

정책연구 2021

# 탄소중립을 위한 국가 및 지역단위 에너지 기후변화 대응계획 조사 분석

2022. 2. 7.

에너지경제연구원  
(사)제로에너지전략연구원



정책연구 2021

탄소중립을 위한 국가 및 지역단위 에너지·기후변화  
대응계획 조사 분석

2022. 2. 7

에너지경제연구원  
(사)제로에너지전략연구원

국가과학기술자문회의

발간등록번호  
12-1074500-000025-01

정책연구 2021

탄소중립을 위한 국가 및 지역단위  
에너지·기후변화 대응계획 조사 분석

연구기관 : 에너지경제연구원  
(사)제로에너지전략연구원  
연구책임자 : 박 기 현

2022. 2. 7.

발간등록번호
12-1074500-000025-01

정책연구 2021

탄소중립을 위한 국가 및 지역단위 에너지·기후변화  
대응계획 조사 분석

연구기관 : 에너지경제연구원  
(사)제로에너지전략연구원  
연구책임자 : 박 기 현

2022. 2. 7.

# 제 출 문

국가과학기술자문회의 지원단장 귀하

본 보고서를 “탄소중립을 위한 국가 및 지역단위 에너지·기후변화 대응계획 조사 분석”의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 2. 7.

- 주관연구기관명 : 에너지경제연구원
- 연구기간 : 2021.9.6.~2022.2.2
- 연구책임자 : 박기현
- 참여연구원
  - 연구원 : 유혜진
  - 연구원 : 이성근
  - 연구원 : 박지민



# 요 약

## 1. 서론

### □ 연구의 개요

- 본 연구는 최초(RFP 기준) 2050 탄소중립 전략의 실현과 그린뉴딜 추진의 실질적인 이행 주체로서 지역사회의 역할 재정립과 국가정책과의 정합성 유지를 위한 지역맞춤형 탄소중립 전략의 방향 제시하는 것이었음.
  - 이를 위하여 국가와 지역단위 에너지·기후변화 대응계획 등의 현황을 조사하고 분석하며, 과학기술 기반의 지역맞춤형 탄소중립 전략의 방향을 제시하는데 있었음.
- 그러나 연구범위 및 과업내용은 포괄적인 반면, 주어진 예산과 용역기간이 제한적인 점을 감안하여, 다음과 같이 연구범위의 축소 및 조정을 함.
  - 탄소중립의 핵심과제인 에너지전환을 위하여 분산형 발전을 확대하고 이를 체계적으로 관리할 수 있는 시스템 구축에 대한 방향 제시
  - 분산형 발전을 위한 재생에너지 보급 시설과 발전시설의 대형화 추진 시 발생할 수 있는 지역 주민과의 갈등 해소를 위한 제도적 기반 마련
  - 탄소중립 추진 시 산업부문에서 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 철강, 석유, 시멘트 산업 중 철강 및 시멘트 산업을 중심으로 업계의 현황과 추진계획을 살펴보고 시사점 도출

### □ 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 지역맞춤형 탄소중립 전략의 일환으로 분산발전 확대 및 관리능력 강화, 지역경제 견인을 위한 미래지향적 이익 공유 모델 발굴, 지역 산업에 미치는 영향이 큰 철강 및 시멘트업의 대응 전략 등에 대한 조사·분석 및 시사점을 제시하는데 있음.

## 2. 분산형 발전 확대 및 재생에너지 통합 데이터센터(안) 구축 방안

### □ 국내외 분산형 발전 및 정책 동향

- 우리나라는 2050 탄소중립 전략을 추진하기 위한 국가 단위의 에너지, 전력 및 환경 정책도 재생에너지 보급 확산, 분산형 발전 확대 계획과 정책적 지원 다각화
  - 제9차 전력수급기본계획 (2020.12.28)에 의하면, 저탄소 경제·사회로의 이행을 위해 재생에너지 투자 가속화, 그린뉴딜 계획과 제3차 에너지기본계획 목표에 맞춰 신재생발전 확대, 2040년까지 발전비중은 30~35%
  - 분산에너지 활성화 추진하기 위해 변동성 재생에너지(VRE) 증가세에 따른 전력계통의 불안정성을 해소하고, 재생에너지 증가에 따른 전력계통의 관리·수용능력 강화하고, 분산에너지의 전력시장 참여를 위한 시장·제도 조성 추진
- 해외 분산형 발전은, 1980년대 이후부터 계통의 송배전설비 및 연료수송 측면에서 비용을 회피할 수 있는 경제적인 대안으로 부상한 이후 지속적으로 발전해오고 있음.
  - 2000년대에는 수요처 부근에 태양광 모듈식 전기 발전기를 추가하는 미니/마이크로그리드 형태로,
  - 최근에는 재생에너지 기반 발전시설에 리튬 이온 배터리 등의 에너지저장장치를 부착하고 최신 소프트웨어를 활용한 최적화, 자동화 및 데이터분석이 가능한 마이크로그리드들을 통합한 시스템 속에서 시너지 효과를 낼 수 있는 지능적인 집합체로 전환
- 과거에는 분산발전이 전력계통에 위협으로 인식되었으나, 새롭고 정교한 첨단 제어시스템은 계통의 복원력 (resilience)을 높일 수 있는 대안으로 인식하는 경향임.

### □ 국내외 재생에너지 통합 데이터센터 사례

- 재생에너지 분산형 발전 활성화 및 관리능력 강화를 위해 ESS 구축 및 계통 인프라 확충을 통한 재생에너지의 변동성 완화, 분산에너지 친화적인 시장제도 조성 및 신재생에너지 통합데이터센터의 구축에 대한 논의가 이루어져 왔으나 각각 독립된 모니터링시스템 또는 관제시스템으로만 기능을 유지
  - 에너지공단의 신재생에너지 통합 모니터링 시스템 (REMS),
  - 한전의 신재생 발전 지역 관제 시스템 (LRMS),
  - 스마트 그린 산단 통합관제센터 및 스마트에너지 플랫폼에 기반한 통합관제센터 (TOC)
  - 가상발전소 (VPP)
- 미국은 재생에너지자원 분산 시스템 활성화 및 관리능력 강화를 위해, 연방정부와 주 정부, 학계, 연구기관 및 산업이 다각적이면서도 체계적으로 접근하고 있음
  - 미국 DOE는 에너지시스템통합시설 (ESIF)은 재생에너지자원 분산 시스템들을 통합한 에너지

- 지시스템의 최적화 및 관련 첨단연구를 위한 플랫폼을 지원하고, CORE 프로세스를 통해 마이크로그리드의 안정적인 전력공급을 위한 지속적인 운영과 설계에 초점을 맞추어, 사전평가, 데이터 수집, 설계 분석, 설치 및 모니터링을 단계적으로 체계화해서 지원
- JISEA에서는 다중입력-다중출력에 기반한 하이브리드 에너지 시스템 개발하여 추진, 투입된 에너지원과 생산된 에너지 형태 간의 다양성과 상호 작용으로 하이브리드 에너지 시스템과 이를 둘러싼 전체 에너지 시스템의 탄력성, 신뢰성, 보안, 경제성, 유연성 및 지속 가능성을 증가시키고, 나아가 동적인 프로세스의 설계 및 운영
  - 미국 전역의 주에서는 재생에너지 분산 발전의 확대를 전력망의 복원력 (Resilience)을 증가시키기 위해서, 규제기관, 전력회사 및 기술 제공업체의 에너지 데이터에 대한 접근의 필요성이 보다 중요하게 인식됨에 따라 산·학·연·관의 중심으로 에너지데이터플랫폼에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있음
  - 미래의 에너지데이터프레임워크의 전환에 있어서, i) 개인 정보 보호 및 보안, ii) 유틸리티 운영 프레임워크, iii) 조직의 우선 순위 요구 사항 및 역량 관련 이슈들을 포괄하는 방안에 대해 활발히 논의하고 있음

## □ 재생에너지 통합 데이터센터(안)

### ○ 필요성

- 탄소중립실현을 위해서는 미래 에너지 산업은 전력화, 재생에너지에 기반한 분산발전 시스템으로 전환 불가피
- 전력공급을 책임지는 전력공급 계획자 및 규제기관 등은 재생에너지 시스템을 효율적으로 운영하고 규제하기 위해 재생에너지 시스템에 관한 데이터에 대한 접근과 분석 필요

### ○ 목적: 분산발전의 확대 및 관리능력 강화를 통한 계통의 안정성 도모

### ○ 주요 업무

- 계통 인프라 구축 통한 재생에너지 변동성 완화 방안 마련
- 신규 유연성 자원 개발·도입을 통한 잉여전력 해소책 제시
- 에너지 슈퍼스테이션을 통한 자가발전 충전인프라 구축 방안 제시
- 에너지 생산·소비의 분산화 확대 도모 및 에너지 자원의 지역 편중 해소
- 분산에너지 친화적인 시장·제도 조성
- 신재생에너지 분산형 발전 시스템의 전과정에 대한 목록분석 잠재적인 환경영향을 총체적으로 평가하기 위해 LCI (Life Cycle Inventory) 데이터포맷 표준화

### ○ 기초자료 확보 및 공유 방안

- DB to DB의 시스템 연계 방식 또는 소프트웨어 인터페이스 (Application Programming Interface, API) 연결방식을 통해, 분산되어 국지적으로 생산·활용되는 재생에너지 분산형 발

- 전 데이터를 데이터센터에서 통합함으로써 재생에너지 발전 자료를 분석·활용할 수 있도록 함
- 데이터 수집을 위한 표준화된 데이터의 기본틀을 확정하고, 기존 모니터링 및 관제시스템, 한전 및 전력거래소 등을 연계시켜 재생에너지 데이터를 데이터센터에서 수집·통합함
    - 신재생에너지 통합 모니터링 시스템(REMS)
    - 신재생 발전 지역 관제시스템(LRMS)
    - 스마트 그린 산단 통합관제센터 및 스마트 그린 도시 통합관제센터
    - 가상발전소 (VPP)
    - 전력거래소
    - 한전 전력계통
  - 기존의 통합관제센터나 모니터링 시스템에 연결되어 있지 않아서 데이터 수집이 이루어지지 않고 있는 소규모 발전설비로부터의 신재생 발전 자료 수집을 위해, 기기에 센서를 부착하고 데이터 수집하여 데이터센터의 데이터베이스에 통합함
- 운영·서비스 플랫폼 및 네트워크 운영 방식
- 재생에너지 기반 분산형 발전에 관한 빅데이터의 수집·활용과 분석을 위해 블록체인 기술을 적용하여, 분산자원에 대한 정확한 실시간 데이터를 수집하고 기록의 암호화를 통한 네트워크의 보안성을 높임
  - 재생에너지 데이터에 대한 다양한 수요에 맞추어, 데이터를 효과적이면서도 안전하게 통합 연계하여 제공하는 것이 중요한 과제로 대두되고 있으며, 이를 위해 블록체인 기술의 활용과 웹 포털 형식을 통한 자료 공개
  - 에너지 안보 및 개인정보보호를 고려, 보안이 강화된 전용망(폐쇄망) 형식을 사용하고, 이를 위해 장비의 호환이 가능하도록 표준 마련
  - 개인 수준의 데이터에 대한 개인정보 보호에 관한 법제도의 개선 필요
- 신재생에너지 데이터센터의 정보시스템 개요
- 업무 프로세스의 전산화 등 세부적인 정보시스템 구축 방안은 향후 ‘정보화 전략 계획 (Information Strategy Planning, ISP)’을 수립하여 도출
  - 소규모 분산형 발전 목표모델(To-Be) 설계
  - 재생에너지 통합 데이터 이용 및 분석
- 신재생에너지 데이터센터의 추진 전략
- 정부, 전력회사 등 산업, 재생에너지 기반 개발 사업자, 대학 및 연구기관으로 구성된 협의체는 망 기술 및 보안 설계, 데이터 구조 및 시스템 연계, 운영 및 관리 프로세스 데이터 서비스 플랫폼 설계
  - 재생에너지 통합 데이터 센터는 수용 맞춤형 빅데이터 서비스 제공, 분산형 발전의 확대, 분산에너지 친화적 시장환경 및 제도 조성, 전력-비전력부문간 결합을 통한 에너지 안보 강화,

지역 맞춤형 탄소중립 실현

- LCI 데이터베이스를 제공, 분산형 재생에너지 발전의 전과정에 대한 환경영향 평가 LCA에 의한 탄소 저감량 산정 가능

## □ 시사점

- 데이터에는 발전 자산의 성능에서 개별 고객사용 및 청구 데이터에 이르는 정보가 포함되므로, 데이터에 대한 접근, 정보의 관리 및 보호에 대한 검토 필요
- 그리드 보안, 데이터 시스템 간의 통신 및 규제 등의 문제들에 대한 접근방법에 대한 구체적인 논의 필요
- 재생에너지 통합 데이터 센터의 신설을 위해서는 정부, 전력회사, 학계 및 연구기관 및 이해관계자들의 포럼을 구성하여 법적, 경제적, 기술적, 환경적 측면에 대한 면밀한 검토와 합의가 선행되어야 함
- 재생에너지 분산형 자원 배치 지도를 개발하여 지역간 균형 있는 배치를 유도하고, 전력회사는 최적의 분산 에너지 자원 상호 연결 지점과 그리드 업그레이드 및 개별 배전 라인의 위치와 용량에 대한 정보를 제공하여, 분산 에너지 자원 개발자 공동 이익의 극대화 및 시스템 최적화를 도모해야 함.
- 향후 업무 프로세스의 전산화 등 세부적인 정보시스템 구축 방안은 향후 ‘정보화 전략 계획(ISP: Information Strategy Planning)’을 수립하여 도출

## 3. 주민수용성 및 이익공유 모델 발굴

### □ 문헌 연구

- 이익공유는 지역의 공공자원 활용으로 발생한 이익을 공유하는 것으로 분배적, 절차적, 인식적 정의를 고려하여 사전 예방적이고 체계적인 성격을 가지고 있어야 함.
  - 이익공유 체계는 지역과 프로젝트 특성에 맞게 다양하게 설계될 수 있지만, 개발 초기 단계부터 지역 주민이 참여하는 민주적 참여 거버넌스 구축이 중요함.
- 재생에너지 보급에 대한 수용성은 일반 국민이 지역 주민보다 높으며, 발전원은 태양광 수용성이 가장 높음.
  - 문헌조사의 의하면 신재생에너지 전력에 대해 한 달에 약 3,500원 추가 지불할 용의가 있지만, 국외와 비교하면 낮은 수준으로 평가됨.
- 재생에너지 프로젝트에서 지역주민의 가장 큰 반대 사유는 환경 훼손과 주거환경영향에 대한 우려임.

- 재생에너지 개발 프로젝트로 인한 이익과 관련된 보상이나 이익공유 관련 공식적인 기준이나 가이드라인 마련이 필요함.
- 주민 보상에 대한 기준을 마련하여 객관적으로 입증되지 않는 민원에 대한 과도한 보상 문제에 대해 예방적으로 대처해야 함.
- 지자체 또는 정부 주도의 대규모 사업을 진행 시, 갈등조정기구를 통해서 공공갈등을 관리할 필요성이 증대됨.
  - 정부 또는 지자체 기구, 예산, 인원 측면에서 갈등조정을 할 수 있는 능력이 많이 부족함.
  - 효과적인 갈등관리를 위한 갈등관리 컨트롤타워 설치가 필요함.
- 재생에너지 프로젝트는 지역 에너지 및 개발 추진 계획 하에서 진행되어서 지역 발전을 유도할 수 있어야 함.
  - 재생에너지 프로젝트에서 지역 기업 참여를 통한 일자리 창출 등이 이루어져야 함.

## □ 지역 수용성 사례 분석

- 재생에너지를 비롯한 공공 프로젝트에서 발생하는 갈등의 원인은 절차적 문제, 환경적 문제, 경제적 문제 요인으로 나눌 수 있음.
  - 절차적 문제: ‘선 결정, 후 동의’ 과정에서 주민들의 반대가 확대됨.
    - 프로젝트 추진 과정에서 지역 주민을 비롯한 이해당사자의 능동적 참여가 제한됨.
  - 환경적 문제: 환경 및 경관 훼손, 소음 공해, 생태계 파괴, 저주파 문제 등 재생에너지 프로젝트가 유발할 수 있는 환경 영향에 대한 우려가 지역 수용성 하락으로 이어짐.
    - 재생에너지 프로젝트 반대 이유 중 환경 문제에 대한 우려가 가장 높음.
  - 경제적 문제: 어획량 감소, 지가 하락, 피해 보상 범위, 발전 기금 활용 방안 등에 대한 대안이 부재 시 지역 수용성이 하락함.
    - 경제적 보상 체계 확립은 프로젝트 건립 만족도를 높일 수 있음.
- 재생에너지 프로젝트 수용성 관련 사례에서 지자체의 역할은 중요해 질 것으로 전망되나, 그에 따른 지자체의 역량은 따라오지 못하는 실정임.
  - 많은 국내 사례에서, 지자체의 민원 대응 시 많은 현안 문제를 사업자에게 일괄적으로 전가하는 양상을 많이 보임.
    - 지자체의 수동적인 대응으로 사업 기간은 길어지고 그에 따른 비용이 증가함.

## □ 주민 참여 모델(안) 제시

- 지역주민이 참여하는 다양한 이익공유 모델이 존재함. 그 중 대표적인 주민참여 방안으로 지분투자형, 채권투자형, 펀드투자형으로 개인들이 참여 가능함.
- 지분투자형(주주로 참여)은 추가이익 발생시 배당수익이 증가하고, 채권투자형(채권구입)의 경

우 채권 만기시까지 일정수익이 보장된다는 장점이 있음. 그리고 펀드투자형(펀드가입)은 펀드 만기시까지 일정수익을 보장 받음.

○ 지분투자형

- 방법으로는 주민이 발전사업에 주주로 참여하는 형태임. 장점으로는 추가이익 발생 시 배당 수익이 증가하나, 단점은 원리금 상환 이후부터 수익을 배당받을 수 있음

○ 채권투자형

- 방법으로는 주민이 발전 사업자가 발행한 채권을 구입해서 참여하는 형태임. 장점으로는 채권 만기시까지 일정수익이 보장되나, 단점은 마찬가지로 원리금 상환 이후부터 수익을 배당 받을 수 있음

○ 펀드투자형

- 방법으로는 주민이 펀드운영사의 펀드에 가입하는 형태임. 장점으로는 펀드 만기시까지 일정 수익이 보장되나, 단점은 마찬가지로 원리금 상환 이후부터 수익을 배당받을 수 있음

[대표적 주민참여 방안]

구분	지분 투자형	채권 투자형	펀드 투자형
모델	<p>지분투자 지역 주민 ↔ 발전사업 SPC 수익</p>	<p>채권 투자 지역 주민 ↔ 발전사업 SPC 수익</p>	<p>지역 주민 ↔ 펀드 (PFAM) ↔ 발전사업 SPC 원리금 상환</p>
방법	발전사업에 주주로 참여	발전사업자가 발행한 채권 구입	펀드운영사의 펀드에 가입
장점	추가이익 발생시 배당수익 증가	채권 만기시까지 일정수익 보장	펀드 만기시까지 일정수익 보장
단점	원리금 상환 이후부터 수익 배당	원리금 상환 이후부터 수익 배당	원리금 상환 이후부터 수익 배당

○ 위의 3가지 방식의 수익률은 연 4%~4.5% 수준으로 형성되고 있으며 공통적으로 발전사업 SPC와 같이 사업 참여 및 운영을 하는 형태임.

○ 어느 방식이 우위에 있다고 단정 할 수 없으며 주민참여 모델의 선정은 해당지역의 여건과 개발 상황에 따라 가장 유리한 모델을 선정하는 방향으로 결정하는 것이 바람직함.

□ 시사점

○ 지역 주민의 민주적 참여 보장과 진행 방식의 기준 설계

- 계획 단계에서부터 지역 주민참여가 보장되어 있지만, 주민들은 실질적 참여가 이루어지지 않는 것으로 생각하므로 진행에 대한 투명성이 담보 되어야 함.

- 재생에너지 발전사업자는 개발 절차 중 입지 및 환경성 검토 단계에서부터 주민 수용성을 검토할 의무를 지님.

- 재생에너지(예 풍력) 개발 절차에서 주민의견 등 주민 수용성을 수렴하는 단계는 총 12단계에서 1 단계 “입지검토”에서 주민 수용성을 확인해야하며, 5단계 “발전사업 허가” 부분에서 주민의견 수렴을 반드시 받아야함. 그리고 9 단계 “주민보상협의”에서 주민보상에 대한 협의를 거쳐야 함.
  - 태양광, 풍력, 연료전지 발전사업 중 환경영향평가 대상인 경우, 일간신문에 사전 고지<sup>1)</sup> 및 주민의견수렴 과정이 보완<sup>2)</sup>되었지만, 주민들이 추진 상황을 파악하지 못한 채 허가가 이루어지는 경우가 많음.
  - 주민 동의에 대한 명확한 기준도 없는 상태이므로, 발전 사업 초기부터 지역 주민 동의에 대한 기준이 필요함.
- 프로젝트 개발에 따른 환경, 생태계, 주거생활 영향에 대한 투명하고 공정한 정보를 제공하는 등 주민들의 우려에 적극적으로 대처해야 함.
- 프로젝트 개발에 따른 악영향을 평가할 때 지역 주민, 사업자, 지자체 모두 동의할 수 있는 제3의 객관적 기관이 수행해야 함.
  - 지역 주민들이 제기한 모든 문제에 대한 평가 결과를 공유하고, 악영향이 나왔을 때 그에 따른 해결 방안을 제시해야 함.
- 이익공유를 위한 가이드라인 또는 관련 법안을 제정해야 함.
- 기금의 사용 범위 및 기준, 기금 보상 대상 및 범위, 기금 조성 범위 등에 대한 객관적 가이드라인이 요구됨.
  - 하지만, 모든 재생에너지 프로젝트와 지역에 동일하게 적용될 수 있는 이익공유 체계는 존재하지 않기 때문에, 해당 지자체에서 적용할 가이드라인도 필요함.
  - 정부의 권고 가이드라인과 지자체의 가이드라인이 상호 보완될 수 있도록 제도를 마련이 필요함.
- 재생에너지 프로젝트 이해당사자 간의 갈등을 조절할 수 있는 갈등조정기구 설치.
- 프로젝트 추진 시 지역 주민 간, 이해당사자 간의 갈등은 항상 존재하게 되고, 이러한 갈등을 지역 발전과 통합을 위한 필수불가결한 요소라고 인정해야 함.
  - 재생에너지 프로젝트 사업은 확대될 계획이고 그에 따른 Green-Green 갈등 문제도 심각해질 것으로 전망됨.
    - Green-Green 갈등: 재생에너지 보급과 환경 보전의 갈등
  - 재생에너지 프로젝트 특화 갈등관리 전담 조직 또는 기구 설치, 갈등관리 매뉴얼 작성, 갈등관리 인력 양성을 통하여 갈등관리 역량을 강화함.
  - 재생에너지 프로젝트 특화 갈등관리 시스템을 구축하여, 다양한 프로젝트에서 발생한 갈등을

1) 소규모 환경영향평가 대상인 경우, 허가신청 7일 이전 고지, 그 외 환경영향평가 대상 사업은 14일 이전 고지 의무.  
 2) 2020년 3월 개정되어 10월 1일부터 시행된 전기사업법.

데이터베이스화 하여 차기 재생에너지 프로젝트 대응에 활용함.

- 장기 지역 발전 전략 속에서 재생에너지 프로젝트를 구현하여 지역 발전에 이바지함.
  - 지자체는 해당 지역의 장기 발전 전략을 수립하고 발전 전략에서 재생에너지 프로젝트가 갖는 해당 지역에서의 경제적 가치와 환경적 가치를 지역 주민에게 설명해주어야 함.
  - 지자체는 재생에너지 프로젝트를 통한 장기적 지역 일자리 창출과 지역 경제 활성화 전략을 도출하여 재생에너지 프로젝트에 대한 지역 주민의 인식을 개선시킬 필요가 있음.
- 재생에너지 프로젝트를 개발하고 관리할 수 있는 지자체의 역량이 강화되어야 함.
  - 지자체는 자체 장기 지역 발전 계획을 수립하고 발전 계획안에 재생에너지 보급 전략을 담아야 하는 역량을 키워야 함.
  - 하지만, 실질적으로 재생에너지 사업이 추진되는 군·구 이하의 기초지자체의 역량은 부족하고 이를 실질적으로 추진할 예산과 인원이 부족할 수 있음.
  - 광역지자체는 공사, 공단, 대학교, 연구소 등의 전문성과 공공성을 갖는 기관과의 협력 체계를 구축하던지 자체 에너지 공단을 설립하여 역량을 강화해 나갈 수 있음.
  - 지자체의 역량 강화를 위해 광역지자체와 그 이하 지자체와의 협력이 필요함.

#### **4. 시의성 있는 지역 산업지원을 통한 정의로운 전환도모 (철강·시멘트 업계 현황 및 산업 지원 전략)**

##### **□ 탄소중립 목표 달성에 대한 산업부문의 현실**

- 정부는 2030년 국가온실가스 감축목표(NDC)를 2018년 온실가스 총 배출량 대비 40% 감축하는 2050 탄소중립 로드맵을 발표하고 이를 달성하기 위한 탈석탄과 재생에너지 확대 등 에너지전환을 가속화하고 있음.
  - 이러한 정부의 감축목표에 따라 전환부문 뿐만이 아니라 수송부문, 산업부문, 건물부문 등 다양한 분야의 변화와 산업구조 변화와 생산설비의 신·증설 중단, 해외이전, 고용감소 등 국가 경제에 악영향을 미칠 것이라는 우려가 많음.
  - 특히, 우리나라는 2020년 기준 국내총생산 대비 제조업 비중이 26.1%로 일본 19.5%, 유럽 14.0%, 미국 10.16%에 비하여 높고 온실가스 배출정점에서 탄소중립 소요기간도 21년으로 선진국 대비((일) 37년, (미) 43년, (유럽) 60년) 짧아 정부가 제시한 40%의 목표달성도 결코 쉽지 않다는 것이 업계의 입장임.
- 이와 같이 탄소중립이 전 세계적인 사회·경제적 대전환이 새로운 혁신을 일으키고 많은 일자리를 창출할 수 있는 기회적인 요소로 작용하는 반면 제조업에 기반을 둔 우리나라는 불리한 여건
  - 우리나라는 산업부문에서 철강 95%, 시멘트 53%, 석유화학·정유 73%의 온실가스 감축 등

을 통해 2018년 2억6,050만t에서 2050년 5,110만t으로 줄이도록 되어 있어 경제단체와 관련업계에서는 우려를 하고 있음.

- 이에 산업분야에서 비중이 높은 철강과 시멘트 분야를 중심으로 국내외 정부의 주요정책과 업계의 동향, 준비상황 등을 살펴보았음.

## □ 시멘트 및 철강산업의 동향

- 정부는 국가과학기술자문회의 제17회 회의에서 탄소중립 중점기술(안) 보고(2021.8, 과기정통부)하였으며 여기에서 철강과 시멘트부문의 중점 기술 제시
  - 철강부문은 2040-2050년 현장적용을 목표로 수소환원제철, 탄소저감형 고로·전로 공정, 시멘트부문에서는 석회석 원료대체 기술 등을 중점기술로 선정
  - 산업부는 6.7조원 규모의 “탄소중립 산업핵심기술개발사업” 예타 기획안 마련(2021. 8, 산업부) 심의중에 있음
  - 또한, 2050 그린철강위원회 출범(2021.2, 산업부)과 시멘트산업 그린뉴딜위원회 출범(2021.2, 산업부)을 통하여 철강 시멘트업계 2050 탄소중립 공동선언문’을 발표하였음
- 포스코, 현대제철 등 철강업계에서는 기존 제철 기술의 연료 부분 또는 전량 수소로 전환에 대하여 수소환원철 제조 전환 기술개발과 파일럿 규모의 산학연 공동 연구 진행하고 있음
  - 쌍용C&E, 성신양회 등 국내 시멘트 업계에서도 2030년 탈석탄 실현을 선언하고 2050년 탄소 발생량을 획기적으로 줄여나가기 위한 주요 전략을 발표하였으며 친환경 중심의 공정 개선 및 저탄소 전환을 위하여 투자계획을 밝힘
- 일본, 독일 등 해외국가에서도 철강·시멘트 분야에 혁신 저탄소제철 프로세스 기술 확립하고 친환경 설비로의 전환을 지원하고 있음
  - 일본 경제산업성은 2021년 6월에 제철 프로세스와 관련한 수소활용 계획과 철강산업에서의 탄소배출 목표 및 향후 로드맵을 발표하였으며 일본제철 등 관련기업에서도 철 스크랩을 원료로 하는 대형 전기로 실용화를 위한 투자와 연구를 진행 중
  - 독일은 국가경제 발전과 제조업을 지탱하는 핵심기반 산업인 철강산업의 탄소중립 성장지원에 가장 적극적인 움직임을 보이고 있으며 철강산업의 탄소중립 전환과 산업경쟁력 강화를 골자로 종합적·체계적 지원을 추진하는 ‘Steel Action Concept’을 발표(’20.7월)

## □ 국내의 추진여건 및 전략

- 철강산업은 탄소계 제철법 기반으로 발전해온 산업으로 이산화탄소 배출 저감이 어려운 산업으로 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 약 84.5%를 차지하는 철광석 기반의 고로-전로 공정을 전기로 방식으로 전환 목표
  - 전기로 방식으로 전환하기 위한 관련기술은 현재 개발 중이며 본격적인 실용화를 위하여는 중단기적인 연구가 필요한 실정임

- 특히, 철강분야는 수소환원제철의 기술개발과 함께 현 철강공정의 CO<sub>2</sub> 배출 감축을 위한 철강회사들의 자구 노력과 수소환원제철의 상용화를 위한 경제성 있는 그린 수소의 공급 가능성 등 다양한 여건들이 산업적, 사회적으로 성숙하여야 달성이 가능함
  - 수소환원제철 기술 등 공정전환을 위한 신기술의 개발과 상용화까지는 오랜 기간과 막대한 비용이 예상되는 만큼 해외에서는 민·관협력 프로젝트가 준비되거나 진행중이며, 우리나라도 정부 차원의 지원을 통해 관련 산업계의 부담을 경감시키는 것이 중요
  - 시멘트 산업도 석회석 탈탄산 반응에 의한 공정배출이 총 온실가스 배출량의 67%를 차지하여, 석회석 대체원료 개발 연구에 대한 지속적인 투자가 필요
- 탄소중립에 따른 업계의 영향에 대한 공신력을 가진 자료는 발표된 바 없으나 철강 및 시멘트 산업에 대한 각종 투자 분석기관의 자료에 의하면 다음과 같음
- 철강업계는 국내 제조업 온실가스 배출량 중 가장 높은 35.5%의 비중을 차지 부정적 영향이 가장 클 것으로 예상되며 1차금속제품 업종의 경우 2020년부터 2050년까지 생산 비용이 연평균 0.8~4.5% 늘어나는 것으로 집계됨
  - 특히, 현재 가동 중인 고로의 매몰 비용과 수소환원제철 기술로 만들어지는 새로운 형태의 고로 건설 비용이 수십조원(매몰 비용 약68조 원)에 달할 것으로 추산하고 있으며 전환 과정에서 포스코, 현대제철 등 대기업과 이들 협력업체 등 철강과 연관된 수십만명의 일자리와 수리, 정비, 가공, 수송 등 모든 분야의 전환에 따른 고용 충격 등 영향 고려 필요
  - 시멘트 업계도 탄소국경세가 도입되면 시리오별로 연간 -5.5~-21.0%까지의 영업이익 감소를 예상하고 있으며 전국경제인연합회는 국회 상정된 탄소세 법안이 통과될 경우 시멘트업계에서 약 1조4000억원의 부담이 추가 예상
- 정부는 산업부문에서 2018년(260.0백만톤) →2030년(222.6백만톤) △14.5% 감축 목표로 철강 부문에서 에너지 절감 15%, 고로에서 전기로제강 300만톤 전환, 전로에 철스크랩 적용과 시멘트 부문에서 에너지 절감 2%, 폐합성수지(폐플라스틱 등) 활용을 통한 연료 전환, 석회석 대체원료 및 혼합재 사용을 통한 원료 전환할 계획임
- 철강부문은 온실가스 다배출 탄소 연·원료 제철 기술 한계를 극복하기 위한 혁신 저탄소/무탄소 연·원료 그린 제철 기술개발을 목표로 한국형 수소환원제철 기술, 탄소중립형 저탄소 연·원료 대체 기술, 자원순환형 초고속 전기로 공정 기술, 철강 부산물 업사이클링 기술 개발을 지원할 예정임.
  - 시멘트부문도 석회석 채광에서부터 반제품인 클링커를 주재료로 건축·토목용 기초 원료인 시멘트를 생산하는 산업의 탄소저감형 친환경 시멘트 제조·재활용 기술 개발을 목표로 비탄산염 원료 및 적용 기술, 가연성 순환자원 재활용 기술, 혼합재 함량 증대 및 신규 혼합재 제조 기술 등의 개발을 지원할 계획
  - 아울러 '30년 산업계 적용 가능성을 기준으로 CCU 상용화 기술, 차세대 원천기술 단계별 개발 로드맵 수립

## □ 시사점

- 탄소중립은 최근에 가장 핫한 글로벌 이슈이며 이미 세계 약 70개국 이상이 탄소중립을 선언한 상황이며 스웨덴, 영국, 프랑스 등 일부국가는 탄소중립을 법제화한 상태임
  - 특히, 2026년부터 유럽연합의 탄소국경세 도입과 글로벌 RE100선언 등 탄소감축 문제가 새로운 글로벌 규제로 작용할 소지가 있어 제조업을 기반으로하는 우리나라에게 부담으로 작용할 소지가 있어 철저한 준비와 대책이 필요
  - 철강분야는 철광석의 원소철(elemental iron) 전환을 위한 화학 공정 및 열원으로 석탄을 사용하는 과정에서 CO<sub>2</sub> 배출하며 제강 시 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출을 제거하려면 공정 변경이 필요하며, 열원·화학적 환원제로의 수소 활용 및 탄소 포집이 대표적 방안으로 제시
  - 시멘트 분야도 석회석을 고열로 가열해 주원료인 산화칼슘 클링커를 생성하는 과정에서 CO<sub>2</sub>가 발생하며 전체 생산 공정 배출량의 60%를 차지하며 소 포획, 저장 및 활용의 일차적인 방법을 통해 클링커 생성 시 발생하는 탄소 제거 가능
- 철강과 시멘트 산업은 에너지다소비 산업이자 이산화탄소 다 배출 산업이지만 지역경제 나아가 우리나라의 수출에 영향력이 큰 산업이므로 정의로운 에너지전환을 위한 노력이 필요
  - 관련 업계에서는 그린수소 및 신재생에너지 전력의 안정적 공급, 부생가스 활용 수소사업 지원, 청정에너지 사용·자원순환 기업 인센티브 확대 등 수소에너지 관련 인프라 구축과 지원과 수소환원제철 등 혁신기술 개발과 저탄소 설비 교체를 위한 재정 지원, 저탄소 신기술 개발 시 업계 전반에 자유로이 공유를 요청하고 있음.
  - 경제적 차원에서는 설비 및 공정교체에 따른 매몰비용, 교체를 위한 휴지로 인하여 본 산업 및 협력회사의 인력감축, 생산량 감소, 전방산업에 대한 파급 등이 예상되어 정의로운 에너지전환이 될 수 있는 방안 수립이 중요
  - 현재는 이러한 경제적 파급효과에 대한 구체적인 분석 자료가 없어서 정책적 시사점은 한계가 있으나 관련 산업 중 일부가 해외로 이전할 소지가 있는 점, 기존 화력발전소 폐지에 따른 지역사회의 문제점 등을 고려한 정의로운 에너지전환을 위한 정책 수립이 필요한 시점임.

## <제 목 차 례>

제1장 서 론 .....	1
1. 연구의 필요성 .....	3
2. 연구의 목적 .....	7
제2장 분산형 발전 확대 및 재생에너지 통합 데이터센터 구축 방안 .....	9
1. 국내 분산형 발전 및 정책 동향 .....	11
1-1. 정책 동향 .....	11
1-2. 해외 분산형 발전 및 정책 동향 .....	13
1-3. 분산형 발전 확대 정책의 구현에 따른 장애 및 고려 요소 .....	19
2. 국내외 재생에너지 통합 데이터센터 .....	22
2-1. 국내 데이터 및 통합관제센터 현황 .....	22
2-2. 해외 분산발전 활성화 사례 .....	27
3. 재생에너지통합데이터 센터(안) .....	36
3-1. 재생에너지 통합 데이터센터의 필요성 .....	36
3-2. 재생에너지 통합 데이터 센터(안) .....	36
3-3. 재생에너지 통합 데이터센터 구축시 고려사항 .....	39
제3장 주민 수용성 및 이익 공유 모델 발굴 .....	41
1. 문헌연구 .....	43
1-1. 이익공유 .....	43
1-2. 수용 의사액 .....	46
1-3. 환경 .....	47
1-4. 공공 갈등 .....	50
1-5. 국제 사례 .....	54
1-6. 시사점 .....	58
2. 지역 수용성 사례 분석 .....	60
2-1. 국제 사례 .....	60
2-2. 국내 사례 .....	66
2-3. 공공갈등 사례 .....	76
2-4. 시사점 .....	83
3. 이익 공유 모델 .....	86
3-1. 사례조사 및 모델(안) 제시 .....	86
3-2. 이익공유 진행방식 .....	90
4. 정책적 시사점 .....	92

제4장 시의성 있는 지역 산업지원을 통한 정의로운 전환도모 .....	97
1. 철강·시멘트분야 탄소중립 정책 및 업계 동향 .....	99
1-1. 정책동향 .....	99
1-2. 철강·시멘트 산업 및 업계 탄소중립 동향 .....	101
2. 해외 철강·시멘트분야 탄소중립 지원전략 .....	106
2-1. 일본 철강분야 탄소중립 지원 전략 .....	106
2-2. 일본 철강업계 탄소중립 노력 .....	109
2-3. 일본 시멘트분야 탄소중립 지원 전략 .....	111
2-4. 독일 철강/시멘트분야 탄소중립 지원 전략 .....	112
3. 철강·시멘트분야 탄소중립에 따른 산업의 영향 .....	117
3-1. 철강분야 탄소중립 추진여건 .....	117
3-2. 시멘트분야 탄소중립 추진여건 .....	121
3-3. 철강분야 탄소중립에 따른 산업의 영향 .....	123
3-4. 시멘트분야 탄소중립에 따른 산업의 영향 .....	125
4. 철강·시멘트분야 탄소중립에 따른 산업지원 전략 .....	126
4-1. 철강·시멘트분야 탄소중립 실현에 따른 업계 요청사항 .....	126
4-2. 철강·시멘트 탄소중립 기술혁신 지원 전략 .....	127
4-3. 시사점 .....	133
제5장 결 언 .....	135
참 고 문 헌 .....	143

## 표 목차

<표 1-1> 발전량 기준 원별 비중 목표 (단위: %) .....	4
<표 1-2> 신재생에너지 목표 달성 현황 .....	5
<표 2-1> 5차 신재생에너지 기본계획 목표 (발전량 기준) .....	12
<표 3-1> 이익공유체계의 긍정적 효과와 발생 가능한 문제 상황 .....	46
<표 3-2> 신재생에너지에 대한 국민 수용성을 추정한 연구 .....	47
<표 3-3> 풍력발전단지 야간 운영시 소음영향 거리 .....	49
<표 3-4> 저주파대역 거리별 소음도 .....	49
<표 3-5> 공공갈등 해결 프로세스 .....	52
<표 3-6> 공공갈등의 유형 .....	53
<표 3-7> 제주도 풍력발전 개발사업 시행절차(인허가) .....	67
<표 3-8> 육상풍력 개발절차 .....	74
<표 3-9> 해상풍력 개발절차 .....	75
<표 3-10> 하남시 화장장 갈등 이해당사자별 쟁점 .....	77
<표 4-1> 세계 시멘트업계의 로드맵 중 환경·에너지관련 목표 지표 .....	104
<표 4-2> 일본 시멘트 산업의 온실가스 배출추이(1990~2016) .....	112
<표 4-3> 주요 철강제품별 생산 및 출하현황(단위: 천 톤) .....	118
<표 4-4> 국내 시멘트산업의 클링커 생산량 추이 및 CO <sub>2</sub> 발생량 추정 .....	122
<표 4-5> 철강·시멘트 산업 기술 혁신 전략 .....	127
<표 4-6> 철강·시멘트 중점 기술 .....	128
<표 4-7> 기술개발 및 정책·제도 지원 .....	132

## 그림 목차

[그림 1-1] 2030년 온실가스 감축 목표 .....	3
[그림 2-1] 분산형 발전에 의한 전력공급과 수요 .....	13
[그림 2-2] 분산발전의 연간 전력수급 패턴 .....	14
[그림 2-3] 중앙집중형 발전과 분산발전 .....	14
[그림 2-4] 미래의 전력망 .....	17
[그림 2-5] 수급 조정(밸런싱) 시장 개요 .....	18
[그림 2-6] 전국 시도별 전력자급률(2019년) .....	21
[그림 2-7] 한국에너지공단의 REMS 시스템 .....	22
[그림 2-8] 신재생에너지 설비 .....	23
[그림 2-9] LRMS 개발목표 및 특징 .....	24
[그림 2-10] 가상발전소 분산자원 연계 시스템 .....	24
[그림 2-11] 양방향 에너지 종합관리시스템 .....	25
[그림 2-12] 산단형 마이크로그리드 실증 시스템(창원) .....	26
[그림 2-13] 산단 친환경화 추진 개념도 .....	26
[그림 2-14] 제주 실증단지 .....	26
[그림 2-15] 분야별 컨소시엄 현황 .....	27
[그림 2-16] 목표 지원을 위한 마이그리드 요소 .....	28
[그림 2-17] 마이크로그리드 설계 프로세스 .....	30
[그림 2-18] 다입력, 다출력 (MIMO) 하이브리드 에너지시스템 .....	31
[그림 2-19] 신 MIMO 설계 프로세스 .....	32
[그림 2-20] 하이브리드 에너지 시스템 아키텍처 및 통합 모델링 .....	32
[그림 2-21] 재생에너지 분산발전 데이터 연계도 .....	37
[그림 2-22] 데이터센터 개요도 .....	38
[그림 2-23] 통합 데이터센터 추진체계 .....	39
[그림 3-1] 2MW, 3MW 발전용량 소음도 비교(야간기준, 풍속 8m/s) .....	48
[그림 3-2] 1MW, 2MW 발전용량 소음도 비교(야간기준, 풍속 4m/s) .....	49
[그림 3-3] 공공갈등의 관리 프로세스 .....	51
[그림 3-4] NSW의 이익공유체계 .....	57
[그림 3-5] 아츠펠트 육상풍력 위성 사진 .....	61
[그림 3-6] 발틱 1 해상풍력단지 위치 .....	64
[그림 3-7] 태백 가덕산 풍력발전 주민참여사업 모델 .....	69
[그림 3-8] 충남 연기군 송전탑 사업 시행시의 경과지 선정 절차 .....	79

[그림 3-9] 태백 가덕산 풍력발전 주민참여사업 모델 .....	86
[그림 3-10] 한전 태양광 발전 주민참여사업 모델 .....	87
[그림 3-11] 합천 수상태양광 발전사업 주민참여사업 모델 .....	88
[그림 3-12] 신안군 해상풍력 발전사업 주민참여사업 모델 .....	88
[그림 3-13] 대표적 주민참여 방안 .....	89
[그림 4-1] 탄소중립 산업핵심기술개발사업(안) .....	100
[그림 4-2] 세계 시멘트업계의 대체연료 이용 추이(1990~2010) .....	103
[그림 4-3] 산업별 이산화탄소 배출량 비중(2019) .....	106
[그림 4-4] 국가별 고로, 전기로 구성 비율 .....	107
[그림 4-5] 일본 철강산업 탈탄소 로드맵 .....	108
[그림 4-6] 고베제강의 HBI 이용 기술 개요 .....	110
[그림 4-7] 독일 및 EU의 철강 생산량 ('10년=100 기준) .....	112
[그림 4-8] 독일 철강업의 배출특성별 온실가스 배출량 추이 .....	113
[그림 4-9] 독일의 노후화된 고로의 저탄소 공정전환 시나리오 .....	114
[그림 4-10] 독일정부의 저탄소 전환지원 프로그램 .....	115
[그림 4-11] 철강산업의 위상 .....	117
[그림 4-12] 고로-전로 공정 철강 생산량 및 CO <sub>2</sub> 배출현황 .....	118
[그림 4-13] 철강·소재의 친환경성 및 생산량 .....	119
[그림 4-14] 수소환원기반 철강공정 전환 여건 .....	120
[그림 4-15] 시멘트 제조과정 직접배출 CO <sub>2</sub> 의 구성 일례 (IEA 2018 자료) .....	121
[그림 4-16] 동남권 철강산업 생산 및 수출 증감율 .....	124
[그림 4-17] 동남권 철강기업 증 영업이익 적자기업 비중 .....	124
[그림 4-18] 온실가스 배출권 거래가격 추이 .....	124
[그림 4-19] 온실가스 배출권 거래제 운영계획 .....	124
[그림 4-20] 철강·시멘트 산업 기술 혁신 목표 .....	127
[그림 4-21] 철강·시멘트 기술개발 전략 .....	128
[그림 4-22] 철강산업의 탄소중립 기술혁신 추진 전략 .....	129
[그림 4-23] 시멘트산업의 탄소중립 기술혁신 추진 전략 .....	131
[그림 4-24] CCUS 기술개발 전략 .....	132
[그림 4-25] 시멘트 제조시 순환자원 투입 공정 .....	133
[그림 4-26] 시멘트 공정별 투입 순환자원 및 주요 발생원 .....	133



# 제1장

## 서론

---

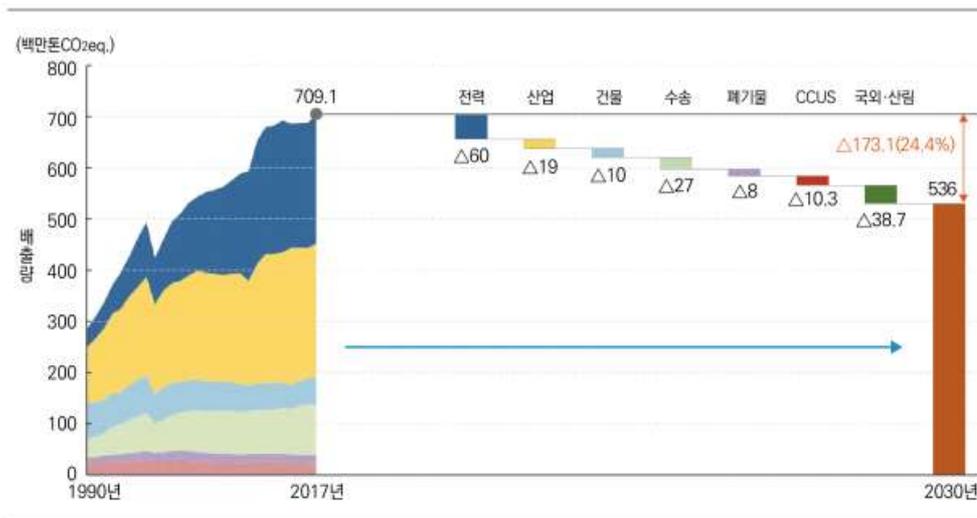


# 제1장 서론

## 1. 연구의 필요성

- 최근 정부는 2050년 탄소중립 및 2030 NDC 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 다양한 전략을 마련 중
  - 탄소중립을 위해 '30년 온실가스 배출량을 '18년 대비 40% 감축하는 것을 목표로 설정함.
    - 탄소중립은 기후변화에 대응하기 위한 세계적인 아젠다로써 영국, 프랑스, EU, 캐나다, 중국, 일본, 핀란드, 남아공, 미국 등이 탄소중립을 선언함.<sup>3)</sup>
    - 탄소중립에 있어 가장 핵심부문은 화석연료에서 전력 및 신재생에너지로의 전환이며, 현재 기술 수준 하에서는 태양광과 풍력 중심의 재생에너지 전력 공급임.

[그림 1-1] 2030년 온실가스 감축 목표



출처: 대한민국정부(2020, p.32)

- 탄소중립 실현을 위해서는 미래 에너지 산업은 전력화, 재생에너지에 기반한 분산발전 시스템으로 전환 불가피
  - 소규모 재생에너지 기반 분산전원의 확대에 따라, 전력공급을 책임지는 전력공급 계획자 및 규제기관 등은 재생에너지 시스템을 효율적으로 운영하고 규제하기 위해 재생에너지 시스템에 관한 데이터에 대한 접근과 분석이 더욱 필요해지고 있음

3) <https://www.gihoo.or.kr/netzero/intro/intro0401.do> (최종 접속일: 2021.9.15.)

- 우후죽순처럼 추가되는 재생에너지는 미래 산업의 부담으로 작용
- 기존 계통에 대한 부담은 계통의 불안정성을 초래, 전력사용자인 국민과 산업으로 전가 → 정전 또는 계통의 신뢰도 향상을 위한 추가 건설에 따른 전기요금의 상승을 초래하여 일반 국민과 산업의 희생을 바탕으로 한 특정 사업자에 편향적인 제도로 정착될 우려가 존재
- 전력 계통이 직면한 문제를 해결하고 미래지향적인 솔루션을 찾을 수 있는 NREL의 CORE 프로세스와 같은 기능을 할 수 있는 공신력 있는 기구가 필요

□ ‘제5차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획’에 따르면 저탄소 사회로의 이행을 위한 에너지전환 정책의 일환으로 태양광과 풍력 중심의 보급 목표량<sup>4)</sup>이 설정되어 있음.

○ 전력부문에서 태양광과 풍력 중심의 재생에너지의 발전량이 크게 증가할 전망이다.

- 재생에너지 발전량 비중 목표: 6.5%('20) → 17.3%('30) → 22.2%('34)
- 신재생에너지 발전량 비중 목표: 7.4%('20) → 20.3%('30) → 25.8%('34)
- 재생에너지 보급 목표를 통한 '34년 온실가스 감축량은 '17년 감축량(-14.6백만톤 CO<sub>2</sub>eq)대비 4.7배에 이르는 69백만톤CO<sub>2</sub>eq임.<sup>5)</sup>

<표 1-1> 발전량 기준 원별 비중 목표 (단위: %)

구분	2022	2030	2034
태양광	47.4	38.9	39.3
육상풍력	7.2	8.1	7.6
해상풍력	3.0	23.8	27.5
바이오	21.9	10.8	8.9
수력	5.9	3.0	2.4
해양	0.8	0.4	0.3
연료전지	9.9	13.1	12.5
IGCC	3.9	1.9	1.4
합계	100	100	100

주1: 사업용 및 자가용 포함, 주2: 폐기물 제외

출처: 산업통상자원부(2020, p.49)

□ 한편, 지역이기주의 등으로 대규모 발전소 건설이 어렵고, 태양광 및 풍력발전의 특성 상 소규모 위주의 재생에너지 보급이 확대되고 있으나 이는 한계가 있음.

○ '19년 재생에너지 보급 목표를 13.4% 초과달성하였지만, 대규모 사업 위주인 풍력 발전의 보급은 목표에 크게 미달한 상황임.

- RPS 제도 도입 이후 소규모 태양광 사업의 수익성을 보전하기 위해 REC 가중치 추가 설정 및 한국형 FIT 제도 등을 운영함.
- RPS(Renewable Portfolio Standard) 제도란 500MW 이상의 발전설비(신재생에너지 설비 제외)를 보유한 발전사업자(공급의무자)에게 총 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지를

4) 재생에너지 보급 목표량 수치는 '제5차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획' 참조(p.10, p.49)

5) 발전부문을 비롯한 전(全)부문 재생에너지 보급에 따른 온실가스 감축량임.

이용하여 공급토록 의무화한 제도임('21년 현재 23개사).

- REC(Renewable Energy Certificate)란 신재생에너지 설비를 이용하여 전기를 생산, 공급하였음을 증명하는 인증서로 공급의무자는 공급의무량의 이행을 위해 REC를 구매하여 충당할 수 있음.<sup>6)</sup>
- 이렇게 정부의 소규모 태양광 우대 정책 등으로 재생에너지 발전설비는 소규모 태양광 중심으로 보급이 이루어짐.
- 소규모 프로젝트 중심의 태양광 보급 증대로 최근 재생에너지 보급 목표는 달성하였지만, 정부의 보급 목표 달성을 위해서는 적기에 대규모 프로젝트가 개발되어야 함.
- 대규모 재생에너지 발전설비 보급 실적이 저조한 가장 큰 이유는 첫째, 입지 확보 지연, 둘째, 송배전망 확보 지연으로 볼 수 있음.<sup>7)</sup>
- 첫째, 대규모 프로젝트 개발이 더딘 이유는 프로젝트 입지 확보가 쉽지 않다는 것이며, 지자체의 프로젝트 개발 및 관리 능력 부족과 지역 주민의 낮은 수용성이 원인임.
- 프로젝트 입지 선정이 지연되면서 송배전망 투자에 불확실성이 증가하면서 송배전망 설치가 늦어짐.<sup>8)</sup>

<표 1-2> 신재생에너지 목표 달성 현황

누적 설치 규모 (MW)		2017년	2018년	2019년 (잠정)	
태양광	목표(a)	5,703	7,123	8,753	
	실적(b)	5,835	8,099	11,229	
	달성률(b/a)	102.30%	113.70%	128.30%	
풍력	육상	목표(a)	1,155	1,356	1,657
		실적(b)	1,143	1,273	1,388
		달성률(b/a)	99.00%	93.80%	83.80%
	해상	목표(a)	30	30	380
		실적(b)	0	30	65
		달성률(b/a)	0.00%	100.00%	17.00%
기타 RE		목표(a)	8,212	8,328	8,449
(수력/바이오/폐기물)		실적(b)	8,128	8,931	9,127
		달성률(b/a)	99.00%	107.20%	108.00%
합계	목표(a)	15,101	16,837	19,239	
	실적(b)	15,106	18,333	21,809	
	달성률(b/a)	100.00%	108.90%	113.40%	

출처: 재생에너지입지연구회(2020, p.2)

- 대규모 프로젝트 입지가 지연되면서 송배전망에 대한 투자도 일어나지 않아 송배전망의 공급이 지연되고, 송배전망의 공급이 지연되면서 대규모 프로젝트 입지의 불확실성이 증대되는

6) [https://www.knrec.or.kr/business/rps\\_guide.aspx](https://www.knrec.or.kr/business/rps_guide.aspx) (최종 접속일: 2021.7.15.)

7) 재생에너지 입지연구회(2020, p.3)

8) 송배전망 투자는 한전 담당이고, 한전은 입지확보의 불확실성으로 송배전망에 대한 선투자를 하지 않음. 현재 입지가 확보된 프로젝트를 대상으로 전력수급에 반영하여 한전의 투자를 유도하기 위한 정책 연구가 진행 중에 있음.

악순환이 일어남.

- 대규모 프로젝트 보급 확대를 위해서는 지자체의 재생에너지 프로젝트 개발 및 관리 능력을 강화하고 지역주민 수용성을 개선해야 함.

□ 재생에너지 보급에 대한 높은 국민 수용성은 높으나 발전소 건설에 대한 지역주민 수용성<sup>9)</sup>은 매우 낮음.

○ 기후변화 대응 등이 세계적 현안으로 떠오르면서 재생에너지 등의 청정에너지 보급에 대한 국민의 수용성은 상당히 높은 편이나 사업실행단계에서는 반대의견이 높아짐.

- 이와 관련한 설문조사에서 ‘일반 국민을 대상으로 응답자의 거주지로부터 1km에 태양광 또는 풍력 발전소가 들어올 경우’ 62.6%가 찬성을 선택함.

- 자신의 정치적 성향이 보수일 경우에는 반대 의견이 55.6%로 찬성 의견 보다 높음.

- 그러나 실제 사업단계에서 주거지 근처에 발전소가 건설될 경우에는 수용성과 달리 반대 의견이 높아지게 됨.

- 재생에너지 발전소 건립 반대 이유로는 경관훼손, 환경오염 및 생태계 파괴 등 환경 문제에 대한 우려가 가장 높은 비율(58.9%)을 차지함.

- 반대 이유: 농축산물 및 지가하락 등의 경제적 손실(9.1%), 사업 진행에 대한 불투명성 및 참여 제한(14.2%), 마을 주민 간 갈등 심화(14.2%), 기타(3.6%)

□ 한편, 최근에는 에너지전환에 따라 발생하는 지역경제 침체, 관련 산업 소멸 등으로 발생하는 문제 해결을 위한 정의로운 전환(Just Transition)<sup>9)</sup>이 화두가 되고 있음.

○ 정의로운 전환은 기후위기에 대응해 어떤 지역이나 업종에서 급속한 산업구조 전환이 일어날 때, 과정과 결과가 모두에게 ‘정의로워야’ 한다는 개념으로, 노동자와 지역사회가 전환 책임을 일방적으로 떠안지 말아야 한다는 의미가 담겨 있음.

- 우리나라의 경우 석탄발전소를 폐지함에 따라 발생하는 실업, 지역경제, 환경 등의 문제에 직면하여 중앙 및 지방정부가 참여하는 민간협의체를 구성하여 추진하고 있으나 아직은 양측이 만족하는 성과를 내지 못하고 있음.

○ 특히 산업구조 전환이 크게 일어날 수 있고 지역 산업에 미치는 영향이 큰 철강 및 시멘트업종의 탄소중립에 따른 산업지원 전략을 살펴볼 필요가 있음.

- 온실가스 다소비 업종인 철강과 시멘트 업종의 감축수단과 기술혁신 지원 전략 등을 살펴보는 것이 필요함.

9) 정성삼이승문(2018, 제5장 참조)

## 2. 연구의 목적

- 본 연구는 최초(RFP) 2050 탄소중립 전략의 실현과 그린뉴딜 추진의 실질적인 이행 주체로서 지역사회의 역할 재정립과 국가정책과의 정합성 유지를 위한 지역맞춤형 탄소중립 전략의 방향 제시를 목적으로 하였음.
  - 이를 위하여 국가와 지역단위 에너지·기후변화 대응계획 등의 현황을 조사하고 분석하며,
  - 과학기술 기반의 지역맞춤형 탄소중립 전략의 방향을 제시하는데 있었음.
- 그러나 연구범위 및 과업내용이 포괄적인 반면, 주어진 예산과 용역기간이 제한적인 점을 감안하여, 다음과 같이 연구범위의 축소 및 조정을 합의함.
  - 탄소중립의 핵심과제인 에너지전환을 위하여 분산형 발전을 확대하고 이를 체계적으로 관리할 수 있는 시스템 구축에 대한 방향 제시
  - 분산형 발전을 위한 재생에너지 보급 시설과 발전시설의 대형화 추진시 발생할 수 있는 지역 주민과의 갈등 해소를 위한 제도적 기반 마련
  - 탄소중립 추진시 산업부문에서 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 철강, 석유, 시멘트 산업 중 철강 및 시멘트 산업을 중심으로 업계의 현황과 추진계획을 살펴보고 시사점 도출
- 따라서 본 연구의 목적은 지역맞춤형 탄소중립 전략의 일환으로 분산발전 확대 및 관리능력 강화, 지역경제 견인을 위한 미래지향적 이익 공유 모델 발굴, 지역 산업에 미치는 영향이 큰 철강 및 시멘트업의 대응 전략 등에 대한 조사·분석 및 향후 추진방향을 제시하는데 있음.



## 제2장

# 분산형 발전 확대 및 재생에너지 통합 데이터센터 구축 방안

---



## 제2장 분산형 발전 확대 및 재생에너지 통합 데이터센터 구축 방안

### 1. 국내 분산형 발전 및 정책 동향

#### 1-1. 정책 동향

- 2050년 탄소중립 실현을 위해 국가 및 지역 단위 에너지 및 환경정책의 기본 방향은 전기·수소의 활용 확대, 태양력 풍력 등의 재생에너지 발전 확대 및 수요지 인근의 소규모 발전에 의한 전력 공급의 확대, 순환경제 확대로 산업의 지속가능성 제고 등임
- 2050 탄소중립 전략을 추진하기 위한 국가 단위의 에너지, 전력 및 환경 정책도 재생에너지 보급 확산, 분산형 발전 확대 계획과 정책적 지원 다각화
- 제3차 에너지기본계획 (2019.06)에 의하면, 분산형 전원의 발전 비중을 2017년 12%에서 2040년 30%로 목표 설정하고, 재생에너지 설비는 2018년 22만개소에서 2040년 190~270만 개소로 증대될 전망
- 제9차 전력수급기본계획 (2020.12.28)에 의하면, 저탄소 경제·사회로의 이행을 위해 재생에너지 투자 가속화, 그린뉴딜 계획과 제3차 에너지기본계획 목표에 맞춰 신재생발전 확대, 2040년까지 발전비중은 30~35%
- 제5차 신재생에너지 기본계획 (2020.12.29.)은 에너지기본계획 및 전력수급계획 등과 연계하여 신재생 에너지 분야의 중장기 목표 및 이행방안을 제시
  - 저탄소 친환경 국가로의 도약을 위해, 태양광 및 풍력 등 재생에너지 설비의 중간목표를 2019년 12.7GW → 2025년 42.7GW로 상향
  - 분산형 전원 보급목표를 확대 추진, 2040년 분산형 발전 비중은 발전량의 약 21% 전망
  - 분산형 전원 보급 전망 상향 조정 (발전량 기준): (7차) 2029년 12.5% → (8차) 2031년 18.7% → (9차) 2034년 21%

<표 2-1> 5차 신재생에너지 기본계획 목표 (발전량 기준)

구분	2020	2022	2030	2034
신재생 비중 (%)	7.4	10.1	20.3	25.8
재생에너지	6.5	8.7	17.3	22.2
신에너지	0.9	1.4	3.0	3.6

출처 : 제5차 신재생에너지 기본계획 (산업통상자원부, 2020.12)

□ 분산형 전원 활성화 방안 및 추진전략

○ 제9차 전력수급기본계획에 의하면, 분산형 전원 활성화 방안으로

- 집단에너지·ESS 등 분산형 전원에 대한 분산편익, 즉 발전소 및 송전선로 건설회피 편익, 환경편익 등을 합리적으로 산정하고, 합리적 실질적 보상체계 마련
- 분산에너지를 통합하여 전력시장에 입찰하고 관리하는 통합발전소(VPP) 제도 도입 추진
- 중앙집중형 공급구조의 한계를 극복하고, 지역 단위의 분산에너지 특구 지정 및 마을단위 마이크로그리드 실증사업 등을 통해 지역단위 분산에너지 시스템 구축 촉진
- 분산자원의 지역별·배전단별 수급관리·통제 시스템 등 분산자원을 기존 시스템과 통합하기 위한 기반 구축 등 분산자원 활성화 기반 마련, 배전망 운영자(DSO)의 역할·지위 검토 및 관련 법·제도 신설

○ 분산에너지 활성화 추진전략 (2020년 6월 30일)은 변동성 재생에너지(VRE) 증가세에 따른 전력계통의 불안정성을 해소하고, 2050 탄소중립 목표를 감안해 분산에너지 확대 가속화 지원

- 재생에너지 증가에 따른 전력계통의 관리·수용능력 강화
- 분산에너지의 생산·소비 확대
- 분산에너지의 전력시장 참여를 위한 시장·제도 조성 추진. 본 전략을 통해 발전부문 투자확대 (83.7조원)와 온실가스 감축 편익( 16.8조원) 기대

○ 2021년 11월 10일 한전과 6개 발전공기업 (남동·중부·서부·남부·동서발전, 한국수력원자력)은 탄소중립 달성을 위해 2050년까지 석탄발전을 전면 중단하고, 대규모 해상풍력, 차세대 태양광 등 재생에너지 확산을 위한 사업 개발을 주도하고 탄소중립 핵심기술 확보를 위해 공동연구개발과 투자 확대를 중심으로 하는 탄소중립 비전인 'Zero for Green' 발표

- 재생에너지, 수소 등 탄소배출이 없는 발전원으로 과감히 전환해 발전 분야 탄소배출을 '제로'(0)화
- 2050년까지 석탄발전을 전면 중단하고, 민간기업 참여만으로는 활성화가 어려운 대규모 해상풍력이나 차세대 태양광 등 자본·기술집약적 사업 개발 계획
- 암모니아, 그린수소 등 수소 기반 발전도 단계적으로 확대
- 급속히 증가하는 재생에너지를 적기에 안정적이고 효율적으로 수송하도록 전력망을 선제적

으로 보강

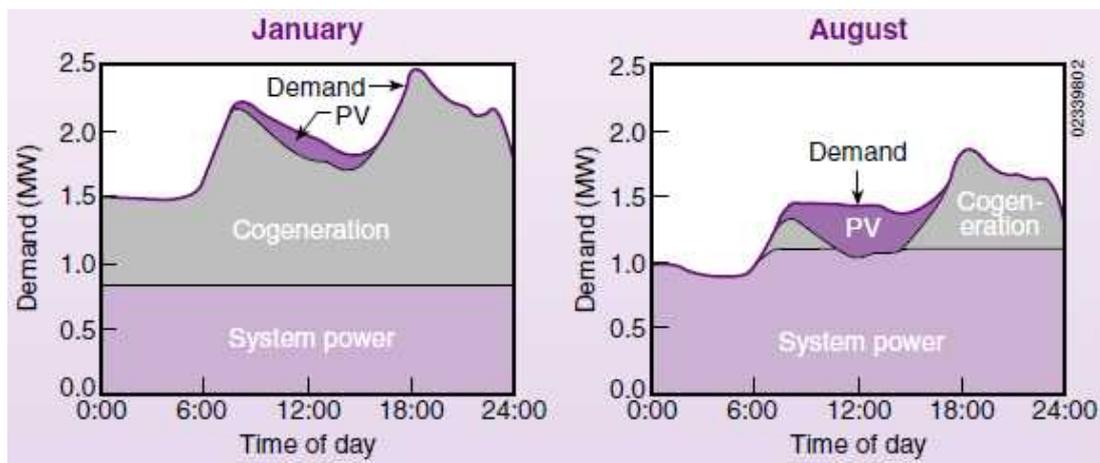
- 에너지저장장치(ESS) 등 유연성 자원을 확보
- 복잡성이 높아지는 전력망의 최적 운영이 가능하도록 지능형 전력공급 시스템을 구축
- 전기화로 인한 전력수요의 증가에 대비해 다양한 수요감축 프로그램 운영, 에너지효율 기술 개발 등으로 에너지 소비효율을 높이고 전력 수요의 분산화 촉진
- 탄소중립 관련 핵심기술을 적기에 확보하기 위한 연구개발 투자 확대 및 기술개발 전략과 이행방안을 담은 '탄소중립 기술개발전략' 발표, 2030년까지 해상풍력의 균등화발전단가(LCOE)를 현행 대비 40% 이상 절감한 kWh당 150원으로 저감

## 1-2. 해외 분산형 발전 및 정책 동향

### 가. 분산형 발전의 유형 및 특징

- 1980년대 이후, 분산형 발전은 계통의 송배전설비 및 연료수송 측면에서 비용을 회피함으로써 경제적인 대안으로 부상
- 천연가스이나 태양광 모듈형 발전은 저소음, 청정발전으로 주민의 수용성이 높고, 난방 또는 온수용 열병합 형태로 효율 향상, 인허가 절차 면에서도 유리하기 때문에 수요지 근처에 비용 효과적으로 추가 설치 가능
- 계통에 연계된 화석연료 발전에 비해, 회피되는 송배전설비 비용과 화석연료 수송비용 등을 고려하면 보다 경제적인 대안으로 1980년대 이후 분산형 발전이 지속적으로 증가됨

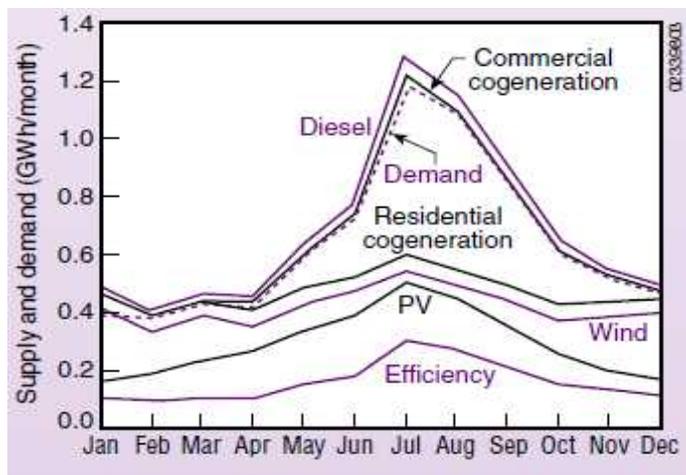
[그림 2-1] 분산형 발전에 의한 전력공급과 수요



출처:US DOE

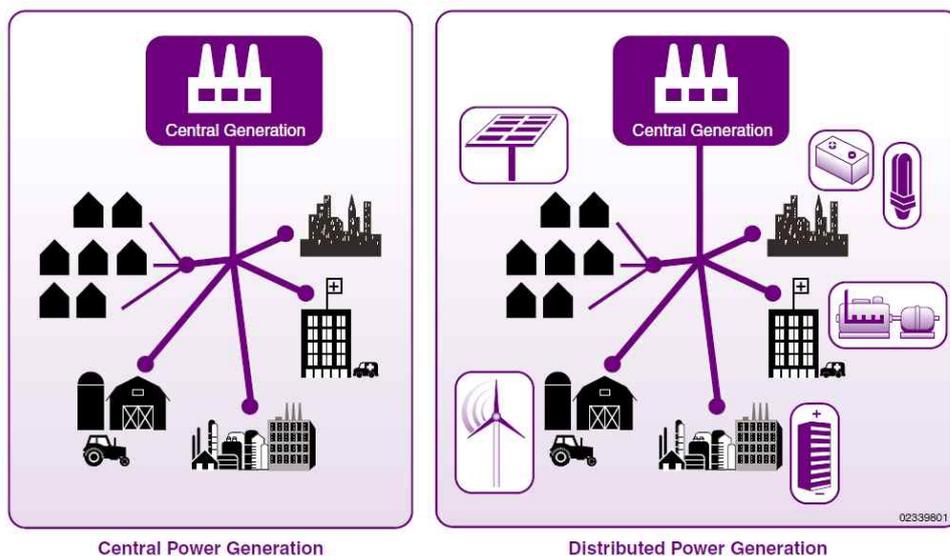
- 2000년대 들어서면서 지역화된 고객 그룹에 전체 전력 공급을 위해 수요처 부근에 태양과 모  
 들식 전기 발전기를 추가하는 미니/마이크로그리드 형태의 분산발전 증가
- 기존의 분산발전과 마찬가지로 중앙 발전소로부터 전기를 장거리 전송하는 비용과 연료 운송  
 비를 회피하므로 경제성 높다는 장점이 있음
- 미니/마이크로 그리드는 분산 전력 애플리케이션에 전기 유틸리티에서 사용하는 것과 동일한  
 기술을 사용하지만 항상 중앙 그리드에 연결되는 것은 아님. 즉 독립된 미니/마이크로 그리드  
 의 발전기가 독립적으로 부하를 담당하도록 건설하여, 기존 계통에 대한 유틸리티 제약을 완화  
 하거나, 통합의 유인이 클 경우엔 통합할 수 있도록 설계함
- 재생에너지 기반 분산발전은 열병합 복합발전과 같은 형태로 난방 및 전력 수요를 동시에 충  
 족시키기 위한 기술 및 경제적으로 실행 가능한 대안

[그림 2-2] 분산발전의 연간 전력수급 패턴



출처: US DOE

[그림 2-3] 중앙집중형 발전과 분산발전



출처: US DOE

- 최근 국제적인 환경규제 강화 추세에 따라, 신재생에너지 기반 발전시설에 리튬 이온 배터리 등의 에너지저장장치를 포함한 시스템, 첨단 마이크로그리드가 확산되는 추세이며, 최신 소프트웨어를 활용한 최적화, 자동화 및 데이터분석을 통해 마이크로그리드 시스템을 통합된 시스템 속에서 시너지 효과를 낼 수 있는 지능적인 집합체로 전환시키고 있음
- IT 산업의 발달 및 산업의 고도화에 따라 전력 부하의 연속성이 보장이 더욱 중요해지고 있으며, 따라서 정전으로 인한 높은 비용은 무정전 전력공급장치 (Uninterruptible Power Supply, UPS) 등의 백스톱을 위한 시스템의 중복투자를 정당화함
- 그러나 최근 강화되는 환경규제로 인해, 유틸리티의 중복공급설비와 현장의 백업시스템에 의존하는 대안의 추진은 어려움에 직면하고 있음
- 또한 과거에는 분산발전이 전력계통에 위협으로 인식되었으나, 새롭고 정교한 첨단 제어시스템의은 계통의 복원력 (resilience)를 높일 수 있는 대안이 될 수 있을 것으로 인식하는 경향이 증가됨
- 분산발전의 미래는 태양광, 풍력 및 첨단배터리 기반의 새로운 인프라를 기존의 기존 전력 인프라와 연결할 때, 가변적 분산에너지 자원의 복잡성과 수요반응 (Demand Response) 및 주파수 조절 기능의 필요성을 감안하여 마이크로그리드 제어 기술의 미래에 달려 있음

## 나. 해외 분산형 발전 정책 동향

- 미국 캘리포니아 주의 정책 사례
  - 미국 캘리포니아주 공익사업규제위원회 (California Public Utilities Commission: CPUC)는 2018년 SB-100법의 통과 2045년까지 캘리포니아주 전력의 100%를 신재생에너지 전원 및 탄소제로(zero-carbon) 전원으로 전환 추진
  - 캘리포니아주는 신재생에너지 전원확충을 통한 클린에너지 전력망 (Clean Energy Grid) 구축을 위해, 분산 전원 및 마이크로그리드의 확충을 위한 분산자원 실행 계획을 수립, 분산자원과 배전망 인프라간 연계를 강화시키고, 에너지저장기술 R&D 및 실증사업 지원, 전력 요금제 개편 등 분산발전 활성화를 추진함
  - 2001년에는 분산전원 시스템 확충을 위한 지원 프로그램으로 자가발전 보조금제도 (Self-Generation Incentive Program, SGIP) 도입, 피크전력부하 (peak energy loads) 감축과 이산화탄소 배출량 감축, 2018년에는 프로그램의 수명연장과 8억달러의 지금을 지원하는 SB-700 법안 통과
    - SGIP 인센티브제도는 계량기의 고객 측에 설치된 적격 분산 에너지 시스템에 대한 리베이트 제공하는 프로그램을 포함하며, 적격 기술에는 풍력 터빈, 폐열 발전 기술, 감압 터빈, 내연 기관, 마이크로터빈, 가스 터빈, 연료 전지 및 고급 에너지 저장 시스템 등이 포함됨

- 신재생에너지 기반 전원 확충을 위해 선결조건으로 간주되는 에너지저장 기술개발과 적용을 위한 R&D 및 시범 사업에 보조금 지원과 인센티브 제공
- 또한 SGIP 인센티브는 마이크로그리드 시스템에 프로젝트 설치와 배터리 저장 장치, 지능형 제어기를 추가설치 할 경우, 리베이트를 제공함으로써 저장장치의 경제성을 향상을 도모하고, 시스템에 지능형 제어기를 부착함으로써 에너지저장장치의 수명연장과, 투자회수율 개선, 시스템의 최적화 통한 그리드의 안정화 및 복구력 측면에서도 기여함
- 지능형 제어 시스템을 통해 전체 시스템을 모니터링하고 제어함으로써 에너지 저장은 수요 요금 관리, 부하 이동, 피크 셰이빙 및 사용 시간 에너지 차익 거래를 통해 더 많은 절감 효과 기대
- 마이크로그리드를 통해 정전 발생 시에도 임계부하 (critical loads)을 유지할 수 있도록 하여 특정 지역의 전력 부족 현상을 예방하는 데도 기여함

#### □ 미국 뉴욕의 정책 사례

- 뉴욕 ISO (Independent System Operator)는 분산 에너지 자원 (Distributed Energy Resources, DER)이 뉴욕 전기 도매시장을 변화시킬 이니셔티브를 가지고 있으므로, 2017년 분산에너지자원 로드맵을 수립하여 미래의 그리드의 구축의 토대 마련
- DER을 에너지, 보조 서비스 및 용량 시장에 통합하고, 시스템의 복원력, 에너지 보안 및 연료 다양성을 개선하여 그리드 운영 개선함
- 소비자 가격을 낮추고 시장 효율성을 개선하며 소비자가 다양한 신기술을 통해 전기 사용과 비용을 더 잘 통제할 수 있도록 함
- 신재생에너지 발전 및 에너지 저장 기술의 개발을 통해 환경을 개선하여 뉴욕주가 에너지 비전 개혁(REV) 이니셔티브 및 청정 에너지 표준에 따른 목표 달성에 기여하도록 함
- 중앙 집중형 그리드에서 다양한 양방향 그리드로 원활하게 전환을 추진하고, 이해 관계자들의 신중하고 광범위한 계획이 필요함을 강조

#### □ 일본의 정책 사례

- 일본은 2015년부터 대규모 집중형 전력시스템의 한계를 극복하기 위해, 광역계통운영기관 (OCCTO)의 설립 (2015년), 전력소매시장의 전면 자유화 (2016년), 일반전기사업자 송배·전부분의 법적분리 (2020년)의 3단계의 전력시스템 개혁을 추진, 전원의 다각화와 다양한 전력사업자의 참여를 유도하는 정책을 추진하고 있음
- 전력소매시장 전면자유화 이후, 50kW 미만 저압 전력시장에서의 기존 일반전기사업자의 독점적 지위가 무너지고 신전력사업자의 참여가 증가하고 있음
- 전력시스템 개혁으로 인한 경쟁 활성화로 자유화된 시장 환경 하에서, 안정적인 전력공급을 위해, 일반 송·배전사업자가 공급구역 내 실시간 수급조정을 위한 조정전력을 조달할 수 있는 수급조정 시장이 개설 (9021년 4월)

- 거액의 전력소매시장과는 달리, 거액의 설비투자를 요하는 송배전 부문은 허가 받은 사업자만 참여를 허용함

[그림 2-4] 미래의 전력망

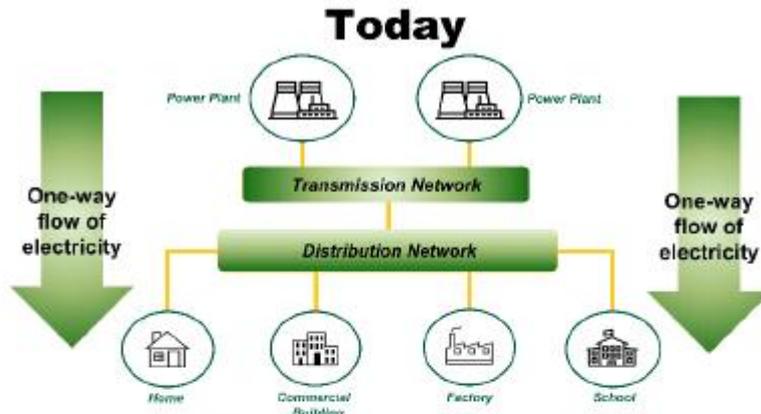


Figure 1 - Today's Electrical Grid

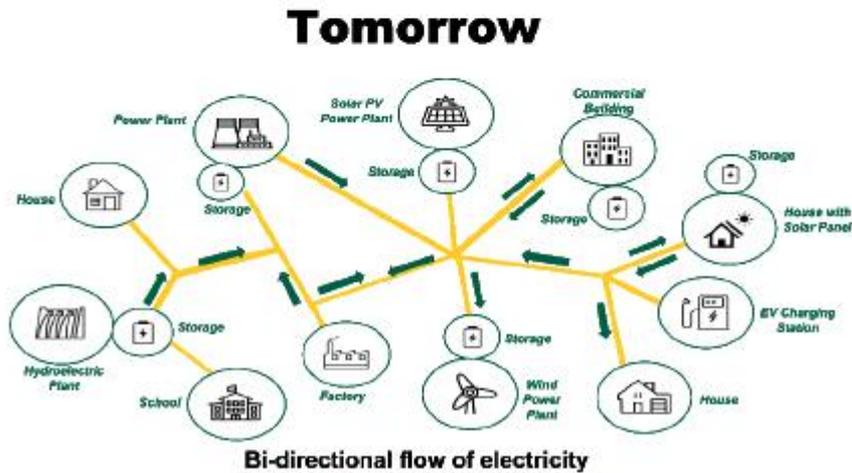
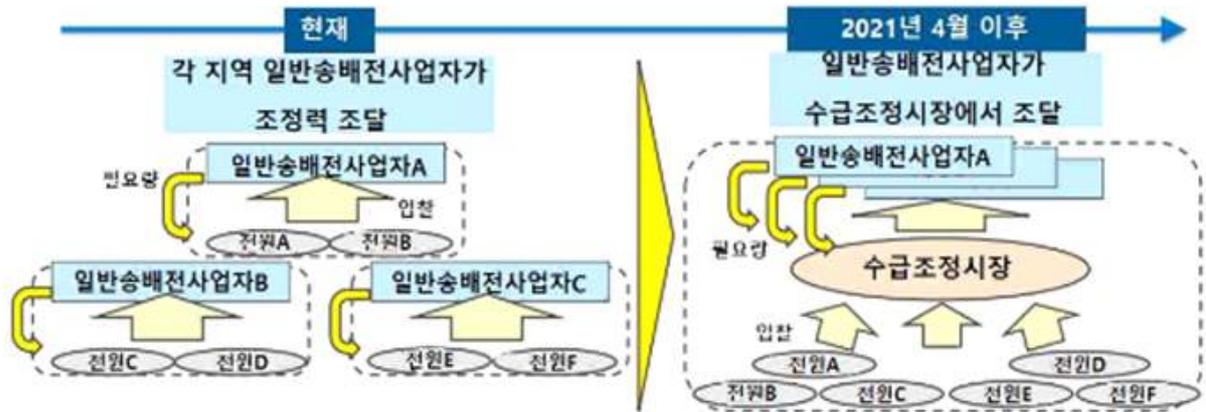


Figure 2 - Tomorrow's Electrical Grid

- 수급조정시장 개설로 입찰 경쟁이 활성화되어 조정전력 조달비용 절감과 전기요금 상승 억제 효과를 기대
- 분산되어 있는 소규모 재생에너지설비, ESS 등 분산에너지자원을 사물인터넷을 활용한 제어 기술을 통해 중개사업자가 원격제어함으로써 하나의 발전소처럼 기능하는 가상발전소 (Virtual Power Plant, VPP)를 구축하여 운영하는 실증사업 추진
- 계시별 도매 전력 요금제를 전기차 충전 요금에 적용하는 실증사업 추진
- VPP는 발전용량을 대체함으로써 대규모 전원의 설비투자 및 운영비용의 절감과 같은 효과를 가져옴

[그림 2-5] 수급 조정(밸런싱) 시장 개요



자료: 일본 중부전력(2020.1.9.), 수급조정시장개요·상품요건

- 기존 전력망을 효율적으로 활용하면서 재생에너지 보급 확대에 대응하기 위해 송전선의 여유 용량을 활용하는 비경직적인 (non-firm) 계통접속방식 도입
  - 태양광 발전 등 재생에너지 재생에너지 도입 확대에 따른 발전의 간헐성 때문에 기존 전력 시스템이 불안정해지는 문제점 대두
  - 비경직적인 (non-firm) 계통접속방식은 송전 여유가 없는 시간대에는 출력제어를 받는 조건으로 계통에 접속하는 형태로서, 기존의 선착순 계통 접속 방법에 비해 유연함
  - 재생에너지 도입 촉진을 위한 고도의 배전안정화 제어 기술의 구축 실증 사업
- 태양광발전 잉여전력 매입제도에 의한 매입 보장기간이 만료되는 10kW 미만의 태양광 발전사업자를 대상으로 새로운 잉여전력 판매처와 계약을 하거나 ESS 등을 활용해 자가소비하는 등 효율적으로 활용
  - 2023년에 잉여전력 매입 보장기간이 만료되는 약 160만 가구에서의 약 7000MW 규모의 잉여전력 발생이 전망되며, 이들 발전사업자는 새로운 잉여전력 판매처와 계약을 하거나 ESS 등을 활용해 자가소비 가능
  - 이에 따라 일본 내 가정용 ESS 시장은 2023년에 약 1200억엔 규모로 확대될 전망
- 지역 마이크로그리드 구축 사업비 보조금 제공하고, 지역 마이크로그리드 시범 모델을 구축 지원을 통해 지역 내 재생에너지 효율적 활용 및 신규 전원 건설 회피로 인한 비용 절감 효과 기대
- 2020년 2월 재생에너지 도입 확대 및 FIT제도 개정, 분산형 에너지를 활용해 차세대 전력망을 구축하는 제도 방향 제시
  - 발전과 송전의 분리 및 신규 시장 도입 등의 변화에 대응할 수 있는 지속적인 안정공급시스템 구축 위해 전력시스템의 분산화 및 전원 투자
  - 일반송배전사업자로부터 양도·대여된 배전망을 AI·IoT 기술로 운용·관리하는 배전사업자를 규정해 비용 절감 및 재해 대응력 강화

- 분산형전원을 활용한 원격지 배전망 독립화를 통해 송배전망 유지·관리 비용 및 전력시스템 비용 절감, 재해 등 긴급 사태 대응 능력 향상 도모

□ EU의 사례

- EU는 온실가스 배출량 저감 및 화석연료에 대한 의존도 완화를 위한 신재생에너지자원 및 분산전원의 보급 확대와 에너지 효율 향상과 이로 인해 발생할 수 있는 배전망 내 안정도 및 전력품질과 관련한 문제에 능동적으로 대응하고, 소규모 DER의 전력시장 참여를 유도함으로써 전반적인 계통 운영 효율을 향상시키기 위해, 분산형 자원들을 통합 운영 및 제어하기 위한 기술 플랫폼 추진
- EU는 온실가스 감축을 위한 에너지로드맵 수립(2011.11월), 중앙-분산시스템의 상호 연계 강화, 유연성 자원 고도화를 도모하고, 에너지 기술개발계획 발표(2014.12월) 계통운영 시스템 최적화와 기술을 활용한 프로슈머 창출
- 독일과 덴마크가 VPP 기술 분야를 주도하고 있으며, 다양한 R&D 실증 프로젝트를 진행
  - 독일은 2017년 1월 재생에너지법(EEG) 2차 개정을 통해 중개사업자의 도매시장(에너지, 보조서비스) 참여를 허용하고 전력공급의 예상 시간, 공급량 등의 예측을 의무 부과
  - 재생에너지 예측 의무 이행에 따른 비용 소요를 ‘Management Premium’을 통해 보상하며 중개사업자가 재생에너지를 모집해 시장에 참여하는 경우에도 보상
  - FIP 보조금을 지원받는 재생에너지 설비는 중개사업자를 통해 시장 참여가 가능

### 1-3. 분산형 발전 확대 정책의 구현에 따른 장애 및 고려 요소

#### 가. 국가 차원의 고려 요소

##### 1) 계통의 안정성

- 분산형에너지 자원 (Distributed Energy Resources)이란 지역 배전 시스템에 직접 연결 또는 지역 배전 시스템 내의 호스트 시설에 연결된 발전 자원 또는 제어 가능한 부하
- 분산형 발전의 계통 연계 및 전력 거래의 한계, 특히, 자연을 활용하는 재생에너지의 특성상 불가피하게 발생하는 변동성, 간헐성에 대한 문제를 반드시 해결해야 함
- 2050 탄소중립을 실현시키기 위해 최종에너지 소비를 화석연료에서 전기로의 대체하는 전기화가 급속하게 진행되고 있으며, 또한 태양광, 풍력 등 재생에너지로부터의 전기 생산이 가속화되고 있음
- 태양광 및 풍력에 의한 전기는 소규모 분산형 발전원에서 생산되어 대부분 배전망에 연계되며, 기상 조건에 따라 급속한 출력의 변동 발생, 전압 및 주파수 이상에 따른 전력품질의 저하를

야기할 수 있음

- 발전 출력이 안정적이지 않은 재생에너지에 의한 분산형 발전의 증가는 발전 계통의 불안정성을 증대시켜 안정적인 전력수급에 차질을 초래할 수 있으며, 나아가 적정 규모의 전력 설비 투자와 효율적인 운영을 저해할 수 있음
- 태양광·풍력 등 변동성 재생에너지의 발전 비중이 증가함에 따라 일부 지역에서 재생에너지 출력제어 가시화
  - 제주도 재생에너지 비중은 2015년 9.3% → 2020년 16.2%, 출력제어는 2015년 3회 → 2020년 77회

## 2) 기존의 계통관리방식에서의 분산에너지 특성 고려 미흡

- 다수의 소규모 분산 에너지 설비들은 계통에서 관리가 불가능하며, 단독으로 전력 거래를 위한 전력시장에 참여도 현실적으로 불가능함
  - 계통관리 방식은 대규모 석탄·원전 발전소에 적합한 ‘하루전 시장’ 중심으로 운영되므로, 재생에너지 기반 분산 발전시설들은 용량과 무관하게 전력거래소 출력제어 등 평시 급전지시를 받지 않는 비중양급전자원으로 출력 고려에 한계가 있음
- 분산형 발전설비를 ICT를 이용하여 통합 운영하는 가상발전소 (Virtual Power Plant, VPP)를 통해 중앙 급전발전기와 같은 운영상의 유연성과 제어가능성 확보 필요
  - 소규모 분산발전설비들을 발전 프로파일로 통합하여 계획발전량, 증·감발률 전압제어 능력, 예비력 등을 가시화 할 수 있다면 중앙 급전발전기로의 활용 뿐만 아니라 전력시장에서의 전력 거래가 가능해짐
  - 가상발전소 (Virtual Power Plant, VPP)는 배전단에서 다양한 유형의 분산발전을 통합 운영, 도매전력시장에서의 전력거래를 통해 송전계통 수준에서의 수급균형에 기여
- 망연계, 송배전망 비용분담 및 책임에 관한 문제에 대한 논의 필요

## 나. 지역 차원의 고려 요소

- 전력의 생산-소비 측면에서의 지역간 불균형 발생으로 인한 지역 차원의 고려 요소

[그림 2-6] 전국 시도별 전력자급률(2019년)



출처: 한국전력

- 서울, 경기 등 수도권에 우리나라 전력소비가 집중되어 있으나, 해당 지역에서의 전력 자급률은 낮음

## 다. 분산형 발전 활성화 및 관리능력 강화 방안

### 1) 분산형 발전 활성화 및 분산형 발전 관리능력 강화 방안

- 계통 인프라 구축을 통한 재생에너지 변동성 완화: 재생에너지 통합관제시스템 기반 구축 및 공공 주도 ESS 구축
- 신규 유연성 자원 개발·도입을 통한 잉여전력 해소: 전력-비전력 부문간 결합 (Sector-Coupling)
- 에너지 슈퍼스테이션을 통한 자가발전 충전인프라 구축
- 에너지 생산·소비의 분산화 확대 및 분산에너지 친화적인 시장·제도 조성

### 2) 신재생에너지 데이터센터 및 통합관제센터 구축에 대한 논의

- 신재생에너지 통합관제센터의 필요성 및 구축 방향에 대한 논의 없이 에너지 공단, 한전, 산업단지별로 신재생에너지 관제 시스템 추진
  - 에너지공단의 신재생에너지 통합 모니터링 시스템 (REMS)
  - 한전의 신재생 발전 지역 관제 시스템 (LRMS)
  - 가상발전소 (VPP) 구축
  - 산단 중소·중견기업 공장 내 ICT기반 에너지관리시스템(FEMS) 및 스마트 그린 산단 통합관제센터 및 스마트에너지 플랫폼에 기반한 (TOC)

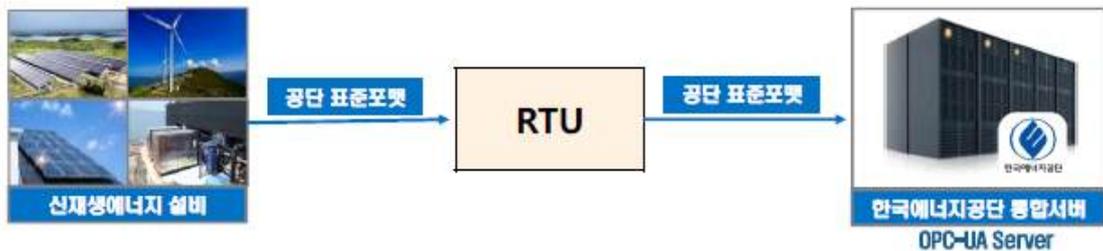
## 2. 국내외 재생에너지 통합 데이터센터

### 2-1. 국내 데이터 및 통합관제센터 현황

#### 가. 신재생에너지 통합 모니터링 시스템 (Renewable Energy Monitoring Service, REMS)

- 한국에너지공단은 2018년 1월부터 신재생설비에 대한 통합데이터의 운영체계에 대한 필요성 때문에 통합모니터링시스템(REMS)을 개발 운영중
- 기존엔 보급설비에 대한 사후관리를 위한 AS센터 운영, 표본조사·샘플조사와 일정용량 이상 설비에 대한 로컬 모니터링을 실시하였으나, 관련 데이터가 단순 통계정보 수준에 머물고, 실시간 모니터링은 통신방식·내용이 서로 달라 정보적 가치가 적다는 문제점을 노출
- 2018년 1월, 신재생설비에 대한 통합데이터의 운영체계에 대한 필요성 때문에 통합 모니터링 시스템(REMS) 구축

[그림 2-7] 한국에너지공단의 REMS 시스템



출처: 한국에너지공단

- REMS의 신재생보급지원사업은 융복합사업, 건물지원사업, 공공임대 주택지원사업, 공공기관 태양광 사업, 지역지원사업 및 설치의무화사업 등
- REMS 인증 신재생에너지설비 / RTU 현황 ('20.5 기준)
  - REMS 인증 신재생에너지설비
  - 인버터(태양광) : 13개제조사 80개 모델 (3kW ~500kW)
  - 컨트롤러(태양열) : 2개제조사 2개 모델
  - 히트펌프(지열) : 8개제조사 35개 모델 (3RT ~150RT)
  - 컨버터(풍력) : 1개제조사 1개 모델 (10kW)
  - 연료전지 : 5개제조사 10개 모델 (1kW ~10kW)
  - 데이터취득장치 (RTU, Remote Terminal Unit)
  - TCP/IP 방식 : 8개제조사 10개 모델
  - IoT 방식: 11개 제조사 18개 모델

[그림 2-8] 신재생에너지 설비



자료: 한국에너지공단

- 신재생에너지 모니터링 통신규격(공단표준) 프로토콜 가이드라인, 융복합지원 통합모니터링 시스템 및 서버 구축 후, 인증·등록된 신재생설비와 데이터취득장치 (Remote Terminal Unit, RTU)를 연동, 홈페이지에 신재생에너지 모니터링 정보 제공

○ REMS 인증 신재생에너지설비 ('20.5 기준)

- 인버터(태양광) : 13개제조사 80개 모델 인증 완료(3kW ~500kW)
- 히트펌프(지열) : 8개제조사 35개 모델 인증 완료(3RT ~150RT)
- 컨트롤러(태양열) : 2개제조사 2개 모델 인증 완료
- 컨버터(풍력) : 1개제조사 1개 모델 인증 완료(10kW)
- 연료전지 : 5개제조사 10개 모델 인증 완료(1kW ~10kW)

○ 데이터취득장치 (RTU, Remote Terminal Unit)

- TCP/IP 방식 : 8개제조사 10개 모델 인증 완료
- IoT 방식: 11개 제조사 18개 모델 인증 완료

**나. 한전 신재생 발전 지역 관제시스템 (LRMS)**

- 한전은 태양광이나 해상 풍력 등 신재생에너지의 간헐성(불규칙한 전력생산)을 줄이고 발전량 예측의 정확도를 높이기 위해 신재생 발전 지역 관제시스템 구축

- 제주 신재생 발전 감시운영시스템: 출력예측 정확도 90%
- 전남과 전북지역에 '신재생 발전 지역 관제시스템' 구축하여 확대 적용

→ 신재생에너지 운영관리 고도화, 출력변동에 따른 불확실성을 제거, 계통의 안정적 운영

[그림 2-9] LRMS 개발목표 및 특징

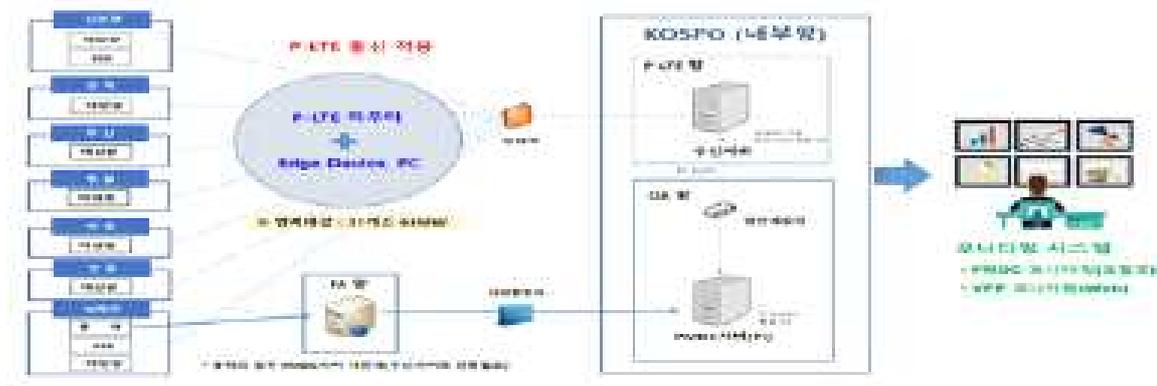
신재생 출력예측	지역계통 안정도평가	신재생 출력제어
기상예측 및 다중 출력예측모듈 조합을 통한 신재생발전 출력예측	SCADA 측정 기반 지역계통 실시간 안정도평가 및 신재생 수용한계량 도출	출력예측 및 실시간 전력계통 안정성 유지를 위한 신재생 출력제어

자료: 한전

#### 다. 가상발전소 (VPP) 구축

- 2021 10월 1일부터 전력거래소에서 재생에너지 발전량 예측제도를 시행, 현재 10개 중개사업자가 참여
- 소규모 신재생에너지 분산전원을 하나의 발전소처럼 운영하는 '가상발전소(VPP)' 구축, 실시간 제어 및 최적화 기술을 적용한 가상발전소 모델 운영
- 에너지 공기업 및 공공기관을 중심으로 전력계통을 효율적·안정적으로 운영할 수 있는 VPP 구축이 활발하게 이뤄지고 있음
- 에너지공단, 남부발전, 남동발전, 한수원 등 발전사업자, KT GiGA 트레이드 등 통신사, 서울울산 지자체 등이 참여 실증단지 개발 및 구축

[그림 2-10] 가상발전소 분산자원 연계 시스템



자료: 남부발전 “가상발전소 분산자원 연계시스템”

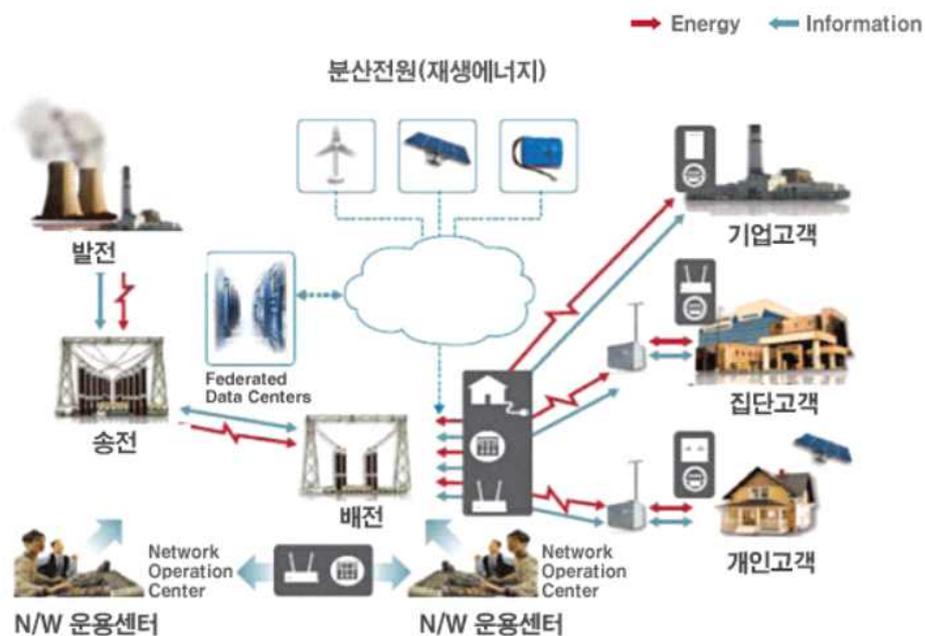
#### 라. 스마트 그린 산단 통합관제센터/스마트 에너지 플랫폼

- 산업단지 에너지사용량은 국가 전체의 50% 이상, 연간 온실가스 배출량도 전체 산업부문의 80%
  - 신재생에너지 인프라 구축과 통합 에너지관리 시스템 구축, RE100 인증 지원 등으로 산업단지를 에너지자급자족형 산단으로 구축하기 위한 사업 진행하고 있음 (예: 창원산단).
  - 산단 중소·중견기업 공장 內 ICT기반 에너지관리시스템(FEMS)\* 보급을대폭 확대하여 AI기

반 실시간 수요관리, 에너지 절감 지원

- 공장 단위 FEMS 정보를 연계·통합한 ‘스마트에너지 플랫폼’을 구축하여 스마트그린산단 단위의 수요관리를 강화하고, 서비스 시장 창출
  - FEMS(Factory Energy Management System) : 센서·계측장비와 분석 소프트웨어를 설치하여 에너지사용 데이터를 실시간으로 취득·분석·활용할 수 있는 시스템
  - 스마트그린산단 내 통합관제센터(TOC, Total Operation Center)를 구축하고, 공장별 에너지사용 데이터를 수집·분석하여 에너지절감 솔루션 제공 서비스에 적극 활용
  - 스마트그린산단을 ‘현재 7개, 22년 10개, ‘25년 15개로 확대
- 다양한 형태의 소비 공급원과 연계가 자유로운 개방형 전력망을 구축하여 새로운 비즈니스 모델의 창출이 가능한 기반 조성
- 전력망 고장의 사전예측 및 자동복구체제의 구축을 통해 고품질 고실뢰성이 확보된 전력 공급
  - 지능형 전력망 기술은 기존의 전력망에 정보·통신 기술을 접목하여 전력망의 신뢰도 및 운용 효율을 극대화 시킴
  - 주요 기술은 ‘지능형 송전시스템’, ‘지능형 배전시스템’, ‘지능형 전력기기’ 및 ‘지능형 전력통신망’ 등
  - 지능형 계량 인프라 (Advanced Metering Infrastructure, AMI) 기반의 양방향 에너지 종합관리시스템 구축을 통한 에너지 소비의 합리화

[그림 2-11] 양방향 에너지 종합관리시스템



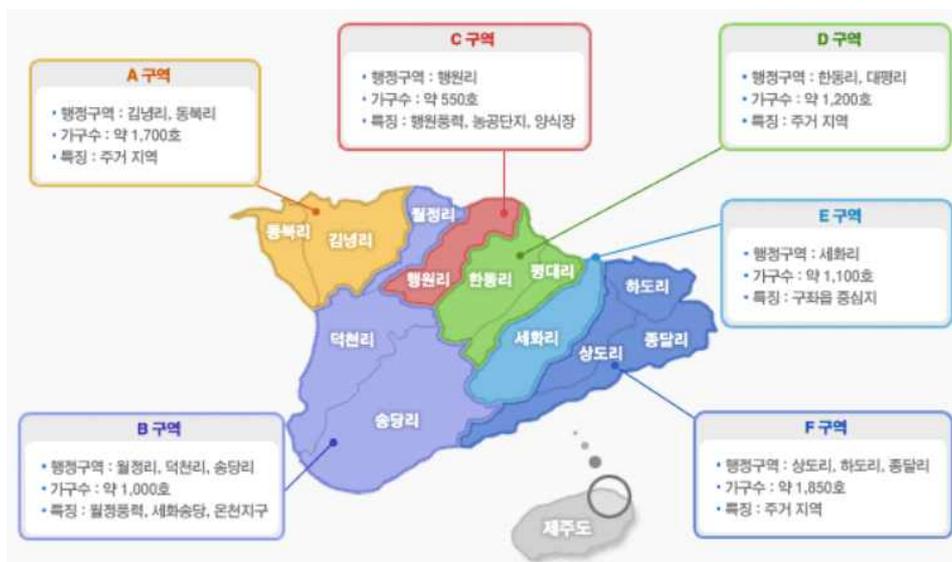
[그림 2-12] 산단형 마이크로그리드 실증 시스템(창원)



[그림 2-13] 산단 친환경화 추진 개념도



[그림 2-14] 제주 실증단지



주: 지역적 특성을 고려하여 6개 구역으로 구분

[그림 2-15] 분야별 컨소시엄 현황

분야	주도기업	참여기업
Smart Place	SK텔레콤	일진전기, 삼성전자, 이엔테크놀로지, LH, 현대중공업 등 28개사
	KT	효성, 삼성SDI, 옴니시스템, 디지털오션, 전자부품연구원 등 15개사
	LG전자	LG화학, GS건설, LG유플러스, 엠에이티, 옴니패스, 피에스텍 등 13개사
	한전	LS전선, 남전사, 넥서스, 누리텔레콤, 대한전선, 송암시스템 등 37개사
Smart Transportation	한전	한전KDN, LS산전, 롯데정보통신, 파엔이솔루션, 세진전자 등 21개사
	SK에너지	벽산파워, 이엔테크놀로지, 코디에스, 씨타엔티, 르노삼성 등 14개사
	GS칼텍스	KT, 넥스콘테크놀로지 등 7개사
Smart Renewable	한전	효성, 코캠, 넥스콘테크놀로지, 수도전기, 남부발전 등 16개사
	현대중공업	SK텔레콤, SK에너지, 한국전기연구원 등 6개사
	포스코ICT	LG화학, 대경엔지니어링, 한국에너지기술연구원 등 6개사
Smart Electricity Service	한전 전력거래소	LS산전, 한국전기연구원, 바이텍정보통신, 우암코퍼레이션 등 7개사
Smart Power Grid	한전	전력거래소, 우암코퍼레이션, LS산전, 한전KDN, 벽산파워 등 13개사

자료: 스마트그리드 협회

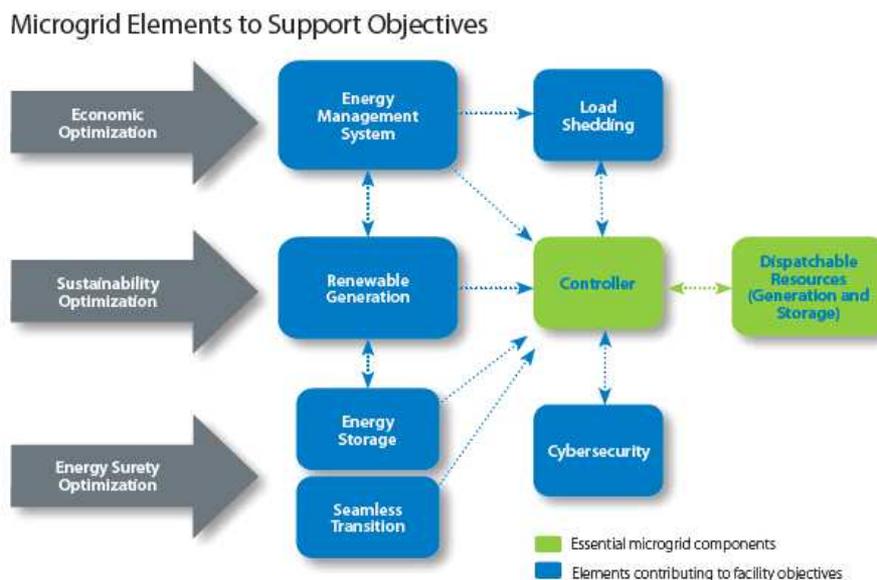
## 2-2. 해외 분산발전 활성화 사례

### 가. 미국 ESIF (Energy Systems Integration Facility)

- 신재생에너지자원 분산 시스템들을 통합한 에너지시스템의 최적화
  - 에너지 분석 및 자원 평가
  - 시스템 전력 흐름, 동적 및 안정성에 대한 기준선 및 시나리오 모델링
  - 경제 및 기술적 분석
  - NREL의 에너지 시스템 통합 시설에서 테스트(1메가와트 마이크로그리드 테스트 기능 포함)
  - 에너지 안보 가치 평가
- CORE (Continuously Optimized Reliable Energy) 프로세스:
  - 목적: 마이크로그리드의 에너지공급, 경제적 가치 및 지속 가능성을 최적화함으로써 안정적인 에너지 공급 달성, 즉 CORE 프로세스는 안정적인 전력공급을 위한 지속적인 운영에 설계의 초점을 맞춤
  - 마이크로그리드는
    - 그리드로부터 독립적인 자율 운영
    - 재래식 및 재생 가능한 에너지를 포함한 분산 발전원
    - 에너지 보안 목표 및 발전 가용성에 맞는 부하 적용

- 디스패치 가능한 제어
- 전체 변전소 또는 변전소의 구성 요소, 캠퍼스나 군사기지, 산업단지 등의 지역에 서비스를 제공하도록 설계할 수 있음
- 경제적 가치 극대화
  - 시장 요금 구조, 발전 비용 및 운영 고려 사항에 대한 디스패치 알고리즘을 설계, 전력 수출을 통해 마이크로그리드의 자본 투자 상쇄 가능
  - 효과적인 에너지 관리 시스템과 스마트 부하 차단 계획을 통합, 시스템 성능의 극대화 가능
- 지속가능성
  - 재생 가능 발전 및 에너지 저장 전략을 사용, 마이크로그리드의 탄소 배출 저감
- 에너지 안보
  - 에너지 안보와 경제적 가치 간의 균형을 이루는 계획 제공
- CORE 프로세스의 이점
  - 적합한 시스템과 리소스를 연중무휴 24시간 운영에 통합
  - 에너지 안보, 경제적 가치 및 지속 가능성을 위한 최적화
  - 연료 다양성 향상
  - 다양한 부하 적용 범위에 필요한 에너지를 공급하기 위한 시스템 확장 및 축소
  - 성장여력, 자금 또는 인력 제약을 고려, 장기적으로 구성 요소를 점진적으로 추가할 수 있음

[그림 2-16] 목표 지원을 위한 마이그리드 요소



출처: NREL

○ 마이크로 그리드 설계

- 최적으로 운영되는 마이크로그리드의 설계는 복잡한 전기 공학 모델링 과제
- 적절한 에너지-발전 시스템을 운영 장비와 페어링
- 구성 요소가 동기화되어 필요할 때 적절한 양의 에너지를 제공
- 부하 변화의 동적 특성은 간헐적 발전과 전통적인 송전과 분산 에너지 계획 이론에서 나온 정교한 모델링 기술을 필요로 함
- 안정적인 에너지-전력 공급체계

○ 마이크로그리드 설계 프로세스

- 평가, 데이터 수집, 설계 분석 및 설치 및 모니터링의 4단계로 구성
  - ▶ Step 1 (사전 평가)
    - NREL 설계자가 잠재적인 발전 자산과 가능한 부하 차단 기회에 대한 장기적이고 포괄적인 관점을 조사, 평가
  - ▶ Step 2 (데이터 수집)
    - 기존 및 잠재적 발전 소스에 대한 예비 평가 작성, 부하 프로파일 수집, 분석 및 분류, 그리드 운영 및 에너지 보안에 대한 절차 등
    - NREL 전문가가 수집된 데이터를 사용, 전력 공급 모델의 배전 시스템 기초자료로 활용
    - 통신, 제어 및 사이버 보안 요구 사항 등 설계 지침에 필요한 기타 자료 수집
  - ▶ Step 3 (설계분석)
    - 2단계에서 수집된 데이터에서 개발된 베이스라인 모델 구성, 타당성 평가 위한 다양한 시뮬레이션 결과, 마이크로그리드의 부하에 대응할 수 있는 구성을 제안
  - ▶ Step 4 (설치 및 모니터링)
    - NREL 전문가는 제안 개발 요청을 지원하고 시스템 통합자를 선택하고 건설 단계를 감독하여 마이크로그리드 설치를 지원
    - NREL은 시스템이 설치되면 마이크로그리드 운영을 모니터링할 수도 있음
    - 지속적인 최적화의 기본 목표를 지원하는 이 단계는 설계 가정을 확인하고 시스템의 성능을 검증할 수 있는 기회가 됨
    - NREL이 제3자 검증 역할을 할 수 있음

[그림 2-17] 마이크로그리드 설계 프로세스



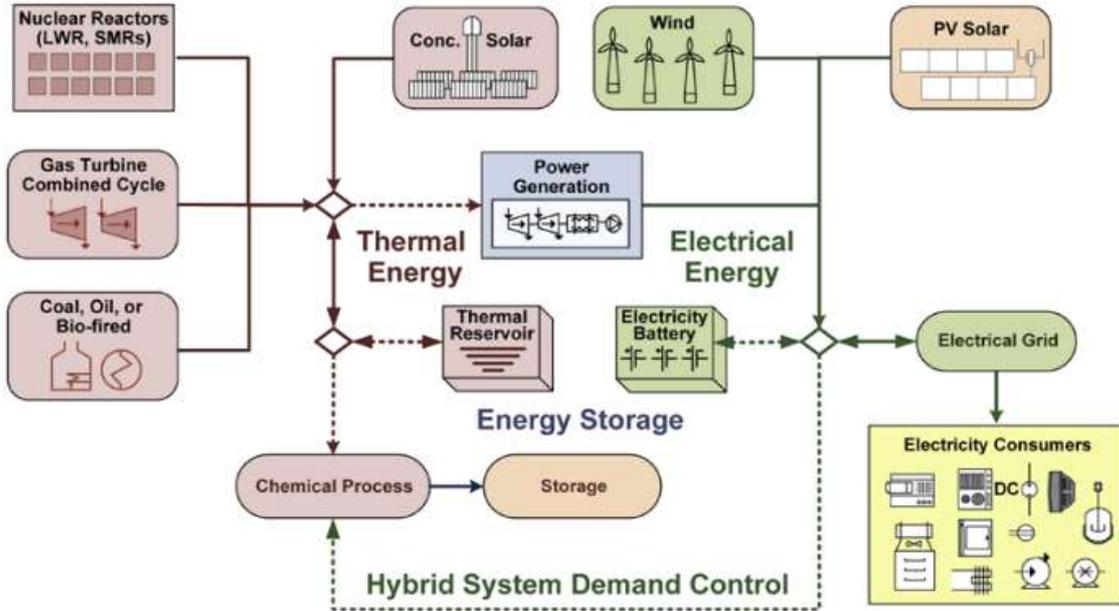
\*Detailed electrical modeling is the foundation for microgrid design.

출처: NREL

## 나. JISEA (Joint Institute for Strategic Energy Analysis)

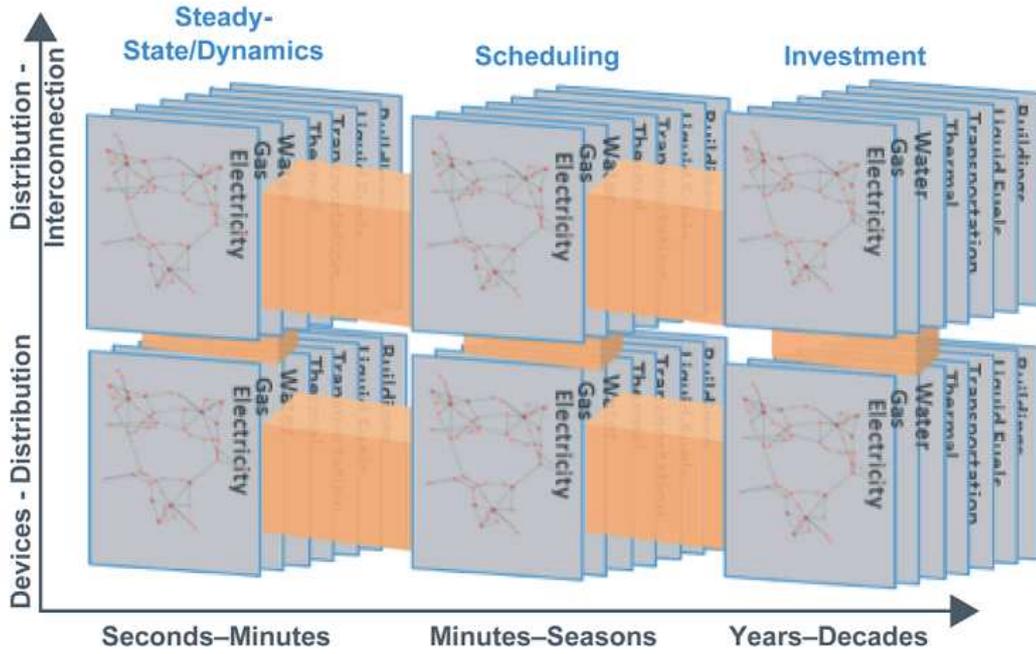
- 미국 DOE의 NREL (National Renewable Energy Laboratory), INL (Idaho National Laboratory), NETL (National Energy Technology Laboratory) 는 다중 입력, 다중 출력에 기반한 새로운 개념의 하이브리드 에너지 시스템을 개발 추진중
  - 재생에너지, 원자력 및 탈탄소 화석연료등 다양한 에너지원을 사용하여 전력, 열, 수송용 및 기타 에너지 서비스 등 다양한 에너지를 시너지 효과 통해 제공하는 시스템 구성
  - 여러가지 에너지원과 생산된 에너지 형태 간의 다양성과 상호 작용은 하이브리드 에너지 시스템과 이를 둘러싼 전체 에너지 시스템 모두의 탄력성, 신뢰성, 보안, 경제성, 유연성 및 지속 가능성을 잠재적으로 증가시킴
  - 새로운 하이브리드 에너지 시스템에서 다양한 에너지원을 활용하여, 시스템 구성의 조정과 새로운 시너지 효과를 통해, 다양한 에너지 제품 및 서비스를 제공하는 시스템을 분석하기 위해서는 새로운 모델링 능력 필요

[그림 2-18] 다입력, 다출력 (MIMO) 하이브리드 에너지시스템

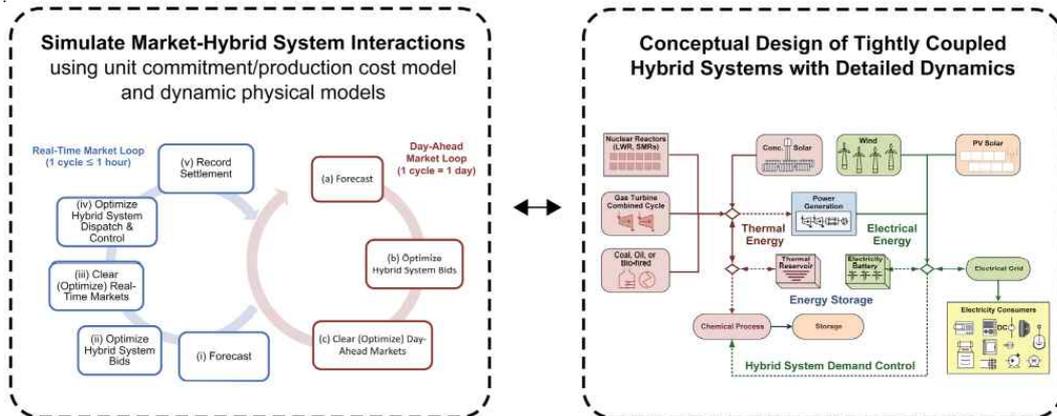


- 에너지 경제의 모든 부문을 포괄하는 엔지니어링/경제/에너지 시스템을 명시적으로 다루기 위해 시간적 및 공간적으로 확장 가능한 분석을 위한 아키텍처
- 지역별 최적 기술 솔루션을 찾는데 활용할 수 있는 프로세스 및 그리드/시장 모델 및 도구의 통합
- 원자력, 재생에너지, 화석연료 등의 1차 에너지원에서 전기 등을 생산하고, 잠재적으로 열, 수소 또는 기타 화학 물질등의 여러 가지 제품을 생산하는 본질적으로 동적인 프로세스의 설계 및 운영
- 새로운 MIMO (Muti-Input, Multi-Output)와 HES's (Habitat Evaluation Systems) 의 설계 및 현재 경험을 뛰어 넘는 혁신적인 설계 옵션의 엄격한 탐구를 포함하는 프로세스

[그림 2-19] 신 MIMO 설계 프로세스



[그림 2-20] 하이브리드 에너지 시스템 아키텍처 및 통합 모델링



- 혁신적인 글로벌 에너지 투자 및 정책 결정을 위한 최첨단의 객관적이고 영향력 있는 연구 및 분석 제공
  - 청정 에너지에 기반 에너지 시스템으로 가는 과정에서, 전략적 통찰력과 국제 교류를 통해, 에너지 시스템의 환경, 사회, 금융, 기술 및 정치적 요소를 고려한 지속 가능성, 경제적 번영 및 탄력성의 목표를 달성하는 혁신적인 솔루션 제공
  - 전략적 분야
    - 에너지 시스템 전환 및 통합
    - 첨단 제조 및 순환 경제
    - 산업용 클린 파워

- 물-에너지-식품 넥서스의 지속 가능한 커뮤니티

#### □ 에너지 시스템 전환 및 통합

- 새로운 에너지 공급망에 의한 안정적·탄력적·지속가능한 에너지 공급을 유도할 수 있도록 새로운 에너지 인프라와 이해당사자들 간의 조정 필요
- 에너지 시스템은 전통적으로 독립형 시스템으로 설계되어 왔던 다양한 에너지 시스템들에 걸친 계획, 규제, 운영의 조정 필요
- 모든 에너지원의 가치를 분석하고, 새로운 개념과 프로세스를 통한 오늘날의 동태적인 에너지 시스템을 정렬하기 위해 다양한 목표와 활동 간의 갈등과 상승효과 (synergy) 시너지를 총체적으로 연구 및 분석하는 접근 방식 필요
- 이를 위해, 정부, 산학연이 협력하여 실현 가능한 솔루션의 구현할 수 있도록 하는 구조조정 필요

#### 다. 데이터 플랫폼의 활성화

- 최근 미국과 EU를 중심으로 VPP (Virtual Power Plant)에 대한 연구가 활발하게 추진되고 있으나 전 세계적으로 VPP에 대한 공통된 정의 및 DER 통합과 관련된 명확한 규정이 수립되어 있지 않음
  - 아직까지는 VPP 실증 프로젝트를 통해 이에 대한 기술적 타당성 및 사업성을 검토하는 수준에 그치고 있으며, VPP 시장이 완전히 성숙하기까지는 관련된 일련의 공통 규정에 대해 전력회사를 포함한 모든 이해관계자 간의 합의가 필요할 것으로 예상됨
  - 미국의 VPP는 DR을 기반으로 하며, 전세계에서 가장 발달한 수요반응 (Demand Response, DR) 시장을 보유하고 있는 미국은 다양한 유형의 DR자원을 통합하여 기존의 발전기 측성을 모방함으로써 비상시 첨두부하용,
  - 전력데이터의 활용도를 높이기 위한 데이터플랫폼 활성화
    - 뉴햄프셔주는 「다중이용 에너지 데이터 플랫폼」 설립을 위한 법안 통과 (2019년): 가스·전기 고객 사용 데이터를 표준화하고, 제3자에게 제공할 수 있도록 허용
    - 뉴욕주는 에너지 데이터의 전략적 사용에 관한 절차를 담은 2개 백서 발간 (2020년): 에너지 데이터에 대한 접근과 인증을 위한 프로세스를 단일 체계로 통합, 주 정부가 운영과 관리를 주도하는 데이터 플랫폼 제안
  - 분산에너지자원 확대에 따른 배전계통계획 (Distribution System Planning, DSP) 등, 전력시스템에 더 잘 통합할 수 있도록 하는 다양한 방안 모색
    - DER의 기술적, 경제적, 정책적 문제를 파악하고, DER에 대한 새로운 보상체계를 설계하며, 계통연계 프로세스와 관련 기술표준 개선을 진행 중

- 배전계통계획의 현대화를 위한 노력도 진행
- 계획 수립 과정의 투명성을 높이고, 이해관계자의 참여를 늘리며, 그리드의 요구사항을 충족하는 비용 효율적인 솔루션을 반영해 DER의 운영 효율화 극대화 도모
- EU의 VPP는 온실가스 배출량 저감 및 화석연료에 대한 의존도 완화를 위한 RES 및 DG (Distributed Generation, 분산전원)의 보급 확대와 에너지 효율 향상을 위해 개발, RES 및 DG의 보급 확대에 의해 발생할 수 있는 배전망 내 안정도 및 전력품질과 관련한 문제에 능동적으로 대응하고, 소규모 DER의 전력시장 참여를 유도함으로써 전반적인 계통운영 효율을 향상시키기 위해 이러한 분산형 자원들을 통합 운영 및 제어하기 위한 기술 플랫폼이 EU 내 VPP 개념의 핵심임
- 에너지 저장 기술 개발: 에너지 저장장치의 목표량 수립과 이를 달성하기 위한 정책 제안의 증가
  - 배터리를 활용한 파일럿 프로젝트 활성화를 위한 시범 프로그램 수립
  - 생산 비용 감소와 덕 커브 문제의 해결책으로 수소 활용방안 검토도 증가 추세

## 라. 전력 데이터 플랫폼의 활성화

- 최근 미국 전역의 주에서는 온실가스의 배출을 줄이기 위한 재생에너지 분산 발전의 확대에 전력망의 복원력 (Resilience)을 증가시키기 위해서, 규제기관, 전력회사 및 기술제공업체의 에너지 데이터에 대한 접근의 필요성이 보다 중요하게 인식되고 있는 한편, 에너지 데이터 애플리케이션은 그리드의 보안과 고객 개인 정보 보호 및 보안 문제에 대한 우려도 제기되고 있음
- 뉴욕주는 에너지 데이터의 전략적 사용에 관한 절차를 담은 2개 백서 발간 (2020년): 에너지 데이터에 대한 접근과 인증을 위한 프로세스를 단일 체계로 통합, 주 정부가 운영과 관리를 주도하는 데이터 플랫폼 제안
  - 뉴욕주의 공공 서비스 위원회는 "명확하게 정의된 데이터 액세스 프레임워크"의 개발을 통해 시장 개발, 효율성, 개인 정보 보호 및 사이버 보안 문제를 해결하기 위해 포괄적인 에너지 데이터 접근 절차를 시작, 주 전체 데이터의 접근에 관한 프레임워크 제안하고 논의중
    - 프레임워크 적용 표준 가이드,
    - 핵심 용어 정의,
    - 사이버 보안 및 개인 정보 보호 요구 사항에 대한 위험 관리 인증,
    - 고객 동의 및 옵트아웃 요구 사항,
    - 데이터 정확성 및 신뢰성 표준
    - 뉴욕의 전력 회사는 분산형 태양광 자원 배치에 중점을 둔 호스팅 용량 지도 개발
- 캘리포니아주는 산·학·연·관의 이해 관계자들이 합동으로 캘리포니아의 미래 에너지 데이터 프레임워크, 미래 에너지 데이터 프레임워크 전환의 주요 장애 요인과 장애요인을 극복하기 위한

실행 가능한 솔루션에 대해 논의한 정책 보고서 발간 (2020년)

○ 개인 정보 보호 및 보안에 관한 우려

- 데이터 개인 정보 보호 및 보안을 위한 법적 및 규제 프레임워크에 대한 최종 가이드 마련
- 데이터 접근에 영향을 미치는 보안 및 개인 정보 보호 문제를 해결하는 방법에 대한 합의 도출을 위해 이해관계자로 구성된 포럼 개최
- 차등 개인 정보 보호에 기반한 접근 방식을 고려하기 위해 고객 데이터 집계에 대한 15/15 법규 재검토
- 요금고지서 데이터 및 기타 고객 정보와 관련해서 고객 데이터 권리를 확대하기 위한 2011년 개인 정보 보호 결정의 범위를 강화

○ 유틸리티 운영 프레임워크

- 효과적인 데이터 공유를 보상하는 성과 기반 규정 채택
- 데이터 교환의 목적, 사용 사례 및 비용 고려 사항, 데이터 교환 진행을 위한 특정 관련 목표의 직접적인 달성을 확인하기 위해 기존 규제 절차를 확장 또는 새로운 규제 절차를 마련

○ 조직의 우선 순위, 요구 사항 및 역량

- 데이터 교환 및 사용에 대한 기존 요구사항의 시행 강화
- 주 입법부는 더 많은 에너지 데이터 전문가를 고용하고 유지하기 위해 캘리포니아 에너지 위원회와 캘리포니아 PUC에 자금을 할당
- 전력 회사는 계속해서 정보 기술 시스템을 현대화하고 내부 직원 역량 제고

○ 캘리포니아 전력회사는 그리드 데이터 플랫폼인 ICA 지도 개발

□ 뉴햄프셔주는 2019년에 상원 법안 284를 제정, 다중이용 에너지 데이터 플랫폼을 구축하여, 가스·전기 고객 사용 데이터를 표준화하고, 전력회사, 고객 및 자격을 갖춘 제3자의 데이터 접근을 가능하게 함

○ 주 공공 유틸리티 위원회가 데이터 접근 관련 규칙을 제정(현재 진행 중)하여 관련 기준을 설정하도록 함

- 데이터 접근 관련 거버넌스
- 데이터 정확성 및 보안
- 제3자 액세스 표준

□ 오하이오주는 2019년 주 공공 유틸리티 위원회는 에너지 데이터 이해 관계자 작업 그룹을 조직, 고객 데이터에 대한 제3자의 접근을 위한 표준 개인 정보 보호 프로토콜 및 방법론을 요구하는 보고서 발행 (2019년)

□ 텍사스주는 스마트 미터 프로그램 (Smart Meter Meter Texas Program)으로 고급 계량 시스템은 주문형 데이터 읽기를 제공해야 한다는 최근 공공 유틸리티 위원회의 결정과 함께 표준화된 형식의 에너지 데이터에 대한 고객 및 제3자의 접근을 가능하게 함

### 3. 재생에너지통합데이터 센터(안)

#### 3-1. 재생에너지 통합 데이터센터의 필요성

- 탄소중립 실현을 위해서는 미래 에너지 산업은 전력화, 재생에너지에 기반한 분산발전 시스템으로 전환 불가피
- 소규모 재생에너지 기반 분산전원의 확대에 따라, 전력공급을 책임지는 전력공급 계획자 및 규제기관 등은 재생에너지 시스템을 효율적으로 운영하고 규제하기 위해 재생에너지 시스템에 관한 데이터에 대한 접근과 분석이 더욱 필요해지고 있음

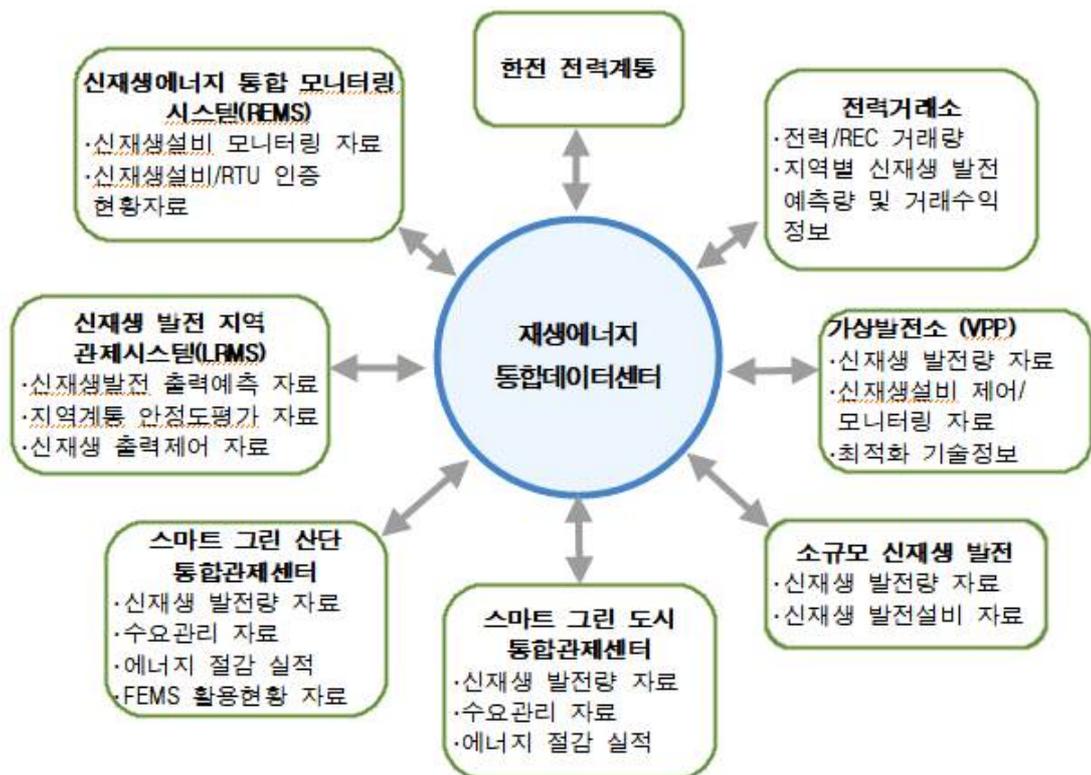
#### 3-2. 재생에너지 통합 데이터 센터(안)

- 목적
  - 분산발전의 확대 및 관리능력 강화를 통한 계통의 안정성 도모
- 배경
  - 탄소중립실현을 위해서는 미래 에너지 산업은 전력화, 재생에너지에 기반한 분산발전 시스템으로 전환 불가피
    - 우후죽순처럼 추가되는 재생에너지는 미래 산업의 부담으로 작용
    - 기존 계통에 대한 부담은 계통의 불안정성을 초래, 전력사용자인 국민과 산업으로 전가 → 정전 또는 계통의 신뢰도 향상을 위한 추가 건설에 따른 전기요금의 상승을 초래하여 일반 국민과 산업의 희생을 바탕으로 한 특정 사업자에 편향적인 제도로 정착될 우려가 존재
    - 전력 계통이 직면한 문제를 해결하고 미래지향적인 솔루션을 찾을 수 있는 NREL의 CORE 프로세스와 같은 기능을 할 수 있는 공신력 있는 기구가 필요
- 주요 업무
  - 계통 인프라 구축 통한 재생에너지 변동성 완화 방안 마련
    - 재생에너지 통합관제시스템 기반 구축 및 공공 주도 ESS 구축
  - 신규 유연성 자원 개발·도입을 통한 잉여전력 해소책 제시
    - 전력-비전력 부문간 결합(Sector-Coupling) 유도
  - 에너지 슈퍼스테이션을 통한 자가발전 충전인프라 구축 방안 제시
  - 에너지 생산·소비의 분산화 확대 도모 및 에너지 자원의 지역 편중 해소
  - 분산에너지 친화적인 시장·제도 조성
  - 신재생에너지 분산형 발전 시스템의 전과정에 대한 목록분석 잠재적인 환경영향을 총체적으로 평가하기 위해 LCI (Life Cycle Inventory) 데이터포맷 표준화

□ 재생에너지 기초자료 확보 및 공유 방안

- DB to DB의 시스템 연계 방식 또는 소프트웨어 인터페이스 (Application Programming Interface, API) 연결방식을 통해, 분산되어 국지적으로 생산·활용되는 재생에너지 분산형 발전 데이터를 데이터센터에서 통합함으로써 재생에너지 발전 자료를 분석·활용할 수 있도록 함
- 데이터 수집을 위한 표준화된 데이터의 기본틀을 확정하고, 기존 모니터링 및 관제시스템, 한전 및 전력거래소 등을 연계시켜 재생에너지 데이터를 데이터센터에서 수집·통합함
  - 신재생에너지 통합 모니터링 시스템 (REMS)
  - 신재생 발전 지역 관제시스템 (LRMS)
  - 스마트 그린 산단 통합관제센터 및 스마트 그린 도시 통합관제센터
  - 가상발전소 (VPP)
  - 전력거래소
  - 한전 전력계통

[그림 2-21] 재생에너지 분산발전 데이터 연계도



- 기존의 통합관제센터나 모니터링 시스템에 연결되어 있지 않아서 데이터 수집이 이루어지지 않고 있는 소규모 발전설비로부터의 신재생 발전 자료 수집을 위해, 기기에 센서를 부착하고 데이터 수집하여 데이터센터의 데이터베이스에 통합함

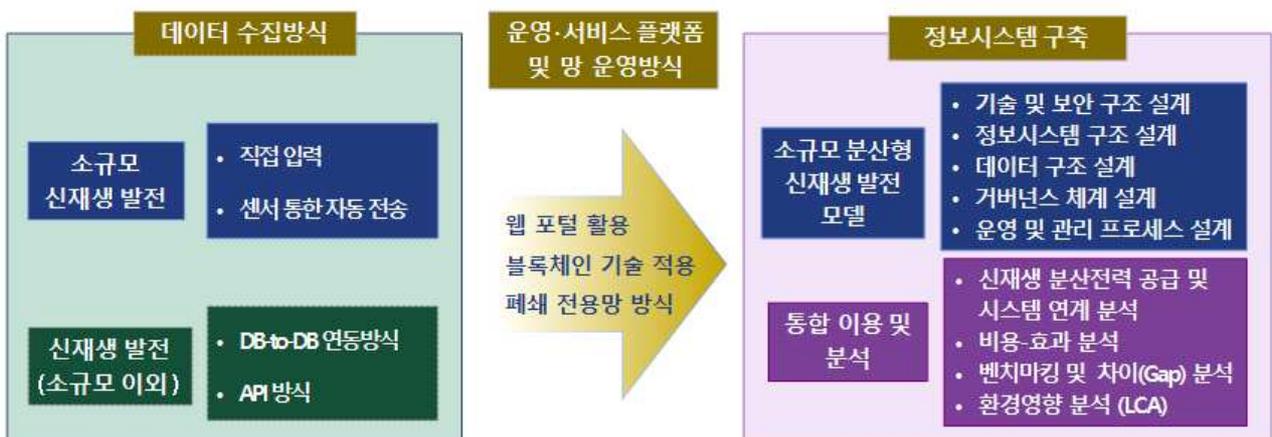
□ 운영·서비스 플랫폼 및 네트워크 운영 방식

- 재생에너지 기반 분산형 발전에 관한 빅데이터의 수집·활용과 분석을 위해 블록체인 기술을 적용하여, 분산자원에 대한 정확한 실시간 데이터를 수집하고 기록의 암호화를 통한 네트워크의 보안성을 높임
- 재생에너지 데이터에 대한 다양한 수요에 맞추어, 데이터를 효과적이면서도 안전하게 통합 연계하여 제공하는 것이 중요한 과제로 대두되고 있으며, 이를 위해 블록체인 기술의 활용과 웹 포털 형식을 통한 자료 공개
- 에너지 안보 및 개인정보보호를 고려, 보안이 강화된 전용망(폐쇄망) 형식을 사용하고, 이를 위해 장비의 호환이 가능하도록 표준 마련
- 개인 수준의 데이터에 대한 개인정보 보호에 관한 법제도의 개선 필요

□ 신재생에너지 데이터센터의 정보시스템 개요

- 업무 프로세스의 전산화 등 세부적인 정보시스템 구축 방안은 향후 ‘정보화 전략 계획 (Information Strategy Planning, ISP)’을 수립하여 도출
- 소규모 분산형 발전 목표모델(To-Be) 설계: 기술 및 보안 구조 설계, 정보시스템 구조 설계, 데이터 구조 설계, 거버넌스 체계 설계, 운영 및 관리 프로세스 설계,
- 재생에너지 통합 데이터 이용 및 분석: 분산형 재생에너지 발전 통합 데이터 활용 분석 및 시스템 연계 분석, 비용-효과분석, 벤치마킹 및 차이(Gap) 분석, LCI 분석을 통한 분산형 재생에너지 발전의 전과정에 대한 환경영향 평가 LCA (Life Cycle Assessment)

[그림 2-22] 데이터센터 개요도



□ 신재생에너지 데이터센터의 추진 전략

- 정부, 전력회사 등 산업, 재생에너지 기반 개발 사업자, 대학 및 연구기관으로 구성된 협의체는 망 기술 및 보안 설계, 데이터 구조 및 시스템 연계, 운영 및 관리 프로세스 데이터 서비스 플랫폼 설계

- 재생에너지 통합 데이터 센터는 수용 맞춤형 빅데이터 서비스 제공, 분산형 발전의 확대, 분산 에너지 친화적 시장환경 및 제도 조성, 전력-비전력부문간 결합을 통한 에너지 안보 강화, 지역 맞춤형 탄소중립 실현
- LCI 데이터베이스를 제공, 분산형 재생에너지 발전의 전과정에 대한 환경영향 평가 LCA에 의한 탄소 저감량 산정 가능

[그림 2-23] 통합 데이터센터 추진체계



### 3-3. 재생에너지 통합 데이터센터 구축시 고려사항

- 분산 에너지 자원이 급속하게 증가됨에 따라, 국가, 규제 기관, 전력회사 및 DER 개발자들은 고객 개인 정보 보호, 그리드 보안, 에너지 데이터 시스템 간의 통신 및 규제 등의 문제들에 대한 접근방법에 대한 구체적인 논의 필요
- 데이터에는 발전 자산의 성능에서 개별 고객 사용 및 청구 데이터에 이르는 정보가 포함되므로, 데이터에 대한 접근, 정보의 관리 및 보호에 대한 법률적, 실제적 검토 필요
- 재생에너지 통합 데이터 센터의 신설을 위해서는 정부, 전력회사, 학계 및 연구기관 및 이해관계자들로 구성된 포럼을 만들어, 법적, 경제적, 기술적, 환경적 측면에 대한 면밀한 검토와 합의가 선행되어야 함

- 재생에너지 분산형 자원 배치 지도를 개발하여 지역간 균형있는 배치를 유도하고, 전력회사는 최적의 분산 에너지 자원 상호 연결 지점과 그리드 업그레이드 및 개별 배전 라인의 위치와 용량에 대한 정보를 제공하여, 분산 에너지 자원 개발자 공동 이익의 극대화 및 시스템 최적화를 도모해야 함.

## 제3장

# 주민 수용성 및 이익 공유 모델 발굴

---



# 제3장 주민 수용성 및 이익 공유 모델 발굴

## 1. 문헌연구

### 1-1. 이익공유

- Rudolph, et., al.(2018), Community benefits from offshore renewables: The relationship between different understanding of impact, community, and benefit, Environment and Planning C: Politics and Space
- 이익공유는 해당 지역의 공공 자원을 활용으로 발생한 이익을 공유하는 과정이므로 분배적(distributive), 절차적(procedural), 인식적(recognitional) 정의를 고려해야함.
  - 분배적 정의: 이익을 어떻게 나눌 것인가에 대한 정의
  - 절차적 정의: 지역공동체가 프로젝트 진행 절차에 직접 참여하는가에 대한 정의
  - 인식적 정의: 이익공유체계 설계 시 누가 지역 공동체 대표인가에 대한 정의
  - World Bank(2019, p.19), 이익공유란 재생에너지 개발에 의한 직접적 또는 간접적으로 영향을 받는 지역을 식별하고 해당 지역에 이익을 극대화하거나 공평하게 분배하는 사전 예방적이고 체계적인 노력임.
  - 이익공유 체계는 지역과 프로젝트 특성에 맞게 다양하게 설계될 수 있지만, 성공적인 이익공유 체계를 설계하기 위해서는 지역공동체가 프로젝트 개발 초기부터 참여하는 것이 중요함.
  - 이익공유 모델은 지역사회펀드, 기존 펀드(Pre-existing funds), 커뮤니티 소유, 수익의 균등 분배, 직접투자 또는 프로젝트 펀딩, 견습 및 스튜던트 쉽, 교육 프로그램, 전기요금 할인, 지역사회 복지협정, 공급 체인으로부터 얻는 간접적 혜택, 관광업을 통한 간접적 혜택 등이 있음.
  - 이철용 외(2014)는 이익공유체계(주민발전소)에는 지역소유, 마을기금, 보상, 현물수당, 지역고용·계약, 에너지 가격인하, 간접적 사회적 편익, 세제를 통한 보상으로 분류함.
- 정성삼·이승문(2018), 신재생에너지 수용성 개선을 위한 이익공유시스템 구축 연구, 에너지경제연구원
- 일반국민과 재생에너지 발전소가 건설되었거나 예정인 발전소 주변 지역주민을 대상으로 설문 조사를 시행함.

- 재생에너지 발전소 건설 추진 시, 환경 평가에 대해 공정한 절차와 투명한 정보 제공으로 지역 주민의 신뢰를 얻어야 함.
  - 재생에너지 발전소 건립에 가장 큰 반대 이유는 경관 및 생태계 파괴와 환경오염에 대한 우려임.
  - 재생에너지 발전소 건립 시, 발전사업자와 지자체는 환경에 우려에 대해 적극적으로 대응하고 환경우려에 대한 분석은 지역주민, 발전사업자, 지자체가 인정하는 공정한 기관에 맡기는 것이 좋음.
  - 환경 분석 과정에서 지역주민의 의견이 적극적으로 반영 처리되어야 함.
  - 적극적인 환경 복구 계획은 발전소 건설 반대를 찬성으로 변화시킬 수 있는 가장 중요한 요인으로 고려됨.
- 발전소 건립에 만족하는 가장 중요한 이유 중 하나는 경제적 보상, 마을 환경 개선, 새로운 이익창출 사업에 참여 등 이익 공유임.
  - 이익공유 체계를 만들 때 분배적 정의와 더불어 절차적 정의에 대해서도 고려해야 함.
  - 모든 재생에너지 프로젝트 그리고 모든 이해당사자를 만족하는 이익공유 체계는 존재하지 않음.
  - 이해당사자들의 다양한 의견을 담아내기 위해서는 이익공유 체계 구축 과정이 투명하고 공정해야 함.
  - 재생에너지 프로젝트 부지 선정에서부터 지역 주민과의 소통이 요구되고 프로젝트 성공 가능성이 높아짐.
    - \* OECD(2012), 재생에너지지의 지역 주민 수용성 개선을 위해서는 정부 주도의 프로젝트 추진·관리보다는 지역공동체를 비롯한 여러 이해당사자들이 민주적으로 참여하는 거버넌스 구축이 중요함.
    - \* Land and Hicks(2017), 지역공동체가 사업계획 초기단계부터 참여하여 대면 회의를 통한 이해당사자들 간의 신뢰를 형성하고 투명한 절차에 따라서 이익을 공유하는 체계를 설계하는 것이 중요함.
- 김윤성·윤성권·임현지·윤태환, 2021, 주민참여형 재생에너지 개발의 지역경제 기여효과: 주민 소득과 지역기업 매출을 중심으로, *New & Renewable Energy*
- 재생에너지 프로젝트는 하나의 지역 개발사업의 하나로 인식될 수 있으며, 지역 발전 및 주민 소득 향상으로 이어질 수 있음.
  - 재생에너지 프로젝트 시행 시, 이익공유 체계, 특히, 주민 참여형 투자의 경우 주민소득 증대, 지역기업 매출확대, 지자체 세수 증대 등 지역경제 발전에 양의 효과를 가짐.
    - 100kW 미만의 소규모 개발은 주민들의 직접 참여를 통한 사업 역량 강화 및 소득 증대 그리고 소규모 산업 누적에 따른 산업 네트워크 효과 등으로 지역 재생에너지 사업의 수용성을 개선시킬 수 있음.

\* 산업 네트워크 효과: 재생에너지 산업 생태계의 후방, 지역금융, 양도양수 거래, 공제보험, 시공업, 전기안전업 등에서 지역 일자리 창출

- 재생에너지 사업과 지역 발전과의 연관성을 높이기 위해서는 주민 투자 비중 증대와 지역 기업의 참여가 중요함.

○ 지역주민 소득 향상, 지역경제 발전을 위해 재생에너지 프로젝트 추진 시 고려할 사항

- 국공유지 이용 대규모 재생에너지 프로젝트 개발 시, 해당 지역 주민이외 해당 기초 및 광역자치체로 투자가 가능한 지역 주민 범위를 확대함.
- 주민참여를 유도하기 위해 재생에너지 개발 사업에 주민의 투자소득 세율을 일원화함.
- 대규모 재생에너지 프로젝트에 주민 직접 참여 기회를 확대함.

\* OECD(2012), 유럽과 북미 16개 프로젝트 분석을 통해 농촌 지역 발전을 위해 지역 재생에너지 프로젝트는 해당 농촌 지역의 경제개발 계획에 포함되어 시행되어야 한다고 주장함.

□ 이경민·윤순진, 2018, 재생가능에너지사업 이익공유체계 도입의 긍정적 효과와 문제 상황, 공간과 사회

○ 면접조사, 현장조사, 문헌 검토 등을 통해 이익공유 체계 시 문제점을 극복하고 긍정적 효과를 도입하기 위해 5가지 사항을 고려

- 지역 공동체가 재생에너지 프로젝트에 민주적으로 참여하여 자체적으로 이익공유체계를 만들어 갈 때 재생에너지 프로젝트에 대한 인식이 개선되고 주민수용성이 증대됨.
- 전기요금 보조 방식이 주민수용성 향상에 긍정적 효과를 가짐.
- 주민들이 발전사업 지분의 일정 부분을 소유하는 주민주도형 풍력발전사업은 주민수용성을 향상시킴.
- 피해보상금액 산정을 위한 지침이 없어 발전사업자가 마을에 지급하는 금액이 마을 간 큰 차이를 보여 지속 가능한 프로젝트 개발이 어려울 수 있으므로 보상에 대한 지침 마련이 필요함.
- 이익공유 수혜 범위 기준에 대한 지침 마련이 필요함.
- 이상범·이영재·이병권(2019), 재생에너지 발전 사업에 추진에 있어 지역주민의 보상 또는 이익공유에 대한 공식적인 가이드라인이 존재하지 않아 사업별로 보상 및 이익공유가 차이를 보이는 등의 체계적인 주민보상 지침이 존재하지 않음.

<표 3-1> 이익공유체계의 긍정적 효과와 발생 가능한 문제 상황

구분	내용	해당 사례
긍정적 효과	경제적 이익으로 인한 마을 복지 증진	가시리, 행원리
	전기요금 보조금의 중요성	가시리
	주민소유 방식에 따른 학습효과	행원리
문제 상황	이익공유 수여대상자 기준 선정의 어려움	삼달리, 가시리, 행원리
	피해보상액 산정의 어려움	삼달리, 행원리
	발전사업주체에 따른 문제점	삼달리, 행원리
	발전사업 대상지역의 주민 특성	삼달리, 가시리, 행원리

출처: 이경민·윤순진(2018, p.263)

## 1-2. 수용 의사액

- 이철용 (2014), 신재생에너지에 대한 지불의사액 추정 및 사회적 수용성(PA) 제고 방안 연구
- 우리나라 국민은 신재생에너지로 생산한 전기 사용을 위해 한 달에 3,456원을 추가로 지불할 의사가 있는 것으로 분석되어 기존 연구 1,500원/월 보다 2배이상 높은 수준임(CVM 방법으로 분석).
  - 월자력 발전에서 신재생에너지로의 대체에 대해 4,554원/월, 석탄발전에서 신재생에너지 발전으로의 대체로 4,005원/월의 지불 의사가 있는 것으로 분석됨.
  - 이는 친환경 및 안전성에 대한 국민들의 요구가 신재생에너지에 대한 높은 수용성으로 이어진 것으로 파악됨.
  - 해외와 비교해서는 일본의 20%, 미국 및 영국의 30%, 이탈리아의 50% 수준으로 더 많은 노력이 필요한 것을 시사함.
  - 그 외 연구에 대해 다음 표에 정리함.

<표 3-2> 신재생에너지에 대한 국민 수용성을 추정한 연구

국가	출처	방법론	세부내용
한국	Woo et al. (2019)	조건부 가치 측정법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주민참여형 신규 신재생에너지 발전 사업 참여로 발생하는 기대수익 WTA</li> <li>- 일반국민: 태양광(연 3.1%), 풍력(연 5.4%), 바이오매스(연 7.1%)</li> <li>- 지역주민: 태양광(연 12.3%), 풍력(연 9.1%), 바이오매스(연 10.8%)</li> </ul>
	이혜정 외 (2018)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음폐수 바이오가스화 시설 확대를 위한 가구당 평균 WTP는 2,564원</li> </ul>
	Lee and Heo (2016)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지에 대한 월 평균 WTP는 3,458원</li> </ul>
	Kim et al. (2016)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물 기반 바이오가스 보급 확대를 위한 가구당 연 평균 WTP는 2,539원</li> </ul>
	Kim et al. (2013)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생가능 전력 사용에 대한 월 평균 WTP는 1,456원</li> </ul>
중국	임슬예 외 (2013)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가연성 폐기물 에너지화에 대한 월 평균 WTP는 2,724원</li> </ul>
	Yoo and Kwak (2009)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 녹색 전력에 대한 소비자의 월 평균 WTP는 1,681원</li> </ul>
일본	Guo et al. (2014)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지에 대한 베이징 주민의 월 평균 WTP는 2.7~3.3달러</li> </ul>
	Nomura and Akai (2004)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지에 대한 월 평균 WTP는 2000엔</li> </ul>
포르투갈	Botelho et al. (2016) a		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산림 바이오매스 발전소에 대한 지역 주민과 일반 국민의 수용성을 추정</li> <li>- 지역 주민: 14.38유로/월</li> <li>- 일반 국민: 6-13유로/월</li> </ul>
그리스	Zografakis et al. (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 재생에너지원에 대한 크레타섬 주민의 연 평균 WTP는 일인당 연간 17.88유로</li> </ul>	
캐나다	Koto and Yiridoe (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 풍력 에너지에 대한 월 평균 WTP는 8달러</li> </ul>	

출처: 이혜정(2020, p.34-35)

### 1-3 환경

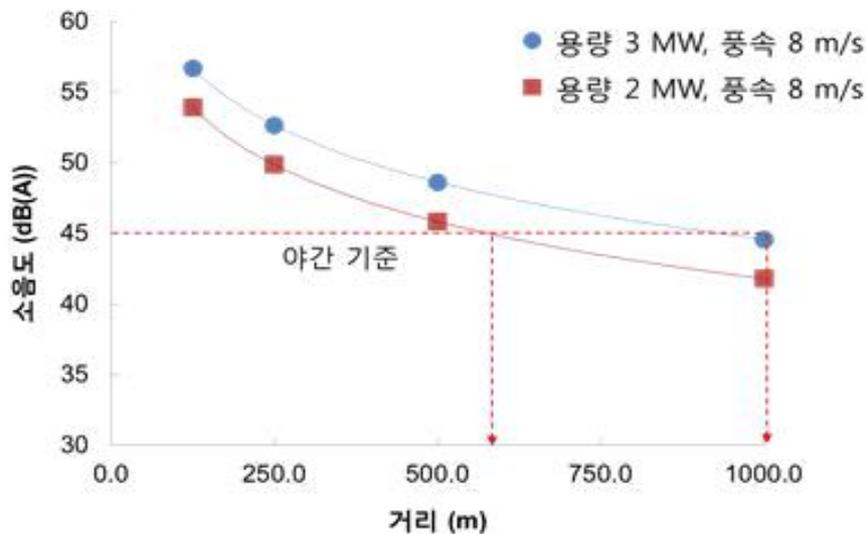
□ 한국교통대학교, 2016, 국내 풍력발전단지 소음영향조사 연구. 환경부

○ 육상풍력 단지의 환경 부문은 주로 소음·저주파 영향과 경관 영향임.

- 국내의 경우 대부분 풍력발전단지가 산지 고지대 능선부에 위치하고 있어 그림자 깜빡임으로 인한 주거환경영향에 대한 민원은 확인되지 않음.

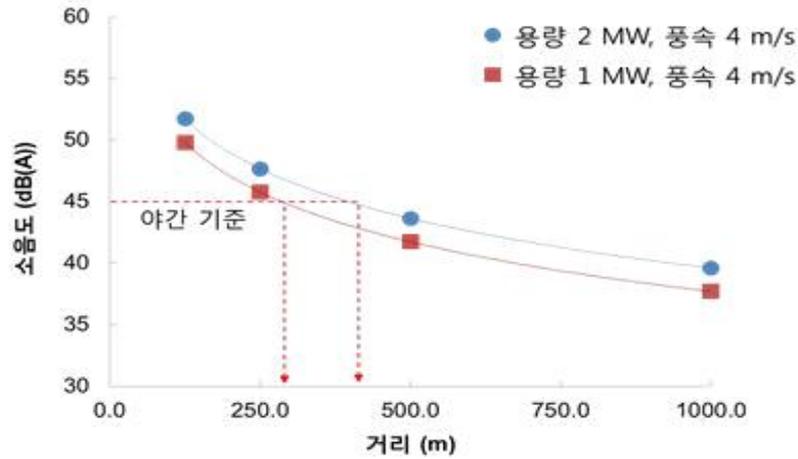
- 소음·저주파로 인한 수면장애와 거대 구조물로 인한 경관 위압감에 대한 주민민원이나 의견은 다수 발생함.
- 현재 국내 풍력발전단지 운영으로 인한 소음영향에 대한 실측 자료를 제시
  - 3MW 풍력발전기는 풍속 8m/s에서 1,030m까지 주거시설에 대한 야간소음 기준인 45dB(A)를 초과하는 것으로 나타남[그림 3-1].
  - [그림 3-2]에서와 같이 풍력발전기 용량이 작고 풍속이 낮은 경우에는 소음 영향범위가 축소되나 440m까지 야간소음기준을 초과하는 것으로 확인됨.
  - 이와 같은 실측 결과는 향후 4MW 이상 대형 풍력발전기 설치로 인한 소음영향범위는 더욱 확대됨을 의미하는 것으로 풍력발전단지 개발로 인한 직접적인 주거환경영향에 대한 보상이나 지원이 필요함을 의미함.

[그림 3-1] 2MW, 3MW 발전용량 소음도 비교(야간기준, 풍속 8m/s)



출처: 한국교통대학교(2016, p.37)

[그림 3-2] 1MW, 2MW 발전용량 소음도 비교(야간기준, 풍속 4m/s)



출처: 한국교통대학교(2016, p.38)

<표 3-3> 풍력발전단지 야간 운영시 소음영향 거리

발전용량(MW)	풍속(m/w)	소음영향 거리(m)	기준 적용
3	8	1,030	주거지역 야간 45dB(A)
2	8	640	
	6	600	
	4	440	
1	4	320	

출처: 한국교통대학교(2016, p.38)

- 풍력발전기로 인한 저주파소음은 80Hz 주파수에서 최대 1,000m까지 국내 저소음 기준을 초과함.

<표 3-4> 저주파대역 거리별 소음도

주파수(Hz)	측정 거리				주파수별 기준[dB]	
	125 m	250 m	500 m	1000 m	국내	대만
12.5	70.2	71.4	67.2	69.6	85	
16	69.1	69.9	66.7	67.0	82	
20	68.3	67.8	65.5	64.3	78	80.5
25	67.0	65.6	63.6	61.4	73	74.7
31.5	65.2	63.4	61.9	58.5	65	69.4
40	62.8	60.8	59.5	55.8	59	64.6
50	60.3	58.5	57.3	52.4	56	60.2
63	57.7	56.3	55.3	49.9	50	56.2
80	54.9	54.7	52.8	48.1	45	52.5

출처: 한국교통대학교(2016, p.42)

- 풍력발전으로 인한 상기 소음·저주파 영향범위가 1km 이상 발생한다는 점과 향후 풍력발전기 대형화에 따른 영향범위 확대를 고려할 때, 풍력발전기로 인한 경관영향은 어느 정도 소음영향으로 인한 주거환경영향 보상 및 지원을 통하여 해소될 것으로 예상.

## 1-4. 공공 갈등

□ 녹색연합, 2021, 생태보전과 민주적 의사 결정에 기반한 재생에너지 확대방안.

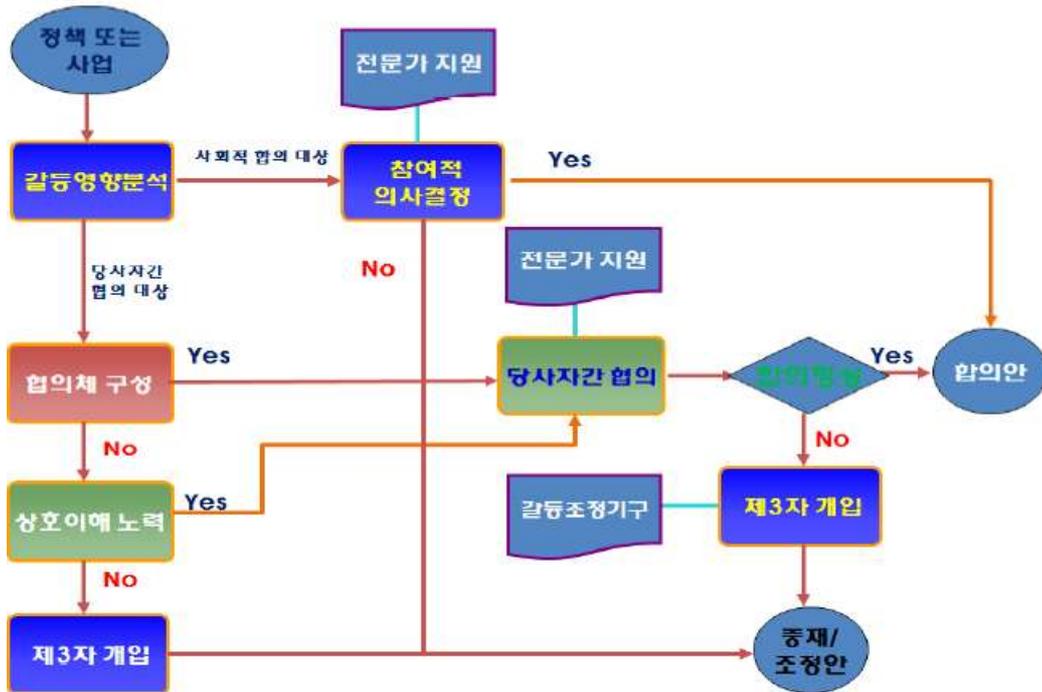
- 재생에너지 개발에 있어 입지 문제와 관련된 환경적 쟁점이 부각됨.
    - 국내 해상풍력의 경우, 데이터 축적 문제 등으로 영향평가 기준을 만들지 못하는 실정이고, 육상풍력의 경우, 생태계 훼손 문제 등으로 갈등이 심화되는 지역이 존재함.
    - 독일의 경우, 재생에너지 발전 사업에서 붉은 솔개(육상풍력)와 쇠돌고래(해상풍력) 보호 및 경관침해(태양광) 문제가 대두됨.
    - 독일, '재생에너지사업으로 인한 환경 침해가 우려되면 회피해야 한다'는 사전예방의 원칙을 적용함.
  - 재생에너지 발전 지역의 주민 수용성 개선을 위해 이해당사자들의 갈등을 조정할 수 있는 기구가 필요함.
    - 국내 재생에너지 발전 사업 수행 시 나타나는 갈등 원인으로 i) 환경에 대한 고려 없는 입지 선정, ii) 재생에너지발전설비에 대한 왜곡된 인식, iii) 생략된 민주적 절차와 지역상생 개념 없는 민원 대응, iv) 정책적 일관성 부재가 있음.
    - 2016년, 독일 KNE 갈등조정기구를 설립하였으며, 갈등조정 서비스를 무료로 제공함.
      - KNE: Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende, 자연보호와 에너지전환 역량강화센터
        - \* KNE는 25명의 연방정부 공무원과 52명의 조정자로 구성됨.
        - \* 재생에너지 개발 사업 갈등 조정 및 컨설팅, 규제 관련 기관 및 단계간 입장 조율, 환경 피해 조사에 대한 과학적 분석방법 및 저감기법 등을 제공함.
        - \* 유럽의 갈등 예방프로그램(ESTEEM)을 한국 상황에 적용한 K-ESTEEM을 충남 당진시 재생에너지 융복합 혁신벨트 조성 문제에 도입·실험 중인 사례가 있음.<sup>10)</sup>
  - 생태보전과 민주적 의사결정에 기반한 재생에너지 확대방안으로 i) 생태보전, 생물다양성과 합치되는 재생에너지 설비 가이드 구축, ii) 에너지민주주의를 경험하는 과정으로서 주민참여/주도 재생에너지 사업 추진, iii) 재생에너지 갈등관리 전담기구 설치 등이 제안됨.
    - \* 김강민 외(2018), 한국 사회에서 민주주의가 발전하고 사회가 다원화되면서 시민의식이 고취되고 정책 참여 및 민주적 절차에 대한 정당성 요구가 높아짐.<sup>11)</sup>
- 심준섭 외, 2014, 갈등관리 Role Model 확산을 위한 연구, 국무조정실·한국사회갈등해소센터
- 성공적인 갈등 해결 사례를 분석하여, 공공갈등 관리 프로세스를 제시함.
    - i) 공공기관장, 갈등영향분석 필요성 여부 판단
    - ii) 전문가에 의한 갈등영향 분석

10) <https://m.segye.com/view/20201116512857> (최종 접속일: 2021.9.19.)

11) 양연희(2021, p.181) 참조.

- iii) 갈등 사안 구분: 당사자간 협의 대상 또는 사회적 합의 대상
  - 사회적 합의 대상: 참여적 의사 결정 기제 사용
  - 당사자간 협의 대상: 이해당사자들의 협의체 구성 절차를 진행, 협의체 구성이 어려운 경우 정보 제공, 토론회, 공청회, 설명회 진행
  - 합의 실패 시 갈등 조정 및 중재 절차를 진행을 위해 제3자 개입

[그림 3-3] 공공갈등의 관리 프로세스



출처: 심준섭 외(2014, p.182)

○ 정책 제언

<표 3-5> 공공갈등 해결 프로세스

양적 분석 측면	질적 분석 측면
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공공갈등이 가치갈등으로 유발될 때 보다 이익갈등으로 유발될 때, 갈등 주체 간 협상 가능성이 높아지고, 적절한 보상기제를 통해서 갈등 관리의 성공 확률을 높일 수 있음.</li> <li>- 갈등이 발생할 수 있는 초기에 대응하는 것이 갈등의 장기화를 방지할 수 있음.</li> <li>- 다양한 이해당사자들이 참여하면 갈등은 복잡해지고 불확실성은 증대됨.</li> <li>- 갈등당사자 수가 증가하거나 규모가 커질 수록 갈등은 장기적으로 지속되는 경향이 있음.</li> <li>- 민-관, 관-관, 민-민 갈등이 복합적으로 결합됨.</li> <li>- 많은 공공갈등에서 이익갈등 속성이 내재되어 있음. 이익갈등이 있을 경우 적절한 보상기제를 통하여 해결할 가능성이 높아짐.</li> <li>- 갈등이 이분적으로 접근되면 갈등 기간이 장기화될 수 있음.</li> <li>- 성공적 갈등 관리 사례에서 갈등관리 방안은 평균적으로 4가지가 사용됨.               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시위 및 집회, 간담회·설명회·공청회, 협의체, 전문가 조사분석, 제3자 개입</li> </ul> </li> <li>- 갈등이 장기화 될 경우, 선거와 정치적 이벤트가 동반되는 경우가 많음.</li> <li>- 법 개정, 입법을 통해서만 갈등이 해결될 수 있는 경우 이해당사자 간 합의점을 찾기 어려워짐.</li> <li>- 갈등 지속기간에 유의미한 영향을 미치는 변수는 주민규모 뿐임.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 갈등이 초기에 관리될 경우 사회적, 경제적 비용이 낮아짐.</li> <li>- NGO, 시민단체 등의 개입으로 갈등의 차원이 가치갈등으로 바뀔 경우 갈등관리가 어려워질 수 있음.</li> <li>- 관-관 갈등의 경우 관-관 협의체가 구성되어야 함.</li> <li>- 비선호시설 입지 갈등에서 이익갈등이 집중될 경우, 선호시설을 동반하는 것이 대안이 될 수 있음.</li> <li>- 추진 중인 사업이 주민들에게 환경이나 건강에 위험하다는 인식이 들면 갈등관리 해결을 어렵게 만들기 때문에, 사업 초기부터 적극적인 주민참여와 정보공개가 필요함. 주민참여와 적극적인 정보 공개를 통해 위험에 대한 인식을 약화시키는 것은 해당 갈등을 가치 갈등에서 이익갈등으로 전환하여 보상기제를 통해 해결 가능하게 함.</li> <li>- 갈등관리를 위해 실질적인 대화, 의사소통, 약속 이행 등을 통한 신뢰구축이 가장 중요함.</li> <li>- 대화와 협의를 통한 신뢰구축을 통해 대안을 개발하는 것이 갈등관리에 도움이 됨.</li> </ul>

출처: 심준섭 외(2014, p.183~190.) 참조

- \* 이주형 외(2014), 갈등관리 체계 개선을 위해서 i) 갈등관리법률 제정, ii) 독립적인 사회적 합의형성 기구 마련, iii) 갈등을 회피해야 하는 대상이 아니라 지역 발전과 통합을 위해 필수불가결한 요인으로 인정하는 지자체 인식 전환, iv) 갈등조정 수단 이외의 관리방안 마련이 필요함.
- \* 한노덕(2014), 갈등관리제도를 개선하기 위해서 i) 갈등관리심의위원회 역할 강화 및 갈등영향분석의 내실화와 탄력적 운영 등을 통한 갈등관리제도 운영 개선, ii) 갈등관리 전담조직 및 갈등관리지원기구 설치, 갈등관리 매뉴얼 작성 및 인력 양성을 통한 갈등관리 역량 강화, iii) 성과관리강화와 갈등 예방·해결·실적 제고, iv) ADR(Alternative Dispute Resolution), 민주주의 의사결정방식 활용 확대, v) 갈등 예방 및 해결 지식관리체계 구축, vi) 공공토론제도 도입 등을 통한 사회적 합의형성을 위한 법·제도 개선이 필요함.
- \* 유향재(2016), 공공갈등 해결을 위한 방안과 국회 갈등 해결 기능 강화를 위해서 i) 정책사업 계획의 사전 공시 및 협의제도 도입, ii) 공공갈등관리 기본법 제정, iii) 국회 위원회 활동을 통한 공공갈등 관리 활성화, iv) 숙의와 토론을 위한 협의체 운영 활성화, v) 한국형 알메달렌 정치박람회 개최 검토 등이 필요함.
- \* 스웨덴 알메달렌 정치박람회: 2000년대 이후 매년 평균 10만명 이상이 참여하는 정치 박람회로 통합적·상생적 합의를 도출하는 협력적 거버넌스.
- \* 양연희(2021), 전력시설물이 비선호시설 갈등으로 인식되고 최근 두드러지게 발생하는 갈등 유형으로 이해관계가 장기적으로 첨예하게 대립되는 특징을 가지므로 전력시설물 특징에 맞는 갈등관리체계 구축이 필요함.

□ 안순철 외, 2020, 정부 갈등관리 실태 및 예산의 타당성 연구, 국회사무처·한국정당학회.

○ 「공공기관의 갈등 예방과 해결에 관한 규정」의 제2조(정의)에 따르면, 갈등이란 ‘공공정책(법령의 제정개정, 각종 사업계획의 수립추진을 포함한다. 이하 같다)을 수립하거나 추진하는 과정에서 발생하는 이해관계의 충돌’이라고 정의함.

<표 3-6> 공공갈등의 유형

분류기준	유형		내용
주체	정부와 주민 간 갈등		중앙정부와 주민 간 갈등 광역자치단체와 주민 간 갈등 기초자치단체와 주민 간 갈등
	정부간 갈등	수직적 갈등	중앙정부와 광역자치단체 중앙정부와 기초자치단체 광역자치단체와 기초자치단체
		수평적 갈등	광역자치단체와 광역자치단체 기초자치단체와 기초자치단체
특성	이익갈등		이해관계자들의 이익을 지키거나 추구하기 위한 대립 예) 토지이용, 시설입지 등
	가치갈등		가치와 신념 또는 이념 간의 충돌 예) 환경보호와 경제성장 등
	권한갈등		중앙정부와 지방정부 사이의 권한과 책임의 귀속 여부 또는 적합성 인·허가, 재산관리 등

출처: 안순철 외(2020, p.13)

자료: 김광구(2005), 나태준(2004)을 재구성

- 광역지자체와 지방자치단체 대상 갈등관리 능력(조직 구성, 인력, 예산, 조례 등)을 분석
  - 갈등관리 인력 측면에서 13개 광역자치단체의 평균 담당공무원수는 3.07명이고, 17개 기초자치단체의 경우 1.76명임.
  - 조례 측면에서, ‘갈등관리진단 대상사업’에 대해 규정하고 있는 광역자치단체는 5개 도시이고, 기초지자체의 경우는 전무함.
  - 갈등관리 예산 측면에서, 광역자치단체는 9개 시·도가, 기초지자체에서는 14개 기초단체에서 예산을 편성함.
    - 광역시·도의 예산은 평균 3천만 원, 지자체의 경우 1,900만 원으로 매우 낮음.
- 정부의 갈등관리를 개선하기 위해서 다음과 같은 개선 방향이 필요함.
  - 중앙부처의 갈등관리 교육 및 갈등관리 예산 편성을 위한 조항 제정이 필요함.
  - 지방자치단체의 갈등관리 예산을 증액하고 담당 인력을 보강해야 함.
  - 갈등관리진단대상 사업을 규정화함으로써 절차적 정당성과 효과적인 갈등관리를 위한 노력이 필요함.
  - 효과적인 갈등관리를 위한 ‘갈등관리 컨트롤타워’를 설치 필요함.
  - 갈등관리 교육의 대상과 범위 확대가 필요함.

- 갈등관리 업무를 수행하는 담당자에게 면책조항 및 인사상 우대조치가 필요함.
- 심성희 외(2018), 에너지 전환에서 지방정부의 역할이 중요하지만, 지방정부의 능력이 그렇지 못한 상황에서 지방정부 간 네트워크 구축이 보완책으로 고려될 수 있음.
- 최낙혁(2021), 지역개발 정책에서 지방정부의 효율성은 인적구성의 효율성과 재정 건정성이 중요한 요인으로 작용함. 지방정부는 관리 측면 보다는 현장 실무 측면에서 인적구성의 효율성을 강화하고, 지방 재정력을 확보할 수 있는 노력이 필요함.

## 1-5. 국제 사례

### □ OECD(2012), Linking Renewable Energy to Rural Development

- 재생에너지 프로젝트가 농촌의 경제성장을 촉진하기 위해서는 지역의 에너지 전략과 개발 전략이 서로 보완적이어야 함.
  - 재생에너지가 지역에 중장기적으로 보급되기 위해서는 해당 지역이 재생에너지 프로젝트로부터 경제적 이익 획득이 가능하여야 함.
  - 하지만, 재생에너지 프로젝트가 농촌 지역의 장기적 발전을 보장하는 것은 아님.
- 재생에너지 프로젝트가 농촌 지역발전을 촉진 시킨 사례들에서 발견되는 몇 가지 공통점은 다음과 같음.
  - 재생에너지 보급 전략이 국가 전략이 아닌 지역의 요구에 의해 추진되었다는 점임
    - 지역의 요구에 의해 개발된 재생에너지 프로젝트의 추진 방향 및 운영은 지역이 필요로 하는 것을 제공하는 것을 목적으로 함.
  - 성공적인 프로젝트들은 보조금에 대한 의존이 높지 않음.
    - 비교적 안정적 수준에 도달한 재생에너지 기술들을 선호함.
  - 재생에너지가 농촌 지역에 보급되었을 때, 관련 이해당사자들은 재생에너지 보급에 대한 적절한 대응을 함.
    - 지역에서는 프로젝트의 진행에 따라 농촌 지역 자원의 가치가 바뀔 수 있음을 인식하고, 해결책을 도모.
    - 예로, 재생에너지 프로젝트 시행으로 해당 지역의 경관 변화에 따른 관광 자원에 대한 활용도 변경될 수 있으므로, 지역 주민들은 관광 수입이 달라질 수 있음을 인식하고 이에 대해 해결책을 찾게 됨.
- 재생에너지를 농촌 개발에 성공적으로 통합한 프로젝트들의 주요 목적은 직접적인 일자리 창출이 아니라 합리적 가격의 에너지를 제공하는 것이었음.
- 지속적인 농촌 지역 개발과 재생에너지 프로젝트의 지역 주민의 수용성을 높이기 위해서는 포괄적인 거버넌스가 필요함.

- 정부 주도의 관리보다는 여러 이해당사자들이 재생에너지 프로젝트 의사결정에 민주적으로 참여할 수 있어야 함.
  - 협동조합, 지방정부, 지역 대학들은 신뢰할 수 있는 정보들을 제공하여 지역공동체가 재생에너지 프로젝트 시행에 대하여 객관적인 판단을 할 수 있도록 도움을 주어야 함.
- (수용성 인식 연구) U자형 지역 수용성 인식 전환에서 프로젝트 초기 민주적 참여가 중요
- 풍력 발전 사업에 관한 수용성 관련 문헌에서는 건설 이전-건설 중-건설 후로 나누어 재생에너지 선호가 변하는 U-shape의 지역 수용성 가설이 있음.
  - 해외에서도 국민 수용성은 높지만, 발전소 주변 수용성은 낮음.
    - 직접적인 이해당사자가 아닌 일반 시민의 경우는 풍력 사업에 높은 찬성율을 보이지만, 발전소 주변의 지역 주민들은 풍력 사업을 반대함.
    - 이러한 경향은 원자력 발전소 건립에도 해당되며, Petrova(2013)은 NIMBY의 근거로써 설명하기도 함.
    - 하지만, NIMBY 현상은 복잡한 수용성이슈를 다루기에는 부족한 요소들이 많음.
  - 사업 개발 이전에는, 풍력 개발 사업에 대해 지역 주민들도 일반 시민과 비슷한 수준의 호감도를 보임.
    - 사업이 실제로 시작하면 지역 주민들은 해당 설비가 해당 지역에 미치는 실질 효과를 고려하게 됨으로써 사업에 대한 선호도가 감소함.
    - 발전소가 건설되면, 지역 주민이 가지고 있던 재생에너지 사업에 대한 의심과 걱정이 줄어들거나(Warren 외, 2005), 건설된 발전소에 친숙해지며(Devine-Wright, 2005) 만족도가 상승함.
  - 하지만, 최근 연구 문헌에서 이러한 U-shape의 선호에 대한 반박 연구가 소개됨.
    - Mills 외(2019)는 지역 수용성에 대한 U자형 가설을 육상풍력 발전소를 대상으로 실제 자료를 수집하여 검증함.
      - 미시간 주의 9개 지역의 주민 약 1000여명에게 2014년과 2016년 동일한 설문 조사를 시행함.
      - 설문조사 결과는 풍력 발전 사업에 대한 지역 주민의 선호도가 변할 수 있다는 지역 수용성의 U자형 가설을 만족하지 않았음.
      - 설문 조사 결과는 지역 주민들이 풍력 발전 사업이 지역 일자리 창출과 토지 소유주 이익 제공에는 동의하지만, 건강 문제와 소음 공해 유발에는 동의하지 않았음을 보여줌.
      - 풍력 프로젝트의 위치 선정 등 사업 계획 초기부터 지역 주민들이 투명하고 공정하게 사업 진행에 참여하였다고 인식할 경우, 해당 프로젝트에 대해서 긍정적으로 평가함.
      - 지역 주민들이 프로젝트 참여가 절차적으로 불공정하다고 인식할 경우 2014년 대비 2016년에 해당 프로젝트에 부정적인 인식이 더 심화됨.

- 지역 주민이 프로젝트에 대한 인식을 변화시킬 수 있는 가장 요인은 프로젝트 시작에서부터의 민주적 참여의 보장임. 즉, 절차적 정의가 중요함.
- 개발 사업자는 입지 선정부터 프로젝트의 진행에 지역 주민들의 참여를 보장하고 관련 정보를 지역 주민 및 이해당사자에 투명하게 공개해야 함.

□ 호주 뉴사우스웨일주(NSW) 가이드라인<sup>12)</sup>

- NSW는 풍력 발전 사업의 수용성을 높이고 지역공동체의 이익공유 체계를 구축하여 지역 사회를 통합하기 위해 ‘Strategic options for delivering ownership and benefit sharing models for wind farms in NSW’를 발간함.
  - NSW에서 개발사업자는 지역공동체와 발전 사업으로부터의 이익을 공유할 의무가 없음.
  - 일반적으로 개발사업자는 발전 시설의 토지 사용료를 토지 소유주에게 제공함.
  - 하지만, 해당 프로젝트 사업지 근처 주민들은 어떠한 혜택도 없이 사업 시작에 따른 경제적 불이익을 받는 등 불평등 문제가 발생하게 되면서 지역 사회가 분열됨.
  - 이를 해결하기 위한 가이드라인을 발간함.
- 성공적인 풍력 발전소 건설 등의 지역에 큰 영향을 줄 수 있는 개발 사안에 대한 결정과정을 합리적이고 투명하게 추진하기 위한 독립기구(JRPP<sup>13)</sup>)를 설립하여 운영하고, 개발 사업자가 준수해야 할 주요 규정(regulations)과 지침(guidelines)을 제시함.
  - 3천만 달러 이상의 대규모 풍력 개발은 환경계획평가법(Environmental Planning and Assessment Act)을 준수하여 재생에너지 프로젝트 개발에 따른 악영향을 완화시켜야 함.
  - 세 가지 목적을 지닌 풍력 발전 프로젝트의 계획 지침 초안(Draft Planning Guidelines—Wind Farms)이 제시됨.
    - 풍력 프로젝트의 평가와 결정에 명확하고 일관된 규제체계를 제공.
    - 커뮤니티 협의에 대한 명확한 절차를 개략적으로 기술함.
    - 풍력 프로젝트의 잠재적 환경 소음 영향 측정 및 평가 방법에 대한 지침 제공.
  - 개발 사업자는 풍력 발전 개발을 위해 이해당사자들 간의 협의를 위한 지역사회자문위원회 (Community Consultative Committee; CCC)를 설립함.
  - 개발지 주변 2km 이내의 모든 이해당사자들의 서면 동의 획득이 필요함.
  - 서면 동의를 받을 수 없으면, 개발 사업자는 사이트 호환성 인증서(Site Compatibility Certificate; SCC) 받아야 함.
    - 개발사는 경관 및 소음이슈에 대한 상세한 정보(그림자 깜빡임, 빛 번짐 등)와 함께 SCC를 DPI&E에 신청함.
    - DPI&E<sup>14)</sup>는 해당 SCC와 정보를 웹사이트에 공개하고 21일 동안 코멘트를 받음.

12) 정성삼·이승문(2018) 제4장 참조

13) Joint Regional Planning Panel의 약자로, 주요 인적 구성은 주의회 계획 관련 전문가로 이루어짐.

14) Department Planning Industry and Environment의 약자로, NSW 정부의 한 부에 해당.

- DPI&E는 해당 프로젝트 2km 이내의 지자체 의회와 토지 수유주에게 알리고 21일 동안 코멘트를 받음.
  - DPI&E는 이러한 코멘트 혹은 독립적인 소음 및 경관 전문기관에서 추가 고려사항을 구하여 이를 근거로 프로젝트에 추가적인 권고사항을 정리함.
  - JRPP 역시 추가적인 권고사항을 제시할 수 있으며, 지역 주민 회의를 열 수 있고, SCC를 최종적으로 발급하게 됨.
  - DPI&E은 이를 근거로 지자체 장의 승인문건 발급하고,<sup>15)</sup> 개발자는 환경효과평가(Environment Impact Assessment)를 진행할 수 있음.
- 새로운 이익공유 체계에서는 분배 문제보다는 지역 사회 화합, 공동체 참여 활성화, 풍력 발전 사업 수익의 토지 소유자와 지역공동체로의 환원에 대한 고려가 필요함.
- 이익공유 체계는 지역공동체와 개발 사업자 간 자발적 합의이며, 이는 크게 지역공동체 혜택, 토지주 혜택, 지역공동체 소유의 3가지 종류로 분류됨.

[그림 3-4] NSW의 이익공유체계



출처: 정성삼·이승문(2018, p.52)  
원출처: Ernst & Young(2014, p.2)

- 주정부와 개발 사업자가 이익공유 체계를 구축하기 위해서는 세 가지 고려사항이 필요함.
- 첫째, 이익공유 체계를 정책이나 계획에 포함시킬 필요가 있음.
    - 호주에는 풍력 개발 사업자가 지역 공동체에 재정적 지원을 해야 한다는 규제가 없으므로, 이익공유 체계는 계획지침 초안에도 포함되어 있지 않음.
  - 둘째, 이익공유 체계는 개방적이고 투명한 협의 과정을 만들어 지역 공동체와 개발 사업자 간의 신뢰를 형성시켜야 함.
    - 프로젝트에 대한 정보가 투명하게 지역 주민들에게 제공되어야 함.

15) Director-General's environment assessment Requirements의 약자로, 사업자가 준비한 정보에 근거로 이 문건이 발급되고, 그 후 환경영향평가를 진행하게 됨.

- 이익공유 체계 구축을 위해 법률, 계획, 거버넌스, 회계 및 재무에 관한 전문가의 조언이 요구됨.
- 금융기관과 주정부의 자금 제공이 필요함.
- 셋째, 이익공유 체계로부터 발생하는 수익의 변화를 고려해야함.
- 만약 지역 공동체가 풍력 개발에 재투자할 경우 투자자로서 위험을 감수하고 높은 투자 수익율을 요구할 수도 있음.
  - \* 스코틀랜드 재생에너지 보급을 위한 지침서, 이익공유에 참여하는 지역 주민에 대한 명확한 기준이 필요하며, 지역 주민의 참여는 개발 초기부터 공정하고, 투명하고, 공개적으로 이루어져야 함. 정부는 지역공동체의 이익공유 체계 운영에 대해 필요한 항목들을 권고함.
  - \* 잉글랜드 재생에너지 보급을 위한 지침서, 이익공유체계 구축을 위해 시기의 적절성, 투명성, 건설성, 포괄성, 공정성, 비조건성의 6가지 원리를 제공함. 사업 준비 단계에서 지역주민의 참여와 지역공동체 이익 유형에 대한 논의가 필요함. 지역 당국의 역할은 계획 단계에서 중요함. 이익공유 체계 합의 후 관리 시스템을 구축해야 함.
  - \* 호주 빅토리아주 재생에너지 보급을 위한 지침서, 지역 주민과 사업자 간의 신뢰형성과 투명한 절차가 중요하고, 지역 주민 참여는 모든 절차에서 이루어져야 함. 또한, 이해당사자 간 갈등을 관리할 수 있는 시스템을 만들어야 함.

## 1-6. 시사점

- 지방정부의 필요에 의한 재생에너지 프로젝트 확대와 이를 뒷받침할 수 있는 체계 구축으로 재생에너지 프로젝트 운영·관리에 대한 가이드라인 작성이 필요함.
  - OECD(2012)의 사례는 재생에너지가 농촌 지역에 중장기적으로 확대와 경제적 이익 획득은 상관관계로 1. 지역의 요구로 추진. 2. 성공적인 프로젝트들은 보조금에 대한 의존이 높지 않음. 3. 재생에너지의 설치 후, 관련 이해당사자들은 재생에너지 보급에 대한 적절한 대응을 함.
  - 이를 위해 지방자치단체의 재생에너지 (수용성, 관리) 부문 예산을 증액하고 담당 인력을 보강하거나 현실적으로 기존 인력에의 교육을 통해 에너지 및 갈등 관리 서비스 제공하여 지자체 스스로 필요한 수요를 발굴할 수 있는 체계를 갖출 필요
  - 지방정부가 주체가 되어, 풍력설비 인허가, 소음 및 경관 기준 등에 대한 합의된 가이드라인 작성으로 사업 절차에 대한 효율적으로 추진함과 동시에 공정성 및 투명성을 제고할 필요
- 지역 사회의 화합, 지역 내에서의 공동체 참여 활성화, 풍력 발전 사업 수익의 광범위한 지역에서의 환원이 포함되는 이익공유체계 필요
  - 지역 내 다양한 이해관계자의 이익을 다양하게 포함하는 이익공유패키지를 공정한 절차로 구성하고, 객관적으로 투명하게 지역 공동체에 도움이 되도록 운영하되, 폭넓은 지역의 이익 공

유가 필요

- 그 외 법률, 계획단계, 거버넌스, 회계 및 재무에 관한 전문가의 조언과 지방정부의 후원, 금융기관과 지방정부의 금융 제공 필요
- 이익공유 체계는 지역과 프로젝트 특성에 맞게 다양하게 설계될 수 있지만, 성공적인 이익공유 체계를 설계하기 위해서는 지역공동체가 프로젝트 개발 초기부터 참여하는 것이 중요함.
- 수용성 인식 문헌 연구는 초기 단계의 프로젝트에 대한 인식과 절차적 정의의 중요성을 강조함.
- 정부 내에서도 부처 간 이해 조정을 위한 협의체 신설, 갈등관리 교육 및 갈등관리 예산 편성을 위한 조항 제정 등을 통한 대응 필요

## 2. 지역 수용성 사례 분석

### 2-1. 국제 사례

#### 가. 브레벡 시민풍력발전단지

##### □ 단지 개요

- Bürgerwindpark Brebek는 독일 덴마크 국경 인근에 위치함
  - 브람슈테트룬트(인구 200명), 아델룬트(인구 1,400명), 칼룸(인구 200명) 지역 시민 에너지 프로젝트임.
  - 원래 계획은 풍력 터빈 18기였으나(Nordfriesland Tageblatt 2017), 아델룬트에 위치한 독일군 감청기지의 반대로 총 12기의 터빈이 2단계에 걸쳐 설치됨.

##### □ 수용성 및 경제적인 이슈

- 추가 소득원을 모색하던 농민과 지주들이 프로젝트를 시작함.
  - 현지의 프로젝트 개발 업체와 미리 접촉하였고, 개발 업체가 계획과 건설을 담당함.
  - 프로젝트 개발 업체에 따르면 성공의 핵심 요인은 프로젝트 개발 업체의 직원들임.
  - 지역 개발 업체는 그 지역에 오래동안 사업을 성공적으로 수행해왔고, 지역사회에서 존경받고 있었을 뿐 아니라, 그 이전에 담당했던 프로젝트의 수용성이 좋았기 때문에 일정한 신뢰 자본도 보유하고 있었음.
- 인근 지자체인 브람슈테트룬트, 라델룬트, 칼룸은 프로젝트가 승인되기까지 실시된 모든 토의에 참가함.
  - 풍력 발전단지에서 가장 규모가 큰 지자체인 라델룬트는 모든 주민을 초청하여 총회를 개최함.
  - 총회에서 프로젝트의 세부사항을 소개하고 질의응답 시간을 가진 후 풍력발전단지 프로젝트에 대한 주민투표를 실시함(BWE Landesverband Berlin/Brandenburg 2019).
  - 그 결과 프로젝트가 절대적인 지지를 얻음으로써 향후 단계를 진행해 나가는 데 필요한 정치적, 여론적 배경을 확보함.
  - 다른 두 지자체에서도 이러한 총회를 개최하여 정보를 제공함.
  - 풍력발전단지에 능동적으로 참여할 수 있는 기회를 제공하기 위해 모든 가정에 우편물을 배송하였으며, 관심 있는 사람들은 추후 보다 상세한 정보를 얻을 수 있었음.
- 인근 지자체의 모든 성인 시민, 지주, 기술직 종사자들은 풍력발전단지 설립 당시 주당 1,000 유로의 가격으로 지분 투자 가능함(BWE Landesverband Berlin/Brandenburg 2019).
  - 2012년의 증자를 통해 주식 보유액 한도가 37,000유로까지 상향조정됨.
  - 풍력발전단지가 필요로 한 투자액은 5450만 유로로, 그 중 1200만 유로를 시민들이 투자함.

- 나머지 4250만 유로는 민간 은행과 KfW(독일의 정부 소유 개발은행) 기금의 대출로 충당함 (Nordfriesland Tageblatt 2017).
- 풍력 발전단지의 판매세는 연간 약 300,000유로에 달하며, 각 지자체의 설치 발전설비용량에 따라 배분됨.
  - 판매세는 목적세가 아니라 지자체의 일반예산에 편입되고 투자액의 약 1/3 정도가 지역 내에서 재투자되면서 현지의 건설사와 기획사가 큰 혜택을 받을 수 있음.
- 본 프로젝트로 현지 계획사무소에서 추가적으로 인원을 채용하였고 건설 기간 동안 약 40개의 일자리가 창출됨.
  - 프로젝트에 참여한 지자체 세 곳의 인구 합계가 2,000명 안팎의 수준임을 감안하면 유의미한 수준의 고용창출 효과를 가져온 것으로 보임.
- 풍력 발전단지 운영사는 수익의 일부를 지역사회에 사회적 프로젝트에 할당을 약속함.
  - 모든 시민들이 주식 매입을 통해 풍력발전단지의 혜택을 직접적으로 누리는 아님.
  - 지역의 다른 풍력 발전단지 운영사들의 기부금으로 현지 클럽용 카누 한 대와 공공 운송용 밴 자동차 한 대, 공공용 고속 와이파이를 구입·설치함.

## 나. 아츠펠트 풍력발전단지

### □ 단지 개요

- 2018년과 2019년 가동 개시된 아츠펠트의 풍력발전단지 2곳은 총 32.4MW 용량, 풍력 터빈 9기가 설치됨.
  - 약 23,000 가구에 전기를 공급할 만한 설비용량에 해당하여 인구 9,500명의 아츠펠트의 전력 수요를 초과함.

[그림 3-5] 아츠펠트 육상풍력 위성 사진



출처: google map

□ 수용성 및 경제적인 이슈

- 지자체가 개발업체에 개발 요청으로 시작된 사업으로 진행이 원활하였음.
  - 43개의 소규모 지자체로 구성된 아츠펠트 공동체협의회가 프로젝트 인허가 및 건설을 위한 조치들을 먼저 취함.
  - 약 150명의 민간 지주로부터 잠재적 부지를 임대한 후, 지역 개발업체에 개발을 요청함.
  - 43개 소규모 지자체들 사이, 150명의 민간 토지 소유주와 빈번하게 의견을 교류하며 사업을 진행함.
  - 지자체 의원들 및 시장과의 면담을 통해 사업 시작 전에 인허가 및 개발에 대한 준비를 모두 갖추.
  - 안드레아 크루퍼트(무소속) 시장의 강한 의지와 시민들의 자발적 참여는 지역사회 수용성을 획득하는 데 결정적인 역할을 함.
- 지역 주민들이 우려한 것은 경관, 풍력 터빈이 보인다는 점, 거리, 소음, 일조장애 등 주민들의 삶의 질에 미치는 영향임.
  - 우려를 불식시키기 위한 공청회를 여러 번 진행하고 시민, 전문가, 승인당국, 프로젝트 개발업체 간의 대화를 통해서 대부분의 시민들이 단지 건설에 찬성함.
- 체계적인 정보 공개 과정 및 투명한 절차, 적극적인 홍보는 지역 주민의 찬성을 이끌어내는 원동력이 됨.
  - 프로젝트 승인 과정 시작 첫 날부터 시민들에게 풍력발전단지에 대한 정보를 제공하는 웹사이트를 개설됨.
  - 승인과정 동안 약 60건의 공청회 등이 개최되고 현지 신문의 적극적 홍보 등으로 인터넷 접속이 어려운 주민들도 프로젝트에 대해 업데이트된 정보 획득이 용이하였음.
  - 지역 단체들은 시민들이 풍력 발전단지의 편익에 대해 확신할 수 있도록 일조하고, 현지 가치 창출 기회도 제공함.
- 토지 소유주에게 지불하는 임대료 지급 방식도 타 사례와 차별적으로 설계되어 호응을 얻음.
  - 보통 풍력 발전단지 운영사는 단일 계약들을 협상하고 여러 지주들에게 직접 임대료를 개별 지급함.
  - 아츠펠트의 경우 모든 지주들은 지자체와 법적인 관계를 체결했고, 지자체가 부지를 운영사에게 일괄 임대함.
  - 프로젝트에 포함된 43개 지자체 중 새로운 풍력 터빈의 직접적인 영향권에 놓인 지자체는 5개임.
  - 보통 운영사는 이 5개의 지자체에게만 보상금을 지불하게 되나 이 경우 모든 지자체가 연대협약(Solidarity Pact)이 되어 있어 나머지 38개 지자체도 보상금을 받도록 계약함.
  - 연대협약에 따르면 지자체가 받게 되는 토지 임대료 수익 총액의 1/3을 연대 기금에 제공하

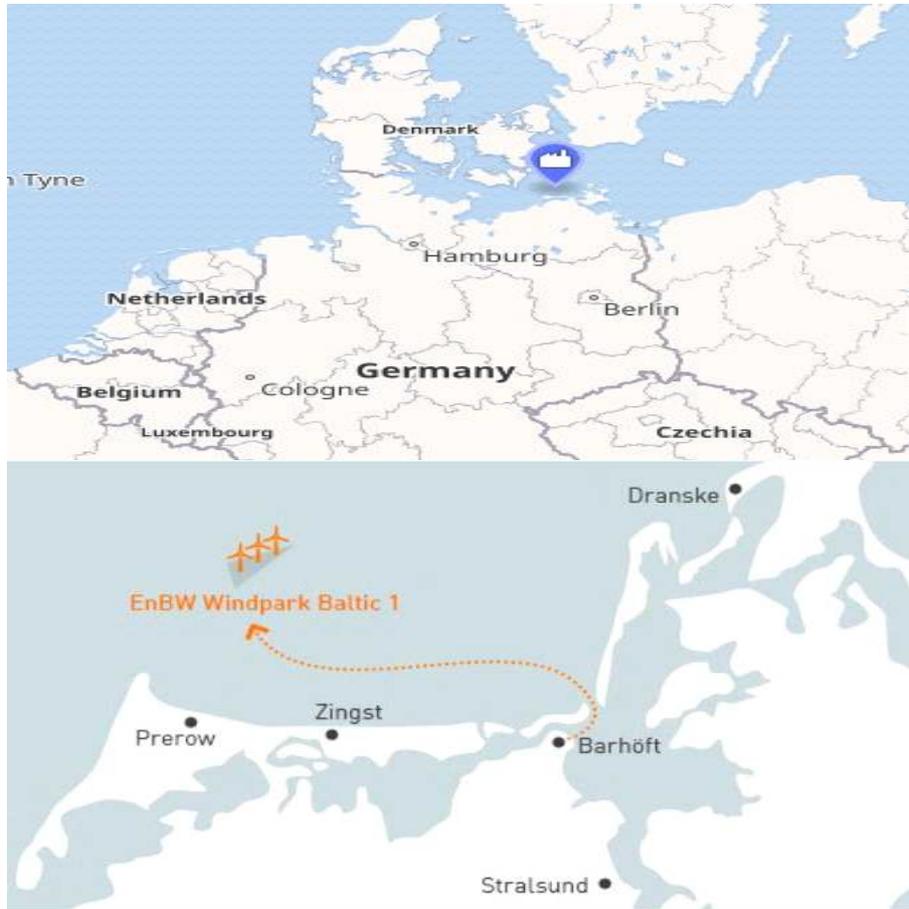
- 여 모든 지자체가 공평하게 혜택 받도록 정함.
- 나머지 지분은 각 토지 소유주가 임대한 면적에 비례하여 배분됨.
- 모든 지주와 지자체가 동일한 계약 조건에서 동일한 대우를 받는 점이 연대 협약의 특별한 점임.
- 연대협약은 모든 참가자들이 함께 협상하여 만장일치로 채택하였으며, 해당 지자체의 모든 시민들이 혜택을 입었기에 수용성에 긍정적인 영향을 줌.
- 시민들의 직접 투자 방식으로 프로젝트에 참여할 기회를 제공함.
  - 시민들은 “Windsparbrief”라는 풍력저축증서를 구입하여 투자에 참여할 수 있음.
  - 지자체는 풍력발전단지 운영사와의 협력 하에 상대적으로 덜 위험한 참여방식을 선택하여 은행 저축증서의 형식으로 시민들이 투자에 참여. 투자 금액에 대해서는 저축증서의 만기까지 고정이율의 이자가 지급되며, 만기가 되면 투자한 금액을 환급받음.

#### 다. 발틱 1 해상풍력발전단지

##### □ 단지 개요

- 독일 최초 민간 개발 해상풍력발전 단지
  - 독일 발틱해 Darß/Zingst 반도의 북쪽 약 16km 떨어진 해상에 위치
  - 크기 및 설비 용량 : 7 평방 킬로미터의 크기에 21개의 터빈(2.3MW, 모노파일 타입)으로 총 48.3MW 설비용량임. 약 5만 가구에 전력공급 가능함.

[그림 3-6] 발틱 1 해상풍력단지 위치



출처: wikipedia<sup>16)</sup>, EnBW 홈페이지<sup>17)</sup>

#### □ 수용성 이슈

- 관광업 부문의 터빈 설치로 인한 경관 훼손의 우려
- 운영사는 사전 시각화 자료를 준비해 공식 프로젝트 승인 신청서와 함께 제출하여 이에 대응함.
- 환경 부분은 지역 주민의 환경 영향에 대한 근본적인 반발은 없었으나, 환경 NGO 단체에 의해 공사 소음이 돌고래로 대표되는 해양 포유류에 미칠 피해 가능성이었음.
  - 일부 포유류가 공사 중에 해안으로 떠내려 오기도 했으나, 이는 프로젝트 전의 상황으로 프로젝트와의 직접적인 연관관계가 있다는 증거가 발견되지 않았음.
  - 지방 정부, 환경 NGO와 프로젝트 개발 업체 간의 열린 대화의 자리가 마련되어, 환경 조사 범위 확대, 환경 재단 기금 마련과 해상풍력 발전기 건설 중 해양기포막 설치를 통해 해저 공사 소음 감소 조치가 실행됨.
  - 재생에너지 전환재생 에너지 전환 시범 사업의 면모와 단지 내 해양 생물다양성에 긍정적인 기대 효과를 인식하게 되면서 오히려 프로젝트의 지지자로 돌아섬.(Dannheim, Jennifer, et al.(2013))

16) [https://en.wikipedia.org/wiki/Baltic\\_1\\_Offshore\\_Wind\\_Farm#/map/0](https://en.wikipedia.org/wiki/Baltic_1_Offshore_Wind_Farm#/map/0)

17) <https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/windenergie/unsere-windparks-auf-see/baltic-1/>

- 지역사회 가치 창출 및 주민의 자본 참여 여부는 대규모 투자가 필요한 해상풍력 단지에서는 어려우나, 타 경제적인 지원을 위한 방안을 마련함.
  - 해상풍력 단지의 모니터링을 위해 운영 및 관측 사무소 개소
  - 역내 해운사는 해상풍력 운영 및 지원 서비스 기술자를 위한 수송 지원
  - 서비스 제공 업체는 식사 제공, 수리 및 항만서비스 공급 계약의 수혜를 얻음.
  - 풍력단지에 대한 관광상품이 판매됨.
  - 풍력단지 소유주체인 EnBW가 위치한 남서 독일 지역에서 복수의 “Stadtwerke”(공동소유 전력업체)가 부분적으로 지분을 소유하여, 일부 지자체의 경우 Stadtwerke를 통하여 프로젝트에 자본 참여가 가능하게 하였음.

## 라. 덴마크 Vesterhav Syd 해상풍력발전단지

### □ 단지 개요

- 덴마크 정부는 해상풍력 부지 개발 및 입찰을 위한 사전 검토 보고서를 통해 입찰 후보지로 16곳의 연안 부지를 지정하였고, 공청회와 검토를 거친 후, 지자체의 후원을 받을 수 있는 여섯 개 지역을 선정, Vesterhav Syd도 그 중의 한 곳이였음.
  - 정부 주도 입찰에 대한 사전 심사 보고서는 매우 철저했고 프로젝트와 관련된 지자체의 지원을 받는 부지만이 입찰에 참여
  - 해당 사업은 350MW의 풍력 프로젝트 건설과 운영은 덴마크 해안선을 따라 위치한 5개 인근 지자체에서 맡음.
  - 스웨덴 소유의 국영 회사인 Vattenfall은 Vester Syd와 인근 Vesterhav 북해상에 위치한 풍력 발전단지 낙찰에 성공함.
- 2016년 Vattenfall는 Vester Syd개발을 착수하였으나, 지역 별장 소유주의 반발로 해상 풍력 발전단지의 건설은 상당히 지연(3년)됨.

### □ 수용성 이슈

- 프로젝트의 일차 이해 당사자는 자치도시인 Ringkøbing-Skjern 지자체 및 별장 소유주를 포함한 지역 주민, 단지 개발사인 Vattenfall사임.
- 환경영향평가를 포함한 사전 조사들은 특히 다음을 고려하여 수행함.
  - 사람 및 동식물 생태, 토지, 물, 공기, 기후, 경관, 유형 자산과 문화 유산, 그리고 이러한 요소 간의 시너지
- 3개의 지자체 지역 주민은 600명이 참여한 설문조사 결과 약 72%의 찬성을 보였음.(아주 긍정 29%, 긍정 43%)
- 그러나 나중에 별장 소유주가 중심이 된 주민들의 강력한 반대로 해당 시의 지역 정치인들이

지지를 철회하고, 이로 인해 개발이 3년 지연됨.

- 결국 새로운 EIA 결과 단지 개발이 부적합한 것으로 판결되어, 최종적으로 단지가 개발되는 해상의 위치를 수정하여 새롭게 개발 진행, 2020년에서야 개발 승인을 얻게 됨.
- 동 사업에서는 지자체의 개발 사업 지원과 지역 주민의 소유권 획득 방안으로 개발 단지의 일부를 직접 투자할 수 있는 방안을 고려하였고, 그 외에는 유인책이 부족함.
  - 지역에서는 일자리 보급의 문제를 중요하게 생각한 것으로 나타남.
- 동 사업의 반대는 소셜미디어를 통해 반대여론이 퍼져 나갔으므로, 공공관계 설정과 소셜미디어를 통한 적극적 홍보가 필요함을 시사함.

## 2-2. 국내 사례

### 가. 제주 탐라 해상풍력단지

#### □ 단지 개요

- 국내 최초의 상업용 해상풍력발전소인 제주 한경면 두모리.금등리의 30MW급 해상풍력단지는 2017년 9월에 준공됨.
- 3MW의 풍력발전기 10기를 설치하였고, 건설기간은 30개월(2015.4~2017.9)이었으며, 총 사업비는 1,650억원임.

<표 3-7> 제주도 풍력발전 개발사업 시행절차(인허가)

해상풍력개발 입지환경 기초조사 (조례 제 20조 제 1항, 고시 제 4조 별표 9 2항 나)	사업자
해상풍력발전지구 · 지정계획(안) 수립 (조례 제 20조, 고시 제 4조 별표 9 2항 아)	제주도지사*
지정계획(안) 공고 및 주민의견수렴 (조례 제 21조)	제주도지사
위원회 심의 (조례 제 6조)	제주특별자치도 풍력발전사업심의위원회
도의회 동의 (조례 제 20조 7항)	제주도지사
해상풍력발전지구 지정 고시 (조례 제 23조)	제주도지사
사업시행예정자 지정 (특별법 제 228조, 조례 제 7조)	제주도지사
개발사업시행 승인신청서(안) 작성 (특별법 제 229조, 조례 제 14조)	사업자
개발사업시행 승인신청 (특별법 제 229조, 조례 제 14조, 고시 별표 5)	사업자 →제주도지사**
위원회 심의 (조례 제 13조 제 3항)	제주특별자치도 풍력발전사업심의위원회
개발사업 승인 고시 (조례 제 13조 제 3항)	제주도지사
풍력발전사업용 전기설비의 공사계획 인가 또는 신고 (조례 제 16조)	제주도지사
개발사업 착공신고 (조례 제 17조)	사업자 →제주도지사

출처: <http://tamra-owp.co.kr/2019/sub0204.php>

\* 구비서류(고시 별표 9) : 해상풍력발전지구 지정심의서, 해상풍력발전지구 이용계획서, 입지기준 적합성 계측자료, 해당마을 의견수렴자료, 문화재보호구역·군사기지 및 군사시설보호법·전파관리법·항공법 등 관련법령에 의한 합의내용

\*\* 구비서류 : 개발사업시행 승인신청서, 환경영향평가서(100MW이상인 경우), 해역이용협의서, 해상교통 안전진단, 경관 사업계획서

□ 수용성 이슈

- 사업추진 과정에서 해상풍력발전기 가동에 따른 소음과 어획량 감소 우려, 공사기간 동안의 피해보상, 발전수익의 마을발전기금 기부 금액과 기간 등을 놓고 갈등과 대립 발생<sup>18)</sup>

□ 수용성 문제의 해결

- 사업자와 어촌계·해녀·마을주민 등은 착공까지 9년 동안 대화하고 설득하고 양보하면서 합의를 이룸.
  - 현재 긍정적으로 바뀐 주민들은 해상풍력발전기 추가 건설사업(2023년 예정)에 동의한다는 청원서를 도청에 제출하기까지 함.<sup>19)</sup>

18) 대한민국 정책브리핑([www.korea.kr](http://www.korea.kr)), “10년간 대화하고 신뢰 쌓아 성공했죠”...이것이 그린 뉴딜 ‘주민참여 상생 모델’, 2021.5.25.

- 사업자는 두모리와 금등리 마을회에 수익 일부를 환원(4.5억 원/연) 하고, 제주도에도 총 30억 원(준공시 10억 원, 매년 2억 원씩 10년간 지급)을 발전기금으로 출연하여 지역경제 활성화에 기여하고 있음.<sup>20)</sup>
- 주민들이 우려했던 소음문제는, 현재 해상 풍력발전기가 해변에서 가까운 곳은 600m, 먼 곳은 1,200m 정도가 떨어져 있어 풍력발전기가 돌아가도 파도 소리 등에 묻혀 해변에서는 소음을 거의 느끼지 못한다는 반응임.
- 생태계 파괴 우려와 달리 각종 어패류 개체 수가 늘어났다는 평가가 주를 이루고 있음.
  - 발전소 준공 이후 주기적으로 시행한 모니터링 결과, 설치된 기초구조물이 어초 역할을 하면서 자리돔·놀래기(어랭이)·쥐치(객주리)·감성돔·참돔(황돔) 등의 어류 개체 수가 오히려 증가

## 나. 신안 안좌면 태양광발전

### □ 단지 개요

- 신안 안좌도의 96MW급, 자라도의 24MW급 태양광발전소가 2020년 12월 상업운전을 개시함

### □ 수용성 이슈

- 자라도 주민들은 사업자가 태양광발전소 허가를 신청할 2017년 12월 당시 환경훼손을 이유로 태양광발전소 건립을 반대함.<sup>21)</sup>
- 주민들은 ‘환경훼손이 웬말이냐’라는 내용의 플래카드를 내걸고 수차례 반대집회를 가졌음.
- 주민들의 반대에도 불구하고 신안군은 2018년 1월 태양광발전소 건립의 허가를 내주었음.

### □ 수용성 문제의 해결

- 신안군은 사업자와 주민들 사이에서, 주민들이 협동조합을 구성해 태양광발전소 지분(30%)에 참여하는 중재안을 내놓아 갈등을 해결함.
- 2018년 10월 신안군은 전국 최초로 ‘신안군 신재생에너지 개발이익 공유 등에 관한 조례’를 제정해 인근 주민들의 30% 이상 지분 참여를 제도화함.<sup>22)</sup> 조례에 근거해 주민과 신안군은 공동 협동조합을 설립함.
- 사업자와 주민, 신안군은 협약을 통해서 각 측의 역할을 정함.
  - 사업자 측은 태양광발전소 부지의 30%를 무상으로 협동조합에 제공
  - 협동조합은 태양광발전소를 담보로 금융권으로부터 태양광발전소 시설에 필요한 자금을 확보
  - 신안군은 협동조합의 설립과 컨설팅, 행정절차를 지원하고 사업자와 주민 간의 가교 역할을 함.

19) 대한민국정부, 보도자료 “공익과 상생, 경제성으로 생활현장에서 확산하는 ‘한국판뉴딜’”, 2021.4.29. 이하도 출처 미표기시 이를 참고함.

20) 산업통상자원부, 보도참고자료 “백운규 장관, 제주 탐라해상풍력단지 현장 시찰”, 2018.7.18.

21) <https://www.segye.com/newsView/20191107513994?OutUrl=naver>

22) 조례 원문: “주민과 신안군의 참여 지분은 발전소 설립 법인 등의 주식, 채권, 펀드 등으로 하고, 발전소 법인 등의 지분율의 30퍼센트 이상 또는 총사업비의 4퍼센트 이상으로 한다.”

- 주민들은 금융비용과 관리비용을 공제하고 남은 이익금을 받게 됨.
- 2021년 4월 말에 최초로 1/4분기 수익금의 약 30%인 4억2천만원이 협동조합에 배당금으로 지급됨.
- 안좌, 자라 2,935명 전체 주민을 대상으로, 1인당 51만원~12만원까지 지급

#### 다. 태백 가덕산 풍력발전단지

##### □ 단지 개요

- 태백시 원동 일대에 43.2MW급 풍력단지가 2021년 6월 준공됨.
- 3.6MW의 풍력발전기 12기로 구성, 연간 예상 발전량은 10만8천988MWh임.

##### □ 수용성 확보 방식

- 국내 최초 주민참여형 풍력발전사업으로, 마을기업을 통해 주민이 50억원을 투자함.<sup>23)</sup> 주민참여형이기 때문에 주민과 큰 갈등 없이 추진됨.
- 원동마을 주민이 직접 투자해 마을기업을 설립하고, 해당 기업에 태백시 주민들이 커뮤니티펀드를 활용해 간접적으로 투자함. 이렇게 마을기업에 모인 투자금 50억원으로 SPC사와 대출약정을 체결해 채권참여형 투자가 이뤄짐.
- 투자금을 50억원으로 설정한 것은 RPS 관리운영 지침에 따라 주민참여율이 총 사업비의 4%를 넘을 경우 0.2의 추가 REC 가중치를 받을 수 있기 때문임. 가덕산 풍력 개발에 소요된 총 사업비는 1,250억원임.
- 원동마을과 태백시 주민들은 시중은행 금리보다 몇 배나 높은 약 8.2%의 금리로 20년간 이자를 받게 됨. 지역주민 간에는 보유하고 있는 지분을 거래할 수 있도록 함.

[그림 3-7] 태백 가덕산 풍력발전 주민참여사업 모델



23) <http://www.epj.co.kr/news/articleView.html?idxno=27377>

## 라. 의령 한우산 풍력발전단지

### □ 단지 개요

- 의령 한우산 일대 풍력발전단지는 총 발전용량이 18.75MW이며, 2016년 6월부터 가동함.<sup>24)</sup>
  - 한우산 풍력발전단지는 2009년 풍황자원 조사를 시작으로 발전사업 및 개발행위 허가 등의 과정을 거쳐 2015년 5월 공사에 착수해 2016년 6월부터 발전기가 본격 가동함.
- 750kW의 풍력발전기 25기가 설치되었으며, 사업비로 481억원이 투입됨.

### □ 수용성 이슈

- 풍력단지 주변 마을주민들은 풍력발전 반대 대책위원회를 구성
- 2015년 5월 설치공사 과정에서 소음, 산사태, 저주파(풍력발전기 블레이드가 돌아갈 때 발생하는 주파수) 등에 대한 우려를 내세워 이들 문제에 대한 시뮬레이션을 요구하며 공사를 저지, 3개월간 공사가 중단됨.

### □ 수용성 문제의 해결

- 전문가 간담회와 시뮬레이션 등의 과정을 거쳐 양측은 2015년 11월 공사재개에 최종 합의함.
- 의령군은 풍력발전소 주변 마을의 경우 소음조사 등을 여러 차례 했지만 법적기준 초과는 없었다고 설명함.
- 사업자는 의령군청에서 전문가와 주민이 참여한 간담회를 열었으며, 이후 반대위와 사업자는 군이 입회한 자리에서 합의 내용을 조율해 갔음.
  - 시행사 측은 발전소 완공 후 소음과 저주파에 대해 지속적으로 모니터링을 하고, 기준 초과 시 운전을 즉각 중단하되 소음·저주파와 관련한 새로운 법적 기준이 마련되면 그 기준을 따르기로 함.<sup>25)</sup>
  - 지역주민과 동식물에 예상치 못한 상황들이 발생했을 때 역학조사를 통해 풍력발전 운전을 중단하고 피해를 보상하기로 함.
- 합의서에는 사업자가 지역 발전기금으로 주민 대책위에 13억 원을 준공검사 후 지원한다는 내용도 포함됨.
- 풍력단지 주변 마을주민들은 여전히 소음으로 어려움을 겪고 있다고 하소연하고 있음.
  - 반대대책위 사무국장을 지낸 장명철 의령군의회 부의장은 공사과정 시뮬레이션 결과가 문제가 없어 수용했지만 특정지점에는 소음이 법적기준을 초과하는 곳도 있다고 지적함.

24) <http://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1325200>

25) <http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=0300&key=20151126.22010193358>

## 마. 전북 서남권 해상풍력

### □ 단지 개요

- 전라북도 고창 및 부안해역에 2.4GW 규모 해상풍력 단지 건설을 추진하고 있음.
- 400MW는 2022년에 착공하고, 2GW는 2023년에 착공하는 것으로 추진 중임.
  - 이미 완공된 60MW 규모의 실증단지까지 포함하면 이 단지의 발전용량은 모두 2.46GW임<sup>26)</sup>

### □ 수용성 이슈

- 이 사업은 2011년부터 추진됐으나 지역주민의 동의를 얻지 못해 2019년에 60MW 규모의 실증단지만 완공한 상태에 머물러 있었음.
- 2015년 6월에 ‘고창군 서남해 해상풍력단지 반대대책위원회’는 보도자료를 통해 해상풍력 선진국에서도 전례가 없는 갯벌 지역에 사전 협의나 환경영향평가도 없이 사후보상만을 말하며 사업을 추진하고 있다고 주장했다.<sup>27)</sup>
  - 또한 대책위는 사업자가 고창 앞바다를 부안군 연안이라고 표기하고 두 지역 어민을 이간질하며 일방적으로 추진한다고 지적함.
  - 설명회에 실제 어민이 아닌 타 지역 사람들이 참석해 자리를 메웠으며 인원동원 의혹을 제기했고, 어민들의 질문에 제대로 답변하지 못하는 등 사업자의 준비가 부족했다고 지적함.
- 2015년 11월에는 서남해 해상풍력개발사업 고창·부안 반대대책위원회가 전북도의회에서 기자회견을 열고, 해상풍력단지 건설은 어민의 삶의 터전과 자연을 훼손하는 행위라며, 피해 예상 지역주민의 의견을 무시한 사업 시행을 중단해야 한다고 주장함.<sup>28)</sup>
  - 이에 전북도 관계자는 고창군·부안군의 의견을 중앙 정부에 전달하는 한편 해당 지역 어민이 제기하는 문제점을 정리해 사업자에게도 건의할 계획이라고 설명했다.
- 2015년에 부안군은 사업자가 신청한 서남해 해상풍력단지 지반 조사 공유수면 점·사용을 불허했고, 전북도는 사업자가 부안군을 상대로 제기한 ‘공유수면 점·사용 불허 처분 취소’ 청구를 기각함.

### □ 수용성 문제의 해결

- 2019년 7월부터 1년간 11차례에 걸쳐 국회, 정부, 지자체, 유관기관, 시민·환경단체, 주민대표가 참여하여 논의한 ‘전북 서남권 해상풍력 민관협의회’ 결과, 사업추진에 합의함.
- 산업통상자원부, 전라북도, 고창군, 부안군, 한국전력공사, 한국해상풍력 및 고창군·부안군 주민대표는 2020년 7월에 ‘전북 서남권 주민상생형 대규모 해상풍력 사업추진 업무협약서’를 체결함
  - 협약서에는 연안어선의 단지내 통항 허용, 대체어장 마련 등 연안어업구역의 실질적 확대를

26) <https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/954123.html#csidxb0861ac30ff6d84aecdd1d1beda19f4f>

27) [https://mobile.newsis.com/view.html?ar\\_id=NISX20150605\\_0013709972](https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20150605_0013709972)

28) <http://www.jjan.kr/news/articleView.html?idxno=567215>

통한 수산업 상생을 위해 노력한다는 내용이 포함됨

- 또한 발전소주변지역 지원에 관한 법령 개정, 주민참여형·지자체참여형 사업 추진을 통해 주변지역 및 주민 지원을 강화한다는 내용도 포함됨.

## 바. 영광 광백 태양광 발전단지

### □ 단지 개요

- 전남 영광 백수읍 하사리에 위치한 100MW급 태양광 발전단지는 2020년 4월부터 상업 가동을 개시함.
  - 100MW급 태양광 및 312MWh 용량의 태양광연계 ESS설비를 갖추고 있으며, 연간 예상 발전량은 139GWh임.<sup>29)</sup>
- 백수읍 하사리 옛 광백산업 폐염전 부지 30만평에 건설했으며 총사업비 4,000억원이 투입됨.<sup>30)</sup>
  - 중부발전, 에코네트웍, 대한그린에너지, 교보약사자산운용 등이 참여하고 대한그린에너지와 한화에너지가 각각 태양광, ESS 시공을 담당<sup>31)</sup>

### □ 수용성 이슈

- 폐염전을 태양광 발전소로 바꾸는 과정에서 주민들과 갈등이 있었지만 주민 요구를 대부분 수용하고 적극적으로 사업에 참여시키면서 해결함.<sup>32)</sup>
- 2014년 사업을 시작하면서 5년 동안은 토지 소유자, 임차인, 지역주민들과의 협의를 통해 토지매입을 오랫동안 진행함.<sup>33)</sup>

### □ 수용성 문제의 해결

- 전국단위로 최저가낙찰제를 적용하지 않고 대다수 공정에서 지역공사업체를 적극 참여시킴. 자재조달, 운송 등 모든 세부 공정에서 지역 업체들을 우선시함.
- 36만평 전체부지의 약 20%는 주민, 도민, 군민 태양광발전소로 할애함으로써 지역상생에 중점을 둠.
  - 발전단지에는 영광군 하사리 주민, 영광군민, 전남도민이 각각 펀드를 조성해 주민발전소, 군민발전소, 도민발전소를 직접 운영함.
    - 주민설비의 건설자금은 발전소주변지역지원기금에서 충당했으며 에코네트웍은 전체 부지의 20%를 제공함. 발주기금은 보통 마을회관, 도로 건립 등에 활용했었지만 이번 사업은 태양광발전단지 조성에 활용
    - 하사리 주민들의 주민태양광발전소, 전남도단위의 도민태양광발전소는 상업운전 중이며,

29) <https://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=73871>

30) <https://www.ygnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=302040>

31) <http://www.electimes.com/article.php?aid=1609138887210338002>

32) <http://www.namdonews.com/news/articleView.html?idxno=590677>

33) <http://www.electimes.com/article.php?aid=1609138887210338002>

영광군단위의 군민태양광발전은 12MW규모로 2021년말 준공 목표임.

- 전문 기술이 필요한 시설 유지 관리는 에코솔라파워가 수행하지만 지역주민들이 소유권을 갖고 수익을 창출함.

## 사. 울산 부유식 해상풍력발전단지

### □ 단지 개요

- 울산시는 2030년까지 동해가스전 일대에 6GW 규모의 부유식 해상풍력발전단지를 조성할 계획<sup>34)</sup>
  - GIG와 토탈에너지스가 추진하는 504MW 발전사업 허가('21.7)<sup>35)</sup>
  - 에퀴노르.석유공사.동서발전이 추진하는 200MW 주민동의서 수령('21.8)<sup>36)</sup>

### □ 수용성 이슈

- 사업 대상지역인 동해 가스전 해역은 전국적으로 어민들이 모여드는 큰 어장임.<sup>37)</sup>
  - 가자미, 오징어, 문어, 대구 등 다양한 어류가 서식해 울산 앞바다이지만 부산, 경북, 강원도 등 전국 어선이 몰리는 어장임.
  - 울산 방어진의 한 해 280억원 상당의 어류 위판 중 80%가량이 동해 가스전 인근 해역에서 나오는 것으로 알려짐.
- 울산시의 간담회에서 어민들은 어업권 피해와 생태계 파괴 등을 이유로 해상풍력 발전에 대해 전면 백지화를 주장하는 등 반대의견을 쏟아냄.
  - 한 어민협회장은 소음 피해, 해양 생태계 교란 위협, 수중 생태계 파괴 등을 내세우며 사업이 시행될 시 어민들의 분신자살도 예고
  - 수산업경영인 경북연합회 전 회장은 발전소 건설 시 어획량 감소를 우려하며 어민들의 생계를 짓밟는다고 주장
  - 어민들은 반대 의견서를 울산시에 제출함.

### □ 수용성 문제의 해결

- GIG와 토탈은 어민들과 상생협약을 체결<sup>38)</sup>
  - GIG와 토탈은 어업인의 사업참여 및 자녀 우선채용 고려, 어업손실보상, 발전기금, 어업방식 변경지원, 양식장 조성 등을 상생방안으로 고려하였고 어업인의 동의를 얻어냄.
- GIG와 토탈은 부유식 해상풍력 산업단지 조성과 일자리 창출에 대한 의지 표명
  - GIG는 울산 부유식 해상풍력의 핵심 사업방침은 현지화를 통한 지역경제 활성화와 지역 일자리 창출이라고 밝힘

34) 대통령, “울산 부유식 해상풍력 전략 보고 모두발언”, 대한민국 정책브리핑([www.korea.kr](http://www.korea.kr))

35) <http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2021072813090788962>

36) <http://m.usjournal.kr/news/newsview.php?ncode=1065580894376748>

37) <https://www.ulsanpress.net/news/articleView.html?idxno=323215>

38) <https://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=230138>

- 부유식 해상풍력은 조선·해양플랜트 산업과 밀접한 연관성이 있으므로 울산의 조선·해양플랜트 인프라를 활용해 지역 내 소재, 부품, 장비 서플라이체인을 구축하고 부유식 해상풍력 클러스터를 형성할 것이라고 밝힘.
- GIG와 토탈이 추진 중인 1.5GW 규모 해상풍력 단지 사업으로 창출되는 일자리는 2만 1,837개로 추정된다고 밝힘.

[참고자료] 육상풍력 및 해상풍력 개발절차(한국풍력산업협회)<sup>39)</sup>

<표 3-8> 육상풍력 개발절차

1. 입지 검토	1) 풍황자원 및 기상 조건 검토 : 풍속, 풍향, 기상 등 2) 입지 조건 검토 : 환경, 산림, 문화재, 주민수용성 등 3) 계통연계검토 : 변전소 잔여 용량 확인 / 송전선로 검토 등 4) 군 작전성 검토(국방부)
2. 풍황자원 조사	1) 토지소유주 협의 : 국공유지 / 사유지 확인 2) 풍황계측기 설치 및 자원 측정(1년 이상)
3. 사업타당성 검토	1) 마이크로사이팅 2) 사업성 평가
4. 발전사업허가	1) 사업계획 확정 및 기본설계 2) 지자체 및 주민수용성 관련 협의 시행 3) 사전컨설팅(풍력발전추진지원단) 4) 발전사업허가 - 3,000kW 이하 : 시·도지사 승인(지자체 신청 및 허가) - 3,000kW 이상 : 산업통상자원부 승인(전기위원회 신청 및 허가) ※ 반드시 풍황계측기 설치 및 1년 이상 측정 자료 필요 ※ 주민의견 수렴절차 必
5. 계통연계 신청	송전용 전기설비 이용 신청 및 계약 체결
6. 발전단지 설계	발전단지 설계 : 진입도로 및 발전기 설치관련 상세 설계
7. 인허가	1) 환경영향평가(환경부) - 해당지역 지방환경청 사전 협의 - 소규모환경영향평가 - 전략환경영향평가(도시군개발계획) - 환경영향평가(100MW 이상, 사업면적 30만㎡ 이상) ※ 주요 검토사항 : 백두대간 포함여부, 생태자연도 등급 검토 등 2) 산지관리법 및 국유림의 경영 및 관리에 관한 법률에 따른 부지 이용 협의(산림청) 3) 개발행위허가 및 기타 인허가 : 지방자치단체 유관부서 및 관계기관 협의
8. 발전단지 건설	1) 발전기 설치 및 진입, 관리도로 개설 2) 송전선로 및 변전소 건설 3) 준공검사 - 발전단지 준공검사(지자체) - 전기설비사용전검사(한국전기안전공사) - REC신청을 위한 설비설치 확인(한국에너지공단)
9. 운전개시	발전소 준공 및 상업운전 개시

39) [http://www.kweia.or.kr/bbs/page.php?hid=sub03\\_02](http://www.kweia.or.kr/bbs/page.php?hid=sub03_02)

<표 3-9> 해상풍력 개발절차

1. 입지 검토	1. 풍황자원 및 설치여건 검토 : 바람자원지도, 주민수용성 등 2. 계통연계검토 : 변전소 용량 확인 / 송전선로 검토 등
2. 풍황자원 조사	1. 토지, 해상이용계획 검토 - 해상 에너지개발구역 검토(해양공간계획 및 관리에 관한 법률) 2. 해상 풍황계측기(라이다포함) 설치 및 자원 측정(1년 이상) - 해상 측량, 설계, 공유수면점사용허가 등 인허가 선행 3. 지자체, 토지소유주, 어장소유주 등 민원협의(주민설명회 및 공청회 개최 등)
3. 환경입지 조사	1. 해양환경조사 : 지반·지질, 수심 측량 조사 등 2. 주변환경 예비분석 - 운송, 조립, 설치 관련 - 경관, 육상 동·식물상, 소음·진동, 폐기물, 해양 생태계 등 3. 군 작전성 검토(국방부)
4. 사업타당성 검토	1. 마이크로사이팅(발전기 기종검토, 하부구조물 검토 및 선정) 2. 사업성 평가 3. 사업계획 확정 및 기본설계
5. 발전사업허가	1. 발전사업허가 - 3,000kW 이상 : 산업통상자원부 승인(전기위원회 신청 및 허가) ※ 반드시 풍황계측기 설치 및 1년 이상 측정 자료 필요 ※ 주민의견 수렴절차 必
6. 계통연계 신청	송전용 전기설비 이용 신청 및 계약 체결
7. 발전단지 설계	발전단지 상세설계(기초, 송전선로, 발전기배치, 운송, 설치 등)
8. 개발행위허가	1. 문화재지표조사(문화재청) 2. 해역이용협의(해양수산부) 3. 해상교통안전진단(해양수산부) 4. 공유수면 점사용허가(국토부, 지방항만청) 5 기타 지자체 인허가 등
9. 주민보상협의	1. 피해조사 용역 2. 주민보상협의
10. SPC 구성 및 PF	SPC 구성 및 PF
11. 발전단지 건설	1. 배후항만, 건설부지 등 사전 준비 2. 발전기 기초 및 변전소 기초 설치 3. 해저 및 육상케이블 설치 4. 발전기, 변전소 운송, 설치 5. 시운전 및 성능검사, 준공검사 - 발전단지 준공검사(지자체) - 전기설비사용전검사(한국전기안전공사) - REC신청을 위한 설비설치 확인(한국에너지공단)
12. 운전개시	1. 발전소 준공 및 상업운전 개시 2. 모니터링 및 사후환경영향 조사(지자체, 환경부) 3. 발전기 및 해상기초 유지보수

## 2-3. 공공갈등 사례

### 가. 한탄강댐 건설<sup>40)</sup>

#### □ 사례 개요

○ '96,'98,'99년 임진강 유역의 홍수 피해가 발생함.

- '99년 12월 정부는 잇따른 홍수 피해에 대비하고자 수해방지대책으로 한탄강 다목적댐 건설 사업을 추진을 의결함.

#### □ 수용성 이슈

○ 정책 추진 절차상의 문제가 발생하고 정책 수립 계획에서의 해당 주민의 의견이 반영되지 않았음.

- 한탄강댐 설계가 2000년 12월에 이루어지고, 그 후 2001년 6월 임진강 수해원인 및 대책수립이 이루어짐.
- 연천, 철원 지역에서 주민공청회 또는 설명회가 이루어지지 않았는데 환경영향평가협회가 이루어졌으며, 평가과정에서 지역 주민 참여가 제한적이었음.
- 공청회 성격이 주민들의 의견이 소통되는 실질적인 참여 과정이 아니라 단순한 절차적 정당성 확보 수단으로 평가 절하됨.

○ 한탄강댐 건설 필요성에 대한 의견이 대립됨.

- 댐 건설 반대 측은 임진강 주변의 홍수 피해 원인과 그에 따른 해결 방안으로 댐 건설이 타당한가에 대한 의문을 제기함.

○ 댐 건설에 따른 안전성, 환경·문화 훼손에 관련 문제가 등장함.

- 한탄강 지역의 지형지질 상 안정성 문제, 수몰될 다락대사격장의 폭발물, 탄피 등에 의한 수질오염 문제, 하천생태환경과 종 다양성 문제, 연천군의 구석기 유적 및 신생대 제4기층 문화재 문제 등이 대두됨.

○ 2004년 한탄강댐 갈등관리준비단이 구성하고 한탄강댐 갈등조정회의를 운영함.

- 당사자 조정회의에서 결론을 도출하지 못해 최종결정권을 조정소위원회로 위임하였지만, 법적 권한이 없는 조정소위원회의 결정도 해결 방안을 제시하지 못함.

○ 국무조정실은 전문가 중심의 '임진강유역 홍수 대책 특별위원회'를 설치하고 한탄강댐 사업의 타당성과 대안검토 작업을 착수함.

- 의견 수렴이 제한성과 정보의 비대칭성으로 반대 측의 불신이 커져갔고, 특별위원회가 '홍수 조절용 댐과 천변저류지 건설'을 발표함으로써 갈등이 다시 확산됨.

○ 지역사회 구성원들의 참여로 '한여울 지역발전협의회'를 구성하였지만, 반대 측의 참여 거부와

40) 이주형 외(2014, p.90~108.) 참조

찬성측도 다목적용 댐 변경을 주장하면서 갈등이 심화됨.

□ 수용성 문제의 해결

- 사법적 해결로 마무리된 한탄강댐 건설 갈등은 이익갈등과 가치갈등이 복합적으로 작용한 공공갈등 해결의 대표적 실패 사례일 수 있음.
- 정부가 합의에 기초하여 갈등을 조정하려는 첫 번째 시도였지만, 갈등 해결을 위한 법적 기구 설치의 법률적 근거가 마련되지 않았고 극단적인 투쟁 등으로 갈등 조정이 실패함.

나. 하남시 광역화장장 건설 사례<sup>41)</sup>

□ 사례 개요

- 하남시 2006년 10월 광역화장장 유치계획을 발표함.
- 하남시는 지역 발전을 위해 경기도로부터 2,000억을 받는 조건으로 광역화장장 유치를 결정함.

□ 수용성 이슈

- 하남시 주민들은 지역주민의 의견이 배제된 상태에서 광역화장장 유치가 결정되었다고 주장함.
- 하남시는 화장장 건설을 주민 편의와 지역 발전을 도모하는 시설로 인식하였지만, 반대 측은 혐오 시설로 부정적 외부효과가 발생한다고 인식함.
- 화장장 반대 측은 전국에서 처음으로 주민소환 투표를 실시하여, 시의원 2명을 소환함.
- 하지만, 주민소환 투표로 하남시와 지역 주민 간, 찬성 측과 반대 측의 갈등이 심화됨.
- 경기도 광주시는 광주시와 협의 없이 화장장 건설을 추진한다고 비판함.

<표 3-10> 하남시 화장장 갈등 이해당사자별 쟁점

구분	찬성 측			반대 측	
	하남시	경기도	지역주민	지역주민	광주시
쟁점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하남시 발전을 위한 인센티브제도 도입</li> <li>- 인센티브도입을 위한 광역 화장장 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하남시의 광역 화장장 추진 시 지역 개발을 위한 인센티브 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역발전을 위해 인센티브 활용이 필요하며, 이를 위한 광역 화장장 유치 찬성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비민주적인 일방적 처리 방식</li> <li>- 주민소환제를 통해 광역 화장장 추진 무산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인접자치단체에 대한 협의 없이 지속적으로 일방적으로 처리에 대한 비난</li> </ul>

출처: 이주형 외(2014, p.118)

41) 한노덕 (2014, p.67~72.)

□ 수용성 문제의 해결

○ 경기도와 하남시의 정치적 타협으로 마무리됨.

- 하남시는 광역화장장 유치 계획을 포기하고, 경기도는 하남시 발전 지원 계획을 발표함.

다. 연기군 송전선로 경과지 입지 사례<sup>42)</sup>

□ 사례 개요

○ 세종시 건설로 인한 충북 청원군 현도면~세종시 간 13.2km에 이르는 345kV 송전선로 건설이 계획됨.

- 밀양송전탑, 군산 새만금지역 등 송전선로 건설 갈등 사례를 경험삼아 사전예방적, 참여적 갈등관리 방안인 경과지선정위원회 제도를 개발한 상태임.

□ 수용성 이슈

○ 2005년 초반 지역주민들은 자연경관, 문화관광지, 주거지역 영향 등에 대한 문제를 제기하면서 송전선로 입지 선정에 반대함.

□ 수용성 문제의 해결

○ 지역을 대표하는 인사들로 구성된 경과지선정위원회를 구성함.

- 경과지선정위원회는 17인의 위원으로 구성됨.

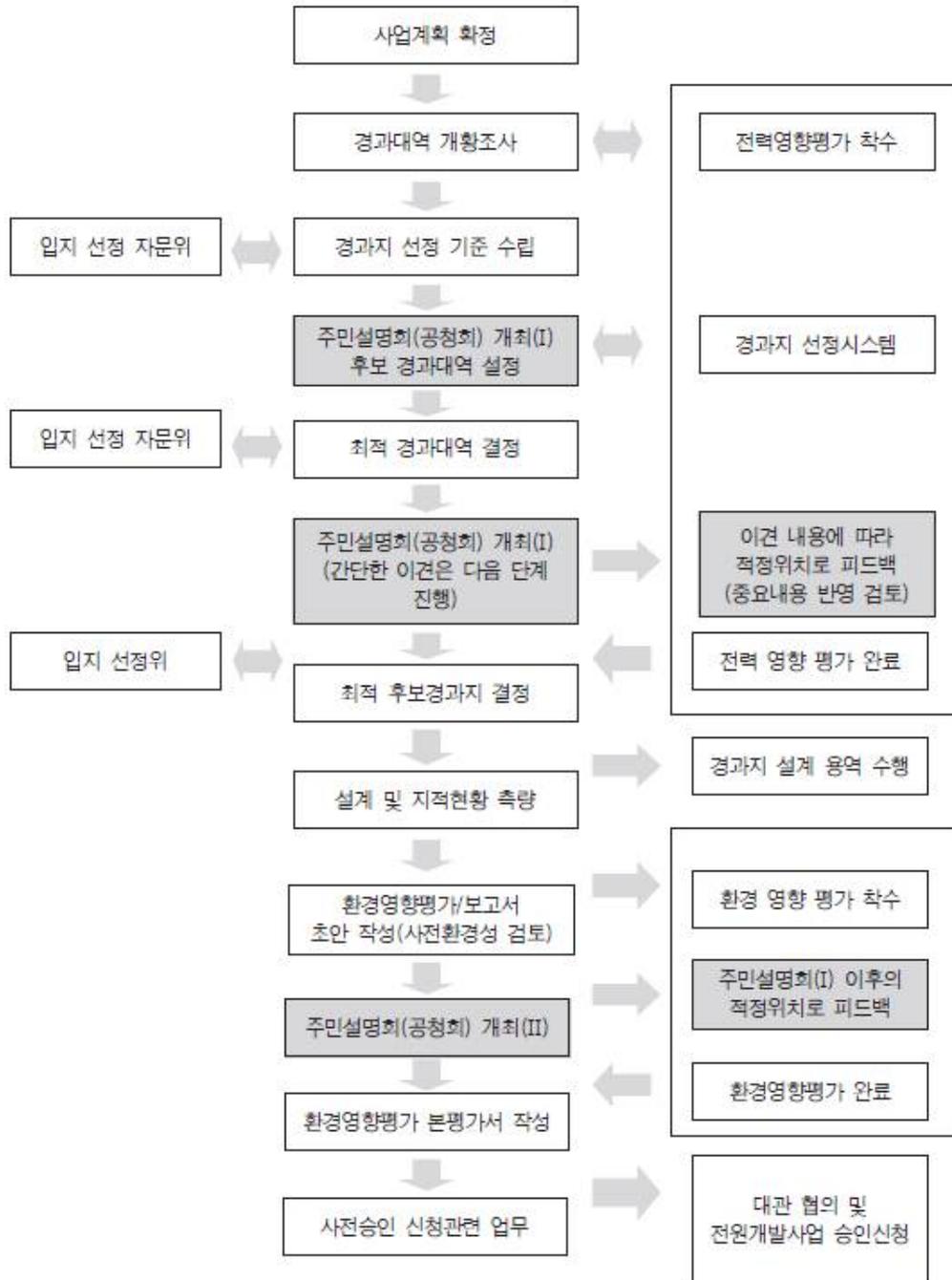
• 이장협의회장, 이장, 주민대표, 지자체, 지역전문가, 갈등조정전문가, 전자계전문가, 환경전문가 등

- 경과지 선정기준을 수립하고 설문조사를 거쳐 3가지 후보 경과대역 선정 후 3차원 경관 시뮬레이션을 구현하고 주민설명회를 개최함.

- 2010년 11월 자연경관, 문화관광지, 주거지역과의 이격거리에 합의하고 최종 경과지 선정을 계획대비 3개월 앞당김.

42) 심준섭 외(2014, p.45~46.)

[그림 3-8] 충남 연기군 송전탑 사업 시행시의 경과지 선정 절차



출처: 전재완 외(2014, p.85)

원출처: KEPCO 내부자료

## 라. 방폐장 입지 사례<sup>43)</sup>

### □ 사례 개요

- 방사성 폐기물 처분시설 입지 선정을 여러 번 시도하였지만, 주민 반대로 지속적으로 실패함.
  - 1986~1989년: 울진, 영덕, 영일 대상으로 현지 조사를 실시하였지만, 주민 반대로 지질 조

43) 심준섭 외(2014, p.53~55.), 이주형 외(2014, p.80~89.) 전재완 외(2014, p.42~55.)

사가 중지됨.

- 1990~1991년: 주민 반대로 안면도 선정이 철회됨.
- 1994년: 경남 양산, 경북 울진 유치 신청을 하였지만, 주민 반대로 무산
- 1994~1995년: 경기도 용진 굴업도는 환경 단체, 주민 반대, 활성단층 발견으로 백지화됨.
- 2000년: 영광 등 7개 지자체에서 유치 공모 시행하였으나, 단체장의 반대로 무산됨.
- 2003년: 경북 영덕, 울진, 전남 영광, 전북 고창을 후보지로 발표하였지만 주민 반대로 백지화됨.
- 2003년 전북 부안군수가 방폐장 유치를 신청하였으며, 정부는 지질 검사 등을 통해 위도를 방폐장의 최종부지로 확정함.

#### □ 수용성 이슈

○ 부안 군의회 '위도 유치안'을 부결함.

- 정부, 부안 군의회의 부결 의결에도 불구하고 사용후핵연료 중간저장시설에 대한 추가적 입지계획을 일방적으로 발표함으로써 지역 주민의 불신을 불러일으킴.
- 일방적 유치 신청 절차, 방폐장의 안전성, 위도의 지진 발생 가능성 등의 문제 등으로 갈등이 심화됨.
- 정부는 갈등이 고조됨에 따라 주민 투표를 실시하고 반대 의견을 확인 한 후 방폐장 부안 유치는 백지화됨.
- 방폐장 보상 범위도 주민의 참여가 이루어지지 않아 그에 따른 주민 간의 갈등이 발생함.

#### □ 수용성 문제의 해결

- 2005년 6월 산자부 중저준위 방사성 폐기물 처분시설 부지 지정 절차를 진행 일정을 확정하고 유치 공고함.
- 2005년 3월 중저준위 방사성 폐기물 처분시설 유치지역 지원에 관한 특별법을 제정함.
- 유치 지자체에 3,000억 원 지원, 양성자가속기 시설 설치, 한수원 본사 이전 등의 지원계획을 발표함.
- 경주, 군산, 영덕, 포항이 유치를 신청하였으며, 주민투표 찬성률이 가장 높은 경주시가 최종 후보지로 선정됨.
- 방폐장 부지 선정을 위하여 주민 투표를 실시하였지만, 기술적 평가가 필요한 사안에 주민 투표 방법은 한계점을 가질 수 있음.
- 부지 선정 과정에서 '선결정 후동의'라는 갈등 발생 원인 기제가 지속적으로 존재하였음.
- 2005년 선정 과정에서도 주민의 실질적 참여가 제한적이었음.

## 마. 해외 방폐장 입지 사례<sup>44)</sup>

### □ 스웨덴 사례

- 1992년 스웨덴의 원자력발전 사업주(SKB)는 지역의 수용성 및 자발성을 중요시하는 부지 선정 전략을 수립함.
  - 1980년대에 시작된 SKB의 사용후핵연료 보관 입지 선정을 위한 지질 탐사는 지역 환경단체의 강력한 반대에 봉착함.
  - 1995년 SKB는 타당성 조사에 동의한 총 6개 지역에 지질 탐사를 실시하였으며, 2009년 6월 Osthhammar Forsmark가 방폐장으로 최종 선정됨.
- 스웨덴의 공론화 정책의 특징은 강력한 지자체의 권한과 투명하고 공정한 참여 절차 확립임.
  - 타당성, 부지, 환경영향 평가 조사에서 지자체의 권한을 강화함.
    - 지역적 관점에서 방폐장의 입지를 평가함.
  - 방폐장 선정의 모든 과정에서 투명하게 정보를 공개하고 자유로운 의사 개진이 가능함에 따라 지역 주민을 비롯한 모든 이해당사자들은 사업 과정에서의 실질적 참여가 보장됨.
    - 환경영향평가에서 지역주민들의 의사가 반영됨.
    - 투명한 정보 공개와 참여 보장으로 정부, 사업자, 지역 주민 간의 신뢰가 형성됨.
    - 중립적인 규제 기관인 SSM이 방폐장 선정으로 인한 안전성을 검토하고 주민들에게 투명하게 결과를 제공함.
- 부지 선정에 대한 보상 범위와 분배 방식 선정에서 주민 참여가 보장됨.
  - 보상 금액 배분은 10년에 걸쳐 지원됨.
  - 선정 지역은 공용 창출, 부가적 수익의 경제적 이익을 고려함에 따라 보상 금액의 75%를 입지 선정 탈락 지역에 배분하여 지역 간 갈등을 최소화 함.
  - 높은 재정 자립도를 가진 지자체는 부지 협상에서 보상 금액보다는 안전성 문제 해결에 힘씀.

### □ 핀란드 사례

- 핀란드, 지자체에 부지 선정에 대한 거부권(주민 투표권)을 승인함에 따라 방폐장 지질 조사를 허가하는 지자체가 증가함.
  - 1980년 대 방폐장 부지 선정을 위해 지질 탐사를 시행하려 했으나 지역 주민들의 거센 반대로 무산됨에 따라 의회는 지자체에 부지 선정에 대한 거부권을 부여함.
  - 1993~2000년, Eurajoki, Loviisa 등 4 곳이 후보지로 선정되고 상세 지질 탐사를 시행하였으며, Eurajoki 지역이 최종 후보지로 선정됨.
  - 방폐장 선정에 있어 입지 선정이 하향식 방식으로 진행됨에 따라 주민의 반대가 심하지 않았음.

44) 전재완 외(2014, p.56~68.)

- 정부는 방폐장 선정에 있어 신뢰를 형성하기 위해 주민 참여를 중요시 함.
  - 환경영향평가 과정에서 전문가, 과학자, 시민들이 참여함.
  - 규제 기관 STUK는 중립적으로 투명하게 지역 주민에게 정보를 제공하고 홍보함.
  - 지역 정치·환경 단체, 지자체 등에서 뽑힌 지역주민대표는 정보 제공과 커뮤니케이션 프로그램 Posiva에 참여하여 방폐장 선정 과정에 참여함.
- 방폐장 부지 선정에 따른 정부의 보상은 없었으며, 핵시설에 따른 지방세 2.5%만을 지방 정부에 납부하면 됨.
  - 지자체에서는 원전 사업자와 POSIVA로부터 세금과 임대료를 징수함.

## 바. 독일, KNE 설치 운영

- 독일의 에너지-환경 분야 갈등해결 전문기구(KNE) 설치-운영 사례
  - KNE (Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende)  
Competence Center for Nature Conservation and Energy Transition
  - 에너지전환 추진에 따른 환경갈등의 원만한 해결 위해 정당 간 합의로 설립돼 2016년 7월 1일부터 활동 시작
  - 2013년 12월 16일 독일의 3대 주요 정당인 기민당(CDU), 기사당(CSU), 사민당(SPD) 합의
  - 재생에너지의 급속한 확대에 의해 숲을 훼손하는 등 초록갈등(Green- Green Conflict)이 빈발할 것에 대비해 에너지전환 분야의 전문적인 갈등해결기구를 설치해 대응하게 함
- 에너지전환과 환경보전이라는 두 개의 큰 가치가 현장에서 충돌하는 데 따른 갈등을 원만히 해결하는 것을 주된 임무로 하는 상설기구
  - 연방 환경부의 예산을 지원받아 설립-운영되나 독립적이고 중립적인 성격의 민간기구
- 베를린에 본부(상근직원 20명)를 두고, 전국 각지에 갈등해결 전문가 풀을 형성해 재생에너지 관련 갈등해결을 지원하는 역할 수행
  - 본부에는 △갈등해결 △대화프로그램 △교육홍보를 담당하는 3개 분야의 전담 부서 운영
  - 주요 기능 : 1) 갈등해결 지원, 2) 사회적 대화 프로그램 운영, 3)과학적 정보 생산-보급 등 갈등해결 지원
    - 특정 지역에 풍력발전 시설을 설치하려 할 때 주민들 반발로 교착상태에 빠지는 등 재생에너지 관련 갈등이 벌어질 때 원만히 해결되도록 지원
    - 전국적으로 36~50명의 전문가들이 산재해 갈등해결 서비스 무료로 제공
      - \* 풍력발전 시설 입지갈등 등 문제 상황에 대한 상담과 자문 등
      - \* 중립적 전문가(mediators)가 이끄는 체계적이고 효과적인 갈등해결 프로세스(mediation)를 통해 갈등을 상생적으로 풀 수 있도록 지원
    - 80시간 이상의 전문교육과정 통해 전문가 양성

- 재생에너지 사업을 추진할 때 사업자들이 계획단계에서부터 자문과 지원을 받음으로써 갈등이 일어날 가능성을 미연에 방지하는 역할도 수행

- 대화 프로그램 운영

- 에너지전환과 환경보전 간 국가적 차원의 쟁점, Green-Green Conflict 등 일반적 이슈에 대한 사회적 대화의 장 마련-운영

\* 예 : 유네스코 자연유산보전지역에서의 재생에너지 사업추진 문제 등

- 재생에너지와 환경 문제에 관한 사회적 관심과 인식도를 높이고 주요 이슈에 대한 사회적 대화를 통해 정책적 논란이나 쟁점을 해소-정리함으로써 재생에너지에 대한 사회적 수용성을 높이고 현장에서 부딪히는 문제를 완화 혹은 예방하는 데 기여

- 과학적 정보 생산-보급

- 재생에너지 및 관련 설비에 대한 과학적 지식과 정보를 객관적이고 중립적인 차원에서 생산-가공-배포하고, 일부 왜곡되거나 과장된 인식·정보·자료를 바로잡는 역할 (knowledge transfer 역할)
- 이런 활동을 통해 재생에너지에 관한 불필요한 논란이나 과장된 우려를 해소하고 건설적인 논의를 통해 사회적 수용성을 높이는 효과

□ 독일 지역 차원의 에너지 분야 갈등해결 지원기구

- 각 지역 차원에서는 KNE 외에 각 주 정부 산하에 에너지 전문기구(Energie Agentur; EA)에서 갈등해결을 지원하는 역할 수행

- 활동 방식 및 성과는 주 별로 차이가 있으나 튀링겐 주 EA의 갈등조정 역할이 가장 활발한 편인 것으로 알려짐.

- 주에 따라 주 정부 산하 에너지 전문기구에서 인증 마크(페어 워드 에너지 마크)를 발행하기도 함.

- EA로부터 공정하고 투명하게 운영한다고 하는 인증마크를 받은 재생에너지 업체는 다른 지역에서도 프로젝트를 추진하는데도 도움이 된다고 함.

## 2-4. 시사점

□ 지역 주민 수용성 저해 요인: 비민주적 절차 및 참여 제한, 환경 우려, 경제적 손실

- 재생에너지를 비롯한 지역 대형 프로젝트를 시행 할 때, 지역 주민 수용성을 공통적으로 저해하는 요인 세 가지를 살펴 볼 수 있음.

- 첫 번째, ‘선 결정, 후 동의’식의 비민주적 사업 진행과 주민 참여의 제한임.

- 많은 지자체 주도의 사업의 경우, 사업을 결정한 후에 주민의 동의를 얻는 식의 비민주적 사업 절차를 보여 주민의 반대를 유발함.

- ‘선 결정, 후 동의’ 방식은 아무리 사업 자체가 지역 발전이라는 큰 공익을 갖는다 하더라도

도 지역 주민들에게 사업의 필요성과 정당성을 담보해 주지 않음.

- 두 번째, 프로젝트가 환경, 생태계, 주거 생활에 미치는 악영향에 대한 주민 우려임.
  - 재생에너지 발전소 건설로 인한 소음, 저주파, 생태계 훼손, 환경 파괴, 생물종 감소, 문화 유적지 훼손 등에 대한 우려로 지역 주민들이 발전소 건립에 거센 저항을 하는 사례가 많음.
  - 발전소 주변 지역 주민들의 설문 조사에서도 환경 및 생태계에 대한 우려는 발전소 건립 불만족의 가장 큰 이유 중 하나로 선정됨.
- 세 번째, 프로젝트 건설에 따른 경제적 손실임.
  - 지역 주민들은 재생에너지 프로젝트 건설로 인해 어획량 감소, 지가 하락, 지역 특산물 생산 저하 등의 경제적 손실과 해당 피해에 따른 보상 불충분 등을 우려함.
  - 초기 재생에너지 건설 시, 지역 주민들은 피해는 지역 주민들이 입고 경제적 이익은 타지인이 가져간다고 인식함.

□ 지역 주민 수용성 개선 방안: 민주적 절차 및 참여 보장, 환경 문제에 대한 적극 대응, 이익공유 체계 구축, 갈등 관리 등

○ 재생에너지 프로젝트에 대한 지역 주민의 수용성을 개선하기 위해서는 첫째, ‘선 결정, 후 동의’ 과정을 탈피하여야 함.

- 정부의 재생에너지 보급 정책 방향 중 하나의 큰 줄기는 지자체 주도의 재생에너지 개발 및 관리이지만, 지자체 주도의 사업에서 ‘선 결정, 후 동의’ 프로세스가 많이 발견되고 있음.
- 지자체 주도 사업도 사업 계획 시, 해당 지역 일간지에 공고를 하고 주민 공청회를 의무적으로 개최해야 하지만 형식적 절차에 그치는 경우가 많음.
- 주민 주도형 사업은 주민의 적극적 참여를 이끌 수 있으며, 지역 수용성도 개선시킬 수 있음.
- 지자체는 재생에너지 발전소 건립 프로젝트를 지역 발전 전략의 큰 틀 속에서 진행시켜야 하며, 지역 주민 참여를 통하여 지역 발전 전략을 수립해야 함.
- 지역 주민의 의견이 반영된 지역 발전 전략 속에 재생에너지 프로젝트 건립을 추진해야 지역 주민 주도의 재생에너지 프로젝트가 개발될 수 있고 지역 수용성도 개선시킬 수 있을 것임.

○ 지역 주민의 환경 오염, 생태계 훼손, 주거 생활 및 문화재 등에 대한 악영향에 적극적으로 대응해야함.

- 지역 주민들의 우려 사항에 대해 지역 주민, 지자체 등 이해당사자가 인정할 수 있는 객관적 기구의 평가를 받고 그에 대한 결과를 투명하게 공개해야 함.
- 프로젝트 추진에 따른 우려 사항에 주민의 의견이 충분히 반영되어야 함.
- 공청회, 전문가 간담회 등을 통해서 지역 주민들이 갖는 우려 사항에 대한 국내외 사례 및 해결 방안에 대해 주민들에게 홍보하여 주민들의 우려를 줄여주는 것이 좋음.

○ 이익공유 체계를 구축하여 지역 주민에게 혜택이 돌아갈 수 있도록 해야 함.

- 지역의 공공자원(태양, 바람 등)을 이용하여 발전사업 수행함에 따른 발전수익(우리나라의 경

우, 장기고정가격계약)을 해당 지역의 주민들과 공유해야 한다는 이익공유 논란은 지역 수용성 제고 논의에서 중요한 이슈임.

- 국내 재생에너지 발전사업에 따른 수익은 발전사업자가 공급의무자와 20년간 고정가격계약을 체결하면서 발생하며, 공급의무자는 고정가격계약 체결에 따른 RPS 이행비용을 한국전력으로부터 정산받음.
- 한국전력은 석탄발전 감축비용, ETS 이행비용, RPS 이행비용을 기후환경요금에 책정하여 전기요금에 반영함.
- 이익공유는 고정가격계약 체결에 따른 수익을 공유하는 것이며, 이익공유의 범위가 커질수록 전기요금 인상 압력이 커지는 부작용도 있음.
- 지역 주민들이 입을 수 있는 경제적 손실 등에 대한 피해 보상 기준 및 범위 그리고 발전사업자들이 제공하는 발전 기금 조성 기준 및 범위, 기금 활용 기준에 대한 가이드라인이 필요함.
- 모든 프로젝트에 적용할 수 있는 단 하나의 이익공유 체계는 없고 지역마다 다양한 이익공유 체계가 존재할 수 있으므로 가이드라인은 지자체별로 제정하는 것이 좋지만, 중앙정부에서 권고하는 가이드라인을 구축하여 지역별로 큰 차이를 보이지 않도록 해야 함.

○ 갈등의 인식 전환과 갈등 조정 기구 설립이 필요함.

- 지역 수용성의 근본은 갈등에서 출발함.
- 과거 권위주의에서 갈등이란 회피되어야 할 대상이었지만, 현재 다원화된 사회에서는 갈등이 주민 통합을 위해 필수불가결한 사항이라는 인식 전환이 필요함.
- 갈등을 조정할 수 있는 전문인력을 양성하고 갈등 사례를 관리할 수 있는 독립적 갈등 관리 구도 설립하여 많은 갈등 사례 및 해결 과정을 수집 및 데이터화 할 수 있어야 함.

○ 재생에너지 프로젝트가 갖는 기존의 공공갈등을 유발하는 프로젝트와의 차이점은 재생에너지 사업의 이익공유와 녹녹갈등에 대한 이슈가 발생한다는 것임.

- 재생에너지 프로젝트는 이익공유라는 이름 아래 사업에 지역 주민 참여 방법이 다양하고 이러한 체계를 어떻게 구축할 것인가에 대한 논의가 주요 이슈로 등장하고 있음.
- 재생에너지 프로젝트는 탄소중립이라는 기후변화 대응 사업이지만, 환경과 생태계를 파괴하는 사업이라는 두 개의 녹색이 갈등하는 사업임.
- 이익공유 체계 수립과 녹녹갈등 해결은 재생에너지 프로젝트의 특징인 동시에 지역 수용성 제고를 위한 해결책의 시작점임.

### 3. 이익 공유 모델

#### 3-1. 사례조사 및 모델(안) 제시

##### 가. 태백 가덕산 풍력발전 주민참여사업<sup>45)</sup> 모델

- 발전사와 지역 주민 간 참여비율·투자금액 등을 협약하면 주민참여형 사업으로 추진
  - 재생에너지 발전사업 인근 주민이 총 사업비의 2~4% 이상 투자하면 발전사업자에 0.1~0.2 수준 신재생에너지공급인증서(REC) 가중치를 추가 부여하고, 추가 가중치에 따른 수익을 주민과 공유하는 형태임.
  - 국내 최초 주민참여형 풍력발전사업으로, 마을기업을 통해 주민이 50억원을 투자.
  - 원동마을 주민이 직접 투자해 마을기업을 설립하고, 해당 기업에 태백시 주민들이 커뮤니티펀드를 활용해 간접적으로 투자함. 이렇게 마을기업에 모인 투자금 50억원으로 SPC사와 대출약정을 체결해 채권참여형 투자가 이뤄짐.
- 투자금을 50억원으로 설정한 것은 RPS 관리운영 지침에 따라 주민참여율이 총 사업비의 4%를 넘을 경우 0.2의 추가 REC 가중치를 받을 수 있기 때문임. 가덕산 풍력 개발에 소요된 총 사업비는 1,250억원임.

[그림 3-9] 태백 가덕산 풍력발전 주민참여사업 모델



45) 주민참여형 사업이란: 재생에너지 사업에 주민이 지분참여와 채권·펀드 등 일정 부분을 투자해 발전수익을 공유하는 사업

## 나. 한전, 주민참여·성과공유형 태양광 발전소

□ 클라우드펀딩 기반 신재생에너지 활성화 플랫폼 구축.

- 신포천변전소 내 유휴 부지를 활용한 주민참여·성과공유형 태양광발전소 건설을 위한 온라인 클라우드펀딩(1억7천만원)
  - 태양광 발전사업자에게 건설부지와 클라우드펀딩을 통한 건설자금을 제공하고 일반 시민들이 클라우드펀딩에 투자하여 발전사업의 수익을 공유할 수 있도록 하는 형식.
  - 클라우드펀딩은 대한민국 만 19세 이상이면 누구나 참여할 수 있으며, 투자자에게는 시중금리보다 높은 6.5~7% 연평균 이자를 돌려주는 구조로 투자금액은 최소 10만원부터 500만원 까지이며 발전소가 있는 포천지역 주민에게는 0.5%의 우대금리를 추가로 제공.

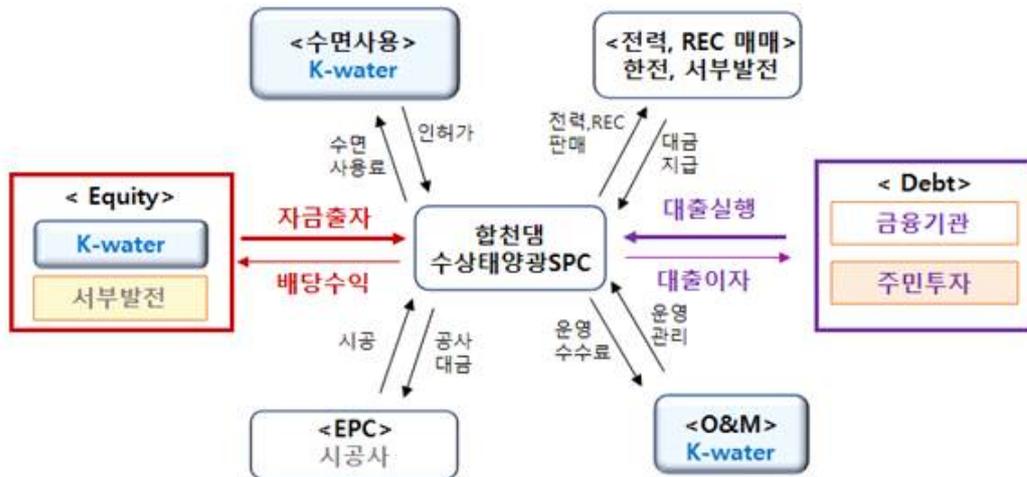
[그림 3-10] 한전 태양광 발전 주민참여사업 모델



## 다. 합천댐 수상태양광 SPC(특수목적법인) 투자

- 지역주민들이 수상태양광 SPC에 투자자로 참여해 매년 일정한 수익을 지급받는 구조임.
- 댐 인근 20여개 마을 주민 1400명이 마을공동체를 구성하고, 31억원을 사업에 투자.
  - 향후 20년간 참여 비율에 따라 4~10%의 고정 이자수익을 배분 받음.

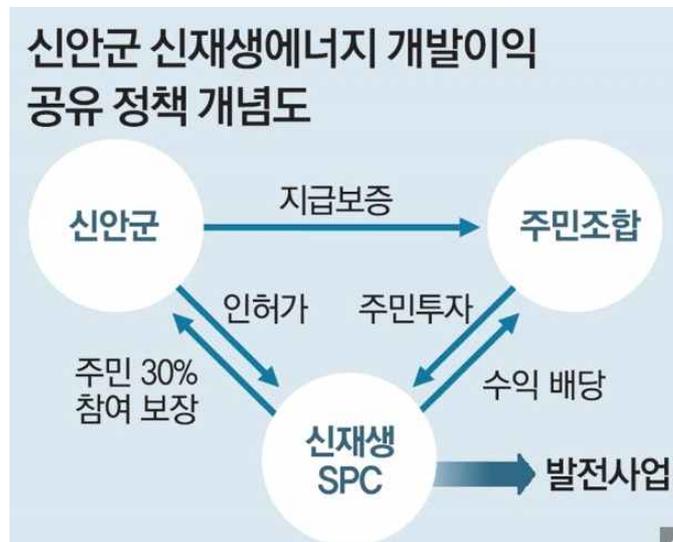
[그림 3-11] 합천 수상태양광 발전사업 주민참여사업 모델



라. 신안군 해상풍력 개발이익 공유모델

- 지역주민들이 수상태양광 SPC에 투자자로 참여해 매년 일정한 수익을 지급받는 구조임. 민간 발전사와 해상풍력 제조업체, 주민이 협동조합 방식으로 참여.
- 신안군은 사업자와 주민들 사이에서, 주민들이 협동조합을 구성해 태양광발전소 지분(30%)에 참여하거나, 총사업비의 4% 이상을 주식이나 채권, 펀드 등으로 참여하면 이익금을 참여 비율 만큼 받는 방식.
- 2021년 4월 말에 최초로 1/4분기 수익금의 약 30%인 4억2천만원이 협동조합에 배당금으로 지급됨.
  - 안좌, 자라 2,935명 전체 주민을 대상으로, 1인당 51만원~12만원까지 지급.

[그림 3-12] 신안군 해상풍력 발전사업 주민참여사업 모델



## 마. 주민 참여 모델(안) 제시

- 앞서 살펴 본 바와 같이 지역주민이 참여하는 다양한 이익공유 모델이 존재함. 그 중 대표적인 주민참여 방안으로 지분투자형, 채권투자형, 펀드투자형으로 개인들이 참여 가능함.
- 지분투자형(주주로 참여)은 추가이익 발생시 배당수익이 증가하고, 채권투자형(채권구입)의 경우 채권 만기시까지 일정수익이 보장된다는 장점이 있음. 그리고 펀드투자형(펀드가입)은 펀드 만기시까지 일정수익을 보장 받음.
- 지분투자형
  - 방법으로는 주민이 발전사업에 주주로 참여하는 형태임. 장점으로는 추가이익 발생 시 배당 수익이 증가하나, 단점은 원리금 상환 이후부터 수익을 배당받을 수 있음
- 채권투자형
  - 방법으로는 주민이 발전 사업자가 발행한 채권을 구입해서 참여하는 형태임. 장점으로는 채 권 만기시까지 일정수익이 보장되나, 단점은 마찬가지로 원리금 상환 이후부터 수익을 배당 받을 수 있음
- 펀드투자형
  - 방법으로는 주민이 펀드운영사의 펀드에 가입하는 형태임. 장점으로는 펀드 만기시까지 일정 수익이 보장되나, 단점은 마찬가지로 원리금 상환 이후부터 수익을 배당받을 수 있음

[그림 3-13] 대표적 주민참여 방안

구분	지분 투자형	채권 투자형	펀드 투자형
모델	 <p>지분투자 지역 주민 ↔ 발전사업 SPC 수익</p>	 <p>채권 투자 지역 주민 ↔ 발전사업 SPC 수익</p>	 <p>지역 주민 ↔ 펀드(자산) ↔ 발전사업 SPC 수익 배분</p>
방법	• 발전사업에 주주로 참여	• 발전사업자가 발행한 채권구입	• 펀드운영사의 펀드에 가입
장점	• 추가이익 발생시 배당수익 증가	• 채권 만기시까지 일정수익 보장	• 펀드 만기시까지 일정수익 보장
단점	• 원리금 상환 이후부터 수익 배당	• 원리금 상환 이후부터 수익 배당	• 원리금 상환 이후부터 수익 배당

- 위의 3가지 방식의 수익률은 연 4%~4.5% 수준으로 형성되고 있으며 공통적으로 발전사업 SPC와 같이 사업 참여 및 운영을 하는 형태임.
- 어느 방식이 우위에 있다고 단정 할 수 없으며 주민참여 모델의 선정은 해당지역의 여건과 개발 상황에 따라 가장 유리한 모델을 선정하는 방향으로 결정하는 것이 바람직함.

## 3-2. 이익공유 진행방식

### □ 지역 주민의 민주적 참여 보장과 진행 방식의 기준 설계

○ 계획 단계에서부터 지역 주민참여가 보장되어 있지만, 주민들은 실질적 참여가 이루어지지 않는 것으로 생각하므로 진행에 대한 투명성이 담보 되어야 함.

- 재생에너지 발전사업자는 개발 절차 중 입지 및 환경성 검토 단계에서부터 주민 수용성을 검토할 의무를 지님.
- 재생에너지(예 풍력) 개발 절차에서 주민의견 등 주민 수용성을 수렴하는 단계는 총 12단계에서 1 단계 “입지검토”에서 주민 수용성을 확인해야하며, 5단계 “발전사업 허가” 부분에서 주민의견 수렴을 반드시 받아야함. 그리고 9 단계 “주민보상협의”에서 주민보상에 대한 협의를 거쳐야 함.
- 태양광, 풍력, 연료전지 발전사업 중 환경영향평가 대상인 경우, 일간신문에 사전 고지<sup>46)</sup> 및 주민의견수렴 과정이 보완<sup>47)</sup>되었지만, 주민들이 추진 상황을 파악하지 못한 채 허가가 이루어지는 경우가 많음.
- 최근의 보고서인 이상준 외(2020)에서도 농어촌 지역의 재생에너지 보급에 있어 지역 수용성 문제 원인으로 ‘충분한 의사소통 및 의견 수렴 기회 부족’과 ‘주민참여와 공정한 절차의 부족’을 지목함.<sup>48)</sup>
- 사업 추진에 대한 주민 의사 확인을 위한 적절한 절차들이 있음에도 실효성이 부족해 보임.
  - 많은 사례에서 주민 중 일부 공청회 참석, 미참자 반대가 지속되어 사업이 지연됨.
  - 공청회, 설명회에 세대주 참석에 대한 의사를 확인하고, 계속 불참 시 따로 연락을 취해 의사를 직접 확인하는 작업이 필요함.
- 주민 동의에 대한 명확한 기준도 없는 상태이므로, 발전 사업 초기부터 지역 주민 동의에 대한 기준이 필요함.

\* 발전사업 허가 요건 중 수용성에 대한 정도가 , “전기설비 건설 예정지역의 수용 정도가 높을 것<sup>49)</sup>”의 평가항목에 지자체 동의서가 제출된 경우, 동의 절차가 완료된 것으로 평가함.

○ 국제 및 공공갈등 사례에서도 알 수 있듯이, 체계적이고 투명한 절차 및 정보 공개, 적극적인 홍보는 재생에너지 프로젝트에 대한 지역 수용성을 제고시킴.

- 아츠펠트 풍력발전 단지는 프로젝트 승인 과정 시작부터 지역주민들에게 프로젝트에 대한 정보를 제공하였으며, 승인 과정에서 60여 차례의 공청회 및 주민 설명회 등을 가짐.
- 연기군 송전선로 경과지 입지 사례에서는, 지역 대표들로 경과지선정위원회를 구성하고, 위원

46) 소규모 환경영향평가 대상인 경우, 허가신청 7일 이전 고지, 그 외 환경영향평가 대상 사업은 14일 이전 고지 의무.

47) 2020년 3월 개정되어 10월 1일부터 시행된 전기사업법.

48) 이상준 외(2020, p.33)

49) 발전사업허가 심사기준, 시행규칙 제7조,3항,1호.

회를 통하여 경과지 선정기준을 수립하고, 경과지에 대한 시뮬레이션을 구현하고 주민 설명회를 거치면서 지역 수용성을 제고하여 프로젝트 일정을 앞당김.

- 기존의 '선 결정, 후 동의'식의 비민주적 사업 진행은 주민 참여를 제한시킬 수 있으므로, 프로젝트 선정 및 부지 발굴과정에서부터 지역 주민들이 프로젝트 개발의 필요성을 인식해야 함.
- 지자체 주도의 사업도 '선 결정, 후 동의'식의 부지 발굴 사업으로 진행된다면 기존의 실패 사례를 답습할 것임.
- 지자체 주도의 사업에서도 부지 발굴 단계에서부터 주민의 참여를 보장해야 함.
- 주민 주도형 사업의 경우, 주민의 적극적 참여를 이끌 수 있으며 지역 수용성 또한 개선시킬 수 있음(제4장 국제 사례 참조).

## 4. 정책적 시사점

### □ 지역 주민 우려 사항 적극적 대응

- 프로젝트 개발에 따른 환경, 생태계, 주거생활 영향에 대한 투명하고 공정한 정보를 제공하는 등 주민들의 우려에 적극적으로 대처해야 함.
  - 국내 프로젝트 사례에서 볼 수 있듯이, 프로젝트 진행으로 인한 소음, 생태계 파괴, 환경 훼손 등이 프로젝트 반대의 가장 큰 이유 중의 하나로 나타남.
  - 해외 사례에서도 생태계 및 환경 문제는 재생에너지 프로젝트 반대의 중요한 이유로 부상하고 있으며, 이는 녹녹갈등으로 더 악화되고 있음.
  - 프로젝트 사업자와 지자체는 주민의 우려 사항에 적극적으로 대응하고 정확한 정보를 제공해야 함.
  - 발틱 1 해상풍력발전 사업에서는, 경관 훼손과 환경 NGO의 돌고래 피해 주장으로 사업의 반대가 심했지만, 지자체, 환경 NGO, 사업자, 지역 주민 간의 대화 시작, 환경 조사 범위 확대, 환경 재단 기금 마련, 해양기포막 설치, 생태계 조사 등을 통해 환경 문제를 적극적으로 해결하면서 프로젝트 수용성이 제고됨.
  - 국내의 경우, 전략환경영향평가 단계 또는 환경영향평가 단계에서 주민의 의견이 적극적으로 수렴될 수 있도록 주민 참여가 보장되어야 함.<sup>50)</sup>
  - 프로젝트 개발에 따른 악영향을 평가할 때 지역 주민, 사업자, 지자체 모두 동의할 수 있는 제3의 기관이 객관적으로 수행해야 함.
  - 지역 주민들이 제기한 모든 문제에 대한 상세한 평가와 그 결과를 공유하고, 악영향이 나왔을 때 그에 따른 해결 방안을 함께 모색해야 함.
    - \* 호주 NSW의 사례와 같이, 지방 정부와 독립적인 JRPP 운영으로 해당 지역에 큰 영향을 줄 수 있는 사업에 대한 객관적인 평가와 이러한 결과를 주민과 소통 필요.
  - 프로젝트 완료 후에도 프로젝트가 환경에 미치는 영향을 지속적으로 모니터링 할 수 있는 운영 체계를 구축하는 것도 필요함.

50) 환경영향평가법 제8조에 의하면 환경영향평가협의회는 주민대표를 포함하여 구성해야 한다. 제11조에 의하면 전략환경영향평가 대상계획을 수립하려는 행정기관장은 평가 실시 전에, 평가준비서를 작성하여 환경영향평가협의회 심의를 거쳐 평가항목 등을 결정하여야 한다. 제13조에 의하면 개발기본계획을 수립하려는 행정기관장은 개발기본계획에 대한 전략환경영향평가서 초안을 공고·공람하고, 설명회를 개최하여 해당 평가 대상지역 주민의 의견을 들어야 하고, 주민이 공청회의 개최를 요구하면 공청회를 개최하여야 한다. 그리고 주민 등의 의견 수렴 결과와 반영 여부를 대통령령으로 정하는 방법에 따라 공개하여야 한다. 이처럼 현행 전략환경영향평가 제도는 주민대표가 평가 실시 이전부터 관여할 수 있게 함. 또한 평가서 초안에 대해 주민의견을 수렴해야 하며, 그 결과와 반영 여부까지 공개해야 한다. 또한 환경부는 환경영향평가법 시행령 개정(21/8/10 시행)을 통해 주민의견 수렴결과 및 반영여부의 공개시기를 기존 '개발기본계획 확정 이전'에서 '전략환경영향평가 협의요청 이전'으로 변경하였다. 따라서 현행 전략환경영향평가 제도는 주민수용성과 관련한 사항을 적절하게 반영하고 있다고 판단된다. 그럼에도 불구하고 환경 문제 등으로 인해 지역 수용성이 떨어지는 이유는 주민의견 수렴절차의 실효성이 낮을 수 있음을 반증한다.

## □ 이익공유 체계 구축

- 이익공유는 지역의 공공자원 활용으로 발생한 이익을 공유하는 것으로 분배적, 절차적, 인식적 정의를 고려하여 사전 예방적이고 체계적인 성격을 가지고 있어야 함.
  - 이익공유 체계는 지역과 프로젝트 특성에 맞게 다양하게 설계될 수 있지만, 개발 초기 단계부터 지역 주민이 참여하는 민주적 참여 거버넌스 구축이 중요함.
  - 기금의 사용 범위 및 기준, 기금 보상 대상 및 범위, 기금 조성 범위 등에 대한 객관적 가이드라인이 요구됨(정부 가이드라인 권고안).
  - 정부의 이익공유 가이드라인 권고안은 대규모 프로젝트의 20년 장기 고정가격계약에서 계약가격의 상한선을 제공하여 각 지자체 또는 발전사업자들이 재생에너지 프로젝트의 비용을 낮추도록 유도해야 함.
  - 재생에너지 프로젝트 비용에는 발전사업자들이 주민들과 공유하는 모든 혜택 관련 비용이 포함됨.
  - 하지만, 모든 재생에너지 프로젝트와 지역에 동일하게 적용될 수 있는 이익공유 체계는 존재하지 않기 때문에, 해당 지자체에서 적용할 가이드라인도 필요함.
  - 정부의 권고 가이드라인과 지자체의 가이드라인이 상호 보완될 수 있어야 함.
  - 재생에너지와 지역 특산물(농·임·어업, 축산 물품 등)과 공존할 수 있는 모형을 개발해야 함.
    - 해상풍력단지 내 선박통항 및 어업권 보장, 양식 기술 개발 등
    - 영농형 태양광 사업 추진 등
- 이익공유 체계 구축 및 운영에 있어, 지역 주민들에게 법률, 계획, 거버넌스, 회계 및 재무 관련해서 전문가의 자문을 제공하는 것도 필요함.
  - 정성삼·이승문(2018)에서는 호주 뉴사우스웨일주, 스코트랜드 등의 이익공유 가이드라인을 조사하였으며, 각 가이드라인에서는 법률, 재무, 금융, 회계 등의 전문가 자문을 얻어 이익공유체계가 투명하고 효율적으로 운영되어야 한다 주장함.
- 공정전환 지원 대상지역에 재생에너지 보급 시 정부 추가지원 필요
  - 재생에너지 보급 대상지역 주민의 일부가 에너지전환에서의 취약계층으로 파악되는 경우 지자체는 정부에 추가적인 지원을 요청해야 할 것임.
    - 취약계층은 에너지전환으로 인해 축소되는 화석연료 기반 산업의 종사자 또는 기후변화로 증가되는 냉난방비용을 감당하기 어려운 에너지빈곤층 등임.
  - 정부는 공정전환 지원 지역에 재생에너지 보급 시의 추가적인 지원 방안을 마련해 제공해야 할 것임.

## □ 갈등조정기구 설치

- 지역 수용성의 근본 원인은 여러 사안을 두고 이해당사자 간 의견일치를 보지 못하는 갈등에서 출발함.

- 프로젝트 추진 시 지역 주민 간, 이해당사자 간의 갈등은 항상 존재하게 되고, 이러한 갈등을 지역 발전과 통합을 위한 필수불가결한 요소라고 인정해야 함.
- 재생에너지 프로젝트 사업은 확대될 계획이고 그에 따른 Green-Green 갈등 문제도 심각해질 것으로 전망됨.
  - Green-Green 갈등: 재생에너지 보급과 환경 보전의 갈등
  - 독일의 경우, 에너지-환경 분야 갈등 해결을 위해 KNE 갈등 조정기구를 설립함.
  - KNE는 예산은 연방정부로부터 받지만 독립적 그리고 중립적으로 운영됨.
  - KNE의 주요 역할은 첫째, 갈등해결 지원, 둘째, 사회적 대화프로그램 운영, 셋째, 과학적 정보 생산-보급이며, 전국적으로 약 50여명의 전문가들이 갈등해결 서비스를 무료로 제공하고 있음.
  - 에너지전환과 환경보전 사이의 국가적 또는 일반적 이슈에 대해 사회적 토론의 장을 마련하여 재생에너지의 사회적 수용성을 증대시킴.
  - 재생에너지 관련 객관적이고 과학에 기반한 자료를 제공하여 가짜 뉴스에 대응함.
- 재생에너지 프로젝트 특화 갈등관리 전담 조직 또는 기구 설치, 갈등관리 매뉴얼 작성, 갈등관리 인력 양성을 통하여 갈등관리 역량을 강화함.
  - 정부의 재정적 지원이 필요하지만 독립적이고 중립적인 성격의 기구여야 함.
  - 공공갈등의 관리 프로세스 체계를 구축하여 갈등영향분석을 시행함.
  - 재생에너지 프로젝트 특화 갈등관리 시스템을 구축하여, 다양한 프로젝트에서 발생한 갈등을 데이터베이스화 하여 차기 재생에너지 프로젝트 대응에 활용함.
  - 일정 규모 이상의 재생에너지 발전소 프로젝트에 갈등조정 전문가의 참석을 의무화함.
- 지자체의 갈등 관리 능력을 향상시키고 예산을 확대할 필요가 있음.
  - 독일의 경우, 주정부 산하에 에너지 전문기관을 설치하여 갈등해결을 지원함.
    - 에너지 전문기관은 공정하고 투명하게 프로젝트를 운영한 기업에게 인증마크를 발행함.
  - 광역지자체와 기초지자체의 갈등관리 능력(조직 구성, 인력, 예산, 조례 등)을 분석한 결과 갈등을 관리할 능력이 많이 부족한 것으로 평가됨.
  - 지자체에게 갈등관리 교육을 강화하고, 지자체의 갈등관리 예산과 담당 관리 인력을 확대할 필요가 있음.
  - 지자체 주도의 재생에너지 프로젝트 추진이 많아질 것으로 예상되므로, 지역 주민 간, 지역 주민과 사업자 간 효과적 갈등 관리를 위하여 '갈등관리 컨트롤 타워'를 설치하는 것도 하나의 대안이 될 수 있음.
- 장기적 지역 발전 전략 아래 재생에너지 프로젝트 추구
  - 장기 시도정계획, 에너지계획 등 수립 시 재생에너지 보급 전략과 기대효과를 명시
    - 지자체는 재생에너지 발전소 건립 프로젝트를 지역 발전 전략의 큰 틀 속에서 진행

- 지역 주민 참여를 통한 지역 발전 전략을 수립
- 주민 주도의 재생에너지 프로젝트가 개발: 지역 주민 의견이 반영된 지역 발전 전략 속 재생에너지 프로젝트 건립 추진
- 지역 내 재생에너지 자원잠재량을 파악하고, 이와 연계된 보급계획을 수립
  - 사전에 객관적 보급여건을 검토해 입지의 논리적 근거를 마련
- 재생에너지 설비 구축사업의 환경적 가치를 지역 주민에게 설명
  - 태양광과 풍력은 가동 중 오염물질 배출이 없음.
  - 지역 내에 석탄, 석유 등을 사용하는 에너지설비가 있다면, 장기적으로 이를 태양광과 풍력이 완전대체(축출)할 수 있다는 점을 설명
- 재생에너지 프로젝트를 통한 장기적 지역 일자리 창출과 지역 경제 활성화 전략을 도출하여 재생에너지 프로젝트에 대한 지역 주민의 인식을 개선
- 재생에너지 유관 기업 및 연구기관이 지역 내에 입지한 경우 보급과 연계해 산업생태계 조성
  - 국내 개발 설비 및 부품의 실증, 시범, 상업화, 대규모 보급 등을 지자체 주도로 추진해 지역의 성장 동력화
- 대규모 재생에너지 설비 구축 시 지역민 우선 고용, 지역 생산품 우선 구매 제도화
  - 대규모 설비 수용지역의 지역경제 활성화 효과를 지자체가 보장
- 지자체 역량 강화
  - 광역지자체는 재생에너지 보급 및 산업화 전담조직 마련
    - 산업통상자원부 내에 재생에너지 전담조직이 있듯이, 광역지자체에도 재생에너지 전담조직이 필요함.
      - 탄소중립 및 한국판 뉴딜 계획에 따른 재생에너지 분야의 중요도는 광역지자체에서도 전담조직이 필요한 수준임.
      - 재생에너지 프로젝트의 추진 방향은 기존 개별허가 방식에서 집적화단지 또는 원스톱삽(풍력) 방식을 병행하는 것이고, 집적화단지의 입지발굴은 지자체가 담당해야 하고, 원스톱삽의 지구지정은 산업부가 담당할 것으로 보임.
      - 대규모 입지 확보를 위한 집적화단지와 원스톱삽 방식에서 지자체의 역할이 중요함.
      - 그러므로, 자체 장기 지역 발전 계획안에 재생에너지 보급 전략을 담을 수 있는 역량이 있어야 함.
    - 자체 에너지 공사 또는 공단을 설립하는 것도 역량을 강화할 수 있는 대안임.
  - 광역지자체는 재생에너지 관련 공공기관 및 전문가와의 협력 강화
    - 광역지자체는 공사, 공단, 대학교, 연구소 등의 전문성과 공공성을 갖는 기관과의 협력 체계를 구축하는 것이 필요
  - 인근 광역지자체 간 연계사업 추진

- 광역지자체 간 협력으로 지자체 주도의 대규모 프로젝트 추진
  - 역량과 여건이 더 좋은 지자체의 사업에 인근 지자체가 함께 참여하여 상생 도모
  - 경남도, 부산시, 울산시는 동남권 신재생에너지 협력사업들을 추진 중
- 광역지자체와 기초지자체의 연계 강화 필요
  - 재생에너지 사업추진 역량이 부족한 기초지자체에 대한 교육, 협력을 광역지자체가 주도
    - 실질적으로 재생에너지 사업이 추진되는 군·구 이하의 지자체의 역량은 부족하고 이를 실질적으로 추진할 예산과 인원이 부족할 수 있음.

## 제4장

# 시의성 있는 지역 산업지원을 통한 정의로운 전환도모

---

(철강·시멘트업계 현황 및 산업지원 전략)



# 제4장 시의성 있는 지역 산업지원을 통한 정의로운 전환도모

## 1. 철강·시멘트분야 탄소중립 정책 및 업계 동향

### 1-1. 정책동향

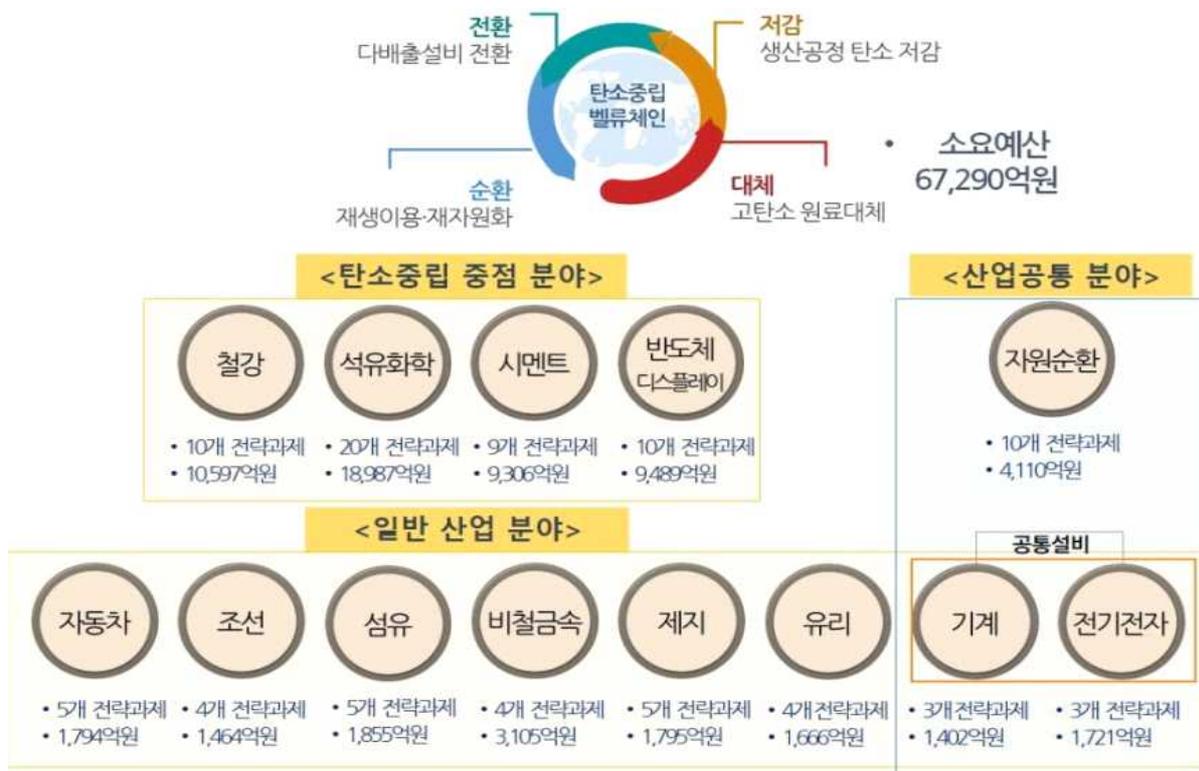
- 2050년 탄소중립 목표 선언(10.28) 및 탄소중립 추진전략(12.7) 발표로 탈석탄 및 재생에너지 확대 등 에너지전환 가속화
  - 공급측면에서 화석연료 중심에서 신재생에너지로 에너지 주공급원을 전환하고 전력망 확충 및 구조혁신, 분산형 전원체계 확대하고 재생에너지, 수소, 에너지 IT 등 3대 에너지新산업 육성
  - 단계별로 탄소중립 추진전략을 이행

① 2050 탄소중립 시나리오 (~'21.6)	② 핵심정책 추진전략 수립 (2021)	③ 국가계획 반영 (2022~2023)
• 탄소중립을 위한 <b>부문별 감축 잠재량 분석</b> • 탄소중립 복수시나리오 마련	• 시나리오 토대로 에너지·산업·수송 등 <b>분야별 전략 마련</b>	• <b>2030 NDC 상향 추진</b> • 관련 <b>법정계획 정비</b> * 에너지기본계획, 전력수급기본계획, 기후변화대응 기본계획 등

- 2050 그린철강위원회 출범(2021.2, 산업부) : 온실가스 최다 배출업종\* 철강산업이 ‘철강업계 2050 탄소중립 공동선언문’을 발표
  - ‘19년 철강산업 온실가스 배출량 1.17억톤(국가 전체 배출량의 16.7%, 산업부문의 30% 차지)
- 시멘트산업 그린뉴딜위원회 출범(2021.2, 산업부) : “2050 시멘트업계 탄소중립 도전 공동선언문”을 발표
  - ‘19년 시멘트산업 온실가스 배출량 39백만톤(국가 전체 배출량의 5.6%, 산업부문의 10%)
- 국가과학기술자문회의 제17회 회의에서 탄소중립 중점기술(안) 보고(2021.8, 과기정통부) : 탄소중립 실현과 산업 경쟁력 확보를 위해 탄소중립 중점기술 39개를 선정하여 과학기술자문회의 심의회의에 보고
  - (철강부문) 2040-50년 현장적용을 목표로 하는 장기(長旗) 기술로서 수소환원제철, 과도기(브릿지) 기술로 탄소저감형 고로·전로 공정을 중점기술로 선정

- (시멘트) 석회석 원료대체 기술 등을 중점기술로 선정
- (탄소포집·저장·활용(CCUS)) 발전소 및 산업공정 등에서 불가피하게 발생하는 탄소를 포집, 저장, 활용하여 발생된 탄소를 흡수하는 탄소중립 실현에 필수 불가결한 기술로 중점기술에 선정
- 산업부 6.7조원규모의 “탄소중립 산업핵심기술개발사업” 예타 기획안 마련(2021. 8, 산업부):
  - 철강, 시멘트, 석유화학 등 13개 업종으로 제조업 전반을 포괄하는 2050 탄소중립 기술개발사업 기획(2023년부터 2030년까지(1단계), 67,290억원)
  - 업종별로 탄소 배출 경로를 조사해 고탄소 원료·연료 대체 기술, 생산공정 탄소 저감 기술, 탄소 다배출설비 전환 기술, 탄소 재자원화 순환 기술 등 공정 전반에 걸친 탄소중립 기술을 포함

[그림 4-1] 탄소중립 산업핵심기술개발사업(안)



- 탄소중립 실현을 위한 온실가스 감축 주요기업 간담회(2021.9, 산업부) : 탄소 배출이 많은 업종의 애로를 점검하고 정부 지원 요청사항을 확인
- 탄소중립을 새로운 도약의 기회로 활용할 수 있도록 업계의 자발적 노력과 투자 필요

## 1-2. 철강·시멘트 산업 및 업계 탄소중립 동향

### 가. 철강산업 탄소중립 동향

- 국내 철강 생산량은 약 18억 톤으로 세계 6위 수준이며 국민 1인당 환산시 세계 1위, 수출 세계 3위이며 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 8%를 차지함
  - 2019년 CO<sub>2</sub> 배출량은 1.17억 톤(전체 배출량의 16%, 산업부문의 30%)이나 국내 철강산업의 에너지원 단위는 세계 최고 수준으로 에너지 절감 가능성은 중국·인도의 1/4, 유럽의 2/3에 불과함
  - 국내 철강산업은 사업체·종사자수 대비 국가 제조업 내 큰 비중 차지하며 생산액 99조 원(제조업 중 6.3%), 수출액 310억 달러(4.1%), 부가가치 23조 원(4.1%)
    - 자동차·조선·건설·전기전자·기계를 포함한 전방 산업이 대부분 경기의 영향을 많이 받기 때문에 경기변동에 민감도가 높고, 원재료 해외 의존성 및 고정비 부담이 큰 대규모 자본·에너지 집약 산업
    - 제조된 철강의 30% 정도가 수출되고 있으며, 국내 자동차·조선 생산량의 감소 및 건설 시장의 리모델링 중심으로 전환, 중국·일본산 철강재의 국내 유입 증가 등으로 국내 철강 생산량 성장 억제
- 세계 철강 시장은 16년 6,156억 달러에서 연평균 3.3% 성장하여 2021년 7,226억 달러 규모임
  - World Steel Association 통계 기준 중국의 세계 철강생산 비중은 2000년 15.0%에서 2020년 56.7%로 세계 철강 생산량의 증가가 중국의 생산량 증가에서 기인한 것으로 분석됨
    - 2020년 기준 철강 생산국 순위는 중국 10.6억 톤, 인도 1.0억 톤, 일본 0.83억 톤, 미국 0.73억 톤, 러시아 0.72억 톤 및 한국 0.67억 톤 순으로 2015년 이후 수요 증가세 부진과 개도국 설비 확장에 따른 공급과잉(초과생산 능력 연평균 6억 톤 이상) 및 낮은 가동률(평균 73%) 야기
- 철강생산은 크게 고로와 전로를 연계한 일관제철 공정이 생산량의 70%를 차지하며 철광석·석탄으로 쇳물제조 과정에서 90% 이상의 CO<sub>2</sub> 직접 배출
  - 전기로를 포함한 전기로 공정은 생산량의 30%를 차지하며 다량의 전력을 사용하는 전기로에서 65% 이상의 CO<sub>2</sub> 간접 배출
  - 기존 제철 기술의 연료 부분 또는 전량 수소로 전환에 대하여 전세계 철강사 중심으로 수소환원철 제조 전환 기술개발과 파일럿 규모의 산학연 공동 연구 진행
    - 기존 제철 기술의 온실가스 배출감축을 위해 수소 기반 직접 환원철을 제조하는 Midrex법, HYL법 등 철원을 활용하는 기술을 개발하고 있음
    - 탄소 기반 고로 철강 공정에서 수소가스 개질을 통한 수소 고로 취입 기술 등을 통해 15% CO<sub>2</sub> 저감을 목표로 2017년부터 COOLSTAR 국책 연구개발 진행

## 나. 철강업계 탄소중립 동향

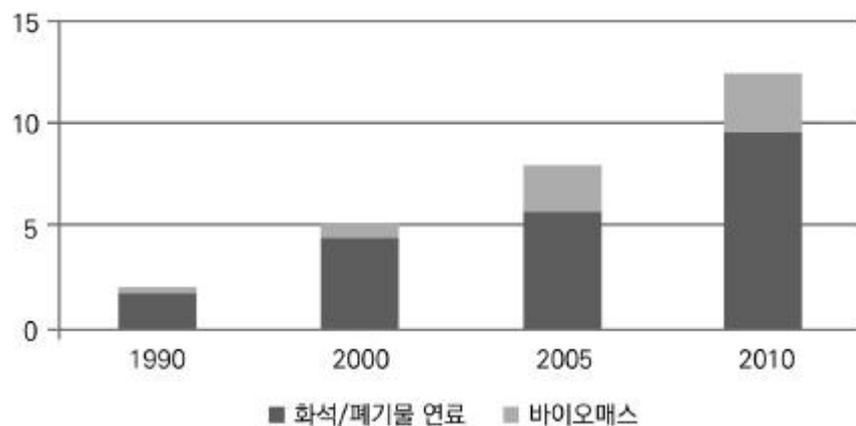
- 탄소중립 실현을 위한 온실가스 감축 주요기업 간담회(2021.9, 산업부) : 탄소중립을 새로운 도약의 기회로 활용할 수 있도록 업계의 자발적 노력과 투자 진행 필요
- (포스코) 2050년 '탄소 제로' 목표를 달성하기 위해 2030년 20%, 2040년 50% 탄소 감축 중·단기 목표와 단계적 실행 방안 제시
  - 1단계 : 에너지 효율 향상과 경제적 저탄소 원료로의 대체 추진
  - 2단계 : 스크랩 활용의 고도화와 탄소 포집·저장·활용(CCUS) 등 추진
  - 철강 제품 생산 시 용광로 등에서 발생하는 메탄·황·질소·이산화탄소 등이 주성분인 부생가스를 공정용 에너지원으로 회수해 사용하거나 자가발전에 활용
  - 3단계 : 수소환원제철 공법으로 탄소배출량의 획기적인 저감을 추진
  - 수소 환원 제철 기술을 개발해 궁극적으로 재생에너지에 기반한 '수소 환원 제철소'를 구현할 계획(2050년 상용화를 목표로 총 10조원을 투자 계획)
- (현대제철) 온실가스 배출 저감을 위해 2016년부터 2020년까지 5,100억원을 투자하였으며 2021년부터 5년간 4,900억원을 추가 투자할 계획 (10년간 환경 관련 분야에 약1조원 투자)
  - 용광로에서 배출되는 대기 오염 물질을 원천 차단하는 기술을 세계 최초로 개발해 실제 공정에 적용
  - 코크스 냉각 시 발생하는 폐열을 회수해 증기와 전력으로 재생산하는 방식을 통해 연간 50만톤 이상의 온실가스를 감축할 계획
  - 대기 오염물질 배출저감을 위한 방지시설을 추가 도입하고 항만에 정박 중인 선박을 위한 육상 전력 공급 장치(AMP) 설치 등 환경개선 계획
  - 굴, 조개 등 폐각을 가공해 만들어진 석회 분말을 철광석 소결 공정에 활용하여 석회석 사용량 감축과 연 50만톤 규모의 온실가스 감축 계획

## 다. 시멘트산업 탄소중립 동향

- 시멘트산업은 현대 사회의 근간이 되는 산업이며 시멘트 생산량은 경제 상황 및 저개발국가의 수요에 따라 유지 및 소폭 증가 전망
  - 세계 시멘트 생산량은 2010년 32.8억 톤에서 2019년 약 41억 톤으로 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 5%를 차지
- 시멘트 국내 수요는 2019년 4,900만 톤(최고 '97년 6,000만 톤)이며 시멘트 수출 2019년 650만 톤('11년 1,000만 톤 기록)으로 내수 감소에 따라 수출량이 증가하는 등 국내 소비량에 따라 수출량 변동

- 2013년까지 건설경기 악화, 원자재 가격 상승, 낮은 시멘트 가격, 업계 과잉경쟁 등으로 적자를 지속하다가 2014년 이후 흑자로 전환
- 글로벌 시멘트업계의 클링커 톤당 이산화탄소 배출량(990~2010년)은 연평균 약 9% 감소하였으며 시멘트 톤당 이산화탄소 배출량 감소추세는 더 커서 동 기간 중 연평균 약 16% 감소하였음.
- 이와 같이 이산화탄소 배출량이 감소한 이유는 대체연료의 비중이 1990년 1.9%에서 2010년 12.5%로 대폭 증가한 점과 전력 소비도 동 기간 중 연평균 약 -6%의 감소세를 유지한 데 주로 기인한 것임.
- 세계 시멘트업계의 대체연료 이용추이는 1990년 바이오연료 포함 2% 내외에서 2010년 12.5%로 6.5배 급증하였으며 이 가운데 9.5%는 화석연료 폐기물로 3%는 바이오연료로 대체

[그림 4-2] 세계 시멘트업계의 대체연료 이용 추이(1990~2010)



출처: WBCSD(2017), The Cement Sustainability Initiative, 2017.

- 세계 시멘트업계에 따르면 클링커당 에너지소비 감소, 대체연료 비중 증가와 함께 시멘트 톤당 이산화탄소 배출을 2015년 대비 2020년에는 6.1% 감축하고 2030년에는 2015년의 2/3 수준으로 낮춘다는 계획임

<표 4-1> 세계 시멘트업계의 로드맵 중 환경·에너지관련 목표 지표

	단위	현황		전망		
		2012	2015	2020	2030	2050
클링커당 열에너지소비	GJ/t	3.9	3.8	3.5~3.7	3.3~3.4	3.2
대체연료 비중(바이오 포함)	%	5~10	10~12	12~15	23~24	37
클링커/시멘트 비율	%	77	76	74	73	71
CCS플랜트	개소	2	3			
CCS 시범플랜트 운전	개소		2	6		
상업용 플랜트 운전	개소				50~70	200~400
CO <sub>2</sub> 배출/시멘트	kg/t	0.75	0.66	0.62	0.56	0.42

출처: WBSCD(2017), The Cement Sustainability Initiative, 2017.

- 국내 산업부문 이산화탄소 배출량 가운데 18%가 시멘트 산업에서 발생 → 산업부 등 산·학·관·연 전문가 15명으로 구성된 시멘트 그린뉴딜 위원회를 발족 원료, 연료, CCUS 등 3개 중점분야에서 34개 단위과제를 발굴해 탄소중립을 위한 제도개선 사항을 도출
  - 온실가스 감축기술로 석회석 대체원료(비탄산염 원료) 추가 개발, 클링커(시멘트 반제품) 사용량을 줄이는 혼합재와 혼합시멘트 사용 확대 외에 수소, 바이오매스 등 친환경 신열원(熱源) 개발 R&D를 신속히 추진
  - 온실가스 포집 및 전환기술(CCUS) 조기적용을 통해 2050년 온실가스를 2018년 대비 50% 이상 감축하는 시나리오를 제시
- 선진국들은 비탄산염 원료로 철강슬래그, 석탄재 및 소각재 등을 사용 중이며, 염소 제거 등의 전처리 방법도 다양하게 적용 중이며 비탄산염 원료 사용으로 공정배출 CO<sub>2</sub> 감축과 함께 클링커 소성온도 저감으로 연료배출 CO<sub>2</sub> 감축에도 기여 가능
  - 석회석은 CO<sub>2</sub> 감축효과 및 경제성이 우수하며, 원료공급 용이하고, 콘크리트 특성 개선에도 기여하여 혼합재로서의 가치를 재평가 중
  - 유럽은 석회석을 혼합시멘트용 혼합재(EN197-1)로 사용 중이며, 중국은 전로/전기로 슬래그 등도 일부 시멘트 혼합재로 사용
    - 특수 클링커 광물 및 산업부산물을 활용하여 탄소배출이 적고, CO<sub>2</sub> 양생을 통해 CO<sub>2</sub>를 흡수, 고정화할 수 있는 시멘트 및 콘크리트 제조기술을 개발 중이나 대량 상용화는 미흡한 실정이며, 탄소중립 실현이 가능한 미래 혁신기술로서 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서 다양한 연구개발 및 투자가 진행 중

## 라. 시멘트업계 탄소중립 동향

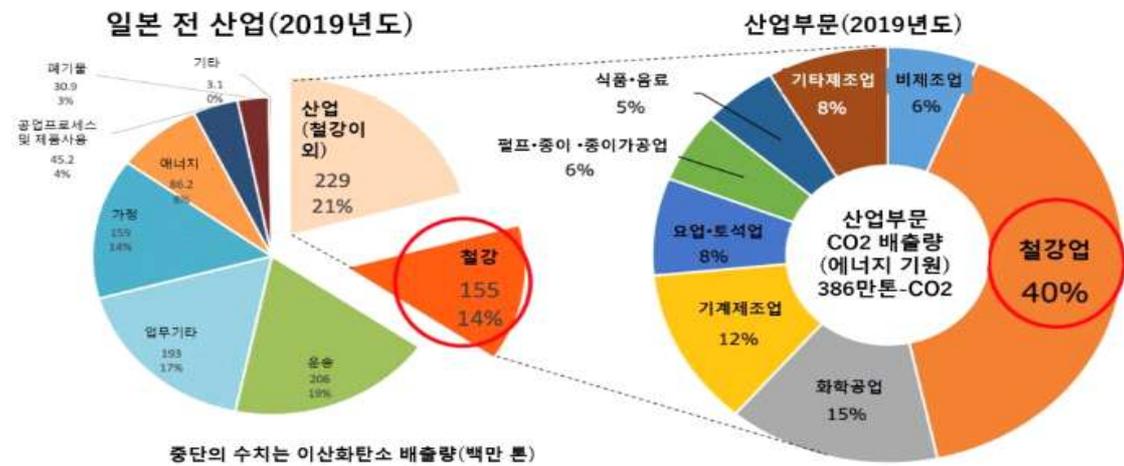
- (쌍용C&E) 국내 시멘트업계 최초로 2030년 탈석탄 실현을 선언하고 2050년 탄소 발생량을 획기적으로 줄여나가기 위한 주요 전략을 발표
  - 대규모 설비 투자를 통해 2030년까지 유연탄 사용량 제로(0)를 목표로 현재 연간 유연탄 사용량 150만톤을 2025년에는 50만톤까지 감축 계획
  - 단일 시멘트 생산공장 규모로는 세계 최대인 폐열발전설비의 운영과 폐합성수지 사용량을 늘리기 위한 지속적인 설비 투자 추진
- (삼표시멘트) '2050 탄소제로 로드맵' 발표
  - 5년간 2000억원을 투입해 폐열발전설비 확충 및 CCUS 기술개발 등 2030년까지 온실가스를 최고 35% 감축하고 2050년 전 사업에 걸쳐 탄소 배출을 100% 감축
  - 시멘트 생산 연료인 유연탄을 폐플라스틱 등 순환자원으로 100% 대체하고 탄소 배출량을 줄이는 폐열 발전 및 고효율 설비 도입 확대
  - 2단계 전략으로는 원료부터 운송에 이르는 사업 전반에서 친환경 중심의 공정 개선 및 저탄소 전환 지속 추진 계획
- (성신양회) 2020년 3,50억원 투자를 포함, 향후 7년 동안 1300억원 규모의 환경 관련 시설투자
  - 시멘트 생산설비 개조 및 신설, 관련 인프라 구축 프로젝트로 환경설비 등의 시설에 투자해 유연탄의 순환자원 대체비율을 현재 20% 수준에서 50% 이상으로 향상 시킬 계획

## 2. 해외 철강 · 시멘트분야 탄소중립 지원전략

### 2-1. 일본 철강분야 탄소중립 지원 전략

- 일본 국내 철강업의 총 매출액은 2018년 기준 19조 엔, 종업원은 22만 명 규모로 2019년 기준 제조업 전체의 GDP의 8.5%인 9조6000억 엔을 차지하는 대규모 산업이나 탄소 중립의 실현을 위해서 많은 어려움 극복이 필요한 산업임
- 2019년 기준 일본의 산업별 이산화탄소 전체 배출량인 386억 톤에서 약 40%가 철강산업에서 배출되었으며 이는 일본 전체의 이산화탄소 배출량의 14%에 해당하는 규모로 일본의 탄소 중립 실현을 위해서는 반드시 철강산업 분야에서의 탈탄소화가 이루어져야 함

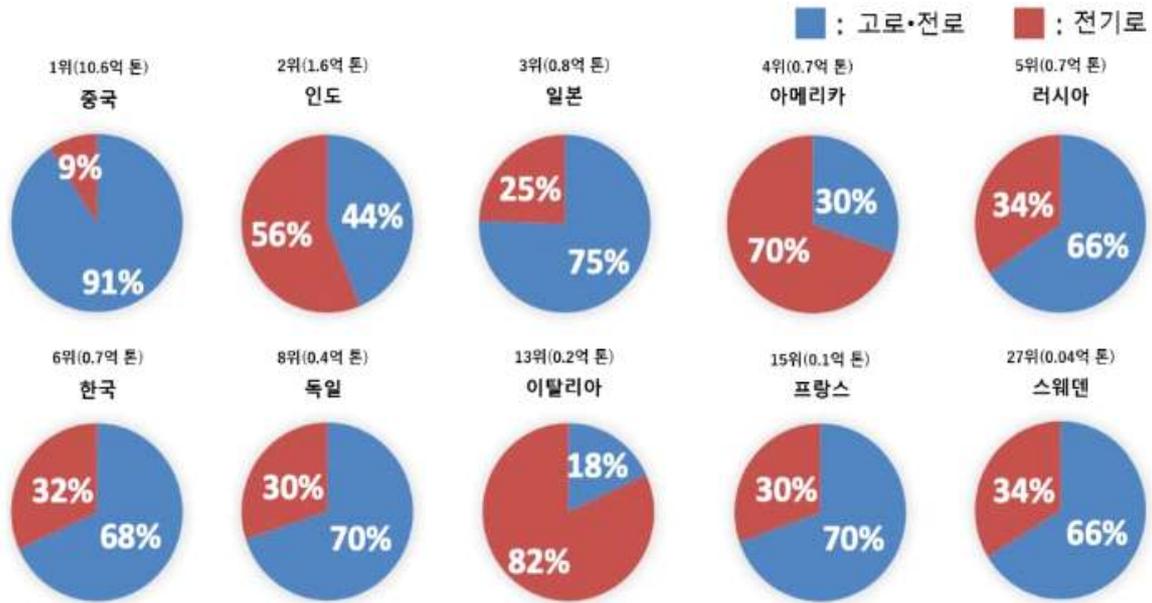
[그림 4-3] 산업별 이산화탄소 배출량 비중(2019)



출처: 경제산업성

- 일본의 철강산업에서 고로와 전기로의 생산 비율은 고로가 75%, 전기로가 25%에 달하고 있으며 인도나 미국에서 전기로의 비중이 점차 올라가고 있는 것과는 대비되는 모습으로 철강산업에서의 이산화탄소 배출량은 한동안 유지될 것으로 보이며 탈탄소 공급망을 구축하고 있는 유럽 및 미국에서 경쟁력 저하 문제가 나타날 수 있는 상황임

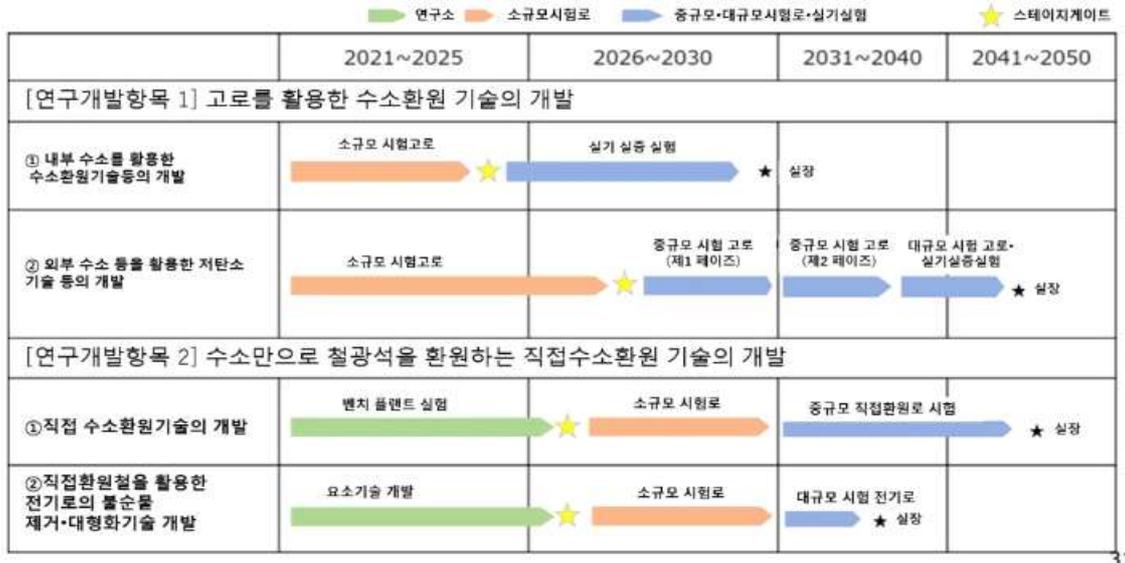
[그림 4-4] 국가별 고로, 전기로 구성 비율



출처: 경제산업성

- 일본 정부는 2020년 12월 ‘그린 성장 전략’을 발표, 2021년 4월 기후변화 정상회의에서 일본의 온실가스 감축 목표를 ‘13년 배출량 기준 대비 2030년까지 46%로 감소하겠다는 목표를 발표
- 2019년 기준 일본의 산업별 이산화탄소 전체 배출량 386억 톤 약 40%가 철강산업에서 배출, 일본의 탄소 중립 실현을 위해서는 철강산업 분야에서의 탈탄소화가 매우 중요
  - 철강산업은 주요 산업 분야 중 가장 탄소 배출량이 많기 때문에 일본 정부의 탈탄소 정책에 가장 민감하면서 중요한 위치를 차지하고 있는 만큼 정부와 주요 기업들은 철강산업의 탈탄소를 위한 다양한 정책과 방안을 마련하는데 집중하고 있음
- 경제산업성이 2021년 6월에 발표한 <제철 프로세스와 관련한 수소활용>에서는 철강산업에서의 탄소배출 목표 및 향후 로드맵을 발표
  - 이산화탄소 배출과 관련, 신기술 개발을 통해 2030년까지 국내 약 200만 톤/년의 감소를 진행하고 2050년까지는 전 세계 약 13억 톤/년의 절감을 목표로 진행하고 있으며 이로 인한 경제 파급효과로 2030년까지 약 3200억 엔/년, 2050년까지는 40조 엔/년이 발생할 것으로 예상하고 있음
  - 이러한 목표 달성을 위해서 ① 수소 밸류체인의 구축, ② 탄소포집기술 CCUS의 확립을 통한 사회 인프라 확립이 중요한 과제이며 이를 위해 수소 밸류체인이나 메타네이션 추진을 위한 관민협의회 등 콘소시엄과의 연계를 통해 기술 간 연계를 강화

[그림 4-5] 일본 철강산업 탈탄소 로드맵



출처: 경제산업성

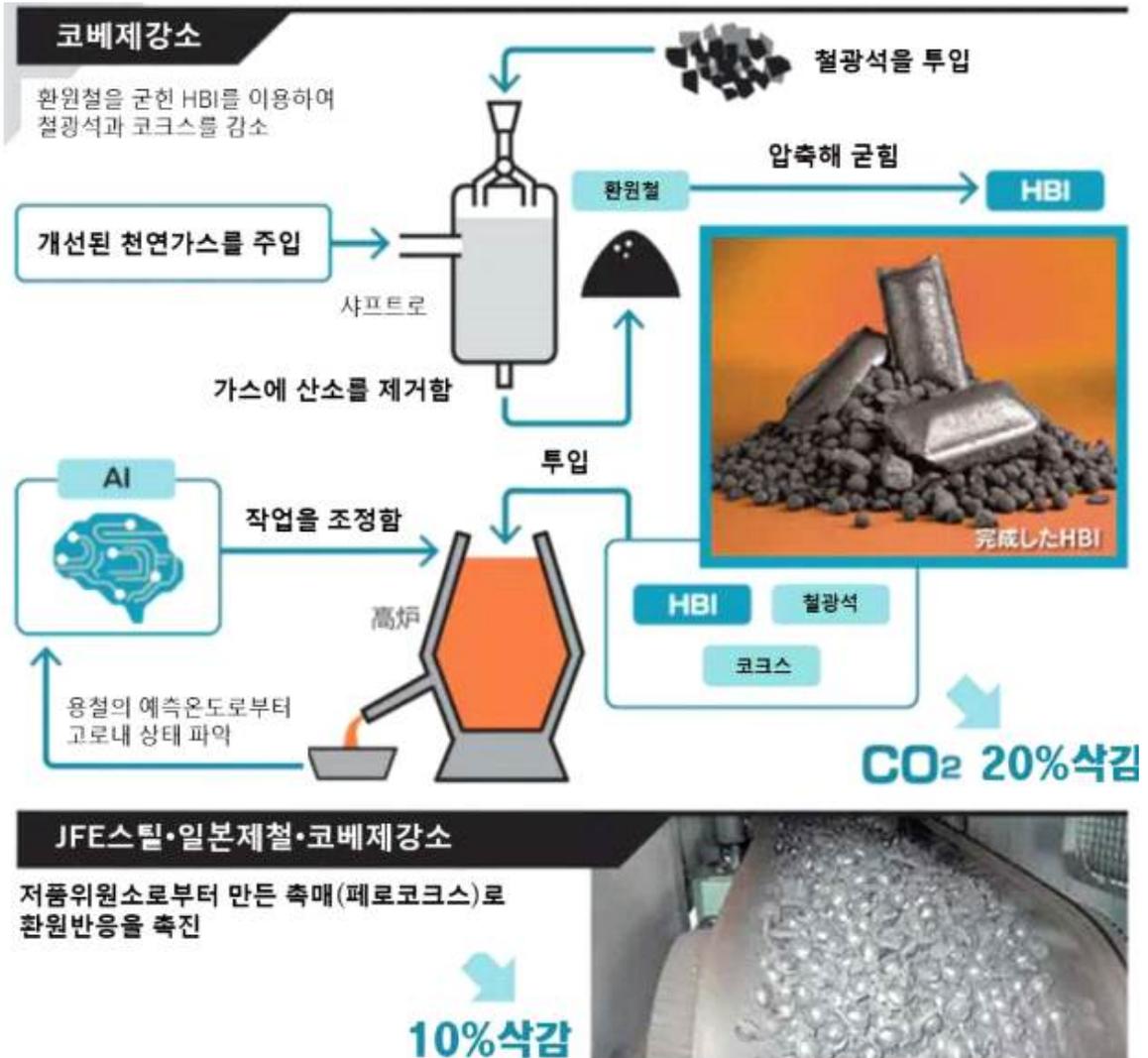
- 일본 제철, JFE스틸, 코베제철소 등 주요 일본 철강회사들이 2008년부터 참여해 제철소에서 발생하는 이산화탄소의 약 30%를 감소시키는 혁신 저탄소제철 프로세스 기술을 확립을 목표로 하는 프로젝트를 추진
  - 산화철의 환원을 위한 코크스(석탄) 사용의 일부를 대체하여 ① 수소를 활용하는 철광석 환원 기술(고로수소환원기술), ② 고로 가스로부터 다량 발생하는 이산화탄소를 분리시켜 제철소 내 미사용에너지를 활용한 이산화탄소 분리 포집기술을 개발 중
  - 2020년 ‘제로 카본 스틸(zero carbon steel)’의 실현을 위해 과제 선정 및 로드맵을 책정해 실현 노력을 진행 중이며
    - 대표적인 프로젝트는 ‘COURSE50(CO<sub>2</sub> Ultimate Reduction System for Cool Earth 50)’으로 일본제철, JFE스틸, 코베제철소 등 주요 일본 철강회사들이 2008년부터 제철소에서 발생하는 이산화탄소의 약 30%를 감소시키는 혁신 저탄소제철 프로세스 기술 확립을 목표로 프로젝트 진행 중
    - 2030년까지 고로(500m<sup>3</sup>급 이상) 공정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>의 배출량을 최대 50%까지 감소시키는 목표를 달성하기 위해 실증실험 진행 중
- COURSE50의 기술 개발 외에도 고로에 직접 외부 수소를 활용한 기술이나 코크스 대신 바이오 가스를 원료로 하는 등 메타네이션 기술 도입이 이루어지는 등 다양한 기술 개발 노력이 이루어지고 있으며 이를 통해 2030년까지 중간 규모의 고로(500m<sup>3</sup>급 이상) 공정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>의 배출량을 최대 50%까지 감소시키는 목표를 달성하기 위해 실증 실험이 진행되고 있음
  - 전기로에서도 직접환원로 기술을 통해 수소를 통한 환원철을 제조하는 직접환원기술 개발이 진행되고 있으며 이를 통해 현재 고로법과 비교해 이산화탄소 배출량을 50%까지 감소하는 기술을 개발을 목표로 하고 있음

## 2-2. 일본 철강업계 탄소중립 노력

- (일본제철) 일본제철은 2021년 3월 발표한 환경대책에서 2030년까지 철 스크랩을 원료로 하는 대형 전기로를 국내에 설치해 실용화할 방침을 표명
  - 전기로는 이산화 고로방식에 비해 탄소 배출량을 1/4 정도로 감소시킬 것으로 기대되며 또한, 코크스 대신 수소를 활용하는 생산기술을 개발, 적용하는 등 생산체제를 탈탄소 시대에 맞춰나갈 것을 발표
    - 현재 일본에서는 도쿄제철이 보유한 아이치현의 타하라 공장이 250만 톤으로 가장 큰 전기로로 알려져 있으며 유럽 아르셀로 미탈과 협력한 미국 아라바마주의 공장에 약 150만 톤, 투자액 800억 엔 규모의 전기로를 새롭게 가동할 계획임
  - 고로에 비해 전기로는 불순물 제거가 어려운 한계를 가지고 있기 때문에 이를 극복하기 위해 기존의 고장력 강판인 하이텐강보다 더 강도가 높은 ‘슈퍼 하이텐강’이나 전기자동차(EV)의 모터에 활용되는 전기강판 등 고성능 강재를 전기로로 생산할 수 있는 기술을 확보하면서 대형 전기로로 단계별 이동을 준비하는 중
  - 일본 제철은 환경에의 대응 및 기업 수익성 강화를 위해 시설 통합을 진행하고 있으며 20년 히로시마현 구레시의 세토우치 제철소의 폐지 발표에 이어 2021년 3월 이바라키현 카시마시의 동일본제철소 카시마 지구의 고로 시설 1기를 25년 3월까지 휴지하는 것을 발표하는 등 시설 정비를 추진하고 있음
    - 휴지로 인해 협력회사 포함 전체 1만 명 규모의 인력도 정리 등의 영향을 받을 것으로 예상되며 시설의 노후화 및 현장과 경영진 간의 정보 공유의 어려움 등의 요인으로 생산성 하락, 수리비용 증가 상황에 직면하고 있으며 정부의 탈탄소 정책까지 영향을 미칠 것으로 예상되어 일본 제철은 생존의 위협을 느끼며 기업 합리화를 단행하고 있음
- (고베제강) 환원철 기술에 집중하며 탈탄소 제철을 실현하고자 노력, 환원철을 굳인 ‘핫 브리켓 아이언(HBI)’는 철광석에 천연가스를 사용해 산소를 제거해 고로 안에서 이산화탄소를 발생시키지 않으며 이로 인해 철광석과 코크스 사용량을 감소하는 실증기술개발을 추진
  - 실증 실험에서 용해된 철 1톤당 코크스 투입량을 518kg에서 415kg까지 감소시키는 데 성공했으며 이산화탄소의 배출량을 20% 정도 절감하는데 성공
  - 고로법상 코크스를 줄일 경우 고로의 내부 상태가 불안정해지고 온도의 관리가 어려워지는 문제를 해결하기 위해 인공지능(AI)을 도입해 적은 코크스로도 적절한 용해를 유지하는 기술을 확립하였으며 이를 통해 탄소 배출량의 20% 정도를 감소
  - 고베제강은 원료탄 대신 천연가스를 사용하여 철광석에서 산소를 제거한 환원철의 고로 투입을 증가시킬 계획이나 고로 1기당 수명은 20~30년이며, 갱신 비용이 500억엔에 달하는 상황에서 일본 업체가 고로를 포기하고 전기로 등으로 갱신하는 것도 한계가 있을 것으로 판단됨

- JEF스틸과 일본제철, 고베 제강 등이 ‘페로 코크스’라고 불리는 용매의 제조시설의 공동연구를 진행하고 있으며 동 시설은 저품질의 철광석과 석탄을 원료로 분쇄, 건조, 성형 등의 공정을 통해 ‘페로 코크스’를 생산하는 시설로 현재 10%의 이산화탄소 배출량 절감을 목표로 연구가 진행되고 있음

[그림 4-6] 고베제강의 HBI 이용 기술 개요



출처: 닛케이

- (JFE스틸) 세계 최초로 '카본 리사이클 고로'에서 CO<sub>2</sub>와 수소를 결합하여 메탄으로 변환한 후 이를 환원제로서 다시 고로에 투입하는 기술을 개발 중
  - 국립 산업기술종합연구소 주관으로 CCR연구회를 통하여 JFE 포함 32개 기관이 참여하면서 수소 환원 기술과 탄소 재활용 기술에 대한 기초 연구를 수행 중
  - JFE스틸은 2030년까지 페코 코크스를 하루 1500톤 생산할 수 있는 체제를 정비하고 상용화를 목표로 추진하고 있으며 페로 코크스가 철광석 층에 투입될 경우 촉매 반응 속도상승으로 기존보다 짧은 시간에 환원 반응을 끝낼 수 있어 코크스 사용량을 줄이며 전반적인 에너지 소비도 억제
- (NSC) NEDO의 주관으로 NSC 외 2개 철강사가 COURSE50에 참여하여 수소 고로와 CCUS에 대한 Pilot plant설비를 구축하고 상용화 전단계의 기술 개발 중
  - 일본 철강업체들은 일부 고로를 전기로로 바꾸거나 일정 수준의 CO<sub>2</sub> 배출량을 감수하면서 CCU(CO<sub>2</sub> 재이용)나 CCS(CO<sub>2</sub> 저장) 등 새로운 기술개발 추진 등에 힘쓸 것으로 예상

### 2-3. 일본 시멘트분야 탄소중립 지원 전략

- 일본의 연간 시멘트생산량은 1996년 1억 톤에 달하였으나 1998년 8,300만 톤을 기록한 후에 계속 감소하여 2008년 6,600만 톤, 2015년에는 5,900만 톤으로 감소
  - 일본 시멘트 산업의 향후 2020년 시멘트 생산이 2016년 대비 약 290만 톤 감소한 5,621만 톤, 2030년에는 2016년 대비 약 353만 톤 감소한 5,580만 톤으로 전망
    - 시멘트 1톤당 에너지소비의 감소는 기대되지 않으므로 결국 생산감소에 따른 온실가스 감축에 그칠 것으로 예상됨.
    - 시멘트산업은 「원활화법」하에서 세 번에 걸친 불황카르텔이 체결되어 구조개선사업, 집약화(그룹화: 공동판매 또는 대형합병)가 진전되며 약 30%의 설비가 폐기됨.
  - 1991년에 시멘트산업은 이미 경기확대에 따른 경영환경의 호전으로 지정이 해제되었는데 국내에서는 구조가 재편되는 한편, 일부 기업은 해외진출을 추진하였음.
- (태평양시멘트) 2050년 온실가스 80% 저감을 목표로 연료, 원료, 혁신기술 등기술과 실용화 가능성 고려 감축 시나리오 설정(순환연료 배출 CO<sub>2</sub>를 제외)

<표 4-2> 일본 시멘트 산업의 온실가스 배출추이(1990~2016)

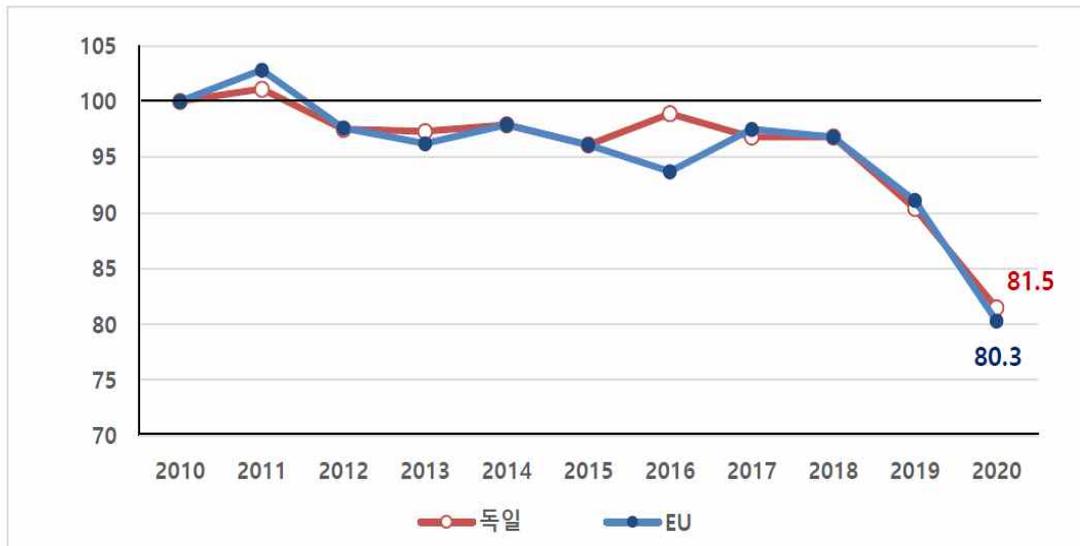
	현황							증가율			
	1990	2000	2005	2010	2014	2015	2016	'00/'90	'10/'00	'16/'10	'16/'90
천t	93,104	82,373	73,931	55,901	60,950	59,070	59,110	-0.012	-0.038	0.009	-0.017
10 <sup>7</sup> MJ	33,383	28,866	25,236	19,175	23,221			-0.014	-0.040	0.049	-0.015
만t-CO <sub>2</sub>	2,741	2,473	2,177	1,653	1,775	1,718	1,696	-0.010	-0.039	0.004	-0.018
MJ/시멘트t	3,586	3,504	3,413	3,430	3,417	3,390	3,347	-0.002	-0.002	-0.004	-0.003
지수	1	0.977	0.952	0.957	0.975	0.993	0.976	-0.002	-0.002	0.003	-0.001
kg-CO <sub>2</sub> /시멘트t	294.4	300.2	294.5	295.8	291.2	291	287	0.002	-0.001	-0.005	-0.001

자료: 日本 經團連, 「セメント業界の低炭素社會實行計劃」, 각년호.

## 2-4. 독일 철강/시멘트분야 탄소중립 지원 전략

- EU차원의 탄소중립(그린딜, Green Deal)이 추진되면서 철강산업의 저탄소 전환과 미래 유럽 철강산업의 지속성장을 위한 논의가 부각되기 시작하였으며 EU내 최대 조강 생산국이자 제조업 집약국가인 독일은 국가경제 발전과 제조업을 지탱하는 핵심기반 산업인 철강산업의 탄소중립 성장지원에 가장 적극적인 움직임을 보이고 있음

[그림 4-7] 독일 및 EU의 철강 생산량 ('10년=100 기준)

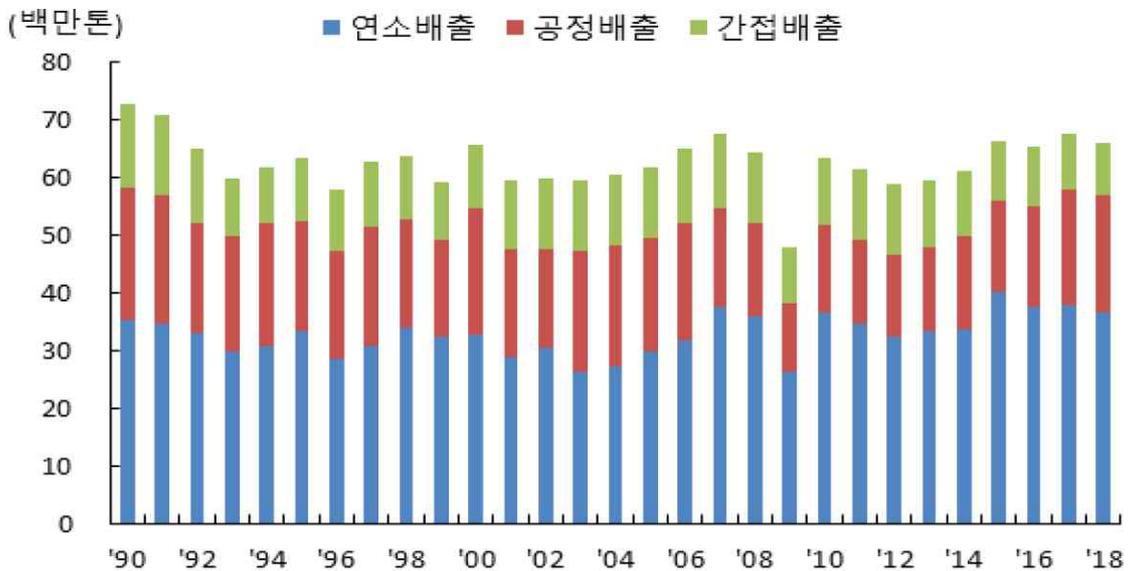


- '20년 기준 독일의 조강생산량은 3,570만톤으로 세계7위 수준이며 EU 역내 총생산량의 25%를 차지, 철강산업은 자동차 등 관련 업계 350만명의 직간접 고용을 창출
- 독일의 국가 온실가스 총배출량은 8억 5,840만톤CO<sub>2</sub>eq.로 1990년 12억 4,950만톤 대비 31.3% 감소(UNFCCC, 2020b) 하였으며 2018년 온실가스 배출량의 거의 대부분인 83.9%는 화석연료 연소 등에 따른 에너지 분야에서, 7.5%는 산업공정 분야에서 비롯됨
- 19년 12월 EU 역내'50년 탄소중립 달성을 목표로하는'EU Green Deal' 발표이후, 대표적 탄

소집약 산업인 철강산업의 탄소중립 전환과 장기적인 미래성장을 위한 논의가 부각되기 시작  
 - 특히, EU내 대표적 제조업 강국이자, 최대 조강 생산국인 독일이 철강산업의 탄소중립을 위  
 해 정부차원에서 가장 적극적인 움직임

- 독일 철강업의 온실가스 배출량은 6,610만톤CO<sub>2</sub>eq.로 1990년 7,270만톤 대비 7.1% 감소한 것  
 으로 분석되며 2018년 배출량의 55.6%는 화석연료 연소에서, 29.7%는 산업공정 분야에서 비롯
- 전기와 열 사용에 따른 간접배출량은 14.4%를 차지하였으며 간접 및 공정배출량은 1990년에  
 비해 감소하였으나, 연소배출량은 1990년에 비해 소폭 증가한 것이 특징
- 2017년 기준 독일 철강업의 부가가치와 온실가스 배출량은 각각 제조건설업의 1.6%와 20.2%  
 에 해당하며 1990년대 초반 감소한 후 2009년 금융위기를 제외하면 정체 상태를 지속

[그림 4-8] 독일 철강업의 배출특성별 온실가스 배출량 추이

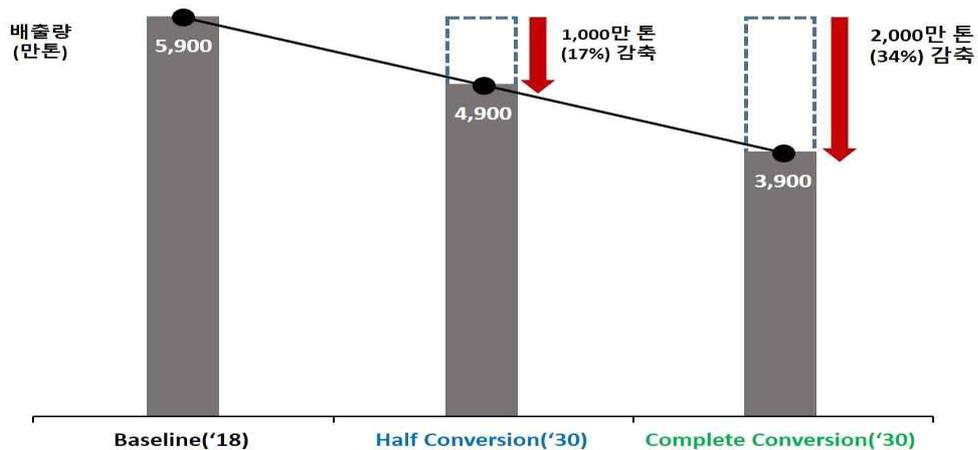


출처: UNFCCC(2020b), Eurostat(2020) 및 에경연 보고서 인용

- 독일 철강산업은, 탄소규제(EU ETS)와 높은 에너지비용으로 인한 산업경쟁력 약화, 독일내 조강  
 생산량 감소와 제3국 수입량 증가, 막대한 탄소중립 전환비용 등의 문제에 직면
- 독일 철강산업은 산업 전체 온실가스 배출량의 30%(국가전체의5%)를 차지하고있어 국가차원  
 탄소중립 정책의 핵심임. 따라서, 철강산업의 저탄소 전환 없이는 목표달성 불가능
- 이에 독일정부는 철강산업의 탄소중립 전환과 산업경쟁력 강화를 골자로 종합적·체계적 지원  
 을 추진하는 ‘Steel Action Concept’을 발표('20.7월)
  - ‘Steel Action Concept’은 ①공정한 시장경제 조성 ,②탄소 누출(Carbon Leakage)방지,  
 ③저탄소 사회로의 전환이라는 3가지 정책방향을 제시
- ① 글로벌 철강산업의 공정한 경쟁환경 조성을 위해 글로벌 과잉생산 방지와 국제무역 왜곡행위  
 에 대한 보호장치를 강화

- ② 탄소누출 방지를 위해 EU ETS 무상할당 유지, 전력가격 중과세 방지, 탄소국경 조정조치 등 다양한 정책 옵션 고려
- ③ 저탄소 공정전환에 대한 단계적('30년/'50년) 인센티브 강화, 국가 수소 전략 연계 수소 관련 기술개발 도입 지원
- 재생에너지로 생산된 수소만 장기적으로 지속가능 하다고 판단, 고로 중심의 생산공정을 수소를 이용한 생산공정으로 단계적으로 바꾸어나 갈수 있도록 혁신기술 개발 지원
- 저탄소 생산기술 및 시장의 활성화와 순환경제의 잠재성을 이끌어 내기 위해 친환경 제품의 생산 및 이용에 대한 인센티브 지급과 지속가능한 상품 디자인의 필요조건을 제시, 철스크랩 공급문제와 기후변화 문제를 해결
- '25년부터 '30년까지 재투자 결정이 필요한 노후화된 고로들이 전체 생산능력의 1/3에 달하는 1,200만톤이며, 저탄소 공정전환(€108억의비용예상)시 18년기준 철강산업 배출량(5,840만톤)의 약34%에 해당하는 연간2,000만톤의 탄소배출 감축이 가능하다는 분석

[그림 4-9] 독일의 노후화된 고로의 저탄소 공정전환 시나리오



출처: POSRI 제작성, 'Steel Action Concept' 내용기반

- 국가 탈탄소화 프로그램, 탄소회피 연구 등 현재 진행 중인 다양한 프로그램을 통해 국가차원에서 철강산업에 직접적으로 지원할 수 있는 편당규모가 '25년까지 €20억 이상임
- 그 외에도 독일의 '국가수소 전략'과 EU차원에서 진행중인 탈탄소화 연구지원(펀딩) 프로그램 등과 함께 시너지 효과를 모색

[그림 4-10] 독일정부의 저탄소 전환지원 프로그램

프로그램	예산규모	편당기간
<b>국가탈탄소화프로그램</b> (National Decarbonisation Programme) 철강과 알루미늄 등 배출집약도가 높은 산업의 친환경생산공정 개발을 지원하는 프로그램	€ 10억	~'23
<b>산업부문 기후관련공정배출 회피연구이니셔티브</b> (Research Initiative for the Avoidance of Climate-Related Process Emissions in Industry) 산업 내 탄소배출직접회피(CDA)기술개발을 위한 펀딩 프로그램	€ 0.8억	~'25
<b>산업공정 내 수소 이용 프로그램</b> (Programme for the Use of Hydrogen in Industrial Production)	€ 4.3억	~'24
<b>기초소재산업의 탄소회피 및 이용 프로그램</b> (Programme Carbon Avoidance and Use in the Basic Materials Industries)	€ 3.7억	~'23
<b>Carbon2Chem 프로젝트</b> 철강생산공정에서 배출된 탄소를 화학물질의 기초재료를 생산하는 CCU 프로젝트	€ 1.4억	'16~'23
<b>에너지 전환 규제 샌드박스 프로그램</b> (Programme Regulatory Sandboxes for the Energy Transition) 에너지 전환 기술의 실험규모 확대 및 상용화를 가속화하기 위해 기존 규제를 면제시키는 프로그램	€ 4.15억	'20~'23

출처: POSRI 제작성, 'Steel Action Concept'내용기반

- 독일정부는 다양한 지원 프로그램을 통해 주요 철강사의 저탄소 혁신기술 공정에 투자할 계획이며 독일철강협회는 철강산업의 탈탄소화에 '50년까지 총€300억, '30년까지 €100억이상의 큰 비용이 발생할 것으로 추산
  - 독일 주요 철강사들은 'Steel Action Concept'의 일환으로 정부지원에 기반해 저탄소 공정 전환, 혁신 기술 R&D 사업 등 적극적 추진 중
- (티센크룹, Thyssen krupp) Carbon2 Chem 프로젝트에 Phase 1('16~'19) €6,000만 지원을 완료하였으며 2020년10월 Phase 2('20~'23) €7,500만 정부지원 계획을 발표
  - Carbon2 Chem 프로젝트는 :Thyssen krupp의 주도로 Volks wagen, Siemens, BASF 등 다양한 산업군의 기업들이 참여하며, 배출된 이산화탄소를 이용해 메탄올·암모니아 등 기초화학 물질을 제조하는 CCU(Carbon Capture and Utilization)프로젝트임
  - Carbon 2Chem 프로젝트에 €1.4억('16~'23), 잘츠기터의 수소/천연가스 DRI 공장건설에 €500만 지원 등이 대표적
  - '20년 12월 독일정부는 티센크룹의 사우디아라비아 파일럿 수소 전해조 공장(20MW규모) 건설에 €150만 지원 발표
- (잘츠기터, Salzgitter) 잘츠기터(Salzgitter) '22년 상반기 운영을 목표로 하는 수소 및 천연가스기반 DRI(Direct Reduction Iron) 제조공장 건설 및 운영예정(100kg/h생산능력), 국가 탈

탄소화 프로그램의 일환으로 독일 환경성에서 €500만지원

○ 간접적 지원으로는 철강 생산시 전력부문의 세금감면 혜택부여, 추가부담금, 환경세 등 대폭감면(전기로52.9%, 고로15.3% 감면, Ecofys '15)

□ Steel Action Concept'에 대한 주요기관 단체의 입장/반응

○ 독일 철강협회에서는 코로나 19로 인한 피해와 제3국 수입량 증가 방지, 공정한 경쟁환경 조성 과 저탄소전환 노력 등의 필요성을 강조, 이에 'Steel Action Concept'을 적극 환영하며 정부차원의 일관된 산업혁신 지원정책을 요구

○ 금속노동조합에서는 'Steel Action Concept' 이행을 통해 철강산업의 85,000명 노동자를 보호하며 밸류체인내에서 산업확대가 이루어질 것으로 기대

○ 유럽철강협회(Eurofer)는 Position Paper('A GreenDeal on Steel')에서독일의 'Steel Action Concept'와 같은 정책 프레임워크가 EU차원에서 필요 하다고 언급

### 3. 철강 · 시멘트분야 탄소중립에 따른 산업의 영향

#### 3-1. 철강분야 탄소중립 추진여건

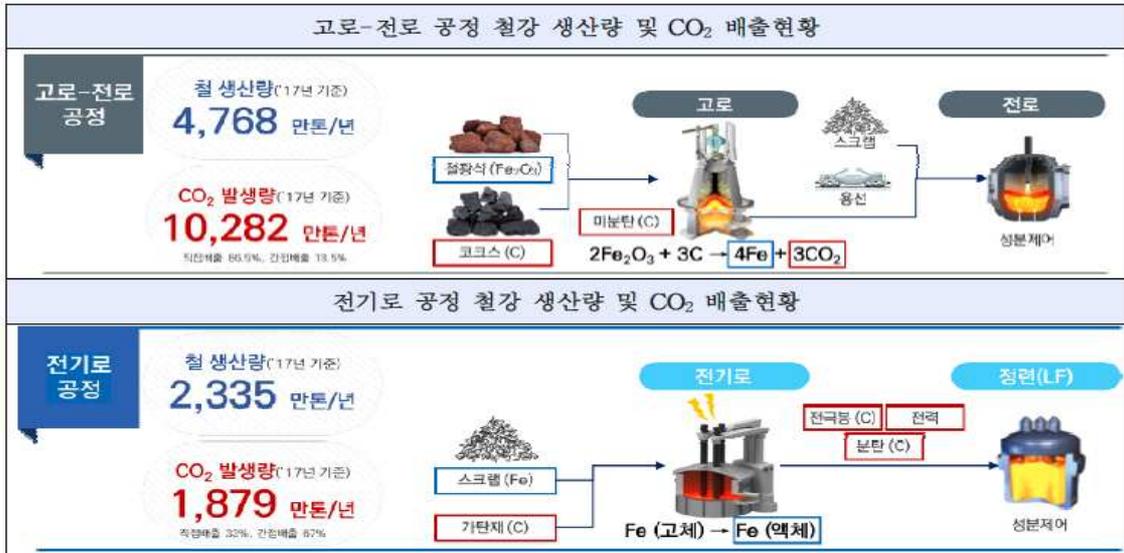
- 철강산업은 제조업 전반에 연관된 중요 산업이며 제조업 가치 사슬의 출발점으로 부가가치를 결정하는 핵심소재임
  - 소재부품→모듈조립→최종재 가공으로 연결되는 산업구조상 주력 제조업의 가치 창출 및 경쟁력 향상의 근간이며 국가 기반산업 전반의 필수 소재로 활용
  - 우리나라는 철강 생산량 세계 6위 수준이며, 국내 6위의 수출액 산업이자 8위의 고용을 수행하는 산업으로 자동차, 조선 등 다양한 전방산업과 연계되어 있으며, 철강재를 이용하는 주요 산업의 국제경쟁력 확보에 중요한 역할을 수행
- 높은 제조업 비중(한국 28.4%, 미국 11.0%)을 보이는 우리 경제에 있어서 철강산업이 중추적 역할을 수행한 반면, 철강산업은 탄소계 제철법 기반으로 발전해온 산업으로 이산화탄소 배출 저감이 어려운 산업

[그림 4-11] 철강산업의 위상



- 고로 방식은 철광석과 석탄을 이용하여 철강을 생산하는 방식으로 국내 철강 생산량('17년 기준, 7,103만 톤) 중 약 67.1%인 연간 4,768만 톤을 생산하고 있으며 철강산업 발생 CO<sub>2</sub>의 약 84.5%가 고로기반 제철공정에서 배출
  - \* 철광석 기반의 고로-전로 공정(총 14기) : 약 84.5% CO<sub>2</sub> 배출
- 전기로 방식은 스크랩(고철) 원료를 전기에너지로 용융하여 철강을 생산하는 방식으로, 국내 철강 생산량 중 약 32.9%인 연간 2,335만 톤을 생산하고 있으며 철강산업 발생 CO<sub>2</sub>의 약 15.5% 점유
  - 전기로 방식은 철강 톤당 CO<sub>2</sub> 배출량이 0.7~0.8톤으로 고로 방식 대비 CO<sub>2</sub> 발생량이 적지만 스크랩 원료 공급이 불안정함과 더불어 생산된 제품의 품질이 자동차 소재와 같은 고급강에 활용하기에 어려운 한계가 있음

[그림 4-12] 고로-전로 공정 철강 생산량 및 CO<sub>2</sub> 배출현황



출처 : 철강협회, 2021

- 철강은 높은 활용성 때문에 각국이 기간산업으로 보호, 조성하며 세계적으로 생산량 대비 교역량 비중이 낮은 경향을 보이지만 품질 및 원가 차이로 인해 선진국에서 수출하는 주요 수출품목 중 하나임
- 국내에서 생산하는 주요 철강제품은 높은 수출 비중 및 내수비중을 가지고 있으며, 자동차, 건설, 조선 등 국내 주력산업의 내수비중 50% 이상, 주요 수요산업 원가의 7~20%를 점유하는 핵심소재로 산업 전반에 영향을 미치는 중요 산업

<표 4-3> 주요 철강제품별 생산 및 출하현황(단위: 천 톤)

제품	생산 ('19년)	수출 ('19년)	내수 ('19년)	내수비중 ('19년)	주요 소비산업
열연강판	14,654	39%	7,094	48.4%	자동차, 차 공정
중후판	9,053	22%	7,969	88.0%	조선
냉연강판(STS제외)	7,263	51%	3,159	43.5%	자동차, 차 공정
STS냉연강판	1,075	40%	890	82.8%	자동차, 차 공정
아연도강판	8,925	44%	5,563	62.3%	자동차
컬러강판	2,233	46%	1,290	57.8%	건설
형강	4,642	31%	4,181	90.1%	건설

출처 철강협회

- 철강은 저렴하고 가공성이 좋으며, 열처리로 다채로운 성질을 확보할 수 있는 산업의 핵심소재이며 재활용률이 85%에 달하는 친환경적인 소재산업으로 철강산업이 높은 CO<sub>2</sub> 배출량을 보이는 것은 철강의 높은 활용률을 바탕으로, 절대적인 생산량이 타 소재에 비해 높기 때문임

[그림 4-13] 철강·소재의 친환경성 및 생산량



- 철강산업 탄소중립은 현재 탄소연료에서 수소 기반의 수소환원제철 기술 개발과 수소산업으로 제철 공정 대전환 시에 실현 가능하며 주요 철강사를 중심으로 장기 프로젝트는 기존의 고로-전로(BF, BOF) 기반과 수소환원 제철로의 전환에 중점을 두고 있음
  - 기존 고로-전로 기반의 탄소 저감기술로는 탄소중립적 자원을 활용하거나, 철광석 등의 장입 원료를 고로에 사용하기 전에 사전처리 또는 환원된 것을 사용하는 기술개발이 진행되고 있음
  - 고온으로 배출되는 슬래그의 현열을 회수하는 방법도 개발하고 있으나, 현재의 시스템은 수재 슬래그를 생산하여 시멘트 혼화제로 사용하고 있어, 요구되는 슬래그의 품질을 유지하면서도 안정적으로 열을 회수해야 한다는 어려움 때문에 지속적인 연구개발이 필요한 상황
- 수소를 연료로 사용하는 수소환원제철 기술은 철광석 환원 후 배가스가 현재의 이산화탄소가 아닌 물을 배출하는 혁신공정으로 수소환원제철 기술은 지금까지 활용됐던 고 탄소 기반의 제철기술에서 벗어난 혁신적인 철강 공정기술임
  - 탄소가 관여된 철광석 환원 반응은 발열반응이지만, 수소 환원 반응은 흡열반응이기에, 수소환원 반응 특성을 고려한 新공정개발이 필요
- 철강산업의 탄소중립을 위해서는 수소환원제철의 기술개발과 함께 현 철강공정에서의 CO<sub>2</sub> 배출 감축을 위한 노력의 병행이 필요하며 수소환원제철 기술개발의 성공 가능성, 철강사들의 산업전환 여력 이외에도, 수소환원 제철의 상용화를 위한 경제성 있는 그린 수소의 공급 가능성 등 다양한 여건들이 산업적, 사회적으로 성숙하여야 달성이 가능
  - 탄소중립 사회로의 진입은 탄소배출 저감기술의 도입을 거쳐서 성숙기에 이르기까지 단계별로 이루어질 것으로 예상하며, 철강산업의 탄소중립 역시 장기적이고 점진적인 변화가 이루어질 것으로 예측
  - 수소환원제철법으로 성공적인 전환이 이루어지기 전까지 현 공정의 지속적인 저감기술을 병행하여야 하며 철강산업의 탄소중립은 수소환원제철 기반의 공정으로 전환하기 전까지 현 공정의 지속적인 감축을 병행하여야 하며, 그 과정에서 수소환원제철로의 전환에 따른 여파가 최소화된 시점에 수소환원제철로의 전환으로 가능할 것으로 보임

[그림 4-14] 수소환원기반 철강공정 전환 여건



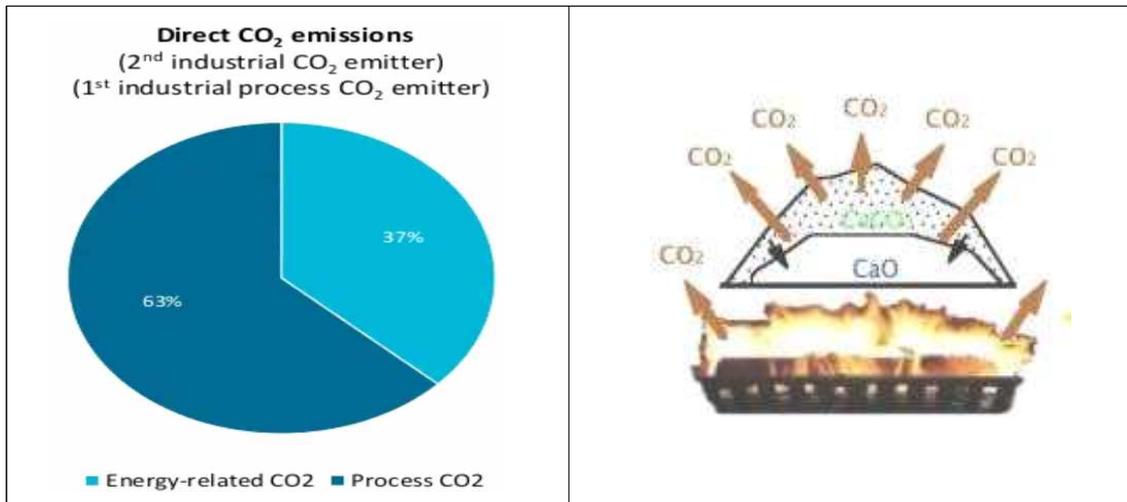
- 장기적으로는 그린 수소를 활용한 수소환원제철로의 전환을 추진하되 현 공정기반의 감축 기술 개발을 수행하는 Two-Track 전략이 필요하며 현 공정의 탄소저감 기술을 수행하지 않는다면 수소 환원 공정의 상용화까지 실질 감축 수단이 부재함
  - 현 공정(고로 및 전기로)에 적용 가능한 혁신적 기술을 개발하여 수소환원제철로의 전환 이전까지 지속적인 감축 수단 강구 필요
- 유럽의 제철소는 이미 수명이 다한 고로와 관련 설비가 많고 연산 200만 톤이하의 소형설비가 다수 차지하며, 에너지, 수력, 원자력 등 저탄소형 발전 비중이 높은 신재생 에너지를 활용하는 반면, 우리의 철강산업 탄소중립 실현여건은 유럽과 달리 어려운 상황으로 탄소중립 이행여건에 불리
  - 유럽연합은 신재생 에너지(38%)가 화석연료(37%) 발전 비중으로 수소환원제철로의 전환에 더욱 적극적인 상황이며, 국가 수소 전략을 발표한 독일은 이미 전체 전력소비량의 50% 이상을 태양광, 풍력 등 신재생 에너지로 활용함
  - 국내 철강업은 성숙기로서 에너지 효율을 개선하는 것에 한계가 있으며, 상대적으로 서구권에 대비하여 대형설비 중심으로 탄소중립 이행 여건이 매우 불리
- 철강산업의 탄소중립은 장기적인 안목의 투자가 필요한 분야로 이미 해외는 민·관협력 프로젝트가 준비되거나 진행중에 있으며 특히 철강산업 탄소중립 핵심이라고 할수 있는 수소환원제철 기술의 경우 상용화까지는 신기술의 개발 및 상용화까지 오랜 기간과 막대한 비용이 예상되는 만큼 정부 차원의 지원을 통해 철강산업계의 부담경감이 필요
- 고로사 및 전기로사를 중심으로 탄소중립 대응을 위한 TF를 구성하는 등 적극적인 대응방안을 마련 중이나, 장기간의 연구개발 투자와 기술개발 리스크를 민간이 담보하기에는 불가능한 상황

- 세계 주요 선진국 및 철강사는 민관협력을 통한 철강기술혁신 탄소중립 프로젝트를 준비중이거나 추진중
- 스웨덴 에너지청 및 SSAB사가 진행중인 HYBRIT 프로젝트, 일본 NEDO(신에너지·산업기술종합개발 기구) 주관 닛폰스틸 외 4개 철강사가 참여하는 COURSE50 및 SUPER COURSE50 프로젝트 등 철강산업 탄소중립을 위한 정부차원의 지원정책 확대 중

### 3-2. 시멘트분야 탄소중립 추진여건

- 시멘트 산업은 대표적인 탄소 다소비산업의 일종으로, 철강산업과 함께 공정배출 비중이 커서 탄소 저감에 한계가 있으며, 이를 해결하기 위한 석회석 대체용 비탄산염 원료가 필수적인 상황임
- 시멘트 제조과정 중 탈탄산 공정에서 석회석의 탈탄산으로 인해 배출되는 CO<sub>2</sub>는 시멘트 제조 공정 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 약 67%를 차지
  - 시멘트 반제품인 클링커를 제조하기 위한 혼합 원료 중 석회석(CaCO<sub>3</sub>) 비율은 90%를 차지하며, 석회석은 약 40%의 CO<sub>2</sub>를 함유하고 있음

[그림 4-15] 시멘트 제조과정 직접배출 CO<sub>2</sub>의 구성 일례 (IEA 2018 자료)



- 국내 클링커 생산량은 최근 6년 기준 46,333천톤/년 수준이며, 이에 따른 혼합원료 사용량은 76,449천톤, 석회석 사용량은 68,805천톤 수준으로 추정
- 국내 시멘트 제조과정에서 석회석 사용량은 연평균 68,805천톤 수준으로 추정되며, 이에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량은 25,940천톤 및 현 추세로 2050년까지 유지될 경우에는 총 7억7천8백만 톤의 CO<sub>2</sub>가 발생될 것으로 예측되어, 시멘트산업의 석회석 사용량 감축이 매우 중요한 시점
- 시멘트 산업에서 배출되는 전체 CO<sub>2</sub> 중 약 67%가 석회석의 탈탄산 반응으로 인해 발생하므로, 석회석 대체원료의 발굴·사용시 CO<sub>2</sub> 배출량의 대폭 감축 가능

<표 4-4> 국내 시멘트산업의 클링커 생산량 추이 및 CO<sub>2</sub> 발생량 추정

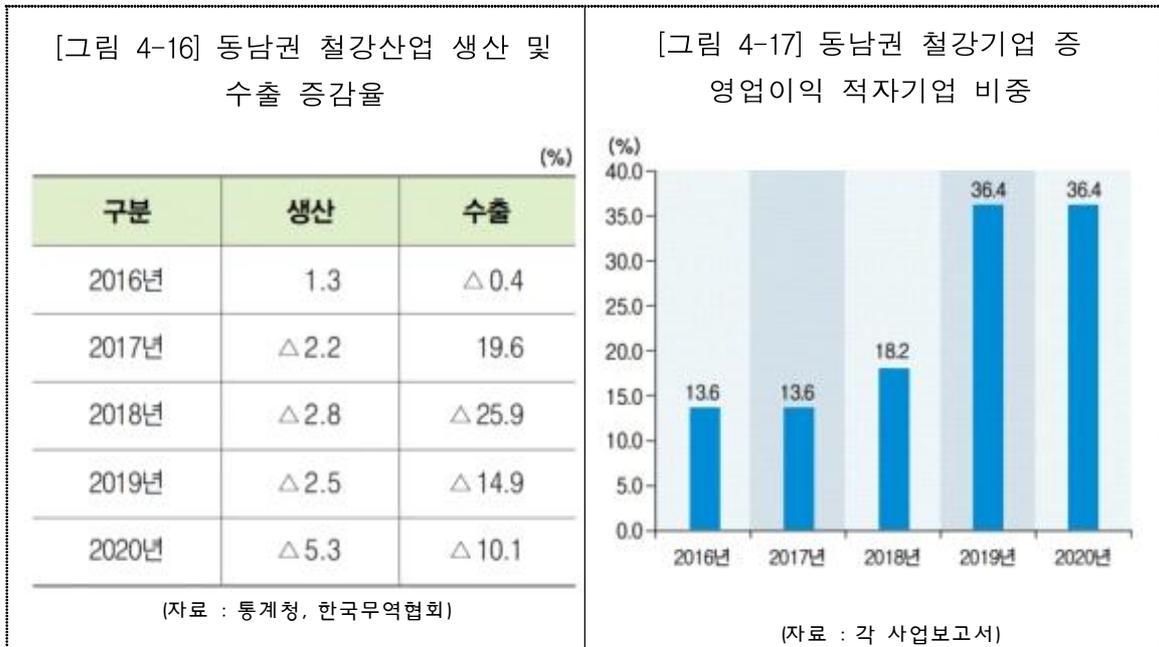
구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	평균
클링커 생산량(천톤)	47,015	49,148	48,657	45,351	45,932	41,894	46,333
혼합원료 사용량(천톤)	77,575	81,094	80,284	74,829	75,788	69,125	76,449
석회석 사용량(천톤)	69,817	72,985	72,256	67,346	68,209	62,213	68,805
석회석 기인 CO <sub>2</sub> 발생량(천톤)	26,321	27,515	27,241	25,389	25,715	23,454	25,940

- 시멘트 제조공정에서 산업부산물 등을 석회석 대체 원료로 활용하기 위해서는 CaO 함량이 충분히 높아야 하며, 국내 산업부산물 중 활용가치가 낮으면서 CaO 함량이 높은 산업부산물로 석회석 대체 시 석회석 대체에 의한 CO<sub>2</sub> 저감 효과와 더불어 저부가가치 산업부산물의 고부가가치화 할 수 있는 2중의 효과 도출 가능
  - 석회석 대체 비탄산염 원료로 활용 가능할 것으로 예상되는 국내산 산업부산물은 철강산업 부산물인 슬래그류 중에서도 고로 슬래그, 제강슬래그, 화력발전 산업부산물인 석탄재류, 건설산업 폐기물인 폐콘크리트 미분말 등이 존재
- 시멘트 산업에서는 석회석 탈탄산 반응에 의한 공정배출이 총 온실가스 배출량의 67%를 차지하여, 석회석 대체원료 개발 연구가 필수적으로 선행되어야 하는 상황
  - 철강산업 부산물인 슬래그류, 화력발전 산업부산물인 석탄재류 등의 일부는 CaO 성분을 가지고 있으나, 고온에서 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않아 석회석을 대체하는 자원으로 활용 시 시멘트 제조 과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 크게 저감 가능
  - 슬래그류 중에서 고로슬래그 및 제강슬래그 등은 CaO 함량이 높아 석회석 대체원료로 활용 가능하나, 고로 수재슬래그는 이미 건설/토목산업에서 대부분 재활용되고 있으며, 고로 괴재슬래그 및 제강슬래그 등은 유용한 석회석 대체재로 활용될 가능성이 높은 상황
    - 제강슬래그는 활용기술 부족으로 성토용 골재 등 단순 매립재로 사용되고 있으며, CO<sub>2</sub> 저감을 위한 석회석 대체재로 사용된 사례가 없음. 제강 슬래그의 국내발생량은 연간 1,000만 톤 수준으로, 이들 제강슬래그를 석회석 대체원료로 100% 사용할 경우 300여만 톤의 CO<sub>2</sub> 저감 효과가 예상되나, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량을 낮추어야 함
    - 또한 수화반응성이 없어 골재 및 단순 매립재로 사용되고 있는 고로 괴재슬래그도 비탄산 CaO를 다량 함유하고 있어, 석회석 대체재로 활용 가능할 것으로 예상되나, 현재까지 석회석 대체재로 사용된 사례는 전무
- 국내 시멘트 제조설비는 2,000~10,000톤/일의 클링커를 생산하는 대규모 설비로 설비 트러블 발생시 막대한 피해가 발생

- 성공적 실증화를 위해서는 실험실 연구 단계에서부터 기술의 효과뿐 아니라 설비 트러블을 유발할 수 있는 열 특성, 용융 특성에 대한 검토가 수행되어야하며, PP 시험을 통해 문제점 도출 및 해결방안 제시가 필요한 상황
- 석회석 대체 순환자원의 공정 적용에 대한 최적조건을 도출하고 실증화되면 공정 표준화를 통해 시멘트 산업에서의 온실가스 발생량을 크게 저감할 것으로 예상
- 시멘트 산업은 다량의 산업부산물을 원료, 연료로 재활용하고 있으나, 이에 대한 국민적 시각은 부정적인 여론이 여전히 우세
  - 부정적인 여론은 불투명한 정보 공개, 환경 및 안전 측면에서의 불충분한 검증, 시멘트 제조공정 뿐 아니라 운송, 취급 과정에서 발생할 수 있는 환경 및 안전 문제 등으로부터 기인
  - 그러므로 산업부산물을 비탄산염 원료로 활용하기 위한 기술 개발을 실증화하기 위해서는 원료 수집, 취급, 운반에서부터 시멘트 제조공정에서 사용이 완료되어 최종 제품인 시멘트 및 콘크리트 구조물의 안전성까지 전과정에 걸친 안전성 확보가 필수
  - 산업부산물의 원료 사용 확대는 단순히 시멘트 제조산업의 자발적 확대를 기대하는 것만으로는 부족하며, 환경·안전분야 등 다양한 전문가가 참여하여 기술의 안전성을 평가하고, 검증하는 복합기술 평가가 필요

### 3-3. 철강분야 탄소중립에 따른 산업의 영향

- 한국 산업계의 탄소 배출량은 2001년부터 2018년까지 연평균 4.8%씩 늘어난 5억3000t(2018년 기준)으로 집계되었으며 업종별 탄소 배출량 비중은 1차금속 제품(25.2%) 운송서비스(13.7%) 화학제품(12.5%) 석탄 석유제품(7.2%) 등이 높은 것으로 나타남
  - 1차 금속제품 업종의 경우 2020년부터 2050년까지 생산 비용이 연평균 0.8~4.5% 늘어나는 것으로 집계되었으며 금속가공제품 업종의 생산 비용은 연평균 0.6~3.5%, 운송장비 업종은 0.5~3.0% 증가할 것으로 분석됨
- EU, 미국 등 각국의 환경규제 강화 추세가 국내 산업 전반의 비용부담을 높일 것으로 예상되며 특히, 철강업계는 국내 제조업 온실가스 배출량 중 가장 높은 35.5%의 비중을 차지 부정적 영향이 가장 클 것으로 예상
  - 동남권의 경우 2019년 기준 전국 대비 철강산업 사업체 및 종사자 비중이 각각 31.5%, 25.7%로 전국에서 가장 높아 환경규제에 따른 부담이 매우 높음
  - 부가가치 비중은 17.6%로 대경권(34.3%)과 수도권(30.8%)에 이어 3위에 그친 반면 타 경제권역 대비 상대적으로 규모가 작은 하 공정(압연) 업체의 비중이 높음
  - 환경정책 강화에 속도를 높이고 있는 미국·EU·일본·중국 등 4개국에 대한 수출의존도 2016년 31.0%에서 2019년 48.6%까지 17.6%포인트 증가하고 있으며 지역 업계의 리스크 요인으로 작용



- ‘2050 탄소중립 시나리오’ 추진에 따라 탄소세 부과시 철강·비철 업체의 생산 비용이 2050년까지 매년 최대 4.5%가량 증가 예측(2020년 한국은행 발표 ‘기후변화 대응이 산업에 미치는 영향’ 보고서)
- 업종별 탄소 배출량 비중을 보면 1차금속제품(25.2%) 운송서비스(13.7%) 화학제품(12.5%) 석탄석유제품(7.2%) 등이 높은 것으로 나타났으며 1차금속제품 업종의 경우 2020년부터 2050년까지 생산 비용이 연평균 0.8~4.5% 늘어나는 것으로 집계



- 현재 가동 중인 고로의 매몰 비용과 수소환원제철 기술로 만들어지는 새로운 형태의 고로 건설 비용이 수십조원(매몰 비용 약68조 원)에 달할 것으로 추산

- 이 비용이 생산 단가에 포함되면서 철강재 가격이 오르면 철강제품의 수출 경쟁력은 떨어질 수 밖에 없으며 막대한 비용 부담을 피하기 위하여 철강업체들이 해외로 생산시설 이전 상황에 직면 예상
- 철강업은 산업의 특성상 제철·제강 및 열연제품 생산과정에서의 석탄 사용으로 온실가스가 다량 배출되나, 석탄은 연료와 원료의 성격을 동시에 가져서 대체가 매우 어려움
  - 전로의 온실가스 배출원단위가 전기로보다 4~5배 높지만, 고순도·고기능의 제품을 생산하기 위해서는 전로 사용이 불가피
  - 전환 과정에서 포스코, 현대제철 등 대기업과 이들 협력업체 등 철강과 연관된 수십만명의 일자리와 수리, 정비, 가공, 수송 등 모든 분야의 전환에 따른 고용 충격 등 영향 고려 필요
  - 정부는 2050년까지 온실가스 배출량을 95%까지 줄이라는 목표를 제시하고 포스코와 현대제철이 운영 중인 용광로 12대를 모두 전기로로 전환, 수소환원 제철 기술을 100% 도입 코크스 생산용 유연탄을 수소로 대체 계획
    - 수소환원 제철 기술은 걸음마 수준이며 상용화 시기도 불투명
    - 업계에서는 수소환원제철 기술로 고로를 지을 경우 1기당 6조원 정도가 소요. 국내에서 가동 중인 고로를 모두 수소환원 제철소로 전환할 경우 70조원 이상이 필요하다는 추산
    - 고로의 경우 300톤(t)을 제강하는데 18분 정도 소요, 반면에 전기로는 150t~200t을 제강하는데 50분이 소요, 시간으로 3배, 생산능력은 절반 수준
    - 과거 동부제철이 1조5000억원을 들여 판재류를 생산할 수 있는 전기로 공장을 가동하기도 했으나 채산성이 맞지 않아 결국 사업을 접은 사례

### 3-4. 시멘트분야 탄소중립에 따른 산업의 영향

- 탄소국경세가 도입되면 시멘트업계는 시나리오별로 연간 -5.5~-21.0%까지 영업이익이 감소 예상(나이스신용평가)
  - 국회 상정된 탄소세 법안이 통과될 경우 전국경제인연합회는 시멘트업계에서 약 1조4000억원의 부담이 추가 예상
- 시멘트업계의 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 폐플라스틱 등 순환자원을 그린에너지로 인정하는 것과 시멘트산업으로 순환자원(그린에너지) 및 슬래그(재생원료)가 경제성 있는 가격으로 충분히 공급된다는 전제가 필요
  - 시멘트 공정에서는 연간 5100만톤의 시멘트를 생산하기 위해 석회석, 점토질 및 철질 원료(Raw Material)를 8670만톤 사용하고, 600만톤의 석탄을 연료(Fuel)로서 활용
- 시멘트 공정에서 쓰레기 처리는 탄소중립적 관점에서 매우 중요하며 가연성폐기물을 소각하지 않고 시멘트 공장에서 사용하는 연료의 일부로 활용함으로써 시멘트 공정의 석탄 사용량에 해당하는 만큼의 이산화탄소 배출 감축 가능

## 4. 철강·시멘트분야 탄소중립에 따른 산업지원 전략

### 〈2030년 온실가스 감축 목표(2021.10월 발표)〉

- ◆ 산업부문 2018년(260.0백만톤) →2030년(222.6백만톤,  $\Delta$ 14.5%)
  - (철강) 에너지 절감 15%, 고로에서 전기로제강 300만톤 전환, 전로에 철스크랩 적용
    - 2018년 101.2백만톤 배출에서 2030년 98.9백만톤으로 2.3% 감축
  - (시멘트) 에너지 절감 2%, 폐합성수지(폐플라스틱 등) 활용을 통한 연료 전환, 석회석 대체원료 및 혼합재 사용을 통한 원료 전환
    - ※ (연료 전환) 고체화석연료(유연탄)을 폐합성수지 36%로 대체  
(원료 전환) 석회석 원료 대체율 2% 및 혼합재 비중 15%로 확대
    - 2018년 34.1백만톤 배출에서 2030년 30.0백만톤으로 12% 감축

### 4-1. 철강·시멘트분야 탄소중립 실현에 따른 업계 요청사항

#### □ 현황 및 감축 수단

① (철강) 철광석의 원소철(elemental iron) 전환을 위한 화학 공정 및 열원으로 석탄을 사용하는 과정에서 CO<sub>2</sub> 배출

→ 제강 시 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출을 제거하려면 공정 변경이 필요하며, 열원·화학적 환원제로의 수소 활용 및 탄소 포집(CCU)이 대표적 방안

② (시멘트) 석회석을 고열로 가열해 주원료인 산화칼슘 클링커를 생성하는 과정에서 CO<sub>2</sub>가 발생하며 전체 생산 공정 배출량의 60%를 차지

→ 탄소 포획, 저장 및 활용의 일차적인 방법을 통해 클링커 생성 시 발생하는 탄소 제거 가능

⇒ 공정·연료·원료전환 등으로 통제되지 않은 CO<sub>2</sub>는 탄소포획(CCU)을 통해 해결

○ 탄소감축을 위한 업계(업종단체 등) 지원 요청사항

- 그린수소 및 신재생에너지 전력의 안정적 공급, 부생가스 활용 수소사업 지원, 청정에너지 사용·자원순환 기업 인센티브 확대 등 수소·에너지 관련 인프라 구축과 지원

- 수소환원제철 등 혁신기술 개발과 저탄소 설비 교체를 위한 재정 지원, 저탄소 신기술 개발 시 업계 전반에 자유로이 공유

## 4-2. 철강·시멘트 탄소중립 기술혁신 지원 전략

### □ 기술혁신 목표 및 전략

[그림 4-20] 철강·시멘트 산업 기술 혁신 목표

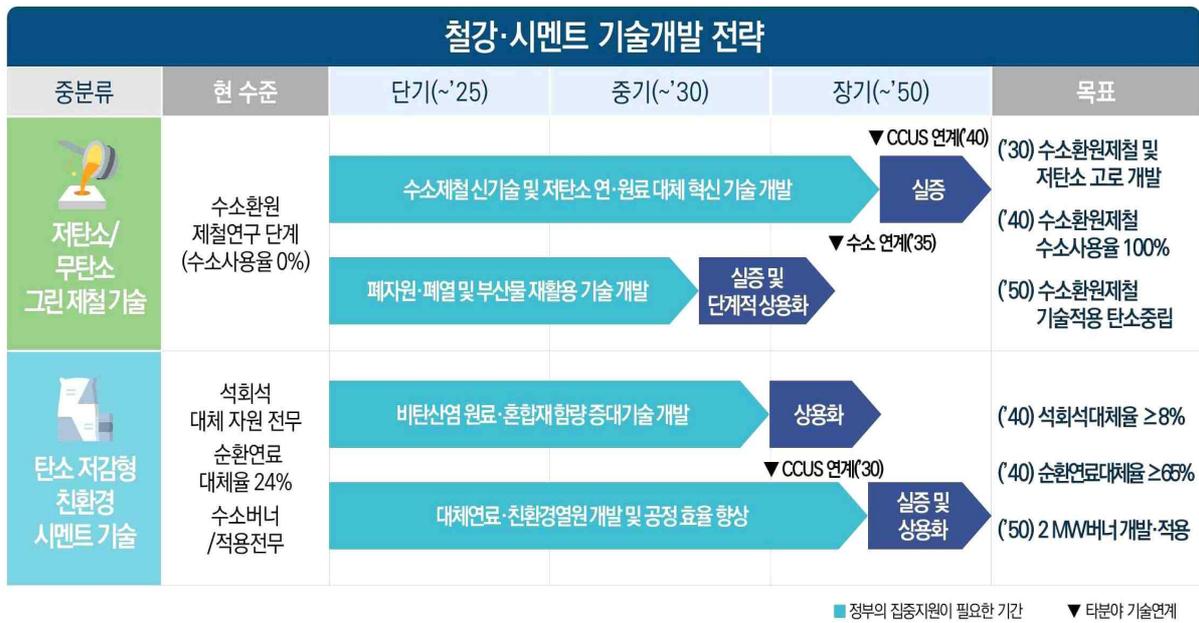


<표 4-5> 철강·시멘트 산업 기술 혁신 전략

현황·이슈	기술개발 지원	정책·제도 지원
<p>① 철강·시멘트 부문 배출량 감축 시급*</p> <p>② 철강산업 에너지 원단위효율 한계돌파**를 위한 혁신기술 필요</p> <p>* 2019년 국가 온실가스 배출량 철강 1.17억 톤(16.7%), 시멘트 3.9천만 톤(5.6%)</p> <p>** 국내 철강 산업의 에너지 효율 추가 절감 가능성: 중국·인도의 1/4, 유럽의 2/3(IEA)</p>	<p>① 철강·시멘트 분야 탄소 다배출공정 탈피</p> <p>② 연료·원료 대체 혁신기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(장기 혁신기술) 수소환원제철 기술 개발과 (중단기 과제) 철강·시멘트 산업 저탄소 연료·원료 대체 기술 개발의 2-Track 추진</li> <li>중장기 전략과 연계하여 2-Track 추진을 위해 그린수소, 바이오에너지 및 CCUS 등 관련기술의 활용 연계 추진</li> </ul>	<p>산업현장에 직접 적용하는 실증 인프라* 구축 및 실용화를 위한 규제개선, 인증제도 마련** 등 지원 추진</p> <p>* 산학연 R&amp;D 협업체계 및 테스트베드 실증 인프라 구축</p> <p>** 폐기물 활용 지원 정책, 혼합시멘트 혼합재 품질관리를 위한 표준화·인증 등</p>

□ 철강·시멘트 중장기 기술개발 전략

[그림 4-21] 철강·시멘트 기술개발 전략



<표 4-6> 철강·시멘트 중점 기술

중점기술		세부기술*(예시)
철강	수소환원 제철	수소환원유동로 및 직접환원철 제조, 수소환원철 용해용 혁신 전기로, 전기로 고급강 제조
	자원순환형 초고속 전기로	자원순환형 하이브리드 고속 취련, 용해용 탄재 대체 폐자원 활용
	철강부산물 업사이클링	고체 부산물 재활용, 부생가스 이용 수소 제조, 포집 CO <sub>2</sub> 철강공정 연료 활용
	고로-전로 공정	함수소 가스 고로 취입, 순산소 고로, 스크랩 다량 사용 전로, 철광석 대체철원 고로 장입
시멘트	시멘트 혼합재 활용	혼합재 함량 확대, 혼합재 확대 적용 양산, 및 표준 개발, 신규 혼합재 개발
	석회석 원료대체	석회석 대체 비탄산염광물 적용, 저온소성 클링커 및 저탄소시멘트

□ 철강·시멘트분야 탄소중립 기술개발 지원

1) 철강분야 탄소중립 기술개발 지원

- 세부 기술별 기술개발 목표 : 온실가스 다배출 탄소 연·원료 제철 기술 한계를 극복하기 위한 혁신 저탄소/무탄소 연·원료 그린 제철 기술
- ① 한국형 수소환원제철 기술 : 탄소기반 연·원료의 고로기술에서 수소기반의 연·원료 유동환원로 기술

- 수소유동로 기반 직접환원철(DRI) 제조 및 엔지니어링 기술
- 수소환원철 용해용 전기로 공정 및 엔지니어링 기술
- ② 탄소중립형 저탄소 연·원료 대체 기술 : 탄소 다량 사용의 기존 제철기술에서 수소와 순산소의 하이브리드 연·원료 대체기술
  - 탄소중립형 Super 고로 기술
  - 고탄소 용선 저감(스크랩 증대) 전로 상하취 복합 열원 확보 기술
  - 무탄소 연료 사용(NH3, H2) 가열 기술 개발
- ③ 자원순환형 초고속 전기로 공정 기술 : 고급 고철 기반의 전기로에서 다양한 고철 대체재와 폐자원을 다량 활용하는 전기로 혁신 기술
  - 자원순환형 초고속 하이브리드 취련 전기로 엔지니어링 및 실공정 적용 기술
  - 폐자원 순환형 탄재 대체재 전기로 활용 기술 개발
- ④ 철강 부산물 업사이클링 기술 : 공정 내 온실가스 저감을 위한 철강 부생가스와 고체 폐기물의 활용과 고부가화 기술
  - 고체 부산물 재활용 및 전환 기술
  - 철강 부생가스 고부가화 기술

[그림 4-22] 철강산업의 탄소중립 기술혁신 추진 전략

세부기술	현재국내 기술수준	단기 (~2025)	중기 (~2030)	장기 (~2050)	목표
한국형 수소환원제철 기술	수소활용율 0%	시험 반응로 합수소 가스 실증기술	수소환원 유동환원 데모 플랜트 건설	조업기술 완성 단계적 상용화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (30) 수소환원 데모 건설</li> <li>▪ (40) 수소 100% 활용 Demo 수준 기술 완성</li> <li>▪ (50) 수소환원제철 상용화</li> </ul>
탄소저감형 저탄소연료 대체 기술	2톤 전로 상용고로 (수소 직접 취입 0%, 산소(30%))	시험고로 순산소 가스 실증기술	데모 플랜트 건설 및 조업 기술 완성	단계적 상용화 상용화 완료	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (30) 300톤급 전로 상용화</li> <li>▪ (40) 수소 20% 산소 40% Pilot 테스트</li> <li>▪ (50) Demo 엔지니어링</li> </ul>
자원순환형 초고속전기로 공정 기술	T.T.T. 50 min/heat 전기로 탄재 사용 20-40 kg/ton	폐자원 활용 및 고철에열 요소기술 확보	전기로 데모 설계 및 건설	조업기술 완성 단계적 상용화	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (30) T.T.T. 35 min/heat 탄재원단위 (10 kg/ton)</li> <li>▪ (50) 초고속 전기로 상용화</li> </ul>
철강 부산물 업사이클링 기술	TRL 3~5	부생가스 분리/정제 및 고부가가치 재활용 기술 고체 폐기물 재활용 기술	실증 및 사업화 실증 및 사업화		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (30) 조기 실증 및 상용화</li> </ul>

■ 현재 수행 중 또는 수행 예정인 R&D   ■ 향후 정부의 R&D투자가 필요한 기술   ■ 민간 부문에서 개발 예정인 기술

출처: 과기부 “탄소중립 기술혁신 추진전략” (2021.9)

## 2) 시멘트분야 탄소중립 기술개발 지원

- 세부 기술별 기술개발 목표 : 석회석 채광에서부터 반제품인 클링커를 주재료로 건축·토목용 기초 원료인 시멘트를 생산하는 산업의 탄소저감형 친환경 시멘트 제조·재활용 기술
- ① 비탄산염 원료 및 적용 기술 : 원료로 사용되는 석회석을 산업부산물로 대체 활용하는 기술
  - 석회석 대체 순환자원 확대 적용 기술

- 시멘트 클링커 저온소성 기술
- ② 가연성 순환자원 재활용 기술 : 가연성 순환자원의 시멘트 연료 활용을 위한 기술
  - 가연성 폐기물 연료화 기술 및 순환연료 대량 대체기술
  - 염소 바이패스 시스템 및 더스트 재활용 기술
- ③ 혼합재 함량 증대 및 신규 혼합재 제조 기술 : 시멘트 중 혼합재 증량 및 신규 혼합재 개발·활용 기술
  - 혼합재 함량 확대 배합기술 및 신규혼합재 개발
- ④ 시멘트 생산에너지 효율향상 및 친환경 열원 활용 기술 : 시멘트 제조 공정 에너지 효율 향상 및 유연탄을 대체 활용하는 기술
  - 수소활용 시멘트 클링커 소성기술 및 바이오매스 확대적용을 위한 소성기술
  - 시멘트 생산 공정 효율향상 기술
- ⑤ CO<sub>2</sub> 반응 경화 클링커 및 제품 제조 기술 : CO<sub>2</sub> 흡수능이 우수한 클링커 및 이를 사용한 CO<sub>2</sub> 반응경화 시멘트 제품 제조기술
  - 저탄소 시멘트 클링커 제조기술
  - 시멘트·콘크리트 CO<sub>2</sub> 양생 기술

[그림 4-23] 시멘트산업의 탄소중립 기술혁신 추진 전략

세부기술	현재국내 기술수준	단기 (~2025)	중기 (~2030)	장기 (~2050)	목표
비탄산염 원료 및 적용 기술	석회석 대체 자원 전무	석회석 대체 순환자원 확대 적용 기술		상용화 적용	▪ (40) 석회석 대체량 8% 이상
		시멘트 클링커 저온소성 기술		상용화 적용	
가연성 순환자원 재활용 기술	순환연료 대체율 24%	가연성 폐기물 연료화 기술		시스템 실증/상용화	▪ (40) 순환연료 대체율 65% 이상
		순환연료 대량 대체 기술		시스템 실증/상용화	
		염소바이패스 및 더스트 재활용 기술		시스템 실증/상용화	
혼합재 함량 증대 및 신규 혼합재 제조 기술	신규 혼합재 필요	혼합재 함량 확대 배합 기술		상용화 적용	▪ (30) 신규 혼합재 개발 1종 이상
		혼합재 반응성 증대 기술		상용화 적용	
		신규 혼합재 개발 기술		상용화 적용	
시멘트 생산에너지 효율 향상 및 친환경 열원 활용 기술	클링커 제조열량 750 kcal/kg·Clinker	수소활용 시멘트 클링커 소성 기술		시스템 실증/상용화	▪ (40) 클링커 제조열량 10 kcal/kg·Clinker 감축 ▪ (50) 2 MW급 순수소 및 수소·하이브리드 버너 및 공정 적용
		시멘트 생산 공정 효율 향상 기술		시스템 실증/상용화	
	수소버너 및 적용 전무	바이오매스 확대 적용을 위한 소성 기술		시스템 실증/상용화	
CO <sub>2</sub> 반응 경화 클링커 및 제품 제조 기술	소성온도 1,450 °C	저탄소 시멘트 클링커 제조 기술		시스템 실증/상용화	▪ (40) 소성온도 저감 150 °C 이상
		시멘트·콘크리트 CO <sub>2</sub> 양생 기술		시스템 실증/상용화	

■ 현재 수행 중 또는 수행 예정인 R&D    ■ 향후 정부의 R&D 투자가 필요한 기술

출처: 과기부 “탄소중립 기술혁신 추진전략” (2021.9)

○ 탄소중립을 위한 핵심기술(CCUS, 에너지효율 등) 개발 지원

- CCUS 기술의 경우 ‘30년 산업계 적용 가능성을 기준으로 CCU 상용화 기술, 차세대 원천기술 단계별 개발 로드맵 수립
- 배출된 CO<sub>2</sub>를 포집하여 상부 지층에 안전하게 저장하거나, 직접 또는 전환하여 활용하는 기술 : 저비용 CO<sub>2</sub>포집기술, 안전하고 효율적인 CO<sub>2</sub> 저장기술, 신산업 창출형 CO<sub>2</sub> 활용기술 개발지원

<표 4-7> 기술개발 및 정책·제도 지원

기술개발	정책·제도
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 혁신소재개발, 효율향상, 대형화로 비용절감</li> <li>- 국내환경(배출원, 저장소, 시장수요) 기반 실증연구를 통한 검증 안전성 확보</li> <li>- 포집-저장연계 기술개발을 통한 대규모 CO<sub>2</sub> 처리, 수익창출 가능한 포집-활용 제품화 가속을 위한 산·학·연 공동개발 방식 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CCUS 산업 생태계 조성 및 국가관리·평가 체계구축 및 민간 확산을 위한 인센티브 도입</li> <li>- CCS 사회적 수용성 확보</li> <li>- CO<sub>2</sub> 이송·저장·활용 관련법령 제정</li> </ul>

[그림 4-24] CCUS 기술개발 전략

CCUS 기술개발 전략									
중분류	현 수준	단기			중기		장기	목표	
		~'22	~'23	~'24	~'25	~'26	~'28		~'30
 저비용 CO <sub>2</sub> 포집기술	상용급 포집비용 \$60~70/톤	(연소배가스 포집) 중규모, 대규모 실증			포집-저장, 포집-전환 연계 실증		CCS 사업 추진	(25) 연소배가스 포집 중대규모 실증 (30) 포집 비용(\$30/톤) 및 대규모 포집 사업화 (50) 포집 비용(\$20/톤)	
		(산업분야 공정가스 포집) 포집 및 수소생산 연계 기술개발			실증 및 상용화 적용				
		(바이오가스 및 매립지가스 포집) 분리 및 정제 기술 고도화-실증			블루수소 생산 활용 및 Negative CO <sub>2</sub> 포집 실증		현장적용 및 상용화		
		(연료연소 중 원천분리) 순산소 연소 및 매체순환연소수 MWh 급 실증			수삼-100MWh 실증		대규모 실증 및 상용화		
		차세대 혁신포집기술 원천기술 개발 및 소규모 실증					실증 격상		
 안전하고 효율적인 CO <sub>2</sub> 저장기술	100 톤 시험 주입	(수송) 배관수송 최적화 중규모 실증			대규모 실증		상용화	(25) 저장비용(\$60/톤) (30) 대규모 저장소 확보 (6억 톤 규모) (50) 저장비용(\$30/톤)	
		(탐사) 탐사기술 고도화 대규모 저장소 확보			대규모 실증 (대규모 저장소 추가확보)		상용화		
		(주입) 주입운영 최적화 중규모 실증			대규모 실증		상용화		
		(모니터링) 고성능 모니터링 중규모 실증			대규모 실증		상용화		
 신산업 창출형 CO <sub>2</sub> 활용기술	파일럿 실증	(연료 전환) 효율향상·비용저감 핵심 기술개발			실증 공정 최적화 및 일부 기술 상용화		상용화	(25) 기술경쟁력 확보 (선진국 대비 90%) (40) 가격경쟁력 확보 (현재시장대비 100%)	
		(화학제품 전환) 효율향상·비용저감 핵심 기술개발			실증 공정 최적화 및 일부 기술 상용화		상용화		
		(건축소재 광물화) 효율향상·비용저감 핵심 기술개발 및 중규모 실증			대규모 실증 및 상용화				
		차세대 탄소소재화 혁신원천기술 개발					실증 및 상용화		

출처 과기부 “탄소중립 기술혁신 추진전략” (2021.9)

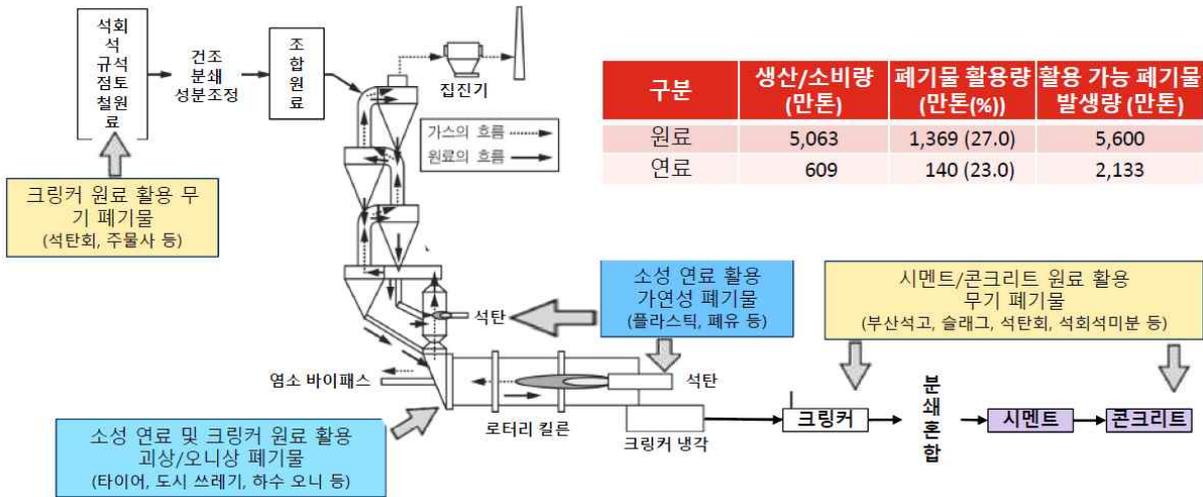
○ 폐기물-시멘트-콘크리트 순환경제 체제 구축 지원

- 시멘트 제조과정에서 석회석을 고열로 가열하기 위한 연료로 석탄(우연탄) 대신 플라스틱이나 고무, 하수오니 등 폐기물을 활용
- 일반가정 및 사업장에서 발생하는 폐기물을 경제성, 기술성, 환경성을 고려하여 폐기물선별 및 가공처리를 함으로써 재활용이 가능한 순환자원으로 전환
- 유럽, 미국, 일본 등에서는 20~30년전부터 시멘트 소성로를 활용한 순환자원 재활용 기술

### 실용화를 추진

- 유럽 그린딜에서는 시멘트 열원을 가연성 폐기물로 대체하는 연료전환(Fuel Switching)을 현재 46%에서 2030년까지 100%로 만드는 정책을 추진 중
- 독일의 자원순환 대체율 68%, 한국은 시멘트연료 대체율이 23% 수준
- 시멘트 제조시 순환자원이 투입되는 공정은 원료공정, 소성공정, 시멘트분쇄공정이며 각공정 별로 투입되는 순환자원은 용도에 따라 원료용, 연료용, 첨가용으로 구분

[그림 4-25] 시멘트 제조시 순환자원 투입 공정



[그림 4-26] 시멘트 공정별 투입 순환자원 및 주요 발생원

적용 공정	투입되는 순환자원	주요 발생원	대체용도
원료 공정	석탄회	화력 발전소	점토질 원료 대체
	오니류	정수장 및 하수처리	점토질 원료 대체
	폐주물사	금속 및 자동차 공업	규석질 원료 대체
	슬래그	금속/제련 제철소	철질원료 대체
소성 공정	폐 타이어	자동차 정비업체	유연탄 연료 대체
	폐 합성수지	플라스틱 사업장	
분쇄 공정	탈황석고	석탄화력 발전소, 제련산업의 탈황 공정	첨가제 대체

출처: 한국시멘트협회 자원순환센터(2021)

### 4-3. 시사점

- 탄소중립은 최근에 가장 핫한 글로벌 이슈이며 이미 세계 약 70개국 이상이 탄소중립을 선언한 상황이며 스웨덴, 영국, 프랑스 등 일부국가는 탄소중립을 법제화한 상태임
- 특히, 2026년부터 유럽연합의 탄소국경세 도입과 글로벌 RE100선언 등 탄소감축 문제가 새로운 글로벌 규제로 작용할 소지가 있어 제조업을 기반으로 하는 우리나라에게 부담으로 작용

용할 소자가 있어 철저한 준비와 대책이 필요

- 철강분야는 철광석의 원소철(elemental iron) 전환을 위한 화학 공정 및 열원으로 석탄을 사용하는 과정에서 CO<sub>2</sub> 배출하며 제강 시 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출을 제거하려면 공정 변경이 필요하며, 열원·화학적 환원제로의 수소 활용 및 탄소 포집이 대표적 방안으로 제시
- 시멘트 분야도 석회석을 고열로 가열해 주원료인 산화칼슘 클링커를 생성하는 과정에서 CO<sub>2</sub>가 발생하며 전체 생산 공정 배출량의 60%를 차지하며 소 포획, 저장 및 활용의 일차적인 방법을 통해 클링커 생성 시 발생하는 탄소 제거 가능

○ 철강과 시멘트 산업은 에너지다소비 산업이자 이산화탄소 다 배출 산업이지만 지역경제 나아가 우리나라의 수출에 영향력이 큰 산업이므로 정의로운 에너지전환을 위한 노력이 필요

- 관련 업계에서는 그린수소 및 신재생에너지 전력의 안정적 공급, 부생가스 활용 수소사업 지원, 청정에너지 사용·자원순환 기업 인센티브 확대 등 수소에너지 관련 인프라 구축과 지원과 수소환원제철 등 혁신기술 개발과 저탄소 설비 교체를 위한 재정 지원, 저탄소 신기술 개발시 업계 전반에 자유로이 공유를 요청함.
- 경제적 차원에서는 설비 및 공정교체에 따른 매몰비용, 교체를 위한 휴지로 인하여 본 산업 및 협력회사의 인력감축, 생산량 감소, 전방산업에 대한 파급 등이 예상되어 정의로운 에너지전환이 될 수 있는 방안 수립이 중요
- 현재는 이러한 경제적 파급효과에 대한 구체적인 분석 자료가 없어서 정책적 시사점은 한계가 있으나 관련 산업 중 일부가 해외로 이전할 소지가 있는 점, 기존 화력발전소 폐지에 따른 지역사회 문제점 등을 고려한 정책 수립이 필요한 시점임.

# 제5장

## 결 언

---



## 제5장 결 언

- 본 연구는 최초(RFP 기준) 2050 탄소중립 전략의 실현과 그린뉴딜 추진의 실질적인 이행 주체로서 지역사회의 역할 재정립과 국가정책과의 정합성 유지를 위한 지역맞춤형 탄소중립 전략의 방향 제시를 목적으로 하였음.
- 이를 위하여 국가와 지역단위 에너지·기후변화 대응계획 등의 현황을 조사하고 분석하며, 과학 기술 기반의 지역맞춤형 탄소중립 전략의 방향을 제시하는데 있었음.
- 그러나 연구범위 및 과업내용은 포괄적인 반면, 주어진 예산과 용역기간이 제한적인 점을 감안하여, 다음과 같이 연구범위의 축소 및 조정을 함.
  - 탄소중립의 핵심과제인 에너지전환을 위하여 분산형 발전을 확대하고 이를 체계적으로 관리할 수 있는 시스템 구축에 대한 방향 제시
  - 분산형 발전을 위한 재생에너지 보급 시설과 발전시설의 대형화 추진 시 발생할 수 있는 지역 주민과의 갈등 해소를 위한 제도적 기반 마련
  - 탄소중립 추진 시 산업부문에서 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 철강, 석유, 시멘트 산업 중 철강 및 시멘트 산업을 중심으로 업계의 현황과 추진계획을 살펴보고 시사점 도출
- 따라서 결언에서는 지역맞춤형 탄소중립 전략의 일환으로 분산발전 확대 및 관리능력 강화, 지역경제 견인을 위한 미래지향적 이익 공유 모델 발굴, 지역 산업에 미치는 영향이 큰 철강 및 시멘트업의 대응 전략 등에 대한 정책적 시사점을 정리하였음
- 먼저 분산형 발전 확대 및 재생에너지 통합데이터센터(안) 구축은 탄소중립 탄소중립실현을 위한 가장 기본적인 방안으로 본 연구에서는 국내외 분산형 발전 확대 정책을 살펴보고 재생에너지관련 자료를 수집, 제공하는 재생에너지 통합데이터센터(안)의 추진 방향을 제시함.
- 우리나라는 2050 탄소중립 목표달성을 위한 주요 전략 중 하나로 재생에너지 보급 확산을 추진 중에 있으며 세부실천 방안으로서 분산형 발전 확대 계획과 정책적 지원 다각화
  - 과거 분산발전은 전력계통에 위험요인으로 인식되었으나 최근 첨단 제어시스템의 발전으로 계통의 복원력(resilience)을 높일 수 있는 대안으로 인식
- 해외에서는 1980년대 이후부터 계통의 송배전설비 및 연료수송 측면에서 비용회비 대안으로, 2000년대에는 수요처 인근에 태양광 모듈식 전기발전기를 추가하는 미니/마이크로그리드 형태로, 최근에는 에너지저장장치(ESS)를 부착하여 신재생에너지 한계를 보완하는 형태로 발전
  - 최신 소프트웨어를 활용하여 최적화, 자동화 및 데이터분석이 가능한 마이크로그리드 통합

시스템을 통하여 시너지효과를 낼 수 있는 지능적 집합체로 전환

- 재생에너지 분산형 발전 활성화 및 관리능력 강화를 위해 ESS 구축 및 계통 인프라 확충을 통한 재생에너지의 변동성 완화, 분산에너지 친화적인 시장제도 조성 및 신재생에너지 통합데이터센터의 구축 등이 논의되어 왔으나 아직은 각 주체별로 각각의 독립된 시스템으로 존재
  - 현재는 에너지 공단의 신재생에너지 통합 모니터링 시스템 (REMS), 한전의 신재생 발전 지역 관제 시스템 (LRMS), 스마트 그린 산단 통합관제센터 및 스마트에너지 플랫폼에 기반한 통합관제센터 (TOC), 가상발전소 등이 있음.
  - 미국 DOE는 에너지시스템통합시설 (ESIF)은 재생에너지자원 분산 시스템들을 통합한 에너지시스템의 최적화 및 관련 첨단연구를 위한 플랫폼을 지원하고, CORE 프로세스를 통해 마이크로그리드의 안정적인 전력공급을 위한 지속적인 운영과 설계에 초점을 맞추어, 사전평가, 데이터 수집, 설계 분석, 설치 및 모니터링을 단계적으로 체계화해서 지원
- 우리나라도 재생에너지 분산 전력에 대한 효율적인 관리 및 운영을 위한 '재생에너지 통합 데이터 센터'가 조속히 설립될 필요가 있음.
  - 데이터 센터의 주요 업무는 계통 인프라 구축 통한 재생에너지 변동성 완화, 에너지 슈퍼스테이션을 통한 자가발전 충전인프라 구축, 에너지 생산·소비의 분산화 확대 도모, 분산에너지 친화적인 시장·제도 조성
  - 기초자료 확보 방안으로 분산되어 국지적으로 생산·활용되는 재생에너지 분산발전 데이터를 재생에너지 통합 데이터 센터를 통하여 통합·활용하고 상호 연계·공유하는 것임
  - 데이터에는 발전 자산의 성능에서 개별 고객 사용 및 청구 데이터에 이르는 정보가 포함되므로, 데이터에 대한 접근, 정보의 관리 및 보호에 대한 검토 필요
  - 그리드 보안, 데이터 시스템 간의 통신 및 규제 등의 문제들에 대한 접근방법에 대한 구체적인 논의 필요
  - 재생에너지 분산형 자원 배치 지도를 개발하여 지역간 균형 있는 배치를 유도하고, 전력회사는 최적의 분산 에너지 자원 상호 연결 지점과 그리드 업그레이드 및 개별 배전 라인의 위치와 용량에 대한 정보를 제공하여, 분산 에너지 자원 개발자 공동 이익의 극대화 및 시스템 최적화를 도모해야 함.
- 제3장에서는 신재생에너지 설비의 입지문제 해결을 위한 주민수용성 및 이익공유 모델의 선행 연구와 향후 추진방향을 제시하였음.
- 프로젝트 계획 단계에서부터 지역 주민 참여가 보장되어야 함.
  - 태양광, 육상풍력, 해상풍력 발전사업자는 개발 절차 중 입지 및 환경성 검토 단계에서부터 주민 수용성을 검토할 의무를 지님.
  - 주민 동의 요구가 전기사업법상 존재하지만, 일간신문에 사전 고지하지만 주민들이 추진 상황을 파악하지 못한 채 허가가 이루어지는 경우가 많음.

- 주민 동의에 대한 명확한 기준도 없는 상태이므로, 발전 사업 초기부터 지역 주민 동의에 대한 기준이 필요함.
- 프로젝트 개발에 따른 환경, 생태계, 주거생활 영향에 대한 투명하고 공정한 정보를 제공하는 등 주민들의 우려에 적극적으로 대처해야 함.
  - 프로젝트 개발에 따른 악영향을 평가할 때 지역 주민, 사업자, 지자체 모두 동의할 수 있는 제3의 객관적 기관이 수행해야 함.
  - 지역 주민들이 제기한 모든 문제에 대한 평가 결과를 공유하고, 악영향이 나왔을 때 그에 따른 해결 방안을 제시해야 함.
- 이익공유를 위한 가이드라인 또는 관련 법안을 제정해야 함.
  - 기금의 사용 범위 및 기준, 기금 보상 대상 및 범위, 기금 조성 범위 등에 대한 객관적 가이드라인이 요구됨.
  - 하지만, 모든 재생에너지 프로젝트와 지역에 동일하게 적용될 수 있는 이익공유 체계는 존재하지 않기 때문에, 해당 지자체에서 적용할 가이드라인도 필요함.
  - 정부의 권고 가이드라인과 지자체의 가이드라인이 상호 보완될 수 있도록 제도를 마련이 필요함.
- 재생에너지 프로젝트 이해당사자 간의 갈등을 조절할 수 있는 갈등조정기구 설치.
  - 프로젝트 추진 시 지역 주민 간, 이해당사자 간의 갈등은 항상 존재하게 되고, 이러한 갈등을 지역 발전과 통합을 위한 필수불가결한 요소라고 인정해야 함.
  - 재생에너지 프로젝트 사업은 확대될 계획이고 그에 따른 Green-Green 갈등 문제도 심각해질 것으로 전망됨.
    - Green-Green 갈등: 재생에너지 보급과 환경 보전의 갈등
  - 재생에너지 프로젝트 특화 갈등관리 전담 조직 또는 기구 설치, 갈등관리 매뉴얼 작성, 갈등관리 인력 양성을 통하여 갈등관리 역량을 강화함.
  - 재생에너지 프로젝트 특화 갈등관리 시스템을 구축하여, 다양한 프로젝트에서 발생한 갈등을 데이터베이스화 하여 차기 재생에너지 프로젝트 대응에 활용함.
- 장기 지역 발전 전략 속에서 재생에너지 프로젝트를 구현하여 지역 발전에 이바지함.
  - 지자체는 해당 지역의 장기 발전 전략을 수립하고 발전 전략에서 재생에너지 프로젝트가 갖는 해당 지역에서의 경제적 가치와 환경적 가치를 지역 주민에게 설명해주어야 함.
  - 지자체는 재생에너지 프로젝트를 통한 장기적 지역 일자리 창출과 지역 경제 활성화 전략을 도출하여 재생에너지 프로젝트에 대한 지역 주민의 인식을 개선시킬 필요가 있음.
- 재생에너지 프로젝트를 개발하고 관리할 수 있는 지자체의 역량이 강화되어야 함.
  - 지자체는 자체 장기 지역 발전 계획을 수립하고 발전 계획안에 재생에너지 보급 전략을 담아야 하는 역량을 키워야 함.

- 하지만, 실질적으로 재생에너지 사업이 추진되는 군·구 이하의 기초지자체의 역량은 부족하고 이를 실질적으로 추진할 예산과 인원이 부족할 수 있음.
  - 광역지자체는 공사, 공단, 대학교, 연구소 등의 전문성과 공공성을 갖는 기관과의 협력 체계를 구축하던지 자체 에너지 공단을 설립하여 역량을 강화해 나갈 수 있음.
  - 지자체의 역량 강화를 위해 광역지자체와 그 이하 지자체와의 협력이 필요함.
- 제4장에서는 시의성 있는 지역 산업지원을 통한 정의로운 전환도모의 대상으로 산업부문에서 가장 영향을 많이 받을 것으로 예상되는 철강 및 시멘트 산업을 대상으로 업계의 국내외 현황, 정부 및 업계의 대응 전략을 통하여 시사점을 도출하고자 하였음.
- 탄소중립은 최근에 가장 핫한 글로벌 이슈이며 이미 세계 약 70개국 이상이 탄소중립을 선언한 상황이며 스웨덴, 영국, 프랑스 등 일부국가는 탄소중립을 법제화한 상태임
    - 특히, 2026년부터 유럽연합의 탄소국경세 도입과 글로벌 RE100선언 등 탄소감축 문제가 새로운 글로벌 규제로 작용할 소지가 있어 제조업을 기반으로 하는 우리나라에게 부담으로 작용할 소지가 있어 철저한 준비와 대책이 필요
  - 철강산업은 탄소계 제철법 기반으로 발전해온 산업으로 이산화탄소 배출 저감이 어려운 산업으로 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 약 84.5%를 차지하는 철광석 기반의 고로-전로 공정을 전기로 방식으로 전환 목표
  - 시멘트 산업도 석회석 탈탄산 반응에 의한 공정배출이 총 온실가스 배출량의 67%를 차지하여, 석회석 대체원료 개발 연구에 대한 지속적인 투자가 필요
  - 정부는 산업부문에서 2018년(260.0백만톤) →2030년(222.6백만톤) △14.5% 감축 목표로 철강 부문에서 에너지 절감 15%, 고로에서 전기로제강 300만톤 전환, 전로에 철스크랩 적용과 시멘트 부문에서 에너지 절감 2%, 폐합성수지(폐플라스틱 등) 활용을 통한 연료 전환, 석회석 대체원료 및 혼합재 사용을 통한 원료 전환할 계획임
    - 철강부문은 온실가스 다배출 탄소 연·원료 제철 기술 한계를 극복하기 위한 혁신 저탄소/무탄소 연·원료 그린 제철 기술개발을 목표로 한국형 수소환원제철 기술, 탄소중립형 저탄소 연·원료 대체 기술, 자원순환형 초고속 전기로 공정 기술, 철강 부산물 업사이클링 기술 개발을 지원할 예정임.
    - 철강분야는 철광석의 원소철(elemental iron) 전환을 위한 화학 공정 및 열원으로 석탄을 사용하는 과정에서 CO<sub>2</sub> 배출하며 제강 시 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출을 제거하려면 공정 변경이 필요하며, 열원·화학적 환원제로의 수소 활용 및 탄소 포집이 대표적 방안으로 제시
    - 시멘트부문도 석회석 채광에서부터 반제품인 클링커를 주재료로 건축·토목용 기초 원료인 시멘트를 생산하는 산업의 탄소저감형 친환경 시멘트 제조·재활용 기술 개발을 목표로 비탄산염 원료 및 적용 기술, 가연성 순환자원 재활용 기술, 혼합재 함량 증대 및 신규 혼합재 제조 기술 등의 개발을 지원할 계획

- 석회석을 고열로 가열해 주원료인 산화칼슘 클링커를 생성하는 과정에서 CO<sub>2</sub>가 발생하며 전체 생산 공정 배출량의 60%를 차지하며 소 포획, 저장 및 활용의 일차적인 방법을 통해 클링커 생성 시 발생하는 탄소 제거 가능
- 철강과 시멘트 산업은 에너지다소비 산업이자 이산화탄소 다 배출 산업이지만 지역경제 나아가 우리나라의 수출에 영향력이 큰 산업이므로 정의로운 에너지전환을 위한 노력이 필요
  - 관련 업계에서는 그린수소 및 신재생에너지 전력의 안정적 공급, 부생가스 활용 수소사업 지원, 청정에너지 사용·자원순환 기업 인센티브 확대 등 수소에너지 관련 인프라 구축과 지원과 수소환원제철 등 혁신기술 개발과 저탄소 설비 교체를 위한 재정 지원, 저탄소 신기술 개발시 업계 전반에 자유로이 공유를 요청함.
  - 경제적 차원에서는 설비 및 공정교체에 따른 매물비용, 교체를 위한 휴지로 인하여 본 산업 및 협력회사의 인력감축, 생산량 감소, 전방산업에 대한 파급 등이 예상되어 정의로운 에너지전환이 될 수 있는 방안 수립이 중요
  - 현재는 이러한 경제적 파급효과에 대한 구체적인 분석 자료가 없어서 정책적 시사점은 한계가 있으나 관련 산업 중 일부가 해외로 이전할 소지가 있는 점, 기존 화력발전소 폐지에 따른 지역사회의 문제점 등을 고려한 정책 수립이 필요한 시점임.
- 본 연구는 이상과 같이 3개의 주제를 각각의 chapter로 하여 연구를 진행하였으나 탄소중립 정책 및 전략들이 초기단계인 관계로 세부자료의 부족 등 여러 가지 제약이 있었음.
  - 보다 세부적인 연구는 각 장별로 별도의 사업체계를 구축하여 지속되어야 할 것이며, 추진단계에서 지역단위의 재생에너지설비 건설을 위한 공감대 형성, 석탄화력발전소 폐지를 모델로 정의로운 에너지전환을 위한 세부 방안 등 필요
  - "신재생에너지 통합 데이터센터"는 본 연구의 말미에서 제시한 센터설립을 위한 정보화전략(ISP)을 수립하고 기존 데이터 보유기관과의 협력, 보안, 기술 등 국가적 차원의 데이터 수집 시스템 구축과 서비스가 추진될 수 있도록 함.
  - 탄소중립 목표달성을 위해서는 중앙정부와 지방정부의 역할 분담, 광역지자체와 역내 기초지자체간 협력, 인접 기초지자체간 협력 등이 중요한 바, 현재 시행되고 있는 지역에너지계획 수립 대상을 대형 시군구 단위로 확대하고 지역의 수행역량 강화에 중점을 두어야 할 것임.



## 참 고 문 헌

### <국내 문헌>

1. 과학기술정보통신부, 2021, 탄소중립 기술혁신전략 10대 핵심기술 개발방향.
2. 관계부처 합동, 2020.7, 해상풍력 발전 방안.
3. 관계부처 합동, 2020, 2050 탄소중립 추진전략.
4. 경제인문사회연구회, 2011, 한국직업능력개발원, 탄소배출규제에 따른 고용구조 변화와 인력정책
5. 기후사회연구소, 2020, 공정한 전환을 위한 한국적 맥락 탐색 보고서
6. 김강민·김학린·임재형·전형준, 2018, 갈등관리와 협상, 단국대학교 분쟁해결연구센터 총서2, nosvos.
7. 김윤성·윤성권·임현지·윤탤훈, 2021, 주민참여형 재생에너지 개발의 지역경제 기여효과: 주민 소득과 지역기업 매출을 중심으로, New & Renewable Energy.
8. 녹색연합, 2021, 생태보전과 민주적 의사 결정에 기반한 재생에너지 확대방안.
9. 농림축산식품부, 2020.2.26., 보도자료 “영농형 태양광 재배모델 실증지원” 공모결과 경기 화성·파주, 전남 보성·순천, 제주 선정
10. 대한민국정부, 2020, 지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략.
11. 대한민국정부, 2021.4.29., 보도자료 “공익과 상생, 경제성으로 생활현장에서 확산하는 ‘한국 판뉴딜’”.
12. 대한민국 정책브리핑, 2021.5.6., 대통령 “울산 부유식 해상풍력 전략 보고 모두발언”
13. 산업연구원(2019), 신기후체제 시대 한·일 시멘트산업의 에너지 소비효율 비교·분석과 정책적 시사점 보고서, 2019.2
14. 산업통상자원부, 2018.7.18., 보도참고자료 “백운규 장관, 제주 탐라해상풍력단지 현장 시찰”.
15. 산업통상자원부, 2019.6., 제3차 에너지기본계획.
16. 산업통상자원부, 2020.12., 제5차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획.
17. 산업통상자원부, 2021.5.27., 고시 제2021 - 92호, 「신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리·운영지침」.
18. 산업통상자원부, 2021.6.25., 보도설명자료 “탄소중립을 위해 태양광 등 재생에너지 확대는 불가피하며, 환경성 및 수용성을 우선적으로 고려하여 재생에너지 확대를 추진하겠음”.
19. 산업통상자원부, 2021, 탄소중립 산업핵심 기술개발 로드맵.
20. 심성희·박찬국·공지영·신상윤·이재승·여형범·양이원영, 2018, 에너지전환 정책 실행을위한 시

사점 연구: 독일에서의 시민 참여와 지방 정부의 기여를 중심으로, 에너지경제연구원.

21. 심준섭·이강원·윤성복·김지수·위아람, 2014, 갈등관리 Role Model 확산을 위한 연구, 국무조정실·한국사회갈등해소센터
22. 에너지경제연구원, 2019, 신재생 부문의 지역 수용성 제고 사례 연구: 덴마크 해상풍력 육성 정책 중심, 국제협력연구사업.
23. 안순철·가상준·김주경·김명상, 2020, 정부 갈등관리 실태 및 예산의 타당성 연구, 국회사무처·한국정당학회.
24. 안재균·김남일, 2019, 공급형 가상발전소(VPP) 활성화 방안 연구: 소규모전력중개시장 활용을 중심으로, 에너지경제연구원,
25. 양연희, 2021, 토픽모델링을 활용한 공공갈등 유형 및 경향 분석, 지방행정연구 제35권 제2호, p.159~188.
26. 에너지경제연구원, 2020, 주요 제조업의 온실가스 배출 탈동조화 촉진방안 연구, 2020. 08
27. 에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트 제21-2호 2021.1.25.
28. 에너지전환포럼(2020), 대한민국 2050 탄소중립 달성을 위한 부문별 전략 및 정책개발 연구. 2020.11.
29. 유항재, 2016, 공공갈등 관리현황 분석: 국회의 갈등관리 기능을 중심으로, 국회예산정책처.
30. 이경민·윤순진, 2018, 재생가능에너지사업 이익공유체계 도입의 긍정적 효과와 문제 상황, 공간과 사회
31. 이상범·이영재·이병권, 2019, 환경-주민수용성을 고려한 재생에너지 보급 활성화 방안 연구, 기후환경정책연구, 한국환경정책평가연구원.
32. 이상준·안동환·김현석·신승환·이원석, 2020, 농어촌지역 재생에너지 보급사업의 갈등용인 분석과 해결방안 연구, 에너지경제연구원
33. 이주형·가상준·임재형·김강민·김재신, 2014, 공공갈등관리 사례분석과 외국의 공공갈등관리제도 조사, 국회예산정책처
34. 이철용, 2014, 신재생에너지에 대한 지불의사액 추정 및 사회적 수용성(PA) 제고 방안 연구, 에너지경제연구원.
35. 이철용·권혁수·소진영·김보미·윤세진, 2014, 신재생에너지 주민발전소 추진방안 연구, 에너지경제연구원·산업통상자원부.
36. 이해정·김효진·유승훈, 2018, 조건부 가치측정법을 이용한 음폐수 바이오가스화 시설 확대의 비시장적 편익 추정, 한국폐기물자원순환학회, 35.
37. 이해정·허성윤·우종률·이철용, 2020, 신재생에너지 발전 사업에 대한 국민 및 지역 주민 수용성비교 연구 - 태양광, 풍력, 바이오 발전을 중심으로, 한국혁신학회지 15.
38. 임슬예·김호영·유승훈, 2013, 가연성 폐기물 에너지화의 외부편익: 조건부 가치측정법의

적용, 에너지공학, 22.

39. 재생에너지입지연구회, 2020, 재생에너지 보급 확대를 위한 계획입지제도 도입 방안 연구.
40. 전라남도 신안군, 2021.3.18., 신안군 신·재생에너지 개발이익 공유 등에 관한 조례.
41. 전재완·최동원·김성진, 2014, 환경에너지 시설의 입지문제 해결방안, 산업연구원
42. 정성삼·이승문, 2018, 신재생에너지 수용성 개선을 위한 이익공유시스템 구축 연구, 에너지경제연구원.
43. 조일현·이재석, 2020, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, 에너지경제연구원 기본연구 보고서 20-27.
44. 최낙혁, 2021, 지방정부 효율성과 역량에 대한 실증적 연구, 사회과학연구 제32권 2호, p.291~308.
45. 한노덕, 2014, 공공갈등관리제도 실태분석 및 개선방안, 국회예산정책처.
46. 환경부, 2016, 교토의정서 이후 신 기후체제 파리협정 길라잡이.
47. 한국교통대학교, 2016, 국내 풍력발전단지 소음영향조사 연구. 환경부
48. 한국에너지공단, 2020, 2019년 신재생에너지 보급통계.
49. 한국에너지공단, 2020, 2020 산업부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 조사(잠정치).
50. 한국전력공사, 2021, 한국전력통계(제90호).
51. 한국산업지능협회, 2021, 국내 주력 제조산업의 데이터기반 디지털전환 드라이브 가속화.
52. KIER PD 이슈리포트, 2021, EU, 미국, 일본, 중국의 탄소중립 시나리오와 주요 감축기술.
53. POSCO 포스코경영연구원, 2021, 독일 철강산업의 탄소중립+성장전략 지원정책 : 'Steel Action Concept'.
54. SK securities, 2021, ESG Wannable Weekly, 2050 탄소중립 시나리오, 투자 아이디어 보고.

#### <외국 문헌>

55. Agora Energiewende and Ember, 2021, The European Power Sector in 2020: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition.
56. Arent et. al., 2021, Multi-input, Multi-output Hybrid Energy System, Joul, 5
57. BNEF, 2021, EU 2030 Renewables Targets in Review: 2021 Update.
58. Botelho, A., L. Lourenço-Gomes, L. Pinto, S. Sousa and M. Valente, 2016, Using stated preference methods to assess environmental impacts of forest biomass power plants in Portugal, Environment, Development and Sustainability, 18.
59. Devine-Wright, Patrick, 2005, Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy, Wind Energy.
60. Ernst & Young Australia, 2014, Strategic options for delivering ownership and

benefit sharing models for wind farms in NSW.

61. Guo, X., H. Liu, X. Mao, J. Jin, D. Chen and S. Cheng, 2014, Willingness to pay for renewable electricity: A contingent valuation study in Beijing, China, *Energy Policy*, 68.
62. IEA, 2017, *Energy Technology Perspectives 2017*.
63. IEA, 2020, *European Union 2020 Energy Policy Review*.
64. IEA, 2020, *Statistics Report Renewables Information Overview*.
65. IEA, 2020, *Statistics report World Energy Balances Overview*.
66. IEA, 2020, *World energy balances(Excel 데이터)*.
67. IEA, 2021, *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*.
68. IRENA, 2021, *Renewable Capacity Statistics 2021*.
69. IRENA, 2021, *Renewable Electricity Capacity and Generation Statistics(Excel 데이터)*.
70. Kim, H.Y., S.Y. Park and S.H. Yoo, 2016, "Public acceptability of introducing a biogas mandate in Korea: A contingent valuation study," *Sustainability*, 8.
71. Kim, J., J. Park, J. Kim and E. Heo, 2013, Renewable electricity as a differentiated good? The case of the Republic of Korea, *Energy Policy*, 54.
72. Koto, P.S. and E.K. Yiridoe, 2019, Expected willingness to pay for wind energy in Atlantic Canada, *Energy Policy*, 129.
73. Lee, C.Y. and H. Heo, 2016, Estimating willingness to pay for renewable energy in South Korea using the contingent valuation method, *Energy Policy*, 94.
74. Mills, SB, Bessette, D., Smith, H, 2019, Exploring landowners' post-construction changes in perceptions of wind energy in Michigan, *Land Use Policy*, 82.
75. Nomura, N. and M. Akai, 2004, Willingness to pay for green electricity in Japan as estimated through contingent valuation method, *Applied Energy*, 78.
76. OECD, 2012, *Linking Renewable Energy to Rural Development*
77. Petrova, Maria A., 2013, NIMBYism revisited: public acceptance of wind energy in the United States, *WIREs CLIMATE CHANGE*.
78. Pia Kerres, Roman Eric Sieler, Jana Narita; Jakob Eckardt and Lucy Overbeck 2020, *Germany's policy practices for improving community acceptance of wind farms*. Berlin, adelphi.
79. REN21, 2020, *Renewables 2020 Global Status Report*.
80. Rudolph, et., al., 2018, *Community benefits from offshore renewables: The relationship between different understanding of impact, community, and benefit*,

Environment and Planning C: Politics and Space, Vol. 36(1), p.92~117.

81. The New York Independent System Operator, Distributed Energy Resources Roadmap for New York's Wholesale Electricity Markets, January 2017.
82. Woo, J., S. Chung, C.Y. Lee and S.Y. Huh, 2019, Willingness to participate in community-based renewable energy projects: A contingent valuation study in South Korea, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 112.
83. World Bank, 2019, Improving the Investment Climate for Renewable Energy, Through Benefit Sharing, Risk Management and Local Community Engagement.
84. Yoo, S.H. and S.Y. Kwak (2009), "Willingness to pay for green electricity in Korea: A contingent valuation study," Energy Policy, 37.
85. Zografakis, N., E. Sifaki, M. Pagalou, G. Nikitaki, V. Psarakis and K.P. Tsagarakis, 2010, Assessment of public acceptance and willingness to pay for renewable energy sources in Crete, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14.
86. 電力中央研究所, 「電力システム改革における新市場創設の意義と課題」, 2019.3
87. 中部電力, 「需給調整市場の概要・商品要件」, 2020.1.9.
88. 経済産業省, 「令和2年度VPP構築実証事業等概算要求に関する資料」, 2019.10.4.
89. 参議院, 「強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立」, 2020.5.
90. 経済産業省, 「強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律案 補足説明資料」, 2020.2.25.

#### <웹사이트>

91. <https://www.gihoo.or.kr/netzero/intro/intro0401.do>
92. [https://www.knrec.or.kr/business/rps\\_guide.aspx](https://www.knrec.or.kr/business/rps_guide.aspx)
93. <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/All.aspx>
94. <https://eciu.net/netzerotracker>
95. 대한민국 정책브리핑([www.korea.kr](http://www.korea.kr)), 2021.5.25., "10년간 대화하고 신뢰 쌓아 성공했죠"... 이것이 그린 뉴딜 '주민참여 상생모델'.
96. 에너지데일리, 우리보다 앞선 일본은 분산에너지 시스템 어떻게 갖춰 나가나, <https://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=116699> (2020년 11월 20일 검색)
97. California Energy Information Profile, <https://www.eia.gov/state/print.php?sid=CA>
98. IRENA 웹사이트(<https://www.irena.org>), Trends in Renewable Energy, 최종접속일: 2021.7.27.

99. Hannah Polikov, Top 10 Utility Regulation Trends of 2020 – So Far, ,  
<https://www.greentechmedia.com/articles/read/top-10-utility-regulation-t> ((2020년  
11월 20일 검색)
100. <https://m.segye.com/view/20201116512857>
101. [https://en.wikipedia.org/wiki/Baltic\\_1\\_Offshore\\_Wind\\_Farm#/map/0](https://en.wikipedia.org/wiki/Baltic_1_Offshore_Wind_Farm#/map/0)
102. <https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/windenergie/unsere-windparks-auf-see/baltic-1/>
103. <https://www.segye.com/newsView/20191107513994?OutUrl=naver>
104. <http://tamra-owp.co.kr/2019/sub0204.php>
105. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
106. <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html>
107. <https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/784/globalBbsDataView.do?setIdx=403&dataIdx=185405>
108. <http://www.epj.co.kr/news/articleView.html?idxno=27377>
109. <http://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1325200>
110. <http://www.kookje.co.kr/news2011/asp/newsbody.asp?code=0300&key=20151126.22010193358>
111. <https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/954123.html#csidxb0861ac30ff6d84aecdl1d1beda19f4f>
112. [https://mobile.newsis.com/view.html?ar\\_id=NISX20150605\\_0013709972](https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20150605_0013709972)
113. <http://www.jjan.kr/news/articleView.html?idxno=567215>
114. <https://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=73871>
115. <https://www.ygnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=302040>
116. <http://www.electimes.com/article.php?aid=1609138887210338002>
117. <http://www.namdonews.com/news/articleView.html?idxno=590677>
118. <http://www.electimes.com/article.php?aid=1609138887210338002>
119. <http://www.busan.com/view/busan/view.php?code=2021072813090788962>
120. <http://m.usjournal.kr/news/newsview.php?ncode=1065580894376748>
121. <https://www.ulsanpress.net/news/articleView.html?idxno=323215>
122. <https://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=230138>
123. [http://www.kweia.or.kr/bbs/page.php?hid=sub03\\_02가](http://www.kweia.or.kr/bbs/page.php?hid=sub03_02가)