

KIER CT Brief

Climate Technology Brief No.46

산업부문 전기화(Electrification) 현황 및 전망 : 철강·석유화학 산업 중심으로 2022.11

한국에너지기술연구원
국가기후기술정책센터



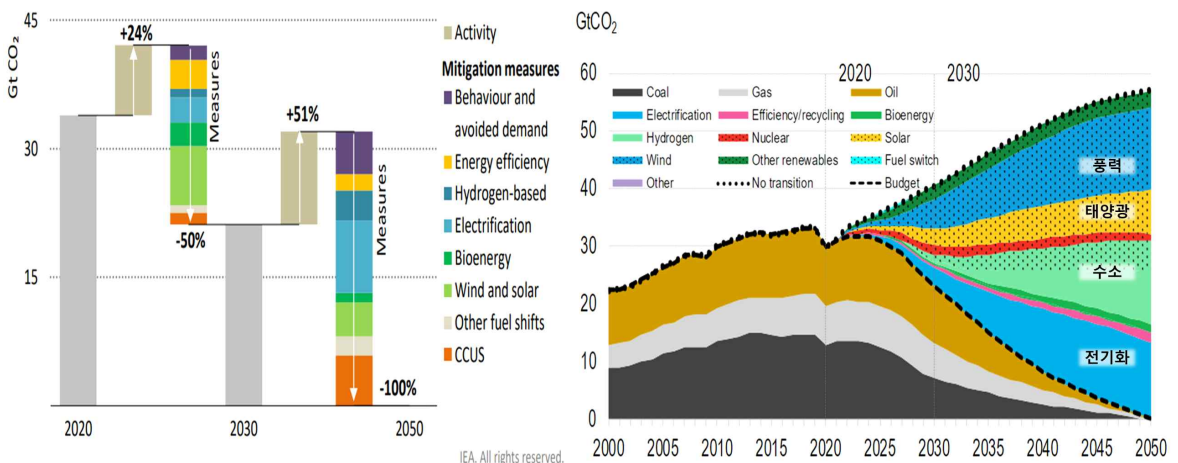
1. 배경

● **전기화(Electrification)**는 탈탄소화, 디지털화, 분산화와 함께 **에너지시스템 패러다임 전환의 주요 트렌드**이자, 탄소중립 달성을 위한 **핵심수단**으로 부상

< '전기화(Electrification)' 개념 >

- ▶ **최종 소비(End-use) 관점에서 에너지 사용을 화석연료에서 전기로 전환하는 기술 보급**을 의미
 ※ 예시: 수송 부문에서의 전기자동차, 건물 부문의 냉난방 설비 전기화를 위한 히트펌프, 전기히터, 온수시스템, 산업부문에서의 히트펌프, 전기오븐, 전기 아크로, 전기가열 크래커 등
- ▶ 전기화로 인한 전력 수요 증가로 Upstream의 배출이 증가할 수 있으나, 무탄소 전력의 지속적인 보급 확대 전망에 따라 Downstream에서의 화석연료 사용보다 깨끗한 탈탄소화 감축 수단으로 평가
- ▶ 수송, 건물, 산업 부문에서 직접적으로 CO₂ 배출을 줄일 수 있으며, 전력망의 효율성·유연성 확보, 에너지 효율향상, 대기질 개선, 석유/가스 수입의존도 저하 등 간접적 파급효과 유발

- (IEA) Net-Zero Emissions 2050 시나리오에서 **전기화에 의한 세계 CO₂ 감축량(누적)**은 전체 감축량 대비 약 **20%**를 차지하며, **전기화에 의한 감축 비중**은 2030년 14%에서 2050년 27%로 **확대**될 것으로 전망
 - ▶ (2030년 감축 기여도) 풍력·태양광 33%, 에너지 효율 16%, **전기화 14%**, 바이오에너지 13%, 행동 변화·수요 회피 8%, CCUS 7%, 수소 5%, 기타 연료 전환 4% 順 (IEA, '21)
 - ▶ (2050년 감축 기여도) **전기화 27%**, CCUS 18%, 행동 변화·수요 회피 16%, 풍력·태양광 12%, 수소 11%, 에너지 효율 6%, 기타 연료 전환 7%, 바이오에너지 3% 順 (IEA, '21)
- (BloombergNEF) 2050 넷 제로 달성 경로에서 **전기화는 풍력·태양광·수소 등과 함께 핵심적인 감축수단**이며, Green 시나리오에서 수송·산업·건물 부문의 전기화는 **2050년까지 총 감축량의 23%** 기여할 것으로 예측
 - ▶ (2050년까지 감축 기여도) 청정 발전 61%(풍력(43%), 태양광(22%), 수소발전(14%), 기타(21%)), **전기화 23%**, 수소(end-use) 10%, 효율·재활용 3%, 바이오에너지 2%, 기타 1%(BloombergNEF, '21)



< (左) Net-Zero Emissions 2050 시나리오 감축수단별 기여도 (IEA, '21), (右) New Energy Outlook 2021 Green 시나리오 감축수단별 배출량/감축량 전망 (BloombergNEF, '21) >

2. 산업부문 전기화

- RE100, ESG 경영, 탄소국경세, 탄소노미 등 탄소중립이 국제무역의 규범으로 가시화됨에 따라 **산업부문의 탈탄소화**는 더 이상 피할 수 없는 위기이자 새로운 미래시장 선점의 기회로 부상
 - 2019년 기준 **산업 부문은 세계 최종에너지 소비의 30%(122,800PJ), CO₂ 배출량의 20%(발전 제외시, 39%)**를 차지하였으며, 산업별 다양한 에너지원 소비와 복잡한 공정으로 **탈탄소화가 가장 어려운 부문**으로 평가 (BloombergNEF, '21)
- 재생에너지, 수소 등 무탄소 전력의 보급 확산이 뒷받침되면서 **산업 탈탄소화 수단으로 전기화 기술 대두**
 - 알루미늄, 식품, 섬유, 제지 산업 등 **저온 열이 요구되는 산업 현장에서는 전기화가 가장 효과적인 감축 방법**이며, **저온(<100℃) 및 중온(<400℃) 공정의 전기화**를 위한 히트펌프 및 기계식 증기 재압축(MVR*) 장비 등은 이미 상업적으로 이용가능
 - * MVR: Mechanical Vapor Recompression
 - 에너지집약도가 **높은 고온(<1000℃) 및 초고온(>1000℃) 공정**의 경우 특히 탈탄소화가 어려운 부문으로, **수소 등의 저탄소 연료 도입과 함께** 중요한 탈탄소화 수단으로 철강 산업의 전기분해 공정, 석유화학 산업 전기가열 크래커, 시멘트 산업 킬른의 전기화 등 **다양한 전기화 기술**의 연구개발 활발
- 미국, 영국, 유럽 등 주요국은 산업부문의 저탄소화 및 산업경쟁력 강화를 위해, 산업부문 탈탄소화 촉진 정책을 수립하여 탈탄소화 솔루션 개발 및 실증 지원에 대한 대규모 투자 확대

[주요국의 산업부문 탈탄소화 및 전기화 관련 정책 동향]

국가	주요 내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지부(DOE), 에너지 어스샷 이니셔티브 시리즈로 2035년까지 산업부문 배출량 최소 85% 감축을 목표로 하는 「산업 열 샷(Industrial Heat Shot™)」 출시('22.09.21), <ul style="list-style-type: none"> - ① 저항 가열, 히트펌프, 마이크로웨이브 시스템 기술 등을 통한 가열 공정 전기화, ②지열, 태양열, 원자력 등 저배출 열원 통합, ③자외선 경화, 차세대 분리, 바이오기반 공정 등 저온(low-)·무열(no heat) 혁신 기술 개발 • DOE, 「산업 탈탄소화 로드맵 (Industrial Decarbonization Roadmap)」 발표 <ul style="list-style-type: none"> - (4대 전략) ① 에너지 효율 향상(Energy Efficiency), ② 산업 전기화(Industrial Electrification), ③저탄소 연료·원료-에너지원 활용(Low-Carbon Fuels, Feedstocks, and Energy Sources, LCFES), ④CCUS
영국	<ul style="list-style-type: none"> • 기업에너지산업전략부(BEIS), 탈탄소화 솔루션 개발 및 상용화 촉진을 위해 10억 파운드 규모의 「넷 제로 혁신 포트폴리오(Net Zero Innovation Portfolio)」 펀딩 프로그램 발표('21.3.3) <ul style="list-style-type: none"> - 10대 중점 영역 중 하나로 '산업용 연료 전환(Industrial Fuel Switching)'을 포함하고 산업부문 화석연료의 수소화, 전기화 등을 위한 기술개발 가속화를 위해 5,500만 파운드 규모 정부자금 지원 • BEIS, 2035년까지 2018년 배출량 대비 최소 2/3 감축, 2050년까지 최소 90% 감축을 목표로 하는 「산업 탈탄소화 전략(Industrial Decarbonization Strategy)」 발표('21.3.17)

EU	<ul style="list-style-type: none"> • EU의 기후중립 목표 달성 및 지속가능한 미래를 위한 新성장전략으로 1조 유로 규모의 「유럽 그린딜(The European Green Deal)」(‘19.12)」 발표 <ul style="list-style-type: none"> - 청정 및 순환경제로의 산업 전환을 위해 철강, 시멘트, 석유화학 등 에너지 집약 산업의 탈탄소화 강조 • 유럽 그린딜 후속 전략으로, 「EU 산업 전략(‘20.3)」 및 「EU 에너지시스템 통합 전략(‘20.7)」 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소제로 제강공정 등의 에너지 집약산업 탈탄소화, 에너지 수요 측면의 전기화 가속화 등 지원 • EU 집행위, 러시아의 우크라이나 침공을 계기로 EU의 러시아 화석연료 의존도를 줄이고 에너지 안보를 강화하기 위한 「REPowerEU(‘22.5)」 계획 발표 <ul style="list-style-type: none"> - 2027년까지 중기 조치 중 하나로, 2030년까지 산업부문의 천연가스 수요(35 bcm) 감축을 위해 전기화, 효율향상, 재생에너지 활용 확대를 촉진하고, 30억 유로 규모의 혁신기금* 선행 프로젝트로 산업 탈탄소화 뒷받침 <ul style="list-style-type: none"> * Innovation Fund: EU-ETS 경매수익금으로 재원을 마련하여 대배출 산업의 저탄소 혁신 기술개발 지원 - 재생가능한 수소를 기반으로 2030년까지 EU 1차 강철 생산의 약 30% 탈탄소화 목표
독일	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 경제에너지부, 철강 산업의 탄소중립 전환 및 산업경쟁력 강화를 위해 「Steel Action Concept(‘20.7)」 지원계획 발표 <ul style="list-style-type: none"> - 10억 유로 규모 국가탈탄소화프로그램(Decarbonization in Industry program, ‘20~’23) 등 정부차원의 대규모 펀딩 지원 추진
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 탈탄소 전력으로 에너지시스템의 전기화를 대전제로 하는 「2050 탄소중립을 위한 녹색성장전략」 수립·구체화(‘21.6), 이를 통해 온실가스 감축과 경제성장에 기여 가능한 14대 산업부문 선정 <ul style="list-style-type: none"> - 소재 산업 부문을 통해 철강산업 탈탄소화를 위한 기술개발·실증, 산업공정 열원의 탈탄소화, 석유화학 공정 탈탄소화 기술개발, 자원 순환을 통한 원료절감 등 추진
한국	<ul style="list-style-type: none"> • 산업부, ‘탄소중립 산업전환 추진위원회’를 출범(‘21.4)하고, 저탄소 경제를 선도하는 세계 4대 산업 강국을 비전으로 「탄소중립 산업 대전환 비전과 전략」 발표(‘21.12) • 산업부, ‘탄소중립 산업핵심기술개발사업’ 예타* 통과(‘22.10) 등 탄소중립 R&D 투자 본격화 <ul style="list-style-type: none"> * 철강(2,097억 원(국고 1,205억 원)), 석유화학(1,858억 원(전액 국고)), 시멘트(2,826억 원(국고 1,975억 원)), 반도체·디스플레이(2,571억 원(국고 1,910억 원)) 산업에 ‘23~’30년 9,352억 원 지원¹⁾ • 윤 정부, 「탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략(‘22.10)」을 통해 임무중심 기반 탄소중립 기술혁신을 위한 한국형 탄소중립 100대* 핵심기술 선정 <ul style="list-style-type: none"> * (철강) 초고속 전기로 공정 기술, 수소환원제철 기반 新 전기로 기술, (석유화학) 전기 가열로 시스템 기술, 저에너지 화학반응 공정 기술, (산업일반) 화석연료 대체 전기화 기술, 전동기 및 전력변환기 효율화 기술, (에너지 통합 시스템) 히트펌프 기술 등 포함

1) 아이뉴스24, 6.7조→0.9조, 산업분야 탄소중립 R&D사업 예산 대폭 삭감, 2022.10.31.

● 식품, 제지, 섬유 등 경공업(light Industry)부터 철강, 석유화학, 시멘트 등 탄소 다배출 산업까지 전기화는 중요한 감축수단으로 작용하며, 2050년까지 산업부문 총 감축량의 41~46%를 차지(BloombergNEF, '21)

○ (철강) 2차 강철의 생산 비중 확대를 통해 감축한 전력 수요가 용융 산화물 전기분해(MOE*) 기술 도입 (2035년경 상용화 전망)으로 증가하여 수소나 CCS 기술 대비 배출량 감소에 전기화가 미치는 영향은 적은 편

* MOE: Molten Oxide Electrolysis(용융 산화물 전기분해)

※ 2030~2050년 사이, 수소환원제철 도입이 가속화되어 수소에 의한 CO₂ 배출량 감소가 2050년까지 92%로 전망

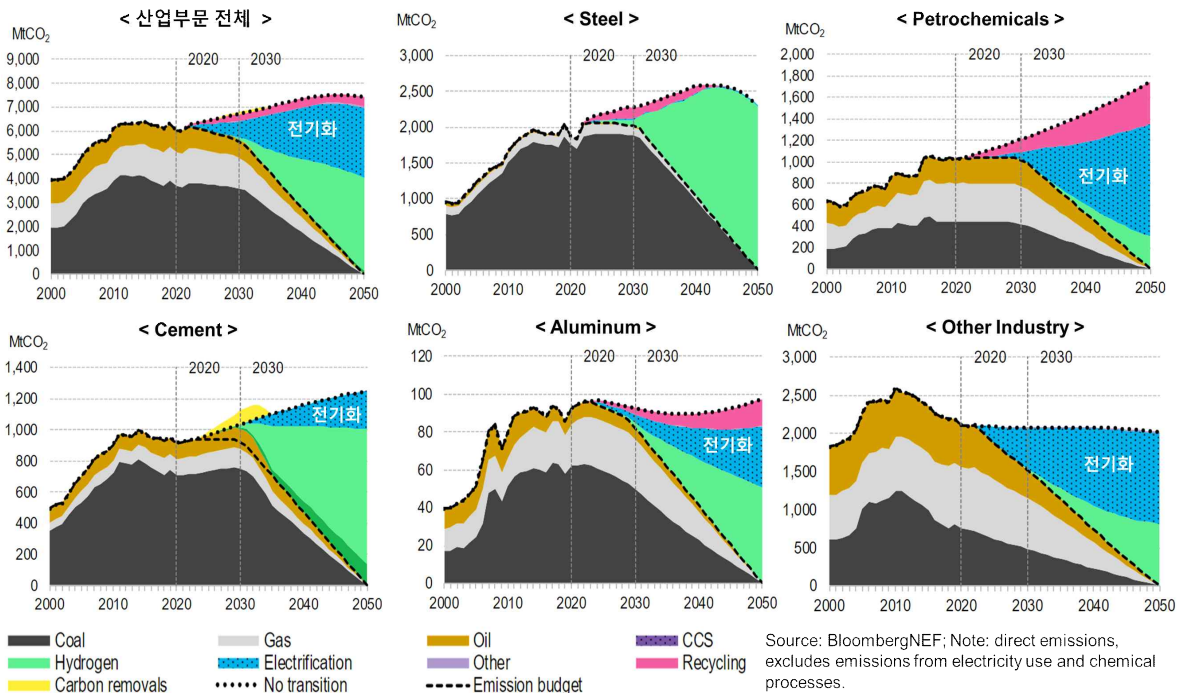
○ (석유화학) 2030년까지 배출량의 약 26%가 기존 2차 생산 공정의 전기화를 통해 감축되어지며, 2030~2050년 사이에는 전기가열 크래커의 역할이 확대되어 배출량의 62%까지 감축 가능할 전망

○ (시멘트) 전기 회전식 킬른은 2030년경 도입되기 시작하여, 배출량 감축의 20%를 담당할 것으로 예측

○ (알루미늄) 2030~2050년 사이에 수소와 전기화는 각각 총 배출량의 1/2 및 1/3씩 감축시킬 전망

○ (기타 산업) 저온 열이 요구되는 기타 산업*에서는 화석연료 소비의 70%가 전기, 30%가 수소로 대체되는 반면, 비철금속(알루미늄 이외) 및 비금속 광물(시멘트 이외) 산업의 경우 화석연료 소비의 30%가 전기, 70% 수소로 대체 될 것으로 예측

* 펄프, 종이, 식품, 담배, 목재 등



< New Energy Outlook 2021 Green 및 Red 시나리오에서의 산업 부문 배출량/감축량 전망 (BloombergNEF('21)) >

3. 철강 산업의 전기화

● 단일 산업 최대 탄소 배출 업종인 철강 산업의 전기화는 ① 철스크랩-전기로 방식 기반 2차 강철(재활용 강철) 생산 비중 확대*, ② 직접환원철-전기로 공정 도입, ③ 용융 산화물 전기분해 공정 도입 등을 통해 이루어짐

※ 철강 산업은 2021년 기준 전 세계 배출량의 약 7% 차지(BloombergNEF, '22)

* 2차 철강의 생산 비중은 현재 27% 수준에서 2050년 최대 45%로 증가 전망

● 수소환원제철(H₂-DRI-EAF)과 전기분해 방식을 이용한 철강 생산은 무탄소 전력을 사용하면 배출량 제로 달성이 가능하나, 새로운 유형의 플랜트 건설이 필요하여 Capex 등 초기 개발 비용이 높음

● (에너지 소비) 일반적인 BF-BOF 공법(21.4GJ/톤) 대비 에너지 집약도가 13.1GJ/톤(H₂-DRI-EAF) 및 14.4GJ/톤(전기분해)으로 낮으나, 전력 소모는 3.66~4MWh/톤 수준으로 BF-BOF 방법(0.2MWh/톤) 대비 높음

● (LCOS) H₂-DRI-EAF와 전기분해 공정에 의한 미국·중국·독일의 LCOS는 2021년 \$1,035~1,411/톤 수준에서 재생에너지·수소 비용의 하락으로 2050년 \$466~610/톤 수준으로 하락할 전망(BloombergNEF, '21)

※ 미국·중국·독일의 BF-BOF+CCUS+DAC LCOS 전망: \$802~990/톤('21)→\$680~736/톤('50)

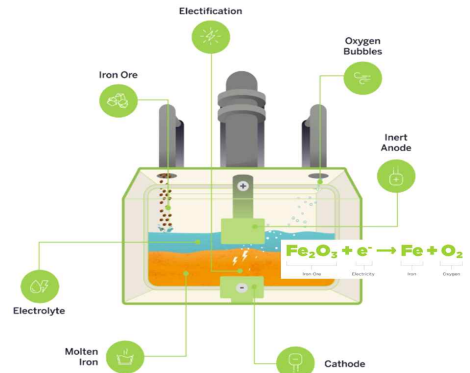
<대표적인 제철·제강 공정 개념2>

▶고로-전로 공법(BF-BOF)	철광석과 코크스(유연탄)를 주원료 및 에너지원으로 1,400~1,500°C의 고로에서 철광석을 녹인 후 전로에서 품질 조정된 뒤, 주조, 압연 과정을 거쳐 제품을 생산하는 방법, 코크스에 의한 철광석의 환원 과정에서 다량의 CO ₂ 가 배출
▶철스크랩-전기로 공법(Scarp-EAF)	철스크랩을 전기아크로에서 녹인 후 주조, 압연 과정을 거쳐 제품을 생산하는 방법으로 제강 공정에 가깝고 2차 생산방식으로 분류, 전기아크로의 전극봉은 흑연으로 이루어짐
▶직접환원철-전기로 공법(DRI-EAF)	철광석을 천연가스, 수소 등 외부 에너지를 이용하여 철의 녹는점 이하에서 고체 상태로 환원한 후 전기로에서 용해하여 강을 제조하고 그린수소를 환원제로 이용하는 방법을 수소환원제철이라 명칭
▶용융환원제철법(Smelting Reduction)	고로 공법과 달리 용융과정과 환원과정이 별도의 공정으로 나뉘어진 공법으로, 오스트리아 Voestalpine社의 COREX 공법, 한국 POSCO의 FINEX 공법 등이 해당
▶철광석 전기분해	전기에너지(전자)를 환원제로 활용하여 철을 제조하는 방식으로 고온(1,500~1,600°C)의 전해액에서 전류를 통해 산소를 분리하는 고온전기분해 방식과 철광석을 약 110°C에서 농축시켜 전해반응을 일으킨 철을 전기로에 넣어 철강을 생산하는 저온전기분해 방식이 있음
※ BF-BOF: Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace / EAF: Electric Arc Furnace / DRI: Direct Reduced Iron	

2) 산업연구원, 철강산업의 탄소중립 추진 전략과 정책과제, 2022. 6.

Boston Metal

- 미국 MIT 스피노프 기업, **Boston Metal의 MOE 기술**은 달의 금속 산화물로부터 산소를 생산하는 연구에서 유래하여 MIT 연구진에 의해 배기가스가 없는 철강 생산 방법으로 발전
- 저품질의 철광석을 이용하여 고순도의 용융 철을 생산할 수 있어 비용 효율적이고, Modular 방식으로 확장 가능
- 불활성 금속계열 Anode 기술이 핵심 기술이며 실험실 규모 입증 (Nature 게재, '13년) 이후, 50~100톤 단위 셀 용량 규모의 파일럿 플랜트 개발 성공, 현재 2,000~3,000톤/셀 규모로 스케일업 및 전해질 및 Anode 재료 비용 감소를 위한 연구 진행 중
- 철광석 광산 대기업 Vale, BHP, 자동차기업 BMW 등 Boston Metal의 MOE 기술에 투자



(그림 출처: www.bostonmetal.com)

ArcelorMittal

- 중국 제외 세계 최대 철강기업 룩셈부르크의 ArcelorMittal은 2050 탄소중립을 선언하였으며, 단기적으로는 고로의 스크랩 사용 확대하고 '25~'30년에는 스페인, 독일, 캐나다 등의 사업장에 수소를 일부 활용하거나 전연 활용하는 DRI 플랜트와 새로운 하이브리드 전기로를 건설할 계획
- ArcelorMittal 등 11개 협력사는 **저온 전기분해방식**으로 철을 생산하는 Horizon 2020 **Siderwin 프로젝트**('17~'23년, 6,815천 유로) 수행 중(TRL 4→TRL 6)
- * TECNALIA, NTNA, IEDF, John Cockerill, QUANTIS, DYNERGIE, CFD-Numerics 등
- Siderwin 공정의 전해채취(electrowinning) 방법은 고농도의 알칼리성 용액에서 고체 상태의 전기 분해를 적용



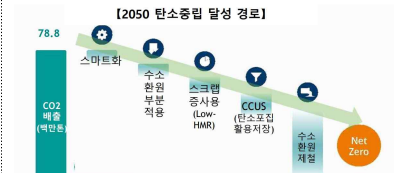
(그림 출처: Siderwin 웨비나 발표자료)

Electra

- 미국 스타트업 기업으로, 상업용 및 저품질 철광석을 재생에너지를 사용하여 60°C의 저온에서 순수 철로 정제할 수 있는 **新공정** 개발, 그 후 기존의 EAF를 이용하여 철을 강철로 변환
- 빌게이츠의 Breakthrough Energy Ventures, Amazon, BHP Ventures, Temasek 등으로부터 8,500만 달러 펀딩 수주

POSCO

- 아시아 지역에서 철강기업 최초로 2050 탄소중립을 선언('20.12), 사업장 2030년 10% 감축, 2040년 50% 감축 경로 설정
- 탄소 감축 1단계로 AI 기술 활용 스마트화와 원료믹스 최적화를 추진하고, 2단계로 스크랩 사용 확대, 수소환원 부분 적용, CCUS 기술 적용 확대를 추진
- 궁극적으로 포스코형 수소환원제철(HyREX) 기술(그린 수소 유동 환원로, 재생E 전기로) 상용화를 통해 탄소중립 실현 목표
- 영국 프라임탈스社와 HyREX 데모플랜트 설계 착수('22.7)
- 고로방식의 용선을 줄이기 위해 2027년까지 포항·광양 각 1기씩 연간 250만 톤 규모의 전기로 신설 계획 선언 ('21.12) 3)



(그림 출처: 포스코 기후행동보고서, '20.12)

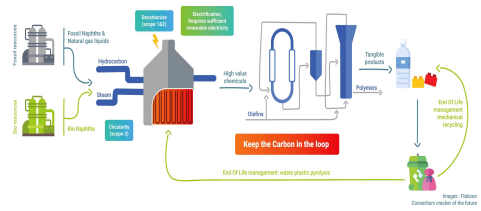
3) 시사저널.e, 포스코 수소환원제철 프로젝트 첫 단추는 '전기로 전환', 2021.12.25

4. 석유화학 산업의 전기화

- 석유화학 산업의 탈탄소화 수단으로 ① 에너지 설비 효율 향상, 혁신 촉매 도입 등의 공정 개선, ② 바이오납사·수소·CO₂ 활용 등의 원료대체, ③ 전기화 등의 연료 대체, ④ 폐플라스틱 재활용 등의 자원 순환 등의 연구가 추진 중
 - ※ 단기적으로 CCS 기술이 석유화학 산업의 가장 저렴한 탈탄소화 수단으로 평가
- CCS 기술에 이어 석유화학 산업의 유망한 탈탄소화 솔루션으로 스팀 크래킹(Steam Cracking)의 전기화가 주목받고 있으며, 전기화 기술은 크게 ① 전기가열분해로(E-crackers)의 도입과 완전히 새롭게 설계된 반응기를 활용하는 ② Roto dynamic reactors(RDR)* 방식으로 구분(BloombergNEF, '22)
 - * RDR: Furnace 부분이 완전히 재설계된 신규 반응기를 이용하는 공정으로 공급원료를 20,000 rpm 이상 회전하는 로터에 공급하여, 입자의 운동에너지를 이용하여 공급원료를 분해 온도까지 가열하는 방식
 - E-crackers 및 RDR을 이용하는 전기화 기술은 공정 열 수요 충당을 위해 청정 전력을 사용하므로 기존 납사 스팀 크래킹 공정 대비 97% 탄소 감축 잠재량이 높으나, 리트로핏이 어려워 재정적으로 실현 가능성이 낮음
 - ※ 스팀 크래킹 대비, CCS 도입 기술은 90%, ATR+CCS 기술은 94%, 바이오납사 기술은 100% 감축 잠재력을 지님
 - * ATR: Autothermal Reforming(자열 개질 반응)
 - RDR 기술은 E-crackers 기술 대비 생산 수율이 높아 다운스트림(분리 및 분별 장치) 설비가 축소될 수 있으며, 공급원료 필요량도 낮출 수 있어 기술개발 성공 시 기존의 스팀 크래킹 기술과 경쟁이 가능
 - (전력 수요) 전기-열 전환 효율이 98%이고 완전히 전기화된 시스템(모든 스팀 구동 공정 포함)을 가정했을 때, 기존 스팀 크래커의 총 전력 수요는 0.25MWh/tHVC인 반면, 납사 E-crackers 기술은 4.3MWh/tHVCs, 에탄 E-crackers 기술은 4.8MWh/tHVCs, RDR 기술은 2.66 Wh/tHVCs 수준
 - ▶ 납사 기반 연간 HVC 생산용량이 230만 톤인 경우, E-crackers의 전력 부하는 1,127MW, RDR의 경우 699MW로 무탄소 전원의 안정적인 공급이 석유화학 전기화 기술의 확장을 위해 필수 선행 필요
 - (에너지집약도) 기존 스팀 크래커와 E-crackers의 에너지 집약도는 각 15.9GJ/tHVCs, 15.4GJ/tHVCs로 비슷한 수준이나, RDR 기술은 9.6GJ/tHVCs 까지 감축 가능
 - (LCOC) 현재는 청정전력의 비용이 가스보다 비싸기 때문에 전기화 기술의 가격경쟁력이 떨어지지만, 청정 전력의 비용 하락과 약 10% 수준의 자본비용의 절감으로 E-crackers와 RDR에 의한 LCOC는 하락할 전망
 - ▶ E-crackers는 일반적으로 청정 전기 비용이 \$25/MWh 미만인 지역에서 CCS 또는 수소보다 비용 효율적인 수단이며, 납사를 원료로 RDR 방식으로 생산하는 경우 기존 납사 크래킹 센터(NCC*) 생산가격 수준으로 절감 가능
- ※ 세계 평균 LCOC 전망(21→25, \$/tHVCs): ① 납사 E-crackers \$1,281/t → \$1,194/t, ② 에탄 E-crackers \$834/t → \$831/t, ③ 납사 RDR(독일 LCOC) \$1,187/t → \$1,026/t (cf. BAU NCC \$1,029/t → \$1,118/t, BAU ECC* \$577/t → \$644/t)
 - * 납사 크래킹 센터(NCC): 납사를 분해하여 석유화학의 기초원료인 에틸렌, 프로필렌 등 기초유분을 생산하는 설비 / 에탄 크래킹 센터(ECC): 셰일가스, 천연가스에서 추출한 에탄을 원료로 에틸렌 등 기초유분을 생산하는 설비
- (상업 성숙도) E-crackers 등의 석유화학 산업부문 전기화 기술은 실험실 규모 또는 소규모 파일럿 단계이며, 상업 규모의 플랜트는 향후 5년 내 추진 전망

Cracker of the Future Consortium

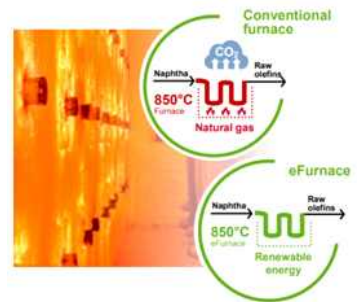
- E-furnace 공동 연구개발을 위한 'Cracker of the Future Consortium' 출범('19.8)
- * 벨기에 Flanders, 독일 North Rhine-Westphalia, 네덜란드 Brightlands Chemelot Campus에 위치한 TotalEnergies, BP, Borealis, LyondellBasell, Sabic, BASF 등 6개 주요 석유화학기업
- BASF, SABIC, LyondellBasell 전략적 비즈니스 차원에서 컨소시엄 불참 결정
- Repsol와 Versalis 컨소시엄 합류 발표('21.9)



(그림 출처:Borealis 홈페이지)

BASF·SABIC·Linde

- NCC 공정의 CO₂ 배출량 90% 감축을 목표로 세계 최초 전기 가열 스팀 크래커 공동개발 계약 체결, IP 공유 및 심층 협력 강화('21.3)
- BASF의 Ludwigshafen 부지에 multi-MW 실증 플랜트 건설을 위한 자금 확보를 위해 EU Innovation Fund 및 독일의 Decarbonization in Industry 프로그램 신청(자금 확보 여부에 따라 2023년 가동 목표)
- 독일 정부로부터 €1,480만 획득하여 기존 플랜트에 완전히 통합되기 위한 실증 플랜트 건설 착수(직접 및 간접 가열 시험, 6MW 재생 전력을 이용하여 납사 4톤/h급)⁴⁾
- 전기가열로의 직접 가열 공정 튜브 개발, 저전압-고전류 전력 공급 시스템, 플랜트 엔지니어링, 차세대 열전달 및 열관리 등의 연구개발 추진 중



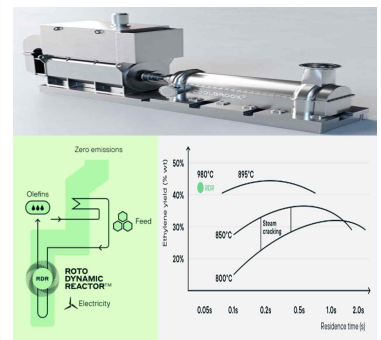
(그림 출처:BASF)

DOW·Shell

- 에틸렌 스팀 크래커의 전기화 기술 개발을 위한 공동개발 계약 체결 발표('20.6)
- Demo 플랜트 구축을 위해 네덜란드 정부로부터 MOOI* 계획 자금 €350만 수주 ('21.6)
- * Mission-oriented Research, Development and Innovation subsidy
- 2025년에 가동을 시작할 수 있는 multi-MW 파일럿 플랜트 건설 평가 중

Coolbrook

- 2012년에 설립된 핀란드 스타트업인 Coolbrook社는 RDR 기술의 선구자로 네덜란드의 화학혁신클러스터 Brightlands Chemelot Campus에 파일럿 유닛 건설 중
- RDR의 고속 로터 블레이드는 반응 구역 내부에서 공급원료를 가열할 수 있는 열에너지를 생성하여 공급원료를 더 빠르고 효율적으로 가열 가능하며, 재생 전력을 이용하여 직접 공정 배출을 100% 감축 가능
- RDR(RotoDynamic Reactor) 및 RDH(RotoDynamic Heater)기술은 현재 시범 운영 중이며, 2022년 상업 실증 프로젝트를 착수하여 2024년 대규모 상용화 규모의 출시 목표
- 2025년까지 4만 톤 규모의 에틸렌 생산 능력을 갖춘 실증 공장 건설할 계획
- RDR 기술 개발 협력을 위해 Oxford Thermofluids Institute와 3년 계약 및 Cambridge 대학 연구소와 3.5년 계약 체결('20.9)
- ABB社와 RotoDynamic 기술, ABB의 모터, 전력 제품, 공정 자동화 기술개발 협력을 위한 파트너십 계약 체결, 중공업 탈탄소화 가속화('22.10)



(그림 출처: Coolbrook 홈페이지)

4) SustainablePlastics, Electric steam cracking advances towards reality, 2022.9.1.

5. 시사점

- 탄소국경세 도입, 기후목표 상향, ESG 문화 확산 등 글로벌 탄소중립 대응이 본격화됨에 따라 탄소 다배출 산업 부문이 저탄소 산업구조로 재편되고 있는 상황에서 전기화 기술은 중요한 탈탄소화 수단으로 부상
 - 미국, 영국, 유럽 등 선진국을 중심으로 저탄소 산업구조로의 전환을 촉진하기 산업별 특화 정책 수립 및 대규모 투자를 확대하고 있는 가운데, 전기화를 탈탄소화 핵심전략 및 집중 연구 분야로 포함
 - (철강 산업) 철스크랩-전기로 공법 등의 저탄소 공정 도입과 수소환원제철, 전기분해 등의 혁신 新공정 개발을 양대 축으로 탄소중립 이행 추진
 - (석유화학) 메이저 기업들을 중심으로 자원순환, 연·원료 대체, CCUS, 공정 개선 등 다양한 탈탄소화 솔루션 기술 개발이 진행 중이며, 청정 전력의 비용하락에 힘입어 전기가열분해로 기술이 핵심적인 수단으로 부상
- 우리나라는 철강, 석유화학 산업 강국으로서 산업부문 전기화 기술의 육성을 통해 산업구조 전환에 신속 대응하여 탈탄소화 산업 강국으로서 입지를 공고히 할 필요
 - 우리나라의 전력믹스, 주력 산업 현황*, 산업별 기존·경쟁 기술의 수준 등의 요인들을 고려하여, 탄소중립을 이행하기 위한 산업 탈탄소화 및 전기화 추진전략을 수립할 필요

* '20년 기준 우리나라 수출품목별 수출 비중: 석유화학 6.9%(4위), 철강제품 5.2%(5위), 석유제품 4.7%(6위) (탄소중립 산업 대전환 비전과 전략, '21)
- 대내외 환경변화(유망기술 비용 전망, 상용화 시점, 규제 도입 시기 등)를 고려하여, 우리나라의 여건에 맞는 전략적 연구개발 추진전략 수립과 R&D 지원이 빠르게 필요
 - 전기화 기술의 R&D 및 현장 적용 지원뿐만 아니라 전기화로 인한 전력 수요 증가에 대비하여 전력믹스의 무탄소화, 전력망 구축 및 강화도 뒷받침할 수 있는 종합적인 지원책을 마련할 필요
 - 철스크랩 도입 비중 확대, 히트펌프 등의 저온 열의 전기화 전환 설비 등과 같이 현재 현장 적용이 가능한 기술들은 빠르게 보급할 수 있도록 비용경쟁력을 강화하고 보급을 위한 제도적 기반 정비 추진
 - 철강 산업의 수소환원 기반 DRI-EAF의 대형화 기술, 석유화학의 전기가열 분해로 기술 등 대규모 설비 전환이 필요하며 세계적으로 아직 상용화가 안된 기술들의 경우, 민간 주도의 원천기술 확보·실증 지원 확대

[참고문헌]

1. IEA, Net Zero by 2050, A roadmap for the global energy sector, 2021. 5.
2. BloombergNEF, New Energy Outlook 2021, 2021. 7.
3. 한국에너지기술연구원, “2050년 전 세계 에너지 부문 순 무배출 로드맵(Net Zero by 2050)” 주요내용 및 시사점, 2021. 6.
4. 산업연구원, 철강산업의 탄소중립 추진 전략과 정책과제, 2022. 6.
5. 산업연구원, 석유화학산업 탄소중립 전략과 정책적 대응방안, 2021. 12.
6. BloombergNEF, Decarbonizing Steel: Technologies and Costs, 2021. 8.
7. BloombergNEF, Decarbonizing Iron and Steel, 2022. 8.
8. BloombergNEF, Decarbonizing Petrochemicals: Technologies and Costs, 2022. 1.
9. BloombergNEF, Decarbonizing Petrochemicals: Corporate Strategies, 2022. 2.
10. Mckinsey & Company, Plugging in: What electrification can do for industry, 2020. 5.
11. 관계부처 합동, 탄소중립 산업 대전환 비전과 전략, 2021. 12.
12. 한국에너지기술연구원, 주요국의 기후변화대응 정책 동향, 2021. 12.
13. 관계부처 합동, 탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략, 2022. 10.
14. 한전경제경영연구원, 글로벌 전기화(Electrification) 현황 분석 및 전망, 2018. 7.
15. 한국에너지공단, 전기화(Electrification) 현황 분석 및 전망, 2018. 8.

[저자]

한국에너지기술연구원 국가기후기술정책센터 서정윤/ Tel. 042-860-3464 / E-mail. jyseo@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.