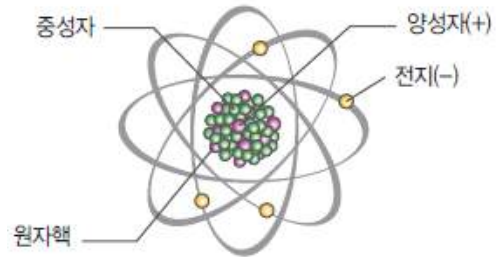


1. 원자로와 원자력발전

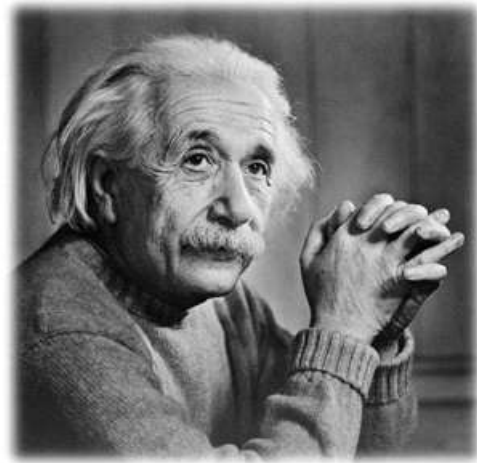
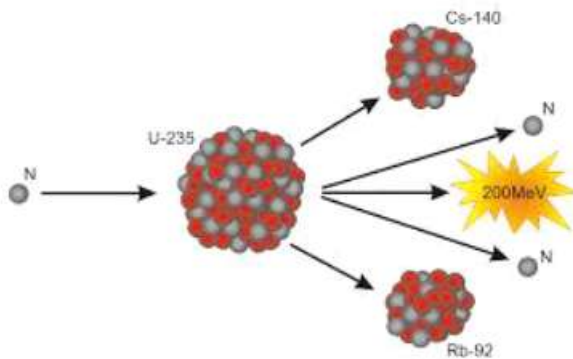
1-1. 원자력

세상의 모든 물질은 아주 작은 원자로 구성되어 있으며, 원자는 중심에 자리잡고 있는 원자핵과 그 주위를 돌고 있는 전자로 구성되어 있습니다.



우라늄(U-235)과 같은 무거운 원자핵이 중성자를 흡수하게 되면 원자핵이 쪼개지는데, 이를 핵분열 그림 1 원자의 구조 이라고 하며, 이때에는 많은 에너지가 발생합니다.

※ 아인슈타인(Einstein, 1905)의 특수상대성이론에 따라 물질과 에너지는 서로 변환 가능



$$E=mc^2 \rightarrow E=mc^2$$

그림 2 핵분열의 원리

핵분열이 일어날 때에는 많은 에너지와 함께 2~3개의 중성자도 함께 발생되며, 그 중성자가 다른 원자핵에 흡수되면 또 다시 핵분열이 일어나고, 이런 식으로 연속적으로 핵분열이 일어나는 현상을 핵분열 연쇄반응이라고 합니다. 원자력이란 핵분열이 연쇄적으로 일어나면서 생기는 막대한 에너지를 뜻합니다.

1-2. 원자력발전 원리

원자력발전은 핵분열에서 발생하는 열에너지로 증기를 만들어 그 힘으로 터빈을 돌려 전기를 생산하는 것입니다. 핵분열 연쇄반응이 일어나면 연료봉이 썩썩 2천도 이상으로 올라가면서 엄청난 열이 발생하는데 그 열로 물을 데워 증기를 만들 수 있습니다. 이 때 발생한 증기의 힘으로 터빈을 돌려 전기를 얻는다는 점에서 원자력발전은 화력발전과 유사합니다. 차이점이 라면 원자력은 우라늄을 원료로 핵분열 할 때 나오는 열로 증기를 만드는 것이고, 화력발전은

석유나 석탄을 태울 때 발생하는 열로 증기를 만들어 전기를 생산한다는 점으로, 물을 끓이는 재료가 다른 것입니다.

1-3. 원자로

원자로는 핵분열 연쇄반응이 서서히 일어나도록 조절하면서 필요한 만큼의 에너지를 안전하게 뽑아 쓸 수 있게 만든 장치입니다. 원자력발전에서는 원자로가 화력발전의 보일러와 같은 역할을 합니다. ‘원자로’라는 용어의 ‘로(爐)’라는 한자는 ‘불을 피우는 가마’라는 뜻입니다. 연료를 넣어 난로에 불을 피우면 열이 발생하듯이, 원자로는 핵연료를 넣어 핵분열을 일으키면 아주 뜨거운 열이 발생합니다. 핵연료로 쓰이는 것이 우라늄이며, 원자력발전의 핵연료로는 농축 우라늄을 이용합니다.

원자로에는 핵연료가 있고 핵연료가 안정된 상태로 연쇄반응을 일으킬 수 있도록 중성자 수를 조절해 주는 제어봉이 있습니다. 또, 핵연료 주위에는 냉각재가 흐르고 있어 핵분열에서 발생하는 열을 증기발생기로 전달하며, 만일의 사고 시 핵연료의 열을 식혀주는 역할을 합니다.

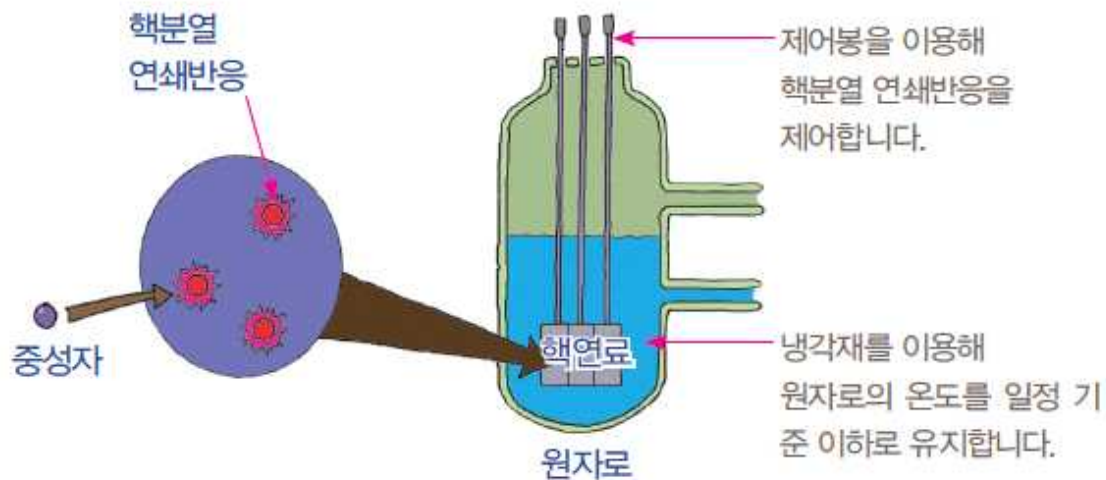


그림 3 원자로의 구성

1-4. 감속재와 냉각재

1) 감속재

원자로 내부에서 핵분열이 일어나면 고속의 중성자들이 생성 되는데 이를 안정화시켜야 연쇄 반응이 일어날 수 있습니다. 고속 중성자와 충돌해 중성자의 에너지(속도)를 낮추어 핵분열 확률을 높이고 연쇄반응을 지속시키는 역할을 하는 것이 감속재입니다. 원자로의 종류에 따라 물, 흑연 등이 감속재로 쓰입니다.

2) 냉각재

냉각재는 원자로에서 핵연료봉 사이를 통과해 흐르면서 핵분열에 의해 발생하는 열에너지를 운반하는 물질로, 정상 운전 중에는 열에너지의 운반 및 원자로의 온도를 유지하는 것이 가장 중요한 기능이지만, 사고 시에는 원자로가 과열되지 않도록 원자로를 냉각시키는 기능을 합니다. 냉각재로는 경수(H_2O), 중수(D_2O), 나트륨 등의 액체나 탄산가스 등의 기체가 사용됩니다.

1-5. 농축 우라늄

원자력발전의 연료, 즉 핵연료는 핵분열이 일어날 수 있는 물질로 만듭니다. 우라늄은 핵분열이 일어날 수 있고, 지구상에서 비교적 많이 분포해 있는 물질이므로 원자력발전의 연료로 이용되고 있습니다. 핵연료로 쓰이는 우라늄은 천연우라늄에서 불순물을 제거하고 우라늄-235의 비율을 높인 '농축 우라늄'입니다. 국내 가압경수로형 발전용 원자로의 핵연료로는 우라늄-235의 비율이 3~5% 정도인 저농축 우라늄이 사용됩니다.

1-6. 제어봉

핵분열이 일어나면 동시에 두세 개의 중성자가 나옵니다. 따라서 중성자에 의한 핵분열 반응 횟수가 2배, 4배, 8배, ..., 기하급수적으로 늘어나고 원자로의 온도도 계속 올라갈 수 있습니다. 제어봉은 원자로의 온도가 지나치게 높아지지 않도록 핵분열 연쇄반응의 속도와 크기를 조절하는 자동제어 장치입니다. 제어봉은 중성자를 흡수하기 쉬운 은, 붕소, 하프늄 등을 스테인리스강으로 감싸 만듭니다.

제어봉을 원자로에 삽입하면 핵분열 반응 때 나오는 2~3개의 중성자 중 일부를 흡수하므로 핵분열이 줄어들고, 반대로 꽂혀 있던 제어봉을 빼내면 핵분열이 증가합니다. 제어봉은 이런 식으로 원자로 내의 핵분열 반응을 조절합니다. 제어봉은 원자로를 급히 정지시켜야 하거나, 원자로의 출력을 조절해야 할 때 사용하며, 그 외에는 붕산수 등을 사용하여 핵분열 연쇄반응을 제어할 수 있습니다. 붕산은 중성자를 흡수하는 성질이 큰 물질이기 때문에 붕산의 농도를 조절하여 원자로의 출력을 서서히 제어할 수 있습니다. 만약 비상 상황이 발생하여 원자로의 핵분열 반응을 신속히 정지시켜야 할 경우, 원자력발전소 내부에 설치된 대형 붕산수 탱크에 담긴 붕산수를 원자로에 직접 주입할 수 있습니다.

1-7. 원자로의 종류

원자로는 용도에 따라 발전용, 연구용, 시험용, 생산용 등으로 분류됩니다. 또한 핵연료와 냉각재의 종류에 따라서 가압경수로(PWR), 비등경수로(BWR), 가압중수로(PHWR), 흑연감속 비등형(RBMK), 기체냉각로(GCR) 등으로 구분됩니다. 우리나라에는 가압경수로와 가압중수로가 있습니다.

원자로의 종류

원자로 형태	사용 연료	냉각재	감속재	개발국가	비고
가압경수로(PWR)	저농축우라늄(3~5%)	경 수	경 수	미 국	고리, 영광, 울진원전
비등경수로(BWR)	저농축우라늄(1~3%)	경 수	경 수	미 국	
가압중수로(PHWR)	천연우라늄(0.7%)	중 수	중 수	캐나다	월성원전
흑연감속 비등형(RBMK)	저농축우라늄(2%)	중 수	중 수	구 소련	체르노빌
기체냉각로(GCR)	천연우라늄(0.7%)	기 체(CO ₂ HE)	흑 연	영 국	

1-8. 가압경수로의 구조

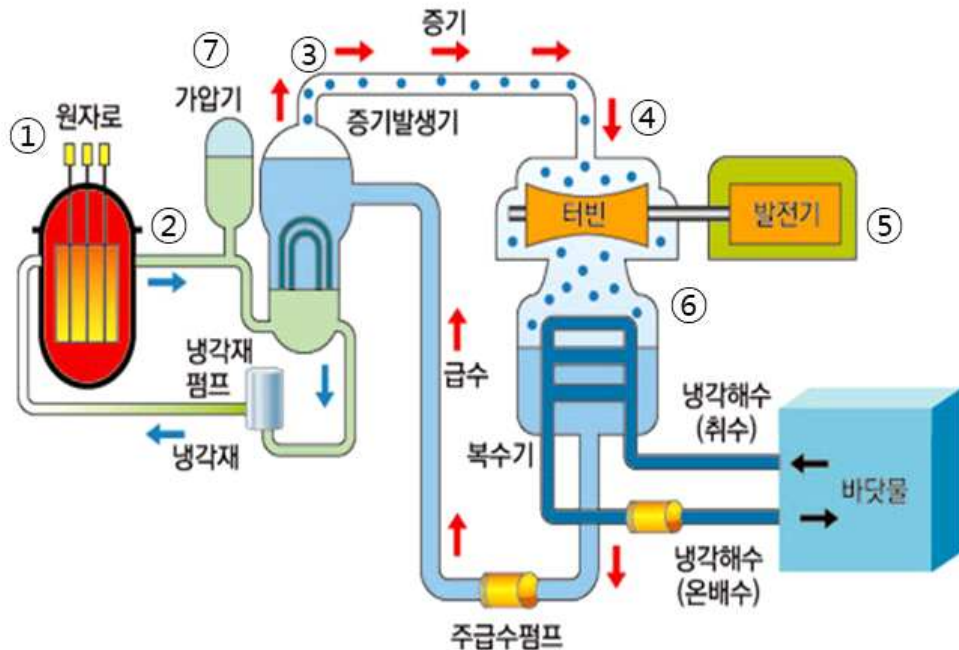


그림 5 가압경수로의 구조와 원리

- ① 핵분열로 에너지가 발생합니다.
- ② 원자로를 통과한 냉각재가 열에너지를 증기발생기로 전달합니다.
- ③ 열로 데워진 물에서 증기가 발생합니다.
- ④ 발생한 증기가 터빈 발전기로 이동합니다.
- ⑤ 증기로 터빈을 돌려 전기를 생산합니다.
- ⑥ 발전기를 돌린 증기는 다시 물로 바뀌어 들어옵니다.
- ⑦ 원자로 내부의 냉각재가 높은 온도에서 증기로 바뀌지 않고 물 상태로 유지하도록 압력을 높여 줍니다.

Q 1. 가압경수로와 비등경수로는 어떤 차이가 있나요?

⇒ 증기를 발생시키는 방식의 차이

비등경수로에서 증기를 발생시키는 방식은 물을 끓이는 전열포트에 비유할 수 있습니다. 포트 속의 전열선이 뜨거워지면 물이 끓으면서 증기가 발생합니다. 비등경수로의 물을 직접 끓여 증기를 생산하므로 증기발생기나 가압기 등이 필요 없고, 원자로와 발전소 규모도 작아 건설비가 적게 든다는 특징이 있습니다. 하지만 핵연료와 직접 맞닿는 물이 증기가 되고 이 증기가 터빈을 돌리는 구조인 만큼, 사고가 나면 방사성 물질이 쉽게 누출될 수 있다는 단점이 있습니다. 비등경수로의 원자력발전소가 개발되던 초기에 미국에서 개발된 원자로 형태로 우리나라보다 원자력발전을 일찍 시작한 일본은 가동 중인 원자력 발전소(원전)의 절반 이상이 비등경수로입니다.

직접 물을 끓여 증기를 발생시키는 비등경수로와 달리, 가압경수로의 간접적으로 증기를 발생시키는 점이 다릅니다. 가압경수로에는 원자로에서 만들어진 열에너지를 이용해 증기를 발생시키는 증기발생기가 원자로 양쪽에 2~3개씩 놓여 있습니다. 가압경수로의 방사능을 띤 물이

직접 증기가 되지 않도록 만든 방식으로, 만약의 사고가 발생할 경우 방사능을 띤 물을 격납 건물 안에 가둘 수 있도록 조치할 수 있습니다. 반면 비등경수로에 비해 가압기와 증기발생기 등 추가적인 기기가 많으므로 발전소의 규모도 크고 건설 비용도 더 많이 들게 됩니다. 우리나라의 원자력 발전소는 대부분 가압경수로입니다.

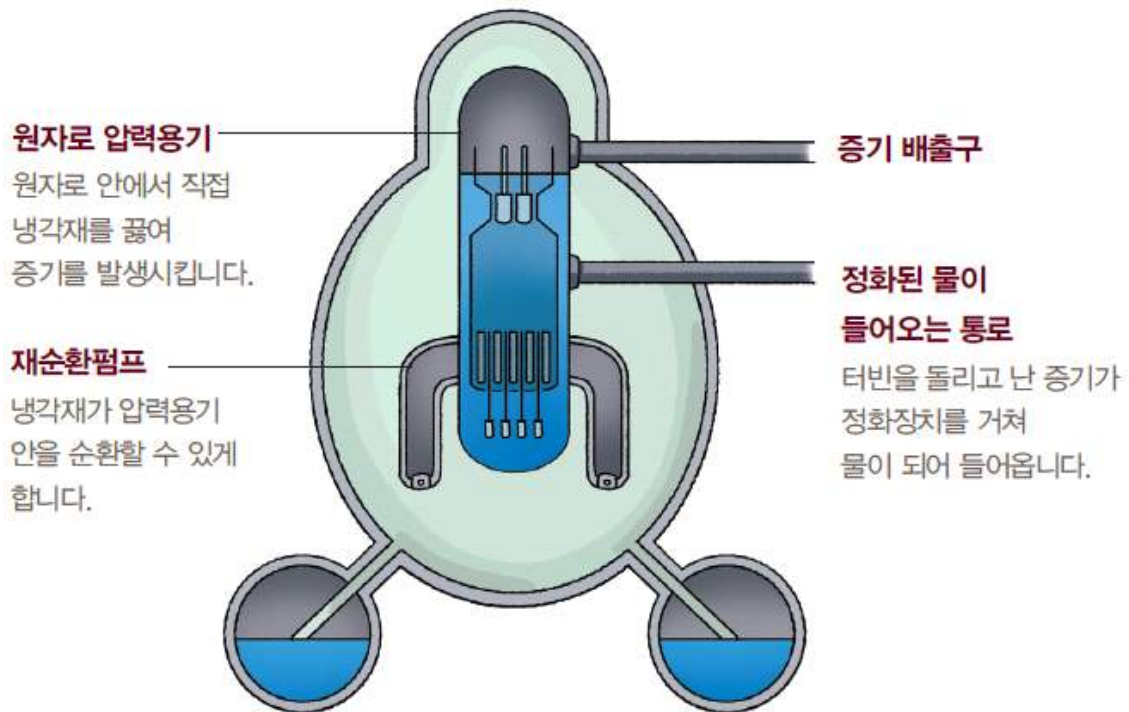


그림 6 비등경수로의 구조

Q 2. 원자력발전소도 원자폭탄처럼 터지진 않아요?

⇒ 근본 원리가 다른 원자력발전과 원자폭탄

사람들은 원자력발전이 혹시 폭발하지 않을까?라고 불안해합니다. 원자폭탄처럼 폭발하려면 우라늄235라는 입자가 100% 가까이 있어야 합니다. 그러나 원자력발전에서 사용하는 우라늄은 우라늄235를 2~5% 함유해 폭발이 일어나지 않습니다. 이는 마치 같은 알코올 성분으로 구성되어 있으나 폭발성이 있는 공업용 알코올과 폭발성이 없는 맥주와의 차이로 이해할 수 있습니다.

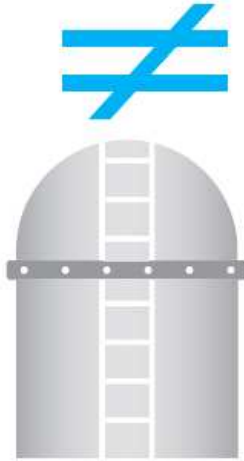
이 밖에도 원자력발전과 원자폭탄은 연료구조목적 등 모든 면에서 크게 다릅니다. 원자폭탄의 경우 0.000001초 이내에 핵반응을 일으켜 에너지를 얻지만, 원자력발전의 경우 18개월 내외라는 장시간 동안 핵분열을 일으켜 지속적인 에너지를 얻습니다.

● 원자력발전



- 우라늄 235
약 2~5%
- 우라늄 238
약 95~98%

알코올의 농도를 적당히 낮추면,
사람이 기분 좋게 마시고
즐길 수 있는
맥주가 만들어진다.



● 원자폭탄



- 우라늄 235
약 90% 이상
- 우라늄 238
약 10% 이하

알코올의 농도를 높이면,
불이 붙어
연료로
사용할 수 있다.



그림 7 원자력발전과 원자폭탄



참고 1-1. 원자력의 이용 분야

참고 1-2. 국내 원자력발전소 현황

우리나라는 1978년에 고리1호기 상업운전에 돌입한 것을 시작으로, 2020년 9월 기준으로 가압경수로(PWR) 21기 및 가압중수로(PHWR) 3기를 운영하고 있습니다.

가압경수로형인 고리 1호기는 약 40년에 걸친 운영을 마치고, 2017년 6월에 국내 원자력발전소 중에서 최초로 영구정지되었으며 현재 해체작업을 준비하고 있습니다. 가압중수로형인 월성 1호기는 2019년 12월에 영구정지 되었습니다.

현재 총 4기의 신규 원전 건설이 진행 중이며, 2019년 말 기준으로 국내 원자력발전소 전체의 설비용량은 23.25 GW이고, 연간 원자력발전량은 총 143,947 GWh였습니다.



원전본부		호기	설비용량 (MWe)	운영기간	비고
경수로	고리	고리#1	587	1977. 6.~2017. 6.	영구정지
		고리#2	650	1983. 4.~2023. 4.	—
		고리#3	950	1984. 9.~2024. 9.	—
		고리#4	950	1985. 8.~2025. 8.	—
		신고리#1	1,000	2010. 5.~2050. 5.	—
		신고리#2	1,000	2011.12.~2051.12.	—
	새울	신고리#3	1,400	2015.10.~2075.10.	—
		신고리#4	1,400	2019. 8.~2079. 8.	—
		신고리#5	1,400	—	건설 중
		신고리#6	1,400	—	건설 중
	한빛	한빛#1	950	1985.12.~2025.12.	—
		한빛#2	950	1986. 9.~2026. 9.	—
		한빛#3	1,000	1994. 9.~2034. 9.	—
		한빛#4	1,000	1995. 6.~2035. 6.	—
		한빛#5	1,000	2001.10.~2041.10.	—
		한빛#6	1,000	2002. 7.~2042. 7.	—
	한울	한울#1	950	1987.12.~2027.12.	—
		한울#2	950	1988.12.~2028.12.	—
		한울#3	1,000	1997.11.~2037.11.	—
		한울#4	1,000	1998.10.~2038.10.	—
		한울#5	1,000	2003.10.~2043.10.	—
		한울#6	1,000	2004.11.~2044.11.	—
		신한울#1	1,400	—	건설 중
		신한울#2	1,400	—	건설 중
	월성	신월성#1	1,000	2011.12.~2051.12.	—
		신월성#2	1,000	2014.11.~2054.11.	—
월성#1		679	1982.11.~2019.12.	영구정지	
월성#2		700	1996.11.~2026.11.	—	
월성#3		700	1997.12.~2027.12.	—	
월성#4		700	1999. 2.~2029. 2.	—	
중수로					

2. 원자력 안전과 규제

2-1. 원자력 안전의 기본 특성

핵분열에너지를 이용해 전기를 생산하는 원자력발전소는 화력 발전소의 보일러와는 달리 원자로가 정지된 후에도 붕괴열을 계속적으로 제거해야 하며, 대부분의 안전 설비들이 이와 관련 있습니다. 원자력발전소의 안전 확보를 위해 기술적인 측면에서는 다음 세 가지 사항이 매우 중요하다고 할 수 있습니다.

첫째, 원자로가 운전됨에 따라 많은 양의 방사성 물질(핵분열 생성물)이 원자로 내부, 구체적으로는 핵연료봉 안에 생성, 축적된다.

둘째, 정상 운전 중인 원자로를 적절하게 냉각시키지 못하면, 원자로 내에서 생성된 핵분열 생성물을 외부와 차단하고 있는 방벽(Barrier)들이 손상되어 방사성 물질이 외부로 누출될 수 있다.

셋째, 원자로를 정지시키더라도, 핵분열 생성물의 방사성 붕괴에 의해 계속 발생하는 에너지(붕괴열; Decay Heat)가 상당히 높은 수준이어서 상당 시간 동안 지속적인 냉각이 이루어져야 한다.

* 방사성 붕괴 : 불안정한 원자핵이 에너지(방사선)를 배출하며 안정된 원자핵으로 바뀌는 현상. 방사성붕괴가 일어나는 원자핵을 '방사성 핵종' 이라고 부르며 우라늄, 토륨, 라듐 등이 대표적

한국 표준형원자로와 같은 100만 킬로와트(1,000 MWe)급 원자로의 경우, 정상운전 중일 때 원자로에서 핵분열에 의해 생성되는 에너지('열출력'이라고 함)는 2,800 MWe 정도 입니다. 이 경우 붕괴열은 원자로 정지 직후에는 6%인 170 MW 수준이고, 3시간이 지나면 1%인 28 MW 정도가 됩니다. 원자로를 정지시킨 후 3시간이 지나더라도 1kW 용량의 가정용 전기난로 28,000대가 발생하는 붕괴열이 계속 나오는 것과 같으며, 따라서 원자력발전소의 많은 장치들이 이러한 붕괴열을 안전하게 제거하기 위해 갖추어져 있습니다.

원자로가 정상 운전 중일 때는 원자로 출력의 조절이 가능해야 하며, 만일 정상 상태에서 벗어나는 경우에는 원자로를 확실하게 정지시킬 수 있어야 합니다. 원자로는 정상 운전시 뿐만 아니라 정지된 후에도 핵분열 생성물들의 방사성 붕괴에 따른 잔열(붕괴열)이 계속 발생하므로, 핵연료의 냉각이 지속적으로 보장되어야 합니다. 이상의 두 가지 요건만 완벽하게 지켜진다면 원자로로부터의 방사성 물질의 외부 누출은 완전히 차단됩니다. 그러나 핵연료의 냉각에 실패할 경우에는 붕괴열로 인한 노심용융 등이 일어나게 되고, 원자로 밖으로 방사성 물질이 누출될 수도 있습니다. 따라서 방사성 물질을 적절한 방벽 안에 격납시킬 수 있는 기능이 요구되며, 격납용기가 가장 중요한 기능을 하고 있습니다. 그럼에도 불구하고 방사성 물질의 외부 유출시에는 방사성물질 누출 완화와 사고관리 등 방사능 영향을 최소화 하기 위한 조치를 취하게 됩니다.

* 격납용기 : 원자로 및 냉각재계통 등 방사성 물질이 포함되어 있는 배관이나 기기를 포함하는 구조물

원자력 안전이란 이와 같이 원자력의 생산과 이용에 따라 발생할 수 있는 방사선 재해 등의 각종 위험으로부터 국민과 국토 환경을 보호하는 것을 의미합니다.

2-2. 심층방어

‘심층방어’란 원전의 기계 고장이나 운전원의 실수가 발생하더라도 그 피해를 최소화 할 수 있도록 안전조치를 여러 단계에 걸쳐서 하는 것으로, 여러겹의 방어체계라고 할 수 있습니다. 원전 이상 상태의 발생을 가능한 방지하면서 이상 상태가 발생했을 경우 확대를 최대한 억제 하고, 만일 이상 상태가 확대돼 사고로 진전시 사고가 진전되는 모든 단계마다 적절한 방어체계를 갖추는 것을 의미합니다.



그림 11 심층방어 5단계

2-3. 다중방호

‘다중방호’는 방사성 물질이 외부로 누출되는 것을 막기 위하여 이용시설에 겹겹의 방어막을 마련하는 것으로 심층방어의 핵심입니다. 통상 원전에는 5겹의 방호벽이 설치돼 있으며 원전 설계 단계부터 적용됩니다.

다중방호는 원자력 발전소뿐만 아니라 방사성폐기물 처분시설, 연구용 원자로 시설, 핵연료 주기시설 등 원자력을 이용하는 시설에 두루 적용되는 개념입니다. 중저준위 방사성폐기물의 처분시설인 원자력환경관리센터를 예로 들면, 여기에서는 총 4단계의 다중방호 시스템을 갖추고 있습니다.

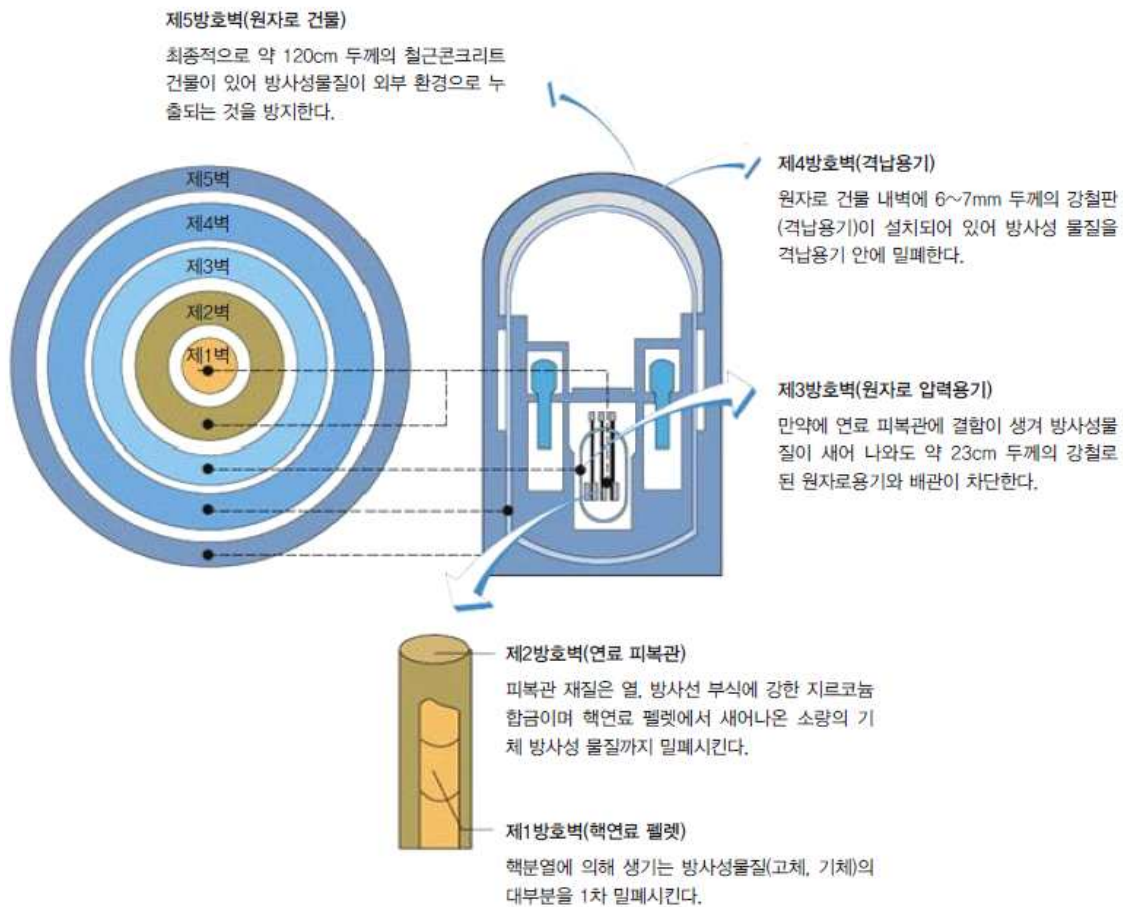


그림 12 원전의 다중방호

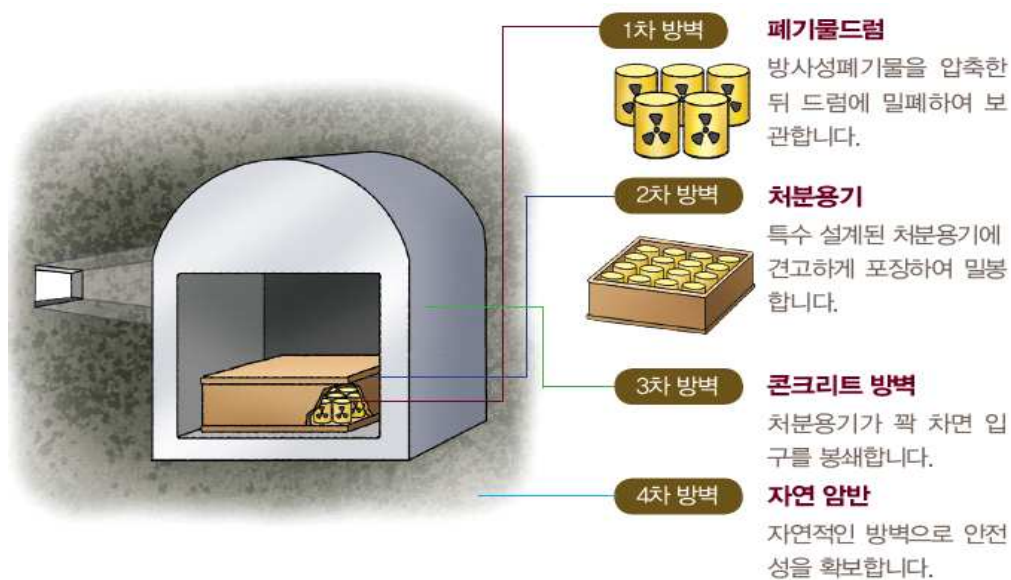
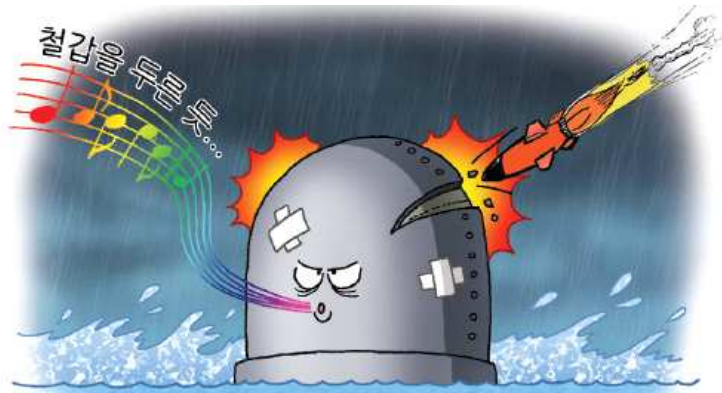


그림 13 중저준위 방사성폐기물 처분시설의 다중방호 예

2-4. 원자력 발전소 안전설계 특성

1) 격납건물

충격이나 누출을
막고 格 보호하기 納
위한 건물 器



‘원자력 발전소’ 하면 떠오르는 둥근 돔 형태의 외벽이 바로 원자로건물이며, 다른 말로 ‘격납(格納)건물’이라고도 합니다. 충격으로부터 보호해주고 외부로의 누출은 막아준다는 뜻입니다. 원자로건물 내벽에는 강철판으로 된 격납용기가 들어있습니다.

원자력발전소에서 만약 사고가 발생할 경우, 격납건물은 핵분열 생성물이 외부로 누출되는 것을 막아주는 최후의 방벽에 해당합니다. 1979년 미국에서 발생한 드리마일 아일랜드(TMI) 원전 사고의 경우, 핵연료가 녹아내리는 ‘노심 용융’까지 진행되었으나 격납건물이 파손되지 않아 방사능이 누출되는 사고는 일어나지 않았습니다.

1986년에 구 소련에서 일어난 체르노빌 원전 사고는 사상 최악의 사고로 기록되고 있습니다. 체르노빌 원전은 건설 당시 비용을 아끼기 위해 격납용기와 격납건물을 짓지 않아 사고가 발생했을 때 방사성 물질이 심각하게 유출되었던 것입니다.

2011년 일본 후쿠시마 원전의 격납건물도 내부가 지나치게 작고, 건물 두께도 16cm에 불과했기에 내부에서 발생한 수소 폭발을 감당하지 못하고 훼손되어 방사성 물질이 공기와 바다를 통해 유출되어 큰 피해를 일으켰습니다.

우리나라의 원자로건물은 두께 6cm의 내부철판과 두께 120cm의 철근콘크리트 외벽으로 되어 있습니다.

2) 안전 여유도

자동차를 운전할 때 앞 차량과 일정한 안전거리를 유지해야 하듯 원자력 발전소를 운전할 때에도 마찬가지로 일정한 여유가 필요한데 이를 ‘운전여유도’라고 합니다. 원자력 발전소의 건설, 설계, 운전 등 모든 분야에 운전여유도가 적용되고 있습니다.

운전여유도를 설정하더라도 만약의 경우를 대비하여 ‘운전제한조건’을 설정합니다. 만약 원자력 발전소의 상태가 운전제한조건에 해당될 경우, 운영자는 원자로를 정지시키거나 더욱 안전한 상태를 만들기 위한 조치를 실시해야 합니다.

3) 내진설계

‘내진(耐震)설계’는 원자력 발전소뿐만 아니라 건물을 설계할 때 흔히 쓰이는 말로, 지진에도 건물이나 기계가 무너지거나 피해를 입지 않고 견딜 수 있도록 설계하는 것을 말합니다.

원자력 발전소 건설 부지 조사 단계에서 분석한 여러 가지 데이터와 과거에 발생한 지진의 기록 등을 종합하고, 안전여유를 두어 산정합니다. 이 결과가 내진설계의 기준인 ‘설계지진’ 값이 됩니다.

2-5. 원전 안전설비의 설계 원칙

원자력 발전소가 정상적인 운전 상태에서 벗어날 때, 심각한 상태로 전개되는 것을 방지하고, 또한 작업자나 일반 대중 및 환경에 미치는 방사선 영향을 최소화하기 위한 계통들을 통틀어 보호 및 안전계통(Protection and Safety System)이라 합니다.

* 계통(system, 시스템) : 어떤 것에 관련된 여러 가지 것들이 각각 하는 일과 특성에 맞게 배열된 것

보호계통의 전형적인 예는 이상사태 발생시 원자로를 긴급 정지시켜서 출력을 붕괴열 수준으로 낮추는 원자로정지계통(Reactor Trip System)이며, 안전계통의 전형적인 예는 원자로로부터 냉각재가 유실되는 사고가 발생했을 때 노심의 냉각에 필요한 냉각재를 공급해주는 비상노심 냉각계통(ECCS)입니다. 보호계통이나 안전계통은 비상시 작동하여 원전의 안전성을 유지시키는 중요한 역할을 하므로, 작동의 신뢰성을 확보하기 위하여 다음과 같은 설계 원칙들이 적용됩니다.

다중성(Redundancy): 발생할 수 있는 기기의 고장에 대비하여 안전에 중요한 기능을 수행하는 설비는 꼭 필요한 수량보다 여유를 두어 구비합니다. 그 예로 안전계통에서는 2기의 펌프만으로 기능을 수행할 수 있더라도 4기를 설치하는 것이 일반적입니다. 이 경우 4기의 펌프 중에서 1기가 보수작업 중이고, 또 다른 1기에서 예기치 못한 고장이 발생하더라도 안전계통은 제 기능을 다할 수 있습니다.

다양성(Diversity): 다중성 원리에 따른 설계가 이루어지더라도 작동 원리가 모두 같을 경우에는 공통 원인 고장(Common Mode Failure)에 의해 일시에 작동 불능 상태에 이를 수 있으므로, 서로 다른 작동 원리를 갖는 2 개 이상의 계통을 구비하도록 합니다. 원자로 정지가 제어봉 삽입과 봉산수 주입이라는 전혀 다른 작동 원리를 갖는 두 가지 방법에 의해 이루어지는 것이 그 예라고 할 수 있습니다.

독립성(Independency): 중요한 설비가 한 곳에 몰려 있지 않도록 분산 설치하며, 각각이 독립적으로 작동할 수 있도록 하는 원칙입니다. 하나의 안전 설비가 여러 계통에 복합적으로 사용되는 경우에는 이로 인한 복잡성으로 인하여 사고 대응 능력의 저하 등 불안 요인이 따를 수 있으므로, 안전에 중요한 설비는 가능한 한 하나의 명확한 기능만을 갖도록 합니다.

고장시 안전작동 개념(Fail-Safe Principle): 주요 기기는 고장이 발생하거나 전원 공급이 중단될 경우 자동적으로 원전의 안전성에 유리한 상태로 되도록 합니다. 전형적인 예로서 제어봉 구동장치에 공급되는 전원이 차단되면 제어봉들은 중력에 의하여 원자로 내에 삽입되어 원자로를 안전하게 정지시킵니다.

연동기능(Interlock): 설비 또는 기기의 오작동에 의한 손상 및 사고를 방지하기 위해 정해진 조건이 만족되지 않으면 기기가 작동하지 못하도록 설계합니다. 원전의 일부 안전 장치는 사전에 정해진 어떤 조건이 갖추어져야만 작동되도록 하여, 운전원이 조작을 잘 못 하는 경우 작동을 거부하게 합니다.

2-6. 사용후핵연료

사용후핵연료란 원자로에서 전기를 생산하고 배출된 핵연료를 말하며, 원자로 내부에서와 같이 수백 개의 길다란 핵연료봉들로 이루어진 집합체(Fuel Assembly) 형태로 되어 있습니다. 원자력발전소에서 방사성물질의 대부분은 원자로내의 핵연료봉과 수조에 잠겨있는 사용후핵연료 안에 들어 있습니다. 사용후핵연료도 방사성 붕괴열을 발생시키므로, 물 속에 담가두고 지속적으로 냉각시키는 것이 필요하며, 원자력발전소에는 사용후연료 저장수조가 마련되어 있습니다.

원자력발전소의 유형에 따라 투입되는 핵연료도 크게 두 가지 유형으로 분류됩니다. 경수로형 원자력발전소는 우라늄 235 함유량이 약 3~5%인 농축우라늄을 핵연료로 사용하며, 중수로형 원자력발전소에서는 핵연료로 우라늄 235 함유량이 약 0.7%인 천연우라늄을 사용합니다. 핵연료 유형에 따라 원자로에서 핵분열을 거쳐 배출된 사용후핵연료에서 발생하는 열과 방사선의 강도가 달라집니다. 중수로에서 배출된 사용후핵연료는 약 10년 정도 냉각과정을 거친 경우 동일한 조건의 경수로형 사용후핵연료에 비해 열 발생량은 1/10, 방사선방출량은 1/20 수준인 것으로 알려져 있습니다.

구분	경수로형 핵연료		중수로형 핵연료
가동원전	21기		3기
냉각재	경수(H ₂ O)		중수(D ₂ O)
사용연료	저농축우라늄(U-235 : 약 3~5%)		천연우라늄(U-235 : 약 0.7%)
원자로 형태	수직(1개의 원통용기)		수평(380개의 압력관)
핵연료 형상	표준형	웨스팅하우스형	 <p>길이 : 약 50cm 직경 : 약 10cm 다발 무게 : 약 24kg 우라늄 무게 : 약 19kg</p>
	 <p>길이 : 약 4.5m 폭 : 약 20cm 다발 무게 : 약 639kg 우라늄 무게 : 약 430kg</p>	 <p>길이 : 약 4m 폭 : 약 20cm 다발 무게 : 약 673kg 우라늄 무게 : 약 450kg</p>	

그림 15 핵연료의 종류 및 특성

원자력발전소 안전성 문제의 핵심은 대부분의 방사성물질들을 함유하고 있는 핵연료봉들을 안전한 형태로 유지시키는 것이라고 할 수 있습니다. 핵연료봉이 안전한 상태로 유지된다면 유독한 방사성물질들이 대량으로 누출되는 것은 일어날 수 없기 때문입니다.

우리나라에서는 아직 사용후핵연료를 중장기적으로 관리할 수 있는 시설을 확보하지 못하였기 때문에 원자력발전소 내에 있는 임시저장시설에서 보관하고 있습니다.

- * 습식저장 : 사용후핵연료의 냉각과 방사선 차폐를 위해 물을 사용하는 방식
- * 건식저장 : 사용후핵연료 냉각을 위해 공기를 이용하고, 방사선 차폐를 위해 콘크리트나

원전부지 내 습식저장	원전부지 내 건식저장
<p>경수로</p> 	<p>운영중인 시설 없음</p>
<p>중수로</p> 	<div>   </div> <p>사일로 맥스터</p>

그림 16 국내 사용후핵연료 임시저장시설 현황
금속용기에 사용후핵연료를 넣어 보관하는 방식. 습식저장으로 일정기간 보관 후 사용

2-7. 원자력 안전규제

‘규제’는 법에 따라 권리를 허락하거나 제한하는 일을 말합니다. 운전 면허, 특허, 인가, 허가, 승인 같은 것들은 모두 규제의 일부라고 할 수 있습니다. 원자력 안전규제 역시 마찬가지입니다. 원자력 안전규제의 목표는 원자력을 이용할 때 생길 수 있는 위험으로부터 사람과 자연을 보호하는 것입니다. 즉, 원자력 안전규제란, 원자력을 이용할 때 생길 수 있는 모든 위험으로부터 사람과 자연 환경을 보호하기 위한 행정 규제를 말합니다. 원자력 안전규제를 책임지고 시행하는 기관을 원자력 안전규제기관이라고 합니다.

- * 허가 : 누구에게나 허용되지만 공익을 목적으로 제한하거나 금지하였던 사항을, 일정한 요건을 갖춘 경우에 자유권을 회복시켜 주는 규제 행위
- * 특허 : 특정인의 권리 또는 법률상의 지위를 설정하는 규제 행위
- * 인가 : 타인의 행위에 대하여 법률적 효력을 보충하거나 완성시켜 주는 규제행위

원자력 안전규제는 원자력안전위원회(NSSC)가 중심이 되어 법률상의 권한을 가지고 규제 행정을 시행합니다. 그리고 한국원자력안전기술원(KINS) 등이 원자력안전위원회의 위탁을 받아 심사와 검사, 조사 등의 기술적 업무를 수행하며, 규제전문기관이라고 합니다. 국민을 대신해 국내 원자력과 방사선을 이용하고 있는 기관, 시설, 종사자, 환경 등에 대한 안전을 확인하고 감시하는 역할을 수행하는 것이며, 따라서 원자력 안전에 관한 주요 사항을 결정할 때 국민의 편에 서서 공정하게 과학기술적 타당성을 검증하고 판단해야 합니다. 이를 위해 규제는 독립성이 보장되고 투명해야만 하며, 전문 인력과 안정된 재원이 확보되어야 합니다.

원자력 안전규제 행정은 원자력안전법, 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법, 생활주변 방사선 안전관리법 등 법률에 근거하여 시행됩니다. 이 중 원자력의 안전한 이용과 안전규제에 관한 대표적인 법이 원자력안전법입니다.

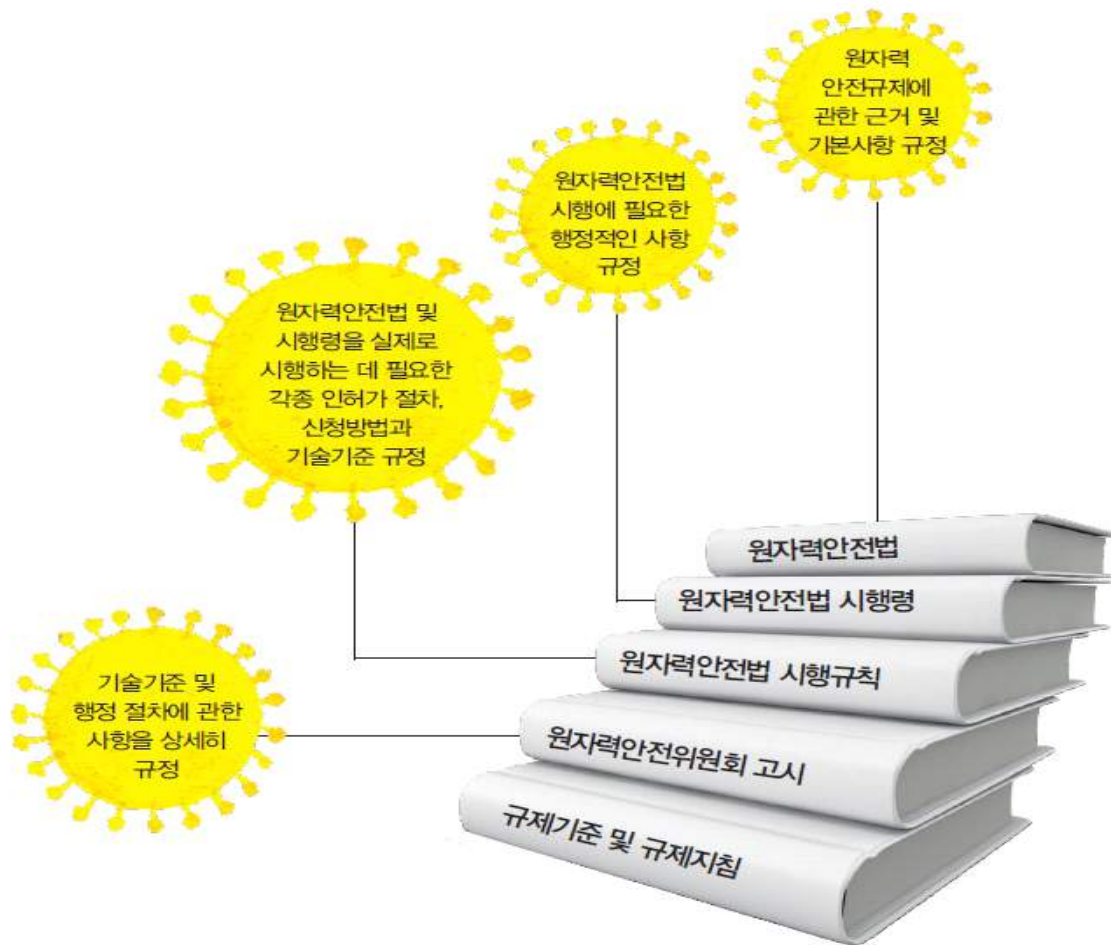


그림 17 원자력안전법 체계
2-8. 원자력시설 안전규제

원자력시설 안전규제 원자력시설에 따라 약간의 차이는 있으나 원자력시설의 설계, 제작, 건설, 운영 및 해체에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 안전성을 확인하고 관리하는 과정입니다. 건설허가 신청부터 준공까지 10년 이상의 기간이 소요되는 원자력 발전소 건설기간 동안 부지의 선정부터 환경영향평가까지 수많은 안전진단과 조사, 검사 및 심사가 수행되며, 상업운전 시작 이후에는 주기적으로 정기검사와 각종 심사 및 검사를 수행합니다.

1) 건설허가

원자력발전소를 건설하려는 사업자는 예비안전성분석보고서, 건설에 관한 품질보증계획서, 방사선환경영향평가서 등의 서류를 갖추어 원자력안전위원회에 건설허가를 신청해야 합니다. 규제기관은 발전소 부지 및 설계 계획이 안전기준에 적합한 지 검토하여 허가 여부를 결정합니다.

2) 사용전검사 및 품질보증검사

건설허가를 받은 사업자는 발전소를 건설하면서 시설의 공사과정과 성능에 대해 공정별로 검사를 받아야 합니다. 이를 '사용전검사'라고 하며, 그 내용은 크게 시설검사와 성능검사로 구

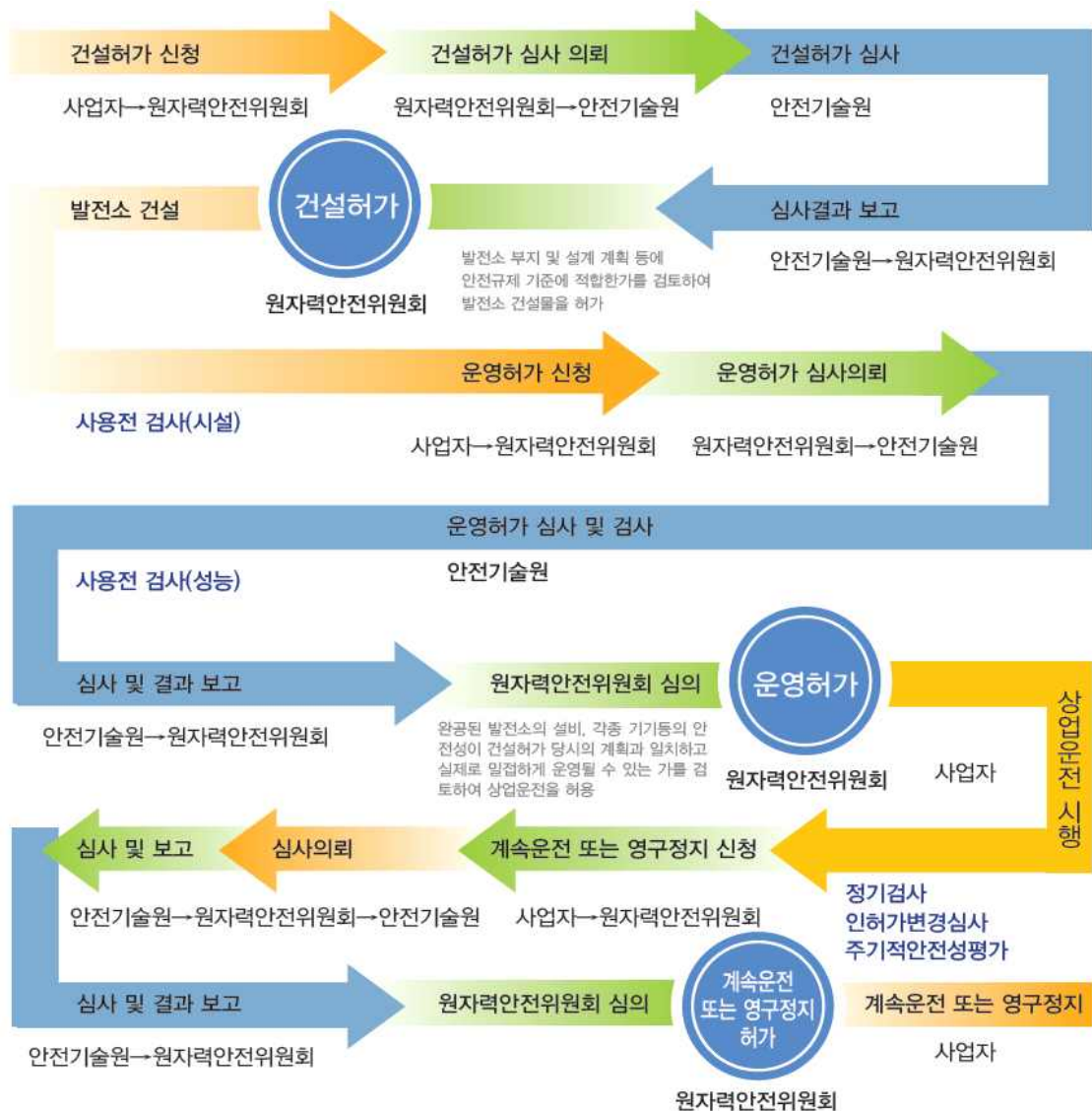


그림 18 원자력시설 안전규제 절차도
성됩니다.

사용전(시설)검사 : 원자로 및 관계 시설(주로 원자로 격납건물과 기타 안전관련 구조물)의 구조물, 계통, 부품이 기술기준에 따라 적절하게 설치되었는지 검사
 사용전(성능)검사 : 시설공사 완료 후 각 부품과 기기가 설치된 상태에서 각종 기능시험이 가능할 때, 계통 및 기기의 성능이 관계 법령과 기술기준에 적합한지 확인하는 검사

사용전검사를 통해 원자로시설이 건설허가를 받은 사항과 일치되는지, 시공된 시설이 수명 기간 동안 안전하게 운전될 수 있는지를 확인합니다.

안전에 중요한 설비들은 제작 과정에서도 엄격한 품질관리가 필요합니다. 규제기관은 원자로 시설의 주요 기기 및 부품이 제작되는 과정에서 품질보증계획에 따라 제작되고 있는지 여부를 확인하고, 이들 설비들이 설치되는 동안 사용전검사를 수행합니다. 또, 사업자가 건설허가를 받고 공사를 진행하는 동안에도 사업자와 발전소 운영에 참여하는 협력업체의 품질보증계획

이행상태의 적합성을 확인합니다. 이와 같이 원자력시설의 설계, 제작, 운전 및 보수를 포함한 모든 단계에서 품질에 영향을 주는 활동이 품질보증계획의 요건에 따라 수행되고 있는지를 주기적으로 평가하는 것을 ‘품질보증검사’라고 합니다.

3) 운영허가

건설허가를 받아 원전을 짓고 있는 사업자는 원전 건설완료 후 상업운전을 하기 전에 원자력 안전위원회에 운영허가를 신청해야 합니다. 건설허가가 원전 부지, 기본적 설계, 건설체계 등을 확인하는 단계라면, 운영허가는 완전한 설계내용, 운영조직, 안전운전, 사고대비 등이 규제 요건을 만족한다는 것을 의미합니다. 규제기관은 완공된 발전소의 설비 및 각종 기기의 성능, 사업자의 운영 기술능력이 안전기준에 적합한 지 검토하여 허가 여부를 결정합니다.

운영허가를 받은 사업자는 핵연료를 원자로에 장전하고 단계적 시험을 거쳐 100% 출력에 도달할 수 있으며, 규제기관은 초기 핵연료장전, 초임계 시험, 출력 상승시험 등 시운전검사를 통해 원자로 내부에 핵연료가 장전된 상태에서의 안전성을 확인합니다.

4) 가동중 원전 안전성 확인

사업자는 원전을 운영하면서 여러 가지 설계변경이나 운영과정에 대해 규제기관의 검사를 받습니다. 특히 규제요건이 변화했을 경우, 기술발전에 의해 설비를 보완하거나 운영절차를 변경해야 할 때마다 사업자는 안전성에 미치는 영향을 고려해 신청, 신고해야 하며, 원전을 운영하는 기간 동안 주기적으로 정기검사를 신청해야 합니다. 규제기관은 사업자가 제출한 사항이 관계법령과 기술기준에 적합한지에 대해 심사하며, 원자력발전소에 대해서는 규칙적으로 정기검사를 비롯한 각종 검사를 실시합니다.

‘정기검사’는 원자력시설의 성능이 운영허가를 받은 처음 상태대로 안전하게 유지되고 있는가를 확인하는 것으로, 만약 허가기준에 미달하는 등의 문제가 확인되면 규제기관은 사업자에게 시정 또는 보완을 명령할 수 있습니다. 정기검사 주기는 핵연료의 교체에 따라 결정되는데 대부분 18개월 주기이며, 검사 시기는 사업자의 신청에 따라 달라질 수 있습니다.

이 외에 원자력발전소 부지별 지역사무소에서는 원자력 사업자가 안전규정을 준수하는지, 각종 시험 및 정비작업을 적절히 수행하는지 현장에서 일상적으로 확인하고 있습니다.

5) 주기적안전성 평가

원자로시설은 운영허가를 받은 날로부터 10년마다 안전성을 종합적으로 평가받는데, 이를 ‘주기적안전성 평가’라고 합니다. 사업자는 시간의 경과에 따른 원전 계통이나 구조물, 기기 등의 손상 정도를 평가해 향후 10년 동안 원전이 안전하게 운영될 수 있는지 판단하는 보고서를 작성하며, 규제기관은 사업자의 평가보고서를 검토하고 현장검사를 통해 안전성 여부를 판단하고 미흡한 사항에 대해서는 ‘안전성증진사항’으로 도출하여 관리합니다.

6) 영구정지 또는 계속운전 심사

원자력발전소의 수명은 보통 설계 시에 설정한 설계수명을 기준으로 하는데, 만약 사업자가 설계수명 기간이 만료된 후에도 계속하여 운전하고자 할 경우, 즉 ‘계속운전’을 원하면 운영허가 변경을 신청할 수 있습니다. 만약 사업자가 원자력시설의 운전을 종료하고자 할 경우에는 ‘영구정지’를 위한 운영허가 변경을 신청해야 합니다. 사업자는 영구정지를 위한 운영변경허가 승인 후 원자로시설의 경우 5년 내에 ‘해체계획’ 승인 신청을 제출하여야 합니다.

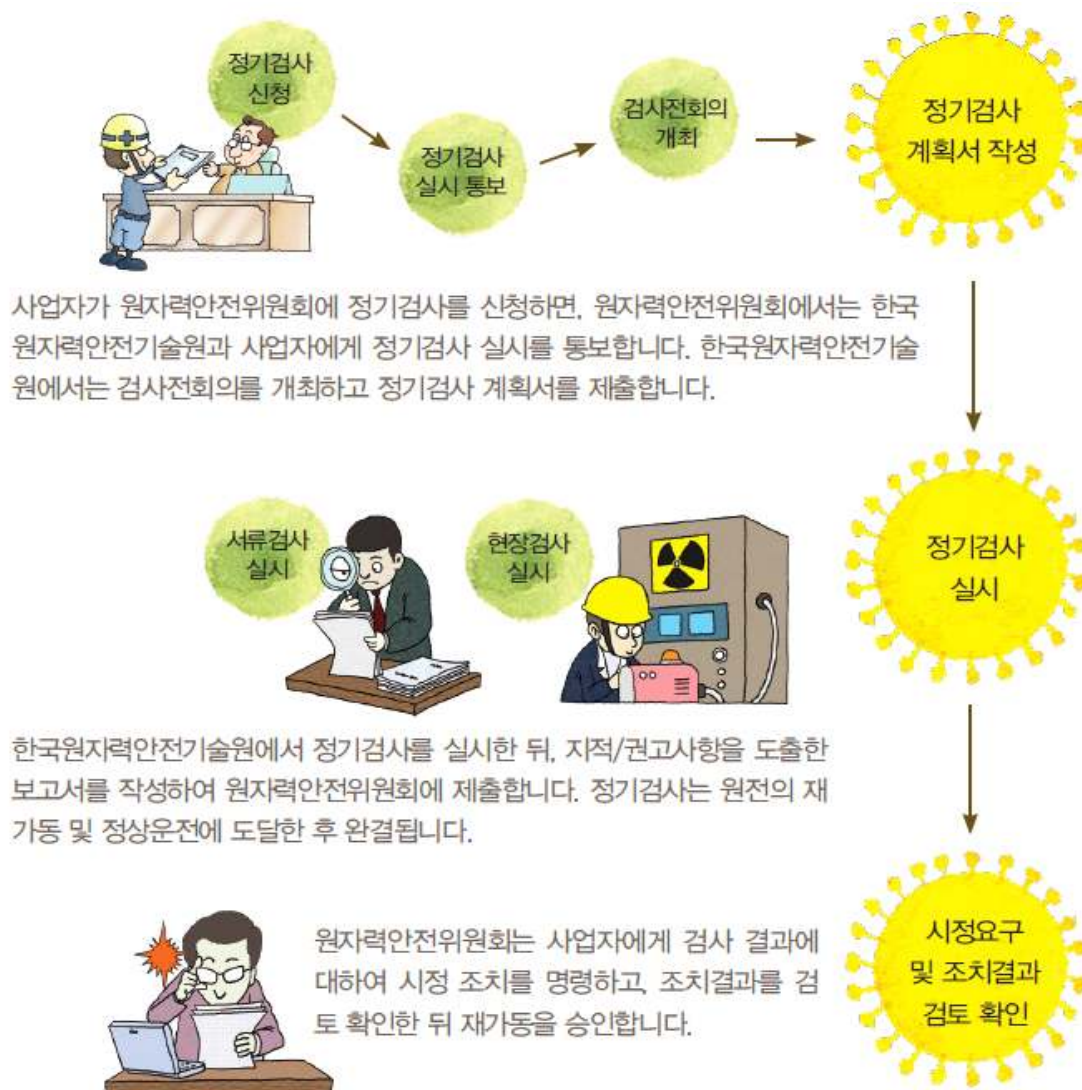


그림 19 원자력시설 정기검사 과정
2-9. 해체 안전규제

사업자는 원자로 및 관계시설을 해체하고자 할 때 해체전략에 관한 상세한 정보를 포함하여 해체계획을 수립하고 주민의견을 수렴하여 그 결과를 규제기관에 제출하여 승인을 받아야 합니다. 구체적으로는 해체승인신청서와 함께 최종해체계획서, 해체에 관한 품질보증계획서, 해체계획서 초안에 대한 주민 의견 및 공청회 개최 결과를 제출하여야 합니다. 규제기관은 해체계획의 적절성을 검토하여 승인합니다. 해체 과정에서는 제염·해체상황에 대해 주기적으로 점검하며 최종적으로 해체가 완료된 상태에 대해 확인하는 해체 완료검사를 거쳐 해체가 완료됩니다.

- * 해체 : 허가 또는 지정받은 시설의 운영을 영구적으로 정지한 후, 해당 시설과 부지를 철거하거나 방사성오염을 제거함으로써 법에 따른 규제의 적용대상에서 배제하기 위한 모든 활동
- * 제염 : 사용후핵연료에서 핵분열 생성물을 제거하는 것과 같이 필요한 물질로부터 그 이외의 방사성 물질을 전부 또는 일부 제거하는 것

3. 원전 사고·고장 및 비상대응

3-1. 사고·고장 등급

원자력발전소는 다양하고 수많은 설비와 인력에 의해 가동됩니다. 이들 중 어느 한 곳에서 사소한 문제가 생겨도 전체 원자력발전소의 가동에 문제가 발생할 수 있는데, 이러한 문제 상황을 ‘사건’이라고 합니다.

원자력발전소에서 사건이 발생할 경우, 규제기관은 이에 대한 안전성 평가 및 원인 파악과 재발방지대책을 수립하기 위해 사건 조사를 수행하고, 사건의 등급을 평가합니다. 그 기준이 되는 것이 국제원자력기구(IAEA)에서 수립하여 운영 중인 국제원자력사고·고장등급(INES, International Nuclear Event Scale)입니다. 이에 따르면 원자력발전소에서 발생한 사건 중, 인체에 대한 방사선 장해가 생겼거나, 시설에 중대한 손상을 끼쳤거나, 환경에 방사선 피해를 유발하는 사건은 사고, 유발하지 않은 사건은 고장에 해당합니다.

우리나라는 1993년부터 국내 원자력발전소에서 발생하는 사고·고장에 대해 INES를 적용하여 등급을 평가하고, 그 결과를 원전안전운영정보시스템(OPiS, <https://opis.kins.re.kr>)을 통해 공개하고 있습니다.

* OPiS : 세계원자력발전소의 개요, 설계 운영정보, 사건정보, 사건등급 평가, 그리고 안전 성능지표를 관리하는 종합 데이터베이스

3-2. 세계 원자력 사고 현황

국제원자력사고·고장등급(INES)에 따라 원자력 사고를 분류할 때, 1~3등급은 사건(incident), 4~7등급은 사고(accident)로 구분되며, 안전에 중요하지 않은 사건에 대해서는 등급이하(0등급)으로 분류하며, 안전과 관련이 없는 사건은 등급 외 사건으로 규정하고 있습니다. 이 중 6등급 이상으로 방사성물질의 광범위한 외부 누출이 있었던 사고로 체르노빌 원전사고(1986), 일본 후쿠시마 원전사고(2011)가 있습니다. 미국의 트리마일(TMI) 원전에서도 1979년 원자로의 핵연료가 녹는 사고, 즉 ‘중대사고’가 발생했으나 방사성물질의 외부누출이 적어 INES 5등급에 해당하며 환경적 영향은 극미한 것으로 평가됩니다.

* 중대사고 : 원자력발전소의 설계기준을 초과하여 원자로의 핵연료(노심)의 현저한 손상을 초래하는 사고

3-3. 국내 원전 사고·고장 발생 현황

1978년 고리1호기의 상업운전 이래 2019년까지 42년간 국내 원전에서 발생한 사고고장은 2019년 8월 기준 총 750건으로, 전체 운영 기간 중 연평균 약 18건의 사고고장이 발생하였습니다.

우리나라에서는 과거 2등급으로 평가된 사건이 4차례 발생했으나 방사성물질이 원전 외부로 방출된 적은 없습니다.

3-4. 사고·고장 발생시 규제 절차

원자력발전소에서 원자로 정지를 포함하여 사고·고장이 발생하게 되면, 사업자는 신속히 사건 내용을 규제기관에 보고해야 하며, 인터넷과 언론 등에 공개합니다. 규제기관은 사전에 수립된 사고·고장 발생시 대응체계에 따라 분야별 전문가로 구성된 사건조사팀을 현장에 파견하여

안전과 관련이 있는 사건	등급	사고	7등급	방사성물질의 대량 외부방출 (수만 TBq 이상) * 체르노빌 원전사고(1986), 후쿠시마 원전사고(2011)
			6등급	방사성 물질의 상당량 외부방출 (수천 TBq 이상)
			5등급	방사성 물질의 한정적인 외부방출 (수백 TBq 이상) 원자로 노심의 중대손상 * 미국 드리마일 원전사고(1979)
			4등급	방사성물질의 소량 외부방출 (1mSv 이상 피폭) 원자로 노심의 상당 수준 손상 * 일본 JCO 원전사고(1999)
		고장	3등급	방사성물질의 극소량 외부방출 (0.1mSv 피폭) 방사성물질에 의한 소내 중대오염 심층방어 손상 * 스페인 반델로스 원전사고(1989)
			2등급	방사성 물질에 의한 소내 상당량 오염 심층방어의 상당수준 열화
			1등급	운전제한범위를 벗어남
안전과 관련이 없는 사건	등급 이하	안전상 중요하지 않은 고장	0등급	
	등급 외	안전과 무관한 고장		

그림 20 원자력 관계 사건의 사고·고장 등급 분류

조사를 지시합니다. 결함이 발생하면 발전소는 자체 안전 시스템에 의해 원자로가 자동으로 정지되거나, 운전원의 판단에 따라 수동으로 정지되고, 안전점검에 들어갑니다.

조사팀은 사건의 원인, 영향, 사업자 조치사항을 조사하고, 사건 재발방지대책을 포함한 사건 보고서를 작성하여 원자력안전위원회에 보고합니다. 원자력안전위원회는 사건보고서를 검토한 후 안전에 문제가 없다고 판단할 때 원자로 재가동을 허용하게 됩니다.

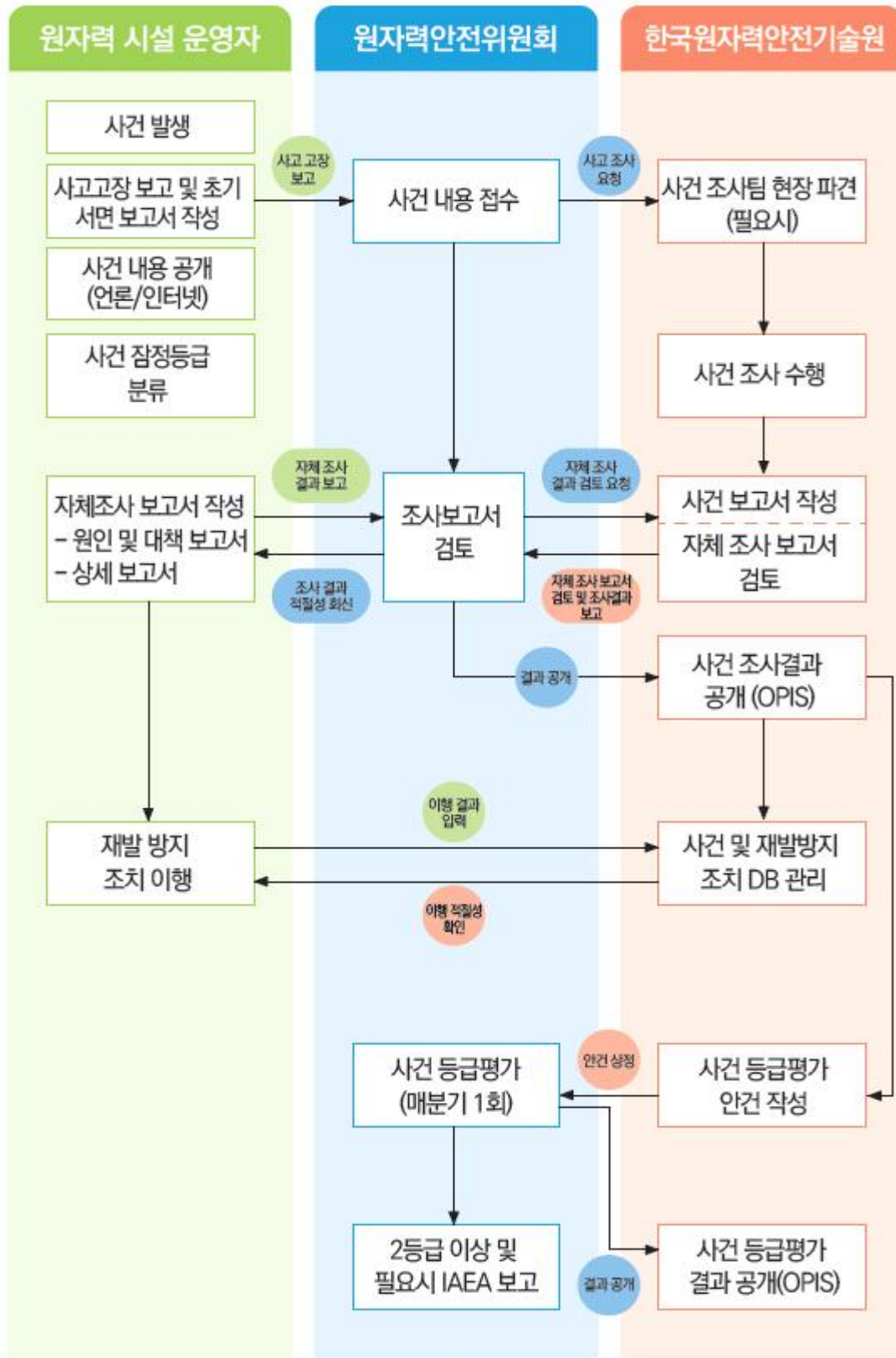


그림 21 사고·고장 발생 시 대응체계

3-5. 방사선 비상

원자력발전소에서 방사능 누출 등의 사고가 일어날 우려가 있거나, 진행 중인 상태로 긴급한 대응 조치가 필요한 상황을 ‘방사선 비상’이라고 합니다. 방사선비상은 그 영향이 심각한 정도에 따라 백색, 청색, 적색비상으로 구분됩니다.

백색비상 : 방사성물질의 누출로 인한 영향이 원자력시설의 건물 내부에 국한될 경우. 방사성물질의 밀봉상태의 손상 또는 원자력시설의 안전상태 유지를 위한 전원공급기능 손상이 발생하거나 발생할 우려가 있는 등의 사고

청색비상 : 방사성물질의 누출로 인한 영향이 원자력시설의 부지 내부에 국한될 경우. 백색비상 등에서 안전상태로의 복구기능의 저하로 원자력 시설의 주요 안전기능에 손상이 발생하거나 발생할 우려가 있는 사고

적색비상 : 방사성물질의 누출로 인한 영향이 원자력시설의 부지 외부까지 미칠 경우. 노심의 손상 또는 용융 등으로 원자력시설의 최후방벽에 손상이 발생하거나 발생할 우려가 있는 사고

정부는 방사선비상시를 대비하여 ‘원자력시설등의 방사능방호 및 방재대책법’, ‘원전안전분야 위기관리 표준매뉴얼’ 등에 기초하여 방사선비상발령시 등급별 대응조치와 관련기관이 해야 할 일을 구분하는 등 사전 대책을 마련해두고 있습니다. 이와 같이 국가적 차원에서 방사능재난 관리체계 등을 수립하여 방사능재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하는 것을 ‘방사능방재’라고 합니다. 방사능방재를 위해 원자력안전위원회는 우리나라 재난안전관리 기본계획인 국가안전관리기본계획과 연계하여 국가 방사능방재계획을 5년마다 수립하고 있습니다.

원자력시설에서의 이상상황 발생시 대처 능력, 방재관련 기관간의 협조체제, 주민보호 능력 등을 확인하기 위해 방사선 비상상황을 가정한 시나리오에 따라 훈련하는 것을 ‘방사능방재훈련’이라고 합니다. 방재훈련에서는 비상요원의 사고수습, 주민 소개 및 대피, 화재진압, 의료구호, 발전소 내외 방사선감시 등의 확인하며, 특히 연합 및 합동훈련에서는 주민들에 대한 대피 훈련을 포함하여 훈련을 실시합니다.

3-6. 방사선비상계획구역

방사선비상계획구역(EPZ, Emergency Planning Zone)이란 원자력시설에서 방사능 누출사고가 발생할 경우에 대비해 대피, 소개 등과 같은 주민보호대책을 사전에 집중적으로 마련하기 위해 설정하는 지역을 말합니다. 비상계획구역은 인구 분포, 도로망과 지형 등 지역의 고유특성과 방사선비상이 발생할 경우 주민보호를 위한 비상대책의 실효성 등을 고려하여 설정합니다. 우리나라는 과거에 8~10km이던 비상계획구역을 후쿠시마 원전사고 교훈을 반영하여 예방적보호조치구역과 긴급보호조치계획구역의 2단계로 구분하여 설정하고 있습니다.

예방적보호조치구역 : 방사선비상이 발생할 경우 사전에(방사능 누출 전) 주민을 소개하는 등 예방적으로 주민보호조치를 실시하기 위해 정하는 구역 (원전 주변 3~5km)

긴급보호조치계획구역 : 방사선비상이 발생할 경우 방사능영향평가 및 환경감시결과를 기반으로 주민에 대한 긴급보호조치를 위해 정하는 구역 (원전 주변 20~30km)

3-7. 국가 원자력재난관리시스템

기관별	대응조치		
	백색비상 	청색비상 	적색비상 
원자력사업자 - 본사 - 사고 발전소 또는 시설	<ul style="list-style-type: none"> ● 비상기술지원실 설치 ● 사고확대방지 원인조사, 피해복구 및 제염활동 ● 시설내 환경방사능 감시 	<ul style="list-style-type: none"> ● 발전소 비상대책본부 설치 ● 비상계획구역내 환경방사능 감시강화 ● 사고 확대방지 원인조사, 피해복구 및 제염활동 	<ul style="list-style-type: none"> ● 발전소 비상대책본부 설치 ● 비상계획구역내 환경 방사능 감시강화 ● 사고 확대방지 원인조사, 피해복구 및 제염활동 ● 지역방사능방재대책본부에 주민 보호조치 권고
지방자치단체	<ul style="list-style-type: none"> ● 비상대책반 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ● 지역방사능방재대책본부 설치 ● 중앙기관 및 관계기관 보고 ● 환경방사능 감시지원 	<ul style="list-style-type: none"> ● 지역방사능방재대책본부 설치 ● 재난발생상황 및 대응조치 결과 중앙방사능방재대책 본부 및 관계기관 보고 ● 주민보호활동 전개
원자력안전기술원	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사능방호기술지원본부 일부 설치 ● 전문가단 현장파견 준비 	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사능방호기술지원본부 설치 ● 기술지원단 현장파견 및 사고조사, 기술지원 ● 시설외부 환경방사능 감시·평가 	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사능방호기술지원본부설치 ● 기술지원단 현장파견 및 사고조사, 기술지원 ● 시설외부 환경방사능 감시·평가
원자력병원	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사선비상의료지원본부 설치준비 ● 의료반 현장파견 준비 	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사선비상의료지원본부 설치 ● 의료지원반 현장 파견 	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사선비상의료지원본부 설치 ● 의료지원반 현장 파견 ● 의료지원활동 강화
원자력안전위원회	<ul style="list-style-type: none"> ● 비상대책반 설치 ● 비상상황 파악 및 관계기관 보고·통보 	<ul style="list-style-type: none"> ● 비상대책본부 설치 ● 사고상태 파악 및 관계기관 보고·통보 ● 비상상황 파악 및 관계기관 보고·통보 ● 현장지휘센터 설치·운영 	<ul style="list-style-type: none"> ● 중앙방사능방재대책본부설치(방사능재난선포) ● 방사능재난대책 총괄 조정 ● 홍보활동 강화

그림 22 방사선비상 등급별 대응조치

국가원자력재난관리시스템(AtomCARE)은 발전소 운영을 감시하고 사고 발생시 신속한 수습을 위해 규제기관이 운영하는 종합 재난관리시스템입니다. AtomCARE는 첫째, 평상시 상황 수집 및 분석 기능을 갖고 있습니다. <원전안전정보시스템>을 통해 우리나라에서 가동되는 모든 원자력발전소와 연구용원자로 ‘하나로’의 안전정보상태와 비상시 사고 정보 등 주요 안전관련 정보를 실시간으로 모아 감시합니다. 또한, <국가환경방사선자동감시망>을 통해 전국의 환경방사선감시망을 네트워크로 구성하여 실시간으로 감시하고, 감시정보를 종합평가하는 시스템을 갖추고 있습니다. 국가환경방사선자동감시망은 전국 160개 지역에 설치된 감시기 정보를 수집하며 이를 통해 국내외 원자력 및 방사선 사고, 핵실험 등에 기인한 방사능 이상상태를 조기에 탐지할 수 있습니다.

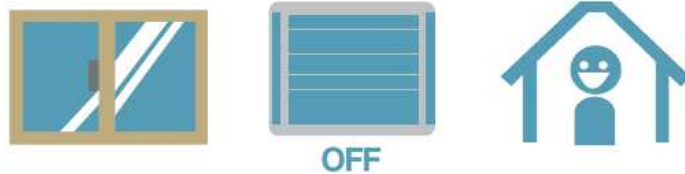
둘째, AtomCARE는 사고발생 등 비상시에는 방사성물질의 확산, 영향 평가 및 대책수립을 지원하는 시스템을 갖추고 있습니다. <방사선원형평가시스템>은 원자력발전소 노심손상상태, 격납용기 파손정도 등 손상평가 등을 통해 사고여부를 판단하고 평가하는 시스템입니다. <방사능방재기상정보망>, <방사선영향평가시스템>, <방재대응지리정보시스템> 등을 통해 사고의 규모와 영향을 예측하고 분석하여 주민대피 등 비상대응조치를 결정하는 데 활용합니다.

마지막으로 AtomCARE는 <자동정보인지시스템>을 통해 원전에서 이상신호 발생시 자동으로 사고 상황을 곧바로 방재요원에게 휴대폰 문자 전송으로 알려주어 신속한 대응이 가능하도록

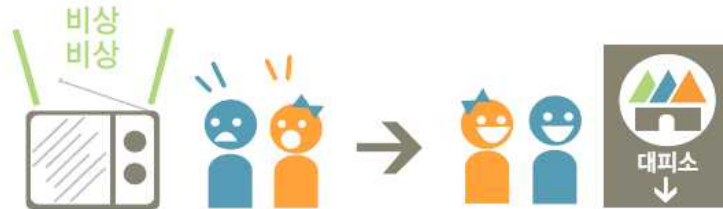
외출 시에는 건물 등 가능한 밀폐된 곳으로 대피한다.



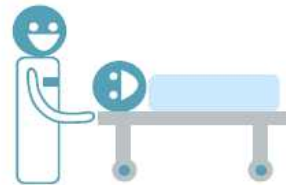
실내에서는 창문을 닫고 환풍기, 에어컨 등을 꺼 외부로부터 공기가 유입되는 것을 막는다.



TV, 라디오 등에 주의를 기울이며 대피하라는 통보가 나오면 곧바로 근처 지하대피소로 이동한다.



병원이나 요양소에서는 우선적으로 환자를 안전한 곳으로 후송한다



학교나 직장 역시 자체적으로 대피하기 때문에 가족을 찾으려 가지 말고 먼저 연락을 취하는 것이 안전하다



참고사항

- 가능한 한 외출을 삼가한다.
- 콘크리트 건물 지하 또는 건물의 중앙이 안전하다.
- 창문 밖에는 사람이 있다는 것을 알리기 위해 노란색 수건 또는 옷을 걸어놓는다.
- 오염된 공기가 실내로 들어오지 않도록 문과 창문 틈은 테이프 등으로 막는다.
- 실외에 있을 경우 낙진이 떨어지면 우산 또는 우의로 몸을 가린다.
- 확인되지 않은 음식물 섭취는 피한다.

그림 23 방사선비상시 주민 행동요령하고 있습니다.