

IAEA, V-230爐 檢討

IAEA의 구형원자로조사단이 초기의 VVER-440 원자로에 대한 조사를 실시할 예정이다. 각국의 관계기관으로부터 들어온 보고서를 검토하고 현재 운전중인 V-230 원자로를 직접 답사해 1991년 중반까지 보고서를 제출할 예정이다.

VVER-440의 1세대 원자로인 V-230형을 설계할 때 가장 큰 목표로 삼았던 것은 가동률을 높이는 것이었는데 대부분의 경우 이 목표가 달성되었다. 그러나 이 형의 원자로는 안전성이 기준에 못 미치는 것으로 밝혀져 현재 이에 대한 조사가 진행 중이다.

1989년 7월 불가리아, 체코, 동독, 소련의 규제기관들은 V-230 원자로의 보완공사와 안전운전에 관한 16개 항목의 최소한의 요구사항을 설정했다. 현재의 국제기준을 토대로 한 이 요구사항에는 다음과 같은 것이 포함돼 있다.

설계기준사고 범위의 확대, 100mm 이상되는 파이프의 파열사고 발생확률을 10^{-5} /년 이하로 억제하는 것, 밀폐된 격납설비의 氣密性 개선, 최소한 2개의 독립된 비상용 전원확보, 안전제어계통을 현기준에 맞도록 개선하는 것(여기에는 예비 컨트롤 룸, 출력변경시에 사용되는 각각 3개 채널로 되어있는 2셋트의 원자로 보호시스템 등을 구비하는 것도 포함된다), 사고후 열제거능력을 현기준에 맞추는 것, 사고시의 방사능 모니터링설비를 충분히 갖추도록 하는 것, 용기 脆性化 예방대책을 마련하는 것, 방화시설의 개선, 사고관리능력 개선, 외부적

인 영향 분석, 기기 및 구조물의 현상태 파악 등. V-230 원자로에 대한 이 보완공사는 1992년까지 끝낼 예정이다.

규제당국은 설비보완에 관한 그들의 요구조건이 충족되면 V-230 원자로는 허용되는 안전수준에서 운전될 수 있을 것이라고 밝혔다. 이 보완공사가 끝날 때까지는 현재 적용하고 있는 특별규제절차를 따르게 될 것이다.

IAEA 프로젝트

1990년 IAEA는 구형원자로의 안전성을 검토하기 위한 국제적인 프로젝트를 설정했다.

이 프로젝트는 어떠한 국가나 2국간 또는 다국간 원자력사업에 관여하거나 이를 대체하려는 것은 아니다. 이 프로젝트의 역할은 주로 다른 원자력사업의 정보를 검토하고 이를 널리 알리기 위한 것이다. 원자로 안전에 대한 책임은 이를 사용하고 있는 각국에서 지게 되어있기 때문에 원자로를 사용하고 있는 국가들은 자국의 원자로를 계속 운전하는 경우의 안전문제에 대해서는 자체적으로 결정을 내리지 않으면 안된다.

따라서 IAEA는 원자로의 계속운전 여부를 결정할 수도 없고 개선을 요구할 수도 없다. 그러나 이 프로젝트는 요청에 따라 원자로 사용 국가에 대해 설계상의 취약점이나 운전상의 제한사항에 대해 조언을 하고 현재의 안전원칙을 준수하기 위한 개선에 대해 논평하며 안전개선 방안 평가시에 원자로사용국가를 지원하게 될 것이다.

IAEA “자문단 회의”는 1990년 9월 비엔나에서 첫회합을 갖고 구형원자로에 대한 프로젝트를 논의했다. 이 자문단은 장기적으로 몇가지 형의 구형원자로를 검토할 계획이다. 즉 V-230형 VVER-440 원자로로부터 조사를 시작하는데 이 첫단계 작업은 1992년말까지 계속될 것으로 보인다.

이 작업이 끝나면 자문단 회의는 조사결과를 검토하고 다른 형의 원자로도 조사할 것인가에 대한 결정을 내리게 될 것이다.

이 계획은 다음의 5단계로 이루어진다.

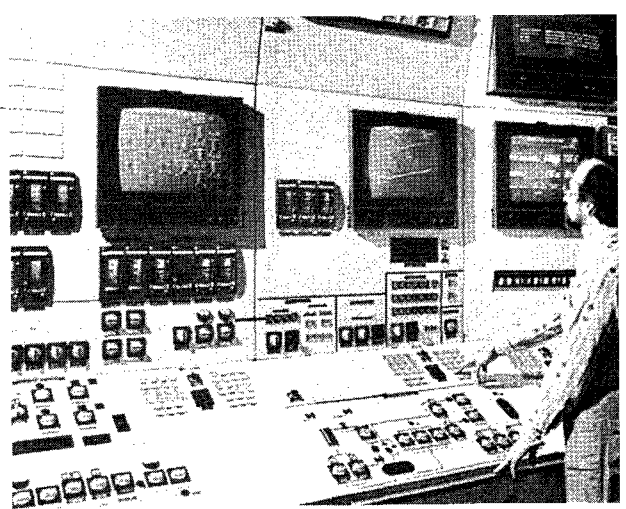
- 자문단을 대표할 운영위원회 설치
- 조사단 사전준비
- 조사단 현지답사
- 검토
- 후속조치

조사단은 V-230 원자로 현장을 적어도 한번은 방문하게 되어있는데 일부 현장에는 두번 방문하는 것으로 되어있다(별표 참조). 이 조사단은 IAEA의 안전평가조사단의 경험을 살려 일을 진행할 것이다. 이들은 1991년 6월말까지 일을 마치고 설비개선에 관한 권고사항을 담은 보고서를 내게 된다.

첫번째 조사

자문단은 이미 V-230 원자로의 조사항목을 정해 놓았다. 이 일을 진행하는데 있어 특히 중요한 것은 각국에서 적용하고 있는 안전기준을 다른 나라의 기준 및 국제적인 기준과 비교검토하는 일이다.

조사항목은 문제점에 관한 데이터를 얼마나 빨리 입수해야 하는가에 따라 3가지로 구분된다.



- 1종 : 즉시 데이터를 구해야 하는 조사항목
- 2종 : 1년내에 데이터를 구해야 하는 조사항목
- 3종 : 2년내에 데이터를 구해야 하는 조사항목

또한 조사활동 중 고려해야 할 사항에 대해 항목별로 가이드라인이 제시되었다.

누설검출 : V-230의 비상시 1차냉각재 주입 용량은 한정돼 있기 때문에 1차냉각재 계통에 큰 이상이 생기기 전에 누설을 사전검출한다는 것은 매우 중요하다. 조사단의 작업은 “과열전 누설” 문제와 현재 사용중이거나 제안중인 누설검출시스템의 정확도와 신뢰성 문제에 초점을 맞추어야 한다.(1종 조사항목)

계측제어계통(I & C) : V-230 원자로 계장설비의 개선/개조가 절대 필요한 것으로 독일안전공사의 안전보고서가 밝힌 일이 있고 ASS-ET팀도 전에 Greifswald 유니트의 출력제어기를 교체할 것을 권고했었다. 조사단이 제안하는 I & C 변경사항은 V-230 소유자에 의해 검토될 것이다. 현지답사반은 현장에서 발견한 사항들을 보고서에 올려야 한다.(1종 조사항목)

운전원훈련용 시뮬레이터 : V-230 원자로를 안전하고 신뢰성 있게 운전하기 위해서는 운전원이 조작해야 할 일이 많아진다. 또한 사고후 유증을 최소화하도록 운전원들의 사고관리능력을 기르기 위해서는 효과적인 운전원 훈련이 가장 중요하다. 따라서 운전원훈련에 사용되는

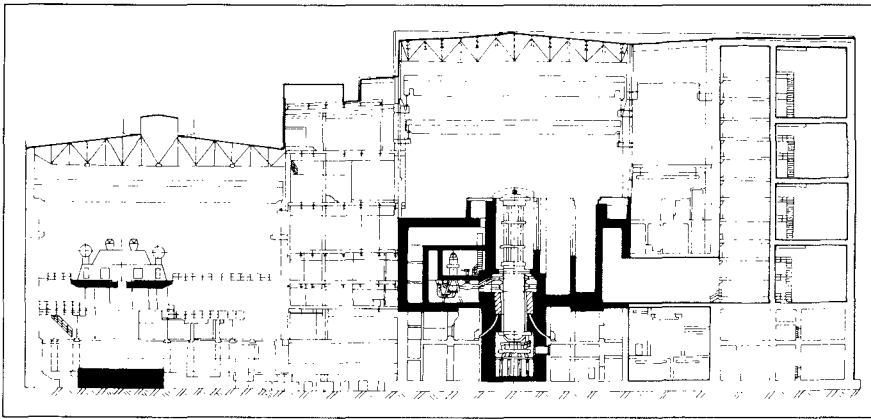
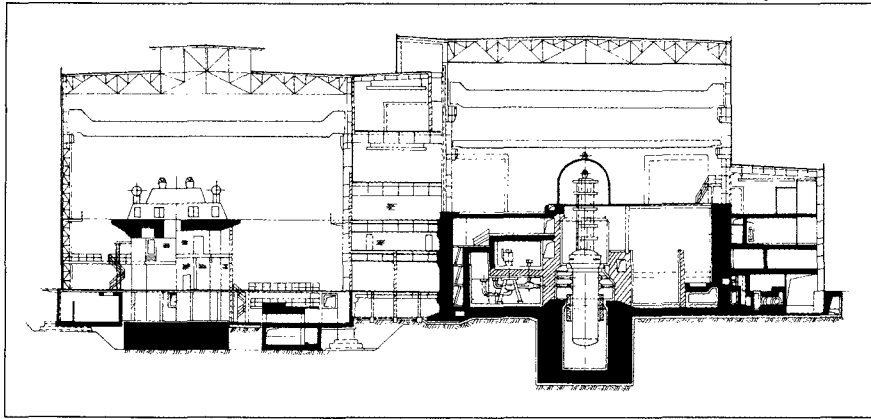
동유럽/ 소련의 VVER-440 원자로 현황

국 명	발전소명	노 형	운전개시	폐 쇄
소 련	Kola 1	V-230	1973	
	Kola 2	V-230	1974	
	Armenia 1	V-230	1977	1989
	Armenia 2	V-230	1980	1989
	Novovoronezh 3	V-230	1972	
	Novovoronezh 4	V-230	1973	
	Rovno 1	V-213	1980	
	Rovno 2	V-213	1981	
불 가 리 아	Kozloduy 1	V-230	1974	
	Kozloduy 2	V-230	1975	
	Kozloduy 3	V-230	1980	
	Kozloduy 4	V-230	1982	
체코슬로바키아	Bohunice 1	V-230	1978	
	Bohunice 2	V-230	1980	
	Bohunice 3	V-213	1984	
	Bohunice 4	V-213	1985	
	Dukovany 1	V-213	1985	
	Dukovany 2	V-213	1986	
	Dukovany 3	V-213	1986	
	Dukovany 4	V-213	1987	
	Mochovce 1	V-213	1993(planned)	
	Mochovce 2	V-213	1994(planned)	
	Mochovce 3	V-213		
	Mochovce 4	V-213		
핀 란 드	Loviisa 1	V-213	1977	
	Loviisa 2	V-213	1981	
독 일	Greifswald 1	V-230	1973	1990
	Greifswald 2	V-230	1975	1990
	Greifswald 3	V-230	1978	1990
	Greifswald 4	V-230	1979	1990
헝 가 리	Paks 1	V-213	1983	
	Paks 2	V-213	1984	
	Paks 3	V-213	1986	
	Paks 4	V-213	1987	

시뮬레이터와 기술은 현지답사 조사단에 의해 충분히 검토돼야 한다. Novovoronezh 발전소에 있는 소련 PWR 훈련센터 조사시에는 현지 답사조사단에 이 분야의 전문가 한사람을 더 추가해야 할 것 같다.(2중 조사항목)

보조/ 비상용 급수계통 : 비상용 급수계통의 개조문제를 검토함에 있어서는 특히 방화방법에 중점을 두어야 한다.

열수력 및 안전분석 : 과거의 안전분석 기록



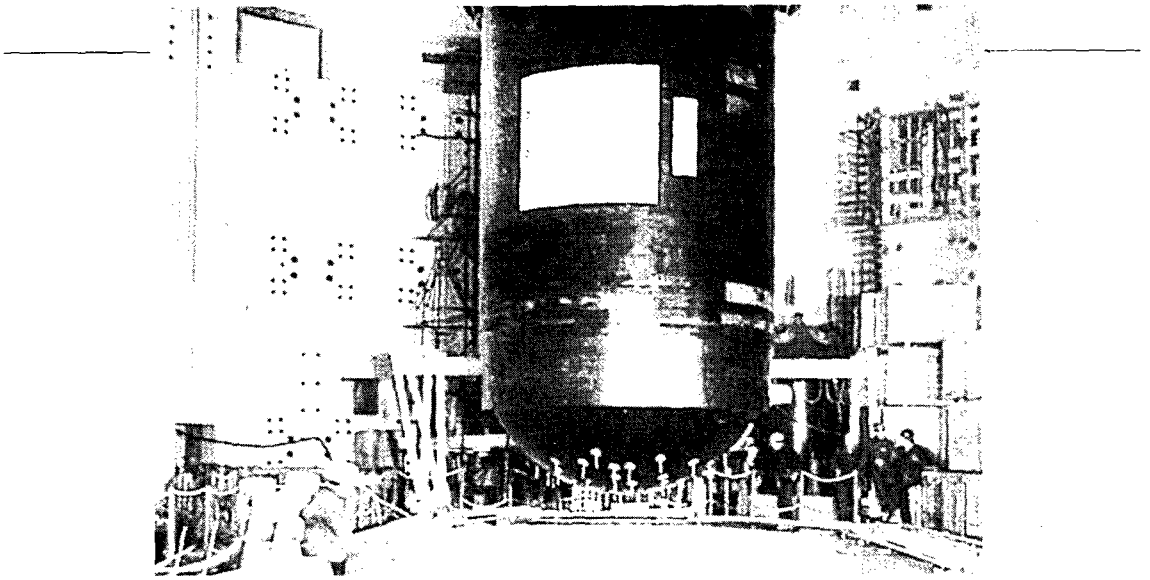
▲ VVER-440의 V-230형(위)과 V-213형(아래)의 단면도. V-213형은 기포억제장치(건물 오른쪽)와 사고범위를 한정시키기 위한 밀폐된 Chamber 설비를 갖추고 있다.

IAEA 조사단의 V-230 답사계획

조사내용	유니트	국명	일자
ASSET	Bohunice 1 & 2	체코	90.10.1~12
ASSET	Kozloduy 1·4	불가리아	90.11.12~23
설계/운전	Novovoronezh 3 & 4	소련	91. 4/5월
설계/운전	Bohunice 1 & 2	체코	91. 4. 8~26
설계/운전	Kozloduy 1·4	불가리아	
설계/운전	Kola 1 & 2	소련	5/6월
설계/운전	Greifswald	독일	

을 수집해 IAEA의 기록과 대조해 보아야 한다(1종 조사항목). 최신식 코드(RELAP 5 / MOD2 등)를 사용해서 하는 안전분석은 해당

국에서 시행해야 한다. 이 최신식 안전분석결과를 사고수습방법(예를 들어 장기간의 냉각 등) 및 보완대책을 검토할 때에도 참고해야 한



다.(1종 조사항목)

압력용기 脆性化: 압력용기 취성화에 관한 데이터수집은 해당지역 WANO 협조하에 해당국에서 해야 한다. 이 데이터에는 延性變形이 일어나지 않는 온도, annealing방법, annealing 후의 취성화율 등이 포함되어야 한다. 이러한 모든 데이터는 공정한 평가대상이 되어야 한다.(2종 조사항목)

확률론적 안전분석(PSA): Level 1의 PSA에 필요한 운전사고, 인적요인, 설비신뢰성에 관한 데이터를 수집해야 한다. 특히 부분부하 운전(특히 터빈 1대만 가동시킬 때)의 경우를 중요시해야 한다. 데이터 수집은 VVER-440 원자로에 대한 IAEA 지역분회의 PSA 프로그램과의 협조하에 이루어져야 한다(IAEA의 지역적인 PSA 프로그램의 데이터 수집은 1종 조사항목, 부분부하운전 데이터는 2종 조사항목, 전체적인 데이터는 3종 조사항목이다).

증기발생기계통: 증기발생기 성능을 정확히 파악할 필요가 있다. 특히 증기발생기 튜브 파열, manifold와 collector의 고장 등이 났을 때의 데이터와 2차측 수위제어에 관한 데이터를 수집해야 한다.

데이터 수집은 현지답사 조사단이 해야 한다.(3종 조사항목)

격납설비: 격납설비 개선에 관한 제안은 전문가팀에 의해 검토되어야 한다.(3종 조사항목)

협력기구: IAEA는 VVER-440 원자로 조사를 위해 다른 국제기구와 긴밀히 협조하고 있다.

세계원전사업자협회(WANO)는 모스크바와 파리의 지역분회에서 V-230 원자로의 안전성 개선을 확인하기 위한 특별 프로젝트를 시작했는데 이 프로젝트는 신형 V-213 원자로의 표준화된 현대화 작업을 촉진시키는데도 그 목적이 있다. VVER 원자로에 대한 WANO 프로젝트는 IAEA 프로그램과 병행해서 이루어지고 있다. IAEA와 WANO 프로그램은 긴밀한 협조관계에 있고 상호간에 개방적인데 양 기관 사이에는 일의 중복을 피하고 상호간의 지원을 촉진시키기 위해 프로젝트가 시작될 때부터 긴밀한 접촉을 해왔다.

유럽공동체위원회(CEC)는 이미 중부 및 동부 유럽의 원자로안전성 개선작업을 자금면에서 지원하기 위한 프로그램을 갖고 있다(PHARE 프로그램). 원자로 안전성을 개선하기 위한 이 PHARE 프로그램 자금은 각국의 요청에 의해 소프트웨어 분야에만 제공된다. 이 자금은 하드웨어 분야는 커버하지 못하고 있는데 하드웨어 개선을 위한 자금은 CEC의 별도의 차관에 의해 제공받을 수 있을 것이다.