

3	C-1-3	과제제안요구서(RFP)
---	-------	---------------------

사업구분	원자력 안전규제기술개발-원자력 안전규제 기초·기반기술 개발		
단위과제명	차세대 비경수형 원자로 방사선원향 규제기술 기반 구축 연구		
과제유형	코드·규제방법론(C,M) (●) / 데이터베이스·장비·시스템(E, D, S) ()		
보안등급	일반과제	공모구분(과제유형)	지정공모(RFP지정)
총 예산/연구기간	총 550백만원 내외 / '25~'27년(총 3년)		

■ 과제 최종목표

- 차세대 비경수형 원자로 방사선원향 규제기술 기반 구축

	성능목표
정량	차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원향 평가 규제기술 방법론 개발
정성	차세대 비경수형 원자로 방사선원향 규제를 위한 규제기술 주제 도출 및 연구 방향 제안

■ 과제 추진 필요성

- 기후변화 해결을 위한 탄소중립 실현 및 4차 산업혁명에 따라 급증하는 전력수요에 대응하기 위한 방편으로서 차세대 에너지로 원자력을 주목하고 있으며, 원자력을 보다 안전하고 효과적으로 활용하기 위해 국내외 산업계는 해양용과 수소 및 공정열 생산 측면에서 강점을 가지는 차세대 원자로 개발을 적극적으로 추진하고 있음
- 이에 국내에서도 차세대 원자로 개발 및 실증을 위해서 정책적 추진*을 결정하였으며, 차세대 원자로의 적기 적용을 위해 다양한 노형에 대한 규제절차 및 방식을 2030년대 초까지 마련하도록 주문하였음
* 「차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안」(국가과학기술자문회의 심의·의결, 2024년 6월)
- 차세대 원자로 노형들에는 기존의 대형 경수로 원전의 단점들을 보완하는 비경수로형들이 다수 포함되어 있음. 현재 기술개발 수준에서 주목할 만한 노형으로는 소듐냉각원자로(Sodium-cooled Fast Reactor, SFR), 초고온가스원자로(High-Temperature Gas-cooled Reactor, HTGR), 용융염원자로(Molten Salt Reactor, MSR), 히트파이프 냉각원자로(Heat Pipe Reactor)가 대표적임.
- 이들 차세대 비경수형 원자로들은 기존의 경수로 원전과 비교하여 각 노형의 설계 특성의 차이가 크기 때문에 노형별 사고 유형 및 진행 그리고 사고결과의 영향이 다를 수 있음. 따라서, 기존의 기술로 규제검증이 어려운 사안들에 대한 조사와 비경수로형 차세대 원자로에 대한 기술개발 및 적용을 먼저 시작한 국가들의 규제기술 동향 및 규제 사례 분석이 필요함.
- 본 과제에서는 차세대 비경수형 원자로 노형의 부지선정 평가와 사고영향평가에서 활용되는 방사선원향 평가방법론 개발을 위한 규제기술 기반 구축을 목표로 함. 과제의 결과물은 향후 차세대 비경수형 원자로 노형들의 방사선원향 평가방법론 및 관련 규제기준 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대함. 또한, 산업계 및 연구계에서 각 노형별 부지의 위치선정, 안전계통 설계, 사고관리 전략 수립, 비상대응계획 수립 등에 본 과제의 연구 결과를 참조할 수 있을 것으로 기대함.

■ 단계별 연구목표

1단계 (1차년도) 총 1.5억원 내외	2단계 (1차년도~2차년도) 총 4억원 내외
<ul style="list-style-type: none"> 차세대 비경수형 원자로 노형의 설계 및 사고 특성 조사 국내 경수로 방사선원향 평가 방법론의 직접 적용시 한계 분석 및 필요 규제기술 도출 차세대 비경수형 원자로 노형의 방사선원향에 대한 국내외 기술개발 동향과 규제 체계 및 사례 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 차세대 비경수형 원자로 노형별 방사선원향 평가 방법론 개발

■ 1단계 연도별 연구내용 및 범위

○ 1차년도('25년, 1.5억원) 내외

- 차세대 비경수형 원자로 노형별(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원향 관련 설계 및 사고 특성 조사
- 차세대 비경수형 원자로 노형별(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원향 설정 및 평가 관련 국내외 기술 동향 조사
- 국내 경수로 방사선원향 평가 방법론의 직접 적용이 어려운 기술 영역 분석 및 필요한 규제기술 도출
- 미국, 캐나다, 일본 등 차세대 비경수형 원자로 규제체계 분석 및 정책 동향조사
 - 차세대 비경수형 원자로 목적별(비발전용 등) 해외 인허가 규제요건 등 체계 분석
 - 미국 NRC, 캐나다 CNSC, 일본 NRA, 유럽 규제연합 WENRA 등 비경수로관련 규제요건/체계 분석 및 동향 조사

■ 2단계 연도별 연구내용 및 범위		
○ 1차년도('26년, 2억원 내외)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 해외 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 평가 방법론 상세 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 미국 NRC 비경수형 원자로 Near-Term Implementation Action Plans Strategy의 방사선원항 관련 상세 분석 등 ■ 해외 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 전산코드 평가 체계 및 방법론 조사 <ul style="list-style-type: none"> * 미국 NRC 및 SNL 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 중대사고 해석 및 소외 선량평가 해석을 위한 전산코드 개발 현황 및 동향 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 평가 방법, 전산코드 연계, 규제활용 방안 - 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 평가를 위한 핵종분석 결과 - 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 노내/노외 거동 평가를 위한 전산코드 개발 및 검증 동향 - 차세대 비경수형 원자로 소외 피폭방사선량 및 위험도 평가를 위한 전산코드 개발 동향 등 ■ 연구성과의 규제활용계획 및 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 미국의 경수로 원전 설계기준사고 및 중대사고 방사선원항 평가 방법과 차세대 비경수형 원자로 평가 방법의 차이분석 - 국내 설계기준사고 및 중대사고 방사선원항 평가 등 국내요건과의 해외(미국 등) 기준 간의 격차분석(Gap analysis) 및 적용 시사점 도출 		
○ 2차년도('27년, 2억원 내외)		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 전산코드 평가 사례 분석 및 시사점 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 평가대상 사고경위 선정 방법 - 활용 전산코드 및 모델링 방법, 가정사항, 주요 불확실성 변수 - 설계특성에 따른 핵종, 전산코드간 연계 방법 등 - 전산코드 평가 사례분석에 기반한 시사점 도출 ■ 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 평가 방법론 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 평가를 위한 전산코드 모델 개발/개선 필요분야 제안 - 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 규제를 위한 규제연구 주제 및 방향 제안 		
■ 연도별 추진 계획		
구분	단위 연구개발 내용	예상 성과물
1단계 1차년도 (2025)	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 비경수형 원자로 노형별(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 관련 설계 및 사고 특성 조사 • 차세대 비경수형 원자로 노형별(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 설정 및 평가 관련 국내외 기술 동향 조사 • 국내 경수로 방사선원항 평가 방법론의 직접 적용이 어려운 기술 영역 분석 및 필요한 규제기술 도출 • 미국, 캐나다, 일본 등 차세대 비경수형 원자로 규제체계 분석 및 정책 동향조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 비경수형 원자로 노형별 방사선원항 관련 기술 동향 분석 및 국내 규제기술 소요 분석 보고서 • 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 해외 규제체계 분석 및 규제정책 동향 보고서
2단계 1차년도 (2026)	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 평가 방법론 상세 분석 • 해외 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 전산코드 평가 체계 및 방법론 조사 • 연구성과의 규제활용계획 및 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 평가 방법론 상세 분석 보고서 • 해외 차세대 비경수형 원자로 방사선원항 전산코드 평가 체계 및 방법론 조사 보고서 • 경수로형과 비경수로형의 국내 및 해외 방사선원항 평가 방법 격차분석(Gap analysis) 보고서
2단계 2차년도 (2027)	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 전산코드 평가 사례 분석 및 시사점 도출 • 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 평가방법론 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 전산코드 평가 사례 분석 보고서 • 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR) 방사선원항 평가방법론 개발보고서

■ 연도별 연구성과 계획					
연구성과	구분	2025	2026	2027	합계
	국내·외 SCI(개)				
	안전기술보고서(개)	2	2	1	5
	단위성과물(개) (C,D,E,M,S)			1(방법론)	1
	특허(건)				
■ 추진체계 및 특이사항					
<ul style="list-style-type: none"> ■ 					
■ 활용계획 및 기대효과					
<ul style="list-style-type: none"> ■ 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR)의 방사선원항 평가에 대한 미래 규제수요를 대비하여 노형별 평가방법론 및 평가 기준에 관한 기술기반을 구축하고자 함 ■ 연구수행결과를 활용하여 차세대 비경수형 원자로(SFR, HTGR, MSR, HPR)의 방사선원항 평가방법론 및 규제연구 방향 수립의 기초자료로 활용할 수 있음 					
■ 기타사항					
<ul style="list-style-type: none"> ■ 해당 없음. 					