



Energy Technology Perspectives 2024

요약 및 주요내용

iea

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 13 association countries and beyond.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Lithuania
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Republic of Türkiye
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

Argentina
Brazil
China
Egypt
India
Indonesia
Kenya
Morocco
Senegal
Singapore
South Africa
Thailand
Ukraine

요약

에너지, 산업, 무역이라는 3 가지 전략적 공공 정책영역은 점점 더 복잡하게 얽히고 있다. 이 세 분야 간에 긴장과 상충이 발생하고 있는데, 이는 정부가 한편으로는 시장의 원활한 작동과 비용 효율적인 청정 에너지 전환을 추진하면서도, 다른 한편으로는 안정적이고 회복력 있는 청정 기술 공급망을 구축해야 하는 요구에 직면해 있기 때문이다. 지원대상 산업의 선정, 무역 파트너와의 협업, 혁신 활동의 우선순위 지정 등 어려운 의사 결정이 수반된다. 글로벌 청정 에너지 기술 가이드북인 에너지 기술 전망(*Energy Technology Perspectives, ETP*) 2024 년판은 이러한 분야의 의사 결정을 돕기 위해 제작되었다. ETP-2024 는 청정 에너지 기술 제조와 무역의 미래를 파악하기 위한 최초의 분석 보고서로 공급망 전반을 부문별로 상세히 다루면서, 고유의 상향식 데이터 세트와 각국의 산업 전략에 대한 정량적 평가를 담고 있다.

새로운 청정 에너지 경제의 기반인 제조 및 무역

청정 에너지 기술 제조와 관련된 막대한 경제적 기회는 정부 및 업계의 최우선 과제이다. 6 가지 주요 청정 에너지 기술, 즉 태양광 발전, 풍력, 전기자동차(EV), 배터리, 전해조 및 히트 펌프의 글로벌 시장 규모는 2015 년 이후 4 배가량 증가하여 2023 년에는 7,000 억 달러(USD)를 초과했다. 이는 같은 해 전 세계에서 생산된 천연가스 가치의 약 절반에 해당한다. 급격한 청정 에너지 기술 보급, 특히 EV 와 태양광 발전 및 풍력이 성장을 견인해 왔다. 오늘날 정책 기조 하에서 핵심 청정 기술의 시장 규모는 2035 년까지 거의 3 배로 증가해 2 조 달러를 넘을 것으로 예상된다. 이는 최근 수년간의 글로벌 원유 시장 평균 가치에 가까운 규모이다.

국제 무역은 에너지 시스템을 비롯한 글로벌 경제의 원활한 작동을 위해 필수적이다. 식품 및 의류와 같은 생필품에서 스마트폰과 반도체에 이르는 전 세계 상품 무역액은 2023 년 약 24 조 달러에 달했다. 화석 연료는 이 중 약 10%를 차지한 반면 철강, 알루미늄, 암모니아와 같은 벌크소재 및 화학 물질은 약 20%를 차지했다. 이러한 기존 산업에 비해 현재 청정 에너지 기술 관련 무역은 전체의 1% 정도로 상대적으로 비중이 낮지만, 빠르게 증가하고 있다.

청정 기술 무역액은 2,000 억 달러 규모로서, 청정 기술의 전체 글로벌 시장 가치의 약 30%에 해당한다. 최대 무역 품목인 전기차는 2020 년 이후 두 배로 증가하면서, 2023 년 무역액 기준 전체 자동차 교역의 약 5 분의 1 수준에 도달했다. 태양광 발전은 무역액 기준으로 두번째로 많이 거래된 기술이다. 현재의 정책 기조 하에서 전체 청정 기술 무역 규모는 2035 년에는 5,750 억 달러에 달할 것으로 예상되며, 이는 현재 천연가스 국제 무역액보다 50% 정도 더 높은 수준이다.

급격한 청정 기술 수요 증가에 따른 관련 제조 투자 급증

청정 기술관련 제조를 위한 대규모 투자가 활발히 진행되면서, 전 세계에 걸쳐 많은 신규 공장이 건설 중이다. 청정 기술 분야의 전 세계 투자는 2023 년에 50% 증가하여 2,350 억 달러를 기록했다. 이는 세계 경제 전체 투자 증가의 약 10%와 맞먹으며, 글로벌 GDP 증가분의 약 3%에 해당한다. 2023 년 청정 기술 제조 분야 투자 중 80%는 태양광 발전과 배터리 제조 부문, 그리고 전기차 공장 부문에서 추가로 15%가 이루어졌다. 증설되는 제조 규모는 현재의 보급 수준을 훌쩍 앞지르고 있다. 최근 태양광 발전과 배터리 제조 계획의 취소 및 지연에도 불구하고, 2024 년 청정 기술 분야의 제조 설비 투자는 약 2,000 억 달러로 최근의 기록적 수준에 가깝게 유지될 것으로 보인다.

비용 경쟁력이 청정 기술 제조 투자의 주요 원동력이지만 유일한 동인은 아니다. 정부의 명시적인 재정 지원을 고려하지 않을 경우, 중국은 현재 이 보고서에서 다룬 주요 청정 에너지 기술 전체를 생산할 수 있는 가장 저렴한 지역으로 꼽힌다. 중국에 비해 미국에서는 태양광 발전 모듈, 풍력 터빈 및 배터리 기술을 생산하는 비용이 평균적으로 최대 40%, 유럽 연합에서는 최대 45%, 인도에서는 최대 25% 더 많이 드는 것으로 나타났다. 비용 경쟁력은 오늘날 청정 기술 제조에서 중국이 차지하는 압도적 역할을 설명하는 핵심 요인이다. 사례에 따라 다르지만, 중국은 우리가 분석한 핵심 청정 기술 및 부품소재 등 구성 요소의 글로벌 제조 역량 중 48~98%의 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 다른 나라에 비해 중국은 더 큰 규모의 경제, 더 넓은 내수 시장, 그리고 청정 기술의 공급망 전반에 걸쳐 고도로 통합된 기업 및 시설을 보유하고 있다. 청정 기술 및 소재 공급망 분야 50 개 이상의 주요 제조업체를 대상으로 한 IEA 설문조사를 통해 비용 이외에 투자 결정에 영향을 미치는 다른 요인들이 밝혀졌다. 여기에는 다양한 형태의 정책 지원, 시장 접근성, 산업 기반에 대한 숙련과 지식, 인프라 등이 포함된다.

무역을 통한 국가의 경제적 강점 활용

에너지 관련 무역이 청정기술 분야로 전환하는 것은 에너지 부문의 보다 광범위한 변화의 일환이며, 이는 장기적으로 무역 규모에 영향을 미친다. 화석 연료가 반복적으로 일어나는 에너지 무역의 흐름을 야기하는 것에 반해, 청정 기술 무역은 장기간 사용되는 에너지 생산 및 변환 장비의 형태로 축적된다. 예를 들어, 현재의 정책 기조를 따르면 유럽 연합의 화석 연료 및 청정 에너지 기술 순수입액은 2035 년에 약 4,000 억 달러에 달할 전망이다. 그러나 EU 의 총 수입액은 화석 연료 대신 청정 에너지 기술 비중이 높아지면서 2023 년 10% 미만 수준에서 2035 년 35%로 늘어날 것으로 보인다. 이는 에너지 회복력에 긍정적인 영향을 미친다. 즉, 태양광 발전 모듈을 가득 실은 대형 컨테이너선 한 척의 1 회 운항만으로도 50 척 이상의 대형 LNG 운반선에 선적된 천연가스 또는 100 척 이상의 대형 선박에

선적된 석탄을 통해 생산되는 전력량에 맞먹는 규모의 전력을 생산하는 기반을 제공할 수 있다.

유럽과 미국의 산업 전략으로 인해 제조 및 무역 전망 변화 예상

유럽 연합에서 청정 기술 제조의 미래는 탄소중립산업법(**Net Zero Industry Act, NZIA**)의 목표를 얼마나 성공적으로 달성할 수 있는가에 따라 달라질 것이다. 이 NZIA 목표는 예를 들어 풍력 발전 부품소재 및 히트 펌프 제조의 최종 단계와 같은 일부 기술의 경우에는 손쉽게 달성이 가능한 반면, 자동차 산업이 직면한 과제는 훨씬 더 크다. 현재 유럽 연합에서 생산되는 내연기관(ICE) 차량의 40% 이상은 수출용으로, 중국이 EU 시장 판매용으로 자국 내에서 생산하는 전기차(EV) 제조업체와 경쟁에 직면해 있다. 성장하는 EV 시장에서 EU 자동차 산업이 경쟁하려면 전기차 제조 비용의 절감과 배터리를 비롯한 공급망의 완전한 통합이 필수적이다. 2023년 대중국 수입은 유럽 연합 내 EV 판매의 20%가량을 차지했다. 중국산 EV에 대한 5년간 수입 관세 부과가 최근 확정되었음에도 불구하고, 현재의 정책 기조에서는 이 비중은 2035년까지 두 배가량 증가해 40%로 늘어날 전망이다. NZIA의 목표가 달성될 경우, 완전히 통합된 EV 및 배터리 공급망으로 인해 이 비중은 20%로 떨어질 수 있을 것이다.

미국에서는 인플레이션 감축법(**Inflation Reduction Act**)과 초당적 인프라법(**Bipartisan Infrastructure Law**)이 결실을 맺고 있다. 두 법을 통해 2030년까지 청정 기술 제조에 이미 2,300억 달러의 투자가 유치되었다. 현재 정책 기조, 나아가 개별 법령에 따른 인센티브를 바탕으로, 태양광 발전 모듈 및 폴리실리콘에 대한 미국의 수요는 2035년까지 미국 내 생산량으로 대부분 충족할 수 있을 것이나, 셀과 웨이퍼 수요의 일부는 여전히 수입에 의존할 수 있다. 기존의 무역 관계 또한 견고한 기반을 제공한다. 멕시코는 현재 ICE 차량 제조의 허브인 것처럼, 향후 북미 시장의 EV 제조 허브가 될 수 있는 적합한 입지에 있으며, 동남아시아, 한국 및 일본 또한 주요 공급처로서 잠재력이 있다.

세계의 제조 강국 지위를 여전히 유지하는 중국, 그리고 순수출국으로 급부상하고 있는 인도

모든 6개 주요 청정 기술 분야에 대한 중국의 글로벌 제조 점유율은 현재 무역액 기준으로 약 70%를 차지한다. 중국 최대의 태양광 발전 제조 설비가 현재 산시성에서 건설 중인 바, 이는 사실상 오늘날 모든 EU 수요를 충족하기에 충분한 모듈 생산력을 갖춘 단일 시설이다. 여타 국가들의 지속적인 산업 전략 추진에도 불구하고, 중국의 청정 기술 수출액은 현재 정책 기조에 따라 2035년에 3,400억 달러를 무난히 넘어설 것으로 예상된다. 이는 사우디아라비아와 아랍에미리트연합의 2024년도 석유 수출액 전망치를 합한 것과 거의 동일한

규모이다. 중국의 화석 연료 수입액은 현재 전 세계 1 위이다. 현재 정책 기조 상, 화석 연료 수입액에서 청정 기술 수출액을 제한 순수입액은 지금부터 2035 년 사이에 약 70% 감소할 것으로 전망된다. 현재 정책 기조에 따른 예상보다 청정 기술 시장이 더 빠르게 성장하는 경우, 중국의 청정 기술 수출액은 2035 년 이전에 화석 연료 수입액을 완전히 상쇄할 것이다.

청정 에너지 전환이 가속화될 경우 현재 청정 기술 순수입국인 인도는 2035 년에 순수출국으로 전환될 것이다. 현재 정책 기조에 따르면, 인도는 2035 년에도 여전히 무역액 기준 청정 기술 순수입국이지만, 생산연계인센티브(Production Linked Incentive, PLI) 제도에 따라 인센티브를 받는 태양광 발전 모듈, EV 및 배터리의 생산과 수출은 완만히 증가할 전망이다. 이에 반해 인도를 비롯한 전 세계의 청정 에너지 전환이 가속화될 경우라면, 인도는 급증하는 청정 에너지 기술의 자국내 수요 상당 부분을 충족하면서 기술 순수출이 빠르게 증가해 2035 년에 300 억 달러를 돌파할 수 있다. 이로 인해 잔존하는 1,700 억 달러 규모의 화석 연료 수입액의 약 20%가 상쇄되어, 인도의 에너지 무역 적자는 1,400 억 달러 수준으로 감소하게 된다.

신흥 시장에도 여전히 열려 있는 새로운 청정 에너지 경제 참여의 기회

라틴 아메리카, 아프리카 및 동남아시아의 신흥국과 개발도상국은 현재 청정 기술 생산에서 창출되는 가치의 5% 미만을 차지한다. 공정하고 정의로운 에너지 전환을 위해서는, 더 많은 지역이 현대적인 청정 에너지 기술 분야의 공급망 성장을 통해 경제적 이익을 얻을 수 있도록 지원하는 것이 요구된다. 이를 위해 신속한 청정 에너지 전환 및 전반적인 청정 에너지 기술 시장의 확대가 필수적이다. 정치 및 환율 리스크, 숙련 노동자 부족, 열악한 인프라 등 현재 신흥 시장 투자를 저해하는 다른 요인들도 극복되어야 한다. 그러나 기회는 분명히 존재한다. 핵심 광물의 채굴 및 처리 분야 이외에도 아프리카, 라틴 아메리카 및 동남아시아 국가들은 모두 경쟁 우위를 키워 가치 사슬에서 더 높은 단계로 도약할 가능성을 갖추고 있다. 우리는 개별 국가의 기회요인을 파악하기 위해 국가별로 60 개 이상의 지표에 걸쳐 데이터를 수집하였고, 비즈니스 환경, 에너지 및 수송 인프라(예: 전력망, 가스 파이프라인, 항구), 가용 자원 및 내수 시장 규모를 평가했다.

동남아시아는 이미 청정 기술 공급망에서 중요한 역할을 하고 있으며, 일부 국가는 가치 사슬에서 한 단계 더 도약할 수 있는 잠재력이 있다. 동남아시아는 2035 년까지 태양광 발전 모듈용 폴리실리콘 및 웨이퍼 생산 비용이 가장 낮은 지역 중 하나가 될 수 있다. 일부국가들의 경우, 기존의 전자 및 전기 장비 제조 분야의 강점, 인건비 및 에너지 가격 경쟁력, 수출 지향형 산업 관련 정부 지원 정책 등을 활용할 수 있다. 이와 같은 지역의 경쟁 우위가 충분히 활용되고 전 세계적인 정책 방안이 2050 년 글로벌 넷제로(net zero) 배출량 달성에 맞춰 추진되는 경우, 동남아시아는 현재

4 만대 수준인 EV 생산량을 2035 년까지 800 만대 이상으로 증가시키고, 그 중 절반 가량을 수출할 수 있을 것이다.

라틴 아메리카, 특히 브라질은 풍력 터빈 제조에 유리한 조건을 갖추고 있으나, 이를 활용하기 위해서는 인프라와 물류 분야에서 상당한 투자가 필요하다. 오늘날 브라질은 전 세계 풍력 터빈 블레이드의 5% 이상을 생산한다. 2050 년 탄소 중립 목표와 부합하는 시나리오를 기준으로, 브라질이 이 같은 유리한 조건을 활용할 수 있다면, 항만 인프라에 대한 장기투자가 성과를 낸다고 가정할 때, 이러한 터빈 블레이드 수출은 현재 수준 대비 2035 년까지 6 배 증가할 것이다. 라틴 아메리카 여러 국가들 중에서도 브라질은 재생 에너지 자원 역시 풍부하며, 이는 유럽 및 일본처럼 이러한 제품의 생산 비용이 높은 시장으로 준탄소중립(near-zero) 암모니아와 철강을 수출할 수 있는 좋은 기반이 된다.

북아프리카는 EV 제조 허브가 될 수 있다. 이미 투자가 진행 중인 북아프리카가 2050 년까지 전 세계의 배출량 넷제로 달성과 함께 잠재력을 실현할 수 있게 되면, 2035 년 북아프리카에서 생산하게 될 370 만대의 EV 중 약 절반을 유럽 연합으로 수출하게 된다. 이는 모로코와 같은 국가에서 기존 프로젝트 파이프라인을 활용하는 방식이 될 것이다. 다른 아프리카 국가들은 철광석과 재생 에너지 자원 등을 활용해, 가치 사슬의 상부로 올라가 전해수소로 철을 생산할 잠재력을 가지고 있다. 전 세계가 2050 년 탄소중립 목표에 부합하는 기후 목표를 추진하고, 아프리카 국가에 대한 투자 장벽이 극복된다면, 이 같은 유럽 및 일본향 수출은 현재 가격을 기준으로 한 동일 톤수 철광석 수출액의 4 배를 능가할 수 있다.

공급망 편중에 따른 최빈 해상 운송 경로의 부담 가중

전반적인 해운 활동의 증가세는 둔화되고 있으나, 일부 가장 혼잡한 해상 병목 지점 중 일부의 운송량은 증가하고 있다. 오늘날 정책 기조에 따르면 향후 10 년간 글로벌 해상 상품 무역은 중량 기준 매년 1%씩 늘어날 것으로 보이는데, 이는 지난 20 년간에 비하면 크게 둔화된 것으로 화석 연료 및 철강 수요의 완만한 증가세에 기인한다. 그러나 특정 병목 지점을 통한 운송량은 훨씬 늘어나고 있다. 해상을 통한 청정 기술 무역의 약 50%가 현재 말라카 해협을 통과한다. 현재 정책 기조 상, 말라카 해협을 통한 청정 기술 제품 운송은 상당히 증가할 것으로 예상되나, 전체 해상 무역에서 차지하는 비중은 여전히 매우 낮게 유지될 것이다. 이러한 해상 관문의 의존도는 공급망의 회복력에 리스크를 초래한다. 특히 청정 기술 화물의 평균적인 가치는 톤 당 평균 화석 연료 화물의 10 배가 넘기 때문이다.

정교한 산업 전략은 지속적인 청정 기술 전환 가속화의 핵심

에너지 및 산업 정책의 목표 간의 긴장과 상충으로 인해, 적절한 무역수단을 마련하는 것이 청정 에너지 전환에 필수적임을 보여준다. 어떤 경우에는, 무역 장벽이 낮아지면 청정 에너지 무역이 가져오는 혜택이 커질 수 있다. 예를 들어,

오늘날 재생에너지 시스템 및 부품소재 등 구성 요소에 적용되는 관세는 평균적으로 화석 연료에 부과되는 금액의 두 배가 넘는다. 관세 및 비관세 조치와 같은 무역 조치는 이미 청정 기술 비용을 높이고 있다. 예를 들어, 현재 태양광 발전 모듈에 적용되는 100% 관세는 지난 5년 간 이루어진 기술 비용 하락 효과를 상쇄할 것이다. 태양광 발전 모듈 자체가 총 설치 비용의 20~30%를 차지하는 만큼, 발전 비용에 미치는 연쇄 효과는 더욱 제한적일 수밖에 없다. 그러나 전기차와 같은 소비재는 더 직접적으로 영향을 받기 쉬우며 구매가 둔화될 수 있다.

정교한 산업 전략은 기업이 경쟁력 격차를 해소하고 혁신을 더 빠르게 달성하는 데 도움이 될 수 있으나, 무역 정책 수단과의 상호작용을 주고받는지 신중하게 고려해야 한다. 구체적이고 측정 가능하며 기한이 정해진 목표를 수반하여 시행되는 산업 정책은 에너지 정책 및 기후 목표 달성을 뒷받침할 수 있다. 예를 들어, 유럽 연합에서 배터리 생산은 현재 중국에서 생산되는 것보다 50%가량 더 비싸다. 현재 개발 중인 혁신적인 배터리 기술은 비용 격차를 최대 40% 줄일 수 있으며, 그 수준에 이르면 유럽 연합 내에서 제조하는 이점이 나머지 비용 차이를 상쇄할 가능성이 높아진다. 경쟁력과 혁신을 촉진하고 유지하려면 산업 전략은 면밀히 모니터링되고 방향 수정에 유연해야 한다. 이러한 목표를 뒷받침하려면 무역 정책이 신중하게 설계해야 하며, 광범위한 보호무역주의나 포괄적인 재정 지원은 효과적인 산업 전략으로 채택될 가능성이 매우 낮다.

산업 전략은 청정 기술 공급망에서의 국제 무역이 새롭게 설정한 조건과 목표를 반드시 고려해야 한다. 기후 목표를 달성하기 위한 노력과 에너지 및 산업 정책 목표 간의 균형을 맞추기 위해, 무역 정책은 그것이 갖는 새로운 청정 에너지 경제에서의 역할, 아울러 그것이 오늘날 산업 경쟁력에 미치는 의미를 고려하여 설계되어야 한다. 무역 정책을 설계하기 위한 단일한 방법이 있는 것은 아니지만, ETP-2024에서 제시된 분석은 이 분야의 보다 심도 있는 논의 진전에 기여하도록 설계되었다.

서론

국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 대표적인 보고서 시리즈인 에너지 기술 전망(*Energy Technology Perspectives, ETP*)은 2006 년부터 에너지 부문의 주요 기술 측면에 대한 중요한 통찰을 제공해왔다. 이 보고서는 2020 년에 개편되어 IEA 의 청정 에너지 기술 가이드북 역할을 하게 되었으며 에너지 안보, 경제 발전, 환경의 지속가능성과 같은 정책 목표 달성에 청정 에너지 기술과 혁신이 매우 중요하다는 점을 고려해 정책 결정자들이 특히 관심을 기울이는 주제를 중점적으로 다룬다. 이러한 목표를 달성하기 위한 노력은 산업, 에너지, 무역 정책 등 다양한 분야에서 이들 간의 긍정적인 시너지 효과를 모색하고 상충되는 측면을 관리하는 것이 성공의 핵심이 될 것이다. 세부적인 부문별 데이터와 혁신적인 분석을 기반으로 한 *에너지 기술 전망 2024(Energy Technology Perspectives 2024, ETP-2024)*는 청정 에너지 기술 및 관련 소재의 제조와 국제 무역의 미래를 분석한 최초의 보고서이다. 이 보고서는 정책 결정자들에게 전 세계의 청정 에너지 기술과 소재의 제조 및 무역과 관련된 기회와 복잡성에 대한 정량적인 평가를 제공해, 해당 분야에서의 의사 결정을 돕기 위한 목적으로 작성되었다.

전기자동차(EV), 배터리, 태양광 발전(PV), 풍력 터빈, 히트 펌프, 전해조의 주요 6 개 청정 에너지 기술에 관한 분석이 담겨 있는데, 이들 6 개 분야를 모두 합하면 전 세계 청정 에너지 투자 지출의 절반 정도를 차지하며 시장 규모는 7,000 억 달러가 넘는다. 또한 철강, 알루미늄 및 암모니아(산업용 및 연료 관련 응용 분야)와 같은 3 개 소재 부문과 함께 이러한 기술 관련 주요 부품의 제조 및 무역에 대한 분석이 담겨 있으며, 준탄소중립(near-zero) 배출량을 달성하기 위한 제조 공정을 중점적으로 다룬다.

ETP-2024 분석은 청정 에너지 전환을 위한 안전하고 회복력 있는 공급망의 필요성을 제기한다. 현대적인 청정 에너지 경제가 만들어내는 경제적 기회를 평가하면서 청정 에너지 기술 및 소재 제조에 대한 투자가 글로벌 무역 흐름을 어떻게 변화시키고 있는지 파악한다. 국내 제조업을 활성화하고 일자리를 창출하며 회복력을 강화하면서도 탈탄소화 활동을 지원하기 위해 각국 정부는 새로운 산업 전략을 개발하면서 청정 에너지 기술을 전면에 내세웠다. 정책은 이러한 분야에서 핵심적인 역할을 한다. 각국은 저비용 광물과 에너지 자원에 대한 접근성, 숙련된 인력, 기존 산업과의 시너지 효과 등 고유의 강점과 약점을 반영해 자체적인 청정 에너지 산업 전략을 마련할 필요가 있다. 정책 결정자들은 효과적인 정책과 전략을 설계할 때 공급 안보와 회복력, 가격 적정성 및 형평성이라는 목표를

균형있게 추진해 가능한 빨리 온실가스 배출량의 넷제로 달성을 꾀해야 한다. **ETP-2024**는 이처럼 상충되는 목표를 조화롭게 달성하기 위한 다양한 방식을 살펴본다.

이 보고서는 **ETP-2023**에 포함된 분석 내용을 더욱 확장하였다. **2023**년 보고서에서는 청정 에너지 기술 공급망과 에너지 전환에서 공급망의 중요성을 중점적으로 다루면서 핵심 기술 제조가 일부 주요 시장에 지나치게 편중되어 있음을 지적했다. **ETP-2024**는 고유의 상세한 데이터 세트를 기반으로 이러한 핵심 청정 에너지 기술과 소재의 제조 및 무역에 대한 현황과 전망을 형성하는 요인들을 심층적으로 분석한다.

1장에서는 제조업 공급망 현황을 검토하고 제조업의 투자 결정 요인, 특히 비용 경쟁력을 평가한다. **2**장에서는 정책 시나리오에 따른 전망을 이용해 청정 에너지 제조 용량과 생산, 역내 무역에 대한 전망을 분석하는 데 비해, **3**장에서는 미국, 유럽 연합, 중국, 인도 등 주요 **4**개 시장의 전망을 자세히 살펴본다. **4**장에서는 신흥 시장과 개발도상국이 가치 사슬의 상부로 올라가서 제조 및 소재 생산에 투자해 이익을 얻을 수 있는 기회를 자세히 평가한다. **5**장에서는 국제 무역의 탈탄소화를 위한 항만과 선박의 역할뿐만 아니라 청정 에너지 기술 무역과 관련된 주요 운송 경로와 병목지점을 파악한다. 마지막으로 **6**장에서는 정책 결정자들을 위한 전략적 고려 사항을 논의한다.

1 장: 제조 및 무역 현황

주요 내용

- 전 세계의 청정 에너지 기술 제조 역량이 빠르게 확대되고 있다. 2021에서 2023년 사이에만 태양광 발전 모듈의 생산 용량이 450 GW를 조금 넘는 수준에서 1.2 TW로 증가했으며, 풍력은 125 GW에서 180 GW로, 전기자동차는 1,050 만대에서 2,220 만대로, 배터리는 1.1 TWh에서 2.5 TWh로, 전해조는 3배 증가해 25 GW로 뛰었다. 발표된 확대 공약에 따르면 제조 용량은 태양광 발전의 경우 2030년에 1.6 TW, 풍력은 260 GW, 배터리는 9.3 TWh, 전해조는 165 GW로 늘어날 수 있다.
- 중국은 청정 에너지 기술과 철강, 알루미늄, 암모니아 등 관련 소재의 최대 생산국이다. 발표된 프로젝트를 기준으로 볼 때, 제조 분야 지리적 집중도는 2030년까지 지속될 것으로 예상된다. 태양광 발전, 풍력, 전기차, 배터리, 전해조, 히트 펌프 등 이 보고서에서 다룬 6개 청정 기술 공급망에서 중국, 유럽 연합 및 미국의 생산 용량 비중이 80%를 넘어선다.
- 6개 청정 에너지 기술 공급망의 제조 용량에 대한 투자는 2022년 1,600억 달러에서 2023년 2,350억 달러로 증가했다. 발표된 프로젝트에 따르면 이러한 설비 투자는 2024년 약 2,000억 달러로 유지될 것으로 예상되며, 2030년까지 연평균 1,800억 달러가 투자될 예정인 가운데 그 중 약 35%는 확정되었다.
- 청정 기술 무역은 가파르게 증가하고 있다. 태양광 발전 모듈의 글로벌 수출은 2015년 이후 10배 이상 증가했으며 전기차 수출은 20배 가까이 늘었다. 벌크선의 무역항로는 유조선과 컨테이너선에 비해 훨씬 혼잡하며 아시아에서 더 집중되어 있다. 청정 에너지 전환은 무역 환경을 변화시키고 있다. 경제적 구조가 소모되는 화석 연료에 대한 의존도를 줄이고, 제조된 청정 기술에 더 의존하게 되는데, 이러한 기술은 설비 용량에 추가되어 오랜 기간 사용된다. 이는 공급망 리스크의 특성을 변화시키고 있다.
- 비용은 제조 분야에 대한 투자 수준과 입지를 결정하는 주요 요인이다. 소재, 부품, 에너지 등 가변적인 운영비는 공장을 집약적으로 활용하는 경우, 해당 기술의 균등화 생산 비용 중 4분의 3을 넘어서는 수준이다. 소재 생산의 경우, 에너지 비중은 일반적으로 매우 높은 편이다. 준탄소중립(near-zero) 실현 기술로 이러한 원자재를 생산하려면 기존 기술에 비해 상당히 비용이 많이 들지만, 사업성이 확보되고 나면 비용이 대폭 하락할 수 있다.
- 50개 이상의 기업을 대상으로 한 IEA의 산업조사에는 비용 외 다른 요인들, 특히 내수 시장 규모의 중요성이 강조되어 있다. 중국의 제조 용량은 최근 몇 년간 가장 급격히 확대되어 왔으며, 청정 기술 시장 규모는 2010년 250억 달러에서 2023년 실질가치 기준으로 4,000억 달러 이상으로 성장했다. 기존의 대규모 산업 기반과 공급자 및 고객과의 근접 입지 또한 강력한 유인 요인이다.

2 장: 글로벌 전망

주요 내용

- 무역은 청정 에너지 전환을 실현하는 중요한 수단이다. 청정 에너지 기술 무역액은 이 보고서에서 사용한 세 가지 시나리오에서 모두 증가하는 것으로 나타났지만 그 속도는 각각 다르다. 기존 정책 시나리오(Stated Policies Scenario, STEPS)에서는 2023 년 2,000 억 달러에서 2035 년 5,750 억 달러로 증가해, 현재 천연가스 무역액의 절반이 넘을 것으로 예상된다. 공약 달성 시나리오(Announced Pledges Scenario, APS)에서는 2035 년까지 7,000 억 달러 이상, 2050 탄소중립 시나리오(Net Zero Emissions in 2050 Scenario, NZE Scenario)에서는 그 보다 많은 1 조 달러 이상으로 증가할 것으로 예상된다. 관세가 낮아지면 무역 이익은 더 늘어날 것이다. 재생에너지 시스템과 관련 부품에 적용되는 관세는 현재 화석 연료에 부과되는 금액의 평균 두 배에 달한다.
- 청정 기술 무역이 늘어나면서 무역 수지가 상당한 영향을 받을 것이다. STEPS에서는 미국의 청정 에너지 기술 순수입이 2035 년에 1,500 억 달러로 늘어나지만 이는 화석 연료 수출 증가로 인해 상쇄될 것으로 전망된다. 유럽 연합의 청정 기술 순수입은 2035 년 1,400 억 달러에 달하며, 그러한 기술 중 3분의 1 을 중국에서 수입할 것으로 전망된다. 이는 화석 연료 수입감소분에서 얻은 이익을 완전히 상쇄하는 수치이다.
- 현재 중국의 화석 연료 수입 비용은 청정 기술 수출액보다 5 배 이상 높다. STEPS에서는 화석 연료 수입과 청정 기술 수출이 2050 년 직전 균형을 이루는 것으로 나타나지만, APS에서는 화석 연료 수요와 수입 필요량을 낮추는 보다 과감한 기후 정책을 통해 2035 년에 균형을 달성할 것으로 전망된다. 인도의 경우, APS에서는 2070 년 넷제로 배출 목표 달성을 위한 생산연계인센티브(Production Linked Incentive, PLI) 제도와 관련 조치가 2035 년 전에 청정 기술 순수출국이 되는 데 기여하는 것으로 나타난다.
- 기후 목표가 과감하다고 해서 반드시 청정 에너지 기술 무역이 늘어나는 것은 아니다. 기후 목표는 에너지 안보, 무역, 산업 발전 목표와 함께 균형 있게 추진해야 하기 때문이다. NZE 시나리오에서 말하는 공정하고 포용적인 전환이란 신흥 시장 및 개발도상국(EMDE)의 수요에 맞춰 제조 기반이 입지하는 것을 의미한다. 그에 따라 청정 기술의 전 세계 무역은 APS에 비해 2050 년까지 5% 정도 낮게 나타난다.
- 청정 기술 제조에 대한 총 투자 수요가 이러한 전환에 장벽이 될 가능성은 낮다. APS에서 2024~2035 년 글로벌 평균 연간 투자액은 1,500 억 달러로서 2023 년도 수준보다 낮긴 하나, 투자를 요하는 기술 및 국가에 자본을 투입하는 것이 주요 과제가 될 것이다. APS에서는 청정 기술 제조에 필요한 투자의 20% 이상이 EMDE(중국 제외)에서 이루어지는데, 이러한 비중은 NZE 시나리오에서는 30%로 나타난다. 반면, 준탄소중립 소재 생산에 대한 글로벌 연간 투자는 APS에서는 현재의 40 억 달러에서 2036-2050 년 사이에 평균 880 억 달러로, NZE 시나리오에서는 900 억 달러 이상으로 가파르게 증가할 필요가 있다.

3 장: 주요 시장 전망

주요 내용

- 미국의 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)과 초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)은 전례없는 수준으로 청정 에너지 기술 보급 및 제조를 위한 정부 재정 지원과 추가적인 투자를 이끌어내고 있다. 기존 정책 시나리오(Stated Policies Scenario, STEPS)에서는 태양광 발전 모듈과 폴리실리콘에 대한 미국 수요가 거의 대부분 2035년까지 내수 생산으로 충족되지만, 태양광 발전 셀과 웨이퍼는 여전히 수입에 의존하는 것으로 나타난다. 공약 달성 시나리오(Announced Pledges Scenario, APS)에서 멕시코는 기존의 자동차 제조 강점을 활용해 전기차(EV) 제조 허브가 되면서 2035년까지 미국 수입의 35%를 차지하는 것으로 나타난다. STEPS에서는 2030년까지 청정 에너지 기술 제조와 준탄소중립 소재에 필요한 투자가 2,500억 달러(2023년 물가 기준)로 전망되는데, APS에서는 거의 3,000억 달러에 달한다.
- 유럽 연합에서는, EU 내 제조를 통해 EU 보급량의 40%를 충족시킨다는 탄소중립산업법(Net Zero Industry Act, NZIA) 벤치마크가, 히트 펌프(수요가 충분한 경우) 및 풍력 터빈 분야에서 가장 쉽게 달성될 수 있다. 배터리 생산을 위한 현재 프로젝트 파이프라인은 대체로 NZIA 목표를 달성하기에 충분하지만, EV 공급망 경쟁력을 높이려면 생산 비용을 절감하고 내수 EV 시장을 키워야 한다. 그 결과, 중국으로부터의 EV 수입은 2035년에 STEPS보다 APS에서 50% 정도 낮을 것으로 전망된다. EU의 소재 생산 설비 경쟁력은 2021년 이후 에너지 비용이 급증하면서 타격을 받아온 만큼, 지속적인 현대화를 추진해야 준탄소중립 프로세스 개발을 계속 주도할 수 있다. 관련 프로젝트에 100억 달러 투자가 이미 확정되었는데, 이는 전 세계 투자 대비 약 50% 규모이며, 추가로 100억 달러 투자가 발표된 상태다.
- 중국은 청정 기술 제조의 글로벌 강국 지위를 유지하겠지만, 그 잠재력을 완전히 실현하는 것은 다양한 요인에 달려 있다. STEPS에서는 2035년 전 세계에서 판매되는 모든 EV의 약 60%를 중국에서 생산할 것으로 예상한다. 태양광 발전 모듈의 경우, 기존 및 발표된 제조 용량으로 APS에 따른 2030년 글로벌 수요를 대부분 충족할 수 있겠지만, 이 시나리오에서는 다른 국가들 역시 제조 용량에 투자해 글로벌 수요의 35% 정도를 충족하는 것으로 나타난다. APS에서 중국은 2035년 글로벌 생산 비중이 다소 하락하긴 하지만 최대 소재 제조국 지위를 유지한다.
- 인도의 생산연계인센티브(Production Linked Incentive, PLI) 제도는 오늘날 중국의 경쟁 우위 핵심 원천인 공급망 전반의 수직 계열화를 장려한다. 이 제도는 STEPS에 따르면 2030년까지 인도의 태양광 발전 모듈 생산을 9배 늘리고, 2023년 신생 산업에서 출발한 배터리 셀 생산을 2030년에 50 GWh가 넘는 수준(2023년 EU에 근접한 수준)으로 성장시키는 동인으로 작용한다.

4 장: 신흥 시장의 기회

주요 내용

- 청정 에너지 전환은 신흥 시장이 청정 기술과 중탄소중립 소재의 제조기반을 구축하거나 확장할 수 있는 기회를 제공한다. 신흥국은 현재 이 분야에서 창출되는 전 세계 가치의 5% 미만을 차지한다.
- 신흥 시장이 그러한 기회를 어느 정도까지 활용할 수 있는가는 비즈니스 환경, 에너지 및 운송 인프라, 자원 및 내수 시장의 이용 가능성 등 다양한 기회 요인에 달려 있다. 이 ETP 보고서에서 수행한 포괄적인 분석을 통해 주요 청정 에너지 기술 및 소재 제조 역량을 발전시키기 위한 라틴 아메리카, 동남아시아, 아프리카 국가들의 잠재력을 확인할 수 있었다.
- 동남아시아는 숙련된 인력, 관련분야 경험, 풍부한 에너지 자원 등을 고려할 때 태양광 발전과 전기차(EV) 제조를 확대할 수 있는 상당한 잠재력이 있다. 공약 달성 시나리오(Announced Pledges Scenario, APS)에서 동남아시아 국가들은 2023 년 2%에서 2035 년 5%로 전 세계 태양광 발전 웨이퍼와 폴리실리콘 생산 비중을 2 배 이상 늘릴 것으로 예상된다. 해당 지역은 2035 년까지 약 570 만대의 EV 를 생산(2023 년에는 4 만대 수준)해 절반 정도를 수출하게 된다.
- 라틴 아메리카는 풍력 터빈 개발과 배터리 제조 및 중탄소중립 암모니아 생산에 유리한 여건을 갖고 있다. 오늘날 모든 풍력 터빈 블레이드의 5% 이상을 생산하는 브라질은 중요한 철강 생산국이자 철광석 수출국으로서 관련 항만 인프라를 갖추고 있다. 운송 인프라와 제조 입지의 연결을 더욱 개선하고 투자 리스크를 줄이면 브라질은 높은 잠재력을 최대한 활용해 2035 년까지 풍력 터빈 블레이드 수출을 6 배 늘릴 수 있을 것이다.
- 아프리카의 현재 비즈니스 환경과 인프라, 낮은 국내 수요는 제조 분야에 대규모 투자 유치를 더욱 어렵게 만드는 요인이지만, 일부 분야 및 국가의 경우 경제 발전과 일자리 창출을 뒷받침할 수 있는 상당한 기회가 있다. APS에서는 북아프리카, 특히 모로코가 EV 제조 허브가 되어, 2035 년까지 생산된 180 만대의 EV 중 65%를 유럽과 북미에 수출할 것으로 전망된다. 아프리카는 또한 철광석과 재생 에너지 자원을 기반으로 전해 수소를 통해 철을 생산할 수 있다. 성장 잠재력 사례 연구(High Potential Case)에서는 유럽, 한국, 일본으로의 수출이 2050 년 60 억 달러 수준에 도달할 것으로 전망된다.

5 장: 국제 해운

주요 내용

- 해운은 전 세계 무역(중량기준)의 **80%** 이상을 차지하는 국제 무역의 근간이다. 글로벌 해상 무역은 중량 기준으로 **3 배**가 늘었으며 지난 **40** 여년 간 액수로는 **10 배**가 늘었다. 오늘날 화석연료 및 중공업에 투입되는 원자재는 주로 벌크선(건화물선)과 유조선을 이용한 해운 활동의 약 **3 분의 2**를 차지한다. 중량 기준으로 전체 해상 무역 물동량 중 화석 연료 단일 비중이 **40%**를 차지하며 철강 및 알루미늄 생산에 사용되는 철광석과 보크사이트 비중은 **20%**이다.
- 오늘날 해운 활동은 아시아 태평양 지역에 상당히 집중되어 있으며, 중국이 그 중심에 있다. 가장 바쁜 컨테이너 항구를 보유한 중국은 유조선과 건식 벌크로 운송되는 상품의 주요 수입국이다. 중공업 및 화석 연료 수요와 관련된 전 세계 해운 활동에서 중국의 수출입 비중은 **40%**가 넘는다.
- 전 세계 해상무역의 약 **60%**는 하나 이상의 해상 관문을 통과한다. 전체 화석 연료무역의 **3 분의 1**은 말라카 해협을 통과하며 **20%**는 호르무즈 해협을 통과한다. 그에 비해 청정 에너지 기술의 해상 무역 중 **3 분의 2**는 한 곳 이상의 관문을 통과하며 말라카 해협에서만 절반 이상이 통과한다. 기존 정책 시나리오(**Stated Policies Scenario, STEPS**)에서는 말라카 해협을 통과하는 청정 기술 제품 운송이 현저히 증가해 **2035**년까지 전체 해상 물동량에서 차지하는 비중이 **60%**에 육박할 것으로 전망한다.
- 청정 에너지 기술 무역 증가에도 불구하고 청정 에너지 전환은 글로벌 무역 경로를 변화시키고 해운 활동 성장을 둔화시킬 것이다. 공약 달성 시나리오(**Announced Pledges Scenario, APS**)에서는 화석 연료 사용 감소와 재활용 증가로 **2035**년까지 **STEPS**에 비해 해운 활동이 **10%** 줄어들고 **2050**년까지 **15%** 줄어드는 것으로 전망된다. **APS**에서 국제 해운으로 인한 온실가스 배출량은 **2035**년까지 약 **60%** 감소하고 **2050**년까지 **90%** 이상 감소하는 것으로 나타난다. 이는 바이오 연료와 준탄소중립 암모니아 및 메탄올로 연료를 전환하는 데 따른 것이지만, 향후 활용 여부를 둘러싸고 불확실성이 남아 있다. 이러한 연료는 **2050**년까지 해운 에너지 사용의 **80%** 이상을 차지할 것으로 전망된다.
- 해운 및 기타 운송비용은 급유용 저탄소 연료를 항구에 공급하기 위한 총 비용의 **10%**에 못 미치지만, 석유 기반 연료보다 운송하는 데 더 많은 비용이 든다. 현재, 생산비가 낮은 지역이라고 해서 병커링 허브가 되는 것은 아니다. 특히 중동 및 호주와 같은 지역에서는 재생 가능 자원이 풍부하고 해상 통행량이 상당하기 때문에, 항구는 저탄소 연료 공급의 전진 기지가 될 수 있다. 재생 가능 자원이 풍부한 다른 지역의 항구 또한 기존의 주요 해운 중심지로 암모니아를 수출할 수 있다.

6 장: 전략적 고려 사항

주요 내용

- 체계적인 청정 에너지 전환을 통해 전 세계가 경제적 번영을 유지하고 증진하려면 각국 정부가 청정 에너지 제조 공급망에 필요한 3 가지 핵심 정책적 측면, 즉 안보 및 회복력, 가격 적정성, 사람 중심의 전환을 균형있게 실현해야 한다. 이를 위해서는 보다 통합된 에너지, 기후, 산업 및 무역 정책이 필요하다. 표준과 같은 새로운 사안에 대한 국제 협력도 필수적이다.
- 공급집중, 물리적인 무역 병목 지점, 무역에 영향을 주는 조치 등은 회복력을 갖춘 안전한 공급망을 구축하는 데 리스크로 작용한다. 혁신과 경쟁에 대한 지원 부족, 공급망 전반의 낮은 소재 효율성은 청정 에너지 및 소재의 가격 적정성에 리스크로 작용한다. 신흥국 및 개발도상국의 투자 부진, 기존 제조 역량을 잃을 위험이 있는 지역의 경제적 기회 감소는 형평성 있는 에너지 전환 성과를 끌어내는 데 리스크로 작용한다.
- 정책 결정자들은 이러한 리스크들 사이에 대체로 존재하는 불가피한 상충관계에 직면하게 되며, 객관적이고 데이터에 기반한 접근 방식으로 장기목표를 조율해야 할 것이다. 국내 및 국제 기준의 다양한 지표를 사용해 리스크 개선을 모니터링할 수 있으나, 일부 영역에서는 보다 양질의 데이터가 필요할 것이다.
- 6 가지 전략적 대응을 통해 공급망의 회복력, 일자리 및 경제 발전을 저해하는 리스크를 다음과 같이 해결할 수 있다.
 - 신속하고 강력한 선별적 산업 정책 패키지를 설계해 국제 경쟁력을 제고한다.
 - 혁신 생태계를 조성해 경쟁력을 강화한다.
 - 근접 입지 및 통합을 장려해 경쟁력을 강화한다.
 - 파트너십을 통해 특히 신흥국과 개발도상국에 폭넓은 제조 다각화를 지원한다.
 - 주요 해상 관문과 관련된 리스크 및 저탄소 연료 수요 증가의 영향 등 해운 분야의 흐름을 예측한다.
 - 기업과 정부의 의사 결정을 돕기 위해 무역, 용량 및 탄소 배출량에 대한 더 나은 데이터 수집을 지원한다.

International Energy Agency (IEA)

Korean translation of *Energy Technology Perspectives Executive summary 2024*

This report was initially written in English. While every effort has been made to ensure that this translation is as accurate as possible, there may be some slight differences between this and the original version.

This work reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of the IEA's individual member countries or of any particular funder or collaborator. The work does not constitute professional advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.



Subject to the IEA's [Notice for CC-licensed Content](#), this work is licenced under a [Creative Commons Attribution 4.0 International Licence](#).

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

IEA Publications
International Energy Agency
Website: www.iea.org
Contact information: www.iea.org/contact

Typeset in France by IEA - Original version: October 2024; Translation:
March 2025
Cover design: IEA
Photo credits: © Getty Images

