

① 에너지 및 기후변화 안보와 원자력의 역할

전력안정공급 · 온실가스저감 위한 가장 현실적 대안

글 | 서주석_ 아주대 에너지학과 초빙교수 suhjs@ajou.ac.kr

21세기의 최대 과제는 인류의 지속가능성 확보이며, 이는 일반적으로 에너지, 환경 및 경제의 소위 '3Es'의 합리적인 조화에 있다고 할 수 있다. 향후 국제적으로 기후변화대책이 더욱 강화될 전망이므로 에너지 안보와 기후변화대책이 최대의 정책과제로 등장하고 있다. 세계 1차 에너지 소비는 화석에너지가 80.4%를 점유하고 있으며, 온실가스 총배출량의 약 85% 내외가 에너지소비에서 유발된다. 특히, 에너지소비 부문별 CO₂ 배출량은 발전부문이 40.5%로 가장 높아 산업부문의 18.2%에 비하여 2배가 넘어 전력부문은 온실가스 저감을 위한 핵심적인 분야로 부각되고 있다.

세계에너지협의회(WEC)의 2007년 로마총회 보고서에 의하면, 세계 65억 인구 중 최소한의 전력혜택을 받지 못하는 인구가 20억에 달한다. 향후 개도국의 발전으로 전력수요가 지속적으로 증가함에 따라 발전부문의 온실 가스배출량은 더욱 급증할 것으로 예상된다. 더욱이 교토의정서 체계에 동참을 거부해 온 미국이 2013년 이후의 소위 교토후기 기후변화대책에 적극 참여할 것으로 예상돼 앞으로 기후변화 대책이 강화될 것으로 전망된다. 또한 지난 7월 일본의 도야코에서 개최된 8개국 정상회의에서도 2050년까지 온실가스 배출량을 1990년 기준 최소 50%를 감축하도록 노력한다는 선언문을 채택하였다.

최근에는 프랑스 및 일본 등 원자력 강국을 중심으로 기후변화 대책 차원에서 원자력 발전의 부활에 관한 논의가 국제적으로 활발히 전개되고 있다. 이러한 국제적 상황을 고려할 때, 한국은 세계

제9위 온실가스 배출국이며, CO₂ 배출량의 약 42.5%가 발전부문에서 유발되므로 전력의 안정공급과 기후변화대책 차원에서 원자력 발전에 대한 장기 종합대책이 시급하다.

안정적인 전력 공급 위해 원자력 발전 비중 확대

원자력 발전은 1979년 미국의 드리마일 원전사고와 1986년 우크라이나의 체르노빌 원전사고 이래 안전성 확보에 대한 우려의 확산에 따른 공공수용성 확보 위기와 안전성 확보 정책의 강화에 따른 경제성 약화로 극심한 침체기를 경험하였다. 이에 따라, 미국 및 유럽의 주요 원자력 강국의 경우, 신규 원전건설이 전무하거나 심지어 이를 제도적으로 금지하였다. 그 결과 원자력 발전소는 2007년 현재 32개국에서 439기를 운영하고 있고, 발전용량은 387GWe로 그 비중은 발전량의 15%에 불과하며, 34기의 원전이 건설 중이다. 따라서 국제에너지기구(IEA)는 2006년 장기 에너지전망에서 세계 1차 에너지 중 원자력의 비중은 2004년의 6.4%에서 2030년에는 오히려 5.0%로 감소할 것으로 전망하였다.

그럼에도 불구하고 1988년에는 미국, 유럽연합, 러시아, 일본을 중심으로 국제핵융합 원전 실험로(ITER)의 건설을 추진했고, 2003년에 한국, 중국, 인도가 참여하였다. 이에 따라 2016년까지 500MW급 실험로를 건설한 후, 2040년 사업종료 시까지 약 20년 간의 연구·분석을 거쳐 실증로(DEMO)를 통한 실용화 단계를 거쳐 상업화를 추진할 계획이다. 더욱이 2001년 이후의 지속적인 국제 가격의 상승 및 고유가세의 지속과 교토의정서의 발효로 세계 최대



신고리 1호기에 최신형 원자로 설치

온실가스 배출국인 미국이 2007년 발리 로드맵의 채택에 참여하여 2013년 이후의 소위 교토의정서 후속 대책에 적극적인 역할을 담당할 것으로 전망됨에 따라 원자력 발전은 새로운 전기를 맞이하고 있다.

원자력 발전소의 건설은 과거 10년 간 미국, 유럽에서는 전면적으로 중단되었으나, 단지 일본, 중국, 인도 등에서는 21기의 건설이 추진되어 왔다. 그러나 세계 주요 원자력 강국은 물론 일부 개도국도 전력의 안정공급과 온실가스 저감을 위하여 신규 원자력 발전소 건설 및 증대를 추진하고 있다. 프랑스는 물론 영국, 핀란드와 동유럽의 루마니아, 불가리아, 슬로바키아 및 리투아니아 등이 원자력 발전소의 신규 건설을 추진하고 있다. 특히, 신규 원자력발전소의 건설을 전면 중단하기로 한 스웨덴과 스위스도 전력생산의 약 50% 및 1/3을 점유하고 있는 실정을 감안하여 기존 원전의 수명연장 및 신규건설을 신중하게 검토하고 있다.

따라서 국제원자력기구(IAEA)도 2006년 말에는 원자력발전의

역할에 대한 긍정적인 평가를 하고 있다. IAEA는 2007년도 연보에서, 관련 국가의 확고한 계획과 기존 원전발전소의 퇴역 및 수명연장을 가감한 보수 전망의 경우, 세계 원자력 발전용량은 2006년의 370GWe에서 2010년에는 378GWe, 2020년에는 425GWe로 증대되고 2030년에는 2006년 대비 21%나 증가할 것으로 전망하고 있다. 낙관할 경우에는 각 기간 중, 386GWe, 525GWe 및 691GWe로 대폭 증대되어 2030년에 2006년 대비 무려 87%나 증대될 것으로 전망하고 있다. 이를 지역별로 보면, 신규원전의 대부분이 북미와 서유럽, 동남아 및 극동 태평양 지역에서 건설되고, 특히 중국, 인도와 한국 및 일본이 2030년 이후부터는 중심 지역으로 부상할 것으로 전망하고 있다.

특히 미국은 총발전량 중 원자력의 비중이 18.9%에 불과하나 향후 20기를 추가 건설할 계획이다. 미국은 전력의 안정공급과 기후변화대책을 위하여, 2005년의 에너지정책법에 따라 원자력 산업에 막대한 연구 및 건설 보조금과 세제 및 금융 지원을 하고 있다.



연립호드

한국 원자력발전의 효시인 고리원자력 발전소

또한 현재 추진 중인 기후보장법이 통과되면 발전부문의 온실가스 배출한도 부여 및 감축량 거래로 원자력발전은 크게 증가할 것으로 전망된다.

GE는 지난 6월 개량형 원전 2기에 대한 원자력규제위원회(NRC)의 승인을 획득하거나 추진 중이다. 또한 웨스팅하우스도 서우 그룹과 컨소시엄을 구성하여 1997년 1천150mw의 개량형(AP1000) 원전의 건설허가를 받았으며, 프랑스의 아레바도 지난 2월 1천600mw의 개량형 원전(EPR)의 건설허가를 신청하였다. 또한 엔터지, 엑셀론 및 도미니언 리소시스 등도 기존 원전을 저가로 매입하였다. 1982년의 원전폐기물법에 따라 유카마운틴에 원전폐기물 처리장 건설을 추진하여 올해부터 폐기물을 저장할 계획이었으나 정치적 논란으로 지연되고 있다. 그러나 원자력발전에 대한 국내외 여건변화로 멀지않아 타결될 것으로 전망되며, 폐쇄형 원전연료 주기에 대한 신기술 개발로 사용연료의 재활용률이 대폭 증대될 것으로 전망된다.

또한 일본도 지난 5월 장기에너지수급전망을 통하여 원자력의 발전비중을 현재의 27.6%에서 2040년까지 30~40% 수준으로 증대하고 전력공급의 중심역할을 담당하도록 하기 위하여 향후 13기에 시설용량 1천723만kW를 증설할 계획이다. 이는 대부분 개량형 경수로를 기반으로 하되 규모의 경제를 위하여 대형화하는 한편, 기존 경수로의 수명을 40년에서 60년으로 연장할 계획이다. 아울러 표준형 중형경수로의 건설도 추진하되 장기적으로는 경수로 핵연료주기, 몬주 고속증식로의 성과와 우리늄 수급동향과 경제성 등

을 감안하여 2050년 이후 고속증식로 원전의 상업화를 추진할 계획을 하고 있다.

세계 원자력발전 시설용량 전망

지역별	2006	2010		2020		2030	
		보수	낙관	보수	낙관	보수	낙관
북미	112	114	115	125	132	129	168
남미	4	4	5	8	8	9	19
서유럽	123	121	122	91	131	71	149
동유럽	47	48	49	70	85	81	111
아프리카	2	2	2	3	5	3	12
중동 및 남아시아	4	10	11	16	27	21	46
동남아					1	1	7
태평양극동	78	79	82	112	136	133	179
합계	370	378	386	425	525	447	691

자료: IAEA, Annual Report 2007, p. 24.

원자력발전, 연간 20억톤 CO₂ 배출감축 효과

최근에는 유엔기후변화협약을 주도하여 온 유럽연합은 물론 미국의 경우도 온실가스 저감을 위하여서는 원자력 발전이 가장 현실적인 대안이라는 인식이 높아지고 있다. 원자력 발전은 기술적으로 이미 입증되었으며, 경제성에 있어서도 기존의 대부분 발전소가 감가상각 기간이 거의 완료되어 안전규제조치가 완화될 경우, 운영비가 저렴하여 발전의 한계단가가 매우 저렴하다. 원자력발전은 1999년 현재 전 세계적으로 연간 약 20억 톤의 CO₂ 배출감축 효과

가 있는 것으로 평가되었다. 더욱 CO₂나 SO_x 및 NO_x의 단위 배출량도 타 화석에너지 발전에 비해 두 자리 숫자 이상 낮고, 대부분의 재생에너지에 비하여도 거의 차이가 없거나 오히려 훨씬 낮다.

원자력 발전의 온실가스 저감 효과는 프랑스의 경우가 여실히 증명하고 있다. 프랑스는 1999년 원자력 발전 비중이 75%에 달하며, 이를 천연가스로 전량 대체하였다면, 발전단가의 대폭 상승은 물론 소요 물량의 확보 자체도 매우 어려웠을 것이다. 뿐만 아니라, CO₂의 배출량도 연간 1억~1억 5천 톤으로 약 40~50%가 증가하였을 것으로 추정하고 있다. 프랑스는 원자력발전에 힘입어 kWh 당 CO₂의 배출량이 독일에 비하여 1/6 수준이며, 룩셈부르크에 비하여서는 1/15 수준에 불과하다. 또한 일본의 경우도 2002년 현재 원자력발전을 석유 및 석탄으로 대체하였을 경우, CO₂ 배출량은 약 19%가 증가하고, 천연가스로 대체하여도 약 11%가 증가하였을 것으로 추정하고 있다.

에너지원별 전력생산 단위당 온실가스 및 오염배출

발전원 별	CO ₂ (t/GWhe)	SO _x (kg/GWhe)	NO _x (kg/GWhe)
태양광	105-257	698-3 636	251-587
풍 력	26-61	101-278	54-135
수 력	4	8-10	11-12
유연탄	954-1177	947-24516	900-3002
갈 탄	1102-1458	684-35316	709-3384
석 유	784-920	3780-9612	1213-2056
가스 및 혼합	684-3175	27-446	493-2509
천연가스	528	259	611
원자력	8-29	56-152	22-61

자료 : B. Jean, R. Ducroux, Energy policy and Climate Change, Energy policy 31 (2003), p. 1317.

원전연료 안정 확보 · 핵주기 기술자립 시급

한국은 온실가스 배출 세계 9위의 국가로 2013년부터 새로운 형태의 교토후기 의정서에의 참여가 불가피하고 이에 따라 어떤 형태로든 온실가스 감축의무를 부담하게 될 것이다. 발전부문은 2005년 현재 총발전량 중 석탄의 비중이 38.2%에 달하며, CO₂ 배출량의 42.5%를 점유하므로 향후 온실가스 감축의 핵심 대상으로 이에 대한 대책이 필요하다. 발전부문의 온실가스 감축을 위한 현실적인 대안은 원자력발전의 확대이다. 원자력발전의 비중은 2007년 말 약 38.6%로, 세계 10위의 원전대국이나 프랑스의 78.1%에 비하여

서는 상당히 낮은 편이다.

원전의 확대를 위해서는 많은 과제가 있다. 특히 소요 부지 및 자금의 안정 확보, 원전연료의 안정 확보, 사용 후 핵연료의 재처리 및 핵주기 기술의 자립, 원전폐기물의 저장, 원전의 수명연장, 퇴역 원자로의 해체 등에 관한 기술의 자립이 시급하다. 아울러 개량형 경수로 및 고속증식로와 ITER를 포함한 차세대 원전기술의 자립 및 전문 인력의 양성 등에 대한 종합대책이 필요하다.

원자력 발전은 1953년 미국의 아이젠하워 대통령에 의해 평화적 이용에 관한 유엔선언과 IAEA의 설치 및 운용으로 괄목할 만한 발전을 하였으나 1980년대 이래 핵확산과 안정성 확보 및 원전연료의 안정 확보에 대한 불신은 상존하고 있다. 따라서 IAEA의 중심으로 1987년 이래 원자력의 평화적 이용에 관한 국제협력을 강화하고 있으나 아직 가시적인 성과를 거두지 못하고 있다. 특히 2004년 미국이 제시한 세계원자력에너지 파트너십(NGEP)과 러시아가 2006년 제시한 세계원자력발전 하부구조(GNPI) 등 원전 강국의 주도권 경쟁과 여타 국가의 원전 및 핵주기 기술에 대한 접근과 원전연료의 안정 확보에 대한 우려가 해소되지 않는 한 원전의 획기적 확대에는 한계가 있을 것으로 전망된다.

따라서 한국이 앞으로 발전부문의 기후변화대책은 물론 원전의 해외수출 증대를 위하여서는 IAEA는 물론 미국 등 원자력 강국과의 원전연료 안정 확보 및 핵주기 기술의 자립을 위한 협력을 강화해야 할 것이다. 일본의 경우 6개소의 핵연료 재처리공장의 건설이 완료 단계에 있으며, MOx 연료공장도 2012년 운영 예정이며, 그 간 2008년 한·미 공동원자력 행동계획에 관한 공동성명 등 핵주기의 자립에 다각적인 대책을 강구하고 있는 점을 참고할 필요가 있다. 현실적으로 고속증식로 및 ITER의 실용화에는 상당한 기간이 소요될 것이므로 한국표준원전의 지속적인 개량 및 원전의 수명연장과 원전연료의 안정 확보 및 핵주기 기술의 자립에 주력해야 할 것이다. 또한 원전 부지도 단지 국내에만 국한하지 말고, 북한외의 신포경수로 건설의 재개와 만주 및 러시아 극동지역의 부지 확보 및 공동건설 및 활용 방안도 적극 추진해야 할 것이다. ㉔



글쓴이는 영남대학교 행정학과 졸업 후 태국 아시아이공대학원에서 과학석사학위를, 프랑스 그르노블 II 대학에서 에너지경제학 박사과정을 수료했다. 제10회 행정고시에 합격해 공직 입문 후 체신부, 경제기획원, 동력자원부, 산업자원부, 특허청 등을 거쳤으며, 한국에너지관리공단 상임감사를 지냈다.