

기후변화협약에 따른 우리나라의 대응 동향 및 향후 과제에 관한 연구  
A study on the existing state of things and hereafter subject for the Strategy of  
Korea according as the Climate Change Convention

정 경 희 · 조 재 립

경희대학교 산업공학과

Kyung-Hee Jung · Jai-Rip Cho

Dept. of Industrial Engineering, Kyung Hee University

Abstract

Since the global warming problem emerged in the international community, the problem has been sought to be not at the national but at the global level. As a result, the United Nations Framework Convention on Climate Change was agreed by international delegates in 1992, and the Kyoto Protocol which imposes industrialized nations to decrease their greenhouse gas emission was agreed by the international community in 1997.

Kyoto protocol came into effect for reduction duty of greenhouse gas.(16-Feb-2005) High developed countries press environmental regulation. It will strengthen an environment regulation from advanced nation with this protocol.

This study is intended to examine unfolding transition on negotiations of Conference of Parties(COP), the Kyoto Mechanism referred as a cost-effective tool to meet a targeted level of greenhouse gas decrease, and trends in responses of developed countries to the Kyoto Protocol, and finally suggests legal and politic counterplans responding to the United Nations Framework Convention on Climate Change (hereafter, UNFCCC).

1. 서론

지난 2005년 3월 16일, 교토의정서가 러시아의 비준으로 발효 되었다. 1997년 12월, 교토

에서 의정서가 채택되고 나서도 러시아와 미국의 비준 거부로 약 7년 동안이나 휴면상태로 있다가 유럽의 노력으로 2004년 11월, 러시아가 비준하고 90일후에 그 효력이 발생하게 된 것이다.

교토의정서는 기후변화협약이라는 자율적 권고로서는 지구온난화 문제를 극복하는데 한계가 있다는 것에 국제적으로 공감하고, 강제적이며 구속력 있는 환경규제 방법을 모색하고자 하는 실천적 노력의 산물인 것이다. 교토의정서는 지구온난화를 일으키는 온실가스의 구체적인 제한과 감축목표, 기술개발을 위한 각국의 이행정도를 어떻게 실천하고 효과적으로 대응할 것인가에 대한 내용을 담고 있다.

그런데, 우리나라는 1997년 의정서 채택 당시 개발도상국으로 분류되어 감축목표를 부여받지 않는 비부속서 국가에 포함되어 있다. 우리나라는 온실가스 감축이 곧 바로 국가 경제뿐만 아니라, 산업, 경제 전망에 악영향을 미칠 것이라는 고려 때문에 그 동안 비준서 동의에 소극적으로 대처를 해왔으며, 의정서 발효가 되는 그 시점까지 정부의 대응은 미국 입장과 국제적 동향에 관찰자적 입장에서 단일한 대응을 하여 왔다.

교토의정서가 발효되고 감축의무 부담이 현실화되면 우리나라는 경제의 근간이 되는 산업과 대외교역 그리고 국민생활 전방에서의 변화를 요구받게 될 것이다. 현재의 여건에서 90년 대비 5.2%의 온실가스 배출량을 감축한다는 것은 에너지 소비 감소뿐만 아니라 경제성장의 위축을 초래할 가능성이 크다. 또한 온실가스를 무역과 연계하는 경우 수출의존도가 높은 우리나라의 온실가스 배출목표를 1995년 및 2000년 수준으로 달성하고자 가정할 때 에너지다소비형 경제구조를 가진 우리나라의 온실가스 저감비용은 외국에 비해 매우 높은 것

으로 분석되고 있다.

우리의 주요 산업인 철강, 석유화학 등 에너지 다소비형 소재산업이 온실가스 배출 저감으로 인한 경쟁력 약화가 예상되며, 온실가스 배출을 제품 또는 제품 생산 공정과 연계하고자 하는 비관세 무역장벽이 증가할 전망이다. 이외에도 에너지 소비 절약과 같은 환경 친화적 행동으로서의 변화를 요구받게 될 것이다.

## 2. 기후변화협약과 교토의정서

### 2.1 기후변화협약

기후변화는 지속가능한 발전 달성에 가장 심각한 위협요인의 하나로 인식되고 있다. 기후변화는 질병으로 인한 인간건강, 식량안보(food security), 해수면상승, 경제활동, 자연자원, 환경 등에 부정적 영향을 주는 것으로 알려져 있으며, 지구의 기후는 자연현상에 의해 변화하지만 기후변화에 가장 심각한 영향을 주는 것은 인류의 경제활동과 인구의 증가로 인해 인위적으로 발생하는 온실가스들의 축적에 의한 것으로 과학자들은 동의하고 있다.

1972년 스웨덴의 스톡홀름에서는 최초의 국제적인 차원에서 환경회의로 일컬어지는 'UN인간환경회의'가 열렸다. 스톡홀름회의는 논의의 초점을 지구가 보유하고 있는 자원의 한계와 생태계의 파괴, 제3세계의 인구증가에 맞추었다. 그러나 문제의 원인과 해결을 위한 우선순위에 있어선 선진국과 개발도상국 그룹간에 의견이 상충되었다. 선진국들은 생태계의 파괴와 자원고갈의 원인을 개발도상국의 인구증가에서 찾으려 하였고, 개발도상국들은 역사적으로 이어온 선진국들의 착취로 인한 경제적 사회적 불평등에 있다고 주장하였다. 이와 같은 시각차에도 불구하고 스톡홀름회의에서는 '유엔환경계획(UNEP)'의 설치를 결의하여 국제적 조정기구 역할을 맡게 하였다. 이후 지구온난화 문제를 처음으로 국제 차원에서 다룬 것이 '토론토 회의'이다. 1986년 6월 캐나다에서 열린 이 회의에서는 지구온난화 문제가 심각해진다면 국제적인 긴장이 증대되어 전쟁의 위험성이 증가할 것으로 보고, 지구온난화 문제를 국가안보와 연결시켰다.

온실가스의 대기 중 농도의 안정을 통해 지구온난화로 인한 기후변화를 예방하기 위해 1992년 6월 브라질의 리우에서 개최된 지구정상회담에서 채택된 기후변화협약(UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change)은 1994년 3월 발효조건인 50개국 이상이 기후변화협약을 비준함으로써 발효되었다. 2004년 189개국이 가입하였으며, 우

리나라는 1993년 12월에 가입하였다.

기후변화협약은 예방원칙(precautionary approach)을 도입하여 되돌릴 수 없는 심각한 피해 위험의 가능성이 있는 경우 과학적 불확실성을 이유로 대응책을 미룰 수 없음을 분명히 하고 있다. 또한 공동의 차별화된 책임(common but differentiated responsibility), 개발도상국의 특수한 사정에 대한 고려, 모든 국가의 지속가능한 발전 보장 등의 원칙들을 도입하여 온실가스 저감을 국제적 노력에 모든 국가의 참여와 기후변화 대응을 위한 선진국의 선도적 역할을 강조하고 있다.

기후변화협약에 의하면 우리나라의 멕시코를 제외한 대부분의 경제협력개발기구(OECD) 국가와 시장경제로 전환 중인 중부 및 동유럽 국가들은 2000년까지 온실가스 배출을 1990년 수준으로 낮추는 것을 목표로 정책을 수립하고 조치를 취하도록 되어 있다. 또한 모든 가입국은 온실가스배출량 감축을 위한 국가전략을 수립·시행하고 이를 공개하는 의무와 온실가스 배출량 및 흡수원에 대한 국가통계와 정책이행에 관한 국가보고서를 기후변화협약의 최고결기구인 당사국총회(COP : Conference of the Parties)에 제출한 의무를 규정하고 있다.

우리나라는 기후변화협약에 대한 국회비준(2002년 10월 31일)이 이루어져 1차공약기간인 2012년까지 개발도상국의 지위 유지가 가능하나 2차 공약기간 중(2013~2017)에는 개발도상국의 지위 유지가 어려울 것으로 전망되고 있다. OECD 회원국이면서 에너지부문의 이산화탄소 배출량이 세계 9위(세계 총 배출량의 1.9%)인 우리나라는 미국, 일본 등 선진국들로부터 Annex I국가와 같은 자발적인 의무부담 선언을 요구받고 있으며, 그 강도가 점점 높아지고 있는 실정이다.

### 2.2 교토의정서

기후변화협약상의 비구속적인 감축의무만으로는 지구온난화 방지가 불충분함을 인식한 기후변화협약 당사국은 1997년 12월 일본의 교토에서 개최된 '제3차 기후변화 당사국 총회'에서 기후변화협약을 실천할 수 있는 구속적이고 구체적인 목표와 이행방안이 담긴 '교토의정서(Kyoto Protocol)'를 채택하였다.

〈표 1〉 교토의정서

		주요내용		
선진국의 온실가스 감축목표	목표년도	2008 ~ 2012년		
	감축대상 온실가스 및 목표년	CO2, CH4, N2O:1990년 기준 HFCs, PFCs, SF6:1995년 기준		
	온실가스 감축목표	-8%	유럽연합, 동유럽, 스위스	
		-7%	미국	
		-6%	일본, 캐나다, 헝가리, 폴란드	
		-5%	크로아티아	
		0%	러시아, 뉴질랜드, 우크라이나	
		+1%	노르웨이	
		+8%	오스트레일리아	
		+10%	아슬랜드	
기타	배출권 거래제도, 공동이행제도, 청정개발체제 1990년 이후의 식목, 재식목, 벌채에 의한 흡수원의 변화 인정 자발적 감축협정 관련 조항 삭제 감축목표는 법적 구속력을 지님			

교토의정서는 기후변화협약서에 부속서 I 국가에 속한 국가 중 터키와 벨라루스를 제외한 38개국이 각 국가별로 차이는 있으나, 제1차 공약기간인 2008년부터 2012년 기간 중 온실가스배출총량을 1990년 대비 평균 5.2%를 의무적으로 감축하도록 규정하고 있다. 또한 온실가스 감축으로 인한 부속서 I 국가들의 비용효과적으로 감축을 이행할 수 있도록 하기 위하여 배출권거래제, 공동이행제도(JI), 청정개발체제(CDM)를 이행수단으로 채택하였다. 이 중에서 배출권거래제와 공동이행제도는 2008년부터 시행되며 감축의무를 부담하는 국가들만 참여할 수 있으나, 청정개발체제는 우리나라를 포함한 개도국이 참여하여 2000년부터 시행되었다.

배출권거래제는 교토의정서상 온실가스 감축의무가 있는 국가들이 배출총량에 대한 쿼터를 배정한 후 감축의무를 초과달성한 국가의 잉여배출권을 달성하지 못한 국가가 구입함으로써 감축의무를 이행하는 제도이다.

공동이행제도는 기후변화협약상 부속서 I 국가간의 참여만을 허용하여, 온실가스 감축 프로젝트 수행에 따른 배출량 감축분을 자국의 감축실적에 반영할 수 있도록 하는 제도이다. 즉, 개발도상국에 투자하여 발생한 온실가스 감축분을 자국에 반영할 수 있는 것이다.

교토의정서가 그동안 발효되지 않은 것은 교토의정서가 발효되기 위해서는 55개국이 비준하고, 비준한 부속서 I 국가의 1990년도 이산화탄소(CO2) 배출총량이 부속서 I 국가 전체 배출량의 55% 이상이 되어야 하는데 주요 배출국인 미국(36.1%), 러시아(17.4%), 호주(2.1%)가 그동안 비준을 하지 않아 두 번째 조건을 만족시키지 못했기 때문이었다. 그러나

지난 2004년 11월에 러시아가 비준을 함으로써 발효되었다. 교토의정서는 현재 132개국이 비준을 하였으며, 비준한 부속서 I 국가의 배출총량은 61.6%를 차지한다.

각 국가들은 감축내용을 보다 구체화하기 위해서 다음과 같은 감축방안을 제시하였다. 에너지의 효율적인 관리, 온실가스를 흡수할 수 있는 산림 등의 흡수원 보호 및 증진, 신·재생에너지 등과 관련된 환경 친화적인 기술 개발, 온실가스 증가를 초래하는 시장불완전성, 재정 유인, 보조금의 철폐, 정책과 조치의 개혁, 수송부문과 폐기물의 관리 등이 있다. 또한 공동이행제도, 청정개발과 배출권거래제도와 같은 신축성 있는 경제적 수단을 채택하였다. 이는 대부분의 선진국들이 온실가스 배출량이 계속 증가되고 있기 때문에 국내적 수단에만 의존하여 감축목표를 달성해야 할 경우 경제적 비용이 막대할 것으로 분석되어 이를 최소화하기 위한 목적으로 도입된 것이다. 그 외에, 온실가스저감 관련 기술시장의 활성화, 감축 비용의 최소화, 기술시장 확대의 전제조건인 개도국의 참여를 유도하려는 주요 목적 중 하나이다.

### 3. 우리나라 온실가스 배출현황 및 전망

교토의정서는 주요 온실가스로 이산화탄소(CO2), 메탄(CH4), 아산화질소(N2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF6)을 규정하고 있다. 각각의 온실가스가 지구온난화에 기여하는 기여도는 이산화탄소(55%)가 가장 높고, 메탄(15%), 아산화질소(6%), 나머지 물질(24%)순이다. 이들 물질이 국내 총배출량에서 차지하는 비율은 이산화탄소(86.6%), 메탄(6.8%), 아산화질소(2.7%), 나머지 물질(3.9%)로써 이산화탄소가 지구온난화에 가장 심각한 영향을 미친다.

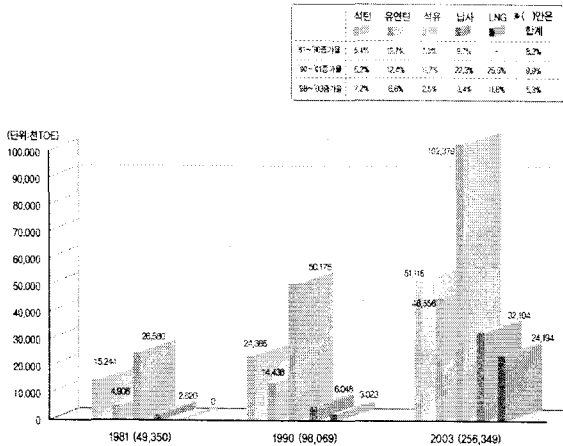
이산화탄소는 제품생산, 전력공급, 냉난방, 교통과 같은 모든 경제활동의 주에너지원인 석유, 석탄 등 화석연료의 연소, 추출, 처리, 수송과정에서 주로 발생된다. 우리나라를 포함한 많은 나라들이 기후변화협약과 교토의정서에 관심을 갖는 원인이 여기에 있다. 에너지 사용과 경제 성장간에는 밀접한 상관관계가 있기 때문이다.

#### 3.1 에너지 소비현황 및 온실가스 배출현황

##### 3.1.1 에너지 소비현황

국내의 석탄소비량은 1981~2003년 기간 중 연평균 5.7%의 증가세를 나타냈으나 소비 비중은 33.3%에서 23.8% 감소하였다. 외환위기 이후 발전용 소비량의 증가로 총 에너지소비

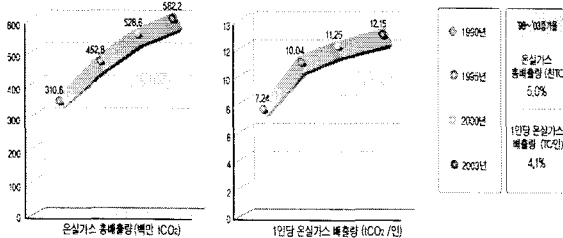
중 석탄소비비중이 1998~2003년 기간동안 2.1% 증가하였다. 총에너지 소비의 절반이상을 점유하는 석유는 80년대 후반 이후 지속된 저유가 등의 원인으로 1981~2003년 기간 동안 연평균 6.3%의 소비 성장세를 기록하였으나 점유율 면에서는 2003년 48%의 90년대 중반 이후 안정적 감소세를 보이고 있다. LNG는 청정에너지 사용확대 정책에 따른 1990~2003년 기간 동안 연평균 17.3%의 급격한 증가세를 나타내고 있으며 소비비중 역시 11.7% 증가하였다.



[그림 1] 화석에너지 소비추이

### 3.1.2 온실가스 배출현황

국내 온실가스 총배출량은 1990년에 310.6백만tCO<sub>2</sub>에서 2003년 582.2백만tCO<sub>2</sub>를 배출하여 연평균 5.0%의 증가율을 기록하였으며, 1인당 배출량은 1990년 이후 연평균 4.1%씩 증가하여 2003년 12.2tCO<sub>2</sub>를 배출하였다. 한편 국내 총생산에 대한 온실가스 배출량 지표인 온실가스 원단위(온실가스/GDP)는 90년 이후 96년까지 증가추세를 보이나 그 이후 지속적으로 낮아지고 있다.

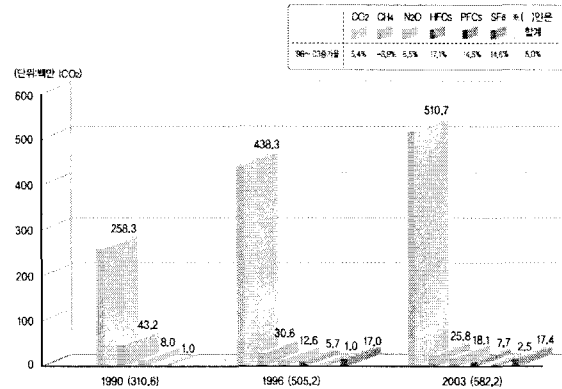


[그림 2] 온실가스 배출현황

### 3.1.3 온실가스별 배출현황

온실가스 배출량의 대부분을 차지하는 이산화탄소는 1990년 이후 연평균 5.4%의 증가세를 나타내 2003년 510.7백만 tCO<sub>2</sub>가 배출되었으며, 그 비중은 88%대를 기록하고 있다. 배출 비중면에서 두 번째 높은 CH<sub>4</sub>는 다양한 배출원을 갖고 있는 온실가스로 연평균 3.9%의 감소세를 보여, 그비중이 2003년 4.4%로

축소되었다. HFCs는 CFCs의 대체냉매로 연평균 17.1%의 높은 증가세를 보이고 있다. 또한 반도체 생산공정에서 많이 소비되는 PFCs는 반도체 생산량 증가에 따라 증가하여 왔으나 1999년을 전후해 급격히 감소한 이후 경기에 따라 배출량이 오르내리고 있다. SF<sub>6</sub> 경우 반도체 경기변동에도 불구하고 중전기기용 소요량에 힘입어 1994년 이후 연평균 14.6%의 높은 성장세를 보이고 있다.

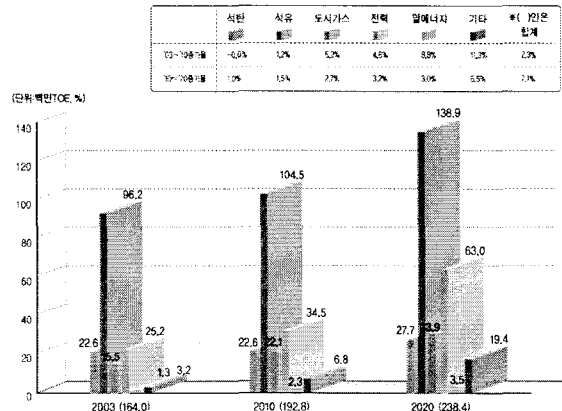


[그림 3] 온실가스별 배출추이

## 3.2 에너지 수요전망 및 온실가스 배출전망

### 3.2.1 에너지 수요전망

석탄 및 석유의 비중은 계속 감소하는 반면 네트워크에너지(도시가스, 전력, 열에너지)의 비중은 계속 증가할 것으로 전망된다. 특히, 철강 및 시멘트의 생산량 둔화로 2030년까지 연평균 0.8%의 안정적 증가가 예상된다. 석유는 수송용 수요의 증가에도 불구하고, 도시가스로의 연료대체 등으로 인해 그 비중이 점차 감소할 전망이다. 도시가스는 주로 가정용을 중심으로 그 수요가 증가될 전망이다.

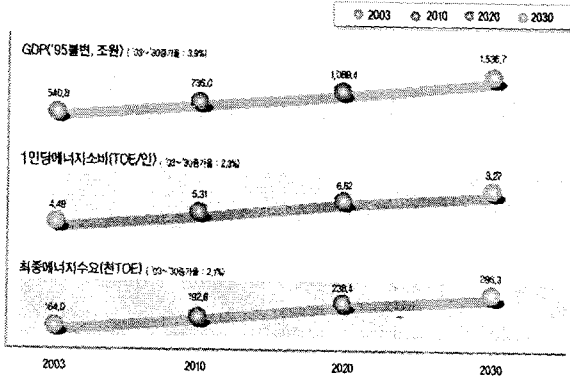


[그림 4] 화석에너지 수요전망

### 3.2.2 에너지경제 지표전망

총에너지 수요는 2003~2030기간 중 연평균 2.4% 증가하여 2030년 총 에너지 수요는 408.1 백만 TOE에 이를 것으로 전망되며 일인당 에너지 수요는 2003년 4.5TOE에서 2030년 8.27 TOE로 연평균 2.3% 증가될 것으로

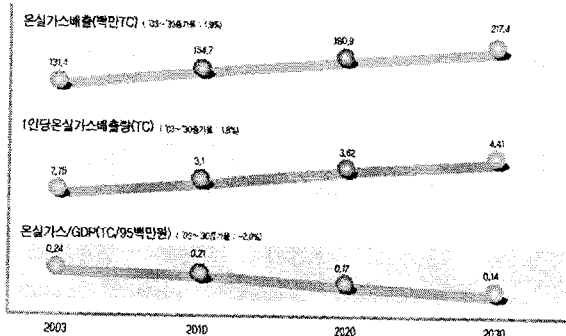
전망된다. 한편, 전망기간 동안 에너지수요 증가율이 경제성장을 보다 낮을 것으로 예상됨에 따라 단위 GDP당 에너지소비는 2003~2030기간 동안 연평균 1.5%씩 감소하여 지속적으로 에너지 원단위가 개선될 것으로 전망되었다. 이는 철강, 시멘트, 석유화학 등 에너지 다소비 제품의 생산이 향후 소폭의 증가에 그치며 둘째, 자동차 및 가전기기 보급이 2010년 이후 거의 포화수준에 이르러 증가속도가 크게 둔화 될 것으로 예상되기 때문이다.



[그림 5] 주요 에너지경제 지표전망

### 3.2.3 온실가스 배출전망

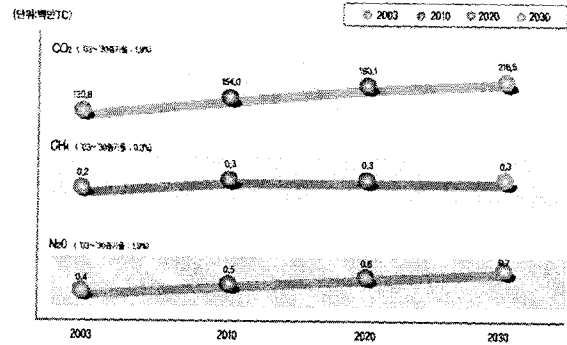
에너지 연소로 인한 온실가스 배출량은 2010년까지 연평균 2.4%의 증가세를 기록할 전망이다이나 이후 2030년까지의 증가율은 다소 둔화될 것으로 예상된다. 한편, 단위부가가치 산출당 온실가스 배출량, 즉 온실가스/GDP는 전망기간동안 계속적으로 감소세가 이어져 2030년에는 0.14 TC/백만원 수준으로 하락할 전망이다.



[그림 6] 온실가스 배출전망

### 3.2.5 온실가스별 배출전망

이산화탄소가 에너지, 산업부문 전체 배출의 99.5% 이상을 차지하며 연평균 증가율이 1.9%를 기록할 전망이다. 또한 연소과정 중 일부 매탄가스와 아산화질소가 배출되나 그 양은 전체적으로 볼때 매우 미미하다.



[그림 7] 온실가스별 배출전망

## 4. 기후변화협약과 교토의정서의 대응 방향

### 4.1 정책적 대응 방안

정책적 대응 방안으로는 이산화탄소 배출 저감을 위한 산업계 및 시민단체 등과의 파트너십 강화와 교육 홍보를 통한 전 국민의 자발적 참여와 협력을 유도하는 방법이 있다. 이는 정부의 강제적 대책과는 차별되는 방안으로 지속적이고 장기적인 노력을 필요로 한다.

강제적 성격의 방안으로는 우선 통합관리형 에너지 절약체제의 구축 등 산업, 수송, 가정, 폐기물 및 농축산 등의 각 부분에서 온실가스 감축시책을 대폭 강화하는 방법이 있다. 또한 온실가스 국가등록시스템, 청정개발제도(CDM) 및 배출권 거래제의 도입 등 교토메카니즘의 대응기반 구축과 활용을 들 수 있다.

### 4.2 기술적 대응방안

온실가스 배출량 중 90%이상을 차지하고 있는 이산화탄소는 화석연료 사용으로 59억 탄소톤(1992년)이 배출되며, 이는 인간이 배출한 전체 이산화탄소 배출량의 4분의 3을 차지한다. 지구온난화의 핵심과제인 이산화탄소 배출 저감에는 여러 가지 방법이 있을 수 있으나, 우선적인 해결방안으로는 화석연료의 이용 효율 향상 기술개발을 통한 고효율 에너지 이용기술이 있다. 즉, 기존보다 저감된 화석연료 소비를 통해 동일한 필요 에너지를 생산함으로써 이산화탄소 배출량을 원천적으로 저감할 수 있는 것이다.

그러나 이러한 방법으로는 대기 중 이산화탄소 농도의 증가율을 둔화시킬 수는 있으나 장기적으로는 대기 중의 CO2 농도를 적정 농도인 300ppm 정도로 낮추는 것이 불가능하므로, 배출되는 이산화탄소를 직접 분리하여 처리함으로써 대기 중 이산화탄소농도의 증가를 멈추게 하고 최종적으로는 그 농도를 저감할 수 있는 기술개발이 필요하다. 이처럼 직접적인 이산화탄소 처리기술은 현재의 기술수준에서는 경제성 확보가 어려우나, 교토의정서가

발효되고 탄소세가 도입될 경우 반드시 확보되어야 할 기술로 평가되고 있다.

한편, 지구온난화를 방지하기 위해서는 위에서 언급한 기술 외에 장기적 안목에서의 기술 개발 전략이 필요하기 때문에 가장 근본적인 해결책은 이산화탄소 발생이 전혀 없는 대체 에너지 및 신에너지원의 개발이라 할 수 있다.

#### 4.3 온실가스 저감 및 처리 기술

자연계에서 존재하지 않는 합성가스인 PFCs, HFCs 및 SP6는 염소나 브롬을 포함하지 않아 오존층을 파괴하지 않기 때문에 특정 프레온(CFCs)의 대체로써 냉매, 발포제, 에어졸, 세정 등의 분야에서 폭넓게 사용되고 있어 배출증가가 예상되고 있으나, 이산화탄소의 수천배에 달하는 온실효과를 나타내기 때문에 이들을 처리할 수 있는 기술을 개발하는 것이 중요하다. PFC는 화학적으로 대단히 안정된 물질이기 때문에 분해가 어렵고, SF6은 유황분을 포함하기 때문에 처리가 CFC이상으로 어려워 파괴 처리기술이 확립되어 있지 않은 상태이다. 일본의 경우, 파괴처리를 위하여 '로타리 킬른 방식', '플라즈마 방식', '촉매연소방식'의 세가지 방식을 검토하고 있다.

이산화탄소 감축을 위한 기술은 <표 2>과 같이 화석에너지를 사용할 때 발생하는 이산화탄소의 배출량을 줄이는 이산화탄소 저감기술과 발생한 이산화탄소를 처리하는 이산화탄소 처리기술로 구분되며, 구체적으로 에너지 절약, 신재생 에너지 및 이산화탄소 처리 기술로 분류된다.

<표 2> 이산화탄소 감축을 위한 기술

기술 분류	관련 기술	세부 기술	적용 분야
이산화탄소 저감 기술	에너지 절약 이용 효율 향상 기술	산업 에너지기술 건물 에너지기술 수송 에너지기술 전기 에너지기술 청정 발전기술	절약형 산업공정, 고효율 연소기절전형 냉난방, 환경친화적 건축설비, 저연비 자동차, 조명기기 고효율화, 청정석탄, 석유이용
	신재생 에너지 기술	자연에너지기술 신에너지기술 폐기물에너지기술	태양열, 태양광 발전 풍력, 소수력 연료전지 발전, 바이오매스 에너지
이산화탄소 처리 기술	이산화탄소 처리 기술	회수기술 저장기술 고정화/재활용기술	

#### 4.4 신·재생 에너지 기술

화석연료를 대체할 수 있는 에너지원으로 태양, 풍력, 소수력, 해양, 지열, 바이오와 같은 자연에너지 이용기술과 연료전지, 수소 등과 같은 신에너지 이용기술 및 폐기물 이용기술을 개발하고 있다.

재생에너지 8개 분야로는 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지로 나뉘지며, 신에너지 3개 분야는 연료전지, 석탄액화 가스화, 수소에너지로 나뉜다.

이러한 신·재생 에너지 기술을 바탕으로 에너지자원의 다변화에 의한 화석연료의 수입 의존도를 감소 및 청정에너지 사용으로 환경보전에 기여하고 미래의 에너지를 확보할 수 있을 것이다.

##### 4.4.1 국내 개발 동향

종래의 화석연료는 유연탄, 원유,중유, 경유 LNG 등이 있으나, 매장량의 한계로 에너지 수입 의존도가 97%인 우리나라는 전력수요 증가율과 함께 항상 불안한 요인으로 상존하고 있다. 더구나 화석연료는 탄산가스, 유황산화물, 질소산화물 배출로 인한 대기오염과 산성비로 인한 산림과 수목들이 죽어가며 지구 환경에 악영향을 끼치고 있는 것이다.

특히 세계 환경보존을 위한 도쿄의정서는 2008년 1월부터 NOx를 50ppm 이하로 환경규제를 선언하여, 세계는 기존 화석연료를 대체할 태양광, 풍력, 연료전지, 디메틸에테르, 수소에너지, 바이오가스, 석탄화가스 등 신재생에너지 개발에 총력을 기울이고 있다.

태양광에너지는 무공해에너지로 각광을 받고 있지만, 국내 경우 연평균 1일 일사량 m<sup>2</sup>당 3,100kal 정도로 태양전지 효율 15~18%(30w/m<sup>2</sup>)를 감안하면 95만 kW급 원자력발전소와 같은 전력을 얻으려면 여의도 면적(87만평)의 11.5 배인 1,000 만평이 필요하여, 우리나라와 같이 국토가 협소하고 인구밀도가 높은 경우에는 현실적인 타당성이 없다.

풍력은 기존의 발전방식과 경쟁력을 갖고 있다지만, 대량보급을 위한 기기 가격 경쟁력 확보와 하드웨어 소프트웨어 확보가 관건이다. 순수 국산 기술로 풍력발전기를 설치한 마라도의 풍력발전 시범사업은 풍력발전의 급격한 부하변동, 기기결합과 운용 및 유지보수기술 미흡으로, 실용화를 위해서는 더 많은 기술개발이 필요한 실정이다.

지금 가장 각광을 받고 있는 수소연료전지의 경우, 이 또한 기존의 화석연료인 천연가스를 개질하여 수소를 생산하고 이를 연료전지에서 공기 중의 산소와 화학반응을 통해 전기 에너지를 생산한다. 여기서도 수소와 산소의 반응시 공기 중의 질소성분으로 인하여 HC, NOx 등이 배출되는 것을 아무도 막을 수 없는 것이다.

또한 경제적인 측면에서도 천연가스를 개질하는데 소요되는 높은 열원(800~900℃)의 에

너지비용과 장치 비용 등을 감안하면 경제성을 상실한 그런 기술개발을 꼭 해야 하는지 생각을 해 봐야 할 것이다.

#### 4.4.2 수소첨가에 의한 연소촉진기술

미국, 일본, 유럽, 국내는 천연가스를 개질한 수소를 이용하여 연료전지 개발에 한창 몰두하고 있는가하면 천연가스에 수소를 첨가하여 효과를 보고 있다.

미국의 Cummins Wesport 사는 이미 천연가스+수소(80+20%)를 혼합한 연료를 사용하여 대형버스 엔진에 상용화 하고 있으며, 기존 천연가스 100% 사용 때 보다 NOx 65%, Particulate Matter 80% 저감 효과를 보이고 있다.

미국과 일본은 LNG를 대체할 SNG(Substitute Natural Gas) 개발하여 도시가스로 산업체와 가정에 공급하고 있다. 일본의 경우는 도시가스를 7 종류로 구분하여 LPG, 나프타, COG(Coke Oven Gas) 등을 사용하여 SNG를 도시가스로 산업체와 소비자에게 공급하고 있다. SNG의 예로서 일본의 6A 도시가스는 산소를 10~20% 함유한 가스를 공급하고 있으며, 5C 도시가스의 경우는 수소를 52.5% 함유한 도시가스를 공급하고 있다.

미국의 경우는 SNG를 석탄에서 합성 또는 가스화하여 수소를 22.9% 합성한 가스를 공급하고 있으며, 하이드로카본과 순산소를 합성한 가스, 나프타가스를 공기와 합성한 가스, 천연가스를 개질하여 수소 83.8%를 함유한 가스를 SNG로 사용하고 있다. 미국에서 천연가스 공급이 어려운 지역은 석탄과 나프타에서 생산된 SNG를 수소 50%, 메탄 20-30% 함유시켜 도시가스로 공급하고 있다.

#### 4.5.3 산소와 브라운가스

일반적으로 연소란 연료에 공기를 불어넣어 태우는 것을 말한다. 공기를 불어넣어준다는 것은 21%의 산소를 얻기 위해 79%의 질소를 넣어주는 결과를 낳는다. 이러한 연소방법은 결과적으로 기술적 한계에 부딪히고 말았다.

일본의 소각로 업체들이 문을 닫았다는데, 이 소식은 스토카방식의 소각로와 같이 공기를 넣어 태우는 종래의 방식으로는 환경문제를 해결할 수 없다는 사실을 바로 증명하고 있는 것이다.

중국의 보일러 업체는 공기중의 산소함량을 26~30% 높이는 기술로 산업용 보일러에 적용되고 있으며, 효과가 현저하여 경제적 측면이나 환경보호 측면에서 공기오염을 방지하고 에너지절약(약11.9%)을 촉진할 수 있는 에너지신기술로 각광을 받고 있다.

따라서 고온 순산소 연소기술은 연소에 사

용되는 공기대신, 산소를 사용함으로써 약30% 정도의 에너지를 절감할 수 있는 매우 유망한 기술로 대두 되었다. 즉 산소를 사용하기 때문에 배가스 중에 질소함량이 현저히 감소하여 배기에 의한 현열손실을 크게 줄일 수 있으며, 또한 배가스 현열을 회수하여 산소를 고온으로 예열시킴으로써 에너지를 추가적으로 절감할 수 있다.

이와 같이 질소함량의 대폭적인 감소로 공기량과 배기량이 현저하게 감소되기 때문에 화염의 온도와 명도는 산소함량의 증가와 함께 현저하게 개선되고 복사전열도 강화시킬 수 있다. 따라서 산소함량이 더 높을수록 효율도 증대되는 것은 틀림없으나 문제는 산소를 증가시키기 위한 비용이 크게 소요되는 점이다.

#### 4.5.4 신에너지 브라운가스

상기와 같은 여러 가지 측면에서 신재생에너지를 개발하고 연소기술도 개발하고 있고 특히 수소첨가와 순산소의 필요성이 강조되고 있지만, 수소와 순산소의 제조를 위한 복잡한 장치와 설비비용, 가스의 생산단가가 너무 높아 경제성을 확보할 수 없다는 점이 문제점으로 대두되고 있다.

따라서 우리는 이 문제를 해결하고 경제성을 확보할 수 있는 에너지로서 재생에너지가 아닌 신에너지의 출현을 갈망하고 있다. 신에너지 그것은 수소와 산소의 혼합가스인 브라운가스이다.

물연료 자동공급설비인 브라운가스플랜트에서 대량생산되는 브라운가스는 물(H<sub>2</sub>O)의 구성비 그대로 수소와 산소가 2:1의 비율로 혼합되어 있는 혼합가스이다. 브라운가스는 연소촉진시스템에 의해 상기 모든 문제를 해결해 줄 뿐만 아니라 브라운가스 고온용융소각로에서 소각재까지도 용융시켜 쓰레기도 모래로 재활용하므로 환경문제를 말끔히 해결해 준다.

브라운가스는 자체 산소에 의해 자신을 불태워 고열을 창출하는 아주 이상적인 대체에너지이기 때문에 이 시대 최대 현안인 에너지문제와 함께 환경문제를 동시에 해결해 줄 수 있을 것이다.

### 5. 결론

교토의정서 체결 이후 정부는 국무조정실 산하에 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화대책위원회를 설립하여 기후 변화대응을 위한 정부종합대책을 2차에 걸쳐 수립하여 1999년부터 추진해 오고 있으며, 2005년부터는 제 3차 종합대책을 수립하여 추진 중이다.

정부는 그 동안 대체에너지 및 청정에너지 개발, 에너지효율제고, 환경친화형 수송정책, 에너지 절약형 건물설계, 천연가스 공급확대, 기후변화 영향평가 및 적응프로그램 개발, CNG버스 보급확대, 매립지가스 자원화 등의 사업을 추진해 왔다.

온실가스 배출, 특히 온실가스의 주범인 이산화탄소는 주로 에너지 사용에 의해 배출된다. 또한 에너지는 경제발전의 동력일 뿐 만 아니라 국가경쟁력의 중요한 요소이다. 에너지 집약형 산업의 비중이 높은 우리나라는 온실가스 감축의 무부담을 지게 될 경우, 경제발전이 심각한 영향을 미칠 것이 예상된다. 특히, 2010년 국민소득 2만불을 목표로 경제정책을 추진해 나가고 있는 우리나라에게 기후변화협약 및 교토의정서에 의해 구속적인 의무부담을 지게 되면 국가경제에 상당한 부담이 될 수밖에 없다. 그러나 우리나라가 온실가스 저감을 위한 적극적이고 적절한 대응을 한다면 온실가스 저감을 오히려 우리에게 기회가 될 수 있을 것이다.

앞서 지적한 바와 같이 온실가스 저감은 에너지 사용과 밀접한 관계가 있고, 에너지는 경제발전의 원동력이다. 따라서 향후 기후변화 대응을 위한 추진방향은 기존에 정부가 각 부처별로 실시하고 있는 이행프로그램 중심의 대책과 병행하여 거시적이고 중장기적인 정책이 수립되어야 할 것이다. 예를 들면, 첫째, 국민소득 2만불 달성을 위한 경제, 산업, 건설, 교통, 도시개발 정책 수립에 에너지 수요·공급과 온실가스 저감정책이 함께 고려되어야 한다. 둘째, 국토균형발전 및 지역경제 활성화 정책에 에너지 및 온실가스 저감정책이 함께 종합적으로 고려되어야 한다.

이 외에도 주택건설시 태양에너지 등 재생에너지 사용 및 에너지 효율을 증가 시킬 수 있는 제도의 도입, 대중교통 수단 확산, 탄소세 도입 등 다양한 정책 수립 및 강화가 필요하다.

앞서 지적한 바와 같이 우리나라는 OECD 회원국이면서 온실가스 배출 세계 9위 국가이다. 따라서 금년부터 교토이후 의무감축 방안에 대한 논의가 본격화 되면 우리나라에 대한 온실가스 감축 의무부담에 대한 압력이 국제사회로부터 강하게 제기될 것이다. 이러한 압력에 대한 준비는 과거와 같이 온실가스 저감문제를 위기로만 인식하여 부정적이고 소극적인 대응자세에서 탈피하고 긍정적이고 적극적인 자세를 취하여 기업 및 국가 경쟁력을 재고하는 기회로 활용할 필요가 있다. 이를 위해서는 정부, 기업, 국민 모두가 함께 노력해야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 김병수, “기후변화협약과 교토의정서에 대한 미국의 정책 변화과정 연구”, 석사학위논문, 카톨릭대학교 국제대학원, 2001.
- [2] 이상훈, “전력산업 구조개편에 따른 대체에너지 활성화 방안 연구”, 석사학위논문, 연세대학교 행정대학원, 2001.
- [3] 이진행, “기후변화협약에 따른 교토의정서체제”, 박사학위논문, 고려대학교, 2002.
- [4] 조규원, “기후변화협약 대응체계 개선 방안 연구”, 석사학위논문, 경희대학교 국제법무대학원, 2002.
- [5] 조재립, “지구온난화의 추이와 환경영향평가에 관한 연구”, 품질경영학회, 2001.
- [6] 최영태, “교토의정서 발효와 환경경영”, 품질경영학회, 2005.
- [7] 황인석, “교토의정서와 한국의 대응체계에 관한 연구”, 석사학위논문, 울산대학교 정책대학원, 2005.
- [8] 조재립, “환경경영”, 청문각, 1999.
- [9] 환경부, “환경통계연감”, 2005.
- [10] 환경부, “대기환경연보”, 2005.