

## 대체투자분석

## VPP, V2G와 미래 에너지산업

## Real Asset Analyst

## 황재곤

☎ (02) 3772-4453

✉ jack.hwang@shinhan.com

## 한세원

☎ (02) 3772-1237

✉ peterhan@shinhan.com

## 재생에너지 통합관리와 전력망 안정성 이슈, VPP로 해결

재생에너지 비중이 증가하며 전력망 안정성이 이슈로 부각되고 있다. 대부분 소규모인 재생에너지 발전자원은 분산하여 위치함에 따라 관리와 제어가 어렵다. 또한 재생에너지 증가에 따라 태양광 발전량이 높은 낮시간대에는 전력가격이 낮게 형성되는 반면 저녁 시간대에는 수요증가와 발전량 감소가 맞물리며 전력가격이 급등한다. VPP(Virtual Power Plant)는 흩어진 다수의 분산발전 자산을 통합 관리하고, 전력시장에 유연성을 공급할 수 있는 플랫폼으로 주목받고 있다.

## VPP는 전력시장의 Uber, 분산발전의 집합화/최적화로 수익창출

유럽에서 VPP 사업자는 간헐성을 지닌 여러 재생에너지 발전자원과 ESS 등 유연성 자원을 통합관리하고 하나의 전통발전소처럼 최적화한다. 미국의 VPP 사업자는 비상전원이나 태양광 전력 저장 용도로 주택/상업건물에 설치된 ESS를 활용해 VPP를 구성한다. 전력가격 급등시 전력을 역송하여 판매하는 형태다. 호주의 전력소매사업자들은 전력 소매사업과 주택용 태양광 판매 및 리스사업, VPP 사업을 결합한 새로운 형태의 “Gentailer”를 추구한다. 분산전원의 확산과 VPP의 도입으로 전력 생산과 소비 형태가 변화하고 있다.

## 2022년 주택용 ESS 시장 급성장, VPP 확대로 이어질 것

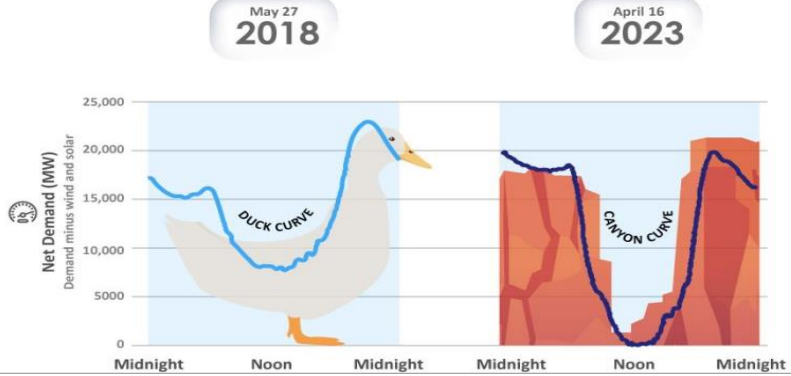
2022년 글로벌 주택용 ESS 판매량은 전년 대비 2배 가까이 증가한 15GWh를 기록하며 급격히 성장했다. 특히 스페인, 이탈리아 등 유럽 국가와 미국에서의 주택용 ESS 판매량은 급증했다. 유럽의 지정학적인 위기로 소매 전력가격이 급등한 영향이 크다. 주택용 ESS는 주로 주택용 태양광과 함께 설치되어 태양광의 자가소비를 극대화하는 역할을 하는데, 일부 국가에서는 소매 전력가격이 30~40% 까지 상승하며 투자회수기간이 크게 짧아졌다. 주택용 ESS 설치가 증가함에 따라 향후 이를 이용한 VPP의 확대가 예상된다.

## 전기차의 막강한 영향력, V2G 성장과 주택용태양광 산업 지각변동

전기차에 저장된 전력을 전력망에서 활용하는 V2G(Vehicle to Grid)에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 더해 전기차가 가정의 에너지 소비와 생산 패턴에 미치는 영향에 주목해야 한다. 전기차 구입시 전기 사용량 증가에 따라 전기요금에 대한 민감도는 올라가고, 전기요금을 절약할 수 있는 솔루션인 주택용 태양광과 ESS에 대한 설치유인도 증가한다. 이를 노린 전기차 회사의 에너지사업 확장도 진행중이다. 테슬라는 이미 오래전부터 주택용 태양광 사업을 진행해왔고, 최근 GM은 이 대열에 동참했다. 홈 에너지 사업의 주도권을 차지하기 위한 전기차 회사와 에너지 회사간 경쟁이 예상된다.

## I. Key Charts

미 캘리포니아, 태양광 증가로 낮시간 순 전력수요 급감하며 전력망 불안정성 증가

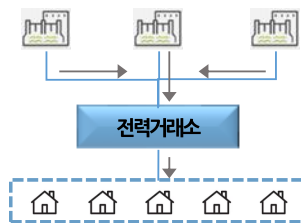


자료: EPRI, 신한투자증권

재생에너지 증가하며 발전자산 소형화와 발전자산 수 급증

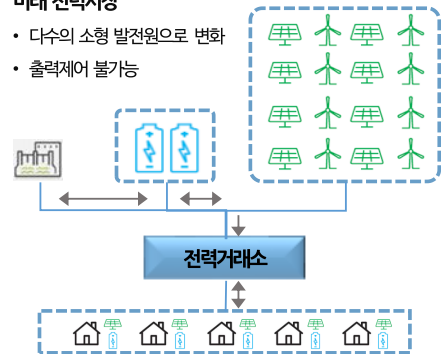
기존 전력시장

- 소수의 대형 전통발전으로 구성  
(원자력, 석탄, 가스복합)



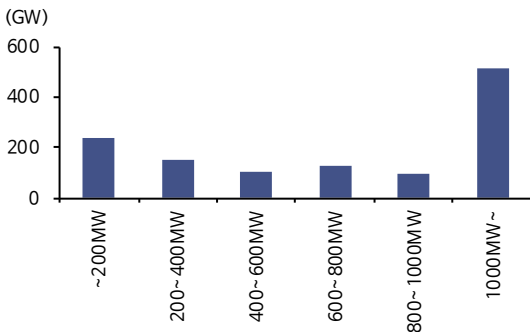
미래 전력시장

- 다수의 소형 발전원으로 변화
- 출력제어 불가능



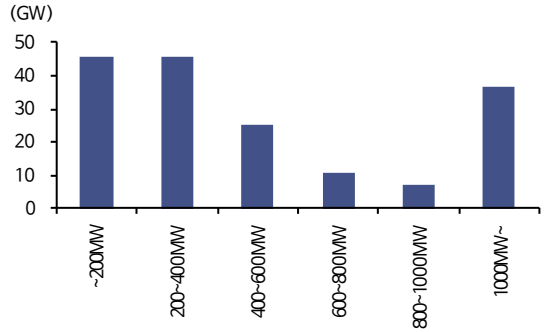
자료: 신한투자증권

미국 가동중 자산 규모별 분포: 대형자산 중심



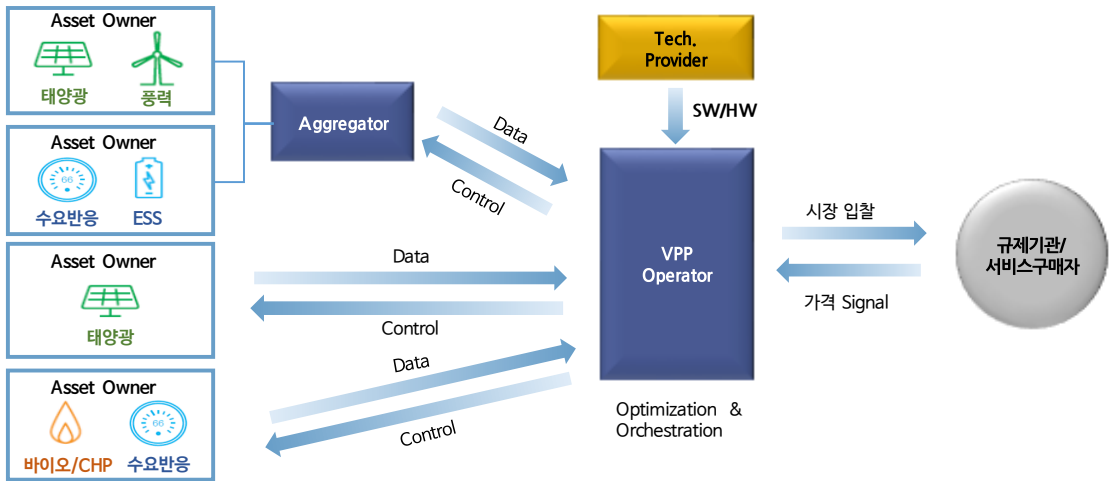
자료: EIA, 신한투자증권

미국 개발중 자산 규모별 분포: 소형자산 중심



자료: EIA, 신한투자증권

## VPP는 다수의 소규모 발전자원을 관리, 집합자원화하여 수익 창출



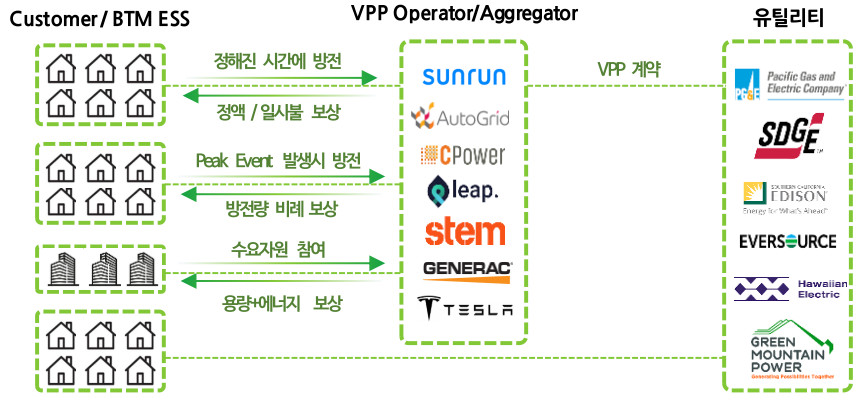
자료: 신한투자증권

## 집합자원화하는 발전자원의 성격에 따라 공급형 VPP와 수요형 VPP로 구분

	공급형 VPP	수요형 VPP
유형	VPP 태양광, 풍력, ESS	VPP 상업용 ESS (BTM), 주택용 ESS (BTM), HVAC/ EV Charger
특징	· 간헐성 자원(태양광, 풍력) 및 유연성 자원(에너지저장장치, 지열, 소수력, 양수) 등을 결합해 하나의 발전소처럼 통합운영	· 주로 BTM 발전자원(분산자원)과 수요자원을 결합 운영 - 주택용/상업용 ESS (+태양광), HVAC 등 · 평상시 자가소비 & 전력시장 전력부족시에 전력 시장참여
장점	· 전력시장 안정화 · 재생에너지 계통연결 도움	· BTM자원 활용도 극대화 · 소비자 입장에서 부가수익 창출
단점	· 재생에너지 간헐성을 본질적으로 극복하는 데는 한계 존재	· 높은 시스템 복잡도 - 다수의 소규모 자산 Integration 필요
대표 사례	· Next Kraftwerke(유럽)	· Tesla(미국, 호주), Autogrid(미국), Sunrun(미국) 등

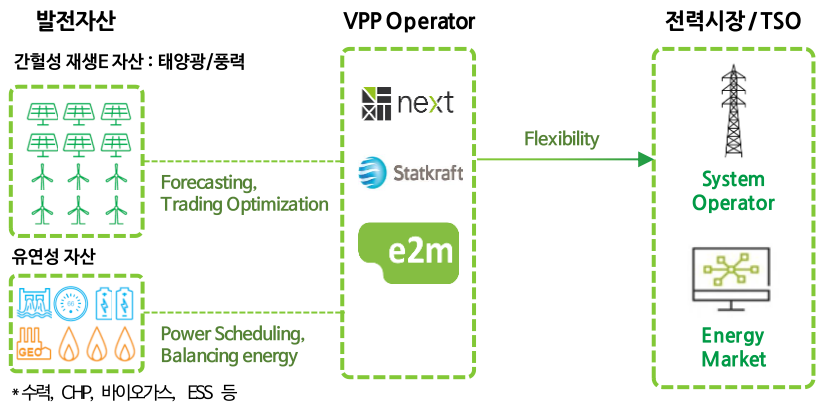
자료: 한국과학기술정보연구원, Enbala, Navigant, Next Kraftwerke, Autogrid, 언론 보도, 신한투자증권,

## 수요단에 위치한 주택용, 상업용 ESS를 활용한 미국 VPP



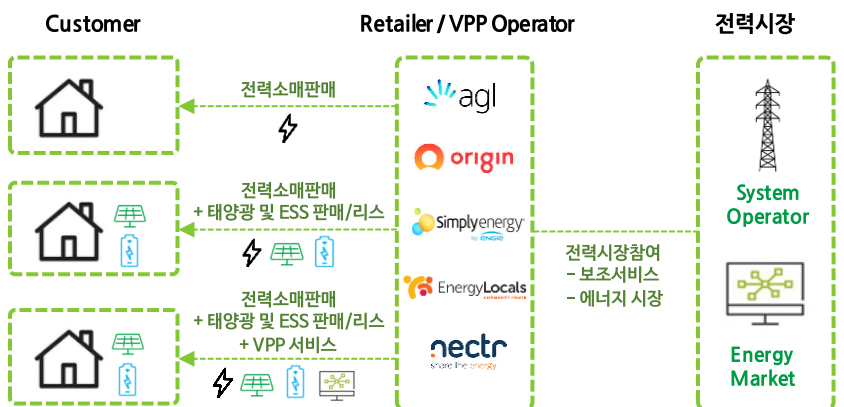
자료: 신한투자증권

## 재생에너지 발전자산을 통합 관리하는 유럽의 VPP



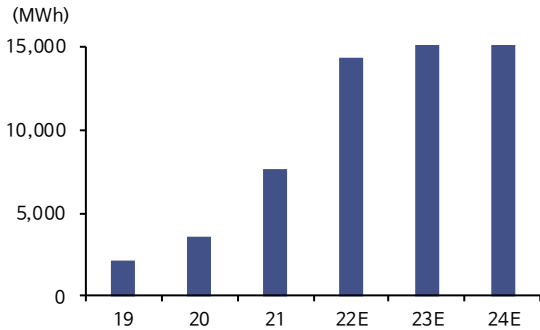
자료: 신한투자증권

## 호주의 전력소매, 주택용 태양광, VPP 결합상품 모델



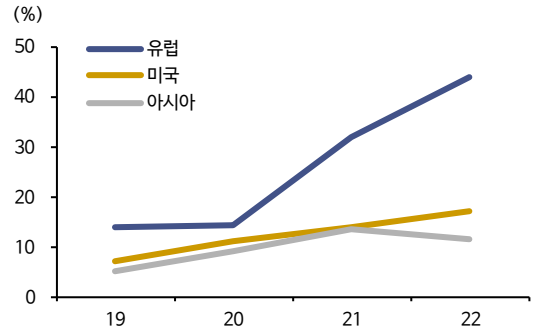
자료: 신한투자증권

## 글로벌 주택용 ESS 신규설치 최근 급격히 증가



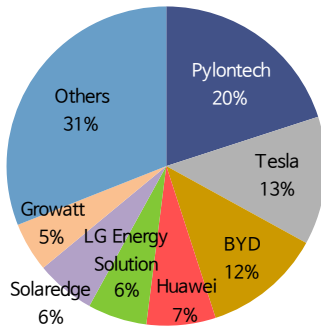
자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 주택용 태양광에 ESS 동반 설치하는 비율도 상승



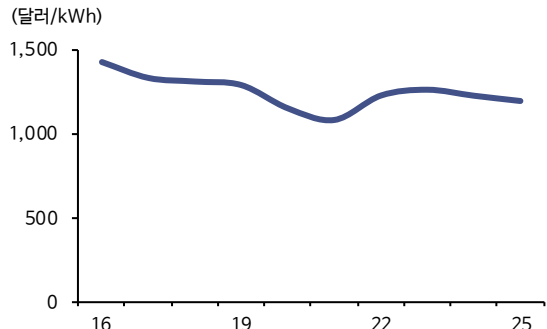
자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 글로벌 주택용 ESS 업체별 시장점유율



자료: S&amp;P, 신한투자증권 / 주: 2022 1Q~3Q 기준

## 미국 주택용 ESS 가격은 향후 점진적 하락 전망



자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 주택용 ESS 제품 사례 (1)



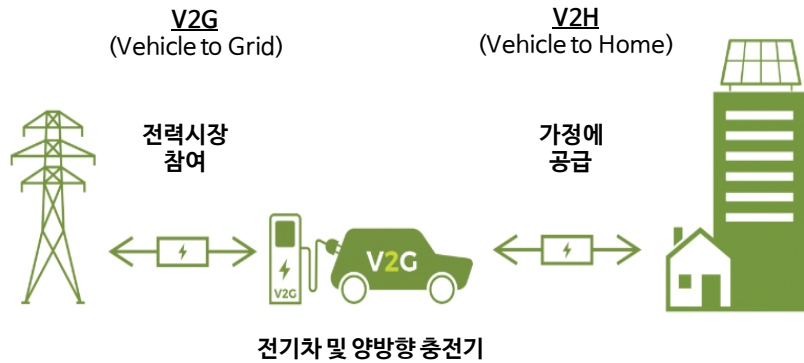
자료: 각 사 홈페이지, 신한투자증권

## 주택용 ESS 제품 사례 (2)



자료: 각 사 홈페이지, 신한투자증권

## V2X의 예시, V2G와 V2H



자료: Nuve, 신한투자증권

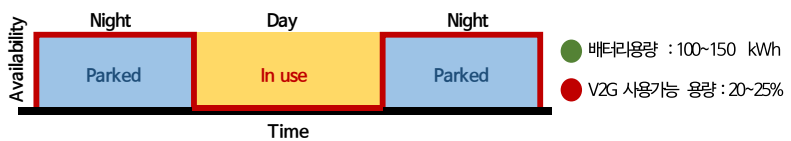
## 스쿨 버스 등 상업용 차량 대상의 V2G가 먼저 시도 중



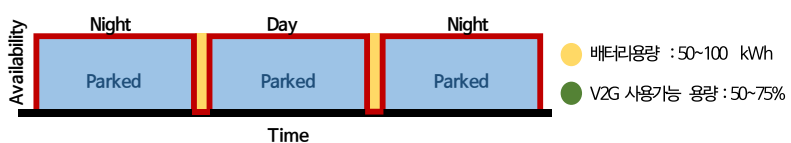
자료: NUVVE, 신한투자증권

## 상업용 차량이 V2G에 더 용이하나, 자가용 차량의 잠재력이 더 큼

## 상업용 차량 (Fleet Vehicle)

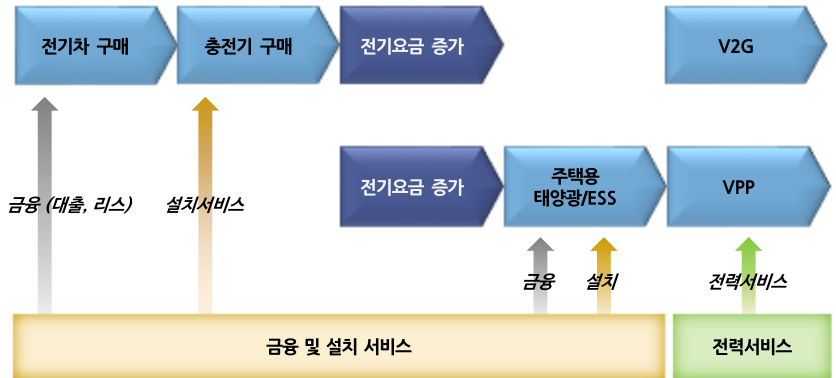


## 자가용 차량 (Private Vehicle)



자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 전기차 구매시 주택 전기요금 증가, V2G 및 에너지 솔루션에 대한 관심으로 연결



자료: 신한투자증권

## 전기차 사업자가 V2G 및 홈에너지 솔루션과 연계시 통합적 상품구성 가능



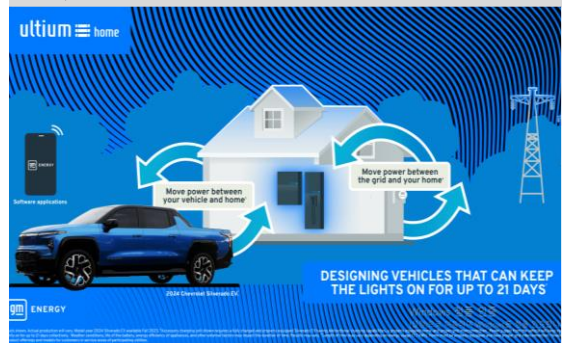
자료: 신한투자증권

## 테슬라는 주택용 에너지 솔루션의 강자



자료: Tesla, 신한투자증권

## GM, 주택용 에너지 솔루션 및 V2H/V2G 진출 발표



자료: GM, 신한투자증권

## II. 재생에너지가 가져온 속제

태양광, 풍력 등 재생에너지 발전자산의 증가는 전력시장에 두가지 속제를 가져온다. 발전자산의 평균 규모가 작아짐에 따라 제어해야 하는 발전소 수는 급속히 증가한다. 또한 태양광 및 풍력과 같은 간헐성 자원의 증가에 따라 유연성 부족이 심화되고, 전력망 전체에 불안정성을 초래한다.

### 발전자산 소규모화와 수 증가, 효과적으로 관리할 플랫폼 필요

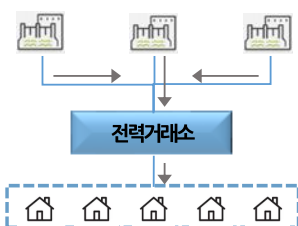
향후 새로 건설되는 발전자산은 재생에너지, 재생에너지는 소규모, 분산입지가 특징

향후 건설될 신규 발전자산 중 재생에너지가 압도적인 비중을 차지할 것임에는 이의의 여지가 없다. S&P의 전망에 따르면 미국에서 향후 10년간 증설될 발전자산 중 재생에너지와 배터리 ESS의 비중은 전체 증설량의 91%에 달한다. 현재 석탄, 가스 및 원자력 발전 자산이 미국 전체 발전자산의 65%를 차지하고 있는 것과 비교해보면 발전자산 구성의 급격한 변화를 짐작할 수 있다.

#### 전력시장의 변화: 발전자산 소형화와 발전자산 수의 급증

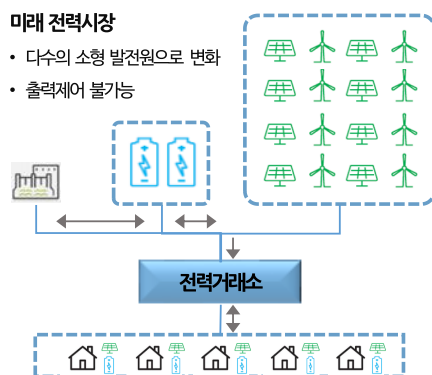
##### 기존 전력시장

- 소수의 대형 전통발전으로 구성 (원자력, 석탄, 가스복합)



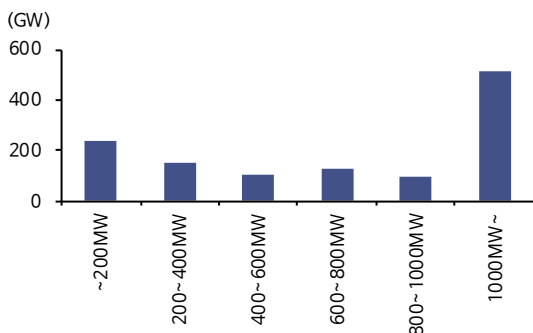
##### 미래 전력시장

- 다수의 소형 발전원으로 변화
- 출력제어 불가능



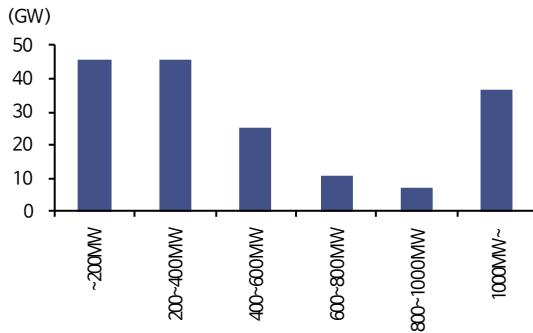
자료: 신한투자증권

#### 미국 가동중 자산 규모별 분포: 대형자산 중심



자료: EIA, 신한투자증권

#### 미국 개발중 자산 규모별 분포: 소형자산 중심



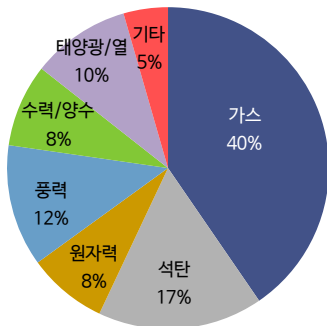
자료: EIA, 신한투자증권



유럽 발전자산 규모  
중위값,  
560MW (2020)  
→ 32MW (2050)

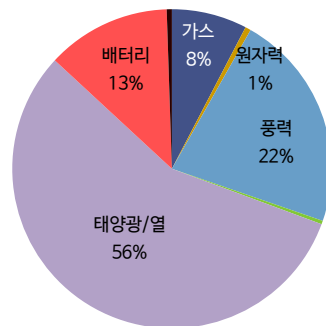
EIA에 따르면 미국에서 현재 운영중인 발전자산의 60% 이상은 600MW 이상 규모이며, 1,000MW 이상의 거대 발전자산 비중도 42%에 이르는 것으로 추정된다. 그러나 앞으로 건설될 개발중 프로젝트의 경우 70%는 600MW 미만의 발전 자산이다. 이 중 대부분은 100~300MW 규모로 건설되는 태양광이나 풍력 자산 일 것으로 추정된다. 이러한 상황은 유럽도 마찬가지다. BNEF의 전망에 의하면 유럽의 2020년 발전자산 규모 중간값은 560MW 수준으로 추정되나 2050년에는 32MW까지 하락할 것으로 전망됐다. 전력망 운영자 입장에서는 현재 소수의 대형자산과의 전력거래가 다수의 소형 자산과의 전력거래로 변화하는 상황이다. 여기에 주택용 태양광과 ESS 등 발전자산을 보유한 참여형 소비자인 프로슈머(Prosumer)의 등장으로 전력시장의 복잡성은 더욱 증가한다.

미국 발전자산 연료원별 비중 (2022)



자료: S&P, 신한투자증권

향후 10년간 증설예정 발전자산 연료원별 비중



자료: S&P, 신한투자증권 / 주: 2023~2032 기준

재생에너지 증가로  
Duck Curve 심화,  
이제는 Canyon Curve  
라고 불러야

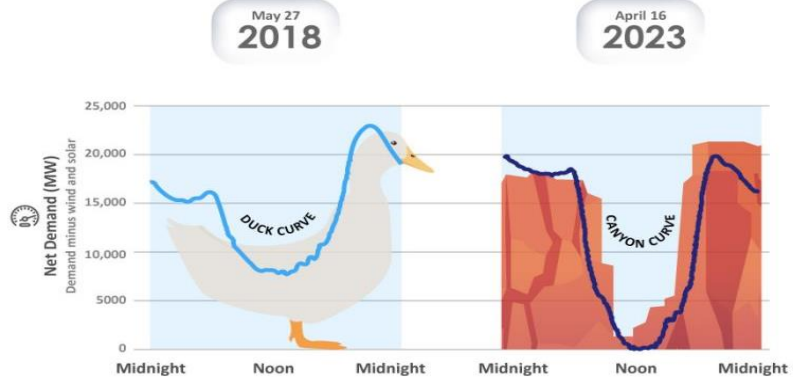
## 재생에너지의 간헐성으로 인한 Duck Curve와 마이너스 전력가격

한편으로 재생에너지의 본질적 특징인 간헐성의 부작용이 심해지며, 재생에너지 발전자산에 대한 통제와 유연성 자원의 필요성도 증가하고 있다. 재생에너지 비중이 높은 미국 캘리포니아에서는 태양광 발전량이 많은 낮 시간대의 순 전력수요가 감소하고 아침과 저녁대에 전력수요가 급속히 증가하는 Duck Curve 현상이 심화되고 있다. 특히 올 봄에는 전력 수요에서 재생에너지 발전량을 차감한 순수요가 0을 기록하며 이 같은 현상이 심해졌다. 일부에서는 Duck Curve를 넘어 경사가 급한 “Canyon Curve”로 불러야 한다는 이야기도 나오는 상황이다.

캘리포니아,  
2025년 이후 4월  
낮시간대 전력가격  
마이너스 전망

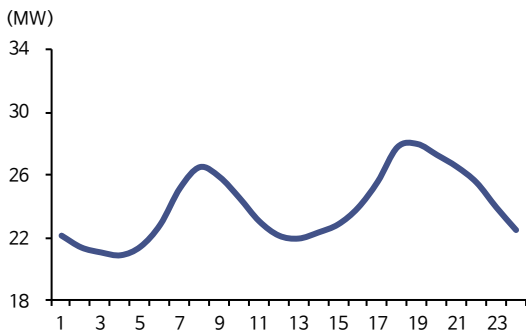
이에 따라 태양광 발전량이 증가하는 낮 시간대의 전력가격은 앞으로 추가 하락이 예상된다. 캘리포니아의 경우 2025년 이후에는 전력수요 대비 태양광 발전량이 많은 봄철의 낮 시간대 평균 도매전력가격이 마이너스로 형성될 것이라는 전망도 나오고 있다. 반면 태양광 발전량이 줄고 전력사용이 급증하는 저녁시간대의 전력요금은 급격히 상승한다. 전력시장의 변동성이 심화되며 태양광, 풍력 등에서 과잉 발전되는 전력을 저장하고, 필요할 때 다시 사용할 수 있는 유연성 자원의 필요성은 지속해서 증가하고 있다.

## 미국 캘리포니아 Duck Curve 심화, Canyon Curve로



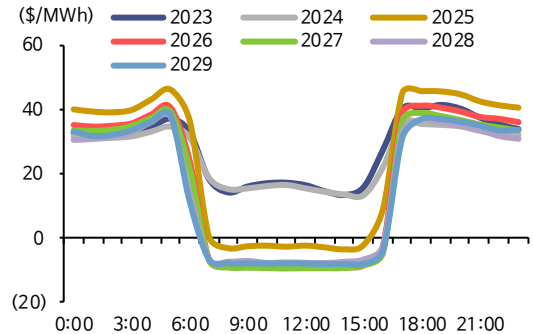
자료: EPRI, 신한투자증권

## 캘리포니아 시간대별 전력수요 (Duck Curve 현상)



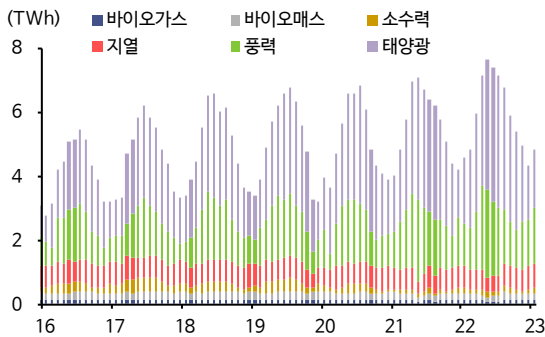
자료: CAISO, 신한투자증권 / 주: 2021.1.11 전력수요

## 캘리포니아 4월 시간대별 평균 도매전력가격 전망



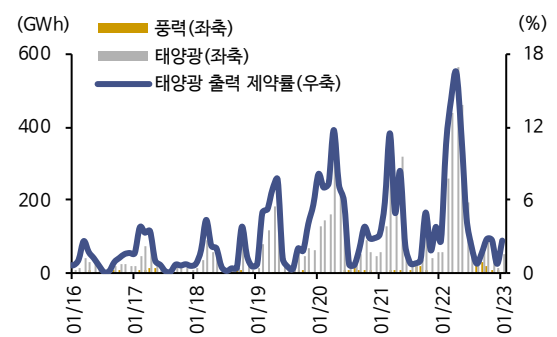
자료: S&amp;P, 신한투자증권 / 주: 2021 Real Price

## 캘리포니아 재생에너지 발전량 추이



자료: CAISO, 신한투자증권

## 미국 캘리포니아 태양광 출력제약 추이



자료: CAISO, 신한투자증권

## 재생에너지 전환은 가속화, 유럽 2030년 발전량 50% 재생E 전망

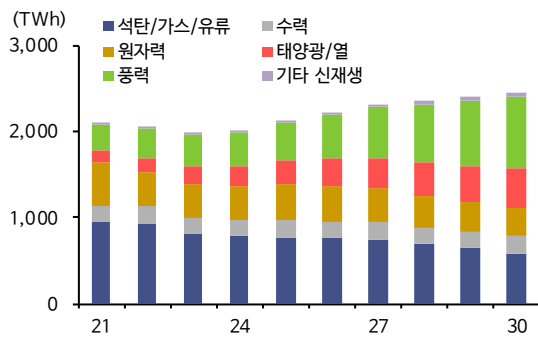
유럽 재생에너지 비중  
25% (2022)  
→ 50% (2030)

영국, 독일, 프랑스, 스페인, 이탈리아, 폴란드의 유럽 주요 6개국에 대한 발전량을 조사한 결과, 2022년 전체 발전량 중 재생에너지 비중은 약 25%를 차지하는 것으로 추정됐고, 향후 이 비중은 지속적으로 증가해 2030년에는 50%까지 증가할 것으로 전망됐다.

개별 국가로 살펴보자. 독일의 경우에는 특히 풍력자원의 성장에 힘입어 재생에너지 발전량 비율은 2022년 35%에서 2030년에는 71%에 달할 것으로 전망됐다. 영국의 경우에도 대규모 해상풍력 자원을 바탕으로 재생에너지 비중이 2022년 29%에서 2030년에는 63%까지 증가할 것으로 전망됐다. 스페인은 태양광 자산을 중심으로 재생에너지 비중이 2022년 36%에서 2030년 63%까지 증가하는 것으로 전망됐다.

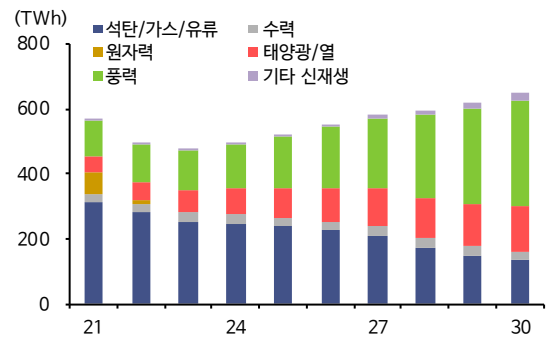
특히 최근의 에너지 안보 이슈는 이러한 추세를 더욱 강화시키고 있다. EU는 러시아에 대한 높은 에너지 의존도를 낮추기 위해 EU 차원의 재생에너지 전환을 가속화하는 REPowerEU 정책을 발표하는 등의 모습을 보였다. 유럽에서 앞으로 재생에너지 설치는 더욱 가속화될 전망이다.

유럽 주요 6개국 연료원별 발전량 비중



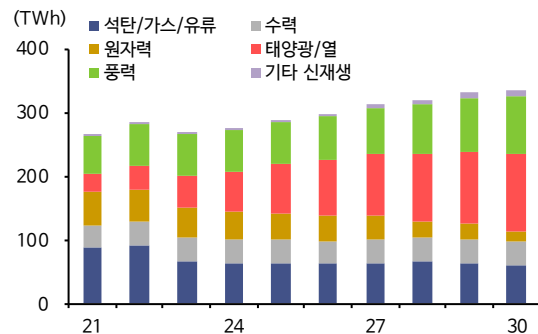
자료: S&P, 신한투자증권

독일 연료원별 발전량 비중



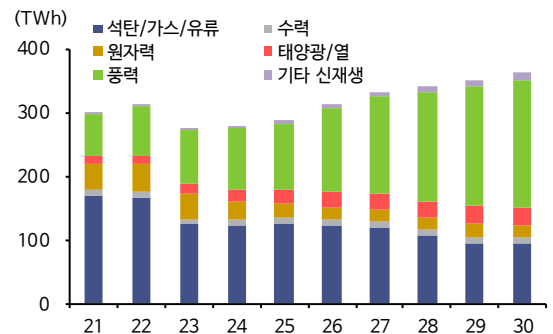
자료: S&P, 신한투자증권

스페인 연료원별 발전량 비중



자료: S&P, 신한투자증권

영국 연료원별 발전량 비중



자료: S&P, 신한투자증권

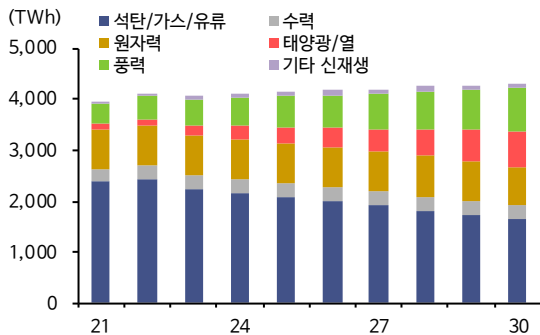
## 미국도 캘리포니아와 텍사스 중심으로 재생에너지 확대

미국 전체로 살펴보면, 2022년 재생에너지 발전량은 전체 발전량의 14% 수준으로 유럽 대비 낮은 편이지만, 향후 재생에너지 발전량은 지속적으로 증가하여 2030년에는 발전량의 36%를 차지할 것으로 전망된다. 미국의 경우에는 지역별 재생에너지 침투율 편차도 심하다. 미국 중부 및 동부의 재생에너지 침투율은 아직 낮은 반면, 캘리포니아 주 등지의 미국 서부와 남부 텍사스 등에서는 풍부한 태양광 및 풍력 자원의 영향으로 재생에너지 침투율도 높다.

캘리포니아/텍사스  
재생에너지 비중  
29~31% (2022)  
→ 50~55% (2030)

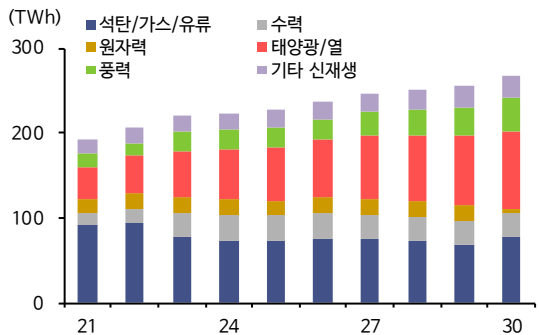
개별 주를 살펴보자. 캘리포니아 주의 재생에너지 발전량 비율은 2022년 기준 약 29%로 추산되고, 이는 2030년에는 50%까지 상승할 것으로 전망된다. 텍사스의 경우도 유사하다. 재생에너지 발전량 비율은 2022년 기준 약 31%이며, 2030년에는 약 55%까지 상승할 것으로 전망된다. 두 지역은 최근 기상이변에 따라 순환 정전을 실시하는 등 전력망 운영에 차질을 빚은 지역으로 ESS, VPP 등을 활용해 전력망 안정성을 보강할 필요도 높은 지역이다. 미국 동부 전력시장인 PJM의 경우에도 22년 재생에너지 발전량 비중은 5% 수준이나, 해상풍력, 태양광 등의 개발로 2030년 비율은 26%까지 상승할 것으로 전망된다.

미국 연료원별 발전량 비중



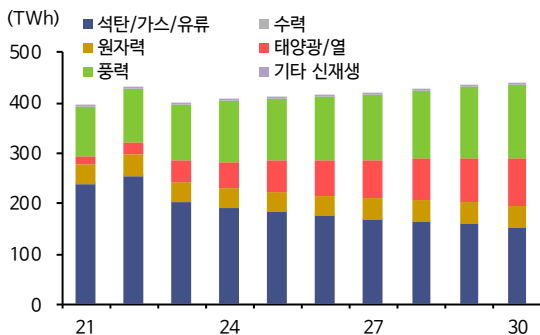
자료: S&P, 신한투자증권

캘리포니아 연료원별 발전량 비중



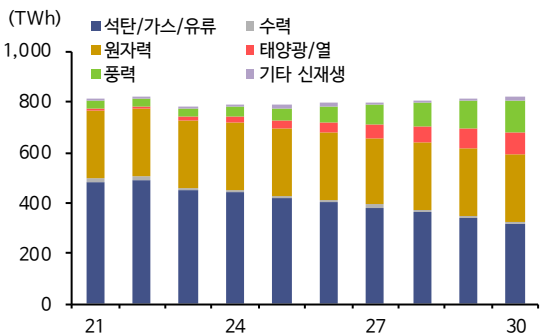
자료: S&P, 신한투자증권

텍사스 연료원별 발전량 비중



자료: S&P, 신한투자증권

PJM (미 동부) 연료원별 발전량 비중



자료: S&P, 신한투자증권 / 주: 2023~2032 기준

### III. 속제의 방향성, ESS와 VPP

다수의 소규모 발전소를 관리하고 전력망에 유연성을 공급하기 위한 방안으로 ESS와 VPP가 제시된다. ESS는 출력제어가 불가능한 재생에너지로부터 생산되는 전력을 일시적으로 저장하고 필요시 방전할 수 있는 유용한 선택지다. VPP는 다수의 재생에너지 발전 자산을 집합자원화하여 모니터링하고 관리할 수 있는 플랫폼으로서, 또한 수요측에 위치한 ESS를 집합자원화하여 전력망에 유연성을 공급하는 플랫폼으로서 주목받고 있다.

#### 유연성 자원 확보와 분산발전 관리 : ESS와 VPP가 해법

IEA, 재생에너지 증가시  
유연성 자원 확보 권고

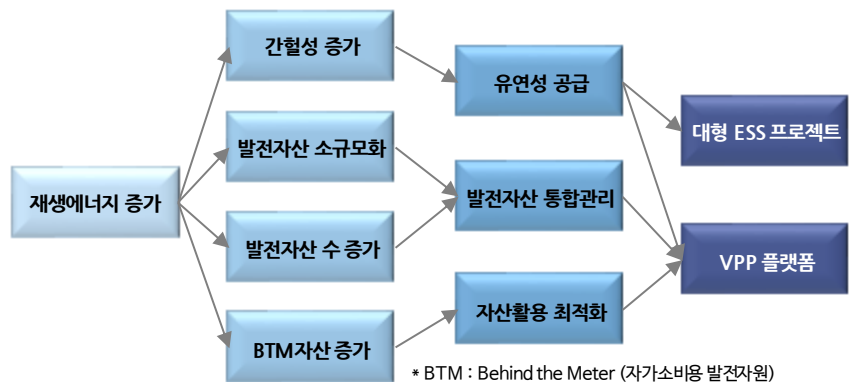
Duck Curve나 마이너스 전력가격과 같은 이슈는 결국 전력망 안정성 저하로 이어진다. IEA에서는 태양광, 풍력 등의 재생에너지 발전량 비중이 15~25% 이상 이 되는 시점부터는 안정적인 계통운전을 위해 유연성 자원을 발굴하고, 25~50% 이상이 될 경우에는 전력계통의 안정적인 운영을 위해 대체 자원을 확보할 것을 권고하고 있다.

태양광 및 풍력 발전량 비중에 따른 단계적 권고사항

구분	태양광/풍력 비중 (%)	태양광, 풍력 관리에 대한 권고사항
1 단계	0~3	· 태양광, 풍력 기술적 요구조건(가시성, 전력품질 등) 검토
2 단계	3~15	· 개별 태양광/풍력 예측발전량 확보 및 예측시스템 구축
3 단계	15~25	· 태양광/풍력 변화에 대응하기 위한 유연성 자원 발굴
4 단계	25~50	· 전력계통 안정도 유지를 위한 대체 자원 확보

자료: IEA, 신한투자증권

재생에너지 증가의 해법, ESS와 VPP



자료: 신한투자증권

### 전력망에 유연성 공급을 위해 ESS 및 VPP 필요

앞에서 살펴본 바와 같이 유럽, 미국 일부지역에서는 재생에너지 발전량이 전체 발전량의 30~40% 이상을 차지하는 경우도 있다. 이에 따라 각국에서는 ESS 등의 유연성 자원을 건설하는 한편, 재생에너지 자원을 집합적으로 관리하고 타 발전자원과 결합하여 집합자원 단위의 유연성을 확보하기 위한 VPP 플랫폼 도입을 추진하고 있다.

### 사례 : 캘리포니아 사례, 유연성 자원으로서의 ESS 증설

#### 캘리포니아, 유연성 자원으로 37GW ESS, 2GW 지열 건설 전망

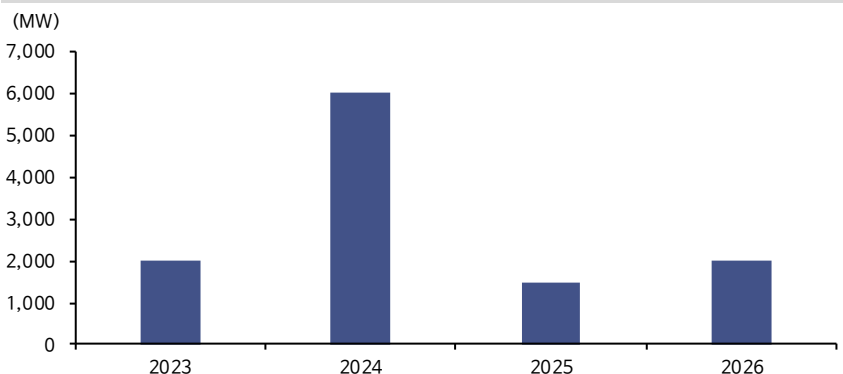
캘리포니아의 전력망 운영자인 CAISO는 2022년 1월 31일 중장기 송전망 계획(20-Year Transmission Outlook)을 공개했다. 이에 따르면 2040년 기준 예상되는 캘리포니아의 전력 피크수요는 현재의 약 50GW수준보다 약 25GW가 증가한 총 74GW 수준이다. 이를 충당하기 위해 지속적인 발전소의 공급이 필요하나, 가스발전은 노후 발전소부터 순차적으로 약 15GW의 물량이 2040년까지 퇴역하는 것을 가정하고 있다. 이를 대체하기 위한 신규 발전원으로는 37GW의 배터리 에너지 저장장치(BESS), 53GW의 유틸리티급 태양광 발전, 2GW의 지열발전, 24GW의 풍력발전 등 총 121GW의 재생에너지 자원 도입이 예상된다.

#### 단기적으로 2026년까지 11.5GW 청정에너지 용량구매 계획, 주로 ESS, 일부 지열 포함

2040년까지 장기 계획과는 별개로 2026년까지 단기적으로 캘리포니아 지역에서는 2.2GW의 용량에 해당하는 Diablo Canyon 원전의 퇴역과 3.7GW에 이르는 가스발전소의 퇴역도 논의되고 있는 상태이다. 이를 대비하기 위해 캘리포니아 공공사업위원회(CPUC)는 2021년 6월 산하 유틸리티들이 2023년~2026년 기간 동안 약 11.5GW에 해당하는 청정에너지 용량을 추가로 구매할 것을 요청하였다.

CPUC는 이미 2021년~2023년 기간에 3.3GW의 용량 구매를 요청한 바있는데, 11.5GW의 용량은 이를 제외하고 2023년~2026년 기간동안 추가로 구매해야 하는 순수 용량이다. 이는 다시 세부적으로 2023년 2GW, 2024년 6GW, 2025년 1.5GW, 2026년 2GW로 구분된다. 이에 더해, 2026년에 물량에 대해서는 장주기 ESS(Long Duration, 8시간 이상 연속가동 가능) 1GW, 청정 에너지원 중 지열 등 80% 이상의 이용률을 보일 수 있는 발전원 1GW로 추가 정의하고 있다.

캘리포니아 Clean Energy 용량 구매 필요 물량



자료: CPUC, 신한투자증권

이용률이 낮은 태양광,  
풍력 등 간헐성 자산은  
용량기여도 7~14% 수준

청정에너지 용량 구매는 배터리 에너지저장장치(BESS)뿐 아니라, 태양광, 풍력, 지열 등 타 발전원을 통해서도 이행이 가능하다. 그러나 태양광과 풍력은 발전자산의 용량 기여도(Effective Load Carrying Capability, ELCC)를 산정시, 설비용량의 7.8%와 13.9%만(2023년 기준) 용량 자원으로 인정받을 수 있다. 반면 배터리 에너지 저장장치의 경우 2023년 기준 4시간 배터리는 설비용량의 96%를 용량으로 인정받을 수 있다. 따라서 지열로 별도할당된 1GW를 제외한 10.5GW의 물량은 시간적, 제도적 제약을 고려할때 대부분 배터리 에너지 저장장치 설치를 통해 이행할 수밖에 없는 구조이다.

현재 ESS 4시간 사용가능  
용량으로 건설 중,  
향후 장주기 ESS 필요성  
높아질 것으로 전망

한가지 흥미로운 점은 4시간 사용이 가능한 ESS의 경우 2023년에는 설치용량 대비 96.3%를 용량자원으로 인정받을 수 있는 반면, 27년에는 74%밖에 인정받지 못한다는 점이다. 반면 8시간 이상 사용이 가능한 ESS나 양수발전의 경우에는 27년에도 85% 이상의 용량을 인정받을 수 있다. 재생에너지 비중이 높아질수록 방전 가능시간이 긴 장주기 ESS의 필요성은 높아진다.

ESS 건설 필요에 따라  
PG&E는 22년 1월  
1.6GW 규모의  
신규 ESS와 PPA 체결

특히 재생에너지 비중이 높은 미국 캘리포니아와 텍사스에서는 전력망 안정성 확보를 위해 다수의 대형 ESS 프로젝트가 진행중이다. 한 예로 캘리포니아 북부의 대형 유틸리티인 PG&E의 경우 청정 에너지 용량 구매 의무 이행을 위해 2021년 하반기에 대규모 입찰을 진행하였다. 입찰 결과, 총 9개 프로젝트가 선정되어 1.6GW(6.4GWh)의 배터리 에너지 스토리지와 용량 구매를 위한 계약을 체결함을 2022년 1월 발표하였다. 이 프로젝트들은 건설을 거쳐 2023년 ~2024년 기간 중에 준공 예정이다.

캘리포니아 재생에너지 발전자원별 용량기여도 (ELCC, Effective Load Carrying Capability)							
대분류 (%)	중분류	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ESS	4시간	96.3	90.7	75.1	76.6	74.0	76.5
	6시간	98.0	93.4	79.6	80.3	80.5	83.3
	8시간	98.2	94.3	84.0	84.0	87.1	90.1
양수	8시간	N/A	76.8	82.6	82.6	85.7	88.7
	12시간	N/A	80.8	86.6	86.6	89.7	92.7
태양광	유틸리티/BTM	7.8	6.6	6.6	7.0	7.5	8.8
풍력	CA	13.9	16.5	12.0	13.2	14.0	14.7
	WY	28.9	28.1	31.0	33.0	31.7	30.9
	NM	31.1	31.0	30.0	35.0	33.7	31.9
	해상풍력	N/A	N/A	48.0	46.0	44.0	44.7

자료: CPUC, 신한투자증권

## 미국 운영중 ESS 프로젝트 (50MW 이상)

Plant Name	State	Capacity (MW)	Operating Year
Manatee Solar Energy Center	FL	409	2021
Dynegy Moss Landing Power Plant Hybrid	CA	300	2021
DeCordova Steam Electric Station	TX	269.1	2022
Gateway Energy Storage System	CA	250	2020
McCoy Solar Energy Project Hybrid	CA	230	2021
Crimson	CA	200	2022
Diablo Energy Storage	CA	200	2022
Elkhorn Battery Energy Storage System	CA	182.5	2022
Crimson	CA	150	2022
Edwards Sanborn E1A	CA	133.4	2022
Arlington Energy Center II	CA	132	2022
Lancaster Area Battery	CA	127	2022
Noble Solar	TX	125	2022
LeConte Energy Storage	CA	125	2022
Edwards Sanborn E2	CA	122.8	2022
Blythe Solar III, LLC Hybrid	CA	115	2021
Blythe Solar II, LLC	CA	115	2021
Arlington Energy Center III	CA	110	2022
TX12 Silicon Hill Storage	TX	100	2022
Sanborn BESS 2	CA	100	2021
Sanborn BESS 1	CA	100	2021
Gambit Energy Storage - Angleton Storage	TX	100	2021
North Fork TX	TX	100	2021
Bat Cave	TX	100	2021
Saticoy	CA	100	2021
Chisholm Grid Energy Storage System	TX	100	2021
Luna Storage	CA	100	2022
AES ES ALAMITOS, LLC	CA	100	2021
Dynegy Moss Landing Power Plant Hybrid	CA	100	2021
Townsite Solar Project Hybrid	NV	90	2021
Azure Sky Solar	TX	77	2022
RE Mustang LLC	CA	75	2021
Blythe Solar 110, LLC	CA	63	2021
Coso Battery Storage	CA	60	2022
Cal Flats BESS	CA	60	2021
TX11 Republic Road Storage	TX	50	2022
Hudson - High Desert Hybrid	CA	50	2021
Maverick Solar 6, LLC	CA	50	2022
Dodge Flat	NV	50	2022
Lily Solar Hybrid	TX	50	2021
Slate Hybrid	CA	50	2022

자료: EIA, 신한투자증권



## 건설중 주요 ESS 프로젝트 (50MW 이상)

Plant Name	State	Capacity (MW)	Operation Year
Gemini Solar	NV	380	2023
Dynegy Moss Landing Power Plant Hybrid	CA	350	2023
Blue Jay Solar I, LLC	TX	210	2022
Cunningham Storage	TX	190	2023
Sanborn BESS 3	CA	175.5	2023
Eland Solar & Storage Center, Phase 1 Hybrid	CA	150	2023
Arroyo Solar Energy Storage Hybrid	NM	150	2023
Daggett 3	CA	149	2023
Edwards Sanborn E1B	CA	140.4	2023
Oberon II Solar Project	CA	140	2023
Oberon Solar Project	CA	140	2023
Arica Solar	CA	136	2023
CED West Side Canal Battery Storage	CA	131	2023
AVEP BESS	CA	126	2023
Neptune Energy Center Hybrid	CO	125	2023
Azure Sky Wind Project, LLC Hybrid	TX	120	2022
Fifth Standard Solar PV, LLC (Hybrid)	CA	117	2023
Anode (Springville) BESS	CA	112.5	2023
Anode (Springville) BESS	CA	112.5	2023
Separator (Etiwanda) BESS	CA	112.5	2023
Blythe Mesa Solar II	CA	112	2022
Edwards Sanborn E4	CA	109.8	2023
Thunder Wolf Energy Center Hybrid	CO	100	2023
Cathode (Hinson) BESS	CA	100	2023
Cathode (Hinson) BESS	CA	100	2023
Ignacio Grid Energy Storage System	TX	100	2022
Madero Grid	TX	100	2022
Sandrini Solar 100	CA	95.4	2023
Big Star Solar, LLC (Hybrid)	TX	80	2023
Sagebrush ESS	CA	80	2023
Edwards Sanborn E5	CA	75.4	2023
Arrow Canyon Solar Hybrid	NV	75	2023
Ranchland Wind Storage	TX	73	2023
Mesquite Solar 5, LLC	AZ	60	2023
Roseland Solar Project, LLC	TX	59.1	2022
Sanborn EBESS1	CA	57.4	2023
Ho'Ohana Solar 1	HI	52	2023
Victory Pass	CA	50	2023
Chaparral Springs	CA	50	2023
TX21 River Valley Storage 2	TX	50	2023
TX19 River Valley Storage 1	TX	50	2023
Byrd Ranch Storage	TX	50	2022
TX23 Roughneck Storage	TX	50	2022

자료: EIA, 신한투자증권

## 유연성 공급의 다른 방법, VPP와 V2G를 이용한 가성비 옵션

유연성 공급을 위해  
건설되는 ESS는 아직  
가격 이슈 존재

앞에서 전력망에 유연성을 공급하기 위한 방법으로 미국에서는 유틸리티급 대형 ESS 프로젝트가 진행되고 있음을 살펴보았다. 그러나 ESS에도 단점은 있다. 설치 비용과 방전가능시간이다. ESS의 설치비용은 계속해서 떨어지고 있지만 아직은 전통발전 대비 비싼 것이 사실이다. 방전시간 역시 길어지고 있는 추세이나 아직은 4시간 이상 방전이 가능한 ESS 프로젝트는 드물다.

분산발전자원의 최적화,  
유휴자원을 활용한 유연성  
공급 방안으로 VPP 등장

VPP와 V2G는 분산발전자원의 최적화를 통해 경제적으로 전력시장에 유연성을 공급할 수 있는 방안으로 주목받았다. 유럽에서는 일찍부터 분산되어 있는 재생 에너지 발전자원을 통합적으로 관리하면서 VPP를 통해 최적화하려는 시도가 진행되어 왔다. 미국과 유럽에서는 주택용 ESS시장과 전기차 시장이 성장하며, 주택용 ESS를 활용한 VPP와 전기차의 배터리를 활용한 V2G에 대한 관심이 높다.

주택용 ESS,  
VPP 플랫폼을 통해  
전력망에 유연성 공급하는  
집합자원으로 기능

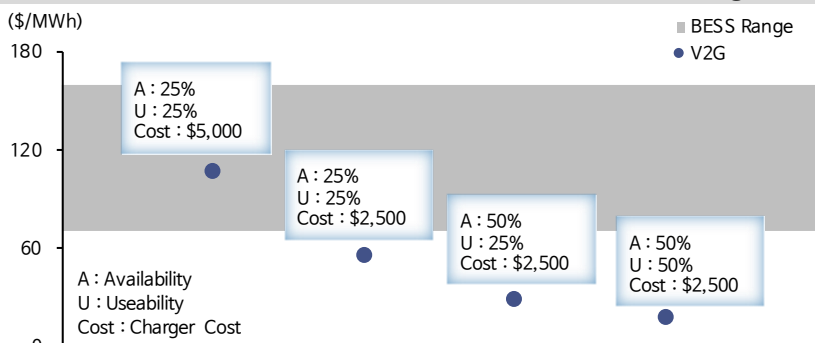
특히 미국, 유럽 등에서 주택용 태양광과 ESS를 포함, 자가소비용으로 지어지는 (BTM, Behind the Meter) 발전자원은 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 최근 전력가격의 급등으로 인해 이 같은 추세는 더욱 가속화됐다. 특히 주택용 태양광과 함께 자가소비 극대화과 비상전원 용도로 설치되는 주택용 ESS는 전력시장에 유연성을 공급하는 용도로 사용이 가능하다. 주택용 ESS를 VPP 플랫폼을 통해 집합자원화(Aggregation)할 경우 사용패턴 최적화를 통해 고객에게는 추가수익을, 전력망에는 안정성 확보를 위한 자원으로서의 활용할 수 있다.

주차되어 있는 시간에  
전기차 배터리를 활용하는  
V2G도 잠재력 높아

전기차의 배터리를 이용한 V2G도 전기차 시장의 성장에 따라 주목받는 활용방안이다. 자동차는 실제 사용되는 시간보다 주차장에 주차되어 있는 시간이 더 길다. 주차되어 있는 전기차의 배터리를 ESS로 활용하여 집합자원화하면 전기차 소유자에게는 부가수익을, 전력시장에는 안정성을 줄 수 있다.

다음 장 부터는 본격적으로 VPP의 개요와 국가별, 전력시장별로 차별화되어 있는 VPP의 사업모델과 이에 따른 미래 전력시장의 변화방향을 살펴보고, 최근 관심을 받고 있는 주택용 ESS 시장, V2G시장에 대해서도 살펴본다.

### 배터리 ESS와 V2G 균등화 스토리지 비용(Levelized Cost of Storage) 비교



자료: S&P, 신한투자증권

## IV. VPP(Virtual Power Plant) - 개요

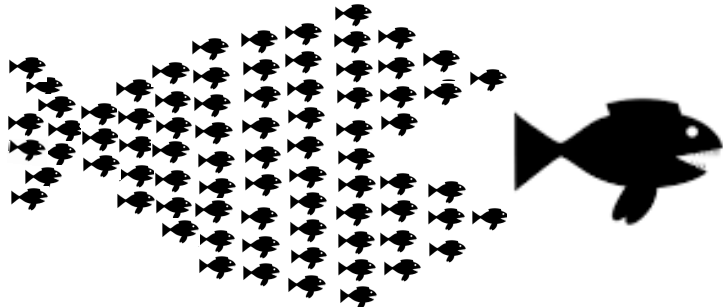
재생에너지 발전자산은 특정 지역에 대규모의 발전자산이 입지하는 전통발전과 다르게 더 많은 수의 자산이, 작은 규모로, 더 넓은지역에 걸쳐 분포한다. 또한 간헐성을 태생적 속성으로 하는 재생에너지의 증가는 전력계통의 불안정성 증가로 이어지기도 한다. VPP(Virtual Power Plant)는 다수의 소규모 분산자원을 모아 하나의 발전소처럼 동작하면서 재생에너지의 부작용을 최소화하려는 시도다.

### 가상발전(VPP) 플랫폼, 분산발전자원을 하나의 발전소처럼

가상발전(VPP),  
다수의 소형 재생에너지  
자원을 통합관리하는  
플랫폼

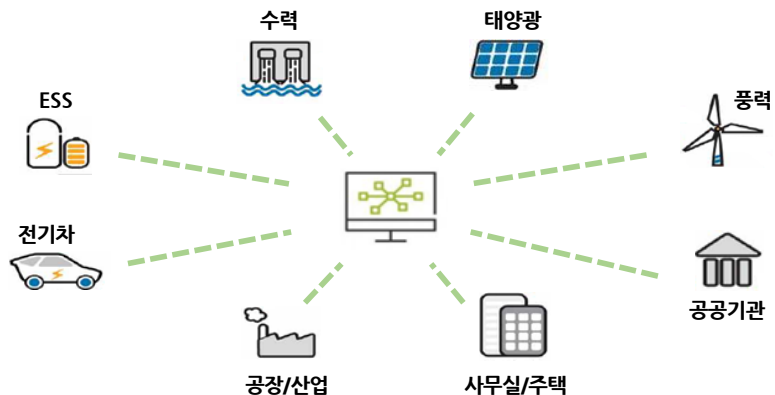
가상발전소(VPP)는 여러 개의 작은 물고기가 모여 큰 물고기를 이루는 형태로 비유되기도 한다. 태양광, 풍력, 수력 등 다양한 재생에너지 발전자원과 배터리, 전기차 등의 에너지 저장장치(ESS, Energy Storage System), 공장, 사무실 등 수요를 조절하는 수요반응자원(Demand Response) 등 다수의 소규모 자원을 결합하여 전력시장에 참여하는 것을 목표하기 때문이다.

#### 가상발전소(VPP), 물고기의 비유



자료: BNEF, 신한투자증권

#### VPP 개념도



자료: Next Kraftwerke, KERI, 신한투자증권

## VPP, 분산에너지 자산을 연결하고 통합 관리

VPP 키워드,  
연결, 데이터,  
서비스 플랫폼

유럽 최대의 VPP 사업자 중 하나로 꼽히는 Next Kraftwerke가 기술한 VPP에 대한 정의는 다음과 같다.

“A Virtual Power Plant is a service providing platform that connects various and multiple assets, processes large amounts of data and matches independent service providers with different markets and service demand.”

이는 “많은 수의 다양한 분산 발전자원을 연결하는, 여기에서 생성된 다양한 데이터를 모으고 처리할 수 있는, 또한 이를 이용해 전력시장의 필요에 맞는 서비스를 제공하는 서비스 플랫폼”이라는 의미로 해석된다. 여기에서 키워드는 연결, 데이터, 그리고 서비스 플랫폼이다. 앞서 살펴본 것처럼 개별 재생에너지 발전자산의 규모는 계속 작아지고 있다. 분산되어 있는 발전자원을 연결하고, 여기에서 나온 데이터를 분석하고, 개별 자산을 컨트롤함으로서, 전력시장에 서비스를 제공하고 새로운 수익을 창출하는 플랫폼이 가상발전, Virtual Power Plant(VPP)다.

## VPP, 에너지 업계의 Uber나 airbnb가 될까?

비상전원 등 용도의  
주택용 ESS 등을 활용해  
VPP 수익 창출,  
공유경제에도 비유

가상발전은 공유경제 기업들과 일부 유사한 측면도 있다. Uber는 개인의 이동을 위해 구입한 차량을 이용해 여유 시간에 다른 사람에게 교통 서비스를 제공하면서 수익을 창출한다. airbnb의 경우에도 개인의 주거공간을 사용하지 않을 때 다른 사람에게 빌려줌으로서 수익을 창출한다. VPP는 어떨까? VPP의 일부로서 앞서 기술한 주택용 ESS를 이용한 VPP를 예를 들어 보자. 일부 주택용 ESS는 비상전원으로 구매되어 평소에 활용되지 않는 경우가 많다. 이러한 ESS를 모아 전력시장에 참여함으로 수익을 창출하는 것은 VPP의 사업모델 중 한 부분이다. 100% 활용되지 않는 분산자원을 모아 새로운 수익을 창출한다는 점은 VPP와 공유경제 기업들의 공통점이다.

### 타 업종과의 비교

▶ So a VPP is another...?



자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

## VPP 플랫폼 구성요소: 소프트웨어, 통신, 컨트롤

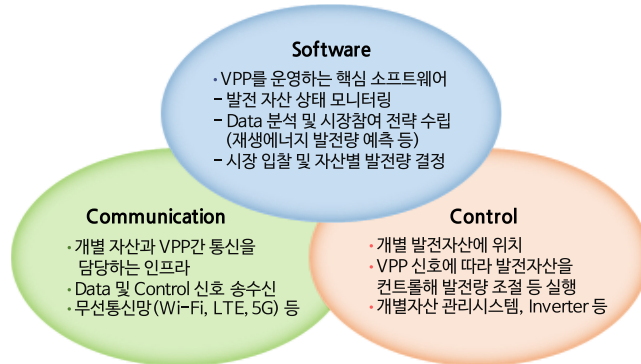
기능적 구성요소:  
소프트웨어, 통신, 컨트롤

VPP 플랫폼은 크게 운영 소프트웨어(Software), 통신망(Communication), 제어부(Control)로 구성된다.

VPP 운영 소프트웨어는 VPP의 핵심으로 개별 자산에서 수집된 데이터를 분석하고, 전력시장의 가격신호를 받아 입찰에 참여하고, 최종적으로 개별 자산의 운영을 결정하는 역할을 담당한다. 개별 자산 및 전력시장으로부터 수집된 현재 발전량, 충전량, 가동 가능 여부, 날씨, 전력 가격 및 수요 등 각종 데이터는 예측을 위한 기초 자료로서 활용된다. AI 등을 통해 도출된 예측결과에 기반해, VPP는 전력시장에 입찰하고 결과에 따라 발전 자산의 가동여부를 스케줄링한다.

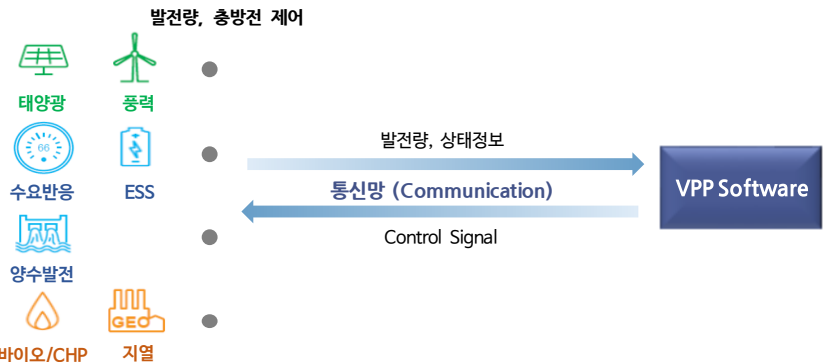
제어부(Control)는 개별 자산을 통제하고 VPP 운영 소프트웨어의 신호에 따른 실행을 담당한다. ESS는 추가장비 없이 기존 시스템을 통해 컨트롤이 가능한 경우가 많으나, VPP를 염두에 두지 않고 설치된 소규모 태양광에는 RTU와 같은 별도의 모니터링 장비 설치가 필요한 경우도 있다. 통신망은 개별 자산과 VPP 소프트웨어 사이에서 데이터와 컨트롤 신호 전달을 담당한다.

### VPP 구성요소



자료: 신한투자증권

### VPP 개념도



자료: 신한투자증권

## VPP의 주요 이해관계자

VPP를 위해서는 먼저 분산 에너지 자산이 전력시장에 참여할 수 있도록 하는 제도 수립이 선행되어야 한다. 전력시장을 관할하는 계통운영자들은 용량, 보조서비스 등 집합자인 VPP가 참여할 수 있는 시장과 제도를 설계하고, 경우에 따라서는 VPP의 서비스를 구매하는 역할을 담당한다.

VPP Operator는  
VPP 기술을 확보하고  
VPP 대상자산 모집을 진행

VPP 운영자(Operator)는 수립된 제도 하에서 필요한 소프트웨어 및 하드웨어를 개발하거나 기술 공급자(Tech. Provider)를 통해 VPP 시스템을 구축 및 운영하며, 다른 한편으로는 VPP에 참여할 자원을 모집한다. VPP 운영은 별도의 VPP 전문 플랫폼 회사가 담당하는 경우도 있으나, 지역에 따라서는 전력 소매 회사 또는 발전자산의 전력판매를 대행하는 회사(Power Marketer)가 담당하는 경우도 있다.

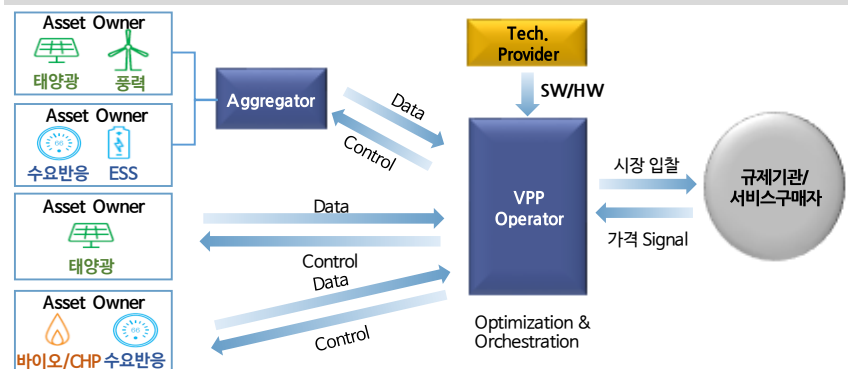
VPP 운영자는 직접 분산 발전 자산을 모으기도 하지만(Aggregator), 다른 집합자 관리자(Aggregator)를 통해 일정 규모로 모아진 자산을 VPP에 편입하기도 한다. 개별 자산 보유자(Asset Owner)들은 VPP 운영자 또는 집합자 관리자와의 계약을 통해 시장에 참여한다.

### VPP 주요 이해관계자

유형	내용	주요회사
규제기관 / 서비스 구매자	· VPP의 시장참여 제도 수립 · VPP 서비스(용량, 보조서비스) 구매	· 계통운영자(전력거래소) · Utility
VPP Operator	· VPP 시스템 구축 및 운영 · VPP 서비스 전력시장참여를 통해 매출 창출	· VPP Operator · Aggregator · 전력 Retailer / Utility · Power Marketer 등
Tech. Provider	· 하드웨어 및 소프트웨어 공급 · 자산 모니터링/Control 장비, VPP 플랫폼 소프트웨어	· 전력기기회사 · VPP 솔루션 회사
Asset Owner	· 재생에너지 및 ESS emd 자산 보유자 · 개별 자산 또는 그룹으로 모여있는 자산	· 개인 · 발전사업자 · Aggregator

자료: 신한투자증권

### VPP 주요 이해관계자 및 운영 개념도



자료: 신한투자증권

## 가상발전(VPP), 크게 공급형과 수요형으로 구분

가상발전소(VPP)의 정의는 국가별, 전력시장별로 다르다. 글로벌 컨설팅 회사인 Guidehouse는 이를 주로 수요자원으로 구성되어 전력 피크시간에 수요감소를 통해 유연성을 공급하는 수요반응형(Demand-Response VPP), 주로 발전자원으로 구성된 공급형(Supply-Side VPP), 그리고 수요자원 뿐 아니라 발전자원 등이 결합된 혼합형(Mixed-Asset VPP)으로 구분하기도 했다.

VPP는 집합자원화하는  
자산의 성격에 따라  
공급형과 수요형으로 구분

본고에서는 크게 공급형과 수요형으로 나누어 시장을 분석해본다. 공급형은 Guidehouse의 정의와 유사하게 주로 전력시장에 참여하는 발전자원(FTM, Front of the Meter) 중심의 VPP이며, 수요형 VPP는 고객단(BTM, Behind the Meter)에 위치한 지붕 위 태양광, 주택용 ESS 등과 수요자원을 이용한 VPP로 정의한다.

## 공급형은 도매전력시장 참여용 발전자산 (FTM 자산) 중심의 VPP

공급형 VPP는 다수의  
재생E 발전소를 연결해  
하나의 발전소처럼  
기능하는 역할

공급형 VPP는 태양광, 풍력 등 간헐성 발전자원들과 수력, 양수, 에너지저장장치, 지열 등의 유연성 자원을 결합해 개별 석탄발전이나 원자력 발전소와 같이 하나의 발전소처럼 동작하는 것을 목표로 하는 VPP다. 이 재생에너지 자원들은 개별적으로도 전력시장에 참여해 왔던 자원들이지만, VPP를 통해 집합단위로서 전력시장에 참여함으로써 간헐성 자원으로서 에너지만 공급하는 자산이 아닌, 용량과 에너지, 보조서비스를 공급할 수 있는 자원으로 기능한다. 이러한 방식의 VPP는 주로 유럽에서 발전해왔다. 유럽에서 대규모 VPP를 운영하고 있는 Next Kraftwerke나 Starkraft 등의 VPP가 이러한 사례에 해당한다.

### 공급형 VPP와 수요형 VPP 비교

	공급형 VPP	수요형 VPP
유형		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>간헐성 자원(태양광, 풍력) 및 유연성 자원(에너지저장장치, 지열, 소수력, 양수) 등을 결합해 하나의 발전소처럼 통합운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주로 BTM 발전자원(분산자원)과 수요자원을 결합 운영</li> <li>주택용/상업용 ESS (+태양광), HVAC 등</li> <li>평상시 자가소비 &amp; 전력시장 전력부족시에 전력 시장참여</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>전력시장 안정화</li> <li>재생에너지 계통연결 도움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BTM자원 활용도 극대화</li> <li>소비자 입장에서 부가수익 창출</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 간헐성을 본질적으로 극복하는 데는 한계 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 시스템 복잡도</li> <li>다수의 소규모 자산 Integration 필요</li> </ul>
대표 사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>Next Kraftwerke(유럽)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tesla(미국, 호주), Autogrid(미국), Sunrun(미국) 등</li> </ul>

자료: 한국과학기술정보연구원, Enbala, Navigant, Next Kraftwerke, Autogrid, 언론 보도, 신한투자증권,

수요형 VPP는  
소비자 소유의  
자가소비용 ESS 등을  
활용해 전력시장 참여

## 수요형은 BTM 자산 및 수요자원을 활용한 VPP

수요형의 경우에는 주로 분산자원, 그중에서도 수요단에 위치한(BTM, Behind the Meter) 발전 자산과 수요자원을 주로 이용하는 경우 모두를 포함하여 정의한다. 이 자산에는 주택용, 상업용 지붕 위(Rooftop) 태양광과 ESS를 포함한 BTM 발전자원, 공조설비(HVAC) 등 수요자원을 포함된다. 여기에서 BTM 발전자들은 주로 재생에너지를 자가 소비함으로써 전력비용을 절감하기 위해 설치되거나, 정전 등 비상시를 대비한 비상전원 용도로 설치되는 자원들이다.

전력시장에 전력 공급이 부족할 경우 개별 고객들은 보유하고 있는 주택용/상업용 ESS 등을 이용하여 전력을 역송하거나, 전력수요를 줄임으로서 전력시장에서 수익을 창출할 수 있다. 가정이나 상업 건물에 위치하여 100% 활용하고 있지 않은 BTM 자산들을 활용하여 전력시장에 서비스를 제공한다는 측면에서는 앞서 언급한 Uber나 airbnb와 견줄 수 있는 사업모델이다. 주로 미국, 호주에서 이러한 시도를 하고 있는데, 테슬라는 자사의 가정용 ESS인 Powerwall을 이용해 VPP 프로그램을 운영중이며, 주택용 태양광 회사인 Sunrun 역시 비슷한 VPP 프로그램을 운영한다.



## V. VPP - Business Model

앞서 VPP를 크게 공급형과 수요형으로 구분했다. 본 장에서는 다시 한번 세부적으로 VPP의 수익모델에 대해 분석해 본다. 공급형 VPP는 발전량 예측 및 최적화와 유연성 공급의 2가지 사업모델로, 수요형 VPP는 수요자원형과 주택 분산자원을 활용한 VPP의 2가지로 다시 나뉜다. VPP사업자가 모든 사업모델을 전부 채용하지는 않는다. VPP사업자는 여러 사업 모델 중 시장에 맞는 형태의 사업모델을 운용하며 그 형태는 계속 진화하고 있다.

### VPP 사업모델: 1. 발전량 예측 및 전력거래 최적화

VPP는 모집한 재생E 발전자원의 발전량을 예측하고, 전력거래 최적화를 통해 수익 창출

공급형 VPP 중 발전량 예측 및 전력거래 최적화 사업모델에 대해 살펴보자. 이 VPP 모델은 주로 유틸리티나 대규모 신재생에너지 자산 포트폴리오를 보유한 기업에게 적합한 형태로, 주로 유럽국가에서 많이 볼 수 있는 형태다. 다만, VPP 사업자가 재생에너지 발전 자산을 직접 보유할 필요는 없으며, 다수의 재생에너지 발전자산과 PPA를 체결하거나 전력 판매를 대행하는 형태로 이루어진다.

VPP 운영자는 보유하고 있는 발전자산의 실시간 발전량을 모니터링하고, 날씨 등의 변수에 따라 발전량을 예측한다. 발전량 예측 결과와 전력시장에서의 전력 가격에 따라 VPP 운영자는 시간대별 입찰량을 최적화하고, 입찰 결과와 실시간 발전량에 따라 유연성 자원 운영을 최적화하여 전력시장에서 얻을 수 있는 수익을 극대화한다. 특히 일부 유럽시장에서는 재생에너지를 공급하는 판매자에게 하루전 시장에서의 판매량과 실제 발전을 통한 공급량을 조절해야 하는 의무를 부여하고 있어, 발전량 예측과 조절 능력은 발전량 과다 또는 부족으로 인해 발생할 수 있는 패널티를 최소화 하는데에 중요하다.

#### VPP 사업모델: 발전량 예측 및 전력거래 최적화

##### VPP Operator 형태

- Utility, Independent electricity supplier, Large renewable portfolio manager or trader

##### 주요 지역

- 유럽, Unbundled energy markets

##### 주요 참여 발전원

- 태양광, 풍력, 바이오, 수력 및 기타 분산 발전

##### VPP가 공급하는 서비스

- 재생에너지 발전량 예측, 발전량 조절, 집합 발전자산의 발전량 스케줄링 등

##### VPP 수익 창출 방안

- Trader 입장에서 Balancing energy 비용 감소, Trading position 우위 확보
- 마이너스 전력가격 회피 및 시장 가격에 따른 발전량 최적화



자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

## VPP 사업모델: 2. 유연성 공급

VPP 사업자는  
바이오, 수력, 열병합 등  
유연성 자원을 모집하여  
전력시장에 유연성 공급

공급형 VPP의 또다른 형태로 전력계통에 유연성을 공급하는 형태가 있다. 전력 시장에 유연성을 공급하는 모델은 주로 바이오, 수력, ESS 등 출력조절이 가능한 재생에너지 자원을 이용해 이루어진다. 이 형태의 VPP들은 주로 다수의 유연성 자원을 보유한 집합자원 관리자(Aggregator)들에 의해 이루어지며, 유틸리티나 송전사업자에 의해 이루어지는 경우도 있다.

이 사업모델은 전력시장에 별도의 용량시장이나 보조서비스 시장이 존재할 경우에 가능하다. 많은 전력시장에서는 용량시장을 운영하여 부하추종자원에 대해 용량요금을 지불하고 있으며, 전력망의 실시간 안정성을 확보하기 위해 보조서비스 시장을 별도로 운영하기도 한다. 보조서비스는 일반적으로 교류전력의 일정한 주파수(우리나라의 경우 60Hz) 유지를 위한 주파수 조정 시장과 전력수급의 급격한 변동에 실시간으로 대응하기 위한 운영예비력으로 구분된다.

부하추종자원으로서 용량시장에 참여가 가능한 자원이나, 사전에 보조서비스 시장에 참여가 가능한 것으로 승인된 발전 자원을 확보한 VPP 운영자는 기 확보한 유연성 자원을 이용해 용량시장 및 보조서비스 시장에 입찰한다. 입찰 물량과 가격에 근거하여 VPP 운영자는 발전자산을 가동하고 이에 대한 보상을 수령한다.

### VPP 사업모델: 전력계통에 유연성 공급

#### VPP Operator 형태

- Aggregator, Utility, TSO

#### 주요 지역

- 유럽, 북미, 호주, 동아시아

#### 주요 참여 발전원

- 바이오, 수력, 소규모 열병합, 지열, ESS 등

#### VPP가 공급하는 서비스

- 용량/보조서비스 (부하추종성이 있는 재생에너지 자원 활용)

#### VPP 수익 창출 방안

- 용량/보조서비스 시장에 입찰을 통해 참여, Grid Service 제공하고 수익 창출



자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

### VPP 사업모델: 3. 수요자원

수요자원, BTM ESS 등을  
통해 피크 시간대의  
전력소비감소 및  
수익창출

수요형 VPP로 먼저 수요자원 모델을 살펴본다. 수요자원 모델은 전력가격 급등 시 수요를 줄여주는 대신 보상을 받는 방법이다. 이는 주로 수요자원 사업자인 집합자원 관리자(Aggregator)가 다수의 상업건물이나 공장 등의 냉방 및 난방, 조명, 공장 가동 전력 중 일부분 등 필요에 따라 조절이 가능한 분산 전력수요 자원을 확보하여 진행해 왔다. 전기차 충전소 역시 충전 전력을 조절함으로써 수요자원에 참여가 가능하다. ESS 등 비상전원이 설치되어 있는 경우에는 일부 정지 가능한 전력수요만을 줄이는 대신, 비상전원인 ESS에 저장된 전력을 사용하고 전력망에서 받는 전력량을 줄여 수요저감 효과를 더 크게 하는 방법으로 시장에 참여한다. 이 때 비상전원으로서 ESS 외에 비상용 디젤 발전기 등을 사용하는 경우도 있다.

이렇게 확보된 집합 수요자원을 활용해 VPP 사업자는 전력시장에 참여하고 그에 따른 보상을 받는다. 전력감축을 상시 준비하고 있는 대가로 용량요금 성격의 고정 보상을 받고, 전력수요가 높을 때 실제 수요를 줄이는 감축량에 따라 에너지요금 성격의 추가 보상을 받는 방식이다.

ESS는 고객 입장에서 여러가지 용도로 사용된다. ESS는 비상전원으로 설치하는 경우도 많지만, 고객의 전력 피크 사용량을 줄여줌으로서 기본요금을 절감하는 용도(Peak Shaving)로 설치되는 경우도 많다. 여기에 추가로 VPP까지 참여할 경우 고객은 비상전원으로서 ESS를 활용함과 동시에, 전기 기본요금을 절약하고, 수요자원으로서 추가수익까지 올리는 형태가 된다.

#### VPP 사업모델: 수요자원 Aggregator

##### VPP Operator 형태

- Aggregator, Utility, TSO

##### 주요 지역

- 북미, 호주, 유럽

##### 주요 참여 발전원

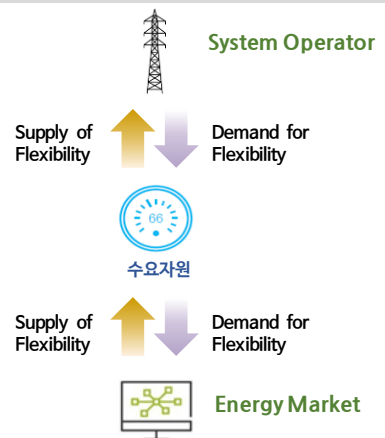
- 냉난방, 펌프 등 각종 수요자원, ESS, 전기차(EV)

##### VPP가 공급하는 서비스

- 용량/보조서비스(수요 조절을 통한 유연성 공급), Peak Shaving

##### VPP 수익 창출 방안

- 용량/보조서비스 시장 참여, 전력구입비용 절감



자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

## VPP 사업모델: 4. 주택용 분산자원을 활용한 Residential VPP

BTM 태양광, ESS 활용  
도매전력시장 전력판매,  
보조서비스 참여 등을  
통한 수익 창출

마지막 사업모델로 수요형 VPP로서 주택용 분산자원을 활용한 Residential VPP다. 이 사업모델은 주택용 태양광 및 ESS가 중심이 되는 VPP로서 주택용 태양광과 ESS의 보급이 활발한 지역을 중심으로 전개된다. 이러한 형태의 VPP가 활성화된 지역은 미국, 호주, 일부 유럽국가 등이다.

가정에 설치된 주택용 태양광과 ESS 시스템은 소비자 입장에서는 비상전원으로 서 또는 자가소비를 통해 전기요금을 절감하기 위해 설치한 자산이다. 이 자산들을 집합자원화하여 VPP로 운영하면 용량 및 보조서비스 시장에 참여하여 추가적인 수익을 창출하는 것이 가능하다. 계통운영자 입장에서는 같은 지역에서 전력의 생산 및 소비가 동시에 이루어지는만큼 송배전망의 혼잡도를 줄이고 중장기 송배전 투자를 줄이는 효과도 얻을 수 있다.

앞서 언급한 수요자원모델이 수요만을 줄이는 데 반해 Residential VPP의 경우 도매전력시장에 전력을 판매하거나, 주파수 조정 등 보조서비스 시장을 포함한 다양한 시장에 참여할 수 있다는 것은 Residential VPP가 수요자원과 구분되는 차이점이다. 이는 Residential VPP가 전력의 생산과 저장이 가능한 주택용 태양광과 ESS에 기반하고 있기 때문에 가능하다.

이러한 모델에서 각 가정은 전력 소비하는 소비자임과 동시에 전력을 생산하는 생산자이기도 하다. 각 가정은 생산된 전력 중 사용하고 남은 잉여전력은 다른 개인에게 판매할 수도 있고, 부족 전력을 인근에서 생산된 재생에너지 전력으로 구매하는 것도 가능할 수 있다. 즉 Prosumer로서 진화가 가능한 모델이다.

### VPP 사업모델: Residential VPP

#### VPP Operator 형태

- Utility, DSO, Aggregator

#### 주요 지역

- 북미, 호주, 유럽

#### 주요 참여 발전원

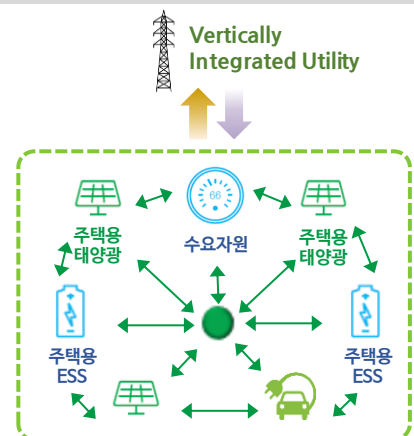
- 주택용 태양광, 주택용 ESS, 스마트 냉난방 시스템, 전기차(EV)

#### VPP가 공급하는 서비스

- 전력망 부하 감소, Peak Shaving, 용량/보조서비스 (전력망에 유연성 공급) 등

#### VPP 수익 창출 방안

- 자가소비 증가, 용량/보조서비스 시장 참여, 송배전망 투자 조절



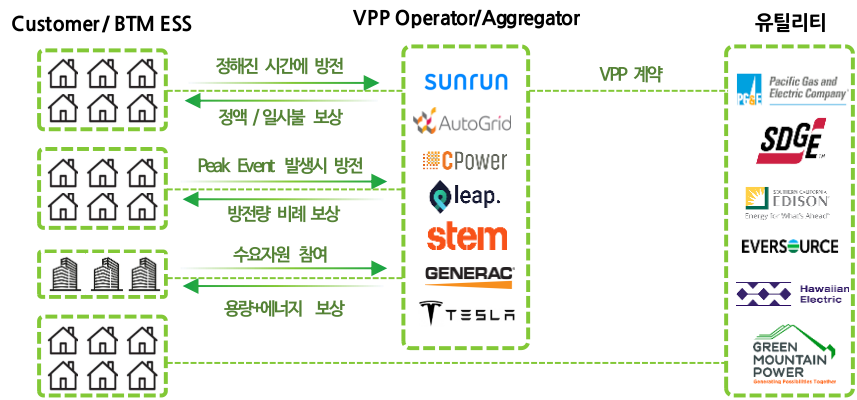
자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

## VI-1. 미국, 주택용 ESS를 전력시장의 Uber로

미국은 BTM ESS 활용,  
집합자원화하는 형태의  
수요형 VPP가 다수

미국은 지역별로 전력시장이 구분되어 있고, 서로 다른 시장구조를 형성하고 있다. 분산에너지 자원의 전력시장 참여를 위해 미국에서는 연방에너지 위원회는 각 지역 전력시장에 분산전원의 전력참여를 위한 제도를 만들고 시장을 개설할 것을 강제했다. 특히 주택용 ESS를 중심으로 고객 수요단에 위치한 BTM 자산들이 집합자원화하여 VPP로 전력시장에 참여하고 수익을 창출하기 시작했다.

### BTM ESS를 활용한 미국 VPP



자료: 신한투자증권

### 연방정부는 VPP를 제도적으로 허용, 지역별로는 속도차이 존재

연방정부는 차원  
제도적으로 VPP를 장려,  
지역별로는 아직 제도  
정비 필요

분산전원을 전력시장에 활용하려는 시도는 예전부터 계속되어 왔다. 미국 연방 에너지 위원회(FERC)는 FERC Order 841을 통해 에너지 저장장치(ESS)의 전력 시장 참여를 허용한데 이어 2020년 FERC Order 2222를 통해 모든 분산자원의 전력시장 참여가 이루어질 수 있도록 강제했다. VPP가 분산자원, 즉 소규모 전력 자원을 모아 시장에 참여하는 점을 고려하면, 이는 VPP에 대한 허들을 제거하는 법안으로 해석된다. 연방에너지위원회의 규정에 따라 지역별 계통운영자들은 분산에너지 자원의 시장참여를 가로막았던 규제들을 철폐하고 시장참여를 위한 제도를 만들어야 하는 입장에 서 있다.

그러나 Order 2222가 통과된지 3년이 지난 지금에도 분산에너지 자원들, 특히 주택용 ESS의 전력시장 참여가 원활하지는 않다는 것이 미국 VPP 회사들의 주장이다. 캘리포니아와 같이 분산자원의 VPP를 통한 시장참여가 꾸준히 시도되고 있는 지역도 있지만, 일부 지역에서는 시장 참여를 위한 ESS의 최소 크기를 제한하는 등의 방식으로 여전히 주택용 ESS의 시장참여를 막고 있는 것으로 알려졌다. 연방 정부의 의지에도 불구하고 각 지역별로 이행속도는 아직 다르다.

## 미국 주요지역은 ESS 설치에 대한 인센티브 존재

### VPP 기반인 ESS 설치에 대해서도 각종 보조금 존재

재생에너지 비중과 도입 의지가 높은 서부, 동부해안과, 전통 발전 비중이 높은 미 중부는 정책 및 시장제도 측면에서 확연히 다른 모습을 보이고 있다. 서부 및 동부해안, 그리고 하와이 등 재생에너지 비중이 높은 지역일수록 전력망 불안정성이 심화되고 있고 이에 따라 전력망에 안정성을 공급할 수 있는 ESS 관련 정책이나 지원제도가 많은 편이다.

대표적으로는 캘리포니아에는 주택용, 상업용 ESS 설치에 대한 보조금인 자가발전 인센티브(SGIP, Self Generator Incentive Program) 제도가 존재한다. 또한 ESS에 한정된 제도는 아니나 수요자원시장(DRAM, Demand Response Auction Mechanism) 프로그램에 참여하는 방법으로도 ESS를 활용한 수요자원 형태의 VPP 사업이 가능하다.

동부지역을 살펴보면, 뉴욕주에서는 VDER(Value of Distributed Energy Resource program)라는 제도를 통해 ESS 설치에 인센티브를 부여하고 있다. 미국 북동부 뉴잉글랜드 지역 전력시장의 유틸리티들은 가정용, 상업용 ESS를 피크시간에 전력시장을 위해 활용하고 보상을 제공하는 ConnectedSolutions이라는 프로그램을 운영한다. 이 외에도 지역별 또는 유틸리티별로 ESS의 설치 및 활용을 장려하기 위한 인센티브가 존재한다.

앞에서 살펴본 제도 중 상당수는 ESS 설치에 보조금 등 인센티브를 부여하여, 1차적으로 ESS 설치를 늘리는 데에 초점이 맞춰져 있다. 그러나 일부 제도는 고객 소유의 ESS를 집합자원화한 후 수요자원 등의 제도를 통해 참여할 수 있도록 하거나, 유틸리티들이 고객 자산을 직접 컨트롤함으로서 수요자원 등 전력시장 참여와 수익창출을 가능하게 하는 제도들이다. ESS 자산이 늘어날수록 VPP 프로그램은 지역적으로 확대되고 수익구조도 다양화되고 있다.

미국 지역별 ESS 관련 정책 및 제도		
지역	ESS/VPP 관련 정책 및 제도	내용
캘리포니아	SGIP (Self Generator Incentive Program)	BTM ESS 설치에 대해 인센티브 지급
	Demand Response Auction Mechanism (DRAM)	ESS 활용 용량시장(수요자원시장) 참여
하와이	Grid Service Purchase Agreement (GSPA)	분산형 ESS를 용량자원으로 유틸리티와 계약
	Battery Bonus	18:00~20:30에 방전하도록 약정한 ESS에 보조금 지급
뉴욕	Value of Distributed Energy Resource (VDER)	BTM ESS 설치에 대해 인센티브 지급
코네티컷	Electric Storage Program	BTM ESS 설치에 대해 인센티브 지급
매사추세츠	Clean Peak Energy Standard	피크시간에 일정비율 클린에너지 구매 의무화
	ConnectedSolutions	여름철 피크시간에 고객 ESS를 활용하는 VPP 프로그램
로드아일랜드	Renewable Energy Fund (REF)	ESS 설치에 대해 인센티브 지급
	ConnectedSolutions	여름철 피크시간에 고객 ESS를 활용하는 VPP 프로그램
버몬트	Battery Storage Program	지역 유틸리티(GMP)가 ESS 인센티브 지급

자료: 산업 자료, 신한투자증권

## 미국 VPP 사례 종합: BTM 자산을 이용한 수요형 VPP 중심

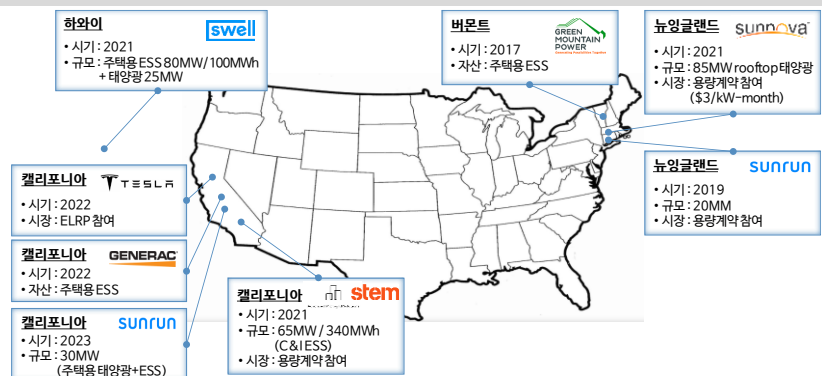
주로 동부 해안 및  
서부 캘리포니아 지역  
VPP 사례 다수

미국에서도 VPP는 지역별로 형태가 다양하다. 그러나 사례를 살펴보면 대부분은 주택용 태양광과 ESS, 상업용/산업용(C&I, Commercial & Industrial) ESS 등 고객 수요단에 설치된(BTM) 자산을 이용한 수요형 VPP다.

미국 동부 버몬트의 유틸리티인 Green Mountain Power(GMP)는 일찍부터 Tesla와 협업하여 Powerwall ESS를 이용한 VPP 파일럿 프로그램을 진행했고, BYOD(Bring Your Own Device) 등의 VPP 프로그램을 지속적으로 진행하고 있다. 뉴잉글랜드에서는 Sunrun과 Sunnova 등 주택용 태양광 업체들이 주택용 태양광과 ESS를 이용해 용량시장에 입찰하여 용량요금을 수령한다.

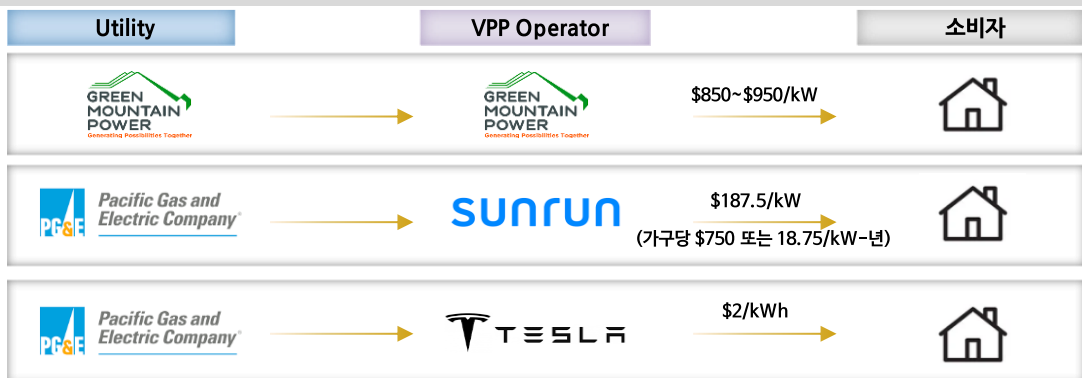
서부 캘리포니아에서는 특히 여름철 피크 시간대의 전력이슈를 해결하기 위해 고객 수요단에 설치된 ESS 자원을 활용하고 있다. Tesla, Sunrun, Generac 등은 주택용 ESS를 활용해 여름철 피크시간에 ESS에 충전된 전력을 전력망으로 송전하고 이에 대한 보상을 받는다. Stem과 같은 회사는 건물 등에 설치된 상업용/산업용 ESS 자산들을 집합자원화해 수요자원으로서 용량시장에 참여하고 있다.

### 미국 VPP 사례



자료: 언론 보도, 신한투자증권

### VPP 보상 구조 사례



자료: 신한투자증권



## 주요 VPP 프로그램 사례

VPP 운영사	프로그램명	소비자 보상	비고
Green Mountain Power	Bring your own device	\$850~\$950 / kW	\$85~95 per kW-년
Sunrun	Light on Silicon Valley	고객당 \$500 upfront incentive	\$12.5 per kW-년
	Energy Efficiency Summer Reliability	고객당 \$750 upfront incentive	\$18.75 per kW-년
Sunnova	Forward Capacity	\$3 / kW-month	\$36 per kW-년
Tesla	Emergency Load Reduction Program	\$2 / kWh (전력공급시)	N/A

자료: 각 사 홈페이지 및 언론 보도, 신한투자증권 / 주: \*용량시장 입찰가격

## Sunrun / GMP 사례: VPP 참여대가를 소비자에게 일시불로 지급

Sunrun, GMP 등  
VPP 가입시 일정 금액  
일시불로 지급하여 보상

VPP의 수익구조와 VPP를 통해 소비자가 얻을 수 있는 수익의 규모를 사례를 통해 살펴본다. GMP나 Sunrun 등은 소비자의 ESS를 VPP에 편입해 용량자원으로 사용하는 대가로 일정 금액을 일시불로 먼저 지급하는 방식을 보여준다.

GMP는 ESS 대당  
850달러~5천달러  
(고객 ESS 사용 제한  
정도에 따라 차등)

미 동부 유틸리티 GMP(Green Mountain Power)의 BYOD (Bring Your Own Device) 프로그램은 고객이 기존에 보유하고 있는 ESS를 활용해 가입하는 프로그램이다. 가입할 수 있는 ESS는 Enphase, Generac, SolarEdge, Sonnen, Tesla의 제품이다. 이 프로그램에 가입하면 10년동안 VPP에 가입해 유틸리티가 요청하는 시간에 방전하는 조건으로 kW당 850~950달러를 한번에 받을 수 있다. 즉 5kW ESS의 경우 한번에 4,250~4,950달러를 수령하게 된다.

다만 이 프로그램에 가입할 경우 고객의 ESS는 비상전원으로 사용하는 경우를 제외하고는 유틸리티에 의해 제어 및 사용된다. 이에 따라 고객은 자가소비 등에 ESS를 활용할 수 없고, 소비자 활용은 대부분 제한된다. 고객이 ESS를 자가사용으로 사용하기 위해서는 자가소비 인센티브 프로그램(Self-Consumption Incentive)이라는 별도의 제도를 통해 가입해야 하는데, 이 경우에 VPP 참여에 대한 보상은 ESS 대당 850달러로 크게 줄어든다.

Sunrun  
8~10월 7~9시 방전  
조건으로 ESS 대당  
750달러 지급

서부 지역을 살펴보자. 주택용 태양광 회사인 Sunrun은 서부의 유틸리티인 PG&E와 8월~10월, 저녁 7시~9시 사이에 ESS 저장전력을 역송하는 30MW 용량의 VPP 계약을 체결했다. 이를 위해 Sunrun은 동부 GMP의 VPP보다 낮은 수준인 750달러를 VPP에 가입한 고객들에게 일시불로 지급한다. kW로 환산하면 187.5달러 수준으로 GMP의 BYOD 프로그램 대비 20% 수준이나, GMP의 자가소비 인센티브 프로그램(Self-Consumption Incentive)과는 비슷한 금액이다.

GMP BYOD 프로그램을 통해 받을 수 있는 약 4천달러의 금액은 ESS 투자비를 17,000달러로 가정시 ESS 설치비용의 약 24%에 해당하는 큰 금액이다. 반면 Sunrun에서 제공하는 750달러는 ESS 투자비의 약 5%에 해당한다. 고객의 ESS 사용에 대한 자유도를 제한하는 정도가 다른만큼 이에 대한 보상도 다르다.



## Tesla VPP: 전력부족 상황에서 외부 판매하는 전력량에 대해 보상

앞서본 사례가 용량자원으로 고정금액이 지급되는 성격이라면 이번에 살펴볼 VPP는 에너지 시장에 참여한 실적만큼 보상해주는 프로그램이다.

Tesla VPP,  
전력 부족상황시  
방전하는 전력에 한해  
kWh당 2달러 보상

캘리포니아는 주택용 및 상업용 ESS를 대상으로 비상수요절감(ELRP, Emergency Load Reduction Program) 프로그램을 운영하고 있으며 Tesla는 이에 참여해 VPP 서비스를 하고 있다. ELRP는 여름철 전력 부족으로 비상상황 발생시 주택용 및 상업용 ESS에서 방전되는 전력을 kWh 당 2달러에 구매하는 프로그램이다. 피크시간 주택용 전력가격이 kWh 당 40~60센트 (0.4~0.6달러) 수준인 것을 감안하면 소매 전력요금보다 3~5배 비싼가격으로 전력 판매가 가능한 제도다.

평상시 저녁시간에 3kWh를 사용하는 가정에서 완전 충전된 5kW/13.5kWh 용량의 Powerwall이 비상상황 발생으로 2시간 동안 자가소비 전력을 포함 10kWh를 방전했다고 가정하자. 방전한 10kWh 중 평상시 자가소비량 3kWh를 제외한 7kWh에 대해 kWh당 2달러, 고객에게 총 14달러의 수익이 발생한다. ELRP는 연간 최대 60시간까지 허용되는 제도다. 연간 약 30시간, 앞의 상황이 15번 반복되는 것을 가정할 경우 VPP 매출은 연간 210달러다. 그러나 전력망에 판매한 7kWh에 대해서 고객은 자가 소비를 포기한 셈이므로 kWh당 36센트씩, 2.52달러의 비용이 추가로 고려된다. 이를 고려하면 순수익은 172.2달러다. 이 구조에서 전력시장의 불안정성이 심화될수록 VPP 수익은 증가할 수 있고 반대로 전력 시장이 안정될수록 VPP 수익은 감소한다.

### 캘리포니아 ELRP 프로그램 개요

항목	내용	비고
프로그램 기간	2021~2025	Residential ESS 2022년 참여 허용
참여자 보상	kWh 당 2달러	2021년 kWh당 1달러에서 인상
참여 가능고객	PG&E, SCE, SDG&E 관할의 주택용, 상업용 고객	
참여 대상시간	5월~10월, 오후 4~9시 중 전력부족으로 비상상황 발령된 경우	
1회 방전시간	최소 1시간~5시간	
연간 제한	연간 최대 방전시간 60시간	

자료: CPUC, 신한투자증권

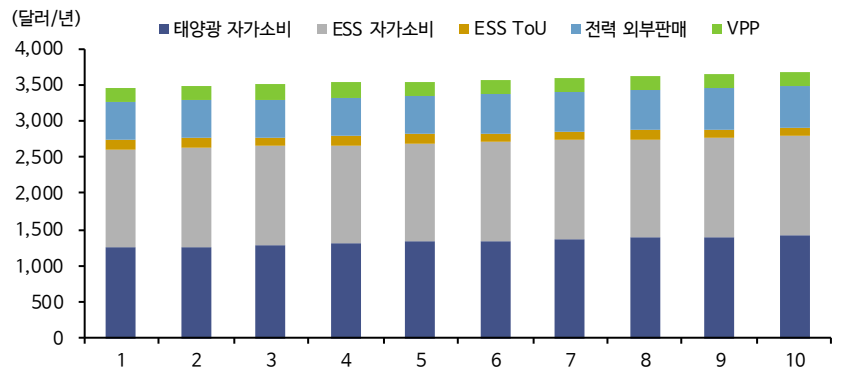
### Tesla VPP (ELRP) 고객 순수익 추정

항목	내용	비고
Event 발생회수	15회	회당 2시간, 총 30시간 가정
Event 당 방전량	10kWh	5kW X 2시간
평상시 전력 사용량	3kWh	
순 방전량	7kWh	10kWh-3kWh
Event 당 VPP 매출	14달러	7kWh X 2 달러
연간 VPP 매출	210달러	14달러 X 15회
Event 당 순수익	11.48달러	14달러 - 7kWh X 0.36달러
연간 VPP 순수익	172.2달러	11.6달러 X 15회

자료: 신한투자증권

이 사례를 활용해 5kW, 13.5kWh급 주택용 ESS 시스템을 이용한 VPP 매출을 연간 172달러 수준으로 가정해 보자. 다음장에서 다루고 있는 태양광 및 ESS 설치에 대한 시뮬레이션을 미리 참고하면, 주택용 태양광 및 ESS 설치했을때의 전기요금 절감은 연간 약 3,300달러 수준이다. 여기에 연간 172달러의 VPP 수익이 추가로 얻어지는 것은 소비자 입장에서 약 5% 가량의 추가적인 전기요금 절감 효과가 있는 것과 같다. 다만, Tesla 입장에서 VPP를 통한 고객 입장에서의 수익창출이 Tesla의 매출로 이어지지는 않는다. 이에 대해서는 PG&E와의 별도의 계약 구조가 존재할 것으로 추정한다.

#### 태양광 및 ESS에 VPP를 추가했을 경우 고객입장에서의 비용절감



자료: 신한투자증권

#### 미국 VPP 시장규모 추정

VPP 시장은  
ESS 보급과 VPP 참여가  
모두 증가하며 빠르게  
성장

주택용 ESS는 미국시장에서 매년 약 3~4GWh, 20만~30만 가구 이상의 신규판매가 전망된다. 21년 기준 주택용 ESS의 약 12%로 추정되는 VPP 참여율도 향후 증가가 예상된다. 이렇게 ESS 물량과 VPP 참여율이 모두 증가함에 따라 미국 VPP 시장은 향후 빠르게 성장할 것이다. 가구당 VPP 연매출을 21년의 캘리포니아 수요자원시장(DRAM, Demand Response Auction Mechanism) 가격 수준인 kW당 68달러로 고정하여 가정할 경우 2025년 기대되는 VPP 시장 규모는 약 1.7억 달러 수준이다.

#### 미국 주택용 ESS활용 VPP 시장규모 예측

	누적설치 (GWh)	가구수 (백만가구)	VPP 가입률 (%)	가구당 매출 (달러/년)	시장규모 (백만달러)
2020	0.8	0.1	12	340	3
2021	2.6	0.2	17	340	11
2022	5.9	0.4	22	340	33
2023	9.6	0.7	27	340	65
2024	13.4	1.0	32	340	108
2025	17.8	1.3	37	340	166

자료: 신한투자증권 / 주: \*2020년 이후 누적설치량

## 미국 주요 VPP 사업자

주요 Player 군  
자산/고객관계 보유회사,  
ESS 제조역량 보유회사,  
VPP 플랫폼 보유회사

VPP사업의 밸류 체인에는 다양한 사업자가 존재한다. 이를 세 분류로 나누면 소규모 발전자산을 개발 또는 보유하는 회사(Developer/Owner), ESS를 제조하는 ESS 제조사, VPP 운영사 셋으로 나눌 수 있다.

소규모 발전자산을 개발 또는 보유하는 회사는 주택용, 상업용 태양광과 ESS 프로젝트를 고객에게 리스해주거나, 판매 후 운영을 관리하고 있는 회사를 의미한다. 이 분류에는 Tesla, Sunrun, Sunnova 등 주택용 태양광 회사들이 다수 포진해 있다. 이 회사들은 자산을 보유하고 있거나 고객관계를 확보하고 있는 장점이 있어, 고객 및 자산을 모집, 집합자원화 한 뒤 직접 VPP를 운영사가 되거나, VPP 운영사와 협력하여 집합자원 관리자(Aggregator 또는 Sub-aggregator)가 됨으로써 VPP 수익의 일부를 공유한다.

ESS 제조사는 ESS를 제조하고 개별 ESS를 제어할 수 있는 프로그램인 EMS 기술을 보유한 회사들이다. 이 회사들은 개별 ESS의 하드웨어와 소프트웨어에 대한 이해도가 높다는 장점이 있다. 이 회사들은 직접 VPP 운영사가 될 수도 있으나, 주로 VPP 운영사들에게 제품과 서비스 공급하며 협력하는 경우가 많다.

마지막으로 VPP 운영사는 유틸리티와 협력을 통해 VPP 수익모델을 개발하고, 분산자원을 관리하여 VPP로서 기능할 수 있게 하는 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼을 보유한 회사들이다. 이 회사들 중에는 과거 수요자원시장에 참여하고 있던 기업들도 다수 포진하고 있다. VPP 운영사는 주로 자산 모집이 가능한 개발/보유회사들과 협업하는 경우가 많다. VPP 운영을 통해 유틸리티로부터 받은 수익을 개별 자산의 소유자나 집합자원 모집자와 공유하거나, VPP 소프트웨어를 판매하는 것이 이 기업들의 수익모델이다.

분산되어 있는 자산을  
고객관계를 통해  
모집하는 것이 핵심요소

업체간의 경쟁 속에서 현재 고객 관계를 보유한 개발/소유사(Owner/Developer)들이 VPP 시장에서 유리한 고지를 차지하고 있다. 자산을 직접 보유하거나 소비자와의 관계를 통해 집합자원화 할 수 있는 개발/소유사는 VPP 사업을 외부 파트너를 통해 진행하기 보다는 직접 VPP 운영사가 되는 경향을 보인다.

### VPP 관련 주요 회사

Owner / Developer	ESS 제조사 / EMS 회사	VPP 운영사
<ul style="list-style-type: none"> <li>발전 자산 또는 고객관계를 보유하여 VPP 자원 모집을 담당</li> <li>주택용 PV, ESS를 판매, 설치, Lease하는 회사 다수 포진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ESS 제조, 제어기술 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VPP 운영 플랫폼 및 기술 보유 (Optimization &amp; Orchestration)</li> <li>Utility와 VPP 계약체결</li> </ul>

자료: 신한투자증권

이 회사들은 집중하고 있는 고객을 기준으로 다시한번 세부 분류가 가능하다. Tesla, Sunrun, Swell, Sunnova, Sonnen, Sunpower 등은 주택용 태양광과 ESS를 중심으로 VPP 사업을 진행하고 있다. 이 회사들의 기존 핵심사업은 주택용 태양광과 ESS의 판매 및 리스사업이며 이 사업의 연장선상에서 VPP 사업을 진행한다고 볼 수 있다.

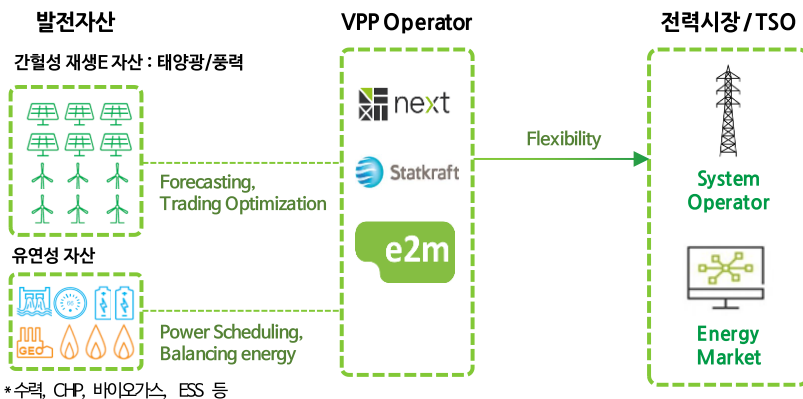
CPower나 Enel X 같은 회사는 반면 상업용 및 산업용 ESS(C&I ESS)를 대상으로 한 VPP에 특화된 회사다. 이 회사들의 핵심 사업은 수요자원(Demand Response) 사업으로서 기존에 이미 산업용, 상업용 시설을 대상으로 대규모의 수요자원을 모집하여 확보하고 있는 회사이기도 하다. Leap, voltus와 같은 회사도 이와 유사하게 상업용 및 산업용 ESS 중심 회사다. Stem도 상업용 및 산업용 ESS를 중심으로 집합자원화(Aggregation)하는 VPP 기술을 보유한 회사다.

## VI-2. 독일, 공급형 VPP를 통한 전력시장 안정화

독일은 도매전력시장에 전력을 판매하는 재생E 발전자산을 관리하는 공급형 VPP가 발달

독일시장은 미국과 달리 도매전력시장에 용량과 에너지를 공급하기 위해 건설된 FTM(Front of the Meter) 발전자산을 중심으로 VPP가 성장해 왔다. 최근 독일에서 주택용 ESS의 보급이 급증했고 다른 유럽국가인 영국 등에서는 미국과 유사한 수요형 VPP도 존재하나, 존재감은 공급형 VPP가 훨씬 크다. 독일에서는 VPP가 소규모 발전자원을 통합하여 전력시장에 참여하는데 중요한 역할을 담당한다.

### 재생에너지 발전자산을 통합 관리하는 유럽의 VPP



\* 수력, CHP, 바이오가스, ESS 등

자료: 신한투자증권

### 독일 전력시장: BRP와 Direct Marketing

BRP 및 Direct Marketing이 공급형 VPP 기반으로 작용

독일에서는 VPP 발달에 2가지의 제도가 영향을 미친 것으로 평가한다. 하나는 BRP(Balancing Responsible Party)이고 다른 하나는 Direct Marketing이다.

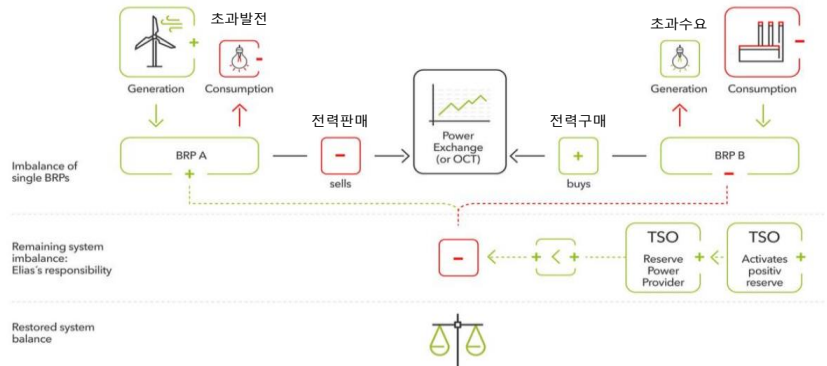
전력시장의 수급균형을 다수의 BRP가 담당

먼저 BRP를 알아보자. 전력망을 운영하는 계통운영자는 전체 전력시장에서 발전량과 소비량을 조절하여 이를 일치시켜야 한다. 독일에서는 계통운영자가 이 의무를 여러 개의 BRP(Balancing Responsible Party)에 아웃소싱하는 형태를 취하고 있다. 모든 전력 소비자와 공급자는 스스로가 BRP가 되든가 아니면, 특정 BRP와 계약을 체결해야 한다. 재생에너지 발전자산 역시 자연스럽게 BRP의 일부가 되어 BRP 단위에서 전력공급을 예측하고 조절하는 것이 필요하다. 독일에서 VPP는 재생에너지의 BRP로서 기능하여 포트폴리오의 발전량을 조절하고 필요에 따라 실시간 균형시장(Balancing Market)에 참여하여 추가 수익을 창출한다.

소규모 자산의 재생에너지 도매시장 판매는 Direct Marketer (중개사업자) 통해 가능

다음으로 우리나라의 전력중개사업과 유사한 Direct Marketing 제도는 독일에서 100kW이상 규모의 재생에너지 발전자산이 전력시장에 전력을 판매할때 Direct Marketer를 통해 판매할 것을 의무화하는 제도다. 중소규모 재생에너지 자산들은 이 제도에 따라 대부분 Direct Marketer를 통해 전력을 판매하게 되었고, 다수의 재생에너지 자산들과 계약한 Direct Marketer들은 VPP로 발전해 재생에너지 자산들의 발전량을 스케줄링하고, 전력거래를 대행하는 역할을 담당하고 있다.

## BRP(Balancing Responsible Party)와 전력수급 불균형시의 대처



자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

## 독일 주요 VPP 사업자 및 Next Kraftwerke 사례

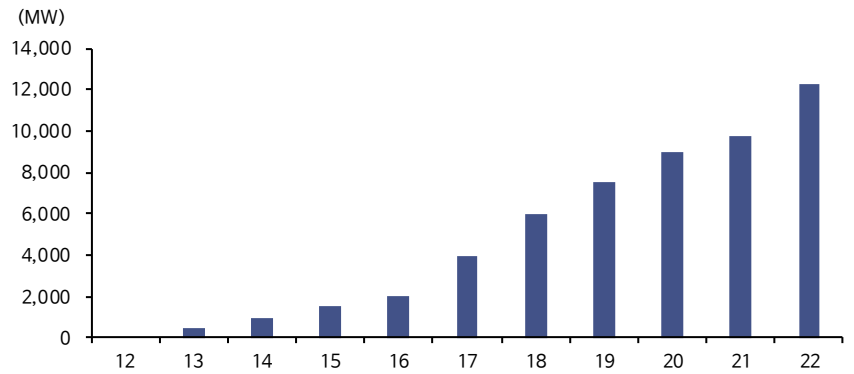
Next Kraftwerke  
총 12GW의 재생E  
발전자산 VPP 관리하며  
전력시장 유연성 공급

독일의 주요 VPP 사업자로는 Next Kraftwerke, e2m, Entelios, BayWa 등이 존재한다. 이 회사들은 모두 태양광, 풍력, 열병합, 바이오 등 발전자산과 수요자원, ESS 등 발전용 자산을 통합하여 포트폴리오를 구성하고 최적화하는 역할을 담당하고 있다. 예외적으로 가정용 ESS에 특화된 Sonnen은 수요자원시장(Demand Response) 참여와 전력소매판매사업까지 진행하고 있으나, 다른 VPP 회사들은 발전용 분산에너지 자산 관리 및 최적화, 실시간 균형시장(Balancing Market) 참여, 전력거래 및 중개(Direct Marketing) 등을 주요 사업 영역으로 하고 있다.

특히 이 중 Next Kraftwerke를 살펴보자. Next Kraftwerke는 2009년 독일에서 설립됐다. 이 회사는 발전자산을 소유하지 않고, 발전자산의 소유자와 계약을 통해 다양한 자산으로 구성된 VPP 포트폴리오를 만들었다. VPP 포트폴리오 내 발전자원은 태양광, 풍력, 열병합(CHP), 바이오가스, ESS, 수요자원 등을 포함하며, 현재 관리하고 있는 발전자원은 총 12,294MW 규모다.

Next Kraftwerke는 2011~2012년부터 VPP를 이용해 보조서비스 시장에 참여 및 전력거래 중개를 시작했고, 현재는 독일, 벨기에, 오스트리아, 프랑스, 폴란드, 네덜란드, 스위스, 이탈리아, 일본 등에서 VPP 사업을 진행하고 있다. 유틸리티들을 대상으로 소프트웨어 플랫폼을 판매하기도 한다.

## Next Kraftwerke 관리자산 추이



자료: Next Kraftwerke, 신한투자증권

## 독일 주요 VPP 사업자 및 제공 서비스

	Next Kraftwerke	e2m	Entelios	BayWa.re	Sonnen
Portfolio	Generation, Demand, Storage	Generation, Demand, Storage	Demand	Generation	Storage
규모	12,294 MW (2022)	3,260MW (2021)	>1GW (2018)	3,300MW (2019)	
자산관리 및 최적화	O	O	O	O	O
Balancing 서비스	O	O	O	O	O
Direct Marketing	O	O	O	O	X
Whitelabel Solution	O	O	O		X
Demand Response	O	O	O		O
주택용 DR					O
전력소매판매				O	O

자료: GIZ, 신한투자증권

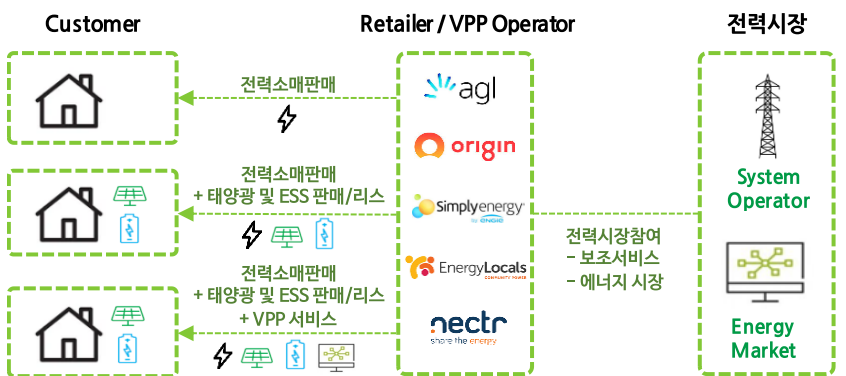
### VI-3. 호주, VPP와 분산전원 기반의 Genterailer

호주, 전력소매사업자  
중심의 수요형 VPP로  
결합상품, 결합요금제 등  
발달

호주는 일사량이 높아 일찍부터 주택용 태양광 설치율이 높은 지역이었다. 이 지역에서는 태양광과 주택용 ESS를 활용한 VPP를 전개하기 위해 2010년대 후반부터 다양한 파일럿과 데모 프로그램이 진행됐는데, 미국과 달리 주로 전력소매사업자(Retailer)가 중심이 되는 구조였다.

이에 따라 소매사업자들은 기존의 전력소매사업에 분산전원사업과 VPP사업을 번들화하는 시도를 진행했다. 즉, 기존 전력 소매 고객에게 주택용 태양광과 ESS를 판매 또는 리스하고, 이를 VPP화 하고, 부족 전력을 그리드로부터 공급하거나 고객의 잉여전력을 매수하는 사업까지를 번들화하여 고객에게 제안했다. 이들이 추구하는 형태는 분산발전을 통한 발전과 전력소매 사업을 결합한 새로운 “Genterailer” 즉, 발전사(Generator)와 소매사(Retailer)의 결합 모델이다.

호주의 전력소매, 주택용 태양광, VPP 결합상품 모델



자료: 신한투자증권

#### 호주 VPP, 주로 보조서비스/에너지 시장 참여

VPP 수익은 주로  
보조서비스 시장 참여로  
창출

호주는 넓은 국토와 재생에너지에 잠재력이 높은 자연조건을 지녀 일찍부터 태양광, 풍력 등 재생에너지 자원의 건설이 활발했다. 가정에서의 지붕 위(Rooftop) 태양광 설치도 활발해 네덜란드와 함께 세계에서 주택용 태양광 보급률이 가장 높은 나라로 꼽힌다. 반면 재생에너지 비중 상승과 기저발전이었던 석탄발전의 퇴역이 잇따르며 전력망 안정성 이슈도 자주 나타나는 국가다. 이에 따라 호주에서는 전력망 안정성 확보를 위해 대규모 유틸리티급 ESS를 건설중이며 주택용 ESS를 활용한 VPP도 적극적으로 추진중이다.

호주 전력시장에서 VPP의 수익창출은 전력수급 이슈로 시장가격이 상승했을 때 도매전력시장에 참여하는 방법으로 이루어진다. 이는 세부적으로 2가지 제도로 나뉘어있다. 하나는 보조서비스의 하나인 FCAS(Frequency Control Ancillary Service) 시장에서 실시간 예비력을 공급하는 방법이고, 다른 한가지는 도매전력 가격이 급상승했을 때 에너지 시장을 통해 직접 전력을 파는 방법이다. 대부분의



VPP는 보조서비스, 그중에서도 예비력에 해당하는 Contingency FCAS에 참여하는 방법을 VPP 수익창출원으로 사용하고 있다. 전력시장에 공급이 부족해지면 예비력 상품인 Contingency FCAS의 가격도 상승하는데, 이 때 VPP는 전력시장에 예비력을 공급하여 수익을 창출한다.

#### AEMO FCAS(Frequency Control Ancillary Service) 분류

중분류	세부분류	기타
Regulation	Regulation Raise	주파수 하락시 소폭 조정
	Regulation Lower	주파수 상승시 소폭 조정
Contingency	Fast Raise	6초 이내 반응
	Fast Lower	6초 이내 반응
	Slow Raise	60초 이내 반응
	Slow Lower	60초 이내 반응
	Delayed Raise	5분 이내 반응
	Delayed Lower	5분 이내 반응

자료: AEMO, 신한투자증권

### 보조서비스 시장 속성상 VPP 매출 변동성은 큰 편

VPP 수익은 사업자별,  
시기별 변동성 커

VPP의 주요 매출원이 시장별 가격변동성이 큰 보조서비스(FCAS)임에 따라 VPP 사업자들의 매출 편차는 큰 편이다. 사업자별로 보유하고 있는 포트폴리오, 참여 지역, 고객 소유 자산을 이용하는 알고리즘 등에서 차이가 발생하기 때문이다.

호주의 계통운영자인 AEMO는 2019년 9월부터 2021년 1월까지 VPP 시범사업을 진행했다. 이 기간 중 가장 큰 수익을 얻었던 사업자는 Tesla와의 제휴를 통해 VPP를 진행했던 Energy Local이다. Energy Local은 총 16MW 규모의 포트폴리오를 활용해 220만 달러의 수익을 창출해 kW당 연매출 97달러를 기록했다. 반면 Sonnen, Shine Hub, Hydro Tasmania 등과 같이 수익을 거의 창출하지 못했던 VPP 사업자도 있었다.

전력시장 상황에 따라 시기별로도 편차가 크게 나타났다. VPP의 전력 시장참여는 주로 에너지와 보조서비스 가격이 급등하는 전력 위기 상황에 이루어지는데, 이는 일정하게 발생하는 이벤트는 아니다. 호주 전력시장의 보조서비스(FCAS) 가격도 시기별 편차가 크다.

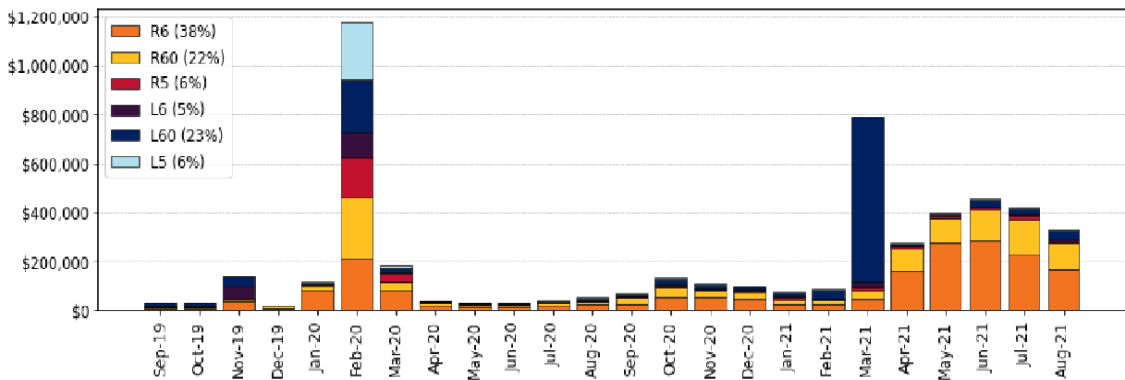
호주에서는 보조서비스 참여 외에 에너지 시장을 통한 수익창출도 가능하다. 주택용 태양광을 통해 생산한 전력, 또는 주택용 태양광에서 생산했다가 ESS에 저장하고 있는 전력을 전력망으로 역송하여 판매하는 방법이다. 다만, 소매전력가격 대비 도매전력가격이 크게 낮아, 대부분의 시간에서는 주택용 태양광에서 생산하는 전력은 가급적 자가소비하는 것이 경제적으로 유리하다. 전력망에의 역송을 통해서 추가 수익을 창출하는 것은 전력 가격 급등 상황으로 제한된다.

## 호주 VPP 시범사업 참여 사업자 용량 및 매출액

VPP 사업자	규모 (MW)	FCAS를 통한 VPP 매출 (2019.9~2021.1)	
		매출액 (달러)	kW당 연매출 (달러/kW-년)
Energy Local	16	2,200,000	97
AGL	6	99,000	12
Simply Energy	4	85,000	15
Sonnen	1	2,000	1
Shine Hub	1	180	0
Energy Local	2	0	-
Hydro Tasmania	1	0	-

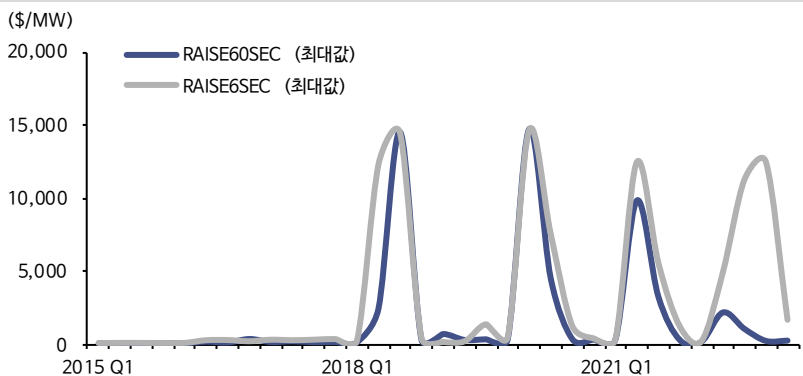
자료: AEMO, 신한투자증권

## FCAS 세부 상품별 VPP 매출 추이



자료: AEMO, 신한투자증권

## 호주 FCAS 가격 분기별 최대값 추이



자료: AEMO, 신한투자증권

## 전력소매사가 VPP를 주도하며 전력소매사업과 결합

VPP를 소매전력요금제,  
주택용 태양광 보조금,  
전력역송요금 등 결합,  
다양한 요금제 설계

호주는 다른 국가와 달리 발전사(Generator)와 전력소매사(Retailer)가 수직통합되어 있는 “Gentailer”(Generator+Retailer) 모델이 상당부분 남아있는 국가다. VPP 역시 파일럿 프로그램 때부터 전력소매사 중심으로 진행됐다. 기존 전력회사들은 자사의 전력 소매판매 모델에, VPP와 주택용 태양광 및 ESS를 결합한 새로운 사업모델을 출시하고 있다. 주택용 태양광 보급률이 높은 호주에서, 전력생산 비중은 주택용 태양광으로 이동하고 있다. VPP는 기존 전력회사들에게 있어 주택용 태양광과 ESS를 공급하는 동시에 소매사업을 결합시킴으로서 새로운 형태의 Gentailer로서의 역할을 가능할 수 있게 하는 기회다.

기존 전력회사들은 VPP를 VPP 자체 뿐 아니라, 태양광이나 ESS의 판매 또는 리스, 소매 전력요금, 주택용 태양광에서 나오는 잉여전력을 되사주는 가격(FiT, Feed in Tariff)까지 결합한 상품을 출시하여 운영하고 있다. 여러 상품이 결합된 구조에서 사업자 입장의 경제성을 일률적으로 비교하기는 어려우나, 복잡한 상품 구성은 다양한 상품군의 번들이 가능한 기존 전력 회사에게 유리하게 작용한다. 한편으로 VPP 및 이러한 결합상품에 대한 소비자들의 혜택도 일률적으로 비교하기는 쉽지 않다.

국내 에너지 기업 중  
한화에너지,  
Digital Gentailer 목표로  
사업 진행

호주는 국내 대기업인 한화에너지가 전력 리테일 사업을 진행하고 있는 지역이기도 하다. 한화에너지는 Nectr라는 브랜드명으로 전력소매사업과 태양광 및 ESS 판매와 리스 사업, VPP 사업 등을 통해 “Digital Gentailer”가 되는 것을 목표로 사업을 진행하고 있다.

### 호주 주요 VPP 운영사 및 소비자 혜택

VPP 운영사	프로그램	혜택
agl	Bring Your Own Battery (Tesla, LG, Sungrow, SolarEdge)	\$100 일시불, 분기당 \$45 credit
Origin	Loop	Powerwall 구매시 \$2,000 할인, \$20/월 credit
	Loop - Bring Your Own Battery	\$400 일시 지급, \$20/월 credit
Simply Energy	BYO Battery	\$1,500 5년간 분할지급, \$240/년 지급
	New Battery (신규구매)	\$2,000 일시 지급, \$50/년 credit
Energy Local	Tesla Energy Plan	\$1,000 할인(구매시), \$100 credit (기존보유자), \$220/년 credit
Nectr	Nectr VPP	\$10/월 및 태양광/ESS 리스 결합
EnergyAustralia		\$200 credit 1회, VPP 시장참여 발생시마다 \$15/회
Members energy		VPP 시장참여 발생시 12.5c/kWh~22c/kWh 추가지급
Powershop VPP		최대 \$40/월
Arcstream by QCELLS		\$30/월
Sonnen	SonnenConnect	\$100 일시 지급, 최대 \$15/월
	SonnenFlat VPP	매월 일정사용량까지 전기요금 고정
Solarhub		ESS가격 50% (최대 \$3,500 한도)

자료: solarquotes.com.au, 신한투자증권

## VI-4. 한국, 공급형 VPP로 가는 길목

### 국내, 소규모 전력중개시장을 통해 재생에너지 집합자원화 시작

국내는 소규모  
전력중개사업을 통해  
신재생에너지 자산  
집단자원화 시작

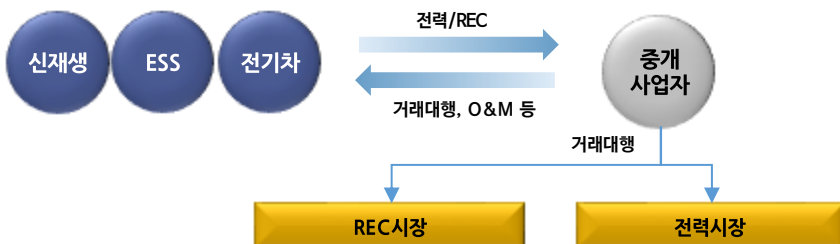
소규모 전력중개사업자는 소규모 전력자원 보유자와 중개계약을 체결하고 이를 통해 집합된 자원을 대상으로 전력과 REC 거래를 대행하는 것을 기본으로 한다. 소규모 전력중개사업의 대상자원은 신재생에너지법에 따른 설비용량 20MW 이하의 신재생에너지 발전설비, 충방전 설비용량 20MW 이하의 전기저장장치(ESS), 친환경자동차법에 따른 전기자동차를 포함한다.

소규모 전력중개사업은 전력과 REC의 거래대행으로 시작하여 초기에는 사업을 통해 얻을 수 있는 수익이 많지는 않았다. 그러나 기존 대규모 전통발전설비에 비해 소규모 법인이나 개인이 소유하고 있는 신재생 발전설비를 전문운영기관의 운영서비스를 통해 집단자원화한다는 점에 의의가 있다. 이렇게 집단자원화된 신재생에너지자원은 향후 가상발전(VPP)을 위한 기반 자원이 된다.

#### 소규모 전력중개사업 개요

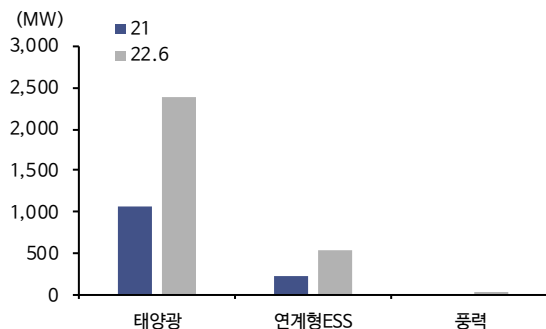
대상 : 소규모 전력자원  
• 20MW 이하의 신재생 및 ESS  
• 전기자동차

중개사업자 역할  
• 소규모 전력자원 O&M  
• 전력 및 REC 거래대행  
• 발전량 예측 등



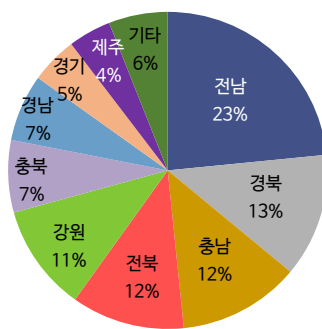
자료: 전력거래소, 신한투자증권

#### 소규모 전력자원 유형 및 용량



자료: 한국스마트그리드협회, 신한투자증권

#### 소규모 전력자원 지역별 분포 (22.6)



자료: 한국스마트그리드협회, 신한투자증권

## 재생에너지 발전량 예측시장 도입으로 공급형 VPP의 첫걸음

소규모 전력중개사업에  
발전량 예측제도가  
도입되며 공급형 VPP에  
한발짝 다가서

우리나라에서 향후 전개될 VPP 시장은 공급형 VPP에 가깝다. 정부는 간헐성을 가진 재생에너지 자산 비중의 증가 전망에 따라 2020년 9월 전력시장규칙을 개정하여 출력변동성 대응을 목적으로 한 재생에너지 발전량 예측제도를 도입했다. IEA에서도 재생에너지 설비규모의 확대에 따라 안정적 계통운영을 위해 재생에너지 발전량을 예측하고 유연성 자원을 확보할 것을 권고하고 있는데, 재생에너지 발전량 예측제도는 이에 따른 것이다.

### 태양광 및 풍력 발전량 비중에 따른 단계적 권고사항

구분	태양광/풍력 비중 (%)	태양광, 풍력 관리에 대한 권고사항
1 단계	0~3	· 태양광, 풍력 기술적 요구조건(가시성, 전력품질 등) 검토
2 단계	3~15	· 개별 태양광/풍력 예측발전량 확보 및 예측시스템 구축
3 단계	15~25	· 태양광/풍력 변화에 대응하기 위한 유연성 자원 발굴
4 단계	25~50	· 전력계통 안정도 유지를 위한 대체 자원 확보

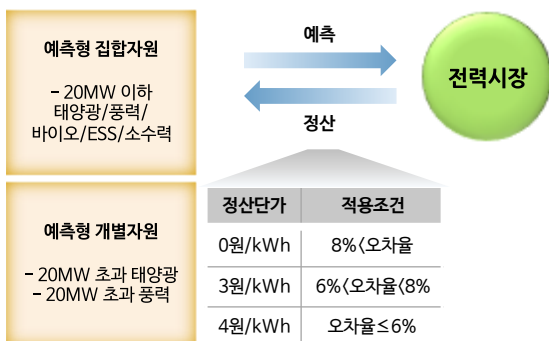
자료: IEA, 신한투자증권

재생에너지 발전량  
예측제도 도입으로 예측  
정확도에 따라  
추가수익 창출 가능

예측제도 하에 발전사업자나 소규모 전력중개사업자는 재생에너지 발전량을 하루 전에 미리 예측하여 전력거래소에 제출한다. 예측량이 당일 발전량과 비교하여 일정 오차를 이내로 확인될 경우 사업자는 kWh당 3원~4원의 추가 정산금을 받을 수 있다. kWh당 3원~4원의 금액은 큰 금액은 아니나 기존 SMP와 REC 수익에서 벗어나 예측을 통해 추가 이익을 창출할 수 있다는 점은 의미가 있다.

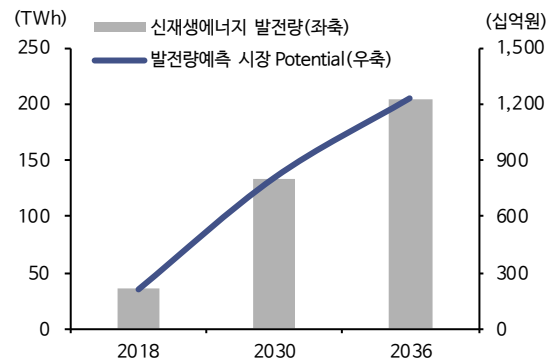
개별자원의 경우 20MW이상의 태양광 또는 풍력 발전사업자가, 집합자원의 경우 태양광 및 풍력 자원을 20MW 이상 모집한 집합전력자원운영자(소규모 전력중개사업자)가 사업에 참여할 수 있다. 소규모 발전소를 보유한 발전사업자의 경우 소규모 전력중개사업자를 통해 사업 참여가 가능하다. 해중, 솔라커넥트 등 스타트업뿐 아니라, 남동발전, SK E&S, 한화 등도 이 사업에 진출해 있다.

### 재생에너지 발전량 예측제도



자료: 전력거래소, 신한투자증권

### 재생에너지 발전량 전망 및 예측시장 Potential



자료: 10차 수급계획, 신한투자증권

## 입찰제도 도입을 통해 VPP로 진화 전망

재생에너지 발전량  
예측제도는 VPP로  
진화 예정

재생에너지 발전량 예측제도는 향후 VPP로 진화할 전망이다. 정부는 2021년 6월 분산에너지 활성화 추진전략을 발표하며, 재생에너지 발전량 예측제도가 향후 신재생 발전량 입찰제도로 확대되고, 실시간 시장, 보조서비스 시장 도입과 함께 한국형 통합발전소(VPP) 제도가 도입될 것임을 밝혔다.

제주도 시범사업,  
집단지원(VPP) 시장입찰  
및 추가수익 창출,  
단 출력제어 Risk도 존재

이에 따라 전력거래소는 2023년 10월부터 제주도에서 '시장원칙 기반 전력시장 제도개선 제주 시범사업'을 진행할 계획이다. 시범사업의 한 축인 재생에너지 입찰제도를 살펴보면, 단독 또는 태양광, 풍력, ESS를 을 결합한 VPP 용량이 1MW를 초과하며 제어가능한 자산인 경우 '급전가능 재생에너지(Dispatchable Renewables)'로 등록할 수 있다. 등록된 자원은 발전예측량과 입찰가격을 제출해 입찰에 참여하게 되며, 일반발전기와 동등한 보상을 받게 된다. 다만, 급전가능 재생에너지는 입찰에 따라 출력제어를 해야 하는 의무를 부여받게 된다. 이 시범사업은 결과에 따라 향후 전국 단위의 한국형 VPP로 확대될 가능성이 높다.

### 분산에너지 활성화 추진전략 주요과제 (2021.6)

구분	주요과제	21~23	24~26	27~
계통능력강화	재생에너지 통합관제시스템 마련			
	계통안정화 ESS 구축			
	신규 유연성자원 개발 및 도입			
	플러스 DR 활성화			
	에너지 슈퍼스테이션을 통한지역 분산전원의 거점 구축			
생산/소비의 분산화	분산에너지 편익 지원제도 도입			
	에너지 수요의 지역 분산 지원제도 도입			
	자가소비 지원제도 마련			
	마을단위 마이크로그리드 구축			
분산친화적 시장제도	재생에너지 발전량 예측제도			
	신재생 발전량 입찰제도 도입			
	실시간 시장 도입			
	보조서비스 시장 도입			
	한국형 통합발전소(VPP) 제도 도입			
	송배전 이용요금제 추진			
	배전계통 운영제도 추진			
기반지원	분산에너지 활성화 특별법 제정			
	분산에너지 특구지정			

자료: 산업통상자원부, 신한투자증권

### 시범사업 시장참여 자원별 수익구조 비교

	에너지정산금	부가정산금	용량정산금	보조서비스정산금	임밸런스패널티	REC 정산금
일반발전기	O	O	O	O	O	X
급전가능 재생에너지	O	O	O	X	O	O
급전불가 재생에너지	O	X	X	X	X	O

자료: 전력거래소, 신한투자증권

대기업, 발전공기업,  
스타트업 포함  
120여개 기업이  
전력중개사업 진행

## 국내 주요 관련 기업

한국 스마트그리드 협회 자료에 따르면 현재 소규모 전력중개사업자로 등록되어 있는 기업은 120개 이상이다. SK, GS, 한화 등 주요 에너지 대기업뿐 아니라, 남동발전, 동서발전 등 발전공기업, 엔라이트(솔라커넥트에서 사명변경), 해준 등 스타트업 등 다양한 회사들이 소규모 전력 전력중개사업에 참여하고 있다.

특히 스타트업 중 분산 에너지 플랫폼 기업으로 잘 알려진 엔라이트와 해준은 주목해서 살펴볼만 하다. 엔라이트의 경우 에너지 IT 기업을 표방하며 소규모 태양광 사업을 위한 사업성 검토, 금융자문, 시공관리 및 기자재 유통, 운영 및 관리를 위한 앱(발전왕) 및 모니터링 서비스, 발전량 예측을 포함한 전력중개 사업, RE100 사업, 전기차 충전 등 다양한 영역에 진출해 있다. 해준의 경우에도 엔라이트와 유사한 사업 포트폴리오를 보유하고 있는 회사다.

두 회사에 대한 투자도 활발히 진행됐다. 엔라이트는 2021년 KDB 산업은행 등 10곳에서 208억 규모의 시리즈 C 투자를 받아 누적 투자 유치액이 450억원 수준에 달했고, 해준은 2021년에 GS에너지로부터 전략적 투자를 유치한데 이어 2022년에도 GS에너지 30억, 노퍽인베스트먼트와 NH투자증권으로부터 약 80억의 투자를 유치했다.

소규모 전력중개사업 주요 기업 (List 중 일부 발췌)

기업명	지역
그리드위즈	경기
서울에너지공사	서울
솔라커넥트 주식회사	서울
신성이앤에스(주)	경북
에스케이이엔에스	서울
오씨아이파워주식회사	서울
주식회사 에너지닷	서울
주식회사 인업스	경기
주식회사 케이티	경기
주식회사 해준	서울
주식회사 효성에너지	서울
(주)지에스동해전력	강원
캡코솔라 주식회사	서울
캡코에너지솔루션	서울
(주)탐인프라	광주
포스코에너지(주)	서울
한국남동발전	경남
한국동서발전	울산
한국발전기술(주)	서울
한국지역난방공사	경기
한전산업개발(주)	서울
한화에너지	세종

자료: 한국스마트그리드협회, 신한투자증권

## VII. 주택용 ESS의 성장 - 시장전망

많은 국가에서 주택용 및 상업용 ESS를 통한 VPP를 시도하고 있다. 이에 따라 VPP를 논할 때 빼놓을 수 없는 것이 주택용 ESS 설치 동향이다. 주택용 지붕 위(Roof-Top) 태양광과 주택용 ESS는 주로 자가소비용으로 설치된다. 그러나 이를 VPP를 통해 집합자원화하면, 전력망에 안정성을 공급하는 용도로도 사용할 수 있다. 과거 경제성이 없었던 주택용(Residential) ESS는 최근의 급격한 전기요금 상승에 따라 판매량이 급속히 증가했다. 개별 용량은 작지만, 급속히 보급되고 있는 주택용 ESS를 VPP화 하는것은 VPP 사업에는 새로운 기회다.

### 최근 주택용(Residential) ESS 시장 급속성장

2022년 글로벌  
주택용 ESS 판매  
전년 대비 2배 성장

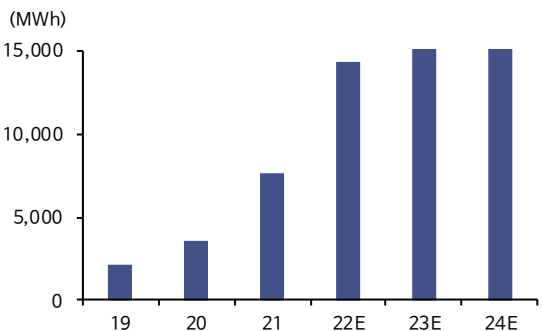
주택용 ESS는 불과 3~4년 전만 해도 경제성이 부족해 설치에 대한 경제적 유인이 부족하다는 평이 많았다. 그러나 2021~2022년 동안 주택용 ESS 설치는 크게 증가했다. 2022년 글로벌 주택용 ESS 설치물량은 전년 대비 2배 가까이 증가한 약 15GWh 수준에 이르는 것으로 추정된다.

주택용 ESS는 주로 태양광과 함께 설치되는데, 태양광 설치시 ESS가 같이 설치되는 비율을 의미하는 주택용 ESS 부착율(Attachment Rate) 역시 크게 증가했다. 유럽의 경우에는 22년 기준으로 40%를 상회했으며, 미국의 경우에도 유럽보다는 낮으나 꾸준히 상승하는 경향을 보이고 있다.

미국, 독일, 이탈리아,  
스페인 4개 국가의 ESS 판매  
60% 차지

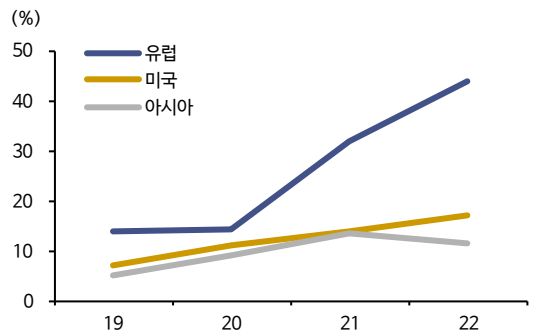
지역별로는 미국, 독일, 이탈리아, 스페인 등에서 ESS 판매량이 높게 나타났다. 2022년 1분기~3분기 기준으로 미국, 독일, 이탈리아, 스페인 4개 국가의 ESS 판매량은 전세계 ESS 판매량의 60%를 상회한다. 이 국가들은 재생에너지 침투율이 높고 주택용 태양광 설치가 활성화된 국가들이라는 공통점이 있다. 호주는 주택용 태양광 설치가 일반화되어 있는 시장이나 주택용 태양광 설치 대비 주택용 ESS 설치는 상대적으로 높지 않게 나타났다.

글로벌 주택용 ESS 연간 신규설치 물량



자료: S&P, 신한투자증권

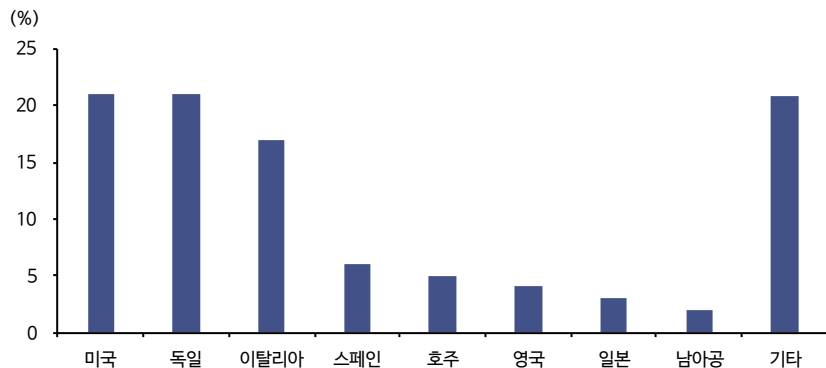
주택용 태양광에 ESS 동반 설치하는 비율



자료: S&P, 신한투자증권



## 글로벌 주택용 ESS 선적 목적지 국가별 비중 (2022 Q1~Q3)



자료: S&amp;P, 신한투자증권 / 주: MWh 기준

## 주택용 태양광과 ESS 시스템, 왜 설치하는가?

주택용 ESS,  
주택용 태양광 발전전력  
저장을 통해 전기요금  
절감 극대화 목적

주택용 ESS 앞서 주택용 태양광을 먼저 살펴볼 필요가 있다. 미국, 유럽 등 소매 전력요금에 비싸고 태양광 자원이 좋은 지역에서는 주택용 태양광 시스템 설치가 활성화되어 있다. 이 지역에서는 전기 소매가격이 kWh당 20~40센트 또는 그 이상에 이른다. 도매전력가격은 저렴함에도 불구하고 송배전 등에 많은 투자비가 소요되는 까닭이다. 고객은 송배전망을 이용하지 않는 지붕 위(Roof-top) 태양광 시스템을 설치하고 발전된 전력을 자가소비함으로써 전기요금 절감이 가능하다.

그러나 태양광은 낮 시간에만 발전이 이루어진다는 약점이 있다. 주택에서의 전력소비는 낮보다 아침과 저녁에 더 많이 이루어져 주택용 태양광을 설치하더라도 낮시간대에는 자가소비하는 전력보다 남는 전력을 역송하는 양이 더 많다. 지붕 위에서 발전하는 태양광 전력에 대한 자가소비를 늘리기 위해서는 별도의 저장 시스템이 필요하다.

일부 지역에서는 주택용 태양광을 정책적으로 지원하기 위해 자가소비하지 못하고 남는 전력을 역송할때에도 소매요금과 같은 요금을 적용받게 하는 넷 미터링(Net Metering) 제도나 역송하는 전력에 일정 가격을 보장해주는 FiT 제도를 도입해 운영해 왔다. Net Metering과 FiT는 주택용 태양광을 지원하는 중요한 정책으로 기능했다. 그러나 주택용 태양광의 침투율이 높은 미국 캘리포니아에서는 Net Metering 제도에 대한 유틸리티들의 반대가 심해지며 역송하는 전력에 대한 가격이 대폭 하향 조정됐다.

다른 한가지로 전기요금 제도를 살펴볼 필요가 있다. 우리나라에도 산업용 전기요금 등에 일부 도입되어 있지만, 미국 등 선진국에서는 시간대별 소매 전기요금이 다르게 책정되어 있는 요금제(ToU, Time-of-Use)가 일반적이다. 이 요금제에서 태양광 발전량이 많은 낮 시간대의 소매 전기요금은 낮게 책정되어 있는 반면, 가정 전력수요가 높아지는 저녁시간대 전력가격은 높게 책정되어 있다. 따라서 지붕 위 태양광을 보유하고 있는 고객 입장에서 낮 시간대에 발전되는 전력을 저장해 저녁시간에 사용하는 것에 대한 경제적 유인이 존재한다.

이 내용을 요약하면 주택용 태양광과 ESS를 동시에 설치하는 것을 장려하는 방향으로 시장이 움직이고 있음을 알 수 있다. 본질적으로 발생할 수밖에 없는 태양광 발전량과 고객 전력수요의 미스매치에 대한 유틸리티들의 불만, 주택용 태양광에 대한 정책적 지원책이었던 넷 미터링(Net Metering) 제도의 변경, 시간대별 요금제(Time-of-Use)의 확산과 낮시간대와 저녁시간대 전기요금의 격차 확대 등은 모두 ESS 설치를 유인하는 방향으로 이어진다.

### 자연재해, 전력망 불안정에 따른 비상전원 목적의 설치도 다수

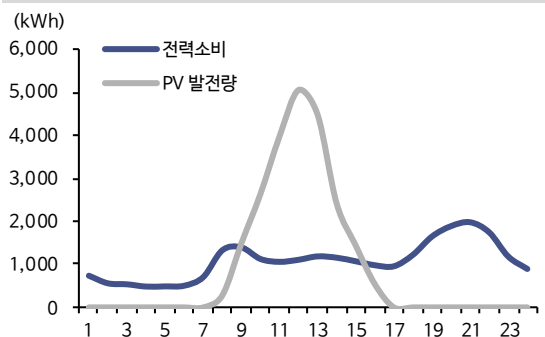
최근에는 자연재해 등으로 인해 전력 안정성이 위협받는 상황이 발생하면서 예비전원으로의 수요도 증가 추세다. 미국에서는 허리케인 또는 산불 등으로 인해 정전이 발생하는 사례가 수년에 한번씩 발생한다. 특히 최근에는 기상이변으로 인한 전력망 불안정성이 커지는 추세다. 캘리포니아 주의 여름철 순환정전, 겨울 폭풍으로 인한 텍사스 주의 순환정전 등은 그 사례다. 이렇게 전력망 이슈가 발생할 때마다 주택용 ESS의 수요는 증가하는 모습을 보이고 있다.

### ESS 위치별 주요 용도

자산위치별 구분	자산 형태별 구분	기존 주요 수요	성장 수요	향후 잠재 수요
BTM	주택용 (Residential)	자가소비 증대, Peak 수요 저감	예비전원	VPP
	상업용 (Commercial)	자가소비 증대, Peak 수요 저감	예비전원	VPP
FTM	신재생 연계 (Colocated Renewables)	용량자원, 계통제약(Curtailment) 회피	시간대별 차익거래, 보조서비스	
	전통 자산 연계 (Colocated Conventional)	보조서비스 (FR)	시간대별 차익거래	
	단독형 (Stand-alone)	보조서비스 (FR)	용량자원 (CP), 시간대별 차익거래	송배전망 투자 조절

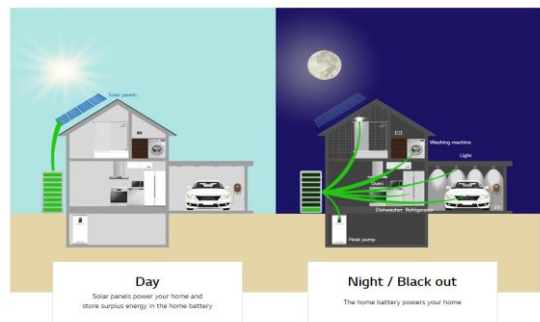
자료: 신한투자증권

### 시간대별 주택 전력소비 및 PV 발전량 예시



자료: 산업 자료, 신한투자증권

### 가정용 ESS 설치에 따른 자가소비 증대 개념



자료: LG에너지솔루션, 신한투자증권

주택용 태양광 설치비:  
태양광 단독 (\$2만)  
태양광+ESS (\$3.7만)

## 주택용 태양광/ESS 경제성 사례분석(미국): 투자비 및 전기요금

그렇다면 과연 주택용 태양광과 ESS 시스템의 경제성은 어느 정도일지 미국 캘리포니아 주를 기준으로 살펴보자.

S&P의 추산에 따르면 2023년 기준으로 주택용 태양광의 설치단가는 Wdc당 2.875달러, 주택용 ESS의 설치단가는 kWh당 1,265달러다. 미국 주택용으로 태양광 7kW, ESS 13.5kWh를 가정할 경우 총 투자비는 37,204달러다. 태양광만 설치할 경우에는 7kW 시스템 기준 20,126달러가 소요된다.

20,126~37,204달러에 이르는 설치비용은 원화기준으로 환산하면 약 2,500~5,000만원에 이르는 금액이다. 일반 가구 입장에서 쉽게 지출할 수 있는 금액은 아니기 때문에, 해외에서도 태양광 시스템 설치시에 별도의 대출이나 리스를 통해 설치하는 경우가 많다. 다만, 본고에서는 시뮬레이션의 편의를 위해 대출이나 리스에 대한 고려는 하지 않고 경제성을 검토한다.

미국 주택용 태양광 및 ESS 시스템 설치 단가 추정치

항목	단위	단가 (\$)
Residential PV System	\$/Wdc, nominal	2.875
Module	\$/Wdc, nominal	0.585
Inverter	\$/Wdc, nominal	0.250
BOS	\$/Wdc, nominal	0.279
Installation	\$/Wdc, nominal	0.316
Development	\$/Wdc, nominal	1.446
Residential ESS System	\$/kWh, nominal	1,265

자료: S&P, 신한투자증권

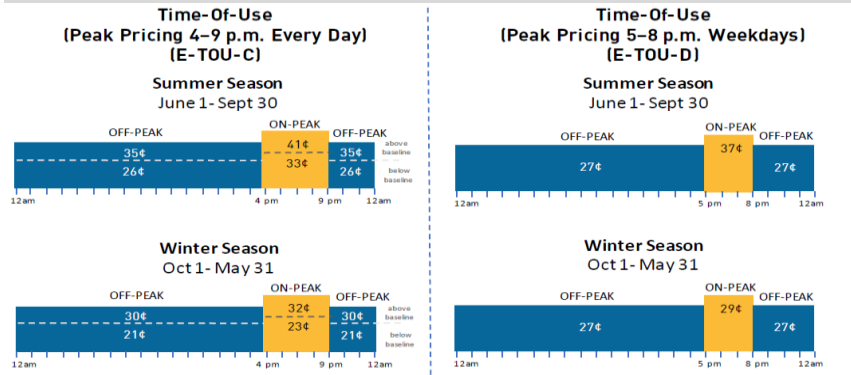
미국 주택용 태양광 및 ESS 투자비 가정

항목	용량	투자비
태양광	7kW	\$20,126
ESS	13.5kWh	\$17,078
합계		\$37,204

자료: 신한투자증권

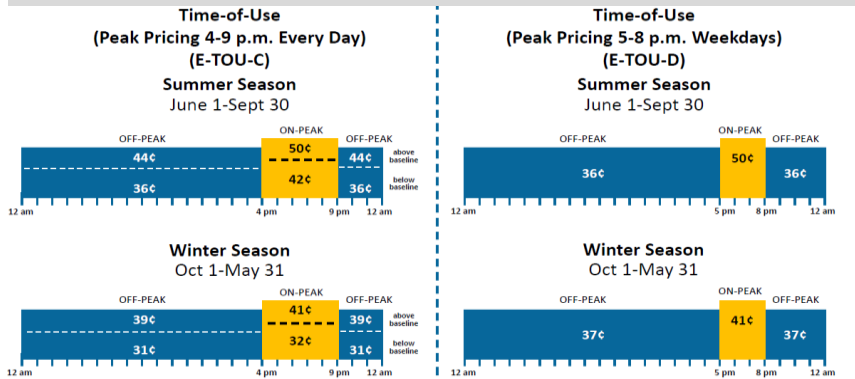
다음으로 전기요금을 살펴보자. 앞서 언급한대로 미국의 주택용 전기요금은 시간대별 전기가격이 다른 요금제(ToU, Time-of-Use)가 기본이 되고 있다. 캘리포니아 주의 전기요금은 최근 급격히 상승했다. 캘리포니아 주의 대형 유틸리티인 PG&E의 요금표를 살펴보면 2020년에는 ToU-D 요금제의 경우 일반 시간에는 kWh당 27센트, 피크 시간에는 29~37센트의 요금이 적용됐다. 이 요금은 올해에는 일반 시간에 kWh당 36~37센트, 피크 시간에는 41~50센트로 3년만에 25% 이상 상승했다. 전력요금의 급격하게 인상되면 주택용 태양광을 이용하는 소비자의 경제성은 더욱 상승한다.

## PG&amp;E Residential ToU 요금제 (2020.10)



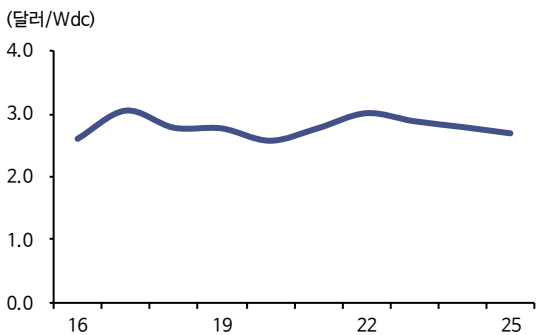
자료: PG&amp;E, 신한투자증권

## PG&amp;E Residential ToU 요금제 (2023.3)



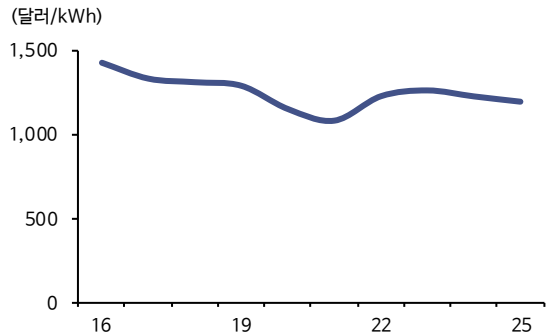
자료: PG&amp;E, 신한투자증권

## 미국 주택용 태양광 설치비 추이



자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 미국 주택용 ESS 설치비 추이



자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 주택용 태양광 / ESS 경제성 사례분석(미국): 투자회수기간

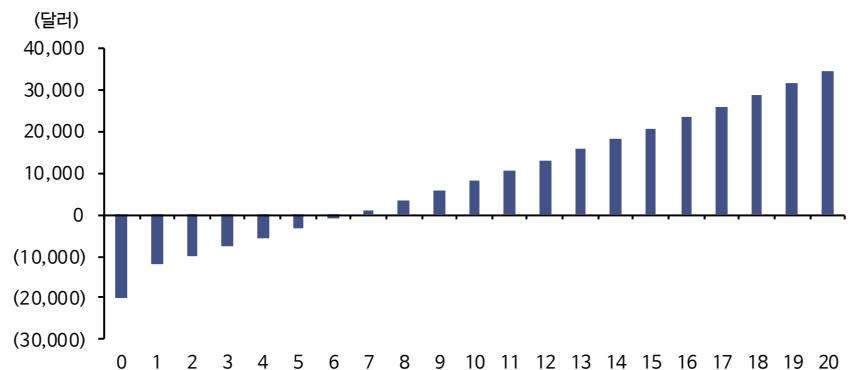
Payback에서는  
태양광 단독이 유리  
(태양광 7년,  
태양광+ESS 8년)

그렇다면 과연 주택용 태양광과 ESS 시스템의 경제성은 어느 정도일지 미국 캘리포니아 주를 기준으로 살펴보자. EIA의 2020년 통계에 따르면 미국의 가구당 평균 전력사용량은 연간 10,566kWh이다. 캘리포니아에 해당하는 태평양 연안지역의 경우 전국 평균보다 낮은 연간 7,665kWh의 전력을 사용한다.

연간 7,665kWh의 전력을 사용하는 캘리포니아 평균 가구를 기준으로, 7kW 태양광 시스템만 설치하는 경우와, 7kW 태양광과 13.5kWh의 ESS를 설치한 가구의 전기요금 전액에 대한 누적 현금흐름을 살펴보았다. 태양광만 설치한 경우 초기 20,125달러의 투자비가 소요되며, 1년후 투자세액공제로 30%를 회수한 후 잔여기간 동안에는 전력요금 절감액만큼을 회수하게 된다.

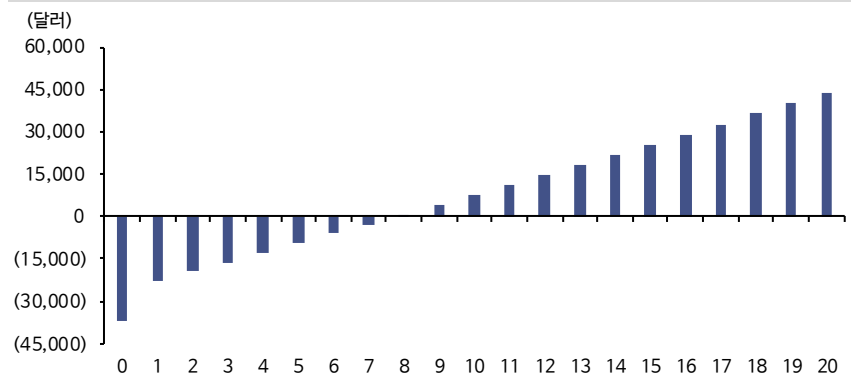
이렇게 가정한 경우 태양광만 설치한 경우는 약 7년차에 손익분기점에 도달할 것으로 전망됐다. 태양광과 ESS를 같이 설치할 경우의 손익분기점은 약 8년차로 나타났다. 여기에 ESS에 추가적인 보조금이 주어진다면 태양광과 ESS를 같이 설치하는 경우의 경제성은 태양광 단독 설치와 유사 수준으로 상승할 수 있다.

## 미국 주택용 PV 시스템 설치시 누적 현금흐름 예시



자료: 신한투자증권

## 미국 주택용 PV+ESS 시스템 설치시 누적 현금흐름 예시



자료: 신한투자증권

과거 주택용 ESS는 설치 비용 대비 경제성이 부족해 시장 확대에 한계가 있었다. ESS의 높은 설치비 탓에 손익분기점 10년 이상이 일반적이었기 때문이다. 그러나 최근 소매 전기요금의 상승, 시간대별 요금제(Time-of-Use)의 확대와 강화로 주택용 ESS 시장은 새로운 국면을 맞고 있다. 손익분기점이 유사한 상황에서 비상전원으로서 활용이 가능하고 VPP 등 활용도가 높은 ESS의 동반 설치를 선택하는 소비자의 비중은 증가하고 있다.

태양광 단독설치시 연간 현금흐름

단위	0	1	2	3	4	5	6	7	8
발전량	kWh	14,149	14,078	14,008	13,938	13,868	13,799	13,730	13,661
자가소비	kWh	3,469	3,452	3,434	3,417	3,400	3,383	3,366	3,349
전력망판매	kWh	10,680	10,627	10,574	10,521	10,468	10,416	10,364	10,312
소매요금	\$/kWh	0.36	0.37	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41
외부판매요금	\$/kWh	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
초기투자비	\$	(20,125)							
전기요금절감	\$		2,103	2,135	2,166	2,199	2,231	2,265	2,333
투자세액공제	\$		6,038						
현금흐름	\$	(20,125)	8,141	2,135	2,166	2,199	2,231	2,265	2,298
누적현금흐름	\$	(20,125)	(11,984)	(9,850)	(7,683)	(5,485)	(3,253)	(989)	1,310

자료: 신한투자증권

태양광 및 ESS 설치시 연간 현금흐름

단위	0	1	2	3	4	5	6	7	8
PV/자가소비	kWh	3,469	3,452	3,434	3,417	3,400	3,383	3,366	3,349
ESS자가소비 (비 피크시간)	kWh	1,936	1,897	1,859	1,822	1,786	1,750	1,715	1,681
ESS자가소비 (피크시간)	kWh	1,867	1,830	1,793	1,757	1,722	1,688	1,654	1,621
전력망판매	kWh	6,341	6,309	6,278	6,247	6,215	6,184	6,153	6,123
충방전손실	kWh	536	590	643	695	745	794	842	888
소매요금	\$/kWh	0.36	0.37	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.41
피크시간요금	\$/kWh	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49
외부판매요금	\$/kWh	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
초기투자비	\$	(37,203)							
전기요금절감	\$		3,261	3,283	3,307	3,331	3,355	3,380	3,405
투자세액공제	\$		11,161						
현금흐름	\$	(37,203)	14,421	3,283	3,307	3,331	3,355	3,380	3,405
누적현금흐름	\$	(37,203)	(22,781)	(19,498)	(16,191)	(12,860)	(9,505)	(6,126)	(2,721)

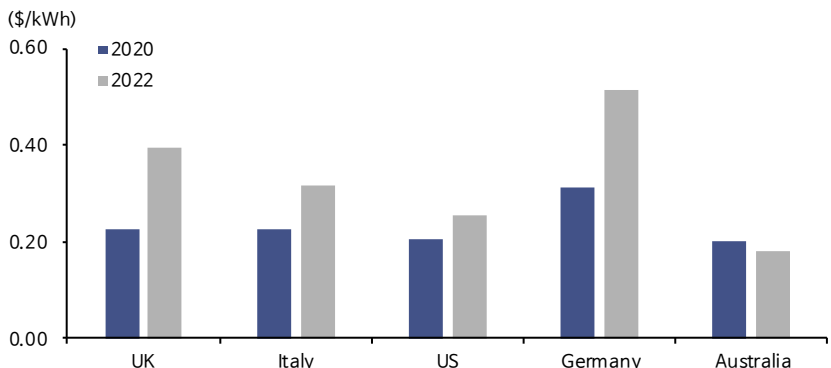
자료: 신한투자증권

유럽 에너지 위기,  
소매 전기요금 급등

## 세계적인 전기요금 인상, 주택용 태양광 및 ESS 경제성 상승

2021년 2분기부터 우크라이나 사태로 인한 에너지 위기로 전 세계 에너지 가격은 크게 상승했다. 미국 뿐 아니라 유럽을 포함한 주요 국가에서 소비자 물가 지수 중 주택용(Residential) 에너지 가격 지수는 30~40% 이상 상승했다. 특히 독일, 영국 등 유럽 국가의 전기요금은 더 큰 폭으로 상승했다.

### 주요 국가 소매 전기요금 인상 수준



자료: S&P, 신한투자증권

전력가격이 상승함에 따라 주택에 지붕 위(Roof-top) 태양광 시스템을 설치하거나 주택용 ESS 시스템을 설치해서 얻을 수 있는 절감액은 더 커졌다. S&P에서 일반적인 주택용 태양광에 대해 시뮬레이션한 결과에 의하면, 태양광 시스템 설치를 통해서는 약 20~40%, 태양광에 ESS까지 추가 설치를 통해서는 40~70%까지의 전기요금 절감이 가능한 것으로 나타났다. 전력요금이 상승하면 절감율 자체에는 변화가 없더라도 절감 금액 자체는 더 커진다. 이는 주택용 태양광과 ESS 시스템의 경제성 향상으로 이어진다.

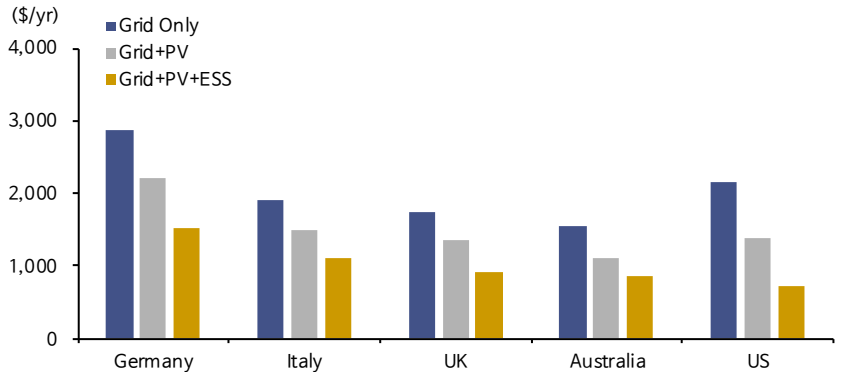
전력요금 상승으로  
주택용 태양광 및 ESS  
설치에 대한 회수기간  
30% 이상 감소

전력요금 절감 가능 금액이 커지면서, 투자 회수기간(Payback Period)도 짧아졌다. 2020년 기준 주택용 태양광과 ESS를 동시에 설치한 경우 보조금을 고려하지 않았을 때 회수기간은 13년~20년 수준으로 경제성이 없었다. 그러나 2022년의 전력요금 절감액을 기준으로 시뮬레이션 한 결과 투자 회수기간은 30% 이상 줄어든 것으로 나타났다.

지역별로 보면 유럽에서도 전력가격이 최고 수준인 독일의 경우 투자 회수기간이 10년 이내로도 들어올 수 있는 것으로 나타났다. 영국, 이탈리아의 경우에는 투자 회수기간이 14년 정도로 전망되었는데, 보조금 수준에 따라 경제성이 있을 수 있는 영역이다.

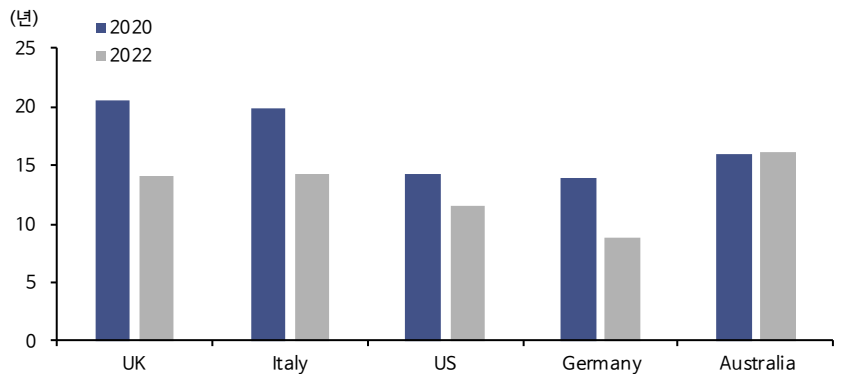
향후, 전기차와 히트 펌프(Heat Pump) 등이 사용에 따라 가구당 전력사용량은 지속적으로 늘어날 전망이다. 가정에서 부담해야 하는 전기요금이 늘어난다면 전기요금을 절약할 수 있는 솔루션에 대한 관심이 늘어날 수 밖에 없고, 가구당 설치하는 태양광과 ESS 시스템의 규모도 동반 증가할 가능성이 있다.

## PV와 ESS 설치에 따른 전기요금 절감 수준



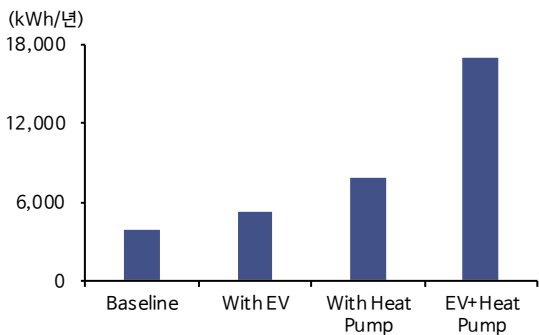
자료: S&amp;P, 신한투자증권

## PV+ESS 시스템의 Payback Period 변화 시뮬레이션 결과



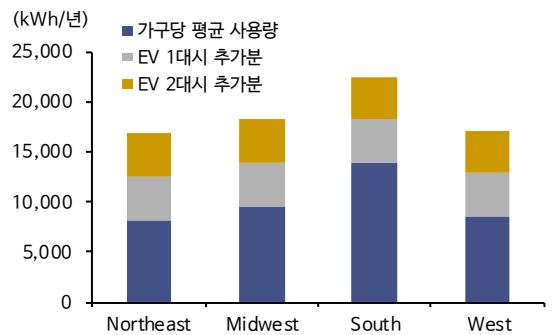
자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 전기차 및 히트펌프 사용에 따른 전력사용 증가



자료: S&amp;P, 신한투자증권

## 전기차 사용에 따른 전력사용 증가 (미국)



자료: EIA, 신한투자증권



## VIII. 주택용 ESS의 성장 - 주요업체 및 국가별 현황

앞서 주택용 ESS의 용도와 경제성에 대해 확인했다. 본 장에서는 글로벌 주택용 ESS 시장의 경쟁구도와 지역별 현황에 대해 알아본다. 미국과 유럽 주요 국가에서 ESS 시장은 급속히 성장 중이며, 이에 대응하여 전기차, 인버터 제조사, 배터리 제조사 등이 주택용 ESS 시장에 진출했다. 이 회사들 중 일부는 향후 VPP 사업까지 염두에 두고 사업을 확장 중이다.

### 경쟁현황: 전기차/인버터/배터리 제조사 등 진출

주택용 ESS 주요 제조사,  
전기차 회사,  
배터리제조사,  
태양광 인버터 제조사 등

주택용 ESS의 수요가 증가하면서 주택용 ESS를 공급하는 제조사도 늘어났다. 주택용 ESS 시장은 주로 전기차(EV)회사, 배터리 제조사 또는 태양광 인버터 제조사들이 중심이 되어 형성되어 있다.

일부 전기차 회사는 전기차를 기반으로 에너지 사업까지 확장하려는 시도의 일환으로 주택용 ESS를 공급한다. Tesla는 이러한 시도를 하고 있는 대표적인 회사로서 대표 제품인 Powerwall 중심으로 시장을 공략하고 있다. Tesla는 주택용 ESS 뿐만 아니라, 주택용 지붕위(Roof-top) 태양광, VPP 등 재생에너지 전반에 걸쳐 사업을 진행하고 있다. 중국의 BYD 역시 전기차 및 배터리 제조 역량을 바탕으로 주택용 ESS 시장을 공략하고 있다.

태양광 인버터 회사 중 상당수는 주택용 ESS 시장에 진출해 있다. 주택용 ESS가 주로 지붕 위(Roof-top) 태양광과 동시에 설치되는 것을 감안할 때 태양광 인버터 회사들에게 주택용 ESS는 인접 영역일 수밖에 없다. 이 회사들은 주택용 태양광 전력시스템 제조에 강점을 가진 회사들로서 전력변환이라는 인버터 업체의 핵심기술을 주택용 ESS에 동일하게 사용한다. 특히 ESS 설치와 인버터 설치가 같이 이루어질 수 있다는 측면에서 이 업체들에게 주택용 ESS는 사업 확장 뿐 아니라 기존 사업 영역을 수성하는 관점에서도 포기할 수 없는 영역이다. Enphase, SolarEdge, Growatt, Huawei 등이 대표적인 기업이다.

배터리 제조사들의 경우에는 배터리 기술을 중심으로 밸류 체인을 확대하려는 시도의 일환으로 주택용 ESS 시장에도 진출해 있다. LG에너지솔루션 등이 이에 해당한다.

앞서 기술한 회사 외에 ESS만 전문적으로 생산하는 회사, 태양광 모듈 회사 등도 주택용 ESS에 관심을 보이고 있다. 중국의 Pylontech은 ESS 전문 회사로서 주택용 ESS를 공급한다. 한화솔루션 역시 기존 태양광 사업을 바탕으로 미래 VPP 사업까지 염두에 두고 주택용 ESS 제조 사업을 하고 있다. 아직 성과는 미진하나 초기단계로서 향후 성과를 기대한다.

## 주택용 ESS 주요 제조사

유형	내용	주요회사
전기차(EV) 제조사	· 전기차 제조사의 친환경 에너지 사업으로의 확장 · 재생에너지, 주택 에너지관리, 전기차 충전 등	· Tesla · BYD
PCS/Inverter 제조사	· 기 보유 핵심역량인 전력변환기술 바탕으로 사업영역 확장 · 기존 사업영역 수성 위해서도 ESS사업 진출 필요	· SolarEdge · Enphase · Growatt · Huawei
배터리 제조사	· 배터리 제조역량을 바탕으로 Downstream 진출 · 수요처 확보 및 사업영역 확장	· LG에너지솔루션
기타	· ESS 제조 중심 회사 · 인접영역 (예- 태양광 모듈)에서 확장	· Pylontech · 한화솔루션

자료: 신한투자증권

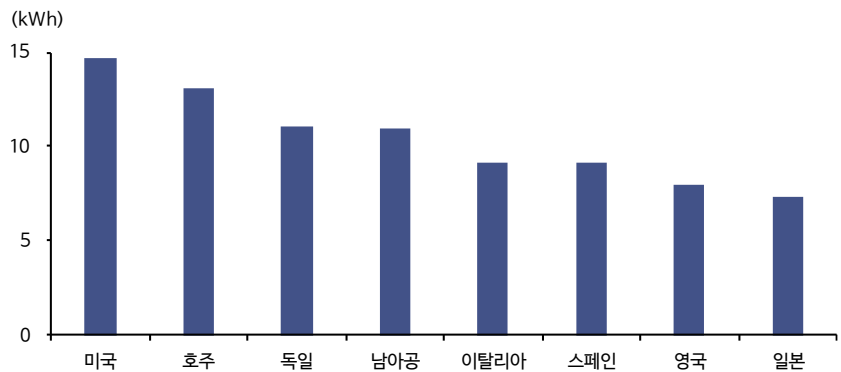
## ESS 가구당 설치용량은 8~15kWh, 향후 상승도 가능

주택용 ESS 평균용량  
8~15kWh

국가별로 가구당 설치되는 ESS 배터리 용량은 차이를 보였다. 미국이나 호주 등의 경우에는 다른 국가보다 더 큰 용량의 배터리가 설치되는 경향을 보였다. 미국과 호주의 경우 유럽 등 다른 지역 국가들보다 집의 크기가 더 큰 경우가 많고 전력 사용량도 더 많은 경우가 많아 이 같은 경향을 나타낸 것으로 보인다. 반면 상대적으로 주택의 규모가 작은 유럽에서는 8kWh에서 10kWh 사이 용량의 ESS가 주로 설치됐다.

가구당 ESS 설치 용량은 향후 가정의 전력화(Electrification)에 따라 전력사용량이 증가할 전망임에 따라 동반하여 증가할 가능성이 높다. 전기차, 히트 펌프(Heat Pump) 등의 채용을 통한 전력화(Electrification) 추세는 이를 가속화하는 요인이다.

## 국가별 주택용 ESS 당 평균 배터리 용량



자료: S&amp;P, 신한투자증권

## Pylontech, Tesla, BYD 등 점유율 상위

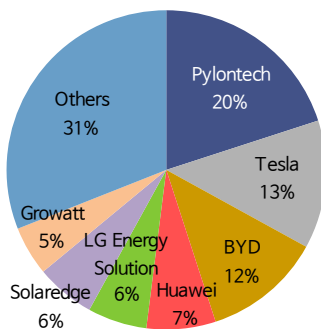
### Pylontech, Tesla 등 점유율 상위

주택용 ESS는 업체별로 다양한 용량과 형태의 제품을 출시하고 있다. 설치되는 제품을 살펴보면 주로 인버터 용량은 5kW 수준이 다수를 차지하며 배터리 용량은 5kWh 수준부터 30kWh 이상까지 볼 수 있다. 배터리 용량의 경우 아래 사진처럼 추가 확장이 가능한 배터리팩을 옆에 병렬로 부착하거나 쌓는 방식으로 고객의 필요에 맞추어 용량 조절이 가능한 제품이 많다.

글로벌 시장점유율을 살펴보면 중국 회사들이 높은 순위를 다수 차지하고 있다. 2022년 1분기부터 3분기까지의 데이터를 기준으로 살펴보면, Pylontech이 20%로 선두를 달리고 있는 가운데 Tesla 13%, BYD 12%, Huawei 7%, LG에너지솔루션 6% 등을 기록중이다.

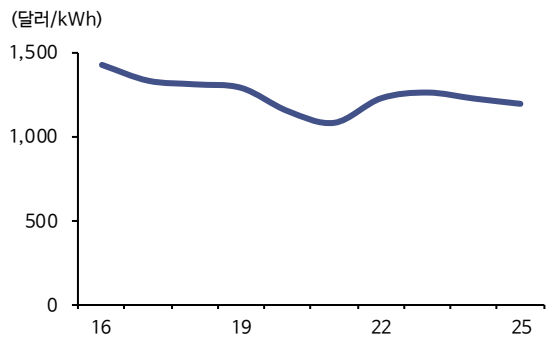
주택용 ESS 가격은 2021년 미국 기준으로 kWh당 1,100달러를 하회했으나, 최근 인플레이션 등으로 인해 1,200달러를 상회하고 있다. 그러나 인플레이션이 안정되면 향후 가격은 지속적으로 하락할 것으로 전망한다.

글로벌 주택용 ESS 업체별 시장점유율



자료: S&P, 신한투자증권 / 주: 2022 1Q~3Q 기준

미국 주택용 ESS Benchmark 가격 추이 및 전망



자료: S&P, 신한투자증권

주택용 ESS 제품 사례 (1)



자료: 각 사 홈페이지, 신한투자증권

주택용 ESS 제품 사례 (2)



자료: 각 사 홈페이지, 신한투자증권

## 지역별 주택용 ESS 시장: 미국

미국, 2020년 이후  
주택용 ESS설치 급증,  
향후 완만한 성장 기대

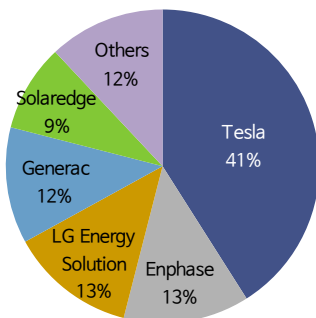
미국에서는 2020년부터 주택용 ESS 설치가 급증하기 시작했다. 2021년과 2022년을 지나오며 급속히 성장한 주택용 ESS 시장은 2023년에는 성장세가 다소 둔화될 것으로 전망되나 이후에 다시 꾸준한 성장세가 예상된다. 2022년에서 2030년 기간동안 미국에서 설치될 것으로 예상되는 주택용 ESS 물량은 총 49GWh에 달한다. 이는 환산하면 약 330만 가구에 설치되는 물량에 해당한다. 전체 가구 중 ESS 설치비율이 0.3%밖에 되지 않는 만큼, 앞으로의 성장 가능성도 높다.

미국 주택용 ESS의 성장 동인은 역시 인플레이션 억제법안(IRA)이다. IRA로 인해 단독형 ESS로까지 ITC 범위가 확대되었고, 2032년까지 30%에 해당하는 세액 공제가 가능해졌다. 주별로 부여되는 별도의 인센티브도 존재한다. 예를 들어 캘리포니아 주에는 자가발전 인센티브(SGIP, Self-Generation Incentive Program)가 존재하는데, ESS 설치시 이를 통해 kWh당 150달러에서 많게는 1,000달러까지의 보조금이 지급된다. 산불, 허리케인, 겨울폭풍 등 자연재해로 인한 전력망 안정성 이슈와 이로 인해 소비자들의 우려 역시 주택용 ESS 시장을 견인하는 동인이다.

주요업체:  
Tesla, Enphase, LG

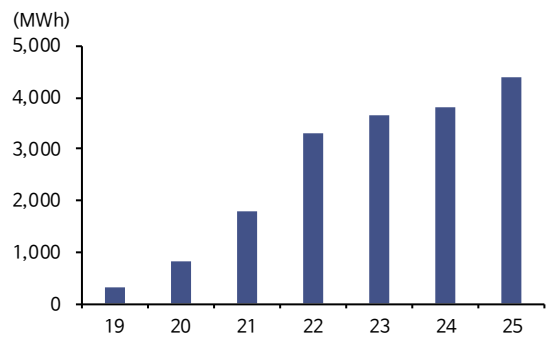
업체별 시장 점유율을 살펴보면 테슬라가 41%로 압도적인 점유율을 유지하고 있는 가운데, Enphase, LG에너지솔루션 등이 그 뒤를 잇고 있다. 주택용 ESS는 유틸리티급 ESS와는 다르게 소비자들에게 가전제품으로 인식되는 경향도 있으며, 브랜드 역시 구매의 중요 고려 요소로 작용한다.

미국 주택용 ESS 업체별 시장점유율



자료: S&P, 신한투자증권 / 주: 2022 1Q~3Q 기준

미국 주택용 ESS 신규 설치량 (실적 및 전망)



자료: S&P, 신한투자증권

미국 주택용 PV / ESS 시장 주요 통계 (2022)

항목	내용
가구 중 ESS 설치 비율 (%)	0.3
가구 중 태양광 설치 비율 (%)	3.4
가구당 평균 태양광 시스템 규모 (kW)	5
가구당 평균 ESS 시스템 규모 (kWh)	14.8
평균 전력가격 (\$/kWh)	0.16

자료: S&P, 신한투자증권

## 지역별 ESS 시장: 독일

22년까지 주택용  
ESS 설치 급증,  
향후 완만한 성장 기대

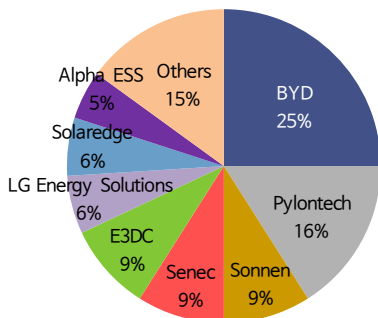
독일 역시 2021년과 2022년 주택용 ESS 설치가 급증했다. 전력가격의 급등 현상이 당분간 진정세를 보일 것으로 전망됨에 따라 주택용 ESS 수요는 중기적으로는 완만한 성장을 보일 것으로 예상된다. 다만 2025년 이후에는 기존 태양광 시스템 보유 고객들의 ESS 구매 수요가 증가할 것으로 예상되어 다시한번 성장 추세로의 전환이 예상된다. 2022년에서 2030년 사이에 예상되는 주택용 ESS 설치량은 총 32GWh로서 이는 약 290만 가구에 설치가 가능한 양이다.

독일 주택용 ESS의 설치 동인은 높은 전력 소매가격과 보조금이다. 전력 소매가격의 경우 kWh당 46센트 수준으로 미국 및 다른 유럽국가 대비해서도 높게 형성되어 있다. ESS에 설치에 대한 보조금은 지역별로 다르다. kWh당 300유로의 보조금을 지급하는 지역도 있고, ESS 가격의 최대 40%까지 보조금을 지급하는 지역도 있다. 한 예로 바바리아 지역에서는 3kWh의 ESS에 대해 500유로의 보조금을 지급하고 kWh당 100유로씩 추가 보조금이 지급된다.

주요업체:  
BYD, Pylontech, Sonnen

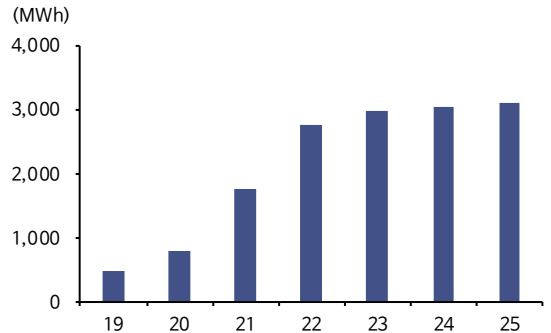
업체별 점유율은 BYD가 25%로 가장 높은 점유율을 기록하고 있으며, Pylontech이 16%, Sonnen이 9%의 점유율을 보이고 있다. LG Energy Solution도 6%의 점유율을 기록하고 있다.

독일 주택용 ESS 업체별 시장점유율



자료: S&P, 신한투자증권 / 주: 2022 1Q~3Q 기준

독일 주택용 ESS 신규 설치량 (실적 및 전망)



자료: S&P, 신한투자증권

독일 주택용 PV / ESS 시장 주요 통계 (2022)

항목	내용
가구 중 ESS 설치 비율 (%)	1.5
가구 중 태양광 설치 비율 (%)	2.8
가구당 평균 태양광 시스템 규모 (kW)	7
가구당 평균 ESS 시스템 규모 (kWh)	11
평균 전력가격 (\$/kWh)	0.46

자료: S&P, 신한투자증권

## 지역별 ESS 시장: 영국

소매전력가격 상승으로  
22년 주택용 ESS 시장  
급성장

영국 역시 2020년 이후 전력가격이 급등하며 주택용 ESS 설치가 급증했다. 특히 2022년의 ESS 설치량은 전년 대비 약 3배에 달했는데, 소매 전력가격의 급등이 소비자들에게 매우 강력한 시그널로 작용한 것으로 풀이된다. 영국 시장에서 2022년부터 2030년 기간동안 설치가 예상되는 물량은 약 5.8GWh로서, 이는 약 72만 가구에 설치될 수 있는 규모이다.

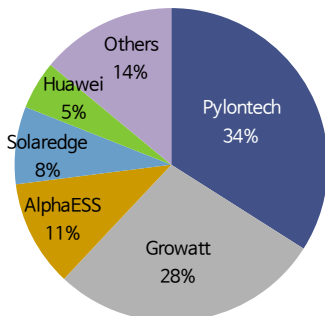
향후 주택용 ESS 설치  
다소 둔화될 것

향후 3년간 영국에서 ESS 설치 증가세는 다소 완화될 것으로 보인다. 소매 전력가격이 안정세를 보이고 있고, 최근 2년간 ESS 설치량이 워낙 빠르게 증가한 기저 효과의 영향이다. 다만, 영국에서도 스마트미터와 시간대별 요금제(ToU, Time-of-Use)의 확산 등으로 인해 26년 이후의 주택용 ESS 시장은 다시 성장할 것으로 전망된다.

주요업체:  
Pylontech, Growatt,  
AlphaESS

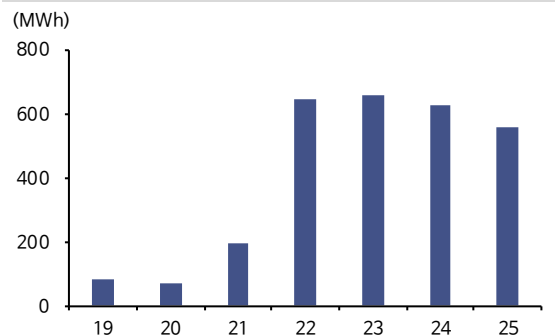
영국 주택용 ESS 시장의 업체별 점유율을 살펴보면 Pylontech이 34%의 점유율로 1위를 기록하고 있다. 그 뒤를 Growatt가 28%의 점유율로 뒤쫓고 있으며, AlphaESS가 11%의 점유율로 3위를 기록하고 있다. 유럽시장에서는 대체로 중국계 회사들이 가정용 ESS 시장에서 강세를 보이는 추세다.

영국 주택용 ESS 업체별 시장점유율



자료: S&P, 신한투자증권 / 주: 2022 1Q~3Q 기준

영국 주택용 ESS 신규 설치량 (실적 및 전망)



자료: S&P, 신한투자증권

영국 주택용 PV / ESS 시장 주요 통계 (2022)

항목	내용
가구 중 ESS 설치 비율 (%)	0.5
가구 중 태양광 설치 비율 (%)	3.5
가구당 평균 태양광 시스템 규모 (kW)	3.25
가구당 평균 ESS 시스템 규모 (kWh)	8
평균 전력가격 (\$/kWh)	0.33

자료: S&P, 신한투자증권

## IX. 전기차와 V2G에 의한 에너지산업의 지형변화

전기차를 이용해 전력시장에 참여하는 V2G (Vehicle to Grid)는 전기차의 총 소유비용(TCO, Total Cost of Ownership)를 절감할 수 있는 요소로 관심을 끌고 있다. 그러나 전기차와 V2G의 잠재력은 이에 그치지 않는다. 전기차의 대용량 배터리를 이용한 장주기 에너지저장장치(Long Duration Energy Storage System)로서의 활용, 전기차 충전기 및 주택용 태양광 시스템(Residential Solar & ESS) 사업과의 연계, 그리고 이러한 시스템 구축을 위해 금융을 제공하는 리스 및 대출 사업까지 다양한 영역과 연계가 가능하다. 테슬라와 같은 전기차 회사가 자동차 회사가 아닌 에너지회사로 포지셔닝하는 이유다.

### 전기차의 배터리 활용, V2X

전기차에 저장된 전력의  
다양한 용도에 활용하는  
V2X 기술 개발

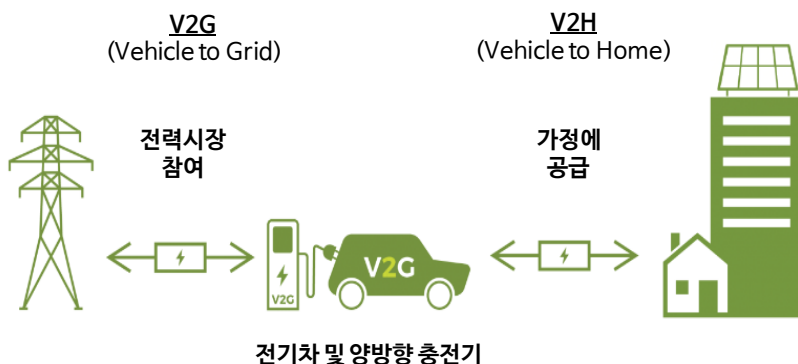
전기차에는 대용량의 배터리가 장착된다. 이 배터리에 저장된 전력을 주행 뿐 아니라 다른곳에 사용하려는 시도는 통칭하여 V2X로 불린다. V2X는 자동차에 저장된 전력을 양방향 충전기(Bi-Directional Charger)를 통해 외부에서 활용이 가능하게 하는 기술이다.

V2X는 기초적으로는 V2L(Vehicle to Load)과 같이 일반 전자기기 등에 사용하는 것부터 시작해, 가정에 전력을 공급하는 V2H(Vehicle to Home), 전력망으로 전력을 역송하는 V2G(Vehicle to Grid)까지 확대된다.

가정에 전력 공급(V2H)  
전력시장에 전력을  
공급하여 수익창출(V2G) 등

V2L이 차량의 전력을 전자기기에 활용할 수 있는 형태로 바뀌주는 기능만이 필요하다면 V2H에서는 차량 뿐 아니라 차량의 전력을 받아 주택 전체로 보낼 수 있는 주택용 전력 관리 시스템(HEMS, Home Energy Management System)이 필요하다. V2G에서는 차량의 전력을 전력망으로 역송하기 위해 전력망 운영자와 사전에 계약을 체결하고 시장의 신호에 따라 전력을 역송할 수 있도록 관리하는 VPP 시스템이 필요하다.

#### V2X의 예시, V2G와 V2H



자료: Nuve, 신한투자증권

전기차에 저장된 전력을 전력망에 역송하는 V2G에 대한 관심이 높아지는 것은 차량의 대용량 배터리와 상대적으로 긴 유희시간 즉 주차시간 때문이다. 대용량 배터리는 장주기 에너지저장장치로서의 활용 가능성 측면에서, 긴 주차시간은 이용되고 있지 않은 자원을 전력시장에 최적화하여 타 용량자원 대비 낮은 비용으로 활용이 가능할 것이라는 비용적 측면에서의 기대를 안겨준다.

## V2G의 잠재력, 장주기 에너지저장장치로도 활용이 가능

전기차의 대용량 배터리,  
장주기 에너지저장장치로  
활용 가능

현재 캘리포니아에서 용량요금을 수령하고 있는 유틸리티급 ESS는 4시간 방전 가능한 용량을 기본으로 설치되고 있으나, 장주기 ESS에 대한 필요성은 지속적으로 높아지고 있는 상황이다. 일반적인 주택용 ESS의 용량은 10~13.5kWh 수준으로 이를 활용한 VPP를 가정할 때 전력망에 전력공급이 가능한 시간은 2시간 남짓이다.

S&P의 분석에 따르면 2020년 기준 전기차의 평균 배터리 용량은 56kWh다. 전기차의 배터리 대형화에 따라 2030년에는 평균 배터리 용량이 75kWh까지 증가할 것으로 전망된다. 미국에서 선호도가 높은 픽업트럭은 더 큰 배터리가 장착된다. 포드의 픽업트럭인 F-150 Lighting의 경우 전기차 한대당 배터리 용량은 100kWh 수준이며, 다른 자동차 회사들의 경우 픽업트럭에 200kWh급의 배터리를 장착할 계획도 나오고 있다. 한편 일반적인 완속충전기 평균 용량은 7kW이며 완속 충전기 용량에 큰 변화가 발생할 것으로 전망되지는 않는다.

전기차의 배터리를 충전기를 통해 100% 전력망으로 역송한다고 가정할 경우 50~75kWh급 배터리를 장착한 전기차로 전력망에 전력공급이 가능한 시간은 7~10시간에 달한다. 전기차를 이용한 V2G가 전력망에서 꼭 필요한 장주기 에너지저장장치(Long Duration Energy Storage System)로서 활용이 가능한 셈이다. 배터리의 일정 용량을 주행을 위해 남겨두는 것을 감안해도 여전히 ESS로서의 활용 가능성은 높다.

### 전기차, Long Duration ESS로의 활용가능성

$$50\sim75\text{kWh} \div 7\text{ kW} = 7\sim10\text{ Hours}$$

평균 EV 배터리 용량

EV 충전기 용량

Energy Storage Duration

자료: 신한투자증권

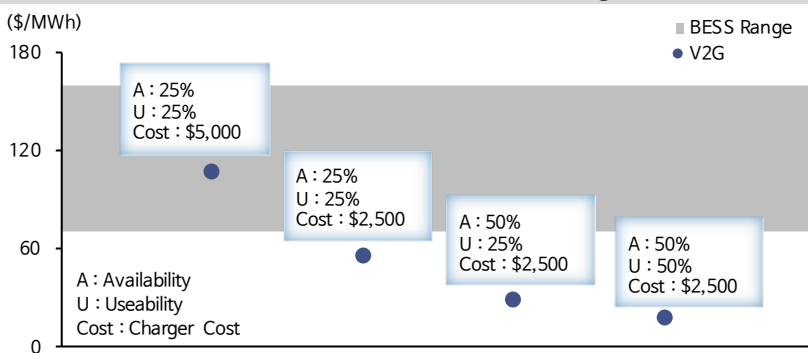


### 유틸리티급 ESS 대비 저렴한 LCOS 기대

## V2G의 잠재력, 상대적으로 낮은 LCOS

비용측면에서도 V2G는 ESS 대비 우월할 것으로 추정된다. 차량이 주차되어 있는 동안에, 제한된 용량만의 배터리를 사용하기 때문에 배터리에 대한 투자가 필요 없고 양방향 충전기 등의 비용만 고려하면 되기 때문이다. 차량이 주차장에서 V2G에 참여하는 시간(Availability로 표현)과 차량의 배터리 중 V2G에 사용할 수 있는 용량(Useability로 표현)에 따라 V2G의 원가는 달라지겠지만, 대부분의 경우에서 V2G의 원가는 ESS의 원가 대비 낮을 것으로 기대됐다. 다만 차량의 배터리 열화 등을 비용으로 반영시 V2G의 원가는 아래 분석보다 상승할 수 있다.

### 배터리 ESS와 V2G의 LOCS (Levelized Cost of Storage) 비교



자료: S&P, 신한투자증권

### 초기에는 운행시간 예측과 프로그램 설계가 용이한 상업용 차량 중심 전개 전망

## 상업용 차량에서 시작, 잠재력 높은 자가용 시장으로 확산 전망

Nuvve 등 주요 V2G 회사에서는 상업용 차량을 1차적인 상업화 대상으로 삼고 파일럿을 진행하고 있다. 버스 등 상업용 차량은 대부분 운행 스케줄이 일정하고, 소유자도 학교, 버스회사 등 단일 소유자로 구성된 경우가 많다. 배터리 용량도 승용차 대비 상대적으로 대규모다. V2G 사업자 입장에서는 사업 관련 내용에 대한 협의, 차량 및 V2G 운영 등 다양한 측면에서 진행이 용이하다.

### 향후 주차시간이 길어 활용가능성이 높은 자가용 차량으로 확산 기대

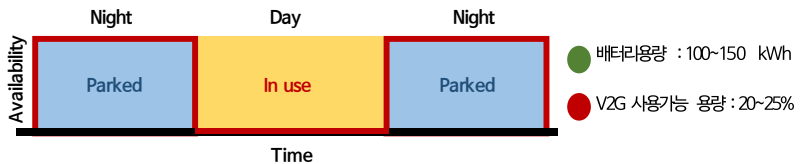
그러나 상업용 차량은 주행시간이 길고, 특히 사람들의 경제활동이 활발한 낮시간과 저녁 시간에 주행이 계속되는 경우가 많다. V2G가 차량이 이용되지 않는 시간에 이루어지는 것을 살펴볼 때 상대적으로 V2G에 이용할 수 있는 시간이 적고, 전력망에 전력이 남는 낮시간대나, 전력이 모자라기 쉬운 저녁 시간대에 V2G에 참여하지 못할 가능성도 많다. 아침시간 전까지 운행을 위해 최대 충전이 완료되어야 하는 점을 감안하면 배터리 용량 중 V2G에 활용할 수 있는 부분도 제한적이다. 상업용 차량의 경우 V2G 사업 참여는 상대적으로 용이하나, 활용도는 상대적으로 제한적이라고 할 수 있다.

반면, 자가용 차량의 경우에는 상대적으로 운행시간이 짧다. 출퇴근 등 잠깐의 사용 시간을 제외하면 대부분의 시간에는 주차장에 주차되어 있는 경우가 많고 상대적으로 주행거리도 짧다. 이에 따라 V2G의 활용할 수 있는 시간도 많고 잠재력도 크다. 다만, 상업용 차량과는 달리 운행 패턴이 일정하지 않고 소유자도 다양하다. 개인 이용자의 경우에는 V2G에 참여하여 작은 수익을 얻기 위해 운행의 편의성을 포기하지는 않을 가능성이 높다. 따라서 V2G 사업자는 사용자 집단에 대한 데이터를 통계화하고, 적절한 보상을 설계하여 이에 대한 사용자들의 참여를 예측해야 한다. 자가용 차량을 대상으로 한 V2G는 상대적으로 활용 잠재력은 크나 사업화는 더 어렵다.

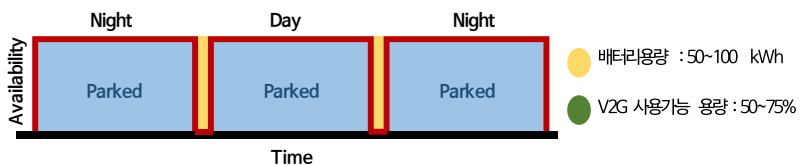
단기적으로는 상업용 차량을 중심으로 진행이 예상되나, 중장기적으로는 자가용 차량을 중심으로 V2G 사업이 진행될 것으로 예상된다. 차량 수 측면에서도 자가용 차량의 수가 훨씬 많은데다, 유휴 시간이 길고, 낮 시간대의 충전과 저녁 시간대의 방전 등 전력망 측면에서 활용도도 높다. 소비자에게 적절한 보상 시그널을 제시하고, 사용 데이터 기반으로 운영을 최적화하는 것은 VPP를 포함한 다른 분산전원 사업에도 당연히 해야하는 과정이다.

### V2G 상업용/자가용 차량 비교

#### 상업용 차량 (Fleet Vehicle)



#### 자가용 차량 (Private Vehicle)



자료: S&P, 신한투자증권

## V2G, 캘리포니아 기준 연 400~700달러 수익 가능 추정

현재의 VPP, 수요자원  
요금 기준시 V2G로  
연 400~700달러 수익 추정

V2G로 전력을 역송하기 위해서는 차량도 중요하지만 전력을 역송할 수 있는 충전기 또는 전력관리시스템의 전력 용량도 중요하다. 차량의 경우 내장되어 있는 충전기는 보통 11kW 수준의 용량이나 일반적인 완속 충전기나 주택용 태양광을 포함한 주택용 전력시스템의 용량은 5~7kW 수준으로 V2G로 전력망에 판매 가능한 용량은 5~7kW로 제한된다.

아직 제도적으로 정비되지는 않았으나 수요자원과 유사하게 용량요금과 에너지요금을 받는 경우와 미국의 테슬라 VPP와 같이 전력 부족시에 에너지요금만 받고 전력을 판매하는 경우로 나누어 시뮬레이션을 진행한다. 두 경우 모두 V2G에 참여해 전력을 실제 판매하는 것은 전력망에 전력이 부족할 경우로 한정하며, 전력부족 상황은 도매전력가격이 피크시간 소매전력가격인 kWh당 0.5달러를 상회할 경우로 정의해 보자. 캘리포니아 유틸리티인 PG&E 기준 2022년에 도매 전력가격이 kWh당 0.5달러를 상회한 것은 연간 32시간, 최대 연속 4시간이었다.

먼저 수요자원 성격의 VPP로서 용량요금과 에너지요금을 수령하는 경우를 생각해 보자. 용량요금은 캘리포니아 수요자원시장인 DRAM 가격 수준인 연간 kW당 68달러, V2G로 판매하는 전력에 대해서는 kWh당 1달러를 가정한다. 도매전력가격이 일반적으로 kWh당 0.1달러 이하로 형성되는 것을 감안하면 굉장히 높은 가격이다. 여기에 충전기 V2G 용량 7kW에 대해 용량요금과 32시간 동안의 전력 판매를 가정할 경우 차량 또는 충전기 당 연간 수익은 700달러다.

다음으로 테슬라의 VPP와 같이 용량요금 없이 전력시장에 전력이 부족할 경우 실제 판매하는 전력량에 대해 에너지요금만 수령하는 경우를 생각해 보자. 이 경우 용량요금이 없으므로 V2G로 판매하는 전력가격은 더 높게 형성되어야 한다. 현재 캘리포니아에서의 테슬라 VPP와 동일한 가격인 kWh당 2달러를 V2G 전력가격으로 가정한다. 충전기의 V2G 용량을 7kW로, 연간 32시간 동안 전력을 판매한 것으로 가정하면 차량 또는 충전기 당 연간 수익은 448달러다.

### V2G 운용시 차량~전력망 전력흐름



자료: 신한투자증권 / 주: [OBC] on board charger

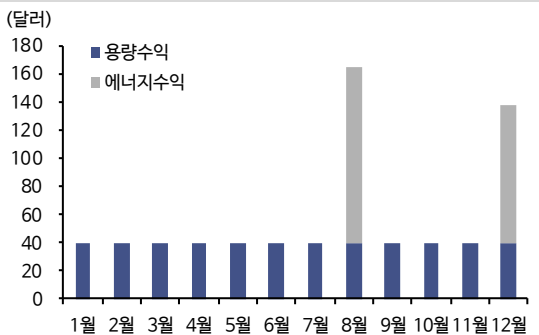
앞서 현 상황을 기준으로 매출 시뮬레이션을 진행하였으나, 향후 V2G 시장이 개화할때의 수익을 예단하는 것은 쉽지 않다. 차량 또는 충전기 당 V2G 수익은 전력망 안정성이 낮아질 경우 더욱 증가할 수 있고, 보조서비스 등 참여하는 전력시장의 확대에 따라서도 늘어날 수 있다. 그러나 V2G의 급격한 수익상승을 기대하기보다는 전기차 시장의 성장과 동반한 양적 성장에 주목하는 것이 바람직하다. 전력망 안정성을 확보하기 위한 방안은 유틸리티급 대형 발전자산, 유틸리티급 에너지저장장치(ESS), 수요자원, 주택용 태양광 및 ESS를 이용한 VPP 등으로 다양하며, 유틸리티는 이 중 경제적으로 합리적인 자원을 구매하여 사용하기 때문이다.

#### V2G 매출 시뮬레이션 주요 가정

	단위	Case 1: 용량요금+에너지요금	Case 2: 에너지요금
배터리용량	kWh	75	75
V2G 가용용량 비율	%	50	50
배터리 V2G 가용용량	kWh	37.5	37.5
충전기 V2G 용량	kW	7	7
V2G 참여시간	시간/년	32	32
V2G 용량요금	\$/kW-년	68	0
V2G 에너지요금	\$/kWh	1	2

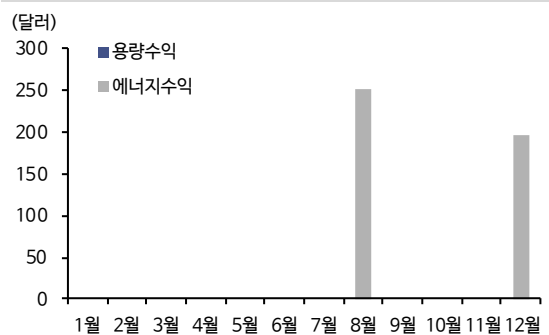
자료: 신한투자증권

#### 월간 V2G 수익 시뮬레이션 (Case 1)



자료: 신한투자증권

#### 월간 V2G 수익 시뮬레이션 (Case 2)



자료: 신한투자증권

## 전기차 구매는 전기요금 절감을 위한 솔루션 구매로 연계 가능

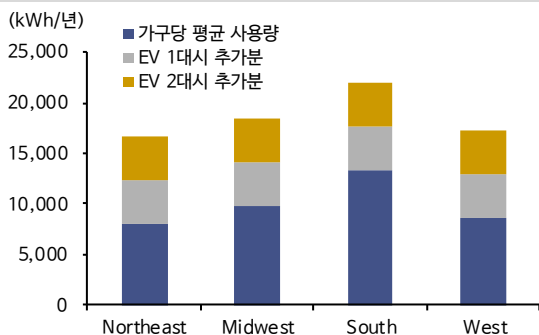
전기차 구매는 V2G 뿐만 아니라 전기요금 절약을 위한 주택용 태양광 구매로 연계 가능

해외에서 전기차를 구매하는 고객은 일반적으로 주택에 개인용 충전기를 설치하여 주택에서 주로 전기차를 충전하게 된다. 물론 전기차의 충전요금은 휘발유 가격 대비 저렴하다. 그러나 주택 전기사용량의 증가에 따라 고객이 부담하는 전기요금 자체는 상승하게 된다.

지역별 편차는 있으나 2020년 기준 미국 가구의 평균 전력사용량은 10,566kWh다. 전기차 1대 사용시의 연간 전력 충전량을 4,000kWh로 가정하면 전기차 구매시 가구당 전력사용량은 약 38% 증가한다. 이에 따라 고객의 전력요금에 대한 민감도도 상승한다.

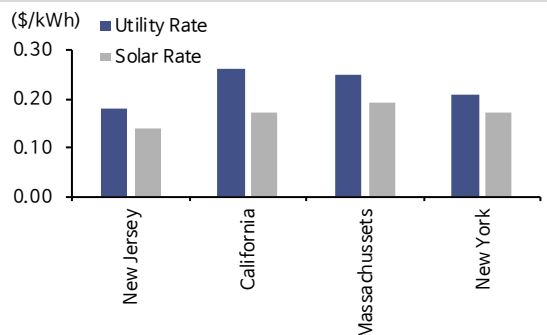
V2G 수익은 고객에게는 전기차의 총 소유비용(TCO, Total Cost of Ownership)을 절감시키는 요인으로 작용할 수 있다. 전기차의 연간 충전량 4,000kWh 가정에서, 전력요금을 kWh당 0.4달러로 가정하면 연간 전기차 충전에 소요되는 비용은 약 1,600달러다. 연간 400~700달러의 V2G 수익은 연간 충전비의 25~44%에 해당한다. 차량 구매비용 대비는 적은 금액일 수 있으나, 유지비 측면에서는 적지 않은 비중이다.

가구당 평균 전력 사용량 및 전기차에 따른 증가분



자료: EIA, 신한투자증권

주택용 태양광 설치를 통한 전기요금 절감 예시



자료: Sunrun, 신한투자증권

## 전기차 구매에 따른 전기요금 증가와 이에 따른 V2G 및 에너지산업과의 연결



자료: 신한투자증권

전기요금에 민감한 고객들은 주택용 태양광과 ESS 등의 구매도 고려할 수 있다. 주별로 다르나 미국의 도매전력요금은 kWh당 0.02~0.1달러 수준인 반면 소매 전력요금은 kWh당 0.1~0.5달러 수준이다. 송배전 등 여러 비용이 포함되기 때문이다. 주택용 태양광 시스템 회사인 Sunrun은 주택용 태양광 설치시 기존 유틸리티 전력가격 대비 20% 수준의 전력요금 절감이 가능함을 주장한다.

앞서 보았듯이 전기차를 구매한 고객은 전기요금에 대한 민감도가 높아지고, 전기요금을 절약하려는 니즈가 높아질수 있다. 이렇게 V2G와 주택용 태양광 등은 전기차와 구분되는 개별 사업이나, 전기차 구매고객이라는 동일한 소비자의 필요에 의해 연결될 수 있다.

전기차 구매고객의 필요라는 공통분모에 기반할 경우 상대적으로 쉽게 교차판매(Cross Sales)가 가능하며 이는 개별사업으로 연결시에도 고객획득비용(CAC, Customer Acquisition Cost) 절감이라는 시너지 창출이 가능하다. 고객획득비용은 주택용 태양광 업체의 비용 중 큰 부분을 차지하는 중요 요소다.

#### Ford는 주택용 태양광 업체인 Sunrun과 협업

한 예로 Ford와 Sunrun의 협력사례를 들 수 있다. F-150 Lightning 구매고객에게 Sunrun은 Ford를 대신하여 주택에 충전기를 설치하는 대신, 전력요금 절약을 위한 주택용 태양광 및 ESS 솔루션에 대한 마케팅을 진행할 수 있다. Ford는 전기차 충전기를 설치할 수 있는 설치업체(Installer)를 얻고, Sunrun은 자사의 솔루션을 홍보할 수 있는 마케팅 기회를 얻는다.

#### Ford와 제휴하고 있는 Sunrun의 충전 및 주택용 태양광 솔루션



자료: Sunrun, 신한투자증권

## V2G와 VPP간의 주도권 싸움

### 향후 VPP 업체와 V2G 전문업체간 주도권 경쟁도 예상

V2G는 VPP의 한가지 분류로 인식될 수 있다. VPP 전문 사업자들은 V2G를 VPP의 하위 분류로 인지하고, VPP에서 통합해야하는 다양한 분산 자원 중 하나로 생각한다. 그러나 전기차의 전력시장 활용 가능성에 주목해 V2G 자산만을 전문적으로 모아 활용하려고 하는 V2G 전문 회사들도 존재한다.

Nuvve와 같은 V2G 전문 회사들은 운행형태와 충방전 패턴 예측이 용이한 학교 버스 등과 같은 상업용 편대 자산을 대상으로 파일럿 테스트를 진행하며 관련 솔루션을 개발하고 있다. 이 회사들은 유틸리티 회사, 자동차 OEM, 전기차 충전사업자들과의 협업을 통해 V2G만의 별도 생태계를 구축하려 하고 있다.

반면 기존 VPP 사업자, 특히 주택용 및 상업용 ESS를 중심으로 자산을 확보하고 있는 사업자들은 V2G를 VPP의 하위분류로 간주한다. 이 사업자들은 기존의 VPP자산과 네트워크를 바탕으로 V2G를 자산 포트폴리오에 추가하는 전략을 활용한다. V2G 사업이 본격화에 앞서 양 진영간의 주도권 싸움은 이미 시작됐다.

### School Bus Fleet을 위한 V2G 솔루션



자료: NUVVE, 신한투자증권

### V2G 사업자와 VPP 사업자의 비교

	V2G 사업자 (V2G focused Aggregator)	VPP 사업자 (주로 Stationary ESS Aggregator)
대상자산	· EV로 한정 (승용차, 버스 등)	· 다양한 분산발전 자원 포괄 (ESS, 수요자원, V2G 등) · 자산의 상당수는 주택용, 상업용 ESS
V2G의 전략적 목적	· V2G 시장 창출 · Fleet Electrification 가속화	· V2G를 통해 VPP 자산 포트폴리오 확대 및 다양화
경쟁현황	· 이해관계자간 협업 강화를 통한 생태계 구축 - Aggregator, 자동차 OEM, 유틸리티, 충전사업자 등	· 기존 파트너십을 활용하여 V2G 시장 확대 추구

자료: S&P, 신한투자증권



## 자동차 OEM의 참전, V2G와 에너지사업까지 Offering 확대

전기차 제조사들도  
V2G 및 주택용태양광 등  
에너지사업에 관심

연관산업으로서 자동차 회사들의 V2G와 에너지솔루션에 대한 관심도 높아지는 추세다. 일부 자동차 회사들은 외부 파트너십을 통해서도 V2G나 주택용 태양광 등 에너지 솔루션을 제공하고 있으나, V2G와 에너지 솔루션 사업을 내재화하려는 노력을 하는 경우도 있다. 이는 사업영역 확장을 통해 고객과의 중장기적인 관계를 확보하고 다양한 상품 구성 및 고객 제안을 할 수 있기 때문이다.

총소유비용(TCO)  
절감차원의 V2G는  
한가지 관점

자동차 회사가 전기차 제조 및 판매만을 진행하는 경우 V2G 등은 외부 파트너를 통해서 진행하게 된다. 이 경우 고객은 V2G 수익을 공유하여 총 소유비용(TCO) 절감이라는 효과를 누릴 수 있지만 전기차 제조사는 이에 관여할 수 있는 사향이 적고, 판매 이후 고객과의 지속적인 관계를 형성하기도 어렵다.

고객과의 지속적 관계  
형성을 위해서도 V2G 및  
에너지솔루션에 관심

반면, 전기차 제조사가 V2G서비스까지 제공할 경우에는 V2G 수익을 반영하여 리스 상품을 설계한다던가, 차량 구입시의 가격할인에 반영하는 등 차량가격 관련 부분과 V2G 부분을 연계한 고객제안이 가능하다. 다만, 아직 V2G 자체가 초기단계이며 현재 상황에서는 V2G를 통해 일어나는 매출도 차량 가격 대비해서는 낮다. 그럼에도 불구하고, 이를 통해 자동차 회사가 고객과의 지속적 관계 형성을 유지할 수 있다는 점은 매력적일 수 있다.

주택용태양광으로 확대시  
시장확대, 통합금융제공,  
다양한 상품구성 및  
인센티브 설계 가능

주택용 태양광 또는 전력소매사업 등 홈 에너지 솔루션 사업까지 결합하여 진행하는 경우에는 더 다양한 상품 구성이 가능하다. 자동차 구매고객을 대상으로 주택용 태양광을 교차판매 할 수도 있고, 두 상품에 대해 통합적으로 금융을 제공할 수도 있다. 또한 리스 상품, 전력소매 상품 등을 결합해 다양한 요금제와 상품구성을 할 수도 있다. 모빌리티 뿐 아니라 에너지 서비스 공급자의 입장에서 유연한 상품구성과 인센티브의 설계가 가능한 구조다.

### 전기차와 에너지서비스 결합 상품구성 예시



자료: 신한투자증권



## 자동차 OEM의 V2G 및 에너지솔루션 사업 진행 현황

대부분 전기차 기업  
양방향충전 등 도입,  
V2G 등에는 회사별  
다른 전략 추진

대부분의 자동차 OEM들은 V2G의 가치를 높게 평가하고 관련 역량을 확보하기 위해 노력하고 있다. 일부회사는 외부 회사와의 파트너십을 통해, 일부 회사는 내부(Inhouse) 역량 확보를 위해 노력중이다.

대부분의 자동차회사들은 양방향 충전(Bidirectional Charging) 기술을 내부적으로 확보하고 이를 탑재한 전기차를 양산하는 것을 진행중이다. 다만 이후 단계부터는 회사별로 전략이 다르다. 일부 회사들은 자동차 제조에만 집중하고 V2G 등은 파트너와의 협업을 통해 진행한다. 반면 테슬라와 같이 에너지 사업 자체에 관심이 있는 기업들은 ESS, 주택용 태양광, V2G 등을 포함한 사업 전체를 인하우스화 하여 진행하려는 모습을 보이기도 한다.

초기부터 V2G 기술 개발에 적극적이었던 일본의 Nissan은 자체적으로 기술을 개발하는 한편 외부와 적극적인 파트너십을 진행해 왔다. 동일본 대지진 발생 이후 전력망 안정성 향상을 위해, Nissan은 가정이나 건물에 비상시 또는 피크시간대에 전기차인 LEAF를 활용해 전력을 공급하는 양방향 충전 솔루션을 개발, 탑재했다. 이후 Nissan은 V2G, V2H, V2B 등 다양한 솔루션을 대상으로 일본, 미국, 유럽, 호주 등 다양한 국가에서 데모 프로젝트를 진행했다. Nissan은 V2G를 위해 외부 회사와의 파트너십도 적극적으로 진행했는데, EDF Group와는 파트너십을 통해 Nissan은 차량 부분을, EDF는 V2G서비스와 전력망 관련 부분을 담당하는 구조로 협업했다. ESS 및 스마트 충전 솔루션 기업인 Mobility House에도 투자하고 협업을 진행하고 있다.

Tesla는 V2G보다는  
주택용 에너지 사업에 집중

내부적으로 에너지사업 역량을 확보하는 대표적인 기업은 테슬라다. 테슬라는 주택용 ESS인 Powerwall을 기반으로 미국에서 압도적인 시장점유율을 보이고 있으며, 주택용 태양광 사업도 오래 전부터 추진해 왔다. 다만, 양방향 충전과 같은 V2G 관련 기술 도입에는 적극적이지 않은 모습을 보였다. 이는 테슬라가 이미 주택용 태양광과 ESS, VPP 사업을 진행하고 있는 만큼, 주택용 ESS 사업과 경쟁이 될 수 있는 V2G에는 상대적으로 소극적으로 대응하고 있는 것으로 해석하기도 한다. 그러나 테슬라도 2025년까지 양방향 충전을 제공할 예정임을 올해 초에 밝혔다.

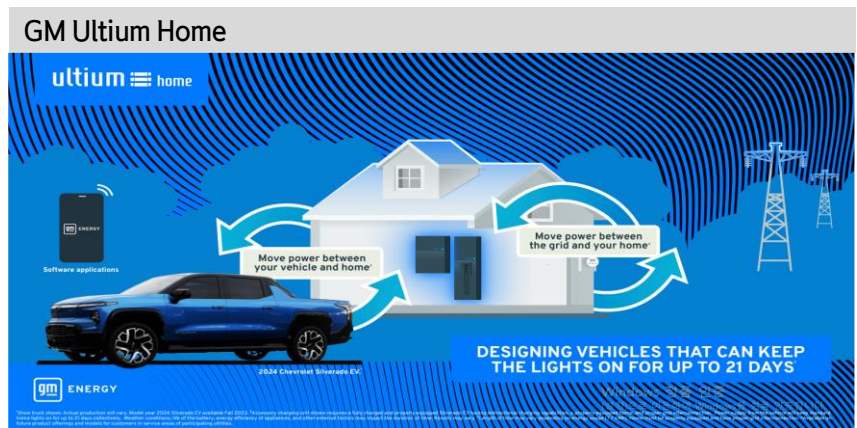
GM, GM Energy 출범  
주택용 태양광 등  
종합에너지솔루션 전개

출발은 늦었지만 GM은 작년 11월 사업부로서 GM Energy를 출범시켰다. GM Energy는 주택용 태양광, ESS, 전기차 충전기, V2G 등 종합 솔루션과 이를 관리하는 서비스를 제공할 예정이다. Ultium이라는 브랜드 하에 주택용 ESS와 태양광 등을 포함한 홈 에너지 솔루션인 Ultium Home, 상업용 ESS 솔루션인 Ultium Commercial, 전기차 충전 관련 솔루션인 Ultium Charge 360으로 브랜드를 세분화하여 시장을 공략 예정이다. 이는 태양광, ESS, 전기차 충전, VPP 사업을 모두 진행하고 있는 테슬라와 유사한 전략으로 읽힌다. 다만, GM은 아직 부족한 역량을 보완하기 위해 태양광 전문 기업인 SunPower와 충전기 설치 및 주택용 태양광 등의 분야에서 협력할 것임을 발표했다.

현대차는 전기차에 양방향 충전을 지원하는 한편, 유럽의 VPP 사업자인 NextKraftwerke와 V2G 관련해서도 협업을 시작했다. 주택용 태양광 판매중계 플랫폼인 Electrum과의 파트너십을 통해 주택용 태양광 및 ESS, 충전솔루션에 대한 판매도 시작한 것으로 알려졌다.



자료: Tesla, 신한투자증권



자료: GM, 신한투자증권

## 주요 자동차 회사 V2G 관련 움직임

자동차회사	V2G 관련 주요 사항
Nissan	<ul style="list-style-type: none"> <li>· LEAF에 CHAdeMO 양방향 충전기능을 2011년 이후 탑재</li> <li>· 일본, 미국, 유럽, 호주 등 다양한 지역에서 파일럿 진행</li> <li>· Smart Charging 및 ESS 솔루션 기업과 협업 (Mobility House)</li> <li>· xStorage와 같은 주택용 ESS사업 진출</li> </ul>
Honda	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2019년 Energy Management를 핵심전략으로 발표</li> <li>· Octopus Energy, Vattenfall, Moixa 등과 파트너십</li> <li>· Moixa와 양방향 충전 및 V2B / V2G 프로젝트 시범진행 (2019~20)</li> </ul>
Toyota	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 텍사스 전력회사 Oncor와 V2G 기술개발을 위해 협업</li> <li>· 주택용 ESS 출시 (O-Uchi Kyuden System)</li> </ul>
Volkswagen Group	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 21년, 22년부터 MEB 플랫폼으로 출시되는 전기차 양방향 충전 지원 발표</li> <li>· 18년부터 자회사 Elli를 설립하고 전기차 충전, ESS, V2G 관련기술 개발</li> </ul>
Mercedes-Benz Group	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일본 출시한 Mercedes-Benz EQS CHAdeMo 양방향 충전 지원</li> <li>· 17년부터 Smart Charging 및 ESS 솔루션 기업인 Mobility House 투자</li> </ul>
Stellantis	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 21년 Engie와 협업하여 Free2Move 설립</li> <li>· EV 충전솔루션에서 시작하여 향후 V2G까지 확대 예정</li> </ul>
Tesla	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주택용 태양광 및 ESS 솔루션, VPP 역량 보유</li> <li>· 2025년 양방향 충전 제공 예정 (2023년 Investor day)</li> </ul>
Ford	<ul style="list-style-type: none"> <li>· F-150 Lightning 픽업트럭은 V2H 기능 탑재 (+Sunrun과 충전기 설치 관련 협업)</li> <li>· RMI 주도의 V2G 파트너십인 VP3에 참여</li> </ul>
GM	<ul style="list-style-type: none"> <li>· GM은 새로운 사업부인 GM Energy를 설립</li> <li>· 가정용, 상업용 충전 및 ESS 솔루션을 포함, 에너지관리솔루션 제공</li> <li>· RMI 주도의 V2G 파트너십인 VP3에 참여</li> </ul>
현대차	<ul style="list-style-type: none"> <li>· E-GMP 플랫폼으로 양방향 충전 지원</li> <li>· 주택용 태양광 판매중계플랫폼인 Electrum과의 파트너십을 통해 주택용 태양광 및 ESS, 충전솔루션 런칭</li> <li>· NextKraftwerke와 V2G 관련 협업</li> </ul>

자료: 언론 보도, S&P 등, 신한투자증권

## Compliance Notice

- ◆ 이 자료에 게재된 내용들은 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 작성되었음을 확인합니다(작성자: 황재곤, 한세원).
- ◆ 본 자료는 과거의 자료를 기초로 한 투자참고 자료로서, 향후 추가 움직임은 과거의 패턴과 다를 수 있습니다.
- ◆ 자료 제공일 현재 당사는 상기 회사가 발행한 주식을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.
- ◆ 자료 제공일 현재 당사는 지난 1년간 상기 회사의 최초 증권시장 상장시 대표 주관사로 참여한 적이 없습니다.
- ◆ 자료제공일 현재 조분석 담당자는 상기회사가 발행한 주식 및 주식관련사채에 대하여 규정상 고지하여야 할 재산적 이해관계가 없으며, 추천의견을 제시함에 있어 어떠한 금전적 보상과도 연계되어 있지 않습니다.
- ◆ 당자료는 상기 회사 및 상기회사의 유가증권에 대한 조분석담당자의 의견을 정확히 반영하고 있으나 이는 자료제공일 현재 시점에서의 의견 및 추정치로서 실적치와 오차가 발생할 수 있으며, 투자를 유도할 목적이 아니라 투자자의 투자판단에 참고가 되는 정보제공을 목적으로 하고 있습니다. 따라서 종목의 선택이나 투자의 최종결정은 투자자 자신의 판단으로 하시기 바랍니다.
- ◆ 본 조분석자료는 당사 고객에 한하여 배포되는 자료로 어떠한 경우에도 당사의 허락없이 복사, 대여, 재배포될 수 없습니다.