

enel x

ESS,

유연성 시장의 중심으로

선도적 전환과 정산 기반 경쟁력의 시그널



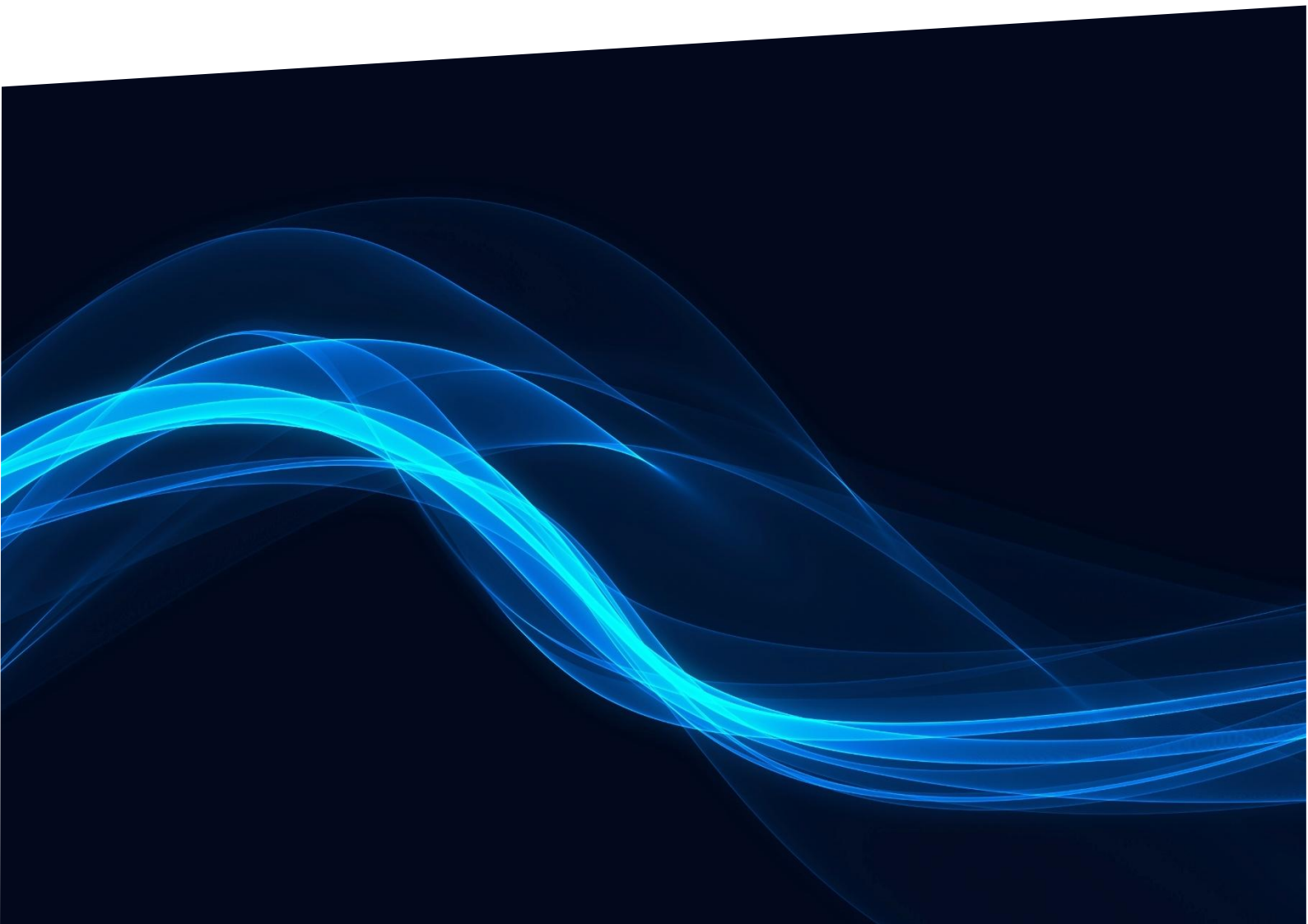
Executive Summary

본 보고서는 ESS 설비를 국내 전력망 안정성 기여 관점에서 어떻게 평가·운영할지에 대한 인사이트를 제시합니다. ESS는 보조 기술을 넘어 분~일 단위 전력망의 변동을 흡수하는 핵심 유연성 자원으로 자리했으며, 2022년 중국 약 5GW ·미국 약 4GW의 그리드형 배터리 신규 도입은 저장자원이 전력시스템 균형·안정의 표준 수단임을 보여줍니다[1]. 주요국은 제도·시장구조에 따라 보조서비스·시장참여·계통안정·보조금 연계 등 상이한 수익모델을 발전시켜 왔고[2], 국내에서는 요금·정산 구조와 부하 특성이 사업성의 분기점으로 작동합니다. 현시점의 실무 해법은 피크 절감과 일내 시프팅의 정교화가 중심입니다[8].

따라서 글로벌 사례와 국내 제도(정책·시장) 변화를 토대로, 국내 적용 가능한 선택지와 ESS 운영·정산 중심의 평가 체계를 제안합니다.

Author

Hyeonjeong Park, Ph.D.
Enel X Korea
hyeonjeong.park@enel.com
+82 2 6190 5856



ESS 글로벌 동향

제도에서 시장으로, 국가별 수익모델의 진화

글로벌 ESS 시장은 각국의 전력시장 구조와 정책 기조에 따라 참여 방식과 수익 구조가 크게 다릅니다. 미국·영국·호주·일본은 각각의 제도·시장 메커니즘을 통해 저장자원의 역할을 확대해 왔으며, 그 방향성은 “시장참여 → 수익지표화 → 계통안정화 → 보조금연계”로 구분 가능합니다. 이 같은 차이는 각국이 선택한 제도·시장 설계의 결과입니다. [표 1] 주요국 ESS 시장 운영 비교 사례들은 국가별 제도·시장 구조가 참여 경로와 수익구성에 미친 영향을 요약하고 있습니다.

[표 1] 주요국 ESS 시장 운영 비교

구분	운영 모델	주요 내용/시사점
미국	시장참여형	FERC Order 841(2018)을 통해 ESS의 도매시장 직접 참여를 허용하여 전력·용량·보조서비스 시장 접근이 가능해짐. 캘리포니아 ISO(CAISO)에서는 테슬라 Moss Landing BESS(400MW/1,600MWh)가 피크 시간대 수익의 약 60%를 용량시장 거래로 확보하며, 시장 효율성과 경쟁성 제고에 기여함[2][8]. ¹
영국	보조서비스 수익형	National Grid ESO의 Dynamic Containment(DC) 시장에서 고응답 자원에 프리미엄이 형성되고, 시간대별 단가 변동 폭이 확대되어 운영 전략과 참여 시점이 수익성에 직접 영향[3]. 2023년 기준 DC 입찰 데이터는 EAC 경매 플랫폼으로 이관되어 변동성을 중심으로 관리됨. ²
호주	계통안정·시장 통합형	Hornsedale Power Reserve (HPR/HPRX)가 FCAS(주파수 보조서비스)와 Grid Forming 기능을 통해 계통 안정성과 시장 효익을 동시에 입증. 남호주 전력계통의 주파수 안정화에 기여하며, 수천만 호주달러 규모의 시장편익을 달성한 것으로 평가됨[4]. ³
일본	보조금·지자체 병행형	중앙정부(27건, 346억 엔)와 도쿄도(180MW·595MWh, 130억 엔)의 다층적 보조로 독립형 BESS 투자가 촉진됨. 2024년에는 후쿠시마현 Fukushima Grid-Scale Storage Project(100MW)가 착공되며 지방정부 중심의 확산이 본격화됨[5][6]. ⁴

¹ Vistra Corp. Investor Relations, 2024; CAISO Blog, 2024.

² National Energy System Operator (NESO) – EAC Auction Portal, 2023.

³ ARENA & Aurecon, Year-2 Technical Performance Report, 2020.

⁴ Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) 공고문, 2024; Tokyo Metropolitan Government, Bureau of Environment, 2024.

이처럼 주요국은 자국의 시장 구조와 정책 환경에 맞춰 ESS의 역할과 수익모델을 다변화해 왔습니다. 제도적 접근은 다르지만, 저장자원을 시장 효율성 강화와 계통 안정성 확보의 핵심 축으로 활용한다는 방향은 일치합니다. 국내 역시 유사한 전환 흐름 속에 있으며, 향후 제도 정비와 정산 체계 고도화를 통해 운영 효율성과 시장 참여 기회 병행 형태로 발전할 것으로 예상됩니다[8][9].

국내 정책 및 시장 동향

유연성 자원 시장의 새 기준, 정산 구조

국내 전력정책의 방향은 분명합니다. ‘유연성 자원 확충’을 전력망 안정성과 운영 효율 제고의 핵심 축으로 설정하고, ESS를 이를 구현하는 주요 수단으로 규정하고 있습니다. 과거 ‘특례 인센티브 중심’ ESS 활용에서 벗어나, 이제는 정산 구조와 시장 기반의 실질적 평가·운영 체계로 전환되는 흐름이 나타납니다. 정책·제도·시장 이 세 축이 동시에 맞물리면서, ESS는 단순한 부하관리 기술을 넘어 전력망 안정성 확보를 위한 전략적 유연성 인프라로 진화하고 있습니다. 이런 구조는 현장의 운영 관점뿐만 아니라, 정책이 지향하는 ‘유연성 확보-시장 연계-안정적 정산’이라는 흐름과도 맞닿아 있습니다. 실제로 정부 정책은 재생에너지 확대에 대응해 ESS를 계통 안정화 및 수급 균형의 핵심 수단으로 규정하고 있으며, 이에 따라 제도 설계는 보조금 중심에서 시장·정산 구조 중심으로 점차 전환되고 있습니다.

- 정부 및 정책 초점 - 유연성 확보를 통한 시스템 안정화

정부는 재생에너지 비중 확대 및 그에 따른 변동성 증가를 고려해 ESS를 분 단위부터 일 단위까지의 전력 균형을 조정하는 유연성 자원으로 정의하고 있습니다. 「제11차 전력수급기본계획(2024-2038)」은 재생전원 출력 평준화·첨두부하 대응·주파수 안정화 등을 국가 에너지 전략의 양대 축으로 제시하며, ESS를 이에 대응하는 핵심 장치로 명시하였습니다[7]. 산업통상자원부 및 전력거래소가 발표한 ‘유연성 자원 로드맵(안)’은 2026년까지 ESS 중심의 유연성 시장 도입 및 실증 확대 계획을 담고 있습니다. 이는 보조금 기반 지원에서 시장 메커니즘 중심으로의 제도 전환을 반영하며, 향후 ESS가 전력시장 내 자원 참여자(Resource Participant)로 기능하게 될 기반을 만들고 있습니다[9][10].

- 요금·정산 구조 - 특례 중심에서 정산 기반형으로

ESS 사업성 기준은 빠르게 변화 중입니다. 과거 한전의 야간충전 할인 등 ‘특례요금제’가 핵심 인센티브였지만, 2023년 이후 신규 적용이 중단되고 요금 조정이 이뤄지면서 사업성의 중심축은 정산 구조로 이동하였습니다[8]. 이 흐름은 정부의 시장설계 개편·실시간화 추진과 함께 강화되고 있습니다. 현재 ESS 경제성에 영향을 주는 주요 요인은 다음과 같습니다.

- 수요요금(Demand Charge) - 최대수전전력 억제에 따른 절감 효과
- 시간대별 요금(TOU) - 충·방전 스케줄 조정에 따른 단가 차이
- 손실계수(Loss Factor) - 송전거리·부하 특성에 따른 실효단가 변동
- 부가정산항목(Additional Adjustment) - 보조서비스·DR 등 간접비용 항목 반영

이 네 요인의 상호작용은 부하 형태(평탄·첨두·불규칙형)에 따라 다르게 나타나며, ESS 설치 위치 및 운전 전략에 따라 실질 단가 차이를 만들어냅니다. 이에 따라 단순 요금 절감 접근이 아닌 정산 항목별 민감도 분석 및 데이터 기반 시뮬레이션이 ESS 투자 타당성과 운전 전략 수립의 표준 절차로 자리잡고 있습니다[8].

- 운영 및 시장 - 실시간 자원으로서의 전환

국내 유연성 자원 시장은 단계적 이행 로드맵을 따라 구체화되고 있습니다. 2024년 제주 실시간 시장 파일럿을 시작으로, 2025년에는 ESS 중양계약(1차 540MW, 15년 계약)이 체결되었으며, 2026년에는 유연성 자원 거래시장 시범 운영이 예정되어 있습니다. 이러한 일련의 정책은 ESS를 보조서비스 제공 단계에서 시장참여 자원으로 전환시키는 제도적 기반을 마련하고 있습니다[9][10].

국내 ESS의 역할은 정산 최적화 단계를 넘어 시장 기반 자원으로서의 전환을 향하고 있습니다. 이에 따라 ESS 운영 전략은 정산 효율과 실시간 제어를 결합한 통합형 모델로 발전하고 있으며, IEA(2024) 분석에 따르면 데이터 기반 제어가 기존 일반 운전 대비 정산 효율을 평균 8~12% 이상 개선하였다는 결과가 제시되었습니다[8]. 이러한 구조 하에서 ESS는 단순 부하관리 수단을 넘어 전력망 유연성 확보와 계통 안정화의 핵심 인프라로 자리매김하고 있습니다.

시사점 및 결론

실시간 유연성 시장, 새로운 성장 축

정부는 유연성 자원 확대를 전력정책의 핵심 축으로 설정하며 시장 기반의 참여 모델로 점진적 전환을 추진하고 있고, 이에 따라 ESS는 보조금 의존 단계를 넘어 정산 구조와 데이터 기반 운영 정밀도가 수익성을 좌우하는 새로운 경쟁 국면에 들어섰습니다. 동일한 용량이라도 부하 특성, 손실계수, 부가정산 항목의 조합에 따라 실효 단가가 달라지기 때문에 정산 구조에 대한 이해와 데이터 관리 역량이 실질적인 경쟁력으로 작동하며 향후 시장 체계가 정착되면 실시간 제어, 응답성, 신뢰성 등 기술 지표가 정산과 직접 연동되는 구조로 발전할 것으로 예상됩니다[8][9]. 이러한 변화 속에서 기업은 정책 리스크를 관리하면서 정산 항목별 민감도 분석과 실시간 제어체계 구축을 통해 데이터 중심의 운영 역량을 강화해야 하며 이는 단순한 효율 개선을 넘어 수익성과 안정성을 동시에 확보하기 위한 필수 조건이 되고 있습니다. 정부의 유연성 자원 확대 정책과 시장 기반의 참여 모델 전환은, 제주 실시간 시장(2024), ESS 중앙계약(2025), 유연성 시장 시범(2026)으로 이어지는 로드맵 안에서 구체화되고 있습니다[9][10]. 이와 같은 제도적 진전은 기업의 데이터 기반 운영 역량이 정책과 시장 성과로 직접 연결되는 구조를 만들고 있으며, 향후 ESS의 경쟁력은 설치 용량보다 정산 이해도·운영 정밀도·데이터 신뢰성에 의해 결정될 것입니다. 이를 뒷받침할 데이터 거버넌스 및 실시간 제어 지표(KPI)가 정책·시장 연계의 핵심 축으로 자리할 전망입니다.

이제 ESS는 보조적 기술이 아니라 분 단위에서 일 단위까지 전력망 변동을 흡수하고 계통 안정성을 유지하는 핵심 유연성 자원으로 자리매김하고 있으며 글로벌 주요국이 각자의 시장 구조 속에서 ESS의 경제성을 다각화해 온 것처럼 국내 역시 정책(유연성 확보)-정산(경제성 기반)-시장(실시간 운영)의 세 축이 정렬되는 전환기에 놓여 있습니다. 결국 현 단계의 경쟁 기준은 설치 용량이 아니라 정산 이해도, 운영 정밀도, 데이터 신뢰성으로 옮겨가고 있으며 이러한 구조적 변화는 ESS가 단순한 절감 수단을 넘어 시장 내 신뢰 가능한 자원으로 성장하는 중요한 전환점을 의미합니다[8][10]. 앞으로 제도의 구체화와 데이터 축적이 진행되면 ESS는 정산 최적화와 시장 참여를 결합한 실시간 유연성 플랫폼으로 진화하며 에너지 전환 시대의 핵심 자산으로 자리할 것입니다[8][9][10].

References

- [1] BloombergNEF. (2024). *Energy Storage Market Dynamics: Country Case Studies*. BloombergNEF.
- [2] Federal Energy Regulatory Commission. (2018). *Order No. 841: Electric Storage Participation in Markets Operated by RTOs and ISOs*. FERC.
- [3] National Grid ESO. (2025). *Dynamic Containment: Participation Results and Frequency Response Market Data*. National Grid ESO.
- [4] Australian Renewable Energy Agency (ARENA) & Aurecon. (2020). *Hornsedale Power Reserve: Year 2 Technical Performance Report*. ARENA/Aurecon.
- [5] Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). (2024). *FY2024 Battery Energy Storage Subsidy Program Overview*. METI.
- [6] Tokyo Metropolitan Government. (2024). *FY2024 Subsidy Scheme for Standalone Battery Energy Storage (BESS)*. Bureau of Environment, Tokyo Metropolitan Government.
- [7] 산업통상자원부. (2024). *제11차 전력수급기본계획(2024-2038)*.
- [8] International Energy Agency. (2024). *Electricity 2024: Analysis and Forecast to 2026*. IEA.
- [9] International Energy Agency. (2021). *Reforming Korea's Electricity Market for Net Zero*. IEA.
- [10] Korea Energy Economics Institute (KEEI). (n.d.). *전력계통 유연성 강화 방안*.

About Enel X

Enel X Global Retail is Enel Group's business line dedicated to customers around the world with the aim of effectively providing products and services based on their energy needs and encouraging them towards a more conscious and sustainable use of energy. A world leader in the field of energy supply, energy management services, and electric mobility to foster **electrification**, it accompanies all of its customers through their **energy transition**, developing value-creating solutions.

Enel X Global Retail offers an **ecosystem** of sustainable, efficient, easy-to-find, personalized products and services built around customer needs. Enel X Global Retail provides electricity, integrated and innovative energy services to more than **54 million** customers worldwide, specifically households, small offices, enterprises, and municipalities. Furthermore, around the world, it offers flexibility services aggregating **9.8 GW** and has installed around **3 million** lighting points as well as **30,500** owned public charging points for electric mobility.



Contacts

Hyeon Jeong Park, Ph.D.
hyeonjeong.park@enel.com

www.enelx.com/kr/ko

