

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality

전쟁과 에너지 위기,
탈탄소 녹색대 전환 가속화



기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality



기후에너지환경부
온실가스종합정보센터

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality

발행일 2026년 06월 30일

발행처 온실가스종합정보센터 www.gir.go.kr
충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명8로 227 오송바이오프라자 4, 5층
Tel. 043-714-7512 Fax. 043-714-7510

디자인 주식회사 위닷

Climate Change and Carbon Neutrality 2026 Summer Vol.31

Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea

기고안내

「기후변화와 탄소중립」은 여러분들의 원고를 받습니다.
탄소중립 사회로 전환에 앞장서는 온실가스종합정보센터는
「기후변화와 탄소중립」을 통해 국내외 최신 연구 동향을 제공합니다.
온실가스 감축 및 기후변화 대응 관련 여러분의 많은 기고를 바랍니다.
기획총괄팀 윤소영 전문연구원(043-714-7512)

- 본지에 게재된 내용은 온실가스종합정보센터의 공식 견해가 아님을 밝힙니다.
- 본지에 게재된 글과 사진을 센터와 사전협의 없이 무단 복제하거나 게재할 수 없습니다.

Contents

04

발간사

최민지 | 기후에너지환경부 온실가스종합정보센터장

08

재생에너지를 통한 에너지 대전환 방안

박성우 | 한국에너지공단 기획조정처장

18

전쟁과 에너지 위기 시대, 탈탄소 녹색대전환을 위한 수열에너지 활용 추진 방안

한병주 | 한국수자원공사 수열사업부장

32

재생에너지를 활용한 지방 균형 발전 방안과 새만금에서의 재생에너지 활용 방안

오창환 | 전북대학교 지구환경과학과 명예교수





발간사

최민지 센터장
기후에너지환경부 온실가스종합정보센터

기후위기 대응과 지속 가능한 성장을 위해 에너지 전환은 더욱 신속하게 추진되어야 합니다.

거센 바람은 위기를 가져오기도 하지만, 새롭게 나아갈 힘을 제공하기도 합니다. 최근 국제사회는 전쟁과 지정학적 갈등으로 에너지 위기를 겪으며 에너지 안보의 중요성을 절실하게 체감하고 있습니다. 에너지 공급망 불안, 가격 급등, 국가 간 자원 경쟁 심화는 세계 경제와 산업 전반에 큰 영향을 미치고 있으며, 우리나라 역시 이러한 변화의 흐름에서 예외일 수 없습니다.

특히 에너지 수입 의존도가 높은 우리나라는 지정학적 갈등 등 국제 정세 변화에 취약한 구조를 가지고 있습니다. 최근의 에너지 수급 위기는 안정적인 에너지 공급 체계 구축이 국가 경쟁력과 직결된다는 사실을 보여주고 있습니다. 동시에 화석연료 중심의 에너지 체계가 가진 한계를 드러냈으며, 우리 국토의 태양과 바람을 활용한 재생에너지 중심의 에너지 전환이 기후위기 대응을 넘어 에너지 안보를 위한 필수 전략임을 일깨워 주고 있습니다.

최근의 에너지 수급 위기가 재생에너지 중심의 에너지 전환 필요성을 일깨워 주었다면, 기후위기는 전환을 서둘러야 할 이유를 보여주고 있습니다. 해를 거듭할수록 기후위기의 심각성은 커지고 있으며, 세계 곳곳에서 폭염, 가뭄, 집중호우, 산불 등 이상기후 현상이 일상화되고 있습니다. 기후변화는 더 이상 미래 세대의 문제가 아니라 우리가 직면한 현실입니다. 국제사회는 탄소중립 실현을 위해 노력하고 있으나, 국가 간 갈등과 국제 경제의 불확실성으로 에너지 전환을 둘러싼 여건은 더욱 복잡해지고 있습니다. 그러나 어려움 속에서도 기후위기 대응과 지속 가능한 성장을 위해 에너지 전환은 더욱 신속하게 추진되어야 합니다.

다양한 재생에너지 기술은 에너지 전환과 기후위기 대응의 새로운 대안으로 부상하고 있으며, 지역이 보유한 재생에너지 자원을 활용한 균형발전 방안 역시 중요한 정책 과제로 논의되고 있습니다. 더 나아가 인공지능, 데이터센터, 첨단산업의 성장으로 전력 수요가 급증하는 상황에서 재생에너지 기반의 안정적인 에너지 공급 체계 구축은 국가의 미래 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소가 되고 있습니다.

이번 「기후변화와 탄소중립」 제31호는 이러한 시대적 배경 속에서 ‘전쟁과 에너지 위기, 탈탄소 녹색대 전환 가속화’를 주제로 구성하였습니다. 먼저 박성우 한국에너지공단 기획조정처장님은 글로벌 에너지 안보 환경 변화와 재생에너지 보급 확대를 통한 에너지 대전환 방안을 제시해 주셨습니다. 다음으로 한병주 한국수자원공사



수열사업부장님은 에너지 위기에 대응하기 위한 수열에너지의 가능성과 국내의 활용 사례를 소개하며, 건물과 데이터센터 등 다양한 분야에서의 수열에너지 확산 전략을 제안해 주셨습니다. 마지막으로, 오창환 전북대학교 지구환경과학과 명예교수님은 재생에너지를 활용한 지방 균형 발전 방안과 새만금의 재생에너지 활용 전략을 통해 에너지 전환과 지역 발전이 함께 나아갈 수 있는 방향을 제시해 주셨습니다.

국제 정세변화에 따른 에너지 수급 위기는 우리에게 새로운 도전을 안겨주고 있지만, 동시에 지속 가능한 미래로 나아갈 에너지 전환의 기회를 열어주고 있습니다. 재생에너지 확대와 에너지 시스템 혁신, 지역 기반의 분산형 에너지 체계 구축은 탄소중립 실현과 국가 경쟁력 강화를 위한 중요한 정책이 될 것입니다.

이번 31호가 에너지 위기 시대의 대응 전략과 탈탄소 녹색대전환의 방향을 함께 모색하는 데 있어 의미 있는 참고자료가 되기를 바랍니다. 온실가스종합정보센터 또한 데이터에 기반한 과학적 분석과 신뢰성 있는 정보 제공을 통해 온실가스 감축 정책 연구, 단기 및 중장기 탄소중립 이행 방안 연구 등을 적극 지원하겠습니다.

감사합니다.

기후에너지환경부 온실가스종합정보센터장 **최민지**

01 _____





재생에너지를 통한 에너지 대전환 방안

박성우

한국에너지공단 기획조정처장

I. 들어가며

미국, 이스라엘과 이란 간의 전쟁으로 인해 재생에너지가 탄소중립을 넘어 에너지 안보에도 중요한 역할을 한다는 사실을 체감하게 되었다. 이란 전쟁은 호르무즈 해협 봉쇄와 중동 에너지 시설 타격으로 글로벌 원유 및 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, LNG) 공급망을 붕괴시켰다. 이에 따라 각국은 중동 의존도를 낮추고 에너지 안보의 기준을 수입선 다변화에서 자국 내 생산 및 재생에너지 전환으로 근본적으로 재편하고 있다.

이란 전쟁으로 촉발된 글로벌 에너지 안보의 핵심 변화는 다음과 같다. 첫째, 호르무즈 해협 봉쇄와 카타르 등 주요 LNG 시설 타격으로 중동 에너지 의존도가 높은 아시아 국가들의 타격이 컸다. 이에 따라 중동 산유국에 집중되었던 에너지 의존도가 미국 셰일가스와 아프리카 등으로 분산되고 있다. 둘째, 중동발 에너지 쇼크로 외부 충격에 취약하다는 점이 드러나면서, 국가 안보 차원에서 국내 생산 가능 자원을 극대화하는 정책이 추진되고 있다. 셋째, 화석연료 의존에서 벗어나는 것이 유일한 근본 대책이라는 공감대가 형성되면서 태양광, 풍력 등 재생에너지를 확대하여 지정학적 리스크로부터 벗어나려는 에너지 전환 정책에 더욱 속도가 붙고 있다.

사실 이란 전쟁 이전에도 에너지 안보는 국제사회에서 중요한 이슈로 다루어졌다. 트럼프 행정부의 고율 관세 정책과 중국의 맞대응은 글로벌 재생에너지 공급망 재편을 촉발하며 국가 간 에너지 안보 지형을 근본적으로 뒤흔들고 있다. 중국은 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼, 셀, 모듈로 이어지는 태양광 제조 밸류체인 전반에서 80~90% 이상의 압도적인 글로벌 시장 점유율을 차지하고 있다. 풍력 터빈 역시 자국 내의 거대한 시장을 바탕으로 가격과 기술 경쟁력을 확보하여 글로벌 시장에서 확고한 자리를 잡아가고 있다.

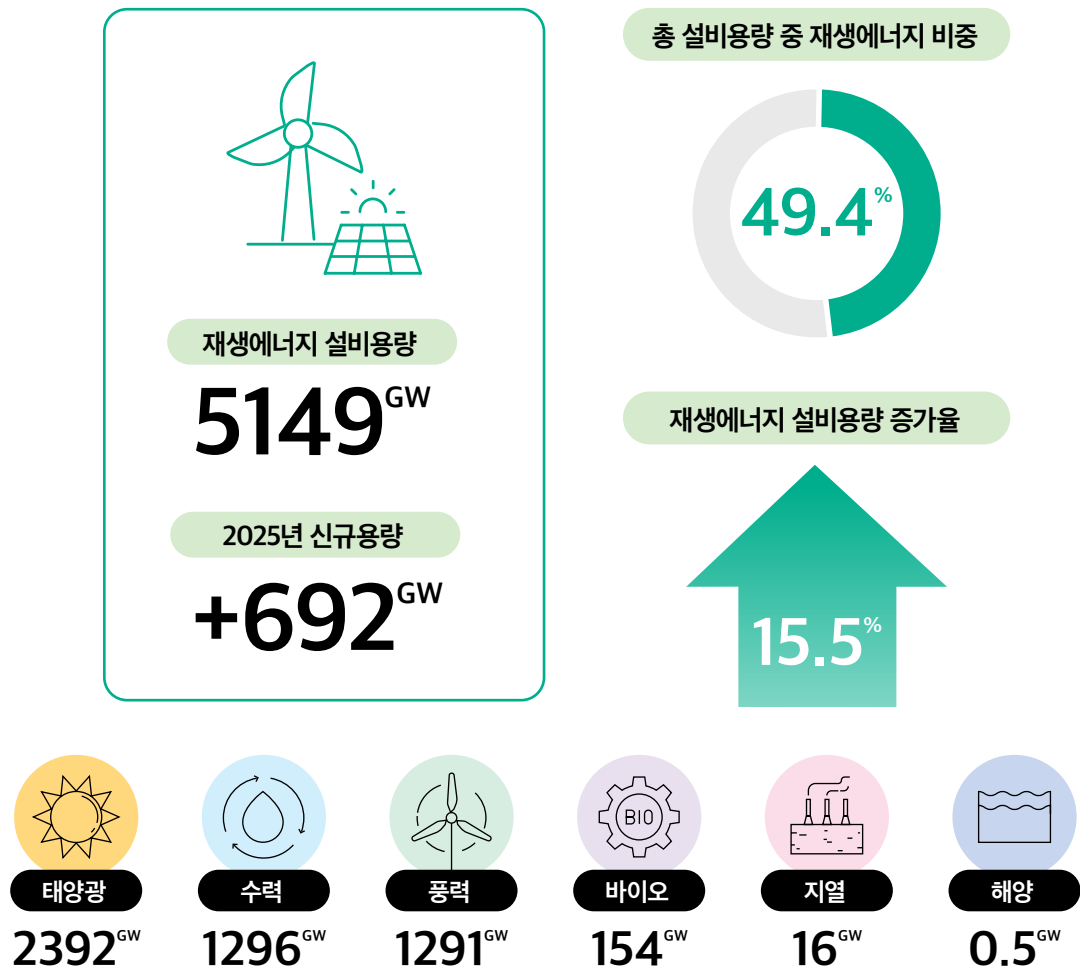
중국산 제품과 부품에 대한 의존도를 낮추기 위해, 미국은 관세 부과와 함께 동맹국과의 협력을 통해 미국 내에 생산 시설을 설치하도록 유도하는 등 독자적인 재생에너지 공급망을 구축하는 데 집중하고 있다. 미국의 이러한 압박에 대응해 중국은 태양광 패널, 풍력 터빈 제조에 사용되는 희토류에 대한 수출을 제한하거나 통제하며 미국과 서방의 에너지 전환 계획에 차질을 주고 있다.

에너지를 외부의 장거리 운송이나 분쟁 가능성이 높은 지역에 지나치게 의존하는 것은 국가 안보에 치명적일 수 있다. 반면 태양과 바람은 특정 국가가 독점할 수 없으며, 운송로 봉쇄 위험에서도 자유롭다. 이 글은 에너지 안보 위기 대응과 탄소중립을 위한 주요 국가의 재생에너지 확대 정책을 살펴보고, 이후 우리나라의 재생에너지를 통한 에너지 대전환 정책 방안과 향후 과제에 대해 다루고자 한다.

II. 글로벌 재생에너지 주요 정책동향

국제재생에너지기구(International Renewable Energy Agency, IRENA)의 최근 발표자료에 따르면, 2025년 말 기준 세계 재생에너지 설비용량은 5,149GW로 1년 사이 692GW가 증가했다. 전 세계 전력 설비용량에서 차지하는 비중도 2024년 46.3%에서 49.4%로 상승했다.

<그림 1> 2025년 세계 재생에너지 보급 통계



* 출처: IRENA (2026), Renewable capacity statistics 2026, 저자 재구성

세계 재생에너지 성장은 태양광이 주도했다. 2025년 한 해 511GW 증가해 누적 2,392GW에 이르며, 세계 최대 재생에너지 공급원으로서의 위치를 확고히 했다. 이 수치는 화석연료 발전설비 증가분 116GW를 크게 웃돈다. 풍력발전의 신규 설비용량은 159GW이며, 누적 설비용량이 1,291GW에 도달했다. 2025년 재생에너지 설비의 연간 증가율은 15.5%로, 2024년의 15.1%보다 높았다.

재생에너지 확대에 가장 열심인 유럽연합(European Union, EU)은 2022년 2월 러시아-우크라이나 전쟁 시작 이후 그해 5월에 에너지 안보 위기 대응을 위해 리파워EU(REPowerEU) 정책을 발표하여 재생에너지로의 전환을 가속화하여 에너지 수입의존도를 낮추고자 하였다. 그 결과 EU의 태양광 신규 보급 용량은 2022년 36GW에서 2024년 59GW로 늘었고, 에너지 수입의존도는 2022년 63%에서 2024년 57%로 줄어드는 성과를 거두었다.

중국의 재생에너지 확대 속도는 놀라울 정도이다. 2020년에 중국 정부는 534GW 수준인 태양광, 풍력 발전설비 용량을 2030년까지 1,200GW로 확충하겠다는 목표를 설정했다. 그런데 불과 4년 만인 2024

년에 1,407GW를 보급하여 목표치를 6년이나 먼저 달성했다. 이에 더해 2025년에는 에너지법을 시행하여 재생에너지 우선 개발, 재생에너지 소비 촉진 등 재생에너지 확대 정책을 지속적으로 강화하고 있다.

일본 역시 2025년 제7차 에너지기본계획을 통해 재생에너지 발전 비중을 2022년 21.8%에서 2040년에 40~50%로 확대하는 계획을 발표했다. 이의 일환으로 해상풍력 설치 지역을 배타적 경제수역(Exclusive Economic Zone, EEZ)으로 확대하고, 신축 또는 개보수 공공건물에 태양광 설치를 의무화하는 등 재생에너지 확대 정책을 추진하고 있다.

미국의 변화는 극적이다. 과거 트럼프 대통령은 재생에너지에 대한 반감을 자주 드러냈다. 법원의 저지를 받기는 했지만, 수억 달러에 달하는 해상풍력 발전 사업을 무산시키려 했고, 육상풍력 발전 사업도 막으려 했다. 그는 화석연료를 우선시하며 태양광 프로젝트 수백 건의 최종 승인을 막았다.

그러나 최근 기류가 변하고 있다. 미국은 인공지능 데이터센터의 폭발적인 성장으로 인해 큰 폭의 전력수요 증가를 겪고 있다. 기술 기업들은 전력 부족으로 인해 투자에 어려움을 겪는 상황이다. 여기서 재생에너지의 실용적 가치가 부각되었다. 화석연료나 원자력 발전소는 건설에 긴 시간이 소요되지만, 태양광과 풍력은 상대적으로 짧은 기간 내에 전력을 공급할 수 있는 효율적인 선택지이기 때문이다.

이러한 정책 기조의 변화는 통계로 증명된다. 미국 에너지정보국(Energy Information Administration, EIA)에 따르면, 2026년 미국은 역대 최대 규모인 약 86GW의 발전설비를 새로 추가할 계획이다. 이는 2025년의 53GW에 비해 크게 늘어난 수치다. 주목할 점은 그 구성이다. 신규 설비의 절반 이상(43.4GW)이 태양광이며, 배터리 저장장치(24.3GW), 풍력(11.8GW)이 그 뒤를 잇는다. 천연가스의 비중은 상대적으로 낮은 약 6.3GW이다. 재생에너지가 미국 전력설비 확충의 주역으로 부상하고 있는 것이다.

III. 우리나라의 재생에너지를 통한 에너지 대전환 방안

2025년 6월에 출범한 현 정부는 ‘재생에너지 중심의 에너지 대전환’을 에너지정책의 핵심기조로 삼고 있다. 국정기획위원회는 8월에 이를 국정과제로 제안하였고, 9월에 국무회의를 통해 ‘재생에너지 중심의 에너지 대전환’을 39번 국정과제로 확정했다.

정부의 재생에너지 정책에서 가장 상징적인 수치는 ‘2030년 재생에너지 100GW 보급’이다. 이 목표는 9월에 2035년 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC) 대국민 공개 토론회에서 당시 환경부 장관이 처음 공개적으로 언급했으며, 이후 12월에 2026년 기후에너지환경부 대통령 업무보고를 통해 정부 공식 목표로 확정했다. 이는 이전 정부의 제11차 전력수급기본계획에서 제시한 2030년 78GW 보급 목표를 대폭 상향한 것이다.

재생에너지 중심의 에너지 대전환을 위한 정부의 의지는 정부 조직개편에서 가장 먼저 실체를 드러냈다.

기후에너지환경부를 신설하여 재생에너지 확대를 국가 최우선 과제로 격상시키고, 이를 뒷받침할 통합 거버넌스를 구축한 것이다. 과거 환경부의 규제와 산업부의 진흥 정책이 충돌하며 발생했던 병목 현상을 해소할 것으로 기대된다.

2026년 2월에는 국회에서 신재생에너지법을 재생에너지법으로 개정했다. 이는 1987년 「대체에너지개발 촉진법」 제정 이후 약 40년 만에 이루어진 법체계의 전면 재편이라는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 그간 신에너지와 재생에너지를 단일 법체계에서 혼합 규율하던 방식을 국제기준에 맞게 분리하였다. 이로써 재생에너지의 발전 단가 하락을 유도하며 본격적인 보급 확대와 산업 생태계 육성에 집중할 수 있는 맞춤형 정책 수립이 가능하게 되었다. 재생에너지법 체계 하에서 재생에너지를 전담하는 최초의 기본계획인 ‘제1차 재생에너지 기본계획’이 5월에 발표되면서, 재생에너지 확대 정책은 체계적인 모습을 갖추고 이행에 속도를 내고 있다.

기후에너지환경부의 출범과 재생에너지법으로의 개정이 탄소중립을 향한 기초를 구축하는 작업이었다면, 2026년부터는 현장에서의 실행이 본격화될 전망이다. 아래에서는 구체적인 계획을 살펴보기로 한다.

1. 신속한 재생에너지 보급 확대

2025년까지 누적으로 37.1GW 수준인 재생에너지를 2030년까지 100GW로 확대하려면 매년 12GW 이상의 설비를 설치해야 한다. 매우 도전적인 목표인 것이다. 정부는 태양광 발전에 힘을 싣고 있다. 2030년까지 100GW의 재생에너지를 보급한다는 목표를 달성하려면 개발과 설치에 시간이 걸리는 풍력보다는 태양광이 현실적인 대안이라고 판단한 것으로 보인다.

구체적으로 살펴보면, 수도권, 충청권, 강원권 등에 10개 이상의 GW급 태양광발전단지를 조성하여 12GW를 설치할 계획이다. 수용성이 높고 전력계통에 여유가 있는 경기 북부 접경지역의 군부대 유휴부지에 GW급의 태양광 설치를 추진한다. 대규모 간척지인 시화·화옹지구에도 초대형 태양광발전소 건설을 추진하고 있다.

공장지붕, 영농형·수상형, 도로·철도·농수로 등 유휴부지를 활용한 4대 정책입지 등에 2030년까지 태양광을 집중 보급하여 44.2GW를 설치하는 목표를 제시했다. 신축 공장 등 일정 규모 이상 건물에 태양광 설치를 의무화하고, 이격거리 법제화, 계획입지 도입, 인허가 병목 해소에도 노력을 기울일 계획이다.

재생에너지의 주력 전원화에 대비하여 에너지저장장치(Energy Storage System, ESS) 활용도 확대한다. 배전망 ESS 설치 등을 통해 지역 내 재생에너지 생산·저장·소비를 최적화하는 분산형 전력망으로 전환해 나갈 계획이다. 또한, 재생에너지, ESS, 히트펌프 등을 통합 지원하여 주택, 마을의 에너지 전환을 확산시키고자 한다.

2. 획기적인 재생에너지 비용 저감

재생에너지가 정부 지원에만 의존해서는 보급 확대에 한계가 있고, 국민의 지지를 지속해서 받기가 어렵다. 자생력을 갖춰 시장 메커니즘에 의해 획기적으로 확대되려면 비용 저감을 통해 경제성을 갖추어야 한다. 비용

저감은 풀어내기 매우 어려운 과제이다. 우리나라는 규모의 경제를 활용할 대규모 부지를 찾기가 어렵고, 복잡한 인허가와 주민 민원 해소를 위해 추가적인 비용이 들어간다. 여기에 더해 재생에너지 산업육성을 위해 국산제품 사용을 장려하면서 비용이 추가되기도 한다.

정부는 재생에너지 시장 및 지원 제도를 혁신하여 2035년까지 kWh당 계약단가를 태양광은 현재 150원에서 80원, 육상풍력은 180원에서 120원, 해상풍력은 330원에서 150원 이하로 낮춘다는 목표를 제시했다. 이를 위해 현행 재생에너지 공급의무화제도(Renewable Portfolio Standards, RPS)를 ‘장기 고정가격 계약시장제도’로 개편하고, 해상풍력 장기 입찰 로드맵 및 계획입지 도입으로 비용 저감을 유도할 계획이다.

주력 전원에 걸맞은 경제성 확보를 위해 재생에너지에 특화된 가칭 ‘민관 비용평가위원회’를 신설한다. 태양광은 기자재 공동구매, 표준품셈 도입 및 시공비용 공시를 추진하고, 해상풍력은 공동접속설비 구축과 함께, 민관 해상풍력 경쟁력강화위원회를 통해 비용 절감 경로를 도출할 예정이다.

3. 산업경쟁력 강화로 미래 전략산업 육성

특정 국가에 대한 의존을 낮추고 무너진 국내 산업 생태계를 신속히 재건하기 위해 2030년 국내 태양광 모듈 생산능력을 연간 10GW 이상, 국내 풍력 터빈 생산능력은 연간 3GW 이상으로 확대하는 목표를 제시했다. 국산 기자재 활용 확대, 세제지원, 인증제도 등을 통해 태양광·풍력의 국내 산업 공급망을 복원하고, 재생에너지 설비를 안보 자산으로 관리하여 에너지 안보를 강화할 계획이다.

재생에너지 보급 확대가 국내 산업경쟁력 강화로 이어지도록 하려면 중국, 미국, 유럽과 차별화된 기술개발이 필요하다. 이를 위해 차세대 태양전지, 건물 일체형 태양광(Building Integrated Photovoltaics, BIPV) 등을 조기에 상용화하고, 20MW 이상 초대형 해상풍력 터빈 개발, 부유식 대규모 실증단지를 구축한다. 재생에너지 일자리 수요 확대에 대비하여 전문인력양성 및 유지관리 역량 강화를 지원하고, 재생에너지 수출산업화를 위한 해외 진출 지원 체계도 고도화할 계획이다.

4. 소득 공유 및 국민 체감 확산

재생에너지 확대의 효능감을 국민이 체감할 수 있는 사업을 추진한다. 대표적으로 ‘햇빛소득마을’이 있다. 이를 위해 지난 2월 햇빛소득마을 추진단을 출범시켜 관계 부처 및 지자체와 협력하여 수요 조사, 부지 발굴, 지정, 인허가 등을 신속하게 지원하고 있다. 5월에는 전국적으로 157개 기업을 햇빛소득마을 사업의 시공, 금융구조 설계, 장기 운영을 담당할 재생에너지종합서비스기업(Renewable Energy Service Company, ReSCO)으로 선정했다. 이와 함께 바람·계통소득마을 등의 주민 참여 모델도 개발할 계획이다.

자가용 태양광에 대해서 자가설비인증제(Renewable Energy Guarantees of Origin, REGO) 도입을 추진하여 소유주에게 추가적인 수익을 제공할 계획도 가지고 있다. 이와 함께 아파트 베란다(200만 가구)에 가정용 미니태양광을 설치하는 사업도 다시 추진한다.

IV. 향후 과제

저수지에 물이 아무리 많아도 수도관이 없으면 보낼 수 없다. 전기도 마찬가지이다. 선로가 부족하면 전기를 생산한 지역에서 소비가 많은 지역으로 보낼 수 없다. 전기는 여기에 더해 실시간으로 생산과 소비가 일치되어야 한다. 이에 각국 정부는 재생에너지 확대에 따라 전력망 확대, 전력시스템 고도화, 전력시장 선진화를 추진하고 있다.

태양광과 풍력은 기상 상황에 따라 발전량이 달라진다. 재생에너지 비중이 많아질수록 이를 제대로 관리하지 않으면 전압과 주파수가 불안정해질 수 있다. 과거에는 대형 발전소에서 전기를 만들어 일방적으로 보냈지만, 이제는 전국의 소규모 재생에너지 발전원에서 전기가 생산된다. 호남, 제주와 같은 재생에너지가 풍부한 지역에서 생산한 전기를 수도권과 같은 전력 수요가 많은 곳으로 보내려면 송전선로가 필요하다. 그러나 송전망이 포화 상태라 발전한 재생에너지 전기를 버려야 하는 출력제어(Curtailment)가 발생하고 있다.

2030년에 재생에너지 100GW를 수용하기 위해서는 전국적인 규모의 송전망 확대 구축이 근본적인 해결책이겠지만, 여기에는 장기간이 소요될 것으로 보인다. 이에 따라 지역 분산형 전력망 구축을 본격화할 필요가 있다. 재생에너지가 생산되는 지역에서 전력을 소비할 수 있도록 지산지소형 분산에너지 신산업을 본격적으로 육성해야 한다.

재생에너지의 비중이 커질수록 전력망 강화만큼이나 중요한 것이 에너지 소비 행태의 현대화다. 이에 덴마크는 전력수요의 유연성과 효율성을 높이는 정책을 펴고 있다. 그 중심에는 에너지 데이터 서비스와 같은 투명한 정보 공개가 있다. 국영 전력회사가 제공하는 실시간 도매가격 데이터는 안델(Andel), 노를리스(Norlys)와 같은 민간기업에 의해 세련된 앱으로 가공된다. 소비자들은 내일의 요금을 미리 확인하고, 요금이 비싼 피크 시간대는 피하고 재생에너지 생산이 많아 요금이 낮은 시간대에 전기 소비를 늘린다. 이는 전력 인프라에 대한 과잉 투자를 막고 재생에너지의 출력제어를 줄이는 결과로 이어진다.

우리나라는 세계 최고 수준의 정보통신기술(Information and Communications Technology, ICT) 인프라를 보유하고도 에너지 분야에서만큼은 아날로그식 접근을 벗어나지 못하고 있다. 독점적 전력 공급 구조와 경직된 요금 체계가 소비자에게 아무런 가격 신호를 주지 못하기 때문이다.

현재 한국의 주택용 요금제는 사용량에 따른 누진제에 머물러 있다. 전력 생산 단가가 비싼 저녁 시간대나, 태양광 발전이 많아 출력제어가 일어나는 낮 시간대나 소비자에게 적용되는 요금은 거의 동일하다. 가격이 시장의 수급 상황을 반영하지 못하니, 소비자들은 굳이 불편을 감수하며 사용 시간을 조절할 이유가 없다. 이는 결국 피크시간대 발전을 위해 비용이 많이 드는 가스 발전을 돌리게 만들고, 재생에너지 발전을 멈추게 만드는 비효율을 초래한다.

실시간 변동 요금제의 도입과 소비자 선택권 확대를 검토해야 한다. 소비자가 자신의 라이프스타일에 맞춰 요금제를 선택할 수 있게 해야 한다. 에너지 전환은 단순히 발전원을 바꾸는 작업이 아니다. 공급 중심의 패러다임을 수요관리라는 현대적 시스템으로 전환하는 거대한 흐름이다. 투명한 데이터 공개와 유연한 요금제가 소비자에게 스마트한 절약의 동기를 부여하고, 전력시스템 전체의 효율을 높일 수 있다. 가격 신호가 살아나고 소비자의 선택권이 보장될 때, 전력망의 효율성은 높아지고 재생에너지는 비로소 우리 일상의 지속 가능한 동력으로 자리 잡을 수 있다. 재생에너지를 더 잘 수용할 수 있도록 전력시장 제도 개편에도 박차를 가해야 한다.

참고문헌

국내문헌

- 박성우·김형중, 에너지의 미래를 함께 건다, 2025.07.
- 에너지경제신문, 가격이 신호가 될 때 행동이 바뀐다, 2026.02.19.
- 에너지경제신문, 재생에너지는 산업 연료이고 안보 자산이다, 2026.03.23.
- 국회미래연구원, 국내 재생에너지 중심 에너지전환 정책 평가 및 기본계획 수립에의 제언, 2026.04.
- 기후에너지환경부, 제1차 재생에너지 기본계획, 2026.05.
- 기후에너지환경부, 2026년 에너지대전환의 성과 원년, 탄소중립 선도 위한 가시적 성과 창출, 보도자료, 2026.01.30.
- 한국에너지공단, 2024년 신·재생에너지 보급통계 확정치 결과 요약, 2025.12.

해외문헌

- IRENA (2026), Renewable capacity statistics 2026

02 _____





전쟁과 에너지 위기 시대, 탈탄소 녹색대전환을 위한 수열에너지 활용 방안

한병주

한국수자원공사 수열사업부장

I. 서론 : 글로벌 에너지 위기와 녹색대전환

최근 미국-이란 전쟁 등 국제 정세의 불안정으로 촉발된 글로벌 에너지 위기는 전 세계에 ‘국가 에너지의 안보와 자립’이 얼마나 시급한지를 절실히 깨닫게 하는 계기가 되었다. 또한 기후 재앙을 막는 마지노선으로 거론되던 산업화 이전 대비 지구 온도 1.5℃는 이미 초과하고 있다는 관측 결과도 나오는 상황이다.

특히 화석연료 의존도가 높은 우리나라의 에너지 공급 체계는 가격 변동에 취약할 뿐만 아니라, 유럽연합(European Union, EU)의 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)나 미국의 청정경쟁법안(Clean Competition Act, CCA) 등 점점 높아져 가는 글로벌 탄소 규제 수출 장벽에도 대응하기 어려운 현실이다. 이러한 국내외 기후위기 대응 상황에서 우리나라는 2020년도에 이미 ‘2050년 탄소중립’을 선언하고, 2030년까지 온실가스를 2018년 대비 40% 감축하는 계획¹⁾을 수립하였다. 2018년 기준으로 국내 온실가스 배출량의 약 24.7%(서울시의 경우 70%)가 건축물 부문에서 발생하고 있으며, 이 중 40~60%가 냉·난방 에너지 소비에 따른 것이라고 한다.

따라서 건물 부문의 탈탄소화를 실현하기 위한 혁신적인 재생에너지원 발굴은 선택이 아닌 필수가 되었다. 이러한 맥락에서 하천수, 댐 용수, 광역상수도 및 해수 등 물의 온도차를 활용하는 수열에너지(Hydrothermal Energy)는 도심 내에서 대규모로 확보 가능한 ‘가성비 높은 배터리’이자, 에너지 위기를 극복할 탈탄소 녹색대전환의 ‘게임 체인저’로 주목받고 있다.

II. 수열에너지 도입의 필요성과 글로벌 트렌드

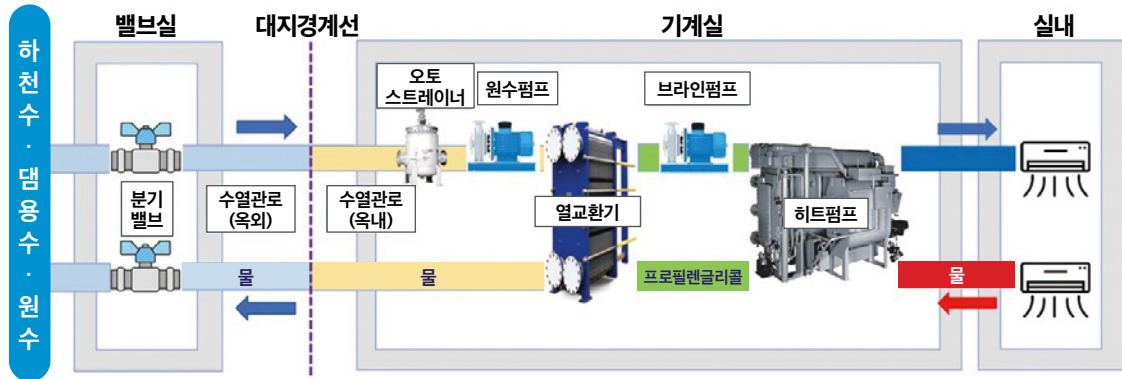
1. 수열에너지의 정의 및 특징

수열에너지는 여름철 대기보다 낮은 물의 온도를 냉방에 활용하고, 겨울철 대기보다 높은 물의 온도를 난방에 활용하는 친환경 재생에너지다. 물은 공기보다 비열이 약 4배 커서 에너지를 축적하는 능력이 매우 뛰어나고 온도변화가 상대적으로 작아 기존 냉난방 방식보다 30~70%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

이외에도 수열에너지는 기상 조건에 민감한 태양광이나 풍력과 달리 연중 일정하게 24시간 안정적인 에너지 공급이 가능하다. 또한 도심 열섬현상의 주범인 옥상 냉각탑을 제거할 수 있어 공간 활용성과 도시환경 개선에도 탁월한 효과가 있다.

1) 2030년 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)

<그림 1> 수열 공급시스템 구성도



* 출처: 한국수자원공사 제공

<그림 2> 기존 냉각탑 적용건물 옥상(좌측) 및 수열 냉난방 도입건물 옥상(우측)



* 출처: 롯데물산

2. 해외 수열에너지 도입 현황 및 추세

유럽과 미국, 일본 등에서는 1990년대부터 이미 도시 단위로 대규모 수열에너지 기반의 지역 냉난방 시스템을 구축하여 안정적으로 운영해 오고 있다. 프랑스는 파리 센강의 물을 이용하여 75km의 수열 공급 네트워크를 구성한 파리 지역 냉방시스템(District Cooling System, DCS)을 통해 루브르 박물관 등 시내 780여 건물에 냉방을 공급 중이며, 2042년까지 건축물 3,000여 곳으로 그 규모를 3배 이상 확대할 계획이다.

<그림 3> 파리 지역냉방시스템 개념도 및 확대 계획



* 출처: Fraîcheur de Paris, "Fraîcheur de Paris - The Cooling Public Service"

캐나다 토론토에서는 온타리오 호수의 물을 정수처리하여 생활용수로 공급하기 전에, 열교환기에서 냉방 에너지를 생산하여 토론토시 100개 건물에 공급하는 냉방열 공급시스템(DLWC)을 2004년부터 운영하고 있다. 이를 통해 기존 냉방 시스템 대비 전력 사용량을 최대 90% 절감하며 연간 79,000톤의 온실가스를 감축하고 있다.

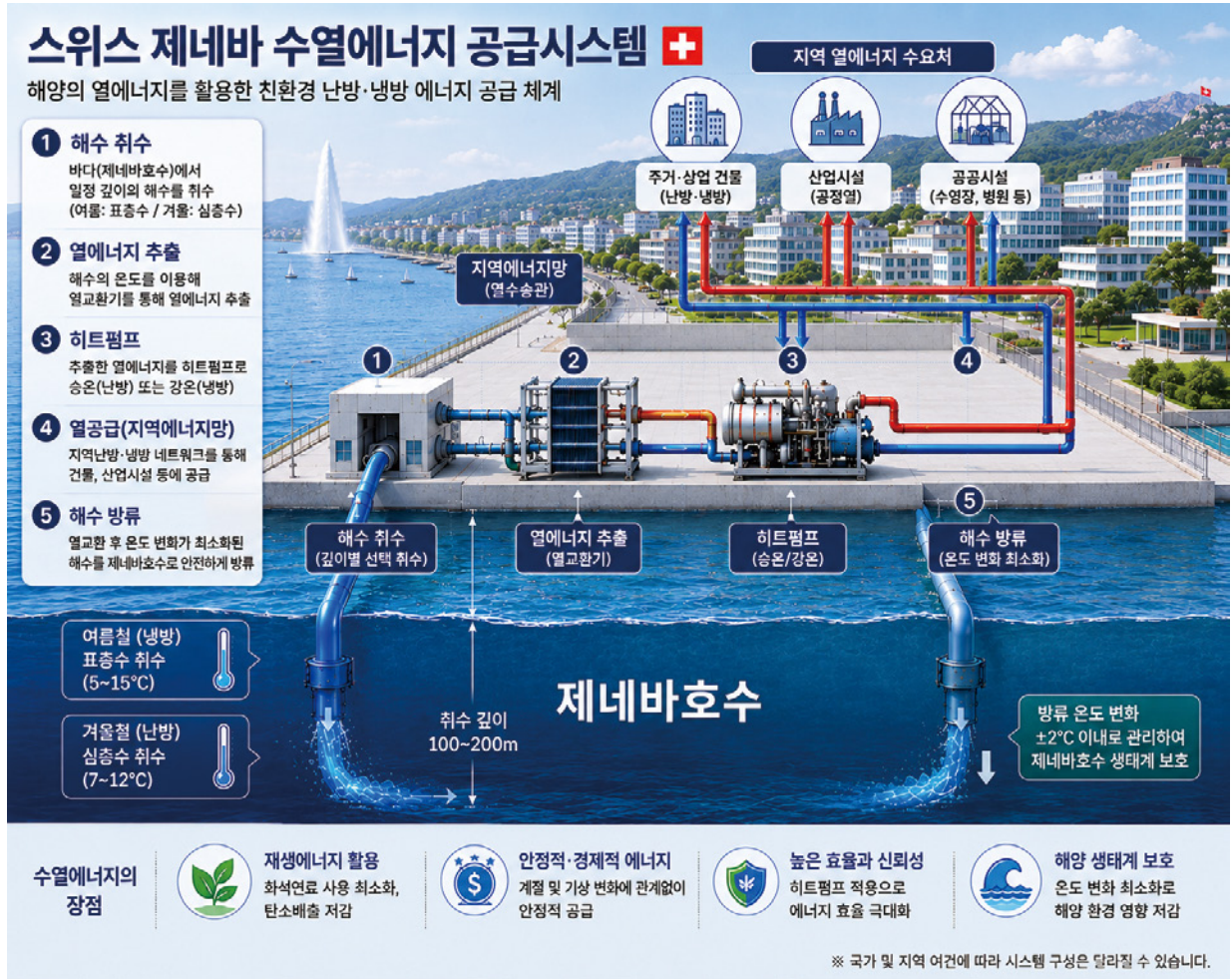
<그림 4> DLWC(Deep Lake Water Cooling, 심층 호수수 냉각 시스템)



* 출처: Enwave Energy Corporation

이외에도 유럽과 미국, 일본에서도 인근의 해수나 호수의 물을 이용한 수열을 도시 단위의 냉난방 에너지로 이미 수십 년간 공급하고 있다. 이는 수열이 기후위기와 에너지 안보를 동시에 해결해 줄 청정열로써 효과를 입증한 것이며, 전 세계적으로 수열 도입을 점점 확대해 나가는 추세이다.

<그림 5> 스위스 제네바 수열에너지 공급시스템 사례



* 출처: 한국수자원공사 제공

뿐만 아니라 건물에서 발생하는 생하수 또는 하수처리장을 거쳐서 자연 방류되는 처리수의 수열을 활용하여 주택 및 도시 단위 냉난방 열로 공급하는 사례도 캐나다, 유럽, 일본 등에서 꾸준히 확대되고 있다.

<표 1> 수열(해수·호소수·하천수) 활용 사례

순번	국가	프로젝트명	열원	규모	개시	주요내용
1	네덜란드	Zuidas District Energy System	호소수(Nieuwe Meer)	21,000RT	2003년	Net-Zero 도시조성 (~2040)
2	네덜란드	Amstel Zuidoost-lob District Energy	호소수(Ouderkerkerplas)	17,000RT	2008년	Gas-Zero 도시조성 (~2040)
3	스위스	Genilac District Energy System	호소수(제네바호)	5,600~71,000RT	2017년	제네바공항, UN, WTO 등, 2035년 2천개건물로 확대
4	스위스	Zürich Seewasserverbund	하천수(리마트강)	3,000RT	2007년	취리히 도심60% 냉난방 공급목표(~2040)
5	노르웨이	Drammen Fjernvarme System	해수(Drammensfjord)	3,700RT	2001년	415개 건물 냉난방공급 (주택·학교·병원 등)
6	미국	Cornell Lake Source Cooling	호소수(카유키호)	20,000RT	2000년	대학건물 80개동 냉방공급 (부하100%)

7	캐나다	Toronto Deep Lake Water Cooling	호소수(온타리오호)	75,000RT	2004년	온실가스79천톤/년 감축, 냉각탑보충수 절감
8	일본	Tokyo Hakozaki District Heating & Cooling	하천수(스미다강)	4,800RT	1989년	업무빌딩 5개, 주택100개소 공급
9	일본	Momochi District Seawater Energy System	해수	9,500RT	1993년	연간55.8GWh 절감
10	일본	Osaka Amenity Park Water Source System	하천수(요도가와강)	3,000RT	1996년	오사카복합개발지구 냉난방공급
11	헝가리	Budapest South Gate Project	하천수(Danube강) + 지하수	5,600RT	2030년 (예정)	주거(아파트1,400세대), 상업·스포츠시설 공급
12	덴마크	Sønderborg Bidirectional Energy Network	재생e·수열·폐열 연계	-	2015년	도시열·전력100% 자립, 양방향 열네트워크 구축

* 출처: 저자 작성

Ⅲ. 4차 산업의 심장 ‘데이터센터’를 식혀주는 수열에너지

1. 데이터센터의 고밀도 대용량화 추세

인공지능(Artificial Intelligence, AI) 산업의 비약적인 성장으로 국내에서도 데이터센터(Internet Data Center, IDC) 급증과 함께 그래픽 처리 장치(Graphics Processing Unit, GPU)가 전력 수요량 증가의 주요 원인으로 주목받고 있다.

한국 IDC (International Data Corporation Korea Ltd.) 등의 조사자료에 따르면 2028년 국내 데이터센터 전력 수요량은 6.175 GW로 2025년 대비 1.4배가 증가할 것으로 전망되며, 이들 대부분이 수도권 입주를 희망하는 것으로 조사되었다.

정부는 수도권 집중 현상에 따른 송전선로 증설 문제 등 사회적 부담 완화를 위하여 2023년도에 데이터센터 수도권 집중 완화방안을 마련하고, 수열·냉열 연계가 가능하거나 이미 계통인프라가 구축된 지역으로 데이터센터의 지역 분산화를 유도하고 있다.

<표 2> 국내 데이터센터 운영현황 및 확대 전망

구 분		~2025년	2028년 전망	출처
운영기준	데이터센터 수	170~180개	220~250개	한국데이터센터연합회
	전력수요	4.46 GW	6.175 GW	한국 IDC
수도권 집중 비율		70%	80%	한국데이터센터연합회

* 출처: 저자 작성

기존 데이터센터는 운영 전력의 약 30%가 서버랙(Server Rack)의 냉각에 사용되는데, GPU 등 서버랙의 고밀도화로 냉각열 수요는 더욱 커질 전망이다.

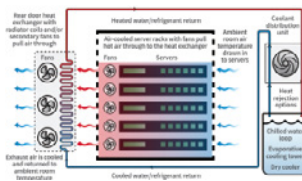
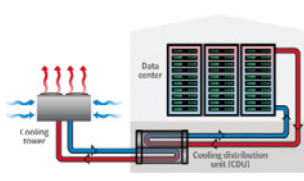
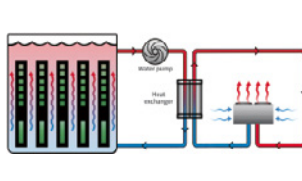
<표 3> 데이터센터 전력밀도에 따른 냉각방식 비교

구분	기존 데이터센터	AI 데이터센터
랙전력밀도	5~10 kW/rack	70~120 kW/rack
최대랙밀도	20~30 kW/rack	100~600 kW/rack
냉각방식	공랭식 위주	수냉·액침냉각
냉각부하비중	30% 내외	40~50% 이상
수열에너지적용성	보통	매우높음

* 출처: Uptime Institute Global Data Center Survey 2025

현재까지 데이터센터에 적용되는 액체냉각 기술 도입은 초기단계 수준이며, 후면도어 열교환 방식과 칩 집적냉각 외에 액침냉각 분야도 절연성능과 냉각능력이 우수한 냉각액에 대한 기술개발이 활발히 이루어지고 있다.

<표 4> 데이터센터 서버랙 용량에 따른 냉각방식 적용 가능성 비교

구분	공랭식	액체냉각(Liquid Cooling)		
		후면도어 열교환기 (Rear Door Heat Exchanger)	칩 직접냉각 (Direct-to-chip)	액침냉각 (Immersion Cooling)
개요	- 기존 대부분 DC 20kW이하 가능 (밀폐형 랙은 최대 30kW까지)	- 서버랙 후면냉각코일·팬 설치 - 서버랙20~80kW 처리가능 - 기존 공랭식DC 업그레이드에 주로 활용	- 칩 위에 냉각액 직접공급 - 대부분 GPU서버 적용가능 - 서버랙50~100kW 가능 - 신축DC에 주로 적용	- 비전도성액체에 서버 침전 - 서버랙50~250kW 처리가능 - 액체 : 특수냉각유 (ESS, 배터리도 적용가능)
장점	- 초기 투자비 소 - 유지보수용이	- 냉각효율 높음, 기존DC가능 - 공간 협소해도 적용가능	- 냉각효율 높음 - 공간 협소해도 적용가능	- 냉각효율 높음 - 공간 협소해도 적용가능
단점	- 냉각효율 낮음, - 넓은공간 필요	DTC, 액침냉각보다 효과소	- 초기 투자비 대 - 서버랙 등 누수관리 필요	- 특수장비 필요 - 유지보수 복잡하고,
구조도				

* 출처: <https://blog.skby.net/datacenter-liquid-cooling/>

2. 데이터센터 수열에너지 도입 사례

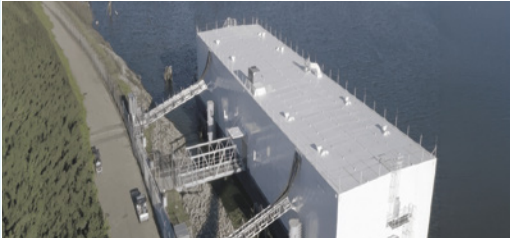
구글은 핀란드 하미나 데이터센터에서 차가운 바닷물을 활용해 연평균 전력 효율 지수(Power Usage Effectiveness, PUE) 1.1 미만을 달성하고 있다. 알리바바는 중국 천도호의 심층수를 활용해 데이터센터 냉각 비용의 80%를 절감하고 있는 것으로 기록되고 있다. 또한 싱가포르와 미국의 노틸러스에서는 해수열을

활용하고자 선박이나 플로팅 시설을 활용한 데이터센터도 설계 중이다. SK그룹에서는 울산에 100MW 규모의 데이터센터를 2029년까지 구축하고 향후 100GW 규모로 확장을 계획하고 있는데, 이때 서버열 냉각방식은 인근 해수를 활용한 수열에너지를 도입하기로 했다.

마이크로소프트에서는 해저형 데이터센터에 관한 연구(Project Natick)를 2015년부터 1차, 2차에 걸쳐 진행하였고, 해저 35.7m 지점에서 2년간 운영한 결과 데이터센터 설비 고장률이 지상 대비 1/8 수준으로 낮아진 것을 확인하였다.

데이터센터의 폐열을 지역난방에 활용하는 사례도 있다. 핀란드 마이크로소프트(MS) 데이터센터는 칩 표면의 액체 냉각(수랭)을 통해 서버의 열을 흡수한 뒤, 이를 대형 산업용 히트펌프를 거쳐 도시 지역난방 열배관으로 보내는 ‘폐열 재활용 수열(물) 에너지’ 방식을 사용한다.

<표 5> 국내외 데이터센터 수열 적용사례

1		2	
사례명	구글 핀란드 Hamina 데이터센터('11~)	사례명	미국노틸러스 선박형 데이터센터('20~)
사업내용	핀란드 연안 해수를 냉각수로 사용하여 세계최초 대규모 수열 데이터센터 공급 후, 폐열로 지역난방 80% 충당	사업내용	자체 특허기술인 TRUE* 냉각 시스템으로 강 속 냉수 를 활용하여 데이터센터 냉방 * Total Resource Usage Effectiveness
사업효과	연평균 PUE 1.1 미만 유지하여 최저 수준 달성 및 에너지 효율성 30% 이상	사업효과	연평균 PUE 1.15 유지 및 탄소배출량, 에너지 사용량 최대 30% 절감
3		4	
사례명	싱가포르 플로팅 데이터센터 파크(설계중)	사례명	미국 MS Project Natick (해저형DC)
사업내용	용지 부족문제 극복을 위해 해상데이터센터 설치 및 해수 를 활용한 냉방방식 도입	연구용	1단계('15,프로토타입) 2단계('18, 서버864대)
사업효과	에너지 소비량 최대 30% 절감 및 용지 부족 문제 해소로 물리적 제약 극복 예상	사업효과	고장률 지상대비 1/8 수준으로 낮음

5		6	
사례명	중국 알리바바 알리원(Aliyun) 데이터센터('22~)	사례명	울산SK AI 데이터센터(100MW, 29~) 국내 최초, 최대 하이퍼스케일 DC (향후 1GW구축)
사업내용	11층(연면적 3천m²), 서버 5만대 연평균 PUE 13 미만으로 달성하도록 설계 및 냉각비용 약 80% 절감	열원	해수저온수(LNG(-162도) 기화열)로 DC냉각 (기화된 NG로 SKMU 발전 후 DC 전력공급)
사업효과	천도호(인공호수) 수심 35m (13~17℃) 활용		

* 출처: 구글, 마이크로소프트, 싱가포르 keppel-floating-datacentre, Nautilus Data Technologies, SK

IV. 국내 수열에너지 도입 현황 및 확산계획

1. 국내 도입 현황

우리나라에 수열에너지가 최초로 도입된 해는 2006년이다. 건축물 냉난방에 한국수자원공사 주암댐 수력발전소의 발전방류수를 활용한 것이 첫 사례이다. 이후 청주정수장을 시작으로 한국수자원공사 전국 32개 정수장 관리동에 원수관로의 물을 이용하는 수열 냉난방 시스템을 도입하였다.

2014년에는 국내 대형 건축물 최초로 서울의 롯데월드타워에 수열 냉난방 시스템을 적용하였는데, 한국수자원공사의 수도권 광역 1단계 원수를 활용하여 10.55MW 규모의 수열에너지를 공급한 것이다. 이는 롯데월드타워 냉난방 부하의 10% 용량이며 매년 냉난방 에너지의 35.8%를 절감하는 효과를 거두고 있다.

2021년에는 기후에너지환경부 주도로 수열에너지 도입 시범사업을 시행하여, 한강홍수통제소와 한강물 환경연구소 건물의 냉난방에 수열을 적용하였다.

민간에서도 수도권을 중심으로 수열에너지를 도입하려는 움직임이 활발하다. 점차 강화되는 ‘공공건축물 신재생 설비 설치 의무화 제도’와 공공을 넘어 민간 건축물까지 확대되는 ‘제로에너지빌딩(Zero Energy Building, ZEB) 의무화 인증제도’에 대응하기 위해서다.

정부는 ZEB 인증 시 재생에너지 중에 수열도 인정 범위에 포함되도록 2022년에 기준을 개정하여 공공 및 민간 건축물의 탈탄소화를 촉진하고자 하였다. 또한 2024년부터 시행된 ‘분산에너지 활성화 특별법’에도 수열, 지열, 집단에너지 시설이 분산에너지원으로 인정받도록 하여 의무 설치 지역 내 수열 공급 확대 기반이

마련되었다. 또한 정부에서는 수열원의 법적 인정 범위를 기존 하천수(담용수, 관로원수 포함)와 해수 표층수뿐 아니라 하수, 유출지하수, 공업용수까지 확대하는 제도 개선을 추진 중이다.

2025년부터는 지방자치단체 최초로 서울시가 연면적 3만㎡ 이상의 비주거 신축건물에 재생열 공급을 의무화하는 제도를 시행하면서 현재 서울시의 민간 신축건물에도 수열 도입이 확대되고 있다. 그동안 정부의 재생에너지 정책은 태양광 등의 전기 쪽에 집중되어 있었다. 그러나 국가 탄소중립 실현을 위해서는 건축물 냉난방 에너지 탈탄소화가 필수적이며, 이를 위한 재생열 공급 확대가 중요한 과제이다.

기후에너지환경부와 한국수자원공사는 2022년부터 민간이나 지방자치단체를 대상으로 ‘수열에너지 보급 확대 시범사업’을 추진해 왔다. 국고를 약 50% 지원하여 수열관로 등 초기 투자 비용을 경감해주고 수열 도입을 촉진하여 국내 수열에너지를 빠르게 확산시키기 위한 정책이다.

지난해 12월에는 서울 삼성무역센터에서 수열에너지 보급 확대 시범사업 준공식과 함께 국가 수열에너지 확산 비전 선포식이 개최되었다. 이 선포식을 통해 2030년까지 국내 수열에너지의 1GW를 개발하는 목표를 설정하였는데, 이는 원자력발전 1기에 해당하는 용량이다. 지난 5월에는 국내 수열에너지 정책 선도를 위한 범국가 수열협의체도 출범하였다. 국내 수열 확산을 위한 정책 및 법제도 개선 과제 발굴과 국내 수열산업 활성화를 통한 생태계 조성을 목적으로 정부와 민간·연구계·지방자치단체가 상호 소통하고 협력하기 위해 모인 것이다.

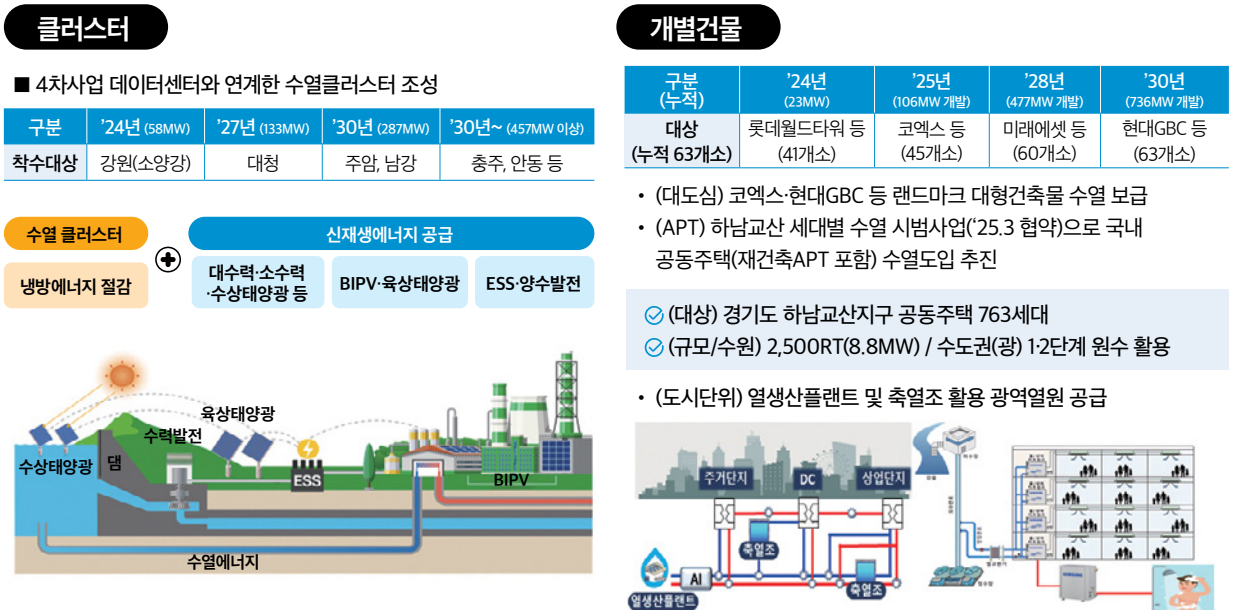
국산 히트펌프는 그동안 지열용으로 개발된 150RT 이하의 중소용량 히트펌프만 수열용으로 활용되었고, 150RT를 초과하는 대용량은 외산 히트펌프를 사용하여왔다. 그러나 대규모 냉난방 에너지를 공급할 수 있는 수열의 장점을 최대한 활용하고자 국가 주도로 연구개발을 추진하여 2023년경 수열 전용 대용량(500RT 급) 히트펌프 국산화 개발에 성공하였다. 이후 한국수자원공사 한강유역본부 사옥에 실증테스트로 성능을 검증하였고, 정부의 수열에너지 보급지원 사업의 일환으로 진행된 삼성무역센터 냉방 시스템에 적용하였다. 국산으로 개발된 대용량 히트펌프의 성능인증을 위한 한국산업표준(Korean Industrial Standards, KS) 인증 기준도 마련 중이다. 대용량 히트펌프 국산화와는 상대적으로 소용량의 아파트 세대별 전용 수열 히트펌프 개발도 국내 전문기업에서 진행되고 있다. 기류 냉방과 기류·바닥 난방이 하나의 설비에서 가능하도록 고려된 개념이다.

2. 국내 수열 확산계획

기후에너지환경부와 한국수자원공사는 국내 수열에너지 도입확산 방향을 크게 수열에너지 클러스터와 개별건축물 분야로 구분하고 있다. 먼저 AI 등의 데이터센터 급증에 따른 수도권 전력수요 집중완화와 지역 균형발전을 위해 댐 주변 도시개발의 일환으로 수열 기반의 재생에너지 클러스터 조성이 추진되고 있다.

첫 사례로 강원 수열에너지 융·복합 클러스터(58MW) 조성사업이 추진 중인데, 댐 저온수를 활용하여 데이터센터 집적단지에 냉각열을 공급하여 서버열을 식히고 난 폐열은 스마트팜에 활용하는 개념이다. 이 사업으로 소양강댐의 심층수 수열 활용에 따라 기존 공랭식 시스템 대비 냉방 전력량을 약 64% 이상 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

<그림 6> 국내 수열에너지 도입 방향



* 출처: 한국수자원공사

충청권에서도 대청댐 광역원수를 활용하여 청주시 일원에 데이터센터 수열 특화단지를 조성하는 사업으로 현재 타당성 조사가 진행 중이며, 충주댐 원수를 활용한 충주 수열클러스터 등 전국으로 사업을 확대해 나갈 예정이다.

개별 건축물은 롯데월드타워와 삼성무역센터를 모델로 한 대형 건축물 수열에너지 도입 사업으로, 서울의 현대차 글로벌비즈니스콤플렉스, 영동대로 복합환승센터, 잠실종합운동장 등 수도권 대형건축물을 중심으로 전국에 확산되고 있다. 또한 상업용 대형 건축물뿐 아니라 시민들의 생활공간인 아파트까지 수열에너지 도입이 시도되고 있는데, 하남교산 공공주택지구를 첫 사례로 하여 경기도 신도시와 서울시 등 기존아파트 재건축에 맞추어 수열에너지 도입을 확대해 나갈 계획이다.

V. 지속 가능한 재생열 확산을 위한 정책 제언

앞에서 언급한 것처럼 해외에서는 이미 오래전부터 수열에너지 등의 재생열과 폐열을 도시단위의 광역열원으로 활용하고 있다. 우리나라에서도 전기분야를 중심으로 재생에너지 확산 장려 정책을 시행하여 왔으나, 현재도 높은 초기투자비 등 경제성에 따른 시장 논리로는 국내 재생에너지 확산을 촉진하기 어려운 상황이다.

이에 따라 에너지 안보와 기후위기 대응의 두 마리 토끼를 잡는데 꼭 필요한 2050 탄소중립 실현을 위해서는 다음과 같은 정책적 노력이 병행되어야 가능할 것으로 판단된다.

첫째, 정부 차원에서 지자체까지 연계된 재생열에너지 도입 의무화(Renewable Heat Obligation) 및 인센티브(Renewable Heat Incentive, RHI) 제도 마련이 시급하다. 전력 중심의 재생에너지 정책에서 더 나아가 열에너지의 탈탄소화를 위한 단계적 의무 비율 확대와 국고지원 근거가 확보되어야 한다. 재생열의 대표 격인 수열에너지는 초기 투자비가 많이 들면서도 열 수요량이 클수록 에너지 절감 효과도 큰 장점을 살릴 수 있기 때문이다.

둘째, 수열에너지 법적 범위와 히트펌프 사용 여부에 대한 인정기준 확대가 필요하다. 현재 수열원으로 인정받는 하천수나 해수표층수 외에도 지하유출수, 공업용 정수 등의 다양한 물을 이용할 수 있도록 제도화하여야 한다. 또한 수열원 인정 범위 내에 있어도 히트펌프를 사용하여 생산되는 열만 재생에너지로 인정받고 있으나, 데이터센터 냉방 등에 효과적인 프리쿨링(물의 열 직접 활용) 방식도 재생에너지로 인정하여 기술 혁신을 장려해야 한다. 히트펌프 가동에 필요한 전력량을 줄일 수 있기 때문이다.

셋째, 수열 관로의 기반 시설화다. 도시 조성 단계에서 수열관로를 수도나 전기·가스와 같은 국가 기반 시설로 반영하여 도시 단위의 광역 수열 공급망을 건설하여 수요자의 초기 투자비 부담을 낮추고 유럽처럼 도시 단위의 수열을 공급하여야만 열에너지 탈탄소화 효과가 커지게 된다.

수열에너지는 에너지 위기 시대에 대응할 수 있는 가장 현실적이고 효율적인 도시형 재생에너지원이다. 한국수자원공사는 국가 수열에너지 보급 목표인 2030년 1GW 달성을 위해 수열클러스터의 성공적 조성과 기술 고도화에 전력을 다할 것이다. 물이 가진 무한한 잠재력이 대한민국의 녹색대전환을 가속화하고, 지속 가능한 미래를 만드는 든든한 초석이 될 것을 기대한다.

참고문헌

국내문헌

국가기후위기대응위원회(구 탄소중립녹색성장위원회), 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」 (2023)

산업통상부, 「EU 탄소국경조정제도(CBAM) 확정기간 실무 매뉴얼」 (2026)

한국경제인협회, 「美 청정경쟁법의 국내 파급효과 및 시사점」 (2024)

한국IDC, 「South Korea Datacenter Operations and Colocation Services Market Trends 2025」 (2025)

한국데이터센터연합회(KDCCA), 「2025 Korea Datacenter Market Report」 - 운영 데이터센터 현황 및 신규 구축 추세 (2025)

산업통상자원부, 「데이터센터 수도권 집중 완화 방안」 (2023)

한국수자원공사, 「수열에너지 사업의 현황 및 미래 전망」 대한설비공학회-설비저널 제49권 제11호 (2020)

해외문헌

Uptime Institute, 「Uptime Institute Global Data Center Survey 2025,

03





재생에너지를 활용한 지방 균형 발전 방안과 새만금에서의 재생에너지 활용 방안

오창환

전북대학교 지구환경과학과 명예교수

I. 전 세계적 기후위기와 2050 탄소중립

전 세계는 지금 인류 역사상 가장 빠른 속도의 기후변화를 경험하고 있다. 산업혁명 이후 화석연료 사용이 급격히 증가하면서 대기 중 이산화탄소와 메탄 농도가 크게 높아졌고, 이로 인해 지구 평균기온이 지속적으로 상승하고 있다. 이러한 현상은 단순한 날씨 변화가 아니라 지구 시스템 전체를 변화시키는 ‘기후위기’로 인식되고 있다.

지구 평균기온 상승은 다양한 형태의 이상기후를 초래하고 있다. 폭염은 매년 더 길고 강해지고 있으며, 유럽, 북미, 아시아 곳곳에서 기록적인 고온 현상이 반복되고 있다. 반대로 일부 지역에서는 극한 한파와 폭설도 증가하고 있는데, 이는 북극 온난화로 인한 대기 순환 변화와 관련이 있는 것으로 해석된다. 또한 대기 중 수증기 증가로 인해 집중호우와 초대형 태풍 발생 가능성도 커지고 있다. 즉 기후위기는 단순히 더워지는 것이 아니라 지구 순환을 변화시킴으로써 폭염, 한파, 홍수, 가뭄 등을 최소화해 주던 지구의 기능을 상실시켜 지구를 생명체가 살아가기 힘든 극한의 환경으로 변화시켜 가고 있다.

해수면 상승 역시 심각한 문제다. 지구 온난화로 빙하와 극지방 얼음이 녹고 해수가 팽창하면서 해수면이 상승하고 있다. 이로 인해 해안 도시와 섬 지역은 침수 위험이 커지고 있으며, 일부 저지대 국가는 생존 자체를 위협받고 있다. 특히 방글라데시, 태평양 도서국가, 동남아 해안 지역 등은 장기적으로 기후 난민 발생 가능성까지 제기되고 있다. 즉 해수 상승은 전 세계 해안 지역을 위협에 빠뜨리게 되고 삼면이 바다인 우리나라에도 치명적인 피해를 발생시킬 것이다.

기후위기는 식량과 물 문제에도 직접적인 영향을 미친다. 가뭄과 폭염은 농업 생산성을 낮추고 있으며, 일부 지역에서는 곡물 생산량 감소가 현실화되고 있다. 그리고 집중호우와 홍수는 농경지와 기반 시설을 파괴하고 있다. 해양 온난화는 어장 변화와 산호초 붕괴를 일으키고 있으며, 이는 수산업에도 큰 영향을 준다. 결국 기후위기는 단순한 환경 문제가 아니라 식량 위기 문제로 확대되고 있다.

생태계 변화도 빠르게 진행되고 있다. 많은 동식물이 기후변화 속도를 따라가지 못하면서 멸종 위기에 처하고 있으며, 산불과 가뭄으로 대규모 산림 파괴가 증가하고 있다. 특히 북극과 고산지대 생태계는 급격한 변화를 겪고 있다. 이러한 생태계의 변화와 함께 영구동토층이 녹으면서 대규모의 메탄이 대기로 방출되어 온난화가 인간의 행위뿐 아니라 자연적 현상에 의해 가속화되는 악순환으로 이어질 수 있다.

경제적 영향도 매우 크다. 기후재난으로 인한 피해 복구 비용이 급격히 증가하고 있으며, 보험 산업과 금융시장에도 영향을 주고 있다. 에너지, 농업, 관광, 수산업 등 기후에 민감한 산업은 구조적 변화를 겪고 있다. 즉 기후위기는 자연환경 뿐 아니라 국가 경제도 피폐하게 할 것이다. 특히 개발도상국은 기후위기에 대응할 재정과 기술이 부족해 피해가 더 크게 나타나는 경우가 많다. 따라서 기후위기는 국제적 불평등 문제도 심화시킬 것이다.

기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 보고서(2018)는 늦어도 2050년까지 지구 온도가 산업혁명 이전보다 1.5℃ 이상 상승할 것이며, 이를 막지 못하면 지구 온도가 5℃ 이상 증가하는 것을 막을 수 없게 된다고 경고하고 있다. 지구 온도가 1.5℃ 이상 상승하면, 인간이 방출한 탄소량보다 훨씬 많은 탄소를 보유한 극지방의 영구동토층에서 메탄이 대량 유출된다. 또한 바다 온도 상승과

산성화로 이산화탄소를 흡수하는 해양 식물성 플랑크톤이 대규모로 소멸하면서, 지구가 자체적으로 대기 중 온실가스를 증가시키는 과정이 가속화된다. 문제는 인간이 동토를 다시 냉동하거나 해양 온도를 낮출 능력을 갖고 있지 않다는 점이다. 결국 지구 온난화의 가속은 인류의 통제를 벗어나게 된다.

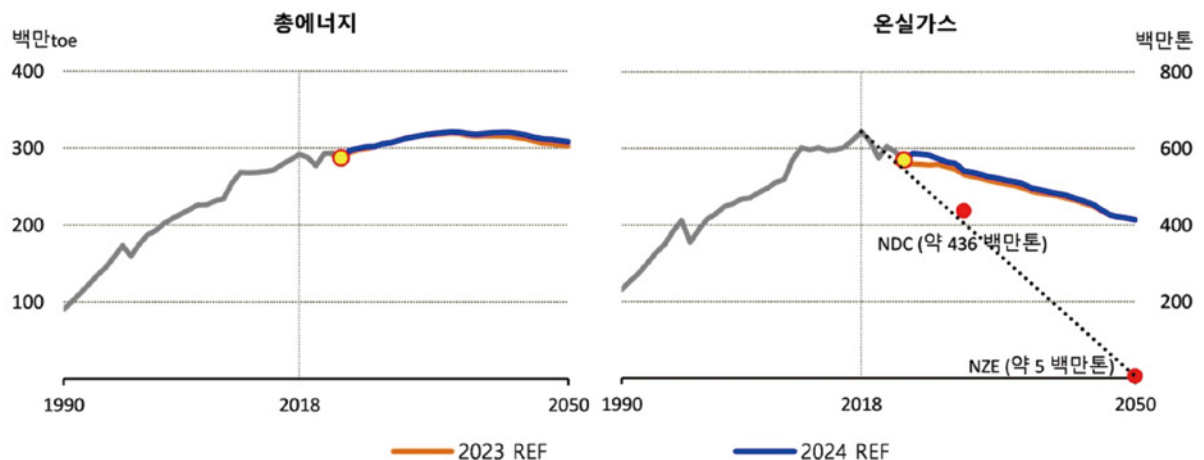
적지 않은 학자들이 지구 온도가 5℃ 이상 증가하면 인류를 포함한 지구 생명체의 삶은 치명적 피해를 받을 수밖에 없고, 심각한 경우에는 지구상에 여섯번째 대멸종이 일어날 수 있다고 경고하고 있다. 이러한 상황에서 2017년 IPCC는 지구 온도가 1.5℃ 이상으로 증가하는 시기가 2050년에서 2040년으로 당겨질 수 있다고 보고했다. 그리고 앞으로 더 당겨질 가능성도 배제할 수 없는 상황이다. 따라서 기후위기에 대한 대응이 매우 시급한 상황이다.

대한민국 역시 폭염, 집중호우, 산불, 가뭄 증가 등 기후위기의 영향을 직접 경험하고 있다. 특히 여름철 전력수요 증가와 농업 피해, 해수면 상승 문제는 앞으로 더욱 심각해질 가능성이 있다. 따라서 재생에너지 확대, 화석에너지의 재생에너지로의 전환, 에너지 효율 향상, 탄소 감축 산업육성은 단순한 환경 정책이 아니라 국가 생존 전략 차원의 과제가 되고 있다.

대한민국 정부도 문제점을 인식하고 2050 탄소중립 정책을 세웠다. 이 정책은 2050년까지 대기 내 탄소량 증가를 제로로 만들겠다는 계획이다. 하지만 이 계획은 <그림 1>에서와 같이 2030년까지의 중간 목표(Nationally Determined Contribution, NDC) 달성이 힘들 뿐 아니라 2050년까지 최종 목표(Net Zero Emissions, NZE)의 1/3정도 밖에 달성할 수 없는 상황이다. 왜냐하면 가장 핵심이 되는 재생에너지로의 전환이 많은 한계를 보여주고 있고, 반도체 사업, 데이터센터, 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 산업, 냉방 수요 증가 등으로 전력 소비가 급격히 증가하면서 더 많은 에너지가 필요해지고 있기 때문이다.

<그림 1> 총에너지와 온실가스 배출 연도별 변화 및 2050년까지의 전망

총에너지 수요와 에너지 부문 온실가스 배출 전망



* 출처 : 에너지경제연구원 (2025)

이러한 상황 속에서 세계 각국은 탄소국경세 등을 강화하고 있으며, 글로벌 기업들도 재생에너지 100% 사용(Renewable Energy 100, RE100), 환경·사회·지배구조(Environment, Social and Governance, ESG) 경영 등을 통해 재생에너지 사용 확대를 추진하고 이를 모든 협력업체에 요구하고 있다. 따라서 앞으로는 탄소 배출이 많은 기업과 제품은 국제 경쟁력을 잃을 것이다. 하지만 국내 전기 생산량의 10% 정도만이 재생에너지인 현실에 비추어보면 국내 기업들이 곧 재생에너지 부족으로 큰 어려움을 겪게 될 것으로 보인다. 결국 기후위기는 환경 문제에 국한되지 않고 경제·사회적으로 심각한 문제를 일으킬 것이다.

하지만 이러한 위기에도 불구하고 전기를 포함한 에너지 사용은 급격히 늘고 있다. 또한 기후위기 극복에 관심을 갖고 행동하는 사람들은 전체 인구의 30%를 넘지 못하며 대부분은 경제 발전과 부의 축적에 더 많은 관심을 갖고 있다. 그에 따라 다수의 국가가 기후위기 극복에 역행하는 정책을 수행하고 있어 기후위기 극복이 매우 어려운 상황이다.

이러한 상황을 극복할 방법이 바로 재생에너지 활용이다. 재생에너지는 기후위기 극복에 관심을 갖은 사람이나 경제적 이익을 원하는 사람에게 모두 도움이 되는 특성을 갖고 있다. 그리고 화석에너지에서 재생에너지로의 빠른 전환은 기후위기를 극복하는 가장 중요한 대책이다. 따라서 재생에너지를 중심으로 기후위기 극복과 경제 개발의 두 마리 토끼를 잡을 수 있는 대책 추진이 필요하다.

Ⅱ. 대한민국이 직면한 에너지 위기

대한민국 수도권은 세계적으로도 전력 소비가 매우 집중된 지역이다. 서울, 경기, 인천에는 인구와 산업, 데이터센터, 반도체 산업, 상업시설이 밀집되어 있어 국가 전체 전력 소비의 상당 부분을 차지한다. 그러나 수도권에는 대규모 발전소를 건설할 부지와 재생에너지 자원이 부족하기에, 필요한 전력 대부분을 지방에서 생산하여 송전선으로 공급받고 있다. 즉 수도권은 거대한 전력 소비지이지만, 실제 전력 생산은 충남, 호남, 강원, 경북 등 지방에 크게 의존하고 있는 것이다.

문제는 앞으로 수도권의 전력수요가 더욱 급격히 증가할 가능성이 높다는 점이다. AI 산업 확대와 데이터센터 증가, 전기차 보급, 냉방 수요 증가, 그리고 용인 반도체 클러스터와 같은 초대형 첨단 산업단지 조성이 동시에 진행되면서 수도권의 전력 부담은 계속 커지고 있다. 특히 반도체 공장과 AI 데이터센터는 24시간 안정적인 대규모 전력 공급이 필수적이기 때문에 기존 전력망에 매우 큰 부담을 준다.

더욱이 전력을 공급하는 상황이 점점 복잡해지고 있다. 탄소중립 정책에 따라 화력발전소가 단계적으로 폐쇄되고 있다. 앞으로는 태양광과 풍력 같은 재생에너지 비중이 증가할 수밖에 없는데, 재생에너지는 출력 변동성이 크기 때문에 안정적인 송전망과 계통 운영이 더욱 중요해지고 있다.

이 과정에서 가장 큰 문제가 바로 송전선 갈등이다. 지방에서 생산된 전력을 수도권으로 보내기 위해서는 초고압 송전선과 변전소가 지속적으로 확충되어야 한다. 그러나 송전선이 지나가는 지역 주민들은 경관 훼손, 환경 문제, 전자파 우려, 재산권 침해 등을 이유로 강력히 반대하고 있다. 실제로 일부 초고압 송전망 사업은

주민 갈등으로 장기간 지연되거나 사회적 갈등으로 확대되기도 했다.

즉 수도권은 막대한 전력을 소비하지만, 송전망 부담과 환경 부담은 지방이 떠안는 구조가 형성되는 것이다. 특히 재생에너지 확대 시대에는 이러한 문제가 더욱 커질 가능성이 있다. 대규모 태양광과 해상풍력이 주로 지방에 건설되기 때문에, 이를 수도권으로 보내기 위한 초고압 송전망 수요 역시 급증하게 된다. 하지만 송전선 건설이 지연될 경우 수도권은 심각한 전력 위기에 당면하게 될 가능성이 매우 높다.

최근 경기도 용인시에서 진행되고 있는 반도체 클러스터는 16GW라는 엄청난 전기를 필요로 한다. 수도권 자체적으로도 2040년까지 석탄발전소 40기 폐기와 AI 등의 사용에 의한 에너지 수요 급증에 의해 14GW 정도의 전력을 끌어와야 할 것으로 추정된다. 현재 수도권으로 10GW 정도의 전력이 송전선을 통해 공급되고 있는 것을 고려할 때 반도체 클러스터와 수도권에 필요한 30GW의 전력을 공급할 송전선 구축은 거의 불가능하며 구축된다고 하더라도 수십 년 이상이 걸릴 것으로 예상된다. 수도권의 전력 문제는 수년 이내에 심각해질 것이므로 현재와 같은 체제에서는 국가와 기업의 반도체 사업이 매우 위협해질 것이다.

기업들이 필요로 하는 에너지가 매우 빠른 속도로 증가할 것으로 예상된다. 그런데 이를 화석에너지로 충당할 경우, 기후위기가 악화되면서 장기적으로는 안정적인 에너지 확보 자체가 어려워질 수 있다. 더불어 유럽과 미국은 탄소국경세를 통해 화석에너지로 만든 제품에 높은 관세를 매길 것이며, 세계 굴지의 기업들 또한 RE100 기준을 강력하게 요구해 올 것이다. 한데 현재 국내 전력 생산에서 재생에너지는 10% 수준에 불과하다.

특히 수도권과 기업이 필요로 하는 막대한 재생에너지는 대부분 수도권 이외 지역에서 만들 수밖에 없는 구조다. 하지만 호남 경우 송전선 용량 부족으로 출력제한이 걸려 있고, 이로 인해 재생에너지 생산에도 어려움을 겪고 있다. 이는 전남 북부, 전북, 그리고 충남 남부에 대규모 전력 사용 기업들이 없기 때문에 발생한다. 즉 해당 지역에서 생산된 전력을 사용하지 못하기 때문에 송전선이 꽉 차서 출력제한이 발생하는 것이다. 이러한 출력제한이 지속되면 재생에너지 생산에 차질이 생기고, 결국 수도권과 기업이 직면한 에너지 문제를 해결하기 어려워진다.

이러한 문제를 해결할 방안은 기업의 지방 이전이다. 단순히 송전선을 늘리는 방식만으로는 수도권과 기업이 필요로 하는 전력을 해결하는 데 한계가 있다. 따라서 AI 데이터센터나 일부 첨단 산업을 재생에너지가 풍부한 지방으로 분산 배치하고, 지방에서 생산한 전력을 지방 산업과 연계하는 ‘분산형 에너지·산업 구조’가 중요해질 것이다.

Ⅲ. 종합적 해결 방안

앞으로의 산업 구조는 에너지 공급 능력이 경쟁력의 핵심 요소가 될 가능성이 크다. AI 데이터센터, 반도체, 이차전지, 수소 산업 등 막대한 전력을 요구하는 방향으로 변화하고 있기 때문이다. 지방은 수도권에 비해 넓은 부지와 풍부한 일조량, 해상풍력 자원 등을 갖췄기에 재생에너지 생산에 유리한 조건을 가진다. 이러한 점에서

태양광과 풍력 같은 재생에너지를 기반으로 한 햇빛·바람·계통소득마을과 영농형 태양광 에너지는 새로운 지방 균형 발전 모델로 주목받고 있다.

1. 햇빛소득마을과 영농형 태양광 활성화

지방의 재생에너지 자원을 활성화시킬 수 있는 방안 중 최근 많은 관심을 받는 것이 햇빛소득마을이다. 햇빛소득마을은 주민이 영농형 태양광과 주민 참여형 태양광 사업에 직접 참여하여 장기적인 발전 수익을 공유하는 구조이다. 대규모 화석연료 발전소는 특정 기업과 중앙 집중형 시스템 중심으로 운영되어 특정 기업과 운영체에 경제적 이익을 제공하지만, 태양광 에너지는 소규모 분산형 발전이 가능해 주민 참여형 모델 구축이 가능하다. 예를 들어 농촌 지역의 유휴부지나 농경지 상부를 활용한 영농형 태양광은 농업 생산과 전력 생산을 동시에 가능하게 한다.

무엇보다 태양광 에너지는 비교적 짧은 기간 안에 대규모 전력 공급이 가능하다. 특히 농지는 평탄한 지형과 넓은 부지 제공할 수 있어 대규모 영농형 태양광 조성에 매우 유리하다. 국내 농지의 반 정도에 영농형 태양광을 설치할 경우 2050 탄소중립을 달성할 수 있는 엄청난 재생에너지를 얻을 수 있다. 즉 영농형 태양광을 활용해서 농촌이 전력 생산과 에너지 산업의 중심지로 변화할 가능성이 있고 이를 이용하여 기후위기와 에너지위기를 해결할 수 있다.

하지만 햇빛소득마을을 추진하는 방식에는 구조적 문제점이 존재한다. 가장 큰 문제는 주민참여형이라는 이름과 달리 실제 사업 운영과 수익의 상당 부분을 외부 사업자와 금융기관이 가져가는 경우가 많다는 점이다. 특히 사업비의 80~85%를 용자에 의존하는 구조에서는 발전 수익보다 대출 상환 부담이 우선되기 쉽다. 재생에너지공급인증서(Renewable Energy Certificate, REC) 가격 하락이나 출력제한이 발생할 경우 수익성이 악화되며, 주민들은 기대했던 소득을 얻지 못할 가능성이 있다.

농촌 공동체 내부 갈등 역시 중요한 문제이다. 토지 소유 여부에 따라 수익 배분 차이가 발생하고, 일부 주민만 혜택을 받는다는 인식이 커지면서 마을 내 분열이 나타날 수 있다. 여기에 무분별한 태양광 개발은 우량농지 감소와 경관 훼손, 부동산 투기 등의 문제를 유발한다. 특히 대규모 자본 중심의 사업 확대는 장기적으로 지역 주민의 실질적 참여를 약화시키고, 농촌을 단순한 발전부지로 전락하게 할 가능성도 있다. 또한 햇빛소득마을이 전국적으로 확대되면 송전선 용량 부족이나 해당 지역의 전력 소비 산업체의 부족에 의해 생산된 전력을 판매하지 못할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 주민 대상 금융·계약 교육과 위험 설명을 강화하고, 지역 협동조합 중심의 운영체계를 구축하여 외부 자본 의존도를 줄여야 한다. 발전 수익 일부를 마을 기금, 청년 지원, 지역 복지 등에 활용하는 지역 환원형 구조도 중요하다. 결국 햇빛소득마을의 성공 여부는 태양광 설치량 자체가 아니라, 지역 주민이 얼마나 실질적인 소유권과 수익을 확보하고 지역 발전으로 연계하는가에 달려 있다. 이러한 해결 방안 추진에 전국적으로 뿌리내리고 있는 민관협의체인 지속가능발전협의회가 큰 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 송전망과 에너지저장장치(Energy Storage System, ESS) 구축을 함께 추진하고, 데이터센터나 RE100 산업단지와 같은 지역 내 전력 소비 산업을 육성함으로써 안정적인 전력수요 기반도 마련해야 한다.

영농형 태양광의 경우도 패널로 인해 햇빛이 줄어들면서 일부 작물의 생산성이 감소할 수 있으며, 설치비가 높고 대출 의존도가 큰 경우 수익성이 악화되면 농민의 금융 부담이 커질 위험이 있다. 또한 실제 농업보다 발전 사업 중심으로 운영되어 농지 훼손과 주민 갈등 문제가 나타날 가능성도 있다. 이를 해결하기 위해서는 농업 생산을 우선하는 운영 기준을 마련하고, 작물별 적정 차광 설계와 스마트농업 기술을 확대할 필요가 있다. 나아가 주민 협동조합 중심으로 운영하여 외부 자본 의존을 줄이고, 장기 전력계약과 ESS 구축 등을 통해 안정적인 수익 구조를 만드는 것이 중요하다. 결국 영농형 태양광은 단순 발전 사업이 아니라 농업과 에너지가 공존하는 지속 가능한 농촌 모델로 추진되어야 한다.

2. 바람소득마을

바람소득마을은 풍력발전 사업에서 발생하는 수익을 지역 주민과 공유하여 새로운 소득 기반을 만들고 지방 경제를 활성화하는 주민 참여형 재생에너지 정책이다. 대기업이나 발전회사를 중심으로 추진된 기존의 풍력발전 사업은 지역 주민들에게 불편을 초래했으나, 주민들이 체감하는 실제 경제적 혜택은 제한적이었다. 바람소득마을은 이러한 문제를 해결하기 위해 주민이 사업에 직접 참여하고 발전 수익을 공유하는 구조를 목표로 한다.

바람소득마을은 주로 육상풍력과 해상풍력을 기반으로 추진된다. 육상풍력은 산지나 해안 지역에 풍력터빈을 설치하는 방식이며, 해상풍력은 바다에 대규모 풍력단지를 조성하는 형태이다. 특히 서해안과 남해안은 풍향이 우수하여 전북, 전남, 제주 등을 중심으로 대규모 해상풍력 사업이 추진되고 있다. 해상풍력은 발전 규모가 크고 장기간 안정적인 전력 생산이 가능하기 때문에 향후 재생에너지 전환의 핵심 산업으로 평가받고 있다.

바람소득마을의 가장 큰 장점은 지역 주민에게 장기적이고 안정적인 수익원이 될 수 있다는 점이다. 주민들은 풍력발전 사업에 지분 형태로 참여하거나 토지 및 해역 사용에 대한 보상을 받을 수 있다. 발전 수익 일부는 마을 기금으로 조성되어 복지사업, 장학금, 주민 연금, 마을 기반 시설 개선 등에 활용될 수 있다.

또한 풍력발전은 대규모 산업과 연계 효과가 크다. 풍력터빈 제조, 유지관리, 해상 시공, 전력망 구축, ESS 운영 등 다양한 산업과 함께 성장할 수 있으며, 데이터센터나 RE100 산업단지와 연계하면 지방 산업 경쟁력을 높이는 효과도 기대할 수 있다. 새만금과 서남권 해상풍력 사업은 이러한 지방 산업 연계 가능성이 큰 사례로 평가된다.

그러나 바람소득마을에는 여러 문제점도 존재한다. 가장 큰 문제는 주민 수용성이다. 풍력터빈은 소음과 저주파, 경관 훼손 문제로 인해 주민 반대가 발생할 수 있으며, 해상풍력 경우 어업권을 침해하고 해양생태계에 영향을 미칠 수 있다. 주민과 충분한 협의 없이 사업이 추진될 경우 갈등이 심화될 가능성이 크다.

경제적 문제도 존재한다. 풍력발전은 초기 투자비가 매우 크기 때문에 대부분 대기업과 금융기관 중심으로 사업이 추진된다. 이 경우 주민참여형이라는 이름과 달리 실제 수익은 외부 자본에 집중되고 주민들은 제한적인 보상만 받는 구조가 될 위험이 있다. 또한 송전망 부족과 계통 접속 문제로 인해 발전한 전기를 충분히 판매하지 못하는 상황도 발생할 수 있다.

이를 해결하기 위해서는 주민 실질 참여를 강화하는 제도 개선이 중요하다. 주민 지분 참여 비율 확대와 마을 기금 조성을 의무화하고, 주민 협동조합 중심의 운영 구조를 확대할 필요가 있다. 또한 사업 초기 단계부터 주민 설명회와 협의 절차를 강화하여 갈등을 줄여야 하며, 해상풍력의 경우 어업 보상과 해양환경 보호 대책도 함께 마련되어야 한다.

아울러 풍력발전 단지와 함께 송전망, ESS, 데이터센터, RE100 산업단지 등을 연계 구축하여 지역 내 전력 소비 기반을 확대하는 것이 중요하다. 단순히 전기를 생산하는 것을 넘어 지방 산업과 일자리 창출로 연결될 때 바람소득마을의 효과가 커질 수 있다.

결국 바람소득마을은 단순한 풍력발전 사업이 아니라 지역 주민이 에너지 전환의 이익을 공유하고 지방 경제를 함께 성장시키는 지방 균형 발전 모델로 추진되어야 한다. 주민 참여와 수익 공유, 산업 연계가 함께 이루어질 때 지속 가능한 재생에너지 정책으로 자리 잡을 수 있을 것이다.

3. 계통소득마을

계통소득마을은 전력 계통시설이 설치되는 지역 주민에게 재생에너지 사업 혜택을 공유하여 주민 수용성을 높이고 송전망 구축 갈등을 줄이는 지역 상생 모델이다. 최근 태양광과 풍력 발전이 증가하고 있지만, 생산된 전기를 수도권과 산업단지로 보내기 위한 송전망 부족으로 출력제한과 계통 접속 지연 문제가 심화되고 있다. 특히 전북, 새만금, 전남과 같은 재생에너지 생산 지역에서는 초고압 송전선과 초고압직류송전(High Voltage Direct Current, HVDC) 구축이 필수적이다.

그러나 송전망 건설에는 막대한 비용이 필요하며, 송전탑과 변전소 설치에 대한 주민 반대도 매우 큰 문제로 나타나고 있다. 경관 훼손, 전자파 우려, 토지 가치 하락 등을 이유로 함께 주민에 대한 제한적인 경제적 혜택 때문에 갈등이 심화되고 있다. 이로 인해 송전망 건설이 지연되면 재생에너지 확대 자체가 어려워지고 사회적 비용도 증가하게 된다.

계통소득마을은 이러한 문제를 해결하기 위해 송전망 주변 주민들에게 발전 수익 일부를 공유하거나 마을기금, 전기요금 지원, 주민 참여 사업 등을 제공하는 구조이다. 하지만 단순한 일회성 보상만으로는 장기적인 주민 수용성을 확보하기 어렵기 때문에 보다 체계적인 해결 방안이 필요하다.

우선 주민 참여형 수익 공유 구조를 강화해야 한다. 단순 보상금 지급이 아니라 송전망 및 재생에너지 사업에 주민이 지분 형태로 참여하도록 하여 장기적으로 안정적인 배당 수익을 받을 수 있도록 해야 한다. 또한 발전 수익 일부를 마을기금으로 조성하여 장학금, 복지사업, 청년 지원, 농업 기반 시설 개선 등에 활용하면 지역 전체가 혜택을 공유할 수 있다. 이를 통해 특정 주민만 혜택을 받는다는 갈등을 줄이고 공동체 수용성을 높일 수 있다.

둘째, 주민 협의와 정보 공개를 강화해야 한다. 현재 송전망 사업은 주민들이 사업 내용을 충분히 이해하지 못한 상태에서 추진되는 경우가 많아 불신이 커질 수 있다. 따라서 사업 초기 단계부터 주민 설명회와 공청회를 확대하고, 송전선 위치 선정과 보상 기준, 전자파 영향 평가 등을 투명하게 공개할 필요가 있다. 주민 참여형 의사결정 구조를 도입하면 갈등을 사전에 줄일 수 있다.

셋째, 송전망과 함께 지역 산업을 육성하는 전략이 필요하다. 단순히 지방에서 생산한 전기를 수도권으로 보내는 구조만으로는 지방 경제 효과가 제한될 수 있다. 따라서 데이터센터, RE100 산업단지, 스마트팜, 수소 산업 등 대규모 전력 소비 산업을 재생에너지 생산 지방에 함께 유치하여 생산한 전기를 지방에서 소비하는 구조를 만들어야 한다. 이는 장거리 송전 부담을 줄이고 지방 일자리와 산업을 동시에 육성하는 효과가 있다.

넷째, ESS와 스마트그리드 구축을 확대해야 한다. 재생에너지는 발전량 변동성이 크기 때문에 출력제한 문제가 자주 발생할 수 있다. ESS를 구축하면 남은 전기를 저장하여 전력 수급 안정성을 높일 수 있으며, 스마트그리드는 지역별 전력 사용을 효율적으로 관리하여 계통 부담을 줄일 수 있다. 특히 재생에너지 비중이 높은 전북·새만금 지역에서는 이러한 기술이 매우 중요하다.

다섯째, 초고압 송전망과 HVDC 구축을 장기 국가 전략으로 추진해야 한다. 현재 재생에너지 확대 속도에 비해 송전망 구축 속도가 매우 느린 상황이다. HVDC는 기존 교류 송전보다 장거리 대용량 송전에 유리하며 송전 손실도 줄일 수 있다. 따라서 서해안과 수도권을 연결하는 대규모 HVDC 구축이 향후 재생에너지 확대의 핵심 과제가 될 가능성이 크다.

마지막으로 지방 기업과 주민 협동조합 참여를 확대해야 한다. 송전망과 재생에너지 사업을 대기업 중심으로만 추진할 경우 지방 경제 파급효과가 제한될 수 있다. 유지관리, ESS 운영, 전력중개, 스마트그리드 관리 등 다양한 분야에 지방 기업이 참여하도록 지원하면 장기적인 지방 산업 생태계 형성에도 도움이 될 수 있다.

결국 계통연계마을은 단순 송전선 보상 정책이 아니라 재생에너지 확대와 지방 균형발전을 동시에 추진하기 위한 주민 참여형 에너지 전환 모델이다. 주민 수익 공유, 송전망 구축, 지방 산업육성, ESS와 HVDC 확대가 함께 이루어질 때 지속 가능한 재생에너지 체계와 지방 상생 구조를 만들 수 있을 것이다.

IV. 재생에너지를 활용한 새만금, 전북, 수도권, 기업의 공존과 기후위기 대응

새만금은 대한민국에서 가장 큰 재생에너지 잠재력을 가진 지역 가운데 하나이다. 광활한 부지와 우수한 일사량, 서해안의 풍부한 풍력 자원, 대규모 산업 용지와 항만, 그리고 향후 초고압 송전망 구축 가능성까지 갖추고 있어 장기적으로는 대한민국 에너지 산업의 핵심 거점으로 성장할 가능성이 매우 높다. 특히 RE100 산업과 AI 데이터센터, 이차전지, 반도체, 그린수소 산업은 막대한 재생에너지 전력을 요구하기 때문에 새만금의 전략적 가치는 앞으로 더욱 커질 가능성이 있다.

그러나 현재 새만금은 매우 심각한 구조적 모순을 안고 있다. 장기적으로는 막대한 재생에너지 잠재력을 가지고 있지만 실제로 향후 5년 이내 기업과 산업단지에 안정적으로 공급할 수 있는 재생에너지는 부족한 상황이기 때문이다. 이는 단순한 발전량 부족 문제가 아니라 사업 지연과 계통 부족, 주민 수용성 문제, 인허가 문제 등이 복합적으로 얹혀 있다.

현재 새만금과 전북 지역에서는 해상풍력과 대규모 태양광 사업이 추진되고 있지만 상당수 사업은 실제 사업 운전까지 장기간이 소요될 가능성이 크다. 특히 해상풍력은 주민 수용성과 환경영향평가, 계통연계 문제로 인해 사업 기간이 예상보다 길어지는 경우가 많다. 결과적으로 기업들은 장기적 재생에너지 잠재력은 인정하면서도 실제로 당장 사용할 수 있는 전력이 부족하다는 점을 우려하고 있다. 이는 RE100 기반 산업과 AI 데이터센터 유치 경쟁에서 새만금의 큰 약점으로 작용할 가능성이 있다.

더욱 심각한 문제는 전북 지역에서 이미 재생에너지 출력제한 문제가 발생하고 있다는 점이다. 전력 생산능력은 빠르게 증가하고 있지만 수도권으로 전력을 보낼 송전망과 계통 인프라가 부족하여 발전량을 강제로 줄이는 상황이 반복되고 있다. 결국 발전사업자는 수익성이 악화되고 주민들은 재생에너지 정책에 대한 신뢰를 잃게 된다. 송전선로와 변전소 건설은 주민 갈등과 사회적 반발 또한 문제 해결에 큰 어려움이 되고 있다.

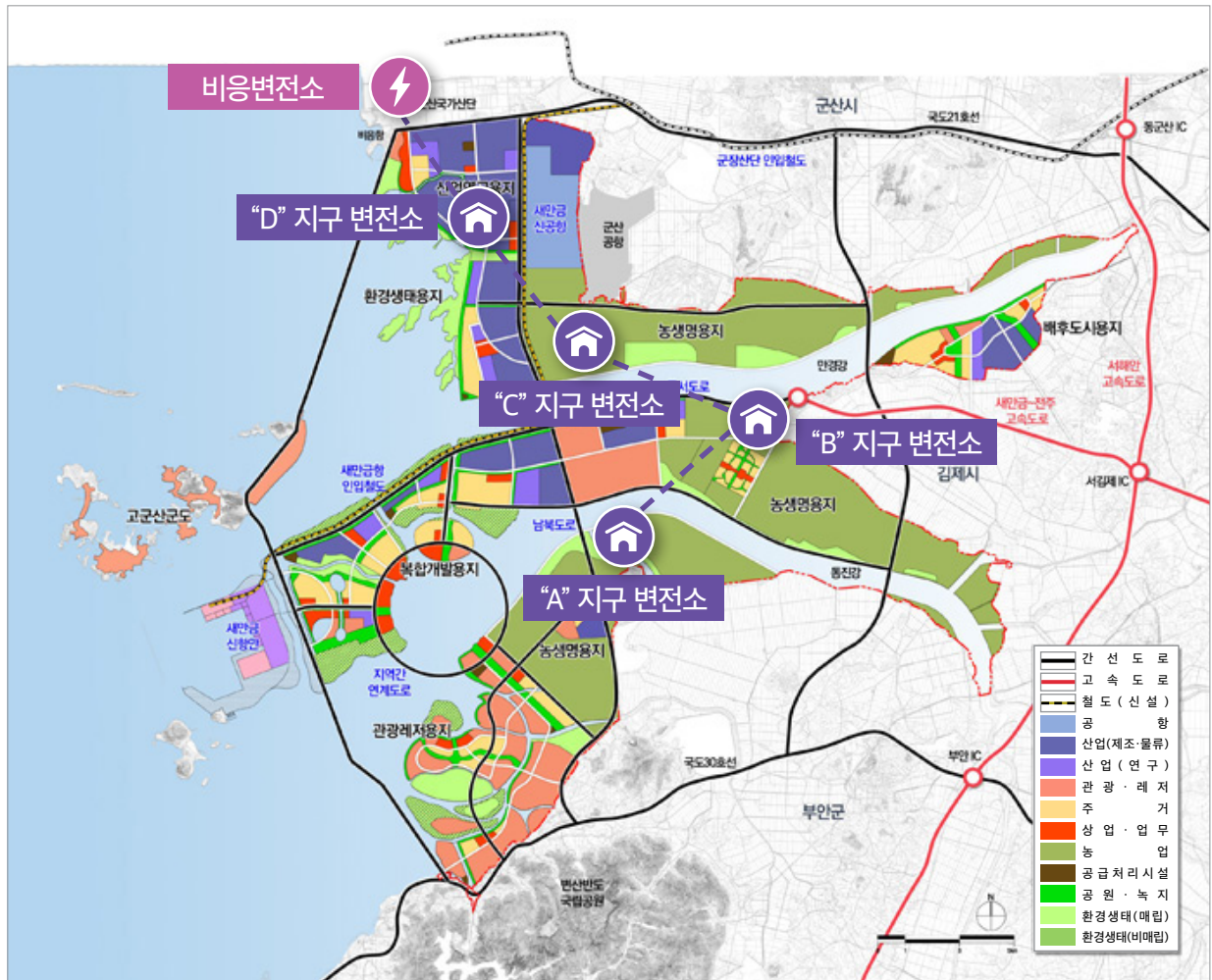
이와 함께 대기업 중심의 재생에너지 개발 구조에 대한 우려도 커지고 있다. 대규모 자본과 전력수요를 가진 대기업이 재생에너지 사업을 주도하면, 지방은 발전시설과 송전망 부담만 감당하고 실제 수익과 산업적 이익은 외부로 유출된다. 지방 주민들은 토지 제공과 환경 부담, 송전선 갈등을 감수하지만, 실제 전력 사용과 산업 이익은 기업 본사와 수도권 산업 생태계로 집중될 가능성이 있다.

최근 RE100 산업 경쟁이 심화되면서 재생에너지가 대기업 전력 확보 수단으로만 활용될 가능성도 제기되고 있다. 이러한 구조가 고착화될 경우 새만금은 ‘대한민국 최대 재생에너지 생산지’가 되더라도 지방 경제에는 제한적 효과만 남는 ‘에너지 식민지’로 전락할 위험성도 존재한다. 이는 과거 지방이 발전소와 산업단지, 송전망 부담은 감당했지만 실제 부가가치와 인구, 금융, 연구개발 기능은 수도권에 집중되었던 문제가 반복될 가능성을 의미한다.

따라서 새만금 재생에너지 정책은 단순한 발전설비 확대가 아니라 주민 참여와 지방 산업 육성, 계통 수익 공유를 중심으로 재설계될 필요가 있다. 그 핵심이 바로 햇빛·바람·계통소득마을 모델이다. 모델의 출발점으로 새만금 농생명 용지의 활용이 중요하며, 이를 바탕으로 농촌을 포함한 전북 전체로 재생에너지를 확산하여야 한다. 이는 전북의 발전만이 아니라 국가적으로도 매우 중요하다.

이러한 비전을 현실화하기 위한 새만금의 가장 시급한 과제는 5년 이내에 공급 가능한 재생에너지 전력을 확보하는 것이다. 이를 위해서는 새만금 농생명 용지를 활용한 대규모 영농형 태양광 단지를 조기에 구축하고 계통 인프라 확충과 산업 유치를 동시에 추진해야 한다. 이를 바탕으로 주민 참여형 햇빛·바람·계통소득마을을 확대하며 동시에 재생에너지 개발이 대기업 중심의 외부 자본 구조로 고착화되지 않도록 주민 참여와 지방 산업 육성, 수익 공유 구조를 제도적으로 강화해야 한다. 이러한 전략이 성공한다면 새만금은 단순한 재생에너지 생산지를 넘어 대한민국 에너지 수도이자 AI·RE100 산업의 핵심 거점, 그리고 주민이 에너지 산업의 주체가 되는 새로운 지방 균형 발전 모델로 성장할 가능성이 매우 크다.

<그림 2> 새만금 농생명용지 전력 계통 개념도



* 출처 : 새만금개발청 (2022) 그림 저자 수정

앞에서 언급되었듯이 전북의 재생에너지 잠재력은 매우 크지만, 5년 이내에 대규모 재생에너지를 공급할 수 있는 수단은 제한적이다. 풍력은 최소 10년 이상이 필요하고, 1.2GW 규모의 수상태양광 역시 5년 이내 구축이 쉽지 않다. 새만금과 같이 파고가 1.5m 이상이 되는 지역에 대규모 수상태양광 설치하는 사업은 전 세계적으로 거의 최초의 사업이어서 여러 기술적인 어려움을 극복해야 하기 때문이다.

반면 새만금 농생명용지는 아직 염기 제거 문제 등으로 조사료 경작 외에 뚜렷한 활용 대안이 없으며 아직도 대부분의 토지가 농어촌공사가 소유·관리하고 있다. 그러나 이 점은 역설적으로 대규모 영농형 태양광을 신속하게 조성할 수 있는 장점이 된다. 대부분의 토지를 농어촌공사가 관리하고 있어 민원이 거의 없고, 3년 내 1GW, 5년 내 3GW 규모의 태양광 단지 조성이 가능하다.

<표 1> 새만금 15GW 산업단지 조성에 의한 국가적 효과

구분	내용	정량효과
전력수요	산업단지 전력 소비	15GW(연 92TWh)
송전선감소	수도권 송전선 신설 감축	7~8개 루트
	송전선 길이 환산	900~1,300km
송전망 비용 절감	345kv 건설비 절감	30~60조 원
제주-호남계통	HVDC 여유 확보	0.5~1.0GW
	재생에너지 출력제한 흡수	연 2~4TWh
계통안정성	수도권 병목·과부하 완화	대정전 리스크 감소
에너지 수입대체	LNG 수입 감소	연 10~15조 원
사회적 비용	송전 갈등·보상 회피	수조 원
발전소 환산	송전 부담 제거 효과	원전 약 10기
정책 효과	전력·산업·균형발전	동시 달성

* 출처: 저자 작성

만약 수상태양광을 성공적으로 수행한다면 5년 이내에 약 4.2GW의 재생에너지 공급이 가능하며, 기존에 개발된 육상태양광 등을 포함하면 5년 이내에 총 5GW 재생에너지 공급이 가능하다. 여기에 기존 전력망을 보강하여 5년 이내에 새만금 산단에 영광 한빛 원전으로부터 2GW이상의 기저전력을, 그리고 충남 화력발전소로부터 1GW 정도의 기저전력을 공급받게 되면 최소 5GW 규모 이상의 산업단지 조성이 현실화된다. 장기적으로는 에너지 저장 기술과 추가 재생에너지 확충을 통해 15~30GW 규모 이상의 산업단지로의 확장도 가능할 것이다.

5GW 이상의 새만금 산단이 조성되면 전북에서 많은 전기가 사용됨으로써 자연스럽게 전북의 출력제한은 물론 호남의 출력제한 문제가 해결되게 될 것이다. 그리고 수도권의 전력 소비 기업 집중을 완화해 수도권의 전력 위기를 완화시키며 국가의 송전선 구축 비용 및 송전선 관련 갈등을 대폭 줄일 수 있게 될 것이다.

만약 용인 반도체의 일부가 새만금으로 온다면 송전선 구축 부담 완화로 인해 국가와 기업의 반도체 사업이 안전해질 것이다. 향후 새만금 산단이 15GW 정도의 규모로 확대되면 많은 기업이 유치되고 엄청난 재생에너지가 만들어질 것이다. 이러한 풍부한 재생에너지를 바탕으로 재생에너지의 수소 저장을 활성화될 것이다. 수소 저장은 재생에너지의 수개월 저장을 가능하게 함으로써 원전 없이도 재생에너지로도 기저 전력을 제공할 수 있게 할 것이다. 이를 통해 20년 이내에 새만금 산단의 재생에너지로의 완전한 전환이 가능해 질 것이며 향후 전국적인 재생에너지로의 전환에 기저전력을 제공할 수 있는 허브가 새만금에 만들어질 것으로 예상된다. 15GW 재생에너지 산업단지가 새만금에 조성될 경우 국가적으로도 많은 이익이 <표 1>과 같이 발생한다. 송전선 관련 비용이 30~60조가 감축되고 송전 갈등 보상비용이 수조 원 감축될 것으로, 에너지 대체 효과가 10~15조에 달할 것으로 예상된다. 그리고 수도권의 대정전 리스크와 제주-호남 출력제한이 해결된다.

새만금 농생명용지에 설치되는 대규모 영농태양광은 단순한 에너지 공급을 넘어 농생명용지 활용을 극대화한다. 농생명용지의 3GW 영농형 태양광을 설치할 경우, 현재와 같이 조사료 재배만 했을 때 연 160억 원에 불과하던 수익이 연 8,400억 원 이상으로 증가한다. 전북도와 모든 시군 그리고 농어촌공사와 농식품부가 채권을 발행하여 농생명 용지 대규모 영농태양광 단지의 51%의 지분을 확보하여 수익의 절반 이상을 1) 새만금 RE100 단지 조성, 2) 송전탑 조성 및 계통마을 조성, 3) 전북 농촌 전반의 햇빛마을과 영농형 태양광 확대를 통한 농촌 문제 해결과 4) 새만금 사업으로 심각한 피해를 본 전북 수산업 활성화에 재투자해야 한다. 그리고 49%는 새만금 주변 지역 주민과 농민을 포함한 전북도민과 기업이 참여하여 그 이익을 배분받을 수 있게 해야 할 것이다.

이는 지난 35년간 새만금 사업으로 18조에 달하는 수산업 피해와 순천만과 비교해 보았을 때 20조에 가까울 수 있는 막대한 관광업 피해를 입었을 것으로 추산되는 새만금 주변의 어민과 지역 주민을 중심으로 한 전북도민에 대한 실질적이고 지속 가능한 보상 방식이기도 하다. 새만금 농생명용지를 활용한 대규모 영농형태양광 사업을 기반으로 영농태양광이 전국적으로 확대되어 전국 농토의 50%에 영농형 태양광 설치 시 전국의 농촌 문제가 해결되는 물론 700TWh의 전력을 확보함으로써 현재 불가능해 보이는 탄소중립 2050 목표 달성이 가능해질 수 있다.

결론적으로 새만금 농생명용지의 대규모 영농형 태양광 단지의 성공적 수행은 1) 새만금을 중심으로 한 전북의 발전, 2) ‘햇빛·바람·계통소득마을’ 활성화를 통한 지방 균형발전, 3) 국가의 에너지 체계 개선과 재생에너지 확대, 4) 수도권과 기업의 에너지 위기 극복, 그리고 5) 2050 탄소중립 달성을 통한 기후위기 극복의 초석을 마련할 것이다. 새만금의 예시와 같이 재생에너지를 매개체로 하여 지방 균형발전, 수도권과 기업의 에너지 위기 완화, 기후위기 극복을 서로 연계되어 추진하는 정책이 전 국가적으로 수행될 필요가 있다. 최근 정부의 정책 방향이 그러한 필요성에 맞게 추진되고 있는 것은 매우 다행스러운 일이다. 하지만 재생에너지를 활용하여 지방 균형 발전을 달성하는 데에는 여러 문제가 있고 이 문제들을 해결하기 위해서는 국민이 정부 정책에만 의지하지 않고 주인의식을 갖고 적극적으로 참여하는 것이 필요하다.

참고문헌

국내문헌

새만금개발청. (2021). 새만금 기본계획.

에너지경제연구원. 2025. KEEI 2024 장기 에너지 전망. 울산: 에너지경제연구원.

해외문헌

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. Geneva, Switzerland: IPCC.

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality



기후에너지환경부
온실가스종합정보센터