

탄소중립 2050을 위한

전기자동차의 V2G 기술과 실증

(제주 CFI 2030 을 위한 V2G)

제주 Smart e-Valley 포럼

The 8th International Electric Vehicle Expo

2021. 9. 10. (금)

전력연구원

박기준 (hikijun@hotmail.com)

한국전력전력연구원



- I. 충전인프라 현황과 전망
- II. V2G-VGI Flexibility for CN2050
- III. 제주 CFI 2030 - V2G 추진전략

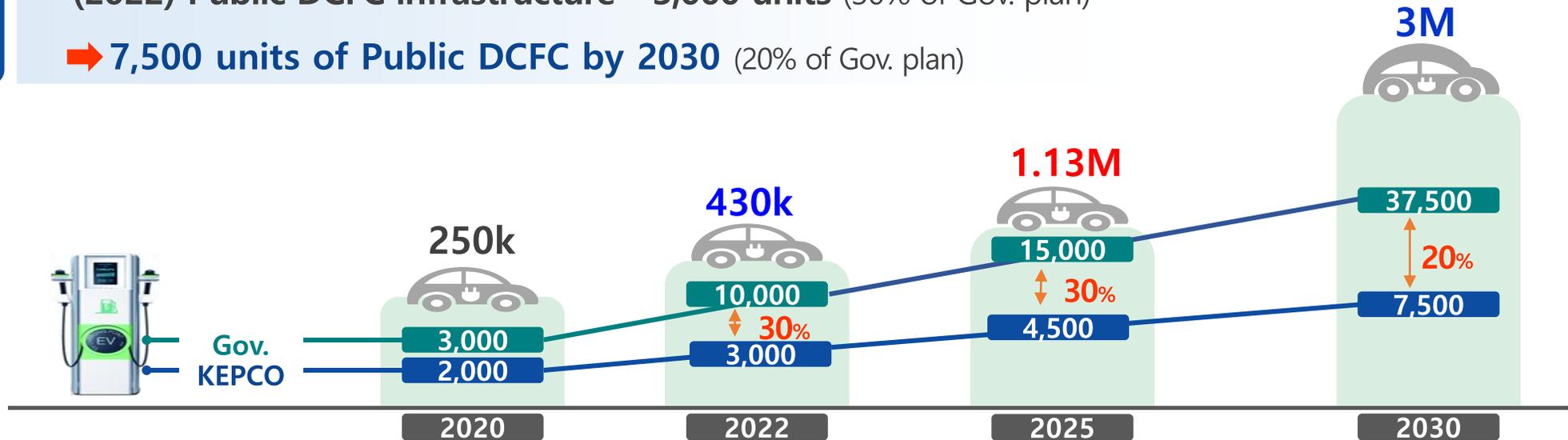
□ National plan for EV and Charging-infra



- (2025) EVs – 1,130k, Public charge infra. – 15k (DCFC)
 → **3 Million EVs in 2030** (Future Automobile Development Plan, Feb. 2018)



- (2022) Public DCFC infrastructure - 3,000 units (30% of Gov. plan)
 → **7,500 units of Public DCFC by 2030** (20% of Gov. plan)



□ 제4차 친환경자동차 기본계획 (2021.2)

- (전기차) 승용(택시 포함) · 버스 · 화물 등 전기자동차 113만대 보급 (누적, '25년)
- (충전 인프라) 거주지, 직장 완속충전기 50만기, 이동거점 급속충전기 1.7만대 (누적, '25년), 주차면의 5% 확보

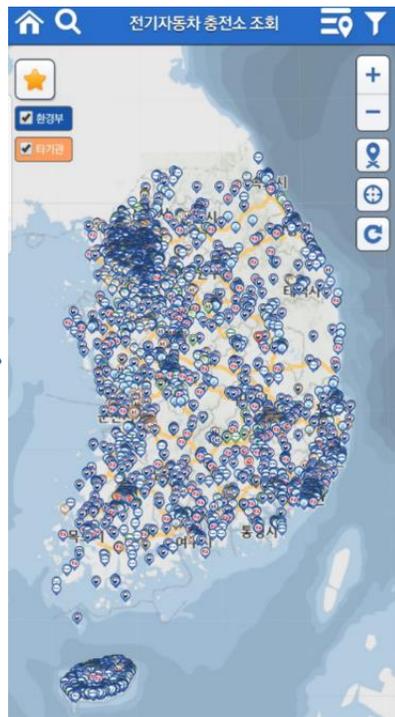
EVCI Market Outlook

□ Growth of Public EV Chargers

- 국내 충전인프라 : 72,075 개 (DC급속: 12,536; AC 완속: 59,539)
 - KEPCO 충전소: 3,962; 충전기: 9,621 대 (급속: 3,793대, AC: 5,828대, (APT: 6,751))
- EV 보급 : 180,966 대 (21년 7월)



(Mar. 2017)



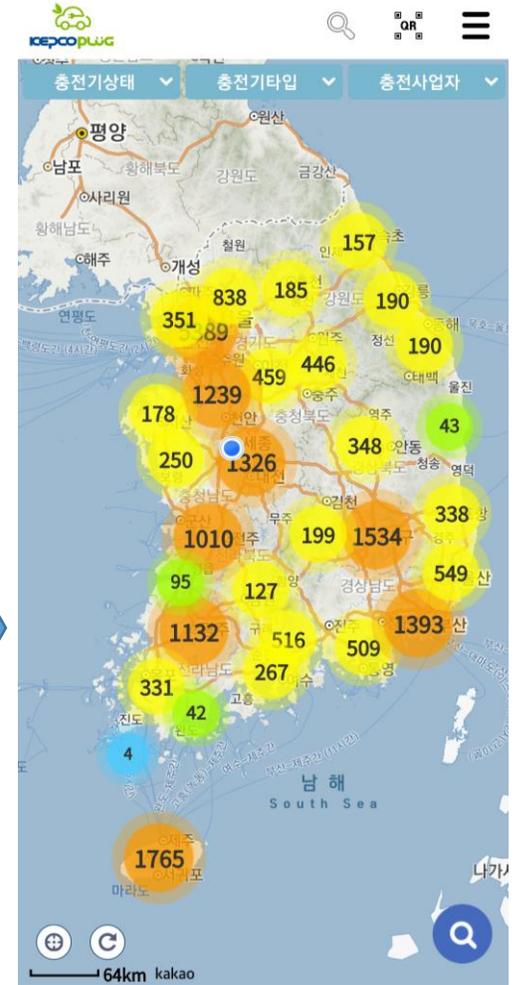
(Mar. 2018)



(Oct. 2019)



(Aug. 2020)



(June 2021)

Source: <https://ev.or.kr>, <https://evc.kepco.co.kr> (KEPCO-Plug), <http://keco.or.kr>

□ 제주 CFI 2030 목표

- 전기차로 도내 운행차량 대체 **37.7만대**
- 신재생에너지(풍력,태양광,기타) 발전설비 **4,085MW보급**

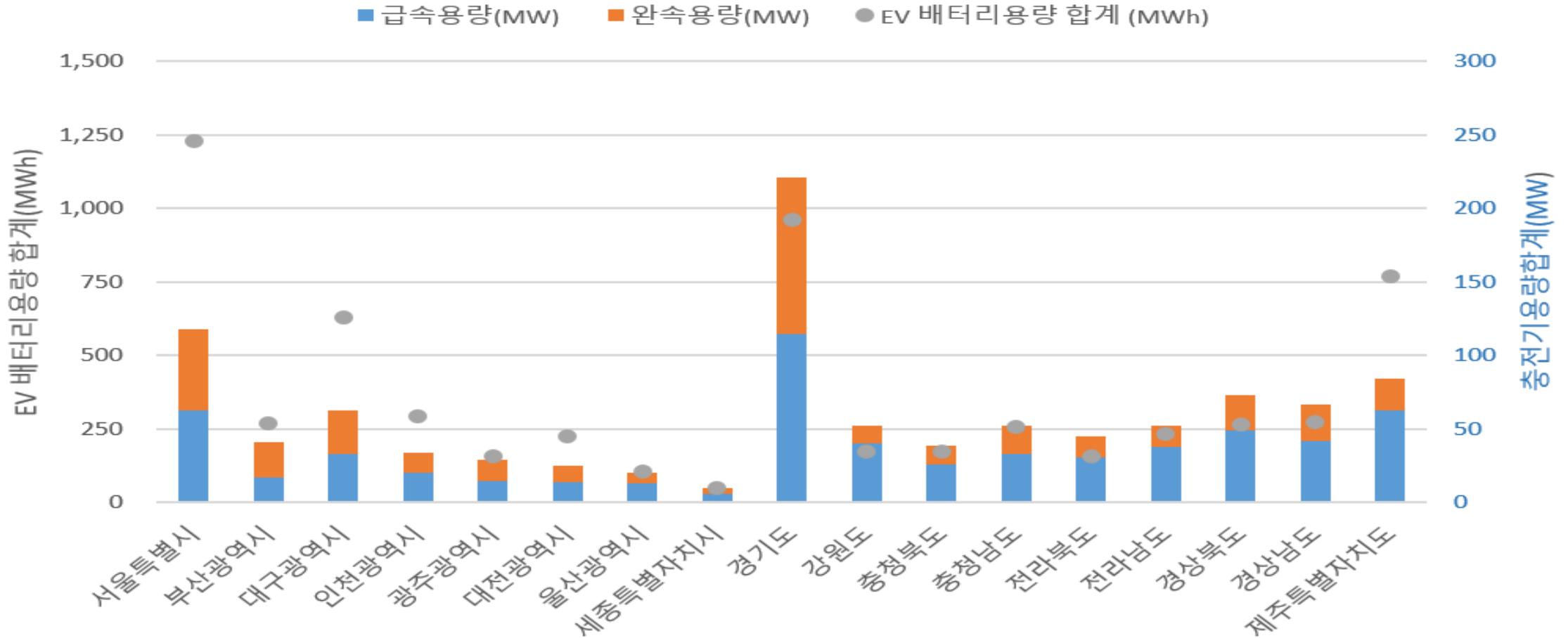
구분		2017	2020	2022	2025	2030
신재생 에너지 설비 도입	설비용량(MW)	605	1,137	1,821	2,490	<u>4,085</u>
	발전량(GWh)	1,488	2,522	3,720	5,055	9,268
	전력수요 대비 발전비중(%)	30	44	59	67	106
전기차 보급	전기차대수(대)	9,206	<u>39,951</u>	92,726	227,524	377,217
	전기차 비중(%)	2.5	10	23	52	75
	충전기 기수(기)	8,284	22,419	34,603	59,167	75,513

EV: 2020.12. – 21,285대(3.45%), 2021.7월 – 23,262대 (3.62%), EVSE - 4,763기 (2021.8)

Source: <http://www.jeju.go.kr/cfi/intro/purpose.htm>

EVCI Market Outlook

□ 시도별 전기승용차 및 충전인프라(공용/부분공용) 보급 현황 (2021.6.)



Source: <http://www.jeu.go.kr/cfi/intro/purpose.htm>

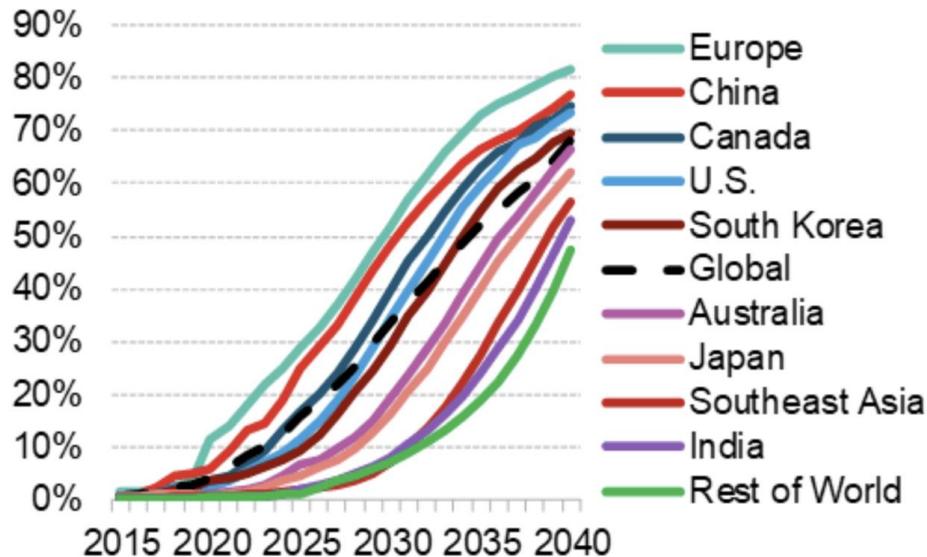
제주지역 EV: 2021.7월 - 23,262대 (3.62%), EVSE - 4,763 (급속: 1347)기 (2021.8)

EVCI Market Outlook

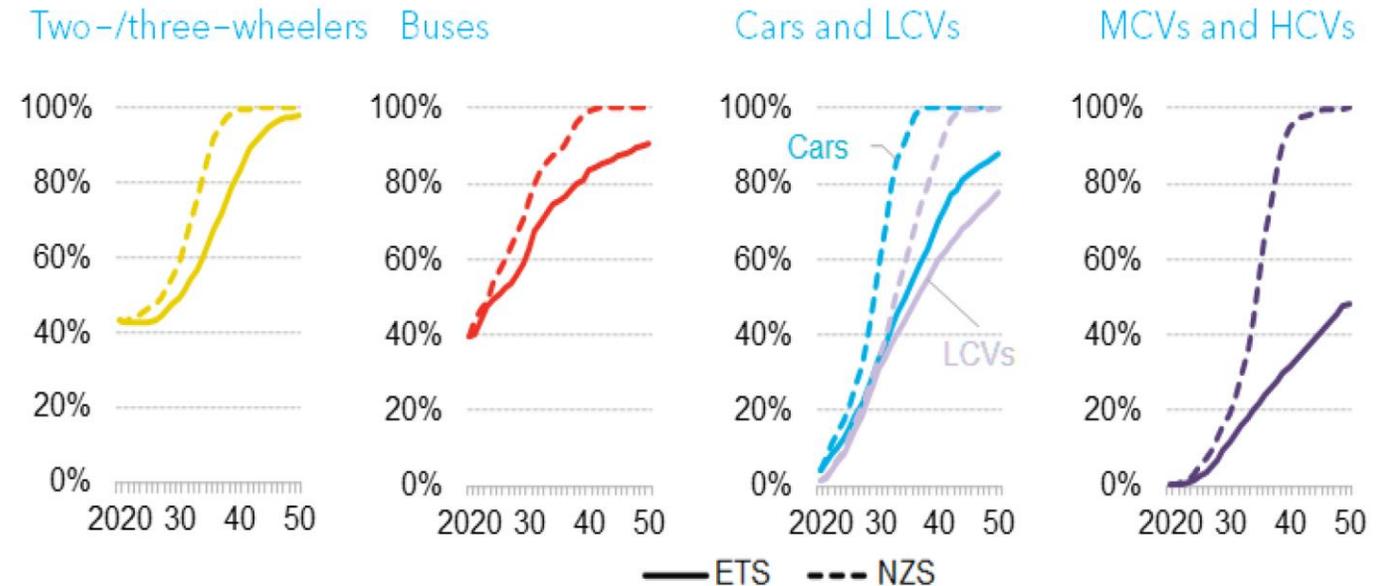
□ Global EV sales Outlook

- 2040년, EU 지역 신차 판매의 80%는 EV가 될 것임 (2030년 50%)
- 글로벌 EV 판매는 2020년 310만대 에서 2025년 1,400만대로 가파르게 증가 전망
- 2050 Net Zero 달성을 위해서 2040년 까지 Zero-emission 차량 판매 비중이 100%에 도달 해야 함

EV share of new passenger vehicle sales outlook by market - Economic Transition Scenario



Zero-emission vehicle sales share outlooks - Economic Transition Scenario (ETS) and Net Zero Scenario (NZZ)

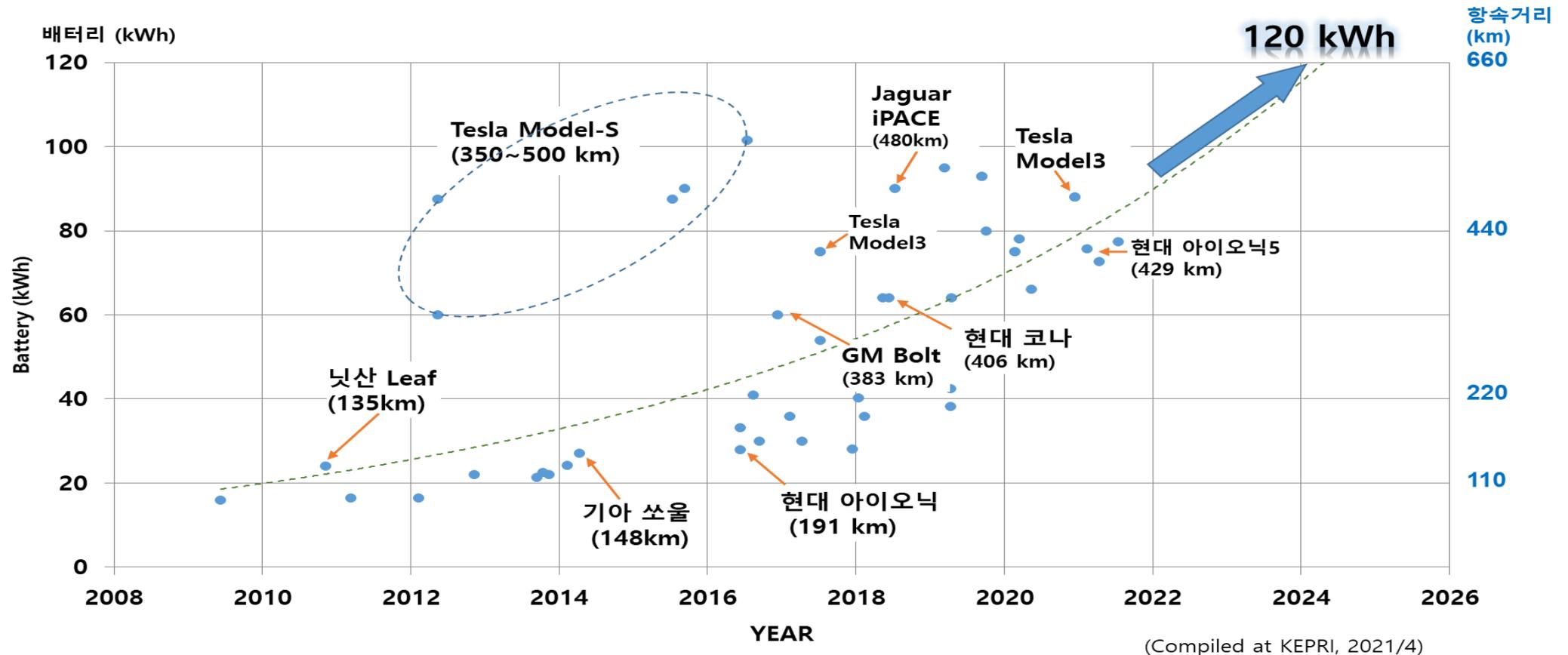


Source: BNEF

VGI-V2G for Flexibility

□ EV Driving Range Outlook (April, 2021)

- 75+ kWh batteries, >500 km Range (IONIQ 5, Tesla M-3, Mach-e, etc.)
- 10% of Battery : > 6 kWh



Source: EV manufactures, KEPRI estimation

VGI-V2G for Flexibility

□ V2L – A standard feature for new EVs ?

- HYUNDAI IONIQ 5 : 3.6 kW (220 V, 16 A)
- KIA EV6 : 3.6 kW (220 V, 16 A)
- GENESIS Electrified G80 : 3.6 kW (220 V, 16 A)
- FORD F-150 Lightning : 9.6 kW (120/240 V, 80 A)

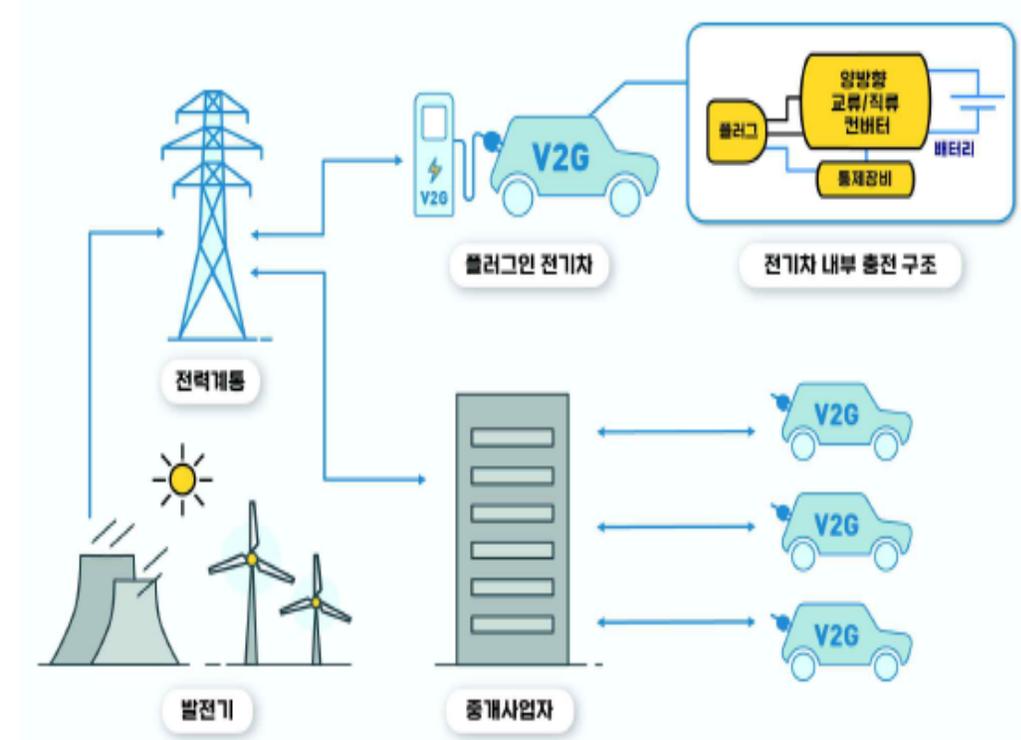


Source: ford.com, Hyundai.com, kia.com, genesis.com

□ 분산에너지 활성화 추진전략 (2021.6.30.)

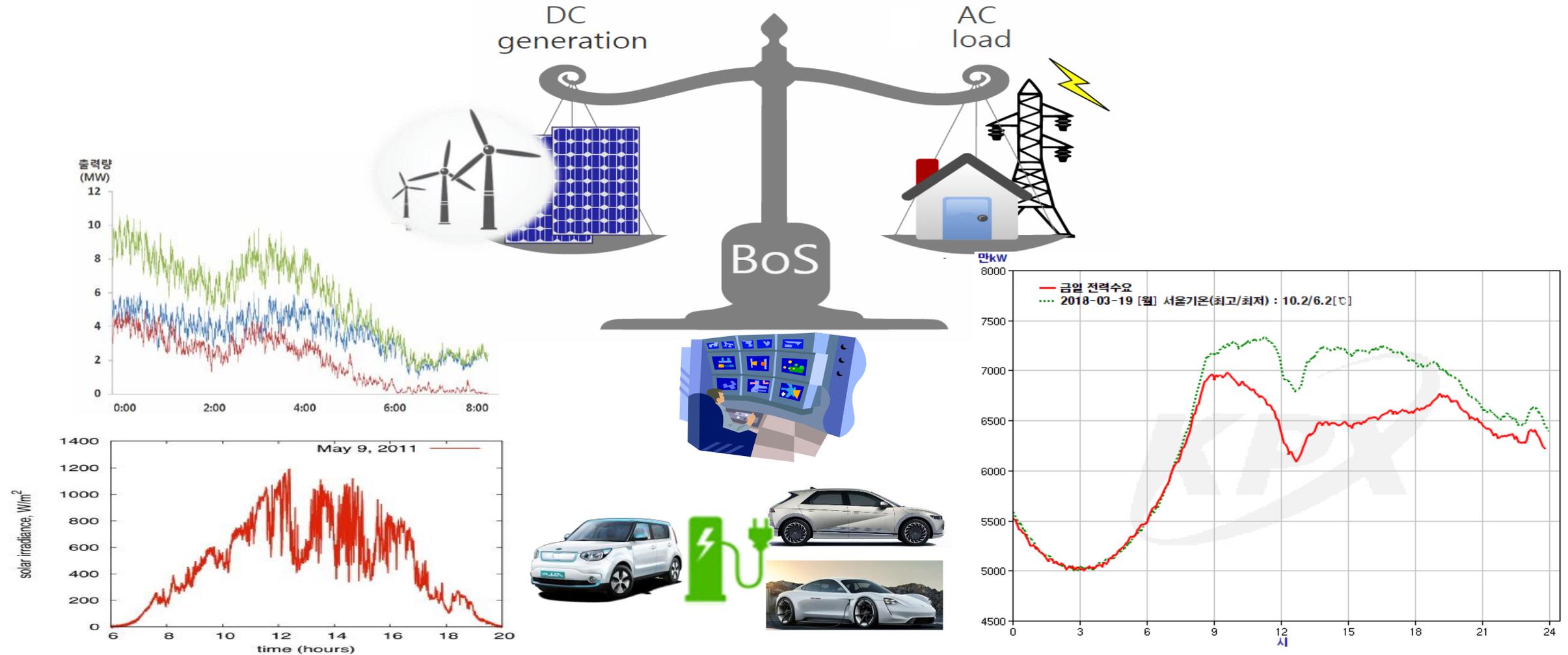
수송 부문 결합(V2G; Vehicle to Grid)

- (개념) 전기차에 탑재된 배터리를 ESS로 활용하는 기술
 - 전기차의 배터리를 계통과 연계하여 충·방전할 수 있도록 활용하여 전기차가 이동하는 발전소 역할을 수행
 - * 10kW 배터리의 V2G 전기차 100만대는 10GW 규모의 발전소 역할 가능(예경연, '18년)
 - 전기차를 전력계통 안정화를 위한 자원으로 활용하고 추후 전기차 보급 확대에 대응할 수 있는 최적의 충전 방안 마련
 - * 충·방전 가능 시 전기차 소유자는 실시간 전력계통 현황을 고려, 경부하시간대에 충전하고 피크시간대에 방전하여 계통부담 최소화 및 경제적 이익 창출 가능
- (추진방안) 양방향 충전 등 기술개발, 실증 및 제도개선 추진
 - 양방향 충전기, V2G 통신 모듈, VGI 시스템 등 제반 기술을 개발·상용화하고 V2G Test-Bed 구축 등으로 실증 추진 병행
 - * 한전·현대차·자동차 연구원이 참여하여 기반기술 개발·실증 추진 중(~'22년, 162억원)
 - V2G의 보조서비스 시장 참여를 위한 시장운영규칙 개정, V2G 실시간·ToU 요금제, 전용 충·방전 요금 제도 등 도입 추진



VGI-V2G for Flexibility

□ Balancing of Fluctuating Renewables with EV (V2G)



□ 제주지역 발전 제약 (14-16-46-77-??), 원자력발전소 감발운전



KBS NEWS 분야별 ▾ 시사·다큐 ▾

뉴스9 취재K 글로벌K 영상K 스포츠 크랩 #기후는 말한다

발전량 늘어나는데 올해만 77번 멈춘 ‘제주 풍력’...이러다 ‘대정전?’

입력 2021.01.25 (21:43) | 수정 2021.01.25 (21:57) 뉴스9

3 2 <

고화질 표준화질 자동재생 OFF 키보드 컨트롤 안내

코로나19 통합뉴스룸
나올마다 멈춘 풍력발전, 왜?

제주 출력 제한

자료: 한국에너지기술평가원

올해 201회 (전망)

결국 당장 올해는 출력제한이 2백 회를 넘어설



이투뉴스
Energy & Environment News

전체 이투속보 E2 Only 종합 정책 산업 국제 기획 오피니언

HOME > 산업 > 원자력

전력계통 초유의 원전 출력 감발

E2 Only | 이상복 기자 | 승인 2020.05.18 08:00 | 댓글 5

신고리 3,4호기, 이달 2~3일 13시간 600MW ↓
경직성 전원 비중 증가 시 상시화 가능성 높아



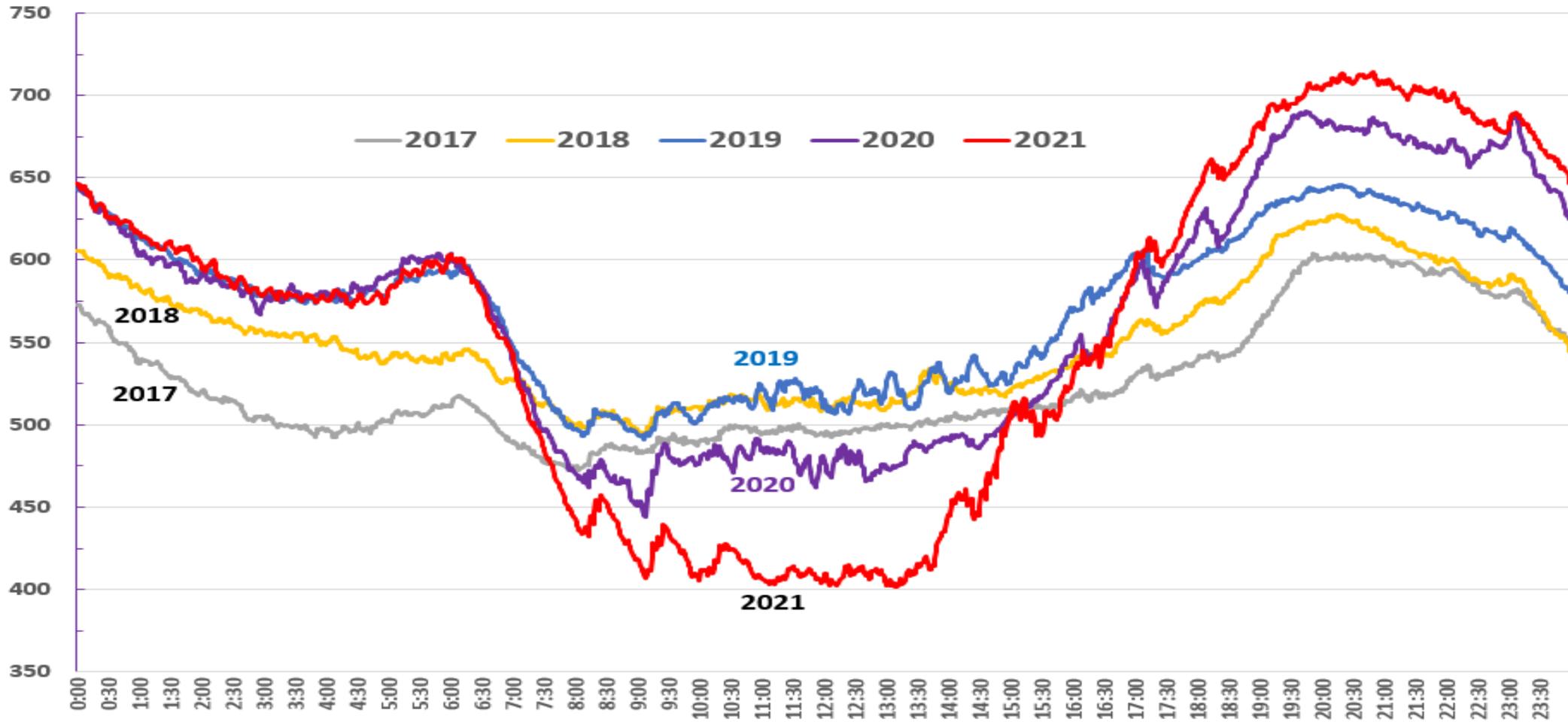
150만kW 13시간 120만kW 150만kW

5.2(토) 19:00 5.3(일) 08:00 5.3(일) 16:00 5.3(일) 24:00

Source: <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=5102992> , <https://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=222424>

VGI-V2G for Flexibility

□ 제주지역 수급현황 (4월 최저부하, 2017~2021)



Source: KPX

□ EV Charging Load vs. Renewable Generation

풍력, 태양광, 폐기물발전 출력 제한
(~100 MW)

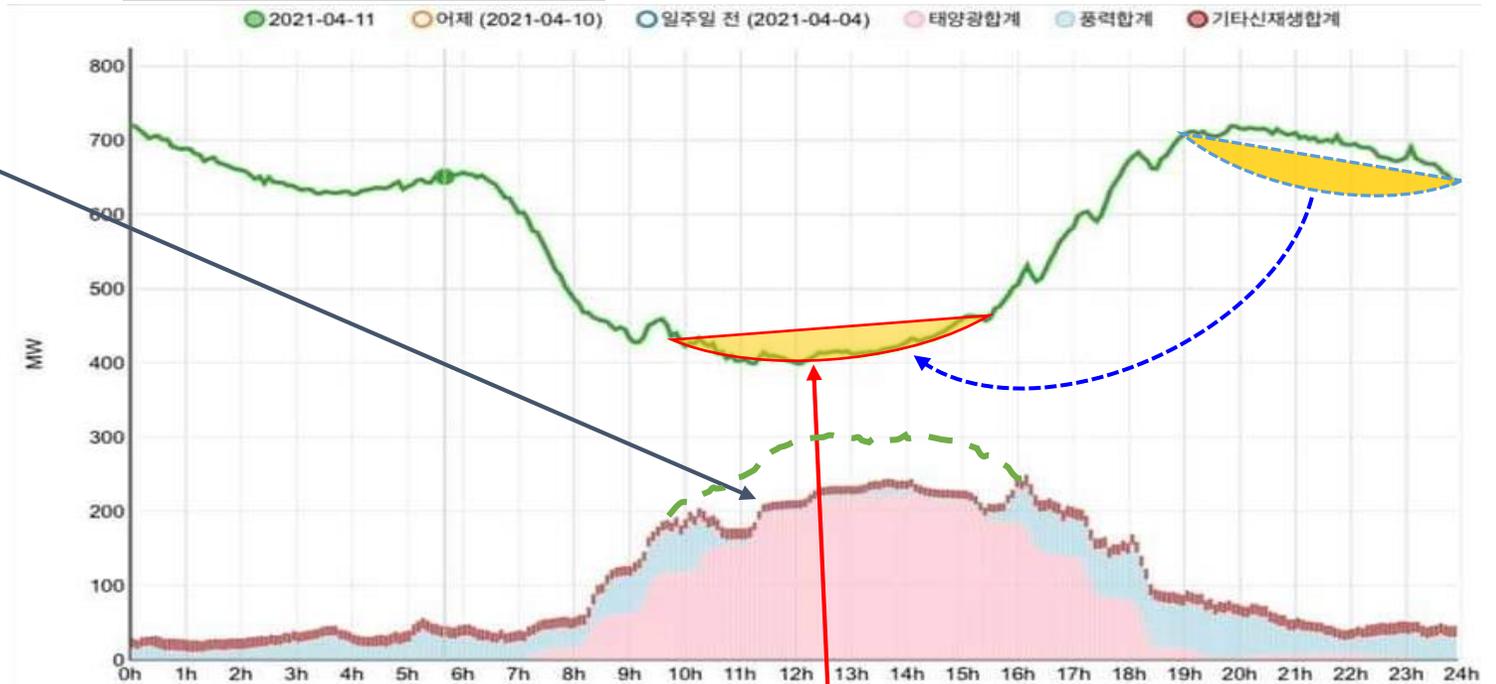
EV 충전 수요의 유연 자원화
(10 kW x 1만대 (2%) = 100 MW)



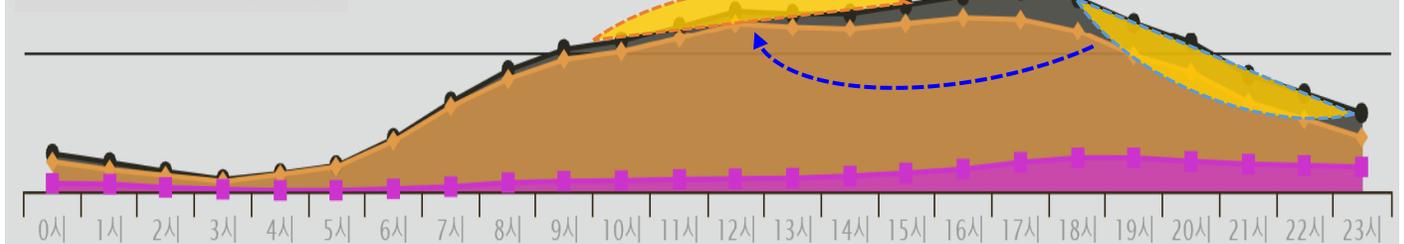
전력계통운영 안정성 향상
재생발전 이용율 향상

Source: KPX, 제주도 (20년 12월, 제주 승용차: 513,493대)

제주전력수급 (2021/4/11)



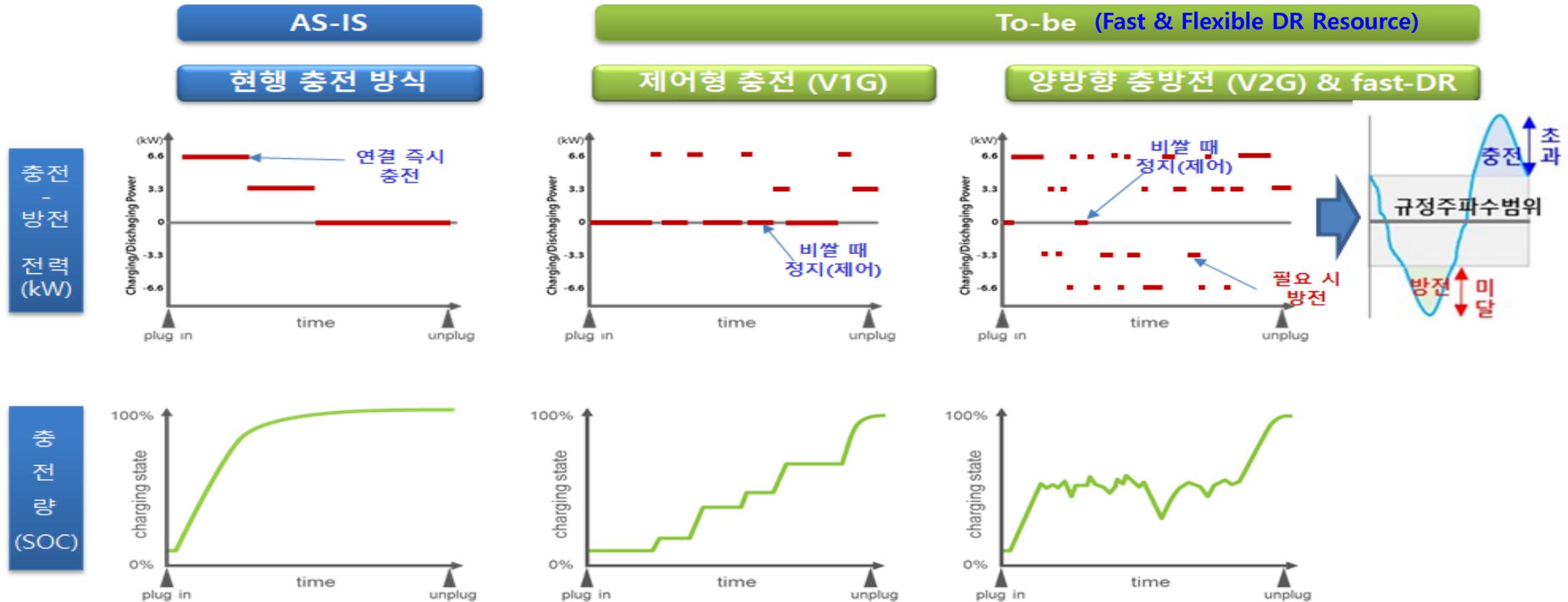
EV충전부하 (4월)



VGI-V2G for Flexibility

□ EV Charging method

- AC/L2 Chargers of current deployment : Dumb supply of electricity and transaction function
 - ➔ Communication & control ➔ Smart Charging (V1G) and bi-directional power transfer (V2G)



VGI-V2G for Flexibility

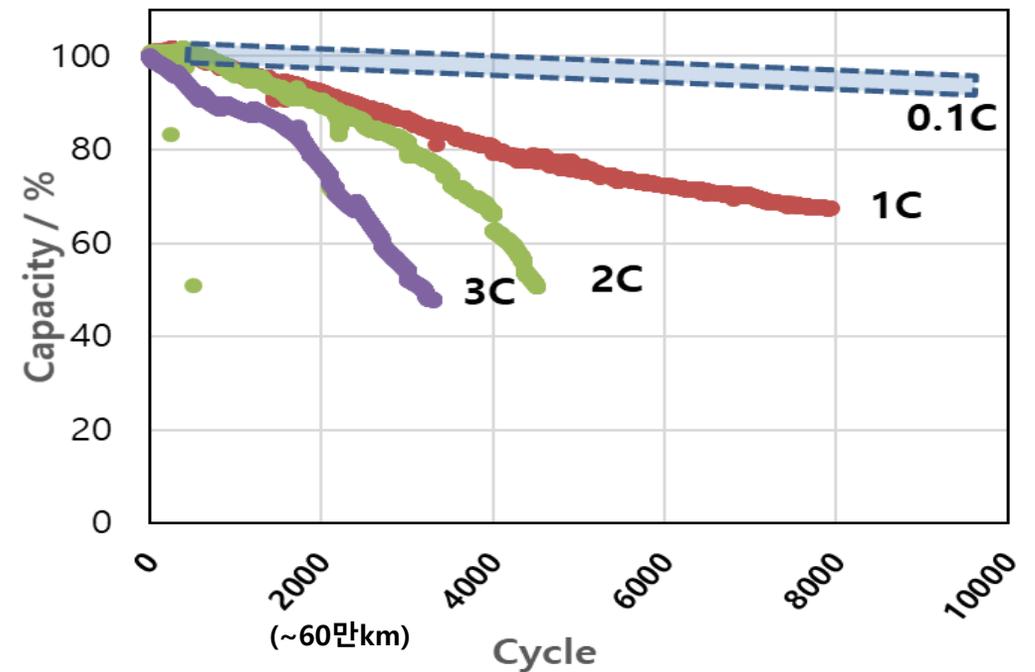
□ Battery Life vs. Depth of Discharge and Charge/Discharge-rate

- 10% of 72 kWh battery = 7.2 kWh → 6 kW x 1.2 Hour (At ~0.1C)
- 10 years x 365 days/yr. x (5/7) → 2,607 discharges (~1% of Battery wear)

Battery Life vs. Depth of Discharge



Battery Life vs. Charge/Discharge-rate



Source: KEPRI

VGI-V2G for Flexibility

□ VGI - V2G system

- ✓ 고객의 충전 요구 충족
- ✓ 배터리 영향 최소화
- ✓ DR/가격 신호 대응

충전, 충방전 제어

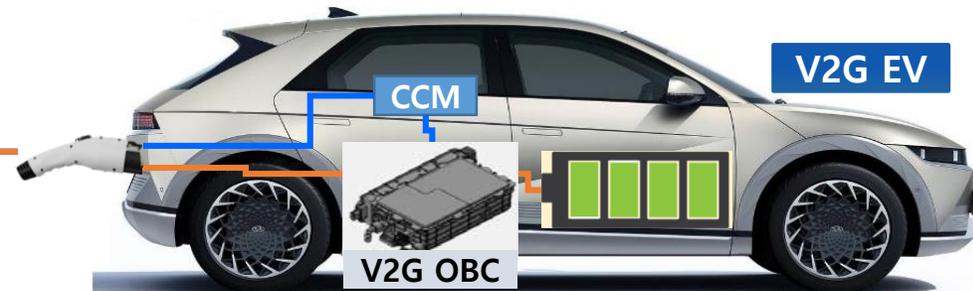
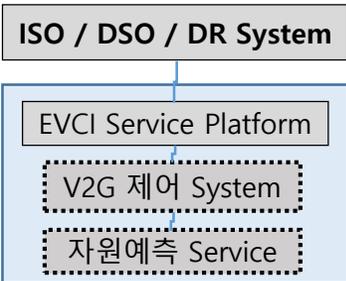
Flexible-DR 자원 구현

(RE변동성, 전력피크 대응)

V2G 제어시스템
(최적제어, 예측, 정산)

V2G 충전기
(통신, 계량, 제어)

V2G EV & 사용자
(출차 시간, 목표 충전량, 충방전범위 설정)



SoC,
출차시각,
요금 선택



USER App

CPO
연계 기준

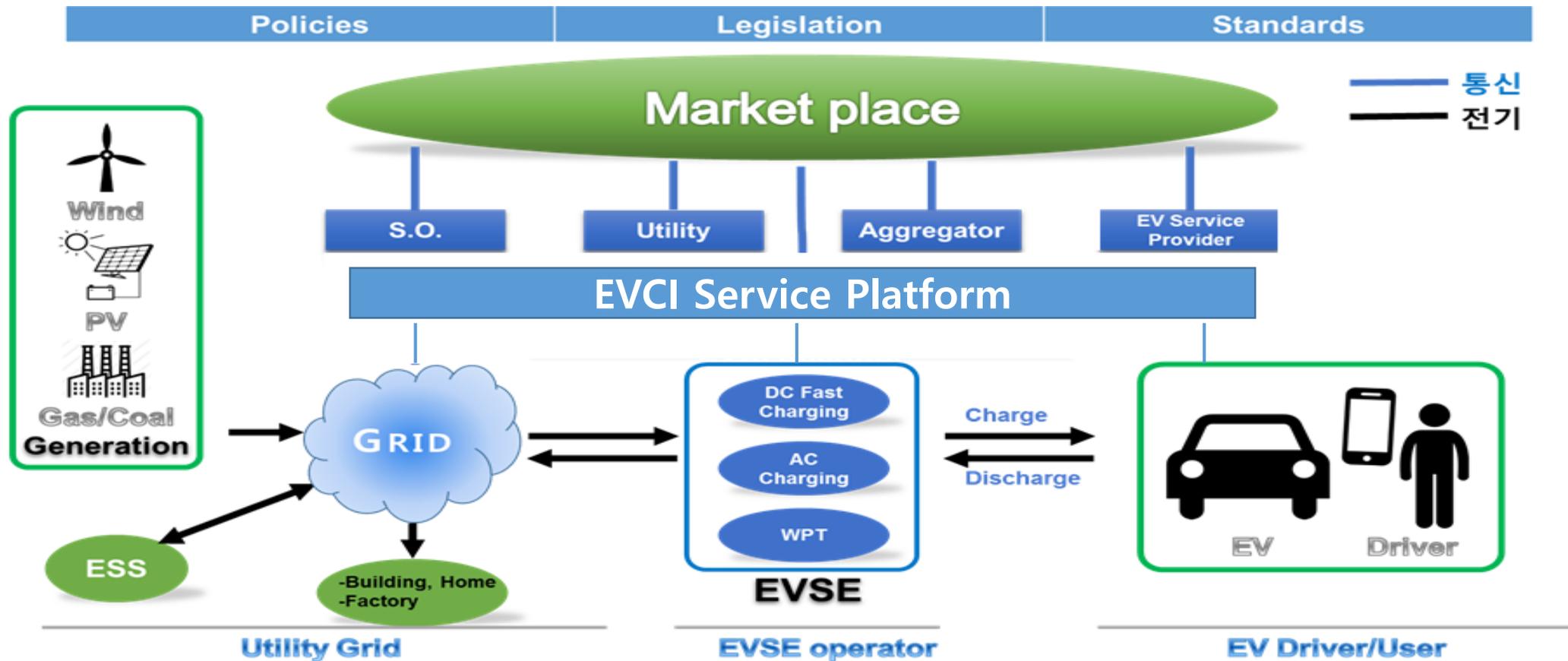
IEC63110, OCPP2.0.1
OpenADR2.0, IEEE2030, KCMVP

ISO/IEC15118, IEC61851, SAE J1772, IEEE1547,
분산형 전원 배전계통 연계 기술기준, 전기자동차 충전기 기술기준

VGI-V2G for Flexibility

□ EVCI Platform: EVs as a Grid Flexibility service

V2G EV of 10 kW x 40,000 \longrightarrow 400 MW of Very Flexible Grid resource
(~10% of vehicles)



□ Economics of Flexibility Resources

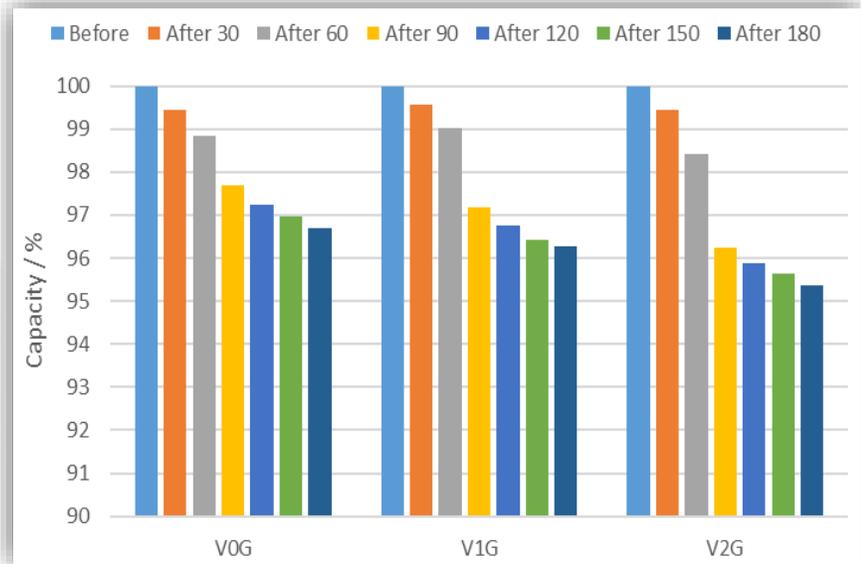
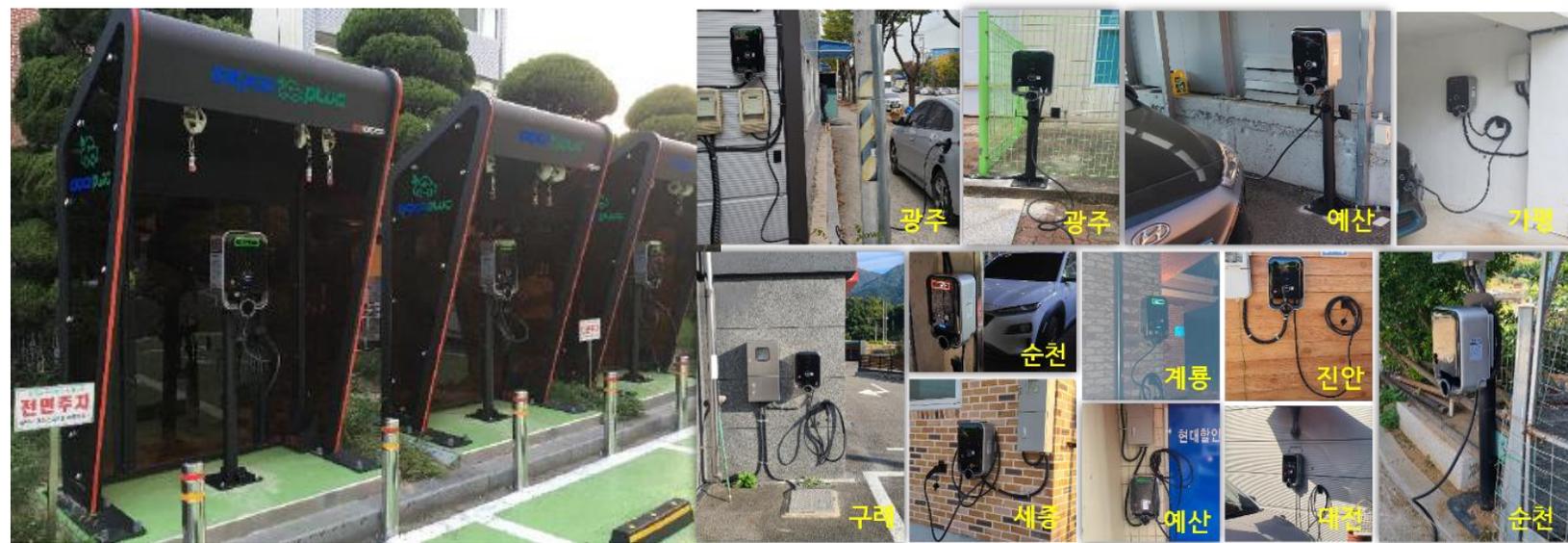
구분	LNG발전소	양수발전소	BESS (Li)	VGI (V2G)	HVDC (전압형)
단위 용량	85~838 MW	200~400 MW	0.1~4 MW	20~7 kW	> 100 MW
입지여건	😞	😞😞	😊	😊😊	😞
점유 면적 (m ² /MW)	~132	1,109	25	1,250 (100대 주차면)	250 (변환소)
환경영향	😞	😞😞	😊	😊😊	😞
건설 기간	1~2 년	>7 년	>6 개월	<1개월	>5 years
건설 비용* (백만원/MW)	924	934	870 (1-시간)	130 (1.3백만원/충전기)	3,000
건설 비용* (백만원/MWh)	-	116.7	470	-	-
운영비용 (원/kW/년)	43,476	12,500 (~100억원/년/발전소)	-	-	(>10억원/년)
송배전 규모	154kV, 345kV	345kV	22.9kV / 380V	220V, 380V	154kV, 345kV
증감발 속도 Ramp rate (MW/min)	12~88	100~200	>MW/ms	~ kW/sec. (per EV)	>MW/ms
(충방전) 효율	50~64%	72~81%	>81%	>85%	~98%
연료(충전)비용 (원/kWh)	92	SMP**	SMP**	EV Charge rate	SMP*
발전가격 (원/kWh)	130 (160~99.3)	144.5 (204~106)	-	-	-
Source	GE 등	청송, 예천	KEPCO	KEPRI	제주#2 (200MW)

* 송전선로 및 LNG 터미널 건설비용 제외

** SMP-System Marginal Price

□ V1G Smart Charging Demonstration (Aug., 2020~Mar.2022)

- 목적 : 스마트 충전을 통한 DR 효과 실증, DR자원 가치 및 규모, 고객 수용성 분석
실 데이터를 기반으로 V1G 서비스 제도 설계 및 BM 개발 추진
- 기간 : 2021. 3. ~ 2022. 2. (12개월)
- 규모 : V1G 충전기 100기, EV 135대 (업무용 61대 (8개 사업소), 일반 개인 64대)
- 내용 : VGI 제어운영시스템 및 사용자용 APP 개발, V1G 충전기 개발 및 설치, DR 시험

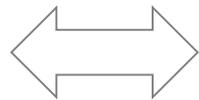


□ V2G Demonstration (Nov., 2021~ Oct., 2022)

- E V : 현대자동차 아이오닉 5 100대 (V2G 기능 개조)
- EVSE : 한국알박 AC 충전기 및 시그넷이브이 DC 충전기 100기 이상
 - AC V2G EVSE : 충전 10kW / 방전 5kW - 일반 개인 고객
 - DC V2G EVSE : 충전 20kW / 방전 20kW - 충전사업자 및 집합 건물
- V2G 제어운영시스템 : 전력연구원 K-VGI 시스템 이용



현대 아이오닉5 (개조)

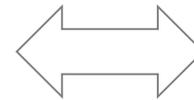


AC V2G EVSE

후
인



DC V2G EVSE



K-VGI 제어운영시스템

□ CFI 제주 2030 목표

- 전기차로 도내운행차량 대체 **37.3만대**
- 신재생에너지(풍력,태양광,기타) 발전설비 **4,085MW보급**

구분		2017	2020	2022	2025	2030
신재생 에너지 설비 도입	설비용량(MW)	605	1,137	1,821	2,490	<u>4,085</u>
	발전량(GWh)	1,488	2,522	3,720	5,055	9,268
	전력수요 대비 발전비중(%)	30	44	59	67	106
전기차 보급	전기차대수(대)	9,206	<u>39,951</u>	92,726	227,524	377,217
	전기차 비중(%)	2.5	10	23	52	75
	충전기 기수(기)	8,284	22,419	34,603	59,167	75,513

EV: 2020.12. – 21,285대(3.45%), 2021.7월 – 23,262대 (3.62%), EVSE - 4,763기 (2021.8)

Source: <http://www.jeju.go.kr/cfi/intro/purpose.htm>

□ CFI 제주 2030 목표

- 전기차 : > 33 만대 대체
- 충전 전력: ~ 900 GWh/년 (15,000km/년, 전비 5.5km/kWh)

구분		2017	2020	2022	2025	2030
신재생 에너지 설비 도입	설비용량(MW)	605	1,137	1,821	2,490	4,085
	발전량(GWh)	1,488	2,522	3,720	5,055	9,268
	전력수요 대비 발전비중(%)	30	44	59	67	106
전기차 보급	전기차대수(대)	9,206	21,285	50,000	140,000	340,000
	전기차 비중(%)	2.5	10	23	52	75
	공용 급속 충전기 (대)	8,284	1,300	1,500	2,600	3,300
	스마트(V1G) 충전기 (대)			10,000	80,000	150,000
	양방향(V2G) 충전기 (대)			100	60,000	200,000
	EV - 가상ESS 자원 (MW)			13	176	428

Source: <http://www.jeu.go.kr/cfi/intro/purpose.htm> V1G, V2G 자원산정 ~ 상시 >30%참여, >70% 가용

EV: 2020.12. - 21,285대, 2021.7월 - 23,262대

□ 인센티브 및 지원 방안

- 연도별 친환경차량 판매 비율 의무화 정책
- V2G 프로그램에 참여하는 고객의 V2G EV에 인센티브를 추가로 지급
- V2G 충전기에 인센티브를 추가로 지급
- V1G 스마트 충전기 및 V2G 충전기를 쉽게 설치할 수 있는 지원 정책 추진

2021년 사업내용

- 사업명 : 전기자동차 보급 및 충전인프라 구축사업
- 사업비 : 자치단체자본보조 1,005,000백만원
 - 자치단체자본보조 : 전기자동차 1,005,000백만원
 - ※ 승용 525,000백만원, 승합 80,000백만원, 화물 400,000백만원
 - 민간경상보조 : 완속충전기 24,000백만원

2021년 전기승용차 보조금 산출방식

- 전기승용차의 보조금은 자동차의 성능(연비, 주행거리) 등에 따라 차등 지급하며, 보조금 산출 방식은 다음과 같음

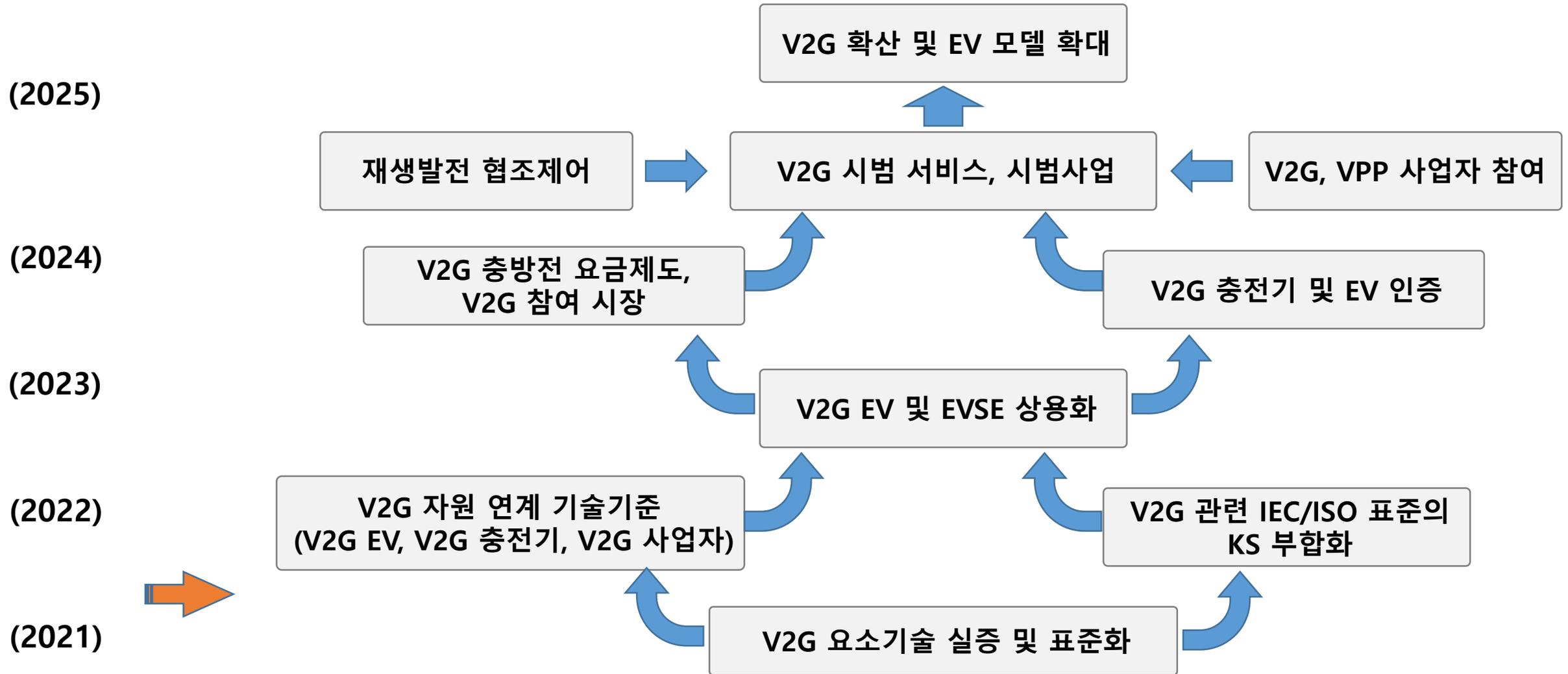
$$(\text{연비보조금}(420\text{만원} \times \text{연비계수}) + \text{주행거리보조금}(280\text{만원} \times \text{주행거리계수}) + \text{이행보조금} + \text{에너지효율 보조금}) \times \text{가격계수}$$

< '21년 전기차 완속 충전시설 보조금 지원 단가 >

(단위: 만원)

구분	1기	2~5기	6기 이상
완속충전기(C타입)	200	180	150
과금형콘센트		50	
키오스크 충전기		100	

□ V2G 자원화 추진 전략



감사합니다

© 2021 박기준 - hikijun@hotmail.com

한국전력전력연구원

