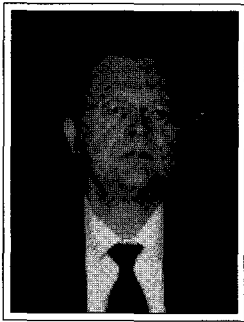


유럽 및 프랑스의 원자력산업 현황 및 전망

Didier Kechemair

프랑스원자력청(CEA) 국제협력부국장



개 요

이런 자리에서 「유럽 및 프랑스의 원자력산업 현황 및 전망」에 대하여 발표할 수 있게 되어 매우 큰 영광이다. 이 프리젠테이션은 유럽에 초점을 맞추어 작성되었으나, 유럽과 프랑스 상황을 논하기 전에 전 지구적인 에너지 전망에 대하여 언급하고자 한다.

전 지구적 에너지 소비는 지난 1세기 동안 13배 증가했고, 2050년에는 현재의 2배 이상이 될 것이다.

오늘날 원자력은 전 세계 에너지 공급의 7%, 전력의 16%, 산업화된 나라에서는 그 이상을 차지하고 있다. 원자력은 매우 적은 온실 가스를 발생하면서 싼 전력을 안정적인 가격으로 공급한다. 그러므로 원자력은 우리가 추구하는 지속 가능한 발전을 위한 에너지원의 하나로 고려되어야만 한다.

특히 아시아와 아메리카에서는 지속 가능한 에너지로 원자력을 충

분히 고려해왔다. 아시아에서 원자력을 이용한 전력 생산 계획은 역동적으로 추진되고 있다.

중국에서는 2002년 4개의 새로운 원자력발전소가 운전을 시작하여 총전력의 1.4%를 차지하고 있으며, 중국 정부는 2020년까지 이 비율을 4%로 끌어올릴 계획을 가지고 있다.

일본에서는 2002년 54기의 원자로가 전력의 34.5%를 생산하였으며, 한국에서는 18기 이상의 원자로를 통해 38.6%의 전력을 생산하였다.

미국에서는 전력의 20%를 원자력이 담당하고 있으며, 많은 미국 전문가들은 2002년 부시 대통령이 천명한 에너지 정책이 '원자력 르네상스'를 위한 길을 열어놓은 것으로 평가하고 있다.

최근 몇 년간, 에너지 안보와 기후 변화, 전력 공급 가격 경쟁력과 안전성 때문에 아시아와 아메리카에서 원자력을 다시 고려하는 분위

“

모든 조건- 에너지 수요의 증가, 화석 연료의 부족, 공중의 자각에 의해 강요되는 온실 가스 감축의 필요성- 들이 원자력 시장의 부활을 요구하고 있다. 원자력산업은 지금 성숙했고 새로운 시도가 진행중이다. 3세대가 현존하고 4세대가 등장하려고 하고 있다.

”

기가 매우 강하다.

이런 우호적인 분위기가 유럽 연구소와 산업계에 새로운 전망을 열어주고 있다. 이하에서 이러한 유럽의 상황을 기술하고자 한다.

유럽의 현황

2000년 11월, EC가 발행한 「에너지 안보를 위한 유럽의 전략 (Towards a European strategy for secure energy supply)」 보고서(Green Paper)는 원자력의 역할을 특히 강조하고 있다.

1. 에너지 안보에 대한 보고서 내용

이 보고서는 유럽연합의 에너지 의존도 증가에 대해 분명한 전망을 제시하고 있다. 특히 아무런 조치도 취하지 않는다면, 2~30년 내에 유럽연합의 외부 에너지원 의존도는 현재 50%에서 70%가 될 것임을 강조하고 있다.

또한 현재 에너지 공급원이 매우 좁은 지역-석유의 45%는 중동, 가스의 40%는 러시아-으로 한정되어 있음을 상기시키고 있다.

이 보고서에서는 다음과 같은 원자력의 장점을 강조하고 있다.

○ 유럽연합의 외부 에너지원 의존도를 줄이는 역할(보고서에 따르면, 2000년 한 해 동안 원자력을 이용함으로써 얻은 이득은 2억 TOE, 30~45억 유로에 해당)

○ 유럽연합의 이산화탄소 배출 제한에 기여 : 현존하는 원자로를 타전원으로 대체하거나 조기 폐로시킨다면 교토 의정서를 이행하는 불가능하다고 강조한 보고서 내용에 대한 논의가 시작되었다.

2. 유럽연합의 확대 과정

유럽연합의 확대가 진행중으로, 2004년 5월 10개의 새로운 회원국이 유럽연합에 추가되어 새로운 전망이 제기되었다.

소련이 설계한 발전소가 중부와 동부유럽에 있고, 이 발전소들은 지금까지 개선되어 왔고 안전성 수준이 향상되어 왔다. 이 발전소들은 확대된 유럽에 전력을 계속 공급할 수 있을 것이다.

정확하게 유럽연합에 가입한 신규 회원국 중 5개국이 가동중인 원전과 원자력 프로그램을 가지고 있다.

○ 헝가리 : 2002년 기준 자국 전력생산의 39.4% 차지, Paks, 4 VVER(구소련형 PWR) 440 노형

○ 리투아니아 : 2002년 기준 자국 전력 생산의 80.1% 차지, Ignalina: 2 RBMK(흑연감속경수냉각로) 1500MWe 노형

○ 체코 공화국 : Dukovany : 4 VVER 440, Temelin: 2 VVER 1000, 2002년 기준 자국 전력 생산의 24.5% 차지

○ 슬로바키아 : 2002년 기준

54.7%, Bohunice : 4VVER 440, Mochovce: 4 VVER 440

○ 슬로베니아 : 2000년 기준 38% 차지, Kursko : 1 PWR 630MW -크로아티아와 함께 사용)

2007년 가입이 유력시 되는 나라들도 원자력발전소를 가지고 있다

○ 불가리아 : 2002년 기준 47.4%, 4VVER 440과 2VVER 1000

○ 루마니아 : 9.4%, 1 PHWR 700MWe

유럽연합에 참여하기 전이므로, 이 원자력 시설의 안전성 수준은 자국 기준으로 유지되어 왔다.

유럽연합은 동유럽의 1세대 원자로(VVER, RBMKs)의 중지를 계속 요구하고 있다. 불가리아는 Kozloduy 1·2호기를 빠른 시일 내에 폐쇄하고, 3·4호기를 2006년까지 폐쇄하기로 합의하였다.

슬로바키아는 Bohinuce 1·2호기를 각각 2006년과 2008년에 폐쇄하겠다고 발표하였다. 리투아니아는 2005년 Ignalina 1호기의 중지를 수용하고 2006년에는 Ignalina 2호기를 중지하기로 하였다.

3. 유럽 각 행정부의 원자력에 대한 대조적인 접근

가. 독일 : 원자력 중지 입장 견지
2001년 9월 5일 독일 정부는 운



영자가 사전 서명한 합의안을 비준하는 법 초안을 채택하였다. 이 법은 의회에서 승인되어 2002년 효력을 발생하게 되었다.

이 합의는 기존 원자로의 수명을 32년으로 제한하는 것으로 실제로 향후 20년의 원자력발전소 운영을 규정하게 되는 것이다

이는 비사용 쿼터를 다른 원전으로 이전할 수 있는 유연성을 제공하는 요소이고, 전력 생산자에게는 안전성 수준이 달라지지 않는 한 제한 없이 운전할 수 있는 보증을 받게 된 셈이다.

그러나 이 합의에도 불구하고 여전히 다음 세 가지 주요한 질문이 남아있다:

○ 2002년 현재 운전 중인 19기의 원전에서 생산되는 28.4%의 전력은 무엇으로 대체할 것인가?

신재생 에너지로 반 이상(50~57%까지) 대체한다고 해도, 독일의 러시아에 대한 에너지 의존도는 증가하게 되고(가스의 80%는 ex USSR로부터 수입), 이산화탄소를 2008년까지 1990년 대비 21%를 감축하기로 한 교토 의정서를 만족시킬 수 없을 것이다.

○ 2003년에 재생 에너지로 생산된 전기는 2002년에 비하여 증가하지 않았다. 풍력·수력·바이오매스와 태양광을 포함하여도 2003년에 45 TWh가 전부였으며, 이는 독일 전력 생산의 8%를 차지한다.

○ 사이클을 종료시키기 위한 정책은 무엇인가?

고어레벤의 처분지 지정 실패와 관련하여 이루어진 재처리 계약의 종결(2005년 7월)로 장기적인 정책은 부재하고 일시적인 해결책(임시 저장 시설 등)을 찾을 필요성이 커졌다.

나. 스웨덴: 원자력 중단 시점 재검토
1980년 스웨덴은 국민 투표로 운전한 지 25년이 지난 원전을 모두 중지하기로 결정하였다.

이에 따르면, 스웨덴은 2010년이 되면 원자력을 전면 중지하게 된다. 이 결정에 따라서 1999년 Barseback 원전을 폐쇄해야만 했다.

그러나 2010년 원자력을 중지하기로 명시한 법은 대체 에너지원의 부족으로 지연되었고, 2000년 전력의 46%가 12개의 원자력 시설로부터 생산되고 있다.

2002년 3월 21일 스웨덴 정부가 제출한 새로운 에너지 정책은 원자력 중지 정책의 수행을 위한 방법, 무엇보다도 그 일정을 변경할 것을 권고하고 있다.

○ 정부는 독일식 접근 방법을 참조하여 전기 회사들과 타협하는 방법을 찾고 있다. 목표는 2004년까지는 합의점을 찾는 것으로 그 내용은 마지막 발전소가 중지될 때까지 생산할 수 있는 총전력량을 분명하게 결정하는 것이다.

○ 일정이 아직 분명히 결정된 것은 아니지만, 마지막으로 원전이 중지

되는 시점은 2010년이 아니라 운영기간을 40년으로 확정하여 2030년이 될 것으로 보인다.

다. 핀란드: 다섯 번째 원전 EPR 건설
핀란드 의회는 2002년 5월 정부가 제출한 다섯 번째 원자력발전소 건설안을 비준하였다.

원자력 발전 설비 용량을 늘리는 가장 큰 이유는 위협적인 기후 변화를 방지하기 위해 화석 연료의 사용을 제한하려는 것이다.

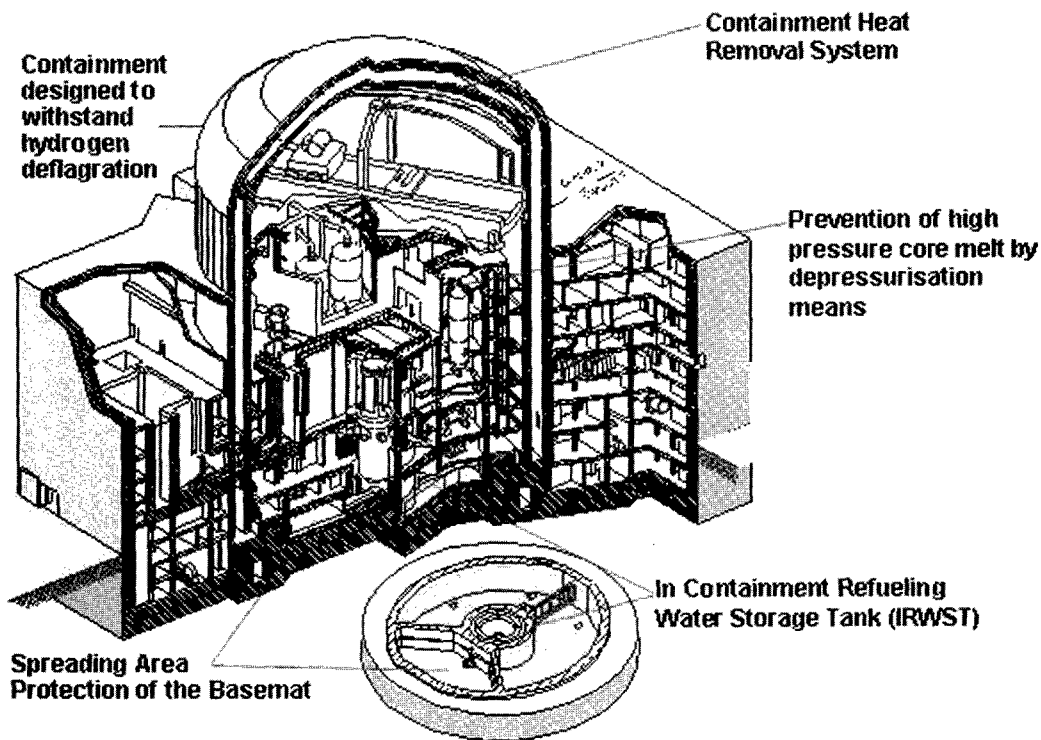
물론 지금까지 안전하게 원자력 발전소를 운영한 경험과 안정적인 전력 요금, 핀란드의 부족한 에너지 자원도 그러한 판단을 하게 한 요인이다.

무엇보다도 핀란드에서는 시민들이 원자력에 대하여 상대적으로 우호적인 태도를 보이고 있다.

TVO는 기술적·경제적 요인을 고려하여 새로운 발전소 건설을 최종 결정하였다. 그 결정은 2003년 12월 18일 공표되었고, 노형은 EDF와 독일 업체의 지원하에 프라마툼과 지멘스/KWU가 합작 설계한 신규 원자로로 유럽형가압경수로 EPR(European Pressurized Reactor) 1600MWe이다.

발전소 부지는 Eurajoki의 Olkiluoto가 유력시되며, 2009년에 상업 운전을 시작할 예정이다.

입증된 기술을 기반으로 하여 진보된 원전인 EPR은 현재 운전중인 원전이나 화력 발전에 비해 분명히



EPR 단면도

절감된 비용으로 전력을 생산할 수 있을 것이다.

사고 예방/관리 기능이 더 강화되어 EPR은 원전의 새로운 안전 수준을 획득하였다.

정리하자면, 유럽연합의 확장으로 다음 20년간 165기의 원자로에서 총30%의 전력을 원자력이 계속 생산하게 될 것이다.

EC이 보고서는 유럽연합이 '더 효과적인 핵분열 원자로를 개발하고, 핵융합을 실현하고, 필수적인 기술을 유지하기 위해 원자력 기술을 유지할 것'을 권유하고 있다.

프랑스 : 원자력 장기 비전

프랑스의 원자력 프로그램은 사실, 그 자체로도 매우 성공적이다.

최초의 석유 파동으로 에너지 안보를 강화하기 위해 원자력 프로그램을 시작하여 현재 58기의 원자로가 안전하게 운영되고 있다.

이들 원자로로는 유럽에서 가장 저렴한 가격으로 총전력의 75%인 63GWe를 공급하고 있다.

프랑스는 가장 최신에 속하는 원자로를 보유하고 있다. 1970년대 말에 운전을 시작한 원전이 일부 있

기는 하지만, 대부분의 원전은 1980년과 1990년 사이에 운전을 시작하였다.

원전의 수명이 40년까지 연장된다면, 최초의 원자로를 2015년 2020년 사이에 중지해야만 하는데, 문제는 대부분의 원전이 비슷한 시기에 운전을 시작하였다는 점이다.

40년 이상 가동한 원자로가 2020년에는 14기, 2025년에는 34기가 되는데 이는 프랑스 전력량의 50%에 해당한다.

물론, 우리는 현재 가동중인 원



전이 새로운 원전으로 대체되고, 그때 AREVA에서 설계한 EPR과 같은 3세대 원자로가 그 후보가 되기를 희망한다.

프랑스에서 최초의 EPR 건설은 일련의 상황이 한꺼번에 닥치기 전에 단 몇 년간이라도 경험을 얻기 위해 가능한 한 빨리 결정되어야 한다.

1. 개요

프랑스 정부는 원자력의 안전성과 경쟁력을 유지하고, 원자력이 장기적인 에너지 공급에서 큰 역할을 수행하고 전원 다양성의 주요한 구성 요소로서 그 역할을 수행할 수 있도록 필요한 모든 조정 역할을 수행해왔다.

이러한 경우에 여러 가지 조건을 만족할 필요가 있다. 각종 정보, 안전과 지속 가능한 개발에 대한 시민 단체의 요구가 증가하고 있다.

시민 단체는 주요한 에너지 결정 과정에 분명한 역할을 수행할 의도이고, 방사성 폐기물 관리와 원자력 시설의 철거에 대해 문제를 제기하고 있다. 정보 제공은 사실 '공중의 수용'을 요구하기 위해 필수적인 요소이다.

2001년에 원전의 안전성과 방사선 방호에 관련하여 원자력방호 및 안전협회(Institute for Nuclear Protection and Safety)와 이온화 방사선방호사무소(Office for

Protection against Ionizing Radiation)를 통합하여 안전성 및 방사선 방호 연구와 모니터링을 책임지는 하나의 거대한 조직-Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety(IRSN)-을 구성하는 법이 의회를 통과하였다. 2003년에 IRSN이 공식으로 창설되었다.

그리고 2001년 7월에 프랑스 정부는 원자력 이슈에 대한 투명성과 안전성에 관련하여 산업체·행정 조직·시민 사회 단체들과 건설적인 토론을 통해 개발된 법 초안을 의회에 제출하여 원자력 정보에 대한 공공의 접근을 강화하였다.

현재 운전중인 프랑스 원자력 시설의 중요성과 수명 연장 전망 때문에 전략상 중요한 설계 기술과 제조 수단을 유지하는 데 더 많은 노력이 요구되고 있다. CEA와 산업체가 수행한 연구가 토대가 될 것이다.

원자력 분야에서 국제적으로 가장 높은 수준의 과학적·산업적 잠재력을 유지하는 것이 우리의 주요한 관심사항이다.

2. 주요 위협 요인

장기적인 전망에서 원자력 연구 개발의 세 가지 주요한 목적은 다음과 같다.

○ 원자력 활동으로 인한 건강과 환경 영향을 걱정하는 대중의 우려에 대응하고, 방사성 폐기물의 양과 독

성을 줄이거나 저장하는 등의 방사성 폐기물 관리를 위한 효과적이고 수용 가능한 기술적 해결책을 제시하는 것.

○ 현존하는 원자력산업을 지원하는 것: 모든 수준의 활동-특히 원자로의 수명 연장시-에서 안전성을 높이면서 가격 경쟁력을 향상시키는 것, 연료의 성능을 향상시키고 사용후연료 처리를 위한 공정을 개선하는 것.

○ 가격 경쟁력, 안전성 향상, 환경영향 최소화 등을 목표로 한 차세대 원자력 계통(원자로- 연료 사이클)과 관련 주요 기술의 설계·평가·개발.

방사성 폐기물의 관리와 관련하여 프랑스는 분류와 재활용을 포함한 공정을 통해 저장 관리해야만 하는 폐기물의 양을 줄여 폐기물 관리의 최적화를 이룩하였다.

지속 가능한 개발 전망을 가지고 2030년까지 차기 원자력 에너지 시스템을 연구 개발하는 작업은 미국에서 제안하여 시작된 Generation IV International Forum을 통한 국제적 협력(유럽·미국·일본·한국·러시아)을 통해 이익을 얻고 있다.

유지되고 있는 여섯 가지 개념 중 에 다섯 개는 연료 처리와 재활용을 다루고 있고, 네 개는 장주기 폐기물 저장과 연료 경제-궁극적으로 VHTR은 미래의 운송수단을 위한

수소 생산을 목표로 하고 있다-에 주요한 장애 요인이 되는 고속 중성자를 다루고 있다

3. 국가적 에너지 논의

2002년 프랑스 대통령 J. Chirac의 공약에 따라, 지난해 초 산업부 장관의 주재하에 중요한 토론이 시작되었다.

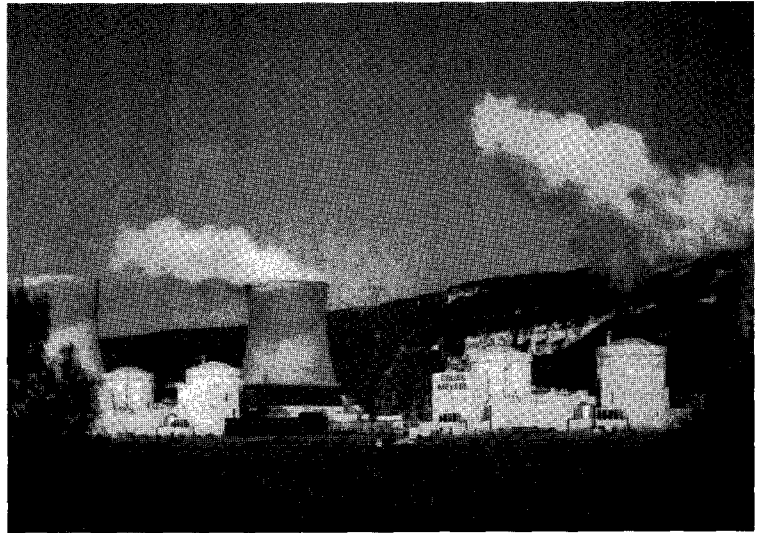
우선, 국민의 이해를 돕고 미래를 위한 선택을 하기 위해 에너지 종류별로 모든 정보가 프랑스인에게 주어졌다.

36건의 주요한 전시, 97건의 회의와 토론, 78건의 방문, 9건의 출판물을 포함하여 약 250개의 지역 이벤트가 조직되었다. 협회, 연구 조직들, 전문가와 노조, 대학 등의 사적, 공적 조직이 포함되어 누구라도 참여할 수 있었다.

이 전국적 토론은 찬성과 반대로 갈리는 단순한 관점 없이 원자력에 대하여 이야기하는 것을 허용하였고, 대부분의 시민이 참여할 수 있도록 한 높은 차원의 활동이었다.

그 결과, 정부는 각료 회의에서 논의하여 올해 의회 표결에 부쳐질 법안을 포함한 에너지 백서를 발간하였다.

그 법의 요점은 2050년 전에 온실 가스 배출을 1/4로 떨어뜨리는 것을 포함해 환경을 보전하면서 에너지를 공급하고 자립을 유지하는 것이다. 이는 교토 의정서와 일치하



프랑스의 Cruas 원전

는 것으로 막대한 양의 원자력 발전으로만 도달할 수 있다.

정부가 제시한 세 가지 주요 방법은 다음과 같다.

- ① 에너지 소비 유지 : 2010년과 2015년 사이에 최종 에너지 밀도 (예- GNP 대비 에너지 소비 비율) 2%/yr 로 감축
- ② 2015년 전에 태양광·바이오메스·나무·지열의 재생 에너지를 50%까지 (11MTEP에서 MTEP까지) 증가, 2010년까지 재생 에너지를 이용한 전력 생산을 21%까지 끌어올림.
- ③ 2020년까지 원자력 시설을 개선할 수단을 준비; 여기에는 프랑스에 EPR 원자로를 신규로 건설하는 것과 1991년 Batallie 법으로 규정한 방사성 폐기물 프로그램을 완료하고 원자력의 안전성과 투명성을 향상시키는 것이 포함된다.

결론

결론적으로 나는 원자력이 프랑스와 유럽에서 지속 가능한 개발을 위한 에너지원 중 중요하게 고려되어야만 한다고 강조하고 싶다.

모든 조건-에너지 수요의 증가, 화석 연료의 부족, 공중의 자각에 의해 강요되는 온실 가스 감축의 필요성-들이 원자력 시장의 부활을 요구하고 있다.

원자력산업은 지금 성숙했고 새로운 시도가 진행중이다. 3세대가 현존하고 4세대가 등장하려고 하고 있다.

분명히 우리는 폐기물 관리 문제에 대한 공중의 요구에 대답하여야만 한다. CEA는 산업체 특히 AREVA와 이러한 관점을 가지고 '원자로 사이클'에 대한 연구를 수행하고 있다. ☼