

# 샌디에고 지역 탈탄소화 프레임워크

정책 입안자를 위한 요약



## **프로젝트 팀**

### **프로젝트 디렉터**

Gordon C. McCord

부학장 겸 경제학 부교수

소장, SDG 정책연구소

School of Global Policy and Strategy, University of California San Diego (UC San Diego)

### **프로젝트 매니저**

Elise Hanson, County of San Diego, Land Use and Environment Group (LUEG)

### **샌디에고 카운티 대표**

Murtaza Baxamusa

Rebeca Appel

Sarah Aghassi

Yasamin Rasoulzadeh

Michael De La Rosa

Donna Durckel

Nicole Boghossian Ambrose

Jennifer Lawson

Renee Loewer

### **각 장 저자**

#### **서문**

Murtaza H. Baxamusa, LUEG

#### **연구 접근 방식**

Ryan A. Jones, Evolved Energy Research

#### **재생 에너지 생산의 지형 공간 분석**

Emily Leslie, Montara Mountain Energy

Joseph Bettles, UC San Diego

#### **운송 부문의 심층 탈탄소화 가속화**

Katy Cole, Fehr & Peers

Chelsea Richer, Fehr & Peers

Eleanor Hunts, Fehr & Peers

#### **건물의 탈탄소화**

Philip Eash-Gates, Synapse Energy  
Economics Jason Frost, Synapse Energy  
Economics Shelley Kwok, Synapse Energy  
Economics Jackie Litynski, Synapse Energy  
Economics Kenji Takahashi, Synapse Energy  
Economics Asa Hopkins, Synapse Energy  
Economics

### **자연 기후 솔루션 및 기타 토지 이용 고려 사항**

Elise Hanson, UC San Diego  
Emily Leslie, Montara Mountain Energy

### **샌디에고 지역의 탈탄소화를 통한 고용 영향**

Robert Pollin, Political Economy Research Institute (PERI), University of Massachusetts Amherst  
Jeannette Wicks-Lim, PERI, University of Massachusetts Amherst  
Shouvik Chakraborty, PERI, University of Massachusetts Amherst  
Gregor Semieniuk, PERI, University of Massachusetts Amherst

### **샌디에고 지역의 주요 정책 고려 사항**

Joseph Bettles, UC San Diego  
Gordon C. McCord, UC San Diego  
David G. Victor, UC San Diego  
Emily Carlton, UC San Diego

### **지역 정책 기회 분석**

Scott Anders, Energy Policy Initiatives Center (EPIC), University of San Diego School of Law  
Nilmini Silva Send, EPIC, University of San Diego School of Law  
Joe Kaatz, EPIC, University of San Diego School of Law  
Yichao Gu, EPIC, University of San Diego School of Law  
Marc Steele, EPIC, University of San Diego School of Law

### **모델로서의 샌디에고 지역**

Elena Crete, UN Sustainable Development Solutions Network (SDSN)  
Julie Topf, UN Sustainable Development Solutions Network (SDSN)

### **부록 A: 주 전체 에너지 시스템 모델링 요약**

Ryan Jones, Evolved Energy

### **부록 B: GHG 배출에 영향을 미치고 규제하는 지역 관할권 및 기관의 권한 검토**

Joe Kaatz, EPIC, University of San Diego

### 감사의 말씀

샌디에고 카운티 수퍼바이저 위원회 Nathan Fletcher 위원장님, Nora Vargas 부위원장님과 Joel Anderson, Terra Lawson-Remer, Jim Desmond 수퍼바이저님들께 이 프레임워크를 수립하는 데 있어서 보여주신 방향 제시와 지도력에 특별히 감사드립니다.

저자들은 프로젝트 전반에 걸쳐 자문 역할을 해 주신 David Victor와, 연구와 편집을 도와 주신 Joseph Bettles, Tyler Spencer, Emily Carlton, Elissa Bozhkov 및 Jeffrey Myers에게, 그리고 프로젝트 관리를 지원해 주신 Isaac Wang에게 감사드립니다.

프로젝트 팀은 샌디에고 카운티 대표자들에게 전략적 조언을 제공해 주신 다음 개인들에 감사드립니다: Elizabeth King (캘리포니아 환경보호국), Jamal Russell Black (샌디에고 지역 정책 및 혁신 센터), Christiana DeBenedict (샌디에고 재단), Everett Au (샌디에고 재단), Amenah Gulamhusein (샌디에고 재단) 그리고 L. Guinn (샌디에고 정책 및 혁신 센터).

프로젝트 팀은 또한 서면/구두 의견을 제출하고 회의 및 워크숍에 참석하여 시간과 지식을 제공해 주신 기술 실무 그룹과 모든 참가자들 및 의견 제시자들에게 감사를 드리고자 합니다.

### 부인 선언

이 보고서는 샌디에고 카운티에서 자금을 지원했습니다. 저자들은 샌디에고 지역의 관련 기관과 상충되는 이해 관계가 없음을 선언합니다.

이 요약 보고서는 다음과 같이 인용되어야 합니다:

McCord, Gordon C., Elise Hanson, Murtaza H. Baxamusa, Emily Leslie, Joseph Bettles, Ryan A. Jones, Katy Cole, Chelsea Richer, Eleanor Hunts, Philip Eash-Gates, Jason Frost, Shelley Kwok, Jackie Litynski, Kenji Takahashi, Asa Hopkins, Robert Pollin, Jeannette Wicks-Lim, Shouvik Chakraborty, Gregor Semieniuk, David G. Victor, Emily Carlton, Scott Anders, Nilmini Silva Send, Joe Kaatz, Yichao Gu, Marc Steele, Elena Crete, and Julie Topf. *San Diego Regional Decarbonization Framework: Summary for Policy Makers*. County of San Diego, California. 2022.

## 서문

글로벌 컨센서스는 명백합니다. 즉, 전세계는 인간이 초래한 기후 위기를 겪고 있으며 온실 가스 (GHG) 배출을 의미 있게 줄일 수 있는 기회의 창이 닫히고 있습니다.<sup>1</sup> 인간의 활동은 대기와 해양에서 GHG의 급속한 축적을 통해 지구의 온난화를 초래해 빠르고 놀라운 변화를 일으켰습니다. 파리 기후 협정과 같은 글로벌 협약과 법률의 제정과 행정 명령을 통한 캘리포니아의 정책은 산업 전반에 걸쳐 요구되는 탈탄소화의 긴박성을 인지하고 있습니다. 과거의 외교적 노력이 기후 변화에 대한 충분한 진전을 이루지 못한 것에 비하면, 글로벌 약정과 지역적 요구를 모두 다루는 지역 문제 해결 모델이 보다 효과적인 접근방식이 될 수 있습니다.

**샌디에고 지역 탈탄소화 프레임워크(RDF)의 기술보고서는 지역, 카운티 및 시 정부의 단기 정책 결정에 정보를 제공하기 위해 중기적으로 탈탄소화에 대한 기술 및 정책 경로를 제공합니다.** 이 보고서는 파리 기후 협정 및 캘리포니아 주 (주) 명령에 따라 2045년까지 샌디에고 지역의 탄소 중립을 달성하기 위한 과학을 기반으로 하는 경로를 모델로 삼고 있습니다. 이 경로는 캘리포니아의 탄소 중립 목표에 맞춰 순 GHG 배출을 집합적으로 줄이기 위한 샌디에고 지역에 대한 공유된 비전을 제공합니다. 이 보고서는 에너지 시스템의 다양한 부문이 어떻게 탈탄소화에 기여할 수 있는지에 대한 기술적 분석이지만 “올바른” 경로를 식별하지는 않습니다. 대신, 상충관계, 공동 편익, 결정 지점, 위험 및 시너지를 강조하기 위해 여러 부문에서 지역 배출 목표를 달성하는 다양한 방법을 보여줍니다. 이 분석과 경로는 기술이 발전하거나 불확실성이 해결되거나 명확해지면서 업데이트 되어야 합니다. 그러한 목적을 달성하기 위해, 이 보고서는 지역 관할 구역이 불확실성에 대해 배우고 정보가 발생함에 따라 전략을 조정하는 데 도움이 되는 정책 프로세스를 분석합니다.

## 연구 프레임워크 및 주요 정책 고려 사항

이 보고서는 네트 제로에 도달하기 위한 주 및 국가 경로에 맞춰 전력, 운송 및 건물 부문의 총 에너지 생산 및 소비로 정의되는 샌디에고 지역 에너지 시스템의 심층적인 탈탄소화를 달성하는 방법을 고려합니다. 심층 탈탄소화는 경제 전반에 걸쳐 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>) 및 기타 GHG 배출을 대폭 줄이는 과정을 말합니다. 이 보고서에서 “넷 제로(net zero)”는 에너지 시스템에서 인간이 유발한 CO<sub>2</sub> 배출량이 인간이 유발한 CO<sub>2</sub> 제거 및 저장과 동일하도록 순 에너지 시스템 배출을 제로로 만드는 것을 의미합니다.<sup>1</sup> RDF의 기술보고서는 넷 제로 목표에 도달하기 위해 지역 외부의 상쇄(offset)에 의존합니다. 중요한 것은, 폐기물과 같은 다른 부문의 배출량은 지역 배출량의 80%를 차지하는 확정된 에너지 시스템의 범위를 벗어났기

<sup>1</sup> 기후 변화에 대한 정부간 패널 (IPCC), “기후 변화 2022: 영향, 적응 및 취약성, 정책입안자를 위한 요약.” WGII 6차 평가보고서, 2022년 2월. 다음에서 볼 수 있습니다:

[https://report.ipcc.ch/ar6wq2/pdf/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FinalDraft\\_FullReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6wq2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf)

때문에 이 분석에서 제외되었습니다.<sup>ii</sup> 그럼에도 불구하고, 다른 부문의 배출량을 대폭 줄이는 것과 관련된 많은 공동 편익이 있으며 배출량 감축 및/또는 공동 편익은 폐기물 전화 및 퇴비화를 통해 매립지 배출량을 줄이는 것과 같은 주 정부의 목표와도 일치할 수 있습니다.

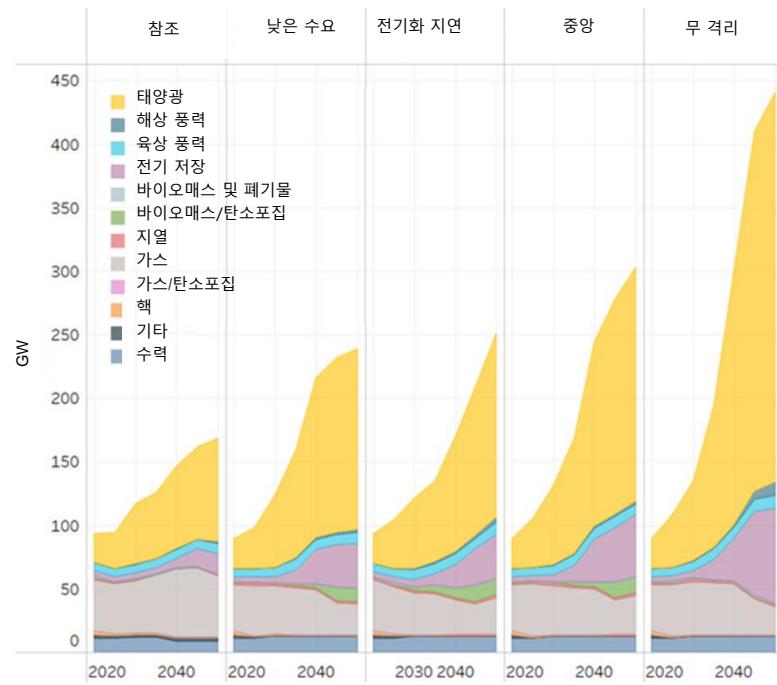
**RDF의 기술보고서의 탈탄소화 경로는 주 전체 탈탄소화 경로와 일치되도록 하기 위해 더 광범위한 국가 및 주 정부의 심층 탈탄소화 시나리오를 모델로 삼았습니다.** Evolved Energy Research (EER)는 5가지 시나리오 (모델 사례라고도 함)에 따라 지역 모델을 개발하기 위해 주 및 국가 모델을 축소했습니다.<sup>iii</sup> 심층 탈탄소화 모델은 지역 정책 옵션 및 다양한 부문의 탈탄소화 결과에 대한 정량적 비교 분석이 가능합니다. 에너지 부문에 대한 EER의 모델링 도출 결과의 한 예는 2050년까지 필요한 총 설치 전력 용량 (그림 1)과 에너지 및 산업 공정의 CO<sub>2</sub> 배출량 (그림 2) 모두에서 다양한 모델 사례가 주 전체 탈탄소화에 어떻게 영향을 미치는지 보여 줍니다. 에너지 및 운송 시스템은 다른 지역 및 주들과 상호 연결되어 있어 지역 관할 구역은 탈탄소화를 함에 있어서 다른 지역 및 주 관할 구역과 협력해야 하기 때문에 이러한 축소 모델을 사용하는 것이 중요합니다.

---

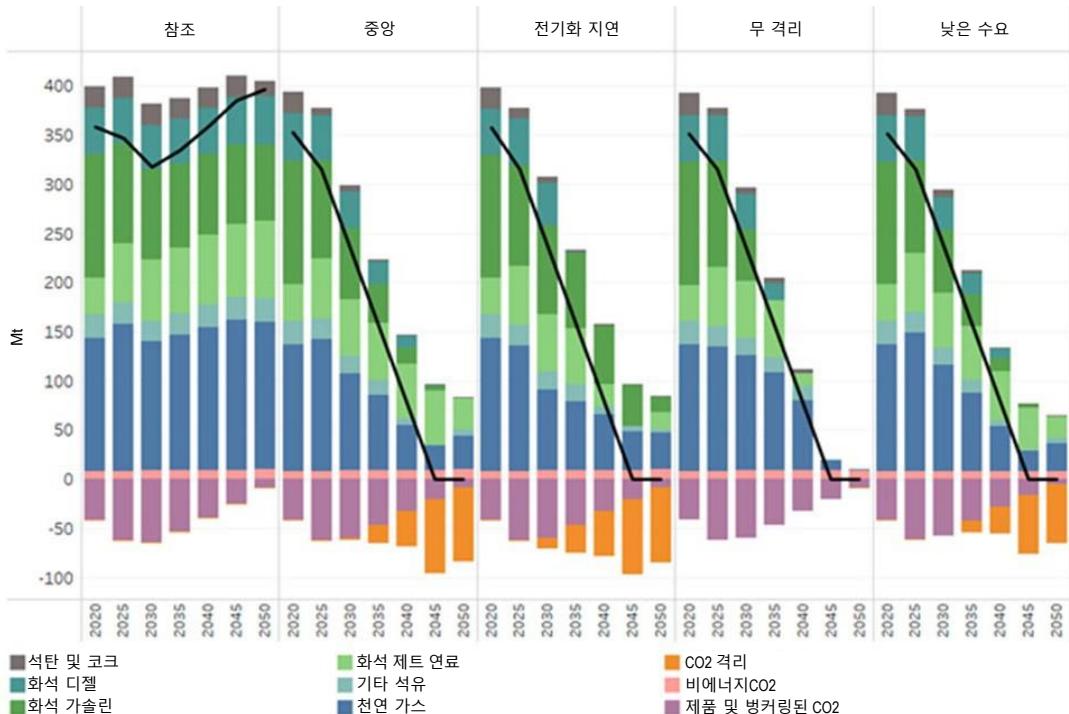
<sup>i</sup> 에너지 시스템 모델링은 CO<sub>2</sub> e배출량만을 고려하는 반면, 자연 기후 솔루션 및 기후 행동 계획 분석은 다른 온실 가스 (메탄, 아산화 질소 등)도 고려합니다. 이러한 GHG는 더 쉽게 비교할 수 있도록 “이산화탄소 등가물” (CO<sub>2</sub>e)로 명칭을 바꿨습니다.

<sup>ii</sup> 연구 범위에 대한 자세한 내용은 1장 및 부록 A에서 확인할 수 있습니다. 부문별 총 배출량 기여도에 대한 자세한 내용은 8장 및 샌디에고 정부협의의 2021 지역 계획 부록 X에서 확인할 수 있습니다 ([https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x-2016-greenhouse-gas-emissions-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65\\_2](https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x-2016-greenhouse-gas-emissions-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65_2)).

<sup>iii</sup> 모델 사례에 대한 자세한 내용은 1장 및 부록 A에서 확인할 수 있습니다.



**그림 1.** EER 모델의 5가지 다른 모델 시나리오(또는 사례)에 따른 주 전체적으로 배출 가스 순 제로에 도달하기 위해 캘리포니아에서 필요한 총 설치된 전기 용량 결과. 부록 A는 EER 모델, 규모 축소 및 모델 시나리오에 대한 자세한 정보를 제공합니다.



**그림 2.** 5가지 시나리오(또는 사례)에 대한 EER 모델의 캘리포니아 에너지 및 산업 공정의 CO2 배출 결과. x축 위의 색상은 양의 배출을 나타내고, 아래의 색상은 음의 배출을 나타냅니다. 검은색 선은 순 CO2 배출을 나타냅니다. “제품 및 병커링된 CO2”는 재료에 격리된 CO2 (예: 생산 과정 중의 아스팔트 격리 CO2) 또는 현재 재고에 포함되지 않은 CO2 (예: 주간(interstate) 항공 배출 감소가 단일 주의 배출량 계산에 포함되지 않지만 주내(intrastate) 항공 배출량이 포함됨).

재생 에너지 생산, 운송 및 건물 전문가들은 세기 중반까지 넷 제로 배출을 위한 과학을 기반으로 한 로드맵을 생성하기 위해 기술적으로 실현 가능한 탈탄소화 경로를 모델링했습니다. 이러한 모델은 지방 정부 및 기관의 관할권 내에 있는 이 지역 최대 GHG 배출자 (그림 3)를 탈탄소화 하기 위한 입증되고 확장 가능한 기술에 초점을 맞췄습니다. 여기에는 실험적 또는 초기 단계의 기술은 지역 당국이 대규모로 즉시 사용할 수 없기 때문에 제외시켰습니다. 마찬가지로, 주 및 연방 수역의 재생 에너지 개발은 샌디에고 지역의 자원 가용성을 개념화할 수 있는 것을 제외하고 모델링 노력에 포함시키지 않았습니다.

또한, RDF의 기술보고서는 탈탄소화 과정의 불확실성과 기술 및 정책 환경의 발전에 따라 이에 적용할 수 있는 지속적인 계획 과정의 필요성을 강조합니다. 예를 들어, 임페리얼 카운티 또는 멕시코는 샌디에고 지역의 재생 에너지 믹스에 영향을 수 있으며, 이로 인해 현지에서 더 높은 비용의 재생 에너지 인프라를 구축할 필요를 피할 수 있을 것입니다. 마찬가지로, 주 및/또는 연방 해상 풍력 개발은 샌디에고 지역의 육상 재생 인프라 개발의 필요성을 줄일 수 있습니다.

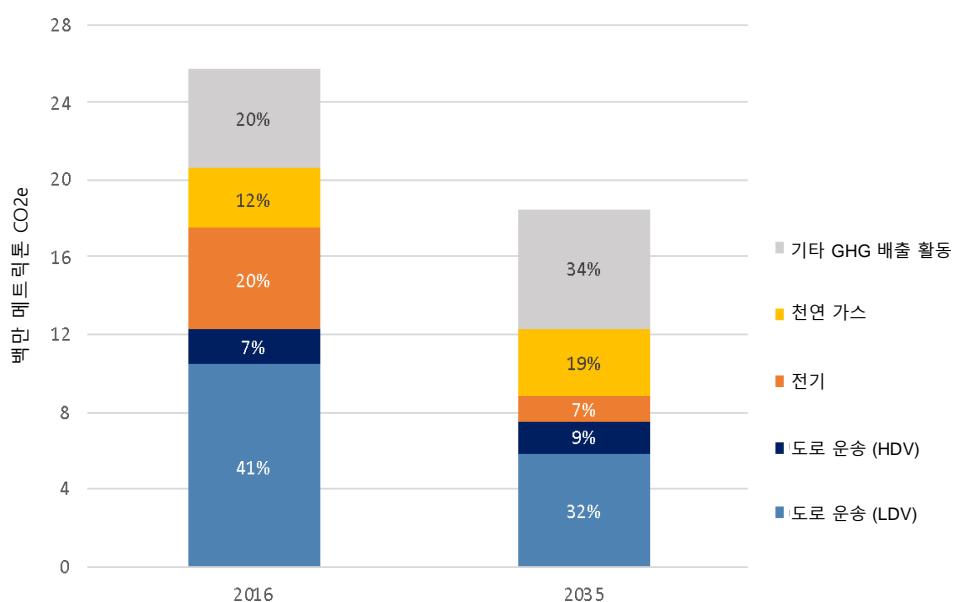


그림 3. 백만 미터 톤으로 측정된 이산화탄소 등가물 (CO<sub>2</sub>e) 배출량의 지역 전체 추정치. “기타” 범주에는 RDF의 기술보고서에서 고려되지 않는 산업 소스, 비도로 운송, 폐기물, 항공, 물 등의 배출이 포함됩니다. 출처: SANDAG 2021 지역 계획의 부록 X, 여기에서 볼 수 있습니다: [https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x2016-greenhouse-gas-emissions-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65\\_2](https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x2016-greenhouse-gas-emissions-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65_2)

## 주요 정책 고려 사항

RDF의 기술보고서는 각 부문의 배출량을 줄이기 위한 가장 저렴한 비용과 가장 효과적인 단기 솔루션에 대한 최상의 평가를 제공하는 “low-regret (낮은 후회)” 전략을 식별합니다. 이러한 전략은 불확실한 요소가 해결되는 방식에 관계없이 단기적으로 강력한 탈탄소화 조치를 대표하지만, 장기적으로 최상의 경로인지 여부는 아직 알려지지 않았습니다 (표 1).

성공적인 탈탄소화를 위해서는 과학적 이해와 지역 정치 및 경제 상황의 변화에 적응할 수 있는 기술적 솔루션과 정책 전략이 모두 필요합니다. 효과적인 학습 및 정책 조정을 위해서는 지역 활동가들 – 지도자들 및 일선에 있는 사람들 - 모두가 먼저 초기 솔루션을 이행한 다음 그 결과에 대한 체계적이고 지속적인 검토에 참여하여 효과가 있는 것과 그렇지 않은 것에 대한 의미 있는 학습을 추진해야 합니다. “최상의” 솔루션과 경로는 시간이 지남에 따라 과학과 기술이 발전하고 지역 활동가들이 샌디에고 지역에서 무엇이 효과적인지 배우면서 점진적으로 진전될 수 있고 진전되어야 합니다.

**표 1. 4개 부문별 경로에서 ““Low Regret” 전략의 예.**

<b>재생 에너지 부지 선정</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>특히 저소득 지역사회에 분포된 태양광 자원 (옥상 태양광 및 주차장과 같은 지역의 공터 태양광) 지원.</li> <li>대부분의 시나리오에서 식별된 지역(예: 계획된 JVR 지역)에서 유틸리티 규모 개발 계획 개시.</li> </ul>	<b>운송</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 및 신규 트롤리 정류장, 대중 교통 회랑 및 이동 허브 주변에 더 밀집되고 복합적인 개발 장려.</li> <li>관용 차량 전기화 (관할 구역, 기관 교육구 등).</li> <li>신축 또는 추가 건축 시 전기 자동차 (EV) 충전 시설 설치 의무화. EV용 개조를 위한 건축 허가 간소화.</li> </ul>
<b>건물</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>수명이 다한 공간과 온수기를 전기 대체품으로 교체하기 위한 인센티브 개발.</li> <li>새 건물의 “완전 전기화.”</li> <li>저소득층, 취약 계층 및 임대 주택에 대한 전기화에 집중.</li> </ul>	<b>토지 이용 및 자연 기후 솔루션</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>자연 및 경작 토지 보호.</li> <li>지역 전체에 걸친 탄소 농업 강화.</li> <li>도시 및 교외 지역의 나무, 관목 및 식물 커버 늘리기.</li> </ul>

RDF의 기술보고서는 관할 구역 전반에 걸쳐 지속적인 협력과 학습을 촉진하기 위해 지역 차원의 제도적 거버넌스를 제안합니다.<sup>1</sup> 지역 운영위원회, 부문별 실무 그룹 및 일선 고문으로 구성된 이 구조는 정부 관리, 계획 기구, 규제 기관, 업계 이해 관계자, 전문가 및 일선 근로자를 통합하여 테스트하고, 평가하며 전략을 조정합니다. 이러한 구조가 필요한 이유는 기후 변화에 대응하기 위한 중대한 변화와 신속한 학습을 달성하는 것은 집단 행동의 문제이기 때문입니다.

개별적으로는 샌디에고 지역의 지역 관할 구역과 기관들은 탈탄소화에 필요한 일련의 조치에 대해 제한된 권한을 갖고 있습니다. 지역 전반에 걸친 협력은 명확하고 신뢰할 수 있으며 일관된 정책 신호, 공동 문제 해결, 무엇이 효과적인지에 대한 경험 집결, 결합된 자원의 더 큰 영향력 및 역량을 통해 집단적 영향을 증가시킬 수 있습니다. 7장과 8장에서 논의한 바와 같이 지역 협력의 예에는 행동에 대한 인센티브 설정, 데이터 수집, 분석 수행, 정책 개발 및 시행 지원, 이해관계자

<sup>1</sup> 관할 구역 간의 협조 및 학습에 대한 자세한 내용은 7장에서 확인할 수 있습니다.

및 실무 그룹 소집, 그리고 진행 상황 모니터링 등이 포함됩니다. 지역 기후 행동 공동 전력 협정 (JPA) 또는 기타 공식 메커니즘은 그러한 협력을 촉진하여 탈탄소화에 대한 전략적 사고와 의사 결정을 확장할 수 있습니다. 그림 4는 RDF에서 제안된 기술적 솔루션과 지속적인 이해관계자 참여에 기반한 지역 거버넌스가 각 부문에서 의미 있는 학습을 추진할 수 있는 제도적 절차를 개략적으로 보여줍니다.

이 제도적 절차 내에서, RDF의 기술보고서는 또한 샌디에고 지역 외부의 행동가 및 기관들과 협력하여 지역 내 영향력을 극대화하기 위한 두 가지 전력을 제안합니다. 첫째, 지역 탈탄소화 리더들은 지역 노력 (예: 재생 에너지 규정)에 영향을 미치는 정책에 영향력을 발휘할 수 있도록 특히 주 차원의 외부 기관과 지속적인 관계를 유지해야 합니다. 둘째, 지역 리더들은 지역의 기술 중심 민간 부분과 여러 대학의 이점을 활용하여 샌디에고 지역을 테스트 및 시범 프로젝트의 시험대로 만들어야 합니다. 혁신에 대한 지역 규모의 투자만으로는 모든 부분의 기술 준비 상태에 극적으로 영향을 미칠 가능성은 없지만, 다른 곳에서 개발된 기술의 현지 테스트 및 배포는 기후 솔루션에 대한 과학의 지평을 넓히기 위한 글로벌 노력에 기여할 수 있습니다. 외부와의 관계 유지는 지역 배출 감소를 지원할 뿐만 아니라, 외부 자원과 주 정부 및 연방 정책 입안자들의 관심을 불러와 지역 경제에 긍정적인 영향을 미칠 수 있습니다.

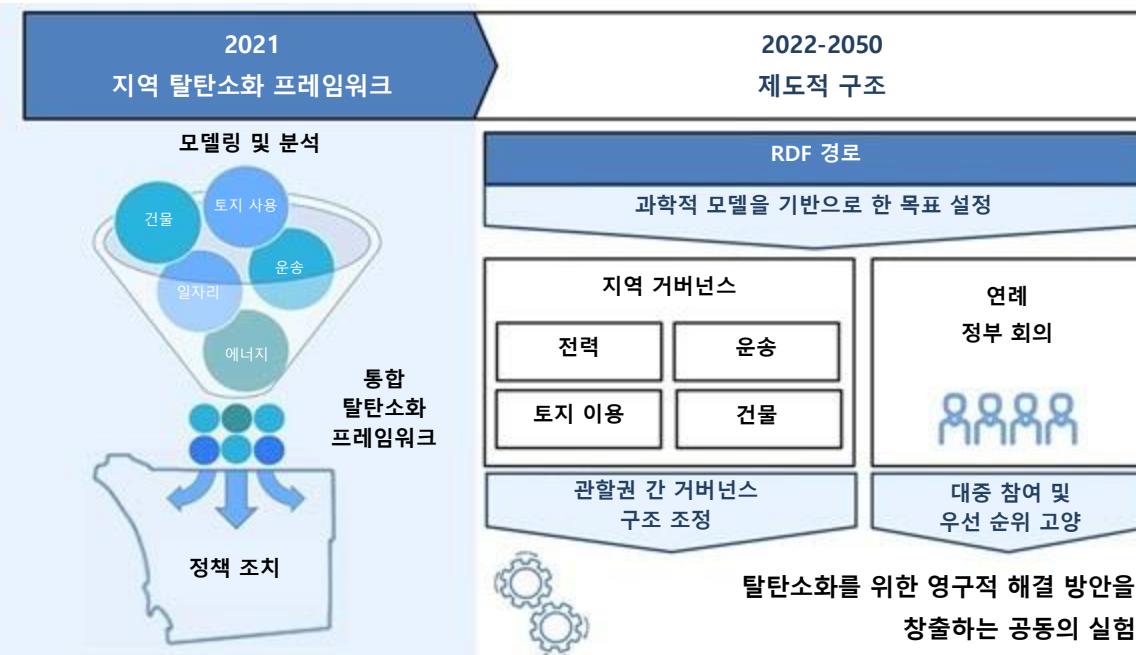


그림 4. 통합 탈탄소화 프레임워크 및 제도적 구조의 일부인 RDF의 기술보고서. 이 구조에는 예를 들어 샌디에고의 지역 거버넌스 기구와 정보 회의가 포함될 수 있습니다.

요약하자면, RDF는 심층 탈탄소에 “무엇이 효과적인지”에 대한 새로운 정보를 도출하고, 지역 내 모범 사례를 비교하고, 외부의 정책 입안자, 업계 이해관계자 및 국가 전략 발전에 기여하고 있는 기타 전문가들과 유대 관계 형성을 위해 매우 투명하고 협력적인 절차를 제도화할 것을 제안합니다. 이는 지역 배출 감소를 극대화할 뿐만 아니라 샌디에고 지역이 주 및 연방 기후 정책에 영향을 미치고 다른 관할 구역을 위한 효과적인 리더가 될 수 있도록 합니다. 샌디에고

지역은 글로벌 배출량의 0.08%에 불과하므로 팔로워십(followership)을 만들어 내는 것은 이 지역이 기후 변화 완화에 실제로 영향을 미칠 수 있는 가장 좋은 방법입니다.

### 전기의 탈탄소화

RDF의 기술보고서는 샌디에고 지역과 인근 임페리얼 카운티에서 재생 에너지 인프라 개발을 위한 환경 위험이 낮고 고품질이며 기술적으로 실현 가능한 지역을 식별합니다. 전기 배출량은 샌디에고 지역의 2016년 온실 가스 배출량 재고의 약 20%를 차지했으며 이 지역에서 두 번째로 큰 배출원을 구성합니다 (그림 3). 전력 생산을 탈탄소화 하려면 상당한 정도의 새로운 재생 자원의 효율적 사용이 필요합니다. 재생 에너지 인프라 및 시설의 부지 선정은 환경에 중대한 영향을 미칠 수 있으며 새롭고 업그레이드된 송전 인프라가 필요합니다. 따라서 RDF에는 토지 사용 및 재생 에너지 비용에 관한 상충 관계에 대한 지역 전역 관할 구역에서 정치적 논의를 알리기 위한 다양한 토지 발자국 관련 일련의 시나리오가 포함되어 있습니다.

샌디에고 지역은 풍력 및 태양광 발전을 위한 이용 가능한 토지 면적을 충분히 보유하고 있어 캘리포니아 전체 시스템 모델에 따라 완전히 탈탄소화 된 에너지 시스템에 접근할 수 있습니다. 그러나 신뢰성에 대한 기준을 충족하려면, 간헐적이고 유연한 초과 발전, 저장 및 수요측 관리를 포함한 몇 가지 추가 자원에 대한 중요하지만 불확실한 투자가 필요합니다. 이 지역은 지역 유ти리티 규모의 육상 풍력 및 태양광 개발을 통해 2050년에 예상되는 연간 9,979기가와트시 (GWh) 에너지 수요를 생산할 수 있습니다 (표 2). 그러나 에너지 수요는 정해진 시간 (예를 들어, 야간 또는 흐린 날)에 재생 에너지 공급보다 높거나 낮을 수 있으므로 이 지역에 안정적인 재생 에너지를 공급할 수 있는 추가 에너지 저장 인프라에 대한 투자가 필요합니다. 그러나 배터리 양수 저장 수력 발전과 같은 이러한 추가 자원의 비용은 여전히 매우 불확실합니다.

송전 비용을 포함하는 메가와트시(MWh)당 전기 생산의 조정된 비용인 균형화 에너지 비용(LCOE)은 프로젝트 비용을 비교하기 위한 지표로 사용되었습니다. LCOE를 사용하면 불확실성이 해결되고 인프라 (발전소, 송전선, 상호 연결 등)이 구축됨에 따라 프로젝트 및 유연성 모두를 직접 비교할 수 있습니다. LCOE는 유ти리티 규모 프로젝트에 대한 도매 전기 비용을 추정할 수 있습니다. LCOE에는 풍력 또는 태양광 발전소를 초기에 건설하는 비용과 해당 프로젝트를 전력망에 연결하는 비용이 포함되며, 이를 총 에너지 생산으로 나누어 에너지 출력 단위당 비용을 구합니다. 송전 비용은 프로젝트 자본 비용에 포함되며 캘리포니아 독립 운영자 (CAISO) 송전 계획 절차 문서를 기반으로 합니다. LCOE는 생산된 에너지 단위를 기준으로 다양한 유형의 에너지 프로젝트를 비교하는 방법입니다. 예를 들어, LCOE 매트릭스를 사용하면 생산할 수 있는 MWh당 비용을 기준으로 태양광 발전소를 천연가스 발전소와 비교할 수 있습니다.

**표 2.** 샌디에고 카운티 및 임페리얼 카운티의 후보 프로젝트 지역 (CPA) 및 총 연간 자원 잠재력, 유ти리티 규모  
자원은 태양광, 풍력 및 지열 자원에 대한 대규모 프로젝트를 말합니다. 다른 자원은 옥상 태양광, 도심 공터 태양광  
또는 풍력 및 재개발 지역 태양광 또는 풍력에서 온 것입니다. 지열 CPA는 특정 지역이며 전체 면적이 아닌  
잠재적인 부지의 수로 열거됩니다. 2050년까지 샌디에고 지역의 총 연간 수요는 49,979 GWh로 추정됩니다.

생산량	샌디에go 카운티		샌디에go + 임페리얼 카운티	
	유ти리티 규모 한정	옥상, 도심 공터 및 재개발 지역 포함	유ти리티 규모 한정	옥상, 도심 공터 및 재개발 지역 포함
<b>태양광</b>				
지역 (sq km)	661	985	3,417	3,741
잠재력 (GWh)	54,784	102,925	84,888	109,742
<b>육상 풍력</b>				
지역 (sq km)	86	86	3,712	3,749
잠재력 (GWh)	730	730	22,540	22,572
<b>해상 풍력</b>				
지역 (sq km)	1,660	1,660	1,660	1,660
잠재력 (GWh)	9,869	9,869	9,869	9,869
<b>지열</b>				
부지 수	0	0	5	5
잠재력 (GWh)	0	0	10,680	10,680
총 재생 자원	65,382	113,523	117,296	142,183
잠재력 (GWh)	15,403	63,544	67,317	92,204

RDF의 기술보고서는 의사 결정에 필요한 정보를 제공하기 위해 재생 에너지 인프라에 대한 여러 부지 선택 시나리오를 생성합니다. 여기에는 최소 비용 시나리오; 임페리얼 카운티 태양광, 풍력 및 지열 자원을 포함하는 시나리오; 다양한 토지 유형에 대한 영향을 최소화하는 시나리오; 그리고 도시, 미개발 및 재개발 부지에서 풍력 및 태양광 자원 (분산 및 유ти리티 규모 모두)이 혼합된 시나리오가 포함됩니다. 최소 비용 시나리오 (시나리오 1 및 2) 가장 낮은 LCOE에서 가장 높은 LCOE 순으로 유ти리티 규모 재생 에너지 부지를 선정했습니다. 추가 시나리오는 특정 토지를 피하거나 (시나리오 3-5) 특정 토지에 대한 개발 우선 순위 지정 (시나리오 6 및 7)과 같은 다양한 정책 목표의 우선 순위를 정합니다(시나리오 3 – 5). 다른 시나리오는 자원과 정책 우선 순위를 결합합니다(시나리오 8 및 9). 시나리오는 다음과 같습니다(값은 표 3 참조):<sup>i</sup>

1. 최소 비용, 높은 지역 수용력 (샌디에고 카운티만 해당) (그림 5);
2. 최소 비용, 높은 송전 실현 가능성 (샌디에고 및 임페리얼 카운티) (그림 6);
3. 보존 가치가 높은 토지 손실의 최소화 (그림 7);
4. 금전적 가치가 높은 토지 손실의 최소화;
5. 높은 탄소 격리 가능성이 있는 토지 손실의 최소화;
6. 개발 가능한 토지만 활용;

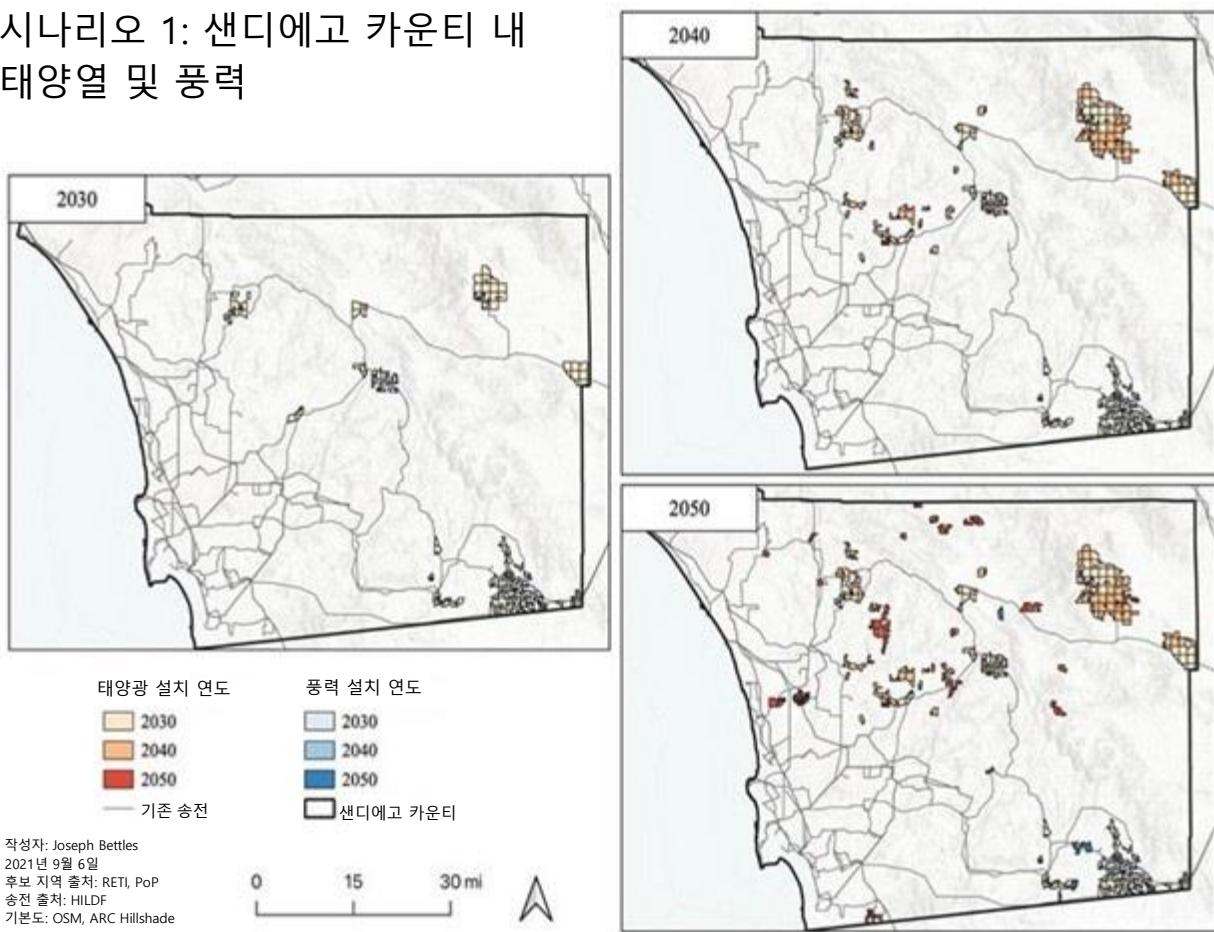
<sup>i</sup> 부지 및 후보 프로젝트 지역 선정을 위한 데이터 및 방법에 대한 설명은 섹션 2.4.5 및 2.4.6을 참조하십시오. 시나리오 결과, 논점 및 지도에 대해서는 2.5.1 및 2.5.2를 참조하십시오.

7. 도심 공터 및 옥상 태양광 시나리오;
8. 혼합 모드 시나리오 (지역에 있는 개발 가능한 지역과 송전 업그레이드가 된 인근 지역, 인근 지열, 옥상 태양광, 개발 지역 태양광 및 풍력 그리고 배터리 저장의 조합 포함) (Figure 8); 그리고
9. 옥상 태양광 최대화, 보존 토지 및 농지에 미치는 영향 최소화.

**표 3.** 예측된 수요와 함께 재생 에너지 자원 잠재력 및 에너지 부족에 대한 시나리오 요약. 모든 값은 GWh로 표시됩니다. “수요 부족” 값은 2050년까지 샌디에고 지역에 대한 EER 모델의 중간 사례 연간 수용 추정치인 49,979 GWh를 기반으로 합니다.

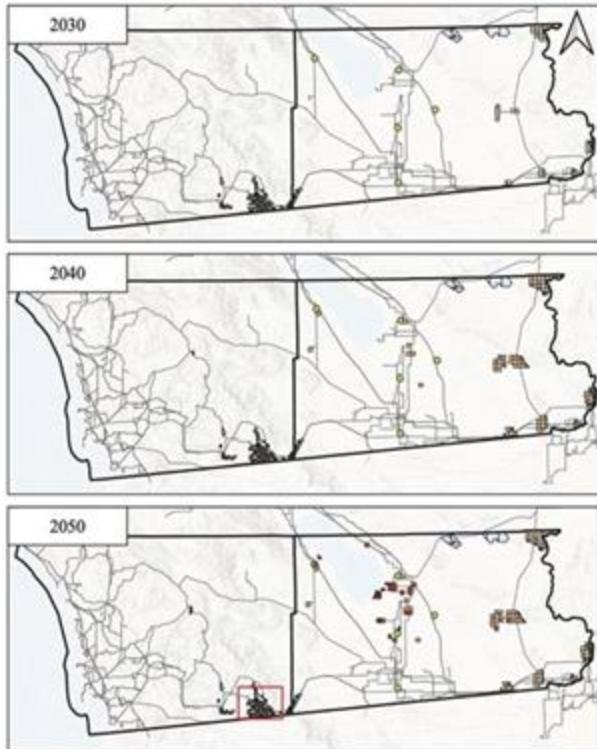
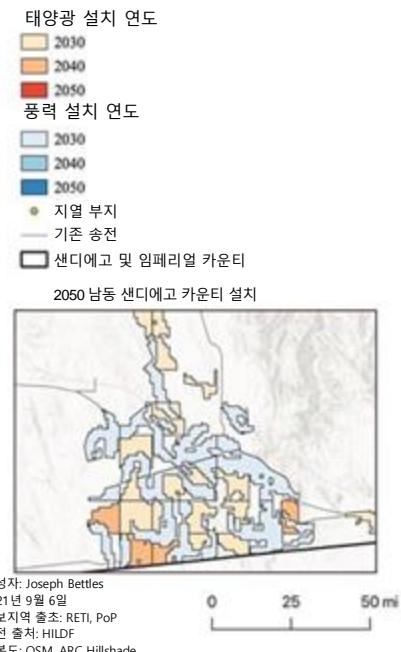
시나리오 번호	시나리오 설명	자원 유형	자원 잠재력 (GWh)	초과 (부족) 수요 (GWh)
시나리오 1	최소 비용 (샌디에고 카운티에만 해당)	태양광, 풍력	49,979	-
시나리오 2	최소 비용 (샌디에고 및 임페리얼 카운티)	태양광, 풍력 지열	49,979	-
시나리오 3	낮은 환경 영향	태양광, 풍력	15,777	(34,202)
시나리오 4	낮은 토지 가치	태양광, 풍력	52,394	2,415
시나리오 5	탄소 격리 가능성	태양광, 풍력	22,844	(27,135)
시나리오 6	개발 가능	태양광, 풍력	13,894	(36,085)
시나리오 7	옥상 및 공터 태양광	태양광	17,478	(32,501)
시나리오 8	혼합 모드 자원 혼합 (샌디에고 및 임페리얼 카운티)	태양광, 풍력 지열	50,147	168
시나리오 9	고층 옥상, 보존 토지에 대한 낮은 영향, 귀중한 농경지 회피 (샌디에고 및 임페리얼 카운티)	태양광, 풍력	44,177	(5,802)

## 시나리오 1: 샌디에고 카운티 내 태양열 및 풍력

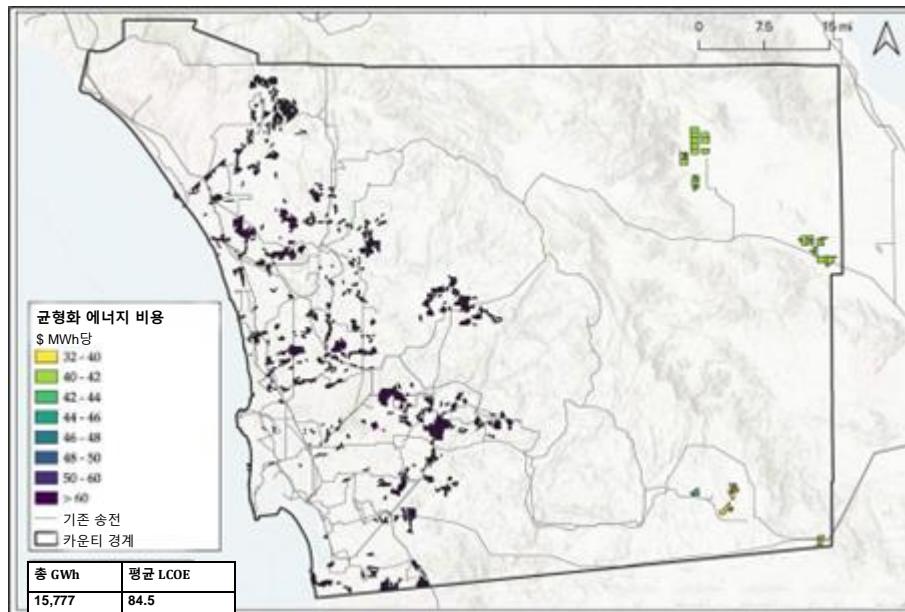


**그림 5.** 시나리오 1: 샌디에고 지역에 한정된 최소 비용 시나리오. 이 분석은 예상되는 에너지 수요를 충족하기 위한 유ти리티 규모의 태양광 및 육상 풍력 자원을 최저 비용에서 최고 비용까지 선택합니다. 세 개의 패널은 2050년까지 이 지역이 완전한 에너지 탈탄소화에 접근할 수 있도록 매년 요구되는 개발을 보여줍니다. 더 밝은 색상은 더 저렴하기 때문에 더 일찍 건설될 후보 프로젝트 지역 (CPA)을 나타냅니다. 파란색은 풍력 자원이고 주황색/빨간색은 태양광 자원입니다. 이 시나리오의 평균 균등화 에너지비용(LCOE)은 메가와트시(MWh)당 \$40.65입니다.

## 시나리오 2: 샌디에고 및 임페리얼 카운티 지역 내 태양광, 풍력 및 지열



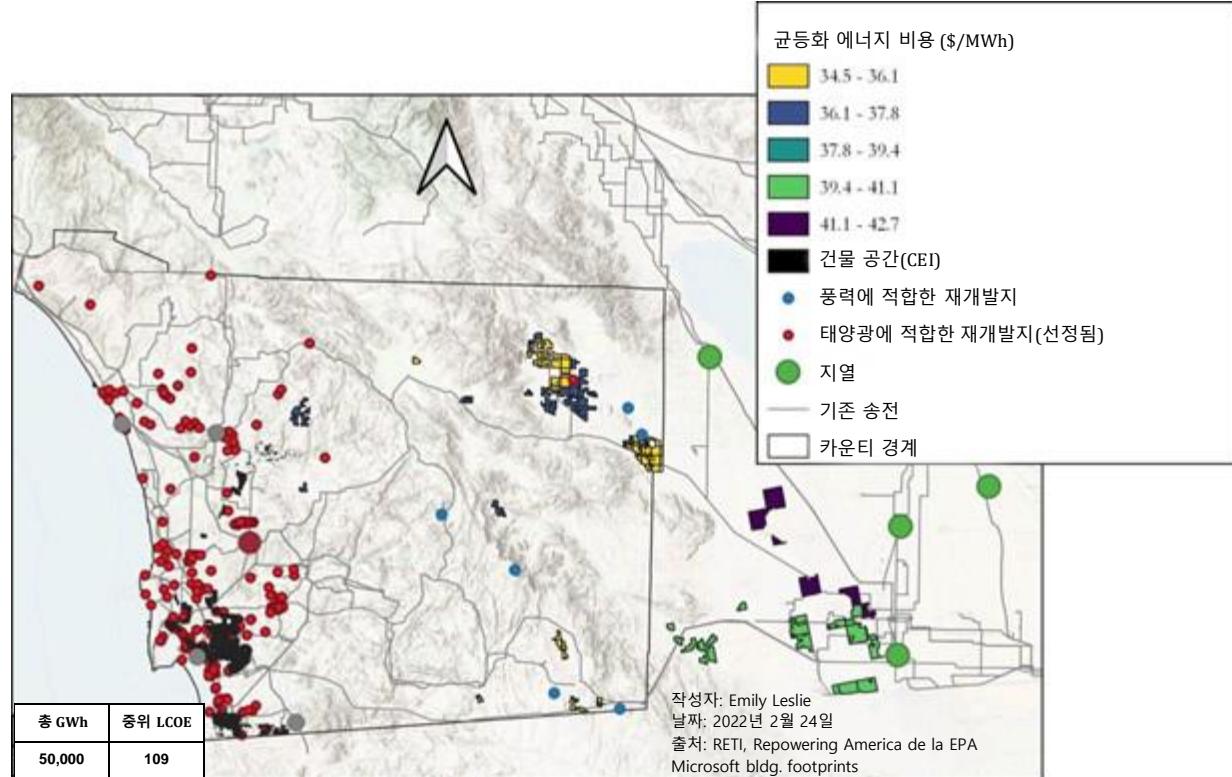
**그림 6.** 시나리오 2: 샌디에고 및 임페리얼 카운티의 최소 비용 시나리오. 이 분석은 예상 에너지 수요를 충족하기 위한 태양광, 육상 풍력 및 지열 자원을 최저 비용에서 최고비용까지 선택합니다. 이 지도는 색상이 건설 연도(더 밝은 색이 더 빠름)와 자원(태양광의 경우 빨간색/주황색, 풍력의 경우 파란색 그리고 지열의 경우 녹색)을 나타냅니다. 삽입된 그램은 2050년까지 Jacumba Hot Springs 지역 부지 선정과 제안된/Jacumba Valley Ranch (JVR) 부지를 포함하는 지역을 보여줍니다. 이 시나리오의 평균 LCOE는 MWh 당 \$42.04입니다.



**그림 7.** 시나리오 3: 보존 가치가 높은 토지는 제외합니다. 이 시나리오는 보존 가치가 높은 지역과 환경에 민감하거나 중요한 기타 지역에 미치는 영향을 최소화합니다. 지역 에너지 수요를 충족하지 못하고 상대적으로 더 비쌉니다(평균 LCOE는 MWh당 \$84.5).

혼합 모드 시나리오는 단기 (2025)와 세기 중반 모두 지역 수요를 충족하기 위해 구축할 샌디에고 카운티, 임페리얼 카운티 또는 지역 기관의 관할권 내에 있는 입증되고 확장 가능한

기술을 혼합하여 활용합니다 (그림 8 참조). 이러한 기술에는 재개발지(brownfield) 인프라 개발(현재 또는 이전에 오염된 부지에 건설된 태양광 및 풍력 인프라), 샌디에고와 임페리얼 카운티의 유ти리티 규모의 태양광 및 풍력, 옥상 및 도심 공터(infill) 태양광("도심 공터 태양광"은 밀집된 도시 환경에 건설된 태양광 프로젝트로 정의됨), 그리고 지열(바람, 태양 또는 기타 가변 에너지 소스에 의존하지 않는 기저부하(baseload) 전력의 청정 소스)이 포함됩니다.



**그림 8.** 시나리오 8: 혼합 모드 시나리오 2050. 이 그림은 12% 옥상 태양광, 23% 재개발지 태양광, 0.1% 재개발 지역 풍력, 6% 샌디에고 카운티 내의 개발 가능 토지 유티리티 규모 태양광, 0.4% 샌디에고 카운티 내의 개발 가능 토지 유티리티 규모 풍력, 38% 임페리얼 카운티 태양광, 21% 임페리얼 카운티 지열과 같은 다양한 자원을 활용하여 2050년 전력 수요를 충족하기 위해 선정된 부지를 보여줍니다. 옥상 태양광 및 재개발지 자원을 함께 더하면 토지 면적에 미치는 영향이 35% 감소합니다. 이는 지역 에너지 수요를 충족하지만 옥상 및 재개발지 개발은 높은 비용과 높은 지열 비용으로 인해 부분적으로 높은 평균 비용(\$109/MWh의 평균 LCOE)이 듭니다.

**시나리오 전반에 걸쳐 결과에 몇 가지 공통점이 있으며, 이는 “후회가 적은 (low-regret)” 재생 에너지 인프라 옵션이 될 수 있음을 시사합니다.** 재생 에너지 부지 선정에 대한 자리 공간적 분석에서는 옥상 태양광, 도심 공터 태양광 및 재개발지 개발은 자연 및 노동 토지의 전반적인 토지 용도 변경을 줄이는 것으로 나타났습니다. 또한, 이러한 자원은 오염 감소 및 경제적 기회와 같은 지역사회에 공동 편익을 가져올 수 있습니다. 따라서 유티리티 규모의 개발에 비해 상대적으로 높은 비용에도 불구하고 분산된 도시 재생 자원을 구축하는 것은 서식지, 농업 및 농촌 지역사회에 미치는 영향이 적고 현재 유티리티 규모 개발에 비해 그러한 기회가 거의 없는 매력적인 직업 훈련기회를 제공할 수 있는 후회가 적은 전략입니다.<sup>i</sup>

높은 상업적 관심과 계획된 또는 기존의 재생 부지에 대한 상대적 근접성을 감안할 때, 이러한 모델은 대부분의 시나리오에서 Jacumba Valley Ranch (JVR) 재생 가능 지역을 강조했습니다.

주 계획 절차는 CAISO (캘리포니아의 전력망 운영자) 및 캘리포니아 공공 유틸리티 위원회 (CPUC)의 절차를 포함해 이 지역을 선호하고 있으며, 이는 유틸리티 규모의 인프라 확장에 대한 후회가 적은 시나리오를 대표할 수 있을 것입니다. 이러한 시나리오는 규범적이지 않으며 모든 정책 결정에는 환경적 정의에 대한 신중한 고려와 이 에너지 개발이 관심 지역사회, 저소득 지역사회, 농촌 지역사회 및/또는 소외된 지역사회에 미칠 영향에 대한 더 깊은 이해가 필요합니다.

임페리얼 카운티는 샌디에고 지역에 에너지를 공급할 수 있는 상당한 태양광 및 지열 자원을 보유하고 있지만, 이를 위해서는 송전 네트워크의 업그레이드가 필요할 수 있습니다. 임페리얼 카운티, 멕시코 또는 연안과 같은 인접 지역에서 재생 에너지 인프라가 발전함에 따라 부지 선정 시나리오는 반복적인 에너지 공급 및 수요 분석에서 변경될 것입니다. 이와 마찬가지로, 새로운 기술과 허가 발급으로 새로운 재생 에너지 자원 (예: 해상 풍력, 파력 에너지 등)을 사용할 수 있게 됨에 따라, 시나리오는 이러한 새로운 자원으로부터의 에너지 공급을 고려에 넣기 위해 업데이트되어야 합니다 (지열 및 해상 풍력 값은 표 3 참조). 이 프레임워크는 추가 재생에너지의 사용이 가능해짐에 따라 추가 재생 에너지 공급으로 고려하기에 충분한 유연성을 갖고 있습니다.

**이 지역은 시스템의 신뢰성을 보장하기 위해 주 기관들과 협력해야 합니다.** 샌디에고 지역은 더 큰 에너지 시스템 네트워크의 일부이기 때문에 기관들 간의 조정이 미래를 향한 재생 에너지의 의사 결정, 계획 및 실행을 뒷받침해야 합니다. 예들 들어, CPUC에서 진행 중인 주 차원의 통합 자원 계획 (IRP)이 있습니다. 주 전체의 부하 서비스 기관(LSE)는 이러한 절차의 당사자이며, 샌디에고 가스 및 전기 (SDG&E)와 지역사회 선택 집합체(Community Choice Aggregator: CCA)와 같은 지역 LSE는 연간 조달 계획을 제출해야 합니다. 이러한 제출물은 주 정부가 신뢰성 문제의 가능성 예상을 예상하는 데 도움이 되고 CAISO가 LSE 계획과 기후 목표를 수용하는 데 필요한 송전 업그레이드에 도움이 됩니다. CPUC에 대한 LSE 제출은 예상되는 지역 분산 발전, 옥상 태양광, 지역사회 태양관, 형평성 적격 계약자 프로젝트 또는 기타 명세서를 표시해야 합니다. 또한, 지역 정부 공무원은 종종 CCA 이사회에서 활동하며 조달, 계획 및 목표 설정에 참여합니다. 이사회 구성원은 LSE 계획이 지역 및 주 GHG 감소 목표와 일관성 있게 실행되도록 도울 수 있습니다. 이는 지역 목표가 주 목표보다 더 야심찬 경우 특히 중요합니다.

---

<sup>i</sup> 유틸리티 규모 재생 에너지 대 분산 에너지의 작업 품질 및 접근 특정에 대한 자세한 내용은 Inclusive Economics, Inc.의 보완 인력 개발 보고서를 참조하십시오. "Putting San Diego County on the High Road: Climate Workforce Recommendations for 2030 and 2050"이라는 제목의 이 보고서는 다음 카운티 웹사이트에서 볼 수 있습니다: [https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decar-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road\\_June%202022.pdf](https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decar-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road_June%202022.pdf).

IRP외에도, 지역 참여자들의 의견을 수렴할 수 있는 추가 주 정부 기관 절차가 있습니다 (예: CPUC 자원 적절성 절차, CAISO 송전 계획 과정 및 CAISO 지역 능력 요건 절차). 자원 적절성 절차에서, CPUC 직원은 전력망의 신뢰성을 분석합니다. 송전 계획 과정에서, CAISO는 신뢰성, 정책 준수 및 계획된 송전 시스템 업그레이드의 비용 효율성을 평가합니다. 지역 능력 요건 절차에서, CAISO는 다른 절차보다 더 많은 지역 신뢰성 분석을 수행합니다. 예를 들어, 지역 능력 기술 연구의 섹션 3.3.10은 샌디에고-임페리얼 밸리 지역을 전적으로 다루고 있습니다. SDG&E, San Diego Community Power 및 Clean Energy Alliance와 같은 LSE들은 조달, 자원 적절성 및 이러한 절차에서 제기된 기타 문제에 대한 조정을 수행해야 합니다.

**특정 건물의 옥상 태양광 요건, 2045년까지 완전히 탈탄소화 된 전기 시스템 요건 및 주 목표를 넘어서는 추가적인 탈탄소화 노력에 대한 수당을 포함하는 여러 가지 주 목표가 전기 탈탄소화에 영향을 미칩니다.** 전기 탈탄소화는 가장 일반적인 지역사회 행동 파트너쉽 (Community Action Partnership: CAP) 조치에 대한 분석이며 평균적으로 다른 조치보다 더 많은 GHG 감소에 기여합니다. 대부분의 CAP에는 CCA 프로그램을 구성하거나 가입하기 위한 조치가 포함되어 있으며, 추가 관할 구역에서는 주정부의 2045 마감일 이전에 CCA 참여를 늘리거나 100% 탄소 없는 에너지를 약속할 수 있습니다. 또한, 현지 노력은 도달 규정 (주요건을 능가하는 규정)을 채택하고 전기 시스템의 피크 GHG 배출 동안 한계 배출을 줄이고 신뢰성을 증가시키기 위한 옥상 태양광과 쌍을 이루는 에너지 저장 시스템에 대한 의무화 또는 인센티브를 평가하여 주 옥상 태양광 요건을 향상 또는 보완할 수 있습니다.

#### **탄소 없는 전기 공급을 보다 쉽게 이용할 수 있도록 하려면 추가 노력이 필요합니다.**

역사적으로 옥상 태양광은 고소득 지역과 주택 소유 수준이 높은 지역에서 설치되었습니다. 목표 인센티브와 자금 지원을 포함하여 옥상 태양광 설치의 불평등한 분배를 해결할 수 있는 다양한 수단이 있습니다. 또한, CCA 프로그램은 소외된 지역사회 녹색 요금제 프로그램에 대한 참여를 극대화하고, 소득 저격 할인 프로그램 고객에게 100% 탄소 없는 전기 서비스 옵션을 선택하도록 지원하고 에너지 업그레이드를 위한 포용금융 (inclusive financing)을 지원할 수 있습니다.

**에너지 생산을 규제할 수 있는 법적 권한:**<sup>i</sup> 샌디에고 지역의 관할 구역은 CAP을 통해 탄소 없는 전기 공급 수준을 요구하고 CCA를 통해 탄소 없는 전기 공급을 조달할 수 있는 권한이 있으므로 주 기관에서 요구하는 것보다 더 많은 탄소 없는 에너지를 공급할 수 있습니다. 그러나 주 및/또는 연방 기관 또는 단체는 여전히 신뢰성을 위해 지역 에너지 공급을 규제하고 있으며, 이는 재생 에너지로 전력 공급을 탈탄소화 하는 것을 복잡하게 만듭니다. 또한, 지역 관할 구역은 신뢰성 및 대기의 질 요건 (예: 녹색 수소 생산 및/또는 발전소)을 충족하기 위해 저배출 또는 제로 배출을 제공할 수 있는 대체 연료 화력발전소 및 관련 기반 시설을 지원할 권한도 있습니다. 지역 관할 구역은 또한 CCA 및 도달 규정을 통해 허가를 간소화하고 분산 발전을 늘릴 수 있는 권한이 있습니다. 대부분의 화석 연료 화력 발전소 배출량을 추가로 규제하는 것은 현재 주 규정과 연방 선매권에 대한 불확실성을 감안할 때 제한적입니다.

<sup>i</sup> 법적 권한에 대한 추가 논의는 8장, 섹션 8.7 "전기 공급의 탈탄소화" 및 부록 B를 참조하십시오.

## 운송의 탈탄소화

운송 부문은 지역 GHG 배출에 가장 큰 원인 제공자입니다. 2016년에는 도로 운송이 지역 배출량의 거의 절반을 차지했습니다. 2035년에는 도로 운송으로 인한 배출량이 총 예상 배출량의 약 41%를 차지할 것으로 예상됩니다 (그림 3).<sup>i</sup> 주전체를 대상으로 하는 법률, 행정 명령 및 주 기관 목표는 이러한 배출을 해결하기 위해 GHG 감소 목표를 설정했습니다. 또한, 샌디에고 지역은 다양한 차량 주행 거리 (VMT) 감소 및 차량 전기화 전략을 포함하여 지역 운송 GHG 배출을 줄이기 위한 조치를 시행했습니다.

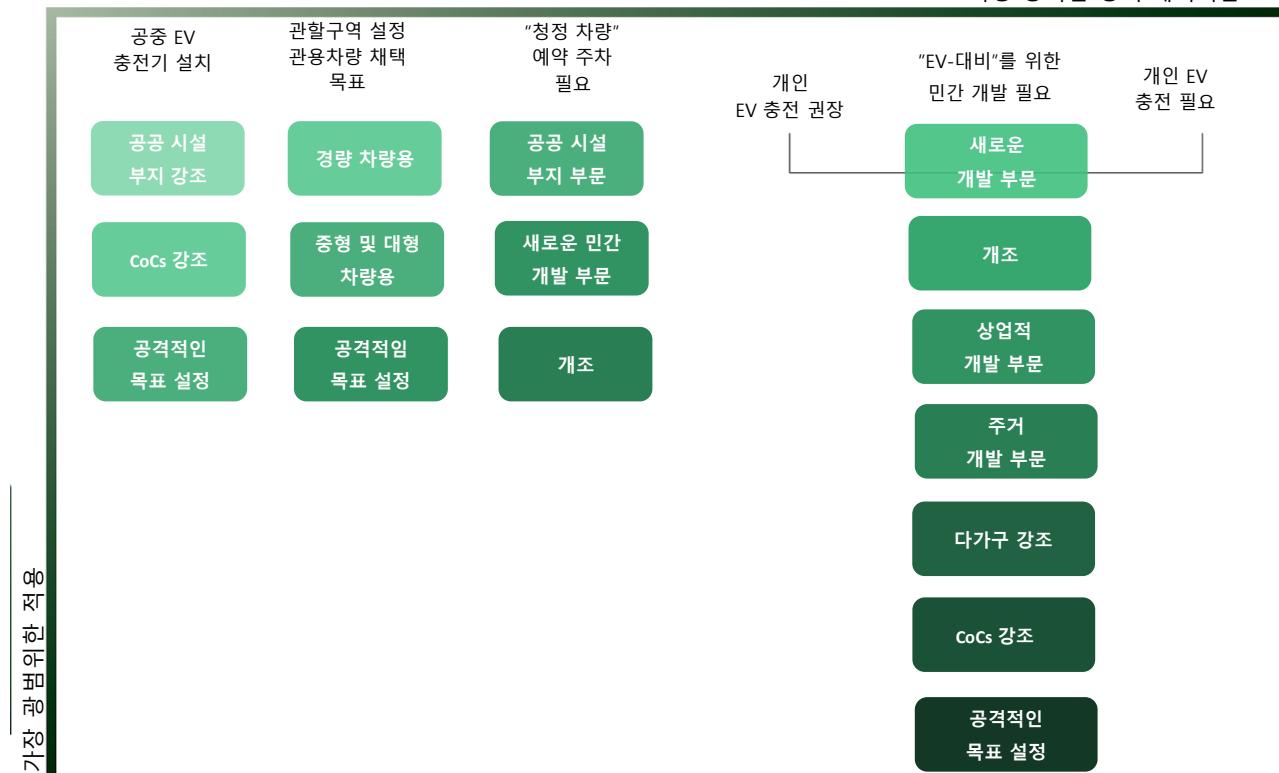
이 지역은 운송과 관련된 배출량을 줄이기 위한 강력한 정책 기반을 가지고 있습니다 그러나 CAP 및 기타 정책들을 통한 현재의 약속은 탄소 중립을 위한 주 행정 명령에서 요구하는 감축 규모와 일치하지 않습니다. VMT 감소, EV 채택 및 연료 효율성 전략을 통해 도로 운송 배출량을 줄이기 위한 최선의 CAP 약속일지라도 전체 지역에 적용할 경우 주로 제로 배출 목표를 달성하지 못할 것으로 예상됩니다.

**현행 지역 정책 및 차량 소유 패턴, 여행 행동 및 토지 사용 개발을 기반으로 한 EV 채택 및 VMT 감소를 가속화할 수 있는 기회가 있습니다.** 현행 정책과 소비자, 운전자 및 개발자 행동은 이미 EV 채택을 늘리고 VMT를 줄이고 있습니다. 그러나 지역 운송 탈탄소화를 가속화할 수 있는 추가 기회가 있습니다. VMT를 줄이기 위해, 관할 구역은 대중 교통 회랑, 철도 및 트롤리 역 주변의 고밀도 개발에 집중할 수 있으며 대중 교통 및 능동 교통 (예: 자전거 및 도보)을 향상시킬 수 있습니다. “스마트 성장” 정책을 채택하면 도시와 교외의 연결성이 향상되고 복합 용도 개발이 장려되면 조닝 변경을 통해 이동 시간이 단축되고 무료 주차에 대한 인센티브가 줄어듭니다.<sup>i</sup> 배출량을 더욱 줄이기 위해, 관할 구역은 공회전 방지 요건 (특히 학교 주변)을 수립하고 시행하며, 교통 정온화 (traffic calming) 조치를 위한 영역을 식별하고, 운전자 행동 인센티브를 제공할 수 있습니다. 또한, 지역 관할 구역은 차량 폐기에 영향을 미칠 수 있으며, 이는 지역 대기 오염 부담을 신속하게 줄이기 위해 관심 지역사회에 우선 순위를 둘 수 있습니다. 마지막으로, 지방 정부는 **공공 EV 충전소를 제공하여** 기존 및 미래 관용 차량, 특히 중형 및 대형 차량에서 대체 저탄소 연료 및 EV 차량 사용을 통해 **제로 배출 차량 (ZEV)의 채택을 늘릴 수 있습니다.** 그림 9는 ZEV 채택을 늘릴 수 있는 정책 기회 메뉴를 보여주고 있으며 효과 (즉, 정책이 ZEV 채택을 얼마나 잘 증가시키는지)와 범위 (즉, 얼마나 많은 사람들에게 도달하는지)에 걸쳐 다양한 정책 옵션을 보여줍니다.

---

<sup>i</sup> 운송과 관련된 CAP 약속에 대한 자세한 분석은 8장, 섹션 8.5를 참조하십시오. 이 값에는 예상 EV 판매 변화가 포함되지만 CAP 조치는 포함되지 않습니다.

## 가장 강력한 정책 메커니즘



**그림 9.** ZEV 채택을 가속화하기 위한 다양한 정책 옵션. 정책은 오른쪽으로 이동할수록 더 효과적일 가능성이 높으며 아래로 내려갈수록 범위가 더 넓어질 가능성이 높습니다. 따라서 오른쪽 하단은 제시된 정책 조치가 가장 효과적이고 가장 광범위하게 적용될 것으로 예측되는 반면 왼쪽 상단은 제시된 정책 조치가 가장 비효율적이고 가장 좁게 적용될 것으로 예측됩니다.

**지역 협조 및 조정을 위한 여러 기회가 존재합니다.** 도로 운송의 특성과 운송 결정을 조정하는 기존 기관의 특성은 운송 탈탄소화에 대한 지역 협력이 개별 CAP 조치보다 더 효과적임을 시사합니다. CCA는 일반적으로 주 및 연방 프로그램을 넘어 지역적으로 EV 사용을 장려하는 프로그램을 개발하여 운송 전기화를 지원할 수 있는 JPA를 통해 지역 메커니즘의 한 예를 제공합니다. 마찬가지로, 운송 탈탄소화를 위한 지역 기금을 촉진할 수 있는 다른 지역 협력 노력을 식별할 수 있습니다. 지역 관할 구역은 EV의 효율적 사용을 위한 투자 대비 다양한 지역사회에 대한 대중 교통 증가를 위한 투자 간의 형평성과 효율성을 평가하고 지역 운송 형평성 분석 (예: SANDAG의 형평성 분석)과 일치시키기 위해 더욱 협력을 강화할 수 있습니다.

<sup>i</sup> 도심 공터 지역의 밀도를 증가시킬 수 있는 기회는 3장에서 식별되었습니다. 8장에서는 VMT를 줄이는 방법에 대한 더 상세한 내용을 제공합니다.

**운송 탈탄소화를 규제하는 법적 권한:**<sup>i</sup> 샌디에고 지역의 지방 관할 구역 및 기관은 계획 및 개발에 대한 지역 파생 토지 사용 권한과 위임된 주 및 연방 권한을 기반으로 운송에 대한 광범위한 권한을 갖고 있습니다. 그러나 이러한 위임된 권한은 연료 및 배기관 배출 규정과 같이 주 또는 연방법에 의해 제한되거나 선점될 수 있습니다. 지방 관할 구역들은 그들의 권한을 통해 일반 계획(GP), CAP, 조닝 또는 운송 지향 개발 규정상의 운송에서 발생하는 GHG를 줄이기 위한 기후 변화 정책과 규정을 수립할 수 있습니다. 또한 그들은 건물의 연료 전환을 위한 인프라 (예: EV 충전 장비), 공공 통행로 또는 토지에 지원 인프라 구축, 수소와 같은 대체 연료 생산 및 인프라 지원을 요구할 수 있습니다. 지방 관할 구역들은 구매, 유지 관리 또는 차종 변경을 통해 그들의 관용 차량을 규제할 수 있습니다. 그들은 또한 연방 및 주의 대기 질 표준에 맞춰 지역 배출을 유지하기 위해 간접 운송 배출을 규제할 권한을 갖고 있습니다. 주 법령과 규정은 주 정부가 자금을 지원하는 프로젝트를 이 지역, 특히 관심 지역사회로 유치하고, 주 또는 연방에서 자금을 지원하여 개발된 기술을 효율적으로 사용함으로써 시행 비용을 줄이는 지방 조치에 맞출 수 있는 기회를 창출합니다. 마지막으로, 관할 구역은 CAP의 약속에 나타난 것보다 더 많은 운송 GHG를 줄이기 위해 토지 사용, 운송 인프라 부지 선정, 위임된 권한 및 과세 권한을 통한 추가적인 법적 권한을 갖고 있는 것으로 보입니다. 도로 운송 GHG 감축을 증가시키기 위한 지방 권한의 한계를 평가하기 위해서는 추가적인 노력이 필요합니다.

---

<sup>i</sup> 법적 권한에 대한 추가 논의는 8장, 섹션 8.5 "운송 탈탄소화" 및 부록 B를 참조하십시오.

## 건물 탈탄소화

RDF의 기술보고서는 이 지역의 인프라 및 건물 부문에서 건물 혼합 및 관련 배출을 연구합니다. 건물로부터의 직접 배출은 현장 화석 연료 연소에서 발생하며 지역 GHG 배출의 원인을 제공합니다 (그림 3). 이 분석은 공간 및 온수 난방과 같은 최종 용도 배출에 책임이 있는 시스템의 전기화와 전기화가 가능하지 않은 경우 저탄소 연료 (바이오메탄 및 수소 등)를 사용하는 데 중점을 두고 있습니다. 이 장에서는 2050년까지 탄소 없는 건물 부문에 도달하기 위한 화석 연료 시스템의 높은 전기화를 강조하는 경로, 고효율 전기 열 펌프를 사용하는 경로 그리고 전기화가 더 천천히 이루어지는 동안 잠정적으로 배출을 줄이기 위해 저탄소 연료를 사용하는 경로의 세 가지 모델링을 고려합니다.<sup>i</sup>

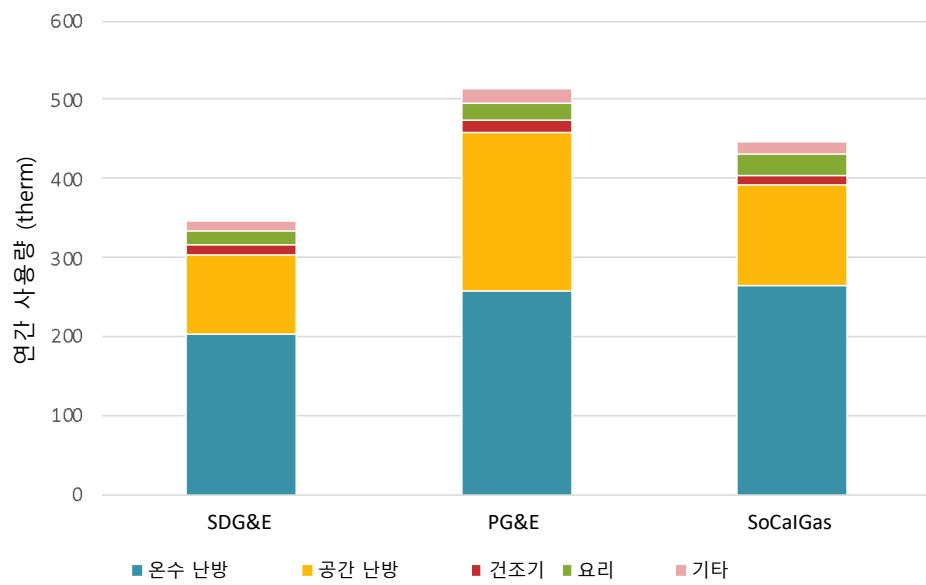
**건물 탈탄소화를 위한 단기적이고 후회가 적은 조치가 있습니다.** 첫째, 일부 기존의 화석 연료 시스템은 2050년까지 한 번만 교체될 것이므로 수명이 다한 화석 연료 난방 시스템을 전기 버전으로 교체하는 것이 단기적인 우선 순위입니다. 둘째, 건물 에너지 규정을 통해 신규 건축 또는 주요 개조에 대한 “전기화 대비” 또는 “완전 전기화” 기준을 설정하면 화석 연료로부터의 전환과 관련된 비용을 줄일 것입니다. 셋째, 데이터 수집을 개선하는 것은 미래 정책 개발을 위한 저비용의 기본 조치가 될 수 있습니다. 건물 배출 및 탈탄소화에 대한 더 많은 데이터는 넷 제로 지역에 대한 건물의 원인 제공에 대한 정책을 수립하는 의사 결정자에게 더 나은 정보를 제공할 것입니다.

**화석 연료 기반 공간 난방 및 온수 난방 시스템을 전기 시스템으로 교체하는 것이 건물 배출 감소를 위한 주요 정책 초점이 되어야 합니다.** 공간 난방 및 온수 난방은 모두 SDG&E 서비스 지역의 주거용 건물에 공급되는 대부분의 천연 가스를 소비합니다 (그림 10). 상업용 건물은 에너지 소비 면에서 더 다양하지만 (그림 11), 공간 및 온수 난방은 여전히 총 에너지의 많은 부분을 소비하고 상업용 건물의 약 2/3의 난방 장치는 천연 가스를 사용합니다. 공간 및 온수 난방 시스템, 그리고 오븐 및 건조기와 같은 기타 화석 연료 기반 시스템을 전기 버전으로 교체하면 상당한 건물 탈탄소화가 이루어집니다. 공간 및 온수 난방을 위한 현재 열 펌프 기술은 쉽게 사용할 수 있으며 사용된 에너지 단위당 더 많은 난방을 제공하여 천연 가스 시스템보다 성능이 뛰어나 이러한 시스템이 특히 전기화에 도움이 됩니다. 건물 온도 조절의 경우, 전기 열 펌프는 난방과 냉방을 모두 제공하므로 아직 에어컨이 없는 가정에 이상적입니다. 따라서 지역 정책은 새 건물과 기존 건물 모두에서 화석 연료 기반 시스템을 대체하기 위해 효율적인 열 펌프 기반 공간 및 온수 난방 시스템의 채택을 지원해야 합니다.

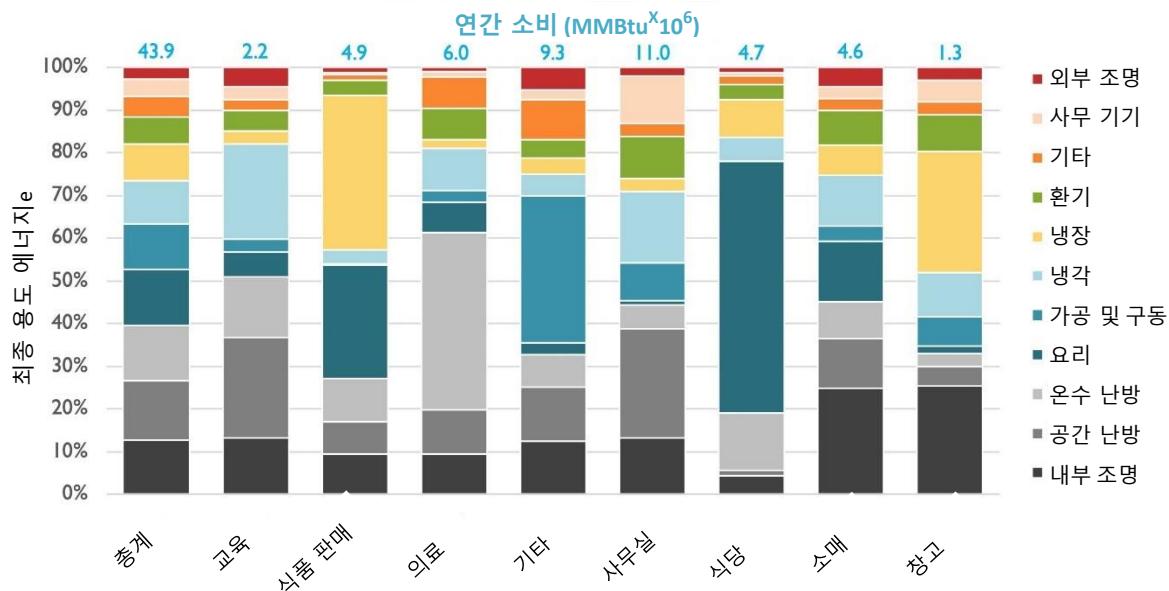
**또한 화석 연료 기반 공간 및 온수 난방 시스템 교체를 목표로 하는 정책은 저소득 거주자와 임대 건물 소유자의 이해를 높이는 데 중점을 두어야 합니다.** 그러한 정책은 실내 공기 오염 및 유틸리티 비용으로 인한 주택 품질, 환경적 불공정, 건강 불균형의 역사적인 불균형 문제를 해결할 것입니다. 또한 그들이 점점 더 많은 가스 요금을 지불하도록 내버려 두지 않고 건물 탈탄소화에 저소득 거주자와 세입자가 포함되도록 해야 할 것입니다.

---

<sup>i</sup> 모델링 된 경로에 대한 자세한 내용은 4장, 섹션 4.4 및 해당 장의 다른 곳에서 볼 수 있습니다.



**그림 10.** 주요 최종 용도의 주된 연료로 가스를 사용하는 가구의 최종 용도 및 유ти리티별 평균 연간 천연가스 사용량(therm으로 측정). 출처: DNV GL Energy Insights (2021). 2019 California Residential Appliance Saturation Study (RASS).



**그림 11.** 상업용 건물 유형별 샌디에고 지역 에너지 최종 용도 프로필. 백분율은 각 건물 부문 내 총 최종 용도와 상대적입니다. 각 건물 유형에 대한 미터법 백만 영국 열 단위(MMBTU)로 측정한 연간 에너지 소비는 그림 상단에 파란색으로 표시되어 있습니다. 온수 난방은 밝은 회색(각 막대기의 하단에서 3번째)이고 공간 난방은 중간 회색(각 막대기의 한단에서 2번째)입니다. 시스템당 천연 가스 소비량은 상업용 건물 유형에 따라 다르지만 가장 왼쪽 열("총계")에서 볼 수 있듯이 공간 및 온수 난방은 여전히 상당한 천연가스 소비량을 보이고 있습니다. 출처: Synapse model.

**기존 및 신규 건물의 탈탄소화 정책이 매우 중요합니다.** 2050년에 존재하게 될 건물의 80% 가 이미 건설되었으므로 건설 부분을 탈탄소화 하려면 현재의 건물 재고를 탈탄소화 해야 합니다. 타이틀 24와 같은 주 건축법은 건물 변경 및 특정 기준 구조물의 추가를 규제하지만, 지방 정책은 다른 많은 곳에서 에너지 효율성과 전기화를 더욱 장려하거나 요구할 수 있습니다.<sup>1</sup> 예를 들어, 비용 효율적인 전기화를 통한 도시 건물의 탄소화는 운영 비용을 줄여야 하고

부동산 소유자가 이를 따르도록 장려하여 후회가 적은 정책이 될 수 있습니다.

신규 건물의 탈탄소화를 위해, 관할 구역은 신규 건축에 대한 지방 “전기화 대비(electrification-ready)” 또는 “완전 전기화(all-electric)” 표준을 설정할 수 있습니다. 정책 입안자들은 주 또는 연방 요건 규정 또는 조례를 능가하는 지방 규정 또는 조례인 Carlsbad, Encinitas 및 Solana Beach의 완전 전기화 도달 규정 또는 조례를 채택하면서 얻은 교훈을 활용할 수 있습니다.

**저탄소 기체 연료는 전기화하기 어려운 최종 용도에 사용할 수 있지만 연구와 시범 운영이 필요합니다.** 일부 건물 시스템은 완전히 전기화하기 어렵기 때문에 이러한 시스템에서 GHG 배출을 줄이는 한 가지 방법은 순 GHG를 대기로 배출하지 않는 연료를 사용하는 것입니다.<sup>ii</sup> 마찬가지로, 그러한 연료는 시스템을 전기화하기 전에 이러한 시스템 또는 다른 시스템에서 사용할 수 있습니다. 저탄소 기체 연료에는 바이오메탄 및/또는 수소가 포함될 수 있습니다. 그러나, 이러한 대체 연료 각각은 비용과 효율성 간의 상쇄 효과와 불확실성이 있어 실행 전에 더 많은 연구와 시범 운영이 필요합니다.

**가스 파이프라인 시스템의 불필요한 확장 또는 교체를 최소화하고 기존 유ти리티 자산의 감가상각을 가속화하면 가스 유ти리티 자산에 대한 투자를 회수하지 못할 위험 (즉, 좌초 비용 위험)을 완화할 수 있습니다.** 건물의 최종 용도 천연 가스 소비를 점진적으로 줄이는 것은 건물의 내용 연수가 끝나기 전에 폐쇄되는 인프라로 정의되는 좌초 자산 (stranded asset)으로 이어질 수 있습니다. SDG&E와 같은 회사의 경우 좌초 자산은 가스 인프라를 구축하거나 교체하는 데 필요한 높은 자본 비용으로 인해 재정적 손실 가능성이 있습니다. 이러한 좌초 자산의 위험을 완화하는 것은 중요한 정책적 고려 사항이 될 것입니다.<sup>iii</sup> 하나의 조치는 불필요한 파이프라인 확장 또는 교체를 최소화하는 것입니다. 신규 건설에서 완전한 전기화를 요구하는 정책은 신규 고객에게 가는 파이프 투자에 대한 좌초 자산 손실을 완화할 것이지만 노후 된 인프라 교체로 인한 손실은 완화할 수 없습니다. 인프라를 교체하는 대신 최종 용도를 전기화 하는 것을 포함해 신규 및 교체 인프라를 모두에 대한 비파이프라인 대안을 찾고 시범 운영하여 위험을 완화할 기회를 식별할 수 있습니다.

---

<sup>i</sup> 기존 건물의 탈탄소화 하는 지역 당국의 예에 대한 자세한 내용은 8장, 섹션 8.6을 참조하십시오. 또한 지방의 예에 대해서는 7장 섹션 7.3.1를 참조하십시오.

<sup>ii</sup> 그런 한 예는 건물의 지리적 클러스터에 고온 증기 또는 온수를 제공하는 지역 에너지 발전소입니다. 샌디에고 지역에는 군사 기지, 병원 또는 대학에 서비스를 제공하는 여러 시스템이 있습니다. 시스템 운영자는 저탄소 연료 및 전기 난방 기술(고용량 열 펌프, 열 회수 냉각 장치 및 전기 보일러 등)의 상대적 비용 및 이점을 평가해야 합니다.

<sup>iii</sup> 이 보고서 작성 당시, 공공 유ти리티 위원회는 R2001007 절차에 따라 캘리포니아 장기 천연 가스 계획의 주요 측면을 평가하고 있었습니다.

**CAP는 지역 탈탄소화에 대한 이 부분의 중요성에도 불구하고 건물을 전기화 하는 조치가 상대적으로 적고 그러한 조치의 GHG 영향은 상대적으로 낮습니다.** Only 샌디에고 지역의 7개 CAP만이 건물 전기화와 관련된 조치를 포함하고 있으며 효율성 및 전기화와 관련된 CAP의 GHG 감소는 상대적으로 낮습니다.<sup>i</sup> 4장에서 설명한 신규 및 기존 건물 모두에 필요한 전기화 수준과 비교할 때, CAP 조치는 RDF의 기술보고서에 있는 건물 탈탄소화 경로 결과에 미치지 못합니다.

**건물 탈탄소화의 사회적 형평성 고려 사항을 평가할 기회와 필요가 있습니다.** 가전 제품을 교체하는 것은 비용이 많이 들기 때문에, 빌딩 탈탄소화 정책은 특히 관심 지역사회, 저소득 지역사회, 농촌 지역 및 세입자들에 대한 전기화가 공평하게 이루어지도록 장려하는 것을 고려해야 합니다. 샌디에고 지역에서 건물 탈탄소화의 형평성 관련 문제를 이해하고 해결할 수 있는 능력과 도구를 개발하는 것은 추가 노력이 필요합니다.

**건물 탈탄소화를 규제하는 법적권한:**<sup>ii</sup> 지방 관할권은 건물의 탈탄소화의 주요 수단인 화석 연료 및 기타 에너지 자원의 최종 용도 건물에서 발생하는 GHG 배출을 규제할 권한이 있습니다. 지방 관할권은 또한 보다 엄격한 에너지 규정을 요구하고, 건물에서 발생하는 대기 오염 배출을 직접 규제하고 공공 건물의 대체 에너지 공급을 조달하기 위해 건축 환경에 대한 위임된 권한에 의해 행동합니다. 환경 영향을 결정하기 위해 보다 엄격한 임계 값을 설정하여 캘리포니아 환경품질법(CEQA)으로부터 추가 권한을 얻을 수 있습니다. 지방 정부는 에너지 효율 전자제품 표준을 수립하고, 천연 가스, 송전, 저장 및 지구 온난화 가능성이 높은 냉매(refrigerants) (예: HFC)를 규제할 권한을 선점할 수 없습니다.

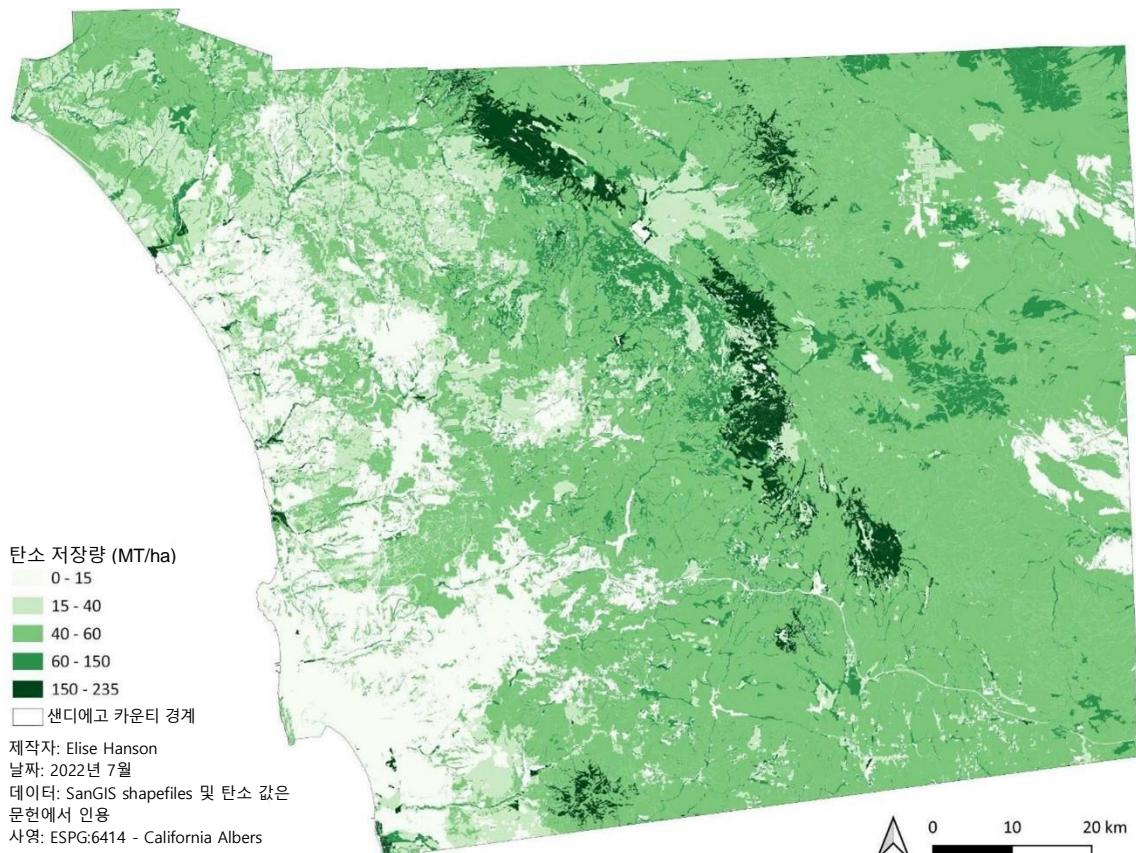
---

<sup>i</sup> 건물 전기화와 관련된 CAP 약속에 대한 자세한 내용은 8장, 그림 8.33을 참조하십시오.

<sup>ii</sup> 법적 권한에 대한 추가 논의는 8장, 섹션 8.6 “건물의 전기화” 및 부록 B를 참조하십시오.

## 자연 기후 솔루션

RDF의 기술보고서는 샌디에고 지역에서 사용 가능한 자연 기후 솔루션 (NCS)과 CO<sub>2</sub> 및 기타 GHG를 자연적으로 격리 및 저장하는 잠재력을 조사합니다. NCS는 식물과 토양을 통해 대기로부터 GHG를 포집하여 저장하는 자연 및 노동 토지(NWL)의 역량을 보호 또는 향상시키거나 NWL에서 배출을 줄이는 절차입니다. "노동 토지 (working land)"에는 과수원, 포도원, 목초지, 묘목장, 방목지, 경작지 등과 같은 농경지가 포함됩니다. "격리 (sequestration)"는 대기에서 제거되는 GHGs의 연간 측정 값이고 "저장(storage)"은 식물과 토지에서 격리된 GHG의 총량입니다. 기존 탄소 저장량 (그림 11)은 일반적으로 안정적이며 방해받지 않으면 수십 년 동안 탄소를 저장할 수 있으므로 면밀한 지역 계획을 통해 이 저장된 탄소를 배출하는 토지 사용 변경을 최소화할 수 있습니다. 지역 경관의 탄소 저장 및 격리 잠재력을 이해함으로써 저장된 탄소 수준이 높은 지역은 그대로 보존될 수 있고 격리 잠재력이 높은 지역은 보호될 수 있습니다.



**그림 11.** 샌디에고 지역에 대한 총 저장 탄소 (헥타르(ha)당 (MT) CO<sub>2</sub> 등가량의 미터 톤 (MT)). 어두운 색상은 더 큰 탄소 저장량 추정치를 나타내고 밝은 색상은 더 낮은 탄소 저장량 추정치를 나타냅니다. 식생 범주당 지역 전체 저장량 합계는 이 값에서 계산되었으며 표 5.2에 나와 있습니다. 잘피층 (eelgrass beds)은 SanGIS shapefile에 포함되지 않았기 때문에 포함시키지 않았습니다. 그러나 잘피층은 Mission bay와 San Diego bay 모두에 널리 퍼져 있으며 중요한 블루 카본 서식지입니다.

지역 NWL은 인간에 의한 배출을 감당하기에는 충분하지 않지만, 많은 양의 이산화 탄소를 격리 및 저장합니다. NWL은 현재보다 더 강력한 순 흡수원으로 작용할 수 있지만 이를 위해서는 NCS를 강화하고 토지 및 토지 사용 활동에서 탄소 배출을 최소화하는 데 투자해야 합니다. 순 탄소 토지 사용 배출량을 정확하게 계산하려면, 지방 데이터를 수집하여 이를 지역 탄소 계산에 통합해야 합니다. 이 지역은 NWL 보호, “탄소 농업”에 대한 투자, “블루 카본” 서식지 복원 및 확장, 도시 지역에 나무 및 기타 식물 심기, 대규모의 파괴적인 산불 예방, 그리고 NWL에 나무를 심거나 다른 방식으로 나무를 복원하는 것과 같은 자연 격리를 증가시키고 토지로부터의 배출을 줄이는 NCS에 대한 투자를 통해 연간 탄소 격리 및 장기 저장을 확대할 수 있습니다. 지역 데이터를 수집하여 NCS 정책, 인센티브 및 관리 기술에 통합하면 지역 격리를 증가시킬 수 있습니다.

**기타 탈탄소화 조치로 인해 토지 용도 변경이 필요한 경우 (예: 재생 에너지 인프라 부지 선정)를 제외하고, 자연 및 노동 토지를 보호하여 토지 용도의 변경을 방지하는 것은 샌디에고 지역에서 가장 효과적이고 저렴한 정책입니다.** 기존의 자연 및 노동 토지는 천연 탄소 흡수원이므로 이러한 토지의 도시화를 방지하면 지속적인 연간 격리가 가능하고 식생 제거, 토양 교란 등으로 인한 일회성 배출을 방지합니다. 이 보고서는 NWL의 자연적 연간 격리가 이상적인 상황에서 최대 2 백만 메트릭 톤 (MMT)의 CO<sub>2</sub>가 그리고 58 MMT의 CO<sub>2</sub>가 초목, 나무 잔해, 낙엽 및 토양에 저장될 수 있으며 이중 일부는 토지 용도 변경으로 방출될 것으로 추정하고 있습니다.

주택 개발 및 재생 에너지 인프라 부지 선정은 중요한 활동이며 일부 토지 용도 변경을 필요로 합니다. 천연 탄소를 대규모로 저장하고 있고, 높은 격리 잠재성 및/또는 높은 공동 편익(대기 및 수질 개선, 생물 다양성 보호 및 공중보건 지원 등)이 있는 NWL에 대한 영향을 최소화하기 위해 이러한 변경을 실행하는 것이 중요합니다.

**RDF의 기술보고서에서 고려하고 있는 다른 중요한 지역 NCS는 탄소 격리에 대한 더 낮은 효과 및/또는 더 많은 비용이 발생할 수 있지만 중요한 공동 편익을 제공합니다.** 여기에는 탄소 농업(탄소 격리 및 저장을 늘리고 농지에서 GHG 배출을 최소화하는 농업 관행), 습지 범위 및 품질 증대 (보호, 복원 및 확대를 통해), 그리고 도시 산림 및 녹지화가 포함됩니다. 산불 예방은 또한 배출 및 기타 수많은 경제적, 환경 생태적, 사회적 이유로 중요할 것입니다. 이 보고서에서 고려되지 않은 대규모 서식지 복원 및 재조림은 비용이 많이 들고 효과적이지 않을 수 있습니다. 기타 NCS는 상당한 자본 투자가 필요하며 일반적으로 보존보다 단기 격리 수익이 더 낮습니다.

**NCS는 탈탄소화를 넘어 정량화가 가능한 공동 편익을 제공합니다.** 분석된 각각의 NCS는 수많은 정량화가 가능한 공동 편익을 제공합니다. 이러한 공동 편익에는 공기 및 수질 개선, 공중 보건 결과 개선, 생물 다양성, 생태계 기능 보호, 그들을 통한 열섬 효과 감소, 도시 지역의 미관 개선, 농장 및 방목장의 용수 및 비료 수요 감소 그리고 환경 정의를 높일 수 있는 기회가 포함되지만 이에 국한되지는 않습니다. 이러한 공동 편익은 생태적, 경제적 및 사회적 복원력을 구축하기 위한 정책을 수립하고 실행할 때 고려해야 합니다.

**모든 NC 결정은 형평성에 중점을 두어야 합니다.** NCS는 탈탄소화와 형평성 모두의 관점에서 보아야 합니다. 이러한 NCS는 인간의 건강은 물론 공기 및 수질의 개선이라는 엄청난 공동 편익을 갖고 있기 때문에 프로젝트는 가능하면 도시 녹화, 기후 농업 및 서식지 복원 프로젝트는 관심 커뮤니티를 우선시 해야 합니다. NCS는 역사적 불평등과 환경적 불의를 해결하는 데 도움이 될 수 있습니다.

**이 경로와 관련하여 유일하게 정량화된 CAP 조치는 도시 나무 심기이지만 협력 방식으로 추가 NCS를 시행할 기회가 있습니다.** 나무심기 조치는 CAP의 지역 GHG 감소에 1%이상의 기여를 합니다. 관할권 간의 협력은 이를 향상시킬 수 있습니다. 추가 NCS CAP 조치는 기존 권한에 따라 가능하며 자연 및 노동 토지에 대한 토지 보존, 보전 및 복원에 기여할 수 있습니다. 민간 토지 소유자와 부족 정부는 또한 토지를 보전하고, 탄소 제거 및 저장을 위한 파일럿 프로젝트 테스트 및 자금을 지원하며 공공 기관과 협력할 수 있습니다. 집합적으로, NWL 탄소 제거 및 저장 프로젝트의 수립을 요구하는 새로운 캘리포니아 상원법안 27 (2021)의 의무 사항을 이행하기 위해 자연 및 노동 토지에 대한 보호를 확대할 기회가 있습니다.

**토지 관리 및 계획과 CAP에 지역 데이터를 포함시킬 기회도 있습니다.** 예들 들어, CAP는 기관 및 대학의 공개적으로 사용 가능한 데이터와 캘리포니아 대기 자원 위원회(CARB)와 같은 기관의 공개적으로 사용 가능한 탄소 회계 방법을 모두 활용하여 보다 강력한 목표와 조치를 수립할 수 있습니다. 또한, 이 지역은 정기적인 탄소 회계를 시행하고 시간이 지남에 따라 NWL의 탄소 저장량을 추적하여 토지 사용 결정과 함께 배출, 보전 및 저장 추세를 알 수 있습니다.

**NCS 및 토지 사용으로 인한 배출 흡수(negative emissions)를 규제하는 법적 권한:**<sup>i</sup> 토지 사용, 조닝, 토지 보전 및 농업 지역권에 대한 권한을 사용할 수 있는 지방 관할권의 능력이 GHG 배출 또는 격리에 영향을 미칠 토지 사용 지정을 넘어 사유 자연 및 노동 토지에 대한 활동으로 확대될지 여부는 여전히 불분명합니다. 이 지역의 토지 사용 관할권은 연방, 부족 및 사유지, 수중 토지 및 수역으로 구성되어 있기 때문에 더욱 복잡합니다. 다양한 법령과 기관들은 토지 사용과 관련하여 GHG 배출 또는 격리에 초점을 두지 않고 다양한 토지 유형을 규제합니다. 주 토지 사용 및 규제 기관들 또한 다양한 관할권에 속한 토지에 적용되고 GHG 배출 및 회계에 영향을 미치는 광범위한 법적으로 위임된 권한을 갖고 운영됩니다. 캘리포니아의 법령 및 행정 명령은 주 토지 사용 기관이 자연 및 노동 토지의 배출을 고려할 것을 요구합니다. 또한 이러한 주 기관들은 2030년을 중요한 목표로 삼아 이러한 토지에 대한 탄소 제거 및 저장을 평가하고 규제하기 시작했습니다. NWL과 관련된 주, 지역 및 지방의 목표를 달성하기 위해 지방 관할 구역이 토지 소유자 및 관리자들과 협력할 수 있는 기회가 있습니다.

## 샌디에고 지역의 탈탄소화가 고용에 미치는 영향

RDF의 기술보고서는 EER 모델에서 모델링 된 탈탄소화 경로의 중심 사례에 대한 응답으로

---

<sup>i</sup> 법적 권한에 대한 추가 논의는 8장, 섹션 8.8 "자연 기후 솔루션" 및 부록 B를 참조하십시오.

**에너지 부분 일자리의 순 변화를 계산합니다.** 2030년 캘리포니아 일자리 및 기후 행동 계획에 따라, 이 분석에서는 인력 개발 계획 전략에 대한 정보를 제공하기 위해 2021-2030년 고용 변화에 중점을 두고 있습니다. 또한, 이 보고서에서는 EER 모델의 전체 타임라인을 기반으로 2020-2050년의 전체 평균 연간 일자리 창출을 분석합니다. 화석 연료의 단계적 축소와 관련된 일자리 손실을 모델링하기 위해, 이 분석은 2021-2030 기간에 초점을 맞춰, 이 기간 동안의 EER 모델의 중심 사례는 화석 연료 기반 활동이 완만한 감소를 보일 것으로 추정하고 있습니다. 이는 주로 현재 수준에 비해 2030년까지 천연 가스 소비가 안정적이고 석유 소비가 20% 감소할 것이라는 모델의 추정치에서 비롯됩니다. RDF의 기술보고서는 에너지, 건물, 및 운송 부문의 심층 탈탄소화 노력으로 인한 정량적 고용 영향에 중점을 두고 있으며 인력 개발 전략에 대한 Inclusive Economics의 보고서에 나온 정보를 제공합니다.<sup>i</sup>

**2021 – 2030년 사이에, 중심 사례 탈탄소화 경로는 샌디에고 지역에서 연간 평균 27,000개의 직접, 간접 및 유발된 일자리를 창출합니다.** 이러한 새로운 일자리는 에너지 수요 (표4) 및 공급 (표 5)에 의해 창출되며, 이는 총 연간 일자리 창출에 거의 동등한 정도의 기여를 합니다.<sup>ii</sup> 화석 연료 부분의 상당한 노동 기회는 2030년까지 계속됩니다.

**표 4.** 2021-2030 동안 에너지 수요 지출을 통해 샌디에고 지역에서 매년 창출되는 하위 부문 및 기술 별 평균 일자리 수. 수치는 1%의 평균 연간 생산성 증가를 가정하고 있습니다.

투자 분야	평균 연간 지출	직접 일자리	간접 일자리	직접 일자리 + 간접 일자리	유발된 일자리	직접 일자리 + 간접 일자리 + 유발된 일자리
차량	\$7.7십억	3,427	1,427	4,854	1,508	6,362
공조시스템 (HVAC)	\$897.0 백만	1,345	699	2,044	764	2,808
냉장	\$761.9 백만	1,315	491	1,806	711	2,517
가전제품	\$188.6 백만	143	77	220	78	298
건설	\$113.4 백만	263	149	412	146	558
조명	\$106.6 백만	177	95	272	100	372
제조	\$45.7 백만	40	32	72	27	99
기타 상업 및 주거	\$38.9 백만	59	30	89	33	122
농업	\$17.2 백만	144	21	165	45	210
광업	\$2.4 백만	1	1	2	1	3
<b>총계</b>	<b>\$9.9십억</b>	<b>6,914</b>	<b>3,022</b>	<b>9,936</b>	<b>3,413</b>	<b>13,349</b>

출처: IMPLAN 3.1

<sup>i</sup> "Putting San Diego County on the High Road: Climate Workforce Recommendations for 2030 and 2050" 제목의 Inclusive Economics의 보고서는 다음 웹사이트에서 볼 수 있습니다:

[https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decarb-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road\\_June%202022.pdf](https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decarb-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road_June%202022.pdf).

<sup>ii</sup> 이러한 일자리에 대한 자세한 설명은 5장, 섹션 6.3을 참조하십시오.

**표 5.** 2021-2030 동안 에너지 공급 투자를 통해 매년 창출되는 하위 부문 및 기술 별 평균 일자리 수. 수치는 1%의 평균 연간 생산성 증가를 가정하고 있습니다.

투자 분야	평균 연간 지출	직접 일자리	간접 일자리	직접 일자리 + 간접 일자리	유발된 일자리	직접 일자리 + 간접 일자리 + 유발된 일자리
화석 연료	\$4.4 십억	2,538	3,777	6,315	3,805	10,120
청정 에너지	\$629.5 백만	1,488	601	2,089	848	2,937
송전 및 저장	\$45.9 백만	34	17	51	31	82
추가 공급 기술	\$45.1 백만	118	35	153	57	210
기타 투자	\$4.5 백만	10	3	13	6	10
총계	\$5.1 십억	4,118	4,433	8,621	4,747	13,368

출처: IMPLAN 3.1

RDF의 기술보고서는 화석 연료 수요가 감소하더라도 2030년 이전에는 이 지역의 화석 연료 기반 산업체의 일자리가 사라지지 않을 것으로 추정합니다. EER 모델의 에너지 공급 믹스는 2030년 이전에 화석 연료 소비에 변화가 없거나 약간의 변화가 있을 수 있으며 결과적으로 2020년 이전에 이 지역의 화석 연료 관련 일자리는 거의 또는 전혀 변화가 없을 것임을 시사합니다.<sup>i</sup>

샌디에고 카운티와 지방 정부는 2031년 – 2050년 사이에 일자리를 잃게 될 근로자들을 위해 일련의 실행 가능한 공정한 전환 정책을 개발해야 합니다. 2030 이후, EER 모델의 중앙 사례는 석유와 가스 모두에서 큰 축소가 예상됩니다. 이 모델은 2050년까지 석유에서 95%, 가스에서 75%의 축소를 예측합니다. 지방 정부들은 이러한 근로자들이 청정 에너지 경제 또는 다른 부문의 동등하거나 더 나은 일자리로 전환할 수 있도록 이들에 대한 공정한 정책 개발을 시작해야 합니다.

공정한 전환은 일시적인 것보다 지속적으로 진행되는 경우 비용이 훨씬 적게 듭니다. 지속적인 전환의 경우, 특정 연도에 자발적으로 은퇴할 근로자의 비율을 예측할 수 있으므로 주어진 시간에 훨씬 더 많은 근로자들을 지원할 필요가 없게 됩니다. 화석 연료에서 재생 에너지 기반 일자리로의 전환 속도는 전환의 형평성과 공정성에 영향을 미치게 될 것입니다. 급격한 변화와 축소는 갑작스러운 실직을 초래할 가능성이 더 높으며, 지속적인 변화와 축소는 직원이 새로운 직업으로 전환하거나 자발적으로 은퇴할 수 있기 때문에 실직이 줄어들 가능성이 있습니다.

임페리얼 카운티에서 식별된 5개 지역의 지열 에너지 생산은 남부 캘리포니아에서 10년 동안 연간 1,900개의 일자리를 창출할 것입니다. 2장에서는 임페리얼 카운티의 지열 에너지 생산을 위한 5개 지역을 식별합니다. 이 장의 분석에 따르면 이 5개의 지열 발전소의 개발 및 운영을 위해 10년 동안 남부 캘리포니아에서 매년 1,900개의 일자리가 창출될 것이며 그 중 일부는 샌디에고 지역에 있을 수 있습니다. 이는 이 장의 연간 27,000개 일자리 창출 추정치에 추가된 숫자입니다.

<sup>i</sup> 여기에 사용된 EER 모델의 Central Case에 대한 자세한 내용은 부록 A에서 확인할 수 있습니다.

## 지역 정책 기회

RDF의 기술보고서는 CAP의 현재 CO<sub>2</sub> 감소 약속을 평가하여 이 지역이 탈탄소화 목표를 달성하기 위한 궤적을 설정하기 위해 추가 활동이 필요한지 여부를 결정합니다. 또한, 이 지역의 지방 관할 구역이 에너지 생산, 운송, 건물 및 자연 기후 솔루션을 위한 탈탄소화 경로를 지원하기 위한 추가 조치를 취할 수 있는 기회를 식별합니다.

이 장에서는 몇 가지 새로운 분석을 제시합니다. 첫째, GHG 배출에 영향을 미치고 규제하는 주요 연방, 주 및 지방 정부의 권한, 그리고 GHG 배출 감소를 위한 행동을 취할 수 있는 지방 정부의 능력을 명확히 하기 위해 주요 법령 및 규정을 분석합니다.<sup>i</sup> 둘째, 특정 조치가 CAP에 포함된 빈도, CAP 약속의 상대적인 GHG 영향 및 사회적 형평성 고려 사항의 통합을 결정하기 위해 지역의 모든 CAP을 검토합니다.<sup>ii</sup> 셋째, 시나리오 분석을 통해 모든 채택 및 계류 중인 CAP약속으로 인해 발생하는 총 지역 GHG 감소를 추정합니다. 그런 다음 모든 관할 구역에 최상의 CAP 약속을 적용하는 시나리오의 잠재적인 GHG 영향을 추정합니다.<sup>iii</sup> 이 시나리오 분석은 단일 최대 상대적 GHG 감소를 산출하게 될 특정 CAP 정책 범주에 대한 CAP 약속 – 예를 들면 나무 심기 목표 –을 취한 다음 해당 약속을 현재 또는 계획된 약속 여부에 관계없이 샌디에고 지역의 모든 관할 구역에 적용합니다. 이것은 현행 CAP 약속에서 잠재적인 GHG 감소의 상한선으로 간주될 수 있습니다. 마지막으로, 이 장에서는 이러한 접근 방식과 기타 분석의 결과를 적용하여 4가지 탈탄소화 경로 각각에 대한 추가 지역 조치 및 지역 협력 기회를 식별합니다.<sup>iv</sup>

**지역 관할 구역은 GHG 배출에 영향을 미치고 규제할 권한이 있습니다.** 지방 정부는 주 법정 목표 및 정책을 가속화하고, 주 법을 능가하는 조례를 채택하며, 정책을 채택 및 시행하는 고유한 권한을 사용하여 GHG 배출에 영향을 미치고 규제할 수 있습니다. 지방의 권한은 공중보건, 안전 또는 지역사회의 일반 복지를 증진할 수 있는 광범위한 권한을 부여하는 헌법상 파생된 권한과 주 법령에서 위임된 권한 모두에서 나옵니다. GHG 배출을 규제할 수 있는 지역 관할권의 전체 범위는 알려져 있지 않습니다!

**채택된 CAP 약속은 탈탄소화 목표를 달성하는 데 충분하지 않습니다.** 운송, 전기 및 건물에 대해 채택된 CAP의 GHG 감소 약속은 2045년 순 GHG 배출량 0에 도달하는 데 필요한 총 감소의 비교적 작은 부문에 기여합니다 (그림 12, 점선). 가장 공격적으로 채택된 CAP 조치가 이 지역의 모든 관할 구역에 적용되더라도 대부분의 천연 가스 건물 최종 용도 및 도로 운송에서 발생하는 상당한 배출량이 남아 있게 될 것입니다 (그림 12, 점선).

---

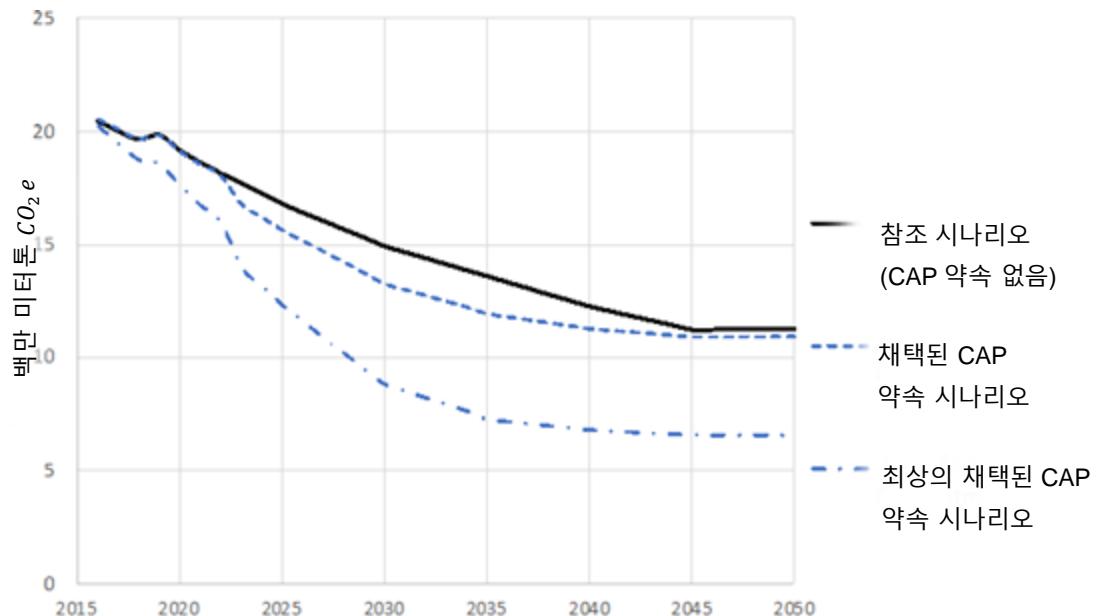
<sup>i</sup> 자세한 내용은 부록 B를 참조하십시오.

<sup>ii</sup> 개요는 8장, 섹션 8.3을 그리고 부문별 결과는 섹션 8.5-8.8을 참조하십시오. 이는 또한 2장에서 5장까지의 심층 탈탄소화 목표와 지역 CAP 약속 사이의 격차를 설명하는 데 사용됩니다.

<sup>iii</sup> 섹션 8.4 참조.

<sup>iv</sup> 이러한 기회는 이 요약의 각 관련 섹션에 포함되어 있지만 8장의 부문별 섹션에 포함되어 있습니다.

이 장에서는 또한 샌디에고 시에 계류 중인 2022 CAP 업데이트를 분석했지만 이러한 조치를 포함하더라도 상당한 배출량이 남아 있을 것입니다.



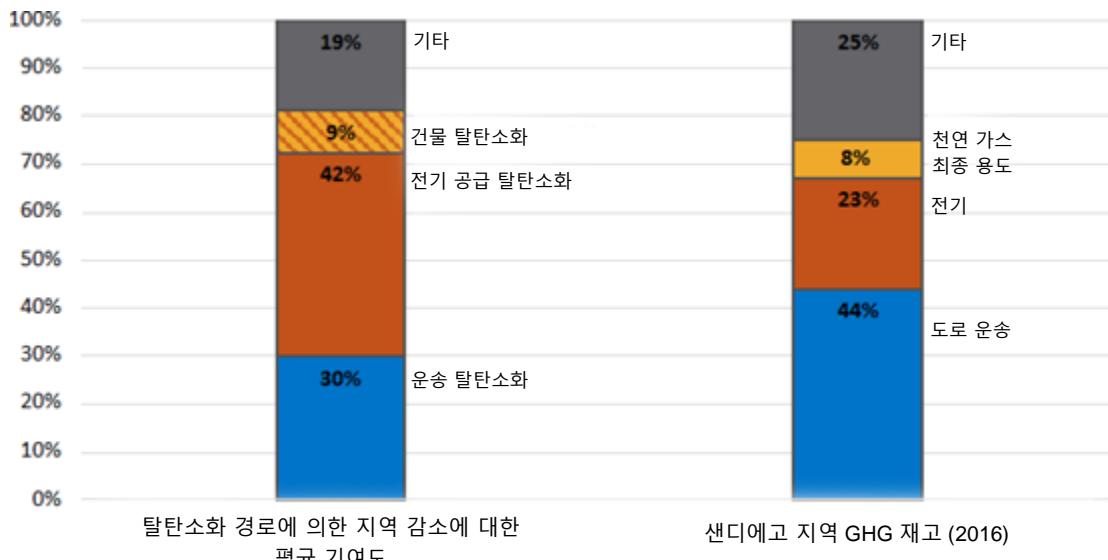
이 차트에는 샌디에고 지역의 모든 GHG 배출 활동 또는 미래에 채택될 수 있는 잠재적인 새로운 지역, 주 및 연방 조치가 포함되어 있지 않습니다.

Energy Policy Initiatives Center, 2022

**그림 12.** 이 그래프는 분석된 각 시나리오에서 전력 생산, 건물의 천연가스 최종 용도 및 도로 운송으로 인한 샌디에고 지역의 예상 GHG 배출량을 보여줍니다. CAP 약속이 없는 참조 시나리오 (실선)는 주 및 연방법, 명령, 조치 및 목표를 기반으로 한 감소만을 보여줍니다. 채택된 CAP 약속 시나리오 (점선)는 모든 현행 CAP이 문서에 나와 있는 대로 완전히 적용된 경우 총 배출량의 하위 집합에서 남은 GHG 배출량을 보여줍니다. 최상의 채택된 CAP 약속 시나리오 (대시-점선)는 채택된 CAP 약속에 관계없이 각 정책 범주에서 가장 잘 채택된 CAP 약속이 이 지역의 모든 관할 구역에 적용되는 경우 남는 GHG 배출량을 보여줍니다. 이 그래프는 분석된 시나리오가 이 지역이 2050년까지 넷 제로 배출에 도달하도록 허용하지 않음을 보여줍니다. 이러한 분석은 새로운 주 및 연방법, 명령, 조치 및 목표를 가정하지 않으며 현재의 주 및 연방법, 명령, 조치 및 목표는 이 기간 중 어느 시점에서도 변경되지 않습니다. 또한 이러한 분석에는 이 지역에 대한 모든 GHG 배출량이 포함되지 않습니다.

**관할 구역은 추가 CAP 조치를 채택하고 기존 조치를 강화할 수 있습니다.** CAP의 검토를 기반으로, 더 많은 관할 구역에서 다른 지역 관할 구역의 조치를 예로 들어 더 강력한 조치를 채택할 수 있습니다. 이와 마찬가지로, CAP 조치의 결합된 GHG 영향에 대한 시나리오 분석을 기반으로, 대부분의 관할 구역은 특히 운송 및 건물 부문에서 기존 조치를 강화할 수 있습니다. 이러한 부문들은 많은 GHG 배출 (그림 13, 오른쪽)을 산출하지만 평균적으로 2035년에 CAP의 불균형적으로 낮은 배출량 감소를 나타냅니다 (그림 13, 왼쪽).

<sup>1</sup> 권한에 대한 더 자세한 설명은 섹션 8.2 및 부록 B를 참조하십시오.



**그림 13.** 이 그래프는 2035년에 채택 및 계류 중인 지역 CAP 조치에 의한 총 GHG 감소에 대한 각 탈탄소화 경로의 평균 기여도(왼쪽)와 배출원별 2016년 지역 배출의 분포(오른쪽)을 보여줍니다. 운송으로 인한 배출량(파란색, 오른쪽)이 지역 배출량의 거의 절반을 차지하지만 평균적으로 CAP 약속으로 인한 감소(파란색, 왼쪽)의 4분의 1을 약간 상회하는 수준에 불과하다는 것을 보여줍니다. 이와 마찬가지로, 전기는 지역 배출량의 약 4분의 1을 차지하지만(짙은 주황색, 오른쪽) 관련 감소는 평균적으로 CAP 약속으로 인한 GHG 감소의 절반 미만에 기여합니다(짙은 주황색, 왼쪽). 건물과 관련된 배출량은 현장 천연 가스 연소와 전기 생산 모두에서 발생하기 때문에, 막대 그림의 건물 탈탄소화 부분은 천연 가스 건물(밝은 주황색)과 전기 공급(짙은 주황색) 모두에 해당하도록 밝은 주황색과 짙은 주황색으로 음영 처리되었습니다.

**사회적 형평성을 기회 계획에 통합하려면 추가적인 작업이 필요합니다.** 예비 검토에 따르면, 정책 및 계류 중인 CAP의 사회적 형평성 통합은 제한적이고, 일관성이 없으며 특이성이 부족합니다. 데이터 수집 및 분석, 지역 지침 문서, 기후 계획에 있어서 형평성을 조정, 조언, 추적 및 모니터링 하기 위한 지역 작업 그룹을 포함하는 샌디에고 지역의 모든 탈탄소화 정책을 이해하고 해결할 수 있는 능력과 도구를 개발하려면 추가적인 작업이 필요합니다.

## 모델로서의 샌디에고 지역

샌디에고 지역은 글로벌 배출량의 0.08%에 불과하지만, 이 지역의 탈탄소화 노력은 다른 사람들과의 팔로워십을 생성하고 내구성이 있고, 확장 가능하며, 복제 가능한 혁신을 공유함으로써 글로벌 배출량에 영향을 미칠 수 있습니다. 샌디에고는 이 지역의 노력을 적극적으로 강조하고 국내 및 국제 포럼에서 얻은 교훈을 전달해야 합니다. 샌디에고 RDF의 창설은 미국 전역과 전 세계적으로 다른 관할권들이 자체 장기 탈탄소화 계획 노력에 있어서 배우고 적응하기 위한 하나의 사례 연구가 될 수 있습니다. 다양한 국내 및 국제 포럼에서 이러한 노력을 소개하는 것 외에도, UN 지속 가능한 개발 솔루션 네트워크 (SDSN)는 다른 커뮤니티, 정부 기관, 연구 기관 및 지속 가능성 실천가들이 자신들의 자체적인 탈탄소화 추구에 있어서 샌디에고 카운티에서 수행한 절차를 따를 수 있는 툴 키트 역할을 하게 될 가이드를 만들었습니다.

**SDSN는 네트워크 전반에 걸쳐 3가지 수평적 수준 내에서 RDF를 공유하기 위해 노력하고 있습니다.** SDSN는 미국, 국제 그룹 및 컨소시엄 및 UN의 국가 회의 및 포럼에서 RDF와 그 주요 연구 결과를 공유하게 될 것입니다. 예를 들어, 이 프로젝트는 2021년 10월 Innovate4Cities 컨퍼런스에서 발표되었으며 이 이벤트에서 얻는 피드백과 통찰력을 글로벌 기후 변화에 대한 영향, 적응 및 취약성에 대한 2022 IPCC 6차 평가 보고서에 유익한 정보를 제공하게 될 것입니다. 이러한 이벤트는 이 프로젝트의 결과와 샌디에고 지역을 세계의 모델로 소개할 수 있는 기회를 제공합니다. 이러한 청중들에 대한 접근을 통해, RDF 넷 제로를 향한 글로벌 로드맵과 경로에 대한 유익한 정보의 제공에 도움이 될 수 있습니다.

**지역 탈탄소화 가이드는 지역 관할권이 고유한 탈탄소화 프레임워크를 만드는 데 도움이 될 것입니다.** 이 가이드는 물류, 방법론, 이해관계자 참여, 장기 계획 등에 대한 배경 정보와 특정 단계 및 조언을 제공할 것입니다. 이 가이드에 있는 리소스가 미국 이외의 탈탄소화 프레임워크 프로젝트 팀에게도 적합하고 적용 가능하지만, 신흥 경제국의 맥락에서 생성되는 프레임워크는 기후 행동 계획에서 다른 접근 방식, 관점 및 전략을 사용할 가능성이 있습니다. 이 가이드는 지역 탈탄소화 프레임워크의 생성을 용이하게 하고, 넷 제로 목표를 달성하기 위해 노력하는 관할권을 위한 실용적인 로드맵을 제공하기 위한 방법으로 UC San Diego의 SDG 정책 이니셔티브 웹사이트 (<http://sdgpolicyinitiative.org/guide/>)에서 온라인으로 무료로 제공됩니다.

---

<sup>i</sup> 9장 및 부록 9. A는 샌디에고 카운티 및 탈탄소화 프레임워크가 있는 기타 관할 구역이 네트워크에 연결, 참가 및 가입하여 다양한 규모에 걸쳐 결과를 전파할 수 있는 미국 및 글로벌 컨소시엄의 광범위한 목록을 제공합니다.