

[가칭] 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발 기술수요조사 안내문

□ 추진 배경

- 과기정통부는 '25년 신규 사업으로서, 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발사업을 기획 중임
 - SMR 검증을 위한 고신뢰도 해석 및 혁신 운영·다목적 활용 등에 필요한 기술개발을 통해 SMR 글로벌 경쟁력 제고를 추진

(단위 : 백만원)

세부사업명	사업기간	예산
소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발		
(내역사업 1) 소형모듈원자로 디지털 가상원자로 핵심기술 개발	'25.-'29.	-
(내역사업 2) 소형모듈원자로 혁신 운영기술개발	'25.-'29.	-
계		-

- 이에, 산·학·연 연구자를 대상으로 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발에 활용할 수 있는 연구주제 수요를 조사

□ 특정 기술수요조사 개요

- 수요조사 분야
 - 내역사업 1 : 소형모듈원자로 실규모/고비용 검증 실험 대체가 가능한 고신뢰도 디지털 가상원자로 기술개발
 - 내역사업 2 : 소형모듈원자로 글로벌 강화를 위한 혁신 운영 및 다목적 융합 기술개발
- ※ [참고1] 내역사업별 상세 설명자료, [참고2] 기술분류체계

□ 수요조사 대상 및 고려사항

- 「원자력진흥법」 제12조 제1항 및 「기초연구진흥 및 기술개발지원

에 관한 법률」 제14조 제1항 등에 따른 기관 또는 단체 소속 연구자

- ※ 본 기술수요조사는 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발 사전기획을 위한 기술수요 사전발굴이 목적이며 **신규과제 선정과는 관련이 없는 별개의 분야 수요조사 및 의견수렴 과정임을 유의**하시기 바랍니다.
- ※ 제출된 서류는 일절 반환하지 않으며, 동 사업의 지원분야 및 지원과제 발굴을 위한 참고자료로만 활용되오니 참고하시기 바랍니다.

□ 접수 안내

- (작성요령) 붙임 1. 기술수요조사서를 3 페이지 내외로 자유롭게 서술 (별첨 추가 가능)
- (접수방법) 이메일 접수(이재국, ampire126@snu.ac.kr)
- (접수기간) 2024. 3. 18. (월) ~ 2024. 3. 29. (금) 24시까지
- (문의처) 서울대학교 이재국 연구원(ampire126@snu.ac.kr)

참고 1 내역사업별 상세 설명자료

1. 소형모듈원자로 디지털 가상원자로 핵심기술 개발

□ 사업 목적

- 소형모듈원자로 검증에 필요한 실규모/고비용 실험을 대체할 수 있는 수준의 디지털 가상원자로 기술개발

□ 사업 기간 및 규모

- '25~'29년 / 연구비 미정

□ 추진 배경 및 필요성

- 세계적으로 소형모듈원자로 개발 연구가 경쟁적으로 진행되는 상황에서, 개발 기간 단축 및 비용 절감을 위한 원자로 고신뢰도 시뮬레이션 기술 확보 필요
- 원전 선진국을 중심으로 원자로 모델 및 시뮬레이션 기술개발 연구가 집중적으로 이루어지고 있으나 이와 관련한 국내 연구개발 투자 미진
- 최신 AI 기술이 접목된 모델 및 시뮬레이션 기술은 복잡한 시스템과 자연현상을 수치적 이론에 근거하여 모사함으로써 과학·공학 분야의 새로운 가치를 창출
 - ※ 초고성능컴퓨팅은 산업 분야에서 제품 개발의 시간 및 비용을 획기적으로 절감시킴으로써 “게임의 룰을 바꿀 수 있는 증명된 기술”로 평가(미국경쟁력위원회, 2015년)
- 원전 선진국(미국, 유럽연합 등)에서는 원자로 모델 및 시뮬레이션 기술 개발을 지속하여 현재 선진원자로 설계 및 안전성 평가에 활용 중인 시점에서, 고신뢰도 해석기술 분야의 기술격차를 줄여 국내 소형모듈원자로의 기술 경쟁력 강화가 필요
- 국내 여러 종류의 선진원자로 개발 연구가 진행되고 있으므로, 설계 검증에 필요한 고신뢰도 해석기술 개발 사업의 조기 착수가 요구
 - ※ 혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술 개발 사업('23~'28), 과기정통부/산업부 선박용 용융

염 원자로 원천기술 사업('23~'26), 민관 합작 고온가스로 개발사업('24~'27), 우주용 원자로 개발 사업(예정) 등

□ 사업 내용

- 소형모듈원자로 설계 검증 실험을 대체할 수 있는 고신뢰도 시뮬레이션 핵심 기술 개발
 - * **세계 최고 수준 정밀도의 제1물리 법칙 기반 원자로 해석 기술 개발**
 - GPU 기반 몬테칼로 중성자해석 기술 개발로 경수형 소형모듈원자로 및 용융염로 노심 설계 검증
 - 열유체 직접수치해석 기술 개발로 정밀 유동 분포 수치 실험 수행
 - 인공지능 기반 분자동역학 기술 개발로 용융염 물성 개발
 - 혁신형 소형모듈원자로 종합효과실험의 고정밀 다물리연계 해석 및 주요 과도·사고 현상 검증으로 안전성 입증
 - 용융염로 물성치 계산 및 설계 검증 고신뢰도 해석
 - 인공지능망(Physics Informed Machine Learning, Operator Network 등) 기반 PDE 수치해석
 - 심층 강화학습 및 기학습 기반 수치해석 솔버 가속화
 - 기계학습 기반 시뮬레이션 불확실성 및 수치 오차 정량화
 - 빅데이터 기반 복잡물리방정식(난류 모델, 다상유동 해석 등) 고도화
 - 거대언어모델을 활용한 시뮬레이션 코드 개발 및 검증 기술 개발

2. 소형모듈원자로 혁신 운영기술 개발

□ 사업 목적

- 소형모듈원자로 글로벌 경쟁력 강화를 위한 혁신 운영 및 다목적 활용 기반 기술 개발

□ 사업 기간 및 규모

- '25~'29년 / 연구비 미정

□ 추진 배경 및 필요성

- 상용 원전의 총 발전비용에서 운영 및 유지보수비용(O&M, Operation & Maintenance)이 약 30% 비중(선진원자로의 경우 약 50%)을 차지함에 따라 글로벌 원전 시장에서 소형모듈원자로의 경쟁력 확보를 위해서는 향상된 안전성과 더불어, 경제성이 요구되고 있음
- 소형모듈원자로의 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 인공지능, 디지털트윈, 감시/진단/예측/정비, 다목적 융합기술 분야(수소/오일샌드/공정열 생산, 지역난방, 담수화, 재생에너지 연계) 등 혁신운영기술의 적극적인 활용을 통한 O&M 비용의 획기적인 감소 및 우수한 자율운전 능력 확보 등 기술 혁신이 필요
 - ※ 소형모듈원자로의 경제성 확보를 위해서는 O&M 비용 최소화 필수(O&M 비용은 발전단가에서 차지하는 비중이 크며, 경제성에 미치는 영향이 큼)
- 2028년 표준설계인가 취득을 목표로 개발 예정인 “혁신형 SMR”에 적용되어 수출경쟁력을 높이기 위해서는, “혁신형 SMR 기술개발사업”의 연구개발 및 인허가 일정과 연계하여 병행 추진이 필요

□ 사업 내용

- 소형모듈원자로 글로벌 경쟁력 강화를 위한 혁신 운영 및 다목적 활용 기술 개발
 - * 소형모듈원자로 총 발전비용에서 운영 및 유지보수비용 비중을 20%대로 절감

- 소형모듈원자로의 혁신 운영 기술 개발 및 검증을 위한 디지털 전산모사 기반 기술 확보
- 소형모듈원자로의 자율운전을 통한 경제성 제고 및 정상/비정상/사고에 대처하기 위한 운전원 최적행위 제안
- 감시/진단 기술 고도화 및 지능형 상태기반정비(CBM, Condition-Based Maintenance) 플랫폼 기술 기반으로 정비 이력의 디지털화와 효율적 유지보수 체계 구현을 통해 혁신형 SMR의 안전성과 경제성 확보
- 소형모듈원자로의 비발전 분야 시장 개척 및 가동률 향상을 위한 다목적 융합 기술 확보

참고 2

기술분류체계

대분류	중분류	소분류
디지털 가상원자로	고신뢰도 정밀해석 핵심 기술	소형모듈원자로 몬테칼로 노물리 과도해석 기술
		열유체 직접수치해석 기술
		인공지능 기반 분자동역학(MD) 해석 기술
		고신뢰도 다물리 연계 해석 및 검증 기술
		i-SMR 개별/종합효과실험 고신뢰도 해석 기술
		i-SMR 현상 검증 및 운전·사고조건 정밀 모의 기술
		용융염로 재료 물성 계산 및 설계 검증 다물리 해석 기술
	시뮬레이션 데이터 기반 해석 최적화 기술	물리기반 인공지능경망 기반 방사선 노물리 & 열유체 해석 기술
		데이터 기반 해석 불확도 정량화 기술
		기계학습 기반 복합물리방정식 고도화 및 가속화 기술
		시뮬레이션해석 코드 개발 및 검증용 거대언어모델 기술
혁신운영 기술	디지털트윈 기술	SMR 노심 시뮬레이션 기술
		SMR NSSS 시뮬레이션 기술
		SMR BOP 시뮬레이션 기술
		SMR 디지털트윈 구축
	혁신 운전 기술	AI기반 운전 자동화 및 자율운전 기반 기술
		원자로 이상상태 조기 인지 기술
		발전소 상태 신속 예측 기술
		운전원 최적행위 지원 기술
	혁신 유지보수 기술	센서퓨전 및 데이터 융합 분석 기술
		SMR 핵심기기 감시 기술
		CBM+ 플랫폼 설계 및 구현
		CBM+ DB/개방형 인터페이스 설계 및 구현
	다목적 융합 기술	다목적-다모듈 연계설계 기술
		다목적-다모듈 운전제어 기술
		다목적-다모듈 성능해석 기술
		다목적-다모듈 경제성 평가 기술

붙임 1 기술수요조사서 양식

안내말씀

안녕하십니까?

특정 기술수요조사는 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발사업 기획을 위한 유망기술 분야 조사·발굴을 위해 실시하고 있습니다. 귀하께서 응답하신 모든 내용은 절대 비밀이 보장되오니 바쁘시더라도 귀한 시간 내주셔서 이번 조사에 응해주신다면 감사하겠습니다. 본 사업의 기획·추진에 귀하의 소중한 의견이 유용하게 활용될 수 있도록 많은 협조와 지원 부탁드립니다.

2024년 3월
서울대학교

개인정보 취급방침

1. 개인정보의 처리 목적

‘24년 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발사업 기술수요조사’는 이용자 확인을 위한 목적으로 귀하의 개인정보를 수집·이용하고 있습니다. 수집방법에 따른 구체적인 수집 및 이용목적은 다음과 같습니다.

- ‘24년 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발사업 기술수요조사’ 제안자 본인 확인을 위한 정보 수집

2. 처리하는 개인정보의 항목

‘24년 소형모듈원자로 디지털 혁신 검증·운영 기술개발사업 기술수요조사’의 서비스 제공을 위하여 필요한 최소한의 범위 내에서 아래와 같이 개인정보를 수집하고 있습니다.

- 성명, 소속기관, 직위, 전화번호, 휴대전화번호, 이메일 주소

개인정보의 처리 시 개인정보보호 관련 법규의 준수, 개인정보에 관한 제3자 제공 금지 및 사고 시 책임 부담, 처리 종료 후의 개인정보 파기 등을 명확히 규정하고 당해 내용을 서면 또는 전자적으로 보관하고 있습니다.

업무의 내용이 변경될 경우, 홈페이지 공지사항, 서면, 이메일, 전화 또는 이와 유사한 방법 중 1개 이상의 방법으로 고지하겠습니다.

※ 개인정보의 수집, 이용, 제공, 위탁 등과 관련한 위 사항에 대하여 원하지 않는 경우 동의를 거부할 수 있습니다. 동의하지 않으시는 경우, 수요조사서 처리가 불가함을 알려드립니다.

위 개인정보 취급방침에 동의합니다. (O) ← 동의하시는 경우, 필히 ‘O’ 표시를 하여 주시기 바랍니다.

기관/회사명			
소재지 ¹⁾		기관형태 ²⁾	
응답자 성명		소속부서/직위	
주요연구분야			
연락처	사무실	이메일	
	휴대전화		
<p>1) 소재지 : 서울, 인천, 부산, 대구, 광주, 대전, 울산, 강원, 경기, 경남, 경북, 전남, 전북, 충남, 충북, 제주, 세종</p> <p>2) 기관 형태 : 대기업, 중견기업, 중소기업, 대학, 출연연구기관, 국공립연구기관, 기타</p> <p>- 응답자의 인적사항은 설문응답에 미진한 점이 있을 때 응답자에게 다시 확인하기 위한 정보를 구하는 것으로, 그 외의 목적으로는 사용되지 않습니다.</p>			

1. 제안기술 개요

제안기술명				
기술분류체계 (참고2)				
대분류	디지털 가상원자로	혁신운영 기술		기타
중분류	<input type="checkbox"/> 고신뢰도 정밀해석 기술 <input type="checkbox"/> 시뮬레이션 데이터 기반 해석 최적화 기술	<input type="checkbox"/> 디지털 트윈 기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신 운전 기술 <input type="checkbox"/> 혁신 유지보수 기술 <input type="checkbox"/> 다목적 융합 기술	<input type="checkbox"/> 기타	
기술특성	<input checked="" type="checkbox"/> 안전성	<input checked="" type="checkbox"/> 경제성	<input type="checkbox"/> 청정성	<input type="checkbox"/> 기타
혁신성	<input type="checkbox"/> 세계 최초	<input checked="" type="checkbox"/> 세계 최고	<input type="checkbox"/> 국내 최초	<input type="checkbox"/> 국내 최고
기술분류				
국가과학기술 표준분류체계				

2. 제안기술 내용

연구개발과제명			
1. 연구개발의 필요성 및 기술동향			
<input type="checkbox"/> 필요성	○		
<input type="checkbox"/> 기술동향	○ <i>※ 주요 선진국(미국, 유럽, 중국, 일본 등)의 제안기술에 대한 국내 대비 기술·제품 수준을 작성해주세요.</i>		
2. 연구개발 목표 및 내용			
<input type="checkbox"/> 개발 목표	○ 최종목표 : ○ 세부기술별 개발 성능지표 :		
<input type="checkbox"/> 개발 내용	1. 세부기술별 기술개발 내용 ○ - 2. 연차별 기술개발 내용 <i>※ 참여 연차별 내용 기술 (N차년도)</i> ○ -		

