

## I. 논단 : 지구온난화에 의한 기후변화와 그 영향

- 본고는 영국의 국립연구기관인 Hadley Centre for Climate Prediction and Research가 최근 지구온난화가 기후변화와 그 영향을 심도 있게 예측한 보고서 내용을 정리한 것임.
- 이산화탄소의 대기중 농도를 줄이기 위한 조치가 취해지지 않는 경우 2050년 중 지구 평균기온은 현재보다 평균 2° C 상승하고 동 농도를 각각 750ppm과 550ppm으로 안정시킬 경우에는 2° C 상승하는 시점이 완화조치가 없는 경우에 비해 각각 50년 및 100년 이상 뒤로 미루어 질 것으로 예측되었음.
- 지구온난화를 방지하기 위한 조치가 취해지지 않을 경우 해수면은 2050년대에 지금보다 22cm 상승할 것이며, 생물량이 감소하는 지역이 크게 늘어날 전망이다.
- 이 경우 북아프리카, 중동 등은 보다 심각한 물 부족문제에 직면하게 되는 반면 중국과 미국 등은 반대로 물 공급이 증가할 것으로 예측되었음. 한편, 아프리카, 중동, 인도 등에서는 곡물 생산이 감소하는 반면, 캐나다, 중국, 유럽 등 중위도 및 고위도 지역의 곡물생산은 오히려 증가하는 것으로 나타났음.

### 1. 서론

이산화탄소, 아산화질소, 메탄 등 이른바 온실가스의 대기중 농도 증가가 지구와 인간에 어떤 영향을 언제, 어느 정도, 어디서, 어떻게 나타낼 것인가는 지구 생태계와 지구 기온간의 복잡한 관계로 인해 예측하기가 쉽지 않다.

UNEP와 WMO(World Meteorological Organization)에 의해 1988년에 설치된 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)은 지난 1990년에 발간한 1차 보고서에서 지구평균온도가 과거 100년간 0.3-0.6° C 상승했다는 분석결과를 발표했으며, 1995년에 발간한 2차 보고서에서는 지구평균기온이 2100년에 1990년 대비 1~3.5° C 상승하고 해수면은 50cm 정도 상승할 것으로 예측하였다. 이 같은 기온 상승폭은 과거 1만년 동안의 기온상승보다 높은 것으로 이를 막기 위한 조치가 강구되지 않는 경우 엄청난 피해가 발생할 가능성을 시사하고 있다. 지구기온의 상승은 강력한 폭풍, 한발, 홍수와 같은 극심한 이상 기후현상의 보다 빈번한 발생과 전세계적인 커다란 기후패턴의 변화를 가져올 것으로 예상되고 있다. 지역별 기후패턴의 변화는 산림에 치명적인 영향을 미치고, 말라리아 등 질병 증가를 가져올 것이며, 외부여건 변화에 취약한 산악지역

과 습지대의 생태계를 크게 위협하게 될 것이다. 이 밖에 사막화 증대, 얼음과 눈으로 덮여 있는 지역의 면적 감소로 일부 지역에서는 수자원 공급이 줄어들게 되어 농산물 생산이 현저히 줄어들 것이라는 것이 일반적인 예상이다.

그러나 지구온난화라고 해서 전세계 모든 지역의 기온이 상승하는 것은 아니다. 일부 지역의 경우 기온이 반대로 떨어질 가능성도 있다. 예를 들면, 북대서양 수온을 따뜻하게 함으로써 서유럽 기후를 온화하게 하는 역할을 하는 걸프만의 해류 흐름이 변화함으로써 이 지역의 기온은 기후변화로 인해 오히려 낮아질 가능성이 예측되고 있다.

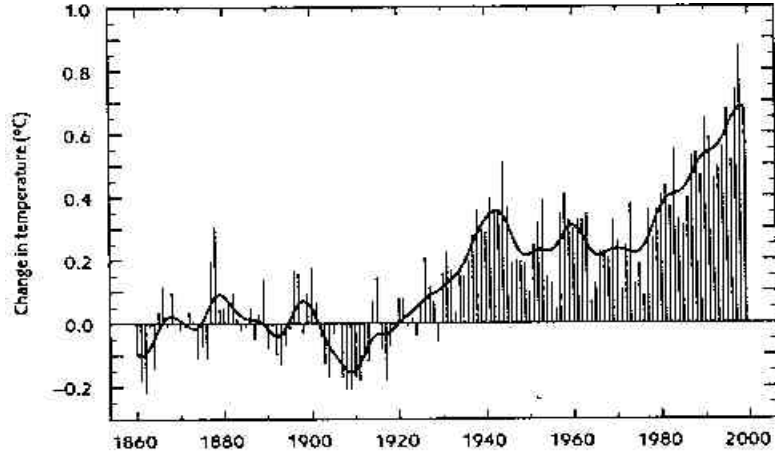
영국의 국립연구기관인 Hadley Centre for Climate Prediction and Research는 최근 지구온난화가 기후변화에 미치는 영향과 그 결과를 심도 있게 예측한 보고서를 발간하였다(Climatic change and its impacts, October 1999). 이 보고서는 기후변화를 완화하기 위한 조치가 취해지지 않을 경우(이하 무조치 경우로 표기)와 이산화탄소의 대기중 농도가 산업혁명 이전 수준과 현재 수준의 2배 정도인 550ppm 및 750ppm 수준으로 안정화될 경우 ①자연식물 성장, ②물 공급, ③식량 공급, ④해수면 상승, ⑤인간 건강 등 5개 분야에 미치는 영향을 비교, 분석하였다. 분석 결과 이산화탄소의 대기중 농도가 배출감축 조치 등으로 인해 550ppm 또는 750ppm 수준으로 안정화 될 경우 지구온난화로 인한 각종 영향은 무조치의 경우에 비해 약 50~100년 정도 후에 나타날 것으로 예측되었다. 또한 이산화탄소의 대기중 농도 안정화는 21세기에 발생할 것으로 예상되는 기후변화와 이러한 변화가 가져올 영향의 크기를 줄이는 한편 일부 지역에 대한 심각한 피해를 방지할 수 있는 것으로 전망되었다.

본 고에서는 기후변화의 영향에 대한 최근의 정보를 소개하고자 이 Hadley Centre 보고서의 주요 내용을 정리하였다.

## 2. 최근의 기후변화

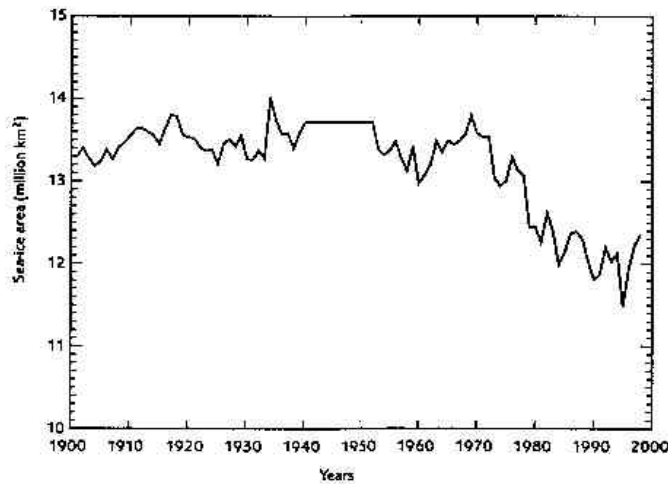
1997년 7월 말 지구 평균기온(surface air)은 19세기 말 대비 0.7° C 높았고, 90년대의 지구 평균기온은 지구온도가 관측되기 시작한 이래 가장 높은 수치를 나타내었다(19세기 말 대비 0.6° C 상승). 그림 1이 나타내는 바와 같이 지구 평균기온은 1860~1920년 기간 중에는 0° C를 중심으로 변동하였으나 1920~1940년대 기간과 1970년대 이후에는 계속 가파른 상승세를 보였다.

<그림 1> 19세기 말 대비 지구평균 기온 변화 추이(1860~1999)



이와 같은 지구기온의 상승에 따라 북극을 덮고 있는 얼음 지역의 연간 평균 면적은 지난 1970년대까지만 해도 1300만~1400만km<sup>2</sup> 이었으나 그 후 빠른 속도로 줄어들어 최근에는 1200만km<sup>2</sup> 정도로 지난 30년 동안 100만~200만km<sup>2</sup>가 줄어든 것으로 관측되었다. 그러나 북극지역과는 달리 남극대륙의 경우에는 커다란 규모의 빙산이 떨어져 나가고 있음에도 불구하고 얼음으로 덮여있는 남극해의 면적은 크게 변하지 않고 있다.

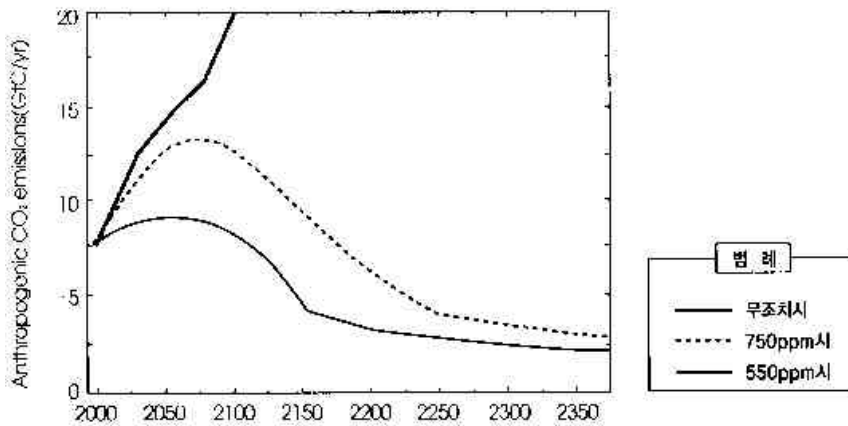
<그림 2> 북극해 얼음 지역 면적 변화 추이(1900~1998)



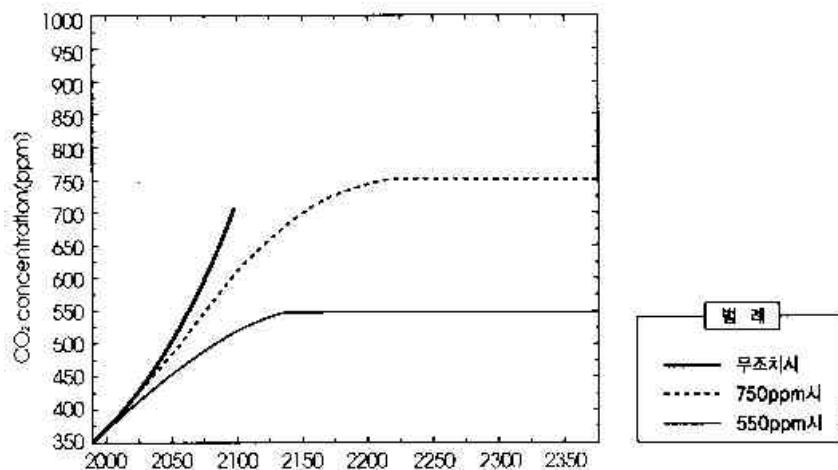
### 3. 이산화탄소 대기중 농도 안정화 시나리오 하에서의 변화 전망

IPCC는 이산화탄소의 대기중 농도를 현재 수준 및 산업화 이전 시대의 두 배인 750ppm과 550ppm으로 안정화시키는 시나리오를 작성하였다. 이 경우 인간활동에 의한 이산화탄소의 배출은 그림 3에서와 같이 계속 증가하는 추세를 보이고 있다.

<그림 3> 인간활동에 의한 이산화탄소 배출 전망



<그림 4> 이산화탄소의 대기중 농도 변화 추이

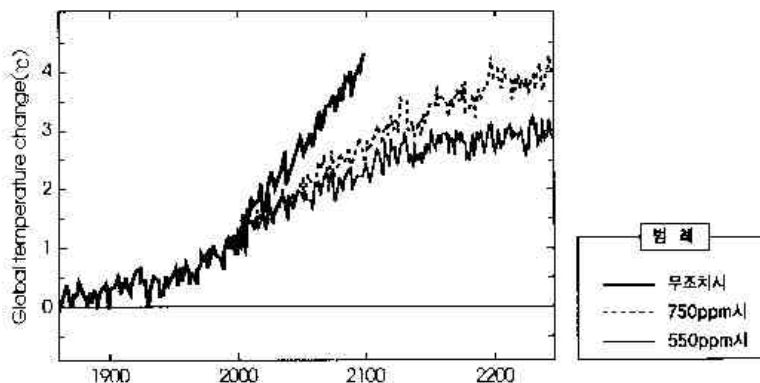


IPCC의 제1차 평가보고서는 이산화탄소의 대기중 농도를 각각 750ppm과 550ppm으로 안정화시키는 시나리오와 무조치(또는 business-as-usual) 시의 경우 지구온난화의 기후 및 사회·경제적 영향을 비교·분석하였다. 이를 위해 몇 가지 가정이 도입되었는데, 세계인구는 1990년 53억에서 2020년대에는 81억, 2050년대에는 98억, 그리고 2080년대에는 107억으로 증가하는 것으로 가정되었다. 한편 세계 평균 일인당 GDP는 1990년 불변 美달러 기준으로 현재의 3,800달러에서 2020년대에는 6,800달러, 2050년대에는 10,700달러, 그리고 2080년대에는 17,700달러로 증가한다는 가정이 도입되었다. Hadley Centre도 이러한 IPCC의 방법을 기초로 하여 기후와 해수면 상승에 미치는 영향을 분석하였는데, 그 결과는 아래와 같다.

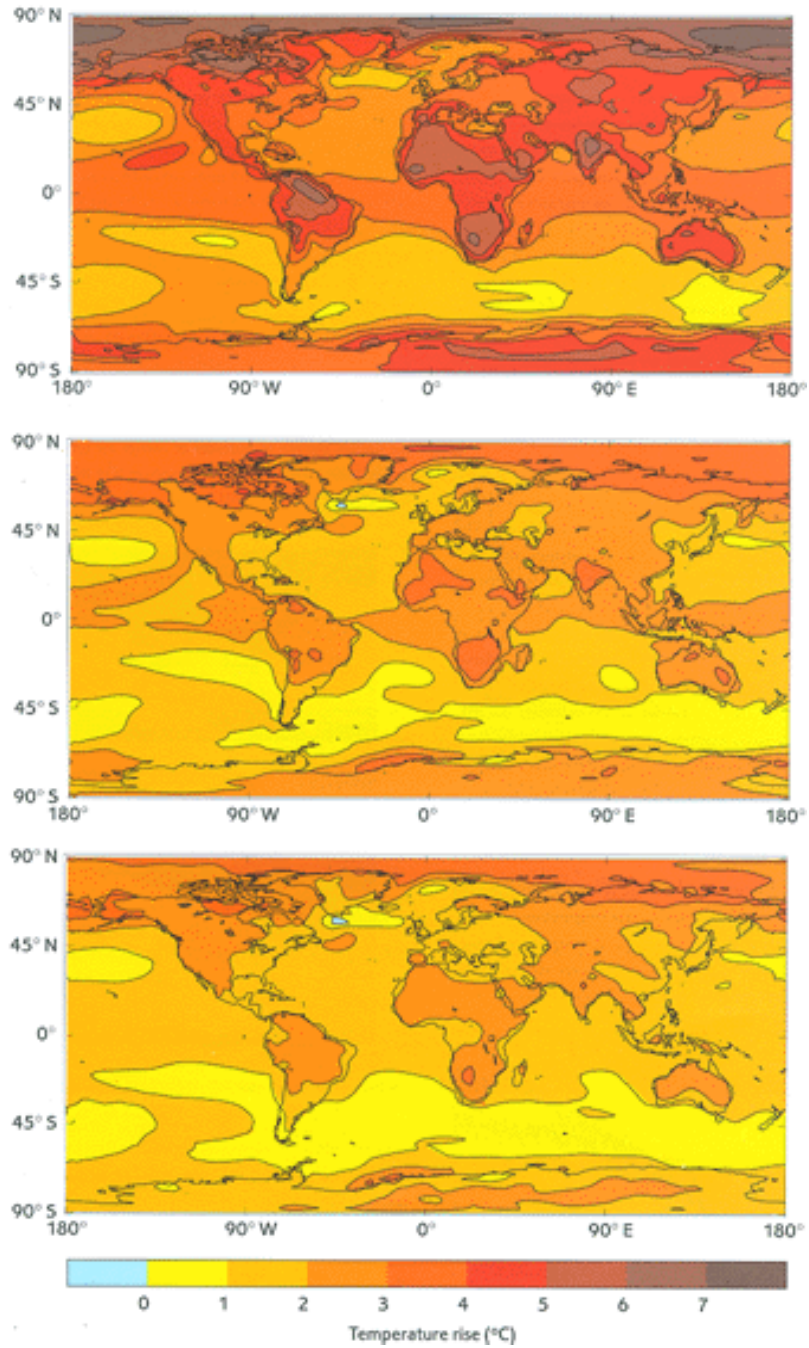
(1) 안정화 시나리오 하의 기후변화

이러한 시나리오 하에서의 기온상승 정도를 비교해 보면, 무조치 경우 2050년 중 지구 평균기온은 현재(1961~1990 평균)보다 평균 2° C 상승하고, 동 농도를 750ppm과 550ppm으로 안정시킬 경우에는 2° C 상승하는 시점이 무조치 경우에 비해 각각 50년 및 100년 이상 뒤로 미루어 질 것으로 예측되었다. 한편, 2080년대에는 지구 평균기온이 무조치 경우 현재보다 3° C 정도 상승하게 되고, 2230년대에는 이산화탄소 농도가 750ppm 및 550ppm으로 안정화 될 경우 3° C 및 2° C 상승할 것이라는 결과가 도출되었다.

<그림 5> 시나리오 별 지구 평균기온 상승 추이



<그림 6> 시나리오 별 지역별 연평균 기온상승 패턴 비교 (현재 ~2080년대)

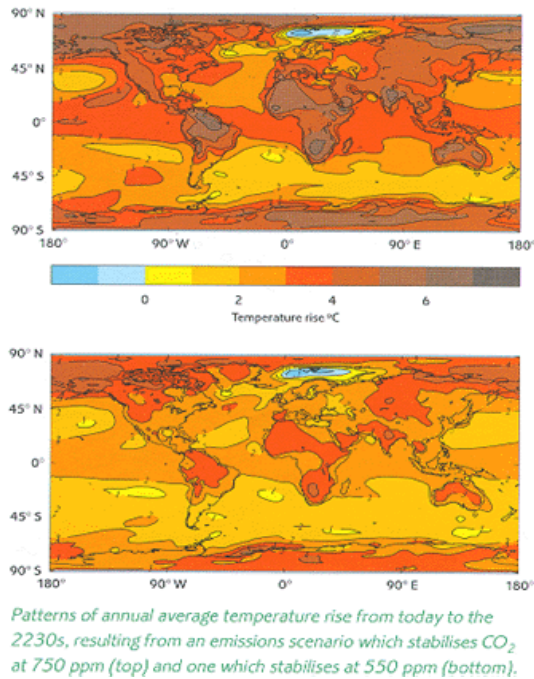


주: 맨 위 그림은 미조치시, 가운데 그림은 750ppm시, 아래 그림은 550ppm시 경우임.

지역별로 기온상승 폭을 살펴보면, 세 시나리오 모두 비슷한 패턴을 나타내고 있으나 무조치 경우 기온상승 폭은 크게 줄어드는 것으로 나타났다. 2080년대를 기준으로 비교해 보면 완화조치가 취해지지 않을 경우에는 남미 북부지역, 인도, 사하라지역, 아프리카 남부지역 및 북극지역 등이 현재보다 5~7° C 이상 상승하게 되고, 중국 중서부, 중앙아시아, 아프리카 기타 지역, 미국 서부, 오스트레일리아 등은 4° C 이상, 그리고 한국, 일본, 중국 동부, 유럽, 미국 중동부, 남미 남부지역 등은 2~3° C 정도 상승하는 것으로 예측되었다. 한편, 이산화탄소의 대기중 농도를 완화하기 위한 조치가 취해질 경우 기온상승의 지역별 패턴은 미조치 경우와 커다란 차이를 나타내지 않지만 기온 상승폭은 크게 줄어드는 것으로 시뮬레이트 되었다.

2230년대에는 750ppm 안정화 경우 유럽 북부 및 북극지역을 제외하고는 안정화 조치가 취해지지 않을 경우의 2080년대와 비슷한 기온 상승이 예상되며, 550ppm으로 안정화시킬 경우에는 기온 상승폭이 이 보다 1~2° C 낮을 것으로 전망되었다. 유럽 북부 지역의 경우에는 강수량 증가로 인해 북극해로의 민물 유입이 증가하면서 對流가 안정되어 기온이 오히려 현재보다 낮아질 것으로 예측되었다.

<그림 7> 현재 대비 2230년대의 지역별 연평균 기온 상승 패턴



주: 위 그림은 750ppm 안정시, 아래 그림은 550ppm 안정 시 경우임.

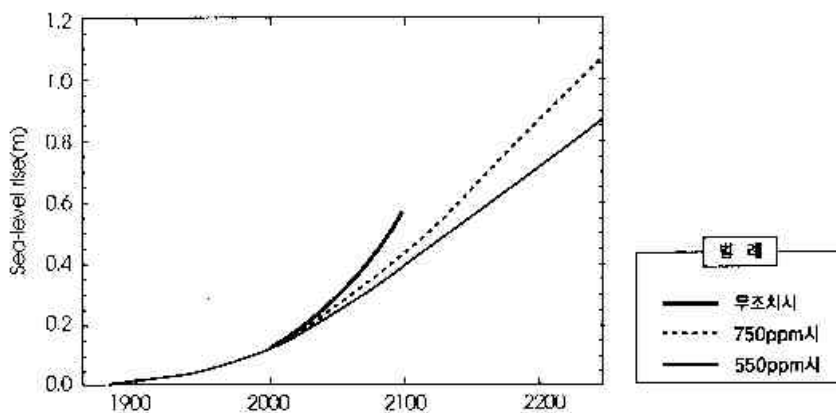
(2) 해수면 상승

지구온난화에 따른 해수면 상승은 바닷물 온도 변화, 빙산 해빙 규모, 그린란드 및 남극 빙원 변화 등이 복합적으로 작용하여 나타나게 된다. 향후 100년 동안은 그린란드 빙산이 해빙되는 데 따른 바닷물 수량의 증가가 남극지역에 대한 강수량 증가로 상쇄됨으로써 해수면 상승 억제요인으로 작용할 것이나, 21세기말에는 그린란드 빙산 해빙에 의한 해수면 상승효과가 상당히 커질 것으로 예측되었다. 장기적으로는 계속 되는 기온상승으로 남극 서부지역의 빙산이 녹을 가능성이 있지만 언제 이러한 사태가 발생할 지는 불확실한 것으로 분석되었다.

기후 및 기후변화의 영향이 지구 온난화에 대해 비교적 빠르게 반응하는 것과는 달리 해수면의 상승 속도는 이산화탄소의 대기중 농도가 안정화되더라도 서서히 낮아질 것으로 전망되었다. 이는 지구 기온 상승에 따른 열이 대양 깊은 곳까지 전달되는 데에는 오랜 시간이 걸리기 때문이다. 따라서 기온 상승에 의한 해수면 상승은 오랜 세월이 걸쳐 지속될 것으로 전망되었다.

해수면은 미조치 경우 2050년대에 가서는 지금보다 22cm 상승할 것이며, 750ppm 및 550ppm 시나리오 하에서는 22cm 상승시점이 각각 15년 및 20년 지연될 전망이다. 한편, 2100년까지는 미조치 경우 상승폭이 50cm에 이르고, 750ppm 및 550ppm 수준으로 안정화 될 경우에는 각각 35년 및 55년 후에야 50cm 상승하게 될 것으로 예측되었다.

<그림 8> 시나리오 별 해수면 상승





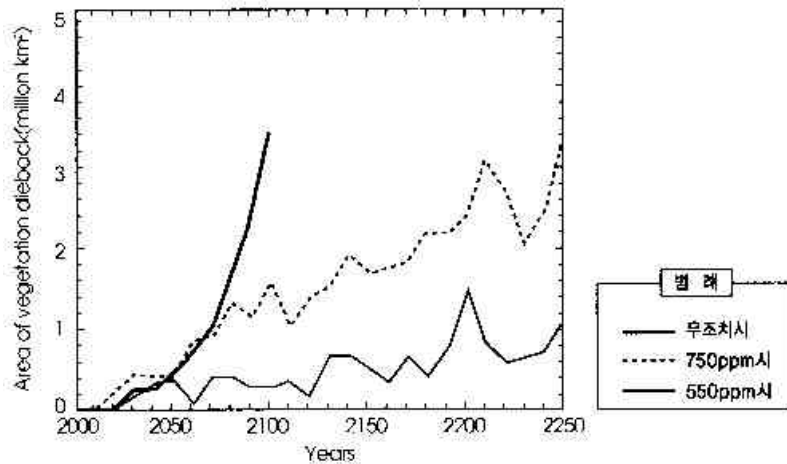
## 4. 자연 생태계에 대한 영향

Hadley Centre는 탄소, 질소 및 물과 토양 및 각 식물<sup>1)</sup>간의 순환관계를 시뮬레이션 한 생태계 모형(Hybrid)을 이용하여 각 시나리오 하에서 지구온난화가 생태계에 미치는 영향을 분석하였다.

### (1) 식물 분포

식물의 생물량(biomass)이 현재보다 10% 이상 줄어드는 지역(이하 枯死(dieback) 지역으로 표기)의 면적 변화를 시나리오 별로 살펴보면, 미조치 경우에는 2080년대까지, 이산화탄소 대기중 농도가 750ppm으로 안정화될 경우에는 2230년대까지 열대지역의 생물량이 크게 감소하게 되는 것으로 나타났다.

<그림 9> 시나리오 별 식물 고사지역 면적 추이 비교



이 지역에 있어서의 이러한 생물량 감소는 기온 상승과 강수량 감소로 인해 많은 열대우림 지역이 사바나, 초원 및 사막으로 변하고 열대 초원지역이 사막화하는 데 기인한다. 미조치 및 750ppm 시나리오의 경우 생물량은 2050년 이후 빠른 속도로 감

1) ①온대 초원지대, ②열대 초원지대, ③사바나, ④상록·활엽수 산림 지역, ⑤냉대 낙엽·활엽수 산림 지역, ⑥침엽수 지역, ⑦활엽수, 침엽수 혼재지역 및 사막 등 7개 지역의 주종 식물.

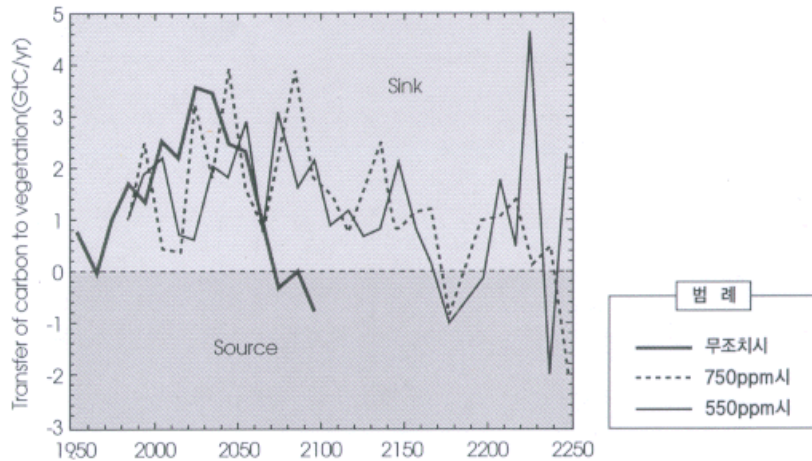
소하여 2100~2250년 기간 중에는 생물량 감소 지역이 약 300만km<sup>2</sup>에 이를 것으로 전망되었다. 한편, 550ppm 시나리오에서는 식물의 탄소흡수 감소 추세가 둔화되고 열대 삼림의 사막화가 중단되면서 2250년대에는 고사지역이 100만km<sup>2</sup> 정도에 그치는 것으로 예측되었다.

그러나 이산화탄소 농도 완화조치가 취해질 경우에는 북위 30도 이상의 지역에서는 이산화탄소의 대기중 농도 증가와 이에 따른 기후변화의 긍정적 효과(식물 생장기간의 증가, 토양분해의 가속화에 따른 영양분 공급 증가 등)로 인해 기존 산림의 생물량이 증가하는 데 힘입어 식물이 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

(2) 탄소 흡수(carbon sink)

육상생물에 의한 탄소 흡수는 대기중 이산화탄소의 증가율을 낮추어 지구온난화 속도를 늦추는 작용을 한다. 그림 10에서 볼 수 있듯이 식물에 의한 탄소 흡수는 각 시나리오가 모두 비슷한 추세를 나타내고 있다.

<그림 10> 육상 식물의 純 탄소 흡수 추이



미조치 경우에는 21세기 1/4분기까지, 감축 시나리오 하에서는 21세기말까지 탄소 흡수가 증가하는 추세가 나타날 전망이다. 미조치 경우 흡수는 그 후 점차 감소하여 2070년대에는 純흡수가 0에 가까워 질 전망이다. 감축 시나리오의 경우에는 흡수가 줄어들기 시작하는 시점이 2170년대로 미루어 질 것이나, 미조치의 경우와 마찬가지로

로 그 후에는 탄소의 순흡수가 0 수준으로 가게 될 것으로 예측되었다.

시나리오 별로 보면 완화조치가 취해지지 않거나 750ppm 시나리오 하에서는 지구 온난화와 열대식물의 고사로 인해 탄소 흡수는 대기중 탄소농도가 증가하는 가운데 감소하게 될 것이며, 550ppm 시나리오 하에서는 이산화탄소 농도가 2150년경에 안정되어 생태계가 새로운 균형으로 이동하면서 탄소 흡수가 점차 감소할 것으로 예측되었다. 결국 이산화탄소의 대기중 농도 안정화 조치는 탄소 흡수가 줄어들기 시작하는 시점을 늦추는 효과는 있으나 궁극적으로 이를 막지는 못할 것이다.

## 5. 수자원 공급에 대한 영향

현재 전세계 인구 60억 가운데 17억 정도가 물 부족을 겪고 있다. The UN Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World는 최근 발표한 연구에서 2050년에는 전세계 인구 80억 가운데 50억이 물 부족 사태에 직면할 것으로 예측하였는데, 기후변화가 이러한 문제의 주원인 가운데 하나로 작용하는 것으로 지적되었다. 반면, 일부 지역은 홍수 증가에 의해 물 공급이 증가할 것으로 예상되었다.

### (1) 강물 수량의 변화

강물 수량이 지역별 변화 패턴은 세 시나리오가 다 비슷한 것으로 나타났다. 그러나 다른 부문과 마찬가지로 이산화탄소 농도의 안정화는 강물 수량의 변화 감소에 기여하는 것으로 나타났다.

2080년대의 연평균 강수량을 시나리오 별로 보면, 무조치 경우 오스트레일리아, 인도, 아프리카 남부지역, 남미 대부분 지역, 유럽, 중동 지역은 현재보다 강물 수량이 크게 줄어드는 반면, 북미, 아시아(특히 중앙 아시아), 아프리카 중·동부 지역은 반대로 증가하는 것으로 예측되었다. 750ppm 시나리오 하에서는 강물 수량의 변화가 무조치 경우에 비해 100년 정도 후에 나타날 것이며, 550ppm 시나리오 하에서는 이 기간이 더욱 늘어날 것으로 전망되었다. 2230년대 가서는 550ppm 시나리오의 경우 완화조치가 취해지지 않을 시 2050년대에 나타날 변화와 비슷한 변화가 예상되었다. 지역별로는 특히 남미와 아시아 지역이 완화조치의 효과가 뚜렷이 나타날 것으로 예상되었다.

## (2) 물 부족 문제

기후변화가 발생하지 않을 경우 2025년, 2050년, 및 2085년에는 각각 50억, 60억, 및 65억의 세계 인구가 물 문제에 직면할 전망이다. 지역별로는 북아프리카, 중동, 인도 등이 보다 심각한 물 부족 사태에 직면하게 되는 반면, 중국과 미국은 반대로 물 공급이 증가할 것으로 예측되었다.

기후변화를 고려할 경우에는 무조치 경우 2050년에는 23~32억, 2080년에는 30~36억의 세계 인구가 추가로 물 문제에 부딪칠 것으로 예측되었다. 한편, 550ppm 시나리오 하에서는 그 수가 2050년 17억, 2080년 9억으로 크게 줄어들 것으로 전망되었다. 이에 비해 750ppm 시나리오의 경우에는 안정화 조치가 없는 경우와 별 차이를 보이지 않아 물 문제 악화를 방지하기 위해서는 매우 강력한 이산화탄소 배출감축 조치가 시행되어야 함을 시사하고 있다.

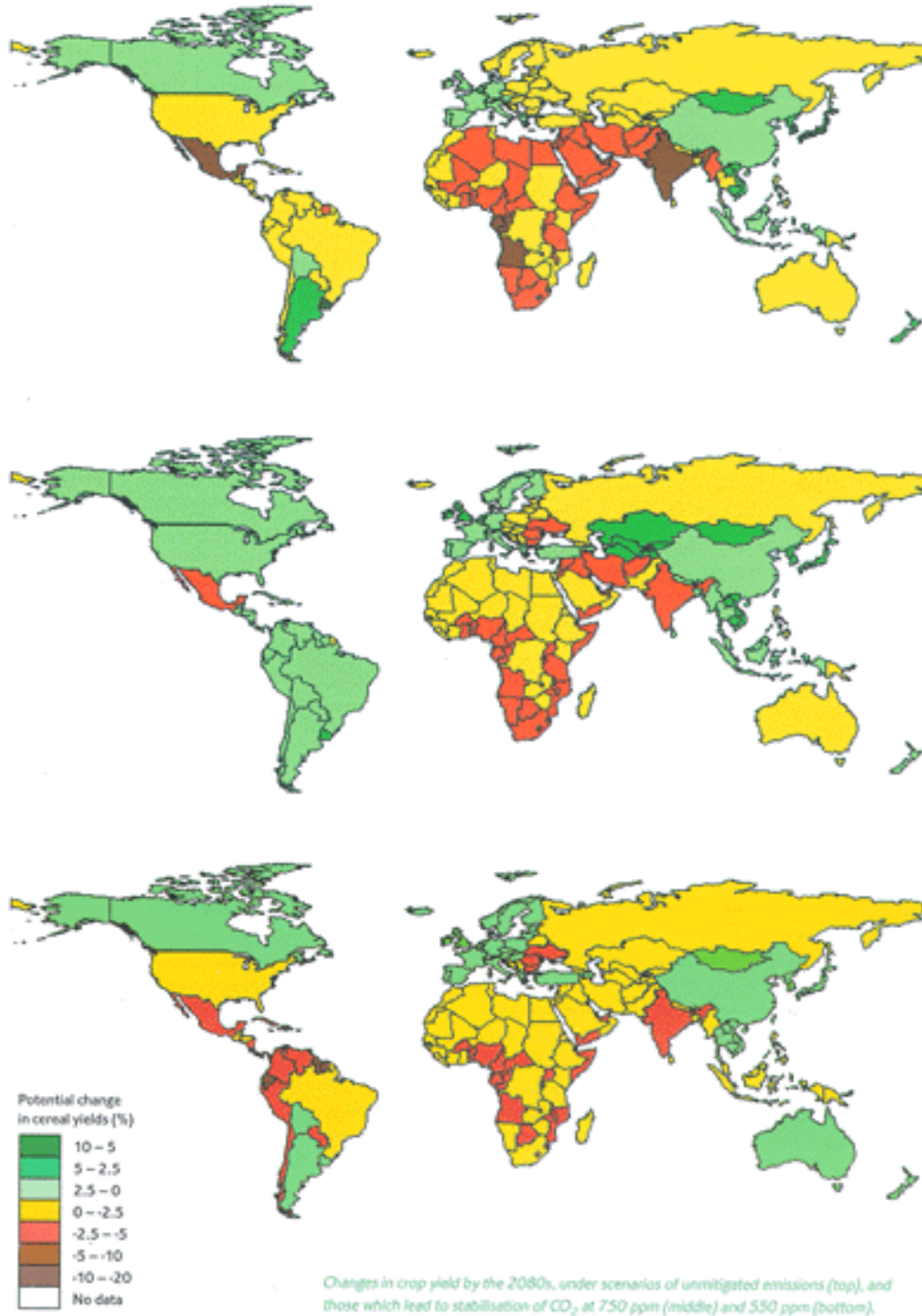
한편, 물 부족 문제가 지구온난화로 인해 오히려 완화되는 지역도 있는데, 2080년대의 경우 이 지역의 인구수는 무조치 경우 24~26억, 750ppm 및 550ppm 안정시 각각 25억 및 23억 정도로 세 시나리오간에 커다란 차이가 없어 기후변화 완화조치가 물 공급 증가 지역에는 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

그러나 지역별로는 이산화탄소 농도의 완화조치가 가져오는 효과가 크게 차이가 날 전망이다. 아프리카의 경우 남부를 제외한 대부분의 지역이 완화조치가 취해지더라도 물 문제의 지속적인 악화를 겪게 되는 반면, 아프리카 남부는 완화조치가 물 부족문제의 해결에 다소 기여하게 될 것으로 예측되었다. 한편, 중남미 및 다수의 아시아 지역은 이산화탄소 대기중 농도가 750ppm으로 안정화 될 경우 2050년까지는 물 문제 악화를 방지할 수 있을 것으로 예측되었다.

## 6. 식량 공급에 대한 영향

이산화탄소의 대기중 농도를 줄이기 위한 조치가 취해지지 않을 경우 대기중의 이산화탄소 농도가 빠른 속도로 증가하게 되고 이에 따라 많은 기후변화가 발생하게 될 것이다. 오는 2080년대에는 곡물 생산이 캐나다, 중국, 아르헨티나, 유럽 대부분 지역 등 중위도 및 고위도 지역에서는 증가하는 반면, 아프리카, 중동, 인도 등의 경우에는 감소하는 것으로 나타났다.

<그림 11> 곡물 생산 감소 변화율의 지역별 패턴 (현재 ~2080년)



주: 그림6과 동일.

750ppm 시나리오 하에서는 북부 아프리카, 인도 등 다소 건조한 아열대 지역의 수확이 완화조치가 없을 경우보다 덜 감소하게 될 전망이다. 반면, 미국, 카자흐스탄, 몽고 등 중앙 아시아 지역, 특히 광합성 율이 높고 물 이용 효율이 높은 곡물인 밀 생산 지역은 수확 증가가 예상되고 있다. 한편, 550ppm 시나리오 하에서는 이산화탄소의 대기중 농도 감소와 이에 따른 완만한 기후변화로 인해 아프리카 남부지역, 동유럽, 중동 북부 지역 및 오스트레일리아의 경우 750ppm 시나리오 하에서 보다 곡물 생산이 덜 감소하는 반면, 미국, 브라질 등 일부 국가의 경우에는 이산화탄소 농도가 낮아져 비료효과가 줄어드는 데 기인하여 곡물생산이 750ppm 경우보다 더 감소할 것으로 예측되었다.

## 7. 해수면 상승의 영향

Hadley 모형에 따르면 지구 온난화에 의한 해수면 상승은 2080년대까지 미조치 경우 40cm가 상승하여 홍수 피해를 입게 될 인구수가 현재의 연간 1,300만에서 9,400만으로 급속히 증가하고, 750ppm 및 550ppm 시나리오 하에서는 해수면이 각각 30cm 및 27cm 상승할 전망이다. 한편, 2230년대에는 이산화탄소 농도가 안정되더라도 해수면은 두 시나리오 하에서 각각 94cm 및 75cm 상승하고 장기에 걸친 조정기간으로 인해 그 후에도 상승추세는 이어질 것으로 예측되었다.

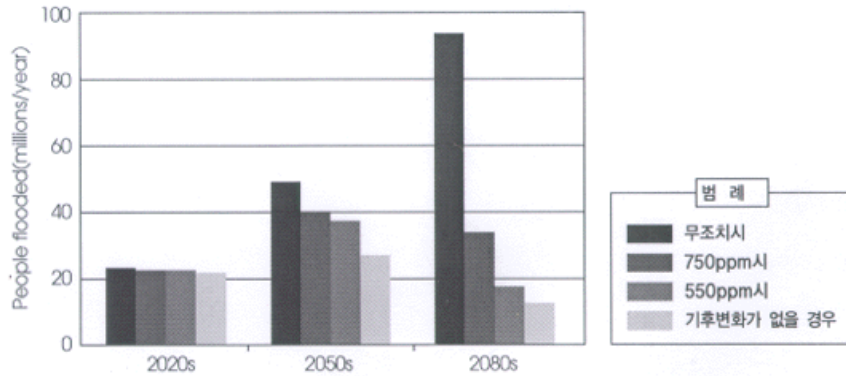
### (1) 연안 홍수

Hadley 모형은 세계 연안지역의 인구는 현재 추세 대로면 각국 평균치보다 두 배 가량 빠른 속도로 늘어나게 되고, 해수면 상승을 막기 위한 각국의 조치는 일인당 국민소득에 비례하며 기타 특별 조치는 취해지지 않는 것으로 가정하였다. 이러한 가정에 입각한 분석 결과 홍수피해를 입고 있는 세계 연안지역 인구가 1990년에는 연평균 1,000만명 이었으나 해수면이 상승하지 않더라도 2050년대에는 2,700만으로 대폭 증가하였다가 2080년대에는 1,300만으로 감소하는 것으로 예측되었다.

연안 해수면이 상승할 경우 이로 인한 피해자 수는 2080년대에는 미조치 경우 해수면이 상승하지 않을 경우에 비해 8,100만이나 증가한 9,400만에 이를 것으로 예측되었다. 이산화탄소 배출 감축조치의 홍수피해 인구 증가 억제 효과는 특히 2050년대 이후 뚜렷이 나타나 2080년대에는 750ppm과 550ppm 시나리오 하에서는 세계 연안

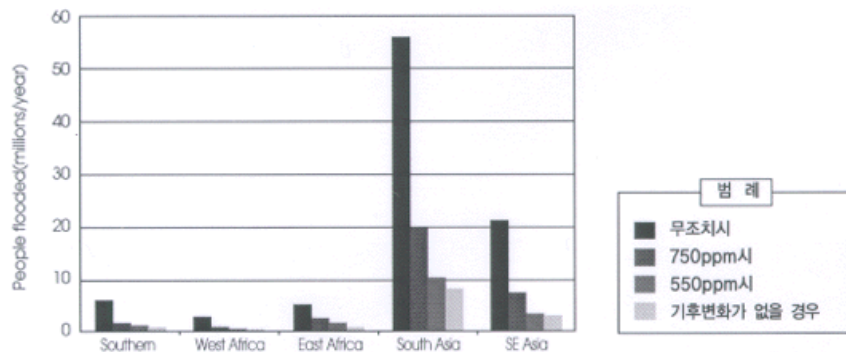
홍수피해 인구가 3,400만 및 1,900만으로 미조치 시보다 각각 6,000만 및 7,500만이 줄어들 것이 예측되었다.

<그림 12> 시나리오 별 연안 홍수피해 인구 수 변화 추이



지역별로 피해 정도를 비교해 보면, 미조치 경우 가장 커다란 피해를 입는 국가는 파키스탄, 인도, 스리랑카, 방글라데시, 미얀마 등 아시아 남부 국가들과 태국, 베트남, 인도네시아, 필리핀 등 동남아 국가들인 것으로 나타났다. 한편, 남아공화국과 수단 등 동부 아프리카 및 터키에서 알제리에 이르는 지중해 연안 지역, 모로코에서 남비아에 걸쳐 있는 서부 아프리카 국가들도 앞서 언급한 지역보다는 작지만 역시 상당한 피해를 입을 전망이다.

<그림 13> 시나리오 별 지역별 연간 홍수피해 인구 비교



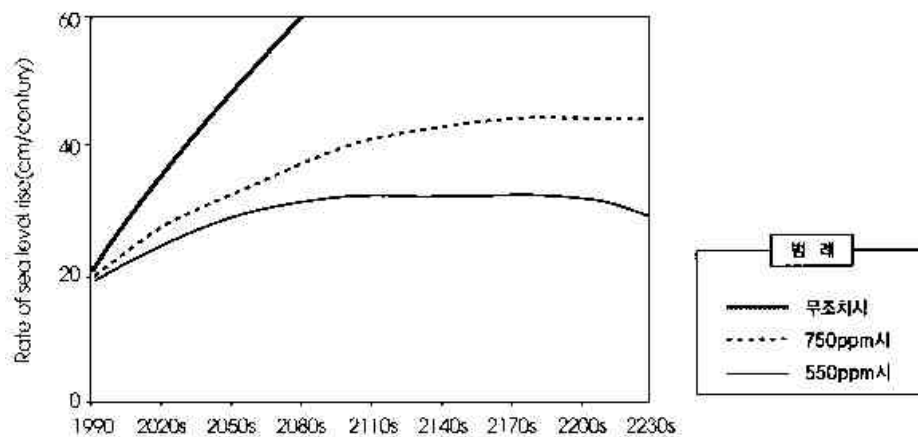
2080년대에는 미조치 경우 전세계 총 피해인구의 90% 이상이 이 다섯 지역에 집중되는데, 이 가운데서도 특히 남부 아시아 지역의 피해가 상대적으로 가장 큰 것으로 예측되었다. 지역별로 완화조치의 효과를 비교해 보면, 미조치시 가장 커다란 피해를 입게 될 동아시아 국가들이 완화조치의 혜택을 가장 많이 받게 되는 것으로 나타났다. 도서국가 중에는 카리브 해역, 인도양(스리랑카와 마다가스카르 제외) 및 태평양 도서국 들에 대한 피해가 미조치 경우 가장 클 것으로 전망되었다.

(2) 연안 습지대에 대한 영향

세계 연안 습지대(wetlands)의 면적은 간척사업으로 인해 매년 1%씩 감소하고 있으며, 간척사업이 크게 줄더라도 세계 습지면적은 2080년대 가서는 지금보다 40% 가량 감소할 전망이다. 여기에 해수면 상승효과가 더해지면 습지는 더욱 빠르게 줄어들 수밖에 없을 것이다. 습지는 침전물, 유기물질 유입 등에 의해 해수면 상승에 적응하는 능력이 어느 정도 있기 때문에 해수면의 절대 상승폭보다는 상승 속도가 습지면적 감소에 더 커다란 영향을 미친다고 볼 수 있다.

완화조치가 없을 경우 해수면 상승은 2080년대까지는 100년에 60cm의 속도로 상승할 것이나, 750ppm가 550ppm 시나리오 하에서는 상승속도가 각각 40cm 및 30cm로 낮아질 것이 예측되었다.

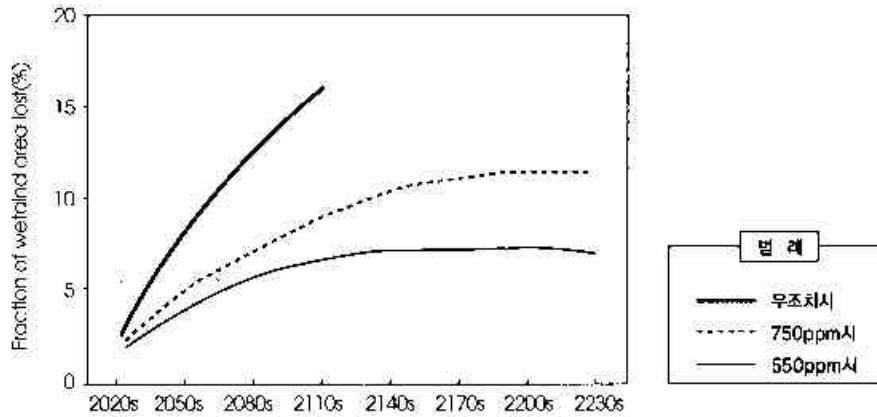
<그림 14> 시나리오 별 해수면 상승률 비교





습지대 면적의 감소는 해수면 상승에 대한 조정효과를 반영하여 해수면이 상승하기 시작한 후 30년 후부터 나타나기 시작할 것이다. 미조치 경우에는 2080년대까지 해수면 상승이 빠른 속도로 진행되어 해수면 상승으로 인한 습지면적 감소는 2080년대에는 1990년 대비 13%에 이를 전망이다. 그러나 750ppm 및 550ppm 시나리오 하에서는 습지면적 감소율이 각각 7% 및 6%로 크게 낮아지는 것으로 예측되었다. 해수면 상승률이 안정된 이후에는 습지면적이 더 이상 줄어들지 않을 것으로 보이며, 750ppm 및 550ppm 시나리오 하에서는 2200년대 및 2140년대에 가서 습지면적 감소가 중지되고 그 후에는 습지대가 서서히 회복될 것으로 전망되었다.

<그림 15> 시나리오 별 세계 습지면적의 純 감소 (1990년 수준 대비)



## 8. 인간 건강에 대한 영향

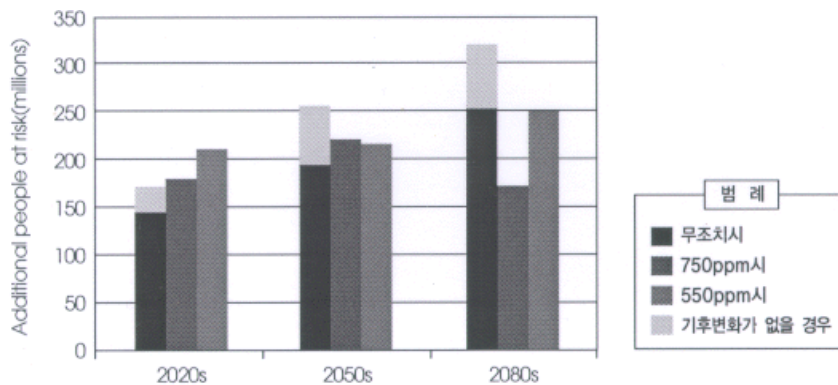
기후변화는 인간의 건강에 여러 가지 다양한 영향을 미치는데, 본 고에서는 ①기온 및 강수량 패턴 변화 결과 나타나는 모기에 의해 전염되는 말라리아의 계절성과 지역 범위의 변화, ②여름이 더욱 더워지고 겨울이 덜 추워지는 데 따른 대도시 인구 사망패턴의 변화에 분석의 초점을 맞추었다. Hadley 모형은 말라리아 전염에 영향을 미치는 의학기술의 발전은 고려하지 않았다. 한편, 기온 및 강수량 변화가 말라리아 질병의 발생에 미치는 영향은 자연환경이 말라리아 확산에 어느 정도 적절한 여건을 갖추고 있는지에 달려 있음이 고려되었다. 자연환경이 말라리아 만연에 적합한 경우 모기 숫자가 적더라도 말라리아가 크게 창궐할 가능성이 높기 때문이다.

이러한 점들을 고려하여 2080년대에 예상되는 말라리아의 전염 기간을 지역별로 살펴보면, 미국 동부, 중국, 유럽 및 중앙 아시아 지역이 가장 크게 영향을 받아 미조치 경우 전염기간이 5개월 정도 늘어나는 것으로 예측되었다. 한편 750ppm과 550ppm 시나리오 하에서도 지역별 패턴은 크게 변하지 않으나 전염기간이 증가하는 지역의 숫자는 미조치 경우보다 다소 줄어드는 것으로 나타났다.

(2) 말라리아 감염 위험 하에 놓이게 되는 세계 인구

전염기간의 증가가 바로 질병위험 증가와 비례한다고 보기는 어렵다. 만일 1년 내내 전염이 가능한 지역에 살고 있는 주민들은 말라리아에 대한 면역력이 상대적으로 높아 일반인들의 말라리아에 의한 사망률은 높지 않은 반면 어린이와 임산부의 사망률은 높을 수 있다. 반면, 전염이 자주 발생하지 않는 경우에는 면역력이 낮아 말라리아에 의한 사망률이 모든 연령에 다 높을 수 있기 때문이다. 이를 감안하여 일반적인 vivex 말라리아보다 훨씬 더 위험한 falciparum 말라리아에 전염될 위험 하에 있는 인구수가 기후변화로 인해 어느 정도 증가할 것인가를 분석한 결과 2080년대에는 전세계적으로 미조치 경우 2억6,000만~3억2,000만에 이르는 것으로 전망되었다. 한편, 750ppm과 550ppm 시나리오의 경우에는 이 숫자가 각각 1억5,700만과 2억5,500만에 그치는 것으로 예측됨으로써 이산화탄소의 대기중 농도 안정화가 말라리아 질병위험을 크게 완화시킬 수 있음을 나타내고 있다.

<그림 16> 시나리오 별 falciparum 말라리아 위험 하의 인구 증가 비교



주: 미조치의 경우 최소치 및 최대치가 표시되었음.

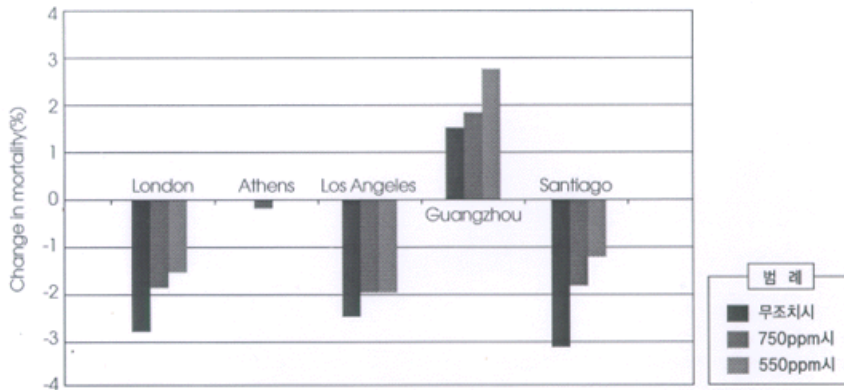
이산화탄소의 농도가 750ppm으로 안정화될 경우가 550ppm으로 안정될 경우보다 피해가능 인구가 더 적게 증가하는 것은 두 시나리오간의 기온과 강수량의 지역적 패턴이 상이한 데 기인하는 것으로 분석되었다. 한편, 지역별로는 온대지역과 중앙아시아가 말라리아 피해를 가장 많이 입게되는 것으로 나타났다.

(3) 기온 상승에 의한 피해

인간의 사망률은 대체로 여름보다 겨울이 더 높다. 혹서로 인한 사망보다 동사하는 경우가 더 많기 때문이다. 따라서 겨울 기온의 상승은 대체로 사망률을 낮출 것으로 기대되고 있다.

런던, 아테네, 로스엔젤레스, 중국 광저우, 산티에고 등 5개 도시를 대상으로 분석한 결과 광저우만이 기후변화로 인해 사망률이 높아지고(2080년대 미조치시 3%, 750ppm 및 550ppm 시 각각 2% 및 1% 상승), 기타 도시는 사망률이 감소하는 것으로 나타났다.

<그림 17> 시나리오 별 사망률 변화 비교



한기주 (환경경영기획팀장, hankju@shinbiro.com)