

Industry Indepth | 2026.09.14

[이차전지] (비중확대)

ESSential



KUVIC Research Team 2

메일	kuvic_korea@naver.com
팀장	45기 Senior 정서윤
팀원	45기 Senior 김범준
팀원	45기 Senior 명승우
팀원	44기 Senior 박한동
팀원	45기 Senior 윤지승

CONTENTS

Summary 3

Key Chart 4

산업개요 5

이차전지란 무엇인가

배터리는 어디에 쓰이는가: 전방시장의 확장

ESS 수요 9

EV에서 ESS로

전력 쇼티지가 이끈 ESS 수요

ESS의 구조와 표준

데이터센터가 만드는 배터리 수요

UPS·BBU: 작은 용량, 큰 마진

NVIDIA 800VDC와 BBU

전력망이 구축된 후, FTM ESS

ESS 수요 리스크

ESS 공급 22

중국의 공급과잉과 미국의 탈중국

관세와 세액공제로 재편되는 미국 ESS 공급망

정책이 결정하는 ESS 원가 경쟁력

미국 ESS 셀 탈중국

한국 배터리 3사의 현지 생산과 수주

ESS 공급 리스크

Company Analysis 40

LG에너지솔루션

Summary

수요: AI 데이터센터, 전력망 안팎에서 ESS 수요를 만든다

EV 성장 둔화 속에 ESS가 배터리 산업의 새로운 수요처로 부상하고 있다. 글로벌 ESS 신규 설치는 2025년 307GWh에서 2026년 459GWh로 약 50% 증가할 전망이며, 본 리서치팀은 미국 ESS 배터리 수요가 2026년 85.0GWh에서 2030년 143.7GWh로 확대될 것으로 추정한다. 배경은 전력 확보의 시차다. 미국 데이터센터 IT 부하는 2026년 43GW에서 2030년 91GW로 두 배 이상 증가하지만, 데이터센터가 1~3년이면 건설되는 반면 발전·송전 인프라는 5~15년이 걸린다.

이 격차가 데이터센터 부지 안과 전력망 양쪽에서 배터리 수요를 만든다. 부지 안에서는 계통 연결을 기다리지 못한 사업자가 가스발전과 배터리를 결합한 자체 전원을 구축하면서 온사이트 BESS 수요가 2026년 3.6GWh에서 2030년 7.5GWh로, UPS용 리튬 배터리가 1.6GWh에서 3.9GWh로 증가한다. 더 큰 물량은 전력망에서 발생한다. ESS는 비교적 빠르게 설치할 수 있고 전력가격 차익거래와 용량·보조서비스 시장을 통해 수익화할 수 있어, FTM ESS 전력시장 수익은 2026년 \$0.5bn에서 2030년 \$3.4bn으로 확대될 전망이다. 재생에너지 확대와 기존 피크 대응 수요까지 더해지며 FTM ESS 수요는 같은 기간 75.2GWh에서 119.7GWh로 약 60% 증가한다.

공급: 미국의 공급망 규제 속 한국 배터리 3사의 수혜

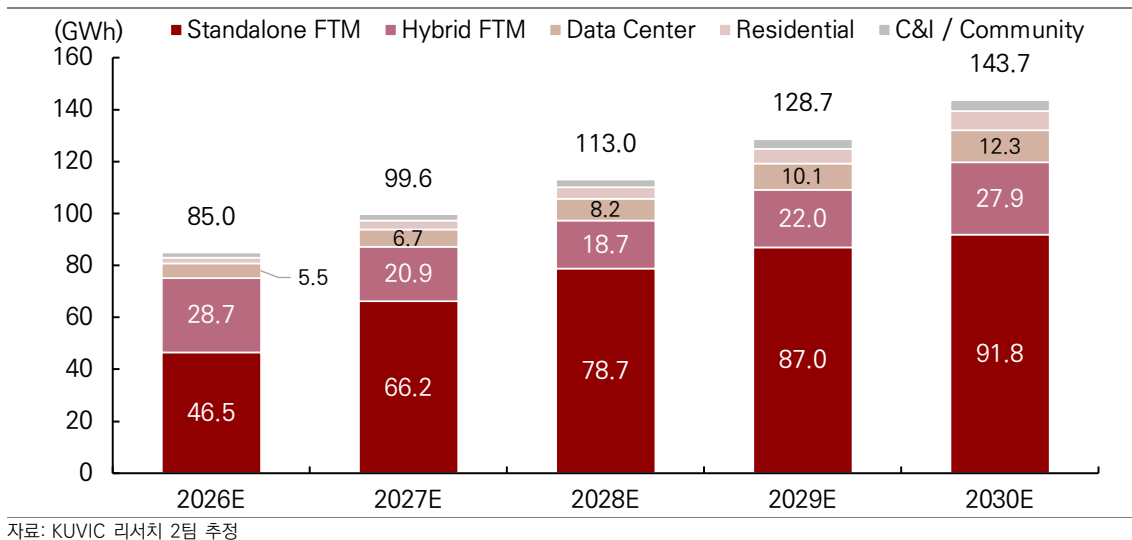
미국 ESS 시장은 수요가 빠르게 확대되는 가운데 중국 중심의 공급구조를 유지해 왔다. 2026년 상반기 북미 ESS 배터리 출하에서 중국 업체 비중은 71.2%로 LG에너지솔루션과 삼성SDI 합산 19.7%를 크게 웃돈다. 그러나 관세와 세액공제가 이 구도를 바꾸고 있다. 관세와 45X·48E를 반영한 2026년 프로젝트 순투자비는 중국산 배터리 사용 시 kWh당 241.5달러, 한국 업체의 미국 생산 배터리 사용 시 135.1달러다. 이는 45X의 가격 전액 전가와 48E 40% 적용을 가정한 값으로, 경쟁 기준이 셀 가격에서 세액공제 요건을 반영한 실질 프로젝트 비용으로 이동하고 있음을 보여준다. 45X가 가격에 전가되는 만큼 셀 업체의 수혜는 단가보다 물량과 가동률로 나타난다.

관세는 원산지 기준이어서 제3국 생산으로 우회할 수 있지만 45X·48E의 소재조달 요건은 소유·지배 기준이어서 우회가 어렵다. 양극재가 셀 원재료비의 약 40%를 차지하는 반면 2027년 금지 외국기업 허용 비중은 35%에 불과해, 중국계 양극재를 유지하면 기준을 충족할 수 없다. 이에 중국 셀의 채택률은 2026년 71.2%에서 2028년 3.9%, 2029년 0%까지 축소될 것으로 추정한다.

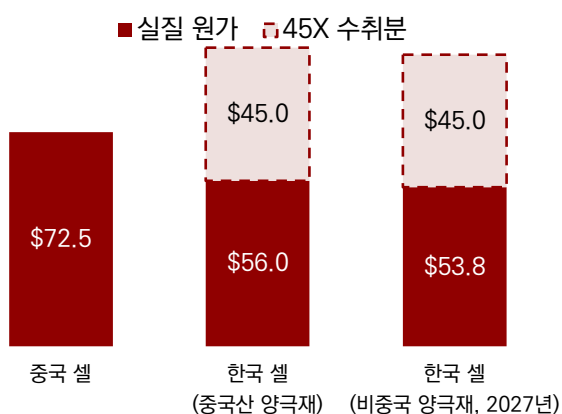
한국 3사의 적격 공급은 2026년 16.9GWh에서 2028년 Base case 95.9GWh, Bull case 100.3GWh로 늘어 수요의 84.9%, 88.8%를 채우며 주요 대체 공급자로 부상한다. 다만 2029년부터 소재조달 기준선이 80%로 오르면서 제약은 셀 캐파에서 비중국 LFP 양극재로 옮겨간다. 확정된 양극재 물량만 반영한 Base case에서는 적격 공급이 2029년 90.3GWh, 2030년 79.5GWh로 줄어 2030년 수요의 33.8%가 적격 공급자를 찾지 못한 채 남고, 이 물량은 비중국 소재를 먼저 확보한 업체의 몫이 된다.

Key Chart

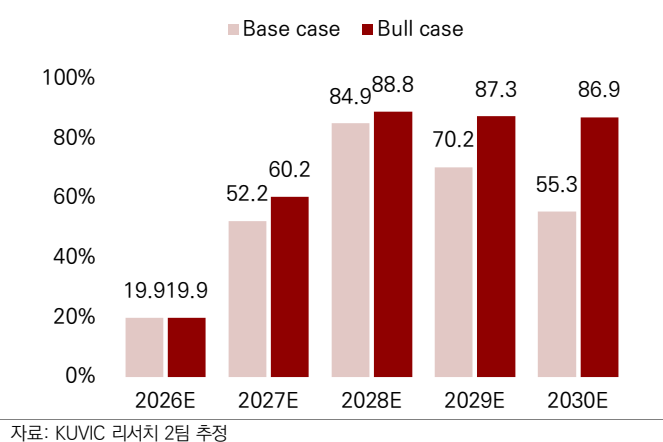
주요 그림 1. 미국 ESS 배터리 수요



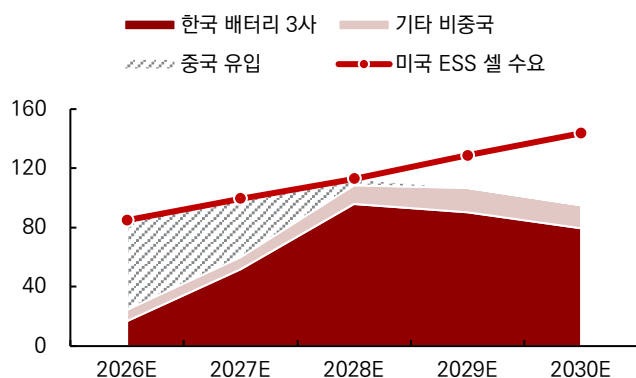
주요 그림 2. 중국 대 한국 LFP ESS 셀 원가 비교 (\$/kWh)



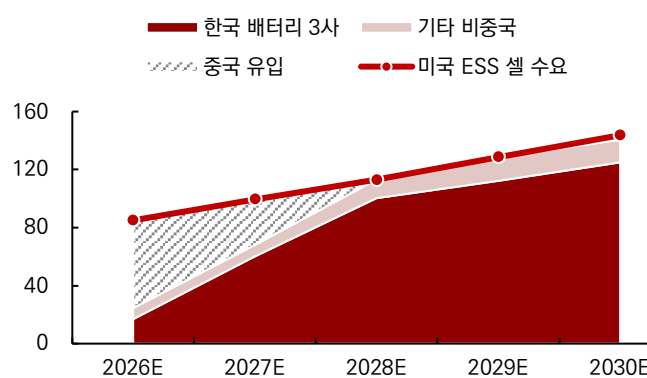
주요 그림 3. 미국 ESS 시장 점유율 시나리오 (%)



주요 그림 4. 적격 공급과 수요, Base case (GWh)



주요 그림 5. 적격 공급과 수요, Bull case (GWh)



산업 개요: 이차전지, 어디에서 만들어 어디에 쓰이는가

이차전지란 무엇인가

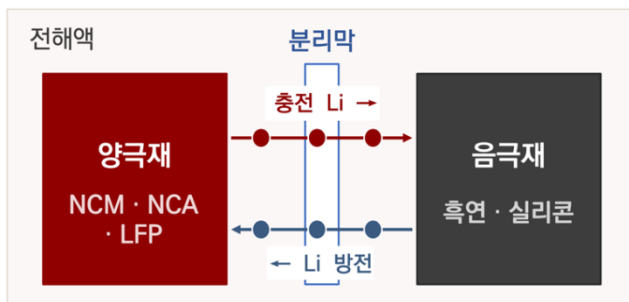
리튬이온이
산업의 중심

이차전지는 충·방전을 반복해 사용할 수 있는 전지를 뜻한다. 납축전지, 니켈수소전지 등 다양한 종류가 있지만, 현재 EV와 신규 ESS용 배터리는 사실상 리튬이온전지가 대부분을 차지한다. 높은 에너지밀도와 긴 수명에 더해, 2010년 이후 가격이 약 90% 하락하면서 시장의 표준으로 자리 잡았다.

리튬이온전지는 크게 양극재, 음극재, 분리막, 전해액의 4대 소재로 구성된다. 충전 과정에서는 리튬이온이 양극에서 음극으로 이동하고, 방전 과정에서는 반대 방향으로 이동하며 전기에너지를 공급한다. 이 가운데 양극재는 배터리의 용량·출력·안전성·가격을 결정하는 핵심 소재로, 사용되는 소재 조합에 따라 NCM, NCA, LFP 등으로 구분된다.

배터리의 외형 역시 사용 목적에 따라 달라진다. 대표적인 형태는 각형(Prismatic), 원통형(Cylindrical), 파우치형(Pouch)으로, 각각 구조적 안정성, 생산 효율, 공간 활용도 등에서 차이를 가진다. 따라서 같은 리튬이온전지라도 어떤 전방시장에 적용되는지에 따라 요구되는 화학계와 폼팩터가 달라진다.

그림 1. 리튬이온전지의 구조



자료: KUVIC 리서치 2팀

그림 2. 배터리 폼팩터 3종 비교



자료: KUVIC 리서치 2팀

이차전지 산업의 Value Chain은 원재료 → 소재 → Cell → Module·Pack → System → 전방산업으로 이어지며, 단계마다 요구되는 경쟁력이 다르다. 소재는 원가, Cell은 에너지밀도와 수율, Pack·System은 BMS와 열관리·시스템 통합 역량이 핵심이다.

국내 업체는 Cell과 양극재를 중심으로 이 사슬에 참여하고 있다. 다만 단계별 국가 편중은 뚜렷하다. 음극재와 분리막, 전해액 등 일부 소재에서는 중국 의존도가 높으며, 이러한 공급망 구조는 미국의 정책 변화와 맞물려 국내 업체의 기회 요인으로 작용한다.

그림 3. 이차전지 산업 Value Chain



자료: KUVIC 리서치 2팀

배터리는 어디에 쓰이는가: 전방시장의 확장

최대 수요처는 EV

이차전지의 전방시장은 전기차(EV)를 중심으로 ESS, IT·Consumer, 전동공구, LEV(Light Electric Vehicle), 산업용·백업전원 등으로 구성된다. 이 가운데 **대용량 배터리를 사용하는 EV가 지난 산업 성장을 주도하며 현재까지 가장 큰 수요처로 자리 잡고 있다.**

EV수요의 중심은 중국

2025년 글로벌 EV 판매량은 2,000만 대를 넘어 전년 대비 20% 증가했고, 전체 신차 판매의 25%를 차지했다. 다만, EV 수요는 지역별로 뚜렷한 차이가 있다. 2025년 중국은 글로벌 EV 생산의 약 70%를 차지하는 최대 생산기지인 동시에, 판매량도 약 1,290만 대로 가장 큰 시장을 형성했다. 유럽은 2025년 EV 판매량이 약 420만 대로 전년 대비 30% 이상 증가하며 중국 외 시장 가운데 가장 높은 성장률을 기록했다. 반면 미국은 약 150만 대로 전년보다 소폭 감소했고, 특히 EV 세액공제가 종료된 4분기 판매량은 전년 동기 대비 45% 감소했다.

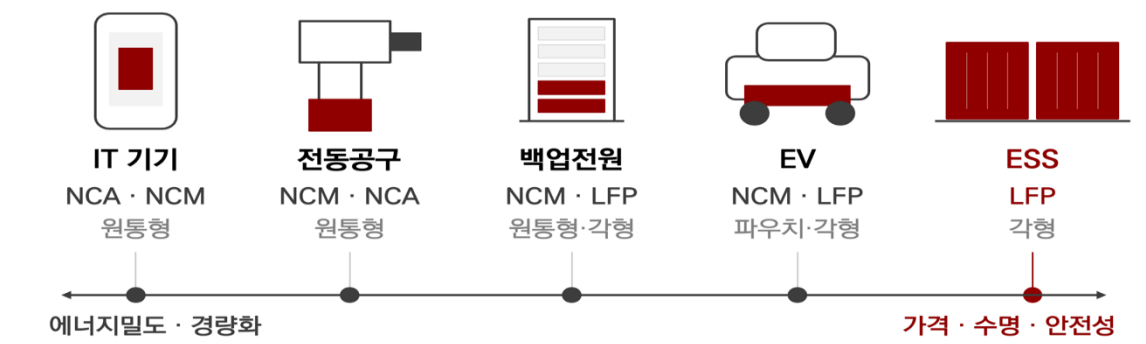
즉, 글로벌 EV 시장은 여전히 성장하고 있지만, **중국·유럽의 성장과 북미의 둔화가 동시에 나타나고 있다.** 특히 한국 배터리 업체의 생산능력이 집중된 북미의 수요 둔화는 글로벌 EV 판매 증가와 별개로 업체별 가동률과 실적에 부담으로 작용한다.

셀 시장은 CATL, BYD 중심

EV 배터리 셀 시장은 중국 업체를 중심으로 성장하고 있다. 2025년 글로벌 EV 배터리 탑재량 기준 CATL이 39.2%, BYD가 16.4%를 차지해 두 업체만으로 전체 시장의 55.6%를 점유했다. 반면 LG에너지솔루션은 9.2%, SK온 3.7%, 삼성SDI 2.4%로 한국 3사의 합산 점유율은 15.4%, 전년 대비 3.3%p 하락했다.

다만 점유율 하락을 EV 수요 둔화만으로 설명하기는 어렵다. 같은 기간 글로벌 EV 배터리 사용량은 31.7% 증가했지만, LG에너지솔루션은 11.3%, SK온은 약 12% 증가하는 데 그쳤고 삼성SDI는 6.9% 감소했다. **시장 자체는 성장했지만, 증가한 수요의 상당 부분을 중국 업체가 흡수하면서 한국 업체의 점유율은 오히려 하락했다.**

그림 4. 이차전지 전방산업별 요구특성



실질 무대는 비중국 시장

글로벌 점유율만으로 한국 3사의 경쟁력을 판단하기는 어렵다. 중국 내 EV 배터리 시장은 CATL·BYD를 비롯한 현지 업체 중심으로 형성돼 있어 한국 업체의 실질적인 경쟁 무대는 미국·유럽을 중심으로 한 비중국 시장이기 때문이다.

2025년 연간 기준 중국을 제외한 EV 배터리 시장에서 한국 3사의 합산 점유율은 36.3%로 글로벌 점유율 15.4%보다 두 배 이상 높다. 그러나 전년 대비로는 7.4%p 하락해 비중국 시장에서도 중국 업체의 침투가 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있다.

따라서 한국 3사의 과제는 단순히 중국 시장을 공략하는 것이 아니라, 기존 우위 시장이었던 미국과 유럽에서 점유율을 얼마나 가져올 수 있는가에 있다.

유럽, 시장은 커졌지만 점유율의 감소

특히 유럽은 이러한 변화를 가장 잘 보여준다. 2025년 유럽 EV 판매량은 약 420만 대로 전년 대비 30% 이상 증가했고, 신차 판매 중 EV 비중도 28%까지 상승했다. 즉 유럽 자체의 EV 수요는 둔화한 것이 아니라 오히려 다시 성장했다.

반면 한국 배터리 3사의 유럽 점유율은 2024년 말 45%에서 2025년 10월 약 35%로 10%p 하락했다. 업체 별로도 LG에너지솔루션이 27%→20%, SK온이 10%→9%, 삼성SDI가 8%→6%로 모두 하락했다. 같은 기간 CATL은 38%에서 44%로 상승했고, BYD 등까지 포함한 중국 업체의 유럽 점유율은 약 64%에 달했다. 즉 유럽에서 한국 3사의 점유율 하락을 EV 수요 부진으로 설명하기는 어렵다.

하이니켈에서 LFP로

이러한 점유율 변화에는 배터리 소재의 변화 영향이 크다. 과거 EV 시장은 높은 에너지밀도를 앞세운 NCM·NCA 등 니켈계 배터리가 주도했지만, 가격 경쟁이 심화되면서 LFP가 보급형 EV를 중심으로 빠르게 확산되고 있다. 2025년 LFP는 글로벌 EV 배터리 수요의 55% 이상을 차지해 처음으로 절반을 넘어섰다.

유럽에서도 EV 배터리 수요의 10% 이상이 LFP였으며, 대부분이 중국에서 생산된 배터리 또는 중국산 EV를 통해 공급됐다. 반면 중국을 제외한 전체 EV 시장에서는 여전히 니켈계 배터리가 약 80%를 차지하고 있다.

삼원계가 사라진다고보다는 고성능·프리미엄 EV에서는 니켈계가 유지되고, 보급형 시장에서는 LFP가 확대된다고 볼 수 있다.

같은 점유율 하락, 다른 이유

한국 3사의 점유율 하락은 고객 및 지역 믹스에 따라 다르게 나타났으며, 이는 2025년 실적에서도 확인할 수 있다.

LG에너지솔루션은 2025년 배터리 탑재량이 108.8GWh로 11.3% 증가했지만 점유율은 10.9%에서 9.2%로 하락했다. Tesla 판매 부진으로 관련 물량이 감소했지만, 기아 EV3와 GM Equinox·Blazer·Silverado EV 등의 판매 확대가 이를 일부 상쇄했다. 그러나 EV 수요 둔화와 판매가격 하락 영향으로 연간 매출은 23.7조원으로 7.6% 감소했다. 영업이익은 1.35조원을 기록했지만, 북미 생산에 따른 AMPC 1.65조원을 제외하면 약 3,000억원의 영업손실이다. 절대 물량은 늘었지만 EV 사업의 가동률과 수익성 부담은 여전히 이어진 셈이다.

SK온은 배터리 탑재량이 44.5GWh로 12.3% 증가했지만 글로벌 시장 성장률 31.7%를 크게 하회했다. 현대차그룹과 Volkswagen 물량이 증가했지만 Ford F-150 Lightning 판매 감소와 북미 고객사의 재고조정이 부담으로 작용했다. 2025년 매출은 약 7.0조원으로 전년 6.3조원 대비 증가했지만, 9,319억원의 영업손실을 기록하며 적자가 지속됐다. 물량 증가에도 낮은 가동률과 북미 EV 수요 둔화가 수익성 개선을 제한했다.

삼성SDI는 배터리 사용량이 28.9GWh로 전년 대비 6.9% 감소하며 3사 중 유일하게 역성장했다. BMW i4·i5와 Audi Q6 e-tron 판매가 일부 물량을 방어했지만 Q8 e-tron과 Rivian 판매 부진이 영향을 미쳤다. 이에 2025년 배터리 부문 매출은 12.4조원으로 전년 15.7조원 대비 약 21% 감소했고, 영업이익도 전년 2,180억원 흑자에서 1.85조원 적자로 전환됐다.

결국 한국 3사 모두 글로벌 EV 시장 성장률을 따라가지 못하면서 점유율이 하락했고, 낮아진 가동률은 수익성에도 부담으로 이어졌다. 이 과정에서 EV 외 수요처 확보의 필요성이 커졌고, 그 대안으로 ESS가 부각되고 있다.

따라서 본 리서치팀은 EV 이후의 배터리 수요 가운데 미국 ESS 시장에 초점을 맞춰 Utility-scale ESS부터 데이터센터 내 BESS·UPS·BBU까지 수요가 어떻게 확대되고 있는지 살펴본다. ESS의 구조와 구체적인 수요 확대 논리는 다음 장에서 이어서 다룬다.

Next Growth: ESS

ESS 수요

EV에서 ESS로

EV 성장 둔화 속 빠르게 확대되는 ESS 수요

23년부터 시작된
EV 캐즘

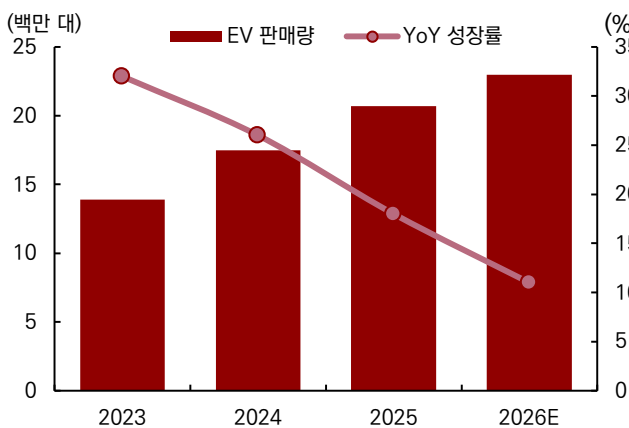
2025년 글로벌 EV 판매량은 2,000만 대를 넘어 전년 대비 20% 증가했고, 전체 신차 판매의 약 25%를 차지했다. 배터리 기준으로는 2025년 EV용 탑재량은 약 1.2TWh로 전체 배터리 수요의 70% 이상을 차지했다. EV는 여전히 배터리 산업의 최대 수요처지만, 초기 보급 확대 국면을 지나면 지역별 정책 변화와 소비자 수요 둔화 영향을 받아 성장률은 점차 평균적인 수준으로 회귀하고 있다.

특히 북미에서는 미국 소비자 EV 세액공제가 2025년 9월 종료된 이후 수요 불확실성이 확대되면서 배터리 생산라인 가동률이 크게 하락했다. 한국 3사의 북미 EV 공장 가동률은 LG에너지솔루션 47.6%, 삼성SDI 50.4%, SK온 48.7%로 절반 수준에 머물고 있다.

즉 EV 수요는 중장기적으로 성장세를 이어가지만, 성장률이 둔화되는 과정에서 이미 확대된 배터리 CAPA의 가동률 부담이 커지고 있다. 이러한 상황에서 ESS가 기존 CAPA를 활용할 수 있는 새로운 수요처로 부상하고 있다.

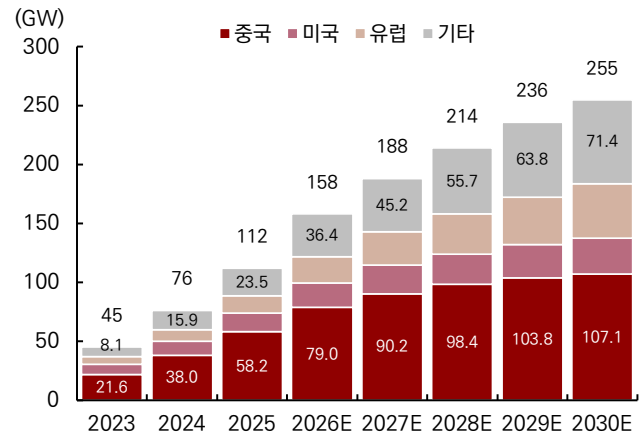
ESS는 생산된 전력을 저장한 뒤 수요가 발생하는 시점에 공급하는 시스템이다. 글로벌 신규 설치 규모는 2025년 112GW/307GWh에서 2026년 158GW/459GWh로 확대될 전망이다. 에너지 용량 기준 약 50% 증가한다. 즉, ESS 시장이 EV 수요 성장 둔화 국면에서 이차전지 배터리 산업의 새로운 성장 동력이 될 것으로 예상된다.

그림 5. EV 판매량 및 성장률 둔화



자료: BNEF, KUVIC 리서치 2팀

그림 6. 글로벌 ESS 연간 신규 설치



자료: BNEF, KUVIC 리서치 2팀

전력 쇼티지가 이끈 ESS 수요

데이터센터를 중심으로 증가하는 전력 수요

ESS 시장이 빠르게 성장하는 배경에는 전력수요 증가와 이를 따라가지 못하는 전력 인프라가 있다. 미국에서는 약 20년간 정체됐던 전력수요가 AI 데이터센터와 제조업 리쇼어링, 전기화 확대로 다시 증가하기 시작했다. 향후 5년간 미국 전력수요는 420TWh 이상 증가하며, 증가분의 약 절반이 데이터센터에서 발생할 전망이다.

신규 데이터센터 증설의 중심은 AI다. 미국 데이터센터 IT 부하는 2026년 43GW에서 2030년 91GW로 두 배 이상 증가할 전망이며, 연간 신규 증설도 7.3GW에서 15.3GW로 확대된다. 기존 설치 기반에서 AI 비중은 약 25%지만 신규 증설에서는 70~80%에 달한다. 여기에 AI 서버의 고전력화까지 겹치면서 신규 데이터센터는 수백 MW에서 GW 단위의 전력을 한 지역에 집중적으로 요구하게 된다.

데이터센터 증설보다 느린 전력 인프라

문제는 전력수요 증가 속도를 인프라가 따라가지 못한다는 점이다. 데이터센터는 통상 1~3년 내 건설할 수 있지만 발전소와 송전망은 계획·인허가·공사까지 5~15년이 걸려, 완공 이후에도 필요한 전력을 제때 확보하지 못하는 **Time-to-Power** 문제가 발생한다.

미국 최대 전력시장인 PJM에서는 2025년 가동된 발전 프로젝트가 전력망 연결 신청부터 상업운전까지 평균 7년 이상 걸렸다. 변압기 납기도 2021년 약 50주에서 2024년 120주로 늘었고, 대형 변압기는 2026년 160주를 넘어선 것으로 파악된다. ERCOT 역시 데이터센터 등 대규모 전력 사용시설의 신청 수요가 438GW를 넘어서며 전력 공급 병목이 심화되고 있다.

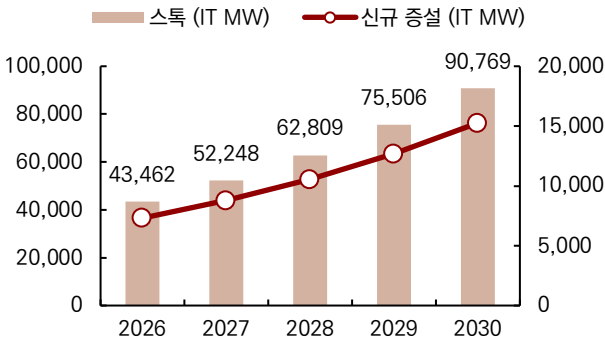
대체 전원도 단기 해법이 되기 어렵다. 가스터빈 신규 설치 5년 이상이 소요되고, SMR은 최초 상업가동이 2030년 전후로 예상된다. 기존 원전 재가동 역시 수년이 필요하다. AI 데이터센터의 병목이 GPU 확보에서 **Time-to-Power**로 이동하고 있는 이유다.

규제 완화로도 좁히기 어려운 시간차

FERC도 2026년 주요 지역 전력시장에 데이터센터 등 대형 전력수요의 접속 규정 재검토를 요구하며 행정 병목 완화에 나섰다. 다만 허가 절차를 줄여도 변압기·송전선·발전소를 실제로 건설하는 시간은 남는다. 제도 개선만으로 전력수요와 공급설비 사이의 시간차를 단기간에 해소하기는 어렵다.

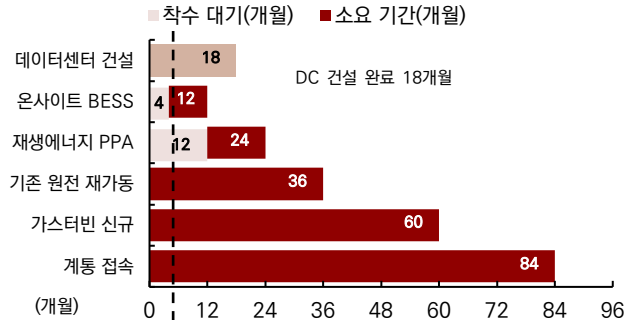
그림 7. 미국 데이터센터 IT Capacity 및 연간 신규 증설 전망

FERC의 Large Load
Interconnection
개편



자료: BNEF, IEA, KUVIC 리서치 2팀

그림 8. 전력 확보 수단별 리드타임 비교



자료: 각 사, KUVIC 리서치 2팀

전력을 재분배하는 ESS

ESS는 이러한 시간차를 보완할 수 있는 수단이다. 발전소처럼 새로운 전력을 생산하지는 않지만, 전력이 남는 시간에 충전하고 부족한 시간에 방전함으로써 기존 발전설비와 전력망의 공급능력을 시간대별로 재배분한다.

미국 시간대별 전력 가격
저녁 20시: \$76/MWh
낮 12시: \$20/MWh

전력의 시간 이동이 필요한 이유는 크게 두 가지다. 하나는 빠르게 증가하는 전력수요에 비해 발전·송전 인프라 확충이 늦어지면서 피크 시간대의 공급 부담이 커지고 있다는 점이다. 다른 하나는 태양광·풍력 등 변동성 재생에너지 확대에 따라 전력이 생산되는 시점과 실제 필요한 시점의 불일치가 커지고 있다는 점이다.

따라서 ESS가 발전소와 송전망을 대체하는 것은 아니다. **대신 전력을 필요한 시간대로 이동시켜 기존 전력 인프라의 활용도를 높이고, 피크 수요와 일시적인 공급 부족을 완화하는 보완 자원으로 기능한다.** 이러한 수요는 데이터센터 등 수요자 측 BTM과 전력망 측 FTM 양쪽에서 동시에 발생한다.

ESS의 구조와 표준

셀부터 전력망까지

앞서 ESS 수요가 확대되는 배경과 필요성을 살펴보았다. 그렇다면 실제 ESS는 어떤 구조로 구성되고, 어떤 배터리가 사용될까? 이하에서는 ESS의 구성과 함께 LFP·각형·셀 대형화로 이어지는 제품 특성을 살펴본다.

5MWh급 시스템
314Ah LFP 기준
약 5,000개 셀로 구성

ESS(Energy Storage System)는 생산된 전력을 저장해 필요한 시점에 공급하는 전력저장 설비다. 셀을 모듈·랙·컨테이너 단위로 집성한 배터리 시스템에 PCS와 변압기 등을 결합해 전력망 또는 수요처와 연결한다.

셀 → 모듈 → 랙 → 컨테이너 → 전력변환장치(PCS) → 변압기·개폐장치 → 전력망

BMS와 열관리 구조를 더하면 모듈이 되고, 여러 모듈은 다시 랙에 장착된다. 다수의 랙을 컨테이너에 집적하면 MWh 단위의 대규모 ESS가 구성된다. 이후 PCS가 직류(DC)를 교류(AC)로 변환하고, 변압기와 개폐장치를 거쳐 전력망 또는 부하와 연결된다.

그림 9. ESS 구조



자료: KUVIC 리서치 2팀

ESS에서의 LFP 채택 배경

셀에 사용되는 양극재는 ESS의 경제성과 성능을 결정하는 핵심 요소다. **2025년 신규 Battery Storage의 약 90%가 LFP였다.** EV에서는 NCM과 LFP를 비롯한 다양한 양극재가 사용되지만, ESS에서는 LFP가 사실상 표준으로 자리 잡았다. 배터리에 요구되는 성능이 EV와 다르기 때문이다.

EV는 제한된 공간과 무게 안에서 주행거리를 확보해야 하기 때문에 높은 에너지밀도가 중요하다. 반면 고정형 설비인 ESS는 부피와 무게의 제약이 상대적으로 작아 가격·수명·안전성의 중요도가 더 높다.

$$\text{Lifetime Battery Cost} \left(\frac{\$}{\text{kWh}} \right) = \frac{\text{Pack Cost}}{\text{Usable Capacity} \times \text{Cycle Life} \times \eta}$$

NCM/NMC/NCA
나트륨이온은 한 자릿수

LFP는 일반적으로 약 6,000~10,000회의 긴 사이클 수명을 확보할 수 있어 반복적인 충·방전이 발생하는 ESS에 적합하다. 가격도 2025년 평균 Pack 기준 LFP \$81/kWh, NMC \$128/kWh로 LFP가 약 37% 저렴했다. 수백 MWh~GWh 규모로 설치되는 ESS에서는 이러한 가격과 수명 차이가 전체 시스템 경제성에 큰 영향을 미친다.

안전성 측면에서도 LFP가 유리하다. ESS는 다수의 셀을 랙과 컨테이너에 집적하기 때문에 열폭주 전파 억제에 중요한데, LFP는 NCM 대비 화학·열적 안정성이 높다.

LFP가 표준이 된 다음의 경쟁

LFP가 ESS의 주력 소재로 자리 잡으면서 경쟁의 초점은 셀 자체의 성능보다 얼마나 효율적으로 집적해 시스템 원가를 낮추느냐로 이동하고 있다. 이는 **폼팩터와 셀 대형화 두 방향에서 나타난다.**

원통형 최대 공간 활용률
= $\pi / (2\sqrt{3})$ 90.7%

대규모 ESS에서는 각형 셀이 주로 사용된다. 각형은 직육면체 구조와 단단한 외부 케이스를 갖춰 배열·고정과 모듈·랙 규격화에 유리하다. 반면 원통형은 셀 사이 공간 손실이 발생하고, 파우치형은 팽창을 제어하기 위한 별도의 압착 구조가 필요하다. **따라서 각형은 공간 활용도와 구조적 안정성 측면에서 대규모 ESS에 유리하다.**

셀 크기도 빠르게 커지고 있다. 현재 314Ah급이 주력인 가운데 CATL 587Ah, EVE Energy 628Ah 등 500Ah+ 셀이 등장하고 있다. 셀 대형화는 동일한 MWh를 구성할 때 필요한 셀 수와 Busbar·용접점·BMS 채널·구조물을 줄여 시스템 원가를 낮추기 위한 방향이다.

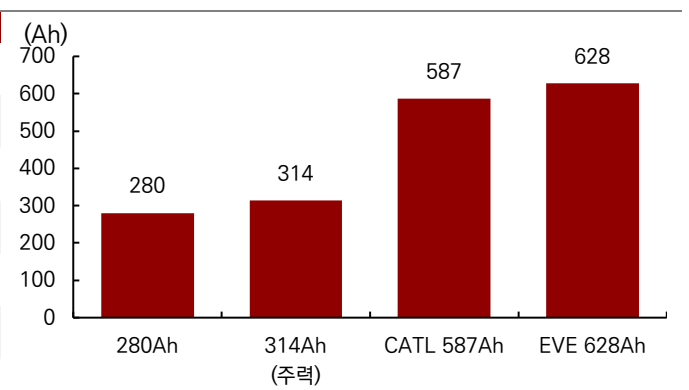
결국 ESS의 경쟁 기준은 EV의 Wh/kg보다 MWh/Container와 \$/kWh로 이동하고 있다. 즉 같은 공간에 더 많은 전력을 담고 이를 더 낮은 비용으로 구현하는 것이 중요해지고 있으며, 국내 업체들도 각형·롱셀·파우치 등 서로 다른 방식으로 대응하고 있다. 구체적인 업체별 전략은 후술한다.

그림 10. LFP vs NCM

구분	LFP	NCM
팩 가격 (2025, \$/kWh)	81	128
가격 지수 (LFP=100)	100	158
사이클 수명 (회)	6,000~10,000	1,000~3,000
에너지 밀도	낮음	높음
열 안정성	높음 (열폭주)	낮음
ESS 신규 채택률 (2025)	90%	5%
ESS 적합도	주력	제한적

자료: OCP, KUVIC 리서치 2팀

그림 11. ESS용 LFP 각형 셀 대형화 동향



자료: 각 사, KUVIC 리서치 2팀

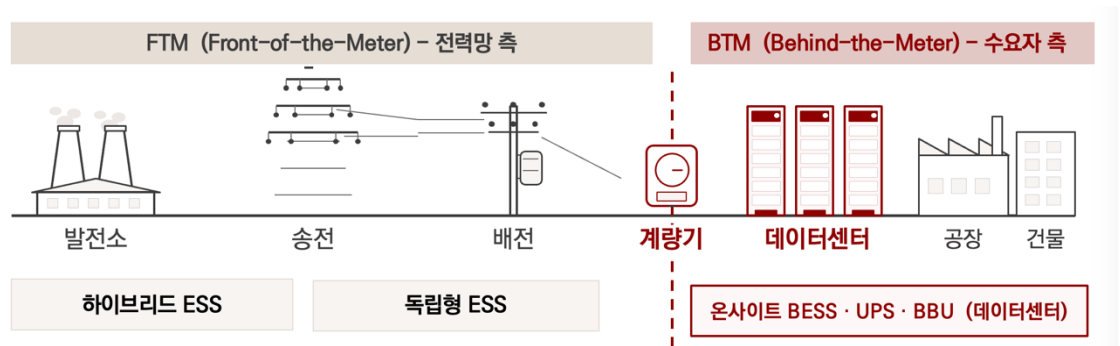
BTM: 데이터센터가 만드는 배터리 수요

전력망 전·후단의 ESS 수요

ESS의 수요는 설치 위치에 따라 FTM(Front-of-the-Meter)과 BTM(Behind-the-Meter)으로 구분된다. FTM은 발전·송배전망과 연결되는 전력망 측 영역이고, BTM은 데이터센터·공장·상업시설처럼 실제 전력을 사용하는 수요자 측 영역이다.

AI 데이터센터는 두 영역의 수요를 동시에 확대한다. 전력을 충분히 확보하기 어려운 데이터센터는 부지 내부의 BTM 설비를 통해 전원을 보완하고, 데이터센터가 계통에 연결된 이후에는 증가한 전력수요를 감당하기 위한 FTM ESS가 필요해진다. 즉 **BTM은 데이터센터 안의 전력 문제, FTM은 데이터센터 증가로 커진 전력망의 문제를 해결한다.**

그림 12. FTM과 BTM — 계량기를 기준으로 나뉘는 ESS 수요



자료: KUVIC 리서치 2팀

전력망을 기다리지 않는 BTM

전력망 연결을 기다리기 어려운 데이터센터 사업자들은 부지 내 자체 전원을 확보하기 시작했다. 현재 계획 중인 데이터센터 용량의 약 30%가 온사이트 전원을 준비하고 있으며, 주로 가스터빈·발전기와 배터리를 결합한 마이크로그리드 형태다.

다만 **BTM의 주력은 배터리가 아니라 가스다.** 설비 구성이 확인된 프로젝트의 약 75%가 천연가스 발전이며, 배터리는 출력 변동과 급격한 부하 변화를 완충하는 보조 설비로 활용된다. 따라서 BTM 30%를 그대로 배터리 도입률로 해석하기는 어렵다.

실제 상업운전도 아직 초기 단계다. 발표된 BTM 프로젝트 약 90GW 중 2026년 가동 중인 용량은 2.0GW로 약 2%에 불과하며 대부분 가스터빈이다. 배터리 기반 상업운전 사례도 xAI 멤피스 캠퍼스 등으로 제한적이다.

반면 AI 데이터센터 개발사 Crusoe의 네바다 캠퍼스에서는 63MWh 저장장치를 포함한 마이크로그리드를 4개월 이내에 구축해 BESS의 빠른 구축 가능성을 보여줬다. 본 리서치팀은 이를 반영해 **미국 온사이트 BESS 수요를 2026년 3.6GWh에서 2030년 7.5GWh로 추정한다.**

BTM: UPS·BBU – 작은 용량, 큰 마진

UPS: 교체 수요와 리튬 전환

UPS·BBU,
온사이트 BESS와
별도 수요

UPS 성장의 핵심은
교체와 리튬 전환

교체 수요가 신규
설치를 상회

데이터센터 부지 안에서는 온사이트 BESS와 별도로 중앙 UPS와 서버 랙의 BBU 수요가 발생한다. UPS는 정전 시 발전기가 기동하기 전까지 5~15분을 버티는 설비로, 현재도 절반 이상이 납축전지다.

UPS는 방전 횟수가 적어 리튬의 사이클 수명보다 긴 교체주기가 핵심이다. 리튬은 납축의 3~5년 대비 8~10년 사용 가능하고 무게·부피도 약 3분의 1이어서 총소유비용 측면에서 유리하다. 리튬 침투율은 2020년 12%에서 2025년 34%로 상승했으며 2030년 45%를 전망한다.

교체 수요가 신규 설치를 상회한다는 점도 중요하다. 기존 설비 기반이 큰 만큼 데이터센터 신규 증설과 별개로 수요가 지속된다. 본 리서치팀은 리튬 전환까지 반영해 UPS용 리튬 배터리 수요를 2026년 1.6GWh에서 2030년 3.9GWh로 추정한다. 연평균 24.9% 성장으로 온사이트 BESS보다 빠르다.

BBU: 작은 물량, 높은 진입장벽

BBU는 소량이지만
고부가 제품

BBU는 물량보다 제품 특성이 중요하다. 서버 랙에 장착돼 약 90초간 전력을 공급하며, 정전 대응뿐 아니라 AI 서버의 순간적인 부하 변동도 흡수한다. 실제로 xAI의 Colossus 데이터센터에서는 AI 학습 작업의 시작·종료 과정에서 1분 이내 35~70MW 이상의 부하 변화가 관측됐다. 이러한 급격한 전력 변화는 서버와 전력설비에 부담을 주기 때문에, 랙 단에서 즉각적으로 출력할 수 있는 BBU의 역할이 중요해지고 있다. 미국 BBU 수요는 2026년 0.27GWh에서 2030년 0.95GWh로 증가하지만 데이터센터 배터리 전체의 약 8%에 그친다. 대신 초 단위 고출력 성능, OCP 기준 8년 이상의 모듈 설계수명, 까다로운 고객사 인증이 요구돼 진입장벽이 높다.

국내업체는
BBU·UPS에서 강점

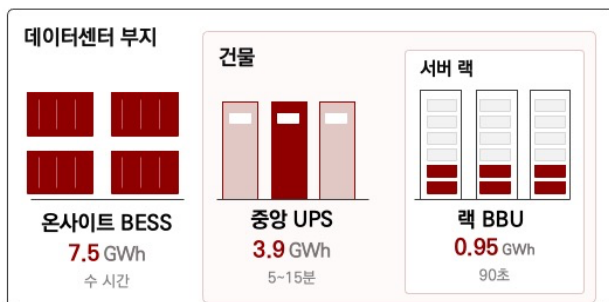
국내 업체의 강점도 이 영역에서 나타난다. 삼성SDI는 BBU 셀 세계시장 점유율을 약 50%로 자체 추산했으며, 2026년 2분기에는 UPS·BBU에서 각각 40~50%의 점유율과 관련 매출의 전년 대비 70% 이상 성장을 제시했다. 다만 배터리팩 업체 STL 역시 BBU·UPS 제품군의 매출총이익률을 25~35%로 제시해 전동공구의 10~15%보다 높은 수준을 보인다.

BBU는 판가와
마진이 다른 BESS,
수익성은
BBU·UPS

BBU의 kWh당 판가는 같은 원통형 중출력 저가 제품 대비 70% 이상 높은 것으로 추정된다.

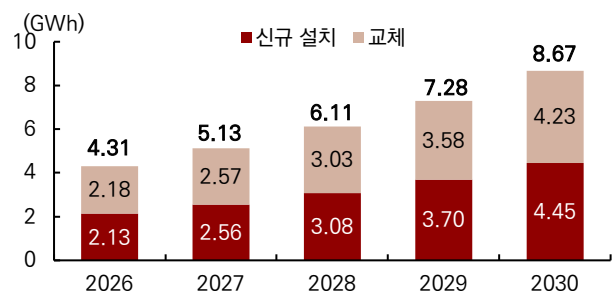
결국 BBU는 수초~90초, 중앙 UPS는 5~15분, 온사이트 BESS는 수 시간을 담당한다. **물량은 온사이트 BESS가 크지만, 진입장벽과 부가가치는 UPS·BBU가 상대적으로 높다.** 국내 업체의 실질적 강점 역시 이 영역에 있다.

그림 13. 온사이트 BESS, UPS, BBU 차이



자료: OCP, KUVIC 리서치 2팀 추정

그림 14. 미국 데이터센터 UPS 배터리 수요 — 신규 vs 교체



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

BTM: NVIDIA 800VDC — BBU, 랙을 떠나도 사라지진 않는다

메가와트급 랙이 바꾸는 전력 아키텍처

메가와트급 랙,
800VDC 전환 촉진

랙 전력이 높아지면서 전력 아키텍처도 바뀌고 있다. 기존 48/54V 버스바에서 수백 kW 이상의 전력을 전달하면 필요한 전류가 급격히 증가한다. Rubin NVL72가 190~230kW, 상위 Rubin Ultra가 600kW 이상으로 높아지는 과정에서 고전압 DC 전환 필요성이 커지는 이유다.

OCP 로드맵도
고전압화 방향 확인

OCP 로드맵도 같은 방향을 보여준다. HPR V2는 72kW 파워셀프로 랙당 190kW를 지원하고, V3는 PSU와 BBU를 별도 파워랙으로 분리해 최대 300kW까지 공급한다. V4는 $\pm 400V$ DC를 채택해 800kW~1MW로 확장하며 PSU·BBU·커패시터 셀프를 파워랙에 통합한다.

고전압화 이후에도
BBU는 존속

중요한 점은 고전압화 이후에도 BBU가 남는다는 것이다. V3와 V4 모두 BBU를 유지하며, 배터리를 제거하기보다 랙 내부에서 인접 파워랙으로 이동시키는 구조에 가깝다. 다만 배터리팩 업체 DynaPack도 800V HVDC 환경에서 BBU의 표준화를 전망하며 생산능력을 확대하고 있다.

고전압화 ≠ BBU 물량 급증

다만 BBU 표준화는
아직 진행 중

다만 **현재 AI 랙에서 BBU가 표준 사양이라고 단정하기는 어렵다.** NVIDIA는 GB300 NVL72에 전해 커패시터를 적용해 GPU의 순간 부하 변동을 완화하는데, 저장량이 랙 기준 약 1.3Wh로 142kW 부하의 0.03초에 불과하다. 밀리초 단위 변동을 잡는 평활화 장치이지 수십 초를 버티는 백업 전원과는 담당 영역이 다르다. NVIDIA 구성 문서에도 BBU의 필수 장착 수량은 명시돼 있지 않아, 현재 채택 여부는 세대와 CSP별로 갈리는 단계로 파악된다. 다만 800VDC 세대로 올라가면 변동 폭과 보호해야 할 부하가 함께 커져 랙 단위 백업의 필요성은 높아지는 방향이다.

고전압화 ≠ 배터리
물량 증가

고전압화가 곧 배터리 물량 증가를 의미하는 것도 아니다. 랙당 전력이 높아지면 백업전원 사양은 커지지만 동일한 IT 용량에 필요한 랙 수는 감소한다. GB200 120kW에서 GB300 142kW로 전환하면 IT 1MW당 랙 수는 8.33대에서 7.04대로 15.5% 줄어든다. 따라서 랙당 배터리 금액이 18.3% 이상 증가해야 MW당 배터리 금액도 늘어난다. Rubin NVL72를 190~230kW로 가정하면 GB300 대비 34~62%의 증가가 필요하지만, 실제 BBU 장착 수량과 납품단가는 공개되지 않았다.

핵심은 수요 확대보다
구조적 지속성

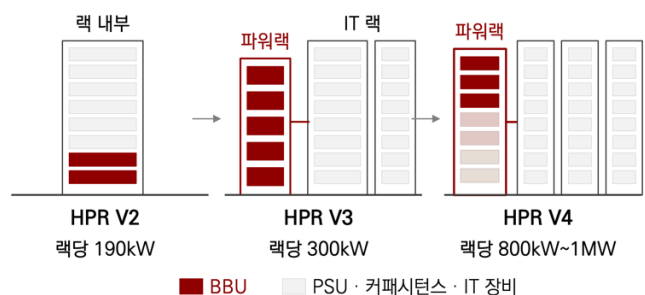
따라서 800VDC의 투자 포인트는 ‘BBU 물량 급증’보다 ‘구조적 존속’에 있다. 차세대 아키텍처에서도 저장장치는 사라지기보다 위치와 형태를 바꿔 남을 가능성이 높다. 고전압화가 BBU 수요를 얼마나 늘릴지는 아직 확인하기 어렵지만, **전력 아키텍처가 바뀌어도 랙 단위 저장장치의 역할이 유지된다는 점은 현재 로드맵에서 확인된다.**

그림 15. 세대별 랙 전력 상승과 MW당 배터리 금액 증가 조건

세대	랙 IT 전력	1MW당 랙 수	증가 조건
GB200 NVL72	120 kW	8.33대	기준
GB300 NVL72	142 kW	7.04대	랙당 금액 +18.3% 초과
Rubin NVL72	190~230 kW	5.26~4.35대	GB300 대비 +34~62%

자료: NVIDIA, OCP, KUVIC 리서치 2팀

그림 16. OCP 전력 아키텍처 진화



자료: KUVIC 리서치 2팀

BTM: 수요 추정과 전방사

BTM 수요 추정

본 리서치팀은 미국 데이터센터 BTM 배터리 수요를 온사이트 BESS·UPS·BBU로 구분해 추정했다. 데이터센터 설비용량에 PUE 1.3을 적용해 IT 부하를 산출했으며, 미국 데이터센터 IT 부하는 2025년 36GW에서 2030년 91GW로 증가할 전망이다.

온사이트 BESS는 신규 데이터센터의 자체전원 구축 비중 30%, 이 중 BESS 동반 설치 비중 50%를 적용해 **실질 부착률 15%**를 가정했다. 여기에 xAI 사례의 배터리 강도를 반영해 수요를 2026년 3.6GWh에서 2030년 7.5GWh로 추정했다.

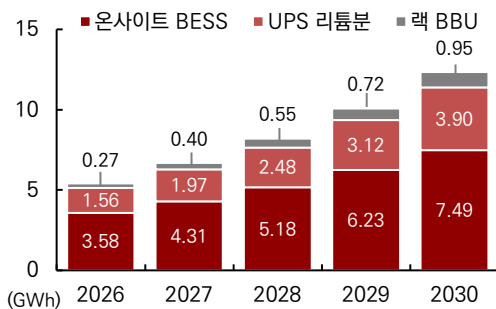
UPS는 신규 수요와 기존 설비 교체, 리튬 침투율 상승을 반영해 1.6GWh→3.9GWh, BBU는 신규 AI IT 용량과 랙당 배터리 용량을 기준으로 0.27GWh→0.95GWh로 추정했다. 랙당 용량은 공개 사양이 아닌 역산값을 사용했다.

$$\text{온사이트 BESS} = \text{신규 IT MW} \times 15\% \text{ attach} \times 3.27 \text{ MWh/MW}$$

$$\text{UPS} = \text{신규 IT MW} \times 1.4 \text{ coverage} \times 12.5\text{분} + \text{교체수요} \rightarrow \text{리튬 침투율}$$

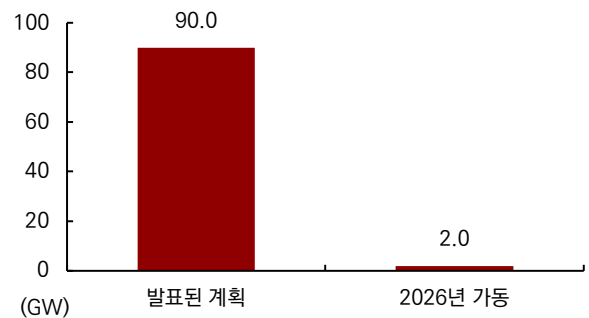
$$\text{BBU} = \text{신규 AI IT MW} \times 6.5 \text{ rack/MW} \times \text{랙당 } 14.94\text{kWh} \times \text{적용률}$$

그림 17. 미국 BTM ESS 수요 전망



자료: OCP, KUVIC 리서치2팀

그림 18. 미국 데이터센터 BTM — 계획 대비 실행



자료: KUVIC 리서치2팀

전방사 — 데이터센터

BTM ESS의 핵심 전방사는 xAI, Crusoe 등 데이터센터 사업자다. 계통 연결 지연과 전력 안정성 문제에 대응하기 위해 데이터센터 부지 내에 배터리와 발전원을 함께 구축하며, 직접 ESS를 구매하거나 마이크로그리드 사업자·인티그레이터를 통해 조달한다. 실제 xAI는 멤피스 Colossus에 Tesla Megapack 약 720기를 설치했고, Crusoe는 Redwood Materials와 63MWh 마이크로그리드를 구축했다. 이후 Crusoe-Form Energy, Fluence의 하이퍼스케일러 수주 등 대형 계약도 이어지며 데이터센터향 BTM ESS 발주가 확대되고 있다.

표 1. BTM - 주요 전방사와 계약

전방사	상대	내용
xAI	Tesla	Colossus에 Megapack 약 720대 (2.8~3.3GWh 추정)
Crusoe	Redwood Materials	네바다 데이터센터 63MWh 마이크로그리드, 가동 중
Crusoe	Form Energy	2027년부터 철공기 배터리 12GWh 물량 확보
하이퍼스케일러 (미공개)	Fluence	대형 BTM 주문 서명, 약 \$550mn 선정

자료: 각 사 발표, 언론 보도, KUVIC 리서치2팀

전력망이 구축된 후, FTM ESS

FTM ESS

지금까지 살펴본 BTM이 데이터센터 내부의 전력을 안정적으로 확보하는 영역이라면, FTM은 데이터센터와 신재생에너지 확대에 따라 높아지는 전력망 전체의 부담을 완화하는 영역이다. FTM 수요는 크게 재생에너지 발전소와 함께 설치되는 하이브리드 ESS와 전력망에 독립적으로 설치되는 독립형 ESS로 나눌 수 있다.

재생에너지와 함께 커지는 하이브리드 ESS

2024년 신규 설치
기준 태양광이
77%

FTM ESS의 가장 직접적인 수요는 재생에너지에서 발생한다. 특히 태양광은 발전량이 낮 시간에 집중되기 때문에 설비가 늘어날수록 낮에는 전력이 남고 해가 진 이후에는 공급이 급격히 줄어드는 Duck Curve가 심화된다. 이 과정에서 수요를 초과한 전력이 송전망에 수용되지 못하면 출력제한이 발생하며, ESS는 낮에 남은 전력을 저장했다가 저녁 피크에 방전해 발전 시점과 소비 시점 간의 불일치를 완화한다.

이에 본 리서치팀은 먼저 신규 재생에너지 설비 가운데 실제 ESS가 함께 설치되는 물량을 Bottom-up 방식으로 추정했다.

재생에너지 연계 ESS(GWh)

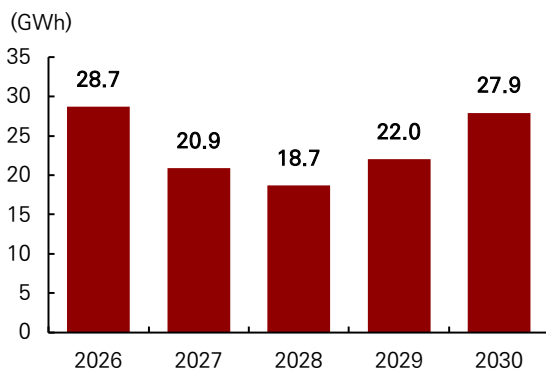
$$= \text{신규 재생에너지(GW)} \times \text{Hybrid 비율} \times \text{ESS 부착비율} \times \text{Duration(h)}$$

모든 재생에너지에
ESS가 필수 아님

하이브리드 비율과 ESS 부착비율은 미국 실제 하이브리드 발전단지 데이터를 앵커값으로 적용했다. 태양광 하이브리드 비율은 2026년 40%에서 2030년 48%, ESS 부착비율은 54%에서 58%까지 상승하는 것으로 가정했으며, Duration 역시 장주기화 추세를 반영해 점진적으로 확대했다.

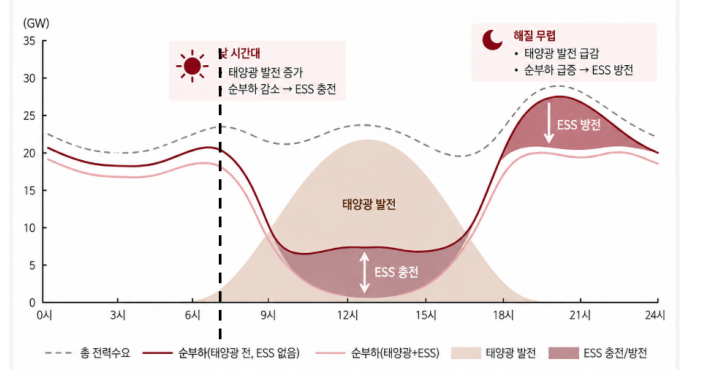
그 결과 재생에너지 연계형 ESS 수요는 2026년 28.7GWh에서 2028년 18.7GWh까지 감소한 뒤, 2030년 27.9GWh로 회복할 것으로 추정했다. 27년에서 28년까지는 신규 재생에너지 설치 둔화가 수요에 영향을 미치지만, 이후 설치량 회복과 ESS 부착률 상승으로 다시 성장한다.

그림 19. 재생에너지 연계 ESS 신규 수요 (GWh)



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

그림 20. 덕커브 현상



자료: CAISO, KUVIC 리서치 2팀

전력망 자체가 필요로 하는 독립형 ESS

그러나 FTM ESS 수요는 재생에너지 하이브리드에서 끝나지 않는다. 데이터센터 등 대규모 전력수요가 늘어날수록 전력망에는 단순히 더 많은 발전량을 넘어, 전력이 부족한 시간에 실제로 공급할 수 있는 전력과 대규모 부하 변동에 대응할 수 있는 유연성이 중요해진다. 이에 따라 피크 시간대에 저장된 전력을 공급하고 계통의 공급능력을 보완하는 독립형 ESS의 역할도 확대되고 있다. LG에너지솔루션이 DTE Energy에 공급하는 1.5GW/6GWh 규모의 ESS도 이러한 흐름을 보여주는 사례다.

계통 공급능력 보안을
위한 독립형 ESS
수요

캘리포니아의 Resource Adequacy 제도 변화가 대표적이다. 2025년부터 적용된 Slice-of-Day 체계에서는 하루 중 하나의 피크 시점만을 기준으로 공급능력을 확보하는 것이 아니라, **24시간을 여러 시간대로 나누어 각 시간대마다 예상 수요와 필요한 예비 전력을 충족할 수 있는 발전자원을 확보하도록 요구한다.** 예를 들어 태양광 발전이 충분한 낮 시간대뿐 아니라 태양광 발전량이 감소하는 저녁 시간에도 공급 가능한 전력이 존재해야 한다. 저녁 피크에 대응하는 방법은 가스피커 발전소 증설, 타 지역 전력 수입을 위한 송전망 보강, 수요 반응 등 다양하다. 다만 신규 발전과 송전망은 구축에 수년이 소요되고, 수요반응은 공급 자체를 늘리는 수단 이 아니라는 한계가 있다.

이에 따라 낮에 생산된 전력을 저장해 저녁 피크로 이동시킬 수 있는 ESS의 공급능력 가치가 높아지고 있다. 또한 캘리포니아 공공요금위원회(CPUC)는 2026~2027년 공급신뢰도 확보를 위해 적용하는 **전력 예비율을 18%로 높였다.** 전력수요 증가와 변동성 확대에 대응해 단순 발전량보다 필요한 순간에 실제로 공급할 수 있는 전력을 더 많이 확보하려는 것이다.

이에 본 리서치팀은 독립형 FTM ESS 수요를 단순히 재생에너지 신규 설치량에 연동시키기보다, 향후 전력망에서 배터리가 공급능력 자원으로 담당하게 될 비중을 가정하는 방식으로 추정했다. 이때 배터리의 명목 출력이 모두 동일한 공급능력으로 인정되는 것은 아니기 때문에 ELCC(Effective Load Carrying Capability)를 적용했다.

Battery 공급능력 기여분(GW)

$$= \text{Peak Load} \times (1 + \text{Reserve Margin}) \times \text{Battery 담당 비중} \div \text{ELCC}$$

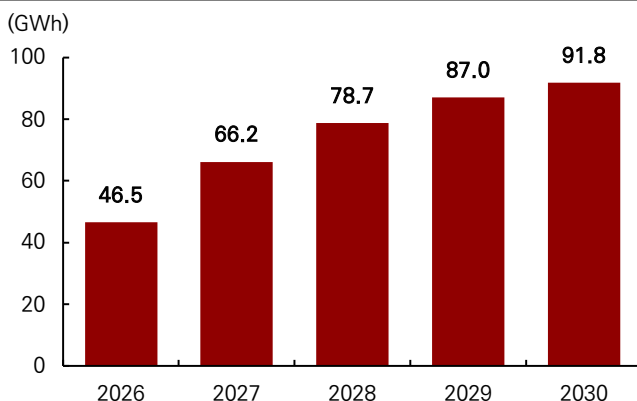
이를 통해 필요한 누적 Battery Power는 2025년 30.7GW에서 2030년 136.4GW까지 확대되는 것으로 계산된다. 다만 여기에는 앞서 추정한 재생에너지 하이브리드 ESS가 이미 포함돼 있으므로 중복을 제거했다.

Standalone FTM Power

$$= \text{연간 신규 Battery Power} - \text{신규 Hybrid ESS Power}$$

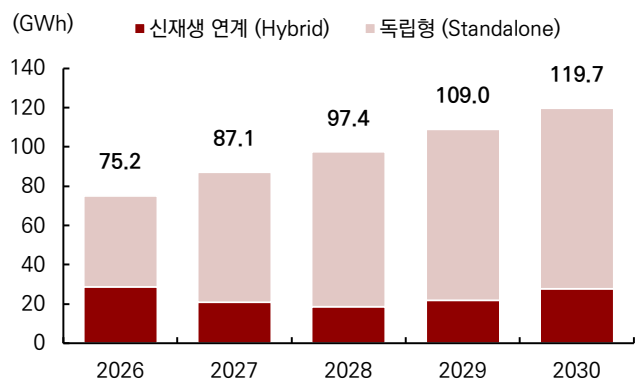
이후 독립형 ESS의 Duration을 적용하면 수요는 2026년 46.5GWh → 2028년 78.7GWh → 2030년 91.8GWh로 확대될 것으로 추정된다.

그림 21. 독립형 FTM ESS 신규 수요



자료: OCP, KUVIC 리서치 2팀 추정

그림 22. FTM ESS 신규 수요



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

전력시장 참여를 통한 ESS 수익화

공급능력과 가격 변동성이 만드는 ESS의 경제성

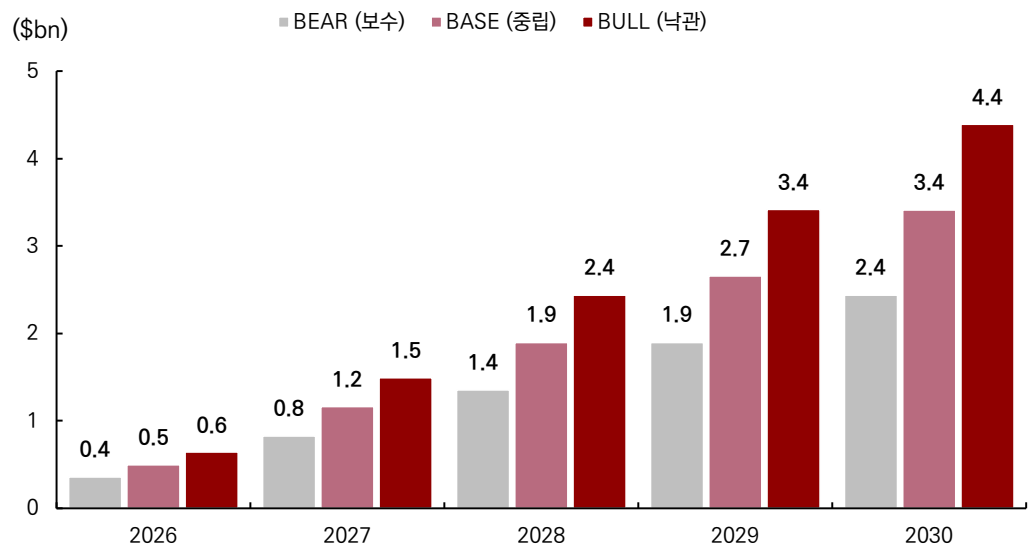
독립형 FTM ESS가 재생에너지에 붙지 않고도 설치될 수 있는 또 다른 이유는 **전력시장에 참여해 자체적으로 수익을 창출할 수 있기 때문이다.**

설치된 FTM ESS는 전력이 저렴한 시간에 충전하고 가격이 높은 시간에 방전하는 **전력가격 차익거래**뿐 아니라, 피크 시간대에 공급 가능한 전력을 제공하는 **용량·공급신뢰도 시장**과 **주파수 조정, 예비 전력 등 보조서비스 시장**에도 참여할 수 있다.

실제 캘리포니아 전력시장인 CAISO에서 운영된 배터리의 2024년 평균 전력시장 순수익은 약 \$53/kW-year였다. 이를 앞서 추정한 2030년 신규 독립형 FTM 누적 출력용량 97.6GW에 단순 적용할 경우 연간 수익은 약 **\$5.2bn**에 달한다. 다만 CAISO의 단위당 수익은 2022년 \$103에서 2024년 \$53/kW-year로 빠르게 하락하고 있어, 설비 확대에 따른 수익 희석을 고려할 필요가 있다. **\$30~40/kW-year를 적용하면 2030년 연간 시장수익은 약 \$3.4bn으로 추정된다.** 이는 셀 업체의 매출이 아니라 ESS 보유자가 에너지·보조서비스 시장에서 얻는 수익으로, 모든 ESS 설비가 전력시장에 참여한다고 가정한 단순 추정치다. 이는 **독립형 ESS가 재생에너지와 직접 결합되지 않더라도 자체적인 수익원을 확보할 수 있음을 보여준다.**

전력 단위당 수익은 감소하지만 여전히 큰 전력 시장

그림 23. FTM ESS 전력 시장 수익 시나리오



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

FTM 중심으로 확대되는 글로벌 ESS 시장

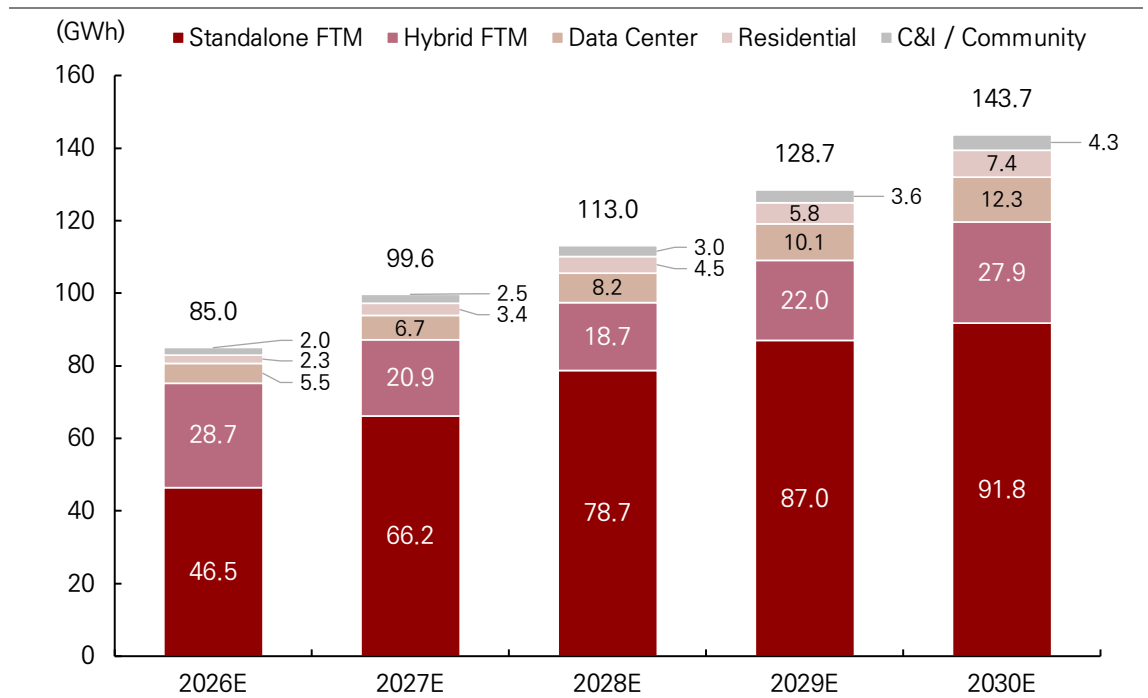
이러한 FTM ESS의 확대는 미국에만 국한된 현상이 아니다. **2025년 글로벌 배터리 ESS 신규 설치 112GW 중 약 80%인 87GW가 Utility-scale이었다.** 특히 재생에너지와 직접 결합된 물량은 24GW에 그쳐, 나머지 상당 부분은 독립형 ESS로 설치됐다.

유럽에서도 재생에너지 확대와 계통 유연성 수요를 바탕으로 Utility-scale ESS가 빠르게 늘고 있다. 2025년 유럽 신규 BESS 설치는 36GWh로 전년 대비 48% 증가했으며 Utility-scale 비중도 절반을 넘어섰다. 다만 배터리 수요의 중심은 여전히 EV이고, ESS 공급 역시 Sungrow·BYD·Huawei 등 중국 업체가 주도한다. EU도 중국 의존도를 낮추는 정책을 강화하고 있지만 미국의 고율관세·FEOC 규제보다는 강도가 낮아, 단기간 내 공급망 재편 가능성은 제한적이다.

ESS가 만드는 새로운 배터리 수요

본 리서치팀은 미국 ESS 배터리 수요가 2026년 85.0GWh에서 2030년 143.7GWh로 확대될 것으로 추정한다. 중요한 것은 ESS가 EV의 빈자리를 단순히 메우는 시장이 아니라, BTM, FTM을 중심으로 새로운 배터리 수요가 생기고 있다는 점이다. 향후 이 수요를 누가 가져갈지가 배터리 업체의 가동률과 수익성을 결정할 것으로 예상된다.

그림 24. 미국 ESS 배터리 수요



자료: KUVIC 2팀

FTM 주요 전방사

FTM ESS의 주요 전방사는 유틸리티와 대형 ESS 개발사·인티그레이터다. 유틸리티가 직접 시스템을 조달하기도 하지만, Terra-Gen·Excelsior·Qcells와 같은 개발사가 배터리를 대량 구매해 프로젝트를 구축하는 방식도 일반적이다. 최근 LG에너지솔루션·삼성SDI·SK온 모두 미국 ESS 고객과 대형 장기계약을 확대하고 있으며, 미국 FTM 수요 증가가 국내 셀 업체의 실제 수주로 연결되고 있다. 특히 계약 상대가 개발사와 인티그레이터 중심이라는 점이 특징이다.

표 2. FTM: 주요 전방사와 계약

셀 업체	주요 미국 ESS 고객	고객 성격	공개 계약
LG에너지솔루션	Excelsior	개발사	7.5GWh
	Terra-Gen	개발사	최대 8GWh
	Qcells	개발사	4.8GWh + 추가 5GWh
	DTE Energy	유틸리티	6GWh
삼성SDI	Tesla	인티그레이터	약 \$4.3bn, 물량 미공개
	미공개	미공개	2027년부터 3년, 2조원+
	미공개	미공개	2026년 3월 약 1.5조원
SK온	Flatiron	개발·EPC	7.2GWh
	NeoVolta	시스템·팩	9GWh + 추가 9GWh 협력

자료: SNE리서치, KUVIC 리서치 2팀

ESS 수요 리스크

프로젝트 설치 지연 우려

미국 ESS의 가장 큰 리스크는 계획된 **프로젝트가 실제 설치까지 이어지지 못하는 것**이다. 2025년 취소된 배터리 저장 프로젝트는 79GW에 달했다. FEOC와 관세 강화로 중국산 중심의 공급망을 다시 짜야 하는 상황에서, Moss Landing 화재 이후 인허가 규제까지 강화되며 프로젝트의 착공과 가동 시점이 뒤로 밀리고 있다. 다만 이는 ESS의 필요성이 줄었다기보다 공급망 전환과 인허가 과정에서 설치 시점이 지연되는 문제에 가깝다.

프로젝트가 지연될
시에 ESS 수요도
함께 지연됨

재생에너지 ESS는 **정책 변화에 취약**하다. OBBBA는 풍력·태양광의 세액공제 적용 시점을 앞당기면서 2026~27년에 혜택을 확보하려는 프로젝트가 몰렸다. 다만 2026년 7월 이전 착공한 프로젝트는 4년의 Safe Harbor를 통해 2030년까지 준공이 가능하며, 그 사이 미국 내 태양광 생산능력 확대와 공급망 현지화도 이어지고 있다. 데이터센터를 중심으로 전력수요 역시 계속 증가하고 있어 2028~29년 정책 공백을 지나 2030년으로 갈수록 태양광 설치는 다시 회복될 것으로 예상된다.

원전 확대에 의한 수요 감소 우려

원전 확대도 일부 ESS 수요를 낮출 수 있지만 **단기 영향은 제한적**이다. 2026년 5월까지 하이퍼스케일러가 체결한 원전 계약은 13건·9.8GW이지만 실제 공급 단계에 들어선 물량은 제한적이며, 약정 용량의 약 80%가 상업가동 이전 단계다. 원전은 안정적인 발전량을 늘릴 수 있지만 피크 시간대 대응이나 전력을 필요한 시간으로 이동시키는 기능까지 대체하지는 못한다.

따라서 미국 ESS의 핵심 리스크는 수요 소멸보다 **프로젝트 지연과 실행을 하락**이다. 정책 변화와 원전 확대는 단기 설치 속도를 낮출 수 있지만, 전력수요 증가와 시간대별 수급 불균형이 지속되는 한 ESS는 필요하다.

ESS 공급

중국의 공급과잉과 미국의 탈중국

중국이 장악해 온 미국 ESS 시장

글로벌 ESS시장을
독점하는 중국

앞서 살펴본 미국 ESS 시장은 수요가 빠르게 확대되는 가운데, 공급 측면에서는 중국 업체들이 사실상 독점적 지위를 유지해 왔다. 2024년 기준 미국에 설치된 ESS 프로젝트의 90% 이상이 중국산 리튬이온 배터리를 채택하였고, 2026년 상반기까지만 해도 북미 시장 내 중국 기업 점유율은 약 70%를 상회하였다. 시장이 확대되더라도 그 수혜가 오로지 중국 기업으로만 귀속되는 구조라는 점에서, 미국 ESS 시장의 성장 자체만으로는 비중국 배터리 기업의 침투가 쉽지 않았다.

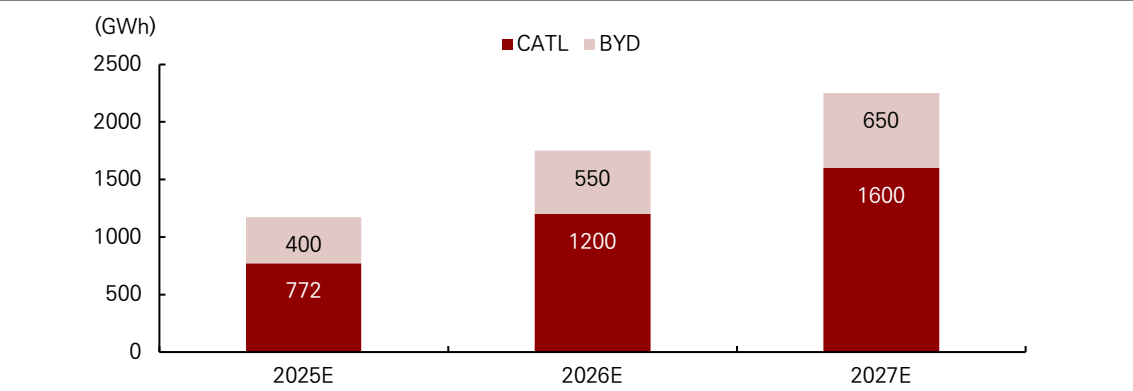
표 3. 북미 ESS 배터리 출하 기준 점유율 (2026년 상반기)

기업	국적	점유율
CATL	중국	38.8%
Hithium	중국	17.2%
LG에너지솔루션	한국	13.6%
CALB	중국	7.5%
삼성SDI	한국	6.1%
REPT BATTERO	중국	4.7%
AESC	일본(중국계)	4.2%
Gotion	중국	3.0%
기타	-	4.8%
중국 비중 합산	-	71.2%

자료: SNE리서치, KUVIC 리서치 2팀

즉 현재 ESS 시장은 데이터센터 수요로 빠르게 성장하고 있지만, 셀 공급자는 여전히 중국에 압도적으로 집중된 구조다. 생산능력 측면에서는 이러한 격차가 더욱 크다. 중국 주요 배터리 업체의 유효 생산능력은 2025년 2,088GWh에서 2026년 3,187GWh, 2027년 4,388GWh로 증가할 전망이다. CATL만 보더라도 유효 CAPA가 2025년 772GWh에서 2026년 1,200GWh, 2027년 1,600GWh로 확대되며, BYD 역시 같은 기간 400GWh → 550GWh → 650GWh로 증가한다.

그림 25. 중국 주요 배터리 기업 유효 CAPA



자료: 언론 종합, KUVIC 리서치 2팀

중국은 공급과잉을 우려, 미국은 중국 의존도를 우려하는 상황

배터리 공급과잉에
주목하는 중국 정부

그러나 중국의 압도적인 생산능력이 앞으로도 무제한적인 증설로 이어지는 것은 아니다. 오히려 최근 중국 정부의 정책 방향은 과거와 달라지고 있다. 중국은 정부 주도의 보조금과 세제·토지·R&D 지원, 자국 기업 보호정책을 통해 CATL과 BYD를 비롯한 대형 기업을 육성했고, 그 결과 글로벌 배터리 공급망의 중심으로 올라섰다. 문제는 이러한 육성정책이 성공한 이후 지방정부와 기업의 공격적인 설비투자가 이어지면서 산업이 공급부족이 아닌 **공급과잉을 걱정**해야 하는 단계에 진입했다는 점이다. 중국에서는 2026년 상반기에 발표된 신규 배터리 프로젝트의 계획 생산능력만 약 2,608GWh에 달하며, 이는 2025년 중국 전체 배터리 생산량의 약 1.3배에 해당한다. 이에 중국 당국은 공급과잉과 저가 출혈경쟁을 억제하기 위해 2026년 5월부터 **신규 ESS 배터리 생산시설 승인을 사실상 동결**한 것으로 알려졌다.

정책의 목적이 중국과
정반대인 미국의 상황

흥미로운 점은 같은 시기 **미국 역시 배터리 산업에 대한 규제를 강화하고 있지만 정책의 목적은 중국과 정반대**라는 것이다. 중국의 고민이 자국 내 과잉 공급능력을 어떻게 통제할 것인가라면, 미국의 고민은 자국 배터리 공급망에서 중국에 대한 과도한 의존도를 어떻게 낮출 것인가에 있다. 중국 업체들은 그동안 미국의 규제 강화에 대응해 단순한 중국산 셀 직접 수출에서 벗어나 **기술 라이선싱(LRS), 소수지분 합작법인(JV), 현지생산 등으로 미국 시장 접근 방식을 다변화**해왔다. 그러나 최근 미국 정치권에서는 이러한 라이선스 관계 자체가 중국 기술에 대한 지속적인 의존을 발생시킬 수 있다는 문제가 제기되면서, 규제의 초점 역시 단순한 중국산 제품의 원산지나 중국 기업의 지분 보유 여부에서 기술 라이선스·계약 관계까지 확대되는 모습을 보이고 있다. 2026년 Ford-CATL 협력이 다시 정치적 논란의 중심에 선 것도 이러한 변화의 대표적인 사례다.

결국 양국 모두 배터리 산업에 정책적으로 개입하고 있지만 규제의 방향은 정반대다. 중국은 이미 확보한 막대한 생산능력의 **추가 확대를 억제하며 공급과잉을 관리**하려는 반면, 미국은 그 막대한 생산능력이 자국 시장으로 유입되는 경로를 좁히며 **중국 공급망 의존도를 낮추려 하는 상황**이다.

안보로 확장된 규제 – EO14420

ESS와 인버터를 규제
대상에 명시

2026년 8월 26일 서명된 **행정명령 14420호(이하 EO14420)**는 미국 벌크파워시스템에 대해 국가비상사태를 선포하고, **적대국과 연계된 전력설비의 거래를 차단할 권한**을 에너지부(DOE)에 부여했다. 적용 범위는 69kV 이상 송전설비와 이에 연결된 발전설비이며, 규제 대상 장비 목록에 변압기와 차단기 같은 전통적 계통설비뿐 아니라 **ESS와 유틸리티급 인버터가 명시적으로 포함**되었다. 대상 법인은 중국을 포함한 적대국 관할권에 속하거나 해당 국가의 소유·지배를 받는 기업으로 정의하고 있다.

이 조치가 중요한 이유는 규제의 성격에 있다. 뒤에서 살펴볼 관세와 세액공제는 중국산 셀의 비용을 높이거나 공제 수취 자격을 제한할 뿐, 거래 자체는 허용한다. 개발사는 이를 금액으로 환산해 의사결정에 반영할 수 있다. 반면 **EO14420은 거래를 금지할 수 있는 수단**이며, 판정 시점과 기준이 사전에 확정되지 않아 금액으로 환산되지 않는다. 적용 범위도 신규 거래에 그치지 않는다. 2026년 8월 26일 이후 개시된 거래가 원칙적 대상이지만, 그 이전에 취득하거나 설치된 장비에 대해서도 식별·격리·모니터링·교체를 포함한 조건을 부과할 수 있다. 이미 운영 중인 중국산 ESS 자산까지 규제 범위에 들어온다는 의미다.

중국 배제의 방향성은
동일

DOE의 시행규칙은 서명일로부터 120일 내인 2026년 12월 24일까지 공표될 예정이나, 주목할 지점은 **규제가 이동해 온 방향**이다. 미국의 대중국 배터리 규제는 한 방향으로만 누적되어 왔다. **2018년 무역법 301조**는 중국에서 생산된 제품에 관세를 부과하는 조치로 판정 기준이 완산지였다. **2022년 IRA의 금지 외국기업 규정**은 기준을 지분과 지배구조로 옮겼고, **2025년 OBBBA**는 소재조달 요건을 강화하며 공급망 상류까지 범위를 넓혔다. 2026년에는 Ford와 CATL의 기술 라이선스 관계가 정치적 쟁점이 되며 계약 형태까지 심사 대상에 들어왔고, EO14420은 여기에 계통 접속 단계의 차단 권한을 더했다. 개별 조치의 법적 근거가 다투어져 세율이 조정된 사례는 있으나 **배제의 방향 자체가 완화된 사례는 없다**. EO14420은 미국이 중국산 배터리를 산업 경쟁의 문제가 아니라 전력망 안보의 문제로 다루기 시작했음을 보여주며, 이제 중국산 셀의 미국 ESS 시장 배제는 시행 여부가 아니라 속도와 범위의 문제가 되었다.

표 4. 미국의 대중국 배터리 규제 변화

시점	조치	판정 기준	주요 내용
2018.07	무역법 301조	원산지	중국에서 생산된 제품에 관세 부과. ESS용 셀은 2026년 1월 7.5%에서 25.0%로 인상
2022.08	IRA 제정	지분·지배구조	금지 외국기업(FEOC) 개념 도입. 적대국 정부의 소유·지배를 받는 기업을 세액공제 대상에서 제외
2025.07	OBDDA 제정	소재 조달 비율	45X-48E에 소재조달비율(MACR) 요건 신설. 금지 외국기업 판정을 지분에서 부채와 라이선스 조항까지 확대
2026.08	EO14420	계통 접속	ESS와 유틸리티급 인버터를 규제 대상으로 명시. DOE에 거래 차단 권한 부여

자료: USTR, IRS, DOE, KUVIC 리서치 2팀

관세와 세액공제로 재편되는 미국 ESS 공급망

중국산 셀에 붙는 관세: Section 301

실효세율 40.9%
전부 무역법 301조
기반

2026년 9월 기준 중국산 ESS용 리튬이온 배터리에 적용되는 실효 관세율은 **40.9%**다. 최혜국 기본관세 3.4%에 기술이전 관련 Section 301 관세 25.0%, 강제노동 관련 Section 301 관세 12.5%가 중첩된 결과다. 에너지저장용 배터리는 2026년 1월 1일부로 Section 301 세율이 7.5%에서 25.0%로 인상되며 전기차용과 동일한 수준이 되었다.

주목할 점은 세율의 수준이 아니라 구성의 변화다. 2025년 실효세율은 최고 155.9%에서 최저 10.9% 사이를 오갔으며 기간을 고려한 가중평균은 44.9%, 중앙값은 40.9%였다. 그러나 당시 세율의 대부분은 대통령 행정명령에 근거한 IEEPA 관세였고, 2026년 2월 대법원 판결로 소멸하였다. 현재의 40.9%는 전액 무역법 301조에 근거하여 조사와 공청회, 4년 재검토 절차를 거친 조치이므로 사법적으로 무효화될 가능성이 낮다.

표 5. 중국산 ESS 셀 실효 관세율 변화

시점	MFN	Section 301	IEEPA-§122	실효세율
2025.01.01	3.4%	7.5%	0%	10.9%
2025.02.04	3.4%	7.5%	10.0%	20.9%
2025.03.04	3.4%	7.5%	20.0%	30.9%
2025.04.10	3.4%	7.5%	145.0%	155.9%
2025.05.14	3.4%	7.5%	30.0%	40.9%
2025.11.10	3.4%	7.5%	20.0%	30.9%
2026.01.01	3.4%	25.0%	20.0%	48.4%
2026.02.20	3.4%	25.0%	0%	28.4%
2026.02.24	3.4%	25.0%	10.0%	38.4%
2026.07.24 이후	3.4%	37.5%	0%	40.9%

자료: USTR, CBP, KUVIC 리서치 2팀

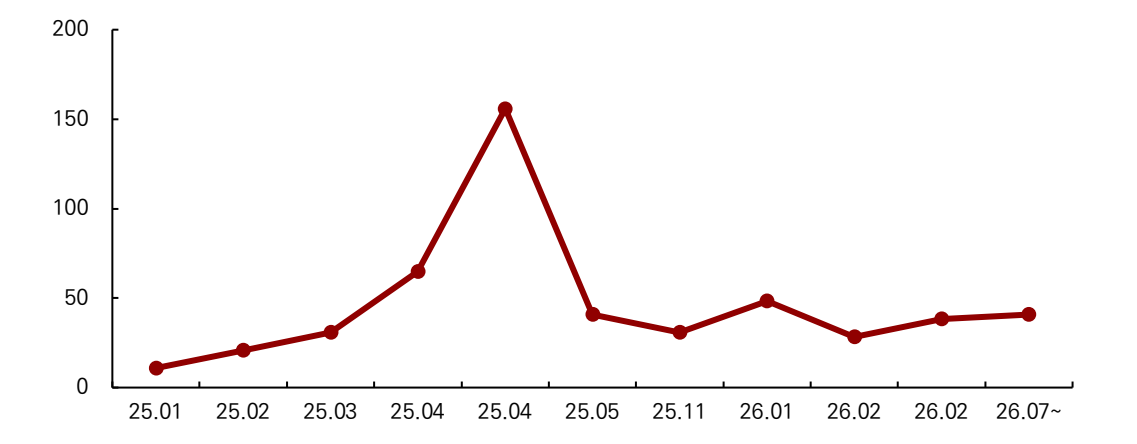
58.4%는 이젠
유효하지 않음

2026년 초 시장이 예상하던 58.4%(MFN 3.4% + Section 301 25.0% + IEEPA 30%p)의 관세는 더 이상 유효하지 않다. IEEPA 상호관세와 펜타닐 관세 30%p는 2026년 2월 20일 대법원 판결로 소멸했고, Section 122 임시부과금 10%p도 7월 24일 법정 기한이 지나며 사라졌다. 현재 40.9%의 관세는 전액 무역법 301조에 근거해 조사와 공청회를 거친 조치이므로 사법적으로 뒤집힐 가능성이 낮다.

한중 격차는
27.5%p

한국산이라고 관세에서 자유로울 순 없다. MFN 3.4%에 강제노동 관련 부과분 10.0%가 더해져 총 13.4%가 적용된다. 중국산과의 격차는 27.5%p로 2025년 시장 예상보다 작다. 우회로도 막혀 있다. 중국산 셀을 한국에서 조립해도 세번(HS code) 변경이 없어 한국산으로 인정되지 않기에, 빈 강제 합체를 따로 들여오면 Section 232가 붙어 오히려 불리하다.

그림 26. 중국산 ESS 셀 실효 관세율 추이 (%)



자료: USTR, CBP, KUVIC 리서치 2팀

표 6. 원산지별 실효 관세율 (2026년 9월 기준, %)

원산지	MFN	301 기술이전	301 강제노동	합계
중국	3.4	25.0	12.5	40.9
한국	3.4	0.0	10.0	13.4
일본	3.4	0.0	10.0	13.4
베트남	3.4	0.0	12.5	15.9
말레이시아	3.4	0.0	10.0	13.4
EU와 대만	3.4	0.0	6.6	10.0
멕시코와 캐나다	0.0	0.0	0.0	0.0
미국 내 생산	0.0	0.0	0.0	0.0

자료: USTR, CBP, KUVIC 리서치 2팀

완제품은 막지만
소재는 막지 못하는
관세

하지만 관세의 한계는 판정 기준이 원산지라는 점에서 나온다. 중국 기업이 제3국에 생산 거점을 두고 해당 국가를 원산지로 수출하면 Section 301 관세 대상에서 제외된다. LG에너지솔루션이 2025년 2월 중국 로팔테크의 자회사인 상주리원의 인도네시아 법인 지분 20%를 인수하고 2028년까지 26만 톤 규모의 LFP 양극재 공급 계약을 체결한 구조가 이에 해당한다. 해당 물량은 인도네시아를 원산지로 하므로 관세 부담을 받지 않는다. 다만 관세를 피하는 것과 세액공제 요건을 충족하는 것은 다른 문제다. 관세는 원산지 기준이지만 소재조달비율은 소유·지배 기준이므로, 인도네시아 법인이라도 중국 자본이 지분의 과반을 보유하면 금지 외국기업에 해당해 해당 물량은 공제 계산에서 차감되지 않는다. 관세는 중국 완제품을 배제하지만 중국 소재를 배제하지 못하며, 세액공제는 그 반대다.

중국산 소재를 줄이면 세액공제: AMPC 45X

kWh당 45달러
셀 35달러와 모듈
10달러

45X 첨단제조 생산세액공제는 미국 내에서 생산된 배터리 셀에 kWh당 35달러, 모듈에 kWh당 10달러를 지급한다. 두 단계를 모두 수행하면 합산 45달러가 적용되며, 이는 ESS용 LFP 셀 제조원가의 절반에 근접하는 금액이다. 관세 40.9%가 중국산 셀 원가에 부과하는 부담이 kWh당 약 20달러인 점을 감안하면, AMPC의 정책 효과가 관세의 두 배 이상이다.

표 7. 45X 공제 단가와 축소 일정

구분	단가	~2029년	2030년	2031년	2032년	2033년~
배터리 셀	35달러/kWh	100%	75%	50%	25%	0%
배터리 모듈	10달러/kWh	100%	75%	50%	25%	0%
합산 수취액	45달러/kWh	45.0달러	33.8달러	22.5달러	11.3달러	0달러

자료: 26 U.S.C. §45X, OBBBA, KUVIC 리서치 2팀

PFE 판정
지분 외
이사회·부채·계약까지

공제 수취의 전제조건은 금지 외국기업에 해당되지 않는 것이다. 금지 외국기업의 판정 여부는 지분율만

으로 이루어지지 않는다. 중국에 설립되었거나 주된 사업장을 둔 기업, 또는 커버드 네이션 자본이 지분의 50%를 초과 보유한 기업은 지정 외국기업으로 분류되며, CATL과 BYD, EVE, Gotion, Hithium, Envision은 법에 기업명이 직접 명시되어 있다.

지정 외국기업이 아니더라도 그 지배를 받으면 피영향 외국기업으로 분류되어 동일하게 배제된다. 형식적 지배 요건은 네 가지이며 하나만 해당해도 적용된다. 여기에 더해 계약이나 라이선스를 통한 실질적 지배 조항이 존재하여, 지분 구조를 조정하는 방식의 우회가 차단된다.

표 8. 금지 외국기업 판정 기준

구분	요건	기준
형식적 지배	임원 선임권	1명 이상
형식적 지배	단일 SFE 지분	25% 이상
형식적 지배	SFE 합산 지분	40% 이상
형식적 지배	SFE 보유 부채	15% 이상
실질적 지배	라이선스 계약 조항	조달처 지정, 운영 지시, IP 활용 제한,
실질적 지배	(5개 항목 중 1개)	10년 초과 로열티, 2년 초과 서비스 강제

자료: 26 U.S.C. §7701(a)(51), KUVIC 리서치 2팀

45X 감액 일정

45X는 셀 \$35와 모듈 \$10을 더해 2029년까지 \$45를 유지하다가 2030년 75%, 2031년 50%, 2032년 25%로 줄어 2033년 소멸한다.

모듈 공정 위치가 만드는 라인별 격차

다만 수취액이 자동으로 보장되지는 않는다. 모듈 공정을 미국에서 하지 않으면 셀분 \$35만 수취해 실질 가격이 \$10 올라간다. 국내 공장에서 만들어 수출하는 물량은 45X 대상 자체가 아니면서 48E 소재 조달 요건은 똑같이 충족해야 해, 비중국 양극재로 원가를 올리고도 보상을 받지 못한다. **관세 13.4%까지 더하면 인도가가 \$109.7로 중국산 대비 \$37.2 비싸기에 한국 배터리 3사의 경제적 우위가 사라진다.**

중국산 소재 조달 비율을 맞춰야 공제: MACR

한국 배터리 3사의 미국 셀 공장은 법인 자체로는 금지 외국기업에 해당하지 않으므로 셀 단계에서 탈락 요인이 없다. 제약이 발생하는 지점은 그 상류인 소재 조달이다. 적격부품의 소재조달비율이 연도별 기준선에 미달하면 공제 대상에서 제외되며, 그 수치는 아래와 같이 2030년까지 확정되어 있다.

표 9. 소재조달비율 기준선과 금지 외국기업 허용 비중

적용 대상	기준 연도	2026년	2027년	2028년	2029년	2030년~
45X 배터리 부품	생산	60%	65%	70%	80%	85%
금지 외국기업 허용	-	40%	35%	30%	20%	15%
48E 에너지저장장치	착공	55%	60%	65%	70%	75%
금지 외국기업 허용	-	45%	40%	35%	30%	25%

자료: 26 U.S.C. §45X-§48E, IRS Notice 2026-15, KUVIC 리서치 2팀

45X 적격부품의 소재조달비율은 총직접재료비에서 금지 외국기업 귀속 직접재료비를 차감한 금액을 총 직접재료비로 나눈 값이다. **분모가 직접재료비에 한정되어 가공비와 감가상각비, 인건비가 제외되므로 미국 내에서 부가가치를 추가해도 비율이 개선되지 않는다.** 48E의 경우 분모가 제조품 직접비이며 시공 인건비와 EPC 비용, 철강이 제외되고 운임과 관세가 포함된다.

2026년까지의 유예
2027년 판매분부터
종료

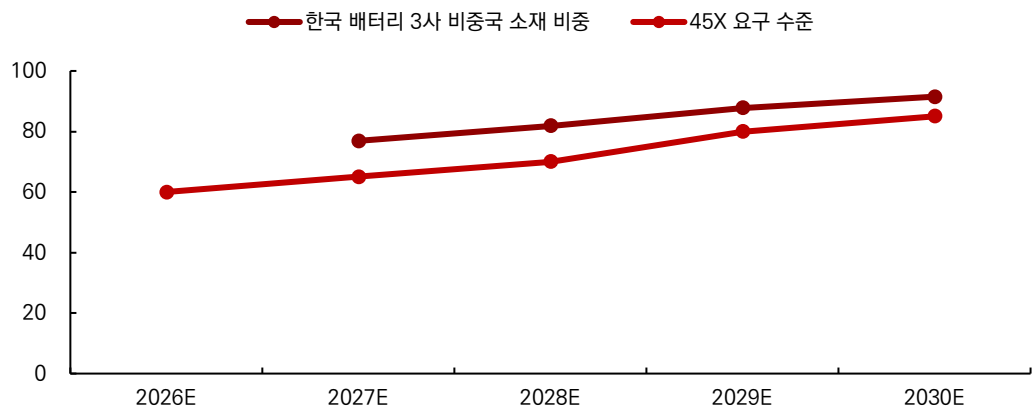
현재 한국 배터리 3사가 중국계 양극재를 사용하면서도 공제를 수취할 수 있는 근거는 기존 계약 예외 조항 때문이다. 2025년 6월 16일 이전에 체결된 구속력 있는 서면계약에 따라 조달한 품목의 비용은 비율 계산에서 제외되며, 45X의 경우 해당 부품이 들어간 제품이 2027년 1월 1일 이전에 판매되어야 한다. **즉 2026년 판매분까지만 유예가 적용되고 2027년부터는 양극재 비용이 계산에 온전히 반영된다.**

실제로 양극재 하나가 셀 원재료비에서 차지하는 비중은 **약 40%**다. 2027년에는 금지 외국기업 허용 비중이 35%임을 의미하므로, 양극재 전량을 중국계에서 조달하는 구조로는 다른 소재가 전부 비중국이어도 MACR 기준을 충족할 수 없다. **유예 종료와 기준선 상승이 동시에 발생하는 2027년이 비중국 소재로 탈환의 전환점이 될 것이다.**

실제로 흔들리는 변수는 소재조달 요건

제도적인 변수는 소재조달 요건으로 좁혀진다. 45X가 요구하는 비중국 소재 비중은 2026년 60%에서 2029년 80%, 2030년 85%로 오른다. 본 리서치팀이 BOM 구성비로 산출한 한국 배터리 3사의 대응 수준은 2027년 76.9%에서 2029년 87.8%, 2030년 91.5%로 올라가지만 여유는 11.9%p에서 2029년 7.8%p, 2030년 6.5%p까지 좁아진다.

그림 27. 45X 소재조달 요건과 한국 배터리 3사 대응 수준 (%)



자료: IRS Notice 2026-15, KUVIC 리서치 2팀 추정

ESS 수요자가 받는 세액공제: 48E

총투자비의 30~50% 인센티브

45X가 셀 제조사에 지급되는 공제라면, 48E 청정전력 투자세액공제는 **ESS를 설치하는 프로젝트 개발사가 수취한다**. 기본 공제율은 6%이나 적정임금과 도제 요건을 충족하면 30%로 상향되며, 국내조달 요건과 에너지커뮤니티 소재 요건을 각각 충족하면 10%p씩 추가된다. 유틸리티급 프로젝트는 적정임금 요건을 통상 충족하므로 실질 기준선은 30%이며 최대 50%까지 가능하다.

표 10. 48E 공제율 구성 (2026년 착공 기준)

항목	요건 미충족	요건 충족	충족 조건
기본	6%	30%	적정임금 및 도제 노동시간 15%
국내조달 보너스	+2%p	+10%p	철강 100% 및 제조품 미국산 50%
에너지커뮤니티	+2%p	+10%p	브라운필드·화석연료지역·폐광 인근
유틸리티급 최대	10%	50%	-

자료: 26 U.S.C. §48E, IRS, KUVIC 리서치 2팀

48E에도 **소재조달비율(MACR)** 요건이 적용되므로, 중국산 셀을 사용한 프로젝트는 개발사가 투자세액 공제를 상실한다. 셀이 ESS 프로젝트 총투자비에서 차지하는 비중이 25~33%인 점을 감안하면, 중국산 셀로 절감되는 금액보다 상실하는 공제액이 훨씬 크다.

정책이 결정하는 ESS 원가 경쟁력

셀 단위 ASP 비교

Macquarie에 따르면 2026년 기준 중국산 LFP 셀의 제조원가는 kWh당 약 50달러이며, 여기에 관세 40.9%와 물류비를 반영한 미국 인도가는 약 72.5달러로 추정된다. 한국 배터리 3사가 미국에서 생산하는 LFP 셀의 원가는 약 100달러이나, 비중국 양극재로 전환하면 106.7달러로 상승한다. 비중국 LFP 양극재 단가가 kg당 11달러로 중국산 8.04달러 대비 37% 높기 때문이며, 이 차이만으로 셀 원가가 kWh당 약 6.7달러 상승한다.

표 11. 중국 대 한국 LFP ESS 셀 원가 비교 (단위: \$/kWh)

구분	중국 셀	한국 셀 (중국산 양극재)	한국 셀 (비중국 양극재, 2027년)
셀 제조원가	50.0	100.0	106.7
가동률 개선 효과	-	-	-8.8
관세 40.9%	20.5	-	-
물류와 보험	2.0	1.0	1.0
45X AMPC	-	-45.0	-45.0
실질 원가	72.5	56.0	53.8

자료: Macquarie, CATL 실적, KUVIC 리서치 2팀 추정. 주: 2027년 열은 양극재 전환분 +\$6.7과 가동률 47%→65% 개선 효과를 반영, 항목별 반올림

중국과 한국의 LFP 셀 원가: 원가는 중국, 제도는 한국

가격 경쟁의
출발점은 원가

미국 ESS 셀 시장의 가격 경쟁은 원가에서 시작된다. 2026년 기준 중국 LFP ESS 셀의 제조원가는 kWh당 \$50이고, 같은 셀을 한국 배터리 3사가 미국 공장에서 만들면 \$100으로 두 배다. 이 \$100은 가동률 47% 구간의 단위원가이며, 고정비가 kWh당 \$31.9로 얹힌 결과다. 가동률이 올라가면 원가는 내려간다.

관세를 없으면
격차는 \$28.5

고객이 실제로 지불하는 가격은 다르다. 중국산 제조원가 \$50에 관세 40.9%를 적용하고 운임과 보험 \$2.0을 더하면 인도가는 \$72.5다. 관세는 FOB 거래가격 기준이므로 국제운임과 보험료는 과세표준에서 제외된다.

중국산 인도가 = 제조원가 \$50.0 × (1 + 관세 0.409) + 물류 \$2.0 = \$72.5/kWh

한국 미국공장은 관세가 없어 원가에 미국 내 물류 \$1.0만 더한 \$101이다. 원가 기준 \$50이던 격차가 인도가 기준으로는 \$28.5까지 좁혀진다. 관세가 원가 열위의 절반 정도를 상쇄한다.

중국의 추가 인하
여력은 제한적

중국이 가격을 더 내려 대응할 여지도 좁다. 2026년 9월 현물 소재가로 쌓은 중국 셀 원가는 \$55.4로 내수 판가 \$53.7을 웃돈다. 본 리서치팀은 리튬 가격 안정화를 반영한 \$50을 중국 원가로 적용하며, 현물 기준을 쓰면 격차는 더 벌어진다.

구도를 뒤집는
변수는 45X

격차를 뒤집는 변수는 45X다. 한국 배터리 3사가 미국 공장에서 셀과 모듈을 함께 생산하면 kWh당 \$45를 수취한다. 인도가 \$101에서 이를 차감한 실질 가격은 \$56.0으로, 중국산 \$72.5보다 \$16.5 낮아진다. 관세로 좁히고 보조금으로 뒤집는 2단 구조다.

표 12. 셀 인도가 비교, 2026년 (\$/kWh)

	중국산 수입	한국 국내생산 수출	한국 미국공장
셀 제조원가	50.0	94.5	100.0
관세율	40.9%	13.4%	0%
관세	20.5	12.7	0.0
물류와 보험	2.0	2.5	1.0
고객 인도가	72.5	109.7	101.0
45X 수취	불가	불가	45.0
45X 후 실질 가격	72.5	109.7	56.0
중국산 대비	-	+37.2	-16.5

자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

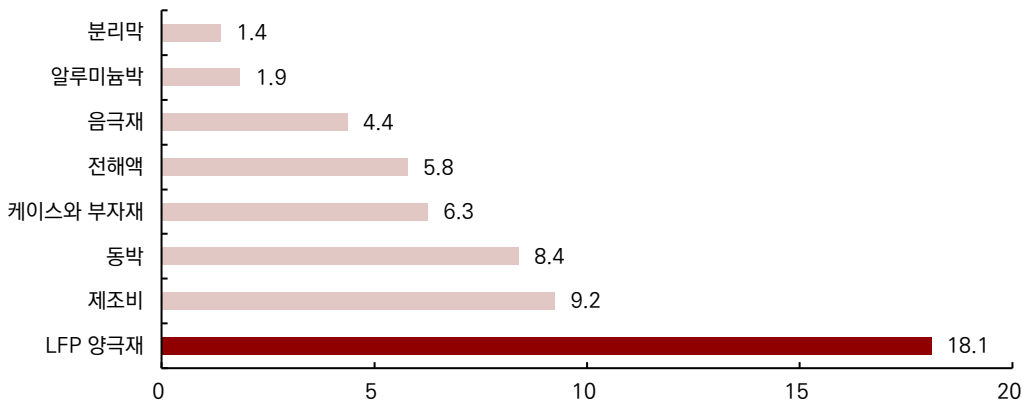
원가의 83%는
재료비

원가 격차는 구성비에서 드러난다. 2026년 9월 현물 소재가 기준 중국 에너지셀 1kWh 원가 \$55.4 중 재료비가 \$46.1로 83.3%, 제조비가 \$9.2로 16.7%를 차지한다. 해통증권이 분석한 CATL 원가 분해에서도 직접재료 84.1%, 제조비 11.6%로 유사한 구성이 나온다. 재료비 비중이 높다는 것은 생산지를 옮겨도 원가의 대부분이 따라온다는 뜻이다.

변동성을 결정하는
양극재

LFP 양극재가 \$18.1로 전체 원가의 32.7%를 차지하고 동박 \$8.4, 케이스와 부자재 \$6.3, 전해액 \$5.8이 뒤를 잇는다. ESS용 LFP 양극재 가격은 RMB 53,950/t으로 탄산리튬 시세가 그대로 반영되며, 리튬이 RMB 10,000/t 오르면 셀 원가가 kWh당 RMB 6 안팎으로 움직인다

그림 28. 중국 LFP ESS 셀 원가 구성, 2026년 (\$/kWh)



자료: Mysteel, 해통증권, KUVIC 리서치 2팀

표 13. 중국 LFP ESS 에너지셀 BOM 원가 분해 (1kWh 기준)

	원단위	중국 단가	\$/kWh	비중
LFP 양극재	2.25 kg	RMB 53,950/t	18.09	32.7%
음극재	1.15 kg	RMB 25,500/t	4.37	7.9%
분리막	11.0 m2	RMB 0.85/m2	1.39	2.5%
전해액	1.25 kg	RMB 31,000/t	5.78	10.4%
동박	0.42 kg	RMB 134,000/t	8.39	15.2%
알루미늄박	0.30 kg	RMB 41,340/t	1.85	3.3%
케이스와 부자재	-	-	6.26	11.3%
재료비 계	-	-	46.12	83.3%
제조비	-	-	9.24	16.7%
셀 원가 계	-	-	55.36	100.0%

자료: Mysteel 26.09 기준 소재가, ANL BatPaC, 해통증권, KUVIC 리서치 2팀. 주: 환율 USD/RMB 6.71

격차가 벌어지는
곳은 제조비

셀 원가는 중국 \$50, 한국 미국공장 \$100이다. 소재를 같은 시장에서 조달하는 만큼 재료비 격차는 제한적이고, 벌어지는 쪽은 인건비와 감가상각, 전력, 초기 수율이 얹힌 제조비다. 감가상각과 간접비는 가

동률에 반비례하므로 단위원가는 변동비에 고정비를 가동률로 나눈 값을 더해 산출했다. 고정비는 감가상각 \$8.6, 간접제조비 \$2.3, 일반관리비 \$1.5, 연구개발비 \$2.6을 합한 kWh당 \$15로 추정했다.

$$\text{단위원가} = \text{변동비} + (\text{고정비} \div \text{가동률})$$

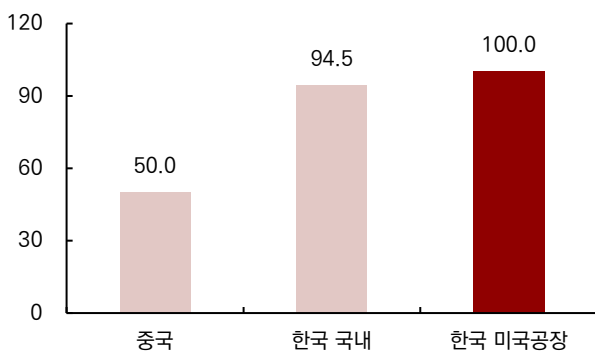
$$2026\text{년 } \$100 = \text{변동비 } \$68.1 + (\text{고정비 } \$15 \div \text{가동률 } 0.47)$$

가동률 47%인 2026년에는 고정비가 kWh당 \$31.9로 추가되고, 80%인 2028년에는 \$18.8, 85%인 2029년부터는 \$17.6로 내려가 부담이 kWh당 \$14.3 줄어든다.

수요의 94%는
같은 314Ah급 셀

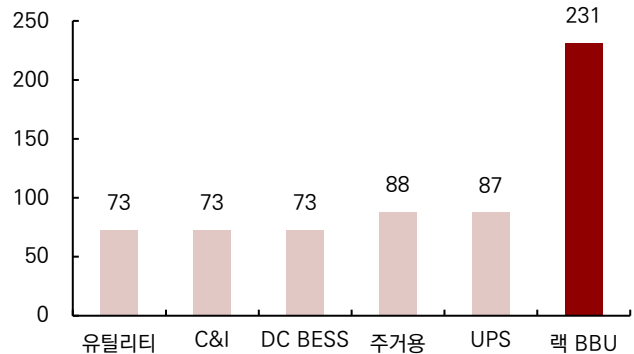
수요처가 다각화돼도 단가까지 달라지진 않는다. 유틸리티와 C&I, 데이터센터 병설 BESS는 모두 314Ah급 에너지셀을 쓰기 때문에 인도가 같고, 이 세 구간이 전체 수요의 94%를 차지한다. 주거용과 UPS에는 20% 안팎의 프리미엄이 붙는 정도다. 예외는 랙 BBU로, 21700 NCA를 쓰는 데다 셀당 14Wh로 작아 고정비가 희석되지 않아 유틸리티 대비 2.6~3.9배다.

그림 29. 생산지별 셀 원가, 2026년 (\$/kWh)



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

그림 30. 수요처별 중국산 인도가 (\$/kWh)



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

45X 전가와 가격 여력: 정점은 2029년

2027년 양극재
전환이 첫 관문

2025년 6월 16일 이전 구속력 계약 예외가 45X 기준 2027년 1월 판매분부터 종료되고, 소재조달 기준선이 65%로 오른다. 양극재가 셀 원재료비의 약 40%를 차지하므로 중국계 양극재를 유지하는 구조로는 기준선을 넘을 수 없다. 비중국 양극재는 kg당 \$11로 중국산 \$8.04 대비 37% 비싸며, LFP 양극재 원단위가 kWh당 2.25kg이므로 전환분은 다음과 같이 산출된다.

$$\text{양극재 전환분} = (\text{비중국 } \$11 - \text{중국 } \$8.04) \times \text{원단위 } 2.25 \text{ kg} = \$6.7/\text{kWh}$$

가동률 개선이 전환
비용을 상쇄

전환 비용을 반영해도 비중국 공급사의 우위는 유지된다. 2027년 원가는 양극재 전환으로 \$6.7 오르지 만 가동률이 47%에서 65%로 개선되며 고정비 부담이 줄어 원가 순증가량은 축소된다.

$$2027\text{년 원가 순증가량 } -\$2.1/\text{kWh} = \$6.7 - (\$15.0 \div 0.47 - \$15.0 \div 0.65)$$

45X 차감 후 실질 가격은 \$53.8로 중국산 \$72.5 대비 \$18.7 낮다. 양극재 전환 비용을 가동률 개선이 상회해 격차가 오히려 확대된다.

2028년 이후 격차 재확대

2028년 이후에는 다시 벌어진다. 가동률이 80%, 85%로 올라가면서 고정비 부담이 \$18.8, \$17.6로 줄어 실질 가격이 \$49.5와 \$48.4로 내려간다. 중국산 대비 격차는 2028년 \$23.0, 2029년 \$24.1이다. 양극재 전환이라는 일회성 비용을 가동률 개선이 상쇄하는 구조다.

2030년이 단가 경쟁의 변곡점

흐름이 꺾이는 시점은 2030년이다. 45X가 75%로 감액되면서 합산 단가가 \$45에서 \$33.8로 내려가고 격차도 \$12.9로 좁아진다. 감소폭 \$11.2는 그해 원가 하락분으로 메워지지 않는다. **본 리서치팀은 2030년을 셀 단가 경쟁의 변곡점으로 본다.**

셀에서 프로젝트로: 48E가 붙는 총

셀은 프로젝트의 30%

집행되는 금액은 프로젝트 총투자비이고 셀은 그중 30%를 차지한다. 나머지 70%는 PCS와 컨테이너, BMS, 시공이 채운다. 중국산 인도가에서 역산하면 BOS와 EPC는 kWh당 \$169.1이다.

$$BOS와 EPC = (\text{중국산 인도가 } \$72.5 \div \text{셀 비중 } 30\%) - \$72.5 = \$169.1/kWh$$

45X는 제조사, 48E는 개발자

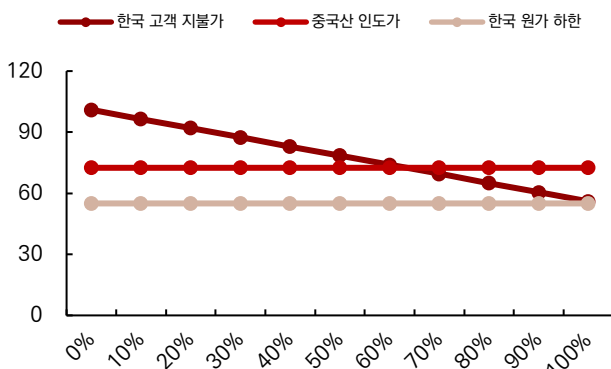
두 제도는 적용 주체와 판정 기준이 다르다. 45X는 미국에서 적격 셀과 모듈을 생산·판매한 제조법인에 생산량 기준으로 귀속한다. 48E는 프로젝트 개발자가 투자액에 대해 적용하며, 6% 기본공제는 임금·도제 요건을 충족하면 30%로 높아진다. 국내조달 요건을 충족하면 10%p의 추가 수혜를 받을 수 있다. 단, 비PFE 직접비 요건과 미국산 제조품 요건은 별도로 판정하므로 한국산 셀을 사용했다는 사실만으로 48E 국내조달 요건 충족여부를 확인할 수는 없다.

$$\text{프로젝트 순 CAPEX} = (\text{셀 실질 가격} + BOS와 EPC) \times (1 - 48E \text{ 공제율})$$

중국산 셀 사용시 프로젝트당 약 \$106 손실

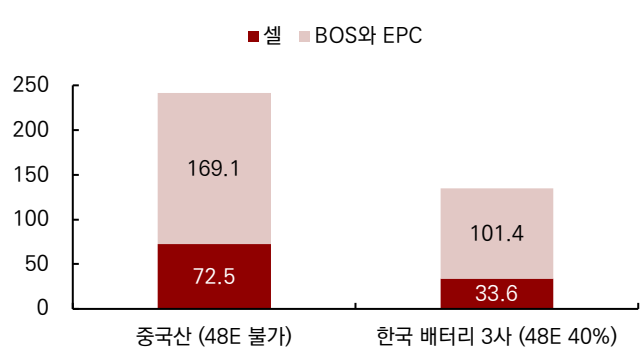
중국산 프로젝트는 48E를 적용하지 않고, 한국 배터리 3사 프로젝트는 임금·도제 요건과 국내조달 요건을 모두 충족해 40% 공제를 받는다고 가정했다. 중국산 프로젝트는 \$241.5/kWh, 한국 배터리 3사 프로젝트는 \$135.1/kWh로 추정했다. 실제 공제율은 착공 시점, 프로젝트 구성품 원가, 미국산 제조품 비중에 따라 달라지나, 프로젝트 개발자 입장에서는 비중국 기업을 택할 수밖에 없는 유인이 생긴 것이다.

그림 31. 45X 단가 환원율별 셀 가격 (\$/kWh)



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정

그림 32. 프로젝트 순 CAPEX 분해, 2026년 (\$/kWh)



자료: IRS, NREL, KUVIC 리서치 2팀 추정

연도별 점유율 전망

지금까지 언급하였듯 미국 ESS 시장에서 중국산 의존도 축소는 관세, 45X의 PFE 제한, 48E의 PFE 및 국내조달 판정이 함께 작동한 결과로 본다. 관세는 수입 셀의 가격을 높이고, 45X는 미국 내 적격 제조를 지원하며, 48E는 프로젝트별 조달 구조에 영향을 준다.

2029년 이후 중국산 셀 점유율 0%

2027년에는 45X 비PFE 직접재료비 기준이 65%로 상승하고, 2029년에는 48E 관련 가정이 프로젝트 인도 물량에 반영된다고 가정했다. 2030년에는 45X 공제액이 75%로 감액된다. 중국산 셀 점유율이 2029년부터 0%가 되는 것은 관세와 세액공제 조건을 반영한 추정치다.

표 14. 연도별 미국 ESS 시장 점유율 시나리오 (단위 %)

구분	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
45X 비PFE 직접재료비 비율	60	65	70	80	85
48E 비PFE 직접비 비율	55	60	65	70	75
48E 적용 인도 시점(1년 시차 가정)	2027	2028	2029	2030	2031
Base — 한국 배터리 3사	19.9	52.2	84.9	70.2	55.3
Base — 기타 비중국	8.9	8.0	11.2	12.7	10.9
Base — 중국	71.2	39.8	3.9	0.0	0.0
Base — 잔여(중국산 무공제 채택 또는 이연)	0.0	0.0	0.0	17.1	33.8
Bull — 한국 배터리 3사	19.9	60.2	88.8	87.3	86.9
Bull — 기타 비중국	8.9	8.0	11.2	12.7	10.9
Bull — 중국	71.2	31.8	0.0	0.0	0.0
Bull — 잔여(중국산 무공제 채택 또는 이연)	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2

자료: 26 U.S.C. §45X-§48E, SNE리서치, KUVIC 리서치 2팀 추정

규제로 인한 실제 영향

규제로 인해 줄어드는 중국의 미국향 ESS 출하량

앞서 살펴본 규제의 영향은 이미 중국 업체들의 출하 흐름에서 나타나기 시작했다. J.P. Morgan에 따르면 2026년 1~4월 글로벌 ESS 배터리 출하량은 **310GWh로 전년 동기 대비 109% 증가**했으며, 중국 업체의 중국 내수향 출하는 123%, 유럽향은 167%, 기타 지역은 154% 증가했다. 그러나 **미국만 다른 방향으로 움직이고 있다**. 같은 기간 중국 업체의 미국향 ESS 출하량은 전년 동기 대비 **18% 감소**했으며, 중국 업체 전체 ESS 출하에서 미국이 차지하는 비중 역시 **2025년 21%에서 2026년 1~4월 8%로 하락**했다.

중국 업체의 미국향 출하 감소는 2027~2029년 규제 강화와 맞물려 이어질 가능성이 있다. Base case는 2028년에도 3.9%의 중국산 공급을 남기고 Bull case는 2028년부터 0%가 되며, 두 시나리오 모두 2029년부터 0%를 가정한다.

중국을 제외하면 단기간에 대규모 물량을 공급할 업체는 제한적이다. 미국 생산기반을 보유했거나 EV 라인을 ESS용으로 전환하는 한국 배터리 3사가 주요 대체 공급자로 부상할 전망이다.

중국산 대체 수요는 한국 배터리 3사에 기회를 제공

미국의 중국산 배터리 규제는 비중국 공급자에게 대체 수요를 만든다. 투자 판단의 핵심은 글로벌 명목 생산 능력이 아니라 미국에서 세제 요건을 충족하며 납품할 수 있는 물량이다. 한국 배터리 3사는 현지 생산과 라인 전환을 통해 대응하지만, **적격 소재 조달과 프로젝트별 세제 판정이 실질적으로 공급의 상한선을 결정한다**.

표 15. 한국 배터리 3사 미국 ESS 생산계획 공시 현황

기업	공시	해석
LG에너지솔루션	홀랜드 최대 16.5GWh	랜싱은 ESS·EV 혼재 북미 수처에는 캐나다 포함
	랜싱 총 35GWh 이상 2026년 말 북미 LFP 50GWh 이상	
삼성SDI	스타플러스 NCA 2025년 4분기	미국 ESS 전용 연간 생산능력 미공시
	LFP 2026년 4분기 양산	
SK온	조지아 LFP 2026년 하반기 목표	ESS 전용 연간 생산능력 미공시
	테네시 생산 2028년 목표	

자료: 각 사 공시 보도자료, KUVIC 리서치 2팀

미국 ESS 셀 탈중국: 한국 배터리 3사가 가져가는 몫

한국 배터리 3사 ESS 공급: 명목 케파에서 적격 물량까지

2028년 점유율
Base 84.9%

한국 배터리 3사의 미국 내 적격 공급은 2026년 16.9GWh에서 2028년 Base case 95.9GWh, Bull case 100.3GWh로 늘어난다. 수요 대비 점유율은 19.9%에서 Base 84.9%, Bull 88.8%까지 높아진다.

2028년까지는
중국산이 남는 구간

2028년까지는 중국산 공급이 남는다. Base case의 중국산 ESS 물량은 2026년 60.5GWh, 2027년 39.6GWh, 2028년 4.4GWh로 계산한다. Bull case는 2028년에 0이 된다. 따라서 중국산 공급이 사라지는 시점을 Base case 2029년, Bull case 2028년으로 추정했다.

2029년 이후 남는
잔여 수요

2029년부터 중국산 공급을 0으로 두면 적격 공급자를 찾지 못하는 수요가 남는다. Base case의 잔여 수요는 2029년 22.1GWh, 2030년 48.5GWh이며 2030년 기준 수요의 33.8%에 해당한다. Bull case는 2030년 3.1GWh에 그친다. 다만 이 물량이 물리적으로 부족한 것은 아니다. 중국 주요 업체의 유효 생산능력은 2027년 4,388GWh로 같은 해 미국 ESS 수요의 40배를 웃돈다. 잔여 수요는 개발사가 48E를 포기하고 중국산을 쓰거나 프로젝트를 이연하는 물량으로, 소재조달 요건을 유예하라는 압력의 크기이기도 하다. 요건이 유지되면 이 물량은 적격 공급자의 가격으로 청산되고 그 상한은 공제 없이 중국산을 쓰는 비용이 된다. 본 리서치팀은 45X 전액 전가를 유지해 이 가격 상승분을 추정에 반영하지 않았다.

2029년부터 제약은
양극재로 이동

2029년부터는 제약이 셀 개파에서 양극재로 옮겨간다. 2028년까지는 가동률이 상한을 결정해 Base case 공급 95.9GWh가 가동 물량과 같다. 2029년에는 가동률 85%를 반영한 생산 가능 물량이 143.1GWh까지 늘지만, 45X 소재조달 기준선이 80%로 오르면서 비중국 양극재로 만들 수 있는 적격 셀은 Base case 기준 90.3GWh에 그친다. 2030년에는 기준선 85%에서 79.5GWh로 더 줄어든다. **양극재 확보량이 같아도 요구 비율이 오르면 적격 물량은 줄어드는 구조다.**

Base와 Bull을
가르는 두 기준

두 시나리오 모두 명목 생산능력 계획을 사용했다. 차이는 가동률과 비중국 LFP 양극재 확보량에서 생긴다. 적격 셀 상한은 확보량을 양극재 원단위 2.25kg/kWh와 그해 필요한 비중국 양극재 비율로 나누어 추정했다. 가정 비율은 표 19의 비PFE 소재비율에서 계산한 값으로, 양극재 외 소재를 비PFE로 조달할 때 양극재 가운데 비중국산이 차지해야 하는 몫이다. 양극재가 재료비의 39.2%이므로 2029년 소재비율 87.8%를 맞추려면 양극재의 68.9%를 비중국산으로 조달해야 한다. 법정 기준선 80%만 충족하는 수준이면 49.0%로 내려가지만, 판정 여유를 두는 조달 계획을 반영해 표 19 기준을 적용했다.

적격 셀 상한 = 비중국 LFP 양극재 확보량(kt) ÷ (원단위 2.25kg/kWh × 필요 비중국 양극재 비율)

2029년 Base = 140kt ÷ (2.25 × 68.9%) = 90.3 GWh

Base case는 공시와 계약으로 확정된 물량만 반영해 비중국 LFP 양극재 확보량이 2026년 45kt에서 2029년 140kt로 늘어난 뒤 유지된다고 가정했다. 엘앤에프플러스 대구 6만톤, 포스코퓨처엠 포항 전환라인 1.5만톤, 포스코퓨처엠·피노 합작 신공장 5만톤, 엘앤에프·미트라캠 미시간 1.5만톤이다. Bull case는 엘앤에프 증설 3만톤, 미시간 2단계, LG화학 양산, 합작 신공장 조기 확대를 더해 2030년 220kt를 가정했다. 이에 따른 **적격 셀 상한은 2029년 Base 90.3GWh, Bull 125.8GWh다.**

표 16. 비중국 LFP 양극재 확보와 적격 셀 상한 (단위 kt, %, GWh)

구분	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
Base 확보량	45	90	120	140	140
엘앤에프플러스 대구	30	60	60	60	60
포스코퓨처엠 포항 전환라인	15	15	15	15	15
포스코퓨처엠·피노 포항 신공장	-	15	30	50	50
엘앤에프·미트라캠 미시간	-	-	15	15	15
가정 비중국 양극재 비율 (%)	예외	41.1	53.6	68.9	78.3
Base 적격 셀 상한	-	97.3	99.5	90.3	79.5
Bull 확보량	45	90	145	195	220
Bull 적격 셀 상한	-	97.3	120.2	125.8	124.9

수요 85.0 99.6 113.0 128.7 143.7

자료: 각 사 공사-보도자료, KUVIC 리서치 2팀 추정. 주: 양극재 원단위 2.25kg/kWh, 가정 비중국 양극재 비율은 표 19의 비PFE 소재비율을 충족하는 수준으로 양극재 외 소재는 비PFE 조달 가정

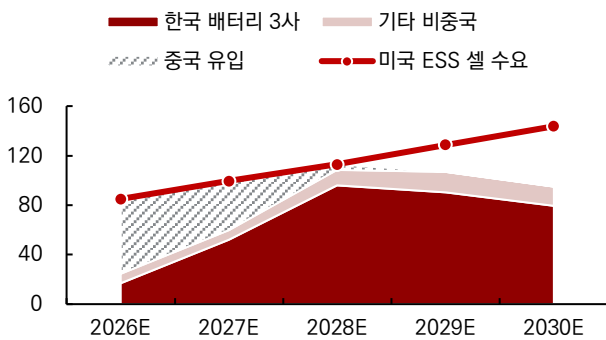
Bull case의 한국 배터리 3사 공급은 2027년 60.0GWh, 2028년 100.3GWh로 추정했다. 2028년 수요 113.0GWh는 기타 비중국 12.7GWh를 더하면 중국산 없이 충족된다. Base case는 2028년에 4.4GWh의 중국산이 남는다.

한국 배터리 3사 공급 = MIN(연환산 케파 × 가동률, 양극재 셀 상한, 수요 - 기타 비중국 공급)

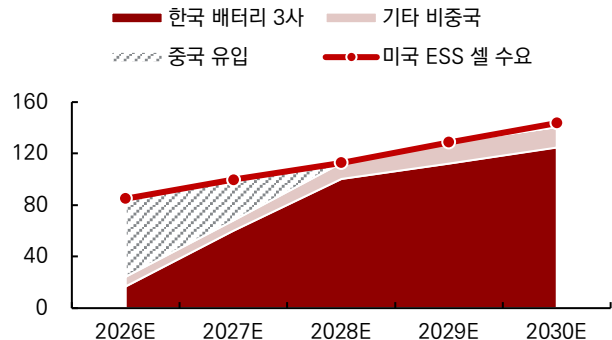
2030년 한국 배터리 3사 공급은 Base case 79.5GWh, Bull case 124.9GWh로 45.4GWh가 같린다.

그림 33. 적격 공급과 수요, Base case (GWh)

그림 34. 적격 공급과 수요, Bull case (GWh)



자료: IR, SNE리서치, KUVIC 리서치 2팀 추정



자료: IR, SNE리서치, KUVIC 리서치 2팀 추정

명목 물량과 적격 물량을 구분하는 생산능력과 가동률

명목 72GWh,
생산은 16.9GWh

2026년 말 한국 배터리 3사의 미국 ESS 명목 생산능력을 72.0GWh로 가정했다. 연중 순차적으로 가동하는 라인을 반영하기 위해 전년 말 생산능력에 0.75, 당해년 말 생산능력에 0.25를 적용해 연환산 생산능력을 추정했다.

연환산 케파 = 전년말 exit 케파 × 0.75 + 당해년말 exit × 0.25

2026년 = (23.9 × 0.75) + (72.0 × 0.25) = 35.9 GWh

47%와 80~85%는
가정치

2026년 47%는 1H26 복미 출하 점유율을 연간 미국 수요와 연환산 생산능력에 적용한 추정치다.

가동률 = (미국 수요 × LG에너지솔루션 · 삼성SDI 복미 점유율) ÷ 연환산 생산능력

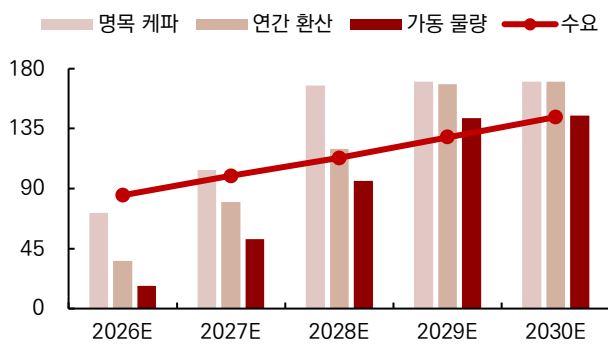
47% (85.0GWh × 19.7%) ÷ 35.9GWh

적격 물량과 가동
물량의 분리

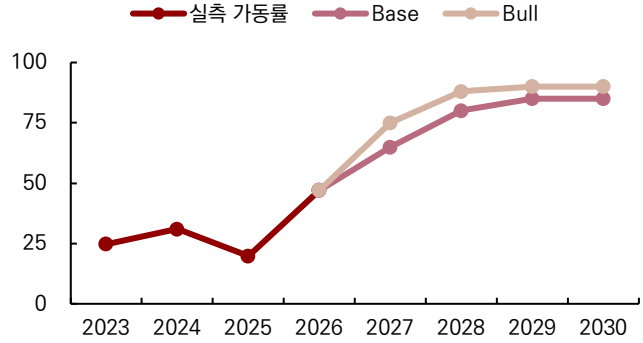
양극재 상한은 45X와 48E 관련 가정을 충족하는 물량의 상한이다. Base case의 2029년 가동률 반영 생산 가능 물량은 143.1GWh, 적격 셀 상한은 90.3GWh다. 적격 상한을 넘는 물량은 미국 ESS 시장에 적격 셀로 공급되지 못하므로, 본 리서치팀은 해당 라인이 EV 등 다른 용도로 전용되거나 ESS 전환이 유예되어 가동률 자체는 유지된다고 가정했다. 따라서 원가 체인의 가동률 80~85%는 실제 가동 라인 기준이며, 미국 ESS 공급량은 그중 적격 물량으로 한정한다.

그림 35. 미국 소재 케파와 가동 물량, 수요 (GWh)

그림 36. 미국 공장 가동률 (%)



자료: KUVIC 리서치 2팀 추정



자료: DART 공시, KUVIC 리서치 2팀 추정

한국 배터리 3사: 미국 현지 생산과 수주 구조

3사의 공장 소유구조와 45X

LG에너지솔루션은
미국 단독공장을
먼저 가동

45X의 법정 공제액은 적격 셀과 모듈을 생산, 판매한 제조법인에 귀속한다. 홀랜드와 랜싱은 LG에너지솔루션이 직접 운영하며, 적격 생산 시 제조법인은 2029년까지 최대 \$45/kWh를 적용 받는다. 합작공장도 제조법인 차원에서는 같은 법정 단가를 적용한다.

삼성SDI와 SK온도
단독공장 비중을
높이는 상황

삼성SDI는 2026년 8월 GM의 합작법인 지분 49.99%를 인수해 뉴칼라일을 복미 첫 단독공장으로 편입했다. SK온은 포드와의 합작구조 조정 이후 테네시 공장을 단독 운영한다. 다만 두 공장의 ESS 전용 생산능력과 45X의 모회사 귀속액은 공개되지 않았다.

진입 시점과 라인
전환 경로는
회사별로 다름

LG에너지솔루션은 홀랜드에서 2025년 ESS용 LFP 현지 생산을 시작했고 랜싱은 2026년 8월 양산에 진입했다. 삼성SDI는 스타플러스에서 2025년 4분기 NCA ESS 생산을 시작했으며 LFP는 2026년 4분기 양산을 목표로 한다. SK온은 조지아 공장의 EV 라인을 전환해 2026년 하반기 LFP ESS 생산을 목표로 한다.

3사의 셀 전략과 수주 구조

폼팩터 선택이 갈린
이유

앞서 대규모 ESS에서 각형이 공간 활용도와 구조적 안정성에서 유리하다고 살펴봤으나, 3사의 선택은 동일하지 않다. 삼성SDI는 각형으로 단일화했고, SK온은 파우치형으로 진입했으며, LG에너지솔루션은 양쪽을 병행한다.

삼성SDI는 이 차이를 셀 대형화 방향에서 설명한다. ESS 시장이 셀 용량을 키우는 쪽으로 움직이는데 LFP는 에너지밀도가 제한적이어서 셀을 두껍게 만드는 것이 핵심이 되고, 파우치는 두께가 2~3cm에서 한계에 부딪히는 반면 각형은 10~20cm까지 확보할 수 있다는 것이다. **회사는 각형 자체가 진입이 쉽지 않은 폼팩터여서 각형 LFP 수요가 강해질수록 유리하다는 입장이다.**

LG에너지솔루션은 파우치형 LFP와 랜싱의 각형 LFP를 병행한다. Vertech는 컨테이너, AEROS 제어 소프트웨어, 시스템 통합과 유지 서비스를 제공한다. 삼성SDI는 각형 셀과 SBB 플랫폼을, SK온은 파우치형 셀과 GRIDON 시스템을 중심으로 대응한다. 폼팩터 차이는 기존 EV 설비와 고객의 시스템 설계 요구를 함께 반영한다.

라인 전환이 캐파를
늘림

생산능력은 공시 범위를 기준으로 고려했다. LG에너지솔루션의 홀랜드 ESS 생산능력은 최대 16.5GWh이며, 랜싱은 ESS LFP와 도요타향 NMC EV를 포함해 총 35GWh 이상이다. 회사는 캐나다 원저를 포함한 복미 LFP 생산능력을 2026년 말 50GWh 이상으로 확대한다고 발표했다.

삼성SDI는 스타플러스에서 2026년 4분기 LFP 양산을 시작할 계획이다. 뉴칼라일은 단독공장으로 전환한 뒤 ESS 생산을 우선 검토한다고 발표했지만, 생산능력과 양산 시점을 제시하지는 않았다.

수주잔고는 FTM
중심

수주는 전력망용을 중심으로 형성된다. **삼성SDI는 ESS 수주잔고의 대부분이 FTM이라고 설명한다.** LG 에너지솔루션도 북미 유틸리티와 개발사 중심의 수주를 확대한다. 데이터센터 수요가 빠르게 성장하지만 현재 공개된 계약의 최종 용도는 전력망 안정화와 재생에너지 연계를 함께 포함한다.

이는 앞서 추정된 수요 구조와 부합한다. 본 리서치팀의 추정에서 데이터센터 관련 수요는 2026년 5.5GWh로 전체의 6.4%, 2030년 12.3GWh로 8.6%에 그친다. **데이터센터는 성장률이 높지만 절대 물량은 제한적이며 미국 ESS 수요의 중심은 여전히 Utility-scale이다.**

LG에너지솔루션은 2025년 말 글로벌 ESS 수주잔고 140GWh를 확보했고 2026년 90GWh 이상의 신규 수주를 목표로 한다. 공개 물량은 Excelsior 7.5GWh, Terra-Gen 8GWh, Qcells 4.8GWh와 추가 5GWh, DTE 6GWh다. Tesla와는 43억달러 규모의 각형 LFP 계약을 체결했으며 물량은 공개하지 않았다. 삼성SDI는 2027년부터 3년간 2조원 이상의 공급계약과 2026년 3월 발표한 1.5조원 규모 미국 ESS 계약을 확보했다. SK온은 Flatiron 7.2GWh와 NeoVolta 9GWh를 계약했으며, NeoVolta의 추가 9GWh를 협력 가능성으로 남겨둔 상황이다.

공개계약의 범위를
구분한다
적격 소재 조달이
핵심이다

3사 모두 비중국 LFP 양극재 조달을 확대해야 하는 상황이다. LG에너지솔루션은 중국계 조달 비중을 낮추기 위해 공급망을 다변화하는 중이다. 삼성SDI는 엘앤에프와 2027년부터 3년간 1.6조원 규모의 LFP 양극재 공급계약을 체결했으며, 스타플러스 생산에 투입할 계획이다. SK온도 미국 생산 확대와 함께 적격 소재 조달선을 확보해야 한다.

표 17. 한국 배터리 3사 미국 ESS 사업 비교

	LG에너지솔루션	삼성SDI	SK온
셀 팩팩터	파우치·각형 LFP	각형 NCA·LFP	파우치 LFP
시스템	Vertech 컨테이너·AEROS SI	SBB 2.0 20ft 일체형, 용량 미공시	GRIDON Gen2 2027년 3분기 목표
미국 생산기지	홀랜드·랜싱 일부 JV 라인 활용	스타플러스·뉴칼라일	조지아·테네시
미국 양산	홀랜드 2025년 랜싱 2026년 8월	NCA 2025년 4분기 LFP 2026년 4분기 목표	조지아 2026년 하반기 목표
공시 생산능력	홀랜드 최대 16.5GWh 랜싱 총 35GWh 이상 북미 LFP 50GWh 이상	ESS 전용 연간 생산능력 미공시	ESS 전용 연간 생산능력 미공시
소유구조	홀랜드·랜싱 100% Spring Hill·Honda JV	스타플러스 51% 뉴칼라일 100%	조지아·테네시 100%
45X	제조법인 최대 \$45/kWh Excelsior 7.5GWh Terra-Gen 8GWh	제조법인 최대 \$45/kWh	제조법인 최대 \$45/kWh
공개 수주	Qcells 4.8+5GWh DTE 6GWh Tesla \$4.3bn, 물량 미공시	2027년부터 3년간 2조원 이상 2026년 3월 1.5조원 물량 미공시	Flatiron 7.2GWh NeoVolta 9GWh 확정 추가 9GWh는 프레임워크
소재조달	비중국 LFP 공급망 다변화	엘앤에프 LFP 양극재 1.6조원 2027년부터 3년	적격 LFP 소재 조달선 확보 필요
수주잔고	2025년 말 글로벌 ESS 140GWh 2026년 신규수주 목표 90GWh 이상	미공시	미공시

자료: 각 사 공시 · 보도자료, Reuters, KUVIC 리서치 2팀

45X 법정 단가와
회사 손익 구분

2029년까지 적격 셀과 모듈의 45X 법정 단가는 제조법인 기준 최대 \$45/kWh다.

표 18. 미국 ESS 생산기지별 공시 현황과 45X 적용 조건

공장	소유	확인된 생산정보	ESS 상태	45X 기준	비고
LGES 홀랜드	100%	최대 16.5GWh	LFP 양산	최대 \$45	미국
LGES 랜싱	100%	총 35GWh 이상	LFP-NMC 혼재	최대 \$45	2026.8 양산
LGES Spring Hill	JV	ESS 배정 미공시	한시 활용	최대 \$45	모회사 귀속
	50%				별도
LGES Honda Ohio	JV50%	ESS 배정 미공시	한시 활용	최대 \$45	모회사 귀속
					별도
SDI StarPlus	51%	ESS 전용 능력 미공시	LFP 2026 Q4 목표	최대 \$45	NCA 2025 Q4
SDI New Carlisle	100%	능력·시점 미공시	ESS 우선 검토	최대 \$45	2026.8 편입
SK온 Georgia	100%	ESS 전용 능력 미공시	LFP 2026 H2 목표	최대 \$45	EV 라인 전환
SK온 Tennessee	100%	ESS 배정 미공시	생산 2028 목표	최대 \$45	세부계획 미공시

자료: 각 사 공시 · 보도자료, 26 U.S.C. §45X, KUVIC 리서치 2팀

2029년 이후의 시험대: 45X와 48E 적용조건

2029년 소재조달
문턱이 첫 시험대

가격 우위는 45X 수취와 소재 요건 충족을 전제로 한다. 2029년 45X 비PFE 직접재료비 기준은 80%로 높아진다. 만일, 소재비가 이 기준을 충족하지 못하면 셀 제조법인은 해당 생산분의 45X를 수취하지 못한다.

표 19. 45X 수취 조건과 48E 조건부 효과 (단위 \$/kWh, %)

구분	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
45X 합산 단가	45.0	45.0	45.0	45.0	33.8
45X 비PFE 직접재료비 비율	60	65	70	80	85
비PFE 소재비율	(예외 적용)	76.9	81.8	87.8	91.5
45X 여유(%p)	-	+11.9	+11.8	+7.8	+6.5
48E 비PFE 직접비 비율	55	60	65	70	75
48E 여유(%p)	-	+16.9	+16.8	+17.8	+16.5
한국 셀 인도가	101.0	98.8	94.5	93.4	93.4
45X 수취액	45.0	45.0	45.0	45.0	33.8
45X 후 실질 가격	56.0	53.8	49.5	48.4	59.6
중국산 인도가	72.5	72.5	72.5	72.5	72.5
중국산 대비 격차	+16.5	+18.7	+23.0	+24.1	+12.9
45X 탈락 시 실질 가격	101.0	98.8	94.5	93.4	93.4
45X 탈락 시 중국산 대비	-28.5	-26.3	-22.0	-20.9	-20.9
BOS와 EPC	169.1	169.1	169.1	169.1	169.1
중국산 순 CAPEX(48E 미적용)	241.5	241.5	241.5	241.5	241.5
한국 3사 순 CAPEX(48E 40%)	135.1	133.8	131.2	130.5	137.2
한국 우위	106.4	107.7	110.3	110.9	104.3

자료: 26 U.S.C. §45X · §48E, IRS Notice 2026-15, KUVIC 리서치 2팀 추정

단가 인하 경쟁이
여력을 소진

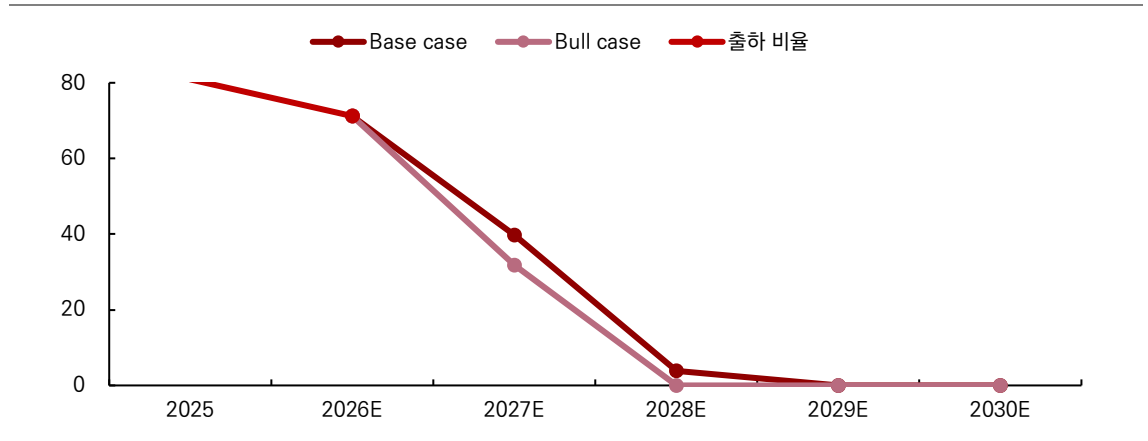
2030년에는 45X 합산 법정 단가가 \$33.8/kWh로 줄고, 2031년 \$22.5/kWh, 2032년 \$11.3/kWh로 감액된다. 2032년 이후에는 공제가 예정되어 있지 않다.

48E는 프로젝트별
조건을 충족해야
한다

48E는 프로젝트 측 수익성을 지지하지만 자동적으로 적용되진 않는다. 임금 및 도제 요건을 충족하면 기본공제가 30%가 되고, 국내조달 요건을 충족하면 10%p가 더해진다.

48E의 비PFE 직접비 기준과 국내조달 보너스의 미국산 제품 기준은 별도다. 한국산 셀은 비PFE 요건에 기여할 수 있지만 미국산 제품 기준에는 포함되지 않는다. **2029년 이후 경쟁력은 45X의 비PFE 직접재료비 기준, 프로젝트별 48E 판정, 미국산 구성품 비중을 함께 충족하는지에 달려 있다.**

그림 37. 중국산 셀 채택 비중 시나리오 (%)



자료: SNE Research, KUVIC 리서치 2팀 추정

ESS 공급 리스크

2030년 이후 줄어드는 보조금

중국 배제의 근거는 세액공제 제도이며, 이 제도에는 종료 일정이 정해져 있다. 45X 합산 단가는 2029년까지 kWh당 \$45를 유지하다 2030년 \$33.8로 줄고 2031년 \$22.5, 2032년 \$11.3을 거쳐 **2033년 소멸한다**. 중국산 대비 셀 단가 격차는 2029년 \$24.1에서 2030년 \$12.9로 좁아지고, 감액 일정을 그대로 적용하면 2032년에 역전된다. 보조금이 축소되면 경쟁 기준은 원가로 회귀하는데, 현재 격차의 대부분은 가동률이 낮아 발생하는 제조비에서 나온다. 가동률은 시간이 지나며 개선되지만 재료비는 비중국 양극재로 전환하는 과정에서 오히려 상승한다. 2030년대 초까지 **비중국 셀과 소재가 보조금 없이 중국산과 경쟁할 수 있는 원가에 도달하지 못하면 중국산이 다시 유입될 여지가 생긴다**. 개발자가 받는 48E는 2033년 착공분까지 공제율이 유지되어 셀 단가가 역전된 이후에도 한동안 수요측 유인을 유지하지만, 2034년 75%, 2035년 50%로 축소되고 2036년 종료된다.

2030년까지 원가 경쟁력을 갖춰야 함

잔여 수요가 규제 완화 압력으로 돌아올 가능성

Base case에서 2030년 수요의 33.8%인 48.5GWh는 적격 공급자를 찾지 못한다. 앞서 언급했듯 이 빈자리는 물리적 부족이 아니라 제도가 만든 공백이므로, 규제 강도가 그대로 유지될지를 함께 봐야 한다. 개발사가 48E를 포기하면 프로젝트 순투자비는 kWh당 \$135.1에서 \$241.5로 오르지만, 전력 확보가 급한 데이터센터 별칭이나 머천트 프로젝트는 이 비용을 감수할 수 있고 그만큼 기준선을 유예하라는 요구도 커진다. 30D 최종규정이 흑연 등 추적이 어려운 소재에 2027년 1월까지 한시 예외를 둔 전례가 있고, 2024년 5월 발표된 Section 301 인상도 ESS용 배터리에는 2026년 1월에야 적용됐다. 2029년 기준선 역시 유예 가능성을 배제하기 어렵다. 기준선이 유예되면 잔여 수요는 중국산이 채우고, 한국 배터리 3사의 방어선은 45X가 만드는 단가 격차 \$16.5~24.1로 좁혀진다.

잔여 수요는 규제가 버텨야 하는 물량

여전히 남아있는 우회 가능성

제도가 종료되기 전에도 **중국 기술은 미국 내 생산이라는 형태로 남을 수 있다**. Ford의 미시간 BlueOval Battery Park는 CATL로부터 LFP 기술을 라이선스 받아 2026년 6월 양산에 들어갔다. 당초 35GWh·35억 달러 계획이 정치적 논란을 거치며 20GWh·20억 달러로 축소됐으나 가동은 시작됐고, Ford는 이 생산능력의 일부를 에너지저장용으로 전환하는 한편 기존 전기차 배터리 공장 한 곳을 CATL 기술 기반 ESS 공장으로 바꾸는 계획도 발표했다. 금지 외국기업 판정은 지분과 이사회 구성, 부채 보유를 기준으로 **삼는데 라이선스 구조에서는 생산 주체가 미국 법인이므로 이 기준에 해당하지 않는다**. 계약을 통한 실질적 지배 조항이 이를 차단하도록 설계돼 있으나 조달처 지정과 로열티 기간 등 다섯 항목을 적용한 선례가 없고, 2026년 1월 의회의

라이선스를 통한 우회시 국내 3사의 손해가 줄어들

문제 제기에도 판정은 나오지 않았다. 이 경로가 인정되면 중국 기술로 생산한 미국산 셀이 45X를 수취하며 비중국 공급자인 국내 3사 물량의 일부를 차지하게 된다.

Not Rated

LG에너지솔루션 (373220)

미국 ESS 공급 공백을 수주로 선점 가능한 기업

2029년부터 커지는 적격 공급 공백

중국산 공급 비중은 2027E 39.8%에서 2028E 3.9%로 급락하고 2029E부터 0%가 된다. 한국 배터리 3사의 적격 공급은 2028E 95.9GWh로 수요의 84.9%를 채우지만, 2029E부터 소재조달 기준선이 80%로 오르면서 Base case 적격 공급은 2029E 90.3GWh, 2030E 79.5GWh로 줄어 각각 22.1GWh, 48.5GWh의 잔여 수요가 남는다. 이 구간에서 물량은 비중국 양극재를 먼저 확보한 셀 업체에 몰리며, 수혜는 현지 적격 생산능력과 소재 조달선을 함께 갖춘 동사에게 이어질 것으로 전망한다.

가격 역전과 미국 양산능력

2028E 한국산 인도단가는 \$94.5/kWh지만 45X의 \$45/kWh를 차감한 실질 단가는 \$49.5/kWh로 **중국산 \$72.5/kWh보다 약 \$23.0/kWh 낮다**. 동사는 2026년 말 북미 LFP 셀 생산능력 50GWh 이상을 확보할 계획이며, 미국 소재만 놓고 보면 홀랜드 최대 16.5GWh와 랜싱 35GWh 이상을 합해 51.5GWh 이상이다. 이는 본 리서치팀이 추정하는 2028E 한국 배터리 3사 공급 95.9GWh의 절반을 넘는 수치다.

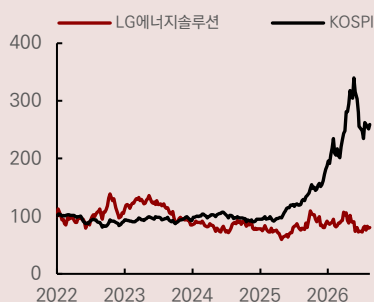
수요와 수주 잔고에 기반한 전환 속도

동사의 글로벌 ESS 수주잔고는 2025년 말 140GWh이며 2026년 신규 수주 목표는 90GWh 이상이다. 셀 단가 \$93.4~101.0/kWh와 환율 1,400원을 적용하면 수주 10GWh는 약 1.3조~1.4조원으로 추정된다. 2029E 잔여 수요 22.1GWh 중 10GWh만 선점해도 공백의 45%를 흡수한다. 수주 5GWh는 0.65~0.71조원, 10GWh는 1.31~1.41조원, 20GWh는 2.62~2.83조원의 매출에 해당하며, 이 가운데 미국 단독 공장에서의 수취하는 45X는 각각 0.32조원, 0.63조원, 1.26조원이다. 45X는 인도가에 이미 반영된 금액이므로 매출에 별도로 가산되지 않는다. 따라서 본 리서치팀은 **동사가 한국 배터리 3사 중 미국 Exposure가 제일 크기에 미국 ESS 수요 증가의 최대 수혜자가 될 것으로 전망한다**.

Stock Information

시가총액	84.24조원
발행 주식 수	23,400만주
유동주식비율	20.3%
52주 최고가	527,000원
52주 최저가	290,500원
외국인 지분율	5.6%
KOSPI	6,684.4
KOSDAQ	806.8

Price Trend



KUVIC Research Team 2

메일 kuvic_korea@naver.com

팀장	45기 Senior 정서윤
팀원	45기 Senior 김범준
팀원	45기 Senior 명승우
팀원	44기 Senior 박한동
팀원	45기 Senior 윤지승

Who We Are



Earnings and valuation metrics

결산기 (12월)	2022	2023	2024	2025	2026E
매출액 (십억원)	25,599	33,745	25,620	23,672	32,274
YoY (%)	-	31.8	-24.1	-7.6	36.3
영업이익 (십억원)	1,214	2,163	575	1,346	1,069
AMPC (십억원)	-	677	1,480	1,647	1,499
영업이익률 (%)	4.7	6.4	2.2	5.7	3.3
순이익 (십억원)	773	1,237	(1,019)	(1,073)	578
EPS (원)	3,305	5,287	(4,354)	(4,585)	2,472
P/E (배)	131.7	80.9	N/A	N/A	145.6

주: K-IFRS 연결, 순이익은 지배주주 귀속, 2026E는 IBK투자증권(26.07.31) 추정
자료: 각 사 공시, IBK투자증권, 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 지적재산권은 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC에 있으며 어떠한 경우에도 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다.