

## 탄소중립과 국내 철강업의 대응 과제

최신\*

2021. 11.

본 보고서의 내용은 작성자 개인의견이며 한국은행의 공식견해와는 무관합니다. 본 보고서의 내용을 보도하거나 인용할 경우에는 작성자 이름을 반드시 명시하여 주시기 바랍니다.



**한국은행 포항본부**  
POHANG BRANCH, BANK OF KOREA



목 차

< 요약 >

I. 검토 배경 .....	1
II. 주요국 탄소중립 동향 .....	7
III. 국내 철강업 현황 및 탄소중립 동향 .....	12
IV. 종합평가 및 시사점 .....	20

< 참고자료 및 문헌 >

- 코로나19 사태를 겪으며 전 세계적으로 환경·기후규제의 강화 및 저탄소 사회로의 전환이 강조
  - 파리협정(Paris Agreement, 2015) 체결 및 2019년 UN기후행동정상회의(UN Climate Action Summit 2019) 이후 각국의 탄소중립 장기목표 설정 및 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contributions) 강화가 글로벌 이슈로 부각

#### 주요국의 탄소중립 목표

	EU	미국	중국	일본	한국
장기목표	2050 탄소중립	2050 탄소중립	2060 탄소중립	2050 탄소중립	2050 탄소중립
2030NDC	1990년 대비 55%감축	2005년 대비 50~52%감축	2030년 배출피크달성	2013년대비 46%감축	2018년 대비 40% 감축

자료 : 기후정상회의(Leaders Summit on Climate, 2021)

- 기후변화에 대한 각국의 정책은 환경뿐만 아니라 글로벌 경제 및 산업 분야 등 다양한 영역에 영향을 미칠 것으로 전망
  - 특히 철강업은 온실가스 고배출 산업으로 전 세계적으로 환경문제 해결에 주된 관심 산업이며, 국내 온실가스 배출량의 상당 부분을 차지하고 있음
  - 탄소중립 달성은 필연적으로 포항시 주력산업인 철강업의 전면적 구조 개편을 요구

⇒ 탄소중립 실현을 위한 주요국의 대응 정책과 국내 철강업 및 지역경제에 미치는 영향을 검토할 필요

## II 주요국 탄소중립 동향

### 가. EU

- EU는 2050년까지 EU내 탄소중립달성을 목표로 하는 그린딜(Green Deal)을 선언(2019.12월)
  - 그린딜은 2050년 EU내 온실가스 순배출량 제로화를 위한 정책패키지로 청정에너지, 지속가능한 산업, 건설, 수송, 농식품, 생태계 등 다양한 분야의 탈탄소화 방향을 제시
  - 2021.6월 유럽의회는 유럽기후법을 승인하여 탄소중립 합의에 법적 구속력을 부여하였고, 2021.7월 EU 집행위는 2030년까지 탄소배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축하기 위한 입법안 패키지 'Fit for 55'를 발표
- EU는 2005년부터 배출권거래제(EU ETS, EU Emissions Trading Scheme)를 도입하였으며, 산업부문 온실가스 감축에 핵심 정책수단으로 운영할 계획
  - 총배출량을 지속적으로 줄이고, 무상할당도 축소하는 방향으로 제도를 운영하고 있으며, ETS 4기(2021~2030년)에 해당하는 10년 동안 2005년 대비 연평균 2.2%를 감축하는 것을 목표로 하고 있음
- 또한 EU는 자국 산업의 경쟁력 보호 등을 위해 탄소누출우려가 있는 산업에 대해 탄소국경조정세를 2023년부터 도입하여 시범 운영할 계획

## 나. 미국

- 바이든 정부 출범 이후 파리협정에 복귀(2021.2월), 기후정상회의를 개최(2021.4월)하는 등 그린 기후·에너지와 관련하여 글로벌 리더십을 회복하는데 주력하고 있음
  - 바이든 정부는 금년 4월 기후정상회의를 개최하였으며, 2030년 온실가스 배출량을 2005년 대비 50~52% 감축하겠다고 선언
- 또한 에너지, 수송부분에 중점을 두고 청정에너지 인프라 구축에 2조달러를 지원할 계획임

## 다. 중국

- 중국은 2060년 탄소중립을 목표로 정책을 보다 강화하는 추세
  - 기후정상회의(21.4월)에서는 2020년 UN총회에서 제시했던 “2030년 탄소 배출 정점을 달성하고 2060년까지 탄소중립을 달성한다”는 기존 입장을 재확인하면서, 탄소정점에서 탄소중립까지의 소요시간을 선진국보다 단축하여 달성하겠다는 의지를 보임
- 2021.7월부터 발전 부문을 대상으로 국가단위의 배출권거래제를 시작

## 라. 일본

- 원전사고(11.3월) 이후 기후변화 대응정책에 소극적인 행태를 취하여 왔으나, 최근 글로벌 동향을 고려하여 국가온실가스 감축목표를 상향하고 2050 탄소중립 목표를 제시

- 일본 정부는 2050년 탄소중립을 선언하였으며(2020.10월), 기후정상회의에서 2030년까지 2013년 대비 온실가스 배출량을 46% 감축할 계획임을 선언

## 마. 한국

- 정부는 탄소중립 선언(2020.12월)에 따라 대통령 소속 2050 탄소중립위원회 출범(2021.5월)이후 '2050 탄소중립 시나리오'를 발표(2021.10월)
  - 전환(에너지), 산업, 수송, 건물 등 온실가스를 유발하는 분야의 배출량 감소 목표 및 감축 방안 등을 제시
  - 철강업의 경우 수소환원제철 기술 100% 도입으로 유연탄을 수소로 대체하고, 기존의 유연탄에 기반한 고로는 모두 전기로로 전환하는 방안을 감축수단으로 제시
- 한편 최근 통과된 탄소중립기본법(2021.8월)은 2030년 온실가스 감축목표를 기존(2018년 대비 26.3%)보다 9%p 상향한 35% 이상 범위에서 사회적 논의를 시작하도록 법률에 명시하였으며,

최근 정부는 제26차 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP26)에 참석해 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40%로 감축할 것을 선언

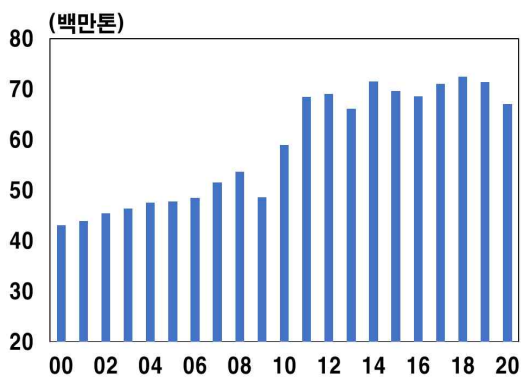
### III 국내 철강업 현황 및 탄소중립 동향

#### 가. 국내 철강업 현황

##### 1) 국내 철강업 생산 및 온실가스 배출 현황

- 2020년 국내 철강업의 조강생산량은 67.1백만톤 규모로 이는 세계 6위 수준이며, 철강제품 수출액은 266억불(MTI 61기준, 2020년 총 수출액의 5.2%)을 달성한 국내 주력 수출 산업임

국내 조강생산량



자료: 통계청

철강제품<sup>1)</sup> 수출액 추이



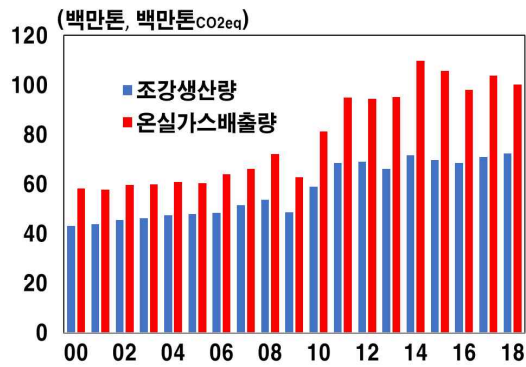
주: MTI 61기준  
자료: 한국무역협회

- 자동차, 선박, 건설 등 주요 전방산업에서도 저탄소화에 대응하기 위한 새로운 수요가 지속적으로 창출되어 향후에도 조강생산량은 현재와 유사한 수준을 유지할 것으로 예상됨

□ 한국의 2018년 온실가스 배출량은 7.3억톤으로 전년대비 2.5% 증가

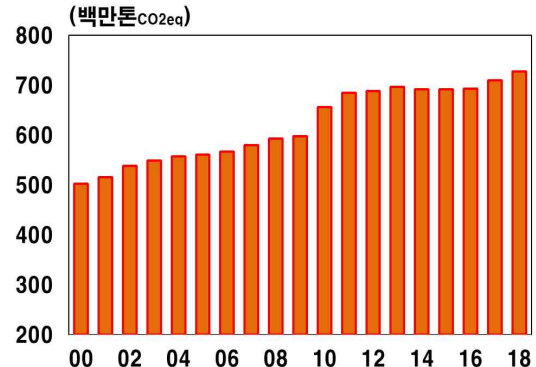
- 국내 분야별 온실가스 배출량에 비추어 볼 때 철강업은 국내 총배출량의 13.9%에 해당하는 온실가스를 배출하고 있으며, 산업 내에서도 38.8%의 온실가스를 배출하고 있는 온실가스 고배출 산업임

**국내 철강 생산량 및 온실가스 배출량**



자료: 통계청, 온실가스종합정보센터

**국내 온실가스 총배출량**



자료: 온실가스종합정보센터

**2018년 국내 분야별 온실가스 배출량**

(단위: 백만톤CO<sub>2eq</sub>)

전환	산업	철강	건물	수송	폐기물	농축산	탈루등	흡수원	총 배출량	순 배출량
269.6	260.5	101.2	52.1	98.1	17.1	24.7	5.6	-41.3	727.6	686.3

자료 : 정부 탄소중립 시나리오

**2) 국내 철강업의 과제**

- 철강업은 많은 탄소배출이 불가피한 특성을 지니고 있으며, 공정, 연원료 특성상 온실가스 배출량은 조강 생산량에 비례함



- 또한 국내 철강업의 경우 과거 탄소배출량 저감 노력 등으로 에너지 효율 개선 및 CO<sub>2</sub>저감 관련 기술을 이미 활용하고 있어 향후 CO<sub>2</sub>저감잠재량이 일본과 더불어 가장 적은 것으로 분석됨

### 주요국 철강업의 CO<sub>2</sub>저감잠재량

(단위: CO<sub>2</sub>톤/철강1t)

구분	한국	일본	EU	중국	세계
CO <sub>2</sub> 저감잠재량	0.08	0.07	0.22	0.48	0.3

자료: IEA, Energy Technology Perspective 2008 : Scenarios and Strategies to 2020

- 이러한 상황을 고려하여 볼 때, 국내 철강업의 경우 그린수소를 활용하는 수소환원제철이 상용화되기 전까지 온실가스 배출을 획기적으로 줄일 수 있는 수단이 제한적
- 수소환원제철 기술은 탄소기반의 제철기술(고로-전로공정)에서 벗어난 혁신적인 철강 공정기술로서 장기간의 대규모 R&D가 요구됨
- 국내 철강업계는 중단기적으로 배출권거래제, 탄소세, 탄소국경조정제 등 탄소가격제와 관련한 이슈도 대비해야 함

### 나. 국내 철강업의 대응

- 국내 철강업계는 기존공정에서 탄소배출을 저감하는 블루철강 전략과 수소환원제철 기술에 기반한 그린철강 전략으로 온실가스 감축에 대비하고 있음
- 공정효율화, 신기술 적용이라는 중장기적 접근 이외에도 전기로 비중을 확대하는 단기적 노력이 병행될 예정이나 현재의 에너지 공급원 및 수소환원제철 기술 수준을 고려하여 볼 때 2030년까지 온실가스를 효과적으로 감축시키는데 한계가 있음

## IV 종합평가 및 시사점

### 가. 종합평가

- 국내 철강업계에서 추진 중인 그린에너지 기반 수소환원제철 기술의 상용화를 위해 정부, 지자체 등의 전략적·정책적 지원이 필요
  - 그린수소 확보 및 수소환원제철 기술 구현 등 상용화를 위한 기술개발이 필요할 뿐만 아니라, 이미 사용하고 있는 고로의 운영을 중단하고 새로운 전기로를 확보해야 하는 등 상당한 매몰비용과 투자비용이 소요
- 포항지역은 여타 지역에 비해 제조업의 비중이 높고 1차철강제조업 비중이 압도적인 단일산업구조 도시로서 탄소중립 경제체제에 효과적으로 대비할 필요
  - 현재 부각되고 있는 새로운 제철공법의 도입은 기존 제철공법과 관련한 산업을 위축시킬 가능성이 있음
  - 한편 수소환원제철 기반 전기로의 건설 등으로 인한 투자 증대로 지역경제 활성화에 도움이 될 수 있으며, 신기술에 기반한 성장동력을 갖춘 철강업을 지역산업으로 보유할 수 있는 기회가 될 것으로 기대

## 나. 시사점

### ① 과감한 기술투자 유치

- 철강업에서 그린철강 전략을 통한 온실가스 감축 노력은 반드시 추진해 나가야 하는 도전과제임
- 정부와 철강업계의 공동노력으로 수소환원제철 관련 기술을 선점하고, 온실가스 감축과 더불어 철강업의 지속적인 발전을 위한 전략을 마련하여 이에 따르는 과감한 투자를 실행할 필요

### ② 재생에너지 확보

- 수소환원제철 공정이 탄소배출을 절감하려는 목표를 달성하기 위해서는 그린수소가 충분히 공급되어야 하는 등 청정에너지 인프라가 구축되어야 함
  - 그린수소 생산·수송·공급 등에 유리한 인프라 확충 등 저탄소 관련 핵심기술에 요구되는 투자를 유치하고 재생에너지 등 관련 산업 유치에 대한 지역사회와 관련 업계의 지속적인 논의가 필요

### ③ 규제 속도 조절

- EU와 미국에서 탄소국경조정세 등을 검토하고 있는 등 국내철강업계의 수익성에 큰 영향을 미칠 수 있는 국제여건 등을 고려하여 철강업계에 대한 탄소배출 등과 관련한 규제를 점진적으로 도입할 필요
  - 국내 철강업계는 수소환원제철 전환비용 뿐만 아니라 이행과정에도 발전부문 에너지 전환에 따른 전기료 인상 및 철스크랩(고철) 가격 상승 등에 따른 생산비용 상승으로 산업경쟁력이 약화될 우려

#### ④ 구체적인 로드맵 수립

- 포항시 제조업 내 철강업이 차지하는 비중이 80%에 육박하고 철강업계는 탄소중립 실현을 위한 산업전환비용에 상당한 비용이 소요될 것으로 추정되고 있어 탄소중립계획 진행이 지역경제에 많은 영향을 미칠 수 있음
- 정부, 철강업계 및 지역사회가 함께 장기적인 로드맵을 마련하여 철강업을 위한 투자를 적극적으로 계획하고 철강업의 저탄소화를 위한 공동과제를 지속적으로 논의하여야 함

- 코로나19 사태를 겪으며 전 세계적으로 환경·기후규제의 강화 및 저탄소 사회로의 전환이 강조
  - 파리협정(Paris Agreement, 2015) 체결 및 2019년 UN기후행동정상회의(UN Climate Action Summit 2019) 이후 각국의 탄소중립 장기목표 설정 및 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contributions) 강화가 글로벌 이슈로 부각
  - 탄소중립에 대한 글로벌 요구는 꾸준히 높아지고 있으며, 특히 유럽을 중심으로 장기저탄소 달성을 위한 다양한 노력을 진행 중
  - 한국도 2050년 탄소중립을 선언한 이후, 이에 따른 장기전략을 UN에 제출(2020.12월)하고 국내법을 정비하는 등 저탄소사회로의 전환을 추진 중

#### 주요국의 탄소중립 목표

	EU	미국	중국	일본	한국
장기목표	2050 탄소중립	2050 탄소중립	2060 탄소중립	2050 탄소중립	2050 탄소중립
2030NDC	1990년 대비 55%감축	2005년 대비 50~52%감축	2030년 배출피크달성	2013년대비 46%감축	2018년 대비 40% 감축

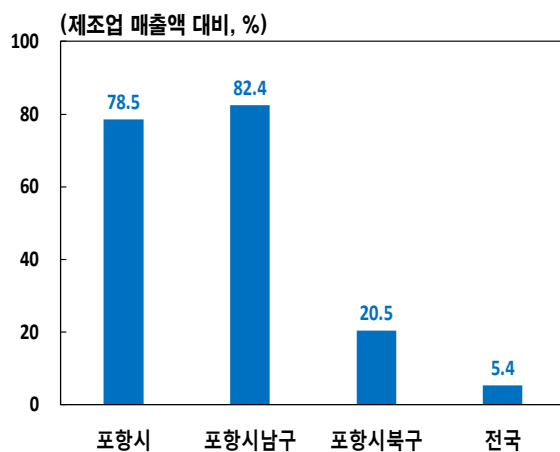
자료 : 기후정상회의(Leaders Summit on Climate, 2021)

- 기후변화에 대한 각국의 정책은 환경뿐만 아니라 글로벌 경제 및 산업 분야 등 다양한 영역에 영향을 미칠 것으로 전망
  - 특히 철강업은 온실가스 고배출 산업으로 전 세계적으로 환경문제 해결에 주된 관심 산업이며, 국내 온실가스 배출량의 상당 부분을 차지하고 있음

□ 한편 포항시 제조업 매출액 중 1차철강제조업의 비중은 78.5%를 차지하고 있으며, 1차철강제조업 종사자의 평균 매출액은 제조업 종사자 평균 매출액 보다 높게 나타났음

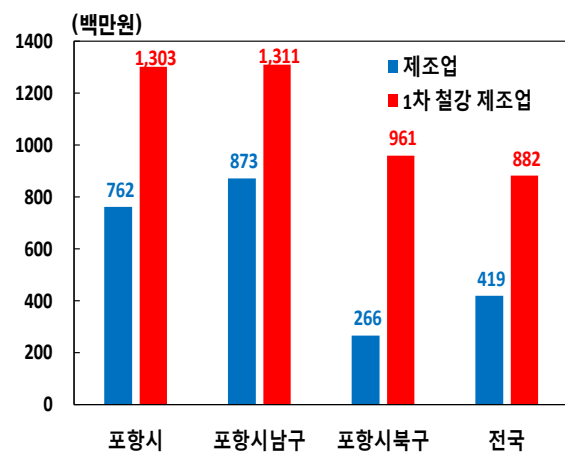
○ 포항시는 제조업의 비중도 크지만 그 중에서도 철강업이 절대적인 비중을 차지하여 단일업종에 대한 편중도가 매우 높은 모습을 보임

**1차철강제조업 매출액 비중**



자료 : 통계청

**종사자 1인당 매출액**



자료 : 통계청

○ 탄소중립 달성은 필연적으로 포항시 주력산업인 철강업의 전면적 구조 개편을 요구

⇒ 탄소중립 실현을 위한 주요국의 대응 정책과 국내 철강업 및 지역경제에 미치는 영향을 검토할 필요

## <참고 1> 국제사회 탄소중립추진 동향

- (UNFCCC 출범) 1992년 리우 기후정상회의(Earth Summit)에서 각국 정상은 UN기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)을 체결
- (교토의정서) 제3차 당사국총회(COP3, Conference of the Parties)에서 1997년 UNFCCC의 수정안으로서 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택
  - 주요 선진국에게 온실가스 감축의무를 부여하였고, 배출권거래제 및 공동이행제도를 도입하여 온실가스를 효율적으로 감축하고 개도국의 지속가능한 발전을 지원할 수 있는 계기를 마련
- (파리협정) 2015년 제21차 당사국총회(COP21)는 교토의정서 체제의 한계를 보완하기 위해 파리협정(Paris Agreement)을 채택
  - 지구의 평균 온도 상승을 2도 아래에서 억제하고, 1.5도를 넘지 않도록 노력하는 것을 목표하였으며, 교토의정서와 달리 선진국 이외의 국가에게도 온실가스 감축의무를 부여하였고 국가별 감축목표는 스스로 정하는 방식을 채택
- (신기후체제 도래) 최근 EU, 미국, 중국 등 주요국은 2019 UN기후행동정상회의(UN Climate Action Summit 2019) 및 기후정상회의(Leaders Summit on Climate, 2021)에서 2050년까지 탄소중립(Net Zero)을 달성할 것을 선언
  - EU는 온실가스 배출량을 2030년까지 1990년 대비 55% 감축하고 2050년까지 탄소중립 달성을, 미국은 2050년까지 온실가스 배출량 제로 달성을 목표로 2030년까지 2005년 대비 50~52% 감축할 것을 선언
  - 한편 중국은 2030년 정점 이후 이산화탄소 배출을 감축하기 시작하여 2060년까지 탄소배출 중립을 달성한다는 목표를 선언

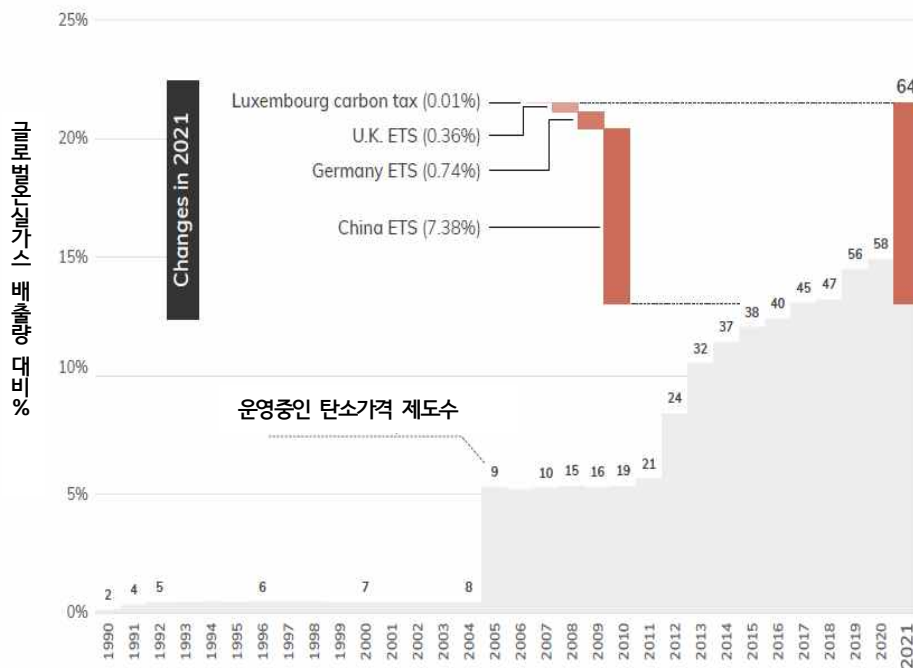
<참고 2> 온실가스 감축을 위한 가격 정책수단

- 2021년 기준\* 전 세계에서 시행 중인 탄소가격제도는 64개이며, 세계 온실가스 배출량의 21.5%는 탄소배출에 따라 가격이 부과되고 있음

\* State and Trends of Carbon Pricing, 2021

- 탄소배출에 가격을 부여하는 제도는 배출권거래제(Emissions Trading System, ETS), 탄소세(Carbon Tax), 탄소국경조정세(Carbon Border Adjustment Taxes) 등 다양한 형태가 있음

**전세계 온실가스 중 배출권거래제도 및 탄소세가 적용되는 비중**



자료: World Bank, State and Trends of Carbon Pricing, 2021



## 1) 탄소배출권거래제

□ 탄소배출권거래제는 정해진 총배출량 범위내에서 온실가스를 배출할 수 있는 권리를 시장에서 매매하는 제도

- 정부는 총배출량을 정하여 온실가스를 배출하는 사업장에게 연단위로 배출권을 할당해 배출행위를 할 수 있도록 하고,

정부로부터 배출권이 할당된 사업장은 여분 또는 부족한 배출권을 시장에서 거래할 수 있도록 하는 제도

- 정부가 탄소배출에 따라 직접 가격을 매기는 탄소세와 달리 배출권 시장의 수요과 공급에 따라 탄소배출가격이 결정되는 제도
- 배출권거래제는 배출 총량을 정부가 계획하기 때문에 탄소배출 목표량 달성에 유리한 측면이 있지만, 배출권 시장여건에 따라 배출권의 가격 변동성이 커질 수 있음
- 탄소배출권거래제는 유럽이 2005년부터 도입하여 선도적으로 운영하고 있으며, 미국, 중국 등 주요국과 국내에서도 도입이 확대되며 빠른 성장세를 보이고 있음

## 2) 탄소세

□ 탄소세는 정부가 온실가스 배출량을 기준으로 배출기관에게 직접 부과하는 세금

- 탄소세는 현재 27개국(2021.4월 기준)에서 실시 중이며 국가마다 탄소세율의 격차가 크게 나타나고 있음\*

\* 스웨덴(137\$), 리히텐슈타인(101\$), 스위스(101\$), 폴란드(0.1\$), 우크라이나(0.1\$) 등

○ 탄소세는 배출기업이 탄소배출에 따른 비용을 예상하기 쉽다는 장점이 있으나, 그 비용부담이 소비제품과 서비스 등 최종소비재의 가격 상승으로 전가되기 쉬움

○ 많은 국가가 탄소세를 도입하지 못하는 이유는 탄소세를 부과할 경우 기업과 소비자에게 큰 부담\*이 될 수 있기 때문임

\* 국제통화기금(IMF)은 지구 기온 상승을 2도 이내로 제한하기 위해서는 전세계 평균 탄소세가 1톤(tCO<sub>2</sub>eq)당 75\$가 되어야 한다고 제언

### 3) 탄소국경조정세

□ EU와 미국을 중심으로 역외 수입국에 탄소세 명목의 세금을 부여하는 탄소국경조정세 도입 논의가 대두

○ 탄소국경조정세는 온실가스 절감 노력이 부족한 역외국가의 수입품에 탄소 배출량과 비례하는 관세를 부과하는 국경세임

□ EU는 탄소국경조정세를 2026년부터 전면 운영할 계획이며, 미국도 탄소국경조정세의 도입을 검토 중

## II 주요국 탄소중립 동향

### 가. EU

- EU는 2050년까지 EU내 탄소중립달성을 목표로 하는 그린딜(Green Deal)을 선언(2019.12월)
  - 그린딜은 2050년 EU내 온실가스 순배출량 제로화를 위한 정책패키지로 청정에너지, 지속가능한 산업, 건설, 수송, 농식품, 생태계 등 다양한 분야의 탈탄소화 방향을 제시
    - 산업부문의 경우 순환경제 실행계획 등과 연계하여 탈탄소화를 추진할 계획이며, 이 과정에서 역내 산업경쟁력 약화가 발생하지 않도록 관련 산업보호 및 지원 조치 등을 병행할 것임을 명시
  - 또한 그린딜 투자를 통해 역내 경제권을 탄소중립경제로 전환하고, 산업경쟁력 강화 및 친환경 기반 경제성장을 동시에 추진
    - 2030년까지 탄소중립경제 달성을 위해 1조 유로를 투자할 계획이며, 금융시장에서도 산업 양성을 위한 금융지원을 확대할 예정
  - 2021.6월 유럽의회는 유럽기후법을 승인하여 탄소중립 합의에 법적 구속력을 부여하였고, 2021.7월 EU 집행위는 2030년까지 탄소배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축하기 위한 입법안 패키지 'Fit for 55'를 발표
    - 'Fit for 55'는 탄소 가격결정 관련 입법안 4개, 감축목표 설정 관련 입법안 4개, 규정 강화 관련 입법안 4개와 포용적 전환을 위한 지원대책인 사회기후기금으로 구성

- EU는 2005년부터 배출권거래제(ETS, Emissions Trading Scheme)를 도입하였으며, 산업부문 온실가스 감축에 있어 핵심 정책수단으로 운영할 계획
  - 총배출량을 지속적으로 줄이고, 무상할당도 축소하는 방향으로 제도를 운영하고 있으며, ETS 4기(2021~2030년)에 해당하는 10년 동안 2005년 대비 연평균 2.2%를 감축하는 것을 목표로 운영할 계획
  - 한편 산업부문의 배출권 무상할당비율도 축소 운영할 계획이며, 철강업종의 경우 배출권이 현재 100% 무상할당되고 있으나 2026년 이후 그 비율을 점진적으로 축소할 예정
- EU는 자국 산업의 경쟁력 보호 등을 위해 탄소누출우려가 있는 산업에 대해 탄소국경조정제도(CBAM, Carbon Border Adjustment Mechanism)를 2026년부터 도입하여 운영할 계획
  - CBAM은 2023년부터 철강·시멘트·비료·알루미늄·전기 산업에 우선적으로 적용되며 EU지역에 해당 품목을 수출하는 국가들이 큰 타격을 입을 것으로 예상됨

## 나. 미국

- 트럼프 정부가 파리협약을 탈퇴(2020.4월)하였으나, 바이든 정부 출범 이후 파리협정에 복귀(2021.2월), 기후정상회의를 개최(2021.4월)하는 등 그린 기후·에너지와 관련하여 글로벌 리더십을 회복하는데 주력하고 있음
- 트럼프 정부가 온실가스 배출 규제를 완화하였으나, 주정부 차원\*에서 배출권거래제를 수단으로 에너지(화력발전소 규제)분야의 온실가스 감축 노력이 지속되어 왔음

\*RGGI(동부 11개주), 캘리포니아주

○ 바이든 정부는 기후정상회의에서 2030년 온실가스 배출량을 2005년 대비 50~52% 감축하겠다고 선언

- 이는 오바마 정부의 감축목표(2025년까지 2005년 대비 26~28%), 트럼프 정부의 파리협정 탈퇴 및 온실가스감축목표 미제출 등 이전에 비해 진일보한 목표를 세움

□ 또한 바이든 정부는 에너지, 수송부분에 중점을 두고 청정에너지 인프라 구축에 2조 달러를 지원할 계획임

## 다. 중국

□ 중국은 2060년 탄소중립을 목표로 하고 있으며, 기존의 정책을 보다 강화하는 추세

○ UN총회(2020.9월)에서 이전보다 상향된 국가 온실가스 감축목표를 제시하였음

- 2030년까지 온실가스 배출 원단위\*를 2005년 대비 65%이상 감축할 것이며, 발전(에너지)분야에서 화석발전을 줄이고 비화석연료 및 재생에너지를 확대하는 방안으로 2060 탄소중립을 달성할 것이라고 발표

\* GDP 대비 온실가스 방출량

□ 기후정상회의(2021.4월)에서는 2020년 UN총회에서 제시했던 목표를 재확인하면서, 탄소정점에서 탄소중립까지의 소요시간을 선진국보다 단축하여 달성하겠다는 의지를 보임

○ 석탄발전과 제14차 계획기간(2021~25년)내 석탄 소비증가를 엄격히 통제하고, 제15차 계획기간(2026~30년)에는 석탄소비를 단계적으로 축소하겠다는 계획을 제시

- 2021.7월부터 발전부문을 대상으로 국가단위의 배출권거래제를 시작하였으며, 현재 배출권의 100%를 무상할당하여 시범 운영중

## 라. 일본

- 원전사고(2011.3월) 이후 기후변화 대응정책에 있어 소극적인 행태를 취하여 왔으나, 최근 글로벌 동향을 고려하여 국가 온실가스 감축목표를 상향하고 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 제시
  - 일본 정부는 2050년 탄소중립을 선언하였으며(2020.10월), 기후정상회의(2021.4월)에서 2030년까지 2013년 대비 온실가스 배출량을 46% 감축할 계획을 발표하였음
    - 산업계의 탈탄소화 대응을 촉진하고 경제와 환경의 선순환을 실현하기 위한 산업정책으로서 '녹색성장전략'을 수립(2021.6월)
    - 동 전략에 따라 해상풍력·태양광·지열, 암모니아·수소, 원자력, 전기차·ESS, 반도체·IT 등 향후 성장성이 있는 분야를 중심으로 높은 감축목표를 설정하고 다양한 정책을 활용할 예정
  - 또한 2019년 기준 에너지(발전)가 화석발전에 크게 의존(76%)하고 있는 바, 2030년까지 화석의존도를 41% 수준으로 낮추는 제6차 에너지 기본계획을 추진할 예정
  - 산업부문에서는 직접규제보다는 자발적 감축노력에 의존하고 있으며, 현재 탄소세를 일부 도입\*하고 있고 배출권거래제는 도입을 검토 중
    - \* 석탄·석유 등 화석연료의 소비량에 따라 과세하는 '지구온난화대책을 위한 세금'을 부과하고 있으며, 세율은 낮은 수준(이산화탄소 배출량 1톤당 289엔)

## 마. 한국

- 정부는 탄소중립 선언(2020.12월)에 따라 대통령 소속 2050 탄소중립위원회가 출범(2021.5월)하였고, 이후 '2050 탄소중립 시나리오'을 발표(2021.10월)
  - 전환(에너지 발전), 산업, 수송, 건물 등 온실가스를 유발하는 분야의 배출량 감소 목표 및 감축 방안 등에 대한 방향을 제시
  - 철강업의 경우 수소환원제철 기술을 100% 도입하여 유연탄을 수소로 대체하고, 기존 고로는 모두 전기로로 전환하는 방안을 감축수단으로 제시
    - 철강업의 감축목표는 2050년 온실가스 배출량 4.6백만톤으로, 이는 2018년 기준 철강업 배출량(101.2백만톤)의 95% 감축 수준
  - 정부가 철강업의 2030 감축목표를 설정하지는 않았으나, 포스코는 최근 기업시민보고서(2021.6월)를 통해 탄소중립 달성을 위한 로드맵을 제시
    - 포스코는 탄소중립 달성을 위해 수소환원제철 기반 2050 탄소중립을 목표로 2017~19년 연평균 방출량 대비 2030년 20%, 2040년 50% 온실가스 배출량을 감축할 것으로 탄소배출 감축경로를 설정
- 최근 통과된 탄소중립기본법(2021.8월)은 2030년 온실가스 감축목표를 기존(2018년 대비 26.3%)보다 9%p 상향한 35% 이상 범위에서 사회적 논의를 시작하도록 법률에 명시
  - 최근 정부는 제26차 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP26)에 참석해 2030년까지 온실가스 배출량을 2018년 대비 40%로 감축할 것을 선언

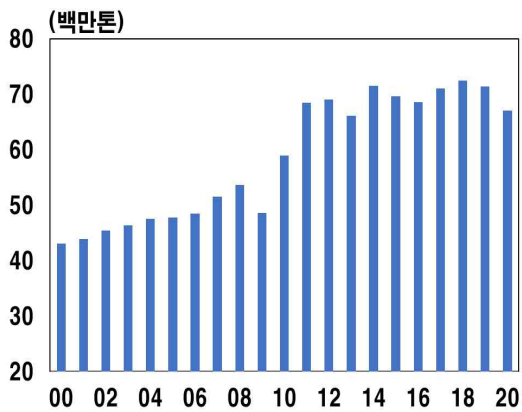
### III 국내 철강업 현황 및 탄소중립 동향

#### 가. 철강업 현황

##### 1) 국내 철강업 생산 및 온실가스 배출 현황

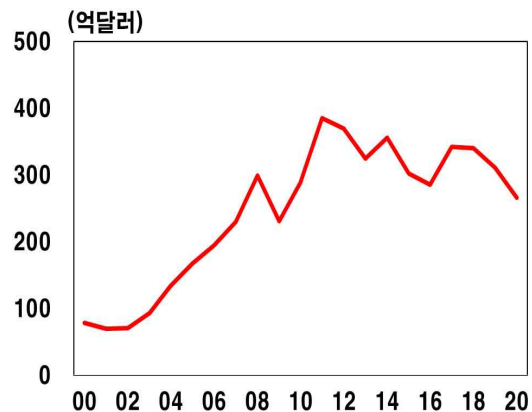
- 2020년 국내 철강업의 조강생산량은 67.1백만톤 규모로 이는 세계 6위 수준이며, 철강제품 수출액은 266억불(MTI 61기준, 2020년 총수출액의 5.2%)을 달성한 국내 주력 수출산업임
  - 2010년 이후 중국 철강업체의 생산량이 증가함에 따라 조강생산량 상승세가 둔화되었으나, 연간 7천만톤 수준을 꾸준히 생산하고 있음
  - 2020년 기준 우리나라의 철강제품 수출물량은 중국(51.4백만톤), 러시아(31.5백만톤), 일본(29.8백만톤)에 이어 27.6백만톤으로 세계 4위 수준임

국내 조강생산량



자료: 통계청

철강제품<sup>1)</sup> 수출액 추이



주: MTI 61기준  
자료: 한국무역협회

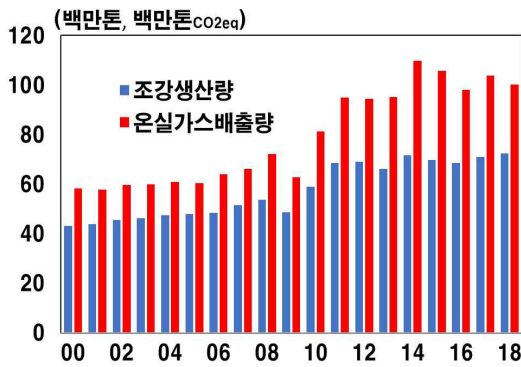
- 자동차, 선박, 건설 등 주요 전방산업에서도 저탄소화에 대응하기 위한 새로운 수요가 지속적으로 창출되어 향후에도 조강생산량은 현재와 유사한 수준을 유지할 것으로 예상됨



□ 한국의 2018년 온실가스 배출량은 7.3억톤으로, 전년대비 2.5% 증가

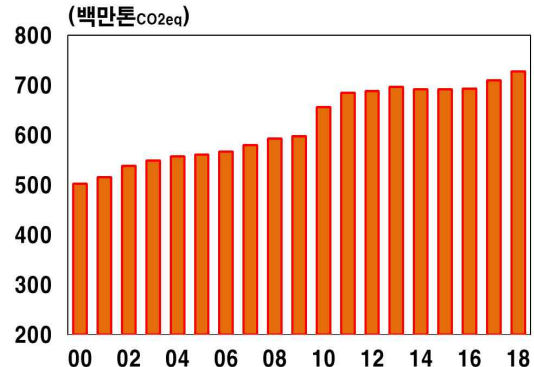
- 2000년대부터 생산량 대비 배출량은 개선 중이지만 전체 배출량은 여전히 증가세를 보이고 있음
- 국내 분야별 온실가스 배출량에 비추어 볼 때 철강업은 국내 총배출량의 13.9%에 해당하는 온실가스를 배출하고 있을 뿐만 아니라, 산업부문에서도 배출량의 38.8%를 차지하고 있는 온실가스 고배출 산업임

**국내 조강생산량과 온실가스 배출량**



자료: 통계청, 온실가스종합정보센터

**국내 온실가스 총배출량**



자료: 온실가스종합정보센터

□ 철강산업의 온실가스 배출량은 조강생산량에 비례하는 추세를 보이고 있으며, 2018년 기준 직접배출과 공정배출을 모두 고려하였을 때 101.2 백만톤의 온실가스를 배출하였음

**2018년 국내 분야별 온실가스 배출량**

(단위: 백만톤CO<sub>2eq</sub>)

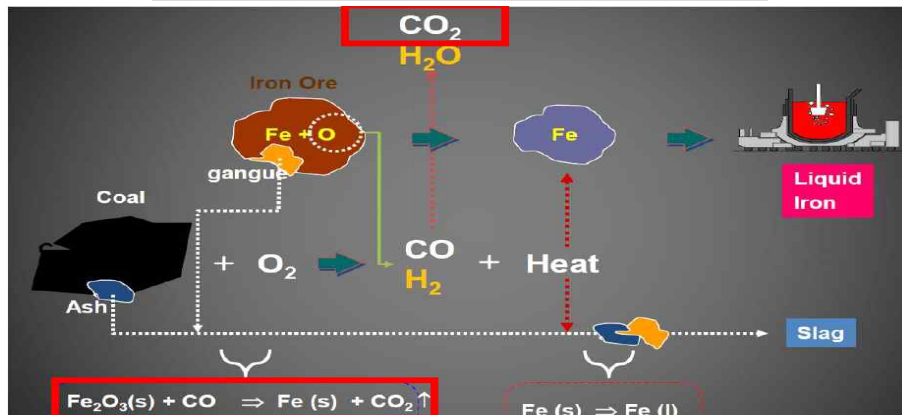
전환	산업	철강	건물	수송	폐기물	농축산	탈루등	흡수원	총 배출량	순 배출량
269.6	260.5	101.2	52.1	98.1	17.1	24.7	5.6	-41.3	727.6	686.3

자료 : 정부 탄소중립 시나리오

## 2) 국내 철강업의 과제

- 철강업은 많은 탄소배출이 불가피한 특성을 지니고 있으며, 공정, 연원료 특성상 철강업의 온실가스 배출량은 조강 생산량에 비례하고 있음
- 특히 고로를 통한 철강 생산은 유연탄을 환원제로 사용하고 있어, 철강업은 온실가스를 감축하기 어려운 대표적 산업임
- 철광석( $Fe_2O_3$ )을 유연탄(C)으로 환원시켜 용선을 만들기 때문에 필연적으로 많은 양의 이산화탄소가 배출되는 공정을 거치고 있음

### 철강업 이산화탄소 주요 배출과정: 제선과정



자료: 한국철강협회

- 또한 국내 철강업의 경우 과거 탄소배출량 저감 노력 등으로 에너지 효율 개선 및 CO<sub>2</sub>저감과 관련한 기술력을 이미 활용하고 있어 향후 CO<sub>2</sub>저감잠재량이 일본과 더불어 가장 적은 것으로 분석됨

### 주요국 철강업의 CO<sub>2</sub>저감잠재량

구분	한국	일본	EU	중국	세계
CO <sub>2</sub> 저감잠재량(CO <sub>2</sub> 톤/철강1톤)	0.08	0.07	0.22	0.48	0.3
에너지 절약잠재량(GJ/톤)	0.92	0.83	2.12	5.57	3.9

자료: IEA, Energy Technology Perspective 2008 : Scenarios and Strategies to 2020

- 이러한 상황을 고려하여 볼 때, 국내 철강업의 경우 수소를 활용하는 수소환원제철이 상용화되기 전까지 온실가스 배출을 획기적으로 줄일 수 있는 수단이 제한적
  - 수소환원제철 기술은 탄소기반의 제철기술(고로-전로공정)에서 벗어난 혁신적인 철강 공정기술로서 장기간의 대규모 R&D가 요구됨
    - 상용화를 위해서는 수소사용 안정성 및 설비기술, 100% 수소환원제철 기술, 수소환원철 용해기술 등 다양한 기술적 난관을 해결해야함
  - 새로운 공법은 전기로 기반의 환원제철 기술을 활용할 것으로 예상되는데, 청정 전기에너지(풍력발전 등)와 그린수소를 충분하게 공급받을 수 있는 인프라 구축이 선행될 필요
- 한편, 국내 철강업계는 중단기적으로 배출권거래제, 탄소세, 탄소국경조정세 등 탄소가격제와 관련한 이슈도 대비해야 함
  - 우리나라는 2015년 이후 배출권거래제를 운영하고 있으며, 현재 3기('21~25)가 운영중임
    - 배출권의 유상할당 비중(현재 3기는 10%)이 증가하고 있으나, 철강업은 산업경쟁력 보호차원에서 현재 배출권을 100% 무상할당 받고 있음
    - 다만 최근 2030 국가 온실가스 감축목표 강화와 같은 정부의 탄소중립로드맵 변화에 따라 배출권의 무상할당 혜택 산업군이 줄어들거나 그 비중이 감소할 우려가 있음
  - 탄소세는 현재 도입되지는 않았으나, 탄소세 도입을 위한 법안 발의가 꾸준히 이어지고 있음

- 탄소세는 온실가스 배출 제한에 유용한 역할을 수행할 수 있을 것이라 기대되나, 산업계가 탄소세로 인해 산업경쟁력이 저하될 것을 우려하고 있어 도입하기 어려운 실정
- o 탄소국경조정세는 역외 수입국에 탄소세 명목의 세금을 부여하는 제도로서 EU가 자국 산업의 보호 및 탄소누출 문제를 해결하기 위해 2026년부터 부과할 예정\*

\* EU의 탄소국경조정메커니즘(Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM)은 EU 외에서 생산된 제품이 EU로 수입될 때 생산공정에서 배출된 온실가스에 대한 비용을 대EU의 수출국이 부담하도록 설계된 제도임

- 대EU 철강제품 수출물량은 연간 2백만톤을 상회할 것으로 예상되어 높은 수준의 탄소세 비용이 부과\*될 수 있음

\* EU ETS 배출권 경매가격에 연동한 CBAM 인증서를 제출하는 방식으로 탄소국경조정세가 부과될 예정이나, EU의 역내 철강업에 대한 ETS 무상할당비율 등에 따라 부과비용이 달라질 수 있음

### **EU 탄소국경조정제도 대상품목 對EU 철강 수출 현황**

(단위 : 백만불, 톤)

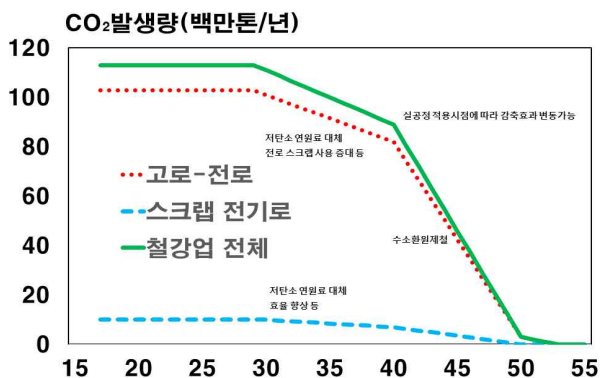
품목	2018		2019		2020	
	금액	물량	금액	물량	금액	물량
철,철강	2,485	2,946,121	2,124	2,783,801	1,523	2,213,680

자료 : 산업통산자원부 보도자료

## 나. 국내 철강업의 대응

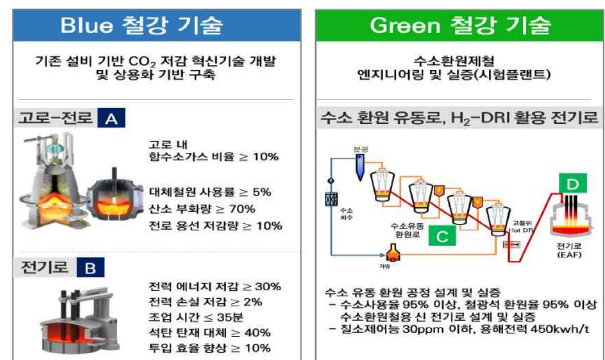
- 국내 철강업계는 기존공정에서 탄소배출을 저감하는 블루철강 전략과 수소환원제철 기술에 기반한 그린철강 전략으로 온실가스 감축에 대비하고 있음
- 블루철강 전략은 수소환원제철 기술 상용화까지의 공백을 해소하기 위해 고로-전로와 전기로에서의 탄소배출을 저감시키는 기술에 초점을 맞추고 있으며, 2030년 이후 단계적으로 실공정에 적용할 계획
- 그린철강은 수소환원제철 기술에 근거하여 수소환원제철을 단계적으로 상용화하는 전략이며, 수소환원제철용 전기로 설계 및 실증을 목표로 2040년 이후 추진될 예정임
- 공정효율화, 신기술 적용이라는 중장기적 접근 이외에도 전기로 비중을 확대하는 단기적 노력이 병행될 예정이나 현재의 에너지 공급원 및 수소환원제철 기술 수준을 고려하여 볼 때 2030년까지는 온실가스를 효과적으로 감축시키는데 한계가 있음

### 철강업 탄소배출 감축 시나리오



자료 : 한국철강협회

### 중장기 저탄소 기술목표



자료 : 한국철강협회

<참고 3 > 주요 글로벌 철강업체 탄소중립 대응 방안

1) ArcelorMittal

□ 2050년 탄소중립을 선언하였으며, 2030년까지 유럽내 온실가스 배출량을 2018년 대비 30% 감축할 것을 목표로 제시

- 청정에너지(3C\*) 기반 생산공정의 전환을 추진하고 있으며, 중단기에는 에너지 효율개선, 스크랩을 활용한 전기로 확대에 집중하고 장기적으로는 저탄소 혁신기술을 개발할 계획

\* 3C(Circular Carbon, Clean Power, CCUS): ① Circular Carbon: 폐자원·부산물 활용 ② Clean Power: 탄소배출없는 연료를 활용한 철광석 환원 ③ CCUS: CO<sub>2</sub>를 분리 및 포집하여 화학물질을 생산

2) ThyssenKrupp

□ 2050년 탄소중립을 선언하였으며, 2030년까지 이산화탄소 배출량을 2018년 대비 30% 감축할 것을 목표로 제시

- 환원제로서 석탄을 수소로 대체하는 Hydrogen Path와 공정상 발생하는 CO<sub>2</sub>를 포집하여 타산업에서 활용가능한 원료로 생산하는 Carbon2Chem 전략을 병행

3) Voestalpine

□ Carbo-Free를 지향하며 2050년까지 온실가스 배출량을 2015년 대비 80%이상 감축할 것을 목표로 제시하였으며, 2030년까지 2015년 대비 33%이상 감축할 계획

- 2030~2035년까지 천연가스·수소활용 직접환원철제조와 전기로·고로 혼합형태를 유지하고, 2050년까지 수소활용 직접환원철 제조와 전기로 전환을 목표로 온실가스 감축을 추진할 예정

#### 4) 포스코

- 포스코\*는 '포스코 2050 탄소중립'을 선언('20.12월)하였으며, 최근 기업 시민보고서('21.6월)를 통해 탄소중립 달성을 위한 로드맵을 제시

\* 포항지역 철강업 대표업체인 포스코의 2018년 온실가스 배출량은 78백만톤으로 국내 철강업의 약 80% 규모의 온실가스를 배출하고 있음

- 포스코는 수소환원제철 기반 2050 탄소중립을 목표로 2017~19년 연평균 방출량 대비 2030년 20%, 2040년 50% 탄소 감축경로를 설정하고 사업장 및 사회적 감축을 병행할 계획

- (사업장 감축) 1단계는 에너지효율 향상과 경제적 저탄소 연·원료 대체, 2단계는 제선공정에 천연가스 및 수소 함유 가스 활용, 새로운 전기로 적용, 제선 스크랩 직투입 등을 추진

3단계는 기존 파이넥스 기반의 수소환원제철 기술을 개발해 궁극적으로 수소환원과 재생에너지에 기반한 탄소중립 제철 공정을 구현할 것을 방안으로 제시

- (사회적 감축) 저탄소제품인 고장력 강판, 고효율 전기강판 등 친환경 철강제품을 확대하고 부산물 자원화에 기여할 계획

## IV 종합평가 및 시사점

### 가. 종합평가

- 국내 철강업계에서 추진중인 그린에너지 기반 수소환원제철 기술의 상용화를 위해 정부, 지자체 등의 전략적·정책적 지원이 필요
    - 그린수소 확보 및 수소환원제철 기술 구현 등 상용화를 위한 기술개발이 필요할 뿐만 아니라, 이미 사용하고 있는 고로의 운영을 중단하고 새로운 전기로를 확보해야 하는 등 상당한 매몰비용과 투자비용\*이 소요
- \* 산업통상자원중소벤처기업위원회 소속 한무경 의원(국민의힘)이 포스코로부터 제출받은 '포스코 2050 탄소중립 선언 및 현황'자료에 따르면, 국내 철강업이 수소환원제철로 전환하는 데 68조5,000억원(설비투자비용 29조원, 매몰비용 36조원, R&D 비용 3.5조원)이 소요될 것으로 추정
- 한편, 김학동 포스코 사장은 서울 포스코센터에서 열린 수소환원제철포럼(HyIS 2021.9월) 기자간담회에서 2050년까지 단계적으로 포스코의 설비를 전환할 경우 대략 40조원 가량의 비용이 소요될 것이라고 밝힘
- 또한 국내 산업계는 그린에너지로 인한 전력비 및 원재료 가격 상승으로 인해 현재 방식에 비해 생산원가가 크게 상승할 것으로 추정하고 있음
- 포항지역은 여타 지역에 비해 제조업의 비중이 높고 1차철강제조업 비중이 압도적인 단일산업구조 도시로서 탄소중립 경제체제에 효과적으로 대비할 필요
  - 현재 부각되고 있는 철강업에서의 새로운 제철공법 도입 등은 기존 제철공법과 관련한 지역내 산업을 위축시킬 가능성이 있음



- 기존 고로 기반 제철공법은 유연탄의 공급에 크게 의존하고 있어, 수소환원제철 공법의 도입은 유연탄 공급 관련 업종의 수요처가 사라지게 되는 것임을 의미
- o 또한 기존 고로 유지 및 보수 등에 전문성을 갖춘 하청업체들도 새로운 전기로의 도입에 따라 사장될 가능성이 있음
- o 한편 수소환원제철 기반 전기로의 건설 등으로 인한 투자 증대로 지역경제가 활성화에 도움이 될 수 있으며, 신기술에 기반한 성장동력을 갖춘 철강업을 지역산업으로 보유할 수 있는 기회가 될 것으로 기대

## 나. 시사점

### ① 과감한 기술투자 유치

- 철강업의 높은 온실가스 배출 비중과 저탄소사회로의 전환이 시급하다는 국제사회의 공감대를 고려할 때 그린철강 전략을 통한 온실가스 감축 노력은 반드시 추진해 나가야 하는 도전과제임
- 이를 위해 수소환원제철 관련 R&D에 대한 과감한 투자가 필요하며 정부와 철강업계와의 공동노력으로 수소환원제철 관련 기술을 선점해 나가야 함
  - o 온실가스 감축에만 초점을 맞추는 것이 아니라 철강업의 지속적인 발전 전략을 제시하고 이에 따르는 과감한 투자를 실행할 필요가 있음
  - o EU, 일본 등 선진국이 주요 감축수단으로 탄소 포집·저장·활용(CCUS, Carbon Capture Utilization, Storage) 기술을 활용할 계획임을 고려하여 CCUS관련 기술에 대해서도 적극적인 투자가 필요

## ② 재생에너지 확보

- 수소환원제철 공정을 통해 온실가스 배출을 줄인다는 목표를 달성하기 위해서는 환원제인 그린수소가 충분히 공급되어야 하고, 전기로를 가동할 수 있는 청정에너지가 충분히 공급될 수 있는 여건이 구축되어야 함
  - 그린수소 생산·수송·공급 등에 유리한 인프라 확충 등 저탄소 관련 핵심기술에 요구되는 투자를 유치할 필요
  - 향후 지역사회가 청정에너지의 주 수요처가 될 수 있기에 재생에너지 등 관련 산업 유치에 대해 지역사회와 관련 업계가 지속적으로 논의할 필요

## ③ 규제속도 조절

- EU와 미국이 탄소국경조정세의 도입을 검토하고 있는 등 국내철강업계의 수익성과 경쟁력에 큰 영향을 미칠 수 있는 국제여건 등을 고려하여 철강업계에 대한 탄소배출 관련 규제를 점진적으로 도입할 필요
  - 국내 철강업계는 수소환원제철 전환비용뿐만 아니라 이행과정에도 발전 부문 에너지 전환에 따른 전기료 인상 및 철스크랩(고철) 가격 상승 등에 따른 생산비용 상승으로 산업경쟁력이 약화될 우려
  - EU는 탄소누출위험이 있는 업종에 배출권을 무상할당하고, 온실가스 감축 노력이 부족한 역외국가에 대해 탄소국경조정세 도입을 추진하는 등 자국 산업의 경쟁력을 지속시킬수 있는 정책을 추진 중

#### ④ 구체적인 로드맵 수립

- 포항시 제조업 내 철강업이 차지하는 비중이 80%에 육박하고 철강업계는 탄소중립 실현을 위한 산업전환비용에 상당한 비용이 소요될 것으로 추정하고 있어 탄소중립계획 진행이 지역경제에 많은 영향을 미칠 수 있음
  - 신재생에너지 전력 및 그린수소 생산 비용을 고려할 때 향후 철강재 가격상승은 불가피할 것으로 예상되며, 이에 지역주력산업인 철강업의 경쟁력과 포항지역 경제여건이 악화될 가능성이 있음
    - 철강업 및 지역내 관련 산업의 경쟁력 보호를 위해 전력부문 비용 인하 및 환경세 등을 감면하는 조치를 고려할 필요
- 정부, 철강업계 및 지역사회가 함께 장기적인 로드맵을 마련하여 철강업을 위한 투자를 적극적으로 계획하고 철강업의 저탄소화를 위한 공동과제를 지속적으로 논의하여야 함

<참고 5 > 독일의 철강업 탄소중립 지원 현황

- 독일 철강업은 높은 에너지 비용으로 인한 산업경쟁력 약화, 자국내 조강생산량이 감소, 기후문제 대응을 위한 막대한 탄소중립 전환 비용 등의 문제에 직면해 있음
  - 이에 독일 정부는 'Steel Action Concept'을 발표('20.7월), 독일과 EU 철강업의 저탄소 전환과 산업경쟁력 강화를 적극적으로 지원한다는 계획을 공개
- 'Steel Action Concept'은 공정한 시장경제 조성, ETS 무상할당 유지 및 탄소누출 방지, 저탄소사회로의 전환 등 3가지 정책 방향을 제시
- 독일 정부는 다양한 지원프로그램을 바탕으로 주요 철강사에게 저탄소 기술공정을 지원하고 있음
  - ThyssenKrupp의 Carbon2Chem 프로젝트에 1.4억유로, Salzgitter의 수소 및 천연가스 기반 DRI 공장 건설에 500만유로 지원
- 또한 철강생산시 전력부문의 세금 감면혜택 부여, 환경세 등을 감면하는 등 간접적인 지원 조치도 병행 중
- 한편, 유럽철강협회(Eurofer)는 독일의 'Steel Action Concept'와 같은 정책 프레임워크가 EU차원에서도 필요하다고 언급

## <참고자료 및 문헌>

- 관계부처 합동, "2050 탄소중립 시나리오", 2021.10.
- 국회입법조사처, "기후정상회의의 의의와 과제", 2021.5.
- 국회예산정책처, "탄소세 논의 동향", 2021.7.
- 기획재정부, "2050 탄소중립 추진전략", 2020.12.
- 남정임, "철강분야 탄소중립 동향과 대응전략", 한국철강협회, 2021.5.12.
- 대외경제정책연구원, "국제사회의 탄소중립 정책 방향과 시사점", KIEP 오늘의 세계경제, 2021.2.4.
- 대외경제정책연구원, "기후정상회의 주요 내용 및 시사점", KIEP 오늘의 세계경제, 2021.5.7.
- 대외경제정책연구원, "EU 탄소감축 입법안(Fit for 55)의 주요 내용과 시사점", KIEP 세계경제포커스, 2021.7.22.
- 산업통산자원부, "제2차 그린철강위원회 개최", 보도자료, 2021.6.18.
- 산업통산자원부, "산업부, 유럽연합(EU) 「탄소국경조정제도」 영향 긴급 점검", 보도자료, 2021.7.15
- 손인성, 김동구. "EU 배출권거래제 4기의 핵심 설계 변화 분석과 국내 배출권거래제 3기에의 시사점 " 수시보고서 20-02, 에너지경제연구원, 2020.
- 에너지경제연구원, "세계 에너지시장 인사이트"
- 이재윤, "2050 장기저탄소전략(LEDs)과 철강산업의 과제", KIET 산업경제, 산업연구원, 2020.10.29.
- 진윤정, "독일 철강산업의 탄소중립 성장 전략 지원 정책", POSRI 이슈리포트, 포스코경영연구원, 2021.4.
- 포스코, "기업시민보고서", 2021.6.
- KOTRA, "주요국 그린뉴딜 정책의 내용과 시사점", 2021.1.6.
- 한국무역협회, "중국의 탄소중립 정책 동향 및 시사점", 차이나 마켓리포트, 2021.5.25.
- 한국은행 조사국, "국제사회의 탄소중립 추진 현황 및 경제적 영향", 국제경제리뷰, 2021.4.30.
- IEA, "Energy Technology Perspectives"
- IEA, "World Energy Investment"
- World Bank, "State and Trends of Carbon Pricing"

주요 참고 홈페이지

기후변화홍보포털, <https://www.gihoo.or.kr/portal/kr/main/index.do>

세계철강협회, <https://www.worldsteel.org/>

온실가스 종합정보센터, <http://www.gir.go.kr/home/main.do>

통계청 국가통계포털, <http://kosis.kr/>

한국은행 경제통계시스템, <http://ecos.bok.or.kr/>

한국무역협회, <https://kita.net/>

한국철강협회, <https://www.kosa.or.kr/>