

기후변화의 현황과 대응연구의 보완방향 보고

기후변화의 심각성이 경제·사회 전반으로 파급됨에 따라, 국제적으로 신뢰성 있는 자료에 근거하여 기후변화의 정확한 실태를 파악하고, 대응 연구의 보완(예측, 영향·적응 연구강화) 필요성을 보고드립니다

< 요약 >

- 일반 국민들의 기후변화에 대한 자세한 인지가 매우 낮고(9.7%), 부정확한 정보가 홍보되고 있어 기후변화의 정확한 실태를 조사하여 대국민 홍보가 필요

* 지구온난화 원인 : (응답1위) 산림 황폐화 → (실제1위) 온실가스 배출
 * 공익광고 방송 : (내용) 21세기말 지구의 온도는 최대 5.8℃ 상승 → (실제) 6.4℃

구분	세계	국내	비고
기온	0.74±0.18℃ 증가 (1906~2005, 육지+해양 평균)	1.5℃ 증가 (6대도시, 도시화효과 포함)	우리나라의 상승속도가 빠르지만 단순비교(2배 크기)는 문제가 있음
해수온	0.10℃ 증가 (1961~2003)	약 1.0℃ 증가 (1968~2004)	빛을 반사하는 북극해 빙하의 감소는 해수온 상승을 가중시킴
해수면	0.17±0.05m 상승 (20세기)	연간 0.1~0.2cm 상승 (1960~2006)	해수면 상승은 빙하해빙과 해수의 열팽창 때문임
강수량	지역별로 증가와 감소지역이 구분됨	연평균 강수량은 증가 단, 강수일수는 감소	향후 고위도는 증가 이열대 유지는 감소 가능성 높음
빙하 해빙	<북극> 10년에 2.7%씩 감소	<남극> 감소가 확실치 않음	남극대륙에는 온난화가 관찰되지 않음

- 온실가스가 저감·안정화 되더라도 과거 배출된 온실가스는 수백-수천년에 걸쳐 기후변화를 계속 초래하고 피해를 발생
 - ⇒ 기후변화 대응은 온실가스 배출 저감을 통한 「기후변화 완화」만으로는 불충분하며 「기후변화 적응」 대책이 동반되어야 함
- 국제사회 및 주요 선진국들은 기후변화 예측·영향 및 적응 관련 논의를 본격화하는 한편, 관련 연구활동을 강화
 - 우리는 기후변화 대응 종합대책(99~)을 추진하고 있으나, 온실가스 저감에 치중하고 있어 기후변화 과학, 영향평가·적응 분야에 대한 연구가 부족
 - ⇒ 기후변화 적응대책을 수립하기 위해서는 기후변화를 감시·예측하고, 부문별·지역별로 영향·취약성을 평가하는 연구·체제 강화 필요

I. 검토 배경

- 지구촌 기상이변이 잦아지면서 기후변화의 심각성에 대한 논의가 정치·경제·사회시스템 전반에서 점점 증가
 - * 지난 50년간 전 세계에서 삶의 터전을 잃은 환경난민이 약 1억 3,500만 명 발생 (자료 : UNCCD, 삼성경제연구소 '07년 재인용)
 - 2007년 2월, 세계경제포럼(다보스)에서 기후변화가 핵심주제로 부상
 - 2007년 UN, G-8정상회담, APEC 정상회담의 주요의제로 부각
- 주요 선진국은 기후변화를 지구촌 문제로 인식하고, 기후변화의 완화 뿐만 아니라 원인분석·영향평가·적용·취약성 등의 연구를 함께 추진

< 기후변화 3대 대응 연구분야 >

- ① 기후변화 과학 : 원인규명, 기후변화 감시·시나리오, 기상이변 예측 등
 - ② 기후변화 영향, 적응 및 취약성 : 생태계 등 영향평가를 통한 적응대책 수립 등
 - ③ 기후변화 완화 : 대체에너지개발, 에너지절약 등의 온실가스 감축 등
- * 위의 3개 분야는 IPCC(기후변화에 관한 정부간협의체) 등 전 세계적으로 통용되는 기후변화 연구 분류(용어개념 : </p>
 1)

- 반면에, 우리나라는 기후변화에 대해 인지는 높으나(13세 이상 97%) 그 내용에 대한 자세한 인지는 매우 낮음(9.7%에 불과)1)
 - * 지구온난화 원인 : (응답1위) 산림 황폐화 → (실제1위) 온실가스배출
 - * 온실가스 주 배출 주체 : (응답1위) 수송부문 → (실제1위) 산업·발전용 에너지
 - * 공익광고 방송 : (내용) 21세기말 지구의 온도는 최대 5.8℃ 상승 → (실제) 6.4℃
- 기후변화 대응은 온실가스(CO₂ 등) 저감에 치중되어 있어 기후변화 과학, 영향평가·적용 분야에 대한 연구가 부족
- 이에, 본 보고에서는 IPCC 보고서*에 근거하여 정확한 기후변화의 현황·전망을 파악하고, 기후변화 과학 및 영향·적용 연구의 강화 필요성을 검토함
 - * IPCC가 2007년 4월 발행한 제4차 보고서는 약 6년간에 걸쳐 전 세계 2,500명의 과학자가 참여하였고, 130여 개국이 동 보고서 내용의 타당성을 인정함

1) 환경부, 기후변화에 따른 전국민 의식조사(2007년)

II. 기후변화의 현황과 전망

1] 기후변화의 원인

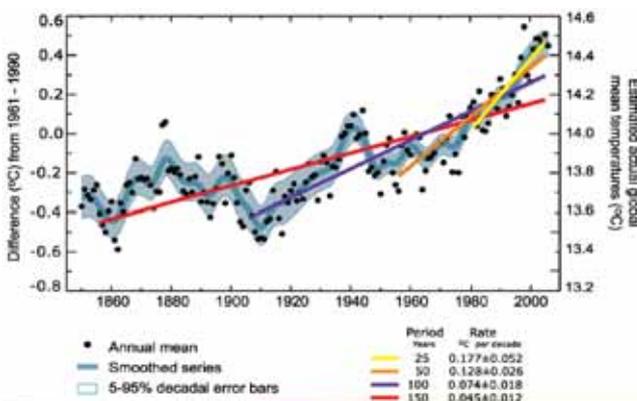
- 기후변화는 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의해 발생되지만, 최근의 기후변화는 **인간활동에 의한 지구온난화** 때문
 - * IPCC(2007)는 90%의 확신



- 지구온난화는 이산화탄소(CO₂) 등의 온실가스 농도 증가로 인해 지표의 복사열을 과도하게 흡수하는 **온실효과** 때문
 - * 전지구 CO₂ 평균농도 : 산업혁명 이전 1750년 280ppm → 2005년 379ppm 증가

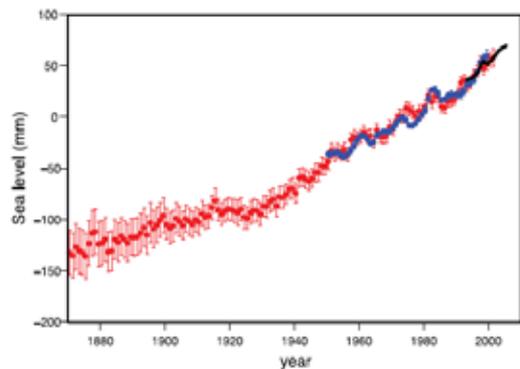
2] 기온변화의 현황

- 1979~2005년 동안 남극대륙, 동태평양 일부를 제외하고 전 지표면 및 중층 대류권(고도10km)에서 온난화가 관측
- 지난 100년간(1906~2005년) 지표 평균기온은 **0.74±0.18℃** 상승하였으며, 시간이 갈수록 기온상승률이 증가하는 추세(그림1 참조)
 - * 북극기온은 지구평균보다 거의 2배 증가했고, '80년 이후 빙하는 10년에 2.7%씩 감소
 - * 북극에 비해, 남극의 빙하는 감소하지 않은 것으로 관측
- 우리나라 6대 도시의 평균 기온은 1900년 이후 **1.5℃** 상승(기상청, 2007)
 - * 6대 도시: 서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포(도시화 효과가 20~30% 포함됨)
 - * CO₂ 평균농도('06) : 388.9ppm(세계 10위의 CO₂ 배출국가)



자료) IPCC, 2007

<그림 1> 지구의 평균기온 상승추이



주: 1961-1990년 평균 수면과의 차이

자료) IPCC, 2007

<그림 2> 지구 연평균 해수면 상승추이

③ 해양의 변화

- 해수온(1961~2003년, 수심 700m까지)은 **0.10°C 상승**
* 해양 열함량(1961~2003년) : $8.11 \pm 0.74 \times 10^{22}$ J 증가
- 해수면(20세기 동안)은 **0.17±0.05m 상승**(그림2 참조)
* 해수면 상승의 주요 원인 : 「빙하 해빙」과 「해수의 열팽창(현재 기여도 50% 이상)」
- 해양의 산성도는 산업화 이후 0.1pH 감소하였고, 21세기말에는 0.14~0.25pH 정도 추가 감소 예상(해양의 산성화 진행상태)
* 해양은 대기보다 50배 이상의 CO₂를 흡수하는 온실가스의 최종 흡수처
- 한국의 근해 표층수온은 약 **1.0°C 상승**(1968~2004년), 해수면은 연간 **0.1~0.2cm 증가**(1960~2006년) (국립수산과학원, 국립해양조사원)

④ 미래기후 전망(20세기말(1980~1999년) 대비 21세기말(2090~2099년)의 전망)

- IPCC는 6개의 시나리오별로 기후변화를 전망(</p>
 2)
 - 최악의 시나리오(CO₂ 농도가 현재 380ppm → 970ppm 증가)
⇒ 평균기온은 최고 **6.4°C**, 해수면은 최고 **59cm** 상승 전망
 - 최선의 시나리오(CO₂ 농도가 현재 380ppm → 550ppm 증가)
⇒ 평균기온은 최저 **1.1°C**, 해수면은 최저 **18cm** 상승 전망
- 모든 시나리오에서 온난화는 내륙과 북반구 고위도에서 가장 큼
 - 북극과 남극의 빙하는 축소될 것이며 북극해는 거의 소멸 예상

⑤ 한반도 기후변화의 영향·예측

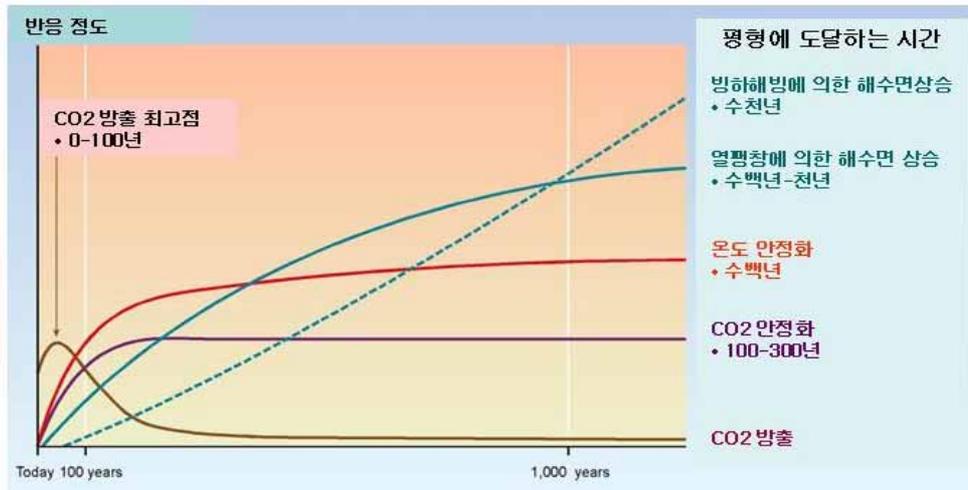
구분	영향 및 예측	출처
계절	1920년대 보다 겨울은 약 30일 감소, 봄과 여름은 20일 증가했고, 21세기말 아열대 기후대로 전환 예측	기상청 2007
강수	연평균 강수량은 증가 추세이며, 호우일수(>90mm/일)는 최근 10년 동안 연 2.8일 증가. 단 강수일수는 감소 추세	기상청 2007
건강	서울의 경우 29.9°C에서 1°C 상승할 때마다 사망률이 3% 증가, 폭서가 7일 이상 지속될 때 사망률은 9% 이상 증가	한국환경정책평가연구원, 2005(재인용)
연안	2100년 해수면이 1m 상승해 한반도의 1.2%(여의도의 300배)가 침수 가능성	환경부 2007
식량	금세기말(2081~2090)에는 전국 벼 수확량이 약 15% 감소 예상	농진청 2007

Ⅲ. 기후변화 과학 및 영향취약성·적응 연구의 필요성

【기후변화 현황분석의 시사점】

◇ 온실가스가 저감·안정화 되더라도 과거 배출된 온실가스는 수백-수천년에 걸쳐 기후변화를 계속 초래하고 피해를 발생

* 2000년 수준으로 온실가스가 유지될 경우라도 금세기말까지 1980~1999년 대비 기온이 0.6℃ 이상 증가할 것이고, 해수면 상승은 1,000년 이상 지속(IPCC)



자료 : IPCC 3차보고서, 2001

□ 위 시사점으로부터 기후변화 대응은 온실가스 배출 저감을 통한 「기후 변화 완화」만으로는 불충분하며 「기후변화 적응」 대책이 동반되어야 함

* 기후변화 적응대책 : 기후변화로 인한 미래의 발생 가능한 영향을 예측하고 취약성을 줄이기 위한 대책

□ 정확한 자료·정보에 의한 적응대책을 수립하기 위해서는 기후변화를 감시·예측하고 영향·취약성을 평가하는 과학적인 연구가 중요

* 기후변화 감시 : 온실가스 농도 감시 등

* 기후변화 예측기술 : 기후변화 시나리오, 예측을 위한 지구시스템 모델 등

□ 기후변화로 인한 영향·취약 정도는 국가별·지역별·부문별로 달라 나타나기 때문에 자국 맞춤형 대책 연구가 필요

* 연구예시 : 한반도 기후변화 영향 프로그램, 남해안 지역의 침수위험지도

* 부문 : 농업/축산, 산림/임업, 해양/수산, 생태, 보건, 수질/수자원, 재해, 대기질, 에너지/산업, 금융/보험, 서비스, 교통/건축 등

VI. 기후변화 「과학」 및 「영향·취약성·적응」 연구의 국내외 동향

① 국제사회 동향

- 국제사회는 기후변화 완화(CO₂ 저감 등) 목적의 「교토의정서」 발효('05.2)에 이어 기후변화 예측·영향 및 적응 관련 논의를 본격화
 - 기후변화 당사국총회(COP, '06.11)는 「기후변화 영향, 취약성 및 적응에 관한 5개년 계획」의 초기 2년 작업계획(나이로비 작업계획)을 채택
 - * 나이로비 작업계획은 적응 기반 구축을 위한 기후변화 모델링과 시나리오, 자료 및 관찰체계, 사회·경제적 영향 등에 대한 연구 및 정보교환 등이 목적
- 기후변화 영향·취약성·적응은 온실가스 저감과 함께 기후변화 협약의 2개 주요 축으로 자리잡고 논의가 지속될 것으로 예상

② 주요 선진국의 연구동향

- (미국) 범국가적 차원에서 기후변화 과학프로그램(CCSP)과 기술개발프로그램(CCST)을 균형감 있게 추진하고 있음.
 - * CCSP(Climate Change Science Program; '03년~) : 기후변화의 과학적 예측, 영향 및 적응방안 연구('05년 19억불 투자)
 - * CCTP(Climate Change Technology Program; '02년~) : 온실가스 배출저감 기술개발('05년 32억불 투자)
- (영국) 2005년도에 환경식량부(DEFRA, 연간 250억원 투자) 주관으로 민간 공동으로 제1차 국가 영향·적응 정책 프레임워크를 수립
 - * UKCCP(UK Climate Change Programme; 1994년~) : 기후변화 과학 및 온난화, 온실가스 방출량 정량화 연구 등
 - * UKCIP(UK Climate Impacts Programme; 1997년~) : 기후변화 영향을 평가하고 적응 전략을 연구하는 기후변화 영향 프로그램
- (일본) 프론티어 사업을 중심으로 약 200명이 과학적인 기후변화 및 영향평가 연구를 수행
 - * 지구변화에 관한 프론티어 연구사업 시작(1997년~)
 - * 지구변화에 관한 프론티어 관측연구사업 시작(1998년~)
 - * 영향평가보고서는 주기적('93, '98, '01년)으로 출판되고 IPCC 및 각계에 전달
- 핀란드, 프랑스, 독일, 스페인, 노르웨이 등의 국가에서도 기후변화 예측·영향·적응 프로그램을 추진 중(</p>
 3)

③ 국내의 연구동향

- 기후변화 대응 종합대책(1999년~)을 추진하고 있으나, 온실가스 저감에 치중하고 있어 기후변화 과학, 영향평가·적응 분야에 대한 연구가 부족
 - * 한국('07년) : 기후변화 R&D 연구비의 2.3%(</p>
 4)
 - * 미국('05년) : 기후변화 R&D 연구비의 37.3%

- 기후변화 과학분야는 전담연구인력·시설(슈퍼컴) 등이 절대적으로 부족하여 대기분야에 한정된 연구 대부분
 - * 한국 국립기상연구소 : 20여명의 연구원
 - * 미국 국립대기과학연구소 : 120여명의 연구원
 - * 영국 해들리연구소 : 100여명의 연구원과 슈퍼컴 2대 보유

- 영향평가 관련 연구는 특정부문에 단기적이고 기초과학차원에서 진행되어 적응정책과 연계된 연구는 미흡한 편
 - 그 결과, 기후변화 적응전략 마련을 위한 국가차원의 종합대응책 수립에 어려움

V. 우리의 기후변화 대응연구의 방향

기후변화에 효과적으로 대응하기 위해서는 온실가스 완화 노력뿐만 아니라 기후변화 감시·예측·영향평가·적응 분야의 연구를 강화하고 정책과 연계할 필요

- 기후변화 과학 및 영향 분야에 대한 연구투자 및 기반구축 필요
 - 해양·탄소순환 등이 결합된 지구시스템 모델, 국가표준 기후변화 시나리오, 장기기후예측모델, 연안위험지도 등의 연구지원 강화

- 기후변화 영향평가 및 적응분야의 국가적 기획·관리체계 구축 필요
 - 농업, 임업, 수리, 보건 등 부문별 기후변화 영향평가 및 적응방안을 총괄 조정·관리할 수 있는 체계 및 로드맵이 필요

[1] 기후변화 연구분야의 용어 개념

- **과학(Science)** : 기후변화에 대한 역사 연구·감시를 통해서 과학적인 이해와 원인을 규명하고 미래의 기후예측과 시나리오 연구 등을 말함
- **영향(Impact)** : 인위적인 온실가스의 증가로 인한 기온상승, 강수량 패턴 변화, 해수면 상승 등의 대륙·해양 시스템 변화를 말함
 - 총 영향 중 적응으로 회피될 수 있는 부분을 제외한 영향을 순영향(생물리적 취약성)이라 하며 긍정적·부정적일 수 있음
- **취약성(Vulnerability)** : 기후변화의 악영향에 대하여 시스템이 대처할 수 없는 정도를 말함
 - 자생적인 적응의 한계를 벗어난 경우
- **적응(Adaptation)** : 기후변화의 파급효과와 영향에 대해 자연·인위적 시스템이 조절을 통해 회피하거나, 유익한 기회로 촉진시키는 모든 활동을 말함
 - 적응은 자생적과 계획적 적응으로 구분될 수 있으며, 계획적 적응에 해당하는 부분이 정책적 조치가 요구되는 부분임
- **완화(Mitigation)** : 기상이변 및 기후변화를 방지하기 위하여 온실가스 배출량 저감 등의 활동을 말함

<용어 개념의 예시>



2] 시나리오별 금세기말 예상기온 및 해수면 상승 전망

시나리오	CO ₂ 농도	기온(°C)	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

[참고 3] 국가별 기후변화 예측·영향·적응 종합계획 및 프로그램 현황

국가	국가 적응 플랜/프로그램	담당 부서
영국	APF(Adaptation Policy Framework)/UKCIP	DEFRA
미국	CCSP/SAP	NSF/NOAA
핀란드	National Climate Strategy (2001)/FinADPT	Ministry of Environment
프랑스	Plan Climate (2004)/GICC	Minister of ecological & sustainable development /Ministry of Environment
독일	German Climate Protection Programme(2005)	Federal Ministry of Education and Research
스페인	ECCE (Preliminary Assessment of the Impacts in Spain due to the Effect of Climate Change)	Environmental Agency /Nat. Research Council
노르웨이	White Paper no.25 (2002-2003) /NORKIM (Climate Change and Its Impacts)	Norwegian Research Council

[참고 4] 국내 기후변화 대응연구 분야별 연구비(2007년 기준)

연구분야	연구비(억원)	총액대비 비중(%)
화석연료 대체	1630.0	47.6
에너지 이용효율 향상	1455.7	42.6
이산화탄소 처리	190.2	5.6
비이산화탄소 처리	68.0	1.9
예측, 영향평가 및 적응	77.2	2.3
합계	3421.1	100.0