이, 구름의 복사특성에 미치는 영향, 그리고 이런 변화가 지구의 복사수지에 미치는 영향에 대한 추정을 이해하는 것이 필요하다. 현재로서는 구름 피드백이 **기후민감도** 추정에서 가장 큰 **불확실성**으로 남아 있다. **복사강제력** 참고.

### CO<sub>2</sub> 상당(CO<sub>2</sub>-equivalent)

SYR 주제2의 박스 “CO<sub>2</sub> 상당(CO<sub>2</sub>-eq) 배출량과 농도”와 WG I의 2.10절 참고.

### CO<sub>2</sub>-시비효과(CO<sub>2</sub>-fertilization)

*이산화탄소 시비효과* 참고.

**공동이득(Co-benefits)**

다양한 이유로 동시에 이행된 정책들의 이득. *온실가스 완화*를 해결하고자 수립된 대부분의 정책은 중요도가 거의 같지 않은 다른 이유(예: 발전, 지속 가능성, 형평성 목적에 관련된)를 갖고 있다는 점을 인식한 것이다.

**열병합 발전(Combined Heat and Power; CHP)**

화력 발전소의 폐열을 사용하는 것. 이 폐열은 스팀 터빈에서 나오는 열이나 가스터빈에서 배출된 뜨거운 플루(flue) 가스를 응축하여 공장, 건물, 지역난방에 사용하며, 폐열 발전(co-generation)이라 부른다.

**준수(Compliance)**

국가들이 협약의 조항을 지키는지 여부와 어느 정도나 지키는지를 일컫는 용어. 준수는 주문된 정책이 이행되는지, 그리고 정책을 후속하여 대책이 수행되는지 여부에 달렸다. 준수는 합의에 의해 행동이 타겟이 된 주체, 즉 지방정부 조직, 기업, 기관, 혹은 개인이 이행의무를 지키는 정도이다. *이행(Implementation)* 참고.

**신뢰성(Confidence)**

이 보고서에서 결과의 옳고 그름에 대한 신뢰 정도는 아래와 같이 정의된 표준 용어를 사용하여 표현된다.

용어	옳음에 대한 신뢰 정도
매우 높은 신뢰	옳을 가능성이 최소 9/10
높은 신뢰	약 8/10의 가능성
보통(중간) 신뢰	약 5/10의 가능성
낮은 신뢰	약 2/10의 가능성
매우 낮은 신뢰	1/10 이하의 가능성

*가능성(Likelihood), 불확실성(Uncertainty)* 참고.

**산호(Coral)**

몇 가지 의미가 있지만 보통은 경산호목(Order Scleractinia)의 관용명을 이른다. 경산호목의 모든 개체는 딱딱한 석회질 골격을 가지고 있고 이것은 초(reef)를 형성하는 것과 형성하지 않는 것, 혹은 냉수 산호(cold water corals) 와 온수 산호(warm water corals)로 나뉜다. *산호 백화(Coral bleaching), 산호초(Coral reefs)* 참고.

**산호 백화(Coral bleaching)**

산호에게 공생하며 에너지를 제공하는 유기체가 소실될 때 *산호(Coral)*의 색이 하얗게 변하는 현상.

**산호초(Coral reefs)**

*산호(Coral)*에 의해 바위 같은 석회질 구조물이 해안을 따라 (fringing reef) 혹은 얇고 깊은 둑이나 제방에 형성된(barrier reef) 것. 열대 및 아열대 해양에 가장 많이 존재한다.

**비용(Cost)**

조치의 결과로서 노동시간, 자본, 자재, 연료 등과 같은 자원의 소비. 경제학에서는 모든 자원의 가치를 그것의 *기회비용(opportunity cost)*, 즉 자원을 다른 식으로 가장 가치 있게 사용할 때의 가치로 산정한다. 비용은 그 가치에 영향을 주는 다양한 가정 하에 여러 방식으로 정의된다. 비용 유형에는 경영비용, 피해 비용(*기후변화*의 악영향으로 인한 생태계, 사람, 경제에 대한 피해비용), 기존 규칙과 규제, 능력함양 노력, 정보, 교육과 훈련 등의 변경에 관한 이행 비용 등이다. 민간 비용(private costs)은 조치를 착수하는 개인, 회사, 혹은 기타 민간 주체에 의해 들어가는 반면에 사회비용(social costs)에는 전반적으로 환경과 사회에 관한 외적 비용도 포함된다. 비용의 반대는 이득[마이너스 비용(negative costs)으로 부르기도 함]이다. 비용에서 이득을 뺀 것이 순 비용(net costs)이다.

**빙권(Cryosphere)**

지표의 위아래 및 바다가 온통 눈, 얼음, *동토(영구동토 포함)* 로만 구성된 *기후계* 요소. *빙하(Glacier), 빙상(Ice sheet)* 참고.

**D.**

**산림벌채(Deforestation)**

산림이 무산림(non-forest)으로 전환된 것. *산림(forest)*과 *조림(afforestation), 재조림(reforestation)*, 산림벌채(deforestation) 등 관련 용어에 관해서는 <토지사용, 토지사용 변화 및 산림에 관한 IPCC 특별보고서(IPCC Special Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry)> (IPCC, 2000)를 참고한다. 또한 <직접적으로 인간에 의한 산림 붕괴 및 식생퇴화로 인한 인벤토리 배출량의 정의 및 방법론적 옵션(Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types)>(IPCC, 2003)에 관한 보고서도 참고한다.

**수요측 관리(Demand-Side Management; DSM)**

재화나 서비스에 대한 수요에 영향을 주기 위한 정책과 프로그램. 에너지 부문의 DSM은 전기와 에너지원의 수요를 줄이는 것을 목적으로 한다. DSM은 *온실가스 배출량*을 줄이는 데 도움이 된다.



**탐지와 원인규명(Detection and attribution)**

*기후*는 모든 시간 범위에서 계속 변한다. *기후변화* 탐지는 기후가 통계적 의미에서 변했다는 것을 그 변화의 근거를 제시하지는 않은 채 증명하는 과정이다. 기후변화의 원인규명은 탐지된 그 변화의 가장 가능성 있는 원인을 정해진 일정한 *신뢰(confidence)* 수준에서 확립하는 과정이다.

**발전경로(Development path 혹은 pathway)**

자연계와 *인간계(human systems)*의 상호작용을 결정하는 일련의 기술적, 경제적, 사회적, 제도적, 문화적, 생물물리적 특징에 기초한 발전. 이것은 모든 국가에서 특정 시간 범위 동안의 생산 및 소비 패턴이 포함된다. 대체 발전 경로(alternative development paths)는 가능한 다른 개발 궤도를 말하며, 현재 경향을 계속하는 것도 여러 경로 중 하나가 된다.

**할인(Discounting)**

통화량을 서로 다른 시점(년)에 들어오게 또는 지출되게 하는 수학적 운용. 운용자는 미래의 가치가 현재보다 낮게 만드는 고정 혹은 시간(년)에 따라 변하는 할인율( $>0$ )을 사용한다. *기술적 할인(descriptive discounting)* 방식에서는 사람들(저축자와 투자자)이 실제로 나날의 결정에 적용하는 할인율(민간 할인율)을 수용한다. *규정적 할인(prescriptive discounting)* (윤리적 혹은 규범적) 방식에서는 미래 세대의 이익에 대한 윤리적 판단에 기초하여 사회적 전망으로부터 할인율이 고정된다(*사회적 할인율*).

**할인율(Discount rate)**

*할인(Discounting)* 참고.

**가뭄(Drought)**

일반적 의미의 가뭄은 '장기간 동안 강수가 없거나 두드러지게 부족한 것', '강수 부족으로 일부 활동이나 집단에게 물 부족이 일어나는 것', 또는 '강수가 없어 수문학적으로 심각한 불균형이 야기될 만큼 오랫동안 기상이 비정상적으로 건조한 기간'이다(Heim, 2002). 가뭄은 수많은 방식으로 정의되었다. 농사 가뭄(Agricultural drought)은 농작물에 영향을 주는 표층토양 1m 정도의 깊이(뿌리 지점)에 수분이 부족한 것이고, *기상 가뭄(meteorological drought)*은 주로 강수가 장기간 부족한 것이며, *수문적 가뭄(hydrologic drought)*은 하천, 호수, 지표수의 수위가 정상보다 낮은 것과 관련 있다. *대가뭄(megadrought)*은 오래 지속되는 대대적인 가뭄을 말하는데 보통 10년 이상으로 평소보다 훨씬 길게 지속된다.

**역학적 얼음 배출(Dynamical ice discharge)**

*빙상(ice sheets)*이나 *만년설(ice caps)*로부터 융해나 유출

(runoff)보다는 역학(dynamics)에 의해서 얼음이 배출되는 것.

**E.****경제적 (완화) 잠재력[Economic (mitigation) potential]**

*완화 잠재력(Mitigation potential)* 참고.

**시장경제전환 국가(Economics in Transition; EITs)**

계획경제 시스템에서 시장경제 시스템으로 변화 중인 국가.

**생태계(Ecosystem)**

살아있는 유기체들이 서로 간에 그리고 물리적 환경과 상호작용 하는 계. 생태계라고 부를 수 있는 것의 경계는 이어나 연구의 초점에 따라 다소 임의적이다. 그래서 생태계의 범위는 공간적으로 매우 작은 범위부터 궁극적으로 지구 전체까지 포함할 수 있다.

**엘니뇨-남방진동(El Niño-Southern Oscillation; ENSO)**

엘니뇨란 단어는 에콰도르와 페루 해안을 따라 주기적으로 흐르면서 그 지역의 어업에 피해를 주던 난류를 설명하기 위해 사용되었다. 그 후, 날짜 변경선의 열대 태평양 동부 전 영역이 온난화 되면서 확인되었다. 이 해양 현상은 남방 진동이라 불리는 지구적 규모의 열대 및 아열대 해면기압 패턴과 관련 있다. *대기-해양*에 결합된 이 현상은 2년에서 약 7년에 걸쳐 일어나고, 총칭해서 엘니뇨-남방진동이라고 부른다. ENSO는 다윈(Darwin)과 타히티(Tahiti) 간의 해면기압 편차(surface pressure anomaly)의 차이와 중부 및 적도 태평양 상의 *해수 온도*를 통해 측정된다. ENSO가 발생하면 주된 무역풍이 심하게 약화되어 해수의 용승이 감소되고 해류가 변경되어 해수 온도가 따뜻해지는데 이것이 더욱 무역풍을 약화시킨다. 이 현상은 열대 태평양의 바람, 해수 온도, 강수 패턴에 큰 영향을 준다. ENSO는 지구적 *원격상관(teleconnection)*을 통해 태평양 전 지역과 세계의 여러 지역의 기후에 영향을 준다. ENSO의 한랭 단계를 *라니냐(La Niña)*라고 부른다.

**배출 시나리오(Emission scenario)**

추진력(인구통계 및 사회경제적 발달과 기술 변화 같은)과 그것들의 주요 관계에 대한 일관되고 내부 모순 없는 일련의 가정에 기초해서, 잠재적으로 복사 활성이 있는 물질들(예: *온실가스, 에어러솔*)의 배출량의 미래 발달을 표현한 것. *농도 시나리오(Concentration scenario)*는 배출 시나리오에서 유도된 것으로, *기후 전망*을 산출하기 위해 *기후 모델*의 입력자료로서 사용된다. IPCC(1992)에서 제시한 배출 시나리오는 IPCC 기후 전망(1996)의 기초자료로서 사용되었다. 이 배출 시나리오들을 흔히 IS92 시나리오라고 부른다. <배출 시나리오에 관한 IPCC 특별 보고서(IPCC Special Report on

Emission Scenarios))(Nakicenovic와 Swart, 2000)에서는, 소위 SRES 시나리오라고 하는 새로운 시나리오가 발표되었는데 그 중 일부는 IPCC(2001)의 9장과 11장, 그리고 이 보고서의 10장과 11장에 제시된 기후전망에 기초자료로서 사용되었다. 이 시나리오들에 관련된 용어는 **SRES 시나리오**를 참고.

### 배출권 거래(Emission trading)

환경상의 목적을 달성하기 위한 시장 기반의 접근방식. **온실가스** 배출량을 배출 능력 아래로 저감하는 국가들은 국내의 다른 배출원의 배출량을 상쇄하기 위해 여분의 감소량을 사용하거나 거래할 수 있다. 일반적으로 거래는 회사 간에, 국내에서, 국가 차원에서 이루어질 수 있다. IPCC 제2차 평가보고서는 국내 거래 시스템에는 허가를, 국제 거래 시스템에는 할당량을 사용하는 협약을 채택했다. 교토의정서의 17조에 따른 배출권 거래는 **교토의정서 부속서 B**에 열거된 배출량 감축과 제한 약속으로부터 계산된 할당량에 기초한 거래 할당량 시스템이다.

### 배출 궤도(Emission trajectory)

**온실가스, 에어러솔**, 온실가스 전조물질의 배출시간 전개를 전망한 것.

### 에너지(Energy)

전달된 일 혹은 열의 양. 에너지는 다양한 종류로 분류되며, 한 곳에서 다른 곳으로 흐르거나 한 유형에서 다른 유형으로 전환될 때 인간에게 유용해진다. **일차 에너지(에너지원 energy source)**라고도 부름)는 자연자원(예: 석탄, 원유, 천연가스, 우라늄)에 내재된 채 인위적 변환을 겪지 않은 에너지이다. 이 일차에너지가 사용 가능한 에너지(예: 빛)가 되기 위해서는 전환되어 전달되어야 한다. **재생 에너지(renewable energy)**는 자연 환경에서 발생하는 에너지의 지속적 혹은 반복적 흐름에서 얻는다. 이것은 태양에너지, 수력, 바람, 조석, 파도, 지열, 탄소 중화 기술(예: 바이오매스)이 포함된다. **내재 에너지(embodied energy)**는 자재(예: 가공된 금속, 건축자재 등)를 생산하는 데 사용된 에너지로서, 제조시설에서 사용된 에너지(0차), 제조시설에서 사용되는 자재를 생산하는 데 사용된 에너지(1차) 등을 고려한 에너지다.

### 에너지 균형(Energy balance)

들어오는 총 에너지와 나가는 총 에너지의 차이. 이 균형이 양(+ )이면 온난화가 일어나고, 음(-)이면 냉각이 일어난다. 지구 전체를 장기간에 걸쳐 평균하면 이 균형은 0이어야 한다. **기후계**의 에너지는 사실상 전부가 태양으로부터 오기 때문에, 에너지 균형이 0이라는 것은 지구 전체 평균 일사량이 들어오는 **태양복사**와 기후계에 의해 반사되

어 나가는 **열적외선 복사**의 합과 같아야 한다는 의미가 된다. **인위적**이든 **자연적**이든 이 지구복사 균형이 섭동(Perturbation)하는 것을 **복사강제력**이라고 부른다.

### 에너지 효율(Energy efficiency)

시스템, 전환 공정 혹은 활동에 투입된 에너지에 대한 생산된 유효 **에너지**의 비.

### 에너지 원단위(Energy intensity)

**에너지** 원단위는 에너지 사용량 대 경제적 혹은 물리적 생산량의 비이다. 국가 차원에서 에너지 원단위는 총 일차에너지 사용량 혹은 최종 에너지 사용량 대 **국내총생산(GDP)**의 비이다. 활동 차원에서는, 분모에 물리적 수량을 사용할 수도 있다(예: 연료량  $l$  /주행거리 km).

### CO<sub>2</sub> 상당 농도(Equivalent carbon dioxide concentration)

SYR 주제2의 박스 “CO<sub>2</sub> 상당 배출량과 농도” 를 참고.

### CO<sub>2</sub> 상당 배출량(Equivalent carbon dioxide emission)

SYR 주제2의 박스 “CO<sub>2</sub> 상당 배출량과 농도” 와 WG I의 2.10절 참고.

### 침식(Erosion)

토양과 암석이 기상작용, 질량손실, 증기와 빙하, 파도, 바람, 지하수의 작용에 의해 제거되고 이송되는 과정.

### 증발산(Evapotranspiration)

지구표면의 물 증발과 식생으로부터의 발산이 복합된 과정.

### 외부 강제력(External forcing)

**기후계** 밖에서 기후계에 변화를 야기하는 강제력 요소. 화산 분출, 태양 변동, **대기 조성의 인위적 변화**, **토지사용 변화**는 모두 외부 강제력이다.

### 멸종(Extinction)

하나의 생물 종 전체가 완전히 사라지는 것.

### 극단적 기상현상(Extreme weather event)

연중 특정 장소와 시기에 보기 드문 기상현상. ‘드물다(rare)’의 정의는 다양하지만 대체로 극단적 기상현상은 관측된 확률밀도 함수의 10 **백분위수(퍼센타일)** 혹은 90 백분위수보다 드물다. 정의상 소위 극단적 기상현상의 특징은 절대적 의미에서는 장소마다 다를 수 있다. 단일 극단적 기상현상을 간단히 직접적으로 **인위적 기후변화** 때문이라고 단정할 수는 없다. 제한적이거나 그 현상이 자연적으로 발생했을 지도 모

를 가능성이 있기 때문이다. 극단적 기상현상 패턴이 한 계절 등 얼마간 지속되는 경우, 특히 평균이나 총계가 그 자체로 극단적인 경우에는(예: 한 계절 동안 **가뭄**이나 집중호우) 극단적 기후현상(extreme climate event)으로 분류될 수도 있다.

## F.

### 불소화 가스(F-gas)

**수소불화탄소(HFCs)**, **과불화탄소(PFCs)**, **육불화황(SF<sub>6</sub>)** 가스집단을 일컫는 용어. 이 가스들은 **교토의정서**의 규제를 받는다.

### 피드백(Feedback)

**기후 피드백** 참고.

### 식량 안보(Food security)

사람들이 정상적인 성장, 발육, 활동, 건강 생활을 위한 안전하고 영양 있는 식품을 충분한 양으로 구할 수 있는 상황. 식량안보는 가정 차원의 식량조달 능력, 불충분한 구매력, 부적당한 분배, 혹은 불충분한 식량 사용에 의해 야기될 수 있다.

### 강제력(Forcing)

**외부 강제력** 참고.

### 예보(Forecast)

**기후예보**, **기후전망**, **전망** 참고.

### 산림(Forest)

나무가 지배적으로 많은 식생 유형. 산림에 대해서는 전 세계에서 많은 정의가 사용되고 있어 생물지구물리적 조건, 사회 구조, 경제 사이에 폭넓은 차이가 있음을 반영한다. 특정 기준은 **교토의정서** 아래 적용된다. **산림과 조림, 재조림, 산림 벌채** 등 관련 용어는 <토지사용, 토지사용 변화 및 산림에 관한 IPCC 보고서(IPCC Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry)>(IPCC, 2000)를 참고한다. 또한 <직접적으로 인간에 의한 산림 붕괴 및 식생퇴화로 인한 인벤토리 방출의 정의 및 방법론적 옵션(Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types)>(IPCC, 2003)도 참고한다.

### 화석연료(Fossil fuels)

석탄, 토탄, 오일, 천연가스를 포함한 화석 탄화수소 침적으로부터 생긴 탄소 연료

### 기후변화협약(Framework Convention on Climate Change)

**UN기후변화 협약** 참고.

### 동토(Frozen ground)

공극수의 일부 혹은 전부가 얼어있는 토양이나 암석(Van Everdingen, 1998). 동토에는 **영구동토(permafrost)**도 포함된다. 해마다 얼었다가 녹는 지면은 **계절적 동토(seasonally frozen ground)**라고 부른다.

### 연료전지(Fuel cell)

연료전지는 수소나 다른 연료와 산소 간의 제어된 전기화학 반응에 의해 직접적이고 연속적 방식으로 전기를 발생시킨다. 수소를 연료로 사용하면 물과 열만 발생하며(CO<sub>2</sub>가 생성되지 않음) 그 열을 활용할 수 있다. **열병합 발전(Combined Heat and Power)** 참고.

### 연료 전환(Fuel switching)

일반적으로 연료 B를 연료 A로 대체하는 것이다. 기후변화에 관련해서는 연료 A가 연료 B보다 탄소함량이 적다는 의미를 함축한다(예: 석탄을 천연가스로 대체).

## G.

### 빙하호(Glacial lake)

**빙하**가 녹은 물로 형성된 호수. 빙하의 앞(빙하전면 호수 *proglacial lake*), 빙하 표면(빙하 위 호수 *supraglacial lake*), 빙하 내부(내빙 호수 *englacial lake*), 혹은 빙하 기저부(빙하 밑 호수; *subglacial lake*)에 위치한다.

### 빙하(Glacier)

중력을 받아 (내부 변형과 기저부의 미끄러짐을 통해) 아래로 흐르고 내부 응력과 기저부 및 측면의 마찰에 의해 제약을 받는 육지얼음 덩어리. 고도가 높은 곳은 눈이 축적되고 고도가 낮은 곳은 녹거나 바다로 배출되어 균형이 유지된다. **질량수지(Mass balance)** 참고.

### 지구 표면 온도(Global surface temperature)

지구 표면온도는 추정된 지구평균 표면온도이다. 그러나 시간에 따른 변화에 관해서는 지역 가중치를 적용한 지구평균 해수 온도 편차와 육지표면 기온편차에 기초하여 기후에서 벗어난 기온편차(temperature anomaly)만 사용한다.

### 지구 온난화 지수(Global Warming Potential; GWP)

잘 혼합된 온실가스의 복사 특성에 기초하여, 현재 **대기**의 잘 혼합된 **온실가스** 단위 질량의 **복사강제력**을 일정 기간에 대해 적분하여 **CO<sub>2</sub>**의 **복사강제력**과 비교한 지수. GWP는 가스들이 **대기**에 잔류하는 시간과 **열적외 복사**를 흡수하는 상대

적 효율을 결합한 것이다. **교토의정서**는 100년 동안의 펄스 배출에서 기인하는 GWP에 기초한다.

#### 온실 효과(Greenhouse effect)

**온실가스**는 지표, **대기**, 구름에 의해 배출된 **열적외 복사**를 효과적으로 흡수한다. 대기 복사는 지표 방향을 포함해 사방으로 배출된다. 따라서 온실가스는 지표-**대류권** 시스템 안에 열을 가두게 되는데 이것을 온실효과라고 부른다. 대류권의 열적외 복사는 그 복사가 방출된 고도의 대기 온도와 강한 연관이 있다. 대류권에서는 일반적으로 고도가 높아질수록 기온이 감소한다. 우주로 방출되는 적외복사는 평균 온도가 -19℃인 고도에서 기원하여 **태양복사**의 순 입사량과 균형을 이루는 반면에, 지표는 그보다 훨씬 높은 온도, 평균적으로 +14℃의 온도를 유지한다. 온실가스 농도가 증가하면 대기의 적외선 불투명도가 증가되고 그리하여 온도가 더 낮은 더 높은 고도에서 유효 복사가 우주로 배출된다. 이것은 온실효과를 강화시키는, 소위 **강화된 온실효과(enhanced greenhouse effect)**를 일으키는 **복사강제력**을 야기한다.

#### 온실가스(Greenhouse gas; GHG)

온실가스는 지표, **대기**, 구름에 의해 배출된 **열적외 복사** 스펙트럼 내 특정 파장의 복사를 흡수하고 배출하는 가스상 대기 성분이며, **인위적**으로도, **자연적**으로도 발생한다. 열적외 복사를 흡수하고 방출하는 이 속성 때문에 **온실효과**가 생긴다. 대기의 주요 온실가스는 수증기(H<sub>2</sub>O), **이산화탄소(CO<sub>2</sub>)**, **아산화질소(N<sub>2</sub>O)**, **메탄(CH<sub>4</sub>)**, **오존(O<sub>3</sub>)**이다. 대기에는 **할로카본(halocarbon)**, 염소 함유물질, 브롬 함유물질 등 전적으로 인위적으로 생성되는 온실가스도 있는데, 이것들은 몬트리올 의정서에 따라 통제된다. CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> 외에도 교토 의정서는 온실가스인 **육불화황(SF<sub>6</sub>)**, **HFCs(hydrofluorocarbons)**, **PFCs(perfluorocarbons)**도 다룬다.

#### 국내총생산(Gross Domestic Product; GDP)

한 국가에서 생산된 모든 재화와 서비스의 통화 가치.

## H.

#### 할로카본(Halocarbon; 할로겐화 탄소)

부분적으로 할로겐화 된 유기 화합물질을 집합적으로 일컫는 용어. 염화불화탄소(CFCs), 수소화불화탄소(HFCs), 할론, 염화메틸, 브롬화메틸 등이 있다. 할로카본 중 많은 것들이 **지구 온난화 지수**가 크다. 염소와 브롬을 함유한 할로카본은 **오존층** 고갈과도 관련 있다.

#### 인간계(Human system)

인간 조직이 중요한 역할을 하는 모든 시스템. 이 용어는 **사회** 혹은 **사회시스템**과 동의어로 사용되는 경우가 많다(언제

나 동의어로 사용되는 것은 아니다). 농업시스템, 정치시스템, 기술시스템, 경제시스템 등이 그 예이다. AR4에 적용된 의미에서는 이 모두가 인간계이다.

#### 수소화염화불화탄소(Hydrochlorofluorocarbons; HCFCs)

**할로카본** 참고.

#### 수소화불화탄소(Hydrofluorocarbons; HFCs)

**교토의정서**의 6개 **온실가스** 규제대상 물질 중 하나임. 염화불화탄소(CFCs)의 대체물질로서 상업적으로 사용, HFCs는 냉장고, 반도체 제작등에 사용된다. **할로카본** 참고.

#### 수권(Hydrosphere)

**기후계**에서 지표수와 지하수로 이루어진 부분. 대양, 바다, 강, 담수호, 지하수 등.

#### 수문 순환(Hydrological cycle)

물이 바다와 육지표면에서 증발하여 대기 순환에서 수증기로 지구 위로 이동, 응결핵을 형성하고, 비나 눈으로서 다시 강하하여, 나무와 식생에 흡수되고, 지하수가 되고, 하천으로 방출되고, 결국에는 바다로 흘러나가 그로부터 결국 다시 증발하게 되는 순환(AMS, 2000). 수문 순환에 관련된 다양한 시스템을 보통 수문 **시스템**이라고 부른다.

#### 수문 시스템(Hydrological system)

**수문 순환** 참고.

## I.

#### 만년설(Ice cap)

보통 고지(highland)지역을 덮고 있는 둥근 지붕(dome) 모양의 얼음 덩어리. 규모는 **빙상**보다 상당히 작다.

#### 빙상(Ice sheet)

밑에 있는 기반암 지형의 대부분을 덮기에 충분히 깊어서 모양이 주로 역학(내부적 변형과 기저부 미끄러짐을 통한 얼음의 흐름)에 의해 결정되는 육빙 덩어리. 중심부의 높고 약간 경사진 얼음지대로부터 바깥쪽으로 흐른다. 보통은 번두리가 좀 더 경사져 있고, 대부분의 얼음은 빠르게 흐르는 빙류 혹은 배출 빙하를 통해 배출되는데 바다나 바다 위를 떠다니는 빙봉 속으로 배출되는 경우도 있다. 현재는 3개의 빙상만이 존재하는데 하나는 그린란드 빙상이고, 나머지 두 개는 남극대륙에서 남극횡단산맥(Transantarctic Mountains)에 의해 분리되어 있는 동부 남극빙상과 서부 남극빙상이다.

#### (기후변화) 영향 평가 [(Climate change) Impact assessment]

**기후변화**가 자연계와 **인간계**에 미치는 효과를 통화 혹은 비통화 측면에서 확인하고 평가하는 일.

#### (기후변화) 영향 [(Climate change) Impact]

**기후변화**가 자연계와 **인간계**에 미치는 효과. 적응을 고려하느냐 여부에 따라 잠재적 영향과 잔류 영향으로 구분할 수 있다.

- 잠재적 영향(potential impacts): **적응**을 고려하지 않는 경우, 전망된 기후변화가 일어나면 발생할 수 있는 모든 영향.
- 잔류 영향(residual impacts): 적응한 후에 발생하게 될 기후 변화의 영향.

**종합 영향, 시장 영향, 비시장 영향** 참고.

#### 이행(Implementation)

이행은 조약에 따라 약속을 충족시키기 위해 취해진 조치들을 가리키는 것이며, 법적이고 효과적인 단계도 포함된다. 법적 이행(legal implementation)은 입법, 규제, 사법적 판결을 가리키며, 이것은 정부가 국제 협정을 국내법과 정책으로 변형시키기 위해 취한 전진을 관리하려는 노력 같은 조치들도 포함된다. 효과적 이행(effective implementation)은 목표 집단의 행동과 결정의 변화를 유도할 정책과 프로그램이 필요하다. 그러면 목표 집단은 효과적인 적응 및 완화 대책을 취한다. **준수(Compliance)** 참고.

#### 토착민(Indigenous peoples)

토착민에 대해 국제적으로 용인된 정의는 없다. 국제법 및 UN 기관들이 토착민을 구분하기 위해 종종 적용하는 공통된 특징으로는 지리적으로 뚜렷이 구분되는 전통적 거주지와 조상 대대로 살아온 영토에 거주하거나 그 자연 자원에 애착하는 것; 문화적, 사회적 정체성과 주류 혹은 지배적인 사회 및 문화와는 별개의 사회적, 경제적, 문화적, 정치적 제도를 유지하는 것; 어느 한 지역에서 현대의 국가 또는 영토가 출현하고 현재의 국경선이 정해지기 전에 존재하던 인구집단의 후손; 자기를 독특한 토속 문화집단의 일부로 동일시하고 그 문화적 정체성을 보존하려고 갈망한다.

#### 유도된 기술변화(Induced technological change)

**기술변화(technological change)** 참고.

#### 산업혁명(Industrial revolution)

산업이 급속히 성장하면서 사회적, 경제적으로 큰 파급 효과를 주었던 기간. 영국에서 18세기 후반에 시작되어 유럽으로 확산되고 나중에는 미국을 비롯한 다른 국가들에게까지 확산되었다. 증기기관의 발명이 이 발달의 중요한 발단이었다. 산업혁명 때부터 **화석연료**의 사용과 화석 이산화탄소의 배출량이 급속히 증가하기 시작했다. 이 보고서에서 산업화 이전

(preindustrial)과 산업화(industrial)이란 용어는 다소 임의적이긴 해도 각각 1750년 전과 후를 가리킨다.

#### 관성(Inertia)

**기후변화 완회**를 언급하는 상황에서의 관성은 물리적 인위적 자본과 자연 자본, 제도, 규제, 규범을 포함하여 사회적 비물리적 자본 같은 사회의 기존 조건으로 인한 변화의 어려움을 뜻한다. 기존의 사회구조가 사회를 폐쇄시키고 변화를 어렵게 만든다.

**기후계**를 언급하는 상황에서의 관성은 **외부강제력**이 적용된 후 **기후변화**의 지연, 그리고 외부 강제력이 안정된 후에도 기후변화가 계속되는 것을 뜻한다.

#### 전염병(Infectious disease)

미생물에 의해 유발되고 사람과 사람 사이에 옮겨나 동물로부터 사람에게 옮을 수 있는 질병. 직접적인 신체접촉이나 전염성 유기체를 집었던 물체를 취급함으로써, 혹은 질병 매개체를 통해, 오염된 물을 통해, 기침이나 호흡으로 공기 중에 병원균의 확산에 의해 전염될 수 있다.

#### 기반시설(Infrastructure)

조직, 도시, 국가의 개발, 운영, 성장에 필수적인 기초적 장비, 시설, 생산업체, 설비 및 서비스.

#### 통합 평가(Integrated assessment)

물리, 생물, 경제 및 사회 과학에서 나온 결과와 모델, 그리고 이 요소들 간의 상호작용을 일관된 틀 안에서 결합하여 환경 변화의 상태와 그에 대한 정책적 대응의 결과를 평가하는 분석방법. 이런 분석에 사용되는 모델을 통합 평가 모델이라고 부른다.

#### 통합 수자원 관리(Integrated Water Resource Management: IWRM)

물 관리에 관한 주도적 개념은 아직 명확히 정의되지 않았다. IWRM은 1992년 더블린에서 물과 환경에 관한 국제 컨퍼런스(International Conference on Water and the Environment)에서 공식화된 다음 4가지 원칙에 기초한다. 1) 담수는 생명과 개발과 환경을 지탱하는 데 필수적인 유한하고 취약한 자원이다. 2) 물 개발과 관리는 모든 차원의 사용자, 기획자, 정책결정자를 포함하는 참여적 접근법에 기초해야 한다. 3) 여성은 물의 공급, 관리, 보호에서 중심 역할을 한다. 4) 물은 경쟁 용도에서 경제적 가치가 있으며, 하나의 경제 상품으로서 인식되어야 한다.

#### 간빙기(Interglacials)

빙하기의 빙결기 사이에 따뜻했던 기간. 대략 129,000~116,000

년 전에 일어났던 과거의 간빙기를 마지막 간빙기(*Last Interglacial*)라고 부른다(AMS, 2000).

**J.**

**공동이행(Joint Implementation; JI)**

*교토의정서* 제 6조에 정의된 시장 기반의 이행 체제. 부속서 I 국가들 혹은 이들 국가의 회사들이 배출을 제한 또는 감소시키는 또는 제어를 강화하는 사업을 공동으로 이행하며 배출량 감소 단위를 분배할 수 있게 한 체제이다. JI 활동은 UNFCCC의 4.2(a)에서도 허락되어 있다. *교토 체제(Kyoto Mechanism)*는, *공동이행활동(Activities Implemented Jointly)* 참고.

**K.**

**교토 체제(Kyoto mechanism)(유동성 체제 flexibility mechanism이라고도 함)**

교토의정서 당사국들이 *온실가스 배출량* 감축 요건의 잠재적 경제 충격을 완화시키기 위해 사용할 수 있는 시장원칙 기반의 경제 체제. 이에는 *공동이행*(제6조), *청정개발체제*(제12조), 배출권 거래(제 17조)가 포함된다.

**교토의정서(Kyoto Protocol)**

*유엔기후변화협약(UNFCCC)*의 교토의정서는 1997년에 일본의 교토에서 열린 UNFCCC 당사국 회의 제3 세션(Third Session of the Conference of the Parties to the UNFCCC)에서 채택되었다. 이것은 UNFCCC에 포함된 약속 외에도 법적 구속력이 있는 약속을 담고 있다. 교토의정서의 *부속서 B*에 포함된 국가들(OECD 국가 대부분, 개도국, *시장경제전환국가*)은 의무이행 기간인 2008~2012년 동안 자국의 *인위적 온실가스 배출량(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>)*을 1990년 수준보다 최소 5%를 감축하기로 합의했다. 교토의정서는 2005년 2월 16일에 발효되었다.

**L.**

**토지사용과 토지사용 변화(Land use and Land-use change)**

*토지사용*이란 특정 토지유형에 취해진 모든 준비, 활동, 투입을 뜻한다(일련의 인간 활동). 토지사용이란 용어는 토지를 관리하는 사회적, 경제적 목적이라는 의미로도 사용된다(예: 방목, 목재 벌채, 보존).

*토지사용 변화*는 인간에 의해 토지의 사용 또는 관리가 변한 것을 말한다. 토지사용 변화는 토지 피복(land cover)의 변화로 이어질 수도 있다. 토지 피복과 토지사용 변화는 지상 *알베도*, 증발산, *온실가스* 발생원과 제거원, *기후계*의 기타 특성에 영향을 줄 수도 있으므로 지역적으로 혹은 지구적으로 기후에 *복사강제력* 내지 기타 영향을 줄 수 있다. 토지사용, 토지사용 변화 및 산림에 관한 IPCC 보고서(IPCC, 2000)를

참고한다.

**마지막 간빙기(Last Interglacial; LIG)**

*간빙기(Interglacial)* 참고.

**실행을 통한 학습(Learning by Doing)**

연구자나 기업은 새로운 기술 공정에 숙달되면서 혹은 생산 확대를 통해 경험을 쌓아가면서 공정을 개선하고 비용을 절감할 수 있는 길을 발견할 수 있다. 실행을 통한 학습은 일종의 경험 기반의 기술변화이다.

**과학적 이해수준(Level of Scientific Understanding; LOSU)**

기후변화에 영향을 주는 복사강제력 요소의 과학적 이해정도를 특성화하기 위한 5단계 척도(높음, 중간, 중간-낮음, 낮음, 매우 낮음)의 지수이다. 각 요소에 대한 LOSU는 강제력을 결정하는 물리적/화학적 기전의 증거에 대한 주관적 판단, 그리고 정량적 추정과 그것의 불확실성에 대한 의견일치를 나타낸다.

**가능성(Likelihood)**

확률적으로 추정 가능한 경우에서 발생 가능성 혹은 결과는 표준 용어를 사용해서 아래와 같이 표현한다.

용 어	발생가능성/결과
사실상 확실한 (virtually certain)	발생 확률 >99%
극히 가능성 높은 (extremely likely)	발생 확률 >95%
가능성 높은 (very likely)	발생 확률 >90%
가능성 있는 (likely)	발생 확률 >66%
가능성이 없는 것은 (more likely than not)	발생 확률 >50%
가능성이 반반인 (about as likely as not)	발생 확률 33~66%
가능성 없는 (unlikely)	발생 확률 <33%
가능성 매우 낮은 (very unlikely)	발생 확률 <10%
극히 가능성 없는 (extremely unlikely)	발생 확률 <5%
사실상 가능성 없는 (exceptionally unlikely)	발생 확률 <1%

*신뢰도(Confidence)*, *불확실성(Uncertainty)* 참고.

**M.**

**거시경제 비용(Macroeconomic costs)**

보통은 *국내총생산(GDP)*의 변화나 GDP 증가율의 변화로서 또는 복지나 소비의 손실로서 측정한다.

**말라리아(Malaria)**

*Plasmodium* (Protozoa) 속의 기생충 중에 의해 유발되는 풍토병 혹은 전염병. *Anopheles* 속의 모기에 의해 인간에게 전염되고, 발작적인 고열과 전신성 장애를 일으키며, 전 세계에서 매년 약 3억 명이 걸리고 약 2백만 명이 사망한다.

**시장 환율(Market Exchange Rate; MER)**

외국 화폐가 교환되는 비율. 대부분의 경제는 날마다 이 환율을 게시하는데 변화는 거의 없다. 일부 개도국에서는 공식 환율과 암시장 환율이 상당히 다를 수 있어 MER을 정확히 규명하기가 어렵다.

### 시장 영향(Market Impacts)

통화로 정량할 수 있고 **국내총생산(GDP)**에 직접적으로 충격을 주는 **영향**. 예) 농사 자재 혹은 재화 가격의 변화. **비시장 영향(Non-market impacts)** 참고.

### 시장 잠재력(Market potential)

**완화 잠재력(Mitigation potential)** 참고.

### 질량균형(Mass balance) (빙하, 만년설, 빙상 관련)

얼음덩어리의 질량 획득(축적)과 질량손실(침식, 빙산 분열) 간의 균형. 질량균형이라는 용어에는 세부적으로 아래와 같은 것들이 있다.

**비질량균형(Specific mass balance):** **빙하** 표면의 한 지점에서 **수문 순환**이 한 번 도는 동안의 순 질량 손실 혹은 획득.

**총 질량균형(Total mass balance):** 전체 빙하면적에 대해 적분된 비질량균형. 수문순환이 한번 도는 동안 빙하 한 개가 얻거나 잃는 총 질량.

**평균 비질량균형(Mean specific mass balance):** 빙하의 단위 면적당 총 질량균형. 표면을 지정한 경우(비 표면 질량 균형 등) 얼음흐름의 기여는 고려되지 않는다. 다른 경우에는 질량균형에 얼음흐름과 빙산 분해의 기여가 포함된다. 비 표면 질량균형은 축적 부분에서는 양(+)이고 침식 지역에서는 음(-)이다.

### 평균 해수면(Mean Sea Level)

평균 해수면은 보통 한달이나 1년처럼 파도와 조석 같은 변화를 평균 내기에 충분히 긴 기간 동안의 평균 상대적 해수면으로서 정의된다. 상대적 해수면(relative sea level)은 바다가 위치한 육지와 관련해서 조위계로 측정된 해수면이다. **해수면 변화(Sea level change)/해수면상승(sea level rise)** 참조

### 대책(Measures)

대책은 온실가스 배출량이나 영향을 미래에 예상되는 수준 아래로 감소시키는 기술, 공정 및 제도이다. 대책의 예로는 재생에너지 기술, 폐기물 감량 공정, 대중교통 통근제 등이 있다. **정책(policies)** 참고.

### 자오선 순환(Meridional Overturning Circulation; MOC)

대양에서 동-서 방향으로 평균된 대규모 자오선(남북) 순환을 말한다. 대서양에서 이 순환은 상대적으로 따뜻한 상층수를 북

쪽으로, 상대적으로 차가운 심층수를 남쪽으로 수송한다. **멕시코 만류(gulf stream)**는 이 대서양 순환의 일부를 형성한다.

### 메탄(CH<sub>4</sub>)

메탄은 **교토의정서**에 따라 완화되어야 하는 6대 **온실가스** 중의 하나이며, 천연가스의 주성분이고 모든 탄화수소 연료, 동물 배설물, 농사에서 방출된다. 석탄층 메탄은 탄층에서 발견되는 메탄가스이다.

### 메탄 회수(Methane recovery)

석유, 가스정, 석탄층, 토탄 늪(peat bog), 가스 배송관, 매립지, 혐기성 소화조 등에서 나오는 메탄 배출량을 포획하여 연료나 기타 경제적 목적(예: 화학적 공급원료)으로 사용될 수 있다.

### 도량형(Metric)

달리 정량하기 어려운 물체나 활동의 특성을 일관되게 측정하는 것.

### 천년 개발 목표(Millennium Development Goals; MDGs)

빈곤, 기아, 질병, 문맹, 여성 차별, 환경 악화를 퇴치하기 위한 측정 가능하고 시한이 있는 목표로서 2000년에 UN 밀레니엄 정상회의(UN Millenium Summit)에서 합의되었다.

### 완화(Mitigation)

기술 변화 및 대체를 통해 단위 생산 당 투입 자원과 배출량을 줄이는 것. 몇 가지 사회적, 경제적, 기술적 정책들이 배출량 감소 효과를 낳겠지만 **기후변화**에 관련된 완화는 **온실가스** 배출을 감소시키고 **제거**를 강화하는 정책을 이행하는 것을 뜻한다.

### 완화 능력(Mitigative capacity)

한 국가가 인위적 온실가스 배출량을 감축하거나 자연적 제거원을 강화시킬 수 있는 능력을 말한다. 여기서 능력이란 한 국가가 획득한 기술, 역량, 적합성, 숙련도를 뜻하며, 그런 능력은 기술, 제도, 부, 형평성, **기반시설**, 정보에 의해 좌우된다. 완화 능력은 한 국가의 지속 가능한 개발 경로에서 나온다.

### 완화 잠재력(Mitigation potential)

기후변화 완화 측면에서 완화 잠재력이란 아직은 실현되지 않았고 앞으로 실현 가능한 완화의 양이다.

**시장 잠재력:** 민간 비용과 민간 할인율에 기초한 완화 잠재력이다. 이것은 현재 실시 중인 정책과 대책을 포함해 예보 시장 조건 아래서 형성될 것으로 예상되며, 장벽이 실제 이득을 제한한다는 점을 고려한다. 민간 비용과 민간

할인율은 민간 소비자와 민간 회사의 전망을 반영한 것이다.

**경제적 잠재력:** 정책과 대책에 의해 시장효율이 개선되고 장벽이 제거된다는 전제 하에 사회 비용과 이득, 사회적 할인율을 고려한 완화 잠재력이다. 사회 비용과 사회적 할인율은 사회의 전망을 반영한다. 사회적 할인율은 민간 투자자들이 사용하는 할인율보다 낮다. 시장잠재력 연구는 정책 결정자들에게 기존 정책 및 대책과 함께 시장 잠재력에 대한 정보를 제공할 수 있다. 반면에 경제적 잠재력 연구들은 장벽을 제거하고 사회 비용과 이득을 포함시키기 위해 적절한 새 정책을 실시하면 무엇이 달성될 수 있는가를 알려준다. 따라서 경제적 잠재력은 일반적으로 시장 잠재력보다 크다.

**기술적 잠재력:** 이미 실증된 기술이나 제도를 이행함으로써 달성할 수 있는 온실가스 배출 감소량 혹은 에너지 효율 증가량이다. 비용은 명확히 제시된 것이 없지만 '실용적 제약' 을 채택하면 묵시적 경제 고려사항이 고려될 수 있다.

#### 모델(Model)

기후 모델(Climate model), 상향식 모델(Bottom-up model), 하향식 모델(Top-down model) 참고.

#### 모델 계층(Model hierarchy)

기후 모델(Climate model) 참고.

#### 몬순(Monsoon; 계절풍)

몬순은 대륙 규모의 육지 덩어리와 주변 대양 간의 차별적 가열로 인해 열대 및 아열대 지역에서 지상풍과 그로 인한 강수가 계절적으로 바뀌는 현상이다. 몬순 호우는 주로 여름에 육지에서 발생한다.

#### 질병률(Morbidity)

한 집단 내에서 연령별 질병 발생률을 고려한 질병이나 기타 건강장애의 발생률. 질병률 지표에는 만성 질환 발생률/유병률, 입원률, 1차 의료기관 상담, 장애 일수(즉, 결근 일수), 중상 유병률이 포함된다.

#### 사망률(Mortality)

한 인구집단 내의 사망 발생률. 사망률 계산에는 연령별 사망률이 반영되므로 기대수명과 조기사망 범위가 산출된다.

#### N.

##### 순 시장이득(Net market benefits)

기후변화, 특히 중간정도의 기후변화는 시장 기반의 부문에

긍정적, 부정적 영향 둘 다 줄 것으로 예상되는데 그 영향은 부문과 지역<sup>2</sup>에 따라 차이가 크고 기후변화의 속도와 크기에 좌우될 것이다. 일정 기간 동안 시장의 긍정적 이득, 부정적 이득 그리고 모든 부문과 지역을 통틀어 종합한 비용의 합계를 순 시장 이득이라고 한다. 순 시장이득에서 비시장 영향(non-market impacts)은 제외된다.

#### 아산화질소(N<sub>2</sub>O)

교토의정서에 따라 감축 대상인 6가지 온실가스 중의 하나이다. 아산화질소의 주요 인위적 발생원은 농사(토양, 동물의 배설물 관리)이지만 하수 처리, 화석연료 연소, 화학적 산업 공정에서도 배출된다. 또한 자연적으로도 토양과 물의 매우 다양한 생물학적 발생원, 특히 열대우림의 미생물 작용에 의해서도 발생한다.

#### 비정부 조직(NGO)

특별한 사회적, 환경적 목적을 달성하거나 특정 지지기반에 기여하기 위해 제도권 정치구조 밖에 조직된 비영리 집단 혹은 단체. 출처:

<http://www.edu.gov.nf.ca/curriculum/teched/resources/globiodiversity.html>

#### 비시장 영향(Non-market impacts)

생태계나 인간복지에 영향을 주고 통화량으로는 쉽게 표현되지 않는 영향. 예) 조기사망 위험 증가, 기아위험 인구의 수 증가. 시장 영향(Market impacts) 참고.

#### O.

##### 해양 산성화(Ocean acidification)

해수에 인위적 CO<sub>2</sub>가 흡수되어 해수의 pH가 낮아지는 것.

##### 기회(Opportunities)

시장잠재력의 과학기술과 경제적 잠재력 또는 기술적 잠재력 간의 차이를 줄이기 위한 상황을 말한다.

##### 오존(Ozone)

3원자 형태의 산소(O<sub>3</sub>). 가스상 대기 성분이다. 대류권에서 자연적으로도 생성되고 인간활동에서 생긴 가스의 광화학반응(스모그)에 의해서도 생성된다. 대류권(troposphere) 오존은 온실가스로서 작용한다. 성층권에서는 태양 자외복사와 산소 분자(O<sub>2</sub>)의 상호작용에 의해 생성된다. 성층권(stratosphere) 오존은 성층권 복사수지에서 주도적인 역할을 한다. 오존 농도는 오존층(ozone layer)에서 가장 높다.

#### P.

##### 고기후(Paleoclimate)



측정기기가 개발되기 전의 **기후**. 유효 자료가 프록시(proxy) 기후 기록뿐인 유사 시대 지질연대도 고기후에 포함된다.

#### 기후변동성 패턴(Patterns of climate variability)

**기후계**에서 계절이나 그보다 긴 시간범위의 자연적 변동성은 대기순환의 역학적 특성과 육지 및 해양 표면의 상호작용을 통해 주로 우선적 공간 패턴과 시간범위에서 발생한다. 그런 패턴을 기후형태(regime), 모드(mode), 혹은 원격상관(teleconnections)이라고 부른다. 예를 들면, 북대서양 진동(NAO), 태평양-북아메리카 패턴(PNA), **엘니뇨-남방진동(ENSO)**, 북반구 극진동[(NAM, 전에는 북극진동 Arctic Oscillation(AO)라고 불렀음)], 남반구 극진동[(SAM, 전에는 남극진동 Antarctic Oscillation(AAO)라고 불렀음)]이 있다. 주요 기후변동성 주요 모드는 WGI 보고서의 3.6절에 고찰되어 있다.

#### 백분위수(Percentile)

어떤 데이터세트에서 그 값 보다 작거나 같은 값들의 백분율을 의미하는 백분위수. 백분위수(퍼센타일)은 종종 분포의 외향(extreme)을 추정하는 데 사용된다. 예를 들어 90 백분위수와 10 백분위수는 외향의 각각 상한과 하한의 문턱값을 나타내기 위해 사용될 수 있다.

#### 과불화탄소(Perfluorocarbons; PFCs)

교토의정서에 따른 감축대상 6가지 온실가스 중의 하나이다. 이것들은 알루미늄 제련과 우리나라 농축 공정에서 부산물로 생성된다. 또한 반도체 제조 공정에서 염화불화탄소(CFCs)를 대체하기도 한다.

#### 영구동토(Permafrost)

온도가 최소 2년 연속해서 0°C 이하인 지면(토양, 혹은 암석, 포함된 얼음과 유기물질). **동토(Frozen ground)** 참고.

#### pH

수소이온(H<sup>+</sup>) 농도로 물(혹은 용액) 산성도의 무차원 단위이다. 순수(pure water)의 pH는 7이다. 산성용액의 pH는 7보다 작고 알칼리성용액은 pH가 7보다 크다. pH는 로그 스케일로 측정된다. 따라서 pH가 1 감소하는 것은 산성도가 10배 증가하는 것이다.

#### 생물기후학(Phenology)

생물계에서 주기적으로 일어나는 자연 현상(예: 발달 단계, 완화)과 그것들의 기후 및 계절 변화와의 관계를 연구하는 학문.

#### 광합성(Photosynthesis)

식물, 녹색식물, 조류, 박테리아 일부가 대기로부터 이산화탄

소를 흡수하여 탄수화물을 만드는 과정. 광합성은 대기의 이산화탄소 농도에 반응을 달리하며 몇 가지 경로가 있다. **이산화탄소 시비효과(Carbon dioxide fertilisation)** 참고.

#### 플랑크톤(Plankton)

수계의 상층에 서식하는 작은 유기체. 에너지 공급을 광합성에 의존하는 식물성 플랑크톤(phytoplankton)과 식물성 플랑크톤을 잡아먹고 사는 동물성 플랑크톤으로 분류된다.

#### 정책(Policies)

**UN 기후변화협약(UNFCCC)**에서 말하는 정책은 완화 및 적응 대책을 가속하기 위해 자국 내 산업이나 다른 국가와 관련해서 정부에 의해 취해지거나 의무화 된다. 정책의 예로는 탄소세 혹은 기타 에너지세, 자동차의 연료효율 표준 등이 있다. 공동 정책(common policies), 조정 정책(coordinated policies) 혹은 조화 정책(harmonized policies)은 당사국들이 공동으로 채택한 정책을 말한다. **대책(Measures)** 참고.

#### 포트폴리오(portfolio)

요구되는 정책목표를 달성하기 위해 정책결정자가 사용할 수 있는 일관되고 다양한 일단의 대책이나 기술. 대책과 기술의 범위를 넓힘으로써 좀 더 다양한 현상과 불확실성을 처리할 수 있다.

#### SRES 이후(시나리오)

IPCC 배출 시나리오에 관한 특별 보고서(IPCC Special Report on Emission Scenarios; **SRES**)(Nakicenovic and Swart, 2000)가 발표된 후에, 즉 2000년 이후에 발표된 베이스라인(기준 배출량) 및 완화 배출 시나리오들.

#### 산업화 이전(Pre-industrial)

**산업혁명(Industrial revolution)** 참고.

#### 전망(Projection)

모델을 사용해 어떤 양이 잠재적으로 미래에 어떻게 전개될 것인가를 계산한 것. 전망은 예측과는 다르다. 전망은 실현될 수도 실현되지 않을 수도 있는 미래의 사회경제적, 기술적 발달에 관한 가정을 포함하며, 그래서 상당한 **불확실성**을 갖는다. **기후 전망(Climate projection)**, **기후 예측(Climate prediction)** 참고.

#### 구매력 평가(Purchasing Power Parity; PPP)

화폐의 구매력은 일정량의 화폐로 구매할 수 있는 재화와 서비스 단위를 사용해 표현된다. 예를 들어 국가들의 **국내총생산(GDP)** 비교는 현재의 환율보다는 화폐의 구매력에 기초할

수 있다. PPP 추정치는 산업국의 1인당 GDP는 낮추고 개도국의 1인당 GDP는 높이는 경향이 있다.

## R.

### 복사강제력(Radiative forcing)

복사강제력은 *대류권*에서  $CO_2$  농도 변화나 태양복사 같은 외부적 *기후변화*로 인해 생긴 순 복사(하향복사-상향복사)의 변화이다. 복사강제력은 대기의 모든 속성을 섭동되지 않은 값에 고정시키고 *성층권*의 온도를 감안하여 만약, 섭동된 경우에는 역학적 복사 평형으로 재조정 한 후 산출된다. 성층권 온도에 변화가 없다는 것을 고려하여 복사강제력은 순간적(instantaneous)이라고 한다. 이 보고서를 위해 복사강제력을 추가로 정의하자면, 달리 언급하지 않는 한 1750년에 비교한 변화량이고, 지구 연평균 값이다.

### 재조림(Reforestation)

과거에는 산림이 있었으나 다른 용도로 전환되어 버린 토지에 숲을 조성하는 것. *산림(forest)*이라는 용어와 *조림(afforestation)*, *재조림(reforestation)*, *산림벌채(deforestation)* 등 관련 용어에 관해서는 <토지사용, 토지사용 변화 및 산림에 관한 IPCC 보고서(IPCC Report on Land Use, Land-Use Change and Forestry)> (IPCC, 2000)를 참고한다. 또한 <인간에 의한 직접적인 산림붕괴 및 식생 붕괴로 인한 인벤토리 배출량의 정의와 방법론적 옵션에 관한 보고서(Report on Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types)> (IPCC, 2003)를 참고한다.

### 지역(Region)

특정한 지리적, 기후적 특색으로 특징지어지는 영토. 한 지역의 *기후*는 지형, *토지사용* 특성, 호수 등 지역적, 국소적 규모의 강제력뿐 아니라 다른 지역으로부터의 원격 영향력에 의해 영향을 받는다.

### 탄성 혹은 복원력(Resilience)

사회시스템이나 생태 시스템이 기본 구조와 기능방식, 자기조직화 능력, 스트레스 및 변화 흡수 능력을 보유하면서 교란을 흡수하는 능력.

### 개장(Retrofitting)

건설 당시에 이용 가능하지 않거나 필수로 간주되지 않은 기존 *기반시설*에 새로운 혹은 개조된 부품이나 장비를 설치하는 것 혹은 구조적으로 변경하는 것. *기후변화*와 관련된 개장의 목적은 일반적으로 기존 기반시설이 변경된 기후조건 아래서 필요할 수도 있는 새 설계사양을 충족시키는 것이다.

### 유출수(Runoff)

강수량 중에서 증발하거나 발산되지 않고 지표 위로 흘러 수계로 돌아가는 부분. *수문 순환(Hydrological cycle)* 참고.

## S.

### 염류화(Salinisation)

염분이 토양에 축적되는 것

### 해수침투(Saltwater intrusion)

밀도가 큰 해수가 들어와 담수 혹은 지하수를 대신하는 것. 보통은 해안이나 강어귀 지역에서 육지기반의 영향력이 감소됨으로써(예: *유출수* 감소와 그로 인한 지하수 재충전으로 인해) 또는 대수층으로부터 과도한 취수(water extraction)로 인해) 또는 해양의 영향력이 증가함으로써(예: 상대적 *해수면 상승*) 발생한다.

### 시나리오(Scenario)

추진하는 힘과 주요 관계에 대한 일관되고 내부 모순 없는 가정에 기초해서 미래가 어떻게 전개될 것인가를 간단히 기술한 것. 시나리오는 전망으로부터 도출될 수 있으나 다른 출처의 추가 정보에 기초하기도 하며, 설명적 줄거리(narrative storyline)를 포함하기도 한다. *SRES 시나리오*, *기후 시나리오(Climate scenario)*, *배출 시나리오(Emission scenarios)* 참고.

### 해양빙 생물군계(Sea-ice biome)

극해(polar ocean)의 부유하는 해양빙(동결된 해수)에 서식하는 모든 해양 유기체의 *생물군계(biome)*

### 해양빙(Sea ice)

해양에서 해수가 얼어서 생긴 모든 얼음형태. 해양빙에는 바다 위에서 바람에 의해 이동되는 불연속 조각(떠다니는 얼음: 유빙), 즉 바람과 해류에 의해 이동되는 유빙괴(pack ice) 또는 해안에 붙어 움직이지 않는 얼음판(육지에 고정된 얼음)도 있을 수 있다. 생성된 지 1년이 안 된 해양빙은 *1년생 얼음(first-year ice)*이라고 부르고, 적어도 한 번의 여름 해동철을 지난 얼음은 *다년생 얼음(Multi-year ice)*이라고 부른다.

### 해수면 변화/해수면 상승(Sea level change/Sea level rise)

해수면은 (i) 해양분지 모양의 변화, (ii) 총 수괴(total mass of water)의 변화, (iii) 해수밀도의 변화로 인해 지구적으로도 지역적으로도 변할 수 있다. 지구 온난화 아래서 해수면 상승을 일으키는 인자는 육지의 눈과 얼음의 용해로 인한 총 해수량의 증가, 해수온도 상승으로 인한 해수밀도의 변화, 염도 변화이다. 상대적 해수면 상승은 육지에 비해 해수면이 지역적으로 상승하는 곳에서 발생하는데 이것은 바다의 상승 또는 육지면의 하강 때문일 수 있다. *평균해수면(Mean Sea Level)*,

**열팽창(Thermal expansion)** 참고

**계절적 동토(Seasonally frozen ground)**

**동토(Frozen ground)** 참고.

**민감도(Sensitivity)**

시스템이 **기후변동성(climate variability)**이나 **기후변화**에 의해 이롭게 혹은 해롭게 영향 받는 정도. 이 영향은 직접적이거나(예: 기온의 평균, 범위, 변동성의 변화에 반응하여 작물 생산량의 변화) 간접적(예: **해수면 상승**으로 인해 해안범람 빈도가 증가하여 야기된 피해)일 수 있다. 이 민감도라는 개념을 **기후민감도(Climate sensitivity)**와 혼동해서는 안 된다. 기후민감도는 위에서 따로 정의되었다.

**특이성(Singularity)**

하나의 현상 혹은 특징을 다른 것과 구분되게 만드는 형질. 뭔가 남다르거나 뚜렷이 다르거나 특이하거나 흔치 않거나 범상치 않은 것.

**흡수원(Sink)**

**온실가스나 에어러솔의 전조물질(precursor)**을 **대기**로부터 제거하는 공정, 활동 혹은 체제.

**눈 덮힘(Snow pack)**

서서히 녹는 눈이 계절적으로 축적된 것.

**토양온도(Soil temperature)**

표층토양 근처 지면(보통은 표층 10cm 이내)의 온도.

**태양활동(Solar activity)**

태양은 수많은 흑점에서 관측된 강한 활동기는 물론 복사 방출, 자기장 활동, 고에너지 입자 방출을 보여준다. 이런 변동들은 수백만 년에서 수천만 년까지 다양한 시간범위로 일어난다.

**태양복사(Solar radiation)**

태양이 방출하는 전자기 복사. 단파복사(short wave radiation)라고도 한다. 태양복사는 태양의 온도에 의해 결정되고 가시 파장에서 최대를 이루는 뚜렷한 파장범위(스펙트럼)가 있다.

**열적외 복사(Thermal infrared radiation), 총 일사량(Total Solar Irradiance)** 참고.

**발생원(Source)**

발생원이라고 하면 대부분은 온실가스, 에어러솔, 이들의 전조물질을 **대기**로 방출하는 공정, 활동, 체제를 일컫는다. 또는 **에너지원(energy source)**을 뜻할 수도 있다.

**공간 및 시간범위(Spatial and temporal scale)**

**기후**는 매우 넓은 시공간 범위에서 달라질 수 있다. 공간 범위는 국지적(십만 km<sup>2</sup>) 범위부터 지역적(십만 ~천만 km<sup>2</sup>) 범위를 지나 대륙(천만 ~ 1억 km<sup>2</sup>) 범위까지 될 수 있다. 시간 범위는 계절부터 지질연대(수억만 년 전)까지 이를 수 있다.

**SRES 시나리오(SRES scenarios)**

Nakicenovic와 Swart(2000)에 의해 개발된 배출 시나리오 중 AR4 보고서에서 일부 기후전망의 기초로서 사용한 배출 시나리오. 아래 용어들은 SRES 시나리오 세트의 구조와 용도를 더 잘 이해하기 위한 용어들이다.

- **시나리오 패밀리(Scenario family)**: 인구통계적, 사회적, 경제적, 기술적 변화에 대한 줄거리가 비슷한 시나리오들. SRES 시나리오 세트는 A1, A2, B1, B2의 4가지 시나리오 패밀리로 이뤄져 있다.
- **설명 시나리오(Illustrative Scenario)**: Nakicenovic와 Swart (2000)의 <정책결정자를 위한 요약문>에 반영된 6개 시나리오를 설명하는 각각의 시나리오. A1B, A2, B1, B2 시나리오군의 수정 ‘시나리오 마커(revised scenario marker)’ 와 A1FI, A1T 시나리오군의 각각의 시나리오가 있다. 이 시나리오군은 모두 동등하게 견고하다.
- **마커 시나리오(Marker Scenario)**: SRES 웹사이트에 해당 시나리오 패밀리를 대표하여 초안 형태로 맨 처음 게시되었던 시나리오. 마커 시나리오는 초기 정량중에서 어느 것이 시나리오 줄거리를 가장 잘 반영하는가와 특정 모델의 특징에 기초하여 선택되었다. 마커 시나리오는 다른 시나리오와 마찬가지로 가능성이 없지만, SRES 저술팀은 마커 시나리오가 해당 줄거리를 잘 기술한다고 간주한다. 이것들은 Nakicenovic와 Swart(2000)의 수정 시나리오에 포함되어 있다. 이 시나리오들은 저술팀 전체의 면밀 검증을 받았고 SRES 오픈 프로세스(open process)를 거쳤다. 시나리오들은 다른 두 시나리오군을 설명하도록 선택되기도 했다.
- **줄거리(Storyline)**: 시나리오의 주요 특징, 주요 추진력들의 관계, 그것들의 전개 역학을 강조하면서 시나리오(혹은 시나리오 패밀리)를 설명적으로 기술한 것이다.

**안정화(Stabilization)**

**온실가스**(예: CO<sub>2</sub>)나 **CO<sub>2</sub>-상당** 온실가스의 대기 농도를 일정하게 유지하는 것. 안정화 분석 혹은 **시나리오**는 대기 중 온실가스 농도의 안정화를 다룬다.

**이해관계자(Stakeholder)**

사업이나 주체에 합법적 이해관계가 있는 혹은 특정 조치나

정책에 의해 영향을 받게 되는 사람 혹은 조직.

### 표준(Standards)

제품 성능(예: 등급, 차원, 특징, 시험방법, 사용 규칙)을 강제하거나 정의하는 규칙이나 규격. 제품, 기술 혹은 성능의 표준은 해당 제품이나 기술의 최소 요건을 정한다. 표준은 해당 제품의 제조나 사용으로 인한 또는 기술의 적용으로 인한 **온실가스 배출량**을 감소시킬 것을 요구한다.

### 폭풍 해일(Storm surge)

극단적인 기상조건(저기압이나 강풍)으로 인해 특정 지역에서 해수면이 일시적으로 증가한 것. 폭풍해일은 그 시간과 장소에서 조석 변동만으로 예상되는 것보다 높아지는 것이라고 정의된다.

### 폭풍 경로(Storm track)

원래는 개별 저기압 기상계의 경로를 칭하는 말이었으나 현재는 온대 저기압(extratropical cyclone) 교란의 주 경로가 저기압과 고기압의 연속으로 발생하는 **지역**을 칭하는 말로 일반화 되었다.

### 성층권(Stratosphere)

대류권 위의 **대기**에서 고도로 층을 이루고 있는 지역. 약 10 km(평균적으로 고위도에서는 9 km, 열대지역에서는 16 km) ~ 약 50 km 고도에 있다.

### 하천유량(Streamflow)

강유역(river channel)의 유량. m<sup>3</sup>/s로 표현한다. 하천유량(river discharge)과 동의어.

### 구조적 변화(Structural change)

한 국가의 산업, 농업 혹은 서비스 부문에서 생산되는 상대적 **국내총생산(GDP)** 비율의 변화. 좀 더 일반적으로 말하면, 시스템 구성요소가 다른 것으로 대체되거나 잠재적으로 대체되는 시스템 개혁을 말한다.

### 육불화황(SF<sub>6</sub>)

교토의정서의 감축대상 6가지 온실가스 중의 하나. 중공업 분야에서 고압장비 절연, 케이블 냉각 시스템과 반도체 제조 등에 사용된다.

### 표면 온도(Surface temperature)

**지구 표면 온도(Global surface temperature)** 참고.

### 지속 가능한 발전(Sustainable Development; SD)

세계 자연자원 보존전략(World Conservation strategy)(IUCN, 1980)에서 처음 도입된 개념으로서 지속 가능한 사회라는 개념과 재생 가능한 자원의 관리에 뿌리를 두고 있다. 1987년에 WCED와 1992년 리오 회담에서 자원 탐사, 투자 방향, 기술 개발 방향, 제도 변화가 조화를 이루고 인간의 필요와 대망을 충족시킬 현재와 미래의 잠재력을 강화시키는 변화 과정으로서 채택되었다. 지속 가능한 발전은 정치, 사회, 경제, 환경 측면을 아우른다.

### T.

#### 세금(Tax)

탄소세(carbon tax)는 **화석연료**의 탄소함량에 따라 부과된다. 화석연료에 든 탄소는 사실상 전부 결국엔 이산화탄소로 배출되기 때문에 탄소세는 단위 **CO<sub>2</sub>-상당 배출량**에 대한 배출세와 같다. 에너지세-연료의 에너지 함량에 부과된 징수액-은 에너지 수율을 감소시키고 그럼으로써 화석연료 사용으로 인한 이산화탄소 배출량을 감소시킨다. 환경세(eco-tax)는 인간 활동(특히 경제활동)을 생태계에 이로운 쪽으로 유도하기 위한 세금이다. 국제 탄소/방출/에너지 세는 국제 합의에 의해 참여국들의 특정 방출원에 부과된 세금이다. 조화세(harmonized tax)는 참여국들이 동일 방출원에 공동 비율의 세금을 부과하는 것이다. 세금공제(tax credit)는 온실가스 배출저감 기술처럼 특정 제품의 구매나 투자를 자극하기 위해 세금을 감면해주는 것이다. 탄소요금(carbon charge)은 탄소세와 같다.

#### 기술 변화(Technological change)

대부분은 기술 개발, 즉 주어진 양의 자원(생산 인자)으로부터 좀 더 우수한 재화와 서비스가 제공될 수 있게 되는 것을 말한다. 경제모델은 자율적(외인적), 내생적, 유도된 기술변화를 구분한다. 자율적 외인성 기술변화는 보통은 에너지 수요나 세계 생산 증대에 영향을 주는 시대 경향 형태로 모델 외부로부터 강요된다. 내생적 기술변화는 모델 내에서 기술활동의 결과이다. 즉, 선택된 기술이 모델 내에 포함되어 에너지 수요나 경제 성장에 영향을 주는 것이다. 유도된 기술변화는 내생적 기술변화를 함축하고, 그 외에도 R&D 노력을 촉발시키는 탄소세 같은 정책과 대책으로 유도되는 추가 변화를 더한다.

#### 기술(Technology)

기술적 인공물(하드웨어, 장비)과 (사회적) 정보("소프트웨어", 즉 생산 노하우와 인공물 사용)를 활용하는 특정 과정을 이루기 위해 지식을 실용적으로 적용한 것.

#### 기술 이전(Technology transfer)

이해관계자들 간의 지식, 하드웨어와 관련 소프트웨어, 돈, 재

화의 교환으로 **적용** 혹은 **완화** 기술이 확산되는 것. 이 용어는 국가 간 및 국가 내 기술보급과 기술협력 둘 다 포함한다.

#### 열팽창(Thermal expansion)

**해수면 상승**과 관련해서, 열팽창은 해수 온난화로 인한 해수 부피의 증가(및 밀도 감소)를 뜻한다. 해양 온난화는 해양 부피의 팽창으로 이어지고 그리하여 해수면을 상승시킨다. **해수면 변화(Sea level change)** 참고.

#### 열적외 복사(Thermal infrared radiation)

지구표면, 대기, 구름에 의해 배출된 복사. 육지 복사(terrestrial radiation) 혹은 장파 복사(longwave radiation)이라고도 한다. 태양 스펙트럼에 속하는 근적외 복사(near-infrared radiation)와는 구분된다. 적외복사는 일반적으로 가시영역에 있는 붉은 색 파장보다 긴 뚜렷한 파장범위(스펙트럼)를 가지고 있다. 태양과 지구-대기시스템 간의 온도 차이로 인해 열적외 복사와 단파 혹은 태양복사의 스펙트럼과는 뚜렷이 구분된다.

#### 조위계(Tide gauge)

해안에서(그리고 일부 심해 위치에서) 주변 육지에 대한 해수면을 연속 측정하는 장치. 그때까지 기록된 해수면의 시간당 평균을 구하면 상대적 해수면의 장기적 변화 관측치가 된다. **해수면 변화(Sea level change)**, **해수면 상승(Sea level rise)** 참고.

#### 하향식 모델(Top-down model)

하향식 모델은 거시경제 이론, 계량경제학 기법, 최적화 기법을 적용해서 경제학 변수를 종합한다. 소비량, 물가, 소득, 요소 비용에 대한 데이터를 사용해서 재화와 서비스의 최종 수요 및 에너지, 교통, 농업, 산업 같은 주요 부문의 공급을 평가한다. 일부 하향식 모델은 기술데이터를 결합하여 상향식 모델과의 차이를 좁히기도 한다.

#### 총 일사량(Total Solar Irradiance; TSI)

입사되는 복사에 수직이고 지구와 태양의 평균 거리에 있는 면이 지구의 대기 밖에 도달하는 태양복사의 양. 태양복사의 신뢰할만하게 측정하는 것은 우주에서만 할 수 있고, 정밀 기록은 1978년부터 시작되었다. 일반적으로 용인되는 값은 약 0.2%의 정확도로 1 m<sup>2</sup> 당 1,368 와트(W)이다. 소수점 한 자리 수 %의 변동이 흔한데 보통은 흑점이 태양 원반을 통과하는 것과 관련이 있다. 총 일사량의 태양순환 변동은 약 0.1% 수준이다(AMS, 2000).

#### 배출권 거래(Tradable permit)

오염물질- 여기서는 온실가스-을 배출할 권리를 자유 혹은 통제 배출권시장을 통해 교환할 수 있는 경제정책 도구. 배출

권(emission permit)은 특정 량의 물질을 배출할 수 있게 정부가 법적 주체(회사 혹은 기타 배출자)에게 허용한 비양도성 거래 권한이다.

#### 대류권계면(Tropopause)

**대류권(troposphere)**과 **상층권(stratosphere)**의 경계면

#### 대류권(Troposphere)

**대기**의 최하층 부분으로서 중위도에서는 지표로부터 약 10 km 고도까지(평균적으로 고위도에서는 9 km, 열대에서는 16 km)이며, 구름과 기상현상이 일어나는 곳이다. 대류권에서는 일반적으로 고도가 높아질수록 기온이 하강한다.

#### U.

#### 불확실성(Uncertainty)

값(예: **기후계**의 미래 상태)이 밝혀지지 않은 정도를 표현한 것. 불확실성은 정보 부재 또는 알려지거나 알 수 있을만한 것에 대한 의견 불일치에서 생긴다. 불확실성의 원인은 데이터의 정량 가능한 오류부터 모호하게 정의된 개념이나 용어, 또는 인간활동에 대한 불확실한 전망 등 여러 가지가 있을 수 있다. 따라서 불확실성은 모델을 사용해 계산된 값(범위) 같은 정량적 측정치를 통해 또는 전문가 팀의 판단을 반영하는 정성적 진술을 통해 표현될 수 있다. (Moss and Schneider, 2000; Manning 등, 2004 참고). **가능성(Likelihood)**, **신뢰도(Confidence)** 참고.

#### UN 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)

이 협약은 1992년 5월 9일에 뉴욕에서 채택되었고, 1992년 리오데자네이로 지구 정상회담에서 150개 이상의 국가와 EC에 의해 승인하였다. 이 협약의 궁극적 목적은 ‘**기후계를 인위적으로 간섭하지 못할 수준으로 대기의 온실가스 농도를 안정화시키는 것**’이며, 모든 당사국의 참여를 포함하고 있다. 이 협약의 부속서 I에 포함된 당사국들(1990년 OECD 회원국 전체와 **시장경제전환국가들**)은 몬트리올 의정서의 통제를 받지 않는 **온실가스**의 배출량을 이 협약에 따라 2000년까지는 1990년 수준으로 감축할 것을 목적으로 한다. 이 협약은 1994년 3월에 발효되었다. **교토 의정서(Kyoto Protocol)** 참고.

#### 흡수(Uptake)

관심 대상 물질이 저장고에 추가되는 것. 탄소 함유 물질, 특히 **이산화탄소**의 흡수를 탄소 제거(carbon sequestration)라고 한다.

**도시화(Urbanization)**

자연 상태나 관리되는 자연 상태(농사 등)의 토지가 도시로 전환되는 것. 시골에서 도시로의 이주를 통해 어느 한 국가나 지역에서 점점 더 많은 인구가 소위 도심지(urban center)라고 정의되는 주거지에 살게 되는 과정.

**V.****질병 매개체(Vector)**

병원균을 숙주로부터 다른 숙주에게 옮기는 유기체. (예) 곤충

**자발적 조치(Voluntary action)**

참여하는 당사자(개별 회사나 회사 집단)가 자체 목표를 세우고 스스로 감시와 보고를 하는 비공식 프로그램, 자기헌신, 선언.

**자발적 합의(Voluntary agreement)**

정부 당국과 민간 당사자 간에 환경 목적을 달성하기로 혹은 규제 의무를 준수하는 수준 이상으로 환경 성과를 개선시키기로 합의하는 것. 모든 자발적 합의가 완전히 자발적이지는 않다. 일부는 헌신에 참여하거나 달성하는 것에 관련된 보상금이나 벌금을 포함하고 있다.

**취약성(Vulnerability)**

시스템이 기후변동성과 기후이변을 비롯한 기후변화의 악영향에 약하여 대처하지 못할 정도. 취약성은 시스템이 노출되는 기후변화 및 기후다양성의 특징, 규모 및 속도, 시스템의 민감도, 시스템의 적응능력의 함수이다.

**W.****물 소비량(Water consumption)**

사용하면서 증발과 재화 생산에 의해 복원 불가능하게 사라지는 취수량. 취수량에서 반송량을 뺀 것이 물 소비량이다.

**물 스트레스(Water stress)**

취수량에 비해 이용 가능한 담수 공급량이 개발의 중요한 제약으로 작용하면 국가는 물 스트레스를 겪게 된다. 지구 전체적으로 평가했을 때, 물 스트레스가 있는 유역은 1인당 물 가용량이 1,000 m<sup>3</sup>/yr 보다 작은 것으로 정의한다(장기 평균 유출량에 기초). 재생 가능한 물 공급량의 20%를 초과하는 취수도 물 스트레스의 지표로 사용되었다. 토양이 이용 가능한 물, 따라서 실제 증발산 양이 잠재적 증발산 수요보다 적으면 작물은 물 스트레스를 겪게 된다.

**Z.****동물성 플랑크톤(Zooplankton)**

*플랑크톤(Plankton)* 참고.

## References

- Glossaries of the contributions of Working Groups I, II and III to the IPCC Fourth Assessment Report.
- AMS, 2000: *AMS Glossary of Meteorology*, 2nd Ed. American Meteorological Society, Boston, MA, <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse>.
- Cleveland C.J. and C. Morris, 2006: *Dictionary of Energy*, Elsevier, Amsterdam, 502p
- Heim, R.R., 2002: *A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States*. Bull. Am. Meteorol. Soc., 83, 1149-1165
- IPCC, 1996: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton., J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp.
- IPCC, 2000: *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 377 pp.
- IPCC, 2003: *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* [Penman, J., et al. (eds.)]. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan , 32pp.
- IUCN, 1980: *The World Conservation Strategy: living resource conservation for sustainable development*, Gland, Switzerland, IUCN/UNEP/WWF.
- Manning, M., et al., 2004: *IPCC Workshop on Describing Scientific Uncertainties in Climate Change to Support Analysis of Risk of Options*. Workshop Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Moss, R., and S. Schneider, 2000: *Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for More Consistent Assessment and Reporting*. In: IPCC Supporting Material: Guidance Papers on Cross Cutting Issues in the Third Assessment Report of the IPCC. [Pachauri, R., T. Taniguchi, and K. Tanaka (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, pp. 33-51.
- Nakicenovic, N., and R. Swart (eds.), 2000: *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.
- Van Everdingen, R. (ed.): 1998. *Multi-Language Glossary of Permafrost and Related Ground-Ice Terms*, revised May 2005. National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology, Boulder, CO, <http://nsidc.org/fgdc/glossary/>.

## 부록 III

### 약자, 화학기호, 과학단위, 국가집단

#### III.1 약자와 화학기호

A1	IPCC 배출 시나리오에 관한 특별 보고서의 시나리오 패밀리 중 하나, SRES 시나리오 용어 참고	GDP	Gross domestic product(국내총생산)
A1T	6개 SRES 마커 시나리오 중 하나, SRES 시나리오 용어집 참고	HCFC	Hydrochlorofluorocarbon(수소화염불화탄소), 용어집 참고
A1B	6개 SRES 마커 시나리오 중 하나, SRES 시나리오 용어집 참고	HFC	Hydrofluorocarbon(수소불화탄소), 용어집 참고
A1FI	6개 SRES 마커 시나리오 중 하나, SRES 시나리오 용어집 참고	LOSU	Level of scientific understanding(과학적 이해수준), 용어집 참고
A2	IPCC 배출 시나리오에 관한 특별 보고서의 시나리오 패밀리 중 하나, 6개 SRES 마커 시나리오 중 하나, SRES 시나리오 용어집 참고	MOC	Meridional overturning circulation(자오선 순환), 용어집 참고
AOGCM	Atmosphere-Ocean General Circulation Model (대기-해양 일반 순환 모델), 기후 모델 용어 참고	N <sub>2</sub> O	Nitrous oxide(일산화질소), 용어집 참고
B1	IPCC 배출 시나리오에 관한 특별 보고서의 시나리오 패밀리 중 하나, 6개 SRES 마커 시나리오 중 하나를 뜻하기도 함, SRES 시나리오 용어 참고	OECD	Organization for Economic Cooperation and Development(경제협력개발기구), <a href="http://www.oecd.org">www.oecd.org</a> 참고.
B2	IPCC 배출 시나리오에 관한 특별 보고서의 시나리오 패밀리 중 하나, 6개 SRES 마커 시나리오 중 하나를 뜻하기도 함, SRES 시나리오 용어 참고	PFC	Perfluorocarbon(과불화탄소), 용어집 참고
CH <sub>4</sub>	메탄, 용어집 참고	pH	pH용어 참고
CFC	Chlorofluorocarbon (염불화탄소), 용어집 참고	PPP	Purchasing power parity(구매력 평가), 용어집 참고
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide (이산화탄소), 용어집 참고	RD&D	Research, development and demonstration(연구&개발&실증)
EIT	Economies in transition (시장경제전환국가), 용어집 참고	SCM	Simple Climate Model(단순 기후 모델)
EMIC	Earth Model of Intermediate Complexity (중간 복잡도 지구 모델)	SF <sub>6</sub>	Sulfur hexafluoride(육불화황), 용어집 참고
ENSO	El Niño-Southern Oscillation (엘니뇨-남방진동), 용어집 참고	SRES	Special Report on Emission Scenarios(배출시나리오 특별 보고서), SRES 시나리오 용어 참고
F-Gases	Fluorinated gases covered under the Kyoto Protocol (교토의 정서에 적용되는 불소화 가스), 용어집 참고	UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change(UN 기후변화기본협약), <a href="http://www.unfccc.int">www.unfccc.int</a> 참고.

#### III.2 단위

국제 통일 (SI) 단위					
물리적 수량	단위 명칭		기호		
길이	미터		m		
질량	킬로그램		kg		
시간	초		s		
열역학적 온도	켈빈		K		
분수와 배수					
분수	접두어	기호	배수	접두어	기호
10 <sup>-1</sup>	deci	d	10	deca	da
10 <sup>-2</sup>	centi	c	10 <sup>2</sup>	hecto	h
10 <sup>-3</sup>	milli	m	10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-6</sup>	micro	μ	10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>-9</sup>	nano	n	10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>-12</sup>	pico	p	10 <sup>12</sup>	tera	T
10 <sup>-15</sup>	femto	f	10 <sup>15</sup>	peta	P
비SI 단위, 수량 및 관련 약자					
°C	섭씨 (0°C = 약 273 K); 온도 차이도 올바른 형태인 "섭씨 (Celsius degrees)보다는 °C (=K)로 표시한다.				
ppm	혼합비(온실가스 농도 측정치로서): 부피비로 1백만 분의 1 (part per million) (10 <sup>6</sup> )				
ppb	혼합비(온실가스 농도 측정치로서): 부피비로 10억 분의 1 (part per billion) (10 <sup>9</sup> )				
ppt	혼합비(온실가스 농도 측정치로서): 부피비로 1조 분의 1 (part per trillion) (10 <sup>12</sup> )				
watt	전력 또는 복사 플럭스, 1 watt = 1 Joule/second = 1 kg.m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>				
yr	year (년)				
ky	kiloyears (1천년)				
bp	before present (현재 이전)				
GtC	gigatonnes (metric) of carbon (탄소 1기가 톤)				
GtCO <sub>2</sub>	gigatonnes (metric) of carbon dioxide (1 GtC = 3.7 GtCO <sub>2</sub> ) (CO <sub>2</sub> 1기가 톤)				
CO <sub>2</sub> -eq	carbon dioxide-equivalent (CO <sub>2</sub> 상당), 온실가스 배출량 (일반적으로 GtCO <sub>2</sub> -eq)이나 농도 (일반적으로 ppm CO <sub>2</sub> -eq) 척도로서 사용, 자세한 내용은 주제2의 박스 "CO <sub>2</sub> -eq 배출량과 농도" 참고.				



### III.3 국가 분류

UNFCCC 부속서I 포함국과 비포함국, OECD 소속국 목록은 <http://www.unfccc.int> 및 <http://www.oecd.org> 을 참고한다.

이 보고서에서 국가들은 UNFCCC와 교토의정서의 분류에 따른 지역체제로 분류되었다. 따라서 1997년 이후에 유럽 연합에 가입한 국가들은 여전히 EIT 부속서 I에 포함된다. 이 보고서에 사용된 지역 그룹과 해당 국가들은 아래와 같다<sup>34)</sup>.

- EIT 부속서 I:** 벨 라루스, 불가리아, 크로아티아, 체코 공화국, 에스토니아, 헝가리, 라트비아, 리투아니아, 폴란드, 루마니아, 러시아 연방, 슬로바키아, 슬로베니아, 우크라이나
- 유럽 부속서 II 와 M&T:** 오스트리아, 벨기에, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 아이슬란드, 아일랜드, 이탈리아, 리히텐슈타인, 룩셈부르크, 네덜란드, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국, 모나코와 터키
- JANZ:** 일본, 오스트레일리아, 뉴질랜드
- 중동:** 바레인, 이란 이슬람공화국, 이스라엘, 요르단, 쿠웨이트, 레바논, 오만, 카타르, 사우디아라비아, 시리아, UAE, 예멘
- 라틴 아메리카 & 카리브 해:** 앤티가 바부다(Antigua and Barbuda), 아르헨티나, 바하마, 바베이도, 벨리즈, 볼리비아, 브라질, 칠레, 콜롬비아, 코스타리카, 쿠바, 도미니카, 도미니카 공화국, 에쿠아도르, 엘살바도르, 그레나다(Grenada), 과테말라, 기니, 아이티(Haiti), 온두라스, 멕시코, 니카라과, 파나마, 파라과이, 페루, 세인트루시아, 세인트 키티스 네비스 앵귤라( St. Kitts-Nevis-Anguilla), 세

인트 빈센트-그레나딘(St. Vincent-Grenadines), 수리남, 트리니다드&토바고, 우루과이, 베네주엘라

- 부속서 I 이외의 (non-Annex I) 동아시아:** 캄보디아, 중국, 북한, 라오스(PDR), 몽고, 한국, 베트남
- 남아시아:** 아프가니스탄, 방글라데시, 부탄, 코모로스, 쿡 아일랜드, 피지, 인도, 인도네시아, 키리바티, 말레이시아, 몰디브, 마셜 제도, 마이크로네시아(연방), 미얀마, 나우루, 니우, 네팔, 파키스탄, 팔라우, 파푸아 뉴기니, 필리핀, 사모아, 싱가포르, 솔로몬 제도, 스리랑카, 태국, 동 티모르, 통가, 투발루, 바누아투
- 북미:** 캐나다, 미국
- 부속서 I 이외의 기타 국가:** 알바니아, 아르메니아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 시프러스, 조지아, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 말타, 몰도바, 산마리노, 세르비아, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 우즈베키스탄, 마르세도니아 공화국
- 아프리카:** 알제리아, 앙골라, 베닌, 보츠와나, 부르키나 파소(Burkina Faso), 부룬디, 카메룬, 카보베르데(Cape Verde), 중앙 아프리카 공화국, 차드, 콩고, 콩고 민주공화국, 코트 디부아르(Côt e d'Ivoire), 지부티(Djibouti), 이집트, 적도 기니(Equatorial Guinea), 에리트리아, 에티오피아, 가봉, 감비아, 가나, 기니, 기니비사우, 케냐, 레소토, 리베리아, 리비아, 마다가스카르, 말라위, 말리, 모리타니(Mauritania), 모리셔스(Mauritius), 모로코, 모잠비크, 나미비아, 니제르, 나이지리아, 르완다, 상투메프린시페(Sao Tome and Principe), 세네갈, 세이셸(Seychelles), 시에라 리온(Sierra Leone), 남미, 수단, 스와질란드, 토고, 튀니지, 우간다, 탄자니아 공화국, 잠비아, 짐바브웨

34) 2004년 모든 지역 모든 국가에 대한 완전한 목록은 이용 불가능.

## 부록 IV

---

### List of authors

#### IV.1 Core Writing Team members

BERNSTEIN, Lenny L.S. Bernstein & Associates, L.L.C. USA	Research Centre for Agricultural & Forest Environment, Polish Academy of Sciences POLAND
BOSCH, Peter IPCC WGIII TSU, Ecofys Netherlands, and Netherlands Environmental Assessment Agency THE NETHERLANDS	LIU, Jian Secretariat, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) SWITZERLAND/CHINA
CANZIANI, Osvaldo IPCC WGII Co-chair, Buenos Aires ARGENTINA	LOHMANN, Ulrike ETH Zurich, Institute for Atmospheric and Climate Science SWITZERLAND
CHEN, Zhenlin Dept. of International Cooperation, China Meteorological Administration CHINA	MANNING, Martin IPCC WGI TSU, University Corporation for Atmospheric Research USA/NEW ZEALAND
CHRIST, Renate Secretariat, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) SWITZERLAND/AUSTRIA	MATSUNO, Taroh Frontier Research Center for Global Change Japan Agency for Marine–Earth Science and Technology JAPAN
DAVIDSON, Ogunlade IPCC WGIII Co-chair, Faculty of Engineering, University of Sierra Leone SIERRA LEONE	MENNE, Bettina World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe ITALY/GERMANY
HARE, William Potsdam Institute for Climate Impact Research GERMANY/AUSTRALIA	METZ, Bert IPCC WGIII Co-chair, Global Environmental Assessment Division, Netherlands Environmental Assessment Agency THE NETHERLANDS
HUQ, Saleemul International Institute for Environment and Development (IIED) UK/BANGLADESH	MIRZA, Monirul Adaptation & Impacts Research Division (AIRD), Environment Canada, and Department of Physical and Environmental Sciences, University of Toronto CANADA/BANGLADESH
KAROLY, David School of Meteorology, University of Oklahoma, USA, and University of Melbourne, Australia USA/AUSTRALIA	NICHOLLS, Neville School of Geography & Environmental Science, Monash University AUSTRALIA
KATTSOV, Vladimir Voeikov Main Geophysical Observatory RUSSIA	NURSE, Leonard Barbados Centre for Resource Management and Environmental Studies, University of West Indies BARBADOS
KUNDZEWICZ, Zbyszek	

- PACHAURI, Rajendra  
Chairman, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and Director-General, The Energy and Resources Institute (TERI)  
INDIA
- PALUTIKOF, Jean  
IPCC WGII TSU, Met Office Hadley Centre  
UK
- PARRY, Martin  
IPCC WGII Co-chair, Met Office Hadley Centre, and Centre for Environmental Policy, Imperial College, University of London  
UK
- QIN, Dahe  
IPCC WGI Co-chair, China Meteorological Administration  
CHINA
- RAVINDRANATH, Nijavalli  
Centre for Ecological Sciences, Indian Institute of Science  
INDIA
- REISINGER, Andy  
IPCC SYR TSU, Met Office Hadley Centre, UK, and The Energy and Resources Institute (TERI), India  
UK/INDIA/GERMANY
- REN, Jiawen  
Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences  
CHINA
- RIAHI, Keywan  
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), and Graz University of Technology  
AUSTRIA
- ROSENZWEIG, Cynthia  
Goddard Institute for Space Studies, National Aeronautics and Space Administration (NASA)
- USA  
RUSTICUCCI, Matilde  
Departamento de Ciencias de la Atmosfera y los Oceanos, Universidad de Buenos Aires  
ARGENTINA
- SCHNEIDER, Stephen  
Department of Biological Sciences, Stanford University  
USA
- SOKONA, Youba  
Sahara and Sahel Observatory (OSS)  
TUNISIA/MALI
- SOLOMON, Susan  
IPCC WGI Co-chair, NOAA Earth System Research Laboratory  
USA
- STOTT, Peter  
Met Office Hadley Centre  
UK
- STOUFFER, Ronald  
NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory  
USA
- SUGIYAMA, Taishi  
Climate Policy Project, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)  
JAPAN
- SWART, Rob  
Netherlands Environmental Assessment Agency  
THE NETHERLANDS
- TIRPAK, Dennis  
International Institute for Sustainable Development (IISD)  
USA
- VOGEL, Coleen  
Department of Geography, University of Witwatersrand  
SOUTH AFRICA
- YOHE, Gary  
Department of Economics, Wesleyan University  
USA

## IV.2 Extended Writing Team members

- BARKER, Terry  
Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research, University of Cambridge  
UK

## 부록 V

---

### List of Reviewers and Review Editors

#### V.1 Reviewers

Consistent with IPCC Rules and Procedures, the draft SYR was sent for formal review to over 2,400 individual experts as well as to the 193 member governments of the IPCC. This appendix lists the individual experts (with affiliations at the time of submission

of comments) and international organizations who submitted review comments on the draft SYR, and whose comments were considered by the Core Writing Team in its revision of the draft report.

Note: International organizations are listed at the end.

#### Argentina

DEVIA, Leila  
National Industrial Technology

TRAVASSO, Maria Isabel  
Instituto Nacional de Tecnologia  
Agropecuaria

WEHBE, Monica Beatriz  
National University Rio Cuarto

#### Australia

BARNETT, Jon  
University of Melbourne

BINDOFF, Nathaniel  
CSIRO MAR and University of  
Tasmania

BRUNSKILL, Gregg  
Australian Institute of Marine Science

CHAMBERS, Lynda  
Bureau of Meteorology Research Centre

CHURCH, John  
CSIRO

JONES, Roger  
CSIRO

KAY, Robert  
Coastal Zone Management Pty Ltd

LOUGH, Janice  
Australian Institute of Marine Science

MANTON, Michael  
Monash University

SHEARMAN, David  
University of Adelaide

WALKER, George  
Aon Re Asia Pacific

WATKINS, Andrew  
National Climate Centre, Australian  
Bureau of Meteorology

WHITE, David  
ASIT Consulting

YOUNUS, Aboul Fazal  
Bangladesh Unnaya Parishad and The  
University of Adelaide

#### Austria

CLEMENS, Torsten  
OMV Exploration and Production

KASER, Georg  
Institut fuer Geographie  
University of Innsbruck

KIRCHENGAST, Gottfried  
Wegener Center for Climate and Global  
Change, University of Graz

MA, Tiejun  
International Institute for Applied  
Systems Analysis

PAULI, Harald  
University of Vienna and Austrian  
Academy of Sciences

SCHROTER, Dagmar  
Umweltbundesamt GmbH

#### Belgium

KJAER, Christian  
European Wind Energy Association

SAWYER, Steve  
Global Wind Energy Council

VERHASSELT, Yola  
Vrije Universiteit Brussel

#### Benin

YABI, Ibouraima Fidele  
Universite d Abomey-Calavi

#### Bolivia

HALLOY, Stephan  
Conservation International

#### Brazil

AMBRIZZI, Tercio  
University of Sao Paulo

BUSTAMANTE, Mercedes  
University of Brasilia

GOMES, Marcos  
Pontifical Catholic University of Rio de  
Janeiro

MOREIRA, Jose  
Institute of Eletrotecnica and Energy

SANT'ANA, Silvio  
Fundacao Grupo Esquel Brasil

#### Bulgaria

YOTOVA, Antoaneta  
National Institute of Meteorology and  
Hydrology

- Canada**  
 AMIRO, Brian  
 University of Manitoba
- BARBER, David  
 University of Manitoba
- BELTRAMI, Hugo  
 St. Francis Xavier University
- BERRY, Peter  
 Health Canada
- BRADY, Michael  
 Natural Resources Canada - Canadian  
 Forest Service
- CHURCH, Ian  
 Yukon Government
- CLARKE, R. Allyn  
 Fisheries and Oceans, Bedford Institute  
 of Oceanography
- FISHER, David A  
 National Resources Canada
- GRANDIA, Kevin  
 DeSmogBlog Society of British Columbia
- HUPE, Jane  
 ICAO
- JACKSON, David  
 McMaster Institute for Energy Studies
- JANZEN, Henry  
 Agriculture and Agri-Food Canada
- JEFFERIES, Robert  
 University of Toronto
- LEMMEN, Donald  
 Natural Resources Canada
- MICHAUD, Yves  
 Geological Survey of Canada
- NYBOER, John  
 Simon Fraser University
- SMITH, Sharon  
 Geological Survey of Canada
- China**  
 FANG, Xiuqi  
 Beijing Normal University
- GUO, Xueliang  
 Institute of Atmospheric Physics,  
 Chinese Academy of Sciences
- LAM, Chiu-Ying  
 Hong Kong Observatory
- REN, Guoyu  
 National Climate Center
- SU, Jian  
 Second Institute of Oceanography, State  
 Oceanic Administration
- WANG, Bangzhong  
 China Meteorological Administration
- YINGJIE, Liu  
 Institute of Environment and Sustainable  
 Development in Agriculture
- ZHAO, Zong-Ci  
 China Meteorological Administration
- ZHOU, Guangsheng  
 Institute of Botany, The Chinese  
 Academy of Sciences
- Colombia**  
 POVEDA, German  
 Universidad Nacional de Colombia
- Cuba**  
 DIAZ MOREJON, Cristobal Felix  
 Ministry of Science, Technology and  
 the Environment
- SUAREZ RODRIGUEZ, Avelino G.  
 Institute of Ecology and Systematic,  
 Agencia de Medio Ambiente
- Czech Republic**  
 HALENKA, Tomas  
 Faculty of Mathematics and Physics,  
 Charles University, Prague
- Denmark**  
 ERHARD, Markus  
 European Environment Agency
- MELTOFTE, Hans  
 National Environmental Research  
 Institute, University of Aarhus
- PORTER, John R.  
 University of Copenhagen
- El Salvador**
- MUNGUIA DE AGUILAR, Martha  
 Yvette  
 Ministry of Environment and Natural  
 Resources
- France**  
 CAMPBELL, Nick  
 ARKEMA SA
- CANEILL, Jean-Yves  
 Electricite de France
- DE T'SERCLAES, Philippine  
 International Energy Agency
- DOUGUEDROIT, Annick  
 Universite de Provence
- HEQUETTE, Arnaud  
 Universite du Littoral Cote d'Opale
- LENOTRE, Nicole  
 Bureau de recherches geologiques et  
 minieres
- MUIRHEID, Ben  
 International Fertilizer Trade Association
- PHILIBERT, Cedric  
 International Energy Agency
- PLANTON, Serge  
 Meteto-France
- RILLING, Jacques  
 Center Scientifique et Technique du  
 Batiment
- RUFFING, Kenneth
- Germany**  
 BRUCKNER, Thomas  
 Technical University of Berlin
- GERTEN, Dieter  
 Potsdam Institute for Climate Impact  
 Research
- GRASSL, Hartmut  
 Max Planck Institute for Meteorology
- KUCKSHINRICHS, Wilhelm  
 Research Centre Juelich
- LAWRENCE, Mark  
 Max Planck Institute for Chemistry

- MATZARAKIS, Andreas  
Meteorological Institute, University of Freiburg
- MUELLER, Rolf  
Research Centre Juelich
- SCHWARZER, Klaus  
Institute of Geosciences, University of Kiel
- TREBER, Manfred  
Germanwatch
- WALTHER, Gian-Reto  
University of Bayreuth
- WELP, Martin  
University of Applied Sciences, Eberswalde
- WILLEBRAND, Jurgen  
Leibniz Institut für Meereswissenschaften
- WINDHORST, Wilhelm  
Ecology Centre, Kiel University
- WURZLER, Sabine  
North Rhine Westphalia State Agency for Nature, Environment and Consumer Protection
- [Hungary](#)  
BELA, Novaky  
Szent Istvan University
- SOMOGYI, Zoltan  
Hungarian Forest Research Institute
- [India](#)  
ROY, Joyashree  
Jadavpur University
- SHARMA, Upasna  
Indian Institute of Technology, Bombay
- SRIKANTHAN, Ramachandran  
Physical Research Laboratory
- [Ireland](#)  
FINNEGAN, Pat  
Greenhouse Ireland Action Network
- TOL, Richard  
Economic and Social Research Institute
- [Italy](#)  
CASERINI, Stefano  
Politecnico di Milano
- MARIOTTI, Annarita  
National Agency for New Technologies, Energy and the Environment
- RIXEN, Michel  
NATO Undersea Research Center
- [Jamaica](#)  
CLAYTON, Anthony  
University of the West Indies
- [Japan](#)  
AKIMOTO, Keigo  
Research Institute of Innovative Technology for the Earth
- ALEXANDROV, Georgii  
National Institute for Environmental Studies
- ANDO, Mitsuru  
Toyama University of International Studies
- IKEDA, Motoyoshi  
Hokkaido University
- INOUE, Takashi  
Tokyo University of Science
- KOBAYASHI, Noriyuki  
Nihon University (Law School)
- KOBAYASHI, Shigeki  
Toyota Research and Development Laboratories, Inc.
- KOIDE, Hitoshi  
Waseda University
- KOMIYAMA, Ryoichi  
The Institute of Energy Economics, Japan
- MARUYAMA, Koki  
Central Research Institute of Electric Power Industry
- MASUI, Toshihiko  
National Institute for Environmental Studies
- MATSUI, Tetsuya  
Hokkaido Research Centre, Forestry and Forest Products Research Institute
- MIKIKO, Kainuma  
National Institute for Environmental Studies
- MORI, Shunsuke  
Tokyo University of Science
- MORISUGI, Hisayoshi  
Japan Research Institute
- NAKAKUKI, Shinichi  
Tokyo Electric Power Company
- NAKAMARU, Susumu  
Sun Management Institute
- ONO, Tsuneo  
Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency
- YAMAGUCHI, Mitsutsune  
The University of Tokyo
- YOSHINO, Masatoshi
- [Kenya](#)  
DEMKINE, Volodymyr  
UNEP
- [Mexico](#)  
OSORNIO VARGAS, Alvaro  
Universidad Nacional Autonoma de Mexico
- [Moldova](#)  
COROBOV, Roman  
Modern Institute for Humanities
- [The Netherlands](#)  
BREGMAN, Bram  
Netherlands Organisation of Applied Research
- BRINKMAN, Robert
- MARCHAND, Marcel  
Delft Hydraulics
- MISDORP, Robbert  
International CZM-Centre, Ministry of Transport, Public Works and Water Management
- SCHYNS, Vianney  
Climate Change and Energy Efficiency, Utility Support Group
- STORM VAN LEEUWEN, Jan Willem  
Ceedata Consultancy
- VAN NOIJE, Twan  
Royal Netherlands Meteorological Institute

- WORRELL, Ernst  
Ecofys
- [New Zealand](#)  
CRAMPTON, James  
GNS Science
- GRAY, Vincent
- SCHALLENBERG, Marc  
University of Otago
- [Nigeria](#)  
ANTIA, Effiom  
University of Calabar
- [Norway](#)  
ERIKSEN, Siri  
University of Oslo
- HOFGAARD, Annika  
Norwegian Institute for Nature  
Research
- KRISTJANSSON, Jon Egill  
University of Oslo
- [Peru](#)  
GAMBOA FUENTES, Nadia Rosa  
Pontificia Universidad Catolica Del  
Peru
- [Philippines](#)  
OGAWA, Hisashi  
World Health Organization Regional  
Office for the Western Pacific
- TIBIG, Lourdes  
Philippine Atmospheric, Geophysical  
and Astronomical Services Administration
- [Portugal](#)  
DAS NEVES, Luciana  
University of Porto
- PAIVA, Maria Rosa  
New University of Lisbon
- RAMOS-PEREIRA, Ana  
University of Lisbon
- [Republic of Korea](#)  
KIM, Suam  
Pukyong National University
- [Romania](#)  
BORONEANT, Constanta  
National Meteorological Administration
- [Russian Federation](#)  
GYTARSKY, Michael  
Institute of Global Climate and Ecology
- [Saudi Arabia](#)  
ALFEHAID, Mohammed  
Ministry of Petroleum
- BABIKER, Mustafa  
Saudi Aramco
- [South Africa](#)  
TANSER, Frank  
Africa Centre for Health and  
Population Studies
- WINKLER, Harald  
Energy Research Centre, University of  
Cape Town
- [Spain](#)  
ALONSO, Sergio  
Universitat de les Illes Balears
- ANADON, Ricardo  
Universidad de Oviedo
- HERNANDEZ, Feliix  
IEG-CSIC
- MARTIN-VIDE, Javier  
Physical Geography University of  
Barcelona
- MORENO, Jose M.  
Faculty of Environmental Sciences,  
Universidad de Castilla-La Mancha
- RIBERA, Pedro  
Universidad Pablo de Olavide
- RODRIGUEZ ALVAREZ, Dionisio  
Xunta de Galicia
- [Sweden](#)  
LECK, Caroline  
Department of Meteorology
- MOLAU, Ulf  
Goteborg University
- MOLLERSTEN, Kenneth  
Swedish Energy Agency
- RUMMUKAINEN, Markku  
Swedish Meteorological and  
Hydrological Institute
- WEYHENMEYER, Gesa  
Swedish University of Agricultural  
Sciences
- [Switzerland](#)  
APPENZELLER, Christof  
Federal Office of Meteorology and  
Climatology, MeteoSwiss
- CHERUBINI, Paolo  
WSL Swiss Federal Research Institute
- FISCHLIN, Andreas  
Terrestrial Systems Ecology, ETH  
Zurich
- JUERG, Fuhrer  
Agroscope Research Station ART
- MAZZOTTI, Marco  
ETH Zurich
- ROSSI, Michel J.  
Ecole Polytechnique Federale de  
Lausanne
- [Thailand](#)  
HENOCQUE, Yves  
Department of Fisheries
- SCHIPPER, Lisa  
Southeast Asia START Regional  
Centre,  
Chulalongkorn University
- [Turkey](#)  
SENSOY, Serhat  
Turkish State Meteorological Service
- [UK](#)  
ALLAN, Richard  
University of Reading
- BARKER, Terry  
Cambridge Centre for Climate Change  
Mitigation Research
- CLAY, Edward  
Overseas Development Institute
- CONVEY, Peter  
British Antarctic Survey
- CRABBE, M. James C.  
University of Bedfordshire
- GILLETT, Nathan  
University of East Anglia

HAIGH, Joanna Imperial College	STREET, Roger UK Climate Impacts Programmes, Oxford University Centre for the Environment	LEE, Arthur Chevron Corporation
HARRISON, Paula Oxford University Centre for the Environment	USHER, Michael University of Stirling	LIOTTA, Peter Pell Center for International Relations and Public Policy
HAWKINS, Stephen Marine Biological Association of the UK	WOODWORTH , Philip Proudman Oceanographic Laboratory	MACCRACKEN, Michael Climate Institute
JEFFERSON, Michael World Renewable Energy Network and Congress	USA ANYAH, Richard Rutgers University	MALONE, Elizabeth L Pacific Northwest National Laboratory
JONES, Chris Met Office Hadley Centre	ATKINSON, David International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks	MASTRANDREA, Michael Stanford University
McCULLOCH, Archie University of Bristol	BRIENO RANKIN, Veronica GeoSeq International LLC	MATSUMOTO, Katsumi University of Minnesota
MORSE, Andy University of Liverpool	CHAPIN, III, F. Stuart University of Alaska, Fairbanks	MATSUOKA, Kenichi University of Washington
MUIR, Magdalena Environmental and Legal Services Ltd.	CLEMENS, Steven Brown University	McCARL, Bruce Texas A & M University
PAAVOLA, Jouni University of Leeds	CROWLEY, Tom Duke University	MILLER, Alan International Finance Corporation - CESEF
RAVETZ, Joe University of Manchester	DELHOTAL, Katherine Casey RTI International	MOLINARI, Robert University of Miami
SHINE, Keith University of Reading	EPSTEIN, Paul Harvard Medical School	MORGAN, Jack Crops Research Lab
SIMMONS, Adrian European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	EVERETT, John Ocean Associates, Inc.	MURPHY, Daniel NOAA Earth System Research Laboratory
SIVETER, Robert International Petroleum Industry Environmental Conservation Association	FAHEY, David NOAA Earth Science Research Laboratory	NADELHOFFER, Knute University of Michigan
SMITH, Leonard Allen London School of Economics	GURWICK, Noel Carnegie Institution	NEELIN, J. David UCLA
SPENCER, Thomas University of Cambridge	HAAS, Peter University of Massachusetts	OPPENHEIMER, Michael Princeton University
SROKOSZ, Meric National Oceanography Centre	HEGERL, Gabriele Duke University	PARK, Jacob Green Mountain College
STONE, Daithi University of Oxford	KIMBALL, Bruce USDA, Agricultural Research Service	PARKINSON, Claire NASA Goddard Space Flight Center
	KNOWLTON, Kim Columbia University	ROBOCK, Alan Rutgers University



SCHWING, Franklin US Dept. of Commerce	SOULEN, Richard	SIMS, Ralph International Energy Agency
SHERWOOD, Steven Yale University	TRENBERTH, Kevin National Centre for Atmospheric Research	SINGER, Stephan WWF International
SIDDIQI, Toufiq Global Environment and Energy in 21st century	<a href="#">International Organisations</a> LLOSA, Silvia International Strategy for Disaster Reduction	STEFANSKI, Robert World Meteorological Organization
SIEVERING, Herman University of Colorado	McCULLOCH, Archie International Chamber of Commerce	YAN, Hong World Meteorological Organization

## V.2 Review Editors

The role of Review Editors is to ensure that all substantive expert and government review comments are afforded appropriate consideration by the Core Writing Team. Two Review Editors were appointed for each Topic of this Synthesis Report. They confirm that all comments were considered in accordance with IPCC procedures.

### Topic 1

JALLOW, Bubu Pateh  
Department of Water Resources  
THE GAMBIA

KAJFEZ4-BOGATAJ , Luc4ka  
University of Ljubljana  
SLOVENIA

### Topic 2

BOJARIU, Roxana  
National Institute of Meteorology and  
Hydrology  
ROMANIA  
HAWKINS, David  
Natural Resources Defence Council  
Climate Center  
USA

### Topic 3

DIAZ, Sandra  
CONICET-Universidad Nacional de  
Cordoba  
ARGENTINA

LEE, Hoesung  
SOUTH KOREA

### Topic 4

ALLALI, Abdelkader  
Ministry of Agriculture, Rural  
Development  
and Fishing  
MOROCCO

ELGIZOULI, Ismail  
Higher Council for Environment and  
Natural Resources  
SUDAN

### Topic 5

WRATT, David  
National Institute of Water and  
Atmospheric  
Research  
NEW ZEALAND

HOHMEYER, Olav  
University of Flensburg  
GERMANY

### Topic 6

GRIGGS, Dave  
Monash University  
AUSTRALIA/UK  
LEARY, Neil  
International START Secretariat  
USA

### Publications by the Intergovernmental Panel on Climate Change

#### Assessment Reports

##### Fourth Assessment Report

###### **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**

Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report

###### **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**

Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report

###### **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change**

Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report

###### **Climate Change 2007: Synthesis Report**

Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report

##### Third Assessment Report

###### **Climate Change 2001: The Scientific Basis**

Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report

###### **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**

Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report

###### **Climate Change 2001: Mitigation**

Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report

###### **Climate Change 2001: Synthesis Report**

Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report

##### Second Assessment Report

###### **Climate Change 1995: The Science of Climate Change**

Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report

###### **Climate Change 1995: Scientific-Technical Analyses of**

###### **Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change**

Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report

###### **Climate Change 1995: The Economic and Social Dimensions of Climate Change**

Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report

###### **Climate Change 1995: Synthesis of Scientific-Technical Information Relevant to Interpreting Article 2 of the UN Framework Convention on Climate Change**

Contribution of Working Groups I, II and III to the Second Assessment Report

##### Supplementary Report to the First Assessment Report

###### **Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment**

Supplementary report of the IPCC Scientific Assessment Working Group I

###### **Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment**

Supplementary report of the IPCC Impacts Assessment Working Group II

###### **Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments**

IPCC First Assessment Report Overview and Policymaker Summaries and 1992 IPCC Supplementary Report

##### First Assessment Report

###### **Climate Change: The Scientific Assessment**

Report of the IPCC Scientific Assessment Working Group I, 1990

###### **Climate Change: The IPCC Impacts Assessment**

Report of the IPCC Impacts Assessment Working Group II, 1990

###### **Climate Change: The IPCC Response Strategies**

Report of the IPCC Response Strategies Working Group III, 1990

## Special Reports

Carbon Dioxide Capture and Storage 2005

Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons

(IPCC/TEAP joint report) 2005

Land Use, Land-Use Change and Forestry 2000

Emissions Scenarios 2000

Methodological and Technological Issues in Technology Transfer 2000

Aviation and the Global Atmosphere 1999

The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability 1997

Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emissions Scenarios 1994

## Methodology Reports and technical guidelines

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (5 Volumes) 2006

Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types 2003

Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2003

Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2000

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (3 volumes), 1996

IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change

Impacts and Adaptations 1995

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (3 volumes) 1994

Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change 1992

Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise - A Common Methodology 1991

## Technical Papers

Climate Change and Biodiversity

IPCC Technical Paper 5, 2002

Implications of Proposed CO<sub>2</sub> Emissions Limitations

IPCC Technical Paper 4, 1997

Stabilisation of Atmospheric Greenhouse Gases: Physical, Biological and Socio-Economic Implications

IPCC Technical Paper 3, 1997

An Introduction to Simple Climate Models Used in the IPCC Second Assessment Report

IPCC Technical Paper 2, 1997

Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change

IPCC Technical Paper 1, 1996

## Supplementary material

Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea Coastal Zone Management Subgroup of the IPCC Response Strategies Working Group, 1992

## Emissions Scenarios

Prepared by the IPCC Response Strategies Working Group, 1990

For a more comprehensive list of supplementary material published by the IPCC (workshop and meeting reports), please see [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) or contact the IPCC Secretariat.

## 교정 및 감수

김명수, 김병철, 김상백, 김성균, 김정식, 류상범, 문자연, 문재인, 박정규,  
엄원근, 윤원태, 이병렬, 최재천, 허 은, 홍기만 (이상 기상청)  
권원태, 이희상 (이상 국립기상연구소)

# 기후변화 2007

- 종합보고서 -

CLIMATE CHANCE 2007

- *SYNTHESIS REPORT* -

---

발 행 : 기상청

발행일 : 2008년 5월

편 집 : 기상청 기후국 기후정책과

서울특별시 동작구 기상청길 45

- 전화/팩스 : (02)2181-0396/(02)2181-0469

- E-mail : [cl\\_pol@kma.go.kr](mailto:cl_pol@kma.go.kr)

- Website : [www.climate.go.kr](http://www.climate.go.kr)