



10. 21~10. 25 / 中國 廣東省 深圳

에너지, 원자력 - 지속 가능한 개발

최 양 우

한국수력원자력(주) 사장



서 론

본 대회의 주제와 같이 원자력 에너지는 깨끗하고 안전하며 경제적인 지속가능한 에너지원으로서 21 세기에 중요한 에너지원으로 자리 할 것이다.

국제원자력기구(IAEA)가 발표한 세계 원자력 현황에 따르면, 2001년도에 438기의 원전이 운영중이며, 총설비 용량은 353GW에 달한다. 이들 원전들은 전세계 전력 수요의 16%를 공급하고 있다.

원자력 개발 확대가 주로 중국·일본·한국을 포함하는 동아시아에서 진행되고 있으며, 최근에 유럽 및 미국에서도 신규 원전 건설의 긍정적인 분위기가 조성되고 있다.

세계 에너지 및 원자력 현황

에너지 수요는 경제 활동, 산업 구조, 구매력, 기후, 에너지 및 자원 활용, 에너지 가격 등과 같은 요소들에 매우 관계된다.

세계 에너지 현황의 한 통계에 따르면, 세계 1차 에너지의 소비량은 2001년에 0.3% 증가했으며, 이러한 수요 약세는 주로 세계 경제의 침체 때문이다.

석탄과 원자력은 2001년에 각각 1.7% 및 2.8%가 성장하여 상대적으로 강세를 보인 반면, 수력은 3.7%까지 급격히 떨어졌다. 석유 및 천연 가스 수요는 지속적으로 높은 가격의 영향으로 전반적으로 안

정되었다.

에너지 수요는 특히 미주와 대부분의 아시아 지역에서 낮았는데 이것은 미국 경제의 급격한 하강으로 인하여 미국의 주요 무역 상대국들에게 함께 영향을 주었기 때문이다.

중국을 제외한 아시아는 1.3%의 에너지 수요 성장을 기록하였으나, 과거 10년간 연간 성장을 3.4%에는 훨씬 못 미친다. 중국의 에너지 수요는 최근 석탄 수요 감소 추이가 반전되어 4.3% 성장했다.

원자력 수요는 세계 원자력 설비용량의 매우 제한된 증가에도 불구하고 아프리카를 제외한 모든 지역에서 성장하여 전체적으로 2.8% 증가했다. 이것은 세계 원전 운영 실적의 지속적인 향상에 의한 경쟁력의 향상에 주로 기인한다.

한편, 2002년도 국제에너지기구(IEA)의 세계 에너지 전망에 따르면, 2030년까지 에너지 수요가 연 1.7%로 급격한 성장을 지속할 것으

로 예상된다. 2030년까지 세계적으로 현재보다 거의 70% 이상 에너지 소비가 증가될 것으로 보이며, 개발 도상국들이 최대의 에너지 수요 그룹으로 선진국을 앞설 것으로 예상된다.

화석 연료는 에너지 수요 증가의 90% 이상을 차지하면서 지배적인 에너지원의 위치를 유지할 것이다. 석유 수요는 과거 30년간에 비하여 훨씬 더 빠르게 증가할 것이며, 천연 가스는 향후 30년간 두배로 성장하여 가장 빠르게 성장하는 연료가 될 전망이다. 석탄은 더욱 천천히 성장하여 세계 에너지 공급에서의 점유율은 감소할 것이다.

현 정책 하에서, 원자력은 오래된 발전소의 폐쇄와 신규 원전의 건설 저조에 따라 감소할 것이다. 그러나 원자력 환경은 변경 가능하며, 미래에 대한 긍정적인 암시가 있다. 재생 에너지원은 발전원으로서 계속 성장할 것이다.

과거 30년에 걸쳐, 세계 2위의 1차 에너지 소비국인 중국에서의 강력한 경제 성장은 에너지 수요와 수입을 크게 증가시킬 것이다. 석탄은 가장 큰 점유율을 유지하겠지만, 석유·천연 가스 및 원자력은 중국의 1차 에너지원으로서 지속 성장할 것이다.

세계 4위의 석유 수입국이자 세계 2위의 석탄 및 액화 천연 가스 수입국인 한국의 에너지 수요는

2030년까지 연간 2.3%의 성장을 이 예상된다. 천연 가스 및 원자력이 지속 성장하겠지만, 석유는 한국의 주요 에너지원으로서 역할을 계속할 것이다. 천연 가스는 가장 빠르게 성장하는 에너지원이다.

가스 화력 발전의 점유율은 급격히 증가하겠지만, 석탄 및 원자력은 2030년에 전력 공급의 약 75%를 차지하면서 발전용의 주요 에너지원으로서 위치를 유지할 것이다. 한국의 원자력 발전량은 2030년까지 거의 배 이상에 달하여 전세계 원자력 공급의 9%를 차지할 것이다.

세계 원자력 현황

오늘날 전세계는 1960년에 모든 에너지원이 공급한 만큼의 많은 에너지를 원자력이 공급하고 있다. 상업용 원전은 이제 10,500 reactor · year 이상의 운영 경험을 자랑하며, 전세계 수요의 16%를 공급하고 있다.

1970년대 및 1980년대보다 지금 더 적은 원전이 건설되고 있지만, 현재 운영중인 원전이 더 많은 전력을 생산하고 있다. 2001년에 원자력은 전년도에 비하여 4% 증가한 2조 5440억 kWh의 발전량을 기록했다.

과거 7년 동안의 발전량 증가는 신규 원전 60기의 발전량에 해당하며, 이러한 개선은 주로 기존 원전

의 운영 실적 향상 때문이다.

15개 국가가 그들의 전력 수요의 4분의 1 이상을 원자력에 의존하고 있다. 프랑스 및 리투아니아는 전력 수요의 약 4분의 3을 원자력에서 얻고 있으며, 벨기에·불가리아·헝가리·일본·슬로바키아·한국·스웨덴·스위스·슬로베니아 및 우크라이나는 3분의 1 이상을 얻고 있다.

원자력의 개발 확대가 주로 일본·한국 및 중국을 포함하는 동아시아 국가에서 진행되고 있다. 최근에는 유럽 및 미국에서도 신규 원전 건설의 긍정적인 분위기가 조성되어 왔다.

한편 OECD 국가에서 원자력 발전은 2001년의 2,185TWh에서 2010년 2,316TWh로 연간 0.7%로 성장할 것으로 예상된다. 전력 수요는 2001년 이후 연간 약 2.2%로 증가할 것으로 예상되어, 2001년에 23.9%이었던 원자력 점유율은 2010년에 21.1%로 하강할 것으로 예측된다.

현재 OECD 국가에서 설치·운영중인 360개 원전의 총설비 용량은 305GW에 이른다. 총 10.2GW의 원전 11기가 한국 및 체코·일본·슬로바키아에서 건설되고 있으며, 추가적으로 13.6GW에 이르는 원전 12기의 건설이 확정되어 있다.

OECD 국가의 원자력 총설비 용



량은 2005년까지 5%, 2010년까지 8% 증가할 것으로 예상된다.

지속 가능한 발전을 위한 원자력

에너지는 지속 가능한 발전의 중심적 위치에 있다. 에너지는 경제 성장 및 사회 발전을 견인하지만, 동시에 에너지 생산 및 사용으로 환경 열화, 국지적 오염 증가 및 기후 변화를 야기한다.

세계에너지협의회(WEC)에 따르면, 세계의 모든 발전소가 상위 25% 수준의 가동률을 기록한다면, 이러한 개선이 연간 최소한 800억 불의 에너지 절감을 가져올 것으로 예측된다.

따라서 기존 발전소가 더 높은 가동률로 운영된다면, 추가 설비를 건설하거나 운영할 필요가 없다. 더욱 이 이러한 개선을 통하여 다른 오염 물질의 저감뿐만 아니라 연간 10억 톤의 CO₂ 같은 지구 온실 가스의 방출을 감축할 수 있다.

현대의 발전 산업은 특히 점증하는 경쟁적 분위기와 환경적 책임 요건 같이, 에너지 산업이 수행되는 새로운 환경으로 인하여 수많은 도전에 직면하고 있다.

탈규제, 지구화 및 경쟁은 전력 사업자에게 새로운 기회와 도전을 야기하고 있다. 이러한 도전의 일부는 기존 원전의 성능을 개선함으로써 달성을 수 있다.

최근 1차 에너지의 낮은 가격으로 인하여 에너지 효율이나 보전이 정책 입안자나 소비자에게 큰 주목을 받지 못했다. 그러나 전반적인 에너지 공급 및 사용 분야에서 효율 개선의 잠재성이 매우 크며, 이러한 잠재성을 인식함으로써 인류의 지속 가능한 발전을 도모할 수 있다.

전체적으로 1차 에너지의 약 35%만이 유용한 최종 에너지로 변환되는 반면, 나머지는 변환, 공급 및 최종 사용 단계에서 폐기된다. 개발 도상국에서 이러한 에너지 효율의 개선은 투자 문제를 크게 경감 시킬 수 있다.

지난 9월 요하네스버그에서 개최된 「지속 가능 개발에 관한 지구 정상 회의」의 폐막 세션에서, 세계 지도자들은 빈빈충에 대한 신뢰적인 에너지의 공급을 개선하고, 기아 속에 사는 사람들의 비율을 반감시키기로 약속했다. 지도자들은 또한 이러한 고귀한 목표를 달성하기 위하여 모든 에너지 기술이 필요하다는 점을 인식했다.

개발 도상국들은 그들의 에너지 수요를 가장 잘 충족시킬 깨끗한 기술을 선택해야 한다. 명백히 모든 에너지 선택이 지속 가능한 에너지 개발의 기본적인 정책으로서 개방되고 인정되어야 한다.

많은 나라에서 원자력은 가장 높은 환경적 목표를 달성하면서 이러한 목적을 달성하는 데 중요한 역할

을 수행할 것이다. 요하네스버그에서 합의된 「조치 계획」에 따르면 일부 국가들은 지속 가능한 개발 목표를 달성하기 위하여 원자력 같은 선진 에너지 기술의 사용을 선택했다.

세계 전체 인구의 반을 차지하는 인도와 중국은 원자력 발전을 확대 할 구체적인 프로그램을 갖고 있다. 유럽연합은 전체적으로 원자력으로부터 전력 수요의 약 35%를 얻고 있으며, 이것은 유럽의 모든 에너지 원 중 가장 큰 비중을 차지하며, 유럽이 지구 온실 가스 감축 목표를 달성하려면 원자력의 장기적인 사용이 불가피하다.

미국에서는 1990년 이래 지속적인 원전 성능 및 관리 개선을 통하여 추가 원전의 건설 없이도 24개의 신규 원전을 운영하는 효과를 거두었다.

한국은 원자력으로부터 전체 전력 수요의 3분의 1 이상을 충족하고 있으며, 재생 가능한 에너지의 개발과 더불어 지속 가능한 에너지의 중요한 선택으로서 원자력을 이용하고 있다.

한국의 원자력 개발

국내 부존 자원의 부족으로 총에너지 수요의 98%를 수입에 의존하고 있는 한국은 1970년대 석유 파동을 겪으면서 신뢰적인 대체 에너지원으로서 원자력 개발을 확대해

왔다.

전력 산업에 경쟁 체제를 도입하여 전력 공급의 효율성을 제고하기 위한 전력 산업 구조 개편 추진 계획에 따라 원자력 발전은 2001년 4월 발족한 한국수력원자력주식회사(한수원)에 위임되었으며, 초기 운영의 어려움을 딛고 건실한 토대를 구축해 왔다.

특히 출범 첫 해인 2001년도의 원전 운영 실적은 매우 뛰어난 성과를 이룩함으로써 회사 운영의 안정성과 효율성을 과시했다. 한수원은 우수한 운영 성과로 매우 안정화되었으며, 이러한 운영상의 진전이 순조로운 원전 건설 사업과 더불어 올해에도 지속되고 있다.

한편 영광 6호기 및 울진 5·6호기의 건설 사업이 순조롭게 진행되고 있다. 영광 6호기는 7월 말에 최초 핵연료 장전을 마치고 시운전중에 있으며, 금년 말 상업 운전에 들어갈 예정이다.

이들 3개 원전의 건설 이외에 신고리 1·2호기 및 신월성 1·2호기의 건설이 준비중에 있다. 신고리 1·2호기는 2008년 9월 및 2009년 9월에 각각 상업 운전을 시작할 계획이다.

지난 5월, 국가 선도 기술 개발 사업으로 개발된 「신형경수로 1400」의 표준 설계 인가를 정부 당국으로부터 취득했다. 신형경수로 1400은 100만kW급 한국표준형원

전(KSNP)의 뒤를 잇는 가압경수로 형으로서 지난 1992년부터 약 10년간 차세대 원자로 기술 개발 사업을 통해 국내 고유 기술로 개발된 140만kW급 용량의 신형 가압경수형 원전이다.

이 사업에는 한수원을 포함한 연인원 2000여명의 국내 산업체·학계 및 연구 기관의 원자력 기술 인력이 참여하였으며, 총 2,340여억 원의 연구비가 투입되었다.

신형경수로 1400 표준 설계는 규제 기관의 엄격한 안전성 심사 과정을 거쳐 인가됨으로써 안전성 및 경제성이 한층 향상된 경쟁력 있는 최신 원전 설계로 평가되고 있다.

신형경수로 1400의 설계 개념을 살펴보면 비정상시 운전원 조치 시간 및 안전 여유도를 증대시키고 기존 설계 기준 사고에 중대 사고 대처 능력 기준을 추가하여 안전성을 크게 개선하였다.

또한 원전 설계 수명을 40년에서 60년으로 연장하고 디지털 제어 방식의 첨단 주제어실(MMIS)로 제어 계통의 신뢰도가 향상되었다.

더욱이 원자로 상부 구조물(IHA)을 일체형으로 하여 보수 편이성을 증대시키고 용량 격상 표준화 등을 도입하여 경제성을 크게 향상시켰으며, 한국에서는 최초로 대규모 실증 시험을 통하여 APR1400에 적용된 신설계 개념을 입증시켰다.

현행 고리 원전 인접 부지에 건설

되는 신고리 3·4호기는 최초의 신형경수로 1400 원전으로서 2010년 9월 및 2011년 9월 준공을 목표로 사업을 추진중에 있으며, 현재 주기 기 공급 및 종합 설계 용역에 대한 계약 체결이 추진되고 있다.

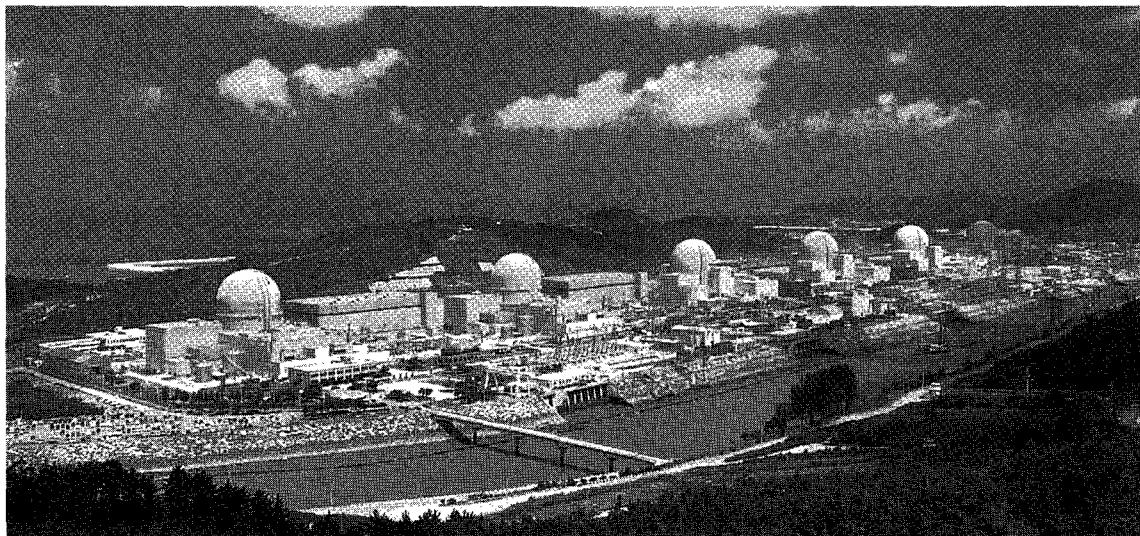
한국의 전력 산업 구조 개편에 따라 최근에 전력 수급 계획이 발표되었다. 2002년 8월에 확정된 동 계획에 따르면, 2015년까지 현재 건설중인 발전소를 포함하여 총 11기, 1,260만kW 설비 용량의 원전이 증가되어, 원자력 설비 구성비가 34.6%에 이를 것으로 예상하며, 이는 기존의 제5차 장기 전원 개발 계획보다 다소 상향된 수준이다.

또한 원자력은 기저 부하의 역할을 확대하여 2015년에 국내 총 발전량의 46.1%를 차지하게 됨으로써 21세기의 중추적인 에너지원으로서 위치를 다지게 될 것이다.

한국의 원전 경쟁력 확보

최근 전세계적으로 원전의 운영 실적 향상에 대한 긍정적인 평가는 향후 원자력 산업의 재도약을 예고하고 있다. 이러한 원전의 운영 능력 향상은 합리적인 원자력 규제 체계를 가져올 뿐만 아니라 원전의 신뢰성을 제고하는 데에도 크게 기여하고 있다.

또한 원전의 전반적인 운영 실적 향상은 발전 원가 저감 등 경제성



원자력은 대규모로 지속 가능한 개발에 기여할 수 있는 몇몇 입증된 기술 중의 하나이며, 미래의 에너지 구성에 있어서 중요한 역할을 수행해야 한다. 21세기에도 원자력 발전이 지속 가능한 에너지로서의 역할을 다하기 위해서는 원자력산업의 기술적 타당성과 투명성을 제고함으로써 국민적 이해의 폭을 넓혀 안전성과 경제성을 지속적으로 향상시키는 것이 중요하다.

향상을 가져와 원전의 안전성 및 경제성이 상호 양립 가능함을 잘 보여주고 있다.

국내 원전에서도 유연탄 등 타전력원에 대한 경제성 우위를 확보하기 위하여 이용률 향상이나 운전 유지 및 연료비 절감, 계획 예방 정비 공기 최적화 등 최선의 노력을 다하고 있으나, 최근의 발전 원가 추이를 보면 원자력은 감가 상각비와 원전 사후 처리비 등 원전 고유 비용의 과다로 인하여 유연탄과의 경쟁력 유지가 우려되고 있다.

이러한 이유로 원전의 경제성을 제고하기 위하여 국제 원자력 산업계 전체의 상호 이해와 협조가 요청되고 있다. 예를 들어 원전의 수명 연장은 향후 원자력산업에 중요한 요소이므로, 합리적이고 기술적인

타당성에 근거하여 수명 연장에 관한 사회적 수용 확보를 위하여 공동 노력이 이루어져야 한다.

한편 원전 운영 실적에 비추어 발전 원가 절감에는 한계가 있으며, 이런 의미에서 건설 단가 부문의 절감이 원전 경쟁력 향상에 매우 중요하다.

한국표준형원전의 반복 건설이나 신형경수로1400의 용량 격상 등으로 건설 단가가 낮아지고 있기는 하나, 국제 경쟁 입찰에 의해 건설 단가가 급격히 떨어지고 있는 유연탄화력에 비하여 매우 불리한 실정이다.

에 대한 해결 방안으로서 큰 위치를 차지하고 있다. 에너지 자원 및 에너지 수급 현실을 고려할 때, 한국 및 여타 국가에서 원자력은 지속 가능한 개발을 위한 에너지를 공급하는 데 역할을 확대하고 있다.

원자력은 대규모로 지속 가능한 개발에 기여할 수 있는 몇몇 입증된 기술 중의 하나이며, 미래의 에너지 구성에 있어서 중요한 역할을 수행해야 한다.

21세기에도 원자력 발전이 지속 가능한 에너지로서의 역할을 다하기 위해서는 원자력산업의 기술적 타당성과 투명성을 제고함으로써 국민적 이해의 폭을 넓혀 안전성과 경제성을 지속적으로 향상시키는 것이 중요하다. ☽

결 어

원자력은 여러 가지 에너지 문제