

사고관리계획서 검토준비

현황 및 계획



김 군 태
kkt@kins.re.kr



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

중대사고 (1)

● 후쿠시마 사고 이전의 중대사고 규제

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

중대사고 (2)

● 후쿠시마 사고 후속조치

■ 후쿠시마 후속조치

- 일본의 지진해일과 같이 설계기준을 초과하는 외부재해에 대비한 안전성 강화를 위하여 특별안전점검 (2011.3.21. ~ 4.30.)을 실시하고 지진, 해일, 전력계통, 중대사고, 비상대책 등 분야별로 총 50개의 조치사항을 도출하여, 이행하도록 함.
- 해안방벽의 증축, 방수문 설치, 이동형 발전차의 구비, 비상냉각수 외부주입유로 설치, 피동형수소제거설비 설치 등의 조치가 완료됨
- 격납건물 여과배기 또는 감압설비 및 소내비상대응 거점시설 등을 2020년까지 설치할 예정임.

■ 문제점

- 외부재해에 대응하기 위한 설비를 상당부분 갖추었으나, 이를 운용하기 위한 체계적인 절차/지침이 마련되지 않음.
- 후속조치의 이행으로 인한 안전성 개선효과를 종합적으로 평가하지 않아, 안전성 개선효과를 논리적, 정량적으로 설명하지 못함.

중대사고 법제화 (1)

● 사고관리계획서의 제출

- 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).

중대사고 법제화 (2)

● 개정 법률

■ 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

중대사고 법제화 (3)

● 개정 법률 (계속)

■ 부칙 제1조(시행일)

이 법은 2016년 1월 1일부터 시행한다. 다만, 제2조제25호, 제20조제2항, 제21조제6호 및 제103조의2의 개정규정은 공포 후 1년이 경과한 날부터 시행한다.

■ 부칙 제3조(사고관리계획서에 관한 경과조치)

제20조제2항의 개정규정 시행 당시 종전의 규정에 따라 발전용원자로 및 관계시설을 운영 중이거나 이미 운영허가를 신청하여 위원회에서 심사 중에 있는 자는 운영허가 여부와 관계없이 같은 개정규정 시행일부터 3년 이내에 이 법에 따른 해당 시설의 사고관리계획서를 위원회에 제출하여야 한다. 이 경우 위원회에 제출한 사고관리계획서는 제20조제2항의 개정규정에 따라 위원회에 제출된 사고관리계획서로 본다.

중대사고 법제화 (4) - 기본방향

● IAEA INSAG-10의 심층방어 개념 적용

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



● Changes in DiD Concept

Levels of DiD (1)	Objective	Essential design means	Essential operational means	Levels of DiD (2)
Level 1	Prevention of abnormal operation and failures	Conservative design and high quality in construction of normal operation systems, including monitoring and control systems	Operational rules and normal operating procedures	Level 1
Level 2	Control of abnormal operation and detection of failures	Limiting and protection systems and other surveillance features	Abnormal operating procedures/emergency operating procedures	Level 2
Level 3a	Control of design basis accidents (postulating single initiating events)	Engineered safety features (Safety System)	Emergency operating procedures	Level 3
Level 3b	Control of DEC to prevent core melting	Safety features for DEC without core melt	Emergency operating procedures	Level 4a
Level 4	Control DEC to mitigate the consequences of severe accidents	Safety features for DEC with core melt Technical Support Centre	Complementary emergency operating procedures/ severe accident management guidelines	Level 4b
Level 5	Mitigation of radiological consequences of significant releases of radioactive materials	On-site and off-site emergency response facilities	On-site and off-site emergency plans	Level 5

중대사고 법제화 (6) – 법령 체계

● 사고관리계획서 관련 법령

구분	사고관리계획서	기술기준	기타
원자력안전법	<ul style="list-style-type: none"> 운영허가 신청서류로 사고관리계획서 제출 		
시행령			<ul style="list-style-type: none"> 정기검사 대상 추가
시행규칙	<ul style="list-style-type: none"> 사고관리계획서 작성계획서 제출 규정 사고관리계획서 작성내용(목차) 규정 		
원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙		<ul style="list-style-type: none"> 용어 정의 사고관리 기술기준 (제6절 신설): <ul style="list-style-type: none"> 사고관리 범위(제85조의19) 설비(제85조의20) 전략 및 이행체계(제85조의21) 평가(제85조의22) 사고관리 교육훈련(제85조의23) 	<ul style="list-style-type: none"> 운영절차서 및 시험·검사 규정
고시	<ul style="list-style-type: none"> 사고관리계획서 작성에 관한 고시 	<ul style="list-style-type: none"> 사고관리 범위 및 평가에 관한 고시 방사선환경영향평가서 작성에 관한 고시(개정) 	<ul style="list-style-type: none"> 기타 원자로 안전 관련 시설 고시(개정) 사용전검사 고시(개정) 정기검사 고시(개정)

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

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 방법으로 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, 원자로격납건물의 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 원자로격납건물의 방호벽기능 상실을 방지

제8조(사고영향의 평가)

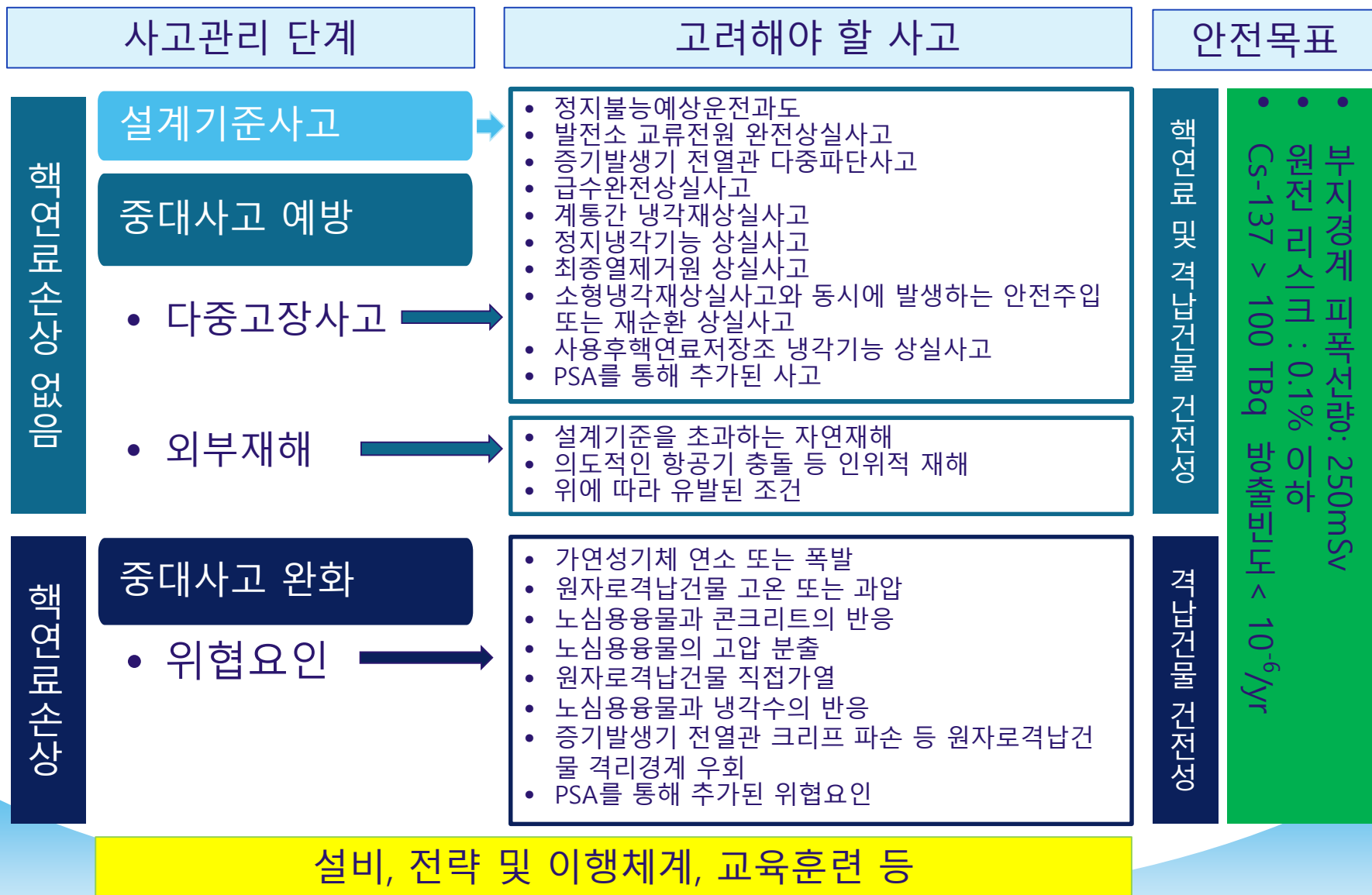
설계기준사고, 다중고장사고, 설계기준초과 재해, 중대사고 등에 의하여 평가된 부지 인근 주민의 방사선 피폭선량이 기술기준규칙 제5조제2항에 따른 수준으로 관리될 것

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 : 1.0×10^{-6} /년 미만

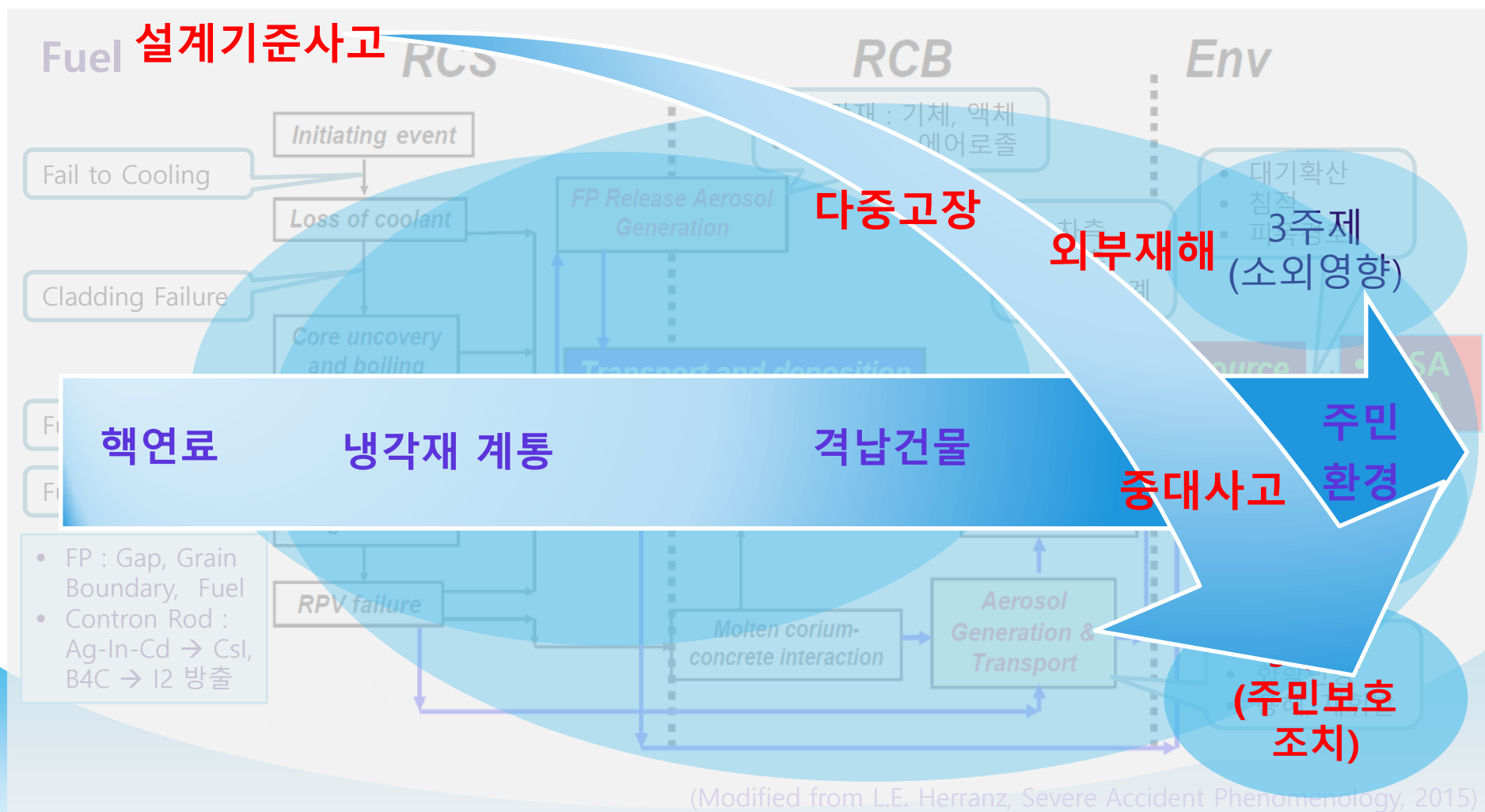
사고관리 범위 및
사고관리능력 평가의
세부기준에 관한 고시

사고관리계획서 – 기술기준 종합



사고관리계획 - 평가 범위

● 규제기반 구축



안전수준 현황

● 일본 신안전기준

- 후쿠시마 원전사고 이후 안전기준을 대폭 강화한 '신안전기준'을 설정
 - 중대사고 대응설비, 외부재해 대응설비, 인위적재해 대응설비 등
 - Cs-137 방출량 100TBq 이내

● EU Council Directive 2014/87

- 신규원전의 경우
 - 소외비상수단이 요구되는 방사성물질의 조기방출을 배제하며,
 - 보호수단을 필요로 하는 방사성물질의 대량방출을 배제하도록 요구
- 가동중 원전의 경우 주기적안전성평가를 통해 안전성 평가

● 비엔나 선언 (2017.2.9.)

- 신규 원자력발전소의 경우,
 - 소외에서 장기간 오염을 초래할 방사성 물질의 방출 가능성을 완화하고,
 - 방사성물질의 조기 방출 및 소외비상대응 · 조치가 요구되는 방사성물질 대량방출을 배제
- 가동 중 원자력발전소의 경우,
 - 주기적안전성 평가를 통해 안전성 개선사항을 도출하고 적시에 적용하여 안전목표의 달성을 지향

사고관리계획서 – 검토준비 (~2017)

- **(경수로형 원전) 사고관리계획서 심사지침서 개발**
 - 사고관리계획서 심사지침서 초안 개발 (~'17. 9월)
 - 사업자 의견수렴 (~'17. 11월)
 - 심사지침서 최종안 개발 (~'17. 12월)
- **(경수로형 원전) 사고관리계획서 표준양식 개발**
 - 표준양식 최종안 개발 (~'17. 12월)
- **방사선환경영향평가서 심사지침 개정**
 - 중대사고 영향 평가를 포함하는 개정초안 개발 (~'17. 9월)
 - 내외부 검토 및 의견수렴 (~'17. 11월)
 - 심사지침서 최종안 개발 (~'17. 12월)

사고관리계획서 – 검토준비 (2018)

● 심사지침 개정 추진

- 사고관리계획서 개발 과정에서 보다 구체화된 사항 확인
→ 가능한 범위 내에서 심사지침의 허용기준 상세화
- 현안 논의
 - 2018.3.14. 사고관리계획서 인허가 기반구축 현안협의 (김천)
 - 2018.6.4.~5. 사고관리계획서 인허가 기반구축 워크숍 (무주리조트)
- 주제별로 Sub-group 논의 사항을 반영하여 심사지침서 개정(~'18.12)
 - 구체적인 자료 (예시계산결과 등)를 토대로 논의 필요
 - 불확실한 경우, 보수적 입장을 취할 수 밖에 없음 (검토결과에 대한 책임)

● 주요 현안

- 다중고장사고의 평가 범위 및 목적
- 외부재해의 영향 평가
- 대기확산 인자 등 선량평가 방법 등

사고관리계획 – 검토 계획

● 검토 준비

- 전문가 확보 : 현재 약 25명
- MELCORE, MACCS, ROSA 등 검증계산을 위한 전산코드 확보

● 단계별 검토 (미확정)

1. 일반 사항 :

- 사고관리 전략, 평가방법론 등
- PSA 개선사항 및 신규평가 부분 등

2. 대표 원전 :

- 노형별, 부지별 특성을 고려하여 대표원전 선정 및 심층 검토

3. 개별 원전

- 대표원전 대비 설계특성 및 부지 특성 고려하여 검토

● 현황

■ 사업자의 개발현황 파악중

- 2017년 초반 착수하여, 주요국 시찰후 본격 개발
- 구체내용 파악 중

사고관리계획 – 검토 방안

● 결정론적 평가

- 평가방법 : 설계개념, 전산코드
- 심층방어 : 노심, 원자로용기, 격납건물 건전성
- 대응설비 : 설계기준 및 설치, 기기생존성
- 사고관리전략 : EOP, MOG, SAMG, EDMG
 - 절차-지침간 연계성 및 대응전략의 타당성
 - 사고시 실행가능성 (교육/훈련 포함)
- 허용기준 :
 - 피폭선량 : 중대사고 예방단계 (50mSv), 완화단계 (250mSv)

● 확률론적 안전성평가

- 평가방법 : 기존의 평가결과 활용 및 일부 개선
 - 후쿠시마 후속조치 등 개선 결과 및 예정사항 반영
 - 중대사고 현상 및 모델링의 불확실성 및 보수성 개선
- 허용기준
 - QHO : 총리스크의 0.1% 이하 또는 CDF ($10^{-4}/y$) 및 LERF ($10^{-5}/y$)
 - Cs-137 100TBq 이상인 경우 $10^{-6}/y$ 이내

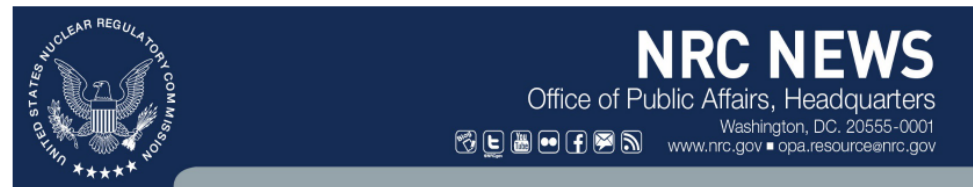
사고관리계획 – 검토 참고사례 (1/2)

● APR1400-DC

- 2014.12. 신청서 접수
- 2015.3. Docked
- 2018.3. Rev. 2 제출
- 2018.8. Rev. 3 제출

● 주요 제출 문서

- DC Document
- ER
- Technical Report : 70
- ITAAC
- QAPD
- Topical Report : 4



No: 18-046

October 5, 2018

CONTACT: Scott Burnell, 301-415-8200

NRC Issues Final Safety Evaluation Report; Standard Design Approval for Korean APR1400 Reactor

The U.S. Nuclear Regulatory Commission has issued a [final safety evaluation report](#) and [standard design approval](#) for Korea Electric Power Corporation and Korea Hydro & Nuclear Power's Advanced Power Reactor 1400 (APR1400).

The approval, which indicates the NRC finds the design technically acceptable but does not fully certify the design, is valid for 15 years. Separately, the NRC is preparing a rulemaking to fully certify the design for U.S. use.

Both companies submitted an application Dec. 23, 2014, to certify the APR1400 for use in the United States. The design, as approved, would produce approximately 1,400 megawatts of electricity. The APR1400 features enhanced systems to safely shut down the reactor or mitigate the effects of an accident.

Neither a standard design approval nor design certification grant permission to build or operate a reactor. Full certification, if granted by the Commission following the staff's recommendation, is valid for 15 years and allows a utility to reference the design when applying for a Combined License to build and operate a nuclear power plant.

The NRC has certified five other designs: the Advanced Boiling Water Reactor, System 80+, AP600, AP1000, and the Economic Simplified Boiling Water Reactor. The staff is reviewing applications to certify two other designs: the U.S. Advanced Pressurized Water Reactor and the NuScale small modular reactor. The staff is also reviewing an application to renew the ABWR certification. More information about the [APR1400 design review](#) can be found on the NRC's website.

사고관리계획 – 검토 참고사례 (2/2)

● 42개월간 6-Phase 수행

- 300명 이상의 tech staff, 20명 이상의 PM 참여
- 2225 RAI questions, 561 RAI Letters
- FSER
 - 1장 ~ 19장 : 3,700 쪽
 - 부록 6개
- 예정기한 내 검토완료
 - Close tracking of RAI
 - FSER 작성에 SharePoint tkdyd
 - 신속, 풍부한 답변 자료 제공
- ACRS
 - Noted most complete PRA to date

사고관리계획 - 추가 고려사항

● 사고관리계획서 검토절차 수립

- 현행 법령에는 제출기한과 기술기준 만 규정되어 있음.
 - 제출기간 이후에는 기술기준이 운영허가 조건으로 유효한 상태
- 검토절차 규정 마련이 필요함. (예시)
 - 서류적합성 검토 : ?개월
 - 검토기한 : ?년(제한된 인력으로 전원전 대상 검토)
 - 원자력안전위원회 및 KINS의 역할, 업무 프로세스 등
 - 대응설비 설치를 위한 변경허가
 - 예비설계 검토후 설비 설치
 - 설치후 성능시험에 합격한 경우, 운영
 - 인허가 현안발생시 조치방안
 - 현안 해결시까지 심사기한 연장 또는 과징금 (??)
 - 기술기준 불만족시
 - 운영정지 (법제24조제1항제5호) 또는 과징금 (법제24조제2항) : ??
- 원자력안전위원회 심의 : 절차 및 검토결과
 - 안전전문위원회 보고 및 심의
 - 원자력안전위원회 심의



감사합니다

