

지구 온난화와 에너지 이용

김 중 회
과학문화연구원 이사



이 글은 지난해 12월 일본 교토(京都)에서 개최된 기후변화협약 제3차 조약국 회의(지구 온난화 방지에 관한 교토 회의)에서 논의된 지구 온난화 방지와 에너지 이용의 현황에 관한 내용을 요약 정리한 것이다.

지구 온난화는 이산화탄소나 메탄(Methan) 등의 온실 효과 가스가 지구를 둘러싸고 지구의 대기 온도를 상승시키는 현상이며, 그 실태에 관해서는 여러 연구 기관에서 보고되고 있다.

각국의 정부 대표자와 과학자가 참가하여 온난화의 문제를 의논하는 조직으로서 「기후 변화에 관한 정부간 패널」(IPCC : Intergovernmental Panel on Climatic Change)이 있으며, IPCC의 보고에 의하면 대기중의 이산화탄소의 농도는 산업 혁명까지는 280ppm 정도로 일정하였다.

그러나 산업 혁명 이후 화석 연료의 대량 소비나 삼림 벌채 등에 의해 급속히 늘어 현재는 360ppm에 달하고 있다.

메탄은 양은 적지만 온실 효과는 이산화탄소의 2배라고 하며, 근 200년간에 2배 이상 증가되었을 것으로 추측하고 있다.

메탄은 인위적으로 발생하는 것과 습기가 많은 초원이나 호수와 늪에서 자연 발생하는 것이 있으며, 시베리아(Siberia)의 습지는 메탄의 대규모 발생원이라고 한다.

온난화가 발달하며 시베리아의 영구 동토가 녹아 메탄이 방출되어 다시 온난화가 진행되는 악순환이 염려된다.

100년후에는 평균 기온 2℃ 상승

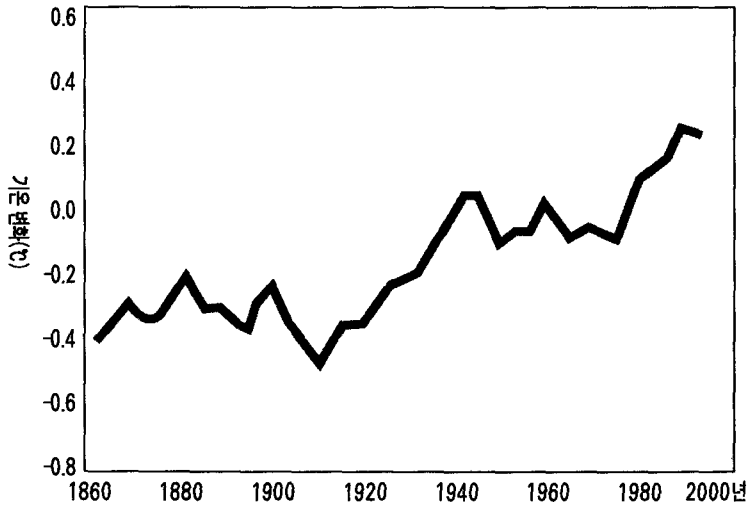
만일 인류가 온난화를 방지할 대책을 강구하지 않고 이 상태로 온실 효과 가스가 계속 증가되면, 100년 후 지구 전체의 평균 기온은 현재보다 약 2℃ 상승할 것으로 예상되고 있다 (IPCC 보고).

100년간에 2℃라는 것은 대단한 변화가 아니라고 생각되지만, 과거 지구의 빙하기에서 간빙기의 기온 변화는 100년간에 0.1℃ 이하로 극히 작은 것이다.

이와 같이 급속한 기온 상승이 생기면 해면 팽창이나 얼음의 용해 등에 의해 해수면이 상승하여 고조(高潮)나 홍수의 위험이 증가된다.

해수면이 1m 상승하면 고조시(高潮時)에 수물 피해를 받기 쉬운 인구는 현재의 2.5배인 1억 1,200백만명으로 증가한다.

따라서 말라리아(Malaria)의 발생 지역이 확대되거나 콜레라(Cholera) 등의 감염증이 증가되는 등 사람의 건강에 대한 영향도 무시할 수 없다.



주: 1. 육상 기온과 해상 기온을 통합한 평균 기온
2. 1961~1990년의 평균치에 대한 편차임.

(그림 1) 1861~1994년의 전지구 평균 기온의 변화(IPCC 보고서)

지구 온난화에 따른 그 영향이 구체적으로 나타나는 것은 21세기 초쯤 일 것으로 생각해 왔다.

그러나 근래의 홍수나 한발, 이상 고온이나 열파(熱波), 폭풍우 등 극단적인 기상 현상이 세계 각지에서 일어나고 있으며 큰 피해가 일고 있다.

“알래스카나 캐나다의 영구 빙토가 20년 가까이 계속되고 있는 기온 상승과 난동(暖冬)의 영향으로 녹고 있다”는 보고도 있다.

지구 온난화를 뒷받침하는 증거로서 IPCC는 과거 100년간 세계의 기온이 0.3~0.6°C 해면이 10~25cm 등 각각 상승하였다고 보고하고 있으며, 이것은 인위적 활동에 의해 대기 중의 온실 효과 가스 농도가 상승한 데 따른 것이라고 지적하고 있다.

최근의 데이터에 의하면 일본기상 협회가 고베(神戸) 해양기상대에 보관되어 있는 1890년부터의 해상 기상 데이터를 조사한 결과 북태평양의 기온이 금세기 초에 비하면 점차적으로 높아지고 있는 것이 확인되었다.

화석 연료의 연소가 주원인

지구 온난화의 주된 원인이 되는 이산화탄소의 약 80%는 석탄·석유·천연 가스 등 화석 연료의 소비에 따른 연소 때문이라고 한다.

화석 연료의 소비를 억제하기 위해서는 철저한 에너지의 절약과 에너지 이용 효율의 개선, 그리고 태양광 발전 및 원자력 발전 등 이산화탄소를 배출하지 않는 에너지의 개발과 이용

이 요구된다.

그러나 이것들은 산업 활동 전반이나 개개인의 생활 양식에까지 영향을 미칠 문제이므로 국민 전체의 컨센서스가 중요하게 된다.

더욱이 지구 온난화의 방지는 한국가만의 노력으로는 해결할 수 없다.

전세계의 이산화탄소 배출량의 약 60%는 선진 공업국에서 나오며, 우선 선진국이 솔선하여 그 대책을 수립해야 할 필요가 있다.

한편 발전 도상국도 인구 증가나 산업·경제의 발전에 수반하는 화석 연료 소비의 급증이 예상되므로 지구 온난화의 영향이 높아질 것으로 본다.

그러므로 발전 도상국에서도 이산화탄소의 배출을 억제하는 일이 중요하게 되었으며, 이를 위한 선진국의 자금과 기술 협력이 과제가 된다.

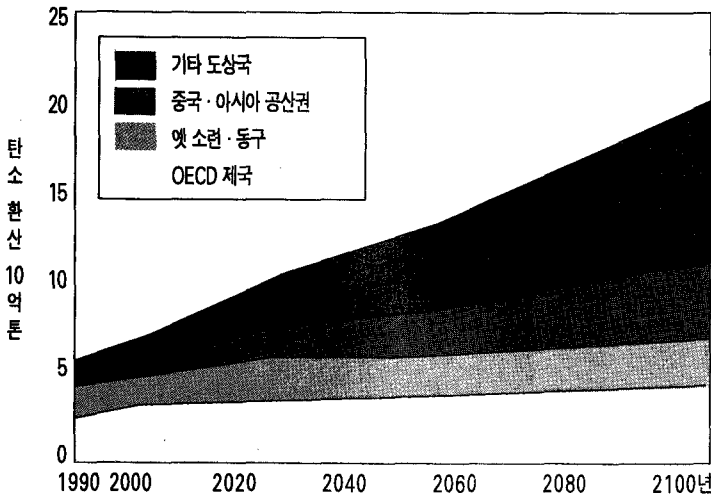
지구 온난화의 문제는 인간 활동의 이른바 ‘빛의 유산’이라고도 할 수 있다.

우리들의 세대만이 아니라 다음 세대의 사람들에 대한 영향을 생각하지 않으면 안된다.

한 사람 한 사람이 지구를 포함한 대책을 생각하지 않으면 안될 문제이다.

중국의 전원(電源) 80%는 화력

초봄이 되면 서일본 지방에서 불



〈그림 2〉 세계의 에너지 소비에 의한 이산화탄소 배출량의 예측(IPCC 2차 보고서, 95. 12)

동아시아의 에너지 소비량 증가

동아시아 지역에 있어서 과거 10년간의 1인당 실질 GDP(국내 총생산)의 신장은 연평균 약 7%에 달하고 있으며, 이 기간 세계의 평균은 1%에 못미치는 저성장이었다.

이에 수반하여 에너지 수요도 증가하여 동 지역의 에너지 소비량이 세계 전체에서 차지하는 비율도 현재의 15%에서 2010년에는 22%로 높아질 것으로 전망하고 있다.

이러한 에너지 소비, 특히 석탄·석유 등의 화석 연료의 소비 증가는 지구 온난화의 요인이 되는 이산화탄소의 배출 증가를 가져온다.

동아시아 지역의 이산화탄소 배출량은 2010년에는 92년의 약 2배가 될 것으로 예측하고 있다.

IPCC의 최신 보고에 의하면, 선진국의 배출 삭감 노력보다 그 이상가는 도상국의 삭감 대책이 없으면 세계의 이산화탄소 배출량은 100년 후에 현재의 2~3배가 된다고 한다.

동남 아시아의 각국은 각각 공해와 환경 대책에 참가하고 있으나, 에너지 수요의 증가나 발전 설비의 건설에 쫓기고 있는 실정이며, 현재는 유효한 대책을 찾아내지 못하는 상황인 것 같다.

중국의 경우 최근 대기 오염 물질이나 이산화탄소를 거의 배출하지 않는 원자력 발전의 건설에 힘을 기울이고 있으나 전력에서 차지하는 비율

수 있는 황사(黃砂). 편서풍을 타고 중국에서 날아오는 노란 모래로 봄이 왔음을 알 수가 있다.

그런데 최근 그런 황사 속에서 유황산화물(硫黃酸化物)을 볼 수 있다고 한다.

중국의 에너지 소비의 증가는 놀랄 정도이다.

일본 에너지경제연구소의 예측에 따르면, 중국의 에너지 소비의 매년 증가량은 석유 환산으로 약 5,500만 톤이다. 이는 94년 대만의 에너지 소비량에 상당하는 규모이다.

특히 중국의 경우 급속한 공업화와 국민 생활의 향상에 의해 전력 수요가 년 10% 가까운 비율로 증가하고 있다.

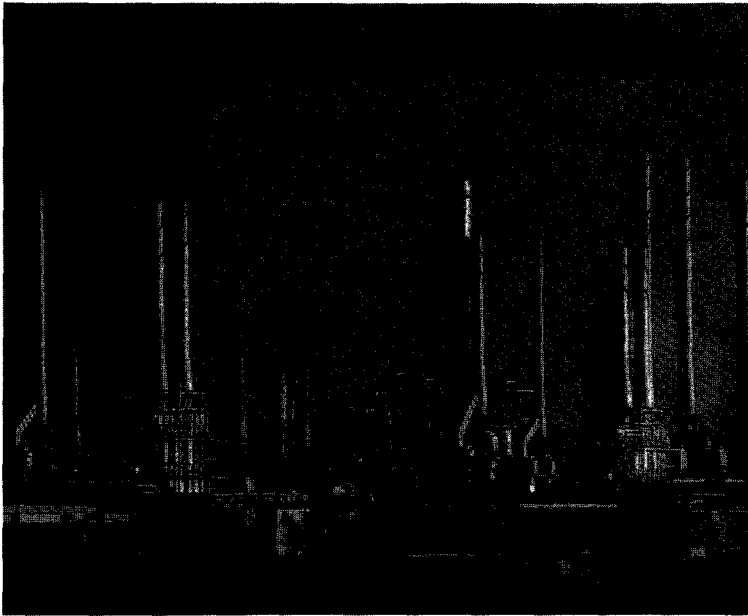
그리고 이 전력 중에서 큰 비중을 차지하는 것이 석탄 화력 발전소이

다. 중국의 화력 발전은 수력 기타 전원 전체 가운데에서 80%를 차지하고 있으며, 그 화력 발전의 70% 이상이 석탄 화력이다.

이와 같이 석탄 화력에 편중된 전원 구성(電源構成)이 중국에 있어서 심각한 대기 오염 문제의 요인이 되고 있다.

최근에 이루어진 중·일 공동 조사에서도 지역에 따라서는 65년 일본의 공해가 가장 심했던 시기의 40~45배의 이산화유황 배출이 명확해졌다.

중국만이 아니다. 한국·대만·홍콩·싱가포르 등의 경제 발전에 동남 아시아 제국 연합이 이에 계속하여 동아시아 전체의 에너지 수요 증가에 따른 지구 환경 문제의 심각화가 염려된다.



사우디 아라비아의 정유 공장. 지구 온난화의 주된 원인이 되는 이산화탄소의 약 80%는 석탄·석유·천연 가스 등 화석 연료의 소비에 따른 연소 때문이다.

은 아직까지 1% 정도이다.

에너지의 공급 구조를 바꾸려면 시간이 걸리지만 에너지의 이용 효율을 개선하는 것은 비교적 용이하다고 한다.

동아시아 지역의 에너지 이용 효율은 일반적으로 낮으며, 같은 GDP를 생산하기 위한 에너지 소비량은 중국에서는 일본의 10배 이상이라고 한다.

'중국에서 사용되고 있는 송풍기나 펌프의 효율은 선진국에서 사용되고 있는 동종의 기기에 비해 20%나 낮다'고 지적되고 있다.

많은 분야에서 에너지·전기의 낭비가 있는 것 같다. 이것은 뒤집어 말

하면 그만큼 에너지를 절약할 수 있는 여지가 크다고 할 수 있다.

일본의 에너지 현황과 정책

1. 일본의 역할

일본은 고도 경제 성장 과정에서 발생한 많은 공해 문제를 극복하고 있으며, 제도·기술 면에서의 환경 대책은 세계의 정상 수준에 있다고 한다.

그런만큼 일본은 세계로부터 아시아를 중심으로 한 환경 대책에서의 큰 역할을 기대받고 있다.

이미 통산성 자원에너지청은 신에너지·산업기술종합개발기구

(NEDO)를 통해 아시아의 발전 도상국에서의 에너지 유효 이용을 위한 모델 사업에 참여하고 있으며, 에너지 절약 기술의 보급을 지원하고 있다.

전력 회사에서도 중국의 노후화된 화력 발전소의 효율 개선을 위한 지원과 협력을 명확히 하였다.

일본의 에너지 공급 구조는 제1차 석유 위기 이후 석유 대체 에너지의 개발 이용이나 에너지 이용 효율의 개선과 철저한 에너지 절약으로 천연가스, 원자력 발전 등 환경에 대한 영향이 적은 에너지의 비율을 높여왔다.

이러한 경험이나 비결(know-how)을 발전 도상국에 대한 협력으로 발전시킴으로써 장래 선진국을 잇는 것으로 보이는 이 국가들의 이산화탄소의 배출 제어에 기여해야 한다.

2. 에너지 절약 기기

일본 도쿄 미다카에 있는 동경전력의 「생활실험실」에서는 여러 가지 가전 제품에 대해 에너지 절약에 관한 사용 방법과 그 효과 등을 조사하고 있다. 이곳에서는 가급적 일상 생활에 가까운 조건으로 조사를 하여 그 결과를 PR하고 있다.

텔레비전·세탁기·냉장고 등 여러 가지 기기가 조사 대상으로 되어 있으나, 최근 25%의 보급률이라고 하는 온수 세정 좌변기도 그 중 하나이다.

조사 결과 좌변기를 따뜻하게 하는데 전국에서 48만kW의 전기가 소비된다. 이는 중규모 화력 발전소 1기분에 상당한다.

에너지 절약을 위한 사용 방법의 한 예로서, 사용하지 않을 때는 덮개를 닫아 두기만 해도 덮개의 보온 효과로 약 10%의 절전이 된다.

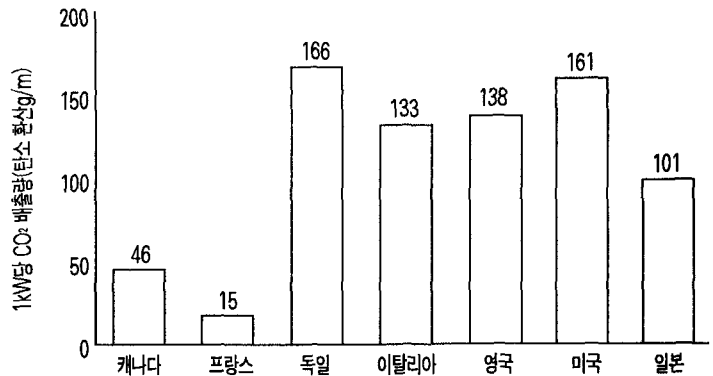
재단법인 성에너지센터는 97년 3월에 일반인들을 대상으로 한 에너지 절약에 관한 의식이나 에너지 절약 행동에 관련된 방법에 관한 앙케트 조사 결과를 종합하였다.

에너지 절약에 대해서는 대부분의 사람들이 관심을 보이고 있으나, 실제로 에너지 절약을 위한 행동의 실천이 잘 되지 않는 것이 사실이다.

그래서 성에너지센터에서는 '다리미질을 쉽게 할 수 있도록 건조시킬 때부터 조심한다' '전기 보온 포트는 온수를 넣어 보온만 하는 것으로 한다' 등 64개 항목에 이르는 에너지 절약 메뉴를 관동 지구의 약 60세대의 가정에서 실시하였으며, 1개월 후에 메뉴의 실행률이 어느 정도 향상되었는가를 조사하였다.

이에 따르면, 조사 실시시에는 실시율이 80% 이상 되는 항목이 거의 없었으나, 조사를 실시한 후 약 1개월 후에는 절반 이상의 항목에서 80%를 초과하였다.

성에너지센터에서는 구체적인 에너지 절약 사례를 알기 쉽게 제시해 가는 것이 에너지 절약 효과를 향상



주: 화력·원자력·수력 등 전발전소의 평균

〈그림 3〉 이산화탄소(CO₂) 배출원 단위의 국제 비교

시키는 데 도움이 된다고 지적하고 있다.

3. 민생용 에너지의 신장

에너지 절약은 에너지 소비에 수반하는 이산화탄소의 배출 억제와 이것에 의한 지구 온난화 방지 면에서도 강하게 요구되고 있다.

일본 정부의 지구 온난화 문제에 대해 국내 대책에 관한 관계 심의회 합동 회의는 작년 11월에 최종 보고서를 작성하였다.

이 중에서 운수·산업 부문 등의 에너지 절약뿐만 아니라, 가정에서의 에너지 절약 의식의 침투와 실천을 강하게 요구하고 있다.

95년도의 일본 국내의 최종 에너지 소비량은 90년도 실적에 비해 약 11%나 증가 되었으나, 이는 산업 부문의 5% 신장에 대해 자동차 등 운수 부문이 16%, 가정·사무실 등의 민생 부문이 19%로 크게 신장되었기

때문이다.

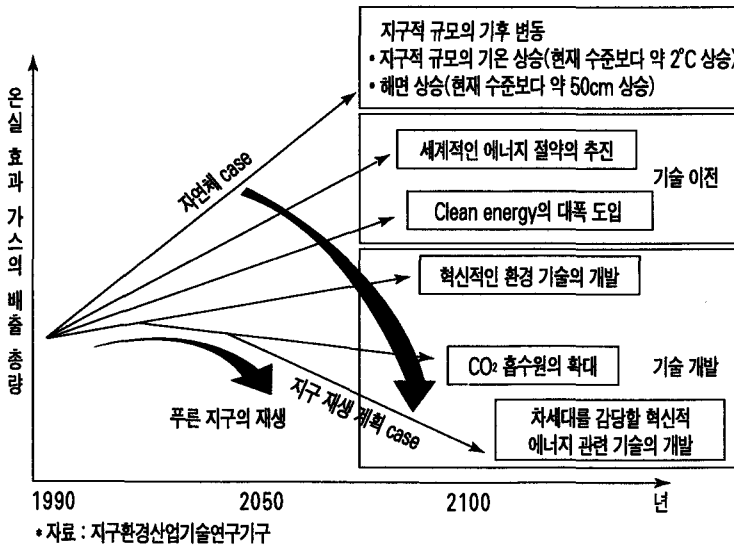
보고서는 2010년까지는 이산화탄소의 배출량을 90년 수준으로 안정화시키려면 2010년의 최종 에너지 소비량을 95년도 실적에 비해 약 3%로 억제할 필요가 있다고 시산(試算)하고 있다.

그러나 생활의 편리성과 쾌적성을 요구하는 가전 제품이나 OA 기기, 자동차의 보급 등을 생각하면 에너지 절약만으로는 이산화탄소의 배출 억제는 어려운 것 같다.

정부는 이산화탄소의 배출을 억제하기 위해서는 에너지 절약, 신에너지, 원자력 발전 등 모두 배놓을 수 없는 것이라고 한다.

신에너지에 관해서는 현재 국가 보조에 의한 태양광 발전 시스템의 도입이나 쓰레기 소각 발전, 열과 전기의 공급(cogeneration)시스템의 보급 등을 적극적으로 추진하고 있다.

다만 신에너지는 경제성이나 대량



〈그림 4〉 일본의 '지구 재생 계획'

의 에너지를 얻을 수 없는 면에서 제약이 있는 것도 사실이다.

원자력 발전인 경우 동력로·핵연료개발사업단(Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation : PNC)의 한 사고로 '역풍'이 강하지만 이산화탄소를 거의 배출하지 않는 에너지원으로서 온난화 방지의 역할이 기대된다.

4. CO₂ 배출량 저하가 과제

일본의 연간 이산화탄소의 배출량 중 약 30%는 발전(發電)에 수반되는 것이나, 전력 업계에서는 온난화 방지의 관점에서 이산화탄소의 배출원 단위(1kW/h의 전기를 생산하는 데 배출되는 이산화탄소의 양)를 감소시키는 것이 큰 과제로 되어 있다.

일본 전기사업연합회에 의하면 과

거 23년간의 일본 전체의 전력 수요 신장은 약 2.6배였으나, 이산화탄소의 배출량은 1.6배에 머무르고 있다.

이는 이산화탄소의 배출원 단위가 비교적 작은 원자력이나 LNG(액화 천연 가스) 화력 발전의 도입에 크게 기여하였기 때문이다.

세계적으로 보더라도 발전 전력량에서 차지하고 있는 원자력의 비율이 높은 프랑스(약 80%), 수력과 원자력 발전의 비율이 높은 캐나다(각각 약 60%, 약 20%)의 이산화탄소 배출원 단위는 낮은 수준으로 되어 있다.

일전에 일본 원자력위원회 주최로 「지구 온난화와 원자력의 역할에 관한 심포지엄」이 교토에서 개최되었다.

이 자리에서 "원자력 발전에서 나오는 방사성 폐기물은 환경에서 격리

하는 것이 원칙이며, 21세기는 자원을 최대한으로 사용하여 폐기물을 없애는 리사이클 문명의 시대이다. 원자력도 리사이클과 배출물 제로의 가능성을 숨기고 있다"는 의견이 나왔다(藤家洋一 일본원자력위원회 위원).

지구 환경 문제 해결에 원자력을 결부시켜 생각하는 것에 대해 부정적인 의견도 있으나, '원자력은 환경과 조화된 기술이 될 수 있다'(심포지엄 「선언」의 한 구절)는 것이나, 에너지의 안정적 공급원의 하나라는 것을 생각하면 그 역할을 다시 평가하는 것도 중요한 것 같다.

5. 온실 효과 가스 배출량 삭감

96년 12월에 개최된 지구 온난화 방지 교토 회의는 이산화탄소를 포함한 온실 효과 가스의 배출량을 2008년부터 2012년까지의 목표 기간에 90년 수준에 비해 선진국 전체에서 최저 5% 삭감하는 의정서를 채택하였다.

각국별로 할당된 삭감 목표는 일본 6%, 미국 7%, 유럽연합(EU) 8% 등 선진국의 감소 수준은 엄하게 되어 있다.

지구와 우리 인간의 미래를 위해 교토 회의는 21세기를 향한 큰 '이정표'라고 할 수 있다.

금후 그 목표 달성을 위해 에너지 절약을 더욱 추진하고 이산화탄소 등을 배출하지 않는 에너지의 개발 도입을 추진하며 더욱 장기적으로는 이

산화탄소의 고정화 등 혁명적인 기술 개발이 시급하게 되었다.

지난번의 교토 회의에서는 각국별로 삭감 목표에 추가하여 삭감 대상 가스로서 종래의 이산화탄소·메탄·아산화질소 외에 에어컨디셔너나 냉장고의 냉매로 사용되고 있는 대체 프레온 가스 등 3종류(Hydrofluorocarbon, Perfluorocarbon, 유불화유황 : 모두 삭감 기준년은 95년)가 대상으로 되었다.

이것들의 가스 온실 효과는 이산화탄소의 약 20배, 아산화질소는 약 310배, 대체 프레온 가스 등은 이것들 보다 더 크며, 수백배에서 수만배라고 한다.

의정서에서는 이외에 삼림 등에 의한 이산화탄소의 흡수량을 배출량에서 빼는 '네트 방식'이나, 선진국이 기술 협력이나 자금 원조에 의해 상대국의 배출 삭감에 기여했을 경우 자국의 배출 삭감에 계산할 수 있는 '공동 실시' 등도 도입하게 되었다.

교토 회의에서는 발전 도상국에서 취급하는 것을 중심으로 협의가 난항하였다.

발전 도상국의 삭감 의무에 대해서는 '지금까지의 이산화탄소 배출의 책임은 선진국에 있다'는 발전 도상국측의 강한 자세로 인하여 채택되지 못하였다.

6. 라이프 스타일의 변화

이번의 온실 효과 가스 삭감 목표

의 기준 연차는 90년으로 설정되었으나 일본은 수년간 가정용 등의 민생·운수 부분을 중심으로 에너지 소비가 증가됨에 따라 이산화탄소의 배출량은 매년 증가하고 있다.

일본의 에너지 소비에 따른 이산화탄소의 배출 총량은 90년의 2억 8,700만톤(탄소 환산)에서 95년에는 3억 1,000만톤으로 증가되었다.

이대로 새로운 대책을 취하지 않고 이산화탄소가 계속 증가될 경우 2010년 시점의 배출량은 3억4,700만톤이 될 것으로 예상하고 있다.

일본의 이산화탄소 배출량의 90% 이상은 석탄·석유 등의 화석 연료의 연소에 의한 것이다.

그러므로 배출 삭감의 목표를 달성하기 위해서는 사회·경제 시스템, 라이프 스타일의 변화에까지 파고 들어 철저한 에너지 절약을 포함하여 이산화탄소를 배출하지 않는 에너지의 이용 촉진이 요구된다.

이와 동시에 교토 회의의 합의에도 있는 바와 같이 이산화탄소의 흡수, 저장 기술 등 혁신적인 환경 기술의 개발이 과제이다.

"지구 온난화 문제의 궁극적인 해결을 위해서는 세계 전체의 이산화탄소 배출량을 현재보다 반감하지 않으면 안된다"는 전문가의 견해도 있다.

현재의 기술 수준으로는 어려운 과제이지만 금후 100년 단위의 장기 전망으로 기술 개발을 할 필요가 있으며 이미 그러한 움직임도 보이고 있

다.

7. 지구 재생 계획

일본이 90년에 내놓은 「지구 재생 계획」은 산업 혁명 이후 인간이 여러 가지의 형태로 손을 잡고 부담을 안고 온 지구 환경을 금후 100년간에 걸쳐 재생하자는 구상이다.

이에 따르면 세계적인 에너지 절약 추진, 신에너지나 원자력 발전의 도입 촉진으로 이산화탄소의 회수 및 저장 기술의 개발 등이 계획의 중심이 되고 있다.

재단법인 지구환경산업기술연구기구에서는 공장 매연에서 이산화탄소를 회수하여 수소와 반응시켜 메타놀(Methanol)을 합성하는 연구가 추진되고 있다.

메타놀은 연료 전지나 발전용 연료로서 장래의 이용이 기대되고 있다.

전력 회사에서는 바이오테크놀로지(Biotechnology)에 의해 이산화탄소를 회수·처리하는 연구를 하고 있다.

이것은 광합성 능력이 높은 미세조류(微細藻類)를 이용하여 화력 발전소의 배기 가스 등에서 이산화탄소를 흡수하여 알코올 등에 전환하는 것이다.

이외에도 여러 기관에서 연구가 진행되고 있다.

곧 다가올 21세기에는 우리들의 손으로 지구를 소생시킬 실마리를 얻고 싶다. ☸