KIER

CT Brief

Climate Technology Brief No.44

철강 산업의 탈탄소화

- Decarbonizing steel, Technologies and Costs -

2021.11

한국에너지기술연구원
기후기술전략실

한국에너지기술연구원
KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH

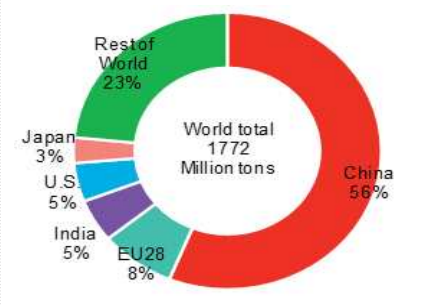
1. 철강의 탈탄소화 필요성

- 세계 각국은 **탄소중립**을 잇따라 **선언**하고, **국가별 온실가스 감축 목표**도 **대폭 상향**하고 있는 가운데 **유럽 탄소국경세**의 **본격적인 시행**이 다가옴에 따라 **탄소 집약도가 높은 산업의 탄소중립은 더 이상 미룰 수 없는 상황에 직면**
  - 세계에서 가장 많이 사용 중인 **철(steel)**은 생산 공정 중 탄소가 대량으로 배출되는 **대표적인 탄소 집약적 제품**

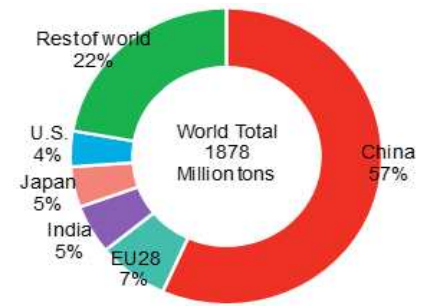
  ※ 세계 철강산업 온실가스 배출량(%, '19) : (전체) 7% , (산업 부문) 25%

  국내 철강산업 온실가스 배출량(%, '19) : (전체) 16.7%(1억 1,700만 톤), (산업 부문) 30%

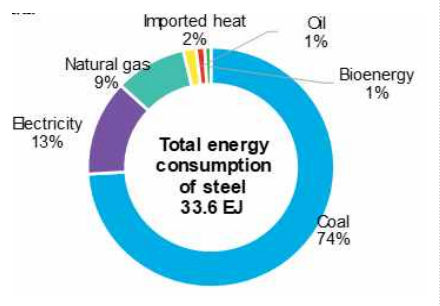
- **2020년 세계 철강 수요는 17억 7,200만 톤**으로 연간 1~2% 증가하여 2050년 약 27억 4,700만 톤의 수요를 전망
  - **2020년 조강(Crude Steel) 생산량은 18억 7,600만톤에 도달**했으며, 중국이 최대 생산국이자 최대 소비국
  - 2018년 세계는 조강을 생산하기 위해 33.6EJ의 에너지를 소비했고, **산업 부문 에너지 소비량**의 **20%, 최종 에너지 소비량의 8%**를 차지



국가별 철강 소비량('20)



국가별 철강 생산량('20)

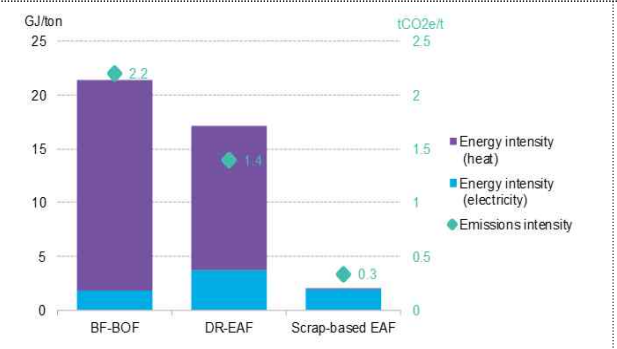


철강 생산에 사용한 에너지 이용량('18)

출처 : BloombergNEF, 2021

- **(에너지 집약도)** BF-BOF 공정은 가장 에너지 집약적으로 1톤의 조강 생산 시 평균 21.4GJ의 최종에너지를 소비하며, 천연가스 기반 DR-EAF 공정은 조강 1톤 생산 시 17.1GJ만큼의 에너지를 소비
- **(배출량 집약도)** BF-BOF 공정에서 철강을 1톤 생산하면 평균 2.2tCO_2(연료 연소로 인한 직접 배출량 1.2t, 전기 및 열 발생으로 인한 간접배출량 1t)를 배출하며, 가스 기반 DR-EAF에서는 직접 배출량 1tCO_2, 간접배출량은 0.4tCO_2

철강 생산 공정별 에너지 및 배출량 집약도



철강 생산 공정별 에너지 및 배출량 집약도

단계	연료	에너지집약도비중	배출량집약도비중
Sintering	Coal, Coke	2%	16%
Lime-making	Coal	-	3%
Coking	Coal	6%	16%
Iron-making(BF)	Coal, Coke	48%	18%
Steel-making (BOF)	Electricity	3%	3%
Casting, rolling, finishing	Electricity	27%	5%
Boiler, cogeneration	Coal	14%	39%

최종 제품에 대한 에너지 및 배출량 집약도 분석

출처 : BloombergNEF, 2021

* BF-BOF : Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace, DR-EAF : Direct Reduction-Electric Arc Furnace

2. 철강 산업의 탄소중립을 위한 핵심 기술

- 철강 생산 공정에서 ① **석탄을 연료로 사용**할 때, ② **코크스(coke)를 환원제로 사용**하여 **철광석(Fe_2CO_3)과 반응**하여 철을 생산하는 과정에서 **탄소가 다량으로 배출**되므로 탄소 감축이 반드시 필요
  - 친환경 철강은 가격 프리미엄(price premium)이 필요하지만 2050년에는 수소 및 전기분해 기반 철강 생산 공정이 석탄 또는 가스 기반 생산보다 저렴한 가격이 될 것이라 전망
  - 철강 산업의 탈탄소화를 위해 **재활용**(recycling), **수소 환원**(hydrogen reduction), **탄소포집 및 활용·저장**(carbon capture utilization and storage, CCUS), **전기화 및 청정 전력**(electrification and clean power), **대체 제선 공정**(alternative iron-making processes), **탄소 상쇄**(carbon offset)를 통해 탈탄소화를 달성할 수 있을 것으로 기대

- **넷제로 재활용**(Net-zero recycling)

주요 내용	
현황 (How it works)	▸ 현재 전 세계 철강 재활용률은 85%이며, 향후 30년 간 100%를 달성*할 것으로 예상되는데 이는 철강 폐기물의 100%가 수집되고 재활용 된다는 것을 의미 * New Energy Outlook
배출량 (Emission)	▸ 철강 재활용을 통해 철강 직접 배출 집약도(intensity)를 0.04tCO_2/t로 감소 ▸ 청정전력으로 전환하면 전력 생산할 때 발생하는 0.3tCO_2/t를 제거 가능하며, 이는 2019년 철강 산업 총 배출량의 13%에 해당하는 3억 3,100만톤의 CO_2 감축이 가능한 것을 의미
상업적 준비 (Commercial Readiness)	▸ 재생전력은 기술적·상업적으로 성숙한 단계이나 철강 생산에서 널리 사용되고 있지는 않음 · 스크랩 기반 EAF(Electric arc furnace) 사용이 높은 기업은 전력구매계약(PPA)를 통해 청정 전력을 조달하거나 현장에 재생에너지를 설치하는 등 재생에너지를 최적으로 사용하는 방법을 고려 · 일본 최대의 EAF 기반 철강 생산기업인 Tokyo Steel은 장기 환경 비전에서 저탄소 전력 사용 확대를 추진
경제성 (Economics)	▸ 태양, 풍력 등 새로운 탈탄소화 기술들의 급격한 비용 하락 또는 스크랩 가격 인상으로 재활용 기술은 경제적 우위를 잃을 수 있음

구분	2021년		2050년	
	재생 전력($/MWh)	LCOS($/t)	재생 전력($/MWh)	LCOS*($/t)
미국	46.2	572	48.7	568
독일	71.3	551	64.7	538
중국	53.6	642	45.0	620

※ 2021년 재생전력 가격엔 송전요금이 포함되지 않았고, 2050년은 배전망 요금이 포함된 가격

* LCOS : Levelized cost of steel

확장성 (Scalability)	▸ 철강 재활용은 현재 상업적 규모(commercial scale)로 운영되고 있고 전 세계 철강 생산량의 30%를 차지하지만 스크랩 가용성이 주요 제약으로 작용 ▸ 일본과 한국처럼 재생에너지 개발이 더디고 철강 생산량이 많은 국가에서는 EAF 플랜트가 재생전력을 충분히 확보하는 것이 현실적으로 어려울 것으로 전망

수소(Hydrogen)

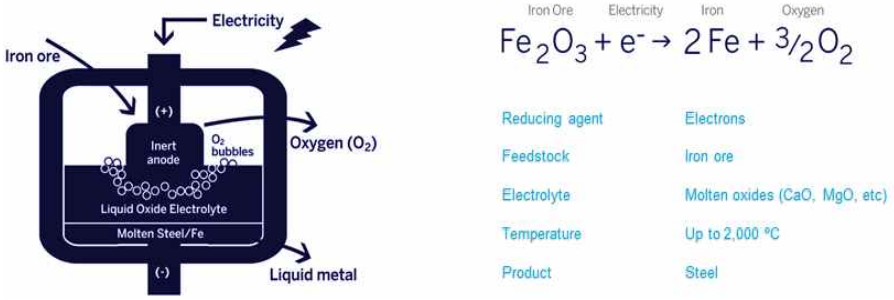
<table>
<tr><th colspan="2">주요 내용</th></tr>
<tr><td>변환 복잡성
(Conversion Complexity)</td><td>▸ 수소는 1차 철강 생산을 탈탄소화 할 수 있으며, BF-BOF 공정에서 보조 환원제 또는 연료로 사용할 수 있거나 천연가스 기반 DR-EAF 공정에서 환원제로 사용 가능
· 풍력, 태양광, 수력 등의 재생전력과 원자력 기반의 수소 DR-EAF(H2DR-EAF) 플랜트는 철강 제조 공정에서 발생하는 배출량의 대부분을 제거 가능</td></tr>
<tr><td>배출량
(Emission)</td><td>▸ BF-BOF 플랜트에서 수소를 사용하면 탄소 배출을 20% 저감할 수 있으며, 이는 철강 1톤당 0.44톤의 CO_2를 제거 가능
▸ 재생전력과 그린수소로 구동되는 DF-EAF 플랜트는 탄소 배출이 거의 없는 철강 생산이 가능
· 현재 DF-EAF를 이용하여 제조된 철강은 톤당 1.4tCO_2를 제거하여 0.025tCO_2/t-steel로 감축 가능</td></tr>
<tr><td>상업적 준비
(Commercial Readiness)</td><td>▸ 상업적 규모로 운영 중인 수소 보조 BF-BOF 또는 H2DR-EAF 플랜트는 없고 대부분 파일럿 및 테스트 단계
· ArcelorMittal(룩셈부르크), Thyssenkrupp(독일), SSAB(스웨덴) 등 유럽 철강 기업 주도로 수소환원제철 기술개발을 추진하고 있으며, 일본의 주요 철강업체들도 파트너십 체결 중
※ HYBRIT 프로젝트
· 스웨덴의 철강기업 SSAB, 철강석기업 LAKB, 에너지기업 Vattenfall의 공동 프로젝트로 파일럿 플랜트 가동단계까지 총 1,860억원(정부 530억원, 나머지 3社)을 투자
· 스웨덴 롤레오에 위치한 HYBRIT 데모 플랜트에서 해면철(sponge iron) 시험 생산을 완료
· 2026년까지 화석연료를 사용하지 않고 상업적인 규모에서 강재를 생산하는 것을 목표</td></tr>
<tr><td>경제성
(Economics)</td><td>▸ 2050년까지 수소 기반 DR-EAF 플랜트는 화석연료 기반 철강 생산 대비 가격 경쟁력 보유
· 그린수소 가격은 향후 30년간 하락하여 2050년 대부분의 국가에서 대규모 사용자에게 전달되는 수소 가격은 2050년까지 kg당 0.8달러까지 낮아질 것으로 예상
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">2021년</th><th colspan="2">2050년</th></tr>
<tr><th>수소공급가격($/kg)*</th><th>LCOS($/t)</th><th>수소공급가격($/kg)*</th><th>LCOS($/t)</th></tr>
<tr><td>미국</td><td>4.1</td><td>815</td><td rowspan="3">0.8~1.5</td><td>525</td></tr>
<tr><td>독일</td><td>5.4</td><td>889</td><td>432</td></tr>
<tr><td>중국</td><td>3.2</td><td>658</td><td>510</td></tr>
</table>
* H2DR-EAF 플랜트에 공급되는 수소 가격으로, 현재 가장 저렴한 그린수소 생산가격은 $2/kg로 수소 공급을 위해 필요한 운송수단(transportation)과 저장수준(storage level)을 고려해 산정</td></tr>
<tr><td>확장성
(Scalability)</td><td>▸ 그린수소는 가격과 생산량 관점에서 아직까지 제약이 있으나, 가격 저가화 및 생산량 확대로 향후 10년 내에 산업이 빠르게 성장할 것으로 예상
▸ 철강 산업은 수소의 주요 수요처가 될 것이나, 한국과 일본처럼 재생전력이 더디게 발전하고 철강생산이 많은 국가에서는 저가 그린수소가 충분히 생산되기 어려울 수도 있고, 수소 수입 비용도 많이 발생할 것으로 예상</td></tr>
</table>

CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage)

<table>
<tr><th colspan="2">주요 내용</th></tr>
<tr><td>현황
(How it works)</td><td>▸ CCUS는 이산화탄소가 배출되는 철강 생산 공정 단계별*로 적용 가능
* 소결 및 코킹(Sintering and Coking), 고로(Blast Furnace), 천연가스 기반 직접 환원 (Gas-based direct reduction) 등
· CCUS를 발전소 또는 용해로에 연계하면 이산화탄소를 최대 90% 제거 및 회수가 가능하고 DAC(Direct Air Capture) 기술을 이용해 배출량의 최종 10% 상쇄 가능</td></tr>
<tr><td>에너지 소비
(Energy Consumption)</td><td>▸ 탄소 포집 에너지 집약도(Energy Intensity) : 1.2~1.5GJ/tCO_2
· 용매 기반 포집 공정 : 0.9~1.1GJ/tCO_2(250~300kWh/tCO_2)
· 포집된 CO_2 압축 공정 : 0.3~0.4GJ/tCO_2(80~120kWh/tCO_2)
· 에너지 소비* : BF-BOF에 CCUS 연계 → 2.6~3.3GJ/t
천연가스 기반 DR-EAF에 CCUS 연계 → 1.7~2.1GJ/t
* 추가된 에너지는 넷 제로 달성을 위해 폐열 또는 무탄소 전기와 같은 청정 전력을 사용하고, 현장에서 추가로 배출되는 경우 포집하거나 직접 공기 포집으로 상쇄</td></tr>
<tr><td>배출량
(Emission)</td><td>▸ 가장 성능이 좋은 CCUS 시스템은 최대 90%까지 이산화탄소 포집이 가능하며, 현재 운영중인 대부분의 프로젝트는 현장 총 배출량 중 일부만 포집
· 폐열 등을 활용하면 BF-BOF 공정 배출량은 0.2tCO_2, DR-EAF의 공정 배출량을 1차 철강 톤당 0.08tCO_2로 감축 가능하며 잔여 배출량은 탄소 상쇄*(Carbon Offset) 또는 직접 포집을 통해 절감 가능
* 이산화탄소 등 온실가스 저감 활동에 투자하는 모든 활동을 말함[1)]</td></tr>
<tr><td>상업적 준비
(Commercial Readiness)</td><td>▸ CCUS 기술은 발전하고 있지만 여전히 고가의 탈탄소화 수단이고, CO_2 저장 및 활용 가능성이 지역마다 달라 CCUS 총 비용도 지역마다 상이
▸ 또한, 상업적 규모의 철강 생산과 연계한 CCUS 프로젝트는 소수에 불과</td></tr>
<tr><td>경제성
(Economics)</td><td>▸ 탄소 포집 비용은 포집기술의 종류와 배출원별로 다름
· (현재 포집 비용) DAC \$600/tCO_2, 석탄 연소원 \$79/tCO_2, 가스 \$85/tCO_2
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">BF-BOF+CCUS+off set(\$/tCO_2)</th></tr>
<tr><th>2021년</th><th>2050년</th></tr>
<tr><td>미국</td><td>697</td><td>665</td></tr>
<tr><td>독일</td><td>727</td><td>665</td></tr>
<tr><td>중국</td><td>884</td><td>737</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>확장성
(Scalability)</td><td>▸ 포집된 CO_2의 활용 방법이 부족하고, 저렴하고 안전한 저장장소의 가용성으로 인해 제약 발생
▸ 현재 가장 효율적인 CCUS 시스템은 배출원의 배출량의 90%만 포집할 수 있으므로 0에 도달하려면 off-set 또는 DAC도 병행하여 활용
· CCS는 새로운 철강 공장을 건설하고자 하는 의지가 없는 국가의 BF-BOF를 위한 주요 탈탄소 수단</td></tr>
</table>

1) 아시아경제, [탄소시장의 비밀] (22) 탄소 상쇄(Carbon Offset), 2018.02.09

전기화(Electrification)

주요 내용	
현황 (How it works)	▸ 현재 Boston Metal社과 Arcelor Mittal社에서 전기분해법*을 활용한 철강 공정을 개발 중 · 환원제로 전자를 사용하면 철광석이 철 또는 강철과 산소가스로 변환되므로 전기분해를 통해 강철을 직접 생산하는 모든 공정에서 이산화탄소 무배출 * Boston Metal : 용융 산화물 전기분해(MOE, Molten oxide electrolysis) ArcelorMittal : 고체산화물 전기분해(Solid oxide electrolysis)  [MOE를 이용한 철강 생산 공정]
변환 복잡성 (Conversion Complexity)	▸ 전기분해를 이용한 철강 생산의 상용화를 위해서는 새로운 플랜트 건설 필요 · 전기분해 공법은 H2DR-EAF을 비교했을 때, 저품질의 철광석을 사용 가능하지만 에너지 효율 관점에서는 비효율적 · 전해조의 효율과 강철을 만드는데 사용되는 환원 공정에 따라 H2DR-EAF보다 많은 에너지를 필요로 하고 더 많은 전기를 소비

제강 공정	BF-BOF	H2DR-EAF	Electrolysis
원료	철광석(Iron Ore)	철광석펠릿(Iron Ore Pellet)	철광석(Iron Ore)
연료	석탄(Coal)	수소(Hydrogen)	전기(Electricity)
환원제	코크스(Coke)	수소(Hydrogen)	전자(Electrons)
철강 생산 단계	2	2	1
배출량	1.7~1.8tCO_2/steel	Close to zero	Close to zero
에너지 집약도	21.4GJ/ton	13.1GJ/ton	14.4GJ/ton
전력 사용	0.20MWh/ton	3.66MWh/ton	4MWh/ton

에너지 소비 (Energy Consumption)	▸ 전력으로 에너지를 소비하지만 에너지 집약도는 전해질 및 작동온도에 따라 차이 존재 · ArcelorMittal 공정과 같이 마일드한 조건에서는 직접 에너지 사용을 30%까지 감축 가능 · Boston Metal에 따르면 MOE은 철강 1톤을 생산하는데 최대 4MWh의 전기 또는 14.4GJ의 에너지가 필요
배출량 (Emission)	▸ 연료가 전력이므로 재생전력을 사용한다면 철강 생산에서 발생하는 거의 모든 탄소 배출량을 감축할 수 있고, 고품질 철광석 및 펠렛화 공정도 필요로 하지 않기 때문에 공급원료 전처리 단계에서도 배출량 감축 가능

상업적 준비 (Commercial Readiness)	▸ (ArcelorMittal) Siderwin 프로젝트를 통해 전기분해를 통한 철광석 환원의 소규모 프로젝트를 성공, 기술수준은 TRL 4에 도달하였고 TRL 6을 목표 ▸ (Boston Metal) MOE 기술을 활용하여 최대 98% 철강 생산 수율을 기록, 단위 셀 용량 50~100톤 규모의 시범공장 처음으로 개발 성공
경제성 (Economics)	▸ MOE로 철강 생산을 전기화하는 것은 자본 비용(Capital cost)과 초기 개발 비용이 높음 · Boston Metal에 따르면 MOE 장비 설비 투자 비용이 BF-BOF보다 8배 높아 톤당 $4,000에 달할 것으로 전망하나 2050년은 톤당 $800까지 감소할 것으로 예상

구분	2021년 LCOS($/t)	2050년 LCOS($/t)**
미국	1,394	594
독일	1,411	610
중국	1,035*	466

* 중국은 건설비와 인건비가 저렴해 Balance of plant 비용이 미국의 1/3수준으로 추정
** 수력 발전 기반의 연중무휴 청정 전력에 대한 낮은 가격 시나리오를가정

- 모든 Net-zero기술의 LCOS는 2050년까지 하락할 것으로 보이며, 이는 철강 탈탄소화에 기여할 것으로 예상
  - 특히, 2050년 LCOS에서 H2DR-EAF와 MOE 기술을 통해 생산된 철강이 다른 기술에 비해 가격 경쟁력에서 우위를 보이는데, 이는 저렴한 수소가격과 자본비용 절감에 의해 LCOS가 급격히 하락한 것으로 예상

2021년 미국, 중국, 독일의 LCOS | 2050년 미국, 중국, 독일의 LCOS

출처 : BloombergNEF, 2021

3. 글로벌 철강회사의 탄소중립 프로젝트

- 온실가스를 多배출하고 있는 글로벌 철강기업은 2050년 전후로 탄소중립을 선언하고 있으며, 이를 위한 노력의 일환으로 석탄 대신 수소를 연료로 사용하는 수소환원제철, 전기로 등을 개발하는 등 정부와 기업의 협업으로 탄소중립 실현 추진

[글로벌 철강회사의 탄소중립 선언 및 주요 프로젝트]

국가	기업명	탄소중립	조강 생산량[2]	주요 내용
중국	Baowu	2060년	115.3백만 톤	· 2023년 탄소피크를 달성한 후, 2025년 탄소 감축기술 역량 30%, 2035년 탄소 30% 감축, 2050년 탄소중립 달성이라는 단계적 목표를 제시
독일	Thyssenkrupp	2050년 (기후중립)	10.7백만 톤	· 2030년까지 자체 생산과 공정, 에너지 구매에서 오는 배출량을 2018년 대비 30%로 저감하는 것을 목표 · 고로에 수소를 주입하는 테스트 성공('19.11)하였고, 2025년부터 4개 고로에 재생수소를 사용하는 직접환원플랜트로 대체할 계획 · 독일 연방정부 지원을 받아 배출가스를 유용한 화학제품으로 전환하는 Carbon2Chem 프로젝트를 수행 · 2050년까지 수소환원제철로 전환하기 위해 100억 유로 투자
스웨덴	SSAB	2045년 (기후중립)	7.5백만 톤	· HYBRIT 프로젝트를 통해 DRI 제조 파일롯 설비로 환원철 제조 시험 중 · 볼보자동차와 자동차 산업에 사용될 무화석연료 강철 공동 개발 추진
일본	Nippon Steel	2050년	41.6백만 톤	· 2013년 대비 2030년 CO_2 총 배출량 30% 이상 감소 및 2050년 탄소중립 달성 · (2030년) 기존 BF 및 BOF 공정에서 COURSE50(일본 NEDO 지원) 구현, 기존 공정의 CO_2 배출 감소 · (2050년) 대형 EAF 고급강 양산, 수소환원제철(Super-COURSE50 BF 사용, 100% 수소 직접환원), CCUS 및 기타 탄소 상쇄도 고려
룩셈부르크	Arcelor Mittal	2050년	78.5백만 톤	· 세계 최초 무탄소 제철소 구축을 위해 스페인 정부와 10억 유로 투자를 위한 MOU 체결 - 스페인에서 운영 중인 전체 제철소의 탄소배출량을 절반(연간 480만 톤)수준까지 감축할 계획 - 2025년까지 스페인에 위치한 Asturias 제철소에 연간 230만 톤 규모의 수소환원제철 생산 설비와 연간 110만 톤 규모의 신규 하이브리드 전기로를 설치할 계획
한국	POSCO	2050년	40.6백만 톤	· 사업장 감축과 사회적 감축을 병행해 2030년 10%, 2040년 50% 감축하여 2050년 탄소중립 달성을 추진('17~'19년 평균 탄소 배출량 총 78.8백만 톤) · (사업장 감축) ① 에너지효율 향상, 저탄소 연원료 대체 추진, ② 스크랩 활용 고도화 및 CCUS 기술 적용, ③ FINEX 기반의 수소환원제철 개발 · (사회적 감축) 고품질 철강제품 공급, 철강 부산물 재활용, 이차전지소재 공급 등을 통해 탄소 감축에 기여
	Hyundai Steel	2050년	19.8백만 톤	· 2030년까지 탄소 배출량을 20% 감축하고 2050년 탄소중립 실현 · 포스코와 수소환원제철 기술개발 협력을 선언('20.2)

4. 시사점

- 국제사회는 지구 평균 온도 상승을 1.5°C 이내까지 제한하겠다는 파리협정 목표를 달성하기 위해 2030년 NDC 상향, 탄소중립 선언과 함께 COP26을 통해 기후대응을 공동으로 해결해야 한다는 확고한 의지를 표명
  - 온실가스를 다배출하고 있는 철강, 석유, 정유 등 산업의 탄소중립 대전환은 더 이상 거스를 수 없는 세계적인 흐름으로 온실가스 저감을 해결할 수 있는 혁신 기술이 개발되지 않는다면 산업의 탄소중립은 달성 불가
  - 우리나라도 2021년 2월 포스코와 현대제철 등 국내 주요 철강기업들이 2050 탄소중립 달성을 위한 공동선언문을 발표

- 우리나라의 핵심 기반 산업인 철강산업의 탄소중립을 위해서는 인프라의 전면 개편이 불가피
  - 철강기업들이 탄소중립 산업으로 전환함에 대해 적극적인 의지를 표명하고 있으므로 탄소중립 전환을 위한 기업의 부담을 최소화할 수 있는 현실적이고 강력한 정책적 대응방안 마련 필요
  - 철강산업 탄소중립 달성에 반드시 필요한 수소, CCUS 등의 R&D 추진과정에서 산업 적용시기를 고려하여 장기적이고 지속적인 정부의 지원 필요

[참 고 문 헌]

1. BloombergNEF, Decarbonizing Steel Technologies and Costs, 2021.08.25
2. 에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트 제 21-15호, 2021.07.26
3. 포스코 뉴스룸, 포스코 탄소중립 2050 선언 배경과 달성 목표, 2021.09.13
4. 한국에너지기술연구원, 탄소중립 기술혁신 추진전략 10대 핵심기술 개발방향, 2021.09.13

[저자]
한국에너지기술연구원 기후기술전략실 / Tel. 042-860-3549 / E-mail. hljeong@kier.re.kr

※ 본 "CT Brief"에 게재된 내용은 필자 개인(연구진)의 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.
또한 본지의 내용을 인용할 때는 출처를 밝혀야 합니다.

2) 스틸데일리, 2020년 세계 1위 철강사 바오우…세대 교체 이뤄졌나, 2021.06.09