

2023 한국원자력학회 춘계학술발표회 워크숍

원전 정책변화에 대응하기 위한 통제 법령 개선

SMR 핵안보 규제 및 법령 개선 방안

2023.05.17.

한 국 원 자 력 통 제 기 술 원
조 성 연

목 차

I	배경	1
II	SMR 공동 규제 현안	5
III	해안보 관련 법령	7
IV	법령 개정 방향	13
V	맺음말	16

I. 배경

◆ 혁신형 소형 모듈원자로 (iSMR) 사업단 출범 및 설계/기술개발 착수 ('23.04)

- 총사업비/기간: 3992억원/ '23~'28
- 목적
 - ❖ 안전성, 경제성, 유연성을 갖춘 소형모듈 원자로 개발
 - ❖ 시장 경쟁력 있는 iSMR을 개발 향후 세계 소형원전시장 선점

◆ iSMR 개발 목표 및 추진 일정

- 170MW 모듈형 설계, 10^{-9} /yr 노심손상빈도, 20~80% 탄력운전, 발전단가 65USD, 건설단가 3,800USD, (부하 추종, 단일 주제어실, 원격 운전 etc.)
- '23~'25 혁신기술개발 및 표준설계
- '26 **표준설계 인가 신청**
- '28 **표준설계 인가 획득**

**규제자 입장에서
매우 큰 도전과제**

I . 배 경 (해외 동향)

◆ SMR 규제자 포럼

- 기술혁신성을 지향하는 SMR은 기존 원자력 규제 체제 적용 어려움
- 캐나다, 미국을 중심으로 SMR 규제를 위한 지식과 경험 공유 목적으로 출범 (우리나라를 포함 현재 11개국이 참여)
 - ❖ Phase 1 (2015~2017) 주요 규제 공통현안에 대한 식별, 논의
 - ❖ Phase 2 (2018~2020) 인허가, 설계/안전해석, 제조/가동/운영
 - ❖ Phase 3 (2021~2023) Phase 2 사항에 대한 논의 지속

◆ IAEA NHSI (Nuclear Harmonization and Standardization Initiative)

- '22.04 Rafael IAEA 사무총장이 제창
- SMR을 비롯한 신형 원전 보급 확대될 수 있도록 국가 간 원자력 규제에 대한 조화 및 표준화 추구
- 각 회원국 정책 결정자, 규제자, 설계/제작사, 운영자 참여를 통해 SMR에 필요한 규제 및 산업계 측면에서 접근 방향 모색
- SMR RF의 인허가 실무그룹은 NHSI WG3 (인허가 정보 활용)으로 활동을 연장

I. 배경 (해외 동향)

◆ 캐나다 SMR Roadmap

- '18.11. 캐나다의 SMR Roadmap Steering Committee (주정부, 지방정부, SMR 개발자로 구성)는 SMR 개발에 필요한 권고사항을 담은 '실천방안'을 발표
- 4대 기본 추진 축 (Pillar 1 실증 및 보급, Pillar 2 정책, 법제화, 인허가, Pillar 3 참여, 공공의 신뢰, Pillar 4 국제 협력)
- 'Team Canada' 라는 개념으로 유관기관 간 역할과 책임 분담 강조
 - ❖ 규제자에 대한 요구사항: CNSC는 다른 규제와 유사하게 고수준의 원칙이 포함되도록 핵안보 규정을 개정할 것, 기존의 규정적 요건을 배제할 것

◆ 캐나다 CNSC VDR

- 공급자의 요청에 따라 제공하는 서비스로서 신형 원자로 설계에 대한 검토
- 현재 BWRX-300, Xe-100, eVinci 등 10여 개의 노형이 검토 중
- 3단계 (1.규제요건 검토, 2.인허가 장애요인 검토, 3.후속조치)로 진행되며, 공식적인 인허가 단계는 아님
- SMR에 대해서는 기존의 규제 기준/문서가 적용 (Class 1A)하되, 위험 정보 기반 규제 적용을 시사

I. 배경 (해외 동향)

◆ 미국 SMR Licensing Technical Support (LTS)

- 미 에너지성(DOE)이 자국 기술 기반의 SMR 개발을 촉진하기 위해 '12년 도입한 인허가기술지원 프로그램으로 산업계, 연구계가 참여
- 1차적인 수혜자는 NuScale 이며 설계 인증, 부지 승인, 인허가와 관련한 지원을 제공

◆ 미 NuScale 설계 인증

- '16년 NuScale 표준 설계 인증 신청, '23.02 인증 획득
- USNRC는 NuScale 설계인증을 위해 별도의 심사지침 (Design Specific Review Standards)를 작성
- 조기부지허가, 표준설계인증, 통합허가 각 단계별로 핵안보를 고려하도록 요구
 - ❖ NRC는 DOE, 설계사, 사업자와 설계에 영향을 미치는 17개 현안을 도출 (SECY-10-0034) (SMR 보안 요건이 중요 현안으로 포함)
 - ❖ 초기 설계 과정에서 물리적 방호, 사이버보안 DBT (Design Basis Threat) 를 고려한 보안 평가 및 설계의 필요성 제시

II. SMR 공통 규제 현안

SMR 규제자 포럼 공통 현안

핵안보 측면 규제 현안

비상계획구역

심층 방호

차등접근

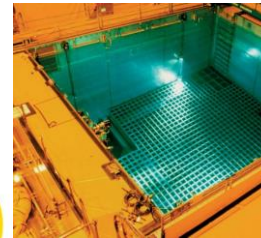
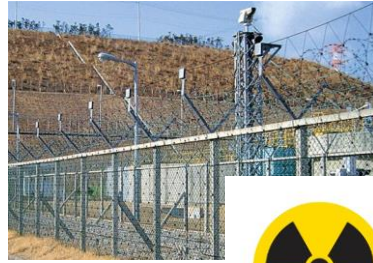
물리적방호 분야		사이버보안 분야	
• 구조물 설계	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 핵심구역 및 설계기 준 위협 설정 ❖ 물리적 방벽 강도 (항 공기 충돌 등) 	• 모듈 간 자원공유	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 주제어실 및 SSC 공유 에 따른 사이버 보안 위험성 평가
• 원자로 설치 위치	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 지하, 수중, 해상 등 원자로설치 위치에 따른 물리적방호 방안 	• 일체형 설계	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 모듈 내부 압력/온도/ 유량 계측기 보정 방안
• 부지 내 인력 감축	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 보안, 대응 인력 감축에 따른 사보타주 대응 	• 공간 최적화 설계	<ul style="list-style-type: none"> ❖ I&C 장비 수량 및 복잡성 증대 영향 평가 ❖ 계측장비 유지 보수 방안
• 노심 방사선 재고량	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 방사선원 재고량 감소에 따른 방사선적 영향 (차등접근법 적용 검토) 		

원격운전 부하추종
How to Maintain
Closed Network?

II. SMR 공통 규제 현안

◆ 설계 단계 예상 규제 개입 시기

시설 운영



- 핵물질 이동, 방호 설비, 핵심구역 접근경로

설계



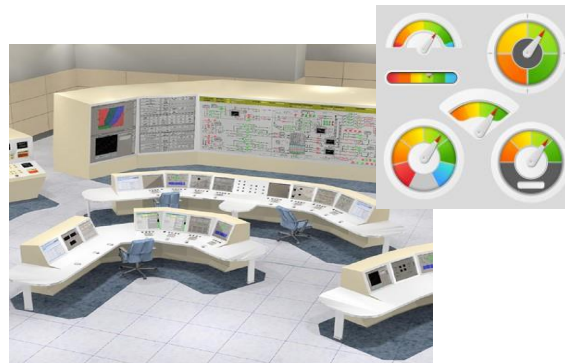
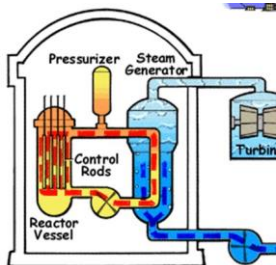
이행절차
운영규정

초기 설계

상세 설계

수정 · 보완

원전 운전



- 주제어실, 원자로계통 제어계측 장비

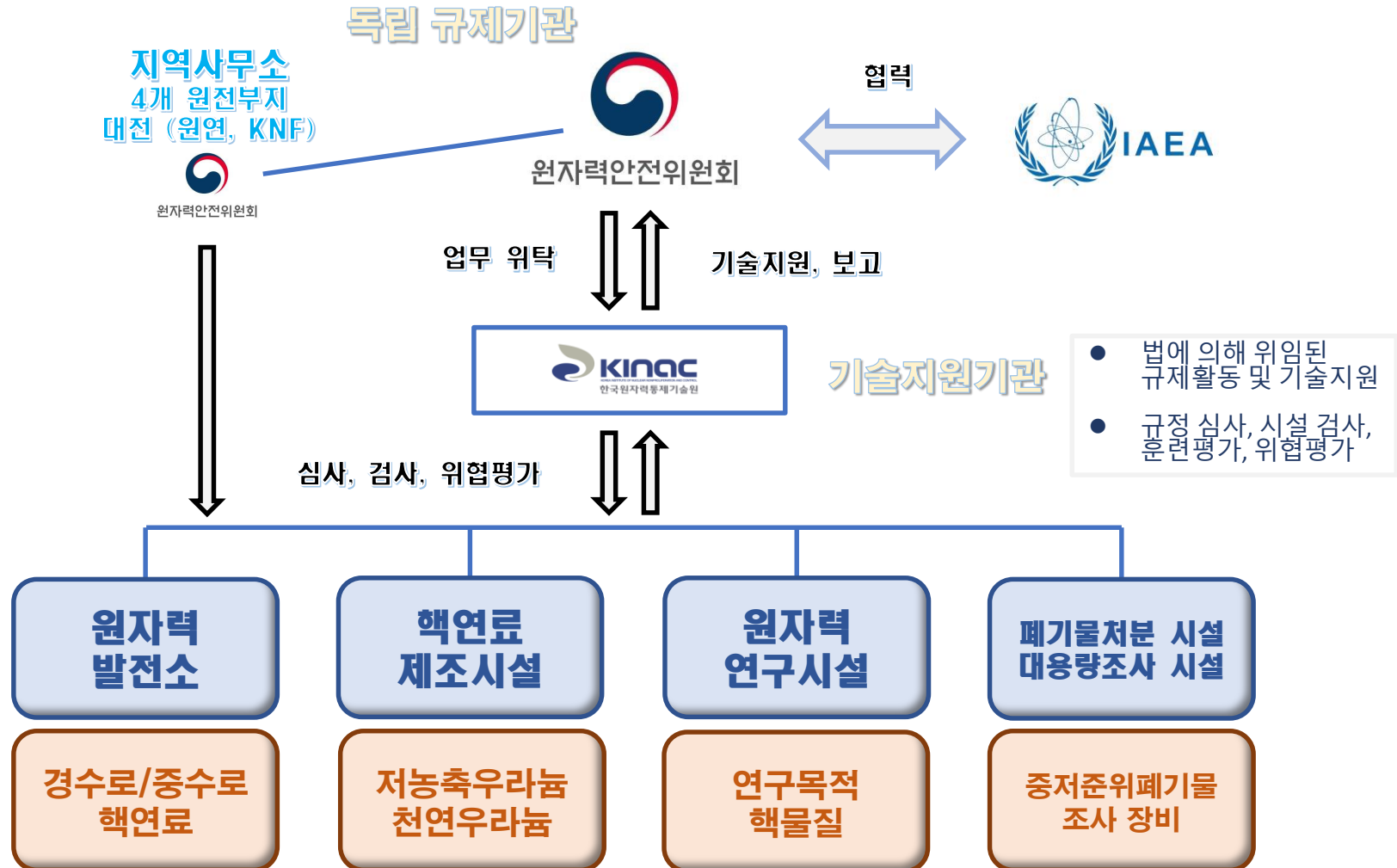
설계



규제기준

Ⅲ. 핵안보 관련 법령

◆ 국내 핵안보 규제 이행 체계



Ⅲ. 핵안보 관련 법령

◆ 원자력 안전법

- (목적) 원자력의 연구, 개발, 생산, 이용에 따른 안전관리 사항을 규정하여 방사선에 의한 재해 방지 및 공공의 안전을 도모
- (인허가 관련 사항) 표준설계 인가, 건설허가, 운영허가, 특정핵물질 계량관리 규정 승인 등

◆ 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재대책법

- (목적) 핵물질과 원자력시설의 안전 관리, 운영을 위한 물리적방호 체제 및 방사능재난 예방체제를 수립하고, 재난 발생 시 대응을 위한 관리체계 확립
- (인허가 관련 사항) 물리적방호에 대한 사업자의 책임, 물리적방호 규정 승인, 비상계획구역 설정 등

안전 측면 인허가에 중점
법령 체계 이원화



설계단계 핵안보
적용 근거 미약

Ⅲ. 핵안보 관련 법령

◆ 표준설계인증

- 원자력안전법 제12조(표준설계인가) 같은 설계의 발전용원자로 및 관계시설을 반복적으로 건설하려는 자는 그 설계(이하 “표준설계”라 한다)에 관하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 인가를 받을 수 있다.
 - 원자력안전법 시행령 별표 7 한국원자력안전기술원에 위탁하는 업무 1호 나항 법 제12조 표준설계인가에 관련된 안전성 심사
- ☞ 표준설계인가 시 안정성 심사에 대해서만 규정하고 있으며, 핵안보에 대한 심사 근거 부재

Ⅲ. 핵안보 관련 법령

◆ 건설허가

- 원자력안전법 제10조(건설허가) 발전용원자로 및 관계시설을 건설하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 한다.
- 원자력안전법 시행령 별표 7 한국원자력안전기술원에 위탁하는 업무 1호 가항 법 제10조 발전용원자로 및 관계시설의 건설허가에 관련된 안전성 심사
- 방사능방재법 시행령 제17조 (물리적방호 규정등 승인신청) 물리적방호 시설·설비 및 그 운영체제, 물리적 방호규정, 방호비상계획 및 정보시스템 보안규정(이하 “물리적방호 규정등”이라 한다)에 대하여 승인을 받으려는 원자력사업자는 이에 관한 승인신청서를 원자력시설등의 사용개시 5개월 전까지 원자력안전위원회에 제출하여야 한다.
- ☞ 건설허가 시 안정성 심사에 대해서만 규정하고 있으며, 핵안보에 대한 심사 근거 부재
- ☞ 물리적방호 규정은 방사능방재법 상 사용개시 5개월 전까지 제출하도록 되어 있으나 원자력안전위원회의 공식 요청을 통해 건설허가 시 조기 제출하도록 조정

Ⅲ. 핵안보 관련 법령

◆ 운영허가 I

- 원자력안전법 제20조(운영허가) 발전용원자로 및 관계시설을 운영하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 한다.
 - 원자력안전법 제21조(허가기준) ... 발전용원자로 및 관계시설의 성능이 위원회규칙으로 정하는 기술기준에 적합 ... (원자로 시설 등의 기술기준에 관한 규칙)
 - 원자력안전법 시행령 별표 7 한국원자력안전기술원에 위탁하는 업무 1호 다항 법 제10조 발전용원자로 및 관계시설의 운영허가에 관련된 안전성 심사
- ☞ 운영허가 시 안정성 심사에 대해서만 규정하고 있으며, 핵안보에 대한 심사 근거 부재

Ⅲ. 핵안보 관련 법령

◆ 운영허가 Ⅱ

- 방사능방재법 제9조 (물리적방호에 대한 원자력사업자의 책임) 원자력사업자가 원자력안전위원회의 승인을 받아야 할 사항
 1. 물리적방호 시설, 설비 및 그 운영체제
 2. 물리적방호규정
 3. 방호비상계획
 4. 정보시스템 보안규정

☞ FSAR 13.6 산업보안에 물리적방호에 관한 내용이 포함되어 있으나, 현행 법령 상 KINS에서 해당 내용을 심사 → 핵안보 측면 심사과정 부재

IV. 법령 개정 방향 제안

◆ 원자력 인허가 체제 보완

● 표준 설계 인증

- SMR 등 신규 원자력 시설의 경우 자율 운전, 부하 추종 등 Digital 장비의 대폭 채용이 불가피한 설계 개념을 채택하고 있어 설계단계에서 사이버 보안 측면의 취약성 검토가 반드시 필요함
- SMR 주요설비 지중화에 따른 차등접근, 방사선원 감소에 따른 EPZ 조정, 오지 설치 시 사보타주 위협 수준 평가 등 핵안보 측면에서 설계를 최적화할 수 있는 대안 제공이 가능하며, 이는 설계 단계 핵안보 (Security By Design)의 적극적인 적용을 통해 가능함
- 표준설계 인증 단계에서 핵안보 측면의 설계 취약성 및 핵심구역 검토를 사전에 검토할 수 있도록 법적 근거 마련 필요
 - ☞ 표준설계인증 핵안보 규제 검토에 대한 조항 신설
 - ☞ 표준설계인증 한국원자력통제기술원 위탁업무로 추가

IV. 법령 개정 방향 제안

◆ 원자력 인허가 체제 보완

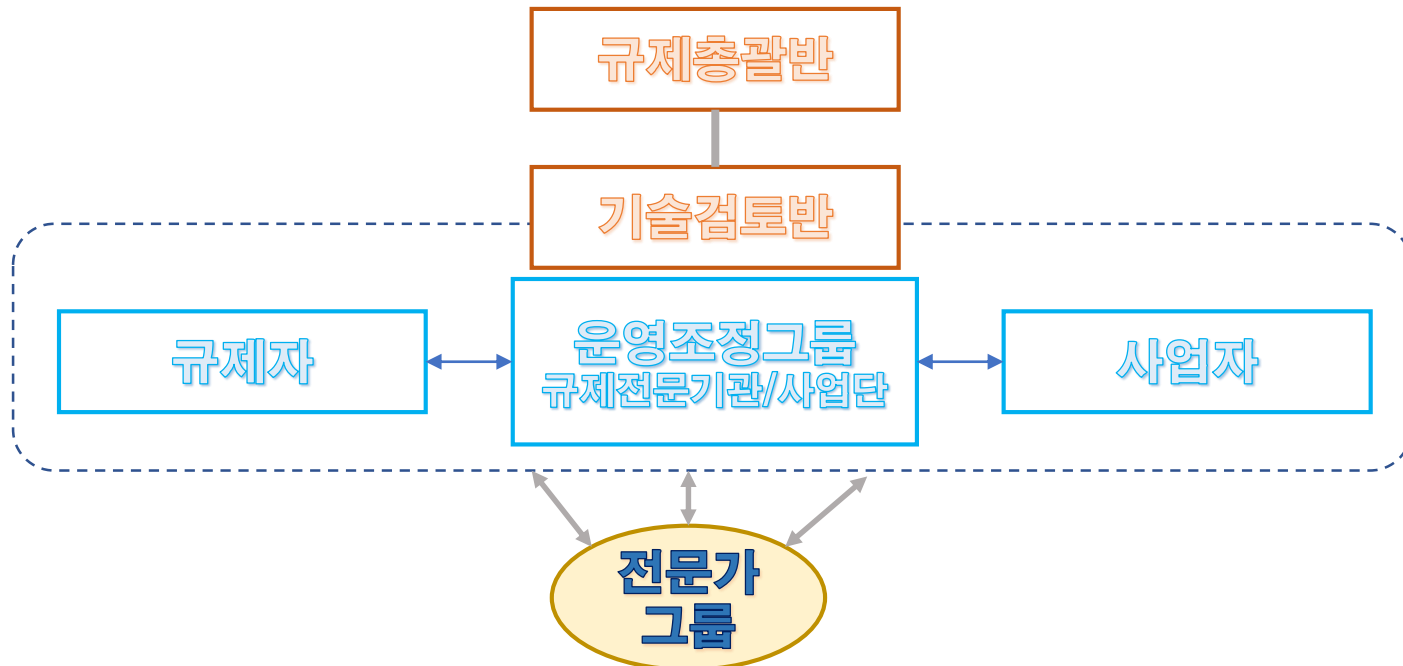
● 건설허가/운영허가 심사

- 건설허가 단계에서, 핵안보 관련 사항(FSAR 13.6) 검토 및 심사가 해당 업무 이행을 담당하는 기관 (KINAC)에 의해 이루어지고 있지 못함
- 핵안보 관련 구조물 및 장비/시설에 대한 시공과정 중 검사에 대한 법적 근거가 미약하여, 문제점을 발견하는 시점이 시공 완료 후에 이루어질 가능성이 농후 → 불필요한 시행착오 발생
- 건설허가 단계에서 핵안보 관련 사용 전 검사 활동을 강화하도록 법령 개정
 - ☞ 건설허가 단계에 대한 핵안보 관련사항 검토 법적 근거 마련
 - ☞ 핵안보 관련 주요 구조물, 시설, 장비에 대한 사용 전 검사 기준 확립

IV. 법령 개정 방향 제안

◆ 원안위 사전설계검토 및 iSMR 규제준비단 (참고)

- iSMR 기초 설계자료 등에 대한 검토를 통해 규제기관-사업자 간 설계 개념과 규제요건 등에 대한 상호 이해를 제고
- 사전설계검토 과정에서 ① 규제 현안을 식별 (기술기준격차분석)하고 ② 안전성 확보방안 논의·검토 ③ 현안별 규제입장(안) 마련



V. 맺음말

● 설계 및 규제 관행 개선 필요

- SMR의 특성을 고려, 설계단계부터 핵안보 측면의 설계요건의 충실한 반영이 필요하며, PSAR, FSAR 단계에서 Security By Design 적용이 가능하도록 법령 개정 필요

● SMR 국제 규제 동향 파악 및 국제협력 강화

- IAEA SMR 규제자 포럼, NHI 등 SMR 규제 방향을 미국, 캐나다 등 선진국이 주도하고 있어 이들과 정보공유, 인력교류 등 적극적인 협력이 필요

● SMR 개발자 - 규제자 간 의사소통 확대

- SMR 개발 성공의 관건은 규제 체제 조기 준비, 유연성 확보가 필수
- 개발자-규제자 간 준실시간 설계정보 공유 및 규제요건 적시 제공이 필요

감사합니다.

Q & A