

안전 시스템의 개선공사를 시행하기 위해 1987년 1월 7일부터 6개월간 정지하게 될 것이라고 에너지성 Salgado차관이 밝혔다. 이 원자로는 무기 생산을 위한 트리튬과 플루토늄을 생산할 것이며 이것의 안전성을 검토한 일부 전문가들이 권고한대로 영구히 폐쇄되지는 않을 것이라고 그는 말했다.

체르노빌 사고후에 DOE의 Herrington장관은 DOE 내부에서의 안전성 검토는 물론이고 외부의 전문가들로 구성된 6인 위원회를 두어 N형 원자로의 안전성을 재검토하도록 하였다. 격납용기가 없는 舊型의 흑연감속재 사용 원자로로 미국 내에서 가동중인 것으로는 가장 체르노빌의 것과 설계가 비슷한 원자로이다. 이 전문가들의 보고서가 지난주에 공개되었는데 이

중에 몇가지 문제점이 지적되었으며 이에 원자로의 保全을 위협하는 흑연 블럭의 생성과 수소 원화 시스템의 缺如등이 있다. 이 개선공사는 1990년대의 원자로의 계속적인 안전운전을 보장하게 될 것이며 N형 원자로를 맡고 있는 계약업체인 UNC Nuclear Industries사의 정기적인 연료재장전기간중에 실시될 것이다. DOE는 방위산업 담당 Foley차관보로부터 보고서를 접수할때 까지는 특정한 변경사항의 결정을 보류할 것이지만 이러한 변경사항에는 비상 노심냉각 시스템의 고도화, 원격 정지 시스템의 설치, 模擬事故상황하에서의 밀폐 시스템의 시험, 수소 제어 시스템의 설치, 운전원 훈련 프로그램의 개정등이 있는 것으로 알려져 있다.

프 랑 스

增殖炉設計에 체르노빌教訓 反映

체르노빌 사고로 프랑스의 增殖爐 業界는 현재의 Superphenix-1(Spx-1) 高速增殖爐 다음의 Superphenix-2의 설계를 재검토하게 되었다. 여기서 문제점으로 제기된 것은 지금의 설계가 反應度 事故를 충분히 고려한 것인지 여부와 이것의 격납용기가 발생 가능성이 있는 假想 反應度 事故로 방출되는 기계적 에너지를 지탱할 수 있는지의 여부이다.

Superphenix-2(Spx-2)로 알려진 신규 증식로의 주요 안전 시스템은 이미 1983년5월에 프랑스 안전관계 당국으로부터 승인을 받은 것으로 Spx-1에서와 같은 2중 보호방식을 더 발전시킨 것이다. 설계자인 Novatome사에서는 Spx-2에 대한 설계기준사고에서 가상적인 노심과 피사고를 제외함으로써 Spx-1의 노심을 덮고있는 성가신 콘크리트 돔을 이 새로운 모델에서

는 제외하게 돼었고 이에 따라 안전방어 용기와 격납용기를 포함해 많은 부분을 단순화 할 수 있었고 비용도 줄일 수 있었다.

그러나 체르노빌에서 문제되었던 물리적인 현상은 이 Spx-2의 설계를 재검토하게 만들었다. 그러나 이 액체금속 고속증식로는 소련의 RB-MK형 보다 나은 안전특성을 갖고 있기 때문에 새로운 설계변경을 수용할 용의가 있으며 체르노빌 사고로 문제시된 것으로는 노심의 포획기와 상부 격납용기등이 있다고 프랑스 안전방어 연구소의 Petit부소장은 말했다. 또한 EdF의 Carle부사장은 설계상 더 보완해야할 부분으로 고속정지시스템의 개선을 들었다.

그러나 Carle부사장이나 Petit부소장은 체르노빌 사고와 연관된 후속 증식로에 대한 설계 변경으로 과연 Novatome사와 EdF사의 PWR과

경제성에 있어 경쟁력을 가질 수 있을런지 의문시하고 있다. 금년초에 1,240MW의 舍出力을 내기 시작한 Spx-1 증식로는 현재의 프랑스 PWR보다 발전원가가 2.5배에 달하며 차기의 1,500MW의 고속 증성자로인 Spx-2도 신형 프랑스PWR인 N4 형 보다 70% 발전단가가 높을 것으로 예상하고 있다. 그러나 Carle부사장은 이 형식의 증식로의 특성상 20~30%의 추가비용은 불가피하지만 그외의 추가비용은 반드시 따라야 할 비용은 아니라고 말하고 Spx-2를 체르노빌과 같은 사고를 지탱할 수 있게 설계변경을 하는 경우 증식로와 PWR의 발전단가 비율이 1.7대 1에서 1.72대 1로 높아질 것이라고 하였다.

프랑스 안전방어 연구소의 Petit부사장은 Spx-1에서는 체르노빌에서와 같은 사고가 일어나지 않을 것이라고 하면서 그 이유로 이 증식로가 RBMK원자로와 같은 正의 보이드 계수를 갖고 있지만 이 계수는 냉각재 유체가 沸騰할 때에만 작용을 하는 것이며 Spx-1에서 냉각재로 사용되는 나트륨의 비등점은 400°C나 된다고 하였다. 그는 또 말하기를 이 원자로의 비상 정지시스템은 비상상태가 일어나기 전에 작동할 것이며 Spx-1의 설계에서도 이러한 시스템의 오동작을 고려해서 중력에 의해 제어봉을 떨어뜨릴 수 있도록 하겠다고 하고 설령 제어봉이 낙하되지 않았다 하더라도 나트륨의 熱的인 慣性으로 보아 3분 내지 10분 이내에는 끊지 않을 것이므로 그 사이에 운전원이 수동으로 고속정지 시스템을 동작시킬 수 있을 것이라고 하였다. 이 원자로의 비상정지 시스템은 10분의 4초 이내에 바이트(노심내로 95cm삼입)하게 설계돼 있지만 체르노빌의 제어봉은 낙하하는데 20초가 걸렸다고 하였다.

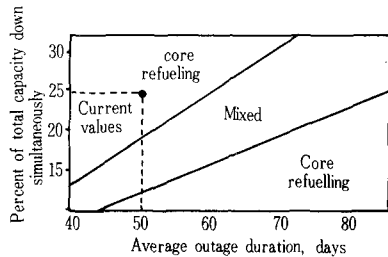
그러나 Spx-1의 경우 만일 스크램 시스템이 동작되지 않아 나트륨 냉각재가 끊는다면 正의 보이드 계수가 작용하여 반응도 익스커션이 일어날 수도 있지만 설사 일어난다 해도 이론상

큰 재난은 가져오지 않을 것이다. 왜냐하면 이 원자로는 800megajoules의 기계적 에너지를 지탱할 수 있게 돔과 2중 격납용기가 설계돼 있으나 실제의 임계 익스커션은 계산상 최고 200~300megajoules의 기계적 에너지를 방출하는 것으로 돼 있기 때문이다. 체르노빌에서의 기계적 에너지 방출량은 확실하게 알려져 있지 않지만 최소한 500megajoules였던 것으로 추산된다.

### EdF, 1/4核燃料사이클 推進中

燃料사이클原價를 절감하고 연소율을 개선하기 위해 EdF는 900MWe급 PWR에 대해서 1/4핵연료재충전 방식으로 전환중이다. 이러한 현행기준인 1/3에서 1/4로의 전환은 신속하게 이루어질 것이며 1/4 재장전계획은 이미 900MWe PWR 1기에 대해 스케줄이 잡혀있다.

EdF의 스케줄에 따르면 1990년까지 34기의 플랜트중 28기를 이 방식으로 전환시키는 것으



EdF's 900MWe PWR Fuel Management Strategies

	Standard	Extended operation	Quarter core refuelling
Type of refuelling	Third	Third	Quarter
Number of replaced assemblies	52	52	40
Enrichment (percent)	3.25	3.7	3.7
Specific burn-up (MWD/t)	33,000	39,000	42,000
Operating cycle between two refuellings (fpd)	290	340	275

로 돼있다.

핵연료 연소의 개선은 표준인 1/3재장전으로 긴 사이클을 적용하던지 또는 1/4재장전방식을 적용함으로써 가능하다.

EdF의 큰 원자력 시설용량과 여름에 정지기

간을 둘 필요가 있는 EdF로서는 3.7% 농축연료에 의한 1/4재장전과 12개월 사이클을 적용함으로써 이 회사에 최대의 연료사이클 절감을 가져다 줄것이다. 이러한 절감액은 1990년 이후에는 연간 총 수백만불에 이를 것으로 보인다.

## 増殖炉의 將來展望

액체금속 고속증식로(LMFBR)의 설계 건설 전문업체인 Novatome사(Framatome의 자매회사)는 1988년초 까지 1,500MW급 증식로 건설 공사 입찰을 위한 준비가 끝날 것이라고 이 회사의 개발 담당부장이 말하였다. 이 회사는 이미 1,200MW의 Superphenix 증식로 발전플랜트의 1 차계통을 건설한 바 있으며 지난 3년간의 후속기에 대한 상세한 설계를 해왔으며 현재 1 차설계는 끝낸 상태이다.

이 회사의 담당부장은 심포지움에서 다음 증식로가 Creys-Malville에 있는 기존의 것보다 건설단가가 20~30% 싸지고 공기도 5~8년 이내로 단축할 수 있다고 설명했고 이 증식로의 발전단가도 신규의 PWR보다 20% 이상으로는 비싸지지 않을 것이라고 말하였다. 그러나 이 모임에서 설득시키려고 매우 노력했으나 지금의 Superphenix보다 더 큰 유니트는 금세기 말까지는 출현할 것 같지 않다.

차기 유럽의 증식로 문제는 근본적으로 정치적인 문제이다. 첫째 서독과 프랑스의 전력회사들과 양국 정부가 이 새로운 프로젝트의 건설현장과 인원구성에 대해 합의에 도달할 수 있을 것인지? 둘째, 이 유럽의 공동 프로젝트가瓦解됐을때 프랑스 정부가 지금까지 LMFBR 분야에서 先導의인 역할을 해왔던 이 산업을 단독으로 유지할 것인지?

프랑스 원자력청의 Lallement청장은「유럽각국의 증식로에 대한 연구개발사업은 새로운 증식로에 대한 해결방안을 계속 연구해 나가겠지

만 영리단체인 전력회사들은 이와 맞서 싸워서 이겨내려고 하고 있다. 또한 3년전에 공동연구하기로 합의를 보아 여지껏 잘 해오고 있던 원자력 산업계도 확고한 프로젝트가 없어 헤어지지 않을 수 없게 된다면 모든 정보가 이미 누어진 다음이므로 우리는 물러서지 않을 수 없을 것이다」라고 말했다.

Novatome의 증식로 개발 담당부장은「우리는 기존의 Superphenix-1로 모든 참고자료를 얻어내기 위해 할일이 많다. 물론 새로운 건설 프로젝트를 추진하는 것이 가장 좋은 해결방법이다. 앞으로 3~5년 더 기다려도 해결방법은 있겠으나 10년을 기다린다는 것은 무의미하게 된다. 그러나 가장 나쁜 것은 새로운 프로젝트에 대해 결정을 내리지 않는 것이다」라고 했으며 유럽의 다른 나라들이 신규의 증식로 건설 프로젝트에서 물러서기를 원한다면 프랑스 단독으로 추진해 나갈 것이냐는 질문을 받고 그는「우리가 단독으로 추진해 나갈 아무런 이유가 없다」고 대답하고 다른 파트너(일본을 지목하는 것 같음)가 프랑스가 주도하는 증식로 프로젝트에 참여하기를 원할는지 모르겠다고 하였다.

### 프랑스에서는 原子力이 有利

프랑스 공업성 산하의 한 위원회의 분석에 따르면 1995년에 상업운전에 들어갈 발전 플랜트는 기저부하용으로는 경쟁력을 갖는 것으로 나

타났다. 원자력 플랜트보다 석탄 플랜트가 더 경제성을 갖게 되는 경제적인 한계선은 석탄가격, 달러/프랑화간의 환율, 기타 指數의 예상치에 따라 다르겠지만 1,900~3,700hrs/yr의 운전시간이 될 것이며 이용율의 평균 교차점은 2,500hrs/yr이 될 것으로 내다보았다.

1995년에 프랑스에서는 기저부하시에 KWH 당 단가가 원자력 21centimes(2.8cents), 석탄 30.4centimes(4 cents), 기름 57.4centimes(7.6 cents)가 될 것으로 나타났다. 이 단가는 1986년 1월 1일 현재의 Centimes가치와 프랑/달러

화 환율 7.5/1을 기준으로 산출한 것이다. 가동시간 4,000hr/yr(이용율 46%에 해당)인 경우의 KWH당 발전원가는 원자력 36.9Centimes, 석탄 41.4Centimes, 기름 68.5Centimes(석탄과 기름에 대한 값은 집진기가 있는 경우이며 이것이 없는 경우에는 KWH단가가 3.4Centimes 낮아짐)이 된다. 가동시간 2,000hr/yr(이용율 23%에 해당)의 경우에는 KWH당 발전원가는 원자력 67.8Centimes, 석탄 63.4Centimes, 기름 90.2Centimes으로 나타났다.

## 日 本

### 使用後核燃料 一時貯藏을 政策課題로

#### 日原委再處理 WG 報告書 整理

原子力開發利用長期計劃의 改定作業을 추진하고 있는 日本原子力委員會長期計劃專門會는 再處理Working Group(WG)에서 日本國內 再處理의 바람직한 방법을 검토하고 있었는데 이 Working Group은 1월 12일의 최종회의에서 보고서를 정리했다.

이 보고서에서는 “日本國內 再處理의 原則”은 일관되나 당면으로 民間再處理事業이 사용후핵연료 全量을 충당할 전망이 서지 않으므로 사용후핵연료의 저장관리(一時貯藏)가 정책에 포함되는 것 같다. 지금까지 原子力長期計劃에서는 사용후핵연료 발생 즉시 재처리 방침을 유지해 왔는데 보다 柔軟한 原子力開發路線을 위해서 일시저장이 정책과제로 原子力長期計劃에 명확히 위치를 굳힐 가능성이 높다고 할 수 있다.

再處理Working Group은 ① 第1民間再處理工場의 원활한 운전·건설, ② 日本動燃事業團 東海工場의 위치 확보, ③ 第2民間工場의 바람직한 방법 등을 검토하기 위해 작년 11월에 설치

되었다. 지금까지 東海工場 시찰을 포함해서 4회의 會議를 가졌다.

지금까지의 議論결과 우라늄, 플루토늄의 유효이용관점에서 일본이 재처리를 행하는 意義가 재확인되고 있다. 민간의 재처리사업은 日本青森縣下北에서 日本原燃서비스(株)에 의한 공장 건설이 계획되고 있는데, 이 계획에 대해서는 自主技術의 開發·蓄積을 도모하여 第2民間工場으로의 기반구축을 해야한다는 의견이 대두되고 있다.

議論의 중심이 된 것은 再處理政策의 바람직한 방법이다. 海外委託을 하지않고 日本國內 再處理를 한다는 것은 現行 原子力長期計劃의 基本路線인 만큼 결과적으로 現行路線이 유지되게 되었다.

그러나 日本國內 再處理 능력은 民間第1工場의 年800톤(금속우라늄換算)밖에 現時點에서는 기대할 수 없다. 試算에 따르면 사용후핵연료의 累計는 2000年時點에서 1萬6천톤, 2020년에 5萬4