

# 원자력의 미래와 혜택

Pierre Daures

프랑스전력공사(EDF) 사장

## 총회 세션 발표문

신

사 숙녀 여러분, 본인은 미국원자력학회와 유럽원자력학회가 공동으로 주관한 이 회의에 참석하여 원자력의 미래와 그 혜택에 관하여 연설하게 된 것을 영광으로 생각한다.

본인은 지난 30여년간 원자력 분야에서 종사하면서, 원자력의 평화적 이용을 둘러싼 많은 논란과 환경 변화를 몸으로 체험하였다.

그러나 그러한 논란은 우리가 적절한 노력을 기울이기만 한다면, 원자력 에너지가 세계와 인류의 번영을 위한 중요한 자원이 될 것이라는 본인의 신념과 이 자리에 참석한 여러분의 신념을 흔들지는 못할 것이다.

그러나 지난 수년간 우리는 다소 모호한 상황으로 진입해 왔다. 본인은 이 상황을 '악의적인 침묵'으로 부르고자 한다. 원자력 에너지의 개

념은 '정치적으로 옳지 못한 것'으로 변질되어 가고 있는 것처럼 생각된다.

오늘과 같은 회의와 만찬의 자리에서 지구의 자연과 에너지를 주제로 연설하는 것은 바람직스럽지만, 원자력이 한물간 에너지로 치부되는 것은 원전을 운영하는 사업자에게는 유감스러운 일이 아닐 수 없다.

현 시대에 알맞고 경제적이며 경쟁력 있는 에너지는 천연 가스 심지어는 석탄이라고까지 주장하는 사람들도 있다. 이들은 원자력 에너지가 자본 비용이 지나치게 비싸고, 대중적인 이미지가 좋지 않고 폐기물 저장 문제와 폐로 문제를 해결하지 못하고 있음을 주장하면서, 모든 사람을 위하여 적은 비용으로 막을 내려야 하는 역사적인 하나의 단막극에 불과하다고 말한다.

우리는 정치가, 언론 매체 그리고 경제학자 등에게 사실은 그렇지 않다는 것과 다가올 미래에 생태학적·자

원적 위기를 맞이하게 될 것이라는 사실을 일깨우기 위하여 많은 노력을 기울이지 않으면 안된다. 여러분은 원자력 에너지를 자신의 가장 큰 관심으로 삼고 있으며, 원자력 에너지가 궁극적으로 안전하고 경제적인 에너지이며, 가장 실현 가능한 방법으로 환경을 보전하는 에너지라는 것을 입증하기 위하여 체계적으로 인내심 있게 노력하고 있는 분들이다.

## 상 황

다가올 미래와 다음 세대를 위한 원자력 에너지를 전망하기에 앞서, 본인은 잠시 원자력 에너지의 개발 현황을 말씀드리고자 한다.

전략적인 관점에서 볼 때 원자력은 많은 나라의 주요 에너지원으로 성장하였으며, 에너지 안보와 경제 성장의 기반이 되어 왔다.

오늘날 프랑스에서는 원자력 에너지가 전체 전력 생산량의 76%를 점

유하고 있다.

또한 수력 발전과 함께 전체 발전 설비의 52%를 차지하고 있는데, 우리가 살고 있는 지구 환경을 생각해 본다면 이는 대단히 만족스러운 것이다.

경제적인 관점에서 볼 때 최근의 시장 상황에서 일부 원전의 경제성이 떨어지고 있기는 하지만, 일부 국가에서는 원자력 진흥 정책 덕분에 많은 원전이 경제적 우위를 점하고 있다.

생태학적인 관점에서 볼 때 원자력은 온실 효과의 주요 요인인 이산화탄소를 거의 발생시키지 않는다는 이 점을 갖고 있다.

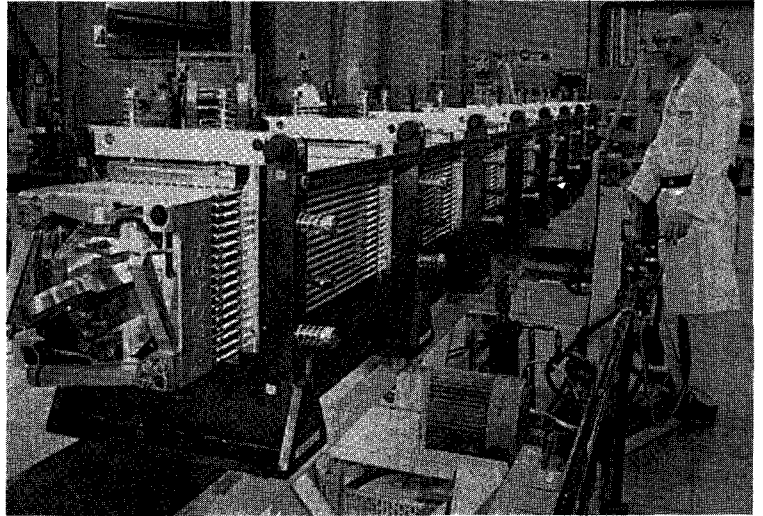
산업적인 관점에서 볼 때 핵연료 주기는 완결되었으며 안전하게 관리되고 있다.

물론 재처리라든가 핵연료 주기의 최종 부산물의 저장 형태에 관해서는 방법상의 선택의 여지는 있지만, 관련 기술은 이미 개발되어 시험되고 있으며, 잠정적인 활용 단계에 접어들고 있다.

안전성은 원자력의 가장 미묘한 측면이라 할 수 있다.

원자력 산업계는 결코 발생치 않을 것이라고 가정한 사건(체르노빌 원전 사고)을 경험한 바 있다.

그러나 동일한 산업계에서 발생한 하나의 끔찍한 사고는 사람들로 하여금 다른 사고의 기억을 일깨워 주게 마련이다. TMI 원전 사고가 바로 그러한 경우이다.



원전연료 제작 모습(BNFL)

우리는 원전의 건설 및 운영이 안전성에 입각해야 한다는 원칙에 충실히 따라야 한다.

우리가 이러한 원칙을 따르지 않을 경우 막대한 후유증을 남기는 사고를 겪게 된다.

원자력 산업계는 위에서 언급한 사고들로부터 뼈아픈 교훈을 얻었으며, 그러한 원칙에서 벗어나 있는 원전은 점진적인 개선 노력을 기울이고 있다.

아직까지도 그 사고들은 원자력에 대한 일반 공중의 신뢰도에 상당한 영향을 미치고 있다.

여러 나라에서 원자력에 대한 여론은 확고한 반대와 냉소적인 관용 사이에서 형성되고 있다.

그러나 지금까지 전세계적으로 보면 일단의 반원전 단체에 의해서 주

도되었던 반원전 운동 만큼 원자력에 대한 신뢰도에 손상을 입힌 것은 없었다.

프랑스의 경우를 보면 원자력에 대한 신뢰에 큰 타격이 가해졌지만 점진적으로 회복중에 있다고 생각된다.

이것은 공중들이 자신들이 관계되어 있는 현안 문제는 대체로 잘 이해를 하고 있으며, 자신들의 문제가 일부 단체들에 의해서 좌지우지되는 것을 허용하지는 않는다는 것을 입증하는 것이다.

이것은 또한 원자력에 관한 정보가 완전하게 공개되고 투명성이 유지될 수 있으며, 원자력의 위험도와 혜택에 대해 공중이 보다 잘 알 수 있게 된다면, 여론은 원자력을 수용할 수 있다는 것을 입증하는 것이다.

요약하자면 원자력 에너지는 지난

40여년간 프랑스와 다른 많은 국가에서 중요한 역할을 훌륭히 수행하여 왔다.

이러한 성공으로부터 보편적이며 명확한 성공의 원칙을 도출해 낸다는 것은 다소 주체넘게 생각될 지도 모르겠지만, 이러한 성공이 우연한 결과 또는 일시적인 경제적 상황에 기인한 것이 아니기 때문에, 이들로부터 교훈을 얻어내는 것은 당연한 일일 것이다.

본인은 아래와 같은 요인들이 성공의 주요 인자였다고 생각한다.

- 장기적이고 강력한 원전 개발 정책
- 안전 운전과 비용 관리 분야에서의 개선을 위한 효과적인 방안의 하나인 운전 경험의 체계적인 피드백
- 모든 계층의 운전원의 책임의 증대, 규제 기관과의 원활한 의사소통
- 대공중 관계에서의 투명성 제고 등

이제 원자력의 미래에 관해 논의해보자.

어떠한 요소가 미래의 원자력 정책을 변화시킬 수 있으며 변화는 무엇인가? 그리고 우리는 무엇을 해야 하는가?

세계의 경제 상황은 급격하게 변화하고 있다.

전세계의 교역량은 그 어느 때보다 빠른 속도로 증가하고 있으며, 이는

에너지 분야에서도 예외는 아니다.

그리고 무엇보다도 원자력발전소를 운영하는 전력 사업자들이 전세계적으로 시장 개방과 참여한 경쟁의 시대를 맞이하고 있다.

선진국의 에너지 시장은 이미 포화 상태에 도달해 있다. 전력 공급이 수요를 초과하고 있으며, 원자력과 연료 가격이 낮은 석탄과 천연 가스의 경쟁이 치열해지고 있다.

그러나 경제 규모가 급격히 증대하고 있는 개발 도상국은 전력 공급이 수요를 충족시키지 못하고 있으며, 투자자들은 막대한 재원의 조달 및 회수의 어려움을 고려하여 원자력에 대한 투자를 꺼리고 있다.

중국은 장기적인 전략에 입각하여 원자력의 개발에 힘을 쏟는 대표적인 국가이다.

그것은 참으로 과감한 정책이나, 많은 국가들은 중국의 사례를 따르지 못하고 있다.

여러 나라에 있어서 에너지의 안정적 확보는 중요한 관심사이나, 용이한 일은 결코 아니다.

프랑스를 포함한 몇몇 국가들, 예를 들면 한국·일본 및 중국 등이 장기적인 에너지의 안정적 확보를 위해 지속적인 노력을 경주하고 있는 국가라고 할 수 있을 것이다.

오늘날의 대체적인 상황은 가까운 과거에 비해서 원자력 에너지에 그다지 유리한 것으로 생각되지는 않는다.

그러나 다행스럽게도 조금 더 멀리

내다보면 상황은 변화하고 있다는 것을 알 수 있다.

첫째, 세계적인 에너지 수요 전망에 따르면, 21세기 전반부까지는 전력 수요의 충당을 위해 원자력 발전이 지속적으로 요구된다.

이 시기 동안 상당한 전력 수요의 증가가 예측되고 있다.

전세계 인구의 거의 절반인 30억 명이 전기의 혜택을 입지 못하고 있다는 사실에 주목해야 한다.

원자력은 전기가 다량 소비되는 지역과 멀리 떨어진 지역에 위치하면서 환경을 오염시키지 않는다는 점을 고려할 때, 향후 세계의 발전에 중요한 역할을 담당할 수 있다는 사실을 알 수 있다.

중국은 연평균 전력 수요 증가가 80,000GWh에 달할 것으로 예측되고 있다.

이러한 전력 수요를 감당하기 위해서 다양하고 실용성이 입증된 에너지원의 개발에 노력을 기울이고 있다.

세계에너지평의회는 오는 2020년 경이 되면 90년도에 원자력 발전 시설 용량 290GW의 2배인 580GW가 될 것으로 예상하고 있다.

둘째, 우리는 온실 효과가 기후에 많은 영향을 미치고, 그 결과는 심각하기 때문에 강력한 대응 방안이 필요하다라는 것을 잘 알고 있다.

전세계적인 이산화탄소 방출량은 화석 연료의 사용으로 인하여 지난 20년간 이미 50%나 증가하였다.

그리고 세계에너지평의회는 향후 30년간 방출량의 증가가 지속될 것이라는 분석 결과를 내놓고 있다.

따라서 이산화탄소를 방출하지 않는 에너지로의 전환이 시급하다.

우리는 원자력 에너지가 장기적으로 볼 때, 주도적인 에너지원이 될 것으로 확신하고 있다.

그러나 만약 원자력에 대한 환경이호의적이 될 때까지 기다려야 한다면 그 기간은 장기간이 될 것이다.

그리고 원자력이 바람직한 에너지로 판정될 때는 이미 원자력은 회생 불능이 될 것이다.

따라서 원자력 에너지는 경제성 있는 매력적인 에너지원으로서 스스로의 위상을 널리 알리지 않으면 안된다.

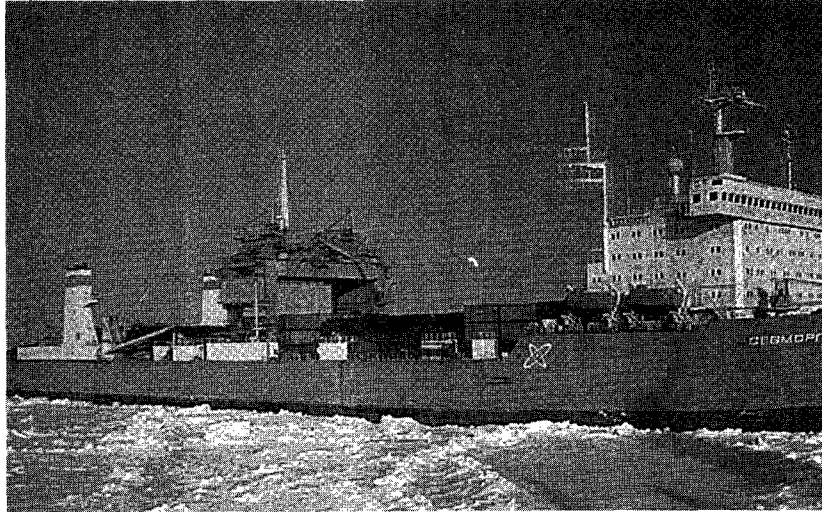
### 해결책

본인은 원자력이 미래의 에너지로서의 자신의 위치를 확고히 하기 위해서는 두 가지의 과제를 해결해야 한다고 믿는다.

그 두 가지는 발전 원가의 경제성 제고와 안전성의 재확인이다.

첫번째 과제는 원자력이 어떻게 하면 경쟁이 치열한 전력 시장에서 우위를 점할 수 있을 것인가 하는 것이다.

우리는 시장이 세계적인 규모로 개방될 것이며, 개개의 전력 사업자는 다음과 같은 주요한 현안 사항에 접하게 될 것이라는 사실을 인식해야



러시아의 원자력 동력선(61,000톤급)

한다.

즉 어떻게 고객을 확보할 것인가와 가변적인 시장 상황에 어떻게 대응할 것인가이다.

시장을 확실하게 점유하고 있지 못한 일부 사업자들은 시장 점유율의 변화시 발생할 수 있는 손실을 최소화하기 위하여 단기간에 값싼 소규모의 전력 설비를 신속히 건설하는 데 유혹을 느끼게 될 것이다.

단기적인 관점에서 보면 원자력은 불리한 위치에 있다.

전력 수요 증가율이 낮고 소규모의 전력 설비를 운영하는 것이 더욱 유리한 요즈음과 같은 시대에는 더욱 그러하다.

그러나 소비자 그 중에서도 산업용 전력 소비자들은 장기적으로 안정된 전력 요금 구조를 갖는 전력원에 관

심을 갖고 있다.

그러한 측면에서 원자력 에너지는 장점을 갖고 있다 할 수 있다.

원자력 발전의 요금 구조와 근본적인 투자 분율은 상당한 안정성을 갖기 때문에 규모의 경제로부터 상당한 이득을 볼 수가 있다.

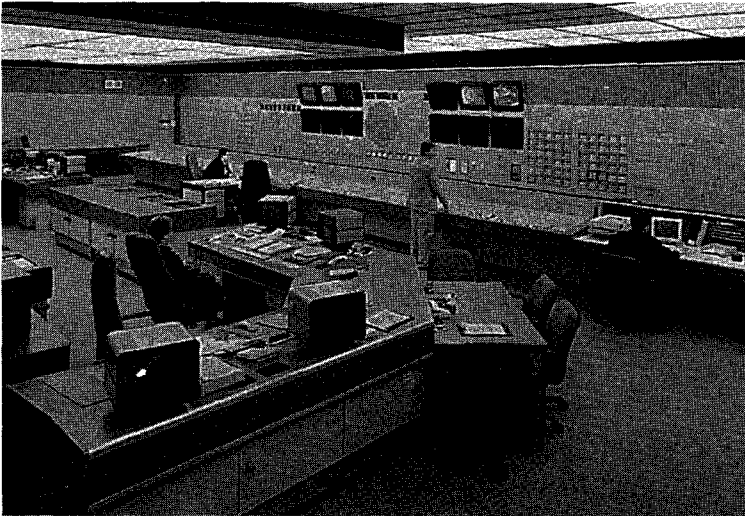
결과적으로 확고한 시장 점유율을 갖는 대형 전력 사업자는 원자력에 매력을 느끼게 된다.

이러한 상황에서 원자력은 경쟁이 치열하다 하여도 여전히 매력적이다.

그럼에도 불구하고 원자력이 선두를 지키기 위해서는 다른 대체 전력원에 대한 경쟁력을 갖추어야 한다.

그렇다면 성공의 열쇠는 무엇이고, 경쟁력을 확보하는 방안은 무엇인가?

그 열쇠는 투자·이용률·수명 및 연료 성능이라고 할 수 있다.



Krümmel 원자력발전소의 중앙 제어실(독일)

먼저 투자에 대해서 논의해 보자. 과거의 경험으로부터 얻은 교훈을 잊어 버려서는 안된다.

프랑스의 경우처럼 동일한 유형의 원전을 설계를 개선하면서 복제하여 건설하는 것은 운전 및 정비 그리고 비용면에서 상당히 유리하다.

지금까지와 마찬가지로 앞으로도 기기 제작과 설계가 실증된 개념에 기반을 두고 복제된다면, 우리는 건설 및 운영비가 저렴한 발전소로부터 많은 이득을 얻을 수 있을 것이다.

그것이 프랑스가 유럽 8개국의 전력 회사가 유럽사업자요건(EUR European Utilities Requirement)으로 불리는 '미래의 원자로를 위한 유럽 표준'을 수립하는 것을 지원하는 이유이며, 그것이야말로 의심할 여지가 없는 가장 경제적인 방식이기 때문이

다.

그러나 동일 노형·용량의 원전을 같은 개념으로 건설한다 하여도 건설 기간에 따라서 최종 비용은 현격히 차이가 나게 마련이다.

따라서 건설 기간이 핵심 요인이 되며, 그것은 건설 계획의 기대치와 건설 준비에 크게 좌우되는 것이다.

최근 준공된 일본의 가시와자키 가리와 원전 6호기의 사례는 우리가 가야 할 길을 제시하고 있다.

프랑스에서는 유럽형 원전의 건설 계획에 관한 연구 결과에서 리드 타임을 65개월로 잡고 있으나, 60개월 이내에 건설이 완료될 수 있을 것으로 예측되고 있다.

리드 타임을 줄이기 위해서는 건설에 참여하는 모든 인력(건설 기술자, 주요 기기 제작자 및 많은 기기 공급

자 등)이 통합된 노력을 기울이지 않으면 안된다.

이러한 노력에 성공한 사업자는 원자력 에너지의 경쟁력 제고에 있어서 우위를 점하고 있다고 할 수 있다.

우리는 원전의 이용률을 투자 비용에 반드시 포함시켜야 한다.

프랑스전력공사(EDF)의 경우를 보면 원전의 이용률을 1% 올릴 경우 초기 투자비를 1.5% 이상 절감하는 효과를 갖는다.

따라서 이용률은 대단히 중요한 인자이다. 따라서 정비 활동도 설계·건설·운전 등의 단계에서 모든 기술을 집약하여 철저히 수행되어야 한다.

이와 관련하여 본인은 아직도 이용률을 높일 수 있는 여지가 많다고 생각한다.

투자 비용 및 이용률과 함께 운전 수명은 원전의 경제적 운영의 세번째 주요 인자이다.

운전 수명에 관한 논의는 지금까지는 대체로 중요하게 취급되지 않았었다.

그러나 설비 개선 등을 통하여 발전소의 수명을 연장할 경우 발전소 경쟁력 제고에 많은 기여를 할 수 있다.

일례로 EDF의 원전 수명을 10년간 연장할 경우 2010년에서 2030년 사이에 연평균 40억달러의 투자비를 절감할 수 있을 것으로 평가되고 있다.

물론 발전소의 수명이 얼마가 될

것인가 또는 규제 기관으로부터의 수명 연장에 관한 승인을 확실히 얻어 낼 수 있을 것인가 하는 문제에 정확한 답을 얻어내는 것은 현실적으로 불가능하다.

다만 우리가 할 수 있는 것은 발전소의 주요 부품이 저렴한 비용으로 손쉽게 교체될 수 있도록 발전소를 설계하는 것이다.

실질적으로 교체가 불가능한 설비에 대해서는 기기의 수명을 연장시키고 수명 기간 동안 설계된 성능을 발휘할 수 있도록 조치를 취하는 것이 필요하다.

우리는 우리의 원전이 무한한 운전 수명 기간 운전될 수도 있다는 믿음을 가져야 하며, 그것을 환상이라고 생각해서는 안된다.

이미 원전의 많은 기기들을 적은 비용으로 단기간에 교체할 수 있는 기술이 활용되고 있다.

예를 들면 EDF의 원전에서는 증기 발생기를 35일만에 방사능 피폭량을 충분히 낮춰가면서 교체할 수 있다.

앞으로 건설하는 원전의 수명은 60년을 목표로 해야 한다.

## 1. 연료 및 연료 비용 문제

가장 중요한 문제는 원자로 내에서 연료의 성능이다.

이용률을 증진시키는 가장 신뢰성 있는 방법은 원자로 운전 주기를 장기화하는 것이다.

물론 농축도의 증가에 따른 비용의

추가가 수반되기는 하지만, 전체적인 평가는 긍정적인 것으로 나와 있다.

프랑스에서는 900MW급 원전의 경우 운전 주기를 12개월에서 15개월로, 1,300MW급 원전은 12개월에서 18개월로 증가시키는 중이다.

장주기화를 통해서 EDF는 매년 400만달러의 추가 이익을 얻을 수 있으며, 정비 요원의 방사능 방호와 안전을 확보할 수 있다.

따라서 장주기화는 바람직스럽기는 하지만, 장주기화를 대비하여 원자료가 설계되지 않는다면 소기의 성과를 얻기는 용이하지 않을 것이다.

장주기화를 위한 연료 성능과 원자로 및 연료 조합의 최적화는 이미 원자력 에너지의 미래를 위한 기본 요소로 대두되고 있다.

개인적으로 본인은 운전 주기를 2년 이상으로 연장시킬 수 있다고 판단하고 있다.

또다른 필요성은 플루토늄 혼합 연료의 활용이다.

프랑스에서는 경제적인 이유로 그리고 방사성 폐기물량을 최소화할 목적으로 플루토늄의 활용에 많은 관심을 갖고 있다.

그러나 프랑스의 입장은 원칙에 있어서는 명확하지만, 실제적인 조건은 불투명하다.

핵연료 내의 핵분열성 물질은 어떻게 구성되어야 하는가? 노심관리는 어떻게 해야 하는가? 핵연료의 형태에 따라 원전의 특성화가 요구되어지

는가? 등과 같은 중요한 질문에 우리는 아직까지 명확한 답을 가지고 있지 못하다.

사실상 우리는 초우라늄 원소를 많은 적은 연료로 사용하고자 하는 희망을 가져왔던 이래로, 그 문제에 제대로 대응해 오지 못하였다.

그러나 한가지 분명한 것은 동력용 원자로는 수십년간의 수명을 갖기 때문에 여러 종류의 핵연료가 사용될 것을 대비하여 설계되어야 한다는 사실이다.

경쟁력 제고를 위한 주요 방안에 대한 언급은 이 정도로 끝내고, 원자력이 직면해야 할 두번째 과제에 대하여 언급하기로 하겠다.

원자력이 해결해야 할 과제 중 경제성 문제가 중요한 것은 사실이지만, 그것만으로는 충분하지 않다.

우리가 최고의 성능을 갖는 원자로를 개발한다 하여도 원자력에 대한 여론이 개선되지 않는다면 우리는 원전을 건설할 수 없을 것이다.

선진 국가에서 원자력 산업이 다시 활기를 띌 수 있기 위해서는 원자력의 안전성과 방사성 폐기물의 저장 및 처분에 대한 공중의 이해와 신뢰가 필수적이다.

## 2. 장기적인 영향

따라서 반감기가 긴 고준위의 방사능 핵종의 심층 처분장의 안전성과 타당성을 가능한 한 빨리 입증하는 것이 대단히 중요하다.

심층 처분장에 관한 연구 프로그램이 많은 나라에서 진행중에 있다.

이러한 연구는 많은 시간을 요구하기 때문에 참을성 있게 진행되어야 하지만, 지연되어서는 안된다.

프랑스에서는 2006년까지는 심층 처분장에 관한 법률이 제정될 예정으로 있다.

### 3. 원전의 안전성

본인은 이미 체르노빌 원전 사고가 공중의 인식 속에 원전에 대한 부정적인 이미지를 심어 놓았음을 지적한 바 있다.

사고의 후유증을 치유하는 데는 앞으로도 장기간이 소요될 것이다.

그러한 활동에 국제 원자력계가 효율적으로 대응해 오지 못한 것은 사실이다.

우리는 공중이 수용할 수 있는 안전 수준보다 낮은 원전의 안전성을 보다 높은 수준으로 증진시킬 수 있는 모든 필요한 노력을 경주하여야 한다.

이것은 우리가 원자력에 대한 공중의 신뢰를 회복하는 데 절대적으로 필요한 조치이다.

그것은 또한 우리가 할 수 있는 일이며, 이미 상당한 진전을 이룩하고 있다.

우리는 원자력의 미래를 위하여 체르노빌 원전 사고와 같은 비극이 재발하지 않도록 모든 노력을 경주해야 한다.

우리는 범세계적인 차원에서 원자력 사업이 계획되고 추진될 수 있는 기초가 되는 표준(standards)을 통일해야 한다.

우리는 현재 미국과 유럽에서 추진 중인 표준의 통일화 노력을 지원해야 한다.

사업자 규제 요건(URD Utility Requirement Documents) 표준과 유럽 사업자 요건(EUR) 표준이 세계 원자력계를 가깝게 하면 할수록, 이 두 개의 표준은 바람직한 방향으로 통합될 것이다.

그렇게 되면 안전성은 더 확실히 보증되며, 원자력 사업에 대한 신뢰도가 증진될 것이다.

끝으로 본인은 미래의 원자로를 미화하기 위하여 오늘날 운전중인 원자로를 평가 절하해서는 안된다는 것을 강조하고자 한다.

우리는 현재 발생 빈도가 극히 낮은 사건에도 잘 견딜 수 있는 원자로를 설계중에 있다.

그러나 우리는 기존의 원자로의 안전성에 우려를 제기해서는 안된다.

기존의 원자로가 공중에 미치는 위험도는 안전성 증진 연구에 의해서 개발된 각종 안전 설비의 채택과 운전 기술의 고도화로 인하여 더욱 낮아지고 있다.

일례로 EDF는 발전 설비의 개선에 매년 200만달러 이상을 투입하고 있다.

또한 원자력 사업에 관한 제도적인

안정성의 확보가 필요하다.

왜냐하면 경쟁력을 제고하기가 어렵고 안전 규제 요건이 지나치게 유동적인 발전원에 막대한 비용을 투자할 만큼 어리석은 투자자는 없을 것이기 때문이다.

### 결론

우리는 지금까지 원자력계에 몸담아 오면서 경제 발전에 기여해 왔다는 자부심을 갖고 있다.

우리는 각자의 나라에서 원자력을 이용하여 시민들과 전력 소비자의 이익 및 환경 보전에 기여해 왔다.

우리는 전세계적으로 전력 수요의 지속적인 증가와 생태학적인 균형을 고려해 볼 때 원자력이 전력 사업계의 주도적인 위치를 차지하게 될 것을 의심치 않는다.

이러한 믿음이 실현되는 데는 시간이 걸리겠지만 노력을 게을리해서는 안된다.

우리는 개발 도상국에서 성공적으로 원자력 사업을 수행하기 위한 조건과 선진국에서의 발전 설비를 현대화하기 위한 조건을 살펴 보았다.

성공에 이르는 길은 이미 닳여 있으며, 사업은 추진중에 있고, 모든 나라들은 노력을 기울이고 있다.

그러나 이처럼 풍부한 에너지원을 미래 세대가 향유할 수 있기 위해서는 아직도 수행되어야 할 많은 일들이 있다. ☻