

## 국내 가상발전소(VPP<sup>1)</sup>) 제도 및 현황

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터  
이선화 선임연구원 (sunhwa@kdb.co.kr)

### I. 국내 전력시장 변화와 가상발전소

### III. 소규모 전력중개시장

### II. 수요자원 거래시장

### IV. 국내 가상발전소의 미래

2017년 말 시작된 ‘에너지 전환’으로 국내 전력시장 발전설비 구성이 변화하고 있다. 태양광을 비롯한 신재생 설비와 발전량이 빠르게 증가하고 있고, ESS·전기차 등 분산에너지자원도 확산 추세이다. 여기에 기술의 진보와 융합으로 전력시장이 기존의 공급과 소비라는 단순한 구조에서 다수의 사업자와 소비자가 전력을 사고파는 역동적인 시장이 되어가고 있다.

분산에너지자원과 시장참여자의 증가는 전력계통 운영의 효율과 안정성을 위협할 수 있어 이러한 문제를 해결하기 위해 ‘가상발전소(VPP)’가 필요하다. VPP는 정보통신 및 자동제어기술을 이용해 다양한 분산에너지자원을 연결·제어해 하나의 발전소처럼 운영하는 시스템으로, 자원의 구성에 따라 수요/공급기반 VPP로 유형화될 수 있고, 이상적인 VPP는 둘의 혼합된 형태이다.

국내에서는 2014년 11월부터 ‘수요자원 거래시장’이 개설되어 운영되고 있고, 2019년 2월에는 ‘소규모 전력중개시장’이 개설되면서 혼합형 VPP를 구축할 수 있는 제도적 기반이 마련되어 있는 상황이다. ‘아낀 전기’를 전력시장에 판매해 보상을 받는 수요자원 거래시장은 4.4GW의 수요자원을 확보해 연 1,850억원 규모의 시장이 형성되어 있고, 소규모 자원 참여를 위한 ‘국민DR<sup>2)</sup>’ 도입을 준비 중이다. 한편, 중개사업자가 소규모 전력자원을 모아 거래하는 소규모 전력중개시장은 2019년 9월 현재 실제 중개사업을 진행하고 있는 사업자가 5개 업체(11.1MW)뿐으로 거래가 부진하다.

각 시장의 발전과 활성화가 국내 VPP 구축의 핵심적 요소인 만큼 제도적 보완과 추진이 필요하고, 향후 두 시장의 결합을 위한 법 개정 및 제어체계 정립 등도 연구가 필요하다.

1) Virtual Power Plant

2) Demand Response(수요반응), 수요증가에 대한 맞춤형 대응

\* 본고의 내용은 집필자의 견해로 당행의 공식입장이 아님

## I. 국내 전력시장 변화와 가상발전소

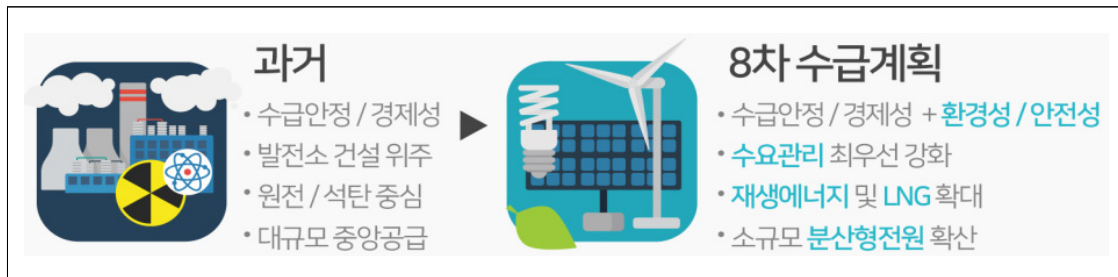
### 1. 국내 전력시장의 변화

#### □ 에너지전환과 분산형 전원 확대 정책

- ‘에너지전환(탈원전) 로드맵’ 수립 이후 국내 전력시장 발전설비 변화 진행
  - 2017년 10월 에너지 정책 기본방향으로 원전의 단계적 감축과 재생에너지 발전량 비중 확대 등을 내용으로 하는 ‘에너지전환 로드맵’ 수립
  - 2017년 12월 「재생에너지 3020 이행계획」 마련해 재생에너지 확대목표 설정
    - 재생에너지 발전비중(%) 목표 : '16년 7.0 → '22년 10.5 → '30년 20
    - 신규설비 48.7GW 중 약 97%를 태양광(30.8GW), 풍력(16.5GW)으로 공급
  - 2017년 12월 수립된 「제8차 전력수급기본계획<sup>3)</sup>」으로 에너지전환 전원구성 구체화

<그림 1>

제8차 전력수급기본계획 기본방향



자료 : 산업통상자원부 보도참고자료(2017), “제8차 전력수급기본계획(2017-2031)(안) 국회 보고”

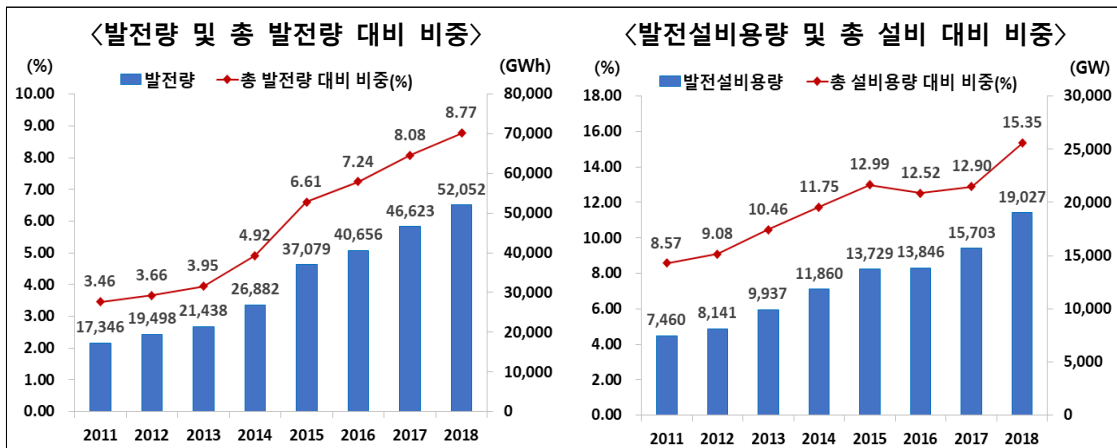
- 2019년 6월 확정된 「제3차 에너지기본계획<sup>4)</sup>」에서는 2040년까지 재생에너지 발전비중을 30~35%로 확대하는 정책 방향 설정

3) 중장기 전력수요 전망 및 이에 따른 전력설비 확충을 위해 전기사업법(제25조 및 시행령 제15조)에 따라 2년 주기로 수립되는 15년 장기계획으로, '02년 제1차를 시작으로 총 8차례 계획 수립되었으며, '19년 말 수립될 제9차 계획 기간은 '19년~'33년

4) 국가 중장기 에너지 정책의 철학과 비전, 목표와 추진전략을 제시하는 에너지 분야 최상위 종합 계획으로 저탄소녹색성장기본법(제41조)에 근거해 20년을 계획 기간으로 5년마다 수립하며, (1차) '08~'30년, (2차) '14~'35년, (3차) '19~'40년

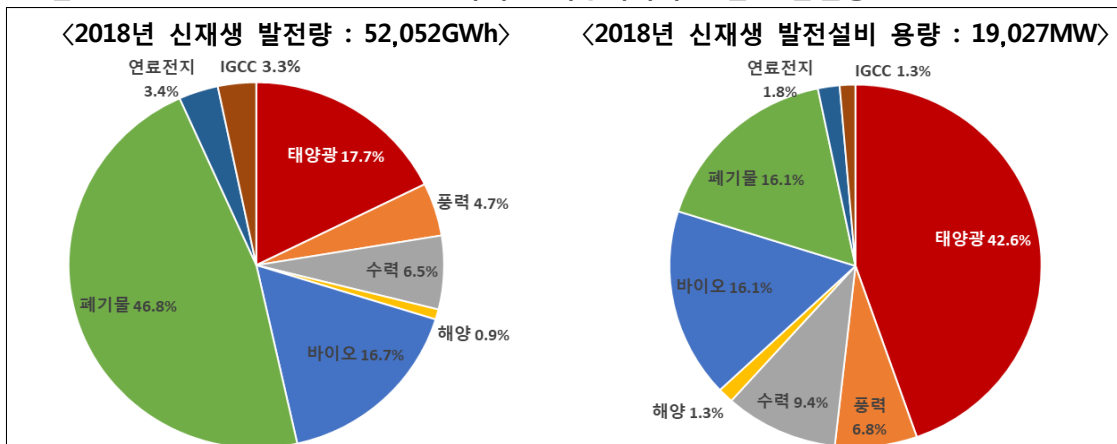
- 실제 에너지전환 정책 시행으로 태양광을 중심으로 한 신재생에너지 설비 및 발전량 빠른 확대 추세
- 2018년 기준 국내 태양광 발전설비는 신규 설치 2.3GW를 포함해 8.1GW로 전년(5.8GW) 대비 38.8% 증가했고, 신재생에너지 증가 기여도 68.4% 기록
- 2018년 태양광 발전량은 총 9,208GWh이며, 전년(7,056GWh) 대비 30.5% (2,152GWh) 증가(신재생에너지 증가 기여도 39.6%)

〈그림 2〉 국내 신재생에너지 보급현황 추이



주 : 총 발전량 및 설비용량은 사업자+상용자가+신재생 자가용 합계  
 자료 : 한국에너지공단(2019), “2018년 신재생에너지 보급통계 잠정치”

〈그림 3〉 2018년 국내 신재생에너지 원별 보급현황



자료 : 한국에너지공단(2019), “2018년 신재생에너지 보급통계 잠정치”

- 분산형 전원의 개념 구체화 및 전원 확대를 위한 기반 마련
  - 2차 에너지기본계획('14) 및 7차 전력수급기본계획('15)을 통해 '분산형 전원' 정의에 관한 구체적인 기준이 제시됐고, 현황 평가와 목표도 설정
  - 송전선로 건설을 최소화하는 ① 40MW이하 소규모 발전설비, ② 500MW 이하 수요지 발전설비를 분산형 전원으로 정의
  - 7차 전력수급기본계획에서는 2013년 분산형 전원 비중 7.6%를 확인하고, 2029년 총발전량 대비 12.5%의 보급목표 설정
  - \* 2차 에너지기본계획 목표인 2035년 15%의 2029년 환산치 12.4%와 유사한 수준

〈표 1〉 분산형 전원 세부 적용기준

구분	기준설정 사유	송전건설 영향
40MW 이하의 소규모 발전설비	40MW는 22.9kV 배전선로(2회선 기준)에 연결할 수 있는 최대 전력용량	추가적인 송전선로 건설 불필요
500MW 이하의 수요지 인근 발전설비 <sup>주)</sup>	500MW는 154kV 송전선로(2회선 기준)에 연결할 수 있는 최대 전력용량	

주 : 열공급 병행하는 집단에너지 발전설비, 구역전기사업자의 발전설비, 자가용 발전설비(추가적인 송전선로 건설이 불필요) 중에 하나이어야함

자료 : 산업통상자원부(2017), “제8차 전력수급기본계획(2017~2031)”

- 8차 전력수급기본계획('17)과 3차 에너지기본계획('19)에서 분산형 전원 확대 정책의 정합성 확보 및 목표 상향 조정
- 8차 전력수급기본계획에서 분산형 비중을 2030년 총 발전량의 18.4% 전망
- 3차 에너지기본계획은 분산형 전원 발전량 비중을 2040년 30%로 확대
- \* 분산형 전원 발전비중(%) : '14년 8.0 → '15년 8.8 → '16년 10.4 → '17년 12.2

〈표 2〉 7차·8차 전력수급기본계획 분산형 전원 보급전망 비교

(단위 : TWh, %)

구분			7차					8차				
			'13	'15	'20	'25	'29	'17	'22	'26	'30	'31
분 산 형 발 전 전 량	신재생(사업용)		4.4	14.8	24.4	33.3	39.7	12.2	27.3	41.8	59.3	61.8
	자가용	신재생	20.0	21.7	22.8	23.4	23.9	13.9	14.9	15.9	17.1	17.1
		상용자가						7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	집단에너지 (구역전기 포함)		16.9	19.8	29.3	29.4	29.4	31.0	37.3	37.3	37.3	37.4
	합계		41.3	56.4	76.5	86.2	93.1	64.4	86.7	102.2	120.9	123.4
분산형 전원 비중(%)			7.6	10.1	11.4	12.0	12.5	11.2	13.8	15.7	18.4	18.7

주 : 신재생에너지 중 해상풍력 등 수요지에서 떨어진 40MW 이상 전원은 제외

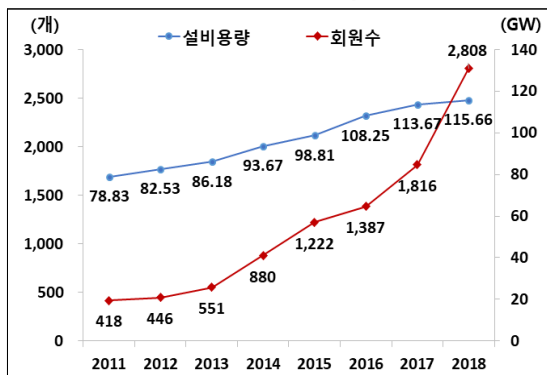
자료 : 산업통상자원부(2017), “제8차 전력수급기본계획(2017~2031)” 외

## □ 분산에너지자원(DER)<sup>5)</sup>의 확산과 전력시장 변화

### ○ 신재생에너지, ESS<sup>6)</sup>, 전기자동차<sup>7)</sup> 등 분산에너지자원 확산

- 신재생에너지는 1MW 이하 중·소형 태양광 발전사업자를 중심으로 전력시장 회원사 수 급격히 증가
  - 2019년 6월 기준 전력시장 참여 회원은 총 3,064개 사업자로 97.0% 이상 (2,973개)이 신재생 사업자이며, 신규 가입의 대부분은 태양광사업자
  - 2018년 전력거래소 회원은 신규회원 1,068개, 탈퇴회원 76개사로 전년 대비 992개사가 증가하였으며, 이중 태양광사업자는 985개사(99.3%) 증가
  - 한편, 2019년 7월까지 1.64GW의 태양광 발전 설비가 신규로 설치되었으며 1MW 이하 설비가 전체 설치량의 92.1%(1.5GW)를 차지

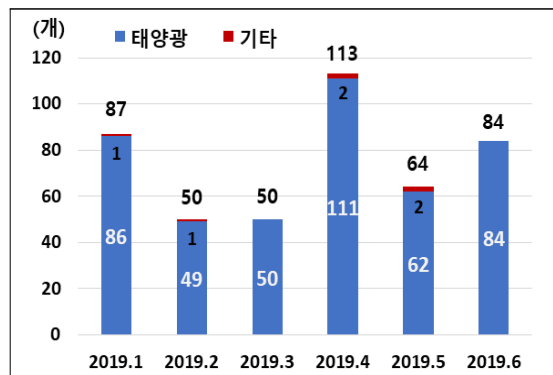
〈그림 4〉 전력거래소 연도별 회원수·설비용량 추이



주 : 설비용량 증가속도 < 회원수 증가속도  
(“소규모” 발전사업자 참여 증가 의미)

자료 : 전력거래소(2019)

〈그림 5〉 2019년 전력거래소 월별 신규 등록 현황



자료 : 전력거래소(2019)

- 5) Distributed Energy Resources : 일반적으로 기존 대규모 전력공급시설과 달리 수요지 근처, 주로 배전망에 연결된 소규모 에너지원으로 정의되며, 전력공급시설(국내 정책적으로 정의된 ‘분산형 전원’) 및 그에 해당하는 서비스를 제공할 수 있거나 그에 상응하는 목적으로 사용될 수 있는 자원(ESS, 효율 및 절약과 같은 수요자원, 전기차 등)을 포함한 개념
- 6) Energy Storage System : 에너지저장장치로 재생에너지에서 발전되거나 전력계통으로부터 공급된 전력을 배터리에 저장한 후, 필요한 때에 공급할 수 있는 시스템
- 7) 본 보고서의 전기자동차는 배터리-전기모터로만 구동되는 순수 전기차(BEV: Battery Electric Vehicle)와 배터리와 전기모터, 연료와 내연 기관의 엔진 동력을 모두 사용하는 플러그인 하이브리드차(PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle) 포함(하이브리드 자동차(HEV: Hybrid Electric Vehicle)가 내연기관을 기반으로 전기모터가 보조하는 방식이라면, PHEV는 전기모터 기반에 내연기관이 보조하는 구조로 HEV에 충전이 가능한 전기 플러그를 장착한 형태가 PHEV)

〈표 3〉 2019년 규모별 태양광 설치 현황

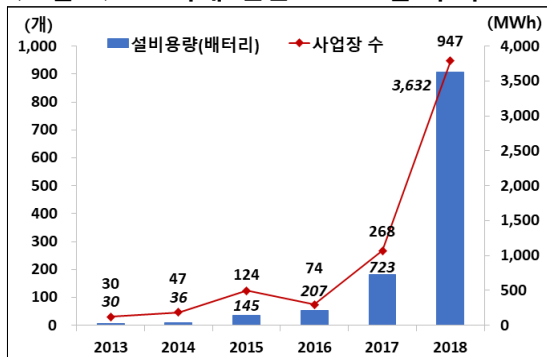
(단위 : MW, %)

구분	2018년 7월		2019년 7월	
	설비용량	비중	설비용량	비중
100kW 이하	332.8	31.1	609.1	37.2
100kW 초과 ~ 1MW 이하	494.2	46.2	897.0	54.8
1MW 초과 ~ 3MW 이하	220.9	20.6	125.0	7.6
3MW 초과	22.6	2.1	5.0	0.3
합계	1,070.5	100	1,636.1	100

주 : 한국에너지공단 신재생에너지센터 보급사업 및 RPS사업 실적기준(잠정치), 2019년 7월말 기준  
 자료 : 산업통상자원부(2019), “태양광, 금년 보급목표(1.63GW) 7월말로 조기달성”

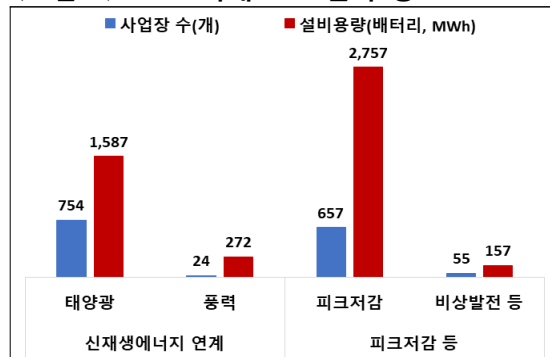
- 국내 ESS의 경우 전기요금 할인 등 보급 지원정책의 영향으로 2017년부터 급격히 확대되어, 2018년 기준 1,490개 사업장에 4.8GWh 규모 설치
- 전용 요금제, 신재생에너지 연계 공급인증서(REC<sup>8</sup>) 가중치 혜택, 공공기관 설치 의무화 등에 힘입어 2017년~2018년 설치량이 급증했으며 2018년 연간 국내 ESS 설치 규모 3.6GWh로 세계 시장의 약 1/3을 차지
- 용도별로는 신재생에너지 연계에 778개(1.9GWh), 피크저감<sup>9</sup> 등에 712개(2.9GWh)의 ESS가 활용

〈그림 6〉 국내 연간 ESS 보급 추이



주 : 2013년은 누적용량  
 자료 : 한국전기안전공사(2019)

〈그림 7〉 국내 ESS 설치 용도



자료 : 한국전기안전공사(2019)

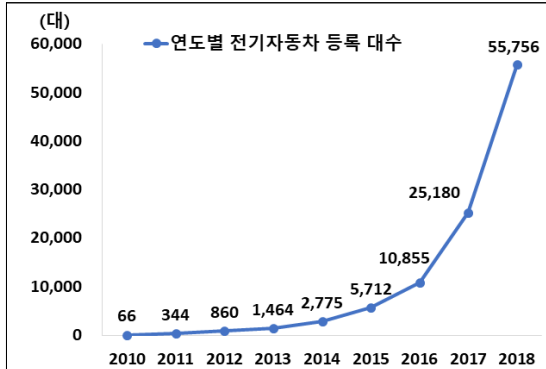
- 2018년 기준 국내 등록된 전기자동차는 55,756대로, 2013년 이후 매년 2배 수준으로 증가

8) Renewable Energy Certificate, 신재생에너지 공급인증서로 1MWh 신재생에너지 발전량=1REC 해당

9) ESS에 저장된 전력을 최대전력 수요 시간에 자가 소비해 최대사용 전력량을 감축하는 것으로 ‘부하 평준화’ 라고도 함

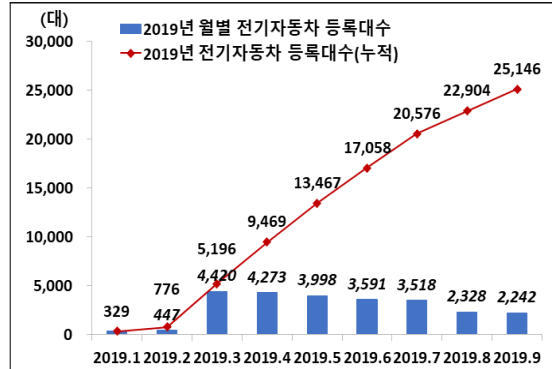
- 2019년 9월 현재 전기자동차 등록은 2017년까지의 등록 대수(25,180대)에 육박하는 25,146대가 등록된 상황이며, 충전시설 확충도 이루어져 2011년 전국에 33기였던 급속충전시설은 2018년 기준 1,699기가 구축

〈그림 8〉 국내 전기자동차 등록 추이



주 : 2009년 등록대수 없음  
자료 : 국토교통통계누리(2019)

〈그림 9〉 2019년 전기자동차 월별 등록 현황



자료 : 국토교통통계누리(2019)

- 전력시장 구조가 일방향·수직적에서 양방향(다방향)·수평적으로 변화
  - 공급자와 소비자로 이원화되어 있던 전력시장 주체자에 대한 경계 희석되고, 다수의 사업자·소비자가 전기를 사고파는 시장으로 변모
  - A·I·C·B·M<sup>10)</sup> 등 4차산업혁명 기술의 진보와 융합으로 전력시장 변화 가속화
  - 전력망도 단순히 전력을 공급(Pipeline)하는 역할에서 전력시스템과 소비자를 연결해 새로운 가치를 창출(Platform)

〈표 4〉 전력시장 변화 모습

구분	전통적 전력시장	미래 전력시장
시장주체	이원화(공급자 vs. 소비자)	경계 희석(예, 프로슈머 <sup>주1)</sup> )
전력거래	전력시장	전력시장, 전력중개거래, P2P <sup>주2)</sup> 등
시장구조	일방향, 수직적, 폐쇄적	양방향(다방향), 수평적, 개방적
전력망 역할	공급망	플랫폼

주 : 1) Prosumer(Producer+Consumer) : 에너지를 직접 생산하면서 소비하는 주체

2) Peer to Peer, 개인간 거래

자료 : 산업통상자원부(2018), “제2차 지능형전력망 기본계획(2018~2022)” 참조하여 재작성

10) A(AI, Artificial Intelligence, 인공지능)·I(IoT, Internet of Things, 사물인터넷)·C(Cloud, 클라우드)·B(Big Data, 빅데이터)·M(Mobile, 모바일)

## □ 분산에너지자원 증가에 따른 문제점(가상발전소의 필요성)

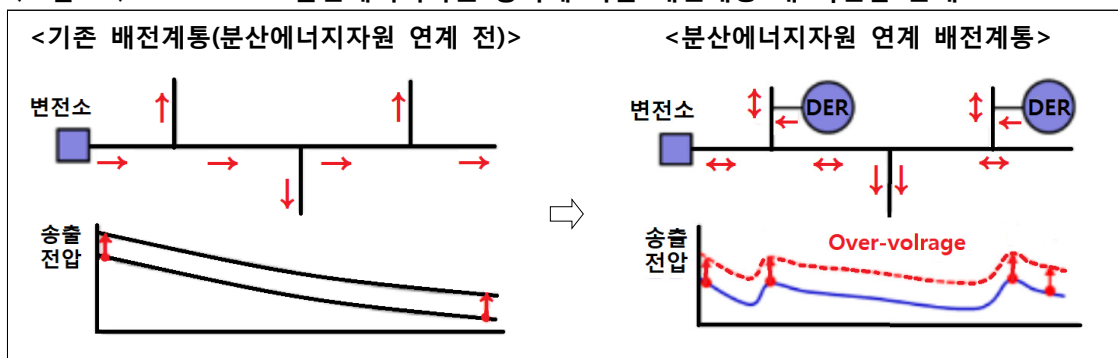
### ○ 분산에너지자원 규모의 한계 및 사업자의 시장참여 제한

- 단독으로 작동하는 분산에너지자원은 중앙제어 발전기의 용량 대체 불가 (Invisible, 가시성 없음)
- 소규모 발전소의 상대적으로 높은 단위운영비로 운영의 경제적 부담
  - 시장에서의 가격협상력 확보 불가
- 거래물량이 적음에도 각 사업자가 복잡한 전력시장의 거래절차를 이행해야 하는 등 운영에 대한 부담 및 거래비용 과다
- 설비에 대한 전문지식 부족으로 설비관리, 안전관리 및 품질관리에 효과적인 대응이 곤란하여 비효율 발생

### ○ 분산에너지자원 증가는 전력계통 운영의 효율성과 안정성 위협

- 배전계통 내 과전압·과부하로 인해 전력품질 저하(주파수와 전압 변동)되고, 전류 방향 변화로 보호계전기 오작동 및 부작동 발생
  - 수용가의 법정 유지 전압인  $220V \pm 6\%$  준수가 어려워지고, 일정한 전압이 필요한 산업체 가동 중단 및 전자기기 고장 발생
- 발전 출력에 대한 예측이 어렵고(불확실성), 발전량의 변화 폭이 큰 변동성(간헐성)을 갖는 재생에너지 발전설비 증가로 전력수급 균형 유지 어려움
- 전력계통 유지를 위한 연계용량 제한으로 잉여전력 발생, 방치 설비 증가 등 비효율 초래

〈그림 10〉 분산에너지자원 증가에 따른 배전계통 내 과전압 문제



주 : DER(Distributed Energy Resources), 수요지 근처, 주로 배전망에 연결된 소규모 에너지원  
 자료 : 주성관(2019), “수요반응, E-프로슈머 및 VPP 현황 및 전망”



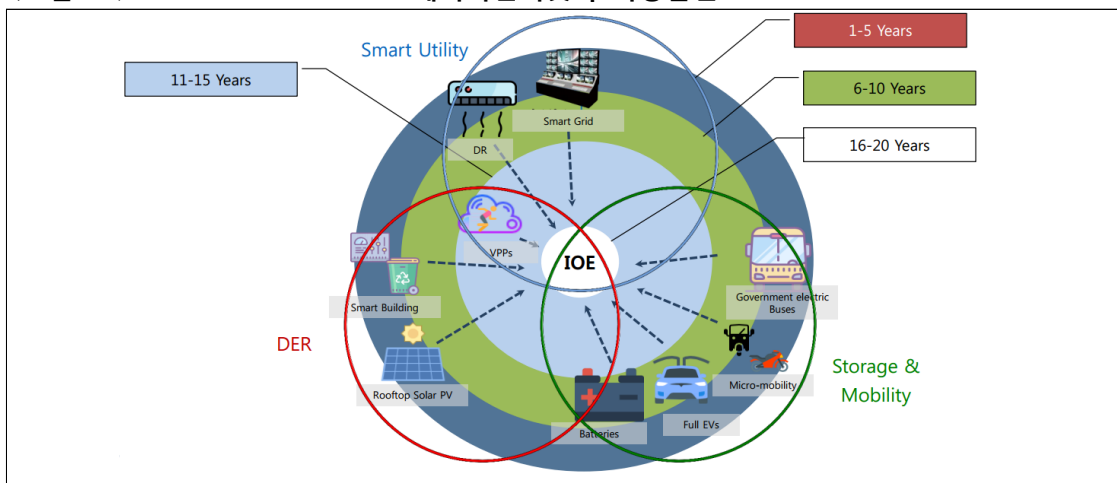
## 2. 가상발전소

### □ 가상발전소(Virtual Power Plant) 개념과 유형

- (개념) ICT<sup>11)</sup> 및 자동제어기술을 이용해 다양한 분산에너지자원을 연결·제어하여, 하나의 발전소처럼 운영하기 위한 시스템
  - 분산에너지자원을 클라우드<sup>12)</sup> 기반의 플랫폼으로 통합해 계통운영시스템과 연계하고 센서를 활용해 원격제어하는 방식으로 발전소 운영(IoE<sup>13)</sup>개념)
  - 물리적으로 특정한 곳에 존재하는 발전소는 아니지만, 전기를 공급하는 것과 동일한 효과를 가짐
  - 분산에너지자원 증가로 발생할 수 있는 계통운영의 기술적 문제를 해결하고 통합한 자원을 통해 경제적 가치 창출
  - 배전계통 최말단에 있는 계량기 하단에서 전력을 생산하고 거래하는 BTM<sup>14)</sup> 시장의 대표 비즈니스 모델

<그림 11>

에너지인터넷과 가상발전소



자료 : 산업교육연구소(2019), “에너지인터넷 시대의 전력 신사업 현황과 전망 세미나”

11) Information and Communication Technology, 정보통신기술

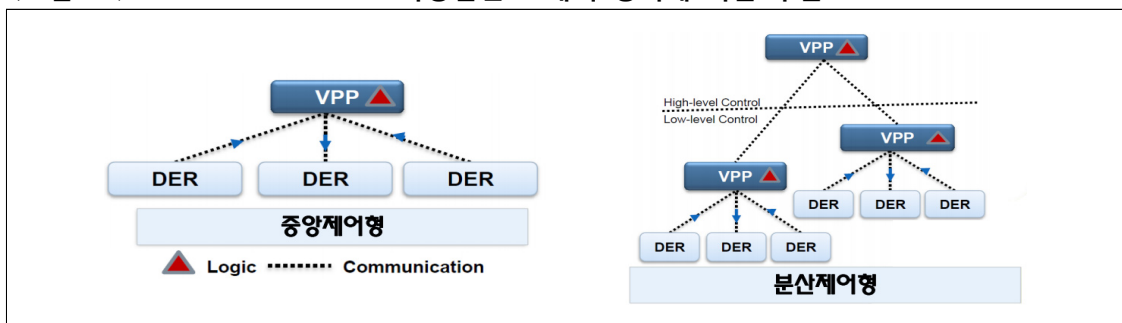
12) 데이터를 인터넷과 연결된 중앙컴퓨터에 저장해서 인터넷에 접속하면 언제 어디서든 데이터를 이용할 수 있는 것으로, 중앙컴퓨터 저장공간을 클라우드라함

13) Internet of Energy, 에너지 인터넷 : 에너지 시스템이 연결된 네트워크를 의미하며, VPP를 IoE로 표현(정구형 외, 전기학회논문지, 2015.3)

14) Behind-The-Meter 또는 Beyond-The-Meter

- **(유형)** 가상발전소는 자원 구성에 따라 수요/공급기반 VPP, 사용 목적 등에 따라 상업적/기술적 VPP로 유형화할 수 있고, 각각의 혼합정도 가능
  - **(수요기반 VPP)** 수요반응(DR)<sup>15)</sup>자원을 모아 발전소 역할 수행
    - 2014년 11월부터 수요기반 VPP를 위한 “수요자원 거래시장” 개설·운영
  - **(공급기반 VPP)** 산재해있는 신재생, ESS, 전기자동차 등의 발전자원을 모아 규모의 경제를 갖춘 발전소를 운영하는 형태
    - 2018년 12월 소규모 전력중개사업 제도 도입, 2019년 2월 중개시장 개장
  - **(혼합형 VPP)** 수요기반 VPP와 공급기반 VPP의 통합된 형태로 궁극적으로 추구하는 가상발전소의 유형
  - **(상업적 VPP)** 소규모 분산에너지자원이 중앙급전발전기<sup>16)</sup>로서 전력시장에 참여해 수익을 창출하는 데 목적이 있는 발전소
  - **(기술적 VPP)** 다양한 분산에너지자원의 중앙 관리 및 계통운영 문제 해결을 목적으로 하며, 주파수 조정·예비력 제공·전력조류 제어 등의 역할 수행
  - VPP들의 제어 방식에 따라 중앙제어형/분산제어형으로 구분하기도 함
    - 중앙제어형은 연결된 모든 분산에너지자원에 대한 통제와 지시, 정보 축적이 하나의 통제센터에서 이루어지는 것을 의미
    - 분산제어형은 하위 수준의 VPP가 분산에너지자원들을 운영·관리하고, 상위 VPP는 전력판매 여부나 시장선택 등의 판단과 결정을 하는 형태

〈그림 12〉 가상발전소 제어 방식에 따른 구분



자료 : 주성관(2019), “수요반응, E-프로슈머 및 VPP 현황 및 전망”

15) Demand Response, 수요반응 : 수요증가에 대한 맞춤형 대응을 의미. 전력 소비가 집중되는 시간에 전기사용을 줄이거나 다른 시간대에 사용하도록 조정하는 것 등이 있음

16) 전력계통 전체의 원활하고 효율적인 운영을 위해 계획을 세워 발전소의 발전계획 및 정지계획, 송전선의 조류제어 등의 명령을 내리며 감시하는 중앙급전지령소의 명령을 받아 운전하는 발전소로 국내에서는 20MW 이상의 발전기 및 10MW 이상의 ESS를 중앙급전발전기/ESS로 등록



## II. 수요자원 거래시장

### 1. 수요자원 거래시장 개요

#### □ 수요자원 거래시장 제도 정의 및 운영구조

○ **(정의)** 전기사용자\*가 전력시장 가격이 높을 때 또는 전력계통 위기시 아낀 전기를 전력시장에 판매하고 금전적으로 보상받는 제도

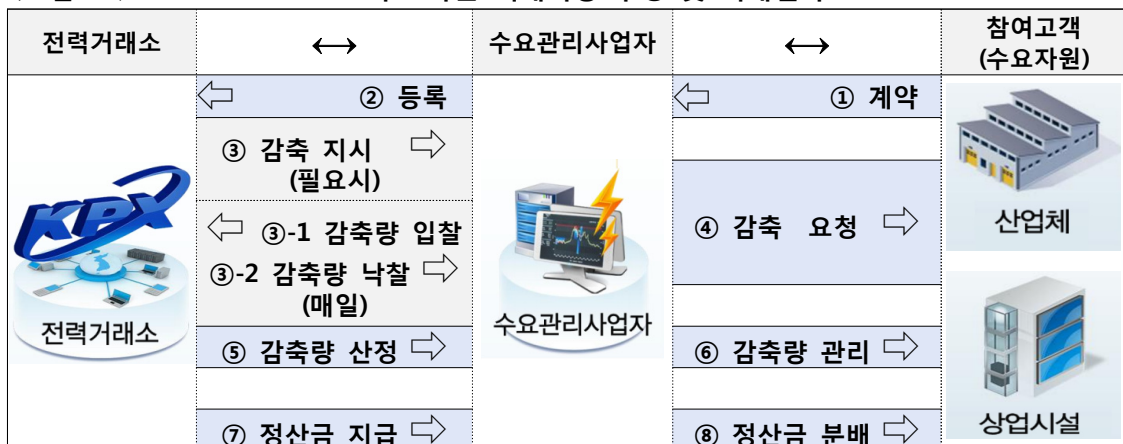
\* 전기사용자는 감축량 산정의 정확성 향상 및 수요자원의 실효성 검증을 위해 전기 소비패턴이 일정하고 실시간으로 소비전력량 검침이 가능해야 함

- 소비자가 전력시장의 주체로 인정되고, 합리적인 에너지 소비 유도를 통해 발전소 건설 회피, 온실가스 감축 및 신사업 창출에 기여
- 전력거래소, 수요관리사업자, 참여고객(전기사용자)으로 구성되며, 수요감축 지시·감축량 평가·정산은 모두 수요반응자원\* 단위로 이루어짐

\* 수요반응자원 : 수요관리사업자가 10개 이상의 참여고객으로 구성한 수요자원그룹

- 전력거래소 : 수요자원의 관리, 수요감축 지시, 모니터링, 정산
- 수요관리사업자 : 참여고객 발굴 및 등록, 수요감축 지시, 감축량 모니터링, 입찰, 정산, 감축량 산정 및 정산 증빙자료 제출
- 참여고객 : 수요관리사업자와 계약체결, 수요감축 지시에 따라 수요감축

〈그림 14〉 수요자원 거래시장 구성 및 거래절차



자료 : 전력거래소 수요반응 자원 시스템 (<http://dr.kmos.kr>)

- **(운영)** 정전 예방 및 최대전력 삭감을 위한 피크감축 수요반응(신뢰성 DR)과, 전력공급비용 절감을 위한 요금절감 수요반응(경제성 DR)으로 구분해 운영
- 피크감축 DR : 감축 1시간 전 급전지시 발령 → 수급상황 급변시 긴급하게 가동되는 비싼 발전기 대체 → 기본급(용량요금)+실적금(최고 변동비) 수령
  - 요금절감 DR : 하루 전 전력시장에 입찰 → 일반 발전기 입찰가보다 수요 감축가격이 저렴할 경우 수요 감축 → 실적금 수령(전력시장가격)
  - 참여고객의 규모에 따라 표준 DR과 중소형 DR(2017년 도입)로 구분되며, 각각 참여조건 상이

〈표 5〉 수요자원 거래시장 운영방법

구분	피크감축 수요반응(신뢰성 DR)	요금절감 수요반응(경제성 DR)
참여대상	등록 감축 용량에 대해 의무적 참여	전력시장 경매에 자발적(선택적) 참여
운영방법	거래소의 급전지시에 반응하여 최대수요 삭감, 수급불안전에 대응	등록용량과 관계없이 거래일에 대한 감축가능 용량과 감축가격을 입찰
적용시기	감축시간 1시간 전 급전지시 발령	하루 전 전력시장에 입찰
감축보상	기본급 <sup>주1)</sup> (용량요금)+실적금 <sup>주2)</sup> (SMP)	실적금(SMP, 전력시장가격)

주 : 1) 전력거래소의 감축 지시에 단시간(1시간) 내 감축 가능한 수요자원 확보 비용에 대한 보상, 수요자원의 설비 투자 및 계통운영의 안정성 확보를 위해 기본급 지급

(2018년 기준 약 43,000원/kW, 2019년 약 45,000원/kW)

2) 전력수요감축 이행에 따른 비용 보상(2019년 8월 기준 SMP 84.83원/kWh)

자료 : 전력거래소(2019), “수요자원시장 참여고객 설명회” 외

〈표 6〉 수요자원 거래시장 참여조건

표준 DR 참여조건	공통 참여조건	중소형 DR 참여조건
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종별에 대한 제한 없이 모든 전기소비자 참여 가능</li> <li>- 감축시간은 최소 1~4시간, 1일 2회 한도로 감축</li> <li>- 신규 등록 및 매 2년 마다 전기소비형태 검증 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 평일 09~20시(12~13시 제외) 수요감축 가능</li> <li>- 수요감축요청시 1시간 내에 수요감축 가능</li> <li>- 연간 최대 60시간 한도 수요감축 가능</li> <li>- 등록시험·감축시험 시행 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반용·주택용·농사용·교육용 및 산업용 2MW 이하의 전기 소비자</li> <li>- 감축시간은 1시간 1일 2회 비연속 한도로 감축</li> </ul>

자료 : 전력거래소(2019), “수요자원시장 참여고객 설명회” 외

## 2. 수요자원 거래시장 현황

### □ 시장 운영현황 및 거래실적

- 2014년 11월 시장개설 이후 꾸준한 시장참여자의 증가로 4.4GW의 수요자원 용량(의무 감축용량) 확보
- 2019년 7월 현재 25개 수요관리사업자<sup>17)</sup>를 통해 3,818개 참여고객(89개 수요반응자원)이 시장에 참여
- 수요자원 용량은 시장 초기 대비 약 3배, 참여고객 수는 4배 증가

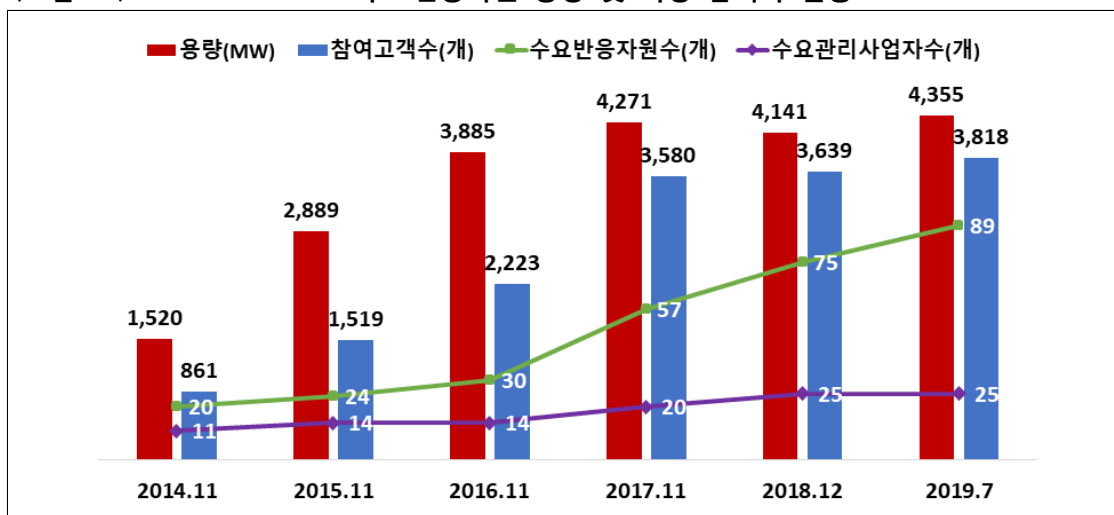
〈표 7〉 수요반응자원별 현황

(단위 : MW, 개)

구분	의무감축용량	수요반응자원 수	참여고객 수
표준	3,853.4	42	1,674
증소형	501.4	47	2,144
합계	4,345.8	89	3,818

자료 : 전략거래소(2019), “’19년 7월 수요자원거래시장 현황 및 운영정보” 외

〈그림 15〉 수요반응자원 용량 및 시장 참여자 현황



자료 : 전략거래소(2019), “’19년 7월 수요자원거래시장 현황 및 운영정보” 외

17) 그리드위즈, 그리드파워, 매니지온, 미래환경경, 벽산파워, 사론, 새서울산업, 서울에너지공사, 솔라커넥트, 씨에스위더스, 아이디알서비스, 에너클, 에넬엑스코리아, SK E&S, SK텔레콤, 오이씨, 우암코퍼레이션, 웰라이시스템, 이앤에이티, 인업스, KT, 쿠루, 파워텍에너지, 포스코ICT, 한국엔텍



- 2019년 7월 현재까지 수요자원 거래를 통해 총 1,257GWh의 전기를 감축
  - 2018년 연간 약 4.2만 가구가 1년간 사용할 수 있는 전력량인 220GWh 감축
    - 2018년도 가정용 호당 사용량 : 5.2MWh(2018 KEPCO in Brief, 2019.4)
  - 2018년도 기준 연 1,850억원의 시장규모 형성
    - 정산금(억원) : ('14) 41.5 ('15) 1,047 ('16) 1,655 ('17) 1,948 ('18) 1,850

〈표 8〉 2014년 12월~2019년 7월 수요자원 감축실적

(단위 : MWh)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
'14년	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,750	4,750
'15년	551	4,964	6,478	52,102	47,845	26,971	21,439	19,846	6,095	13,280	3,469	1,812	204,852
'16년	28,069	32,090	13,996	11,609	11,257	35,796	60,468	87,714	31,977	21,828	72,423	15,400	422,627
'17년	15,796	19,025	5,907	8,010	33,269	9,841	19,783	14,535	1,579	3,594	18,447	47,367	197,153
'18년	37,340	14,618	3,017	14,717	13,082	12,751	6,428	27,936	11,941	5,377	47,529	27,985	222,721
'19년	39,878	43,885	41,776	15,262	20,164	22,655	21,315	-	-	-	-	-	204,935
총 계													1,257,038

자료 : 전력거래소(2019), “'19년 7월 수요자원거래시장 현황 및 운영정보” 외

## □ 소규모 수요자원 거래(국민DR) 추진

- 에너지의 효율적 사용과 관련 산업 육성을 위해 국민DR 추진
  - 현재 수요자원 거래시장은 대부분 공장 등 산업체 위주 편중되어 있어 가정, 점포 등 소규모 전기소비자의 수요반응 참여를 위한 제도 필요
    - 2018년 6월~11월에 걸쳐 시범사업이 진행됐고, 수요감축 실증 및 제반여건 (적정 보상수준, 운영방식 등) 마련 후 2019년 연내 제도 도입 예정

〈그림 16〉

국민 DR 개념도



자료 : 전력거래소(2019), “수요자원시장 참여고객 설명회” 외

〈표 9〉 현 DR제도와 국민DR 비교

구분	현 DR제도 (산업체 위주)	국민DR (가정, 점포 등 소규모 위주)
전력량 측정	한전, 구역전기사업자 전력량계	IoT, 아파트 전력량계 등
감축 방법	사전 계획에 의한 조업일정 및 대용량 전기기기 조정	최신기술을 활용한 직접 또는 자동제어
보상	금전적 인센티브 (획일적인 보상방법)	요금할인, 포인트·기프트콘 제공 등 (다양한 보상방법)
DR 外 효과	유사 산업과 연계 가능 (에너지효율개선 등)	다양한 산업과 연계 가능 (통신, 가전, 사회복지 등)

자료 : 전력거래소(2019), “수요자원시장 참여고객 설명회” 외

〈참고 1〉 국민DR 시범사업 개요

- 사업기간 : 2018년 6월 1일~11월 30일
- 대 상 : 약 4만 가구
- 참여기업 : 벽산파워, 삼성전자, 엘지(LG)전자, 엘지유플러스(LGU+),  
인코어드, 한국엔텍 등 6개 기업
- 특징 및 기대효과
  - 스마트 가전을 활용한 자동화 방식(Auto DR) 도입
    - 스마트 에어컨에 피크관리 기능을 탑재해 전력거래소로부터 신호를 수신하면 에어컨이 가동률을 조정하여 전력소비량을 줄이는 자동화 방식 활용
  - 에너지와 ICT를 결합한 제품인 “IoT 전력계측기”를 수요자원 거래 참여를 위한 기본 인프라로 활용
    - 일반 가정에 설치할 경우 최소 23만원이 소요되는 전력계측기 대신 국내 스타트업이 개발한 전력계측기 활용(7만원에 설치 가능)
  - 국가 차원의 효율적인 에너지 사용과 스마트에너지 제품·서비스 산업 육성
    - Auto DR로 참여 가능한 기기를 냉장고, 정수기 등으로 확대하여 국민DR 확산으로 에너지의 효율적 사용뿐만 아니라 스마트 가전, IoT 전력계측기 등의 수출 확대 기대



### Ⅲ. 소규모 전력중개시장

#### 1. 소규모 전력중개시장 개요

##### □ 소규모 전력중개시장 개설의 법적 근거 및 운영구조

- 2018년 12월 소규모 전력중개사업 도입되고, 2019년 2월 전력중개시장 개설
  - 소규모 전력중개사업은 1MW 이하의 신재생에너지와 ESS, 전기자동차에서 생산 및 저장한 전기를 중개사업자가 모아 전력시장에서 거래하는 사업
  - 2018년 6월 전기사업법 개정·공포<sup>18)</sup>로 12월 소규모 전력중개사업 본격 시행
    - 2018년 5월 국회 본회의 심의·의결 → 6월 국무회의 후 공포 → 12월 시행
  - 2019년 1월 중개시스템 실증테스트를 거쳐 2월에 소규모 전력중개시장 개설
    - 소규모 전력중개시장은 중개사업자가 소규모 전력자원을 모집·관리할 수 있도록 전력거래소가 개설·운영하는 시장

〈표 10〉 소규모 전력중개사업 관련 전기사업법 주요 내용

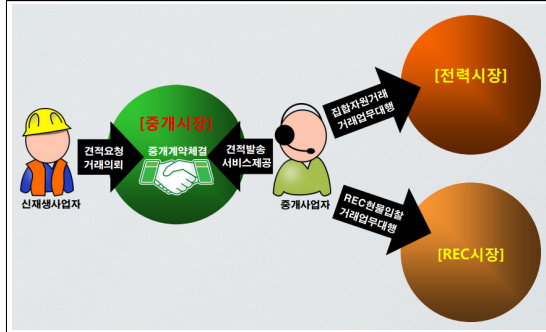
조항	주요 내용
법 제36조 (중개시장 개설/운영)	- 한국전력거래소가 개설 및 운영하며, 중개시장 운영규칙 등 관련 규칙의 제정·개정도 한국전력거래소 담당
법 제2조 제12의 6호 (중개시장 참여설비)	- 일정 규모 이하의 신재생에너지 설비(신재생에너지법 제2조 제1·2호에 따른 설비용량 1MW 이하), ESS(충·방전설비용량 1MW 이하의 전기저장장치), 전기자동차(친환경자동차법 제2조 제3호에 따른 전기자동차)
법 제16조 전기 신사업 <sup>주1)</sup> 약관	- 산업통상자원부의 표준약관 사용이 원칙이며, 개별약관 사용시 산업통상자원부 신고
시행령 별표 1 (전력중개사업 등록)	- 별도의 자본금, 시스템 없이 최소한의 기술인력 <sup>주2)</sup> 만 확보하면 등록 가능 (등록절차 <sup>주3)</sup> : 등록신청서·사업계획서·인력요건 입증서류를 한국스마트그리드협회에 접수하면 등록증 발급됨)

- 주 : 1) 전기사업법상 '전기 신사업'이란 전기자동차 충전사업 및 소규모 전력중개사업을 의미  
 2) 국가기술자격법에 따른 전기(1명 이상)·정보통신·전자·기계·건축·토목·환경분야의 기사 2명 이상  
 3) 등록을 마친 사업자는 전력거래소 회원으로 가입하고, 소규모 발전사업자와 계약 체결하면 중개사업 가능

자료 : 법제처(2018)

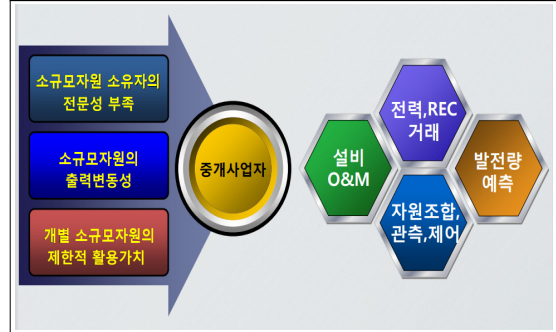
18) 개정된 전기사업법 부칙에 따라 법 공포 후 6개월 경과 한 날부터 시행

〈그림 17〉 중개시장과 전력·REC 시장 비교



자료 : 전력거래소(2018)

〈그림 18〉 중개사업자의 역할

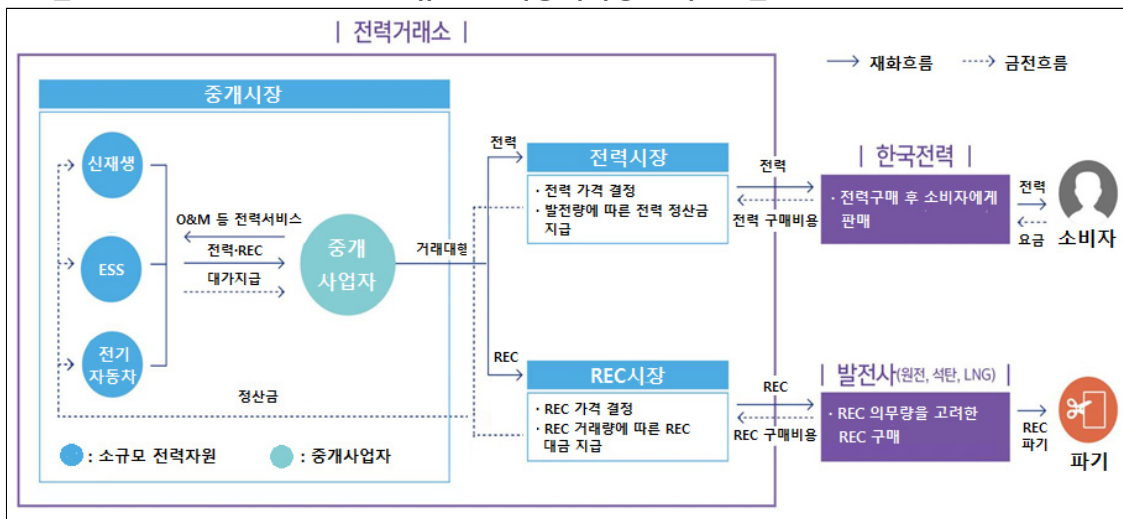


자료 : 전력거래소(2018)

○ 소규모 전력중개시장은 중개사업자와 자원보유자로 구성

- 중개사업자는 신재생 발전사업자의 생산 전력과 신재생에너지 공급인증서의 거래대행 및 설비 유지보수 등의 서비스를 제공
- 중개사업자의 역할 : 설비 O&M, 전력 및 REC 거래, 자원조합·관측·제어, 발전량 예측 등을 통해 소규모 자원보유자의 전문성 부족 및 자원의 출력 변동성 문제를 해결하고 활용가치를 극대화
- 신재생 발전사업자 등은 중개사업자와의 거래 위탁 및 O&M 서비스 계약을 기준으로 서비스에 대한 대가 지급

〈그림 19〉 소규모 전력중개시장 업무 흐름도



자료 : 산업통상자원부 보도자료(2018), “소규모 전력중개사업 본격 시행” 참조하여 재작성

## 2. 소규모 전력중개시장 현황

### □ 시장 운영현황 및 거래실적

- 2019년 9월 현재 58개 업체가 사업자 등록, 중개시장 회원 가입 업체는 35개
  - 전력중개사업 영위를 위해서는 전기 신사업자로 스마트그리드협회에 등록한 후 전력거래소의 중개시장 회원으로 가입해 자원보유자와 계약을 체결하고, 계약에 따라 거래 및 O&M 등을 위탁받은 자원의 설비용량을 시장에 등록하는 등의 과정 필요
  - 전력거래소 중개시장 회원으로 가입한 업체 중 실제 전력중개 사업을 하고 있는 업체는 5개로 확인
  - 전력거래소 중개 시장에 등록된 소규모 전력자원 용량은 25.4MW이며, 중개 사업을 진행하고 있는 5개사의 등록용량은 11.1MW 수준으로 미미
    - 5개사가 등록한 소규모 전력자원 수는 21개로 모두 태양광(13개) 또는 ESS(8개)로 구성
    - 5개사의 현재까지의 전력거래량은 총 5,408GWh로 기록

〈표 11〉 소규모 전력중개사업을 위한 전기 신사업자 등록현황

구분	사업자
발전사(5)	SK E&S, 한화에너지, 한국동서발전, 한국남동발전, 포스코에너지
통신(2)	KT, SK텔레콤
태양광 시공 등 (39)	벽산파워, 한전산업개발, 세이브에너지, 신록태양광에너지, 신한전기, 넥스트스퀘어, 씨아이파워, 탑솔라, 제주탑솔라, 우림이앤엠, 쏠라위즈, 에이치에스솔라에너지, 탑인프라, 솔라커넥트, 강남파워텍, 제이에스파워, 보성파워텍, 솔라위즈, 씬웨이, 레나, 삼환전기, 휴렘, 풍성에너지, 다산에너지, 성창, 무한에너지, 대성히트펌프, 라이트제림, 해드림에너지, 리얼게인, 에스피앤지, 제이에이치에너지, 한국발전기술, 온누리산전, 캡코에너지솔루션, 인업스, 가나이엔지, 정도에너지, 이엔테크놀로지
IT(8)	해썬, 한국전력정보, 파워21, 브이젠, 레즐러플러스, 누리텔레콤, 블록체인기술연구소, 엘시스
DR(1)	그리드위즈
전기안전관리(3)	빛가람전기안전, 솔라시스템, 씬전기안전관

자료 : 산업통상자원부 국정감사(2019) 제출자료, 에너지데일리(2019.10) 재인용

〈표 12〉 중개사업자별 전력거래 현황

(단위 : GWh, MW, 개)

구분	전력거래량 <sup>주1)</sup> (GWh)	용량 <sup>주2)</sup> (MW)	소규모 전력자원	
			종류	수(개)
A사	902	1.798	태양광	1
			ESS	1
B사	2,329	2.873	태양광	3
C사	628	2.572	태양광	4
			ESS	2
D사	1,472	3.641	태양광	4
			ESS	4
E사	77	0.179	태양광	1
			ESS	1
합계	5,408	11.063	태양광	13
			ESS	8

주 1) : 1) 중개사업자가 자원보유자에게 위탁받아 거래 대행한 전력량

2) 중개사업자가 자원보유자로부터 위탁받은 설비용량

자료 : 산업통상자원부 국정감사(2019) 제출자료, 에너지데일리·인더스트리뉴스 등(2019.10) 재인용

## □ 현재 소규모 전력중개시장의 한계와 과제

○ 거래 부진의 원인은 높은 계량기 비용문제와 인센티브 부재로 축약 가능

- 자원보유자가 중개사업자를 통한 중개거래를 위해서는 400~500만원 수준의 계량기 및 통신기기 설치가 필요
  - 기존 한전과의 거래시 필요한 계량기 및 통신기기는 50~100만원 수준
  - 1MW 이하의 신재생(태양광) 발전설비 운영을 통한 수익 대비 높은 계량기 비용은 중개 거래 기피 요인
  - 중개사업자의 수익원이 중개 및 O&M 수수료밖에 없는 상황에서 계량기 비용을 치르고 중개 거래를 할 이유 부재
- ‘예측 인센티브 제도’ 등 중개수수료 외 중개사업자의 수익모델 필요
  - 중개사업자가 각 사의 기술과 역량을 활용해서 관리하는 자원의 발전량을 정확히 예측하고, 계통안정도 향상 기여도에 따라 인센티브 또는 패널티를 받는 제도가 마련되면 다양한 중개사업자의 시장참여 유도 가능
  - 다만, 중개사업자들의 발전량 예측 기술과 수준이 각각 다르고 계통안정도 향상 기여를 가치로 환산하는 기준을 정하는 것에 논란의 여지가 많을 것으로 예상되어 제도 도입을 위한 충분한 연구와 준비 과정 요구됨

## IV. 국내 가상발전소의 미래

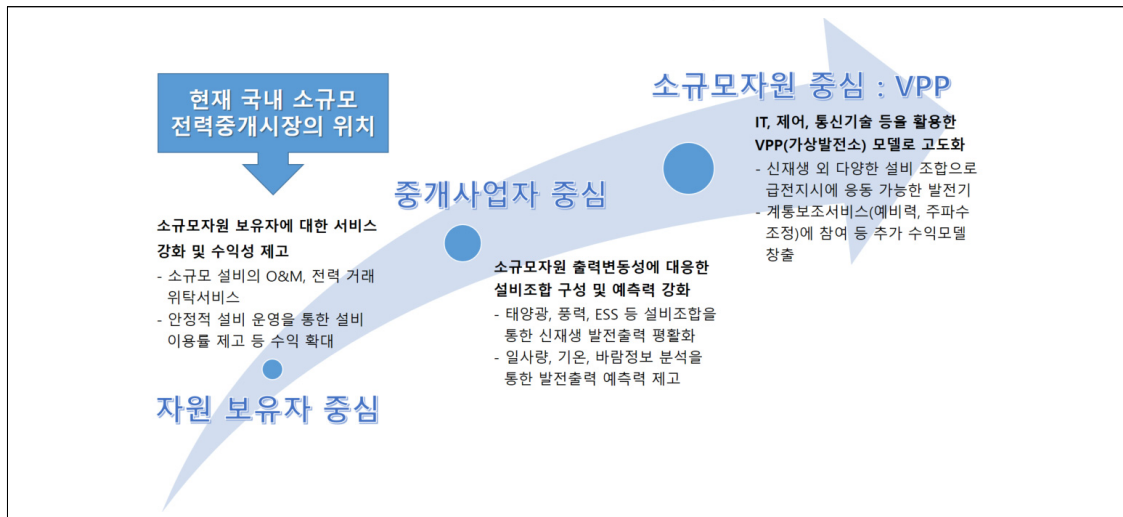
### □ 한국형 가상발전소 구축을 위한 준비

- 재생에너지를 비롯해 분산형 전원 확대에 대한 정책적 지속성 유지될 전망
  - 3차 에너지기본계획 등 국가 에너지 종합계획 등에서 의지 확인
    - 기존 계획 대비 상향된 2040년 재생에너지 발전량 비중 목표 30~35% 및 분산형 전원 발전량 비중 목표 30% 제시
  - 재생에너지 관련해서는 2019년 4월 「재생에너지산업 경쟁력 강화 방안」, 2019년 8월 「환경과 공존하는 육상풍력 발전 활성화 방안」 등 에너지원별 지원 지속 진행 중
  - 한편, 정부는 연내 수립을 목표로 「분산에너지 활성화 로드맵」을 준비 중
- 분산형 전원 확대를 대비해 가상발전소 구축의 제도적 틀은 마련된 상태
  - 가상발전소의 궁극적인 사업모델이라 할 수 있는 혼합형(수요기반+공급기반) VPP의 제도적 기반 마련
    - 수요기반 VPP를 위한 “수요자원 거래시장” 2014년 11월 개설되어 운영 중
    - 2019년 2월 “소규모 전력중개시장” 개설되면서 공급기반 VPP 시현 가능
- 각 시장의 발전과 활성화가 중요한 만큼 보완정책 마련과 추진 필요한 상황
  - 수요자원 거래시장은 ‘국민 DR’의 성공적인 정착과 수요자원의 보조서비스 등 새로운 부가가치 창출 등의 제도 보완 필요
  - 소규모 전력중개시장의 경우 수익모델 다양화와 계량기 비용문제 및 중개 사업자에 대한 인센티브 부재 문제 해결을 위한 조치 시급
    - 현재 소규모 전력중개시장의 중개사업자 수익모델은 거래대행 및 설비 O&M 수수료 수취로 제한
    - 논의 중인 활성화 방안으로는 1) 재생에너지 발전량 예측을 통한 전력공급 안정화에 대한 인센티브 제도 도입, 2) 계량기 대량구매 및 기능 간소화를 통한 계량기 비용 절감, 3) 전력 데이터 담당 통신사들과의 장기 계약 등의 방식을 통한 데이터 전송비용 절감 등이 있음

- 향후 두 시장의 결합을 위한 법 개정 및 제어체계 마련도 염두 할 필요
  - 현재의 소규모 전력중개시장 체제로는 두 시장의 결합 불가능
    - 정책적으로 정의된 ‘분산형 전원’의 설비규모(40MW 이하 소규모 발전설비, 500MW 이하 수요지 인근 발전설비)와 중개시장 참여 가능 설비규모(1MW 이하 신재생) 간의 차이 큼
    - 현재 중개시장에 참여 가능한 신재생 설비는 태양광에 국한되며, 풍력 등의 타 신재생 설비 및 수요반응자원(2~500MW)을 포함하기 위해서는 법 개정 불가피할 것으로 예상
  - 한편, 중장기적으로 다양한 규모와 역할을 갖는 VPP 등장이 예상되는 만큼 이를 효율적으로 관리·운용할 수 있는 제어체계 등에 대한 연구병행 필요

〈그림 20〉

소규모 전력중개시장 고도화 방안



자료 : 전력거래소(2018)

## 참고문헌

- 김신아(2016), “주요국의 에너지 프로슈머 관련 정책 동향 및 비즈니스 모델 분석”,  
LG 경제연구원
- 김지희(2019), “해외 에너지 프로슈머 사업모델 분석”, 한전 경제경영연구원
- 김형수·한재각(2019), “가상발전소와 전력중개시장”, 에너지기후정책연구소
- 박중성(2017), “가상발전 최적운영 기술 개발을 위한 VPP와 CityEMS”, 전력연구원
- 안병진(2018), “소규모 전력중개시장 소개”, 전력거래소
- 오유진(2018), “Energy Aggregator의 성장과 기회”, 하나금융경영연구소
- 유정민(2018), “분산에너지자원의 확대와 시장구조 개선 과제”, 서울에너지공사
- 산업통상자원부(2017), “제8차 전력수급기본계획”
- \_\_\_\_\_ (2018), “제2차 지능형전력망 기본계획”
- \_\_\_\_\_ (2018), “소규모 전력중개사업 본격 시행”
- \_\_\_\_\_ (2019), “ESS 사고원인 조사결과 및 안전강화 대책 발표”
- \_\_\_\_\_ (2019), “제3차 에너지기본계획”
- 성지영·김수진(2019), “소규모 전력중개시장의 향후 발전방향”, 우리금융경영연구소
- 장기윤(2018), “우리나라 전력산업 경쟁체제 도입 현황 및 향후 전망”, 포스코경영연구원
- 전력거래소(2019), “수요자원시장 참여고객 설명회”
- \_\_\_\_\_ (2019), “전력시장 운영실적”
- \_\_\_\_\_ (2019), “수요자원거래시장 현황 및 운영정보”
- 정구형(2015), “가상발전소(VPP) 기술현황 및 전망”, 전기저널
- 정구형·박만근·허돈(2015), “스마트그리드 하에서 가상발전소의 전력시장 참여를 위한  
제도적 선결요건에 관한 제언”, 전기학회논문지
- 주성관(2019), “수요반응, E-프로슈머 및 VPP 현황 및 전망”, 고려대학교
- 한국에너지공단(2018), “2017년 신재생에너지 보급통계 잠정치 결과 요약”
- \_\_\_\_\_ (2019), “2018년 신재생에너지 보급통계 잠정치 결과 요약”
- 한국전력공사(2019), “2018 KEPCO in Brief”
- \_\_\_\_\_ (2019), “제88호(2018년) 한국전력통계”