제주도의 재생에너지 확대 방안

전력계통 내 유연성 자원 확보 모델

바람과 함께 사라지다(A)

CONTENTS

Ⅰ. 제안 배경

- 출력제한
- 현장답사
- 탐구목표

Ⅱ. 문제정의

- 전력계통 내 유연성 자원 활성화의 필요성
- E-모빌리티 역할 재정의 및 국민인식 제고의 필요성
- 전력시장 구조의 한계
- 제도개선의 필요성

Ⅲ. 솔루션 제안

- 공유 E-Mobility 사업을 통한 유연성 자원 확보방안
- 섹터커플링과 미래기술을 통한 유연성 자원 확보방안

Ⅳ. 기대효과 및 시사점

- 기대효과
- 비전제시

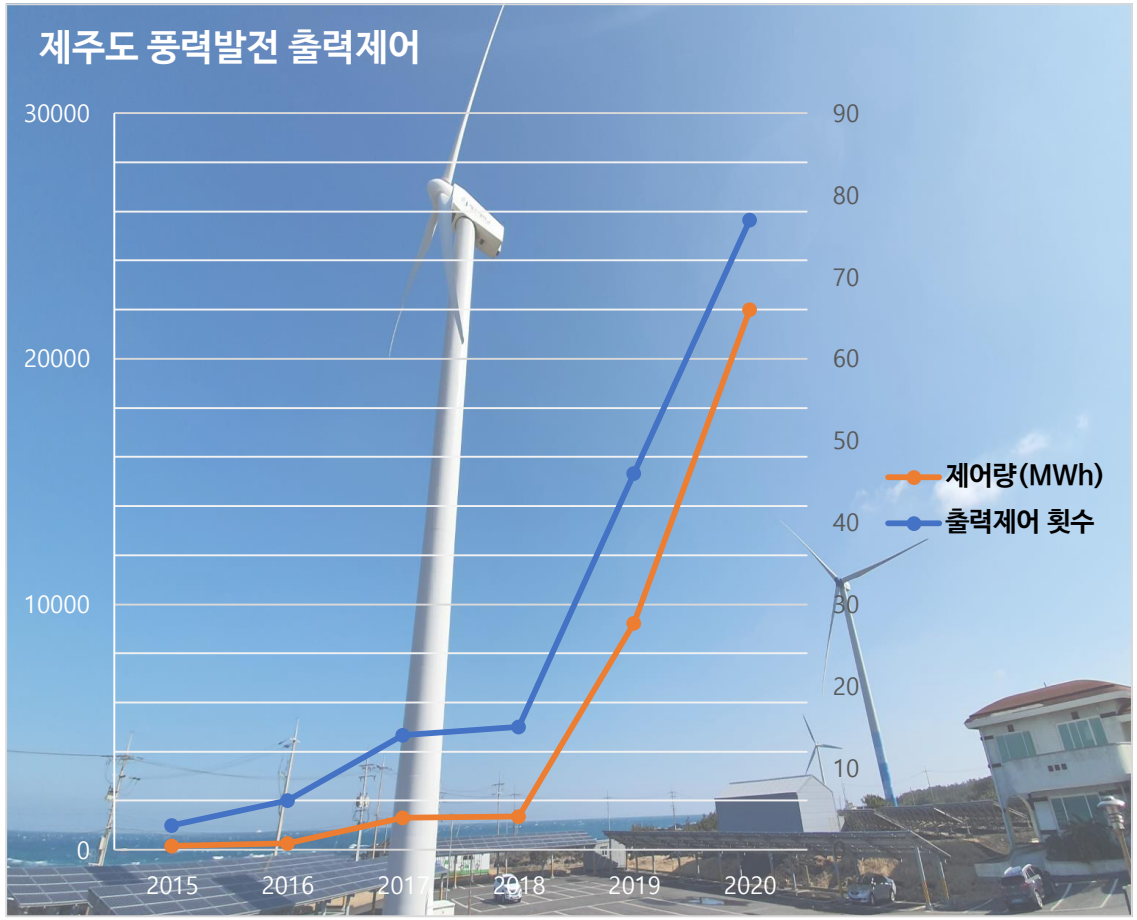
01. 제안 배경 _ 출력제한

본 팀은 제주도의 재생에너지 확대를 막고 있는 방해 요인 중 하나로, '출력제한 ' 문제에 집중하기 시작하였다.

"제주도의 재생에너지 발전량 비중은 2019년 기준 19%에 불과함에도 전력과잉으로 인한 재생에너지 출력제어 발생"

"2020년에만 77번 출력제어 시행,
제어량은 2만 2천 kWh =〉 40억원 상당의 손해 "

작년보다 67.4%가 증가한 상황,
재생에너지 확대에 따라 **급격히** 증가하고 있음



사업자의 피해 및 재생에너지에 대한 국민 인식에 부정적인 영향

01. 제안 배경 _ 출력제한

출력제한이 발생하고 있는 진짜 문제는 무엇일까?

01. 제안 배경 _ 현장답사

현장에서 그 답을 찾아보고자 하였다.

그리드위즈

- 수요자원관리
- 전기차 충전 제어 역할 필요
- 현재 전력시장 구조의 한계

전력거래소 제주본부

- 전력시장 구조 변화
- 기술의 발전
- 실증단지 사업화
- 사회적 합의
- 테스트베드 제주

SK D&D 가시리 풍력발전소

- 재생에너지 제도개선
- ESS 가치 상향
- 테스트 베드 제주
- 당면한 문제에 대한 선제적 해결

제주특별자치도청

- 분산에너지 특구
- 모빌리티 중심의 DR

제주 에너지공사

- 재생에너지 확대 제주의 역할
- 실증단지 사업화

재생에너지 확대를 위해서는 계통의 유연성 필요

01. 제안 배경 _ 탐구 목표

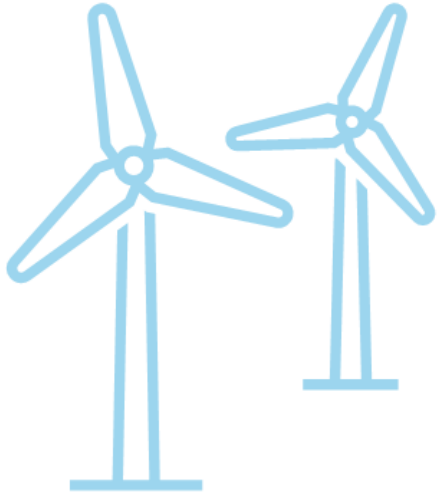
전력계통 유연성 확보 -> 재생에너지의 발전비중 증가 -> 기존 발전설비 출력감발 : "탈 석탄"의 사회로 나아가고자 한다.

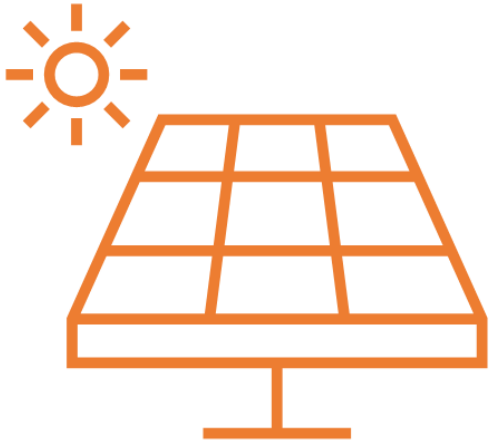
재생에너지 설비 비율이 가장 높은 **제주에서** 선제적으로 발생하는 **문제들에 대한 실증사례의** 필요성

'**출력제한**' 의 문제를 시작으로 **유연성 자원 확보의 중요성**

제주에서 수요자원관리의 활성화 방안

재생에너지의 발전비중 증가, 기존 발전설비 출력감발





재생에너지 확대 => " 탈 석탄"

02. 문제정의

① 전력계통 내 유연성 자원 활성화의 필요성

Q. 재생에너지 설비가 전체 발전량 비중의 19%만 차지함에도 초과공급이 발생하는 이유?

수요에 맞추어 발전량을 결정하는 공급위주의 수급계획

재생에너지 변동성 대응을 위한 **Must-Run(발전설비 최소출력조건)**이 필요

기존의 LNG복합발전 및 HVDC 를 통한 **발전량이 어느정도 확보**되어야 하는 상황

- ❖ 태양광발전이 급증하는 일사량 많은 시간대에 초과공급 발생: **정전 방지**를 위한 출력제한 발생
- ❖ 설비용량 단위가 크고, 제어지시를 이행할 수 있는 **풍력발전이 출력제한 대상**
- ❖ **전력계통 설비 불충분**, **유연한 자원 부족**: 재생에너지가 낮은 발전량 비중을 차지함에도 출력제한 횟수 증가

⇨ **재생에너지를 효율적으로 활용할 수 있는 기반 구축 필요**

유연성 자원 활성화 필요

② E-모빌리티의 역할 재정의 및 국민인식 제고의 필요성

E-모빌리티 화석에너지를 연료로 사용하는 수송수단이 전기로 에너지원을 전환하여 운행하는 경우

"E-모빌리티의 빠른 확산으로 **수송부문의 전력화가 최대부하에 미치는 영향이** 점점 커짐"
"예측, 충전 시기, 용량을 고려하여 **제어할 필요성 대두**"
"교통수단만의 역할이 아닌, **전력산업에서 주요 전력 소비의 역할**"
"**이동형 에너지저장장치로 정의**"

모빌리티의 이동성과 편리성에 집중된 서비스 ✚ 충·방전 시스템과 전력계통을 연계하는 V2G의 핵심 역할

⇨ **전력시장에서 E-모빌리티의 역할, 개인 및 가정의 전력수요조절의 역할이 향후 전력시장에 중요함을 국민들이 인식하는 것 필요**

③ 유연성 자원 활성화에 전력시장 구조의 한계

유연성 자원이 재생에너지의 변동성에 대응할 수 있는 최대 효율을 내지 못하는 상황

"실시간 가격결정 시장의 부재"

"발전 부문을 제외한 송배전, 판매 부분에서 한전의 독점"

- ❖ 실시간 시장이 도입되면 예비율에 따라 피크 때의 수요를 제어하는 유연성 자원의 가치가 더욱 증가
- ❖ 전기의 흐름을 결정하는 수요자원을 민간사업자가 자유롭게 시장에 참여할 필요성 존재
- ❖ 다양한 수요자원 상품 개발 및 사업화 필요
- ❖ 민간기업의 참여 및 경쟁 활성화가 필요 -〉 경쟁시장 구조에서 효율이 큼

⇨ **시장 및 운영시스템의 개혁을 통해 실시간 변화를 반영하고, 재생에너지 변동성을 대체할 수 있는 유연한 자원의 활성화에 대한 유인체계 조성이 필요**

④ 재생에너지 확대를 위한 제도 개선의 필요성

제주도의 REC산정방식과 플러스 DR 제도의 개선 필요

제주 REC = 육지 REC - {(제주 SMP - 육지 SMP)/가중치x1000x0.9}

- ❖ 정산가격 결정 방식에 따라 육지 REC가격 하락 및 전년도 SMP차이가 벌어져 제주의 REC가격이 0원으로 떨어지는 상황
- ❖ 발전사업자의 경제성 악화
- ❖ ESS연계 시 REC 가중치를 받음에도 발전사업자의 ESS 도입에 대한 투자요인이 부족
- ❖ 플러스 DR (발전사업자가 REC를 받는 구조)에 대한 발전사업자의 참여 주저

⇨ **REC의 가격 하락과 변동성 등을 보완하는 방안이 필요**

④ 재생에너지 확대를 위한 제도 개선의 필요성

발전량 예측제도 개선 필요

발전량 예측제도 발전량을 하루 전에 예측 및 제출하고 당일 일정 오차율 이내면 정산금을 지급하는 제도

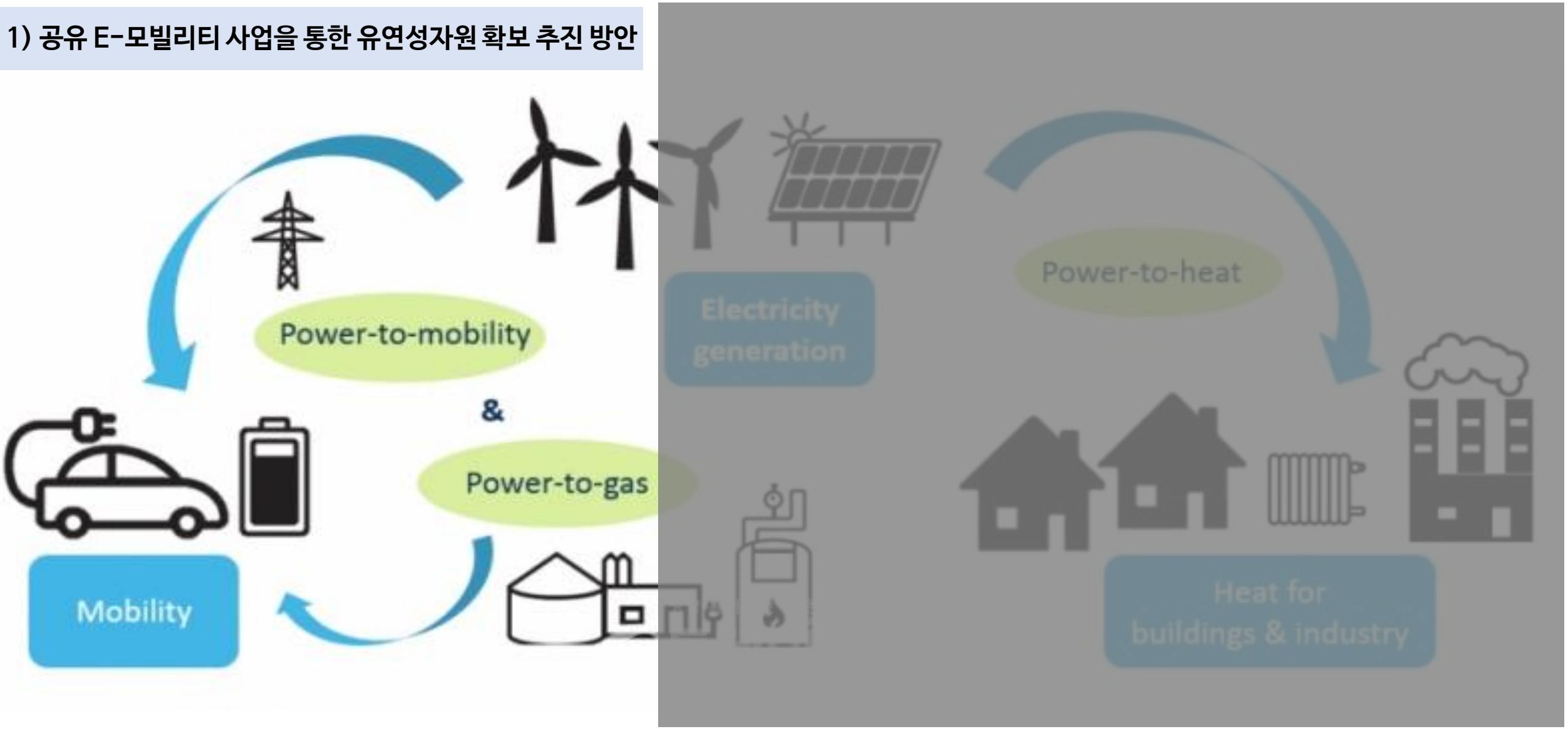
- ❖ 비교적 일사량을 예측하기 쉬운 태양광 발전에 비해 풍력발전은 기상변화에 따른 발전량 변동으로 하루 전날 예측 한계
- ❖ 1차 실증사업 결과 태양광 참여사는 모두 합격, 풍력발전 사업은 탈락(풍력단지 중 83%가 예측 오차율 10%를 넘어섬)
- ❖ 각 발전자원의 특성, 해당 지형의 특성을 고려한 제도의 보완이 필요

⇨ **실현 가능한 수치로 많은 사업자들의 참여를 통해 데이터 축적 필요,**
재생에너지 발전사업자 기술 발전 장려 필요

03. 솔루션 제안

단기적인 방안과 중 ·장기적인 유연성 자원 확보 방안을 제안한다.

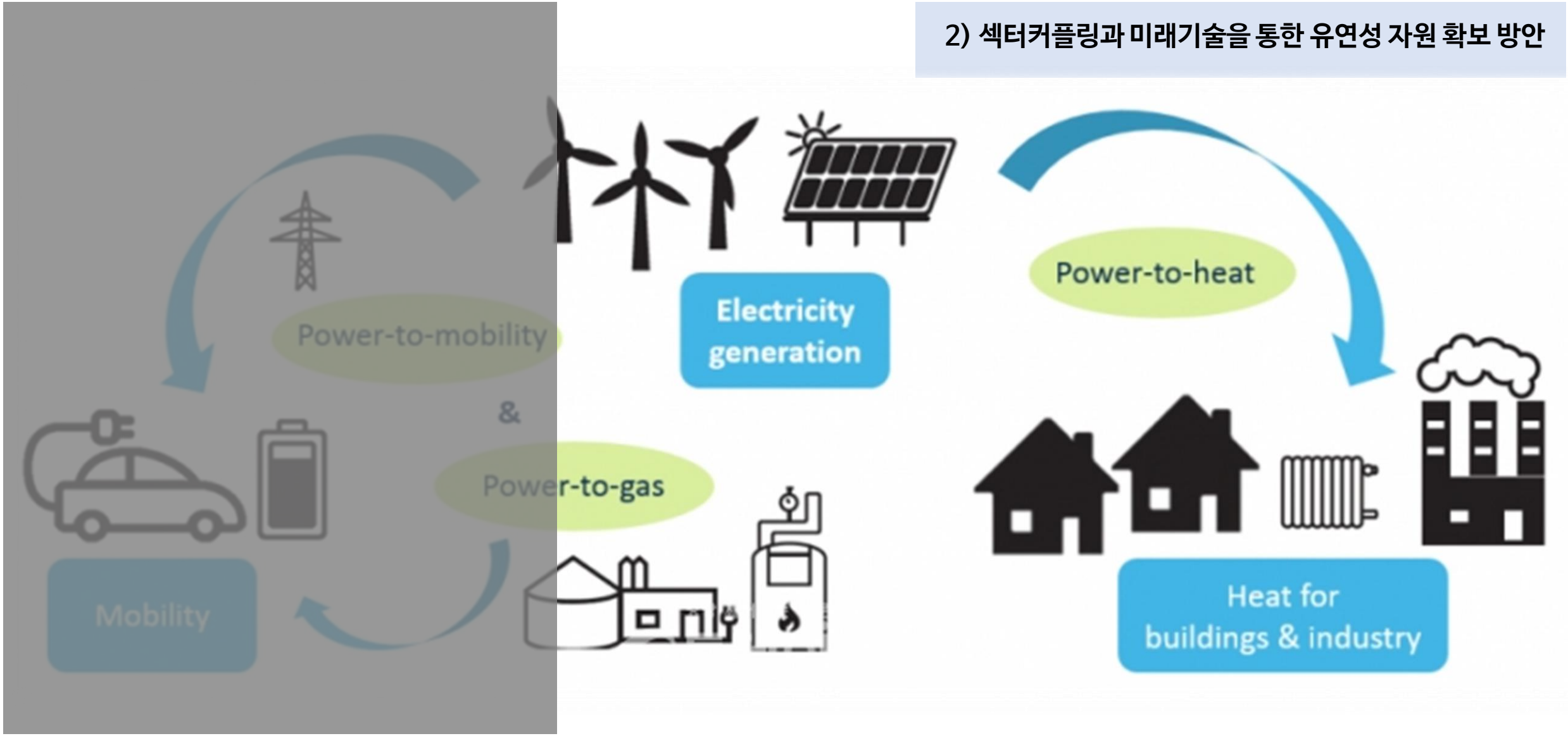
1) 공유 E-모빌리티 사업을 통한 유연성자원 확보 추진 방안



03. 솔루션 제안

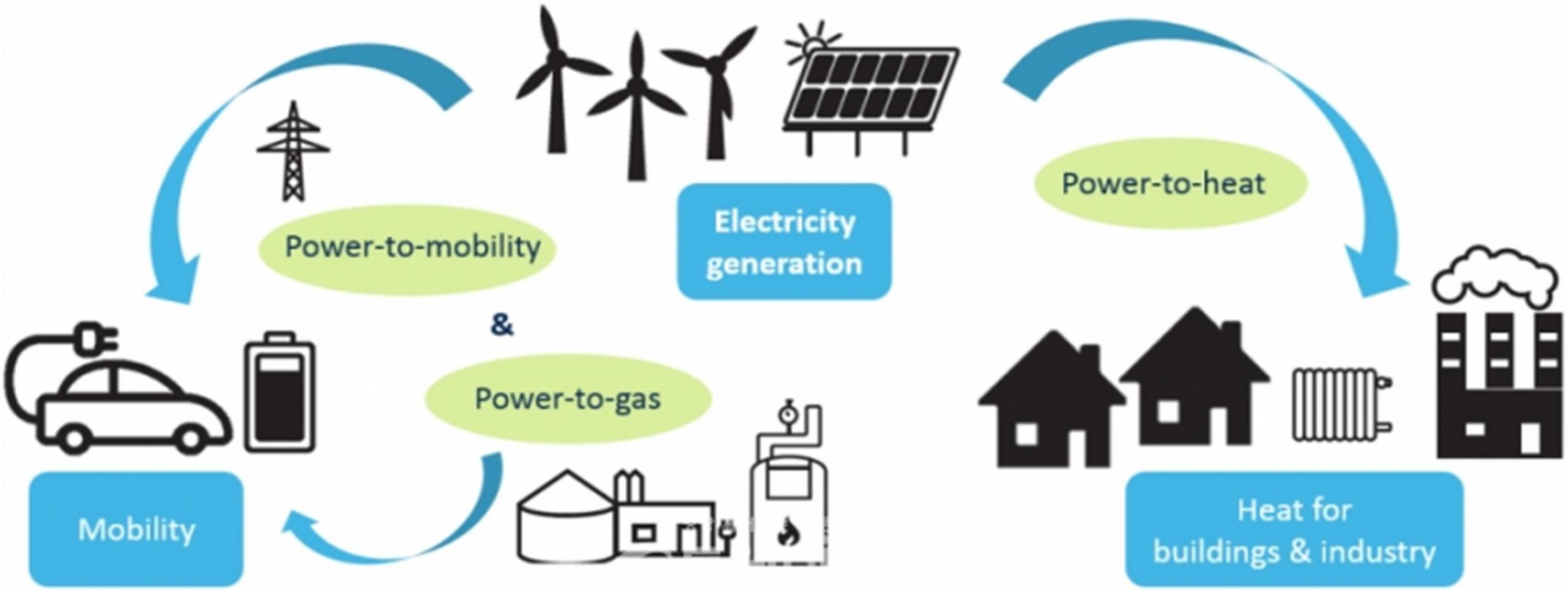
단기적인 방안과 중 ·장기적인 유연성 자원 확보 방안을 제안한다.

2) 섹터커플링과 미래기술을 통한 유연성 자원 확보 방안



03. 솔루션 제안

탄력적인 계통을 통한 신재생에너지 100%, 탄소 배출 Zero의 에너지 산업을 꿈꾸다.



03. 솔루션 제안

① 제주특별자치도에 공유 E-모빌리티 사업을 통한 유연성 자원 확보방안 제안

2019년 전기차 충전서비스 규제자유특구 지정, 전기차 활성화 노력 =〉 전체 차량 대비 전기차 비중 전국 1위 (5.34%)

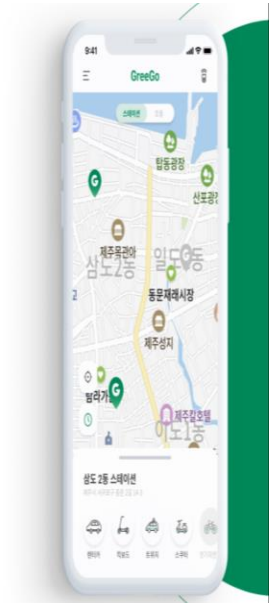
2020년 스마트시티 챌린지 공모사업 선정 =〉 e-3DA플랫폼 구축 및 실증

"스마트 모빌리티 사회"

"스마트허브 구축 및 그린모빌리티 사업 추진"

2021년 3월 플러스DR 사업 시행

어떻게 활용할 수 있을까?



e-3DA플랫폼 사업 및 어플리케이션

De-Carbon(저탄소), De-Centralization(분산), De-Struction(공유), Actor

03. 솔루션 제안

① 제주특별자치도에 공유 E-모빌리티 사업을 통한 유연성 자원 확보방안 제안

2019년 전기차 충전서비스 규제자유특구 지정, 전기차 활성화 노력 => 전체 차량 대비 전기차 비중 전국 1위 (5.34%)

2020년 스마트시티 챌린지 공모사업 선정 => e-3DA플랫폼 구축 및 실증

"스마트 모빌리티 사회"

"스마트허브 구축 및 그린모빌리티 사업 추진"

공유 E-모빌리티 사업 + 플러스DR 사업

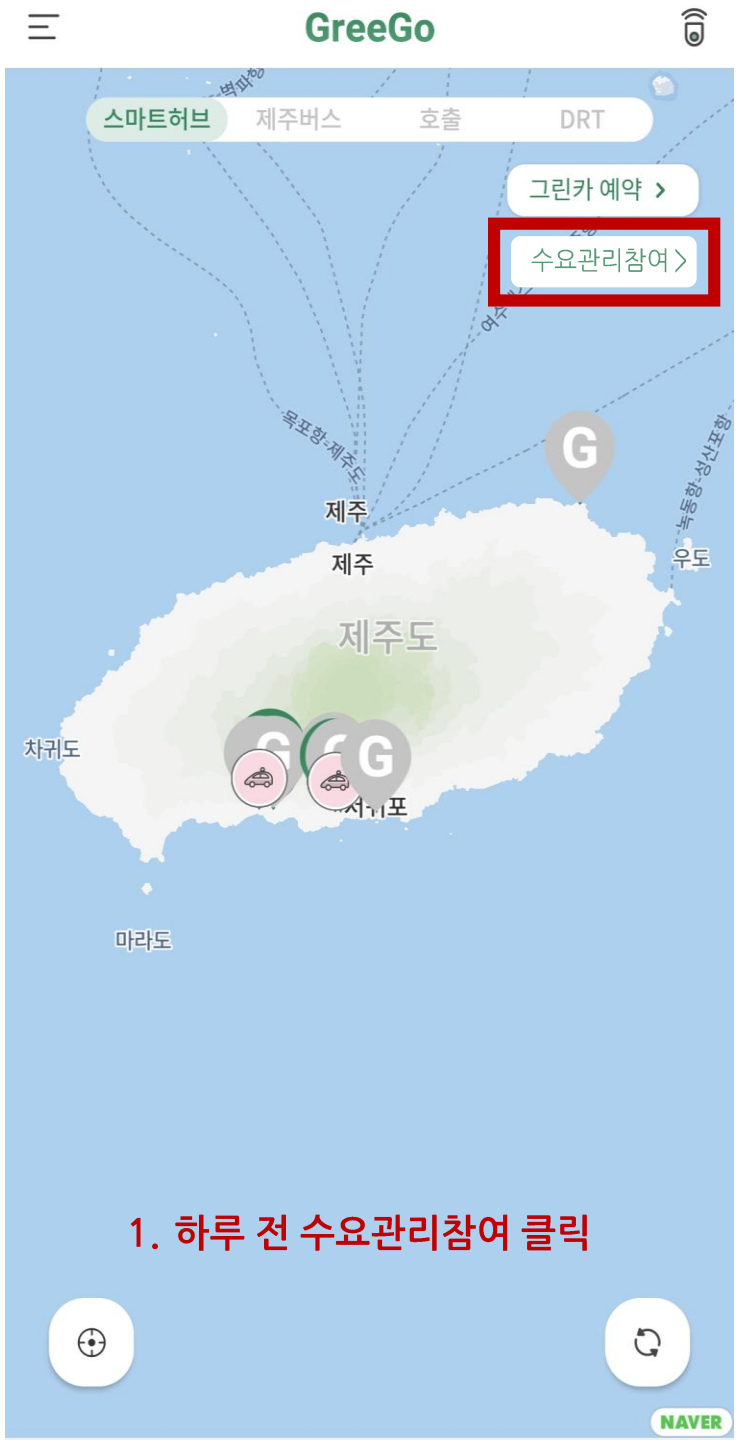
기존 사업 | 수요관리사업자 참여

2021년 3월 플러스DR 사업 시행

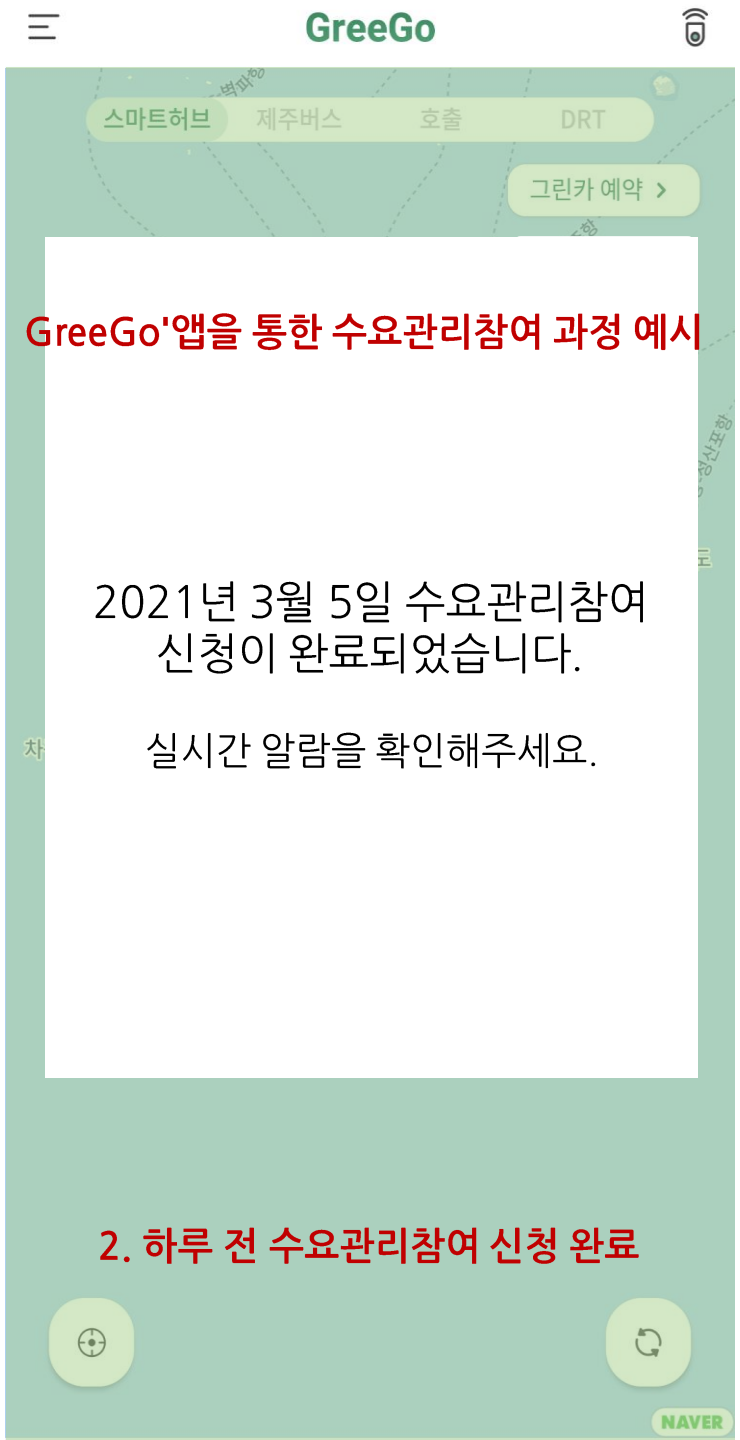
⇨ 어떻게 활용할 수 있을까?

e-3DA플랫폼 사업 및 어플리케이션

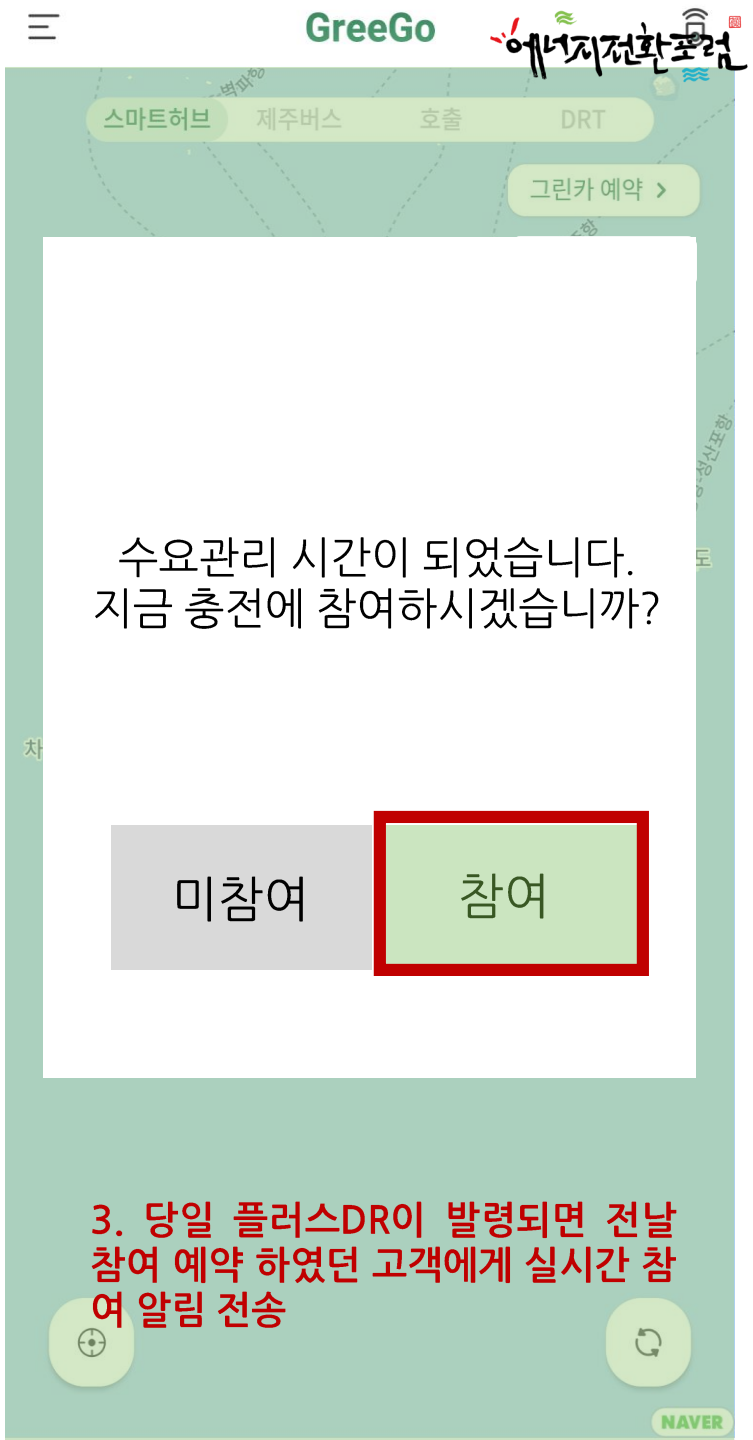
GreeGo'앱을 통한 수요관리참여 과정 예시



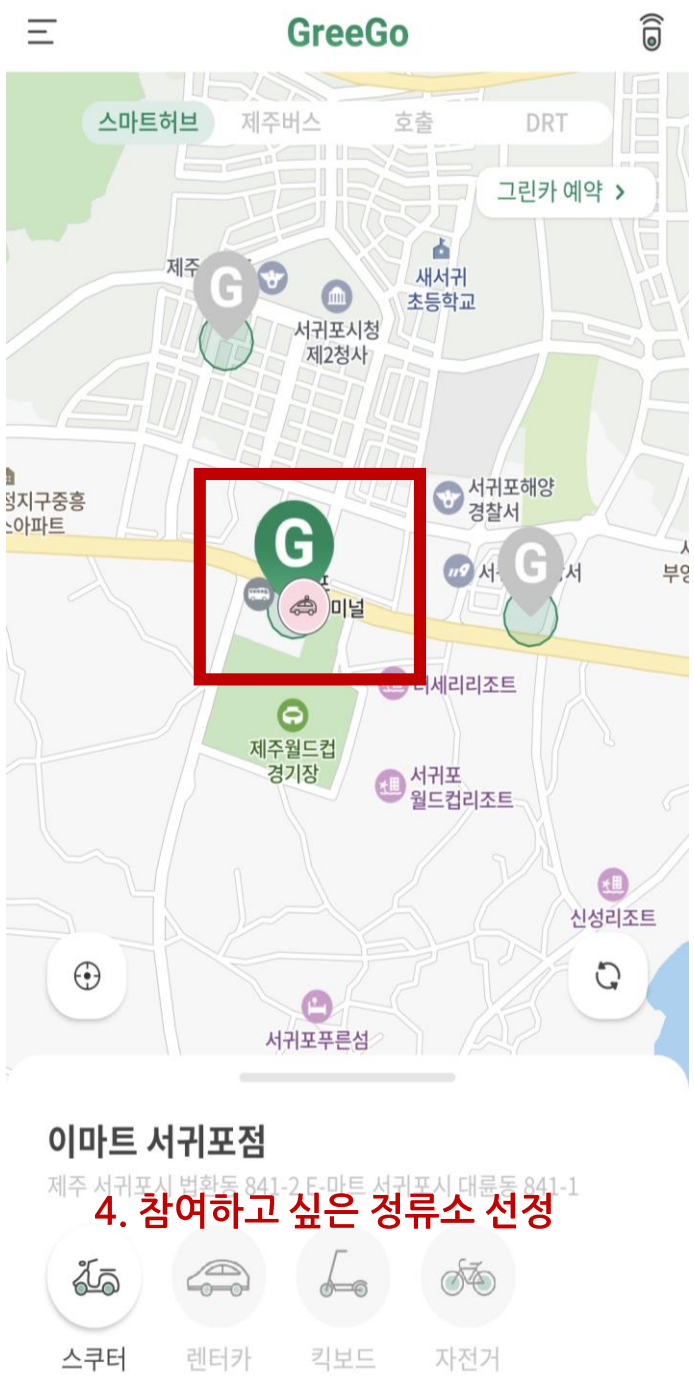
1. 하루 전 수요관리참여 클릭



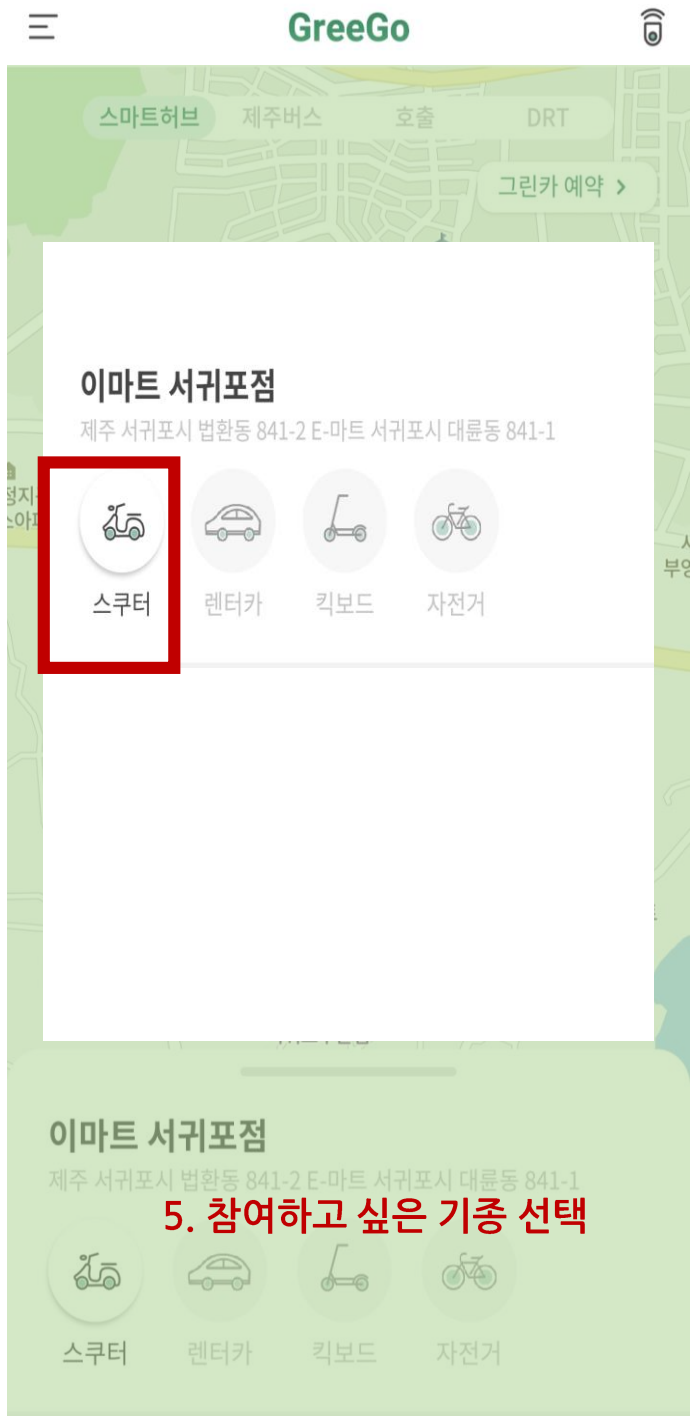
2. 하루 전 수요관리참여 신청 완료



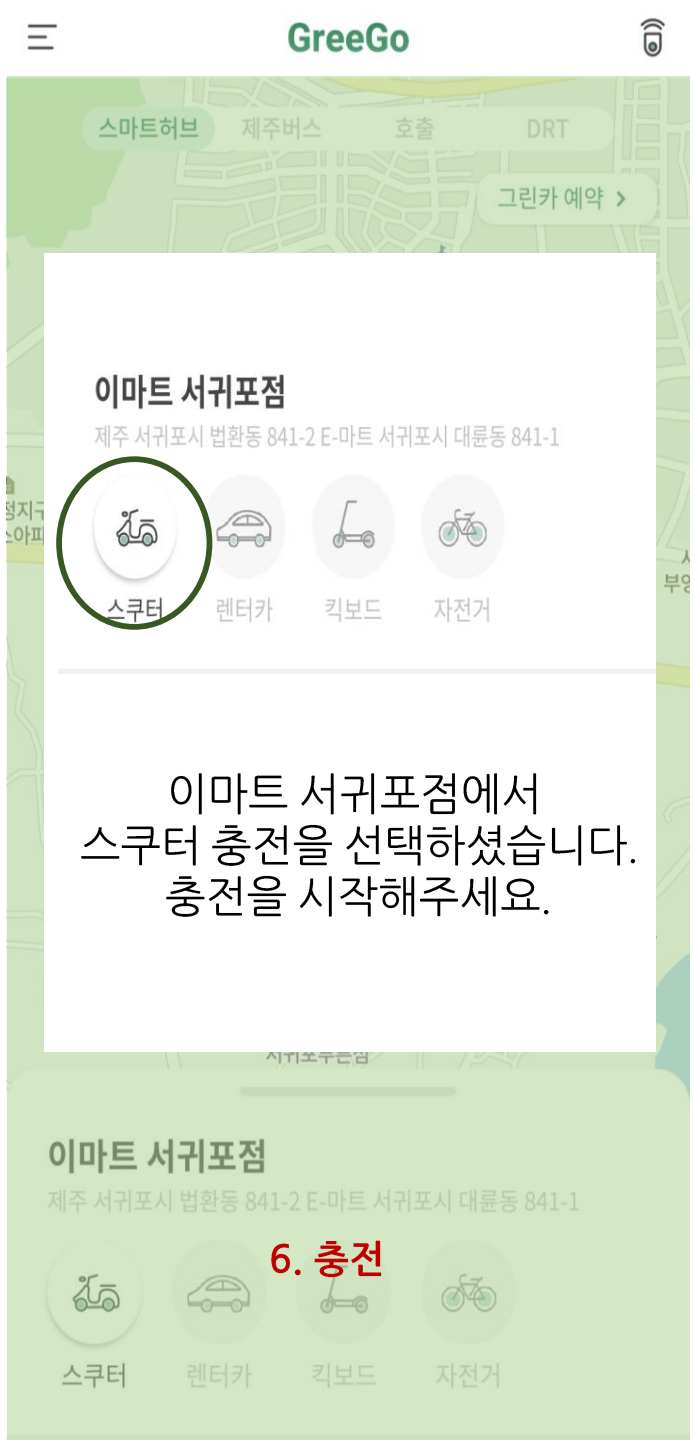
3. 당일 플러스DR이 발령되면 전날 참여 예약 하였던 고객에게 실시간 참여 알림 전송



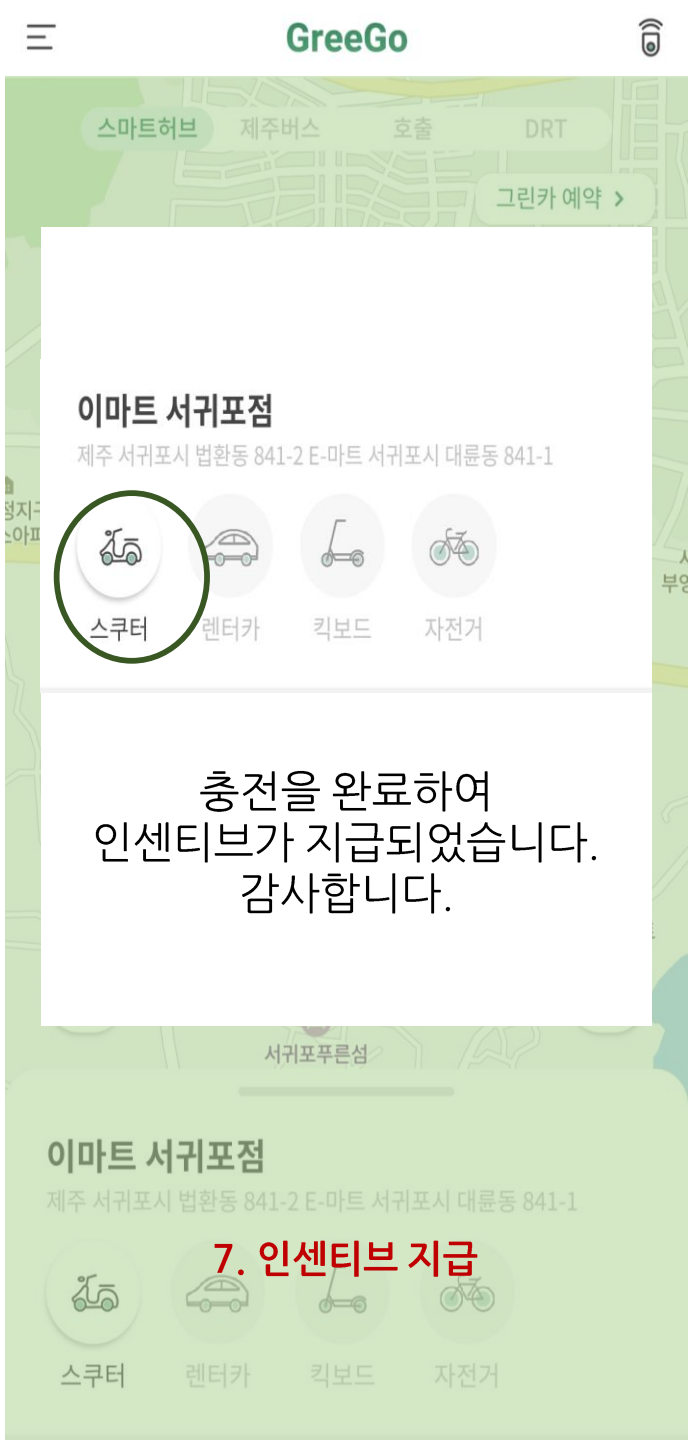
4. 참여하고 싶은 정류소 선정



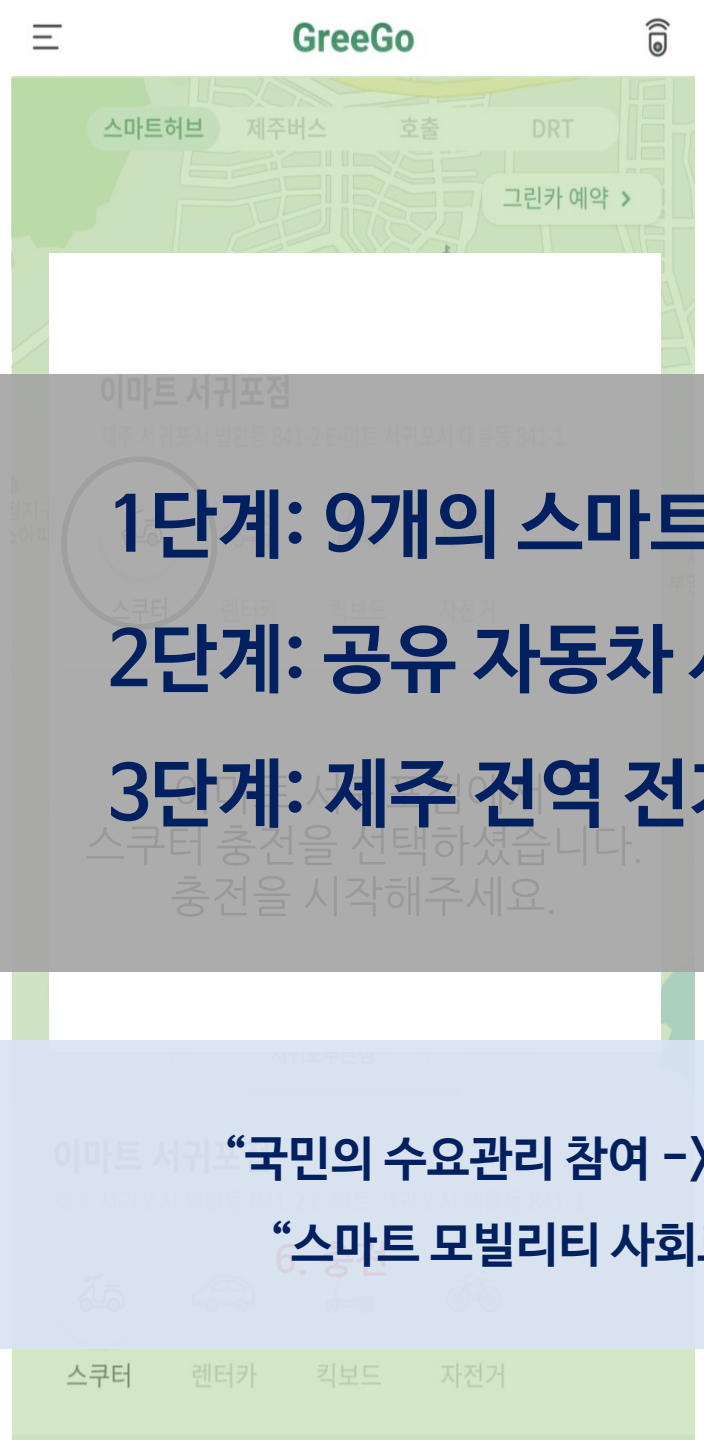
5. 참여하고 싶은 기종 선택

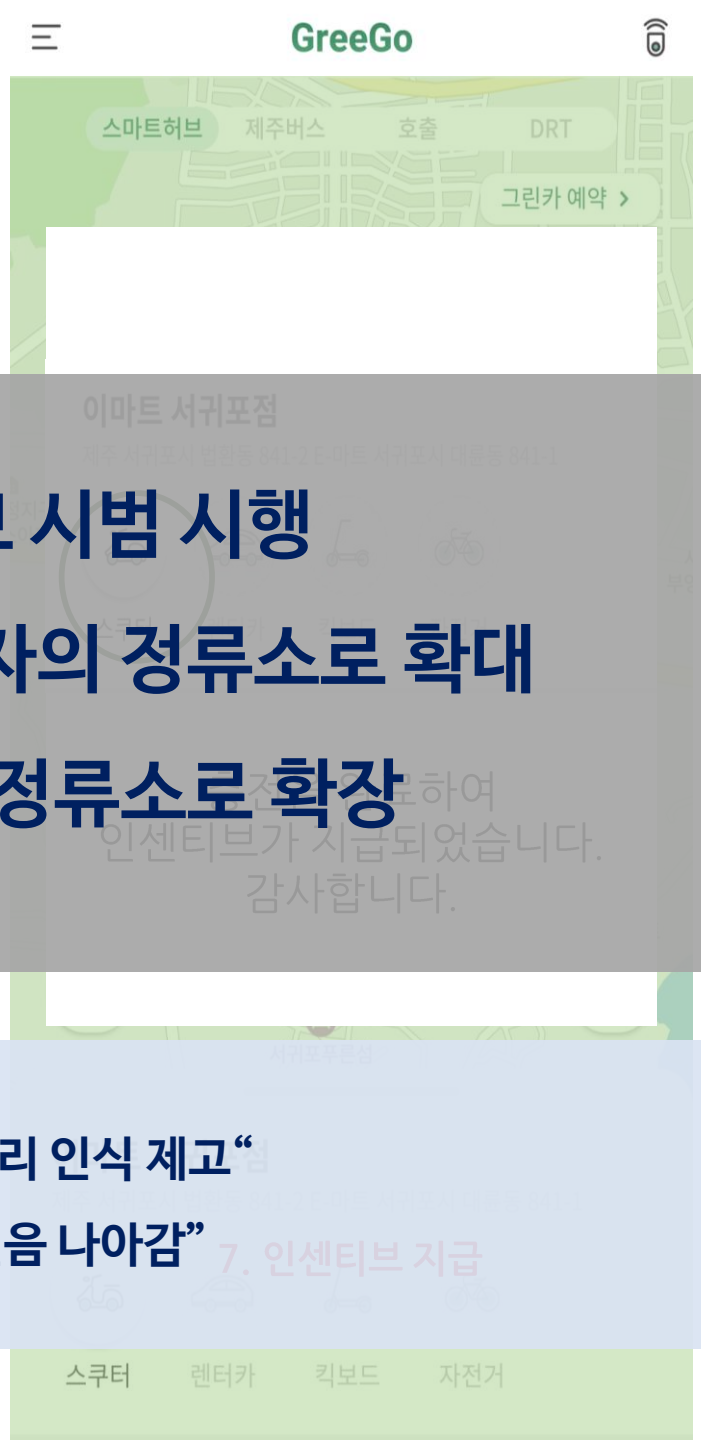

GreeGo
스마트허브
제주버스
호출
DRT
그린카 예약 >
이마트 서귀포점
제주 서귀포시 법환동 841-2 E-마트 서귀포시 대륜동 841-1
스쿠터
렌터카
킥보드
자전거
이마트 서귀포점에서
스쿠터 충전을 선택하셨습니다.
충전을 시작해주세요.
이마트 서귀포점
제주 서귀포시 법환동 841-2 E-마트 서귀포시 대륜동 841-1
스쿠터
렌터카
킥보드
자전거

6. 충전


GreeGo
스마트허브
제주버스
호출
DRT
그린카 예약 >
이마트 서귀포점
제주 서귀포시 법환동 841-2 E-마트 서귀포시 대륜동 841-1
스쿠터
렌터카
킥보드
자전거
충전을 완료하여
인센티브가 지급되었습니다.
감사합니다.
서귀포푸른섬
이마트 서귀포점
제주 서귀포시 법환동 841-2 E-마트 서귀포시 대륜동 841-1
스쿠터
렌터카
킥보드
자전거

7. 인센티브 지급





1단계: 9개의 스마트 허브 시범 시행

2단계: 공유 자동차 사업자의 정류소로 확대

3단계: 제주 전역 전기차 정류소로 확장

“국민의 수요관리 참여 -〉 수요관리 인식 제고“

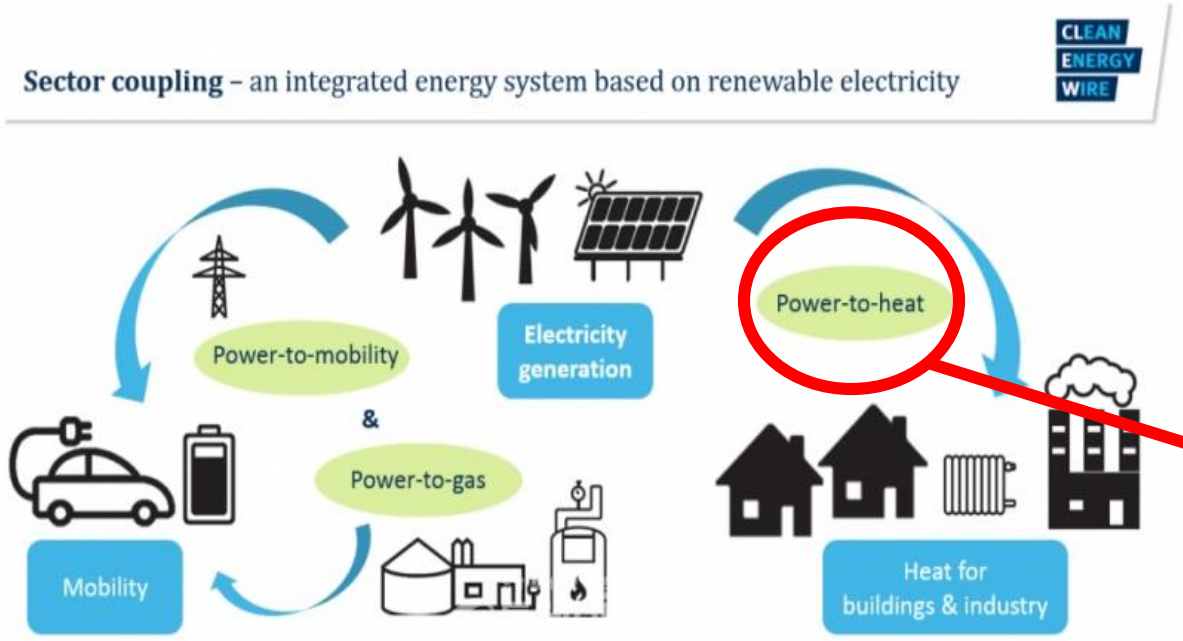
“스마트 모빌리티 사회로 한 걸음 나아감”

② 섹터커플링과 미래기술을 통한 유연성 자원 확보 방안 제안

재생에너지의 변동성을 배터리가 모두 보완할 수 있을까?

No!

전기로 저장하는 방식은 용량 측면이나 충전시간 등에서 한계가 존재



섹터커플링

재생에너지 발전에 따른 잉여전력 저장 및 다른 에너지 부문으로 변환하여 효율적으로 이용할 수 있어 재생에너지 변동성 대응 측면과 전력계통 유연성 확보 측면에도 도움

P2H(Power-to-heat)

전기→열→공간 냉난방, 온수 수요, 산업공정에서의 냉난방 발전과 난방부문을 연결하는 전기보일러나 히트펌프 등이 이용

03. 솔루션 제안

1) 제주에서 심야전력으로 이용되는 축열기기를 활용하여 재생에너지의 변동성에 대응하는 방안을 고안했다.

심야전력제도

- ❖ 한전의 수요관리 사업 : 전기사용이 적은 심야시간대전력을 열 형태로 저장 → 주간 및 야간의 냉,난방에 이용하는 축열기기에 적용하는 전기요금 제도
- ❖ 심야전력 사용량 확대 + 발전원가가 비싼 발전기
  → 심야전력 요금의 상승, 축냉설비 지원금 예산 감소
  → 보급량 감소 및 사람들의 관심 또한 감소

과잉출력 전력제도

구분	기본요금 (원/kW)		전력량 요금 (원/kW)
갑	겨울철 : 71.8, 기타계절 : 50.4 (월 최저요금 : 20kWh에 해당하는 요금)		
	과잉출력 위험 시간대		봄, 가을철 : 50.4 기타계절 : 71.8
을 I	겨울철 : 57.3, 기타계절 : 40.2 (월 최저요금 : 20kWh에 해당하는 요금)		
	과잉출력 위험 시간대		봄, 가을철 : 40.2 기타계절 : 57.3
을 II	7,160원 × 기타시간 사용전력량 / 월간 총사용전력량	심야시간대	겨울철 : 57.3 기타계절 : 40.2
		과잉출력 위험 시간대	봄, 가을철 : 40.2 기타계절 : 57.3
		기타시간	83.4
	(월 최저요금 kW당 710원)		

- 대상 : 심야전력기기로 이용되는 축열 냉난방시스템
- 방식 : 태양광 발전이 급증하여 덕커브가 발생하는 오후 시간대 과잉출력 위험 시간대 및 계절을 정의하여 심야전력요금과 동일한 방식으로 전기요금 감면
- 목적 : 심야 때의 수요를 덕커브 발생 시간대에 분산시켜 덕커브 완화 및 축열기기의 보급 확대

(덕커브 : 태양광 발전량이 증가하면서 일출에서 일몰 사이인 Daytime에 순부하가 급감하며 나타나는 부하곡선)

가능성 및 개선방향

- 축열식 히트펌프 보일러 교체 사업(한전)
- 양식시설 및 농업분야 히트펌프 보급사업(제주도청)

→전기화 진행중

→추후 이를 활용한 심야전력기기 외에 다른 축열기기로 재생에너지 변동성 대응에 기여

03. 솔루션 제안

2) 풍력 연계 해수담수화와 소금 활용 ESS 구축을 통한 풍력발전 변동성 대응 방안을 고안했다.

"현재 제주도는 생활용수의 99.7%와 농업용사의 96.6%를 지하수에 의존" → 비료 사용 과다로 지하수 산성화

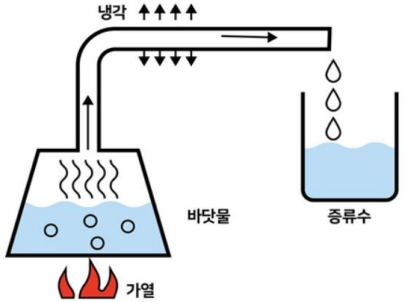
해수 담수화

제주도 생활용수 보급

해수 속의 염분을 제거하여 담수를 만드는 기술

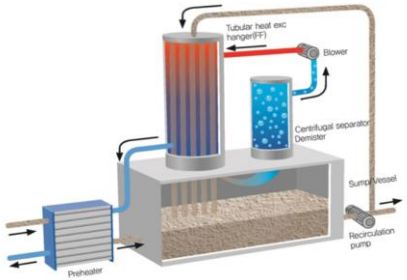
증발법

해수에 열을 가하여 수증기로 만들고 냉각하여 염분이나 불순물을 제거하고 담수를 얻는 기술



MVR 방법

- 풍력발전에서 생산한 전력으로 구동
- 증기를 내보내지 않고 다시 순환하는 높은 에너지 효율
- 탄소 저감 효과



03. 솔루션 제안

2) 풍력 연계 해수담수화와 소금 활용 ESS 구축을 통한 풍력발전 변동성 대응 방안을 고안했다.

"MVR 가동 이후에는?" → 담수 + 소금 용융액 생성 → "소금 활용한 ESS 활용"

① 니켈-소금 전지

- 발화 위험이 없는 고체 전해질을 사용 → 안전하고, 저렴한 가격
- 평판형 니켈-소금 배터리 ESS 개발 중 → 여러 개를 이어 붙여 단가는 낮고, 효율이 높음

② 소금 ESS

- **고체 상태인 소금을 가열해 액체 상태로 녹인 용융염(Molten Salt)을 사용**

*** 용융염은 열에너지를 장기간 보존하는 특성을 가짐**

04. 기대효과 및 시사점 _기대효과

기대효과는 다음과 같다.

공유 E-모빌리티와 수요관리

- 제주 e-3DA플랫폼 연계를 통한 e-3DA플랫폼 사업 활성화
- 국민들의 수요관리 참여를 통한 E-모빌리티 역할 및 수요관리에 대한 인식 제고

심야전력제도 활용

- 기존 심야전력기기 활용을 통한 접근성 높은 P2H 참여
  =〉 초과공급 발생 확률이 높은 시간대 수요 확보로 출력제한 발생 가능성 감소
- 축열식 기기가 활용됨에 따라 침체된 축열 냉난방시스템 시장의 활성화
- P2H 참여가능 기기 확보를 통한 재생에너지 확대에 대비

해수담수화 +소금ESS

- 장기적인 관점에서 재생에너지의 변동성에 대한 대응 확대 및 제주도의 생활용수 확보 기대
- 기존 해수담수화에서 폐수로 여겼던 농축수를 하나의 자원으로 해결해 공정의 부가가치 향상
- 소금을 ESS자원으로 활용하면서 친환경 자원 확보

04. 기대효과 및 시사점 _기대효과

기대효과는 다음과 같다.

공유 E-모빌리티와 수요관리

- 제주 e-3DA플랫폼 연계를 통한 e-3DA플랫폼 사업 활성화
- 국민들의 수요관리 참여를 통한 E-모빌리티 역할 및 수요관리에 대한 인식 제고

축열기기 활용

- 기존 시의지역기기 활용을 통한 지구서 높은 P2H 참여
  => 초과공급 발생 확률이 높은 시간대 수요 확보로 출력제한 발생 가능성 감소
- 축열식 기기 활용 단계 대비 단체 통합 발생으로 시스템 사용 활성화
- P2H 참여가능 기기 확보를 통한 재생에너지 확대에 대비

해수담수화 +소금ESS

- 장기적인 관점에서 재생에너지의 변동성에 대한 대응 확대 및 제주도의 생활용수 확보 기대
- 기존 해수담수화에서 폐수로 여겼던 농축수를 하나의 자원으로 해결해 공정의 부가가치 향상
- 소금을 ESS자원으로 활용하면서 친환경 자원 확보

유연성 자원을 활용하여 계통의 유연성 확보

⇒재생에너지 확대, 최종적으로 "탈 석탄"

“공급과 수요의 상호작용을 통한 유연성 있는 전력계통을 꿈꾸다 ”

1 E-모빌리티 활용 수요관리 경험

움직이는 ESS로 활용하여 재생에너지 변동성 대응 및 수요관리에 대한 국민인식 제고

2 효율적인 수급관리를 위해

유연성 자원 확보를 통해 **기존 발전설비 감소**에 따른 **출력제한 최소화**

3 넷제로(Net-zero)를 향해

탄력적인 계통을 통한 **신재생에너지 100%**, 탄소 배출 Zero의 에너지 산업

Reference

박명덕, “Mobility 성장에 따른 석유·전력·신재생에너지 산업 대응 전략 연구(전력)”, 에너지경제연구원, 2019, p. 40.
윤성권, 임현지, 「한국기후변화학회지」, 제10권 제2호, 재생에너지 기반 섹터커플링(부문간 연계)을 통한 기후변화 대응 연구, 한국기후변화학회, 2019, p. 153-159
이유수, 「에너지포커스 2020년 가을호」, 동향과 분석, 태양광 및 풍력 발전의 전력계통 영향과 시사점, 에너지경제연구원, 2020, p. 44-65.
이영섭 외, “제주특별자치도 전기차 동향 및 통계 월간 리포트”, 제주전기차정책연구센터, 2021, p. 2.
이태의, 이유수, 「에너지포커스 2020년 겨울호」, 동향과 분석, 제주도의 재생에너지 확대와 전력계통의 안정적 운영 방향, 에너지경제연구원, 2021, p. 2, p. 48-63.
황우현 외,「2020년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집」, 제주지역 신재생발전 급증에 의한 발전제약 사례와 전력계통운영 불안정성 대응 전략, 대한전기학회, p. 322.
“에너지연, 풍력발전 연계 MVR 해수담수화 플랜트 실증운전 성공”, 한국에너지기술연구원, 2012.
권준범, “‘신재생 핫 플레이스’ 제주를 가다”, 에너지 신문, 20.11.20
김정은, “전력거래 자유화, 내연차량 제한 서둘러야”, 제주일보, 21.01.01
류희선, “재생E 잉여전력, 열로 활용한다”, 투데이에너지, 2021.01.22.
송민근, “소금, 먹지 말고 배터리에 양보하세요”, 한국전력, 20.04.27
송병훈, “[국감] 심야전력 장려할 땐 언제고 이제와 나 몰라라”, 에너지데일리, 2016.09.27.
오철, “재생에너지 발전량 예측...태양광만 합격·풍력은 탈락”, 전기신문, 2021.01.27.
최인식, “축냉설비 올해 지원예산 바닥”, kharn칸, 2019.06.09.

Thank you ☺

“우리가 하는 일은 바다의 붓는 한방울의 물보다 하찮은 것이다.
하지만 그 한방울이 없다면 바다는 그만큼 줄어들 것이다.”
– 마더 테레사 –