

◀ 지구온난화로 빙산이 녹아 내리면 해면이 상승한다.

첨단과학기술현장

지구 온난화문제를 둘러싼 시비

1997년 12월 1일부터 일본 교토에서 열린 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약 제3차 당사국회의에서는 160여개국이 참가하여 2000년 이후의 온실가스 감축규모를 둘러싸고 치열한 논쟁을 벌였다. 각국의 이해가 엇갈린 가운데 우여곡절 끝에 12월11일 마침내 38개국이 6개 온실가스의 2008~2012년간 평균배출량을 1990년수준의 5.2%로 감축하기로 결정했다. 한편 선진국들은 당초 개도국들에게도 감축의무에 자발적으로 동참할 것을 요구했으나 개도국들의 강력한 반발에 부딪쳐 이 문제는 의정서에서 삭감되었다. 우리나라의 경우 일단 의무감축대상에서 벗어났다고는 하지만 1998년 11월 아르헨티나에서 열리는 제4차 총회에서 경제협력개발기구(OECD)회원국을 중심으로 의무감축대상국이 조정될 것으로 미루어 대책마련을 서둘러야 할 것으로 보고 있다. 이번이 채택된 의정서는 법적구속력을 갖는다고 하지만 앞으로도 지구온난화문제에 대한 부유국과 개도국간의 의견차이는 쉽게 좁혀지지 않을 것 같다. 이 문제를 둘러싼 이견의 배경은 무엇이며 부유국과 개도국이 모두 함께 합의할 수 있는 길은 없을까?

玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>

엇갈리는 견해

지구온난화문제에 가장 적극적인 관심을 보이고 있는 것은 특히 저지대의 국토를 가진 유럽국가들이다. 이들은 1988년 세계기상기구와 유엔

환경계획이 설립한 '기상변화에 관한 정부간 패널'(IPCC)의 1995년 보고에 따라 이런 추세로 온난화가 진행될 때 21세기에는 국토의 상당부분이 바다로 덮여 파국적인 결과를 가져올 것이라고 걱정하고 있다. 그런데 이

보고에서 IPCC는 이런 추세로 나간다면 2100년에는 지구표면 온도가 하씨 2~6도만큼 상승하여 해수면은 6~38인치(15.24~96.52cm)나 올라가고 가혹한 기상변화로 연안도시를 포함한 해안지대는 막대한 피해를 입

게 되며 일부지방은 극심한 가뭄으로 사막으로 바뀌는가 하면 삼림은 죽어 간다고 예측하고 있다. 그러나 일부에서는 지구온난화의 주범이 과연 이산화탄소이며 또 지구온난화의 미래를 예측한 모델이 '과연 믿을만한 것인가' 라는 의문을 들고 나와 관심을 모으고 있다. 예컨대 1997년 10월 13일 엑스사회장 리 R. 레이먼드는 베이징에서 열린 제15차 세계석유회의에서 첫째, 세계는 더워지고 있지 않으며 둘째, 설사 온난화가 진행되고 있다고 해도 석유와 가스가 그 원인은 아니며 셋째, 미래에 기온이 상승한다고 예측할 수 있는 사람은 아무도 없다고 주장하고 나섰다. 레이먼드는 그의 연설에서 인공위성측정 장치는 1970년대 이래 온난화추세가 없다는 것을 보여주고 있고 실상은 오늘날의 지구는 20년 전보다 오히려 냉각되고 있다고 말했다.

오늘날 지구온난화문제에 대한 의견은 대체로 세가지로 나눌 수 있다. 일부 비관주의자들은 지구온난문제에 적절한 조치를 취하지 않는다면 IPCC가 예측한대로 최악의 사태를 맞을 수 있다고 경고하고 있는가 하면 지구온난추세를 바로 잡기 위해 막대한 비용을 들인다면 오히려 더 큰 화를 입게 될지 모른다는 비관주의자들도 있다. 이에 대해 낙관주의

자들은 지구온난화라는 것은 하나의 환상이며 내버려 두어도 아무 일도 일어나지 않는다고 주장하고 있다.

꼬리무는 의문

온난화현상은 어떻게 발생하는 것일까? 이산화탄소는 대기권에 열을 가둬두는 일을 돕는 역할을 하기 때문에 대기 속으로 더 많은 이산화탄소가 배출되면 지구를 더욱 더 데워주어 결과적으로 앞서의 첫번째 비관주의자들이 걱정하는 것과 같은 사태를 빚어낸다. 그런데 이산화탄소는 석탄, 석유, 천연가스 등 연료를 태울 때 생기는 불가피한 산물이어서 그 발생량을 줄이면 산업에 심각한 영향을 미친다. 부유한 국가의 국민들은 에너지를 적게 사용하기 위해 안락한 생활양식을 바꿀 수도 있겠으나 부유국가를 지향하는 나라의 국민들은 안락을 추구하는 열망이 좌절되거나 적어도 목표를 늦출 수 밖에 없다. 따라서 이들은 지구온난화의 위협이 정확하게 얼마나 진실성이 있고 어떤 종류의 기상변화를 가져오며 이런 변화가 얼마나 빨리 다가올 수 있고 실제로 일어날까 나쁜 결과를 가장 비용을 덜 들이고 대응할 수 있는 방법은 무엇인가 묻게 된다. 온실효과 이야기의 뿌리는 1820년대까지 거슬러 올라간다. 프랑스 물리학자 J.

푸리에(1768~1830년)는 1827년 지구의 대기권은 마치 식물을 키우는 온실의 유리같은 역할을 한다는 이론을 내세웠다. 그의 주장은 옳았다. 대기권의 여러 가스(주로 수증기와 이산화탄소)는 온실효과에 한 몫을 거두고

있다. 이런 가스는 태양에서 발산되는 가시광선과 근적외선에 대해 투명하지만 태양광선으로 데워졌을 때 지구표면으로부터 반사되는 낮은 주파의 원자외선을 흡수한다. 만약 이런 가스가 없다면 지구온도는 현재보다 섭씨 30도나 떨어져 생명이 생존하기 어렵게 된다.

그런데 화석연료를 널리 사용하게 되면서 대기권의 이산화탄소의 양은 지난 1세기 남짓한 동안 크게 늘어나고 있다. 또 인간활동에 따라 메탄, 이산화질소 그리고 염소를 내포한 많은 화합물 등 다른 온실가스를 대기권 속으로 방출하고 있다. 이런 가스 중의 일부는 양은 적지만 온난효과를 유도하는 효과는 이산화탄소보다 훨씬 강력하다. 아무튼 인공으로 방사되는 가스는 모든 온실가스중 4%에 못 미친다.

그러나 이 4%가 지난 백년간 지구의 평균온도를 섭씨 0.3도에서 섭씨 0.6도 끌어올린 것으로 보고 있다. 또 기상문제는 작은 변화가 때로는 중대한 결과를 가져올 수 있다. 예컨대 빙하시대중 유럽과 북미대륙을 휩쓴 빙하들은 11만5천년 전 여름의 평균온도가 섭씨 약 2도 떨어져서 생긴 것이다. 그래서 OECD의 부유한 국가들과 러시아 및 동유럽국가들의 대표들은 1992년 리오데자네이로의 지구정상회의에서 인공가스가 만드는 온실효과의 위협을 줄이기 위해 온실가스 배출량을 1990년 수준으로 고정시키자는데 합의했다. 그러나 영국 등 몇나라를 제외하고 이런 합의를 지키지 않았다. 1995년 베를린회의에서 이들은 장차 구속력을 가진 협정을 만들기로 합의했으며 이런 목적을 위해 1997년 12월 1일부터 교토회의



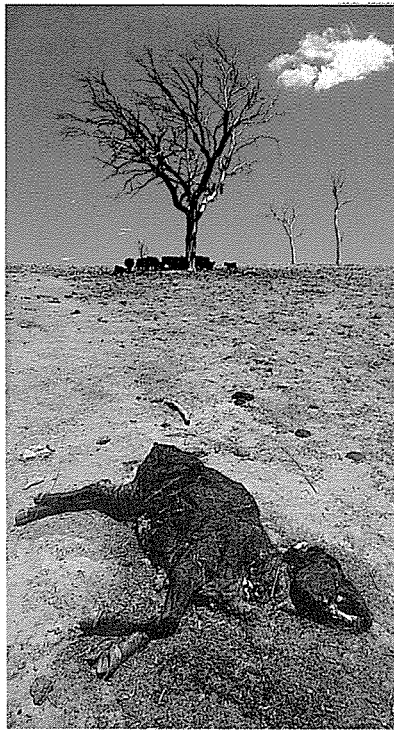
▲ 화석연료의 대량소비는 대기권의 온실가스 증가의 주요 원인으로 알려졌다.

가 열린 것이다.

기상이변도 '사災'

교도회의의 대표들은 과학문헌을 검토하여 결론을 내리고 정책선택을 제시하는 일을 위임받은 IPCC가 내놓은 3개의 평가보고서를 근거로 협상을 진행했다. 이 평가보고는 지난 세기중 지구온도의 상승은 그 이전보다 기온의 변화가 더욱 빨랐기 때문에 그 원인을 '전적으로 자연현상으로 보기 어렵다'고 주장하고 있다. IPCC는 또 대기권의 이산화탄소량이 산업혁명 이전보다 2배나 상승(현재는 약 30% 상승)했다면 그 결과는 2100년에 벌써 1~3.5도의 기온상승을 가져올 것으로 추정하고 있다. IPCC에 따르면 이런 증가는 매우 극적인 효과를 가져올 것이며 남극과 그린랜드의 빙관(氷冠: 극지나 산꼭대기를 덮은 빙설)이 녹지 않아도 세계의 연안지대는 물로 덮일 가능성이 있다는 것이다. 그 이유는 대양의 해수가 데워져 팽창하면 해수면은 15~95mm나 상승하기 때문이다. 뿐만 아니라 기온이 높아지면 어떤 지방에는 더 많은 한발이 엄습하고 어떤 지방은 홍수가 잦아질 수 있다. 지구의 생태계도 큰 타격을 받는다. IPCC에 따르면 세계 삼림의 3분의 1은 종(種)의 구성에서 대대적인 변화를 겪게 된다.

그러나 IPCC의 보고가 결코 '기상 연구의 결정판'은 못된다. IPCC에 참여하고 있는 2천여명의 과학자중에도 이런 사실에 동의하는 사람들이 있다. IPCC도 '미래의 기상변화를 전망하고 탐지하려는 우리의 능력에 제한을 가하는 많은 불확실성과 요소들이 있다'는 사실을 시인하고 있다.



▲ 온실가스의 증가로 격심한 기상변화가 흑심한 가뭄과 홍수를 몰고 온다.

모델의 신뢰성

먼저 IPCC가 분석하는데 근거를 둔 모델은 적지 않은 논쟁거리가 되고 있다. 지구온난과 그 결과에 관한 저서 「지구온난: 완전한 요약」을 쓴 존 휴턴은 기상모델이 “인간활동 때문에 생기는 미래의 기상변화를 예측하는데 가장 효과적인 틀(연장)”이라고 주장하고 있기는 하지만 아직도 정확성을 가지고 과거를 '추측'할 수 있는 모델은 하나도 없는 실정이다. 대부분의 모델은 기온의 상승이 실제로 발생한 것보다 약 2배나 많게 예측한 것으로 추정하고 있다. 그래서 이런 모델의 미래예측은 바로잡을 필요가 있다는 주장이다. 실상 현재를 정확하게 예측할 수 있는 모델을 만든 것은 바로 1996년이였다. 미국 콜로라도주 불더시 소재 미 국립대기연구센터에서 만든 이 모델은 IPCC가

예측한 것보다 지구의 온도는 보다 점진적이며 느슨하게 상승할 것으로 내다보는 한편 기상변화에서 인간의 영향이 IPCC가 생각하는 것보다 적을 것으로 추정하고 있다.

이보다 앞서 매서추세츠공대(MIT) 기상학교수이며 미 과학아카데미회원인 리차드 린드젠은 종래의 컴퓨터모델이 대기권의 자재능력을 고려에 넣지 않아 중대한 결함을 지녔다고 주장했다. 그는 대기권이 스스로 역효용능력(네거티브 피드백)을 갖고 있어 온실가스가 빚어내는 온난효과에 반응하여 자동온도조절을 한다는 것이다. 그런데 종전의 모델은 예컨대 더위로 더 많은 수분이 증발되어 대기권으로 올라가서 온실가스 역할을 하면서 열을 가뭄 두기 때문에 기온은 더욱 더 올라간다고 가정하고 있으나 이산화탄소가 늘어나서 대기권을 데우려고 할 때 이보다 더 많은 건조한 공기가 상층 대류권으로 올라가면서 대기권 상층의 열을 가뭄 두 수분은 줄어들고 많은 열이 우주공간으로 방사된다는 것이다.

린드젠은 날씨가 더우면 더욱수록 대기권의 온도는 더욱 떨어진다고 주장하면서 배출되는 이산화탄소 중에서 지구온난에 실질적으로 작용하는 것은 그 8분의 1에서 14분의 1에 지나지 않을 것으로 미루어 21세기의 온도상승은 섭씨로 따져 10분의 2~3도를 넘지 않을 것으로 보았다. 아무튼 보다 정확한 모델을 만드는 일은 쉬운 일이 아니다. 오늘날 세계에서 가장 성능이 뛰어난 슈퍼컴퓨터를 가지고도 기상형성에 관련된 모든 변수를 다룰 수 없다.

다른 하나의 걸림돌은 햇빛, 구름, 바다, 에어로졸(대기 속에 떠돌아 다

니는 인공의 여러 가지의 미립자) 그리고 생물들이 기상에 미치는 정확한 영향에 대해 합의된 것은 아직 아무 것도 없다는 것이다. 이런 저런 요소에 관한 가정이 바뀔 때 그 결과도 바뀌지 않을 수 없게 된다.

예컨대 에어로졸의 냉각효과와 생물 및 비생물계를 둘러싼 탄소주기에 관하여 더 많은 사실을 알게 되면서 21세기의 해수면 상승과 온난도는 1990~1995년 사이에 IPCC의 '최선의 추측' 보다 4분의 1 또는 3분의 1이나 줄어들었다.

불확실한 요소들

한편 남극의 역할도 혼란의 근원으로 등장하고 있다. 일부 연구자들은 남극의 주요 빙판이 녹지 않아도 남극의 로스바다의 빙봉(氷棚: 빙상의 가장자리가 바다로 떠밀려 떠 있는 것)은 녹을 수 있다고 생각하고 있다. 이것은 남극대륙을 둘러싼 해류에 예측할 수 없는 영향을 미칠 것이다. 일부 과학자들은 현재 너무 추워서 비나 눈이 내리지 않는 지역에서도 날씨가 따뜻해지면 비가 내릴 수 있기 때문에 이 빙봉은 더욱 더 커진다는 반대의견을 제시하고 있다. 심지어는 이 빙봉이 온도의 상승에 민감하지 않기 때문에 주변에서 어떤 일이 벌어지든 상관이 없다고 주장하는 사람들도 있다. 이밖에도 태양 표면에서 11년의 주기를 두고 많은 태양흑점들이 성쇠하는 것도 지구 표면의 온도변화와 연관이 있지만 그 이유는 아직도 알려지지 않았다.

이런 저런 불확실성은 지구온난론을 단순한 공포이야기나 또는 속임수로 몰고 가는 것은 아니지만 혼란을 만들어 내는 것만은 틀림없다. 문제

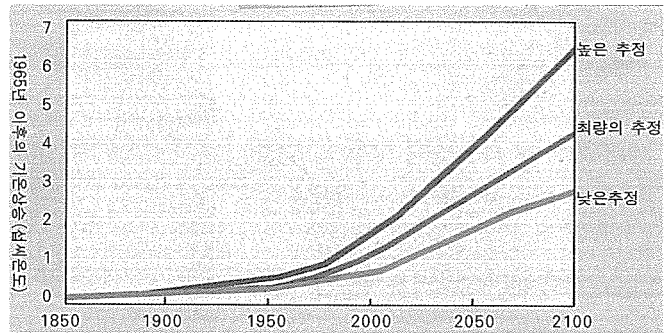
는 기상변화에는 오존층의 경우처럼 결정적인 증거가 없다는 것이다. 그렇다면 가능성은 있지만 입증되지 않는 이런 위협에 대해 어떻

게 대응해야 할까? 일부에서는 이에 대한 과학이 아직도 확실하지 않은 상태여서 최선의 방법은 아무 행동도 취하지 않는 것이라고 생각하고 있다. IPCC측도 이런 불확실성을 인정하고 있으나 그렇다고 해서 보고서가 내린 결론을 깎아 내리지는 못한다고 맞서고 있다.

'원-원' 정책

지구온난화를 둘러싸고 부유국과 개도국간의 의견대립은 경제적인 문제에서 비롯된다. 오늘날 화석연료에서 나오는 온실가스 배출량의 60%는 부유한 국가들이 차지하고 있는 것은 사실이지만 세계의 에너지 수요가 해마다 2% 정도 증가하고 있어 2010년에는 개도국들이 부유국들보다 더 많은 온실가스를 배출할 것으로 추정하고 있다. 그러나 개도국의 입장은 선진국이 개도국에 대해 설정하는 온실가스 제한목표는 받아들일 수 없다는 것이다. 이들에게 미래는 현재를 의미하며 오늘의 빈곤과 사회적 혼란은 백년 뒤에 세계가 조금 더 더워진다는 것보다 훨씬 절박한 문제라고 믿고 있다.

한편 에너지효율을 끌어올려 지구 온난을 줄일 수 있다는 주장들도 머



▲ IPCC가 작성한 기온상승예측 : 관측한 온실가스의 증가를 사용하여 계산한 1850~1990년의 지구평균기온상승의 시뮬레이션과 1990~2100년의 기온상승예측.

리를 들고 있다. 예컨대 1997년 초 2월 미국에서는 6명의 노벨수상자를 포함하여 2천6백여명의 경제학자들이 '총체적인 혜택이 총비용을 웃돌게 하여 온실가스 배출을 줄일 수 있는 정책이 있다'고 주장하면서 '건전한 경제분석의 결과 미국의 생활수준을 해치지 않아도 기상변화를 늦출 정책이 있으며 이런 조치는 장기적으로 미국의 생산성을 개선하게 될 것'이라는 결론을 얻었다고 선언했다. 이들의 주장은 미국이 이른바 '원-원' 정책의 선례를 갖고 있다는 것이다. 1973년의 아랍석유 금수조치와 1986년 사이에 미국의 총에너지 사용량은 증가하지 않았는데도 경제는 35%나 성장했었다. 한편 IPCC도 많은 돈이 들지않는 에너지 효율책으로 앞으로 10년에 걸쳐 지구의 에너지소비량을 30% 줄일 수 있다고 주장하고 있다.

그런데 지구온난화문제는 해결을 서두를 것 없다는 그럴싸한 주장을 내세우는 전문가들도 있어 관심을 모으고 있다. 이들은 지구온난이 상당기간은 견딜만한 정도라면 너무 일찍부터 대책을 서둘 필요가 없다는 것이다. 이들은 언제부터 대비조치를 개시하는 것이 가장 적절할 것인가 그 시기를 정하는 것은 오늘날보다

더 좋은 기상모델이 나와서 밝힐 일이라고 말하면서 어떤 정책이든지 무턱대고 이산화탄소의 양을 신속하게 줄이기 보다는 어떤 특정한 수준에서 안정시키는데 목적을 두어야 한다는 것이다. 이들은 시기를 늦게 잡으면 그만큼 비용이 덜 들게 되고 결과적으로 훨씬 효과적이라는 주장이다. 미국 스탠포드대학의 앨런 맨과 미국 전력연구소의 리차드 리첼은 이른바 '할인가치'라는 구상을 장차 기대할 수 있는 기술의 향상(예컨대 연료전지이나 메탄이 새어 나가지 않는 가스연료발전소 등)과 조합해 볼 때 오늘날 백달러를 써서 달성할 수 있는 온실가스 감소수준을 2020년에는 현재의 돈가치로 따져서 31달러의 비용으로 이룩할 수 있다는 생각이다.

바뀌 말해서 20년을 기다림으로써 같은 비용을 가지고 세계의 이산화탄소의 총 배출량에서 현재보다 3배나 더 많은 가스를 줄일 수 있다는 것이다. 스탠포드대학 에너지 모델링 포럼은 이산화탄소 배출량을 1990년 수준에서 20%를 줄이자는 OECD의 목표의 마감년도를 2010년에서 2050년으로 연장할 때 비용은 40%나 줄일 수 있다고 주장하고 있다.

대체에너지의 역할

오늘날까지 이산화탄소 배출을 둘러싼 논쟁에서 양측이 모두 받아들이고 있는 합의점은 각국 정부가 재생 가능한 에너지원에 더 많은 연구비를 지출해야 한다는 것이다. 온실효과에 대한 회의론자들도 대체에너지는 세계기상이 악화되는 경우 이것을 막을 수 있는 현명한 보장책이라고 인정하고 있다.

대체에너지연구는 장차 재생할 수

있는 에너지원의 비용을 줄이는데 도움이 될 것이다. OECD의 최신 자료에 따르면 재생가능한 에너지에 대한 연구지원액은 1993년의 7억8천4백만 달러에서 1995년에는 8억7천8백만 달러로 불어나 주로 부유국가들의 연구 투자는 늘어났으나 원자력발전 연구에 총에너지 연구예산의 반 이상인 연간 50억달러 이상을 사용하고 있다. 원자력발전은 온실가스를 발산하지 않지만 미국과 유럽에서는 더 많은 원자력발전소를 건설하는 것이 정치적으로 지구온난에 대한 그럴싸한 해결책이라고 믿는 사람은 많지 않다. 이곳 사람들은 옳고 그른건 제쳐 놓고 더운 기후보다 핵사고를 더 두려워하고 있다.

그런데 미국과 서구 정부들이 대체 에너지 개발을 위한 연구를 주저하는 이유중의 하나는 대체에너지의 개발로 결국 설자리를 잃게 될 것을 두려워하는 석탄, 석유 및 원자력산업계의 정치세력이 작용하기 때문이었다. 그러나 이런 추세도 서서히 바뀌기 시작했다. 1997년 5월 브리티시 페트럴럼사(BP) 회장 존 브라운은 기상변화에 대한 우려를 표명하면서 다른 석유 대기업들의 회장들과 다른 의견을 내세웠다. 그는 온실가스가 중대한 위협을 주고 있어 산하공장에서 발생하는 온실가스를 줄이기 위한 목표를 설정했다고 밝혔다. 이것은 마침내 일부나마 석유회사들이 지구온난논쟁을 계기로 새로운 길을 모색하기 시작했다는 징후이기도 하다. BP는 아직도 석유수입에 크게 의존하고 있으나 상당한 규모의 태양전지개발 사업도 하고 있고 다른 메이저 석유회사들처럼 많은 천연가스밭도 보유하고 있다.

온실가스의 거래

이번 교토의정서가 허용한 국가간의 온실가스배출권거래제도는 나라마다 배출할 수 있는 일정한 양의 온실가스 '예산'을 배당하고 그중의 일부 '예산'은 공개시장에서 사고팔 수 있는 제도다. 그래서 짠 비용으로 온실가스의 발생량을 줄일 수 있는 국가들은 할당된 '예산' 중의 일부를 팔 수 있고 배출량을 줄이는데 비용이 많이 든다고 생각한 국가는 다른 나라에게 배당된 배출가스의 '예산'을 살 수 있다.

이런 시스템에 대해 부유국가들이 매력을 갖는 이유중의 하나는 온실가스의 감축쿼터를 가난한 세계로부터 보다 싸게 사들일 수 있다는 것이다. 이런 시스템을 이용하면 부유국가들은 자국 내에서 온실가스의 발생량을 줄이기 보다는 가장 저렴한 방법으로 세계 어디서든지 감축쿼터를 사들여 실제로 배출량을 줄이는 것보다 비용을 70%나 절감할 수 있다고 알려졌다. 현재 1990년수준보다 30% 정도 배출량이 적은 러시아를 포함한 동구권국가들은 배출권거래제도로 혜택을 받을 수 있게 된다. 그러나 오염을 거래하는 시스템을 제정한다는 것은 정치적으로 매우 까다롭고 민감한 일이다. 또 어떤 국가든지 처음에 될 수 있는 한 가장 많은 '예산배당'을 요구할 것은 뻔하다. 이밖에도 할당된 '예산'보다 더 많이 오염시킨 국가에 대해서는 일종의 징벌을 포함하여 엄격한 규칙을 적용할 필요가 있다. 이런 걸림들만 해결된다면 온실가스삭감을 둘러싼 부유국과 빈곤국간의 이견을 좁히는 지름길을 제공할 것 같다. ①D