

산업

동향

브리핑

2023.  
No.1

한국 정부의  
저탄소 철강 생산 전략:  
핵심 과제와 개선 방안

- 저탄소 제품 생산 역량이 수출 경쟁력이 되는 무역 질서가 형성되는 가운데 산업의 핵심 소재인 철강은 공정의 탄소중립을 이뤄야 하는 막중한 과제를 안게 됨.
- 내수 철강 산업을 지켜내면서 탄소 중립을 달성하기 위해서는 저탄소 기술 경쟁력을 확보하는 것이 필수적임. 한국 고유의 수소환원제철기술인 HyREX 의 생산 실증과 상용화에 더욱 적극적인 재정적, 정책적 지원이 필요함.
- 특히 국내 재생에너지 생산역량과 가격경쟁력이 뒷받침되어야 저탄소 철강 생산 기술 혁신 도입이 가능.

## ° 저탄소 경제체제<sup>1</sup>를 향한 국제적 동향

주요 선진국들은 탄소국경조정제도(CBAM), 인플레이션감축법(IRA) 등을 도입하여 국가 에너지 전환과 저탄소 기술 개발에 박차를 가하고 있음.

- 최근 코로나19 팬데믹과 러시아의 우크라이나 침공 장기화 등으로 인해 화석연료 기반 에너지 수입 의존도의 불확실성이 대두.
- **CBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism)**은 주로 철강, 시멘트, 알루미늄, 비료, 전력 생산, 수소와 같은 탄소 집약적 제품의 탈탄소화를 촉구하는 대표적인 제도.
  - 2022 년 12 월 유럽연합에서 잠정 합의가 이뤄졌으며, 2026 년부터 수입업체는 EU 수입통관 시 **CBAM 인증서**(EU ETS에 연동된 제품의 탄소 배출량에 기반한 금액)를 구입하게 됨.
  - 에너지경제연구원에 따르면 CBAM 인증서 비용으로 **2,583 억 원**, 곧 한국의 CBAM 철강 품목 총수출액의 **8.1%**가 될 것으로 추정.<sup>2</sup>
- 2022 년 제정된 미국의 **IRA(Inflation Reduction Act)**는 기후변화 대응과 친환경 에너지 보급 등의 목적으로 세법을 개정하고 연방정부 예산을 사업별로 규정.
  - 2023 년 3 월 8 일 미국 에너지부 산하 청정에너지시범실(Office of Clean Energy Demonstration, Industrial Demonstration Program)은 철강을 포함한 중공업 분야에서 온실가스 배출 감축을 가속화하기 위한 **혁신적 기술 도입에 63 억 달러(한화 약 8.2조)** 자금 지원을 공식화 함.

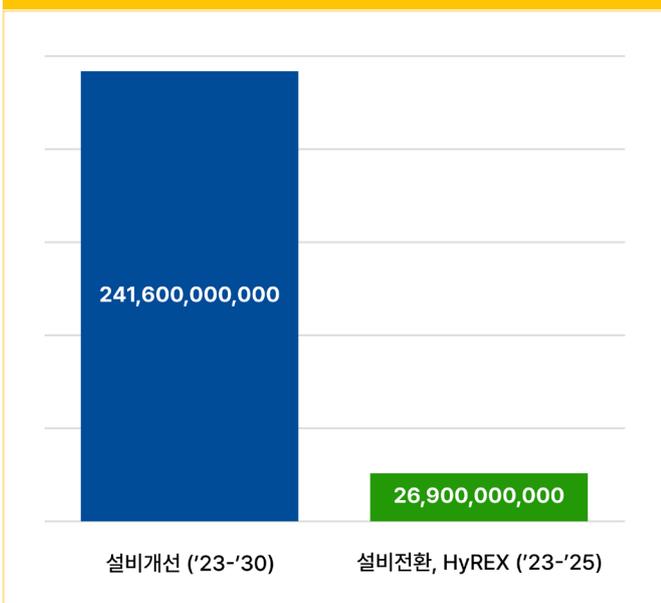
1. 기후변화, 청정에너지, 혁신, 일자리 창출, 회복성(resilience) 등 여러 주제가 통합된 저탄소 제품 생산 및 판매가 우대받는 경제체제

## ◦ 한국 정부의 철강산업 탄소중립 전략 현황

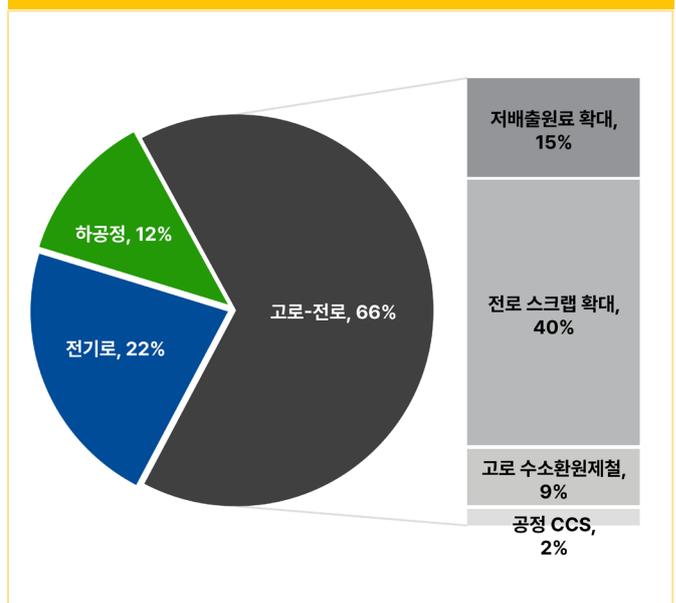
2023년 2월 16일 산업통상자원부는 「저탄소 철강생산 전환을 위한 철강산업 발전전략 (이하 저탄소 철강 생산 전략)<sup>3</sup>」을 발표하였으나 철강 산업의 2050 탄소중립을 이루기에는 제도 및 자원 지원이 부족함.

- 2019년을 기준으로 세계 철강산업은 지구 온실가스 총 배출량의 7%, 산업 부문의 25%를 차지했으며, 국내 철강산업은 국내 온실가스 전체 배출량의 16.7%, 국내 산업의 30%를 차지.<sup>4</sup>
- 본 전략은 '철강산업 발전 원탁회의'를 통해 발표되었으며 산자부 장관 및 7개 철강기업 (포스코, 현대제철, 동국제강, 세아제강, KG스틸, 대한제강, 아주스틸) 주요 인사, 철강협회, 철강자원협회 등이 포함된 **민관 협의체**가 참여.
- 저탄소 철강 생산 전략은 2040-2050년 동안 **고로 11기를 모두 폐쇄하고 수소유동환원로 14기로 대체**하는 목표에 부합하는 공정 설비 전환 지원 금액이 현저히 낮고 계획의 구체성 또한 미흡함 <그림 1 참조>.

◦ [그림 1] 저탄소 철강 기술 개발 자금 지원 계획 (단위: 원)



◦ [그림 2] 설비개선 자금 세부 계획



출처: 「저탄소 철강생산 전환을 위한 철강산업 발전전략<sup>3</sup>」을 바탕으로 저자가 재구성

## ◦ 현 국가 저탄소 철강 전략의 환경적 시사점

[설비 개선] 상기 <그림 2> **고로-전로** (설비 개선 자금의 66%) 기술은 주 배출원인 코크스(석탄) 사용을 유지하는 형태로, 공정의 궁극적인 탈탄소화를 이루는 데에 큰 한계가 존재.

- **전기로 및 하공정** 관련 투자는 **국내 전력시장의 탈탄소화를 전제로 해야만 온실가스 감축에 의미가 있음.**
  - 전기로가 고로에 비해 공정 탄소 배출량이 상대적으로 적지만, 전기로 확대 계획과 재생에너지 조달 계획이 연계되어야만 글로벌 철강 탈탄소 경쟁에서 유의미한 탄소 배출량 감축을 이룰 수 있음.
    - 전기로 공정 중 사용되는 **전력으로 인한 간접배출**이 전기로 공정 전체 탄소 배출량의 약 **58.3%**를 차지.<sup>5</sup>
    - 현재 한국의 전력 에너지원 중 약 **65%**가 **화석연료 기반**.<sup>6</sup>

**[설비 전환]**은 **수소환원제철(HyREX)** 도입을 의미하며 탄소 중립을 위해서는 재생에너지로 생산된 전력으로 물을 전기 분해해서 만든 수소인 '그린 수소'<sup>7</sup>를 사용해야 함.

- 수소환원제철은 고로-전로 공정에 연료와 원료로 투입되는 석탄을 수소로 대체하는 기술로 **이산화탄소 대신 물을 배출.**
- 연간 생산량 3,800 만 톤 규모의 석탄 기반 철강 제조 방식을 그린 수소 기반의 제조 방식으로 전환할 경우, 연간 **370 만 톤의 수소가** 소요될 것으로 전망하며, 이는 현재 2040 국가 수소 로드맵에서 제시한 수소 생산량 목표의 약 **70%** 해당함.<sup>8</sup>

## ◦ 수소환원제철 기술 혁신에서의 핵심 과제

세계적으로 수소환원제철 기술은 상용화단계에 있으며 해당 개념 설계 상업화 여부가 국제 저탄소 철강 시장의 경쟁력을 좌우.

- 수소환원제철로의 설비 전환 및 청정에너지 조달 관련 해외 사례들은 아래의 표와 같이 **생산량에 동반한 공정의 탄소 배출 감축 목표**가 제시되어 있으며, **정부 지원과 실증 규모 모두 한국보다 월등함** (연간 정부 지원금의 경우 최대 4배 더 높음) <표 1 참조>.

연간 생산량 3,800 만톤 규모의 수소환원으로의 설비 전환시 수전 규모가 연간 3,700 MWh 로 증가할 것이며 **현재 제철소에서 전력을 약 80%를** 자급하는 수준에서 **100% 구입**으로 전환되어야 함.<sup>8</sup>

- 저탄소 철강 생산에 대한 추가 비용을 증감하기 위해서는 **국내 재생에너지 보급 확대 및 가격 경제성 확보**가 필수적임.
  - 2020 년 기준 국내 신재생에너지의 이론적 발전환산잠재량은 연간 340,678 GWh 이나 2021 년 기준 신재생에너지 발전량은 이의 약 **12.7%** (43,096 GWh)에 불과.<sup>9</sup>

- 2021년 국내 지상태양광 발전단가(LCOE)는 약 134.7 원/kWh로 세계 평균 62.9 원/kWh보다 약 2배 높았으며, 국내 육상풍력 발전단가는 약 161 원/kWh로 세계 평균 43.3 원/kWh보다 약 3.7배 높았음.<sup>10,11</sup>

○ [표 1] 주요 국가들의 수소환원제철 개발 및 생산 계획 동향

	설비 전환 계획	자금 지원 규모
독일 <sup>12</sup>	<p>정부 지원금 및 자체 투자를 통해 2026년까지 연간 10만톤 규모의 수소로만 환원하는 DRI 제조 설비 준공 예정.</p> <p>2030년까지 아르셀로미탈(ArcelorMittal)의 함부르크(Hamburg) 공장에서 연간 100만톤의 무탄소 배출 철강 생산 목표.</p>	<p>독일 정부</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 약 756억 원(5,500만유로)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 함부르크 공장 설비 건축 비용의 50%</li> </ul> </li> </ul>
스웨덴 <sup>13</sup>	<p>2030년까지 HYBRIT 프로젝트를 통해 스웨덴에서 연간 135만톤의 무탄소 배출 철강 생산</p>	<p>유럽연합 (Innovation Fund)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 약 1,967억 원 (1억 4,300만 유로)</li> </ul>
일본 <sup>14</sup>	<p>① 2030년까지 500m<sup>3</sup>급 중규모 검증 실험 고로에서 저탄소원료 및 외부 수소 등을 활용해 탄소 배출량을 '기존 대비 50% 이상 저감'하는 기술의 실증(생산량 목표 부재).</p> <p>② 2030년까지 수소환원제철로 탄소 배출량을 현재 고로법 대비 50% 이상 저감하는 기술의 실증(생산량 목표 부재).</p>	<p>일본 정부</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 약 1조 5,590억 원('21~'30) (1,559억 엔 = ①11,214억 엔+②2345억 엔)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술 실증 전체 비용의 약 42.8%</li> </ul> </li> </ul>
한국	<p>2030년까지 HyREX 기술로 연간 100만톤 철강 생산 (저탄소 철강 생산 공정의 탄소 배출량 감축 목표 부재).</p>	<p>한국 정부</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 269억 원('23~'25)</li> </ul>

○ 한국 저탄소 철강 전략의 개선 방안

- 제철 공정 전 과정의 탄소 배출 감축을 위해서는 국가 차원에서 재생에너지 보급을 빠르게 확대할 수 있도록 법제도를 강화해야 함.
- 증폭될 전력 구입량을 적기에 대응할 수 있는 재생에너지 용량 확보가 중요하며, 이를 위해 재생에너지 관련 규제를 완화하고, 인허가를 간소화하는 방안을 고려할 수 있음.<sup>15</sup>

- 수소환원제철 도입시 환원제로 쓰일 그린 수소 생산, 직접 환원철(H-DRI)을 전기로에서 용융하기 위한 열원, 하공정의 열원 등 제철소에서 사용되어야 할 전력 구입량이 증폭될 것임.
  - 국내 재생에너지 생산 역량은 철강산업의 경쟁력과 직결됨.
- 세계적으로 다양한 수소환원제철 기술이 경쟁하고 있는 상황에서, HyREX 기술로 경쟁력을 확보하기 위해서는 기술 상업화를 향한 안정적이고 장기적인 정책적, 재정적 기술 개발 지원이 필수.
- 국내 기업 포스코(POSCO) 고유의 기술인 수소유동환원로 기술(HyREX)로 저탄소 철강 기술 혁신을 이루는 것은 국내로 저탄소 철강 생산 공정 기술과 설비를 확보하고 철강산업의 일자리를 지키는 일임.
    - 기술 상용화의 주도권을 잃을 경우 부가가치 창출의 기회가 가장 높은 공정의 핵심 부분(제선, 제강을 포함하는 상공정)을 해외 수입에 의존하게 되므로 전반적인 산업 경쟁력을 잃을 위험이 존재.
    - HyREX 를 상용화할 시 타 철강사들의 수소환원기술(샤프트환원로, shaft furnace)보다 원료 확보가 용이하고 생산 원가가 경제적이며, 더 효과적으로 탄소 배출량을 감축할 수 있음.<sup>16</sup>
- 저탄소 철강 공정 개발에 동반한 배출량 감축 목표 수립과 방법론의 투명성 강화.
- 현재의 국가 저탄소 철강 전략에는 주요 선진국들과는 달리 저탄소 기술 개발 지원에 상응하는 배출량 감축 목표가 명시되어 있지 않음 <표 1>.
    - 이는 대중, 이해당국 및 투자자들에게 한국 철강 산업의 탄소중립 실현에 대한 불확실성을 야기 가능.
  - 기술 개발 지원금 할당에 사용되고 있는 방법론에 대한 투명성이 보완되어야 더 효율적이고 효과적인 정책 제언이 이루어질 수 있을 것임.

## ° 참고문헌

1. 안영환, 이유수, 이철용, 김성균, 이수열, 박환일, 이진면, 이용호, 김재진, & 박상준. (2017). 2050 저탄소경제 비전 연구. 경제인문사회연구회. [https://www.nkis.re.kr:4445/subject\\_view1.do?otpld=N-RCS00051499&otpSeq=0](https://www.nkis.re.kr:4445/subject_view1.do?otpld=N-RCS00051499&otpSeq=0)
2. 김동구, & 손인성. (2021). 유럽 그린딜 내 탄소국경세 도입 시 글로벌 가치사슬 영향 및 국내 대응방안 연구. 에너지경제연구원. [https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2F-web\\_keei%2Fd\\_results.nsf%2Fmain\\_all%2F31EEE6DC1B9080B94925881D0005F14F&s=%3FOpenDocument%26menucode%3DS0%26category%3D%25EA%25B8%25B0%25EB%25B3%25B8%25EC%2597%25B0%25EA%25B5%25AC](https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2F-web_keei%2Fd_results.nsf%2Fmain_all%2F31EEE6DC1B9080B94925881D0005F14F&s=%3FOpenDocument%26menucode%3DS0%26category%3D%25EA%25B8%25B0%25EB%25B3%25B8%25EC%2597%25B0%25EA%25B5%25AC)
3. 산업통상자원부. (2023). 저탄소 철강생산 전환을 위한 철강산업 발전전략. <https://www.korea.kr/docViewer/skin/doc.html?fn=6edabc4005c40af9225651251ae2d12a&rs=/docViewer/result/2023.02/17/6edabc4005c40af9225651251ae2d12a>
4. 한국에너지기술연구원. (2021). 철강 산업의 탈탄소화. <https://www.kier.re.kr/UploadFiles/tpp/energy/16388516146270.pdf>
5. 김주진, & 김근하. (2021). 국내 철강산업 탄소중립 대응 동향과 이슈. 기후솔루션. [https://fourclimate.org/hubfs/%5B%EA%B8%B0%ED%9B%84%EC%86%94%EB%A3%A8%EC%85%98%5D%20%EA%B5%AD%EB%82%B4%20%EC%B2%A0%EA%B0%95%EC%82%B0%EC%97%85%20%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD%20%EB%8C%80%EC%9D%91%20%EB%8F%99%ED%96%A5%EA%B3%BC%20%EC%9D%B4%EC%8A%88%20\(1\).pdf](https://fourclimate.org/hubfs/%5B%EA%B8%B0%ED%9B%84%EC%86%94%EB%A3%A8%EC%85%98%5D%20%EA%B5%AD%EB%82%B4%20%EC%B2%A0%EA%B0%95%EC%82%B0%EC%97%85%20%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD%20%EB%8C%80%EC%9D%91%20%EB%8F%99%ED%96%A5%EA%B3%BC%20%EC%9D%B4%EC%8A%88%20(1).pdf)
6. e-나라지표. (n.d.). 에너지원별 발전량 현황. [https://www.index.go.kr/unity/potal/main/Each-DtlPageDetail.do?idx\\_cd=1339](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/Each-DtlPageDetail.do?idx_cd=1339)
7. 오동재, & 연용흠. (2022). '청정'한 블루수소는 없다: 한국 수소 경제의 숨겨진 온실가스 배출 추산. 기후솔루션. [https://fourclimate.org/hubfs/%5BKO-R%5D%EC%B2%AD%EC%A0%95%ED%95%9C%20%EB%B8%94%EB%A3%A8%EC%88%98%EC%86%8C%EB%8A%94%20%EC%97%86%EB%8B%A4\\_%EA%B8%B0%ED%9B%84%EC%86%94%EB%A3%A8%EC%85%98\\_220915\\_Final6.pdf](https://fourclimate.org/hubfs/%5BKO-R%5D%EC%B2%AD%EC%A0%95%ED%95%9C%20%EB%B8%94%EB%A3%A8%EC%88%98%EC%86%8C%EB%8A%94%20%EC%97%86%EB%8B%A4_%EA%B8%B0%ED%9B%84%EC%86%94%EB%A3%A8%EC%85%98_220915_Final6.pdf)
8. 이상호, 이운재, 이영석, & 김완호. (2021). 수소 기반 환원 제철 공정과 전환 기술. 대한금속재료학회지. <http://kjmm.org/journal/view.php?doi=10.3365/KJMM.2021.59.1.41>
9. 한국에너지공단. (2020). 2020 신재생에너지 백서. <https://www.knrec.or.kr/biz/pds/pds/view.do?no=326>

10. 이근대, & 임덕오. (2021). *재생에너지 공급확대를 위한 중장기 발전단가(LCOE) 전망 시스템 구축 및 운영*. 에너지경제연구원. [https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2Fweb\\_keei%2Fd\\_results.nsf%2Fmain\\_all%2F6AB0A46821D04F5E4925881D0016BD8F&s=%3FOpenDocument%26menucode%3DS0%26category%3D%25EA%25B8%25B0%25EB%25B3%25B8%25EC%2597%25B0%25EA%25B5%25AC](https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2Fweb_keei%2Fd_results.nsf%2Fmain_all%2F6AB0A46821D04F5E4925881D0016BD8F&s=%3FOpenDocument%26menucode%3DS0%26category%3D%25EA%25B8%25B0%25EB%25B3%25B8%25EC%2597%25B0%25EA%25B5%25AC)
11. International Renewable Energy Agency. (2021). *Renewable Power Generation Costs in 2021*. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA\\_Power\\_Generation\\_Costs\\_2021.pdf?rev=34c22a4b244d434d\\_a0accde7de7c73d8](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Power_Generation_Costs_2021.pdf?rev=34c22a4b244d434d_a0accde7de7c73d8)
12. European Commission. (2023, 2 월 17 일). *State aid: Commission approves €55 million German measure to support ArcelorMittal's green steel demonstration plant* [보도자료]. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_847](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_847)
13. SSAB. (2022, 4 월 1 일). *HYBRIT receives support from the EU Innovation Fund* [보도자료]. <https://www.ssab.com/en/news/2022/04/hybrit-receives-support-from-the-eu-innovation-fund>
14. NEDO. (2022, 1 월 7 일). *그린 이노베이션 펀드 프로젝트, 제강 공정에서 수소 활용 프로젝트 시작* [보도자료]. [https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101503.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101503.html)
15. 조은별, & 양예빈. (2023). *해상풍력 인허가 문제점과 개선방향. 기후솔루션*. [https://forourclimate.org/hubfs/SFOC\\_%ED%95%B4%EC%83%81%ED%92%8D%EB%A0%A5\\_%EC%9D%B8%ED%97%88%EA%B0%80\\_%EB%B3%B4%EA%B3%A0%EC%84%9C\\_%EA%B5%AD%EB%AC%B8.pdf](https://forourclimate.org/hubfs/SFOC_%ED%95%B4%EC%83%81%ED%92%8D%EB%A0%A5_%EC%9D%B8%ED%97%88%EA%B0%80_%EB%B3%B4%EA%B3%A0%EC%84%9C_%EA%B5%AD%EB%AC%B8.pdf)
16. POSCO. (2022, 5 월 10 일). *포스코 HyREX 수소환원제철 기술 심층 소개* [보도자료]. <https://newsroom.posco.com/kr/%EC%A0%80%ED%83%84%EC%86%8C-%EC%B9%9C%ED%99%98%EA%B2%BD-%EC%A0%9C%EC%B2%A0-%ED%94%84%EB%A1%9C%EC%84%B8%EC%8A%A4-%EB%8C%80%EC%A0%84%ED%99%98-%ED%8A%B9%EC%A7%91-%EA%B8%B0%ED%9A%8D-%E2%91%A0-hyrex/>



발간일            2023년 4월

저자                김다슬 연구원 (daseul.kim@fourclimate.org)

기후솔루션은 온실가스 감축 및 재생에너지 확대 방안을 연구하고,  
국내외 다양한 기관과 협력하여 기후위기 해결을 위해 보다 확대적인 캠페인을 실행합니다.  
<https://fourclimate.org>