

혁신형 SMR 기술개발사업 '23년도 신규연구개발과제(산업부) 기술개요서
(품목지정)

관리번호	1-1-산		
연구개발과제유형	원천기술형(),	혁신제품형(○)	
		실증형()	
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제()		
품 목 명	무봉산운전 노심해석코드체계 및 방법론 고도화 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 8단계)		
1. 지원필요성	○ 혁신형 SMR은 기존 상용원전과 달리 혁신적인 운전 방식(무봉산 운전, 탄력 운전)을 도입하고 새로운형태의 핵연료를 사용할 계획임. 이로 인해 가동원전에 적용 중인 설계, 코드체계 및 방법론은 혁신적 운전 모사에 한계를 가지고 있으므로, 노심해석코드, 열수력해석코드, 연료봉성능해석코드 및 노심설계 전략을 고도화하기 위한 기술 개발이 시급함. - 무봉산 노심 해석을 위한 새로운 균정수 생산 방법 정립 및 설계 정확도 향상을 위한 핵설계코드체계 고도화 필요 - 노심 열수력설계 코드 및 방법론 고도화를 통해 안전여유도(열적여유도)를 증대시키고, 저유량 영역에서 부수로 해석 코드의 수렴성 개선 등을 위한 다양한 시험 및 검증 자료 확보 필요 - 혁신형 SMR 핵연료 및 운전조건 등의 특성을 반영하기 위한 성능해석코드 고도화 필요 - 무봉산 SMR을 설계, 운영하기 위해서는 노심의 반응도를 안정적으로 제어할 수 있는 혁신적인 노심설계 기술과 최적의 핵연료 장전모형 도출 필요. ○ 혁신형 SMR 수출 시 경쟁사 대비 기술적 우위를 차지하기 위한 세계 최고의 기술 개발이 필요하나, 현재 기술수준은 산업체의 투자로 이어질 수 있는 상용 단계에 도달하고 있지 못하므로 정부의 예산 지원이 필요		
2. 품목정의	○ (최종목표) 혁신형 SMR 핵연료기반 노심해석코드체계 및 방법론 고도화 * 3차원수송해석 기반 집합체 계산 코드 개발 * SMR용 노달 기반 핵설계 코드체계 구축 * 노심 열수력설계 코드 및 방법론 고도화 * 열전달 시험 및 열수력해석코드 검증 * 성능해석코드 고도화 * 무봉산노심 장전 전략 수립 및 최적 장전모형 설계기술 ○ (연구내용) - 3차원 수송해석 기반 집합체 계산 코드 개발 * 최신 ENDF 자료집 기반의 수송해석코드 라이브러리 생산 * 3차원 수송해석기반 중성자속 분포 계산 방법 개발 * 균정수 생산 절차 개발 및 검증, 집합체 균정수표 편집 기능 개발 - SMR용 노달 기반 핵설계코드체계 구축 * 균정수 생산 프로그램과의 연계체계 개발, 제어봉 연소 계산 기능 개발 * 제어봉 삽입/인출 이력을 반영한 출력분포 계산 방법 개발 * 상용 핵설계코드체계를 이용한 SMR 핵설계 적용성 평가 및 기능개선 * 노달 기반 핵설계코드체계 검증 및 정확도 평가 및 기능개선		

- * 코드 검증을 위한 상위코드(몬테카를로) 확보 및 검증
- * 핵설계코드체계 특정기술주제보고서 작성
- **노심 열수력설계코드 및 방법론 고도화**
 - * 부수로 해석 코드 저유량 수렴성 및 실행 속도 개선
 - * 혁신형 SMR 전 노심 열설계 방법론 개발
 - * 노심 열수력설계코드 및 방법론 특정기술주제보고서 작성
- **열전달 시험 및 부수로해석코드 검증**
 - * 단일봉(지지격자 미포함) 및 2x2 봉다발(지지격자 포함) 열전달 검증자료 생산
 - * 부수로 해석 코드 SMR 운전 조건(저유량) 적용 최적화
- **성능해석코드 고도화**
 - * 혁신형 SMR 핵연료 특성 반영 해석 모델 수립
 - * 혁신형 SMR 핵연료 특성 반영 해석코드 기능 개선
- **무봉산노심 장전 전략 수립 및 최적 장전모형 설계기술 확보**
 - * 혁신적 잉여반응도 제어전략 및 장전전략 개발
 - * 정지여유도 확보 및 출력분포제어를 위한 CEA 배치 최적화
 - * 노심 성능 및 건전성 향상을 위한 반사체 설계

○ 개발위험 극복방안

- 다수의 모듈원자로 운영에 따른 관리 문제로 경쟁사의 설계방법론을 이용할 경우, 지적재산권 문제가 발생할 수 있으므로 이에 대한 사전대비 필요.
- 무봉산 운전 달성을 위하여 상용 원전에서 사용되지 않던 CIMBA 연료, 농축 B₄C 제어봉 등 새로운 노심 환경에 대한 해석이 요구됨. 그러므로, 몬테칼로 코드를 활용한 참조해와의 비교 평가를 수행하고, 필요 시 적절한 기술을 도입하여 핵설계코드체계를 고도화함으로써, 설계자료의 신뢰도를 확보할 예정임.
- 핵설계코드 검증에 상위코드(몬테카를로 등) 참조해 활용.
- 저유량 열전달 시험자료 생산/검증에 필요한 예산 삭감 및 과제의 통합으로 계획된 시험의 축소가 불가피함.
- 무봉산 운전 달성을 위하여 상용 원전에서 사용되지 않던 CIMBA 연료 적용, 축 방향으로 다양한 농축도의 소결체 장입 등 새로운 연료봉에 대한 해석이 요구됨. CIMBA 연료에 대한 실험결과를 면밀히 분석하고, 기존 핵연료 특성을 기반으로 연료봉 코드의 해석 기능과 체계를 고도화할 예정임.
- 혁신형 SMR 노심 설계 시 반영되는 상위요건(24개월 주기, 무봉산 노심, 상부 탑재 노내계측기) 및 GDC 26 요건을 만족하기 위해 혁신적인 노심설계 기술 개발이 요구됨.
 - * 제어봉만으로 24개월 이상 잉여반응도를 제어하기 위해 농축 Gd을 이용한 가연성흡수봉 적용
 - * 제어봉 물질 내 B-10 비를 높이고, 제어봉 핀의 개수를 28개로 증가시켜 노심의 반응도 제어능력 확보
 - * GDC 26 요건 만족을 위해 냉각재 온도를 이용한 반응도 제어 전략 수립