

**'25년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제
품목개요서/제안요청서(RFP) (통합형 연구개발과제)**

관리번호	(재)2025 - 원자력 - 대형통합형 - 품목1		산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제 유형	<input type="checkbox"/> 원천기술	<input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품 <input type="checkbox"/> 실증형		원자력	-
해당여부	<input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 <input checked="" type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 프로젝트 <input type="checkbox"/> 혁신도전형 <input type="checkbox"/> 초고난도 <input type="checkbox"/> 핵심전략기술 <input type="checkbox"/> 유연컨소시엄 <input type="checkbox"/> 샌드박스 연계형				
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)				
프로젝트명	원전 탄력운전 기술개발사업				
1. 필요성					
<ul style="list-style-type: none"> ○ (정책·기술) 정부는 국정과제 이행을 위한 에너지 안보 및 탄소중립의 수단으로 원전을 적극 활용하고, 수출을 통한 원전 최강국 도약을 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 2050 탄소중립 목표 실현을 위해 재생에너지와 원전의 발전 비중이 증가함에 따라 전력계통의 안정성 확보 부담이 더욱 가중될 것으로 예상 - 전력계통의 안정적 운영을 위해서 원전의 출력증감발 요구가 증대되고 있어 원전의 탄력운전 확대를 통한 전력계통의 안정성 확보가 시급한 과제임 ○ (시장현황) 다수의 국가가 원전 신규 건설 계획을 발표함에 따라 글로벌 원전시장 확보를 위해 주요국이 치열한 경쟁 중임 <ul style="list-style-type: none"> - 전 세계 가동원전 415기 중 251기는 계속운전을 승인 받았고, 미국은 80년 계속운전도 승인. 체코, 폴란드 등 세계적으로 64기 신규 대형원전 건설 추진 중 (IAEA, WNA/24.9월 기준) - 국내 및 세계 각국에서 재생에너지 비중 확대로 원자력발전 등 기존 전력원의 탄력적 운영이 요구되고 있으며, 유럽의 경우 신규 원전에 대해 부하추종 성능요건 충족을 기본적으로 요구 * 체코 정부는 두코바니 원전건설사업에 탄력운전을 요건화하고 있음 ○ (사업화) 글로벌 원전 확대 전환기에서의 해외 원전 수출시장을 적기에 선점하기 위해서는 탄력운전 상용화 적용 기술이 매우 중요하고 시급함 <ul style="list-style-type: none"> - 정부의 2030년까지 원전 10기 수출목표 달성을 뒷받침하기 위해서는 미완성 핵심기술인 탄력운전 상용화 기술개발을 통한 수출경쟁력 강화가 필요하며 이에 대한 정부 차원의 적극적인 지원 필요 * 사업자 입장에서 탄력운전의 실시로 경제적 손실(원전 이용률 저하로 불리)이 발생할 수밖에 없으나, 전력 가격 변동성 완화, 재생에너지 전력망 및 ESS 구축 비용 절감과 원전 수출경쟁력 제고에 기여할 것으로 기대함 					
2. 프로젝트 개념					
<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개념) 무탄소에너지(CFE) 공급 확대에 따른 부하 변동에 대응하기 위해 원전의 유연성 확보 및 수출경쟁력 제고를 위한 대형원전의 탄력운전 설계, 제어 및 운영 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - (원전 유연성 확보) 원전 탄력운전 상용화 기술개발을 통한 출력변동 대응능력 향상으로 전력계통 안정성 확보 및 재생에너지 연계성 강화 - (수출 경쟁력 강화) 유럽사업자요건(EUR)을 충족하는 탄력운전 기술개발로 원전 수출경쟁력 강화 					

- **(기술개발방향)** 현재 국내 원전 탄력운전 제약성을 극복하고 상시적인 탄력운전을 위한 설계, 제어, 운영, 인허가 대응 기술개발
 - i) 탄력운전 상용화 시 잦은 출력 변화로 노심 안전성 확보가 관건 → 노심설계 및 안전성 평가기술 개발
 - ii) 원자로 출력변화 시 냉각수 및 증기 유량 변화 → 노심 외에도 1,2차 냉각계통 핵심기기의 안전성 평가방식 개선 필요 → 계통 영향평가 및 제어기술 개발
 - iii) 기존 한수원 내부 원자로 운영·조종 매뉴얼은 100-80-100% 출력 운전 및 비상시 대응 운전에 국한 → 운영 절차개발 및 운전 지원시스템 고도화

구분	세부 기술개발 내용
노심설계 및 안전성 평가 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> · 탄력운전용 노심설계 방법론 및 안전성평가 기술 개발 · 핵연료 건전성 평가체계 고도화 및 제어봉 운전제한치 완화 기술개발 · 부분강제어봉 개발 및 성능 검증
계통 영향 평가 및 제어 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> · 탄력운전을 위한 제어 감시시스템 및 검증 기술개발 · 탄력운전에 따른 계통설계, 안전해석 및 건전성 영향 평가
운영 절차개발 및 운전지원 시스템 고도화	<ul style="list-style-type: none"> · 실시간 3차원 노심출력분포 계산 및 운전지원 통합시스템 개발 · 탄력운전 대응 실증시험 운영절차서 개발

<개념도>



3. 개발목표 및 내용

- **(최종목표)** 원전의 출력변동 능력을 향상시키고 상시적인 탄력운전의 상용화를 위한 설계, 제어, 운영 및 인허가 대응 기술개발
 - (원전 탄력운전 기술 확보) 대형원전의 탄력운전 일일부하추종 및 국부주파수제어 실증을 위한 기술개발
 - (유럽 사업자요건 충족 기술개발) 일일부하추종 성능 100%-50%-100%, 연간 200회, 출력변동률 30% Pr/hr 및 국부주파수제어 성능 ±3% 출력변동내 주파수제어
- **(세부연구개발과제 연구내용)** 총괄과제와 7개 세부과제로 구성하여 역할분담을 통한 기술개발 추진

세부연구개발과제명	기술개발 목표 및 내용	비고
<p>(총괄) APR 원전 탄력 운전 종합 기술 개발 (TRL : 3 ~ 8단계)</p>	<p>□ 세부연구개발과제 종합관리 및 사업추진 방향 조정</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 세부연구개발과제 진도점검 및 운영관리 ○ 연구개발을 통해 도출된 연구결과물 상호 연계 지원 ○ 사업성과 실적 관리 및 보고 총괄 등 ○ 원전 탄력운전 상용적용 추진 계획 및 전략 수립 ○ 탄력운전 인허가 추진 전략 수립 및 인허가 보고서 총괄 관리 ○ 각 세부연구개발과제 기술보고서 총괄 관리 <p>※ 사업 주체가 되는 세부 연구개발기관이 총괄 역할 수행</p>	<p>공고시기 2025년 공고</p> <p>연구개발과제유형 혁신제품</p> <p>주관연구개발기관 기업</p> <p>정부납부기술료 비징수</p> <p>지원기간 43개월 이내</p>
<p>① (세부1) 탄력운전용 노심 설계 방법론 및 안전성 평가 기술 개발 (TRL : 5 ~ 8단계)</p>	<p>□ 탄력운전 조건을 반영한 핵연료의 건전성 및 노심의 안전성 평가를 포함하는 교체노심 설계방법론, 설계절차 개발 및 인허가 문서작성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ APR1400/APR1000 탄력운전 노심에 대한 노심설계, 안전성 평가 기술개발 및 연계자료 생산 ○ 탄력운전 적용 노심설계 및 안전해석 설계절차 구축 ○ 탄력운전을 반영한 RSEMR(교체노심 안전성평가방법론) 인허가신청 ○ APR1400/APR1000 노심부하추종운전 성능평가 	<p>공고시기 2025년 공고</p> <p>연구개발과제유형 혁신제품</p> <p>주관연구개발기관 기업</p> <p>정부납부기술료 징수</p> <p>지원기간 43개월 이내</p>
<p>② (세부2) 핵연료 건전성 평가체계 고도화 및 제어봉 운전 제한치 완화 기술 개발 (TRL : 4 ~ 8단계)</p>	<p>□ 핵연료 건전성 평가체계 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵연료 성능해석코드 및 범용 유한요소해석 S/W 기반의 핵연료 PCI 평가체계 고도화 및 검증 ○ 다양한 탄력운전 시나리오에 대한 핵연료 PCI 위험도 평가 ○ 실시간 핵연료 위험도 평가 방법론 개발 ○ 탄력운전시 PCI 위험도를 고려한 출력증감발 운전 지침 개발 <p>□ 제어봉 운전제한조건 완화</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄력운전 성능확보를 위한 제어봉 운전제한조건 완화 기술개발 ○ 제어봉 삽입허용 누적시간 확장안 유효성 평가 	<p>공고시기 2025년 공고</p> <p>연구개발과제유형 혁신제품</p> <p>주관연구개발기관 기업</p> <p>정부납부기술료 징수</p> <p>지원기간 43개월 이내</p>
<p>③ (세부3) 부분강제어봉 개발 및 성능 검증 (TRL : 5 ~ 8단계)</p>	<p>□ 탄력운전에 적합한 AIC(Ag-In-Cd) 흡수체 적용 부분강제어봉 개발과 상용공급을 위한 생산체계 및 제조품질 확보</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ AIC 흡수체 적용 부분강제어봉 설계(도면,시방서) ○ AIC 부분강제어봉 성능평가 및 노외 성능시험 ○ AIC 부분강제어봉 제조공정개발 및 생산체계 구축 ○ AIC 부분강제어봉 제조 품질 확보 	<p>공고시기 2025년 공고</p> <p>연구개발과제유형 혁신제품</p> <p>주관연구개발기관 기업</p> <p>정부납부기술료 징수</p> <p>지원기간 43개월 이내</p>

④ (세부4) 탄력운전을 위한 제어감시시스템 및 검증 기술개발 (TRL : 3 ~ 7단계)	<input type="checkbox"/> 원자력발전소 탄력운전에 최적화된 제어/감시시스템 및 검증 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄력운전 1,2차측 제어시스템 및 감시 기술개발 ○ 탄력운전 적용 비정상 운전시나리오 작성 및 MMIS 디지털 트윈(시뮬레이터)을 활용한 시나리오 검증 ○ 탄력운전 비정상 상태 진행 방지용 TCS(터빈제어시스템) 비상제어 논리 개발 ○ NSSS / BOP / TBN 설비 통합 시뮬레이션을 통한 발전소 제어영향 검토 ○ 출력제어계통(PCS)을 포함한 제어논리 적합성 확인 ○ 터빈 속도제어 논리 정합성 확인 ○ 최적 터빈 속도제어 상수(Speed Filter등) 도출 ○ NSSS / BOP / TBN 설비 통합 Governor Free 운전 제어성능 해석 Tool 개발 	공고시기	2025년 공고
		연구개발과제유형	혁신제품
		주관연구개발기관	기업
		정부납부기술료	징수
		지원기간	43개월 이내
⑤ (세부5) 탄력운전에 따른 계통 설계, 안전 해석 및 건전성 영향 평가 (TRL : 4 ~ 7단계)	<input type="checkbox"/> 원전 탄력운전 조건 및 AIC 부분강제어봉 적용에 따른 NSSS 계통설계, 안전해석 및 건전성 영향평가 <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄력운전에 따른 NSSS 계통설계 및 안전해석 기초 자료 생산과 방법론 검토 ○ 탄력운전 시나리오별 NSSS 계통설계, 안전해석 및 기기 건전성 평가 <input type="checkbox"/> 탄력운전 조건별 1차/2차 계통 핵심기기 환경유기손상 영향 평가 및 DB구축 <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄력운전 조건별 핵심기기 성능 영향자료 검토 및 평가대상기기 도출 ○ 탄력운전 조건별 핵연료 피복관 크러드 영향 평가 ○ 탄력운전 조건별 1차계통 핵심기기 환경 피로 및 손상 평가 ○ 탄력운전 조건별 2차계통 핵심기기 부식 손상 평가 <input type="checkbox"/> 탄력운전 터빈 핵심기기 건전성 평가 <ul style="list-style-type: none"> ○ 탄력운전 조건별 터빈 건전성 및 수명 평가 ○ 터빈 손상완화 및 로터 최적 운전방안 개발 	공고시기	2025년 공고
		연구개발과제유형	혁신제품
		주관연구개발기관	제한없음
		정부납부기술료	징수
		지원기간	43개월 이내
⑥ (세부6) 실시간 3차원 노심출력 분포 계산 및 운전 지원 통합시스템 개발 (TRL : 5 ~ 8단계)	<input type="checkbox"/> 실시간 운전자료(PI) 기반 3차원 고속 노심 감시 및 예측 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 발전소 운전자료 기반 3차원 고속 노심 출력 분포 계산 기술개발 및 검증 ○ 운전전략 시나리오 예측 정확도 향상 방법 개발 ○ 운전제한인자 실시간 감시(노심 침투계수, 연료봉 PCI) 기능 개발 ○ 탄력운전에 따른 동적 노심 거동 분석 기능 개발 	공고시기	2025년 공고
		연구개발과제유형	혁신제품
		주관연구개발기관	기업
		정부납부기술료	징수
		지원기간	43개월 이내

⑦ (세부7) 탄력운전 대응 실증시험 운영 절차서 개발 (TRL : 3 ~ 7단계)	<input type="checkbox"/> 일일부하추종 및 국부주파수제어 운전을 위한 운영 절차서 개발 <input type="checkbox"/> 탄력운전중 정기점검 시험을 위한 방법론 개발 및 발전소 안정상태 재정립을 반영하여 절차서 개선 <input type="checkbox"/> 운전원에 의해 일일부하추종운전 및 국부주파수제어 운전을 안전하게 수행할수 있도록 표준 운영절차서 신규 개발 <input type="checkbox"/> 탄력운전에 따른 기기 점검, 감시, 교정등 운영 절차 점검 및 개정 ※ 세부연구개발과제와 연계로 2차년도 착수	공고시기
		2025년 공고
		연구개발과제유형
		혁신제품
		주관연구개발기관
		기업
정부납부기술료		
징수		
지원기간		
34개월 이내		

4. 기타 지원 요건

○ 지원규모 : 43개월 이내

- 1차년도 정부지원연구개발비: 35억원 이내, 총 정부지원연구개발비: 294.5억원 이내)
 - 총괄과제 : 1차년도 : 0.3억원 내외, 총 정부지원 3억원 내외
 - 세부1 : 1차년도 : 5억원 내외, 총 정부지원 42억원 내외
 - 세부2 : 1차년도 : 3억원 내외, 총 정부지원 45억원 내외
 - 세부3 : 1차년도 : 5억원 내외, 총 정부지원 30억원 내외
 - 세부4 : 1차년도 : 8.7억원 내외, 총 정부지원 34.5억원 내외
 - 세부5 : 1차년도 : 5억원 내외, 총 정부지원 66억원 내외
 - 세부6 : 1차년도 : 8억원 내외, 총 정부지원 42억원 내외
 - 세부7 : 1차년도 : -, 총 정부지원 32억원 내외 (2차년도 착수)

○ 개발위험 극복방안

- 실제 적용을 위한 요소기술, 평가·감시 기술, 운전지원 및 운영기술 개발이 공통 목표 아래 체계적으로 이루어져야 함. 단기간에 기술개발 및 인허가를 위해, 대형 통합형과제로 추진하여 현안에 대한 신속한 결정과 협력체계 확보 등 효율적인 과제 수행을 통한 기술적 목표 달성이 요구됨
- 수요기업의 적극적인 과제 참여를 통해, 적용성을 평가하고 대두될 문제점에 대한 대응기술 확보 방안과 규제기관과의 소통을 강화하여 인허가를 조기 확보 할 수 있도록 협력체계 구축 필요

○ 기타사항

- 대형통합형과제로 총괄주관연구개발기관이 세부연구개발과제를 포함하여 총괄연구개발 형태로 컨소시엄을 구성하고, 1개 총괄연구개발과제 및 7개 세부연구개발과제 별로 연구개발계획서를 제출
- AIC 부분강제어봉은 국내 APR1400 노심에 우선 적용하여 실증할 예정이며, 해외 수출형인 APR1000 노심 적용은 체코 원전 입찰서를 기반으로 기존 인코넬 부분강제어봉 기반으로 평가하되 향후 계약확정 단계에서 AIC 부분강제어봉으로 설계 변경 시에는 APR1000 노심 적용을 고려할 수 있음