

## 특집 1

차세대원자로개발에 대한 국제심포지엄

1993년 10월 18일~20일

인터컨티넨탈호텔 그랜드볼룸

# 유럽의 新型原子爐 設計目標

J. A. Board (Nuclear Electric)

P. Berbey (EDF)

E. Valero (Sevillana de Electricidad)

**프**랑스의 프랑스전력공사(EdF)가 착수한 원전건설계획과 영국의 Sizewell B PWR 완성을 제외하면 유럽에서의 원전프로그램은 활발하지 않다. 장차 프랑스전력공사는 증가하고 있는 전력수요를 충족시키고 궁극적으로 노쇠한 발전소를 교체할 계획을 가지고 있다. 다른 유럽 사업자들은 1990년대 후반에 원자력 발전 계획을 재개하기 위한 계획을 수립하고 있다.

유럽 대부분의 사업자들은 그룹을 결성하여 미래원전에 대한 범유럽사업자요건(European Utili-

ty Requirement)을 마련하고 있다. 처음에는 대형 개량형 PWR형 발전소에 대한 요건작성에 역점을 두고 나중에 BWR 및 소형 피동형 원자로로 작업이 확대될 것이다. 요건들은 INSAG3과 같은 최근의 국제적인 요건에 부합하는 엄격한 안전요건들이고 견실한 경제성 획득과 높은 신뢰도를 보장하는 운전원에게 친절한 원자로 개발을 강조하고 있다.

유럽에서의 차세대 원전설계 개발은 EPR을 개발중인 NPI에 의해서 주도되고 있다. 이 설계는 현재 개념설계 단계이고 사업자

그룹에서 완성된 범유럽 요건을 완전히 만족시키는 방향으로 설계되고 있다. 또한, 유럽 사업자들은 현재 국제적으로 개발중이며 그 요건을 만족시킬 수 있는 다른 신행 원자로설계도 검토하고 있다.

## 유럽의 미래원전계획

지난 20년에 걸쳐서 유럽은 원자력발전에 의한 전기공급이 평균 30%에 이르는 등 매우 성공적인 원자력 프로그램을 추진하여 왔다. 몇몇 나라에서는 전기의 50% 그리고 프랑스에서는 75%를 원자력이 차지하고 있다. 그러나 유럽은 현재 프랑스와 영국에서만 활발한 건설계획이 있을 뿐이다. 프랑스에서는 프랑스전력공사에 의해 4기의 N4가 건설중이고 영국에서는 Nuclear Electric가 현재 Sizewell B 위치에 1기를 시운전하고 있다. 유럽의 다른 나라에서는 정부정책에 따라 신규원전계획은 중지되어 있는 상태이다.

### 벨기에

벨기에에서는 1987년 부지준비가 시작된 Doel에 8기의 원자력 발전소 건설계획이 1988년 12월 정부에 의해 무기한 연기되었다. 현재 프랑스전력공사가 건설중인 Chooz B1과 B2기에 25% 참여하는 투자계획을 갖고 있다.

**핀란드**

핀란드의 원전사업자들은 5기의 원자력발전소 건설을 추진중이고 많은 공급자(vendors)로부터 입찰신청을 받았다. 최근 정부측에서 시행한 발전소 건설에 대한 투표결과 찬성으로 나왔으나 핀란드 의회에 의해 승인되는 일이 남아 있으며 그 결과는 아직 불확실한 상태이다.

**프랑스**

프랑스전력공사는 Chooz와 C-ivax에 각각 2기씩 4개의 N4를 건설하고 있다. 최근 프랑스전력공사는 연간전기수요 성장이 낮은 점을 고려하여 신규발전시설의(핵 또는 비핵)발주를 연기한다고 발표했다. 그럼에도 불구하고 다음 N4건설을 위한 부지선정이 진행되고 있다. 프랑스전력공사는 1990년대 후반에 유럽형 가압경수로(EPR)도입과 함께 총 8-10개의 N4를 건설할 수 있다는 것을 시사하고 있다.

**독일**

독일에서 원자력은 중단되지 않는 정치적 반대의 대상이다. 건설중이거나 또는 현재 계획중인 원자력발전소는 없다. 동독에 건설중인 6기의 소련형 PWR은 완성되지 않을 것이며 그 위치에서의 신규원전건설계획은 포기되었다. 올해 초 Bonn에서 회의가 있었는데 여기서 무연탄과 갈탄의 이용, 에너지보존, 재생에너지 등

을 포함하는 전체 에너지의 맥락에서 원자력을 미래의 대안으로 고려할 것인가가 논의되었다. 다음 해 있을 선거 이후 독일의 원자력정책에 대한 합의가 도출될 가능성이 있다. 현재 신형 유럽형 가압경수로에 대한 안전목표가 활발하게 논의되고 있고 중대사고시 소의 안전위험을 갖지 않는 발전소의 필요성이 강조되고 있다.

**이탈리아**

1987년 11월 이탈리아는 국민투표에 의해 원자력의 선택을 포기했다. 이 후 이탈리아 정부는 피동적 안전계통 및 기기들의 광범위한 이용을 기반으로 하는 차세대원전의 연구계획에 착수하는 국가에너지계획을 승인했다. 기본적인 목표는 생각할 수 있는 최악의 가상 중대사고시에도 신규원전에 대해서는 주민대피가 필요없도록 하여야 한다는 것이다. 1990년 7월, 정부는 Caorso와 Trino에서 가동중인 2기의 원자력발전소를 폐쇄하기로 결정했다. 국가에너지계획의 일단계는 1993년말에 완료될 예정이고 차후개발을 위한 원자력발전소의 특정설계 선택에 대한 결정이 내려질 것이다.

**네덜란드**

정부정책은 그들의 임기동안 원자력발전을 확대시키지 않는 것이다. 그러나 1994년 봄의 총

선거시에는 이런 원전동결이 해제될 것 같으며 최근 경제부는 국가원자력정책에 대한 세부제안을 준비하고 있다.

**스페인**

계속적인 원전건설 중지로 스페인은 어려움을 겪고 있다. 1984년에 5기의 발전소 건설이 중지된 일이 있었다. 스페인 원자력산업은 미래의 원자력계획을 기대하면서 자체능력의 유지 및 개발에 노력하고 있다.

**스웨덴**

1988년 스웨덴 의회는 1995년을 원자력발전의 폐쇄를 시작하는 해로 결정했으나 1991년 이 결정을 철회했고 폐쇄를 위한 새로운 날짜는 정해지지 않았다. 최근 스웨덴 정부는 1994년 3월 원자력과 관련된 비용분석을 명령하였다. 이 연구는 스웨덴의 1994년 투표시 원자력발전이 선거운동 이슈로 표면화될 것이라는 신호가 될 지도 모른다.

**스위스**

스위스에서는 1990년 국민투표에 의해 신규원전을 10년간 금지하였으나 현재 운전중인 원전의 운전은 허락하였다.

**영국**

Nuclear Electric은 1994년 Sizewell B의 첫 PWR의 상업운전을 시작하려고 계획중이다. 미래

의 원전계획은 1994년의 정부차원의 검토과제이다. 그리고 그것은 Sizewell C에 쌍둥이 원자로로 시작되는 추가적인 PWR건설에 대한 Nuclear Electric의 계획이 추진허가를 받을 것인지를 결정할 것이다.

### 유럽의 원전사업자 요건

유럽의 사업자들은 차세대 원전에 대한 요건을 규정할 필요성을 인식하고 유럽사업자요건(European Utility Requirements, EUR)을 개발할 유럽사업자그룹을 결성하였다. 사업자그룹은 EdF(프랑스), VDEW(독일사업자그룹), Tractebel(벨기에), Nuclear Electric(영국), UNESA(스페인), ENEL(이탈리아)로 구성되어 있다. 요건들을 만드는데 있어서 만족할만한 안전수준과 운전성능 확보가 중요한 반면 경제성에 있어서의 비교우위라는 목표에도 유념하여야 하며 PA라는 보이지 않는 요건도 고려해야만 한다는 것이 인식되고 있다.

유럽사업자요건은 세 단계의 문서로 되어있다. 첫단계는 광의의 목표, 2단계는 특정한 설계와는 무관한 일반적인 요건, 3단계는 특정설계에 대한 요건이다. 그리하여 삼단계는 가능한 각각의 설계에 대해서 기술한 여러 권의 요건으로 구성된다. 이들중 하나가 EPR에 대한 것이다. 처음에는 PWRs에 대해서만 EUR이 한

### 유럽원전계획 재개

유럽의 많은 나라들에서 원자력발전계획의 재개는 화석연료의 대안으로서 그리고 다양성의 측면에서 원자력발전의 중요성, 그리고 환경측면에서 원자력발전의 잇점, 그리고 경제성을 근거로 하여 정부의 국가에너지정책 공약에 의해 결정되었다. 국민수용의 중요한 문제는 폐기물 관리와 원전의 안전성문제인데 이는 필수적으로 해결되어야 할 문제로 산업계는 인식하고 있다. 안전측면에서는 서유럽의 원전안전성에 대한 국민적 확신이 증가하고 있지만 그러나 중유럽 및 동유럽의 원전에 대해서도 똑같이 안전에 대한 대중적 확신이 있어야 한다.

낮은 발전단가를 가진 가스연소 발전소(gas-fired power stations, CCGT)의 출현은 원자력발전의 도입의 경제성을 단기중기적으로 상대적하 시켰다. 유럽사업자들은 향후원전건설에 대해서 폭넓은 여러가지 설계들을 고려하고 있다. 현재 이용가능하거나 개발중인 피동형 및 개량형 PWR 및 BWR 그리고 유럽형 원자로가 검토대상이 되고 있다. 이것의 시행을 위하여 대부분의 사업자들은 EPRI ALWR 계획의 회원이고 유럽사업자그룹을 결성해서 사업자요건을 개발하고 있다.

정될 것이다. BOP에 대한 요건을 규정할 네번째 단계 문서가 검토되고 있다. 원전의 규모, 전력계통의 요건, 핵연료주기, 입증된 기술, 단순화와 INSAG-3, INSAG-5와 IAEA 안전성 기본 원칙이 권고하고 있는 안전목표들이 이 일반요건들에서 다루어진다. 또한, 안전성평가 및 비용평가에 사용되는 방법론에 관해서도 규정할 것이다. 미국에서 개발중인 EPRI요건과 EUR요건 사이의 차이점을 식별하고 이를 최소로 유지하는 데 모든 노력이

경주되고 있다. 1단계 문서는 초안이 작성되었고 2단계 문서는 1993년말쯤 사용가능할 것이다. 3단계 문서는 설계와 건설에 대한 기준을 포함할 것이다. 수용가능한 기준은 주로 공급자에 의해 제안된 것이며 규제요건을 충족시키기 위해서는 어떤 추가적인 사항도 필요에 따라 부가시킬 수 있다.

차세대원전에 대한 요구목표가 설정되는 분야는 경제성, 부지, 안전성, 이용률, 수명기간, 운전자피폭, 부하추종 그리고 운전과

보수의 용이성을 포함한다. 경쟁력이 있는 비용으로 전력생산의 경제적 목표를 충족시키기 위해서는 발전소 표준화가 바람직하고 동시에 인허가기관과 설계내용에 대해 일찍 합의에 도달함으로써 인허가제도의 안정성도 수반되어야 한다. 유럽사업자그룹이 결성된 중요한 목적중 하나는 많은 유럽사업자들에 의해 승인된 공통적인 사업자요건을 작성하는 것이다. 그리하여 유럽사업자요건문서들은 기본설계를 최소한도로 수정하고자 유럽의 참여국들이 원전을 건설할 수 있는 설계시방서를 제공하는 것이다.

**경제성**

좋은 경제성이란 프랑스의 원자력프로그램이 보여준 바와 같은 방법으로 10년의 기간이 지나서도 그대로 복제가 가능한 표준설계를 개발함으로써 달성할 수 있다. 이것은 새로운 설계를 개발, 시작하는데 소요되는 높은 비용을 많은 원전에 대해 골고루 분산시키도록 하여 원전 및 설비의 제작을 연속적으로 발주함으로써 역시 경제성 측면에서 유리하게 만든다. 비용절감은 또한 프랑스의 EdF가 보여준 바와 같이 다수호기 건설부지를 선정함으로써 가능하다.

**부지선정**

미래의 원자로는 기본설계로서의 변화시킬 필요가 없이 부지

선정에 있어서 최대의 신축성을 부여한다. 이것은 정상운전중에 방사능 방출량이 낮게 유지되기를 요구하며 사고조건에서 소외의 사고영향을 최소화 할 목표를 또한 요구하는데 이로써 비상계획의 범위를 대폭 줄일 수 있다. 더 나아가서는 외부적인 피해와 관련하여 원자료가 건설될 가능성이 큰 대부분의 부지에 대해서도 이 설계는 고려를 하고 있다. 정상운전에 대한 EUR요건은 원자료와 가장 가까운 주민 주거지역과 거리 및 피폭선량 섭취경로에 있어서의 차이들의 영향을 설계과정으로부터 배제하기 위하여 피폭선량보다는 방사능 방출량의 관점에서 방사선관리 목표를 설정하고 있다. 이 목표는 근래의 가장 우수한 원전의 경험을 근거로 하여 엄격하지만 달성가능한 수준으로 그리고 ALARA원칙이 지켜지는 것이 가능하도록 설정된다. 외부에의 영향에 대해서는 근래에 여러 나라에서 채택되는 방법론들간의 중대한 차이가 존재하는 비행기추락 및 지진의 영향 등을 제외하고는 설계에 큰 변화없이 대부분의 유럽 원전부지의 요건들을 만족시킬 수 있는 설계요건을 만드는 데 큰 문제가 없다고 보여진다.

**전반적인 안전성 접근방법**

EUR에 기술된 안전성목표는 오늘 날의 원자로에 대한 설계 및 평가에 있어 많은 경험에 근

거하고 있다. 그것은 심층방호개념을 전적으로 반영하고 있으며 3가지의 「전통적인」 단계는 다음과 같다.

-정상운전으로부터의 이탈을 방지.

-정상운전으로부터 이탈감지 및 사고상태로 이행하는 그러한 이탈방 지수단의 마련.

-사고상태를 제어하는 공학적 안전조치제공.

보다 한 단계 많은 4번째의 단계를 포함하는데 그것은 추가적인 발전소 특성 및 비상절차에 의한 중대사고의 완화.

EUR에는 결정론적인 방법과 확률론적인 방법이 함께 요구되며 이들은 상호보완적으로 사용된다. 결정론적인 방법은 실제 경험에 의해 잘 정립되어 있는데 많은 가정과 보수적인 방법론을 사용한다. 확률론적인 방법은 평가의 실제적인 방법을 요구하며 고장시퀀스의 전체범위에 걸친 광범위한 평가를 요구한다.

**정량화된 안전목표**

정상운전중의 방사선방출 및 운전자피폭에 대한 합리적으로 엄격한 목표치에 부가하여 설계기준이내의 사고조건에 대한 그리고 중대사고조건에 대한 정량적인 목표들이 많이 제안되고 있다. 설계기준 이내의 고장 및 사고에 대하여는 몇 사고조건에는 비록 판매 및 교역용 식량에 대한 방사능준위의 엄격한 CEC제

한치때문에 지방농산물의 제한적인 섭취금지 등이 있을지라도 주민들의 소개나 대피소로의 대피 등의 소외영향이 없어야 한다는 것이 그 목표가 된다.

확률론적인 목표는  $10E-5/Yr$  이하의 노심손상빈도수를 포함하고 중대사고에 대하여는 0.1%의 위험도에 해당하는 방사능누출 허용량초과빈도수가  $10E-6/Yr$  이하여야 한다. 사고빈도수에 관한 목표는 현재의 원자로설계평가에 있어서 중대한 기여인자로 알려진 원자로 운전정지중의 위험도에 대한 것도 포함한다. 이것은 예컨대 IAEA 문서 INSAG3에 나타난 바와 같이 점차로 함의를 이루어 가고 있지만, 중대사고의 경우 공중에 대한 위험도의 널리 수용가능한 수준 및 소외영향대책의 범위에 대한 제한을 목표로 하고 있다.

이 목표는 사고방지와 완화간의 적절한 조화를 나타내고 있다고 느껴지는데 후자에 대해서는 과압, 수소폭발, 베이스매트용융, 고압용융분출에 기인한 고장을 피할 것을 목표로 격납용기의 신뢰성을 높이기 위해 어떤 특정한 요건이 부여된다. 또한 격납용기 바이패스 사고의 위험도를 제한하기 위한 수단에 대해서도 기술되어 있다.

**구조물, 계통 및 부품의 신뢰성**

사고예방과 사고완화를 확증하기 위해서는 구조물, 계통 및 부

**운전자에 편리한 원전설계**

미래 원자로에 대한 요건은 운전자에게 편리한 설계를 하며 기술지침서 이내에서 운전 및 보수요건을 최소화하는 특성을 갖는다. 이런 목적으로 여유도의 상향조정, 단순화된 계통, 고유거동의 최적화 및 「투명한」 안전성 관련 사례들이 요구된다. 여유도의 증가(예컨대 가압기 크기의 증가, 증기발생기 크기의 증가)는 그것들이 고장시퀀스에서의 명백한 개선이 이루어질 경우에 선택되어야 하며(즉 여러 고장에서 안전감압밸브가 열리는 것을 피하여야 함) 또는 트립발생가능성을 현저히 줄일 수 있을 때 또는 운전자가 조치를 취할 수 있는 시간 여유를 증가시킬 수 있을 때에 여유도의 증가가 선택되어야 한다. 고유의 적절한 대응을 잘 할 수 있도록 하는 걸 목표로 하는 요건은 반응도출력계수가 모든 조건하에서 음이어야 한다는 것이다.

피동형계통의 사용은 단순하다는 이점과 능동형 원전의 정확한

보수작업에 대한 의존도가 감소하는 이점이 있다. 그러나 자연대류같은 자연적 현상을 이용하는 계통이 요구하는 신뢰도는 해당 조건에서 그러한 자연적인 과정의 효율성을 입증하는 정도와 부합하여야 한다.

높은 수준의 안전성 달성의 중요한 측면은 인간과 기계의 인테페이스의 개선이다. 신규원전은 이 분야에서 지난 10년간에 걸쳐 개선되어 온 것을 반영할 필요가 있으며 운전원의 능력을 향상시키는 데 있어 효과적이라고 알려진 기술적 측면에서의 개선사항 역시 반영되어야 한다.

원전의 변수들이 보호계통의 트립설정치를 초과하면 안전계통이 자동작동하여야 하는데 이는 주제어실에서 조치를 취하기 전에 안전하게 원자로가 운전정지되고 이후 30분간 냉각수가 순환하여야 한다. 그러나 제어계통의 설계는 트립개시 이후 30분 이내에 운전원의 개입을 막지 않도록 되어 있어야 한다.

품의 고도의 신뢰성과 건전성이 요구된다. 이러한 목표달성을 위한 공학적 요건들이 운전중인 원전의 많은 경험들로부터 최대이익을 얻을 수 있도록 작성된다.

따라서 가능한 한 뛰어난 신뢰성과 건전성의 기록을 갖고 있는 실증된 부품을 이용하는 것이 목표가 된다. 새로운 설계는 그것들이 명백한 안전성에 있어서의 이

점을 갖고 있을 경우에만, 혹은 다른 분야의 이점들과 결합되어 현재의 신뢰성과 건전성의 수준을 최소한 유지할 수 있을 경우에만 작성된다.

부품들의 안전성등급분류는 과거에는 종종 상당한 추가적인 노력과 비용으로 이어지던 분야이다. 각각 다른 계통들의 안전성요건을 실제적으로 반영하는 시스템을 채택하는 것이 바람직한데 이를 달성하기 위하여 EUR은 「안전성등급분류된 계통」 그리고 「완전히 비분류된 계통」 계통의 부가하여 「안전성에 크게 기여하는 계통」 중간등급의 범주를 가진 분류방법을 채택하고 있다. 이것은 예컨대 심층방호를 제공하거나 혹은 확률론적 안전성 평가 결과 전반적인 신뢰성에 기여하는 계통에 적용될 것이며 이 신뢰성은 신뢰성 입증 프로그램에 의해 지지될 수 있을 것이다.

소프트웨어에 기반을 둔 계통에 있어서의 주요 진전사항은 연속적인 온라인 고장탐지같은 바람직한 특성을 원자로보호에 응용되게 하였다. 그러나 그러한 계통은 소프트웨어 설계에서 공통 원인 고장에 노출될 수 있으며, 계통설계는 이러한 가능성에 대해 견딜 수 있어야 한다.

보호계통에 있어서의 다양성은 신뢰도요건의 수준이 높을 경우에는 하나의 요건이 될 수 있다. 안전성 소프트웨어의 검증 절차서들이 잘 발달되어 있으나 소프

트웨어 시방서에 대한 구조적인 접근이 초기단계부터 채택될 경우에만 고신뢰성이 입증 가능하다.

#### 성능목표

많은 가동원전 경험의 이점을 가지고 15년전 보다는 용이하게 정량화된 성능목표를 설정할 수 있다. EUR 문서는 이용률, 원자로수명, 고체폐기물생성, 운전원 피폭전량(개별 및 집적전량) 및 다른 성능지표에 대한 목표를 제공한다.

이용률 목표치는 87%이며 운전성능목표는 부하추종능력(원자력 용량이 전체전력계통에서 높은 비율을 차지하는 나라에서는 중요) 및 전력계통 주파수변화에 대한 응답특성 등이 기술된다.

연간 1회 이하의 원자로 운전 정지목표가 기술되어 있고 핵연료 교체주기를 18~24개월로 늘이는 가능성을 제공하는 핵주기의 가변성이 요구되고 있고 규정원자로수명은 전출력운전으로 최소 50년이다. 운전원 직접선량목표는 GW·년 당 0.7manoSv이다. 설계방법, 재질선택, 운전절차서들은 운전원 피폭선량이 ALARA 임을 보증하도록 기술되어 있다.

#### 유럽의 가압경수로(EPWR)

유럽에서 신형원전설계는 NPI, EdF와 합작하는 프라마툼과 시

멘스, 그리고 유럽형가압경수로를 개발중인 독일의 전력사업자들이 주도하고 있다. 이러한 개발작업은 프라마툼/시멘스의 기술에 근거를 두고 있으며 이 프로그램은 1993년말까지 EPR의 공동개념설계에 대한 합의를 요구하고 있다. 프랑스와 독일에서 인허가 절차를 시행하기 위해 양국의 안전규제당국은 협력하여 공동안전요건을 개발하며 설계에 대한 공동평가작업을 수행할 것에 상호동의하였다. 개념설계에 이어 NPI, 프랑스와 독일에서는 EdF의 공학적인 능력을 적용하여 프라마툼과 시멘스에 의해 원자력 기초설계가 개발될 예정이다.

비원자력분야에 대한 설계는 프랑스에서는 EdF에서, 독일에서는 시멘스에서 수행하고 있다. 기본설계는 1995년에 완성되며 건설허가 신청서 작성 및 소요예산 추정에 필요한 정보같은 건설작업 추진결정에 필요한 정보를 제공할 것이다. 건설작업의 개시(영구콘크리트타설)는 1990년 말로 예정되어 있다. 그때까지는 상세설계 대부분이 완료될 것이다. EPR은 약 1,450MWe의 전기출력(노심열출력은 4,250MWth)을 내게될 것이다. MOX 재순환을 포함하는 연료관리계획 수행에 있어서 보다 큰 융통성 확보를 위해 17×17의 배열 높이 420cm의 연료집합체 수를 241개로 증가시켰다.

**유럽의 가압경수로 안전목표**

EPR은 독일의 콘보이설계 및 프랑스의 N4 설계에 근거를 둔 개량형이 될 것이며 PWR 원전 설계, 건설 및 운전에서 프랑스와 독일의 경험에 의존하게 될 것이다. 또한 이것은 안전성접근방법이 오늘날 프랑스, 독일 그리고 선진국의 PWR의 안전개념의 기본이 되는 입증된 심층방호 개념에 근거를 둘 것이다.

사고 및 과도상태가 중대사고 시나리오의 전반적인 확률에 균형적으로 기여하고 있다는 것을 입증하기 위하여, 그리고 방사능 대량방출로 이어지는 사고의 확률이 충분히 낮다는 것을 입증하기 위하여 확률론적 위험도평가가 사용될 것이다. 정량적인 확률 목표의 정의는 특히 공통고장 및 인적과오의 분야에서 양국에서 사용하는 방법과 자료들의 조화

를 요구한다.

설계목표는 소내 사고의 경우 종합적인 노심용융빈도가 10<sup>-6</sup>/년 보다 높지 않아야 한다는 것이다. 낮은 중대사고 확률에도 불구하고 완화대책에 의해 그러한 사고의 잔존위험도를 더욱 감소시켜야 한다.

전반적인 전략은 높은 동적부하를 격납용기에 부과하는 고압 노심용융 시나리오의 확률이 고도의 신뢰성을 갖는 2차계통 열 제거와 RCS 안전등급감압을 통하여 10<sup>-7</sup>/년 목표수준 이하로 감소되어야 한다는 것이다.

그러나 저압용융 시나리오는 설계에 고려될 것이며 이는 다음과 같은 점을 의미한다.

- ① 단기 및 장기의 격납용기 성능보증.
- ② 용융물의 격납용기 내부에

서의 안정화.

- ③ 노심·콘크리트 반응 발생 방지.
- ④ 용융물의 장기냉각 보증.
- ⑤ 설계특성에 의한 수소의 비가연성물질로의 변환.
- ⑥ 재임계방지.
- ⑦ 격납용기 누설물의 설계치 이내로의 유지(설계에 의해 직접적인 격납용기 누설 방지.)

이러한 특성을 가지고 발생할률이 더욱 높은 중대사고에 의한 방사능방출이 소의 비상대응조치를 적정수준으로 유지할 수 있도록 하는 값으로 제한될 것이다. 더욱 자세하게 기술하면 대피 및 이동 등의 소의 비상대응조치가 원전 인근지역에만 국한될 수 있도록 방사능물질은 격납용기 내부에만 존재하도록 하여야 한다.

**1차측 안전계통**

안전계통은 각각 비상전력공급 체계를 갖고 있는 4개의 완전히 독립된 부분으로 구성된다. 각 부분은 저수두 및 중수두 안전주입계통을 포함한다. 주입된 물은 격납용기 내부의 재장전수 저장탱크로부터 취해진다. 이것은 종전의 격납용기 외부에 저장수가 있었던 과거설계에서 필요했던 격

납용기 펌프로부터 용수를 취하는 재순환 모드로 전환할 필요성을 없애으로써 그 기능의 신뢰도를 향상시켰다. 저장수는 또한 노심용융사고의 경우 노심냉각에 사용 가능하다.

저수두 및 중수두 안전주입계통 둘 다 엄격한 적합기준을 갖도록 설계되었는데, 소규모 1차배관파단에 대한 노심온도상승제한

과 중간규모 및 대규모파단의 경우 노심손상제한이 그것이다. 중수두 안전주입계통의 수두는 증기발생기 감압 및 안전밸브 설정치 이하로 조정된다. 증기발생기 전열관 파열과 그 이후 초기과도현상의 경우 관련증기발생기는 고립되어 그러한 사고 도중에 방사능 방출을 무시할 수 있는 수준으로 제한할 수 있게 한다.

**2차측 안전계통**

고압노심용융 빈도수를 현저히 저감시킨다는 목표와 부합되도록 2차측 열계거의 신뢰성이 더욱 증가되어야 한다. 고 신뢰성 확보를 위해 펌프에 동력공급을 다양화하는 방법으로 능동적인 비상용급수 계통이 설치된다.

**원자로건물과 격납용기**

격납용기는 중대사고를 포함하는 사고의 결과완화라는 안전개념상 특별한 중요성을 지닌다. 그것은 심층방호개념에서 3번째이며 최종방벽이 된다. 제안된 격납용기는 프랑스 기술에 근거하여 2차적인 강화콘크리트 원통으로 둘러싸인 사전인장된 콘크리트 원통으로 구성되어 있다. 가능한 수설은 벽간의 공간에서 수집되어 굴뚝을 통한 외부방출 이전에 여과되는데 이렇게 함으로써 환경으로의 직접누설이 없게 되어 있다.

원자력시설의 배치는 원통형 원자로건물에 인접한 많은 직선형건물로 구성된다. 안전계통은 전력 및 I&C 계통을 포함하여 건물내에 설치된다. 원자로 및 인접 건물들은 고준위의 지진에 견디도록 하나의 동일한 기초면위에 건설된다. 유체계통은 인접건물의 하부에, 그리고 주제어실을 포함하는 전기 및 I&C 설비들은 상층부에 설치된다. 이러한 배치는 건물 내의 모든 높이에서 4개의 안전부분과 사용연료저장조

및 화학체적 제어계통이 위치하는 1개의 운전부분간의 엄격한 분리 수단을 제공한다.

격납용기 내부 하단부는 안전주입을 위한 용수공급시설을 갖고 있는데 이는 격납용기내부 재장전수저장탱크(IRWST)이다.

이러한 배치는 안전성에 중요한 모든 설비는 보호된다는 것을 의미한다. 또한 발전소는 비행기 추락을 포함하는 외부로부터 가해지는 모든 위해에 대해 견딜 수 있도록 설계될 것이다.

**계측제어**

계측제어는 4개의 부분으로 구성되는데 이는 소외사고의 경우에도 전력 및 유체계통에 대해 제어계통이 고신뢰도의 목표를 만족시킬 수 있도록 하고 있다.

고도의 자동화는 높은 원전이 용률확보에 필요한 한편 사고발생 후 최초의 30분 이내에 필요한 모든 조치가 자동으로 취해질 것을 보증하기 위해 필요하다.

새로운 종류의 고수준 자동화는 그것이 합리적인 한에 있어서는 그 과정을 제어할 수 있는 기회를 운전원에게 부여하도록 하여야 한다.

제어실은 전산화된 신호처리와 고밀도의 정보를 제공하는 표시기능이 이점을 최대한 이용한다. 제어실은 또한 고밀도의 정보와 축소동작형 CRT화면으로 운전원이 제어할 수 있는 전산화된 화면시스템을 최대한 이용할 수

있다.

**결 론**

서유럽에서 생산되는 전력의 평균 30%를 원자력이 공급하였으나 현재는 프랑스와 영국만이 활발한 건설계획을 수립하고 있고 다른 나라에서는 정치적인 이유로 제약이 가해지고 있다.

유럽에서의 원자력 프로그램의 재개는 경제성 우위, 환경특성, 다양화된 연료공급 및 대중수용성에 근거하여 정부가 어떻게 재개를 공약하느냐에 달려있다.

유럽의 전력사업자들은 유럽에서 신규원전을 건설할 근거를 제공할 사업자조건(EUR) 제정작업을 하고 있다. EUR은 초기에는 그 대상이 PWR로 제한될 것이며 일반적인 요건은 1993년 후반까지 완성될 것이다.

장기적인 개발목표는 원전의 단순화, 표준화의 증대 및 고신뢰도를 지향할 것 같다.

개발된 핵연료주기를 사용할 수 있는 능력 또한 향후 고려될 것이다. 안전성과는 별도의 우선적 관심사는 경제성 측면에서 경쟁력 획득의 달성이자이다.

NPI에서 개발하고 있는 유럽형 PWR은 현재 개념설계단계이며 기본설계는 1994년 초에 시작될 예정이고 건설은 1990년대 말에 착수할 것인바 그때 쯤에는 상세설계가 완료될 것이다.