

2025년도 사업계획 적정성 검토 보고서

SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업

2026.7.

제 출 문

과학기술정보통신부 장관 귀하

본 보고서를 「SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업」의 사업계획 적정성 검토 최종보고서로 제출합니다.

2026. 7.

주관연구기관명: 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

내 부 연 구 진: 용태석 KISTEP 연구위원(PM)
안상진 KISTEP 연구위원
이승현 KISTEP 연구원

외 부 자 문 단: 박병기 순천향대학교 교수
박찬국 한국외국어대학교 교수
정진엽 (사)한국에너지기술·방재연구원 원장
최영 현대건설(주) 전무
홍진기 한국원자력안전기술원 책임연구원

목 차

요 약	1
제 1 장 사업 개요 및 조사방법	25
제 1 절 사업 개요	25
1. 사업 추진 배경 및 필요성	27
2. 사업 목적 및 목표	32
3. 세부과제 구성 및 내용	36
4. 사업 추진체계	36
5. 사업 추진 일정	38
6. 사업 예산	39
제 2 절 조사방향	40
1. 항목별 조사방법	40
제 2 장 기초자료 분석	43
제 1 절 소형모듈원자로의 개념 및 구성요소	43
1. 소형모듈원자로의 개념	43
2. 소형모듈원자로 구성 및 종류	44
제 2 절 소형모듈원자로 정책 및 산업 동향	47
1. 소형모듈원자료 관련 국내외 정책 동향	47
2. 소형모듈원자료 관련 국내외 산업 동향	52
제 3 절 소형모듈원자로 제작을 위한 공정 기술	57

1. PM-HIP(분말야금열간등압성형) 기술	57
2. EBW(전자빔 용접) 기술	62
3. 적층제조 기술	64
제 3 장 과학기술적 타당성 분석	67
제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성	67
1. 문제/이슈의 적절성	67
2. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 필요성	71
제 2 절 사업목표의 적절성	73
1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성	74
2. 사업목표 · 성과목표 설정의 적절성	47
3. 사업 성과지표의 적절성	77
4. 수혜자 표적화의 적절성	79
제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성	82
1. 세부활동과 사업목표와의 연관성	82
2. 세부활동 도출의 적절성	82
제 4 장 정책적 타당성 분석	103
제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제	103
1. 상위계획과의 부합성	103
2. 사업 추진체제 및 추진의지	109
3. 사업 추진 상의 위험요인	116
제 5 장 경제적 타당성 분석	120
제 1 절 총사업비 구성	120
제 2 절 총사업비 검토	121

1. 세부과제1(SMR 적용을 위한 초대형 PM-HIP 설비 국산화 개발)	121
2. 세부과제2(SMR적용을 위한 최적 EBW용접 시스템 개발 및 시제품 제작)	126
3. 세부과제3(SMR적용을 위한 적층제조 기술 및 부품 개발)	128
제 6 장 종합분석 및 결론	130
제 1 절 사업계획 원안에 대한 조사결과	130
제 2 절 주관부처 소명자료에 대한 검토결과	132
제 3 절 대안의 도출	140
참 고 문 헌	143

표 목 차

<표 1-1> 사업 성과지표.....	33
<표 1-2> 기술개발 내용.....	36
<표 1-3> 과제별 · 연차별 정부 및 민간 소요예산.....	39
<표 2-1> SMR 세대 및 원자로 유형.....	46
<표 2-2> 국내 기관 및 기업 SMR 프로젝트 현황.....	52
<표 2-3> 미국 실증 준비 단계 선진 원자로.....	54
<표 3-1> 국외 시장 및 산업 동향 요약표.....	67
<표 3-2> SMR 기업 현황 요약표.....	68
<표 3-3> 주관부처가 제시한 문제/이슈.....	70
<표 3-4> 동 사업의 논리모형.....	73
<표 3-5> 사업목표와 성과목표.....	75
<표 3-6> 성과지표 정의 및 측정방법.....	77
<표 3-7> 동 사업 수혜자 및 수혜내용.....	79
<표 3-8> 성과전달경로.....	80
<표 3-9> 개발기술별 수혜업종 및 잠재 수혜기업.....	81
<표 3-10> 세부활동 구성.....	82
<표 3-11> 총괄과제 평가표.....	83
<표 3-12> 세부활동 구성.....	84
<표 3-13> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	86
<표 3-14> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	88
<표 3-15> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	89
<표 3-16> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	91
<표 3-17> 1-1 과제 성과지표.....	94
<표 3-18> 1-2 과제 성과지표.....	95
<표 3-19> 1-3 과제 성과지표	96
<표 3-20> 1-1 과제 기술로드맵.....	97
<표 3-21> 1-2 과제 기술로드맵	98
<표 4-1> 상위 계획과의 부합성 조사 결과.....	103

<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 결과.....	103
<표 4-3> 차세대 원자로 민관 협력 추진전략 주요 내용	108
<표 4-4> 차별성 검토 대상 사업 목록.....	109
<표 4-5> 주관부처 제시 초대형 PM-HIP 핵심 제조공정기술 개발과제와 동 사업의 비교.....	110
<표 4-6> 주관부처 제시 초대형 전자빔 용접(EBW) 기술 및 공정 개발과제와 동사업의 비교...	111
<표 4-7> 원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D프린팅 기반 제작 및 표준화 기술 개발과제와 동사업의 비교.....	112
<표 4-8> 발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발과제와 동사업의 비교...	113
<표 4-9> Fast cooling 시스템이 적용된 열간 등방가압성형 장비 국산화 기술개발 과제 개요...	114
<표 4-10> 원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가 과제 개요.....	115
<표 4-11> 총괄 예산표.....	116
<표 5-1> 과제별 · 연차별 정부 및 민간 소요예산.....	120
<표 5-2> 세부과제1 세부기술별 연차별 예산.....	121
<표 5-3> 과제1의 비목별 연차별 예산현황 총괄표.....	123
<표 5-4> 과제1의 인건비 투입현황.....	123
<표 5-5> 기획보고서에 제시된 연차별 인력투입 계획.....	124
<표 5-6> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	124
<표 5-7> 세부과제1 세부기술별 사업비 구성내역.....	125
<표 5-8> 세부과제2 세부기술별 연차별 예산.....	126
<표 5-9> 과제2의 비목별 연차별 예산현황 총괄표.....	127
<표 5-10> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	128
<표 5-11> 세부과제3 세부기술별 연차별 예산.....	129
<표 6-1> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	133
<표 6-2> ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	134
<표 6-3> 사업계획 원안과 사업계획적정성검토 대안의 비교.....	141
<표 6-4> 동 사업 연도별 사업비 주관부처 요구(안) 및 적정성검토(안)	142

그림 목차

[그림 1-1] 사업의 비전체계도.....	34
[그림 1-2] 동 사업의 논리모형.....	35
[그림 1-3] 추진체계.....	37
[그림 1-4] 추진 주체별 역할 및 기능.....	37
[그림 1-5] 사업목표와 세부활동 간의 연관관계 개념도.....	41
[그림 2-1] 대형원전과 SMR 비교.....	44
[그림 2-2] 대형원전과 SMR 구조.....	45
[그림 2-3] 차세대 원자력 핵심이슈 기반 임무 및 목표 도출.....	48
[그림 2-4] 국가별 SMR(소형 모듈형원자로) 개발 현황.....	53
[그림 2-5] 주요 중국 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황.....	56
[그림 2-6] 초대형 PM-HIP 설비 구성도.....	57
[그림 2-7] PM-HIP 제작 공정.....	58
[그림 2-8] Gas Atomizer 구성도.....	58
[그림 2-9] PM-HIP으로 제작된 1/2 Scale SMR 부품, EPRI.....	60
[그림 2-10] 일본 MTC에서 운용중인 현존 세계최대 크기의 HIP 설비.....	61
[그림 2-11] ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	63
[그림 3-1] 과제별 성과관리 지표(안).....	76
[그림 3-2] PM-HIP 공기절감 근거.....	78
[그림 3-3] EBW 공기절감 근거.....	79
[그림 3-4] 개발기술 중심 공급망.....	80
[그림 3-5] 동 사업 기술개발 로드맵.....	102
[그림 4-1] 제5차 과학기술기본계획 중점 추진 과제.....	104
[그림 4-2] 제6차 원자력진흥종합계획 비전 및 정책방향.....	105
[그림 4-3] 제5차 에너지기술개발계획 비전 및 전략.....	106
[그림 4-4] 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안 주요 내용.....	107
[그림 4-5] ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	118
[그림 5-1] ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	122
[그림 6-1] ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준에 따라 비공개.....	139

후

여



요약

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

1. 사업 개요

가. 사업 추진배경 및 필요성

☐ 사업 추진배경

- AI 등 첨단 산업 확대에 따른 에너지 수요 증가에 따라 탄소중립 달성이 가능한 원전의 중요성이 부각되고 있고, 특히 안전성과 유연성이 강화된 SMR은 향후 원전산업 주도권을 결정
- 미국 등 주요 선진국은 SMR 개발·실증을 주도하고 정부는 정책 및 제도 측면에서 지원을 강화하여 혁신성과 시장 경쟁력을 보유한 기술개발 환경을 조성
- 세계 최고 수준의 원전 건설 경험과 연구개발 역량을 보유한 우리나라는 '혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)' 개발에 착수하며 2028년까지 표준설계인가 완료하여 본격적으로 글로벌 SMR 시장에 진입할 예정

☐ 사업 추진 필요성

- 에너지 안보 확보·2050 탄소중립 달성 및 에너지 수요의 다변화에 유연히 대응할 수 있는 무탄소 기저전원으로 SMR의 국내 개발 역량 확보 필요
- 글로벌 SMR 시장에서의 경쟁력의 핵심은 제조 혁신(제작 공기 단축 및 제조비용 절감)을 통한 적시 건설 및 비용 경쟁력의 확보
- 첨단 제조 산업으로 전환을 위한 미래 신기술 확보 필요

2 SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업 사업계획 적정성 검토 보고서

☐ 사업 시급성

- 전 세계적인 SMR 개발 경쟁 심화, 2030년 전후 상용화 및 시장 급성장 전망으로 글로벌 시장 선점을 위해서는 SMR 상용화 기술과 혁신제조기술 개발 및 설비 조기 확보가 시급한 상황
- 글로벌 Top 수준 원전 제조 역량에도 불구하고, 주요 경쟁국의 추격에 대비하고 SMR 시장 선점을 위한 초격차 기술 확보가 시급

나. 사업 개요

☐ 사업 목적

- 세계 최고 수준의 SMR 제조 경쟁력 선점을 위한 미래 新기술 확보

☐ 사업 목표

- SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신 제조 장비 및 기술 개발

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- (성과목표) SMR 혁신제조 기술 적용을 위한 ① 혁신 제조 장비 국산화 5건 및 ② 혁신 제조 공정 적용 시제품 제작 11건

☐ 사업기간: 2026년 ~ 2031년(6년)

☐ 사업규모: 2,694.5억 원(국고: 1,128.85억 원, 민자: 1,565.65억 원)

☐ 추진체계: 기후에너지환경부가 주관하며 전담기관인 한국에너지기술평가원과 사업 심의위원회로 구성

☐ 주요내용

- (내역사업1-1. SMR 적용을 위한 초대형 PM-HIP 설비 국산화 개발)

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- (내역사업1-2. SMR 적용을 위한 최적 EBW 용접 시스템 개발 및 시제품 제작) SMR RV 및 CV의 대형 원주방향 및 길이방향 용접을 위한 대형 EBW 시스템 구축
- (내역사업1-3. SMR 적용을 위한 적층제조 기술 및 부품 개발) SMR 적용 금속적층 제작이 가능한 In-situ 적층제조시스템 구축 및 기기/부품 적층제조 공정 기술 개발

2. 조사 방법

가. 과학기술적 타당성 분석

☐ 문제 및 이슈 도출의 적절성

- (문제/이슈 발굴 및 원인 분석의 적절성 검토) 주요 문제/이슈가 적절한 과정을 통해 도출되었는지, 도출된 문제/이슈에 대한 원인 분석 등이 적절히 이루어졌는지, 제시된 근거 등이 적절한지 검토
- (과학기술 기반의 문제/이슈 해결의 필요성 검토) 대안 존재 여부와 효과성, 동 사업 문제해결을 위한 대규모 중장기 R&D 사업 추진 필요성, 동 사업 기술개발을 통해 문제/이슈가 해소되는 정도 검토

☐ 사업목표의 적절성

- (목표설정의 적절성 검토) 사업목표가 측정 가능하도록 정량적으로 제시되어 있는지 검토
- (성과목표/지표의 적절성 검토) 제시된 목표가 도전적이면서도 타당하고 합리적인 수준으로 제시되었는지, 적절한 측정수단이 구체적으로 제시되었는지 등 사업의 성과지향적 관리가능성에 대한 검토

☐ 세부활동 및 추진전략의 적절성

- (세부활동과 사업목표와의 연계성 검토) 동 사업의 세부활동들이 사업목표와 논리적으로 일관성을 가지고 상호 연계되는지 검토
- (세부활동 도출의 적절성 검토) 세부활동 도출을 위한 수요조사 및 우선순위 설정 과정의 적절성 등을 검토
- (세부활동 구성 및 내용의 적절성 검토) 세부활동의 범위, 규모(예산) 산출의 근거, 세부활동의 성과목표, 성과지표(성능지표)의 적절성 등을 검토

4 SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업 사업계획 적정성 검토 보고서

- (기간추정 및 시간적 선후관계의 적절성 검토) 세부기술별 기술개발 내용과 시간적 논리적 선후행 관계를 고려한 추진 기간, 기술개발 로드맵 등이 적절히 설정되었는지 등 검토
- (추진전략의 적절성 검토) 동 사업이 SMR 산업생태계 구축에 기여하기 위한 추진 전략, 성과활용방안의 적절성 검토

나. 정책적 타당성 분석

☐ 정책의 일관성 및 추진체제

- (상위계획과의 부합성 검토) 사업 추진내용과 목표 등이 제5차 과학기술기본계획 및 관련 상위계획과 부합하는지 검토
- (사업 추진체제 및 추진의지 검토) 기존 추진 중인 국가연구개발사업·과제와의 차별성, 연계협력 방안의 적절성 검토

☐ 사업 추진 상의 위험요인

- (재원조달 가능성 검토) 사업의 원활한 추진을 위한 재원 부담 주체별(정부/민간) 재원조달 방안 및 재원분담 방식의 적절성 검토
- (법/제도적 위험요인 검토) 혁신제조 국제표준 및 규제요건 확립 지연에 따른 사업일정 변동 가능성, WTO보조금 협정 위배여부 등 검토

다. 경제적 타당성 부문

☐ 총사업비 검토

- 동 사업의 세부활동별 기술개발 계획과 지원 범위에 따른 비용 산정 근거의 적절성 검토
- 세부과제 연구개발비 등 유사 사업·과제 연구비 규모 분석, 연구인력 투입계획의 적정성을 고려한 총사업비 적정성 검토

제 2 장 과학기술적 타당성 분석

1. 문제/이슈 도출의 적절성

가. 문제/이슈의 적절성

- ☐ 문제/이슈 식별을 위한 환경분석 절차는 확인되나 동 사업 범위에 특화된 분석은 미흡
 - 주관부처는 문제/이슈 식별을 위해 정책적, 경제적, 사회적, 기술적 환경분석 결과를 제시하였으나 대부분의 환경분석이 SMR이나 원자력발전 등 동 사업 범위보다 넓은 분야에서 수행되어 동 사업 범위인 SMR혁신제조와의 직접적 관련성은 높지 않음
- ☐ SMR제작 경제성 확보에 초점을 맞춰 기술개발 필요성을 강조하고 있으나 혁신제조 기술의 신뢰성, 안전성 관련 검토는 미흡
 - SMR 제조기술 경쟁력 확보를 위해서는 제작 경제성 확보 뿐 아니라 혁신제조기술에 대한 안전성과 신뢰성 확보가 병행되어야 함에도 혁신제조기술이 기존의 제조 방식을 충분히 대체할 수 있는지에 대한 기술적 검토 결과 제시는 미흡
- ☐ SMR자체의 글로벌 경쟁력 확보와 SMR 기기 제조기술의 경쟁력 확보, SMR공급망의 글로벌 경쟁력은 구별되는 개념임에도 동일선상에서 혁신제조 기술개발 필요성을 제시
 - 한국이 SMR세계시장을 선도(SMR 상용화 및 글로벌 경쟁력 확보)하는 것과 SMR 혁신제조 기술 경쟁력을 확보(SMR 제조 파운드리로서의 경쟁력 확보)하는 것은 서로 다른 영역임에도 문제/이슈에서는 이를 동일시하여 혁신제조 기술개발 필요성을 제시

나. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 중요성 및 필요성

- ☐ 문제/이슈 해결을 위한 수단으로서 SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신제조 장비 및 기술개발은 필요하다고 판단되나 동 사업 내 추진 당위성이 미흡한 과제가 존재

- (PM-HIP) PM-HIP설비 국산화 목표 달성 방안의 실효성, 구체성 등이 미흡하여 기술주권 확보 측면에서 외산장비 도입 대비 국산화가 가지는 의의를 명확히 입증하기에 한계가 존재
- (EBW)

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- (적층제조) 주 기기 제작용 부품 10개의 제작과는 직접 관련이 적고, 중장기적으로 대형 단조 및 절삭 중심 공급망 의존성을 완화하기 위해 고려된 유연한 SMR 제조공정에 적합한 기술이라는 점에서 다소 이질적

2. 사업목표의 적절성

가. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

- ☐ SMR 기기의 제작공기 단축과 비용 절감을 위한 혁신제조 장비 및 기술개발이라는 사업목표는 기존 제조 기술의 한계를 극복하는 SMR 제조기술 혁신 전환이라는 문제/이슈와 연관성이 존재
- SMR 혁신 제조 장비 및 기술 개발을 통해 SMR 기기의 제작공기 단축과 제조비용 절감이 이루어질 경우 SMR 제작 경제성을 확보하게 되어 SMR상용화와 글로벌 경쟁력 확보에도 일정 부분 기여할 수 있을 것으로 예상되므로 동 사업목표와 문제/이슈 간 연관성이 존재한다고 판단됨
- 단, 동 사업을 통해 SMR에 특화된 혁신제조 기술이 개발되어도 해당 기술의 현장 적용을 위해서는 인증 등 후속절차가 별도 추진되어야 SMR 제작 경제성 확보를 실현할 수 있을 것임

나. 사업목표 · 성과목표 설정의 적절성

- ☐ 성과목표와 사업목표 간 연관성은 존재하나 정량적 목표치 간 연계성은 미흡
- ‘SMR 혁신제조 기술 적용을 위한 혁신제조 설비 국산화 및 혁신제조 공정 적용 시제품 생산’이라는 성과목표 달성 시 ‘SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신 제조 장비 및 기술 개발’이라는 사업목표 달성이 가능하므로 성과목표와 사업목표 간 연관성이 존재한다고 판단됨

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ 동 사업은 SMR 혁신제조 “국산화” 기술개발사업으로서 제조설비를 국산화하기 위한 사업임에도 국산화율이 성과목표나 지표에 포함되지 않음
 - 일부 장비는 해외에서 수입하는 등 개발하고자 하는 설비나 시스템을 100% 국산화하는 것은 아닌 상황에서 국산화 건수만을 성과지표로 제시할 경우 혁신제조 설비 국산화 현황 파악에 한계 존재
- ☐ 국산화율 지표가 부재하다는 의견에 대해 비용기준 국산화율 범위를 제시하는 등 일부 보완이 이루어졌으나, 현재 지표만으로는 핵심원천기술 확보여부를 측정하기에 한계가 있고 성과지표로서의 의의도 불분명
 - 요소 기술별 난이도 및 중요도에 따른 가중치를 반영한 차등계산이 필요함에도 단순 비용 기준으로 측정되도록 국산화율 지표를 설계하여 제시된 성과지표로는 핵심원천기술 확보여부나 산업의 실질적인 글로벌 경쟁력을 측정하기 어려움
 - 3개 과제 모두 국산화 100% 달성이 불가한 상황에서 제시된 성과지표 달성이 지니는 의의가 명확하지 않고 사업성과-정책목표 간 연계 논리가 미흡

다. 사업 성과지표의 적절성

- ☐ 동 사업 특성을 고려할 때 성과지표로서의 관련성이 높지 않은 지표가 포함되어 있고, 일부 성과지표의 목표치 설정 근거가 불분명한 부분이 존재
 - 성과지표로 논문을 제시하고 있으나 혁신 제조기술의 상용화를 목표로 추진되는 동 사업과의 부합성이 높지 않으며 논문으로 공개시 오히려 기술이나 정보유출의 가능성도 있어 적절성이 낮다고 판단됨
 - 공기단축과 비용절감 지표의 경우 추가 제출자료를 통해 측정방법과 산식을 보완한 점은 긍정적이나, 일부 근거가 불분명하거나 고려되지 못한 부분이 존재

라. 수혜자 표적화의 적절성

- ☐ 동 사업의 수혜자 및 수혜내용, 성과전달경로를 제시하였으나 원론적인 내용으로 구체성이 미흡
 - 동 사업의 수혜가 어떠한 기업에 어떤 방식으로 전달될 수 있는지에 대한 구체적 전달경로 제시가 미흡
- ☐ 주관부처는 추가제출자료를 통해 개발기술 중심 공급망과 잠재 수혜기업 제시 등을 보완하였으나, 실질적인 수혜 전달경로의 구체성은 여전히 미흡
 - 잠재 수혜기업을 구체화한 점은 바람직하나, 개발되는 기술이 실제 어떤 기업에 어떻게 전달될 수 있는지, 협력업체가 참여하여 공동 개발을 한다면 어떤 분야에서 어떤 기술을 습득하여 수혜를 받게될 것인지 등 수혜가 전달되는 실질적인 방식이나 근거 제시는 미흡

3. 세부활동 및 추진전략의 적절성

가. 세부활동과 사업목표와의 연관성

- ☐ 3개의 세부활동은 사업목표와의 연관성이 존재
 - 3개 세부과제는 SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신제조 장비 및 기술을 개발하는 내용으로 사업목표와 연관성이 존재

나. 세부활동 도출의 적절성

(1) 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성

- ☐ 세부활동 도출을 위한 수요조사 및 우선순위 설정과정은 확인되나, 3개의 최종과제를 확정한 객관적 근거제시는 미흡
- ☐ 세부활동 구성을 위한 수요조사와 사업목적/목표 간 전략적 정합성 미흡
 - 기획과정에서 사업의 목적/목표가 변경되었음에도 기존 목적/목표하에서 도출된 수요로부터 최종 과제를 확정하였고, 그 결과 현행 과제 구성이 변경된 사업 목표를 달성하기 위한 산·학·연의 전략적 수요를 충분히 포괄하지 못하고 있을 가능성 존재

(2) 세부활동 구성 및 내용의 적절성

- ☐ 동 사업은 1개 내역사업 3개 과제로 구성되어 SMR 혁신제조 설비 국산화를 성과목표로 설정하고 있으나 실질적 국산화 달성 근거가 미흡하고 일부 기술은 동 사업 내 추진 필요성이 낮음

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ (1-3) WAAM 기술개발은 주 기기 제작용 부품과 직접 관련은 적지만, 중장기 관점에서 유연한 SMR 제조공정을 준비한다는 의미는 존재
 - 차세대 원자력 분야 초격차 기술개발 로드맵(24년 수립)상 DLC시스템 국산화가 포함되었으나 국산화 효용성이 낮다는 판단에 따라 본 사업 기획시 DLC기술개발을 제외하고 와이어 기반 적층제조 기술 국산화로 변경된 절차는 불분명
 - 비록 WAAM 기술개발이 주 기기 제작용 부품 10개의 제작과는 직접 관련이 적지만, 중장기적으로 대형 단조 및 절삭 중심 공급망 의존성 완화를 위해 고려된 유연한 SMR 제조공정에 적합한 기술이라는 점을 소명

다. 세부활동별 성과지표의 적절성

- ☐ 달성하고자 하는 목표치 설정근거가 명확하지 않고 일부 성과지표의 구체성, 실효성, 목표치 측정방법 등이 미흡
 - (1-1) 달성하고자 하는 정량적 성능지표 설정의 타당성이 미흡
 - (1-2) 성과물의 질적수준 측정이 어려운 산출지표 위주로 구성되고, 목표치 측정방법 제시가 미흡
 - (1-3) 일부 성과지표의 구체성, 대표성이 불분명

라. 기간추정 및 시간적 선후관계의 적절성

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

마. 추진체계 및 전략의 적절성

- ☐ 특정기업에 대한 수혜집중 우려를 불식시키고 국고지원 당위성 확보를 위한 추진 전략 제시가 미흡

- 특정 기업이 동 사업 3개 과제에 모두 참여할 예정이며, 특히 동 사업 전체 예산의 84.6%를 차지하는 PM-HIP의 경우 해당 기업이 소유하며 주로 활용할 예정으로 대규모 국비가 투입된 인프라가 특정 기업의 전유물화될 수 있다는 우려 존재
- 주관부처가 제시한 중소중견기업의 사업 참여 확대방안은 바람직하나 실효성 확보를 위한 제도화가 병행될 필요
- SMR제조산업 생태계 구축을 위한 추진체계 및 전략의 구체성이 미흡
 - 주관부처가 SMR제조산업 생태계 구축 방안으로 SMR 주기기 제조 산업 생태계 구성 요소와 산업 표준공정DB, 매뉴얼 구축, 기술교류회 개최 등의 전략을 제시한 점은 바람직하나 중소기업에 대한 실질적인 기술이전 방안 및 해외 공동진출 지원에 대한 구체적 실행주체와 전략적 로드맵 등이 보완될 필요
- PM-HIP 제작 과정에서 발생가능한 리스크 관리 전략이 부재
 - 초대형 압력용기 제작은 초고압 소재의 가공 및 열처리 기술 난이도가 높아 제작 과정에서 예상치 못한 문제가 발생할 개연성이 높음에도 이에 따른 일정 지연 등의 리스크를 관리하기 위한 전략은 제시되지 않음
- SMR혁신제조를 위해 3개의 과제를 동 사업을 통해 함께 추진할 계획이나, PM-HIP, EBW, 적층제조 간 전주기 제조공정 관점의 통합/연계 로드맵 제시가 미흡

제 3 장 정책적 타당성 분석

1. 정책의 일관성 및 추진체제

가. 상위계획과의 부합성

- ☐ 과학기술분야 최상위 법정계획(필수계획)인 「제5차 과학기술기본계획(2023~2027)」 및 유관 과학기술 분야 중장기 계획(선택군 계획)과의 부합성을 검토한 결과, 상위 계획과의 부합성은 대체로 적절

<표 1> 상위계획과의 부합성 조사결과

구분	계획명	부합도		
		낮음	보통	높음
필수계획	제5차 과학기술기본계획('23~'27)		○	
선택군 계획	제6차 원자력진흥종합계획('22~'26)			○
	제5차 에너지기술개발계획('24~'33)			○
기타계획	차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안		○	
	차세대 원자로 민·관 협력 추진전략('24.2)		○	

<표 2> 상위계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

2. 사업 추진체제 및 추진의지

가. 유사사업(과제)과의 차별성 분석

- ☐ 현장수요대응 원전첨단제조기술 및 부품장비기술개발사업의 PM-HIP 및 EBW 관련 선행과제와 차별성이 존재

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ 유사과제 ‘원자력 핵심기술개발 사업의 원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D프린팅 기반 제작 및 표준화 기술개발 과제’는 분말적층제조 기술이나 동 사업은 와이어 적층제조 기술로서 차별성 존재
- ☐ 유사과제 ‘발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발 과제’는 분말적층제조 기술이나 동 사업은 와이어 적층제조 기술로서 차별성 존재

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ 원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가는 레이저를 통한 용접(WLAM) 내용인 반면 동 사업은 아크를 이용한 용접(WAAM)이라는 점에서 차별성 존재

3. 사업 추진상의 위험요인

가. 재원조달 가능성

- ☐ 중기재정계획에 동 사업 추진계획이 미반영되어 국고조달의 불확실성이 존재
 - 주관부처는 국고 및 민간재원 조달 규모를 각각 1,128.85억 원과 1,565.65억 원으로 계획하고 있으며, 1차년도 국고예산 81.3억원이 '26년 예산에 반영되었다고 제시
 - 다만 예타면제가 '25년 8월에 확정되면서 '25년초 수립되는 중기재정계획에 동 사업이 미반영되어 '26년 중기재정계획에 반영예정인 상황으로 국고조달의 불확실성은 존재하는 상황
 - 동 사업에 대한 기업의 참여의향과 민간부담금 매칭 의향 확인 결과 참여의향금액이 민간재원 조달규모를 상회하여 민간재원조달의 위험요인은 낮은 것으로 판단됨

나. 법/제도적 위험요인

(1) 관련 법/제도

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ 기술개발 이후 상용화 단계에서 발생할 수 있는 구체적 위험요인(적층제조 과제 관련)에 대한 대안마련 미흡

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

제 4 장 경제적 타당성 분석

1. 총사업비 구성

- ☐ 주관부처는 동 사업에 대해 2026~2031년까지 6년간 총 2,694.5억 원의 예산 투입을 계획
 - 전체 예산 중 국고(1,128.85억 원)와 민자(1,565.65억 원) 비중이 41.9%대 58.1%로 민자가 더 큰 비중을 차지
 - 1-1(PM-HIP) 과제 예산이 2279.50억 원으로 전체 예산 2694.50억 원의 84.6%를 차지하며 1-2(EBW) 과제와 1-3(적층제조) 과제 예산이 각각 9.1%(245억 원)와 6.3%(170억 원)를 차지

2. 총사업비 검토

가. 세부과제1(SMR 적용을 위한 초대형 PM-HIP 설비 국산화 개발)

- ☐ (예산 총액규모의 적절성) 해외 설비 제조사의 PM-HIP 설비 예가와 비교시 세부 과제1의 예산 규모는 과다계상 가능성이 존재

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- 세부과제1은 현재 국내외에 존재하지 않는 초대형 PM-HIP설비를 개발한다는 점을 고려시, 기존 유사과제와의 비교를 통한 예산규모 적절성 판단은 적절하지 않아 해외 설비 제조사의 PM-HIP설비 예가와와의 비교를 통해 예산규모 적절성 판단

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ (비목별 예산의 적절성) 인건비, 용역비 등 일부 비목의 예산 산정근거 미흡하며 용역비, 연구활동비 산정근거의 구체성 미흡
- 연차별 투입인력 규모만 제시되고 해당 규모의 인력이 필요한 사유가 제시되지 않아 인력 규모의 적정성 판단이 어려움

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

☐ (세부기술별 사업비 배분구조의 적절성)

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

나. 세부과제2(SMR적용을 위한 최적 EBW용접 시스템 개발 및 시제품 제작)

☐ (예산 총액규모의 적절성) 기존 유사과제와 비교시 세부과제2 예산 총액규모는 적정수준으로 판단됨

☐ (비목별 예산의 적절성) 투입인력 산정근거가 부재하고 인건비 예산 불일치, 연구 활동비 산출 근거가 불분명하고 연구시설장비비 비목분류 타당성이 낮음

다. 세부과제3(SMR적용을 위한 적층제조 기술 및 부품 개발)

☐ (예산 총액규모의 적절성) 기존 유사과제와 비교시 세부과제2 예산 총액규모는 적정수준으로 판단됨

☐ (비목별 예산의 적절성) 인건비, 용역비 등 일부 비목의 예산 산정근거가 미흡

제 5 장 종합분석 및 결론

1. 사업계획 원안에 대한 조사결과

- ☐ SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신제조 장비 및 기술개발은 필요하다고 판단되나, 제시된 내용이 문제/이슈 해결을 위한 최적 방안임을 입증하기 위한 세부적 대안 비교 분석은 미흡
- (PM-HIP) PM-HIP설비 국산화 목표 달성 방안의 실효성, 구체성 등이 미흡하여 PM-HIP 설비 국산화 기술개발이 최적의 방안임을 입증하기 어려움
- (EBW)

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- (적층제조) 반드시 동 사업에서 함께 추진해야 하는 당위성에 대한 소명이 불충분
- ☐ 특정기업에 대한 수혜집중을 넘어 건설한 SMR 산업생태계 구축을 위한 추진전략 구체화 및 이행이 중요
- 특정 기업이 동 사업 3개 과제에 모두 참여*할 예정이며, 특히 동 사업 전체 예산의 84.6%를 차지하는 PM-HIP의 경우 해당 기업이 소유하며 주로 활용할 예정
 - * PM-HIP 과제 주관기관, EBW과제 수요기업, 적층제조 과제 참여기관
- 대규모 국비가 투입된 인프라가 특정 기업의 전유물화될 수 있다는 우려 존재
- ☐ 동 사업은 SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업으로서 제조설비를 국산화하기 위한 사업임에도 국산화율 지표설정 및 국산화 달성 전략이 미흡

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ 예산산정 근거가 미흡하여 현재 제시된 자료를 기준으로 적정 예산 규모 도출이 제한됨
 - 투입인력 산정근거 부재, 용역비·연구활동비·재료비 등의 산출근거 미흡
 - * 전문 참여기관 견적, 국책과제 실적기준, 전문업체 견적가 등으로만 제시되고 견적서가 제시되지 않음

2. 주관부처 소명자료에 대한 검토결과

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ (적층제조) 비록 WAAM 기술개발이 주 기기 제작용 부품 10개의 제작과는 직접 관련이 적지만, 정부투자 공백영역 해소를 위한 중장기 관점의 고려 필요
 - 적층제조 과제는 기술수요조사를 통해 제안된 과제로서 분과위원회 논의를 통해 최종 과제로 선정되었다고 소명
 - 동 사업의 목표인 공기단축 및 비용절감을 위해 적층제조(WAAM) 기술이 PM-HIP, EBW와 연계한 통합추진이 필요함을 제시
 - SMR 적용을 지향하며 계획된 정부출연연구기관의 WAAM예산이 미반영됨에 따라 정부투자 공백영역 해소를 위한 고려가 필요
- ☐ SMR 산업생태계 구축을 위해 개략적인 추진전략을 제시
 - 비록 PM-HIP의 경우 공공적 성격의 인프라로서 국가 기반시설 역할을 수행하고, 국가전략산업에 대규모 인프라·설비투자 직접 지원 이력이 존재하나, 원자력 산업계 전반에 낙수효과 증가, 수혜가 전·후방 밸류체인 전체로 확산, 연관 연구기관·기업들의 기술축적 등을 제시하며 국고지원 당위성을 제시
- ☐ SMR제조산업 생태계 구축을 위한 추진체계 및 전략을 보완제시한 점은 바람직하나 중소기업에 대한 실질적인 기술이전 방안 및 해외 공동진출 지원에 대한 구체적 실행주체와 전략적 로드맵 등이 보완될 필요
- ☐ 국산화율 지표가 부재하다는 의견에 대해 비용기준 국산화율 범위를 제시하는 등 일부 보완이 이루어졌으나, 현재 지표만으로는 핵심원천기술 확보여부를 측정하기에 한계가 있고 성과지표로서의 의의도 불분명

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- ☐ 사업기간 내 국내 규제 기준 확보가 어렵다는 의견에 대해 국내 혁신제조기술 규제기준 및 입장 마련을 위한 계획을 제시하였으나, 인허가 지연시 사업화 리스크는 여전히 존재
- ☐ 전적서 및 세부활동의 산출 내역 등을 제출하고 과다계상된 예산을 조정하는 등 보완이 이루어진 점은 바람직하나 일부 미흡한 부분이 존재

3. 대안의 도출

- ☐ 동 사업 내 PM-HIP 및 EBW과제는 인건비 및 재료비 등을 일부 감액하고 적층제조 과제는 소형부품 제작을 제외하여 추진
- PM-HIP과제의 경우 과다계상된 비용 일부를 감액 조정하고 견적서 기반으로 예산금액을 조정(기존 2,279.5억 원→조정 후 2,217.8억 원, △61.7억 원)
- EBW과제는 과다계상된 비용 일부를 감액 조정하고 선행과제에서 도입하는 전자총 assembly활용을 위해 도입예산을 민간 현물부담으로 전환하여 추진(기존 245억 원→조정 후 238.44억 원, △6.56억 원)
- 적층제조 소형부품 제작을 제외, 예산 조정(기존 170억 원 → 조정 후 133억 원, △37억 원)

<표 3> 사업계획 원안과 사업계획적정성검토 대안의 비교

구분	사업계획서	사업계획 적정성 검토
사업비 (정부)	2,694.5억 원 (1,128.85억 원)	2,589.78억 원 (1,017.73억 원)
사업기간	2026 ~ 2031년	2026 ~ 2031년
사업비 근거	▪ (PM-HIP) 2279.5억 원 ▪ (EBW) 245억 원 ▪ (적층제조) 170억 원	▪ (PM-HIP) 2217.82억 원 ▪ (EBW) 238.44억 원 ▪ (적층제조) 133.52억 원
비고	▪ PM-HIP과제 인건비 및 재료비 과다계상된 부분 존재, 견적서와 불일치하는 부분 조정 ▪ EBW과제 인건비 및 재료비 과다계상된 부분 존재 ▪ 적층제조 과제의 소형 부품 제작은 SMR제조와 직접 관련 적음	▪ PM-HIP과제 인건비(39억 원) 및 재료비·용역비(22억 원) 감액, 견적서 기준 연구활동비(0.8억 원) 감액 ▪ EBW과제 인건비(5억 원) 및 재료비(2억 원) 감액, 전자총assembly도입예산은 민간현물매칭으로 전환 ▪ 적층제조과제 소형부품 제작(37억 원) 감액

- ☐ 조사과정에서 식별된 기술 자립성, 공공성, 사업구조 측면에서 나타난 우려사항은 전반적으로 보완하여 추진하는 것이 필요

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- (공공성) 특정 기업 중심의 수혜 구조를 탈피, 국고 지원의 정당성 확보를 위한 성과 확산 체계를 마련함으로써 건강한 SMR 산업생태계 구축 노력이 필요
- (적층제조) 기술의 잠재성은 확인되나 사업기간내 인증 확보 등 실질적 성과 창출을 기대하기 어려워, 정부출연연구소 중심으로 위험완충을 위한 사업관리가 필요

SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업

제1장 사업 개요 및 조사방법

제2장 기초자료 분석

제3장 과학기술적 타당성 분석

제4장 정책적 타당성 분석

제5장 경제적 타당성 분석

제6장 종합분석 및 결론

제 1 장 사업 개요 및 조사방법

제 1 절 사업 개요

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

1. 사업 추진 배경 및 필요성

가. 사업 추진 배경

- AI 등 첨단 산업 에너지 수요 확대에 대응하면서 탄소중립 달성이 가능한 원전의 중요성이 부각되고 있고, 특히 안전성과 유연성이 강화된 SMR은 향후 원전산업 주도권을 결정
 - (글로벌 SMR 상용화 경쟁) 미국, 중국, 캐나다 등이 혁신 기술을 적용한 SMR 건설·실증에 본격적으로 나서는 등 상용화 경쟁이 한층 심화
 - (글로벌 SMR 시장 확대) 원자력 발전 규모의 확대와 함께 전체 산업에서 SMR이 차지하는 비중이 확대되고 있으며 타 발전원 대체 수요 또한 증가
 - (국가별 정책적 지원 강화) 기후변화 대응 및 탄소배출 저감, 에너지 안보 확보, SMR 산업 시장 선도 등 각국 환경에 맞게 SMR 관련 정책을 수립·추진 중
 - 미국은 민간기업이 SMR 개발·실증을 주도하고 정부는 정책 및 제도 측면에서 지원을 강화하여 혁신성과 시장 경쟁력을 보유한 기술개발 환경을 조성
 - 노형으로 경수형 SMR이 가장 많이 개발 중이나 차세대원자로 개발 지원책도 추진하고 있으며, 민간 부문 확대, 실증·상용화 강조 추세
- 세계 최고 수준의 원전 건설 경험과 연구개발 역량을 보유한 우리나라는 ‘혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)’ 개발에 착수
 - (원전 기술력) 우리나라는 한국형 신형가압경수로(APR1400)를 2002년 국내 독자기술로 개발하여 제3세대 경수형 원자로의 표준설계인가를 취득, 2016년 상업운전을 시작하여 글로벌 선도국 수준의 원전 기술을 확보
 - (SMR 기술력) 1997년 소규모 전력생산 및 해수담수화를 목적으로 하는 소형원전 SMART 개발에 착수, 2012년 세계 최초 SMR 표준설계인가 취득
 - (혁신형 SMR 개발 착수) 안전성·경제성·유연성이 향상된 ‘혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)’를 2028년까지 표준설계인가 완료하여 본격적으로 글로벌 SMR 시장에 진입할 예정
- 국내 원전 제조 역량은 글로벌 시장에서 검증, 우리나라 원전 기업들은 다양한 글로벌 SMR 실증 프로젝트 사업에 협력 진출

- (NuScale) 두산에너지빌리티는 '22년부터 초도호기 원자로모듈(Nuclear Power Module, 원자로 증기발생기, 가압기 등 대형 원전의 주요 기기를 일체형으로 모듈화한 기기) 본품 제작을 위한 Early Work 진행
- (X-energy) 두산에너지빌리티는 X-energy와 Engineering Service Agreement('21.8)를 체결하여 비즈니스 파트너십 구축
- (Terra-Power) 두산에너지빌리티는 Terra-Power와 원자로 집합체 주요 기기에 대한 제작성 검토 계약 체결('24.12)

나. 사업 추진 필요성

- ☐ 에너지 안보 확보·2050 탄소중립 달성 및 에너지 수요의 다변화에 유연히 대응할 수 있는 SMR의 국내 개발 역량 확보 필요
 - SMR은 안전성과 유연성을 갖춘 무탄소 기저전원으로, 탄소중립과 에너지 안보를 동시 충족할 수 있는 전략기술
 - 에너지 소비 양식이 다변화되고 있는 현 상황에서 SMR은 복합 수요에 유연하게 대응 가능한 차세대 에너지원
 - SMR 기술개발 경쟁이 본격화되며, 글로벌 시장 진입을 위해서는 미래시장에서 요구되는 혁신기술이 적용된 경쟁력 높은 혁신형 SMR 개발 필요
- ☐ 글로벌 SMR 시장에서의 경쟁력의 핵심은 제조 혁신(제작 공기 단축 및 제조비용 절감)을 통한 적시 건설 및 비용 경쟁력의 확보
 - SMR은 모듈내에 모든 기기를 포함하게 되므로 고도의 집적화를 위한 첨단 제조 공정이 필수적으로 SMR 시장 경쟁력 확보를 위해서는 핵심 기기인 일체형 원자로 용기 설계, 제작 공정 개선 등을 통한 제작 비용 절감이 필수
 - 특히 SMR은 기능의 집적화·모듈화로 인한 복잡 형상으로 제작의 기술적 난이도가 높고 많은 시간이 소요되어, 기존의 기술로는 경제성 확보가 어려워 고강도 신소재 사용에 따른 접합·용접 기술 등 개발 필요
 - 글로벌 SMR 시장에서 가격·품질 경쟁력 확보를 위한 제조혁신 기술 필요
 - SMR은 공장제작(factory fabrication) 중심의 제조 혁신이 핵심으로, 기존 대형원전 방식(현장 제작, 수작업 중심)으로는 단가 경쟁력 확보 불가

- 기존 SMR(SMART)은 기술적인 측면에서 대형원전에서 검증된 기술을 최대한 도입하여 신속한 인허가 취득에 집중한 결과 기술은 확보되었으나 운영의 안전성, 제조의 경제성 측면에서 혁신기술의 적용이 필요
- 해외 SMR과 한국형 SMR의 제조 경쟁력 확보(제작 기간 단축 및 비용 절감)를 위해 PM-HIP, EBW, DLC 기술, 소재개발, 적층제조시스템 개발뿐만 아니라 제작 장비 개발을 통해 시제품 제작 검증이 반드시 필요

□ 첨단 제조 산업으로 전환을 위한 미래 신기술 확보 필요

- 혁신제조기술은 고정밀·고신뢰 부품의 국산화를 가능케 하며, 미래 전략산업 주도권 확보와 공급망 안정성 실현의 핵심 기반으로 작용
- 전통적 생산 방식의 한계를 극복하고 고부가가치 산업구조로 전환하기 위한 스마트 제조체계 구축 필요
- SMR 시장 확대를 혁신제조설비 추가 설치 시 글로벌 공급망 불안에 대응하기 위한 제조 산업 기반 육성 필요

다. 사업 시급성

- 전 세계적인 SMR 개발 경쟁 심화, 2030년 전후 상용화 및 시장 급성장 전망으로 글로벌 시장 선점을 위해서는 SMR 상용화 기술과 혁신제조기술 개발 및 설비 조기 확보가 매우 시급한 상황
- 미국, 영국 등 원자력 선진국을 중심으로 글로벌 SMR 시장 선점을 위한 혁신제조 기술 개발 및 설비도입 'First Mover' 확보 경쟁이 이미 본격화
 - 2030년대 초반 상용화 모델 출시가 예고된 가운데, 기술 개발이 지체되면 국제 시장 진입 및 기술 자립 기획 상실 우려
 - 2025~2030년은 SMR 기술패권 경쟁의 골든타임으로 기술개발 시점을 놓칠 경우 선진국 주도의 기술 및 규제 장벽화가 이루어질 것으로 예상되며 이는 기술 추격자가 아닌 종속자가 되는 상황을 초래하여 시장에서 영구적 후발주자로 고착될 위험
- 글로벌 Top 수준 원전 제조 역량에도 불구하고, 주요 경쟁국의 추격에 대비하고 SMR 시장 선점을 위한 초격차 기술 확보가 시급

- SMR은 기존의 대형 원전 공급망을 활용할 수 있지만 목표로 하는 24~36개월의 건설 공사 기간을 맞추려면 제작 기간을 단축하고 정밀한 제작이 가능하도록 SMR 특화된 기술 개발이 필요
- 다양한 SMR 설계 개념을 실제로 구현할 수 있는 기기 제작사가 아직 많지 않은 상황에서 미국, 유럽, 일본 등 세계 주요 국가들은 SMR 시장을 선점하기 위해 공급망 확보 및 핵심 제작 기술 개발에 정부 및 출연연이 적극적으로 지원
- 주요 SMR 개발사들의 계획에 따르면 '30년 전후로 상업운전 시작 예정으로, 경제성 있는 기자재 제작 능력 확보가 요구되는 시점
 - 단, SMR 개발사의 요구 납기를 만족하기 위해서는 혁신제조 기술을 확보한 제작 업체만이 SMR 공급시장에 참여가 가능할 것으로 예상
 - 경쟁력 있는 SMR 제작을 위해서는 첨단 기술을 바탕으로 주요 기기를 최단기간 안에 만들어 낼 수 있는 초격차 기술 확립이 필요

라. 국고지원 당위성

- SMR 기술개발은 높은 기술 장벽, 공공 인프라 의존도, 국제 경쟁 심화 등의 여건을 고려, 국가연구개발사업으로의 추진이 불가피
- 정부의 초기 투자 리스크 분담과 기술 검증을 위한 기반 마련 필수
 - SMR에 적용되는 혁신기술 개발에는 장기간에 대규모의 재원이 필요하고, 기술적 리스크가 크므로 민간 투자여건이 성숙하지 못해 정부 차원의 지원 필요
- SMR은 에너지 안보, 탄소중립, 지역균형발전 등 국가 전략과 밀접한 공공재 성격의 기술 및 인프라
 - SMR 상용화는 단순 민간 기술개발이 아닌, 국가전략기술 육성, 에너지 안보 확보, 탄소중립 실현, 첨단 제조 산업 제도약의 핵심 수단
 - 핵심 부품·소재 국산화 등은 산업 전반이 공유하는 기반 기술에 해당하며, 국가 R&D가 기술 생태계 조성 및 시정 개척에 필수적
- 글로벌 기술패권 경쟁 속에서 차세대 원전시장 선점을 위한 혁신제조 설비 국산화에 정부 지원 필요
 - SMR은 기술 선점 효과가 큰 산업으로, 혁신제조기술 개발 및 설비 국산화를 통해 SMR 제조경쟁력 강국으로 도약 가능

- 정부 지원 R&D를 통해 민관연계 지원해야 기술 융합과 상용화가 가능
 - SMR 기술은 원전 설계기업, 기자재 제조업체, 소재·부품 중소기업, 건설사 등 다양한 주체의 협력이 요구
 - 민간의 개별 기업 주도로는 분절적 개발에 머무를 우려가 있으며, 국가 R&D 로드맵 기반의 민관 협력 개발 추진이 필요
- SMR 산업육성을 위해서는 정부 주도의 산업 생태계 조성 및 조정 역할이 필수적
 - 정책·인허가·투자의 일관성을 확보하고 공공과 민간의 다양한 주체 간 연계를 위한 정부 주도 조율 필수
 - 기술개발 → 인증 → 제조 → 운전·유지보수까지 전주기 연계된 협력체계 필요
 - 정부의 조정 체계 없이 민간 중심으로 분산 추진 시, 중복 투자, 사업 지연, 정책 비효율 발생 우려가 큼
 - 기술개발, 인허가 취득, 산업 생태계 구축, 수출 전략 등 효과적인 사업 추진을 위해 일관된 국가 전략 수립이 필수
 - SMR 산업 공급망 및 생태계 조기 재편을 위한 정부 주도의 전략 수립 및 체계적 지원 필요
 - 기존 산업은 대형원전 중심의 현장 제작 공급망에 최적화되어 있어, SMR(공장제작, 자동화 공정 등) 체계 전환 필요
 - 산업 재편 및 기술이전을 조정할 수 있는 정부의 중장기 계획 수립 및 추진 역량 요구
 - SMR 공급망과 생태계 조성을 위해서는 신규 참여기업 육성, 중소기업의 전환 지원, 디지털 기반 인프라 구축 등 정부 차원의 역할 필요

2. 사업 목적 및 목표

가. 사업 개요

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 1-1> 사업 성과지표

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라
비공개합니다.

나. 비전체계도

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라
비공개합니다.

[그림 1-1] 사업의 비전체계도

다. 논리모형

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 1-2] 동 사업의 논리모형

3. 세부과제 구성 및 내용

☐ 1개 내역사업의 총 3개 과제 지원

○ SMR 기기 제작을 위한 혁신제조 장비 국산화 및 기술개발

<표 1-2> 기술개발 내용

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라
비공개합니다.

4. 사업 추진체계

- 기후에너지환경부가 주관하며, 사업의 효율성을 확보하고 우수한 성과도출을 위해
전담기관인 한국에너지기술평가원과 사업 심의위원회로 구성
- 사업 목표 달성 및 사업화 성과 창출을 위해 SMR 산업 핵심기관 협의체 구성



[그림 1-3] 추진체계

구분		역할 및 기능
기후에너지환경부		- 중·장기 계획 및 연도별 종합계획 수립 - 사업 예산 확보 및 배분 - 사업 기획·평가·관리·예산 조정 - 사업 구조조정 계획
사업 심의위원회		- 연구개발 중장기계획 및 시행계획 수립 - 신규과제 추진 등에 대한 심의·조정
전담기관 (한국에너지기술평가원)		- 과제 기획 및 공고, 사업계획서 접수 - 신규평가, 중간평가, 최종평가 - 사업 수행 관리 - 성과분석, 성과 관리·활용 및 사업화 촉진
SMR산업협의체		- 과제 간 기술개발 성과 연계 - 운영허가 신청 협력 추진
수행기관	주관기관	- 사업계획서 제출 - 과제 협약체결 및 종합적인 관리 - 주관기관이 부담하기로 한 사업비의 부담 - 연차보고서 및 최종보고서 제출 - 수행과제의 보안관리 - 참여기관 관리 및 협력
	참여기관	- 연구개발 과제 공동 참여 및 협력 - 참여기관이 부담하기로 한 사업비 부담 - 연구개발 결과의 활용

[그림 1-4] 추진 주체별 역할 및 기능

5. 사업 추진 일정

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다

6. 사업 예산

- 동 사업은 6년간 총 3개의 과제를 지원
- 동 사업의 소요예산은 총 2,694.5억원(국고 1,128.85억원, 민자 1,565.65억원)

<표 1-3> 과제별 · 연차별 정부 및 민간 소요예산

(단위: 억 원)

구분		1차년도 (2026년)	2차년도 (2027년)	3차년도 (2028년)	4차년도 (2029년)	5차년도 (2030년)	6차년도 (2031년)	합계
전체	정부	81.30	187.00	273.20	256.25	294.40	36.70	1,128.85
	민간	75.40	228.10	338.80	408.75	491.30	23.30	1,565.65
	계	156.70	415.10	612.00	665.00	785.70	60.00	2,694.50
1-1 PM- HIP	정부	31.30	119.50	168.20	212.50	254.40	9.20	795.10
	민간	63.40	210.60	308.80	399.50	483.30	18.80	1,484.40
	소계	94.70	330.10	477.00	612.00	737.70	28.00	2,279.50
1-2 EBW	정부	30.00	37.50	75.00	18.75	15.00	7.50	183.75
	민간	10.00	12.50	25.00	6.25	5.00	2.50	61.25
	소계	40.00	50.00	100.00	25.00	20.00	10.00	245.00
1-3 적층 제조	정부	20.00	30.00	30.00	25.00	25.00	20.00	150.00
	민간	2.00	5.00	5.00	3.00	3.00	2.00	20.00
	소계	22.00	35.00	35.00	28.00	28.00	22.00	170.00

제 2 절 조사방향

1. 항목별 조사방법

가. 과학기술적 타당성 부문

(1) 문제 및 이슈 도출의 적절성

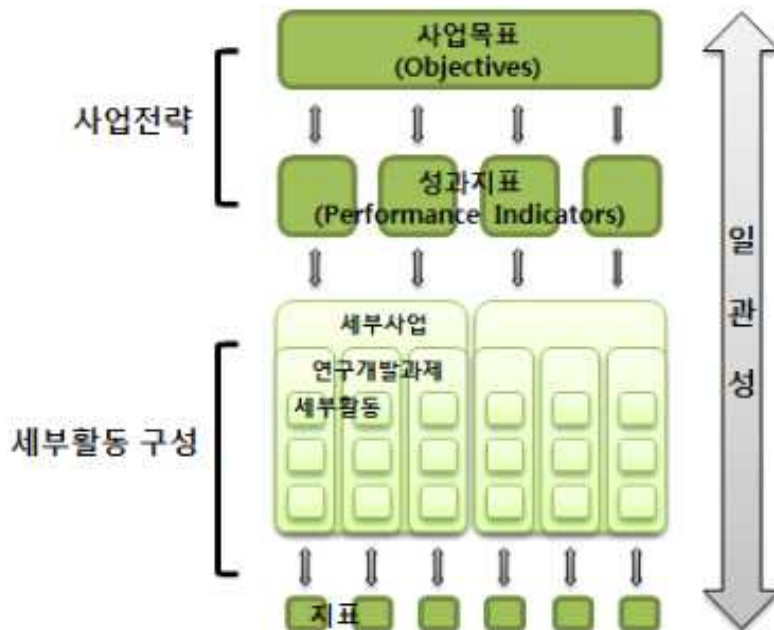
- 문제/이슈 발굴 및 원인 분석의 적절성 검토
 - 주관부처가 동 사업을 통해 해결하고자 하는 주요 문제/이슈가 적절한 과정을 통해 도출되었는지, 도출된 문제/이슈에 대한 원인 분석 등이 적절히 이루어졌는지, 제시된 근거 등이 적절한지 검토
- 과학기술 기반의 문제/이슈 해결의 필요성 검토
 - 대안 존재 여부와 효과성, 동 사업 문제해결을 위한 대규모 중장기 R&D 사업 추진 필요성, 동 사업 기술개발을 통해 문제/이슈가 해소되는 정도 검토

(2) 사업목표의 적절성

- 목표설정의 적절성 검토
 - 동 사업의 목표 달성을 통해 문제/이슈가 어느 정도로 해결될 수 있는지 검토
 - 사업목표가 측정 가능하도록 정량적으로 제시되어 있는지 검토
- 성과목표/지표의 적절성 검토
 - 사업목표의 효과성을 측정하기 위한 성과목표, 성과지표 설정의 적절성 검토
 - 성과목표가 사업의 핵심적인 활동의 성과를 충분히 확인할 수 있도록 대표성을 지니고 있는지, 성과목표 달성을 통해 사업목표를 달성할 수 있는지 등의 연계성 검토
 - 제시된 목표가 도전적이면서도 타당하고 합리적인 수준으로 제시되었는지, 적절한 측정수단이 구체적으로 제시되었는지 등 검토

(3) 세부활동 및 추진전략의 적절성

- 세부활동과 사업목표와의 연계성 검토



[그림 1-5] 사업목표와 세부활동 간의 연관관계 개념도

- 동 사업의 세부활동들이 사업목표와 논리적으로 일관성을 가지고 상호 연계되는지 검토
- 세부활동 도출의 적절성 검토
 - 세부활동 도출을 위한 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성 등을 검토
- 세부활동 구성 및 내용의 적절성 검토
 - 세부활동의 범위, 규모(예산) 산출의 근거, 세부활동의 성과목표, 성과지표(성능지표)의 적절성 등을 검토
- 기간추정 및 시간적 선후관계의 적절성 검토
 - 세부기술별 기술개발 내용과 시간적 논리적 선후행 관계를 고려한 추진 기간, 기술개발 로드맵 등이 적절히 설정되었는지 등 검토
- 추진전략의 적절성 검토
 - 동 사업이 SMR 산업생태계 구축에 기여하기 위한 추진전략, 성과활용방안의 적절성 검토

나. 정책적 타당성 부문

☐ 정책의 일관성 및 추진체제

○ 상위계획과의 부합성 검토

- 제5차 과학기술기본계획(2023~2027) 및 관련 상위계획*과의 부합성 검토

* 제6차 원자력진흥종합계획, 제5차 에너지기술개발계획, 제11차 전력수급기본계획 등

○ 사업 추진체제 및 추진의지 검토

- 기존 추진 중인 국가연구개발사업·과제과의 차별성, 연계협력 방안의 적절성 검토
- 해당 사업들의 한계점 및 동 사업 방향설정에 반영 여부 등 검토

☐ 사업 추진 상의 위험요인

○ 자원조달 가능성 검토

- 사업의 원활한 추진을 위한 자원 부담 주체별(정부/민간) 자원조달 방안 및 자원 부담 방식의 적절성 검토

○ 법/제도적 위험요인 검토

- 혁신제조 국제표준 및 규제요건 확립 지연에 따른 사업일정 변동 가능성, WTO 보조금 협정 위배여부 등 검토

다. 경제적 타당성 부문

☐ 비용추정

○ 비용추정 근거와 규모의 적절성 검토

- 동 사업의 세부활동별 기술개발 계획과 지원 범위에 따른 비용 산정 근거의 적절성 검토

- 세부과제 연구개발비 등 유사 사업·과제 연구비 규모 분석, 연구인력 투입 계획의 적정성을 고려한 총사업비 적정성 검토

제 2 장 기초자료 분석

제 1 절 소형모듈원자로의 개념 및 구성요소

1. 소형모듈원자로의 개념

□ (정의) 소형모듈원자로(SMR, Small Modular Reactor)는 일반적으로 원자로 출력이 300MWe* 이하 규모이고 원자로의 부품을 공장에서 모듈형으로 제작·조립하여 현장에서 배치할 수 있는 원자로를 지칭¹⁾

· 국제 주요 기관별 정의가 상이하며, 해당 정의는 국제원자력기구(IAEA) 기준

* 일반적으로 원자로는 1기당 전기출력이 300MWe 이하인 경우를 소형으로, 700MWe 이하의 경우를 중형으로, 그 이상인 경우를 대형으로 분류

* 초소형 원자로(micro-reactor): 대형원전 전기출력의 1/100 이하 수준인 1~10 MWe급 원자로

- 모듈형 설계 구조는 ① 증기발생기, 원자로냉각재펌프, 가압기 등의 원전 주요 기기들이 일체형 설계·제작됨, ②공장에서 부분적으로 제조되고 시험을 거친 모듈을 현장에서 설치할 수 있도록 사용되는 건설공법을 의미²⁾

□ (특징) 단일 또는 다중 모듈 플랜트로 배치할 수 있어 다양한 용량의 발전소 구축이 가능하며, 기존 대형원전 대비 피동 안전성이 향상되었으며 동시에 탄력적인 운영이 가능하고, 공장 대량생산 및 현장 조립을 통한 원가절감으로 경제성이 향상된 장점을 가짐

○ (출력의 유연성) 전력이나 열에너지 수요량에 따라 한 부지에 여러 기를 건설할 수 있어 다양한 규모의 에너지 수요에 대응이 가능

○ (부하추종운전 기능) 전력수급의 변화에 대응하여 각 시점의 부하*에 따라 즉시 전력을 내는 운전방식³⁾으로 원자로 단위에서의 출력 변동 능력을 통해 전체 에너지 계통을 효율적으로 구축하는데 기여

* 발전소로부터 인출되는 전력

1) 신재정·김창훈, 소형모듈원전 기술과 산업 경쟁력 강화 방안 연구(2/3), 에너지경제연구원, 2024.12.31.

2) 이지민, 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향, 한국원자력연구원, 2022.02.

3) 네이버 지식백과 원자력 용어사전(<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=662796&cid=50327&categoryId=50327>)

- (피동형 안전기술(passive safety system)) 사고나 비상 상황이 발생할 경우에 운전원이 개입하지 않고 원자로를 자동으로 정지
- (수요지 인근 건설 용이) 안전 기술들을 통해 비상계획구역(emergency planning zone, EPZ)을 대형원전보다 작게 설정하여 입지 선정에서 이점
- (높은 비용효율성) 대형원전 건설 프로젝트에 비해 초기투자비용이 낮아 자금조달이 용이하고 비용을 절약할 수 있고 시스템의 모듈화, 단순화를 통한 단위생산비용을 줄여 규모의 경제 달성이 가능

항목	대형원전	SMR
안전성	대형사고 이력 존재(체르노빌, 후쿠시마)	소형화, 피동형으로 사고 발생위험 ↓
운영 탄력성	주로 대용량 출력 고정(기저부하)	분산 전원 및 부하추종운전 가능
건설 위험	현장작업 비중이 높아 건설비 위험 ↑	공장작업 비중이 높아 건설비 위험 ↓
부지 면적	국내 APR1400 기준 573 m ² /MWe	대형원전 대비 절반
응용 분야	발전용	발전용(소규모 그리드 포함), 담수, 수소생산, 공정 열, 선박 추진 등



[그림 2-1] 대형원전과 SMR 비교

출처: 동 사업 기획보고서

2. 소형모듈원자로 구성 및 종류

- (주요 구성요소) 단순화된 구조와 강화된 안전성을 제공하는 다양한 기술 요소를 포함
 - (노심, Core) 핵분열 반응이 일어나는 중심 영역으로, 연료집합체가 배열되어 열을 발생시키는 공간
 - 기존 대형 원자로보다 작고 간결하게 설계되어 있으며, 고효율 연료 사용 (예: 고농축저준위우라늄(HALEU, LEU+))을 통해 연료 교체 수명을 연장
 - 노심의 배치 및 구조는 자연순환 냉각이 용이하도록 최적화되며, 중성자 반사체(neutron reflector) 또는 열전달 효율 향상을 위한 피복재 기술 등이 동반 적용
 - 피복관으로는 고온·고방사선 환경에서도 안정성 확보를 위해 일반적으로 지르코늄 합금이나 고온 설계 시 SiC 복합재료 등이 사용
 - (냉각재, Coolant) 노심에서 발생한 열을 외부로 전달하기 위해 흐르는 열전달 매체
 - SMR은 다양한 종류의 냉각재 시스템을 채택하며, 이는 원자로의 열전달 효율, 안전계통의 구성, 운영 온도 및 압력 조건에 따라 달라짐

- (계통, Systems) 원자로의 안전, 제어, 냉각 등을 수행하는 다양한 기능적 설비와 구조물들의 집합
 - SMR의 안전계통은 전통적인 능동 시스템이 아닌, 자연 물리 현상(중력, 대류, 압력 차 등)을 활용한 피동 안전계통(Passive Safety Systems)이 핵심
 - 대표적으로 자연대류에 의한 냉각, 배관 파손 없는 폐쇄 루프 순환, 비상 냉각수 저장탱크(Emergency Core Cooling Tank) 등이 있음
- (일체형 압력용기, Integral Reactor Vessel) 노심, 증기발생기, 펌프 등 주요 계통을 하나로 일체화한 원통형 압력 구조물
 - SMR의 가장 핵심적 구조적 특징 중 하나로 용기 내부에는 노심, 증기발생기, 냉각재 펌프, 열교환기 등이 포함되며, 배관 길이를 최소화하고 수직 매립형 설치를 통해 냉각수 손실 사고(LOCA)의 리스크를 줄임



자료: '2023 KR 컨퍼런스' 한국원자력연구원 발표 자료

[그림 2-2] 대형원전과 SMR 구조

출처: 동 사업 기획보고서

- (종류) 사용하는 냉각재와 형식에 따라 제3세대 SMR은 가압경수로(PWR), 비등수형 경수로(BWR) 등으로 구분 가능하며 제4세대 SMR은 소듐냉각고속로(SFR), 납냉각 고속로(LFR), 용융염원자로(MSR)*, 고온가스로(HTGR) 등으로 구분 가능
 - * 일종의 MSR인 불화염냉각고온로(FHR) 포함
- 현재 개발중인 3세대 SMR은 피동 안전성 확보를 위해 노형마다 각각의 형태와 방식을 적용하며 4세대 SMR은 상용화를 위해 검증이 필요한 부분이 존재하여 2030년 이후 상용화가 가능할 것으로 전망4)

<표 2-1> SMR 세대 및 원자로 유형

세대	대형원전	냉각재	유형별 사례 예시
3세대	가압경수로(PWR: Pressurized Water Reactor) - 고압의 물을 사용, 원자로 노심에서 열을 전달하여 증기 생성 후 터빈을 구동해 전기생산 (증기발생기에서 간접 증기 생산) - 높은 열 출력으로 지역 난방을 제공	경수	- 미국 NuScale Power ('20.8 설계 승인) 외 다수 - 한국 KAERI SMART (설계인중) - 한국 iSMR (개념설계)
	비등수형경수로(BWR: Boiling Water Reactor) - PWR처럼 물을 냉각재와 감속재로 사용하나, 물에 압력을 가하지 않음 - 원자로 내 끓은 증기 활용, 열효율 높고 안정적 (직접 증기 생산) - 비상사태 시 증기압 배출 (방사능 누출 가능성 상존)		미국-일본 GE Hitachi(미국, 캐나다 인허가 절차 중)
4세대	소듐냉각고속로(SFR:Sodium-cooled Fast Reactor) - 액체나트륨을 냉각재로 사용, 감속재 불필요 - 빠른 냉각이 가능하나, 누출시 높은 반응성 해결 필요	소듐 액체	- 미국 Terrapower (설계 중) 외 10건 이상 - 한국 KAERI PGSFR (개념설계)
	납냉각고속로(LFR: Lead-cooled Fast Reactor) 액체납을 이용, 고속중성자 핵분열 반응으로 열 발생시키는 고속로의 일종, 감속재 불요	납 액체	러시아 BREST-OD-300 외 12건 이상
	용융염로(MSR: Molten Salt Reactor) - 용융염 액체 혼합물을 연료/냉각수로 사용 - 외부 누출시 바로 굳어버려 중대사고 원천 차단 가능, 사용후핵연료 배출 미미	용융염	미국 ThorCon (상세설계), 덴마크 Seaborg (개념설계), 캐나다 Terrestrial Energy IMSR-400 (설계 중) 외 8건 이상
	고온가스로(HTGR: High Temperature Gas-cooled Reactor) 750도의 헬륨으로 가열된 물이 565도의 증기로 변해 터빈을 가동해, 경수로형(증기온도 275도) 대비 고온 운전이 가능해 전력 생산 효율이 비교적 높고 경제적	헬륨 기체	- 미국 X-energy - 미-캐나다 USNC

※자료: 한국원자력연구원(2022), 두산에너지(2023)를 바탕으로 저자 재구성

출처: 서울시 녹색산업지원센터, 녹색산업 인사이트 소형모듈원자로(SMR), 2024.9.

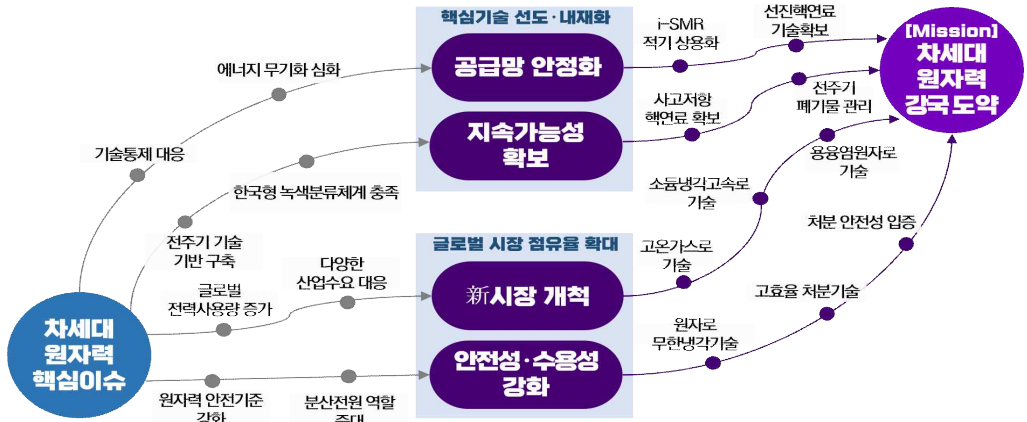
제 2 절 소형모듈원자로 정책 및 산업 동향

1. 소형모듈원자로 관련 국내외 정책 동향

가. 국내 SMR 정책 동향

- 한국은 SMR 및 차세대 원자로 기술 확보와 글로벌 시장 선점을 위해 기술개발, 민관협력, 규제정비, 산업생태계 구축을 포함한 종합 정책을 추진 중임
- 「소형모듈원자로 개발 촉진 및 지원에 관한 특별법(이하 ‘소형모듈원자로(SMR) 특별법’)」 제정안이 국회 본회의를 통과(‘26.2.12)⁵⁾
 - 주요내용으로는 ‘△소형모듈원자로(SMR) 개발 기본계획 및 시행계획 수립, △소형모듈원자로 개발 촉진위원회 설치·운영, △소형모듈원자로 관련 제도 개선, △소형모듈원자로 연구개발 및 실증 지원, △민관협력 강화, △소형모듈원자로 연구개발 특구 지정 등으로 SMR 개발·실증을 체계적으로 추진하기 위한 전략을 마련’ 등이 있음
- ‘차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안’을 통해 SMR 및 차세대 원자로 기술 확보와 상용화 기반 구축 추진(‘24.6)
 - i-SMR 혁신기술 신속 확보 및 2025년까지 표준설계 완료 목표 설정
 - 한국형 ARDP 도입을 통해 민간 중심 기술개발 및 실증·상용화 촉진
- ‘차세대 원자로 민관 협력 추진전략(‘24)을 통해 민간 주도의 기술개발 및 사업화 체계 구축
 - 정부 출연연 SMR 기술을 기반으로 민관 합작 프로젝트 및 노형별 맞춤형 사업화 추진
- 제6차 원자력진흥종합계획(‘22~’26)을 통해 SMR 기술개발과 수출 기반 및 생태계 구축 추진
 - SMR을 미래 원전시장 대응 핵심 기술로 설정하고 수출 경쟁력 확보 전략 추진
 - i-SMR 개발을 통해 안전성·경제성을 강화하고 2030년 이전 시장 진입 목표 설정
- 국가전략기술 임무중심 전략로드맵(‘24)을 통해 소형모듈원자로 및 선진원자력 시스템을 중점 기술임무로 정의하며, 기술 확보 목표를 제시
 - 2030년까지 글로벌 경쟁력을 갖춘 SMR 확보 및 제조 공급망 선점 목표 설정

5) 과학기술정보통신부, “소형모듈원자로(SMR) 선도국 도약 기반 마련 - 「소형모듈원자로(SMR) 특별법」 국회 본회의 통과”, 2026.2.12.



자료: 국가전력기술 임무중심 전략로드맵(안)-III.거대과학분야:차세대원자력,우주항공·해양(2024)

[그림 2-3] 차세대 원자력 핵심이슈 기반 임무 및 목표 도출

출처: 동 사업 기획보고서

나. 국외 SMR 정책 동향

(1) 미국

□ 선진원자로 및 SMR의 개발·배치 촉진을 위해 규제 현대화, 재정 지원, 제조 기술 혁신을 포괄하는 정책을 추진 중임

○ 원자력 혁신 및 현대화법(NEIMA(Nuclear Energy Innovation and Modernization Act), '19) 제정을 통해 인허가 절차를 개선하고 차세대 원자로 기술을 수용할 수 있는 유연한 규제 체계 마련 추진

- NRC는 첨단 제조기술의 기존 규제 체계 통합을 위한 개정 논의를 진행하며 선진원자로 인허가 기반을 강화

○ ADVANCE법 제정 및 SMR 배치 가속화 정책('24)을 통해 선진원자로 인허가 비용 지원, 실증 및 배치 지원 등 포괄적 지원체계 구축

- DOE는 3+세대(Gen III+) SMR* 초기 배치를 촉진하기 위해 최대 9억 달러 지원 계획을 발표하고, 산업계 협력 기반의 사업 추진 유도

* DOE는 경수 냉각제, LEU 연료, 약 50~700 MWe 출력을 가진 SMR을 3+세대 SMR로 정의

□ 트럼프 2.0 행정명령('25.5)을 통해 원전 인허가 기간을 단축하고 원자력 발전 확대를 위한 원전 진흥 정책 추진

- 2050년까지 원자력 발전용량을 400GW로 확대하고, 핵연료 공급망 강화를 위한 HALEU 국내 생산시설 설립 추진
- 미국 에너지부 원자력청(DOE-NE)은 AMMT(Advanced Materials & Manufacturing Technologies) 프로그램을 통해 첨단 소재·제조기술의 개발·인증·실증을 지원하며 SMR 공급망 재건 및 제조 경쟁력 확보 추진('23)
 - PM-HIP, EBW, DED 등 첨단 제조기술의 표준화 및 규제 수용성 확보를 통해 원전 기자재 생산 기반 강화
- ARDP(Advanced Reactor Demonstration Program) 프로그램('20) 및 초당적 인프라 투자 및 일자리법안(BIIJA, Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act)('21)을 통해 선진원자로 실증 및 산업 기반 강화 추진
 - 민·관 협력 기반의 선진 원자로 실증과 공급망 재건을 통해 기술 상용화 촉진

(2) 영국

- 영국은 SMR을 포함한 원자력 확대를 위해 투자 확대, 로드맵 수립, 규제 완화 및 전담 조직 신설 등 종합적인 정책을 추진 중임
 - '녹색산업 혁명을 위한 10대 계획', '에너지 백서 2020', '넷 제로 전략' 등을 통해 SMR 및 첨단원자로 투자와 지원 정책을 발표('20~'21)
 - 첨단원자력 기금을 통해 최대 3.85억 파운드 지원, AMR 연구·개발 및 상용화 지원 포함
 - SMR 설계 프로젝트 추진과 함께 대형 원전 건설 및 추가 원전에 대한 최종투자 결정(FID) 추진 계획 제시
 - '민간 원자력 로드맵 2050' 발표('24)를 통해 2050년까지 최대 24GW 규모 원전 설비 확보 계획 수립
 - 에너지 자립 및 탄소중립 달성을 위한 70년 만의 최대 원자력 확대 계획으로, 부지·규제·자금조달·공급망·인력 등 전주기 정책 방향 포함
 - 대영원자력부(CBN) 출범을 통해 SMR 및 혁신 원자력 프로젝트의 전주기 지원체계 구축('23)
 - 2050년까지 최대 24GW의 발전용량을 확보하고 원전 설비 확대 목표 달성을 위한 실행 조직으로 기능
 - SMR 기술개발 지원사업의 기술 선정 절차 2차 단계에서 4개의 후보업체*를 선정('24.09)

* 선정된 4개의 개발업체 및 노형은 GE Vernova의 BWRX-300(300MW, BWR), Holtec Britain Ltd.의 SMR-300(300MW, PWR), Rolls-Royce SMR Ltd.의 SMR(470MW, PWR), Westinghouse Electric Company UK Ltd.의 AP300 SMR(300MW, PWR) 등

(3) 프랑스

- 프랑스는 원전 축소 정책 이후 에너지 안보 및 청정에너지로의 전환, 탄소중립 달성을 위해 원전 활성화를 추진 중임
 - 2011년 후쿠시마 사고 이후 올랑드 정부는 원전 의존도 축소 정책을 추진('12)하여 원전 설비용량 제한 및 2025년까지 원전 발전 비중을 50%로 축소하는 목표 설정
 - 'France 2030' 계획을 통해 SMR 개발 및 원자력 산업 투자 확대 추진('21.10)
 - 산업 탈탄소화를 위해 약 80억 유로를 투입하며, SMR 및 방사성폐기물 처리에 중점 투자
 - '24.1월 프랑스는 '에너지주권법(Energy sovereignty bill)' 초안을 발표하며, '30년 에너지전환 목표 및 향후 발전계획 등을 제시
 - 원전을 전기공급 측면에서의 경쟁력 있는 무탄소 에너지 공급원으로 인정하며, '26년까지 6기의 신규 대형원자로를 건설하고, 이후 8기의 원자로를 추가 건설하여 최대 14기의 신규 원자로를 건설할 계획을 명시⁶⁾

(4) 캐나다

- 캐나다는 SMR 도입을 위해 공급망 강화, 실증사업 추진을 중심으로 단계적 상용화 정책을 추진 중임
 - 연방정부 주도로 SMR 전략 로드맵(A Call to Action: A Canadian Roadmap for Small Modular Reactors)을 수립('18)하고 실증·정책·국민 신뢰·국제협력의 4대 축을 기반으로 도입 전략 마련
 - 53개 권고안을 통해 SMR 실증 및 배치, 정책 및 법령 마련, 국민 신뢰 확보, 글로벌 협력 방향 제시
 - 로드맵 이행을 위해 연방정부, 연구기관, 산업계 등 119개 기관이 참여하는 국가 행동계획을 수립('20)하고 국가 차원의 실행체계 구축
 - 공급망 강화를 위해 원자력산업협회(OCNI)는 Ready4SMR 프로그램을 운영하여 기업의 제조·품질 역량 향상 및 원자력 인증 취득 지원
 - 주정부 차원에서 SMR 도입 타당성 확보 및 실증 중심 전략 추진

6) 김덕겸, 프랑스 에너지전환 정책 동향과 시사점, KDB 산업은행 미래전략연구소, 2024.3.

- 온타리오(Ontario)주, 서스캐처원(Saskatchewan)주, 뉴브런즈윅(New Brunswick)주, 알버타(Alberta)주의 주정부는 차세대 원자로 개발 지원 MOU 체결
- 캐나다 핵안전위원회(CNSC)는 Ontario Power Generation(OPG)에 Darlington New Nuclear Project(DNNP) 부지 내 BWRX-300 원자로 1기 건설 허가 발급(25.4.)⁷⁾

(5) 일본

- 일본은 탄소중립과 에너지 안보를 동시에 달성하기 위해 원전 재가동 추진과 SMR 등 차세대 원자로 개발을 포함한 정책을 수립 중임
- ‘녹색성장전략’을 통해 2050년 탄소중립 실현을 위한 산업정책으로 세계개혁 및 표준화 정책 등을 포함, 10년간 약 2조 엔 규모의 기금을 조성하여 기술개발 및 민간 연구개발 유도(20)
 - 일본 내 원전 재가동 추진과 함께 SMR 등 차세대 원자로 개발에 일본 기업의 해외 참여 지원
- 제7차 에너지기본계획을 통해 SMR 등 차세대 원자로 개발 및 원자력 지속 활용 정책 명시(25)
 - 3E+S* 원칙을 기반으로 에너지 안보, 경제 효율성, 환경보호, 안전 확보를 고려한 에너지 정책 방향 제시

* 3E+S: Energy Security, Economic Efficiency, Environment, Safety

(6) 중국

- 중국은 국가 주도의 중장기 계획을 통해 SMR 및 차세대 원자로 개발과 원전 확대를 병행하며 원자력 산업 육성을 추진 중임
- ‘제14차 5개년 에너지 분야 계획을 통해 원전 설비 확대 및 차세대 원자로 개발 가속화 추진(22)
 - 2025년까지 원전 설비용량을 약 70GW로 확대하여 기저부하 전원으로 활용 계획
 - 연안 원전 건설 수주 및 SMR·고온냉각로 등 차세대 원자로 실증 사업 추진에 약 90억 달러 투자 및 2035년까지 SMR 및 차세대 원자로 약 20기 설치 목표 설정
- 중국핵공업집단(CNNC)을 중심으로 원전 및 신재생에너지에 약 800억 위안 규모 투자를 발표(23)
 - * CNNC는 2023년 연간 발전량 목표를 원자력 183.5TWh, 신재생에너지 21.5TWh로 제시

7) Canada.ca 홈페이지, 검색일 2026.4.5.(<https://www.cnsccsn.gc.ca/eng/reactors/new-reactor-power-plant-projects/new-reactor-power-plant-facilities/darlington-new-nuclear-project/>)

2. 소형모듈원자로 관련 국내외 산업 동향

가. 국내 SMR 산업 동향

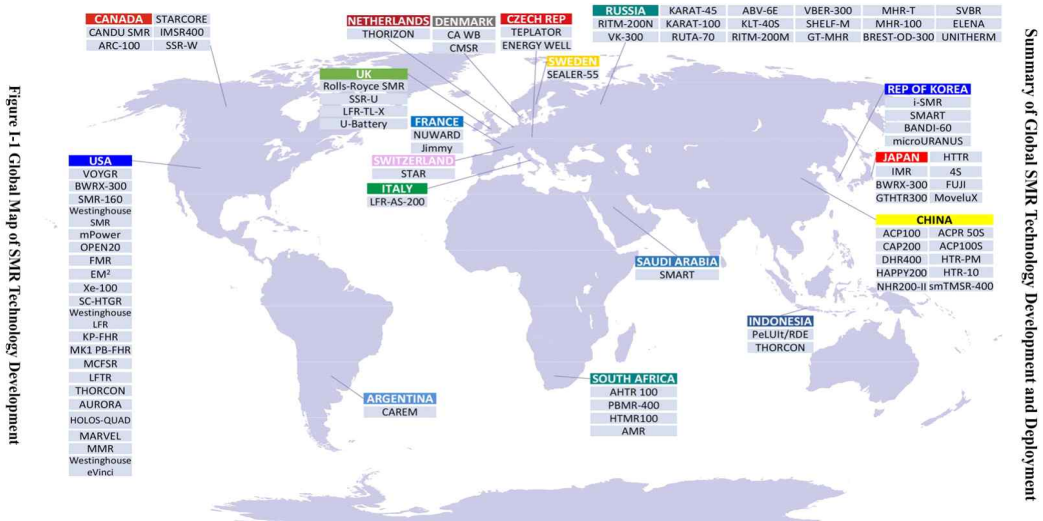
- ☐ 한국은 기관 및 대기업을 중심으로 SMR 선도기업과 연구, 설계·제작, 건설 등을 포괄하는 협력체계를 구축하여 글로벌 시장 진입 기반을 강화
- 한국원자력연구원은 SMART, 한국전력기술은 BANDI-60, 한국수력원자력이 i-SMR 기술 개발 중
- 국내 기업은 외국 기업과 공동 연구 및 주기기 제작 등 협력 프로젝트를 추진 중임

<표 2-2> 국내 기관 및 기업 SMR 프로젝트 현황

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라
비공개합니다.

나. 국외 SMR 산업 동향

- 글로벌 SMR 산업은 전력수요 증가와 탄소중립 정책에 따라 기술 개발이 확대되는 추세이며, 2022년 IAEA가 발간한 「Advances in Small Modular Reactor Technology Developments」 기준으로 현재 18개국에서 83종의 SMR이 개발되고 있음⁸⁾
- IAEA SMR Book(2022) 에 따르면 SMR을 가장 많이 개발하고 있는 국가는 미국으로 21종의 SMR을 개발 중이며, 이어 러시아(17종), 중국(10종), 일본(7종), 캐나다(5종) 순으로 개발을 수행 중임



[그림 2-4] 국가별 SMR(소형 모듈형원자로) 개발 현황

출처: IAEA, Advances in Small Modular Reactor Technology Developments(2022)

- OECD/NEA는 SMR이 전체 원전 설비 중 비중이 점차 확대되어 2050년에는 약 20~30% 수준까지 증가할 것으로 전망

(2) 미국

- 미국 내 여러 기업의 SMR 노형 및 선진 원자로가 미국 원자력규제위원회(NRC)의 건설허가 신청 및 승인 인허가 단계 진입
 - Kairos Power의 Hermes1 및 Hermes2 및 Abilene Christian University의 MSRR은 건설허가 발급 (3호기 모두 연구로)

8) 한국원전수출산업협회, 글로벌 원전 시장 보고서 소형 모듈식 원자로(SMR) 시장 분석 보고서, 2024.1.

<표 2-3> 미국 실증 준비 단계 선진 원자로

개발사	모델명	사업자	DOE 지원금	DOE 비용 분담	부지	NRC 인허가 현황
Terra Power	Natrium	Pacific Corp	최대 16억 달러	50%	Kemmerer, WY	건설허가 신청 (2024.3.28.)
X-energy	Xe-100	Dow (Long Mott Energy)	최대 12억 달러	50%	Seadrift, TX	건설허가 신청 (2025.3.31.)
Kairos Power	Hermes 1	Kairos	최대 3억 300만 달러	48%	Oak Ridge, TN	건설허가 발급 (2023.12.12.)
	Hermes 2		없음	0%		건설허가 발급 (2024.11.21.)
Abilene Christian University	MSRR	Abilene Christian University	없음	0%	Abilene, TX	건설허가 발급 (2024.9.16.)
NuScale	NPM	UAMPS	최대 14억 달러	50%	Idaho Falls, ID	표준설계인가 취득 (2025.5.28.)
GE Vernova	BWRX 300	Ontario Power Generation	8억 달러	50%	Darlington Ontario	건설허가 취득 (2025.4.4.)

자료: 한국원자력연구원, 2025년 미국의 선진원자로 개발 현황과 제도적 지원 동향, 2025.4.17.

출처: 동 사업 기획보고서

○ 일부 프로젝트는 경제성 확보 실패와 전력 수요처 부재로 중단된 사례 존재

- NuScale사가 주도하는 아이다호 국립연구소에 건설될 예정이었던 무탄소 전력 프로젝트(Carbon Free Power Project, CFPP)는 건설 지속을 위한 충분한 고객 확보에 실패하면서 프로젝트 무산

□ (NuScale Power) SMR을 설계하고 판매하는 미국 상장회사로 VOYGR 플랜트* 운영 및 인허가, 건설, 유지보수 등의 다양한 사업을 추진

* VOYGR SMR 플랜트 : 미국 원자력 규제 위원회(NRC)로부터 설계 승인을 받은 최초이자 유일한 소형 모듈형 원자로(SMR)⁹⁾

○ 루마니아에 도이체티(Doicesti) 석탄발전소 부지에 77MWe급 6개 모듈 건설 계획 발표하였으며, 2033년 상업운전을 목표로 건설사업 추진¹⁰⁾

□ (TerraPower) 원자로 설계 및 엔지니어링 기업으로 개발 노형으로 NATRIUM, TWR, MCFR이 있음

9) KEIEP 세계에너지시장 정보, https://energy.ketep.re.kr/globalenergy/site/main/board/overseas_firm/23320, 검색일 2026.3.30

10) 에너지안전신문, 루마니아, “차세대 원전 SMR 건설 확정… 2033년 상업 운전 ‘시동’”, 2026.2.15., (<https://www.esnews.kr/news/articleView.html?idxno=2419>)

- 미국 원자력규제위원회(NRC)로부터 상업용 첨단 원전 건설을 승인받아, 미국 와이오밍주에서 세계 최초 상업용 SMR 플랜트 건설에 본격 착수하여 2030년 실증로 가동을 목표로 함¹¹⁾

□ (GE Vernova Hitachi Nuclear Energy, GVH) 미국 General Electric과 일본 히타치 기업의 원자력 사업 부문을 통합하여 설립된 합작회사로 대표 노형은 BWRX-300, PRISM, ESBWR, ABWR과 TerraPower와 공동개발한 NATRIUM이 있음

- GVH는 캐나다의 Ontario Power Generation(OPG), SNC-Lavalin, Aecon사와 OPG의 달링턴 원전 부지에 BWRX-300 SMR 도입 계약 체결¹²⁾

(3) 러시아

□ SMR 기반의 부유식 원전 상업 운전 중이며, 세계 최초 육상 SMR 건설 승인

- 세계 최초로 Akademik Lomonosov 부유식 발전소의 KLT-40S가 Pevek에 배치되어 2019년 12월부터 상업 운전 중이며, 극동지역인 추코트카 자치구에 전력 공급 중
- 러시아 정부는 세계 최초 육상 SMR인 RITM-200N을 Yakutia 지역 내 건설을 승인

□ (Rosatom) 러시아 국영기업으로 주도적인 기술개발을 추진하며, 설계사 OKBM에서는 해상용 SMR 모델 5종, 선박산업용 초소형 SMR 17종 모델을 개발 중

- 원전 설계 소유 업체가 중심이 되어 산하 기관/기업이 협력하는 형태로 원자력 발전소 설계 및 건설, 원자로 및 연료 공급, 해체와 폐기물 처리, 에너지 솔루션과 인재육성을 통해 일괄적인 협력체계 구축

* Rosatom은 민간 원자력 업무를 총괄하는 자회사 Atomenergoprom(AEP)를 중심으로 하위 9개 기관과 51개의 주식회사 소유

- 해외 원전 건설 부문 전 세계 원자력 기술 수출의 76%를 담당하는 선도 기업으로 2020년 12월 기준 12개국에서 35개의 원자력 발전소의 다양한 개발 단계 참여 중

(4) 중국

□ 자국 공급업체 원자로 장비 기반의 세계 최초 4세대 원자로 가동 시작

11) 조선일보, "SK 투자한 테라파워, 美서 첫 상업용 SMR 승인", 2026.3.5., (<https://www.chosun.com/economy/industry-company/2026/03/05/TOQUZWLMWNBUTNXDY5HROPGG4E/>)

12) OPG 홈페이지(<https://www.opg.com/releases/team-forms-to-build-north-americas-first-smr/>), 검색일 2026.4.5.

- 2023년 12월 중국 산둥성에 자국 기술 기반 원자로 개발 및 실증을 통해 세계 최초 4세대 원자로인 Shidaowan-1을 가동하기 시작
- 정부 주도로 산업 생태계 조정, 규제·허가 절차 간소화, R&D 투자 지원 등 원자력 부문 발전을 위해 전방위 정책을 수행
- 중국아카데미(CAS)는 2011년부터 액체불화토륨원자로(LFTR) 개발을 위해 R&D 프로그램을 통해 30억 위안 규모 지원
 - 불화염냉각고온로(FHR)로도 알려져 있으며, 상하이 응용물리연구소(SINAP)의 TMSR 센터가 개발 및 운영 담당
 - 중국 국가핵안보국 상하이 응용물리연구소는 2023년 6월에 실험용 TMSR-LF1 토륨 용융염 원자로에 대한 운영허가를 발급하였으며, 실증에 성공할 경우 2030년까지 건설 예정
- 중국 국영기업 중국핵공업집단공사(CNNC, China National Nuclear Corporation) 중심의 자회사 구성으로 유기적 협력을 통한 기술개발 및 사업 추진
- 중국 원자력 에너지 부문에서 중심 역할을 하는 국영기업으로, 우라늄 채굴, 연료 제조, 원자로 설계 및 건설을 포함한 전체 핵연료주기에 관여
 - Hualong One과 ACP-100 SMR을 포함한 선진 원자로 기술 개발에 깊이 관여
 - ACP-100은 CNNC가 지적재산권을 보유한 가압경수형(PWR) SMR 모델로 2016년 최초로 IAEA 전문가들의 독립적인 안전성 평가를 통과
- 자회사인 중국국가원자력(China National Nuclear Power, CNNP)은 원전프로젝트 관리 및 기술연구를 수행하고 NPIC는 원자로 엔지니어링 연구 설계를 담당

기업명	모델	현황
CNNC	ACP100 가압경수로 125MWe	- IAEA 일반원자로안전성검토 취득('16) - 정부가 과학기술 시범 프로젝트를 승인('21.6), 첫 실증용 원자로 링롱 1호 하이난성에서 건설 착수('21.7), 터빈 기초공사 완료('22.5), '25.10~'26.2 까지 완공 목표
INET, Tsinghua University	HTR-PM(600) 모듈형 펄스베드 고온가스냉각로 210MWe	- Shandong 지역에 건설 착수('12.12), 완료('18) - HTR-PM 송전망 연결('21.12) - 전력 및 고온·고압 증기 공급을 위한 6기 공용터빈 HTR-PM600 개발 중
SINAP, CAS	Thorium MSR 용융염로 168MWe	- 2MW 토륨용융염원자로 시험로 간쑤성 내륙지역에 건설 완료 및 시험('21.9)

[그림 2-5] 주요 중국 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황

출처: 서울시 녹색산업지원센터, 녹색산업 인사이트 소형모듈원자로(SMR), 2024.9.

제 3 절 소형모듈원자로 제작을 위한 공정 기술¹³⁾

1. PM-HIP(분말야금열간등압성형) 기술

가. PM-HIP 기술 개념

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 2-6] 초대형 PM-HIP 설비 구성도

출처 : 동 사업 기획보고서

13) 본 절은 기획보고서(2025)에서 제시된 내용을 기반으로 작성되었으며, 일부 내용은 참고자료로 표시함

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 2-7] PM-HIP 제작 공정

출처 : 추가제출자료

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 2-8] Gas Atomizer 구성도

출처 : 동 사업 기획보고서

나. PM-HIP 기술 동향

(1) 국내 PM-HIP 기술 동향

- “현장수요대응 원전 첨단제조 기술 및 부품·장비 개발” 사업의 일환으로 SMR 적용을 위한 “초대형 PM-HIP 공정기술 개발” 과제가 진행 중임
 - 두산에너지빌리티는 24년부터 추진된 “초대형 PM-HIP 핵심제조공정 기술개발” 과제를 통하여 직경 1M의 국내 HIP 설비를 활용한 SMR 부품대상 Mock-Up을 제작 예정이며, 1/2 Scale Mock-Up은 설비크기 제약으로 해외 업체 설비(2M급)를 활용하여 제작 계획중
- 일신오토클레이브에서 연구용으로 직경 200mm급 HIP 설비 공급실적이 있으며, ‘25년 포항소재산업진흥원(POMIA)와 협력으로 직경(Φ)650mm X 2,000mm 크기의 대형 HIP 장비를 구축¹⁷⁾
- 국내 HIP 설비 대부분은 기술 개발용으로 도입/운영되고 있으며, 양산용 HIP 설비도 대부분 직경 1M 이하급으로 수입하여 운영 중임
 - 코히스테크에서 ‘24년 챔버크기가 직경 1m, 높이 2500mm이며, 최대 150MPa 압력으로 최고 1350℃(몰리브덴 히터)/1600℃(그래파이트 히터)의 온도로 HIP 처리가 가능한 미국 AIP社의 직경(Ø) 1m급 HIP 장비를 구축¹⁸⁾

(2) 국외 PM-HIP 기술 동향

- (미국) CESA(Clean Energy Supplier’s Alliance) 주관으로 ATLAS(Advanced Technology at Large Scale) Consortium을 구성하고 원자력 SMR 및 해군 방산용 초대형 PM-HIP Application을 목적으로 핵심 기술개발, 양산설비 도입 및 자국 내 공급망 마련을 추진
 - 연구기관인 EPRI는 2019년 SMR 부품대상 축소모형(1/2 크기)을 제작
 - 누스케일 원자로 압력용기용 상·하부 헤드, 스팀 플레넘 등 주요 부품을 PM-HIP 기술을 통해 1/2크기로 제작, 검증

17) 신소재경제, “POMIA, 국산 HIP 구축…철강·항공·방산·3D프린팅·SMR 경쟁력 강화 지원”, 2025.11.14.

18) 신소재경제, “코히스테크, 직경 1m급 대형 HIP 장비 구축”, 2024.7.17.



자료 : Small Modular Reactor Vessel Manufacture and Fabrication, EPRI Report 3002015814, D. Gandy, 2019, EPRI

[그림 2-9] PM-HIP으로 제작된 1/2 Scale SMR 부품, EPRI

출처: 동 사업 기획보고서

- (영국) 연구기관인 Nuclear AMRC 주관으로 Rolls-Royce 및 소재제작 전문업체인 Sheffield Forge Master와 협력하여 핵심제조기술을 공동개발 중이며, 자국내 컨소시엄(TITAN)을 구성하여 양산설비 도입을 검토하고 있음
 - Rolls-Royce는 ‘Experi’ project라 불리는 기계, 전기, 배관 설비(MEP)를 모듈 단위로 제작하여 현장에서 적용하는 공장 제작(factory-built) 기반의 프로젝트를 시도 중임¹⁹⁾
- (프랑스) Framatome에서는 원자력 Application을 위한 Powder Metallurgy 기술을 2010년대 후반부터 개발해 오고 있으며 PM-HIP 기반 배관 부품 제작 실증 및 기술 확보를 추진 중임
- (스웨덴) Quintus는 HIP 장비제조업체로서 2010년대 초반부터 초대형 HIP 설비의 설계를 개발해 왔으며, 현존 Global 최대 크기인 Giga-HIP(2M급, 일본 MTC 보유)을 제작/공급하였고 Hot Zone Size 4M 이상급의 PM-HIP 개념 설계에 있음
- (일본) 소재제작 전문업체인 MTC(Metal Technology Company)에서 현존 세계 최대 크기인 내경 2M급 HIP 성형장비를 운영²⁰⁾하고 있음. 또한, 자국내 HIP 설비 제작업체(Kobelco)는 HIP설비 자체 설비설계/제작 역량을 보유

19) AMRC 홈페이지(<https://www.amrc.co.uk/news/helping-build-the-next-generation-of-nuclear-power-plants>)

20) MTC 홈페이지(https://www.kinzoku.co.jp/en/core_technology/hip/hip_lineup)



[그림 2-10] 일본 MTC에서 운용중인 현존 세계최대 크기의 HIP 설비

출처: 동 사업 기획보고서

- (중국) 중국 국영 철강연구소 CISRI의 자회사인 HIPEX에서는 1.85M 설비를 제작 운전 실적을 보유하고 있으며 최근 PM-HIP 장비분야에서 급격한 성장을 보이고 있음

(3) 국내외 Gas Atomizer 기술 동향

- (한국) 국내 금속 분말 산업과 연구에서는 대부분 Ni계 및 Ti계 3D Printing용 미세 분말(약 50um 미만)을 제조 및 개발함
- (독일) ALD(ALD Vacuum Technologies)사를 비롯해 최근 Gas Atomizer 설비 시장에 진입한 SMS사를 보유하고 있음. 이들 설비 기업은 ton 단위의 고품질 분말을 생산할 수 있는 대형 Gas Atomizer 제작 기술과 공급 실적을 보유하고 있는 것으로 조사됨
- (영국) ASL(Atomising Systems Ltd.)가 설비설계/제작 및 분말제조기술을 주도하고 있고, 우수한 가스 분사노즐 설계 기술을 보유하고 있음

2. EBW(전자빔 용접) 기술

가. EBW의 개념²¹⁾

- 전자빔 용접(Electron Beam Welding, EBW)은 고에너지 전자를 모재에 충돌시켜 발생하는 열을 이용해 금속을 접합하는 용접 방식²²⁾으로 전자빔은 직선 운동하는 전자들로 구성되어 있으며, 고속으로 용접 부위로 집중되어 에너지를 전달하는 접합 방법
- 전자빔 용접은 일반적으로 가스 분자의 존재가 빔을 산란시킬 수 있기 때문에 진공 환경에서 수행되며, 용접 진공 챔버 내부에서 공작물을 이동하며 특수 고정구와 CNC테이블을 사용하여 진행
 - 최근에는 공작물 전체를 진공 챔버 내부에 두지 않고, 접합할 재료의 측면에 있는 진공 상자에 전자 총을 넣어 전자빔 용접을 하는 국부적인 전자빔 용접 방법이 실현
- 전자빔 용접은 높은 용접 속도와 적은 운영 비용, 용접 온도가 높은 재료도 쉽게 용접할 수 있다는 장점이 있지만 장비 비용이 매우 높고 이를 운용하기 위해서는 고도의 숙련된 작업자가 필요한 특징이 있음

나. EBW 기술 동향

(1) 국내 EBW 기술 동향

- EBW 후판 원패스 용접기술의 품질 및 안전성 관리에 대한 연구가 이루어지고 있음. 용접 부위의 강도 및 내구성 향상을 위한 기술적 연구가 진행 중임
- 산업 고도화에 따라 분야별로 용접 기술의 적용범위가 확대되고 있음
 - 특히, 항공우주, 자동차, 조선, 에너지 등 다양한 산업 분야에서의 응용이 확대되고 있음
- (현장수요대응 원전 첨단제조기술 개발사업) 국책과제에서도 EBW 시스템을 개발하고 있음. 해당 과제에서는 대부분의 초대형 EBW 장비 및 시스템을 해외에서 수입할 예정이며 약 250mmt 소재를 one pass로 용접하는 공정변수 확보를 목표로 함

21) 국가과학기술연구회 블로그, “잠수함, 발사체 등 대형 구조물 용접이 가능한 전자빔 용접 시스템 국내 최초 개발”, (<https://blog.naver.com/nststory2014/223490973836>), 검색일 2026.3.31.

22) 최주원·한태송·허남수, SA508 전자빔용접 공정 변수에 따른 전자빔편향 거동 및 민감도 분석, 한국압력기기 공학회, 2025.12.

- (제조기반생산시스템기술개발사업) 한국기계연구원 공동연구팀*에서 국산화한 전자총을 탑재한 대형 전자빔 용접 시스템을 설계·제작하고, 100mm 이상의 두꺼운 금속부품을 한 번에 용접할 수 있는 기술을 개발

* 한국기계연구원과 한국전기연구원, 부경대학교, (주)한라이비텍 연구팀

- 대형 전자빔 용접시스템에 전자총과 고전압 장치를 장착한 시스템 제작과 운전에 성공했으며, 대형 진공 챔버 내부에서 수행되는 용접 공정을 외부에서 모니터링하고 전자빔 용접선을 자동으로 추적하는 용접심 트래킹 기술도 개발

동 사업의 [그림 2-11] 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 2-11]

(2) 국외 EBW 기술 동향

- EBW 후판 원패스 용접기술은 자동화 및 대형 구조물 적용을 중심으로 다양한 금속 및 합금에 대한 기술 고도화가 진행 중임
- (미국) 정부 지원을 통해 초대형 전자빔 기술을 개발을 고도화를 추진하고 있음. 24년도에는 원자력 제품 적용을 위한 전자빔 용접시스템 설치 및 최종 시험을 완료할 예정

- 미국은 미국형 SMR 적용을 목적으로 약 130mmt 원자로 적용이 가능한 EBW 시스템 개발을 진행중임

□ (영국) 영국 정부 지원을 통해 EBW 대형화 및 기술개발 실증을 추진중임

- CVE(Cambridge Vacuum Engineering)사에서는 국부진공 방식을 적용하여 시스템 간소화를 구현하였고, 200mmt 두께의 원자력 압력용기 one-pass 용접을 수행하는 기술을 실증한 바 있음²⁴⁾

□ (독일) Pro-beam사에서는 대형 진공챔버 내에서 150mmt 이상의 두께에 대해 one-pass 용접이 가능한 장치를 개발하였고, SST사에서는 모듈형 진공챔버 방식을 적용하여 대형구조물 제작에 특화된 장치를 개발

3. 적층제조 기술

가. 적층제조의 개념²⁵⁾

□ 적층제조기술(Additive Manufacturing, 3D printing)은 기존의 절삭가공 등 삭감 방식(subtractive manufacturing)의 제품제조 방식과 달리 디지털화된 제품의 3차원 모델을 2차원의 층상으로 나누고 그 2차원 패턴을 반복적으로 적층(additive manufacturing)하여 제품을 제조하는 기술²⁶⁾

□ 미국재료시험학회 ASTM F2792-12a에서는 기존에 RP나 쾌속조형 기술로 표현하던 용어들을 3D프린팅 또는 적층제조 기술로 표준화하였으며, 적층방식에 따라 7가지 방식으로 분류

- ① 재료 압출방식(material extrusion, ME), ② 재료 분사방식(material jetting, MJ), ③ 접착제 분사방식(binder jetting, BJ), ④ 판재 적층 방식(sheet lamination, SHL), ⑤ 액조 광경화 방식(vat photo polymerization, 또는 광수지화방식, VPP), ⑥ 분말 베드 용해 방식(powder bed fusion, PBF), ⑦ 에너지 제어 용착 방식(direct energy deposition, DED)

- 이 중에서 금속의 적층제조에는 주로 분말 베드 용해(PBF) 방식과 에너지 제어 용착(DED) 방식이 가장 많이 적용

24) CVE 홈페이지(<https://camvaceng.com/ebflow-reduces-200mm-steel-welding-time-from-3-months-to-3-hours/>)

25) 홍명표·성지현·김영석, 금속 적층제조 기술 연구동향 및 이슈, 한국소성가공학회, 2022.10.

26) 최한신·유지훈·임영목, 금속 적층제조 기술 동향, 한국산업기술평가관리원, 2017.4.

- 분말베드용해방식(Powder Bed fusion, PBF)은 금속분말 소재를 파우더 베드에 평평하게 깔고 고에너지의 레이저나 전자빔을 선택적으로 조사하여 소결 또는 용융시켜 적층하는 방법
- 에너지 제어 용착(DED) 방식은 고출력의 레이저 빔을 금속 표면에 조사하여 순간적으로 용융 풀이 생성되는 동시에 금속분말을 연속적으로 실시간으로 공급하면서 적층하는 방식
- 동 사업 과제에서 제시된 WAAM(Wire Arc Additive Manufacturing, 선재아크형 적층제조)기술은 Arc DED (Direct Energy Deposition)의 일종으로 용접 기술을 활용한 공정으로서, 아크 방전을 이용해 와이어 형태의 금속 소재를 용융하여 적층하는 방식²⁷⁾

나. 적층제조 기술 동향

(1) 국내 적층제조 기술 동향

- ☐ SMR 경쟁력 확보를 위해 적층제조를 포함한 혁신 제조기술 도입을 위한 정책적 지원이 확대되고 있으나, 산업 적용과 기술 축적 측면에서는 개발이 필요함
- 제5차 에너지기술개발계획 기술로드맵(2024~2033)에 '3DP 활용부품화 기술개발이 포함되며(2024.12) SMR 제조산업에 적층제조기술을 적용하여 경쟁력을 확보하기 위한 제도적 기반을 마련
- 국내 적층제조 분야는 공공수요와 의료분야에서 민간기업이 시장을 주도해 왔지만, 일반 제조 산업 분야의 기술확산 및 적용은 느린 것으로 평가됨
- 국내 Wire-DED 방식의 산업 적용 시도는 한국생산기술연구원의 선박용 추진 프로펠러와 발사체 타이타늄 고압탱크 개발 이력이 존재

(2) 국외 적층제조 기술 동향

- ☐ (미국) 적층제조 기술을 적용하기 위한 기술 검증, 산업 적용, 표준화가 동시에 진행되며 실증 기반이 확대
- 우주선 제작회사인 Relative Space는 우주선 Terran 1 모델의 95%를 적층제조 기술을 활용하여 제작 개발함

27) 이주홍·서기정·김덕봉·이동희·신승준, WAAM 공정에서의 합성곱신경망 및 전이학습 기반 소재 적응형 이상 탐지 알고리즘, 한국정밀공학회 2021년도 추계학술대회, 2021.11.

- Lincoln electric은 2023 NRC workshop에서 Alloy617 소재 Wire-DED를 이용해 석유화학 플랜트에 적용되는 Alloy800H Piping Component를 소개함
- AM-DED(Additive Manufacturing Direct Energy Deposition) 기술의 원자력 기기, 부품 제작의 ASME Sec.III 및 Sec.IX*의 기술요건 제정을 위해 Code Case 개발을 진행

* ASME Sec.III 및 Sec.IX: ASME는 The American Society of Mechanical Engineers(미국기계학회)의 보일러 및 압력 용기(Boiler and Pressure Vessel Code ,BPVC)의 설계, 제작, 검사에 관한 기술 기준이며, Sec.III는 원자력 시설 구성품 기준 (Nuclear Facility Components), Sec.IX는 용접 및 브레이징 자격 기준 (Welding, Brazing, and Fusing Qualifications²⁸⁾)에 대한 규정임

28) ASME 홈페이지(<https://www.asme.org/codes-standards/bpvc-standards/bpvc-2025>)

제 3 장 과학기술적 타당성 분석

제 1 절 문제/이슈 도출의 적절성

1. 문제/이슈의 적절성

- ☐ 문제/이슈 식별을 위한 환경분석 절차는 확인되나 동 사업 범위에 특화된 분석은 미흡
- 주관부처는 문제/이슈 식별을 위해 정책적, 경제적, 사회적, 기술적 환경분석 결과를 제시하였으나 대부분의 환경분석이 SMR이나 원자력발전 등 동 사업 범위보다 넓은 분야에서 수행되어 동 사업 범위인 SMR혁신제조와의 직접적 관련성은 높지 않음
- 특허분석도 PM-HIP, EBW, 적층제조 등의 SMR혁신제조기술이 아닌, 소형모듈 원자로(SMR) 기술 전반을 대상으로 검색 및 분석이 수행됨

<표 3-1> 국외 시장 및 산업 동향 요약표

동 사업의 <표 3-1> 국외 시장 및 산업 동향 요약표 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라
비공개합니다.

동 사업의 <표 3-1> 국외 시장 및 산업 동향 요약표 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라
비공개합니다.

출처: 기획보고서

<표 3-2> SMR 기업 현황 요약표

동 사업의 <표 3-2> SMR 기업 현황 요약표 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 <표 3-2> SMR 기업 현황 요약표 부분은
 '연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

- 기술적 환경분석의 경우 동 사업과 직접 관련된 국내외 SMR 혁신제조 기술 (PM-HIP, EBW, 적층제조 등)개발 동향이 제시된 점은 긍정적이나, desk research (인터넷검색이나 발표자료 정리) 결과 중심으로 제시되어, 해당 기술 보유 전문가나 업체에 대한 인터뷰 등 심도있는 조사결과는 제시되지 않은 한계가 있음
- 다만, 추가제출자료를 통해 PM-HIP, EBW, 적층제조 분야 국내 기술의 성숙도 수준과 관련 산업/기업 현황을 제시하고, 해외 엔지니어링사 인터뷰를 통해 설비 제작일정을 산출하는 등 보완이 이루어짐

- SMR제작 경제성 확보에 초점을 맞춰 기술개발 필요성을 강조하고 있으나 혁신제조 기술의 신뢰성, 안전성 관련 검토는 미흡
- 주관부처는 'SMR은 제조기술 경쟁력이 경제성과 직결되는 분야로, 기존 제조 기술을 SMR에 특화하여 업그레이드하는 것이 상용화와 글로벌 경쟁력 확보에 있어 필수'를 핵심이슈로 제시

<표 3-3> 주관부처가 제시한 문제/이슈

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

- SMR 제조기술 경쟁력 확보를 위해서는 제작 경제성 확보 뿐 아니라 혁신제조기술에 대한 안전성과 신뢰성 확보가 병행되어야 함에도 혁신제조기술이 기존의 제조 방식을 충분히 대체할 수 있는지에 대한 기술적 검토 결과 제시는 미흡
- SMR자체의 글로벌 경쟁력 확보와 SMR 기기 제조기술의 경쟁력 확보, SMR 공급망의 글로벌 경쟁력은 구별되는 개념임에도 동일선상에서 혁신제조 기술개발 필요성을 제시
- 한국이 SMR상용화 및 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 SMR 혁신제조 국산화 기술개발 뿐 아니라 현재 개발중인 i-SMR 고유 설계 및 인허가 획득을 통한 SMR자체의 기술경쟁력 확보가 필수
- 동 사업은 SMR 자체의 기술개발이 아닌, SMR 기기 제조기술을 국산화 개발하고자 하는 것임

- 한국이 SMR세계시장을 선도(SMR 상용화 및 글로벌 경쟁력 확보)하는 것과 SMR 혁신제조 기술 경쟁력을 확보(SMR 제조 파운드리로서의 경쟁력 확보)하는 것은 서로 다른 영역임에도 문제/이슈에서는 이를 동일시하여 혁신제조 기술개발 필요성을 제시

2. 과학기술기반 문제/이슈 해결의 필요성

- 문제/이슈 해결을 위한 수단으로서 SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신제조 장비 및 기술개발은 필요하다고 판단되나 동 사업 내 추진 당위성이 미흡한 과제가 존재

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

○ (적층제조) 동 사업의 목표와 직접적인 관련이 적은 이질적 내역

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- 중장기적으로 대형 단조 및 절삭 중심 공급망 의존성 완화를 위해 고려된 유연한 SMR 제조공정에 적합한 기술이라는 점에서 다소 이질적

제 2 절 사업목표의 적절성

<표 3-4> 동 사업의 논리모형

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

1. 사업목표와 해결할 문제/이슈와의 연관성

- ☐ SMR 기기의 제작공기 단축과 비용 절감을 위한 혁신제조 장비 및 기술개발이라는 사업목표는 기존 제조 기술의 한계를 극복하는 SMR 제조기술 혁신 전환이라는 문제/이슈와 연관성이 존재
 - 주관부처는 동 사업의 문제/이슈로 'SMR은 제조기술 경쟁력이 경제성과 직결되는 분야로, 기존 제조 기술을 SMR에 특화하여 업그레이드하는 것이 상용화와 글로벌 경쟁력 확보에 있어 필수'를 제시
 - 국내 제조 기술은 대형원전 위주로 최적화되어 SMR 제작 경제성 확보에 제약이 있으므로 SMR상용화와 글로벌 경쟁력 확보를 위해 기존 제조기술의 한계를 극복하는 제조기술 혁신 전환이 필요하다고 제시
 - 제시된 문제/이슈 해결을 위해 SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신 제조 장비 및 기술개발이라는 사업 목표를 제시
 - SMR 혁신 제조 장비 및 기술 개발을 통해 SMR 기기의 제작공기 단축과 제조비용 절감이 이루어질 경우 SMR 제작 경제성을 확보하게 되어 SMR상용화와 글로벌 경쟁력 확보에도 일정 부분 기여할 수 있을 것으로 예상되므로 동 사업목표와 문제/이슈 간 연관성이 존재한다고 판단됨
 - 단, 동 사업을 통해 SMR에 특화된 혁신제조 기술이 개발되어도 해당 기술의 현장 적용을 위해서는 인증 등 후속절차가 별도 추진되어야 SMR 제작 경제성 확보를 실현할 수 있을 것임
 - 또한 SMR 혁신제조 기술개발을 통한 SMR제조 경쟁력 강화와, SMR 자체의 상용화 및 글로벌 경쟁력 확보는 구별되는 개념으로 SMR 상용화와 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 동 사업 목표 달성 이외에도 다양한 전략이 병행 추진되어야 함

2. 사업목표 · 성과목표 설정의 적절성

- ☐ 성과목표와 사업목표 간 연관성은 존재하나 정량적 목표치 간 연계성은 미흡
 - 'SMR 혁신제조 기술 적용을 위한 혁신제조 설비 국산화 및 혁신제조 공정 적용 시제품 생산'이라는 성과목표 달성 시 'SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신 제조 장비 및 기술 개발'이라는 사업목표 달성이 가능하므로 성과목표와 사업목표 간 연관성이 존재한다고 판단됨

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-5> 사업목표와 성과목표

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

- 동 사업은 SMR 혁신제조 “국산화” 기술개발사업으로서 제조설비를 국산화하기 위한 사업임에도 국산화율이 성과목표나 지표에 포함되지 않음
- 동 사업은 “SMR 혁신제조 기술 적용을 위한 혁신제조 설비 국산화 및 혁신제조 공정 적용 시제품 생산”을 성과목표로 설정하고, “SMR 기기 제작을 위한 혁신제조 장비 국산화 및 기술개발”을 주요내용으로 제시
- 동 사업은 국산화가 주된 목표임에도 국산화율이 아닌 국산화 건수, 시제품 제작 건수로 성과목표가 제시됨
 - PM-HIP이나 EBW의 경우 기 추진 과제에서는 외국산 장비를 도입해 활용하지만, 본 사업에서는 이를 국산화하는 것을 목표로 하고 있으므로 국산화율은 중요한 성과지표에 해당
- 일부 장비는 해외에서 수입하는 등 개발하고자 하는 설비나 시스템을 100% 국산화하는 것은 아닌 상황에서 국산화 건수만을 성과지표로 제시할 경우 혁신제조 설비 국산화 현황 파악에 한계 존재

- 주관부처는 SMR주기기 제조는 다수 소재·부품·기자재 및 공정이 복합, 전체 공정 중 국산화의 범위를 특정 설비 수준으로 명확히 구분하기 어렵다는 이유로 국산화율을 성과지표로 설정하기 어렵다고 소명하였으나 제작 설비별 외자, 내자 비중 등 국산화의 척도가 다양할 수 있다는 점에서 소명내용은 타당성이 낮음

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 3-1] 과제별 성과관리 지표(안)

출처: 추가제출자료

- ☐ 국산화율 지표가 부재하다는 의견에 대해 비용기준 국산화율 범위를 제시하는 등 일부 보완이 이루어졌으나, 현재 지표만으로는 핵심원천기술 확보여부를 측정하기에 한계가 있고 성과지표로서의 의의도 불분명

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- 요소 기술별 난이도 및 중요도에 따른 가중치를 반영한 차등계산이 필요함에도 단순 비용 기준으로 측정되도록 국산화율 지표를 설계하여 제시된 성과지표로는

핵심원천기술 확보여부나 산업의 실질적인 글로벌 경쟁력을 측정하기 어려움

- 단순 비용 기준 측정방식이 아닌, 고부가가치 핵심 기술 자립도를 평가할 수 있는 질적 지표 중심으로 성과지표 재설계가 이루어질 필요
- 3개 과제 모두 국산화 100% 달성이 불가한 상황에서 제시된 성과지표 달성이 지니는 의의가 명확하지 않고 사업성과-정책목표 간 연계 논리가 미흡
- 제시하고 있는 국산화를 목표치 달성이 수출경쟁력 확보, 기술 자립, 공급망 안정과 직결되는지에 대한 연계논리가 부재하여 제시된 국산화를 목표치가 정책적으로 충분한 수준인 것인지, 성과지표 달성시 정책적으로 무엇이 달라지는지 명확하지 않음

3. 사업 성과지표의 적절성

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-6> 성과지표 정의 및 측정방법

동 사업의 <표 3-6> 성과지표 정의 및 측정방법 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 <표 3-6> 성과지표 정의 및 측정방법 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

동 사업의 사업 성과지표의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 [그림 3-2] PM-HIP 공기절감 근거 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다

[그림 3-2] PM-HIP 공기절감 근거

출처: 추가제출자료

동 사업의 사업 성과지표의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 [그림 3-3] EBW 공기질감 근거 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다

[그림 3-3] EBW 공기질감 근거

출처: 추가제출자료

동 사업의 사업 성과지표의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

4. 수혜자 표적화의 적절성

동 사업의 수혜자 표적화의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-7> 동 사업 수혜자 및 수혜내용

동 사업의 <표 3-7> 동 사업 수혜자 및 수혜내용 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 <표 3-7> 동 사업 수혜자 및 수혜내용 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료 내용을 표로 구성

<표 3-8> 성과전달경로

동 사업의 <표 3-8> 성과전달경로 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료 내용을 표로 구성

동 사업의 수혜자 표적화의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 [그림 3-4] 개발기술 중심 공급망 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다

[그림 3-4] 개발기술 중심 공급망

출처: 추가제출자료

<표 3-9> 개발기술별 수혜업종 및 잠재 수혜기업

동 사업의 <표 3-9> 개발기술별 수혜업종 및 잠재 수혜기업 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라
비공개합니다.

출처: 추가제출자료

동 사업의 수혜자 표적화의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

제 3 절 세부활동 및 추진전략의 적절성

1. 세부활동과 사업목표와의 연관성

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-10> 세부활동 구성

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

2. 세부활동 도출의 적절성

가. 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성

동 사업의 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-11> 총괄과제 평가표

동 사업의 <표 3-11> 총괄과제 평가표 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료

동 사업의 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 수요조사 및 우선순위 설정과정의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

나. 세부활동 구성 및 내용의 적절성

<표 3-12> 세부활동 구성

동 사업의 <표 3-12> 세부활동 구성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 <표 3-12> 세부활동 구성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-13>

동 사업의 <표 3-13> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-14>

동 사업의 <표 3-14> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 소명자료

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-15>

동 사업의 <표 3-15> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료 일부 수정

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라
비공개합니다.

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-16>

동 사업의 <표 3-16> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 소명자료

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 세부활동 구성 및 내용의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

다. 세부활동 성과지표의 적절성

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-17> 1-1 과제 성과지표

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 세부활동 성과지표의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-18> 1-2 과제 성과지표

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 세부활동 성과지표의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-19> 1-3 과제 성과지표

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.



출처: 기획보고서

라. 기간추정 및 시간적 선후관계의 적절성

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 3-20> 1-1 과제 기술로드맵

동 사업의 <표 3-20> 1-1 과제 기술로드맵 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 <표 3-20> 1-1 과제 기술로드맵 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 3-21> 1-2 과제 기술로드맵

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

출처: 기획보고서

마. 추진체계 및 전략의 적절성

동 사업의 추진체계 및 전략의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 추진체계 및 전략의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 추진체계 및 전략의 적절성 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

[그림 3-5] 동 사업 기술개발 로드맵

출처: 사업설명회 발표자료

제 4 장 정책적 타당성 분석

제 1 절 정책의 일관성 및 추진체제

1. 상위계획과의 부합성

가. 종합

- ☐ 과학기술분야 최상위 법정계획(필수계획)인 「제5차 과학기술기본계획(2023~2027)」 및 유관 과학기술 분야 중장기 계획(선택군 계획)과의 부합성을 검토한 결과, 상위 계획과의 부합성은 대체로 적절

<표 4-1> 상위 계획과의 부합성 조사 결과

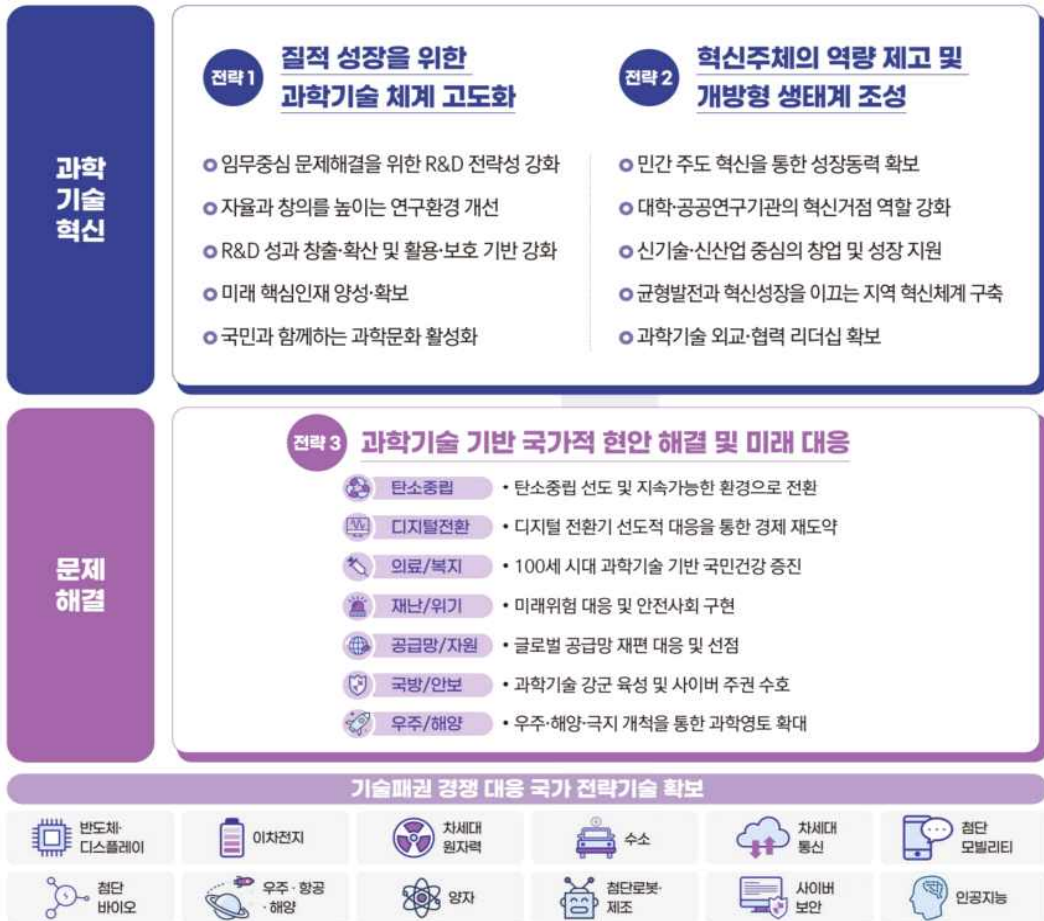
구분	계획명	부합도		
		낮음	보통	높음
필수계획	제5차 과학기술기본계획('23~'27)		○	
선택군 계획	제6차 원자력진흥종합계획('22~'26)			○
	제5차 에너지기술개발계획('24~'33)			○
기타계획	차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안		○	
	차세대 원자로 민·관 협력 추진전략('24.2)		○	

<표 4-2> 상위계획과의 부합성 평점 결과

필수계획 선택군 계획	부합도 낮음	부합도 보통	부합도 높음
부합도 높음	보통	대체로 적절	적절
부합도 보통	대체로 부적절	보통	대체로 적절
부합도 낮음	부적절	대체로 부적절	보통

나. 제5차 과학기술기본계획('23~'27)

- 본 사업은 「제5차 과학기술기본계획」의 과제 '3-1-1 탄소중립 기반의 에너지 전환 기술 확보 및 정책 추진체계 구축'에 제시된 미래 원전기술 확보 내용과 일부 부합
- 「제5차 과학기술기본계획」은 「과학기술기본법」 제7조에 따른 과학기술 분야 최상위계획으로 국가의 과학기술 발전 목표와 기본 방향을 제시
- 제5차 과학기술기본계획에서 SMR 기술개발을 언급하고는 있으나 본 사업은 SMR 자체가 아닌 SMR 기기의 제조장비 및 기술 개발을 목표로 한다는 점에서 일부 부합성이 존재하는 것으로 판단



[그림 4-1] 제5차 과학기술기본계획 중점 추진 과제

출처: 과학기술정보통신부(2022), 제5차 과학기술기본계획('23~'27)

다. 제6차 원자력진흥종합계획('22~'26)

- 본 사업은 제6차 원자력진흥종합계획의 과제 '4-1 수출경쟁력을 강화하고 미래시장 수요에 대응하는 기술 개발'에 제시된 혁신제조기법 적용 내용과 부합
- 「제6차 원자력진흥종합계획」은 「원자력진흥법」 제9조에 근거하여 원자력 이용개발 환경 분석을 토대로 향후 5년간의 정책방향 및 중점 추진과제를 제시하는 중장기 발전 전략임
- 해당 계획의 '추진과제 4-1. 수출경쟁력을 강화하고 미래시장 수요에 대응하는 기술 개발'에서 SMR의 제작, 건설 등에 대한 평가로 경제성 향상과 시장 경쟁력 확보를 제시 - 공장제작 및 운송 가능한 모듈 개발, 건설공기 단축, 혁신제조기법 적용 등이 포함되어 혁신제조기술을 개발하는 등 사업과 부합

비전	미래세대까지 안심하고 활용할 수 있는 청정에너지로서의 원자력
기본 방향	• 가동원전 안전 강화 및 방폐물 환경부담 저감 • 해체·SMR 新시장 개척과 원전 수출시장 확장 • 원자력·방사선 융합기술을 활용한 혁신성과 창출 • 국민과 함께, 국가 위상을 높이는 정책 추진
2026 목표	첨단기술 융합을 통한 원자력 기술의 혁신·도약
4대 목표	12대 정책방향
안전과 환경	1. 첨단융합기술을 활용한 원자력의 안전한 이용 2. 국민이 공감하는 사용후핵연료 관리 방안 확립 3. 방사성폐기물 관리의 환경부담 저감
미래시장과 수출	4. 선도적 기술혁신과 정책지원으로 미래 원전시장 선점 5. 원전 해체/운영·정비로 수출시장 확장 6. 수출경쟁력 확보를 위한 국내 산업역량 유지·강화
융합과 혁신	7. 다양한 분야에서 인류에 기여할 수 있는 원자력 혁신기술 개발 8. 방사선 이용 산업 활성화를 위한 융·복합 신기술 개발 9. 과학기술 경쟁력 제고에 기여하는 연구인프라 활용 극대화
소통과 협력	10. 국민과 함께하는 원자력 정책 추진 11. 원자력 미래기술을 선도할 인력 양성 12. 글로벌 거버넌스와 원자력 기술 선도를 위한 협력 강화

[그림 4-2] 제6차 원자력진흥종합계획 비전 및 정책방향

출처: 관계부처 합동(2021), 제6차 원자력진흥종합계획('22~'26)

라. 제5차 에너지기술개발계획('24~'33)

- 동 사업은 「제5차 에너지기술개발계획」의 '추진과제1-1 원전 활용 확대를 위한 기술 혁신'에 제시된 혁신제조 공정, 설비 내용과 부합
- 해당 계획은 「에너지법」 제11조에 따른 에너지 기술 분야의 중장기 기본계획으로, 탄소중립·에너지 안보 달성을 위한 무탄소에너지 생태계 조성과 국내 에너지산업의 글로벌 경쟁력 확보를 목표로 수립
- 동 사업은 해당 계획의 '[전략1] 무탄소에너지 확대를 위한 기술경쟁력 강화'의 추진과제 1-1 원전 활용 확대를 위한 기술 혁신과제와 부합
 - '(1-1) 원전 활용 확대를 위한 기술 혁신'은 최첨단 혁신제조 공정 및 소재·설비 개발 내용을 담아 혁신제조기술을 개발하는 동 사업과의 부합성이 높음



[그림 4-3] 제5차 에너지기술개발계획 비전 및 전략

출처: 관계부처 합동(2024), 제5차 에너지기술개발계획('24~'33)

마. 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안(24)

- 동 사업은 「차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안」의 ‘정책방안 1. 기술개발 및 실증 로드맵’에 제시된 i-SMR의 기술개발 내용과 일부 부합
- 동 방안은 2030년대 초부터 본격화될 세계 차세대 원자로 시장에서 기술 및 시장 주도권을 적기에 확보할 수 있도록 수립되었으며, 차세대 원자로 기술 확보(설계 전문기업 육성) 및 사업화·수출을 목표로 다각적인 정책 방안을 제시
- ‘정책방안 1. 기술개발 및 실증 로드맵: 단기 i-SMR 확보’에서 i-SMR 혁신 기술을 신속 확보하고 ‘30년대 초도호기 상업운전 개시를 목표로 부지확보, 건설 등 국내 사업화를 추진하고 있으나, SMR혁신제조기술이 아닌 설계기술에 초점이 맞춰져 있어 동 사업과는 일부 부합

정책 방안	주요 내용
① 기술개발 및 실증 로드맵 수립	• (단기 : i-SMR) 혁신기술 신속 확보 및 '25년까지 표준설계 완료, 국내·외 사업화 적기 추진 • (중장기 : 차세대 원자력) 체계적 추진을 위한 연구개발·실증 로드맵 수립
② (가칭)K-ARDP 도입·추진	• 한국형 차세대 원자로 기술개발 및 실증 프로그램 도입·추진 → 설계역량 보유 민간기업 육성 및 신속 상용화
③ 안전규제체계 적기 구축	• i-SMR 인허가 신청 전 규제체계 마련 • '30년대초까지 비경수로 규제기술 단계적 확보 • 전문성 있는 규제인력·전담조직 확충
④ 전략적 국제협력	• 한-미, 한-영 국제공동연구 • 국내·외 기업 파트너십 강화 • 핵연료 취급·제작 기술개발 협력
⑤ 혁신성장 생태계 조성	• 체계적 연구·산업인력 양성 추진 • 연구조합을 통한 민간주도 상용화 촉진

[그림 4-4] 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안 주요 내용

출처: 국가과학기술자문회의(2024), 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안(안)

바. 차세대 원자로 민·관 협력 추진전략('24.2)

- 동 사업은 「차세대 원자로 민·관 협력 추진전략(안) -Korea SMR Initiative-」의 '세부 과제 1. 노형별 맞춤형 지원'에 제시된 혁신형 SMR 경쟁력 강화 내용과 일부 부합
- 「차세대 원자로 민·관 협력 추진전략(안)」은 원자력진흥위원회에서 SMR 시장 전망 맞춰 민간 주도의 차세대 원자로 글로벌 시장에 우리 기업의 수요 대응을 위해 수립된 전략
- '세부과제 1. 노형별 맞춤형 지원'에 제시된 혁신형 SMR의 핵심기술 개발, 표준 설계 및 인허가 획득 추진 등의 내용은 SMR혁신제조기술이 아닌 SMR 기술개발에 초점이 맞춰져 있어 동 사업과는 일부 부합

<표 4-3> 차세대 원자로 민관 협력 추진전략 주요 내용

추진 전략	추진 과제
노형별 맞춤형 지원	▪ (혁신형 SMR) 경쟁력 강화 및 수출전략 마련 ▪ (고온가스로) 민관 공동 독자 설계 확보 ▪ (용융염로) 先 민·관 공동개발, 後 기업주도 사업화 ▪ (소듐냉각고속로) 민간 사업모델 구체화 ▪ (SMART) 민간 주도 해외시장 진출
민간 주도 기술개발 및 사업화	▪ 공동개발-기술이전-사업화 등 민간 주도 추진 ▪ 조기 상용화를 위한 사업화 전담기관 설립
기업수요 연계 및 투자 활성화	▪ 정부 매칭 투자로 민간의 기술·재무적 리스크 완화 ▪ 차세대 원자로 연구조합 설립
적기 인허가 지원체계 마련	▪ 핵심기술·주요기기 실증을 위한 인프라 활용 ▪ 기술개발 단계에서 선제적 규제체계 개발 병행 ▪ 규제 협력 네트워크 운영
차세대 원자력 인력 양성	▪ 신진연구자 대상 교류·협력 프로그램 운영 ▪ 차세대 원자력 전문인력 양성센터 설립 추진 ▪ 글로벌 원자력 공동캠퍼스 구축을 통한 교육·연구
원자력 국제협력 강화	▪ 글로벌 연구거점 제공 ▪ 수출 대상국 맞춤형 전략 수립 및 마케팅 추진 ▪ 차세대 노형별 특성에 맞는 핵연료 공급망 확보

자료: 차세대 원자로 민관 협력 추진전략(2024)

출처: 동 사업 기획보고서

2. 사업 추진체제 및 추진의지

가. 유사사업(과제)과의 차별성 분석

- ☐ 동 사업 추진 내용과 유사한 타 과제를 비교한 결과, 동 사업과 차별성이 존재하며 동 사업과의 연계방안이 제시됨

<표 4-4> 차별성 검토 대상 사업 목록

번호	주관부처명	사업명	과제명
1	산업통상자원부	현장수요대응원전첨단제조 기술및부품.장비기술개발	초대형 PM-HIP 핵심 제조공정 기술 개발
			초대형 전자빔 용접(EBW) 기술 및 공정 개발
2	산업통상자원부	원자력핵심기술개발	원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D 프린팅 기반 제작 및 표준화 기술개발
3	산업통상자원부	전자시스템전문기술개발 (R&D)	발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발
4	중소벤처기업부	중소기업기술혁신개발 (소부장회계)	Fast cooling 시스템이 적용된 열간 등방 가압성형 장비 국산화 기술개발
5	산업통상자원부	소재부품산업기술개발기반구축	원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가

(1) 현장수요대응 원전첨단제조기술 및 부품장비기술개발사업

- ☐ 동 사업은 PM-HIP 및 EBW 관련 선행과제와 차별성이 존재

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 4-5> 주관부처 제시 초대형 PM-HIP 핵심 제조공정기술 개발과제와 동 사업의 비교

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 4-6> 주관부처 제시 초대형 PM-HIP 핵심 제조공정기술 개발과제와 동 사업의 비교

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

출처: 추가제출자료

(2) 원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D프린팅 기반 제작 및 표준화 기술개발

- 유사과제(원자력 핵심기술개발 사업의 원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D 프린팅 기반 제작 및 표준화 기술개발 과제)는 분말적층제조 기술이나 동 사업은 와이어 적층제조 기술로서 차별성 존재
- 분말층을 용융하여 적층하는 PBF(Powder Bed Fusion) 제조 기술을 적용하여 소형 고정밀·복잡부품을 제작하는 유사과제와 달리 동 사업은 Wire 용융 적층하는 WAAM(Wire Arc Additive Manufacturing) 적층제조 기술로서 중형 부품까지 적용성 확대 및 고속 저비용으로 제작이 가능하다는 점에서 차별성 존재

<표 4-7> 원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D프린팅 기반 제작 및 표준화 기술개발과제와 동사업의 비교

구분	유사과제	동 사업
과제명	원전 핵연료지지체와 안전 1등급 밸브의 3D프린팅 기반 제작 및 표준화 기술개발	SMR 적용을 위한 적층제조 기술 및 부품 개발
기간	'17.12~'22.11	'26~'31
예산	139.9억원 (국고 108.3억원, 민자 31.3억원)	170억원 (국고 150억원, 민자 20억원)
목표	316 소재의 분말적층을 이용한 핵연료집합체 및 3D프린팅 밸브 제작기술 개발 적용 표준화 기술 개발	SMR 적용 금속적층 제작이 가능한 In-situ 적층제조 시스템 구축 및 기기/부품 적층제조 공정 기술 개발
차별성	3D프린팅 기술 초기 당시의 분말적층제조 부품화 검토 및 적용시도를 위한 초기 기술개발 과제	SMR 기기 제작을 위한 와이어 적층제조 시스템 구축 및 공정기술 개발, 시제품 제작과 차별화
연계방안	기존 과제는 분말적층제조 기술과 관련되는 반면 동 사업은 와이어 적층제조 기술이므로 직접적인 연계사항은 없으나 적층제조라는 특성에 기반한 품질보증, 공정최적화 절차 연계 가능	

출처: 추가제출자료 재구성

(3) 발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발

- 유사과제(발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발 과제)는 분말 적층제조 기술이나 동 사업은 와이어 적층제조 기술로서 차별성 존재
- 유사과제는 3D프린팅 기술을 통해 화력, 복합발전 설비 대상 단종 부품을 BJ(바인더 분사), PBF(분말용융), DED(분말직접에너지증착) 3D프린팅 제작 개발로 원전용 부품 공정 개발을 수행한다는 점에서 와이어적층제조기술을 개발하는 동사업과 차별성 존재

<표 4-8> 발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발과제와 동사업의 비교

구분	유사과제	동 사업
과제명	발전수요부품 국산화를 위한 3D프린팅 상용화 기술개발	SMR 적용을 위한 적층제조 기술 및 부품 개발
기간	'18.7~'20.12	'26~'31
예산	54.8억원 (국고 29억원, 민자 25.8억원)	170억원 (국고 150억원, 민자 20억원)
목표	분말적층제조기술을 적용한 단종 소형부품 제조기술 개발	SMR 적용 금속적층 제작이 가능한 In-situ 적층제조 시스템 구축 및 기기/부품 적층 제조 공정 기술 개발
차별성	분말적층제조 기술을 이용한 단종품 및 노후부품의 제조 및 적용시도를 위한 과제	SMR 기기 제작을 위한 와이어 적층제조 시스템 구축 및 공정기술 개발, 시제품 제작과 차별화
연계방안	기존 과제는 분말적층제조 기술과 관련되는 반면 동 사업은 와이어 적층제조 기술이므로 직접적인 연계사항은 없으나 적층제조라는 특성에 기반한 품질보증, 공정최적화 절차 연계 가능	

출처: 추가제출자료 재구성

(4) Fast cooling 시스템이 적용된 열간 등방가압성형 장비 국산화 기술개발

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 4-9> Fast cooling 시스템이 적용된 열간 등방가압성형 장비 국산화 기술개발 과제 개요

사업명	중소기업기술혁신개발사업(강소기업100)				
과제명	Fast cooling 시스템이 적용된 열간 등방가압성형 장비 국산화 기술개발				
과제기간	’22 ~ ’26				
과제내용	■ 열간등방가압 장치 주요 공정구성품 설계 및 제작 기술 - 고온 고압용기의 안전성 확보를 위한 ASME 규격기준 강도기본설계 - 고온 내압 전달하중을 고려한 스레드 방식의 반응용기 및 클로우저 상세설계 및 제작 ■ Hot zone 포함 전체시스템 설계 및 제작 기술 - 냉각효율 극대화를 위한 Fast cooling 기술 시스템 적용 - 생산단가 절감을 위한 아르곤 가스 회수 시스템 개발 - 공정 분위기 최적화를 위한 자동 프로그램 및 공정제어기술개발 ■ 고압가스 증압기 및 고온 고압용 공정구성품 설계 및 개발 - 유압구동방식의 고압가스 증압기 설계 및 제작 - 안전성 확보를 위한 고온 고압용 공정 구성품 및 자동화 제어 부품 기술개발 ■ 시작품 HIP 장비를 이용한 수요부품 신뢰성 평가 - 시작품을 이용한 수요부품 미세조직 및 물성데이터 확보 및 D/B구축 - 수요부품 재현성 검증을 위한 기존 양산 HIP 장비와 비교 평가 수행				
주관부처/전문기관	중소벤처기업부/ 중소기업기술정보진흥원				
과제규모 (백만 원)	’22	’23	’24	’25	’26
	375	433	191	250	-

출처: NTIS

(5) 원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가

- '원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가'는 레이저를 통한 용접(WLAM) 내용인 반면 동 사업은 아크를 이용한 용접(WAAM)이라는 점에서 차별성 존재

<표 4-10> 원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가 과제 개요

사업명	소재부품산업기술개발기반구축(R&D)
과제명	원자력압력용기소재의 wire-AM 적용 및 평가
과제수행기간	'23.5.1. ~ '24.4.30.
과제내용	- SA 508 wire 제조 최적화 및 Wire AM 공정을 이용한 원자력압력용기용 부품제조/물성 평가 -적층부품제조 : 용해구조 : 500Kg급 용해 -압출실험(φ6.5mm) 및 인발실험(최종φ 1.2mm) -Wire AM 방법을 이용한 부품설계 및 제조 (적층크기 100mmX100mmX10mm) · 목표특성 : 항복강도(MPa): 550 이상, 인장강도(MPa): 400 이상, 연신율(%): 18 이상, 경도(Hv): 300이상, 충격값(J) : 25 이상 · 미세조직 분석 : martensite/ bainite 최적 분율 결정 - 전통적인 용해/단조법으로 제조된 원자력 압력용기와 동등 혹은 그 이상의 물성을 가지는 wire-AM 적용 압력용기 제조공정 검토 · 기존 압력용기부품과 wire-AM 부품의 경도, 인장시험 및 충격시험 결과 비교, 동등이상의 물성확보방안 제시 · Wire AM 부품 결과해석으로 압력용기 제조 가능성 검토/자문
주관부처/전문기관	산업통상자원부/ 한국산업기술진흥원, 한국산업기술기획평가원
과제규모 (백만 원)	50

출처: 산업통상자원부, 2025년도 예산요구서

3. 사업 추진 상의 위험요인

가. 재원조달 가능성

- 중기재정계획에 동 사업 추진계획이 미반영되어 국고조달의 불확실성이 존재
 - 주관부처는 국고 및 민간재원 조달 규모를 각각 1,128.85억 원과 1,565.65억 원으로 계획하고 있으며, 1차년도 국고예산 81.3억원이 '26년 예산에 반영되었다고 제시

<표 4-11> 총괄 예산표

(단위: 백만 원)

구분		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	합계
전체	국고	8,130	18,700	27,320	25,625	29,440	3,670	112,885
	민자	7,540	22,810	33,880	40,875	49,130	2,330	156,565
	계	15,670	41,510	61,200	66,500	78,570	6,000	269,450
과제 1	국고	3,130	11,950	16,820	21,250	25,440	920	79,510
	민자	6,340	21,060	30,880	39,950	48,330	1,880	148,440
	계	9,470	33,010	47,700	61,200	73,770	2,800	227,950
과제 2	국고	3,000	3,750	7,500	1,875	1,500	750	18,375
	민자	1,000	1,250	2,500	625	500	250	6,125
	계	4,000	5,000	10,000	2,500	2,000	1,000	24,500
과제 3	국고	2,000	3,000	3,000	2,500	2,500	2,000	15,000
	민자	200	500	500	300	300	200	2,000
	계	2,200	3,500	3,500	2,800	2,800	2,200	17,000

출처: 추가제출자료

- 다만 예타면제가 '25년 8월에 확정되면서 '25년초 수립되는 중기재정계획에 동 사업이 미반영되어 '26년 중기재정계획에 반영예정인 상황으로 국고조달의 불확실성은 존재하는 상황
- 동 사업에 대한 기업의 참여의향과 민간부담금 매칭 의향 확인 결과 참여의향금액이 민간재원 조달규모를 상회하여 민간재원조달의 위험요인은 낮은 것으로 판단됨

나. 법/제도적 위험요인

동 사업의 법/제도적 위험요인 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 법/제도적 위험요인 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 [그림 4-5] 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

[그림 4-5]

출처: 소명자료

동 사업의 법/제도적 위험요인 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 법/제도적 위험요인 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

제 5 장 경제적 타당성 분석

제 1 절 총사업비 구성

- ☐ 주관부처는 동 사업에 대해 2026~2031년까지 6년간 총 2,694.5억 원의 예산 투입을 계획
- 전체 예산 중 국고(1,128.85억 원)와 민자(1,565.65억 원) 비중이 41.9%대 58.1%로 민자가 더 큰 비중을 차지
 - 1-1(PM-HIP) 과제 예산이 2279.50억 원으로 전체 예산 2694.50억 원의 84.6%를 차지하며 1-2(EBW) 과제와 1-3(적층제조) 과제 예산이 각각 9.1%(245억 원)와 6.3%(170억 원)를 차지

<표 5-1> 과제별 · 연차별 정부 및 민간 소요예산

(단위: 억 원)

구분		1차년도 (2026년)	2차년도 (2027년)	3차년도 (2028년)	4차년도 (2029년)	5차년도 (2030년)	6차년도 (2031년)	합계
전체	정부	81.30	187.00	273.20	256.25	294.40	36.70	1,128.85
	민간	75.40	228.10	338.80	408.75	491.30	23.30	1,565.65
	계	156.70	415.10	612.00	665.00	785.70	60.00	2,694.50
1-1 PM-HIP	정부	31.30	119.50	168.20	212.50	254.40	9.20	795.10
	민간	63.40	210.60	308.80	399.50	483.30	18.80	1,484.40
	소계	94.70	330.10	477.00	612.00	737.70	28.00	2,279.50
1-2 EBW	정부	30.00	37.50	75.00	18.75	15.00	7.50	183.75
	민간	10.00	12.50	25.00	6.25	5.00	2.50	61.25
	소계	40.00	50.00	100.00	25.00	20.00	10.00	245.00
1-3 적층 제조	정부	20.00	30.00	30.00	25.00	25.00	20.00	150.00
	민간	2.00	5.00	5.00	3.00	3.00	2.00	20.00
	소계	22.00	35.00	35.00	28.00	28.00	22.00	170.00

제 2 절 총사업비 검토

1. 세부과제1(SMR 적용을 위한 초대형 PM-HIP 설비 국산화 개발)

가. 예산 총액규모의 적절성

동 사업의 예산 총액규모의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 5-2> 세부과제1 세부기술별 연차별 예산

동 사업의 <표 5-2> 세부과제1 세부기술별 연차별 예산 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 예산 총액규모의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 [그림 5-1] 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

[그림 5-1]

출처: 추가제출자료

나. 비목별 예산의 적절성

□ 주관부처는 과제1의 비목별 연차별 예산현황을 제시

<표 5-3> 과제1의 비목별 연차별 예산현황 총괄표(단위: 억 원)

비목	2026	2027	2028	2029	2030	2031	합계
인건비	5.20	16.10	23.30	30.20	36.40	1.40	112.60
재료비	42.50	249.85	400.00	506.97	487.57	16.30	1,703.19
용역비	12.20	7.70	1.20	44.30	207.70	9.30	282.40
연구활동비	34.80	56.55	52.50	30.53	6.03	1.00	181.41
합계	94.70	330.20	477.00	612.00	737.70	28.00	2,279.50

출처: 추가제출자료

□ 인건비, 용역비 등 일부 비목의 예산 산정근거 미흡

○ 투입인력 산정근거가 부재하고 인건비 투입 구조의 타당성이 낮음

- 연차별 투입인력 규모만 제시되고 해당 규모의 인력이 필요한 사유가 제시되지 않아 인력 규모의 적정성 판단이 어려움
- 인건비 기준단가가 높은 책임연구원만으로 투입인력을 구성하였으나, 연구원 및 연구보조원이 참여하지 않는 사유가 불분명하고 제시된 연차별 투입인력 계획은 기획보고서에 제시된 내용*과도 상이

* 기획보고서 상에는 책임연구원, 연구원, 연구보조원 총 164명 투입계획을 제시

<표 5-4> 과제1의 인건비 투입현황(단위: 명, 억 원)

구분	연차별 투입인력						
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	계
책임연구원	11.7	18.1	26.2	34.0	40.9	1.6	132.4
연구원	-	-	-	-	-	-	-
연구보조원	-	-	-	-	-	-	-
계	11.7	18.1	26.2	34.0	40.9	1.6	132.4
구분	연차별 투입인력 예산(인건비)						
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	계
책임연구원	5.20	16.10	23.30	30.20	36.40	1.40	112.60
연구원	-	-	-	-	-	-	-
연구보조원	-	-	-	-	-	-	-
계	5.20	16.10	23.30	30.20	36.40	1.40	112.60

출처: 추가제출자료 편집

<표 5-5> 기획보고서에 제시된 연차별 인력투입 계획

(단위: 명)

구분	1차년도 '26	2차년도 '27	3차년도 '28	4차년도 '29	5차년도 '30	6차년도 '31	합계
책임연구원	9	15	18	14	15	1	72
연구원	6	14	21	18	19	1	79
연구보조원	0	1	2	4	5	1	13
합계	15	30	41	36	39	3	164

출처: 기획보고서

<표 5-6>

동 사업의 <표 5-6> 부분은 '연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.
--

출처: 추가제출자료 편집

동 사업의 비목별 예산의 적절성 부분은 '연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.
--

다. 세부기술별 사업비 배분구조의 적절성

동 사업의 세부기술별 사업비 배분구조의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 5-7> 세부과제1 세부기술별 사업비 구성내역

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 세부기술별 사업비 배분구조의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 세부기술별 사업비 배분구조의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

2. 세부과제2(SMR적용을 위한 최적 EBW용접 시스템 개발 및 시제품 제작)

가. 예산 총액규모의 적절성

<표 5-8> 세부과제2 세부기술별 연차별 예산(단위: 억 원)

'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 예산 총액규모의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 예산 총액규모의 적절성 부분은
 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

나. 비목별 예산의 적절성

☐ 주관부처는 과제2의 비목별 연차별 예산현황을 제시

<표 5-9> 과제2의 비목별 연차별 예산현황 총괄표(단위: 억 원)

비목	2026	2027	2028	2029	2030	2031	합계
인건비	9	11	23	6	5	2	55
재료비	29	36	70	15	10	5	165
연구활동비	2	3	8	4	6	3	25
합계	40	50	100	25	20	10	245

출처: 추가제출자료 편집

☐ 투입인력 산정근거가 부재하고 인건비 예산 불일치

- 연차별 투입인력 규모만 제시되고 해당 규모의 인력이 필요한 사유가 제시되지 않아 인력 규모의 적정성 판단이 어렵고, 총괄표상의 인건비 예산과 인건비 세부 내역상 인건비 예산이 불일치하여 인건비 도출 과정 및 근거 파악이 어려움

☐ 연구활동비 산출 근거가 불분명

- 출장비로 12.25억 원이 책정되어 있으나 산정기준은 ‘국책과제 실적 기준’으로만 제시되어 해당 예산이 필요한 근거 확인이 어려움

☐ 연구시설장비비 비목분류 타당성이 낮음

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 5-10>

동 사업의 <표 5-10> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

3. 세부과제3(SMR적용을 위한 적층제조 기술 및 부품 개발)

가. 예산 총액규모의 적절성

동 사업의 예산 총액규모의 적절성 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 예산 총액규모의 적절성 부분은
 ‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

<표 5-11> 세부과제3 세부기술별 연차별 예산(단위: 억 원)

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

나. 비목별 예산의 적절성

□ 인건비, 용역비 등 일부 비목의 예산 산정근거가 미흡

- 투입인력 산정근거가 부재하고 인건비, 재료비의 예산 불일치(총괄표-세부내역 간)
 - 연차별 투입인력 규모만 제시되고 해당 규모의 인력이 필요한 사유가 제시되지 않아 인력 규모의 적정성 판단이 어렵고, 제시된 총괄표상의 인건비 예산과 인건비 세부내역상 인건비 예산이 불일치
 - 세부3 재료비 세부내역과 총괄표 상 재료비 예산이 불일치
- 용역비 산정근거의 구체성 미흡
 - 주관부처는 용역비 산정기준으로 “업체 견적”을 제시하나 관련 견적서가 제시되지 않아 산정근거의 구체성이 미흡

제 6 장 종합분석 및 결론

제 1 절 사업계획 원안에 대한 조사결과

- ☐ SMR 기기의 제작공기와 제조비용을 단축 또는 절감할 수 있는 혁신제조 장비 및 기술개발은 필요하다고 판단되나, 제시된 내용이 문제/이슈 해결을 위한 최적 방안임을 입증하기 위한 세부적 대안 비교 분석은 미흡

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- 특정기업에 대한 수혜집중을 넘어 건실한 SMR 산업생태계 구축을 위한 추진전략 구체화 및 이행이 중요
 - 특정 기업이 동 사업 3개 과제에 모두 참여*할 예정이며, 특히 동 사업 전체 예산의 84.6%를 차지하는 PM-HIP의 경우 해당 기업이 소유하며 주로 활용할 예정
 - * PM-HIP 과제 주관기관, EBW과제 수요기업, 적층제조 과제 참여기관
 - 대규모 국비가 투입된 인프라가 특정 기업의 전유물화될 수 있다는 우려 존재
 - 주관부처는 장비 소유기업의 영업에 방해가 되지 않는 수준에서 타 기업의 시제품 제작 지원 등의 방안을 제시하고 있으나 장비활용이 소유 기업의 재량에 크게 의존하는 소극적 대안이라는 한계 존재
 - SMR제조산업 생태계 구축을 위한 추진체계 및 전략의 구체성이 미흡
 - 주관부처가 제시한 기술교류회 개최, 협력 기업군 구성, 공정 표준화 추진 등은 원론적인 내용으로서, 누가 주도하여 언제까지 산업 표준공정DB를 구축하고, 중소기업에게 어떤 방식으로 노하우를 이전하며, 해외 공동 진출을 어떻게 지원 할지에 대한 구체적인 실행 계획이 명확하지 않음
- 동 사업은 SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업으로서 제조설비를 국산화하기 위한 사업임에도 국산화율 지표설정 및 국산화 달성 전략이 미흡
 - 주관부처는 “SMR 혁신제조 기술 적용을 위한 혁신제조 설비 국산화 및 혁신제조 공정 적용 시제품 생산”을 성과목표로 설정하고 “SMR 기기 제작을 위한 혁신제조 장비 국산화 및 기술개발”을 주요내용으로 제시

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

□ 예산산정 근거가 미흡하여 현재 제시된 자료를 기준으로 적정 예산 규모 도출이 제한됨

○ 투입인력 산정근거 부재, 용역비·연구활동비·재료비 등의 산출근거 미흡

* 전문 참여기관 견적, 국책과제 실적기준, 전문업체 견적이 등으로만 제시되고 견적서가 제시되지 않음

제 2 절 주관부처 소명자료에 대한 검토결과

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 6-1>

동 사업의 <표 6-1> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

<표 6-2>

동 사업의 <표 6-2> 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 [그림 6-1] 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

[그림 6-1]

출처: 소명자료

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

동 사업의 주관부처 소명자료에 대한 검토결과 부분은
'연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준'에 따라 비공개합니다.

제 3 절 대안의 도출

- 동 사업 내 PM-HIP 및 EBW과제는 인건비 및 재료비 등을 일부 감액하고 적층제조 과제는 소형부품 제작을 제외하여 추진
 - PM-HIP과제의 경우 과다계상된 비용 일부를 감액 조정하고 견적서 기반으로 예산금액을 조정(기존 2,279.5억 원→조정 후 2,217.8억 원, △61.7억 원)
 - 투입인력 참여율을 현실화하여 인건비 절감(기존 112.6억 원 → 조정 후 73.19억 원 △39.41억 원)
 - 테스트용 Mock-up 제작횟수·사이즈 조정 등을 통해 재료비·용역비 절감(기존 54.35억 원 → 조정 후 32.76억 원, △21.59억 원)
 - * 세부1 재료비 전용용기 505백만원→396백만원
 - * 세부6 재료비 3,200백만원→1,780백만원, 용역비 1,730백만원→1,100백만원
 - 견적서 기준으로 연구활동비 조정(기존 9.1억 원 → 조정 후 8.3억 원, △0.8억 원)
 - * 세부4 연구활동비4 기술도입비_고온유동 시뮬레이션 910백만원→830백만원
 - EBW과제는 과다계상된 비용 일부를 감액 조정하고 선행과제에서 도입하는 전자총 assembly활용을 위해 도입예산을 민간 현물부담으로 전환하여 추진(기존 245억 원 →조정 후 238.44억 원, △6.56억 원)

- 투입인력 규모와 참여율을 조정하여 인건비 절감(기존 55.125억 원 → 조정 후 50.567억 원, △4.558억 원)
 - 세부3과 세부4의 Mock-up재료비 절감(기존 30억 원 → 조정 후 28억 원)
 - 전자총 assembly(파워서플라이, 전자총, 오퍼레이팅 시스템) 도입예산(70억 원) 중 국고 52.5억 원은 민간 현물부담으로 전환
- 적층제조 소형부품 제작을 제외, 예산 조정(기존 170억 원 → 조정 후 133억 원, △37억 원)

<표 6-3> 사업계획 원안과 사업계획적정성검토 대안의 비교

구분	사업계획서	사업계획 적정성 검토
사업비 (정부)	2,694.5억 원 (1,128.85억 원)	2,589.78억 원 (1,017.73억 원)
사업기간	2026 ~ 2031년	2026 ~ 2031년
사업비 근거	▪ (PM-HIP) 2279.5억 원 ▪ (EBW) 245억 원 ▪ (적층제조) 170억 원	▪ (PM-HIP) 2217.82억 원 ▪ (EBW) 238.44억 원 ▪ (적층제조) 133.52억 원
비고	▪ PM-HIP과제 인건비 및 재료비 과다계상된 부분 존재, 견적서와 불일치하는 부분 조정 ▪ EBW과제 인건비 및 재료비 과다계상된 부분 존재 ▪ 적층제조 과제의 소형 부품 제작은 SMR 제조와 직접 관련 적음	▪ PM-HIP과제 인건비(39억 원) 및 재료비·용역비(22억 원) 감액, 견적서 기준 연구활동비(0.8억 원) 감액 ▪ EBW과제 인건비(5억 원) 및 재료비(2억 원) 감액, 전자총assembly도입예산은 민간현물 매칭으로 전환 ▪ 적층제조과제 소형부품 제작(37억 원) 감액

- 사업계획적정성검토 결과 연도별 예산은 2026년~2031년 국고 1017.73억 원, 민간 1572.06억 원으로 산출됨

<표 6-4> 동 사업 연도별 사업비 주관부처 요구(안) 및 적정성검토(안)

(단위 : 억 원)

연 도	구분	주관부처 요구(안)			적정성검토(안)			증감		
		합계	국고	민간	합계	국고	민간	합계	국고	민간
'26	PM-HIP	94.7	31.3	63.4	92.88	32.40	60.48	△1.82	1.1	△2.92
	EBW	40	30	10	39.15	18.11	21.04	△0.85	△11.89	11.04
	적층제조	22	20	2	17.28	15.71	1.57	△4.72	△4.29	△0.43
	합계	156.7	81.3	75.4	149.31	66.22	83.09	△7.39	△15.08	7.69
'27	PM-HIP	330.1	119.5	210.6	323.48	112.83	210.65	△6.63	△6.67	0.05
	EBW	50	37.5	12.5	49.11	21.84	27.28	△0.89	△15.66	14.78
	적층제조	35	30	5	27.49	23.56	3.93	△7.51	△6.44	△1.07
	합계	415.1	187	228.1	400.08	158.23	241.86	△15.02	△28.77	13.76
'28	PM-HIP	477	168.2	308.8	468.45	163.40	305.05	△8.56	△4.80	△3.75
	EBW	100	75	25	96.52	53.64	42.88	△3.48	△21.36	17.88
	적층제조	35	30	5	27.49	23.56	3.93	△7.51	△6.44	△1.07
	합계	612	273.2	338.8	592.46	240.6	351.86	△19.54	△32.6	13.06
'29	PM-HIP	612	212.5	399.5	601.03	209.64	391.39	△10.97	△2.86	△8.11
	EBW	25	18.75	6.25	24.38	14.53	9.84	△0.62	△4.22	3.59
	적층제조	28	25	3	21.99	19.64	2.36	△6.01	△5.36	△0.64
	합계	665	256.25	408.75	647.4	243.81	403.59	△17.6	△12.44	△5.16
'30	PM-HIP	737.7	254.4	483.3	713.94	249.02	464.91	△23.77	△5.38	△18.39
	EBW	20	15	5	19.52	10.89	8.63	△0.48	△4.11	3.63
	적층제조	28	25	3	21.99	19.64	2.36	△6.01	△5.36	△0.64
	합계	785.7	294.4	491.3	755.45	279.55	475.9	△30.25	△14.85	△15.4
'31	PM-HIP	28	9.2	18.8	18.04	6.29	11.75	△9.96	△2.91	△7.05
	EBW	10	7.5	2.5	9.76	7.32	2.44	△0.24	△0.18	△0.06
	적층제조	22	20	2	17.28	15.71	1.57	△4.72	△4.29	△0.43
	합계	60	36.7	23.3	45.08	29.32	15.76	△14.92	△7.38	△7.54
총합('26~'31)		2,694.50	1,128.85	1,565.65	2,589.78	1,017.73	1,572.06	△104.72	△111.12	6.41

☐ 조사과정에서 식별된 기술 자립성, 공공성, 사업구조 측면에서 나타난 우려사항은 전반적으로 보완하여 추진하는 것이 필요

‘연구개발부문 사업의 예비타당성조사 정보공개에 관한 업무처리 기준’에 따라 비공개합니다.

- (공공성) 특정 기업 중심의 수혜 구조를 탈피, 국고 지원의 정당성 확보를 위한 성과 확산 체계를 마련함으로써 건강한 SMR 산업생태계 구축 노력이 필요
- (적층제조) 기술의 잠재성은 확인되나 사업기간내 인증 확보 등 실질적 성과 창출을 기대하기 어려워, 정부출연연구소 중심으로 위험완충을 위한 사업관리가 필요

참 고 문 헌

- 강격탁·이연진, 「KISTEP 브리프 44 소형모듈원자로(SMR)」, 한국과학기술기획평가원, 2022.11.
- 과학기술정보통신부, 「제5차 과학기술기본계획(‘23~’27)」, 2022.
- 관계부처 합동, 「제5차 에너지기술개발계획(‘24~’33)」, 2024.
- 관계부처 합동, 「제6차 원자력진흥종합계획(‘22~’26)」, 2021.
- 국가과학기술자문회의, 「차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안(안)」, 2024.
- 김덕겸, 「프랑스 에너지전환 정책 동향과 시사점」, KDB 산업은행 미래전략연구소, 2024.3.
- 보도자료, “소형모듈원자로(SMR) 선도국 도약 기반 마련 - 「소형모듈원자로(SMR) 특별법」 국회 본회의 통과”, 과학기술정보통신부, 2026.2.12.
- 산업통상자원부, 「제5차 에너지기술개발계획(‘24~’33)」, 2024.
- 신재정·김창훈, 「소형모듈원전 기술과 산업 경쟁력 강화 방안 연구(2/3)」, 에너지경제연구원, 2024.12.31.
- 이주홍·서기정·김덕봉·이동희·신승준, 「WAAM 공정에서의 합성곱신경망 및 전이학습 기반 소재 적응형 이상 탐지 알고리즘」, 한국정밀공학회 2021년도 추계학술대회, 2021.11.
- 이지민, 「소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향」, 한국원자력연구원, 2022.2.
- 최주원·한태송·허남수, 「SA508 전자빔용접 공정 변수에 따른 전자빔편향 거동 및 민감도 분석」, 한국압력기공학회, 2025.12.
- 최한신·유지훈·임영목, 「금속 적층제조 기술 동향」, 한국산업기술평가관리원, 2017.4.
- 한국원전수출산업협회, 「글로벌 원전 시장 보고서 소형 모듈식 원자로(SMR) 시장 분석 보고서」, 2024.1.
- 홍명표·성지현·김영석, 「금속 적층제조 기술 연구동향 및 이슈」, 한국소성가공학회, 2022.10.

IAEA, 「Advances in Small Modular Reactor Technology Developments(2022)」, 2022.9.

기후에너지환경부, 「SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업 사업계획 적정성 검토 기획보고서」, 2025.

기후에너지환경부, “SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업 사업계획 적정성 검토 사업 설명회 발표자료”, 2025.

기후에너지환경부, “SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업 사업계획 적정성 검토 사업 추가 제출자료”, 2026.

기후에너지환경부, “SMR 혁신제조 국산화 기술개발사업 사업계획 적정성 검토 소명 자료”, 2026.

신소재경제, “POMIA, 국산 HIP 구축…철강·항공·방산·3D프린팅·SMR 경쟁력 강화 지원”, 2025.11.14.

신소재경제, “코히스테크, 직경 1m급 대형 HIP 장비 구축”, 2024.7.17.

에너지안전신문, “루마니아, 차세대 원전 SMR 건설 확정… 2033년 상업 운전 '시동'”, 2026.2.15.

조선일보, “SK 투자한 테라파워, 美서 첫 상업용 SMR 승인”, 2026.3.5.

국가과학기술연구회 블로그(<https://blog.naver.com/nststory2014/223490973836>)

원자력 용어사전 네이버 지식백과(<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=662796&cid=50327&categoryId=50327>)

한국에너지기술평가원 세계에너지시장정보 홈페이지

(https://energy.ketep.re.kr/globalenergy/site/main/board/overseas_firm/23320)

AMRC 홈페이지

(<https://www.amrc.co.uk/news/helping-build-the-next-generation-of-nuclear-power-plants>)

ASME 홈페이지(<https://www.asme.org/codes-standards/bpvc-standards/bpvc-2025>)

Canada.ca 홈페이지

(<https://www.cnsccsn.gc.ca/eng/reactors/new-reactor-power-plant-projects/new-reactor-power-plant-facilities/darlington-new-nuclear-project/>)

CVE 홈페이지

(<https://camvaceng.com/ebflow-reduces-200mm-steel-welding-time-from-3-months-to-3-hours/>)

MTC 홈페이지(https://www.kinzoku.co.jp/en/core_technology/hip/hip_lineup)

OPG 홈페이지

(<https://www.opg.com/releases/team-forms-to-build-north-americas-first-smr/>)