

地球는 더워지고 있는가?

申盛義 / 조선대학교 공과대학 教授(工博)

지구가 더워지고 있다. 지구표면에 사막이 넓어지고 해수면이 올라가고 있다는 얘기가 지난 10여년간 계속해서 학자들간에 거론되고 있다. 어떤 학자는 지구가 더워지지 않을 것이라고 하는가 하면 대부분의 학자들은 지구가 더워질 것이라고 한다. 이와 같이 다른 이야기들을 하고 있기 때문에 이 문제를 심각하게 받아들이는 사람은 거의 없다.

지구표면은 대기라고 하는 보이지 않는 기상입자들로 둘러싸여 있다. 이들 기상입자들의 주성분은 질소, 산소, 알곤 및 이산화탄소와 수증기 등을 포함한다. 최근에 이르러 이 기체입자의 벽이 조밀해지고 있다.

19세기에는 대기중의 기체입자 농도를 측정할 직접적인 방법은 없었지만 나무의 나이테에서 떼어낸 목질이나 남극의 빙하에서 파낸 얼음의 중심부에 박혀있는 기포의 분석 등의 간접적인 방법에 의하면 약 1850년경 이전의 이산화탄소의 공기중의 농도는 약 280 ppm이었음을 알 수 있다.

이러한 측정치는 지난 여러번의 間氷期때의 이산화탄소 농도에 대한 측정치와 일치하고 있음을 알 수 있다.

여러가지 지질학적 천문학적 기록을 살펴보면 2~3백년 전까지 이산화탄소의 농도는 서서히 그러나 꾸준히 떨어졌다. 그리고 지구는 규칙적인 빙하기를 겪어왔다. 그 한 형태는 대략 10

만년에 걸친 빙하기 다음에 間氷期라는 약 1만년 정도의 짧은 기간동안에 따뜻한 시기가 있을 후 다시 빙하기가 도래하는 식이다. 빙하기동안 바다가 더 차거울 때 바다는 이산화탄소를 보다 많이 흡수하고 따뜻할 때는 이산화탄소를 방출한다. 다시 말하면 바다는 대기의 완충작용을 하는데 크게 기여하고 있다. 또 이러한 Feed Back은 빙하주기에 상당한 영향을 끼치는 것으로 보인다.

이러한 리듬은 지구가 어느 정도 태양 주위의 궤도를 따라 회전함에 있어 그 방향이 규칙적으로 변한다는 사실로 설명하고 있다. 이유야 어찌됐던 적어도 지난 1백만년 동안에 대기중의 이산화탄소 농도는 빙하기의 200 ppm으로부터 간빙기의 280 ppm 정도로 소폭적으로 변화되어 왔다.

이산화탄소의 농도를 직접적으로 측정할 수 있었던 최초의 것은 20세기 초기에 이루어졌는데 그때의 농도는 300 ppm(0.03%)이었다. 규칙적인 정밀측정은 1958년 하와이의 마우라 로아山頂의 관측소에서 시작되었으며, 이때의 농도는 316 ppm이었다. 올해의 농도는 350 ppm에 육박하고 있다. 이와 같은 값은 19세기 중엽이래 인류의 활동으로 말미암아 대기의 이산화탄소 농도가 25%나 증가한 셈이다.

이러한 이산화탄소 함량의 변화는 화산폭발, 공장이나 발전소에서 화석연료를 태거나 자동차문

앞으로 지구는 30~40년 안에 적어도 과거 10만년 동안의 기온보다는 더워진다는 것이다.

화의 극대화, 열대지방의 雨林을 파괴하거나 산성비 등에 의한 수목의 고사 등에 기인한다. 이러한 행동은 연료 혹은 나무나 부식토로부터 나오는 탄소가 공기중의 산소와 결합하여 대기중으로 이산화탄소를 내뿜게 되기 때문이다.

Wilson 과 Woodwell 이 제시한 1978 년의 연구자료에 의하면 전세계적으로 화석연료로 유리된 이산화탄소는 현재 $5 \times 10^{15} g/year$ 에 달하고, 산림벌채에 의해 유리된 양은 $6 \times 10^{15} g/year$ 이며, 토양 부식물의 분해에 의한 양은 $2 \times 10^{15} g/year$ 에 이르는 것으로 추정하였다. 따라서 농경지 확대와 산림벌채에 의한 이산화탄소의 배출량은 화석연료의 연소에 의한 양과 같거나 오히려 더 많다. 하지만 여러 학자들에 의해 제시된 자료가 일치하지 않는데 문제가 있으며 전세계 탄소수지를 둘러싼 불확실성은 여전히 존재한다.

우주속에서 지구가 가지는 중요한 에너지원은 태양복사 에너지이다. 태양복사에너지는 전자기파로서 파장역이 $0.1 \sim 4 \mu$ 이며 이는 대기에 입사할 때 구름과 지표면의 반사로 약 30%가 되돌아 가고 대기에 의하여 약 19%가 흡수되며 약 51%가 지면에 흡수된다. 지표면은 이와같이 태양복사에너지지를 흡수하는 한편 그 자체도 복사에 의하여 에너지를 공간으로 내보내고 있다. 이를 지구복사라고 하며 온도가 낮아 $3 \sim 80 \mu$ 부문의 적외선을 방출한다. 대기중의 이산화탄소와 H_2O 는 적외선 부분의 장파장만을 선택흡수하여 지구복사에너지가 공간 밖으로 나가는 것을 막아 주는 역할을 하므로써 대기의 온도를 보호하고 유

지하는 역할을 한다.

오늘날 지표면의 평균기온은 $15^\circ C$ 정도인데 이 기온과 공기가 없을 경우의 온도인 $-23^\circ C$ 와의 차이는 전적으로 온실효과로 설명할 수 있다. 따라서 지구는 대기권에 대기가 없을 때보다 약 $38^\circ C$ 가 더 높은 셈이다. 이것은 마치 온실의 유리가 태양복사에너지를 투과시켜 들어오게 하고 온실내에서 방출되는 장파복사는 통과치 못하게 하므로써 온실내의 온도를 높이는 현상과 같으므로 이를 온실효과(Green house effect) 또는 대기효과(Atmospheric effect) 라고 한다. 따라서 대기중의 이산화탄소와 H_2O 의 농도의 변화는 대기의 온도변화를 의미한다.

지금까지의 연구자료를 살펴보면 1850년 이래 地表面의 온도가 $0.5^\circ C$ 정도 올라갔다. 그리고 이와같은 온실효과의 이론으로 지표면의 온도는 화석연료의 과다사용, 대기오염물질 급증, 대기권의 막 형성, 지구표면 복사열의 대기권 밖으로 방출차단의 기구를 통하여 앞으로 30~40년 이내에 $1.5 \sim 4.5^\circ C$ 가 상승하면서 엄청난 재난을 초래할 것이라고 경고하고 있다.

이는 이 지구가 앞으로 30~40년 안에 적어도 과거 10만년 동안의 기온 보다는 더 더워질 것이라는 것이다. 그리고 21세기 초에는 대기중의 이산화탄소농도가 지구에서 적어도 과거 백만년동안 미치지 않았던 수준까지 증가할 것이라고 컴퓨터모델 연구가들은 말하고 있다. 이것이 농업이나 기타 날씨 등에 어떤 영향을 끼칠지는 또한 예상하기 어렵다.

온실효과가 인위적인 것이라면 이를 줄이기 위한 인간의 노력 또한 크게 요청된다 하겠다.

현재 대기중의 이산화탄소농도는 가장 최근 즉 약 10 만년 전에 시작된 빙하기 이후 나타난 그 어떤 농도보다도 더 진한 것으로 추정된다. 일단 농도가 400ppm을 넘어서면 대기는 지난 100 만년이 훨씬 넘은 기간동안에 처해본 적이 없는 상태로 될 것이며, 이와같은 농도는 금후 50년 안에 도달할 가능성이 많다. 이러한 일이 일어나려면 두가지의 조건이 있어야 한다. 첫째는 인류가 이산화탄소의 생성에 필요한 충분한 화석연료의 생산 소비이며 둘째, 생성된 이산화탄소가 바다속에 용해되거나 어디론가 사라지지 않고 대기중에 머물러 있어야 한다. 그런데 이와같은 조건은 석유, 석탄을 포함한 부존 화석연료의 충분한 양이 존재하며, 기온상승에 따른 이산화탄소용해도의 감소와 우림의 파괴, 산성비에 따른 녹지의 감소 등으로 쉽게 충족될 수 있는 것으로 보인다.

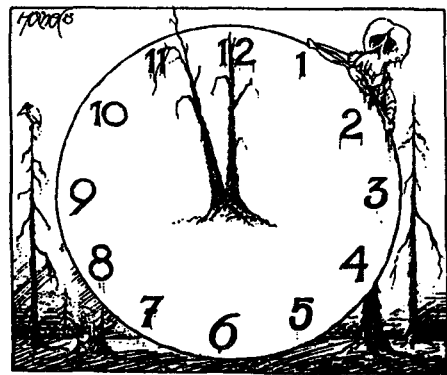
East Anglia 대학 기후조사반의 한탐이 행한 일련의 분석에 의하면 1850년 이래 장기간에 걸친 기온의 상승과 하강이 여러번 있어 왔음을 알 수 있다. 그 근본 방향은 상승세를 그리고 있다. 기록상의 제일 더웠던 아홉해중 다섯해가 1978년 이후에 있었으며, 1980년, 1981년 그리고 1983년이 기록이후 제일 더웠던 해로 나타나고 있다. 따라서 지표면의 대기의 온도는 지극히 느린 속도지만 증가하고 있는 것으로 생각된다.

인간이 지구상에 나타난 후 3백여만년이 지나는데 동안 세계의 기후가 빈번하게 그리고 폭넓게 변되었다는 사실은 주지의 사실이다. 이때 변 규모는 인간에 의한 간섭과는 전적으로 무

관하다. 기후는 현재까지 변화해 왔으며 또한 현재에도 변하고 있다. 이는 다양하게 구분할 수 있는 시간 간격에 여러가지 상이한 자연적 요인들이 광범위하게 작용하여 왔음을 생각할 수 있다.

그럼에도 불구하고 인구가 증가하고 산업기술수준이 향상됨에 따라 지난 세가 이래 나타난 세계 기후의 변화에 있어서 인간이 중요한 변화요인인 것은 분명하나 관찰된 변화가 과연 자연의 힘보다 인간의 영향에 의한 것인지를 확인하는 것은 아직도 난제로 남아 있지만, 만약 인간을 하나의 요인으로 간주할 수 있다면 이것은 특히 대기의 구성과 육지의 반사능에 미치는 인간의 무의식적인 영향이라 생각된다. 그리고 온실의 효과가 인위적인 행위에 의한 것이라면 이를 줄이기 위한 인간의 노력 또한 크게 요청된다 하겠다.

*



■ 산성비의 위험성을 풍자한 그림 (스웨덴)