

# 후쿠시마 10년, 현재의 원자력은? - 규제환경의 변화 -



**Kyun Tae KIM**  
kkt@kins.re.kr

# 발표 내용

1. 개요 (후쿠시마 사고 및 대응)
2. 국내원전 후쿠시마 후속조치
3. 규제 행정체계의 변화
4. 중대사고 및 사고관리
5. 맺음말

# 1. 후쿠시마 사고 및 대응

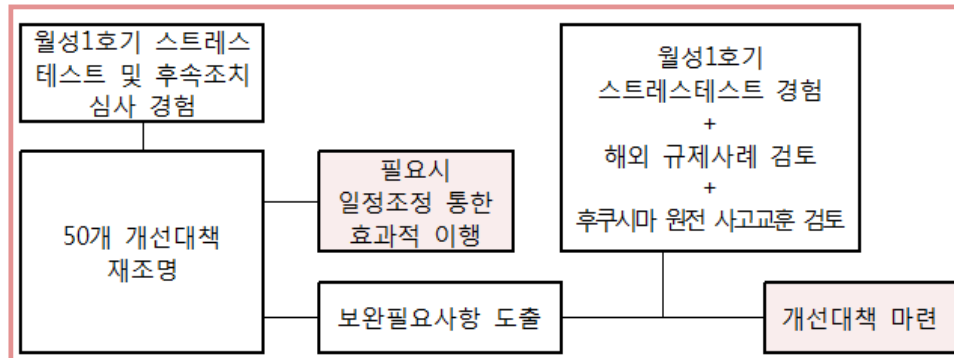
즉시

국내 전 원전 안전점검  
방사능오염 감시 확대



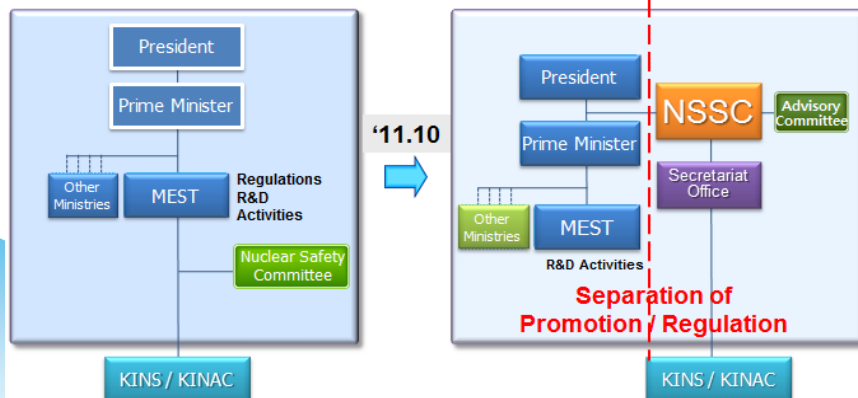
후속  
조치

50개 개선대책 ( '11.5~)  
+  $\alpha$ (후속대책 개선계획, 2014~)  
IRRS 수검 (규제시스템 개선)



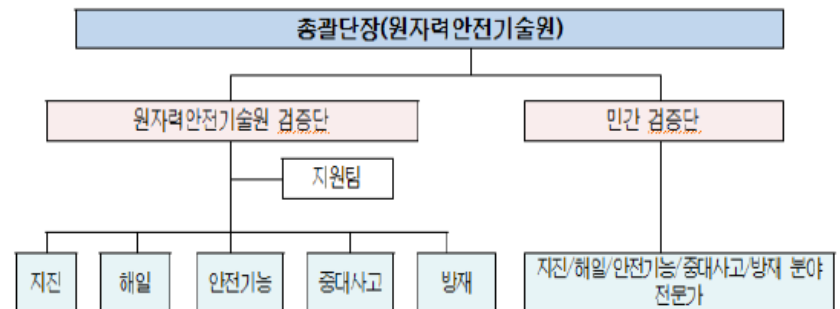
규제  
체계

원자력안전위원회 출범 ( '11.10)  
- 규제와 진흥의 분리



여론  
수용

스트레스테스트 수행  
- 전문기관 + 민간검증단 2트랙



## 2. 국내원전 후쿠시마 후속조치

### 정부 안전 점검

#### ● 국내 원자력 시설 안전점검

- 점검 대상 : 전 가동원전(21기)
- 기 간 : 2011.03.28 ~ 04.13
- 점 검 단 : 외부전문가 및 KINS 73명
- 점 검 내 용  
: 전력 냉각계통 중대사고 등 6개 분야  
27개 항목



### Stress Test

#### ● 노후 원전 안전성 점검

- 점검 대상 : 월성1호기, 고리1호기
- 기 간 : 2013.05.01 ~
- 점 증 단 : 규제기관 + 민간
- 평가 분야  
: ①지진 ②해일 ③안전기능 상실  
④중대사고 ⑤비상대응

## 2. 국내원전 후쿠시마 후속조치

### 1. 지진에 의한 구조물 안전성

1-1	지진 자동정지설비 설치
1-2	안전정지유지계통 내진성능 개선
1-3	원전부지 최대 지진에 대한 조사·연구
1-4	주제어실 경보창 내진성능 개선
1-5	월성원전 진입교량의 내진성능 개선

### 2. 해일에 의한 구조물 안전성

2-1	고리원전 해안방벽 증축
2-2	방수문 및 방수형 배수펌프 설치
2-3	원전부지 설계기준 해수위 조사·연구
2-4	냉각해수 취수능력 강화 및 해일대비 시설 개선

### 3. 침수 발생시 전력·냉각계통 건전성

3-1	이동형 발전차량 및 축전지 등 확보
3-2	대체비상발전기 설계기준 개선
3-3	예비변압기 앵커링, 월성 EPS 개선
3-4	스위치야드 설비 관리 주체 개선
3-5	SFP 냉각기능 상실시 대책 확보
3-6	최종 열제거설비 대책 마련
3-7	옥외 설치 탱크 방호벽 설치
3-8	비상급수펌프실의 침수방지 시설 보완
3-9	소방계획서 개선 및 협력체계 강화
3-10	화재방호설비 및 자체소방대 대응능력 개선
3-11	원전 성능위주 소방설계 도입

### 4. 중대사고 대응

4-1	피동형수소제거 설비 설치
4-2	격납건물 배기 또는 감압설비 설치
4-3	원자로 비상냉각수 외부 주입유로 설치
4-4	중대사고 교육훈련 강화
4-5	사고관리전략 실효성 강화를 위한 중대사고관리지침서 개정
4-6	정지·저출력 운전 중 중대사고관리 지침서 개발

### 5. 비상대응 및 비상진료 체계

5-1	주민보호용 방사선방호 장비 추가확보
5-2	방사선 비상계획서 개정
5-3	장기 비상발령 대비 비상장비 추가확보
5-5	방사선 비상훈련의 강화
5-6	장기전원상실시 필수 정보 확보방안 강구
5-7	보수작업자 방호대책 확보
5-8	비상대응시설 개선
5-9	방사선 비상시 정보공개 절차 개정
5-10	비상계획구역 밖의 주민보호조치 평가
5-11	비상경보시설의 성능 강화

### 6. 고리1호기 및 장기 가동원전

주요기기 및 배관에 대한 정량적 피로 관리를 통해 피로누적상태 실시 간 감시





## 2. 국내원전 후쿠시마 후속조치

2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

### 1 단계

- 특별안전점검 및 후속조치 항목 도출
- 후속조치 이행계획 수립 \*

### 2 단계

- 가동원전에 후속조치 이행 \*
- 건설 원전에 후속조치 이행 및 보완
- 국제사회의 후속조치 검토 및 국내 반영 \*

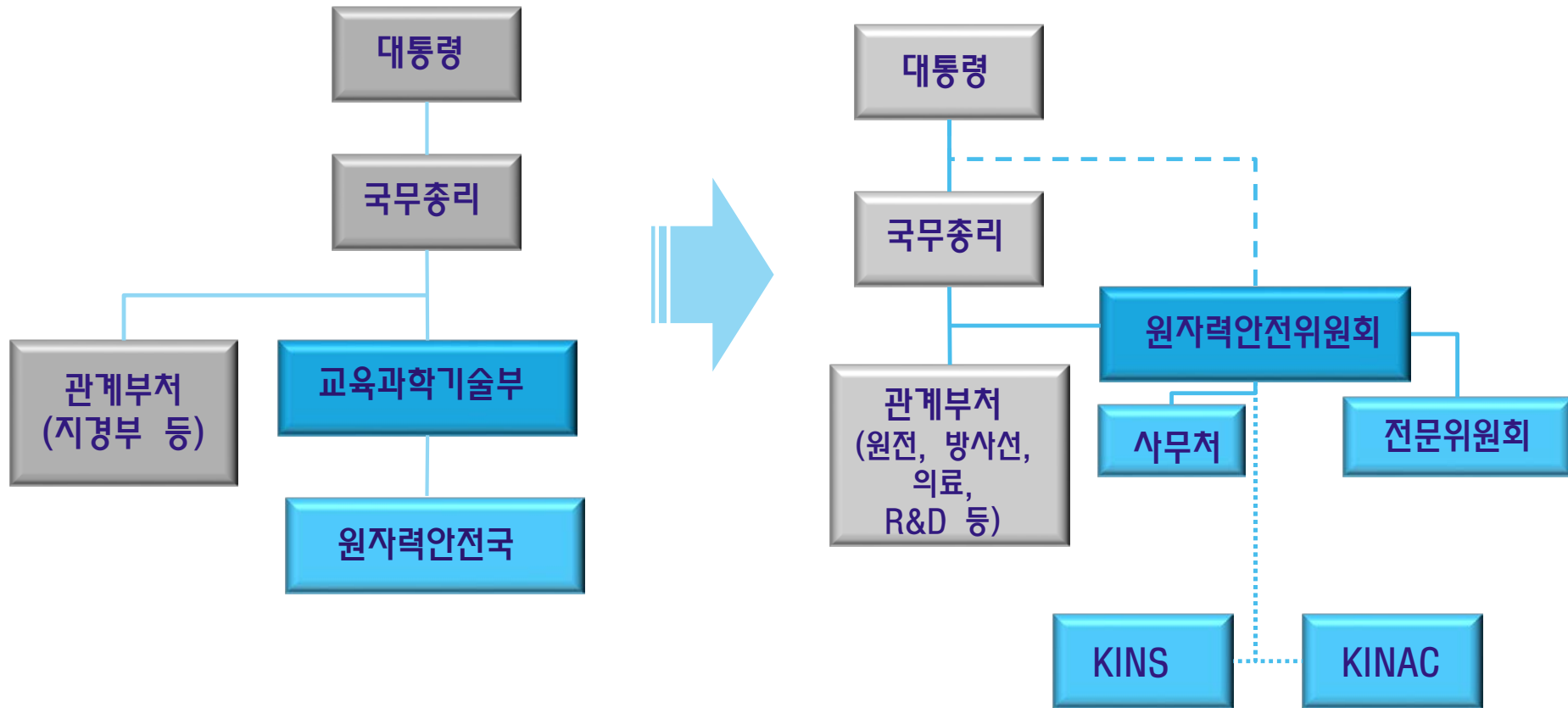
### 3 단계

- 국제사회의 경험을 반영하여 조치계획 보완 \*
- PSA 및 스트레스트를 수행하여 유효성 평가 \*
- 설계기준초과사고 규제 및 안전목표 개선

\* required to Licensee also.

### 3. 원자력안전 규제 행정체제 변화

- 이용진흥부처와 분리 독립





### 3. 원자력안전 규제 행정체제 변화

#### ● 원자력안전위원회

- 위원장 (1인)
- 상임위원 (1인) : 사무처장 겸임
- 비상임위원 (3인) : 대통령이 임명·위촉
- 비상임위원 (4인) : 국회에서 추천하여 대통령이 위촉
- ❖ 사무처 : 정원 156명

#### ● 한국원자력안전기술원 (KINS)

- 원자력안전법에서 위임한 안전규제 업무를 수행
- 현재 613명

#### ● 한국원자력통제기술원 (KINAC)

- 원자력안전법에서 위임한 핵물질비확산 및 통제 등 업무를 수행
- 현재 120명

## 4. 중대사고 및 사고관리

### ● 후쿠시마 사고 이전의 중대사고 규제

년도	사건 및 조치	주요 내용
1983	TMI 후속조치	<ul style="list-style-type: none"><li>- 1차계통 급속감압능력</li><li>- 수소제어능력 확보</li><li>- 사고관리계획 수립</li></ul>
1994	안전정책성명	<ul style="list-style-type: none"><li>- PSA의 도입</li><li>- 정량적안전목표의 설정</li></ul>
2001	중대사고정책	<ul style="list-style-type: none"><li>- 보건목표 및 성능목표가 포함된 안전목표</li><li>- Level 1, 2 PSA 수행</li><li>- 중대사고 대처설비 설계 적용</li><li>- 중대사고 관리계획 수립 및 이행</li></ul>
2010	성능목표(안)	<ul style="list-style-type: none"><li>- 가동원전 CDF &lt; <math>10^{-4}</math>/년, LERF &lt; <math>10^{-5}</math>/년</li><li>- 신규원전은 상기 목표의 1/10</li></ul>

## 4. 중대사고 및 사고관리

### ● 심층방어 및 규제 (2015년 이전)

심층 방어		규제근거	
단계	방어 목표	법령	정책
1	비정상 운전 및 고장의 방지	원자력안전법	
2	고장 감지 및 비정상 운전의 제어		
3	사고를 설계기준 이내로 제한		
4	사고의 예방 및 완화를 포함한 중대사고 제어	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>중대사고 정책</li> <li>후쿠시마 후속조치</li> </ul>
5	방사성물질의 방출에 대비한 사고영향 완화	방재대책법	

## 4. 중대사고 및 사고관리

### ● 사고관리계획

- 원자력안전법의 개정 (2015.6.22.)
  - (개정 취지) 후쿠시마 원전사고 이후 중대사고관리에 대한 중요성이 제기되었으나, 중대사고관리에 대한 법적 근거가 미흡한 상황이므로 「원자력안전법」에 중대사고관리를 포함한 사고관리 관련 책무와 규제요건을 명확히 규정함으로써, 만일에 중대사고가 발생할 경우에도 사고관리 프로그램을 통하여 방사성물질이 발전소내 또는 소외로 방출하는 것을 최소화하고, 또한 발전소를 안전한 상태로 회복시킬 수 있도록 개정·보완하고자 함.
  - (개정 내용) 중대사고를 포함하여 설계기준을 초과하는 사고가 발생하는 경우에도 사고가 확대되는 것을 방지하고 사고의 영향을 완화하며 안전한 상태로 회복하기 위하여 취하는 제반조치를 기술한 '사고관리계획서'를 제출하도록 함.
- 가동원전의 경우, 2019.6.23. 까지 사고관리계획서를 제출해야 함 (부칙).

## 4. 중대사고 및 사고관리

### ● 원자력안전법의 개정 (2015.6.22.)

- 제2조(정의)  
25. “사고관리”란 원자로시설에 사고가 발생하였을 때 사고가 확대되는 것을 방지하고 사고의 영향을 완화하며 안전한 상태로 회복하기 위하여 취하는 제반조치를 말하며, 원자력안전위원회에서 정하는 설계기준을 초과하여 노심의 현저한 손상을 초래하는 사고(이하 “중대사고”라 한다)에 대한 관리를 포함한다.
- 제20조(운영허가)  
② 제1항의 허가를 받으려는 자는 허가신청서에 ... 사고관리계획서(중대사고관리계획을 포함한다), ... 를 첨부하여 위원회에 제출하여야 한다.
- 제21조(허가기준)  
6. 제20조제2항에 따른 사고관리계획서의 내용이 위원회규칙으로 정하는 기준에 적합할 것

# 4. 중대사고 및 사고관리

## ● 법제화 기본 방향 : IAEA INSAG-10의 심층방어 개념 적용

- 사고관리 관점에서 4단계(기존의 설계기준초과사고/중대사고)를 ‘중대사고 예방’과 ‘중대사고 완화’로 구분하고 대처능력 강화





# (참고) 사고관리계획서 – 기술기준 (사고관리의 범위)

원자로시설 등의  
기술기준에 관한  
규칙

## 제85조의19(사고관리의 범위)

- ① 사고관리의 대상이 되는 사고의 범위는 다음 각 호와 같다.
  1. 설계기준사고
  2. 다중고장에 의한 사고
  3. 제13조에 따라 설계기준으로 고려한 외적 요인을 초과하는 자연재해 및 인위적 재해
  4. 설계기준을 초과하여 노심의 현저한 손상이 발생한 사고
- ② 제1항제2호부터 제4호까지에 해당하는 사고의 선정에 관한 세부사항은 원자력안전위원회가 정하여 고시한다

## 제85조의20(사고관리에 관한 설비)

- ① 제85조의19제1항제2호부터 제4호까지의 사고의 관리에 필요한 설비는 해당 사고조건에서 사고관리를 위해 요구되는 기능을 수행할 수 있어야 한다.
- ② 제1항의 설비는 사고관리 기능의 수행을 보장하기 위한 시험·감사·검사 및 보수가 가능하여야 한다

## 제3조(다중고장에 의한 사고)

발전용원자로시설에 대하여 발전용원자로시설에 대하여 기술기준규칙 제85조의19제1항제2호에 따라 적용되는 다중고장에 의한 사고는 별표 1과 같다.



### [별표 1]

- 정지불능예상운전과도 등 9개 사고
- PSA를 통해 추가된 사고

## 제4조(설계기준으로 고려한 외적요인을 초과하는 자연재해 및 인위적재해의 범위)

발전용원자로시설에 대하여 기술기준규칙 제85조의19제1항제3호에 따라 적용되는 재해는 다음 각 호와 같다.

1. 지질 및 지진, 기상, 수문 및 해양 현상 등에 의한 자연재해
2. 테러행위와 같이 발생가능성을 예측할 수 없는 의도적인 항공기 충돌
3. 제1호 또는 제2호에 의해 유발되는 복합재해

## 제5조(노심의 현저한 손상 이후 발생하는 위험요인의 범위)

발전용원자로시설에 대하여 기술기준규칙 제85조의19제1항제4호에 따른 사고가 발생한 이후 사고관리를 위하여 대처하여야 하는 원자로격납건물의 건전성 위험요인은 별표 2와 같다.



### [별표 2]

- 가연성기체 연소 또는 폭발 등 7개 위험요인
- PSA를 통해 추가된 사고

사고관리 범위 및  
사고관리능력 평가의  
세부기준에 관한 고시

# (참고) 사고관리계획서 – 기술기준 (사고관리능력의 평가)

원자로시설 등의  
기술기준에 관한  
규칙

## 제85조의22(사고관리능력의 평가)

- ① 사고관리계획은 사고관리에 관한 설비, 사고관리 전략 및 이행체계 등 사고관리 능력을 평가하여 다음 각 호를 달성하는 것을 목표로 수립되어야 한다.
  1. 사고가 발생하더라도 부지 인근 주민의 건강상 위해를 주거나 장기간의 소외 오염을 초래하는 **대량의 방사성물질 방출을 방지할 것**
  2. 발전용원자로 및 관계시설의 운영으로 인하여 부지 인근 주민의 건강과 환경에 미치는 **위험도(risk)의 증가량이 극히 낮을 것**
- ② 제1항 각 호의 목표가 달성되는지 여부에 대한 평가는 **결정론적방법** 및 **확률론적 방법**으로 수행되어야 하며, 그 평가에 관한 세부사항은 원자력안전위원회가 정하여 고시한다.

## 제6조(중대사고 예방 능력의 평가)

- ① 다중고장 사고로 인한 원자로 또는 사용후핵연료저장조 내 핵연료의 현저한 손상 방지
- ② 설계기준초과 재해가 발생하더라도 원자로 및 사용후핵연료저장시설 내 핵연료 냉각기능, 원자로 격납건물의 방호벽기능 등 필수안전기능이 복구·유지될 수 있을 것

## 제7조(중대사고 완화 능력의 평가)

노심의 현저한 손상 이후 발생하는 위험요인으로 인하여 방사성물질의 대량 방출을 방지하기 위한 원자로 격납건물의 방호벽기능 상실을 방지

## 제8조(사고영향의 평가)

설계기준사고, 다중고장사고, 설계기준초과 재해, 중대사고 등에 의하여 평가된 부지 인근 주민의 방사선 피폭선량이 기술기준규칙 제5조제2항에 따른 수준으로 관리될 것

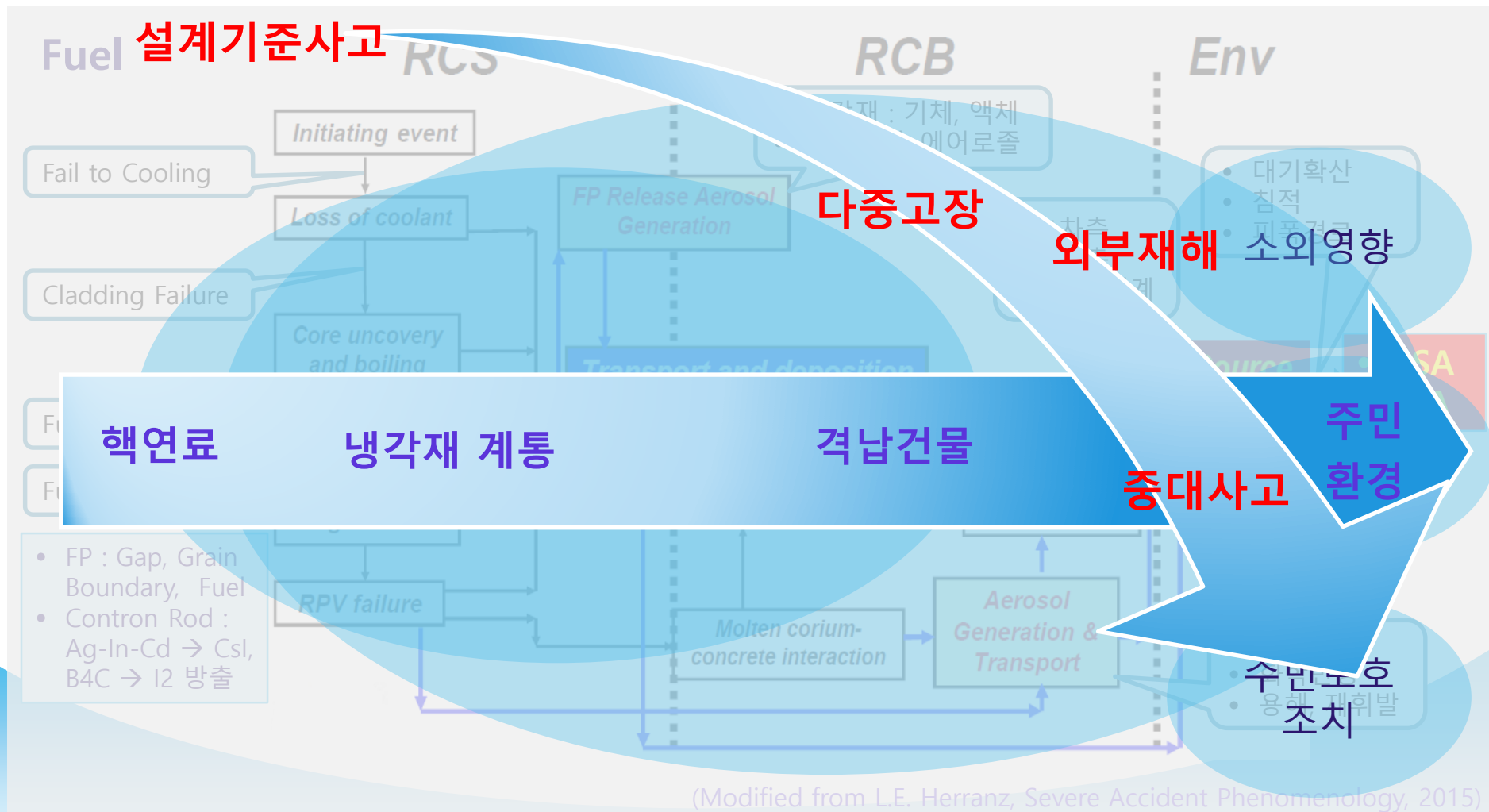
## 제9조(위험도(risk) 평가)

- ② 확률론적안전성평가에 적용하여야 할 목표치는 다음 각 호와 같다.
  1. 부지 인근 주민의 발전용원자로시설 사고로 인한 초기사망 위험도 및 암 사망 위험도 : 각각의 전체 위험도의 0.1% 이하 또는 그에 상응하는 성능 목표치를 만족할 것
  2. Cs-137 방출량 100TBq 초과 사건 빈도의 합 :  $1.0 \times 10^{-6}$ /년 미만

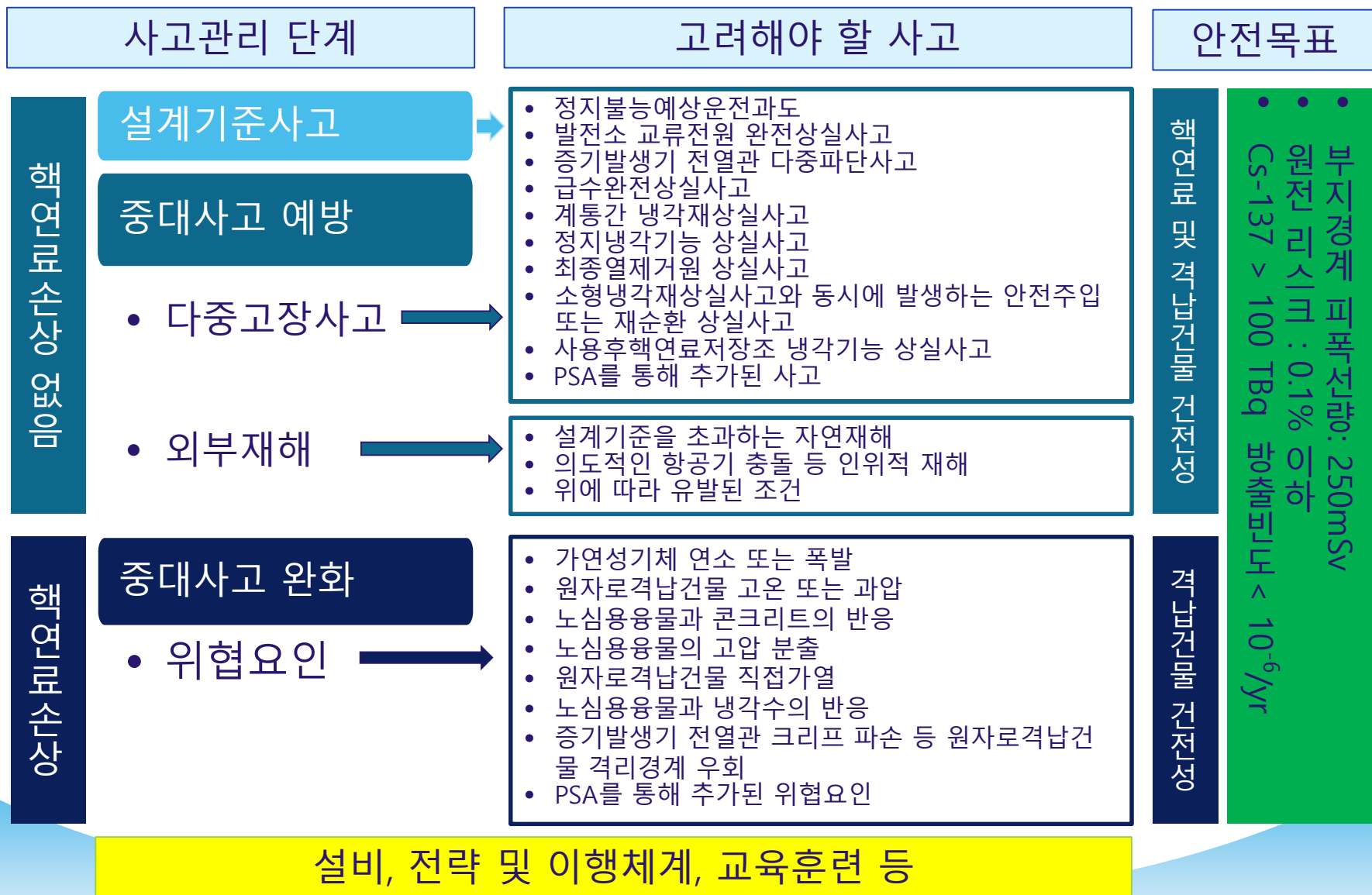
사고관리 범위 및  
사고관리능력 평가의  
세부기준에 관한 고시

# 4. 중대사고 및 사고관리

## ● 다양한 중대사고 현상 및 대응



# 4. 중대사고 및 사고관리



# 4. 중대사고 및 사고관리

## ● 중대사고 대응설비 개념 (예시)

### 가. 냉각수주입

- 노심 손상방지
- 원자로용기 손상방지
- 격납건물 감압

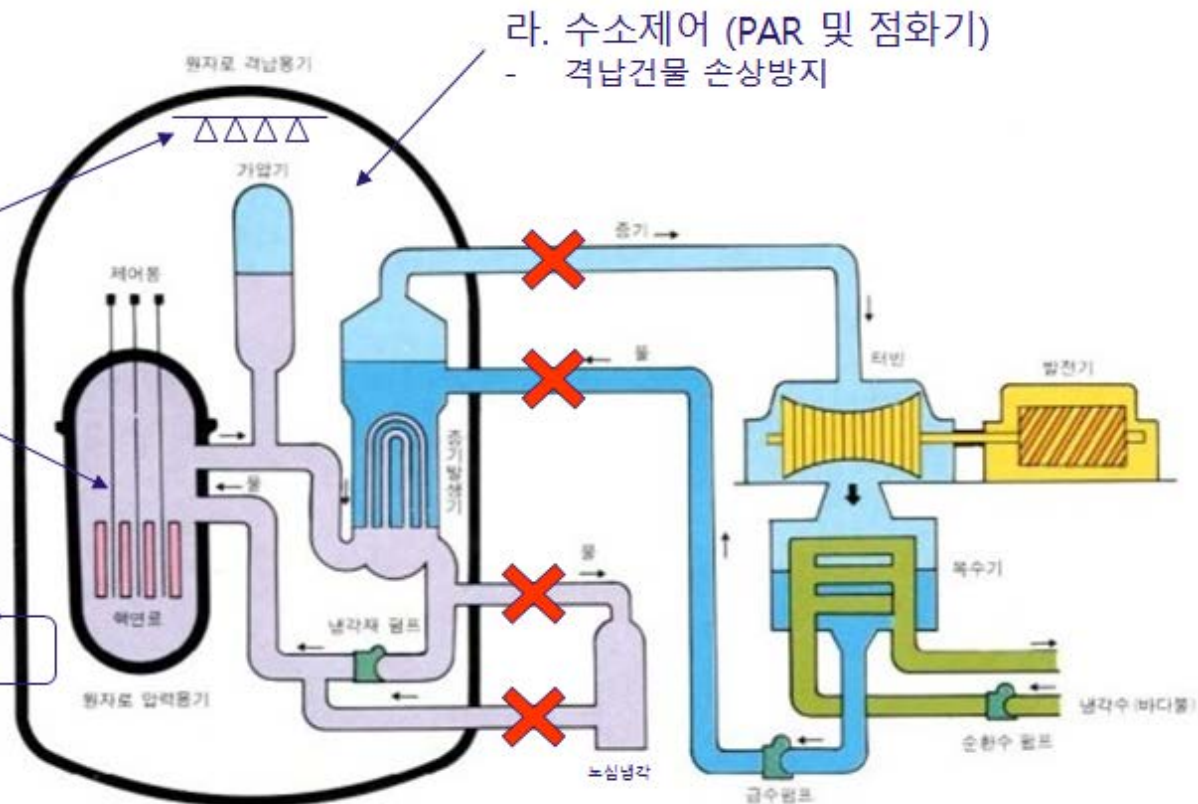


### 다. 전원 공급



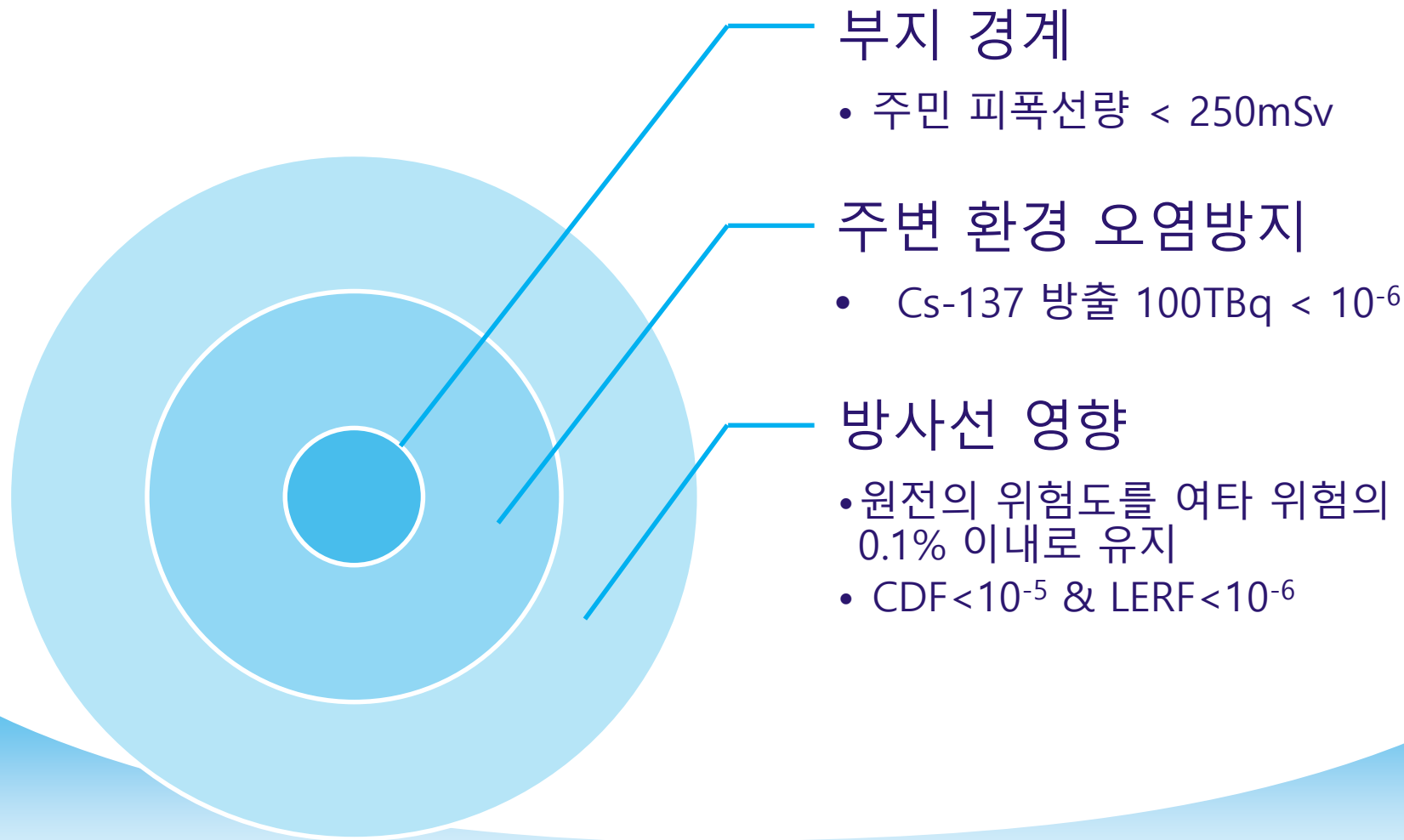
### 나. 순환냉각

- 붕괴열 제거
- 격납건물 과압방지



## 4. 중대사고 및 사고관리

### ● 안전 목표





# 5. 맺음말

## ● 후쿠시마 원전사고

- 심층방어 개념에 따른 신속한 후속조치
- 독립행정기구로 규제체계 변화
- 국제규범을 반영한 중대사고 규제 및 안전목표 설정
  - ➔ 중대사고 발생하더라도 외부환경에 미치는 영향 최소화
    - 주민 피폭선량 제한
    - 조기 및 방출 방지
    - 장기 소외오염 방지





감사합니다



한국원자력안전기술원  
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY