

기후변화의 현황과 전망

2007. 10.

국가과학기술자문회의

〈제 목 차 례〉

I. 검토배경	1
II. 기후변화의 이해	3
① 기후변화 및 기상이변의 원인(지구온난화)	3
② 온실가스 농도의 변화	6
③ 기후변화와 해양	8
III. 국내외 기후변화 발표 현황	10
① 기온 변화	10
② 해수온 변화	12
③ 해수면 변화	13
④ 강수량 변화	14
⑤ 기타 기후변화	15
IV. 미래의 기후변화 전망	17
① 세계의 전망	17
② 우리나라의 전망	19
V. 기후변화의 영향 및 부작용	20
① 기상 재해	20
② 생태계 영향	21
③ 세계 지역별 영향	22
④ 우리나라의 영향	24
VI. 국가별 기후변화 대응 현황	27
① 지구적 차원의 대응	27
② 주요 선진국의 기후변화 대응 로드맵	29
③ 선진국의 기후변화 대응 연구개발 동향	30
④ 우리나라의 기후변화 대응 현황	31
VII. 정책적 시사점	33

[별첨] 각 부처별 기후변화협약 대응 연구개발 사업현황

I. 검토배경

- 20세기 중반 이후 기후변화 현상이 전 세계적으로 확산되면서 지구촌 전체가 기상이변¹⁾으로 몸살
 - 기상이변이 더 이상 이변이 아니라 일상사가 되고 있는 실정
 - 미국 : '05년 카트리나 허리케인으로 뉴올리언스 도시의 80%를 침수, 80만명 이재민, 재산피해액 1,250억 달러(ISDR : International Strategy for Disaster Reduction)
 - 유럽 : '05년 여름 평균기온이 36-39℃로 기상관측 이래 최고의 폭염으로 프랑스 등 유럽 각국에서는 50여명이 사망
 - 한국 : 여름철 호우(80mm/일 이상)로 인한 재해의 발생빈도가 연평균 5.3회(1940-70)에서 8.8회 이상(1980-1999)으로 증가

- 지구촌 기상 이변이 잦아지면서 기후변화의 심각성에 대한 논의가 정치·경제·사회시스템 전반에서 점점 증가
 - 2007년 2월, 세계경제포럼(다보스)에서 기후변화가 핵심주제로 부상
 - 세계가 당면한 최우선 과제로 기후변화를 지정한 비율이 '06년에는 포럼 참석자의 9%에 불과했으나 '07년에는 20%로 확대

 - 2007년 UN, G-8정상회담 등의 주요의제로 부각
 - 반기문 총장 취임후 UN차원의 기후변화 대응 노력 본격화
 - * 안보리에서 '기후변화와 안보'를 주제로 공개 토의('07.4.17)
 - * 기후변화 특별대사(Special envoy)임명('07.5.1)
 - * 기후변화 고위급 회의('07.9.24) 개최 추진
 - G8 정상회담('07.6)에서 2050년까지 온실가스 배출량 최소 50% 감축 목표에 대해 모든 G8 국가들이 진지하게 검토기로 함

 - 2007년 9월, APEC 정상회담에서 기후변화 대응 시드니 선언 채택
 - 에너지집약도²⁾ 2030년까지 25% 감축, 산림면적 2020년까지 2천만ha 확대

1) 기상이변 : 기후변화로 인해 발생하는 극단적인 사건(가뭄/홍수, 폭염/한파, 폭설/냉해, 태풍/황사, 사막화 등)

- 기후변화는 단순한 환경 이슈만이 아니라 정치·경제·사회적 이슈이면서 지구촌에 매우 큰 충격을 주고 있음
 - 지난 50년간 전 세계에서 삶의 터전을 잃은 환경난민이 약 1억 3,500만 명이나 발생(자료 : UNCCD, 삼성경제연구소 ‘07년 재인용)
 - 세계에서 6번째로 큰 아프리카 차드호 호수는 40년만에 거의 모두 증발해 버리자 어업과 농업이 붕괴되고 수백만 명이 고향을 떠남.
- 주요 선진국은 기후변화를 지구촌 차원의 문제로 인식함과 동시에, 저탄소시대의 신사업 기회 창출을 위해 발 빠르게 대응
 - * 온실가스 감축, 대체에너지개발, 기상이변 예측시스템 구축 등
- 한편, 미래의 기후변화에 대한 비과학적인 예단으로 인해 막연히 사회적 불안감을 증폭시키는 폐단이 나타나고 있음
- 이에, 본 자료에서는 기후변화에 대한 세계적으로 신뢰성 있는 자료를 바탕으로 하여 기후변화의 현황, 미래 전망 및 국내외 대응 현황을 살펴보고 국가적 차원의 정책적 시사점을 찾고자함

2) 에너지 집약도(energy intensity) : 1000달러의 국내총생산(GDP)에 투입되는 에너지 양으로 '에너지원 단위'로도 불림

II. 기후변화의 이해

1 기후변화 및 기상이변의 원인(지구온난화)

- 기후변화란 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의해 기후계가 점차 변화하는 것을 의미(기상청)
 - 자연적인 요인 : 지구공전궤도, 화산활동, 지각활동 등
 - 인위적인 요인 : 온실가스³⁾와 에어러솔³⁾의 농도 증가 등

- 최근의 기후변화는 인간활동에 의한 지구온난화(Global warming) 때문에 발생했을 가능성을 90%로 추산(IPCC 제4차 평가보고서, 2007⁴⁾)
 - IPCC 제3차 평가서(2001년)와 비교하여 가능성이 24% 상승
 - 지구온난화는 1972년 로마클럽보고서⁵⁾에서 처음으로 공식 지적

- 지구온난화는 이산화탄소(CO₂)와 같은 온실가스 농도 증가로 인해 대기의 기온이 증가하는 과도한 온실효과(Greenhouse effect) 때문
 - 이산화탄소가 온난화의 주범임을 1985년 세계기상기구(WMO)와 국제연합환경계획(UNEP)에서 공식 선언

- 이러한 온실가스는 인구증가와 산업화 등의 인위적 활동 때문에 배출량이 과거에 비해 급증
 - * 6대 온실가스 : 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 과불화탄소(PFCs), 수불화탄소(HFCs), 육불화황(SF₆)
 - 화석연료(석탄, 석유 등)의 과도한 사용으로 온실가스 배출량이 증가한 반면, 산림훼손 등 토지이용의 변화로 온실가스 흡수원은 축소
 - * CO₂ 농도 상승의 주된 원인은 토지이용의 변화보다 화석연료 때문 ('90년대 연간 CO₂ 배출량 : 화석연료 6.4GtC, 토지이용 1.6GtC)

3) 에어러솔은 대기 중의 미세한 입자로 자연계에서 뿐만 아니라 산불이나 농작물 소각시 발생하며, 온실가스와는 반대로 태양광을 차단하고 산란시켜 대기를 냉각시키는 역할을 함

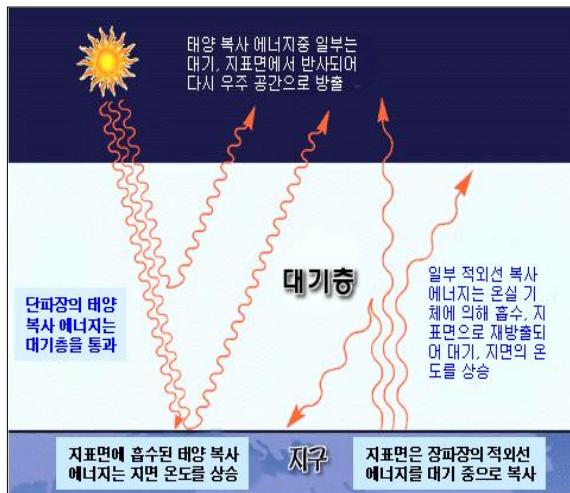
4) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change; 기후변화에 관한 정부간협의체) : 1988년 설립된 국제기구이며 2007년 4월에 발간된 제4차 보고서는 약 6년간에 걸쳐 전 세계 2,500명의 과학자가 참여하였고 130여 개국이 동 보고서 내용의 타당성을 인정함. 한국의 IPCC 담당부처는 기상청임.

5) 로마클럽은 세계 52개국의 학자와 기업인, 전직 대통령 등 각계 지도자 100명으로 구성된 연구기관으로, 각종 세계문제를 논의하여 보고서 형식으로 해결책을 제시

<온실효과 메카니즘>

CO₂ 등의 온실가스는 지구에 들어오는 단파장의 태양 복사에너지는 통과시키는 반면에, 지구로부터 방출되는 장파장의 복사энер지를 흡수함으로써 지표면을 보온하는 역할을 함

- 지구가 평균온도 15°C를 유지할 수 있는 것은 온실효과 때문
- 온실효과가 없다면, 지구는 생명체가 살수 없는 -18°C까지 하강
- 그러나, 대기중 온실가스 농도가 증가할수록 지표면 온도도 함께 증가
예) 금성은 두터운 대기층과 96%의 CO₂로 구성되어 표면온도는 420°C임



온실효과 개념도



CO₂ 농도와 기온의 상관관계

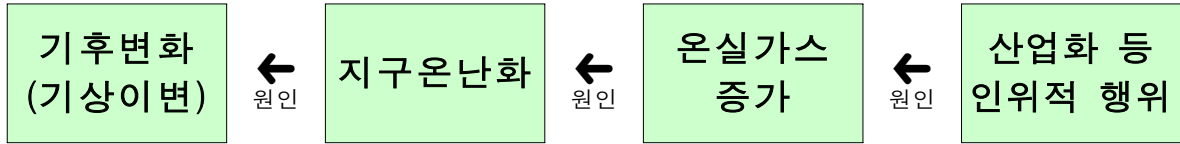
온실가스별 특성

온실가스	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	PFCs HFCs, SF ₆
배출원	에너지사용/ 산업공정	폐기물/ 농업/축산	산업공정/ 비료사용	냉매/세척용
국내총배출량(%)	88.6	4.8	2.8	3.8
온실효과기여도(%)	55	15	6	24
지구온난화지수(GWP)	1	21	310	1,300-23,900

주) GWP : 일정기간동안 1kg의 온실가스가 야기하는 장파장 흡수능력(가열효과)과 이산화탄소 1kg의 영향에 대한 비율로 측정됨

자료 : 이산화탄소저감및처리기술개발사업단(<http://www.cdrs.re.kr/>)

- 결과적으로 20세기 중반이후의 기후변화는 지구온난화·온실가스 증가·인간의 산업화 활동에 근거하며, 이러한 인과관계에 대해서는 과학적으로 입증되고 있음



- 다만, 현재로서는 구체적인 기후변화의 범위 및 영향에 대한 과학적 입증은 지속적인 연구가 필요

<빙핵(Ice core)은 지구의 온도계>

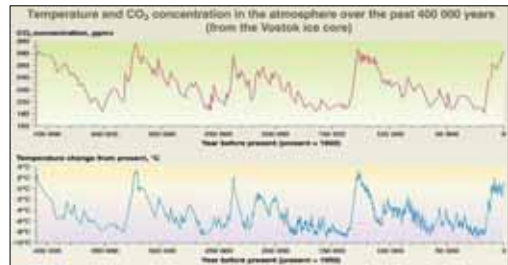
- 지구의 나이는 45억년이지만, 인간이 관측한 과거 기후 자료는 겨우 100년에 불과함(과거의 기후를 연구하는 학문을 '고기후학'이라 함)
- 그렇지만, 남극의 빙하 속에 갇힌 작은 공기방울들을 통해서 65만 년 전의 이산화탄소 농도와 대기 온도를 측정할 수 있음



채취한 빙핵(남극)



빙핵 속의 공기방울

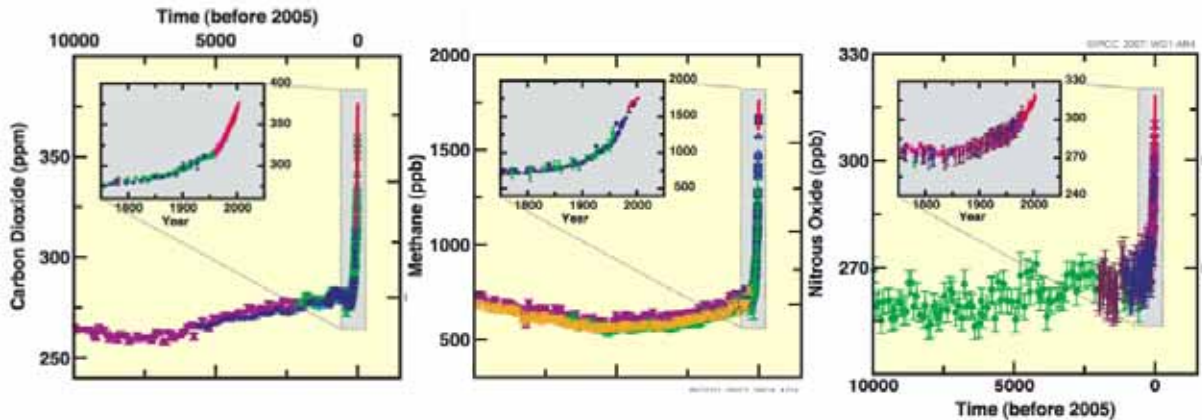


4만년동안 CO₂농도와 기온변화 관계

2 온실가스 농도의 변화

□ 전 세계의 온실가스 농도

- 이산화탄소(CO₂)의 전 지구적 평균농도는 산업혁명 이전(1750년) 280ppm에서 379ppm(2005년)으로 증가하였으며 지난 10년간 매년 1.9ppm씩 집중 증가
 - * '05년 평균농도 : 미국(마우나로아) 380ppm, 중국(왈리구완) 380.4ppm, 일본(료리) 382.5ppm
- 메탄(CH₄)과 아산화질소(N₂O)의 전 지구적 평균농도('05년)는 각각 1,774ppb, 319ppb이며, 연평균 증가량('94~'04년)은 각각 3.7ppb/년, 0.8ppb/년



온실가스	이산화탄소 (CO ₂)	메탄 (CH ₄)	아산화질소 (N ₂ O)
산업혁명 이전 (1750년) 농도	280 ppm	715 ppb	270 ppb
2005년 농도	379 ppm	1,774 ppb	319 ppb

자료 : IPCC 4차 보고서, 2007

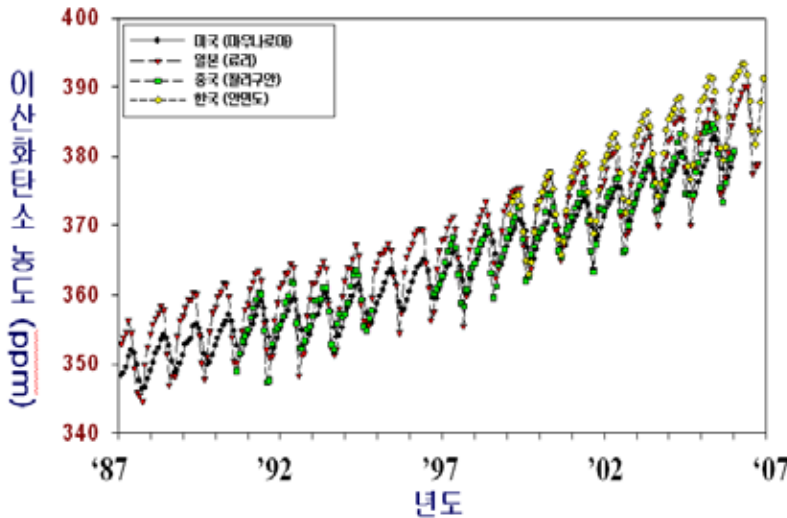
<주요 온실가스의 농도 변화>

□ 우리나라의 온실가스 농도⁶⁾

- 이산화탄소(CO₂)의 '06년 평균농도는 388.9 ppm으로, 전년도('05년)에 비해 1.9 ppm 증가

6) 기상청, 2007 자료

- 우리나라에서 지난 7년간(’99~’05년)의 CO₂ 증가량은 연평균 2.5 ppm으로 전 지구적 증가 속도(1.9ppm)보다 빠름
- 메탄(CH₄)과 아산화질소(N₂O)의 ’06년 평균농도는 각각 **1,889ppb**, **320.7ppb**로서, 전년도(’05년)에 비해 각각 **3ppb**, **0.5ppb** 증가
 - * 기상청은 기후변화 감시소를 안면도에 운영 중(’09년 제주 고산 1소 확대)



미국과 중국은 인위적인 오염원이 거의 없는 지구급 관측소(전 세계 24개소)에서 측정한 자료이므로, 한국과 일본의 지역급 관측소(전 세계 약 300소)에서 측정한 값보다 상대적으로 농도가 낮음

자료 : 기상청, 2007

<이산화탄소의 연도별 변화 (킬링곡선)>

- 우리나라는 세계 10위의 이산화탄소 배출국이며, 1인당 이산화탄소 배출량에서는 세계 6위(IEA, 2005)
 - 한국의 CO₂ 배출 증가률(1990-2004년)은 세계 1위 : 104.6%
 - * 같은기간 EU 1.6%, 일본 14.8%, 미국 19.8%, 세계평균 27.9%

<이산화탄소 농도가 왜 오르락(↗) 내리락(↘)을 반복할까?>

- 대부분의 대륙이 적도 위에 있어 북반구가 봄과 여름이 되면 초목의 잎이 CO₂를 흡수하여 전 세계적으로 CO₂ 양이 감소
- 반면에, 북반구가 가을과 겨울이 되면 잎이 썩어서 대기 중 CO₂ 양이 다시 증가하는 것으로 지구 전체가 1년에 한 번씩 크게 숨을 들이마셨다가 뱉는 격

자료: 김명남(역), 불편한 진실, 2006

- 부분별로는 에너지와 제조공정 부분이 전체 배출량의 94.7% 차지

부문별	2003년 (백만톤CO ₂ , %)	1990-2003 증가율(%)	구분	비중 (%)
에너지	481.1 (82.7)	5.2	발전	31.4
산업공정	69.6 (12.0)	10.1	산업	33.4
농업	15.5 (2.7)	- 0.9	수송	21.4
폐기물	15.6 (2.7)	- 3.7	가정	10.7
총배출량	582.2(100.0)	5.0	기타	3.1
토지,임업 등(흡수원)	-33.3	2.6	기타	100.0
순배출량	548.9	5.1		

자료 : 에너지경제연구원(05.8월), 기후변화협약대책위원회(2006년) 재인용 및 가공

- 온실가스별로는 이산화탄소와 메탄이 전체 배출량의 93.1%를 차지
- CO₂(87.7%), CH₄(4.4%), N₂O(1.3), HFCs(1.3%), PFCs(0.4%), SF₆(3.0%)

3] 기후변화와 해양

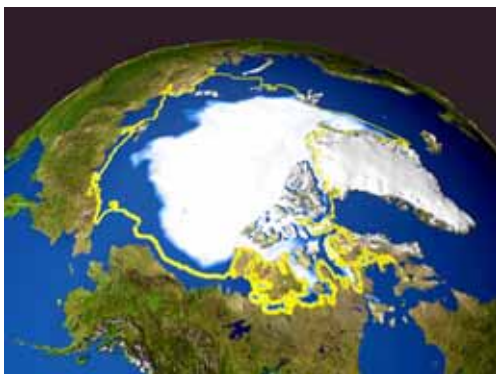
- 지구 면적의 70%를 차지하는 해양은 에너지, 기체(CO₂ 등), 물질 등의 평형을 유지하기 위해 끊임없이 대기와 상호작용(해양-대기 상호시스템)을 이루면서 기후변화의 실질적 조절자 역할 수행
- 해양은 온실가스의 최종 흡수처로서 기후변화의 완충적 역할을 담당하고 있음
 - * 배출된 온실가스는 결국 해양에 의해 흡수(Nature, 2003)
 - * 식물성플랑크톤에 의해 매일 백만톤 이상의 이산화탄소가 대기로부터 해양으로 흡수(해양수산부, 2007)
 - * 해양은 이산화탄소를 대기에 비해서 50배, 생물체에 비해서 20배 이상을 저장(한국해양연구소, <http://www.kordi.re.kr/>).
- 그러나, 과도한 온실가스 흡수 등으로 해수면 및 해수온 상승, 해양 산성화, 수산자원 변동, 해양생태계 변화 등 부작용 발생

<해수면 상승의 주요 원인>

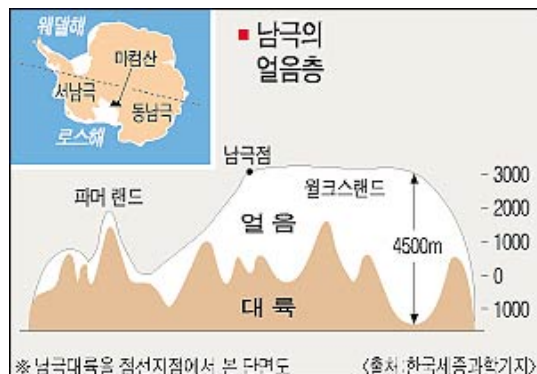
- ① 대기온 상승으로 인해 남북극 및 고산지역의 빙하 해빙
 - * 해수에 잠겨 있는 빙하(북극해)보다 대륙 위의 빙하(그린란드, 남극대륙, 만년설 등)가 해수면 상승에 더 위협적
- ② 해수온 상승으로 인해 해수의 부피를 증가시키는 열팽창
 - * 해수의 열팽창이 빙하 해빙 보다 해수면 상승 기여도가 더 높은 것으로 추정됨(약 50-60%)

<북극과 남극의 차이>

북극		남극
얼음이 덮힌 바다 (북극해)	지형	얼음이 덮힌 대륙 (남극대륙)
중심부 평균 3~4m	얼음두께	평균 1.6 km (지구상 얼음의 90%, 담수의 70%)
14,056 km ² (지중해의 4배, 전세계 바다의 3%)	면적	14,000만km ² (전세계 육지면적의 9.2%, 유럽의 1.3배)
0℃ 이하	연평균 기온	-23℃



북극해



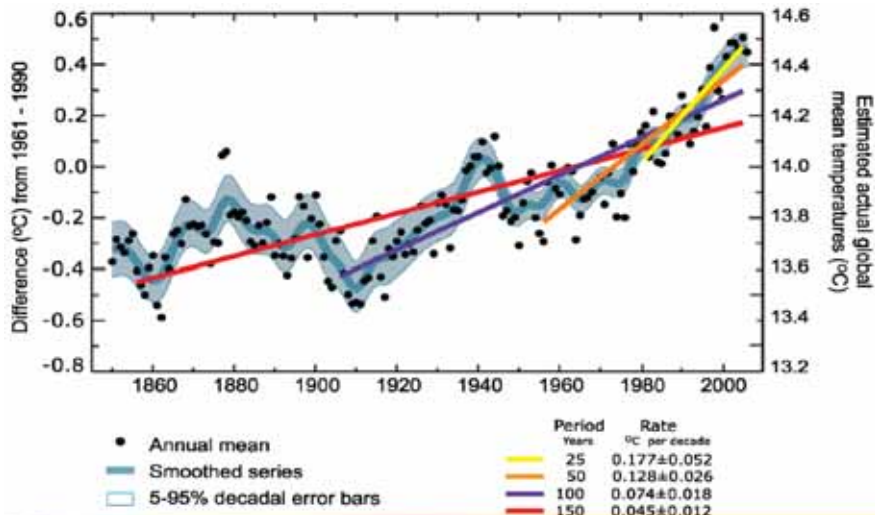
남극대륙

Ⅲ. 국내외 기후변화 발표 현황

1 기온 변화

□ 세계의 기온(IPCC 4차 보고서, 2007)

- 지난 100년간(1906~2005년)의 지구 지표기온(기온)은 $0.74^{\circ}\text{C} \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 상승
 - 최근 50년간 온난화 증가 추세($0.13^{\circ}\text{C} \pm 0.03^{\circ}\text{C}/10\text{년}$)가 지난 100년 추세($0.07^{\circ}\text{C} \pm 0.02^{\circ}\text{C}/10\text{년}$)의 거의 2배로 해가 갈수록 심각

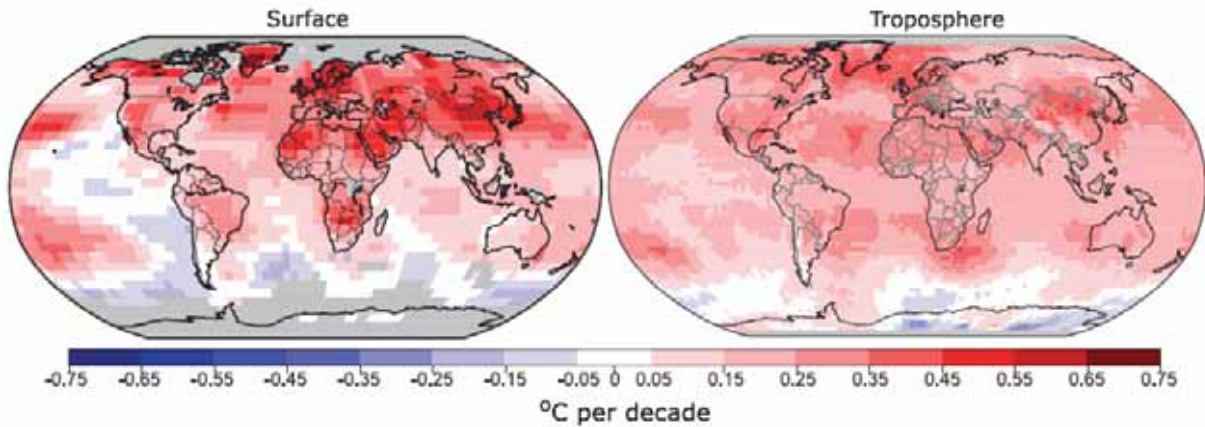


자료 : IPCC 4차보고서 2007

<1961-1990년 기준으로 할 때 전 세계의 기온 변화>

- 1850년 이후 최근 12년('95~'06년) 중 11번이 최고 기온을 기록하였고, 지난 50년이 과거 1,300년 중 가장 따뜻한 시기였음
- 인공위성 관측자료(1979~2005년)에 의하면 동태평양, 남극해 및 남극대륙 일부를 제외하고 전 지표면에서 온난화가 관측(그림 참조)
 - 지난 20년 동안 육지의 온난화가 해양보다 빠르게 진행되었으며 특히 북반구가 심함
 - 북극지방의 평균온도는 지구평균보다 거의 2배 증가한 반면에 남극 지역에서는 평균온도는 상승하지 않음
 - 중층 대류권(지표~고도 10km)의 온난화는 지표면의 기록과 비슷

7) 지구지표기온 : 육상의 지표부근 기온과 해수면 기온의 평균. 도시의 열섬효과는 존재하지만 세계 기온에서는 지역적이고 지구온난화에 주는 영향은 무시할 수 있음(육상 0.006°C 미만/10년, 해상 0)



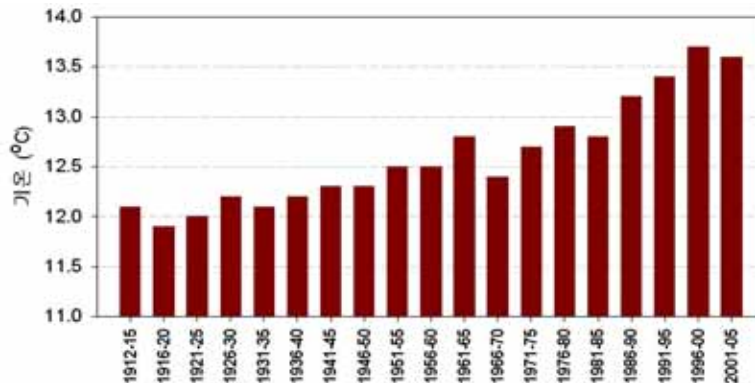
주) 회색부분은 불완전한 데이터를 의미

자료 : IPCC 4차보고서, 2007

<1979-2005년 지표와 대기의 온도상승 현황>

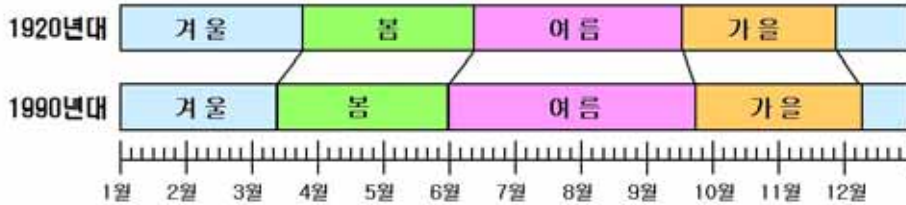
□ 우리나라 기온

- 1900년 이후, 우리나라 6대 도시의 평균 기온은 1.5°C 상승
 - * 6대 도시: 서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포(도시화 효과가 20~30% 포함됨)
- 최근 10년('96~'05년) 동안 15개 지점의 평균 기온은 14.1°C로 평년('71~'00년)보다 0.6°C 상승함
 - * 15개 지점 : 강릉, 서울, 인천, 울릉, 추풍령, 포항, 대구, 전주, 울산, 광주, 부산, 목포, 여수, 제주, 서귀포
- 열대야(25°C 이상) 일수 증가
 - * 4.2일(1960년대), 8.2일(1990년대), 9.4일(2000년 이후)



<우리나라의 기온변화>

- 1920년대에 비하여 1990년대 겨울이 약 한달 짧아지고 봄과 여름은 기간이 길어졌으며, 봄꽃 개화시기가 빨라지는 것도 관측됨
- 자연계절의 변화 추세는 **21세기에**도 지속될 것으로 전망됨

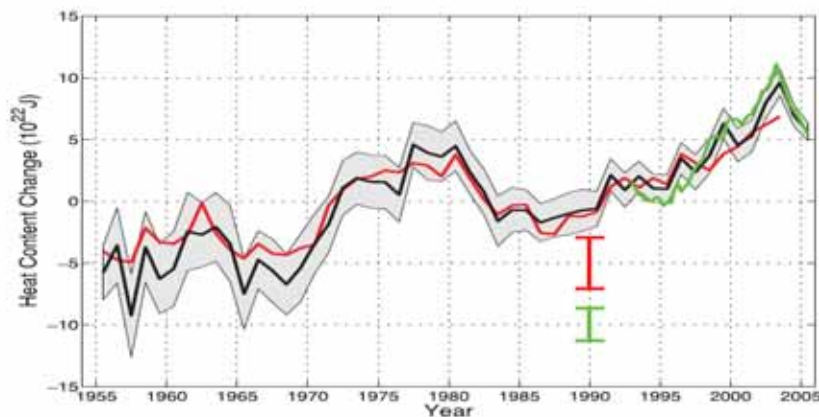


<1920년대와 1990년대의 계절길이 변화>

2 해수온 변화

□ 세계의 해수온

- 최근 43년(1961~2003)동안 수심 700m까지의 해수온은 0.10℃ 상승
 - 지구 해양의 평균 온도상승은 적어도 수심 3,000m까지 영향
 - 해양은 기후시스템에 추가된 열의 80% 이상을 흡수
- 1961년 이후의 관측 자료에 의하면 해양 열함량(Ocean heat content)⁸⁾이 증가하는 현상이 뚜렷
 - 1961~2003년 열함량 변화 : $8.11 \pm 0.74 \times 10^{22}$ J⁹⁾ 증가



주) 검정, 빨간선은 1961-1990년 평균과의 차이
 녹색선은 1993-2003년 검정선 평균과의 차이

<해양 수심 700m까지의 연도별 열함량>

8) 해양 열함량(Ocean Heat content)은 수온변화를 나타내는 대표적인 지표

9) 1cal는 물 1g의 온도를 1℃만큼 올리는 데 필요한 열량이며, 1cal=4.18J

- 북극해 빙하의 감소는 해수온 상승률을 더욱 가중시키는 “양의 피드백” 현상을 초래
 - 이유는, 북극해의 빙하는 태양 복사에너지를 거울처럼 반사하는 반면에 해수는 대부분 흡수하기 때문

□ **우리나라의 해수온**(자료 : 국립수산과학원)

- 한국근해 표층수온은 37년간(1968-2004년) 약 1.0°C 상승(연평균 약 0.027°C)
 - 연평균 동해 0.026°C, 서해 0.026°C, 남해 0.030°C 상승
 - 37년 동안 동해 0.97°C, 서해 0.97°C, 남해 1.11°C 상승
- 특히, 최근 10년간(1995~2004년) 수온은 연평균 0.67°C 상승하여 1970~1980년대에 비해 1990년 이후 상승경향이 현저함
 - 매년 동해 0.136°C, 서해 0.035°C 및 남해 0.029°C 상승

3 해수면 변화

□ **세계의 해수면**

- 20세기 동안 총 해수면 상승은 **0.17±0.05m**로 추정되며 최근의 해수면 상승률은 더 증가하는 추세
 - 1961~2003년의 연평균 상승률 1.8±0.5mm
 - 1993~2003년의 연평균 상승률 3.1±0.7mm
- 해수면 상승의 원인은 해수 열팽창과 빙하 해빙

<해수면 상승의 원인>

해수면 상승원인	해수면 상승률(mm/년)	
	1961~2003년	1993~2003년
열팽창	0.42±0.12	1.6±0.5
빙하와 빙모	0.50±0.18	0.77±0.22
그린란드 빙산	0.05±0.12	0.21±0.07
남극빙산	0.14±0.41	0.21±0.35
해수면 상승요인 합계	1.1±0.5	2.8±0.7
관측된 해수면 상승	1.8±0.5 ^a	3.1±0.7 ^a
차이(관측치-상승요인별 추정치 합계)	0.7±0.7	0.3±1.0

주) a : 1993년 이전의 자료는 조위계, 이후는 위성 고도계의 관측치
 자료 : IPCC 4차보고서, 2007

□ 우리나라의 해수면

- 서해안의 경우 평균 해면변화는 0.1~0.2cm/년의 추이
 - 연안개발 및 매립등과 같은 대규모 해양공사의 영향으로 최극 조위가 높아지는 현상이 조사됨
- 동해안의 경우 평균 해면변화는 0.1~0.2cm/년의 추이
 - 매년 큰 편차를 보이고 있어 장기간의 관측자료의 분석이 필요

<전국주요 지점의 연평균 해면변화(1960~006)>

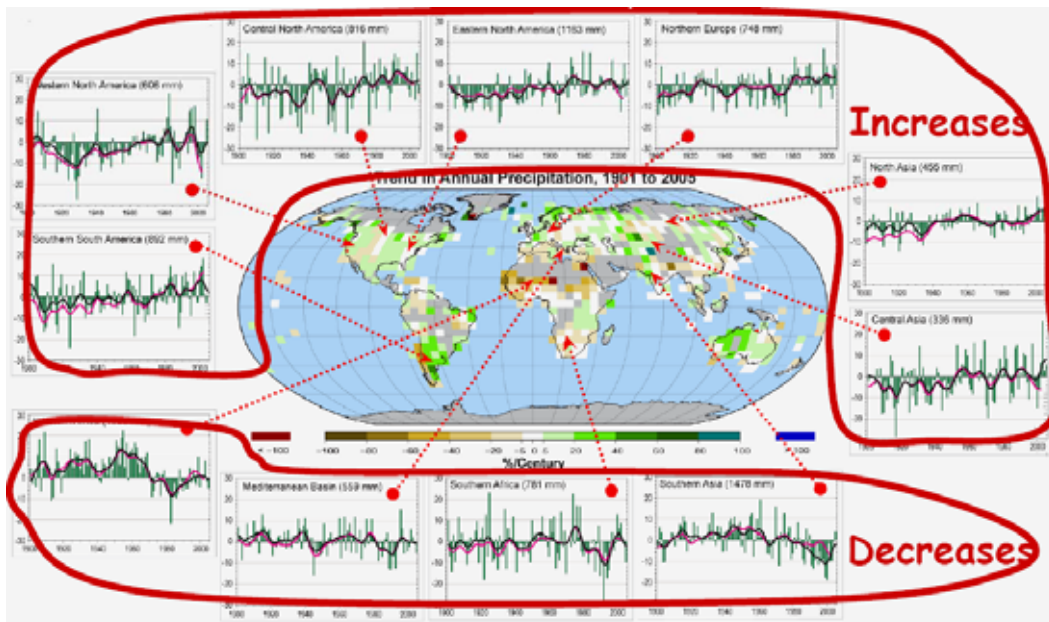
항 명	속초	목호	울릉도	부산	여수	제주	서귀포	목포	군산
상승률 (cm/년)	0.2	0.06	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6	0.08	0.1

자료 : 국립해양조사원

4 강수량 변화

□ 세계의 강수량

- 106년간(1990~2005년)의 세계 육지 강수량자료에 의하면 통계적으로 유의한 선형 증가현상은 없음



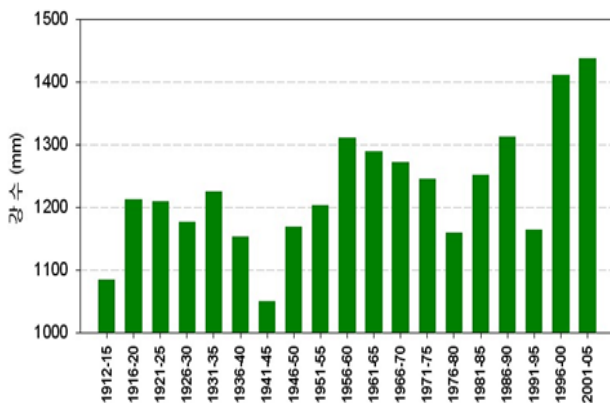
자료: IPCC 4차 보고서

<강수 증감지역>

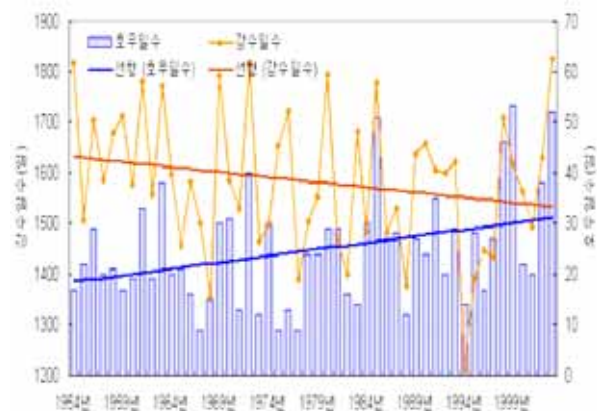
- 그러나, 지역별로 강수의 증가와 감소지역이 구분되고 있음
 - * 증가지역 : 아메리카 대륙의 동쪽 일부, 북유럽, 북·중아시아
 - * 감소지역 : 아프리카 사하라 사막남쪽, 지중해, 남아프리카, 남아시아 일부
- 눈보다는 비가 많으며, 일시에 내리는 폭우가 전 지역에서 증가
- 또한, 가뭄과 홍수 발생 지역이 증가하는 추세

□ 우리나라의 강수량 10)

- 우리나라 연평균 강수량은 수십 년의 큰 변동 폭이 보이나 장기적으로 증가 추세
 - 최근 10년 평균 연강수량은 1,458.7mm로 평년대비 약 10% 증가
 - 호우일수(>90mm/일)는 최근 10년 28일/년으로 평년대비 연간 0.8일 증가
 - * '06년은 평년(1971~2000년) 대비 약 10%의 증가가 있었음
 - 강수일수는 최근 50년 동안 감소하고 있음.



<우리나라 5년 평균 강수량 변화>

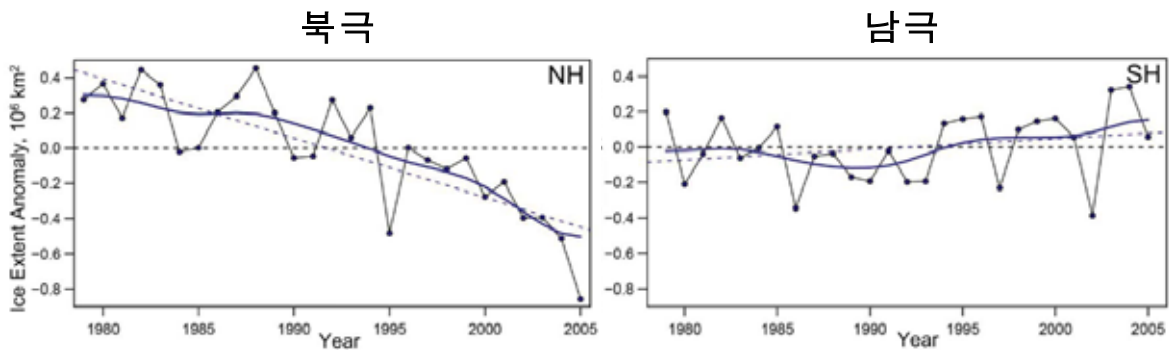


<호우일수와 강수일수>

5 기타 기후변화

- 1978년 이후 위성자료에 의하면 연평균 극지방 해빙면적은 10년 동안 $2.7 \pm 0.4\%$ 감소하였고, 여름에는 $7.4 \pm 2.4\%$ 로 크게 감소
 - 반면에 남극의 해빙면적은 국지적 변화를 보이나 통계적 유의성은 없음

10) 기상청, 2007 자료



자료 : IPCC, 2007

<극지방의 빙하면적 변화 추이>

- 1980년대 이후에 북극 영구동토층의 표면온도는 전반적으로 상승 (3℃까지)하여 1900년 이후 북반구의 계절적 동토의 최대 면적은 7% 감소(봄철에는 15%)
- 중고위도 해수의 저염화, 저위도 해수의 고염화는 해양에서 강수량과 증발량의 변화를 의미
- 1960년대 이후 중위도 편서풍은 양반구에서 강화
- 1970년대 이후 강하고 오랜 가뭄이 넓은 지역에서 관측
- 특히 열대와 아열대에서 뚜렷이 관측
- 호우의 발생빈도는 대부분의 대륙에서 증가
- 이는 온난화와 관측된 대기 중 수증기의 증가와 일치
- 지난 50년 동안 극한 기온의 광범위한 변화가 관측
- 추운 낮, 추운 밤, 서리 발생빈도는 감소
- 더운 낮, 더운 밤, 열파 발생빈도는 증가
- 1970년 이후 북대서양에서 강한 열대폭풍 활동이 증가
- 이는, 열대 해수면온도의 상승과 밀접한 관련
- 반면, 여타 지역의 열대폭풍의 연간 발생수의 경향은 명확하지 않음

IV. 미래의 기후변화 전망

1 세계의 전망

□ IPCC 기후변화 시나리오

- **최악의 경우**(A1FI 시나리오, CO₂ 농도 970ppm) : 화석연료 대량소비형 사회가 계속된다면, 1980~1999년에 비하여 금세기말(2090~2099년) 지구 평균기온은 **최고 6.4℃**, 해수면은 **최고 59cm 상승** 전망
- **최소의 경우**(B1 시나리오, CO₂ 농도 550ppm) : 환경 친화적으로 유지되면, 금세기말 지구 평균기온은 **최저 1.1℃**, 해수면은 **최저 18cm 상승** 전망
- 향후 20년간 지구평균기온은 **0.2℃/10년** 상승

<시나리오별 금세기말 예상기온 및 해수면 상승 전망>

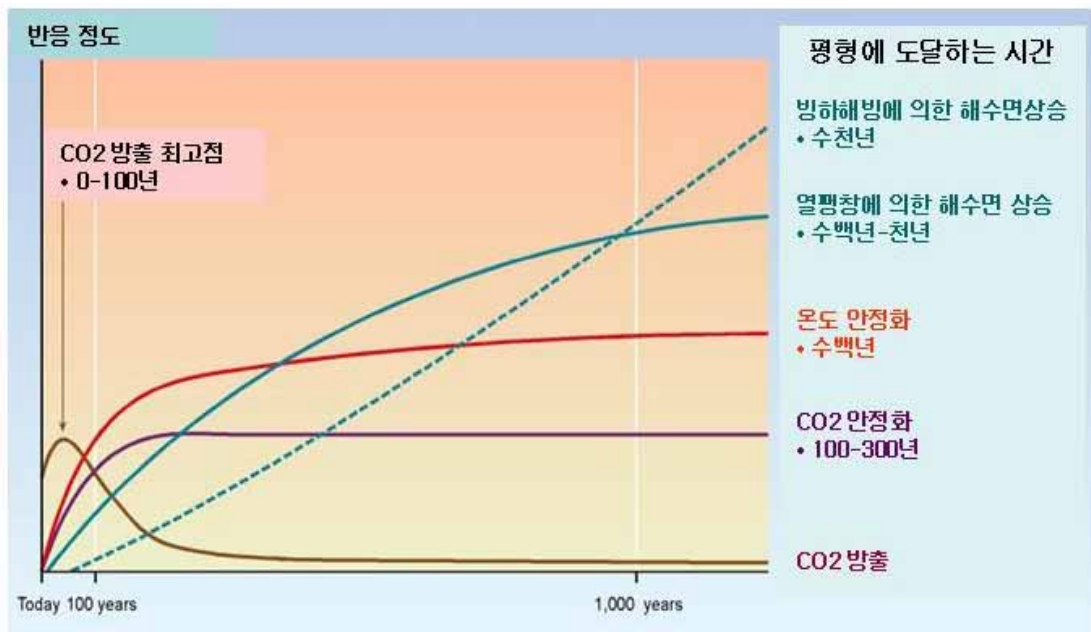
시나리오	CO ₂ 농도	기온(℃)	해수면(m)	비고
B1	550 ppm	1.8(1.1~2.9)	0.18~0.38	· 자연 친화적
A1T	540 ppm	2.4(1.4~3.8)	0.20~0.45	· 비화석 에너지원
B2	600 ppm	2.4(1.4~3.8)	0.20~0.43	· 자연 친화적(지역적 수준)
A1B	720 ppm	2.8(1.7~4.4)	0.21~0.48	· 균형적 발전
A2	830 ppm	3.4(2.0~5.4)	0.23~0.51	· 발전 지향적
A1FI	970 ppm	4.0(2.4~6.4)	0.26~0.59	· 에너지원이 화석연료에 집중

자료 : IPCC 제4차 평가보고서, 2007

- 모든 시나리오에서 온난화는 내륙과 북반구 고위도에서 가장 크고 남반구 해양과 북대서양 일부 해역에서는 적을 것으로 전망
- 모든 시나리오에서 북극과 남극의 해빙이 축소 전망
 - 일부 시나리오는 북극해 늦여름 해빙이 21세기 후반에 거의 소멸 예상
- 태풍, 허리케인의 세기가 강화될 가능성이 높음
- 강수량은 고위도에서 증가, 아열대 육지에서 감소할 가능성이 높음

□ 해양의 변화(IPCC 기후변화 시나리오 기반)

- 해양은 산업화 이후 산성도 0.1 감소에 추가하여 21세기에는 산성도가 0.14~0.35 정도 감소 전망(해양의 산성화)
- CO₂ 방출이 감소되더라도 대기 중에서 제거하는데 필요한 시간 규모 때문에 온난화와 해수면 상승은 1,000년 이상 지속될 전망
 - 2100년 이후 B1, A1B 시나리오 수준으로 안정화 된다면
 - 지구평균 기온은 2200년에 추가적으로 약 0.5℃ 상승 예상
 - 열팽창만으로 해수면은 2300년까지 0.3~0.8m 상승 예상
 - 그린란드 빙상의 질량감소 현상이 1,000년간 지속된다면, 해수면은 약 7m 상승

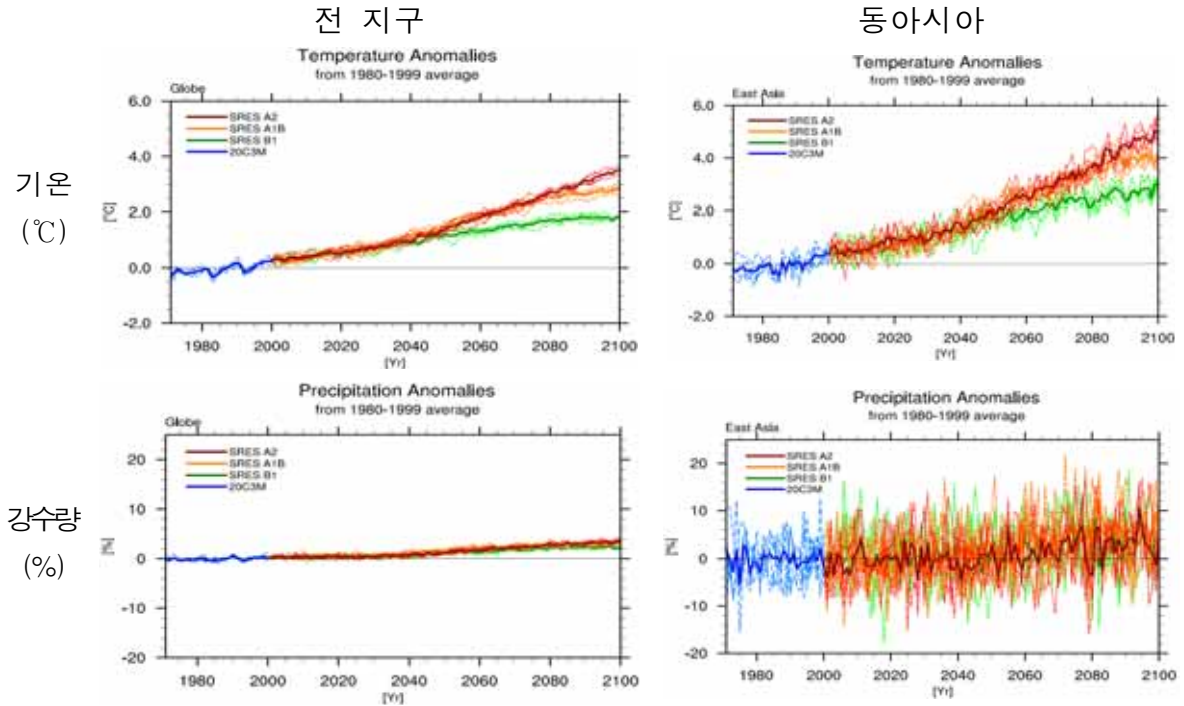


자료 : IPCC 3차보고서, 2001

<CO₂ 감소 후에도 지속되는 기온과 해수면 상승>

□ 동아시아 기후(IPCC의 A1B 시나리오 기반)

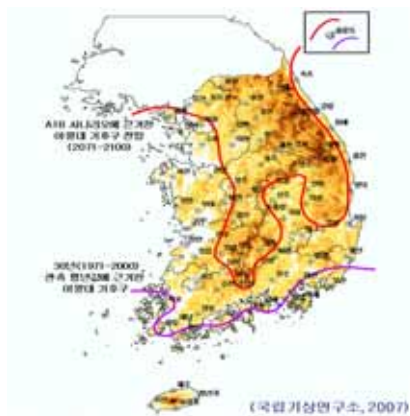
- 2100년 동아시아의 경우, 전 세계 기온보다 높은 3℃ 상승 전망
 - 강수는 경년 변동 폭이 커서 극한기후(가뭄과 홍수 등) 빈발 예상



<기후변화 시나리오(기상청 국립기상연구소)>

2 우리나라의 전망 (CO₂ 농도가 약 2배 증가하는 A1B 시나리오 기준)

- 21세기 말 기온은 30년(1971~2000년) 평균 대비 4℃상승, 강수량은 17% 증가 전망
 - 극한 저온현상의 빈도 감소, 극한 고온현상 빈도 증가
 - 강수량 증가 추세와 더불어 호우 빈도 증가
- 21세기 말 우리나라에서 태백, 소백산지를 제외한 서해안, 동해안 중부까지 아열대 기후구 복상이 나타남



2071-2100년 아열대기후구의 변화(기준 1971-2000년)
(트레와다의 정의를 적용함)

V. 기후변화의 영향 및 부작용

1] 기상 재해¹¹⁾

□ 세계의 상황

- 1990년대 들어 기상이변 발생건수와 경제적 피해가 급증하는 추세
 - 1990년대의 호우, 태풍, 폭염, 지진해일 등 기상이변 발생건수는 1950년대 대비 4.6배 경제피해액은 15.7배 증가
 - 특히, 최근 5년(2000~2004년)의 기상이변 발생건수와 피해액은 과거 10년 수준을 크게 상회
 - * 1950~1959년 : 발생건수 2건, 200억불
 - * 2000~2004년 : 발생건수 13건, 1200억불

□ 한국의 상황

- 1980년대 후반부터 기온이 상승하면서 태풍 등 기상이변 빈도 증가
 - 여름철 호우재해의 발생빈도가 연평균 5.3회(1940~70년대)에서 8.8회 이상(1980~1999년)으로 증가
 - * 강수일은 감소한 반면, 강수량이 증가하여 강수 집중도가 커졌기 때문
- 특히 2000년 이후에는 태풍 등 기상재해에 따른 경제적 피해가 급증
 - 경제적 피해규모가 1960년대 매년 평균 1천억 원 대, 1990년대 6천억 원 대, 2000년 이후에는 2.7조 원 대로 확대
 - * 태풍 루사(2002.8) : 5.5조원 피해, 이재민 8.9만명
 - * 태풍 매미(2003.9) : 4.8조원 피해, 이재민 2만명
- 최근에는 봄마다 황사로 인한 피해가 확대
 - 연간 황사 발생일수가 1980년대 평균 3.9일에서 2000년대 이후에는 12.4일로 3배 증가
 - * 피해규모(2002년)는 연간 5.5조원으로 추산(GDP의 0.8%, 1인당 11.7만원)
 - * 2002년 4,373개 학교가 휴교, 164편의 항공기 결항 피해

11) 삼성경제연구소 “기후변화에 어떻게 대응할 것인가?”, 2006 인용

2 생태계 영향

분야	영향
수자원 및 관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 21세기 중반, 물 가용량 전망 <ul style="list-style-type: none"> - 습윤 열대·고위도지역 : 10~40% 증가 - 반 건조 저·중위도지역 : 10~30% 감소 ○ 가뭄 영향을 받는 지역이 늘어날 것임
생태계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전 지구 평균온도가 1.5~2.5℃ 증가하면, <ul style="list-style-type: none"> - 전 세계 동물과 식물 20~30%가 멸종 위기 ○ 대기 중 CO₂농도 증가와 온도가 1.5~2.5℃ 증가하면, <ul style="list-style-type: none"> - 생태계 구조와 역할, 종의 상호 연계와 관련하여 물, 식량 공급, 생물다양성에 대해 부정적인 영향을 미침
식량	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중·고위도지역은 온도가 1~3℃ 상승할 때 까지는 곡물 생산이 증가, 그 이상 상승하면 일부지역에서는 감소 ○ 저위도 건조지역은 온도가 1~2℃증가에 따라 농작물 생산량이 감소하여 기근이 우려됨 ○ 전 지구적으로는 잠재생산량은 온도가 1~3℃ 상승하면 증가
해안과 저지대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화와 해수면 상승으로 전 세계 해안의 30% 침식 위험 ○ 해수면온도가 1~3℃ 상승하면 산호 백화현상 증가 ○ 2080년대에는 해수면 상승으로 수백만 명이 홍수 위험에 노출
산업, 거주와 사회	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화에 따른 취약한 산업, 거주 및 사회는 해안과 강 하구 지역 ○ 가난한 사회는 매우 위험에 취약하며, 대처능력도 부족하여 물과 식량 공급과 같은 기후 자원에 대한 의존도가 높음
건강	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영양결핍, 출혈, 심장병, 전염병 등의 증가 ○ 열파, 홍수, 가뭄 등으로 사망자 증가 ○ 질병 매개체 분포의 변화 전망

자료 : IPCC 4차보고서, 2007

3 세계 지역별 영향

지역	영향
아시아	<ul style="list-style-type: none"> ○ 히말라야 산의 빙하 용해는 홍수와 산사태, 수자원 파괴를 증가시키며, 특히 대부분 지역은 수자원이 부족할 것으로 전망 ○ 남, 동 아시아의 인구가 많은 해안 지역은 바다와 강으로부터 위협에 크게 직면해 있음
도서지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작은 섬들은 해수면 상승으로 해안 침식과 같은 해안 생태의 악화는 관광 지역의 매력을 감소시킬 가능성
극지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주된 생·물리학적 결과로 빙하의 확장과 두께 감소, 해빙·영구동토층 팽창 정도 및 깊이 변화, 자연 생태계의 변화 등이 있음 ○ 북극 거주지역에 대해, 설빙권에는 긍정적, 부정적 효과가 있을 것임 ○ 양극지역에서, 특정 생태계와 거주 지역은 기후변화에 대해 종의 적응이 낮아지면서, 취약해 질 수 있음
북미 서부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유속이 감소하여, 현재 수자원의 수요는 2020년 이후 만족될 수 없으며, 연어는 서식지를 잃게 됨
남미 브라질 동부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2050년대까지 지하수의 70% 이상 감소
벵갈만 지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 온도가 2℃ 상승할 때마다, 방글라데시에서는 연간 최고치를 방출하여 홍수지역이 적어도 25% 이상 증가
유럽	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2070년까지, 수력발전의 전기 생산 잠재력은 70%까지 감소
아프리카 소말리아 인근지역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 질 좋은 물 공급과 위생 인프라가 없는 지역으로, 폭우로 인해 병원균 증가

자료 : IPCC 4차보고서(WG2), 2007

<니컬러스 스텐(N. Stern) 의 보고서 요약>

□ 니컬러스 스텐(N. Stern) 영국총리 경제 고문(前 세계은행 부총재)이 책임 집필

※ 제12차 기후변화협약 당사국총회(케냐, '06.11.)에서 **센세이션**을 일으킴

○ 지구 온난화가 계속되면 2050년에는 각국이 관련 문제를 해결하기 위해 전 세계 국내총생산(GDP)의 1% (약 6,510억 달러, 618조원)을 지출해야 할 상황 직면

○ 앞으로 200년 안에 세계 경제규모가 5~20% 줄어들 가능성이 큼

○ 지구 기온이 섭씨 3도 더 올라가면 40억 명이 물 부족에, 5억 명은 기근에 처할 위기

○ 지구온난화 방치 시, 제2차 세계대전이나 대공황 당시보다 더 큰 경제적 피해 가능

- 미국에서는 허리케인 피해가 5~10% 증가하고 피해액이 2배 증가

- 유럽은 매년 수만 명이 더위로 사망, 아마존 유역은 회복불능 상태가 될 전망

<지구 온난화가 미치는 영향>

5도 상승

- 히말라야의 빙하 소멸
- 중국 인구 25%에 영향
- 해양 산성화 가속, 해양 생태계 변화
- 해수면 상승으로 작은 섬들과 뉴욕, 도쿄 등의 도시 수장

4도

- 30~50%의 물 감소
-아프리카 농작물 15~35% 감소
- 아프리카에서 최대 8000만 명 말라리아로 사망
- 해안지역 인구 최대 3억 명 홍수 피해

3도

- 유럽에서 10년마다 심각한 가뭄. 10억~40억 명 물 부족
- 기근 피해자 5억5000만 명 증가
- 최대 300만 명이 영양실조 사망
- 최대 50%의 생물 멸종 가능성, 아마존 밀림 파괴 시작

2도

- 남아프리카와 지중해에서 물 공급량 20~30% 감소
- 열대지역 농작물 크게 감소 (아프리카는 5~10%)
- 아프리카인 최대 6000만 명 말라리아에 노출

1도

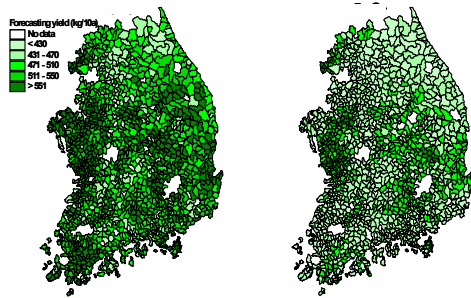
- 안데스산맥의 작은 빙하 녹음. 5000만 명 물 부족
- 매년 30만 명, 기후 관련 질병으로 사망
- 영구 동토층 녹아 러시아와 캐나다의 건물 및 도로 손상
- 10%의 생물 멸종 위기

자료: '기후 변화의 경제적' 보고서

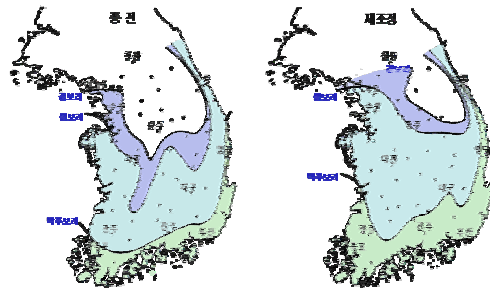
4 우리나라의 영향

<농업>

- 벼의 생산성 예측(5.0℃ 온도상승시) : 평년대비 15% 감소
- 맥류 안전 재배지대 북상 : 재배가능 면적 확대
- 사과 재배지 예측(3.0℃ 온도상승시) : 45% 감소(267km² → 146km²)
- 해충의 피해가 다양하고 빈번하며 규모가 큰 원인 제공



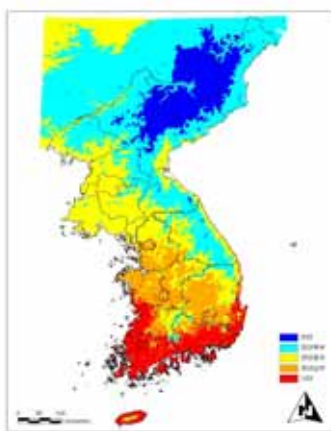
<벼의 생산성 예측(5℃ 상승)>



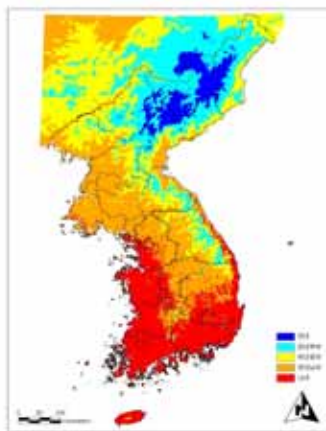
<맥류 안전재배지대 북상>

<산림>

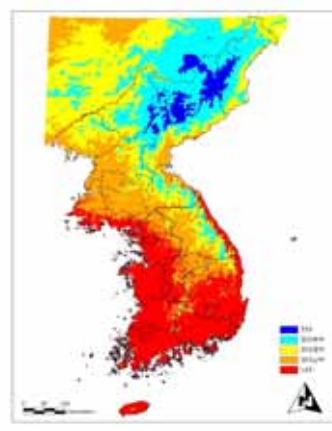
- 1966년~2005년 동안 32종의 개화시기가 2~36일까지 빨라짐
- 온대남부지역의 주요 수종이 증가(졸참나무, 서어나무 등)
- 6℃ 증가할 경우 100년 후 기존의 산림생물들은 고사, 고립, 멸종 위기
 - 현재의 난대림 지대는 아열대 기후대로 바뀔 것으로 예측



(현 재)



(2℃ 상승시)

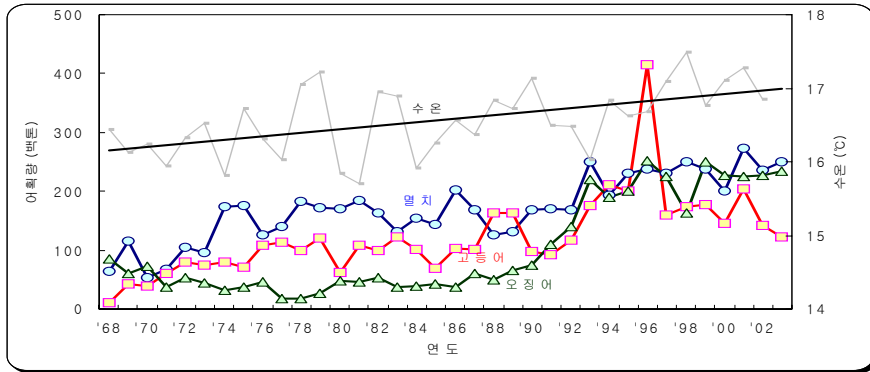


(4℃ 상승시)

<기온 상승에 따른 잠재 산림식생기후대 분포 변동>

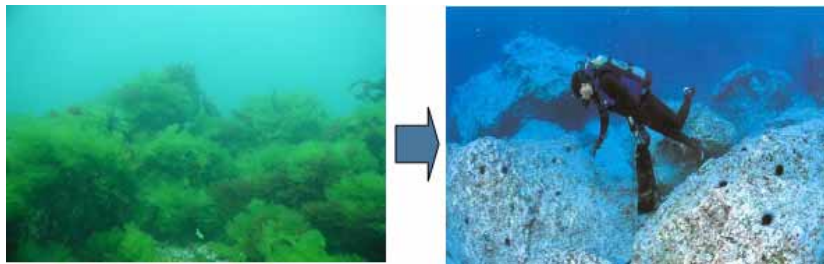
<어업>

- 난류성 어류의 유입확대로 어획량 확대(멸치, 고등어, 오징어 등)



<연근해 평균수온 변동과 주요 난류성 부어류의 어획변동>

- 맹독성 어류(해파리 등)의 유입으로 어업 및 해수욕 등에 큰 피해
- 갯녹음 발생 증가 : 국내 연안어장의 23% 피해(발생해역의 빈 영양화)



<연안침수>

- 해수면 상승은 연안의 침수 및 침식 등으로 인한 국토감소로 이어지며 곧 국민의 생명과 재산을 위협하는 요인으로 작용되고 있음
- 최근의 서해 범람(’07.3)과 동해 너울(’05) 등으로 인한 인명과 재산의 피해가 발생하고 있으며 앞으로 더욱 증가할 것으로 예상됨

<해수면 상승으로 인한 피해지역 산정>

해수면 상승	침수가능 인구(명)	침수가능 면적(km ²)	비 고
0.5m	278,745	856.126	서울면적의 1.4배
1.0m	312,855	984.304	서울면적의 1.6배

자료 : 2002년 추정치, 한국환경정책평가원(KEI)

<보건>

- 여름철 이상고온으로 인한 초과 사망자수는 기상재해로 인한 사망(실종)자에 비해 2배(KEI, 2005)
 - 서울 경우, 29.9℃ 이상에서 1℃ 상승시 사망률 3.0 % 증가, 폭서가 7일 이상 지속 시 사망률 9 %이상 증가(김소연, 2004)
 - 응급 환자수는 여름철 및 가을철에 가장 높은 빈도(중앙응급의료센터)

<여름철 폭서 및 기상재해 사망자 수>

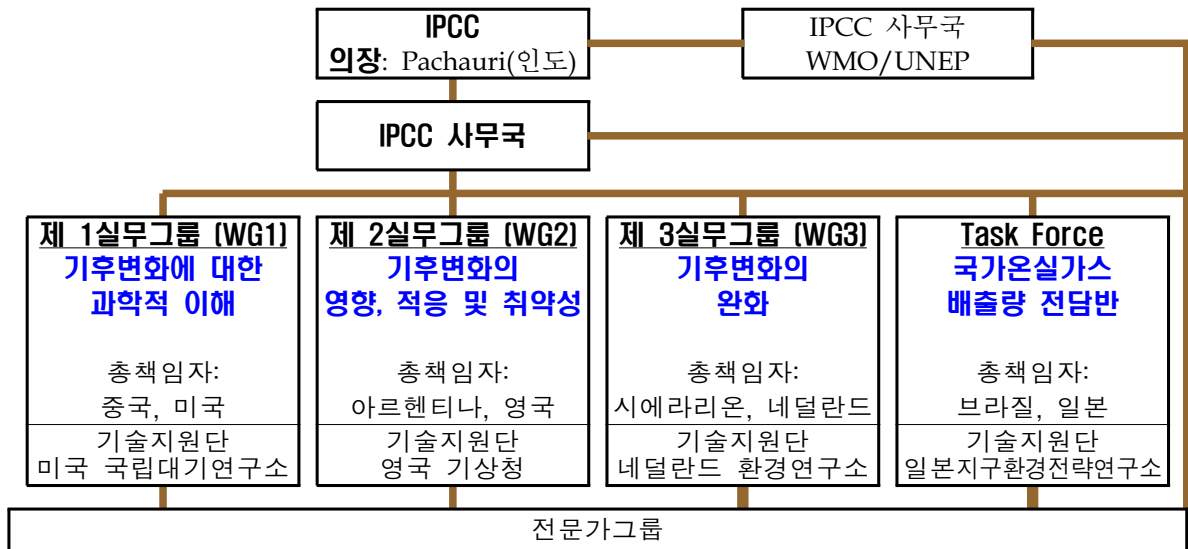
여름철 폭서로 인한 초과사망자 수(1994~2003년)					기상재해로 인한 사망(실종)
서울	대구	인천	광주	합계	
1,245	402	326	154	<u>2,127</u>	<u>1,219</u>

VI. 국가별 기후변화 대응 현황

1 지구적 차원의 대응

□ 1988년 「기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)」 설치

- UN총회 결의에 따라 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 IPCC 설치
 - 주요업무 : 기후변화의 이해, 잠정적 영향, 적응 및 완화에 대한 과학적, 기술적, 사회경제적 정보를 평가
 - 세 개의 실무그룹과 한 개의 Task force로 구성
 - 1990, 1995, 2001, 2007년 총4회의 기후변화 보고서 출판



□ 1992년 6월 「기후변화협약(UNFCCC)」 채택

- 브라질 리우환경회의에서 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)을 채택(공식 발효 : '94년 3월)
 - * 우리나라는 1993년 12월에 세계 47번째로 가입('05.5월 현재 189개국 가입)
- 미국 등 선진국들이 반대로 온실가스 감축 구속력이 없는 단순한 노력 사항으로 규정
 - 기본원칙 : 지구온난화 방지를 위하여 모든 당사국이 참여화되, 단 온실가스 배출의 역사적 책임이 있는 선진국은 차별화된 책임

- 의무사항 : 모든 당사국은 지구온난화 방지를 위한 정책/조치 및 국가 온실가스 배출통계가 수록된 국가보고서를 UN에 제출

□ 2005년 2월 「교토의정서(Kyoto Protocol)」 공식 발효

- 교토의정서는 '기후변화협약(UNFCCC)'의 부속의정서로 1997년 일본 교토(京都)에서 개최된 당사국 총회에서 채택
 - 온실가스 감축 의무 규정으로 선진국(38개국)은 제1차 공약 기간(2008~2012)동안 1990년도 배출량 대비 평균 5.2% 감축
 - * 세계 최대 온실가스 배출국가인 미국은 불참(의무감축보다 기술개발 강조)
 - * 우리나라는 교토의정서 채택 당시 개도국으로 분류되어 1차 공약기간 동안 의무감축국에서 제외('05.5월 현재 150개국 참여)
 - * 감축의무를 달성하지 못한 경우에 대한 제재 방안 논의 중(미달성분의 1.3배를 2차 이행기간(2013-2018)에 부과 등)
- 한편, 교토의정서 발효에 따라 「온실가스 규제사회의 도래¹²⁾」 등 경제·사회·문화 등 환경에 많은 변화가 예상되고 있음
 - * 교토의정서는 '경제협약(탄소의 시장거래 등)', '기술협약(환경기술개발 가속화 등)'의 성격을 가짐.

온실가스 규제사회의 도래	➔	● 환경규제 강화	탄소세 및 배출쿼터제 도입
		● 공기시장 급성장	배출권거래 및 CDM 사업 성장
		● 무역장벽 강화	무역규제 및 비관세장벽 강화
		● 환경기술 도약	온실가스 감축 기술발전
		● 지속가능성의 중시	환경에 대한 사회적 책임 강화

<교토 메카니즘>

교토의정서는 온실가스 감축의무 국가들의 비용효과적인 의무 부담 이행을 위하여 신축성 있는 교토메카니즘을 제시

- 공동이행제도(Joint Implementation) : 선진국 A국이 선진국 B국에 투자하여 발생된 온실가스 감축분을 A국의 감축실적으로 인정하는 제도
- 청정개발체제(Clean Development Mechanism) : 신재생에너지 등의 개발·투자를 통하여 발생된 온실가스 감축분을 감축실적으로 인정받는 제도
- 배출권거래제도(Emission Trading) : 온실가스 감축의무가 있는 국가들에 배출쿼터를 부여한 후 동 국가간 배출쿼터의 거래를 허용하는 제도

12) 삼성경제연구소 “기후변화에 어떻게 대응할 것인가?”, 2006 인용

2 주요 선진국의 기후변화 대응 로드맵

국 가	목표치	전 략
미국	<ul style="list-style-type: none"> 10년간('02~'12) 온실가스 집약도(온실가스배출량/GDP) 18% 감축 	<ul style="list-style-type: none"> 중장기 전략 : 배출 증가속도 완화 ⇨ 증가정지 ⇨ 지속적 감축 추진 “에너지 효율 증대”를 위한 기술개발 및 보급, 청정연료의 전환 추진 단기 : 현재 기술 활용, 재생자원확대, 메탄 재 활용·저장 장기 : 신기술의 개발 및 도입
호주	<ul style="list-style-type: none"> 단기적으로 '08~'12 동안 +8% 목표 2030년 이후 에너지분야에서 연간 최소 2% 감축 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 2010년까지 국가 전력의 9,500GWh를 의무적으로 대체에너지 사용(6.6Mt CO₂ 감축효과) 에너지 이용효율 마크제 도입 및 흡수원을 통한 감축, 폐기물 재활용·재사용 등 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> 2050년까지 '90년대 대비 온실가스 50% 감축 목표 ('07.5) 	<ul style="list-style-type: none"> 비철금속산업은 '10년에 단위제품당 소요에너지를 '96년대비 12% 감축 추진 광업분야는 '95년대비 '10년에 전력사용 57.5%, 목재사용 70.4% 감축 추진 화학산업은 '90년의 90% 수준으로 에너지 사용량 감축 추진 철강산업은 '10년에 에너지 소비를 '90년대비 10% 감소 자동차 제조공정의 에너지소비 '90년 수준 유지
영국	<ul style="list-style-type: none"> 중기목표 : '10년에 23~25% 감축 추진 장기목표 : '50년에 '90년대비 60% 감축 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 국제적으로 온실가스 배출권거래제의 강력 추진 및 저탄소 기술 개발 가속화 등 국내적으로 '08년부터 수송분야의 재생에너지 사용의무화, 자가 전력생산 및 저탄소 기술개발, 공공부문의 에너지 효율성 증대 추진
독일	<ul style="list-style-type: none"> 단기목표 : '90년대비 21%감축 장기목표 : '20년 평균 감축량 40% 추진 	<ul style="list-style-type: none"> '12년까지 “건물 및 수송부문”에 중점적으로 감축 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 가정부문 120 백만톤/년, 수송부문 171백만톤/년 등 부문별 감축 추진
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> 단기목표 : '90년대비 8%감축 중장기목표 : '50년까지 50~60% 감축 계획 <ul style="list-style-type: none"> - 명시적으로 1인당 연간 배출량을 4.5톤 이하로 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 및 CO₂세 부과, 지자체 프로그램 운영, 재생에너지 확대('10년까지 재생에너지로 10TWh 전기생산) 건물 에너지 사용규제 강화 및 바이오연료 차량의 세금 공제, 폐기물 매립금지 등을 추진

자료 : 환경부, 2007

3] 선진국의 기후변화 대응 연구개발 동향¹³⁾

- 세계 각국은 화석연료 중심의 국가에너지 확보와 병행하여 신·재생 에너지 등 기후변화 관련 기술개발 가속화 추진
 - 유럽, 일본 등 선진국은 태양광, 풍력, 수소, 연료전지 등 개발에 주력
- 국가별 이해관계에 따라 차별화된 온실가스 감축 정책 추구
 - 기후변화 대응 관련 자국의 산업보호와 함께 기술개발을 통한 세계 시장 선점에 노력
- 원자력, 핵융합 등 온실가스 감축 관련 화석연료 대체에너지 개발 및 보급 확대
- 자국의 기후변화 모델개발 및 단계적 적응을 위한 기후변화 예측·평가·적응 분야에 지속적 투자

<주요국의 기후변화 대응 R&D 현황 비교>

국가	특징	예산	중점투자 분야
미국	<ul style="list-style-type: none"> • CCCSTI 주도로 통합 추진 - CCSP, CCTP 추진¹⁴⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> • 51억불('05년) (총 예산 대비 8.9%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지이용효율 향상 • 신 에너지(수소) • 청정에너지(CCT) • 기후변화과학, 예측 및 영향평가
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 국가주도의 개별적인 대형 R&D 프로그램을 통한 대응 	<ul style="list-style-type: none"> • 8,000억엔 규모('04년) (총 예산 대비 23.8%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지이용효율 향상 • 신 재생에너지 (태양광, 지열, 바이오) • 기후변화예측 및 영향평가
EU	<ul style="list-style-type: none"> • EU 공동과학기술 정책 프로그램 하에서 기후변화 전략 수립 및 실행 프로그램 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 21억유로 규모('02~'06년) (총 예산 대비 13.1%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지이용효율 향상 • 신재생에너지(풍력) • 청정에너지(CCT) • 기후변화적응

자료 : 과학기술부, 기후변화협약 대응 연구개발 종합대책('06-'10), 2006

13) 과학기술관계장관회의, 기후변화 대응 연구개발 현황 및 향후 추진방향기술변화, 2007

14) CCCSTI(Committee on Climate Change Science and Technology Integration : 기후변화과학기술통합위원회(백악관 산하)

CCSP(Climate Change Science Program) : 과거 및 현재의 지구 기후 및 환경의 변화를 분석하여 기후변화를 정량적으로 입증하기 위한 프로그램, 해양기상청 총괄, 13개 정부부처 및 기구 참여('03년~)

CCTP(Climate Change Technology Program) : 실질적인 온실가스 배출저감기술개발을 위해 기후변화 대응 체제로 통합한 프로그램으로, 에너지성 총괄, 14개 정부부처 및 기구 참여('02년~)

4 우리나라의 기후변화 대응 현황

□ 「기후변화협약 대응 종합대책」 수립·추진 중

- 1999년부터 관계부처 장관 등으로 "기후변화협약대책위원회 (위원장 : 국무총리)"를 구성하고 종합대책을 수립·추진 중

<국조실을 중심으로 각 부처별로 역할 분담>

	총괄대책반	협상대책반	에너지·산업 대책반	환경대책반	농림대책반	연구개발반
주무부처	국조실	외교부	산자부	환경부	농림부	과기부

- 현재는 제3차 종합대책('05~'07) 기간 중으로 3개 분야 91개 과제를 추진 중

- 협약 이행기반 구축, 부문별 온실가스 감축, 기후변화 적응기반 구축 등
- 예산 : 총 16.6조원(국비 7.9조, 지방비 0.5조, 민간 8.2조)

(단위:백만원)

구 분		2005	2006	2007	계
협약이행 기반구축 사업	협상기반 구축	100	180	190	1,153,589
	온실가스 관련 통계· 분석시스템 구축	1,540	2,410	3,050	
	온실가스 감축관련 연구 개발	256,548	390,133	482,434	
	기후변화협약 대응 관련 교육·홍보	1,859	2,995	7,800	
	교토메카니즘 활용기반 구축	700	1,300	2,350	
부 문 별 온실가스 감축사업	통합형 에너지 수요관리	463,916	510,179	567,255	15,429,435
	에너지 공급부문 온실 가스 감축	1,692,661	2,426,783	3,724,201	
	에너지 이용효율 개선	1,480	1,500	4,650	
	건물에너지 관리	657	100	3,297	
	수송·교통부문 에너지 관리	31,124	114,340	149,890	
	환경·폐기물 부문	1,426,408	1,401,883	1,473,974	
기후변화 적응기반 구축사업	농축산·임업 부문	406,402	468,817	559,918	19,390
	기후변화 모니터링 및 방재기반 구축	1,617	2,045	2,395	
	생태계 및 건강영향평가 관련 연구개발	2,600	3,373	7,360	
계		4,287,612	5,326,038	6,988,764	16,602,414

- 국무조정실 주관으로 '08년부터 시작되는 제4차 종합대책 수립 중
- 5대 부문 : 협상대응, 온실가스 통계, 감축, 영향평가 및 적응, 연구개발

□ 「기후변화 대응 연구개발(R&D) 종합대책」 수립·추진

- 과학기술부는 6개 부처와 공동으로 「기후변화협약 대응 연구개발 종합대책(’06~’10년)」을 수립·추진 중
 - ’06~’10년 동안 7개 부처의 44개 사업에 총 1조9,462억원 투자 계획
 - ’06년 3,039억원 → ’10년 4,685억원 (연평균 11.4% 증액)
- 분야별 연구개발 추진현황

분야	연구내용	’07년 예산 (억원)
신·재생 에너지	• 태양광, 풍력, 수소·연료전지 등 3대 분야 집중	1630
에너지 효율향상	• 건물, 수송, 고효율에너지 기기 상용화 • 선진국 대비 60% 수준의 기술력 보유	1456
이산화탄소 처리	• 15년까지 기술의 경제성 확보를 목표로 추진 과기부는 CO ₂ 포집 기초·원천기술, 산자부는 CO ₂ 포집·저장 실증, 해수부는 CO ₂ 해양저장기술 개발	190
원자력	• 원자력 발전효율 향상 등 기후변화 대응 단기 대책 과 장기적인 기술개발 전략을 병행하여 추진 중	-

<부처별 연구개발 역할분담 (별첨1참조)>

부처	중점 추진 분야	’07년 예산 (억원)
과기부	수소제조 등 기초·원천기술	385.0
산자부	신·재생에너지, 에너지효율향상 등 에너지분야의 실용화기술	2804.9
환경부	비이산화탄소 처리, 환경 영향 평가 등 환경분야 기술	68.5
해수부	해양에너지, CO ₂ 해양처리, 해양생태계 영향 평가 등 해양분야 기술	71.1
기상청	온실가스 감시, 기후변화 메커니즘 규명 등 기상분야 연구	30.4
농진청	바이오매스, 농업환경 영향 평가 등 농업분야 연구	43.1
산림청	목질계 바이오매스, 산림 탄소흡수원 확충기술 등 산림분야 연구	18.1
	합계	3,421.1

자료 : 과학기술부, 2007

- 전경련, 「기후변화 대응위한 산업계 자율 실천문」 채택(2007.9)
 - 환경보전과 경제성장을 동시에 달성하기 위하여 온실가스, 물 등의 감축 목표를 설정, 이행해 나가기로 선언
 - 선언내용이 2008년부터 실행될 수 있도록 별도 실천프로그램을 조속히 마련하기로 합의

Ⅶ. 정책적 시사점

【국민 인식】

- 기후변화 대응에 대한 대국민 인식 및 사회적 기반이 취약
 - 선진국은 교토의정서를 계기로 일반인 사이에서도 기후변화에 대한 인식이 널리 퍼져 있지만 상대적으로 우리나라는 이에 뒤처져 있음
- 개인·기업의 자발적 대응 및 정부의 유도 노력 부족
 - 정부차원의 기후변화 관련 대국민 홍보 및 선언 노력 부족
 - 기업의 자발적 온실가스, 폐기물 등의 감축분에 상응하는 인센티브 제공 등의 법적/제도적 장치 부족

【연구 개발】

- 한반도 기후변화의 과학 및 영향평가 등 연구기반 강화 필요
 - 산업구조 조정과 온실가스 감축 등 '기후변화 완화' 분야에 투자 집중
 - * 기후변화 과학, 영향평가 연구비('07년) : 기후변화 R&D 총액 대비 23%에 불과
 - 한반도의 상황·미래를 알아야 제대로 된 대응·적응 전략 마련이 가능
 - * 한반도 기후변화 예측모델 개발, 관측체제 강화, 생태계·건강 등 영향평가, 연안재해위험지도 작성 등의 연구 강화 필요
 - * 기후변화 과학 및 영향평가 분야의 연구 활성화를 위한 연구인력, 시설장비(슈퍼컴 등), 연구체제 확충 필요

□ 에너지 효율화에 더 많은 노력 필요

- 실질적인 온실가스 효과를 얻기 위해서는 신재생에너지 개발 뿐만 아니라, '에너지 효율화'를 위한 더 많은 자원과 정책 투입이 필요

【대응 체계】

□ 국가적 차원의 CO₂ 감축량 목표 부재

- 2013년 이후 교토의정서 의무감축국 지정에 대비하고 개인·기업 단위의 하위 목표 설정을 유도

□ 국가적 차원의 통합적이고 집행력 있는 협의체 구성

- 집행능력 없이 자문위주로 운영되는 현행 각종 위원회를 통합
 - * 온실가스감축, 에너지관리, 재해대책 등의 위원회가 분산되어 조정·실천 능력에 한계
 - * 미국은 기후변화과학기술통합위원회(CCCSTI)를 통해 범국가적 차원에서 기후변화 대응방안을 모색

[별첨] 각 부처별 기후변화협약 대응 연구개발 사업현황 (자료 : 과기부 2007)

부처	사업명	06년 예산	07년 예산	08년 요구	기술분야	
과기부	고효율 수소에너지 제조·저장·이용 기술 개발	95.0	100.0	100.0	화석연료대체	
	원자력이용 수소생산시스템기술 개발	90.0	85.0	120.0	화석연료대체	
	차세대 초전도 응용기술 개발	100.0	105.0	105.0	에너지이용효율향상	
	이산화탄소 저감 및 처리기술 개발	90.0	95.0	100.0	이산화탄소처리	
	에너지기초원천기술 개발		0.0	10.0	화석연료대체	
	에너지환경복합기초원천기술 개발		0.0	10.0	이산화탄소처리	
	소계		375.0	385.0	445.0	
산자부	신재생에너지기술 개발(1)	255.0	280.0	280.0	화석연료대체	
	신재생에너지기술 개발(2)	903.0	929.0	1,144.0	화석연료대체	
	에너지효율향상기술 개발	659.0	754.0	790.0	에너지이용효율향상	
	자동차 핵심기반기술 개발	169.0	163.0	141.0	에너지이용효율향상	
	미래형 자동차기술 개발	168.0	182.7	194.0	에너지이용효율향상	
	전력설비효율향상기술 개발	58.0	84.0	122.5	에너지이용효율향상	
	발전설비효율향상기술 개발	160.0	167.0	188.4	에너지이용효율향상	
	온실가스 처리기술 개발(1)	22.0	35.0	55.0	이산화탄소처리	
	이산화탄소 직접제어기술 개발	18.4	17.2	48.5	이산화탄소처리	
	수화력발전 설비기술 개발	11.0	15.0	0.0	비이산화탄소제어	
	온실가스 처리기술 개발(2)	0.0	10.0	10.0	비이산화탄소제어	
	전력시스템기술개발사업(전력산업연구개발사업)	101.0	168.0	73.4	화석연료대체	
	소계		2,524.4	2,804.9	3,046.8	
	환경부	차세대 핵심 환경기술 개발	30.0	40.0	70.0	비이산화탄소제어
기후변화예측 및 모델링기술 개발		2.0	0.0	2.0	영향평가및적응	
기후변화가 미치는 사회경제적 영향 및 취약성 평가		0.0	0.0	2.0	영향평가및적응	
사회경제적 기후변화 적응기술 개발		5.0	10.0	8.0	영향평가및적응	
기후변화가 환경에 미치는 영향평가 및 대응기반 구축		0.0	2.0	2.5	영향평가및적응	
기후변화에 따른 장기 생태계 변화 모니터링		11.0	16.5	23.0	영향평가및적응	
소계			48.0	68.5	107.5	

(’07.10, 기후변화 현황과 전망, 과기자문회의)

해수부	해양에너지 실용화기술 개발	26.0	33.0	34.8	화석연료대체
	CO2 해양 처리기술 개발	7.0	15.0	25.0	이산화탄소처리
	해조류 이용 온실가스 저감기술 개발	15.0	15.0	15.0	이산화탄소처리
	선박 배출통계 구축 및 저감기술 개발	2.4	0.0	2.0	영향평가및적응
	한반도 및 동아시아 주변해역의 기후변화 예측기술 개발	2.8	8.1	5.1	영향평가및적응
	기후변화의 해양생태계 영향 및 기능 평가		0.0	1.5	영향평가및적응
	소계		53.2	71.1	83.4
기상청	한반도 온실가스 감시 및 측정기술 개발	6.5	10.0	16.1	영향평가및적응
	기후변화 대응 연구(시나리오 활용기술)	4.0	4.0	4.2	영향평가및적응
	지구시스템 모델 개발	0.0	0.0	10.0	영향평가및적응
	기후변화 대응 기술(감시,예측,메커니즘,적응방향,기반기술)		16.4	25.0	영향평가및적응
	소계		10.5	30.4	55.3
농진청	바이오에너지 작물개발	6.0	30.0	30.0	화석연료대체
	농경지 이용에 따른 탄소고정능력 연구	2.0	2.0	2.0	이산화탄소처리
	농경지 및 축산분야 온실가스 감축기술 개발	1.5	2.0	2.0	비이산화탄소제어
	음식물쓰레기 퇴비화 연구	2.0	1.0	0.0	비이산화탄소제어
	기후변화에 따른 농업환경변동 연구	5.9	6.0	6.0	영향평가및적응
	기후변화에 따른 병해충 및 잡초 생태 변화연구	0.0	0.3	0.5	영향평가및적응
	황사에 따른 농업환경 영향 평가	0.5	0.5	0.0	영향평가및적응
	작물의 생육 및 생산성 영향평가	0.5	1.0	1.0	영향평가및적응
	기후변화 적응 작물 안정생산기술 개발	0.0	0.3	0.8	영향평가및적응
	소계		18.4	43.1	42.3
산림청	목질바이오매스에너지 원천기술 연구	0.8	5.0	5.0	화석연료대체
	산림 탄소변화량 측정 평가 기술 개발	1.3	4.0	4.0	이산화탄소처리
	산림 탄소흡수원 확충기술 개발	5.5	7.0	7.0	이산화탄소처리
	지구환경변화에 대응한 장기 산림생태 연구	1.0	1.1	1.2	영향평가및적응
	기후변화에 따른 산림생태계 영향평가 연구	0.8	1.0	1.2	영향평가및적응
	소계		9.4	18.1	18.4
합계		3,038.9	3,421.1	3,798.7	