



에너지 전환의 열쇠

한국의 재생에너지 확대를 위한
유연성 자원 활성화 정책 제언

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

발간월	2023년 11월
저자	김자현 연구원 (jahyun.kim@fourclimate.org)
도움 주신 분	이진선 책임 한가희 책임 정석환 연구원 정은호 수석자문 정해성 장인의 공간 대표 김태영 해준 VPP부문 부문장

* 참고

본 보고서는 온실가스 감축과 에너지 전환을 위해 작성된 자료로서 정보 전달 및 교육적 성격으로만 활용될 수 있습니다. 기후솔루션은 독립적이고, 중립적인 비영리법인으로서 특정 기업체, 국가, 공공기관, 정당 및 이익단체, 개인 등을 대변하지 않으며, 투자 자문 또는 법률 자문 서비스를 제공하는 기관이 아닙니다. 따라서 본 보고서는 특정 기업체나 산업 분야를 홍보하거나, 이에 투자를 유도하는 것이 아님을 밝히며, 본 보고서의 그 어떠한 내용도 투자 유도, 기업 홍보, 경제적 활동 등 사적 이익 추구에 활용될 수 없습니다. 본 보고서의 모든 내용은 발간 시점 기준으로 작성되었고, 신뢰할만한 정보를 바탕으로 하여 검증 과정을 거쳤으나 정보의 정확성, 완결성, 적시성에 대해 보장하지 않습니다. 기후솔루션은 이 보고서를 사용함으로써 발생하는 직·간접적 피해에 대한 법적 책임을 지지 않습니다.

에너지 전환의 열쇠

한국의 재생에너지 확대를 위한
유연성 자원 활성화 정책 제언

목차

요약	4
----	---

1. 배경 및 목적	7
------------	---

2. 유연성 자원이란?	9
2-1. 정의	9
2-2. 유연성 자원의 역할과 중요성	11

3. 국내외 신규 유연성 자원 관련 정책	12
3-1. 국내 정책	12
3-2. 해외 신규 유연성 자원 활성화 정책	13

4. 신규 유연성 자원 활성화를 가로막는 원인 분석	16
» 원인 1. 신규 유연성 자원의 가치를 평가하기 어려운 화력발전 중심의 전력시장	16
[참고] 신규 유연성자원 가치 평가 해외 사례	22
» 원인 2. 다층적 전력시장(실시간 시장, 보조서비스 시장)의 부재	23
[참고] 전력시장 제도개선 제주도 시범사업 주요 내용 및 개선 필요사항	26
[참고] “신규 유연성 자원에 공정한 전력시장으로 바꾸라” - 유럽 최대 VPP 기업 vs. 독일 전력당국 소송 (2018)	29

5. 결론 및 제언	30
------------	----

6. 본 보고서의 한계 및 후속 연구 방향성	31
--------------------------	----

참고문헌	32
------	----

요약

재생에너지로의 전환이 국가 산업과 수출 경쟁력 확보의 핵심이 됐다. 앞서 준비하지 않으면 재생에너지 기반 공급망 구축이 핵심인 RE100*이나 탄소국경세**와 같은 국제 무역장벽을 넘어설 수 없기 때문이다. 에너지 전환이 곧 세계 시장에서 경쟁력을 강화하는 길임을 인식한 각국은 재생에너지로의 전환에 속도를 내고 있다. 그 과정에서 가장 큰 과제는 재생에너지의 변동성(variability)과 간헐성(intermittency)을 보완할 수 있는 전력시스템의 유연성을 확보하는 것이다. 이때 필요한 것이 바로 유연성 자원(flexibility resources)이다.

* RE100: 2050년까지 기업 활동에 필요한 전력의 100%를 태양광 및 풍력 등의 재생에너지(renewables)로 조달하겠다는 선언

** 탄소국경세(Carbon Border Tax): 탄소배출 규제가 강한 국가가 탄소배출 규제가 약한 국가의 제품을 수입할 때, 제조 과정에서 발생한 탄소배출량에 따라 해당 제품에 부과하는 일종의 무역 관세

기존 화력발전 중심의 전력시스템에서는 복합화력발전(이하 가스발전)과 같은 대규모·중앙집중형 발전설비가 유연성 자원의 역할을 했다. 그러나 재생에너지가 늘어나며 전력계통이 복잡해졌고, 즉각적인 반응이 중요해짐에 따라 새로운 유형의 유연성 자원이 필요해졌다. 즉, 소규모·분산형으로 재생에너지의 변동성과 간헐성을 보다 효과적으로 보완하는 에너지저장장치(Energy Storage System, 이하 ESS)와 수요반응자원(Demand Response, 이하 DR), 그리고 가상발전소(Virtual Power Plant, 이하 VPP)와 같은 새로운 유연성 자원의 확대가 불가피한 환경이 됐다.

하지만 그 필요성에 비해 국내에서 신규 유연성 자원 활성화를 위한 제도적 기반은 부족한 것이 현실이다. 이로 인해 재생에너지 친화적인 계통을 구축하는 데 필요한 유연성 자원을 적기에 확보하지 못해 재생에너지 출력을 제한하는 경우가 급증하는 등 여러 부작용을 겪고 있다. 그 결과 제10차 전력수급기본계획에서는 너무 많은 양의 재생에너지를 계통에 연결하는 것이 현재의 계통 상황에 비추어 "실현가능성"이 떨어진다는 점, 2030년 재생에너지 발전비중을 국가온실가스배출목표(NDC) 상향안에 비해 8.6%p 줄이기도 했다.

따라서 본 보고서는 한국 에너지 전환의 결정적 열쇠가 될 신규 유연성 자원의 활성화를 가로막는 원인이 무엇인지 분석하고, 정책의 개선 방향을 제시하고자 한다.

» 원인 1. 신규 유연성 자원의 가치를 평가하기 어려운 화력발전 중심 전력시장

신규 유연성 자원은 가스발전과는 달리 재생에너지의 변동성과 간헐성에 유기적이고 즉각적으로 반응한다. 또 소규모·분산자원 중심의 재생에너지가 주력 전원으로 자리잡은 시대에 걸맞은 형태를 띠고 있다. 따라서 기존과는 다른 방식으로 그 가치를 평가해야 한다. 하지만 대규모·중앙집중형 화력발전 중심의 현재 전력시장 구조는 소규모·분산형 재생에너지 중심의 신규 유연성 자원에 합당한 가치 평가와 보상을 하는 일을 어렵게 만든다.

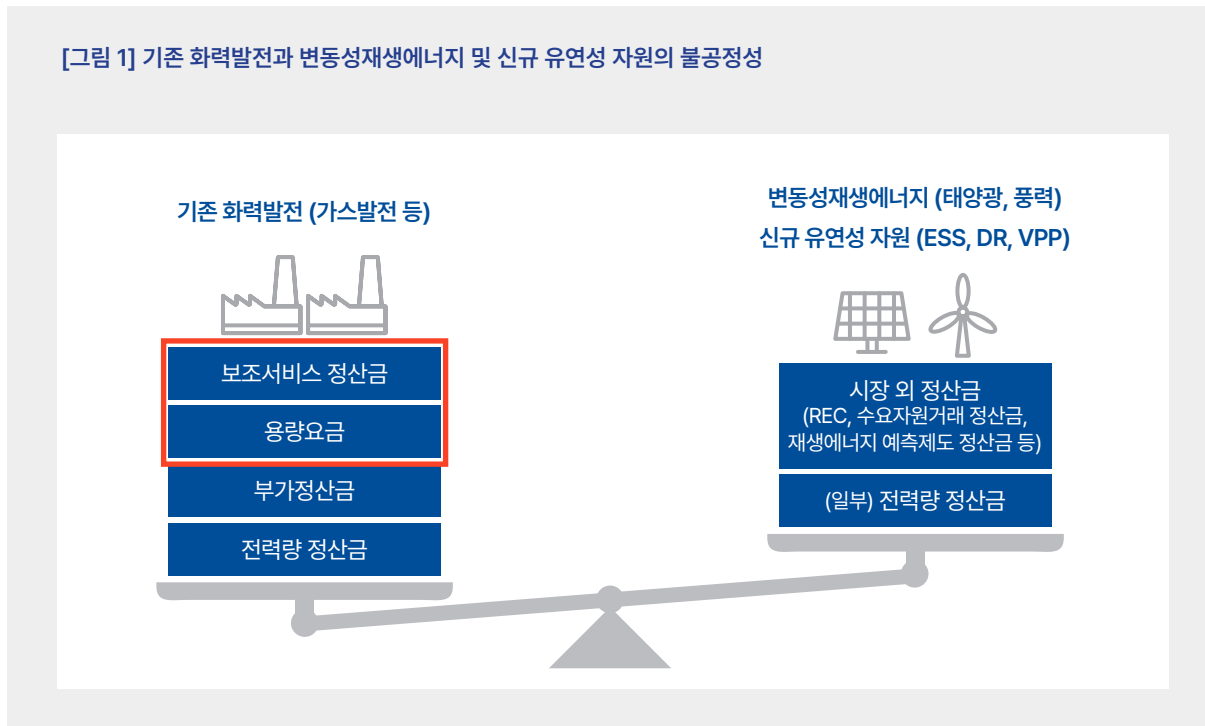
화력발전 중심의 전력시장은 총괄원가 보상원칙 및 변동비 반영시장이라는 두 가지 특징으로 설명할 수 있다. 이런 특징은 재생에너지의 비중이 낮고, 기존의 대규모·중앙집중형 화력발전이 주를 이루던 시기에는 유효했다. 유연성 자원이라고는 대규모·중앙집중형 가스발전밖에 없었기에 명확한 가치를 평가하기보다 총괄원가로 보상하고, 변동비(연료비)만으로 시장가격을 결정해 보상해도 충분했기 때문이다.

그 덕에 화력발전은 이러한 가치와 특성에 맞춰 설계된 총괄원가 보상원칙 아래서 일정 수준의 수익을 보장받았다. 그리고 변동비 반영시장에 참여해 변동비뿐 아니라 용량요금(CP)과 같은 지원금 성격의 정산금을 통해 고정비를 받으며 경제성을 유지할 수 있다.

반면 화력발전 중심의 전력시장에서 신규 유연성 자원의 가치는 제대로 평가받지 못하고 있다. 해당 자원이 제공하는 여러 가치에 대한 보상이 제대로 이뤄지지 않는 현실이 이를 대변한다. 대표적인 사례가 **용량과 보조서비스에 대한 정산 방식**이다.

신규 유연성 자원은 기존 가스발전과는 다른 방식으로 용량을 제공하더라도 **용량요금을 정산 받지 못한다**. 또한 **보조서비스에 대한 정산 방식**도 해당 자원의 성격을 반영하지 못하고 있다. 가스발전보다 더 효율적으로 각종 서비스를 제공할 수 있는 신규 유연성 자원의 기술적 특성을 반영하지 않거나, 일부 경우는 아예 정산을 대상에서 배제하는 등 **경제적 유인이 불충분하다**. 현재의 전력시장 제도에서는 신규 유연성 자원의 가치를 명확히 평가하고, 그에 맞는 보상을 제공하기가 어렵다.

[그림 1] 기존 화력발전과 변동성재생에너지 및 신규 유연성 자원의 불공정성



반면 해외에서는 신규 유연성 자원이 탄소중립과 에너지 전환에 있어 가장 중요하다는 사실을 인식하고 다양한 지원 방안을 모색하고 있다. 해당 자원의 이용을 의무화하거나 적절한 경제성을 확보하도록 전력시장 제도를 개편하는 등의 조치가 그것이다.

» 원인 2. 다층적 전력시장(실시간 시장, 보조서비스 시장)의 부재

신규 유연성 자원의 활성화가 어려운 또 다른 이유는 해당 자원이 참여할 수 있는 다양한 시장, 즉 신규 유연성 자원에 적절한 가격 신호를 줄 수 있는 다층적인 시장이 부재하다는 것이다.

현재 한국 전력시장에는 하루 전 (현물)시장만 존재한다. 하지만 이 시장만으로는 여러 서비스를 다양한 방식으로 제공하는 신규 유연성자원에 경제적 유인을 제공할 수 없다. 현재와 같은 단편적인 전력시장 운영 방식은 재생에너지 주력 전원화 시대에 걸맞은 시장-계통 운영의 효율성을 담보할 수 없다.

신규 유연성 자원의 가치가 다양한 만큼 시장 또한 다층적으로 형성되어 가격 신호를 제공할 수 있어야 한다. 실시간으로 변하는 신규 유연성 자원의 가치를 효과적으로 반영하는 실시간 시장, 다양한 보조서비스를 시장가격으로 보상하는 시장 등이 그것이다.

전력당국은 2024년 2월부터 전력시장 제도개선 제주 시범사업을 통해 실시간 시장과 보조서비스 시장을 신설할 예정이다. 이는 단편적인 수준에 머물던 시장을 고도화하고 재생에너지 중심의 전력 시스템으로 탈바꿈하는 신호탄이 될 것으로 기대된다. 단, 이번 시범사업을 통해 재생에너지와 신규 유연성 자원의 실질적인 활성화 가능성을 면밀히 검토해 볼 필요가 있다. 재생에너지 및 신규 유연성 자원은 출력제한과 같은 리스크의 규모를 정확히 예측하기 어렵고, 불분명한 가치평가 방식과 불공정한 정산 방식 때문에 리스크에 비해 적은 보상을 받을 수밖에 없는 실정이다. 또한 시범사업을 향후 육지 계통으로 확대 운영할 예정인 만큼, 앞서 지적한 전력시장 전반의 가치평가 방식 전환과 그에 상응하는 정산제도의 개편이 시급하다.

위와 같은 분석의 결과를 바탕으로, 다음과 같은 정책 개선 방향을 제안한다.

첫째, 대규모·중앙집중형 화력발전 중심의 전력시장에서 소규모·분산형 재생에너지 및 신규 유연성 자원 중심 전력시장으로 전환한다.

이를 위해 총괄위가 보상원칙을 폐지하고, 변동비 반영시장 체제를 가격 반영시장으로 전환하여 화력발전에 대한 보상 수준을 현실화해야 한다. 동시에 신규 유연성 자원의 가치를 명확히 반영할 수 있도록 용량요금 및 보조서비스 정산금에 대한 산정 기준을 정상화하여 해당 자원의 경제성을 높여야 한다.

둘째, 실시간시장, 보조서비스시장 등 다층적인 시장을 구축하여 전력시장을 고도화한다.

현재 하루 전 시장뿐만 단편적 전력시장 구성에서 벗어나 다양한 신규 유연성 자원이 진입할 수 있도록 실시간 시장, 보조서비스 시장, 나아가 당일 시장과 현물시장 외 장/단기 계약시장까지 개설해야 한다. 이를 통해 신규 유연성 자원이 제공 가능한 서비스를 시장 기제에 따라 보상 받고, 수익성을 확보할 수 있도록 해야 한다.

단, 다층적인 시장 도입이 되레 화력발전의 수익을 보장하는 왜곡 효과를 초래하지 않도록 시장가격 결정 과정에 탄소 집약도(emissions intensity), 환경비용, 탄소비용 및 노후 발전설비기준 등을 철저히 반영해야 한다.

나아가 이와 같은 정책 개선을 통해 활성화된 소규모·분산형 재생에너지와 신규 유연성 자원 중심의 전력계통을 더욱 효율적으로 운영할 수 있도록 배전망운영자(Distribution System Operator, DSO)의 역할 또한 강화해야 한다.

1. 배경 및 목적

전세계 온실가스 배출량의 약 40%를 차지하고 있는 전력부문의 탈탄소화는 기후위기 대응에 있어 가장 시급한 과제다. 그리고 전력부문 탈탄소화의 핵심은 태양광, 풍력과 같은 재생에너지 확대다. 이를 실현하기 위한 기본적인 전제조건은 전력시스템의 유연성(flexibility), 즉 재생에너지의 변동성과 간헐성을 보완해 안정적으로 전력계통을 관리하는 능력을 강화하는 것이다.

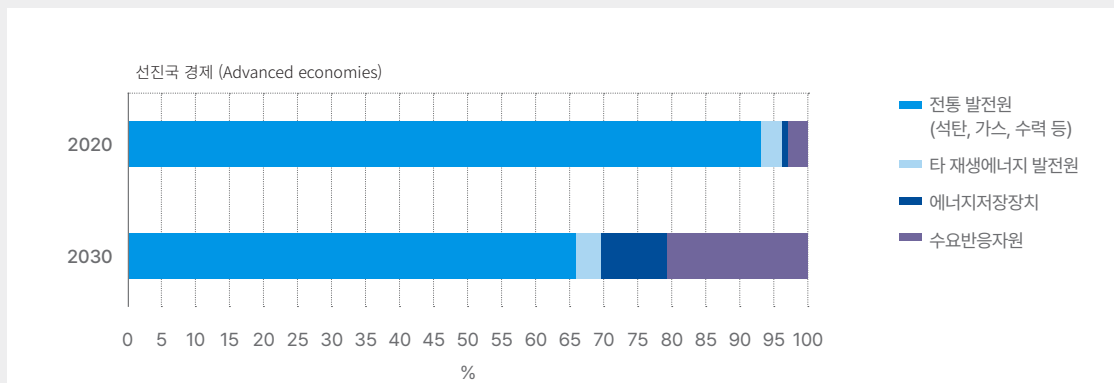
전력은 수요와 공급이 늘 일치해야 한다. 따라서 전력계통이 기상 여건에 좌우되는 재생에너지의 변동성과 간헐성에 유연히 대응하지 못한다면 수급불균형으로 이어지고, 전력계통 불안정(정전 등)이 발생할 수 있다. 또한 전기화의 비중이 높아짐에 따라 과거와는 달라진 전력 수요 패턴에 빠르게 반응하기 위해서라도 전력계통의 유연성은 더욱 중요해지고 있다.

국제사회 또한 에너지 전환에 있어 유연한 전력시스템의 중요성을 강조하고 있다. 국제에너지기구(International Energy Agency, 이하 IEA)가 발표한 2050 넷제로 시나리오에서는 다음과 같이 전력시스템 유연성의 중요성이 강조돼 있다.

풍력과 태양광 발전의 균형을 이루고, 진화하는 전력수요 패턴에 대응하기 위한 **전력시스템 유연성은 2050년까지 4배 증가할** 것이다. 이는 **기존 전력시스템에 유연성을 공급하던 전통 화력발전원들이 퇴출되더라도 마찬가지이다.** 에너지 전환은 유연성을 제공할 수 있는 모든 자원의 급격한 증가를 필요로 한다. 스마트하고 디지털 기술에 기반한 전력 시스템을 통한 **배터리, 수요반응자원, 저탄소 유연성 발전설비** 등이 그것이다.

해당 시나리오에 따르면 2030년까지 기존 화력발전 중심의 중앙집중형 전력계통에서 유연성을 공급해오던 가스발전의 비중을 줄이고, 신규 유연성 자원인 배터리저장장치와 수요반응자원 등을 대폭 확대해야 한다. 선진국 기준¹으로 에너지저장장치(배터리)는 전체 전력시스템 유연성 중 약 10%, DR은 약 21%가량을 차지하게 된다.

[그림 2] 2050 넷제로 시나리오에 따른 전력 유연성 구성 자원 (출처: IEA, 기후솔루션 재구성)



그러나 한국에서는 이처럼 신규 유연성자원이 지닌 가치가 중요해지고 있음에도 화력발전 중심의 전력시장 제도에서 벗어나지 못하고 있다. 이에 따라 신규 유연성 자원이 새롭게 시장에 진입하는 데 어려움을 겪고 있다.

예컨대 ESS는 2021년 신재생공급인증서(REC) 가중치 일몰 이후 시장이 크게 위축됐다. DR은 수요자원 의무감축 용량이 2017년 원전 4기에 달하는 수요를 감축할 수 있는 수준인 4GW를 넘긴 이후 여전히 그 수준에서 담보 상태에 빠져 있다. VPP 또한 다양한 실증 사업이 진행 중이나 활성화 단계에 접어들었다고 보기는 어렵다.

또한 제도적 미비는 신규 유연성 자원을 통해 창출할 수 있는 에너지 신산업 경쟁력을 되레 해외로 유출하는 결과로 이어졌다. 국내 기업은 ESS 등 신규 유연성 자원 사업을 추진할 기술을 보유하고 있고, 높은 수준의 디지털 인프라를 활용할 수 있음에도 국내 시장에서 사업 확장에 적극적으로 나서지 않고 있다.²

이러한 괴리를 좁히기 위해서는 재생에너지로의 전환이라는 시대적 사명을 더 빠르고, 안정적으로 달성하는 데 필요한 신규 유연성 자원의 가치를 명확히 인식하고, 해당 자원이 시장에서 생존할 수 있도록 전력시장을 선진화해야 한다.

따라서 본 보고서는 재생에너지 확대를 위한 전력계통의 유연성 제고 관점에서 신규 유연성 자원에 관한 정책 및 현행 제도를 분석하고, 이를 바탕으로 해당 자원의 확대를 가로막고 있는 주요 요인을 분석, 향후의 개선 방향을 제시하고자 한다.

2. 유연성 자원이란?

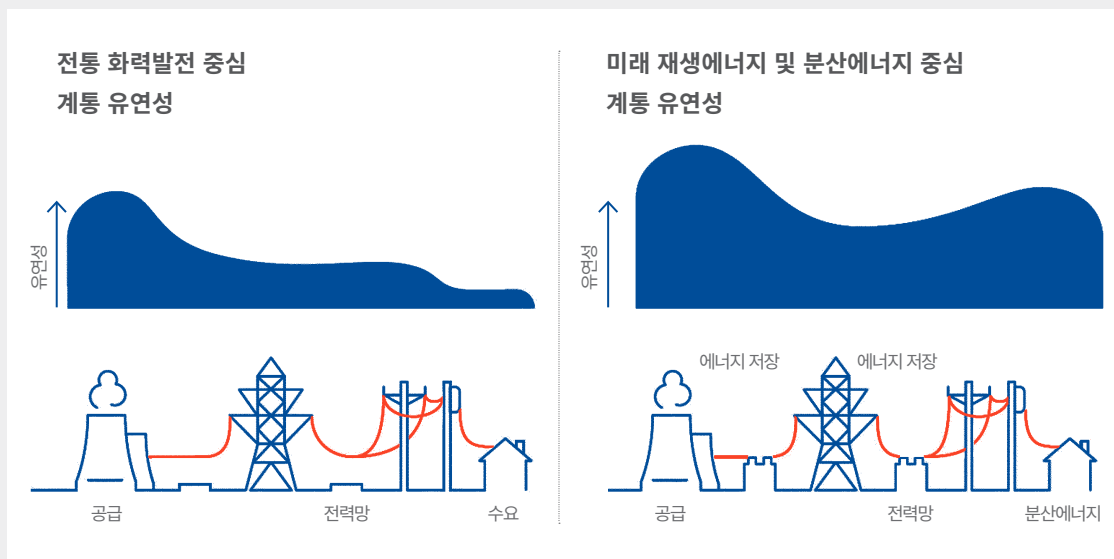
2-1. 정의

유연성 자원(flexibility resource)은 전력공급 및 수요변화에 대응하여 전력계통에 유연성(flexibility)을 공급³하는 자원이다. 여기서 유연성(flexibility)이란 변동성 재생에너지(이하 재생에너지)ⁱ의 출력제한을 회피함과 동시에 안정적으로 전력수요에 대응하면서, 재생에너지가 계통 내에서 유발하는 변동성과 불확실성을 초단기부터 장기까지 모든 기간에 걸쳐 대응할 수 있는 전력 시스템의 능력⁴을 가리킨다.

과거 화력발전 중심의 단방향·중앙집중형 전력계통에서는 주로 공급 중심의 유연성 자원을 활용해 왔다. 예컨대 발전 단계에서 주로 가스발전기의 빠른 응답력을 활용해 계통에 유연성을 부여했고, 수요 차원의 유연성은 낮은 수준에 머물렀다.

그러나 재생에너지가 주력전원화되는 미래의 양방향·분산형 전력 시스템에서는 단순 발전뿐 아니라 송배전, 에너지저장, 수요반응, 나아가 전력부문의 잉여전력을 다른 부문으로 전환해 활용하는 섹터커플링(sector coupling)⁵에 이르기까지 다양한 유연성 자원을 활용⁶해야 한다.

[그림 3] 전통 화력발전 중심 계통 유연성과 미래 재생에너지 및 분산에너지 중심 전력계통 유연성 비교⁷



때문에 본 보고서에서는 과거 화력발전 중심의 중앙집중형 전력계통에서 활용돼 온 기존 유연성 자원이 아니라 재생에너지 친화적인 분산형 전력계통으로의 전환에 기여할 수 있는 신규 유연성 자원을 다룬다. 에너지 저장과 수요 및 통합 부문의 유연성 자원이 여기 해당한다.

i VRE(Variable Renewable Energy)를 의미한다. VRE는 자연 현상에 따른 변동성을 지닌 태양광 및 풍력에너지를 통칭한다. 본 보고서에서는 편이상 재생에너지로 표기한다.

아래 표는 본 보고서에서 중점적으로 다루는 신규 유연성 자원을 설명한 것이다.

[표 1] 재생에너지로의 전환에 기여하는 신규 유연성 자원 분류

에너지 저장 부문	
<p>잉여 전력이 생산되는 시간대에 충전해 에너지 저장, 그 밖의 시간대에 방전해 저장된 에너지 활용</p>	
<p>에너지저장장치 (ESS, Energy Storage System)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지속시간 및 에너지저장 방식에 따라 플라이휠, 리튬이온배터리, 플로우 배터리, 열에너지저장장치, 양수발전 저장장치 등으로 나뉨 - 국내에서 유연성 자원으로 주로 활용되고 있는 ESS는 리튬이온배터리와 같은 충전식 배터리를 활용한 BESS(Battery Energy Storage System)임 *본 보고서에서는 표기 편의상 BESS를 ESS라 칭함 - 국내에서는 재생에너지 연계 운전, 피크 감축, 주파수 조정용으로 활용. 그 외 무정전전원장치 및 비상발전기로도 가능 	
<p>주파수 조정</p>	<p>피크 감축</p>
<p>재생에너지 연계 운전</p>	
<p>출처: KEMRI 전력경제 Review, 2021년 10월호, 한전경제연구원</p>	
수요 부문	
<p>최대 전력수요 시간대 이동 및 감축, 분산자원 최적운영 등을 통해 전통적인 유연성 자원과 달리 공급이 아닌 수요를 조절</p>	
<p>수요반응자원 (DR, Demand Response)</p> <p>소비자가 자발적으로 절약한 전기를 시장에서 거래하여 전기소비패턴을 변화시키고 그에 따른 보상 제공⁸ 즉, 소비자에게 시장을 통한 보상을 제공함으로써 가격 신호를 전달하여 최대 전력 저감 및 잉여 전력 사용을 유도⁹ 다양한 서비스를 제공하는 DR 기반 상품으로 플러스DR, 신뢰성 DR 등</p>	
<p>출처: 기술어진 전력시장: 수요반응자원을 차별하고 가스발전을 우대하는 시장 구조 분석, 기후솔루션</p>	
통합 부문	
<p>저장과 수요 부문의 자원과 재생에너지 발전자원까지 통합하여 다층적 가치 제공</p>	
<p>가상발전소 (VPP, Virtual Power Plant)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 중개사업자(aggregator)가 태양광, 풍력과 같은 재생에너지를 포함해 ESS, DR 등 소규모 분산자원을 정보통신 기술로 모아 기존 발전소와 동일하게 전력을 공급하는 새로운 형태의 분산자원 - 가시성이 떨어지고, 계통 불안정을 야기할 수 있었던 소규모 분산자원을 집합하여 전력시장에 참여하고, 운영·관리함으로써 전력계통 운영에 기여 - 국내에서는 다양한 분산자원 보유자와 중개사업자를 통해 모집된 자원으로 정의¹⁰ 	
<p>출처: VPP 운영현황 및 활성화 방안, 전기저널</p>	

2-2. 유연성 자원의 역할과 중요성

이제 덕커브가 아닌 “낭떠러지”

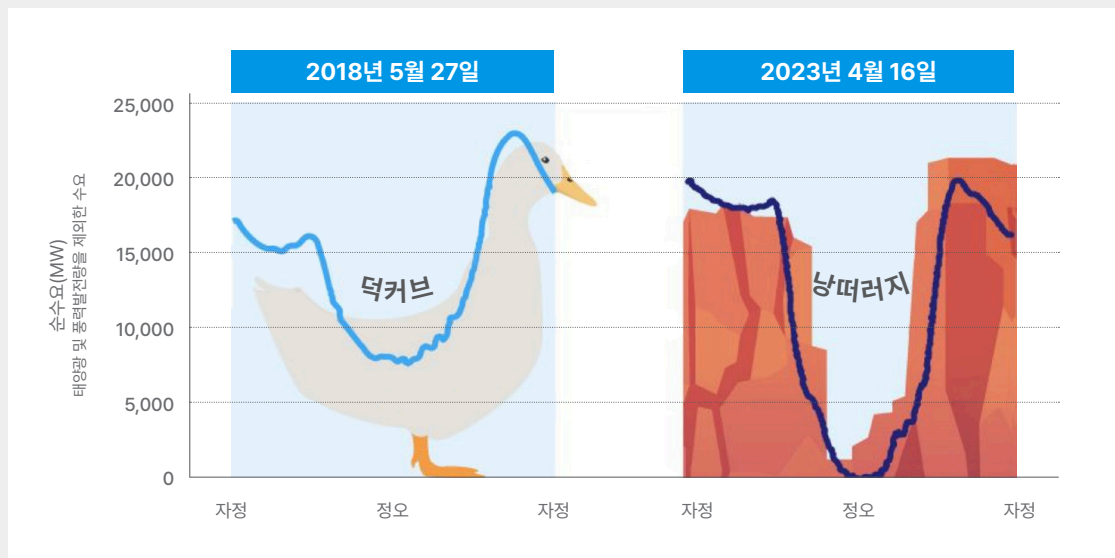
유연성 자원의 역할과 중요성을 확인할 수 있는 대표적 사례가 바로 ‘덕커브(Duck Curve)’ 현상ⁱⁱ이다.

덕커브 현상이라는 말이 생겨난 캘리포니아는 미국에서 태양광 전기 생산량이 가장 많은 주이다. 태양광은 캘리포니아 전체 발전량의 27%를 생산하며, 가장 높은 비중을 차지하고 있는 발전원이기도 하다.¹¹

캘리포니아에서는 매년 덕커브 현상이 심화되어 올해 역대 최고 수준을 기록¹²하였다. 심지어 한낮에는 네거티브 수요, 즉 공급이 수요보다 많아 수요량이 마이너스를 기록하여 발전사업자가 역으로 비용을 지불해야 하는 상황이 빈번히 발생하고 있다. 마이너스 가격이 형성되는 것(negative pricing)은 그만큼 전력계통에 충분한 유연성을 확보하지 못했다는 것을 뜻하며, 이런 현실이 전력시장에 반영되어 나타나는 현상이라고 볼 수 있다.

덕커브 현상이 심화되면 순 부하가 급감할 때 수급균형을 유지하고, 일몰 시간 이후 급증하는 전력수요에 대응해야 할 필요 또한 커진다. 쉽게 말해 더 많은 발전량을 순식간에 줄였다가 다시 늘려야 하는 것이다. 그래서 전문가들은 캘리포니아의 상황을 이제 덕커브가 아니라 “낭떠러지”(Canyon) 현상¹³에 가까워졌다고 말한다. 이러한 “낭떠러지”에 보다 기민하게 대응할 수 있도록 해 주는 유연성 자원의 중요성이 강조되고 있다.

[그림 4] 덕커브 현상(2018)에서 낭떠러지 현상(2023)으로의 변화를 나타내는 그래프¹⁴



ii 태양광 발전비중이 높은 미국 캘리포니아 주에서 처음 이름 붙여진 현상으로, 낮 시간대 태양광 발전량이 급증하여 태양광을 제외한 타 발전원의 전력 수요가 낮아지고(순 부하 급감), 일몰 후 전력 수요가 급상승하는 현상. 이때 형성되는 전력수급 그래프 모양이 오리와 비슷하다고 해서 덕(duck)커브라 불림.

3. 국내외 신규 유연성 자원 관련 정책

3-1. 국내 정책

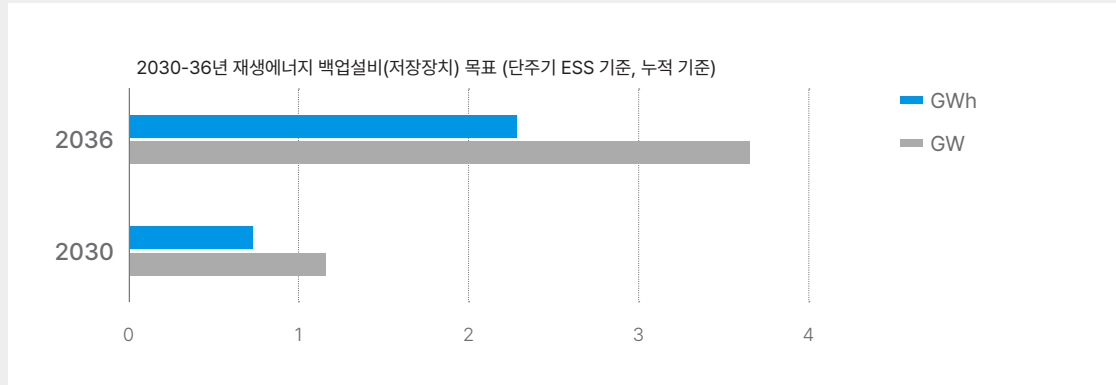
전력 당국도 신규 유연성 자원의 중요성을 인지하고 관련한 지원 정책을 내놓고 있다. 다만 그 내용은 여전히 화석연료 기반의 가스발전 확대 등 공급 중심의 중앙집중형 계획에 그치는 수준이다. 보급 목표를 설정하더라도 그에 따른 명확한 로드맵은 없다. 또한 저장장치 중심의 목표만 제시해 DR 및 VPP, Vehicle to Grid(V2G)와 같은 다양한 유연성 자원에 대한 세부적인 로드맵은 확인하기 어렵다. 또한 기온 상승을 1.5°C 이내로 억제하는 목표, 2050 탄소중립 시나리오, 2030 NDC 등 거시적인 기후위기 대응 목표와의 정합성도 검증하기가 힘들다.

[표 2] 국내 신규 유연성 관련 주요 정책 및 국가 계획

구분	새정부 에너지정책 방향	제10차 전력수급 기본계획	제10차 송변전 설비계획	지능형 전력망 기본계획
주무부처	대통령실	산업부	산업부	산업부
발표일자	2022.07	2023.01	2023.04	2023.02
계획기간	-	2023 - 2036 (15년)	2023 - 2036 (15년)	2023 - 2027 (5년)
목표	기후변화 대응, 에너지 안보 강화, 에너지 신산업 창출을 통한 튼튼한 에너지 시스템 구현	전력망 보강, 전력시장 개편 등 전력수급 기반 강화	국가 에너지 안보 확립을 위한 안정적 전력계통 구축	분산에너지 활성화를 위한 스마트하고 유연한 전력 시스템 구축
주요 내용	<p>5대 에너지 정책 방향 중 실현가능하고 합리적인 에너지 믹스의 재정립</p> <ul style="list-style-type: none"> - (망구축) 합리적 에너지 믹스를 뒷받침하는 미래형 전력망 구축 - (운영) 전력망의 효율적 재설계 및 첨단 그리드 구축 추진 - (분산에너지) 관리·확산 체계 구축을 통해 효율적 전력망 운용 뒷받침 	<p>재생에너지 변동성 보완 방안</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 출력 변동성 대응을 위한 저장장치 등 확보 <ul style="list-style-type: none"> - (단주기) 주파수 유지, 실시간 수급균형 확보 등 변동성 대응 설비 마련 (필요량: 3.66GW) - (장주기) 출력제어 완화, 부하 평준화 등 공급과잉 대응 설비 마련(필요량: 20.85GW) 2. 스마트하고 유연한 계통 운영기반 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 경직성 전원 확대에도 안정적으로 계통을 운영하기 위한 기준 정립 3. 계통 여건을 고려한 질서 있는 재생에너지 보급 추진 	<p>미래 불확실성에 대응할 수 있는 유연한 전력망 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 재생에너지 집중 보급 지역의 계통안정화를 위한 유연성 자원 확보 (대책) 계통안정화 설비 (동기조상기, FACTS, ESS) 확대로 전압 및 주파수 안정도 문제 해소 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전력 공급 유연성 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 전력공급 유연성 자원 확보 <ul style="list-style-type: none"> : 공급유연성 증대를 위한 섹터커플링 등 유연성 자원 개발 및 확보 - 통합발전소(VPP) 도입 <ul style="list-style-type: none"> : 재생에너지 제어자원화를 위한 통합발전소(VPP)의 도입 기반 마련 2. 스마트한 전력소비 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 수요자원 시장 운영 확대 <ul style="list-style-type: none"> : 능동적 전력 소비 환경 조성을 위한 국민DR 활성화 : 재생에너지 출력제한 해소를 위한 플러스 DR 시장 운영 확대

예컨대 제10차 전력수급기본계획에는 2030년과 2036년의 재생에너지 백업설비, 즉 ESS 보급목표가 제시돼 있다. 하지만 필요량을 산정할 때 DR이나 VPP, 섹터커플링 등 신규 유연성 자원을 고려하지 않아 다양한 방식으로 유연성을 확보할 수 있는 로드맵이 부재하다. 또한 최대 전력수요 대비 어느 정도까지 유연성을 확보하여 수급계획을 실현하겠다는 것인지도 불명확하다.

[표 3] 제10차 전력수급기본계획상 재생에너지 백업설비 확보 계획



ESS의 경우, 단순 보급량만 설정하는 것이 아니라 다양한 시간 주기와 다양한 에너지저장 방식을 활용한 ESS 믹스를 제시해야 한다. 이때 ESS뿐 아니라 DR, VPP와 같은 다양한 유연성자원도 모두 고려하여 재생에너지 발전비중에 최적화된 세부 목표를 설정하고, 그에 맞는 단계적 지원 제도를 마련해야 한다.

이때 온실가스를 배출하는 가스발전 대신 신규 유연성 자원으로 얼마나 전력수요에 대응할 수 있는지를 다양한 시나리오에 따라 분석해 볼 필요가 있다. 이를 통해 변화하는 전력수요 패턴에 따른 최적화된 용량을 파악, 전략적으로 계획을 설계해야 한다.

하지만 10차 전력수급기본계획은 재생에너지의 변동성을 고려한 신규 유연성 자원 확대 등 다양한 시나리오를 고려하지 않고, 화력발전 중심의 단편적인 수요-공급 조합을 제시하는 데 그쳤다. 이러한 한계는 재생에너지 발전비중이 가장 높은 제주 지역에 전력 수요 증가를 이유로 600MW에 달하는 신규 복합화력발전소를 건설하겠다는 계획을 통해서도 확인할 수 있다.

3-2. 해외 신규 유연성 자원 활성화 정책

① 유럽연합 유연성 확보 계획 - 전력시장 개편안 및 유연성 목표 설정

유럽연합 집행위원회(이하 EU 집행위)는 최근 유럽연합(이하 EU) 전력시장 개편안을 통해¹⁵ 가스발전을 유연성 자원으로 활용하는 것을 축소함과 동시에 회원국에 유연성 목표(flexibility requirement)를 설정하고, 2년마다 의무적으로 전력 시스템의 유연성을 평가할 것을 제안했다. 평가 지표는 재생에너지 목표, 전력 계통 유연성 수요량, 그리고 이에 따라 ESS와 DR을 포함한 다양한 신규 유연성 자원의 최소 목표를 설정했는지 여부 및 관련 정책의 유무 등이다.

EU 집행위 산하 합동연구센터(Joint Research Center, JRC)는 해당 개편안에 제시된 유연성 목표에 대한 연구를 통해 세부적인 목표치를 제시했다. 우선 2030년까지 EU 회원국 전체 전력수요의 약 24%에 해당하는 유연성을 갖춰야 한다. 이 비중은 지속적으로 증가하여 2050년 약 30%에 달할 것으로 전망됐다. 이때 다양한 방식으로 유연성을 보급할 수 있는 자원의 빠른 보급이 중요하다. 특히 ESS의 경우 2030년까지 현물시장의 수익만으로는 CAPEXⁱⁱⁱ의 일부만 회수할 것으로 전망돼, 경제성 보장을 위해서는 현물시장이 아닌 다른 시장(market segment)로부터 수익 흐름을 창출하거나 경제적 유인을 제공받을 수 있어야 한다. EU 집행위는 이런 내용이 반영된 전력시장 개편안을 통해 ESS의 수익을 다변화할 수 있는 시장제도를 마련할 계획이다.

㉔ 미국 캘리포니아 주(州) - ESS 이용 의무화 법안과 '2045 청정에너지 100%' 법안

2013년 캘리포니아 공공사업위원회(California Utilities Commission, CPUC)는 ESS 이용 의무화 법안(AB 2514)을 통해 캘리포니아의 3대 민간 유틸리티 기업^{iv}이 2020년까지 1,325 MW의 ESS를 조달하고, 늦어도 2024년까지 이를 송배전망, 수용가에 설치하는 것을 의무화했다.¹⁶ 또 전기판매사업자(electric service provider)와 지역중개사업자(community choice aggregators)는 2020년까지 담당 최대부하의 1%에 해당하는 ESS 용량을 확보하도록 했다.¹⁷ 2016년에는 위 3대 유틸리티 기업에 부여된 기존 설치 의무 용량에 500 MW의 목표를 추가로 부과했다.¹⁸

이어서 2018년, 캘리포니아는 일명 "100% 청정에너지법(The 100 Percent Clean Act)"로 불리는 SB(Senate Bill) 100을 통과시켰다. 이 법은 2030년까지 청정에너지 비중을 60%로 확대하고, 늦어도 2045년까지는 전력수요의 100%를 청정에너지로 충당한다는 목표를 담고 있다. 이 법안의 전신 격인 SB 350은 2030년 청정에너지 비중 50% 달성을 목표로 삼았는데, 이보다 한층 강화된 목표다. 이와 더불어 캘리포니아는 같은 해 통과된 SB 700에 따라 ESS 기술에 대한 예산 지원을 늘렸고, ESS 기술 개발 및 설치에 120만 달러(한화 약 16억원)가량을 투자했다. 이렇게 2013년부터 이어진 ESS 이용 의무화와 2018년 마련한 강화된 탄소중립 목표, 그리고 강력한 인센티브까지 3박자가 어우러져 캘리포니아는 미국에서 재생에너지 비중이 가장 높은 주가 됐다.

㉕ 영국 - 미래 에너지 시나리오(Future Energy Scenario, FES)

2023년 7월, 영국 정부는 2050년까지의 국가 전력 계획 전망을 담은 미래 에너지 시나리오(Future Energy Scenario, 이하 FES)를 발표했다. FES는 2050년 넷제로를 목표를 달성하기 위한 4개의 시나리오[①넷제로 선도(Leading the Way), ②소비자 혁신(Consumer Transformation), ③시스템 혁신(System Transformation), ④2050 넷제로 실패(Falling Short)]를 제시하고 있다. 각 시나리오는 기반설비, 기술, 혁신, 소비자 행동에 따라 서로 다른 2050 넷제로 달성 시기와 사회적 변화 정도를 담고 있다.

주요 시나리오별 유연성 확보 목표는 다음과 같다.

- 소비자 혁신(Consumer Transformation) 시나리오
 - : ESS 47 GW 확보 (이중 18GW는 배전망 연결) / 가정, 산업시설, 사업체 포함 DR 13GW 확보
- 넷제로 선도(Leading the Way) 시나리오
 - : 2030년 이후 DR 구성에 V2G 20GW 포함 / 전기차 스마트충전을 통해 첨두부하 60% 감축

iii 자본 지출 (Capital Expenditure, CAPEX)은 미래의 이윤 창출, 가치의 취득을 위한 투자 과정의 비용을 뜻한다. (출처: 기획재정부 시사경제용어사전)

iv 캘리포니아 3대 유틸리티 기업으로는 Southern California Edison, Pacific Gas & Electric, San Diego Gas & Electric가 있다.

해당 시나리오를 기반으로 FES는 네 가지 메시지를 강조하고 있다. 그 중 하나가 “전력시장과 유연성(markets and flexibility)”에 해당한다. 에너지 효율뿐 아니라 ESS, DR과 같은 신규 유연성 자원, 그리고 V2G를 통한 수송 부문의 전력 유연성까지도 적극 활용하는 것이 넷제로 달성의 핵심 조건임이 명시돼 있다.

4. 신규 유연성 자원 활성화를 가로막는 원인 분석

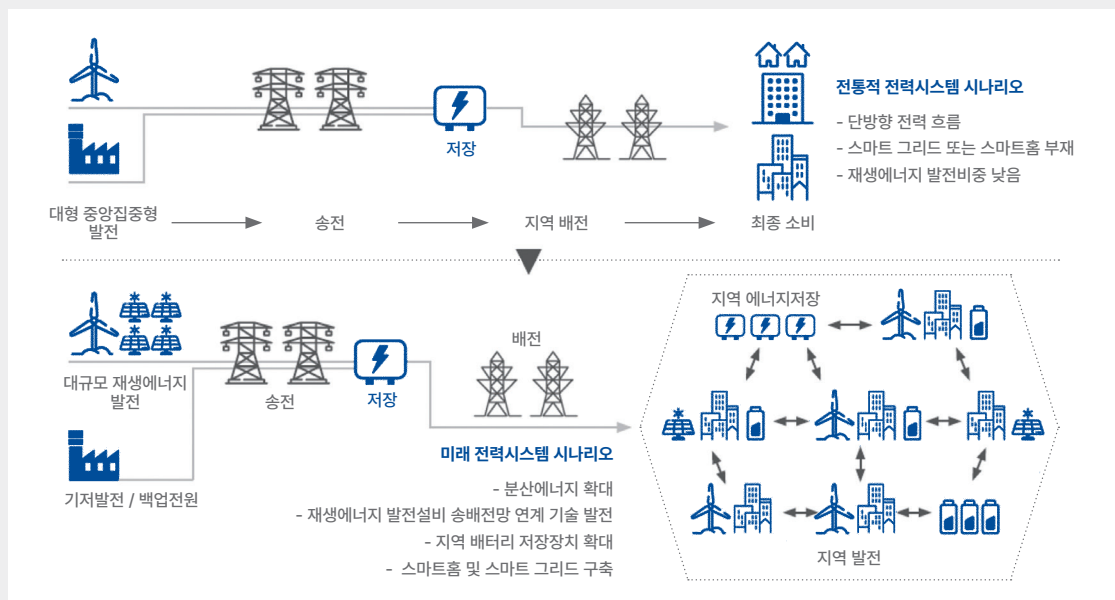
» 원인 1. 신규 유연성 자원의 가치를 평가하기 어려운 화력발전 중심의 전력시장

발빠르게 움직이고 있는 해외와 달리 한국에서 신규 유연성 자원 활성화가 더딘 근원은 **화력발전 중심으로 설계된 전력 시장 제도**다. 과거 전력계통에는 재생에너지 비중이 낮았고, 대규모·중앙집중형 화력발전이 주를 이뤘기에 유연성을 가장 효율적으로 공급하는 설비도 가스발전과 같은 대규모·중앙집중형 화력발전이었다. 전력시장 제도 또한 이에 맞춰 설계되었다.

현행 전력시장 제도의 주요 특징은 **총괄원가 보상원칙^v** 및 **변동비 반영시장(이하 CBP 시장)^{vi}**이다. 이러한 제도 설계의 핵심은 공급 중심의 대규모·중앙집중형 화력발전설비에 총괄원가로 보상하여 일정 수준의 원가 회수를 보장하고, CBP 시장을 통해 시장가격을 연료비 기준으로 책정하여 변동비를 보상하는 것이다. 그리고 이를 통해 보전 받지 못한 고정비는 용량요금(CP)과 같은 지원금 성격의 정산금을 통해 회수할 수 있도록 해 경제성을 보장해 주는 것이다. 즉, 가스발전과 같은 화력발전설비가 사업성을 유지하면서 안정적으로 제 역할을 할 수 있도록 경제적 유인을 제공하는 것이다.

이는 재생에너지의 비중이 낮고, 대규모·중앙집중형 화력발전이 주를 이루던 시기에는 유효했다. 화력발전 위주의 전력계통 내에서 필요로 하는 유연성을 제공하는 자원은 대규모·중앙집중형 설비인 가스발전에 그쳤기 때문에, 여러 가치를 다층적으로 평가할 필요 없이 총괄원가 수준으로, 그리고 변동비(연료비)로만 시장가격을 결정하여 보상하면 충분히 사업성을 유지할 수 있었기 때문이다.

[그림 5] 화력발전 중심 전력시스템에서 재생에너지 중심 전력시스템으로의 변화¹⁹



v 총괄원가 보상원칙이란 안정적 전력 공급을 위한 기저발전설비가 일정 기간에 걸쳐 적정원가 및 적정투자보수를 모두 회수할 수 있도록 하는 수준, 즉 총괄원가에 따라 비용을 보상하는 원칙을 뜻함.

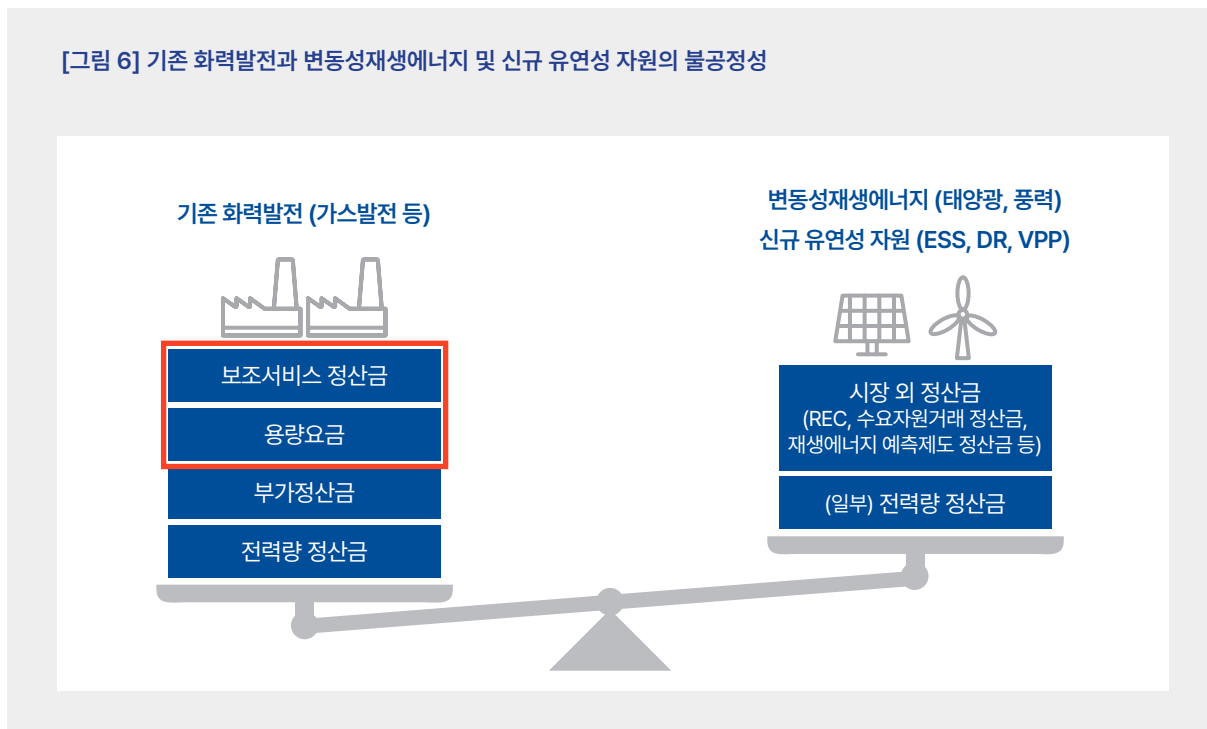
vi 변동비 반영시장(Cost Based Pool, 이하 CBP)은 에너지 현물시장에 발전용량을 입찰한 발전설비 중 가장 비싼 변동비(연료비)에 따라 시장가격이 형성되며, 이를 통해 보전 받지 못하는 고정비는 용량요금을 통해 보상하는 시장임.

하지만 에너지 전환을 위해 재생에너지가 늘어나면서 전력계통 운영의 고도화가 요구되고 있으며, 수시로 변하는 계통 상황에 보다 유기적이고 즉각적으로 반응하는 신규 유연성 자원의 역할이 중요해졌다.

이처럼 신규 유연성 자원은 가스발전과 달리 공급뿐 아니라 수요 단계에서도 유연성을 공급하고, 대규모·중앙집중형 화력발전이 아닌 소규모·분산형 재생에너지와 연계되어 새로운 가치를 제공하기 때문에 기존의 화력발전 중심 전력시장과는 다른 방식으로 그 가치를 평가받아야 한다.

따라서 재생에너지로의 전환에 따라 새롭게 등장한 신규 유연성 자원의 가치를 명확히 평가하고, 경제성을 확보할 수 있도록 전력시장 제도 또한 적기에 바뀌어야 한다. 하지만 한국의 전력시장은 과거 화력발전 중심의 전력시장, 즉 총괄 원가보상원칙 및 CBP 시장을 바탕으로 운영되어 오던 패러다임에서 벗어나지 못하고 있다.

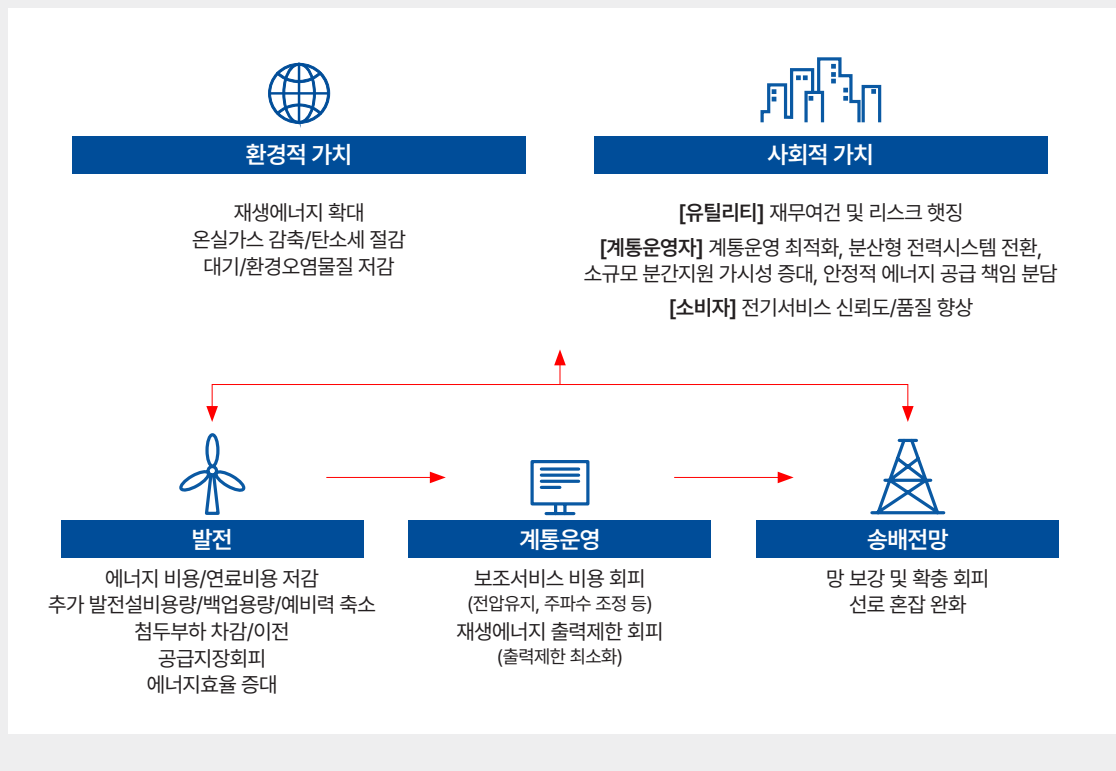
[그림 6] 기존 화력발전과 변동성재생에너지 및 신규 유연성 자원의 불공정성



이로 인해 신규 유연성 자원의 가치가 제대로 평가받지 못하고, 그에 따른 보상이 주어지지 않는 현실은 용량요금과 보조서비스정산금 항목에서 대표적으로 확인할 수 있다.

우선 신규 유연성 자원이 제공하는 가치는 아래 표와 같이 발전 단계뿐 아니라 계통운영, 송배전 단계에서도 찾을 수 있다. 그리고 전력산업의 전 과정에 걸쳐 다양한 환경 및 사회적 가치를 지닌다.

[그림 7] 신규 유연성자원이 제공하는 가치 분류 및 세부 내용 예시^{vii}



이 중 가장 핵심이 되는 것은 용량과 보조서비스 제공이라 할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 가스발전보다 더 효율적으로 재생에너지의 변동성과 간헐성을 보완할 유연성을 용량이나 보조서비스를 통해 제공하는 것이다.

* ESS의 경우, 양방향 전력제어 및 즉각 응답 가능, DR의 경우 수요 조절 가능 등

하지만 현재의 전력시장 정산방식에 따르면, 신규 유연성 자원은 기존 가스발전과는 다른 방식을 통해 더 효과적으로 용량을 제공함에도 용량요금을 정산 받지 못한다.

1) 용량요금 (Capacity Price, CP)

용량요금은 최대 전력 수요에 대응하는 첨두발전, 즉 가스발전설비의 고정비를 보상²⁰해 경제성을 보장하고, 신규 설비 투자를 유인하여 안정적으로 전력을 공급하기 위한 일종의 보험금 성격의 요금이다.

앞서 설명한 CBP 시장에서의 시장가격(SMP)은 발전 입찰에 참여한 설비 중 연료비(변동비)가 가장 높은 발전기, 주로 가장 연료비가 비싼 가스발전에 따라 결정^{viii}된다. 하지만 하루에 단 몇 시간만 운전하는 첨두발전의 특성상 이용률

vii Strbac, G., Pudjianto, D., Aunedi, M., Djapic, P., Teng, F., Zhang, X., Ameli, H., Moreira, R., & Brandon, N. (2020). Role and value of flexibility in facilitating cost-effective energy system decarbonisation. Progress in Energy, 2(4), 042001. <https://doi.org/10.1088/2516-1083/abb216>; 박종배, 박용기. (2014. 10). ESS 경제성 평가 기법과 사례의 소개.; 김지호 외. (2019. 9. 1.). DR 자원 비용-편익 분석 사례 고찰 및 시사점.; 김지호, 김연제. (2020. 9.). 에너지전환 시대의 신산업 추진 현황 및 정책 방향 연구 바탕으로 기후솔루션 재구성

viii 작년 한 해 전체 SMP 결정 횟수 중 86%가 가스발전기에 따라 결정 (2022 전력시장통계, 전력거래소)

은 연간 30%를 밑도는 수준^{ix}이다. 따라서 고정비를 회수할 수 있도록 용량요금이라는 지원금을 정산하는 것이다. 반면 신규 유연성자원은 가스발전과 같이 용량 공급을 통해 침투부하에 대응할 수 있음에도 불구하고 용량요금을 정산 받지 못하고 있다.

[표 4] 자원별 용량공급 방식에 따른 용량요금 정산여부 비교

구분	침투부하 시 용량공급 방식	용량요금 정산 여부
가스복합화력	발전을 통한 공급	○
ESS	방전을 통한 공급	X
DR	수요 이전·감축을 통한 공급	△ ^x
VPP	집합자원 운영을 통한 공급	X

단, 최근 개정된 전력시장운영규칙^{xi}에 따르면 일부^{xii} 재생에너지 및 연계 유연성자원(ESS, VPP)에 대해서도 용량요금을 지급할 수 있게 됐다. 이때 정산은 아래와 같은 식을 따른다.

$$\text{입찰량} \times \text{HCF(기준용량가격(RCP}^{xiii}) \times \text{RCF(용량가격계수}^{xiv}) \times \text{실효용량비율(ELCC) 시간대별 용량가격계수(TCF}^{xv}) \times \text{성과연동형용량가격계수(PCF}^{xvi})$$

기존의 TCF를 삭제하고 실제 계통 기여도를 산정하여 용량요금을 정산하는 것이 이번 개정의 목적이다. 방전지속시간에 따라 “공급용량으로 실효성이 인정되는 비율^{xvii}”을 뜻하는 실효용량 비율은 전기저장장치와 전통적인 발전자원의 공급신뢰도(LOLE) 기여도 비교 분석을 통해 산정하며, 배터리용량에 따른 기여도 차이를 반영하기 위해 방전지속 시간별로 구분^{xviii}한다. 즉, 재생에너지와 신규 유연성자원(ESS, VPP)은 실효용량 비율을 산정하여 인정 용량을 제한하고 있는 것이다.

재생에너지 및 신규 유연성자원은 기존 발전설비와 달리 고정적인 용량을 공급할 수 없다는 점에서 실제 계통에 기여하

ix 20, 21년 기준 (조규리, 손가영. (2022. 09. 20.). 기울어진 전력시장: 수요반응자원을 차별하고 가스발전을 우대하는 시장 구조 분석. 기후솔루션.)
 x DR은 실적정산금이라는 명목으로 기존 발전원의 용량요금과 유사한 항목으로 정산금을 지급받지만 그 수준은 낮음 (조규리, 손가영. (2022. 09. 20.). 기울어진 전력시장: 수요반응자원을 차별하고 가스발전을 우대하는 시장 구조 분석. 기후솔루션.)
 xi 전력시장운영규칙 개정 (2022. 5. 31.)
 xii 전력시장 제도개선 제주 시범사업 참여 자원에 한함
 xiii 한계발전기의 현실적인 고정비 보상
 xiv 설비에비례 반영 및 지역신호 차등
 xv 수요에 따라 시간대별 용량가치 차등
 xvi 발전이용률 및 온실가스 감축 수준에 따라 차등
 xvii 전력시장운영규칙 개정 (2022. 11. 28.)
 xviii 전력시장운영규칙 개정내용

는 수준, 즉 실효용량에 따라 용량요금을 차등 지급하는 것이 기술적으로 합리적일 수 있다. 그러나 가스발전의 경우 실제 계통에 기여하는 것은 단 1, 2시간에 그치는 첨두부하 시간대에 용량을 제공하는 것임에도, 이를 위해 대기하는 과정에서 필요한 고정비를 회수할 수 있는 수준으로 용량요금을 정산한다. 반면 재생에너지와 신규 유연성자원은 가스발전보다 더 효율적으로 용량을 제공할 수 있는데도 실효용량만을 기준으로 용량요금을 지급하는 것은 불공정할 수 있다.

또한 과거 용량요금 산식상의 연료전환성과계수(FSF)가 성과연동형 용량가격계수(PCF)로 변경되는 과정에서 환경기여도가 삭제^{xix}되었다. 때문에 화력발전원 대비 온실가스를 배출하지 않는 재생에너지와 신규 유연성자원이 가지고 있던 우위 요소가 줄어들었다. 현재와 같이 개정된 산정식이 시범사업에 참여하는 자원에 국한되는 것이 아니라 모든 재생에너지 및 신규 유연성 자원에 적용되어 용량요금을 지급받게 되더라도, 환경기여도로 대표되는 에너지 전환에 기여한다는 핵심 가치는 여전히 반영하지 못하는 것이다.

보조서비스에 대한 정산 방식도 재생에너지의 변동성과 간헐성 보완에 효과적인 각종 서비스를 제공할 수 있는 기술적 특성을 반영하지 못하거나, 일부 신규 유연성 자원은 아예 정산 대상에서 제외하는 등 **경제적 유인을 충분히 제공하지 못하고 있다.**

2) 계통운영보조서비스 정산금 (Ancillary Service Price)

계통운영보조서비스(이하 보조서비스) 정산금이란 주파수 및 전압 유지와 같이 전력계통의 신뢰도를 확보하기 위한 보조적 서비스²¹를 뜻한다. 그 종류는 매우 다양하나 일반적으로 거래되는 상품은 주파수조정 서비스와 대기·대체 예비력이다.

ESS와 DR, VPP는 모두 가스발전 이상으로 다양한 보조서비스를 제공할 수 있지만 이에 따른 정산금을 제대로 지급하지 않아 경제적 유인이 부족한 상황이다.

xix 전력시장운영규칙 개정내용 (2022. 5. 31.)

[표 5] 각 신규 유연성 자원에 대한 현 제도의 한계 및 해외 사례

구분	해외 사례	
ESS	<p>기술적 특성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신규 유연성 자원의 기술적 특성 및 제도적 한계 - 총방전을 통해 주파수 조정 서비스 제공 - 기존 발전설비보다 빠르게 응동하여 주파수 추종(GF) 및 자동발전제어(AGC) 모두 효율이 더 높음²² <p>현 정산제도의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기본 발전설비 대비 더 효율이 높다는 기술적 특성을 반영하지 않아 경제적 유인 부재 	<p>- 미국 PJM 및 CAISO (미국 북동부 및 캘리포니아 계통운영자)</p> <ul style="list-style-type: none"> : 한국처럼 일괄 산정된 정산단가 아닌 마일리지 (mileage)* 정산 방식 활용 * 마일리지(mileage): 주파수 조정을 위해 움직인 해당 설비의 출력 변동폭이 성과기준, 그 출력 증감발량에 따라 보상 : 주파수조정 자원 간 경쟁 활성화, 속응성 및 정확성이 더 높은 ESS와 같은 신규 유연성자원에 더 많은 보상 지급 가능²³
DR	<p>기술적 특성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 패스트 DR, 신뢰성 DR 등 다양한 방식으로 주파수 불안정 및 예비력 부족에 대응 <p>현 정산제도의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다양한 보조서비스 제공 가능성에도 인정 X - (패스트 DR) 타 발전자원의 보조서비스정산금에 해당하는 실적급을 발령 횟수에 따라 차등보상. 이는 연간 3회 발동 시 기본급을 회수할 수 있는 수준인 5,200 원/kW-year을 기준으로 산정^{xx} 되었으나, 발령 횟수는 최근 5년 간 연평균 2회^{xxi}에 불과해 발령 횟수에 따른 보상만으로 경제성을 기대하기 어려움 	<p>- 호주 AEMO (호주 남동부 계통운영자)</p> <ul style="list-style-type: none"> : 2023 4분기 신규 보조서비스 상품 추가²⁴ : FFR (Fast Frequency Response) 상품 추가를 통해 ESS의 속응력을 적극 반영하고 추가 보상 <p><신규 상품 추가 도입 배경></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 신규 보조서비스 상품 계통 운영 시 증가하는 향후 보조서비스 비용 절감 2. ESS, DR과 같은 신규 유연성 자원 기술 혁신에 경제적 유인 제공 3. 비상 계통 신뢰도 및 안정성 편익 확대
VPP	<p>기술적 특성</p> <ul style="list-style-type: none"> - 보조서비스 제공 가능 자원(ESS 및 소규모 재생에너지)을 집합하여 기존 발전기와 동일하게 운영한다는 점에서 보조서비스 제공 가능²⁶ <p>현 정산제도의 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 보조서비스정산금 미지급으로 인해 경제적 참여 유인 부족 - 최근 전력시장 제도개선 제주 시범사업을 통해 유사한 방향으로 개정된 바 있으나, VPP 참여자원의 유형이 제한적이라 다양한 가치 제공이 어려움 	<p>- 미국 FERC (연방에너지규제위원회)</p> <ul style="list-style-type: none"> : 연방규칙 2222번²⁵ 제정 <p><주요 내용></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. VPP화 된 분산에너지에 대해 동등한 보상 및 경쟁 보장 2. VPP화 된 자원의 도매시장, 용량시장, 보조 서비스시장 참여 보장

현재 보조서비스 정산금은 표에서 설명한 해외 사례처럼 신규 유연성 자원의 기술적 특성을 반영하지 못한다. 또 시장을 통하지 않고 매년 정해진 보조서비스 정산금 배정액을 지난해 기준 보조서비스 제공량으로 나누어 일괄적으로 지급하고 있다. 이는 신규 유연성자원이 실제 계통운영 상황에 따라 제공할 수 있는 보조서비스의 가치를 반영할 수 없는 경직된 방식이다.

xx 전력시장운영규칙 개정 내용 (2022.12.27)

xxi 전력시장운영규칙 개정 내용, Fast DR (주파수 수요반응자원) 운영을 위한 규칙개정(안) (2022.10.23)

<실계통 기반 하루 전 시장 개편(22년 09월)의 의의>

장점	- 보조서비스정산금 규모 확대로 보조서비스 제공 주체에 더 큰 경제적 유인을 제공할 수 있기에 긍정적.
한계점	- 정산 대상이 되는 보조서비스 종류가 여전히 제한적임. - 일방적인 정산단가 결정 및 정산 방식에 변화가 없음. 기존 발전기와 동일하거나 더 많은 서비스를 효율적으로 제공하는 신규 유연성자원의 가치를 반영할 수 있는 방향이 아님.

즉, 현재와 같은 화력발전 중심의 전력시장은 위와 같은 소규모·분산형 신규 유연성 자원이 새로운 방식으로 제공하는 다양한 가치를 명확히 평가하고, 그에 따른 경제적 유인을 제공하는 데 한계가 있을 수밖에 없는 방식이다.

참고 신규 유연성자원 가치 평가 해외 사례

1. 미국 뉴욕 주 (州) “Value of DER”

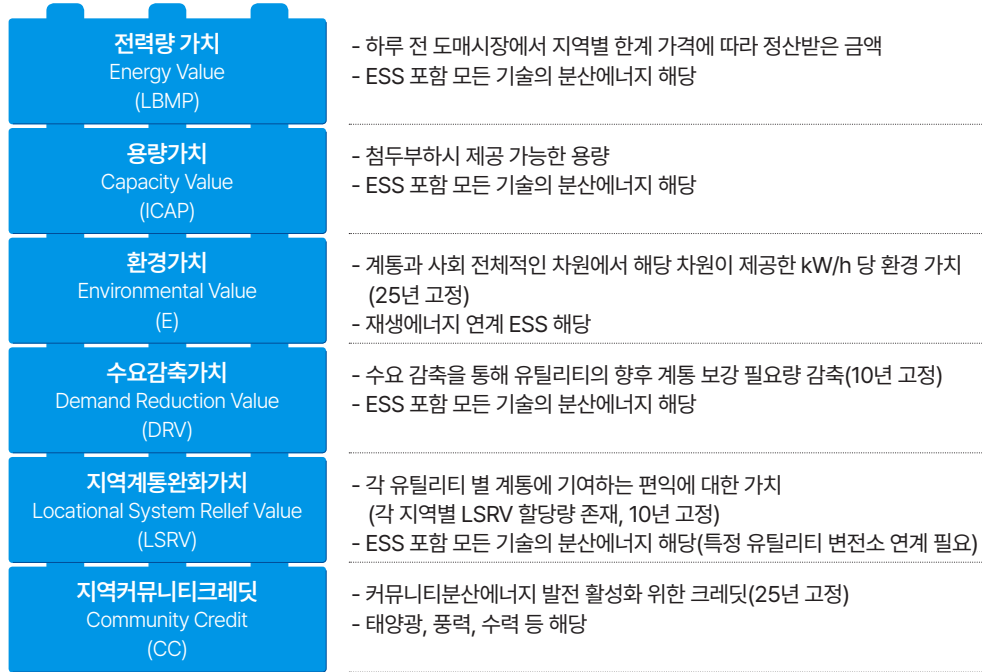
뉴욕주는 2017년부터 태양광과 ESS 등 분산에너지의 가치를 평가하고 보상하는 제도인 Value of DER(이하 VDER)을 운영하고 있다. 이 제도의 목적은 분산에너지에 대한 적절한 수익성을 예측하고, 수익성 보장 여부를 검토하기 위해 **정확하고 공정한 보상 제도를 확립²⁷**하는 데 있다.

VDER은 (1) 지역별 한계 비용(Locational Based Marginal Pricing, LMBP)을 고려한 전력량 가치, (2) 용량 가치, (3) 환경 가치, (4) 수요 감축 가치, (5) 지역 계통 완화 가치 등을 모두 종합적으로 고려하여 가치를 평가하고, 그에 상응하는 보상을 지급하도록 하는 제도이다.²⁸ VDER은 기존에 정량화되지 않은 분산에너지가 제공하는 환경적, 위치별, 시간별 편익과 그 가치를 종합적으로 고려하고 있다. 따라서 ESS를 포함한 분산에너지 사업자에게 보다 형평성 있는 보상을 제공하려는 노력으로 볼 수 있다.

해당 제도를 통한 가치평가 체계는 Value Stack이라고 불린다. 아래 그림과 같이 여러 가치를 평가하고, 쌓아 올려(stack) 사업자로 하여금 제공하는 가치에 따라 어떤 보상을 받을지 예측하게 해 준다. 어떤 기준으로 해당 가치를 평가하고 측정하는지, 그리고 각 설비의 기술적 특성에 따라 달라지는 가치 수준과 같은 관련 정보를 모두 공개한다. 그리고 분산에너지사업 희망 기업들이 사업의 수익성을 정확히 예측할 수 있도록 해당 Value Stack에 따른 보상 금액 계산 프로그램까지도 자원별로 제공하고 있다.

Value Stack 체계에서 준용되는 기준은 모두 뉴욕 공공서비스위원회 (New York Public Service Commission, 이하 NYPSC)가 결정한다. NYPSC는 뉴욕주 공공서비스부(Department of Public Service) 산하 규제기관으로서 주 내의 전기, 가스, 수도, 통신산업의 규제 및 감독을 담당한다.

[그림 8] VDER의 Value Stack



출처: The Value Stack: Compensation for Distributed Energy Resources Fact Sheet, NYISERDA

» 원인 2. 다층적 전력시장(실시간 시장, 보조서비스 시장)의 부재

신규 유연성 자원의 활성화를 더디게 하는 또 다른 원인은 해당 자원이 참여할 수 있는 다양한 시장, 즉 이들 자원이 제공하는 여러 서비스에 가격 신호를 줄 수 있는 시장이 부재하다는 것이다.

현재 국내 전력시장에는 재생에너지와 신규 유연성 자원이 안정적인 수익을 확보할 수 있는 장/단기 계약 시장이 존재하지 않는다. 현물시장의 경우 당일이나 실시간 시장 없이 하루 전 시장(Day-ahead Market)만 운영 중이다. (그림 9 참고)

하루 전 시장은 급전일 24시간 전에 미리 전력을 거래하는 시장이다. 발전사업자들은 급전 전일에 미리 다음 날의 발전량을 입찰하여 낙찰 받고, 이에 따라 계통운영자는 운영발전계획을 수립한다. 해당 계획상 한계발전기의 연료비에 따라 SMP가 결정된다. 계통 제약이나 예상치 못한 사고 등으로 인해 하루 전 수립된 발전계획과 당일의 실시간 거래 사이에 차이가 발생할 경우, 발전량을 늘리거나 계약한 만큼 발전하지 못한 양은 부가정산금으로 보상 받는다.

[그림 9] 국내외 전력시장 하부구조 비교



하루 전 시장밖에 없는 현재의 전력시장 구조, 무엇이 문제인가?

경직된 대형·중앙집중형 기력(화력)발전기가 아닌 유연한 중소형·분산형 에너지인 재생에너지가 주력전원이 되어 가는 지금, 하루 전 시장^{xxii}만 존재하는 에너지 현물시장 구조로는 전력시장과 계통을 효율적으로 운영하기가 힘들다.

현재와 같이 하루 전 시장으로만 전력을 조달하는 시스템은 대형 화력발전기가 대부분이었던 과거에는 유효한 운영방식일 수 있었다. 하지만 재생에너지와 신규 유연성자원의 비중이 높아지는 에너지 전환기에는 기상 상황에 따라 시시각각 변하는 재생에너지의 출력과 하루 전 시장의 계획 사이에 발생하는 차이를 효과적으로 보완할 수 없다. 그리고 하루 전 발전 계획과 실시간 계통 운영 간의 차이를 보상하는 부가정산금 지출만 지속적으로 증가하는 비효율이 발생한다.²⁹

또한 안정적으로 계통 운영을 가능하게 하는 신규 유연성 자원을 경제적으로 유인할 수 없다.³⁰ 재생에너지 발전량이 실시간으로 변하는 만큼 이에 대응할 수 있는 신규 유연성 자원의 가치도 실시간으로 달라진다. 때문에 실시간으로 변화하는 이들 자원의 가치를 반영해 적합한 정산을 해 주고, 경제적 유인책을 제공하는 실시간 시장이나 당일 시장이 하루 전 시장과 함께 유기적으로 운영되어야 한다. 동시에 재생에너지와 신규 유연성 자원이 동등하게 시장에 참여할 수 있는 기회를 제공해야 한다.

더불어 에너지 현물시장 외에도 재생에너지의 변동성 완화를 비롯한 신규 유연성 자원이 제공하는 여러 서비스를 거래하고 이에 대한 보상을 제공하는 보조서비스(예비력) 시장, 그리고 더 나아가 현물시장 뿐 아니라 장/단기 계약시장 같은 다양한 시장을 만들어야 한다.

현재와 같이 하루 전 시장만 존재한다면, 앞서 지적한 신규 유연성 자원의 가치를 제대로 평가하고 적합한 정산을 해 주

xxii 기동하는 데 오랜 시간이 필요한 대형 기력발전기, 즉, 화력 및 원자력발전기의 특성을 고려하여 전날 미리 발전계획을 세우고, 급전 당일 적기에 효율적으로 운영할 수 있도록 가격 신호를 제공하는 시장 (출처: 전력시장 제도개선 제주 시범사업 추진배경 및 주요 내용, 전기저널, 2023.)

는 제도가 마련되더라도, 정작 제 기능을 온전히 발휘할 수 있는 시장은 존재하지 않는 셈이다.

1) 에너지 시장

㉠ 실시간 시장이란? (Real-time market)

실시간 시장의 도입은 신규 유연성 자원의 활성화를 위한 핵심 선결 과제이다. 하루 전 결정된 가격으로만 보상하는 현재 시장은 신규 유연성 자원의 가치를 반영하지 못하고, 적절한 가격 신호를 전달하지 못해 전력계통에 기여한 가치에 대한 적절한 보상을 어렵게 만들기 때문이다.³¹

신규 유연성 자원의 가치는 재생에너지의 변동성에 실시간으로 대응할 수 있다는 것이므로 그 값도 실시간으로 달라진다. 예컨대 일조량이 높은 낮 시간대에는 태양광 발전의 초과공급량을 저장하여 수급 불균형을 완화할 수 있는 ESS의 유연성 가치가 높아지고, 태풍 등의 기상 상황으로 인해 일조량이 적은 날에는 상대적으로 그 가치가 떨어진다. 때문에 이러한 가치를 실시간으로 반영할 수 있는 시장을 통해 인센티브를 제공하는 시스템이 필요하다.

실시간 시장의 주요한 특성은 신규 유연성자원의 가치를 효과적으로 반영하는 이중정산(two-settlement)이다. 이중정산은 하루 전 시장을 통해 결정된 계획 발전실적과 실제 발전량 차이를 실시간 시장 가격으로 정산하는 방식이다. 발전사업자가 하루 전 시장에서의 계약량을 이행하지 못했을 때의 페널티를 실시간 가격으로 보여줌으로써 보다 정확한 예측에 대한 경제적 유인책을 제공한다.

만약 발전사업자가 예측오차 등으로 인해 하루 전 현물계약량을 이행하지 못할 경우, 그에 해당하는 전력량을 하루 전 가격이 아닌 실시간 시장을 통해 결정된 가격으로 정산해야 하기 때문에 그 차이에 대한 리스크에 노출³²된다. 이는 발전사업자가 계약량을 이행해야 할 의무를 강화하고, 이러한 의무를 이행하는 데 기여할 수 있는 신규 유연성 자원의 가치를 높이는 결과를 낳는다. 즉, 하루 전 시장에서 정해진 재생에너지의 낙찰량보다 모자라거나 넘치는 양을 최소화하게 만들어 주는 유연성의 가치에 대한 보상을 시장을 통해 제공할 수 있는 것이다.

단, 단순히 실시간 시장만 도입한다고 해서 매시간 변하는 신규 유연성자원의 가치를 효과적으로 반영할 수 있는 것은 아니다. 가치의 효율적 반영을 위해서는 시장 내 가격결정방식의 전환도 함께 이뤄져야 한다. 실시간 시장의 도입과 함께 필요한 것은 희소성 가격 결정방식(scarcity pricing)으로의 개편이다. 공급이 수요를 따라가지 못할 경우 시장가격이 상승할 수 있도록 해야 한다는 뜻이다. 그렇지 않을 경우 실시간 시장이 도입되더라도 가격결정 시점만 실시간으로 바뀔 뿐, 신규 유연성자원의 희소성 가치를 가격에 반영하지 못해 제대로 된 가격 신호를 전달하지 못할 수 있다.

㉡ 당일 시장이란? (Intra-day market)

당일 시장은 하루 전 시장과 실시간 시장 사이에 열리는 시장이다. 하루 전 시장에서 결정된 급전 자원 및 일정을 조정³³하여 재생에너지의 변동성을 최소화하고, 전력 수급 균형을 효과적으로 유지하기 위해 운영된다. 주로 유럽 전력시장에서 운영 중이다. 당일시장은 실시간(분 단위)으로 가격이 형성되는 실시간 시장보다 큰 시간단위(15분~1시간)에 따라 가격이 매겨진다.³⁴

하루 전 시장과 실시간 시장 사이에 당일 시장을 함께 운영함으로써 재생에너지의 예측량을 빠르게 반영하고, 가스발전기보다 저렴한 가격으로 첨두부하에 대응할 수 있는 신규 유연성 자원에 경제적 유인을 제공하여 예비력 확보 비용을 줄일 수 있다.

2) 비 에너지 시장

앞서 설명한 바와 같이 신규 유연성 자원은 에너지 공급을 제외하고도 계통보조서비스, 예비력 및 용량 제공 등 다양한 전력 서비스에 이용될 수 있다. 하지만 신규 유연성 자원이 이에 대한 적절한 보상을 시장 가격으로 받을 수 있는 시장은 현재 국내 전력시장에 존재하지 않는다.

보조서비스(예비력) 시장 (Ancillary Service market)

현 전력시장에는 보조서비스(예비력) 시장이 존재하지 않는다. 대신 앞서 설명한 바와 같이 시장 가격이 아닌, 일정한 배당금 내에서 정해진 정산단계에 따라 인센티브 성격으로 보상하고 있다. 2022년 한 해 보조서비스 정산금 규모는 2,970억 (2022 전력시장 통계)에 달했다. 보조서비스 시장의 부재는 안정적인 계통 운영이 중요한 재생에너지로의 전환을 가로막는 걸림돌 중 하나다. 실시간으로 빠르게 보조서비스를 제공하는 신규 유연성 자원에 가격 신호를 제공할 수가 없기 때문이다.

예컨대 현재와 같이 주파수조정(보조서비스) 응동 능력과 관계없이 용량에 따라서만 정산을 하는 시스템은 ESS와 같은 신규 유연성 자원에 특히 불합리하다. 따라서 단순 용량뿐 아니라 다른 조건들을 고려하여 정산을 하는 시스템이 필요하다.³⁵ 미국 MISO (미국 중서부 계통운영자)의 경우, 계통운영자가 급전계획을 수립할 때 목적함수에 에너지나 예비력의 부족에 대한 회소가치를 벌과금(penalty)으로 지정한다. 에너지의 경우 공급지장비용(Value of lost load, VoLL), 예비력의 경우에는 예비력 부족가치(Value of reserve shortage, VoRS)가 사용된다.³⁶

해외에서는 보조서비스의 성격에 따라 자체 기동 및 전압 유지 등은 비용 기반(Cost-base)으로, 그 외 주파수 유지 서비스 등은 시장 기반(Market-base)으로 보상하고 있다. 국내 전력시장에서 보조서비스란 주로 주파수 유지를 위한 예비력 관련 서비스를 뜻하지만, 해외에서는 시장 기반 방식으로 보상하고 있는 것이다.

재생에너지 비중이 높아지고, 기술이 고도화됨에 따라 더 많은 신규 유연성 자원이 더 다양한 보조서비스를 제공하게 될 것이다. 그 가치 또한 실시간으로 변할 것이다. 따라서 보조서비스 및 예비력 상황을 반영하는 적절한 가격 신호를 제공하고, 최적화된 자원 배분을 통해 값비싼 가스발전 등을 최소화하는 등 발전비용을 감축³⁷할 수 있는 보조서비스 시장을 개설해야 한다. 그래야 신규 유연성 자원이 제공할 수 있는 가치가 정당한 평가를 받고, 에너지 전환에 기여하도록 이들을 활성화할 수 있을 것이다.

참고 전력시장 제도개선 제주도 시범사업 주요 내용 및 개선 필요사항

제주도는 재생에너지 발전비중이 작년 기준 19.2%로 국내에서 가장 높은 지자체이다. 하지만 화력발전 중심의 계통운영 및 시장제도로 인해 재생에너지 출력을 제한하는 등 여러 문제를 겪고 있다. 재생에너지 출력제한은 이제 제주의 계통을 넘어 육지 계통에서도 발생하고 있다. 제주도에서 화력발전 중심의 전력시스템을 벗어나 재생에너지 친화적인 환경을 조성하지 못한다면 육지 계통에서도 에너지 전환은 요원할 것이다.

한국의 전력부문 탈탄소화에 있어서 제주도가 가지는 의미가 큰 만큼 전력거래소는 2024년 2월부터 전력시장 제도개선 제주도 시범사업을 운영한다. 본 시범사업의 목적은 재생에너지의 실시간 변동성에 대응하고, 이에 기여할 수 있는 신규 유연성자원에 경제적 유인을 효과적으로 제공하는 것이다.

<개요>

- 도입 일정: 2023.10월 모의운영 시작, 2024.02월 본격 시행
- 참여 대상: 한전, 중부발전, 남부발전, 1MW 초과 풍력, 태양광 보유 발전사업자, 1MW 초과 VPP 모집
중개사업자 (재생에너지의 경우: 제주에 위치한 참여 희망 자원 모집)

<주요 내용 요약>

- 실시간 시장

- 실시간 전력수급을 고려한 실시간 발전계획 수립 및 가격결정
- 하루 전 대비 실시간가격 편차에 대한 이중 정산체계 마련

- 보조서비스(예비력) 시장

- 재생에너지의 불확실성, 변동성 대응을 위한 예비력 가격결정
- 예비력 요소별 발전계획 반영, 가격결정 및 정산방안 마련

- 재생에너지 입찰제도

- 1MW 초과 재생에너지에 대한 발전 예측량 및 가격입찰
- 시장기반 출력 제어량 결정 및 정산금 산정방안 마련

본 시범사업은 하루 전 시장만 존재해왔던 화력발전 중심의 시장제도에서 한 걸음 나아가, 실시간 시장 도입을 통한 현물시장 개편이라는 한국 전력시장의 숙원을 실현한다는 점에서 매우 고무적이다. 또한 재생에너지 가격 입찰을 허용함으로써 재생에너지가 중앙급전화할 수 있는 유인을 제공한다. 이때 VPP라는 신규 유연성 자원에 핵심 역할을 부여해 에너지 전환에 걸맞은 전력시장으로 재편되는 시작점이 될 것으로 기대된다.

더불어 재생에너지 및 신규 유연성자원의 중앙급전화를 통해 앞서 설명한 용량요금 및 보조서비스 미지급 등 불공정한 요소를 일부 개선했다는 점에서 에너지 전환을 위한 공정한 전력시장을 구축하는 의미가 크다.

하지만 이번 시범사업에도 **여전히 한계는 존재**한다. 이번 사업이 단순히 신규 시장을 개설하는 데 그쳐서는 안 될 것이다. 현 시점에서 가장 큰 문제점은 참여하는 재생에너지 및 신규 유연성 자원에 출력제한 등 추가 의무를 부여한 반면, 이를 예측할 수 있는 정보가 제한적이고 그에 대한 적절한 보상을 제공하지 않는다는 점이다. 때문에 시범사업에 참여하는 것이 재생에너지 및 신규 유연성자원의 활성화를 위한 인센티브가 아니라 미지의 리스크를 감당하는 일이 될 수 있다.

<개선 필요 사항>

1) 실시간 시장

- 이중정산제도를 통해 하루 전 시장과의 오차를 최소화하는 데는 기여할 수 있으나, 신규 유연성자원의 가치를 반영할 수 있는 희소성 가격결정방식(scarcity pricing)까지 적용된 것은 아님.
- 임밸런스 페널티* 부과 시 활용되는 자원별 허용오차 범위를 발전자원의 기술 특성과 무관하게 일괄적으로 적용 ('24년까지 12%, '24년-'25년 8% 적용)

* 임밸런스 페널티(Imbalance Penalty): 급전지시 대비 계량값의 편차가 허용오차를 초과할 경우 부과

2) 보조서비스(예비력) 시장

- 예비력에 대한 명확한 가치평가 기준을 확인하기 어려움
- ESS나 VPP화된 자원이 참여하여 보다 다양한 보조서비스를 제공할 수 있음에도 상품 유형은 기존과 다르지 않음 (주파수제어 예비력, 1차, 3차 예비력)

3) 재생에너지 입찰제도

- 용량요금 지급 기준에 차별적 요소 내재 (실효용량으로만 산정, 환경기여도 삭제 등)
- 예측 데이터가 제한적인 출력제한 의무화

그 밖의 한계로 화력발전을 우대하는 왜곡된 기존 전력시장 제도와 본 시범사업 간에 상충하는 요소가 존재해 기존 발전사업자들의 참여 유인이 크지 않은 상황을 꼽을 수 있다. 기존 제도를 동시에 개선하지 않고 병렬적으로 도입하다 보니, 제도 간의 정합성이 떨어져 본 시범사업 도입의 효과가 반감될 수 있다.

이에 본 시범사업을 정착하고 전국으로 확대할 때 아래와 같은 개선 사항을 검토해 볼 필요가 있다.

1) 중앙급전화에 상응하는 공정한 보상을 제공하는 보상체계 현실화 및 고도화 - 용량요금 산정 기준 정상화, 예측오차 범위의 발전원별 현실화 등

- 송배전 비용 원가 분석을 투명하게 공개하여 합리적인 가격 설정 여부 검증
- 신규 유연성자원에 대한 가치평가 체계 마련 또는 공개

2) 시범사업을 통해 신규 도입되는 시장제도와 상충하는 기존 전력시장 요소 전면 개선

- CBP 시장 개편 및 가격결정방식 전환 검토
- 재생에너지 고정계약 제도 등 기존 관련 제도의 일괄 개선을 통해 시범사업 참여 유인 확대

3) 시장 제도뿐 아니라 계통 운영 방식도 재생에너지, 유연성 자원 친화적으로 변화

- 과도한 화력발전 머스트런 발전용량 및 경직된 계통 운영방식 개선
- 투명하고 공정한 재생에너지 출력제한 기준 및 절차를 마련해 사업자의 예측 가능성 보장

4) 투명한 정보 공개 및 인프라 구축 선행

- 출력제한 예측 데이터 공개하고, 출력제한 최소화할 수 있는 물리적·제도적 인프라 구축 필요

참고 “신규 유연성 자원에 공정한 전력시장으로 바꾸라” - 유럽 최대 VPP 기업 vs. 독일 전력당국 소송 (2018)

2018년 유럽의 최대 VPP 기업인 독일의 넥스트 크라프트베르케(Next Kraftwerke)사는 독일의 에너지규제기관인 연방네트워크청(Bundesnetzagentur, 이하 BNetzA)이 발표한 전력시장 내의 새로운 가격결정방식을 철회할 것을 요구하는 소송을 뒤셀도르프 법원에 제기하였다.³⁸

소송의 요지는 새로운 전력시장 가격결정방식이 “기존 화력발전원과 비교해 VPP와 같은 새로운 자원에 불공정”하다는 것이다.

원고 기업이 문제를 제기한 가격결정방식은 유럽의 실시간 시장, 이른바 밸런싱 시장(balancing market)에 도입하고자 했던 혼합가격입찰제(mixed-price bidding system)^{xxiii}다. 혼합가격입찰제가 도입될 경우, 밸런싱 시장 내에서 특정 시간대에 극단적인 시장 가격이 유발될 수 있기에 실시간 시장의 총 비용을 증가시킬 수 있다는 것이 이 기업의 주장이다. 이로 인해 어떤 경우에는 전력시장 참여자들이 하루 전 시장에서 전력을 구매하는 것보다 예비 전력을 사용하는 것이 더 저렴할 수 있고, 실제로 예비 용량이 필요할 때에는 발전 용량이 부족하여 가격이 급등하는 등 불균형이 야기된다는 것이다. 그에 따른 부담 증가는 소비자의 몫이다.³⁹ 또한 원고는 혼합가격입찰제가 온실가스 감축에 기여할 수 있는 새로운 에너지 기술, 예컨대 VPP와 같은 신규 유연성 자원에 불리한 상황을 만들었다고 주장했다.⁴⁰ 이 가격결정방식은 용량 가치와 에너지 가치의 조합에 기초해 낙찰자가 결정되는 구조로, 용량 가격만을 고려하는 것이 아니라 일정한 범위 내에서 에너지 가격 입찰을 고려하도록 설계돼 있다.⁴¹

2018년에 열린 임시 심리에서, 해당 결정의 적용을 3개월 간 유예해 달라는 신청이 인용되었으며, 2019년 7월에 열린 최종 심리에서 법원은 넥스트 크라프트베르케의 손을 들어주며 해당 결정을 취소하는 판결을 내렸다.⁴²

법원이 넥스트 크라프트베르케 사의 주장을 받아들이고 독일연방청이 항소하지 않기로 결정하면서, 용량 입찰과 에너지 입찰을 분리하는 기존의 시스템이 복구될 것이라고 발표했다.⁴³

xxiii 혼합가격입찰 방식이란 실시간 시장에서 극단적으로 높은 가격이 형성되는 것을 막기 위해 고안된 일종의 상한제로, 2018년 10월 도입됐다. 혼합가격입찰이란 입찰한 용량의 가치만 낙찰 결정에 고려하는 것이 아니라 에너지 가치까지도 고려하는 방식이다. 이때 용량가치는 해당 용량의 가격을 지속시간으로 나눈 것이고, 에너지 가치는 에너지가격 입찰가에 가중치(activation probability of bids)를 더한 것이다.(BNetzA 결정 BK6-18-019 및 BK6-18-020)

5. 결론 및 제언

한 국가의 미래는 얼마나 빨리 재생에너지를 확보해 에너지 전환을 달성하는지에 달려 있다. 재생에너지가 주력전원으로 자리잡은 시대에 걸맞은 유연하고 분산된 전력계통으로 패러다임을 전환하려면, 과거와 다른 방식으로 다양한 가치를 제공할 수 있는 새로운 유연성 자원이 절실히 필요하다. 그러나 한국의 신규 유연성 자원 활성화는 여전히 뒤쳐진 상황이다.

이러한 배경에서 본 보고서는 재생에너지 확대에 필요한 신규 유연성 자원이 활성화되지 못하고 있는 근본 원인을 크게 두 가지로 분석했다.

첫째 원인은 신규 유연성 자원의 가치를 평가하기 어려운 화력발전 중심의 전력시장에 있다. 한국의 전력시장은 총괄원가 보상원칙과 변동비 반영시장으로 상징되는 **대규모·중앙집중형 화력발전 중심에서 소규모·분산형 재생에너지 중심으로 전환하지 못했다.** 과거 화력발전 중심의 전력시장 제도로는 신규 유연성 자원의 다양한 가치를 제대로 평가하고 보상하기 어렵다. 용량요금과 보조서비스 정산금과 같은 기존 방식으로는 신규 유연성 자원의 핵심 가치를 평가하기가 힘들고, 기술적 특성을 제대로 반영하지 못해 충분한 경제적 유인을 제공하지 못한다.

두번째 원인은 실시간 시장, 보조서비스 시장과 같은 다층적인 전력시장이 부재하다는 현실이다. 하루 전 시장만 존재하는 에너지 현물시장은 경직된 대형·중앙집중형 기력(화력)발전기에 어울리는 시장이다. 보다 유연한 중소형·분산형 에너지인 재생에너지가 주력전원이 되어가는 현재, 이 시스템으로는 **전력시장과 계통을 효율적으로 운영할 수 없다.** 실시간으로 변화하는 재생에너지의 가치를 반영해 적절한 정산을 해 주고, 경제적 유인책을 제공하는 실시간 시장 또는 당일 시장, 그리고 보조서비스 시장을 하루 전 시장과 함께 유기적으로 운영해야 한다. 그러나 한국에는 현재 하루 전 시장만 존재하는 탓에 신규 유연성 자원에 효과적으로 경제적 유인을 제공할 수 없다.

따라서 아래와 같은 정책 개선이 필요하다.

- 1. 대규모·중앙집중형 화력발전 중심 전력시장에서 소규모·분산형 재생에너지·신규 유연성 자원 중심 전력시장으로 전환**
 - 총괄원가 보상원칙을 폐지하고, 시장 시스템을 변동비 반영시장에서 가격반영 시장으로 개편해 화력발전에 집중된 과도한 보상을 조정해야 한다.
 - 신규 유연성 자원의 가치를 기술적 특성에 따라 반영하고, 적절한 수준의 경제적 유인 제공할 수 있도록 용량요금 및 보조서비스 정산금 등 정산제도를 개편해야 한다.
- 2. 실시간시장, 보조서비스시장 등 다층적인 시장 구축을 통한 전력시장 고도화**
 - 실시간 시장 및 당일 시장을 개설해 실시간으로 변하는 신규 유연성 자원의 가치가 시장 가격으로 정산 받을 수 있게 해야 한다.
 - 보조서비스(예비력) 시장, 더 나아가 현물시장 뿐 아니라 장/단기 계약시장 등 유연성자원이 제공하는 다양한 가치에 대해 수익창출이 가능한 다층적인 전력시장 개설하고, 동등한 시장 참여를 보장해 이를 유기적으로 활용해야 한다.

이처럼 전력시장 제도 및 계통운영방식의 변화를 통해 기존의 단방향, 중앙집중형, 대형 화력발전 중심에서 벗어나 양방향, 분산형, 소규모 재생에너지 중심의 패러다임으로 전환해 나가야 한다. 그렇게 해야 재생에너지와 신규 유연성 자원이 지속가능한 방식으로 확대돼 진정한 의미의 에너지 전환을 이룰 수 있을 것이다.

6. 본 보고서의 한계 및 후속 연구 방향성

본 보고서의 목적은 에너지 전환에 있어서 필수적인 신규 유연성 자원을 활성화하기 위해, 무엇보다 먼저 전력시장 제도의 패러다임을 전환해야 함을 강조하는 것이다. 본 보고서의 제언 내용과 같이 전력시장의 가치평가 방식을 바꾸고, 새로운 시장 설계를 도입하는 것은 신규 유연성 자원의 활성화, 나아가 재생에너지로의 전환을 가속화하기 위한 기본적인 선제조건일 뿐이다. 그것이 충분조건이 될 수는 없다. 전력시장을 재생에너지·유연성 중심으로 전환함과 동시에 새로운 기술과 플랫폼을 기반으로 한 신규 유연성 자원들이 시장에서 적응하고, 확대될 수 있도록 제도적인 지원을 함께 강화해야 한다. 본 보고서를 바탕으로 향후 보다 세부적이고 실효성 있는 인센티브 제도 설계에 대한 연구가 이어져야 할 것이다.

또한 제도적 개선을 넘어 재생에너지 및 신규 유연성 자원의 신속한 주력전원화를 위해 전력계통운영 정보를 투명하게 공개하고, 전력시장 참여 조건을 완화해야 한다. 더불어 재생에너지 출력제한을 최소화하고, 디지털 인프라 구축을 지원하는 등 실제 사업을 운영할 때 필요한 다양한 지원책을 마련해야 한다.

동시에 단순한 보급 확대를 넘어 기존에 국내에 보급되어 있는 신규 유연성 자원을 보다 효율적으로 운영할 수 있는 제도 개선 방안도 함께 모색해야 한다. 기존 1.7GW⁴⁴가량의 재생에너지연계용 ESS 용량, 4.4GW⁴⁵가량의 수요자원의 무감축용량, 그리고 이들을 통합하여 시장에 진입하는 VPP들이 그것이다.

나아가 전력산업의 거버넌스도 함께 바뀌어야 할 것이다. 소규모·분산형 재생에너지와 신규 유연성 자원이 늘어날수록 전력계통을 더욱 효율적으로 운영할 수 있는 배전망운영자(Distribution System Operator, DSO)의 역할이 매우 중요⁴⁶해지기 때문이다. 주로 배전망에 연결되는 신규 유연성 자원을 효과적으로 관리하여 그 기능을 최대한 활용하려면 DSO의 역할을 더욱 확대해야 한다.

2024년 6월 시행될 「분산에너지 활성화 특별법」에도 이러한 필요성을 반영하여 배전사업자에게 안정적으로 계통을 운영할 의무를 부여하는 등 DSO로서의 역할이 명시돼 있다. 하지만 국내 유일한 배전사업자인 한국전력의 발전자회사가 소유한 발전자산업이 대부분 화석연료 기반인 점, 전력산업 전반에 걸친 의사결정과정의 불공정성과 불투명함⁴⁷ 등을 감안하면, 재생에너지 및 신규 유연성 자원 중심의 전력계통을 공정하고 적극적으로 운영하는 역할을 DSO에 기대하기 까지 풀어야 할 과제가 산적해 있다.

기후솔루션은 향후 본 보고서를 바탕으로 제주도를 제외한 육지의 전력계통에서 탄소중립 목표에 부합하는 재생에너지 확대 로드맵에 따른 신규 유연성 자원의 최적화 시나리오를 도출하고, 그 비용편익을 분석하고자 한다. 이때 각 시나리오에 따른 여러 계통 제약 및 계통 안정도에 따른 비용까지도 함께 분석하는 종합적인 연구를 진행, 기후위기에 대응할 수 있는 재생에너지·신규 유연성 자원 중심의 미래 전력망의 청사진을 제시할 계획이다.

참고문헌

- 1 IEA. (2021. 11. 4.). Electricity system flexibility by source in the Net Zero Scenario, 2020 and 2030. IEA. Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electricity-system-flexibility-by-source-in-the-net-zero-scenario-2020-and-2030>. IEA. Licence: CC BY 4.0
- 2 Kim, J. (2023. 7. 21.). South Korea emerges as key partner for America's energy transition. <https://insideclimatenews.org/news/24072023/south-korea-emerges-as-key-partner-for-americas-clean-energy-manufacturing/>. Inside Climate News.
- 3 이태의, 진태영. (2022.12.31). 전력시장 탄소중립에 요구되는 유연성 자원의 확보를 위한 공급지장비용(VoLL) 연구(1/3). 에너지경제연구원.
- 4 IRENA. (2018). Power System Flexibility for the Energy Transition, Part 1: Overview for policy makers. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- 5 장동환. (2021. 10. 12.). 탄소중립을 위한 섹터커플링 기술과 국내·외 현황. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4293>. 전기저널.
- 6 IRENA. (2018). Power System Flexibility for the Energy Transition, Part 1: Overview for policy makers. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- 7 IRENA. (2019). Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- 8 조규리, 손가영. (2022. 09. 20.). 기술어진 전력시장: 수요반응자원을 차별하고 가스발전을 우대하는 시장 구조 분석. 기후솔루션.
- 9 배문성. (2021.12.10). 계통 유연성 개념 및 확보 방안. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4352>. 기후솔루션. 전기저널.
- 10 정현우. (2021.05.14.) VPP 운영현황 및 활성화 방안, <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4057>. 전기저널.
- 11 U.S. EIA. (2022). Electricity Data Browser, Net generation for all sectors, California, All fuels, All solar, All utility-scale solar, Small-scale solar photovoltaic, Annual. <https://www.eia.gov/state/analysis.php?sid=CA#52>.
- 12 Kennedy, R. (2023.07.05). California's electricity duck curve is deepening. <https://pv-magazine-usa.com/2023/07/05/californias-electricity-duck-curve-is-deepening/>. pv magazine.
- 13 Mansoor, A. (2023. 04.). The duck today now looks like a canyon. https://www.linkedin.com/posts/activity-7056612841755181056-SCPK?utm_source=share&utm_medium=member_desktop. LinkedIn.
- 14 Mansoor, A. (2023. 04.). The duck today now looks like a canyon. https://www.linkedin.com/posts/activity-7056612841755181056-SCPK?utm_source=share&utm_medium=member_desktop. LinkedIn.
- 15 김영욱. (2023.06.16.). 에너지 위기 대응력 강화 및 탄소중립 달성을 위한 EU의 전력시장제도 개편(안) 검토. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=5046>. 전기저널.
- 16 Energy Storage. California Public Utilities Commission. <https://www.cpuc.ca.gov/industries-and-topics/electrical-energy/energy-storage>.; 안재균. (2017.12.31.). 신재생에너지 보급 확산을 대비한 전력계통 유연성 강화방안 연구. 에너지경제연구원.
- 17 Energy Storage. California Public Utilities Commission. <https://www.cpuc.ca.gov/industries-and-topics/electrical-energy/energy-storage>.; 안재균. (2017.12.31.). 신재생에너지 보급 확산을 대비한 전력계통 유연성 강화방안 연구. 에너지경제연구원.
- 18 A.B. 2868. Gatto. (2016. 9.26.). https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billVotesClient.xhtml?bill_id=201520160AB2868; Proposed Decision Item #40. Peterman. (2017. 4. 27.) <https://docs.cpuc.ca.gov/PublishedDocs/Published/G000/M184/K630/184630306.PDF>

- 19 IRENA. (2019.). Innovation landscape brief: Future role of distribution system operators. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- 20 정형석. (2015. 4. 15.). 용량요금(CP)이란 무엇인가. <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=122897>. 전기신문.
- 21 김진이. (2023. 3. 10.). 전력시장 제도개선 제주 시범사업 추진배경 및 주요내용. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4919>. 전기저널.
- 22 박경민, 위대용. (2015. 5. 6.). 주파수 조정용 ESS란?. <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=123522>. 전기신문.
- 23 박대현 외. (2020). 북미 주파수조정예비력 시장 규칙의 우리나라 적용사례와 발전방안. 전기학회논문지
- 24 Fast Frequency Response. Australian Energy Market Operator. <https://aemo.com.au/initiatives/major-programs/fast-frequency-response>.
- 25 FERC Order No. 2222: Fact Sheet. (2020. 9. 17.). <https://www.ferc.gov/media/ferc-order-no-2222-fact-sheet>. Federal Energy Regulatory Commission.
- 26 정현우. (2021.05.14.) VPP 운영현황 및 활성화 방안, <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4057>. 전기저널.
- 27 The Value Stack: Compensation for Distributed Energy Resources Fact Sheet. (2020. 12. 6.). <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/NY-Sun/Contractors/Value-of-Distributed-Energy-Resources/Value-Stack-Resources>. New York Energy Research and Development Authority.
- 28 The Value Stack: Compensation for Distributed Energy Resources Fact Sheet. (2020. 12. 6.). <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/NY-Sun/Contractors/Value-of-Distributed-Energy-Resources/Value-Stack-Resources>. New York Energy Research and Development Authority.; 김창훈. (2020.12.31.). 분산전원 정책의 지역 차원 구현 방안 연구. 에너지경제연구원.
- 29 안재균. (2018.12.31.). 저탄소 전력시스템으로의 전환을 위한 전력시장제도 개선 방안 연구. 에너지경제연구원
- 30 김진이. (2023. 3. 10.). 전력시장 제도개선 제주 시범사업 추진배경 및 주요내용. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4919>. 전기저널.
- 31 안재균. (2018.12.31.). 저탄소 전력시스템으로의 전환을 위한 전력시장제도 개선 방안 연구. 에너지경제연구원
- 32 옥기열 외. (2021. 6. 28.). 국내 하루전 전력시장 개편의 내용 및 의의. 전기학회논문지
- 33 안재균. (2018.12.31.). 저탄소 전력시스템으로의 전환을 위한 전력시장제도 개선 방안 연구. 에너지경제연구원
- 34 안재균. (2017.12.31.). 신재생에너지 보급 확산을 대비한 전력계통 유연성 강화방안 연구. 에너지경제연구원.
- 35 전기연구원. (2020.11.). 분산에너지 편익 산정 및 적용방안 연구.
- 36 안재균. (2018.12.31.). 저탄소 전력시스템으로의 전환을 위한 전력시장제도 개선 방안 연구. 에너지경제연구원
- 37 안재균. (2018.12.31.). 저탄소 전력시스템으로의 전환을 위한 전력시장제도 개선 방안 연구. 에너지경제연구원
- 38 Osborne Clarke. (2019. 07. 23.). Next Kraftwerke and Osborne Clarke successfully challenge mixed-price procedure before OLG Düsseldorf. <https://www.osborneclarke.com/news/next-kraftwerke-osborne-clarke-successfully-challenge-mixed-price-procedure-olg-dusseldorf>. Osborne Clarke.
- 39 Decker, J et al. Lessons learnt from Germany's mixed price system. <https://www.next-kraftwerke.com/energy-blog/lessons-reserve-power-market>. Next Kraftwerke.
- 40 Eriksen, F. (2019. 7. 23.). Court annuls price system suspected to be behind recent German grid troubles. <https://www.cleanenergywire.org/news/court-annuls-price-system-suspected-be-behind-recent-german-grid-troubles>. Clean Energy Wire.

- 41 Göß, S. (2020. 2. 26.). The German electricity balancing market in transition part II. <https://blog.energybrainpool.com/en/the-german-electricity-balancing-market-in-transition-part-ii/>. Energy Brainblog.
- 42 Osborne Clarke. (2019. 07. 23.). Next Kraftwerke and Osborne Clarke successfully challenge mixed-price procedure before OLG Düsseldorf. <https://www.osborneclarke.com/news/next-kraftwerke-osborne-clarke-successfully-challenge-mixed-price-procedure-olg-dusseldorf>. Osborne Clarke.
- 43 Eriksen, F. (2019. 7. 23.). Court annuls price system suspected to be behind recent German grid troubles. <https://www.cleanenergywire.org/news/court-annuls-price-system-suspected-be-behind-recent-german-grid-troubles>. Clean Energy Wire.
- 44 국회의원 구자근 의원실 한국전기안전공사 제출자료
- 45 전력거래소. 2022년도 「전력시장통계」
- 46 IRENA. (2019.). Innovation landscape brief: Future role of distribution system operators. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- 47 최서윤. (2023.10.12.). 전력거래소의 거버넌스 현안과 정책적 제언: 지속가능한 변화를 위해. 기후솔루션.

SFO°C

Solutions for Our Climate

에너지 전환의 열쇠

한국의 재생에너지 확대를 위한
유연성 자원 활성화 정책 제언

