



AI·반도체가 키운 전력난, SMRI이 답이 될까

C O N T E N T S

AI·반도체가 키운 전력난, SMR이 답이 될까

01. 왜 지금 전력 공급이 중요한가
02. 화석연료도 재생에너지도, 더는 답이 되기 힘들다
03. 소형모듈원자로(SMR), 무엇이 다른가
04. 해외 SMR, 어디는 달리고 어디는 멈췄는가
05. SMR, 넘어야 할 문턱과 그럼에도 준비해야 할 이유



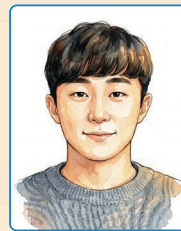
ESG연구실
이정민 실장
andrew4502@lh.or.kr



ESG연구실
이은엽 연구위원
ecoyeob@lh.or.kr



ESG연구실
최종수 연구위원
bagmwoo@gmail.com



ESG연구실
김명인 책임연구원
mikim@lh.or.kr

01

왜 지금 전력 공급이 중요한가

AI·반도체 등 첨단산업의 성장으로 전력수요가 빠르게 늘고 있다. 동시에 국제 유가 급등과 에너지 수송로 위협이 겹치면서, 안정적 공급과 탄소중립을 함께 달성할 대안 마련이 시급해지고 있다.

세계 에너지 시장이 흔들리고 있다

- 미국-이란 갈등 격화로 국제 유가가 급등하고 있으며, 중동 긴장 고조로 핵심 원유 수송로인 호르무즈 해협의 안전도 위협받는 상황
 - 원유·천연가스 등 글로벌 에너지 공급이 불안정해지고, 가격 급등과 공급망 혼란이 겹치면서 에너지 자립의 필요성이 점차 확대
 - 에너지 가격 상승은 연료비 인상에 그치지 않고 산업비용 상승과 경제 불안으로 확산될 수 있어 중대한 현안으로 부각
- 이에 우리나라는 안정적 에너지 공급을 위해 특정 에너지원에 의존하지 않고 여러 발전 방식을 함께 활용하는 방향으로 정책 전환 추진
 - 태양광·풍력 등 재생에너지 비중을 확대하는 동시에, 날씨에 따른 생산량 변동을 보완할 수 있는 안정적 발전 방식의 필요성도 함께 대두

국제정세·전력수요·탄소중립, 세 가지 압박이 한꺼번에

- 국제정세 불안, 전력수요 급증, 탄소중립 이행 압박이라는 복합 과제에 직면한 가운데, 국내 현실에 맞는 에너지 수급 체계 마련이 시급함
 - (국제정세 변화) 지정학적 불안으로 원유 수송 차질과 운송비 상승 우려가 커지며, 에너지 수입 의존도가 높은 우리나라의 수급 불안이 심화되고 있음
 - (전력수요 증가) 수도권 전력망 포화와 송전 인프라 한계 속에서 데이터센터·첨단산업의 전력수요가 급증하여 수급 불균형이 심화
 - (탄소중립 이행 압박) 2050 탄소중립 목표와 국제사회의 감축 요구에 부응하기 위해 저탄소 발전 방식으로의 전환이 불가피한 상황
- 대외 환경 변화와 탄소중립 목표의 제약 속에서 급증하는 전력수요에 대응할 안정적 에너지 수급 체계 확보가 필요

화석연료는 탄소 문제로, 재생에너지는 부지와 날씨 제약으로 확대에 한계가 있다. 전력수요는 급증하는데 공급 체계와 법·제도는 이를 따라가지 못하는 현실을, 정책·기술·수급·제도 네 가지 차원에서 짚어본다.

네 갈래 모두 막혔다 - 화석연료, 재생에너지, 공급망, 제도

◎ (정책적 한계) 탄소중립 약속에 묶인 화석연료, 더는 늘릴 수 없다

- 폭염·한파 등 이상기후가 빈번해지고 있으며, 화석연료 의존도가 높은 우리나라는 최근 30년간 평균 기온이 1.4℃ 상승
- 정부는 2050 탄소중립과 2030년 온실가스 40% 감축(2018년 대비)을 약속했고, G7도 2035년 석탄화력 중단에 합의해 화석연료 확대는 어려운 국면

◎ (기술적 한계) 들쭉날쭉한 재생에너지, 안정적 전력 공급이 어렵다

- 100MW 규모 데이터센터는 24시간 가동이 필수이며 연간 약 876GWh의 전력을 소비하는 등 고밀도 전력수요 구조를 갖고 있어, 안정적 공급과 탈탄소 달성이 핵심 과제
 - 태양광 단독으로 충당하려면 패널 약 120만 장과 여의도 면적의 3.5배에 달하는 부지가 필요하여 현실적으로 확보가 어려운 상황
- 재생에너지는 날씨에 따라 출력이 불규칙하므로 24시간 운영이 필요한 데이터센터에는 대규모 에너지저장장치(ESS) 연계가 필수

◎ (수급 구조의 한계) 폭증하는 수요, 따라잡지 못하는 전력 공급망

- 반도체 클러스터·데이터센터 등 첨단산업 확대로 전력수요가 급격히 증가하는 추세
 - 용인 반도체 클러스터만으로도 10GW 이상의 전력수요 증가가 예상되며, 이는 수도권 최대 전력의 약 25%에 해당하는 규모
 - 제11차 전력수급기본계획에 따르면 2038년까지 원전·재생에너지·수소 등 무탄소 에너지 발전 비중을 70%까지 확대할 계획이며, 재생에너지(32.9%)와 원전(35.2%)이 핵심
- 「분산에너지 활성화 특별법」 시행으로 대형 발전소 중심 체계가 한계에 부딪히며, 택지·도시·산단 등 일정 규모 이상 개발사업에 분산에너지 설치가 의무화되는 등 근본적 전환이 진행 중

◎ (제도적 한계) 앞서간 탄소중립 목표, 정비가 필요한 법·제도

- 헌법재판소는 탄소중립기본법에 대해 헌법불합치 결정을 내리며, 2031년 이후 감축 경로 부재 등 중장기 감축 체계의 구조적 한계를 지적
- 이는 감축 목표와 실행 수단 간의 괴리를 보여주는 것으로, 정책의 지속성과 실효성 확보를 위한 제도적 재설계가 요구되는 상황
 - 국회 기후위기특별위원회 등을 중심으로 개선 입법과 시민 참여형 감축 경로 재정립이 추진 중('26.03.)

새로운 기술적 대안이 필요한 시점

- 4가지 한계가 보여주듯, 안정적 전력 공급과 탄소 감축을 동시에 달성할 수 있는 새로운 기술적 대안 확보가 시급한 과제
- 이러한 맥락에서 다음 장에서는 차세대 전원으로 주목받는 SMR의 기술적 특성을 검토
- 다만 특정 기술의 도입을 전제하기보다, 기술성·경제성·사회적 수용성을 종합적으로 고려한 다양한 수단 중 하나로 검토될 필요가 있음



그림-1 분산에너지의 범위

자료 : 한국에너지공단, 분산에너지활성화 특별법

기존 발전 방식이 한계에 부딪힌 지금, SMR은 작고 안전하며 어디든 설치할 수 있는 차세대 원자로로 주목받고 있다. 기존 원전과 무엇이 다른지 경제성·안전성·유연성 세 측면에서 살펴본다.

SMR이란 무엇인가

- 소형모듈원자로(Small Modular Reactor, 이하 SMR)는 전기 출력 300MW 이하의 원자로로, 기존 대형 원전보다 크기가 작고 공장에서 모듈 단위로 제작하여 현장에서 조립하는 방식
 ※ 원자로 규모 분류 : 초소형(10MW 이하), 소형(300MW 이하), 중형(300~700MW), 대형(700MW 초과)
- 현재 국내에서 개발 중인 i-SMR은 AI·ICT 등 첨단기술을 적용한 지능형 SMR로, 에너지 관리와 운영 효율을 한층 높인 모델

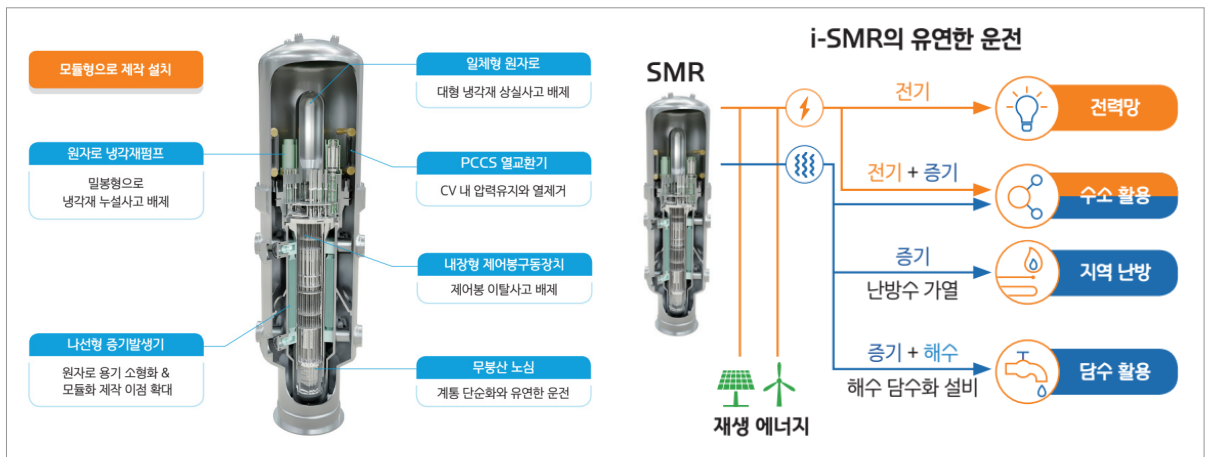


그림-2 i-SMR 개념도

자료 : i-SMR 사업개요, 혁신형소형모듈원자로기술개발사업단

SMR은 왜 주목받는가

◎ 경제성 : 빠른 건설, 낮은 초기 비용

- 모듈화 설계를 통해 공장에서 대량 생산이 가능하여, 대형 원전 대비 건설 비용과 기간을 크게 절감
- 기존 원전 대비 프로젝트당 투자비 30~50% 감소, 건설 기간 50% 이상 단축이 가능하여 경제성 확보에 유리한 구조

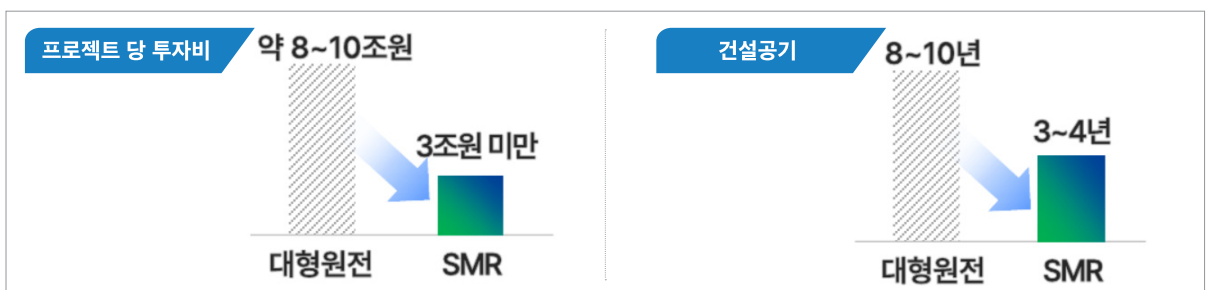


그림-3 대형원전과 SMR 경제성 비교

자료 : 혁신형 SMR 개발 사업화 현황 및 계획, 한국수력원자력

◎ **안전성 : 사람 없이도 스스로 멈추는 원자로**

- SMR은 중력과 자연순환을 이용한 냉각 방식을 적용하여, 외부 전원이나 운전원 개입 없이도 사고 발생 시 72시간 이상 자동으로 안전 정지 가능
- i-SMR은 피동격납용기냉각계통(PCCS)과 피동보조급수계통(PAFS)을 갖추어, 사고 시 자동으로 열을 제거하는 구조

※ 후쿠시마 원전 사고는 침수로 냉각 펌프가 정지되면서 대형 사고로 이어진 사례로, SMR의 피동형 냉각은 이러한 위험을 원천적으로 차단

- 지하 40m에 설치하는 설계로 지진·테러 위험을 낮추고, 격납용기 이중 차단 시스템으로 방사능 누출 가능성 최소화
- 일체형 원자로 모듈 구조로 대형 배관 파단으로 인한 냉각재 상실 사고를 원천 차단하며, 사고 확률 목표는 10억분의 1로 기존 대형 원전 대비 1만 배 이상 높은 안전성을 목표로 설계

◎ **유연성 : 어디든 설치하고, 필요할 때 늘릴 수 있다**

- SMR은 기존 원전보다 건설 부지가 작고 전력 수요지 인근에 설치할 수 있으며, 기존 송·배전망을 활용할 수 있어 입지 선택의 폭이 넓음
- 모듈 단위로 제작·운반이 가능하여 도심·산단·도서 지역 등 다양한 장소에 설치할 수 있으며, 수요 증가에 따라 모듈을 단계적으로 추가 증설할 수 있어 설치와 운영의 유연성이 높은 특징
- 전력 생산 외에도 수소 생산·해양·우주 등 다양한 분야와 연계가 가능하여 활용 범위가 광범위

표-1 기존원전과 SMR 차이점 비교

자료: 한국원자력연구원, 한국수력원자력 자료 참고하여 재구성

구분	대형 원전	SMR
출력	1,000 ~ 1,400MW	100 ~ 300MW
부품수	100만여개	1만여개
중대사고 확률	2회 / 10만년	1회 / 10억년
비상계획구역	반경 30km	반경 300~500m(추진 중)
핵연료 교체주기	18개월	20년
건설 공기	8~10년	3~4년
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 전력 생산 • 경제성 확보(단위 전력 생산 비용▼) • 안정적 전력 공급(기상 조건 영향 x) 	<ul style="list-style-type: none"> • 유연한 설치·운영(도심, 산단 내부 등) • 짧은 건설 기간 및 낮은 초기비용 • 다양한 산업 활용 가능성 (수소, 해양, 우주 등 다분야 연계 가능)
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 사고 발생시 대규모 피해 • 긴 건설 시간과 높은 초기비용 • 입지 제약(대규모 부지, 냉각수 인접 등) • 재난 취약(지진, 해일 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 단위 전력 생산 비용 기존 원전 대비 ▲ • 관련 제도 미비 및 상용화 기술 한계 • 경험 및 신뢰성 확보 부족

해외 SMR은 나라마다 추진 단계가 다르다. 상업 운전에 진입한 곳이 있는가 하면, 경제성·재정 문제로 멈춘 곳도 있다. 결과가 갈린 이유를 보면 국내 도입 시 먼저 고민할 지점이 선명해진다.

상업 운전 단계 (선도국)

◎ (중국) 기존 원전 연계형 복합 에너지 허브

- 중국 국영 원자력 기업(CNNC)은 자체 설계한 다목적 SMR 'Linglong-1(ACP100)'을 하이난성 창장 원전 단지에서 실증 중이며, 기존 원전 단지를 활용해 복합 에너지 허브를 조성하는 전략을 채택
- 기존 원전(CNP600 2기, Hualong-1 2기)이 운영 중인 단지 내에 SMR을 추가 배치함으로써 인프라 중복 투자를 줄이고, 운영 경험을 그대로 활용하는 방식으로 사업 리스크 최소화
- 발전 수익의 일부를 지역 환경 기금에 재투자하고 인근 주민에게 전기요금 할인을 적용하는 등 지역 환원 모델을 통해 주민 수용성까지 확보하는 접근을 보여줌

◎ (러시아) 세계 최초 부유식 SMR 상업 운전

- 러시아는 북극권 노후 화력·원전을 대체하기 위해 세계 최초 부유식 SMR(Akademik Lomonosov)을 2020년부터 상업 투입하였으며, 전력과 난방을 동시에 공급하고 있음
- 육상 인프라 건설이 어려운 극한 환경에서 바지선(barge) 위에 원자로를 탑재하여 운송·설치하는 방식으로, SMR의 입지 유연성을 극단적으로 활용한 사례
- 5년간의 상업 운영을 통해 환경 및 방사선 안전성을 실증하였으며, 원격지 에너지 자립 모델의 실현 가능성을 입증

표-2 SMR 상업 운전 단계 주요 프로젝트

구분	중국	러시아
사업명	Linglong-1 (ACP100)	Akademik Lomonosov
사업주체	CNNC (중국핵공업집단공사)	Rosatom (러시아 국영 원자력 기업)
설치위치	하이난성 원전 단지 내	페벡(Pevek) 항 (북극권 원격지)
원자로 유형	육상 고정형 다목적 SMR	부유식(해상) 원자력 발전소
규모	약 125MWe	70MW (35MW 원자로 2기)
상업 운전 목표	2026년 예정	2020년 이후 운영 중
연간 전력 생산량	약 10억 kWh (약 52만 가구)	누적 10억 kWh (2025.1. 기준, 5년)
CO ₂ 감축 효과	연간 약 88만 톤	연간 약 8.8만 톤 (북극권 배출량의 3.5%)

자료 : World Nuclear News, GE Vernova, Ontario Power Generation, CNNC, Rosatom 등 참고하여 재구성



그림-4 SMR 상업 운전 주요 프로젝트 현황

■ 건설·도입 추진 단계 (확대국)

◎ (영국) 정부 주도로 SMR 산업 생태계 육성

- 영국 정부는 롤스로이스를 중심으로 자국형 SMR 개발을 추진하고 있으며, 약 6억 파운드(£600M) 규모의 공공 재정 투입을 통해 SMR 산업 생태계 자체를 육성하려는 전략을 취함
- 전력 생산에 그치지 않고 수소 생산 및 산업 열 공급까지 가능한 다목적 에너지 시스템을 지향하며, 에너지 안보와 탄소중립을 동시에 달성하는 것이 목표
- 기존 원전 부지를 활용한 단계적 건설을 통해 입지 리스크와 초기 비용을 줄이는 접근 방식

◎ (캐나다) 기존 인프라를 활용한 G7 최초 SMR 건설

- 캐나다는 G7 국가 최초로 상업용 SMR 건설에 착수하였으며, 기존 원전 부지(다링턴)와 송전 인프라를 최대한 활용하여 사업 안정성과 경제성을 동시에 확보하는 전략을 택함
- 모듈형 구조를 활용해 동일 부지 내 단계적 증설이 가능하도록 설계하였으며, 전력 수요 증가에 유연하게 대응할 수 있는 기저전원 역할을 목표
- 건설 과정에서 대규모 일자리 창출과 지역 공급망 활성화를 통해 경제적 파급효과를 유도하고 있으며, 북미 SMR 산업 확산의 기준 사례로 활용될 전망

표-3 SMR 건설·도입 단계 주요 프로젝트

국가	영국	캐나다
사업명	Rolls-Royce SMR	BWRX-300
사업주체	Rolls-Royce (영국 정부 주도 지원)	Ontario Power Generation (OPG) / GE Hitachi
설치위치	기존 원전 부지 활용 (부지 선정 진행 중)	온타리오주 Darlington 원전 단지 내
원자로 유형	육상 고정형 SMR	육상 고정형 SMR (비등경수로 기반)
규모	약 470MWe	약 300MWe (단일 호기), 최대 4기 → 총 1.2GW
상업 운전 목표	2030년대 중반	2030년 상업 운전 목표
연간 전력 생산량	약 470MWe 분산형 전력 공급	약 30만 가구 (단일 호기 기준)
정부 재정 지원	약 6억 파운드(£600M) 공공 재정 투입	온타리오주 정부 주도 + 연방 정책 지원

자료 : World Nuclear News, GE Vernova, Ontario Power Generation, CNNC, Rosatom 등 참고하여 재구성



그림-5 SMR 건설·도입 단계 주요 프로젝트 현황

사업 지연·중단 사례

◎ (미국) 프로젝트별 명암이 엇갈리는 시장

- 미국은 민간 기업 중심으로 SMR 상용화를 추진하였으며, NuScale은 2020년 세계 최초로 SMR 설계 인허가(NRC)를 획득하여 기술적 선도 위치를 확보하였으나, 상용화 단계에서 경제성 문제에 직면
- 핵심 원인은 LCOE(균등화발전비용) 기준 MWh당 58→89달러로 53% 상승한 점과 장기 전력판매계약 (PPA) 미확보이며, 주요 수요층인 발전 사업자들의 연쇄 이탈로 SMR 사업은 2023.11. 공식 취소
- 이는 민간 중심의 사업 구조에서는 기술 확보만으로 충분하지 않으며, 안정적 수요처 확보와 경제성 검증이 사업 성패의 핵심 변수임을 보여주는 대표 사례
- 다만 TerraPower는 2024년 6월 와이오밍 케머러에서 부지공사를 착공했고, X-energy는 다우(Dow)와 협력해 텍사스 화학단지 설치를 추진하는 등 수요처 직접 결합 모델이 부상하는 추세

◎ (아르헨티나) 재정 부족으로 사실상 건설 중단 상태

- 아르헨티나는 자국 기술 기반 SMR(CAREM-25)을 통해 독립적 원전 기술 확보와 수출 산업화를 목표로 하였으나, 국가 경제 위기가 사업 지속성을 직접적으로 흔든 사례
- 2014년 착공 후 경제 위기와 재정 부족, 환율 불안정으로 공사가 반복 중단되었으며, 2024년 기준 약 60~70% 진행 상태에서 사실상 정지
- 이는 개발도상국에서 SMR 사업을 추진할 경우 안정적 재정 기반과 지속적 정책 지원이 전제되지 않으면 기술 확보 자체가 무의미해질 수 있음을 시사

표-4 SMR 사업 지연·중단 주요 프로젝트

국가	미국	아르헨티나
사업명	NuScale SMR	CAREM-25
사업 주체	NuScale Power (민간 기업 중심)	국가원자력위원회(CNEA) / 정부 주도
설치위치	미국 아이다호주 (UAMPS 사업)	부에노스아이레스주 리마
원자로 유형	일체형 가압경수로(IPWR)	일체형 가압경수로(IPWR)
규모	약 462MWe	약 32MWe
사업기간	2023.11. 공식 취소	2024년 기준 건설 공정률 약 60~70%
지연·중단 원인	건설비 53% 상승, PPA 미확보, 지자체 등 관련 기관 이탈	경제 위기, 재정 부족, 환율 불안정
핵심 교훈	민간 중심 구조에서는 경제성·수요 확보가 핵심 변수	안정적 재정·지속적 정책 지원 없이는 사업 지속 불가

자료 : World Nuclear News, GE Vernova, Ontario Power Generation, CNNC, Rosatom 등 참고하여 재구성



그림-6 SMR 사업 지연·중단 주요 프로젝트 현황

국내 도입을 위한 교훈

◎ 성공 요인에서 얻는 교훈

- 중국·캐나다처럼 기존 원전 부지와 인프라를 연계 활용하면 초기 비용 절감, 규제 리스크 완화, 주민 수용성 확보에 유리하며, 이는 국내 SMR 입지 선정에서도 우선적으로 검토해야 할 전략에 해당
- 중국 하이난성의 지역 환원 모델(수익 재투자, 전기요금 할인)은 국내 주민 수용성 확보를 위한 구체적 설계의 참고 사례로 활용 가능

◎ 실패 요인에서 얻는 교훈

- 미국 NuScale 사례는 기술 인허가만으로는 충분하지 않으며, 안정적 전력 수요처 확보(PPA)와 건설비 통제가 사업 성패를 좌우함을 시사
- 아르헨티나 사례는 정부 재정의 안정성과 정책 지속성이 담보되지 않으면 장기 프로젝트 자체가 좌초될 수 있음을 경고하는 사례

◎ 국내 적용 시 고려사항

- SMR은 기술 자체보다 어디에, 어떻게 도입할지를 먼저 고민해야 하는 설비로, 기존 인프라 활용 여부, 전력 수요 밀집도, 주민 수용성, 안정적 재정 지원을 종합적으로 고려한 현실적 접근이 필요함
- 이러한 해외 교훈을 바탕으로, 다음 장에서는 국내 SMR 도입을 위해 풀어야 할 다섯 가지 선제 조건을 구체적으로 검토

표-5 해외 SMR 프로젝트 성공 사례의 핵심

구분	성공 요인	대표 사례	시사점
① 인프라 연계	기존 원전 부지·송전망 활용	• 중국 Linglong-1 (하이난성 창장 원전 단지 내 배치) • 캐나다 BWRX-300 (다링턴 원전 단지 활용)	초기 투자비 절감, 규제 리스크 완화, 운영 경험 활용
② 입지 유연성	수요지 인근·원격지 맞춤형 설치	• 러시아 Akademik Lomonosov (부유식 SMR, 북극권 페벡항)	육상 인프라 제약 극복, 원격지 에너지 자립 모델 실증
③ 정부 주도 생태계	공공 재정 투입+ 산업 육성 전략	• 영국 Rolls-Royce SMR (£600M 공공 재정) • 캐나다 (연방·주정부 정책 지원)	산업 생태계 형성, 다목적 활용(수소·산업열) 기반 마련
④ 지역 환원 모델	수익 재투자·요금 할인으로 수용성 확보	• 중국 하이난성 (환경기금 재투자, 인근 주민 전기요금 할인)	주민 수용성 확보, 지역 사회와의 상생 구조 구축

표-6 해외 SMR 프로젝트 실패 사례의 교훈

구분	실패 요인	대표 사례	시사점
① 경제성 확보 실패	건설비 급등, 단가 경쟁력 상실	• 미국 NuScale (LCOE \$58→\$89/MWh, 53% 상승)	기술 인허가만으로 불충분, 건설비 통제가 사업 성패의 핵심
② 수요처 미확보	장기 전력판매계약(PPA) 부재	• 미국 NuScale (참여 지자체 연쇄 이탈 → 2023.11 취소)	안정적 수요처 사전 확보가 필수 전제
③ 재정 기반 취약	국가 경제 위기로 사업 중단 반복	• 아르헨티나 CAREM-25 (2014 착공, 60~70% 진행 후 중단)	안정적 재정 기반 없이는 기술 확보 자체가 무의미
④ 정책 지속성 부재	환율 불안·정책 단절로 장기 프로젝트 좌초	• 아르헨티나 CAREM-25	장기 프로젝트는 정권·경기 변동에도 흔들리지 않는 정책 일관성 필요

SMR 도입의 문턱은 높지만, 지금 넘지 않으면 미래의 선택지는 좁아진다. 입지·기술·경제성·법제도·수용성, 다섯 가지 문턱과 그럼에도 지금 준비해야 하는 이유를 짚어본다.

SMR 도입을 위한 선제 조건 5가지

◎ 설치 가능한 땅이 있는가 - 입지 조건

- SMR은 대형 원전보다 크기가 작아 설치 장소의 선택 폭이 넓지만, 국내에는 도시 인근에 원자로를 설치해본 경험이 부재한 상황
- 아무 땅에나 놓을 수 있는 것은 아니며, 물리적으로 설치가 가능한 조건을 충족하는 부지를 확보하는 것이 도입의 첫 번째 전제
- 특히 냉각수 확보, 지반 안정성, 기존 송·배전망과의 연결성, 시공·운영을 위한 교통 접근성, 지하 설치를 위한 굴착 가능 여부 등이 종합적으로 검토되어야 함
- 4장에서 살펴본 해외 사례처럼 기존 원전 부지나 산업단지 인접 부지를 우선 검토하는 것이 입지 리스크를 줄이는 현실적 출발점이 될 수 있음

표-7 SMR 설치 시 물리적 입지 조건

검토 항목	SMR 입지 여건 검토 사항
냉각수 확보	안정적 열 제거를 위한 수원 확보 여부 (공랭식 설계 시 완화 가능)
지반 안정성	단층·액상화 위험 회피, 지진 설계 반영 가능 지반
송전 및 계통 연결성	기존 송·배전망과의 연결 용이성, 추가 인프라 비용
시공·운영 접근성	장비·자재 반입, 운영 인력 수급을 위한 교통 접근성
지하공간 활용 가능성	지하 10~40m 설치를 위한 굴착 가능 여부, 상부 토지이용과의 양립

◎ 기술이 준비되어 있는가 - 기술 상용화

- SMR은 아직 '개발 중인 기술'로, 국내 i-SMR은 실제로 만들어 가동해본 적이 없으며, 도시에 설치하기 전에 반드시 아래 표와 같이 세 단계를 거쳐야 하는 구조
- 해외에서도 중국 Linglong-10이 2026년 상업 운전을 목표로 할 뿐, 도시 인근 설치·운영 사례는 아직 제한적인 수준
- 기술 완성도가 확보되지 않은 상태에서 성급하게 도입을 추진하기보다, 단계별 검증 일정을 구체화하고 이를 투명하게 공유하는 것이 사회적 신뢰 확보의 전제 조건

표-8 SMR 기술 상용화를 위한 3단계

단계	내용	현재 수준
설계 인허가	안전 기준을 충족하는지에 대해 정부의 공식 승인	표준설계인가 추진 중 (2028년 목표)
실증 운전	실제 제작·가동을 통해 설계대로 작동하는지 현장 검증	미착수 (실증 부지 미확정)
모듈 양산 체계	공장에서 대량 생산할 수 있는 제조 시스템 구축	제조 인프라 기획 단계

◎ 비용 경쟁력이 있는가 - 경제성 검증

- 현재 SMR의 전기 생산 단가는 기존 대형 원전보다 높으며, 크기가 작아 한 기당 생산량이 적으므로 단위 비용이 올라가는 구조
- 비용을 낮추려면 모듈을 대량 생산하고 여러 곳에서 운영 실적을 쌓아 규모의 경제를 만들어야 하며, 대형 원전이나 태양광·풍력보다 전기값이 비싸다면 SMR을 도입할 동력이 약해질 우려 발생
- 다만 아래 표와 같이 보는 관점을 바꾸면 평가가 달라질 가능성도 존재
- 4장 미국 NuScale 사례에서 확인했듯이 경제성 확보 실패는 곧 사업 중단으로 이어지므로, 도입 초기부터 전체 시스템 비용 관점의 경제성 분석과 함께 안정적 수요처 확보 전략이 병행 필요

표-9 SMR 경제성 평가의 두 가지 관점

비교 관점	기존 평가 방식	전체 시스템 비용 관점
비교 기준	발전 단가(원/kWh)만 비교	송전 인프라·전력 손실·부지 비용 포함
송전 비용	미반영	대형 원전은 수백 km 송전탑·고압선 필요, SMR은 수요지 인근 설치로 대폭 절감
전력 손실	미반영	장거리 송전 시 5~10% 손실 발생, SMR은 근거리 공급으로 손실 최소화
사회적 비용	미반영	송전탑 건설 관련 주민 갈등·보상 비용, SMR은 분산 배치로 갈등 완화 가능

◎ 설치를 허용하는 제도가 갖춰져 있는가 - 법·제도 정비

- 현재 우리나라의 원자력 관련 법은 대형 원전 기준으로 만들어져 있어, SMR의 도시 근처 설치를 상정하고 있지 않은 상태
- 가장 큰 쟁점은 비상계획구역(사고 대비 안전 거리)의 범위임
- 도시계획법상 원자로는 도시 안에 들어올 수 없게 되어 있어, 원자력 관련 안전과의 충돌을 조율하는 작업이 선행되어야 함
- 또한 SMR이 분산에너지원으로 인정되는지 현행법상 불분명하여, 「분산에너지 활성화 특별법」과의 연계를 위한 법적 근거 마련도 필요
- 법·제도 정비는 기술 개발과 병행되어야 하며, 기술이 완성된 후에 제도를 마련하는 것이 아니라 기술 실증과 동시에 규제 체계를 갖추는 선제적 접근이 요구되는 상황

표-10 대형 원전과 SMR의 비상계획구역 비교

구분	대형 원전	SMR (추진 중)
비상계획구역 반경	30km	300~500m
해당 면적	약 2,827km ²	약 0.28~0.79km ²
법적 근거	원자력안전법에 명시	법적 근거 미비 (개정 필요)

표-11 SMR 도입을 위한 법·제도 정비 과제

정비과제	현행 상태	필요 조치
비상계획구역 축소	대형 원전 기준 반경 30km 적용	SMR 특성을 반영한 별도 기준 마련 및 법적 근거 확보
도시계획법-원자력안전법 충돌	도시 내 원자로 설치 불가	양 법률 간 조율 및 SMR 설치 허용 근거 신설
분산에너지 특별법 연계	SMR의 분산에너지원 인정 여부 불분명	SMR을 분산에너지원으로 명시하는 법적 근거 마련

◎ 주민이 받아들일 수 있는가 - 사회적 수용성 확보

- 앞의 네 가지를 모두 해결하더라도 마지막 관문은 주민의 동의이며, "우리 동네에 원자료가 들어온다"는 말에 불안을 느끼는 것은 자연스러운 반응이므로 단계적으로 신뢰를 쌓는 과정이 필수적임
- 주민 신뢰를 얻기 위해서는 투명한 정보 공개, 주민 참여형 의사결정, 지역 환원 프로그램의 세 가지가 필요하며, 이러한 해외 모델을 국내 실정에 맞게 설계하면 주민 수용성을 높이는 출발점이 될 수 있음
- 특히 사회적 수용성은 한 번의 설명회나 보상으로 확보되는 것이 아니라, 계획 수립 단계부터 운영에 이르기까지 전 과정에 걸친 지속적 소통과 신뢰 구축을 통해 형성되는 것임

표-12 주민 수용성 확보를 위한 3대 과제

과제	내용	해외 참고 사례
투명한 정보 공개	안전 설계, 사고 확률(10억분의 1), 방사선 영향 등을 숨기지 않고 지속적으로 공개	캐나다 Darlington - 건설 전 과정 정보 공개 및 지역사회 소통 프로그램 운영
주민 참여형 의사결정	입지 선정 과정에 주민이 직접 참여하고 의견을 반영할 수 있는 구조 마련	영국 - SMR 부지 선정 시 지역 주민 의견 수렴 절차 제도화
지역 환원 프로그램	전기요금 할인, 지역 기금 조성 등 주민이 실제로 체감할 수 있는 혜택 설계	중국 하이난성 - 수익 5% 환경기금 재투자, 10km 내 전기요금 20% 할인

그럼에도 SMR을 준비해야 하는 이유

◎ 왜 지금부터 준비해야 하는가 - 시간의 문제

- 용인 반도체 국가산업단지는 단지 완공 시점에 약 10GW의 추가 전력이 필요하며, 이는 수도권 최대전력 수요의 상당 부분에 해당하는 규모임
- 같은 규모를 태양광으로 충당하려면 약 100km²(여의도 면적의 약 35배)의 부지가 필요하고, 대형 원전은 부지 선정부터 상업 운전까지 통상 12~15년이 소요됨
- 그 사이 데이터센터와 반도체 공장은 전력 부족으로 가동률이 제약되거나 해외로 이전할 수 있으며, SMR은 3~4년 안에 지어 전기가 필요한 바로 그 옆에 놓을 수 있는 거의 유일한 무탄소 기저전원임
- 즉 SMR 도입의 본질적 가치는 "더 싼 전기"가 아니라 "필요한 시점, 필요한 장소에 공급 가능한 무탄소 전원"이라는 시공간적 적시성에 있음

◎ 풀어가는 과정 자체가 전진이다

- 입지·기술·경제성·법제도·사회적 수용성이라는 다섯 가지 선제 조건이 까다롭지만, 이를 하나씩 풀어가는 과정 자체가 에너지 자립과 탄소중립을 향한 구체적 전진이 됨
- 이 과제들이 해결되면 재생에너지 통합 운영, 도시 내 탄소흡수공간과의 연계, 에너지 자립형 도시 조성 등 다양한 활용 가능성이 열릴 전망
- 반대로 지금 준비하지 않으면 2030년대 중반 이후 전력 부족이 현실화될 때 선택지는 LNG 증설 등 탄소집약적 대안으로 좁아질 수밖에 없는 구조

◎ 누가, 어떻게 준비해야 하나

- SMR 도입은 어느 한 주체만의 과제가 아니며, 중앙정부·지방정부·공공 개발기관·산업계·지역사회가 각자의 역할을 맡아 동시에 움직여야 실현 가능한 사업
- 중앙정부는 법·제도 정비와 R&D 재정 지원을, 산업계는 기술 실증과 양산 체계 구축을, 지방정부는 입지 협의와 주민 소통을, 지역사회는 의사결정 참여를 통해 각각의 역할을 수행할 필요가 있음
- 공공 개발기관 또한 도시·택지 개발 단계에서 분산에너지원 입지를 사전에 검토할 수 있는 위치에 있어, 도시계획과 에너지 공급 체계의 연계라는 측면에서 협력 주체 중 하나로 참여 가능
- 앞선 해외 사례에서 확인했듯이 정부의 안정적 재정 지원과 정책 지속성, 그리고 사업 주체 간 협력 거버넌스가 뒷받침된 곳은 사업이 추진되었고, 그렇지 못한 곳은 멈추는 결과로 귀결



그림 7 도시의 산업과 데이터를 움직이는 차세대 SMR 전력망

Google Gemini로 생성된 이미지

호수	제목	대표저자	발간일
56	<ul style="list-style-type: none"> • "태양을 품은 집" BIPV로 만드는 친환경 공동주택 • 공동주택 태양광 발전 능력 향상을 위한 설치 위치 다각화 연구 	곽병창 수석연구원	2025. 06. 09
57	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 패러다임 전환과 전전화 주택의 보급확대 	유정현 수석연구원	2025. 06. 23
58	<ul style="list-style-type: none"> • 신도시 근린상권 주차난의 해법, 주차장 공동개발 	임주호 연구위원	2025. 07. 07
59	<ul style="list-style-type: none"> • 도심 공공주택 복합사업, 주택공급확대 대안이 될 수 있을까? 	김옥연 연구위원	2025. 07. 21
60	<ul style="list-style-type: none"> • 4개 국가별 주택공급제도 비교 	최대식 연구위원	2025. 07. 28
61	<ul style="list-style-type: none"> • 환경영향평가, 공탁제가 유일한 해법인가 	강명수 수석연구원	2025. 08. 18
62	<ul style="list-style-type: none"> • 비주택 리모델링 사업의 동향과 추진여건 	송상훈 연구위원 박윤재 연구위원	2025. 09. 01
63	<ul style="list-style-type: none"> • 해외국가를 통해 본 미래도시의 공간혁신 방향 • 도시혁신·공간문화를 이끄는 LH의 시대적 소명 	윤정란 연구위원 김주진 연구위원	2025. 09. 29
64	<ul style="list-style-type: none"> • 2030 청년 1인가구가 원하는 집은? 	정소이 연구위원	2025. 10. 27
65	<ul style="list-style-type: none"> • 공동주택 주차난, 오토발렛이 해법이 될 수 있을까? 	배연희 책임연구원	2025. 11. 17
66	<ul style="list-style-type: none"> • 지방이 답이다. : 독일 히든 챔피언에서 찾은 지역균형발전 해법 	이삼수 팀장	2025. 11. 24
67	<ul style="list-style-type: none"> • 속도와 사업성을 키운 도심공공주택복합사업 시즌2 : 규제완화 성과와 남은 과제들 	김옥연 연구위원	2025. 12. 24
68	<ul style="list-style-type: none"> • "왜 화성에는 탐사를 넘어 도시가 논의되는가" 	김명인 책임연구원 손희주 책임연구원	2026. 01. 19
69	<ul style="list-style-type: none"> • 일본 도시정비사업의 재개발회사 역할 및 시사점 	임정민 연구위원	2026. 01. 19
70	<ul style="list-style-type: none"> • 고령인구 천만시대 돌봄·의료·일자리·주거 연계 전략 제언 	최상희 선임연구원 김경미, 이봉조 책임연구원	2026. 01. 26
71	<ul style="list-style-type: none"> • 공공분양주택 완전정복+(PLUS) 신희부부라면 반드시 알아야 할 청약 기본상식 	이훈 책임연구원	2026. 02. 09
72	<ul style="list-style-type: none"> • 은퇴자 마을에 살려면 얼마가 필요할까? 	정연우 연구위원	2026. 02. 23
73	<ul style="list-style-type: none"> • 로봇 경비원? 	남성훈, 양홍석 수석연구원	2026. 03. 09
74	<ul style="list-style-type: none"> • 취임 이후 9개월, 대통령 부동산 메시지 	양홍석 수석연구원	2026. 03. 23
75	<ul style="list-style-type: none"> • 공공분양 맞아? 84타입의 반전 	손희주, 박민국 책임연구원, 김남정 연구위원	2026. 04. 06
76	<ul style="list-style-type: none"> • 도시의 나무들이 품고 있던 탄소 120만 톤, 6년의 추적 끝에 밝혀 내다 	이은엽 연구위원, 이정민 실장, 김영민 전임	2026. 04. 20

