



변화하는 전력산업 VPP·ESS는 왜 제자리인가

목차

요약	3
----	---

1. 서론	4
1.1 재생에너지 확대와 계통 한계	4
1.2 계통의 혁신을 이끄는 VPP와 핵심 유연성 자원 ESS	4
1.3 시장 제도 개편 없이는 유연성 자원 확대도 없다	6

2. 본론	8
2.1 실시간 시장	9
2.2 보조서비스 시장	11
2.3 재생에너지 입찰시장	14

3. 결론	17
3.1 실시간·보조서비스 시장의 육지 도입 확정	17
3.2 보조서비스 시장의 ESS·VPP 참여 자격 및 정산 구조 개편	17
3.3 가격입찰제도의 발전원 간 형평성 확보	17

요약

한국은 2030년까지 재생에너지 100GW 보급을 목표로 하고 있다. 그러나 재생에너지 설비가 늘어나는 속도와 전력 계통이 이를 수용할 수 있는 속도 사이의 간극은 매년 벌어지고 있다. 출력제어는 일상이 됐고, 계통안정화 비용은 전기 요금 인상 압력으로 돌아오고 있다. 문제의 핵심은 재생에너지의 양이 아니라, 이를 받아낼 시장 구조다.

본 브리프는 이러한 문제의식에서 출발해, 한국 전력시장 설계의 구조적 결함을 분석하고 정책 전환의 방향을 제시한다. 특히 실시간 가격신호의 부재, 화석연료 비용 구조를 기준으로 설계된 보조서비스 시장, 그리고 재생에너지에만 가격 위험을 부과하는 반쪽자리 입찰시장이 어떻게 맞물려 유연성 자원의 시장 진입을 체계적으로 가로막고 있는지를 살펴본다.

분석 결과, 세 가지 문제는 분리해서 볼 수 없다. 실시간 가격신호가 없으면 수급 오차는 시장이 아닌 관제센터의 판단으로 흡수되고, 그 비효율은 전기요금으로 전가된다. 보조서비스 시장이 화석연료 비용 구조를 기준으로 설계되어 있으면, ESS와 VPP는 아무리 빠르게 응동해도 수익을 가져갈 수 없다. 그리고 재생에너지에게만 가격 위험을 부과하는 입찰 구조는 재생에너지 투자를 촉진하는 것이 아니라 오히려 억제하는 방향으로 작동한다. 이 세 가지 제도는 서로를 강화하며 현재의 화석연료 중심 구조를 고착시킨다.

제주 시범사업은 올해로 3년째다. 데이터는 이미 충분하다. 독일은 인트라데이 시장을 통해 실시간 가격신호가 유연성 자원의 시장 참여를 어떻게 이끌어내는지를 보여줬고, 호주는 보조서비스 시장에 가격입찰제와 IRP(통합발전사업자)를 도입해 ESS와 VPP가 자신의 속도와 정확도에 따라 정당한 가치를 보상받을 수 있도록 시장을 열었다. 그 결과 가스발전기가 독점하던 자리에 유연성 자원이 들어섰다. 한국의 시장이 화석연료 중심으로 돌아가는 것은 정책 실패가 아니라 설계 결과다. 시장은 설계대로 움직인다.

이에 기후솔루션은 다음과 같은 정책 전환을 제안한다.

③ 실시간·보조서비스 시장의 육지 확대 일정 확정 및 공표

불투명한 일정은 민간 투자를 가로막는 진입장벽이다. 시장 규칙 개정안을 선제적으로 공개해 사업자들의 투자 계획 수립을 지원해야 한다.

③ 보조서비스의 VPP-ESS 참여 자격 및 정산 구조 개편

VPP-ESS가 법적으로 시장에 참여할 수 있는 근거를 마련하고, 화석연료 기준의 기회비용 보전 방식을 경쟁 입찰 구조로 전환해야 한다. 성능 기반 차등 보상이 함께 설계될 때 기술 경쟁력이 투자 유인으로 전환된다.

③ 가격입찰제도의 발전원 간 형평성 확보

재생에너지에게만 시장 원리를 적용하는 것은 공정한 경쟁이 아니다. 화석연료의 구조적 보호를 해소하고, 재생에너지의 그리드 패리티 달성을 위한 지원 경로를 함께 설계해야 한다.

재생에너지 100GW 보급은 계통이 이를 소화할 수 있는 구조가 갖춰질 때 비로소 실현 가능한 목표가 된다. 시범사업이 데이터를 확인하는 자리였다면, 이제는 그 데이터를 정책으로 전환할 차례다.

1. 서론

1.1 재생에너지 확대와 계통 한계

이재명 정부는 2030년까지 재생에너지 설비용량 100GW 보급을 목표로 하고 있다. 이를 위해선 특히 단기간 보급이 가능한 태양광의 역할이 중요하다. 태양광은 발전량이 날씨에 따라 크게 변동하고, 낮에 급증했다가 저녁에 급감한다. 이는 정부가 천명한 '재생에너지 중심 사회'로의 전환이 진행되는 이상 피할 수 없는 특성이다. 관건은 이러한 변동성과 간헐성을 어떻게 흡수하고 활용하느냐다.

현실적인 제약도 있다. 태양광이 집중된 호남 등 일부 지역에서는 발전량이 수요를 초과하면서 발전기를 강제로 세우는 '출력제어'가 늘고 있다. 이에 정부가 해법으로 제시한 송전망 확충은 인허가 지연과 주민 수용성 문제로 속도를 내지 못하고 있다. 한국전력공사에 따르면 현재 진행 중인 54개 송전망 건설 사업 중 55%가 지연되었거나 지연이 예상된다. 중단기 재생에너지 목표 달성을 위해선 기존 망을 더 효율적으로 활용하는 것이 중요하다 (표 1 참조). 유연성 자원의 확대는 기존 망의 활용도를 높이는 핵심 전제 조건이다.

[표 1] 송전망 건설 지연현황¹

구분	총 사업수	정상	지연	지연예상	지연·지연예상 비율
송전선로	29건	14	4	10	48%
변전소·변환소	25건	8	14	2	64%
합계	54건	22	18	12	55%

송전선로 건설계획 대비 지연 현황(2025년 10월 기준) [자료=한국전력공사]

1.2 계통의 혁신을 이끄는 VPP와 핵심 유연성 자원 ESS

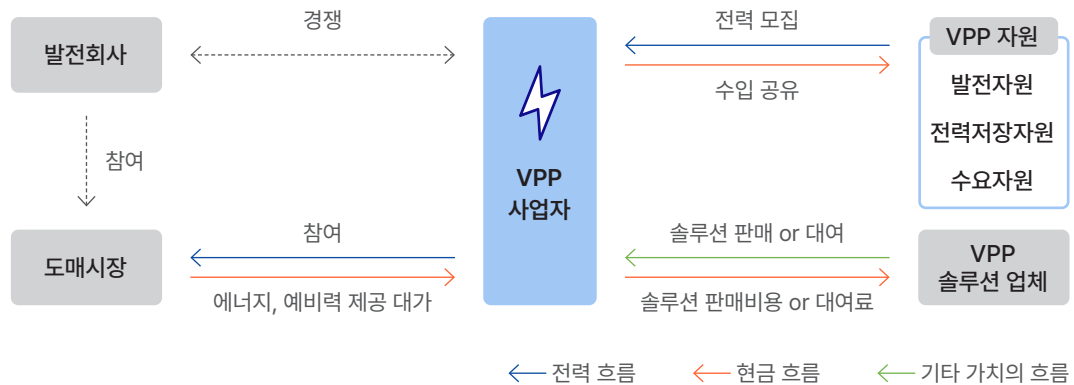
재생에너지가 확대될수록 계통에는 수요와 공급의 실시간 불일치를 빠르게 흡수하는 **유연성**이 요구된다. 양수발전, 수요반응(DR), 가스발전기의 부하추종 등 유연성 자원은 이미 다양하게 존재한다. 그러나 재생에너지 중심의 전력시스템에서는 더 빠른 응답 속도, 더 정밀한 출력 제어 등 기존 유연성 자원으로는 충족하기 어려운 수준의 유연성이 필요하다. 이러한 요구에 가장 잘 부합하는 것이 **VPP(Virtual Power Plant, 가상발전소)**라는 사업 모델과 그 핵심 자산인 **ESS(Energy Storage System, 에너지저장장치)**다.

1 인더스트리뉴스. (2025.10.22). [2025 국감] 송전망 건설, 절반 이상 '지연'... 2030 재생에너지 목표와 '엇박자'. <https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=73084>

분산형 발전자원을 통합하는 '디지털 지휘자' VPP

VPP는 전국에 흩어진 태양광, 소형 풍력, ESS, 전기차 배터리, 수요반응 자원 등 분산자원을 IT 플랫폼으로 통합해 전력시장에 하나의 단위로 참여시키는 방식이다. 발전사, 중개사업자 등 분산자원과 시장 참여 역량을 갖춘 사업자라면 누구든 운영할 수 있다 (그림1참조). 신규 발전설비를 추가로 건설하는 대신, 기존 분산자원들을 시장과 연결해 계통의 유연화를 위한 자원으로 전환하는 수단이다. 즉, VPP는 기술 유형이 아닌 시장 참여 방식의 혁신이다.²

[그림1] VPP 사업 구조도 개념³



VPP의 핵심 자산, ESS

VPP가 관리하는 분산자원 중 ESS는 다른 유연성 자원이 갖지 못한 고유한 장점을 지닌다. 충전과 방전을 모두 빠르게 수행하면서 에너지를 시간대별로 이동시킬 수 있는 자원은 현재 기술 중 ESS가 가장 뛰어나다. 응답 속도에서 그 차이는 분명하다. 수요반응(DR)은 수 분, 가스발전기는 수 분에서 수십 분, 양수발전은 수 분이 걸리는 반면, 배터리 ESS는 수 초 이내에 응답한다. 이처럼 ESS가 재생에너지 확대로 빈번해지는 주파수 변동에 가장 정밀하게 대응할 수 있는 기술이다.

또한, ESS는 낮 시간대 태양광의 초과 발전을 흡수해 저녁 수요 피크 시간대에 방전하는 에너지 차익거래(arbitrage), 수 초 단위의 주파수 응답(Frequency Response), 출력 평활화(smoothing), 피크 수요 저감(peak shaving), 송배전망 투자 대체(Non-Wires Alternative)까지 계통 운영의 전 층위에 걸쳐 기능한다 (그림 2 참조).

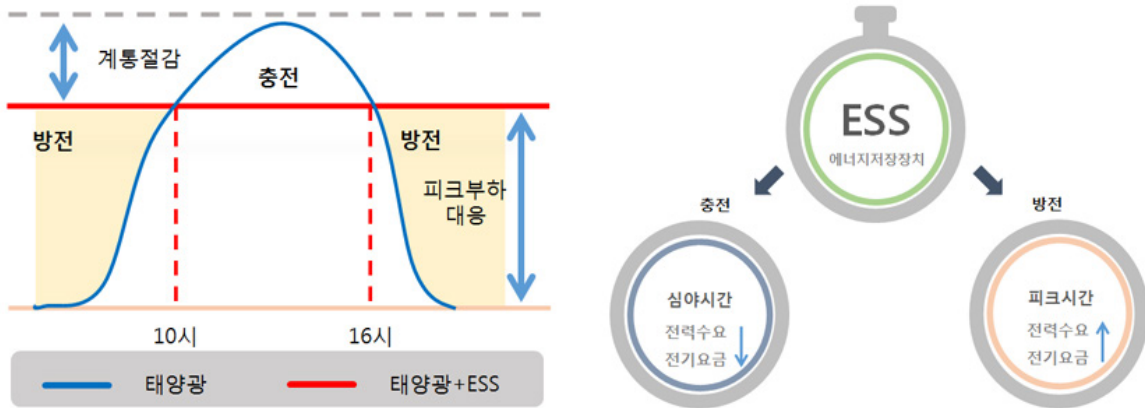
2 통합발전사업·소규모전력중개사업·저장판매사업·전기차충전사업 등 여러 전기신사업을 VPP라는 단일 개념으로 통합·분류하는 방안이 제시된 바 있다.
한국에너지기술연구원. (2025). 전기신사업 신유형 비즈니스 활성화 방안 정책 연구.

3 임장혁, 기술솔루션. 재생에너지 기반 전력시스템으로의 전환: 가스발전소에서 가상발전소(VPP)로.

재생에너지 100GW 시대에 특히 주목받는 자원이 장주기 에너지저장장치(LDES, Long Duration Energy Storage)다. 태양광이 수 시간, 수 일 단위로 변동하는 패턴을 흡수하려면 단기 응동에만 최적화된 유연성 자원으로는 한계가 있기 때문이다. 재생에너지 비중이 높아질수록 출력제어를 완화하기 위한 장주기 저장 ESS의 역할이 중요해진다.

[그림 2] ESS 충방전 흐름과 주요 역할⁴

= 태양광 발전소에 ESS를 연계하여 오전10시~오후16시 충전하며, 이외 시간 방전



VPP의 강점은 ESS를 포함한 분산자원의 집합에 있다. 특정 발전소 하나에 의존하지 않고 수천 개의 소규모 자원을 묶어 빠르게 응동할 수 있기 때문이다. 태양광 발전량이 갑자기 줄어들어도 분산 배치된 배터리들이 일제히 방전하면 계통은 안정을 유지한다. 반대로 공급이 넘칠 때는 일제히 충전해 과잉 전력을 흡수한다. 이러한 조정이 수동 명령이 아닌 실시간 가격신호에 따라 자동으로 이루어질 때, VPP는 재생에너지 중심 계통에서 비용 효율적인 유연성 공급원이 된다.

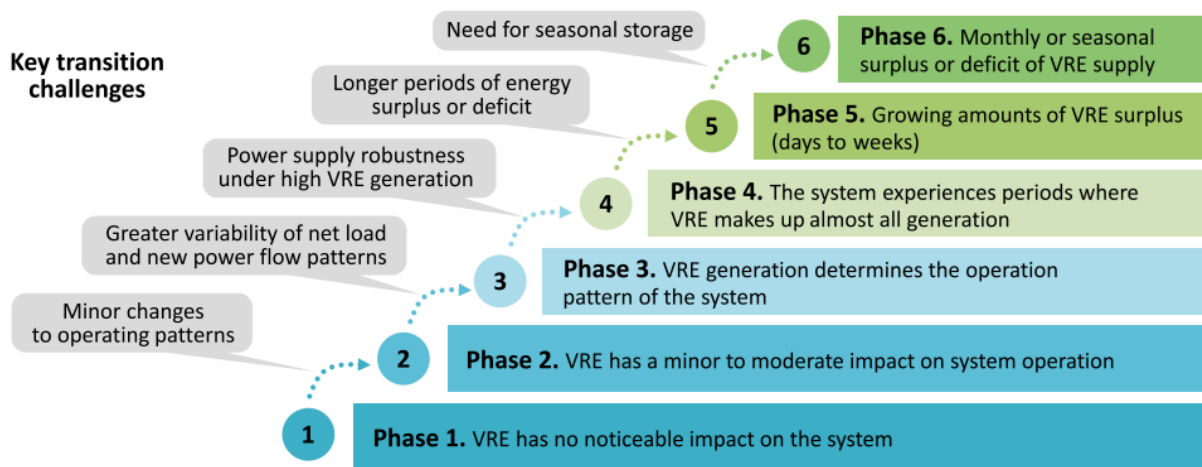
1.3 시장 제도 개편 없이는 유연성 자원 확대도 없다

글로벌 시장에서 ESS 등 유연성 자원의 계통 안정화 기여와, 이를 시장에 연결하는 VPP 사업 모델의 실효성은 이미 검증되어 있다. 그러나 우리나라와 같이 이러한 자원과 사업모델에 유연성 제공에 상응하는 보상이 보장되는 시장 제도가 갖춰지지 않는다면, 시장참여자들은 투자 유인을 잃고 유연성 자원은 시장에서 외면받을 수밖에 없다. 재생에너지 설비를 확대하면서도, 이로 인해 생겨나는 변동성, 간헐성을 흡수할 시장 참여자가 없다면, 계통은 유연해질 수 없다. 설비 확대와 시장 제도 개편은 반드시 병행되어야 한다.

4 현대에너지. ESS 설명자료.
http://hyundai-energy.co.kr/2016/bbs/content.php?co_id=business_3

한국은 이미 그 임계점을 지나고 있다. 국제에너지기구(IEA)는 재생에너지 발전 비중을 기준으로 계통 수준을 6 단계로 구분한다 (그림3 참조).⁵ '24년 기준 한국의 재생에너지 발전 비중은 약 11%로 2 단계에 위치하는데, 발전 비중이 15% (3 단계)를 넘어서면 재생에너지가 계통 운영패턴 전반을 결정짓는 수준의 변동성에 노출된다. 이것이 유연성 자원 확대를 위한 시장 제도를 조기에 마련해야 하는 이유다. 재생에너지 100GW 보급과 발전비중 20% 목표를 감안하면 한국은 머지않아 3 단계에 진입한다. 그럼에도 한국의 전력시장은 여전히 25년 전 설계된 보상 제도를 기반으로 작동하고 있다. 다음 장에서는 현 제도가 유연성 자원의 가치를 시장에 제대로 반영하지 못하는 문제에 대해 구체적으로 살펴본다.

[그림3] 재생에너지 발전비중에 따른 보급단계 구분



5 전력거래소. (2024). 제주 시범사업 설명회 개요. https://www.kpx.or.kr/board.es?mid=a11203000000&bid=0209&act=view&list_no=72633

2. 본론

재생에너지 출력제어가 심화되며 계통 한계가 가장 먼저 드러난 제주에서는 2024년 6월 시범 시장제도가 운영되기 시작했다. 그간 제주 섬이라는 지리적 특성상 육지와 전력 연계가 제한되어 있어, 태양광 발전이 집중되는 낮 시간대에 발전량이 수요를 초과해 남는 전기는 발전기를 강제로 멈추는 출력제어가 빈번할 수밖에 없었고, 이를 둘러싼 발전사업자와 한전 간의 분쟁이 잇따랐다.⁶ 재생에너지 발전비중이 20%에 육박하는 제주 섬은 육지보다 앞서 계통 포화 문제를 경험했고, 실시간, 보조서비스 시장 및 재생에너지 입찰시장 도입이 그 해법으로 제시됐다.

[표2] 제주 재생에너지 입찰제도 시범사업 구조⁷

구분	실시간 시장	보조서비스 시장	재생에너지 입찰시장
역할	재생에너지 변동성 대응	계통유연성 위한 예비자원 보상	재생에너지의 중앙급전화
핵심 내용	하루 전 예측 오차를 당일 15분 단위 거래로 보완	발전하고 남은 '예비력'을 상품화하여 실시간 거래	재생에너지가 가격과 발전량 제출하여 중앙급전자원으로 편입
예상도입 시기 ⁸	27년 이후	27년 이후	26년 하반기

각 시장의 기능은 다르다. 실시간 시장은 하루 전 예측의 오차를 당일 단위로 보정하여 운영 효율을 높이며, 보조서비스 시장은 수급 변동에 대응할 유연성 자원을 확보하는 수단으로 양자는 상호 보완 관계이다. 반면 재생에너지 입찰시장은 도입 목적이 이와 다르다. 정부가 내세우는 명분은 출력제어 해소이나, **실질적으로는 재생에너지에 계통포화 책임을 부과하고 수급 관리의 예측 가능성을 높이려는 것이 핵심이다.** 출력제어를 둘러싼 발전사업자와 한전 간의 분쟁을 시장 원리로 정리하겠다는 성격도 함께 담겨 있다.

그러나 이러한 시장들은 본래의 도입 일정과 취지대로 작동하지 않고 있다. 육지계통에서의 도입 일정은 거듭 지연되고 있고, 제주계통에서는 시장이 개설되었음에도 유연성 자원이 실질적으로 참여하거나 수익을 회수하기 어려운 실정이다. 다음 장에서는 보다 구체적으로, 실시간 시장, 보조서비스 시장, 재생에너지 입찰시장 순으로 육지에 도입이 지연되고 있는 문제와 제주에 도입된 시장 제도의 한계를 살펴본다.

6 대한경제. (2023.06.08). 제주 태양광 출력제어 갈등...결국 법정비화.
<https://www.dnews.co.kr/uhtml/View.jsp?idxn=202306081057245520050>

7 전력거래소. (2024.05.28). 제주 시범사업 사업자 설명회 자료.
https://www.kpx.or.kr/board.es?mid=a11203000000&bid=0209&act=view&list_no=72633

8 쿠키뉴스. (2026.02.11). 실시간 전력거래시장 논의 본격화...제도 도입 2027년 거론.
<https://m.news.nate.com/view/20260211n37856?mid=m02&list=recent&cpd=>

2.1 실시간 시장

2.1.1 '하루 전'에 멈춘 한국 전력 시장

우리나라 전력시장에서 발전계획은 하루 전에 수립되지만, 실제 당일 날씨에 따라 태양광·풍력 발전량은 예측과 크게 달라진다. 한국전력거래소에 따르면 제주 시범사업 도입 후, 하루전 시장가격(SMP)은 6.86%, 실시간 시장가격(SMP)은 8.09% 하락한 것으로 나타났다.⁹ 이러한 오차는 변동성 재생에너지가 늘어날수록 더 빈번하고 더 커진다.

실시간 시장은 이 오차를 가격신호로 흡수한다. 하루전 예측량 대비 실제 전력 수요량이 높으면, 실시간 가격이 오르고 낮으면 내려간다. 이러한 가격 신호가 작동하면, 발전원과 유연성 자원은 자발적으로 출력을 높이거나 낮추며 수급을 맞춘다. 실시간 시장은 특정 자원을 위한 시장이 아니라, 예측과 실제 사이의 편차에 빠르게 응답할 수 있는 모든 자원들에 참여할 기회를 제공한다. 각 사업자가 자신이 보유한 자산의 기술력과 비용 구조에 따라 에너지 시장과 보조서비스 시장에 최적으로 입찰할 유인이 생기는 것이다. 응답 속도와 정확성이 시장에서의 경쟁력이 되고, 그 경쟁이 계통의 유연성을 효율적으로 높이는 자동 조정 메커니즘으로 작동한다.

반면, 우리나라 육지 계통은 여전히 하루 전 예측(Day-Ahead)에만 의존하며, 당일 발생하는 수급 편차에 대해선 전력거래소가 인적 관제로 대응한다. 정부는 2025년까지 제주에 선제적으로 도입된 실시간 시장을 전국 확대할 계획이었으나, 계통 인프라 및 운영 시스템 고도화를 이유로 2027년 이후로 거듭 연기되고 있다. 감사원에 따르면 당일 시장 또는 실시간 시장이라는 정밀한 정산 기준 없이 예비력을 과도하게 확보하거나 비효율적으로 발전기를 호출함으로써 발생하는 발전 비용 낭비는 연간 약 1조 8,250억 원에 달한다.¹⁰

실시간 시장 도입의 지연은 단순한 비용 문제를 넘어, 계통 유연화 자체를 가로막는다. **실시간 가격은 유연성 자원이 언제, 얼마나 필요한 지를 알려주는 신호이다.** 이러한 신호 없이는 사업자들은 계통에서 실제로 필요로 하는 유연성 가치를 제공할 수 없다. 정부가 ESS 중앙계약시장이나 배전망 보급사업을 통해 설비를 확보하더라도, 실시간 시장 신호가 없이는 한전과 같은 유틸리티가 행정 명령으로 유연성 자원의 운용을 강제할 수밖에 없어 최적화가 불가능하다.

이는 ESS와 VPP 모두에 치명적이다. 현재 정부는 ESS 물량 확보를 위해 '중앙계약 입찰시장'을 운영하며 15년 장기 계약으로 수익을 보전하고 있다. 그러나 고정 보상 구조에서는 ESS 고유의 가치인 응답 속도와 정밀 제어가 반영되지 않아, ESS는 시장 가격에 반응하는 자율 자원이 아니라 전력거래소의 지시를 기다리는 수동적 설비로 전락한다. VPP 역시 마찬가지다. 마이너스 SMP 구간에서의 과잉 전력 자율 흡수나 계통 급변 시 초단위 정밀 응답 등 VPP만의 기술적 우위가 가격으로 보상받지 못하는 구조에서는, VPP가 유연성 신기술 경쟁을 통해 자생력을 갖출 기회 자체가 원천적으로 차단된다.

9 에너지경제. (2025.09.03). 시장원리 중시한 제주 전력시장 시범사업 전국으로 확산해야. <https://m.ekn.kr/view.php?key=20250903028304945>

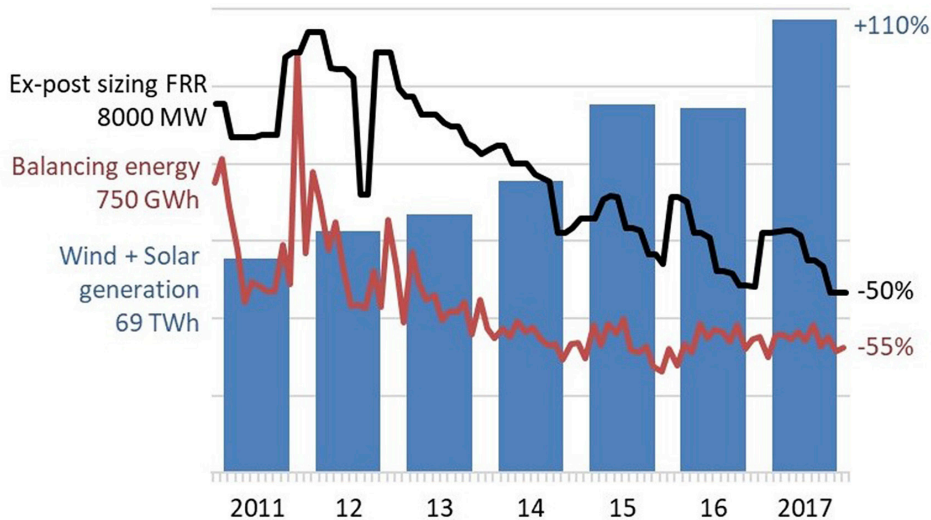
10 연합뉴스. (2025.02.06). 감사원 전력 계통 운영 감사 결과. <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250206065200001>

실시간 시장 도입이 늦어질수록, 공공 자원과 민간 투자 모두 제 기능을 발휘하지 못하는 상황은 이어질 수밖에 없다.

2.1.2 해외사례 : 독일의 인트라데이(Intraday)

독일은 하루 전 시장 외에 당일 15분 단위 연속 거래가 가능한 실시간 성격의 인트라데이(Intraday) 시장을 운영 중이다. 발전 당일 15분 전까지 수급 편차를 지속적으로 거래할 수 있어, 재생에너지의 예측 오차가 실시간 가격 변동으로 즉각 반영된다. 이 시장이 계통 전체에 가져온 변화는 수치로 증명된다. 과거 계통운영자는 수급 편차에 대비해 화력발전기를 저출력으로 가동하며 물리적 예비력을 확보했으나, 시장 도입 후 참여자들이 실시간 가격 신호에 맞춰 자발적으로 수급을 맞추기 시작했다. 그 결과 재생에너지가 늘어날수록 예비력 수요도 늘어날 것이라는 통념과 달리, 독일은 2011~2017년 사이 풍력·태양광 발전량이 2 배 증가하는 동안 예비력 사용량은 오히려 55% 감소하는 이른바 '독일 밸런싱 역설(German Balancing Paradox)' 을 경험했다.¹¹ (그림4 참조) 물리적 자원을 비축해 대응하던 방식을, 시장 가격신호가 자원을 자동으로 호출하는 방식으로 대체한 결과이다.

[그림4] 독일 인트라데이(intraday) 도입 이후 예비력 적정 규모 감소 수준(2011-2017)



이러한 계통 혁신의 주역이 바로 VPP 다. 독일의 대표적 VPP 사업자인 Next Kraftwerke 는 5 분마다 재생에너지 예측값을 갱신하고, 그 변동분을 즉시 인트라데이 시장에서 거래하며 수익을 창출한다. 예를 들어 오후 2 시에 오후 3 시 ~3시 15분 구간 발전량을 100MW로 예측했다가, 오후 2 시 30 분 갱신 예측이 120MW로 상향되면 추가 20MW 를 인트라데이 시장에 즉시 매도하는 방식이다. 공급 시각 5 분 전까지 거래가 가능한 시장 구조에서는, VPP 가 관리하는

11 Koch, C., & Hirth, L. (2019). Short-run power system effects of variable renewables. Renewable and Sustainable Energy Reviews. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109275>

10GW 이상의 분산 자원이 실시간 가격 신호라는 경제적 유인에 따라 운영된다.¹² 즉, 실시간 시장은 계통에는 물리적 안정을, VPP에는 수익 모델을 동시에 제공한다.

2.2 보조서비스 시장

2.2.1 ESS, VPP가 보조서비스에서 가장 효과적인 이유, 그러나 배제되는 현실

보조서비스 시장은 계통 주파수 유지, 예비력 확보, 전압 안정화 등 전력계통의 안전 운영을 위해 유연성 자원에 보상하는 시장이다. 재생에너지 비중이 높아질수록 이 시장의 역할은 더 커진다. 태양광·풍력의 출력 변동이 잦아질수록 계통 주파수가 흔들리는 빈도와 폭이 증가하기 때문이다. 1.2절에서 언급했듯이 유연성 자원 중 ESS는 응답 속도와 제어 정확도 면에서 보조서비스 시장의 요구 조건에 가장 부합하는 물리적 특성을 가진다. VPP 는 이 ESS를 포함한 분산자원을 묶어 보조서비스 시장에 단일 단위로 참여할 수 있기에 개별적으로는 시장 참여 최소 용량에 미치지 못하는 소규모 ESS들을 집합해, 대규모 급전 자원과 동등한 조건으로 경쟁하도록 만드는 것이다. 즉, ESS가 보조서비스의 물리적 최적 자원이라면, VPP 는 그 자원이 시장에 진입하는 방식이다.

문제는 이러한 강점이 현재 한국 보조서비스 시장에서는 수익으로 이어지지 않는다는 데 있다. 국내 보조서비스 시장은 제주 시범사업을 통해 처음 도입됐다. 재생에너지 변동성에 맞서 계통 유연성을 제공한 자원에 시장 원리로 보상하겠다는 취지였다. 그러나 제주에 개설된 보조서비스 시장은 가격 결정 구조 자체가 ESS-VPP를 배제하는 방식으로 설계되어 있다. 예비력 가격결정 방식은 다음과 같다 (그림 5 참조).

[그림 5] 제주 시범사업 보조서비스 시장 가격결정 방식



출처 : 전력거래소

12 Next Kraftwerke. (2019.06.11). Sunny prospects. <https://www.next-kraftwerke.com/energy-blog/sunny-prospects>

연료비 기준으로 가격이 결정되는 구조에서는, 연료비가 없는 배터리·VPP가 아무리 빠르게 응동해도 가격 경쟁력을 가질 수 없다. 결과적으로 가스발전기가 보조서비스를 독점하는 구조가 유지될 수밖에 없다.

또한, VPP 와 ESS 사업자의 보조서비스 시장 참여를 뒷받칠 법적 근거조차 마련되어 있지 않다. 전력시장운영규칙 제 1.1.2조는 보조서비스 참여자를 "전기사업자"로 규정하고, 전기사업법 제 2 조는 전기사업자를 발전·송전·배전·판매 사업자로 한정한다.¹³ VPP를 운영하는 통합발전사업자, 소규모전력중개사업자 와ESS를 운영하는 재생에너지전기저장판매사업자는 이 정의 어디에도 해당하지 않는다. 2024 년 시행된 분산에너지활성화특별법 이 통합발전소사업자에 계전력시장 입찰 참여를 허용했지만, 이는 에너지(발전량) 시장에 한정되며 보조서비스 시장 참여 근거는 포함되지 않았다.

결국 제주 보조서비스 시장에서는

- 1) 가격 결정 방식이 연료비를 기준으로 설계되어 있어 연료비가 없는 ESS·VPP 는 아무리 빠르게 응동하더라도 보조 서비스 시장에서 정당한 보상을 받을 수 없다
- 2) 법적 지위 측면에서도 VPP 사업자가 전기사업자로 인정받지 못해 보조서비스 시장 참여 자체가 차단되어 있다.이 처럼 수익화 경로가 막힌 상황에서는 ESS·VPP 에 대한 민간 투자는 일어나기 어렵고, 계통 안정화 역할은 계속해서 가스발전기에 의존할 수밖에 없다. 재생에너지 확대로 계통 유연성 수요가 커질수록, 이러한 제도적 한계가 에너지 전환의 실질적 걸림돌로 작용할 가능성이 높다

2.2.2 해외사례 : 호주의 IRP와 가격입찰제

호주에서는 VPP 사업자의 보조서비스 시장 참여를 위해 법적 지위 문제를 먼저 해결했다. 2021년 이전에는 호주 역시 배터리·VPP가 보조서비스(FCAS) 시장에 참여하려면 '발전사업자'와 '전력소비자'로 이중 등록해야 했다. 법적 지위의 불일치, 이중 비용 부담, 복잡한 입찰 구조가 진입 장벽이었다. 호주는 이를 **IRP(Integrated Resource Provider, 통합자원공급자)** 제도를 도입함으로써 해결했다. 2021년 12월 AEMC(호주에너지시장위원)가회 최종 확정하고 2024년 6 월부터 시행된 이 규칙은 화력 발전기, 배터리, 재생에너지와 배터리가 결합된 하이브리드 설비등을 단일 카테고리 등록해 모두가 동등한 법적 지위에서 FCAS 시장에 직접 입찰할 수 있도록했다.¹⁴ (그림 6참조)

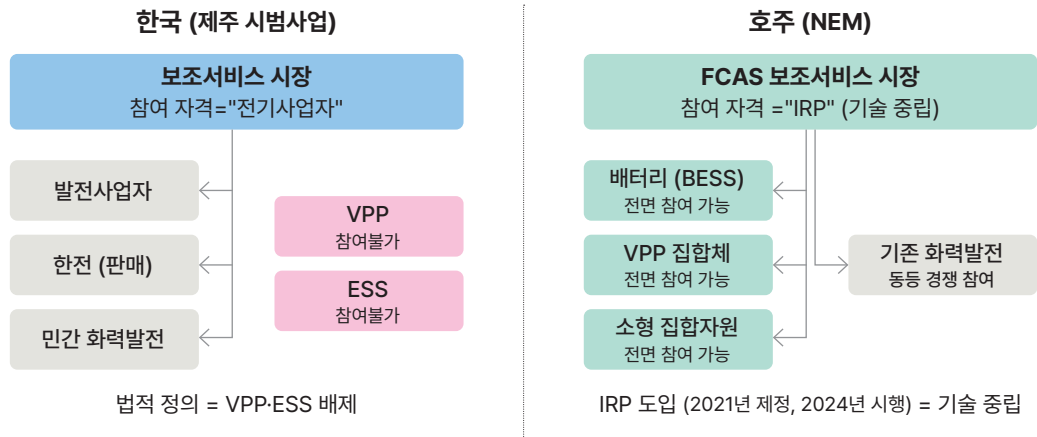
13 국가법령정보센터. 전기사업법 제2조.

<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A0%84%EA%B8%B0%EC%82%AC%EC%97%85%EB%B2%95/%EC%A0%9C2%EC%A1%B0>

14 Lexology. (2021.07.22). AEMC determinations allow energy storage technologies to play greater role in the National Electricity Market.

<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=2b05434c-4795-49c6-b669-d18778ae4fc7>

[그림 6] 한국과 호주 보조서비스 시장 법적 지위 비교¹⁵



한국의 보조서비스에 대한 보상 수준은 당국이 정한 산식에 따라 결정되는 반면, 호주 FCAS(보조서비스 시장)에서는 시장 기능이 가격을 결정한다. 참여자들은 5분 단위로 MW 당 가격(\$/MW)을 직접 입찰하고, 호주 전력시장운영자 AEMO의 자동화 시스템이 응동 능력과 입찰 가격을 바탕으로 최적 자원을 낙찰한다.¹⁶ 연료비가 없는 배터리가 낮은 가격으로 입찰해 경쟁에서 우위를 점하는 등 시장이 가장 효율적인 자원을 선택하는 구조다.

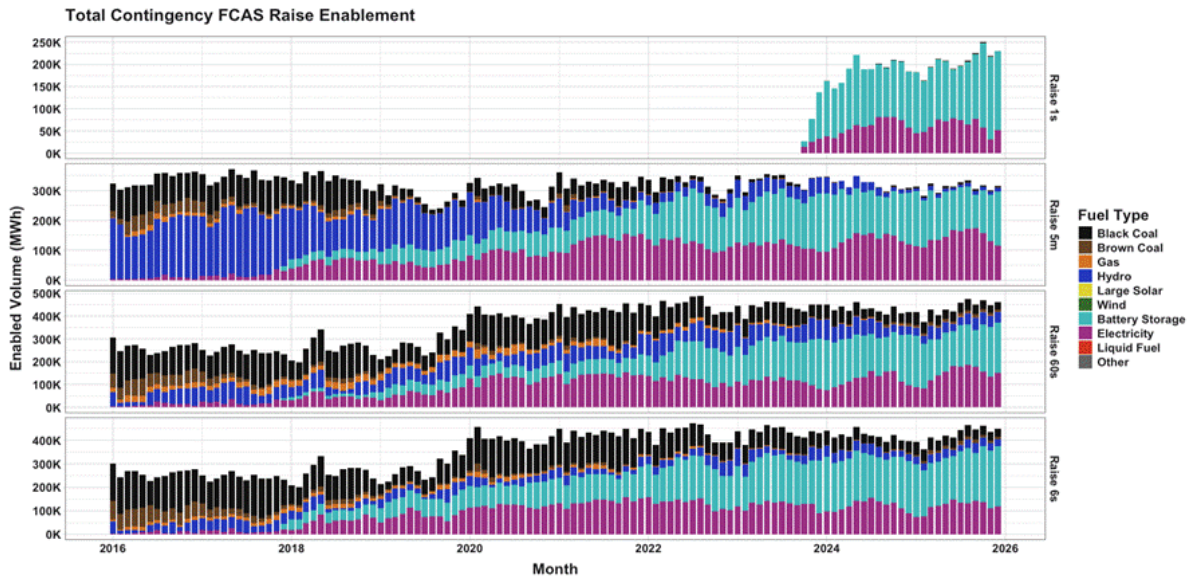
호주에서 IRP(통합자원공급자) 법적지위가 확보되고 가격입찰제가 도입되자 배터리의 보조서비스 시장 참여가 급격히 증가했다. 그림 7은 발전기 탈락 등 계통 이상 시 주파수 하락을 막기 위해 전력을 즉시 공급하는 상향 예비력(Contingency Raise) 서비스의 발전원별 공급량 추이다. 2016년부터 2021년까지는 석탄(검정)과 가스(주황)가 공급량의 대부분을 담당했고 배터리ESS(청록)의 비중은 미미했다. 그러나 IRP 도입시점인 2022년 이후 배터리 ESS 공급량이 빠르게 증가해 2022년 1분기에 처음으로 최대 공급자(점유율 31%)로 올라섰으며, 2025년 3분기 기준 56%에 달한다.¹⁷ 응동 속도가 1초 이내로 요구되는 Very Fast 시장(Raise 1s)에서는 배터리와 DR-VPP만이 기술 요건을 충족해 사실상 두 유형이 독점하고 있다.

15 AEMC. (2021.12). Integrating Energy Storage Systems into the NEM: Rule Determination. <https://www.aemc.gov.au/rule-changes/integrating-energy-storage-systems-nem>

16 Orkestra. (2025.04.30). Unlocking New Revenue Streams with FCAS. <https://www.orkestra.energy/post/unlocking-new-revenue-streams-with-fcas>

17 AEMO. (2025). Quarterly Energy Dynamics Q3 2025 (Figure 66). <https://www.aemo.com.au/-/media/files/major-publications/qed/2025/qed-q3-2025.pdf>

[그림 7] 호주 주파수 보조서비스시장(FCAS) 발전원별 공급량 추이 (2016~2025)¹⁸



2.3 재생에너지 입찰시장

2.3.1 반쪽자리 경쟁시장

재생에너지 입찰시장은 실시간 시장·보조서비스 시장과 달리 '26년 하반기에 도입이 예정되어 있다. 재생에너지 입찰시장의 취지는 명확하다. 그간 가격 결정력 없이 우선 구매되던 재생에너지를 시장 경쟁 구조 안으로 편입시켜, 출력제어를 시장 가격시그널로 해소하겠다는 것이다. 그런데 이러한 조치는 재생에너지와 다른 발전원 간의 경쟁에 있어 비대칭을 유발한다.

LNG·석탄 등 화석연료 발전기는 여전히 변동비 반영(CBP) 방식으로 연료비에 따라 순차 급전되어 가격신호에 반응할 유인이 없다.¹⁹ 경부하기에 재생에너지가 아무리 낮은 가격으로 입찰해도 화석연료 발전기는 시장 가격에 의해 스스로 출력을 조정할 동기가 없다. 결국 공급 과잉 상황에서 추가로 출력을 줄여야 하는 자원은 재생에너지가 주요하다.

연료비가 없는 태양광·풍력이 0 원 또는 마이너스 가격으로 입찰할 경우에도, 낙찰이 보장되지 않는다. 계통에서 반드시 가동해야 하는 must-run 화력발전기가 여전히 우선순위를 점하고 있어, 재생에너지가 더 낮은 가격으로 입찰해도 낙찰

18 WattClarity. (2026.02). Who killed FCAS? Generator Statistical Digest 2025 (GSD2025). AEMO 데이터 기반. <https://wattclarity.com.au/articles/2026/02/who-killed-fcas/>

19 해바람 법률사무소. (접속일: 2026.04). 전력도매시장에서의 전력거래: CBP 시장과 SMP의 이해전력도매시장 전력거래 CBP시장 SMP 결정구조. <https://haebaramlaw.com/%EC%A0%84%EB%A0%A5%EB%8F%84%EB%A7%A4%EC%8B%9C%EC%9E%A5-%EC%A0%84%EB%A0%A5%EA%B1%B0%EB%9E%98-cbp%EC%8B%9C%EC%9E%A5-smp%EA%B2%B0%EC%A0%95%EA%B5%AC%EC%A1%B0/>

에서 밀리는 경우가 발생한다.²⁰ 즉, 출력제어를 시장 원리로 해소하겠다는 제도가 실제로는 화력발전을 경쟁 밖에 둔 채 재생에너지에만 출력제어 부담을 지우는 반쪽짜리 경쟁시장에 그치고 있다.

2.3.2 해외사례 : 호주의 가격입찰 제도(PBP)

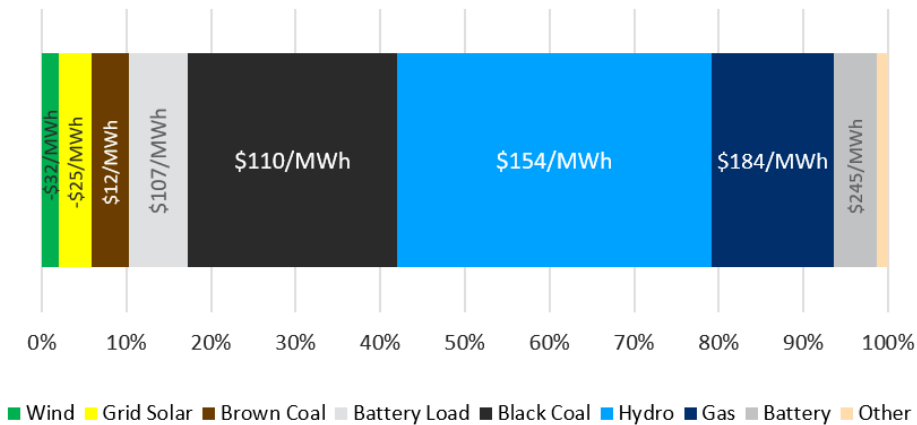
호주 전력시장(NEM)에서는 석탄, LNG, 수력, 태양광, 풍력, ESS 등 모든 발전원이 5 분 단위로 MW 당 가격을 직접 입찰하고, 수요에 맞춰 낮은 가격 순으로 급전된다.²¹ 호주에도 계통 안정을 위한 must-run 조건은 존재하지만, 그 기준이 좁고 엄격하다. 발전기 자체의 발전 제약은 고려되지 않으며, 계통 안전성 유지를 위한 필수적인 요건만 인정된다.

호주 전력시장에서는 낮 시간대 매우 낮은 시장가격이 형성된다. 그림 8 과 같이 2024 년 2 분기 발전원별로 SMP 를 결정하는 시간 비중(막대 너비)과 그때의 평균 가격(막대 안 수치)을 살펴보면, 풍력은 SMP 를 결정하는 시간대에 평균 \$32/MWh, 태양광은 \$25/MWh 이다. 연료비가 없는 재생에너지가 낮은 가격으로 입찰해 급전 우선순위를 확보하기 때문이다.

반면 가스는 재생에너지가 부족한 시간대에만 SMP 를 결정하는데, 그 비중이 15% 내외에 불과하다. 운영 시간 중 극히 일부 구간에만 등장하지만, 그 구간에서는 연료비를 반영한 높은 가격(평균 184 달러/MWh)으로 정당한 수익을 확보한다. 시장 규칙이 특정 발전원을 배제하는 것이 아니라, 각 발전원의 비용 구조가 자신에게 가장 유리한 시간대를 자연스럽게 선택하는 구조다.

[그림 8] 호주 전력시장 발전원별 SMP 결정 가격 및 점유 비중 (2024년 2분기)²²

Average prices by technology, and share of time setting the price, Q2 2024



20 법무법인 세종. (2022.12). 재생에너지 입찰제도 뉴스레터. <https://www.shinkim.com/kor/media/newsletter/2212>

21 The Energy. (접속일2025: 2026.04). How Australia's electricity market bidding works. <https://theenergy.co/article/how-australias-electricity-market-bidding-works>

22 The Australia Institute. (2024).06). We don't need nuclear power: the path to cheaper electricity is renewables. <https://australiainstitute.org.au/post/we-dont-need-nuclear-power-the-path-to-cheaper-electricity-is-renewables/>

이것이 핵심이다. 한국의 재생에너지 입찰시장은 재생에너지만 가격입찰을 하고 화석연료는 CBP 방식의 용량입찰을 그대로 유지한다. 재생에너지는 가격신호에 노출되지만, CBP 제도 하에서 특정 수준의 must-run 가동을 보장받는 기존 화력발전기는 그렇지 않다. 호주처럼 모든 발전원이 같은 가격입찰 규칙 아래 경쟁하면 재생에너지는 낮 시간대 SMP 를 결정하는 주체가 되고, 가스는 피크 시간대 프리미엄으로 수익을 올리는 구조로 자연스럽게 재편된다. 같은 운동장에서의 경쟁이 에너지 전환을 이끄는 것이다.

2.3.3 가격입찰 제도에서 VPP의 역할

발전원이 가격입찰 제도(PBP) 내에서 경쟁하면 재생에너지가 낮 시간대 SMP 를 결정하는 주체가 되고, 고비용 화석연료가 피크 시간대에만 가동되는 구조로 재편된다. 여기에서 VPP 는 핵심적인 역할을 한다.

재생에너지 발전량이 급증하는 낮 시간대 SMP 가 마이너스로 내려가면, VPP 는 이 신호를 빠르게 포착해 ESS를 충전하고 수요를 조절할 수 있다. 반대로 저녁 피크에 SMP 가 급등하면 저장된 에너지를 방출해 가스발전기보다 빠르고 저렴하게 계통을 안정화한다. 즉, 발전원들의 가격입찰이 만들어내는 가격 스프레드는 VPP 가 수익을 확보할 수 있는 가격 신호이자, ESS가 계통 안정에 기여할 수 있는 경로다.

현행 구조에서 출력제어는 시범사업 미참여 재생에너지 발전사업자에 대한 긴급 급전지시, 즉 행정 명령으로 이루어진다. 가격입찰 구조에서는 가격 신호가 이를 대신한다. 재생에너지가 과잉인 시간대에 SMP 가 마이너스로 내려가면, 연료비를 부담하는 화석연료 발전기는 경제성이 없어 스스로 발전을 줄인다. VPP는 그 순간 ESS 충전을 통해 과잉 전력을 흡수한다. 출력제어가 행정 명령이 아닌 시장 가격의 자연스러운 결과로 처리되는 것이다.

단, 가격입찰 구조로의 전환이 곧 재생에너지 지원 중단을 의미하지는 않는다. 호주 NEM 은 1998 년 개시부터 가격입찰 원칙으로 설계됐지만, 재생에너지 지원은 별도 법률(재생에너지목표제, RET)에 따라 인증서 시장을 통해 병행해왔다. 재생에너지 발전사업자가 발전량에 비례해 인증서(LGC)를 발행하고, 전력소매사업자가 이를 의무 구매하는 방식으로 전력 도매시장의 가격 경쟁과 재생에너지 지원이 구조적으로 분리되어 운영된 것이다. 시장 설계의 공정성과 개별 자원에 대한 지원 정책은 서로 다른 문제다. 관건은 시장 설계 자체가 공정해야 한다는 것이다. 재생에너지에게만 가격 위험을 부과하고 화석연료에게는 가격신호를 차단하는 구조를 유지하는 한, VPP가 재생에너지 변동성을 수익으로 전환하는 시장 참여자로 자리잡을 기회는 생기지 않는다. 가격입찰 제도의 도입은 VPP 가 시장에서 제 역할을 하기 위한 전제 조건이다.

3. 결론

2장에서 확인한 제주 재생에너지 입찰제도 시범사업의 각 시장 문제들은 서로 분리해서 볼 수 없다.

- 1) 실시간 가격신호가 없으면 수급 오차는 시장이 아닌 관제센터의 판단으로 흡수되고, 그 비효율은 전기요금으로 전가된다.
- 2) 보조서비스 시장이 제주와 같이 화석연료 비용 구조를 기준으로 설계되어 있으면, 유연성 자원은 아무리 빠르게 응동해도 수익을 가져갈 수 없다. 계속 가스발전기가 보조서비스 시장을 독점할 수밖에 없는 이유다.
- 3) 재생에너지에게만 가격 위험을 부과하는 반쪽짜리 입찰시장은 재생에너지에 투자를 위축시킨다.

시장은 설계대로 움직인다. 한국 전력시장이 화석연료 중심으로 설계된 이상, 화석연료 중심으로 돌아가는 것은 당연한 귀결이다. 제주 시범사업 3년, 데이터는 이미 충분하다. 이제는 정책으로 전환할 차례다. 이 브리프는 세 가지를 요구한다.

3.1. 실시간·보조서비스 시장의 육지 도입 확정

'2027년 이후'라는 불투명한 일정은 민간 투자를 가로막는 진입장벽이다. 전력거래소는 제주 시범사업 데이터를 근거로 육지 확대 일정을 확정·공표하고, 시장 규칙 개정안을 선제적으로 공개해야 한다. 실시간 시장과 보조서비스 시장은 반드시 함께 도입되어야 한다. 실시간 가격신호 없이는 보조서비스 시장의 경쟁도 반쪽에 그친다. EMS 고도화 등 기술적 지원 사유는 예산과 일정이 명시된 해소 계획과 함께 투명하게 공개되어야 한다.

3.2. 보조서비스 시장의 ESS·VPP 참여 자격 및 정산 구조 개편

자격과 가격, 두 가지를 동시에 바꿔야 한다. 전기사업법 제2조 및 전력시장운영규칙을 개정해 기술 유형에 관계없이 유연성 서비스를 제공하는 모든 자원이 보조서비스 시장에 참여할 법적 근거를 마련해야 한다. 동시에 SMP±GP 기반 정산을 폐지하고 시장 참여자가 자신의 가치를 직접 입찰하는 경쟁 구조로 전환해야 한다. 가격입찰제가 열리면 시장은 스스로 가장 빠르고 저렴한 자원을 선택한다. 응동 속도와 제어 정확도에 따른 성능 기반 차등 보상도 함께 도입되어야 ESS·VPP의 기술 경쟁력이 투자 유인으로 전환된다.

3.3. 가격입찰제도의 발전원 간 형평성 확보

재생에너지에만 가격 위험을 부과하고 화력발전기는 CBP 보호 구조 안에 두는 현재 구조는 공정한 경쟁이 아니다. 이는 재생에너지 확대를 촉진하는 것이 아니라 오히려 억제하는 방향으로 작동한다. 모든 발전원이 같은 가격입찰 규칙 아래 경쟁할 때 시장은 가장 효율적인 에너지원을 선택한다. 단, 실효성을 갖추려면 화석연료에 구조적으로 유리한 CBP 체계 개편이 가격입찰제 도입과 한 패키지로 설계되어야 하며, 재생에너지 지원은 시장 신호를 왜곡하지 않는 방식으로 병행되어야 한다.

세 가지 시장 개편은 재생에너지 100GW 보급 목표를 넘어, 그 100GW를 계통이 실제로 받아들일 수 있는 구조를 만들기 위한 필수 조건이다. 유연성 자원 생태계가 조성되지 않으면 100GW는 공허한 숫자에 그친다.



변화하는 전력산업 VPP·ESS는 왜 제자리인가

발간일	2026년 4월
저자	김선규 기후솔루션 연구원 (sunkyu.kim@forourclimate.org)
도움주신 분	한가희 기후솔루션 전력시장계통팀 팀장 (gahee.han@forourclimate.org) 임장혁 기후솔루션 연구원 (janghyeok.lim@forourclimate.org) 정은호 기후솔루션 수석자문위원 (eunho.cheong@forourclimate.org)
디자인	박서연 기후솔루션 디자이너 (kara.park@forourclimate.org) Nature Rhythm

기후솔루션은 전 세계 온실가스 감축 및 올바른 에너지 전환을 위해 활동하는 비영리법인입니다. 리서치, 법률, 대외 협력, 커뮤니케이션 등의 폭넓은 방법으로 기후위기를 해결할 실질적 솔루션을 발굴하고, 근본적인 변화를 위한 움직임을 만들어 나갑니다.