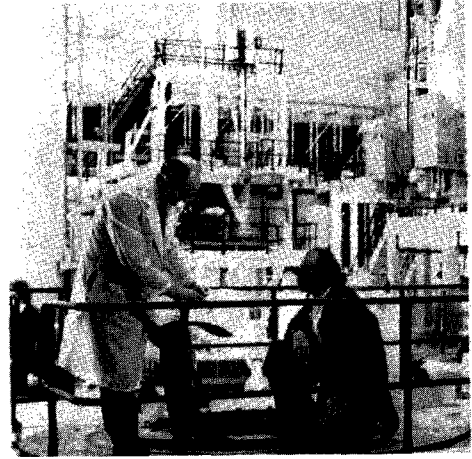


소한의 사양(Specification)을 만족하는 설계 및 설비를 제공하여야 함은 물론이다. 그리고 일반적으로 설계 및 기기의 성능에 관한 기준 및 표준을 유지하고 원전 안전성 확보의 기초를 유지, 강화하는 책임은 기술단체 및 과학계에 있다.

---

“原子力發電所 安全性에 대한 궁극적인 책임은 運轉者에게 있으며, 결코 설계자, 기기공급자, 건설자 및 규제자의 책임으로 轉嫁되지 않는다”

---



## 安全性 努力的 監督

정부 규제기관은 원자력산업계의 안전성 확보를 위한 노력을 독립적으로 감독함으로써 대중의 관심에 부응하고 있다. 일반적으로 규제기관은 국가적 차원에서 안전기준 및 규제사항을 정립하고, 원전 안전성 평가를 근거로 하여 건설 및 운전허가를 발급하며, 또한 규제기관은 운전 중인 원전에 대해서도 안전성을 주기적으로 검사한다. 만일 운전자가 안전성 확보를 위해 주어진 임무를 다하고 있지 않을 때에는 발전소의 운전정지를 명할 수 있다. 그리고 규제기관은 원자로 안전에 관한 연구활동을 지원하고, 안전성 연구 및 운전경험에 관한 정보의 다각적인 교류를 추진하고 있다.

정부는 규제기관으로 하여금 그 기능을 효과적으로 완수할 수 있도록 법적인 권한을 부여하며, 규제기관은 운전자가 소유하고 있는 설비 및 관련 정보에 자유롭게 접근할 수 있다. 또한

규제기관을 비롯한 각 단체의 책임이 구분되어 있어 규제기관은 부당한 압력으로 부터 보호받으면서 안전성 확보에 관한 독립적인 권한을 유지한다.

---

“政府는 원자력발전소의 인허가 및 규제관리에 대한 책임을 지며, 적절한 규제업무를 수행하는 독립된 규제기관과 原子力産業界 간의 법적인 체제를 확립한다”

---

규제자의 단하나 임무인 안전성 확보에 필요한 범위에서 규제기관은 설계자, 건설자 및 운전자와는 독립적으로 활동한다. 규제기관은 건설공정 또는 에너지생산에 차질이 없는 범위 내에서 규제기능을 완수할 수 있도록 그 자원을 충분히 확보하고 있어야 한다. 따라서 원자력기술에 대해서 충분한 능력이 이는 전문가들을 확보하고 있어야 한다.

## 深 層 防 禦 戰 略

전출력으로 운전 중인 원자력발전소는 대기로부터 소한 양의 방사성물질을 방출한다. 실제로 정상운전 중인 발전소로부터의 방사선피폭량은 의료용 X-선, 혹은 우주선이나 지표, 건물 및 인

체에 함유되어 있는 방사성핵종 등과 같은 자연 방사선원으로 부터의 방사선피폭량 보다 적다. 원자력발전에 대한 안전 및 방사선 방어대책은 타산업에서의 방어대책 보다 광범위하다.

원자력발전소의 안전 및 방사선방어계통은 현실적이다. 이것은 인간활동에 있어 사고의 가능성을 고려하고 있기 때문이다. 발전소는 심층방어개념에 따라 설계되고 운전된다. 이 개념에 따라 인간의 실수, 장비의 오작동, 극한적 자연현상 등을 예견하고 이에 대비하였다. 전략은 두가지로 나눌 수 있는데, 첫째는 사고를 막는 것이며, 둘째는 사고의 방지에 실패하였을 경우 사고의 영향을 완화시키는 것이다. 원자력발전소는 다중의 물리적 장벽을 갖추도록 설계되어 있는데, 이 장벽이 발전소로 부터 위협한 양의 방사선이 방출되는 것을 막는다. 또한 추가적으로 이 장벽이 붕괴되는 것을 보호하고 사고진행을 제어하는 몇단계의 방어대책이 있으며, 만약에 이러한 예방조치들이 실패하였을 경우 발전소 현장에서 방사선사고에 효율적으로 대응할 수 있는 기술적 관리규정들이 있다.

노심용융과 이에 따른 방사선사고를 포함한 최악의 원자력발전소 사고에 있어서 시간이 전략의 주요 요소이다. 이러한 중대사고는 여러 시간 동안 순차적으로 전개된다. 따라서 사고 초기에 자동적으로 안전계통을 작동시키는 것은

제어실 운전원이 원자로와 발전소의 상태를 주의깊게 분석하여 다음 단계의 시정조치 필요성을 결정하는데 시간적 도움을 준다.

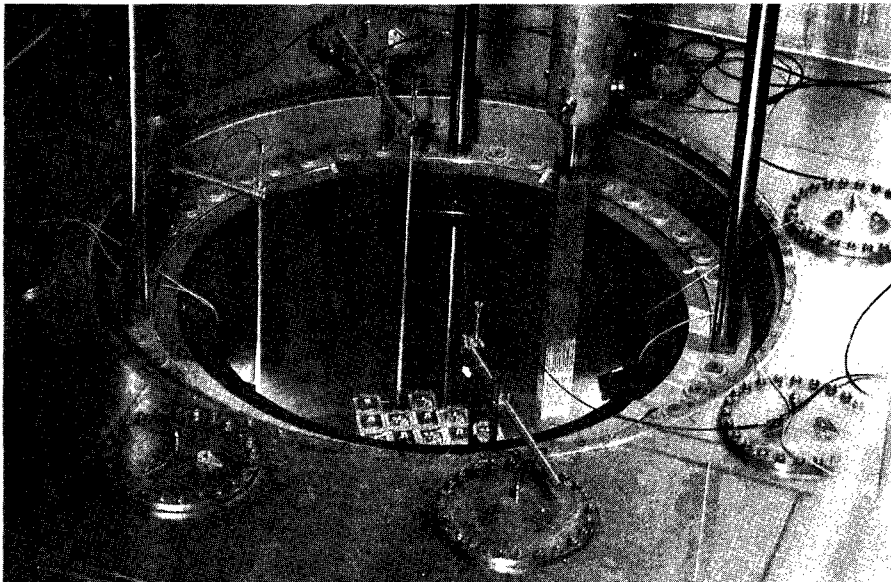
---

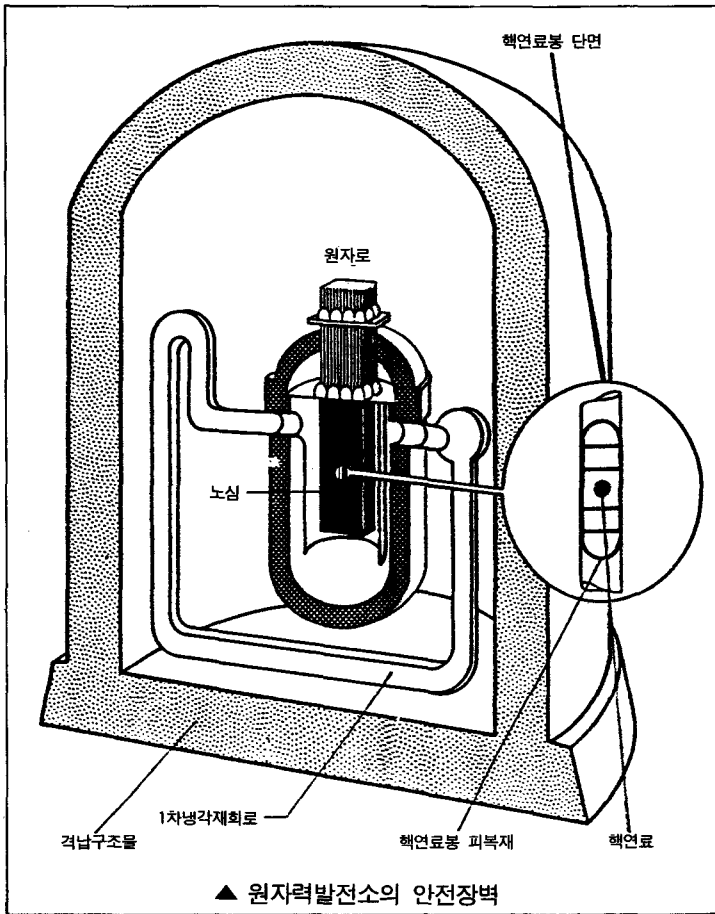
“잠재적인 인간의 실수와 기계적 고장에 대비하여 환경으로의 방사성물질 방출을 방지하기 위한 여러 겹의 장벽을 포함하는 數段階의 방어에 중점을 둔 深層防禦概念이 보완된다. 이 概念은 장벽에 의해서 발전소의 손상을 방지하는 한편, 이 장벽들이 효과적으로 그 역할을 다하지 못할 경우에도 방사선재해로부터 환경과 일반대중을 보호하기 위한 방어대책을 포함한다”

---

비록 원자로형에 따라서 상세한 부분은 다르지만 심층방어개념이 전세계 원자력발전소의 안전 설계 및 운전의 기저를 이루고 있다. 이 개념은 경험이 축적됨에 따라 강화되고 개선되었다. 원자력발전소에 대한 모든 결정론적 및 확률론적 안전성 분석은 심층방어의 여러 모드와 이 모드들의 신뢰도에 따라 발전소의 성능을 평가하는 방법들이다. 심층방어가 적절히 이행되고 있음을 보여주는 명백한 지표는 전력생산에 있어 안전계통의 작동없이 꾸준히 정상적인 성능

▼ 첫번째 안전장벽 : 핵연료 (벨기에 Doel 1호기 핵연료 재장전 광경).





▲ 원자력발전소의 안전장벽

제1장벽 : 핵연료 자체로서 핵분열 생성물과 기타 방사성물질을 핵연료 내에 가두어둔다.

제2장벽 : 핵연료봉 피복재로서 핵연료 펠렛을 밀봉하며, 반응열을 냉각재로 전달한다.

제3장벽 : 압력용기, 밸브, 배관 등으로 구성된 1차냉각재회로로서 냉각재 누설, 방사능 방출 등을 방지하고 노심과 핵연료봉의 열손상을 방지하도록 냉각재를 순환시킨다.

제4장벽 : 밀폐되고 강한 격납구조물로서 다른 장벽들이 파괴되었을 경우 방출될 수 있는 방사능을 건물내로 국한시킨다.

을 보여주고 있는 기록이다. 원자력발전소의 심층방어개념은 4단계의 물리적인 장벽과 이 장벽들의 붕괴에 대비한 5단계의 방어수준으로 나타낼 수 있다.

### 原電의 5단계 防禦水準

1단계 : 원자력발전소는 안전성에 대한 보수적인 여유도(Margins), 잘 정의되고 강화된 운전절차서 및 장비와 인적요인에 대한 품질보증, 정기검사프로그램 등을 갖도록 설계되고 운전된다. 원자력발전소는 원자력산업계의 안전규격(Codes)과 기준(Standards)에 반영된 입증된 기술과 경험에 기초를 두고 있다.

2단계 : 정규의 운전계통은 발전소 수명동안

발생할 수 있는 비정상적인 사고에 견딜 수 있도록 설계된다. 소의전원 상실시 전력그리드로부터의 격리는 좋은 예가 된다. 이 때에는 보통 소내 비상발전기를 작동하여 사고에 대비한다. 또한 안전성과 관련된 중대실수 및 오작동을 설계에 반영함으로써 운전계통에서 이를 감지할 수 있도록 하였다.

3단계 : 설계기준사고에 명확히 정의된 안전제한치(Safety Limits)에 운전조건이 접근하면, 이것이 중대사고로 발전되는 것을 막기 위하여 안전계통이 자동적으로 작동한다. 이 공학적인 안전설비들은 노심출력 조절, 핵연료 냉각, 원자로 내로 방사능 제한 등과 같은 필수적인 안전기능을 보호하기 위하여 정규의 운전계통과 병행으로, 혹은 보완적으로 작동한다. 예를 들면,

노심에서 장비가 오작동하면 공학적 안전설비가 자동적으로 작동하여 핵분열반응을 조절하기 위해서 제어봉을 노심으로 넣어 원자로를 정지시킨다. 또한 원자로 냉각재는 핵연료와 노심이 열손상되는 것을 막기 위하여 계속 순환된다. 만약 1차냉각재회로가 손상되었으면, 그 보완으로서 비상냉각수계통이 자동적으로 작동하여 냉각수를 공급한다. 만약 공학적 안전설비가 안전성 장비의 보호에 실패하고, 사고조건이 설계에서 고려한 조건을 초과하면 다음 단계의 보호는 발전소로부터 심각한 방사능 방출을 제한하는 사고관리 (Accident Management)이다.

4단계 : 사고관리전략은 운전원이 신속하게 확실시 정조치를 취할 수 있도록 명확히 정의되고 잘 훈련된 비상운전절차서, 개량된 진단장비

및 기타 계측설비들을 포함한다. 또한 격납구조물의 건전성을 보호하기 위하여 압력감소와 건물내 기체로 부터 방사능을 흡수하는 배기장치 및 샌드필터와 같은 특수설계도 있다. 중앙제어실을 사용할 수 없을 경우에는 원격으로 발전소를 조정할 수 있도록 설계시에 고려하여야 한다. 심층방어의 최종단계는 비상시 발전소 외부에서의 방사선방어이다.

5단계 : 비상계획은 발전소 및 규제당국이 원자력발전소의 중대사고로 인한 방사능사고로부터 발전소 요원, 일반대중 및 환경을 보호하기 위한 조치를 신속하게 효율적으로 수행할 수 있도록 한다. 이러한 조치들에는 사고의 조기통보, 방사선감시, 제염 및 지역주민의 피난 및 대피 등을 포함한다.

## 敷地選定에서 부터 運轉까지의 安全性

원자력발전소가 전출력으로 운전되기까지는 오랜 기간이 소요되며, 국가마다 그 절차가 다르다. 간단히 그 절차를 살펴보면 초기단계에서는 예비설계 및 분석에 기준하여 적절한 부지를 선택한다. 설계과정은 기본설계에서 부터 시작하여 전출력 운전까지의 안전성 검토, 분석 등에 따른 변경사항을 모두 반영한 최종상세설계에서 끝난다. 정의에 의하면 건설(Construction)은 발전소 기기와 설비들의 제작(Manufacturing), 조립(Assembling) 및 이들의 성능시험을 포함하며, 시운전과정(Commissioning Process)은 완공된 발전소가 안전하게 운전될 수 있는가를 검증하는 것이다. 이상의 과정이 수행되면 발전소는 보수, 핵연료 재장전, 가동중검사 등을 포함한 정상운전단계로 넘어간다.

지금까지의 검토에서와 같이 안전성 전략은 사고를 방지하는 수준을 넘어서 사고를 관리하고 이들의 영향을 완화시키는 것을 포함하여야 한다. 이러한 이유에서 운전중 안전성에 대한 검토에 사고관리 및 비상대응능력의 원칙을 포함시키고자 한다.

### 理想的인 敷地選定

원자력발전소는 그 입지에 따라 안전성에 영향을 받으며, 궁극적으로 주위환경의 생태학적 균형과 일반대중의 건강에 영향을 미친다. 부지가 선정되기 전에 발전소와 부지가 서로 조화되는지, 혹은 허용할 수 없는 위험이 있는지 등을 결정하기 위하여 가능한 많은 요인들을 세밀하게 검토한다.

지진 및 기타 극심한 자연현상은 어느 정도의 영향을 미치는가? 비행기 충돌이나 사람으로 인한 재해의 가능성은 어떠한가? 비록 많은 잠정적 안전성 사고를 감당할 수 있도록 설계하지만, 감당할 수 없는 사고도 많다. 이 경우에는 다른 부지를 선정함으로써 이러한 사고를 피할 수 있다.

또한 제안된 부지는 인구밀도, 물의 형태, 토지이용 및 기타 특성들이 정상운전중 및 사고시 발전소의 방사선 방위에 어떤 영향을 주는가 하는 관점에서 검토되며, 마지막으로 수송 및 통신망의 가용성과 같은 비상계획의 타당성도 검토