



가·조·강·연

# 유럽 및 프랑스의 원자력산업 현황과 전망

Olivier Caron

프랑스 원자력청 (CEA) 국제협력 부국장



서 언

올해는 한·불 수교 120주년이자 1981년 4월 양국 정부가 원자력 부문 협력에 서명한 이래 양국 원자력 협력 25주년을 맞이하는 뜻 깊은 해이다.

이같이 뜻 깊은 해에 한국원자력 산업회의(KAIF)에서 이 자리에 설 수 있도록 초청해 주신 것을 무한한 영광으로 생각한다.

현재 점증하는 전 지구적 에너지 수요에 부합하기 위해서 모든 이들이 안전하고 신뢰할 수 있으며 지속

가능한 에너지를 공급받기 위하여 부단히 노력하고 있다.

이러한 가운데 유럽과 전 세계는 커다란 기회를 포착할 수 있는 원자력의 역사 속에서도 매우 중요한 결정적인 순간에 놓여 있다.

이러한 중요한 때에 이와 같은 주제로 발표할 수 있게 된 것을 기쁘게 생각한다.

우리는 현재 석유와 가스 가격 급등, 이산화탄소가 환경에 미치는 영향, 보다 나은 생활 수준을 영위하기 위한 에너지 수요 증가 등의 요인에 의해 진정한 의미의 원자력의 르네상스 시대에 살고 있다.

따라서 원자력 에너지는 지속 가능한 개발에 필요한 어떠한 에너지의 혼합 형태에서도 필수적인 무형적 요소로 간주되고 있다.

따라서 오늘 유럽과 프랑스의 원자력 현황에 대해 평가해 보고 가까운 장래에 원자력 에너지가 직면해야 할 도전 과제들을 살펴 보는 것은 매우 시의적절하다고 생각된다.

프랑스의 원자력 장기 비전

프랑스의 원자력 프로그램은 종종 성공담으로 일컬어져 왔고 실제로도 매우 성공적이라 할 수 있다.

프랑스의 원자력 프로그램은 제1차 석유 파동 후 에너지 안보를 강화하기 위해 처음 시작되었다. 현재 58기의 원자로가 안전하게 가동되고 있으며 유럽에서 가장 저렴한 가격으로 총 전력 생산의 75%인 약 63 GWe를 공급하고 있다.

프랑스는 현재 가장 최신형 원자로를 보유하고 있다. 일부 원자로는 1970년 말 첫 가동을 시작했으나 대부분 1980년과 1990년 사이에 운전 을 시작하였다.

이러한 성과가 있다고 해서 여기서 자족하는 것으로 그쳐서는 안 될 것이다. 우리는 우리의 후손들도 안정적이고 안전하게 에너지를 공급 받을 수 있도록 하기 위하여 계속 노력해야 할 것이다.

미래에 대한 우리의 약속을 수행

하기 위하여 우리는 새로운 법률적 도구 마련, 강력하고 국제적인 R&D 실시, 향후 일정표 마련, 이같은 전략의 주요 조치를 수행하는 데 있어 국민이 지속적으로 참여하도록 하는 등 만반의 준비를 하고 있다.

### 1. 법률적 맥락

전반적인 전략에 관해서 살펴보면, 각종 전시회, 회의, 토론, 방문 등 250여개의 지역 행사 등을 통해 이루어진 전국적 토론회를 거쳐 2005년 7월 에너지법이 표결에 부쳐졌다.

동 에너지법은 에너지 독립과 에너지 공급의 안정성을 위한 중요한 자산이면서도 온실 가스를 전혀 방출하지 않는 원자력 에너지의 중요성을 강조한 바 있다. 주요 요점은 다음과 같다.

- 1) 에너지 소비 안정 : 동 법에는 2015년까지 최종 에너지 밀도(예 : GDP 대비 에너지 소비 비율)를 매년 2%씩 감소시켜야 한다는 목표가 제시되어 있음.
- 2) 에너지원의 다양화 추구 : 2010년까지 재생 에너지를 이용한 에너지 공급을 10%까지 끌어올림.
- 3) 원자력 선택권을 확보하고 2020년부터 시작되는 원자로 교체에 대비하기 위하여 2015년까지 차세대 원자로 준비  
방사성 폐기물 관리에 관해서 말씀드리자면, 1991년 Bataille 법 규정에 따라 실시된 연구의 최종 결론

이 2005년 12월 발표되었다. 격막 및 변형, 임시 저장, 심부 지층 처분 등 연구의 여러 기둥에 대한 중요한 과학적 지식이 축적되었다.

그 결과 정부는 동 주제에 관한 전국적 토론(2005년 9월에서 2006년 1월까지 13건의 회의, 70시간이 넘는 국민 토론, 500건 이상의 질문 등) 결과를 고려하여 새 법안을 마련했다. 이 법안은 3월 23일 내각위원회(Council of Ministers)의 비준을 받았으며 현재 의회에서 심의 중이다. 정책에 관한 사항은 다음과 같다.

- 재처리 및 재활용(recycling)을 통한 폐기물의 양과 독성 감소.
  - 재활용 될 수 없는 폐기물은 임시 표층 저장(temporary surface storage) 방법 이용.
  - 표층에 최종적으로 저장될 수 없는 폐기물은 가역 심부 지층 처분 방법(reversible deep geological disposal)에 따라 처리.
- 또한 시행 계획표도 마련되었으며 일부 목표 일정은 다음과 같다.
- 2015년까지 가역 심부 지층 처분 시설 허가증을 신청하고 2025년부터 가동을 시작하기 위해 지층 처분 방법에 대한 R&D 실시.
  - 2020년 가동이 처음 시작될 예정인 4세대 원형로(Gen IV prototype)를 사용할 수 있도록 하기 위해 격막 및 변형에 대한 R&D 실시.

마지막으로 현재 원자력 에너지의 안전성과 투명성과 관한 새로운 법안이 의회의 상하원에서 심의중이다.

동 법에 따라 감독 기구의 독립성을 강화하기 위하여 「원자력안전기구(ASN : Authority for Nuclear Safety)」가 설립될 것이다.

ASN은 대통령과 상하원 의장이 임명하는 다섯 명의 위원으로 구성될 것이며, DGSNR의 기존 조직을 포괄하게 될 것이다.

한편 IRSN은 ASN의 기술 자문 기구로서의 역할을 담당하게 될 것이다. 이 새로운 법안은 투명성 강화, 대국민 정보 제공 강화 등에 중점을 두고 있다.

### 2. 야심찬 연구 개발 프로그램

강력하고 헌신적이며 집중적으로 행하는 연구 개발 활동은 에너지법과 폐기물관리법에 명시된 도전 과제와 목표를 달성하는 데 있어 필수적인 도구이다.

- 기존의 원자력 산업 지원 : 원자로 수명 연장, 연료 성능 개선, 사후연료 처리 공정 개선 등을 통해 원자력(kWh)의 가격 경쟁력을 강화하고 원자력 활동의 모든 주기에서의 안전성을 향상시킴.
- 가격 경쟁력, 안전성 강화, 환경 보호 등과 같은 기준에 근거하여 차세대 원자력 시스템(원자로 및 연료 사이클) 및 핵심 기술 설계, 평가, 개발.

• 폐기물 관리 공정이 새로운 법이 정한 목표 시한을 맞출 수 있도록 Bataille 법에 따라 실시된 연구에 대한 후속 절차 시행.

이러한 연구 개발 활동은 유럽의 제6차 PCRD, 주요 원자력 국가들이 참여하는 제4세대 원자력 시스템 국제 포럼(Generation IV International Forum) 등의 틀 안에서 행해지는 국제적 협력 동향에 의해 많은 도움을 받고 있다.

### 3. 미래를 위한 준비

앞서 언급한 법에서 규정한 정책에 따라 프랑스는 향후 50년 동안 시행하게 될 원자력 생산 능력에 대해 포괄적인 계획을 입안하기 위한 준비 작업을 하고 있다.

우선, 현존하는 원자로의 수명 연장 가능성을 검토하여 원자로의 수명을 현재의 제한 기간인 30년 이상으로 수명을 연장시키고, 안전 관련 사항을 완전히 검토한 후에 원자로 가동이 추가 10년 연장될 수 있다.

따라서 1단계는 원자로 가동 수명을 40년까지 연장시키는 것이고 그 후 조치들은 10년 허가 검토 의무에 따라 조정될 수 있다.

그 후 3세대 원자로로 기존 원자로를 대체를 실시하게 되는데, 이는 ERP 원자로로 Flamanville에 건설될 예정이다.

EDF는 EPR에 관한 전국적 토론 결과가 발표된 후 2006년 말까지

운영 허가를 신청해야 한다.

한편 EPR은 2020년부터 시작될 원전 대체에 관한 결정이 내려지기 전에 운전 경험을 쌓기 위하여 2012년부터는 가동을 시작해야 한다.

마지막으로 Chirac 대통령이 올해 초에 발표한 바와 같이 2030년대에 시작될 제4세대 원자로 사업을 단계적으로 추진하기 위해 2020년까지 4세대 원형로를 건설할 예정이다.

GIF 참가를 통해 프랑스는 SFR, GFR, VHTR 등의 원자로 개념에 대해 관심을 표명한 바 있다.

또한 SFR 프로젝트에 관한 시스템 약정이 미국과 일본, 프랑스 간에 지난 2월 15일 서명된 바 있다.

### 4. 대국민 여론

중요한 법이 입안되거나 중요한 장비가 가동될 때마다 항상 이를 위한 예비 토론 단계가 있다. 원자력 에너지에 관한 주요 토론은 다음과 같다.

- 에너지법에 관한 토론 (2003년 3월~5월)

- 방사성 폐기물 관리에 관한 토론 (2005년 9월~2006년 1월)

- 현재 진행중인 EPR 건설에 관한 토론 (2005년 11월~2006년 2월)

이러한 토론을 통해 원자력 프로젝트에 관한 모든 정보가 제공된다. 이러한 토론회는 프랑스 전역의 주요 도시와 원자력 시설이나 장비를 보유하는 등 이 문제와 관

련된 지역에서 개최되었다. 동 토론회는 누구나 참가할 수 있으며 토론회 당일이나 인터넷을 통해 질문을 할 수 있다.

이러한 전국적 토론은 원자력 찬성과 반대파간의 단순한 대결이 아니라 원자력 에너지와 방사성 폐기물 관리에 대한 폭넓은 토론이 이루어졌으며, 다수의 시민들이 참여한 수준 높은 활동이었다.

이같은 전국적 토론 절차는 투명성 강화와 대중과 정보 공유를 위한 핵심 단계라고 할 수 있다.

프랑스에서는 원자력 에너지 개발에 있어 국민의 수용이 보다 더 중요한 요소가 될 것이다. 이는 지역 주민의 지지가 부족하여 플루토늄 열 사용(pluthermal) 프로젝트가 중단된 바 있는 일본이나 20년이라는 긴 세월이 지난 후 마침내 중 저준위 폐기물 처분장 부지가 선정된 한국의 예에서도 잘 나타나고 있다.

### 유럽의 현황

유럽은 현재 에너지 역사에 있어서 매우 중요한 순간에 봉착해 있다. 다음과 같은 여러가지 요소로 인해 고르디오스의 매듭처럼 어려운 상황에 놓여 있다.

지난 2년간 석유와 가스 가격은 거의 두 배로 뛰었으며 EU에 수입되는 가스의 절반 가량이 러시아, 노르웨이, 알제리 등 3개국에 의존하

고 있다.

오늘날 유럽 에너지 필요량의 약 50%가 수입되고 있다. 아무런 조치가 취해지지 않는다면 이같은 외부 에너지 의존도는 향후 20~30년 사이에 이 비율은 70%대로 증가하게 될 것이다. 한편 대부분의 에너지 공급 국가들이 안보의 위협이 높은 지역에 위치하고 있다.

유럽의 에너지 시장은 2007년 7월까지 완전 개방될 예정이다.

유럽의 발전 시설은 재투자 단계에 접어들고 있다(현존하는 화력발전소 및 원자력발전소 100GW 이상이 2010년과 2030년 사이에 교체되어야 함).

유럽은 온실 가스 감축의 의무가 있다.

이와 같은 상황은 2006년 3월 발표된 EU의 「경쟁력 있고 지속가능하며 안전한 에너지를 위한 유럽의 전략」이라는 보고서(Green Paper)의 첫 단락에 잘 설명되어 있다.

동 보고서에 소개된 원칙들은 살펴보기 전에 우선 각 유럽 국가들의 현황에 대해 살펴보겠다.

## 1. 유럽 각국의 원자력 정책 현황

### 가. 영국

영국에 가동중인 27기의 원자로 수명이 다해가고 있으며, 최근 영국 소비자가 사용하는 가스 가격이 급등했으며 계속 오를 것으로 전망

된다. 북해에 유전이 있음에도 불구하고 지난 수개월 동안 영국은 사상 처음으로 석유를 전량 수입하는 수입국이 되었다.

이러한 모든 상황을 고려해 볼 때 에너지 공급에 어려움이 있을 것으로 전망된다. 영국 정부는 새로운 에너지 정책을 위한 나은 내용들을 찾아내기 위해 2006년 1월 에너지 검토 작업에 들어갔다.

각 에너지원의 장단점을 객관적으로 분석하기 위해 원자력 에너지도 기타 에너지원으로 검토될 예정이다.

### 나. 독일

2006년 10월 안젤라 메르켈 기민당 당수가 독일 총리로 선출된 이후 이전 정부가 견지하던 단계적 핵발전 철수 입장이 연정 내에서 계속 유지되었다.

그러나 이 문제를 다시 쟁점화하려는 다수의 정치인들과 현재 전체 전력량 중 원자력으로 생산되고 있는 29%를 대체하는 데 관련된 기술적 경제적인 문제점 때문에 머지않은 장래에 이같은 정책에 변화가 있을 것이라는 추측이 나오고 있다.

원전 가동 수명을 최고 40년까지 연장하는 데 대한 토론이 머지않아 실시될 수도 있을 것이다.

### 다. 이탈리아

이탈리아에서는 마지막 원자로가 1987년 폐쇄된 바 있지만 지난 2005년 정부와 산업계에서는 원자

력 에너지 생산이 다시 재개되어야 한다는 주장이 자주 제기된 바 있다.

ENEL은 EPR 원자로 기술을 획득하기 위하여 Flamanville에 건설될 EPR 프로젝트에 참여할 계획이다.

현재 진행중인 총선에서는 원자력 에너지가 핵심 쟁점은 아니지만 2006년 말경에는 원자력 에너지를 다시 생산할 가능성에 대한 징후가 보일 것으로 예상된다.

### 라. 핀란드

핀란드의 TVO사는 Olkiluoto 부지에서 세계 최초로 EPR 원자로를 보유, 가동하게 될 것이다. 동 ERP 원자로는 2009년 완성될 예정이다.

### 마. 스웨덴

스웨덴은 20년 전 국민 투표에 의해 원자력 생산을 전면 중단하기로 결정했지만 현재 원전의 수명 연장을 검토하고 있다.

여론 조사에 따르면 스웨덴 국민은 당분간 원전 가동에 찬성하는 것으로 나타났다. 현재에는 단 한 기의 원자로(Barsebäck-2, 2005년 6월)만이 가동이 중단된 상태이다.

### 바. 폴란드

2005년 폴란드 정부는 2005년~2020년 기간을 위한 전 지구적 에너지 정책을 채택한 바 있다.

모든 시나리오에서 2020년부터 원자력 에너지 생산이 필수 사항으로 채택될 전망이다. 2006년 8월 바르샤바에서 있을 NPPP-06 회의에



서 동 프로젝트가 활발히 논의될 예정이다.

**사. 벨기에, 네덜란드, 스위스, 스페인**

동 국가들은 현재 원전을 가동 중에 있으며 일부 국가는 원전의 수명 연장 가능성을 검토하고 있다.

**아. 신규 EU 회원국 (헝가리, 리투아니아, 체코공화국, 슬로바키아, 슬로베니아)**

신규 EU 회원국들은 주로 구소련형 디자인의 원전을 가동하고 있는데, 이 원전들은 성능을 개선시켰거나 안전성을 가능한 한 강화했으며, 지속적으로 확대된 유럽의 전력 공급을 담당할 것이다.

안정성이 충분히 입증되지 않은 원전에 대해서는 EU 가입 조건으로 폐쇄되어야 하는데, 슬로바키아의 Bohunice 1, 2호기가 2006년과 2008년에 각각 폐쇄될 예정이며, 리투아니아의 Ignalina-2호기가 2009년 폐쇄될 예정이다.

리투아니아에서는 Ignalina-1호기가 예정대로 2005년에 폐쇄되었으며, Ignalina의 신규 원자로 공동 프로젝트 연구를 위해 라트비아와 에스토니아와 함께 협력하고 있다.

**2. 유럽의 에너지 정책**

현재 EU 회원국들의 에너지 정책은 주변 국가들과 다소 독립된 경향

을 띠고 있다. 보다 통합된 유럽의 에너지 정책을 지향하기 위하여 EU 보고서(EU Green Paper)는 다음과 같은 방향을 제시하고 있다.

- 유럽전기가스공동체 (internal European electricity and gas market) 완료
- 유럽전기가스공동체는 모든 유럽 국가들에게 전기 가스를 안정적으로 공급
- 보다 지속 가능하고 효율적이며 다양한 에너지원 구성
- 기후 변화 대처에 통합된 접근 방식 채택
- 혁신 추구 및 신에너지 기술 전략 개발
- 일관된 대외 에너지 정책

유럽 에너지 시장과 관련하여 지난 몇 개월 동안 유럽에서는 EDF(프랑스)와 ENEL(이탈리아)간의 합의 및 지속적인 논의, 스페인의 ENDESA의 Gas Natural 인수 시도 및 이에 대해 독일의 E.ON의 반격 인수 시도, 프랑스의 GDP와 프랑스, 벨기에의 SUEZ의 합병 등 일련의 인수 합병과 관련한 일들이 진행되었다.

이는 유럽의 주요 에너지 사업자들이 2007년 7월에 있을 에너지 시장 완전 개방에 준비하고 있다는 것을 보여주는 분명한 지표라 할 수 있다.

지속 가능하고 효율적인 에너지 생산을 위한 메시지는 분명하다. 즉, '현재 원자력 에너지는 유럽 전력

생산의 약 1/3을 차지하고 있으며 방사성 폐기물과 안전성에 주의가 필요하지만 유럽에서 이산화탄소를 배출하지 않는 최대 에너지원이라는 것'이다.

전반적으로, 확장된 유럽에서 원자력 에너지는 향후 20년 동안 총 전력 생산 중 적어도 30%를 지속적으로 차지할 것으로 예상된다.

기본적인 추세는 현재 원자로를 가동하는 국가들은 원자로 수명 연장이나 교체를 검토하고 있으며, 그렇지 않은 국가들도 원자력 에너지를 자국의 에너지원 구성에 포함시키려고 검토하고 있다는 것이다.

유럽연합은 EU 보고서(Green Paper)에서 제시된 지침을 통해 에너지 공급의 안정성을 위한 목표를 달성하고 온실 가스를 감축하기 위해 이러한 움직임을 권장하고 있다.

유럽은 현재도 또한 앞으로도 원자력으로 생산된 전력을 소비하는 주요 소비국이 될 것이다.

**결론**

최종적인 결론을 말하기 전에 전세계 에너지 동향에 대해 간략하게 말씀 드리겠다.

원자력 에너지가 지속 가능한 에너지 개발에 기여할 수 있다는 사실은 아시아와 미국에서 잘 나타나고 있다.

아시아에서는 원자력 프로그램

이 활발히 추진되고 있다. 2020년 까지 총전력 생산 중 4%를 원자력으로 해결하겠다는 목표하에 중국은 야심찬 원자력 프로그램의 기초 사업으로 4세대 원자로를 건설하고 2세대 원자로 4기를 재생산하기 위한 국제적인 프로젝트를 시작했다.

일본에서는 지난 몇 개월 동안 히가시도리 1호기와 시카 2호기를 원전 시설에 추가했으며, 한국은 지난 2년동안 올진 5호기와 올진 6호기 등 원자로 2기를 추가하여 총 20기를 가동하고 있으며, 원자력 에너지가 총전력 생산의 38%를 차지하고 있다.

베트남과 인도네시아 등 동남아시아 국가들도 원자력 에너지의 혜택을 누리고 싶다는 의사를 밝힌 바 있다.

미국의 에너지부는 지난 2월 「글로벌 원자력 에너지 파트너십(Global Nuclear Energy Partnership:GNEP)」이라는 새로운 에너지 종합 전략을 발표했다.

2005년 EPACT 법이 채택되고 이전에 시행된 각종 이니셔티브(NP 2010)들이 추진된 가운데 채택된 GNEP는 미국에서 원자력의 부활을 예고하고 있다고 할 수 있으며 이는 지난 수 년간 예상되어 온 사항이다.

이러한 새로운 전 지구적인 동향에서 가장 주목할 만한 사실은 핵연

료 주기에 관한 동향이다.

여러분도 잘 아시겠지만 프랑스는 자원 활용을 최적화하고 최종 폐기물 처리에 대한 부담을 최소화하는 수단으로 자급형 핵연료 주기(closed fuel cycle)를 선구적으로 개척해 왔다.

GNEP와 같은 이니셔티브가 현재 자급형 핵연료 주기에 관심을 기울이고 있다는 사실은 이같은 선택의 우월성을 확인시켜주고 있다.

이러한 새로운 동향은 안보와 비확산 문제에 관한 우려뿐만 아니라 경제성 및 지속 가능성에 대한 고려에 의해 나타나고 있다.

이 같은 맥락에서 이 같은 고려 사항들이 4세대 원자력 시스템에 관한 연구 개발 협력을 강화하기 위한 GIF와 같은 국제적인 노력을 뒷받침하고 있다는 것은 상기해 볼 만한 가치가 있는 일일 것이다.

핵연료 주기에 관한 풍부한 경험과 연구 개발 능력을 보유하고 있는 프랑스는 문제 해결자로서 이러한 이니셔티브에 지속적으로 참가하여 나뉠대로의 역할을 다할 것이다.

Chirac 대통령이 발표한 고속원형로 건설 사업은 이같은 국제적인 노력에 대해 기여하는 것이다.

향후 연구 개발에 막대한 투자가 예상되는 이러한 미래의 기술의 필수 요건과 관련하여 말씀드리면, 2세대 및 3세대 기술이 향후 중단기

동안은 원자로와 핵연료 주기 측면 등 원자력 개발의 주된 축으로 계속해서 남아 있을 것이다.

이러한 점에서 다양한 원자력 개발 계획을 추진한 결과로서 필연적으로 생성되는 사용후연료 관리에 각별한 주의를 기울여야 할 것이다.

이같은 측면에서 진화적인(evolutionary) 기술과 해결책이 향후 순조롭게 차세대 기술로 전환하는 데 있어 핵심적인 역할을 하게 될 것이다.

결론으로, 원자력 에너지가 프랑스와 유럽에서 지속 가능한 개발을 추구하는 어떠한 에너지원 구성에 있어서도 주요한 구성원으로 간주되어야 한다고 말씀드리고 싶다.

현재 우리가 목격하고 있으며 몇 년 전부터 예견되어 왔던 원자력의 부활은 더욱 활기를 띠고 있으며, 전 세계는 증가하는 에너지 수요에 부응하고 아직 남아있는 화석 연료를 보존하고 온실 가스를 감축하기 위하여 원자력 에너지에 관심을 돌리게 될 것이다.

이러한 도전 과제에 대응하고 원자력 에너지의 약속을 실현하는 한편 최상의 안전성을 유지하고 핵확산 저항성을 강화하며 우리가 생산해 낸 폐기물을 관리하고 우리의 행동을 통해 국민의 이해와 신뢰를 얻는 일은 이 자리에 모인 원자력계 인사 여러분들에 달려 있다.

이는 우리 후손에 대한 우리의 책임임 것이다. ☞