

**혁신형 SMR 기술개발사업 '23년도 신규연구개발과제(과기부) 기술개요서
(품목공모형)**

RFP번호	2-5-과	공모유형	품목공모형
사업명	혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술개발사업 - 혁신기술 사업		
RFP명	내장형 원자로냉각재펌프 개발 및 성능검증		
PM분야	원자력	보안과제 여부	일반

1. 추진배경

□ 추진배경

- 혁신형 SMR은 원자로냉각재 강제순환을 통해 해외 경쟁노형 대비 출력을 향상시킨 원자로로서 강제순환 요건에 적합한 일체형 원자로냉각재펌프의 개발이 필수적임.
- 세계 최고 수준의 혁신형 SMR 개발을 위해 제한된 공간에 원자로냉각재펌프를 소형화하여 일체형으로 배치하고 압력경계를 최소화하여 안전성을 향상시키는 설계가 필요함.
- 격납용기 내 고온/고압 환경에 원자로냉각재펌프가 배치되는 혁신형 SMR의 특성상 격납용기 내 극한 환경에서 안정적으로 작동할 수 있는 격납용기 내장형 원자로냉각재펌프의 개발이 필요함.
- 원자로냉각재펌프가 원자로용기와 배관으로 연결되는 대형원전과 달리 용기 일체형 원자로냉각재펌프 개발을 통해 원자로펌프 노즐에 의한 사고를 제거하고, 격납용기 내 운전환경에 적합한 캔드모터 개발을 통해 세계 최고 수준의 안전성을 확보해야 함.
- 격납용기 내장형 원자로냉각재펌프 개발을 통해 펌프 누설 가능성을 배제하여 안전성을 향상시키고, 소형화된 설계를 통해 격납용기 내 원자로용기 일체형으로 펌프를 배치함으로써 원자로집합체 규격의 집적화를 통해 경제성 향상이 기대됨.

□ 추진방향

- 우리나라는 1997년 기술개발에 착수하여 2012년 세계최초로 표준설계인가를 획득한 한국형 소형원자로 SMART 개발을 통해 캔드모터형 원자로냉각재펌프 원천기술을 확보한 바 있음.
- 상온/상압의 환경에 설치되는 SMART 원자로냉각재펌프와 달리 고온/고압의 격납용기 내 환경에 설치되는 혁신형 SMR의 원자로냉각재펌프를 성공적으로 개발하기 위하여 원천기술 확보된 신뢰성 있는 캔드모터형 원자로냉각재펌프의 요소 기술을 바탕으로 극한 환경 내 적용 가능한 요소 기술로의 진보를 추진함.
- SMART 원자로냉각재펌프 기술 개발 과정에서 확보된 물적/인적 인프라 및 원천기술을 적극 활용하여 효율적인 기술 개발을 도모함.
- 국내 산학연 전문 기관을 적극 활용하여 격납용기 내장형 원자로냉각재펌프 설계, 해석, 제작, 실험에 대한 전반적인 펌프 개발 기술을 확보함. 특히 중소기업 및 학계 전문가를 적극 활용하여 국내 원자력 생태계 부흥을 도모함.

2. 연구개발목표

- 최종 목표: 격납용기 내장형 원자로냉각재펌프 개발, 시작품 제작 및 성능평가 (목표 TRL: 6 (현재 TRL 수준 2))
 - 격납용기 내 환경에 적용 가능한 내장형 원자로냉각재펌프 설계
 - 설계된 원자로냉각재펌프 해석기술 개발 및 평가
 - 격납용기 내 환경에 적용 가능한 캔드모터 요소기술 개발
 - 시작품 제작 및 성능 시험
- 단계별 또는 기술별 목표

기술개발 내용	1단계('23~'25)	2단계('26~'28)
세부기술 1: 내장형 원자로냉각재펌프 설계	내장형 원자로냉각재펌프 설계요건 개발 및 요건서 작성, 수력부/구조부/축계 설계, 캔드모터 전기부/구조부 및 냉각기 설계	수력부/구조부/축계 상세 설계, 캔드모터 전기부/구조부 및 냉각기 상세 설계
세부기술 2: 내장형 원자로냉각재펌프 해석	수력성능 해석, 구조해석/축계해석, 모터전자계 해석, 미세유로 및 열유동 해석, 구동부 열유동 해석, 구조강도 해석, 내진해석	유동해석, 성능해석, 열유동해석, 전자계해석, 축계해석
세부기술 3: 캔드모터 요소기술 개발	코일/절연물/충진재 선정 및 성능시험, 절연물 모터 모형 설계, 베어링 설계 및 마모시험	코일/절연물/충진재/베어링 성능시험, 모터 냉각성능 시험
세부기술 4: 내장형 원자로냉각재펌프 시작품 제작 및 성능시험	수력부 모델 성능시험 및 특성시험, 캔드모터 모델 성능시험, 펌프 제작 및 제작성 검토	캔드모터펌프 제작 및 성능시험

3. 연구개발내용 및 성과목표

□ 연구개발내용

- 세부기술1 : 내장형 원자로냉각재펌프 설계
 - 내장형 원자로냉각재펌프 설계 요건 개발
 - 내장형 원자로냉각재펌프 수력부/구조부/축계 설계
 - 일체형 캔드모터 전기부/구조부/냉각기 설계
 - 제작/설치/유지보수 절차 개발
- 세부기술2 : 내장형 원자로냉각재펌프 해석
 - 수력성능해석/미세유로해석/열유동해석
 - 구조해석/축계해석/내진해석
 - 모터전자계해석/열유동해석
- 세부기술3 : 캔드모터 요소기술 개발 및 시험
 - 코일/절연물/충진재 성능 시험
 - 절연물 모터(모형) 설계 및 성능시험
 - 베어링 설계 및 마모시험
 - 캔드모터 성능시험/수압시험
- 세부기술4 : 내장형 원자로냉각재펌프 성능시험 및 시작품 개발

- 수력성능시험/흡입성능시험/관성서행시험, 압력맥동시험/유동저항시험/완전특성시험
- 시작품 제작 및 제작성 검토

□ 성과목표

- 세부기술1 : 내장형 원자로냉각재펌프 설계

단계		목표	
1단계 (‘23~‘25)	정량	1차년도	▶ 원자로냉각재펌프 설계요건서
		2차년도	▶ 원자로냉각재펌프 기본설계 보고서
		3차년도	▶ 원자로냉각재펌프 상세설계 보고서
	정성	1차년도	▶ 원자로냉각재펌프 설계 요건 개발 및 개념설계
		2차년도	▶ 원자로냉각재펌프 기본설계(수력부/구조부/축계/전동기/냉각기)
		3차년도	▶ 원자로냉각재펌프 상세설계(수력부/구조부/축계/전동기/냉각기)
2단계 (‘26~‘28)	정량	1차년도	▶ 원자로냉각재펌프 상세설계 평가보고서
		2차년도	해당 없음
		3차년도	해당 없음
	정성	1차년도	▶ 원자로냉각재펌프 상세설계 평가(수력부/구조부/축계/전동기/냉각기)
		2차년도	해당 없음
		3차년도	해당 없음

- 세부기술2 : 내장형 원자로냉각재펌프 해석

단계		목표	
1단계 (‘23~‘25)	정량	1차년도	▶ 개념설계 해석보고서
		2차년도	▶ 기본설계 해석보고서
		3차년도	▶ 상세설계 해석보고서
	정성	1차년도	▶ 개념설계 수력성능해석/구조해석/축계해석/모터전자계해석
		2차년도	▶ 미세유로해석/열유동해석/축-베어링연성해석/모터 열해석
		3차년도	▶ 구조강도해석/원자로냉각재펌프 집합체 내진해석
2단계 (‘26~‘28)	정량	1차년도	▶ 원자로냉각재펌프 해석적평가보고서
		2차년도	해당 없음
		3차년도	해당 없음
	정성	1차년도	▶ 상세설계 구조해석 및 열유동해석/축계 동특성해석/냉각기 성능해석
		2차년도	해당 없음
		3차년도	해당 없음

- 세부기술3 : 캔드모터 요소기술 개발 및 시험

단계		목표	
1단계 (‘23~‘25)	정량	1차년도	▶ 캔드모터 개념설계보고서
		2차년도	▶ 캔드모터 모형설계보고서
		3차년도	▶ 캔드모터 요소기술 성능시험보고서
	정성	1차년도	▶ 캔드모터 소재 선정 및 구매/모터(모형) 설계
		2차년도	▶ 모터(모형)제작/모터 및 베어링 성능시험/마모시험 계획
		3차년도	▶ 모터(모형) 성능시험/축-베어링 동특성시험/베어링 마모시험
2단계 (‘26~‘28)	정량	1차년도	▶ 캔드모터(원형) 제작보고서
		2차년도	▶ 캔드모터(원형) 성능시험보고서

	정성	3차년도	▶ 캔드모터(원형) 설계 평가보고서
		1차년도	▶ 캔드모터(원형) 제작 및 성능시험/수압시험(상온)/냉각성능시험 계획
		2차년도	▶ 캔드모터(원형) 냉각성능시험
		3차년도	▶ 캔드모터(원형) 시험 평가

○ 세부기술4 : 내장형 원자로냉각재펌프 성능시험 및 시작품 개발

단계		목표	
1단계 (‘23~‘25)	정량	1차년도	해당 없음
		2차년도	해당 없음
		3차년도	▶ 내장형 원자로냉각재펌프 성능시험계획서
	정성	1차년도	해당 없음
		2차년도	해당 없음
		3차년도	▶ 수력부(축소모형) 모델 및 시험장치 설계/제작/시험 계획
2단계 (‘26~‘28)	정량	1차년도	▶ 내장형 원자로냉각재펌프 성능시험보고서
		2차년도	▶ 내장형 원자로냉각재펌프 시작품 설계보고서
		3차년도	▶ 내장형 원자로냉각재펌프 시작품 제작성 평가보고서
	정성	1차년도	▶ 수력성능/흡입성능/관성서행/압력맥동/유동저항/완전특성 시험
		2차년도	▶ 성능시험 종합평가 및 원자로냉각재펌프 시작품 설계
		3차년도	▶ 원자로냉각재펌프 시작품 제작 및 제작성 평가

4. 특기사항

○ 주관기관: 산업계 주관 (연구계, 학계 참여 필수)

○ 특기 사항

- 2023년 3/4분기 기준으로 확정된 설계 내용을 반영하여 2차년도 이후의 사업계획서가 작성되어야 함. 설계의 변경으로 인해 연구내용의 중대한 변경이 예상될 경우, 사업단의 사전 검토 및 승인이 필요함

5. 연구개발기간 및 연구개발비

- 총 연구기간/정부출연금: ‘23.04~‘28.12(총 69개월, 3년+3년의 2단계) / 122.9억원 내외(민간부담금 27.1억원 내외)
- ‘23년 연구기간/정부출연금: 9개월(1차년도 9개월) / 1.6 억원 내외
- 정부출연금 연차별 예산(안)

(단위: 억 원 내외)

기술개발 내용	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
내장형 원자로냉각재펌프 개발 및 성능검증	1.6	30.3	32.0	36.0	11.4	11.6	122.9

※ 예산현황에 따라 변경 가능성 있음