

분산에너지 활성화 특별법 및 통합발전소(VPP) 관련 에너지 산업·기술 동향 분석

1. 배경 및 필요성	01
2. 분산에너지 활성화 특별법 주요 내용	03
3. 해외 분산에너지 활성화 관련 정책 동향	05
4. VPP 관련 에너지 산업·기술 동향	08
5. 정리 및 시사점	11
참고문헌	12



1. 배경 및 필요성

● **재생에너지 중심의 에너지 전환이 빠르게 추진됨**에 따라 기존 대규모 발전소·송전선로 기반의 중앙집중식 전력시스템을 **분산에너지원 기반의 새로운 전력·공급 활용 체계**로 전환하는 것이 필요

- **(분산에너지원 개념)** 일반적으로 소비자 인근에 설치되는 소규모 자원으로 분산형 전원, 전력 저장, 수요 자원 등을 포함하나 단일 정의는 없으며, 목적과 상황에 따라 세부적 차이가 있음

[지역/국가 별 분산에너지원 정의]¹⁾

구분	정의
미국 연방에너지 규제 위원회 (FERC)	- 배전 시스템, 그 하위 시스템 또는 소비자 계량기 뒤에 위치한 모든 자원을 의미하며, 전력저장장치·분산발전·수요반응·에너지효율·축열·전기차·공급장비 등이 포함될 수 있음
EU 유럽위원회(EC)	- 주로 시스템의 저전압 레벨(배전 그리드) 또는 최종 사용자 근처에 연결된 중·소규모 리소스로 구성 - 분산형 발전, 에너지 저장, 수요 반응 등이 주요 구성 자원
호주 에너지시장위원회 (AEMC)	- 가정과 사업장에서 에너지를 생산, 저장 또는 관리할 수 있는 장치로, 미터 뒤(behind the meter) 장치로도 언급 - 지붕형 태양광 발전, 에너지 저장, 수요 반응, 전기 자동차 및 에너지 관리 시스템이 포함되지만 미터 뒤에 한정되지는 않음
한국 산업통상자원부 ²⁾	- 전력수요지역 인근에 설치하여 송전선로의 건설을 최소화할 수 있는 40MW 이하의 모든 발전설비 또는 500MW 이하의 집단에너지·구역전기·자가용 발전설비·태양광/풍력 등 재생에너지·소형모듈형원자력(SMR)·연료전지발전·수소발전·ESS 등도 포함

- **(분산에너지원의 주요 기능)** 수요지 인근에 분산에너지원을 적절히 배치해 소비할 수 있으면 장거리 송전선로에 대한 투자를 줄일 수 있으며, 대규모 재생에너지 운영에 필요한 유연성 서비스를 공급 가능

[분산에너지원 주요 기능]³⁾

구분	주요 기능
전력망 안정성	- 전력망 기반 전기 공급이 중단되었을 때, 비상급전원 등 신뢰성 서비스를 포함한 전력망 지원 서비스를 제공 가능
전력망 용량 및 지원	- 전력망에 대한 추가 투자 지연 및 최소화 - 배전 수준에서의 용량 가치를 제공하며 해당 지역의 첨두(peak) 기간, 분산에너지원 위치 및 가용성에 따라 차별화
필수 시스템 서비스(ESS)	- 다양한 응답특성에 기반한 유연성(flexibility) 서비스를 제공 - 우발상황, 주파수 및 전압 조정, 지역별 필수 전원 확보 등 가치가 높은 전력 수요에 대한 긴급, 필수 서비스 제공
예비력 용량	- 다양한 예비력 기준에 따른 대체 용량 공급 자원으로 활용될 수 있으며, 해당 용량의 가치는 수급(Balancing) 상황에 따른 분산에너지원의 가용능력에 따라 평가
도매시장 에너지 공급	- 기존 전력망 기반 전력 공급원의 역할로 도매시장에 에너지를 생산하는 자원으로 활용
리스크 관리	- 도매·소매 시장 상황에 따라 분산에너지원을 구매·확보하는 것은 풀(pool) 시장 가격 노출에 대한 위험회피(hedge) 및 포트폴리오 관리의 수단으로 활용

1) IEA, Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources(2022)

2) 산업통상자원부, 「분산에너지 활성화 특별법」 국회 통과 보도참고자료(2023.5.25.)

3) 호주 Energy Transformation Taskforce, Distributed Energy Resources Roadmap(2019.12.)

- **(추세 및 전망)** 분산형 태양광* 전기차, 히트펌프가 분산에너지원의 주요한 자원으로 빠르게 보급되고 있으며, 국내에서는 태양광** 중심으로 보급 확대 중이며 이러한 추세는 지속될 전망

* 전 세계 태양광 용량 추가는 '20년 134GW에서 '30년 630GW로 4배 증가 예상, '20년 기준 약 1억 가구에 분산형 태양광 패널이 설치(IEA, 2022)

** 분산에너지원 중 태양광 비중은 48%이며, 분산형 전원 중 태양광 비중은 70%를 차지

[분산에너지원 주요 트렌드]⁴⁾

주요 트렌드	내용
태양광 주도	- 분산형 발전원에서 기존의 소형 열병합 발전을 넘어 분산형 태양광이 확대 되는 흐름이 지속될 전망
복원력(Resilience)이 분산형 전원 및 에너지 저장의 주요 동력	- 전력망과의 상호작용을 통해 전력시스템 전반의 높은 신뢰도를 유지하는 복원력에 대한 필요로 전력저장에 대한 수요가 빠르게 성장할 전망
주거용 부하 유연성(Flexibility) 시장이 새로운 기술과 함께 개화	- 스마트 미터링, 스마트 온도조절 및 가정 부하에 대한 제어기술의 적용 확대로 주거용 부하 유연성 관련 시장이 개화되어 활성화될 전망
전기차의 모바일 전력저장 시장 창출	- 전기차의 빠른 증가와 함께, 전력저장 수단으로서의 가능성이 새로운 시장을 창출하여 새로운 비즈니스 모델로 전환될 전망 - 캘리포니아 주의회는 2027년까지 전기차의 양방향 충전 기능 탑재를 의무화하는 법안을 검토 중

- **(해외 정책 동향)** 미국, 유럽, 호주 등 해외 주요국은 분산에너지 기술 및 시장 활성화를 위해 전력망 운영 방안, 통합발전소(VPP)* 및 관련 서비스 시장 운영 제도 도입, 잉여전력 해소 대책 등을 마련하고 추진 중

- ▶ **(미국 캘리포니아)** 분산에너지원 실행 계획(DER Action Plan, 2017.3), 시간대요금(TOU, Time-Of-Use) 확대, 스마트 인버터 의무화

- ▶ **(미국 뉴욕)** 에너지 비전 개혁(Reforming the Vision, 2017.3)을 통해 분산시스템 플랫폼으로의 전환을 위한 요금 산정 방식 개혁, 실증 프로그램 등 분산에너지원에 최적화된 새로운 전력산업 생태계 구축 기반 조성

- ▶ **(서호주)** 분산에너지원 로드맵 수립(2019.12), 스마트 태양광 인버터, 분산에너지 이용촉진 요금 개발

* 통합발전소(VPP, Virtual Power Plant) : ICT 기술을 기반으로 분산에너지원을 모집하고 통합 관리하여 전력시장에서 거래할 수 있는 가상발전소로 분산에너지활성화법 상에서 '통합발전소'로 지칭

- **(국내 정책 동향)** 지역별 에너지 생산과 소비의 불균형을 보완하고 재생에너지 확산을 지원하기 위한 분산에너지 활성화를 위한 정책을 지속 추진해왔으며 「분산에너지 활성화 특별법」을 제정·공포(2023.6.13.)

● 본 브리프에서는 분산에너지 활성화 특별법의 주요 내용을 정리하고, 주요 국가의 관련 정책, 산업·기업 동향을 분석하여 정책적 시사점을 도출하고자 함

4) greentechmedia(2020.6.), "5 Major Trends Driving the \$110B US Distributed Energy Resources Market Through 2025"

2. 분산에너지 활성화 특별법 주요 내용

- 우리나라에서 지난 '20년 탄소중립 선언 이후 관계부처 합동으로 발표한 「2050 탄소중립 추진전략」에 따르면, 능동적 이행을 위해 국가 차원에서 분산시스템으로의 에너지 전환을 지원하겠다는 계획을 제시
 - 그간의 적응형(Adaptive) 감축을 벗어나 능동적(Proactive) 대응으로 나아가기 위해, 기존 진입장벽이 높던 에너지 산업의 해자를 허물고 소규모 분산에너지 도입 활성화를 위한 환경을 조성하는 목표를 설정
 - 태양광 등 친환경 자원으로 대표되는 분산에너지를 새로운 경제적 부가가치를 창출하는 산업으로 육성하여, 궁극적으로 민간이 주도하는 탄소중립 이행을 도모할 예정
- ※ (기대효과) 민간 중심의 탄소중립 이행 환경이 조성되면, 사회적 갈등 해소와 비용 전가 시스템화에 기여
- 또한, 지난 2023년 6월 13일에는 분산형 수요공급 시스템으로의 전환을 위해 기존 에너지 관련 법령 및 제도 정비에 대한 요구에 대응하는 「분산에너지 활성화 특별법(이하, 분산법)」을 제정·공포
 - 에너지시스템의 분산화를 유도하고, 분산에너지의 체계적 관리와 지원을 통해 분산에너지 보급 목표 달성을 위한 정책적 기반을 제공
- ※ 분산에너지 발전량 목표는 2040년 30%로, 2019년 제3차 에너지기본계획에서 제시됨 (탄소중립 선언 이전 수립)
- 분산법은 공포일로부터 1년이 경과한 2024년 6월 14일부터 시행하고, 세부적인 내용을 담은 시행령과 시행규칙은 향후 수립될 예정
- 분산법의 주요 내용은 지난 '21년 산업통상자원부에서 발표한 「분산에너지 활성화 추진전략」의 기본방향을 따르며, ▲분산에너지 정의, ▲전력계통영향평가제도, ▲특화지역, ▲통합발전소 제도 등에 대한 내용을 포함

비전(안)

수요지 인근 저탄소 에너지 생산·소비·거래 체계 구축, 2040년 분산에너지 비중 30% 달성

① 분산에너지 생산·소비 인센티브 도입

- 친환경 복합허력, 변동성 대응 기여 자원에 대한 지원
- 수도권 신규 전력수요 지역 분산을 위한 유인체계 구축
- 자가소비형 고객에 대한 REC 지원 등 검토

중앙 집중형

② 분산에너지 친화적인 시장제도로의 개편

- 한국형 통합발전소(VPP) 도입 및 소규모 전력중개시장 활성화
- 보조서비스 시장 도입 등 분산에너지 활성화를 위한 시장 개편
- 지역별·계시별·전압별 요금제 개발 및 망 요금 체계 개편

③ 계통안정성 제고를 위한 인프라 확충·고도화

- 지역별 관리를 위한 배전계통 운영제도 도입
- ※ DSO (Distribution System Operator) 역할 논의 진행 中**
- 재생에너지 통합관제시스템 구축
- 잉여 전력 해소를 위한 유연성 자원(P2G, V2G 등) 개발

분산형

④ 지역주도의 분산에너지 시스템 구축

- 분산에너지 특구* 지정을 통한 지역단위 실증 추진
- * 재생에너지 집중지역, 구역전기 사업구역, 산업단지 등
- 마을內 분산전원 연결 플랫폼 개발 및 마이크로그리드 구축
- 지역주도 에너지전환을 위한 지역 에너지센터 신설

< 분산에너지 활성화 추진전략 주요 내용 (산업통상자원부, 2021.6.) >

【「분산에너지 활성화 특별법」 주요 조항 및 관련 세부내용】

조항	주요 내용	취지 및 계획
제2조 (정의)	분산에너지는 에너지를 사용하는 공간, 지역 또는 인근지역에서 공급하거나 생산하는 에너지로서 대통령령으로 정하는 일정규모 이하의 에너지	분산에너지를 정의하는 '일정규모'는 추후 동법 시행령에서 명시될 예정
	분산에너지 통합발전소 ⁵⁾ 사업은 분산에너지로 이루어진 통합발전소 사업으로 정의	「전기사업법」에서 통합발전소 사업은 통신·제어기술을 이용해 에너지자원을 하나의 발전소처럼 활용하는 사업으로 정의됨
제5조 (기본계획 등)	산업부 장관은 10년 이상을 계획기간으로 하는 5년 단위의 분산에너지 활성화 기본계획 및 연도별 시행계획을 수립·시행	분산에너지 국가 보급 목표 달성을 위한 기본계획 및 시행계획이 주기적으로 수립
제13조 (사용량 할당 등)	산업부 장관은 분산에너지 활성화를 위해 필요하다고 인정하는 경우 의무설치자에게 에너지 사용량의 일정 비율 이상을 분산에너지로 사용하도록 계획서를 제출하도록 할 수 있음	의무설치자는 추후 동법 시행령에서 구체적으로 명시될 예정 설비 의무량과 의무지역은 지역별 연도별로 시행령이 정하는 바에 따름
제16조~22조 (배전사업자의 관리의무)	배전사업자는 분산에너지사업자를 위해 적합한 설비를 설치·관리해야 하고, 전력공급 접속과 차단에 있어 불합리하게 차별해서는 안 됨	배전사업자는 계통운영 불안정 발생 시 출력감발 및 제한 조치를 시행할 수 있으며 망 중립성을 유지해야 함
	산업부 장관은 분산에너지 활성화를 위해 배전사업자의 업무(운영, 계획, 기반조성, 기준 등)에 대해 감독함	별도 독립기관 설립에 대한 내용은 없음 배전사업자에 분산에너지 관리 역할을 부여함
제23조~32조 (전력계통 영향평가)	일정규모 이상 전기를 사용하는 사업자는 전력계통영향 평가를 실시하여 전력계통영향평가서를 제출해야 함	대상 사업자는 사업 수행을 승인받기 위해 전력계통영향평가를 거쳐야 함
	산업부 장관은 전력계통영향평가서를 검토하여 필요 시 개선 필요사항을 전달하고, 사업자는 이를 반드시 이행해야 함	전력계통영향평가를 통해 지역별 전력 수급 안정도를 진단하고, 특정 지역에 편중된 수요자원의 분산을 유도할 수 있음
제33조~44조 (특화지역 지정 및 특례)	산업부 장관은 분산에너지특화지역을 설정할 수 있으며, 해당 지역에서 사업자는 직접 사용자에게 전기를 판매할 수 있음	특화지역에서는 전력거래 관련 규제가 해소되어 통합발전소 사업자의 사업범위가 확대될 수 있음 (전력 직거래 등)
제45조 (지역별 전기요금)	전기판매사업자는 국가 균형발전을 위해 송·배전 비용을 고려하여 전기요금을 달리 정할 수 있음	대체로 수요 밀집지역의 전기요금이 공급 밀집지역보다 높아질 수 있으며, 세부적 차등 수준은 계통 토폴로지에 좌우됨

- 기존 전기사업법은 전국적 단위로 중앙집중형 전력 체계를 규정하나, 분산법은 지역별 개별 특성을 고려하고 통합발전소사업 등 분산에너지 활성화에 필요한 다양한 제도적 기반을 제공
 - 분산에너지 활성화를 위한 세부적인 제도는 향후 분산법 시행령 및 시행규칙에서 제시될 예정
- 분산에너지특화지역에서는 전기사업자를 거치지 않고 전력거래가 가능하다는 등 현행 전력거래 관련 규제가 다소 해소·완화될 예정으로, 통합발전소사업자가 다양한 사업모델 구현이 가능
 - 향후 분산에너지 비중이 높은 지역을 특구로 지정하여 VPP, DSO, 전력거래 특례 등의 혁신적인 사업모델을 실증하고 문제점을 발굴할 예정

5) 해당 법안 및 정부 및 국회에서 발표한 정책에서는 VPP의 국문 표현을 '통합발전소'로 지칭함

3. 해외 분산에너지 활성화 관련 정책 동향

- (영국) 2019년 12월, VPP 사업자의 도매시장(에너지·용량·보조서비스) 참여를 허용함
 - 기존 도매시장 참여는 에너지 공급 자격을 가진 사업자들로 제한돼 있었으나, 공급 면허를 취득한 에너지 판매업체, 중개사업자 등도 참여가 가능
 - 영국의 VPP 용량은 6.1GW로 에너지 판매업체 등이 보유한 DR 자원을 포함해 VPP로 고려하고 있어 보급 규모가 크지만, 중개사업자의 시장 참여는 아직 저조

[영국 VPP 서비스 접근 방법]

서비스	시장 접근 방법
피크관리	- 불투명한 채널을 통한 양자 간 합의로 계약이 이루어져, 정확한 규모는 알 수 없음 - 향후 에너지 판매업체나 전력 마케터들이 서비스 구매보다는 VPP를 통한 비용 상쇄에 집중
용량시장	- 영국 용량시장은 National Grid 주관으로 중앙 경매를 통하여 이루어짐 - 시스템 운영자가 거의 용량을 요구하지 않아, 참여자들이 다른 비즈니스 모델에서 수익 창출을 할 수 있도록 허용 - 향후 VPP가 전통발전원의 용량을 대체하는 용량시장의 옵션이 될 수 있음
보조서비스	- 지난 수년 동안 개방되어 있었으며, 이 중에서도 수익성이 가장 뛰어난 주파수조정(FR) 시장이 가장 인기 - 현재는 ESS가 FR 시장을 잠식했으며, 가정용 ESS 또한 서비스에 진출
에너지시장	- 도매시장은 여전히 에너지 공급 자격을 가진 참여자로 제한되어 있음 - '19년 12월 중개업체가 참여할 수 있는 여건이 마련되었으나 활성화까지는 긴 시간이 소요될 전망
네트워크 지원	- 지역 네트워크 서비스는 초기 단계로 수익성이 낮고, 계약 용량이 작아 참여자들의 관심도는 낮음 - 대형 발전소가 설치되지 않은 지역에 용량을 제공할 수 있는 이점이 있음

- (미국) 2020년 9월, 'FERC Order 2222' 개정을 통해 중개사업자가 모집한 분산자원이 도매시장에 참여할 수 있도록 제도를 개선
 - 시장에 참여할 능력이 있음에도 크기가 작아 시장에 참여하지 못하는 분산자원을 중개사업자를 통해 RTO/ISO 도매시장에 참여 가능
 - 분산자원을 배전계통 또는 계량기 하단에 위치한 자원으로 정의해 용량 제한이 없으며 변동성 재생에너지, 열병합, ESS, DR, EE, EV 등 다양한 소규모 에너지원을 분산자원으로 고려함
 - 분산자원의 도매시장 참여를 통해 발전비용 하락, 계통 복원력(resilience) 강화와 동시에 가정용·상업용 태양광 및 ESS 투자 증가 기대
- (일본) 수급조정시장 개설을 통해 중개사업자의 경매입찰 참여를 허용하고 있음
 - 중개사업자가 모집한 발전기, ESS, 부하 설비 등의 자원을 VPP로 정의하고 재생에너지 예측오차 대응을 위한 3차 조정력에 VPP 참여를 허용함
 - 에너지 시장, 용량시장 외에 수급조정(보조서비스) 시장에도 VPP가 참여할 수 있도록 시장이 확대됨에 따라 중개사업자 증가 및 비즈니스 모델 확대가 예상됨

[일본 수급조정시장에서 거래하는 상품 구분]

상품명		1차조정력	2차조정력①	2차조정력②	3차조정력①	3차조정력②
기능		1차 주파수 응동(GF)	2차 주파수 응동(LFC)	2차 주파수 응동(EDC)	수급밸런스	FIT 재생에너지 예측오차 대응
대 응 상 황	전원탈락	O	O	X	O (후속조치)	X
	수요변동	O	O	X	X	X
	예측오차	X	X	O	O	X
응동 시간		10초 이내	5분 이내	5분 이내	15분 이내	45분 이내
지속시간		5분 이상	30분 이상	30분 이상	3시간	3시간
최저 입찰량		5MW (입찰단위 : 1MW)				
개설시점		2024년	2024년	2024년	2022년	2021년

- (독일) 2017년 1월, 재생에너지법(EEG) 2차 개정을 통해 중개사업자의 도매시장(에너지, 보조서비스) 참여를 허용하고, 전력공급의 예상 시간, 공급량 등의 예측 의무 부과
 - FIP 보조금을 지원받는 재생에너지 설비는 중개사업자를 통해 시장 참여 가능
 - 재생에너지 예측 의무 이행에 따른 비용 소요를 "Management Premium"을 통해 보상하며, 중개사업자가 재생 에너지를 모집하여 시장에 참여하는 경우에도 보상받음

[독일 재생에너지법의 Market Premium 지급 조건]

조항	내용
EEG 2017 제20조 1항	- 발전사업자 또는 중개사업자가 전기를 직접 판매 - 전력은 원격으로 제어 가능한 시스템에서 생성
EEG 2017 제20조 2항	- 실제 공급 가능한 전력량을 예측할 수 있어야 함 - 전력을 공급할 수 있는 전원들을 원격으로 제어할 수 있어야 함 - 계통운영자의 전력공급 요구에 따라 전력을 제공할 수 있어야 함
EEG 2017 제14조 2항	- 발전사업자 또는 중개사업자는 하루 전까지 그 다음일 이후 전력공급의 예상시간, 공급량 및 기간이 예측되는 즉시 알려야 함
EEG 2017 제20조 3항	- 전력 유통시스템 호환 및 안전한 원격 제어 기술이 구비되어야 함

- (호주) 2020년 4월, 분산에너지원 로드맵을 발표하여 태양광, 배터리, 전기차를 포함한 모든 분산에너지원의 통합을 유도하고 활성화를 위한 5개년의 계획을 수립
 - 기술, 규제 및 시장 장벽을 극복하고 분산에너지원을 전력망에 통합하기 위한 실증(pilot) 프로그램을 운영
 - 전력망에 대한 지원과 전력 시스템 운영의 가시성을 높일 수 있는 기술 개발을 지원
 - 분산에너지원을 통한 투자 및 전기 활용에 대한 명확한 정보를 제공하고, 새로운 비즈니스 모델이 출현할 때마다 사용 고객이 보호받을 수 있는 체계 수립

[호주 분산에너지원 관련 주요 실증 프로젝트]

지역	프로젝트 명	내용
Victoria	Project EDGE Trial	- 지역 및 도매 전력망 서비스를 제공하는 분산에너지자원(DER)을 실증(총 3년) - Hume 지역의 주거, 산업 및 상업용 고객 참여. 정전을 줄이고 에너지 가격을 낮추며 향후 계획에 정보를 제공하는 것을 목표로 설정
	Indra Monash Smart City	- 모나쉬 대학교의 클레이튼 캠퍼스 전력망에 DER 기술 통합 - 태양광 패널, 건물, EV 충전소, 에너지 저장 장치 등 그리드에 연결된 자산을 실시간 모니터링하여 통합하여 실증
Western Australia	Project Symphony	- 에너지 분배 소프트웨어 시스템으로 옥상 태양광 및 배터리 저장장치와 같은 DER 자산을 조정하고 관리하는 실증 프로젝트 - 투자 수요를 파악하고 서호주의 DER 로드맵을 적용, 확산하는 것을 목적으로 설정
	Onslow DER Project	- 재생 에너지, 모듈식 가스 발전, 배터리 전력저장장치를 갖춘 Onslow 지역의 마이크로그리드, 분산 에너지 자원 관리 시스템을 사용하여 DER의 신뢰성 및 운영 문제를 해결하는 솔루션 구축을 목표로 설정
	Alkimos Beach solar and storage trial	- 배터리 스토리지, 옥상 태양광, 새로운 전기 소매 제품 테스트를 결합한 600만 달러 규모의 프로젝트 - 높은 수준의 태양광 발전과 지원 기술의 통합을 지향
South Australia	AGL Virtual Power Plant	- 애들레이드에 있는 1,000개 가정과 기업의 태양 전지 및 저장 시스템을 연결 및 관리하는 호주 최대 규모의 통합 발전소(VPP)
Queensland	evolve DER	- 배전망 관리를 위해 운영 기술과 통합된 소프트웨어 시스템에 중점을 둔 프로젝트 - DER의 네트워크 호스팅 용량을 늘리고 확장 가능한 기능 및 시스템을 개발하여 DER 활용도를 높이는 것을 목표로 설정

4. VPP 관련 에너지 산업 기술 동향

- 통합발전소(VPP)는 지리적으로 분산된 에너지자원을 실시간으로 통합시켜 다양한 용도로 활용하는 개념으로, 정보통신, 전력전자 및 제어 등 다수의 기술이 융합되어 구현
- 글로벌 VPP 시장 규모는 2023년 10억 6,200만 달러로 추산되며, 향후 연평균 24% 속도로 성장하여 2029년에는 38억 9,000만 달러에 도달할 전망 (QYResearch, 2023)
- 전력 산업·시장 구조는 국가 및 지역별로 다르므로, VPP 사업·기술 행태도 다른 형태로 나타남
 - 태양광 등 분산에너지에 대한 투자가 활발한 서구·북미·일본에서는 VPP 개념이 2010년대 초부터 도입되었고, 주로 IT 및 에너지 회사가 관련 사업을 수행하거나 기술을 개발하고 있음
 - VPP 사업모델은 크게 ①도매(판매)시장, ②용량시장, ③망 서비스*, ④보조서비스로 구분됨
- * 송·배전망 혼잡 해소, 투자 회피 및 지연, 운영 효율화
- 일본 Toshiba는 사물인터넷(Internet of Things) 기술과 인공지능 기술을 적용하여, 시시각각 변화하는 수급 상황에 따라 분산된 다수의 발전 및 ESS 설비를 실시간으로 저장하는 기술을 제공
 - VPP를 통해 네가와트 어그리게이터, ESS 통합 운영제어 사업을 진행하고 있으며, 축적된 수요관리 경험을 바탕으로 대용량 전력 사용 고객을 대상으로 에너지절감 컨설팅도 수행

[일본 Toshiba 기술 및 사업 동향]

사업모델	관련 기술	주요 내용
네가와트 어그리게이터	인공지능	- 전기회사와 전기소비자 간의 중재 서비스를 제공 - 정확한 예측을 위해 OpenADR 빅 데이터 분석 수행 - 인공지능을 바탕으로 기상예보·전력수요 예측의 정확도 제고
ESS 통합 운영·제어	사물인터넷	- 2016년 실증 프로젝트를 수행하고 2019년부터 사업 운영 - 배터리의 필요 SoC를 유지하면서 수요관리에 효율적으로 대응 - 2021년부터 예비력시장 참여, 배터리 외 자원 활용도 모색

- 일본 소프트뱅크 그룹의 SB에너지는 규슈 전역에서 가정에서 사용하는 소규모 ESS를 AI와 IoT를 통해 제어하여 운영예비력을 제공하는 사업을 추진 중
 - 전력 수급 조정에는 협력회사와 계약하고 있는 가정 ESS를 활용하며, 운영기관의 급전 지시에 15분 이내 단시간 내 대응
 - AI를 통해 조정에 활용할 수 있는 설비를 결정하고 충·방전을 제어하며, IoT를 통해 ESS의 충전 잔량을 상시 감시하고, ESS와 ESS 간에는 블록체인을 통한 기기 간 통신이 이루어질 수 있음
- 독일의 Next Kraftwerke는 세계 최대 규모의 VPP 사업자로 알려져 있으며, 자체 개발한 소프트웨어를 활용하여 비상발전소(ESS), 바이오가스, 태양광·풍력, 수요반응 등의 분산에너지 자원을 통합 운영
 - 2009년에 설립된 회사로 유럽을 중심으로 세계 전역에 걸쳐 15,346개의 분산자원과 12,294MW 용량을 보유함(2022년 12월 기준)

- 2011년부터 독일의 4개 TSO*를 대상으로 VPP를 통해 운영예비력을 제공하고 있으며, 자체 개발한 거래 포털 NEXTRA를 통해 소규모 전력시장에도 참여
* 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW
- 2020년에는 Toshiba와 기술 개선 및 실증을 위한 공동 벤처기업을 설립하였고, 2021년 거대 정유회사인 Shell社에 인수됨
- 재생에너지 수용성 강화, ESS 충·방전 스케줄 최적화, 새로운 VPP 자원의 발굴(전기차) 등을 목표로 대학·연구소와 협력하여 R&D 추진

[독일 Next Kraftwerke 주요 R&D 프로젝트]

프로젝트 명	지원 기관	주요 내용
GIS-MS	EU 지역개발 기금, 獨노르트라인 베스트팔렌州	- 마이크로그리드 시스템의 안전성(Security)을 강화하기 위해, 수요-공급 변동성에 대응하여 비상발전기의 최적 충·방전 스케줄링 제어 관리
FRESH	괴팅겐대학교	- 신규 VPP 분산에너지원 발굴 - 전기차 배터리를 운영예비력 자원으로 활용하기 위한 실증
DA/RE	獨바덴 뷔르템베르크州	- 재생에너지 예측 오차 등에 대응하여 발전기 및 ESS의 재급전(re-dispatch) 용량 결정 연구
SERENDI-PV	EU 위원회 (Horizon 2020)	- 태양광 설비의 수명, 안정성, 수익성을 최적화하기 위한 운영조건을 측정 - 태양광 발전량 예측 및 입찰 참여를 도모하기 위한 전략 수립
BE20Plus	독일 바이오매스 연구센터	- 바이오가스 발전소의 20년 운영에 따른 경제적 효용성 평가 및 독일 에너지 전환에서 수행 가능한 역할 정의

- 독일의 소넨커뮤니티(SonnenCommunity)는 태양광 설비 보유자(에너지 프로슈머)를 대상으로 판매한 스마트 ESS를 통합 운영하여, 잉여 전기에너지를 거래하는 온라인 가상전력 플랫폼 운영
- 태양광과 연계할 수 있는 스마트 ESS를 설치하고 일정 금액의 멤버십 비용만 내면 최대 사용량 내에서 무료로 전기를 이용할 수 있는 요금제를 제공함
- 태양광 전력 생산이 어려운 상황(날이 흐리거나 밤 시간)에도 전력을 판매할 수 있도록 ESS 충·방전 스케줄을 최적 관리하여, 지역 커뮤니티 내에서 에너지 자급자족이 가능하도록 지원함
- 가상전력 플랫폼에서는 자가학습 소프트웨어를 통해 에너지 프로슈머가 사용하는 에너지보다 더 생산할 에너지를 예측·제공하여, 고객의 입찰·판매 전략에 도움을 줌
- 이탈리아 전력회사 Enel의 자회사인 Enel X는 전기차 중심의 분산에너지 자원을 통합 관리하는 플랫폼 'JuiceNet'을 통해 VPP 사업 추진
- JuiceNet은 전 세계 약 50,000개소의 충전소와 연계하여 단방향 및 양방향(V2G) 방식의 배터리 운영 전략을 관리하여 전력망의 효율적 운영을 지원
- 2025년까지 전 세계 300만 대의 전기차를 고객으로 관리하여, 총 26GW 규모의 VPP 용량을 보유하는 비전을 제시 (대형 천연가스 발전소 50기 용량)

- 미국 버몬트주의 최대 전력회사인 Green Mountain Power(GMP)는 전기요금 절감 및 보조서비스 시장 참여를 위해 주택용 ESS를 보급하여 VPP를 운영 중

 - GMP는 2016년 5월, 미국 전력회사 중 최초로 주택용 ESS 판매/리스 사업을 시행했으며, Tesla社와 파트너십을 체결하여 2,000호 이상의 고객에 ESS를 보급 및 대여
 - '18~'19년 하계 피크전력 발생 시 보유한 주택용 ESS 충·방전 제어를 통해 피크전력을 완화하여, 전력구입 비용 및 송전혼잡 요금 절감(2018년 7·8월 및 2019년 7월에 ESS를 활용하여 약 200만\$ 이상의 비용 절감)
- 미국의 테슬라는 미국, 호주, 독일에 가정용 스마트 ESS(Powerwall), 태양광, 스마트미터 등을 보급하고, 이를 소프트웨어를 통해 체계적으로 통합 제어하여 전력시장에 참여

 - 뉴욕주, 텍사스주를 대상으로 소규모 가정용 ESS를 연계하여 태양광 프로슈머의 완전 전력자립을 도모하고, 남은 전기에너지는 그리드에 공급하는 사업(전기에너지 판매 뿐 아니라 비순동예비력 시장에도 참여)
 - 남호주 지역에 주 정부와 공동으로 8억 달러를 투자하여 5만여 가구를 대상으로 태양광 250MW와 ESS 650MWh를 설치하여 전기요금 절감을 유도
- 미국 MECO는 전기차 배터리의 V2G 기능을 활용하여 재생에너지 변동성 완화를 위한 VPP 사업을 운영

 - 전기차 스케줄 조정을 통해 재생에너지 출력 감축 및 계통 피크전력 발생 최소화
- 미국 V2G 사업자인 NUVVE는 DER 서비스 기업인 Swell Energy와 함께 VPP 네트워크에 클라우드 기반 플랫폼을 활용하여 전기를 위한 전력망 서비스 및 수요관리 서비스를 제공하는 DER 서비스를 제공

 - Nuve는 양방향 V2G 서비스 관련 기술을 보유하고 있으며, Swell은 지붕형 태양광 및 ESS 등 분산에너지원 기반의 통합 에너지 관리 서비스를 제공
 - VPP 네트워크와 중앙망과 연계된 여러 서비스를 제공하고, 가상 발전소에 참여한 고객에게 기여분 기반의 수익을 제공하는 사업모델을 구현하고 점차 확대해나갈 계획
- 호주 VPP 사업자인 Reposit Power는 태양광과 ESS를 활용한 보조서비스 사업에 참여하며, 가입 고객 확충을 위해 5년간 전기요금 무료 혜택을 제공

 - 가정용 ESS를 활용하여 피크전력 저감효과를 검증하고, 수익성이 높은 보조서비스 시장에 진출
 - 보조서비스 시장 참여에 대규모 용량이 요구됨에 따라 유틸리티급 대규모 ESS를 활용 및 신규고객 대상 혜택 제공
 - ESS 충·방전을 통한 배전망 전압 영향을 실증하여, 계통 무효전력 수급을 고려한 활용을 검토
- 호주 전력회사 AGL Energy는 소규모 태양광과 ESS를 연계하여 VPP 구축 및 실증사업을 수행

 - 이더넷 및 Wi-Fi를 통해 등록설비 간 네트워크 연결을 상시 유지하고, 스마트미터를 통해 정밀 제어 및 전력 소비·공급량 측정을 수행
 - AGL Energy는 가정용 태양광이 설치된 1,000가구의 태양광 5MW를 모집하고, 7MWh급 ESS를 저렴한 가격으로 제공해주고 VPP 실증사업에 참여 유도(2022년 기준 약 300가구 모집)

5. 정리 및 시사점

- **(정리)** 에너지 부문 탈탄소화를 위해 재생에너지원이 빠르게 증가, 분산에너지원을 통합하고 활용성을 극대화해야 하는 과제가 점점 더 분명해지고 있으며 관련 시장을 활성화시키기 위한 다양한 정책을 전개하는 중
- **(시장 설계)** 분산에너지 확산을 위해 주요 국가들은 혁신적 기술을 도입하고 투자를 지속할 수 있는 우호적인 시장을 만들고 있으며 분산에너지 사업자를 다변화, 다양화할 수 있는 다양한 가격제도 및 보상체계 수립이 중요
- **(시스템 통합)** 분산에너지원을 기존 전력 시스템에 통합하여 유연성 자원으로 활용하기 위한 기술 개발, 인프라 투자, 제도 개선과 함께 수요자원과 에너지저장을 확장할 수 있는 명확한 계획 수립이 필요
- **(협력 체계 구축)** 정부, 민간, 연구 기관의 실제적 협력을 통해 다양한 전문지식을 활용하고 분산에너지원 혁신을 지속할 수 있는 체계 확립 필요
 - ▶ **(호주)** 스마트그리드, 스마트 시티 및 분산에너지원 프로젝트를 통해 공공-민간 파트너십을 구축하고 다양한 서비스를 실증, 검증하며 향후 정책을 구체화하는 개선하는(Rolling) 체계를 구축
 - ▶ **(미국)** 다양한 DER 기반의 사업자가 인수&합병, 공동출자, MOU 등을 통해 새로운 시장에 진출하는 민간 내 협력이 활성화되어 있으며, 정부는 DER 수준 및 요구사항에 맞춘 제도 개선을 통해 시장 활성화 기반을 조성
- **(시사점)** '분산에너지원의 확대 기반 조성 → 유인체계 마련을 통한 분산화 확대 → 전력시장 시장 제도'이라는 단계별 정책 과제 실현을 위해서는 통합적인 정책의 지속적인 실행이 필요
 - **(전력시장 개편)** 에너지 전환과 분산에너지원 확산을 위해서는 시장 기반의 다양한 서비스 공급 체계가 필수적이며 지역민 및 참여자와 이익을 공유하고 공공성과 형평성을 고려한 전력시장 재설계 선행이 필요
 - ※ 시장 활성화의 필수 조건으로 '시장 가격 책정(Pricing)'에 대해 명확하고 일관적인 정책 수립이 필요: 비용변동을 전기요금에 유연하게 반영하는 합리적 체계 구축과 함께 독립적인 에너지 요금 규제기관 설립 필요
 - **(실제적 보상체계 확립)** 분산에너지원이 창출하는 수요의 분산, 계통운영의 효율성 향상, 유연성 자원의 확대 등 다양한 사회적 편익에 대한 보상이 필요하며, 이를 위한 인센티브제도 도입이 필요
 - **(신산업 활성화)** 분산에너지원의 공급 주체로 통합발전소(VPP) 사업자를 활성화시키는 부분이 필수적이며, 수요자원 시장, 전기차, ESS 등 다양한 자원을 통합시키고 관련 서비스를 고도화시킬 수 있는 시장 여건 조성 필요
 - **(지역주도 거버넌스)** 지역 에너지 센터 설립 및 중소기업, 협동조합, NGO, 지역사업자 등 다양한 이해관계자를 조정할 수 있는 지역주도의 거버넌스 확립이 필요
 - **(임무지향 R&D)** 에너지원 및 분산에너지원의 구성변화 및 전체 에너지시스템의 기술적 요구조건을 충족시키기 위한 목표를 구체적으로 도출하고 해당 목표를 달성하는 임무지향 R&D를 활성화
 - ※ 국가 R&D 사업, 과제 기획을 강화하여 실제적 이슈를 구체화한 목표를 반영하고, 결과를 평가하여 환류하는 체계 확립 필요

[참고문헌]

1. 정현우, 고락경, 김지희, KEMRI 전력경제 Review 2021년 제4호, VPP 운영현황 및 활성화 방안, 2021.4.
2. 전기저널, 문병철 산업통상자원부 분산에너지과장, 분산에너지 활성화 추진전략, 2021.8.2.
3. 국가법령정보센터, 분산에너지 활성화 특별법, 2023.6.13.
4. 산업통상자원부, 분산에너지 활성화 추진전략, 2021.6.
5. 산업통상자원부 보도자료, 「분산에너지 활성화 특별법」 국회 통과, 2023.5.25.
6. QYResearch, Global Virtual Power Plant (VPP) Market Size, Status and Forecast 2023-2029, 2023.
7. 에너지데일리, [기획] VPP 어떻게 활성화 할 수 있나 - ②, 2022.9.26.
8. 에너지경제연구원, 우리나라 P2P 전력거래 가능성 연구, 2015.10.
9. The Guru, 테슬라, 호주 가상발전소 사업 확장, 2021.9.27.
11. 김신아, 주요국의 에너지 프로슈머 관련 정책 동향 및 비즈니스 모델 분석, 2017.
12. 대한상공회의소, 새로운 도약을 위한 탄소중립 전략보고서 100대 정책과제, 2023.5.3.
13. 전력거래소, 해외 주요국 VPP 운영 현황, Monthly world smart grid trend, 2023.1.
14. IRENA, MARKET INTEGRATION OF DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES , 2019.
15. IEA, Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources, 2022.5.
16. Mohsen Parsa Moghaddam, Reza Zamani, Hassan Haes Alhelou, Pierluigi Siano Decentralized Frameworks for Future Power Systems, Academic Press, 2023.
17. Utility magazine, Mapping the future of distributed energy resources, 2022.2.4.
18. FERC Order 2222 - Federal Energy Regulatory Commission, 2020.9.17.

[저자]

한국에너지기술연구원 국가기후기술정책센터 / Tel. 042-860-3175 / E-mail. jilee@kier.re.kr
한국과학기술기획평가원 김선교 부연구위원 / Tel. 043-750-2491 / E-mail. sunkyo@kistep.re.kr
한국철도기술연구원 문국현 선임연구원 / Tel. 031-460-5274 / E-mail. gmoon@krri.re.kr

※ 본 "CT Brief"에 게재된 내용은 필자 개인(연구진)의 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.
또한 본지의 내용을 인용할 때는 출처를 밝혀야 합니다.