

Industry Indepth | 2026.01.27

# [유트리티] (비중확대)

## I got the POWER POWER POWER



KUVIC Research Team 2

메일	kovic_korea@naver.com
팀장	44기 Senior 류승민
팀원	44기 Senior 김민재
팀원	44기 Senior 김서정
팀원	44기 Senior 신주성
팀원	44기 Senior 오연수

---

## CONTENTS

<b>Summary</b>	<b>3</b>
<b>Key Chart</b>	<b>4</b>
<b>AI가 세상을 지배한다</b>	<b>5</b>
<b>교체가 시급한 전력망</b>	<b>12</b>
<b>기타 발전원</b>	<b>23</b>
풍력	
석탄	
태양광	
가스터빈	
<b>연료전지</b>	<b>33</b>
<b>원자력 (대형원전/SMR)</b>	<b>44</b>
<b>Appendix</b>	<b>65</b>
<b>Company Analysis</b>	<b>69</b>

## Summary

### SUMMARY: 에너지 투 트랙 당위성

#### 꽉 잡아 우린 투 트랙으로 간다.

데이터센터 전력 공급의 핵심 문제는 수급의 시차 간의 괴리다. AI 서버는 1초의 정전도 허용하지 않는 24/7 가동을 요구하며, 하이퍼스케일러들은 '지금 당장' 전력을 원한다. 그러나 기존의 재생에너지 방식은 다음과 같은 치명적인 한계에 봉착했다.

미국 PJM 등 데이터센터 밀집 지역의 송전망 용량은 이미 포화 상태다. 태양광 패널을 설치하더라도 전력망 접속 허가를 받기 위한 대기 시간이 건설 기간의 3배를 초과하는 기형적 상황이 지속되고 있다. 뿐만 아니라 GW급 전력을 태양광으로 충당하려면 서울 면적의 수 배에 달하는 부지가 필요하며, 이는 매입 비용 급증으로 이어진다. 또한, IRA 보조금 축소 가능성 역시 기업들의 장기 비용 추계를 불투명하게 만드는 중이다.

표 1. 전력 수급 시차

구분	송전망 확충	AI 데이터센터
리드타임	8 ~ 15년	2 ~ 4년
인허가 기간	평균 4년 이상	6 ~ 18개월
전력망 대기열	약 2,300GW (미국 기준)	수 GW 단위 신규 진입
에너지 밀도	저밀도 (분산된 발전원 연결)	고밀도 (기존 대비 10배)
입지	원거리	대도시 중심
확장 유연성	낮음 (선형적 인프라의 한계)	높음 (모듈형 증설 가능)
리스크	망 연결 지연	공급 중단

자료: KUVIC 리서치 2팀

#### 타 에너지도 마찬가지

현재 가스 터빈 시장은 전력 쇼티지로 인해 전례 없는 호황을 맞이한 상황이다. 글로벌 3대메이저 가스 터빈 제조 기업들(GE Vernova, Siemens Energy, Mitsubishi Hitachi)은 이미 2020년대 후반까지의 백로그가 꽉 찬 상태이며, 국내의 두산에너빌리티 역시 수주 잔고가 급증하고 있다. 공급 부족이 심화되자 캐터필러(Caterpillar) 같은 소형 터빈 업체는 물론, 기존 항공기 엔진을 개조하여 납품하던 기업들까지 데이터센터형 발전기 시장에 뛰어들고 있다.

그러나 이러한 열기에도 불구하고, 가스터빈이 하이퍼스케일러의 메인 전력원이 될 수 있는지에 대해서는 근본적인 의문이 존재한다. 현재 데이터센터에 빠르게 공급 가능한 항공기 엔진 기반 터빈이나 소형 모델들은 본래 비상 발전 혹은 전력 수요가 폭증할 때만 잠시 돌리는 피크 부하 대응용으로 설계되었다. AI 데이터센터가 요구하는 것은 1년 365일, 24시간 멈추지 않는 '기저부하' 능력이기 때문에 내구성과 효율성 면에서 검증이 필요하다.

가스 터빈을 돌리려면, 막대한 양의 LNG를 끊김 없이 공급해 줄 가스관이 필요하다. 그러나 가스관 인프라 역시 전력망만큼이나 인허가와 건설이 까다롭다. 결국 가스터빈은 '전력망 병목'을 '가스망 병목'으로 치환하는 임시방편에 그칠 가능성이 크다.

표 2. 에너지 정리

구분	태양광+ESS	풍력(육/해상)	원자력(SMR 포함)	가스복합(CCGT)	연료전지
전력 공급 소요 시간	5~8년(건설 1.5년+송전대기 4년 이상)	6~10년 (해상풍력은 10년 이상)	3~4년(재가동), 8~10년 (SMR/신규)	3~5년	3개월~1년 (설치 즉시 가동)
가동률	20%~30% (ESS로 4시간 연장 한계)	35%(육상)~50%(해상)	92.5%	56%~87%	95%~99.9%
1GW 발전 시 필요 면적(km <sup>2</sup> )	약 50~75km <sup>2</sup>	약 260~360km <sup>2</sup> (이격거리 포함)	약 1.3~3.0km <sup>2</sup>	약 1.0km <sup>2</sup> 미만	약 0.05km <sup>2</sup> (초고밀도)
송전선로 건설 필요성	필수	필수	낮음 (기존 부지 활용 가능)	중간 (가스관 인근 건설)	없음
LCOE(\$/MWh)	\$50~\$131	\$70(육상)~\$157(해상)	\$40(기존)~\$220(신규)	\$48~\$109	\$180 ~ \$250+ (연료에 따라 상이)
비고	보조 전력(RE100 달성 + 낮 시간대 부하 저감용)	외부 전력(RE100 이행용, PPA 계약용, 직접 연결 불가)	메인 전력 (대규모 기저부하)	메인 전력 (중단기 공급 부족 해결)	백업/분산 전력 (메인 전력용 추진 중)

자료: KUVIC 리서치 2팀

## 중단기와 장기의 절충

현재 하이퍼스케일러들이 연료전지에 열광하는 이유는 명확하다. 송배전망 접속 대기에만 수년이 소요되는 타 발전원과 달리, 연료전지는 온 사이트 발전원의 이점을 살려 획기적으로 짧은 리드타임(최단 40일 이내)을 자랑하기 때문이다. 여기에 미국의 OBBBA(One Big Beautiful Bill Act) 및 IRA 개정에 따른 투자세액공제(ITC) 혜택까지 더해지며 초기 설치 비용 부담이 상당 부분 상쇄되었다.

[그림 1]의 '연도별 신규 연료전지 전력 생산 기여분'이 보여주듯, 연료전지의 발전량 기여도는 AI 데이터센터 착공이 본격화되는 현시점부터 가파른 상승세를 보여주고 있다. 이는 태양광(가동률 20~30%)이나 풍력(35~50%)이 흉내 낼 수 없는 95% 이상의 압도적인 가동률 덕분이다. 연료전지는 단순한 보조 전원을 넘어, AI 수익화가 시급한 빅테크 기업들에게 지속 가능한 저탄소 기저부하를 즉시 공급하는 유일한 구원 투수로서의 입지를 굳히고 있다. 이러한 효용성은 [그림 2]의 '미국 AI 데이터센터 전력 수요 대비 연료전지 M/S 추정'에서도 여실히 드러난다. 전력망 병목 현상이 해소되지 않는 2020년대 후반까지 연료전지의 점유율은 Bull 시나리오 하에서 급격히 확대될 전망이다. 이는 원전과 같은 대형 기저부하가 들어서기 전까지의 전력 공백기를 메울 수 있는 솔루션이 사실상 연료전지뿐임을 시장이 인정하고 있다는 셈이다.

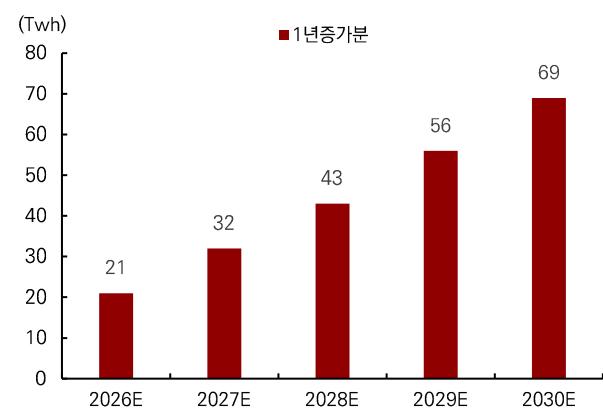
그러나 연료전지가 데이터센터의 영구적인 해답이 되기에는 규모와 비용의 벽이 높다. 현재 연료전지의 균등화 발전원가(LCOE)는 \$180~\$250/MWh(연료별 편차가 큰 폭으로 상이) 수준으로, 원전 (\$40~\$60)이나 가스복합(\$48~\$109) 대비 현저히 높다. AI 수익화가 시급한 빅테크 기업들에게 이러한 고비용 구조는 장기적인 운영비용 부담을 가중시키는 요인이다.

업계는 현재의 LNG 기반에서 향후 수소 혼소 및 전소로 전환하고, 에너지 밀도를 높여 발전 용량을 키우겠다는 로드맵을 제시하고 있다. 하지만 '그린 수소'의 안정적 공급망이 언제 구축될지 요원하며, 밀도를 높인다 해도 GW 급의 초대형 전력 수요를 감당하기에는 물리적 설비 규모와 연료 효율 면에서 한계가 뚜렷하다.

연료전지는 원전이 들어서기 전까지의 전력 공백기를 메워줄 최적의 솔루션임은 분명하나 [그림 6]의 '신규 수주 10기 기준 전력 생산 기여분' 데이터가 시사하듯, 하이퍼스케일러가 목표로 하는 'GW 급 무탄소 전력 공급'의 주역이 되기에는 물리적인 체급의 한계가 명확하다. 동일한 10건의 프로젝트를 진행하더라도, 거대한 단일 용량을 가진 원전이 뿐어내는 압도적인 전력 생산량은 개별 분산 전원인 연료전지가 따라잡을 수 없는 격차가 존재하기 때문이다. 연료전지는 급한 불을 끄는 소방수로, 원전은 데이터센터가 요구하는 GW~TW 급의 대용량 기저부하를 감당할 수 있는 장기적 탄소 중립 에너지원으로 투자를 병행하는 두 트랙 전략이 유일한 해법이다.

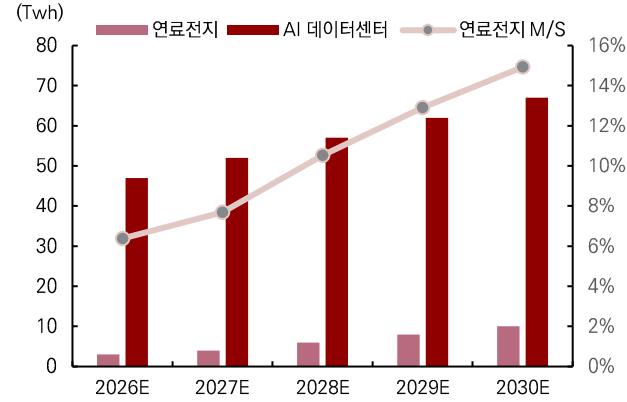
## Key Chart

그림 1. 연도별 신규 연료전지에 따른 전력 생산 기여분(BASE)



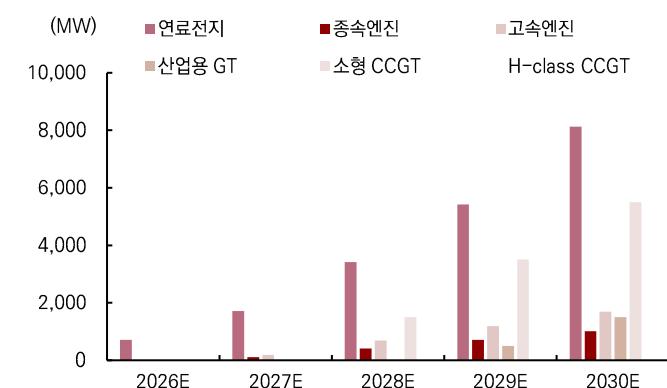
자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 2. 미국 AI 데이터센터 전력 수요 대비 연료전지 M/S 추정(Bull)



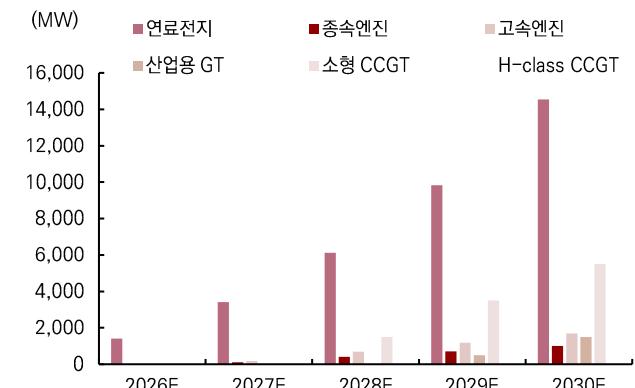
자료: IEA, BNEF, KUVIC 리서치 2팀

그림 3. Base Case: 데이터센터향 On-Site형 ‘확보 가능’ 누적 출력 추정



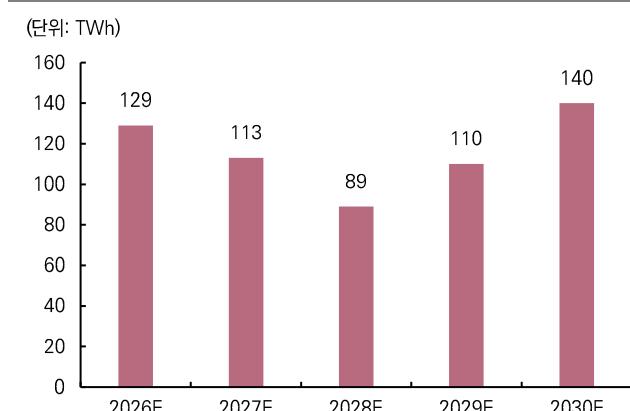
자료: IEA, BNEF, KUVIC 리서치 2팀

그림 4. Bull Case: 데이터센터향 On-Site형 ‘확보 가능’ 누적 출력 추정



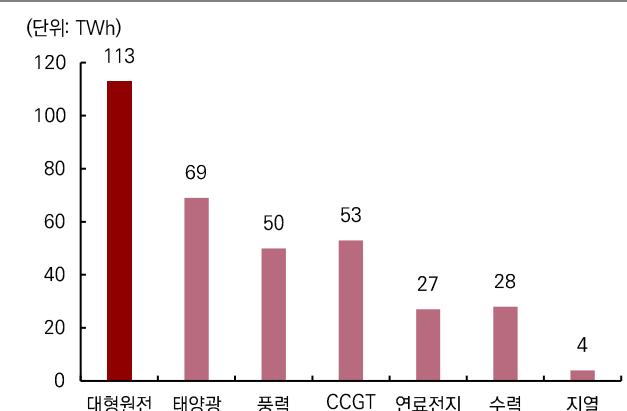
자료: IEA, BNEF, KUVIC 리서치 2팀

그림 5. 연도별 신규 원전에 따른 전력 생산 기여분



자료: IAEA, WNA, KUVIC 리서치 2팀

그림 6. 발전원별 신규 수주(10기) 평균 기반 전력 생산 기여



자료: IAEA, WNA, GWEC, EIA KUVIC 리서치 2팀

# AI가 세상을 지배한다

생성형 AI 확산으로  
학습·추론 수요의  
증가가 이끈 AI  
데이터센터 증설

## AI의 시대가 도래했다

### 어느새 우리 삶에 깊이 스며든 AI

2022년 11월, OpenAI의 ChatGPT가 처음 공개되면서, AI 시장은 급격한 변화를 겪었다. ChatGPT는 출시 5일 만에 사용자 100만 명과 2개월 만에 MAU 1억 명을 달성하며, AI 시장의 경쟁에 신호탄을 쏘았다. 이후 여러 빅테크들은 위기의식을 느껴 구글의 Gemini, 중국의 DeepSeek 등 수많은 생성형 AI가 개발되었으며 지금도 진화하고 있다.

표 3. 생성형 AI의 진화 과정

시기	주요 모델	개발사	핵심 변화
2022.11	GPT-3.5	OpenAI	생성형 AI 대중화의 시작, 2개월 만에 MAU 1억 명 달성
2023.03	GPT-4	OpenAI	추론 능력 비약적 향상, 멀티 모달(이미지 인식) 도입
2023.12	Gemini 1.0	Google	구글의 반격 시작, Native Multimodal 설계
2024.05	GPT-4o / Gemini 1.5	OpenAI / Google	실시간 음성·영상 상호작용, '초거대 컨텍스트' 경쟁
2025.01	DeepSeek-V3 / R1	DeepSeek	'가성비 AI'의 등장으로 시장 충격
2025.11	Gemini 3.0	Google	자율 에이전트 모드 통합, 복잡한 업무 스스로 수행

자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

현대의 AI 데이터센터는 단순히 컴퓨터가 모여 있는 곳이 아니다. 수많은 칩이 썰 새 없이 연산하며, 서로 데이터를 공유하고 학습, 추론하는 공간이다. 또한 발전소와 컴퓨터가 결합된 에너지 독립체가 되고 있다. 이는 데이터센터 전력 소비량의 폭증을 일으켰다. 24년 기준, 일반 서버 랙의 경우 12kW의 전력을 소비하지만, AI 서버 랙은 132kW를 소비한다. 전력 소비량은 해를 거듭할수록 증가하여 26년 기준 196kW, 27년 기준 600kW를 소비할 것으로 전망된다.

이제 AI는 단순한 검색 보조 수단이 아니라 사용자의 프롬프트에 맞게 이미지, 영상, 음성을 생산하는 ‘만능 도구’가 되었다. ChatGPT가 등장한 지 불과 4년이 채 지나지 않았음에도 기하급수적인 기술적 성장이 이뤄졌다. 2023년 GPT-4는 박사 수준의 과학 문제를 24% 정확도로 풀어냈으나, 25년 말 o3 모델은 87%의 정확도를 선보였다.

## 데이터센터는 늘어나고, 칩은 강해진다

AI가 고도화되면서 기업 간 경쟁이 치열해졌고, 이는 더 빠른 학습과 추론을 위한 데이터센터 증설로 이어졌다. 미국 내 운영 중인 데이터센터 수는 약 1,200개이지만, 건설 중인 데이터센터와 계획 중인 것까지 합치면 약 3,100개로 증가할 것으로 보인다. 특히 생성형 AI 확산으로 학습·추론 수요가 동시에 늘면서, 단순 저장 중심이 아닌 GPU·가속기 기반의 고밀도 AI 데이터센터 증설이 빠르게 진행되고 있다. 이는 데이터센터 “개수” 증가뿐 아니라 센터당 전력 소비와 랙 밀도까지 함께 커지는 구조로, 향후 전력 인프라 부담을 더욱 크게 만들 전망이다.

이러한 전력 밀도 상승 추세를 뒷받침하듯, NVIDIA는 2025년 5월, 차세대 AI 팩토리를 위한 800V HVDC 아키텍처를 공식 발표하였다. Blackwell과 같은 초고성능 랙에 전력이 공급될 때는 전력 밀도가 랙당 120kW 이상으로 급증하게 된다. 이러한 고밀도 랙 수천 개가 모인 데이터센터는 가까운 미래에 메가와트를 넘어선 기가와트(GW)급 데이터 클러스터로 확장될 전망이다. 전력 소모 문제를 해결되는 속도보다 전력 수요의

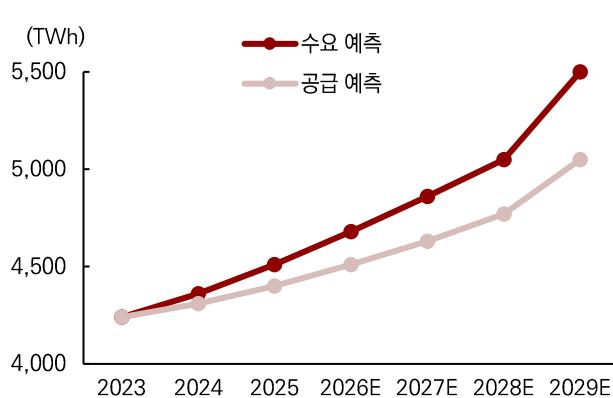
증가폭이 더 클 수도 있다. 전력 공급을 둘러싼 많은 문제를 마주한 현재, 중요한 것은 데이터센터를 증설함으로써 경쟁사들보다 더 똑똑한 AI를 만드는 것이고, 그러기 위해서 필요한 막대한 양의 전력을 문제없이 공급해야 할 수 있는 능력이 곧 경쟁력이 될 것이다.

표 4. 미국 내 주별 데이터센터 수 (개수)

지역	운영 중	건설 중	발표	합계
버지니아	315	120	498	933
텍사스	201	110	363	674
캘리포니아	170	4	32	206
오하이오	100	40	77	217
일리건	96	4	10	110
일리노이	78	11	139	228
아리조나	78	33	117	228
워싱턴	70	4	10	34
조지아	63	38	250	351
아이오와	55	17	38	110
총 합계	1,176	381	1,534	3,091

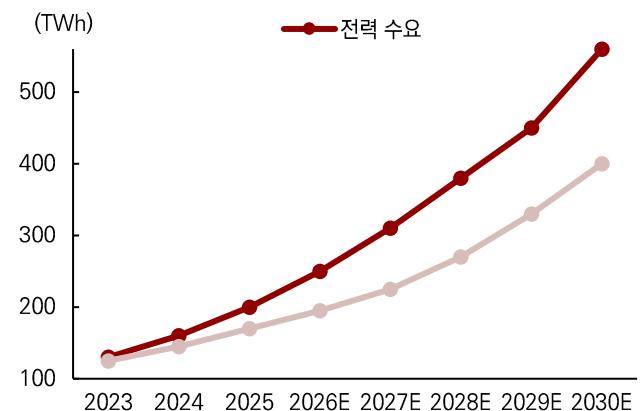
자료: Aterio, KUVIC 리서치 2팀

그림 7. 미국 내 전력 수요·공급



자료: NVIDIA, KUVIC 리서치 2팀

그림 8. 데이터센터 내 전력 수요·공급



자료: Eaton, KUVIC 리서치 2팀

또한 공격적인 데이터센터 증설은 전력 수요 폭증으로 이어지는데 기존의 구글 검색은 0.3Wh를 소비하는 반면, ChatGPT의 경우 9배 이상인 2.9Wh, AI 기능이 통합된 구글 검색은 약 25배인 7.5Wh를 소비한다. 이와 함께 데이터센터의 크기가 커지는 ‘하이퍼스케일러화’도 진행 중이다. ChatGPT와 같은 LLM을 학습시키려면 많은 양의 GPU와 이를 연결할 수 있는 인프라가 필요한데, 하이퍼스케일러가 이를 감당할 수 있기 때문이다.

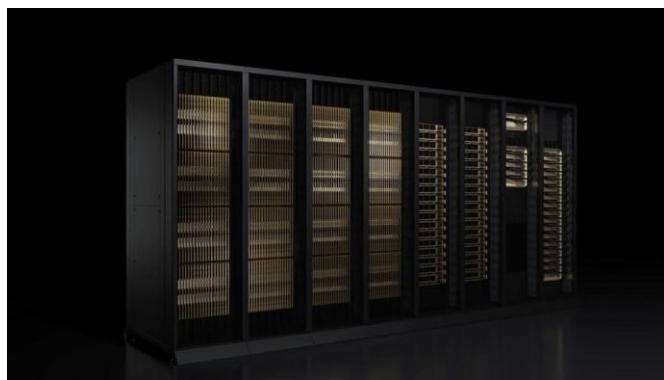
표 5. 기존 데이터센터와 AI 하이퍼스케일러 비교

구분	기존 데이터센터	AI 하이퍼스케일러	변화
단일 캠퍼스 용량	10MW ~ 50MW	500MW ~ 1GW	약 20배 증가
랙 당 전력 밀도	5kW ~ 10kW	70kW ~ 120kW	약 12배 증가
냉각 방식	공랭식	수냉식	냉각 방식의 변화
전력 사용 효율(PUE)	1.5 ~ 1.8	1.1 ~ 1.2	에너지 효율 극대화

자료: KUVIC 리서치 2팀

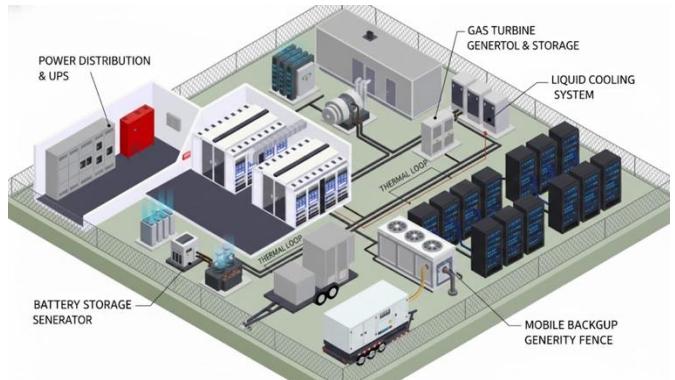
이러한 데이터센터 전력 수요 폭증은 전력망 병목과 맞물려 문제를 야기하고 있다. 미국의 전력망 그리드는 대부분 1970년대 전후로 구축되어 교체 시기가 다가오고 있다. 데이터센터는 1~2년 내로 건설이 가능하지만, 신규 전력망 연결은 승인 절차 등으로 인해 평균 4~7년 소요되며, 기존 전력망 보강, 개량도 3년 이상 소요된다. 이에 미 에너지부에서 환경 심의와 연방 허가를 하나로 통합하여 승인 기한을 최대 2년 안으로 제한하는 등의 연방 규정을 도입하였다. 그러나 그리드 교체를 위한 변압기와 배전 장비 역시 부족한 상황이다. 초고압 변압기의 수요가 폭증하면서 공급이 수요를 따라가지 못하고 있다. 변압기의 리드타임도 3~5년으로 늘어났다. 이처럼 전력 소비자는 기업체의 노력만으로 극복하기 어려운 전력 인프라 상의 문제도 얹혀있기에, 에너지 발전원 도입, 온사이트 방식 등 각종 방안을 세우고 있다.

그림 9. NVIDIA의 차세대 800VDC 서버 랙



자료: NVIDIA, KUVIC 리서치 2팀

그림 10. 현대의 AI 데이터센터 구조도



자료: Eaton, KUVIC 리서치 2팀

데이터센터의 증가와 더불어 그 안의 반도체 칩도 진화하고 있다. 높은 수준의 연산이 요구되면서 반도체 칩의 성능이 고도화되고 있고, 이에 전력 밀도도 높아졌다. 과거 데이터센터는 랙 당 4~10kW의 전력을 소모하였으나, AI 데이터센터는 랙 하나가 132kW를 소모한다. 예컨대, NVIDIA의 NVLink 기술은 72개의 GPU를 하나의 거대한 GPU처럼 통합하여 칩 간 통신 속도를 극대화하고, 빠른 연산을 가능하게 하지만 물리적인 밀집도가 높아져 전력 수요와 발열량이 폭증할 위험도 있다. 현대의 AI 데이터센터는 수많은 칩이 끊임없이 연산하며, 서로 데이터를 공유하고 학습, 추론하는 공간이다. 또한 발전소와 컴퓨터가 결합된 에너지 독립체가 되고 있다. 데이터센터의 하이퍼스케일러화와 칩의 발달이 맞물리면서, 얼마나 많은 전력을 안정적으로 확보하는지가 데이터센터 운영에 큰 영향을 미치게 되었다.

100MW급의 데이터센터는 웬만한 도시의 전체 전력 소비량과 맞먹는다. 또한 24시간 끊임없이 공급되어야 하며, 기업들은 탄소 규제를 충족하기 위하여 탄소 중립에 기여할 수 있는 전력이 필요하다. 그러나 현재의 전력 공급 방식은 몇 가지 문제가 있다.

첫 번째는 안정성 문제이다. 수많은 GPU가 함께 연산을 수행할 때 랙의 전력 부하는 크게 변동한다. 전력망은 수요와 공급이 일치하여 안정적으로 주파수가 유지되어야 하는데, 순간 큰 부하가 작용하면 전력망의 안정성이 큰 위협이 될 수 있다.

두 번째는 송전 과정에서 전력 손실이 큰 것이다. AI 데이터센터의 서버는 DC(직류)를 사용하는데, 우리가 흔히 쓰는 것은 AC(교류)이다. 따라서 AC를 DC로 바꿔야 하는데 이 변압 과정에서 약 5~15%의 열 손실이 발생한다. NVIDIA의 800VDC 아키텍처는 800V의 고전압 직류를 이용하여 이러한 전력 손실을 최소화할 수 있다. 그러나 이는 기존 54V 기반의 인프라를 800VDC에 맞게 교체해야 하며, 고전압 특성상 큰 사고가 발생할 수 있다는 단점이 존재한다.

표 6. 기존 서버랙과 800VDC 아키텍처 비교

구분	기존 서버랙	800VDC 아키텍처
배전 전압	54VDC	800VDC
랙 당 전력 밀도	kW 수준 (Hopper: 40kW)	MW 수준 (Rubin: 최대 1,000kW)
전력 변환 방식	랙 단위 분산 변환	중앙 집중식 변환
핵심 전력 기기	철심 변압기, UPS, PDU, PSU	반도체 변압기(SST), BESS, 커패시터
에너지 효율	다단계 변환으로 단계별 2~10% 손실 누적	중간 단계 생략으로 전력 효율 약 5% 개선
구리 사용량	1GW AI 팩토리 기준 50만 톤 이상 필요	전류 감소로 구리 사용량 45% 절감

자료: KUVIC 리서치 2팀

## 전력 먹고 자라는 AI

AI와 데이터센터가 촉발한 전력 소모, 2030년까지 수요가 2배 급증하는 구조적 성장 국면

이러한 상황이 전력 쇼티지를 발생시킨 이유는 명확하다. 갑작스럽게 미국의 일반 전기 소비가 늘어난 것이 아니라, 데이터센터가 폭발적으로 증가했고 데이터센터의 서버를 가동하는 데 들어가는 전력량도 증가하고 있기 때문인 것이다. 실제로 100MW급 데이터센터가 사용하는 전력량은 우리나라 가정 약 3만 가구 이상이 동시에 사용하는 전력량과 맞먹는다. 또한 추론 과정에서는 더 많은 전력을 소비하게 되는데 전력을 소비하면서 학습하고, 추론하는 AI가 더 고도화되고, 안정적으로 운영되기 위해서는 안정적이고 방대한 양의 전력 공급이 선행되어야 한다. AI의 학습 과정에서는 지속적인 부하가 걸리고, 추론 과정에서는 프롬프트 입력 시 간헐적으로 스파이크가 발생하면서 전력 수요의 변동성에도 대응할 수 있어야 한다.

IEA의 기준 시나리오에 따르면 2030년 세계 데이터센터 전력 소비는 945TWh로 전망된다. 이는 24년 소비량보다 두 배 이상 증가한 것이다. 24년부터 30년까지 연평균 약 15%의 증가세를 보이는데, 이는 4배 전체 전력 소비 증가율보다 4배 이상 빠른 속도로 데이터센터의 전력 수요가 얼마나 빠르게 급증하는지를 보여준다. 전 세계 데이터센터의 전력 소비 비중은 24년 1.5%에서 2030년 약 10%로 증가할 것으로 전망된다.

표 7. 세계 데이터센터 총 전력 소비량(TWh)

지역	2020	2023	2024	2030
북미	112	158	187	434
라틴 아메리카	1.5	1.5	1.7	3.3
유럽	57	66	68	113
아프리카	1.1	1.3	1.4	2.9
중동	1.1	1.3	1.5	3
중국	62	84	102	277
아시아(중국 제외)	31	44	48	101
전 세계	269	361	416	946

자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

## 문제는 하나가 아니다

전력 쇼티지 극복을 위해서 태양광·풍력과 같은 재생에너지, 가스터빈, SMR, 원자력 등 다양한 대안이 논의되고 있으나, 한시라도 빨리 전력 공급 문제를 해결해야 하는 기업들에게는 요원한 방안이다. 태양광의 경우, 트럼프 행정부의 정책 기조에 따라 보조금 폐지 이슈가 있었고 에너지를 생산해낸다고 해도 미국 내 전력망 노후화 문제, 송전 인프라 부족 문제, 주민들과의 갈등 등 많은 이해관계가 얹혀 있다. 또한 가스터빈과 SMR은 수요가 급증하는 반면 핵심 공급사가 제한돼 생산·인허가·공급망 증설이 이를 따라가지 못하면서 수주잔고가 누적되고, 그 결과 대표 업체 기준 리드타임이 장기화되는 병목이 나타나고 있다. 현재 대부분의 발전 유형에서 ‘연계 요청 – 상업 운전’까지 걸리는 기간이 5년으로

늘어난 상황이다. 기업 입장에서는 5년을 기다릴 수는 없다. 에너지원 확보만큼 중요한 것은 송전망의 확충인데, 이 역시 녹록지 않다. 송전망 확충은 수년에서 수십 년이 소요되는 장기 프로젝트이기 때문이다. 산타클라라의 100MW 규모 데이터센터는 완공되었으나, 전력망 포화로 인해 가동되지 않고 있다. 데이터센터 증설의 속도를 발전소와 송전망 확충 속도가 따라가지 못하고 있는 것이다.

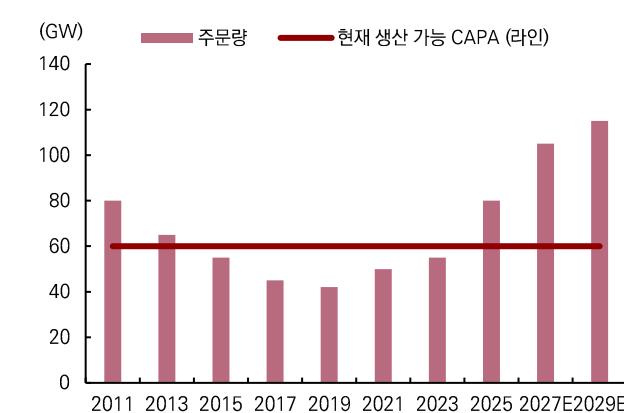
표 8. 최근 미국 태양광 관련 정책

법안	세제 혜택 항목	주요 정책
OBBA	48E ITC (상업용)	발전소 건설 비용(투자금)의 30% 세액공제 조건부 유예 후 2028년 전면 종료
OBBA	25D ITC (주택용)	개인이 주택에 태양광 설치 시 설치비용 30% 세금 공제 2026년 폐지
OBBA	45Y PTC (상업용)	전기 1kWh 당 약 38원 수익 지원 2028년 폐지

자료: 미 재무부, KUVIC 리서치 2팀

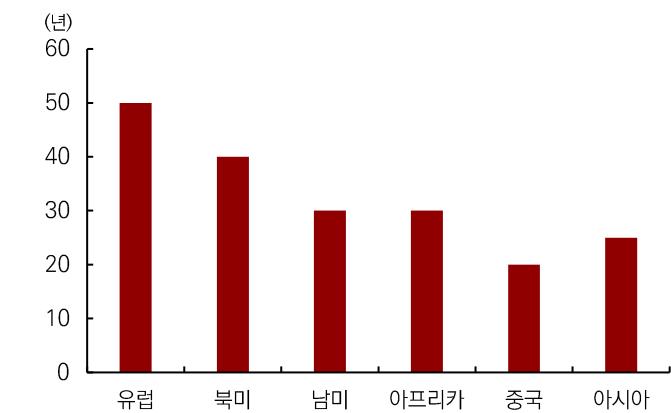
데이터센터 증설과 맞물려 미국 내 전력 인프라의 문제도 심각하다. 정부 정책으로 인하여 새 발전소가 지어지는 것보다 빠르게 노후 발전소가 문을 닫고 있다. 전력 수요가 높은 폭염, 한파 때는 전력망 용량 한계치까지 도달할 우려가 있어 순환 정전까지 고려하고 있다. 미국의 연간 전력 소비량은 24년 약 4,110TWh, 25년 약 4,198TWh로 매년 증가하는 추세이다.

그림 11. 2025년 이후 대형 가스터빈 병목 심화 상태



자료: Gas Turbine World, KUVIC 리서치 2팀

그림 12. 전력망 평균 노후화 정도



자료: Nexans, KUVIC 리서치 2팀

이러한 상황은 전기요금 증가로 이어졌고, 특히 데이터센터 밀집 지역의 전기요금은 급증하고 있다. 소비자들은 AI 데이터센터가 자체적으로 전력을 공급하거나 수요가 급증하면 데이터센터별 전력 공급을 중단하는 규제안을 촉구하고 있다. 주 정부의 환경 정책이 기존의 석탄, 화력 발전소의 폐쇄를 가속화하고 있어서 정책과 실무의 엇갈린 상황이 문제 해결을 더욱 어렵게 만들고 있다. 뉴저지 주지사 당선인인 미키 셰릴은 공공요금을 낮추기 위해 취임 첫날 비상사태를 선포하겠다고 하였으며, 펜실베이니아, 버지니아, 메릴랜드의 주지사는 전력 공급 업체인 PJM을 이용하지 않겠다며 위협하고 있다. 정치적 혹은 정책적인 문제가 전력 쇼티지 문제를 심화시키고 있는 것이다. 마이크로소프트는 최근 AI 모델에 전력을 공급하는 미국 내 모든 데이터센터에서 더 높은 공공요금을 지불하겠다고 약속할 만큼, 당장 비용을 많이 지출하더라도 안정적인 전력 공급이 중요한 상황이다.

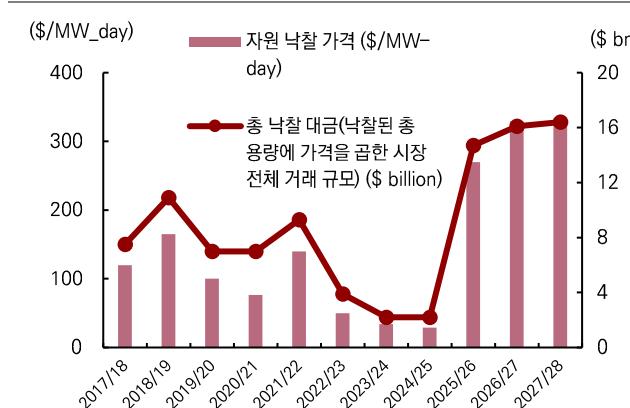
표 9. 데이터센터 밀집 지역의 전기요금 변화

지역	데이터센터 개수 순위	전기요금 증가율(YoY)	비고
Virginia	1st	+13%	PJM, 최고밀도
Texas	2nd	+4%	EROCT, 400개 이상의 데이터센터
California	3rd	+1%	Tech hubs, 재생에너지 비중 높음
Illinois	상위권	+16%	PJM, 급격한 수요 증가
Ohio	상위권	+12%	PJM, Capa 비용 급증

자료:EIA, KUVIC 리서치 2팀

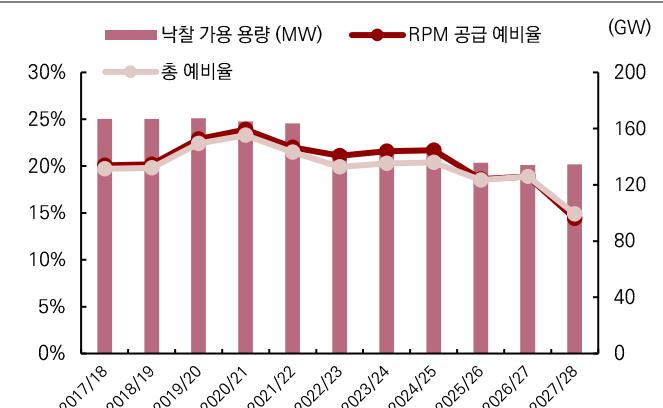
특히 PJM의 전기요금 급등은 “데이터센터 밀집 지역의 전력 병목이 이미 가격으로 전가되기 시작했다”라는 가장 명확한 신호이다. 실제로 PJM의 용량 시장 경매 결과를 보면, 2024년 대비 2025년 가격이 **약 800%대** 급등하며 전력 조달 비용이 구조적으로 점프했고, 이는 AI·클라우드 데이터센터 수요가 집중된 버지니아 등 핵심 구역에서 특히 민감하게 나타났다. 이 같은 가격 급등 국면에서 트럼프 행정부는 PJM을 향해 “**긴급 전력 경매**” 필요성을 공개적으로 압박하며, 데이터센터 전력수요가 초래한 비용을 일반 소비자에게 전가하지 않도록 빅테크가 신규 전원 투자 부담을 더 지도록 하는 방향을 꺼내 들었다. 결국 PJM에서 벌어지는 요금 상승은 “언젠가 전력망이 해결해주겠지”라는 기대를 무너뜨리고, 데이터센터가 몰리는 지역일수록 **전력 공급 지연·계통 혼잡·용량 가격 상승이 동시 발생하면서 ‘확장 가능한 전력’이 곧 경쟁력이 되는 구간에 진입했음을 의미한다.**

그림 13. PJM 용량시장 자원 낙찰가격 및 총 낙찰대금 추이



자료: PJM 2027/2028 base residual auction report., KUVIC 리서치 2팀

그림 14. PJM 용량시장 낙찰 가용용량 및 예비율

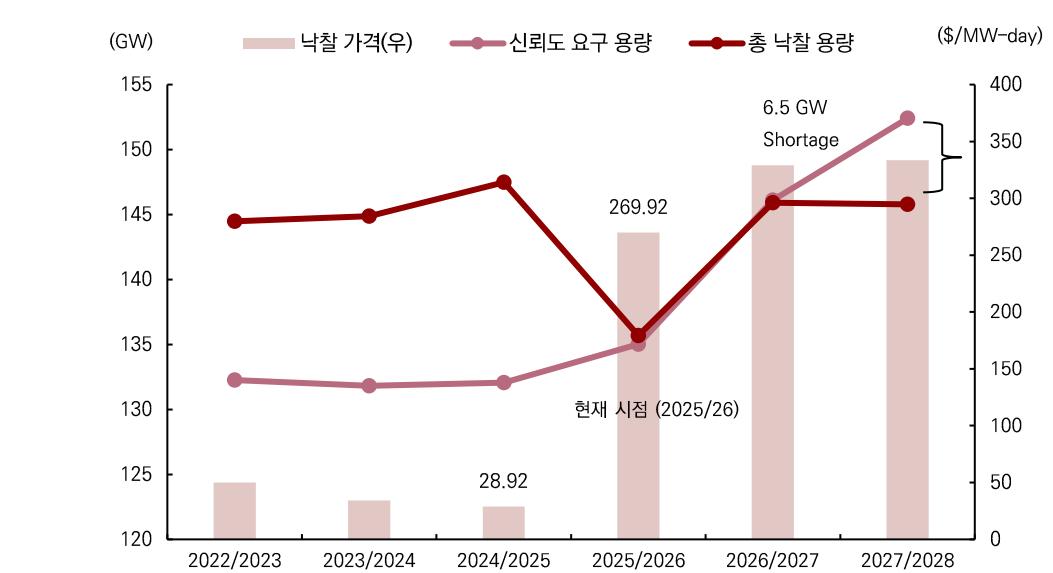


자료: PJM 2027/2028 base residual auction report., KUVIC 리서치 2팀

즉, 지금처럼 용량 가격이 급등하고 정책까지 ‘긴급조달’ 카드를 꺼내 드는 국면은 데이터센터 증설이 가능한 지역 전력을 선점할 수 있는 골든타임이 얼마 남지 않았다는 경고이며, 향후에는 전력 접근성이 곧 부지 가치와 CAPEX 효율을 가르는 핵심 변수로 재평가될 가능성이 높다. 이러한 구조적 병목이 실제 시장에서 어느 정도의 공급 부족으로 나타나는지는 PJM RTO 용량시장의 낙찰가격과 낙찰 용량 변화에서 가장 직접적으로 확인된다.

PJM RTO 용량시장에서 2025/2026년 까지만 해도 신뢰도 기준을 근소하게 충족하며 낙찰 가격이 \$269.92/MW-day(UCAP) 수준에서 형성되었으나, 이후 데이터센터 중심의 수요증가 속도가 공급 증설을 앞지르면서 예비력이 빠르게 축소되었고, 2027/2028년에는 **요구 용량 대비 약 6.5GW 의 부족이 발생하며 낙찰 가격이 \$333.44/MW-day 의 가격 상한(cap)에 도달했다**. PJM의 인도 연도는 매년 6월 1일에 시작해 이듬해 5월 31일에 종료되므로, 현재 PJM의 수급 위치는 2025/2026 인도 연도 구간에 해당한다. 이 구간에서는 용량시장(BRA) 기준으로 조달 용량이 신뢰도 요구치를 처음으로 **근소하게 상회하며**, 수요 대비 공급이 타이트하지만 일시적으로 초과한 국면으로 해석된다. 이는 PJM이 단순한 가격 상승 국면을 넘어, 공급 부족이 상한가격에 의해 제도적으로 눌려 있는 구조적 타이트닝 구간에 진입했음을 시사하며, 전력 접근성이 곧 데이터센터 CAPEX 효율과 부지 경쟁력을 좌우하는 핵심 변수로 재평가될 가능성이 높다.

그림 15. PJM RTO 전력 수급 병목에 따른 용량 가격 전이 및 상한 도달 현상



자료: PJM 2027/2028 base residual auction report, KUVIC 리서치 2팀

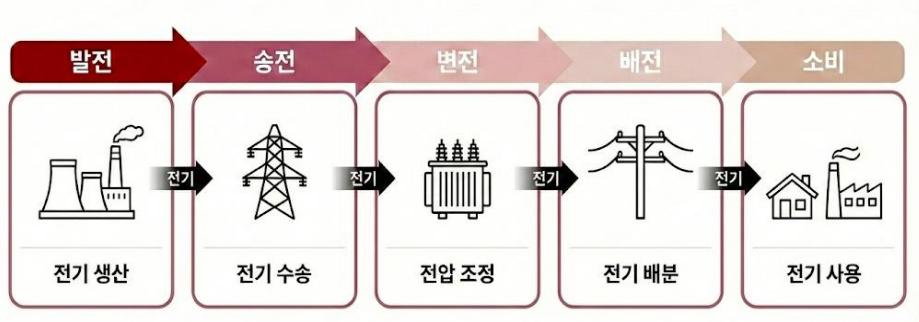
## 교체가 시급한 전력망

### 늙고 낡은 전력망과 전력기기

#### 전력은 이렇게 만들어집니다

앞서 본 바와 같이 AI 데이터센터 증설에 따라 급증하고 있는 전기 수요를 감당하기 위한 전력 시장을 더 깊이 이해하기 위해서는 전력이 어떻게 만들어지고 사용되는지 이해해야 한다. 전력 산업은 전기가 생산되어 최종 이용자가 전기를 소비하기까지의 과정으로, 발전, 송전, 변전, 배전 그리고 최종 수요(소비)로 이루어진다.

그림 16. 전력 밸류체인



자료: KUVIC 리서치 2팀

발전 단계는 원자력, 석탄·화력, 신재생에너지 등의 발전을 통해 전기를 만드는 과정이다. 여러 발전 방식을 통해 생산된 전기는 변전소로 수송되는 송전 단계를 거치게 된다. 이 과정에서 최종 소비 단계에서

우리가 소비할 수 있는 전압으로 변환해주는 변전소를 거친다. 변전소는 역할에 따라 전압을 낮추는 강압 변압소, 전력 손실 방지를 위해 전압을 올리는 승압 변전소로 나뉜다. 변전소를 거친 후 전기는 배전 단계를 거쳐 최종 수요처까지 간다. 배전은 154kV 변전소에서 최종 소비자까지의 과정을 의미하며 산업용, 상업용 그리고 주택용 등의 분야에서 최종 소비된다.

최근 다양한 발전원에서 전력이 생산되고 있는데, 해당 벤류체인에서 가장 중요한 포인트는 전력 손실을 최소화하여 최종 소비처까지 전달해야 한다는 점이다. 이를 위해서는 전력망 전체에서 인프라를 확충하는 것이 중요하다. 전 세계적으로 전력 회사들은 지난 10년간 전력망에 1조 달러 이상을 투자했지만, 전력 공급의 안정성은 크게 개선되지 않았다. 미국 샌프란시스코에서는 매주 두 차례씩 대규모 정전이 발생하며 노후화된 전력 인프라의 한계를 마주하고 있다.

표 10. 전력망 구성 인프라 사용 단계

항목	역할	발전	송전	변전	배전	소비
발전기	기계 에너지 → 전기					
전동기	전기 → 기계 에너지					
변압기	전압 변화					
정류기	교류 → 직류					
인버터	직류 → 교류					
케이블	전기 수송					

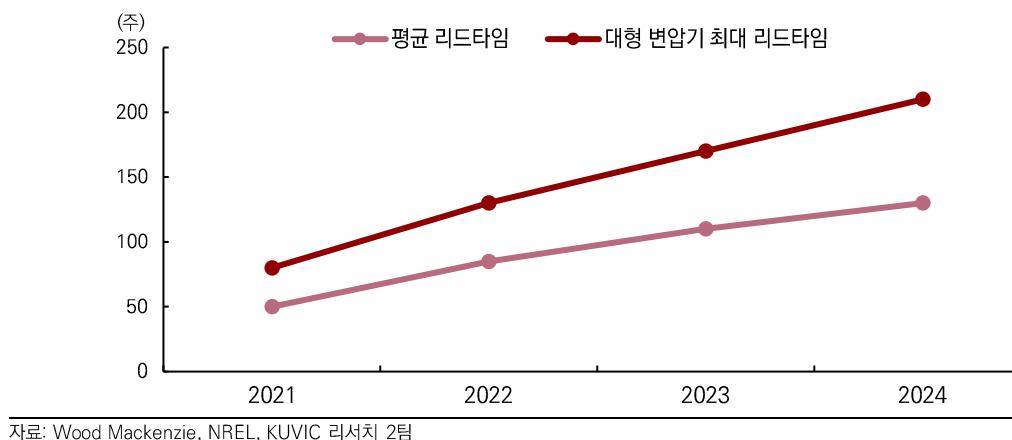
자료: KPMG, KUVIC 리서치 2팀

이러한 인프라를 구성하기 위해서는 전자기기와 전선이 필요하다. 전선은 단계별로 서로 다른 전압의 케이블이 필요하며 설치 장소와 최종 수요 산업에 따라 구분될 수 있다. 다음으로 전자기기는 회전기와 정지기로 나누어 볼 수 있다. 회전기는 전기적 시스템과 기계적 시스템 사이에서 상호 에너지를 변환시키는 전기기기로 발전기와 전동기 등이 이에 속한다. 발전기는 기계 에너지를 전기로 변환하여 발전 단계에서 사용되고, 전동기는 전기를 기계 에너지로 변환하는 전기기기로 발전 단계부터 배전 단계까지 전력망 전반적으로 사용된다. 다음으로 정지기는 전기적 시스템 간의 상호 변환을 지원하는 기기로 변압기, 정류기, 인버터 등이 이에 속한다. 정류기는 교류를 직류로, 인버터는 직류를 교류로 변화할 때 사용되는 기기이다. 변압기는 전력의 전압을 변화시키는 기기로 송전~배전 단계에서 주로 사용된다. 전력의 전압을 높여 전력 손실에 대비하거나, 최종 수요처 근방에서 전압을 낮춰 최종 수요처에서 사용 가능하도록 만들어준다.

## 이미 골든타임을 넘어섰다

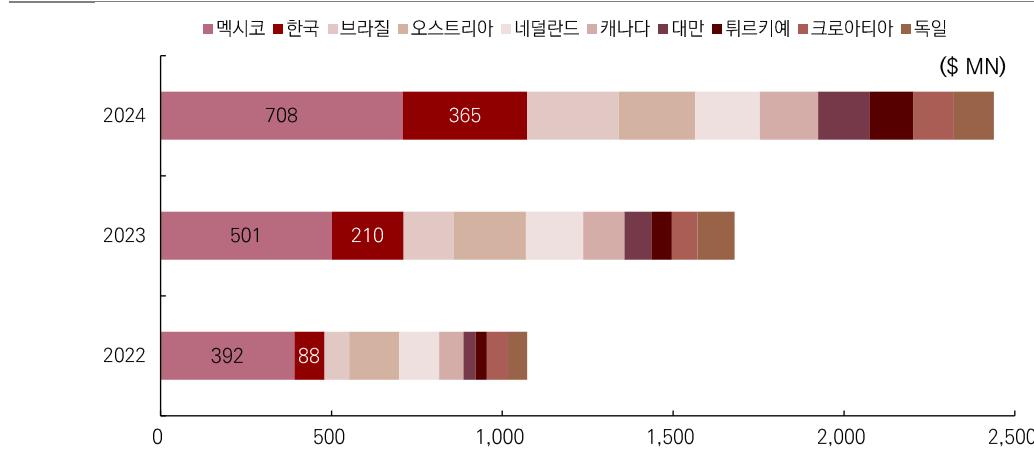
대규모 전력 수요처가 증가하고 재생에너지의 확대에 따라 전력 수급의 불안정성이 높아지고 있다. 노후화된 송·배전망은 그리드 안정성 강화와 회복을 위해 구식 전선과 변압기 등을 최신 전력기기로 교체하고 노후 전력망 교체를 위한 대규모 투자가 지속되어야 하는 상황이다. 2021년 변압기의 평균 리드타임은 50주였지만 **수급 불균형과 재고가 소진되며 2024년 평균 리드타임은 130주까지 증가했다**. 대형 변압기는 최대 210주, 약 4년까지 증가하며 변압기 하나를 위해서 올림픽 한 번을 기다려야 하는 지경에 이르렀다. 변압기 쇼티지 현상은 2022년부터 본격적으로 심화되어 가면 갈수록 필요한 고사양 변압기를 이제 구하기 힘든 지경인 것이다.

그림 17. 북미향 변압기 리드타임 추이



길어진 리드타임에도 불구하고 미국은 변압기에 대한 수요를 줄일 수 없다. 그 중에서도 국내 대표적인 3사인 HD현대일렉트릭, 효성중공업, LS ELECTRIC의 변압기는 전 세계적으로도 품귀 현상이다. 미국의 변압기 수입에 있어서 한국은 점유율 2위를 차지하고 있다. 2024년 기준 멕시코발 변압기 수입 규모는 7억 8백만 달러, 한국발 수입 규모는 3억 6,500억 달러로 미국은 매년 변압기 수입을 늘리고 있다. 한국의 점유율은 2022년 7.2%에서 2024년 12.5%로 2025년 4월에는 17.9%까지 점유율을 늘리면서 미국에 대한 영향력을 높이고 있다. 이러한 **가파른 점유율 상승세는 일시적 호황을 넘어, 국내 변압기 산업이 장기적인 '슈퍼 사이클'에 진입했음을 보여준다.** 이에 따라 압도적인 기술력을 보유한 국내 3사의 실적 고공행진은 미국 전력망 교체 수요와 맞물려 당분간 지속될 것이다.

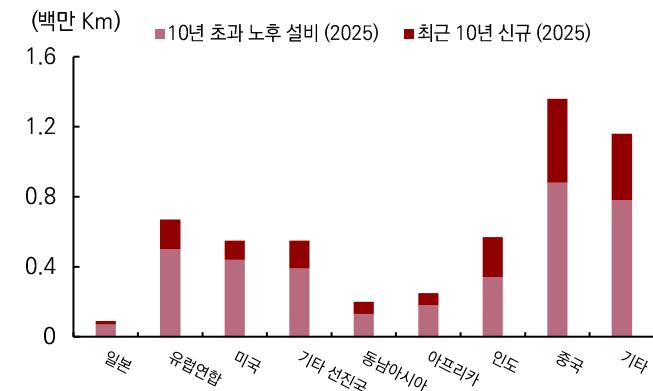
그림 18. 미국 대형 변압기(10,000kVA) 수입 금액 현황 (백만 USD)



전력 수요 증가 및 에너지 전환 기조에 따른 전력망 인프라 투자 확대로 24년 미국의 대형 변압기(HS Code 8504.23 기준) 수입 규모는 전년 대비 54.1% 증가한 것으로 나타났다. 주요 수입국은 멕시코, 한국, 브라질 등이며, 24년 한국으로부터의 변압기 수입 규모는 3억 6546만 달러로 전년 대비 74.1% 증가했다. 이는 전체 수입액의 12.5%로 수입국 중 2위를 기록했다.

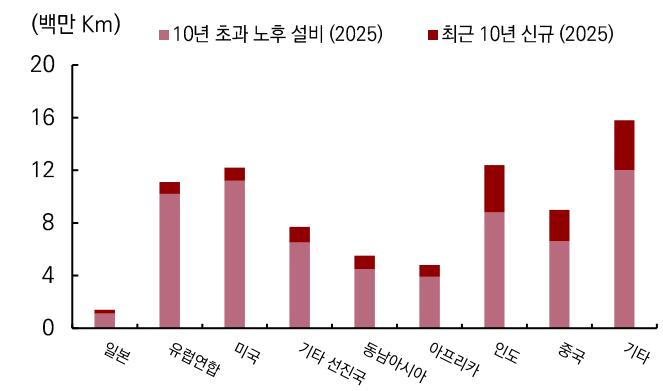
동일 기간 중 스웨덴으로부터의 수입은 무려 900% 증가하며 수입국 중 가장 두드러진 성장을 보였으며, 중국으로부터의 수입도 관세 및 무역 이슈에도 불구하고 130.2% 증가한 것으로 나타났다. 23년 한국의 점유율은 11.1%에서 25년 4월 17.9%까지 상승하며 국내 기업들의 공격적인 시장 참여 확대와 공급 부족 현상을 살펴볼 수 있다.

그림 19. 국가 및 나이별 전력 송전 연장 추정치 (2025)



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 20. 국가 및 나이별 전력 배전 연장 추정치 (2025)



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

이러한 **공급 부족 사태의 원인은 전력망의 노후화**이다. 위의 그래프는 2021년 IEA의 데이터를 기반으로 2025년 세계 국가별, 나이별 송·배전망의 길이를 추정한 것이다. 각 국에서 송·배전망의 구성을 보면, 10년 초과 노후 설비가 최소 60% 이상을 차지하며, 최근 10년 이내 설비된 신규 송배전망은 전체 중 일부임을 알 수 있다. 따라서 전력망 설비의 노후화는 글로벌 전반적으로 악화되고 있는 상황이다.

미국의 송배전망 중 1970년~80년대에 구축되어 평균 수명 70년을 넘긴 그리드는 전체의 30%, 25년 이상 노후화된 그리드는 전체의 70%에 달할 정도로 심각한 상황이다. Brattle에 따르면 이렇게 50~80년이 지나 노후화된 전력망 인프라를 교체하기 위해 연간 약 100억 달러의 송전 투자가 필요한 상황이다. 또한 유럽의 경우는 미국보다도 심하다. 유럽의 송배전망은 평균 45~50년으로 세계에서 가장 오래된 수준이다.

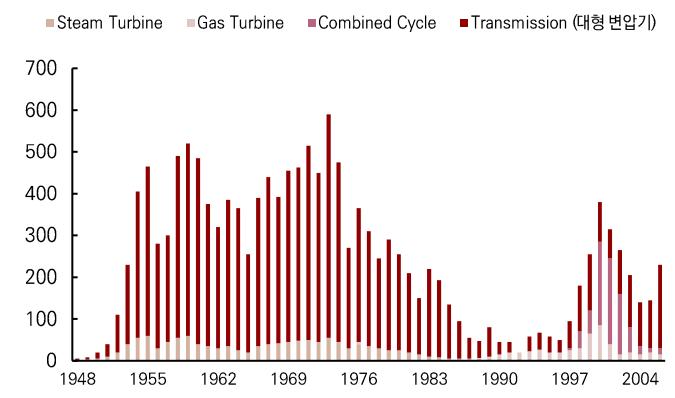
미국의 경우 전력망의 70%가 노후화된 상태로, 이는 기상 이변과 함께 미국의 정전 발생의 원인이 되고 있다. 최근 기후변화로 인해 발생하는 대규모 자연재해는 복구가 필요한 전력망을 증가시키고 있다. 실제 미국 내에서 발생한 정전 건수와 그 규모는 갈수록 증가하고 있는 추세이다. 미국에서 1분 이상 정전이 지속된 건수는 2014년까지 평균 2,600건에서 2015년부터는 평균 약 7,500건으로 약 288% 증가하며 2024년까지도 증가 추세가 유지되고 있는 모습이다.

그림 21. 연도별 미국 내 정전 발생 건수



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 22. 미국의 연간 설치된 대형 변압기 추이(대수)



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

[그림 22]에 따르면, 미국 내 대형 변압기가 1950년도에서 1970년도경 대량으로 설치가 되었고, 그 이후에는 노후화가 진행되고 있는 모습을 확인할 수 있다.

표 11. 미국 전력망 구성 요소의 노후화 정도

구성	총 단위	평균 사용 연수	의도 수명 대비 노후화 비율
전력 변압기	55,000	25~40	15 %
전송 선로	70,000 마일	30~50	20 %
변전소	5,500	30~40	25 %

자료: World Journal of Advanced Research and Revies, KUVIC 리서치 2 팀

표 12. 글로벌 전력망 설치 시기 타임라인

지역	주요 구축 시기	구축 배경
미국	1950~1970	산업화, 냉전기 인프라 확장
유럽	1960~1980	전후 재건
중국	2000~2010	산업 고도화

자료: U.S. DOE, European Commission, CKGSB, KUVIC 리서치 2 팀

또한 미국은 PJM과 ERCOT 등 권역별로 전력 공급을 관리하고 있는데, 이 중에서도 특히 전력 부족으로 인해 정전 혹은 부족한 전력 공급의 위험을 안고 있는 지역이 두드러진다. 아래의 지도는 발전소가 폐쇄될 시, 2030년 권역별 LOLH (Loss of Load Hour, 연간 전력 수요를 충족하지 못하는 시간)과 NUSE (Normalized Unserved Energy, 연간 전력 수요 중 실제로 공급되지 못한 에너지량)의 추정치이다 즉, LOLH는 정전이 얼마나 자주·얼마나 오래 발생하는지 빈도를 나타내는 지표이고, NUSE는 정전이 발생했을 때 실제로 충족되지 못하는 전력 수요의 양이다. 즉 LOLH, NUSE 두 지표를 통해 미래 2030년 기준 전력 쇼트지가 발생할 시 미국 내 전력 공급에서 특히 취약한 지역을 알 수 있다.

LOLH와 NUSE를 각각 수치상으로 확인하기 위하여 그래프를 살펴보면, 정전 발생 시 전력이 가장 오래 부족할 지역은 SPP North (중부), 가장 많은 양의 전력이 부족할 지역은 ERCOT (텍사스)이 눈에 띈다. 즉 중부 지역과 텍사스 지역에서 전력 공급 여유가 부족하고, 정전이 발생할 시 전력이 끊기는 시간이 길어서 정전의 리스크가 높은 것이다.

이처럼 미국 전 지역에 걸쳐 구조적인 전력 부족 문제가 발생하고 있는 와중에, 텍사스 지역과 북부 지역에서 전력 관련 리스크가 더욱 위험이 높은 것으로 분석한 결과가 나왔다. 또한 이로 미루어 보면, 텍사스 및 북부 지역에서 그만큼 전력망이 노후화되었고, 이를 해결하기 위한 전반적인 구조적 교체와 발전이 필요하다는 것을 유추해 볼 수 있다.

그림 23. 미국 지역별 연간 평균 LOLH

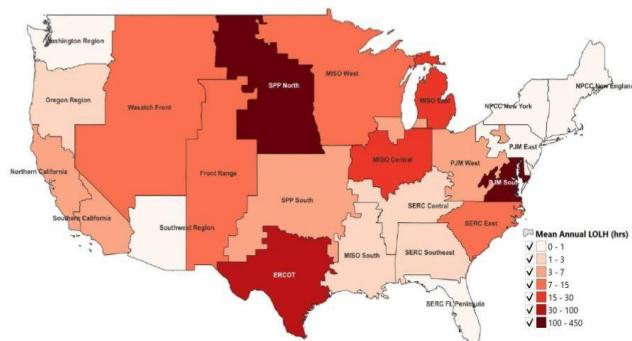
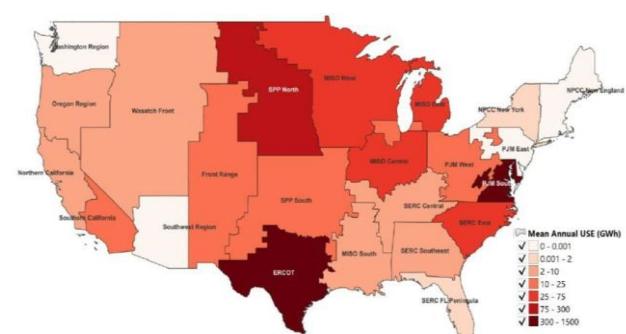


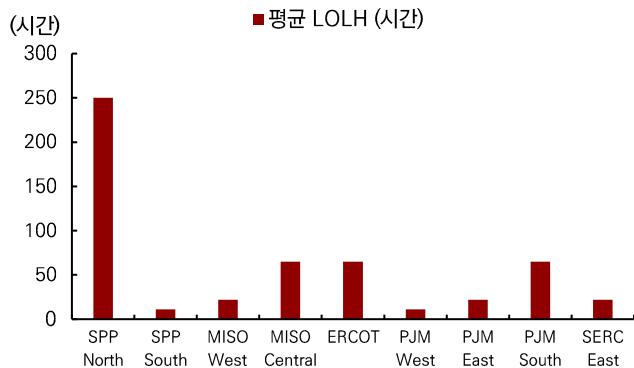
그림 24. 미국 지역별 연간 평균 NUSE



자료: U.S. DOE, KUVIC 리서치 2 팀

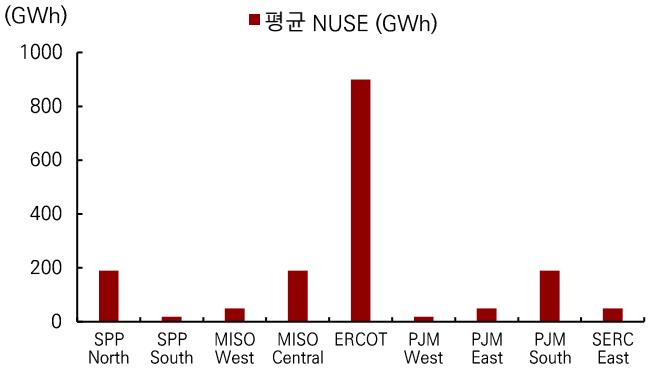
자료: U.S. DOE, KUVIC 리서치 2 팀

그림 25. 미국 지역별 연간 평균 LOLH



자료: Nexus, KUVIC 리서치 2팀

그림 26. 미국 지역별 연간 평균 NUSE



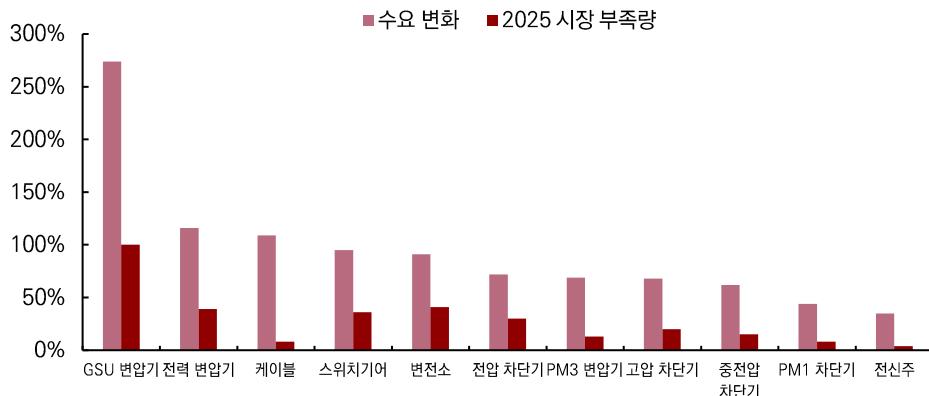
자료: Nexus, KUVIC 리서치 2팀

유럽 또한 2025년 4월에 스페인과 포르투갈 전역에서 약 18시간 동안 역사상 최악의 대정전이 발생하기도 했다. 사고의 원인은 노후한 전력망과 태양광 발전의 간헐성으로 보고 있다. EU 집행위원회는 노후화된 전력망을 위해 2030년까지 5,840억 유로 규모의 투자가 필요하다고 밝히며 전체의 40%에 해당하는 노후화된 전력망 설비를 개선하고자 하는 움직임을 보이고 있다.

## 전력에 목마른 미국

지금까지 보았듯이, AI 슈퍼 사이클에 따른 데이터센터 증설은 정체되어 있던 미국의 전력 수요를 새로운 국면으로 이끌고 있다. 지난 10 여 년간 완만한 흐름을 보였던 전력 수요는 AI 인프라 확충과 더불어 전력기기 및 전력망의 노후화로 상향 곡선을 그리고 있다. 앞서 살펴본 막대한 전력 수요를 적기에 충족하기 위해서는 전력 공급의 핵심 매개체인 전력기기 및 유틸리티 산업의 동반 성장이 필수적이며, 이는 단기적 유행을 넘어선 구조적인 공급 확대 사이클로 이어질 것으로 보인다.

그림 27. 2019 대비 2025 전력기기 수요 변화, 2025년 전력기기 시장 부족량



자료: Wood Mackenzie, KUVIC 리서치 2팀

이러한 전력기기에 대한 수요 확대는 특정 전력기기에 국한된 것은 아니다. 위의 그래프를 보면 GSU 변압기와 전력 변압기를 비롯한 변압기를 선두로 하여 스위치기어와 케이블까지 전력기기 전반적으로, 2019년 대비 2025년 수요가 최소 35%에서 274%까지 급증한 것을 볼 수 있다. 수요량의 증가에 따라

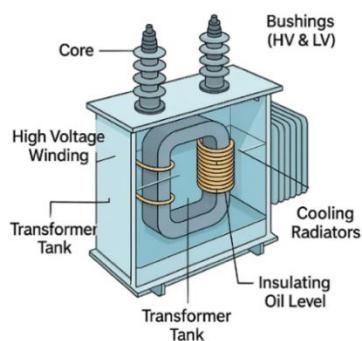
2025년 전력기기 시장에서의 부족량도 변압기를 중점적으로 높은 수치이다. 이처럼 북미에서는 근 6년 사이 전력기기의 수요가 최소 30% 이상 증가하여 시장의 공급 부족 사태가 발생하고 있다.

## 변압기가 핵심이야!

이처럼 전력 공급의 중간 매개체인 ‘변압기’가 가장 높은 수요를 이끌고 있다. 이러한 데에는 급격한 전력을 생산하기 위해 변압기의 성능을 높이는 것이 가장 적합한 해결책이기 때문이다. 전력은 “ $P = V \times I$  (전압 × 전류)”로 정의되지만, 전류( $I$ )를 증가시키는 방식에는 물리적, 경제적 한계가 존재한다. 전류가 증가할수록 송전 손실( $I^2R$  Loss)이 급격히 커지고, 케이블·설비의 열적 한계에 직면하기 때문이다. 따라서 대규모 전력을 효율적으로 전달하기 위해서는 전압( $V$ )을 높이는 방식이 효율적이다.

예를 들어 송전 전압과 손실 간 식에 따라 전압을 2배 높이면, 송전손실은 1/4로 줄어들 만큼 고전압이 효율적이다. 이 과정에서 고전압, 초고압 변압기가 전력 인프라를 위해 필요한 것이고, 전력 손실을 최소화하기 위한 맥락에서 초고압 직류송전인 HVDC도 중요성이 두드러진다.

그림 28. 변압기 구조



자료: Enwei Electric, KUVIC 리서치 2팀

그림 29. Pole-mounted 배전 변압기



자료: Hitachi Energy, KUVIC 리서치 2팀

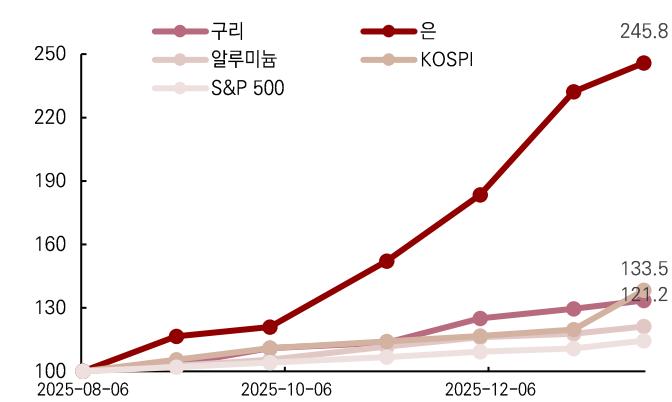
## 전도성 광물 가격 상승을 막을 수가 없어

고전압 송전망 구축과 변전 설비 확충이 곧 구리·알루미늄 등 도체 기반 자재 투입의 증가로 직결된다는 점을 주목할 필요가 있다. 즉, AI 데이터센터 전력 수요가 확대될수록 계통은 더 높은 전압 체계와 더 많은 변전 용량을 요구받지만, 동시에 원자재 가격 상승과 공급망 병목이 맞물리며 전력망 확장 = 더 큰 비용과 더 긴 납기”라는 구조적 제약이 강화되는 흐름이다

특히 최근 1년간 구리·알루미늄은 가격이 강하게 상승하며 전력 인프라 밸류체인 전반의 원가 압력이 확대되는 국면이다. 실제로 구리는 AI 데이터센터 및 전력망 투자 확대 기대 속에 **최근 1년간 약 40% 상승하며** 가격이 사상 최고치(톤당 13,000달러 상회) 수준까지 치솟았다. 2025년 하반기에 반도체 호황에 힘입어 역사적인 상승률을 보여준 KOSPI가 약 3~40% 수준 상승하였음에도 불구하고, 구리와 알루미늄 역시 유사한 수준의 상승률을 기록하며 전력 인프라 원가 부담이 확대되는 흐름을 확인할 수 있다. 전도성이 가장 우수한 금속인 은은 8월 지수 기준으로만 하여도 150%가량 상승하며, 전기·에너지 밸류체인의 원자재 가격 변동성이 한층 심화되는 국면을 확인할 수 있다.

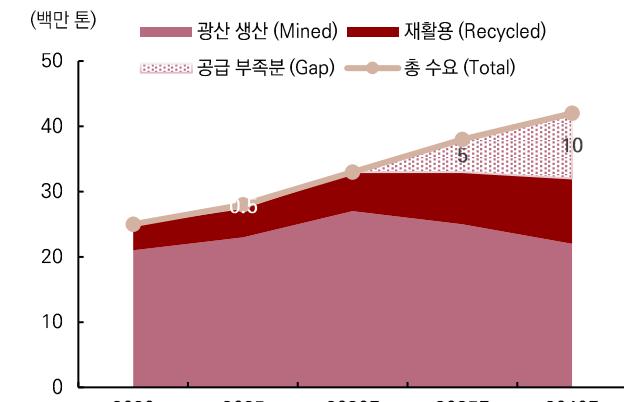
특히 구리는 수요 증가가 “단기 사이클”이 아니라 구조적이라는 점이 핵심인데, S&P Global은 전기화·AI·방산 수요가 맞물리며 글로벌 구리 수요가 2025년 2,800만 톤에서 2040년 4,200만 톤으로 약 50% 증가하는 반면, 공급은 이를 따라가지 못해 2040년 수요 대비 약 1,000만 톤 부족(공급 캡 24%)이 발생할 수 있다고 경고하고 있다. 이는 신규 광산 개발의 장기 리드타임과 품위 저하 등으로 공급 탄력성이 제한적임을 시사하는 대목이다.

그림 30. 원자재 시장 및 지수 추이



자료: Investing, KUVIC 리서치 2팀

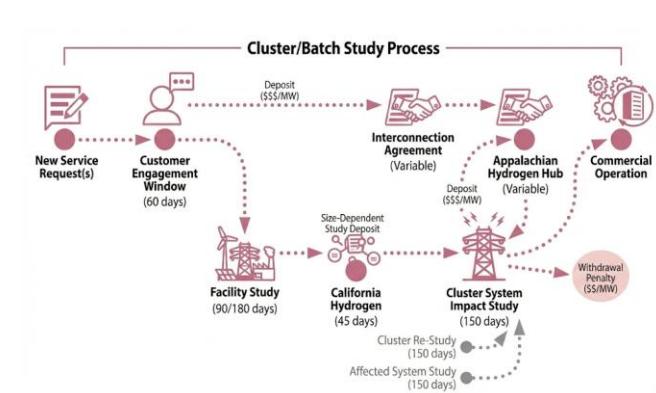
그림 31. 구리 공급 쇼티지에 따른 캡 전망



자료: S&amp;P Global, KUVIC 리서치 2팀

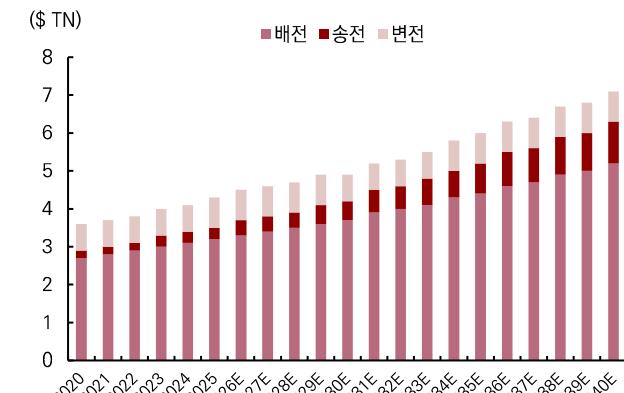
이러한 원자재 환경은 송전망 및 변전 설비의 단가 상승 압력으로 직결된다. 송전·변전 설비는 케이블·변압기·차단기·스위치기어 등 구리 및 알루미늄 투입 강도가 높은 품목들로 구성되며, 전력망 확장 자체가 구리 수요를 추가로 자극하는 구조이기 때문이다. 결과적으로 전력 인프라 증설은 ‘비용 증가 + 납기 장기화’가 동시에 나타날 가능성이 높고, 이는 전력 확보의 적시성을 요구하는 수요처 입장에서 계통 기반 증설의 불확실성을 키우는 요인으로 작용한다. 또한 초고압 변압기 등 병목 품목은 수급 타이트가 지속될 경우 CAPEX 부담이 확대될 수밖에 없는 구조다.

그림 32. 전력기기 리드타임 흐름



자료: BERKELEY LAB, KUVIC 리서치 2팀

그림 33. 전력기기 부문별 송배전 구리 수요 전망



자료: S&amp;P Global, KUVIC 리서치 2팀

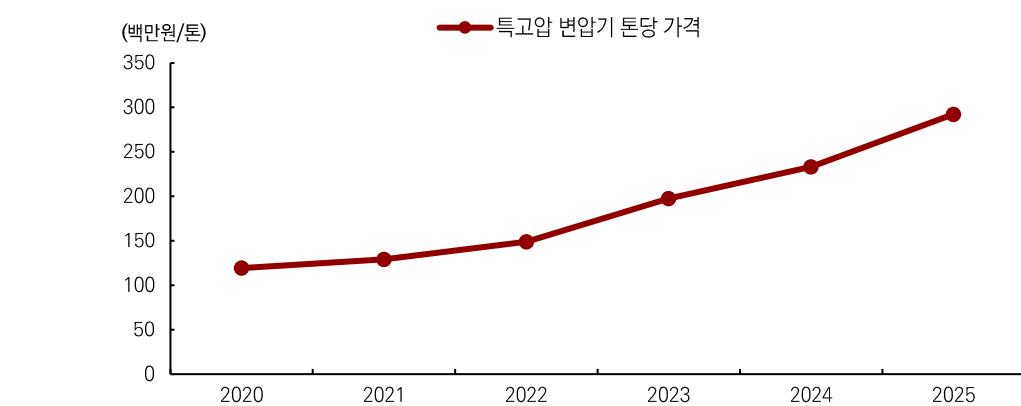
## 변압기 병목 현상

이와 같이 높은 수요에도 불구하고 미국의 변압기 수입 의존도는 거의 80%에 달한다. 앞서 변압기의 중요성에 대해 살펴보았듯이, 미국 내 변압기 생산 증가에도 불구하고, 3년 이상의 변압기 리드타임과 여전한 공급 부족으로 미국 내 전력수요 및 전력망 투자 확대에 따른 변압기 수요를 충족하기에는 모자란 상황이다. 2025년 4분기 미국 DOE의 미 연방에너지규제위원회(FERC) 향 20MW 초과 대형 부하의 계통 연계 절차 신속·체계화 지시 등을 고려하면, 공급 부족이 심한 초고압·고압 전력기기를 미리 확보하기 위한 발주가 기존 예상보다 빨라질 것이다. 이에 따라 2026년부터 미국 내의 변압기 CAPEX 증설이 이루어질 예정이지만, 산업 특성상 까다로운 기준치를 만족하면서 보수적인 증설량 하에 수요 증가를 따라가는 버거울 것이다.

이처럼 **변압기가 ‘공급 부족 + 수요 증가’인 상황에서 ‘가격의 상승’**은 예상되는 바이다. 따라서 변압기의 가격 추이를 확인하여 변압기 시장의 미래 성장성을 확인하고자 한다. 특히 한국 전력 기업의 변압기 시장에서의 역할이 기대되는 상황이므로 한국 변압기의 가격을 보고자 한다. 다만, 변압기는 주문 생산형 산업체로, 표준 가격이 없다. 따라서 수출입 데이터를 기반으로 한국 변압기 수출 단가를 역산하여 추정하였다.

한국 수출입무역통계의 10,000kVA 이상 특고압 변압기 수출액을 바탕으로 역산한 연도별 변압기 단가는 아래 그래프와 같다. **특고압 변압기 수출 단가는 2020년 약 24억 원에서 2025년 약 58억 원으로 2 배 이상 급격하게 증가했음을 알 수 있다.** 이는 노후화된 전력망 교체 수요를 소수의 공급자만이 담당하는 공급자 우위 시장이 형성되었기 때문이다. 또한 물량 증가에 따라 **トン당 가격은 2020년 1.19억 원에서 2025년 2.92억 원까지 상승**하여, 공급자 우위 시장에서 기기의 기본적인 가격 자체가 상승하는 추세임을 알 수 있다. 따라서 변압기 제조 기업들이 AI 데이터센터, HVDC, 송배전 CAPEX 사이클의 수혜를 받아 향후 변압기 시장도 성장세가 이어질 것으로 전망한다.

그림 34. 특고압 변압기 가격 추정치



자료: 한국수출입무역통계, KUVIC 리서치 2팀

표 13. 변압기 종류별 특성 비교

구분	100 MVA 변압기	800kV UHVDC 변환용 변압기
전압 등급	220 kV	800 kV DC / 500 kV AC
절연	고급 유입지	다중 초고순도 합성 소재
테스트	표준 충격/내열 테스트	고강도 부분 방전, 비주기적 개폐 충격 테스트
가격 추정치	최대 \$700,000	\$5,000,000 이상

자료: Elecbase, KUVIC 리서치 2팀

시장에서 가장 주목되는 것은 특고압 변압기보다 큰 용량의 초고압 변압기이다. 초고압 변압기 중에서도 가장 비싼 변압기는 GSU(발전용 승압) 변압기와 초고압 직류 송전(UHVDC) 변압기이다. 따라서 위의 표에서 100 MVA의 초고압 변압기와 800kV UHVDC 변압기의 주요 특성을 비교해 본 결과, UHVDC 변압기의 가격이 역시나 더 높게 형성될 것으로 추정된다.

## 그래서 미국은 전력에 투자한다

미국의 전력망 투자 규모와 전망치를 기준으로 하여 EEI(Edison Electric Institute, 미국 전력산업 협회)에 따르면, AI 데이터센터에 따른 수요, 산업의 확장 등으로 인해 전력 산업에 대한 자본 지출은 전년 대비 2025년에 16% 증가하고, 2029년까지 매년 1.7%씩 증가할 전망이다. 이미 2025년에 투자가 늘어났으나, 전력망에 대한 수요에 따라 투자 규모의 증가도 증장기적으로 늘어날 것을 알 수 있다.

미국의 전력망 노후화, 이에 따른 급격한 변압기 수요, 그리고 이를 위한 전력에 대한 자본의 투자는 증가하는 것이다. 미국 전력망 산업은 향후 10년간 대규모 자본 투자가 집중되는 산업이 대규모 투자되는 추세가 유지될 것으로 보인다. 유틸리티 기업들의 CAPEX 계획이 보여주는 규모와 지속 기간은 전력망 투자가 더 이상 단기적 현상이 아닌 것을 보여준다. 이는 변압기 및 전력 기자재만이 아니라 이를 가동할 에너지를 전달하는 발전원에 대한 장기적이고 지속적인 수요로 이어지게 될 것이다.

그림 35. 미국 유틸리티 산업 자본 지출 추이



자료: EEI, KUVIC 리서치 2팀

이처럼 글로벌 전력 기업들은 노후화된 송·배전망을 위해 CAPEX 투자를 늘리고 있으며, 그 중에서도 가장 핵심인 변압기와 전선에 대한 수요가 증가하고 있다. 이 외에 새로운 전력망 수요 증가 등으로 글로벌 송배전 인프라 투자는 지속적으로 증가할 전망이다.

### 우리는 답을 찾을 것이다. 늘 그랬듯이

결국 전력 쇼티지 상황에서 AI 선두주자가 되기 위해서는 ‘전력 자급자족’이 필요하다. 마이크로소프트처럼 전기 요금에 프리미엄을 지불할 수는 있으나, 결국 고도화되는 데이터센터를 가동하려면 기업 자체적으로 발전원을 통해 공급하는 것이 비용면에서 효율적일 것이다. 중장기적으로는 SMR, 원자력 등이 대안으로 제시되고 있으나, SMR은 2030년이 되어야 상용화 가능하며, 원전은 이보다 더 오랜 기간이 소요된다. 따라서 지금 당장 직면한 전력 쇼티지 문제 해결을 위해 기업들은 다양한 시도를 하고 있다.

그림 36. VoltaGrid의 이동식 발전기



자료: VoltaGrid, KUVIC 리서치 2팀

그림 37. 멤피스에 위치한 xAI 데이터센터



자료: CNBC, KUVIC 리서치 2팀

머스크의 xAI는 거대한 발전소를 짓는 대신, VoltaGrid로부터 수십 대의 발전기 트럭을 대여 후 연결하여 100MW 이상의 전력을 확보했다. 인프라 구축에 소요되는 시간이 매우 길기 때문에 xAI는 트럭을 이용하여 직접 전기를 생산하고, 바로 소비하는 방식을 이용했다. 지난 11월 머스크는 멤피스 데이터센터 인근에 태양광 발전소를 짓겠다고 발표하며 ‘태양광 + 가스터빈’의 조합으로 단기적인 전력 쇼티지에 대응하고 있다. 당장 가능한 가스터빈을 통해 많은 양의 전력을 공급하며, 태양광으로 이를 보조한다는 것이다. 또한 ESS를 통한 ‘테슬라 메가팩’을 통해 전력 품질을 유지하고 있다. 머스크는 궁극적으로 ‘전력 자급자족’을 목표로 하고 있는 셈이다.

표 14. 일론 머스크의 전력 쇼티지 대응 방안

구분	솔루션	역할 및 기능	전략적 의도
단기/주력	가스터빈 트럭	수십 대의 트럭을 연결한 100MW 이상의 On-site 발전	그리고 연결에 소요되는 시간 필요 없이 데이터센터 즉시 가동
장기/보조	태양광 발전	친환경 보조 전원	가스터빈 연료비 절감 및 재생에너지 사용
전력 품질	테슬라 메가팩(ESS)	가스터빈과 태양광의 출력 변동성 조절, 일정한 전력 품질 유지	대규모 클러스터 가동에 적합한 전압과 주파수 안정성 확보
최종 목표	전력 자급자족	외부 그리드에 의존하지 않는 독립형 마이크로그리드	전력 쇼티지 리스크 제거

자료: KUVIC 리서치 2 팀

## 기타 발전원

### 풍력 : 바람 계속 불 수 있어?

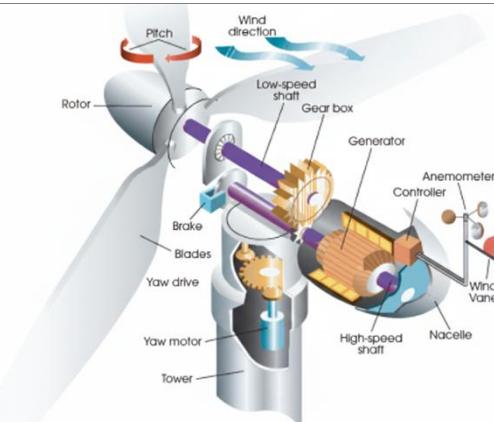
#### 전기 가져오기엔 너무나도 멀다

AI 데이터센터발 전력 수요 폭증은 전력의 효율적인 이용보다, 전력 그 자체의 확보에 집중하도록 만들었다. 24시간 중단 없는 전력 공급을 위해 원자력, 가스 발전 등이 기저 부하로 주목받고 있으나, 빅테크 기업들의 RE100 달성을 목표와 탄소 중립에 대한 규제는 재생에너지인 풍력의 확대를 강제하고 있다. 특히 해상 풍력은 육상 풍력에 비해 높은 이용률과 대형화 가능성이 있어 핵심 에너지 공급원으로 부상하고 있다.

풍력 산업에 참여하는 플레이어는 크게 디벨로퍼, 터빈 제조사, 부품 제조사로 나뉜다. 디벨로퍼는 입지 분석, 및허가 및 자금 조달 등 풍력 단지 건설을 총괄하는 역할을 한다. 디벨로퍼가 사업권을 확보하면, 터빈 제조사는 블레이드를 포함한 핵심 시스템을 공급하고, 타워 제조사와 협업하여 풍력 발전기를 구축한다. 부품 제조 단계에서는 블레이드가 바람의 운동에너지를 회전력으로 변환하는 주요한 역할을 하고, 내부 증속기는 이러한 저속 회전을 발전에 최적화된 고속 회전으로 증속시킨다.

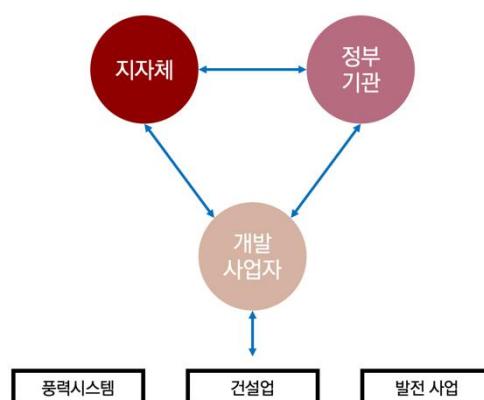
각 단계의 플레이어들은 최근 해상 풍력의 확산과 터빈 대형화라는 트렌드에 맞춰 긴밀한 협력 관계를 구축하고 있다. 현재 풍력 터빈 대표 3사(GE Vernova, Vestas, Siemens Gamensa)의 주력 모델은 6MW급이며, 계속해서 대형화되면서 전력 생산 규모는 더 커질 것으로 전망된다.

그림 38. 풍력 발전기 구조도



자료: 한국풍력산업협회, KUVIC 리서치 2팀

그림 39. 풍력산업 생태계 구조도



자료: 한국풍력산업협회, KUVIC 리서치 2팀

풍력 발전의 경우, 사업의 시작부터 가동까지 3년 이상의 시간이 소요된다. 미국의 경우 사업 인허가에 있어서 육상 풍력 발전의 경우 통상 3~5년, 해상 풍력 발전의 경우 9년 이상까지 소요될 가능성이 있는 것으로 나타났다. 최근 전력 소티지 문제가 심화되면서 트럼프 행정부는 국가 에너지 비상사태를 선언하였고, 행정명령을 통해 풍력 발전의 환경 영향 평가 기간을 2년 이내로 단축하려는 등 풍력 발전 사업에 소요되는 기간을 대폭 줄일 수 있도록 힘을 쓰고 있다. 그러나 지난 12월, 국가 안보 위험을 이유로 건설 중인 해상 풍력발전소 사업을 갑작스럽게 중단시킨 바 있다. 이에 풍력 프로젝트 관련 기업들은 법원에 가처분 신청을 하였으며, 26년 1월 법원 판결에 따라 건설이 재개되었다.

풍력 터빈 시장 대표 3사의 2025년 이후 공급 계약 내용을 살펴보면, 전 세계적인(중국 제외) 공급 계약 규모가 약 19GW 규모에 달한다. 풍력 시장 규모에서 세계 2위인 미국은 현재 해상 풍력 프로젝트

5개, 육상 풍력 프로젝트 4개 등 계속해서 풍력 발전원 확보를 위해 노력하고 있다. 25년 말 미국의 누적 풍력 발전 용량은 약 160GW에 달할 것으로 전망된다. 그러나 미국의 주요 풍력 프로젝트 규모를 다 합쳐도 약 13GW에 불과하다. 또한 복잡한 송전망 연결 절차, 전력망 노후화 문제 등 송전의 측면에서 불확실성이 존재하는 상황이다. 24년 말 기준 미국 전역에서 송전망 연결을 기다리는 대기 전력 용량은 약 2.6TW에 달하며, 이중 약 1TW 이상이 풍력과 태양광인 것으로 나타났다.

표 15. 미국의 주요 풍력 발전 프로젝트

프로젝트명	관련 기업	규모(MW)	현황
Coastal Virginia Offshore Wind (CVOW)	Dominion Energy, Siemens Gamesa	2,600	미국 최대 규모, 2026년 1월 법원 판결로 건설 재개, 첫 터빈 설치 시작
Revolution Wind	Ørsted, Eversource	704	로드아일랜드·코네티컷주 공급용, 2026년 가동 목표로 건설 중
Empire Wind (1&2)	Equinor	2,100	뉴욕 인근 해상, 최근 연방 법원 승인으로 사업 연속성 확보
South Fork Wind	Ørsted, Eversource	132	미국 최초의 상업용 해상 풍력 단지(완공 및 가동 중)
Vineyard Wind 1	Avangrid, Copenhagen Infrastructure Partners	806	매사추세츠 해상, 미국 내 대규모 해상 풍력의 선구적 프로젝트
SunZia Wind	Pattern Energy	3,500	뉴멕시코주 소재, 서반구 최대 규모의 단일 육상 풍력 프로젝트로 건설 중
Traverse Wind Energy Center	Invenergy, GE Vernova	998	오클라호마주 소재, 단일 단계로 건설된 미국 최대 육상 단지 중 하나
Western Spirit Wind	Pattern Energy, GE Vernova	1,050	뉴멕시코주 소재, 4개의 단지로 구성된 대형 복합 프로젝트
Alta Wind Energy Center	Terra-Gen Power	1,548	캘리포니아주 소재, 오랜 기간 미국 최대 육상 풍력 단지 타이틀 유지

자료: KUVIC 리서치 2팀

풍력 시장에서는 1위인 중국이 압도적인 점유율을 차지하고 있다. 25년 전 세계 설치된 풍력 발전기 중 65% 이상이 중국 제조업체에 의해 공급되었으며, 중국은 '제15차 5개년 계획' 기간 동안 매년 최소 120GW의 신규 풍력 용량을 추가할 계획이다. 계획대로라면 2030년까지 총 1.3TW의 누적 풍력 용량을 확보할 수 있다. 또한 국가적 차원에서 초고압 직류 송전망을 전국적으로 설치하면서 방대한 풍력 발전 전력을 동부 도시권까지 송전하여 소비할 수 있도록 인프라를 확충하고 있다. 2위인 미국과 압도적인 누적 풍력 용량과 인프라 확충 속도의 차이를 보여주며 풍력 시장의 1위 지위를 공고히 하고 있다.

이처럼 중국을 제외한 지역에서는 풍력 발전의 규모 자체가 데이터센터발 수요를 충족시키기는 어려운 상황이며, 풍력 발전원을 효율적으로 사용하기 위해서는 노후화 그리드 교체 및 설비 증설이 선행되어야 하는 상황이다. 또한 25년 풍력 터빈 주요 3사의 공급 계약 내용을 살펴보았을 때, 각 계약에 따라 한 시점에 모든 제품이 공급되는 것이 아니라, 공급 시점이 상이하다는 점에서 풍력을 통한 안정적인 전력 공급 증가는 어려울 수 있다.

풍력은 탄소 중립이라는 당위성에도 불구하고, AI 데이터센터발 전력 수요를 충족시킬 즉각적이고 안정적인 전력원으로서는 한계가 있다. 시간과 비용이 많이 투입되는 발전원임에도 기상 조건, 전력망과의 시너지, 저장장치 등 고려해야 할 요소가 많다. 공급 시점이 불투명하고 송전망 확충이 선행되어야 하는 풍력은 데이터센터 향 발전원으로서 단기, 장기적으로 리스크가 존재하는 상황이다.

## 석탄

전 세계적으로 '사장 산업'으로 치부되던 석탄 발전이 AI 데이터센터발 전력 쇼티지에 힘입어 극적인 반전 국면을 맞이하고 있다. 그 징후는 전력 시장 가격에서 가장 먼저 포착된다. 미국 PJM의 2025/2026년 용량 시장 경매 가격이 전년 대비 833% 폭등한 \$269.92/MW-day를 기록한 데 이어, 2026/2027

년 경매에서는 사상 최고치인 \$329.17/MW-day까지 치솟았다. 이는 빅테크와 전력 시장이 비용을 불문하고 24시간 안정적으로 가동되는 기저부하 확보를 위해 사투를 벌이고 있음을 시사한다. 천연가스의 가격 변동성과 파이프라인 인프라의 만성적 병목 현상 또한, 이미 연료 공급망과 발전 설비가 완비된 석탄 발전소를 '가장 저렴하고 즉시 가용한 에너지원'으로 재평가하게 만든 핵심 요인이다.

표 16. 트럼프 행정부 석탄 부흥 정책

시기	기관	주요 정책	비고
25.04	백악관 부활 시행	행정명령(EO) 14261호 발동: 아름다운 청정 석탄 산업의 석탄을 국가 안보 및 경제 안보의 필수 자산으로 규정, 규제 철폐 지시	
25.05	EPA	'발전소 탄소 배출 규제' 공식 폐기	기존 석탄 발전소에 대한 고비용 CCS(탄소포집) 설치 의무화 조항 삭제
25.12	DOE	긴급 가동 명령 발동	폐쇄 예정이던 17GW 규모 석탄 발전소 강제 존치 확정
26.01	DOE	국가석탄위원회 재발족 및 1차 회의	바이든 정부 때 해산된 자문기구를 부활시켜, 석탄의 전략적 비축 및 AI 전력 공급원 활용 방안 확정
26.01	DOE	석탄 발전 현대화 기금 5.25억 달러 집행	수명 연장 및 성능 개선을 위한 예산 투입 개시

자료: DOE, White House Briefing, KUVIC 리서치 2팀

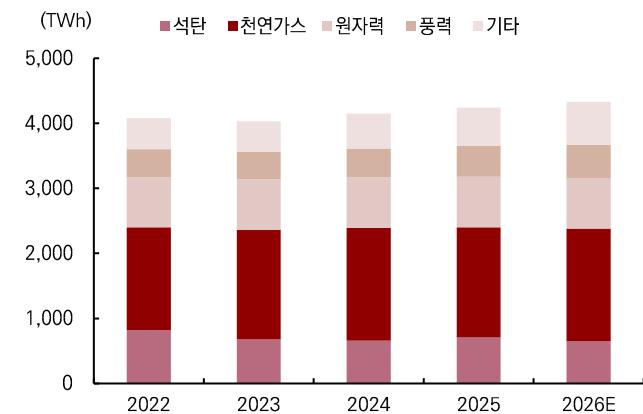
이러한 시장의 상황에 트럼프 행정부는 강력한 행정 명령으로 화답했다. 미국 에너지부(DOE)는 2025년 하반기, 전력망 신뢰성 위기를 근거로 연방전력법(Federal Power Act) 202조(c)항을 전격 발동했다. 이를 통해 워싱턴주 Centralia, 인디애나주 Schahfer 등 폐쇄 예정이었던 총 17GW 규모의 석탄 발전소에 대해 강제 가동 명령을 내렸으며, 이는 바이든 행정부의 관리된 퇴출 기조를 정면으로 뒤집은 조치다. 이어 2026년 1월, DOE 크리스 라이트 장관은 노후 석탄 화력의 수명 연장(LTO)과 성능 개선을 위해 5억 2,500만 달러(약 7,350억 원)의 예산을 배정했다. 해당 자금은 노후 보일러 교체, 터빈 효율화, 가스 혼소 개조 등에 투입되어 석탄을 현역 발전원으로 복귀시키는 데 사용될 예정이다.

DOE가 긴급 명령으로 보존한 17GW는 단순한 설비 용량이 아니다. 이는 2025년 미국 데이터센터 전력 소비의 판도를 좌우할 막대한 규모다. 가동률 65%를 가정할 때, 17GW의 석탄 발전소는 연간 약 96.8 TWh의 전력을 생산할 수 있다. 이는 2025년 미국 전체 데이터센터 전력 소비량의 약 40%를 훌로 감당할 수 있는 양이다. 만약 이를 태양광으로 대체하려면 석탄 설비의 3.2배에 달하는 55.2GW의 설비와 여의도 수백 배 면적, 천문학적인 ESS 비용이 요구된다. 풍력 발전 역시 31.5GW의 설비가 필요하며 인허가 및 송전망 건설에 최소 5년 이상이 소요된다. 원전으로 대체하려 해도 대형 원전(APR1400 급) 8~9기가 필요하며, 건설에 10년 이상 소요되는 특성상 당장의 전력난 해소에는 기여할 수 없다.

석탄 발전의 부활은 광산의 채굴 데이터에서도 확인할 수 있다. 미국 최대 석탄 기업인 피바디 에너지와 Core Natural Resources의 2025년 분기별 실적 및 가이던스는 전력사들의 다급한 전력 수요 현황을 보다 긴밀하게 내포하고 있다. 2024년까지 평균 70% 초반에 머물던 미국 내 주요 탄광(PRB 등) 가동률은 2025년 3분기 들어 85%를 상회했을 뿐만 아니라, 피바디 에너지의 2025년 3분기 미국 내 발전 용 석탄 출하량은 전년 동기 대비 15% 증가한 약 2,450만 톤을 기록했다. 동사의 4분기 가이던스는 계절적 성수기와 데이터센터 수요가 맞물려 2,600만 톤 이상을 제시하고 있다. 이는 단순한 한파 대비가 아닌, 전력사들이 2026년 이후의 장기 공급 계약을 서둘러 체결하고 있음을 시사한다.

그럼에도 불구하고 석탄 발전의 부흥은 단발성에 그칠 가능성이 크다. 현재 미국 석탄 발전소의 평균 선령은 45년을 초과한 상태로, 수명을 연장하더라도 급증하는 유지 보수 비용 탓에 결국 가스 발전이나 원전 대비 가격 경쟁력을 상실하게 될 것이다. 또한 트럼프 행정부가 내부 규제를 완화했다 하더라도, EU의 탄소 국경 조정 제도(CBAM)와 글로벌 공급망의 탈탄소 압박은 여전하다. RE100을 달성해야 하는 빅테크 기업들에게 석탄 전력은 전력망 붕괴를 막기 위한 고육지책일 뿐, 장기적인 파트너가 될 수 없다. 결국 현재의 석탄 부활은 SMR 등 차세대 무탄소 전원이 상용화되기 전까지의 에너지 공백을 메우기 위한 '시한부'로서의 역할에 국한될 것으로 전망된다.

그림 40. 미국 발전원별 전력 생산량 추이



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

그림 41. 미국 부문별 석탄 소비량



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

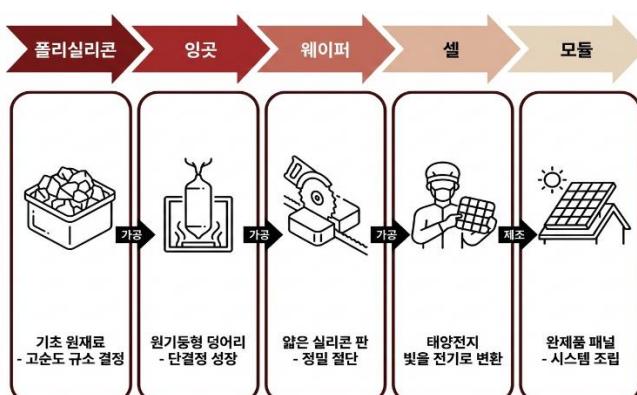
## 태양광: 핫빛 계속 뜰 수 있어?

### 중국 없는 미국의 태양광 발전

신재생에너지로의 전환 흐름과 관련 정책 가속화에 힘입어 태양광은 풍력과 함께 국가 에너지 전략의 핵심 수단으로 역할하고 있다. 최근 급증하는 전력 수요에 대응해 가장 빠르게 공급을 늘리고 있는 발전원은 태양광과 에너지저장장치(ESS)의 조합이다. ESS는 생산된 전력을 저장했다가 필요할 때 공급하는 역할을 수행하며, 발전량 예측이 어려운 신재생에너지의 단점을 보완해 전력망에 안정적인 전력을 공급해준다.

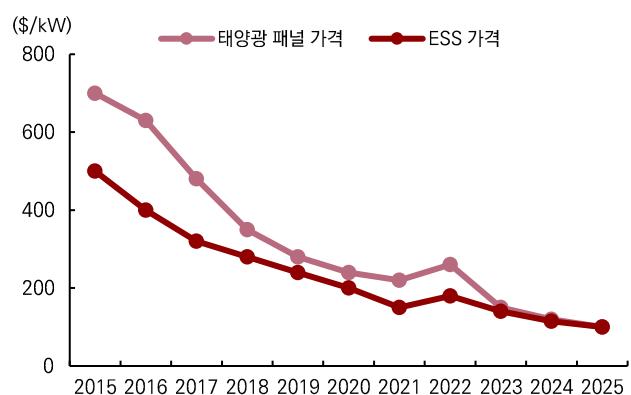
지난 10년간 중국산 패널 및 ESS 가격 하락에 따른 경제성 확보와 더불어, 태양광의 현시점 가장 큰 가치는 공급 측면에서 가장 짧은 건설 기간으로 즉시 투입 가능한 전력을 생산할 수 있다는 점에 있다. 유틸리티 태양광의 평균 건설 기간은 약 2.5년 수준으로 원자력이나 수력, 해상풍력은 물론 복합가스화력과 비교해도 유의미하게 짧다. 결국 태양광은 단순한 비용 우위를 넘어 전력망 병목 국면에서 가장 먼저 전원을 연결할 수 있는 시간 프리미엄을 제공하는 발전원으로 재평가되고 있다.

그림 42. 태양광 밸류체인



자료: KUVIC 리서치 2팀

그림 43. 중국 태양광 패널 및 ESS 가격 추이



자료: KUVIC 리서치 2팀

태양광 패널은 폴리실리콘부터 잉곳, 웨이퍼, 셀을 거쳐 모듈에 이르는 5단계 공정을 통해 완성된다. 밸류체인의 기초인 폴리실리콘은 규소를 정제한 고순도 결정체이자 태양전지의 핵심 원재료로, 까다로운 제조 공정 탓에 진입장벽이 매우 높다. 폴리실리콘을 고온에서 녹여 만든 덩어리인 잉곳을 얇은 판으로

정밀하게 절단하면 웨이퍼가 되며, 여기에 전극을 입히는 화학 처리를 거쳐 빛을 전기로 변환하는 셀이 탄생한다. 최종적으로 이 셀을 여러 장 연결해 프레임에 고정하면 우리가 흔히 접하는 완제품 형태의 모듈이 된다. 글로벌 시장에서는 중국 기업들인 Jinko, Longi 등이 높은 점유율을 차지하고 있으며, 미국 시장에서는 태양광 패널 시장에서 First Solar가 M/S 약 22%로 글로벌 경쟁력을 갖춘 기업들이 시장을 주도하고 있다.

표 17. 미국의 주요 태양광 발전 프로젝트

프로젝트명	관련 기업	규모(MW)	현황
Lightsource bp MSAs	First Solar, Lightsource bp	4,000+	스페인(1,600MW+), 폴란드(3,200MW) 등
Savion Portfolio	First Solar, Savion	2,600	다수 지역. Series 7
NextEra Portfolio	NextEra Energy Resources, Meta	2,100	플로리다주, 캘리포니아주 등 9개 프로젝트 합
Pelican's Jaw	SB Energy, San Diego Community Power	1,524	캘리포니아주 소재. 954MW(Storage) + 570MW(Solar)
Orion Solar Belt	SB Energy, Solar Energy, Google	900	텍사스주 소재. 구글 투자 프로젝트
Athos Storage	SB Energy, Fluence Storage	402	캘리포니아주 소재. 다수 고객 대상

자료: KUVIC 리서치 2팀

글로벌 태양광 시장은 2024년 신규 설치의 약 59%를 차지한 중국이 낮은 비용 경쟁력을 기반으로 폴리실리콘과 모듈 공급까지 장악하며 압도적인 점유율을 유지하고 있다. 그러나 향후 **밸류체인의 최대 구조적 변수는 탈중국으로**, 미국은 동남아를 우회한 중국산 물량에 대해 최대 3,500% 수준의 고율 관세를 확정하며 공급망 재편을 강력히 압박하고 있다. 이러한 정책 기조 하에서는 태양광 설치 속도가 유지되더라도 **비중국권으로의 조달선 재배치 과정에서 원가와 리드타임 변동성이 확대될 수밖에 없다**. 따라서 2026년 이후의 태양광 및 ESS 투자는 단순 발전단가를 넘어 정책 리스크와 공급망 프리미엄을 포괄하는 조달 안정성이 핵심 판단 기준이 된다.

표 18. 미국 태양광 관련 정책 동향

시기	정책명	주요 정책
24. 05	대중국 관세 인상 및 유예 종료	중국산 태양광 제품 관세 25%→50% 상향, 동남아 우회 수출에 대한 관세 면제 종료로 무역 장벽 강화 시작
24. 05	자국산 부품 추가 보조금 완화	미국산 철강/부품 사용 시 주는 10% 추가 세액공제 요건 명확화
25. 04	동남아 우회 수출 최종 판정	동남아 4개국(태국/베트남/말레이시아/캄보디아) 수입품에 대한 고율의 반덤핑 관세 확정 및 소급 적용
25. 06	IRA 45X(생산세액공제) 요건 강화	해외우려집단(FEOC) 규정을 엄격 적용하여 중국 자본이 섞인 미국 공장 배제
25. 10	보너스 세액공제 요건 강화	기존 석탄 발전소 지역 등에 설치 시 주던 10% 추가 혜택의 적용 범위를 축소
26. 01	투자세액공제(ITC) 축소	태양광 설치 시 30% 세액 공제 혜택의 조기 일몰 또는 축소 추진

자료: 미 재무부, White House Fact Sheet, DOC, KUVIC 리서치 2팀

동시에 트럼프 행정부의 에너지 기조는 ‘탈 탄소’보다 ‘에너지 우선’ 색채가 강해, 재생에너지 산업에는 당근과 채찍이 동시에 작동할 가능성이 크다. 예를 들어 2025년 7월 Reuters는 트럼프 행정부의 법안/행정 흐름 속에서 풍력·태양광 세액공제가 2026년 이후 사실상 조기 종료될 수 있는 조건이 언급됐다고 전했다. 반면, 같은 축에서 트럼프는 “Unleashing American Energy” 행정명령을 통해 미국의 에너지 자원 생산 확대를 정책 목표로 천명했고, LNG 수출 규제 완화 등 전통 에너지 공급 확장도 병행하고 있다.

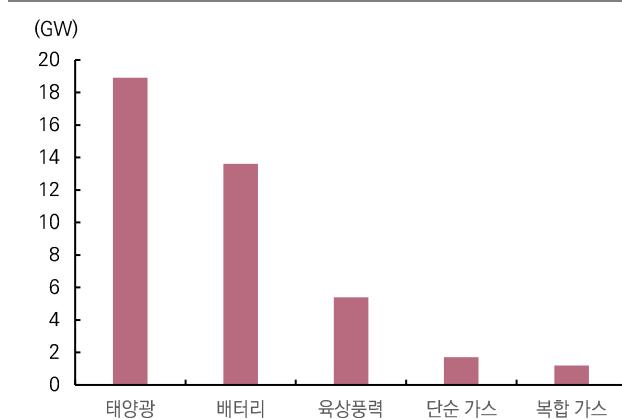
## 뜨거운 인기의 태양광

미국 내 “지금 당장 깔 수 있는 전력원”의 중심이 태양광으로 이동하고 있다. EIA의 860M는 근시일 내 상업운전 예정 설비를 집계하는데, 이 near-term planned 스케줄에서 태양광이 신규 증설을 주도하는 흐름이 반복적으로 확인된다. 특히 2026년 2~7월만 놓고 봐도 태양광 예정 물량이 가장 크다는 점은 “태양광이 단순히 장기적인 전환의 상징”이 아니라, 전력 공백을 메우기 위한 현실적 수단으로 즉시 투입되고 있음을 의미한다.

EIA는 2026~2027년에만 약 70GW의 신규 태양광이 가동될 것으로 제시하며, 태양광 발전량 증가가 향후 전력 증가분의 핵심 동인이 될 것으로 본다. 특히 향후 6개월(2026년 2~7월) 상업운전 예정 물량에서도 태양광이 가장 큰 비중을 차지해, “전환의 상장”이 아니라 지금 당장 투입되는 증설 전원으로 자리 잡았음을 보여준다. 다시 말해 태양광의 인기는 기대감이 아니라, 실제 가능할 물량으로 확인되는 단계로 넘어왔다고 볼 수 있다.

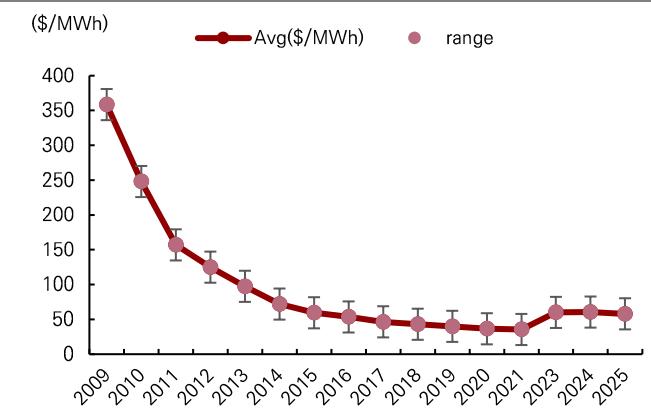
이처럼 수요가 태양광으로 수렴하는 이유는 결국 경제성이다. 유ти리티 태양광의 균등화발전비용(LCOE)은 장기적으로 가파르게 하락하며 ‘최저비용 전원’ 지위를 공고히 해왔고, 최근 금리·자본비용 변동으로 단기적인 흔들림이 있더라도 과거 대비 낮아진 비용 레벨 자체가 유지되고 있다. 이 비용 구조는 그리드 접속을 기다리기보다 초기 상업운전이 가능한 전원이 필요한 수요 환경과 결합되며, 결과적으로 신규 증설 선택지가 태양광으로 빠르게 모이는 흐름을 만들어내고 있다. 다만 이러한 ‘태양광 쓸림’은 전국적으로 균등하게 나타나기보다, 특정 지역에서 먼저 물량이 집중되며 시장 온도를 좌우한다.

그림 44. 발전원별 2026년 2~7월 미국 Planned 전망



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

그림 45. Utility 태양광 LCOE 추이

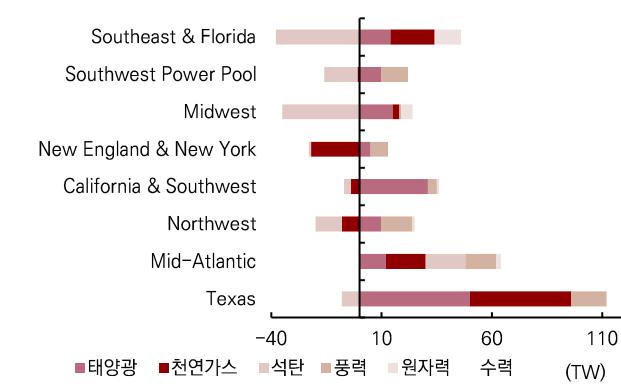


자료: Lazard, KUVIC 리서치 2팀

태양광은 지역적으로는 “어디에 깔리느냐”가 시장의 온도를 결정한다. U.S. Energy Information Administration는 향후 2년의 유ти리티 태양광 증설이 Electric Reliability Council of Texas 관할로 크게 집중될 것으로 보며, 해당 계통에서 태양광 발전이 2025년 56BkWh에서 2027년 106BkWh로 빠르게 늘어날 것으로 전망한다. 이는 태양광이 단순한 ‘장기 전환’이 아니라, 단기 증설 물량이 실제로 특정 지역에서 대규모로 구현되며 시장을 끌고 가는 구조임을 시사한다. 결국 태양광의 인기 near-term 상업운전 스케줄을 실질적으로 채우는 전원 + 비용·정책·공급망 측면에서 가장 현실적인 선택지이며 텍사스 중심의 대규모 프로젝트가 물량을 견인하는 흐름으로 해석하는 게 타당하다.

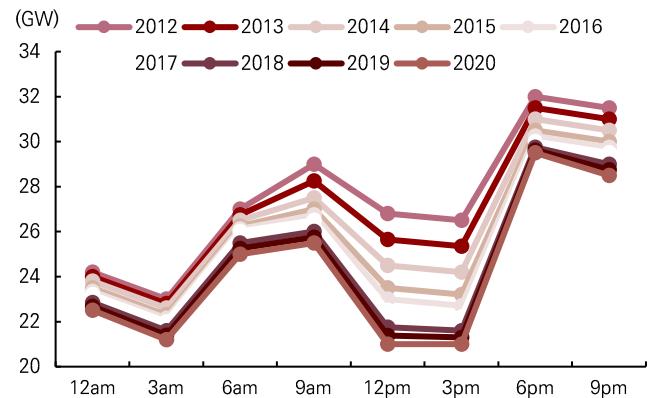
2025년 한 해 동안 미국의 전력 수요 증가분의 61%를 태양광 발전이 충족시키며 전력망 붕괴를 막아냈다. 최근 국가들의 신재생에너지로의 전환 분위기에 힘입어 태양광 발전에 대한 관심이 높아지고 있지만 이러한 단기 확산이 곧바로 중·장기 기대의 자동 상향을 의미하진 않는다. 태양광은 최근 수요 증가 구간에서 신규 증설의 상당 부분을 담당하며 전력 공급을 보완해왔지만, 공급망의 중국 의존도에 따른 리스크, 정책·인허가 불확실성, 그리고 본질적인 간헐성은 여전히 상수이다. 따라서 태양광은 “뜨거운 단기 증설 전원”이라는 결론과 동시에, 중·장기적으로는 저장장치·송전망·정책 가시성이 동반될 때 지속 가능한 성장 경로가 열린다는 관점에서 보수적으로 재점검할 필요가 있다.

그림 46. 미국 전력부문에서 연료원별 발전량 변화(2025~2027년)



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

그림 47. Duck Curve가 시사하는 태양광의 간헐적 특성



자료: CASIO, KUVIC 리서치 2팀

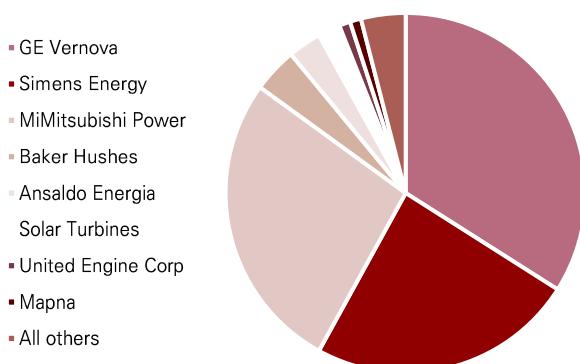
## 가스터빈: 전력 공급원과 재생 에너지 그 사이

### 가스터빈의 재등장

'AI 데이터센터발 전력수요 급증'과 '그리드 지연'으로 인해 빠르게 설비하고 공급할 수 있는 전력원이 필요해졌고, 그 결과 가스터빈(특히 대형 CCGT와 항공유도형) 수요가 재 확대되는 추세이다. 가스터빈은 AI 데이터센터의 전력 공급 속도 확보와 친환경 전환 사이에서 균형을 이룰 수 있는 대안으로 간주되고 있으나, 가스터빈도 병목현상과 환경적 규제는 피해갈 수 없다. 터빈 공급망이 3대 주요 OEM(GE Vernova, Siemens Energy, Mitsubishi Power) 업체를 중심으로, 리드타임이 5~7년까지 길게 지연되는 병목이 발생하고 있기 때문이다. 실제로 2024년 OEM 시장에서 GE Vernova 34%, Siemens Energy 24%, Mitsubishi Power 27%로 상위 3사가 합산 약 85%를 점유해 공급 여력이 소수 업체에 집중되어 있으며, 이는 단기간 증설이 어려운 구조적 병목과 공급자 우위를 뒷받침한다.

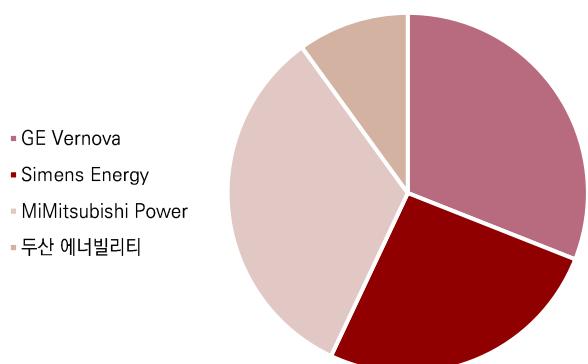
AI 데이터 센터가 전 세계 가스 발전 수요를 이끌고, 미국에서는 2035년까지 가스 발전량이 260TWh 증가할 것으로 보이면서 가스터빈에 대한 수요도 점진적으로 증가할 것으로 보인다. 다만, 앞서 언급하였듯이 3대 OEM 중심의 공급자 우위 및 시장 독과점 현상으로 지난 2년간 주문이 폭주함에 따라 제조사들의 생산 능력이 한계에 도달했다. 이에 IEA는 2030년까지는 공급망 제약이 해소되기 어려울 것으로 전망한다. 즉, 가스터빈을 활용해 당장 필요한 전력망을 구축하기까지는 한계가 있다는 것이다.

그림 48. 2024 가스터빈 OEM MW 점유율 추정



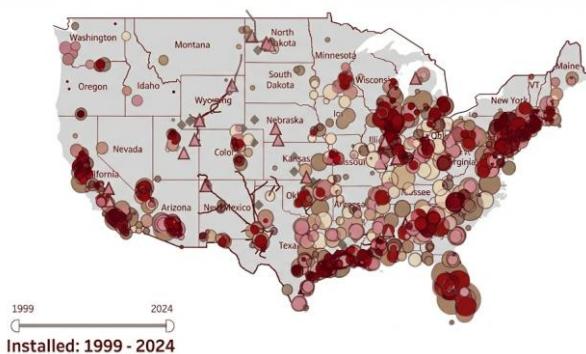
자료: Utilities Middle East, KUVIC 리서치 2팀

그림 49. 2024년 H급 가스터빈 시장 점유율 추정



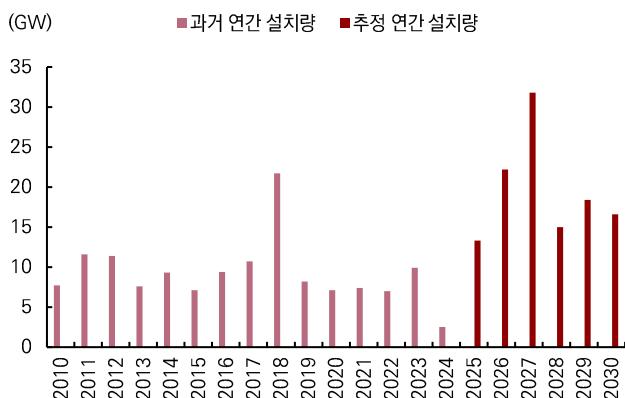
자료: GE Vernova, KUVIC 리서치 2팀

그림 50. 미국 가스터빈 발전 분포 지도



자료: NREL, KUVIC 리서치 2팀

그림 51. 미국 가스 화력 발전소 추가 계획



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

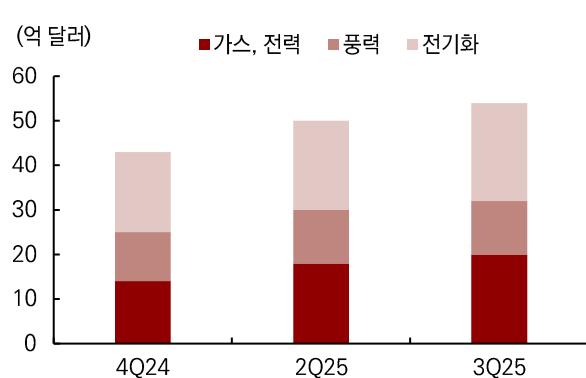
이로 인해 온사이트 발전 트렌드가 부상하고 있다. 이는 기존 전력망 연결을 기다리는 대신 데이터 센터 인근에 가스터빈을 직접 설치하는 ‘전용 발전소’ 모델인데, 최근 GE Vernova를 포함한 OEM들은 수소 훈소를 전면에 내세워 인허가 탄소 이슈를 완화할 수 있는 대안처럼 제시하고 있다. 예컨대 베트남 Nhon Trach 3&4(1.6GW) 프로젝트는 LNG로 우선 상업운전을 시작하되 향후 최대 50% 수소 훈소까지 지원하는 로드맵이 함께 언급됐다. 다만 터빈 수급 실패로 프로젝트가 2030년 이후로 자연되는 사례가 속출하고 있어 지속 가능성은 불투명한 상황이며 더 나아가 미국과 유럽에서 가스터빈에 대해 새롭게 환경 규제가 적용되고 있어, 자유로운 확장에 제약이 생기는 상황이다.

그림 52. 수소 훈소 가스터빈



자료: Utilities Middle East, KUVIC 리서치 2팀

그림 53. GE Vernova 수주 잔고 추이



자료: GE Vernova, KUVIC 리서치 2팀

## 가스터빈 정책 트레킹

세계 주요 국가의 가스터빈 관련 정책을 따라가 보면, 가스터빈의 트렌드와 수혜의 정도를 확인할 수 있다. 먼저 미국은 최근 xAI 온사이트 가스터빈 발전을 비롯하여 가스터빈 관련 이슈와 정책이 활발하게 변하고 있는 지역 중 하나이다. 미 연방정부는 2024년부터 가스터빈 관련 정책을 제안해오며, 최근 1년동안 행정부 차원의 환경 규제와 생산 관련 인센티브 제도가 새로 마련되는 추세이다. 이후 2025년 가스터빈 사용이 필수적임을 공식적으로 인정하면서, 당초 제시되었던 가스터빈 관련 환경 규제보다 다소 완화된 규제를 공식 발표했다. 다만, 2026년 1월 xAI에서 온사이트 발전형의 가스터빈(터빈 클러스터)에 대해 환경 단체 및 주민들 사이의 논란이 제기되자, 이러한 현장 발전형 가스터빈에 대해서는 더욱 엄격한 환경 규제가 적용될 것임을 새로 발표했다. 즉, 미국의 정책 기조는 가스터빈은 필요하지만, 무제한적 확장은 허용하지 않는다는 방향으로 정리된다.

표 19. 미국 가스터빈 정책 타임라인

시기	국가(기관)	주요 정책	비고
25.12.19	미국(연방)	가스터빈 필요성 제시	환경 문제 감안하더라도 가스터빈 가동 필요성 공고 인프라(에너지 데이터센터) 인허가를 빠르게 하려는 연방 입법 흐름
26.01.15	미국(재무부)	세액 및 에너지 공제	수소를 연료로 사용하려는 가스터빈 발전 대상 '수소 세액 공제(45V)' 확정 청정 수소 생산 시 kg당 최대 \$3.00 세액공제
26.01.15	미국(행정부)	NOx 규제 확정	고정형 가스터빈의 질소산화물(NOx) 배출 기준이 개정 다만 2024년 제시안 대비 완화
26.01.16	미국(EPA)	대기오염 규제 제시	xAI 데이터센터 트럭 가스터빈 발전 이후, 터빈 클러스터 형식에 대해 환경 규제 제시

자료: S&amp;P Global, Federal Register, The Guardian, KUVIC 리서치 2팀

유럽은 독일을 중심으로 가스터빈 관련한 논의가 진행되고 있다. 유럽의 정책 기조를 한마디로 정리하자면 '수소 호환형 가스 발전 확대와 보조 전력으로서의 가스터빈'이다. 특히 2026년 독일과 EU가 합의하여 12GW 규모의 수소 호환(H<sub>2</sub>-ready) 가스발전 프로젝트를 입찰하면서, 수소 전환 가능이라는 전제가 적용된 가스터빈 발전을 확충할 것으로 보인다. 유럽은 재생에너지의 불안정성 때문에 가스터빈을 유지하되 이를 수소 기술과 결합하려는 방향성인 것이다. 이는 가스터빈을 유지하되, 탄소 중립 로드맵 안에 명확히 편입시키려는 시도로 이해된다.

표 20. 유럽(독일) 가스터빈 정책 타임라인

시기	국가(기관)	주요 정책	비고
24.02.05	독일	보조금 지급 계획	수소 전환 가능한 발전소 지원 목적 €17bn 규모 보조금 계획
24.07.05	독일	수소 준비 발전 입찰	12.5GW 규모 수소 준비(H <sub>2</sub> -ready) 가스발전·개조·저장 입찰 추진 보조금으로 CAPEX 보전 가능성
26.01.02	독일	발전 지원금 조건 및 한계	보조금에 대해 '수소 호환성' 조건 부여, 신규 프로젝트로 미초비시 수주 수혜 전망
26.01.15	독일-EU	12GW 입찰(가스 중심) 합의	2031년 가동, 2045년 수소 호환 목표

자료: Clean Energy Wire, POWER, KUVIC 리서치 2팀

중국은 대형 가스터빈 국산화 정책으로 가스터빈의 신기술을 개발 중이다. 특히 친환경 가스(수소)를 연소하는 형식의 신기술 개발에 성공했다. 서구 국가들과 달리, 중국은 가스터빈 발전 자체에 대한 환경적 제약보다는 에너지 안보와 기술 자립 관점에서 정책을 전개하고 있다는 점이 특징이다.

표 21. 중국 가스터빈 성과 및 정책 타임라인

시기	국가(기관)	주요 정책	비고
24.03.05	중국(NDRC)	천연가스 인프라 확장	가스 인프라 확장, 가스 피크조정(peak-shaving)으로 가스터빈 발전소 건설
26.01.17	중국	가스터빈 국산화 진행	국산화 수소 혼소 가스터빈 기술 개발 성공

자료: S&amp;P Global, 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

가스터빈은 재생에너지 확대 국면에서 사라지는 발전원이 아니라, 전력망 병목과 AI 데이터센터 수요가 맞물리며 다시 가치가 부각되는 현실적 대안이다. 다만 주요 OEM의 생산 슬롯이 2029~2030년까지 사실상 선점되며 백로그가 포화된 상황인 만큼, 가스터빈의 역할은 무제한적인 설비 확대가 아니라 '공급 가능 물량'과 인허가(환경 규제) 조건을 전제로 한 제한적 활용으로 정의될 가능성이 높다.

표 22. 가스터빈 리드타임 관련 관계자들 인터뷰

날짜	인터뷰어	관련기업/기관	주요내용
2025년 2월	Ben Thomas	Mitsubishi Power	가스터빈 포함 프로젝트 진행 시, 리드타임 약 7~8년 예상
2025년 3월	John Ketchum	NextEra Energy	가스터빈 확보 후에 시장 구축 시 2030년 이후가 현실적 가동 기점
2025년 5월	Mark Thornton	Wood Mackenzie	제조 제약으로 인해 2030년 이후에나 신규 복합화력 가동 가능 예상
2025년 8월	Scott Strazik	GE Vernova	2028년 인도분 물량 매진, 현재 고객들은 2029년 슬롯 예약 협의 중
2025년 10월	Takao Tsukui	Mitsubishi Power	2028년 납기 슬롯 거의 만료, 현재 2029~2030년 물량 확보를 위해 구매자와 협상 중
2025년 12월	Scott Strazik	GE Vernova	2025년 말 백로그 80GW 도달 예상, 2026년 말이면 2030년까지의 모든 예약 슬롯 매진 전망

자료: Bloomberg, Reuters, 언론 종합, KUVIC 팀

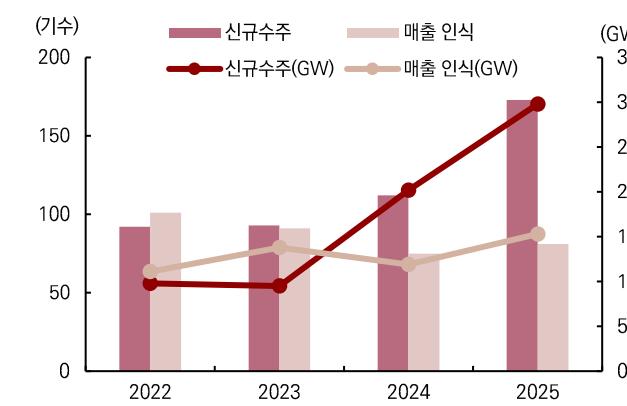
## 실제로 가스터빈 병목 맞아?

실제로 가스터빈 수요가 신규 수주 속도를 매출이 따라가지 못하는 전형적인 공급 병목 국면에 진입했다는 점은 수치로도 명확하다. GE Vernova의 2025년 가스터빈 신규수주가 29.8GW(173기)까지 급증한 반면, 같은 기간 매출 인식은 15.3GW(81기)에 그치며 연간 갭이 14.5GW로 확대됐다. 이미 계약은 잡혔는데, 납기는 뒤로 밀리는 상황을 정량적으로 파악할 수 있다. 즉, 전력망 병목과 AI 데이터센터·전력시장 타이트닝이 겹치면서 전력 공급의 대안으로 부상하는 가스터빈이 수주→인도 전환 구간에서 병목이 구조화되고 있는 실상을 파악할 수 있다.

병목의 체감 강도는 확정 백로그(GW)를 연간 생산능력(GW/yr)로 나눈 ‘대기 연수’로 보면 직관적이다. 4Q25 기준 GE Vernova의 가스 발전 설비 확정 백로그는 83GW로 확대됐고(3Q25 63GW → 4Q25 83GW), 2025년 내내 1Q25 50GW → 2Q25 55GW → 3Q25 63GW → 4Q25 83GW로 분기마다 계단식으로 증가해 생산 CAPA 대비 신규 수주 유입이 더 큰 상태가 지속되고 있음을 보여준다. 이는 고객이 “언제 인도받든 우선 생산 슬롯을 확보”하려는 움직임이 강해졌다는 뜻이며, 백로그가 단순히 잔존 물량이 아니라 누적되는 대기열로 전환되고 있음을 시사한다.

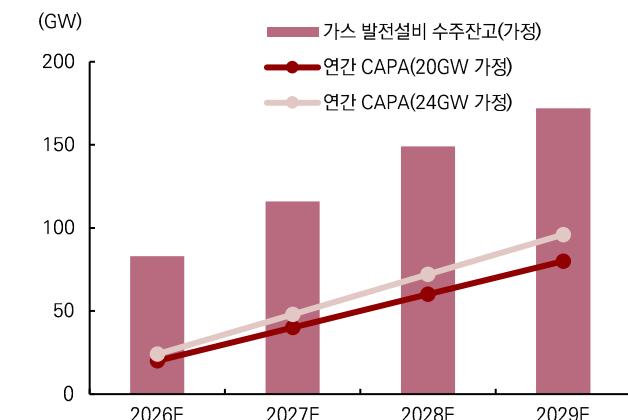
회사가 재확인한 생산 계획은 2026년 중반까지 연간 20GW, 그리고 기존 2개 생산시설 확장을 통해 2028년 중반까지 연간 24GW로의 확대이다. 이를 적용하면 83GW는 20GW 기준 약 4.1년치, 24GW로 확대되더라도 약 3.5년치 물량에 해당한다. 다만 이 ‘대기 연수’는 2026년 이후 추가로 유입될 신규 수주를 반영하지 않은 보수적 추정치이며, 실제로 2025년 약 9개월(1Q→4Q) 동안 백로그가 50GW→83GW로 33GW 확대된 점을 감안하면 수요 유입 속도가 생산 증설 속도를 상회할 가능성이 높아 향후 병목은 오히려 심화될 여지가 크다. 즉, 현 수요 강도에서는 단기 증설만으로 병목 해소가 어렵고, 가스터빈 공급 부족은 일시적 불균형이 아닌 수요 증가를 증설 속도가 따라가지 못하는 구조적 제약으로 봄다. 따라서 단기엔 납기·가격·계약조건에서 공급자 우위가 강화되며, 완화는 2028~2029년 이후로 예상된다.

그림 54. GE Vernova 가스터빈 units 추이



자료: SEC, GE Vernova, KUVIC 리서치 2팀

그림 55. GE Vernova 가스터빈 백로그-CAPA 갭 전망



자료: SEC, GE Vernova, KUVIC 리서치 2팀

## 연료전지

### 연료전지를 지금 주목해야 하는 이유

#### 연료전지가 그래서 뭔데?

연료전자는 수소와 공기 중 산소의 전기화학 반응으로 전기를 만드는 발전원으로, 연소 없이 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환한다. 기본 구성은 연료를 수소로 바꾸는 개질기, 실제 발전이 일어나는 스택, 스택에서 나온 직류 전기를 교류로 바꾸는 전력변환장치로 이루어지며, 발전 과정에서 함께 발생하는 열은 온수·난방 등으로 회수해 활용할 수도 있다. 즉, 연료전자는 연료 → (수소) → 스택에서 전기 생성 → 전력변환 → 전기 공급의 흐름으로 작동하며, 전력 소비지 인근에 설치하는 분산형(On-site) 발전에 특히 적합한 구조를 가진다.

이런 특성은 AI 데이터센터 전력 수요 급증으로 기존 송전망이 한계에 부딪힌 상황에서 경쟁력이 크게 부각된다. 중앙집중형 발전은 대규모 발전소에서 만든 전기를 초고압 송전망으로 멀리 보내야 하다 보니 송전 손실 리스크, 송전망 증설 과정에서 입지 갈등·인허가 지연이 생기며, 급격한 부하 증가 시 계통 불안정성까지 커질 수 있다.

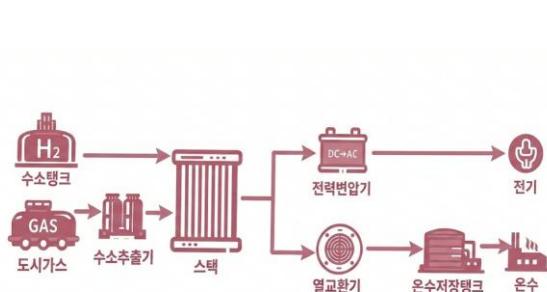
반면 연료전자는 전력 소비지 바로 옆에서 전기를 만들어 쓰는 온사이트 전원이라 송전 손실을 줄이고 계통 의존도를 낮춰 전력 확보의 속도와 확실성을 높인다. 특히 도심형 데이터센터처럼 부지·전력·인허가 제약이 큰 시설에서는, 넓은 면적이 필요한 태양광·풍력보다 부지 효율성이 뛰어난 연료전자가 현실적인 대안이 된다. 또한 연료전자는 주 연료로 천연가스를 활용하는 만큼, 미국의 LNG 수출 설비 증설에 따른 수출 증가와 AI·대형 컴퓨팅센터별 전력 수요 확대가 맞물리면서 천연가스 생산·공급 확대 흐름이 이어진다는 점이 중요하다.

표 23. SOFC 에너지 서버 구성 및 작동 원리

단계	구성요소	주요 구성장치	주요 내용
1단계	셀	전극 전해질	연료전자는 연소 없이 연료를 전기로 변환
2단계	스택	인터네트 분리판	여러 개의 고체산화물 연료전지 셀이 결합하여 연료전지 스택 형성
3단계	모듈	BoP+PCS	형성된 연료전지 스택은 독립적인 모듈에 배치
4단계	에너지 서버 플랫폼	모듈 병렬화 + 계통연계 설비	여러 모듈이 함께 결합하여 모듈식 에너지 서버 플랫폼 형성

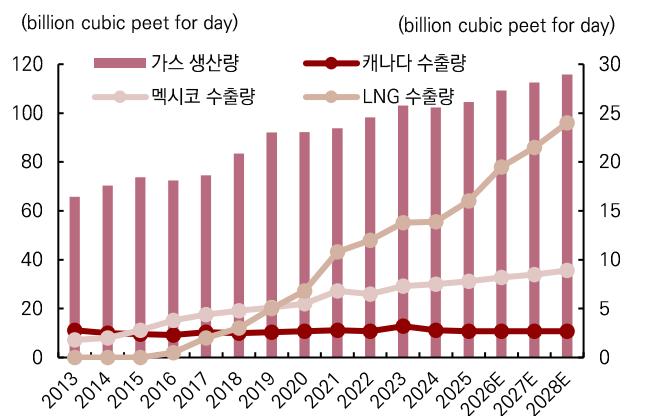
자료: Bloom Energy, KUVIC 리서치 2팀

그림 56. 연료전지 시스템 구성



자료: Bloom Energy, KUVIC 리서치 2팀

그림 57. 미국 천연가스 생산 및 수출 추이/전망



자료: RD, KUVIC 리서치 2팀

그 중에서도 SOFC는 고온에서 작동하는 3세대 연료전지로, 다른 연료전지 대비 전기 효율이 높고 24시간 상시 가동이 가능하다는 점에서 온사이트 발전의 정답지에 가깝다. 또한 고온에서 나오는 폐열을 회수해 복합발전이나 지역난방에 쓰면 총 효율을 90% 이상까지 끌어올릴 수 있고, 백금 같은 귀금속 촉매 대신 니켈 기반 촉매를 사용할 수 있어 대규모 보급 시 비용 경쟁력에도 유리하다. 무엇보다 연료전지는 연소가 없어 소음과 대기오염물질 배출이 매우 적고, 가스터빈 수준의 컴팩트한 설치가 가능해 데이터센터 내부 또는 인근에 주 전력원으로 깔아 송전망 병목을 직접 우회할 수 있다는 점이, 현재의 전력 쇼티지 국면에서 가장 큰 강점으로 작동한다.

표 24. 발전원별 특성 비교

비교 항목	석탄 화력	가스터빈(LNG)	태양광(PV)	육상풍력	수소 연료전지(SOFC)
공급 안정성	매우 높음	높음	낮음	낮음	매우 높음
에너지 밀도	높음	높음	낮음	매우 낮음	높음
탄소 배출량(gCO <sub>2</sub> /kWh)	820	490	48	11	308~378
소음 및 진동	높음	중간~높음	매우 낮음	중간	낮음
입지 제약	높음	중간	큼	큼	작음
전력 공급 방식	중앙집중형	중앙집중·최적	분산형 or ESS 의존	분산형 or 계통 의존	온사이트 최적
냉각수 필요량	높음	중간	거의 없음	없음	매우 낮음

자료: Bloom Energy, Nature, KUVIC 리서치 2팀

## 연료전지 중에서 SOFC가 짱

표 25. 연료전지 종류별 특성

연료전지 종류	온도	작동온도(°C)	전형적 스택 용량	전기 효율	적용 분야	장점
PEFMC	저온형	<120	<1 kW~100kW	수소 직접공급 60%	비상전원, 휴대전원, 분산형 발전 등	저온 운전
AFC	저온형	<100	1~100kW	60%	군사, 우주, 운송 등	빠른 시동
PAFC	저온형	150~200	5~400kW	40%	분산형 발전	열병합발전 적합
MCFC	고온형	600~700	300kW ~ 3MW	50%	전력 유틸리티, 분산형 발전	연료 다양성
SOFC	고온형	600~1000	1kW ~ 2MW	60%	보조 전원, 전력 유틸리티, 분산형 발전	고효율 – 연료 다양성

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

연료전지 중에서도 SOFC가 온사이트 발전원으로 우선순위가 되는 이유는, 데이터센터·공장처럼 즉시 대규모 전력을 안정적으로 확보해야 하는 수요처에서 요구하는 조건을 가장 폭넓게 충족하기 때문이다. SOFC는 고온에서 작동하며 전기 효율이 높고, 천연가스·수소·바이오가스 등 다양한 연료를 폭넓게 사용할 수 있는 연료 유연성이 강점이다. 이 특성은 수소 인프라가 당장 완비되지 않아도 기존 가스 인프라를 활용해 빠르게 온사이트 전원을 구축할 수 있게 만들고, 향후 수소/암모니아 등으로의 전환 가능성까지 열어 두는 구조적 장점으로 이어진다. 실제로 DOE도 SOFC의 연료 유연성과 다양한 응용성을 강조하며 관련 기술 고도화를 지원하고 있다.

MCFC가 출력 규모나 분산형 발전용으로는 매력적일 수 있지만, 데이터센터 온사이트 전원은 “24/7 무정지·예측 가능한 운영/정비”가 최우선이라 검증된 상용 레퍼런스가 많은 SOFC가 더 선호된다. 실제로 Equinix는 Bloom Energy의 SOFC를 19개 데이터센터에 100MW+ 규모로 확대 적용하고 있으며, AEP는 데이터센터 전력 수요 대응을 위해 Bloom Energy의 SOFC 대규모 물량 확보(옵션 포함 최대 1GW)를 전제로 한 계약을 공시하였다.

반면 MCFC는 고온 용융 탄산염 환경에서 부품 부식과 전해질 손실이 수명·내구성의 핵심 리스크인데, 반복적으로 지적되어 데이터센터가 요구하는 안정적 장기 가동 관점에서 채택 장벽이 상대적으로 크다. 이러한 측면에서 SOFC는 연료 조달의 현실성 + 높은 효율 + 모듈형 확장성을 동시에 제공해 “온사이트 전력의 즉시성”을 가치로 바꾸는 발전원이며, 이런 조건을 가장 잘 만족하는 연료전지로 평가된다.

표 26. 빅테크 데이터센터 연료전지(SOFC) 공급 계약 정리

시기	고객사	공급사	규모(MW)	주요 내용
2024년 11월	AEP	Bloom Energy	1,000MW	AI 데이터센터 수요 대응을 위한 상업용 SOFC 계약
2025년 2월	Equinix	Bloom Energy	100MW+	글로벌 데이터센터 클러스터의 온사이트 전력 공급 계약 확장
2025년 5월	AWS	Bloom Energy	72.9MW	AEP Chio와 협력하여 BTM 방식의 온사이트 전력 공급
2025년 11월	SK에코플랜트/효성중공업 두산퓨얼셀	비공개	국내 데이터센터용 SOFC 백업 전원 공급을 위한 협력	
2026년 8월(착공)	Hedgehog USA	Bloom Energy	1,500MW	텍사스 나바로 카운티의 off-grid 데이터센터용 전력원

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

### 올해는 SOFC 써야 합니다. 제 말을 전적으로 믿으셔야 합니다.

따라서 데이터센터 전력 공백을 온사이트로 메우기 위해 선택 가능한 발전원은 다음과 같이 정리된다. 연료전지는 리드타임이 3~4개월로 가장 짧아 발주 후 1년 내 실제 공급·가동이 가능하고, 상시 전원으로 활용할 수 있다는 점에서 단기 대응에 가장 적합하다. 반면 산업용 가스터빈(GT), 중속·고속 엔진(RICE), 소형 CCGT 및 H-class CCGT는 단위 출력 규모는 크지만 리드타임이 12개월 이상(최대 36~60개월)으로 길어, 전력 수요가 급증하는 구간에서 즉시 투입하기에는 제약이 크다.

표 27. 온사이트 발전원 종류별 비교

종류	Unit당 크기(MW)	리드타임(개월)	가동 후 최대 출력 도달 시간(분)	토지 사용(MW/에이커)	전력 효율(%)	유지보수비용 포함 추정 LCOE(\$/MWh)	발주 후 1년 내 생산 가능 여부
연료전지	0.325	3~4	Baseload	30~100	90%	100~200	O
산업용 GT	5~50	12~36	20~30	20~40	35~40%	65~110	X
중속 엔진(RICE)	7~20	15~24	30~60	30~60	20~30	50~60	X
고속 엔진(RICE)	3~5	15~24	5~10	5~10	40~50%	12~200	X
소형 CCGT	40~100	18~36	30~60	20~30	40~55%	85~160	X
H 클래스 CCGT	600~1000	36~60	30~60	20~30	50~60%	100~200	X

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

온사이트 발전원으로서 연료전지의 적합성을 위한 본 추정은 현 시점에서의 데이터센터 전력 확보가 “기술의 우열”보다 상업가동(COD) 시점의 적시성에 의해 좌우된다는 가정에서 출발하여, 모든 발전원은 2026년에 신규 발주를 시작하는 것을 전제로 하였다. 이에 따라 발전원별 단순 효율 비교가 아니라 ① 리드타임 차이(연료전지 3~4개월 vs 엔진·가스터빈 12~60개월), ② 가스터빈 대형 3사 백로그로 인한 인도 공백, ③ 데이터센터가 실제로 ‘따울 수 있는’ 연간 조달 MW를 반영해 2026~2030년 누적 유효 평균출력(MW)을 산출했다.

연료전지는 Bloom Energy 기준 컨퍼런스 콜 및 향후 CAPA 확장 계획을 고려하여 Bull/Base/Bull로 구분했으며, 엔진은 데이터센터 향 확보 물량을 중속 500MW/년, 고속 300MW/년으로 설정했다. 반면 산업용 GT·CCGT는 절대 공급 능력이 크더라도, 2026년 신규 계약이 기존 백로그 처리 이후에야 제조·인도되는 구조를 핵심 제약으로 두고, 실물 반영 시점을 2029~2030년으로 보수적으로 적용했다.

이러한 가정하에서 도출된 결론은 명확하다. 2026~2028년의 전력 공백 구간에서는 온사이트 발전원으로서 연료전지와 엔진 외에 실질적 대안이 제한적이며, 특히 연료전지는 짧은 리드타임 덕분에 2026년 신규 발주 물량이 곧바로 누적 출력으로 전환되면서 초기 전력 확보량을 사실상 결정한다. 반대로 가스터빈·CCGT는 2026년 신규 발주를 넣더라도 백로그로 인해 2029년 이후에야 누적 출력에 의미 있게 기여해, “중장기 대형 전원” 역할에 가깝다. 결국 데이터센터 사업자 입장에서는 전력 인프라 지연이 길어질수록 GPU 설치 이후 COD 지연에 따른 현금 유출 리스크가 급증하는 만큼, 단기 구간에서 COD를 앞당길 수 있는 전원은 연료전지가 가장 현실적인 선택지로 귀결된다.

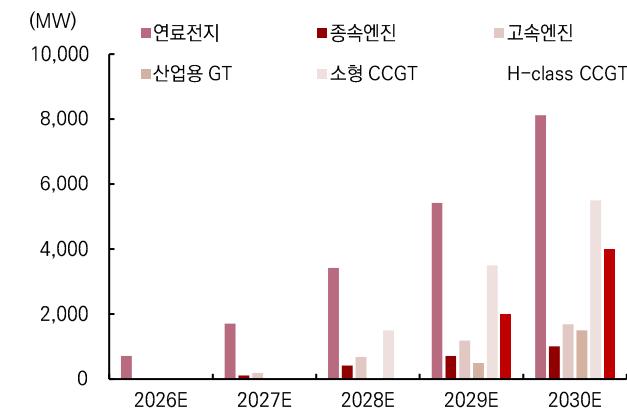
즉, 온사이트 발전원 전략에서 연료전지는 친환경 옵션을 넘어 전력 적시성 기반의 현금흐름 방어 수단으로 채택될 가능성이 높다. 아직 전력 병목 현상 해소를 위한 발전원 신규 발주를 고민하고 있는 기업들 입장에서 실제로 투입 가능한 거의 유일한 온사이트 전원은 연료전지, 그 중에서도 SOFC가 가장 적합하다. 따라서 올해 온사이트 전원 전략에서 SOFC를 채택하는 것은 필수이며, 전력망 병목이 해소되기 전까지 데이터센터 증설 사이클을 유지시키는 브릿지 전원으로서의 역할을 가장 선제적으로 수행할 발전원으로 평가된다.

표 28. Bloom Energy 연료전지 CAPA 확장 시나리오로 인한 전력 생산량(GW)

구분	2026E			2027E			2028E			2029E			2030E		
	BEAR	BASE	BULL												
Bloom Energy CAPA	1	1	2	1	1	2	1	2	3	2	2	4	2	3	5
1일 신규 증가분(GWh)	24	24	48	24	24	48	24	48	72	48	48	96	48	72	120

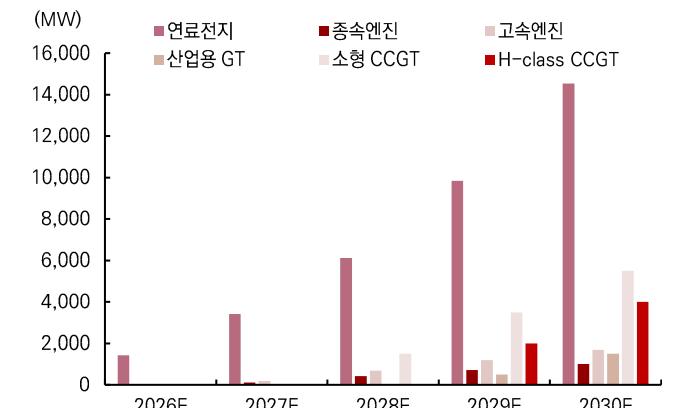
자료: Bloom Energy, KUVIC 리서치 2팀

그림 58. Base Case: 데이터센터향 On-Site향 ‘확보 가능’ 누적 출력 추정



자료: IEA, BNEF, KUVIC 리서치 2팀

그림 59. Bull Case: 데이터센터향 On-Site향 ‘확보 가능’ 누적 출력 추정



자료: IEA, BNEF, KUVIC 리서치 2팀

### 천연가스 인프라의 ‘수소 전환’이 가속화될수록 연료전지를 주목해야 하는 이유

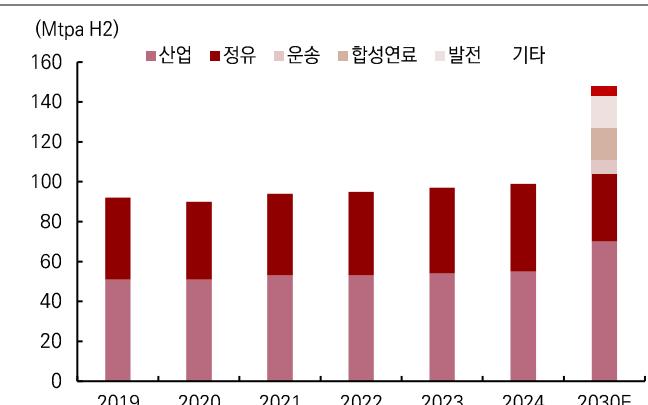
2025년 하반기 이후 미국 에너지 전환 논의의 핵심은 새로운 수소 인프라를 제로에서 깔기보다, 기존 천연가스 인프라를 기반으로 수소 경제를 확장한다는 현실적 경로에 맞춰지고 있다. EIA는 AEO2025 분석에서 2050년까지 미국 수소 생산이 2024년 대비 약 80% 증가하며, 그 생산 방식은 대부분이 천연가스 기반 SMR이 될 것으로 전망했고, 이는 당분간 수소 공급이 천연가스 인프라와 결합된 형태로 확대될 가능성을 시사한다. 동시에 45V(청정수소 세액공제) 등 제도 변화로 프로젝트 착공 시계가 앞당겨지면서, 수소 허브/프로젝트가 기존 에너지 클러스터 중심으로 속도를 낼 환경이 만들어지고 있다.

그림 60. 미국 수소 허브 예상 지역



자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

그림 61. 부문별 수소 수요 추이 및 전망



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

2030년까지 글로벌 수소 수요가 약 100Mt(2024) → 145Mt(2030E)로 확대되는 국면에서, 발전 부문의 수소 사용량이 **3Mt → 10Mt**로 증가한다고 가정할 경우 연료전지의 성장 여력은 수치적으로도 명확하다. 발전용 수소 내에서 연료전지의 점유율은 수소 기반 발전 설비 설치량 기준 연료전지가 약 **60%를 차지한다는 선행 분석**에 기반하며, 동시에 SOFC 등 연료전지는 높은 전기효율을 통해 수소 연료비 부담을 상대적으로 완화할 수 있기 때문이다.

이에 따라 연료전지용 수소는 1.8Mt(2024) → 6.0Mt(2030E)로 약 **3.3배** 증가할 수 있으며, 이는 전력 환산 시 약 70TWh의 추가 발전량에 해당한다. 결과적으로 수소 수요 확대가 현실화될수록 연료전지는 단순 친환경 테마가 아니라 전력 공급의 실물 대안으로서 설치 수요가 구조적으로 강화될 가능성이 높다. 이 같은 수치적 성장 가능성은 결국 ‘수소 전환이 진행될수록 연료전지가 실물 전원으로 채택될 수밖에 없는 구조’를 의미한다.

표 29. 수소 수요 전망에 따른 연료전지 설비 규모 및 전력 생산 추정

연도	총 수소 수요	발전용 수소	연료전지용 수소	연료전지 설비규모 추정(GW)	연료전지 전력 생산 추정(TWh/년)
2019	95	2.0	1.20	2.5	20.0
2020	93	2.0	1.20	2.5	20.0
2021	97	2.2	1.32	2.8	22.0
2022	98	2.4	1.44	3.0	24.0
2023	100	2.6	1.56	3.3	26.1
2024	102	3.0	1.80	3.8	30.1
2030	145	10.0	6.00	12.5	100.2

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

이러한 수소 전환 국면에서 연료전지는 수소가 늘어날수록 자연스럽게 수요가 커지는 전원이며 원리적으로 수소를 직접 전기로 바꾸는 장치이고, 특히 SOFC는 천연가스·수소 등 연료 유연성이 높아 지금은 가스 인프라로 즉시 가동하고, 향후 수소로 전환하는 전략이 가능하다. 즉, 천연가스→ 수소로의 전환이 진행될수록 연료전자는 브릿지 전원을 넘어, 온 사이트에서 24시간 전력 신뢰도를 제공하는 수소 수요처로 자리 잡을 수 있으며, 이 점이 전력 병목과 탈탄소 압력이 동시에 커지는 환경에서 연료전지를 지속적으로 주목해야 하는 핵심 이유다.

## 천연가스 사용을 멈추지가 않아

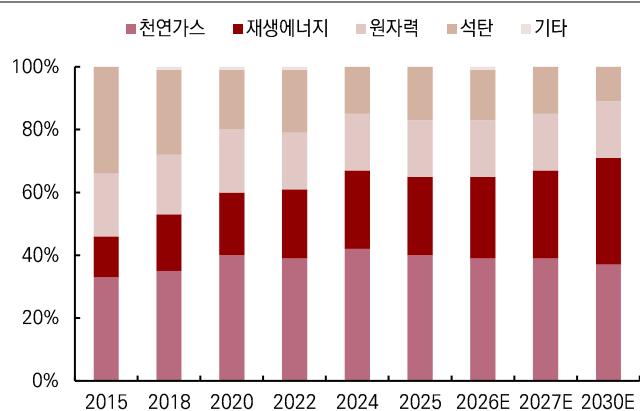
표 30. 미국&EU LNG 규제 완화 타임라인

시기	국가(기관)	주요 정책	비고
25.01	미국(행정부)	에너지 독립 행정명령	2024년의 LNG 수출 승인 보류 조치 즉각 철회. DOE에 승인 절차 가속화 지시
25.02	미국(DOE)	비FTA국 수출 조건부 승인 재개	CP2 LNG 등 승인 대기 중이던 주요 대형 프로젝트에 대한 비FTA 수출 승인 완료
25.10	미국(DOE)	AI 전력망 패스트트랙 추진	데이터센터 전력 공급 승인 절차를 60일 이내로 단축하는 방안을 제안
25.10	EU(의회)	메탄 규제 완화	LNG 수입 시 적용되던 엄격한 메탄 배출 기준을 '에너지 위기 시' 면제·완화하는 예외 조항 신설

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

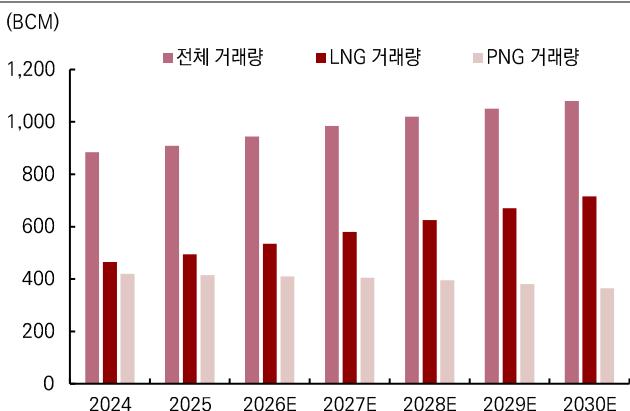
글로벌 전력 믹스 전환 국면에서 천연가스는 환경성과 경제성 측면의 ‘현실적 해자’를 동시에 보유한 발전 연료로 평가된다. 석탄 대비 CO<sub>2</sub> 및 대기오염물질 배출 강도가 낮아 단기적으로 규제 리스크를 낮추면서도, 기동·출력 조정이 용이해 변동성 재생에너지 확대 과정에서 계통 안정화 자원으로 활용도가 높다. IEA 역시 천연가스가 석탄 등 고배출 연료를 대체할 경우 배출과 대기오염을 줄일 수 있으며, 재생에너지 확산 과정에서 전력계통의 유연성 확보를 위해 일정 역할이 존재한다고 제시한다.

그림 62. 미국 발전원별 비중 변화 및 전망(월평균, 단위: %)



자료: EIA, KUVIC 리서치 2팀

그림 63. 천연가스 거래량 추이(2024~2030)



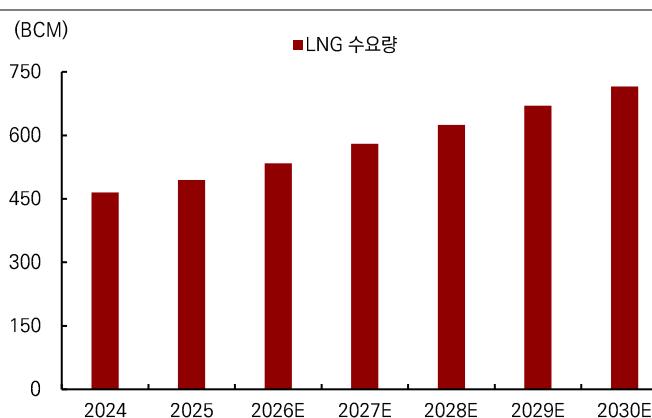
자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

이 가운데 천연가스를 약 -162°C에서 액화해 부피를 약 1/600 수준으로 줄이는 LNG는 가스의 물리적 제약을 해소하면서 국경 간 거래량을 구조적으로 확대시키는 핵심 매개체로 자리 잡는 흐름이다. 특히 LNG 밸류체인은 단순 연료 공급을 넘어, 데이터센터 포화 지역의 전력 수요 급증에 연료를 ‘수출→수입→현장 공급’으로 재배치할 수 있는 공급 유연성을 제공한다. 정책 측면에서도 트럼프 행정부는 LNG 수출 프로젝트 승인 재개 및 인허가 정상화 기조를 공개적으로 천명하며, 미국발 LNG 공급 확대를 밀어주는 방향성이 뚜렷하다.

이 흐름이 SOFC 확산과 맞물리는 이유는, LNG가 연료전지 확대의 전제조건인 연료 접근성·공급 확실성을 강화하기 때문이다. SOFC는 천연가스를 연소 없이 전기로 전환해 온사이트 전원으로 운영하는 측면에서, LNG 인프라가 확대될수록 파이프라인 제약이 있는 지역에서도 연료 조달 루트를 통해 전원 구축의 실행 가능성이 높아진다. 실제 데이터센터는 “전력망 증설 지연 → 가동 지연”이 곧 GPU 유휴와 매출 공백으로 직결되기 때문에, 연료 조달이 가능한 범위 내에서는 SOFC 기반 온사이트 전원이 빠르게 채택되는 구조이며, AWS가 계통 증설이 제때 불가능한 상황에서 천연가스 기반 SOFC를 온사이트 전원으로 선택한 사례는 이러한 의사결정 논리를 보여준다.

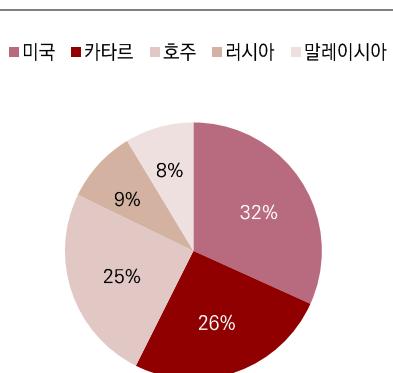
결국 LNG 거래 확대는 천연가스를 ‘지역 연료’에서 ‘글로벌 조달 가능한 연료’로 전환시키며, SOFC는 그 연료를 활용해 도심형·고밀도 전력 수요처에서 전력 확보의 속도와 확실성을 끌어올리는 수단으로 자리매김한다. 다시 말해 LNG는 SOFC 확산의 외연을 넓히고, SOFC는 전력의 온 사이트화로 LNG 기반 천연가스 수요를 고정 수요로 전환시키는 상호 강화 구조를 형성한다.

그림 64. LNG 수요량 추이(2024~2030)



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 65. 2025 주요 LNG 수출국

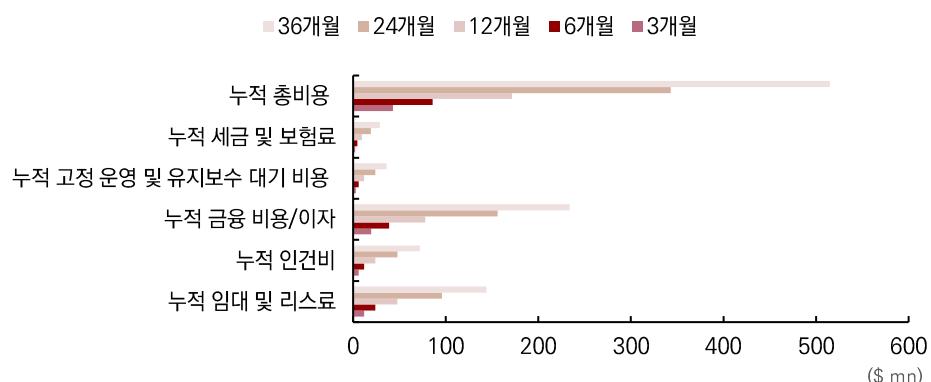


자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

## 2026년은 빠른 리드타임이 관건

2026년 AI 산업의 핵심 병목은 연산 능력이 아니라 전력 확보 속도와 전력 단가(=현금흐름)로 이동하고 있다. 발전원별 평균 건설 기간을 보면 연료전지는 약 3개월 수준으로 가장 빠르게 전력을 투입할 수 있는 반면, 신규 그리드 연결이나 신규 원자력은 최대 10년 내외의 긴 리드타임이 필요해 단기간 전력 수요 폭증을 따라가기 어렵다. 즉 2026년은 그리드 증설이 따라오지 못해 발생하는 전력 쇼티지를 “빠른 리드타임 전원”으로 메우는 것이 AI 데이터센터 CAPEX 집행과 가동률을 좌우하는 결정 변수가 된다. 특히 데이터센터는 전력 인프라가 늦어질수록 GPU가 설치되어도 제때 상업가동을 못하고, 이는 곧 감가상각·임대료·인건비가 누적되는 현금 유출로 직결된다.

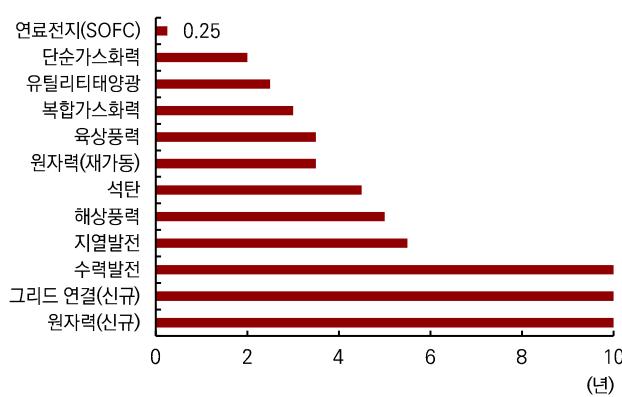
그림 66. 데이터센터 상업가동 지연(개월) 증가에 따른 누적 고정비 부담 추정



자료: Global Data Center Trends 2025, KUVIC 리서치 2팀

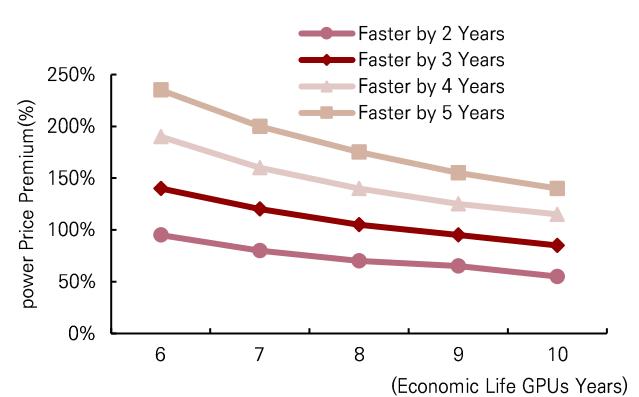
반대로 상업가동 시작 시기를 2~5년 앞당길수록 전력 가격 프리미엄이 크게 발생한다는 것 자체가 데이터센터 운영의 수익성을 만들어내는 핵심 레버리지임을 보여준다. 특히 단기간에 수십~수백 MW를 맞춰야 하는 하이퍼스케일러는 전력 확보 실패가 곧 고객 SLA, 클라우드 가동률, GPU 임대/판매 계획에 영향을 주기 때문에 조금 비싸더라도 빨리 전력을 확보하는 것이 합리적인 선택이 된다. 결국 2026년의 산업 방향성은 전력 공급을 빠르게 붙여 전력 낭비를 제거하고, AI 밸류체인의 성장을 중간에서 끊기지 않게 만드는 것이며, 이 과정에서 온사이트 발전처럼 설치 속도가 빠른 솔루션은 전력망 제약을 우회하며 AI 봄을 지속시키는 가장 중요한 안전판으로 작동할 가능성이 높다.

그림 67. 발전원 및 전력 인프라 가중평균 건설 기간



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 68. 데이터센터의 상업가동 시작시기 단축에 따른 전력 가격 프리미엄 지불의사



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 2팀

## 트럼프는 어떻게 연료전지에 반응하나

최근 트럼프 행정부의 정책 기조는 명확하다. “알아서, 빠르게”이다. 먼저 데이터센터발 전력 수요가 민간 전기요금에 큰 영향을 끼치지 않아야 한다. 미국은 11월에 중간선거를 앞두고 있다. 중간선거에서 공화당이 패배할 시, 트럼프의 공격적인 정책이 차질을 빚을 확률이 높아진다. 이에 트럼프는 민심의 의식하면서 데이터센터발 수요를 기업에게 지우는 BYOP(Bring Own Your Power) 방식을 공식화하였다. 이는 전력 기업이 인프라를 확충할 때, 데이터센터를 가지고 있는 테크 기업에게 비용을 전가하는 방식과 데이터센터 인근에 온사이트 방식으로 발전 시설을 짓도록 하는 형태이다.

기업이 직접 발전소를 지으면 정부가 인허가를 파격적으로 단축해 주는 ‘Fast-Track’ 혜택을 통해 이를 적극적으로 지원하고 있다. 25년 10월 미 에너지부는 연방에너지규제위원회에 데이터센터 전력 공급 승인 절차를 60일 이내로 단축하는 방안을 제안했다. 또한 100MW 이상의 전력을 사용하는 AI 데이터센터 및 관련 에너지 인프라를 ‘국가 안보 및 경제 번영에 필수적인 시설’로 지정하였고, 일부 에너지 프로젝트의 경우 환경 평가를 14일, 임팩트 성명 작성을 28일 이내에 완료하도록 하는 극단적인 속도전을 추진 중이다.

이외에도 ‘FAST-41’이라는 법적 틀 안에 AI 인프라 프로젝트를 포함시켜, 여러 연방 기관이 개별적으로 하던 심사를 동시에 진행하도록 강제하였다. 트럼프 행정부의 정책은 전력 쇼티지 상황에서도 데이터센터가 문제없이 돌아가도록 하여 AI 경쟁에서 다른 나라에 뒤처지지 않으면서도, 내부적으로는 전력 수요를 감당해내기 위한 것으로 보인다. 인허가 기간을 줄여주는 것이 핵심인데, 연료전지는 물리적 설치 기간도 타 발전원에 비해 짧기 때문에 정책과의 시너지로 리드타임 단축을 극대화할 수 있다는 장점이 있다.

표 31. 트럼프 행정부 연료전지 관련 이슈

시점	주요 발언 및 사건	핵심 내용 및 시사점
2025. 01	트럼프 대통령 취임사	“에너지 독립을 넘어 에너지 지배를 달성하겠다”고 선언하며 규제 철폐 예고
2025. 01	AI 국가 인프라 프로젝트 발표	AI 경쟁력 확보를 위해 5,000억 달러 규모의 인프라 구축 계획 발표
2025. 04	카네기 멜런 대학교 연설	빅테크 기업들은 전력망에 무임승차 X, 자체 발전소 건설 압박
2025. 07	행정명령 14318호 서명	데이터센터 인허가 가속화 명령
2025. 10	Truth Social 포스팅	서민들의 전기료 인상은 절대 불가, BYOP 원칙 강조
2025. 12	하원, SPEED Act 통과	환경 영향 평가 기간을 획기적으로 단축하고 소송 가능 기간을 제한하는 법안 통과
2026. 01	DOE 긴급 브리핑	온사이트 발전을 선택하는 기업에 한해 ‘60일 이내 인허가 완료 패스트트랙 혜택 부여’ 구체화
2026. 01	‘비상 전력 경매’ 계획 발표	테크 기업들이 신규 발전소 건설 비용을 15년 장기 계약 형태로 선 지불 유도

자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

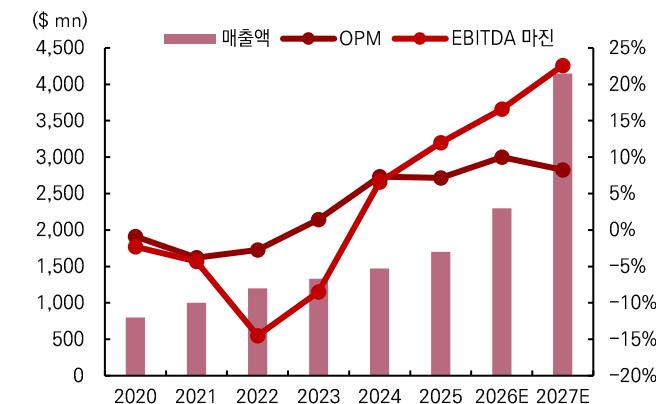
## Bloom Energy는 깊고 넘어가자고

Bloom Energy는 AI 데이터센터의 급격한 확산으로 촉발된 전력 쇼티지 국면에서, 전력망 인프라의 노후화 및 공급 병목 현상은 산업 전반의 핵심 리스크이자 기회 요인으로 부상하고 있다. 특히 GE 버노바 등 전통적 발전기기 업체들의 2026년 공급 물량이 이미 매진되었으며 신규 주문 시 인도까지 3~4년이 소요되는 등 공급 가시성이 극히 제한적인 상황에서, Bloom Energy의 공격적인 CAPA 확장은 차별화된 전략적 우위를 제공할 것으로 분석된다. 동사는 2026년 말까지 연간 CAPA를 현재의 두 배 수준인 2GW로 확대할 계획이며, 최대 2030년까지 연간 최대 5GW급 CAPA 확보가 가능할 것이라고 몇몇 전문가들도 언급한다.

Bloom Energy의 연료전지 선제적 증설은 경쟁사의 리드타임 지연을 틈타 AI 데이터센터 시장의 초기 수요를 조기에 선점하는 핵심 동력이 될 것으로 전망된다. 2030년까지 전 세계 데이터센터의 약 30%가 온사이트 발전을 주력 전력원으로 채택할 것으로 예상된다. 3Q25 컨콜에서도 AI 인프라 향 수요가 예상보다 빠르게 확대되고 있으며, 제품 믹스 개선과 원가 절감이 동반되면서 수익성 개선 속도가 빨라지고 있다는 점을 재차 확인했다.

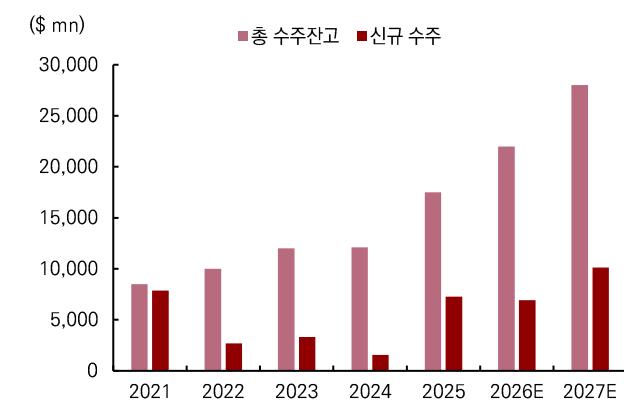
특히 브룩필드와의 50억 달러 계약을 포함해 약 120억 달러 이상의 견고한 수주잔고를 확보한 점은 Bloom Energy의 향후 실적 가시성을 뒷받침하며 2027년 기준 EBITDA 마진을 22.5% 수준까지 끌어올리는 강력한 수익성 개선을 견인할 것으로 생각된다. 이에 따라 2026~2027년 매출 성장과 EBITDA 마진의 구조적 상향이 가능하다는 판단이며, 수주→매출 인식이 본격화되는 구간에서 레버리지 효과가 더 크게 나타날 여지가 존재한다.

그림 69. Bloom Energy 실적 추이 및 전망



자료: Bloom Energy, KUVIC 리서치 2팀

그림 70. Bloom Energy 수주잔고 추이 및 전망



자료: Bloom Energy, KUVIC 리서치 2팀

전력 공급의 적시성이 데이터센터 증설의 핵심 제약으로 부상한 가운데, 미국 주요 허브에서는 계통 연계 대기기간이 최대 7년까지 늘어나는 병목이 관측되고 있다. 이처럼 전력의 빠른 확보가 경쟁력의 본질로 이동하면서, 수개월 단위로 설치·가동이 가능한 SOFC 기반 연료전지 온사이트 발전은 빅테크·데이터센터 사업자 입장에서 사실상 대체재가 제한적인 솔루션으로 자리매김한다.

특히 Bloom Energy는 25년 7월, 오라클과의 협업에서 ‘90일 내 온사이트 전력 공급’을 제시한 데 이어, 실제로는 납기 목표(90일)를 55일로 단축해 인도 완료했다고 밝히며 발전원 리드타임 경쟁력이 실증 사례로 확인됐다. 결국 연료전지는 2026년처럼 즉시 전력 확보가 필요한 AI 데이터센터 국면에서 ‘계통 대기 리스크를 회피하면서도 빠르게 확장 가능한’ 온사이트 전력원으로서 강력한 해자를 형성하고 있다는 판단이다.

표 32. Bloom Energy 주요 고객사 및 프로젝트 상황 척도

고객사	Bloom Energy 전력 판매 규모	적용 분야	2026~2028년 잠재 주문(연간 MW)
AEP(AWS, Cologix)	100MW 계약 완료, 1GW 프레임워크	데이터센터 전력 공급	225
SK Eternix	80MW	연료전지 발전 플랫폼	미공개
Equinix	100MW 이상	데이터센터용 온사이트 전력 공급	미공개
Intel	실리콘밸리 최대 규모	고성능 컴퓨팅 데이터센터 전력 공급	미공개
CoreWeave	14MW	데이터센터 전력 공급	미공개
Nxtra by Airtel	미공개	데이터센터 운영 전력 공급	미공개
Oracle OCI	미공개	데이터센터 전력 공급	미공개
Tallgrass Energy	와이오밍 900MW, 2026년 시작	데이터센터 전력 공급	300
SK 에코플랜트	500MW(2024~2027년)	데이터센터 전력 공급	125
SK Eternix	80MW	데이터센터 전력 공급	미공개
Brookfield	1~2GW	데이터센터 전력 공급	200

자료: Bloom Energy, KUVIC 리서치 2팀

## SOFC 세액공제는 얼마까지?

2025년 7월 4일 서명된 OBBBA(One Big Beautiful Bill Act) 법안은 **기존 IRA의 복잡한 보너스 구조를 단순화하고 SOFC에 대해 30%의 세액공제율을 고정함**으로써 관련 업계의 폭발적인 성장을 견인할 것으로 기대되는 법안이다. 이전 체제에서는 최대 혜택을 받기 위해 까다로운 임금 요건과 탄소 배출량 기준을 충족해야 하는 불확실성이 커으나, 개편된 법안은 배출량과 상관없이 연료전지를 수혜 대상으로 명시하여 기업들의 투자 가시성을 획기적으로 높였다.

기존 IRA는 적정 임금 지급 및 15% 이상의 도제 고용 의무(PWA)를 충족하지 못할 경우 세액공제율을 6%로 제한하여, 기업들에게 고임금 구조 강착과 복잡한 행정 증빙 부담이라는 이중고를 안겨주었다. 반면 OBBBA 법안 이후 이러한 PWA 요건과 관계없이 30%를 고정 부여함으로써, SOFC 기업들이 인건비 리스크에서 벗어나 설치 단가(CAPEX) 자체의 경쟁력에만 집중할 수 있는 환경이 조성되었다. 이러한 비용 구조의 가시성 확보는 데이터센터와 같은 대규모 수요처에서 SOFC가 가장 경제적인 온사이트 발전원으로 채택되는 기폭제가 되었으며, 실제로 법안 통과 직후 Bloom Energy 등 주요 SOFC 기업의 주가가 급등한 것은 이러한 시장의 강력한 기대를 뒷받침한다. 2032년까지 유지되는 이 고정 세율 혜택은 기업들이 장기적인 설비 투자 계획을 수립하는 데 결정적인 마중물 역할을 할 전망이다.

표 33. OBBBA 법안으로 인한 세액공제 변화

항목	OBBA 법안 이전(IRA 체제)	OBBA 법안 이후
기본 세액공제율	6%(조건 미충족 시)	30% 고정(단일 세율 적용)
최대 세액공제율	30%~50%(보너스 합산 시)	30% 표준화(보너스 항목 폐지)
탄소 포집(45Q) 연계	\$85/ton(임금 요건 충족 시)	\$85/ton 고정(요건 표준화)
국산 부품 비율	40%(2025년 기준)	45% 이상(2026년 기준 상향)

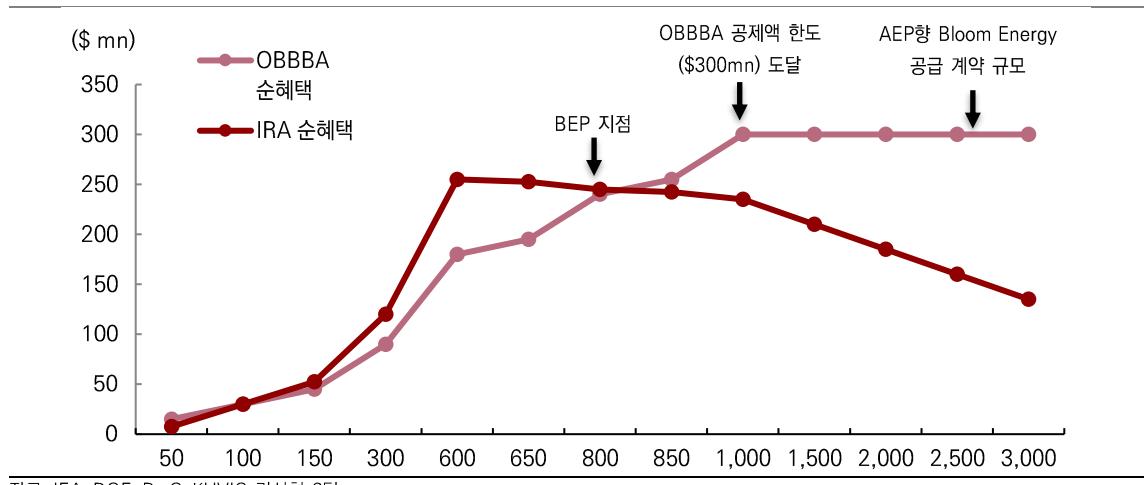
자료: PwC, KUVIC 리서치 2팀

본 보고서는 IRA와 OBBBA에서 SOFC 투자에 대한 순세액혜택이 어떻게 달라지는지 보기 위해, 투자금이 커질수록 세금 혜택이 얼마나 늘어나는지 비교하는 시나리오를 가정하였다. OBBBA는 연료전지 투자에 대해 투자금의 30%를 세액공제율을 적용하였다. 반면, IRA는 PWA 충족 시 30%를 기본으로 Domestic Content(+10%), Energy Community(+10%)까지 충족할 경우 최대 50%까지 가능하다는 점을 반영하였다.

다만 연료전지에는 \$3,000/kW 상한(cap)이 존재하므로 대형 프로젝트에서는 공제액이 상한에 의해 제한될 수 있고, IRA의 상향 세율을 확보하려면 PWA·DC/EC 요건 충족 과정에서 추가 비용이 발생할 수 있다는 현실을 고려해 순혜택에서 차감하였다. 결과적으로 투자 규모가 커질수록 IRA는 높은 명목 공제율로 순혜택이 확대될 여지가 있지만, cap 도달 이후에는 한계 혜택이 둔화되는 반면 OBBBA는 30% 선형 구조의 ‘확정성’으로 특정 투자 구간에서 상대적 우위를 가질 수 있어, 순혜택 우위가 구간별로 교차할 수 있음을 확인하였다.

이 비교에서 더 중요한 포인트는, 투자 규모가 커질수록 “몇 % 더 받느냐”보다 그 혜택을 얼마나 확실하게 확보할 수 있느냐가 BEP를 좌우한다는 점이다. 실제로 Bloom Energy는 AEP와 1GW급 SOFC(약 26.5억 달러) 계약을 구체화했고, 20년 장기 계약 형태로 보도된 바가 있다. 이런 GW급 프로젝트는 투자금이 큰 만큼 세금 혜택의 불확실성이 곧바로 채산성에 영향을 주는데, OBBBA처럼 단순하고 확정적인 30% 공제 구조는 세후 투자비를 빠르게 낮춰 투자 판단을 쉽게 만들 수 있다. 따라서 앞으로도 유사한 대형 계약(GW 규모)이 이어진다면, 세후 비용을 안정적으로 낮출 수 있는 구조에서 SOFC 채택이 지속될 가능성성이 커진다.

그림 71. 투자금(\$ mn) 변화에 따른 IRA vs OBBBA 순혜택 시나리오 비교



자료: IEA, DOE, PwC, KUVIC 리서치 2팀

## 그래서 SOFC로 얼마만큼 전력 땡길 수 있는건데

또한 연도별 신규 연료전지 도입에 따른 전력 생산 기여도를 정량화하기 위해, 본 보고서는 2026~2030년 구간을 대상으로 Bear/Base/Bull 3개 시나리오를 설정해 전력 생산량을 추정하였다.

본 보고서에서는 연료전지 보급 확대 속도와 신규 전력 수요 흡수 가능성을 반영하기 위해 Bear/Base/Bull 3개 시나리오를 설정하였다. Bear 시나리오는 Bloom Energy 중심의 보급 확대가 제한적으로 진행되며(현재 생산 CAPA 수준인 1GW 유지), 두산퓨얼셀의 미국 시장 진입·전환이 점진적으로 성공하는 수준을 전제로 한다. Base 시나리오는 Bear case + Plug Power의 비상설비용 연료전지 보급 확대 및 일부 전원 전환 수요가 추가로 반영되는 경우로 설정하였다. Bull 시나리오는 3사(Bloom Energy·두산퓨얼셀·Plug Power)의 동시 성장에 더해, Ballard Power 및 PowerCell 등 기타 업체까지 수요 확대 흐름에 본격적으로 가세하는 국면을 가정하였다.

데이터센터는 증설 속도가 빠르고 부하가 “연중 상시” 발생하기 때문에, 단순 피크 대응이 아닌 상시 전력 공급 가능한 발전원의 수요를 구조적으로 확대시키는 특징이 있다. 이에 따라 신규 연료전지가 실제로 전력 생산량 증가분의 일부를 흡수할 수 있다는 가정은, 단순한 보조전원이 아니라 “AI 인프라 시대의 브릿지 전원”이라는 관점에서 충분히 합리적인 접근으로 판단된다. 추정 결과, 신규 연료전지로 인한 미국 내 일일 전력 생산량은 Base 기준으로 2026년 21TWh에서 2030년 69TWh 수준으로 증가하며 이는 AI 데이터센터의 전력 수요가 증가하는 구간에서 “신규 전력 공급”이 반드시 필요하다는 전제하에, 연료전지가 리드타임과 입지 효율성을 기반으로 조기 물량을 선점할 수 있음을 의미하며, 초기 수요 구간에서는 빠르게 투입 가능한 전원으로 연료전지가 실질적인 M/S를 획득할 여지가 크다.

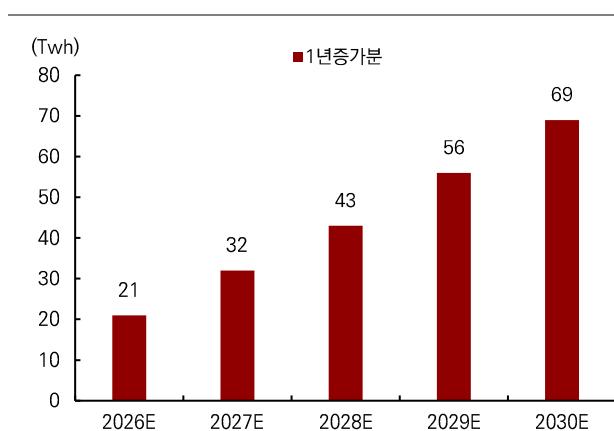
표 34. 신규 연료전지 증설로 인한 전력 생산 증가분

구분	2026E			2027E			2028E			2029E			2030E		
	BEAR	BASE	BULL												
신규 증가분(GW)	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6	7	8	7	8	10
1일 신규 증가분(GWh)	54	57	60	80	87	93	107	119	130	135	153	171	162	189	219
1년 신규 증가분(TWh)	20	21	22	29	32	34	39	43	47	49	56	62	59	69	80

자료: 각 사 IR, KUVIC 리서치 2팀

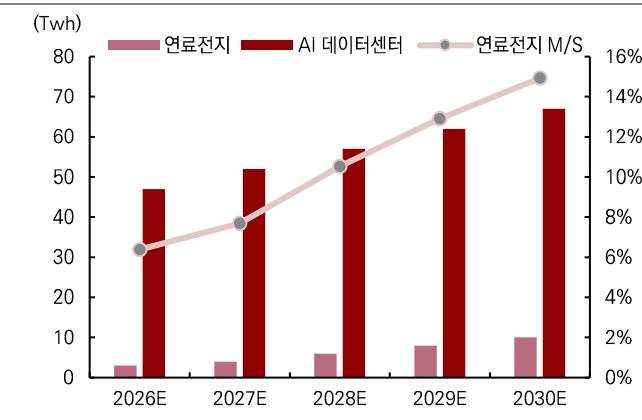
결론적으로, 2026~2030년 미국 전력 생산 증가분과 데이터센터 전력 증가분을 일정 수준으로 가정할 때, 연료전지는 의미 있는 M/S를 가져갈 수 있는 발전원으로 평가된다. 단기적으로는 전력망 병목이 해소되기 전까지 데이터센터의 “전력 조달 불확실성”을 낮추는 대안으로 기능하며, 중기적으로는 LNG 공급 확대 및 천연가스 기반 전원 수요 증가 흐름과 맞물려 적용처가 확대될 수 있다. 따라서 본 보고서의 시나리오 분석은 연료전지가 단순 보완재가 아니라, 현재 AI 데이터센터 전력 수요 급증 국면에서 유효한 신규 발전원으로 자리 잡을 가능성을 정량적으로 뒷받침한다.

그림 72. 연도별 신규 연료전지에 따른 전력 생산 기여분(BASE)



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 73. 미국 AI 데이터센터 전력 수요 대비 연료전지 M/S 추정(Bull)



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

## 원자력(대형원전/SMR)

### 전 세계는 원자력에 주목 중

#### 트럼프의 원전 르네상스 추진

트럼프 2기 행정부의 에너지 정책은 ‘규제는 풀고, 공급원 확보는 늘린다.’로 요약할 수 있다. 당장의 에너지 빈곤 해결을 미래의 기후 변화보다 우선시하는 트럼프는 취임 이후 리버티 에너지 CEO 출신이자 화석연료 옹호자인 크리스 라이트를 DOE 장관직에 임명했을 뿐만 아니라, 기존 바이든 행정부의 재생에너지 확대 정책을 대폭 수정하며 AI 데이터센터와 제조업 부흥을 위해 화석연료와 원자력을 가리지 않고 에너지 공급을 확대할 것을 천명했다.

이러한 기조에 발맞춰, 트럼프 행정부는 집권 초기부터 원자력 생태계 복원을 위한 제도적 기틀을 다지는 데 주력했다. 2025년 1월, 재무부는 기존 원전(45U) 및 신규 SMR(45Y)에 대한 세액 공제 최종 가이드라인을 확정 짓고 MWh당 최대 15~30달러의 지원을 개시하여 원전의 경제성을 확보해 주었다. 이어 2월에는 SMR의 신속 배치를 위한 행정명령을 발동하고, 4월에는 NRC가 대형 경수로 중심의 경직된 규제 대신 SMR에 특화된 유연한 인허가 규정(Part 53)을 시행하도록 함으로써, 민간 기업들이 과감하게 차세대 원전 시장에 진입할 수 있는 규제 환경을 조성하였다.

비교적 최근인 2026년 1월 5일경, DOE의 크리스 라이트 장관은 미국 내 우라늄 농축 역량 강화를 위해 American Centrifuge Operating, General Matter 등에 총 27억 달러(약 3조 9,590억 원) 규모의 투자를 발표하며 고순도 저농축의 공급망 확보 및 원자력 산업 부흥을 위한 포석을 마련했다. 이와 더불어 2026년 예정된 팰리세이즈 원전의 성공적인 상업 운전 재개를 위해, 오는 3월 중 NRC의 최종 안전성 심사가 완료될 예정이다. 업계에서는 트럼프 행정부의 광폭 행보에 힘입어, 그동안 데이터센터와 원전의 직접 연결을 가로막던 송전망 접속 규제까지 완화되는 추가 조치가 검토될 것으로 기대하고 있다.

표 35. 미국 주요 원전 정책 타임라인(2025~2026)

시기	기관	주요 정책
25.01	DOE	국가 에너지 비상사태 선포: 취임 직후 바이든 정부의 LNG 수출 중단 조치 철회 및 화석연료 규제 47건 폐지 착수
25.01	재무부	기존 원전(45U) 및 신규 SMR(45Y)에 대한 세액 공제 최종 가이드라인 확정. MWh당 최대 \$15~\$30 지원 개시
25.02	DOE	차세대 원자력(SMR) 행정명령: 2월 5일, SMR의 신속한 배치를 위한 장관령 발동. NRC에 인허가 절차 간소화 압박
25.04	NRC	대형 경수로에 맞춰진 기존 규제(Part 50/52) 대신, SMR에 특화된 유연한 인허가 규정(Part 53) 시행
25.05	DOE	대규모 규제 철폐 발표: 에너지 효율 등급 등 소비자 비용을 높이는 규제 폐지로 약 110억 달러 비용 절감 효과 발생
25.07	DOE	AI 데이터센터 부지 선정: 연방 토지 내 AI 데이터센터 및 에너지 인프라(SMR/가스발전) 개발 후보지 선정 발표
25.11	DOE	제네시스 미션 (Genesis Mission): DOE의 슈퍼컴퓨팅 지원과 민간 AI 역량을 결합한 국가 AI 이니셔티브 출범
26.01	DOE	저농축 우라늄(LEU) 생산 능력 확대 및 자국 우라늄 농축 역량 강화에 27억 달러를 투자
26.01	DOE	에너지 패권 금융 프로그램을 통해, 미국의 원자력 발전 용량을 2024년 약 100GW에서 2050년 400GW로 4배 확대 추진
26년 중	NRC	Palisades 원전 재가동 최종 인전성 심사 단계 완료 예정(3월 말까지) 및 SMR 2기 제한적 작업 승인(LWA) 여부 검토

자료: DOE, 미 재무부, NRC, KUVIC 리서치 2팀

## 미국 내 원자력 여론 변화

그림 74. 미국 내 원자력 여론 변화(2020, 2025)

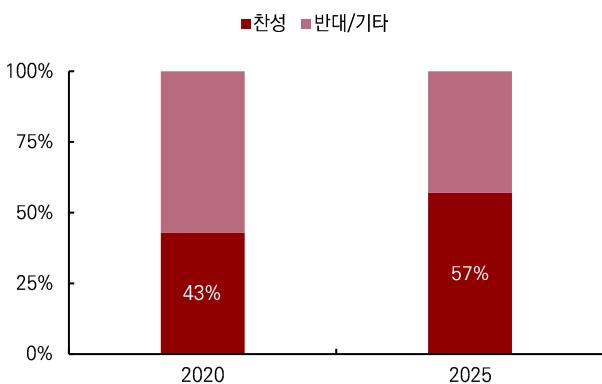
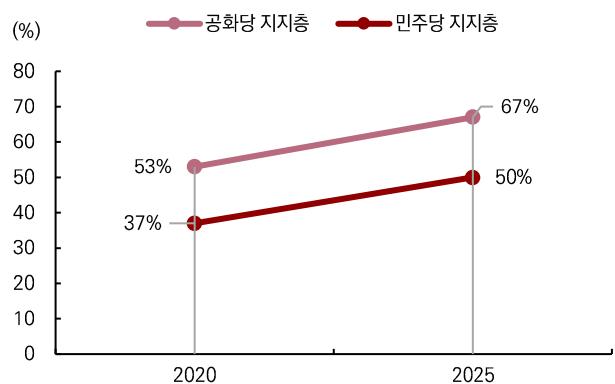


그림 75. 미국 내 정당별 원자력 지지율 변화(2020, 2025)



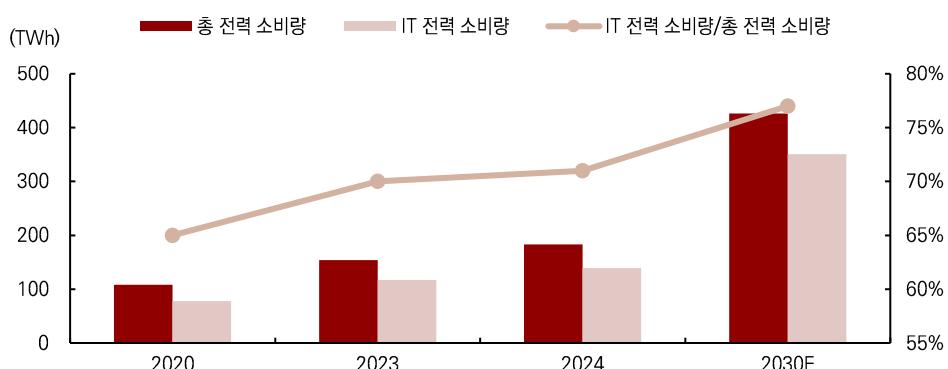
자료: Pew Research Center, Gallup, KUVIC 리서치 2팀

지난 5년간(2020~2025) 미국 사회에서는 원자력을 “위험하고 비싼 에너지”보다는 “반드시 필요한 무탄소 에너지”로 인식하는 경향이 커지게 되었다. 2020년 당시 세일가스/태양광에 경제성이 밀리며, 안전 우려로 인해 찬성 여론이 과반수에 미치지 못했던 미국 내 원자력 지지율은, 2025년 AI 데이터센터의 전력 폭증과 탄소 중립의 현실적 한계를 직면하며 57%로 상승하였다. 뿐만 아니라 환경주의 정책을 내세우며 2020년 기준 37%에 불과하던 민주당 지지율의 비율이 50%에 육박하게 된 점 역시, **기존의 재생 에너지 중심의 한계를 인정하며 화석연료를 줄이기 위해서는 원자력 중심의 기저부하 발전이 필요하다는 것을 시인함을 방증하고 있다.**

## 미국 빅테크는 원자력 전력망 구축 돌입

지난 15년간(2005~2020) 연평균 0.5% 성장에 그쳤던 미국 전력 수요는 AI 데이터센터 확산으로 연평균 4.7% 이상 급성장 국면에 진입했다. 특히 데이터센터의 랙당 전력 밀도가 10kW에서 100kW급으로 상승하며, 기존 송전망 용량을 초과하는 병목 현상이 발생하고 있다. 챗 GPT 등장 이후 폭증한 데이터센터 전력 수요는 기존 전력망의 한계를 드러냈고, 태양광과 풍력의 간헐성은 '24시간 가동'이 필수인 AI 산업의 요구를 충족시키지 못하는 상황이다.

그림 76. 미국 데이터센터용 전력 소비 추이



자료: IEA, KUVIC 리서치 2팀

이에 간헐적인 재생에너지로는 AI 서버의 24시간 가동을 보장할 수 없다고 느낀 빅테크 기업들은 자본력을 앞세워 실질적인 무탄소 전원인 CFE(Carbon-Free Energy) 100% 달성을 위해 원자력 발전소를 직접 확보하는 등 원자력을 필수재로 채택하며 전력 안보 전략에 돌입하고 있다.

이에 따라 각 기업은 자사의 상황에 맞춰 차별화된 포트폴리오를 구축하고 있다. 먼저 **마이크로소프트는 쓰리마일 섬(TMI) 원전을 재가동하여 즉각적인 전력을 확보하는 실용적인 노선을**, 아마존의 경우 원전 직결 방식 및 SMR 투자를 병행하여 전력망 제약을 회피하려는 전략을 취하고 있다. 또한 **구글과 메타는 각각 카이로스 파워, 테라파워 등 차세대 SMR 개발사에 대규모 자금을 투입하여 기술 상용화 시기를 앞당기는 데 주력하고 있다**. 이러한 빅테크의 막대한 자본 투입은 SMR의 초기 리스크 문제를 해소 및 글로벌 원전 산업의 밸류에이션 재조정을 견인하는 핵심 동력으로 작용되는 중이다.

표 36. 미국 빅테크 기업 원전 프로젝트

기업	발표시기	규모	파트너	세부내용
Amazon	24.03	최대 960MV	탈렌 에너지	서스퀘하나 원전 인근 데이터센터 부지 매입 및 전력 직공급 계약 체결
	24.10	5GW 이상	X-energy, 도미니언	SMR 개발사 X-energy 지분 투자 및 버지니아주 SMR 건설 협약
Microsoft	24.09	835MV	콘스틸레이션 에너지	쓰리마일섬(TMI) 1호기 재가동 및 20년 전력 독점 구매
Oracle	24.09	1GW	-	기가와트급 전력 위해 SMR 모듈 건설 추진
Google	24.10	500MV	카이로스 파워	500MV 규모의 SMR 전력 구매 계약 체결
Meta	26.01	6.6GW	비스트라, 테라파워, 오클로	가동 원전(2.6GW)과의 20년 장기 PPA 체결 및 차세대 SMR(4GW) 투자를 통한 투 트랙 추진

자료: KUVIC 리서치 2팀

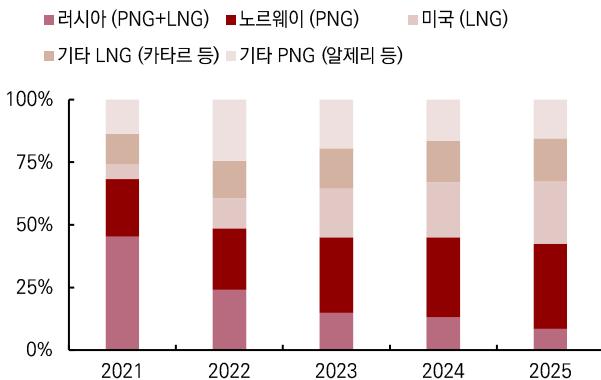
현재까지의 미국 내 원자력 발전 추진 강화 동향은 일시적 유행이라기보다는 “전기가 부족하다”는 필요가 더 커진 상황에 따른 구조적 전환이라고 볼 수 있다. 빅테크의 투자와 정부의 초당적 지원, 그리고 대중의 지지라는 삼박자가 갖춰진 지금, 미국 원전 시장은 지난 30년 중 가장 강력한 성장 모멘텀을 확보했다고 판단된다.

## 유럽의 탈원전 폐지

2022년 시작된 러시아-우크라이나 전쟁 이후 EU는 에너지 안보가 국가 존립의 문제임을 깨달았다. 이에 따라 과거 독일 주도의 탈원전 기조에서 벗어나, 프랑스를 주축으로 한 ‘원전 동맹’이 주류로 부상했다. 원자력을 단순한 저탄소 에너지가 아닌, 외부의 의존도를 낮출 수 있는 전략적 안보 자산으로 바뀌게 된 시점이기도 하다.

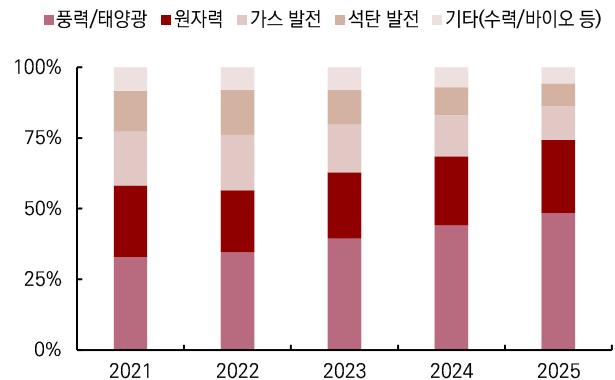
21년 가스 수입 전체 비중의 45%를 차지하던 러시아산 비중이 25년에는 8.5%로 떨어졌으며, 해당 공백은 노르웨이, 미국, 카타르 등의 천연가스로 대체가 되었다. 전체 전력 생산 믹스의 경우 2022년경 가스 부족분을 메우기 위해 일시적으로 석탄 발전(16%)을 증가시켰으나 이후 점차 비중이 줄어들었다. 또한 재생에너지(48.5%)가 주력 전원으로, 원자력(25.8%)이 기저 부하를 받쳐주는 구성으로 편중되었음을 확인할 수 있다.

그림 77. EU 가스 수입 공급원 변화(2021–2025)



자료: Eurostat, KUVIC 리서치 2팀

그림 78. EU 전력 생산 믹스(2021–2025)



자료: Ember, KUVIC 리서치 2팀

지정학적 요인과 더불어 EU 내 원자력 비중이 증가하게 된 요인은 다음과 같다. EU는 탄소 중립 목표를 내세우며 재생에너지 비중을 확대했으나, 재생에너지가 갖는 간헐성 및 이로 인한 탈탄소의 한계로 무탄소 기자 전원으로서 원전의 역할이 대체 불가능하다는 것을 인정하였다. 뿐만 아니라 러우 전쟁 이후 에너지 비용 증가로 인해 재생에너지+ESS 조합만으로는 산업용 전력 단가를 맞출 수 없었기에 EU는 EU 택소노미에 원전을 녹색 투자 대상으로 포함하였고, 이후 NZIA 법안을 통과시킴으로써 원전 확보에 박차를 가하였다.

2025년에 들어서는 단순히 정책적 기조를 잡는 것을 넘어, 입법 조치와 금융 지원 정책으로 구체화되며 실행 단계에 진입하기 시작했다. 2040 기후 목표 권고안 입법화를 통해 과거의 재생에너지 일변도 정책에서 탈피하여, 원자력과 재생에너지가 상호 보완적으로 확대되어야 함을 명시함으로써 원전을 탄소 감축의 필수 파트너로 공식화하였다.

이와 더불어, 원전 산업의 금융 장벽 해소를 위해 유럽투자은행의 대출 정책이 전격 개정되었다. 이를 통해 SMR 연구개발은 물론, 기존 원전의 수명 연장 및 안전 설비 투자에 대한 대출 지원이 공식화되어 원전 프로젝트의 자금 조달 여건이 획기적으로 개선되었다. 또한 7월 EU 이사회는, 원자력 연구개발의 지속성을 보장하기 위해 유라툼 연구 및 훈련 프로그램의 2026–2027년 연장안을 최종 채택하며 이는 차세대 원전 기술 확보 및 전문 인력 양성을 위한 EU의 장기적 지원 의지를 재확인한 조치로 평가된다.

표 37. EU 원전 관련 정책 동향

시기	정책명	주요 정책
22.07	EU 택소노미	원자력을 녹색 투자 대상(조건부)으로 공식 분류 포함, 원전 프로젝트에 대한 유럽 내 연기금과 은행들의 저금리 자금 투자 유도
24.02	SMR 산업 동맹 추진	2030년대 초반까지 유럽 내 SMR 상용화를 목표로 공급망 구축, 규제 표준화, 자금 지원을 공동으로 추진
24.05	NZIA(탄소중립산업법)	NZIA 최종 승인을 통해, 원자력과 SMR을 '전략적 네트제로 기술'로 지정하여 인허가 (최대 18개월, 대형 원전의 경우 12개월) 패스트트랙 적용
25.04	2040 기후 목표 권고안 입법화	2040년 온실가스 90% 감축 목표 달성 위해 "원자력과 재생에너지가 상호 보완적으로 확대되어야 함."을 명시한 기후법 개정안 발의
25.05	에너지 대출 정책 개정	EIB에서 SMR 연구개발 및 기존 원전의 수명 연장/안전 설비에 대한 대출 지원 공식화
25.07	유라툼 프로그램 연장 승인	유라툼 연구 및 훈련 프로그램의 2026–2027년 연장안을 이사회에서 채택

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

유럽 내 원전 강국인 프랑스는 마크롱 대통령의 집행 아래, 원자력 중심 에너지 발전을 재확립 중인 상황이다. Penly, Gravelines, Bugey 등에 지을 신규 원전 6기 건설에 대한 비용을 728억 유로(약 108조 원)로 상향 조정하며 대형 원전 건설에 박차를 가하고 있을 뿐만 아니라, 국영 전력사 EDF 주도로 독자 모델 'Nuward(340MW)' 개발 중이며 2030년 실증로 착공을 목표로 하고 있는 상황이다.

표 38. 유럽 국가별 원전 프로젝트

국가	주요 프로젝트 내용
프랑스	Penly, Gravelines, Bugey 등 3개 부지에 'EPR2(개량형 유럽 가압경수로)' 신규 원전 6기 건설 확정 및 8기 추가 검토, 6기 건설에 대한 잠정 예산 약 728억 유로(약 108조 원 규모)
체코	두코바니 지역에 신규 대형 원전 2기 건설(5, 6호기), 2기 기준 약 24조 원 규모
폴란드	미국 웨스팅하우스와 3기 건설 계약(약 40조 원 규모), 민간 주도로 한수원(KHNP)과 풍트누프 지역 2기 건설 추진 중
영국	Hinkley Point C 원전 건설 중, 2050년까지 원전 용량을 24GW로 4배 확대 계획, SMR 설계 입찰 진행

자료: KUVIC 리서치 2팀

영국의 경우, EDF 건설 하에 3.2GW 규모(EPR 2기)의 Hinkley Point C가 진행 중이며, 동 프로젝트와 동일한 모델을 복제 건설하는 Sizewell C 또한 추진하고 있다. 정부 산하 GBN 주도 하에 SMR 기술 선정 경쟁을 진행하고 있으며 룰스로이스, 홀텍, GE히타치 등이 최종 후보군으로 경쟁 및 2030년대 초반 배치를 목표로 부지 선정 작업을 병행하고 있다. 체코는 두코바니 지역에 1,000MW급 APR1000 2기(5, 6호기) 건설 및 총 사업비 약 24조 원 규모의 프로젝트를 진행하고 있는 상황이며, 폴란드는 노후 석탄 발전소를 대체하기 위해 정부와 민간이 동시에 원자력 대전환을 추진 중이다.

### 국내도 마찬가지, AI·반도체 전력 수요가 불러온 원전의 귀환

그림 79. 국내 원자력 발전 필요성 여부

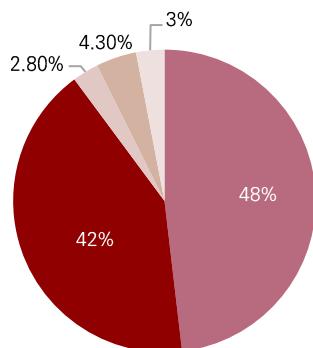
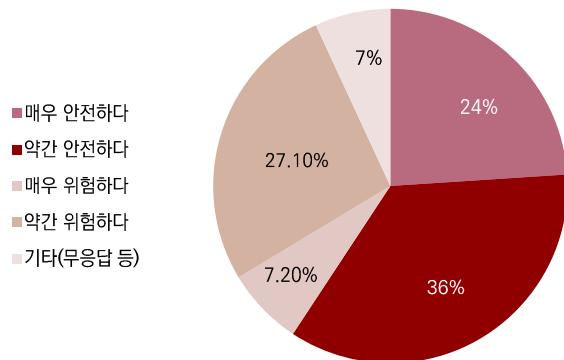


그림 80. 국내 원자력 안전 체감



자료: 한국갤럽, KUVIC 리서치 2팀

21일에 공개된 한국갤럽 설문조사에서 원자력 발전 필요성에 대한 긍정 응답은 대략 90%에 육박하며 역대 최고치를 경신했다. 이는 대다수 국민이 탄소중립과 전력 수급 안정을 위해 원전을 대체 불가능한 에너지원으로 인정했음을 시사한다. 또한, 원전 도입의 가장 큰 걸림돌이었던 안전 체감도 역시 기술적 신뢰 회복에 힘입어 과반(약 60%)이 우호적으로 응답하는 등, 막연한 공포에서 벗어나 에너지 안보를 위한 필수적인 선택으로 받아들이고 있음을 확인할 수 있다.

표 39. 2026년 현 정부 원전 관련 인터뷰/동향 정리

시기	주요 발언
26.01.07	김성환 기후에너지환경부 장관, "전력을 안정적으로 공급해야 하는 현실을 고려할 때, 재생에너지 위주의 전력 공급은 난제"
26.01.13	기후에너지환경부, "올해 원전 이용률을 89%까지 높여 전력수급 안정과 전기요금 부담 완화에 이바지 최선"
26.01.16	김용범 청와대 정책실장, "AI도 반도체도 전력이 관건… 신규 원전 건설 불가피"
26.01.21	이재명 대통령, "원전, 이념 아닌 실용… 신규 건설 열어놓고 검토"

자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

이재명 정부 출범 초기, 에너지 정책의 무게중심은 명확히 '재생에너지 확대'와 '탈(脫) 원전 및 감(減) 원전'에 쏠려 있었다. 그러나 AI 데이터센터와 반도체 클러스터가 촉발한 폭발적인 전력 수요는 정부의 에너지 전략을 송두리째 바꿔놓았다.

[표 37]에서 확인할 수 있듯, 정부 고위 인사들의 최근 발언은 '실용주의'를 표명하고 있다. 김성환 기후에너지환경부 장관은 "재생에너지 위주의 공급은 난제"임을 시인했고, 김용범 청와대 정책실장은 "신규 원전 건설 불가피"를 언급하였다. 마침내 1월 21일, 국내 여론을 검토한 이재명 대통령은 "원전은 이념이 아닌 실용"이라며 신규 건설 검토를 사실상 인정하였다. 이는 국내에서도 원전을 국가 산업 생존을 위한 '필수재'로 인식하고 있음을 시사하는 바이다.

표 40. 국내 원자력 발전소 현황

발전소명	호기	노형	용량(MW)	상업운전 개시연도
한울	1, 2	CP1	950 X 2	1988, 1989
	3, 4	OPR-1000	1,000 X 2	1998, 1999
	5, 6	OPR-1000	1,000 X 2	2004, 2005
신한울	1	APR-1400	1,400	2022
	2	APR-1400	1,400	2024
	3, 4	APR-1400	1,400 X 2	건설 중
한빛	1, 2	WH-1000	950 X 2	1986, 1987
	3, 4	OPR-1000	1,000 X 2	1995, 1996
	5, 6	OPR-1000	1,000 X 2	2002, 2002
월성	2, 3, 4	CANDU(가입중수로)	700 X 3	1997, 1998, 1999
신월성	1, 2	OPR-1000	1,000 X 2	2012, 2015
고리	2, 3, 4	WH-600(2호기), WH-1000	685(2호기), 950 X 2	1983, 1985, 1986
신고리	1, 2	OPR-1000	1,000 X 2	2011, 2012
	1, 2	APR-1400	1,400 X 2	2016, 2019
새울	3	APR-1400	1,400	건설 중
	4	APR-1400	1,400	건설 중

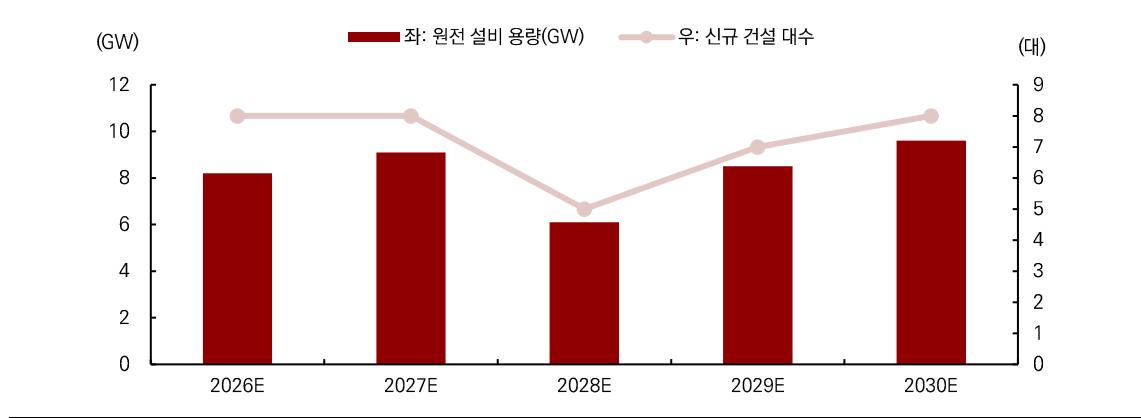
자료: 한국수력원자력, KUVIC 리서치 2팀

이러한 정책 전환의 배경에는 대안 없는 전력난이 자리 잡고 있다. [표 38]의 국내 원전 현황을 살펴보면, **1980년대에 상업운전을 시작한 고리 2·3·4호기(1983~1986)**, **한빛 1·2호기(1986~1987)**, **한울 1·2호기(1988~1989)** 등은 설계수명이 임박했거나 이미 초과한 상태라는 것을 확인할 수 있다.

과거 기조대로라면 이들 노후 원전은 폐쇄 수순을 밟아야 했으나, 현재 정부는 이들의 계속 운전(수명연장)을 통해 전력망을 지탱하고 있다. 특히 건설 중인 새울 3·4호기와 신한울 3·4호기(APR-1400)가 완공되기 전까지의 전력 공백을 메우기 위해서는, 노후 원전의 가동이 선택이 아닌 필수이기 때문이다. 결국, 수명이 지난 원전조차 멈추지 못하고 가동해야 하는 지금의 현실은, 역설적으로 **대한민국 전력망에서 원자력을 대체할 기저부하는 존재하지 않는다는 사실을 가장 강력하게 확인시키고 있다.**

## 중국의 '10-10'

그림 81. 중국 원전 프로젝트 추이



자료: KUVIC 리서치 2팀

현재 원전 시장의 돌풍은 중국이 견인하고 있다. 중국 정부가 천명한 '10-10 정책(매년 10기 이상 승인)'은 단순한 선언적 구호가 아니라, 실질적인 건설로 구현되고 있다. 2026년부터 2030년까지 중국에서만 약 41.5GW 규모의 신규 원전이 가동될 전망이다. 중국의 Hualong One, CAP1000 등 3세대 최신 노형의 대량 건설은 전 세계 원전 기자재 공급망에 강력한 낙수 효과를 일으키며 산업 전체의 불륨을 확장시킬 것이다.

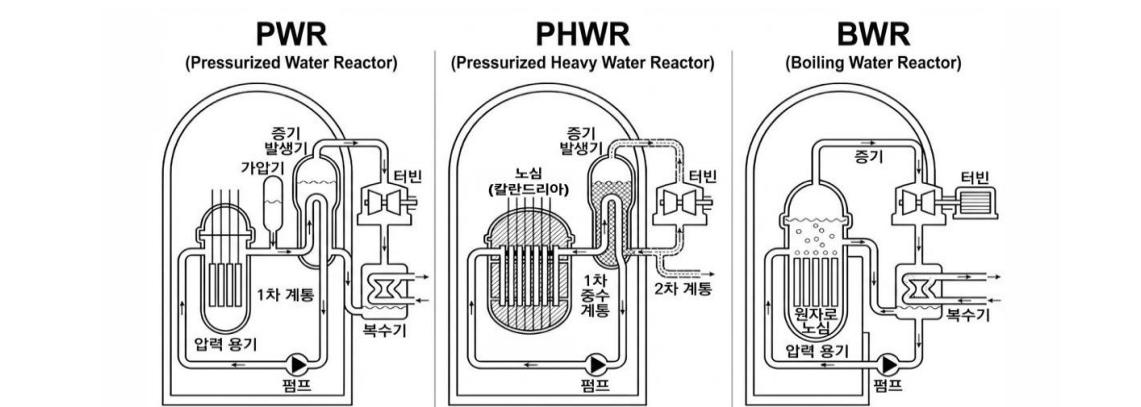
표 41. 중국 원전 프로젝트(2026~2030)

구분	주요 프로젝트	건설대수	규모(GW)
2026	Cangnan/San'ao 1, Taipingling 1, Taipingling 2, Changjiang SMR 1, Tianwan 7 등	8대	8.2GW
2027	Cangnan/San'ao 2, Sanmen 3, Tianwan 8, Xiapu 2, Xudabao 3, Changjiang 4 등	8대	9.1GW
2028	Lufeng 5, Sanmen 4, Xudabao 4, Xudabao 1, Lianjiang 1	5대	6.1GW
2029	Lufeng 6, Ningde 5, Shidaowan 1, Xudabao 2, Zhangzhou 3, Zhangzhou 4 등	7대	8.5GW
2030	Cangnan/San'ao 3, Lufeng 1, Ningde 6, San'ao 3, Taipingling 3, Zhao yuan 1 등	8대	9.6GW

자료: KUVIC 리서치 2팀

## 그래서 원전이 뭔데?

그림 82. 2세대 대형원전



자료: KUVIC 리서치 2팀

## 대형원전을 알려줄게

원자력 발전 기술은 지난 70년간 안전성과 경제성을 확보하기 위해 진화해 왔다. 초기 1세대는 1950~60년대의 원형로 단계로 상업적 가치보다는 기술 실증에 주력했다. 이후 1970~90년대 오일쇼크를 거치며 확산된 2세대는 가압경수로(PWR)와 비등경수로(BWR)가 표준으로 자리 잡으며 전력 공급의 주축이 되었다. 그러나 2세대는 펌프나 전력을 이용해 냉각수를 강제로 순환시키는 '능동형 안전설비'에 의존했기에, 전력 공급이 끊기면 노심 용융 위험이 존재한다는 구조적 한계가 있었다.

표 42. 대형원전 변화 양상

세대	시기	대표 모델	특징 및 핵심 기술
1세대	1950~60년대	마그녹스(Magnox)	상업 발전이 가능한지 입증하는 단계. 천연 우라늄 사용. 효율 낮음. 현재 대부분 폐로.
2세대	1970~90년대	PWR, PHWR, BWR, CANDU	현재 전 세계 가동 원전의 대부분. 안전장치가 전기로 작동하는 '능동형 안전' 시스템.
3/3.5세대	1990~현재	APR-1400(한국), AP-1000(미국), EPR(유럽)	전기 없이 중력이나 대류 현상만으로 원자로를 식히는 시스템 도입. 수명 60년 이상. 내진 설계 강화.
4세대	2030년 이후	SMR, 소듐냉각고속로(SFR)	물 대신 나트륨, 헬륨 가스 등을 냉각재로 사용. 사용후핵연료(폐기물)를 재활용하거나 획기적으로 줄임. 폭발 위험 원천 차단.

자료: KUVIC 리서치 2팀

현대 대형 원전 시장의 주류인 3세대 및 3.5세대의 핵심은 '피동형 안전설비'다. 이는 사고 발생 시 외부 전력이나 운전원의 개입 없이 중력, 대류, 가스 압력 등 자연법칙만으로 냉각수를 순환시켜 원자로를 식히는 기술이다. 또한, 설계 수명을 기존 40년에서 60년 이상으로 늘리고, 노심 손상 빈도(CDF)를 획기적으로 낮췄다. 대표적인 모델로는 한국의 APR-1400, 미국의 AP-1000(웨스팅하우스)과 프랑스의 EPR(EDF)가 있으며, 이들은 노형 설계를 단순화하고 모듈 공법을 도입해 건설 효율을 높이는 방향으로 발전하고 있다.

표 43. 대형원전 밸류체인

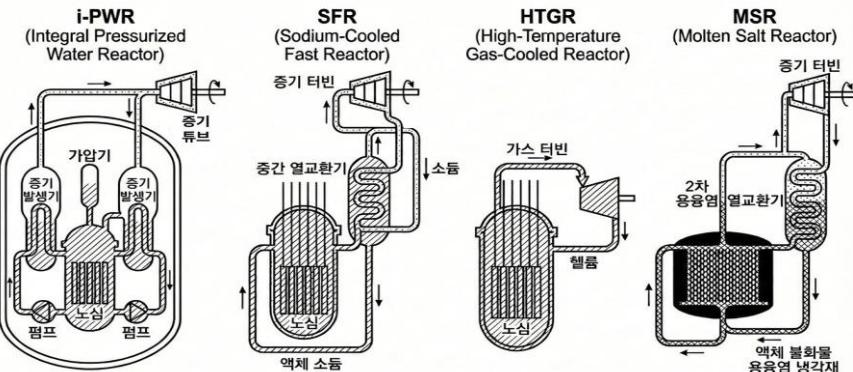
구분	역할	주요 기업
설계/엔지니어링	인허가 획득, 프로젝트 총괄 및 종합 설계	Bechtel, Westinghouse, 한국수력원자력, 한국전력기술, EDF 등
주기기 제작	원자로, 증기발생기, 터빈 등 제작	GE Vernova, 두산에너빌리티 등
보조기기	변압기, 펌프, 밸브, 케이블 등 핵심 부품 제작	Flowserve, 우진, 비에이치아이 등
시공/건설(EPC)	토목, 건축, 기계 설치	Fluor, 현대건설, 삼성물산, 대우건설, Bouygues 등
연료/농축	우리늄 농축 및 연료봉 제조	Centrus Energy, Cameco 등
운영/유지보수(O&M)	발전소 운영, 정비, 수명 연장	Constellation Energy, Vistra 등

자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

대형 원전 산업은 거대 장치 산업으로, 밸류체인은 크게 설계 → 주기기 제작 → 시공(EPC) → 운영/유지 보수(O&M)로 이어진다. 설계는 원천 기술을 보유하고 규제 기관의 인허가를 획득하는 단계다. 미국의 웨스팅하우스, 프랑스의 EDF가 글로벌 시장을 주도하는 중이다. 주기기 제작은 원자로 압력용기, 증기발생기 등 핵심 기기를 제조하는 단계로, 초대형 단조 프레스 기술이 필수적이다. EPC는 설계에 따라 현장에서 발전소를 건설하는 단계로 미국의 베텔, 프랑스의 부이그, 국내의 현대건설, 삼성물산 등 글로벌 건설사들이 주요 플레이어로 자리 잡고 있다.

## 4세대 원전 SMR

그림 83. SMR



자료: KUVIC 리서치 2팀

SMR은 기술적 특성에 따라 크게 기존 경수로 기술을 축소한 i-PWR(일체형 가압경수로)과 냉각재를 물 이외의 물질로 바꾼 4세대(비경수로형)로 나뉜다. 현재 상용화에 가장 근접한 기술은 기존 원전 기술을 축소한 i-PWR(뉴스케일 VOYGR, 한국수력원자력 i-SMR 등)로, 인하가와 안전성 검증이 완료 단계다. 대형 가압경수로(PWR)의 핵심 기기인 증기발생기, 가압기, 냉각재 펌프를 하나의 압력 용기 안에 모두 집어넣은 일체형 설계가 특징이다. 이를 통해 배관 파단 사고 가능성은 원천적으로 차단하여 안전성을 극대화했다.

표 44. SMR 특징 정리

구분	i-PWR(소형 경수로형)	SFR(소듐냉각고속로)	HTGR(고온가스로)	MSR(용융염원자로)
냉각재	일반 물(H <sub>2</sub> O)	액체 소듐(Na)	헬륨 가스(He)	용융염(액체 소금)
출구 온도	300~320°C	500~550°C	700~950°C	600~700°C
발전 효율	30~33%	40% 수준	45~50%	40~45%
압력	고압(150기압)	상압(대기압 수준)	고압(70기압)	상압
주요 용도	전력 생산	폐기물 소각/전력	수소 생산/산업 공정열	해상 발전/전력
개발 단계	상용화 추진(TRL 8~9)	실증 단계(TRL 6~7)	실증 단계(TRL 6~7)	연구 단계(TRL 4~5)
대표 기업/모델	뉴스케일파워(VOYGR), 한수원(i-SMR), 퀄텍	테라파워(Natrium)	X-energy(Xe-100)	테라파워(MCFR)

자료: KUVIC 리서치 2팀

\*TRL(Technology Readiness Level): 기술성숙도 수준

반면 소듐(SFR), 용융염(MSR), 고온가스(HTGR)를 사용하는 4세대 SMR은 효율과 안전성은 월등하나, 특수 소재 개발과 연료(HALEU) 수급 문제로 인해 상용화까지는 i-PWR 대비 3~5년의 시차가 존재한다. SFR은 끓는점이 높은 액체 금속(소듐)을 사용하여 고압이 필요 없고, 사용 후 핵연료를 재활용할 수 있어 폐기물 저감에 유리하다. HTGR은 헬륨 가스를 냉각재로 사용하여 700°C 이상의 고열을 생산할 수 있어 수소 생산이나 산업 공정열 공급에 최적화되어 있다. MSR은 핵연료를 액체 염에 녹여 순환시키는 방식으로, 사고 시 연료가 굳어버려 방사능 유출을 막는 고유 안전성을 가진다. 빅테크들은 당장 가능 한 i-PWR과 미래형 4세대에 투트랙으로 투자하는 중이다.

표 45. SMR 밸류체인

구분	역할	주요 기업
설계/엔지니어링	노형 설계 및 규제 승인(NRC) 획득	Nuscale Power, TerraPower, 한국수력원자력 등
주기기 제작	SMR 모듈의 위탁 생산	BWX Technologies, 두산에너빌리티 등
EPC	부지 선정, 모듈 조립, 전력망 연결	Fluor, Bechtel, 현대건설, 삼성물산 등
연료/농축	SMR용 고순도 저농축 우라늄 공급	Centrus Energy, Cameco 등

자료: KUVIC 리서치 2팀

### 원자력 밸류체인의 뜨거운 감자: HALEU

HALEU가 화두에 오른 이유는 다음과 같다. 먼저 연료 밀도가 높아 원자로 크기를 획기적으로 줄이면서도 고출력을 낼 수 있다. 이를 통해 연료 효율성을 극대화 및 원전의 소형화가 동시에 이를 수 있게 된다. 다음으로 한 번 연료를 채우는 것으로 18개월이 아닌 수년 내지 수십 년 가동이 가능해져, 교체 주기를 연장함에 따른 운영 비용 절감이 가능해진다. 높은 연소 효율 덕분에 방사성 폐기물 발생량이 상대적으로 적어 탄소 배출을 감축시킬 수 있다. 현재 미국에서 개발 중인 차세대 원전 10기 중 9기가 HALEU를 연료로 채택할 만큼 필수재이지만, 공급망은 취약한 상태로 남아있다.

표 46. 우라늄 농축도에 따른 분류 및 특징

구분	농축도(U-235)	주요 용도
LEU(저농축)	3~5%	기존 대형 상용 원전(PWR)
HALEU(고순도 저농축)	5~20%	SMR (4세대), 연구용 원자로
HEU(고농축)	20% 이상	핵무기, 군사용

자료: KUVIC 리서치 2팀

이에 따라 미국은 러시아산 우라늄 수입을 제재하고, HALEU 자급화에 사활을 걸고 있다. DOE는 총 34 억 달러(약 4.5조 원)의 예산을 투입하여 HALEU 생산부터 농축, 변환에 이르는 전 주기를 국산화함과 동시에, DOE와의 계약에 따라 생산 비용을 보전 및 별도의 인프라 보조금과 인센티브를 수령하도록 하여 자국 내 우라늄 공급망 관련 기업들의 적자 리스크를 제한적으로 줄이는 중이다.

표 47. DOE 핵연료 공급망 강화 예산

예산 배정	예산 규모	주요 내용 및 목표
전체 예산 배정	\$34억	미국 내 우라늄 농축 복원 총괄 예산
HALEU 실증	\$173만	오하이오주 Piketon 시범 공장 건설 및 초기 생산 실증 (비용 80% 환급)
HALEU 운영	계약 기반	향후 9년간 매년 900kg 납품 계약
HALEU 상용화/확보	\$27억	상업용 HALEU 생산 시설 확충 및 구매 보장(최소 10년)
HALEU 역변환	기업당 \$200만	농축된 UF6 가스를 고체 연료 형태(금속/산화물)로 변환하는 기술 확보

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

상업적으로 생산할 수 있는 NRC 면허를 가진 기업 센트러스 에너지는 미국 내에서 농축 역량을 보유한 사실상 유일한 자국 기업으로, 러시아 퇴출에 따른 반사이익을 온전히 흡수하고 있다. 미국 정부는 센트러스 에너지를 국가 안보 자산으로 간주하고 있고, 이에 따라 전폭적인 지원을 하고 있다.

표 48. DOE 지원 프로그램 선정 기업

DOE 지원 프로그램	선정 기업	국가
미국 내 HALEU 생산	센트러스 에너지(American Centrifuge Operating)	미국
	Urenco USA	영국, 네덜란드, 독일
	Orano	프랑스
	General Matter	미국
대형원전용 LEU 생산	센트러스 에너지(American Centrifuge Operating)	미국
	General Matter	미국
	Global Laser Enrichment	호주, 캐나다
	Louisiana Energy Services(Urenco)	영국, 네덜란드, 독일
HALEU 역변환	Laser Isotope Separation technologies	미국
	Orano Federal Services	프랑스
	센트러스 에너지(American Centrifuge Operating)	미국
	Framatom	프랑스
Orano Federal Services	Orano Federal Services	프랑스
	Global Nuclear Fuel-Americas	미국
	Westinghouse Government Services	미국
	Nuclear Fuel Services	미국

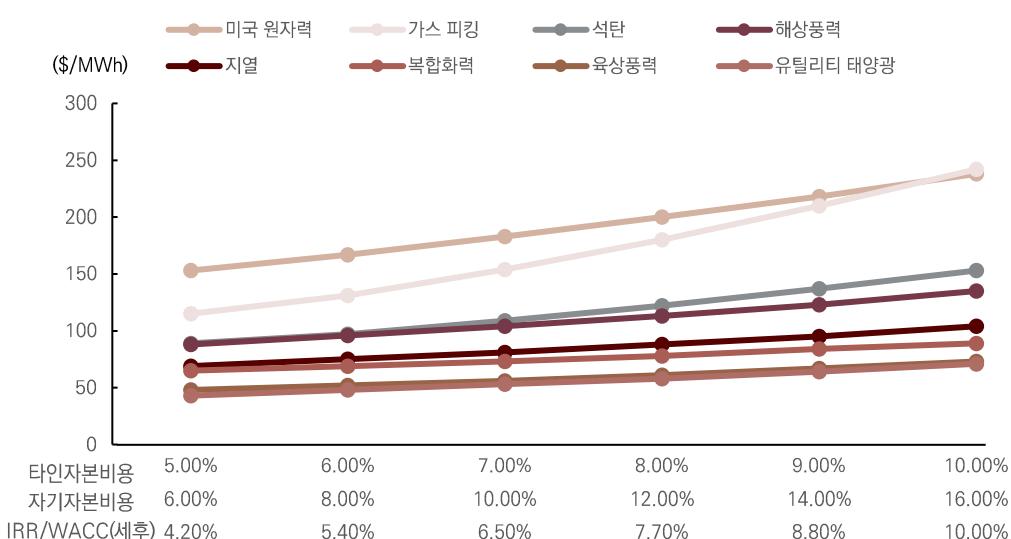
자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

대형 원전과 SMR은 경쟁 관계라기보다 상호 보완적인 관계에 가깝다. 대형 원전은 거대한 전력이 필요한 산업 단지나 도시의 기저부하를 담당하며 규모의 경제를 실현하고, SMR은 노후 화력발전소 대체, 데이터센터 전용 전력, 오지 전력 공급 등 분산형 전원으로서의 유연성을 제공할 것으로 기대된다.

### 신규 원전과 LTO 원전의 LCOE 차이

물론 원전도 신규 건설 측면에서 LCOE가 타 발전원 대비 높다는 단점이 두드러진다. 신규 원전은 타 발전원 대비 초기 CAPEX 비용과 공사기간이 크고 길어 자본조달·금융비용 비중이 LCOE를 지배하는 구조라, 금리 상승이나 투자자 요구수익률 변화가 곧바로 LCOE 악화로 연결된다. IEA 역시 원전 프로젝트가 규모·자본집약도·긴 건설 리드타임·복잡성 등의 이유로 금융조달이 어렵고, 최근 프로젝트에서 반복된 자연과 비용 초과가 투자자 관점의 주요 리스크 요인이라고 지적한다.

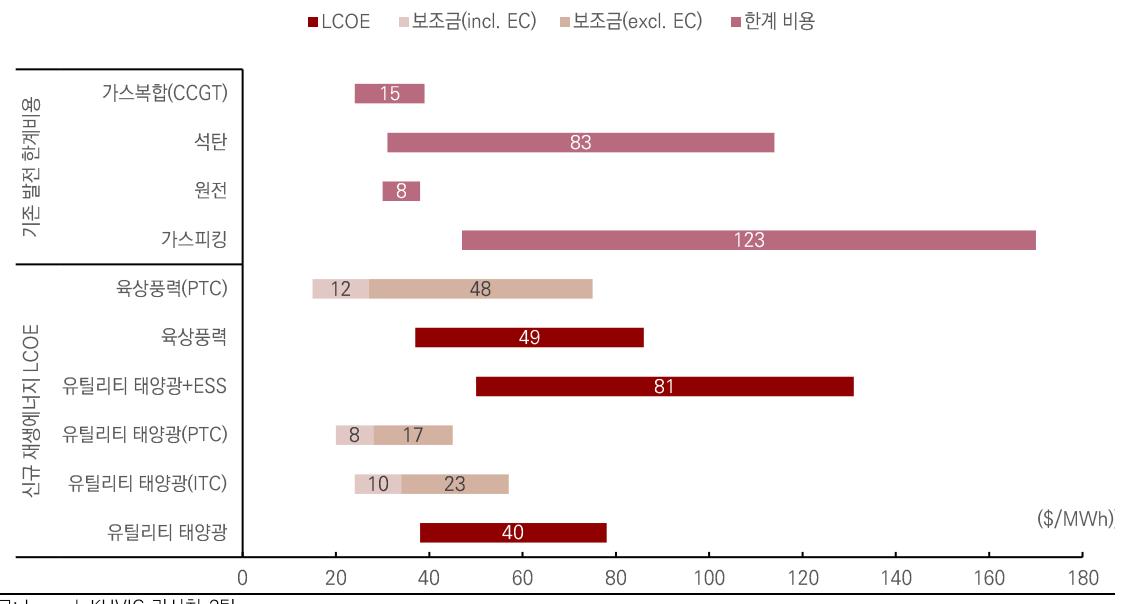
그림 84. 신규 건설 기준 LCOE(균등화 발전원가) 비교: 자본 조달비용에 대한 민감도



자료: Lazard, KUVIC 리서치 2팀

반면 기존 원전 설비 계속운전(LTO)은 이미 구축된 자산을 활용하는 만큼 신규 건설에서 지배적인 건설·금융비용 부담이 상대적으로 작아, LCOE 비교에서도 ‘신규 설비 LCOE’가 아니라 한계운영비용 관점으로 평가되는 경우가 많다. 실제로 Lazard에서도 기존 원전의 한계비용이 약 (30\$~38\$)/MWh 수준으로 제시되어, 신규 유틸리티 태양광(24\$~57\$/MWh)·육상풍력(37\$~86\$/MWh) 및 태양광+ESS(50\$~131\$/MWh) 등 신규 재생에너지의 LCOE 대비 현저히 낮은 비용 구간에 위치한다. 즉, LCOE 관점에서 신규 원전은 비용 불확실성이 크지만, 기존 원전의 계속운전(LTO)은 신규 재생에너지 대비 더 저렴한 즉시 적용한 전력으로 평가될 여지가 크다는 점이 핵심이다.

그림 85. 신규 재생에너지 LCOE vs 기존 발전 한계비용



자료: Lazard, KUVIC 리서치 2팀

### 단기간에 상용화되지 않아도 원전인 이유

표 49. 원전 재가동 vs 신규 건설

구분	용량	CAPEX(예상)	소요 기간	LCOE(\$/MWh)
기존 원전 재가동	800~900MW	약 16억 달러	3~4년	\$40~\$60
신규 SMR(FOAK)	300MW	약 30~50억+ 달러	7~10년	\$80~\$120+
신규 대형 원전	1,100MW	약 100억 달러+	10년+	\$141~\$220

자료: KUVIC 리서치 2팀

신규 원전 건설의 긴 리드타임(7~10년)은 원전 투자의 최대 걸림돌이었다. 그러나 시장은 기존 원전의 재가동 및 수명 연장(MRO)이라는 우회로에 주목하고 있다. 이미 상각이 끝난 원전을 재가동할 경우 LCOE는 \$40~\$60/MWh 수준(신규의 경우, \$140~220/MWh 수준, 향후 규모의 경제 실현될 시 단가가 낮아질 것으로 전망)으로, 신재생에너지보다 저렴하다.

뿐만 아니라 신규 원전을 건설하는 것과 달리, 기존의 대형 원전을 재가동 및 수명 연장(MRO)을 하는 방식을 채택할 경우 멀게만 느껴졌던 원전의 대규모 전력 공급이 28년 이내로 진행될 수 있다. 폐로 되었거나 가동 중단된 원전(Palisades, TMI 1호기 등)을 되살리는 데는 3~4년이면 충분하며, 은퇴했던 원전 2~3기만 재가동해도 대형 석탄발전소 5개 분량인 2.5GW 이상의 무탄소 전력을 즉시 확보할 수 있다.

그림 86. 에너지 자원별 LCOE(균등화 발전원가) 비교



자료: Lazard, KUVIC 리서치 2팀

현재 대다수의 국가는 원전의 투 트랙(기존 원전 재가동 + 신규 원전/SMR 상용화 박차)을 통한 전력 확보 전략을 추진하고 있다. 미국과 EU는 인허가 기간을 기존 5~7년에서 18개월(긴급 시 12개월)로 단축하는 패스트트랙을 도입 중이다. 특히 트럼프 행정부의 '2050년 원전 4배 확대' 계획은 단순한 선언을 넘어 실질적인 CAPEX 집행으로 이어질 전망이다.

표 50. 미국 원전 로드맵 (2025~2035)

시점	설비 용량	발전량(예상)	단계	주요 실행 계획
2025년	97GW	775TWh	준비/규제 완화	- 기존 원전 수명 연장(80년) 신청 급증 - SMR 설계 인증 및 부지 선정着手 - Palisades, TMI 1호기 재가동
2030년	105GW	840TWh	재가동/증설	- 기존 원전 부품 교체로 출력 5GW 증강 - 뉴스케일(NuScale), 테라파워 등 첫 SMR 시범 가동 - 데이터센터 직결형 SMR 다수 가동 시작
2035년	115GW	920TWh	SMR 확산	- 석탄 발전소 부지에 SMR 건설 본격화 - 가동 원전 100% 수명 연장 달성

자료: DOE, KUVIC 리서치 2팀

## 26년은 대형 원전의 해

현재 시장의 관심은 아직 인허가와 실증 단계에 머물러 있는 SMR보다, 당장 전력을 공급할 수 있고 검증된 '대형 원전' 위주의 벤류체인에 주목하고 있다. 이는 투자자들이 막연한 미래 기술보다, 당장 삽을 끌 수 있는 프로젝트의 가시성에 집중하고 있음을 의미한다.

대략 40년 만의 슈퍼 사이클을 맞이하고 있는 원전 시장의 흐름은 과거와 질적으로 다르다. 1980년대 이후 멈췄던 서구권의 원전 시계가 약 40년 만에 다시 돌아가기 시작했는데, 이는 단순한 에너지 위기 대응을 넘어선 구조적 변화다. COP28에서 주요 22개국이 '2050년까지 원전 용량 3배 확대'를 선언한 것은 이러한 흐름의 서막에 불과하다. 2026년부터는 단발성에 그치는 것이 아닌 각국 정부의 정책적 지원과 자본의 결합이 구체화되며, 발주의 속도와 규모가 시장의 예상치를 상회하는 구조적 성장 사이클 진입이 기대되는 중이다.

## 금융의 귀환: 자금 조달 능력의 회복

서구권 원전 산업이 쇠락했던 가장 큰 이유는 '돈이 돌지 않아서'였다. 1990년대 전력 시장 자유화 이후, 초기 투자비가 크고 회수 기간이 긴 원전은 금융권의 기피 대상이었다. 그러나 2026년은 '금융이 원전을

다시 신뢰하는 해'로 거듭나게 될 것이다. 영국과 미국을 중심으로 정부가 원전 투자의 리스크를 보증하고 수익 구조를 법적으로 안정화시키는 작업이 완료 단계에 접어들었기 때문이다. 이는民間 자본이 안심하고 원전 프로젝트에 들어올 수 있는 파이프라인이 복구되었음을 시사한다.

영국은 RAB(Regulated Asset Base, 규제 자산 기반) 모델을 도입했다. 이는 원전이 완공되기 전인 '건설 기간'에도 사업자가 소비자로부터 요금을 일부 회수할 수 있게 하여, 투자자의 현금흐름 리스크를 획기적으로 낮춘 제도다(Sizewell C 프로젝트에 적용). 미국의 경우, 인플레이션 감축법(IRA)과 DOE의 LPO(Loan Programs Office)를 통해 원전 기업에 막대한 대출 보증을 제공하고 있다. 이러한 제도적 장치는 원전을 '고위험 벤처'에서 '안정적 인프라 자산'으로 변모시키고 있다.

표 51. 금융 제도 지원

국가 제도 명칭	핵심 내용	비고
영국 RAB(Regulated Asset Base)	건설 중인 원전 자산을 규제 자산으로 인정하여, 완공 전에도 전기요금으로 투자비 회수 협약	초기 현금흐름 창출 가능 → WACC 하락 및 민간 투자 유인
미국 LPO(Loan Programs Office)	에너지부(DOE)가 원전 프로젝트 대출에 대해 정부가 최대 80% 지급 보증	신용도가 낮은 원전 스타트업도 저금리 자금 조달 가능
EU CfD(Contract for Difference)	정부가 고정 가격을 보장하여, 시장 가격이 전력 가격 변동성 리스크 축소 → 장기 수익 안정성 확보	떨어져도 차액을 보전

자료: 영국 의회, DOE, EU 집행위원회, KUVIC 리서치 2팀

### Fleet Order: 더 많이, 더 효율적으로

2026년 발주 시장의 또 다른 특징은 '단발성 발주'가 아닌 'Fleet Order(표준화된 연쇄 발주)'의 등장이다. 과거 서구권의 실패(공기 지연, 비용 초과)는 매번 다른 설계와 공급망을 사용하는 비효율에서 비롯되었다. 이에 대한 대책으로, 동일한 노형을 연속적으로 건설하여 학습 효과를 극대화하고 단가를 낮추는 'Fleet Build' 전략이 글로벌 표준으로 자리 잡고 있다. 프랑스가 EPR2 원전 6기를 한 번에 확정하고 추가 8기를 검토하는 것이 대표적인 예다.

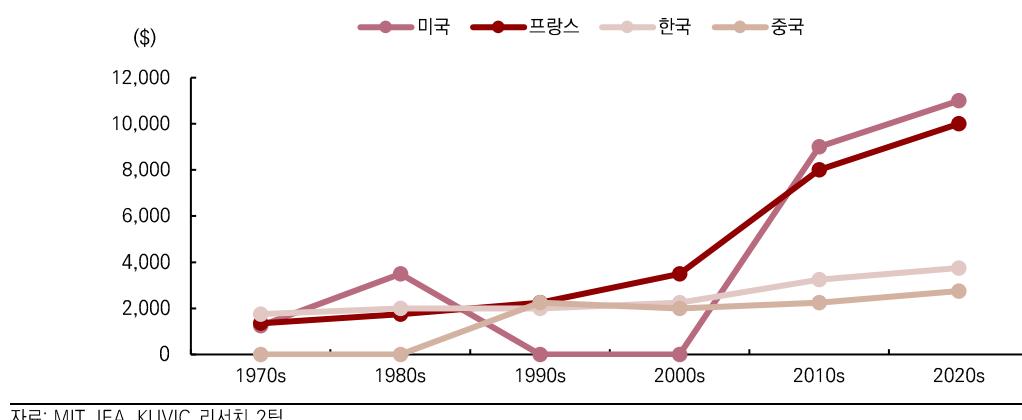
표 52. 글로벌 원전 확대 계획 상세

국가	상태	원자로 수	용량 규모(MW)	주요 프로젝트 및 비고
중국	건설 중	30기	32,000MW	세계 최대 규모, 매년 6~8기 착공(Hualong One 등)
	계획 확정	45기	50,000MW	2035년까지 원전 용량 미국 추월 목표
인도	건설 중	8기	6,000MW	자국형 중수로(PHWR) 및 러시아 VVER 도입 가속
러시아	건설 중	5기	4,800MW	로사톰 주도, 해외 수출용 모델 실증 단지
튀르키예	건설 중	4기	4,800MW	아쿠유(Akkuyu) 원전 프로젝트(러시아 건설)
이집트	건설 중	4기	4,800MW	엘다바(El Dabaa) 프로젝트 착공 진행 중
미국	계획/제안	30기+	-	트럼프 2기 '400GW 목표', SMR 부지 30곳 이상 검토
영국	건설 중	2기	3,200MW	HINGLIER 포인트 C (Hinkley Point C) 건설 중
프랑스	계획 확정	6기	9,900MW	EPR2 신규 원전 6기 건설 확정 + 추가 2기 건설 검토
한국	건설 중	2기	2,800MW	새울 3, 4호기(APR1400) 막바지 공사
전 세계 합계	건설 중	65기	68,000MW	2024~2025년 기준, 아시아 주도 성장세 뚜렷

자료: IAEA, WNA, KUVIC 리서치 2팀

## 국내 기업에 일감이 쏟아지는 이유

그림 87. 국가별 1kW당 건설 비용 추이(1970s~현재)



자료: MIT, IEA, KUVIC 리서치 2팀

Fleet 전략을 수행하려면 강력한 제조업 기반이 필수적이다. 그러나 미국과 프랑스는 지난 30년간 원전을 짓지 않으면서 용접공, 부품 공급사 등 핵심 생태계가 붕괴되었다. 실제로 미국의 보글(Vogtle) 원전 3, 4호기는 완공까지 10년 이상 지연되며 건설비가 당초 예상의 2배를 넘겼다. 반면, 한국은 지난 40년 간 끊임없이 원전을 건설하며 공급망을 유지해 온 유일한 자유 진영 국가다. 설계도만 있고 손발이 없는 서방 국가들에게 한국은 선택이 아닌 필수 파트너로서 자리 잡고 있다.

표 53. 현대건설/삼성물산/두산에너빌리티 수주 프로젝트 정리

종류	국가	프로젝트/진행사	비고
대형원전	미국	Matador Project(현대건설)	- 2025년 10월 원전 4기에 대한 FEED 계약 체결 - 미국 원자력규제위원회에서 통합 인허가를 검토 중 - 2026년 중 EPC 본계약 체결 목표
	불가리아	코즐로두이 7, 8호기(현대건설)	- 2024년 11월 원전 설계 계약 체결 후 현재 설계 진행 중 - EPC 본계약 체결 후 2035년 준공 목표
	루마니아	체르나보다 원전 설비 개선 사업(현대건설)	- 2025년 9월 프로젝트 착공 후 진행 중
	튀르키예	시놉 원전 프로젝트(현대건설)	- 양국 정부 2025년 11월 원자력 협력 MOU 체결 - 2026년 상반기 중 사업 추진 여부 결정 추정 - 한국전력을 필두로 사업권 확보 시도
SMR	체코	두코바니 5, 6호기(두산에너빌리티)	- 수주 규모 약 2.6조 원
	폴란드	신토스그린에너지(삼성물산)	- 폴란드 최초 SMR을 포함한 다수 기 건설 추진 - 중·동부 유럽 6개국으로 확대하는 계획
	미국	Oyster Creek(현대건설)	- 2021년 Holtec SMR-160 상용화 개발 협약 체결 - 미국 Oyster Creek 원전해체 부지에 최초로 배치될 계획
	미국	뉴스케일 파워(두산에너빌리티)	- 2025년 Entra1 Energy TVA와 6GW 규모 NPM 발전소 도입 위한 협약 체결

자료: 언론 종합, 각 사 IR, KUVIC 리서치 2팀

MIT, IEA 등의 데이터에 따르면, 한국의 원전 건설 비용은 kW 당 약 3,500~4,000달러 수준인 반면, 미국과 프랑스는 10,000달러를 상회한다. 또한 UAE 바라카 원전에서 증명했듯, 정해진 예산과 기간 내에 프로젝트를 완수할 수 있는 EPC 역량은 국내 기업들이 독보적인 상황이다. 2026년 본격화될 글로벌 프로젝트에서 발주처들이 설계 활동은 자국 기업에 맡기더라도, 실제 시공과 기자재 제작은 한국 기업에 의존할 수밖에 없는 구조적 이유가 여기에 있다.

표 54. 팀 코리아 동향

기업	역할	비고
한국수력원자력	프로젝트 총괄/운영	체코 두코바니 우선협상대상자 선정, 폴란드/네덜란드 추가 수주 기대
두산에너빌리티	주기기(원자로/터빈) 제작	SMR(뉴스케일) 주기기 납품 선점, 체코 주기기 공급 추가 수주 기대
한국전력기술	원전 종합 설계(A/E)	세계적 수준의 원전 A/E 전문기업
현대건설/대우건설/삼성물산	시공(EPC)	UAE 바라카 원전의 성공적 시공 이력 보유, 불가리아/체코 시공 참여 유력 등

자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

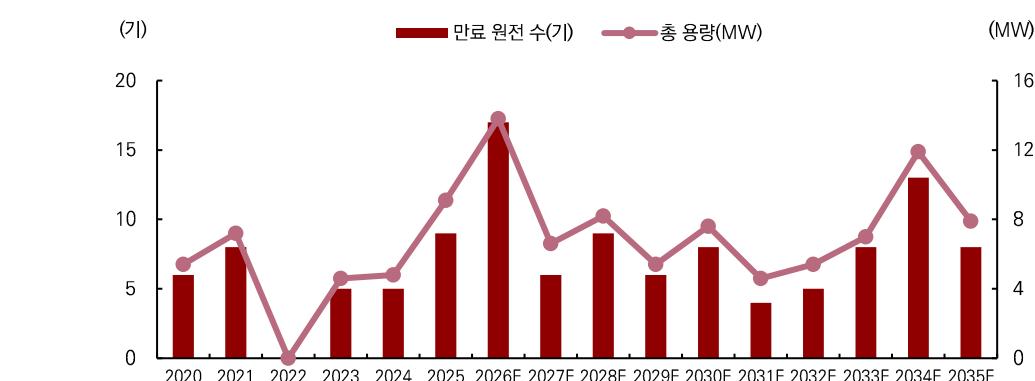
표 55. UAE 바라카 원전 계약

구분	비고
프로젝트명	UAE 바라카 원자력 발전
규모/노령	5,600 MW / APR1400 × 4기)
계약 규모	약 \$186억(약 20조 원)
국내 참여기업	한국전력공사(주계약), 현대건설(시공), 삼성물산(시공), 두산에너빌리티(주기기 제작)
가동 현황	4기 모두 상업운전 개시(1호기: 2021, 2호기: 2022, 3호기: 2023, 4호기: 2024)
전력 생산	연간 40TWh 전력 생산 가능 및 UAE 전력수요의 약 25% 공급

자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

## 개화하는 원전 MRO/해체 시장과 팀 코리아의 기회

그림 88. 글로벌 원전 면허 만료 추이



자료: IAEA PRIS, KUVIC 리서치 2팀

글로벌 원전 시장의 관심이 ‘신규 건설’에서 ‘유지/보수’로 이동하고 있는 만큼, 원전 MRO 시장도 본격적으로 가시화되기 시작했다. IAEA 데이터에 따르면, 2026년은 전 세계적으로 역대 최대 규모인 17기의 원전 면허가 동시에 만료되는 시점이다. 이는 원전 생태계가 단순 운영을 넘어, 수명연장(LTO)을 위한 대규모 설비 개선과 해체라는 거대한 새로운 시장으로 진입함을 알리는 신호탄이다. 기당 약 5,000억 원의 LTO 시장과 1조 원 단위의 해체 시장이 동시다발적으로 개화하는 이 시기, 시공 능력과 제조 경쟁력을 겸비한 ‘팀 코리아’에게는 구조적 성장의 기회가 열리고 있다.

우선 BEAR 시나리오에서, 국내 계속운전 물량 100% 수주 및 미국·유럽(프랑스 제외) 등 우호국 시장에서의 긴급 자재 소량 공급(10% 가정)만으로 약 1조 900억 원의 수주잔고 확보가 가능하다는 것을 확인할 수 있다. 주목할 점은 현실적 목표인 BASE 시나리오다. 미국 내 원전 제조 공급망의 병목 현상 심화로 인해 한국 기업이 유력한 주기기 대체 공급자로 부상할 경우, 우호국 시장 점유율은 30%까지 확대될 것으로 가정하였다. 이 경우 팀 코리아의 예상 수주액은 약 9조 500억 원으로 급증하며, Bear 시나리오 대비 약 9배의 수주 확보가 가능하다. 이는 한국이 단순한 로컬 플레이어를 넘어, 북미와 유럽의 노후 원전을 지탱하는 핵심 파트너로 격상됨을 의미한다.

나아가 팀 코리아는 BULL 시나리오인 15조 600억 원 시장까지 노려볼 수도 있다. 이는 고리 1호기 해체 경험을 발판으로 글로벌 해체 시장에 본격 진입하고, 미국·유럽(프랑스 제외) 내 점유율을 50%까지 끌어올렸을 때 달성 가능한 수치다. 프랑스(Framatome)나 캐나다(BWXT) 등 기존 강자가 버티고 있는 기타 시장에서도 틈새 진입(10%)을 가정했다. 해체 프로젝트는 단순 철거가 아닌 고도의 제염 기술과 폐기물 관리가 핵심인 만큼, 제조 경쟁력을 갖춘 한국 기업이 주도권을쥘 경우 2035년까지 신규 원전 수출 없이도 안정적인 현금흐름을 창출하는 글로벌 토탈 솔루션 기업으로 재평가받게 될 것이다.

표 56. 팀 코리아 원전 MRO/해체 수주 추정 시나리오(2035 만료 예정까지)

구분	케이스 분류	TAM 추정	팀 코리아 예상 수주액	비고
BEAR	기한 만료+LTO 확정+긴급 MRO (총 51기)	약 9.1조 원	약 1조 900억 원	- 점유율: 국내 100%, 우호국(미국 및 프랑스 제외 유럽) 10%, 기타(프랑스/캐나다) 0% 가정 - 국내 전량 수주 가정
BASE	Bear+수명연장 추진/신청 (총 111기)	약 37.1조 원	약 9조 500억 원	- 점유율: 국내 100%, 우호국 30%, 기타 5% 가정 - 우호국 침투 확대
BULL	Base+해체 시장 진입 (총 120기)	약 41.6조 원	약 15조 600억 원	- 점유율: 국내 100%, 우호국 50%, 기타 10% 가정 - 해체 시장 침투 반영

자료: IAEA PRIS, KUVIC 리서치 2팀

## 보조금 수혜까지

표 57. 원전 보조금 수혜 계산 시뮬레이션(미국)

구분	수치	비고
시나리오 기준 용량	1,000 MW	대형 원전 1기 또는 SMR 모듈 3~4개 규모
연간 발전량	8,059,200 MWh	가동률 92% 가정 시 생산량
기준 원전 - 45U 연간 세액공제액	연간 \$120,888,000	매년 약 1,600억 원 혜택(MWh당 \$15)
기준 원전 - 10년 누적 혜택	\$1,208,880,000	10년간 약 1.6조 원 지원
신규 건설 - 예상 건설비용	\$100억	kW당 1만 달러 가정(약 13조 원)
신규 건설 - ITC 최대 혜택(50%)	\$50억	건설비의 절반(약 6.5조 원)을 세금 감면, 일회성
신규 건설 - PTC 연간 혜택(선택 시)	연간 \$241,776,000	생산세액공제 선택 시 매년 약 3,200억 원
신규 건설 - PTC 10년 누적 혜택	\$2,417,760,000	10년간 약 3.2조 원 지원

자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

\*ITC (투자세액공제): 지을 때 들어간 돈의 일부를 돌려주는 것.

\*\*PTC (생산세액공제): 전기를 생산할 때마다 돈을 주는 것.

본 리서치 팀이 자체 시뮬레이션한 결과, IRA 보조금을 적용한 미국 내 신규 SMR의 균등화 발전 단가(LCOE)는 \$70/MWh 수준으로 하락할 것으로 분석된다. 이는 가스 발전(\$60~\$80)과 대등한 가격 경쟁력 수준이며, 탄소 배출 비용까지 고려하면 가스 발전의 경제성을 상회할 수 있음을 의미한다.

특히 신규 원전에 투자세액공제(ITC) 최대치인 50%를 적용할 경우, 1GW급 원전 건설(총 사업비 약 13조 원) 시 최대 50억 달러(약 6.5조 원)의 세액 공제 혜택이 발생한다. 이는 기업들의 초기 CAPEX 부담을 낮추고 투자 회수 기간을 획기적으로 단축시키는 핵심 요인으로 작용될 수 있다. 생산세액공제(PTC)를 선택할 경우에도 연간 약 2.4억 달러(약 3,200억 원)의 비용 절감 효과가 기대된다.

**기존 가동 원전 또한 IRA 45U 조항에 따라 MWh 당 최대 15달러, 연간 약 1.2억 달러(약 1,600억 원)의 보조금을 수취할 수 있다.** 이는 원전 운영사에 안정적인 수익 하한선을 보장함으로써, 지속적인 전력 생산을 유도하는 강력한 인센티브로 작용하고 있다.

표 58. 원전 보조금 적용 시 경제적 이점 정리

구분	항목	보조금 적용 전	보조금 적용 후	비고
신규 SMR 건설	BEP LCOE	\$32/MWh	\$17/MWh	\$15/MWh 비용 감소, IRA 45U 세액공제 적용 시 실질 비용 하락, 전력 가격 하락 시에도 최소 수익 보장
	초기 CAPEX	13조 원	6.5조 원	약 6.5조 원 규모 투자비 절감, IRA 48E (ITC) 최대 50% 환급 시
	LCOE	\$120~\$140/ MWh	\$70~\$80/ MWh	\$50/MWh 감소, 가스 발전(\$60~80)과 대등한 수준으로 하락
수소 생산	생산단가	\$4.0/kg	\$1.0/kg	\$3.0/kg 감소, 원전 전력 사용 시 청정수소 보조금(45V) 최대 수령

자료: KUVIC 리서치 2팀

## 24/7+무탄소 기저부하

표 59. 탄소 집약도 관련 정리

구분	수치(gCO2/kWh)	비고
글로벌 전력 탄소 집약도	460(gCO2/kWh)	IEA 2024년 추정 평균치 바탕
넷제로 달성을 목표로 하는 2030년	165(gCO2/kWh)	지구온도 1.5도 상승 제한을 위한 목표치
영국 전력 탄소 집약도(2024년)	124(gCO2/kWh)	석탄 발전 폐지를 통해 역대 최저치
미국 평균 탄소 집약도	373(gCO2/kWh)	미국 국가 평균(eGRID 데이터)

자료: IEA, eGRID, KUVIC 리서치 2팀

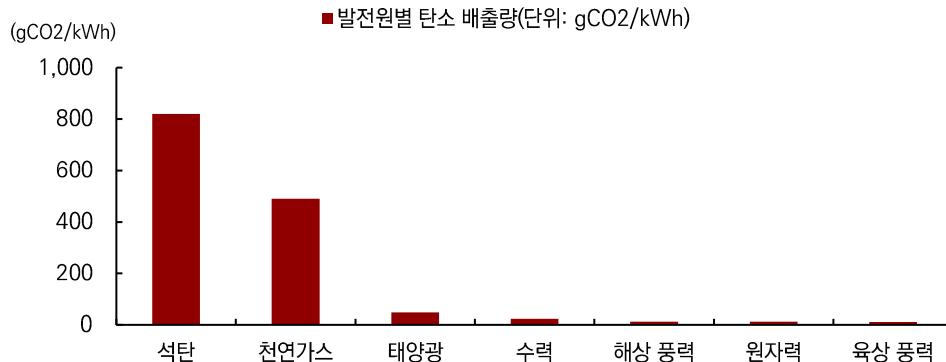
IEA 데이터에 따르면 현재 글로벌 전력 생산의 평균 탄소 집약도는 460gCO2/kWh에 달한다. 반면, 지구 온도 상승을 1.5도로 제한하기 위한 2030년 넷제로 시나리오의 목표치는 165gCO2/kWh다. 즉, 현재의 전력 믹스로는 불가능하며, 64% 이상의 급격한 탄소 감축이 선행되어야만 목표 달성이 가능하다는 결론이다.

국가별 상황을 보면 구조적 한계가 더욱 명확하다. AI 데이터센터가 밀집한 미국의 평균 탄소 집약도는 373g(eGRID 기준)으로 목표치(165g)를 크게 상회한다. 영국은 석탄 발전 폐지를 통해 역대 최저 수준인 124g을 달성했으나, 간헐적 재생에너지 확대만으로는 추가적인 감축 여력이 제한적인 상황이다.

이러한 구조적 고리를 메우기 위해서는 목표치인 165g보다 현저히 낮은 초저탄소 에너지원의 확대가 필수적이다. IPCC의 전 생애주기 탄소 배출량 분석에 따르면, 원자력의 배출량은 12gCO2/kWh에 불과하다. 이는 석탄(820g)의 1/70, 가스(490g)의 1/40 수준일 뿐만 아니라, 태양광(48g) 대비해서도 1/4 수준인 압도적인 청정 에너지원이다.

특히 24시간 가동되는 데이터센터가 태양광에만 의존할 경우, 야간이나 우천 시에는 결국 고탄소 전원(가스, 석탄)을 백업으로 쓰게 되어 전체 탄소 집약도가 다시 미국 평균(373g) 수준으로 회귀하는 모순이 발생한다. 최근 빅테크 기업들이 연간 총량만 맞추는 'RE100' 대신, 실시간 무탄소 전력을 사용하는 CFE100(24/7 CFE)으로 급선회하는 이유도 여기에 있다. 바로, 연중무휴 12g의 초저탄소 배출을 유지할 수 있는 유일한 기저부하가 원자력임을 세계가 인정한 결과다.

그림 89. 발전원 생애주기별 탄소 배출량 비교



자료: IPCC, KUVIC 리서치 2팀

## 우린 이만큼 공급 가능하다고

표 60. 원전 신규 증설에 따른 전력 생산 기여분

구분	2026~2032	2033~2043(BEAR)	2033~2043(BASE)	2033~2043(BULL)
신규 원전 증가분(GW)	77	110	398	514
1일 신규 증가분(GWh)	1,701	2,424	8,787	11,352
1년 신규 증가분(TWh)	621	885	3,207	4,143

자료: KUVIC 리서치 2팀

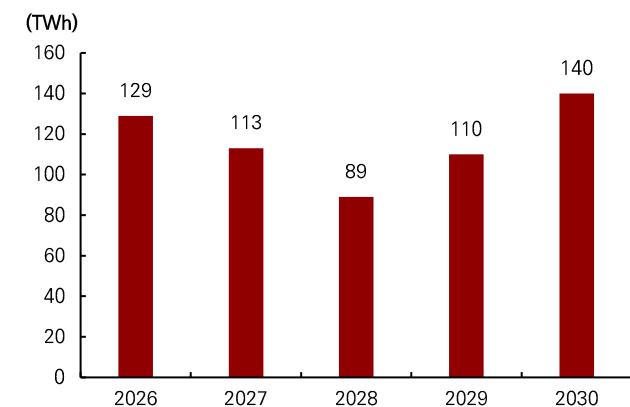
\*가동률 92%, 24/7 가정

본 리서치 팀은 IAEA와 WNA 등의 데이터를 전수 조사하여, 프로젝트의 진행 단계와 실현 가능성에 따라 BEAR(현재 계약 진행건만 반영)/BASE(BEAR+제안되고 있으며 가시화 진행 중인 프로젝트 반영)/BULL(BASE+중단된 프로젝트 재진행 가정)의 세 가지 시나리오를 도출했다. 가장 주목할 점은 중단된 프로젝트의 재개와 제안 단계의 프로젝트가 가시화되는 BULL 케이스다. 이 시나리오에 따르면, 2043년까지 신규 원전 증설을 통해 확보 가능한 연간 전력 생산량은 최대 '4,143TWh'에 달한다.

동일한 4,143TWh를 생산하기 위해 태양광을 설치한다면, 원전 설비 용량(514GW)의 6배가 넘는 약 3,150GW의 설비가 필요하다. 이는 국토 면적과 비용 측면에서 물리적 한계가 명확하다.

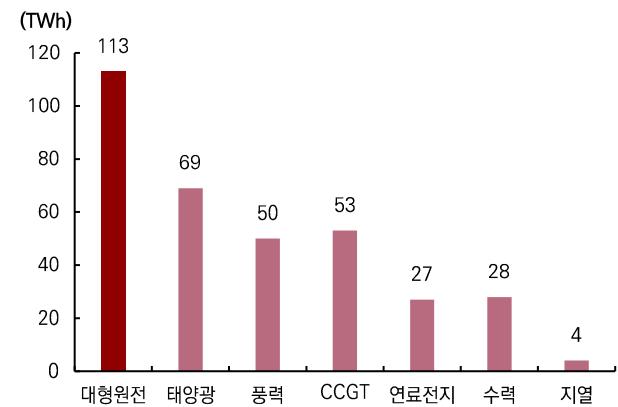
또한, 2024년 기준 미국 전체의 연간 전력 소비량이 약 4,097TWh임을 감안할 때, 원전 르네상스가 실현된다면 사실상 미국이라는 거대 나라 하나를 통째로 돌릴 수 있는 막대한 에너지가 추가되는 것이다. 2026년 폭증할 것으로 예상되는 글로벌 데이터센터 전력 수요(약 1,000TWh)를 4배 이상 감당할 수 있다. 이는 원전만이 AI 시대의 전력 기근을 해소할 유일한 현실적 해법임을 방증한다.

그림 90. 연도별 신규 원전에 따른 전력 생산 기여분



자료: IAEA, WNA, KUVIC 리서치 2팀

그림 91. 발전원별 신규 수주(10기) 평균 기반 전력 생산 기여



자료: IAEA, WNA, GWEC, EIA KUVIC 리서치 2팀

표 61. 연도별 전력기여분 정리

구분	신규 원전 건설 수	총 규모(MW)	1일 기여분(GWh)	1년 기여분(TWh)
2026	16	15,961	352	129
2027	13	13,989	309	113
2028	12	11,013	243	89
2029	11	13,468	301	110
2030	14	17,340	383	140

자료: KUVIC 리서치 2팀

\*가동률 92%, 24/7 가정

앞서 제시된 표에 따르면, 신규 원전의 연간 전력 기여분은 2026년 129 TWh에서 2027년 113 TWh로, 2028년에는 89 TWh까지 하락하는 흐름을 보인다. 그러나 이는 원전 시장의 침체가 아닌, 평균 용량의 일시적 감소에 기인한 착시 현상으로 분석된다. (별주 참고) 2028년 신규 가동 원전 수는 12기로, 2027년(13기)이나 2029년(11기)과 비교해 건수 자체는 견조하게 유지되고 있다.

2028년의 용량 감소는 구조적 하락이 아닌, 중국의 정책 공백과 팬데믹 지연이라는 두 가지 변수가 맞물린 결과다. 글로벌 최대 시장인 중국은 2016~2018년 안전성 강화 및 3세대 노형(Hualong One, CAP1000) 검증을 위해 신규 승인을 사실상 동결했다. 이후 2019~2020년 승인이 재개되었으나 연간 4기 수준의 소량에 그쳤다. 이 시기의 물량이 완공되는 시점이 바로 2028년 전후다. 즉, 현재의 대규모 승인(10~10 정책) 효과가 반영되기 직전의 과도기적 구간인 셈이다.

2028년은 하락 추세의 시작이 아니라, 폭발적 성장 전의 마지막 저점이다. 표에서 확인되듯, 2029년부터는 신규 용량이 13,468MW로 반등하며 연간 기여분이 110 TWh로 회복된다. 이는 기수(11기)가 2028년보다 적음에도 불구하고 용량은 오히려 늘어나는 것을 알 수 있다. 2030년에는 신규 건설 14기, 총 용량 17,340MW, 연간 기여분 140 TWh라는 역대급 수치를 기록할 전망이다. 이는 중국의 '10~10 정책' 물량과 지연되었던 서구권 대형 프로젝트들이 동시에 완료되는 시점으로, 글로벌 원전 시장은 명실상부한 확장 국면에 진입하게 될 것이다.

## 결론

### 에너지 투 트랙: 속도의 연료전지 & 규모의 누토피아(NUtopia)

본 리서치 2팀은 태양광, 풍력, 가스터빈만으로는 당면한 전력 공급 병목을 해소하기 없음을 직시하며, 이에 대한 해법으로 ‘중·단기 연료전지-장기 원전’의 에너지 투 트랙 전략을 강력히 제시한다. 송전망 접속 대기에만 수년이 소요되는 타 발전원과 달리, 연료전지는 온사이트 발전의 이점을 통해 최단 40일 내 설치가 가능하고 95% 이상의 압도적인 가동률로 재생에너지의 간헐성을 완벽히 보완할 수 있는 유일한 대안이다. 특히 미국 OBBBA, IRA 및 한국 CHPS 등 정책적 수혜가 초기 비용 장벽을 낮추고 있어, 대형 기저부하가 들어서기 전까지의 전력 공백기를 메울 가장 확실한 브릿지 전원은 연료전지임이 분명하다.

그러나 연료전지는 높은 발전원가(LCOE)와 연료 공급의 한계로 인해, 하이퍼스케일러가 요구하는 GW급의 초대형 전력을 영구적으로 감당하기에는 경제적·물리적 한계가 뚜렷하다. 따라서 두 번째 트랙인 원자력에 주목할 필요성이 있다. 여전히 원전은 건설에 긴 시간이 소요되고 지역 리스크가 상존하는 자원이지만, 규제 완화와 금융 지원, 그리고 빅테크의 강력한 수요가 맞물린 지금은 상황이 다르다. 원전은 압도적인 ‘규모의 경제’와 낮은 운영비용을 무기로 단순한 대안을 넘어 에너지 포트폴리오의 핵심이 될 수밖에 없으며, 이러한 흐름이 본격화되는 2026년은 바야흐로 누토피아(NUtopia)의 원년이 될 것이다.

## Appendix

APPENDIX 1. 글로벌 연료전지 스택 제조사

기업명	국적	상장여부주요제품	매출액 (백만달러)	영업이익 (백만달러)	시가총액 (백만달러)	PER (배)	EV/EBITDA (배)
Bloom Energy	미국	상장 SOFC	1,473.9	22.9	25,718.7	264.4	125.1
ElringKlinger	독일	상장 PEMFC, SOFC	1,950.6	-162.3	310.9	6.4	3.6
SFC Energy/AG	독일	상장 PEMFC, SOFC	156.6	16.1	339.9	54.5	17.9
FuelCell Energy	미국	상장 MCFC, SOFC	112.1	-158.5	328.4	N/A	N/A
Plug Power	미국	상장 PEMFC	628.8	-2,019.8	4,503.9	N/A	N/A
Cummins	미국	상장 PEMFC	34.102	3,750	56,354.5	18.4	11.1
PowerCell Sweden	스웨덴	상장 PEMFC	31.8	-6.7	194.4	N/A	346.0
AFC Energy	영국	상장 AFC	5.1	-25	136.6	N/A	N/A
Ceres Power Holdings	영국	상장 SOFC	66.3	-40	546	N/A	N/A
Fuji Electric	일본	상장 PEMFC, PAFC	7,375	772.3	9,924.6	16.7	9.2
Aisin Corporation	일본	상장 SOFC	32,142.2	1,332.3	12,408.5	17.9	4.9
Kyocera	일본	상장 SOFC	13,224.6	179.2	19,418.8	28.5	13.1
Panasonic Corporation	일본	상장 PEMFC	55,526.7	2,668.8	29,118.1	13.2	6.5
Mitsubishi Heavy Industries	일본	상장 SOFC	33,002.6	2,457.9	87,820.7	44.9	23
Ballard Power Systems	캐나다	상장 PEMFC	69.7	-183.3	1,049.0	N/A	N/A
에스퓨얼셀	한국	상장 PEMFC	24.7	-3	57.5	N/A	N/A
범한퓨얼셀	한국	상장 PEMFC	26.5	1.8	171.7	306.6	41.2
두산퓨얼셀	한국	상장 PAFC, SOFC	302	2	1,432.9	N/A	1,151.3

자료: 각 사, Bloomberg, KUVIC 리서치 2팀

APPENDIX 2. 신규 원전 프로젝트(2026~2032)

가동시기	국가	프로젝트	모델	규모(MW)
2026	방글라데시	Rooppur 1	VVER-1200	1,200
		중국 Cangnan/San'ao 1	Hualong One	1,210
		중국 Taipingling 1	Hualong One	1,200
		중국 Taipingling 2	Hualong One	1,200
		중국 Changjiang SMR 1	ACP100	125
		중국 Tianwan 7	VVER-1200	1,200
		중국 Xiapu 1	CFR600	600
		중국 Changjiang 3	Hualong One	1,200
		중국 Shidaowan Guohe 2	CAP1400	1,500
		인도 Kalpakkam PFBR	FBR	500
		인도 Kudankulam 3	VVER-1000	1,000
		인도 Rajasthan 8	PHWR-700	700
		한국 Saeul 3	APR1400	1,400
		러시아 Kursk II-2	VVER-TOI	1,255
		슬로바키아 Mochovce 4	VVER-440	471
		튀르키예 Akkuyu 1	VVER-1200	1,200
		2027 아르헨티나 Carem	Carem25	29
2027	방글라데시	Roopur 2	VVER-1200	1,200
		중국 Cangnan/San'ao 2	Hualong One	1,210
		중국 Sanmen 3	CAP1000	1,250
		중국 Tianwan 8	VVER-1200	1,200
		중국 Xiapu 2	CFR600	600
		중국 Xudabao 3	VVER-1200	1,200
		중국 Changjiang 4	Hualong One	1,200
		중국 Haiyang 3	CAP1000	1,250
		중국 Haiyang 4	CAP1000	1,250
		인도 Kudankulam 4	VVER-1000	1,000

	한국	Saeul 4	APR1400	1,400
	튀르키예	Akkuyu 2	VVER-1200	1,200
2028	중국	Lufeng 5	Hualong One	1,200
	중국	Sanmen 4	CAP1000	1,250
	중국	Xudabao 4	VVER-1200	1,200
	중국	Xudabao 1	CAP1000	1,250
	중국	Lianjiang 1	CAP1000	1,250
	인도	Kudankulam 5	VVER-1000	1,000
	이란	Bushehr 2	VVER-1000	1,057
	러시아	Cape Nagloynyn 1	RITM-200S	53
	러시아	Cape Nagloynyn 2	RITM-200S	53
	러시아	BREST-OD-300	BREST-300	300
	튀르키예	Akkuyu 3	VVER-1200	1,200
	튀르키예	Akkuyu 4	VVER-1200	1,200
2029	중국	Lufeng 6	Hualong One	1,200
	중국	Ningde 5	Hualong One	1,200
	중국	Shidaowan 1	Hualong One	1,200
	중국	Xudabao 2	CAP1000	1,250
	중국	Zhangzhou 3	Hualong One	1,214
	중국	Zhangzhou 4	Hualong One	1,214
	중국	Lianjiang 2	CAP1000	1,250
	이집트	El Dabaa 1	VVER-1200	1,200
	인도	Kudankulam 6	VVER-1000	1,000
	러시아	Leningrad II-3	VVER-1200	1,200
	영국	Hinkley Point C1	EPR	1,720
2030	중국	Cangnan/San'ao 3	Hualong One	1,210
	중국	Lufeng 1	CAP1000	1,200
	중국	Ningde 6	Hualong One	1,200
	중국	San'ao 3	Hualong One	1,210
	중국	Taipingling 3	Hualong One	1,200
	중국	Zhaoyuan 1	Hualong One	1,200
	중국	Shidaowan 2	Hualong One	1,200
	중국	Jinqimen 1	Hualong One	1,200
	이집트	El Dabaa 2	VVER-1200	1,200
	이집트	El Dabaa 3	VVER-1200	1,200
	이집트	El Dabaa 4	VVER-1200	1,200
	파키스탄	Chashma 5	Hualong One	1,200
	러시아	Leningrad II-4	VVER-1200	1,200
	영국	Hinkley Point C2	EPR	1720
2031	중국	Lufeng 2	CAP1000	1,250
	중국	Xuwei 1	Hualong One	1,200
	중국	Bailong 1	CAP1000	1,250
2032	한국	Shin Hanul 3	APR-1400	1,400

자료: IAEA, WNA, KUVIC 리서치 2팀

## APPENDIX 3. GE Vernova 풍력 프로젝트(2025년 ~ )

계약 시기	국가 / 고객사	규모(MW)
2025.1.9	Eurus Project	58
2025.4.8	Eight onshore wind turbines to Forestalia	49
2025.4.9	Three additional onshore wind turbines to BBWind	1
2025.6.18	Çalı k Renewables for the developer's first project in Kosovo	73
2025.9.16	Prokon Regenerative Energien eG	48
2025.9.17	Enertrag	38
2025.10.16	Greenvolt International Power	252

2025.12.4	Greenvolt Power	25
2025.12.10	PPC Renewables	85
2025.12.22	Carmody's Hill Wind Farm in South Australia	256

## APPENDIX 4. Vestas 풍력 프로젝트(2025년 ~ )

계약 시기	국가 / 고객사	규모(MW)
2025.1.22	우크라이나, DTEK	384
2025.3.13	독일, Ørsted Wind Power A/S	62
2025.3.26	독일, 2개 고객사	62
2025.3.28	대만, Copenhagen Infrastructure Partners	495
2025.3.31	미국, Clearway Energy Group	172
2025.3.31	독일, wpd GmbH	154
2025.3.31	독일, Vattenfall's Nordlicht 1 offshore wind project	1,020
2025.3.31	이탈리아, Edison Spa	50
2025.5.5	독일, Lindenhof GmbH	65
2025.5.13	독일, ABO Energy	48
2025.5.30	이탈리아, 비공개	32
2025.6.3	미국, 비공개	102
2025.6.9	스페인, Naturgy	46
2025.6.17	캐나다, EDF 파워 솔루션	124
2025.6.30	독일, ENERTRAG	115
2025.6.30	루마니아, Eurowind Energy	143
2025.6.30	프랑스, 그리스, 루마니아, 일본, 4개 고객사	131
2025.6.30	독일, Boreas Energie GmbH	175
2025.7.15	루마니아, TOWII Renewables A/S	74
2025.7.17	미국, 비공개	527
2025.7.31	루마니아, 퍼스트 북 솔루션즈	269
2025.8.1	칠레, 비공개	128
2025.8.7	캐나다, EDF 파워 솔루션	274
2025.8.7	독일 Prezeller Wind GmbH & Co. KG, Lanze-Lomitz Wind GmbH & Co. KG 및 Eurowind Energy A/S	74
2025.8.8	루마니아, OX2 건설	96
2025.8.11	미국, 비공개	950
2025.8.11	폴란드, 비공개	40
2025.9.2	독일, 에너지콘토르AG	94
2025.9.8	독일, 웨스트팔렌윈드	86
2025.9.12	아르헨티나, 비공개	217
2025.9.19	독일, Alterric Deutschland GmbH	42
2025.9.23	미국, 비공개	320
2025.9.29	스페인, 그리스, 코스타리카, 대한민국	132
2025.9.30	독일, BBWind	239
2025.9.30	독일, 덴마크, 영국, 5개 고객사	346
2025.9.30	이탈리아, 3개 고객사	94
2025.11.4	독일, 이탈리아, 4개 고객사	200
2025.11.7	미국, 캐나다	347
2025.12.1	비공개, 비공개	660
2025.12.5	이탈리아, 시멘테리아 코스탄티노폴리스	10
2025.12.11	독일, 폴란드, 3개 고객사	191
2025.12.16	핀란드, 3개 고객사	277
2025.12.17	호주, 텔트 리뉴어블수	108
2025.12.17	브라질, 카사 도스 벤투스	828
2025.12.19	호주, 비공개	205

2025.12.29	아일랜드, 비공개	188
2025.12.29	한국, 신안해상풍력발전소 컨소시엄	390
2025.12.30	이탈리아, 에디슨	102
2025.12.30	한국, 대명에너지	43
2025.12.31	남유럽, 비공개	183
2025.12.31	호주, 비공개	288
2026.1.21	한국, 코오롱글로벌코퍼레이션	31
25년 4분기	미국, 캐나다, 비공개	574
25년 4분기	이탈리아, 에르그	125
25년 4분기	스페인, 캐피탈 에너지	88
25년 4분기	포르투갈, 페나마르코르	45
25년 4분기	포르투갈, 하이페리온	32
25년 4분기	독일, 5개 고객사	273
25년 4분기	미국, 비공개	320

## APPENDIX 5. Siemens Gamesa 풍력 프로젝트(2025년 ~ )

계약 시기	국가 / 고객사	규모(MW)
25.07.29	폴란드, Ocean Winds	390
25.07.18	독일, Skyborn	976
25.08.08	미국, Coastal Virginia Offshore Wind project	2,600 + 714

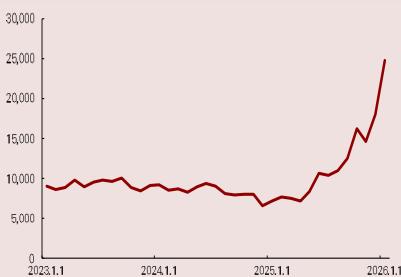
# Buy

목표주가 52,300원  
현재주가 23,850원  
상승여력 120%

## Stock Information

시가총액	4,817억원
발행 주식 수	2,019만주
유동주식비율	70.05%
52주 최고가	26,200원
52주 최저가	6,110원
외국인 지분율	9.45%
KOSPI	4,956.44

## Price Trend



## KUVIC Research Team 2

메일	kuvic_korea@naver.com
팀장	44기 Senior 류승민
팀원	44기 Senior 김민재
팀원	44기 Senior 김서정
팀원	44기 Senior 신주성
팀원	44기 Senior 오연수

## Who We Are



# 우진 (105840)

## 원전 사이클과 동행하는 계측기 솔 벤더

### 투자의견 'Buy', 목표주가 '52,300원'

본 리서치 팀은 PER Valuation에 따라 목표주가 52,300원, 상승여력 120%로 매수 의견을 제시한다. 동사의 FY 2026 매출액과 영업이익은 각각 1,491억원, 287억원으로 전망한다.

### FY2026 매출액 1,491억원, 영업이익 287억원 전망

우진의 2026년 실적은 매출액 1,491억원(YoY +6.0%), 영업이익 287억원 (YoY +78.3%)으로 전망한다. APR-1400, OPR-1000을 비롯해서 국내 원자로향 ICI 독점 기업의 위치로서 향후 대형 원전(구) 재가동 + 신규 원전 건설 + SMR을 종합적으로 고려하면 필수적으로 들어가는 ICI 부문에서의 장기적으로 매출 증가를 기대할 수 있다. 또한 원전 계측기 부문은 **이익 기여도(24년 기준 70%)가 높아 매출 믹스가 동 부문 중심으로 재편될 경우 마진 레버리지가 발생할 여지가 크다**. ICI부품은 교체주기 3~4.5년으로 반복 교체 수요 기반의 **락인 효과를 통해 원전 계측기 솔 벤더로서 매출과 마진 레버리지가 중장기 실적 업사이드로 작동할 가능성이 높다**.

### AI 데이터센터 전력 공백, 원전이 최적 해법

AI 데이터센터가 요구하는 것은 1년 365일, 24시간 멈추지 않는 '기저부하' 능력이며 이를 충당할 수 있는 충분한 전력량이다. 원전은 GPU가 멈추면 손실이 큰 AI 데이터센터에 가장 적합하며 자원 투입이 적으며 90% 이상의 가동률로서 수 GW급 전력 수요를 감당하기에 장기적으로 가장 적합하다.

### ICI 부품 대수 판매 확대를 통한 마진 레버리지 기대

우진의 수익성 레버리지는 원자로 사업부 내 ICI(노내핵계측기) 중심의 고마진 믹스 개선에 의해 좌우된다. 자체 추정 기준 ICI ASP는 2024년 0.48억 원/대 → 2025년 0.96억원/대로 상승했으며, 원자로 사업부 매출 비중은 약 30% 수준이나 OPM 70%로 추정돼 이익 기여도가 절대적이다. ICI 가동률은 2024년 148%, 3Q25 90%로 고수준을 유지 중이며, ASP 0.96억원 적용 시 **가동률 100/125/150% 기준 매출 213/266/320억원**, OPM 70% 반영 → 영업이익 149/186/224억원까지 가능해 2024년 연결 영업이익 (160억원) 대비 단일 품목만으로도 이익 체력이 재평가될 수 있다.

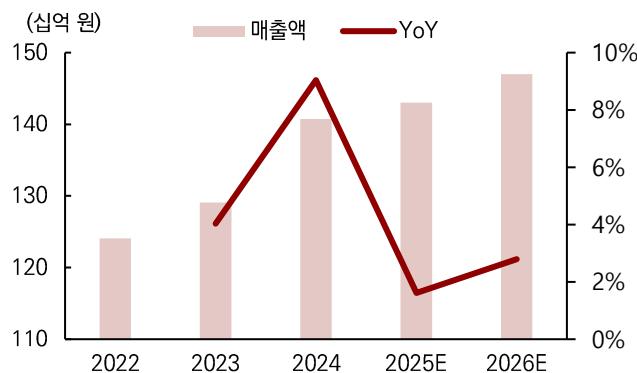
#### Earnings and valuation metrics

결산일 (12월)	2021	2022	2023	2024	2025E
매출액 (십억원)	107.6	124.1	129.1	140.7	149.1
YoY (%)		+15.3%	+4.0%	+8.9%	
영업이익 (십억원)	8.3	11.9	15.4	16.1	28.7
YoY (%)		+43.9%	+29.4%	4.5%	
영업이익률 (%)	7.7	9.6	11.9	16.8	
당기순이익 (십억원)	-6.1	11.8	13.9	16.8	
EPS (원)	-385	466	574	670	
P/E (배)		17.99	16.19	9.51	

주: K-IFRS 연결 기준, 순이익은 당기순이익

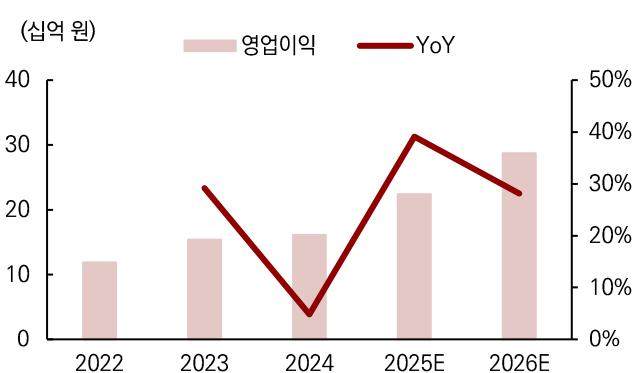
자료: KUVIC Research 2팀

그림1. 매출액 추이 및 전망



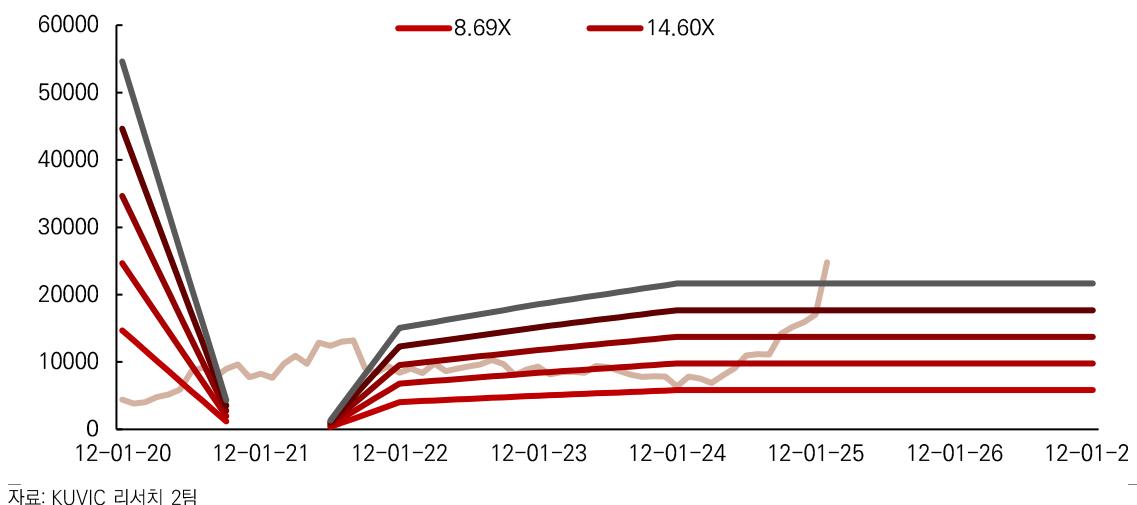
자료: Utilities Middle East, KUVIC 리서치 2팀

그림2. 영업이익 추이 및 전망



자료: GE Vernova, KUVIC 리서치 2팀

그림3. PER 벤드



자료: KUVIC 리서치 2팀

### Compliance Notice

- 본 보고서는 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC의 리서치 결과를 토대로 한 분석 보고서입니다.
- 본 보고서에 사용된 자료들은 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC이 신뢰할 수 있는 출처 및 정보로부터 얻어진 것이나 그 정확성이나 완전성을 보장하지 못합니다.
- 본 보고서는 투자 권유 목적으로 작성된 것이 아닌 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC의 스터디 목적으로 작성되었습니다.
- 따라서 투자자 자신의 판단과 책임 하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다.
- 본 보고서에 대한 저작재산권은 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC에 있으며 어떠한 경우에도 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다.