
태양광 및 풍력 설비의 공급망 현황을 통해 본 국가 에너지 안보에 대한 고찰

노경완¹⁾

초록

급변하는 글로벌 에너지 패권주의 속에서 우리나라 재생에너지 공급망이 직면한 취약성을 진단하고, 이를 국가 에너지 안보 차원에서 극복하기 위한 전략적 방향을 고찰하였다. 우리나라는 GDP 성장과 에너지 소비가 동조화된 에너지 다소비 국가임에도 에너지의 90% 이상을 해외에 의존하고 있어 에너지 안보 구조가 매우 취약하다. 최근 탄소중립 이행을 위해 재생에너지 보급이 급격히 확대되고 있으나, 역설적으로 저렴한 중국산 부품과 소재가 국내 시장을 잠식하며 자국 공급망에 적신호가 켜진 상황이다.

공급망 분석 결과, 태양광 웨이퍼의 중국 수입 비중은 99.1%에 달하며, 풍력 발전의 핵심인 나셀(터빈) 역시 단일국 수입 비중이 99%를 초과하는 등 특정 국가에 대한 의존도가 심각한 수준이다. 이러한 의존은 지정학적 위기나 자원의 무기화 상황에서 국가 에너지 시스템의 마비를 초래할 수 있는 중대한 위협이다.

본고는 이를 해결하기 위한 다섯 가지 핵심 전략을 제안한다. 첫째, 2·3차 협력사까지 파악하는 딥티어(Deep-tier) 분석 기반의 공급망 모니터링 플랫폼을 구축하여 가시성을 확보해야 한다. 둘째, 중장기 보급 목표의 일관성 있는 이행과 세제·금융 지원 확대를 통해 국내 제조 생태계의 회복을 유도해야 한다. 셋째, IPEF 등 국제 협력을 통한 수입선 다변화와 프렌드쇼어링 등을 적극 추진해야 한다. 넷째, 태양광은 차세대 기술 적용을 통한 공급망 게임 체인저 전략을 실행해야 한다. 마지막으로 풍력은 설비의 양산 플랫폼 체계 구축

1) 한국에너지공단 에너지협력팀장

전략을 적극 고려해야 한다. 결론적으로 재생에너지 설비를 국가 전략 자산으로 간주하고, 「국가자원안보 특별법」과 연계한 체계적인 관리 체계를 수립함으로써 지속 가능한 에너지 안보를 확립해야 한다.

주제어: 재생에너지, 태양광, 풍력, 에너지 안보, 공급망 취약성

1. 서론

우리나라는 에너지의 90% 이상을 해외에 의존하면서도, 경제 성장과 에너지 소비가 동조화(Coupling)된 전형적인 에너지 다소비 국가이다. OECD 주요국들이 산업 구조 전환을 통해 경제 성장과 에너지 소비의 탈동조화(Decoupling)를 실현하고 있는 것과 달리, 우리나라는 여전히 높은 에너지 의존도와 수입 편중으로 인해 지정학적 에너지 안보 위기에 노출되어 있다. 이러한 구조적 취약성에서 벗어나기 전까지 에너지 안보는 국가적 당면 과제로 지속될 전망이다.

정부는 1987년 「대체에너지개발촉진법(현재 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법)」 제정을 시작으로 태양광, 풍력 등 재생에너지 보급을 꾸준히 확대해 왔다. 특히 유엔기후변화협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에 따른 글로벌 기후대응 기조 속에서 재생에너지가 핵심 감축 수단으로 부상함에 따라, 발전차액지원제도(Feed-In Tariff, FIT)와 신재생에너지의무할당제도(Renewable Portfolio Standard, RPS) 도입을 거치며 보급 속도는 비약적으로 가속화되었다.

그 결과, 2025년 6월 기준 국내 재생에너지 보급량은 35GW, 발전량 비중은 전체의 10.4%(29,891GWh)에 도달했다. 그러나 OECD 평균인 35%와 비교하면 여전히 미흡한 수준이다. 다행히 최근 확정된 '2035년 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)'는 2018년 대비 53~61% 감축을 명시하며 전력 부문의 재생에너지 비중 확대를 강력히 요구하고 있다. 이에 따라 설비 용량은 2030년 100GW, 2035년 160GW까지 확대될 예정이며, 이는 2050년 탄소중립 이행은 물론 국가 에너지 안보 체계 확립에 중대한 분기점이 될 것이다.

국제 사회 또한 재생에너지 보급을 기후 정책을 넘어 안보 전략으로 격상시키고 있다. 유럽은 러시아-우크라이나 전쟁 이후 화석 연료의 무기화에 대응하여

'REPowerEU'를 발표, 에너지 자립을 위한 친환경 전환에 속도를 내고 있다.

아이러니하게도 이러한 재생에너지의 확산은 또 다른 형태의 안보 위협을 낳고 있다. 저가 중국산 부품과 소재가 글로벌 시장을 잠식하며 자국 공급망이 붕괴될 위기에 처했기 때문이다. 현재 태양광 공급망의 핵심인 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼, 셀 등은 중국 기업의 수직계열화에 전적으로 의존하는 실정이다. 풍력 분야 역시 기어박스, 컨버터 등 핵심 부품과 영구자석에 필수적인 희토류 시장에서 중국의 지배력이 위협적인 수준에 도달했다.

국내 상황도 이와 유사하다. 태양광 웨이퍼의 중국 수입 비중은 99%를 상회하며, 풍력 또한 유럽으로 공급망이 다변화되어 있으나 핵심 부품 집약체인 나셀(터빈)의 특정국 수입 의존도가 99%를 초과하는 등 취약성이 심각하다.

이에 본고는 국내외 태양광·풍력 설비의 공급망 현황과 주요국 정책 변화를 고찰하고, 우리나라의 공급망 취약점을 극복하기 위한 전략적 방향성을 제시하고자 한다.

2. 국내외 재생에너지 설비 공급망 현황

지난 20년간 기후변화 대응을 위한 각국의 규제 환경은 중국을 중심으로 한 태양광 및 풍력 설비의 글로벌 공급망 형성에 결정적인 영향을 미쳤다. 단순히 재생에너지 보급 목표를 제시하는 것만으로는 민간 투자를 유도하는데 한계가 있었기에, 각국 정부는 보급 확대를 위해 FIT, RPS, 경매제도 등 다양한 수요 견인(Demand-pull) 정책을 도입하였다. 이러한 정책 기조는 설비 용량의 급격한 증가를 이끈 동력이 되었으나, 역설적으로 중국이 글로벌 공급망의 주도권을 장악하는 발판이 되기도 하였다.

현재 시장을 지배하는 중국의 대형 태양광 기업들은 정부의 전폭적인 지원 아래 원가 절감을 극대화할 수 있는 수직계열화 구조를 완성하였다. 특히 신장 및 내몽골 지역의 태양광 기업들은 저렴한 석탄 화력발전 전력을 활용해 압도적인 가격 경쟁력을 확보하고 있다. 풍력 산업 또한 자국 내수 시장의 폭발적 성장과 글로벌 선도 기업에 대한 핵심 부품 납품 실적을 바탕으로 시장 점유율을 빠르게 확장하는 추세이다.

이와 더불어 중국 정부는 보조금 지급, 법인세 감면, 저리 대출 등 강력한 세제·금융 지원을 통해 자국 기업들을 뒷받침하고 있다. 이러한 비시장적 지원은 글로벌 시장 가격의 왜곡을 초래하였으며, 타국 경쟁 기업들을 고사시키는 방식으로 글로벌 공급망 내 지배력을 공고히 하고 있다.

1) 국내외 태양광 설비 공급망 현황

전 세계 태양광 공급망은 대부분 폴리실리콘 계열을 중심으로 형성되어 있다.²⁾

2023년 기준 글로벌 태양광 모듈 출하량의 90% 이상을 중국이 차지하고 있다. 중국은 이미 2021년에 전 세계 웨이퍼 생산 능력의 97%를 점유했으며, 폴리실리콘과 셀은 80%, 모듈은 70%의 점유율을 기록했다. 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)에 따르면 2025년부터 2030년까지 모듈 230GW, 셀 190GW, 웨이퍼 80GW의 신규 제조 설비가 확충될 것으로 예상되며, 중국은 2030년에도 글로벌 태양광 공급망에서 75~95%의 점유율을 유지하며 압도적인 지배력을 행사할 것으로 전망된다.

2000년대 초반 태양광 제조의 중심지가 유럽과 미국이었다면, 현재는 그 주도권이 중국으로 완전히 이전되어 글로벌 공급망이 중국에 편중된 상태이다. 유럽과 미국이 온실가스 감축을 위해 도입한 다양한 지원제도(FIT, RPS, 경매제도 등)는 자국의 재생에너지 시장을 빠르게 성장시켰으나, 결과적으로는 가격 경쟁력을 앞세운 중국 기업들이 시장을 장악하는 결과를 초래했다. 더욱 우려되는 점은 중국발 공급 과잉으로 태양광 소재 및 부품 시장의 수익성이 악화되면서, 타국 기업들의 시장 퇴출이 가속화되고 중국 중심의 공급망 독점 체계가 더욱 공고해지고 있다는 사실이다.

우리나라도 상황은 유사하다. <표 1>은 관세청의 HS코드 기반 수출입 데이터를 활용하여 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼, 셀, 모듈 등 주요 품목의 2023년 공급망 취약성을 분석한 결과이다.³⁾

<표 1> 2023년 국내 태양광 설비 소재·부품의 공급망 취약성 분석 현황⁴⁾

단위: 무차원

태양광 설비 소재·부품 (임계치)	HS코드	TSI (0.0 미만)	HHI (0.4 초과)	SCD (0.5 초과)
폴리실리콘(Polysilicon)	2804.61-1090	0.772	0.328	0.398
잉곳(Ingot)	2804.61-1010	-0.608	0.784	0.882
웨이퍼(Wafer)	3818.00-2010	-0.979	0.982	0.991
셀(Solar Cell)	8541.42-0000	-0.112	0.949	0.974
모듈(Solar Module)	8541.43-0000	0.467	0.942	0.970

* 자료 : 노경완·박병인·김경엽(2024)

2) 폴리실리콘 기반 태양광 시스템은 폴리실리콘(polysilicon), 잉곳(ingot), 웨이퍼(wafer), 셀(solar cell)과 모듈(solar module)이라는 가치 사슬(value chain) 형태로 공급망 시장이 형성된다.

3) 우리나라는 아직 주요 선진국과 달리 공급망 분석에 필요한 관련 데이터를 관세청의 HS코드 기반 수출입 데이터 이외에 충분히 확보할 수 없는 환경이므로 이를 염두하여 분석 결과를 해석해야 한다.

4) 무역특화지수(Trade Specification Index, TSI)는 수치가 음수이면 수출보다 수입이 많아 수출 경쟁

무역특화지수인 TSI 분석 결과, 잉곳, 웨이퍼, 셀 품목은 수입이 수출을 크게 초과하여 공급망이 매우 취약한 것으로 나타났다. 수입국 다변화 정도를 나타내는 HHI 지수 또한 잉곳, 웨이퍼, 셀, 모듈 품목에서 기준치인 0.4를 초과하여 특정국 편중 현상이 심각했다. 특히 이들 품목은 중국에 대한 수입 의존도가 50%를 상회하며, 그중 웨이퍼(99.1%)와 셀(97.4%)은 사실상 전량을 중국에 의존하고 있다. 이는 국내 태양광 산업 생태계가 글로벌 흐름과 마찬가지로 중국에 종속되어 있음을 시사한다.

현재 국내에는 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼를 생산하는 기업이 전무하다. OCI는 태양광용 폴리실리콘 부문에서 철수하여 현재 말레이시아에서만 생산을 이어가고 있으며, 국내 유일의 잉곳·웨이퍼 생산 업체였던 웅진에너지는 중국의 저가 공세에 따른 경영 악화로 2022년 파산 선고를 받았다. 이로써 국내 업스트림(Up-stream) 생산 기반은 완전히 소멸되었다. 미드스트림(Mid-stream)인 셀 분야에서는 한화솔루션과 현대에너지솔루션이 각각 연간 5.87GW, 0.36GW(2024년 기준)를 생산하고 있으며, 모듈은 상위 5개 기업을 포함한 10여 개 기업이 연간 총 5.8GW 규모의 생산 능력을 보유하고 있다.

정부의 2035년 NDC 목표 달성을 위해 2030년까지 확충해야 할 재생에너지 100GW 중 태양광은 70GW에 달한다. 향후 5년간 약 40GW의 추가 보급이 필요한 시점에서, 국가 에너지 안보를 확보하기 위해 국내 태양광 제조 역량 및 공급망의 취약점을 면밀히 점검하고 전략적인 대응 방안이 필요하다.

2) 국내외 풍력 설비 공급망 현황

풍력 설비 시장은 자국 시장을 기반으로 공급이 활성화되는 특성상, 아직까지는 유럽과 미국 기업들이 글로벌 시장에서 기술적 우위를 점하고 있다. 그러나 세계풍력협회(Global Wind Energy Council, GWEC)에 따르면, 유럽의 주요 풍력 기업들조차 완제품 생산에 필요한 부품의 50% 이상을 중국으로부터 수입하고 있다. 중국은 글로벌 풍력 기업의 주요 부품 생산지인 동시에 막대한 내수 수요를 보유한 핵심 시장으로서, 육상풍력과 해상풍력 전반에 걸쳐 지배적인 글로벌 제조 허브로 군림하고 있다. 실제로 중국은 전 세계 블레이드 제조의 70~80%, 타워 생산의 45~50%, 나셀 조립

력이 취약한 품목의 식별이 가능하고, 허핀달-허쉬만 지수(Herfindahl-Hirschman Index, HHI)는 수입 다변화가 취약한 품목을 식별하며, 단일국 의존도(Single Country Dependency, SCD)는 수입국이 하나로 집중되어 공급망이 취약한 부분을 식별할 수 있다. 여기에서 HHI의 임계치인 0.4 초과와 SCD의 임계치인 0.5 초과는 EU집행위가 2021년에 발간한 EU 공급망 취약성 점검 보고서(Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery)를 참고하였다.

역량의 70%를 점유하고 있다. 특히 2023년부터 2025년 사이 대대적인 설비 증설을 단행한 결과, 현재 중국의 나셀과 블레이드 생산 능력은 실제 수요 대비 두 배에 육박하고 있다. 이러한 공급 과잉은 사상 최저 수준의 설비 가격을 형성하며 글로벌 가격 경쟁을 심화시키고 있다.

더욱 심각한 문제는 기어리스(Gearless) 방식 풍력 발전기의 핵심 부품인 영구자석 소재, 즉 네오디뮴과 디스프로슘 등 희토류의 채굴 및 정제를 중국에 절대적으로 의존하고 있다는 점이다. 중국은 전 세계 희토류 채굴의 60%, 정제의 90%를 점유하며 글로벌 공급망과 가격 결정권을 사실상 독점하고 있다.

태양광 산업과 마찬가지로 서구권 기업들이 수익성 악화로 후퇴하는 사이, 중국 기업들은 압도적인 가격 경쟁력을 무기로 시장 지배력을 확대하고 있다. 이는 중국 기업들이 공급망 수직계열화(Vertically integrated)를 통해 단일 공정 내에서 물류비와 원가 변동 폭을 극단적으로 낮추는 전략을 취하고 있기에 가능한 결과이다.

<표 2>는 우리나라 풍력 설비 공급망의 취약성을 나타내는 지표별 현황이다. 본 분석은 주요 선진국 대비 가용 데이터가 제한적인 국내 상황을 고려하여, 관세청의 HS 코드 기반 수출입 데이터만을 활용하였음을 유의할 필요가 있다.

<표 2> 2023년 국내 풍력 설비 부품의 공급망 취약성 분석 현황

단위: 무차원

풍력 설비 부품 (임계치)	HS코드	TSI (0.0 미만)	HHI (0.4 초과)	SCD (0.5 초과)
블레이드(Wind Blade)	8412.90-9000	-0.142	0.237	0.420
나셀(Nacelle)	8502.31-4000	-1.000	1.000	1.000
발전기(Generator)	8501.64-0000	-0.809	0.139	0.195
타워(Wind Tower)	7308.20-0000	0.805	0.432	0.490
해저케이블(Submarine Cable)	8544.60-3010	0.999	0.356	0.558

* 자료 : 노경완(2025)

TSI 분석 결과, 블레이드, 나셀, 발전기 품목은 수출보다 수입 비중이 높았으며, 특히 나셀은 거의 전량을 수입에 의존하고 있다. 수입국 다변화 지표인 HHI에서는 나셀과 타워가 취약한 것으로 나타났으며, 특정국 수입 의존도(SCD) 측면에서는 나셀과 해저케이블의 취약성이 두드러졌다. 종합적으로 볼 때 공급망이 가장 취약한 나셀은 현재 전적으로 독일에 수입을 의존하고 있는 실정이다.

육상풍력의 경우 발전기, 타워 등 전반적인 공급망의 국내 제조 역량은 갖추고 있

다. 그러나 핵심 기자재인 나셀의 경우, 2010년 10개에 달하던 국내 제조사가 현재 1개 기업으로 급감했을 만큼 제조 기반이 위축되었다. 해상풍력 역시 타워, 해저케이블, 하부구조물 분야에서는 글로벌 경쟁력을 보유하고 있으나, 나셀은 기술 및 가격 경쟁력 열위로 인해 유럽 제조사에 전적으로 의존하고 있다. 비록 유럽이 우방국이라 할지라도, 특정 지역에 편중된 공급망 구조는 국가 에너지 안보 측면에서 심각한 우려를 자아낸다.

3. 국내외 태양광·풍력 공급망 정책 현황

유럽연합(EU)은 러시아-우크라이나 전쟁 이후 화석 연료 의존도를 낮추고 친환경 에너지 전환을 가속화하기 위해 2022년 'REPowerEU'를 발표하며 공급망 다변화에 주력하고 있다. 동시에 2023년 제정된 「탄소중립산업법(Net Zero Industry Act, NZIA)」을 통해 역내 재생에너지 산업 기반을 강화하고, 공급망 내 자국 비중 확대를 강력히 유도하고 있다. 특히 유럽은 Rystad Energy와 WindEurope의 분석을 토대로 2030년까지의 풍력 설비 수요 대비 공급 가능성을 점검하고, 취약 소재 및 부품을 구체화하는 등 전략적 대응을 가속화하고 있다.

미국은 「인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)」과 행정명령 14017호를 근거로 태양광·풍력 제조 시설에 대한 투자를 확대하고, 청정에너지 공급망 전략을 수립하여 정밀 분석을 수행해 왔다. 미국 에너지부(U.S. Department of Energy, DOE)와 국립재생에너지연구소(National Renewable Energy Laboratory, NREL)는 2050년 보급 목표 달성을 위해 유럽보다 세분화된 소재·부품 단위의 분석을 진행한 바 있다. 그러나 2025년 1월 트럼프 행정부 2기가 출범하며 '미국 에너지 해방(Unleashing American Energy)'이라는 새로운 행정명령을 통해 이전 정부의 기후 정책 관련 행정명령들을 폐지함에 따라 재생에너지 정책 기조에 큰 변화가 일고 있다. 다만, 트럼프 행정부의 정책 역시 미국의 경제적 안보와 번영을 목적으로 희토류를 포함한 핵심 광물의 선도적 가공 및 생산국 지위를 확립하려는 의지를 내포하고 있다는 점에 주목해야 한다.

지난 20년간 OECD 국가 중심의 재생에너지 보급 및 기후 대응 규제는 글로벌 공급망 형성에 결정적인 역할을 했다. 각국의 직간접적 지원 체계는 발전 사업자와 투자자에게 안정적인 수익을 보장함으로써 재생에너지 확산을 위한 강력한 수요 견인(Demand-pull) 조치가 되었다. 그러나 공급망이 중국에 과도하게 의존하는 구조로 재편되면서, 이러한 수요 견인 정책은 역설적으로 재생에너지 보급이 확대될수록 국

가 에너지 안보를 위협하는 부작용을 낳고 있다.

이에 대응하여 미국과 유럽 등은 중국의 비시장적 관행과 저가 공세에 맞서 반덤핑 및 상계관세를 도입하는 등 방어적 조치를 취하고 있다. 하지만 이는 중국과의 무역 분쟁을 격화시키며 또 다른 불확실성을 창출하고 있다. 또한, 자국 산업 보호를 위한 국산부품사용요건(Local Contents Requirements, LCR) 적용 국가가 늘어남에 따라 WTO 제소 사례도 빈번해지는 추세다. 문제는 이러한 보호무역주의 조치가 설비 가격 상승을 초래하여 보급 확대를 저해하고, 결과적으로 에너지 전환 지연이라는 새로운 차원의 안보 문제를 야기할 수 있다는 점이다.

에너지의 90% 이상을 수입하며 수출 중심의 경제 구조를 가진 우리나라는 지정학적 요인으로 인해 에너지 안보에 더욱 취약하다. 정부는 이러한 위기에 체계적으로 대응하고자 2024년 2월 「국가자원안보 특별법」을 제정하고 2025년 2월부터 시행에 들어갔다. 본 법은 자원안보 위기대응 체계 마련과 기본계획 수립을 골자로 한다. 이를 실효성 있게 운영하기 위해서는 화석연료뿐만 아니라 재생에너지 설비의 핵심 소재와 부품을 핵심자원으로 지정하여 관리하는 안보 체계의 확장이 시급하다.⁵⁾

따라서 「국가자원안보 특별법」을 기반으로 재생에너지 공급망 위기에 신속히 대응할 수 있는 시스템을 구축해야 하며, 이를 위한 지속적인 점검과 심층 분석이 전제되어야 한다. 그러나 현재 국내의 재생에너지 공급망 취약점 분석 연구는 인프라 및 데이터 확보의 한계로 인해 초기 단계에 머물러 있다. 평시와 위기 시 모두 작동 가능한 공급망 분석 인프라를 구축하고, 국가 에너지 안보 위기를 극복하기 위한 다각적인 전략과 정책 방향 제시가 필요한 시점이다.

4. 태양광·풍력 설비의 국내 공급망 강화 방안

최근 정부는 '육상풍력 발전 활성화 전략(2025.12)'을 통해 산업 경쟁력 강화의 일환으로 2030년까지 국내산 터빈(나셀) 300기 이상을 보급하겠다는 목표를 제시하였다. 이를 실현하기 위해 2026년 상반기 중 공공주도형 입찰 목표를 공표함으로써 육상풍력 산업 공급망의 내실화를 추진할 계획이다. 또한, '해상풍력 인프라 확충 및 보급 계획'에 따라 100MW급 초대형 부유식 해상풍력 테스트베드 구축을 추진하며, 국

5) 국가자원안보 특별법은 자원안보 위기에 대비하고 위기 발생 시 효과적 대응을 위하여 자원안보 추진 체계, 핵심자원의 수급 관리 등에 관한 사항을 규정함으로써 국가의 안전보장 등에 이바지함을 목적으로 하며, 이 법에서 “핵심자원”이란 경제활동 또는 산업생산 등 국민경제적 파급효과가 크거나 국민생활에 미치는 영향이 큰 자원 등으로서 석유, 천연가스, 석탄, 우라늄, 수소, 핵심광물, 재생에너지 설비의 소재·부품으로 정의된다.

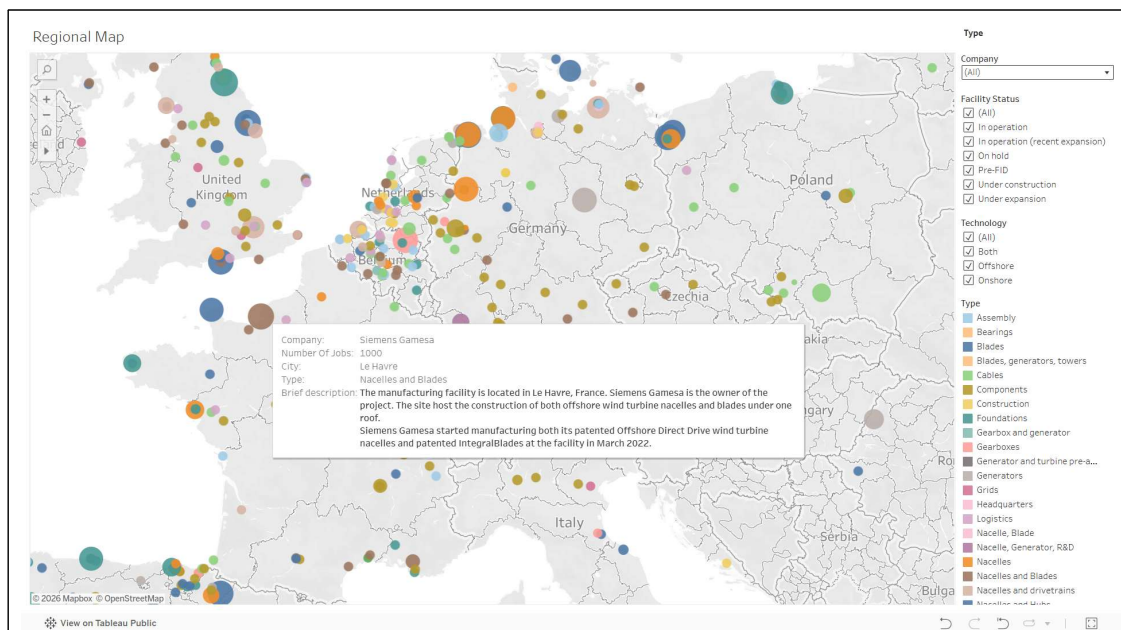
내 트랙 레코드(Track Record) 축적을 통해 해상풍력 공급망의 신뢰도를 제고하고자 한다.

이러한 정부 주도의 변화는 국내 재생에너지 공급망 강화에 기여할 것으로 기대된다. 본고는 이러한 수요 견인 기반의 정책 외에 국가 에너지 안보 차원에서 추진해야 할 공급망 강화 전략을 다음과 같이 제안한다.

1) 딥티어(Deep-tier) 분석 기반의 공급망 모니터링 플랫폼 구축

평상시에는 에너지 안보 진단 체계를 확립하고, 위기 시에는 신속한 대응이 가능하도록 공급망 가시성(Visibility) 확보가 가능한 모니터링 플랫폼을 구축해야 한다.

유럽의 경우, <그림 1>과 같이 WindEurope을 중심으로 역내 풍력 설비 소재·부품 제조사의 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 '공급망 지도(Supply Chain Map)' 체계를 운영하고 있다. 이 지도는 개별 기업의 위치 정보는 물론 기업명, 공장 가동 상태, 생산 품목, 고용 규모 등을 통합 관리한다.



<그림 1> WindEurope의 풍력 공급망 지도

* 자료 : <https://windeurope.org/news/campaigns/local-impact-global-leadership/>

이처럼 가시성이 강화된 플랫폼은 하위 협력사(2차, 3차 티어)까지 파악하는 딥티어(Deep-tier) 위험 분석을 가능하게 하여 공급망의 잠재적 취약점을 보완한다. 특히 공급망 병목 현상이나 장애 발생 시 신속한 원인 파악과 대응을 용이하게 한다. 또한

물류 이동 경로와 리드 타임(Lead time) 분석을 통해 기업은 최적의 대안을 수립하고, 정부는 국가 에너지 안보 차원에서 체계적인 문제 해결에 나설 수 있다.

정부가 주도하여 관련 기업들로부터 생산 능력, 가동률, 생산·재고량, 수출입 현황, 가격 정보 등을 확보하여 본 플랫폼에서 연동한다면 공급망 취약점 분석의 정밀도는 더욱 높아질 것이다. 이는 「국가자원안보 특별법」에 따른 핵심자원의 명확한 지정 및 관리로 이어지며, 핵심 공급·수요 기관의 체계적 관리와 국가 에너지 안보 위기 시 작동하는 경보체계 구축의 기반이 된다. 결과적으로 정부는 한정된 자원을 공급망 개선을 위해 보다 합리적이고 효율적으로 배분할 수 있으며, 이는 실효성 있는 공급망 안정화 전략 수립에 크게 기여할 것이다.

2) 중장기 보급 목표 이행 및 기업 세제·금융 지원 확대

정부는 기업 투자의 근간인 정책적 신뢰를 확보하기 위해, 이미 수립된 재생에너지 중장기 보급 목표를 차질 없이 이행해야 한다. 또한 가격 경쟁력 제고를 위해 제조원가 절감을 위한 산업용 에너지 지원을 포함하여, 다각적인 세제 및 금융 지원을 확대할 필요가 있다.

정부는 국가 온실가스 감축목표(NDC), 신재생에너지 기본계획, 전력수급 기본계획 등을 통해 원별 중장기 보급 목표를 제시하고 있다. 그러나 그간 정권 교체에 따른 잦은 목표 수정은 시장의 신뢰를 저하시켰으며, 이는 곧 기업의 투자 결정에 불확실성 리스크로 작용해 왔다. 예측 가능한 정부 주도의 수요 신호는 국내 기업의 투자를 촉진하고, 장기적인 공급망 안정화의 기반이 된다. 단순히 수요 견인 사업의 규모를 제시하는 것에 그치지 않고, 이를 실제로 이행하는 실행력이 무엇보다 중요하다. 이는 시장에 강력한 신뢰를 부여함으로써 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼 등 현재 국내 제조 기반이 와해된 공급망을 리쇼어링(Reshoring) 및 신규 투자를 통해 복구할 가능성을 높여준다.

우리나라는 「조세특례제한법」을 통한 세제 혜택과 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 따른 다양한 지원책을 시행해 왔다. 그러나 이러한 조치들은 중국의 강력한 저가 공세에 대응하기에는 한계가 있었고, 결과적으로 기존 공급망의 붕괴를 막지 못했다. 특히 폴리실리콘 제조 원가의 약 40%를 차지하는 전기요금에 대해 파격적인 지원을 받지 못한 OCI가 국내 생산을 중단한 사례는 시사하는 바가 크다.

따라서 기존의 일반적 지원을 넘어, 정부가 지정한 핵심 자산을 제조하는 기업에 대해서는 재생에너지 직접 PPA 지원이나 특화된 세제 혜택을 통해 에너지 비용을 획

기적으로 낮추는 방안을 검토해야 한다. 이는 단순한 보조금이 아니라 탄소중립 실현을 위한 핵심 인프라 구축 차원의 전략적 자산 지원으로 접근해야 한다. 다만, 이러한 지원이 WTO 제소 등 무역 분쟁으로 번져 반덤핑 관세나 수입 제한 조치를 초래하지 않도록 국제 통상 규범 내에서 정교하게 설계된 접근 방식이 요구된다.

3) 수입선 다변화 및 공급망 다자 협력체계 구축

공급망 안정화를 위해 수입선 다변화 노력을 지속하는 한편, 다자간 협력체계를 구축하여 프렌드쇼어링(Friend-Shoring)과 조인트벤처(Joint Venture) 설립을 활성화해야 한다.

태양광 웨이퍼나 풍력 나셀처럼 특정 국가에 절대적으로 의존하는 현재의 공급망 구조는 국가적 위기 발생 시 치명적인 결함이 된다. 자국 우선주의와 자원 무기화가 보편화된 현 정세에서, 특정국이 공급 품목을 수출 금지 조치하거나 자연재해 및 전염병 등으로 인해 공급망 병목 현상이 발생할 가능성이 상존하기 때문이다. 따라서 즉각적인 위기 극복이 가능하도록 단일국 의존 구조에서 탈피한 수입선 다변화가 필수적이다.

또한, 인도-태평양 경제프레임워크(Indo-Pacific Economic Framework, IPEF)와 같이 다수 국가가 참여하는 위기대응네트워크(Crisis Response Network, CRN)를 적극 활용해야 한다. 평상시에는 다변화·투자·물류·R&D 부문에서 협력하고, 위기 시에는 공동으로 신속히 대응하는 국제협력 체계는 공급망 복원력을 획기적으로 높일 수 있다. 이는 해당 공급망 가치를 공유하는 국가에 생산 기지를 배치하는 프렌드쇼어링으로 이어져 안정적인 공급망 확보를 가능하게 한다.

현재 유럽 역시 자국 풍력 설비 부품의 50% 이상을 중국에 의존하고 있어, 수입선 다변화의 필요성을 절감하고 있다. 이러한 글로벌 공급망의 재편 시기는 국내 경쟁력 있는 부품 기업들에 유럽 선도 기업과의 조인트벤처 설립 또는 자본 투자라는 새로운 기회가 될 수 있다. 정부는 유럽의 주요 기업들이 중국 위탁 생산에서 벗어나 한국을 전략적 생산 기지로 활용할 수 있도록 유인책을 마련하고, 투자를 적극적으로 유도해야 한다.

4) 공급망 게임 체인저 전략: 차세대 기술 제품 양산

태양광 산업을 단순한 시장 논리가 아닌 국가 에너지 안보 차원에서 접근한다면, 기존의 실리콘 중심 공급망 지배력에서 탈피하여 차세대 기술로 시장 판도를 바꾸는

'게임 체인저(Game Changer) 전략'을 수립해야 한다.

현재 글로벌 시장의 90% 이상을 점유한 결정질 실리콘 제품 분야에서 중국과 가격 경쟁을 벌이는 것은 사실상 불가능에 가깝다. IEA에 따르면 2030년까지 신규 증설 물량의 35%가 비중국 지역에서 생산될 수 있으나, 여전히 중국의 압도적 지배력은 유지될 것으로 분석된다.

이러한 상황에서 미국은 카드뮴·텔루라이드(CdTe) 박막 태양광 기술을 상용화하여 2024년 기준 자국 시장의 20%(10GW)를 소화하고 있다. '퍼스트 솔라(First Solar)'를 중심으로 독자적인 CdTe 공급망을 구축한 미국의 사례는 우리에게 시사하는 바가 크다. 일본 역시 실리콘 시장의 한계를 극복하기 위해 정부 주도로 페로브스카이트(Perovskite) 기술 상용화에 박차를 가하며 공급망 무력화를 시도하고 있다.

우리나라는 한화큐셀 등을 필두로 텐덤 셀(Tandem Cell) 기술 상용화에 집중하고 있다. 이는 실리콘 층 위에 페로브스카이트를 적층하여 서로 다른 영역의 태양광을 흡수함으로써 효율을 극대화하는 차세대 고효율 기술이다. 텐덤 셀은 기존 제품의 효율 한계를 돌파하여 중국 중심의 시장 지배력에 균열을 낼 것으로 기대된다. 다만, 텐덤 셀 기술 역시 실리콘 기반이라는 한계를 가지므로, 완벽한 공급망 자립을 위해서는 실리콘 의존도를 낮추는 또 다른 원천 기술 확보가 병행되어야 한다.

5) 전략적 사고의 전환: 풍력 설비 대량생산 표준화

풍력 분야에서는 태양광의 전철을 밟지 않기 위해 새로운 기술 개발에만 매몰되기보다, 생산 체계의 관점을 전환하는 '양산 표준화 전략'이 공급망 생태계 조성에 더욱 효과적일 수 있다.

풍력 공급망 역시 중국 중심으로 빠르게 재편되고 있으며, 국가 에너지 안보 측면에서 볼 때 국내 공급 기반은 매우 취약한 실정이다. 풍력 산업은 규격화된 제품 기반(Product-based)의 태양광과 달리, 설계·조달·시공(EPC)을 포함하는 프로젝트 기반(Project-based) 산업이라는 특성을 지닌다. 최근 오스테드(Ørsted)의 미국 및 한국 사업 철수 사례에서 보듯, 풍력은 막대한 초기 투자비(CAPEX)와 대규모 금융 자본이 필수적인 산업이다. 따라서 풍력 공급망 강화 전략은 차별화된 신기술 개발보다는 대량생산 체계 구축을 통한 산업 경쟁력 강화라는 구조적 변화에 집중해야 한다.

본고는 정부의 R&D 우선순위를 현재의 '터빈 용량 증대' 중심에서 '대량생산 공정 표준화' 중심으로 전환할 것을 제안한다. 현재 정부는 6MW급 육상풍력 및 20MW급 이상 해상풍력 터빈 개발을 R&D 위주로 집중하고 있으나, 이는 한정된 자원 속에서

'패스트 팔로워(Fast Follower)'에 머물 뿐 시장의 판도를 바꾸기에는 한계가 있다. 기술적 완성도가 높은 대용량 터빈을 개발하더라도 대량생산 기반이 부재하다면 글로벌 시장 진입은 물론 국내 공급망 안정화도 요원할 수밖에 없다.

따라서 국내 환경에 적합한 최적 용량을 결정하고 이에 맞는 양산 플랫폼을 구축해야 한다. IEA는 대용량화 추세 속에서도 해상풍력 표준으로 15MW급을 제안한 바 있다. 이는 터빈이 대형화될수록 나셀 중량과 블레이드 길이가 증가하여 수송 도로, 항만 시설, 설치선(WTIV) 등 인프라 측면의 제약과 주민 수용성 문제가 커지기 때문이다.

이에 본고는 국내 대량생산 표준화와 단지 조성 효율을 극대화할 수 있는 최적 용량으로 육상풍력 5~7MW, 해상풍력 15~18MW를 제안한다. 육상풍력의 경우 국내 산악 지형의 물류 한계를 고려할 때 블레이드 길이는 90m 내외가 적정하며, 해상풍력은 베스타스(Vestas) 등 글로벌 선도 기업들이 표준 플랫폼으로 확정한 15~18MW급을 타깃으로 대량 양산 체제를 구축해야 한다. 물론 중장기 관점에서 20MW급 이상의 기술개발 병행도 반드시 필요하다.

이러한 양산 표준화 전략은 국내 부품 산업 활성화를 유도하여 공급망을 안정화할 것이다. 이를 통해 육상풍력은 신규 설비 구축뿐만 아니라 노후 단지 교체(Repowering)를, 해상풍력은 대규모 단지 건설을 가속화함으로써 국가 에너지 안보 강화에 근본적인 기여를 할 것으로 기대된다.

5. 결론

기후위기 대응과 에너지 안보라는 두 가지 국가적 과제 사이에서 노출된 재생에너지 공급망의 취약성을 진단하고, 이에 대응하기 위한 전략적 방향성을 고찰하였다. 현재 우리나라는 태양광 웨이퍼 수입의 99% 이상을 특정 국가에 의존하고 있으며, 풍력 나셀 등 핵심 부품 또한 공급망 편중 현상이 심화되어 에너지 안보 측면에서 매우 취약한 구조를 보이고 있다. 이러한 특정국 의존도는 단순한 경제적 사안을 넘어, 지정학적 위기 시 국가 에너지 시스템의 회복탄력성(Resilience)을 저해할 수 있는 중대한 위협 요인이다.

이러한 구조적 한계를 극복하기 위해 본고는 다음과 같은 다섯 가지 핵심 전략을 제안하였다.

첫째, 딥티어(Deep-tier) 분석이 가능한 공급망 모니터링 플랫폼을 구축하여 공급망 가시성을 확보하고 선제적 위기 대응력을 제고해야 한다. 둘째, 일관성 있는 중장기

보급 목표 이행과 세제·금융 지원 확대를 통해 국내 제조 기업의 투자를 유도하고 와해된 공급망 생태계를 복원해야 한다. 셋째, IPEF 등 국제 협력 체계를 활용한 수입선 다변화와 프렌드쇼어링을 적극 추진하여 단일국 의존도를 완화해야 한다. 넷째, 태양광 산업은 텐덤 셀 등 차세대 기술을 활용한 게임 체인저 전략을 수립해야 하며, 마지막으로, 풍력 산업은 육상풍력과 해상풍력으로 구분하여 표준 용량 중심의 양산 표준화 체계 구축을 통해 산업 경쟁력을 근본적으로 강화해야 한다.

결론적으로 재생에너지는 단순한 온실가스 감축 수단을 넘어, 국가 안보를 지탱하는 핵심 전략 자산으로 재정의되어야 한다. 「국가자원안보 특별법」 시행에 발맞추어 재생에너지 설비의 소재와 부품을 핵심 자원으로 지정하고 체계적으로 관리함으로써, 외부 충격에 흔들리지 않는 지속 가능한 에너지 안보 체계를 구축해야 할 시점이다.

참고문헌

- 기후에너지환경부 (2026). 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법.
- 기후에너지환경부 (2025). 2035 국가 온실가스 감축목표 및 제4기 배출권거래제 할당계획, 국무회의서 확정.
- 노경완, 박병인, 김경엽 (2024). 태양광 설비 소재 및 부품의 공급망 취약성 분석 연구. 한국태양에너지학회 논문집, 44(5), 23-32.
- 노경완 (2025). 국가 에너지 안보를 위한 풍력 설비 부품의 공급망 취약성 분석 연구. 에너지경제연구, 24(1), 111-135.
- 에너지경제연구원(2025). 트럼프 재집권기의 에너지시장 영향과 대응방향.
- 산업통상자원부 (2024). 국가 자원안보 특별법.
- 기후에너지환경부 (2025). 육상풍력 발전 활성화 전략.
- 기후에너지환경부 (2025). 해상풍력 인프라 확충 및 보급 계획.
- 기획재정부 (2023). 경제안보를 위한 공급망 안정화 지원 기본법.
- European Commission (2022). REPowerEU Plan. COM(2022) 230 final.
- OECD (2024). Government Support in the Solar and Wind Value Chains.
- U.S. Department of Energy (2022). Solar Photovoltaics Supply Chain Deep Dive Assessment.
- International Energy Agency (2025). Renewables 2025: Analysis and forecasts to 2030.
- Global Wind Energy Council (2023), Mission Critical: Building the Global Wind Energy Supply Chain for a 1.5°C World.
- U.S. Department of Energy (2022). Wind Energy Supply Chain Deep Dive Assessment.
- European Commission (2022). Commission Staff Working Document for a Regulation of the European Parliament and of the Council on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act). SWD(2023) 219 final.
- Rystad Energy and WindEurope (2023). The State of the European Wind Energy Supply Chain.
- U.S. Department of Energy (2025). Cadmium Telluride Photovoltaics Perspective Paper.
- International Energy Agency (2020). Definition of the IEA Wind 15-Megawatt Offshore Reference Wind Turbine Technical Report.

Abstract

Implications for National Energy Security through the Analysis of Supply Chain Status in Solar and Wind Power Facilities

Rho, Kyung Wan

This paper diagnoses the vulnerabilities faced by South Korea's renewable energy supply chain within the rapidly changing global energy hegemony, and considers strategic directions to overcome these for national energy security. Despite being a high energy-intensive country where GDP growth and energy consumption are synchronized, South Korea relies on overseas sources for over 90% of its energy, making its security structure very fragile. Recently, while the supply of renewable energy is expanding rapidly to implement carbon neutrality, paradoxically, low-priced Chinese parts and materials are encroaching on the domestic market, signaling a crisis for the domestic supply chain.

Analysis of the supply chain shows that the import dependence on a single country is severe: Chinese imports account for 99.1% of solar wafers, and German imports account for over 99% for nacelles(turbines), which are core components of wind power generation. Such dependence represents a significant threat that could lead to the paralysis of the national energy system in the event of geopolitical crises or the weaponization of resources.

This paper proposes five core strategies to address these issues. First, a supply chain monitoring platform based on "Deep-tier" analysis should be established. Second, the domestic manufacturing ecosystem should be encouraged by maintaining consistent government long-term targets with financial benefits. Third, import sources should be diversified through international cooperation. Fourth, a game-changer strategy should be implemented through the next-generation technologies. Finally, a strategy for establishing a mass-production platform for wind power facilities should be considered.

In conclusion, renewable energy facilities must be regarded as strategic national

assets, and sustainable energy security should be established by developing a systematic management framework in connection with the "Special Act on National Resource Security."

Keywords: Renewable Energy, Solar Power, Wind Power, Energy Security, Supply Chain Vulnerability