

ESS 주요 이슈 및 인천시 대응방안

한 준 | 경제환경연구부 연구위원



배경과 목적

- 재생에너지 확대와 전력 수요 증가에 따라 전력계통의 유연성 확보가 중요한 정책 과제로 부상하고 있으며, 전력을 저장했다가 필요시 공급할 수 있는 에너지저장장치(ESS)는 재생에너지의 간헐성 대응과 계통 안정화의 핵심 수단으로 활용되고 있음
- 인천시는 항만·공항 산업단지 등 대규모 전력 수요가 밀집해 있고, 향후 해상풍력 개발 확대가 예상되는 지역으로서 전력계통 혼잡 완화와 전력 품질 관리를 위한 ESS 활용 전략 수립이 필요한 상황임
- 이에 ESS 관련 정책 동향과 활용 사례를 검토하고, 인천시 여건을 고려한 ESS 활용 전략과 정책 대응 방향을 제시하고자 함

정책제안

- 인천시는 ESS를 계통 안정, 산업 서비스, 해상풍력 연계 관점에서 단계적으로 추진할 필요가 있음
- 단기적으로는 공공부문 ESS 선도사업과 변전소·배전구간 병목 분석을 통해 ESS 후보지를 발굴하고, 입지·인허가·안전관리 체계를 선제적으로 마련하여 중앙계약시장 참여 기반을 구축할 필요가 있음
- 중기적으로는 남동산단 등 주요 산업단지를 중심으로 공동구독형 ESS 모델을 실증하고, 분산에너지 특화지역 모델과 연계하여 산업서비스형 사업성을 검증할 필요가 있음
- 장기적으로는 해상풍력과 연계된 변전소 주변에 대규모 ESS 허브를 구축하고 VPP·V2G 등 분산에너지 자원과 연계하며, 안전기준과 계통 병목 관리체계를 통해 지속가능한 ESS 확산 기반을 마련해야 함

1 ESS 개념 및 동향

■ ESS(Energy Storage System) 개념 및 용도

- 재생에너지 확산에 따라 재생에너지의 간헐성을 보완하기 위해 ESS(Energy Storage System: 에너지저장장치)가 각광받고 있음
 - (간헐성) 태양광 설비가 낮에만 발전하거나 풍력 터빈이 바람이 불 때만 발전하는 것처럼 외부 요인에 따라 발전량이 크게 달라지는 특성을 의미함
- ESS는 전력을 저장했다가 수요가 많은 시간대에 다시 공급하는 설비로서 충·방전을 반복하며 전력 계통의 유연성을 높이는 핵심 수단임. 특히 재생에너지를 통해 생산한 전력을 저장했다가 필요 시 방전할 수 있다는 점에서 재생에너지와 더불어 필수 설비임
- 아울러 ESS는 전력 계통의 주파수를 60Hz로 일정하게 유지하여 전력품질을 유지하는 목적(주파수 조정용)으로도 활용될 수 있음
 - 기존의 전통적인 발전기를 통해 전력 수급 균형을 맞추려면 출력 증·감발을 하는데 수 초에서 수 분이 소요되는 반면, ESS(BESS, 플라이휠)는 매우 짧은 시간(0.2초 이내)에 제어가 가능하기 때문에 전력 수급 균형 유지에 유리함
- 엄밀하게는 ESS와 BESS를 구분할 수 있음. ESS는 양수발전·열저장·플라이휠 등을 포함하는 포괄적인 개념이며, BESS(Battery Energy Storage System: 배터리 에너지저장장치)는 배터리를 활용한 에너지저장장치를 의미함
 - (양수발전) 전력 수요가 적은 시간에 물을 상부로 끌어올려 저장했다가 필요시 낙하시켜 발전하는 방식으로, 대표적인 장주기 저장 수단이며, 전 세계적으로 가장 비중이 큰 ESS 유형임
 - (플라이휠(Flywheel)) 회전 운동 에너지를 저장했다가 단시간 고출력으로 방전하는 저장수단임
- 기존 문헌과 자료에서는 BESS를 엄밀히 구분하지 않고 일반적으로 ESS라는 표현을 많이 사용하고 있으며, 본 원고에서도 이러한 문헌 관행을 따르되, 필요한 경우 BESS라는 표현을 사용함

■ ESS의 종류 및 구성

- ESS는 리튬이온 배터리를 주로 사용하는데, 리튬이온 배터리는 크게 NCM(Nickel Cobalt Manganese: 니켈코발트망간) 계열과 LFP(Lithium Iron Phosphate; 리튬인산철) 계열로 구분되며, 최근 고정형 ESS에서 LFP 방식이 빠르게 확대되고 있음

- (NCM 계열) 에너지 밀도가 높고 고출력을 낼 수 있어 전기차, 고성능 IT 기기, 프리미엄 ESS 등에 주로 사용됨. 다만 니켈, 코발트 비용이 높고 열 안정성이 낮아 화재 가능성이 존재하는 단점이 있음
- (LFP 계열) 에너지 밀도는 상대적으로 낮으나 열 안정성이 높고 수명이 길며, 가격 경쟁력이 있어 보급형 전기차나 고정형 ESS에 적합함
- ESS는 배터리, BMS(Battery Management System), PCS(Power Conversion System), EMS(Energy Management System)로 구성됨
 - (배터리) 전력을 저장하는 핵심 장치
 - (BMS) 배터리 상태를 제어하는 장치로서, 배터리 전압·전류·온도를 감시하여 과충전과 과방전을 방지하고 수명을 보호
 - (PCS) 배터리에 전기를 저장하거나 저장된 전기를 방출할 때 전기 특성(직류↔교류)을 변환하는 장치
 - (EMS) 배터리나 PCS 상태를 모니터링하고 제어하는 시스템으로, PCS와 BMS를 연동하여 충·방전 시간과 용량을 제어하고 최적의 효율로 데이터를 분석·운영

■ 글로벌 ESS 규모 및 투자

- 2023년 기준 글로벌 ESS 용량에서 양수발전이 가장 큰 비중(179GW¹⁾)을 차지하고 있으며, 배터리 저장장치는 빠르게 확대되고 있음
- 배터리 저장장치는 계통 안정, 재생에너지 연계, 피크 저감, 전력 품질 관리 등 다양한 용도로 확대되고 있음. 2023년 기준 전 세계 배터리 저장 용량은 55.7GW에 달했으며, 중국이 27.1GW, 미국 16.2GW, 영국 3.6GW 순으로 나타났고, 한국은 1.1GW 수준임²⁾³⁾
- 2023년 기준 전 세계 배터리 투자 규모는 363억 달러이며, 중국 145억 달러, 미국 96억 달러, 독일 33억 달러로 나타남⁴⁾

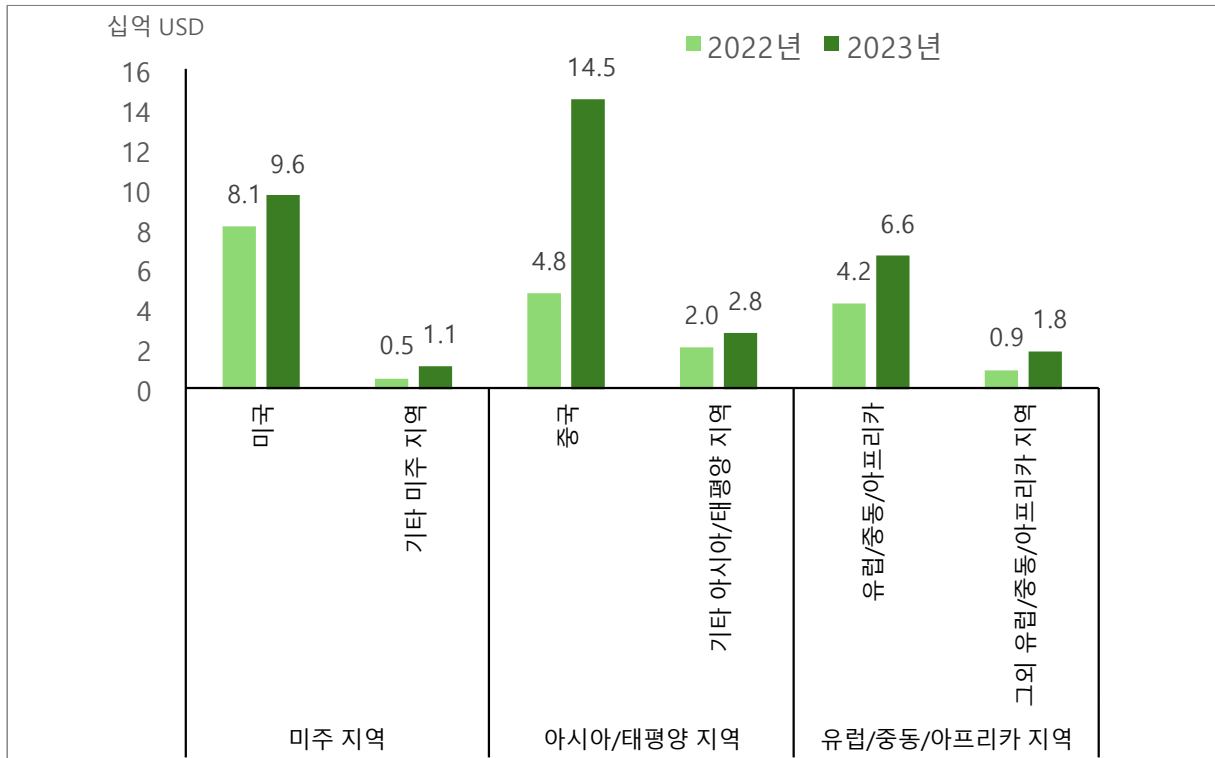
1) REN21 홈페이지 (<https://www.ren21.net/>)

2) REN21 홈페이지 (<https://www.ren21.net/>)

3) ESS 단위 표기와 관련해 출력(예; MW) 규모 방식과 저장용량(예; MWh) 규모 방식이 있음. 전자의 경우는 ESS가 순간적으로 얼마만큼의 전력을 공급할 수 있는지를 의미하고, 후자의 경우는 ESS가 얼마만큼의 전기를 저장할 수 있는지를 의미함. ESS 단위 표기에 있어 계통 안정을 목적으로 ESS가 활용되는 경우에는 출력 규모로 나타내는 것이 중요하고, 재생에너지 연계 등의 경우는 저장용량 규모로 나타내는 것이 중요함

4) REN21 홈페이지 (<https://www.ren21.net/>)

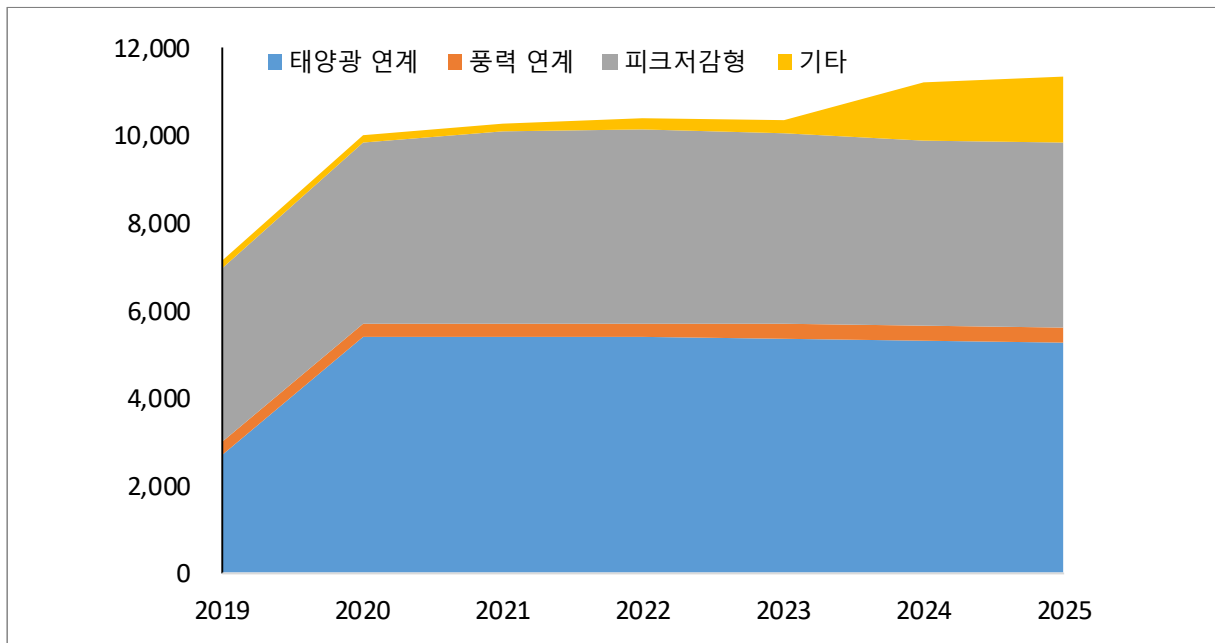
[그림 1] 글로벌 BESS 투자



출처: REN21 홈페이지 자료를 바탕으로 작성 (<https://www.ren21.net/gsr-2024/>)

- 국내 ESS 현황을 보면, 2020년 이후 증가폭이 크지 않다가 2024년에 기타 용도 중심으로 소폭 증가했으며, 태양광 연계형과 피크 저감형이 대부분을 차지함

[그림 2] 발전자원별 국내 ESS 누적 현황 (단위: MWh)



주. 기타에는 연고용 및 주파수 조정용, 비상용, 에너지저장 등 포함

출처: 공공데이터포털 홈페이지 (<https://www.data.go.kr/data/15086616/fileData.do>)

■ ESS의 수익구조 유형

- ESS는 전력 차익(낮은 전력 가격에 충전했다가 높은 가격대에 방전함으로써 이익을 얻는 것), 피크 저감 수익(전력 수요 피크 시 방전해서 요금을 절감하는 것), 보조서비스 수익(주파수 조정 등을 통한 그리드 안정화), 용량 가치(전력 공급 능력) 등 다수의 수익원을 기반으로 수익을 창출하는 구조(Revenue Stacking)로 운영되고 있음
- 이러한 ESS의 수익 구조는 시장 가격이나 제도 변화에 민감하기 때문에, 중앙계약시장 같은 장기계약이나 구독형·서비스형 요금 모델을 결합하는 방식이 유리함
 - (ESS 중앙계약시장) 재생에너지 출력제어 완화, 송전계통 혼잡 완화, 계통 안정성 확보를 위해 정부가 ESS 중앙계약시장을 열어 관리하고 있음
 - (구독형 ESS 요금 모델) 초기 대규모 설치 비용 부담 없이 월 구독료를 내고 배터리 장치와 관리서비스를 이용하는 비즈니스 모델

■ 화재·열폭주 등의 안전리스크 이슈

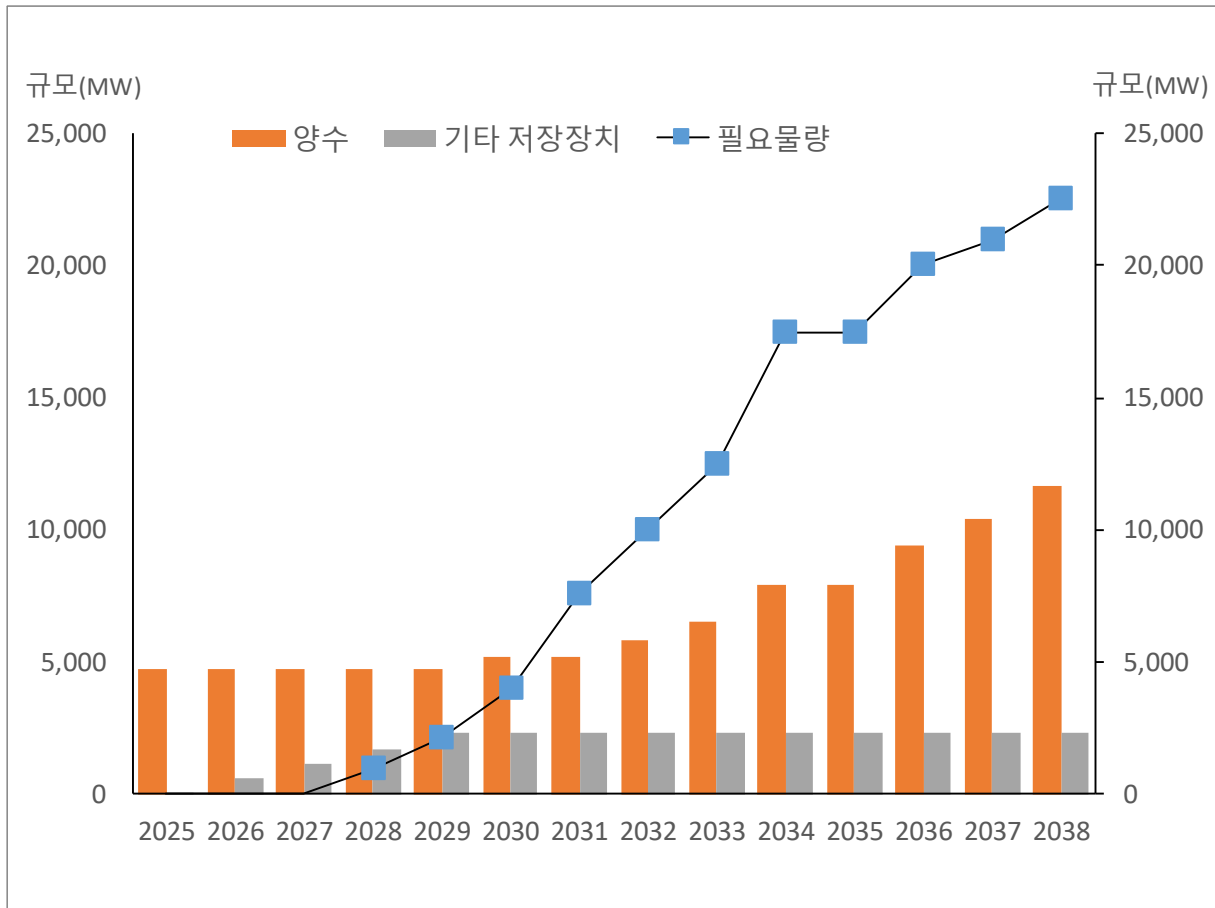
- BESS에서 핵심적인 안전 관련 이슈는 열폭주(thermal runaway) 현상이며, 이는 연쇄 발화와 폭발로 이어질 수 있음
 - 열폭주는 리튬이온 배터리 등에서 내부 화학 반응으로 발생한 열이 온도를 더욱 상승시켜 수 초 내 1,000℃ 이상으로 치솟는 현상을 말하며, 과충전, 외부 충격, 고온 노출 등이 주요 원인이며, 진화가 어려워 대형 재난으로 이어질 수 있음
- 국제적으로 UL 9540A(열폭주 전파 시험)와 NFPA 855(ESS 설치 안전기준) 등을 중심으로 설계·시험·소방 대응을 요구하는 흐름이 강화되고 있으며, 국내에서도 과거 ESS 화재 이슈 이후 안전 강화 논의가 지속되어 왔음
- 안전 문제는 기술적 리스크를 넘어 주민 불안, 인허가 지연, 보험료 상승, 금융 조달 악화로 이어질 수 있으므로, 입지 및 이격거리 고려, 소방 접근성 확보, 원격 모니터링 및 비상 대응 계획을 통합적으로 설계할 필요가 있음

2 ESS 관련 국내 정책 및 사업

■ 전력수급기본계획상 저장설비 확충 방향

- 11차 전력수급기본계획에서는 양수발전과 BESS 등 저장설비 확충 방향을 제시하면서 장주기 저장 수요 증가에 대응하기 위해 양수발전과 BESS를 병행하는 구조를 제시하고 있음
 - 양수발전은 대용량·장주기 저장 측면에서 여전히 중요하며, BESS는 빠른 응답 속도와 입지 유연성을 바탕으로 계통 안정과 출력 제어 완화에 유리
- 양수발전은 현재 7개소(4.7GW) 중심으로 운영되고 있으며, 제9차·제10차 전력수급기본계획에 따라 신규설비 5.7GW에 대한 사업자를 선정한 상태임
 - 9차 전력수급기본계획에서 영동(500MW), 홍천(600MW), 포천(700MW) 계획을 제시함
 - 10차 전력수급기본계획에서 우선사업자로 구례(500MW), 합천(900MW), 예비사업자로 곡성(500MW), 금산(500MW), 봉화(500MW), 영양(1,000MW)을 선정

[그림 3] ESS 관련 필요 물량 및 계획 (누적 기준)



출처: 11차 전력수급기본계획상 내용을 바탕으로 작성

■ ESS 중앙계약시장

- 정부는 재생에너지 출력 제어 완화, 송전계통 혼잡 완화, 계통 안정성 확보를 위해 ESS 중앙계약시장을 도입하였으며, 이는 전력거래소 입찰을 통해 사업자를 선정하고 장기계약을 체결하는 구조임
 - 국내에서는 제주도를 중심으로 재생에너지 출력 제어 사례가 지속적으로 증가하고 있으며, 향후 육·해상풍력 확대에 따라 수도권 및 서해안 지역에서도 출력제어가 발생할 가능성이 높음
- 기존 민간 중심의 ESS 사업이 자유 입지 기반의 수익 사업 성격이 강했다면, 중앙계약시장형 ESS 사업은 지정 변전소를 중심으로 한 계통 관리 목적이 강함
 - 변전소는 전력계통에서 상위 전압을 하위 전압으로 낮추거나 여러 송전선로가 모이는 결절점 역할을 수행하는 곳으로, 송전의 병목지점으로 될 수 있음. 이에 ESS를 설치함으로써 계통 혼잡 문제를 완화할 수 있음
 - 산업단지(민간사업이 구독형 모델 등)나 공공시설(지자체 혹은 기관 자체 사업 등), 자가소비(태양광 연계 ESS 등) 등의 수요 기반 ESS는 중앙계약시장을 통하지 않고 별도의 민간 혹은 지자체 중심 사업으로 추진되고 있음

[표 1] 중앙계약시장 ESS와 일반 ESS 비교

구분	중앙계약시장 ESS	일반 ESS
목적	계통 안정	비용 절감 / 서비스
주도	정부	민간, 지자체
위치	변전소 중심	수요지 중심
수익	장기 계약	시장/요금
예시	계통 ESS	산단 ESS, 공공 ESS 등

- 1차 ESS 중앙계약시장에서는 전남, 광주, 전북, 강원, 경북 등 5개 시·도 129개 계통관리 변전소를 입찰 대상으로 설정하였으며, 총 51건의 제안서를 접수받아 최종적으로 전남 7개소(523MW), 제주 1개소(40MW)에 대한 ESS 구축을 확정하였고, 2026년 말까지 완료할 예정임⁵⁾

5) 장재진, "전남 7곳 · 제주 1곳 563MW 규모 ESS 구축 최종 확정", 투데이에너지, 2025.08.02.

[표 2] 2025년 1차 중앙계약시장 ESS 입찰 결과

사업자	사업지	설비용량		참여사	배터리사
		MW 기준	MWh기준		
남부발전	전남 진도	48	288	BEP	삼성SDI
BS한양	전남 고흥	96	576	남부발전	삼성SDI
BS한양	전남 광양	96	576	남부발전	LG에너지솔루션
탑솔라	전남 영광	80	480	전남개발공사	삼성SDI
탑솔라	전남 무안	80	480	전남개발공사	삼성SDI
KCH	전남 안좌	96	576		삼성SDI
한국수력원자력	전남 읍동	29	174	한국전력기술, 이지스	삼성SDI
SK이터닉스	제주 표선	40	240	KKR	LG에너지솔루션

출처: 정재원, [단독] 중앙계약시장 ESS 입찰 결과...남부발전·한양 등 8곳 선정, 전기신문, 2025.7.23.

- 1차 계약시장 입찰에서 전남 지역이 사업지로 다수 선정된 것은 전남의 풍부한 재생에너지 출력과 이에 따른 대량 ESS 수요, 다수의 변전소 입지, 지자체의 적극적인 행정 지원 등을 기반으로 한 것임
 - 전남 지역에는 태양광·풍력 등 재생에너지 비중이 높아 전력계통에서 잉여 전력이 많이 발생하며, 이에 따라 출력 제어 이슈가 확대되어 ESS 수요가 높은 상황임
 - 대상이 된 129개 변전소 중 46개가 전남 지역에 소재함⁶⁾
 - 전남은 정부에 ESS 중앙계약시장 도입 확대를 지속적으로 건의해 왔으며, 제11차 전력수급기본계획에는 호남 지역 계통 안정 이슈 대응 수단으로 BESS 조기 투입을 고려하는 내용이 반영되었음
- 2026년 발표된 2차 ESS 중앙계약시장은 2027년까지 총 540MW(육지 500MW, 제주 40MW) 규모의 ESS 구축을 목표로 하고 있으며, 최근 사업자 및 사업지 선정을 완료함

[표 3] 2026년 2차 중앙계약시장 ESS 입찰 결과

발전사/사업자	사업지	설비용량(MW 기준)	배터리사
SK이노베이션 E&S	전남 읍동	96	SK온
SK이노베이션 E&S	전남 운남	92	SK온
남부발전	전남 남창	96	SK온
남부발전	전남 진도	66	삼성SDI
중부발전	전남 화원	96	삼성SDI
남동발전	전남 해남	79	LG에너지솔루션
탑솔라	제주 표선	40	삼성SDI

출처: 정재원, [단독] SK이노베이션E&S·남부발전 ESS 2차 입찰서 '복수 수주' 성공, 전기신문, 2026.2.12.

- ESS 중앙계약시장에 참여하는 사업자는 자금 조달, 인허가, 부지 확보 등을 두고 경쟁하므로, 지자체는 후보 부지, 인허가, 주민 수용성, 소방 대응 체계 등을 사전 준비하여 참여 비용을 낮출 필요가 있음

6) 오승지, 전남도, 1조원 규모 ESS 중앙계약시장 물량 대거 확보, 전기신문, 2026.2.23.

- 아울러 ESS 중앙계약시장은 계통 관리 목적이 강하므로 관내 변전소나 계통 구간의 병목지점을 분석할 필요가 있음
- 인천시의 경우 향후 해상풍력 연계 변전소, 송도·영종·청라 등 대규모 부하 증가 지역, 산업단지 주변의 전력 품질 민감 수요를 중심으로 선제적으로 분석하고 준비할 필요가 있음

■ 공공기관 ESS 설치의무화제도

- 「공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정」에 따라 공공기관 중 계약전력 1,000kW 이상의 기존 건축물 및 2,000kW 이상의 신축 건축물⁷⁾은 계약전력의 5% 이상에 해당하는 ESS를 의무적으로 설치해야 함⁸⁾
- 그러나 예산 부족, 안전 우려, 유지관리 부담, 경제성 부족 등이 복합적으로 작용하여 실제로는 미설치되거나 저활용되는 사례가 적지 않음⁹⁾¹⁰⁾

7) 여기서 신축건축물은 건축허가 신청일이 2023년 8월 1일 이후의 건축물임

8) 다음 사항은 제외임. 임대하거나 임차한 건축물, 발전시설(집단에너지 공급시설 포함), 전기공급시설, 가스공급시설, 석유비축시설, 상하수도시설 및 빗물 펌프장, 버스, 철도, 지하철 시설 및 공항, 병원, 초·중·고등학교, 노인복지시설, 최대 피크전력이 계약전력의 100분의 30 미만인 시설, 신재생에너지 설비의 용량이 계약전력의 5% 이상 설치된 시설(단, 타 법령에 따라 의무적으로 설치한 용량은 제외), 그 밖에 전력피크대응 건물, 에너지저장장치(ESS) 설치에 따른 피크전력 저감 및 전기요금 절감 효과가 미미한 시설 등으로서 산업통상자원부장관이 인정하는 시설

9) 박준영, 「[2025 국감] 주요 에너지 공공기관, ESS 설치해도 사용 안 해」, 환경일보, 2025.10.23.

10) 임재영, 「공기관 3곳 중 2곳 ESS 미설치…예산 부족·화재 위험에 의무화 미온적」, 뉴시스, 2025.12.09.

3 국내외 ESS 활용 사례

■ 뉴욕시 퀸즈 롱아일랜드시티(Long Island City) 사례

- 롱아일랜드시티에서는 뉴욕시 핵심 전원으로 활용되던 Ravenswood 화력발전소를 철거하고, 해당 부지에 316MW(2,528MWh)급 리튬이온 배터리 저장 시스템을 구축함. 이는 기존 전력인프라를 바탕으로 대도시 핵심부의 계통 유연성을 확보하기 위한 것으로 전력 차익보다는 계통 혼잡 완화와 전력 피크 대응 목적이 큼
- Ravenswood 발전소 부지는 과거 화력발전소가 위치했던 곳으로 변전 및 계통 인프라가 이미 집적되어 있어, 부지 확보, 인허가, 민원 측면에서 어려움이 상대적으로 적은 장점이 있었음

■ 로스앤젤레스 Eland 프로젝트 사례

- LA 수도전력국(Los Angeles Department of Water and Power)이 추진한 Eland 프로젝트는 기존 가스발전소 부지에 태양광 400MW와 ESS 1,200MWh를 설치한 사업임. 낮 시간 태양광으로 생산한 전력을 ESS에 저장했다가 야간에 공급하는 방식으로¹¹⁾ 주로 피크 대응 및 재생에너지 간헐성 대응을 목적으로 활용됨
- 2024년 12월 Eland 프로젝트 1단계가 완료되었으며, 현재 2단계가 추진 중임. LA 수도전력국은 민간 개발사업자(Arevon)와 장기 PPA(Power Purchase Agreement, 전력수급계약)를 체결하였음

■ 싱가포르 주룽섬(Jurong Island) 사례

- 싱가포르 주룽섬에는 에너지 기업인 Sembcorp를 통해 285MWh 규모의 ESS가 설치되어 2022년 12월부터 운영되고 있음
- 주룽섬은 정유·석유화학·항만 등 국가 핵심 산업 인프라가 집적된 지역으로, 정전이나 전력 품질 저하 발생 시 큰 피해가 예상됨. 이에 전력 차익보다는 정전 예방, 계통 안정, 예비력 확보 측면에서 ESS를 활용하고 있음

11) Los Angeles Mayor's Office, "LA's Clean Energy Future: Mayor Bass Opens One of the Country's Largest Solar and Battery Energy Storage Projects", 2024.7.24.
American Public Power Association, "Los Angeles Mayor Announces Completion of LADWP Solar Plus Storage Project", Public Power, 2024.7.25.

■ UK Power Networks(UKPN) 사례

- 지자체가 ESS 설치나 망 증설을 직접 수행하는 것이 아니라, 배전망 운영자(Distribution Network Operator, DNO)가 필요한 시점과 위치에 유연성 자원(ESS, DR 등)을 구매할 수 있는 로컬시장을 개설하고, 민간 ESS나 VPP(Virtual Power Plant: 가상발전소)의 참여를 유도한 모델로서 설비 자체보다 조달 메커니즘에 기반한 구조임
 - 영국 UKPN은 런던과 영국 동남부 및 동부 지역의 전력 배전망 운영자임
 - DR(Demand Response: 수요반응)은 전력 수급이 불안정하거나 전력 가격이 높은 시간대에 소비자가 전기 사용량을 줄이고 이에 대한 금전적 보상을 받는 제도임
 - VPP(Virtual Power Plant: 가상발전소)는 재생에너지와 ESS 등을 통합하여 발전소와 같은 역할을 수행할 수 있도록 하는 개념임
- 특정 시간과 장소에 ESS, DR, 전기차가 ‘Availability(대기)+Utilisation(호출)’로 참여

■ 네덜란드 위트레흐트(Utrecht) V2G 실증 사례¹²⁾

- EU 최초의 대규모 ‘V2G 카셰어링’ 서비스로, 전기차 배터리를 도시의 분산자원으로 활용하는 모델임. 고정형 ESS가 아닌 전기차를 활용하여 낮시간 잉여 태양광 전력을 충전하는 방식임
- 주요 참여 주체로 위트레흐트시, 르노 그룹(Renault Group), We Drive Solar, MyWheels 등이 있으며, 초기에는 르노 5 E-Tech 50대로 시작하여 향후 V2G(Vehicle to Grid) 차량 500대 공급을 목표로 하고 있음
 - (V2G: Vehicle to Grid) 전기차와 같은 충전식 차량이 전력망과 연결되어 전력을 저장·방출할 수 있는 개념으로, 전기차를 단순한 이동수단을 넘어 에너지저장장치(ESS)로 활용하는 방식임
- 위트레흐트시는 ‘세계 최초의 양방향 도시’를 목표로 실증 사업을 적극 추진 중임

■ 국내 ESS 기반 분산에너지 특화지역 모델 사례

- 분산에너지 특화지역은 「분산에너지 활성화 특별법」에 따라 지역에서 생산된 에너지를 해당 지역에서 소비하는 ‘지산지소’를 목표로, 소규모 재생에너지 및 분산형 발전설비가 밀집된 지역에 규제 특례를 적용하는 구역을 의미함

12) 김재웅, [V2G, 미래를 충전하다] ① 오랜 실증 거쳐 상용화 단계로, V2G 사업화 시작, 전기신문, 2025.08.20.

- 기후에너지환경부는 2025년 11월 5일 분산에너지 특화지역 7곳을 발표하였으며, 그중 경기도 의왕, 부산 강서, 제주, 전남이 ESS를 포함하는 모델을 제시함. ESS는 재생에너지 저장 및 활용 확대, 계통 안정, 전력 거래 실증을 가능하게 하는 핵심인프라임
- 경기도 의왕, 부산 강서, 제주, 전남 사례를 각각 살펴보면 다음과 같음

■ 부산 분산에너지 특화지역 모델¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾

- 분산에너지 특구 유형 중 ‘신산업활성화형’으로, 대규모 ESS Farm과 마이크로그리드를 결합해 재생에너지 전력을 저장하고 인근 수용가(산업단지, 데이터센터, 항만)에 공급하는 모델임. 대규모 구독형 ESS 플랫폼 모델에 해당함
- 사업자가 BESS 구축 비용을 부담하고, 기업은 초기 비용 부담 없이 요금 지불을 통해 구독형 서비스를 이용함. 이에 따라 사업자는 구독료 및 전력 거래 수익을 확보하고, 기업은 안정적인 전력 공급을 확보하며, 한전은 송전선로 과부하를 완화할 수 있음
- 대응량 집적화와 개별 기업의 계절별·시간대별 전력 사용 패턴을 반영한 효율적인 총·방전 운영을 통해 전체 전력 수요를 관리함. 이에 따라 개별 기업이 단독으로 ESS를 설치할 경우보다 피크 저감 및 비용 절감 효과가 크며, 전력망을 통해 원거리 지역에도 전력 공급이 가능함
- 무정전전원공급(Uninterruptible Power Supply: UPS) 기능을 통해 데이터센터, 반도체·디스플레이 제조업체 등 정전에 민감한 시설에 안정적인 전력 서비스를 제공할 수 있음
 - (UPS) 상용 전원이 차단되거나 전압 변동이 발생할 경우, 내장된 배터리를 통해 즉각적으로 전원을 공급하여 설비 중단이나 데이터 손실을 방지하는 장치
- (설비) LFP 배터리를 활용한 에너지저장장치 500MWh
 - 2027년까지 250MWh, 2030년에 500MWh까지 확대 계획
- (사업기간) 2026~2030년
- (사업비) 2,094억원

[표 4] 부산 분산에너지 특화지역

위치	면적	사업자
에코델타시티 열원부지 (부산광역시 강서구 명지동 2041-6 일원)	49.9km ² (1,511만 평)	부산정관에너지, (주)누리플렉스, LG CNS, 한전 KDN

13) 김진후, [분산특구 벤치마크 7] ③부산, 대규모 ESS Farm으로 ‘강서 스마트그리드’ 개척, 전기신문, 2025.09.19.
 14) 오수희, 부산 ‘분산 에너지 특구’ 지정…통합 에너지 플랫폼 구축(종합), 연합뉴스, 2025.11.05.
 15) 기후에너지환경부, ‘전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정’, 2025.11.05.

[그림 4] 부산 분산에너지 특화지역 사업모델 구조도



출처: 김진후, [분산특구 벤치마크 7] ③부산, 대규모 ESS Farm으로 '강서 스마트그리드' 개척, 전기신문, 2025.09.19.

■ 의왕 분산에너지 특화지역 모델¹⁶⁾

- 신산업활성화형 모델로서 의왕 무민공원 내에 태양광 발전설비, ESS, 전기차충전소를 연계한 마이크로그리드를 구성하여, 태양광 전력을 ESS에 저장했다가 전기차 충전에 활용하는 모델임

[표 5] 의왕 분산에너지 특화지역

위치	면적	사업자
의왕시 학익동 일대	9.45km ² (286만 평)	LS 일렉트릭, LS 사우타

■ 제주 분산에너지 특화지역 모델¹⁷⁾

- 신산업활성화형 모델로서 60MW BESS를 비롯해 36MW V2G, VPP, P2H가 포함된 모델임. 제주도 전역(1,850km², 55,902만 평)을 대상으로 추진되며, 사업자는 현대자동차, 제주에너지공사 등임
 - V2G(Vehicle to Grid) 전기차 배터리를 BESS처럼 활용해서 전력거래시장에 참여
 - VPP(Virtual Power Plant; 가상발전소) 재생에너지, ESS 등을 통합하여 발전소 같은 기능을 수행하고 전력시장에 참여하는 모델
 - P2H(Power to Heat) 재생에너지 잉여 전력을 히트펌프를 활용해 열에너지로 전환하는 기술

■ 전남 분산에너지 특화지역 모델¹⁸⁾

- 수요유치형+신산업 활성화형 모델로서 데이터센터 유치 및 산업 마이크로그리드를 구축하는 모델임. 전남 전역(12,363km², 373,855만 평)을 대상으로 수행되며, 사업자는 보성산업(데이터센터) 및 미정(차세대 전력망)임

16) 기후에너지환경부, '전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정', 2025.11.05.

17) 기후에너지환경부, '전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정', 2025.11.05.

18) 기후에너지환경부, '전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정', 2025.11.05.

■ 시사점

- 해외 사례에서 ESS가 단순한 전력 저장 설비가 아니라 전력계통 유연성 확보를 위한 핵심 인프라로 활용되고 있는 것과 같이, 인천시도 단순한 ESS 설비 보급을 넘어 변전소, 산업단지, 항만 등의 전력계통 핵심 거점을 중심으로 계통 안정과 전력 품질 확보를 지향하는 ESS 전략을 설계해야 함
- ESS는 재생에너지, 수요관리, 전력시장과 결합된 통합 시스템으로 구축할 때 효과가 더욱 커지기 때문에 ESS를 단독 설비로 접근하기보다 산단 태양광, DR(Demand Response: 수요반응), EMS(Energy Management System; 에너지관리시스템), VPP(Virtual Power Plant; 가상발전소) 등과 연계한 통합형 에너지 시스템으로 확장하는 전략이 필요함
- 최근 ESS가 전기차(V2G) 등 분산형 자원으로 확장되는 추세에서 보듯이, 향후 인천시도 전기차·공공차량·충전 인프라를 활용한 분산형 에너지 자원까지 포함하는 다층적 ESS 전략으로 발전시킬 필요가 있음

4 인천시 ESS 활용 사례

■ 덕적에코아일랜드 사업

- 인천시는 2011~2018년 동안 덕적도 일원을 대상으로 태양광·풍력 등 신재생에너지와 ESS를 기반으로 한 신재생에너지 마을 조성을 추진하였음¹⁹⁾
- 1단계 사업(2012~2015년)은 주택·공공시설 중심의 분산형 설비를 구축하고, ‘그림흙빌리지’ 사업을 통해 108가구에 태양광(3kW)을 보급하는 등 지역 5개 발전사 기탁금(30억 원)과 신재생에너지 융·복합 지원사업 지원금(23억 원) 등을 활용하여 신재생에너지 설비를 설치함
 - 주민자치센터 등에 태양광 144kW, 풍력 33kW, 지열 35kW, ESS 50kWh 등을 설치하고 태양광 보안등, 태양광 버스정류장, 태양광 자전거 공기주입기, 전광판 설치 및 해양에코홍보관을 신축함
- 2단계 사업(2015~2018년)은 KT 컨소시엄 사업(176억 원)과 협업사업을 연계해 태양광 0.5MW, 풍력 1.5MW, ESS 6MWh 설치를 추진했으나, 계획대로 진행되지 못하고 신재생에너지 비중 8.9% 수준에서 중단됨²⁰⁾
- 이를 통해 ESS 설비 설치 자체보다 장기간 안정적으로 운영 가능한 사업모델 발굴이 중요하다는 점을 확인함
 - 안정적인 ESS 사업 구조 마련, 명확한 운영 주체 설정, 주민 수용성 확보, 유지관리 체계 구축, 인허가 및 계통 확보 등이 필요함

■ 용진군 신재생에너지 융·복합 지원사업

- 정부의 신재생에너지 융·복합지원사업에 인천시 백아도(2013년), 덕적도(2014년), 지도(2015년), 석모도(2016년)가 선정되었고, 백아도(1,125KW), 지도(428kWh)에 ESS가 설치되었음

■ 그 외 인천 소재 공기업 설치 사례

- (인천국제공항 ESS) 2015년 인천국제공항공사는 정부의 ‘스마트그리드 보급지원사업’에 참여해 2MWh 규모의 ESS를 설치해 운영하고 있음
- (한국남동발전 영흥화력발전소 ESS) 2016년 4MW 준공, 2017년 4MW 준공

19) 산업통상자원부, “대한민국 섬, 친환경 에너지 자립섬으로 탈바꿈!”, 2015.7.6.

20) 박상현, 53억 들인 인천 덕적도 풍력단지, 전기 한번 못 만들고 홍물로, 조선일보, 2024.2.27.

■ 시사점

- 이처럼 인천시 ESS 사업은 일부 도서 지역의 개별 사업이나 공공사업 중심으로 추진되었으며, 선도적으로 ESS 사업을 추진하고 있는 타 지자체에 비해 계통 중심의 대규모 ESS 전략이나 산업·시장 연계형 모델은 아직 초기 단계라 할 수 있음
- 이는 아직 인천시가 재생에너지 비중이 상대적으로 낮고 출력제어 문제가 크지 않았기 때문이라 할 수 있음
- 그러나 향후 해상풍력 발전과 수도권 전력수요 증가로 인해 인천시에서의 ESS 수요가 급증할 것으로 예상되며, 향후 인천시만의 ESS 전략 수립이 필요할 것임

5 인천시 ESS 대응방안

■ 인천시 ESS 대응 방향

- 인천시는 항만·공항·산업단지 등 대규모 전력 수요가 밀집해 있고, 향후 대규모 해상풍력 개발로 전력 공급 기반이 조성될 예정임. 이에 따라 출력 제어, 계통 혼잡 완화, 무정전 및 요금 최적화 수요가 증가할 것으로 예상되므로 ESS 관련 전략 수립이 중요함
- 덕적도 에코아일랜드 사례에서 보듯이, ESS 전략은 단순한 설비 설치나 보급 확대 수준을 넘어 계통 혼잡 완화, 산업 수요 대응, 안전 및 주민 수용성 관리, 수익구조(요금제·구독료, 보조서비스 등) 확보 등을 종합적으로 고려할 필요가 있음
- 인천시의 ESS 전략은 계통 안정, 산업 서비스, 해상풍력 연계 측면에서 접근할 수 있음
- 단기적으로는 공공부문 ESS 선도사업을 확대하고, 정부 ESS 중앙계약시장과 연계하여 변전소·배전구간 병목지점 분석을 바탕으로 ESS 후보지를 발굴하며, 입지·인허가·안전관리 체계를 선제적으로 마련해 중앙계약시장 참여 기반을 조성할 필요가 있음
- 중기적으로는 남동산단 등 주요 산업단지를 중심으로 공동형·구독형 ESS 모델을 실증하여 피크 저감, 무정전 전원공급, 수요 관리 등 산업 서비스형 모델의 사업성을 검증할 필요가 있으며, 신산업활성화형과 공급자원형 결합 비중을 변화시켜 가는 분산에너지특화지역 모델 실증을 추진해 볼 수 있음
- 산업단지에서 ESS 도입을 고려하는 경우, 개별 중소기업 입장에서는 ESS 초기 투자비용을 혼자 감당하기는 쉽지 않기 때문에 부산 분산에너지 특화지역 사례와 같이 산단 공동 구독형 ESS 방식으로 접근하는 것이 유리함
 - 기업이 ESS 설비를 직접 구매·운영하지 않고, ESS 사업자가 구축·운영을 담당하며 기업은 일정 구독료 또는 서비스 이용료를 지불하는 방식
- 장기적으로는 해상풍력 연계 변전소 주변에 허브형 ESS를 단계적으로 구축하고, 이를 VPP, V2G, 분산에너지 특화지역 모델과 연계하는 방향으로 확장해 볼 필요가 있음
- 안전 기준을 사전에 마련하고 전력망으로 병목 구간을 관리해 사업이 늦어지거나 주민 반대가 생기는 것을 줄일 필요가 있음

■ 단기적 전략

- (공공부문 선도사업) 시 산하 공공시설 중에서 경제성과 안전성이 확보되는 시설을 선정하여 ESS 실증 선도사업을 추진하고, 운영 데이터 축적 후 민간으로 확산
 - 환경기초시설, 공동체육시설, 대형 공공건물, 공공 교통·물류시설, 공공 연구시설 등에서 전력 사용량이 일정 규모 이상이고, 사용 패턴이 비교적 일정하며, 비상전원 필요성이 크고, 안전관리 여건이 확보된 곳을 중심으로 ESS 실증 선도사업을 추진할 수 있음
 - 전력요금 절감, 안정성 관련 데이터를 바탕으로 경제성 및 사업모델을 검증하고, 안전관리 기준 및 가이드라인을 마련한 뒤 산업단지나 민간시설로 확대 추진
- (UPS 수요 사전 분석 및 ESS 패키지 준비) 항만, 공항 등은 정전이 발생할 경우 엄청난 피해를 초래하므로 해상풍력과 연계되는 해상 변전소 지점의 계통 상황, 남동·부평·주안 등 주요 산단, 영종·청라 등 주요 권역에서 배전 혼잡 상황, 항만·공항·병원·데이터센터 등에서의 UPS 수요 등에 대한 사전 분석이 필요함
 - 비상전원, 무정전, 피크 관리를 묶은 ESS 패키지를 개발이 필요함
- (ESS 설치 후보군 도출) 인천 권역 변전소 및 선로에서 계통 혼잡이 예상되는 후보군을 분석·도출하고 ESS 중앙계약시장 구조에 맞춘 입지·부지·인허가 패키지를 제공할 수 있도록 준비할 필요가 있음
 - ESS 설치 후보군 도출을 위해 계통 혼잡 여부, ESS를 통한 효과성, 주민수용성, 입지 적정성, 사업성 등을 주요 기준으로 삼을 수 있음
 - 계통 혼잡과 관련해 대규모 해상풍력 전력이 공급될 때 인천시에서는 ESS 수요가 커질 것으로 예상
 - 정부에서 ESS 중앙계약시장 입찰 사업지로 우선 전남 지역을 잡았으나, 추후 타 지역으로도 확대될 것을 염두에 두고 인천시가 참여할 수 있도록 사전 준비 필요
 - 즉, 후보 부지, 인허가, 주민수용성, 소방대응체계 등의 사전 준비를 통해 사업자의 중앙계약시장 참여 비용을 낮추도록 지원 필요
- (안전을 위한 선제 표준화) ESS 관련 안전 이슈에 선제적으로 대응하기 위해 입지, 시설 이격, 소방 접근성, 실시간 모니터링, 비상 대응 체계, 운영 SOC(State of Charge: 배터리 충전 상태) 관리 기준 등 인천형 ESS 안전 가이드를 마련해 사업자에게 적용
 - (입지 기준) 주거지역과 일정 거리 확보, 산업단지 및 전력인프라 인근, 전력 계통 접속 용이성 고려, 위험지역 회피 등
 - (시설 이격) 배터리 모듈 간 이격, ESS 컨테이너 간 이격, ESS 설비와 주변 건물 간 거리 확보 등
 - (소방 접근성) 소방차 진입로, 소방 설비, 비상 전원 차단 장치, 화재 감지 및 자동소화장치 등
 - (실시간 모니터링) 배터리 온도, 충·방전 상태, 전압·전류 상태, 이상신호 감지 등

- (비상대응체계) 사고대응 매뉴얼, 소방기관과 협력체계, 사고 시 보고체계 등
- (운영 SOC 관리 기준) SOC 운영 범위, 과충전 방지시스템, 충·방전 제어 기준 등
- (산단 대상 ESS 구독형 시범 운영) 부산 분산 에너지 특화지역의 구독형 모델을 참고해 인천시 산단(예: 남동산단 등)에 적용
 - 시 차원에서 산단 내 공용·유휴 부지 대상 시범사업 부지 확보, 인허가 절차 지원, 안전관리 기준 마련 등을 하면, ESS 사업자가 공동 ESS 설비를 구축 및 운영하고, 산단 내 입주 기업들이 ESS를 구독형으로 이용
 - 구독형 ESS를 이용하는 입주기업들은 피크 저감, 정전 리스크 감소, 전력요금 절감 등의 이득을 얻고, ESS 사업자는 구독료와 전력거래 등을 통해 수익 창출
 - 특히 산단 내에서 전력 소비가 많고 피크저감 관리 필요성이 큰 업종 중심으로 우선 운영

■ 중기적 전략

- (ESS 활용 분산에너지 특구 모델) AI VPP·ESS 중심의 신산업 활성화형과 연료전지·해상풍력 중심의 공급유치형을 결합한 모형으로 제안하되, 초기에는 신산업 활성화형 비중을 높이고 중장기적으로 공급유치형 비중을 확대하는 전략으로 제안
 - (산업 활성화형) 산단 지붕의 태양광, 산단 공동 ESS, 수요반응(DR)과 EMS(Energy Management System: 에너지관리시스템)²¹⁾을 엮어 비용 절감과 계통유연성 실증
 - (공급 유치형) 단기적으로는 연료전지와 재생에너지 PPA 등을 활용하고, 해상풍력이 가동 시 이를 핵심 공급원으로 전환
- (계통 보강 병행) 그리드 접속 병목 완화를 위해 접속선로와 변전소 용량 보강을 병행 추진할 필요가 있음
 - 대규모 해상풍력이 본격화될 경우, 전력이 전달되는 송전 설비나 전압을 변환하고 여러 송전선로를 연결하는 변전소 모두 병목지점이 될 수 있으며, 이에 대한 대처가 제대로 되지 않을 경우 송전망 제약이 발생할 수 있음
 - 이에 접속선로와 변전소 용량에 대한 분석을 바탕으로 보강을 추진할 필요가 있음

■ 장기적 전략

- (해상풍력 연계 ESS 허브 조성) 해상풍력이 본격화되면 출력 제어 완화 필요성이 크게 증가하므로, 해상풍력과 연계된 변전소 주변에 수백 MWh급 허브형 ESS 단지를 조성하여 출력 제어와 계통 혼잡 완화를 추진

21) ICT기술을 활용해 에너지 사용 및 생산 데이터를 실시간 모니터링·분석하고 최적화하여 제어하는 통합 관리 솔루션

- 해상풍력단지에서 해저케이블을 통해 연결되는 육상 변전소는 대규모 전력이 동시에 수용되는 접점이므로 송전 병목 해소를 위해 변전소 주변에 대규모 ESS 설치가 필요함
- 변전소 주변 지역 대상 ESS 후보지 발굴 및 인허가, 안전기준 마련 등의 노력 필요
- (V2G 전략) 인천시 전기차 확산 및 충전 인프라 계획과 연계하여 공공차량과 공공주차장을 중심으로 단계적 V2G 실증을 추진
 - V2G(Vehicle to Grid)는 전기차 배터리를 활용해 전력을 저장했다가 필요 시 전력망에 공급하는 기술로 전기차를 이동식 에너지저장장치로 활용하는 개념임
 - 학교버스, 렌터카, 공공차량 등 정부·공공기관·기업 등이 소유·임대하는 플릿(fleet) 차량은 운행 패턴이 일정하고, 장시간 추가시간이 확보되며, 실증사업 관리가 용이해 V2G 실증에 적합
 - 대부분 국가에서 실증사업 중심으로 진행되고 있고 상용화는 충전 인프라, 전력시장 제도, 차량 배터리 수명 등의 문제로 인해 제한적으로 진행 중임

◆ 참고문헌

[보고서]

산업통상자원부, 2025, 제11차 전력수급기본계획(2024~2038).

[웹사이트]

공공데이터포털, <https://www.data.go.kr/data/15086616/fileData.do>

REN21, <https://www.ren21.net/>

[보도자료]

기후에너지환경부, '전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정', 2025.11.05.

산업통상자원부, "대한민국 섬, 친환경 에너지 자립섬으로 탈바꿈!", 2015.7.6.

American Public Power Association, "Los Angeles Mayor Announces Completion of LADWP Solar Plus Storage Project", Public Power, 2024.7.25.,
<https://www.publicpower.org/periodical/article/los-angeles-mayor-announces-completion-ladwp-solar-plus-storage-project>

Los Angeles Mayor's Office, "LA's Clean Energy Future: Mayor Bass Opens One of the Country's Largest Solar and Battery Energy Storage Projects", 2024.7.24.,
<https://mayor.lacity.gov/news/las-clean-energy-future-mayor-bass-opens-one-countrys-largest-solar-battery-energy-storage>

[언론보도]

김재웅, [V2G, 미래를 충전하다] ① 오랜 실증 거쳐 상용화 단계로, V2G 사업화 시작, 전기신문, 2025.08.20.

김진후, [분산특구 벤치마크 기] ③부산, 대규모 ESS Farm으로 '강서 스마트그리드' 개척, 전기신문, 2025.09.19.

박상현, 53억 들인 인천 덕적도 풍력단지, 전기 한번 못 만들고 흥물로, 조선일보, 2024.2.27.

박준영, [2025 국감] 주요 에너지 공공기관, ESS 설치해도 사용 안 해, 환경일보, 2025.10.23.

오수희, 부산 '분산 에너지 특구' 지정...통합 에너지 플랫폼 구축(종합), 연합뉴스, 2025.11.05.

오승지, 전남도, 1조원 규모 ESS 중앙계약시장 물량 대거 확보, 전기신문, 2026.2.23.

임재영, 공기관 3곳 중 2곳 ESS 미설치...예산 부족 화재 위험에 의무화 미온적, 뉴시스, 2025.12.09.

장재진, 전남 7곳 · 제주 1곳 563MW 규모 ESS 구축 최종 확정", 투데이에너지, 2025.08.02.

정재원, [단독] SK이노베이션E&S·남부발전 ESS 2차 입찰서 '복수 수주' 성공, 전기신문, 2026.2.12.

정재원, [단독] 중앙계약시장 ESS 입찰 결과...남부발전·한양 등 8곳 선정, 전기신문, 2025.7.23.

발행처 인천연구원 **발행인** 최계운

주소 인천광역시 서구 심곡로 98 **전화** 032.260.2600 www.ii.re.kr

- 출처를 밝히지 않고 이슈브리프를 무단전재 또는 복제하는 것을 금합니다.
- 본 이슈브리프의 내용은 연구책임자의 개인적 의견이며, 연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.