

# 2024 녹색산업 인사이트 insight

2024.09.

소형모듈형원자로(SMR)



서울시  
녹색산업지원센터

서울특별시

국가녹색기술연구소  
NATIONAL INSTITUTE OF  
GREEN TECHNOLOGY



## CONTENTS

I	기술 개요	01
II	국내외 SMR 시장 동향	04
III	국내외 SMR 산업·기업 동향	07
IV	국내외 SMR 정책 동향	12
V	요약 및 시사점	16
	참고문헌	17



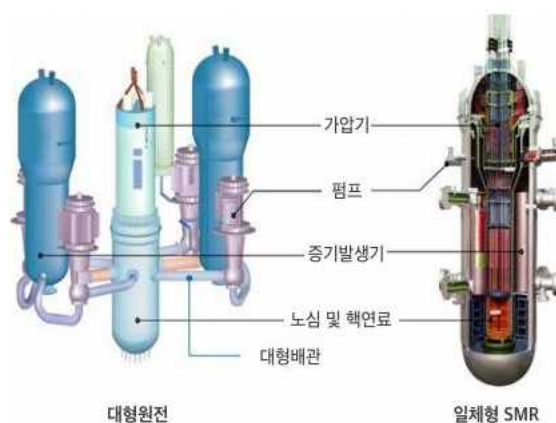


# I

## 기술 개요

### 1 소형모듈형원자로 (SMR, Small and Modular Reactor) 개요

- **(정의)** 소형모듈형원자로(SMR, Small and Modular Reactor)는 주요 기기를 모듈화하여 공장에서 제작 후 현장에서 조립할 수 있도록 설계한 전기 출력 300 MWe 이하의 원자로를 지칭<sup>1)</sup>
  - 과거에는 M이 Medium(중소형원자로)을 의미하기도 했으나 모듈화를 통한 안전성과 경제성의 획기적 향상이 강조되면서 현장보다 공장에서 조립의 비중이 높은 Modular(모듈형)로 변경
    - ※ 초소형( $\leq 10$  MWe), 소형( $\leq 300$  MWe), 중형(300~700 MWe), 대형( $> 700$  MWe)
  - 사용하는 냉각재에 따라 크게 경수형과 비경수형으로 구분 가능



※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup>

[ 그림 1-1 ] 대형원전과 일체형 SMR의 비교

- **(특징)** 대형원전 대비 안전성, 출력 규모, 공간 활용, 다목적 활용, 경제성 등에 이점이 있어 2030년도 상용화를 목표로 전 세계에서 경쟁적으로 개발되고 있음
  - 안정성 측면에서 피동형 시스템을 채택하고, 단순화된 설계 및 일체형 설계로 배관 파단 사고 등의 가능성이 제거되어 높은 안전성을 확보함<sup>3)</sup>
  - 출력 규모는 모듈 개수 조정으로 탄력적으로 조절 가능하며, 부하추종운전\*을 통해 신재생에너지 발전과 유연한 연계를 할 수 있음<sup>1)</sup>

\* 부하추종운전은 전력계통의 부하 변동에 대응해 발전기의 출력량을 조정하는 운전을 뜻함

- SMR은 대형원전 대비 절반 이하의 부지에 건설할 수 있고, 비상계획구역도 최소화하여 기존 화력 발전소 부지에도 건설이 가능함<sup>3)</sup>
- 경제성 측면에서 대량생산을 통해 제조단가를 낮출 수 있으며 모듈화 기법을 통해 건설비용 절감<sup>1)</sup>

【 표 1-1 】 SMR의 대형원전 대비 주요 특징

	대형원전	SMR
안전성	상대적으로 낮음(능동형 시스템)	상대적으로 높음(피동형* 시스템) * 운영 지시나 외부 전력, 추가 냉각수 공급 없이 자동으로 냉각되는 설계
출력 규모	고정형	탄력적(모듈 개수 조절 가능)
부지 면적	- 573 m <sup>2</sup> /MWe (APR1400 기준) - 비상계획구역 20~30km 확보 필요	- 대형원전 대비 단위 출력 당 필요부지 면적 절반 - 비상계획구역 230~300m로 충분
다목적 활용	전력 생산 중심	전력 생산 외 공정열 활용한 산업용 열 공급, 지역난방, 해수 담수화 등 활용 가능
경제성	규모의 경제	대량생산/투자리스크·건설비용·기간 ↓

※ 출처: KISTEP (2023)<sup>1)</sup>, KDB 미래전략연구소(2022)<sup>3)</sup>를 바탕으로 저자 재구성

## 2 기술 구분

■ **(원전세대 구분)** 현재 개발 중인 약 7~80개의 노형 중 절반 정도는 3세대, 나머지 절반 정도는 4세대임

- 초기 프로토타입(1세대), 상업용(2세대)을 거쳐 용량확대로 경제성이 제고된 3세대, 안전성이 제고된 3.5세대, 다방면(경제성, 안전성, 활용성)에서 혁신적으로 개선된 4세대로 구성<sup>3)</sup>
- 사용하는 냉각재에 따라 경수형과 비경수형(소듐냉각고속로, 용융염로, 고온 가스 등)으로 구분하며, 각 노형별 기술 특성을 SMR 설계에 적용<sup>2)</sup>
  - 3세대 SMR은 냉각재에 경수를 사용한 가압경수로(PWR), 비등수형경수로(BWR)로 구분 가능하며, PWR은 압력을 가한 물을 냉각재와 중성자 감속재로 쓰고, BWR은 압력을 가하지 않은 물을 냉각재와 중성자 감속재로 사용함<sup>1)</sup>
  - 4세대 SMR은 냉각재에 따라 소듐냉각고속로(SFR), 납냉각고속로(LFR), 용융염로(MSR), 고온가스로(HTGR)로 구분할 수 있는데, SFR은 액체 소듐을 냉각재로 사용하고, LFR은 액체 납 또는 납-비스무스 합금을 냉각재로 사용하며, MSR은 불소 혹은 염소 화합물의 용융염을, HTGR은 헬륨을 냉각재로 사용하며 흑연을 감속재로 사용하는 원자로를 의미함<sup>1)</sup>



[ 표 1 -2 ] SMR 세대 및 원자로 유형

세대	대형원전	냉각재	유형별 사례 예시
3세대	<p>가압경수로(PWR: Pressurized Water Reactor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>고압의 물을 사용, 원자로 노심에서 열을 전달하여 증기 생성 후 터빈을 구동해 전기생산 (증기발생기에서 간접 증기 생산)</li> <li>높은 열 출력으로 지역 난방을 제공</li> </ul>	경수	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 NuScale Power ('20.8 설계 승인) 외 다수</li> <li>한국 KAERI SMART (설계 인증)</li> <li>한국 iSMR (개념설계)</li> </ul>
	<p>비등수형경수로(BWR: Boiling Water Reactor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PWR처럼 물을 냉각재와 감속재로 사용하나, 물에 압력을 가하지 않음</li> <li>원자로 내 끓은 증기 활용, 열효율 높고 안정적 (직접 증기 생산)</li> <li>비상사태 시 증기압 배출 (방사능 누출 가능성 상존)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>미국-일본 GE Hitachi(미국, 캐나다 인허가 절차 중)</li> </ul>
4세대	<p>소듐냉각고속로(SFR:Sodium-cooled Fast Reactor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>액체나트륨을 냉각재로 사용, 감속재 불필요</li> <li>빠른 냉각이 가능하나, 누출시 높은 반응성 해결 필요</li> </ul>	소듐 액체	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 Terrapower (설계 중) 외 10건 이상</li> <li>한국 KAERI PGSFR (개념설계)</li> </ul>
	<p>납냉각고속로(LFR: Lead-cooled Fast Reactor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>액체납을 이용, 고속중성자 핵분열 반응으로 열 발생시키는 고속로의 일종, 감속재 불요</li> </ul>	납 액체	<ul style="list-style-type: none"> <li>러시아 BREST-OD-300 외 12건 이상</li> </ul>
	<p>용융염로(MSR: Molten Salt Reactor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>용융염 액체 혼합물을 연료/냉각수로 사용</li> <li>외부 누출시 바로 굳어버려 중대사고 원천 차단 가능, 사용후핵연료 배출 미미</li> </ul>	용융염	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 ThorCon (상세설계), 덴마크 Seaborg (개념설계), 캐나다 Terrestrial Energy IMSR-400 (설계 중) 외 8건 이상</li> </ul>
	<p>고온가스로(HTGR: High Temperature Gas-cooled Reactor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>750도의 헬륨으로 가열된 물이 565도의 증기로 변해 터빈을 가동해, 경수로형(증기온도 275도) 대비 고온 운전이 가능해 전력 생산 효율이 비교적 높고 경제적</li> </ul>	헬륨 기체	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 X-energy</li> <li>미-캐나다 UNSC</li> </ul>

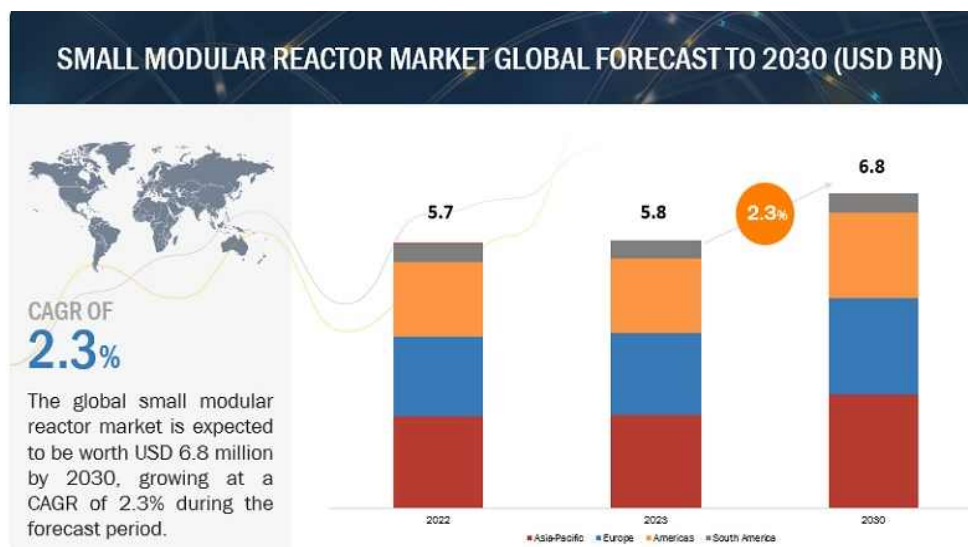
※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup>, 두산에너지빌리티(2023)<sup>4)</sup>를 바탕으로 저자 재구성



## 국내외 SMR 시장 동향

### 1 세계시장 동향

- (세계시장 전망) SMR은 모듈화 및 경제성에서의 이점으로 인해 시장의 성장이 예측됨
  - 글로벌 조사기관 마켓츠앤마켓츠(MarketsandMarkets)에 따르면, SMR 시장은 2023년 약 58억 달러에서 2030년 68억 달러로 예측 기간 동안 2.3%의 연평균 성장률(CAGR)로 성장할 것으로 예상됨<sup>5)</sup>



※ 출처: MarketsandMarkets(2023)<sup>5)</sup>

[ 그림 II-1 ] 2030년 SMR 시장 전망 예상 (USD 10억 달러 기준)

[ 표 II-1 ] 글로벌 SMR 시장 현황 및 전망

(단위, 억 달러, %)

구분	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	CAGR ('22-'30)
아시아 태평양	19.75	20.10	20.57	21.08	21.64	22.27	22.98	23.78	24.67	3.0
유럽	17.26	17.54	17.83	18.15	18.51	18.92	19.40	19.95	20.57	2.3
북미/남미	16.10	16.29	16.49	16.72	16.99	17.30	17.67	18.10	18.59	1.9
중동·아프리카	3.81	3.84	3.84	3.85	3.87	3.89	3.93	3.97	4.03	0.7
계	56.93	57.78	58.73	59.80	61.01	62.39	63.98	65.80	67.86	2.3

※ 출처: KISTI(2023)<sup>18)</sup>, MarketsandMarkets(2023) 재인용

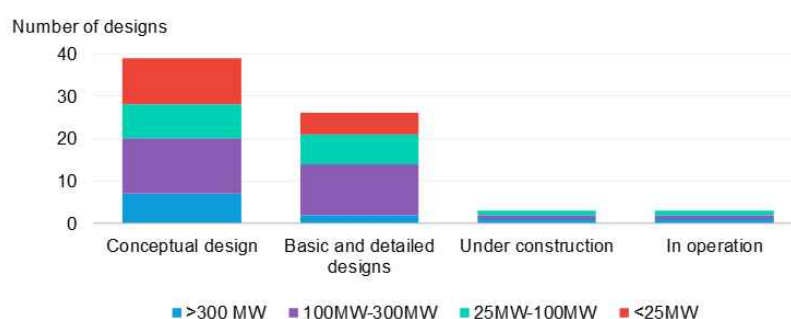




## ■ (SMR 개발 진행 상황) 전 세계적으로 70개 이상 설계가 제안되어 개발이 진행 중

- 산업조사 기관 블룸버그(Bloomberg) NEF 보고서에 의하면, 2024년 3월 기준으로 전 세계적으로 상용화된 SMR은 3기(중국 육상기반 2기, 러시아 부유식 1기)로 아르헨티나는 32 MW 규모의 SMR 프로토타입 건설을 진행 중임<sup>6)</sup>
- 18개국에서 다양한 출력과 용도를 목적으로 70개 이상 SMR 설계가 제안되어 개발이 진행 중\*이나, 90% 이상이 아직 개발 초기 단계임<sup>6)</sup>

\* 미국 18개, 러시아 17개, 중국 8개로 3개국이 선두에 자리하고 있음



※ 출처: BloombergNEF(2024)<sup>6)</sup>

[ 그림 11-2 ] 전 세계 SMR 프로젝트 수, 개발 상태별 분류

## 2 국내 시장 동향

### ■ (국내 시장 개요) 연구기관 및 기업에서 개념 및 기본설계, 기술개발이 진행되고 있으나, SMR 실제 도입은 아직 이루어지지 않음

- 2023년 이후 SMR을 비롯한 차세대 원자력 기술 개발 및 실증 관련한 국가 R&D 지원 예산이 발표되어 활발한 정부와 민간부문의 투자가 기대됨<sup>1),8)</sup>

[ 표 11-2 ] 국내 SMR 및 차세대 원자로 관련 국가 정책·예산 규모

정책	내용	시기	예산
제6차 원자력진흥종합계획	혁신형 소형모듈원자로 (i-SMR) 개발	2023-2028	총 3,992억 원 (국비 2,737억 원, 민간 1,245억 원)
차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안	한국형 차세대 원자로 기술개발 및 실증 프로그램(K-ARDP)	2026-2034	총 2조 4,810억 원 (국비 1조 6,490억 원, 민간 8,320억 원)

※ 출처: KISTEP(2023)<sup>1)</sup>, 국가과학기술자문회의(2024)<sup>8)</sup> 기반 저자 정리

[ 표Ⅱ-3 ] 국내 SMR 및 차세대 원자로 관련 국가 연구개발사업 및 예산('23-'24)

(단위, 백만원)

사업명		'23	'24	소관
경수형 SMR	혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술개발사업	3,110	27,370	과기부/산업부
	SMR 사용후핵연료 발생량저감 핵연료 기반기술개발	-	1,000	과기부
	현장수요대응 원전 첨단제조기술 부품 장비개발사업	-	6,000	산업부
비경수형 SMR (K-ARDP)	용융염원자로(MSR) 원천기술개발사업	4,500	6,768	과기부/해수부
	민관합작 차세대 원자로 개발 프로젝트	-	6,000	과기부
	(신규) 민관합작 선진원자로 수출기반 구축사업(SFR)	-	-	과기부
	(신규) 극한환경 원자력 전원공급 시스템 개발(HPR)	-	-	과기부
기반구축	(신규) 차세대원자력혁신생태계기반조성사업	-	-	과기부
	차세대 원자력 전문인력 양성센터	-	900	과기부
	(신규) 미래 글로벌 원자력 전문인력양성	-	-	과기부
	소형모듈원자로 디지털 혁신 검증운영 기술개발	-	-	과기부
안전규제	중소형원자로 안전규제 기반기술 개발	2,480	6,780	원안위
	(신규) SMR 전주기 안전규제 기반기술 개발	-	-	원안위
	(신규) 비경수로 등 안전규제 기초·기반기술 개발	-	-	원안위
	(신규) 차세대원자로 심·검사체계 구축	-	-	원안위
	대학(원) 원자력 안전 전문인력 양성	1,724	2,224	원안위
합 계		11,814	57,042	

※ 출처: 국가과학기술자문회의(2024)<sup>8)</sup>



## 국내외 SMR 산업·기업 동향

### 1 국외 산업·기업 동향

■ (미국) SMR 기술과 관련해 가장 앞섰다고 평가받으며, NuScale Power, TerraPower, X-Energy 등 여러 개발사가 독자적인 노형 설계의 18개 모델 개발 중<sup>2)</sup>

- 에너지부와 국방부의 적극적 지원 및 민간의 우수한 기술력과 투자를 바탕으로 다수의 SMR 프로젝트 진행 중
- 개발 프로젝트는 개념개발 → 개념/기본 설계 → 표준 설계 → 인허가 심사 순서로 진행<sup>3)</sup>

[ 표Ⅲ-1 ] 주요 미국 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황

기업명	모델	현황
NuScale Power	NuScale 가압경수로 50MWe 및 77MWe (≤12모듈)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 MWe 모듈에 대한 미국 원자력규제위원회의 최초 설계 인가('20.8) 및 현재 설계 승인을 위한 법적절차 진행 중</li> <li>- 캐나다·유럽(체코, 폴란드, 우크라이나, 영국, 불가리아, 루마니아)·요르단·카자흐스탄 등과 건설 및 기술협력을 위한 사업 추진 중</li> <li>- 77 MWe 모듈에 대한 NRC 표준 설계인가 사전 신청 활동 및 CNSC VDR Phase 2 진행 중</li> <li>- 미국 서부 아이다호 국립연구소 부지에서 '29년 최초 운영 목표로 '무탄소발전사업(Carbon Free Power Project)'을 진행하였으나, 인플레이션으로 인한 건설비 상승, 발전단가 폭등에 사업 무산</li> <li>- 국내 GS에너지·두산에너지빌리티·삼성물산과 건설·운영 사업개발 공동추진을 위한 MOU 체결('22.4), 올진에 총 462MW(6기) 건설 예정이었으나, 무산 위기</li> </ul>
GE-Hitachi	BWRX-300 비등경수로 300MWe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에스토니아에 건설 위한 경제성 평가 등 협력 MOU 체결('21.3)</li> <li>- 폴란드에 건설 및 우라늄 핵연료 공급망 구축 가능성 평가 MOU 체결('21.9)</li> <li>- 캐나다 Ontario주 Darlington 부지에 '28년까지 건설 결정('21.12)</li> <li>- NRC 인허가 사전 신청 활동 및 CNSC VDR Phase 2 진행 중</li> </ul>
TerraPower	Sodium 소듐냉각고속로 345MWe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 첫 실증로 미국 Wyoming주에 건설 결정('21.11), '28년 첫 호기 상업운전 목표이며, '30년 1단계 실증 단지 완공시 25만 가구 규모 전력 공급</li> <li>- NRC 인허가 사전 신청 활동 진행 중</li> <li>- 국내 SK(주)·SK이노베이션과 차세대 SMR 기술개발 등 포괄적 사업 협력을 위한 MOU 체결('22.5)</li> </ul>

X-energy	Xe-100 고온가스로 80MWe (≤4모듈)	- 실증로 미국 Washington주 Richland 지역에 건설 발표('21.4) - 원자로보호계통 프로토타입 제작('22.3) - NRC 인허가 사전 신청 활동 및 CNSC VDR Phase 1&2 동시 진행 중 - 국내 두산에너지빌리티와 SMR 주기기의 제작 방안 연구, 시제품 제작, 설계 최적화 방안 연구 등 SMR 설계 용역 체결('21.8)
Holtec International	SMR-160 가압경수로 160MWe	- Mitsubishi사와 디지털 계측 및 제어시스템 설계 용역 체결('22.3) - 자사가 해체 중인 미국 New Jersey주 Oyster Creek 원전 부지를 SMR 첫 호기 건설 부지로 고려 중 - NRC 인허가 사전 신청 활동 진행 중 및 CNSC VDR Phase 1 완료 - 현대건설과 SMR 개발 및 사업 동반 진출을 위한 사업협력계약 체결('21.11)

※ 출처: 한국원자력연구원(2024)<sup>9)</sup>, 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup> 바탕으로 저자 정리

■ **(러시아)** 국영기업 Rosatom을 중심으로 기술개발을 추진하고, 설계사인 OKBM은 다양한 전기 출력 규모의 총 5 개 해상용 SMR 모델을 보유하고 있으며 선박·산업용 초소형 SMR 포함 17개 SMR 모델을 개발 중<sup>2)</sup>

- 세계 최초로 SMR 기반의 부유식 원전 '아카데미 로모노소프'를 통해 극동지역 추코트카 자치구에 전력을 공급 중이다('19.12~), 규모상 아직 육상 원전을 대체할 만한 수준은 아니라는 평가를 받으며, '28년까지 동시베리아 지역에 육상 SMR을 건설해 상용화한다는 계획
- 현재 Rosatom사는 해상과 지상 변환이 가능한 차세대 SMR인 RITM-200을 개발하고 있으며, '30년부터 대량 생산이 가능할 전망<sup>10)</sup>

【 표Ⅲ-2 】 주요 러시아 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황

기업명	모델	현황
OKBM Afrikantov	KLT-40S 35MW (2기) 부유식 가압경수로	- 도서지역의 전기공급을 위한 부유식 원전 아카데미 로모노소프 상업 운전 ('20.7)
OKBM Afrikantov	RITM-200 53MW 부유식 가압경수로	- 해상과 지상 변환이 가능한 '28년 가동 북극지역 육상 원전 건설허가('21.8), 원자로 탑재 쇄빙선 시비르호 북해 투입('22.1) - 잠재적인 구매 국가는 중국, 인도네시아, 말레이시아, 알제리, 카보베르데, 아르헨티아로, 전력 및 담수화 장치 결합형으로 수출될 계획 - 열 담수화 기술 특허를 위해 전략 전문가 그룹을 구성, 청정 담수가 부족한 국가들을 우선적으로 원전 프로젝트를 추진 중
NIKIET	BREST-OD-300 300MW 납냉각고속로	- 재순환 주기를 위한 시베리아 단지 계약('22.1) - '26년 가동 목표로 단지 내 건설 착공('21.6)

※ 출처: KOTRA(2021)<sup>10)</sup>, 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup> 바탕으로 저자 정리



■ **(중국)** 세계 최초의 SMR를 장착한 원전의 메인 구조물이 완공되어('24.2) 국영기업 중심으로 자국에서 생산한 SMR 2기가 상업 운전을 시작<sup>11)</sup>

- 대표 SMR 모델은 링룽 원전이라고 불리는 ACP-100로, CNNC가 독립적인 지적재산권을 보유한 가압 경수형(PWR) SMR로 '16년 최초로 IAEA 전문가들의 독립적인 안전성 평가를 통과함<sup>2)</sup>

[ 표Ⅲ-3 ] 주요 중국 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황

기업명	모델	현황
CNNC	ACP100 가압경수로 125MWe	- IAEA 일반원자로안전성검토 취득('16) - 정부가 과학기술 시범 프로젝트를 승인('21.6), 첫 실증용 원자로 링룽 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)

※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup> 바탕으로 저자 정리

■ **(캐나다)** 현재 총 17기의 SMR 개발 중이며, 캐나다 온타리오, 뉴브런즈윅, 서스캐처원, 앨버타 등 4개 주는 2020년 국가 SMR 실행 계획 발표 이후 SMR 건설 및 실증 사업을 적극적으로 추진중<sup>11)</sup>

- 현재 운영 중인 Darlington 원전 부지에 2028년까지 SMR 1기를 건설하고 이후 4기까지 확대할 계획

[ 표Ⅲ-4 ] 주요 캐나다 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황

기업명	모델	현황
ARC Clean Technology	ARC100 100MW 소듐냉각고속로	- New Brunswick주 전력공사가 주관하는 Point Lepreau 원전부지 내 실증 프로젝트, '29년까지 건설 계획 - 캐나다 CNSC VDR 1단계 완료('19.10), VDR 2단계 진행 중
Moltex Energy	Stable Salt Reactor Wasteburner 150MW 안정염원자로 (폐기물연소로)	- 캐나다 SNC-Lavalin사와 SNR 개발 전략적 파트너십 체결('21.3) - 캐나다 CNSC VDR 1단계 완료, VDR 2단계 진행 중 - '30년대 초 New Brunswick주 Point Lepreau 원전부지 내 운영 위한 첫 호기 건설 추진
Terrestrial Energy	Integral MSR 195MW (용융염로)	- 미국아르곤국립연구소(ANL)와 핵연료 특성 측정 프로그램 착수('22.1) - 호주원자력과학기술기구(ANSTO)와 사용후핵연료 관리를 위한 처리기술 개발 협력 체결('22.2) - NRC 인허가 사전 신청 활동 및 CNSC VDR 2단계 진행 중

※ 출처: KOTRA(2023)<sup>11)</sup>, 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup> 바탕으로 저자 정리

- **(유럽)** 영국의 경우 방위사업체인 롤스로이스와 영국원자력발전소 등이 함께하는 컨소시엄을 통해, 프랑스의 경우 국영기업 EDF 중심의 기술개발 추진<sup>2)</sup>

**[ 표Ⅲ-5 ] 주요 유럽 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황**

기업명	모델	현황
Rolls-Royce 컨소시엄 (영국)	UK SMR 470MWe 가압경수로	- 영국국립원자력연구원(National Nuclear Laboratory)과 건설사 Laing O'Rourke 참여 컨소시엄을 통해 '29년 상용화 목표로 개발 중 - 영국원자력규제국의 일반설계평가 진행 중('22.3~'24) - '29년 북부 Wales 또는 서부 Cumbria 지역에 첫 호기 운영 목표
프랑스전력공사(EDF) 컨소시엄 (프랑스)	NUWARD 총340MWe (2기) 가압경수로	- 기술 개발·용화, 해외시장 진출을 위한 국제자문위원회 설치('21.12) - 벨기에 Tractebel과 개념설계 수행계약 체결('22.5) - 170MW 용량의 원자로 기본 설계 완성 계획(~'22) - 정부의 시범 프로젝트로 SMR 발전소 건설 계획(~'30)

※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup> 바탕으로 저자 정리

## 2 국내 산업·기업 동향

- **(주요 기관)** 국내에서는 한국원자력연구원, 한국전력기술, 한국수력원자력 등이 대표적으로 SMART (System-integrated Modular Advanced Reactor), BANDI-60, i-SMR과 같은 기술들을 개발중

**[ 표Ⅲ-6 ] 주요 국내 기관의 SMR 프로젝트 진행 현황**

기관명	모델	현황
한국원자력연구원	SMART 100MWe 경수로	- 세계 최소 SMR 표준설계인증 획득('12) - 사우디아라비아와 2기 건설 고려 MOU 체결('15), 관련 기술개발협력 협정 체결('19)
한국전력기술	BANDI-60 60MWe 해상부유식 가압경수로	- 한국조선해양과 공동으로 부유식 해상원전 바지선을 설계하여 미국 선급협회로부터 원칙 승인을 받음 - 개념설계를 마치고 기본설계 진행 중
한국수력원자력	i-SMR	- 표준설계 개발 추진 중, '28년까지 표준설계인가 획득 후 '30년대 글로벌 시장 진출 목표

※ 출처: 해외건설협회(2023)<sup>12)</sup> 바탕으로 저자 정리

- **(주요 기업)** 두산에너지빌리티, 삼성중공업, 현대건설, SK그룹 등 국내 대기업들은 미국의 주요 SMR 개발기업들과 공동투자·연구, 설계·제작, 건설 등 다방면에서 협력하여 프로젝트를 추진 중이며, 국내 혁신형 SMR 개발 프로젝트에도 참여 중임



**[ 표Ⅲ-7 ] 주요 국내 기업의 SMR 프로젝트 진행 현황**

기업명	협력사	현황
두산 에너지빌리티	NuScale Power (‘19.8)	-’22년 UAMPS 초도 원자로 모듈 압력용기 제작 논의 -’23년 모듈 6대용 주요 기자재 제작 착수 논의
	X-energy (‘21.8)	-주 기기 제작설계 계약 체결
삼성중공업	한국원자력연구원(‘21.6)	-해양 원자로 공동연구 협약 체결
	덴마크 Seaborg Technologies (‘22.4)	-용융염냉각형 원자로 기반의 부유식 원자력 발전 설비 개발 협력 업무협약 체결
현대건설	Holtec Int’l (‘21.11)	-SMR 사업 동반 진출을 위한 사업 협력 계약 체결(’26 건설 개시, ’29년 까지 완공 및 전력생산)
현대 ENG	한국원자력 연구원, USNC (‘20.7)	-MOU 체결하여 MMR의 무탄소 전력, 열·수소 생산·공급 기술 강화에 5년간 협력 예정
SK그룹	TerraPower (‘22.8)	-SK(주), SK이노베이션, 한수원이 공동으로 테라파워의 345MWe급 SMR 실증 및 상용화 추진
기타 (GS에너지, 삼성물산, DL E&C, HD 한국조선해양)	NuScale Power X-energy TerraPower 외	-수천만 달러 투자 및 사업(EPC) 공동 추진 협의

※ 출처: 해외건설협회(2023)<sup>12)</sup>, 한국에너지정보문화재단(2023)<sup>13)</sup> 바탕으로 저자 정리

# IV

## 국내외 SMR 정책 동향

### 1 국외 SMR 정책 동향

■ (미국) 원자력 시장 내 SMR 시장에서의 우위 선점을 위해 안전 및 환경 규정, 연구개발 자금 지원, 국가 에너지 목표 설정 등 정책적 노력을 기울이고 있음

- 바이든 행정부의 '원자력 전략 비전'(21.1)에 따라 SMR을 포함한 차세대 원자로 기술개발에 투자를 늘리고 차세대원자로 실증 지원을 추진 중<sup>2)</sup>
- 에너지부 지원 정책 발표(24.6) 및 ADVANCE법 제정(24.7)으로 인하여 SMR 배치 가속화 기대됨<sup>14)</sup>

[ 표Ⅳ-1 ] 미국의 SMR 개발 지원 정책

시기	정책	내용
'18	원자력 혁신 역량 강화법 (NEICA)	- 선진원자로실증사업(ARDP)과 같은 원자력 기술 혁신을 위한 정책을 추진
'19	원자력 혁신 및 현대화법 (NEIMA)	- 규제기관이 인허가 기술역량을 확보하고 효율적으로 인허가 과정을 개선하도록 요구하여 SMR 등 선진원자로 규제의 현대화를 촉진, '27.12월까지 규제 체계 마련 명시
'20	에너지법 (Energy Act 2020)	- 첨단 원자력 연구에 장기적인 예산을 투입하기로 결정
'20.5	차세대원자로 실증사업 지원 (ARDP, Advanced Reactor Demonstration Program)	- 총 38.5억 달러 지원 개시 - (Advanced Reactor Demonstrations) 5~7년 내 미국원자력규제위원회 (NRC)의 허가를 받아 운영될 수 있는 차세대 경수형/비경수형 원자로 실증 - (Risk Reduction for Future Demonstrations Program) 10~14년 내 인허가 및 배치 기술 지원(실험, 모델링/시뮬레이션, 안전시스템 개발 등) - (Advanced Reactor Concepts 2020(ARC-20) Program) '30년대 중반 이후 상용화 가능한 혁신적이고 다양한 설계 기술 지원
'21.2	기후대응 연구기관 설립 (Advanced Research Projects Agency-Climate)	- 기후변화 대응 및 100% 청정에너지 목표 달성을 위해 고급 연구기관 신설 - 원자력 및 SMR의 비용절감, 안전성 제고, 폐기물 저감 측면을 다루는 연구과제 추진
'21.4	FIRST 프로그램 개시 (Foundation Infrastructure for Responsible Use of Small Modular Technology)	- 국무부에서 국가간 전략적 협력 강화 및 원자력 기술협력을 위해 730만 달러 예산 지원 계획 수립
'24.6	SMR 배치 가속화 지원 정책	- 에너지부에서 SMR 배치 가속화를 위해 9억 달러 규모 지원을 발표함
'24.7	ADVANCE 법 (Accelerating Deployment of Versatile, Advanced Nuclear for Clean Energy)	- 새로운 원자력 기술개발 및 배치 가속화를 위한 규제 개선(선진원자로 인허가 비용 지원, 선진원자로 실증 및 배치를 신속히 지원, 사전 인허가 신청 활동을 위한 자금 제공 등)

※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup>, KOTRA(2024a)<sup>19)</sup>, 한국원자력연구원(2024)<sup>14)</sup> 바탕으로 저자 정리





■ **(러시아)** ‘에너지전략 2035’를 바탕으로 국영기업인 Rosatom 중심의 SMR 기술개발 추진 및 차세대 원자로 연구개발을 위한 정책을 추진하고 있음

- Rosatom은 ‘New Atomic Energy 투자계획’(21.6) 및 ‘기술 개발 계획’(22.6)을 바탕으로 SMR 배치를 본격 진행 중

[ 표Ⅳ-2 ] 러시아의 SMR 개발 지원 정책

시기	정책	내용
'20.6	에너지전략 2035 개정안	-국영기업 Rosatom의 주도로 SMR과 차세대 원자로에 약 1,200억 루블(약 1.9조원) 투자
'21.6	New Atomic Energy 투자계획	-국영기업 Rosatom은 '21~30 신규 원자력기술 개발 위해 1,503억원 루블의 정부재원을 포함한 총 5,060억 루블의 투자계획을 정부에 제출
'22.2	'30년까지 사회·경제적 발전을 위한 실행 및 결과에 대한 회의	-Novak 러시아 부총리가 2030년까지 세계 소형 원자력 발전소 시장의 20%, 핵연료 시장의 24%를 점유하겠다는 계획을 발표
'22.6	Rosatom의 2030년까지 기술 개발 계획	-5060억 루블 규모의 소형 원전 내용 다수 포함 -'24년까지 RITM-200N 원자로를 갖춘 소형 원전 건설 시작, SHELF-M(발전 가능 용량 최대 10MW 및 Elena AM(발전가능용량 최대 400KW) 원자로 구축 및 기본 장비 기술 프로젝트 준비, '30년까지 RITM-200N 원자로를 기반으로 한 파일럿 지상 원자력 발전소의 시운전; △Wasteless Atom: '28년 말까지 RITM-200 원자로(55MW)를 기반으로 하는 부유식 발전소 4기 가동; △Pure Atom to the World: 소형 원자력 발전소 해외 홍보

※ 출처: KOTRA(2022)<sup>15)</sup> 기반 저자 정리

■ **(중국)** 경제 분야 국가최고계획인 ‘국가5개년발전계획’을 토대로 중국의 대표 경수형 SMR인 ACP100 연구개발을 비롯한 SMR 관련 지원정책 수립하고 이후 지속적으로 일관된 국가전략과 범정부적 접근 방식을 채택하고 있음

- 미국 정보기술혁신재단(ITIF)에 의하면 중국은 핵발전 기술 혁신에서 세계를 선도하고 있으며, 특히 4세대 원자로와 SMR 개발과 도입에 압장서고 있다고 분석됨<sup>15)</sup>

[ 표Ⅳ-3 ] 중국의 SMR 개발 지원 정책

시기	정책	내용
'20.12	제14차 5개년계획('21~'25) 회의	-해상부유식 SMR 개발 목표 포함, 20기 설치를 목표로 약 90억 달러(약 10조원) 투자 계획
'21.6	국가발전개혁위원회	-SMR 실증로(ACP100) 건설계획 승인
'24.1	국가 산업 컨소시엄 출범	-25개 기관으로 구성된 새로운 국가 산업 컨소시엄을 출범하여 핵융합 기술 발전을 촉진

※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup>, KOTRA(2022)<sup>15)</sup> 기반 저자 정리

- **(캐나다)** 캐나다 연방정부의 'SMR 로드맵' 및 '국가 행동계획'을 통하여 SMR 개발 및 배치를 지원하고 '2050 탄소중립 사회' 실현을 위해 자국 내 SMR을 활용하려는 정책적 노력을 하고 있음
  - 캐나다 연방정부는 SMR 연구개발 및 실증을 위해 4년간 2960만 캐나다 달러의 예산을 투입하여 SMR 배치에 집중하며( 22.3), 온타리오 주에서는 캐나다 최초의 SMR 건설 프로젝트를 추진 중<sup>20)</sup>

[ 표Ⅳ-4 ] 캐나다의 SMR 개발 지원 정책

시기	정책	내용
'18.11	SMR 로드맵 발표	- (SMR 로드맵) SMR 도입을 위한 4개의 축으로 ①SMR 실증·배치, ②관련 정책 및 법령 마련, ③국민 신뢰 확보, ④국제협력을 제시하고, 관련 권고안 53개 제시
'19.7	캐나다 원자력연구소의 원자력연구이니셔티브 (Canadian Nuclear Research Initiative) 프로그램	- SMR 연구개발 비용·시설 지원 및 산업계와의 연계 강화 - △TRISO 핵연료 제조, 원자로 안전, 연료·감속재 조사 등 기술(USNC사), △CANDU 사용후핵연료-용융염로 재활용 기술(Moltex Energy사), △고온불화염냉각로 삼중수소 관리 기술(Kairos Power사), △원자로 안전, 안보 및 비확산 기술(Terrestrial Energy사) 등
'20.12	국가 행동계획 수립	- (행동계획) SMR 로드맵 달성을 위해 관련 기관(연방·주정부, 규제기관, 학계 및 연구기관, 전력회사, 산업계 등) 119개의 기관 및 조직이 참여하는 520여개 행동계획 수립
'22.3	주정부 차원의 SMR 도입 전략계획 수립	- Ontario주, Saskatchewan주, New Brunswick주, Alberta주 주정부는 차세대 원자로 개발 지원 MOU에 서명

※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup>, KOTRA(2024b)<sup>20)</sup> 기반 저자 정리

- **(유럽)** 유럽 국가 중 대표적으로 영국과 프랑스에서 SMR 지원을 가속화하고 있음
  - 영국은 원자력산업협의회(Nuclear Industry Council)를 중심으로 SMR 개발 및 상용화를 지원
  - 프랑스는 '프랑스 2030' 계획에서 SMR 개발을 포함한 원자력 부문에 2030년까지 10억 유로 투자를 발표하는 등 SMR 개발에 집중

[ 표Ⅳ-5 ] 유럽 국가의 SMR 개발 지원 정책

국가	시기	정책	내용
영국	'20.11	영국 총리실 주관 '녹색산업혁명'을 위한 10대 계획	- 세 번째 과제로 '새롭고 혁신적인 원자력 발전 공급' 명시 - SMR 민간 총 6.85억 파운드(약 1.1조원) 투자 확정
	'21.10	영국 Net Zero Strategy	- 전력부문에서 '35년 탄소중립을 목표, SMR 건설을 위한 '미래 원전 기금' 신설(1억2,000만 파운드 투자)
프랑스	'21.10	'프랑스 2030' 계획 발표	- 마크롱 정부는 산업 전반의 친환경 전환 및 미래산업의 전략적 육성을 위해 향후 5년간 SMR(Nuward) 개발 및 원전 폐기를 관리 등에 10억 유로 투자 발표

※ 출처: 한국원자력연구원(2022)<sup>2)</sup> 기반 저자 정리



## 2 국내 SMR 정책 동향

- **(국내 정책)** 2022년 한국형 녹색분류체계에 원전을 포함시킨 이후, 시장 조기 선점을 위해 혁신형 SMR 개발 완료 목표 제시 등 관련 정책을 추진하고 있고, 2023년 이후 기술개발 및 실증 활성화 노력 가속화
  - ‘혁신형 소형모듈원전(i-SMR) 기술 개발사업’(23.7)의 공식 출범으로 혁신형 SMR 핵심기술 신속 확보를 위한 기반을 마련함
  - ‘차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안(안)’(24.6)의 발표로 SMR을 비롯한 차세대 원자로 기술 및 시장 주도권 확보를 위한 지원 방향이 제시됨

[ 표Ⅳ-6 ] 한국의 SMR 관련 정책

시기	정책	내용
'21.12	제6차 원자력진흥종합계획('22~'26) 의결	- 기본방향으로 'SMR 신시장 개척과 원전 수출시장 확장' 제시 - 4대 목표 12대 정책방향 중 하나로 '4. 선도적 기술혁신과 정책지원으로 미래 원전시장 선점' 제시, 기술혁신에 i-SMR 개발 포함
	제6차 원자력연구개발 5개년 계획('22~'26) 발표	- '원자력시장 체제개편에 대비한 연구개발 본격 추진' 명시 - 원자력 R&D 5대 분야 중 하나로 SMR 선정, 주요 내용으로 혁신형 SMR 표준설계 및 기술검증을 통한 핵심기술 확보, 미래성장동력 발굴을 위한 SMR 원천기술 개발, 원자력 에너지효율 혁신 명시
'22.10	12대 국가전략기술 발표	- 차세대 원자력을 포함시켜 국가전략기술 프로젝트*로 추진 * '28년까지 세계 최고 수준의 안전성, 경제성, 유연성을 확보한 글로벌 시장에서 경쟁우위를 갖는 한국형 혁신 SMR을 독자 모델로 개발해 글로벌 SMR 선점 추진
'23.7	'혁신형 소형모듈원전(i-SMR) 기술개발사업' 공식 출범	- 글로벌 시장에서 경쟁할 수 있는 안전성·경제성을 갖춘 i-SMR(모듈당 170MWe)을 개발, '28년까지 표준설계인가 획득을 목표로 23~28년간 3,992억 원 투자 예정
'24.2	'2024 원자력안전위원회 주요정책 추진계획' 발표	- 안전성 확인을 위한 규제기반 선제적 마련의 일환으로 예산 67억 8000만 원 확보('23년 대비 대폭 증액), 「SMR 규제연구 추진단」운영으로 검증기술 마련 속도
'24.6	'차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안(안)' 발표	- 세계 차세대 원자로 시장 대응을 위해 총 예산 2조 4,810억 원(국비 1조 6,490억원, 민간 8,320억원) 규모로 민·관 합동으로 기술개발 및 실증까지 지원

※ 출처: KISTEP(2023)<sup>1)</sup>, 산업통상자원부(2024)<sup>17)</sup>, 국가과학기술자문회의(2024)<sup>8)</sup> 기반 저자 정리



## 요약 및 시사점

- SMR은 원자로 주요 기기를 모듈화하여 공장에서 제작 후 현장에서 조립 가능하도록 설계한 전기 출력 300 MWe 이하의 원자로를 지칭하며, 대형원전 대비 높은 안전성, 탄력적인 출력 규모, 공간 및 활용, 경제성 측면에서의 이점이 많아 주목받고 있음
- SMR은 전 세계적으로 상용화된 사례가 3기에 불과한 개발단계의 기술이지만 지속적인 시장 확장이 기대되는 분야로, 18개국에서 70개 이상 SMR 설계가 제안되어 개발이 진행 중이며 미국, 러시아, 중국이 주도하고 있음
- 미국, 캐나다, 영국 등은 민간기업 중심으로 SMR 개발이 진행 중이나, 한국에서는 한국원자력연구원, 한국전력기술, 한국수력원자력 등 공공기관 및 공기업들을 중심으로 SMR 관련 기술들이 개발되고 있어, 국내 민간기업의 주도적 역할 확보 및 사업화를 위한 기회 발굴이 필요함
- 최근 국내기업과 미국, 유럽 등 주요국의 기업 간 파트너십을 통한 기술개발, 공동연구, 해외 사업(EPC) 등에 대한 협력이 활성화되고 있으며, 이를 통해 국내기업은 글로벌 시장 진출 기회를 확대하고 기술 역량을 강화할 수 있는 기반이 마련할 수 있기에, 정부 차원의 정책적 지원과 민간의 적극적인 참여가 요구됨
- 국내의 경우 기술개발이 실증까지 이어지지 않고 있어 기술의 상용화를 위한 정부 차원의 체계적인 지원이 필요한 상황으로 한국 정부는 ‘차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안(안)’ 발표(‘24.6)를 통해 제도적 기반을 마련할 계획



## 참고문헌

- 1) 한국과학기술기획평가원(KISTEP)(2023). 소형모듈형원전(SMR). KISTEP 브리프 44호.
- 2) 한국원자력연구원(2022). 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향. 2022-02호(통권 64호).
- 3) 한국산업은행(KDB) 미래전략연구소(2022). 소형모듈형원전(SMR) 글로벌 산업 동향. 산은조사월보 제804호(2022.11).
- 4) 두산에너지(2023). SMR 제작 기업으로서의 성공 요인. 이투데이 소형모듈원전산업 세미나 (2023.4).
- 5) MarketsandMarkets(2023). Small Modular Reactor Market.
- 6) BloombergNEF(2024). Nuclear Giant China No Savior for Small Modular Reactors. (March 20, 2024)
- 7) IAEA(2022). Advances in Small Modular Reactor Technology Developments.
- 8) 국가과학기술자문회의(2024). 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진 방안(안). <[https://www.pacst.go.kr/jsp/council/councilArchiveView.jsp?archive\\_id=1155&](https://www.pacst.go.kr/jsp/council/councilArchiveView.jsp?archive_id=1155&)>
- 9) 한국원자력연구원(2024). 미국 SMR 산업 동향과 전망. 미국 원자력 정책 동향 시리즈 2024-01호(2024.1.4.).
- 10) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2021). 러시아 소형 모듈 원자로 SMR 개발현황. 해외시장뉴스 (2021.12.31). <[https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE\\_NO=3&MENU\\_ID=180&CONTENTS\\_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=192204](https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=192204)>
- 11) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2023). 캐나다 소형모듈원자로(SMR) 산업 동향 및 시사점. Global Market Report 23-045.
- 12) 해외건설협회 해외건설정책지원센터(2023). 소형모듈원전(SMR)의 현황 및 전망. 해외건설 INSIGHT 2023 Vol.6.
- 13) 한국에너지정보문화재단(2023). 주요국 SMR 개발 동향(2023.12). 2023 해외 에너지 심층분석 정보 제공 Global Report.

- 14) 한국원자력연구원(2024). 미국 ADVANCE 법 주요 내용 및 시사점. 미국 원자력 정책 동향 시리즈. 2024-13호. (2024.07.17.).
- 15) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2022). 러시아의 원자력산업 육성 및 수출 확대 정책. (2022.09.15.).  
 〈[https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE\\_NO=3&MENU\\_ID=180&CONTENTS\\_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=196292](https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=196292)〉
- 16) 한국과학기술기획평가원(KISTEP)(2024). 중국의 원자력산업 혁신성 분석 보고서 발표. S&T GPS 주요동향. 〈[https://www.kistep.re.kr/gpsTrendView.es?mid=a302000000000&list\\_no=3324&act=view](https://www.kistep.re.kr/gpsTrendView.es?mid=a302000000000&list_no=3324&act=view)〉
- 17) 산업통상자원부(2024). 소형모듈원전(SMR), 미래 에너지시장의 ‘게임체인저’가 눈앞에. 산업통상자원부 보도자료(2024.2.1.).
- 18) 최광훈(2023). 소형모듈원전(SMR) - 소형모듈원전 시장에서의 가치창출 전략. ASTI Market Insight 2023-225.
- 19) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2024a). 미국 SMR 배치 가속화...전력 공급 해결책으로 주목. KOTRA 해외시장뉴스. 〈[https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE\\_NO=3&MENU\\_ID=80&CONTENTS\\_NO=2&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=217364?](https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=80&CONTENTS_NO=2&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=217364?)〉
- 20) 대한무역투자진흥공사(KOTRA)(2024b). 원자력 발전 필수 자원 우라늄, 캐나다 공급망 동향. 글로벌 공급망 동향. 〈[https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/newsHotClip/actionKotraBoardHotClipDetail.do?MENU\\_ID=1360&CONTENTS\\_NO=1&pNttSn=218313](https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/newsHotClip/actionKotraBoardHotClipDetail.do?MENU_ID=1360&CONTENTS_NO=1&pNttSn=218313)〉

2024  
녹색산업 인사이트  
**insight**



04554 서울특별시 중구 퇴계로 173 남산스퀘어 빌딩 17층  
TEL. 02-6261-0881 [https://nigt.re.kr/gtck/g\\_center.do](https://nigt.re.kr/gtck/g_center.do)