

그린뉴딜과 전력산업

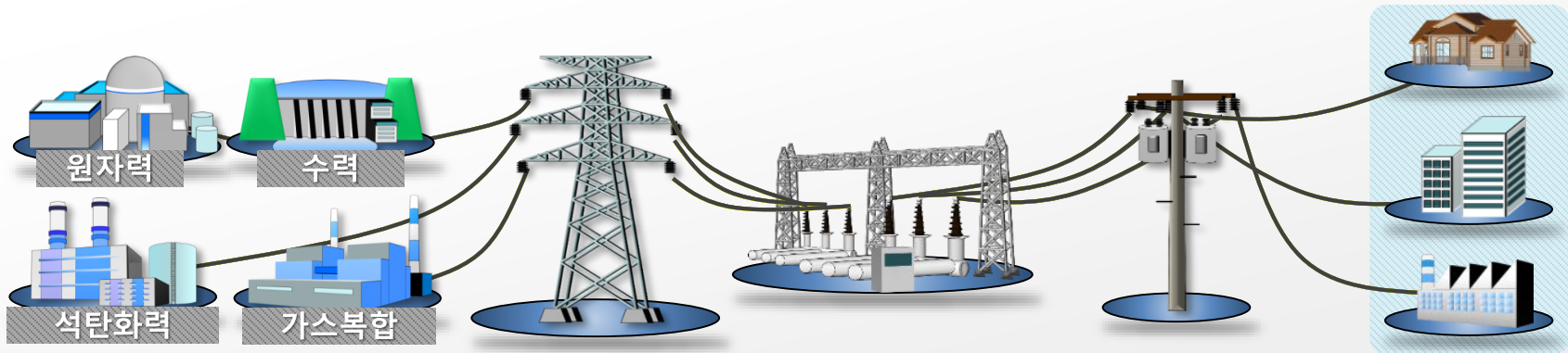
전력거래소 제주본부장 김영환

[발표요지]

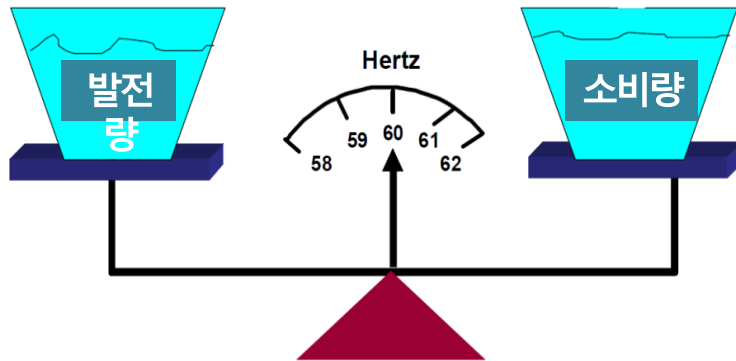
- 그린뉴딜은
 - 친환경에너지 확산을 위한 신재생발전자원 개발 및 보급
 - 신재생확산을 위한 풍력,태양광발전의 출력변동성에 대응하는 유연성자원(ESS,수요자원) 확대
 - 그린뉴딜의 조건 디지털뉴딜. 스마트그리드, 전력거래자유화
- 유연성자원을 확보하기 위한 전력시장제도 개선
 - 수요자원시장, 소규모전력중개시장 → VPP시장
 - 발전경쟁시장(CBP) → 보조서비스시장, 실시간시장
 - 신재생직거래, RE100 시장의 확대로 점진적 전력거래자유화
- 변동성 재생에너지원이 급속히 늘어나고 있는 제주에서의 해법을 통해 에너지전환 정책방향 제시
 - 재생에너지 및 유연성자원의 전력생산과 소비에 인센티브 제공
 - 정부, 재생에너지 친화적인 전력시장제도 개편추진 의지

전기의 특징 및 공급체계

설명: 시시각각으로 변화하는 전력소비에 맞추어 실시간으로 발전량을 조절하여 공급, 전력을 저장하여 이용하려면 직접공급비용의 3배 수준



소비 = 공급



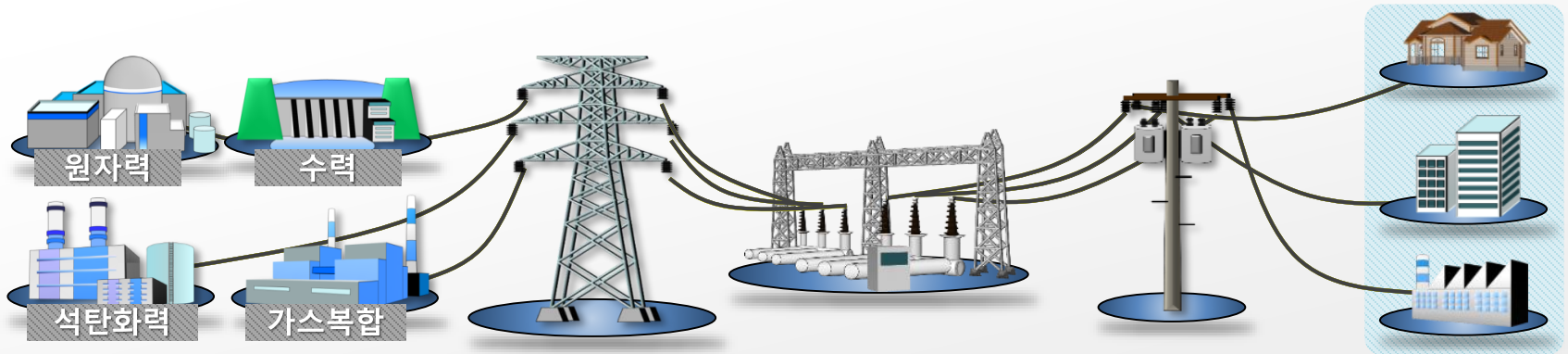
급전순위 = 경제급전(연료비기준)



전력산업의 역사

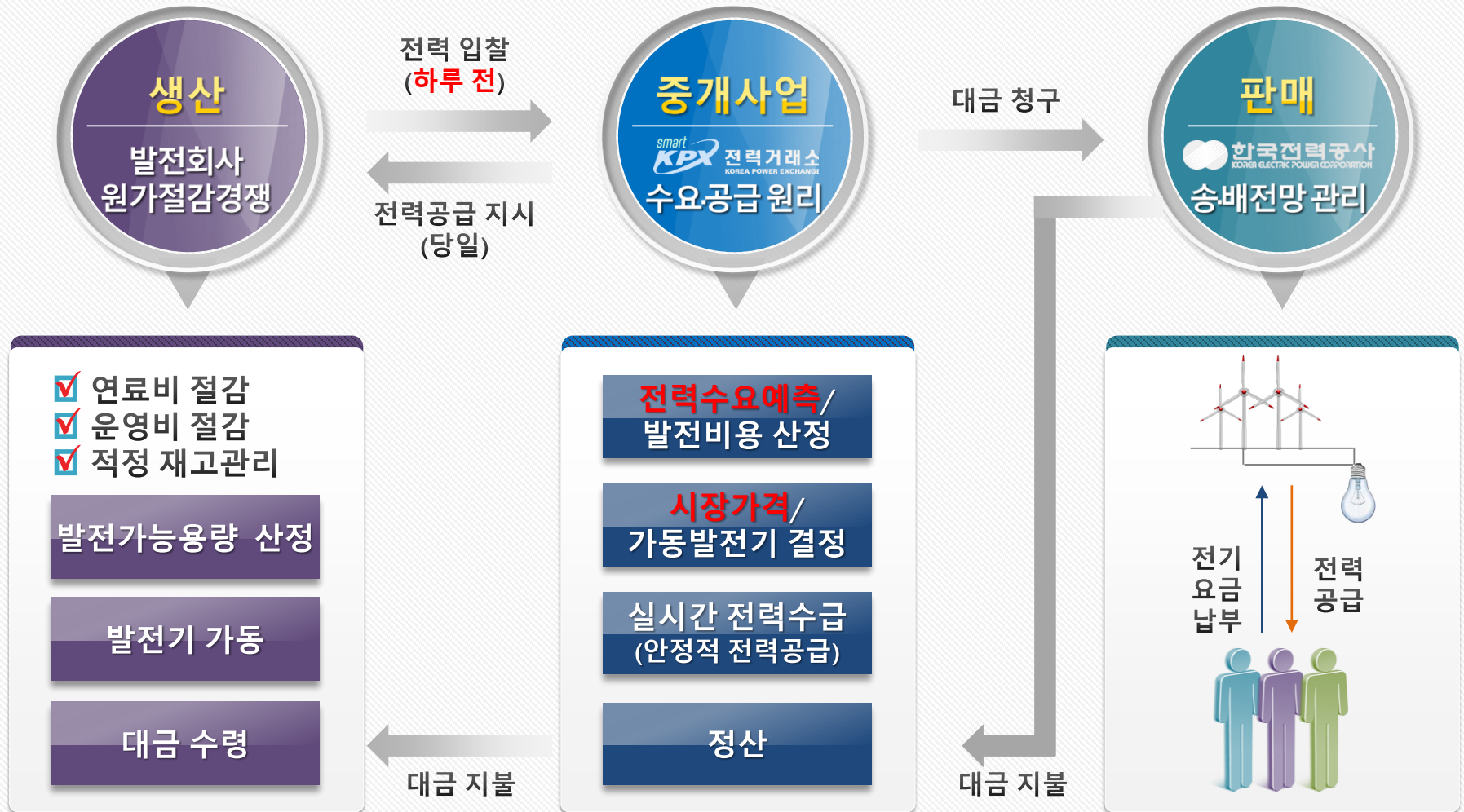


전력사업자별 역할



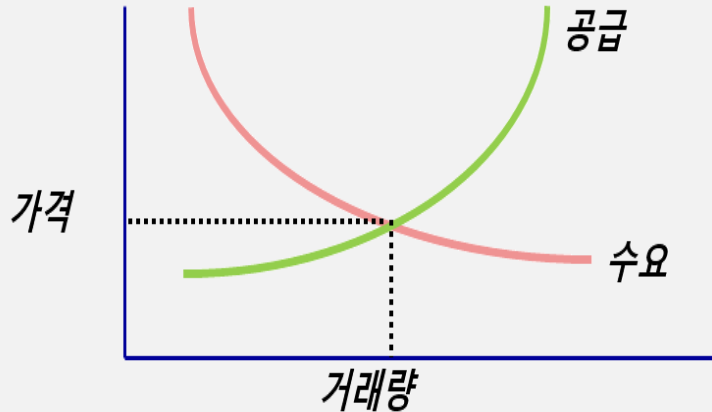
전력시장 운영체계

설명: 발전부문만 원가경쟁 효과, 하루 전 발전가격결정으로 전력소비에 영향을 못 미치는 경직성,

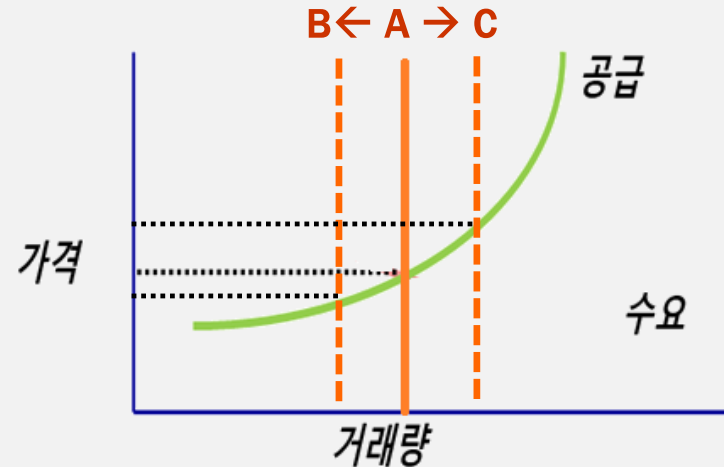


전력시장 기본개념

일반시장



전력시장



설명: 예측된 전력수요에 따라 하루 전 발전가격결정으로 전력소비에 영향을 못 미치는 경직된 무늬만 시장

시장의 개념

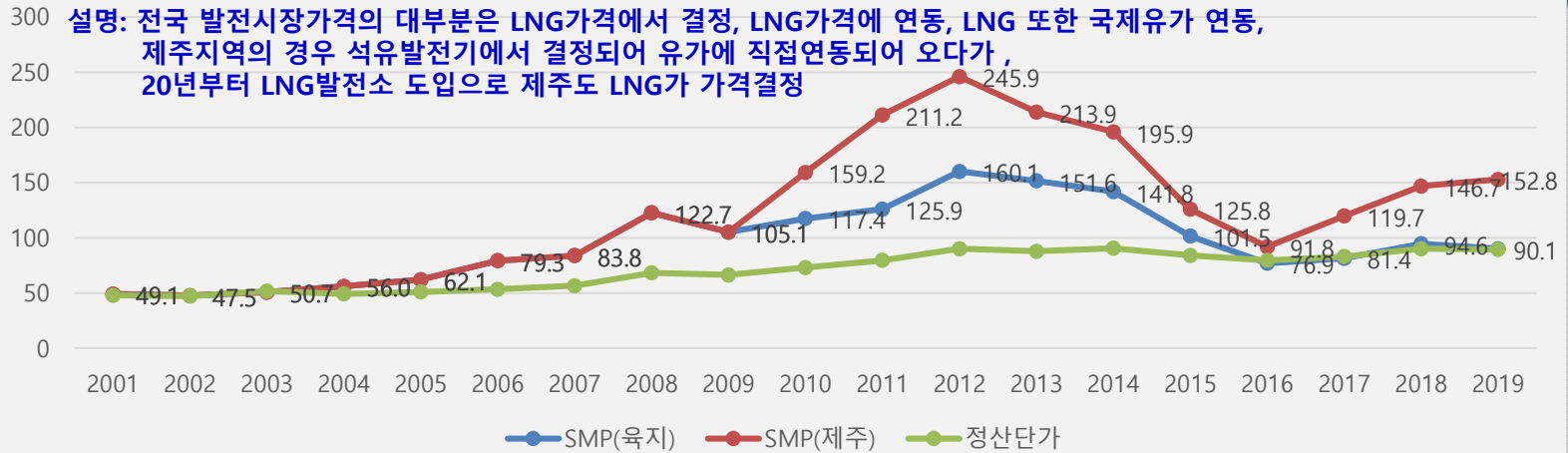
- 시장가격과 공급량 결정 (상품의 수요와 공급의 원리)
- 가격을 매개체로 거래가 형성되고 자원배분이 이루어짐

전력시장은 불완전한 시장

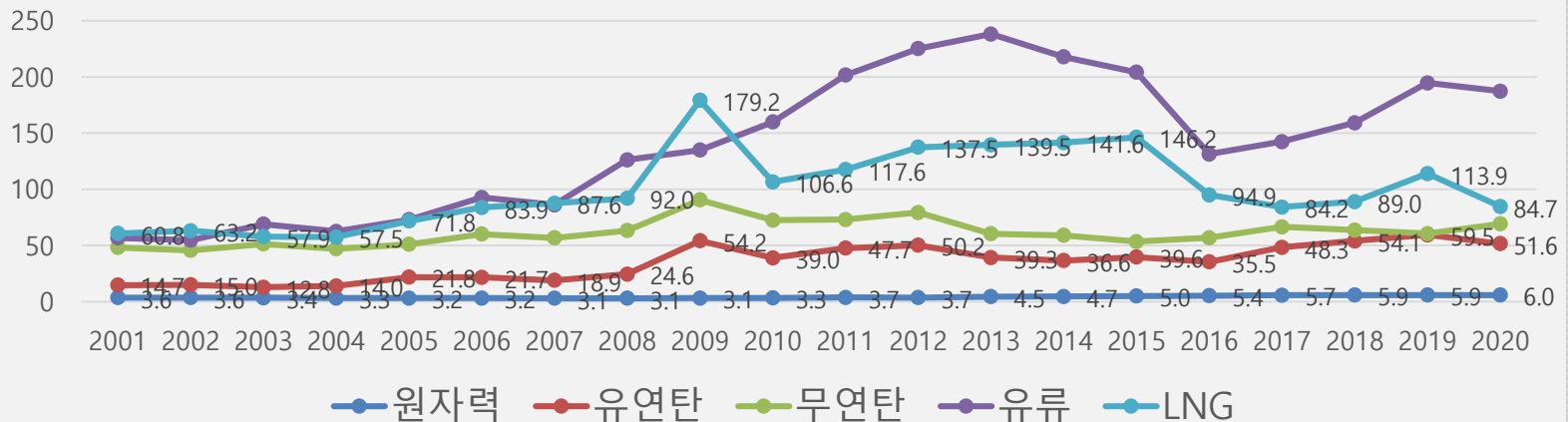
- 전력의 생산자와 구매자가 참여하여 **시장원리(???)**에 따라 가격과 거래량을 결정
- 공급자: 발전회사 또는 수요관리사업자
- 구매자: 판매회사 또는 직접구매자

발전시장가격(SMP) 실적 추이

SMP 및 정산단가 변동추이



전원별 연료가격



**설명: 제주에는 화력발전단지 3개소 (삼양동 제주화력발전소, 화순에 남제주화력발전소, 한림에 한림복합화력발전소)
20여개의 풍력발전단지, 1000여개 태양광발전소 운영중**



제주 전력설비현황 및 신재생 점유율

설명: 1인평균 매시간 약1kWh소비, 제주평균 67만kWh/h 소비, 풍력,태양광 등의 신재생 설비용량 74만kW로 평균소비량을 넘어섰음, 풍력,태양광의 평균이용률이 낮아서 매시간 70만kW 이상 생산되는 경우 거의 없지만, 지난 해 제주도 총발전량의 16.0%를 풍력태양광 발전량으로 공급

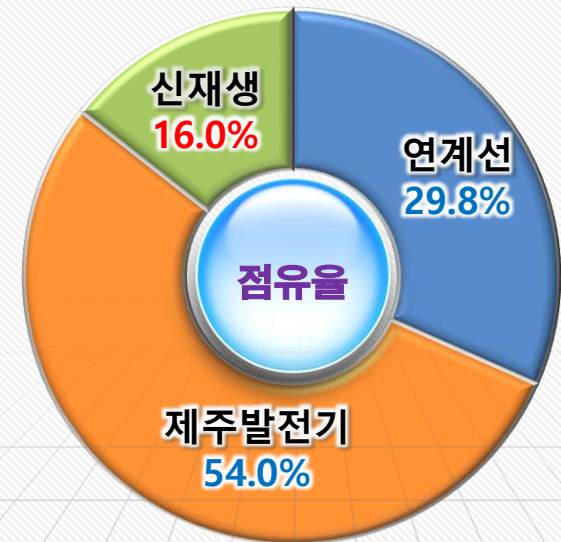
전력설비 현황(만kW)

[20.12월말 기준]

구 분		설비용량	소계
중앙급전 발전기	남제주기력#1,2	20.0	91.0 (44%)
	제주기력#2,3	15.0	
	제주내연#1,2	8.0	
	한림복합	10.5	
	제주LNG복합#1,2	22.9	
	남제주복합	14.6	
비중앙 발전기	신재생 발전기	풍력	29.5
		태양광	42.0
		기타	0.9
		소계	74.3 (36%)
	기타(폐기물)		1.9
연계선	#1HVDC	15.0	40.0 (19%)
	#2HVDC	25.0	
전력설비 합계		2,05.2	

발전량 점유율(%)

[20년 연간실적 기준]



- 제주발전기 (중앙급전 52.5%+기타(폐기물) 1.5%)
- 신재생 세부 점유율

풍력 10.2%	태양광 5.8%	기타신재생 0.2%
----------	----------	------------

제주 신재생 출력비중

설명: 지난해 봄, 가을철 낮시간에 우리가 사용하는 전력의 50%를 풍력태양광이 담당하는 경우가 많았음. 최대 점유율 4월13일에 62.3%

➤ 실시간 신재생 발전량 점유율(2020.4.13 15:58)

제주지역 실시간 신재생 수급 현황

2020.04.13
15:58



신재생 출력 비중

신재생 출력

384_{MW}

현재 부하

617_{MW}



현재출력

221_{MW}

이용률

76%

설비용량

290_{MW}



현재출력

150_{MW}

이용률

55%

설비용량

272_{MW}



현재출력

1_{MW}

이용률

3%

설비용량

29_{MW}

재생에너지 확대에 따른 계통영향

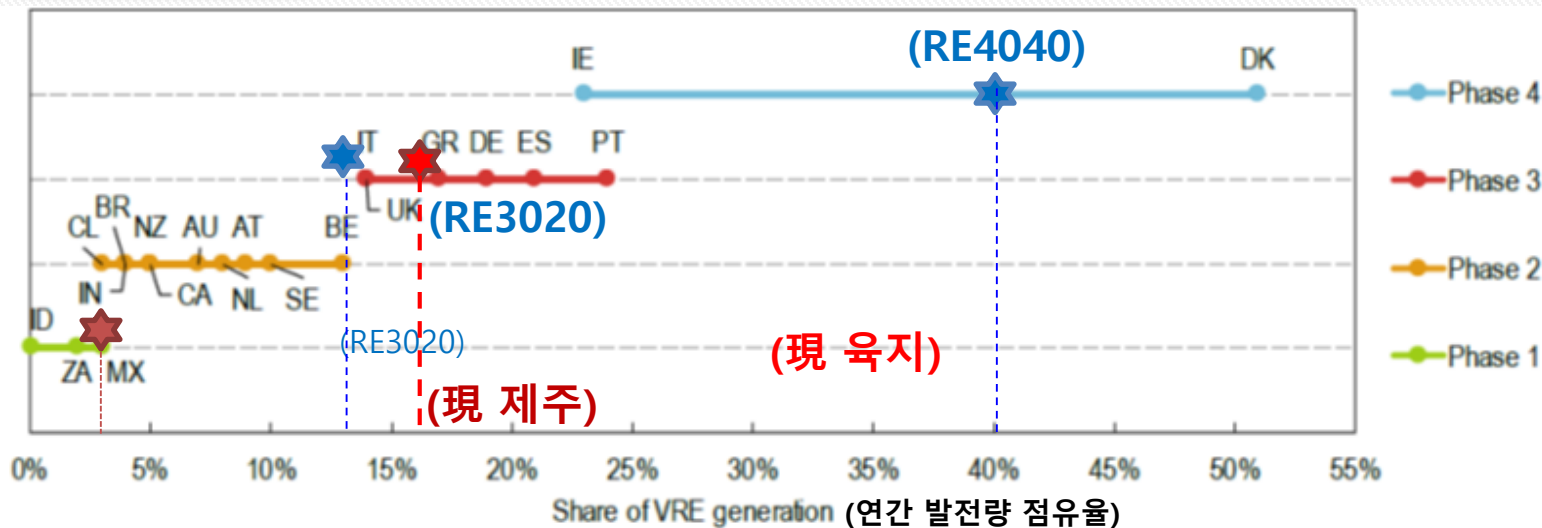
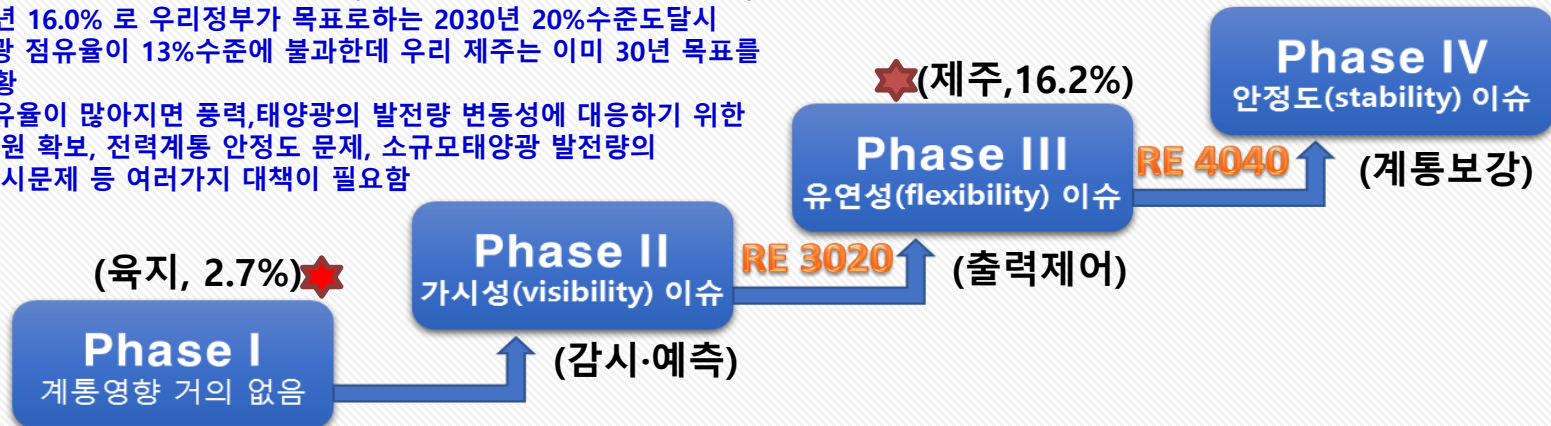
- 육지계통(2.7%, '19) : Visibility 이슈 단계 → 감시·예측시스템 구축
- 제주계통(16.2%, '20) : Flexibility 이슈 단계 → 간헐적 출력제어 발생

설명: 작년 우리나라 신재생보급률 6%수준, 실재 변동성 재생에너지인 풍력,태양광 비율은 전국은 2.7% 수준

제주는 작년 16.0% 로 우리정부가 목표로하는 2030년 20%수준도달시

풍력,태양광 점유율이 13%수준에 불과한데 우리 제주는 이미 30년 목표를 초과한 상황

- 신재생 점유율이 많아지면 풍력,태양광의 발전량 변동성에 대응하기 위한 유연성 자원 확보, 전력계통 안정도 문제, 소규모태양광 발전량의 실시간 감시문제 등 여러가지 대책이 필요함

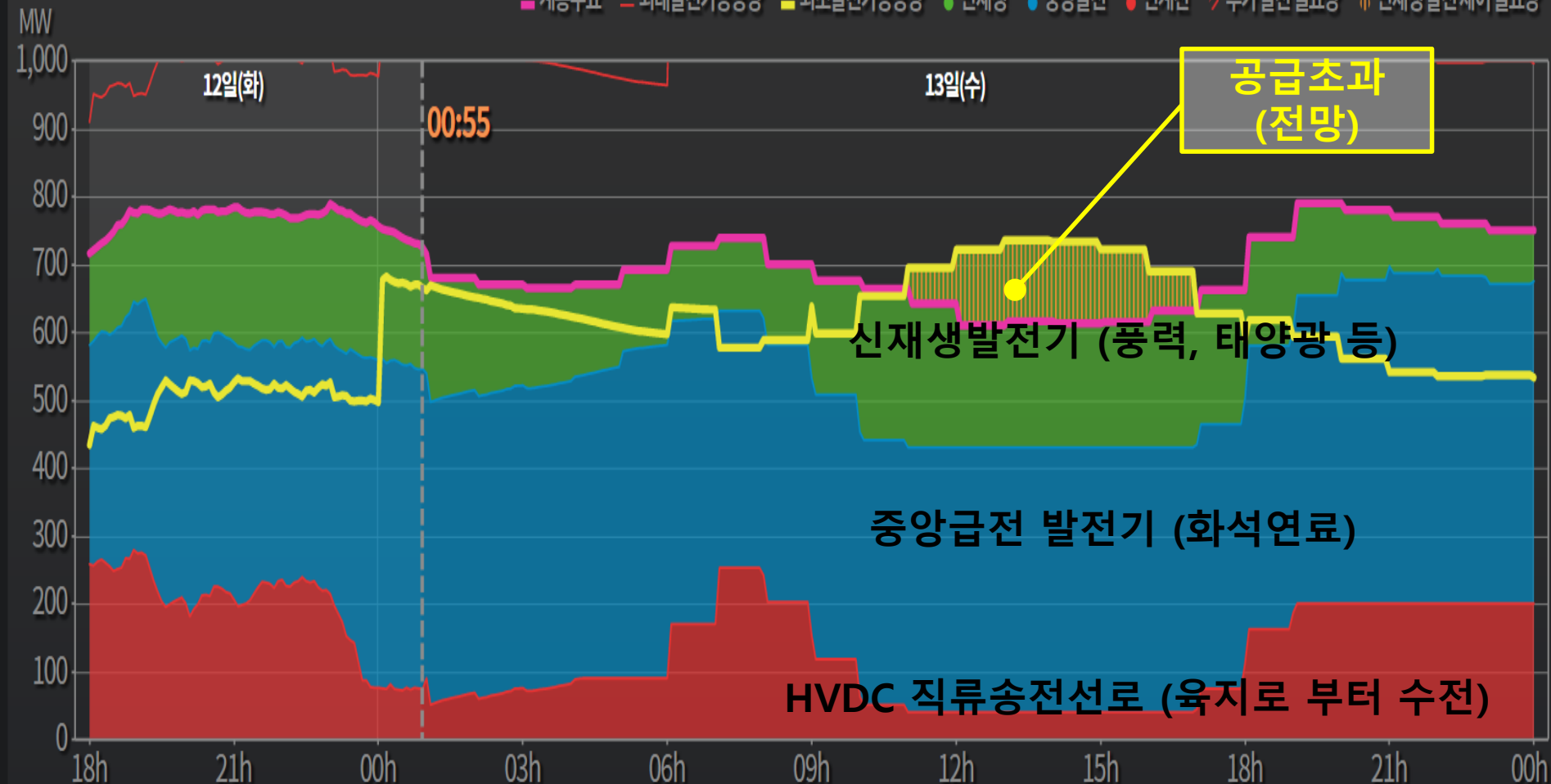


(운영발전계획) 신재생 초과발전량 예측

제주계통 실시간 종합 수급 화면

2019.03.13
00:55

계통수요 최대발전가능용량 최소발전가능용량 신재생 중앙발전 연계선 추가발전 필요량 신재생 발전 제어 필요량

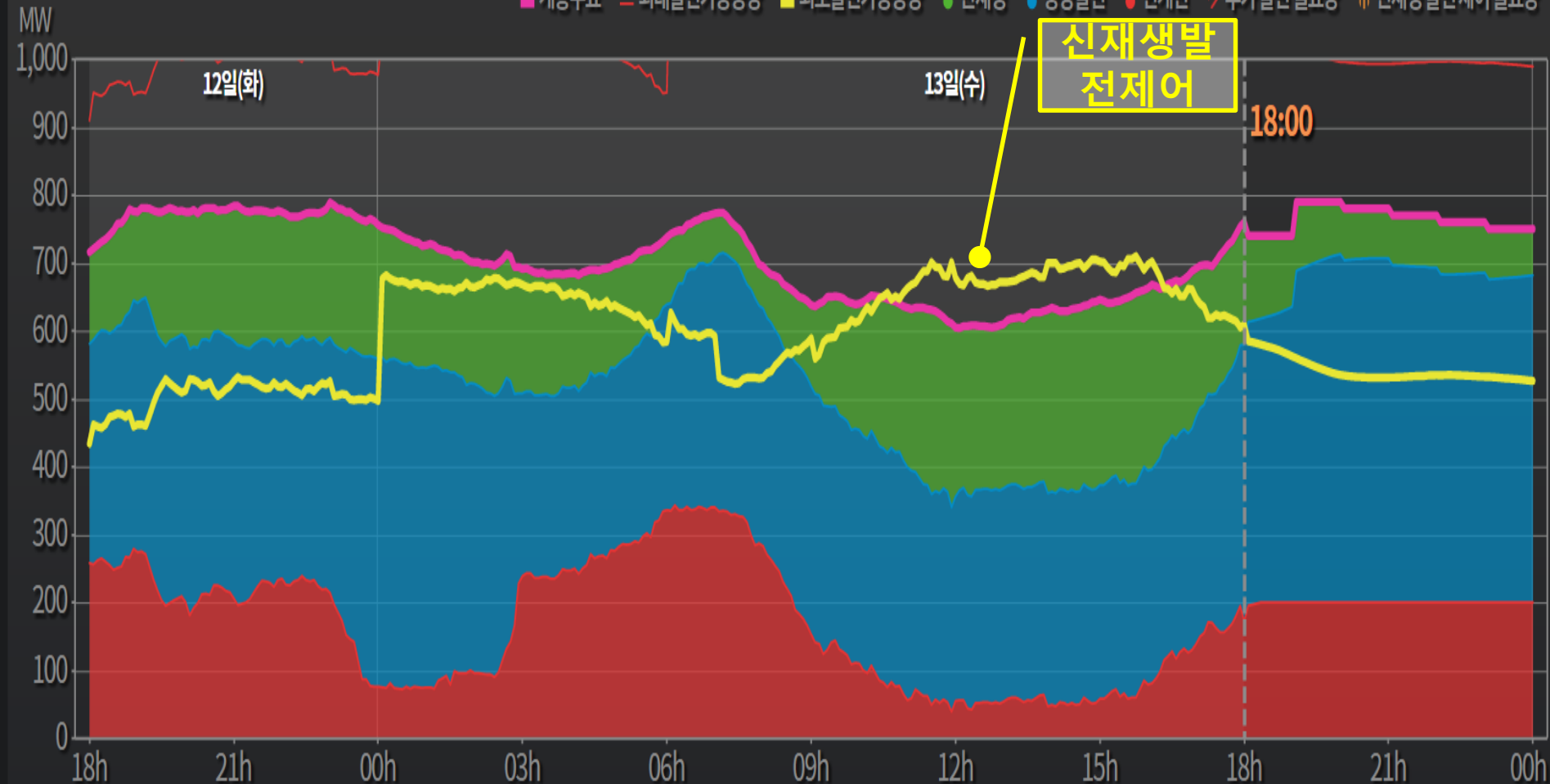


(실시간운영) 신재생 초과발전량 제어

제주계통 실시간 종합 수급 화면

2019.03.13
18:00

계통수요 최대발전가능용량 최소발전가능용량 신재생 중앙발전 연계선 추가발전 필요량 신재생발전 제어필요량



제주 풍력발전 출력제어 현황

➤ '20년 출력제어 총 77회, 19.4GWh (전년대비 10.2GWh 증가)

설명: 제주에서는 풍력,태양광이 전력수요를 초과발전하는 횟수가 점점 많아지고 있음, 작년 2020년에 77회 발생하여 194만kWh(30억원상당)의 발전제약으로 풍력사업자의 매출손실이 발생하였음. 이는 풍력총발전량의 3.4% 에 해당
 - 보다 많은 풍력자원을 활용하려면 일정부분 초과발전을 허용 불가피, 과다해지면 사업자만의 불이익이 아니라 전체적으로도 비효율적이게 됨

풍력발전 출력제어 현황

구 분		제어량 / 횟수 (MWh)	풍력발전량 대비 제어비중
'15년		152 (3회)	0.04%
'16년		252 (6회)	0.05%
'17년		1,300 (14회)	0.24%
'18년		1,366 (15회)	0.25%
'19년	1~6월	4,343 (21회)	1.48%
	7~12월	4,881 (25회)	1.84%
	소계	9,223 (46회)	1.65%
	1~6월	13,408 (44회)	4.14%
	7~12월	6,041 (33회)	2.19%
	소계	19,449 (77회)	3.24%

신재생설비 증가 추이

구분	태양광	풍력	기타	소계
'15년	76.0	220.7	8.5	305.2
'16년	92.6	270.9	8.5	372.0
'17년	125.4	272.9	8.8	407.1
'18년	184.9	266.5	8.8	460.2
'19년	293.8	290.3	8.2	592.2
'20.1분기	304.8 (△11.1)	290.3	8.2	603.3
'20.2분기	335.1 (△30.2)	291.7	8.2	635.0
'20.3분기	359.8 (△24.7)	294.7	8.5	662.9
'20.4분기	420.1 (△60.3)	294.7	8.5	723.3

※ () 태양광설비 증가량[MW]

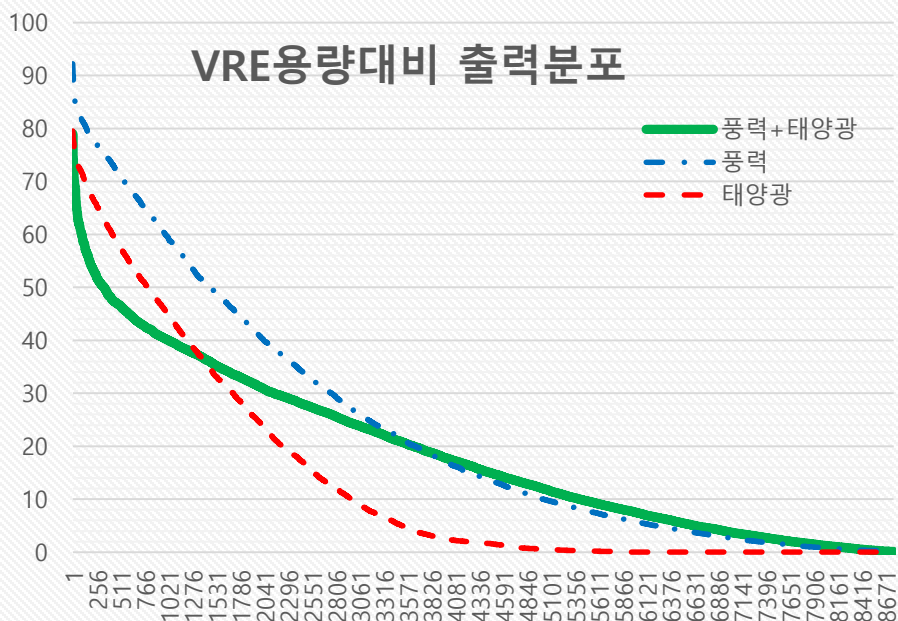
VRE 점유율증가와 초과발전

➤ 출력제어 및 초과발전을 통한 변동성 재생에너지의 활용 극대화

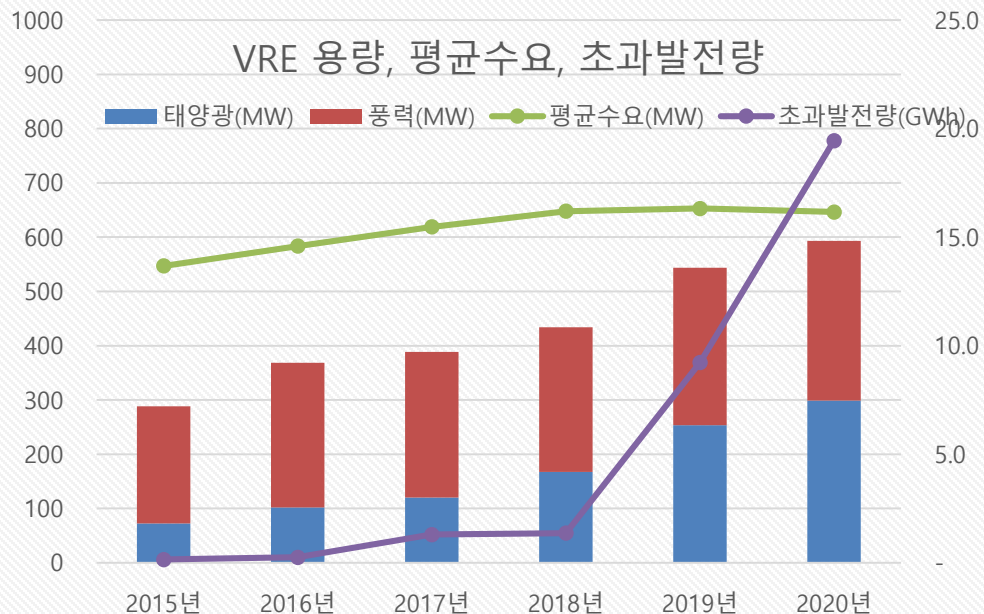
▪ 후발 신재생사업자의 시장진입 허용범위와 발전제약량 분배방안 마련 필요

설명: 재생에너지 비율을 높여가려면, 특히태양광, 풍력 등의 변동성 신재생자원을 활용하려면 일정부분 초과발전을 허용하는 것이 불가피
 풍력, 태양광의 용량비율, 최저수요 및 평균수요대비 효율적 용량을 지속적으로 분석할 필요가 있으며,
 유연성자원의 용량과 특성에 따라 도매 및 소매분야 전력시장제도에 따라 적정 신재생용량관리를 위한 신재생보급촉진제도 및 시장제도 필요

VRE용량대비 출력분포



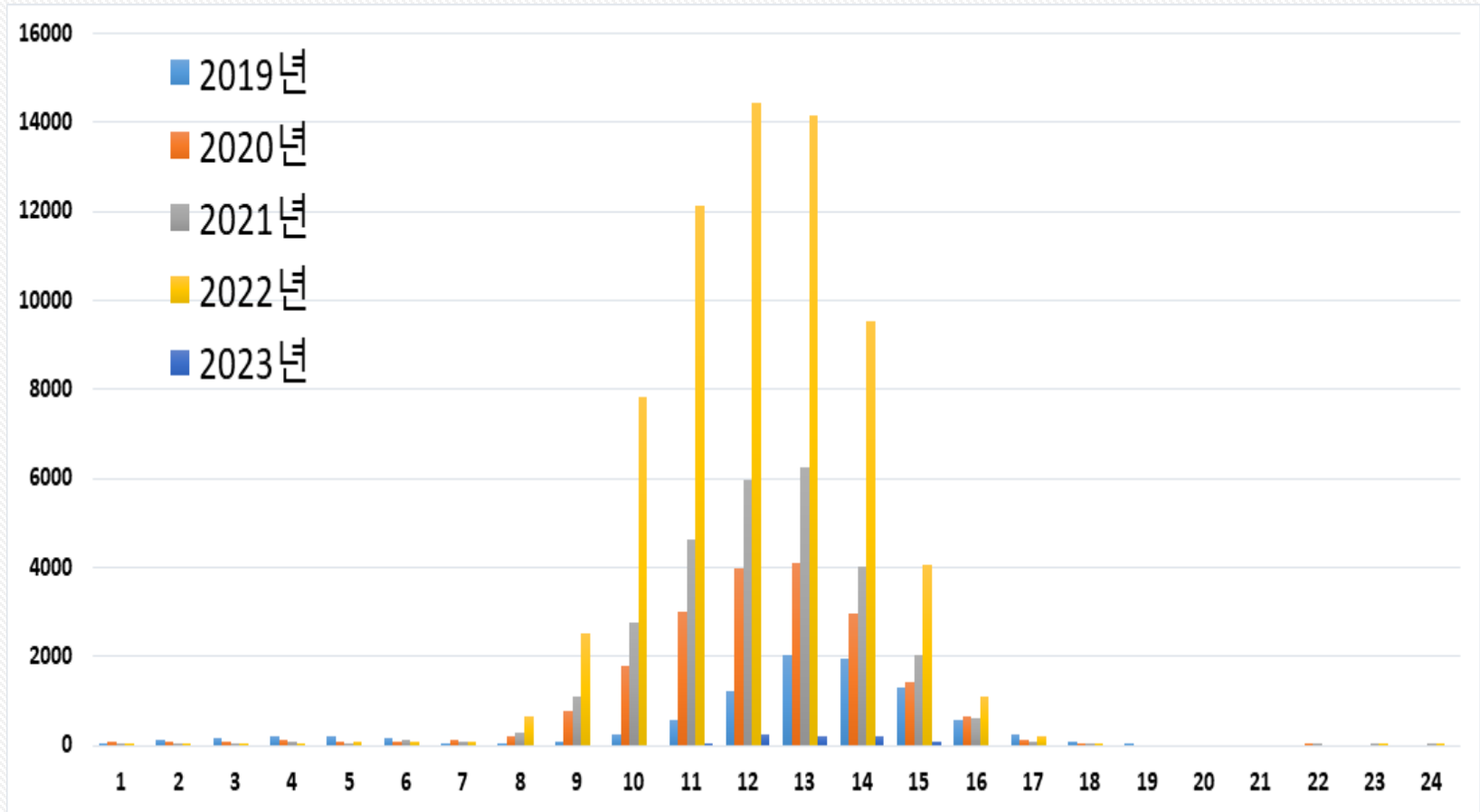
VRE 용량, 평균수요, 초과발전량



신재생 출력제어 발생시간

설명: 신재생초과발전은 태양광 발전량과 풍력발전량의 발전시기가 겹치는 낮시간에 주로 발생하고 있음
초과발전을 흡수하기 위한 여러가지 대책이 필요함,

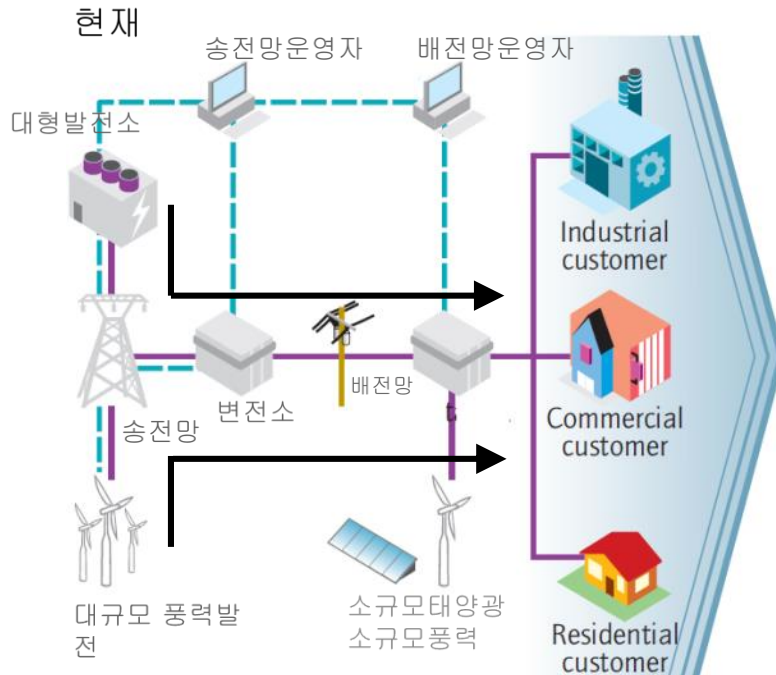
➤ 시간대별 출력제어 실적 및 전망(단위: MWh)



* 태양광 발전시간(10시~15시)에 출력제어 집중

전력공급체계의 분산화와 양방향 제어

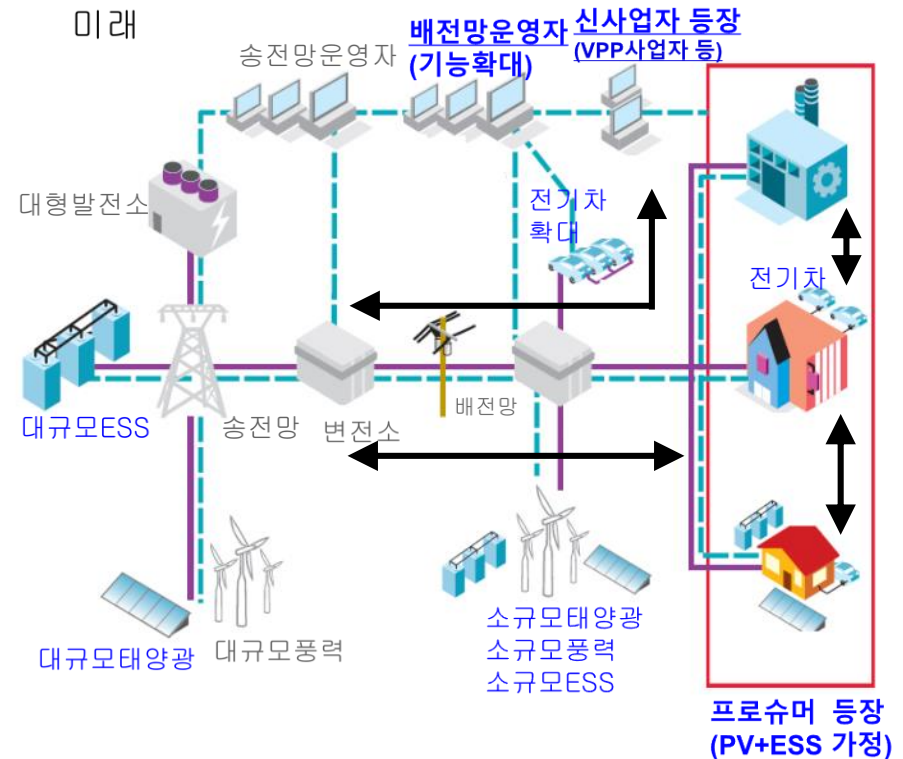
현재 - 중앙집중형 전력망
Centralized Power Grid



* 제어흐름 →

수동적 Local Grid(집중적 단방향 제어)

미래 - 분산형 전력망(Decentralized Grid)
Clean, Local Power Grid



능동적 Local Grid(분산적 양방향 제어)

전력시장 구조의 진화

도매전력시장 참여자 확대

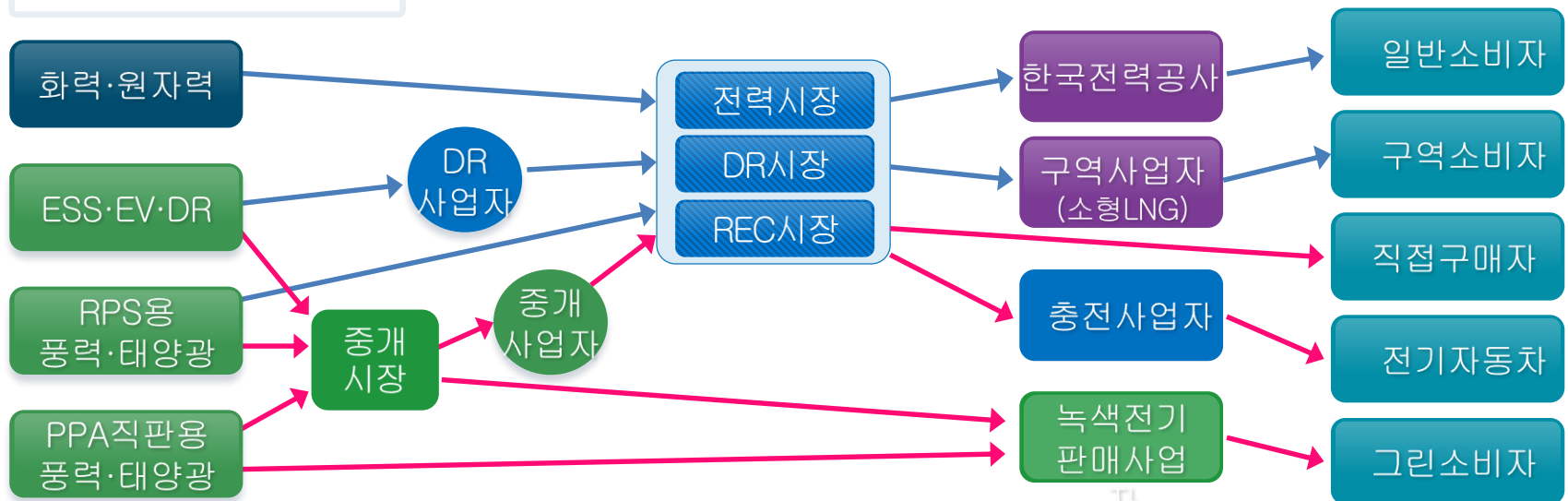
- ▶ **공급측** 발전사업자, 구역전기사업자, 수요반응사업자, 전력중개사업자
- ▶ **수요측** 판매사업자, 구역전기사업자, 직접구매자, 전기차충전사업자

프로슈머 전력시장 활성화

- ▶ 재생에너지 및 신자원(ESS, EV, DR 등)에 대한 분산형 전력시장 (±DR시장, 소규모중개시장)
- ▶ 소비자는 재생에너지를 생산함과 아울러 에너지원에 대한 선택권을 행사 (RE100)

전력시장의 변화

→ 기존거래 → 신규거래



다양한 수요자원시장 도입(1)

수요자원시장(DR)의 현황

- ☑ 필요시 전력사용을 줄여 발전기 건설 대체 및 비싼발전기 운영 감축에 기여
- ☑ 공급부족시 약정수요감축(신뢰성DR), 발전기와 가격 경쟁(자발적DR)
- ☑ 수급비상, 미세먼지조치 발령시 소규모 전기사용자를 대상으로 한 국민 DR('20년)
- ☑ 신재생 간헐성 대응을 위한 **Fast DR(전국,'21.1), 플러스DR(제주,'21.3) 개설**

국민DR(에너지쉽표) 도입으로 가정,점포 등 소규모 시장참여 확대

- ☑ 스마트폰, AMI, IoT기기 등 최신 기술을 활용한 수요 감축
- ☑ 통신포인트 등 이종사업과 결합한 DR 신상품
- ☑ 시범사업 시행('18~19) → 규정보완·정비('19~20) → **시장 도입('21)**

수요자원시장
거래절차



전력거래소

① 감축요청



③ 감축량 확인 및
정산금지급



수요관리사업자

② 감축요청



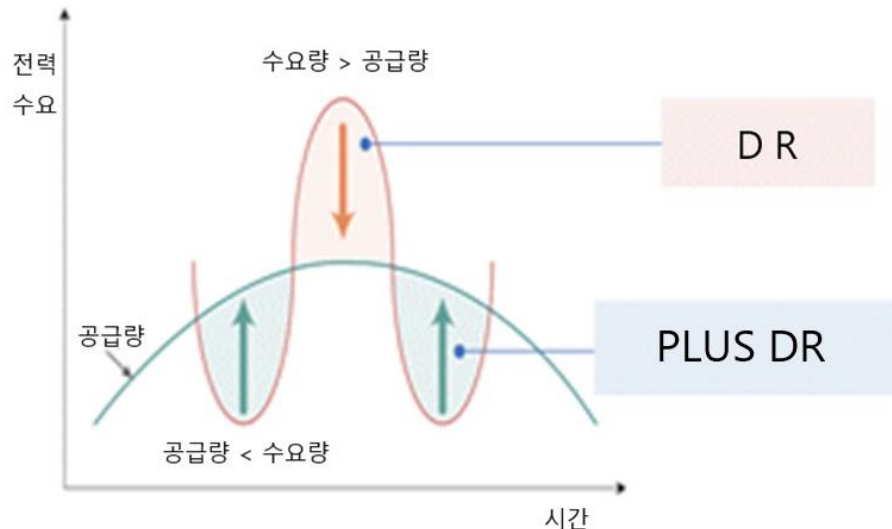
④ 정산금분배



수요자원

다양한 수요자원시장 도입(2)

구 분		발령 요건	주요 참여자	용 량
전력 사용 절감	① 의무수요감축(신뢰성 DR)	수급 준비(550만kW) 등 수급비상시	산업체, 대형 빌딩 등 4,900 개사	4.5GW
	② 자발적 DR	경제성 DR		
		피크수요 DR		
		미세먼지 DR		
	③ 에너지쉼표(국민 DR)	수급 비상 또는 미세먼지 비상저감 조치 발령시	70kW 이하 소규모 사용자 884개	-
사용 증대	④ Fast DR('21년 시범운영)	주파수 59.85Hz 이하 하락시	산업체 35개사	742MW
	⑤ 플러스 DR('21.3월 시행)	제주 신재생 출력제어* 발생시 * 전력수요가 낮은 시간대에 공급과잉으로 일부 풍력발전 제어	제주내 전기 사용자	-



➤ 플러스 DR 개념

신재생 출력제어가 필요한 시간에
수요를 증가시켜 출력제어량 최소화

- 전기차 충전소, ESS 충전
- 산업체 조업시간 이전
- 상업시설 열생산, 온수, 조명 추가사용

소규모전력중개시장 인센티브제도 도입

소규모자원 소유자에 대한 서비스 및 수익성 향상



대행업에서 공급형 VPP(가상발전기) 사업모델로 진화

- ☑ 태양광, 풍력, ESS 등의 조합을 통해 신재생 발전출력 평활화
- ☑ **출력 예측 정확도 제고로 신재생 변동성 대응 → 인센티브 제도화**
- ☑ 신재생, ESS, 수요자원 등의 다양한 조합으로 급전지시 가능한 발전기로 진화
- ☑ 보조서비스시장 참여를 통해 수익성 향상 및 비즈니스 모델 개발

시장제도 개선(1) : 실시간 시장

● 실시간시장 도입

☑ (현황) 현 전력시장은 비용평가 기반 하루(1일)전 가격결정 체계

- ▶ 하루전 예측된 전력수요를 기준으로 제약*을 반영하지 않고 시장가격 결정

* 예비력, 송전제약, 양수운전, 열공급 등 (운영발전계획에는 반영, 가격결정계획에는 미반영)

☑ (문제점) 수시로 변동하는 재생에너지 출력변동성을 시장가격에 반영하기 어려움

- ▶ 재생에너지 확대로 시장의 가격계획과 실시간 운영계획 간 편차 심화
- ▶ 재생에너지 출력 변동이 시장가격에 반영되지 않아 실시간 급전지시 이행에 대한 유인이 없음

☑ (개선방향) 당일 변동하는 수요와 공급을 반영하여 가격을 결정하는 실시간 시장 도입

- ▶ 비제약 가격제도에서 제약기반 가격제도로 전환
- ▶ 실제 운영시점에서 변동된 수급·계통 상황을 반영하여 시장가격 결정
- ▶ 하루전 및 실시간시장의 반복 거래 후 이중정산

시장제도 개선(2) : 보조서비스 시장

● 보조서비스시장 도입

☑ (현황) 보조서비스 자원의 적정 가치를 보상하지 못하는 무늬만 시장

- ▶ 배정된 예산에서 보조서비스 종류별로 구분하여 일정액을 보상

구분	주파수추종	자동발전제어	대기예비력	대체예비력	무효전력	자체기동	합계
정산금(억원)	223	44	53	91	없음	18	428

☑ (문제점) 재생에너지 변동성에 대응을 위한 유연성자원* 투자 유인 부족

* 기동시간이 짧고 출력 증감발률이 높은 **가스터빈, 양수·수력발전, ESS, DR** 등

☑ (개선방향) 유연성자원의 적정 공급가치를 보상하는 보조서비스시장 도입

- ▶ 에너지와 예비력을 동시 최적화하여 기회비용*을 보상하는 시장
 - * 보조서비스 제공에 따른 상실비용(에너지시장 참여에 따른 기대수익)
- ▶ 유연성자원에 대한 투자유인 제공 및 신재생 확대기반 마련

(신시장) RE100제도 도입

RE100선언: MS, Apple, BMW

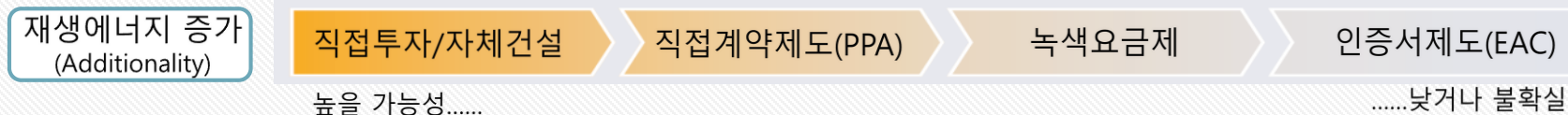
RE100 이행을 위한 다양한 제도 마련 필요

☑ 녹색요금제(한전) 이외에 직접계약제도(PPA), 중개사업자 활용, 인증서제도 등

구분	직접계약제도 (Power Purchase Agreement)	인증서제도 (EAC, Energy Attribute Certificate)	녹색요금제	자체건설
개요	기업이 재생에너지 전력을 계약을 통해 직접 구매	생산 전력의 발전원 정보가 수록된 인증서 발행, 운영	판매사업자가 재생에너지를 별도의 요금제로 판매	기업이 재생에너지를 직접 생산하고 소비
특징	기업이 직접 공급자를 찾아 계약 체결	기업이 재생에너지 인증서를 구매	기업이 해당요금 지불하고 재생에너지 전력을 구매	기업이 설비투자, 운영의 주체

중개사업자 활용 기업, 재생e 공급자 사이에 중개사업자가 관여하여 전력구매계약을 체결

☑ 재생e 신규 확대 가능성은 자체건설 > 직접계약제도 > 녹색요금제 > 인증서제도 순



개인간 거래(P2P) 확대

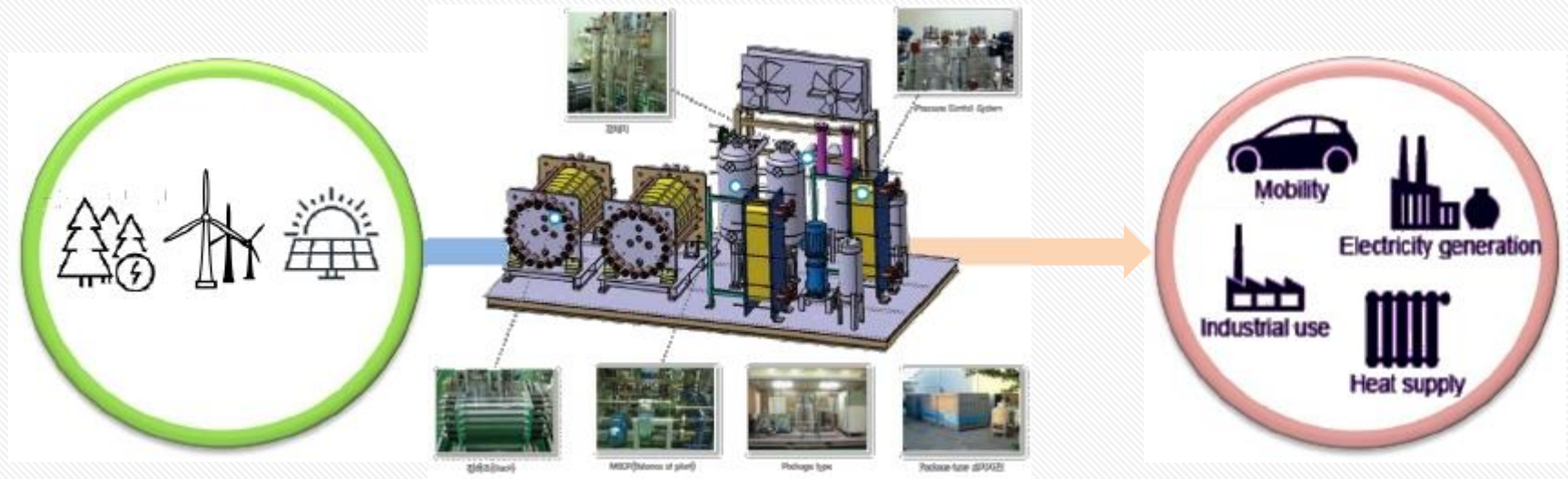
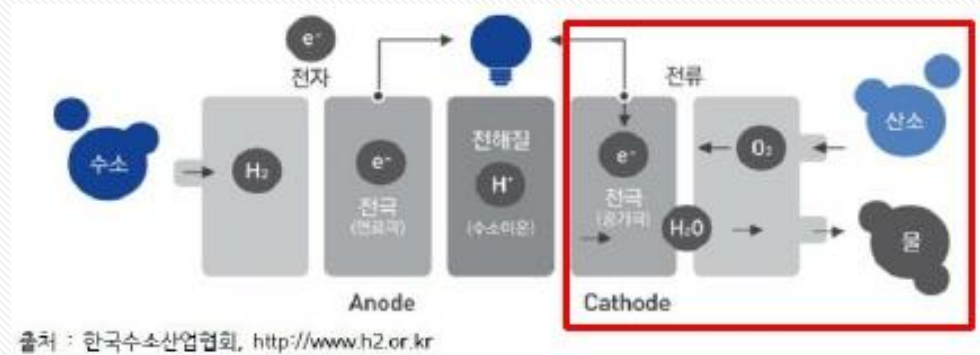
☑ 사업용 중심에서 개인소유 재생e설비를 활용한 개인간 거래 활성화

☑ 개인간 거래(P2P)를 위한 공급측과 소비측간 가상 상계 제도 도입

P2G (Power to Gas) 도입

➤ 잉여전력을 활용한 수소생산

- 수전해로 수소를 생산 저장
(cf. LNG 개질을 통한 수소생산)
- 수소 연료전지차, 열 및 전력생산



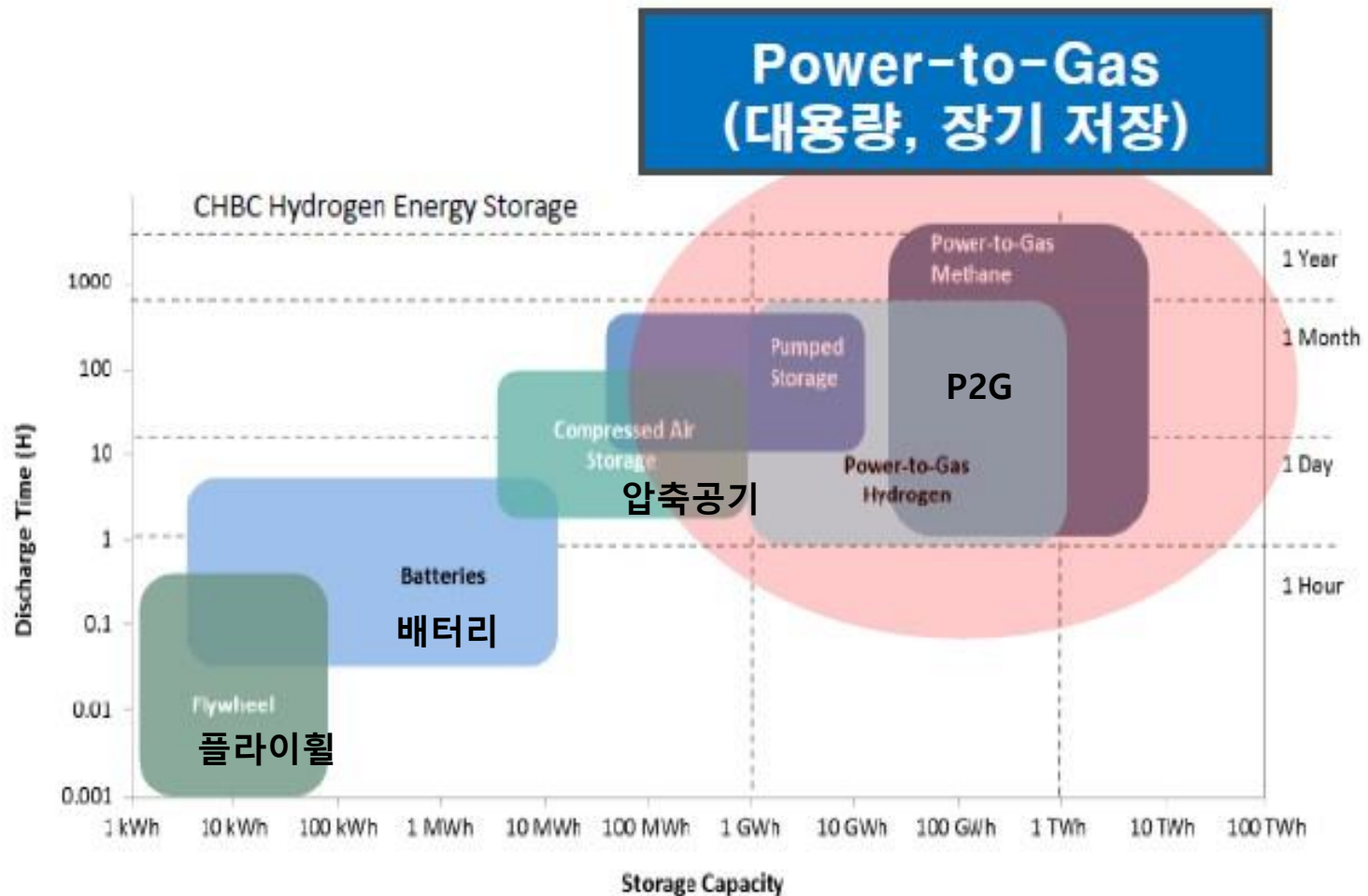
신재생에너지

수전해 시스템

수소생산/활용

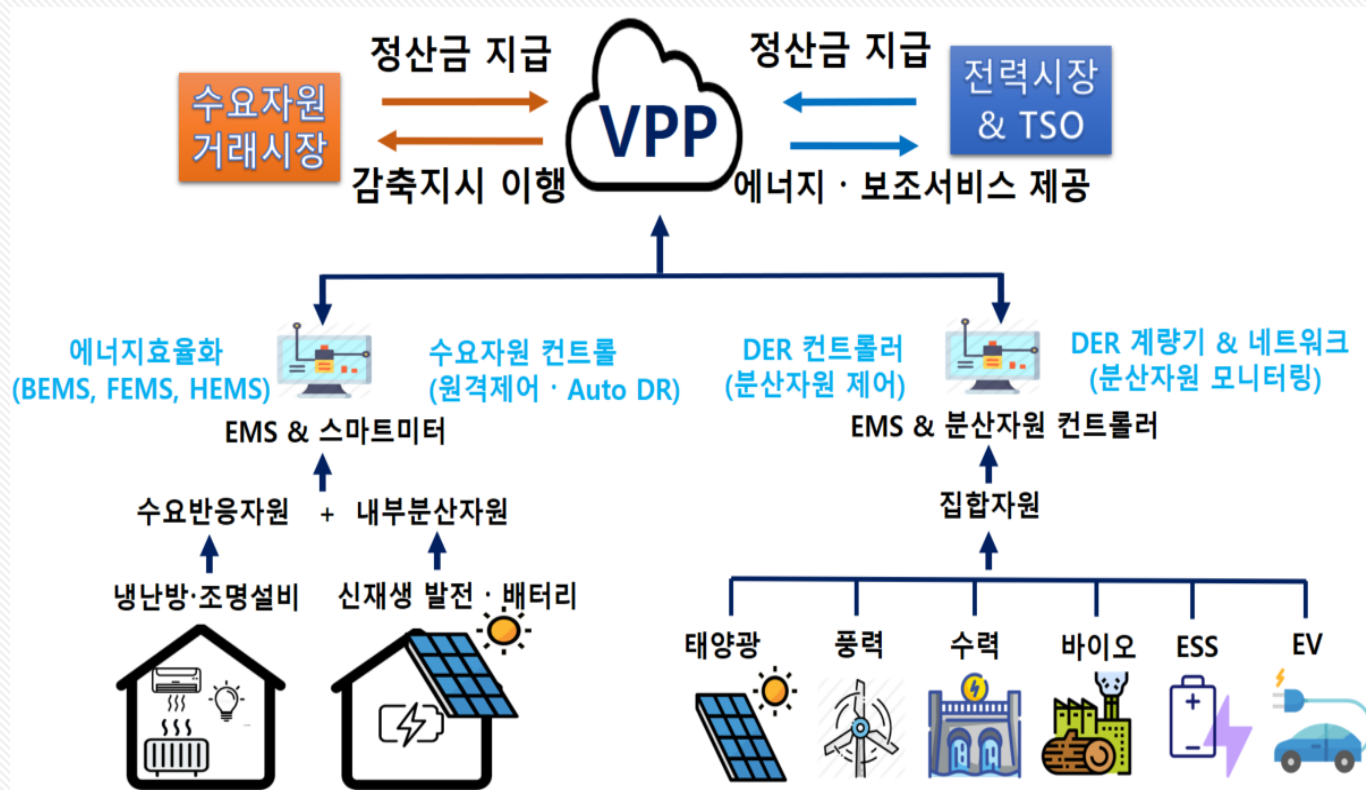
* 출처: 한국조선해양기자재연구원 황태규

P2G (Power to Gas)의 에너지 저장성



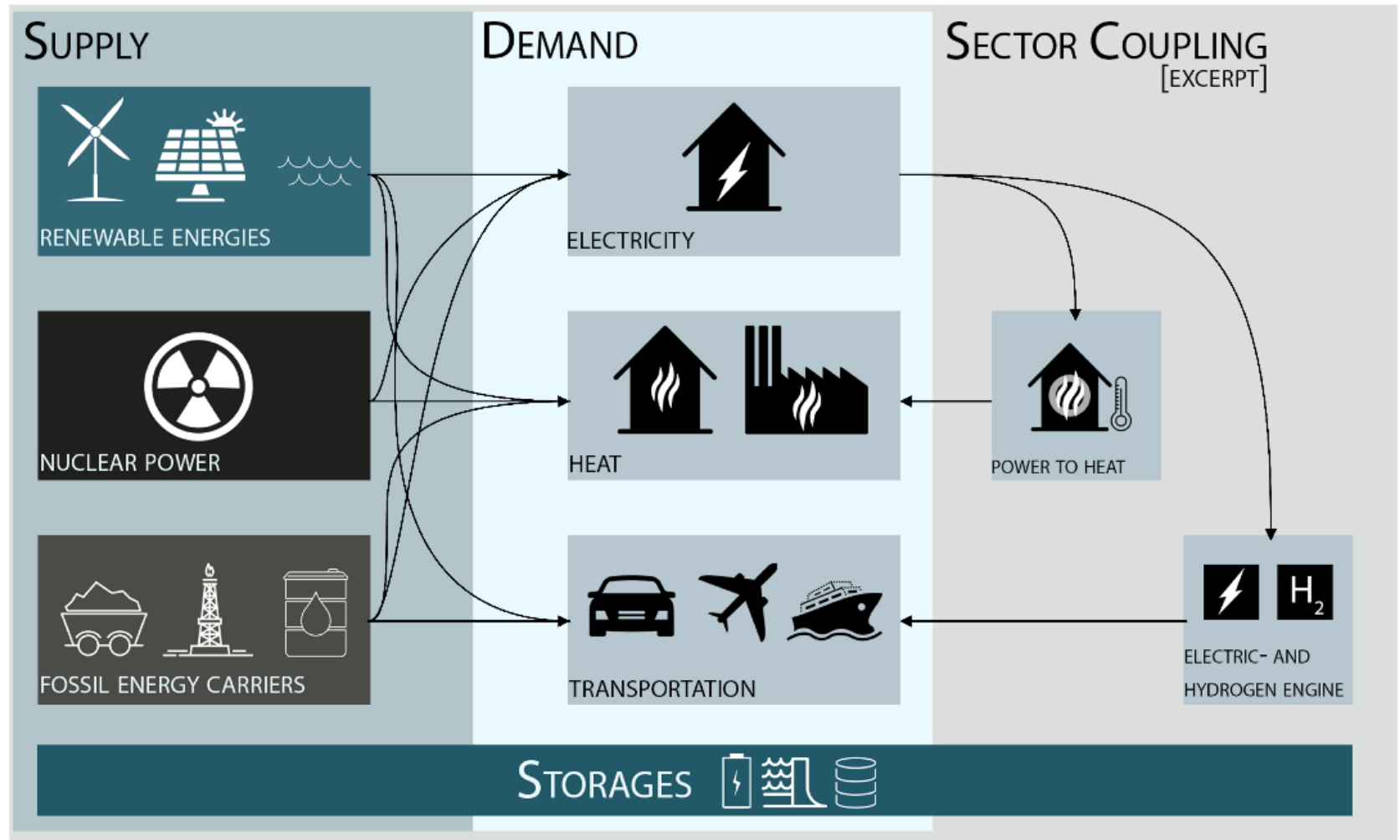
VPP(Virtual Power Plant)제도 도입

- 일정규모 이상의 재생에너지 및 수요자원을 병합하여 전력시장 입찰에 참여
- 발전량 예측, 실시간 발전량 정보 제공을 통한 계통운영계획 참여
- 전압제어, 예비력 제공 등 중앙급전발전기와 유사하게 계통안정운영에 필요한 가시성 확보와 유연성 문제를 해결



에너지부문간 연계체계(Sector Coupling) 구축

- 수소, ESS(전기차, 전차) 등 저장 가능한 에너지를 이용해 **발전, 난방, 수송 부문** 등의 연결을 통한 에너지시스템 최적화



제주에서 전력거래자유화의 여명을 보다!