

기후 변화의 대안 - 원자력

남지희

한국원자력연구원 정책연구부 선임연구원



충남대 화학과 졸업
고려대 화학과 석사

한국원자력연구원 정책연구부
선임연구원

머리말

세계는 지금 에너지 전쟁중이라 해도 과언이 아니며, 그 역할의 중심에 에너지 안보와 기후 변화가 있다.

주요 에너지 자원인 석유가 정치적 위기가 상존하는 중동 지역에 편중되어 있다는 점과 최근의 자원 보유국의 자원 민족주의 강화 등의 공급 불안 요소를 반영이나 하듯, 석유 가격의 급등 및 그에 따른 석탄 및 LNG 가격의 동반 상승으로 최근 에너지 안보의 중요성이 어느 때 보다 중요하게 등장하기도 했다.

이와 함께 최근 각국의 에너지 정책 수립시 중요하게 대두되고 있는 또 하나의 요인으로 기후 변화를 들 수 있다.

최근 기후 변화 문제는 전 지구 차원의 지구 환경 보전이나 자연 재해 대응 차원의 환경 문제를 넘어서는 한 국가나 민족의 생존과 직결되는 식량과 에너지 자원 확보를 위한 국가 간의 기후 안보 영역으로 확대되어 가고 있다.

이는 기후 변화로 인한 지구 규모의 자원 수급 불균형이 증폭되어 식량, 물, 에너지 등 자원 확보를 목적으로 하는 지역 분쟁 및 이로 인한 기후 난민 발생 가능성이 그 어느 때보다 높아질 것이 예상되기 때문이다.

이와 같이 에너지·환경 문제가 가까운 장래에 세계 경제 활동과 더 나아가 인류의 생존을 위협할 수 있는 심각한 문제로 등장할 수 있음에 세계의 이목이 집중되고 있다.

세계는 지금 지난 세기의 에너지 공급 방식이 지속 가능하지 못했던 점에 충분히 인식을 같이 하고 대책 수립에 고심하고 있으며, 이러한 상황에서 탄소를 적게 배출하는 친환경 에너지의 필요성은 날이 갈수록 그 중요성이 커질 것으로 보인다.

본 논고에서는 기후 변화 체제의 최근 이슈를 살펴보고, 기후 변화에서의 원자력의 역할 및 세계 각국의 에너지 정책의 최근의 변화 기조를 살펴보고, 우리 원자력산업계가 나아갈 방향에 대해서 알아보려고 한다.

기후 변화 체제

기후 변화 현상이 20세기 중반 이후 전 세계적으로 확산되고 있으며, 이로 인해 현재 지구촌 곳곳에서 다양한 기상 이변이 발생하고 있다.

지구의 평균 온도가 1900년 이후 60년 동안에는 0.14℃ 상승하는데 그친 반면, 1960년 이후 45년간 0.6℃나 상승하였으며, 2007년 2월 「기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)」는 특히 향후 1세기에 걸쳐 전 세계 평균 온도가 최소 1.8℃에서 최대 4.0℃까지 상승할 것으로 전망하였고, 지구 온난

화를 ‘천재(天災)’가 아닌 ‘인재(人災)’라고 명백히 규정하면서 지구 온난화로 인한 지구촌의 기상 이변을 경고하고 있다.

이렇듯 기상 이변은 앞으로 더욱 심각해질 것으로 우려되고 있으며, 이는 또한 몇몇 국가만의 문제가 아닌 지구촌 전체의 문제이기 때문에 그 심각성이 있다. UN 등 국제 기구에서 기후 변화를 최우선 Global Agenda로 선정한 것도 이런 이유에서이다.

기후 변화에 적절히 대응하기 위해 우선 기후 변화 체제의 최근 현황에 대해 살펴보고자 한다.

1. 기후변화협약(UNFCCC)

지구 온난화에 관한 과학적·기술적 조사를 위해 1988년 기후변화협약에 관한 정부간 협의체(IPCC)¹⁾가 활동을 시작한 이래, 지구 온난화에 대한 범지구적 노력이 필요하다는 인식이 확산되면서, 1992년 5월 브라질 리우데 자네이로에서 열린 유엔환경개발회의에서 「기후변화에 관한 UN협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)」이 채택되어 1994년 3월 발효되었다.

기후변화협약은 대기 중 온실가스 안정화를 목표로 공통적이지만 차별화된 책임, 국가별 대응

능력, 지속 가능 발전 등을 원칙으로 하며, 이는 범지구적인 공동의 대응 방안을 마련하는 계기가 되었다는데 의의가 있다.

기후변화협약의 최고 의사 결정 기구는 당사국총회(COP)이다. 이 당사국 총회의 의사 결정을 돕기 위해 ‘과학기술자문기구(SBSTA)’와 ‘이행기구(SBI)’를 두고 있다.

SBSTA는 기술 개발 및 기술 이전 방법에 대한 자문 및 연구 개발 분야 과학 프로그램과 국제 협력 등의 사항에 대한 자문을 제공하고, SBI는 당사국 총회와 관련된 이슈에 대한 정책 조언을 담당한다.

기후변화협약에서는 OECD 24개국과 11개 경제전환국(Economies in transition: EIT)을 부속서 I 국가(Annex I Countries)로 분류하였고, 이들 부속서 I 국가들은 2000년까지 1990년 수준으로 온실가스를 안정화하는데 합의하였으나, 이는 구속력이 없는 협약으로 한계점을 지닌다.

2008년 4월 현재 기후변화협약의 가입국은 192개국이며, 우리나라의 경우 비부속서(non-Annex) I의 지위로 1993년 12월에 가입하였다.

제14차 기후변화협약당사국총회(COP14)는 올해 12월 폴란드 포츠난에서 개최될 예정이다.

1) 1988년 세계기상기구(WMO)와 UNEP에 의해 설립된 전문가협의체로서, 기후변화에 관한 과학적·기술적 자료를 제시해 줌.

2. 교토의정서(Kyoto Protocol to the UNFCCC)

1997년 12월 제8차 일본 교토에서 열린 제3차 당사국 총회(COP3)에서는 구속력을 가지면서 기후변화협약보다 구체적인 이행 계획을 담은 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택하였다.

2008년 5월 현재 182개국이 비준하였으며, 우리나라는 2002년 10월 교토의정서에 비준하여 2005년 2월 발효되었다.

교토의정서는 가입당사국²⁾을 Annex(부속서) I 국가와 Non-Annex(비부속서) I 국가로 구분하여 부속서 I 국가 40개국 '97년 당시 기후변화협약 미가입국이었던 터키와 벨로루시를 제외한 38개국 및 EU를 교토의정서 상에서 Annex B 국가로 분류하여 2008년부터 2012년에 걸쳐 1990년 배출량 대비 평균 5.2%³⁾의 감축 의무를 부담하도록 하고 있다.⁴⁾

교토의정서에서 정한 감축 대상 온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)의 6종류이다.

우리나라는 교토의정서하에서는 비부속서 I 국가(개도국)로 분

류되어 감축 의무가 부여되지 않았으나, 향후 Post-2012 협상에 서는 의무 부담국이 될 가능성이 매우 높기 때문에 기후변화협약의 변화에 주목할 필요가 있다.

3. Post-2012 협상

Post-2012 체제란 교토의정서 대상 기간(2008-2012년) 이후의 온실가스 감축 체제를 지칭하는 것으로, 2013년 이후에 대한 국제적 온실가스 감축 방안에 대한 논의가 협상 의제이며, 크게 두 가지의 협상 경로가 있다.

기후변화협약 및 교토의정서 중심의 유엔 프로세스와 미국 주도의 온실가스 대량 배출국(17개국) 회의가 그것이다.

협상의 주요 내용으로는 제1차 공약 기간 의무 부담국보다 의무 부담 대상국이 확대되느냐의 여부와 미국과 같은 교토의정서 불참국, 중국, 인도 등 개도국 및 한국, 멕시코 등의 선발 개도국의 참여 방안 확보가 협상 관건이라 할 수 있다.

가. 유엔 프로세스

2007년 12월 인도네시아 발리에서 열린 제13차 기후변화협약

당사국총회(COP13)와 제3차 교토의정서 당사국총회(MOP3)에서는 Post-2012 기후 변화 체제에 대한 향후 로드맵(Bali Action Plan)을 마련하였으며, 2009년 11~12월 덴마크 코펜하겐에서 열리는 제15차 기후변화협약 당사국 총회 때까지 Post-2012에 대한 협상을 마무리하기로 하였다.

이를 위해 두 가지의 추가적인 특별작업반(Ad-hoc Working Group) 회의가 개최될 예정이다.

이중 하나는 선진국(부속서 I 국가) 추가 감축에 대한 향후 논의를 위한 것으로, 본 논의에서 Post-2012에 대한 선진국 추가 감축과 관련하여 2009년까지 선진국 전체의 감축 규모, 국가별 수량적 감축 공약 및 공약 기간에 대한 논의를 마무리하기로 하였다.

다른 하나는 선진국-개도국 온실가스 감축 체제에 대한 논의를 위한 것이다. 발리 회담에서 선진국들은 향후 선진국들만의 의무 감축 노력만으로는 전 지구적인 온난화에 대응하기 힘들므로 개도국들도 참여해야 한다는 입장인 반면, 개도국들은 지구 온난화는 과거 선진국들의 책임이 크므로 개도국들의 의무 부담으

2) 기후변화협약을 비준한 국가(또는 지역경제통합기구)로서 규정에 의하여 법적 의무를 지게 됨

3) 의무 감축 대상 각국은 경제적 여건에 따라 -8 ~ +10%의 차별화된 감축 목표를 규정받음.

4) 기후변화체제와 최근 국제동향, 외교통신부, 2007.7

로 연계되어서는 안된다는 양측의 기존의 입장이 팽팽하게 맞서 추가적인 논의가 필요하다는 수준에서 마무리 되었으며, 이 또한 2009년까지 확정될 예정이다.

교토의정서에서 비부속서 I 국가(개도국)로 분류되어 의무 부담이 없는 우리나라는 Post-2012 체제를 위한 선진국-개도국 온실가스 감축 체제에 대한 협상 결과에 주의를 기울이고 이에 적극적으로 대비해야 한다.

나. 미국 주도 온실가스 대량 배출국(17개국) 회의 (MEM: Major Economies Meeting)

미국은 자국의 실리를 위해 교토의정서에 가입하지 않아 UNFCCC 주도의 기후변화협상에서 배제되었을뿐 아니라 세계 최대의 온실가스 배출국으로서 국제 사회에서 비난의 대상이 되어 왔다.

미국은 교토의정서를 비준하지는 않았지만 기후 변화라는 국제적인 흐름에서 주도권을 쥐고자 유엔 프로세스와는 별도로 ‘온실가스 대량 배출국 회의’를 주도하고 있다.

이 회의는 에너지 다소비국이 온실가스 다배출국인 16개국(G8 ; 미국, 영국, 이태리, 프랑

스, 독일, 러시아, 캐나다, 일본)과 한국, 호주, 중국, 인도네시아 등 비G8 8개국 및 EU가 효과적인 온실가스 감축 방안을 논의하는 자리로, 2008년도에는 G8 정상회담과 연계하여 일본 도야코에서 정상회담 마지막날('08. 7. 9.)에 개최되었다.

이날 회의에서 ‘2050년까지 세계의 온실가스 배출량의 절반 이상 감축’의 비전은 공유하였으나, 중국, 인도 등의 반대에 부딪혀 온실가스 삭감 장기 목표 수치 합의에는 도달하지 못하였다.

다만, CO₂ 감축과 관련된 장기 목표의 경우, ‘기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)의 시나리오를 진지하게 검토하고, 선진국의 경우 국가별 총삭감 목표를 설정, 가능한 한 신속하게 배출량 증가를 방지하고, 개발도상국은 배출량을 줄이는 것을 목표로 적절한 대응을 취하는 것에는 합의하였다.

미국이 주도하는 온실가스 대량 배출국 회의는 UN 프로세스와는 <표 1>⁵⁾과 같은 차이점을 가지고 있으며, 가장 큰 차이점은 UN 주도의 Post 교토 체제가 구속적 국가 감축 목표 설정을 전제로 하고 있는 반면 미국 주도의 17개국 회의에는 비구속적 국가 목표 설정을 전제로 하고 있다는 점이다.

미국 주도의 17개국 회담은 UN 프로세스를 대체하는 것이 아니라 보완하는 것으로 해석할 수 있다.

Post 2012 체제에 대한 협상 프로세스는 향후 2008년엔 유엔 중심의 프로세스와 미국 주도 프로세스가 병행되다가 이후에는 유엔 프로세스에 미국 프로세스가 접목되어 국제적 합의에 이를 수 있을 것으로 전망되고 있다.

4. 주요 국제 회의에서의 기후 변화 논의 동향

가. IPCC 총회

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후 변화에 관한 정부간 협의체)는 전 세계 정부들에게 기후 관련 지침을 제공하기 위하여 1988년 UN이 설립한 기관이다.

IPCC는 세 개의 실무단(working group)으로 구성되어 있는데 각각 기후 변화의 과학적 기초, 기후 변화의 영향과 적응 및 취약성, 기후 변화의 완화라는 주제에 대해 보고서를 펴낸다.

1990년에 지구 온난화(global warming)의 위험을 포함한 1차 보고서를 발간한 이후 1995년과 2001년에 각각 2차와 3차 보고서를 발간하였다.

5) 외국의 기후 변화 대응 현황과 정책적 시사점, 기획재정부, 2008.4

〈표 1〉 유엔 프로세스와 미국 주도 프로세스의 주요 쟁점 비교

구분	유엔 프로세스 (EU 주도)	주요국회의 프로세스 (미국 주도)
목적	온실가스 감축을 통한 지구 온난화 방지	기후 변화, 경제 성장, 에너지 안보의 통합적 고려
감축 목표	구속적(binding)	비구속적(non-binding)
목표 설정 방법	Top down의 강제적 방식	Bottom up의 자발적 방식
이행 방식	배출권 거래 활성화 강조	청정기술 개발 및 이전 강조
주요 관건	미국·중국 등 참여 여부	유엔 프로세스와의 조화
참여국의 배출량 비중	세계 총배출량의 30% (미국 및 개도국의 참여 촉구 중)	17개국 모두 참여시 협상 초기 단계 전 세계 배출량의 80% 차지

가장 최근에 발간된 제4차 보고서(2007.5.4)에서는 그 어느 때보다도 강도 높게 기후 변화에 대해 경고하였으며, 에너지 부문 중 온실가스 저감 기술로서 원자력을 명시하고 있다. 제5차 평가 보고서는 2014년에 발간될 예정이다.

IPCC 보고서는 전 세계 정책 결정자들에게 기후 변화 관련 지침을 제공해오고 있으며, 향후에도 기후 변화와 관련된 평가를 지속적으로 수행함으로써 기후 변화에 있어 중대한 역할을 할 것으로 기대된다.

최근에는 2008년 9.1-4 제네바에서 개최된 제29차 IPCC 총회에서 우리나라가 IPCC 부회장국으로 선출되기도 했다.

우리나라의 IPCC 부의장국 진

출은 IPCC가 국제 사회에 미치는 영향력이 증중할 것이라는 점에서 우리나라의 입장과 국익이 지켜지고 반영될 수 있도록 국제적 논의의 리더십을 발휘해나갈 수 있는 발판을 마련했다는 데 의의가 크다.⁶⁾

제30차 IPCC 총회는 2009년 4월 초 터키 이스탄불에서 개최될 예정이다.

나. G8 정상회담

G8 정상회담은 G8(미국, 영국, 프랑스, 일본 등 선진 8개국) 정상 및 EU 위원장이 매년 참여하여 국제적인 주요 이슈를 논의하는 자리로 올해는 7월에 일본 홋카이도 도야코에서 개최되었다.

이번 G8 회담의 주요 의제 중

하나가 기후변화로 주요 합의 사항은 2050년까지 전세계 CO₂ 배출량의 절반 이상 삭감 목표의 공유와 유엔기후변화협약 조약국과 함께 구체적인 행동 목표를 채택하는 데 노력하기로 한 것이다.

이번 정상회담에서는 G8+3(한국, 중국, 인도) 에너지 장관 회의도 함께 개최되었는데, 여기에서 에너지 안보와 기후변화 대응을 위해 원자력의 확대 필요성이 강조되기도 하였다.

다. APEC 정상회의

기후 변화 문제가 UN, G8 정상회담 등 다자 외교 무대의 핵심 의제로 등장하면서, APEC 회원국 정상 역시 이를 아시아·태평양 지역의 지역 협력을 통한 공동

6) Climate Change News, 기후변화정보센터, 2008.9. 계명대 이희성 교수가 IPCC 부회장으로 선출됨

7) 1 제15차 시드니 APEC 정상회의의 주요 결과, 외교통상부, 2008

문제로 논의하게 되었다.

2007년 9. 8~9. 9 호주, 시드니에서 개최된 제15차 APEC 정상회의에서 APEC 정상들은 ‘기후 변화 정상 특별선언’ 채택을 통해 Post-2012 이후 체제의 조속한 수정을 촉구하기도 했으며, 기후 변화 대응과 관련하여 에너지 집약도 감축, 산림 추가 조성 등 APEC 역내의 구체적인 실천 목표에 합의에 도달하였다.⁷⁾

APEC 정상들은 UNFCCC 하에서 논의되는 Post-2012 협상에 대한 지지를 선언하고 UN 사무총장이 제안한 기후 변화에 대한 고위급 회담에 대한 지지를 보였다.

이것은 현재 UN 주도과 미국 주도로 양분화되어 있는 기후 변화 협상 프로세스를 UN으로 일원화하는 것에 대한 APEC의 지지를 보낸 것으로 해석할 수 있다.

제16차 APEC 회의는 올해 11/22~26, 페루에서 개최될 예정이다. APEC 회원국인 우리나라는 기후 변화 관련 회의 결과에 주의를 기울일 필요가 있다.

기후 변화 체제 및 기후 변화 관련 국제회의의 참가국은 <표 2>와 같다.

한국은 현재 G8을 제외한 모든 협상에 참여하고 있으며, 올해

<표 2> 기후 변화 관련 주요 국제 회의의 참가국 현황

기후 변화 논의 주요 회의	참가국 현황
UNFCCC	기후변화협약 당사국(미국 포함)
Kyoto Protocol	교토의정서 당사국(미국 제외)
MEM 회의	미국, 영국, 이태리, 프랑스, 독일, 러시아, 캐나다, 일본, 호주, 인도네시아, 중국, 인도, 브라질, 남아공, 한국, 멕시코, 포르투갈(EU 대표)
G8 정상회담	미국, 영국, 이태리, 프랑스, 독일, 러시아, 캐나다, 일본 및 EU
APEC 정상회의	미국, 호주, 중국, 일본, 한국, 인도, 캐나다

G8 정상회담에서는 의장 초청국으로 참여하여 연설을 하기도 했다.

향후 기후 변화 협상의 결과에 따라 우리나라, 특히 산업계가 경제적으로 매우 큰 영향을 받게 되는 현실을 감안할 때 앞으로도 국제적인 기후변화 협상에 적극적으로 참여하여 우리나라의 목소리가 충분히 반영될 수 있도록 해야 할 것이다.

기후 변화의 대안 원자력

1. 기후 변화와 원자력

기후 변화는 이제 지구촌 전체의 당면⁸⁾ 과제로 IPCC는 2007년 보고서에서 온실가스 배출을 감소시키기 위해 큰 노력을 하지

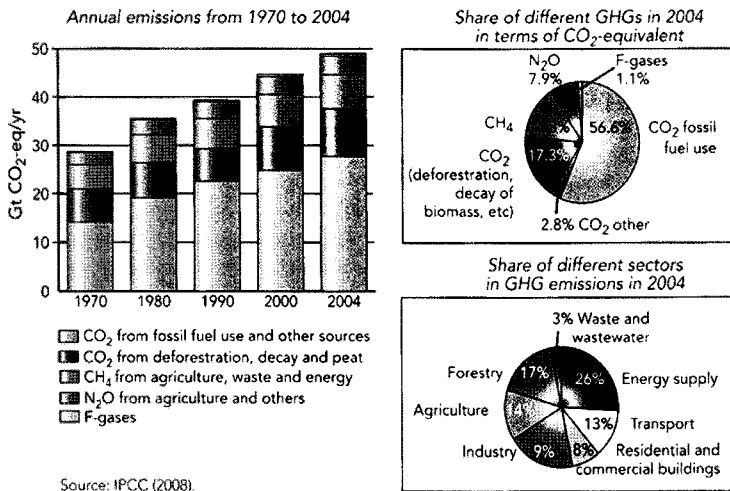
않는다면 금세기 중반에는 3℃ 이상 기온이 증가할 것이며, 이로 인해 지구는 큰 재앙에 직면할 것으로 경고하였다.

기후 변화의 주범인 지구 온난화는 1972년 로마클럽 보고서에서 처음 공식적으로 언급되었으며, 1985년 국제연합(UN)의 전문 기구인 세계기상기구(WMO)와 국제연합환경계획(UNEP)이 이산화탄소를 지구 온난화의 주요원인으로 지적하였다.

IPCC에 따르면, 2005년의 CO2 배출량은 270억 톤이며, 기후 변화의 결과를 인류가 감당할 수 있는 수준으로 제한하기 위해서는 2050년의 대기중 CO2 농도를 450 ppm⁹⁾ 수준으로 안정화할 필요가 있다. 이를 위해서는 2050년 연간 CO2 배출량을 130

8) "Impact, Adaptation and Vulnerability", IPCC, 2007

9) 450 ppm은 산업화 이전 수준과 비교해 평균 기온이 약 2℃ 증가한 정도임



Source: IPCC (2008).

〈그림 1〉 세계의 온실가스 배출

억 톤으로 감소시켜야 하며, 이것은 2005년의 CO₂ 배출량인 27억톤의 약 절반 수준에 해당한다.

이는 온실가스 감축을 위한 특단의 개선 조치가 없다면 2050년엔 연간 600억톤의 CO₂가 발생할 것으로 예상되고 있는 것과 비교해 볼 때, 전 지구적으로 CO₂ 감축을 위한 매우 큰 노력이 필요함을 보여주고 있는 것이다.

IPCC의 가장 최근 보고서(2007)에서는 기후 변화의 주요 원인인 CO₂가 주로 에너지 생산을 위해 사용되는 화석연료(석탄, 석유, 천연가스 등)의 연소로부터 발생되었으며, 지난 30여년간(1970~2004) 이 부문이 다른 어떤 부문보다 크게 증가했음을

지적인 바 있다.

부문별 온실가스 배출량을 살펴보면, 2004년도엔 에너지 공급 부문에서 전체 온실가스 배출량의 26%를 차지하며 온실가스를 배출하는 여러 부문들 중 가장 큰 비율을 점유함으로써 온실가스 감축을 위해서는 에너지 부문의 감축이 어떤 분야보다 중요함을 알 수 있다(〈그림 1〉 참조).

여기에서 26%는 에너지 공급 부문만의 비중이며, 수송, 산업, 주거 및 상업용 건물로 분류된 부문 중에도 에너지가 포함되어 있기 때문에 이들 분야에 포함되어 있는 에너지까지 추가한다면 실제 에너지 부문의 온실가스 배출은 26%를 훨씬 상회하며, 에너지

부문의 감축은 더욱 더 중요한 의미를 지닌다.

특히 전기는 경제 및 사회 발전과 삶의 질 향상에 필수적이며, 전 세계적으로 전기 생산으로 인한 CO₂ 배출은 지난 30여년(1970-2004) 동안 전체 배출량의 약 27%를 차지하며, 온실가스 배출원 중에서 가장 규모가 클뿐만 아니라, 제일 빠르게 증가하고 있다(〈그림 2〉 참조).

2050년까지 주로 개도국을 중심으로 세계 인구는 현재보다 약 50% 증가할 것으로 예상되고 있으며¹⁰⁾, 이러한 인구 증가와 개도국의 경제 성장에 따른 에너지를 많이 소비하는 생활 방식으로 인해 2050년까지 세계 일차 에너지와 전기 수요는 약 2.5배 증가할 것으로 전망된다(IPCC).

에너지가 온실가스 부문별 비중이 제일 크고, 특히 전기 생산으로 인한 CO₂ 배출은 온실가스 배출원 중에서 규모가 가장 크고 큰 증가 추세에 있음을 감안할 때 에너지 및 전기 부문에서의 배출 감축은 매우 중요한 반면, 세계 일차 에너지와 전기 수요가 계속 증가할 것으로 예상되고 있어 에너지와 전기 부문에서 요구되는 온실가스 감축 목표를 달성하는 것은 큰 도전으로 보인다.

앞에서 언급했듯이 기후 변화

10) UN projections of world population, UNPD, 2006

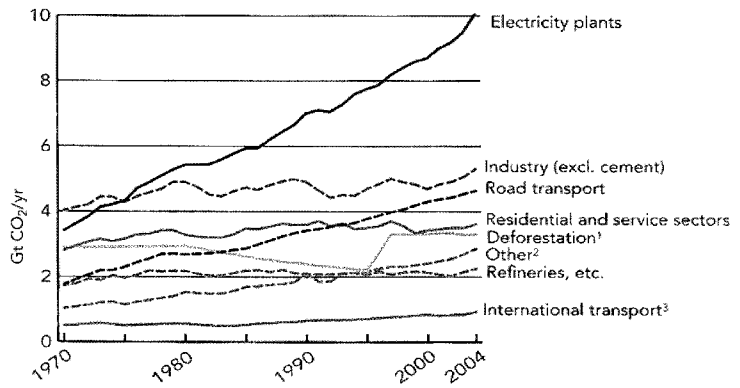
의 가장 큰 원인은 산업 혁명 이후 화석연료를 대규모로 사용해 온 데 있으며, 온실가스(CO₂ 포함)를 배출하지 않는 발전원의 중요성은 그 어느 때보다도 중요하다.

원자력은 수력 및 다른 신재생 에너지원과 함께 온실가스를 거의 발생하지 않는 발전원이다. 발전소의 건설 및 폐로뿐만 아니라 연료의 채굴, 정광, 가공, 운송 및 사용후연료의 처분을 포함하여 에너지 전체 사슬에 대한 온실가스 배출량은 수력을 제외하고는 원자력이 가장 작다(<그림 3> 참조).

이산화탄소는 다른 온실가스에 비해 지구 온난화 잠재력(Global warming potential)이 상대적으로 낮지만 배출 규모가 커서 지구 온난화의 가장 큰 원인일 뿐만 아니라 배출을 줄이는 것 또한 쉽지 않다.

CO₂ 배출량에 있어서도 원자력은 수력을 제외하고는 가장 작으며, 유연탄의 경우 발전을 위해 에너지 전체 사슬에 대해 배출되는 CO₂량은 원자력의 약 150배에 달한다(<그림 4> 참조).

<그림 5>는 1971년~2004년 동안의 원자력발전량(IEA, 2006a)과 원자력을 석탄의 대체로서 고려할 때 원자력 발전에 의해 감축되는 CO₂량을 나타내고 있다.



1. Includes fuel wood and peat fires.
 2. Includes other domestic surface transport, cement making, venting/flaring gas from oil production, non-energetic use of fuel.
 3. Includes aviation and marine transport.

Source: IPCC (2007b).

<그림 2> 세계 CO₂ 배출의 원천

원자력은 석탄으로 생산되는 전력과 비교했을 때 현재 인류에게 매년 22~26억톤의 온실가스 배출을 피할 수 있도록 해준다.

1971년~2004년 동안에 전력 생산을 목적으로 화석연료로부터 발생한 총 CO₂량은 218억톤이고, 같은 기간의 원자력 발전에 의한 CO₂ 배출 감축량은 원자력이 석탄으로 대체되었다고 가정하여 이때 발생할 수 있는 CO₂와 같다고 볼 수 있으며, 그 양은 38억톤에 해당한다.

지난 30여년간(1971~2004)의 원자력의 CO₂ 감축 기여 비중은 전력 생산 목적으로 배출된 CO₂의 약 21%에 해당한다.

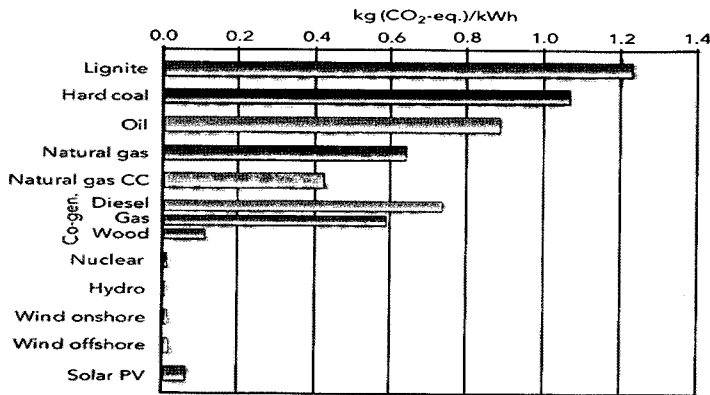
1980년대 중반에 에너지 효율 향상, 전력 수요 감소, 유가의 하락, 전력 시장 자율화 등으로 인

해 전 세계적으로 신규 원자력발전소의 건설 비용이 하락하지 않았더라면 원자력 발전의 CO₂ 감축 기여도는 지금보다 훨씬 더 컸을 것이다.

전원별 CO₂ 감축 비용에서도 원자력은 다른 발전원과 비교하여 매우 낮은 수준이어서 CO₂ 감축을 위한 적합한 발전 기술임을 확인할 수 있다(<그림 6> 참조).

석유 및 천연가스의 고갈, 환경 오염 등 기존 화석 에너지 체제의 한계를 극복할 미래 대안으로 수소 에너지가 부상하고 있다.

현재의 거의 모든 원자력 에너지는 전력 생산을 위한 것이지만 미래에는 해수 담수화, 지역열 외에도 앞으로 가장 중요한 부문이 될 수 있는 수소 생산을 위한 열을 생산할 수 있다.



주) UCTE(Unin for the Co-ordination of Transmission of Electricity)의 평균 배출량임. 데이터 수집 당시의 UCTE 회원국은 호주, 벨기에, 보스니아-헤르체고비나, 크로아티아, 덴마크(준회원), 프랑스, 독일, 그리스, 이탈리아, 룩셈부르크, 구(舊)유고슬라비아공화국, 네덜란드, 포르투갈, 슬로베니아, 스위스, 세르비아 및 몬테네그로임.

〈그림 3〉 에너지원별 온실가스 발생량
(출처 : OECD/NEA, 2008)

IPCC는 현재 1차 에너지의 6%를 제공하고 있는 원자력은 미래에는 전력 생산 뿐만 아니라 이산화탄소 배출 없이 열을 공급하는데 크게 기여할 수 있음을 제시하였다(IPCC, 2007).

2004년 기준으로 전력 생산을 위해 100억 CO₂톤(IPCC, 2007)이 발생되었고, 이는 전체 CO₂ 배출량의 27% 이상을 점유하고 있으며, 같은 해 수송 부문의 CO₂ 배출은 전체의 13%를 차지하고 있다.

앞으로 전력뿐만 아니라 비전력 분야, 특히 수송 부문을 위한 수소 경제에 원자력의 이용이 증

가되면 CO₂ 감축에서의 원자력의 역할은 더욱 더 중요하게 될 전망이다.¹¹⁾

인류에게 대재앙을 초래할 지구 온난화를 해결하기 위해서는 화석 연료를 청정 에너지로 대체하여 온실가스 배출을 획기적으로 감소시켜야 한다.¹²⁾

기후 변화의 대안으로 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등 온실가스를 거의 배출하지 않는 에너지로 원자력과 신재생 에너지를 고려할 수 있다.

그러나 신재생 에너지(바이오매스, 태양광, 풍력 등)의 경우 산업 기반이 취약하고 토지·기후

등 잠재력에 제약이 있으며, 이로 인해 Back-up 전원이 필요할 뿐만 아니라 높은 경제적 비용으로 석탄 발전원을 대체하기에는 한계가 있다.

기후 변화 위협이 현실임을 감안할 때 현재로서는 원자력이 기저 부하로서 석탄 발전원을 대체할 수 있는 유일한 전원임이 분명하다.

OECD/NEA는 세계 에너지 수요 증가와 이에 따른 환경 및 사회·경제적 과급 효과에 효율적으로 대응하기 위해서는 CO₂를 거의 배출하지 않는 원자력의 역할 증대가 필요함을 강조하였으며¹³⁾, IEA는 원자력에 대한 중립적인 입장에서 벗어나 2007년 5월 각료회의에서 원자력을 지구 온난화의 가장 현실적인 대책으로 선언하기도 하였다.

2. 기후변화협약과 원자력

2007년 5월 4일 IPCC 제4차 보고서(AR4)에 따르면, 기후 변화 완화에 대한 실무그룹-III(Working Group-III)에서 7개 부문(에너지, 수송, 산업, 건물, 농업, 폐기물, 산림)별 완화¹⁴⁾ 잠재량의 평가를 중점적으로 논

11) Nuclear Energy Outlook, OECD/NEA, 2008

12) 세계에너지 수급 및 원자력산업의 전망, 김종신, 철학과 현실, 2008

13) Nuclear Energy Outlook, OECD/NEA, 2008

14) 완화(Mitigation)란 온실가스의 발생원을 줄이고 흡수원을 제고시키기 위한 인간활동의 간섭을 의미함

의하였다.

그 결과 향후 수십년 동안의 온실가스 배출 감축의 잠재량은 매우 커서 2030년까지의 배출량 증가분을 상쇄시키거나 현 수준 이하로 낮출 수 있으며, 7개 부문 중 주요 발전 기술이 포함된 에너지 부문에서는 현재 및 2030년까지 활용 가능한 온실가스 저감 기술로서 원자력을 명시하고 있다 (〈그림 7〉 참조). 이는 기후 변화협약하에서의 현실적인 대안으로서 원자력이 인정되고 있음을 의미한다.

Energy chain	Average CO ₂ emissions
Lignite	1.2
Hard coal	1.07
Oil	0.9
Natural gas (combined cycle)	0.4
Solar PV	0.060
Wind (offshore)	0.014
Wind (onshore)	0.011
Nuclear	0.008
Hydro	0.005

〈그림 4〉 에너지원별 평균 CO₂ 발생량(kgCO₂/kWh)
(출처 : Nuclear Energy Outlook, OECD/NEA, 2008)

3. 원자력과 CDM

원자력은 현재 교토의정서에서 정한 신축성 체제 (Flexible Mechanism)의 CDM¹⁵⁾, JI¹⁶⁾ 등으로 허용되고 있지는 않지만, 부속서 I 국가가 교토의정서를 만족시키기 위한 온실가스 감축 수단으로 자국의 전력공급을 위해 이용할 수 있으며, 지금의 CDM이나 JI와 같은 신축성 체제 (Flexible Mechanism)는 교토 체제 이행 기간(2008-2012)에만 한정되어 적용되는 것이다.

원자력은 실질적인 온실가스

감축 수단임에도 불구하고, 안전성, 방사성폐기물 관리, 핵확산 위험에 대한 우려, 원자력의 활성화가 신재생 에너지에 대한 투자를 감소시킬 수 있다는 등의 이유로 교토 체제 이행 기간에는 CDM의 범주에 속하지 못하고 있다.

그러나 교토 체제 이행 기간 이후에는 CO₂발생이 거의 없는 원자력이 온실가스 감축에 상당한 기여를 하게 될 가능성이 더욱 커지고 있고, 장기간으로 볼 때 지속가능 발전에서 원자력의 가능한 역할에 대한 논쟁은 더욱 중요

해질 전망이다.

원자력은 CO₂를 거의 발생시키지 않는 거대한 에너지 자원이며 입증된 경제적 전력 생산 방법으로 미래의 신축성 체제에는 적용될 가능성이 크며, 이 경우 원자력은 세계적으로 더욱 확대될 전망이다.¹⁷⁾

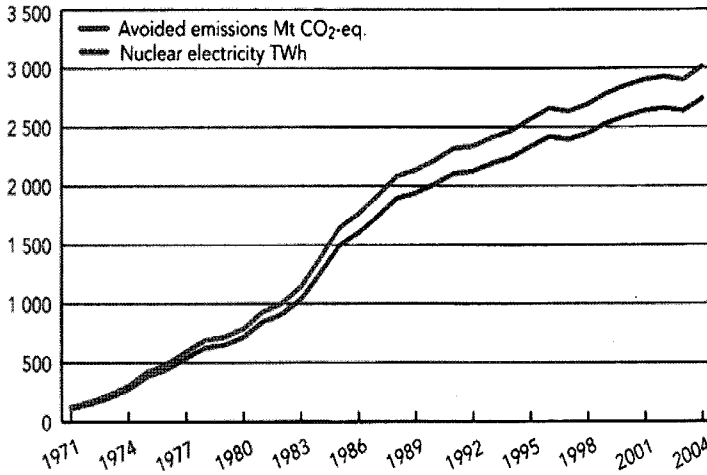
원자력 르네상스

세계는 이제 원자력에 주목하고 있다. 고유가와 그에 따른 석탄과 천연가스 가격의 동반 상승, 지구 온난화 문제가 글로벌 이슈

15) Clean Development Mechanism (청정 개발 체계) : 선진국(Annex I)이 개도국(Non-Annex I)에 투자하여 발생된 온실가스 배출 감축분을 자국의 감축 실적으로 인정하는 제도.

16) Joint Implementation (공동 이행 제도) : 선진국(Annex I)이 다른 선진국(Annex I)에 투자하여 발생한 온실가스 감축량의 일부분을 자국의 배출 감축 실적으로 인정하는 제도.

17) OECD/NEA, 2002



〈그림 5〉 연간 원자력 발전량 및 원자력에 의한 CO₂ 배출 회피량 (1971~2004)

로 부각되고 있고, 향후 그 중요성이 점점 증할 것이 예상됨에 따라 원전에 대한 관심이 커지고 있다.

전 세계적으로 원자력에 대한 인식 변화가 뚜렷이 나타나고 있으며 원자력발전소 건설 붐이 일고 있는 등 이른바 원자력 르네상스를 예고하고 있다.

1. 세계 주요국 및 주요 회담에서의 원자력에 대한 인식 변화

전 세계적으로 원자력에 대한 인식 변화가 어느 때보다도 뚜렷하게 나타나고 있으며, 주요 내용은 다음과 같다.

2. 원전 르네상스

고유가에도 불구하고 급증하는 에너지 수요 충족과 온실가스 저

감을 위해 기술적·경제적 타당성이 검증된 원자력 발전이 실행 가능하고 현실적인 대안으로 등장하고 있다.

그 동안 안전 및 환경 문제로 전 세계적으로 침체기에 있었던 원자력산업이 최근 심화되고 있는 에너지·환경 문제에 대처하기 위해 필수적인 에너지 정책 대안으로 등장하면서 설비 용량 확대가 추진되고 있다.

국제에너지기구(IEA)는 매년 「세계에너지전망(World Energy Outlook)」을 발간하여 전 세계 에너지 수요 전망을 내놓고 있다.

2030년의 원자력 발전 설비의 전망치는 2002년부터 2006년에 걸쳐 매회 상향 조정되고 있으며, 2002년에서 2004년의 증가폭보다 2004년에서 2006년의 증가 폭이 훨씬 큼을 볼 수 있다.

IAEA 또한 향후 2030년까지 원자력 발전 설비는 빠른 속도로 증가할 것으로 예상하고 있으며, IEA의 전망에서와 유사하게 2030년의 원자력 설비 전망치를 2007년보다 2008년에 상향 조정하였다(〈그림 8〉 참조).

이것은 최근의 글로벌 이슈인 지구 온난화와 고유가 등에 대해 세계적으로 원자력이 현실적 대안으로 인식되고 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

원자력은 청정 에너지를 제공하는 경제성이 있는 입증된 기술이고 산업 안전성에 있어서도 다른 기술에 뒤지지 않지만, 많은 국가에서 원자력발전소 건설을 계획하고 있고 에너지 관련 주요 기관의 발전 설비 예상이 매년 증가하고 있는 것은 교토 체제의 진입과 함께 원자력이 더욱 더 주목을 받고 있는 것에 기인하는 것으로 보여진다.

2007년 7월 현재, 세계적으로 30개국에서 438기의 원자력발전소가 가동중에 있으며, 총설비 용량은 371,770 MWe이다(IAEA).

현재 건설중이거나 2030년까지 건설될 원전은 30여 개국에서 약 300여기이다.

최근 진행되고 있는 원자력 발전의 주요 에너지 공급원으로서의 국가별 재평가 경향은 다음과 같다.

미국은 에너지법을 전면 개정

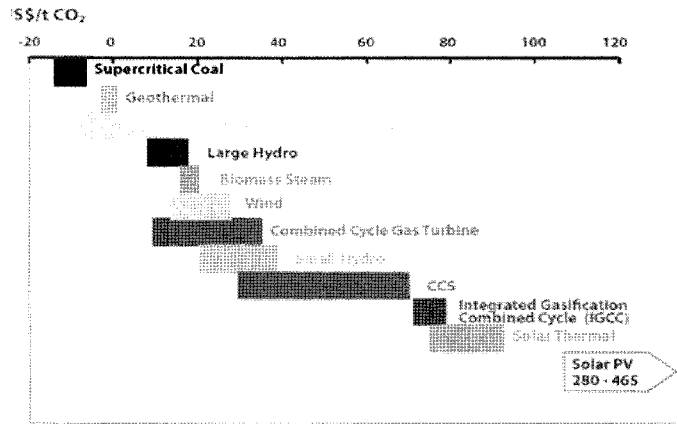
(‘05.8)하여 원전 건설을 지원, 현재 32기가 건설중 및 계획 단계에 있으며, 이는 1973년 원자력발전소 건설 승인 요청이 있은 지 30여년 만의 일이다.

104기의 원전을 보유한 미국은 1979년 스리마일섬 원전 사고 이후 안전성에 대한 우려와 안전 심사의 장기화, 경제적 타당성 등의 요인으로 인해 그간 신규 착공이 이루어지지 않았으나, 최근 미국 정부는 원유 수입 의존도를 줄이고 온실가스 저감을 위해서 원자력발전소 건설을 지지하고 있다.¹⁹⁾

일본은 2030년 원전 비중을 30-40%로 확대하는 원자력 입국 계획을 발표한 바 있으며(‘06.5), 2020년까지 석유 의존도를 현재의 50%에서 40%로 낮추기 위해 14기 원전 건설 계획을 갖고 있다.

중국은 핵전 중장기발전계획(‘05-’20)에 따라 원전 점유율을 확대할 계획으로 121기를 건설중 및 계획하고 있다.

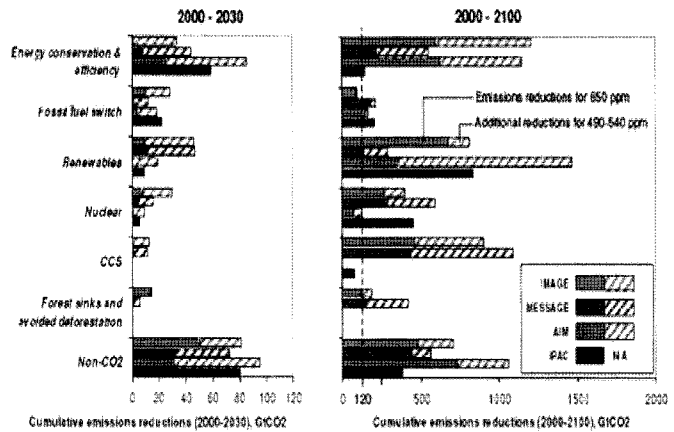
러시아의 경우 원자력에너지개발계획(‘06.10)의 원전 점유율 확대 계획(9년간 15.6%→18.6%)에 따라 35기를 건설중 및 계획하고 있으며, 인도는 제11차 5개년 계획에 따라 2020년까지 원전 20기를 건설할 계획이다.



The figure illustrates the range of incremental CO₂ reduction costs for grid-based electricity generation technologies. The graph is for illustrative purposes only, actual costs are site-specific.

source: World Bank 2006

<그림 6> 발전 기술의 CO₂ 감축 비용



- 주) * 2000-2030년과 2000-2100년 두 기간의 완화 조치 대안별 누적 배출량 저감.
 * 490-540ppm CO₂-eq와 650ppm CO₂-eq에서 안정화하기 위한 4개 모형(IMAGE, IPAC, MESSAGE)에 의한 시나리오 결과를 보여줌. AIM과 IPAC 모형은 산림 흡수원의 완화효과를 고려하지 않으며, AIM은 CCS를 고려하지 않음.
 * 총에너지 공급에서 저탄소 에너지 옵션의 비중은 베이스라인에서 이러한 옵션들의 포함에 의해 결정됨.
 * CCS는 바이오매스로부터 탄소 포집 및 저장을 포함함.

<그림 7> 온실가스 저감 대안별 기여 효과

19) 에너지경제연구원 해외에너지정책동향, DTI, 2007.5.23

〈표 3〉 세계 주요국 및 주요 회담에서의 원자력에 대한 주요 인식 변화 내용

주요국/주요회담	시기	원자력에 대한 주요 인식변화 내용
EU	정상회담	'07.3 "온실가스 감축에서 원자력이 기여할 수 있음"을 언급하고 2020년까지의 온실가스 감축을 위한 원자력의 이용 여부는 각국의 자율 권한임을 합의함.
	유럽위원회 보고서	'07.1 "유럽을 위한 에너지 정책" 발표를 통해 지속 가능 발전 관점의 에너지 정책 실현 방침 제시 - CO ₂ 배출 감축에 기여, 연료 가격 변동에 의한 영향이 적음, 저렴한 발전 원가 등을 통해 원자력의 역할 확대를 표출함. - 원자력 발전 여부에 대한 판단은 각 가맹국에 맡김.
G8 정상회담		'07.6 원자력의 평화적 이용 및 원자력이 기후 변화 대응과 에너지 안보에 기여함을 명시함.
		'08.7 2050년까지 전 세계 배출량의 절반 이상 삭감 목표 공유. 에너지 안보와 기후 변화 대응을 위해 원자력 확대 필요 강조. G8-3(한국, 중국, 인도) 에너지장관 회의에서 에너지 안보와 기후 변화 대응을 위해 원자력 확대 필요 강조.
유엔기후변화회의 보고서	'07.8	원자력과 재생에너지, 수력 발전 부문의 추가 투자를 통해 2030년까지 16억 tCO ₂ -eq의 배출 감소 효과를 언급하였음.
APEC 회담	'07.9	GDP에 대한 에너지 집약도, 즉 에너지 원단위를 2030년까지 2005년 대비 25% 감축하기로 합의함. 또한 zero-emission 에너지원으로서의 원자력의 중요성을 명시하였음 ¹⁾ .
영국	토니 블레어 전 수상	'07.6 G8 정상회의에 앞서 2012년 이후의 기후 변화 문제 해결을 위해서는 원자력의 역할이 매우 중요함을 강조함.
	보도 내용	'07.8 조사 결과 영국 국민의 63%는 원자력 에너지가 자국의 미래 에너지 구성에서의 역할에 찬성하는 것으로 나타남.
	그린 계획	'08.6 원전 에너지 비율(20%) 확대
일본	후쿠다 야스오 총리	'08.4 "이산화탄소를 배출하지 않는 원자력 발전이 지구 온난화 대책의 한 수단"이라고 강조함.
	저탄소 단계 행동 계획	'08.7 원전 건설을 통해 CO ₂ 를 배출하지 않는 전력 비율을 전체 발전량의 50% 이상 확대한다고 밝힘.
중국	'08.8	핵전중장기발전계획('05-'20)에서 원전 점유율 확대 계획(1%('05)→4%('20))을 발표했으며, 최근엔 5%('20)로 상향 조정한다고 발표함.

현재 원전을 보유하고 있지 않은 중동 지역의 터키, 이집트, 이란과 동남아 지역의 태국, 베트남, 인도네시아에서도 원전 신설을 허용한 바 있으며, 원전 반대가 강한 유럽에서도 신규 원자력 건설에 대한 움직임이 있다.

네덜란드는 2006년 원전 수명 연장 결정에 따라 2007년 1월 원전의 전력 생산을 재개하였으며, 온실가스 감축이 현안 문제로 떠

오름에 따라 국내적으로 원전 도입 타당성이 재조명되고 있다.

이탈리아 또한 1986년 체르노빌 원전 사고 후 원자력 발전을 전면 중단하였으나, 2013년 원자력발전소 건설의 재개를 선언한 바 있다.

원자력은 기후 변화와 에너지 안보를 위한 가장 유력한 에너지 원이다. IEA는 원전이 2050년까지 세계적으로 매년 32GW씩 건

설되어 전 세계 전력량의 1/4을 점유하고, 2050년 원자력을 통한 CO₂ 절감량이 2.9Gt에 이를 것으로 전망하고 있다.²⁰⁾

맺음말

에너지의 97%를 수입에 의존하고 있는 우리나라는 최근의 에너지 환경의 급격한 변화에 적극적으로 대응해야 한다.

20) IEA, Energy Technology Perspectives, 2008.6

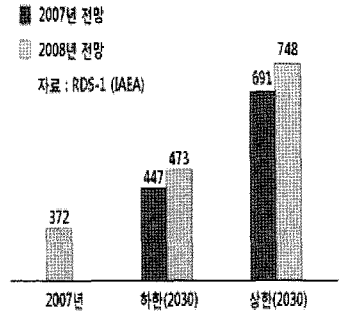
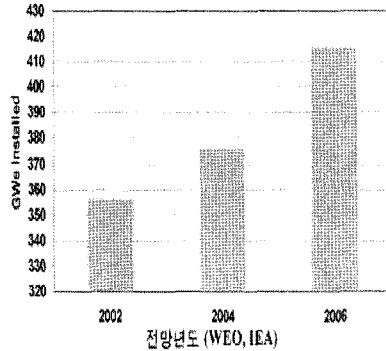
기후 변화는 환경 문제에 국한하여 고려해서는 안되며, 국가 자원 안보, 즉 에너지 안보 차원에서 다루어져야 한다.

최근 정부에서도 기후 변화 문제를 국정의 최우선 과제로 인식하고 저탄소 고효율 사회로 전환해 나가기 위한 필사적인 노력을 전개하고 있다.

제1차 국가에너지기본계획²¹⁾에 따르면, 원자력이 그간 우리 경제의 석유의존도 및 에너지 수입 부담을 완화하고 값싼 전기를 안정적으로 공급하는 데 크게 기여하여 왔음을 인정하고, 고유가와 온실가스 감축 등에 대응하기 위해 원자력의 역할 강화는 피할 수 없는 선택임을 강조하였으며, 2030년 원전 비중을 발전량 기준 59%(설비기준 약 41%)로 확대한다고 발표한 바 있다.

또한 그린 에너지 산업인 원자력을 수출 산업으로 육성하기 위해 원전 메이저 기업과의 전략적 제휴, 차세대 원전(APR+)의 조기 개발(당초 2015년 개발을 목표로 했으나, 2012년 완료) 등을 추진하고 있다.

우리나라는 1978년 고리 1호기를 시작으로 해 현재 1,772만 kWe의 설비 용량을 가진 세계 6위의 원자력 국가로 도약했다. 원전의 이용률에서도 2000년 이후 7년 연속 90% 이상을 기록하면서 운영 기술면에서도 우수성이



<그림 8> 2030년의 원자력 발전 설비 전망

입증되었다.

원자력산업계는 지금까지 일궈놓은 기술력을 바탕으로 국내적으로는 2030년 원자력 발전량 59% 시대에 대비하여 내실을 기하고 차세대 원전(APR+)의 조기 개발에 박차를 가해 원자력을 해외 수출 산업으로 육성하는 데 힘을 모아야 할 때이다.

세계적으로 원전 르네상스가 예고되고 있는 현 상황에서 원자력을 신성장 동력으로 창출할 수 있을지의 여부는 이제 원자력산업계에 달려 있다.

기후 변화는 우리에게 위기가자 또한 기회이다. 그 기회를 어떻게 활용하고 또 어떠한 결과를 낼 수 있을지는 원자력산업계의 몫이다. ☸

<참고 문헌>

1. 기후변화체제와 최근 국제동향, 외교통신부, 2007.7

2. 외국의 기후변화 대응 현황과 정책적 시사점, 기획재정부, 2008.4

3. 제15차 시드니 APEC 정상회의의 주요 결과, 외교통신부, 2008

4. Impact, Adaptation and Vulnerability, IPCC, 2007

5. UN projections of world population, UNPD, 2006

6. Nuclear Energy Outlook, OECD/NEA, 2008

7. 세계에너지 수급 및 원자력산업의 전망, 김종신, 철학과 현실, 2008

8. World Nuclear News, "Apec supports nuclear, agrees climate targets", 2007.9

9. 에너지경제연구원 해외에너지정책동향, DTI, 2007.5.23

10. IEA, Energy Technology Perspectives, 2008.6

11. 제1차 국가에너지 기본계획, 2008.8.27

21) 2008년-2030년 장기 에너지계획(2008.8.27)