

제2026-2회 원자력안전위원회

의안번호	제 1 호	보 고 사 항
보고일자	2026. 2. 12.	
공개여부	공개	

「 소형모듈원자로(SMR) 규제체계
구축 로드맵(안) 」

제 출 자	원자력안전위원회 위원장 최 원 호
제출일자	2026. 2. 12.

〈 수립 추진 경과 〉

- SMR 규제 관계자 워크숍(3회 / '25.9.9, 11.4, 11.11)을 통한 로드맵 방향성 및 세부 추진과제 발굴
- 원자력계* 의견수렴(5회 / '25.8.28, 9.18, 9.26, 10.24, 10.28)을 통한 보완
 - * 개발자(KHNP, KAERI, 민간기업 등), SMR 규제연구 기획위원회, 관련 대학 및 연구소 등
- SMR 규제체계 구축 로드맵(안)에 대한 전문가 간담회('25.11.18)
- 관계부처(과기부, 기후부, 해수부) 의견조회('25.11.17~11.24.)
- 원자력 유관기관 및 단체 의견조회('25.11~12)

소형모듈원자로(SMR) 규제체계 구축 로드맵(안)

2026. 2.



원자력안전위원회

Nuclear Safety and Security Commission

■ ■ 목 차 ■ ■

1. 배경 및 필요성	1
2. 그간의 추진 경과	5
3. SMR 규제체계 구축 목표와 전략	6
4. SMR 규제체계 구축 추진 과제	7
과제 ① SMR 규제체계의 단계적 구축	7
과제 ② SMR의 효과적·효율적 안전성 평가체계 구축	12
과제 ③ 신뢰받는 규제 이행을 위한 인프라 구축	14
계속과제 i-SMR 설계특성을 반영한 안전성 심사	19
 붙임1. 과제별 일정(안)	29
붙임2. SMR 안전규제 관련 예산(안)	31

1. 배경 및 필요성

- 전 세계적으로 기존 대형 경수로에 비해 현저히 작은 용량과 다양한 설계특성을 가진 **소형모듈원자로(SMR*)** 개발 경쟁 중

* 미국은 법률로 열출력 1,000MW_{th} 이하, IAEA는 일반적 특성으로 전기출력 300MW_e 이하로 정의하나, 대부분의 국가에서는 명확한 정의를 내리고 있지는 않은 상황

※ 전세계 **72종**(경수 24종, 비경수 48종)의 다양한 SMR 개발 중(IAEA ARIS, '26.1)

- 미·영·캐 등 선도국은 **SMR 안전현안별 규제입장 정립**, 다양한 설계의 **고유 위험도에 따른 안전기준 적용 및 성과중심 평가 등 효과적 규제방식 개발** 추진 중
- SMR의 효율적 개발과 안전규제를 위한 **국제적 규제조화 노력***, **국가 간 공동 기술검토**** 등 다양한 국제협력 진행 중

* IAEA SMR Regulators' Forum('15~), IAEA NHSI('22~), OECD/NEA WGNT('23~) 등

** 미국·캐나다는 BWRX-300('22.10~), 체코·프랑스·핀란드는 Nuward('22.6~) 공동 검토 진행

- 국내에서는 i-SMR('26년 인허가 신청 예정) 외에도, 다양한 설계의 SMR 개발사업이 **'30년대 초·중반 인허가**를 목표로 진행 중이나,
 - 현 원자력 안전 규제체계*가 대형 경수로를 기반으로 구축되어, 새로운 목적·설계의 원자로시설에 대한 **효과적 적용에 한계**
- * 원자력안전법·시행령·시행규칙(인허가 절차 등), 원자로 규칙·고시(위차·구조·설비·성능 기술기준 등)

- 본 로드맵은 미래 규제 수요에 **탄력적으로 적기 대응**할 수 있도록 SMR 규제 기반을 구축하기 위한 **장기적 접근 방향과 향후 5년간의 이행과제·일정(안)** 제시를 위한 것으로,
- 이를 통해 개발자들은 **규제 예측성과 혁신기술의 안전성을 증진**하고, 정부는 규제 이행에 필요한 **자원과 역량을 체계적으로 확보** 기대

[참고1] 해외 주요국 SMR 규제 대응 현황

① 미국

- 미래 SMR 인허가 과정에서 예상되는 다양한 잠재적 정책·기술 이슈를 선제적으로 발굴하고 해소방안*을 마련해오고 있으며,

* 방사선비상계획구역(EPZ), 기능적 격납건물 성능기준, 다수 모듈 인허가 등

- 신형로 규제 정책성명('08.10), 비경수로에 대한 NRC 비전과 전략('16.12) 등 규제 접근방향 발표

- 원자력 혁신 및 선진화법('19)은 다양한 원자력 기술을 위한 유연하고 실용적인 평가방법을 적용하는 「기술포용적 규제체계」 개발을 선언 (☞ 10CFR53, '27년까지 제정 목표)

- 선진화의 핵심은 규범적인(prescriptive) 설계기준 제시방식에서 벗어나 확률론적 평가 등을 이용해 해당 설계 고유의 위험도를 분석하고 안전목표 달성에 필요한 성능의 구현 여부를 확인하는 방식*

* TI-RIPBR(Technology Inclusive, Risk-Informed Performance-Based Regulation)

- 기존 규제체계(10CFR50 등)에서 동 방법을 우선 적용하기 위해 비경수로 설계기준 개발지침(RG1.232), 비경수로 인허가를 위한 TI-RIPBR 방법론 활용지침(RG1.233) 개발

- 사전인허가 활동을 통해 다양한 SMR 설계를 검토 중(34건)이며, 뉴스케일 社 노형(경수로)* 및 테라파워 社 노형(소듐냉각고속로)** 등에 대한 인허가 심사 수행

* (US600) 표준설계승인('20.9) 및 설계인증('23.2), (US460) 표준설계승인('25.5)

** (Natrium) 건설허가의 안전성 평가 완료('25.12)

② 캐나다

- 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)는 선진원자로를 규제하고 규제 활동의 우선순위를 정하기 위해 **규제대비전략***을 발표하고,

* 3대 핵심 분야 : ① **강력하고 유연한 규제체계**(Robust but Flexible Regulatory Framework),
② **위험도 정보활용 절차**(Risk-Informed Processes), ③ **역량있는 규제인력**(Capable and Agile Workforce)

- **SMR 운영위원회(SMRSC)**를 설립·운영하여 전략 추진을 주도

※ 선진원자로 규제 대비 전략 보고서('19.12, The Canadian Nuclear Safety Commission's Strategy for Readiness to Regulate Advanced Reactor Technologies)

- 기존 캐나다의 규제체계는 **기술중립적**으로, 새로운 SMR 설계에도 적용 가능

- 다만, **SMR의 안전현안에 대한 규제요건의 해석과 적용**을 위해 사전 대비와 개선 노력 추진

* 결정론적 및 확률론적 안전해석, 비상계획구역(EPZ), 안전조치 이행·검증 등 17개

※ SMR 규제전략, 접근법 및 도전과제('16.5, SMRs: Regulatory Strategy, Approaches and Challenges)

③ 영국

- 기존 영국의 규제체계는 **목표 설정 방식***의 기술중립적 규제체계로, **혁신기술을 대응하는데 구조적으로 용이**

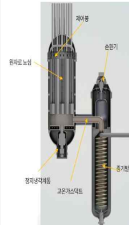
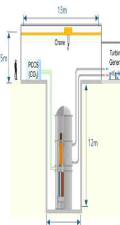
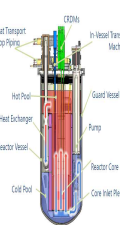
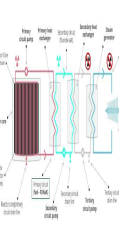
* 허가 조건이 **비규정적**(non-prescriptive)이며 사업자가 안전기준과 절차를 적용하여 달성하는 목표들로 구성

※ 규제 혁신 방안('20.9, Approach to regulating innovation)

- 기존과 같이 **위험도 정보활용**(risk-informed), 목표 지향적(well-targeted), 비용 효율적(cost-effective) 접근방식으로 신규원전 배치와 신기술 도입을 촉진하는 규제전략의 방향성을 제시

※ 원자력규제청의 2030 전략 수립 과정에서의 중간 성명서('25.5, ONR's Interim Strategy Statement)

[참고2] 국내 인허가 신청 예상 노형 현황

		<정부주도>	<민·관 협력>				<국내기업>	<해외기업>	
노 형		경수형 소형모듈 원자로	용융염 원자로 (MSR : Molten Salt Reactor)	고온가스로 (HTGR : High Temperature gas-cooled Reactor)	소듐냉각 고속로 (SFR : Sodium-cooled Fast Reactor)	히트파이프 원자로 (HPR : Heat Pipe Reactor), MMR	고온가스로 (HTGR : High Temperature gas-cooled Reactor), MMR	소듐냉각 고속로 (SFR : Sodium-cooled Fast Reactor)	용융염 원자로 (MSR : Molten Salt Reactor)
모델명		i-SMR	MARINA	HECTAR	H-SFR(가칭)	NuSpace Power	BeSMART	Natrium	seaMSR -100
개발사		i-SMR 기술개발 사업단	KAERI	KAERI	KAERI	KAERI	비즈	테라파워 (미국)	솔트포스 에너지 (덴마크)
목 적		발전용 (다목적용)	선박추진	열공급용	발전용	발전용 (극한환경)	발전용	발전용	발전용 (해양부유식)
핵연료		UO ₂	용융염 (NaCl-KCl- UCl ₃)	TRISO (피복입자핵연료)	U-Zr 금속연료	TRISO (피복입자핵연료)	UO ₂	U-Zr 금속연료	용융염 (50NaF-25KF- 25UF ₄)
냉각재		경수(H ₂ O)		He	Na	알칼리금속 (Li, Na, K 등)	CO ₂	Na	
상용화 주체 (참여)			(삼성중공업, 현대건설)	(포스코 E&C)	(현대건설)	-	-	SK이노베이션 + 한수원	솔트 또는 솔트+한수원 +삼성중공업
열출력 (원자로 1기)		520 MWth	100 MWth	90 MWth	'25.7월부터 연구개발 착수 (‘26.2월경 제원 확정예정)	0.1 MWth 이하	15.6MWth	840 MWth	250 MWth
모듈개수		4	2	미정		1	1	1	6
전기출력 (발전소 전체)		680 MWe (170MWe x 4모듈)	70 MWe (35MWe x 2모듈)	없음		20~30 KWe	5 MWe	345MWe (최대 500MWe x 5.5h)	600 MWe (100MWe x 6모듈)
운전온도 (입구/출구)		295℃ / 320℃	약 540℃ / 600℃ 이상	300℃ / 750℃		없음 / 600~800℃	400℃ / 500℃	360℃ / 510℃	600℃ / 650℃
설계특성		· 무봉산 운전 · 비안전 전력계통	· 장주기 운전 · 대기압 운전 · 고유 안전성	· 자연 냉각 · 방사성 물질 유출 가능성 최소화 · 화학적 부식 제어		· 중력과 전기공급 없이 열제거 · 냉각재와 핵연료 사이의 직접 접촉 없음	· 자연 냉각 · 원격 및 자율운전	· 열저장조 활용으로 자유로운 출력조절 가능 · 자연 냉각 · 대기압 운전	· 염회로를 통한 열전달 효율 증대 · 증기 회로와 방사성 물질 사이의 여러 방벽 존재
추진 단계 (목표 일정 포함)	개발 단계	· ‘21~‘23 기본설계 · ‘24~‘25 표준설계	개념설계	개념설계	개념설계 및 기본설계	개념설계	개념설계	상세설계	기본설계
	사전 검토	‘22.9~	‘28년	‘28년	‘28년	‘31~‘32년	‘26년	제도마련즉시	제도마련즉시
	인· 허가	표준(‘26년)	표준(미신청) 건설(‘36년)	표준·건설 (미정)	표준·건설 (미정)	표준(미신청) 건설(미정)	표준(‘28년) 건설(‘30년)	건설(‘28년)	표준(‘28년) 건설(‘29년)
	건설	‘35~‘36 상용화 추진 (11차 전기분)	미정	미정	미정	미정	‘32년	‘31년	‘31년
원자로 개념도									

※ 개발자의 도전적인 목표 일정으로, 변경 가능 (출처 : 개발자 발표자료)

2. 그간의 추진 경과

- SMR 안전규제의 원칙·방향을 선제적으로 제시(「SMR 안전규제 방향」, '23.4)
 - 최상의 안전성 확보를 위한 ²대 일반원칙, ⁴대 기본방향, 설계가이드라인 발표
- 설계 완료 후 심사방식에서 '규제-설계 병행 개발' 패러다임으로 전환
 - i-SMR 개발자와의 사전설계검토 협의체를 통해 설계개념 및 규제현안 등에 대한 상호 이해 확대, 효과적 규제 준비 도모('22.9~)
 - 개발자 라운드테이블*, 정례 워킹그룹** 등 현장 의견수렴 채널 마련
 - * 위원장 주재, 3회 개최('24.10, '25.2, '25.6) ** 비경수로 개발자 대상, 분기별 운영('25.6, '25.9)
- 혁신적 설계의 안전성 확인을 위한 규제 프레임 개선 착수
 - 인허가 기준 중 일부 기술기준*의 적용이 불필요·불가능한 경우, 그 안전성을 검증하기 위한 구체적 절차·요건에 관한 훈령** 제정('25.10)
 - * 「원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙」에 따른 위치·구조·설비·성능 기준 등
 - ** 「원자로시설 기술기준등의 대체적용등 인정에 관한 규정」
 - 최신 과학기술, 해외기준 변경 등을 반영하여 고시* 등 개정('26.1)
 - * 「원자로시설 부지의 위치제한에 관한 기준」
- 새로운 SMR 규제 수요에 대응할 수 있도록 인프라 구축 및 강화
 - 산·학·연, 전문기관이 참여하고 개발자와 소통 연계하는 「예상 안전현안 발굴 ▶ R&D* 기획 ▶ 공동 검토·조정 ▶ 안전기준, 심사지침화」 플랫폼 구축 (SMR 규제연구 추진단, '24.3~)
 - * 중소형원자로 안전규제 기반기술 개발사업('22~'28, 총 484억원),
소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증기술 개발사업('25~'32, 총 498억원),
원자력 안전규제 기초·기반기술 개발사업 內 비경수형 SMR 관련('25~'29, 총 115.5억원)
 - SMR 안전규제 전담 부서*와 규제전문기관의 전담 조직** 신설
 - * 원안위 선진원자로안전과('23.7~)
 - ** KINS 선진원자로평가단('25.3 실 → '25.9 단, 조직 확대), KINAC 혁신규제실('25.1~)

3. SMR 규제체계 구축 목표와 전략

추진 목표

2030년까지,

- ◇ 다양한 목적·설계를 포괄하는 인허가 체계 구축
- ◇ 원자로 고유 설계특성에 따른 안전성능 요건 적용과 입증 여부를 검증하는 안전성 확인 방식 마련

기본 전략

- ▶ i-SMR 사전설계검토 과정에서 획득한 경험과 교훈을 적용
- ▶ 국제적 기준과 규제 수준에 부합하여 신뢰성 확보
- ▶ 소통과 협업을 통해 혁신기술에 대응한 규제-설계 병행 개발

추진 과제

	기존	개선안
인허가 대상	발전용, 연구·교육용 경(중)수형 원자로	선박용, 열공급용, 수소생산용 등 목적과 경수형 외 노형 포괄
규제 (기술)기준	(단일) 대형 경수로 기반 기술기준 규칙	(추가) SMR 기술기준 규칙 제정 (고유 설계특성에 따른 별도 기술기준 제시 허용)
안전성 입증방식	(단일) 제시된 기준 부합 여부 입증	(추가) 고유 기술기준 적합성 입증 (위험도 정보활용 성과기반)

[과제1] SMR 규제체계의 단계적 구축 ▶ 다양한 목적·설계를 포괄하는 인허가 체계 구축 ▶ 혁신적 설계에 대한 효과적 평가체계로 전환 ▶ 안전·안보·안전조치 통합 안전성 확인	[과제2] SMR의 효과적·효율적 안전성 평가체계 구축 ▶ 사전검토 제도 도입 ▶ 특정기술주제보고서 승인 제도 정비 ▶ 규제-설계 병행 개발	[과제3] 신뢰받는 규제 이행을 위한 인프라 구축 ▶ SMR 규제연구 지속 ▶ 조직·인력 확충 ▶ 규제역량 강화 ▶ 국제협력 ▶ 이해관계자 소통
--	---	---

[계속과제] i-SMR 설계특성을 반영한 안전성 심사

4. SMR 규제체계 구축 추진과제

과제 1

SMR 규제체계의 단계적 구축

1. 다양한 목적·설계를 포괄하는 인허가 체계 구축

□ 개요

- 다양한 목적*과 설계(노형)의 원자로에 대한 인허가 및 안전성 심사가 가능하도록 원자력안전법령 상 규제체계 개선

* 선박용, 수소 생산용, 열 공급용 등

□ 추진 내용 및 계획

- ① 법령상 의무와 기준을 원자로 설계·운영 특성에 따라 다른 방식으로 해소할 수 있는 규제체제로 개편(「원자력안전법」 개정 추진, '28)

- 원자로 특성에 따라 적용 기술기준(규칙)*을 선택할 수 있도록 하고, 제시된 기준 중 일부는 고유 설계를 반영한 대안 제시 허용

* 현 대형원전 중심 기술기준 규칙 외에 **SMR 기술기준 규칙** 제정 [과제 2-2]

- 원자력안전법령 체계상 사업자에 부과된 의무 또는 기술기준 적용이 어려운 경우의 대체적용(면제 또는 대안 적용) 근거*와 요건 등 명확화

* 현 원안위 규칙의 일부 조항에 근거가 제시되어, 법체계의 정합성 및 안정성, 대안 적용의 신뢰성 확보를 위해 법령 개선

- ② 원자로 활용 범주를 개편하여 다양한 목적의 원자로에 대한 규제 틀 마련(관련 상호 법령* 순차적 개정 추진, '28)

* 원자력안전법 뿐만 아니라 선박 안전 규정(해수부), 수소 안전 규정(기후부) 등 관계부처와 협의하여 검토 추진

- 원자로 활용이 예상되는 타 산업 분야의 규제 시스템과 연계하여 원자로 범주 및 규제범위*·절차 등 안 마련(~'27)

* 예시(원자력선박) : 원자력(원자로, 방사선관리구역 등), 비원자력(선체, 기관 등)

- 원자로의 목적별 상세 인허가 절차 및 법령 간 상호 의무사항과 다양화에 따른 각종 정의와 개념 등 관련 세부 법령·기준 개정('28~)

< 다목적 원자로 규제체계 구축 예시 >

규제대상	규제범위	관련 법령	이해관계자 소통체계	순차적 상호 법령 개정
원자력선박	원자로 및 관계시설 등	원자력안전법, 방사능방재법 등	원안위, KINS, KINAC 등	
	선박 및 선박시설 등	선박안전법 등	사업자 해수부, 한국선급 등	
고온수전해 시설	원자로 및 관계시설 등	원자력안전법, 방사능방재법 등	원안위, KINS, KINAC 등	
	고온수전해 시스템 등	수소법 등	사업자 기후부, 한국가스안전공사 등	

2. 혁신적 설계를 효과적으로 평가하는 규제체제로 전환

□ 개요

- 우리 규제문화와 역량을 고려하여 구조화된 기술기준 제시 체계는 유지하되 다양한 설계를 포괄하고 고유 특성에 따른 안전기준 적용이 가능하도록 기준과 적용방식 마련

□ 추진 내용 및 계획

- ① SMR* 특성에 부합하는 원자로에 적용할 수 있는 「(가칭) 소형모듈원자로 기술기준에 관한 규칙」 제정(제정 추진, '28)

* 비경수로 등과 같이 핵연료, 냉각방식 등이 대형 경수로와 현저히 달라 이를 기반으로 개발된 「원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙」 적용이 어려운 설계

- 예상 수요 노형을 포괄할 수 있도록 설계기준 대신 가급적 성과 중심*으로 서술하고, 대체적용 허용을 내재화**

* (예시: 원자로격납건물) (현 설계기준) ... 누설밀봉 방호벽기능을 갖추도록 설치해야 ...
→ (성과 중심) ... 누설밀봉을 위한 기능적 장벽 ...

** (적용 예시) '신청자는 제시된 방식과 다른 대안을 제시할 수 있으며 그 대안이 제시된 방식과 동등하거나 그 이상 수준 안전성을 확보함을 입증하여야 한다.'

- 일부 분야*는 **확률론적 방법**으로 도출한 위험도 정보를 바탕으로 **고유 기준을 제시·입증할 수 있도록 허용**

* 국내 규제수요 개발자 준비현황, 해외사례 및 적용례 등 검토를 통해 발굴

※ (미NRC 사례) **안전등급 및 설계기준사고**를 리스크정보활용 성과기반 방식으로 개별 원자로의 구조물·계통·기기 특성에 따라 분류 가능

< 「(가칭) SMR 기술기준에 관한 규칙」 제정방향(안) >

- SMR도 원자력 안전규제의 기본원칙 및 목표를 준수
- 다양한 노형·설계에 적용 가능하도록 **핵심기능·요건 중심의 기술기준**을 마련하고 사업자가 **구체적 성과기준(예: 고유 방법론 설정 등)**을 제시할 수 있는 **유연성** 부여
- 일부 기술기준 항목 중에서, 규범적 기준보다는 **위험도 정보활용 성과기반 평가***가 효과적인 항목을 발굴하여 **평가방법론 체계화**

* 사업자가 개별 원자로의 고유 위험도 정보를 바탕으로 성과기준을 제시하고 이를 입증하는 방식

② 위험도 정보활용 성과기반 규제(Risk-Informed Performance-Based Regulation, RIPBR) 방식 적용을 위한 **기반 확충 추진**(’26~)

- RIPBR 적용 방법론과 심사에 필요한 검증기술 및 지침을 개발하고 위험도 정보 및 성과기준에 대한 정보·품질관리체계 구축 착수(’26~)
- 규제기관 내의 위험도 정보활용 통합 의사결정 체계 구축 및 관련 문화 확산방안 등 마련(’27~)

※ (미 NRC) 신형원자로 설계검토에서 제기된 리스크정보활용 의사결정 관련 조직 내 문화적·구조적 어려움 해결을 위한 ‘Be riskSMART 이니셔티브’ 추진(’19.11), 지침 개발(’21.3)

- 미국 10CFR53* **법제화**(’27~) 적용 상황 모니터링 및 사례 분석을 통해 비규범적(non-prescriptive) 규제체계의 국내 적용성 검토

* 특정 노형 및 설계에 관계없이 적용 가능한 기술포용적·위험도정보활용·성과기반의 **별도 인허가 체계**(TI-RIPBR) 도입 추진 중

- ③ 대형 경수로를 상정한 단일 정량적 기준은 기준 세분화 또는 성과 기반 기준으로 개선('25~, 항목별)
- 해외 사례조사, 이해관계자 의견수렴 등을 거쳐 기준 개정을 추진하고 실질적 규제 이행을 위한 평가방법론 개발

3. 안전 · 안보 · 안전조치 간 통합된 방식의 안전성 확인체계 구축

□ 개요

- 설계 단계부터 3S* 간 통합된 방식의 안전성 확인체계 구축을 통해 안전성 뿐만 아니라 핵안보 및 핵확산 저항성 확보

* IAEA SSR(특정안전요건)-2/1(설계) : 안전·안보·안전조치 연계를 통해 통합된 방식으로 설계

□ 추진 내용 및 계획

- ① 표준설계인가, 건설허가 등 인허가 신청 단계별로 핵안보 심사를 받도록 관련 법령* 개정 추진('25.8 입법 발의)

* 「원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법」 제9조 등에 따른 핵안보 심사 대상을 (기존) 건설·운영허가 등 받은 자 → (변경) 표준설계인가·건설허가 신청자 등 추가

- ② 사전검토 단계부터 설계정보에 대한 안전조치 적용방안 검토를 위한 IAEA-규제기관-사업자 간 협의체 운영 및 상호 검토 수행(계속)

※ 「한-IAEA 전면안전조치협정」에 따른 설계정보 조기제출 의무를 이행하기 위해 SMART100 안전조치 상호검토 완료('19.3~'25.10), i-SMR 상호검토 추진 중('25.9~)

- ③ 서로 다른 목적과 전문성을 가진 3S 간 연계(interface)가 효과적으로 이루어질 수 있도록 종합적 의사결정 · 관리 체계 구축 추진('27~)

[참고3] 대형 경수로 상정 단일 기준 예시

□ 방사선비상계획구역(EPZ, Emergency Planning Zone)

- (현행 기준) 발전용원자로 및 관계시설의 예방적보호조치구역은 반경 3~5km, 긴급보호조치계획구역은 20~30km로 규정
※ 「원자로시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법」 제20조의2제1항
- (i-SMR 목표) 사업자는 EPZ를 부지경계 내 설정하는 것을 목표로 개발 중
- (미국 사례) SMR 등은 고유 설계특성에 따라 성과기반 평가하여 EPZ를 설정할 수 있도록 규정('23.11, 10CFR50.160 개정)
- (뉴스케일) EPZ 설정방법론에 대한 특정기술주제보고서 승인('22.10)

□ 원자로 조종 면허자 수

- (현행 기준) 원자로마다 조종 면허자 2명(원자로조종감독자면허 1명, 원자로조종사면허 1명) 이상 늘 운전업무에 종사하도록 규정
※ 「원자력안전법」 제26조제3항
- (i-SMR 목표) 사업자는 1개 통합제어실에서 4개 원자로모듈 운전을 위한 조종 면허자 3명*이 상주하는 것을 목표로 개발 중
* 원자로조종감독자면허 1명 및 원자로조종사면허 2명
- (미국 사례) 운영 호기 및 제어실 수에 따라 면허자 수를 차등적으로 규정(10CFR50.54(m)(2)(i))하고, 면제도 허용(10CFR50.12)
- (뉴스케일) 1~12개 원자로모듈 6인 운전을 포함한 표준설계승인('20.9), 1~12개 원자로모듈 3인 운전에 대한 특정기술주제보고서 승인('21.6)

□ 사고 시 방사선원향

- (개정 이전) 방사선원향(10CFR100.11을 준용한 보수적 방사선원향)을 동일하게 일괄적 적용
- (개정 이후) 최신 과학기술에 근거한 방사선원향 산정방법을 도입하고 동등한 수준의 기술적 타당성을 입증하는 경우 다양한 산정방법 적용 가능
※ 「원자로시설 부지의 위치제한에 관한 기준」 제정('26.1)

1. 신규 노형의 사전검토 제도 도입

□ 개요

- 새로운 노형에 대한 규제기관의 이해 제고와 안전현안 조기발굴을 통한 규제 불확실성 해소, 규제 준비도 증진을 위해 정식 인허가 전 규제기관의 검토를 받을 수 있는 사전검토 제도 도입

□ 추진 내용 및 계획

- 사전검토 법적 근거 마련 (「원자력안전법」 개정) 및 운영에 관한 세부 기준과 절차* 개발(~'26)

* 사전검토 신청 시 사업자 제출서류(목차), 사전설계검토 대상 적합성 기준, 검토 과정 운영 및 협의 방식, 결과 활용(인허가 연계방안 등) 및 사업자 의무, 검토 비용 등

2. 특정기술주제보고서(TR) 제도의 실효성 제고

□ 개요

- 사전검토 제도와 연계하여 신규 설계의 안전현안 해소 방법론과 안전기준 부합 여부에 대해 규제기관의 승인을 획득하는 특정기술 주제보고서 제도 정비 필요

□ 추진 내용 및 계획

- 방법론 및 전산코드로 제한된 現 승인신청 가능 대상을 실효성 있게 확대*하되, 신청조건**과 인허가 연계성 명확화(~'27)

(「원자력안전법」 및 시행규칙 개정)

* 예시 : (기존) 방법론, 전산코드 → (추가) 기기설계, 해석모델, 성능시험 등 특정 안전 관련 주제

** 예시 : 특정 설계가 구체화된 완결성 있는 기술사항 등

3. 신규 설계 적기대응을 위한 규제-설계 병행 개발

□ 개요

- 다양한 신규 노형 개발(도입)에 대응하여 이해관계자 협업 플랫폼*을 통해 고유 설계별 필요한 안전성 검증기술과 규제기준 등 개발

* '안전현안 확인 → 현안 해소에 필요한 규제기술 개발(R&D) 연구·기획 → 이해관계자 협업·소통을 통한 연구내용 검토·조정 → 규제기준화' 기능을 지원하기 위한 **SMR 규제연구 추진단 출범**(‘24.3)

□ 추진 내용 및 계획

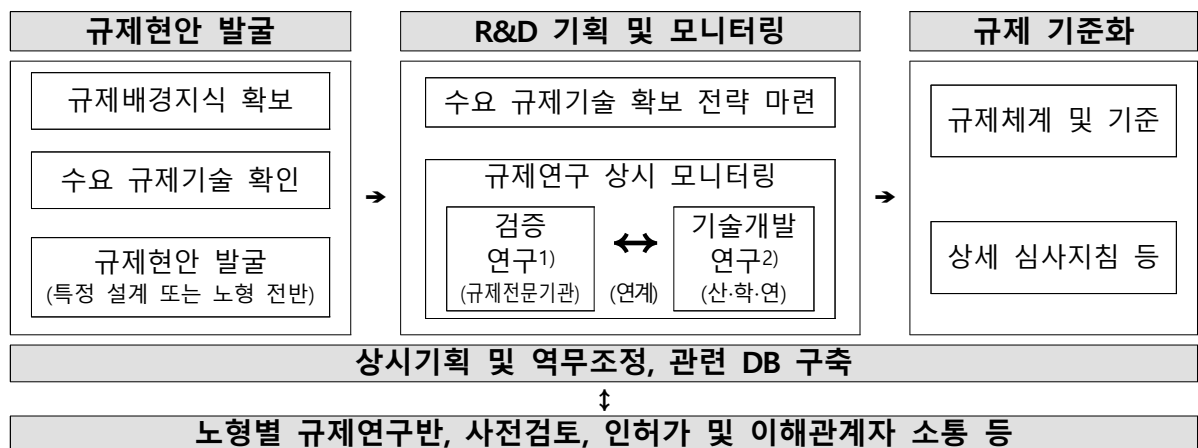
- 규제 수요가 예상되는 노형별*로 모든 이해관계자가 참여하는 규제 연구반 구성·운영(’26~)

* 소듐냉각고속로(SFR), 용융염원자로(MSR), 고온가스로(HTGR) 등 개발자 인허가 신청계획, 노형 설계 진행정도 등을 고려하여 구성

- 해당 노형의 일반적 기술특성 이해도 제고, 해외 개발노형 및 규제 사례 분석, 특정 설계 안전현안 검토 및 해소방안 논의 등

- 규제연구반, 사전검토 및 인허가 과정 등을 통해 발굴하는 안전규제 기술* 개발 수요에 대응한 규제-설계 병행 개발 체계 운영(계속)

* 안전규제에 필요한 검증·평가 기술, 방법론 및 기준 등



1) 검증연구: 규제체계(법령, 기술기준, 고시 등) 및 규제지침(심사지침 등) 개발을 목표로 규제전문기관(KINS, KINAC) 중심으로 추진

2) 기술개발연구: 규제지침 세부사항 및 예상규제현안 관련 과학기술적 근거자료(코드, 장비, 데이터베이스 및 방법론)를 확보하기 위해 연구 전문성을 보유한 산·학·연 기관 중심으로 추진(필요시 규제전문기관 수월)

1. SMR 규제연구 지속 추진

□ 개요

- 새로운 규제수요의 설계별 안전성 심사에 필요한 평가방법론, 검증 기술, 관련 DB 확보 등을 위한 수요 맞춤형 규제연구(R&D) 추진

※ '26~'30 중기사업계획 요구안('26.1.) 기준 : SMR 안전규제 연구 총 1,027억원

□ 추진 내용 및 계획

- ① i-SMR 중심으로 경수형 SMR의 설계부터 해체까지 전 단계 규제에 필요한 규제역량 확보 추진 ('22~'32, 총 982억원)

- 사전설계검토 과정에서 확인한 안전현안 등에 대응, 평가·검증 및 해석 방법개발, 규제기준 및 심사지침화 ('22~'28, 총 484억원)

※ 사업명 : 「중소형원자로 안전규제 기반기술 개발사업」

- 건설·운영·해체 및 방재·방호 등 전주기 안전규제에 필요한 심·검사 방법, 평가·검증 기술 등 확보 추진 ('25~'32, 총 498억원)

※ 사업명 : 「소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증 기술개발」

- ② 새롭게 구축하는 SMR 인허가 및 안전성 심사체계 구축에 필요한 법령체계 대안 도출 및 국내외 정보수집 추진 ('26~'27, 총 55.4억원)

※ 사업명 : 「차세대 비경수형 원자로 규제검증기술 개발」 (1단계)

- ③ 설계 및 개발 초기 단계의 다양한 비경수 SMR 안전성 심사에 필요한 규제역량 확보를 위한 상향식-하향식 규제연구 동시 추진

- 연구자 제안 방식으로, 비경수 노형에 대한 이해 확대 및 공통 예상 안전현안 대응에 필요한 평가·검증 방법론, 코드 개발 등 추진 ('25~'29, 총 115.5억원)

※ 사업명 : 「원자력 안전규제 기초·기반기술 개발」 內 비경수형 SMR 과제

- 특정 노형·설계의 규제수요 가시화, 확률론적 평가방법에 기반한 안전성 정보 활용 분야 확대 등에 대응한 수요기술 확보 추진('28~계속)

※ 사업명 : 「차세대 비경수형 원자로 규제검증기술 개발」 (2·3단계, '28~'32, 439.6억원)

2. SMR 규제정책 수립 및 이행을 위한 전담조직 강화

□ 개요

- 원자로 인허가 체계의 재설계, 신규 안전기준 수립과 안전성 평가 방식 도입 등 SMR 관련 장기과제의 안정적 추진을 위해서는 예상 규제수요에 선제 대응할 관련 조직의 지속적 확대 필요

□ 추진 내용 및 계획

- (원자력안전위원회) SMR 규제정책·제도 수립, 규제체계(법령·기준) 구축, (사전)인허가 주관, 소요 예산 및 인력 확보, 국제협력, 소통 및 정보공개, 이해관계자 협력·참여 협의 등

※ SMR 개발 수요 증가에 따른 신속한 규제체계 구축 및 인허가 처리 등을 위해 기존 대형원전 규제 조직(국) 규모를 고려하여 전담부서의 확충 및 정규조직화('26-)

- (KINS·KINAC) 안전 및 안보·안전조치 분야별 안전성 심사, (사전) 인허가의 기술적 검토·평가, 관련 기술이해도 확보 및 규제검증 기술 개발 등

※ (KINS) '25.3, 전담 실(9명) 신설 → '25.9 전담 단(20명) 신설 → 추가 30명(노형별 10명) 필요
(KINAC) '25.1, 전담 실(6명) 신설 → 추가 9명(노형별 3명) 필요

- (SMR 규제연구 추진단) 규제-설계 병행 개발을 위한 이해관계자 협업플랫폼 운영, 관련 정보 종합 DB화, SMR 전담 규제연구 기획, 연구과제 간 연계·조율 및 평가 등

※ (SMR 규제연구 추진단) '24.3 설립, 7명 → '25, 10명 → 지속 확대

3. 미래 SMR 인허가 수요 대응을 위한 규제역량 강화

□ 개요

- 다양한 목적·설계의 SMR에 대해 적기에 철저히 안전성을 확인하기 위해 필요한 규제역량을 선제적으로 확보할 필요

□ 추진 내용 및 계획

- 안전성 심·검사인력의 SMR 안전규제 전문성 강화를 위한 「SMR 규제 안심* 프로그램」 지속 확대('25~)

* 안전·심사 역량 강화

- 국내·외 전문가 세미나, 국제 표준화 활동 및 관련 학회 참여 등을 지원하고, 전문분야별 교육·훈련 프로그램 개발·운영

《 교육·훈련 프로그램(안) 》

- ▶ SMR 규제정책 및 규제철학, 규제체계 구축 방향의 이해
- ▶ 노형별 기술특성 및 해외 개발·규제 동향 파악
- ▶ SMR 국제안전기준 및 국내 기준·지침·표준 등 교육
- ▶ 규제연구, 사전검토, 인허가 결과 공유 및 규제사례 분석

※ 사업명 : 「차세대원자로 심·검사체계 구축 사업」('26년 11억원 → '27년 20억원으로 확대 추진)

- 해외 선도국(미국, 캐나다 등) 및 국제기구 파견·교류 추진 검토
- DB 기반 규제지식 플랫폼 연계(전문기관 간) 및 활성화 방안 마련
- 산·학·연이 수행한 규제연구 성과물과 규제전문인력의 규제경험 등을 DB로 축적하여 신규 인력의 전문성 조기 확보 및 업무 효율 증진
- * (예시) KINS의 지식관리시스템(AI-Solomon, '25년~)에 산·학·연(추진단)의 규제연구 성과물 공유, 규제지식 다수 작성자에게 인센티브 부여 등

4. 국제적으로 신뢰받는 규제체계 구축

□ 개요

- SMR 안전기준 관련 국제적 논의·협업에 적극 참여하고, 규제 경험과 역량을 공유함으로써 우리 규제체계의 국제적 정합성과 신뢰도 제고

< SMR 안전기준에 관한 국제적 논의·협력 현황 >

1. Nuclear Harmonization and Standardization Initiative (IAEA, '22~)
: SMR 개발과 규제의 국가 간 조화와 협력을 통해 효율성을 높이고 안전·안보를 강화하는 것을 목표로 시작
2. SMR Regulators' Forum (IAEA, '15~)
: SMR 인허가와 규제 현안 등을 함께 식별하고 해결방안 등을 논의하기 위해 관심있는 국가의 원자력규제자 대표들로 구성
3. OECD/NEA Working Group on New Technology ('23~)
: 원자력 혁신기술 관련 정보 공유, 현안 논의 등 업무 수행을 지원·자문하기 위해 설립된 전문가 회의 그룹으로 SMR 관련 사항 논의

□ 추진 내용 및 계획

- IAEA 주도로 추진되는 국제적으로 표준화된 SMR 규제체계 구축 활동*에 적극 참여하고 국제 동향 지속 모니터링

* Global Framework for Advance Reactor Reviews(GFARR, 글로벌 선진원자로 심사체계 구축)

- 우리나라 규제방향 및 개발노형 특성이 국제기준 마련 시 반영될 수 있도록 관련 논의 참여 및 의견 개진
- 다른 국가의 개발·규제 동향 파악, 규제 방법론 등에 대한 정보 공유 및 검토 활동 등에 참여

* 예시 : 다국가 사전인허가 검토 활동(NHSI), SMR 규제자 포럼

- 해양에서의 원자력기술 적용에 관한 규제체계 논의를 위해 정식 출범 준비 중인 IAEA 신규 프로젝트* 추진방식 등에 대한 적극적인 의견 개진 및 추후 정식 참여 ('26~)

* Atomic Technologies Licensed for Applications at Sea

- 미국, 캐나다 등 SMR 규제 적용을 선도하는 국가들과 규제지식 확보와 경험 공유를 위한 협력 확대 추진 ('26~)

5. 규제 명확성 제고를 위한 소통 및 정보 공개 강화

□ 개요

- 미래 규제 수요에 대한 선제적 대응과 투명하고 신뢰받는 SMR 규제 구축·운영을 위해 이해관계자와 소통 및 정보공유

□ 추진 내용 및 계획

- 워킹그룹 또는 라운드테이블 등 유사 분야 이해관계자들과의 소통과 협업을 위한 플랫폼을 구축하고 운영 (계속)
 - SMR 개발 또는 사업화 동향 파악, 잠재적 미래 규제수요 발굴 및 규제정책 관련 현장 의견 청취 등
 - * (예시) 비경수형 SMR 개발자 워킹그룹 운영(25.6월~), SMR 개발 참여사 대상 라운드테이블
- SMR과 관련한 다양한 규제기관 활동을 적극적으로 공개 ('27~)
 - 「^(가칭) SMR 안전정보 라운지」를 신설*, 수립 중인 SMR 안전규제 정책 및 신규 제도, 사전검토 등 규제준비 활동 내용 등 공개
 - * 現 원자력안전정보공개센터(<https://nsic.nssc.go.kr>) 내 구축 검토
 - SMR과 안전규제에 대한 대국민 이해도 제고를 위해 관련 기술과 안전성 측면의 정보 등도 체계적으로 정리하여 함께 공개

□ 추진 경과

- 정부 주도로 개발 중인 i-SMR 설계에 대한 이해를 증진하고, 기술기준 적용성 및 안전현안 해결방안 등 검토를 위한 사전설계검토 추진('22.9~)
- 규제전문기관(KINS, KINAC) 내 i-SMR 전담 심사조직과 인력을 확보하고, i-SMR 표준설계인가('26년 신청 예상) 대비 안전성 심사체계* 구축

* 규칙·고시 등의 기술기준, 평가·검증 방법론, 검증 코드 등

□ i-SMR 안전성 심사 기본체계

① i-SMR 규제 원칙

- 가압경수로의 핵연료 및 냉각방식 등 기본적 특성으로, 기존 대형원전을 상정한 규칙·고시, 심사지침 등 규범적 기준은 대부분 적용 가능
- i-SMR에 적용된 혁신적 설계로 인해 일부 법령상 기술기준은 면제 하거나 다른 방식으로 입증(대체 적용)하는 것을 허용
- 안전, 안보 및 안전조치(3S)간 통합적 접근이 설계에 반영되었는지 검토하고 핵안보, 핵확산저항성 확보 여부 확인

② i-SMR 안전성 심사 기본방향

- 가압경수로에 적용되는 주요 설계 안전기준은 그대로 유지

- i) 핵연료: 과도상태에서 핵연료의 건전성을 확보
- ii) 노심설계: 정상운전·예상운전과도시 연료허용 손상한계를 초과하지 않도록 여유도 확보
- iii) 원자로용기: 설계수명동안 건전성이 확보되도록 가압열충격, 최대흡수에너지 등 고려
- iv) 원자로냉각재압력경계: 원자로냉각재계통 구조적 건전성 유지
- v) 비상노심냉각장치: 설계기준사고시 안전유지에 필요한 노심 열제거능력을 갖도록 설계
- vi) 원자로격납용기: 방사성물질 누출 최소화를 위해 누설률을 제한

- 대체적용 사항에 대한 개발자의 안전성 입증은 결정론적 평가방법을 기본으로 하되, 확률론적 평가방법의 보완적 활용 인정
- 현 기준 적용이 어려운 일부 사항(격차)을 유형화하여 사업자에게 격차 해소방식을 사전 제시함으로써 규제 불확실성 해소

[격차 유형별 해소방식]

연번	격차 유형	격차 해소방식 (규제자 확인사항)
1	(설비 대체형) 규제요건이 요구하는 기능을 다른 기술적 수단이나 설계 방식으로 구현하는 경우 * 설비 : 원자로시설의 구조물·계통·기기	- 대체수단이 규제요건이 요구하는 기능을 동등 이상으로 충족하는지 확인
2	(설비·기능 불필요형) 규제요건이 요구하는 기능이 이미 설계에 반영되어 있어 별도 설비가 불필요한 경우	- 해당 기능이 어떤 구조물·계통·기기로 구현되었는지 확인 - 별도 설비가 없어도 규제요건이 요구하는 기능을 동등 이상으로 충족하는지 확인
3	(시험·검증방식 변경형) 새로운 설계 특성에 적합한 다른 시험 또는 검증 방식을 적용하는 경우	- 대체시험이 기존 시험과 검증범위 및 신뢰도 측면에서 동등한지 평가
4	(기술기준 보완 필요형) 기술기준이 없거나 개정되어야 할 경우	- 대형원전 뿐만 아니라 SMR 설계특성을 포용할 수 있는 기술기준 개발

□ 효과적이고 투명한 심사 운영

① i-SMR 표준설계인가 심사 적기 이행 추진('26~)

- 사전설계검토 종료 이후에도 사업자의 설계가 진전되는 과정에서 안전성 입증방안의 적절성에 대한 단계적 규제입장 지속 제시

* 개발자에게 기술보고서(21건)에 대한 검토보고서 제공 완료(~'25.12), 종합보고서는 '26년 제공 예정

- SMR 규제경험(SMART100 등), 규제연구 및 사전설계검토 내용을 활용하여 i-SMR 설계특성을 반영한 안전심사지침 개발 완료('25.12)

※ i-SMR 설계 확정 및 본심사 과정을 통해 심사지침 지속 보완, 완성도 제고

② 효과적·효율적 방식의 심사 운영('26~)

- 규제전문기관(KINS, KINAC) 내 i-SMR 심사 전담조직과 인력을 확보하여 안전현안에 대한 집중 대응 및 신속한 규제 의사결정
- 사업자 요청이 있는 경우, 원안위에 상정하여 심사현안 등에 대한 규제입장을 사전에 승인받는 방안 검토
- 심사 현안이 장기화되는 경우, 사업자와의 현안조정회의, 외부 전문가 활용 등을 통해 진행상황을 효과적으로 관리

③ i-SMR 워킹그룹*을 통해 심사 및 건설 추진현황 공유

* i-SMR 표준설계인가 신청 시 사전설계검토 협의체는 종료하고, 원안위 원자력 규제현안점검단 內 i-SMR 인허가 WG로 전환

- 사업자 및 소관부처(과기부·기후부)와 인허가 현안 공유 및 해결방안을 모색하고, 심사 진행현황 점검('26~, 반기별)
- 추가적인 설계 진행 상황 및 국내 건설·운영 계획 등에 대해서도 긴밀하게 소통

□ i-SMR 사전설계검토 개요

- (목적) 설계단계부터 규제자-개발자간 소통을 통해 現 규제기준 적용 여부 및 안전성 입증방안 등을 검토하여 시행착오 최소화
- (현황) '23.10월 업무협약 체결(원안위·과기부·산업부) 및 협의체*를 구성하고 안전현안에 대한 기술검토 및 규제연구(R&D)** 수행

* 총괄반(관계부처 포함), 기술검토반(규제전문기관-개발자), 연구협력반(추진단-산학연-개발자)

** 「중소형원자로 안전규제 기반기술 개발사업('22~'28, 총 484억원)」, 「소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증기술 개발사업('25~'32, 총 498억원)」

□ i-SMR 사전설계검토 성과

- ① (상호이해 증진) 개발자는 규제기준의 적용가능성을 미리 파악하여 설계에 반영, 규제자는 설계 이해도를 높여 규제개선 필요사항 도출
 - 개발자가 제출한 안전현안(기술보고서 21건)을 검토하여 설계 수준에 따른 단계적인 규제입장 제시 **표1**
 - 규제 개선을 위해 산학연은 규제기반기술(DB, 코드, 평가방법론 등) 개발, 규제전문기관은 기반기술을 토대로 안전성 심사체계 구축 **표2**
- ② (규제불확실 해소) 현 기준 적용이 어려운 일부 사항(격차)를 유형화*하여 규제자 확인사항 및 해소방식을 마련

* ① 설비대체형 ② 설비기능 불필요형 ③ 시험·검증방식 변경형 ④ 기술기준 보완 필요형

- 안전성 평가방법론 및 규제기준 적용가능성을 명확히 하는 과정을 통해 격차 개수 점진적 축소

※ 개발자가 제시한 격차: (최초) 규칙 25개, 고시 9개 ⇒ (현재) 규칙 8개, 고시 4개

③ (신규노형 대응 규제기반 마련 착수) i-SMR을 시작으로 다양한 신규 노형의 안전성심사를 위한 규제기준 정비 및 규제체계 구축 추진

- 기존 기술기준을 그대로 적용하기 어려울 경우, 대체적용을 인정하기 위한 구체적인 절차·요건 명확화

※ 「원자로시설 기술기준등의 대체적용등 인정에 관한 규정」 제정 (‘25.10.30)

- 사고 발생시 피폭선량평가 관련, 단일 선원항만 사용가능한 기존 기준을 개선하여 원자로의 설계특성에 맞는 선원항 사용 허용

※ 「원자로시설 부지의 위치제한에 관한 기준」 제정 (‘26.1.20)

- 기존 지침으로 심사가 어려운 일부 설계에 대해 i-SMR 심사지침* 개발, 이를 계기로 향후 신규노형별 고유 심사지침 기반 마련

* KINS 「i-SMR 안전심사지침」 제정 (‘25.12.9)

□ i-SMR 사전설계검토 운영의 시사점

- 검토대상의 설계 완성도를 제한하지 않고* 검토방식 및 결과 활용에 대하여 다양한 가능성을 열어둠으로써 일부 효율성 저하 수반

* i-SMR의 경우 국책사업 추진 일정 등을 고려하여 초기설계자료 검토 허용

- 개발자가 불확실성 해소를 위해 특정 부문에 대한 평가방법론 사전승인 요청 시, 현 제도상* 이를 반영하기에 한계 존재

※ 미국 NuScale의 경우, 인허가와 별도로 EPZ 설정방법론에 대해 NRC가 승인

* 특정기술주제보고서 신청대상을 '기술적 사항에 대한 방법론과 관련 전산코드'로 제한하고 있어 개발자의 신청 수요와 상이함

- 규범적 기준 준수를 중시하는 현 문화에서는 대체적용이 제도상 가능해도 개발자·규제자 모두 실제 적용에 신중한 태도 유지

[표1] i-SMR 사전설계검토 기술보고서 현황

i-SMR 기술보고서		검토신청	검토보고서
		개발자→원안위	원안위→개발자
1	전력등급 분류	'23.10.27 (개정본) '25.7.2	'24.8.19 '25.12.30
2	사고시 방사선원항 평가방법론 및 적용성 평가	'23.10.27 (개정본) '25.7.2	'24.9.12 '25.12.30
3	LOCA 해석 방법론	'23.11.15	'24.12.11
4	Non-LOCA 해석 방법론	'23.11.15	'24.12.11
5	핵설계 코드 및 방법론	'23.12.29	'24.11.14
6	HMIS 안전등급 보호계통 플랫폼 설계	'23.12.29	'24.11.14
7	주제어실 운전조 구성에 대한 인간공학 적합성 평가	'23.12.29	'24.12.18
8	방사선비상계획구역(EPZ) 평가방법론	'24.12.9	'25.12.18
9	다수모듈 및 공유설계 방안	'24.12.9	'25.11.6
10	제2반응도제어계통	'25.1.3	'25.11.17
11	가연성기체 제어	'25.1.3	'25.12.30
12	피동안전계통	'25.1.3	'25.11.6
13	다중고장사고 안전해석 방법론	'25.1.3	'25.11.6
14	감시시편 설계방안	'25.3.26	'25.10.15
15	혁신형 SMR 사고분류 및 설계기준사고 PIRT 보고서	'25.4.15	'25.12.30
16	SPACE코드적용성평가	'25.4.15	'25.12.30
17	혁신형 SMR 열수력 검증시험 계획	'25.4.15	'25.12.30
18	품질보증계획서	'25.6.27	'25.12.30
19	원자로냉각재압력경계누설	'25.6.30	'25.12.30
20	철제격납용기	'25.6.30	'25.12.30
21	계측제어설계	'25.8.29	'25.11.6

[표2] i-SMR 안전현안 대응 규제기술개발(R&D) 연구성과

기술 보고서명	i-SMR 설계내용	기술격차 현황	규제기술개발 (R&D)	성과 활용 계획
1.전력등급 분류	• 안전등급 구조물· 계통·기기(SSC)에 대해 비안전등급 전력을 사용하고자 함	• 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제24조(전력공급설비) - 안전에 중요한 구조물· 계통 및 기기의 기능 수행에 필요한 발전소 내·외 전력계통의 독립성, 다중성, 시험성 등을 요구	경수형 SMR 구조물·계통·기기의 안전등급 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 중앙대학교)	• 전력계통 등급분류 안전성 평가검토 방법론과 원자로규칙 제24조 세부항목별 대체적용 평가방법론을 개발하여 i-SMR 비안전전력등급의 안전성 확인에 활용할 계획임
2.사고시 방사선원향 평가방법론 및 적용성 평가	• 사고시 기존 대형원전과 다른 방사선원향을 사용하고자 함	-	경수형 SMR 사고시 방사선원향평가 규제검증 기반기술 개발 (‘25~’26, 전북대학교)	• 대체방사선원향(NUREG- 1465) 또는 기계론적 방법론 및 하이브리드 방법론을 활용한 검증방법론 개발을 통해 i-SMR 사고시 선원향의 적합성을 확인할 계획임
3.LOCA 해석방법론	• i-SMR에서 대형 냉각재상실사고를 배제하고 소형냉각재 상실사고를 SPACE 코드로 평가	-	경수형 SMR 사고해석 및 노심핵설계 규제검증 기반기술 개발 (‘24~’26, 인천대학교)	• i-SMR 설계에 적용되는 SPACE 코드를 이용한 평가 결과 검증을 위한 규제검증 코드(MARS-KS 등) 개선 및 독립평가 수행을 통해 안전성을 확인할 계획임
4.Non-LOCA 해석 방법론	• i-SMR에서 비냉각재 상 실 사 고 를 SPACE 코드로 평가	-	경수형 SMR 사고해석 및 노심핵설계 규제검증 기반기술 개발 (‘24~’26, 인천대학교)	• i-SMR Non-LOCA 해석에 적용되는 SPACE 코드 변경 사항(격납건물 내부 응축 열전달 모델(Tagami/Uchida)) 등에 대한 검증방법론 개발 및 독립검증계산을 수행할 계획
5.핵설계 코드 및 방법론	• 핵설계코드(KARMA /ASTRA)의 i-SMR 적용성 검증	-	경수형 SMR 사고해석 및 노심핵설계 규제검증 기반기술 개발 (‘24~’26, 인천대학교)	• i-SMR에 적용 예상되는 노심 핵설계 코드 및 방법론 검증을 위한 몬테칼로 코드 기반 검증모델 개발 및 검증코드 개발을 통해 규제 검증에 활용할 계획임
6.HMIS 안전등급 보호계통 플랫폼 설계	• 다양성 보호계통을 배제하고 안전등급 보호계통에 서로 다른 기종의 플랫폼을 설치하여 공통 <u>소프트</u> <u>웨어</u> 결함 발생 차단	• 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제27조(다양성 보호계통) - 원자로가 정지되어야 할 조건임에도 정지되지 아니할 경우에 대비하여 다양성 보호계통(원자로정지, 비상 보조급수 작동 및 터빈 정지 기능들을 구비한 별도의 보호계통)을 설치 하도록 규정	경수형 SMR 다양성보호계통 및 계측제어 분야 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 국립안동대학교)	• i-SMR에 적용 예정인 이기종 안전등급 보호계통 적용 관련 대체적용에 대한 검증 방법론 개발 및 규제요건 개선사항을 도출할 계획임

기술 보고서명	i-SMR 설계내용	기술격차 현황	규제기술개발 (R&D)	성과 활용 계획
7.주제어실 운전조 구성에 대한 인간공학 적합성평가	원자로모듈 4개를 3명의 운전원이 통합 제어실에서 운전	- 원자력안전법 제26조(운영에 관한 안전조치 등) 제3항 4개 원자로에 대하여 최소 8명의 운전원을 규정함	경수형 SMR 다수모듈 통합 운영 안전성 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 한국원자력연구원)	다수모듈을 운전하는 통합 제어실 운영을 위한 인간공학 규제검증기술 개발을 통해 i-SMR 심사에 직접 활용 및 지침서 개정(안)을 도출할 계획임
8.방사선비상 계획구역(EPZ) 평가방법론	EPZ를 부지 경계 이내로 최소화하는 것을 목표로 함	- 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 제20조의2 (방사선비상계획구역 설정 등) 제1항 - 발전용 원자로 시설의 방사선비상계획구역(EPZ)을 발전 용량에 무관하게 최대 반경 30km 이하로 설정하도록 요구	경수형 SMR 방사선비상계획 규제현안 해결방안 연구 (‘25~’27, 중앙대학교)	국내외 EPZ 규제방법론(ARA, 미국, 캐나다 등) 비교분석을 통해 국내 EPZ 개선(안) 개발을 통해 i-SMR EPZ 설정 근거의 적합성 확인에 활용할 계획임
9.다수모듈 및 공유설계 방안	다수 모듈 간 및 공유 설계가 안전성에 영향을 미치지 않도록 설계	-	경수형 SMR 리스크 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 경희대학교)	다수모듈에 대한 확률론적 안전성평가 검증 모델 개발을 통해 모듈간 사고영향 및 리스크 증가량 분석을 독립적으로 수행하여 i-SMR 다수모듈 및 공유설계방안의 적합성을 검증할 계획임
10.제2반응도 제어계통	무봉산 운전을 채택함에 따라 제2반응도 제어를 감속재온도계수(MTC) 귀환 효과를 활용한 설계	-	경수형 SMR 사고해석 및 노심핵설계 규제검증 기반기술 개발 (‘24~’26, 인천대학교)	감속재온도계수를 이용한 노심 잉여반응도 검증평가를 위한 검토방법론 및 독립평가를 통해 i-SMR 제2반응도 제어계통의 안전성을 확인할 계획임
11.가연성 기체 제어	가연성기체 제어 수단을 설치하지 않음	- 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제23조(원자로 격납건물 등) 제1항제2호 - 원자로격납건물 내에 가연성기체 제어수단 및 핵분열 생성물 농도 저감 수단을 구비할 것을 요구	경수형 SMR 계통 안전성 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 경희대학교)	가연성기체 제어 규제검증을 위한 전산코드(MELCOR 및 ABAQUS) 및 안전성 평가 방법론 개발을 통해 i-SMR의 가연성기체 제어 대체적용(격납용기 건전성 입증) 관련 규제입장 수립에 기여할 계획임
12.피동안전 계통	완전 피동 안전계통을 적용하며 전력이 없어도 작동하도록 설계	- 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제29조(잔열제거 설비) 제2항, 제30조(비상노심 냉각장치) 제2항, 제31조(최종 열제거설비) 제2항, 제44조(신뢰성) 제2호 - 안전기능을 수행하는 설비가 단일전력·단일고장 가정 하에서도 그 안전기능을 수행할 것을 요구	경수형 SMR 계통 안전성 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 경희대학교)	피동안전계통 장기냉각성능 평가를 위한 규제검증 코드 및 방법론 개발 등을 통해 i-SMR의 피동안전계통 관련 대체적용(단일고장 면제 등) 관련 규제입장 도출에 기여할 계획임

기술 보고서명	i-SMR 설계내용	기술격차 현황	규제기술개발 (R&D)	성과 활용 계획
13.다중고장 사고 안전해석 방법론	다중고장에 의한 필수 사고해석 및 확률론적안전성평가 결과를 이용한 추가 고려 사고 평가 예정	-	경수형 SMR 리스크 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 경희대학교)	- 경수형 SMR의 다수모듈 특성을 고려한 고유 확률론적 안전성평가 규제검증 평가 모델(MPAS) 및 전산코드 (Flownex 등) 개발을 통해 i-SMR의 확률론적안전성 평가 결과에 대한 검증에 활용할 계획임 - i-SMR의 다중고장에 의한 사고 평가 관련 필수 사고 및 추가적으로 고려하는 사고에 대한 안전해석 결과의 검증에 활용할 계획임
14.감시시편 설계방안	i-SMR은 설계목표에 따라 운전기한을 80년으로 고려	- 원자로압력용기 감시시험 기준(원안위 고시) - 원자로 압력용기의 감시 시험 횟수 및 시기가 운전 기한 40년, 60년에 대해서만 규정	경수형 SMR 운영 기간 및 특성 관련 규제현안 해결방안 연구 (‘25~’27, 비즈), 신규 압력용기 재료의 감시시험에 따른 건전성평가 방법론 분석 (‘25, KAERI)	국외 장기 가동원전 규제사례 등을 분석하여 60년 이상 운전기한에 대한 원자로용기 감시시험 횟수 및 시기 요건 개정(안)을 도출하여 고시 개정에 기여할 계획임
15.혁신형 SMR 사고분류 및 설계기준사고 PIRT 보고서	고유 설계특성을 고려하여 물리적 현상을 고려한 설계 기준사고를 새롭게 개발	-	경수형 SMR 사고해석 및 노심핵설계 규제검증 기반기술 개발 (‘24~’26, 인천대학교), 경수형 SMR 열수력 검증시험에 대한 규제검증 기반기술 개발 (‘25~’26, 티움솔루션즈)	i-SMR 사고분류 및 설계 기준사고 검증을 위한 검토 방법론 개발 및 대표사고 규제 검증 평가 (LOCA, Non-LOCA)를 수행할 계획임
16.SPACE 코드 적용성 평가	SPACE 코드로 사고 해석 수행	-	경수형 SMR 사고해석 및 노심핵설계 규제검증 기반기술 개발 (‘24~’26, 인천대학교)	- i-SMR에 적용된 SPACE를 검증하기 위한 규제검증 코드(MARS-KS) 개발을 통해 검증평가에 활용할 예정임 - 종합효과시험 결과 등을 독립검토하여 SPACE 코드의 안전성을 확인할 계획임
17.혁신형 SMR 열수력 검증시험 계획	주요 열수력 검증 시험 수행	-	경수형 SMR 열수력 검증시험에 대한 규제검증 기반기술 개발 (‘25~’26, 티움솔루션즈)	무봉산운전 핵연료집합체 임계열속시험 및 상관식 관련 규제검증 방법론 개발, 종합효과시험 성능평가 방법론 및 시험결과에 대한 검증평가를 수행할 계획임

기술 보고서명	i-SMR 설계내용	기술격차 현황	규제기술개발 (R&D)	성과 활용 계획
18.원자로 냉각재 압력경계 누설	• 압력경계 누설원의 위치를 정확하게 탐지하지 못함	-	경수형 SMR 계통 안전성 평가 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 경희대학교)	• i-SMR의 원자로냉각재 압력 경계 누설감지 관련 대체 적용과 관련한 누설검증 방법론 개발을 통해 규제 입장(안) 수립에 기여할 계획임
19.품질보증 계획서	• i-SMR은 다수 기관에서 개발/검증하고 있으며 이에 따른 품질보증 수행 필요	-	경수형 SMR 품질보증검사 규제현안 대응방안 연구 (‘26~’27, 미정)	• 모듈화 제작 방식과 혁신 제조기술 관련 품질보증 요건 및 검토방법론 개발을 통해 선제적으로 규제입장을 제시할 계획임 • 국내에 도입된 사례가 없는 리스크 기반 규제관리대상 비안전계통(RTNSS) 품목에 대한 공급자 검사 기준 및 방법론 개발을 통해 선제적 규제입장을 제시할 계획임
20.철제 격납용기	• 콘크리트 격납건물이 아닌 철제격납용기로 설계	• 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제23조(원자로 격납건물 등) 제1항제4호 - 격납용기 설계기준사고 시 예상되는 격납건물 최대 압력에서 원안위가 정하는 고시에 따라 시험을 수행할 것 • 원자로격납건물 기밀 시험에 관한 기준(원안위 고시) - 발전용원자로운영자는 최초 핵연료 장전 이전, 사용전, 3년 이내에 첫 가동중, 5년 이내의 주기로 종합누설률 시험을 실시할 것을 요구	경수형 SMR 철제 격납용기 건전성 평가 규제기반기술 개발 (‘25~’29, 스마텍이앤씨)	• i-SMR 철제격납용기의 지지대 건전성평가(정상운전, 내진) 관련 규제검증평가 방법론 분석을 수행할 계획임 • i-SMR 철제격납용기의 가동중 검사 및 시험 계획(검사대상·방법·시기 및 누설률 평가 등) 평가방법론 검토 및 분석을 수행할 계획임 • i-SMR 철제격납용기 관련 심사를 위한 기술배경서를 개발할 계획임
21.계측제어 설계	• 협소한 공간 등으로 기존과 다른 방식의 계측 도입	• 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제20조(계측 및 제어 장치) - 정상운전부터 사고 조건까지 노심의 중성자속 밀도 등 12개 항목에 해당하는 변수들을 감시할 수 있는 계측장치 설치를 요구	경수형 SMR 다양성보호계통 및 계측제어 분야 규제기반기술 개발 (‘24~’26, 국립안동대학교)	• i-SMR 고유설계특성(무봉산, 나선형 증기발생기, 일체형) 등을 고려한 대체 계측제어 계통의 안전성 검토 방법론 개발 및 규제입장(안)을 도출할 계획임

붙임1

과제별 일정(안)

		'26	'27	'28	'29	'30		
과제1. SMR 규제체계의 단계적 구축	1-1. 다양한 목적·설계를 포괄하는 인허가 체계 구축	기술기준(규칙) 선택 및 고유 기술기준 제시, 대체적용 근거(안) 마련		⇒	원안법 및 하위법령 개정			
				정의, 개념 등 정비				
		타분야 산업 연계 규제체계(안) 마련		⇒	원안법 및 관련법령 순차적 개정			
	1-2. 혁신적 설계를 효과적으로 평가하는 규제체계로 전환	조종 면허자 수 개정안 마련	⇒	원안법 개정				
		EPZ 개정안 마련	⇒	방재법 개정				
		(가칭) SMR 기술기준 규칙 제정안 마련	⇒	의견수렴	⇒	시범적용	⇒	본격적용
			성과기준 적용방안 관련 지침 개발	⇒	시범적용	⇒	고도화	
		위험도 정보활용 성과기반 인허가방식 적용 관련 규제연구						
		미국 10CFR53 적용 상황 모니터링 및 국내 적용성 검토						
	1-3. 안전·안보·안전조치 간 통합된 방식의 안전성 확인체계 구축	인허가 단계별 핵안보 심사를 위한 방재법 개정						
		안전조치 적용방안 검토를 위한 IAEA-규제기관-사업자 협의체 운영						
과제2. SMR의 효과적·효율적 안전성 평가 체계 구축	2-1. 신규 노형의 사전검토 제도 도입	법제화	⇒	사전검토 운영				
	2-2. 특정기술주제보고서 제도의 실효성 제고	TR 신청 범위 확대 등 원안법 시행규칙 개정						
	2-3. 신규 설계 적기 대응을 위한 규제·설계 병행 개발	노형별 규제연구반 출범	⇒	노형별 규제연구반 운영 (신규 개발 노형 참여에 따른 확대 운영 등)				

과제3. 신뢰받는 규제 이행을 위한 인프라 구축	3-1. SMR 규제연구 지속 추진	i-SMR(경수형SMR) 표준설계인가 규제연구('22~'28)
		i-SMR(경수형SMR) 전주기 규제연구('25~'32)
		비경수로 안전규제 기초·기반 연구('25~'29)
		비경수로 규제검증기술 규제연구('26.4~'32)
	3-2. SMR 규제정책 수립 및 이행을 위한 전담조직 강화	정식 부서 신설 협의 ⇒ 정식 부서 신설
		KINS(노형별 10명), KINAC(노형별 3명), 추진단(노형별 1명) 단계적 확충
	3-3. 미래 SMR 인허가 수요 대응을 위한 규제역량 강화	규제전문인력, 연구관리전문인력 전문역량 강화 프로그램 운영
		DB 기반 규제지식 플랫폼 연계(전문기관 간) 및 활성화
	3-4. 국제적으로 신뢰받는 규제체계 구축	IAEA SMR 규제자포럼('18~), NHSI('22~) 등 참여
		IAEA ATLAS('26 예상~) 참여
		미국('23~) 등 SMR 규제협력 확대
	3-5. 규제 명확성 제고를 위한 소통 및 정보 공개 강화	비경수 SMR 워킹그룹(분기별, '25~), 라운드테이블 등 운영
		원자력안전정보 공개센터 내 '(가칭) SMR 안전정보 라운지' 신설 ⇒ SMR 안전규제 정책·활동 정보 공개
계속과제. i-SMR 설계특성을 반영한 안전성 심사		i-SMR 표준설계인가 심사
		i-SMR 심사지침('25 제정) 보완
		i-SMR 인허가 워킹그룹 운영(사업자 인허가 일정에 맞춰 운영)

※ 일정(안)은 추후 변경될 수 있음

붙임2

SMR 안전규제 관련 예산(안)

(단위 : 억원)

구분	사업명		기간	주요 내용	'26	'27	'28	'29	'30
R&D	중소형원자로 안전규제 기반기술 개발 (‘22~’28, 총 484억)		‘22~’28	· i-SMR 표준설계인가 심사 적기 수행을 위한 규제체계 개선방안 등 연구	129.5	57	65	-	-
	소형모듈원자로 전주기 안전규제 검증기술 개발 (‘25~’32, 총 498억)		‘25~’32	· SMR 건설·운영허가 등 전주기 규제체계 구축을 위한 규제연구	72	71	72	76	76
	원자력안전규제 기초·기반기술 개발 內 비경수로 관련 (‘25~’29, 총 115.5억)		‘25~’29	· 미래 인허가 대비 기초역량 강화를 위한 기초·기반기술개발 연구	30	30	24	12	-
	차세대 비경수형 원자로 규제검증기술 개발 (‘26~’32, 총 495억)		‘26~’32	· 비경수형 원자로 규제체계 및 규제기술 개발을 위한 검증연구	(신규) 23.1	32.3	74.3	91.4	91.4
R&D 예산 소계					254.6	190.3	235.3	179.4	167.4
규제 등	차세대원자로 심·검사체계 구축		‘25~	· 차세대원자로 심사역량 강화를 위한 심사인력 교육 및 국제 표준화 활동 참여	11	21	21	21	21
	인 허 가	i-SMR 안전규제	‘26~	· i-SMR 인허가* 서류적합성 검토 및 심사 이행 * 표준설계인가, 건설허가 등	(신규) 25.2	30	30	30	30
		i-SMR 원자력통제 분야 규제 이행	‘26~	· i-SMR 통제 분야 적정성 심사 이행	(신규) 6	6	6	6	6
	사 전 검 토	원자로 등의 설계에 대한 사전검토	‘27~	· 신규 원자로 설계(안전)에 대한 사전검토 수행		(신규) 27	27	27	27
		비경수형 SMR 원자력 통제분야 규제이행	‘27~	· 신규 원자로 설계(핵안보, 핵비확산 등)에 대한 사전검토 수행		(신규) 6	6	6	6
규제 등 사업 예산 소계					42.2	90	96	96	96
총계					296.8	280.3	331.3	275.4	263.4

※ 2026~2030 중기사업계획 요구안(‘26.1) 기준(변경 가능)

〈 안전 담당자 〉

원자력안전위원회 선진원자로안전과	
장인숙 과 장	(02) 397 - 7323
조성은 서기관	(02) 397 - 7305