

# 기후변화 대응을 위한 국내외 현상 분석 및 예측



**이 원 민**  
명지대학교 토목  
환경공학과 석사  
과정  
m2wlee@mju.ac.kr



**여 운 광**  
명지대학교 토목  
환경공학과 교수  
yeo@mju.ac.kr



**김 문 모**  
신구대학 건설정보과  
부교수  
munmo310@shingu.ac.kr



**김 창 성**  
명지대학교 토목  
환경공학과 박사  
과정부교수  
cstkim@mju.ac.kr



**심 재 현**  
소방방재청 국립방  
재연구소 연구기획  
팀 팀장  
shim1001@nema.go.kr



**최 우 정**  
소방방재청 국립  
방재연구소 시설  
연구사  
choiwj@nema.go.kr

## 1. 서 언

지구온난화로 대표되는 기후변화 현상은 더 이상 새로운 화두가 아니다. 전 세계적으로는 이미 여러 국제기관 및 유관 학술단체에서 수많은 논의가 진행되고 있으며, 국내에서도 국가적 차원에서의 대응 노력이 이루어지기 시작했다. 그러나 기후변화로 인한 집중호우, 초대형 태풍 및 대형산불 등 다양한 인적, 자연적 자연재해는 점차 그 발생빈도가 증가하고 있으며, 특히 여러 연구결과 향후 이러한 양상이 더욱 가속화될 것으로 예상되고 있다. 이미 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화 정부간 위원회)에서는 이러한 기후변화가 현재 전 세계적으로 나타나고 있는 추세라고 판단하고, 이로 인

하여 현 세대와 미래 세대가 직면하게 될 문제와 취약성을 평가하여 기후변화로 인한 악영향을 최소화하기 위해 적응 조치의 중요성을 권고한 바 있다. 국내에서도 기후변화의 영향으로 인하여 37년만의 폭우, 계절의 시기 변화 등 다양한 징후현상이 나타나고 있고, 이에 따른 적응대책의 마련 등 다양한 연구가 시작되고 있다. 기상청 등 많은 유관 기관에서 분석한 바에 의하면 기후변화의 양상이 더욱 가속화될 것으로 예측되고 있어서 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다.

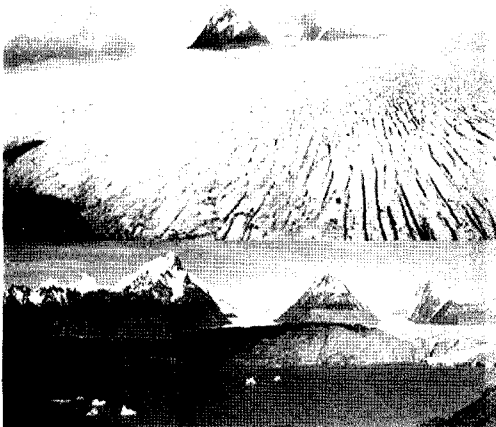
본 고에서는 IPCC 4차 보고서 등의 국내외 참고자료를 활용하여 기후변화 현상의 분석 및, 향후 기후변화의 예측 분석을 실시한 내용을 토대로 기후변화로 인한 대응책 마련에 필요한 기초 자료를 제공한다. 특히 최근 20년

간 국내에서 발생한 자연재해에 대하여 재해요인별 및 지역별 정량적 분석을 실시하여 기후변화가 자연재해에 어떠한 영향을 미치는지를 효과적으로 분석하는데 필요한 기초자료를 제공한다.

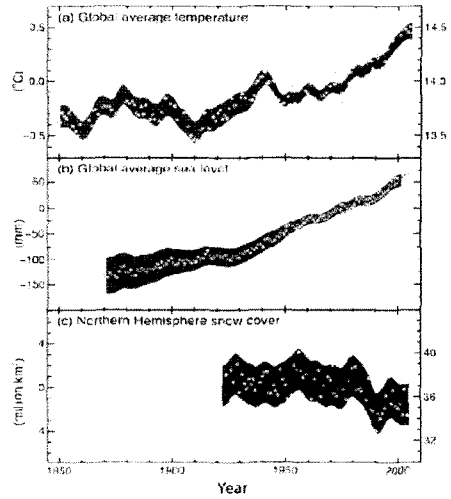
## 2. 기후변화 현상 분석

### 2.1 전 세계적 기후변화 현상 분석

최근 들어 매년 세계각지에서 이상강우 및 태풍과 허리케인을 동반한 홍수와 산사태, 가뭄, 산불, 폭염 및 한파 등 기후변화에 기인하는 것으로 판단되는 자연재해로 인하여 많은 인명 피해와 시설 파괴 및 농작물 피해 등의 재산피해가 발생하고 있다. 또한 평균해수면의 상승 가속화와 급속한 생태계의 파괴현상과 같은 기후변화의 가속화 징후 여러 곳에서 포착되고 있다. 1988년과 1992년 사이 유럽지역에 닥친 가뭄과 1995년 여름 영국의 가뭄, 1998년 중국의 홍수, 2000년 1월 인도의 아열대지역 한파, 2001년 아프리카 니스탄의 3년 연속 가뭄, 2002년 유럽의 폭우, 2003년 40℃가 넘는 유럽의 폭염 등이 대표적이다. 그림 1은 아르헨티나 파타고니아 업살라 빙하지대(위, 1928년)가 약 80년 만에 호수로 바뀐 모습(아래, 2004년)을 보여주고 있는 것으로 기후변화가 지구에 미칠 수 있는 막대한 영향을 나타내는 대표적인 예라고 할 수 있다.



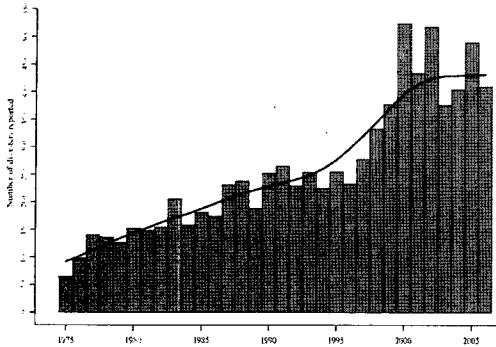
(그림 1) 아르헨티나 파타고니아 업살라 지역의 환경변화



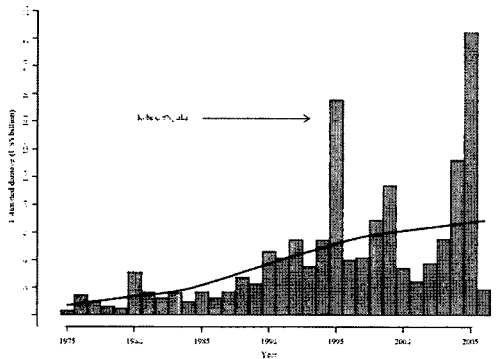
(그림 2) 기온, 해수면 수위, 북반구의 적설면적 변화(1850~2003년)

그림 2는 2007년 IPCC에서 발간한 IPCC 4차 보고서에 수록되어 있는 것으로 지난 150년 동안 지구평균 표면온도의 변화(위), 지구평균 해수면의 변화(가운데), 북반구 지역의 적설면적 변화(아래)를 나타내고 있다. 도시된 점들은 매년 관측값을 나타내고 있으며 음영부는 불확실성의 폭을 나타낸다. 이 그림에서 알 수 있듯이 지난 20세기 동안 지구평균 표면온도는 약 0.6℃ 가량이 상승하였으며, 특히 산업화가 본격적으로 시작된 1920년대부터는 기온의 상승이 매우 두드러지게 나타났다. 또한 1920년대의 큰 폭의 기온 상승과 더불어 해수면 수위도 급격히 상승하고 있으며, 북반구의 적설면적은 감소하고 있음을 알 수 있었다.

이러한 지구평균 표면온도의 상승 등은 기후변화의 징후에 기인한 것이라 판단된다. 또한 기후변화의 영향은 인류에게도 직접적인 영향을 끼쳐 자연재해의 증가로 이어짐을 알 수 있다. 1975년부터 2006년까지 전 세계적으로 수집된 자연재해의 발생건수 및 이로 인한 피해액을 그림 3, 4와 같이 도시하였다. 그래프에 사용된 자료는 EM-DAT(Emergency Events Database, <http://www.emdat.be/>)에서 수집한 자료로 이 기관은 1988년에 설립되었고 현재 WHO(World Health Organization)와 벨기에 정부의 지원을 받아 운영되고 있으며 전 세계로부터 재해에 대한 자료를 수집, 분석하는 일을 수행하는 연구기관이다.



〈그림 3〉 전 세계적 자연재해의 발생건수(1975~2006년)



〈그림 4〉 전 세계적 자연재해로 인한 피해액(1975~2006년)

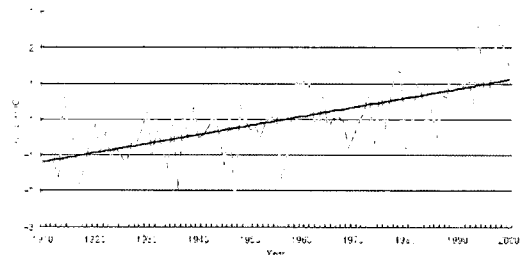
기후변화에 기인한 지구평균 표면온도의 상승, 지구평균 해수면의 변화 등과 더불어 전 세계적인 자연재해의 빈도 증가와 피해액의 증가 등은 기후변화 징후의 대표적인 사례라 할 수 있고 이를 미루어 보았을 때, 기후변화가 이미 인류에 직접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

## 2.2 전 세계적 기후변화 현상 분석

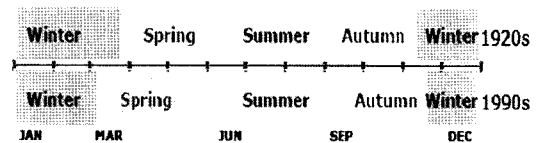
전 세계적인 기후변화 징후 현상과 더불어 국내에서도 기후변화에 기인한 자연재해의 징후가 포착되고 있다. 특히 우리나라는 지난 50년간 급속한 산업화를 이룩하는 과정에서 기후변화를 발생시키는 많은 원인을 제공하였으며, 이에 따라 자연 생태계가 파괴되는 등의 부작용이 나타날 바 있다.

먼저, 그림 5에서 보는 바와 같이 전 세계적인 평균기온의 상승과 함께 국내 평균기온도 과거 30년간 약 1.2°C 정도 상승한 것이 관측되었다. 이에 따라 벚꽃과 같은 봄꽃의

개화시기가 빨라지고 있으며, 한강의 결빙일수가 감소하는 등의 현상이 나타나고 있다. 또한 일평균기온 5°C 이하를 겨울, 20°C 이상을 여름으로 정의하고 그 사이를 봄과 가을로 정의하였을 때의 계절적 변화도 나타났다. 그림 6을 보면 서울지역에서 1920년대 보다 1990년대의 여름이 길어지고 겨울이 짧아졌음을 알 수 있다.



〈그림 5〉 우리나라 연평균기온의 변화



〈그림 6〉 서울지역의 계절적 변화

이 밖에도 1970년부터 2006년까지 국내 상륙한 태풍의 최대순간풍속의 극값을 관측한 자료를 살펴본 결과, 태풍의 강도도 상승하는 경향을 관찰할 수 있었으며, 연강우일수의 감소, 강우강도의 증가 경향 등도 나타나고 있음을 알 수 있었다.

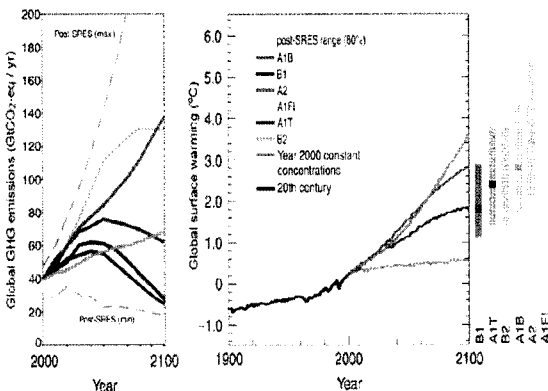
## 3. 향후 기후변화 예측

### 3.1 전 세계적 기후변화 예측

미래의 기후변화를 예측하는데 중요한 수단으로 대기대순환모형으로 명명된 대기의 수치모형이 있다. 이 모형은 대기, 해양, 지표, 설빙, 식생 등 지구기후시스템과 각 요소들 사이의 상호작용을 모의할 수 있도록 지구의 기후 시스템을 단순화하여 수식적으로 표현한다. 또한 이러한 모형에는 미래 기후에 큰 영향을 미치는 요인인 온실가스 농도의 변화에 대한 다양한 시나리오(SRES, IPCC Special

Report on Emission Scenarios)가 작성되어 활용된다. 본 장에서는 IPCC 4차 보고서에서 활용된 6가지의 기후변화 시나리오를 바탕으로 향후 전 세계적인 기후변화를 분석한 자료를 요약하였다.

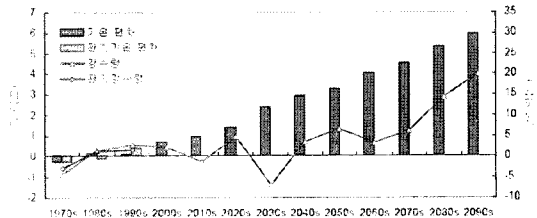
그림 7은 2000년에서 2100년까지의 온실가스 배출량 시나리오(좌)와 이에 따른 추정 지표온도(우)를 나타낸 것이다. 온실가스 배출량 시나리오 그래프에서 6가지 시나리오의 유색실선으로 나타냈으며 이후 발표된 최근 시나리오는 회색 음영으로 나타내었다. 이러한 시나리오는 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, F 가스의 배출량에 따라 나뉜다. 추정 지표온도 그래프는 A2, A1B, B1 시나리오에 따른 전세계 평균 지표온난화의 다중 모델로 20세기 시뮬레이션의 연장이다. 이러한 예측 역시 단기적 온실가스와 에어로솔의 배출량을 고려한 것이다. 분홍색 실선은 시나리오가 아닌 대기 농도를 2000년 수준으로 고정하고 AOGCM(Atmosphere-Ocean General Circulation Models)을 수행한 결과를 나타낸다. 모든 시나리오에 대한 모형 수행 결과, 강수량은 고위도에서 증가하는 반면 아열대 육지에서는 감소할 것으로 전망하였으며, 평균해수면은 2300년까지 0.3~0.8m 상승할 것으로 예상하였다. 또한 열대저기압은 열대 해수면 온도의 지속적인 상승으로 인해 호우 및 최대풍속이 증가할 것으로 전망되었으며, 고온극한, 열파, 호우는 지속적으로 빈발할 가능성이 매우 높을 것이라 예상되었다.



〈그림 7〉 온실가스 배출량 시나리오(좌)와 추정 지표온도(우)

### 3.1 국내 기후변화 예측

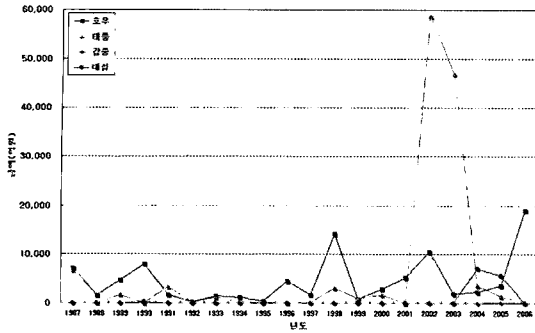
국립환경연구원에서는 지구온난화 예측모형실험을 실시하였다. 그 결과 대기 중 이산화탄소 농도가 2배가 될 것으로 예측되는 시점인 2070년의 우리나라 평균기온은 1~4℃ 가량 상승하고 상승률은 10년에 0.15~0.50℃ 정도인 것으로 예측하였다. 지역별로는 동해안과 북한지역의 기온 상승이 중부나 서해안보다 크게 예측되었고 계절별로는 겨울철이 여름철보다 그 상승폭이 클 것으로 예측되었다. 또한 기상연구소 기후연구실에서는 SRES의 A2시나리오에 근거하여 우리나라의 장기 기후를 예측한 바 있다. 예측 결과는 그림 8에서 보는 바와 같이 기온은 1990년대에 비하여 2040년대에 15%, 2090년대에 30%가 상승할 것으로 나타났으며, 강수량은 1980년대에 비하여 2040년대에는 4%, 2090년대에 20%가 증가할 것으로 예측되었다. 이에 따라 향후 국내에서는 서리일의 발생횟수 감소, 열파현상의 증가, 겨울의 단축, 강수일수의 감소, 호우 및 가뭄의 증가 현상 등이 더욱 가속화될 것으로 전망되었다.



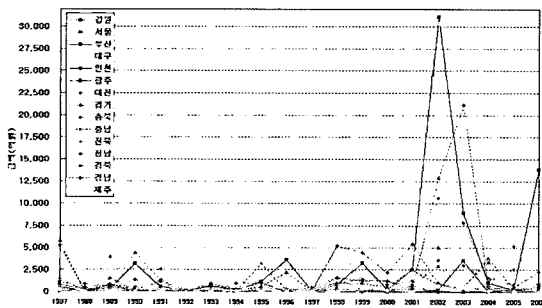
〈그림 8〉 지역기후모델링으로 예측한 기온과 강수량 변화

### 4. 국내 자연재해의 정량적 분석

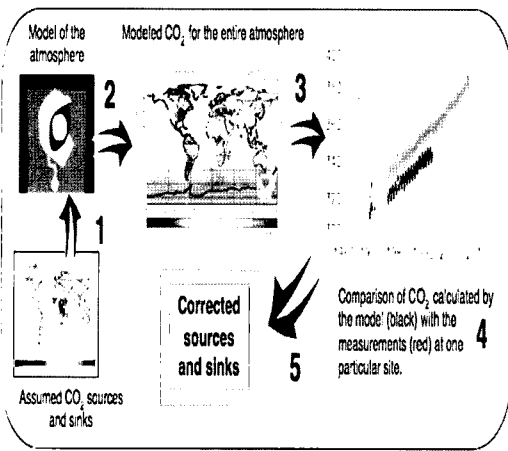
국내에서 발생한 자연재해의 피해를 조사하는 것은 기후변화가 국내 자연재해에 어떠한 영향을 미치고 있는지 알아보기 위한 과정이다. 그림 9 및 그림 10은 소방방재청 중앙재난안전대책본부에서 발간한 재해연보를 조사하여 1987년부터 2006년까지 국내 자연재해의 피해조사를 실시하여 그 결과를 도시한 자료이다. 해당 자료의 피해조사는 자연재해로 인한 피해금액 조사를 통해 이루어졌으며, 피해금액은 2006년도 화폐가치 기준으로 환산하여 산정한 것이다.



〈그림 9〉 자연재해별 국내 피해액 현황



〈그림 10〉 자연재해의 지역별 피해액 현황



〈그림 2〉 탄소추적시스템 모식도

그림 9는 자연재해별 국내 피해액을 비교한 그래프로써 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미와 같은 대형 태풍의 출현이 막대한 피해를 가져왔음을 알 수 있다. 또한 호우와 대설로 인한 피해는 점차 증가하고 있는 경향을 가지는 것으로 확인되었다. 그림 10은 자연재해로 인한 지역별 피해액을 비교하여 나타낸 그래프이다. 마찬가지로 갑작스러운 대형

태풍으로 인하여 해당 지역에서는 많은 피해를 입은 것이 확인되었으며, 전체적으로 자연재해로 인한 피해가 거의 모든 지역에서 점차 증가하는 양상을 가진다는 것을 알 수 있었다.

이러한 결과를 통하여 기후변화로 인한 자연재해의 피해가 이미 국내에서도 발생하고 있다는 것을 말해주고 있으며, 조사 자료는 향후 기후변화로 인한 국내 지역별 대응시스템의 구축에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 자료는 기후변화에 기인한 국내외 자연재해의 현상을 분석하고 향후 지구상에 발생하게 될 기후변화의 예측을 실시한 자료를 나타내었다. 또한 최근 국내에서 발생한 자연재해의 피해를 조사하여 이를 분석한 자료도 도시하였다. 지난 20세기 동안 지구평균 표면온도는 약  $0.6^{\circ}\text{C}$  가량이 상승하였으며, 지구평균 해수면의 변화, 북반구 적설면적의 변화와 최근 발생한 자연재해의 피해 상승 경향을 미루어 보아 현재 기후변화가 전 세계적으로 그 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 IPCC 4차 보고서에서 예측한 바와 같이 앞으로도 기후변화의 영향은 점차 가속화될 것으로 나타났으며, 국내에서도 기후변화로 인한 영향이 점차 확대될 것으로 예측되었다.

다행히 최근에는 선진국을 중심으로 기후변화에 대한 문제의 심각성을 인식하고 국제적 협력을 통한 대응책 마련 노력이 점차 이루어지고 있다. 앞으로 국내에서도 기후변화에 대한 문제의 심각성을 인식하고 국민적 인식의 전환, 제도 및 시스템의 정비 등과 같은 대응책을 시급히 마련함으로써 향후 가속화될 것으로 전망되는 기후변화로 인한 피해를 최소화하도록 노력해야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 국립방재연구소(2008). 21세기 기후 및 사회구조 변화예측과 재해기중요인 분석 연구/기후변화를 중심으로.
- [2] 기상연구소 기후연구실. 한반도 기후 100년 변화와 미래 전망.

- [3] 서용원, 김영오(2000). 선진국의 기후변화 연구동향 I, 한국수자원학회지, Vol. 33, No. 3, pp. 22-31.
- [4] 소방방재청 중앙재난안전대책본부(2006). 재해연보.
- [5] 이종화, 강인식(2005). 한반도 기후변화에 따른 생활환경 변화, 한국기상학회 학술발표 논문집.
- [6] 최영은(2007). 기후변화와 자연재해.
- [7] 한국환경정책평가연구원(2007). 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 III.
- [8] IPCC(2007). Climate Change 2007-Working Group I Report. The Physical Science Basis, Cambridge University Press, New York.
- [9] IPCC(2007). Climate Change 2007-Working Group II Report. Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press, New York.
- [10] IPCC(2007). Climate Change 2007-Working Group III Report. Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press, New York.