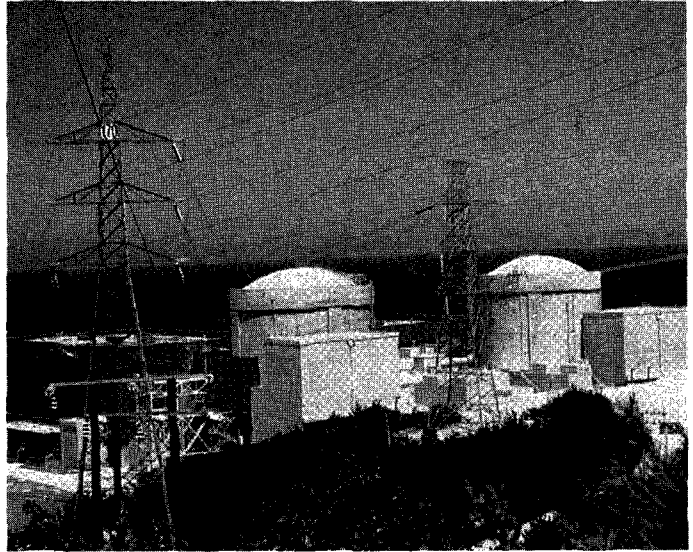


한국표준형 원전의 안정성 고찰



한국표준형 原電, 울진3·4기 건설공정 40%진척
중대사고 완화·예방 능력보강, 대처능력 획기적 向上
기술도입모델 비해 100여종 고유설계 반영 安全性 높여

허 남

과 학 기 술 처
안 전 심 사 관

I. 한국표준형 원전 의 개념

최근 미·북 회담에서 논의되었던 소위 「한국형 경수로」는 한국표준형 原電을 지칭한 말인데 먼저 최근 대북 경수로 지원문제와 관련하여 언론에 게재되고 있는 「한국형 경수로」의 정확한 개념정립이 필요하다고 생각된

다.

1984년 정부에서는 표준화된 원전의 반복건설로 우리의 실정에 적합하고 경제성을 증진하기 위하여 「원전 기술자립계획」을 수립하였으며, 이에 따라 그간의 기술자립에 노력해 온 ABB-CE(Asea Brown Boverly-Combustion Engineering)사의 System 80 노형(영광 3,4호기)을 기본으로 하고 국내외 연구기관의 연

표1 : 한국표준형 原電의 설계제원

구 분	울진 3, 4호기
전기출력(MWe)	1,000
열출력(MWt)	2,825
연료장전량(톤)	75.5
연소도(MWD/톤)	43,000
연료물질	UO ₂
연료농축도(%)	1.28~3.34 (초기노심) 3.1~4.1 (교체노심)
냉각재	경수
감속재	경수
피복재	Zr-4
증기발생기 수	2
상업가동년도	'98(3호기) '99(4호기)

구결과와 설계개선 항목을 반영하여 우리의 실정이 적합한 경수로 모델을 개발하게 되었다.

보다 정확히 말하면 우리의 고유한 설계 개념이 신규로 설계된 독자적인 노형이라기 보다는 미국에서 이미 안전성이 입증되어 건설, 운영중인 ABB-CE 노형에 우리의 독창성을 가미함으로써 우리의 실정에 적합하게 표준화된 노형이라 할 수 있다.

이렇게 개발된 우리의 경수로 모델은 울진 3, 4호기 표준설계에 최초로 적용되었으며, 이를 「한국형 원전(KSNPP: Korea Standard Nuclear Power Plant)」으로 국내 외에 알려져 왔고, 최근 대북경수로 지원문제와 관련하여 이의 약칭으로 언론매체 등에서는 「한국형경수로」라

널리 보도되고 있다.

II. 한국 표준형 원전의 안전성 고찰

원자력 시설의 확보란 결국 방사선 재해의 방지를 의미하는 것으로서, 이를 위하여는 완벽한 설비와 안전문화의 정착, 정부의 엄격한 안전규제를 비롯하여 설계, 제작, 건설 및 시운전을 거쳐 운전에 이르는 전과정이 빈틈 없이 이루어져야 총체적인 안전성이 확보되는 것이다.

특히 한국 표준형 원전인 가압경수형 원자로의 자체의 고유한 안전성을 가지고 있다.

즉, 핵분열이 증가하여 원자로 출력이 상승하면, 핵연료와 감속재의 온도가 증가하고 냉각재의 밀도가 감소하여 U-235에 흡수되는 중성자의 수가 감소하게 되고, 따라서 핵분열이 감소하게 되어 원자로의 과도상태시 원자로가 안전한 방향으로 작용하게 되어 있다.

또한 핵연료의 피복관, 원자로 압력용기, 격납건물, 원자로건물 등 다중 방호벽을 설치하여 핵분열 결과 발생하는 물질을 정상운전은 물론이고 사고시에도 외부환경으로 누출되는 것을 막고 있다.

아울러, 원자력 시설에 사용되는 기술은 새로이 개발된 기술의 시범적 적용을 배제하고 실증된 기술만을 채택함으로써 기술의 모험을 금지하고

있으며, 이러한 안전개념들은 부지 선정시부터 건설·운영·폐기에 이르기까지 전과정에서 적용되고 있다.

현재 한국 표준형 원전으로 건설중인 울진 3, 4호기는 설계가 약 90%, 건설공정이 약 40%정도 진행된 상태이며, 이의 기본모델인 영광 3, 4호기 중 선행호기인 영광 3호기는 설계 및 검사를 모두 완료하고 안전성을 확인 받아 운영허가를 획득하여 ('94년 9월 9일) 핵연료 장전을 통한 시험운전을 거쳐 곧 정상운전이 실시될 계획이 다.

한국 표준형원전의 기본모델인 영광원전 3, 4호기의 경우, 원자력안전기술원 109명의 전문인력이 건설허가심사에 참여하고, 심사과정에서 국제전문가의 자문은 물론, IAEA전문가단(5인)의 평가와 미국 원자력규제위원회(US NRC)전문가 자문도 받아 20개월만에 건설허가가 발급되었다.

운영허가의 경우 74명의 전문인력을 투입하여 운영허가 신청서류를 심사하고, 64명의 검사인력을 투입하여 원자로 및 각종 설비에 대한 사용전 검사로서 시설검사, 성능검사 등을 통한 안전성 확인을 계속하여 약19개월만에 운영허가가 발급되었다.

울진 3, 4호기에 대한 심사는 원자력법 제11조에 의거 한국전력공사가 1991년 11월 건설허가를 신청해 옴에 따라, 원자력시설의 이용에 수반될

한국표준형 원전의 안전성고찰

수 있는 방사선 피해로부터 국민의 건강을 보호하고 국토환경을 보전하기 위해 한국원자력안전기술원이 안전심사를 수행하여 '93년 7월 정부(과기처)에서는 건설허가를 발급하였다.

이러한 울진 3, 4호기의 건설허가를 위한 안전심사는 건설허가 신청서 첨부서류로 제출된 예비안전성분석보고서(PSAR)에 대해 사업자가 제시

한 안전성 평가 내용의 타당성을 확인하기 위해 원자력법 및 국내외 기술기준을 근거로 하고 외국의 인허가 경험 및 규제동향을 참조하여 수행되었다.

울진 3, 4호기 건설허가를 위한 안전심사의 주안점으로서는,

첫째, 영광 3, 4호기 대비 설계 개선 사항의 타당성을 확인하여 건설허

가 조건사항의 해결방안에 대한 적절한 반영 및 이행여부를 검토하고,

둘째, 국제적 수준의 안전성 확보여부의 확인을 위해 중대사고 대처능력 및 확률론적 안전성 평가의 적합성을 검토하고, 외국의 계량형 경수로 설계특성 및 인허가 요건에 반영되는 설계개선사항의 수용 타당

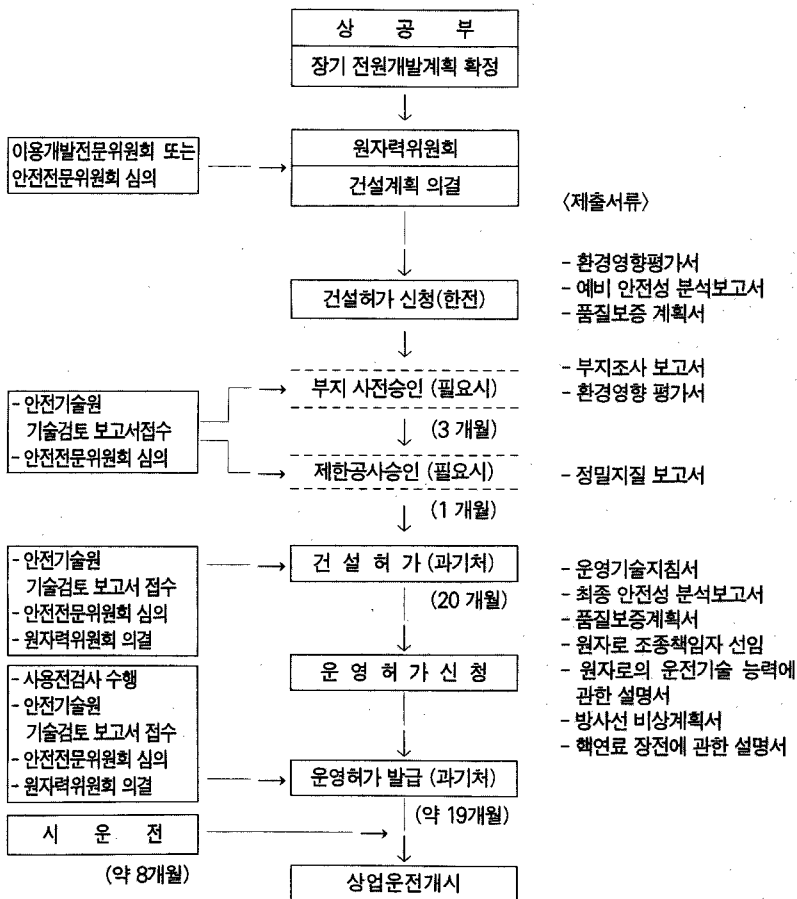


표 2

국내 원자력 발전소의 인·허가 절차

성을 평가하였으며, 세째, 이러한 설계기술의 국산화에 따른 품질보증계획의 철저한 확인과 다수기 건설 및 가동에 따른 원전 부지 및 환경에의 영향을 검토하였다.

이러한 안전심사는 규제위탁기관인 안전기술원이 주관이 되어 실시하였으며, 심사의 공정성 및 결과의 객관성을 확보하기 위해 국내 5개 대학 및 국외 전문기관에 중요안전성 현안문제에 대한 기술자문 용역을 의뢰하였다.

또한 안전심의회를 통하여 심시결과에의 다중적인 확인과 전문가 의견도 적극적으로 수렴하고 이를 반영하였다.

건설허가 심사결과, 울진원자력 3, 4호기의 구조물, 계통 및 부품 등은 선행호기 운전경험을 토대로 설계 및 운영이 개선되었으며, 부품 재질의 개량, 방사선 피복관리 강화 등의 차원에서 안전성 개선이 확인되고, 특히 중대사고 예방 및 완화설비의 보강으로 인해 중대사고 대처능력도 크게 향상된 것으로 평가되었다.

또한 한국 표준형 원전인 울진3, 4호기의 안전성 관련 부품, 기기, 구조물 및 계통의 설계, 제작, 가공, 설치, 시험 및 운전 등에 대한 제반 품질보증 관련 기술기준 및 규제요건들은 이미 미국에서 현재 적용하고 있는 산업기술수준 및 규제요건을 충분히 만족하

고 있다.

울진3, 4호기는 가압경수로형으로 전기 출력 1,000MWe이며, 발전소 설계수명은 40년으로 설계되었으며, 핵연료의 열적여유도(thermal margin)를 5%이상 유지하게 되며, 인간공학적 개념을 도입한 최신의 제어실을 채택하여 운전원의 실수에 의한 사고확률을 극소화하고 있다.

또한 주요 안전계통의 개선 및 보완을 통해 안전계통의 효율적 연계작동으로 노심 손상 확률을 $10^{-5}/\text{Reactor-Year}$ 이하로 유지하고 있다.

한편 당초 기술도입 모델인 미국의 Palo Verde원전에 비해 100여종 이상의 표준화된 고유설계를 반영하여 안전성 및 신뢰성을 증진시켰으며, 완전급수상실 사고에 대비, 안전감압장치를 최초로 설치하는 등 안전관련 설비를 강화함으로써 노심 손상빈도를 약 2~3배 개선하였다.

이밖에도 냉각수의 적정유량 및 압력을 조정해 주는 충전펌프를 3대에서 4대로 늘림으로써 신뢰도를 향상시켰으며, 경보의 우선순위를 부여하는 제어계통설계의 보완, 신호의 디지털화 등으로 안전성 향상은 물론 운전절차를 크게 간소화하여 원자로의 이용률 및 가동률도 크게 향상시켰다.

또한 차세대 원전의 규제요건인 중대사고 예방 및 완화설비를 상당부분

반영하여 보완 설계됨으로써 선진국의 안전규제 요건을 만족함은 물론 차세대 원전 규제요건에도 현재로서는 가장 근접하게 설계된 노형이다.

앞으로도 정부에서는 울진 원자력 3, 4호기는 운영허가 단계에서 상세설계에 대한 심사와 시설 및 성능에 대한 사용전 검사결과 등을 종합적으로 검토하여 원자로 및 관련시설의 구조적 건전성을 철저히 확보해 나갈 계획이다.

Ⅲ. 국내원전의 안전성 확보체계

국내原電의 안전성 확보 목표는 “원전작업 종사자의 생명과 건강의 적절한 보호라는 소극적인 일반산업 안전의 개념이 아니라 일반국민의 생명과 건강 그리고 재산을 적극적으로 보호”한다는 포괄적인 개념에 기초하고 있다.

즉 “원자력발전소의 건설과 운영에 따른 잠재적 방사선 재해로부터 국민의 생명, 건강 및 재산을 보호하고 환경을 보호하는 것”이라 말할 수 있다.

이러한 원자력발전소의 안전성은 고유의 안전성을 내포한 안전설계, 성능과 품질이 확인되고 신뢰할 수 있는 기기·부품들로 구성된 각종 안전설비 및 계통, 교육·훈련을 통해 적절한 능력을 갖춘 운전원과 보수요원, 유효성이 입증된 안전운전 기술지침서, 객관적인 안전성 분석·평가를 토

한국표준형 원전의 안전성고찰

태로 한 인·허가적용, 전 수명기간동안 지속적인 시험·검사를 통한 안전성 확인, 사고시 비상대책 등 유형·무형의 제반 법적·기술적·제도적 수단과 방법에 의해 역동적이고 총체적인 노력의 결과로 얻어지게 된다.

이와 같은 원자력발전소에 대한 안전성 확보를 위해 정부는 부지선정단계에서부터 설계, 건설, 기기제작 및 설치, 운전 및 유지보수 등 매 단계별로 발전소가 해체·철거할 때 까지 지속적으로 안전성을 점검·확인하고 있으며, 새로운 과학기술의 진보·발전사항과 사고·고장 및 운영경험을

반영하고 안전수준을 보다 향상시키기 위해 기존 설비의 개선·보완과 안전관리강화에 끊임없이 노력하고 있다.

따라서 원자력발전소는 다른 어느 산업시설보다 엄격하게 유지·관리되고 있으며, 높은 수준의 안전성 및 신뢰성이 확보되고 있다고 말할 수 있다.

이러한 정부의 안전규제는 관계법령을 통한 제반 안전요건과 지침을 제시하고 각종 인·허가 심사 및 안전검사를 수행함으로써 시설의 안전성을 확인하고 그 이행여부에 대한 정기적

인 점검·확인을 통해 원자력 활동과 관련한 제반 안전성을 객관적으로 입증하려는 일련의 행위로서 원자력안전관리 체계의 기본 골격이 되고 있다.

우리나라의 경우 원자력 활동과 관련된 정부 조직은 과학기술처, 상공자원부, 환경처 등이 있으며, 과학기술처는 모든 원자력 시설과 핵물질에 대한 안전규제 행정의 주무책임당국으로서 실질적인 원자력 안전규제를 총괄하고 있다.

상공부는 장기 전원개발정책의 수립과 이에 따른 원자력발전 사업관리를 관장하고, 환경처는 방사선 환경이외의 일반환경에 대하여 원자력사업 승인기관에서 검토한 주요내용에 대하여 협의·조정하는 업무를 수행하고 있다.

또한 原電의 안전규제는 다른 일반 행정과는 달리 고도의 전문성이 요구되는 기술행정으로, 늘어나는 원자력 시설의 증가에 대응하는 행정수요나 전문인력 운용의 제약요인으로 인하여 원자력안전규제 실무는 기술적으로 전문성을 갖춘 별도의 독립기관에서 수행하는 것이 일반적인 추세이다.

우리나라도 원자력안전수준을 제고시키기 위해 80년초부터 규제 전문기관을 설치·운영하여 왔고, '90년에는 "한국원자력안전기술원"을 독립기관으로 발족시켜 원자력안전규제 실무를 위탁하고 있다.

표3: 단계별 주요 안전성 검토사항

단 계	주요안전성 검토사항
부 지 선 정	· 지진, 지질 · 해일 · 환경보전 · 교통 · 인구분포 · 토지이용 · 지역발전
설 계	· 안전성 확보 목표달성(안전규격 및 기준) 준수 · 다중의 방호장치 설치 · 다단계의 안전보호조치 확인 - 다양한 개념(상이한 작동원리) - 다중성 개념(5중 보호장치) - 독립성 개념(사고전파의 차단)
제작 및 건설	· 안전성이 입증된 기술의 사용 · 원자력 기자재의 제작검사, 공인검사 · 강화된 품질보증 · 독립된 규제기관의 안전검사
운전 및 보수	· 엄격한 시운전 절차를 통한 안전성 확인 · 운전원의 자격요건과 훈련 · 방사선 확인 (최소 가능치) · 예방설비 확인 · 사고관리 및 비상대응조치 수립
규제 및 감독	· 안전요건의 설정 및 집행 · 독립적인 확인 (건설허가 및 운영허가) · 검사와 검증

현행 국내 원자력법령에 규정된 안전규제제도의 기본 골격을 간단히 소개하면 원자력사업을 하고자 하는 사람(법인)은 정부의 인·허가를 받도록 함으로써 기본능력이 있는 사람(법인)으로 사업자를 제한하고 있으며, 사업(공사)에 착수하기 전에 시설의 안전성을 입증케하고 안전성 확보에 필요한 안전운영 및 관리계획을 제출토록하여 이를 분석·평가한 결과 안전성이 확인된 경우에 한해 사업에 착수토록 허가하고 있다.

또한 시설의 운영개시 전에 최종적으로 안전성을 재평가 확인하고 시설의 건설 및 운전기간중에 당초 예상 또는 확인된 안전수준이 유지되고 있는지를 시험·검사 또는 업무감사를 통해 지속적으로 평가·확인하며, 안전에 중대한 위협을 줄 수 있는 성능의 저하, 결함의 발생 또는 운영관리에 미비점이 있을 경우 시정·보완토록 하여 소기의 안전수준이 항상 유지되도록 함과 동시에 시정·보완 명령에 불응할 경우 허가취소, 업무정지 등 강제권까지도 포함되어 있다.

즉 原電의 안전성 확보를 위해 안전규제기관(과기처, 안전기술원)은 원전의 건설·운영에 관한 인허가시, 사업자가 약속한 제반 안전관리사항들이 충실히 이행되고 있는지를 평가·검증함으로써, 일반 국민들이 원자력재해로부터 적절히 보호받고 있음을 실증적으로 납득시키고, 정부의

인·허가 행위가 기술적으로도 정당했음을 입증하기 위한 자기확신을 기본목적으로 하고 있다.

반면, 원자력사업자의 자체 안전관리 활동은 인·허가 신청시 제출한 안전성 분석 보고서나 안전관리계획들이 기술적으로 타당하게 작성되고 효율적으로 가능함을 입증함으로써, 궁극적으로는 당해 원자력시설의 경제성과 안전성을 확보하기 위한 당연한 안전관리 활동이라 말할 수 있다.

이러한 국내의 원자력안전규제 내용을 보다 기술적으로 설명하자면, 원전의 부지선정, 설계, 제작, 건설, 운전, 폐쇄에 이르는 모든 단계의 안전성을 확보하기 위해 원자력법령 및 관련기준에 기본적인 안전도 목표와 세부적인 안전기준이 설정되어 있으며, 이를 기초로 제반 안전성이 검토되고 있다.

이러한 정부의 원자력 안전규제 내용을 좀 더 상세히 살펴보기로 하자.

발전용 원자로에 대한 안전심사는 크게 신규 원전에 대한 건설 및 운영 허가심사 그리고 운영중 원전의 변경 허가심사로 구분된다.

이밖에도 원자력법은 사업자의 편의 제공을 위해 건설허가 신청전 부지사승인신청 및 건설허가전 제한공사승인을 허용하고 있으므로 필요시에 대한 심사도 수행하게 된다.

신규原電에 대한 건설허가 심사에

서는 사업자가 허가신청의 첨부서류로 제출한 예비안전성분석보고서 및 환경영향평가서에 대한 검토를 통하여 제안된 원전 시설이 관련법규 및 기술수준을 충분히 충족시킬 수 있도록 설계방향, 설계원칙, 기본설계개념 등이 타당하게 설정되었는지의 여부와 제안된 시설이 환경에 미치는 영향 및 영향최소화대책이 적절한지의 여부를 확인하게 된다.

운영허가 심사에서는 최종안전성 분석보고서 및 운영기술지침서 등에 대한 검토를 통하여 최종 설계내용이 허용기준을 충족시키며 운전지침이 제대로 확립되어 있는지를 확인함으로써 원전 운영에 따른 제반 안전성을 평가하게 된다.

이러한 인허가 단계에서 설계의 적합성과 안전성을 확인하는 것이 안전심사라면, 검사는 설계대로 건설·운영되고 있는지를 확인하는 행위이다. 규제기관은 원전의 건설·운영의 전 과정에 대하여 단계별로 규정된 법규 및 기술수준에 따라 검사를 실시한다.

설계요건대로 주요기기가 제작되고 있는지를 확인하기 위하여 제작검사를 실시한다. 제작검사는 생산업 허가업체를 대상으로 원자로용기 등 주요 안전관련기기 제작상의 안전성을 확인하게 된다.

또한 허가받은 대로 발전소가 안전하게 건설되고 성능이 제대로 나오고 있는지를 확인하는 사용전검사, 운전

한국표준형 원전의 안전성고찰

중에 본래의 성능을 유지하고 있는지를 확인하는 정기검사가 있다.

정기검사는 핵연료 교체기간에 실시하게 되며, 검사결과 합격한 경우 재가동이 허용된다. 이들 제반검사는 정부의 위탁을 받아 한국원자력안전기술원에서 실시한다.

이밖에도 정부에서 직접 실시하는 품질보증검사와 수시검사가 있다.

품질보증검사는 발전소 운영자의 조직, 각종 절차서, 수행업무내용이 안전운전에 적합한지를 검사하는 것이며, 수시검사는 사업자에 대한 정부의 현장 감독기능의 일환으로 주재관을 상주시켜 일상검사를 하는 이외에 안전상의 필요에 의하여 특별히 실시하는 검사이다.

또한 정부에서는 방사능누출사고 등 원자력재해는 발생가능성이 극히

희박하지만, 사고가 발생할 경우 피해 규모가 일반산업재해와는 비교할 수 없이 막대하기 때문에 방사선 사고로부터 국민의 재산과 건강을 보호하고 환경을 보전하기 위해 국가적인 대응책을 마련하여 시행하고 있다.

즉, 사고발생시 주민보호에 최우선을 두고 사업자는 사고영향을 최소화하기 위한 긴급조치와 함께 원전반경 2Km이내 경보시설을 통해 사고상황

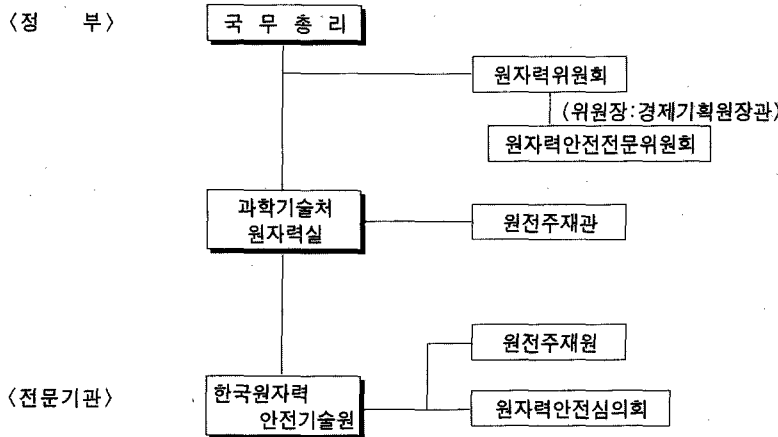


표 4

국내의 안전규제 기관 및 기능

주요 기능	
□ 원자력위원회	: 원자력 정책 및 안전에 관한 주요사항의 심의·의결
□ 과학기술처	: 원자력안전규제정책의 수립·시행 및 제도 확립 제반 인허가 및 대사업자 시정조치
□ 원자력안전기술원	: 원자력안전규제 실무수행(정부 규제업무 수탁)

을 즉시 인근주민에 알리고 30분 이내 사고발생을 관계기관에 통보토록 하고 시·도 등 지방자치단체가 방호약품지급, 주민대피 등 긴급조치를 취한다.

이를 위해 과기처, 내무부, 국방부들 11개 부처로 구성된 중앙방사능대책본부를 통하여 국가차원에서 지원을 하게 되며, 이러한 대책을 주기적 훈련실시로 점검·보완하고 있다.

이러한 국내대응조치 뿐만 아니라 국제적인 협조를 위해 “핵사고시 조기통보 협약”과 “핵사고시 비상원조에 관한 협약”에 가입하고 미국, 일본과는 매년 2회씩 비상통신 훈련을 실시하는 등 국제적 대응체제도 구축하고 있다.

또한 정부에서는 국내 原電의 가동에 따른 환경에 미치는 영향을 감시하기 위해 평상시 전국도에 대한 자연방사선의 준위를 계속 조사하여 기초자료를 확보하고, 방사능 비상시 효율적으로 대처하기 위하여 전국도 환경방사능 감시망을 구성·운영하고 있다.

현재 서울, 부산, 대구 등 전국의 인구 밀집지역을 대상으로 지역적으로 안배된 9개지방 방사능 측정소와 울릉도, 백령도에 2개의 간이 측정소를 설치하여 운영하고 있다.

한국원자력안전기술원내의 중앙측정소에서는 환경방사능 감시계획을 수립하고, 지방 방사능측정소에서 측

정한 결과를 평가하며, 지방 방사능 측정요원에 대한 교육을 실시하는 등 전국도 환경방사능 감시업무를 총괄하고 있다.

지방 방사능측정소에서는 방사선 이상을 조기에 탐지할 목적으로 공간감마선량률을 비롯하여 공기부유진(空氣浮遊塵), 낙진, 수돗물, 빗물 등의 방사능을 측정하여 환경방사능 감시업무를 수행하고 있다.

아울러, 원자력시설 주변의 환경방사능 감시를 위하여 시설 운영자가 자체적으로 환경방사능을 주기적으로 조사하고 있으며, 이와는 별도로 한국원자력안전기술원이 원자력시설 주변에서 채취한 시료 등의 방사능 분석을 실시하고 그 결과를 평가하고 있다.

이러한 환경방사능 조사 및 평가결과, 현재까지 국내 원자력시설로 부터 주변환경으로 방출되는 방사능 물질의 양은 매우 낮은 수준으로, 원자력시설의 가동으로 인한 방사능의 환경영향은 없는 것으로 평가되었다.

IV. 국정감사 주요 쟁점사항

마지막으로 최근 국정감사와 언론에서 보도된 고리3호기 Vantage-5H핵연료 문제와 영광 3, 4호기 부실 시공 문제에 대해 언급하고자 한다.

'94년 7월 4일자 미국의 핵연료전문잡지(Nuclear Fuel)에서 웨스팅

우스(WH)사의 V-5H의 핵연료에 대하여 DNB 여유도가 16.5%감소됨을 게재함으로써 문제가 된 WH사의 V-5H 연료를 장전사용하고 있는 국내 원전은 고리 3호기와 영광 2호기이다.

이 문제에 대하여 정부에서는 WH사 전문가의 설명회('94. 7. 21~7. 23)와 안전기술원 전문가의 검토, 미국 WH사에 대한 현지 설계 감사단(안전기술원, 과학기술원 등)의 현지 확인('94. 9. 15~15)등을 통하여 V-5H의 안전성을 재평가한 결과, 16.5%의 DNB페널티를 보상하고도 4%이상의 안전여유도가 있음을 확인하였으며, 국내관련 원전 및 V-5H연료의 안전성에는 문제가 없는 것으로 판명되었다.

참고로, 미국 NRC는 동종의 핵연료를 장전 사용중인 Millstone 3호기에 대하여 별다른 조치를 취한 사실이 없고, 인·허가 기준을 충족할 경우 추가로 확보되는 안전 여유도 문제는 규제대상이 아니라는 입장임을 현지 설계감사단이 확인한 바 있다.

또한 영광 3, 4호기 건설중의 부실 공사 사례로서 국정감사와 언론에서 문제되었던 것은 두가지가 있다.

첫째로는 원자로 G-3 용접부위에 대한 검사가 83%밖에 실시되지 않아 안전성이 의심된다는 것이었고, 다음은 건설과정에서 3,000여건의 공사 지적사항과 600여차례의 설계 변경이

한국표준형 원전의 안전성고찰

발생한 점으로 미루어 볼 때 안전성에 의문이 간다는 것이다.

이 사안은 원자로 설치후에 자동초음파 검사를 90%이상 실시하여야 하는데 기술적인 이유로 83%밖에 실시하지 못하여 문제가 되었다.

원자로 설치후에 실시하는 초음파 검사는 원전가동후 10년마다 실시하는 가동중검사를 위한 비교자료를 얻기 위한 것으로 기기자체의 안전제작유무를 확인하기 위하여 실시하는 검사는 아니다.

원자로 등 주요기기의 용접부위에 대한 결함유무의 확인은 제작단계에

서 실시하는 방사선 투과검사에 의하여 확인된다. 용접부위의 결함여부는 방사선투과 검사가 가장 확실하나 운전중인 발전소의 원자로는 방사선투과 검사가 불가능하여 초음파검사를 실시하게 되는 것이다.

영광 3, 4호기의 경우 제작단계에서 가동전검사와 거의 동일한 수준의 초음파검사를 90%이상 실시하였으므로 안전상에는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다.

한편 현재의 기술발전추세를 감안할 때 개량된 검사기기의 개발과 검사방법의 개선이 수년내에 이루어질 것

이 전망되므로 다음 가동중검사가 실시되기 전까지는 100%에 가까운 검사가 실시되어 정기적인 가동중검사를 원만히 수행할 수 있을 것으로 생각된다.

다음으로 잦은 설계변경과 많은 공사지적으로 인하여 안전성이 의심된다는 문제는 原電공사 진행상의 품질관리절차 및 원전공사의 특수성을 잘못 이해한 결과라고 생각한다.

원자력 발전소는 6~7년 정도의 장기간에 걸쳐 건설되므로 그 동안의 기술수준향상, 안전규제요건의 강화 등을 반영하여 설계를 변경하는 사례가 많다. 영광 3, 4호기의 경우 설계변경은 대부분 공사현장의 시공과 관련한 경미한 설계변경이 대부분이었다.

예를들어 50Cm간격으로 박게 되어 있는 못을 벽체의 사정으로 간격을 조정하여야 한다면 이는 설계변경사항으로 제시되어 설계자의 검토후 설계변경되어 간격이 조정된다. 이와 같이 사소한 시공상의 변경도 모두 설계자의 안전성 검토를 거치게 함으로써 안전성을 확보하도록 하는 것이 原電공사의 특수성이다.

공사지적사항에 관한 것은 시공과정에서 발견된 문제점들을 현장에서 기록하게 하고 이를 전문적으로 검토한 후 시정하는, 원전공사에서 채택하고 있는 독특한 제도로서 이에 관한 보고서가 부적합사항보고서(NCR)이

표5 : 각국(한·미·일) 규제요건 및 절차의 비교

분류	한국	미국	일본
법령	· 원자력법, · 원자력법시행령 · 원자력법시행규칙 · 장관고시	· 10 CER 20 · 10 CER 50 · 10 CER 100	· 원자력 기본법 · 원자력 규제법 · 전기 사업법
규제지침	· 안전심사지침 · 안전검사지침	· SRP · I&E Manual · Reg. Guide	· 안전심사지침 · 안전검사지침
기술기준	· 수입국의 기술기준 준용 * 원자력기술 기준 개발중	· ASME B & PV. · ANSI series · IEEE Series · ASTM etc.	· 발전용 원자력 설비에 관한 구조 등 기술수준 * 원자로 격납건물의 건설 및 운영에 있어서 미국의 ASME, ASTM, IEEE 등 준용
인허가절차	· 부지승인 · 제한공사 · 건설허가 · 제작 및 사용전 검사 · 운영허가	· LWA · CP · Inspection on Design, Manufacturing, Fabrication, and Installation · OL	· 사용허가, 건설 및 운영허가 · 설계 및 공사방법 검사

다

원전공사에서는 아무리 시공상의 문제점이라도 반드시 서류화하고 기술적인 검토를 거치도록 함으로써 안전성을 확보하도록 하는 것이다.

NCR 발급숫자가 해당공사의 부실로 매도하는 것은 아주 잘못된 지적이다. 왜냐하면 NCR에 일단 등재된 사항은 관련기술 요건에 만족한 상태가 아니면 임의로 없앨수가 없기 때문이다.

IV. 결 론

이러한 국내원전의 안전성 검토는 국내의 전문가에 의한 검토와 더불어 국제적인 전문가의 검토가 병행된 것이 특징이다.

즉, 우리의 설계를 국내기술진 뿐만 아니라 국제원자력기구(IAEA), 미국등의 기술진도 이에 대한 세밀한 안전검토를 수행하도록 한 것이다.

미국CE사의 System 80 기술진도 한국의 1백만 kW급 원자력발전소의 우수성을 인정하고 있는 실정이며, 결론적으로 한국의 표준설계 원자력발전소는 세계최고의 기술진들이 그 안전성을 인정하는 원자력발전소라고 판정할 수 있는 것이다.

우리는 이제 한국 표준형 원전의 기본모델인 영광 3호기 운전을 시작함으로써 설계의 우수성을 실증하게

된 것이다.

따라서 세계의 많은 원전사업체들이 우리의 原電에 대해 지대한 관심을 보이고 있을 뿐만 아니라 미북 핵협상이 진전되어 북한에 경수로가 지원되는 경우에도 한국 표준설계를 채택하는 것이 가장 논리적인 것이다. 경제성이나 안전성에 있어서 가장 강력한 경쟁력을 확보한 노형은 1백만 kW급 한국 표준형 원전이라는 것이 세계기술진의 평가이기 때문이다.

또한 정부에서는 국내 원자력사업의 원활한 추진을 위해서는 안전성에 대한 국민들의 신뢰획득과 함께 사회적·정치적 지지기반의 형성이 필요함을 인식하고, 그동안 축적한 경험과 기술을 토대로 안전성 확보에 대한 국민의 신뢰획보에 역점을 두면서, 최신의 안전규제 제도에 대한 연구·개발 등도 지속적으로 추진해 나갈 계획이다.

또한 원자력발전소의 안전성 확보 수준을 더욱 더 강화함은 물론, 안전규제 기본개념에 따라 철저한 분석·검토·확인을 실시하고, 「원자력행정의 공개의 민주화」라는 원칙아래 원자력사업의 추진에 각계 각층의 참여 기회를 확대하여, 적극적인 공개행정을 통하여 원자력에 대한 올바른 인식을 확산하고, 관련부처와 협의하여 원전지역 주민에 대한 경제적 지원방안도 확대하여 나가야 할 것이다.

원자력 시설의 안전성 확보는 설비의 안전성, 시설 및 장비의 안전성과 함께 최종적으로 안전한 운영·관리가 필수적이다.

특히 TMI, 체르노빌 원전사고에서 인적요인(Human Factor)의 중요성이 대두되었으며, 이를 위한 원자력사업자의 안전문화 의식제고에도 노력하고 있다.

이를 위해 사업자 자체의 적극적인 안전관리 프로그램 마련 및 평가체제의 수립 등 사업자의 자발적인 안전성 증진노력이 활성화될 수 있도록 유도해 나갈 계획이다.

금년 말부터 방사선안전관리분야에서 안전관리에 공헌이 많은 개인과 단체에 대하여 과기처 장관상을 수여키로 한 방사선안전관리 포상제도의 실시는 이러한 활동의 하나이다.

또한 규제の内容에 있어서도 우리의 여건과 문화적 현실을 반영하여 실효성을 제고하고, 안전에 관한 규정과 절차도 안전문화 정착 측면을 고려하여 개선·보완 발전시켜 나갈 계획이다.

끝으로 한국 표준형 원전은 국제수준의 기술수준을 만족하는 정말 안전한 원자력발전소이기 때문에 현재도 울진3, 4호기가 건설중이며, 앞으로 도 동일 노형이 계속 건설될 계획(울진 5, 6호기, 영광 5, 6호기 등)이다.

따라서 우리가 자신있게 북한에 건설·운영되기를 희망하는 것이며, 이러한 희망이 실현되면 그동안 우리가

한국표준형 원전의 안전성고찰

부 록

한국 표준형 原電의 설계 개선사항

한국 표준형 원전을 당초 기술도입선인 ABB-CE사의 SYSTEM 80에 비해 100여종의 기술적으로 개선한 사항을 중요 분야별로 정리하면 다음과 같다.

이용율 및 가동율 향상	<ul style="list-style-type: none"> · 화학 및 체적제어계통 (CVCS)의 비안전 등급화 · 정지냉각계통(SCS)의 고압력배관 설치 및 정지냉각능력 상실 사고 방지 · 원심형 충전펌프 사용 · 냉각수 추출계통의 운전조건 개선 · 인간공학을 적용한 개량형 제어실 · 발전로 컴퓨터 기능 확장 · 증기발생기 전열관 재질의 부식저항증대(Inconel 690 사용) · 가압기 설계개선 · COLSS개선으로 운전여유 증가
안 전 성 증 가	<ul style="list-style-type: none"> · 안전감압계통(SDS) 설치로 급수상실 사고시 냉각수 감압기능 강화 · 잔열제거계통(RHR) 기능감시 강화 · 정지냉각계통의 고압력 배관설치 · 자동검사 기능을 갖춘 발전소 보호계통 설계 · 경보 우선순위 부여 · CLOSS개선으로 노심감시 기능강화
설 계 여 유 증 가	<ul style="list-style-type: none"> · 내진해석 방법개선 · 파단전 누설(LBB) 개념 적용 · 원자로 내부구조물 열생성을 평가방법 개선
개 량 형 제 어 계 통 채 택	<ul style="list-style-type: none"> · 인간공학적 설계 · 경보우선순위 부여 · 이산지시 및 경보계통(DIAS)사용으로 경보표시등 및 계기의 숫자감소 · 신호의 디지털화 · 광섬유 및 신호 멀티플렉서(Multiplexer) 사용
운 전 절 차 간 소 화	<ul style="list-style-type: none"> · 격납용 살수계통(CSS) 열교환기 별도 설치 · 화학 및 체적제어계통(CVCS)의 기능단순화 · 발전소 컴퓨터 기능확장
경 제 성 향 상	<ul style="list-style-type: none"> · 화학 및 체적제어계통(CVCS)의 비안전 등급화로 비용절감 · 파단전 누설(LBB) 개념 적용으로 배관파단 구속장치 및 차단벽 설치 최소화 · Multiplexer 사용으로 케이블 비용절감 · 이산지시 및 경보계통(DIAS) 사용으로 경보표시등 및 계기수 감소