

# 안전 설계를 통한 방호 거리 축소, SMR이 바꾸는 '비상계획구역'의 지도

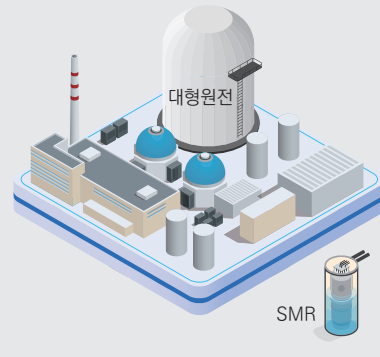
원자력발전소 주변에는 만약의 사고 발생 시 주민을 보호하기 위해 비상대책을 마련해두는 구역이 설정된다. 이를 '비상계획구역(EPZ, Emergency Planning Zone)'이라 한다. 한국은 예방적 보호조치구역(PAZ, 3~5km)과 긴급보호조치계획구역(UPZ, 20~30km)을 운영하며, 이는 세계적으로도 상당히 보수적이고 넓은 범위에 해당한다. 미국은 약 16km(10마일), 프랑스와 영국은 약 20km를 기준으로 삼고 있다. EPZ는 고정된 불변의 수치가 아니라, 원전의 안전성 기술 수준과 대피 효율성을 고려해 과학적으로 설정되는 구역이다.

최근 소형모듈원전(SMR)의 등장은 이 EPZ 설정 기준에 대한 국제적인 재논의를 불러일으키고 있다. SMR은 대형 원전 대비 열출력이 10% 수준으로 작고, 내부에 저장된 방사성 물질의 총량(Source Term)도 적다. 무엇보다 펌프나 전원 없이 자연 대류와 중력만으로 원자로를 식히는 '피동형 냉각 계통'을 갖추고 있어, 후쿠시마 사고처럼 전원이 끊겨도 노심이 녹는 중대 사고로 이어질 확률이 극히 낮다.

이러한 고유의 안전성 덕분에 미국 원자력규제위원회(NRC) 등 주요 규제 기관들은 SMR의 EPZ를 기존 대형 원전보다 대폭 축소하는 방안을 검토 중이다. 발전소 부지 경계(약 300m~수백미터) 수준까지 줄이거나, 현재의 수 킬로미터 이내로 설정하는 것이 기술적으로 가능하다는 판단이다. 이는 원전이 도심 인근이나 산업단지 내부에 위치하여 전력을 직접 공급할 수 있는 가능성을 열어주며, 에너지 공급망의 지도를 바꾸는 핵심 요인이 된다.

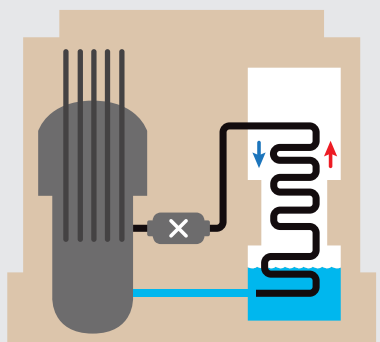
## 대형원전 vs SMR EPZ 크기 비교

발전소 울타리가 곧 안전 구역 SMR은 획기적으로 향상된 안전성 덕분에 비상계획구역을 발전소 부지 경계(울타리) 수준으로 줄일 수 있다. 이는 SMR이 산속이나 해안가가 아닌, 전기가 필요한 데이터센터나 공단 바로 옆에 들어설 수 있는 이유다.



## 피동형 냉각 원리

전기가 없어도 스스로 식는다 SMR은 전기가 필요한 펌프 대신, 자연의 법칙인 중력과 대류 현상을 이용해 열을 식힌다. 전원 공급이 완전히 차단되어도 원자로가 과열되지 않도록 설계된 '피동형 안전 계통'이다.



원전의 안전 기술과 비상대응 체계가 발전하면서, 각국은 비상계획구역(EPZ)을 어떤 기준으로 설정할지 지속적으로 검토하고 있다. 미국, 한국, 프랑스 등 주요 국가들은 사고 시 예상되는 방사선량, 중대사고 확률, 대피에 필요한 시간적 요소를 종합해 EPZ 기준을 정하고 있으며, 이러한 논의는 국제적으로도 꾸준히 이어지고 있다. 우리 또한 변화한 기술 수준과 운영 경험을 토대로 EPZ의 합리적 기준을 살펴볼 시점이다.

미국과 중국 등은 SMR 기술 특성에 맞춰 획일적인 거리 기준 대신, 실제 기술의 안전성을 평가하여 EPZ를 유연하게 설정하는 방향으로 제도를 정비하고 있다.

## 주요국은 EPZ 논의에 어떻게 대응하나?

국가	현재 EPZ 거리(UPZ 기준)	특징
미국(NRC)	약 16km → 1~5km (SMR 검토 중)	기술 기반 안전 설계 반영
중국	약 10km ~15km	ACP100 실증 이후 조정 가능성
프랑스	약 20km	전통적 보수 기준 유지
영국	약 20km	SMR 실증 대비 논의 중
러시아	약 25km	폐쇄형 지역 중심 기준
대한민국	약 30km (현행 유지)	최대 논의 보수적 기준 적용

## 핵심용어

### 비상계획구역 (EPZ)

원자력 사고 발생 시 주민 보호 대책을 사전에 마련해두는 구역이다. 방사선 비상 상황에 대비해 대피소 지정, 방호 약품 구비, 대피 훈련 등이 이루어지는 범위이며, 이 구역 자체가 '위험 반경'을 의미하는 것은 아니다.

### 피동형 안전 계통 (Passive Safety System)

사고 시 운전원의 개입이나 외부 전력 공급 없이도 자연 현상(중력, 대류, 기압 등)만으로 원자로의 열을 식히고 방사성 물질 누출을 막는 기술이다. SMR의 핵심 안전 설계 개념이다.

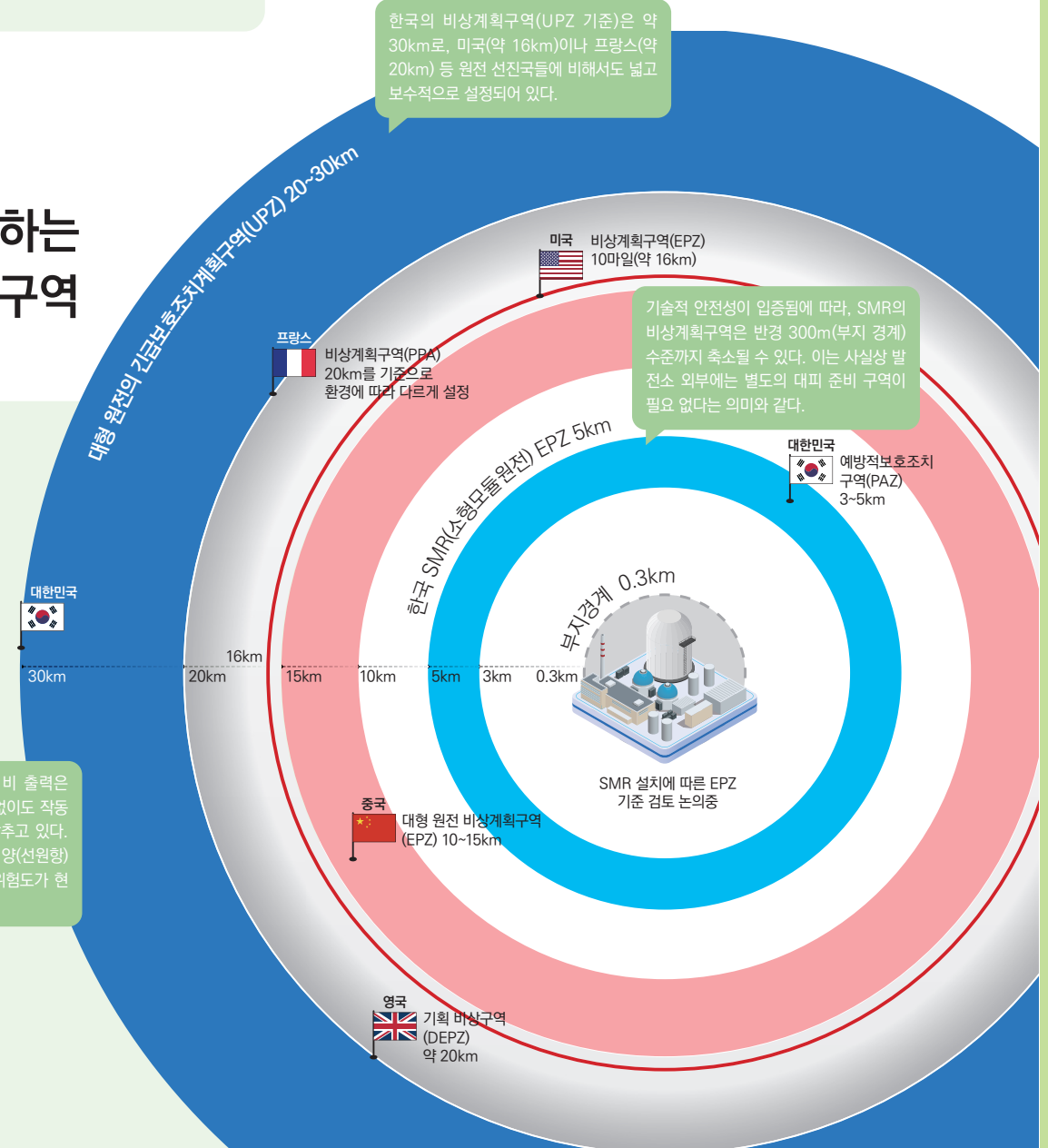
### 긴급보호조치계획구역 (UPZ)

한국의 EPZ 세부 구역 중 하나로, 발전소 반경 20~30km 지역을 말한다. 이 구역에서는 방사능 감시와 비상시 주민에 대한 옥내 대피, 소개(대피) 등의 조치를 준비한다.

### 선원량 (Source Term)

사고 시 원자로에서 외부 환경으로 방출될 수 있는 방사성 물질의 종류와 양을 말한다. SMR은 대형 원전에 비해 선원량 자체가 적어, 사고가 나더라도 주변 환경에 미치는 영향이 현저히 적다.

## 한눈에 비교하는 주요 국가의 원전 안전 구역



## EPZ 논의의 배경, SMR의 특성과 운영조건

	대형원전	SMR
열출력	4,000 MWt 내	300~450 MWt
에너지량	약 1/10	
안전계통	전원, 또는 무전원 냉각	무전원 자연순환 냉각
원자로 내 방사성물질 양	많은	적음
방출 확률	매우 낮음 (10 <sup>-7</sup> /년 수준)	극저 (10 <sup>-7</sup> /년 이하 추정)
	안전계통 중복 설계	

SMR은 대형 원전 대비 출력은 10% 수준이며, 전원 없이도 작동하는 냉각 시스템을 갖추고 있다. 내재된 방사성 물질의 양(선원량) 자체가 적어 사고 시 위험도가 현저히 낮다.