특집 : 신에너지 기술

기후변화 협약현황과 에너지기술

박 상 도
(에너지기술연구원 온실가스저감기술 개발사업단장)

1. 서 론

21세기 인류의 환경보존을 위한 최대과제로 인식되고 있는 지구온난화현상은 태양으로부터 발산되어 온 태양파는 지구에 의하여 일부는 흡수되고 일부는 재반사되는데 이들 반사파 중에 단파장의 반사파는 문제없이 외계로 방사되나 장파장의 반사파와 지구에서 발산되는 원적외선(파장:4~100㎛)의 에너지파는 온실가스(GHG ; GreenHouse Gas)에 의하여 흡수되어 지구의 에너지 평형을 파괴시키면서 대기의 온도를 상승시키는 것으로, 엘리뇨 현상 등과 같은 기상이변, 해변국가의 존폐위기가 달려 있는 해수면의 상승, 농업생태계의 변화, 건강피해 등과 같은 문제점을 야기시킨다.

주요 온실가스에 있어서 최근 100년 동안(1990년 기준) 배출량을 환산하여 지구온난화에 대한 상대기여도를 계산하면 이산화탄소 61%, 메탄 15%, 아산화질소 4%, 프레온 가스 11.5%, 기타 8.5%이며, 발생과정은 이산화탄소는 대부분 화석연료의 연소시 발생하며, 메탄은 폐기물의 분해 및 농업생산과 같은 자연 중에 발생되어 제어가 곤란하며, 아산화질소는 에너지 연소, 질소비료 사용 및 산업공정상에서 소량 배출되며, 프레온 가스는 냉매제 및 세척제 사용시 배출되며 2020년에 완전 폐기될 예정이다. 따라서 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약에서 논의되고 있는 온실가스라 함은 대부분 이산화탄소를 말하고 있다.

2. 기후변화 협약 현황

지구온난화에 지대한 영향을 미치는 이산화탄소 문제에 관하여는 1988년 세계기상기구(WMO)와 국제연합 환경계획(UNEP)이 공동으로 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC : Inter-governmental Panel on Climate Change)을 설립하므로 본격적으로 토의되기 시작하였으며, 1992년 브라질 리우데 자네이로에서 개최된 UN환경개발회의에서 기후변화협약(UNFCCC ; United Nations Framework Convention on Climate Change)을 채택하였다. 채택된 기후변화협약은 각국의 비준동의 과정을 거쳐 1994년 3월 21일 발효되었으며 한국은 1993년 12월 47번째 국가로 비준을 동의하였다. 또한 1995년부터 해마다 기후변화협약 당사국총회(COP ; Conference Of Parties)를 개최하기로 합의하였다. 따라서 1차는 '95년 3월 독일 베르린, 2차는 '96년 7월 스위스 제네바, 3차는 1997년 12월 일본 교토, 4차는 '98년 11월 아르헨티나 부에노스 아이렌스, 5차는 '99년 10월 독일 본, 6차는 2000년 11월 네델란드 헤이그에서 개최되었다.

1, 2차 총회에서는 2000년 이후의 온실가스 감축을 위한 협상그룹을 설치하고 동 논의 결과를 3차 당사국 총회에 보고, 미국과 EU는 감축목표에 대한 법적 구속성을 부여키로 합의, 개도국의 국가보고서 작성.보고 등을 결정하였다. 3차는 교도의정서 채택, 4차는 교토의정서의 구체적인 이행방안을 위한 행동계획(Buennos Aires Plan of Action) 채택, 5차는 교토의정서의 세부운영방안, 의무준수체제, 개도국에 대한 지원 및 능력형성, 협약부속서 개정문제가 논의되었으며, 특히 우리나라도 개도국인 경제성장을 보장할 수 있는 새로운 참여방식의 필요성을 강조하고 자발적이며 비

구속적이라는 전제하에 온실가스 감축노력 참여의지를 표명하였다.

3차 때 채택된 교토 의정서(Kyoto Protocol)는 국가간 온실가스 감축을 위한 기본방향을 제시한 협의문으로 매우 중요하다. 주요내용으로는 선진 38개국은 2008년부터 2013년까지 5년동안 평균 5.2%의 이산화탄소 감축 의무화, 감축대상 가스로 6종을 선정하고 이중 이산화탄소, 메탄, 아산화질소는 1990년 기준으로 감축하고 대체 후레온가스 3종(HFCs, PFCs, SF6)은 1995년 기준으로 감축하고자 하였으며, 이산화탄소 배출량에서 산림 등에 의한 흡수량을 뺀 수치인 순배출량(Net) 방식의 채택, 국가간 공동프로젝트 수행을 통한 온실가스 감축 공동이행(JI ; Joint Implementation) 및 국가별 배출량을 할당한 후 국가간 할당량 거래를 허용하는 배출권 거래제도 도입, EU역내 국가의 배출량에 대한 단일 감축목표를 설정하는 유럽연합 공동삭감(EU Bubble) 방식 인정, 선진국의 온실가스 감축 및 개도국의 지속가능한 성장을 위해 선진국과 개도국이 서로 협력할 수 있는 제도로 온실가스 감축목표를 받은 선진국들이 감축목표가 없는 개도국에 자본과 기술을 투자하여 발생한 온실가스 감축분을 자국의 감축목표 달성으로 활용할 수 있는 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism) 등을 들 수 있다.

이때 국가별 협상전략으로 소도서국가연합(AOSIS)와 북구유럽국가와 같이 온실가스 배출량이 적은 나라는 온실가스 삭감에 가장 적극적이며, 미국, 네델란드는 배출량을 줄이는 값싼 수단으로 공동이행과 배출권 거래제를 선호, 원자력발전에 크게 의존하는 프랑스, 일본은 1인당 배출량 기준을 주장하였다. 이와 같이 당 총회에서는 온실가스 감축에 따른 각국의 심각한 경제적 파급효과를 고려하여 논의 핵심인 지구환경 보호 그 자체에서 벗어나 자국의 경쟁력과 경제활동 보호하기 위한 법적근거를 마련하고 있다는 점이 두들어진다.

지구온난화 방지를 위한 온실가스 배출 규제 강화시 각국에서는 심각한 경제적 타격을 입을 것이 예상된다. 따라서 선진국에서는 온실가스 배출감소를 위하여 심혈을 기우리고 있으며 대응 정책 및 조치(Policies and Measures)로 이산화탄소, 메탄, 아산화질소의 저감에 주력하고 있으며 이중 이산화탄소에 가장 큰 역점을 두고 있다. 특히, 에너지 효율 향상이 기후변화협약 대응전략의 핵심으로 활용하고 있다. 구체적으로, 발전부문에서는 경쟁 강화, 효율 개선, 연료전환을 추구하고 있으며, 산업부문에서는 산업 설비 및 공정의 효율 증진을 추진하고 있다. 수송부문에서는 자동차 연료경제의 개선, 배출가스 규제, 대중교통수단 이용 확대를 추진하고 있으며, 상업부문에서는 빌딩, 기계설비, 가전기기 등의 에너지효율 개선을 추진하고 있다. 기타 임업부문의 산림 보존, 조림사업 확대, 폐기물부문의 폐기물 발생 최소화, 쓰레기 매립지의 메탄 감축을 추진하고 있다.

대응정책을 정책수단별로 볼 때, 규제, 경제적 수단, 자율협정(Voluntary Agreement), 정보 및 교육프로그램 등이 다양하게 활용되고 있다. 규제수단은 가전기기 및 산업설비의 효율기준, 자동차 배기가스 기준, 건물의 효율기준, 산림보존 등에 활용되고 있다. 경제적 수단으로는 보조금, 리베이트, 인센티브가 많이 활용되고 있으며, 발전효율 증진, 신재생 에너지 및 대체연료 이용 확대, 대중교통수단 이용확대, 조림사업을 추진 등을 위해 사용되고 있다. 조세수단은 주로 수송부문에서 주로 활용되고 있다. 자율협정은 주로 전력회사 등 대기업을 대상으로 활용되고 있다. 정보 및 교육프로그램은 소비자 선택에 영향을 주기 위한 정책으로 활용되고 있다. 연구개발은 특히 에너지부문에 대한 기술 개발 및 관행 개선을 위한 프로그램이 추진되고 있다. 또한, 탄소세, 에너지세, 제품의 환경등급표시 및 환경기준 도입 등의 정책수단이 활용되고 있다.

3. 우리나라의 현황

우리나라는 1970년대부터 본격적인 경제개발을 추진한 이래 매년 높은 경제성장률을 달성하고 있으며, 이에 따른 에너지 사용량의 증가는 이산화탄소 배출량을 기하급수적으로 증가시켰다. 이에 따라 선진국에서는 2010년에 1990년보다 낮은 이산화탄소 배출을 목표로 하고 있으나 우리나라는 2010년에 1995년 기준으로 160% 증가가 예상되고 있다. 다행히 제 3차 당사국 총회에서 한국은 개도국의 강한 반발로 이산화탄소 배출 감축국에서 제외되었지만 경제기반이 미약한 동유럽 체제변환국도 이산화탄소 감축국으로 참여하고 있는 마당에 경제력으로나 국제사회에서의 위치로 보아 국제사회의 압력에 얼마만큼 버틸 수 있는지는 미지수이다. 또한 1996년 경제협력개발기구(OECD)에 가입협상의 일환으로 "기후변화 방지를 위한 OECD의 노력에 동참할 것"을 약속한 바 있어 더욱 더 온실가스 감축의무를 회피하기는 어려울 것으로 전망된다.

따라서 지구온난화 방지를 위한 규제강화에 대비한 대응방안 마련은 현실적으로 시급히 해결하여야할 문제이며, 근본적인 해결방법으로는 온실가스의 주범인 이산화탄소의 배출을 줄일 수 있는 에너지기술 개발에 있다.

온실가스 저감기술로 일부에서는 현재 원자력 발전을 들 수 있지만 대외적인 여건으로 보아 앞으로 확장하는데 조심스러운 검토가 요망되고 있다. 따라서 우리나라는 화석연료 이용 및 대체할 수 있는 관련기술에 대하여 혁신적인 기술개발을 통하여만 현재의 이산화탄소 증가율을 낮을 수 있을 것이라 예상된다. 주요관련 기술로는 에너지 이용 전 분야

에 있어 이용효율을 향상시킴으로 직접적인 이산화탄소 저감효과를 나타내는 "에너지절약 및 이용효율 향상 기술", 화석연료를 제외한 자연에너지, 신에너지 및 폐기물을 이용한 화석연료를 대체할 수 있는 "대체에너지 기술", 화석연료 사용 후 배출되는 이산화탄소 및 기타 온실가스를 처리할 수 있는 "온실가스 처리 기술"을 들 수 있다.

3.1 에너지 절약 및 이용효율 향상 기술

에너지 절약 및 이용효율 향상 기술는 화석연료의 사용 및 관련기술의 에너지 사용을 저감시키므로 직접적인 이산화탄소 저감효과를 나타내는 기술로 산업, 건물, 수송, 전기에너지 및 석탄.석유의 이용효율향상 기술로 분류할 수 있다.

산업 에너지 기술은 산업공정에 투입하는 에너지를 줄이는데 기존공정을 탈피한 새로운 공정 기술개발, 화석에너지를 연소시켜 열이나 동력을 얻는 열이나 동력발생장치의 효율향상기술 및 생산된 열에너지를 보다 시간적이나 공간적으로 효율적으로 이용할 수 있는 시스템의 기술개발 등을 들 수가 있다.

건물 에너지는 가정용이나 상업용 건물에 적용되는 각종 공조설비의 효율을 높임으로써 전기나 화석에너지의 소비를 줄이는데 초점을 맞추었으며 또한 환경친화적 건물의 조건을 만족시킬 수 있는 자연에너지의 이용기술 등을 중심으로 기술개발을 하고 있다.

수송에너지 기술은 기존차량의 연비개선에 의한 이산화탄소의 배출을 저감시킬 수 있는 기술개발, 이산화탄소의 배출이 적은 대체연료 자동차 개발, 차세대 저소비연료 자동차의 개발 등을 들 수 있다.

전기 에너지 기술은 전력에 있어 부하관리 방안을 통하여 전기에너지의 수요공급을 안정화시키며 다기능 전력저장방법을 갖추어 전기에너지의 소비를 줄이는 것을 핵심기술로 개발하고 있다.

석탄, 석유의 이용효율향상 기술은 석탄과 같은 탄소의 함량이 높은 연료를 천연가스와 같은 탄소함량이 낮은 연료로 전환함으로써 단위발열량 당 이산화탄소 발생량을 줄이는 기술과 연소효율을 향상시켜 이산화탄소의 배출을 줄이는 기술로 대별될 수 있다.

이 중 연료전환 기술의 개발 및 보급은 경제성 문제를 제일 먼저 고려하여야 할 사항이다. 즉, 이산화탄소 배출이 적은 연료전환은 현재 사용하고 연료에 비하여 경제적 우위를 차지하거나 정책적인 고려가 있을 경우에만 실현될 수 있는 사항이다.

3.2 대체에너지 기술

대체에너지 기술 분야는 화석연료를 대체할 수 있는 에너지원으로 태양, 풍력, 소수력, 해양, 지열, 바이오와 같은 자연에너지 이용기술, 연료전지, 수소에너지 등과 같은 신에너지 이용기술 및 폐기물 에너지화 기술을 들 수 있다. 주요기술로 태양열에너지 기술은 에너지자립형 태양에너지 건물, 산업용 태양열 시스템, 태양광발전 기술은 독립형 태양광발전시스템 이용, 계통연계형 태양광발전, 규소계 태양전지, 화합물 반도체 태양전지 및 신형 태양전지, 풍력 발전기술은 중형급 풍력발전시스템 국산화 및 중규모단지 조성, 소수력 발전 기술, 해양에너지 발전 기술, 지열에너지 이용기술, 바이오 에너지 기술은 연료용 에탄올 생산기술, 메탄가스 전환 이용기술, 미래 바이오 에너지 기술, 연료전지 기술은 용융탄산염, 인산형, 고체전해질형, 고분자전해질형, 수소에너지 응용기술, 폐기물 연료화 기술, 폐기물로부터 에너지 회수 기술을 들 수 있다.

대체에너지 잠재력으로써, 국내 자연.재생에너지(태양, 풍력, 소수력, 바이오매스, 도시폐기물, 조력만 계상)의 부존량은 연간 11,694백만TOE에 이르며, 현재 국내외 기술수준을 감안하였을 때 이 중 회수, 이용할 수 있는 양은 1/4인 연간 2,812백만TOE로 엄청난 개발 잠재력을 가지고 있다.

3.3 온실가스 처리기술

온실가스 처리기술은 화석연료 연소 후 생성되는 이산화탄소를 대기 중으로 배출시키지 않는 것으로 분리/회수, 폐기 및 고정화/재활용 기술로 분류할 수 있다. 분리/회수 기술 중 흡수법은 선진국이 이미 상용화되어 운전하고 있으며, 흡착법은 실증실험단계이며, 막분리법은 연구개발 단계에 있다.

따라서 현재의 분리기술의 완숙도와 국내의 기술수준를 보았을때 연소 배가스 중에 포함된 이산화탄소를 분리하기 위하여 단시일내에 적용될 수 있는 기술은 흡수식, 실증공정을 거친 다음 상용화 공정으로 적용할 수 있는 기술로 흡착식이며 미래 분리공정으로 막분리법을 들 수 있다. 회수된 이산화탄소 폐기는 해양 2,700m이하의 심해 중에 폐기하는 것이 현재로 가장 경제적이며, 고정화/재활용 기술로 화학적, 생물학적, 광학적, 전기화학적 방법이 이용되고 있으나 현재 기술수준은 기초연구 단계에 머무르고 있는 실정이다. 또한 기타 온실가스 처리기술로 메탄, 아산화질소, 프레온 처리 및 대체기술로 분류할 수 있다.

4. 결 어

지구온난화 방지를 위한 기후변화협약 당사국 총회는 해마다 계속될 전망이며 이에 따른 배출방지를 위한 규제강화도 가속화될 것이다. 만약 우리나라가 이산화탄소 감축대상

국으로 포함될 경우에 GNP의 5~7%정도 하강 및 국내 주력산업인 철강, 석유화학, 조선, 시멘트와 같이 에너지 다소비업체에 심각한 타격을 줄 것으로 예상된다.

따라서 국내에서도 정책적 대응방안보다는 적극적 대응방안인 이산화탄소 배출 저감을 위한 기술개발을 추진하여야 할 것이다. 현재 과학기술부를 중심으로 한 지구온난화 방지 사업단(단장 : 에너지기술연구소 박상도 박사)이 1998년 발족되어 이산화탄소 저감을 위한 기술개발을, 또한 산업자업부에서도 에너지 기술개발을 활발히 추진하고 있는 실정이나, 에너지 기술개발을 확대하여 앞으로 다가올 온실가스 규제강화에 능동적으로 대처할 수 있어야 할 것이다.

〈저 자 소 개〉

박상도(朴尙道)

1980년 고려대학교 화학공학과 졸업(학사).
1982년 고려대학교 화학공학과 졸업(석사).
1990년 서강대학교 화학공학과 졸업(박사).
1990년~1992년 환경부(환경보전자문위원).
1995년~1997년 Univ. of Texas at Austin 국가 전략분야 해외 방문 연구요원. 1982년~현재 한국에너지기술연구원 에너지환경연구부 화석연료연구팀장. 2000년~현재 한국에너지기술연구원 온실가스저감기술개발사업단장.