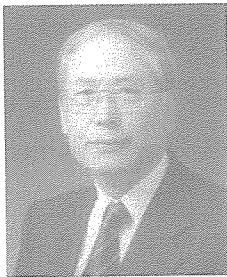


과학기술 발달의 업보

# 온실가스 배출 줄이기에 총력을

지난 30년간 산업화와 인구증가로 전 세계의 에너지 소비는 2배로 증가했으며 이러한 에너지 소비와 인간활동은 이산화탄소, 메탄 및 이산화질소와 같은 온실가스를 대기로 배출해 지구온난화에 따른 재앙을 예고하고 있다. 온실가스의 배출을 줄이고 혼용연료계통, 태양에너지 등 개발이 범세계적으로 이루어져야 하겠다.



尹 泰 勳  
(한양대 토목공학과 교수)

최근 일간지에 남태평양에 있는 작은 섬나라 투발루 군도가 해수면 상승에 따라 물에 잠기게 되어 주민이 뉴질랜드로 이주하고, 우리나라 동해안의 수면이 46mm, 남해안이 48mm 상승했다는 기사가 있었다. 이와 같은 해수면 상승을 과학발달에서 수반되는 부작용으로 생각하는 사람은 많지 않았을 것이다. 필요는 발명의 어머니라고 했듯이 필요에 따라 발명이 이루어지고 필요와 편리함을 위해서 많은 연구와 개발이 이루어진다. 더 밝게 하기 위해서 전구가 발명되고 먼 곳에 있는 사람과 통화를 위하여 전화기가

탄생했으며 달나라 가는 것 또한 가능해졌다. 1960년에 서울에서 기차로 강릉 가는데 14시간이 걸렸으나 지금은 승용차로 2시간30분이면 가능하다.

### 30년간 에너지소비 2배

과학기술의 발달은 전에는 불가능했던 것을 가능하게 하고 전에는 상상이 되지 않았던 것들이 이제는 현실로 나타나고 있다. 이와 같은 엄청난 변화와 발전은 다양하고 많은 인간활동을 필요로 한다. 이러한 인간활동은 에너지 소비와 많은 다양한 폐기물로 이어지고 에너지 소비는 많은 양의 가스발생을 수반한다. 우리는 과학기술의 발달에 따른 많은 혜택을 누리고 있으나 이로 인하여 발생하는 많은 어려운 문제들이 해결을 필요로 한다.

국제에너지위원회(IEA)에 의하면 지난 30년간 전 세계 에너지 소비는 2배로 증가했으며 이러한 에너지 소비와 인간활동은 이산화탄소, 메탄 및 이산화질소와 같은 온실가스를 대기로 배

출한다. 온실가스는 온실의 유리지붕과 벽과 같이 태양 복사에너지의 일부를 포착하여 열을 보유한다. 만약 이와 같은 온실효과가 없다면 기온은 지금보다 많이 낮아질 것이고 오늘날과 같은 인간생활이 불가능하게 될 것이다. 산업혁명 이후로 대기 중의 이산화탄소의 농도는 거의 30%, 메탄농도는 100%, 이산화질소 농도는 15% 증가했다. 이러한 증가는 대기의 열포착 능력을 높여왔다. 석탄, 기름 및 천연가스와 같은 화석연료의 연소는 이산화탄소 발생의 주원인이다. 식물의 호흡과 유기물의 분해는 인간활동에 의한 이산화탄소의 10배에 해당하는 양을 배출한다. 이러한 배출은 지상의 식물과 해양의 흡수로 산업혁명 이전까지는 이산화탄소의 배출과 흡수가 균형을 이루었다. 그러나 지난 수세기 동안 인간활동은 추가적인 이산화탄소의 배출을 가져왔다. 미국의 경우 자동차, 주택난방, 사업장 및 발전소와 같이 화석연료의 사용이 이산화탄소 배출의 98%, 메탄 배출의 24%, 이산화질소의 18%를 차지한다. 미국 환경청 자료에 의하면 이산화탄소는 지난 1백년 동안 4억m<sup>3</sup>에서 65억m<sup>3</sup>(1994년)으로 무려 16배 증가했다.

### 이산화탄소 1백년간 16배

지구의 온도는 태양 복사열, 복사열의 반사 및 대기가 열을 보유하는 정도에 따라 영향을 받는다. 지구에서 반사되는 태양 복사에너지의 일부는 대기를 통과하고 나머지 일부는 대기에 흡수되어 온실가스에 의하여 모든 방향으로 재방사된다. 재방사되는 에

〈표〉 10대 온실가스 배출국가

순위	국 명	지난 100년간 총배출량		1999년 배출량	
		배출량(백만t)	비율(%)	배출량(백만t)	1인당 배출량(t)
1	미국	77,320	30.3	1,520	5.6
2	유럽연합(EU)	56,280	22.1	915	2.4
3	러시아	22,721	8.9	400	2.7
4	독일	18,644	7.3	230	2.8
5	중국	17,786	7.0	669	0.5
6	영국	14,336	5.6	152	2.6
7	일본	9,360	3.7	307	2.4
8	프랑스	7,241	2.8	109	1.8
9	우크라이나	5,981	2.3	104	2.1
10	캐나다	5,831	2.3	151	4.9

자료 : www.wri.org

너지는 지구 표면과 대기 하부층의 기온을 상승시켜 소위 지구온난화를 야기한다. 그러나 앞으로 지구의 기온은 인간활동이 대기에 배출하는 온실가스에 좌우될 것이다. 많은 기후학자들은 인간활동에 의하여 대기로 배출된 이산화탄소와 다른 가스의 농도 증가가 '온실영향'으로 지구를 덥게 한다고 한다. 이러한 온도상승은 태양열을 우주로 반사하는 황산에어로졸의 냉각효과로 부분적으로 상쇄되나 이의 대기 중 수명이 짧다. 그러나 대기 중의 온실가스의 농도가 증가하면 문제가 발생한다.

미국 환경청에 의하면 1979년 이후 대기 CO<sub>2</sub>의 2배 증가는 지구표면 온도를 1.5~4.5℃ 상승시켰다. 지난 1백년 동안 가장 더운 9개년이 1980년 이후에 발생했으며 나무 나이테 분석에 의하면 지난 6백년 동안 최근(1980년 이후) 기온이 가장 높았다. 기후변화의 정부간위원회(IPCC)은 다음 세기에 CO<sub>2</sub>가 2~6배 증가할 것으로 예

측하고 또한 1990년 기준으로 지구기온이 다음 50년에 0.6~2.5℃, 2100년에는 1.4~5.8℃가 상승할 것으로 예측했으며 해수면은 2050년까지 15cm, 2100년에는 34cm가 상승할 것으로 예측했다. 지구온난화로 폭염과 가뭄기간이 더 심해질 것이다. 1998년 심한 홍수가 56개국에, 가뭄이 45개국에 발생하였다. 중국은 양자강 홍수로 38억달러의 피해가 발생하고 2천5백명이 사망했으며 5백60만명이 이주를 해야했다. 방글라데시에서는 국토의 2/3가 한달 이상 물에 잠기고 2천1백만명이 집을 잃었다.

지구온도 상승은 해수면 상승, 강수량과 다른 기후 조건을 변화시킨다. 지역적인 기후변화는 건강을 위협하고 조류, 어족, 생태계 피해를 가져온다. 사막은 기존 초지로 확장된다. 더운 지역에는 다수의 심한 질병이 발생할 수 있고 더운 기온은 물, 공기오염을 증가시켜 인간의 건강을 손상시킨다.

높은 기온은 지상의 오존농도를 증

가시킨다. 상부 대기층의 자연적인 오존층은 해로운 자외선이 지구에 도달하는 것을 막는다. 그러나 하부 대기층의 오존은 해로운 오염인자이다. 오존은 폐조직을 손상시키고 천식과 다른 폐질환을 가진 사람에 특히 문제를 안겨준다. 오존에 노출이 심하지 않더라도 폐울혈 등을 유발한다. 기온에 따른 사망통계는 동사보다 더위로 죽는 사람의 수가 2배 이상으로 보고됐다. 또한 지구온난화는 전염병 위험을 증가시키고 오염수역의 더운 기온은 조류 성장을 왕성하게 하는데 이는 콜레라의 빈발 가능성을 높인다.

기후변화는 증발량과 강우량을 증가시키는 것으로 예측된다. 증발이 강수량을 초과하는 지역에서는 토양이 건조하게 되고 저수지·호수 수면이 강하되고 하천 유량이 감소한다. 지구온난화는 특히 북극과 같은 높은 위도 지역에서 가장 예민하게 나타난다. 이 지역에서의 바다 얼음과 눈덮인 면적의 감소는 가장 높은 온도상승을 유발한다. 얼음과 눈의 감소는 지역의 온도상승으로 이어진다. 고위도 지역에서 나타난 기후변화를 들면 다음과 같다. 북극기온은 20세기 중 지난 4백년 동안 가장 높았다; 위성자료에 의하면 눈덮인 면적은 1960년 이후 10% 감소했다; 중간 및 고위도 지역의 강과 호수의 얼음 지속기간이 20세기에 2주 감소했다; 1950년 이후 북반구의 봄, 여름, 바다얼음이 10~15% 감소했다. 알래스카 기온은 평균 4F 높아졌다.

바다얼음은 극지 해양의 열, 습도, 염도의 교환을 조절하고 양생동물에

주요 서식지를 제공한다. 바다얼음의 손실은 해안어 해일과 침식에 취약하게 하고 바다동물의 서식지를 변경한다. 지구상의 얼음이 그 어느 때보다 더 많은 곳에서 더 높은 속도로 녹고 있다. 세계자연연구소(WRI)에 의하면 1990년대 가장 더웠던 기간으로 용빙이 가속됐다. 지구를 덮고 있는 얼음은 태양열의 상당부분을 우주로 반사시켜 지구를 냉각시키는 보호거울 역할을 한다. 얼음의 손실은 지구상의 기후에 영향을 줄 뿐 아니라 해수면을 상승시키고, 지역적인 홍수를 발생시키고 자산피해, 인간생명을 위협하게 된다. 미국 크기의 면적을 갖는 북극 바다얼음은 1978년에서 1996년 사이에 6% 줄어들었는데 이는 매년 네덜란드보다 큰 면적인 연평균 3만4천3백 hr을 잃은 셈이다. 북극바다 얼음의 두께 또한 얇아져서 1970년에서 1990년대 중반 기간 동안 평균두께가 3.1m에서 1.8m로 감소하여 30여년동안되는 기간에 거의 40% 감소했다.

평균두께가 23km이고 지구상 얼음의 91%를 차지하는 남극도 녹고 있다. 지금까지 대부분의 손실은 대지의 얼음이 바다로 흘러들어 부상하는 과정에서 형성되는 빙붕(ice shelf)상의 남극반도의 끝부분을 따라 일어났다. 지난 10년 동안 3개의 빙붕이 완전히 분리되었고 두께가 더 떨어져 나가고 있다. 남극 다음으로 가장 큰, 지구 얼음의 8%를 접하는 북극의 그린랜드 빙판(ice sheet)은 1993년 이래 두께가 매년 1m 이상 감소한다. 양극을 제외한 지역의 얼음인 빙하는 온도변화에 아주 민감한 반응을 갖는다. 과

학자들은 2050년이면 산악빙하의 1/4이, 2100년에는 1/2이 사라져 큰 빙하는 알래스카, 파타고니아, 히말라야에만 남을 것으로 예측한다. 다음 35년 동안에 히말라야 빙하면적은 1/5로 줄어 10만km<sup>2</sup>가 될 것으로 예측되고 있다. 얼음이 녹음으로 인하여 새로이 노출되는 대지와 수면이 함유하게 되는 열은 용빙을 도와 지구상의 온난화 과정을 가속하게 한다. 북극의 과대한 용빙은 유럽과 미국 동부에 냉각효과를 제공할 것이다. 북대서양에 신선한 물의 유입은 해양순환을 교란시켜 온난한 걸프흐름을 북쪽으로 흐르게 하는 상황도 일어날 수 있을 것이다.

### 태양에너지 개발 등 시급

산악빙하가 감소되면 급수를 빙하유출에 의존하는 많은 지역은 심한 물부족을 겪게 될 것이다. 리마와 페루의 수원인 Quelccaya 만년빙은 1990년 이전엔 연 3m이던 감소율이 이제는 연 30m에 이르러 천만 인구의 물 공급을 위협하고 있다. 이미 심한 물 부족을 겪고 있는 북인도에서는 5억 인구가 빙하의 공급을 받는 인더스, 간지스강의 지류의 강물에 음용수와 관개를 의존하고 있다. 히말라야가 녹을 때 이들 강은 처음에는 넘치게 되나 중국에는 수위가 낮아질 것이다.

지구온난화에 따른 재앙을 줄이거나 막기 위해서는 온도상승의 주 인자인 이산화탄소의 배출을 과감하게 줄여야 한다. 이산화탄소의 배출 규제가 어려운 점은 이산화탄소 배출을 좌우하는 산업화와 인구증가가 계속되는 점이다. 2050년이면 인도는 5.1억이, 중국

은 2.1억이, 파키스탄은 2억이 늘어나고, 이집트, 이란 및 멕시코는 현재 인구의 50%가 늘어나는 것으로 예측된다. 미국은 자국산업에 불리하게 되어 있다는 이유로 선진 38개국들이 이산화탄소 배출량을 줄이기로 결정한 1997년 교토의정서 참여를 거부했다. 미국은 CO<sub>2</sub> 배출량의 1/4을 차지하고 특히 1990년과 2000년 사이 CO<sub>2</sub> 증가량의 1/2를 차지하고 이는 중국, 인도, 아프리카 및 남미의 증가량을 초과하는 양이다.

CO<sub>2</sub> 배출량 규제에 희망이 없는 것은 아니다. 다행히도 많은 긍정적인 조짐이 다양하게 진행되고 있다. 듀폰은 1990년에 온실가스 배출을 45% 줄였고, 2010년에는 65%로 감소계획을 가지고 있다. BP Amoco는 솔라셀의 선두 제조회사이고, Shell은 풍력과 솔라셀 산업의 주역을 하고 있으며 수소주유소를 곧 개점 예정이다. 영국석유회사는 CO<sub>2</sub>를 10% 줄이고 태양에너지 개발에 박차를 가하고 있다. 도요타는 2000년에 세계 최초로 혼용연료를 사용하는 Prius란 차를 내놓고 2001년 제 2공장을 열었다. 포드자동차는 이미 휘발유, 수소연료를 선택하는 혼용연료계통을 개발하고 있다.

1996년 이후로 지구상의 이산화탄소 배출량의 증가가 멎었고 CO<sub>2</sub>를 가장 많이 배출하는 석탄연소가 1999년에 5% 감소했다. 세계는 탄소에서 수소에너지 경제로 전환하는 초기단계이다. 온실가스의 배출을 줄이고 혼용연료계통, 태양에너지, 풍력과 같은 저배출 기술개발이 범세계적으로 이루어져야 할 것이다. ⑤7