원자력

SMR, AI 시대의 심장

KB증권

리서치본부장 김동원
jeff.kim@kbfg.com
글로벌 기업분석 Analyst 김세환 Ph.D.
usa@kbfg.com
글로벌 기업분석 Analyst 유중호 AICPA
yoojh@kbfg.com

글로벌 주식

2025년 5월 12일

SMR x AI, 차세대 전력 생태계 결합점

최근 글로벌 증시에서 원자력, 특히 SMR (소형모듈원자로, Small Modular Reactor) 관련 종목이 주목을 받으며, 이들 기업의 주가 변동성이 커지고 있다. 지난 2022년 말부터 이어진 에너지 위기, 글로벌 탄소중립 정책 강화가 겹치면서 원자력 산업이 다시금 재평가받고 있고, 무엇보다 AI 산업 발전에 따라 안정적인 전력원에 대한 수요가 높아졌기 때문이다. SMR은 공장에서 제작해 현장 조립이 가능한 소형, 모듈형 원자로로 여러 장점을 갖춘 차세대 원자력 발전 기술이다. SMR은 탄소배출이 없는 안정적 전력 공급이 가능한 장점이 부각돼 빅테크 중심의 글로벌 기업들의 관심이 집중되고 있다.

작지만 강한 원자로 SMR, AI 전력 부족의 현실적 대안

원자력은 친환경 에너지원의 구조적 한계, 배터리 및 저장 기술의 발전 속도 등의 여러 문제를 보완하고, 탄소 중립과 에너지 안보를 동시에 충족할 수 있는 현실적인 대안으로 주목받고 있다. 그렇다면 원자력 분야에서도 왜 SMR이 주목받을까? SMR은 기존 원전이 갖고 있던 여러 단점 (건설 기간, 투자비용, 부지, 규제)을 상당부분 보완했기 때문이다. SMR 장점으로 1) 모듈형 설계 (시공 기간 단축과 비용 절감) 2) 높은 안전성, 3) 유연한 적용성 등이 있다. SMR 수요 증가는 AI 산업의 급격한 성장에 있다. AI 수요를 맞추기 위한 데이터센터가 급증하며 전력 수요가 공급을 상회하는 가운데, 단일 대형 데이터센터는 대도시 수준의 전력을 소모하면서 AI 데이터센터는 이보다 더욱 방대한 전력을 소비한다. 친환경성과 안정적인 전력 공급을 도입하고자 하는 시장의 요구에 맞춰 SMR의 중요성이 높아지고 있다.

SMR, 미국과 유럽은 에너지 안보와 AI 경쟁력 강화 핵심 요소로 인식

현재 글로벌 원전 시장에서는 SMR 기술 개발과 실증을 위한 다양한 프로젝트가 진행되고 있다. 전세계 19개국 이상에서 80여 종의 SMR 노형이 개발 중이며, 미국·유럽·중국·러시아 등이 국가 및 기업 차원의 지원을 바탕으로 가장 활발한 상용화 행보를 보인다. SMR 개발 트렌드는 기존 경수로 기반의 3.5세대와 혁신형 4세대 노형으로 크게 나뉜다. 특히 북미와 유럽을 비교해 보면, 이 차이가 더욱 두드러진다. 미국은 3.5세대와 4세대가 공존하는 가운데 4세대에 더욱 집중하고 있다면 유럽은 3.5세대가 중심이다. 미국은 SMR을 단순한 원전 기술 발전의 한 축으로 보는 것이 아니라, 에너지 안보 및 산업 경쟁력 강화를 위한 핵심 요소로 인식하고 있는 모습이다. 기술혁신을 통해 이 분야 패권 확보를 겨냥한 듯하다. 유럽의 경우 에너지안보라는 확실한 동인 아래 보다 현실적으로 SMR을 도입하기 위해 3.5세대에 집중하고 있음이 확인된다.

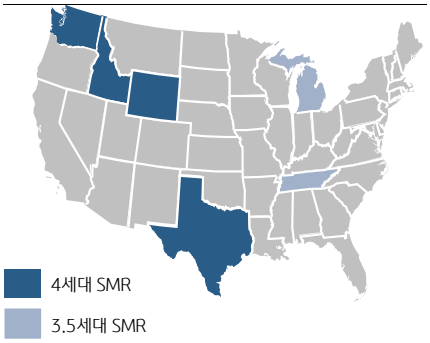
SMR, AI 전력 공급의 핵심 축: 관련 업체 중장기 성장성 확보 기대

SMR 상용화는 단순히 원자로 개발에 그치지 않고, 연료 공급, 설계 및 기술 개발, 제작 및 조립, 전력 판매, 폐기물 관리에 이르는 통합된 밸류체인 구축이 필수적이며, SMR 관련 통합된 공급망의 핵심 기업을 봐야한다. 특히 미 국가에너지지배위원회 (NERC)는 5월 말까지 SMR 설치를 위해 각 기관이 취할 수 있는 조치를 트럼프 대통령에게 보고 할 예정으로 있어 6월 트럼프 행정부의 SMR을 포함한 에너지 신정책 발표가 예상된다. 따라서 KB증권은 SMR 최선호주로 미국 BWX Technologies, Centrus Energy, 유럽 Rolls-Royce, 한국 시장에서는 두산에너빌리티, 현대건설 등을 제시하며 이들 업체는 향후 중장기 성장성 확보가 기대된다.

롤스로이스 (Rolls-Royce) SMR

자료: Rolls-Royce, KB증권

미국 내 세대별 SMR 개발 프로젝트 현황



자료: KB증권

1. SMR (소형모듈원자로)은 무엇인가?

SMR은 조립하는 소형 원자로로, 짧은 건설 기간·낮은 비용·높은 안전성과 유연한 설치가 강점

SMR (소형모듈원전, Small Modular Reactor)은 전통적인 대형 원전 (출력 수 GW급)과 달리 1 기당 대략 30~300 MW 전기를 생산하는 작은 원자로 여러 개를 공장에서 모듈 형태로 찍어내 현장으로 가져와 조립하는 방식을 쓴다. 덕분에 공정이 표준화되어 건설 기간이 짧고 초기 투자 부담이 낮아지며, 필요 전력만큼 모듈을 추가해 '레고 블록'처럼 확장할 수 있다. 설계 자체도 간단하며 안전장치가 수동, 수력학적 원리에 의존해 전력 없이도 냉각이 가능하도록 짜여 있다. 원자로를 지하에 묻거나 콘크리트 용기 안에 통째로 넣어 방사성 물질 누출 위험을 줄이는 사례가 많다. 크기가 작아 도서 지역, 광산, 산업단지처럼 전력망이 약한 곳, 재생에너지 변동분을 보완해야 하는 지역, 원료 생산 공장 등이 다양한 장소에 배치가 가능하다.

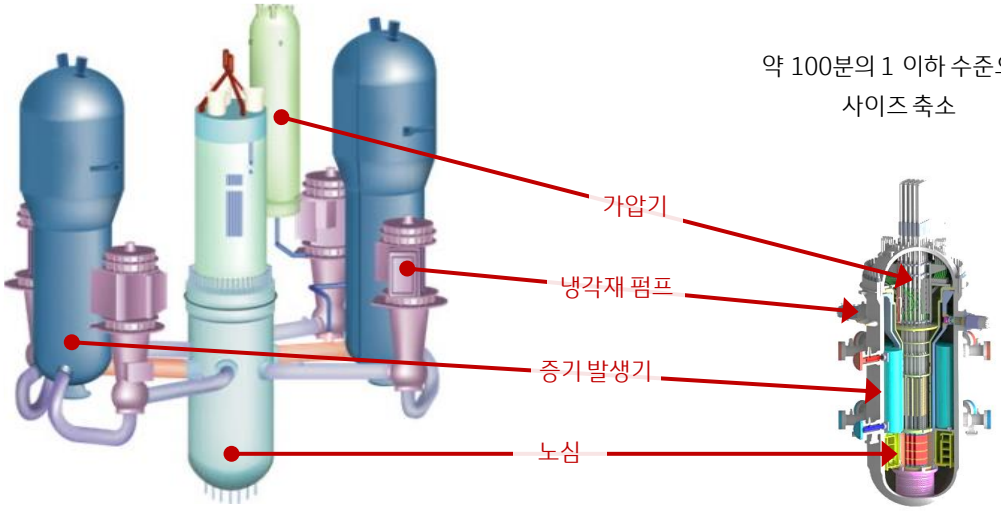
4세대 SMR은 수소 생산 등 열 활용까지 가능해 탄소중립과 에너지 안보를 동시에 실현할 수 있는 다목적 차세대 원전

또한 4세대 SMR은 고온 열을 활용해 수소 생산, 지역 난방, 담수화 등 전기 외 산업 열원으로도 쓸 수 있어 용도가 넓다. 결과적으로 SMR은 짧은 공사 기간, 낮은 초기 비용, 뛰어난 안전성, 유연한 설치, 확장성을 통해 탄소중립과 에너지 안보를 동시에 달성하려는 수단으로 각광받고 있다.

SMR 상용화가 본격화되며 캐나다, 미국 등에서 주요 프로젝트가 건설 단계에 진입

최근 SMR 상용화는 빠르게 진척 중이다. 캐나다 온타리오주는 2025년 5월 8일 GE 히타치의 300 MW급 BWRX-300 건설을 최종 승인했으며, 이 프로젝트는 2030년 가동될 전망이다. 총 4기 건설비는 약 150억 달러, 경제 효과는 277억 달러로 추산되고, 1.8만개의 일자리가 기대된다고 발표했다. 미국에선 빌 게이츠가 설립한 테라파워가 2025년 1월 14일 와이오밍주 허가를 받아 345 MW급 차세대 소듐냉각고속로 (SFR) 기반 SMR 데모 플랜트 공사를 올해 시작한다. 화학업체 다우와 X-energy도 2025년 3월 31일 텍사스 시드리프트 공장에 Xe-100 SMR을 짓기 위한 NRC (원자력규제위원회) 건설허가 신청서를 제출하여 공장 증기와 전력 수요를 동시에 해결하려고 한다.

그림 1. 대형 원전과 소형모듈원자로 (SMR) 크기 및 구조 비교



< 대형 원전 주기기 > < SMR >

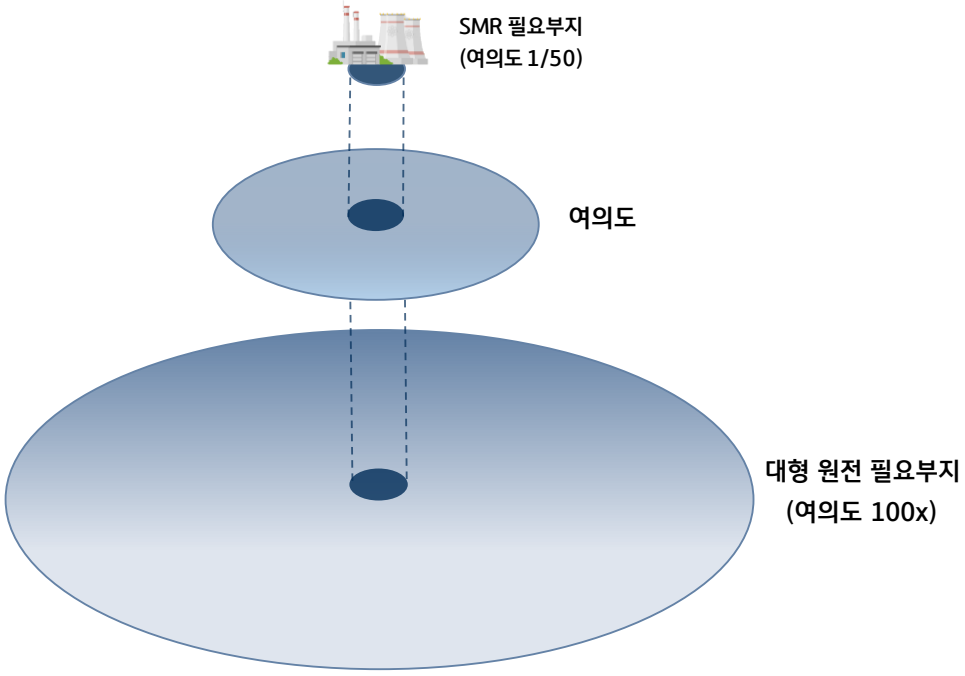
자료: 한국원자력연구원, KB증권

그림 2. GE 히타치 BWRX-300

자료: GE Hitachi, KB증권

표 1. 대형 원전과 소형모듈원자로 (SMR) 특징 비교

	대형 원전	소형모듈원자로 (SMR)
발전 용량	1,000 ~ 1,600MW	300MW 이하
부지 면적	573㎡/Mwe (APR1400 기준)	대형 원전 대비 단위 출력당 필요 부지면적 1/2 수준
부품 수	약 100만개	약 1만개
건설 비용	5 ~ 10조원	1 ~ 3조원
안전성	대형사고 발생 이력 有 (체르노빌, 후쿠시마)	소형화, 피동형으로 사고 발생 위험 ↓
운영 탄력성	고정 출력 (기저부하)	부하추종운전 가능 (분산전원 및 신재생에너지의 백업 전원으로 활용 가능성 ↑)
건설 리스크	높은 현장 작업 비중 (건설비 리스크 ↑)	높은 공장 작업 비중 (건설비 리스크 ↓)
응용분야	발전용	담수 / 수소생산 / 정유 / 선박 추진용 등 다목적 용도



자료: 에너지경제연구원, KB증권 재구성

2. AI 산업의 원동력, Why SMR?

원자력의 재조명: 탄소중립과 에너지 안보를 동시에 충족할 수 있는 현실적인 대안

재생에너지 확대, 화석연료 감축, 에너지 자립이라는 세계적 흐름 속에서 원자력이 다시 부각되고 있다. 태양광과 풍력은 간헐성 탓에 대규모 저장 기술이 필수지만, 배터리 발전 속도와 천연가스 가격 변동성이 이를 제약한다. 원자력은 무탄소 전력과 안정적인 공급을 동시에 만족시키는 현실적 대안으로 자리매김하고 있다.

러시아-우크라이나 전쟁 이후 유럽의 에너지 위기가 촉매가 됐다. 프랑스, 핀란드, 체코는 원전 확대를 선언했고, 영국도 신규 원전 건설을 추진 중이다. '베이스로드 전력'으로서 원자력의 정책적 위상이 복원되는 흐름이다.

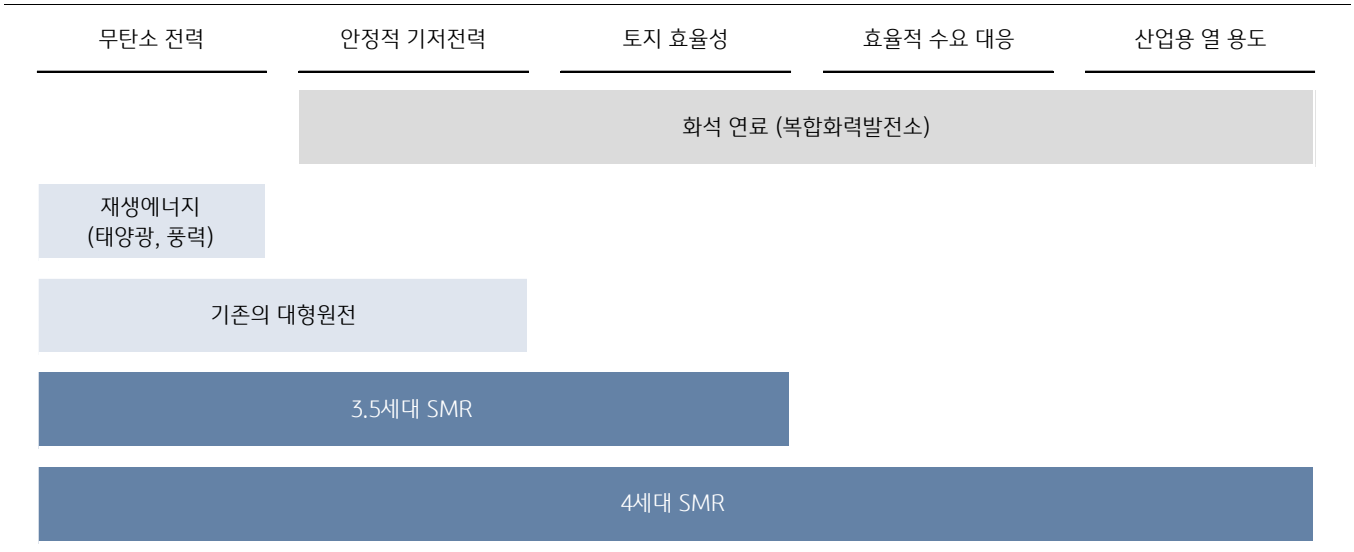
단순 공공 인프라의 개념을 넘어 글로벌 빅테크의 전략적 관심 분야로 떠오르고 있는 원자력

산업계에서도 관심이 커지고 있다. 마이크로소프트와 구글 등 빅테크 기업들은 데이터센터 운영을 위해 친환경적이고 안정적인 전력을 요구한다. 빌 게이츠가 공동 창립한 테라 파워는 소듐냉각고속로 (SFR) 기반 차세대 SMR인 Natrium 프로젝트를 진행 중이며, X-energy와 같은 SMR 개발사들에 대한 벤처 캐피털의 투자가 증가하고 있다. 클라우드, AI, HPC 같은 첨단 산업은 안정적인 전력 공급과 긴밀히 연결되어 있음을 보여준다.

SMR은 안전성, 비용 효율, 유연성, 다목적 활용을 갖춘 차세대 원전

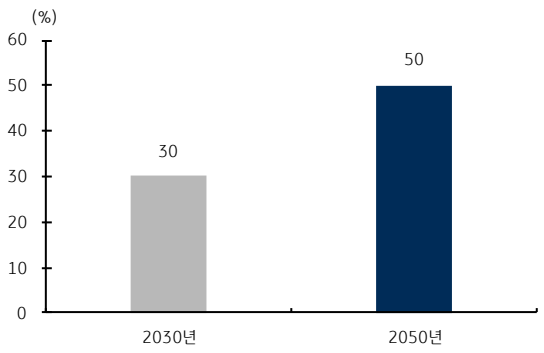
특히 SMR (소형모듈원전)이 주목받는 배경은 명확하다. 1) 모듈형 설계로 건설 기간과 비용을 줄일 수 있고, 2) 안전성이 높으며, 3) 전력 수요가 적은 도서 지역이나 신흥국 그리고 재생에너지와 병행하여 유연한 전력 공급이 필요한 지역에서도 활용이 가능하다. 4) 4세대 SMR은 산업용 열, 수소 생산 등 전력 외 활용도 갖춘다. 결국 탄소중립과 에너지 안보가 중첩된 과제 속에서, 더 안전하고 유연한 원자력 솔루션인 SMR의 전략적 중요성이 급격히 커지고 있다.

표 2. 효용성 관점에서의 발전원별 특징 비교



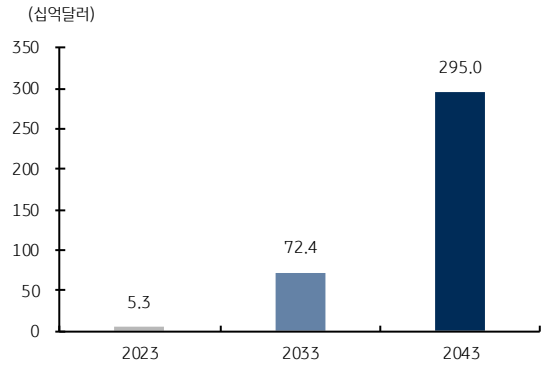
자료: DL이앤씨, KB증권

그림 3. 신규 원전 중 SMR 건설 비중 전망



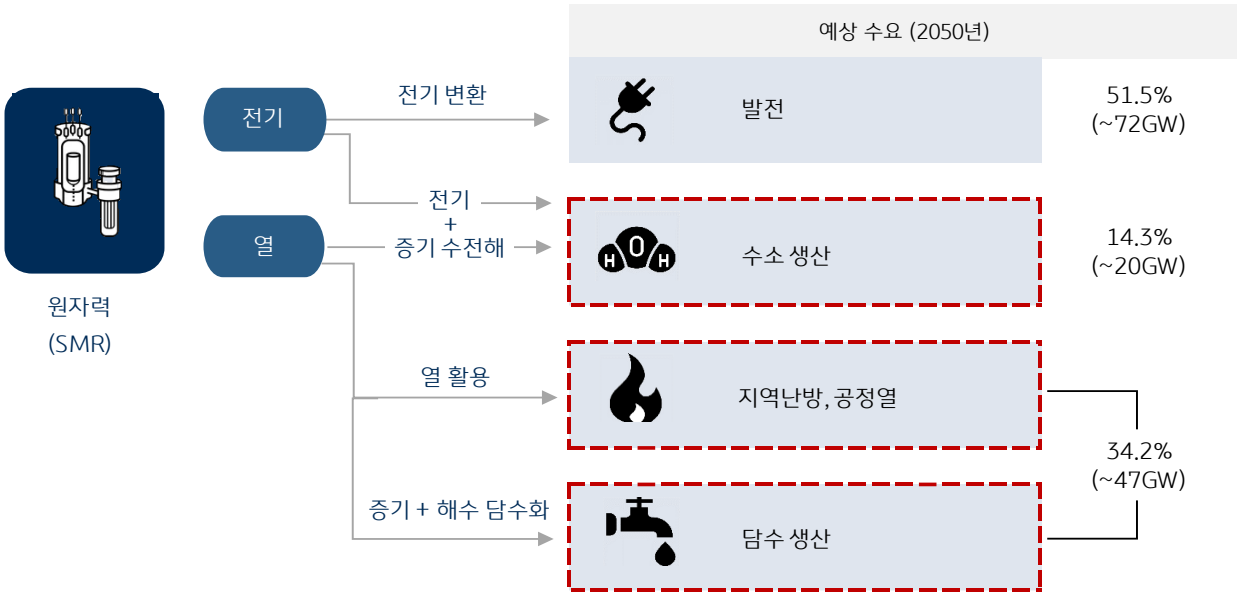
자료: Idaho National Laboratory, KB증권

그림 4. 글로벌 SMR 시장 규모 및 전망



자료: IDTechEx, KB증권

그림 5. SMR 예상 수요 (발전 / 非발전) 및 활용 가능 분야



자료: 산업통상자원부, KB증권

3. 글로벌 SMR 기업들의 사업 동향

세계 주요국에서 활발하게 진행 중인 SMR 개발 및 실증

현재 글로벌 원전 시장에서는 SMR 기술 개발과 실증을 위한 다양한 프로젝트가 동시다발적으로 진행되고 있다. 2024년 9월 기준 선진 원자로 정보 시스템 (ARIS)에 따르면 전세계 19개국 이상에서 80여 종의 SMR 노형이 개발 중이며, 미국·유럽·중국·러시아 등이 국가 및 기업 차원의 지원을 바탕으로 가장 활발한 상용화 행보를 보인다.

미국에서는 NuScale이 자사의 50MWe 모듈에 대해 2020년 미 원자력규제위원회 (NRC)로부터 최초의 SMR 설계 인증을 획득했던 것을 계기로 (현재는 77MWe 모듈에 대한 SDA 추가 접수), X-energy, TerraPower, Holtec 등 여러 기업이 SMR 실증 및 상용화 프로젝트를 추진 중이다. 특히 고온가스로, 소듐냉각고속로 같은 4세대 혁신형 SMR에 대해 정부의 적극적인 지원 아래 다수의 실증 사업이 진행되고 있다.

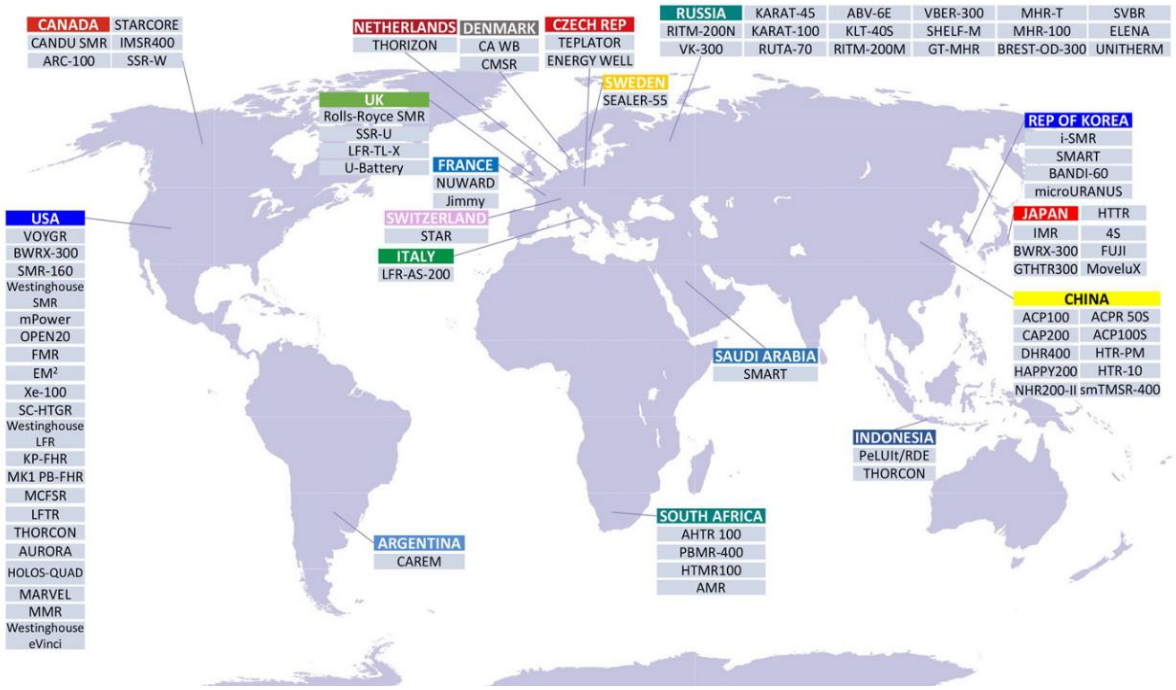
중국은 자국이 개발한 가압경수로형 SMR 모델인 ACP100을 기반으로, 하이난성 창장에서 세계 최초의 상업용 SMR 원전인 '링룽 1호'를 건설하고 있다. 이 프로젝트는 2021년 착공해 2026년 완공을 목표로 하며, 실증을 통해 기술·경제성을 검증할 계획이다.

유럽은 러시아-우크라이나 전쟁 이후 에너지 안보가 부각되면서 기존 탈원전 기조에서 벗어나 원자력 확대 움직임을 보이는 국가가 늘고 있다. EU 집행위원회는 2024년 'SMR 산업 연합 (SMR Industrial Alliance)'을 출범해, SMR 도입을 위한 정책 지원과 규제 완화를 추진 중이다. 영국은 롤스로이스 (Rolls-Royce)를 중심으로 SMR 개발에 속도를 내고 있으며, 프랑스 역시 EDF가 Nuward SMR 프로젝트를 이끌고 있다.

4세대 중심 미국 vs. 3.5세대 중심 유럽

SMR 개발 트렌드는 기존 경수로 기반의 3.5세대 SMR과 혁신형 4세대 노형으로 크게 나뉜다. 특히 북미와 유럽을 비교해 보면, 이 차이가 더욱 두드러진다. 미국은 상용화가 보다 빠를 수 있는 3.5세대 SMR에 대한 개발 및 지원도 진행 중이나 고온가스로·소듐냉각고속로 같은 4세대 혁신형 SMR에 보다 집중하며 적극적으로 실증에 나서는 모습이다. 반면, 유럽은 기존 경수로 기반의 3.5세대 SMR을 중심으로 프로젝트를 추진하는 경향이 강하다.

그림 6. 글로벌 SMR 개발 현황도



자료: "Advances in Small Modular Reactor Technology Developments (2022)" IAEA, KB증권

표 3. 주요 SMR/원전 개발사 및 협력 빅테크와 관련 내용

	기술사	원자로 종류	협력 빅테크 기업 및 관련 내용	
SMR	energy	고온가스로 (HTGR)	amazon	• 2039년까지 최대 5.12GW 규모의 Xe-100 SMR 공급권 우선 확보 • 협력 Utility社: Energy Northwest, Dominion
	Kairos Power	용융염원자로 (MSR)	Google	• 최대 500MW 규모의 PPA (Power Purchase Agreement)를 위한 서비스계약 체결 (24년10월) • 협력 Utility社: Energy Northwest, Dominion
	OKLO	소듐냉각고속로 (SFR)	prometheus HYPERSCALE EQUINIX	• 100MW 규모의 PPA (20년) 계약完 (24년9월) – 목적: Data Center 전력 공급 • 500MW 규모의 PPA (20년) LOI 접수 (24년4월) – 목적: Data Center 전력 공급
	NUSCALE Power for all humankind	가압경수로 (PWR)	StandardPower	• 총 24기 최대 1,848MW 규모의 PPA 체결 (23년5월)
대형 원전	Constellation.	가압경수로 (PWR)	Microsoft	• Three Mile 원전 (837MW), 20년 PPA 계약 (24년9월) – 폐쇄 원전 재가동 조건
	TALEN	비등경수로 (BWR)	amazon	• Talen Energy 보유 Data Center 인수 (USD 650M) 및 PPA 계약 完 (24년3월)

자료: 산업통상자원부, KB증권

투자자 고지 사항

KB증권은 자료 공표일 현재 [두산에너빌리티]의 채권자 채무자인 법인입니다.

KB증권은 동 조사분석자료를 기관투자가 또는 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다. 본 자료를 작성한 조사분석담당자와 그 배우자는 해당 종목과 재산적 이해관계가 없습니다. 본 자료 작성자는 게재된 내용들이 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 신의 성실하게 작성되었음을 확인합니다.

이 보고서는 고객들에게 투자에 관한 정보를 제공할 목적으로 작성된 것이며 계약의 청약 또는 청약의 유인을 구성하지 않습니다. 이 보고서는 KB증권이 신뢰할 만하다고 판단하는 자료와 정보에 근거하여 해당일 시점의 전문적인 판단을 반영한 의견이나 KB증권이 그 정확성이나 완전성을 보장하는 것은 아니며, 통지 없이 의견이 변경될 수 있습니다. 개별 투자는 고객의 판단에 의거하여 이루어져야 하며, 이 보고서는 여하한 형태로도 고객의 투자판단 및 그 결과에 대한 법적 책임의 근거가 되지 않습니다. 이 보고서의 저작권은 KB증권에 있으므로 KB증권의 동의 없이 무단 복제, 배포 및 변형할 수 없습니다. 이 보고서는 학술 목적으로 작성된 것이 아니므로, 학술적인 목적으로 이용하려는 경우에는 KB증권에 사전 통보하여 동의를 얻으시기 바랍니다.