

1. 지구 온난화 현상과 각국의 대응 동향

산업화 시대 이후 화석연료 사용 증가에 따른 지구상의 온실가스 농도가 빠르게 증가하고 있다. 지난 100년간 지구 대기의 온실가스농도는 이산화탄소로 환산하였을 경우 450 CO₂eq. ppm 정도이며, 이산화탄소 농도는 375 ppm 수준으로 지난 100년간 약 35% 증가한 것으로 나타났다. 또한 매년 0.4% 이상의 가파른 상승을 보이고 있다. 이러한 온실효과를 나타내는 성분의 증가는 지구의 자동온도조절능력(Natural Temperature Control System)이 위기를 맞고 있음을 보여준다. 이러한 지구 자정능력의 이상은 기상이변, 해수면상승 등을 초래하며, 생태계와 사회 경제 전반에 커다란 영향을 끼치고 있다. 본 고에서는 지구온난화 현상의 원인, 기후변화협약과 각국의 대응동향에 대하여 간단히 알아보려고 한다.

지구온난화현상 (Global Warming)

태양에서 지구에 도달하는 빛 에너지 중 (342 W/m^2) 약 31%는 대기중의 구름이나 먼지 등에 의해 반사되고, 지표면에는 49%인 168 W/m^2 정도 도달한다. 지구는 태양에서 도달한 에너지 중 적외선과 같이 긴 파장의 에너지를 방출하며 대기중의 이산화탄소와 같은 온실가스에 일부가 흡수된다. 적외선을 흡수한 온실가스 분자는 들뜬 상태가 되고 안정한 상태를 유지하기 위하여 에너지를 방출하는데, 이 에너지로 인하여 지구가 일정한 (약 14°C) 온도를 유지할 수 있다. 이러한 온실효과(Greenhouse Effect)가 없다면 지구의 평균온도는 -18°C 까지 내려가 생명체의 생존이 불가능하게 된다. 따라서 우리가 쾌적하게 살 수 있게 만드는 요인 중 하나가 이산화탄소와 같은 온실가스이다. 문제는 산업발전에 따른 화석연료의 사용 급증, 삼림벌채 등에 의한 지구 자정능력 약화 등으로 대기중의 온실가스 농도가 증가하여 지구의 평균온도가 증가하는 지구온난화 현상이 나타나고 있다는 것이다. 모든 조건이 동일한 상태에서 이산화탄소 농도가 2배 증가하면 지구의 배출에너지는 4 W/m^2 감소하게 되고, 지구가 평형상태로 도달하기 위해 지표면의 온도는 1.2°C 상승한다. 그러나 실제 기후 시스템에서는 여러 가지 복잡한 요인에 의해 $1.5 \sim 4.5^\circ\text{C}$ 의 온도 상승이 있을 것으로 예측하고 있다. (과학적 예측의 부정확성은 대부분 구름에 대한 과학지식의 부족함에서 기인한다.)

지구온난화현상을 일으키는 온실가스(Greenhouse Gas, GHG)는 제 3차 당사국총회(COP: Conference of the Parties)에서 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소화불화탄소(HFCs), 불화탄소(PFCs), 불화유황(SF₆)을 6대 온실가스로 지정하였다. 이들 온실가스에 대한 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP: 일정기간(보통 100년) 이산화탄소 1kg의 적외선 흡수 능력(가열효과)에 대한 다른 온실가스의 적외선 흡수 능력 비율), 대기체류시간, 대기 중 농도 등의 값을 IPCC에서 발표하였으며 표 1과 같다.

표 1. 6대 온실가스 특성

온실가스	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	PFCs, HFCs, SF ₆
배출원	에너지사용/ 산업공정	폐기물/농업/축산	산업공정/비료공정	냉매/세척용
산업화이전 농도(ppm)	280	0.7	0.27	0
대기 중 농도(ppm)*	365	1.75	0.314	0.003
국내 총 배출량(%)	88.6	4.8	2.8	3.8
대기체류시간(년)	5~200	12	114	45 ~ 260
증가율	1.5 ppm/yr	7.0 ppb/yr	0.8 ppb/yr	-1.4 ~ 0.55ppt/yr
온신효과기여도(%)	55	15	6	24
지구온난화지수	1	21	310	1,300 ~ 23,900

*1998년 기준

이중 이산화탄소는 지구온난화지수는 낮지만 규제 가능한 가스(Controllable Gas)로써 전체 온실 가스 배출 중 약 80% 이상을 차지하고 있기 때문에 가장 중요한 온실가스로 분류되고 있다.

지구온난화에 의한 기후변화는 해수면의 상승과 국지성 폭우 및 폭설 등 기상이변을 가져오며, 육상 및 해양생태계의 변화 및 인류 건강에 직간접적인 영향을 끼칠 것으로 예상된다. IPCC 보고서에 따르면 온실가스에 대한 감축 정책이 시행되지 않을 경우 2010년에는 지구평균온도가 1990년 대비 1.4 ~ 5.8℃ 상승 될 것으로 예상되며, 해수면의 높이가 50cm 높아질 경우 마셜군도 내 환초의 80%가 없어지고, 방글라데시의 17.5%, 우루과이의 0.05%가 침수된다고 하였다. 우리나라의 경우 연평균 기온이 4℃ 상승하면 제주도 서귀포는 대만과 비슷한 온도분포를 보여 열대작물도 재배가 가능하며 농업생태계에 매우 복잡한 변화를 가져올 것으로 예측된다. 예를 들어 대구사과, 나주배와 같은 특산물은 속초 사과, 강릉배와 같이 재배지가 온도가 낮은 북부지역으로 옮겨갈 수 밖에 없다. 우리나라에 예상되는 환경적인 피해는 다음과 같이 들 수 있다 (참고: 이산화탄소저감 및 처리기술개발사업단, www.crd.s.re.kr).

- 현재의 온대성 식생 외에 아열대성 식생이 증가하는 등 생태계의 혼란이 예상됨.
- 물 공급 부족국가인 우리나라의 경우 물 부족에 따른 수질악화 예상
- 어류의 이동경로 변화, 해양생태계 변화, 산소량 감소, 물고기의 질병증가로 인해 수산업 타격
- 온난화로 인해 다모작 농사가 가능하나 병충해가 늘어날 것이 예상됨
- 경사가 완만한 서해안과 남해안의 침수 피해 우려
- 더위로 인한 스트레스와 질병이 2배 정도 증가
- 말라리아와 같은 열대성 질병이 고위도로 확산되어 열대성 질병 발생이 예상됨

위와 같은 환경의 변화를 고려하면 지구 온난화 방지를 위해 모든 국가가 노력해야 함은 자명한 사실이다. 그러나 지구온난화 방지라는 대의 명분에는 모든 나라가 동의하나 자국의 이익을 위해 “지구온난화가 과연 온실가스에 의한 것인가?”, “산업화로 가장 큰 혜택을 보고, 온실가스 배출에 가장 큰 영향을 끼친 선진국에서 개도국에 대한 이산화탄소 배출 저감을 요구할 수 있나?”와 같은 여러 문제점을 들어 강력한 온실가스 규제는 반대하고 있는 실정이다. 즉 각국은 지구온난화 방지를 위해서는 경제적 손실을 감수해야만 하며 이러한 경제적 손실을 최소화 할 수 있는 시점을 저울질하고 있는 상태이다. 이러한 각국의 이해관계가 엇힌 상태에서도 지구온난화 방지를 위한 기후변화협약은 다음과 같이 진행되고 있다.

기후변화협약 (UNFCCC: United National Framework Convention on Climate Change)

1992년 6월 브라질 리우환경회의에서 지구온난화에 따른 이상 기후현상을 예방하기 위한 목적으로 “기후변화에 관한 국제연합 기본협약”이 채택되었다. 기후변화협약에서는 공동의 차별화된 책임 및 능력에 입각한 의무부담의 원칙, 개발도상국의 특수사정 배려의 원칙, 기후변화의 예측 방지를 위한 예방적 조치 시행의 원칙 및 모든 국가의 지속 가능한 성장의 보장 원칙을 협약서 제 3조에 규정하고 있다. 이 협약은 1994년 3월에 공식 발효되었고, 2004년 현재 188개국이 가입한 상태이다. 기후변화협약에 규정된 의무부담 원칙은 다음의 표2와 같은 그룹으로 나누어 각기 다른 의무 사항을 규정하고 있다.

표 2. 기후변화협약의 국가별 이행 의무

구 분	Annex I	Annex II	Non-Annex I
국 가	협약체결 당시 OECD 24개국, EU와 동구권 국가 등 40개국	Annex I 국가에서 동구권 국가가 제외된 OECD 24개국 및 EU	우리나라 등
의 무	온실가스 배출량을 1990년 수준으로 감축 노력, 강제성을 부여하지 않음	개발도상국에 재정 지원 및 기술이전 의무를 가짐	국가보고서 제출 등의 협약상 일반적 의무만 수행

1995년 베를린에서 개최된 제 1차 당사국총회에서 협약상의 감축의무만으로는 지구온난화 방지가 불충분하기 때문에 이산화탄소 감축목표에 관한 의정서를 1997년 일본 교토에서 열린 총회에서 채택하였다. 이 교토의정서는 선진국(Annex I)의 구속력 있는 감축목표 설정, 공동이행제도, 청정개발체제(CDM: Clean Development

Mechanism) 및 배출권 거래제 등 시장원리에 입각한 새로운 온실가스 감축 수단의 도입 등을 명시하고 있다. 이러한 교토의정서가 발효되기 위해서는 다음과 같은 요건을 충족시켜야 한다. 55개국 이상의 협약 당사국들이 비준서를 기탁해야 하며, 비준서를 기탁한 Annex I 국가들의 1990년 온실가스 배출량의 합이 전체 Annex I 국가들의 1990년 기준 온실가스 배출량의 55% 이상을 차지해야만 한다. 교토의정서의 비준의 늦어진 이유는 기후변화에 대한 과학적 불확실성, 개도국 불참 및 자국경제에 미치는 파급영향을 이유로 전세계에서 가장 많은 이산화탄소를 배출하는 (36.1%) 미국이 2001년 교토의정서 비준을 거부했기 때문이다. 그 후 2004년 이산화탄소 배출량이 전세계의 17.4%인 러시아가 교토의정서를 비준함으로써 2005년 2월 교토의정서가 정식 발효되었다.

Annex I 그룹으로 분류된 선진국들은 2008 ~ 2012년인 교토의정서 1차 공약기간 중 이산화탄소를 1990년 기준 -8%에서 +10%까지 차별적인 저감의무를 규정 받고, 국가별로 대응 정책을 수립하여 추진 중이다. 개도국 지위를 인정받은 우리나라는 1단계 동안인 2012년 까지 이산화탄소 감축 목표 시행을 유예 받았다. 그러나 2002년 우리나라의 이산화탄소 배출량은 1990년 대비 99.7% 늘어나 세계에서 두 번째로 높은 증가율을 보이고 있으며, 전체 이산화탄소 배출량도 세계 10위의 OECD 가입국으로 2013년 이후 시행될 포스트 교토의정서 단계에서는 온실가스 감축의무를 부담해야 할 가능성이 크다. 따라서 향후 도래할 온실가스저감 압박에 대한 국가적 정책 수립, 효율적 기술 확보 등 사회전반에 걸친 대책을 강구하여야만 한다.

주요국의 기후변화대응 정책

■ 미국

미국은 세계 최대의 에너지소비국가이며 이에 따른 온실가스 배출량이 전세계 온실가스 배출량의 약 1/4을 차지하고 있다. 미국은 교토의정서 목표량인 “1990년 온실가스 배출량 대비 7% 삭감”에 대하여 불확실한 과학적 근거, 미국경제의 악영향, 개도국 불참 등의 이유로 교토의정서 탈퇴를 선언하였다. 그러나 2002년 지속적인 경제성장을 전제로 기술개발을 통하여 2002년 ~ 2012년 동안 GDP당 온실가스 배출량을 18% 삭감하는 목표를 달성하기 위하여 Global Climate Change Initiative를 발표하였다. 구체적인 온실가스 저감을 위하여 DOE, DOC, EPA등 관련 부처를 중심으로 기후변화 과학 프로그램(CCSP: Climate Change Science Program, 2005년 \$20억 연방예산 투자)과 기후변화 기술 프로그램(CCTP: Climate Change Technology Program, 2005년 \$32억 연방예산 투자)을 마련하여 추진하고 있다. 이러한 프로그램을 통하여 단기적으로는 에너지 효율향상에 역점을 두고, 중장기적으로는 온실가스 회수 처리 (CCS: Carbon Dioxide Capture & Storage), 청정석탄이용 기술(CCT: Clean Coal Technology), 수소이용기술에 중점을 두고 있다.

미국의 정책기조는 “온실가스 감축규제는 거부하는 대신 기술개발을 통하여 온실가스를 자율적으로 줄이겠다”는 것으로 보인다. (참고: 이산화탄소 저감 및 처리기술 TRM 작성, (주) 기술과 가치, 과기부)

■ 유럽연합 (EU)

EU는 기후변화협약에 가장 적극적인 지역이다. 이는 EU의 경제력이 타 지역보다 우위에 있고 지구온난화에 의한 영향을 가장 심하게 받는 지역이기 때문으로 사료된다. EU에서의 기후변화대응 정책 및 방안은 각 회원국 수준과 유럽연합 수준에서 별도로 준비되며 유럽연합 수준에서의 핵심정책은 유럽 기후변화 프로그램(ECCP: European Climate Change Programme)에서 규정하고 있다. ECCP는 교토메커니즘(EU 15국의 온실가스 감축량: 1990년 대비 8%)을 실행하기 위해 2단계에 걸친 정책개발을 추진하여 2010년 까지 감축목표의 2배인 6.64억 ~ 7.65억 CO₂톤/년의 삭감이 CO₂ 톤당 20 유로 이하에서 가능하다고 보고하고 42개 대책안에 대한 우선순위를 표시한 실행계획을 발표하였다. 실행계획은 미국과 동일하게 초기 에너지효율향상에 중점을 두고 향후 신재생에너지 및 원자력에너지원확보를 추진하고 있다.

■ 일본

일본은 세계 4위의 온실가스 배출국가로써 지구온난화 문제 해결에 있어서 적극적인 입장을 취하고 있으며 교토의정사상 일본의 온실가스 감축 목표는 “1990년 대비 6% 감축”으로 강도 높은 온실가스 저감 노력이 필요한 실정이다. 일본은 교토의정서 발표에 따라 2005년 “교토의정서 목표 달성계획”을 내각에서 의결하였으며 2010년을 목표로 지구온난화 방지 대책에 관한 신재생에너지 사용 촉진 및 핵발전소 건설을 통한 에너지 믹스의 전환, 여러 국제적 협력장치(CDM, ET)을 활용한 온실가스 저 감등 가이드라인을 제시하였다. 일본은 세계 최저수준의 탄소집약도 경제구조를 가지고 있으며 기술적으로도 세계 최고의 경쟁력을 갖추고 있다. 이런 요인으로 인하여 2003년 현재 1990년 대비 6% 이산화탄소 저감목표를 9.1% 초과 달성하였다.

■ 우리나라

우리나라는 개도국 지위를 인정받아 교토의정사상 온실가스 저감 의무 이행은 면제를 받은 상태이나 에너지 절약과 온실가스 감축에 대한 정부종합대책을 수립하여 추진 중이다. 1999년 1차 정부종합대책 이후로 2005년부터 제 3차 정부종합대책을 추진 중이다. 추진 목표로는 지구온난화 문제에 대응하기 위한 국제적 노력에 적극 동참하며, 온실가스 저배출형 경제구조로의 전환을 위한 기반 구축, 기후변화가 국민생활에 미치는 부정적인 영향 최소화에 두고 있다. 이를 위해 국무총리를 위원장으로 하는 기후변화협약대책 위원회와 국무조정실장을 위원장으로 하는 기후변화협

약대책 실무위원회를 구성하여 활동 중이다. 기후변화협약 대응 R&D 프로그램은 산자부의 온실가스 분리이용 상용화 기술 개발, 과기부의 이산화탄소 저감 및 처리 기술 개발 사업, 해수부의 CO₂ 해양 처리기술 개발사업, 환경부의 기후변화 대응 차세대 환경기술 개발 사업 등 13개 연구개발 사업이 각 부처별로 이루어지고 있다. 이는 연구비의 중복투자나 필요연구의 공백을 가져올 수 있다. 따라서 전체 사업에 대한 통합적인 로드맵을 구성하여 연구비의 중복투자를 없애고 선택과 집중을 통한 연구개발이 이루어져야 한다.

☞ 참고자료

지구온난화 방지라고 하는 단어가 화두가 된 이후 온실가스에 대한 많은 생소한 용어가 등장하고, 정보를 제공하는 수 많은 인터넷 사이트들이 생겨나고 있다. 이에 본 저자가 생각하는 가장 유용한 정보 제공처와 관련용어를 정리하면 다음과 같다.

▷ IPCC (Inter-governmental Panel on Climate Change)

- 인터넷 주소: www.ipcc.ch
- 1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔경제계획(UNEP)에 의해 설립
- 3개의 실무그룹에서 인위적인 기후변화에 관련된 과학적 기술적 사실에 대한 평가 및 보고서 작성
- 온실가스 저감에 관한 방대하고 가장 정확한 자료의 보고

▷ 이산화탄소저감 및 처리기술개발 사업단

- 인터넷 주소: www.cdrs.re.kr
- 2002년 과학기술부의 21C 프론티어연구개발사업으로 출범하여 현재 2단계(6년 차) 진행 중, 총 3단계(10년)의 사업 진행.
- 국내 연구개발 동향 및 국내외 기술동향
- 온실가스 관련 국내외 유용 사이트 링크

▷ 당사국총회 (COP: Conference of Parties)

기후변화협약의 최고 기구로 협약 이행 상황의 정기적 검토 및 협약의 효과적 이행에 필요한 조치를 결정하는 주요기구. 당사국(Party)뿐만 아니라 비당사국(Non-Party)도 옵저버로서 회의에 참가할 수 있으며, 특히 사안이 없는 한 연 1회 개최

▷ 협약과 의정서

협약(Convention): 일반적인 원칙을 다룬 문서로 의정서를 통해 구체적인 지침을 수립

의정서(Protocol): 법률에 대한 시행령의 관계와 마찬가지로 협약을 구체적으로 이행하기 위한 내용을 담은 문서

▷공동이행(JI: Joint Implementation)

교토의정서 제 6조에 규정된 제도로써 선진국인 A국이 B국에 투자하여 발생한 온실가스 감축 분의 일정분을 A국의 배출저감 실적으로 인정하는 제도

▷청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)

교토의정서 제 12조에 규정된 것으로 선진국이 개도국과 공동이행(JI)을 통하여 발생하는 온실가스 배출감축분을 자국의 감축실적에 반영할 수 있도록 하는 동시에 부담금(User Fee)을 납부하도록 하여, 이를 청정개발 체제 운영비 및 개도국의 기후변화에의 적응비용에 충당하는 제도

▷배출거래권제도(ET: Emission Trading)

교토의정서 제 17조에 규정된 제도로써 온실가스 감축의무가 있는 국가에 배출 쿼터를 부여한 후, 동 쿼터를 초과한 경우 배출권을 구매하고, 미달하는 경우 잉여분을 판매하도록 하는 제도.