



## 원자력은 안전한가요?



원자력학회 소통위원회는 중립적이고 균형잡힌 시각에서 국민이 원자력을 바르게 이해할 수 있는 환경을 조성하고 또한 원자력 현안에 대한 과학적이고 객관적인 정보를 제공할 수 있도록 여러 가지 콘텐츠를 생산하고 있다. 그 일환으로 제작한 '원자력 묻고 답하기'는 총5편으로 구성되어 있으며, QA 형식으로 원자력 전반에 대해 매우 간결하게 설명하고 있다. 원자력에 대한 이해를 돕고자 이를 연재한다.

### Q. 기본 개념 1

#### 원자력 사고란 무엇인가요?

원자력 사고란 원자력시설이나 원자력을 이용하는 과정에서 발생하는 사고로서, 시설 내부로 국한되는 사고에서부터 외부로 방사능이 누출되어 사람들이 방사선에 피폭되는 사고까지 다양합니다.

### Q. 기본 개념 2

#### 얼마나 안전해야 충분히 안전한가요?

우리가 생활하면서 필요한 모든 물건은 에너지를 사용하여 만들 수 있고, 에너지원에는 석탄, 석유, 가스, 수력, 원자력, 신재생에너지 등이 있는데 에너지를 생산하기 위해 탄광에서만 매년 약 4,000명이 사망합니다. 신재생에너지인 풍력과 태양광의 경우도 예외일 수 없습니다. 결국 에너지의 혜택을 누리기 위

해서 위험을 감수해야 한다는 의미입니다.

세계보건기구(WHO) 보고에 의하면 자동차, 기차 등의 교통사고로도 매년 100만명 이상이 사망합니다. 그래서 미국과 영국 등에서는 원자력발전소 주변 16km 반경 이내에서 원전사고의 위험성이 자동차사고, 화재사고 등 각종 사고로 발생하는 사망 위험의 천분의 일(0.1%)에 해당하는 값, 즉 연간  $5 \times 10^{-7}$ 명보다 적어야 한다는 안전 목표치를 설정하고 원전의 건설, 운영 허가를 위한 의사 결정에 중요 기준으로 사용하고 있습니다.

#### \* 자세히 알아봅시다.

2012년 2월 고리 1호기는 정기 점검 과정에서 외부 전력 공급 시 바로 작동해야 할 비상디젤발전기가 고장이 나서 12분 동안 정전돼 냉각수의 온도가 22도 상승했습니다. 두 개



외부선로 중 한 선로가 곧 복구되어 사고로 진행되기 전에 상황이 종료된 사고였지만 이 사고에서 예비 전력인 비상발전기가 고장 난 것을 알지 못하고 여분의 장치 없이 외부에서 공급되는 전기 공급만으로 핵연료 이송작업을 계속 수행한 것입니다. 이 사건으로 이미 큰 썩신이 있었고 동시에 비상발전기 계통의 기계적 안전성이 크게 보강되었습니다.

이 사고가 충분히 안전하게 통제 가능했을까요? 우리나라에서 운전중인 24기의 원전은 유사시 충분히 제어가 가능하다고 생각합니다. 원전의 사고예방은 100% 예방할 수는 없지만, 인적 실수나 기계적 고장, 전기적 고장 등으로 인해 사고가 발생한다고 하더라도 국내 원전의 경우 기술적으로 충분히 통제될 수 있다고 평가하고 있습니다.

고리 1호기에서 보면 12분 만에 그 외부 선로가 복구되지 않았더라도 다른 하나의 외부 선로가 준비되어 있었고, 또 하나의 추가 안전장치인 대체 교류발전기가 인접 호기에 예비되어 있었습니다.

Q. 기본 개념 3

원전 안전이 왜 중요한가요?

1986년 4월에 구소련의 체르노빌 원자력발전소에서 발생한 화재에 의한 방사능 누출 사고는 현재까지 사상 최악의 원자로 사고로 화재 진화에 동원된 소방수 31명이 사망했고, 203명이 급성 방사선 장해로 입원하였으며, 발전소로부터 반경 30km 이내의 주민 13만 5천 명이 피난했습니다. 또한 방출된 방사성 물질은 국경을 넘어 인접한 유럽 국가들까지 날아가 넓은 범위에 방사능 오염을 일으켰습니다.

또한 2011년 3월 일본 후쿠시마 원자력발전소에서 는 강도 9.0 지진에 이어 발생한 높이 15m 수준에 이르는 초대형 쓰나미로 인해 후쿠시마 제1원전 1, 2, 3, 4호기가 바닷물에 의해 침수되어 모든 교류전원이 단절되었고, 열 제거 기능과 관련된 거의 모든 설비들

도 심하게 훼손되어 제 기능을 수행할 수 없었습니다. 결국, 냉각 기능이 상실되어 핵연료가 녹아내리고 원자로건물에서 수소 폭발이 발생하였으며 원자로건물의 손상으로 많은 양의 방사성물질이 외부 환경으로 누출되어 주변 지역의 토양과 바다가 방사능에 오염되었고 많은 주민들이 대피하는 사회적 위기를 초래하였습니다.

이처럼 체르노빌과 후쿠시마 사고에서 보듯이 원자력발전소에서 중대사고로 인한 경제적, 사회적, 심리적 피해 및 주위 환경에 대한 영향은 상당합니다. 따라서 이러한 피해를 예방하기 위해서는 체계적인 관리 및 규제를 통해 원전 안전성을 가능한 수준까지 높이는 게 중요합니다.

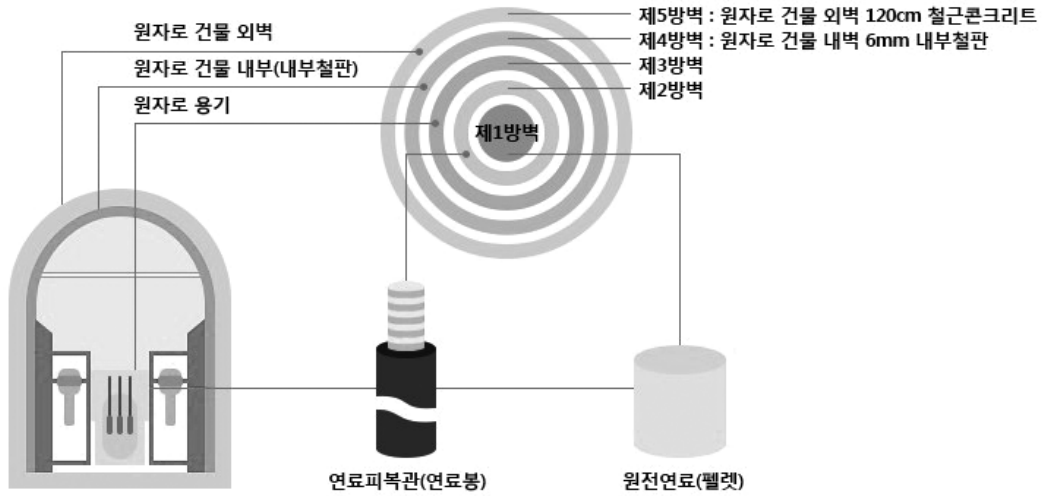
Q. 원전 안전 관리 1

우리나라 원전은 안전한가요?

국내 원자력발전소는 심층방어의 개념으로 설계되어 있습니다. 원전의 설계에는 오차가 존재하고, 설비는 작동하지 않거나 오작동을 할 가능성이 있고, 운전원은 실수를 하기 마련이라는 가정하에 원전의 비정상적인 이상 상태 발생 방지를 위해 여유 있는 안전 설계를 하고 있으며, 인적 오류와 고장에 대비해 다중 설비를 갖추고 있습니다.

또한 원자력발전소에서 비정상적인 이상 상태가 발생하게 되면 원자로 보호 설비가 자동으로 감지하고 정지하게 되며, 중대사고가 발생하게 되면 안전계통 설비가 사고의 진행을 완화시키고 방사성 물질이 외부로 누출되는 것을 방지할 수 있도록 다양한 설비들이 갖추어져 있습니다.

이러한 심층방어의 핵심은 다중방호로서, 다중방호란 여러 겹의 방호벽을 설치하여 방사성 물질이 외부로 누출되는 것을 막고자 하는 것입니다. 국내 원전은



〈그림 1〉 원자로의 5중 방호벽

연료펠릿, 피복관, 원자로 용기, 원자로건물 내부 철판, 원자로건물 외벽 등 총 5중 방호벽을 갖추고 있습니다.

또한 국내 원전은 다중성, 다양성, 독립성의 기본적인 설계 특성을 가지고 사고 예방을 위한 각종 안전 설비를 갖추고 있습니다. 이 외에도 고장 시 안전 작동 개념, 연동 장치, 피동 개념 등을 설계 단계에서부터 고려하여 안전성을 확보하고 있습니다.

**Q. 원전 안전 관리 2**

**우리나라 원전의 안전규제는 누가 관리하나요?**

우리나라에서 원자력 안전규제를 담당하는 기관은 원자력안전위원회입니다. 원자력안전위원회는 2011년 제정된 원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률에 따라 세워진 독립적 행정 기구입니다. 원자력과 방사선 안전관리 및 핵안보에 관한 중요한 결정은 원자력안전위원회에서 맡고 있지요. 그리고 산하 전문기관으로 한국원자력안전기술원(KINS)과 한국원

자력통제기술원(KINAC)을 두고 있습니다.

원자력안전위원회는 원자력과 방사선의 위험으로부터 국민과 환경을 보호하려는 목적으로 설립되었습니다. 원자력발전소를 비롯한 원자력시설의 안전관리, 그리고 7,300 여개에 이르는 방사성동위원소 이용업체와 생활주변방사선의 안전관리를 맡고 있어요. 또 방사선비상이 발생할 경우를 대비하여 방재대책을 마련하고, 원자력 관련시설을 테러 등의 외부 위협으로부터 보호하며, 핵안보에 관련된 여러 가지 일들을 하고 있지요.

**Q. 원전 안전 관리 3**

**원자력 안전관련 법령에는 무엇이 있고 어디에서 볼 수 있나요?**

우리나라의 원자력안전 관련 법령에는 원자력안전법, 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법, 생활주변방사선 안전관리법 등 여러 가지가 있어요. 이 중 원자력의 안전한 이용과 안전규제에 관한 대표적인



법이 원자력안전법입니다.

또한 원자력안전위원회에서는 산하기관인 한국원자력안전기술원을 통하여 원자력안전에 관한 법령을 통합하여 쉽고 편리하게 찾아 볼 수 있는 ‘원자력안전 법령정보시스템(SCALE)(<http://scale.kins.re.kr/>)’을 운영하고 있습니다. 원자력안전법, 생활주변방사선 안전관리법을 비롯한 각 법령의 전문을 볼 수 있으며, 각각의 법령을 체계에 따라 -시행령-시행규칙-고시로 분류하여 이해하기 쉽게 제공합니다. 또 법령의 제·개정 정보 및 별표, 서식 등도 통합적으로 제공하고 있지요.

만약 ‘정기검사’에 관하여 어떤 법령이 있는지, 또 각 법령이 어떤 내용을 규정하고 있는지 궁금하다면, 검색어를 통해 여러 법령의 내용을 한꺼번에 비교하여 볼 수도 있습니다.

**Q. 원전 안전 관리 4**

**원자력 건설, 운전에 관한 공개정보는 어디에서 볼 수 있나요?**

원자력발전소의 건설 및 운전 현황은 우리나라의 유일한 원전 사업자인 한국수력원자력 홈페이지(<http://www.khnp.co.kr>)에서 찾아볼 수 있습니다. 또한 원전의 안전에 관한 정보는 규제기관인 원자력안전위원회 홈페이지(<http://www.nssc.go.kr>)와 산하기관인 한국원자력안전기술원(<http://www.kins.re.kr>) 및 한국원자력통제기술원(<http://www.kinac.re.kr>) 홈페이지를 이용하면 편리합니다.

이 외에도 원자력안전위원회에서 운영 중인 원자력안전정보공개센터 홈페이지(<http://nsic.nssc.go.kr/>)등을 이용하면, 일반 국민이 쉽게 이해할 수 있도록 제공되는 안전정보와 각종 원자력 및 방사선 심·검사 자료를 확인할 수 있습니다.

**Q. 원전 안전 관리 5**

**외국의 원자력 규제기관은 무엇이고 어떤 일을 하고 있나요?**

■ 미국 원자력규제위원회(USNRC) : 미국은 2016년 현재 약 100기의 가동 원전을 운영중인 세계 최대의 원전 운영국입니다. 미국의 원자력안전규제를 담당하는 ‘원자력규제위원회’는 대통령 직속 기관으로 1975년부터 활동을 시작했지요. 원전 이용의 역사가 길고 경험이 풍부하여, 세계 각국의 원자력안전규제 정책과 방법에도 주요한 영향을 미치고 있어요. 우리나라는 미국 원자력규제위원회와 직원 교환 프로그램 등 다양한 방식으로 협력하고 있습니다.

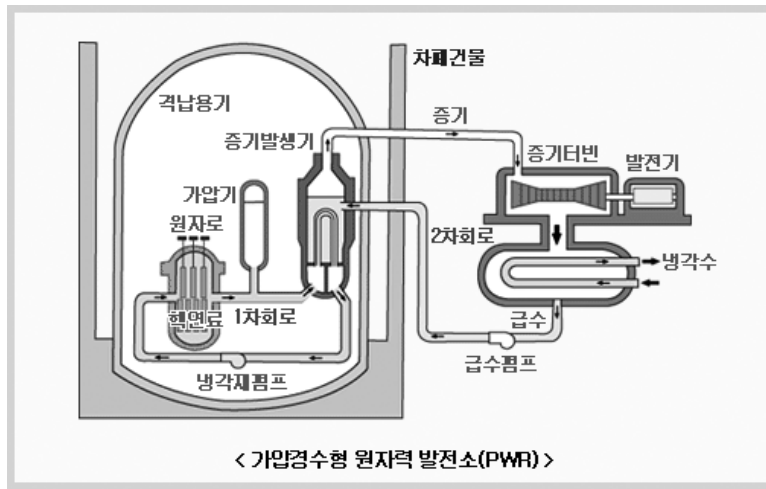
■ 프랑스원자력안전규제기관(ASN) : 프랑스는 미국에 이어 가장 많은 58개의 가동 원전을 보유하고, 전력의 80% 정도를 원자력 발전으로 생산하는 나라입니다. 프랑스의 원자력 안전규제를 맡고 있는 원자력안전규제청(ASN)은 2006년부터 독립 행정기관으로 활동을 시작했어요. 주요 업무는 크게 규제, 인허가, 감독, 정보 공개, 비상 대응으로 나눌 수 있지요.

■ 캐나다원자력안전위원회(CNSC) : 19개 가동원전을 운영 중인 캐나다는 총리실 직속으로 원자력 안전규제를 전담하는 원자력안전위원회를 두고 있어요. 원자력발전소의 운영허가를 5년마다 재심사하여 갱신하고, 모든 의사 결정에서 주민 공청회의 의견을 중요하게 반영하는 캐나다의 안전규제 정책은 우리나라 안전규제에도 여러 가지 시사점을 줍니다.

**Q. 원전 안전 관리 6**

**원전이 안전하다는데 왜 독일을 비롯한 다른 나라들은 원전을 폐쇄하나요?**

후쿠시마 사고 발생 초기, 원자력발전소를 운영하는 여러 나라에서는 원전 가동의 점진적 중단이나 신



<그림 2> 원자로 계통

규 원전 건설 취소를 결정하였습니다. 일례로 독일의 경우 2022년까지 가동 중인 모든 원자력발전소의 가동을 중단하고 신재생에너지를 중심으로 에너지 구조를 개편한다고 발표한 바 있습니다.

하지만 후쿠시마 사고에 대한 평가와 조치가 진행되고 있고, 이 사고는 원자력발전소의 근본적인 결함이 아니라 쓰나미에 대한 대비 부족이 사고의 주된 원인으로 판명되면서 대부분의 국가에서는 이 사고 직후와는 달리 원전 축소 정책을 재고하고 있습니다. 비록 원전의 안전성에 대한 우려 때문에 사고 이전보다 원전의 신규 건설 추진이 줄어들기는 하였지만, 영국, 핀란드, 중국 등 많은 나라에서 신규 원전 건설을 추진하고 있습니다.

**Q. 원전 안전 관리 7**

**아무리 낮은 확률이라고 해도 큰 사고가 한번이면 우리나라처럼 면적이 작은 나라는 전 국토가 오염되어 사람이 살지 못하게 되는 것 아닌가요?**

큰 사고가 발생하게 되면 많은 피해가 발생하는 것은 사실입니다. 하지만, 이를 미연에 방지하기 위해 설계 단계에서부터 심층방어, 안전 설비의 다중성, 독립성, 다양성 등 많은 안전 개념을 도입하여 사고 방지 및 완화에 많은 노력을 기울이고 있는 상황입니다.

**Q. 원자로 설계의 안전성 1**

**원자로 계통이란 무엇인가요?**

‘계통’은 영어의 ‘시스템’을 표현한 말이에요. ‘시스템’은 어떤 것에 관련된 여러 가지 것들이 각각 하는 일과 특성에 맞게 배열된 것입니다. 예를 들면 ‘컴퓨터 시스템’은 모니터, 키보드, 마우스, 프린터 등을 합친 것들이지요.

원자력발전소의 계통은 크게 1차 계통과 2차 계통으로 구분됩니다. 1차 계통’은 영어로 ‘프라이머리(primary) 시스템’입니다. ‘primary’는 ‘주된, 주요한, 기본적인’이라는 뜻이지요. 원자력발전소의 1차 계통은 가장 ‘중요하고 기본적인’것들로 구성되어 있어요.



〈그림 3〉 고리원전 방파제

원자력발전소에서 가장 중요한 기기는 원자로이며 여기에서 원자력 에너지를 생산하고 원자로 냉각재펌프는 이를 증기발생기로 전달하는 임무를 수행합니다. 1차 계통에 속하는 기기와 설비는 격납건물 안에 있습니다.

2차 계통은 터빈 발전기에 관련된 기기와 설비입니다. 2차 계통의 중요 임무는 발전기를 통해 전기를 생산하는 일, 그리고 증기를 물로 되돌리는 일입니다. 2차 계통은 전기 생산에 필요한 터빈과 발전기, 그리고 증기를 물로 되돌리는 복수기가 중심이 되고, 여기에 물을 증기발생기로 공급하는 각종 설비들이 더해집니다. 증기는 터빈을 돌린 뒤 복수기에서 물로 바뀌어 2차 계통 내부를 순환합니다.

**Q. 원자로 설계의 안전성 2**

**격납건물은 어떻게 만들어져 있고 어떤 기능을 하나요?**

‘원자력발전소’하면 떠오르는 둥근 돔 형태의 외벽

이 바로 원자로 건물이지요. 원자로건물은 다른 말로 ‘격납건물’이라고도 합니다. ‘격납’이란 ‘막다, 가두다 [格]’, ‘넣어 둠[納]’이란 뜻이에요. 즉 ‘충격으로부터 보호해 주고, 외부로의 누출은 막아준다’는 뜻이지요. 원자로건물 내벽에는 강철판으로 된 격납용기가 들어 있습니다.

우리나라 원자력발전소의 경우, 중대사고를 대비하여 다중의 방호체계를 갖추고 있어요. 이 중에서 격납건물은 최종 방호벽에 해당합니다. 격납건물은 안전에 매우 중요한 시설로, 내부의 압력이나 온도가 급격히 올라갈 때, 외부에서 심한 충격을 받았을 때에도 쉽게 파손되지 않아야 합니다. 따라서 건설허가 심사 때 두께와 강도, 재료 등을 정밀히 검토하게 됩니다

**Q. 원자로 설계의 안전성 3**

**원전 앞에 방파제가 있는 까닭은 무엇인가요?**

원자력발전소에 존재하는 복수기는 터빈을 돌리고 남은 증기를 다시 물로 바꾸어 증기발생기로 공급하

는 역할을 수행하는데, 이때 복수기에서 증기를 냉각하여 물로 바꾸기 위해 필요한 차가운 냉각수로 바닷물을 사용합니다.

이 바닷물은 발전소 외부에 연결된 해수 펌프를 통해 복수기를 통과한 후 다시 바다로 방출되는데, 이 해수펌프가 제대로 작동하려면 수위 변동이 적어야 합니다. 따라서 펌프가 설치된 바다에 큰 방파제를 설치하여 해수면을 잔잔하게 유지시켜 주는 역할을 합니다.

또한 방파제는 해안 방벽과 함께 해일로부터 원자력발전소를 보호하는 구조물의 역할도 하는데, 후쿠시마 원전 사고 이후 초대형 지진해일 발생 시 원전의 안전을 지키기 위해 이러한 방파제를 한층 높이도록 하였습니다.

**Q. 원자로 설계의 안전성 4**

**원전 내진설계가 무엇이고 어떤 기능을 하나요?**

‘내진설계’는 원자력발전소뿐만 아니라 건물을 설계할 때 흔히 쓰이는 말입니다. ‘내(耐, 견딜 내)’, ‘진(震, 지진 진)’, 즉 지진에도 건물이나 기계가 무너지거나 피해를 입지 않고 견딜 수 있도록 설계하는 것을 말합니다.

지구 표면은 여러 개의 판으로 나뉘어 있는데, 이 판들이 움직이면서 발생하는 에너지가 지구 표면에 영향을 주는 것이 지진입니다.

**Q. 원자로 설계의 안전성 5**

**원전 운전의 안전여유도는 무엇이고 어떻게 그것을 설정하나요?**

자동차를 운전할 때에는 앞 차량과 일정한 안전거리를 유지해야 합니다. 원자력발전소를 운전할 때에도 마찬가지로 일정한 여유가 필요하지요. 이를 ‘운전

여유도’라고 합니다. 운전여유도 이내에서 발전소가 운전된다면, 사고가 발생하더라도 발전소는 정지되고 안전하게 유지될 것입니다. 원자력발전소의 건설, 설계, 운전 등 모든 분야에 운전여유도가 적용되고 있습니다.

운전여유도는 원자력발전소를 설계할 때에 설정하는 것으로, 사고나 안전뿐만 아니라 기술적 여유도까지 충분히 반영하여 설계해야 합니다. 운전여유도를 설정하더라도 만약의 경우, 안전성에 위험을 줄 가능성이 있으므로 이를 사전에 막기 위하여 ‘운전제한조건’을 설정합니다. 만약 원자력발전소의 상태가 운전제한조건에 해당될 경우, 운영자는 원자로를 정지시키거나 또는 더욱 안전한 상태를 만들기 위한 조치를 실시합니다.

**Q. 원자로 설계의 안전성 6**

**심층방어란 무엇이고 어떻게 이루어지나요?**

원자력발전소의 안전조치를 한 마디로 말하면 ‘심층방어’라고 정리할 수 있습니다. ‘심층(深 깊을 심, 層 여러 층)’, 즉 여러 겹의 깊이있는 안전장치를 말하지요. 심층방어는 발전소 내부의 고장이나 사고, 그리고 외부의 충격이나 테러 같은 고의적 파괴 행위가 벌어질 경우에도 발전소가 안전하게 지켜질 수 있도록 구성됩니다.

심층방어는 크게 5단계 원칙과 목표로 이루어집니다. 원자력안전위원회에서는 원자력시설의 심층방어를 위해 다음과 같은 목표를 설정하고, 사업자가 다양한 안전장치를 마련하도록 하고 있습니다.

- 1단계 : 심각한 사고가 일어날 가능성을 최소화할 것
- 2단계 : 문제 발생 시 초기에 탐지하고 최대한 신속하게 대응할 것



- 3단계 : 사고 발생 시 그 범위가 설계기준 이내로 국한되게 할 것
- 4단계 : 심각한 사고가 발생할 경우 그 피해가 원자력시설을 넘어서지 않도록 할 것
- 5단계 : 중대사고 발생 시 피해를 최소화하기 위해 외부에서 비상조치를 시행할 것

Q. 원자로 설계의 안전성 7

원전 설계의 원칙에 있는 다중성, 독립성, 다양성이란 무엇인가요?

원자력시설의 안전을 확보하기 위한 설비나 기기, 계통에는 다중성, 독립성, 다양성의 원칙이 적용되고 있습니다. 이들 원칙은 원자력시설에서 만약의 사고가 발생할 경우라도 그 영향과 피해를 최소화하기 위한 것입니다.

다중성 중요한 안전 기능을 가진 모든 설비는 2개 이상 중복해서 설치하게 되어 있어요. 이것을 ‘다중성’의 원칙이라 합니다. 안전설비를 중복해서 설치하는 까닭은 만약 한 설비가 제대로 작동하지 못하더라도 다른 설비에 의해 피해를 최소화하고 안전성을 유지하기 위해서입니다.

예를 들어, 원자력발전소의 경우 안전에 중요한 펌프, 밸브, 전원 등은 하나만 두지 않고 반드시 복수로 설치하여야 합니다. 독립성 중요한 설비가 한곳에 몰려 있지 않도록 분산 설치하며, 각각이 독립적으로 작동할 수 있도록 하는 원칙입니다.

원자력발전소의 경우, 각 호기별로 중요한 안전설비가 독립적으로 설치되도록 하고 있어요. 예를 들면 비상디젤발전기나 수소 제거 설비 등은 한 곳이 아니라 매 호기마다 설치되어야 하는 것이 원칙입니다.

다양성 설계의 다양성이란 중요한 설비들의 작동 원리를 다양하게 구성하는 것입니다. 그래야 한 가지

원인에 의해 모든 설비가 중단되지 않도록 막을 수 있습니다. 예를 들면, 원자력발전소에 전력 공급이 중단되는 사고가 발생할 경우를 대비하여 모터 구동 펌프 대신 터빈의 힘으로 돌아가는 터빈 구동 펌프 등도 함께 마련되는 것이 다양성의 원칙입니다.

Q. 원자력시설 사고 1

체르노빌 vs 후쿠시마, TMI 사고는 어떻게 다른가요?

체르노빌 사고는 격납건물이 없는 상태에서 원자로에 화재가 발생하여 방사성 물질이 대량 누출되었습니다. 사고 발생 후 시멘트와 콘크리트를 쏟아 부어 수습을 시도했으나 결국 심각한 방사능 피해를 발생시켰습니다.

후쿠시마 원전 사고는 격납건물이 지나치게 작고 두께도 얇아 내부에서 발생한 수소 폭발을 감당하지 못하고 훼손되었습니다. 방사성 물질이 대기와 바다로 대량 유출되어 큰 피해를 일으켰습니다.

반면 TMI 원전 사고는 1979년 3월 28일, 냉각수 공급이 중단되면서 내부에서 원자로 노심이 녹아내려 원자로가 훼손되어 발생했습니다. 그러나 두께 1미터에 달하는 격납건물이 훼손되지 않아 방사성 물질은 외부 환경으로 누출되지 않았습니다.

Q. 원자력시설 사고 2

원자력발전소의 사고와 고장은 어떻게 다른가요?

원자력시설의 정상적인 가동에 문제가 될 만한 사건이 발생할 경우, 이러한 문제 상황을 ‘사건’이라고 합니다. 국제원자력기구(IAEA)에서 수립, 운영 중인 ‘국제 원자력사고·고장 등급(INES)’에 의하면, 시설에 손상을 끼쳤거나, 환경에 방사선 피해를 미칠 수 있는 사건은 ‘사고’, 그렇지 않은 사건은 ‘고장’으로 구분합니다.



**\* 자세히 알아봅시다.**

원자력시설에서 발생한 사고나 고장의 심각성이나 위험성을 나타내는 지표로, 'INES(International Nuclear Event Scale)'가 있습니다. 우리나라는 1993년부터 국내 원자력 발전소에서 발생하는 사고·고장에 대해 INES를 적용하여 등급을 평가하고, 그 결과를 공개하고 있습니다.

원자력 사고·고장 등급은 총 7등급으로 구분됩니다. 사고와 고장은 주변 지역에 미치는 방사선 영향 및 노심의 손상 여부로 구분되며, 그 영향과 손상 정도에 따라 등급이 나뉘게 됩니다. 안전에 중요하지 않은 사건은 등급 이하(0등급)의 경미한 고장이며, 1등급에서 3등급까지는 '고장', 4등급부터 7등급까지는 '사고'로 분류됩니다.

**Q. 원자력시설 사고 3**

**원자로는 어떤 경우에 정지되고 어떤 조치가 취해지나요?**

핵연료를 교체하거나 정비가 필요한 경우 원자력발전소의 운전원이 원자로를 정지시킵니다. 만약 사고나 고장이 발생했을 경우, 원자로가 수동 또는 자동으로 정지되지요. 원자력발전소는 사고나 고장 시 원자로의 핵분열을 반드시 정지시킬 수 있도록 하는 안전장치를 설치해놓고 있습니다. 이러한 안전장치의 작동, 즉 원자로 노심에 제어봉을 삽입하여 핵분열 연쇄반응을 안전하게 중지시키는 것을 '원자로 안전정지'라고 합니다.

또한 원자로가 계획된 상태가 아닌 조건에서 정지되면 원자력안전위원회에서는 보고를 받는 즉시 전문가를 파견하여 현장 조사를 실시합니다. 문제의 원인 분석 및 문제 발생시 발전소 측의 조치와 대응, 그리고 재발 방지대책 등이 주요 조사 대상이지요. 만약 이 과정에서 원자력사업자의 법령 위반, 규정 위반 사항이 발생하거나, 운영기술지침서 위반 사항 등이 발

견될 경우 원자력안전위원회는 강력한 법적 제재 조치를 취할 수 있습니다.

**Q. 원자력시설 사고 4**

**원전의 절대 안전은 없다는데 설계기준사고와 중대사고의 차이는 무엇인가요?**

원자력발전소 등의 시설은 사고와 고장이 발생하더라도 안전을 유지할 수 있도록, 설계 단계에서부터 안전장치를 마련하여야 합니다. 또 발생 가능성이 매우 낮은 사고에 대해서도 안전을 관리하고 사고를 신속히 수습할 수 있도록 구조물, 계통 및 기기를 설계하지요. 이와 같은 설계를 위하여 상정된 일련의 가상 사고를 '설계기준사고'라고 합니다. 원자력시설의 운전 과정에서 발생할 수 있는 최악의 상황을 설계기준사고로 가정, 각종 안전장치를 마련하는 것이지요.

한편 중대사고는 원자력발전소의 설계기준사고를 초과하여, 원자로 노심의 손상을 일으키는 사고를 말합니다. 안전설계에서 고려하고 있는 수단으로는 적절한 제어가 불가능하여 노심에 중대한 손상을 끼치는 사건이지요. 미국의 스리마일 아일랜드(TMI) 사고와 구 소련(현재의 우크라이나)의 체르노빌 사고, 그리고 일본 후쿠시마 사고가 중대사고에 해당합니다. 중대사고는 '노심용융사고'와 동의어로 사용되기도 합니다. '용융(溶融)'이란 '녹아내린다'는 뜻이에요. 원자로 노심에 발생한 열을 식히지 못하면 핵연료가 녹아내리기 때문에 '용융사고'라는 것이지요.

**Q. 원자력시설 사고 5**

**원전의 안전성에 대한 종합적인 평가방법은 어떤 것들이 있나요?**

원자력안전위원회는 정기적인 심·검사 외에도 원



자력발전소의 안전성을 종합적으로 평가하고 있어요. 이 중 우리나라에서는 주기적 안전성 평가(PSR)를 실시하고 있습니다. 주기적 안전성 평가 제도는 국제원자력기구(IAEA)의 권장으로 우리나라에서 2000년부터 실시되었습니다. 말 그대로 ‘주기적’으로 안전성을 평가하는 일이지요.

원자력안전법 제23조 및 시행령 36조에 의하면, 주기적 안전성평가는 운영허가를 받은 날부터 10년마다 가동중인 원전 시설 전체를 대상으로 실시하여야 합니다. 사업자는 1년~1년 6개월 정도에 걸쳐 전반적인 안전성을 점검한 뒤, 평가보고서를 작성해 원자력안전위원회로부터 심사를 받게 되지요. 주기적 안전성평가는 원자로시설의 물리적 상태, 안전성 분석, 기기 검증, 안전 성능, 경년열화(원자력발전소의 장기간 운전에 따른 기기와 구조물 등의 손상), 방사선 환경 영향, 인적 요소, 조직 및 행정 등 11개 분야에서 종합적으로 이루어집니다.

원자력안전위원회는 2012년부터 주기적 안전성평가 항목을 14개 분야로 세분하고, 20년 이상 가동되는 원전에 대해서는 주요 기기의 성능 감시 기준을 한층 강화하고 있습니다.

**Q. 종합 1**

**원전의 스트레스 테스트는 무엇인가요?**

‘스트레스 테스트’는 원자력발전소가 극한 상황에서도 안전할 수 있는지 확인하기 위한 테스트입니다. 여기서 말하는 ‘극한 상황’이란, 원자력발전소를 설계할 때 가정하는 문제 상황보다 훨씬 심각한 상황입니다.

원전 스트레스 테스트에서 가정하는 ‘극한 상황’이란 다음과 같습니다.

첫째는 원전의 설계기준을 초과하는 지진이나 해일이 발생할 경우입니다.

둘째는 이의 영향으로 전원이 상실되거나, 안전계통 고장 등으로 발전소가 최악의 상황에 처했을 경우이지요. 즉 노심 및 핵연료 저장조 냉각 기능이 상실되거나, 격납건물이 파손될 가능성이 발생할 경우입니다.

스트레스 테스트는 이처럼 극단적인 상황이 발생할 경우 원자력발전소의 대응 능력과 안전성 유지 방법을 테스트 합니다.

**Q. 종합 2**

**장기가동 원전의 안전은 어떻게 관리하나요?**

장기가동 원전의 경우 주기적 안전성 평가(Periodic Safety Review)를 통해 안전 관리를 합니다. 주기적 안전성 평가란 국제원자력기구(IAEA)가 원전보유국들에게 권장하고 있는 제도로서, 가동 원전에 대해 10년을 주기로 설계, 기기기능 등의 이상 유무를 대대적으로 점검하는 제도를 말합니다.

가동중인 원전에 대해 설계 변경, 운전 경험, 기술 발전 등의 누적 영향을 고려, 수명기간 동안 안전 수준 유지를 보증하기 위한 제도로 주요 지침은 다음과 같습니다.

1. 평가 주기 : 10년
2. 평가 범위 : 11개의 안전 인자에 대해 평가
3. 평가 주체 : 원전 운영자가 수행, 규제기관이 심사
4. 평가 결과 : 계속 운전 허용 여부에 대한 판단 근거로 활용

우리나라의 경우 국제원자력기구의 권장으로 2000년부터 실시하였습니다.

원자력안전법 제23조 및 시행령 36조에 따라서 주기적 안전성 평가는 운영허가를 받은 날부터 10년마다 가동 중인 원전시설 전체를 대상으로 실시해야 합니다. 사업자는 1년~1년 6개월 정도에 걸쳐 전반적

인 안전성을 점진한 뒤, 평가보고서를 작성해 원자력 안전위원회로부터 심사를 받게 됩니다.

**Q. 종합 3**

**국내 원전 부지별 발전 호기(원자로 기준) 수 현황은 어떻게 되나요? 하나의 부지에 원전이 다수로 있으면 더 위험한가요?**

국내 원전 부지는 지역별로 크게 4개(고리, 월성, 한빛, 한울)로 구분할 수 있으며, 2017년 9월 현재 고리 부지에는 총 6기가 가동중이며, 월성, 한빛, 한울 부지는 각각 6기가 가동 중에 있습니다.

원자력발전소의 건설 및 운영으로 인한 위험성은 단순히 부지 내 호기 수가 얼마나 많은지에 의해 좌우되는 것이 아니라, 각 호기가 어떤 원자로 유형에 해당하는지, 그리고 원자로 건물을 포함한 구조물 및 각종 안전설비들이 외부 자연재해를 포함한 여러 종류의 사고에 얼마나 잘 대처할 수 있는지에 따라 달라집니다.

이러한 관점에서 볼 때, 국내에서 가동 중인 원전들은 원자로 노심이 손상되는 중대사고가 발생했던 미국 쓰리마일섬(Three Mile Island) 원전, 체르노빌 원전, 후쿠시마 원전에 비해 훨씬 안전한 원전이며, 최근에 건설되었거나 건설 중인 원전들은 안전성이 이전보다 더욱 강화된 유형(APR-1400)의 원전입니다.

또한, 국내 원전은 안전에 중요한 설비들을 호기 간에 공유하지 않고 각 호기 별로 독립적으로 설치되어 있어 한 호기 내 특정 설비의 고장이 다른 호기의 안

전 설비 작동에 영향을 미치지 않습니다. 더군다나 후쿠시마 원전사고 발생 이후 고리 원전 해안방벽 증축, 이동형 발전차량 설치 등 다수 호기 동시 사고를 예방하거나 발생 시 대처하기 위한 여러 가지 개선 방안들이 확충되어 있습니다.

**Q. 종합 4**

**세계적으로 다수 호기 사고가 발생한 사례는 어떤 것이 있고, 국내 원전에서 다수 호기 사고가 발생할 가능성은 얼마나 되나요?**

국내외를 통틀어 원전에서 원자로 노심이 손상되는 수준의 다수 호기 사고가 발생한 것은 2011년 3월 일본에서 발생한 후쿠시마 원전 사고가 유일합니다. 다만, 원전에 설치된 안전 설비들이 제대로 작동하여 원자로 노심이 손상되지 않은 수준의 다수 호기 사고들은 다수 발생한 바 있으며, 국내에서도 태풍 또는 폭설로 인해 동일 부지 내 2기 이상의 원전에서 동시에 소외전원이 상실된 사고가 3건 있었습니다.

따라서 국내 원전에서도 다수 호기가 동시에 영향 받는 사건이 발생할 가능성은 낮다고 할 수 없으나, 이러한 사건이 발생하더라도 이를 대비해 설계되어 있는 안전 설비들이 모두 한꺼번에 작동되지 않아 다수 호기에서 노심이 손상될 확률은 매우 낮으며, 또한 다수 호기에서 노심 손상이 발생하더라도 120cm 두께의 철근 콘크리트로 되어 있는 원자로 격납건물이 파손되어 방사성 물질이 외부로 누출될 확률은 이보다 훨씬 낮습니다. ☺