

원자력의 역할과 전망

Victor M.Mourogov
국제원자력기구(IAEA) 사무차장



세 계 인구는 매일 약 25만 명씩, 연간 약 9천만명씩 늘어나고 있다. 이는 프랑스와 영국의 인구를 합한 수만큼에 해당된다. 앞으로 35년 안에 세계 인구는 현재의 1/2만큼 증가될 것이다. 남아시아의 인구는 2/3만큼 증가될 것이며 아프리카의 사하라 사막 이남 지역은 2배 이상 증가될 것이다. 이러한 인구 증가는 대부분 개발 도상국들에서 일어나고

있다.

“누가 이렇게 폭발적으로 증가하고 있는 세계 인구에게 에너지를 공급할 것인가?”, 그리고 “이 피할 수 없는 현안 문제를 해결하기 위한 방안은 무엇인가?”와 같은 답변하기 매우 어려운 질문들이 있다. 확실한 것은 인구 증가가 세계 에너지 분야에 대한 커다란 도전이 되고 있다는 것이다.

최근의 통계를 보면 개발 도상국에서의 국민 1인당 연평균 세계 에너지 소비량은 0.7TOE 정도가 된다. 따라서 개발 도상국에 있어서 인구 증가에 따른 연간 에너지 소비량은 약 6,500만TOE가 예상된다.

과거 수 년 동안 과학자들과 환경학자들은 그러한 현안 문제에 대한 대책으로 종래의 에너지 시스템과 에너지원들에 대하여 연구하여 왔다.

예전에는 많은 사람들이 에너지

원과 에너지 기술의 오용으로 인한 부정적인 결과에 대해서만 생각하여 왔는데, 최근에는 온실 가스의 대기 방출에 의한 환경 오염을 해결하기 위한 미개척 분야에 관심을 고조시키고 있다. 지구 온난화는 그 영향을 억제시키고 개선시키려는 우리의 능력에 대한 확신을 무너뜨리기 시작했다.

환경에 대한 종래의 에너지 시스템 영향은 세계의 가장 주요한 현안 문제가 되었다.

92년 리우데자네이루에서 개최된 「환경 및 개발에 관한 UN 회의(UNCED)」는 인류의 자연 환경에 대한 가장 근본적이고 중요한 도전에 초점이 맞춰졌으며, 안정된 환경 관련 기술의 산업적 적용을 발전시켜 나가는 것을 주요 의제로 취급하였다.

UNCED의 의제 21번 제9장에는 에너지는 경제 및 사회 개발과 생활

의 질을 향상시키는 데 필수적인 요소로 언급되어 있다. 그러나 세계의 많은 에너지는 현재 지속적으로 개발될 수 없는 상황에서 생산 및 소비되고 있다.

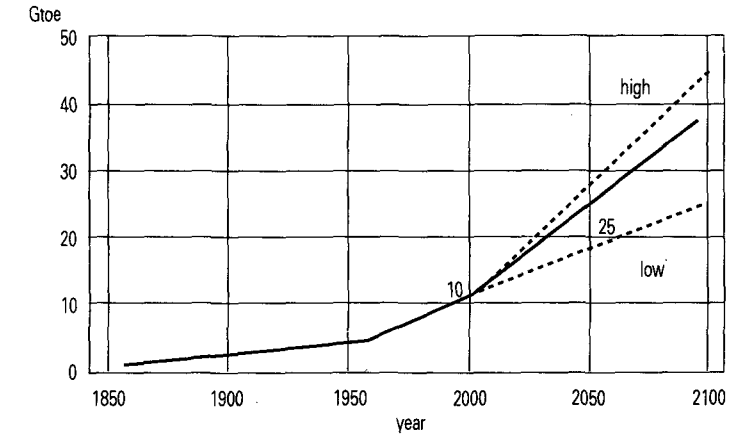
온실 및 기타 가스의 대기 배출을 억제하기 위해서는 효율적인 에너지의 생산·전송·분배 및 소비 과정과 환경적으로 안정된 에너지 시스템, 특히 새롭고 재생 가능한 에너지원에 초점을 맞추어야 할 것이다.

에너지 전망과 원자력

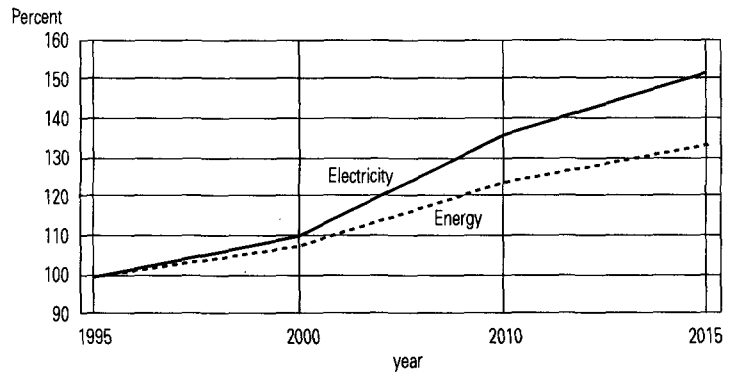
적절한 에너지 서비스의 공급은 경제 개발과 인류 복지를 위하여 필수적인 것으로 60년부터 95년까지의 세계 에너지 수요는 세 가지 형태로 증가되었다. 그리고 전기가 깨끗하고 다양한 에너지원으로 형성되면서 그 수요는 급속도로 증가되었다.

지금까지 대부분의 에너지 수요는 오늘날 현대화된 산업 선진국에서만 증가하여 왔기 때문에 에너지 및 전력 소비는 나라마다 그 수준에 따라 많은 불균형을 이루고 있다.

세계 인구의 3/4을 차지하고 있는 개발 도상국들은 세계 에너지 및 전력 소비의 1/4을 차지하고 있다. 결과적으로 개발 도상국들에 있어서 인구 1인당 평균 에너지 및 전력 소비는 산업 선진국의 약 1/10 수준



〈그림 1〉 세계의 에너지 이용 추이(단위 GOE)



〈그림 2〉 세계의 에너지 및 전력 수요 증가 추이

이다.

이러한 통계에서 걸로 드러나지 않는 것은 개발 도상국들에 있어서 약 200만명의 인구가 전력이나 에너지의 다른 상업적 형태의 서비스 혜택을 받지 못하고 있다는 사실이다.

에너지 소비에 있어서 지역간의 불균형은 향후 10년 안에는 해소될 것으로 기대된다. OECD/IEA의 98년 초 계획안에 따르면, 개발 도상국들의 1차 에너지 수요는 98년

과 2020년 사이에 약 세 가지 요인에 의해 증가되는 전력 수요와 함께 두 개 이상의 요인에 의해 증가될 것으로 전망된다.

상대적으로 장기 전망 계획은 95년 「응용 시스템 분석을 위한 국제 협회(IIASA)」 및 「세계에너지위원회(WEC)」의 연구에 의해 시행되고 있다.

본 연구는 경제 성장 수준과 효율의 개선 방법이 적용 정도에 따라 개발 도상국에서의 1차 에너지 소

비가 2050년까지 5~7배의 전력 수요 증가와 함께 3배~5배로 증가 될 것이라는 것을 보여주고 있다.

개발 도상국에 있어서 현재의 전력 공급 형태는 산업화된 국가들처럼 주로 화석 연료에 의존하고 있다 (68% 대 62%). 그러나 산업 선진국에서 원자력은 전력 생산에 약 22%를 기여하는 반면에 개발 도상국에서는 4% 이하이다.

예측 가능한 미래에 있어 이용 가능한 주요 에너지원은 현재와 같은 화석 연료, 수력 및 원자력 동일 것이다. 수력과 다른 재생 가능 에너지들은 여러모로 제한되어 있으므로 에너지로서의 큰 역할이 기대되지 않을지도 모른다.

지구열 에너지는 대부분의 세계 지역에서의 자원의 제약을 전제 조건으로 한다. 풍력·광전지 및 태양열 전기 변환은 에너지 저장과 예비 공급이 주어질 경우 경제적으로 존속이 어려운 비지속적인 에너지원이다.

그리고 전력 발전에 기초한 생물량은 식물을 재배하는 데 필요한 적합한 대규모의 토지가 필요하며, 특히 경작에 적합한 토지를 한정적으로 갖고 있는 인구가 밀집한 개발 도상국에서 식량 생산과의 직접적인 경쟁을 갖게 한다.

원자력은 오늘날 많은 나라들의 전력 공급 시스템의 중요 부분을 이루는 경제적으로 입증된, 그리고 잘

구축된 에너지 선택이다.

97년 전력 생산에 있어서 원자력의 역할은 8개국에서 40% 이상 그리고 17개국에서는 25% 이상이었다. 개발 도상국 가운데 한국과 대만은 전력 생산의 1/3을 원자력 발전으로 충당하고 있다.

97년 말 현재 약 352GWe의 발전 용량을 갖는 437기의 원자력발전소가 32개국에서 운전중에 있으며, 또한 약 27GWe의 발전 용량을 갖는 36기의 원자력발전소가 14개국에서 건설중에 있다.

원자력을 이용하고 있는 9개 개발 도상국(아르헨티나·브라질·중국·인도·멕시코·파키스탄·남아프리카공화국·한국·대만)은 약 23GWe 발전 용량의 38기의 운전 중인 원자로를 갖고 있다.

97년부터 건설중인 36기의 유니트 중 19기는 개발 도상국에 있으며, 그 중 1개국(이란)은 아직 운전 중인 원자력발전소를 갖고 있지 않고 있다.

현재 운전중이거나 건설중인 원자력발전소를 갖고 있는 10개 개발 도상국 외에도 많은 다른 개발 도상국이 향후 중기적 또는 장기적으로 원자력 이용에 대한 관심을 표명하고 있다.

이러한 나라들은 알제리·방글라데시·쿠바·이집트·인도네시아·말레이시아·모로코·북한·필리핀·태국·터키·베트남 등이다.

원자력은 환경 친화적인 양태로 대규모의 전력 수요를 충족시키는 잠재력을 갖고 있지만 원자력 개발의 과거 공헌과 미래 전망은 다른 지역에서는 어렵다.

IAEA는 원자력 사업과 그 회원국들의 프로그램을 정기적으로 점검하고 있으며, 여러 기술적·경제적·환경적·정치적인 요소들을 고려하면서 앞으로 20년간에 걸쳐 세계 원자력의 수용을 계획하고 있다.

이러한 계획은 예언적이 아니고 가장 낮은 가능성에서부터 가장 높은 가능성까지 전체 범위의 가능한 미래를 반영하지는 않지만 지역과 범세계적으로 가능한 범위의 원자력 수용 증가를 제공하고 있다.

IAEA의 가장 최근의 계획은 2020년까지 원자력 용량을 위해 최대·최저 평가를 하고 있다.

높은 인구 밀도를 갖고 있으면서 급속하게 성장하고 있는 개발 도상국인 중국·한국 및 인도는 대부분의 이러한 증가, 즉 낮은 경우 40GWe 및 높은 경우의 시나리오에 있어서 80GWe를 나타내고 있다. 다른 개발 도상국에서는 다소 낮은 것으로 기대되고 있다.

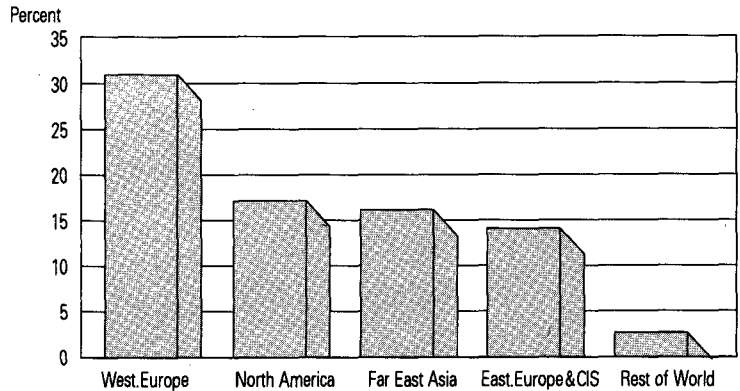
심지어 최대 시나리오에 있어서 세계 원자력산업의 생산 능력이 새로운 원자로의 수요를 초과할 것이라는 것이 여기서 지적될지도 모른다. 높은 비율의 원자력 개발은 많은 나라들에 있어서 기술적으로 가

능하고 경제적으로 실행될 수 있을 것이다.

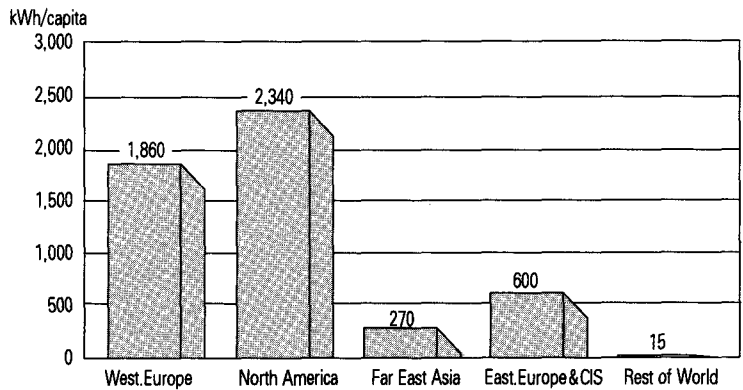
그러나 원자력 프로그램의 본질적인 재생은 여러 국가에 있어서 사실상의 모라토리엄의 제거 및 개발도상국에서 원자력 사업에 대한 재정 지원을 제공하기 위한 기능의 도입을 포함한 정책적인 방안을 필요로 할 것이다.

여러 개발도상국들이 미래의 전력 수요를 충족시키기 위해 원자력을 이용하는 범위는 다음과 같은 여러 요소들에 한할 것이다.

- 화석 연료와 수력과 같은 고유 자원의 규모와 개발 제한
- 에너지 수입 의존의 경감 필요성과 공급 자원의 다원화를 통한 국가 에너지 안보 확보
- 원자력의 경제적 경쟁성과 자본 집약 기술을 위한 적절한 재원의 이용 가능성
- 지방·지역 및 세계 수준의 환경적인 고려
- 국가 전력 계통(national grid)의 규모와 적절한 규모의 원자력발전소의 이용 가능성
- 고유의 기술력과 선진 및 필요 기술을 흡수하려는 열망
- 원자력 기술에 대한 대중 인식과 친원자력 또는 반원자력의 총체적인 국제 환경
- 원자력 기술 분야에 있어서의 국제 협력



〈그림 3〉 원자력에 의한 발전 비율(1997년)



〈그림 4〉 인구 1인당 원자력 발전량(1997년)

위험도(risk)와 원자력 이용의 혜택

1. 에너지 확보와 에너지 공급의 다원화를 위한 필요성

쉽게 개발 가능한 대규모의 수력 자원을 갖고 있지 못하거나 고유의 화석 연료 자원이 빈약한 개발도상국들은 그들의 높은 에너지 수입 비용에 기인한 비용 지불의 어려움과 같은 경제적인 시련에 직면하고 있을 뿐만 아니라 에너지 확보의 관점

에서 가장 취약한 그룹이다.

원자력은 그러한 나라들의 에너지 수입 비용을 경감시킬 수 있도록 해주고 전력 자원의 다원화를 통하여 그들에게 에너지 확보 방안을 제공하여 줌으로써 특별한 이익이 될 수 있다. 이러한 고려 사항은 프랑스와 일본과 같은 선진국뿐만 아니라 한국과 대만과 같은 개발도상국의 대규모 원자력 사업 수행을 위한 정책 결정에 있어 주요한 역할을 하

〈표〉 총발전량에 대한 원자력 비율(단위 %, 97년도 상위 랭킹 20위까지)

Lithuania	81	Japan	35
France	78	Korea RP	34
Belgium	60	Germany	32
Ukraine	47	Finland	30
Sweden	46	Spain	29
Bulgaria	45	UK	27
Slovak Rep.	44	Taiwan	26
Switzerland	41	USA	20
Hungary	40	Czech Rep.	19
Slovenia	40	Canada	14

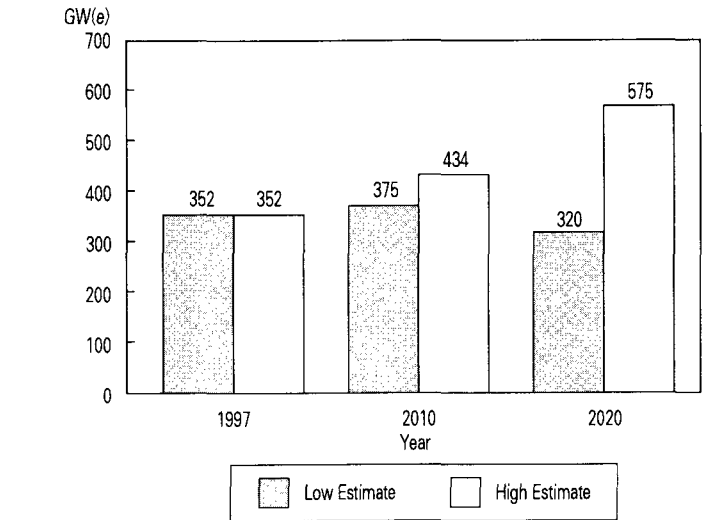
었다. 또한 그들은 아마도 심중팔구 비슷한 상황에 놓인 다른 국가들의 정책 결정에 있어 주요한 결정 요인이 될 것이다.

원자력은 에너지 자원이 빈약한 국가들에게 매우 중요한 반면에, 원자력을 이용하는 전력 공급 시스템의 다원화는 또한 풍부한 수자원 또는 석유 자원을 보유한 개발 도상국들로 하여금 깊은 관심을 갖게 하고 있다.

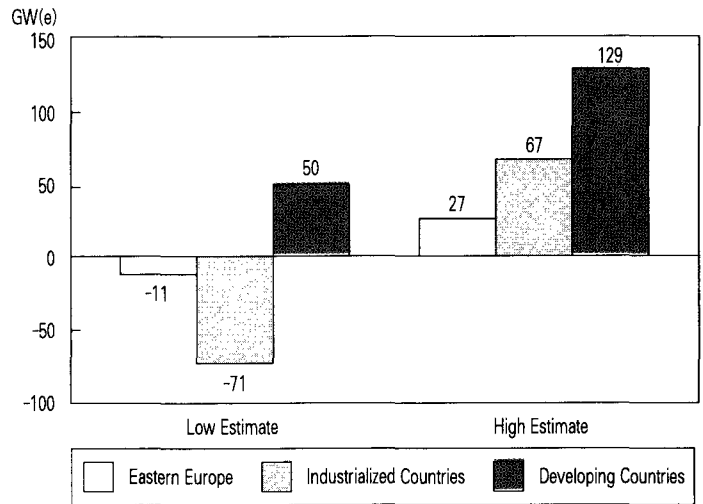
원자력의 낮은 운전 비용과 높은 이용률로 인하여 원자력은 기저 부하의 전력 수요를 충족시키는 데 매우 적합하다.

이러한 점들이 대규모의 수력 발전 시스템을 갖고 있으나 취약한 기상 상태를 갖고 있는 나라들(예 : 아르헨티나 · 브라질 · 칠레 · 페루 · 터키)이 원자력에 대해 매력을 느끼는 사항이다.

석유와 가스 자원이 풍부한 나라들이 원자력에 대해 관심을 갖는 주



〈그림 5〉 세계의 원자력 시설 용량



〈그림 6〉 원자력 시설 용량의 변화(1997년 대 2020년)

된 원인은, 원자력이 환경 친화적인 에너지원일 뿐만 아니라 그들의 부족한 에너지 자원의 국내 소비를 줄여 수출에 이용코자 하는 데 있다. 인도네시아가 바로 그러한 경우에 해당된다.

2. 경제적 및 재정적 문제

전력의 경제성은 발전 기술의 선택에 있어 중요한 요소가 된다.

화력발전소와 비교해 볼 때 원자력발전소는 건설 비용은 높으나 운전 비용이 매우 낮다. 원자력발전소

(1,000~1,500MW급)의 시설 용량 kW당 자본금은 대체로 석유 또는 가스 연소 발전소의 약 2~3배, 그리고 석탄 연소 발전소의 1.5배가 된다.

원자력발전소의 긴 건설 기간 때문에 건설 기간중 발생한 이자 비용은 원자력의 자본 비용에 대한 불이익을 악화시키고 있다. 적어도 초기에 있어서 소규모의 원자력발전소는 오늘날의 상업화된 원자력발전소보다 비용이 높았었다.

높은 생산(크기가 아니라) 규모를 통하여 얻어진 규모의 경제성은 특정 자본 비용을 낮게 할 것 같았으나 동시에 높은 수준의 운전의 안전성을 실현하였다.

모든 발전소의 운전 및 유지 보수 비용은 비교될만 하나 원자력발전소의 연료 장전 비용은 매우 낮아 화력발전소의 1/4~1/3 정도이다.

모든 4가지 유형의 발전소의 kWh당 발전 비용은 비교할만한 수준이다. 원자력·석탄·가스 및 석유 연소 발전소로부터 나오는 발전의 상대적인 경제성은 각 형태의 발전소에 있어서 건설 비용·이자율·할인율·운영 및 보수(O&M) 비용 및 연료비가 특정 국가 상황에 의존될 것이므로, 원자력·석탄·가스 및 석유 연소 발전소로부터 나오는 발전의 상대적인 경제성은 변하게 될지도 모른다.

환경 보호와 안전 규제에 있어서

기술의 발전과 변화는 화력 발전에 대한 원자력의 경쟁력에 영향을 줄 것이다.

추가적인 이득은 연료 및 발전 비용의 절감을 위하여 비롯된 가스 연소 혼합 주기 기술의 효율에서 기대되고 있다.

마찬가지로 현재 몇몇 국가에서 발전 단계에 있는 신행로는 낮은 건설 비용과 향상된 연료 주기 효율을 가짐으로써 원자력 발전의 전반적인 비용 절감에 큰 역할을 하게 될 것으로 기대되고 있다.

엄격한 오염 물질의 대기 배출 제한을 포함한 환경 보호 방안과 정책의 수행은 오염 물질 제거 기술의 적용 또는 좋은 품질의 연료 사용에 의하여 그러한 규제에 따라야만 할 화력발전소의 비용을 증가시킬 것이다. 원자력 발전 비용은 그러한 방법들과 같은 영향을 받지 않을 것이다.

재정 문제

원자력발전소의 높은 선행 투자 비용은 원자력의 확실한 경제적 이점 때문에 에너지 안보와 환경 보호 측면에서 알맞은 에너지로 고려하고 있는 자본 부족 국가들에게 중대한 방해물이다.

동등한 화력발전소와 비교하여 원자력의 높은 투자 조건 때문에 교육 및 건강과 같은 다른 개발 분야의 투자 필요성과 함께 부족한 재원

을 위하여 경쟁해야만 한다.

이것이 몇몇 국가에서 원자력 사업의 초기화를 지연시켰으며 건설 공기를 연장시켰고 어떤 경우에 있어서는 부분적으로 완성된 프로젝트까지도 불가피하게 포기하게 되었다.

최근까지 대부분의 개발 도상국에 있어서 전력 부문은 국가 독점이었으며 아직까지 많은 국가가 그러하다.

국가 소유의 전력 회사는 일반적으로 정부 보조로 빈민층에게 전력을 공급하는 것을 필요로 하고 있다. 이것은 전력 회사들의 독자적 재원 확보 능력을 격감시키는 것 외에도 외국 차관을 통하여 발생한 자본을 위하여 그들의 최상의 신용을 손상시킨다.

그들의 상대적인 경제성에 상관 없이 저비용의 프로젝트를 위하여 자본 집약 프로젝트는 폐지되어야 한다는 것이 최종 결론이다.

전력 부문의 민영화와 규제 완화를 추구하는 현재의 경향으로 볼 때 개발 도상국에 있어서 원자력발전소의 재원 조성은 그들의 높은 선행 투자 비용과 장기간의 건설 공기 및 투자금에 대한 장기 분할 상환 기간으로 인한 높은 경제적 위험 때문에 더욱 어렵게 될 것이다.

민간 투자자들은 일반적으로 장기간의 경제적 이득보다는 오히려 투자에 대한 신속한 이익적 결과에

더 관심이 많다. 그리고 지역 또는 지구 환경 이익은 적어도 현재의 국가 규제 및 정책하에서는 그들의 관심 사항이 되지 않고 있다.

규제가 완화되고 민영화된 원자력 부문의 체제하에서 자본 비용이 절감되고 건설 기간이 짧은 소형의 규격화된 소형 원자로가 원자력 시장에서 활성화되고, 또한 정부가 발전 단가 책정에 있어 환경적인 측면에 대한 고려까지를 포함시킨다면 원자력을 위한 전반적인 재원 조성 환경은 매우 좋아질 것이다.

3. 환경적인 영향

지구 온난화

이산화탄소의 대기 방출에 기인한 지구 온난화의 공포가 세계적인 주요 관심사가 된 반면에 현재의 CO₂ 방출의 2/3 이상은 산업 선진국들에게 책임이 있다.

이러한 나라들은 현재 작년 12월 일본 교토에서 개최된 「지구 온난화 방지 제3차 당사국 총회(COP3)」 회의에서 90년 수준과 비교하여 2010년까지 약 5%씩 CO₂의 대기 배출을 억제토록 하는 데 동의하였다.

현재 개발 도상국들이 이런 의무로부터 면제되고 있지만 그들이 CO₂ 배출을 억제하려는 노력을 기울이지 않는다면 어떤 적정 수준에서 지구 CO₂ 농도의 안정화는 불가능할 것이다.

따라서 증가되고 있는 국제적인 압력하에 개발 도상국들은 그들의 사회 경제 발전을 위하여 증가되는 에너지 수요에도 불구하고 CO₂ 배출을 늦추거나 점차적으로 안정화 시켜나갈 것 같다.

개발 도상국들은 CO₂ 배출을 억제시키는 데 필요한 세 가지 방법, 즉 에너지 효율 개선, 낮은 탄소 화석 연료로의 변경 및 무탄소 에너지원을 모든 이용해야만 할 것이다.

에너지 효율의 개선은 전반적인 에너지 조건을 줄여주고 또한 CO₂ 이외의 모든 형태의 오염 물질의 배출을 억제시켜 주므로 확실히 매우 환영할만한 선택이다. 그러나 효율이 비용 효율적인 방법으로 향상되는 데는 제한이 있다.

화석 연료 가운데에 천연 가스는 탄소가 별로 문제되지 않는 에너지 형태이다. 그러나 탄소 집약적이지 아닌 화석 연료로 전환을 모색하고 있는 산업 선진 국가들과 함께 석유 부존 자원이 빈약한 개발 도상국들은 국제 시장에서 석유와 가스의 제한된 공급 안에서 충분한 몫을 얻는 것은 어렵다는 것을 잘 알게 될지도 모른다.

개발 도상국들에 있어서 에너지와 전력의 미래 조건에 부응하는 데 있어서 수력과 기타 재생 에너지의 역할은 여러 환경적·경제적·기술적 속압의 관점에서 예측 가능한 미래에 있어서 다소 제한된 상태로 남

게 될 것으로 기대된다.

따라서 급속하게 일어나고 있는 에너지 서비스를 위한 요구와 함께 개발 도상국들에 의해 증가되는 원자력의 이용은 기후 변화 문제에 부응하는 필수적인 부분이 되어야 할 것이다.

지방 및 지역 환경의 붕괴

개발 도상국들에 있어서 시급한 현안 문제는 이들 국가의 지방 및 지역 환경의 붕괴이다.

개발 도상국들에 있어서 많은 도시들은 현재 질소산화물(NOx) 배출로 인하여 날로 증가되고 있는 스모그(smog) 문제에 직면하고 있다.

그리고 유황과 질소산화물의 배출에 따른 지역의 산성화가 중국과 인도와 같은 석탄을 소비하는 국가들에 있어서 이미 중요한 문제가 되었다.

이러한 문제는 더욱 악화되어 동남아시아의 많은 국가들로 확산될 것으로 예상되는데, 이는 이러한 인구 밀집 국가들에 있어서 화석 연료 소비가 증가되고 있기 때문이다.

지방 및 지역의 환경을 고려해 볼 때 이러한 나라들에 있어서 원자력의 이용은 현재보다 더욱 매력적인 것이 될 것이다.

원자력발전소 및 원전 연료 주기 시설의 정상 운전중에 방사성 물질이 환경으로 배출되었다 하더라도 배출된 양은 매우 적고 국제 지구

(ICRP 및 IAEA)에 의해 제정된 규정에 의해 인체에 크게 해롭지 않은 기준치 이하로 엄격하게 제한된다.

이러한 사실은 대체로 석탄 연소 화력발전소에서 배출되는 방사선의 양이 같은 용량의 원자력발전소에서 배출되는 방사선의 양보다 훨씬 많은 것으로 조사된 것으로도 설명될 수 있다.

4. 신기술과 파급 효과

원자력은 개발 도상국들에게 많은 파급 효과를 줄 수 있을 뿐만 아니라 그들이 이익을 얻는 데 있어 필수적인 여러 전문 분야가 집합된 신기술이다.

예를 들면, 원자력의 하부 구조는 설계와 엔지니어링, 정밀 제조, 핵물질 처리 및 연료 제조, 방사선 감시 및 수량 조절 등의 고차원의 수요 요건에 부응할 수 있도록 수립되었다.

규제 기능은 국제 기준에 따라 수립되고 제도화되도록 요구되고 있으며, 무엇보다도 자격있고 숙련된 기술 인력들이 요구되고 있다.

새로운 여러 전문 분야가 집합된 기술 때문에 어떤 나라들은 그들이 필요한 기술 하부 구조 및 복잡한 신기술을 소화시키기 위해서 필요한 기술적 하부 구조와 인적 자원을 갖지 않는 한 원자력을 사용하는 것에 대해 방해를 받게 될지 모른다.

그러나 이러한 문제점은 원자력

발전소 및 관련 시설들이 경쟁력 있는 외부 기관에 의하여 건설되고 운전된다면 부분적으로 완화될지도 모른다.

5. 소규모 전력 계통(grid)을 갖는 국가들의 특별 요구

최근 수년간 선진 산업국들에 있어서 완성되었거나 시작된 대부분의 원자력발전소는 700~1,500MWe 급 범위의 대규모 유니트들이다.

이러한 규모의 어떤 유니트는 대규모의 상호 연계된 전력 계통을 갖는 일부 개발 도상국들(브라질·중국·이란·남아프리카공화국·한국·대만)에 있어서 시공되었거나 건설중에 있다.

90년 초 이후 건설이 시작된 작은 유니트는 650MWe(한국)·600MWe(중국)·440MWe(슬로바키아)·300MWe(파키스탄)·220MWe(인도)들이다.

많은 개발 도상국들의 전력 계통은 매우 작고 700MWe 이상의 대규모 원자로는 받아들여지지 않고 있으며, 그들 중 많은 나라들은 300~700MWe급 범위의 유니트조차도 수용하지 않고 있다.

현재 300MWe급 이하의 원자력 발전소는 일반적으로 화력 발전과 경제적으로 비교가 되지 않는 것으로 여겨진다. 인도에서 자체 설계 220MWe급 유니트의 이용은 예외였다. 그러나 인도에서조차 자체적

으로 설계한 500MWe급 용량의 대규모 유니트를 선호하여 현재 이러한 용량의 수용을 계획하고 있다.

700MWe급에서부터 수십 MWe급 범위의 중소형 원자로(SMR)의 설계에 대한 관심이 다시 고조되고 있는 것으로 보인다.

150MWe급 이상의 SMR의 당초 목적은 상호 연계된 전력 계통에 있어서 기저 부하 발전이었지만, 전기와 증기를 함께 공급하는 폐열 발전소로서 전기와 증기 대부분을 이용하는 것은 가능할 것이다.

150MWe급 이하의 매우 작은 용량의 원자로들은 비교적 고비용의 발전 단가 때문에 아직은 전력 계통의 적용에 적합하지 않을 것이다. 그러한 원자로들은 산업·지역 난방·담수화·석유 추출·압력 용기의 추진에 있어서 전력이나 또는 증기의 고정적인 발전과 같은 특정한 적용 또는 전력이 다른 전력보다 비싸지 않은 원거리 지역에 있어서 집중 부하의 에너지 공급을 위하여는 의미가 있을 것이다.

50개의 새로운 SMR 설계만큼의 많은 원자로들이 현재 다른 형태의 설계 단계에 있다. 이러한 모든 새로운 전력 생산을 위한 설계는 원자로의 안전성·신뢰성 및 경제성의 향상을 추구하고 있다. 그러나 많은 개발 노력이 결실을 맺지 못하고 있다. 잠재적인 기술 개발자들은 부가적인 연구 개발 자원을 위탁받기에

앞서 시장, 즉 수요 과잉으로부터의 신호를 기다리고 있다.

96년에 IAEA는 SMR 시장의 잠재력에 관한 설문 작업을 시행하였다. 여러 국가들로부터 접수된 회신에 의하면, 전면적인 시장은 2015년까지 수행되어질 약 60~100개의 SMR 유니트로 평가된다. SMR 시장 잠재력의 약 3/4이 개발 도상국들에 놓일 것이다. 그러한 조사는 300MWe급 이하의 많은 SMR이 해수 담수화에 이용될 것이라는 것을 보여주고 있다.

6. 대중 인식

79년에 발생한 미국의 TMI 원전 사고 및 86년에 발생한 옛 소련의 체르노빌 원전 사고로 말미암아 북미와 서유럽의 국가들에 있어서 원자력에 반대하는 국민 여론이 증가되었다.

기타 여러 요인(예 : 전력 수요 증가의 미진함, 잉여 전력량, 유가 하락, 가스 이용의 용이함 및 보다 효율적인 혼합 주기 가스 기술의 개발)이 이러한 나라들에 있어서 원자력 사업의 정체를 가져왔지만, 원자력 사업을 지연시키거나 폐지시키려는 반대 여론에 의해 실행된 부분들이 경시되었다.

산업 선진국들에 있어서 현재의 원자력에 대한 반대 여론은 세 가지 문제, 즉 원자로의 안전성, 고준위 폐기물의 안전한 처분 및 핵확산의

위험으로부터 비롯되었다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 안전성 향상을 위한 기술 개발 작업과 안전 조치를 통한 핵비확산 제도가 요구된다.

가. 원자로의 안전성

운전중인 원자로의 안전성에 관한 원자력의 과거 시행 기록이 다른 주요 발전 기술에 관한 기록보다 훨씬 월등하다고 볼 수 있다.

과거의 경험을 토대로 원자력과 다른 발전 방법의 객관적인 비교를 통하여 원자력은 위험성이 적은 발전 기술로 분류되고 있다는 것을 말해두고 싶다.

모든 운전중이거나 건설중인 원자로들은 비록 그 자본 비용에 대해 부정적인 영향을 주었지만 그 안전성은 이미 강화되어 왔고 계속하여 개선되어 오고 있다.

현재 개발중에 있는 신형 설계 개념의 차세대 원자로는 고유의 또는 피동적인 원자력 안전성과 같은 여러 특성들이 한데 엮여졌기 때문에 매우 뛰어난 안전성을 갖게 될 것이다.

나. 폐기물 처분

원자력발전소 및 관련 연료 제조 설비로부터 발생된 고준위 방사성 폐기물의 안전한 처분은 오늘날 기술적인 방법으로만 해결될 수 있는 문제가 아니다.

그 폐기물의 양은 1,000MWe급 원자력발전소를 기준으로 연간 30

~40톤 정도이며, 이는 1,000MWe급 화력발전소에서 매년 생산되는 수백톤의 유독 중금속을 내포하고 있는 3~4천톤의 재와 비교해 볼 때 아주 미비한 양이다.

고준위 방사성 폐기물의 안전한 처분을 위한 적절한 기술적인 해결책은 이미 많은 나라들에서 집중적인 연구 개발을 통하여 나타나고 있다.

이러한 해결책이 아직 실행되고 있지 않은 것은 정치적 의지의 결여에서 비롯된 원자력에 대한 국민들의 회의 또는 반대에 기인한다.

다. 핵비확산

핵확산의 위험도는 원자력과 연계된 문제라기보다는 다소 정치적인 문제이다.

수년간 IAEA는 IAEA의 통제하에 안전 조치화된 원자력 시설들로부터 발생될 수 있는 핵물질의 오용을 조사하고 핵물질의 불법 매매를 막고 국제 핵비확산 제도에 관련된 여러 조약들의 엄격한 준수를 위해 효과적인 안전 조치 제도를 운영해왔다.

이러한 방법들은 핵비확산의 위험을 최소화시킬 것으로 기대된다.

라. 개발 도상국에서의 국민 여론

개발 도상국의 국민 여론은 현재 원자력에 대해 반대하고 있지는 않다. 그러나 시간이 경과함에 따라 여론이 다른 방향으로 급선회하게 될지도 모른다. 그럴 경우 개발 도상국들에게 있어서 원자력 사업 추

진 정책에 부정적인 영향을 주게 될 것이다.

한편 선진 산업국들에 있어서 원자력 사업을 재추진하려는 노력은 원자력 사업에 우호적인 개발 도상국들에 있어서 원자력에 대한 정부와 국민의 대폭적인 지지를 수월하게 할 것이다.

7. 국제 협력

원자력의 기술 이전과 재원 조달에 있어서 발전된 국제 협력은 많은 개발 도상국들에 있어서 원자력 사업의 전개 또는 원자력 이용의 증가를 위한 중요한 요소가 될 것이다.

원자력의 기술은 선진 산업국들에 있어서 크게 개발되었으며, 그러한 나라들은 현재까지 이러한 다소 복잡한 기술의 노하우(know-how) 대부분을 보유하고 있으며 조절하고 있다.

한국·중국, 그리고 인도와 같은 몇 개의 개발 도상국들만이 현재까지 원자력발전소의 여러 기술적인 부분과 기타 관련된 연료 주기에 있어서 충분히 높은 수준의 기술 자립 능력을 축적하거나 개발시킬 수가 있었다.

새로 원자력 사업을 추진하려는 국가들은 실제로 원자력 기술의 모든 분야, 즉 발전소 설계 및 건설, 발전소 운전 및 유지 보수를 위한 인력의 훈련, 예비품의 공급, 원전 연료 주기를 위한 서비스의 공급,

연료 제조, 적절한 규제법의 제정 등에 있어서 국제적인 지원 및 협력을 필요로 할 것이다.

이미 원자력을 어느 정도 이용하고 있지만 현재 이러한 기술 개발에 관심을 갖고 있는 나라들은 이러한 비슷한 지원을 필요로 할 것이다.

그러나 그들은 적절한 조건하에 효율적인 기술 이전을 통하여 원자력 기술의 여러 부문에서 점진적인 자립 능력의 개발을 위한 국제 협력을 필요로 할 것이다.

현재 국민 여론이 원자력에 대해 비우호적인 많은 선진 원자력 산업 국가들에 있어서 그러한 국제 협력이 도래할 것인지 말하는 것은 어렵다.

이러한 나라들에 있어서 원자력 사업을 대대적으로 전개시켜 나가기 위해 개발 도상국들과 상호 협력의 범위를 논하는 것은 너무 이르다고 볼 수가 있겠다.

결 론

본인은 많은 인구와 함께 빠른 경제 성장을 보이고 있으나 수력이나 깨끗한 화석 연료와 같은 부존 자원을 갖고 있지 못한 나라들에게 있어 원자력은 매우 큰 관심의 대상이 될 것으로 확신한다.


이러한 나라들이 향후 수십년 안에 원자력을 이용할 수 있을지는 전적으로 그러한 나라들의 원자력에

대한 관심에 부응하는 원자력계의 노력뿐만 아니라 선진국들의 재정 및 기술의 공여를 통한 국제 협력에 달려있다.

최근의 경향은 경제성과 안전성이 향상된 차세대 원자로의 개발이 요구되고 있다. 이러한 노력에는 규격화된 중소형 원자로의 개발이 포함되어야 하며, 특히 원자력발전소의 건설 공기 단축과 자본 비용 절감에 목표를 두어야 할 것이다.

세계 원자력산업은 전반적으로 이러한 도전에 대한 대응력이 있는 것으로 보이며, 그 생산력은 IAEA가 계획하고 있는 새로운 원자력 용량에 대한 요구를 충분히 충족시킬 것이다.

앞으로 다가올 이러한 두 가지 변화를 가정한다면 원자력은 서구 선진국들에 있어서 원전 사업의 정체에도 불구하고 세계 전력 수요를 충족시키는 매우 중요한 역할을 계속해 나갈 수 있을 것이다. 그러나 새로운 용량의 원자로 개발 활동 노력에 대한 초점은 선진 산업국으로부터 개발 도상국으로 옮겨갈 것이다.

서방 산업국들이 이산화탄소가 배출되지 않는 전력 기술의 개발 노력 속에서 원자력을 전개시켜 나갈 필요가 있다는 것을 알게 된다면 이러한 원자로 개발은 그들에게 큰 도움을 줄 것이다. 

* 제102차 원자력계 월례 조찬회