

지구온난화의 심각성과 대응방안



박 창근 |
 관동대학교 토목공학과 교수
 ckpark@kwandong.ac.kr

1. 발원지가 사라지고 있는 중국의 장강과 황하

중국의 대부분 강은 서고동저(西高東低)의 지형적 특성에 의해 서쪽에서 동쪽으로 흐르는데, 대표적 강으로는 장강(長江)과 황하(黃河)이다. 장강은 중국 최대 강으로 총길이 6,300km, 유역면적 180만km²로 전국토의 20%를 점하고 있고, 나일강과 아마존 강에 이어 세계에서 3번째 긴 강이다. 우리나라 한강(유역면적 2.6만km²)에 비하여 장강은 약 70배나 큰 하천이고, 우리에게만 양자강이란 이름으로 잘 알려져 있다. 장강의 발원지는 칭하이성(青海省, 칭하이성)의 설산(雪山)이고, 칭해, 티베트, 사천, 운남, 호북, 호남, 강서, 안휘 등 9개의 성을 경유하여 동쪽으로 흘러 상해에서 황해바다로 유입된다.

한편 황하는 중국 제2의 강으로 총길이 5,464km, 유역면적 75만km²이고, 칭해, 사천, 감숙, 영하, 내몽고, 산서, 섬서, 하남, 산둥 등 9개성(省)을 경유하여 발해만으로 유입한다. 황하의 발원지는 칭해성의 바옌카라 산맥이고, 상류에는 물이 많으나 황토고원을 경유하면서 대량의 토사를 운반하여 황하라는 이름과 같이 강물이 황토 색깔을 띠고 있다. 장강과 같이 황하 역시 하천하류부에서 빈번히 발생하는 홍수를 막기 위하여 중국은 고대로부터 많은 노력을 기울여 왔다. 특히 황하는 이집트(나일강), 메소포타미아, 인



그림 1. 중국의 장강과 황하

더스와 더불어 세계 4대문명 발생지중의 하나이다. 최근 추바오싱 중국 건설부 부부장은 국무원에서 가진 기자회견에서 '중국은 2030년에 가면 유엔환경계획(UNEP)이 정한 물부족국가 대열에 합류할 것'이라고 지적했다. 중국의 수자원 총량은 세계 6위에 해당하지만, 1인당 수자원 보유량은 약 2,220m³로 세계평균의 25%에 불과하다. 더욱 물부족을 심화시키는 요인으로는 강수량의 분포가 지역별로 편차가 크다는 것이다. 즉 중국의 서북지역은 건조하고 동남지역은 강수량이 풍부하기 때문에, 서북지역에서의 가뭄 재해는 더욱 가속되고 있다.

황하는 중국인들에게는 '어머니의 강'으로 불렸고 중원문화의 젖줄 역할을 해왔지만, 최근들어 수량부족으로 하천으로서의 기능을 상실할 위험에 처해졌다. 황하의 중상류 구간에서는 수량이 급격히 줄어들어 물이 흐르는 폭이 큰 강이라는 느낌을 줄 수 없을 만큼 왜소하고, 하류지역인 하남성과 산둥성 구간에 이르면 상황이 더 심해져 하천에서 물이 완전히 말라버

리는 건천화 현상이 연중 100일 이상 발생한다. 황하의 건천화는 1972년 처음 발생하였고, 1997년도에는 건천화가 226일간 지속되었을 뿐만 아니라 건천화 구간도 하구에서 704km 지점까지 이르렀다.

청해성의 서부대개발 관공실의 평쓰치양 부주임은 수자원 정책의 잘못, 체계적인 치수 부재 그리고 자연재해가 황하를 빈사상태로 내몰았다고 지적하고 있다. 특히 중국 중서부와 북부지역의 사막화 현상이 황하를 고갈시키는 주요원인이다. 청해성 부근 고원 지대에서 과도한 방목과 지구온난화의 영향으로 강수량의 감소로 인하여 넓은 초지가 사막으로 변하고 있다. 통계에 의하면 매년 약 1천5백km²의 초지가 사막화되고, 현재 사막지역은 중국국토의 약 11.4%를 점하는 약 11만km²(남한면적 : 약 10만km²)에 이른다.

이와같이 사막화가 지속적으로 진행됨으로 인하여 황하의 발원지는 메말라가고 있고, 장강 역시 그로부터 자유로울 수가 없다. 여기서 주목할 점은 중국 중서부와 북부지역에서 사막화가 진행되면 될수록, 우리나라에도 영향을 주는 황사가 더욱 빈번하고 강력하게 발생한다는 것이다. 지구의 일부지역에서 강수량이 감소함으로 인하여 하천의 건천화가 진행되는 것이 지구온난화에 의한 기후변화와 일정부분 관련이 있다고 할 수 있다. 더구나 지구온난화로 인하여 증가된 강수량은 황하와 장강의 범람을 예전보다 더 빈번하게 발생시키고 있는데, 이러한 점이 지구온난화의 아이러니라 할 수 있을 것이다. 최근 국영언론인 차이나 데일리에 의하면 ‘중국은 올해 기후변화로 인한 태풍과 홍수, 가뭄 등 악천후로 십여년 만에 최대의 위기를 맞았다’ 라고 보도하고 있다.

2. 지구온난화에 대한 논란

최근들어 언론에서 기후와 관련하여 자주 볼 수 있는 문구로는 ‘지구온난화로 기상이변이 전세계적으로 속출하고 있다’, ‘이상기후로 집중호우가 빈번하게 발생한다’, ‘해수면이 상승하고 있다’, ‘지구가 점

점 더워지고 있다’, ‘이산화탄소는 온실효과의 주범이다’, ‘지구온난화는 인간활동의 산물이다’ 등이다. 여기서 온실효과(greenhouse effect)는 농작물을 키우는 온실안의 온도가 높아지는 것과 같이 태양광 중 열선인 적외선이 이산화탄소(CO₂), 수증기 등 온실기체에 흡수되어 대기층의 온도가 상승하는 현상이다. 만약 대기중에 온실효과가 없다면, 지구의 온도는 현재 지구 평균온도인 15℃ 보다 33℃ 낮은 -18℃가 될 것이다. 즉 온실효과에 의하여 지구는 약 33℃ 더 더워지고 있는 셈이다.

인간의 활동으로 인하여 대기중에 CO₂ 농도의 증가, 삼림의 파괴로 CO₂ 소비량의 감소 등으로 인하여 지구대기중에 온실기체가 급격히 증가하여 온실효과가 증대하게 된다. 증대된 온실효과에 의하여 지구대기의 온도가 상승하는 현상을 지구온난화(global warming)라고 한다. 지구온난화가 가속됨으로 인하여 극지대의 빙하가 녹아내리고 이로 인해 해수면이 상승하고, 이상기후에 의하여 홍수와 가뭄의 강도는 더 강해지고, 생태계에 혼란을 초래하는 등 많은 환경적 재앙이 발생한다.

한편 ‘나사(NASA)의 인공위성 촬영에 의하면 지구온난화 조짐은 보이지 않는다’, ‘온실효과의 주범은 CO₂가 아니라 수증기이다’, ‘컴퓨터로 혼란스러운 시스템인 기후변화를 예측할 수 없다’, ‘규칙적으로 부서져 바다로 떨어지는 빙하가 지구온난화를 설명할 수 없다’ 등과 같은 논리로 지구온난화가 일어난다고 하기에는 무리가 있다고 주장하는 사람들이 있다.

지구온난화를 둘러싼 치열한 이론적 논쟁은 엄연히 존재하고 있다. 즉 CO₂ 농도의 증가로 온실효과가 가중되어 지구온난화가 진행되고 있는지 아닌지에 대한 정확한 판단을 하기에는 쌍방은 나름대로 이론적 기반을 가지고 있다고 판단된다. 여기서 온난화를 반대하는 사람은 개발주의자이고, 찬성하는 사람은 환경주의자라는 이분법적 사고는 적절하지 않다. 현재 인간의 능력은 자연을 되돌릴 수 없을 만큼 자연에 영향을 줄 정도라는 것을 모두 인식하고 있고, 또한 환경의 가치를 인정하고 그것을 보존하자는 주장에

대해서 반대하는 사람은 없을 것이다.

문제는 만약 어느 쪽이 확실한지를 알 수 없다면, 어느 쪽을 선택하느냐에 있을 것이다. 지구온난화로 인하여 지구환경에 엄청난 재앙이 발생한다는 것이 비록 확실하지는 않지만 그럴 가능성이 조금이라도 있다면, 선택은 자명하다. 현재의 지구환경을 더 이상 악화시키지 않고 다가올 가능성이 있는 재앙을 미리 막기 위한 정책을 펴기 위하여, 지구온난화가 진행되고 있다는 사실을 (비록 마음에 들지 않더라도)

인정하는 것이 보다 현명할 것이다. 따라서 여기서는 지구온난화가 진행되고 있다는 사실을 설명하는 사람들이 주장하는 논리를 살펴보고자 한다.

3. 지구온난화의 증거

먼저 북극의 만년설이 그렇게 빨리 녹고 있는 이유를 살펴보자.

지구로 태양복사에너지가 입사하게 되면 일부는

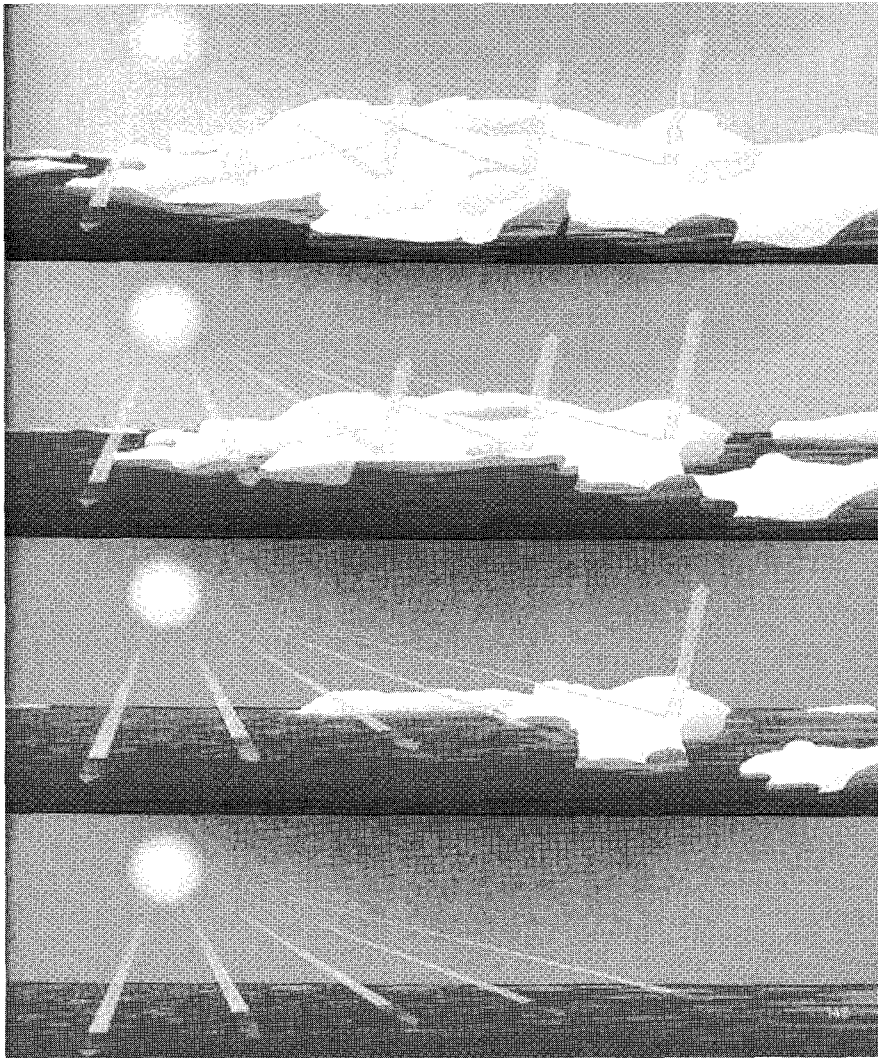


그림 2. '양의 피드백' 현상 (출처 : 불편한 진실; 엘 고어, 2006)

지구가 흡수하고 일부는 우주로 반사하게 된다. 여기서 지구의 반사율을 Albedo라고 하고, 그것은 다음과 같이 정의된다.

Albedo = (반사 태양복사에너지)/(입사 태양복사 에너지)

지구의 평균 반사율은 약 0.3으로 알려져 있다. 만약 지구의 반사율에 이상이 생긴다면 즉 지구가

태양으로부터 흡수하는 태양복사에너지의 양에 이상이 생긴다면, 그것은 지구환경에 엄청난 변화를 일으킬 수 있다.

눈 덮인 얼음의 반사율은 약 0.8이고, 바다의 반사율은 약 0.1로 알려져 있다. 북극의 만년설은 북극해에 떠있기 때문에 얼음의 일부가 녹기 시작한다면, 얼음은 태양에너지의 대부분을 반사하는 반면, 바다

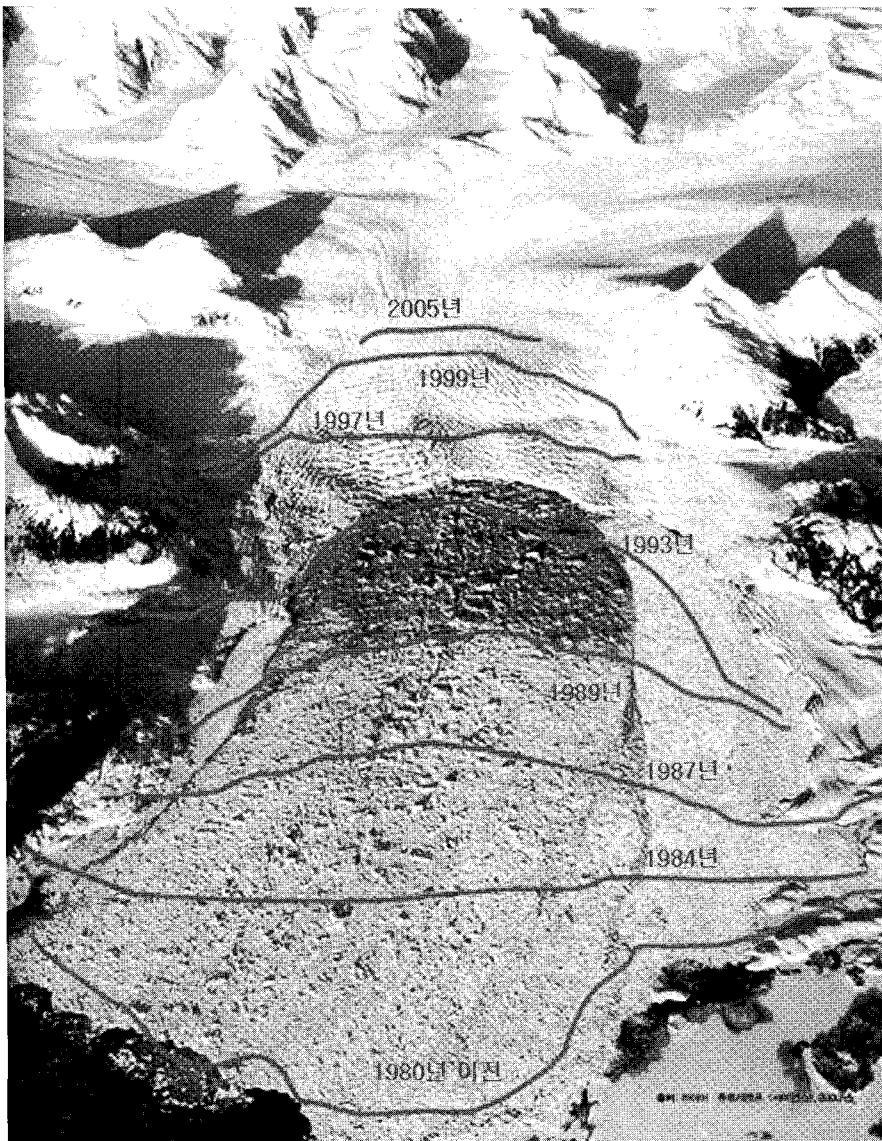


그림 3. 알래스카 컬럼비아 빙하가 녹아서 해안선이 후퇴한 모습 (출처 : 불편한 진실; 엘 고어, 2006)

는 태양에너지의 대부분을 흡수하게 된다. 이러한 반사율 차이 때문에 바다의 수온이 높아지게 되어 바다에 닿아 있는 얼음은 더 빨리 녹기 시작한다. 이러한 현상을 ‘양의 피드백’이라 하며, 미국의 부통령을 지낸 엘 고어는 그의 저서 ‘불편한 진실’에서 이러한 현상이 북극에서 현재 벌어지고 있다고 주장하고 있다.

일단 기후변화가 한번 시작되면, 일반적으로 그 끝을 쉽게 예측할 수 없다. 북극에서 만년설이 녹음으로 인하여 해수면이 상승하여 저지대의 도시는 수장될 것이다. 또한 해수 온도가 상승하여 보다 강력한 태풍이 빈번히 발생하게 되고, 역설적이지만 강수의 지역별 편중으로 인하여 일부지역은 심각한 가뭄을 겪을 것이다.

둘째, 온실효과를 일으키는 대기중 CO₂ 농도가 급세기 들어 급격히 증가하고 있다는 사실이다. 다음 그림을 살펴보면 대기중 CO₂ 농도의 변화 양상이 온도의 변화 양상과 정확히 일치하고 있다는 사실이 흥미롭다. 물론 두 곡선의 상관관계를 정밀하게 밝히는 것은 매우 복잡할 수도 있지만, 대기중 CO₂ 농도가 올라가면 온도도 상승한다는 사실에 주목할 필요가 있다.

금세기에 들어와서 CO₂의 농도가 예전에 비해 기하급수적으로 증가하고 있고, 특히 2005년의 CO₂ 농도(378ppm)는 지난 42만년 동안의 어느 시점보다도 더 높다. 만약 언급한 바와 같이 대기중 CO₂ 농도가 온도와 선형적인 관계가 성립한다면, 인류는 이전에 전혀 경험해 보지 못한 새로운 기후를 경험하게 될 것이다. 즉 점점 더워지는 지구온난화라는 기후변화가 지구에서 발생할 것이다. 갑작스러운 기후변동이 생기면 생물종이 선택할 수 있는 것은 더 적절한 환경을 제공하는 지역으로 이동하거나 또는 변화된 새로운 환경에 적응하여야 할 것이다. 만약 한계를 초과한 기후변화가 엄습하게 되면, 6500만년전 공룡이 그랬던 것처럼 인류도 멸종할 수밖에 없을 것이다.

셋째로 지구상에서 사막의 면적이 지속적으로 증가하고 있다는 사실이다.

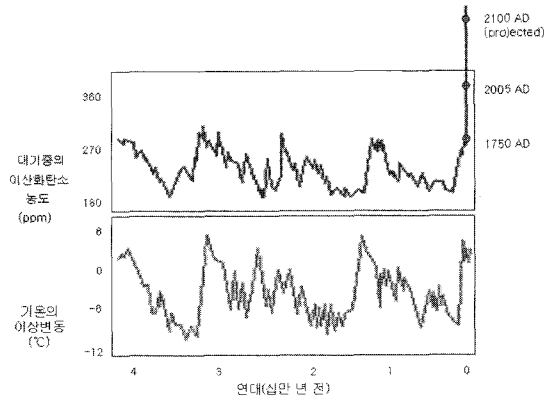


그림 4. 남극대륙의 보스토크 빙핵에서 이산화탄소 농도와 온도 변화 (출처 : 지구재앙 보고서, 콜버트)

지구온난화가 진행됨에 따라 강우는 계절라성 집중호우 형태로 발생하게 되므로, 많은 비가 단시간에 내리고 나머지 기간은 더운 날씨를 유지하게 된다. 또한 증발산량은 기온 1°C 상승하면 4% 정도 증가하게 된다. 따라서 지구온난화로 강수량이 증가하여도 강우의 시간적 불균형과 증발산량의 증가로 일부 지역에서는 인간이 실제로 사용가능한 유효강우량이 오히려 감소한다.

지난 100년간 지구의 평균온도는 약 0.76°C 상승하였고, 만약 온실기체 농도가 현재보다 2배 증가할 경우 강수량은 약 10% 정도 증가할 것으로 예측되고 있다. 따라서 지구온난화에 의한 강수량과 증발산이 변함에 따라 적도부근과 고위도(60도) 지역에서는 지금보다 습윤해질 것이고, 아열대에서 중위도에 걸치는 지역에서는 오히려 건조해 질 것으로 예측하고 있다(지구온난화, 박헌렬). 이를 경우 현재 중국과 미국의 곡창지대는 서서히 반건조지대로 변할 것이므로 세계의 식량생산 구조에 있어 심각한 문제가 발생할 수 있을 것이다.

연평균 강수량이 250mm 이하인 사막지역은 육지의 1/10을 차지하고 있고, 남·북위도 15~30도 부근에 주로 위치하고 있다. 사막부근의 반건조지역에서 인간이 생활을 영위하기 위하여 가축을 방목하고 생활용수를 이용하고 있기 때문에 물이 부족하게 되고,

표 1. 전세계 연간 평균 사막화되는 넓이(출처 : 불편한 진실, 엘 고어)

연도	1970년대	1980년대	1990년대
사막화 넓이(km ²)	1,622	2,184	3,572

또한 지구온난화에 의하여 강수량이 줄어들 경우, 사막화가 진행될 것이다.

기후모델에 의한 예측결과를 살펴보면 대기중 CO₂ 농도가 증가하면, 고위도에서 온난화가 더 심하게 발생한다. 따라서 고위도와 저위도 지역간의 공기이동을 일으키는 원동력인 기온차가 줄어들게 되면, 대륙 중앙으로 수증기를 운반하는 대기순환이 약해져 강수량이 줄어들게 되는 결과가 나타난다. 사하라 사막 등과 같이 남·북위도 15~30에 위치한 사막부근 지역과 대륙중앙에 위치한 중국의 타클라마칸 사막, 몽골의 고비사막 등을 둘러싼 반건조 지역에서는 강수량이 줄어들게 됨에 따라 사막화가 꾸준히 광범위하게 진행되고 있다.

또한 지구의 허파라고 불리는 브라질의 아마존 밀림이 무분별하게 파괴됨에 따라 브라질 북부지역에서 사막화의 진행이 지속적으로 이루어지고 있다는 사실도 주목할 필요가 있다. 다음 표는 전세계에서 매년 사막화하는 땅의 넓이를 표시하고 있는데, 최근들어 사막화하는 수치가 특히 높음을 알 수 있다.

4. 지구온난화에 대한 전망

지구온난화의 원인이 대기중 CO₂ 농도의 증가에 있다면, 인간이 넘지 말아야 할 CO₂ 농도에 대한 기준을 설정할 필요가 있다. 여기서는 기후학자들이 온실기체 증가에 따른 위험을 논할 때 사용되는 개념인 DAI(Dangerous Anthropogenic Interference)에 대하여 살펴보자(지구재앙 보고서). '위험한 인위적인 간섭'으로 번역되는 DAI는 어떤 특정한 재해를 지칭하지는 않는다. DAI는 생태계 전체를 파괴시키거나, 대량 멸종사태를 발생시키거나 또는 세계 식량 공급 체계를 위협시킬 만큼의 기후변화를 일으키는

요소라 할 수 있다. 예를들면 '빙상 한 개의 붕괴'가 DAI로 될 수 있다.

DAI로 대기중 CO₂의 농도를 설정하는 것에 대해 논란이 있을 수 있지만, 많은 연구자들이 대기중 CO₂ 농도 500ppm을 DAI로 설정하고 있다. 산업혁명 당시 대기중 CO₂ 농도가 약 280ppm이므로, DAI는 약 2배의 농도에 해당한다고 할 수 있다. 여기서 CO₂ 농도 500ppm이 가지는 의미는 과학적 타당성을 가지고 있는 수치가 아니라, 사회적 현실을 고려한 기준이라고 이해할 수 있다. 즉 CO₂ 농도가 500ppm이 되는 것은 기후변화가 되돌릴 수 없을 만큼 심각하게 발생할 것임을 의미한다.

만약 현재와 같이 온실기체 배출에 대하여 아무런 대책을 수립하지 않을 경우, 2050년에 CO₂ 농도가 500ppm 그리고 2100년에 750ppm으로 산업혁명 당시에 비해 3배가 될 것으로 예측하고 있다. 따라서 CO₂ 농도가 500ppm을 초과하지 않도록 하기 위해서는 신속하고도 즉각적인 조치를 취하는 것이 결국 지구온난화에 대한 대책이 될 것이다.

지구온난화를 방지하기 위하여 온실기체 배출규제, 삼림보호 등에 대하여 국제적인 공동대응이 필요하다. 대표적인 사례로는 1988년 11월 지구온난화 문제를 국제적으로 대처하기 위하여 '기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)'이 설립되었다. 2007년 IPCC가 발표한 4차 보고서에 의하면, 1970~2004년간(35년간) 온실가스 배출량은 70% 증가하였고 동기간에 CO₂ 배출량은 약 80% 증가하였다. 현재의 기후변화 완화를 위한 지속적인 노력에도 불구하고 전세계 온실기체 배출량은 당분간 계속해서 증가할 것으로 예측하고 있다. 그리고 지구온난화로 지난 100년간 지구평균온도가 0.76℃나 증가했는데 반해, 우리나라는 동기간에 1.5℃ 즉 세계평균 2배의 온도가 상승했

1000년 동안의 북반구 섭씨온도

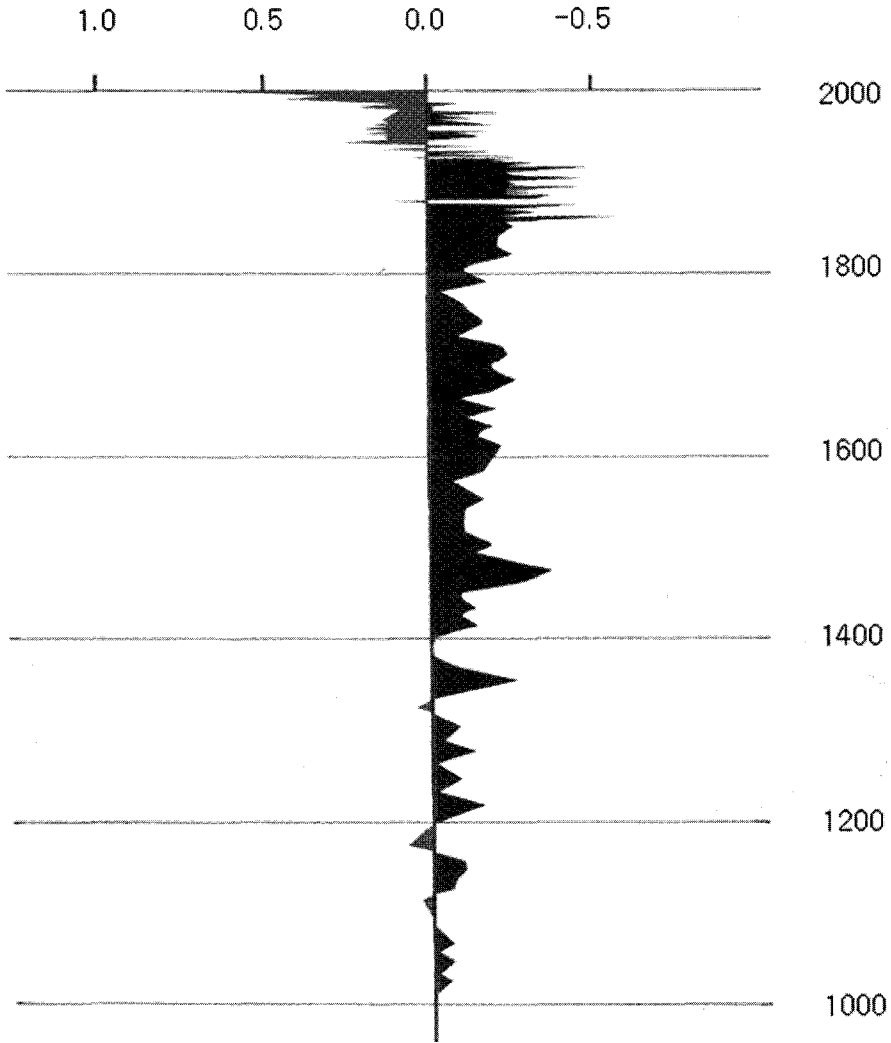


그림 5. 지난 천년동안 북반구에서의 온도변화(출처 : 불편한 진실, 고어)

다. 국제에너지기구(IEA) 통계에 따르면, 우리나라는 지난 15년간 CO₂ 배출량이 무려 105% 증가했다. 우리나라는 마치 기후변화에 의한 재앙을 맞이할 준비를 받고 있는 듯하다. 다음 그림은 지난 천년동안 북반구에서 온도변화를 나타낸 모식도인데, 그림의 맨 위부분이 현대에 해당하는데 최근들어 온도가 급

속히 증가하고 있음을 보여주고 있다.

한편 1997년 지구온난화 규제와 방지를 위한 국제 협약 즉 교토의정서(Kyoto Protocol)가 조인되고, 2005년 2월 16일 공식 발효되었다. 이에 의하면 선진국(38개국)은 1990년을 기준으로 2008~2012년까지 평균 5.2%의 온실기체를 감축해야 한다. 그러나

총량기준으로 세계 최대의 온실기체 배출국(전세계 온실기체 배출량의 1/4 차지)인 미국을 포함한 호주는 교토의정서를 거부하고 있다. 미국을 포함한 모든 국가가 교토의정서에 규정된 의무감축분을 이행하더라도 대기중 CO₂ 농도는 DAI(500ppm)를 향해 여전히 달려갈 것이다. 더구나 중국은 2025년경 미국을 제치고 세계 최대 CO₂ 배출국이 될 것으로 예상되고, 인도 역시 폭발적으로 CO₂ 배출량이 증가할 것이다. 전세계적인 입장에서 보면 지금 시점에 신속하고도 단호한 조치를 취하지 않을 경우, 지구온난화는 지속적으로 그리고 위협적으로 진행될 것이다.

5. 지구온난화에 대응하는 방안

지구온난화에 의한 홍수, 가뭄 등과 같은 재앙이 중국에서만 발생하는 현상이 아니고 전세계적으로 발생하고 있는 현상이다. 이상기후에 의한 게릴라성 집중호우, 돌발홍수, 극심한 가뭄, 보다 강력해진 열대성저기압(태풍 루사, 허리케인 카트리나 등), 국지적인 폭설 등이 발생했다는 사실을 언론은 최근들어 자주 보도하고 있다. 이러한 지구온난화를 방지하는 궁극적인 방법은 결국 온실효과를 일으키는 온실기체의 배출량을 줄이는 것이다. 그에 대한 모범답안은 명백하게 제시되어 있는데, 그것은 온실기체인 이산화탄소(CO₂)를 줄이는 방안을 찾는 것이다.

한편 지구온난화에 대한 회의론자들은 이렇게 주장할 수도 있을 것이다. ‘인정하고 싶지는 않지만, 지구온난화가 진행되고 있다고 가정하자. 그렇다고 우리가 무엇을 할 수 있겠는가? 지구온난화는 천천히 발생하기 때문에, 우리는 살아온 방식 그대로 살자.’ 그러나 미래 세대로부터 빌려서 살고 있는 지구를 최소한 더 악화시킨 상태로 돌려줄 수는 없다. 온실기체를 줄이기 위해서 국가는 힘겨운 노력을 해야 하

고, 개인적으로는 기존의 생활습관도 획기적으로 바꿀 필요가 있을 것이다.

IPCC 2007년 4차보고서에 의하면 1970~2004년 간 온실기체 배출량이 에너지 공급부문(145% 증가)에서 제일 많이 증가하였고, 다음으로는 수송(120%), 산업(65%), 토지이용(40%)부문이다. 따라서 국가와 개인이 온실기체 방출량을 줄이기 위해서 각 부문에서 해야 할 일을 설정하고 그것을 실천해야 할 필요가 있다. 예를들면 에너지 공급부문에 대하여 국가는 온실기체를 적게 발생시키는 에너지생산 방식을 개발하는 것이고, 개인은 에너지를 적게 사용하는 생활습관으로 바꾸는 것이다. 이러한 방법으로 각 부문별로 온실기체를 줄일 수 있는 구체적인 사항들을 사회적 합의과정을 거쳐 설정하여 실천하여야 할 것이다.

마지막은 2007년 노벨평화상을 수상한 엘 고어의 말로 대신하고자 한다. 지구온난화를 사실로 받아들이고 나면, 우리는 지금까지의 생활방식을 모두 바꿔야 한다. 지구온난화는 그런 점에서 ‘불편’하다. 하지만 이제는 더 이상 외면해서는 안되는 ‘진실’이다. 21세기는 인류에게 그야말로 마지막 남은 ‘재생의 세기’이며, 우리는 스스로를 바꾸어 가야만 이 비상사태를 극복할 수 있다.

참고문헌

- 엘리자베스 콜버트(2006), 지구재앙 보고서, 여름언덕 박현렬(2003), 지구온난화, 우웅출판사
비외른 롬보르(2003), 회의적 환경주의자, 에코리브르 레이첼 카슨(2002), 자연 그 경이로움에 대하여,
디르크 막사이너, 미하일 미에르쉬(2006), 오해와 오류의 환경신화, 랜덤하우스중앙
엘 고어(2006), 불편한 진실, 좋은생각
IPCC 4차 보고서(2007) 🍁