

GLOBAL NUCLEAR

Industry Research & Preview

- » 글로벌 원자력 발전 시장 Review & Preview
- » 국내외 원자력 발전 주요 기업



TABLE OF CONTENTS

01	원자력 발전이란?	Page 4
02	Why 원전?	Page 8
03	글로벌 원전시장 동향	Page 14
04	전력 시장의 게임 체인저, SMR	Page 18
05	세계가 주목하는 K-원전의 힘	Page 23
06	Top-Pick	Page 31

TERM DESCRIPTION

중수	수소 대신 중수소를 포함한 물(D ₂ O)
경수로	일반 물(H ₂ O)을 감속재와 냉각재로 사용하는 원자로
화학적 정련	우라늄 광석에서 불순물을 제거하고, 농축된 형태로 만드는 화학 처리 과정
옐로케이크	우라늄 광석에서 화학 정련 후 얻는 노란색의 농축 우라늄 산화물(U ₃ O ₈) 형태의 원료 연료
펠릿	원자로에 장전되는 핵연료봉 안의 작은 원통형 우라늄 연료 덩어리
기저전원	하루 24시간 안정적으로 전기를 공급하는 발전원
그린 택소노미	EU에서 정의한 환경 지속 가능성 기준으로, 투자와 사업 활동이 환경적으로 지속 가능한지 판단하는 체계
CO ₂ eq/kWh	전력 1kWh 생산 시 발생하는 온실가스를 CO ₂ 기준으로 환산한 값으로, 에너지의 탄소 집약도를 나타냄
덕 커브	일조량에 따라 태양광 발전량이 급변함에 따라 발생하는 현상
순부하 (Net Load)	전력 시스템안에서 예상되는 전력소비량과 재생에너지 공급량의 차이
IRA (인플레이션 감축법)	2022년 미국에서 제정된 법으로, 청정에너지 전환을 위해 세제 혜택 및 투자 보조금을 대폭 확대한 산업-기후법
부하추종운전	요구되는 전력량에 따라 발전기의 출력을 조정
피동형 안전설계 방식	전기나 운전원의 개입 없이 중력, 자연 대류 등의 자연법칙에 따라 안전을 유지하는 설계 방식
IEA 에너지 시나리오	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 정책 시나리오(STEPS) : 현재 시행 중이거나 구체적으로 계획된 정책만을 고려 - 공약 달성 시나리오(APS): 각국의 기후 공약이 완전히 이행된다고 가정 - 2050 탄소중립 시나리오(NZE): 2050년까지 탄소 순배출량 제로를 달성하기 위해 설정한 계획 달성을 가정
정광	불순물을 제거하여 품질이 높아진 광석
123협정	미국의 원자력에너지법(AEA) 제123조에 따라 미국의 핵물질, 기자재, 기술을 사용하려는 국가와 미국 간에 그 사용조건과 절차를 명시한 원자력 협정

I. 원자력 발전이란?

>>> 원자력 발전의 개념과 Value Chain, 그리고 역사

1. 원자력 발전의 개념

원자력 발전은 핵분열 반응을 통해 발생한 열에너지를 이용하여 핵분열 반응을 통해 발생한 열에너지를 이용하여 증기를 생성하고, 이 증기로 터빈을 돌려 전기를 생산하는 발전 방식을 의미한다.

원자력, 핵분열이란?

원자력(Nuclear Energy)은 원자핵 내부에 존재하는 결합 에너지를 이용해 얻는 에너지로, 주로 핵분열이나 핵융합 반응을 통해 방출된다. 여기서 핵분열 반응은 무거운 원자핵이 중성자를 흡수하면서 두 개의 더 가벼운 원자핵으로 나뉘고, 동시에 다량의 에너지와 중성자를 방출하며 열 에너지를 생산하는 과정이다. 그 과정에서 방출되는 중성자가 다른 원자핵에 다시 작용해 연쇄적인 핵분열을 유도한다. [도표 1]

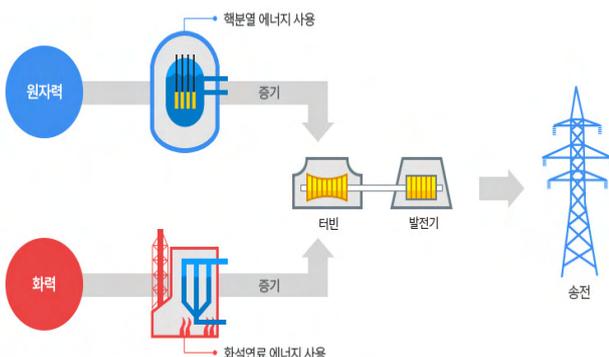
원자력 발전소에서는 이 연쇄반응을 일정하게 유지하고 통제하여 안정적인 열 에너지를 지속적으로 생산한다. 이 열은 증기를 발생시키는 데 사용되고, 증기는 터빈과 발전기를 돌려 전기를 만들어낸다. 핵분열의 고에너지 특성 덕분에 원자력은 소량의 연료로도 막대한 전력을 생산할 수 있으며, 온실가스 배출이 적어 기후 변화 대응 에너지원으로 주목받고 있다.

원자력 발전의 원리

원자력 발전은 우라늄-235와 같은 핵연료가 연료봉 형태로 원자로에 장착되어, 중성자의 충돌로 핵분열이 일어나며 다량의 열에너지와 새로운 중성자를 방출하는 과정에서 시작된다. 이 중성자들은 주변 핵연료에 연쇄 반응을 일으켜 지속적인 에너지 생산을 가능하게 한다. 핵분열로 발생한 열은 1차 계통 냉각재를 통해 외부로 전달되며, 냉각재는 원자로 내부에서 열을 흡수한 뒤 끓지 않은 액체 상태로 증기발생기에 도달해 2차 계통의 물을 가열한다. 이 과정에서 만들어진 증기는 방사능이 없는 고압 증기로 변환되어 터빈으로 공급된다. 터빈으로 공급된 고압 증기는 블레이드를 회전시켜 발전기와 연결된 축을 돌리고, 이 회전에 의해 자기장 속에서 코일이 움직이면서 교류 전기가 생산된다. 생성된 전기는 변압기를 거쳐 송전망으로 공급된다.

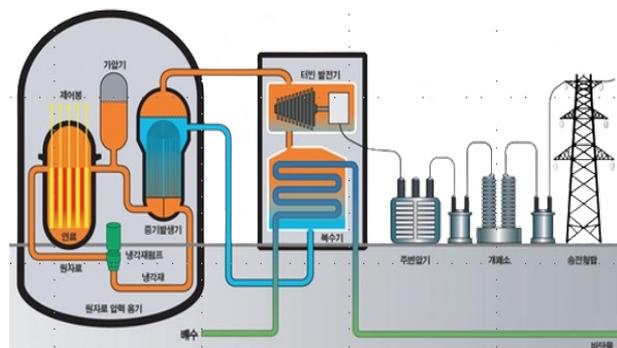
터빈을 지나온 증기는 대부분의 에너지를 잃은 뒤 응축기로 이동해 외부 냉각수와 가열을 통해 다시 물로 응축되며, 이 물은 다시 2차 계통으로 되돌아가 순환된다. 냉각수 역시 열을 흡수한 후 다시 식혀져 순환되며, 이와 같은 연속적인 열-전기 변환 시스템이 원자력 발전의 핵심 구조를 이룬다. [도표 2]

도표 1. 원자력 발전이란?



출처: 한전 원자력 연료

도표 2. 원자력 발전의 원리

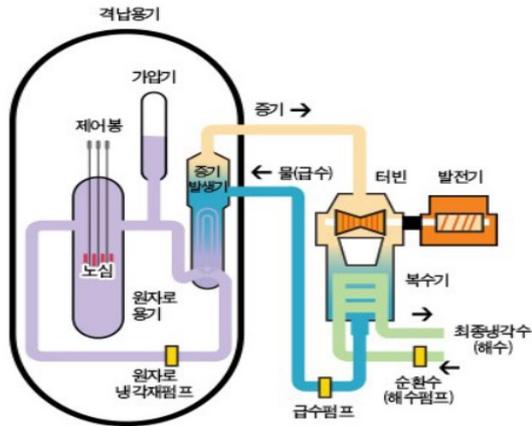


출처: 에너지 단열 경제

원자력 발전기의 종류

현재 발전기 종류로는 총 7종류가 있지만, PWR(가압경수로), BWR(비등경수로), PHWR(가압중수로)이 약 95%를 차지하고 있다. [도표 4] 그 중에서도 PWR은 경수(일반 물)를 냉각재 *이자 감속재 *로 사용하는 특징이 있고, 발전 과정은 이전에 설명했던 발전 원리와 동일하다. 이와 더불어, 냉각수와 증기발생계가 분리되어 있어 방사능이 터빈 계통으로 전달되지 않는 장점이 있으며, 구조적으로도 연쇄반응 제어가 용이해 높은 안정성과 신뢰성을 갖는다는 장점이 있기에 현재 세계에서 가장 많이 사용되는 원자로형이다. [도표 3]

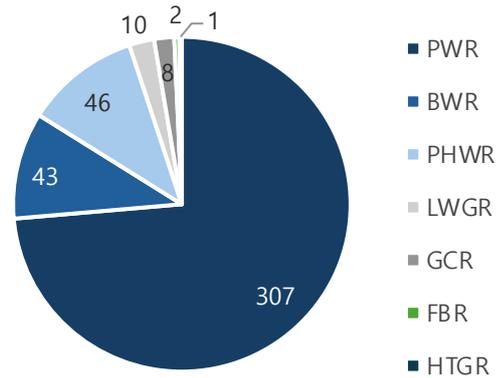
도표 3. PWR (가압경수로) 구조



출처: 한국 원자력 학회

도표 4 종류별 원자력 발전기 개수

(단위: 개)



출처: IAEA

2. Value Chain (7단계)

전방 산업 (Upstream)

① 우라늄 탐사·채굴 및 정련

천연 우라늄을 확보하는 과정으로, 먼저 우라늄 매장지를 탐사하고, 노천 채굴이나 지하 채굴 방식으로 광석을 채취한다. 이후 화학적 정련 *을 통해 우라늄 성분만 추출한 '엘로케이크'* 형태로 가공한다. 해당 밸류체인 단계는 카자흐스탄(23%), 캐나다(12%), 프랑스(11%) 등 다양한 나라의 경쟁 구조로 구성되어 있다.

② 변환 및 농축

가공된 엘로케이크를 핵연료로 사용 가능하도록 화학적, 물리적으로 처리하는 단계로, 고온의 화학반응과 원심분리기 등을 이용해 농축시켜 우라늄의 비율을 약 3~5% 수준으로 높이는 과정을 거친다. 농축 시장은 러시아(45%), 유럽 3개 국가 연합(31%), 프랑스(12%) 등 비교적 독점적인 구조로 구성되어 있다.

③ 연료 제작

농축된 우라늄을 고체 형태로 전환하고, 이를 펠렛*으로 가공하여 연료봉을 제작하는 단계로, 정밀한 품질 관리와 고온·고압에 대한 내성이 요구되는 고기술 공정이다. 각각의 발전기 종류에 따라 필요한 우라늄 농도의 연료가 다르기에 시장 자체도 각 연료에 따라 구성되어 있다. 하지만 PWR 연료 시장은 프랑스가 50% 이상을 점유하고 있고, BWR 연료 시장은 미국이 70%의 점유율을 보이고 있는 등 각 시장마다 독점적인 구조를 가지고 있다.

중간 산업 (Core)

④ 원전 설계 및 건설

원전 설계 및 건설은 원자력 발전소의 개념 설계부터 상세 설계, 기자재 조달, 시공에 이르는 전 과정을 포괄하는 EPC(Engineering, Procurement, Construction) 산업으로, 원자력 밸류체인 의 핵심 단계에 해당한다.

이 단계에서는 발전소의 안전성과 경제성, 운전 효율성을 좌우하는 주기기 설계가 이뤄지며, 구조공학, 열수력, 제어계측 등 다양한 공학 분야의 복합 기술이 적용된다. 기자재 조달 과정에서는 원자로 압력용기, 증기발생기, 터빈, 제어계통과 같은 고정밀·고신뢰성 부품이 사용되며, 이들은 엄격한 품질 인증과 긴 내구수명을 요구하는 만큼 높은 기술 장벽과 안정적인 공급망이 필수적이다. 전체 원자력 산업 내에서 설계 및 건설 부문은 약 30~40%의 비중을 차지하며, 다양한 기업들이 시장에 분산되어 진입해 있어 상대적으로 점유율 분포는 균형적으로 나타난다.

⑤ 운전 및 정비

발전소가 가동된 이후의 모든 운영 활동과 정기적인 설비 점검, 고장 수리, 성능 개선 등을 포함하며, 발전소의 안전성과 효율성을 유지하는 데 핵심적인 역할을 하는 단계이다. 고온·고방사 환경에서의 설비 유지와 방사선 관리가 필수로, 전문 인력과 기술 인프라가 요구된다. 이 분야는 산업 내 비중은 약 20~25%이고 비교적 지속적이고 안정적인 수익이 발생하며, 노후 원전의 증가와 신규 원전 건설의 지연 및 제한으로 인해 장기적으로도 유지·보수 시장의 중요성이 커지고 있다.

후방 산업 (Downstream)

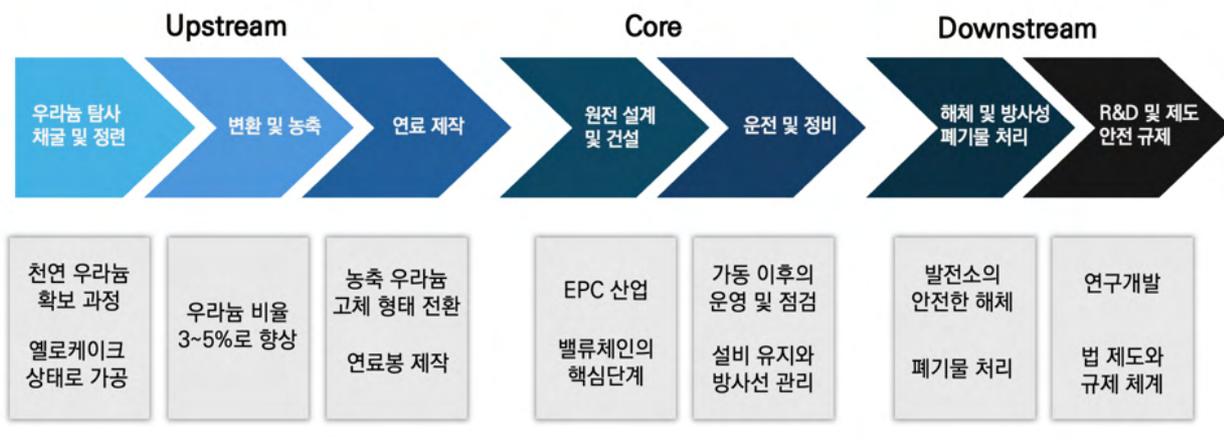
⑥ 해체 및 방사성 폐기물 처리

수명이 종료된 원자력 발전소의 안전한 해체와, 운영 중 또는 해체 후 발생한 방사성 폐기물의 수집, 처리, 저장, 최종 처분을 진행하는 단계이다. 폐기물은 방사능 수준에 따라 저준위, 중준위, 고준위로 구분되며, 특히 사용후핵연료(고준위)는 수십만 년 동안 관리가 필요해 국가 차원의 장기 정책이 요구된다. 이 분야는 원전 해체 수요가 증가함에 따라 점차 성장 중이며, 원자력 산업 전체에서 약 10~15% 정도의 비중을 차지하고 있다.

⑦ R&D 및 인력양성 / 제도·안전 규제

원자력 기술의 지속적인 발전을 위한 연구개발과 고급 인력 양성, 그리고 원자력의 안전성을 보장하기 위한 법제도와 규제 체계 등을 포함하는 단계이다. 산업의 지속 가능성과 안전 신뢰성 확보에 핵심적인 역할을 하며, 직접적인 매출 규모는 작지만 산업 전체 안정성에 미치는 영향은 매우 크다.

도표 5. 원자력 발전 Value Chain 7단계



3. 원자력 발전의 역사

1세대(1950 ~ 1960) : 기초 실험과 시범 운영을 통해 원자력의 가능성 확장

제2차 세계대전 이후, 냉전기 군사력 확장과 더불어 원자력 개발도 적극적으로 추진되며 큰 발전을 이루어 냈다. 이 시기의 원자로는 아직 상업적 발전보다는 기술 실증과 연구 목적에 초점이 맞춰져 있었다. 1세대 원자로는 대체로 천연 우라늄을 연료로 사용하였고, 흑연이나 중수를 감속재로 사용하는 방식이 많았지만, 이들은 모두 낮은 출력과 제한된 수명, 기초적 안전 시스템, 기기 신뢰성 부족 등의 한계를 지니고 있었다. 그럼에도 이 시기의 기술은 이후 2세대 상업용 원자로로 이어지는 기반을 마련한 역사적 전환점이었다.

2세대(1970 ~ 1980) : 친원전: 에너지 안보 확보 → 탈원전: 체르노빌 사고

산업화와 석유 과동으로 인해 에너지 안보 차원에서 원자력이 대거 도입되었으며, 이 시기에 대부분의 상업용 발전소가 건설되어 '원자력 르네상스'라고 불릴 정도였다. 이 시기의 원자로는 경수로를 기반으로 하는 PWR과 BWR이 주류를 이루었으며, 설계 수명은 30~40년으로 상업용 전력 생산에 적합하도록 고안되었다. 특히, 운전 효율과 경제성을 우선한 설계로 표준화되기 시작했고, 연료 교체 주기 및 출력 안정성도 개선되었다. 하지만, 1986년에 발생한 체르노빌 원전 사고로 500만 명 이상이 피폭에 노출되었고 방사능 오염 지역이 순식간에 확산되었다. 이를 계기로 전 세계적으로 탈원전 논의가 본격화되었고, 정책 전환이 시작되었다.

3세대(1990 ~ 2010) : 친원전: 기후변화 대응 → 탈원전: 후쿠시마 사고

다시 화석연료로 인한 기후변화 대응과 에너지 다변화의 필요성이 증대되면서, “친환경 기저전원*”으로서의 원자력이 재평가되었다. 이에 따라 3세대 고안전 원자로가 개발되고, 여러 국가에서 신규 원전 계획을 재편성하였다. 하지만 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후, 일본은 물론 독일 또한 전면 폐쇄 계획을 수립하였다. 한국도 에너지 전환 정책의 일환으로 신규 원전 건설을 중단하고, 노후 원전 수명 연장 금지 등의 탈원전 정책을 추진했다. 후쿠시마 사고는 시민 사회 전반에 걸쳐 '안전보다 경제성 우선'이라는 기존 인식에 대한 강한 거부감을 확산시켰고, 특히 원전 주변 지역 주민들의 수용성이 급격히 하락하며, 입지 선정 과정에서의 갈등, 정치적 반발, 지역 주민의 반대 운동 등이 본격화되었다.

4세대(2020 ~) : 탄소중립 달성을 위해 재조명되었으나, 국가별로 다른 입장 고수

탄소중립 목표가 글로벌 의무가 되면서, 원자력은 “화석연료를 대체할 수 있는 현존하는 유일한 기저전원”으로 다시 주목받기 시작했다. 특히, SMR의 개발은 주민 수용성과 안정성 측면에서 탈원전 흐름을 전환하는데 중요한 역할을 하고 있다. 대표적인 사례로는 미국의 NuScale Power SMR, 프랑스의 ASTRID 고속로, 한국형 SMART 원자로 등이 있다. 현재 EU에서는 원자력을 “그린 택소노미*”에 포함시키며 이와 함께 한국, 미국, 프랑스 역시 친원전 기조를 유지하고 있다. 그러나 독일, 오스트리아 등 원전에 아직까지 부정적인 인식을 지니고 있는 나라들도 있는 것으로 보아 국가별로 양면성이 유지되고 있는 것으로 보인다. [도표 6]

도표 6. 원자력 발전의 역사

제 1세대 원전 Generation 1	제 2세대 원전 Generation 2	제 3세대 원전 Generation 3	제 4세대 원전 Generation 4
			
시핑포트 원전(미) Shippingport nuclear power plant (USA) 오브닌스크원전(러) Obninsk nuclear power plant (Russia)	PWR CANDU BWR	AP600 System80+ APR1400 Enhanced CANDU6	소듐냉각고속로 Sodium-cooled Fast Reactor (SFR) 초고온가스로 Very High Temperature Reactor (VHTR)

출처: 한전원자력연료

II. Why 원전?

>>> 왜 세계는 원전에 주목하는가

AI 시대, 급등하는 전력 수요와 원자력의 재부상

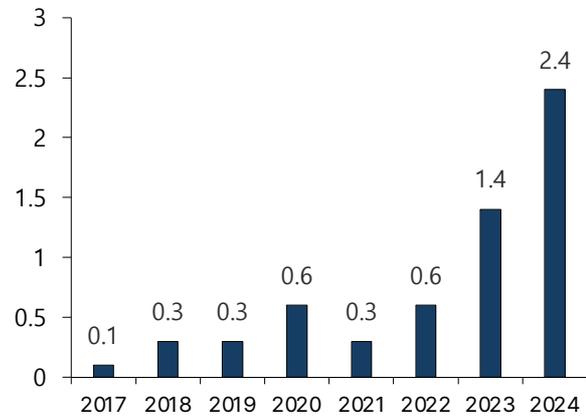
AI 산업의 폭발적 성장, 기후위기의 심화, 에너지 안보 위협으로 인해 전 세계 전력 수요가 전례 없이 급증하고 있다. 특히, 글로벌 AI 패권 경쟁에 따른 데이터센터 투자 확대는 전력 수요를 급격히 끌어올리며 원자력 산업 성장의 촉매제로 작용하고 있다.

생성형 AI를 비롯한 고도화된 모델은 방대한 데이터를 학습·처리하기 위해 막대한 연산 자원을 요구하며, 이는 데이터센터의 전력 소비 급증으로 직결된다. 이에 IEA는 전 세계 데이터센터의 전력 사용량이 '22년 460TWh에서 '26년에는 1,050TWh*로 두 배 이상 증가할 것으로 내다봤으며, 2050년에는 현재의 두 배에 달하는 전력 수요가 발생할 것으로 예측하고 있다. 미국내 최대 전력망 운영업체인 PJ 인터커넥션 또한 향후 10년간 전기 소모 증가율을 기존 1.4% 대비 1%p상승한 2.4%로 전망하였다. [도표 7]

AI 붐으로 인한 전력 소비 급증은 탄소중립을 선언한 글로벌 빅테크 기업들에게도 새로운 도전 과제가 되고 있다. 구글, 마이크로소프트 등 주요 기업들이 앞다투어 넷제로(Net-Zero)를 선언했지만, 실제 탄소배출은 오히려 증가하는 추세다. 구글은 '23년 온실가스 배출량이 전년 대비 13% 증가했으며, 마이크로소프트 역시 '20년 이후 약 30% 가까이 늘었다. [도표 8] AI 산업 성장과 데이터 인프라 확대가 빅테크의 탄소중립 목표 달성을 위협하는 상황으로 이어지고 있는 것이다. 이러한 배경 속에서, 안정적인 공급 능력과 탄소중립 기여를 동시에 충족시킬 수 있는 원자력 에너지가 다시 핵심 전략 자원으로 주목받고 있다.

도표 7. PJM 향후 10년 전기 수요 전망

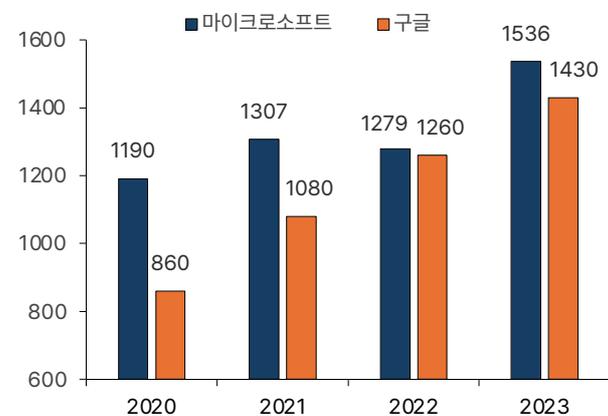
(단위: %)



출처: PJM Interconnection

도표 8. MS, Google 온실가스 배출량

(단위: tCO2e)



출처: Microsoft, Google

1. 전력 수요 증가 원인

AI 붐과 함께 급증하는 데이터 센터 전력 수요

IEA*에 따르면, 데이터센터의 전력 소비량 전망은 2022년보다 2배 증가한 2026년에 1,000TWh이다. 이는 세계 전체 전력 소비량의 약 4~5%에 해당하는 수치로, 단일 산업군으로는 매우 높은 비중을 차지한다. 또한, 데이터센터의 전력수요는 2024년~2030년 동안 연평균 10~15%씩 증가할 것으로 예측된다. [도표 9]

AI 시대의 본격적인 도래와 함께 데이터센터는 단순한 IT 인프라를 넘어, 국가와 산업 경쟁력을 좌우하는 핵심 기반시설로 부상하고 있다. 특히 생성형 AI와 같은 첨단 모델을 학습시키고, 실시간으로 추론 결과를 제공하기 위해서는 GPU 기반의 고성능 컴퓨팅(HPC: High Performance Computing)이 필수적이다. GPU는 CPU보다 수십 배에 달하는 연산 성능을 제공하는 만큼 전력 소모도 크고 열 발생량 또한 상당하다.

실제로 AI 연산에 최적화된 데이터센터는 기존 클라우드 데이터센터 대비 약 3~4배에 달하는 전력을 소모한다. 이러한 고밀도 전력 환경에서는 정밀한 냉각 시스템이 필수적이다. 냉각이 제대로 작동하지 않으면 GPU는 발열로 인해 성능이 저하되거나 심한 경우 자동으로 작동을 멈추게 되며, 이는 전체 연산 효율에 막대한 영향을 미친다.

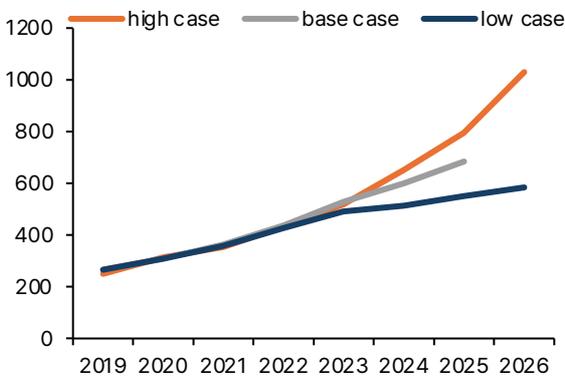
또한 AI 연산은 대규모 데이터를 실시간으로 처리하기 때문에 데이터센터 및 서버 간 통신 지연을 최소화할 수 있는 초고속 네트워크 인프라가 필수적이다. 100Gbps 이상의 고속 이더넷과 같은 전용 고속 연결망이 활용되며, 이를 통해 수많은 GPU가 마치 하나의 거대한 컴퓨터처럼 동기화되어 작동할 수 있도록 구성된다.

학습형에서 추론형으로, 폭발적으로 늘어나는 전력 수요

한편, AI 기술의 고도화는 데이터센터의 전력 수요를 폭발적으로 증가시키고 있다. 초기에는 대규모 데이터를 기반으로 AI 모델을 훈련하는 ‘학습형 AI’가 대부분이었지만, 최근에는 학습된 모델을 실시간으로 활용하는 ‘추론형 AI’의 활용이 빠르게 확대되고 있다. 대표적으로 오픈AI의 ChatGPT, 마이크로소프트의 Copilot 등은 사용자로부터 실시간 질의를 수백억 건 단위로 받아 처리하며, 이 과정에서 단일 요청당 연산량이 기존의 단순 검색 시스템 대비 최대 100배에 달한다.

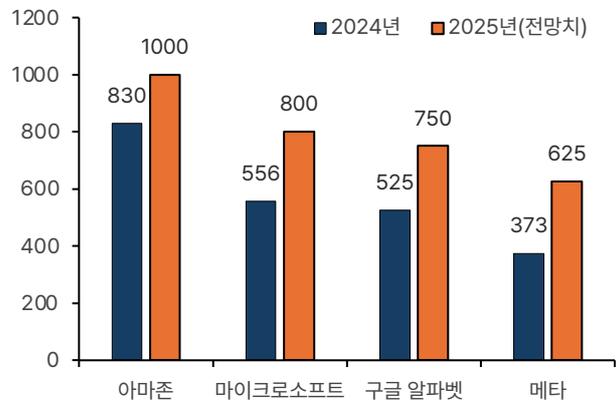
특히, 기업용 AI 에이전트는 문서 분석, 일정 관리, 이메일 자동화 등 다양한 업무를 동시에 수행하면서도 즉각적인 반응을 제공해야 하기에, 기존 챗봇보다 최대 25배 이상의 연산 성능이 요구된다. 이러한 추론형 AI의 보급으로 인해 데이터센터가 처리해야 할 연산량과 전력 수요는 기하급수적으로 증가하고 있다. 그 결과, 전체 데이터센터의 전력 소비는 현재 대비 160% 이상 증가할 것으로 전망된다.[도표 10]

도표 9. 전세계 데이터센터 전력 수요량 전망 (단위: TWh)



출처: IEA, PwC

도표 10. 빅테크 AI 인프라 투자 현황 (단위: 억 달러)



출처: Amazon, Microsoft, Google, Meta

기후 변화가 만든 새로운 전력 수요 곡선

IEA는 2024년 중국, 인도, 미국 등 주요국의 전력 수요가 크게 증가한 주요 원인으로 냉방 수요 확대를 지목했다. 특히 장기화된 폭염은 냉방기기 사용을 급격히 늘려, 주요국 전력 수요 증가의 핵심 요인이 되고 있다.

중국의 경우, 전력 수요 증가분의 약 31%가 냉방 수요에서 비롯됐다. 지난해 8월, 남동부 지역을 중심으로 기록적인 무더위가 지속되자 산업 및 가정용 전력 수요는 4% 증가했으며, 냉방 수요는 5% 가까이 늘었다.

미국 역시 냉방 수요가 전력 수요 증가를 이끈 주요 요인이었다. 전체 전력 수요 증가분 중 약 37%가 고온으로 인한 냉방 수요에서 발생했다. 특히 지난해 5월, 본격적인 폭염이 시작되면서 이에 따라 올해 6월의 냉방 관련 전력 수요도 전년 동월 대비 10.8% 증가했다. 결과적으로, 냉방기기 사용 증가로 인해 전체 전력 수요는 총 9.5% 급증하는 결과를 낳았다.

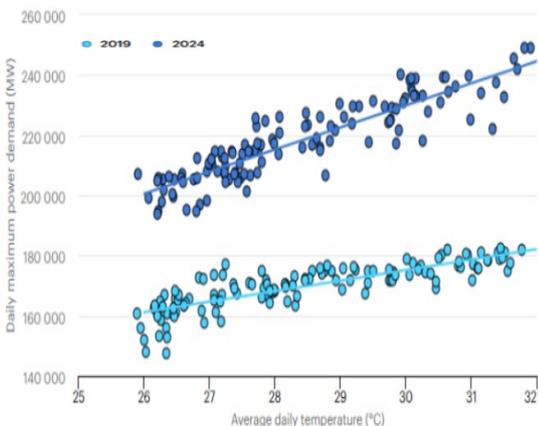
인도에서도 냉방 수요의 영향은 점차 확대되고 있다. 기온이 1도만 상승해도 전력 수요가 급격히 증가한다. [도표 12] 아울러, 2024년은 2019년에 비해 동일 기온에서도 더 높은 전력 수요를 기록하고 있다. [도표 11] IEA에 따르면 인도의 평균 일일 기온이 24도를 초과할 때마다 전력 수요는 약 2%씩 증가하는 것으로 나타나며, 지난해 전기 수요 증가분 중 냉방 수요가 차지한 비중은 약 19%에 달했다. 특히 4월부터 6월 사이 전력 수요가 전년 동기 대비 10.8% 증가했으며, 이 중 30%가 에어컨 사용에서 기인한 것으로 나타났다. 또한, 인도는 14억 인구 대비 8% 수준의 에어컨 보급률을 기록하고 있어 향후 냉방 수요 확대 여지가 크며, 중산층 증가와 도시화 진전이 이 흐름을 더욱 가속화할 것으로 보인다.

냉방 수요 증가가 초래한 화석연료 의존과 기후 악순환

이처럼 냉방 수요 확대에 따른 전력 수요 증가는 화석연료 기반의 발전 확대를 불가피하게 만들고 있다. 중국, 인도, 미국 모두 냉방기기 가동 증가로 인한 전력 수요를 주로 석탄이나 가스를 이용한 화력발전으로 충당하고 있으며, 이는 결과적으로 '더위 → 냉방 → 화력발전 → 기후 악화 → 더위'로 이어지는 악순환을 초래하고 있다. 특히, 인도 정부는 급증한 전력 수요에 대응하기 위해 석탄화력발전소의 최대 가동을 지시했으며, 해당 조치는 2025년 2월 말까지 연장된 상태다.

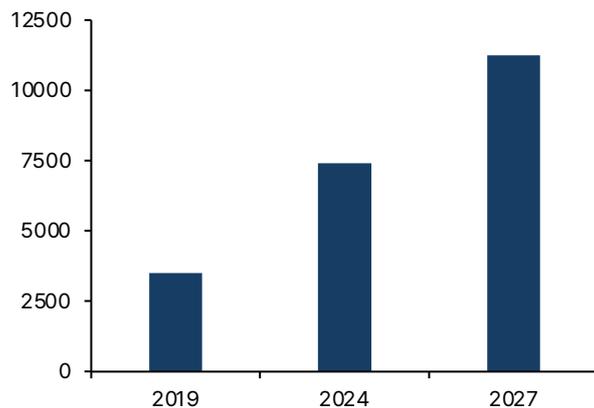
결국 기후변화로 인한 폭염은 단순한 날씨 이상 현상을 넘어, 세계 에너지 시스템에 구조적인 부담을 가중시킨다. 기후변화로 인한 폭염이 점점 심화되며, 지난해는 지구 평균 기온이 산업화 이전보다 1.55도 높아져 관측 이래 가장 더운 해로 기록된 가운데, 급증하는 냉방 수요는 전력 수요 증가를 견인하는 핵심 동력이 될 것이다.

도표 11. 평균 기온별 일일 최대 전력 추이 (단위: MW)



출처: IEA

도표 12. 기온 1°C당 전력 부하 증가 (단위: 억 달러)



출처: IEA

2. 늘어나는 전력 수요엔 원전이 해답이다!

1) 기후위기 시대, 가장 현실적인 '넷제로' 전략

원자력은 발전 과정에서 탄소 배출이 거의 없어, 기후변화 대응에 있어 가장 효율적인 저탄소 에너지원 중 하나로 평가받고 있다. IPCC에 따르면 원자력의 탄소 배출량은 12gCO₂eq/kWh로, 풍력(11g)과 유사하고 태양광(50g)의 4분의 1, 가스 발전(495g) 대비 약 42분의 1 수준에 불과하다. 발전 전 주기를 고려한 배출량도 석탄이나 천연가스보다 수십 배 낮다. [도표 16]

이러한 환경적 강점을 바탕으로, 원자력은 국제적으로 친환경 에너지로 인정받고 있다. 대표적으로 '22년 7월, EU는 그간의 탈원전 기조에서 방향을 전환해 원자력을 조건부로 친환경 투자 기준인 탄소노미에 포함시켰다. 이후 '23년 COP28에서는 전 세계 22개국이 2050년까지 원전 발전 용량을 3배 확대하겠다는 공동 선언을 발표했으며, '24년 COP29에서도 원자력은 청정에너지 전환의 핵심 기술로 강조되었다. IEA(국제 에너지 기구) 역시 2050년 탄소중립 목표 달성을 위해 원자력 발전 비중 확대를 강력히 권고하고 있으며, 풍력과 태양광과 함께 원자력을 온실가스 감축의 3대 핵심 수단으로 제시하고 있다. [도표 15]

빅테크의 탄소제로 전략, 원자력에서 답을 찾다

이 같은 흐름에 발맞춰 글로벌 빅테크 기업들 또한 원자력 에너지 도입에 적극 나서고 있다. 애플, 구글 알파벳, 마이크로소프트 등 빅테크 기업들은 2030년 전후를 목표로 탄소배출 제로를 선언하고 있으며, 이를 실현하기 위한 에너지원으로 원자력을 주목하고 있다. 마이크로소프트는 2023년 6월, 원자력 발전 기업 콘스텔레이션 에너지와 계약을 체결해 버지니아 데이터센터에 최대 35%의 전력을 원자력으로 공급받고 있다. 구글은 핵융합 기술 스타트업 TAE 테크놀로지에 투자를 단행했으며, 아마존은 2024년 3월 원자력 발전 기반의 큐물러스 데이터센터를 인수했다. 아마존의 인수 대금은 6억 5,000만 달러에 달하며, 향후 10년간 원자력 에너지를 지속 활용할 계획이다.

이처럼 원자력은 탄소중립을 위한 전략적 선택지로서, 정부는 물론 글로벌 민간 기업들의 적극적인 지지를 받고 있으며, 향후 친환경 에너지 체제 전환의 핵심 축으로 그 역할이 더욱 강화될 전망이다.

2) LCOE 최강, 원자력의 경제적 경쟁력

원자력은 경제성 측면에서도 우위를 가진다. 원자력 발전은 전 사업주기 동안 발생하는 비용의 현재가치를 나타내는 **균등화 발전비용(LCOE)**이 주요 에너지원 중 최저 수준이다. [도표13] 국내 원자력은 kWh 당 43.8원으로, 석탄 85.2원, LNG복합 122.1원, 태양광은 89.6원, 육상풍력 107.4원, 해상풍력 153.5원과 같은 타 발전원 대비 약 50~70% 가량 저렴하다. [도표14] 이와 더불어 신재생에 필요한 ESS* 비용이나 가스 발전소에 필요한 CCUS* 비용까지 고려한다면, 원자력 발전은 가격적인 메리트가 확실하다. 원자력 발전단가에는 부정적 외부효과인 사고위험비용, 입지갈등비용, 정책비용, 미래세대 비용 등이 상당부분 이미 포함됐음에도 불구하고, 타 발전원 대비 경제성이 우수한 것으로 분석됐다.

가격 안정성의 측면에서도 원자력은 우수하다. 천연가스와 같은 화석연료는 국제 가격 변동성에 민감하며, 재생에너지는 출력의 불안정성과 더불어 저장 인프라 구축 비용이 추가로 발생한다. 반면, 원자력은 상대적으로 안정적인 단가로 대규모 전력을 생산할 수 있어, 전기요금의 변동성에 민감한 기업들에게 매우 매력적인 선택지로 부상하고 있다.

기술 진보와 함께 더 낮아지는 발전 단가

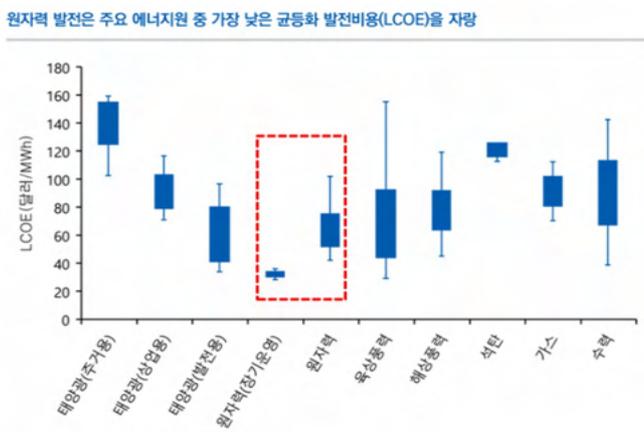
추가적으로, 발전 단가 하락도 기대 가능하다. 과거 세계적인 탈원전 기조로 원자력 발전 산업이 정체되면서 원자력 발전의 발전단가는 상승해왔다. 하지만, 국가별 편차는 있으나 기술 도입과 건설 기법 개선으로 자본 비용이 감소하는 추세이며, 다수의 프로젝트 진행되면서 규모의 경제가 적용되어 비용 효율성이 향상될 것이다. 또한, 기술 발전과 운영 경험 축적을 통해 운영 및 유지보수 비용도 줄어들 것으로 예상된다.

도표 13. 주요 에너지원별 LCOE

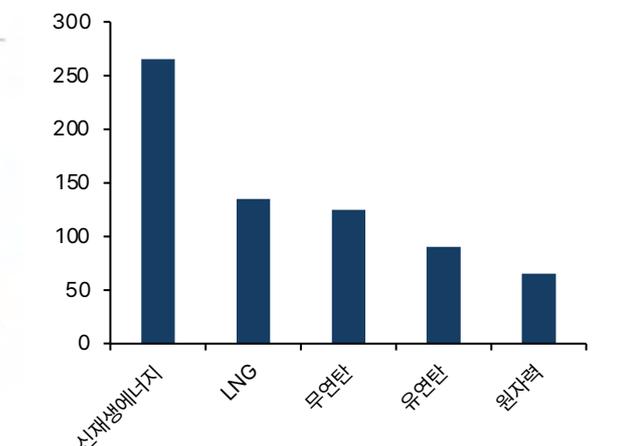
(단위: \$/MWh)

도표 14. 주요 에너지원별 발전 원가

(단위: 원)



출처: IAEA, 주: 이자율 7% 가정



출처: 국회예산처

3) 재생 에너지의 한계를 보완하는 안정적인 기저 전원

원자력은 외부 기상조건이나 일조량 등에 영향 받지 않기 때문에, 전력 공급의 연속성과 신뢰성 측면에서 우수하다. 반면, 풍력, 태양광과 같은 재생에너지는 날씨와 시간대에 따라 출력 변동이 크고, 대용량 저장 장치 없이는 기저부하를 감당하기 어렵다.

예를 들어, 풍력 발전은 바람의 세기에 따라 에너지 생산의 편차가 크고, 태양광 발전은 ‘덕 커브’* 현상이 발생한다. 일출 이후 태양광 발전이 본격화되면서 낮 시간대에는 전체 전력 수요 중 대부분을 태양광이 담당하게 되는데, 이로 인해 기존 발전소가 부담해야 할 순부하(Net Load)*가 급격히 줄어든다. 반면, 일몰 무렵에는 순부하가 급격히 상승해 전력 공급의 불안정성이 발생할 수 있다.

실제로 ‘23년 미국 에너지원별 설비 이용률을 살펴보면, 전기 생산이 날씨 등 외부요인에 따라 좌우되는 수력(35.0%), 풍력(33.2%), 태양광(23.2%) 대비 원자력은 93%로 가장 안정적으로 전력을 공급하는 에너지원임을 알 수 있다. 이러한 특성은 24시간 안정적인 전력 공급이 필수적인 데이터센터 운영 환경에 매우 적합하다. 특히 생성형 AI 확산으로 전력 수요가 빠르게 증가하고 있는 상황에서, 전력의 예측 가능성과 공급 안정성은 기업들이 에너지원 선택 시 가장 중요하게 고려하는 요소로 떠오르고 있다.

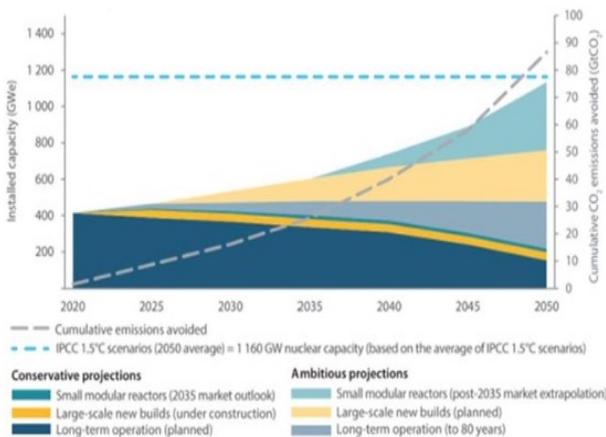
중장기적으로 미국 내 재생에너지 설치량은 증가할 것으로 전망되지만, 단기적으로 ‘25년 미국 내 설치량 증가는 제한적일 것으로 전망된다. 이는 미국 대선 이후의 정책 불확실성과 고금리 기조 등이 재생에너지 투자에 제약으로 작용하고 있기 때문이다. 이처럼 단기 내 공급 여력이 제한된 재생에너지와 달리, 원자력은 이미 검증된 기술력과 높은 설비 이용률을 바탕으로 급증하는 전력 수요에 보다 안정적이고 실질적으로 대응할 수 있는 에너지원으로 주목받고 있다.

4) 지정학 리스크 속 에너지 주권을 위한 전략적 선택

원자력은 높은 수급 안정성, 장기 운전 가능성, 발전 효율성을 바탕으로 에너지 안보를 확보할 수 있는 가장 효과적이고 현실적인 대안으로 평가받고 있다. 특히 에너지 수입 의존도가 높고 지리적으로 전력망 연계가 어려운 국가일수록, 원자력의 전략적 가치는 더욱 부각된다.

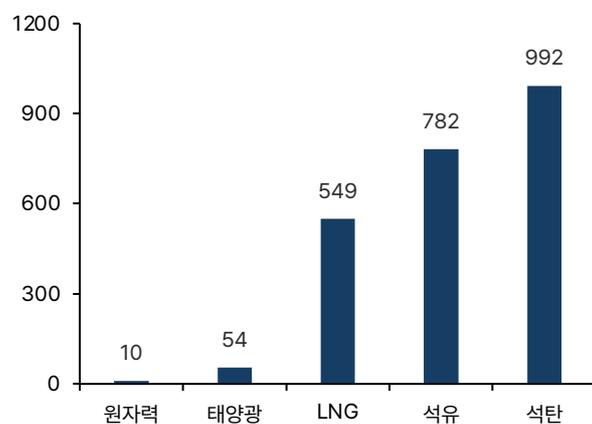
최근 글로벌 에너지 시장은 전례 없는 불확실성에 직면했었다. 러시아-우크라이나 전쟁의 장기화와 미·중 간 신냉전 구도의 심화는 전 세계 에너지 공급망을 불안정하게 만들고 있다. 특히, 액화천연가스(LNG) 산업은 이러한 지정학적 긴장의 직격탄을 맞았다. 세계 2위 LNG 생산국인 러시아는 전쟁 이후 수출에 제약이 생기며 글로벌 공급망 전반에 큰 혼란을 초래했다. 더불어, LNG 생산이 일부 국가에 집중된 구조적 특성은 위기 상황에서 안정적인 공급이 어렵다는 한계를 드러냈다.

도표 15. 2050년 넷제로 위한 원자력 설비용량 (단위: MW)



출처: IEA

도표 16. 발전원별 이산화탄소 배출량 (단위: g/kwh)



출처: IEA

대표적인 사례가 유럽이다. 유럽연합은 러시아산 천연가스에 대한 과도한 의존이 에너지 안보를 위협하는 요소임을 인식하고, 원자력 발전의 재도입 및 확대에 나섰다. [도표 17] 프랑스는 기존 원전 비중을 더욱 강화하고 있으며, 탈원전을 추진하던 독일 역시 입장을 일부 수정해 원전 연장 운전을 허용하고 있다.

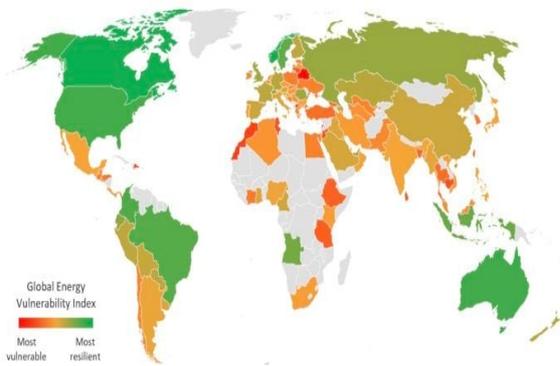
한국의 구조적 제약 속, 더욱 부각되는 원자력의 전략적 가치

우리나라도 에너지 안보 측면에서 유럽과 유사한 구조적 취약성을 안고 있다.[도표 17] 또한 발전 비중에서 석유와 천연가스의 의존도가 여전히 높아, 에너지 자급률은 세계 최하위 수준에 머물고 있다. 특히 에너지 대부분을 해외 수입에 의존하고 있으며, 석유와 천연가스는 국제 정세, 산유국 감산, 지정학적 갈등 등 외부 변수에 따라 가격 변동성이 크기 때문에, 안정적인 장기 공급이 어려운 실정이다.

반면, 원자력은 이러한 외부 변수에 영향을 덜 받는 에너지원이다. 연료인 우라늄은 소량으로도 장기간 사용이 가능하며, 가격 변동성 또한 비교적 낮아 수급 안정성이 높다. 특히, 한국은 삼면이 바다로 둘러싸인 지리적 특성상, 주변국과의 전력망 연계가 사실상 어려운 구조다. 이는 유럽과 달리 국가 간 전력 공유를 통한 수급 조절이 불가능하다는 의미이며, 국내 자체 공급 능력의 중요성이 더욱 강조된다. 그렇기에 원전은 단순한 전력 공급 수단을 넘어, 국가 산업 경쟁력의 기반이 되는 핵심 인프라이기도 하다. 반도체, AI 데이터센터, 전기차 배터리 등 고전력 기반 산업이 빠르게 성장하는 상황에서, 안정적이고 저렴한 전력의 지속적인 공급은 국가 전략의 핵심 요소가 되어가고 있다. [도표 18]

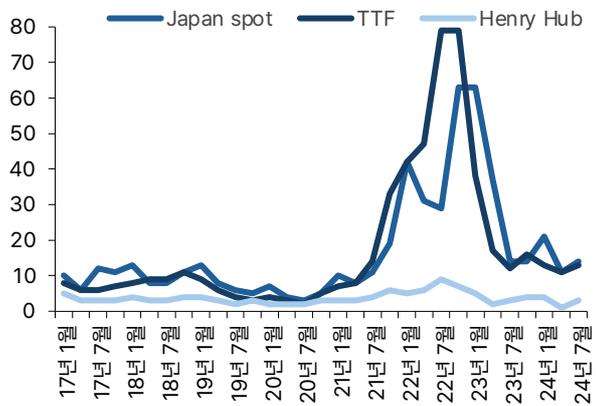
이러한 점에서 향후 원자력의 역할이 더욱 중요해지는 가운데, 한국의 원자력 발전 비중은 2021년 기준 전체 발전량 중 26.3%를 차지하며 OECD 회원국 중 가장 높았고, 2023년에는 원전 발전 증가폭이 가장 컸다. 한국은 에너지 안보 측면에서 강점을 지닌 원자력을 적극 활용함으로써 에너지 자립을 위한 지속적인 노력을 보이고 있다.

도표 17. 국가별 에너지 취약성 지수



출처: Euromonitor International

도표 18. 주요 지역 월별 천연가스 가격지표



출처: S&P Global

III. 글로벌 원전 시장 동향

>>> 전력 수요 대응과 에너지 안보 확보를 위한 핵심 해법... 원자력 산업이 뜨고 있다

글로벌 원자력 산업은 정책적 드라이브와 시장 수요가 맞물리며 본격적인 구조적 성장 궤도에 진입하고 있다. 이는 전력수요 대응과 에너지 안보 확보라는 이중 과제를 해결하기 위한 수단으로 원자력에 대한 국제적 관심과 투자가 빠르게 확대되고 있는 것으로 보인다. [도표 19]

IEA에 따르면, '23년 전 세계 원자력 발전량은 전년 대비 2.6% 증가한 2,552TWh를 기록했으며, 원전 설비용량은 371.5GW로 역대 최고 수준에 근접했다. 이러한 증가세는 미국, 일본, 프랑스 등의 원전 재가동, 중국과 인도의 신규 원전 착공, 그리고 동유럽 국가들의 에너지 정책 변화에 기인한 결과다. 현재 세계 40개국 이상이 원자력 발전 비중 확대를 추진 중이며, 약 70GW* 규모의 신규 원전이 건설되고 있다. 이는 최근 30년 중 가장 활발한 건설 속도로, '25년에는 전 세계 원자력 발전량이 사상 최대치를 경신할 것으로 예상된다.

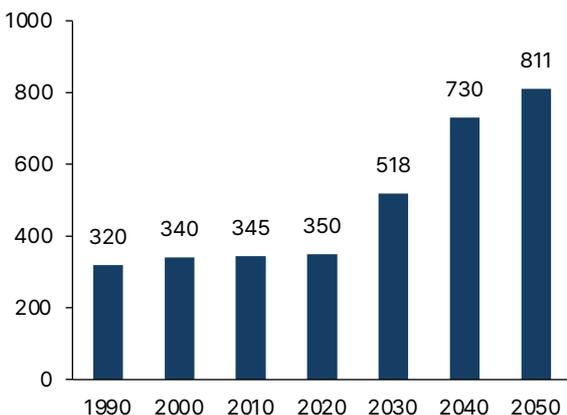
주요국의 원전 정책 및 전략

각국 정부는 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 친원전 정책으로 회귀하고 있으며, 이에 따라 다양한 제도적·재정적 지원이 본격화되고 있다. [도표 20] 미국은 '상업원전 지원법'을 제정하고, 차세대 원자로 및 SMR(소형모듈원자로) 기술 개발을 위해 약 16.5억 달러의 예산을 투입하고 있다. NuScale, TerraPower, X-energy 등 민간 주도의 SMR 프로젝트들도 2030년 상용화를 목표로 빠르게 진척 중이다. 영국은 '2050 원자력 확대 로드맵'을 발표하고 Rolls-Royce 중심의 SMR 컨소시엄을 구성, 2050년대까지 SMR 16기를 건설하겠다는 계획을 밝혔다. EU 역시 SMR 상용화를 위한 산업 동맹을 출범시키는 등 범유럽 차원의 기술 경쟁력 강화에 나서고 있다.

한편, 일본은 후쿠시마 원전 사고 이후 탈원전 기조를 유지해왔으나, 최근 개정된 에너지 기본계획에서 '원자력 발전 의존도 감축'이라는 문구를 삭제하며 정책 전환을 공식화했다. 중국은 국가 주도로 약 500조를 투자하여 150기 이상의 신규 원전을 건설하고 있으며, 4세대 노형과 SMR을 포함한 차세대 기술 개발에도 박차를 가하고 있다. 이 외에도 체코, 폴란드, 핀란드, 이탈리아 등 유럽 각국은 원전 확대 로드맵을 발표하며 신규 대형 원전과 SMR 도입 계획을 병행 추진 중이다.

한국 역시 기존 탈원전 기조에서 벗어나, 대규모 증설과 수출 확대를 동시에 추진 중이다. '제11차 전력수급기본계획 실무안'에 따르면, 정부는 2038년까지 대형 원전 3기와 SMR 1기의 신규 건설을 계획하고 있으며, 신한울 3·4호기 건설 재개를 통해 그간 위축되었던 원전 생태계 복원에도 속도를 내고 있다. 최근 국내 뿐 아니라 해외 수주 경쟁력도 강화되고 있다. 최근 체코 두코바니 원전 프로젝트에서 프랑스를 제치고 우선협상대상자로 선정되었으며, 체코, 폴란드 등 유럽 지역을 중심으로 추가 수주 가능성도 높아지고 있다.

도표 19. 글로벌 원전 설비용량 추이 및 전망 (단위: GW)



출처: IEA

도표 20. 국가별 원전 관련 주요 정책

국가	주요 정책	주요 기업 개발 동향
미국	· 60억 달러 규모 '상업원전 지원법' 수립 · SMR R&D 에 16.5억 예산 배정	· Nuscale, X-energy, TerraPower 등 '30년 이내 SMR 상용화' 위한 프로젝트 진행 중
영국	· 원자력 자금조달법 시행 · 녹색경제 활성화를 위한 신규 원자력 프로젝트 추진	· Rolls-Royce 중심의 SMR 컨소시엄을 구성 · '30년 초 SMR 상용화, '50년까지 자국 내 SMR 16기 건설 계획 발표
러시아	· 5,060억 루블 규모 원자력 기술 개발 계획 발표	· 세계 최초 부유수 SMR 건설 이후 해 상용 SMR 기술 역량까지 보유
중국	· 500조원에 달하는 투자로 150기의 원전 설립 목표 발표 · 정부 주도로 3,4세대 SMR 건설 및 운영 중	· CNNC: SMR 링롱 1호의 원자로 모듈 설치 완료, '26년 본격 가동 예상
일본	· 10년 내 원자력 발전 비중 20~22% 달성 선언	· GE-Hitachi: 3.5세대 노형의 SMR 개발 중, '28년까지 첫 호기 건설 목표

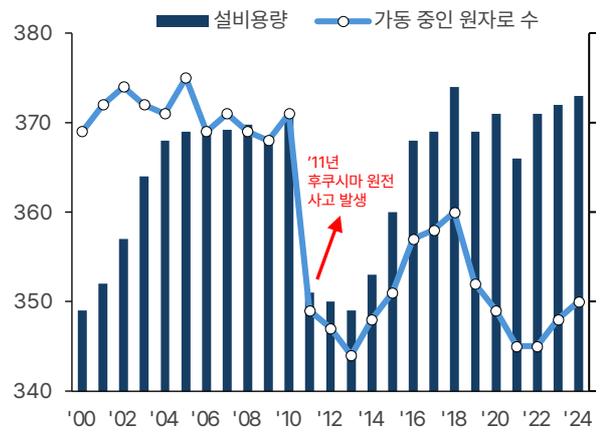
출처: 한국에너지기술연구원

글로벌 원전 패권 전쟁의 시작

세계적으로 원전 건설은 1950년대 중반부터 1970년대까지 서방국가와 러시아 중심으로 급증했다. 1979년 미국 스리마일섬 사고, 1986년 체르노빌 사고, 그리고 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고는 서방 국가 전반에 걸친 탈원전 기조 확산의 기폭제가 되었고, 이는 미국과 유럽 중심의 원전 주도권이 점차 약화되는 계기가 되었다. [도표 21]

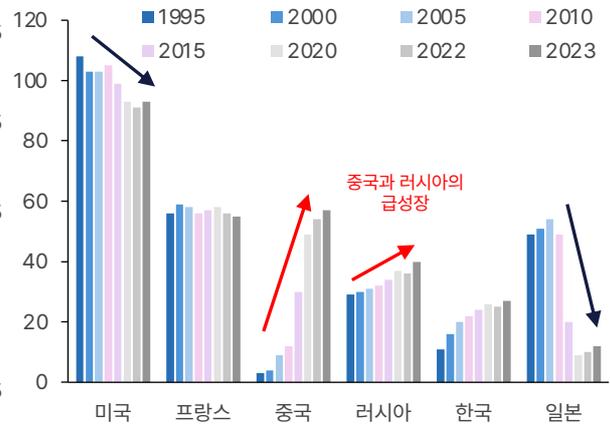
반면, 러시아와 중국은 국가 주도의 정책 추진과 과감한 투자를 통해 원자력 산업의 공백을 빠르게 메우며 글로벌 원전 패권의 새로운 중심축으로 부상하게 되었다. 이후 2020년대에 접어들며 원전이 다시 전략 산업으로 부상함에 따라, 미국·프랑스·한국과 러시아·중국 간의 원전 시장을 둘러싼 패권 경쟁이 본격화되고 있다.

도표 21. 전 세계 가동 원전 CAPA 추이 (단위: GW/기)



출처: IAEA

도표 22. 국가별 가동 중인 원전 수 추이 (단위: 개)



출처: IAEA

1) 2000~2020년: 탈원전 기조 속 성장한 러시아와 중국

2000년대 이후 원자력 시장에서 가장 두드러지는 변화는 러시아와 중국의 영향력 확대다. 탈원전 흐름 속에서 전통적인 선진국들의 입지가 약화된 반면, 두 국가는 공공 주도의 투자와 명확한 산업 전략을 바탕으로 해외 원전 시장을 적극 공략하며 새로운 패권 구도를 형성해왔다. [도표 22]

중국은 '14년부터 '23년까지 전 세계 신규 착공 원전 61기 중 무려 33기를 자국 내에 건설하며, 탄탄한 내수 기반을 바탕으로 글로벌 원전 시장의 핵심 주자로 자리매김했다. 현재 중국은 총 57기(56GW) 규모의 발전용 원전을 보유하고 있으며, 원자로 수 기준으로는 프랑스에 필적하는 수준까지 성장했다. 이러한 추세가 지속될 경우, '30년에는 세계 최대 원전 보유국이 될 것으로 전망된다.

한편, 신규 원전 수출 시장은 사실상 러시아가 주도하고 있다. 러시아는 국영 원전 기업 ROSATOM을 중심으로 설계부터 시공, 운영, 유지보수, 자금 조달까지 포괄하는 '패키지형 수출 모델'을 앞세워 경쟁 우위를 확보했다. '24년 기준, 전 세계 원전 수출 시장에서 건설 완료 및 수주 기준 53%의 점유율을 확보하고 있으며, 벨라루스를 비롯한 신흥국에는 전체 사업비의 최대 90%에 달하는 차관 제공까지 병행하며 시장을 확대해가고 있다.

2) 2021년 이후, 미국의 리더십 회복 시도

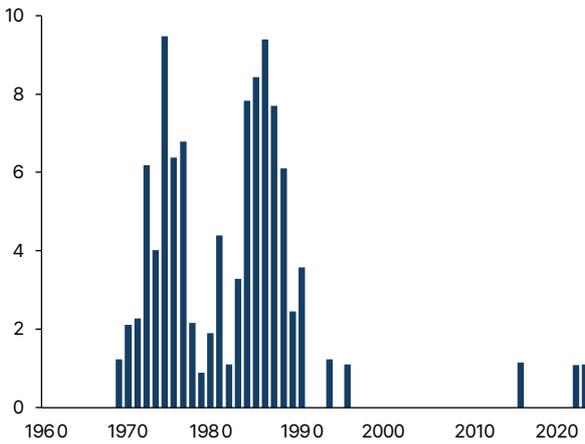
미국은 현재도 전 세계 원자력 발전량의 약 30%를 차지하는 최대 원전 발전국이지만, 지난 수십 년간의 공백으로 인해 기술력과 공급망 경쟁력은 과거에 비해 크게 약화되었다. 1979년 스리마일섬 사고 이후 신규 원전 건설이 사실상 중단되었으며, 현재 가동 중인 92기 원전 대부분이 1970~80년대에 건설된 노후 설비인 점도 구조적 문제로 지적된다. [도표 23]

그러나 이러한 흐름은 트럼프 1기 행정부를 기점으로 변화하기 시작했다. 에너지 안보와 탄소중립이라는 과제 속에서 원자력 산업에 대한 정책적 지원이 재개되었고, 바이든 행정부 역시 이 기초를 계승해 SMR 개발을 중심으로 한 경쟁력 회복에 박차를 가하였다. 특히 인플레이션 감축법(IRA)*을 통해 원전을 세액공제 대상에 포함시키고, 민간 중심의 차세대 원전 개발에 대규모 자금을 투입하였다.

'22년 러시아-우크라이나 전쟁은 이러한 정책 흐름에 가속도를 붙였다. 러시아와 중국의 원전 시장 확장을 견제하고, 에너지 공급망의 전략적 자립을 실현하기 위한 수단으로 원자력 산업에 대한 지원이 더욱 강화된 것이다. 실제로 트럼프 1기부터 바이든 행정부까지 이어진 원자력 분야 R&D 예산은 오바마 1기 시절에 비해 약 2배 증가하였다. [도표 24]

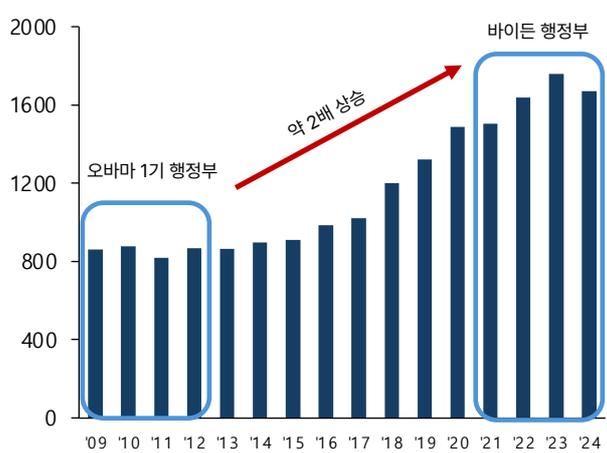
정책적 노력은 점차 가시적인 성과로 이어지고 있다. 최근 미국은 조지아주에 건설된 보그 3·4호기 상업운전을 통해 30년 만에 신규 원전 가동에 성공했으며, 폐쇄 예정이던 펠리세이드 원전의 재가동도 추진하고 있다. 더불어 현재 약 100GW 수준의 원전 발전 용량을 '50년까지 약 300GW 수준으로 확대하겠다는 로드맵을 제시하며, 원전 관련 글로벌 리더십 회복을 공식 선언한 상태다.

도표 23. 미국 연간 원전설비 용량 추이 (단위: GW)



출처: IEA

도표 24. 미국 원자력 분야 R&D 예산 추이 (단위: 백만 달러)



출처: DOE, KISTEP

미국의 핵심 전략: SMR 중심의 공급망 재편

특히 중국과 러시아 중심으로 개편된 원전 시장에서 주도권을 확보하기 위해, 미국은 신규 대형 원전 건설보다는 SMR과 선진 원자로 등 첨단 기술 기반의 원전 공급망 재건에 전략적 초점을 맞추고 있다.

SMR 시장에서 주도권 확보를 위해서는 안정적인 핵연료 공급망 구축이 필수적이다. 특히 SMR에 필수적인 연료인 고농축 우라늄(HALEU)은 우라늄-235의 농도가 5~20%에 달하는 특수 연료로, 현재 미국은 이의 생산 기반이 부족해 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다. 미국은 원전 운영에 필요한 전체 우라늄의 약 95%를 해외에서 수입하고 있으며, HALEU 공급은 러시아 Tenex가 사실상 독점하고 있어 전략적 취약성이 매우 크다. 더불어 전 세계 농축 우라늄 시장의 44%를 러시아의 Rosatom이 점유하고 있어, 핵연료 공급망에서 러시아 의존도를 줄이기 위한 대응이 시급한 과제로 부상하고 있다

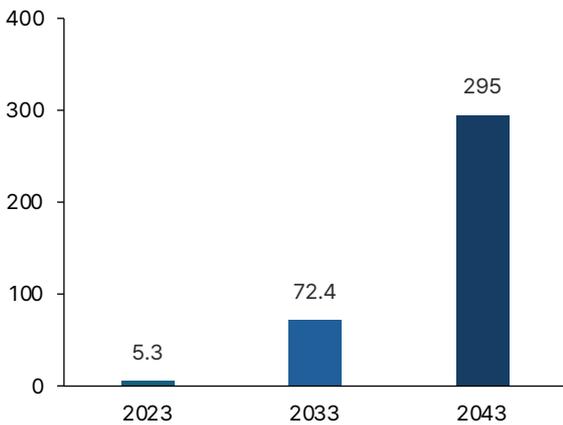
이를 해결하기 위해 바이든 행정부는, IRA 법안을 통해 HALEU 공급망 강화에 약 7억 달러의 예산을 배정하였으며, '28년까지 러시아산 우라늄 수입을 금지하는 법안도 통과시키는 등 자국 내 핵연료 자립을 위한 조치를 적극 추진하였다. 이는 단순한 기술 확보를 넘어, 미국이 원전 시장에서 전략적 주도권을 회복하기 위한 기반 구축 노력의 일환으로 볼 수 있다.

가장 주목해볼 곳은? SMR!

원자력 발전 산업이 재조명받는 가운데, 가장 큰 성장이 기대되는 분야는 단연 **소형모듈원자로(SMR)** 시장이다. 글로벌 SMR 시장 규모는 '33년 724억달러에서 '43년 2,950억달러로 성장할 것으로 전망되며[**도표 25**], 이러한 성장세는 **SMR이 지닌 높은 안전성, 운전 유연성, 그리고 경제성에 기인한다.**

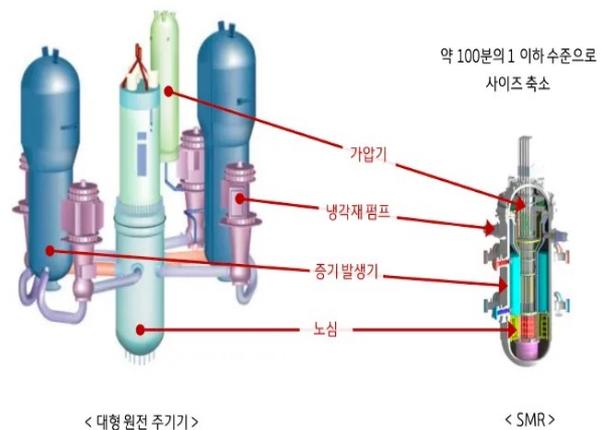
SMR은 출력 300MW 이하의 소형 원전으로, 원자로와 증기발생기, 냉각재 펌프, 가압기 등 주요 기기를 하나의 용기에 통합한 설계를 갖는다.[**도표 26**] 기존 대형 원전은 건설 기간이 길고 초기 투자비가 막대하며, 부지 확보 및 규제 대응이 복잡하다는 한계가 있었다. 이에 반해, SMR은 **1)모듈형 설계*를 통해 시공기간 단축 및 비용 절감이 가능하며, 2)기존 원전 보다 안전하며, 3)전력 수요가 적은 도서 지대역이나 에너지 인프라가 부족한 신흥국, 재생 에너지와의 연계 운용이 필요한 지역 등 다양한 환경에서도 유연하게 운용될 수 있다.** 더욱이 **4)4세대 SMR은 전기 생산 외에도 산업용 열 공급, 수소 생산 등으로 활용 범위를 넓힐 수 있다는 장점**이 있다. 이러한 흐름 속에 3.5세대 기반의 SMR(NuScale, Rolls-Royce 등)과 4세대 고온가스로·소듐냉각로 기반 SMR(X-energy, TerraPower 등)이 실제 상용화를 목표로 개발되고 있다.

도표 25. 대형원전과 SMR 크기 및 구조 비교 (단위: 십억달러)



출처: IDTechEx

도표 26. 대형원전과 SMR 크기 및 구조 비교



출처: 한국원자력연구원

IV. 전력 시장의 게임체인저, SMR

>>> 무한한 가능성을 가지고 있는 꿈의 원전, SMR 상용화를 앞둔다

SMR이란?

SMR(Small Modular Reactor)은 전기 출력 300MWe 이하의 소형 모듈식 원자로로, 주요 기기를 공장에서 모듈화해 제작하는 것이 특징이다. 1,000MWe 이상을 출력하는 대형 원전에 비해 소출력을 기반으로 하며, 이로 인해 안전성, 부지 활용도, 건설 기간과 비용 측면에서 강점을 가지는 것이 특징이다.[도표. 26]

SMR은 원자로의 감속재와 냉각재 방식에 따라 3세대와 4세대로 나뉜다. 3세대 SMR은 기존 원전 기술을 기반으로 하며, 일반 물을 냉각재로 사용하는 가압경수로(PWR)형과 비등수형 경수로(BWR)형이 대표적이다. 기존 대형 원전의 인프라를 활용할 수 있어 경제성 측면에서 유리하다. 4세대 SMR은 초고온가스로, 소듐·납 냉각로, 용융염로 등 차세대 냉각재를 사용하는 원자로다. 이들은 냉각재의 끓는점이 높아, 방사능이 노출돼도 냉각재가 쉽게 기화되지 않아 방사성 물질의 확산을 억제할 수 있어 더 높은 안전성을 갖는다.

SMR이 가져오는 안전성, 유연성, 경제성

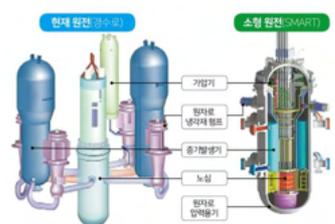
① 안전성: 소형화와 피동형 안전설계 방식

SMR은 대형 원전 대비 위험도가 1만분의 1이라고 평가된다. 이는 SMR이 1)누출 사고가 없으며, 2)자연방식으로 냉각이 가능하고, 3)사고의 규모가 절대적으로 작기 때문이다. 안전성이 인정된 사례로, 미국은 최근 NuScale의 SMR 건설 인가 시, 기존에 30km나 되었던 비상계획 구역을 반경 230m까지 축소했다.

이러한 안전성은 SMR의 설계 방식에서 비롯된다. SMR은 모든 냉각재 계통을 원자로 용기 내부에 일체형으로 설치하여 외부 배관을 제거하고, 냉각재 누출 사고를 구조적으로 차단한다. 또한 전력 공급이 끊겨도 자연 순환 방식으로 냉각이 가능한 피동형 안전설계*를 적용해, 기존 대형원전의 주요 사고 원인을 원천적으로 제거했다.[도표 27]

과거 대형원전 사고들은 모두 냉각 시스템 실패에 기인했다. 1986년 체르노빌 사고는 설계 결함과 운영 미숙으로 원자로가 폭발했으며, 1979년 스리마일섬 사고는 냉각수 손실 이후 적절한 대응이 이루어지지 않아 방사능이 유출됐다. 2011년 후쿠시마 사고 역시 비상 전력 공급의 마비로 냉각이 불가능해진 결과였다. 이처럼 외부 설비에 대한 높은 의존성과 복잡한 설계는 대형원전의 고질적 문제였다. 반면 SMR은 단순화된 구조와 피동형 설계로 그러한 리스크를 제거하며, 사고 발생 가능성을 획기적으로 낮춘 차세대 원전 기술로 주목받고 있다.

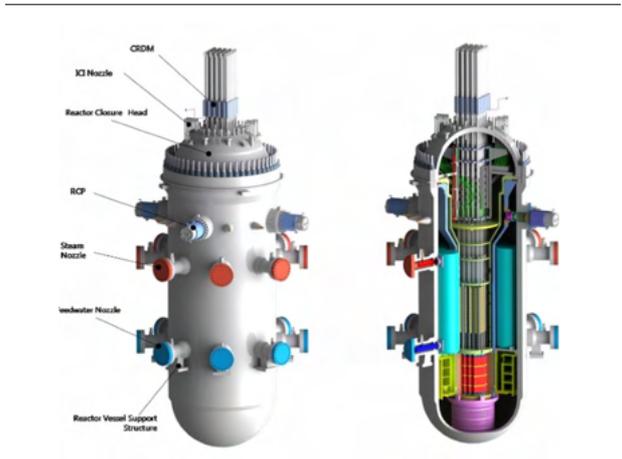
도표 26. 대형원전과 혁신형 SMR 비교



대형원전	구분	혁신형 SMR
1,200~1,600MW	노심 출력	100~300MW
100만 개	부품 수	1만개(모듈)
100만 년에 한번	중대사고 확률	10억 년에 한번
반경 16km	비상 대피 구역	반경300m
48개월	건설 공기	24개월
10조 원(2기 기준)	건설 비용	1조원

출처: 한국수력원자력, 한국원자력연구원

도표 27. 누출 사고를 방지하는 SMR의 일체형 원자로



출처: 두산에너지빌리티

② 유연성: 입지 제약 없이 다양하게 활용 가능

SMR은 환경적 제약이 적어 다양한 지역에 건설이 가능하며, 활용 분야 역시 매우 유연하다. 특히 산업단지나 데이터센터 등 전력 수요지 인근에 설치하면, 기존 송배전 인프라를 그대로 활용할 수 있어 송전 손실을 줄이고 에너지 효율을 높일 수 있다. 또한, 섬이나 오지처럼 전력 공급이 어려운 지역에도 안정적인 전력 공급이 가능해, 지역 에너지 자립성 강화에 기여할 수 있다.

이와 함께 SMR은 부하 추종 운전*이 가능해 재생에너지의 간헐성과 변동성을 보완할 수 있다. 이는 SMR이 재생에너지 중심 전력 체계로의 전환 과정에서 징검다리 역할을 할 수 있음을 시사한다. 또한, SMR은 전력 생산뿐 아니라 지역 난방, 해수 담수화, 그린 수소 생산 등 다양한 분야로 활용이 확대될 수 있어, 산업계의 원자력 활용 기회를 넓히는 기반이 된다. [도표 28]

③ 경제성: 대량 생산에 따른 건설 비용과 기간 축소

SMR은 건설 기간과 비용을 획기적으로 절감하여 경제성을 높인다. 평균 건설 기간이 8~12년인 대형 원전에 비해 약 3~4년 수준으로 건설 기간이 단축될 것으로 예상되며, 향후 상용화가 되어 대량으로 건설되는 경우, 모듈화된 설계와 소형화 덕분에 건설 비용을 획기적으로 절감할 수 있다. 비록 발전 단가는 대형 원전보다 다소 높지만, 안전 계통 단순화와 산업 활용 유연성은 이 차이를 일부 보완할 수 있다. [도표 29]

SMR의 Value Chain

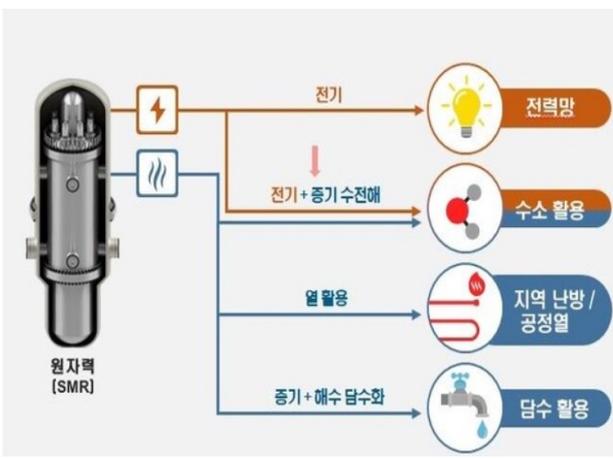
SMR 밸류 체인은 핵연료 공급, 설계, 주기기 제작, 부품 제작, EPC, 유지 및 해체의 단계로 나눌 수 있다. 기존 대형 원전과는 1)핵연료 공급, 2)부품 제작에서 차이를 보인다.

핵연료 공급: 고순도 저농축 우라늄(HALEU) 사용

SMR은 안정적인 운영을 위해 기존 원전과 달리 5%~20% 농도의 고순도 저농축 우라늄(HALEU)을 사용한다. 현재 HALEU를 상업적으로 공급할 수 있는 국가는 러시아가 유일하다.

이에 따라 각국은 에너지 안보 강화를 위해 러시아 의존도를 줄이고, 독자적인 핵연료 공급망 구축에 속도를 내고 있다. 미국은 현재 HALEU의 20% 이상을 러시아에 의존하고 있으며, 이를 탈피하기 위해 해당 연료를 생산할 수 있는 유일한 기업인 Centrus Energy가 연간 900kg 규모의 생산에 착수하며 오하이오주에 전용 공장을 설립하고 본격적인 양산에 나섰다. EU 역시 독립적인 공급망 확보를 위해 자체 생산 기반 구축을 본격화하고 있다. 한국은 러시아, 중국, 미국 등과의 다각적인 협력과 계약을 통해 안정적인 핵연료 확보에 주력하고 있다.

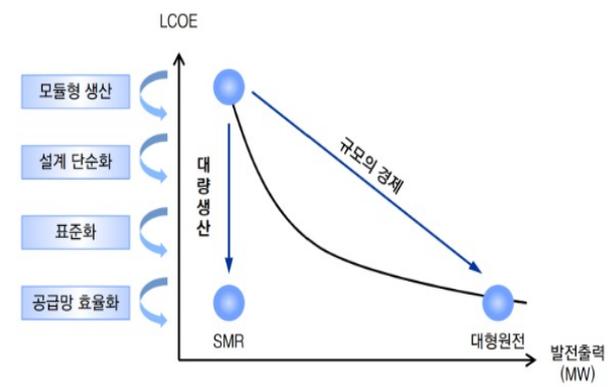
도표 28. SMR의 활용 분야



출처: 한국원자력연구원

도표 29. 대량 생산을 통한 SMR의 경제성 확보

SMR은 대량생산을 통해 vs. 대형원전은 규모의 경제를 통해 경제성 확보



출처: 언론종합

대량 부품 제작: 공장에서 찍어내는 모듈 형태

SMR은 피즐이나 레고처럼 공장에서 표준화된 부품을 제작하고, 이를 현장에서 조립하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 모듈화 생산 방식은 대량 생산과 신속한 설치가 가능하다는 장점을 가진다. 일례로 한국형 SMR인 I-SMR은 기존 대형 원자로와 차별화된 'PM-HIP' 기술을 적용하고 있다. 이 기술은 금속 분말을 고온·고압에서 성형해 복잡한 형상의 부품을 일체형으로 제작할 수 있어, 용접 부위를 최소화하고 제조 공정을 단순화할 수 있다는 점에서 기존 방식과 차별화 된다.

국내에서는 두산에너지빌리티를 중심으로 SMR용 기자재 사업이 본격화되고 있으며, 밸브 및 배관 전문 기업들 또한 SMR 시장 대응을 위한 제품 개발에 나서고 있다.

글로벌 SMR 현황, 상용화 어디까지 왔나

SMR 글로벌 SMR 시장은 2050년까지 빠르게 성장할 전망이다. IEA에 따르면 글로벌 SMR 설비용량은 2025년 0.3GW에 불과할 것으로 예상되나, 시나리오*에 따라 2050년까지 최소 39GW에서 200GW까지 확대될 것으로 전망되며, 이는 연평균 38.3%~54.3%의 높은 성장률을 의미한다. [도표 30]

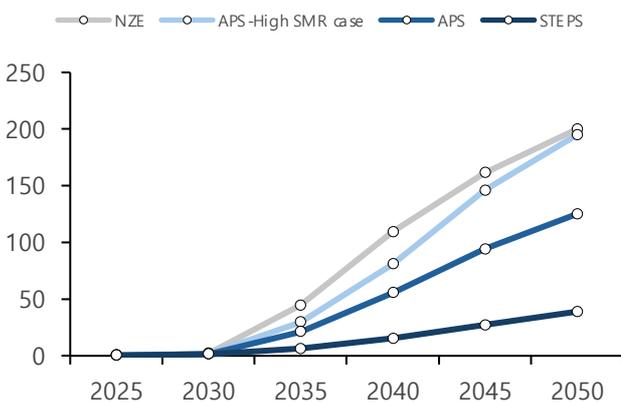
전세계는 탄소중립과 전력난 대응을 위한 차세대 에너지 대안으로 SMR을 선택하고 있다. 현재 19개국에서 80개 이상의 SMR 설계가 다양한 개발 단계에 있으며, 각국 정부는 시장 선점을 위해 안전·환경 규제 완화, 연구개발비 지원 등 정책적 지원을 강화하고 있다. 빅테크 및 민간기업들도 SMR 투자를 확대하고 전략적 파트너십을 체결하는 등 적극적인 밸류체인 구축에 나서고 있다.

글로벌 원전 시장에서는 SMR 기술 개발과 실증을 위한 다양한 프로젝트가 동시다발적으로 진행되고 있다. 전세계에서 개발 및 운영 중인 원자로 모델의 개수는 91개로 가장 많이 개발하고 있는 국가는 미국(21종), 그 뒤를 이어 러시아(17종), 중국(10종), 일본(7종) 순이다. 한국의 경우 총 4종을 개발 중이다. 대표적인 SMR 개발사로는 미국의 NuScale, TerraPower, 그리고 X-energy, 캐나다의 WEC과 일본의 GE Hitachi, 중국의 국영기업 CNNC 그리고 한국의 한전기술이 있다.[도표 31]

미국: 글로벌 SMR 경쟁을 선도하는 종합 에너지 전략

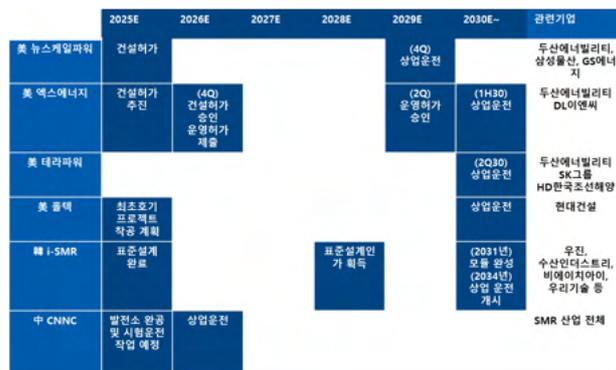
미국은 SMR 개발을 가장 활발히 추진하며 글로벌 시장을 선도하고 있다. 현재 21개의 SMR 노형을 개발 중이며, 이 중 10종은 최종 부지 선정 단계에 진입할 만큼 기술 성숙도가 높은 것으로 평가된다. 대표적인 기업인 NuScale은 2020년 세계 최초로 NRC(미국 원자력 규제 위원회)로부터 표준설계인가를 받았으며, 루마니아에서 77MW 모듈 6기로 구성된 SMR 사업(RoPower 프로젝트)을 추진 중이다. TerraPower는 와이오밍주에서 미국 내 첫 번째 SMR 건설 프로젝트에 착수하며 상용화를 위한 실증에 나섰다.

표 30. 정책 시나리오별 글로벌 SMR 전망 (단위:GW)



출처: IEA

도표 31. 국내외 SMR 기업 주요 타임라인



출처: 언론 종합

지난 8년간 미국의 SMR 투자금은 약 32억 달러로, NuScale, X-energy, TerraPower, Nano Nuclear Energy 4개사에 약 92%가 집중되었다. 정부는 ARDP* (2020년, 38.5억 달러), SMR 배치 지원(9억 달러), 인허가 간소화(ADVANCE법*, 2024년) 등 정책적 지원을 강화하고 있다. 트럼프 정부는 2030년까지 SMR 10기 건설 목표를 천명하며 친원전 정책을 더욱 공고히 했다.

미국의 대표 빅테크 SMR의 상용화 가능성을 높게 보고 지원에 나서고 있다. 구글은 Kairos Power와 2030년 가동을 목표로 20년간 전력 구매 계약(PPA)을 체결했으며, 아마존은 X-energy에 5억 달러를 투자하고 Xe-100의 전력 구매 계약을 맺었다. 이 같은 빅테크 기업의 선제적 참여는 기술 상용화의 강력한 촉매제로 작용하고 있다.[도표 32]

러시아와 중국: 가장 빠르게 시험용 · 상업용 SMR 운영

SMR 러시아는 국영기업인 Rosatom 중심으로 SMR 기술개발을 추진하고 있으며, 35MW 규모의 부유식 원자로 2기를 가동하고 있다. Rosatom은 SMR의 핵심 연료인 고농축 우라늄을 사실상 독점하고 있으며, 경쟁국인 미국, 영국, 프랑스는 현재 계획 혹은 초기 단계이기 때문에, 이러한 시장 구조를 바탕으로 러시아는 향후 SMR 시장에서 우위를 더욱 점할 것으로 보인다. 또한 해양식 SMR 개발에도 집중하며, 다양한 환경에서의 확장이 가능한 SMR의 장점을 적극 활용하고 있다.

중국은 지상 SMR 상용화에서 가장 앞서 있다. 국유기업 CNNC는 2016년 세계 최초로 IAEA(국제원자력기구)의 안전성 검토를 통과했으며, 현재 2기의 상업용 SMR 원전을 가동 중이다. 이는 국가가 주도하는 전략산업으로 경제성보다 에너지 안보와 탈탄소화를 우선시한 덕분이다. 특히 유연탄 발전 축소와 석유 수입 의존도를 줄이기 위한 정책적 지원이 상용화를 앞당겼다.[도표 33]

도표 32. 빅테크의 SMR 개발사 투자 현황

기술사	원자로 종류	협력 빅테크 기업	협력 내용 요약
Xenergy	고온가스로 (HTGR)	amazon	• 2039년까지 최대 5.12GW 규모 Xe-100 SMR 공급권 확보 • 협력 유틸리티: Energy Northwest, Dominion
Kairos Power	용융염원자로 (MSR)	Google	• 최대 500MW 규모 PPA를 위한 서비스 계약 체결 (2024년 10월) • 협력 유틸리티: Energy Northwest, Dominion
OKLO	소용량각고속로 (SFR)	prometheus, EQUINIX	• 100MW 규모 PPA 계약 (20년, 2024년 9월) • 목적: 데이터센터 전력 공급 • 500MW 규모 PPA (20년) LOI 접수 (2024년 4월) • 목적: 데이터센터 전력 공급
NUSCALE	가압경수로 (PWR)	StandardPower	• 총 24기 최대 1,948MW 규모 PPA 체결 (2023년 5월)

출처: 언론종합

도표 33. 주요국의 SMR 정책 및 전략

주요국	SMR 정책 및 전략
미국	• 에너지부를 중심으로 SMR을 포함한 선진원자로 개발 및 실증에 집중 • SMR 개발에 대한 확고한 민간주도-정부지원체계 구축
프랑스	• 정부의 강력한 원자력 이용 정책을 바탕으로 EU 원자력 리더십 유지 • 국제협력을 주도하여 유럽 내 SMR 핵심 수출국으로서의 입지 확보
영국	• 민간기업의 역량 강화 및 생태계 활성화를 위한 자금 조성 • SMR 및 혁신 원자력 프로젝트 전주기를 지원하는 대영원자력부 출범
러시아	• 러시아 국영기업 Rosatom을 중심으로 SMR 등 차세대 원자로 기술개발 활성화 • 세계 최초의 수상 부유식 원전 운영 등 해양용 SMR 개발에 공격적
중국	• 2030년 탄소피크 달성을 위한 SMR 등 선진원자로 실증사업 공격적 추진 • 근미래 수출 시장에 신속하게 진입하기 위해 실증 및 상용화 강조

출처: 과학기술정보통신부

한국: 정부 주도 SMR 개발과 글로벌 협력 확대

한국도 SMR 상용화를 위한 친원전 정책을 다시 추진하고 있다. 과거 한국은 세계 최초로 110MWe 규모의 SMR ‘SMART’에 대해 표준설계 인가를 받은 바 있으나, 정부의 미흡한 지원과 탈원전 기조로 인해 상용화에는 실패했다. 최근 친원전 정책 기조가 다시 강화되면서, SMR 상용화 개발에 박차를 가하고 있다.

현재 한국은 과학기술정보통신부와 산업통상자원부 등 공공기관 주도로, 170MWe급 한국형 3세대 SMR인 I-SMR 개발을 추진 중이다. 정부는 ‘제11차 전력수급기본계획*’을 통해 2036년까지 SMR 1기를 상용화하겠다는 목표를 제시했으며, I-SMR은 4개의 모듈을 조합해 최대 약 700MW의 전력을 생산할 수 있도록 설계되고 있다. 2025년 말까지 표준 설계 완료, 2034년 상업운전 개시를 목표 개발을 진행중이며, 현재 11개 공공기관과 30여 개 민간 기업이 참여하고 있다.[도표 34]

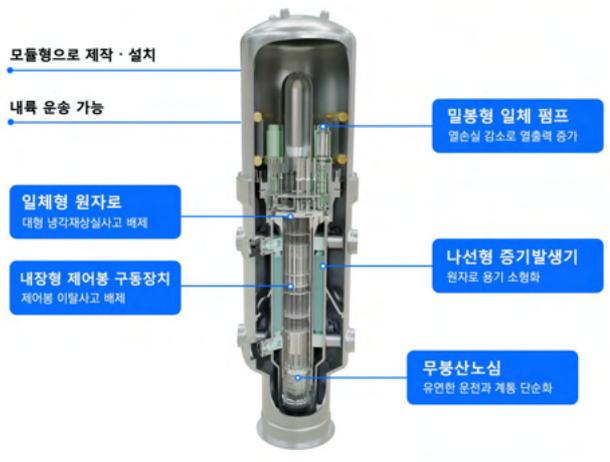
국내 기업들은 SMR 시장의 본격적인 개화를 앞두고, 미래 사업 기회 확보를 위해 주요 선도 노형 개발사에 전략적으로 투자하고 있다. 현재 SMR 시장에 진출한 국내 기업으로는 SK그룹, 두산에너지, HD현대, DL이앤씨, 삼성물산 등이 있으며, 이들은 주요 협력사들과 함께 핵심 부품 공급 계약이나 EPC 사업 계약을 체결하고 있다. 특히, 두산에너지와 삼성물산은 NuScale과의 계약을 통해 루마니아 SMR 프로젝트에 참여하고 있다. 이와 같은 설계 초기 단계에서의 협력은 향후 해당 노형이 표준화될 경우, 설비에 대한 수주 기회를 선점할 수 있으며, 안전성을 입증하는 track record를 확보한 뒤에는 협력 관계 및 공급망을 지속적으로 유지할 수 있다는 이점이 있다. [도표 35]

SMR 상용화까지 넘어야 할 도전과제

현재 상용화의 가장 큰 걸림돌은 SMR의 인허가 관련 규제 법령이 미비하다는 것이다. SMR은 대형원전과 다른 안전규제와 기준이 필요하다. 그러나 한국을 포함한 몇몇 국가들은 아직 법체계를 갖추지 못했다. 현재 한국은 원자력안전위원회를 중심으로 2025년, 혁신형 소형모듈원자로 표준설계인가 심사 기반을 구축할 계획이다. 그 밖에 영국, 프랑스, 미국 및 IAEA에서 SMR 규제 만들고 있다. 이러한 움직임은 그간 부족했던 SMR의 안전성 검증 체계를 보완하고, 이로 인해 제기된 불신을 완화하기 위한 기반이 될 것으로 보인다.

결국, SMR에 대한 안전성, 경제성에 대한 제대로 된 검증은 SMR의 초호도기가 상용화 시점인 2030년 이후에나 가능할 것으로 예상된다. 그럼에도 SMR은 기존 대형 원전보다 만 배 이상 안전하다는 평가는 받고 있고, 다른 친환경 에너지원과 비교해 가격 경쟁력도 높아 차세대 에너지 공급원으로 거듭날 것이다.

도표 34. 한국의 I-SMR 설계 개요



출처: 한국수력원자력

도표 35. SMR 개발사 및 국내 기업 간 주요 협업 사례

3세대 (3.5세대) SMR		4세대 SMR	
국내 협력		국내 협력	
Nuscale	DOOSAN SAMSUNG C&T GS Energy	X-energy energy	DL E&C DOOSAN
Holtec	HYUNDAI	Terrapower TerraPower	SK 주식회사 HD HYUNDAI
GE-Hitachi	HITACHI	Oklo OKLO	
i-SMR	DL E&C SAMSUNG C&T HYUNDAI	Seaborg SEABORG	SAMSUNG 삼성중공업

출처: 유안타증권

V. 세계가 주목하는 K-원전의 힘

>>> 돌아온 제 2의 원전 르네상스 속, '가격-속도-안정성' 3박자의 정점

한국은 2023년 기준 171.6TWh의 원자력 발전량을 기록하며 세계 5위의 원전 보유국으로 도약했다. 세계 21년째라는 낮은 진입에도 불구하고 전세계 원전 415기 중 26기의 원전을 운영하며 약 47년 만에 세계적 규모로 성장했다. 오늘날 다시 주목 받고 있는 '제2의 원전 르네상스' 속에서, 한국은 미국과의 연합을 통해 4차전 구도에 들어가며 글로벌 원전 산업의 중심국으로 조명받고 있다.

2023년 산업규모·투자규모·매출 모두 역대 최대

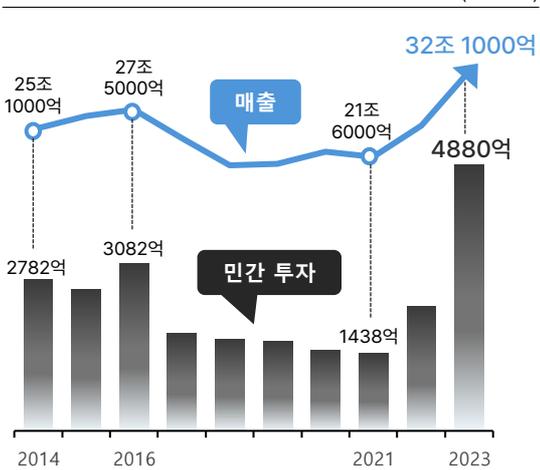
2023년, 국내 원전 산업 규모와 원전 기업의 투자 규모가 1996년 이후 역대 최대치를 기록했으며, 원전 산업 매출 역시 전년 대비 약 48.6% 증가하며 연간 기준으로 역대 최고치를 달성했다. [도표 36] 이는 윤석열 정부의 친원전 정책에 따른 생태계 복원과 더불어, 해당 연도에 체결된 신한울 3·4호기 주기기 공급 계약, 그리고 전년도에 수주한 이집트 엘다바 원전 건설 프로젝트의 성과가 반영된 결과다. 2024년에는 신한울 3·4호기 건설 본격화 및 루마니아 체르노보다 원전 사업 수주 등에 따라 더욱 성장했을 것으로 기대된다. 이에 더해 올해 3월 조성 계획이 발표된 1,000억 규모의 원전산업성장펀드는 투자 규모를 더욱 증대시킬 예정이다.

한수원, 체코 신규원전 우선협상대상자 선정

2024년 7월, 체코 정부는 체코 두코바니 신규 원전 프로젝트의 우선협상대상자로 한국수력원자력(KHNP)을 공식 선정하였다. 체코는 유럽연합(EU) 내에서도 탈탄소화와 에너지 안보를 동시에 추진 중인 대표 국가로, 기존 4기의 원전 외에 1,200MW급 신규 원전 2기를 건설하는 본 프로젝트는 중부유럽 원전 시장 최대 규모 발주 건 중 하나다. 약 24조원의 규모로 건설되어, 원전 운영·관리 사업을 포함하면 예상되는 경제 유발효과가 50조원에 달한다.

무엇보다 EU 핵심국 프랑스를 제치고 수주에 성공했다는 점에서, 유럽 내에서 한국 원전 기술과 프로젝트 수행 역량이 공식적으로 인정받은 계기가 될 수 있다. 한국 측의 제안은 단순한 가격 경쟁력 뿐만 아니라, 실제 납기 및 예산 준수 경험, 유럽 내 인허가 기반 (EUR 인증) 확보, 현지화 조건 이행 가능성, 그리고 외교적 안정성 등에서 전반적으로 높은 평가를 받은 것으로 알려졌다. 프랑스 EDF는 EU 회원국이라는 지리적 이점과 방산 협력 등 정치적 요소를 내세웠으나, 체코 정부의 요구 용량 조건에 정확히 부합한 한수원의 APR1000 노형과 현지화율 60%를 충족할 수 있는 구체적인 방안이 높은 점수를 받았다. [도표 37]

도표 36. 원전 산업 매출 및 민간 투자 추이 (단위: 원)



출처: 산업통상자원부, 동아일보

도표 37. 체코 두코바니 원전 프로젝트 경쟁사 비교

	한국	프랑스
원자로 /공급사	APR1400/한국수력원자력	EPR/프랑스전력공사(EDF)
시공능력	[완공] 7기 - 한국 (신고리 3-4호, 신한울 1-2호) - UAE (바라카 1-3호) [건설 중] 1기 - UAE (바라카 4호)	[완공] 5기 - 핀란드 (Olkiluoto 3호) - 중국 (Taidhan 1-2호) - 프랑스 (Flamanville 3호) [건설 중] 2기 - 영국 (Hinkley Point C 1-2호)
가격	\$3,571	\$7,931
신뢰도	- 국내 새울 3-4호기 준공 시점 조정 (2021-22년에서 2024-25년) - 정책 변경에 따른 공사 중단	- 핀란드 (Olkiluoto 3호) 가동 14년 지연 - 프라마틀레: 55억 유로 손실 기록 - 프랑스 Flamanville 3호기 12년 연장 - 영국 Hinkley Point C 6년 +α 연장
국제사회 영향력	경쟁사(미국, 프랑스) 대비 약세	글로벌 강대국

출처: IAEA, WNA, 산업종합, 한국투자증권

K-원전의 K-Competence

① 설계 안전성: 한국형 원전 'APR1400'의 글로벌 가능성

한국의 APR1400[도표 38]은 유럽사업자요건(EUR) 인증과 미국 원자력규제위원회(NRC)의 설계인증을 모두 획득함으로써, 세계 양대 인증 기관으로부터 안전성을 입증받았다. 특히 미국 외 국가에서 개발한 노형이 NRC 인증을 받은 것은 APR1400이 최초이며, 현재까지도 두 인증을 모두 보유한 유일한 비서방계 설계라는 점에서 글로벌 수출 시장에서 규제 장벽이 가장 낮은 노형 중 하나로 평가된다.

이를 통해 한국의 APR1400은 전 세계 원전의 70% 이상을 차지하는 경수로 시장에서, 3세대 신형 경수로 완공 실적 면에서 미국(AP1000), 프랑스(EPR), 중국(HPR1000), 러시아(VVER1000·1200) 등 주요 경쟁국보다 우위를 보이고 있다. 한국은 지금까지 3세대 경수로 6기를 완공했으며, 이는 미국(4기), 유럽(3기)보다 많은 수치다. 최근 미국과 프랑스가 진행 중인 3세대 경수로 원전 건설 프로젝트들은 시공 경험 부족과 기자재 조달의 어려움 등으로 장기간 공사 지연을 겪으며 시장 내 신뢰도에 타격을 입고 있는 반면, 한국이 현재 건설 중인 신고리 5·6호기는 2025년 완공을 목표로 순조롭게 진행되고 있다.[도표 39]

② 건설 역량: “온타임, 온버짓(On time, On budget)”

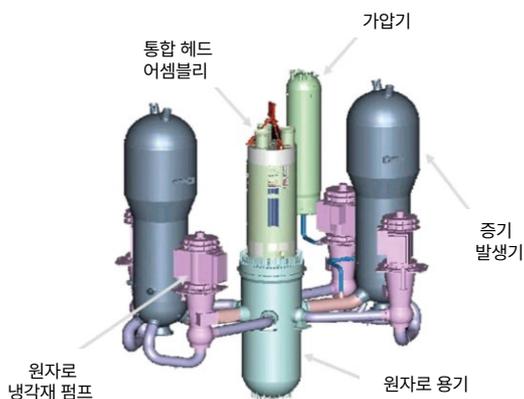
2009년 한국의 첫 해외 원전 수출 사례였던 아랍에미리트연합(UAE)의 바라카 원전 프로젝트는 극한의 사막 환경 속에서도 예산과 납기를 모두 지켜 한국의 설계·건설·운영 능력이 국제적으로 신뢰받는 계기가 되었다. 바라카 발전소는 매년 한 기씩 총 4기의 원전 순차적으로 건설되어, 현재는 UAE 전력 수요의 25%를 충당하고 있다. 바라카 프로젝트는 단순한 수출을 넘어, 장기적으로 한국형 원전의 브랜드 가치를 높이고, 향후 체코·폴란드·사우디아라비아 등으로의 추가 수주 가능성을 여는 데 기여했다.

글로벌 건설 지연 속, 한국은 여전히 시간 경쟁력 확보

한국은 원자력 발전소 건설 속도에서 주요 경쟁국보다 뚜렷한 우위를 보이고 있다. 한국형 원전(OPR1000)의 평균 건설 기간은 약 52개월로, 프랑스(60개월), 미국(57개월), 러시아(83개월)보다 짧다. 한수원은 이 같은 성과의 배경으로 표준화된 설계를 활용한 모듈화 건설 기법, 원전 부지 인프라의 선제 확보, 착공 전 철저한 사전 준비를 꼽는다. 또한 축적된 경험과 데이터를 다음 프로젝트에 적극 반영해 공정 효율성과 시공 품질을 높이고 있다.

최근 글로벌 원전 건설이 안전 규제 강화, 인허가 절차 복잡화, 공급망 문제 등으로 장기화되는 추세 속에서도, 한국은 신한울 3·4호기의 건설 기간이 9~10년으로 다소 늘어났지만, 최근 14~17년으로 연장된 서방국가들과 비교할 때 여전히 빠른 편이다.

도표 38. 한국형 PWR 원자로: APR1400



출처: 미국 원자력규제위원회(USNRC)

도표 39. 한국·미국·프랑스의 3세대 경수로 모델 시공현황

구분	완공	건설 중
한국 (APR1400/한수원)	6기	2기
	한국(신고리 3·4호, 신한울 1호), UAE(바라카 1~3호)	한국(신한울 2호), UAE(바라카 4호)
미국 (AP1000/웨스팅하우스)	4기	2기
	중국(Sanmen 1·2호, Haiyang 1·2호)	미국(Vogtle 3·4호)
프랑스 (EPR/프라마트)	3기	3기
	핀란드(Olkiluoto 3호), 중국(Taishan 1·2호)	프랑스(Flamanville 3호), 영국(Hinkley Point C 1·2호)

출처: IAEA

한국형 원전이 보여주는 “안정적인 경제성”

한국 원전의 가장 큰 장점 중 하나는 뛰어난 경제성이다. 한국의 kW당 건설 단가는 3,571달러로, 프랑스(7,931달러), 미국(5,833달러), 중국(4,174달러)보다 훨씬 저렴하다[도표 40]. 이는 단순한 인건비 절감이나 저가 수주 전략 때문이 아니라, APR1400과 같은 표준화된 모델을 설계 변경 없이 반복적으로 건설해온 경험을 통해 시공 효율을 높이고 설계 비용을 절감해온 결과다. 실제로 미국 웨스팅하우스나 프랑스 프라마툼의 경우, 프로젝트 건설비가 최초 예산 대비 2~3배까지 증가한 반면, 한국형 원전은 사업비 증액이 20~30% 수준에 그쳐 비용 초과 위험이 상대적으로 낮은 안정적인 모델로 평가된다.

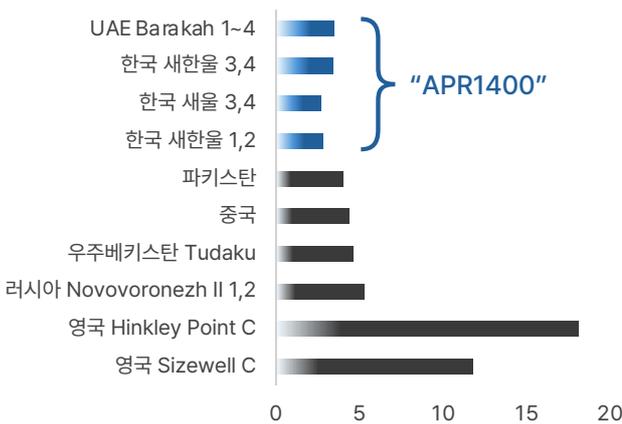
최근 한국 내 원전 건설 기간이 다소 늘어나면서 신한울 3·4호기의 총 건설 비용은 새울 1·2호기 대비 약 59% 증가한 11조 6,804억 원(kWe당 약 3,400달러)으로 예상되지만, 이는 프랑스의 신규 EPR 원전 예상 건설 비용(kWe당 약 9,000달러)에 비해 여전히 국제적으로 경쟁력 있는 수준이다.[도표 41]

③ 운영 능력: 40년 무사고가 말해주는 신뢰

한국은 1978년 고리 1호기 상업 운전을 시작으로 40년 넘게 단 한 건의 중대 사고 없이 원자력 발전소를 안정적으로 운영해왔다. 이는 주로 안정성이 높은 가압 경수로 방식의 채택 뿐 아니라 철저한 안전관리 시스템과 지속적인 기술 투자, 그리고 ‘사고 예방 문화’ 덕분이다. 설비 관리, 정비 계획, 인력 운용 등에서의 섬숙한 운영 역량을 보여주는 지표인 원전 이용률은 2024년 기준 83.8%로 미국을 제외한 주요국과 세계 평균보다 높은 수준을 기록했다.

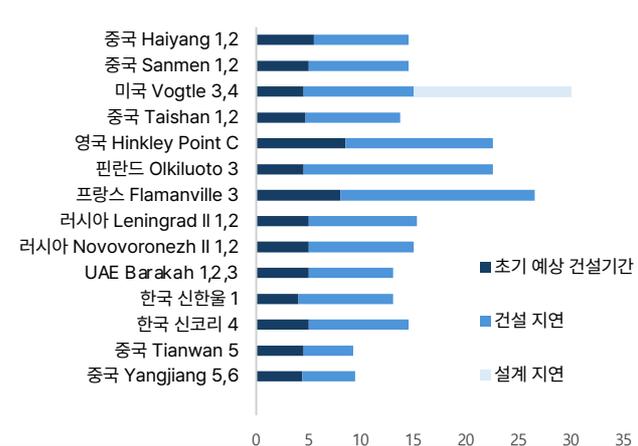
한국은 ‘계획예방정비’ 제도를 통해 정기적으로 핵심 설비를 점검하고 있으며, 설계 단계에서부터 이중·삼중 안전장치를 탑재하는 등 전 주기에 걸친 선제적 안전관리 체계를 갖추고 있다. 또한, 숙련된 인력 양성을 위해 폴스케일 시뮬레이터 기반의 정기 훈련을 실시하고, 운영 주체인 한수원과 규제 기관인 KINS의 독립성을 유지해 국민 신뢰를 확보하고 있다. 특히 고리 1호기의 자발적 영구 정지는 기술적 타당성보다 사회적 수용성을 고려한 결정으로, 한국이 원전을 기술과 책임의 관점에서 종합적으로 관리하고 있음을 보여주는 사례다.

도표 40. 글로벌 주요 지역별 원전 건설비용 (단위: 천\$/kWe)



출처: WNSR, IAEA PARIS, 대신증권

도표 41. 글로벌 주요 지역별 원전 건설기간



출처:

‘안정적 자원 확보’가 곧 경쟁력

한국수력원자력은 1)비축 확대, 2)공급망 다변화, 3)장기계약 중심의 운영 전략을 통해 국제 공급망 위기와 자원 무기화 움직임에 효과적으로 대응하며, 국가 에너지 안보를 강화하고 있다.

한수원은 현재 국내 원전 전체의 3년치 연료를 확보하고 있고, 향후 3~5년간 필요한 물량의 절반 이상도 이미 선제적으로 계약을 마쳤다. 또한 농축우라늄 생산에 필요한 정광*과 변환 우라늄도 각각 10개월분, 8개월분을 해외에 비축해 공급망 유연성을 확보하고 있으며, 상황에 따라 자체 정광 비축 기준도 점진적으로 확대하고 있다.

공급처 다변화와 계약 유연성 확보를 통해 공급 차질에 대비한 체계도 강화하고 있다. 미국 핵연료 기업 센트루스와의 계약을 통해 기존 프랑스·러시아 등 4개국 중심의 조달망에 미국을 추가해 5개국 체제를 구축했으며, 이는 고순도 저농축우라늄(HALEU)을 활용한 SMR의 원자재 조달 능력도 높이는 계기가 되었다. 또한 계약을 장기화하고, 계약물량 조정이 가능한 조항을 포함함으로써 공급 차질 시 다른 공급처로부터 부족분을 유연하게 조달할 수 있는 시스템을 구축하는 것도 한수원의 전략 중 하나다. 이 같은 전략 덕분에 최근 우크라이나 전쟁과 자원 무기화로 국제 우라늄 가격이 상승하는 상황에서도 국내 원전 연료비는 점진적으로만 반영되어, 전력요금 급등을 완화하는 데에도 기여하고 있다.

미국과 손잡은 K-원전

웨스팅하우스와의 지식 재산권 분쟁, 성공적 타결

2024년 1월, 한국수력원자력과 미국 웨스팅하우스 간의 원전 지식재산권 분쟁이 성공적으로 마무리되면서, 그동안 제동이 걸렸던 한국의 원전 수출 전략이 다시 속도를 낼 수 있게 되었다. 앞서 2022년 웨스팅하우스가 APR1000에 자사의 원전기술이 포함되어 있다며 지식재산권 침해 가능성을 제기했으나, 수출 프로젝트당 약 1억 5,000만 달러(약 2,200억 원)의 사용료 지급과 약 8억 달러 규모의 일감 보장을 조건으로 합의가 이루어졌다. 또한 향후 수출 원전에는 웨스팅하우스의 연료봉을 사용하는 것으로 협의하면서, 관련 지식재산권 문제는 공식적으로 해소되었다.

합의 이후 K-원전 수출의 청신호

이번 합의는 원전 수출과 관련된 법적·정치적 리스크를 근본적으로 해소했다는 점에서 의미가 크다. 특히 본계약 체결을 앞둔 체코 원전 수주의 최대 불확실성을 제거하며 계약 성사에 결정적인 역할을 했고, 한국이 독자 개발한 APR1000과 같은 모델도 기술 사용료를 통해 미국과의 권리관계를 명확히 하게 되면서, 향후 다른 국가와의 협상에서도 '기술 소유권' 관련 마찰을 사전에 차단할 수 있게 됐다.

일각에서는 이번 협상이 한수원의 과도한 양보이며, 단기 성과에 치우쳐 장기적인 'K-원전' 수출 전략에 제약을 남겼다는 지적도 있다. 그러나 불안정한 국제 정세와 체코 등 유럽 원전 시장의 치열한 경쟁 상황을 고려할 때, 조기 합의를 통해 불확실성을 해소한 것은 전략적으로 유의미한 결정이었다. 웨스팅하우스에 연료봉 구매를 약속하는 대가로 확보한 약 8억 달러 규모의 일감도 실질적인 협력의 증거로, 향후 한미 간 원전 협력에서 실리와 영향력을 동시에 확보한 결과로 평가된다. 나아가 양사는 원전 시장을 분담해 공동 진출하기로 하면서 경쟁보다는 협력 체제를 강화하기로 했으며, 반복된 인수합병 과정으로 시공 역량이 약화된 웨스팅하우스는 실적과 경쟁력을 갖춘 K-원전을 전략적 파트너로 선택했다.

'팀 코러스(Team KOR-US)': 한미 협력의 시너지 본격화

한국과 미국은 약 60년간 원자력 사업에서 협력을 해왔다. 최근에는 2021년 5월 정상회담을 통해 원자력 협력을 전략적 동맹 차원에서 강화하기로 합의했으며, 2022년에는 양국 규제기관 간 기술 정보 교환 협정을 체결해 안전규제 측면의 공조도 강화했다. 이후 2024년 웨스팅하우스와의 분쟁이 마무리되며 원자력 기술 수출 협력을 위한 MOU가 공식 체결되었고, 이를 바탕으로 '팀 코러스(Team KORUS, Korea + US)'가 결성되었다. 팀 코러스의 시너지는 1)외교 및 안보의 신뢰 확보, 2)원활한 연료와 자본 조달 측면에서 한국에 실질적인 이점을 제공한다.

한미 협력 체제를 통한 외교·안보 측면의 신뢰는 한국의 제3국 진출 전략, 특히 원전 수출과 같은 대형 인프라 사업에서 유리하게 작용한다. 폴란드, 사우디아라비아, 루마니아 등 원전 도입을 고려하는 국가들은 미국과의 외교 관계를 중시하며, 프로젝트 추진 과정에서 미국의 기술 사용 허가가 중요한 요건이 되는 경우가 많다. UAE 바라카 원전 사례에서도 한미 간 오랜 협력 관계가 미국과 UAE 간의 '123 협정'* 체결을 원활히 조율하는 데 기여한 바 있다.

핵연료 공급 안정성과 금융 조달 측면에서도 미국은 결정적인 지원 역할을 한다. 원전 수출은 장기적인 연료 공급과 금융 안정성을 필요로 하며, 미국의 외교적 영향력과 신용도 높은 금융기관과의 연계는 자금 조달에 큰 장점을 제공한다. 실제로 두산에너지빌리티가 루마니아 SMR 프로젝트에 참여할 수 있었던 배경에도, 미국 정부의 최대 40억 달러 규모 금융 지원 약속이 중요한 역할을 했다.

韓-美, 상호 보완의 시너지

한미 원자력 협력은 과거 미국의 일방적인 기술 이전과 통제에 의존하던 관계에서, 이제는 상호 보완적인 전략적 파트너십으로 진화하고 있다[도표 42]. 미국은 고속로, SMR 등 차세대 원전 개발을 주도하며 원전기술 측면에서 여전히 우위를 점하고 있으며, 사용후핵연료 처리 개념, 엄격한 규제 체계 등 제도적 기반도 탄탄하다. 그러나 장기간 신규 원전 건설이 사실상 중단되면서, 복잡한 시공과 실증·운영 역량에서는 산업 생태계와 인프라 공백이 심화된 상태다. 이에 따라 원전기술을 실제로 구현하고, 수출 경쟁력으로 연결하는 데에는 한계가 존재한다.

이러한 실행력의 공백을 한국이 효과적으로 메울 수 있다. 한국은 원자로 설계와 기자재 제작, 시공, 운영, 연료 제조에 이르기까지 전 주기를 아우르는 실질적 역량을 갖추고 있으며, 수십 년간 축적된 상용 원전 운영 경험을 바탕으로 기술의 실증과 사업화에서 강점을 갖는다. 특히 APR1400과 같은 대형 원전의 수출 경험과 인허가 역량, 안정적인 공급망은 미국의 기술적 구상을 현실화하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 이처럼 기술 기반과 실행 기반이 유기적으로 결합될 때, 한미 양국은 글로벌 원전 시장에서 강력한 전략적 파트너로서 공동 경쟁력을 확보할 수 있다[도표 43].

도표 42. 한미 원자력 협력 주요 공식 일정 (1956~2025년)



출처: NEWSIS

도표 43. 한미 원자력 기술 협력 분야

대한민국 우위 분야
<ul style="list-style-type: none"> · 선진원자로의 주요 기기 제작 기술 · 안전해석 등 원자로 설계 및 인허가 데이터 생산 · 다양한 핵연료 제조기술 · 상용원전(경수로) 기기 공급 및 건설 사업 관리 · 원자로 건설 및 운영 전문인력 양성
미국 우위 분야
<ul style="list-style-type: none"> · 고순도핵연료 공급 및 제조기술 · 선진원자로 규제 기술 · 사용후핵연료 건설 저장 기술 · 사용후핵연료 취급 설비 운영 기술 · 선진원자로 운영 경험 및 데이터 생산

출처: KISTEP

글로벌 수주 + 내수 재활성화 = K-원전 산업의 도약

글로벌 수출 모멘텀을 통한 원전 상승 동력 확보

한국 원전 산업은 앞서 설명한 우수한 해외 수주 프로젝트 성공으로 인해 추가적인 상승 동력을 보여주고 있다. 2009년 UAE 바라카 원전 수주 성공으로 한국은 중동지역에서 원전 건설 및 운영 능력을 입증하였으며, UAE와의 협력을 바탕으로 중동 시장 개방 및 추가 수주의 기회가 확대되었다. 체코 두코바니 원전, 폴란드 폰트누프 프로젝트 수주 계약 체결을 시작으로 유럽 수출로를 개척하면서 원전 수출 모멘텀을 지속하고 있다. [도표 44]

해외 원전 잠재 모멘텀

한국은 바라카 원전 성공을 바탕으로 중동과 유럽 등 글로벌 원전 시장에서 경쟁력을 강화하고 있다. 중동에서는 이집트 엘다바 원전(약 3조 원 규모)을 수주했으며, 사우디의 약 140억 달러 규모 2기 원전 사업에서도 유력 경쟁국으로 부상 중이다.

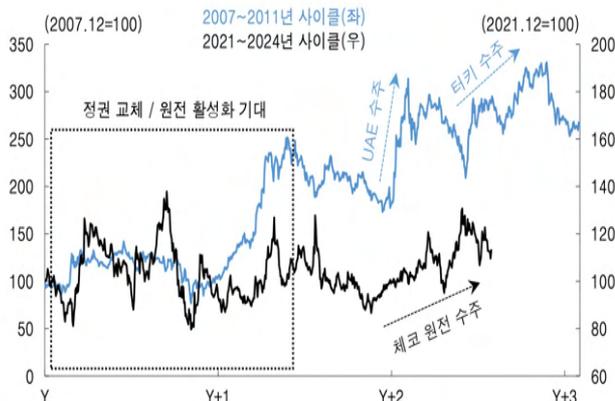
유럽에서는 체코를 시작으로 폴란드, 슬로바키아, 슬로베니아, 영국 등으로 진출을 확대 중이다. 폴란드와는 APR1400 원전 2기 건설 협상이 진행 중이며, 수주 규모는 최대 14조 원으로 예상된다. 슬로바키아(2027년), 슬로베니아(2028년) 신규 원전 발주에서도 한국이 후보로 거론된다. 영국에서는 2023년 원자력 협약을 계기로, 2024년 Wylfa Newydd 원전에 APR1400 2기 건설을 논의했다. 이탈리아 SMR 개발, 루마니아 원전 개보수 사업 등에도 참여하며 한국은 전주기 기술력을 바탕으로 세계 시장에서 입지를 확대하고 있다. [도표 45]

국내 원전 산업 생태계의 재도약

한국 원전 산업은 글로벌 시장에서 상승 동력을 확보하는 동시에, 국내 원전 정책 기조의 변화에 따라 내수 시장에서도 재활성화가 이뤄지고 있다. 과거 탈원전 정책으로 건설이 중단되었던 새울 3·4호기는 2024~2025년 준공을 목표로 공사가 재개되었으며, 한울 3·4호기 2032~2033년 준공을 목표로 현재 인허가 절차 및 주기기 공급 계약 준비가 진행 중이다. 특히 신한울 3·4호기는 2024년 착공 예정으로 총 사업비는 약 9조원에 이를 것으로 추산된다.

이에 따라 주요 원전 기자재 기업들의 수혜도 기대된다. 원자로 주요 부품을 제작하는 두산에너지빌리티를 비롯해, 원전 보조기기 및 제어계측기기 등을 공급하는 우진과 비에이치아이 등의 신규 수주가 예상되며, 원전 산업 전반의 회복 흐름에 긍정적 영향을 줄 것으로 전망된다. 더불어 기존 가동 원전의 설비 교체 수요, 상업 운전을 종료한 원전에 대한 해체 시장 확대도 국내 원전 생태계에 새로운 성장 기회를 제공할 것으로 보인다. 이러한 산업 회복의 배경에는 정부 차원의 정책적 지지와 제도 준비가 기반이 되고 있다.

도표 44. 2000년대 후반과 현재의 원전 사이클 추이



출처: Quantiwise

도표 45. 과거~26년 이후 한국 해외 수주 추이



출처: GLIF

정책이 뒷받침 하는 K-원전 산업

원자력 산업은 규제종속적인 성격이 강하며, 정부의 정책적 방향에 따라 사업의 성패가 크게 좌우되는 대표적인 산업이다. 원자력 발전소의 건설과 운영에든 수십년에 걸친 장기 투자가 요구되며, 혐오시설로서 원전 부지 선정, 운영, 방사능 폐기물 처리와 같은 사회적 수용성 문제가 발생하기 때문에 민간 부문이 단독으로 추진하기 어려운 특성이 있다. 이에 따라 원자력 산업의 안정적인 성장을 위해서는 강력한 정책적 지지와 체계적인 자금 조달 지원이 필수적이다.

국내 정책적 지원 체계 산업 성장의 기반

2024~ 2025년 최근의 대한민국 정부는 원자력 산업의 부흥을 위해 다양한 정책적 지원을 펼치고 있다.

1. 산업 활성화를 위한 정책 정비와 재정 투입

정부는 원전 산업의 재도약을 위해 원전 기업에 대한 재정 지원과 세제 혜택을 포함한 제도적 정비를 추진하고 있다. 우선 한국 정부는 지난 해 확대된 수출입 은행의 법정 자본금을 바탕으로 경제외교 징원을 위한 'K-Finance Package'를 도입해, 향후 5년간(2024~2028년) 원전·방산·인프라 등 전략자산 수출에 총 85조원 규모의 공적 금융을 지원할 계획을 밝혔다. 이를 통해 K-원전의 해외 진출을 위한 자금 조달 불확실성을 해소하고자 했다.

국내 산업 활성화를 위한 지원책도 병행되고 있다. 정부는 원전 신규 건설과 유지보수, 기자재 발주등을 포함한 약 3.3조원 규모의 감 보장 정책을 추진 중이며, 1조 원 규모의 특별 금융 프로그램을 통해 운전자금 대출, 저금리 융자(2~3%), 수출보증 등도 지원하고 있다. 또한 SMR을 포함한 원전 제조 기술을 신성장·원전기술 세액공제 대상으로 포함해 민간 투자를 촉진하고, 전문 인력의 해외 이탈 방지 등 기업 경영 안정에도 힘을 쏟고 있다. 아울러 정부는 '원전산업 지원 특별법' 제정과 '2050 중장기 원전 로드맵'을 통해 지속 가능한 산업 생태계 구축에 나서고 있다. 이 로드맵은 원전 운영 고도화, SMR 선도국 도약, 수출 산업화 등을 포함하며, 향후 5년간 4조 원 이상을 원전 R&D와 인력 양성에 투자할 계획이다.

재정 지원은 단기적인 보조금에 그치지 않고, 장기적인 산업 기반을 구축하는 핵심 정책 수단으로 작용한다. 정부의 투자를 통해 원전 기업의 생존과 R&D가 촉진되고, 기술 고도화 및 SMR 상용화가 가속화된다면, 이를 바탕으로 원전 수출 산업화와 고용 창출, 나아가 지역 경제 및 에너지 안보 강화로 이어지는 선순환 구조를 기대할 수 있다.

2. 원전 연계 지역 경제 활성화·산업 단지 조성

현재 정부는 경남 창원을 원전 산업의 핵심 거점으로 육성하기 위해 다양한 사업을 추진 중이다. 우선 창원에는 SMR 제조 클러스터를 조성해 핵심 부품 및 기술 기업을 집적하고 있으며, 창원 성산구 일대의 그린벨트를 해제해 원전 및 방산 중심의 융합 산업 단지를 개발하고 있다. 또한 정부는 '산리단길 프로젝트'를 통해 젊은 인재의 유입과 머물기 좋은 환경을 조성하고 있으며, 원전 관련 기업·연구기관과 연계해 청년 인재 유치와 산업 기반 강화를 동시에 추진 중이다.

창원 클러스터의 경우, 두산에너지빌리티를 포함한 약 300여 개의 원전 부품 제조업체가 밀집해 있으며, 고숙련 노동자 인프라가 풍부하다. 또한 주요 원전지와 인접해 해상 운송이 용이하고, 원전 관련 학과를 보유한 근처 대학과의 연계도 용이해 기술 인력 공급 기반이 안정적이다. 이를 통해 전주기 원전 산업 생태계를 집중화하고, SMR을 중심으로 한 수출 산업을 육성함으로써 기술 자립과 수출 거점화를 동시에 실현할 수 있다.

3. 지역 주민과의 공존을 위한 정책적 배려

정부는 원자력 발전소 건설 및 운영에 따른 지역 주민들의 우려와 반대를 해소하기 위해 다양한 지원 정책을 시행하고 있다. 우선 '발전소 주변지역 지원에 관한 법률'을 통해 주변지역 주민들의 복리 증진과 지역 발전을 도모하고 있다. 이 법에 따라 전력산업 기반기금이 재원으로 활용되며, 지자체 또는 발전사업자가 시행 주체가 되어 기본지원사업을 추진한다. 구체적으로는 주민 소득 증대, 지역 일자리 창출, 교육 및 복지 향상, 공공시설 확충 등 주민 생활 전반의 질을 높이기 위한 다양한 지원을 포함하며, 이를 통해 원전 인근 지역의 실질적 발전과 사회적 수용성 제고를 목표로한다. 또한, 기본지원 사업비의 일부는 주민 전기요금 보조에 사용되며, 복지 확대와 기업 유치 촉진을 위한 저금리 융자도 함께 제공된다. 발전소 건설이 예정된 지역에는 건설비의 일정 비율 내에서 별도의 특별지원을 제공하며, 최근에는 원전 가동 지역의 주민 이주를 지원하는 방안도 정부 차원에서 검토되고 있다.

지역 주민 대상 보상 및 지원 정책은 실질적인 혜택 제공을 통해 원전에 대한 수용성을 높이고, 지역 내 갈등을 완화시킨다. 전기요금 할인, 인프라 확충, 고용 창출 등은 지역 경제의 지속 가능성을 강화하며, 이러한 안정된 원전 운영 환경은 국가 에너지 정책의 일관성과 신뢰성을 높이고, 해외 수출 경쟁력 제고에도 긍정적인 영향을 미친다.

향후 K-원전 정책의 방향은?

정책 기조의 변화 가능성 : 민주당, 탈원전에서 실용주의로

그동안 정부의 원전 확대 정책에 강하게 반대해왔던 더불어민주당은 최근 들어 탈원전 기조에서 점차 유연한 입장으로 전환하는 모습을 보이고 있다. 2025년 2월, 제11차 전력수급기본계획 국회 보고에서 더불어민주당 이연주 의원은 "더는 탈원전 기조를 유지하고 있지 않다"며, 민주당 내부에서도 에너지 안보와 기후위기 대응 차원에서 원전의 필요성을 점차 인정하고 있음을 밝혔다.

실제로 민주당은 교섭단체 대표연설을 통해 에너지 자립과 안보를 강조한 바 있으며, SMR 연구개발 예산 편성에도 동의하는 등 일부 원자력 활용에 있어 유연한 태도를 보이고 있다. 다만 민주당은 원전 확대 전반에 대해 전면적인 동의를 표한 것은 아니며, 대형 원전에 대한 주민 수용성과 안전성 확보에 대한 철저한 검토가 필요하다는 입장을 유지하고 있다.

민주당은 원자력 활용의 필요성은 인정하면서도, 재생에너지 확대와의 조화를 중시하는 방향에서 에너지 정책의 균형을 모색하려는 태도를 보이고 있다.

향후 K-원전 정책의 방향은?

윤 대통령의 탄핵은 행정부의 리더십 공백을 초래하며, 단기적으로 원전 정책 추진 동력을 약화시킬 수 있다. 특히 원전 사업은 장기적 계획과 안정적 투자 환경이 필수적인 산업이기에, 정치적 불확실성은 국내외 투자자들에게 불안 요소로 작용할 수 있다. 이러한 상황 속에서도, 원전 관련 정책의 연속성을 제도적으로 확보할 수 있다면 피해를 최소화할 수 있다. 특히 제11차 전력수급기본계획과 같은 중장기 계획이 국회의 공론화 과정을 통해 정립될 경우, 정치적 교체와 무관하게 일정 수준의 정책 안정성이 담보될 수 있다.

실제로 과거 박근혜 대통령 탄핵 당시에도 약 5개월간의 정책 공백기 동안 기존 정책 기조는 크게 흔들리지 않았고, 원자력 관련 정책 역시 비교적 안정적으로 유지된 바 있다. 특히 최근 더불어민주당이 대형 원전의 안전성과 지역 주민 수용성을 강조하며 전면적인 반대보다는 일부 수용하는 입장을 보이고 있어, 원자력 정책에 대한 정책적 갈등도 점차 완화되고 있다. 이러한 분위기는 향후 원자력 산업이 보다 안정적으로 추진될 수 있는 기반으로 작용할 수 있다.



GLIF Team 2
Company Report
2025.4.11

두산에너지빌리티 (KS.034020)

Company Overview

두산에너지빌리티는 '62년 설립되어, '00년 코스피 시장에 상장한 기업이다. 주요 사업은 원전/화력발전소 설비, 해수담수화, 친환경에너지 등의 사업과 두산팍켈, 두산퓨얼셀에서 건설기계, 연료전지 등의 사업을 영위하고 있다. 매출 비중은 가스/수소 23%, 원자력 18%, 석탄 15%, 신재생 1%, 기타 43% 비중을 차지하고 있다[도표 46]. 국내 유일의 원자력 발전소 1차계통 주기기(원자로, 증기발생기 등) 제조사로 지난 40년간 전세계에서 가장 많은 주기기를 공급한 기업이다.

I. Business Model

에너지 솔루션	해상풍력, 대형 가스터빈, SMR, 수소에너지, ESS
---------	--------------------------------

해상풍력, 대형 가스터빈, SMR, 수소에너지, ESS 등 친환경 에너지 중심의 사업 포트폴리오를 보유하고 있다. 수소터빈과 연료전지, 탄소중립 대응 기술을 차세대 성장동력으로 삼아 에너지 전환 흐름에 선제적으로 대응하고 있다.

플랜트 기자재	원자로, 증기발생기, 냉각펌프, 핵연료 취급 설비, Cask
---------	-----------------------------------

원자력 발전용 기자재인 원자로, 증기발생기, 냉각펌프를 포함하여 핵연료 취급 설비, Cask, 보조기기 등을 자체 설계·제작하고 있다. 화력 및 복합화력 발전소에는 스팀터빈과 가스터빈을, 수력 및 양수 발전소에는 관련 특수 기자재를 공급하고 있다. 또한 기자재 공급 외에도 장기 유지보수 및 설비 운영관리(MRO)를 통해 안정적인 발전소 운영을 지원하고 있다.

플랜트 EPC/건설	플랜트 설계, 기자재 조달, 시공
------------	--------------------

플랜트의 설계, 기자재 조달, 시공을 포함한 일괄 수행 역량을 기반으로 EPC 프로젝트를 전개하고 있다. 화력, 원자력, 해수담수화 등 다양한 발전 및 산업 플랜트를 국내외에 공급해왔으며, 프로젝트 수행 실적과 노하우를 보유하고 있다. 특히 담수화 부문에서는 MSF, MED, RO 등 다양한 프로세스를 활용한 턴키 방식의 플랜트 공급이 가능하다.

소재/제작	해상풍력, 대형 가스터빈, SMR, 수소에너지, ESS
-------	--------------------------------

대형 주조 및 단조 설비와 기술 역량을 기반으로 발전설비용 소재는 물론 선박, 제철, 금형공구강, 산업설비용 주단조품을 생산하고 있다. 고부가가치 산업 소재에 대한 경쟁력을 바탕으로 국내외 고객에게 제품을 공급하고 있으며, 품질 인증과 기술 신뢰도를 확보하고 있다. 또한 농업·조경용 소형장비, 지게차, 이동식 전원장비 등 물류장비 분야에서도 북미·유럽 중심으로 생산과 판매를 영위하고 있다.

Company Information

자본금	3조 2,673억원
발행주식수	64,056만주
시가총액	14조 3,165억원
매출액	16조 2,331억원
영업이익	11,186억원
순이익	8,565억원
EV/EBITDA(배)	9.66
EPS(원)	174
PER(배)	127.40
PBR(배)	1.89

Stock Price

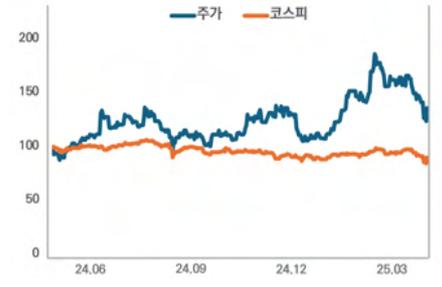
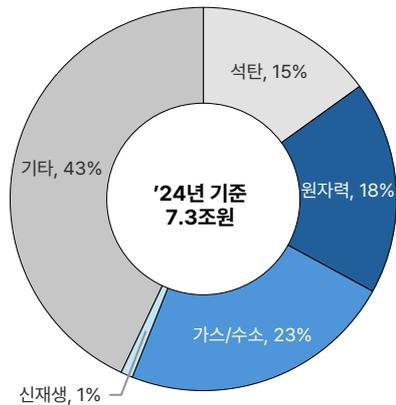
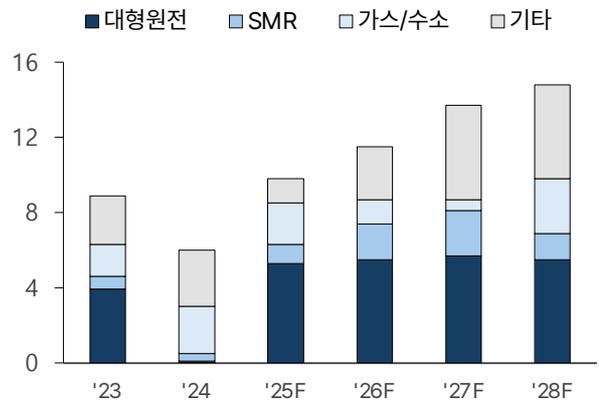


도표 46. 에너지빌리티 부문 매출 비중 (단위:%)



출처: Dart

도표 47. 부문별 실적 추이 및 전망 (단위: 조 원)



출처: 대신증권

Investment Highlight

개화하는 SMR 시장에서의 파운드리 역할 수행

두산에너지빌리티는 NuScale, X-energy 등과의 전략적 협력을 바탕으로 향후 5년간 62기 수주가 가시화되며, 글로벌 SMR 파운드리로의 도약이 본격화되고 있다. '23년 X-energy에 500만 달러를 투자하며 협력 관계를 체결했고, 이를 통해 기자재 공급권을 확보함은 물론, 사전 제작성 검토 및 제작방안 수립 용역까지 수행하게 됐다. 특히 주목할 만한 파트너는 NuScale Power다. NuScale은 현재까지 SMR 분야에서 미국 원자력규제위원회(NRC)로부터 50MW 원전 설계에 대한 설계인증을 획득한 유일한 기업으로, 2029년까지 총 24기의 SMR 설치를 추진 중이다. 동사는 이 공급망 내 핵심 기자재 파트너로서 금형 및 소재를 이미 생산 중이며, 대형 단조품, 증기발생기 튜브, 용접 자재 등 주요 부품에 대한 양산 체제도 구축해 놓았다. 프로젝트 본격화 시 즉시 납품이 가능하도록 생산 준비가 완료되어 있어, SMR 시장 확대에 따른 수혜가 본격화될 전망이다.[도표 47]

대형 원전 건설의 새로운 시대

글로벌 에너지 안보와 탄소중립 요구가 맞물리며 대형 원전 건설이 재개되는 흐름 속에서, 두산에너지빌리티는 대형 원전 주기기 분야의 유일무이한 국내 공급사로서 압도적인 수혜가 예상된다. 한국형 원전의 표준 모델인 APR1400의 주기기(원자로·증기발생기 등)를 독점 공급해온 동사는, 국내외 신규 원전 프로젝트 확대에 따라 사실상 캡티브 물량을 확보하고 있어 수주 안정성이 뛰어나다.

현재 한국수력원자력이 추진 중인 국내 신한울 3·4호기를 포함해 체코·폴란드·UAE 등 해외 원전 발주가 본격화되면서, 동사는 2025년부터 2029년까지 총 8기의 대형 원전을 수주할 계획이다. 특히 체코 신규 원전 2기의 우선협상대상자 선정, Westinghouse와의 기술 협업 정상화 등은 향후 수조 원 규모의 주기기 수주로 직결될 가능성이 높다. 세계 유일의 APR1400 주기기 제작 경험, 글로벌 공급망, 완성도 높은 납기·품질 관리 역량까지 겸비한 동사는 글로벌 대형 원전 시장 확대의 핵심 수혜주로 부상하고 있다.[도표 47]



GLIF Team 2
Company Report
2025.4.11

BHI (KS.083650)

Company Overview

BHI는 탈탄소와 친환경 에너지 확대라는 글로벌 흐름과 원자력 발전의 역할이 재조명되는 가운데 핵심 기자재를 안정적으로 공급하며 원전 산업의 전략적 기반을 담당하는 중견 기업이다. 특히 원자력, 열병합, 수소 플랜트 등 장기 성장 산업을 아우르는 포트폴리오를 보유하고 있으며, 최근에는 SMR 및 폐열 회수 시스템을 등 신규 고부가 분야로의 진입에 성공하고 있다.

국내 주요 파트너인 한국수력원자력, 두산에너지빌리티와의 공고한 수주 네트워크는 안정적인 레퍼런스를 제공하며, 원자력 기자재를 넘어 SMR 및 수소경제 생태계 내 핵심 장비 공급사로 입지를 강화하고 있다. EPC 중심 대기업 대비 유연하고 집중된 제품 라인업을 통해 틈새 수요에 민첩하게 대응할 수 있다는 점도 차별적 경쟁력으로 꼽을 수 있다.

I. Business Model

보일러	Boiler
------------	---------------

석탄, 바이오매스, 폐기물, 복합연료 등을 연소시켜 고온의 증기를 생산하는 산업용·발전용 보일러 공급을 중심으로 구성된다. 신재생 에너지나 바이오매스 등 탄소중립 연료와 연계되는 보일러 수요가 증가하면서, BHI의 기술 적용 범위는 점차 확장되는 추세다.

HRSG	Heat Recovery Steam Generator
-------------	--------------------------------------

복합화력발전소에서 가스터빈의 고온 배기가스를 이용해 증기를 생산하는 열회수 장치로, 최근 전 세계적으로 석탄화력의 퇴출과 LNG 기반 복합화력 확대가 이루어지는 가운데 HRSG에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있다. BHI는 이 분야에서 세계 시장 점유율 상위권을 기록한 바 있으며, 기술 설계부터 제작, 시운전까지 자체 수행할 수 있는 역량을 보유하고 있다. 최근 중동, 동남아, 북미 등 해외 시장에서도 HRSG 수주를 확대하며, 해외 매출 비중 증가와 수출 기반 성장의 핵심 동력으로 자리 잡고 있다.

BOP	Balance of Plant
------------	-------------------------

원자력 및 화력 발전소에서 터빈, 원자로와 같은 주기기 외에 모든 보조 설비 및 유틸리티 계통을 설계·제작·공급하는 분야이다. 특히 APR1400 및 SMR 개발 흐름에 따라 BOP 기자재의 국산화가 필수 과제로 부상하고 있는 가운데, BHI는 다수의 원자력 프로젝트에 기자재를 안정적으로 공급해온 실적을 바탕으로 수주에서도 유리한 입지를 갖추고 있다. 또한 발전소 수명 연장이나 정비 수요가 지속되면서 장기적이고 반복적인 수익 구조를 창출할 수 있는 사업 영역이다.

Company Information

자본금	154억원
발행주식수	30,944만주
시가총액	5251억원
매출액	4047억원
영업이익	219억원
순이익	196억원
EV/EBITDA(배)	20.86
EPS(원)	633
PER(배)	24.38
PBR(배)	4.11

Stock Price

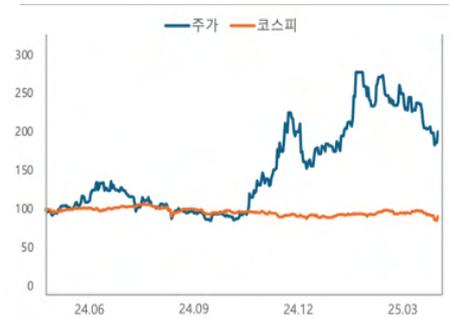
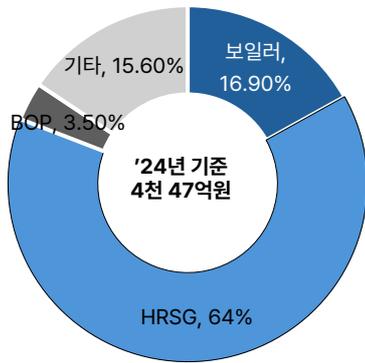


도표 46. BHI 부문 매출 비중

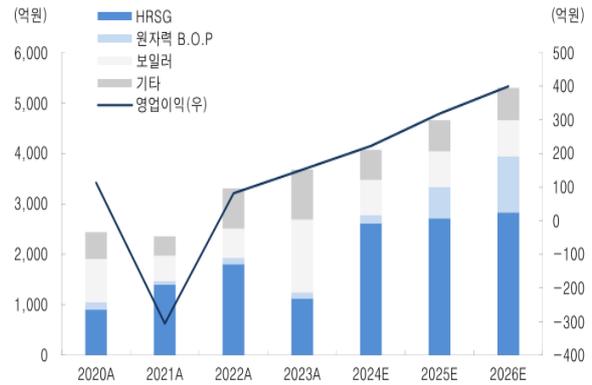
(단위: %)



출처: Dart

도표 47. 부문별 실적 추이 및 전망

(단위: 조 원)



출처: 대신증권

Investment Highlight

원자력 산업의 본격적인 재확산 흐름 속에서 핵심 기자재 공급 기업으로서의 입지 확보 중

BHI는 원자로 주기기를 공급하는 두산에너지빌리티나 한수원과 함께, 열교환기, 탈산기, 공기냉각기 등 핵심 BOP 기자재를 직접 설계·제작·납품할 수 있는 국내 몇 안 되는 기업 중 하나로서, 향후 원전 발주가 재개될 경우 수혜가 직결될 수 있는 구조를 갖추고 있다. 한국 정부는 2022년 이후 탈원전 기조에서 벗어나 다시 친원전 정책으로 방향을 전환하면서, 신규 원전 건설과 노후 원전 수명 연장, 그리고 해외 수출 확대를 본격적으로 추진하고 있다. 특히 APR1400 한국형 원전의 해외 수출 성과가 현실화되면서, 체코, 폴란드, 루마니아 등 다양한 국가의 원전 발주에 대한 기대감도 높아지고 있는 상황이다. 이러한 흐름에서 과거 신한울, 신고리 등의 원전 사업에서도 실제 납품 실적을 쌓은 바 있으며, 향후 SMR과 같은 차세대 원전 확대에도 적응 가능한 기술 포트폴리오를 확보하고 있다는 점은 중장기 성장성의 근거가 된다.[도표 49]

글로벌 탈탄소화 흐름에 HRSG 수요도 확대

HRSG 분야에서의 점유율을 바탕으로 4세대 원자력 발전 분야에 투자 자금을 확대하여 산업 성장을 촉진시킬 것이다. GE, Siemens 등 글로벌 가스터빈 제조사와의 협력 이력을 통해 기술력과 신뢰성을 이미 인정받았고, 최근에는 사우디, 말레이시아 등 해외 복합화력 프로젝트 수주 실적도 이어지고 있으며, 미국 IRA 법안 이후 북미 친환경 발전 인프라 확장 국면에서도 수주 가능성이 확대되고 있다. 더불어 수소·암모니아 혼소 발전과 같은 차세대 친환경 에너지로의 전환이 본격화될 경우, HRSG 기술은 해당 영역에서도 중심적 역할을 수행할 수 있어 중장기 성장성 역시 기대되는 부분이다. 이러한 HRSG 중심의 복합화력 수요 확대는 BHI의 에너지 기자재 생산 역량을 고도화시키는 한편, 원자력 분야로의 설계 및 제작 역량 전이에도 긍정적인 영향을 주고 있다. 실제로 복합화력 프로젝트 수주 확대는 생산 인프라 투자 여력을 확보하는 데 기여하고 있으며, 이는 곧 원자력 기자재 및 SMR 시장을 겨냥한 중장기 투자 확대의 기반으로 작용하고 있다.[도표 49]