

令和4年度
経済産業省

令和4年度省エネルギー等に関する
国際標準の獲得・普及促進事業委託費
(ルール形成戦略に係る調査研究
(鉄鋼・アルミの低炭素化に関するルール形成))

令和5年3月

JFEテクノリサーチ株式会社

目次

1. 事業目的.....	1
2. 脱炭素化に向けた政府の政策の方向性.....	1
(1) 米国(鋼、アルミ).....	1
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ 両方に関係).....	1
(イ) 鉄鋼業の脱炭素化政策.....	5
(ウ) アルミニウム産業の脱炭素化政策.....	12
(2) カナダ(アルミ).....	14
(ア) カナダ政府によるGHG排出データ収集.....	14
(イ) カナダ政府によるGHG排出量削減計画.....	16
(ウ) 地方政府(Québec州)の動き.....	18
(3) EU(鋼、アルミ).....	19
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ 両方に関係).....	19
(イ) 鉄鋼業の脱炭素政策.....	22
(ウ) アルミニウムの脱炭素化戦略・施策.....	24
(4) ドイツ(鋼、アルミ).....	29
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ 両方に関係).....	29
(イ) 鉄鋼業の脱炭素化戦略・施策.....	30
(ウ) アルミニウムの脱炭素化戦略・施策.....	33
(5) イタリア(鋼).....	33
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略.....	33
(イ) 鉄鋼業の脱炭素戦略.....	37
(6) フランス(鋼).....	39
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略.....	39
(イ) 鉄鋼業の脱炭素施策.....	40
(7) スウェーデン(鋼).....	41
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略.....	41
(イ) 鉄鋼業の脱炭素化政策.....	45
(8) 英国(鋼).....	50
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略.....	50
(イ) 鉄鋼業の脱炭素化戦略.....	50
(9) 中国(鋼、アルミ).....	54
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ 両方に関係).....	54
(イ) 鉄鋼業の脱炭素化戦略・施策.....	55

(ウ) アルミニウム産業の脱炭素化戦略・施策	57
(10) インド(鋼)	61
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略	61
(イ) 鉄鋼の脱炭素戦略・施策	61
(11) 韓国(鋼)	64
(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略	64
(イ) 鉄鋼業の脱炭素戦略化施策	67
(12) オーストラリア(アルミニウム)	70
(13) アラブ首長国連邦(アルミニウム)	76
(14) ブラジル(アルミニウム)	77
(15) ノルウェー(アルミニウム)	79
3. 脱炭素化に向けた民間企業の取組み	81
3 - 1 鉄鋼	81
(1) Nucor(米国)	81
(ア) 全体像	81
(イ) CCS技術の開発	81
(ウ) 再生可能エネルギー源の開発と利用	81
(エ) 革新技術への取組み	82
(オ) サステナブル鋼材の生産	82
(カ) 『ネットゼロ鋼』の出荷予定	83
(2) U.S. Steel(米国)	84
(ア) 全体像	84
(イ) CCS・CCUS技術の開発	86
(ウ) EAF増設	86
(エ) 低排出鋼の出荷予定	87
(オ) その他	87
(3) Cleveland-Cliffs(米国)	88
(ア) 全体像	88
(イ) HBIの使用	88
(ウ) CCS	89
(エ) その他	89
(4) ArcelorMittal(本社ルクセンブルク)	90
(ア) 全体像	90
(イ) 現在のプロジェクト	91
(ウ) 最近の進展	93
(5) ThyssenKrupp(ドイツ)	96
(ア) 全体像	96
(イ) Carbon2Chem	96
(ウ) H2morrow	97

(エ) 水素-DRI技術の試行	97
(オ) 高炉でのスクラップ使用増	98
(カ) 石灰の利用	98
(キ) 水素生産	99
(ク) 最新動向	99
(6) Salzgitter(ドイツ)	100
(ア) 全体像	100
(イ) SALCOS	100
(ウ) DRI・EAF設備導入	101
(エ) 原料・エネルギーの確保	102
(オ) 水素生産・確保	103
(カ) 低排出鋼の出荷(予定)と顧客の確保	104
(7) SSAB(スウェーデン)	107
(ア) 全体像	107
(イ) HYBRIT	107
(8) H2 Green Steel (スウェーデン)	112
(ア) 創業者Vargas Holdingについて	112
(イ) H2 Green Steelの取組み・プロジェクト進捗状況	112
(ウ) Bodenプロジェクトの補足情報	114
(9) Tata Steel(本社インド)	116
(ア) 全体像	116
(イ) オランダ	116
(ウ) 英国	118
(エ) インド	119
(10) Liberty Steel(本社英国)	121
(ア) 全体像	121
(イ) フランス	121
(ウ) チェコ共和国	121
(エ) ルーマニア	122
(オ) 英国	122
(11) POSCO(韓国)	124
(ア) 全体像	124
(イ) 水素生産	124
(ウ) 組織体制	125
(エ) その他の動向	126
(12) 宝武鋼鉄集団(中国)	128
(ア) 全体像	128
(イ) 電炉転換	128

(ウ) 再生可能エネルギー	129
(エ) 原料開発	129
(オ) その他	129
3 - 2 アルミニウム	131
(1) Alcoa(米国)	131
(2) Aluminerie Alouette(カナダ)	135
(3) Rio Tintoグループ(本社は、英・豪の2拠点体制)	137
(4) ELYSIS(カナダ)	141
(5) Norsk Hydro ASA(ノルウェー)	143
(6) Tomago Aluminium(オーストラリア)	145
(7) Emirates Global Aluminium(アラブ首長国連邦)	146
(8) Companhia Brasileira de Alumínio(ブラジル)	148
(9) Albras Alumínio Brasileiro S.A.(ブラジル)	149
(10) CHINALCO(中国)	150
4. 脱炭素化に向けた業界団体・国際的イニシアチブの動向	152
(1) Industrial Deep Decarbonisation Initiative (IDDI)	152
(2) SteelZero	155
(3) ResponsibleSteel	158
(ア) 概要	158
(イ) 参加メンバーと認証状況	158
(ウ) ResponsibleSteelの認証基準	162
(4) Net-Zero Steel Pathway Methodology Project (NZSPMP)	164
(5) H2 Iron & Steel Making Forum (HyIS)	166
(6) Megatrends and their influence on the global steel industry (worldsteel)	179
(7) International Aluminium Institute (IAI)	182
(ア) IAIの概要	182
(イ) IAIが提供するデータ	182
(ウ) IAIが目指す脱炭素化	183
(エ) 脱炭素化のための方法	184
(8) Aluminium Stewardship Initiative (ASI)	189
(ア) ASIの概要	189
(イ) ASIの活動	190
(ウ) GHG排出に関してASIが求める事項・基準	192
(9) World Economic Forum (WEF)	194
(ア) WEFの概要	194
(イ) 鉄鋼分野	195
(ウ) アルミニウム分野	196
(10) International Council on Mining and Metals (ICMM)	197
(11) International Energy Association (IEA)	199
(ア) IEAについて	199
(イ) Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector	200

(12) Western Climate Initiative (WCI).....	227
(13) Science Based Targets Initiative (SBTi).....	228
(ア) 概要.....	228
(イ) 参加する企業のメリット.....	228
(ウ) 企業の参加手続き	229
(エ) SBTi発表主要レポート.....	230
(14) Breakthrough Agenda.....	231
(15) その他の情報.....	234
(ア) CRU.....	234
(イ) LMEパスポート.....	235
(ウ) COP27.....	235
5. 標準化の動向.....	237
(1) ISO.....	237
(2) 鉄鋼.....	244
(ア) 排出量測定に関する標準	244
(イ) 鉄鋼製品に関する標準	245
(3) アルミニウム	277
(4) 鉄・アルミニウム共通	277
6. 鉄鋼及びアルミニウム分野における各国の基本データ	279
(1) 鉄鋼.....	279
(2) アルミニウム	282
7. 脱炭素化に向けた動きの中で、ルール形成を中心に日本が目指すべき方向	284
(1) 国際市場規模の予測.....	284
(2) 定義の共通化の重要性.....	290
(3) 望ましいルールのあり方とその視点	291
8. キーワード集	292
Appendix: WTO主催Trade Forum for Decarbonization Standards傍聴録	294

1. 事業目的

近年、世界各国でカーボンニュートラルを目指す動きが加速する中、鉄鋼やアルミニウム分野においても、脱炭素化に向けた国際的な議論が急速に進展してきている。

例えば、気候変動枠組条約締約国会議(COP)やG7等の国際会議では、産業の脱炭素化が大きな課題として挙げられ、COP26では、電力・陸運・鉄・水素について2030年に向けて目指すべき方向性が提案された。2021年のG7では、米国が主導で、炭素集約度の高いセメントや鉄鋼分野の低炭素化に向けて、イノベーションの促進や脱炭素技術の導入等を目的とした、産業脱炭素化アジェンダ(Industrial Decarbonization Agenda: IDA)を立ち上げた。IDAでは、グリーンマテリアルの定義、公共調達やカーボンプライシングなど産業の脱炭素化に資する政策の整理等の議論を進めていくとしているが、各国のエネルギー制約や産業構造の違いを踏まえたルールメイキングを検討していく必要がある。

また、2022年2月には、経済産業省、米国商務省、米国通商代表部(USTR)は、非市場的な慣行を背景とした過剰生産能力問題や炭素強度に対応するため、鉄鋼及びアルミニウム産業に関する共同声明を発表した。共同声明では、鉄鋼及びアルミニウムに関するグローバルなアレンジメントに向けた議論を促進するために「炭素強度を計算する方法について議論し、鉄鋼及びアルミ部門の排出量を含む関連データを共有する」ことが示された。日本及び米国それぞれに有益な議論を進めるために、日本及び米国の産業の実態を踏まえた炭素強度の計算方法を検討していく必要がある。

上記を踏まえ、本事業では、産業の脱炭素化に資するルール形成に向けた戦略を検討するため、各国の技術開発、政府の政策・支援等の動向、実態について調査・分析し、我が国の産業にとって望ましいルールの在り方や各国との連携のあり方について調査研究を行う。

2. 脱炭素化に向けた政府の政策の方向性

(1) 米国(鋼、アルミ)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ両方に関係)

- ・ 米国では、時の政権により、脱炭素化政策・気候変動政策が大きく変わった。
- 【民主党・オバマ政権下(2009年1月～2017年1月)】
- ・ 2014年11月、オバマ大統領、米国の温室効果ガス(以下、GHGという。)排出量を2025年までに2005年水準比26%～28%削減する方針を表明。
 - ・ 2016年9月、パリ協定を採択。
 - ・ 2016年11月、「United States Mid-Century Strategy for deep decarbonization」で、2050年までにGHG排出量を2005年比80%以上削減する目標を設定

【共和党・トランプ政権(2017年1月～2021年1月)】

- ・ 2019年11月、パリ協定から正式に脱退することを通告(2021年11月、効力発生)。
- ・ オバマ政権で決定されたGHG排出目標は撤廃

【民主党・バイデン政権(2021年1月～)】

- ・ 2021年1月、大統領就任当日にパリ協定復帰
- ・ 2021年11月、「(超党派)インフラ法((Bipartisan) Infrastructure Law、Infrastructure Investment and Jobs Act)可決。

道路や橋、鉄道など老朽化したインフラを刷新するほか、高速通信網を整備する大型投資法。今後5年間で新たに5,500億ドルを投資するもので、既存のインフラ投資予算を含めると総額1兆2,000億ドル規模である。5,500億ドルのうち、輸送部門インフラとして、道路橋梁(きょうりょう)整備に1,100億ドル、旅客・貨物鉄道整備に660億ドルを支出するほか、全国50万カ所の電気自動車(EV)充電施設整備などに150億ドルを充てる。非輸送部門インフラでは、主には水道インフラ整備に550億ドル、ブロードバンド網整備に650億ドルを充てるほか、バイデン政権が推し進める気候変動対策をにらみ、全国各地の電力グリッド網整備に650億ドルを充てる。

- ・ 2021年12月、2050年までに米国連邦政府がネットゼロエミッションを達成するための一連の目標とイニシアチブを示した新しい大統領令に署名。同時に、新しい目標の詳細を記した「The Federal Sustainability Plan」を発表。

このプランでは、2050年のネットゼロ目標を達成するために、政府が達成すべき以下の5つの重要な目標を示した。

- ①2050年までに100%カーボンフリー電力の実現
- ②2035年までに政府調達車両の100%を排出量ゼロに(乗用車は2027年までに100%)
- ③2050年までに連邦政府の調達による排出量ネットゼロ(排出量の少ない建設資材の使用を促進するバイクリーン(Buy Clean)政策を含む)
- ④2045年までにネットゼロの建物ポートフォリオ実現
- ⑤2050年までに連邦政府業務全体からの排出をネットゼロに(中間目標として2030年までには65%削減)

- ・ 2022年2月、ホワイトハウス、クリーン製造における米国のリーダーシップを支援するための新たな省庁横断的措置を発表。

クリーン製造には、電気自動車や風力タービン、ソーラーパネルに必要な鉄鋼やアルミニウムの低炭素生産、輸送インフラのアップグレードに必要なクリーンコンクリートなどが含まれる。この発表は、長きにわたり汚染源だった工業プロセスをクリーンアップし、米国製造業全体で高賃金の雇用を創出し、国内調達と貿易政策を活用して、クリーンな米国製材料の製造に資することを目的とする。

△エネルギー省(DOE)は、「インフラ法」下で「クリーン水素イニシアチブ」を開始する(地域クリーン水素ハブに80億ドル、クリーン水素電解プログラムに10億ドル、クリーン水素製造・リサイクルイニシアチブに5億ドル等)。

△環境品質会議(Council on Environmental Quality: CEQ)と大統領府国内気候政策室(White House Office of Domestic Climate Policy)は、初のバイクリーンタスクフォースを設立し、連邦政府調達を活用し、米国内での低炭素材料製造を支援する。

△クリーンな鉄鋼・アルミニウムを生産する米国メーカーに報いるため、炭素ベースの貿易政策を進める。これにより、生産に係る炭素排出量の多い製品を排除し、米国人の雇用拡大と価格低下をもたらす。

△環境品質会議(CEQ)は、重工業からの排出を削減し、ネットゼロ経済の達成に役立つ、炭素回収・利用・隔離(CCUS)技術の責任ある展開に関する新たなガイダンスを発行する。

△大統領府科学技術政策局(OSTP)は、米国の労働者と地域社会に利益をもたらすことに焦点を当てた、「学際的な産業界の脱炭素化研究」のための新しいイニシアチブを立ち上げる。

- ・ 2022年3月、米国(連邦政府)調達庁(General Services Administration: GSA)が、調達を行う建設、近代化、舗装プロジェクトについて、低炭素コンクリートとアスファルトの使用を優先する新しい基準を発行。米国で最初の全国的な「バイクリーン」調達政策である。
- ・ 2022年8月、「インフレ抑制法(Inflation Reduction Act: IRA)」可決。

10年間(2022～31年度)で、「エネルギー安全保障と気候変動」の分野で、税控除や補助金などを通じて3,690億ドルを投じる。IRAではエネルギー安全保障もうたうが、主たる支援対象は気候変動対策で、かつ前例のない規模であるため、米国初の本格的な気候変動立法と捉えられている。

ただし、同法案には、処方薬の価格の引き下げなども含まれているので、バイデン政権はエネルギー価格の引き下げや国民の医療費負担軽減につながるとして、「インフレ抑制法」と名付けて国民にアピールしている。

支援総額の4割強(1,603億ドル)が、クリーン電力に対する税控除で、再生可能エネルギーで発電する事業者に課せられる税金を控除することでクリーン電力導入を後押しする。

インフレ抑制法の場合、2025年までにプロジェクトなどへの投資が始まった後では中止が困難であることなどから、仮に2024年の大統領選挙で共和党が勝利して政権交代しても、気候変動投資の撤回は相当に難しいと見られている。

- ・ 2022年9月、DOEが、産業の脱炭素ロードマップ(DOE/EE-2635)を公表。
 - ・ 2022年9月、新しい「バイクリーンイニシアチブ(New “Buy Clean” initiatives)」発表。
- 米国(連邦政府)調達庁トップのカーナハン氏(GSA head Carnahan)、ホワイトハウ

ス気候変動担当副補佐官のアリ・ザイディ(Deputy White House Climate Advisor Ali Zaidi)、運輸長官ブティジェッジ氏(Transportation Secretary Buttigieg)が9月15日、Ohio州Toledo(トレド)にあるCleveland・Cliffsの直接還元鉄工場(DRI工場)で、バイクリーンの範囲を拡大する動きとして、新しい政策を発表。新しいイニシアチブは、鉄鋼、コンクリート、アスファルト、板ガラスの連邦政府機関の調達にあたって、製造、輸送、設置、メンテナンス及び廃棄に伴う炭素の埋め込み排出量(embedded emissions)の少ないものを優先するとした。さらに、低炭素材料の優先は、連邦政府の資金提供を受けるプロジェクトに拡大される。これは2022年3月のGSA発表(上記参照)の対象範囲を広げるものである(コンクリートとアスファルトに、鉄鋼と板ガラスを追加など)。

- ・ 2022年10月、EUが、米国のインフレ抑制法(IRA)に盛り込まれている気候変動対策のための政府出資について懸念を表明したのに対応して、作業部会を設置。
- ・ 2022年10月、GSAが、国内で製造された低炭素建設資材の入手可能性について詳しく知るために、関係企業・組織に情報要求を行った。
- ・ 2022年12月、GSAが、Otay Mesa Land Port of Entry(米国税関・国境警備局 オタイメサ通関港)の更新工事について、新しい低埋め込み(low embedded)カーボンコンクリート基準を適用した資材の調達契約を結んだ。
- ・ 2022年12月、米国環境保護庁(EPA)が、インフレ抑制法(IRA)による低GHG排出資材購入に関して、中間決定とカバーメモを発表。

「排出量が十分低い」というのは、入手可能な最良の情報に基づき、地球温暖化防止上のパフォーマンスが類似の材料・製品と比較して優れている上位20%(すなわち、GHG排出量が少ない方から20%)であることを意味する、と解釈すると暫定決定した。

- ・ 2023年1月、EPAが、インフレ抑制法による、低炭素建設資材への3億5,000万ドル投資に焦点を当てた新プログラムに関する一般の意見を求める最初の機会を発表。

EPAは下記3つの公開ウェビナーを開催し、新しい助成金及び技術支援プログラムの確立に関する書面によるフィードバックを関係機関・組織・企業から受け付ける。

2023年3月2日、午後 2:00 ~ 3:30 EST:測定、標準化、透明性、及び報告基準を通じて、建設資材と製品の優先順位付け方法、及び具現化されたGHG排出量のデータを改善する方法についてフィードバックを求める。

2023年3月22日、午後 2:00 ~ 3:30 EST:企業が、環境製品宣言(EPD)による建設資材及び製品のGHG排出量データに基づいて、GHG排出量を計算して報告するのに役立つ新しい助成金と技術支援プログラムに関するフィードバックを求める。

2023年4月19日、午後 2:00 ~ 3:30 EST: EPA がGHGを大幅に削減した建設資材及び製品の炭素ラベル付けプログラムを開発する方法についてフィードバックを求める。

(イ) 鉄鋼業の脱炭素化政策

- ・ 米国の粗鋼生産量に占める電気炉 (EAF) の比率は過去10年で約60～70%、2020年実績は約71%で、高い水準にある(世界鉄鋼協会 (worldsteel) データ)。加えて下記のようなEAFの新設が控えており、粗鋼生産に占めるEAF比率は更に上がる。鉄鋼製造業者協会 (SMA) のBell会長が2022年2月に述べたところによると、今後数年間でEAF比率は75%近くになるだろうという。また、SMAによると、米国では、EAFの原料配合には、平均で約90%から95%のリサイクルスクラップが使用されているという。

Steel Dynamics Inc. (SDI): Texas州Sintonに300万米トンのEAF新設。2021年央稼働。

Nucor: Arizona州Kingmanの既存棒鋼ミルにEAF製鋼工場増設 (60万米トン)。2024年までに稼働予定。

Nucor傘下Big River Steel: Arkansas州OsceolaでEAF165万米トン拡張。2020年11月稼働。Texas州BrownsvilleにEAF新設。

U.S.Steel (USS): Alabama州BirminghamのFairfield製鉄所に160万米トンEAF新設。2020年10月稼働。

ArcelorMittal: Alabama州Calvertに150万米トンのEAFを新設。2023年上期稼働予定。

- ・ DOEは、脱炭素ロードマップ (2022年9月、DOE/EE-2635) の中で、一般産業が米国におけるエネルギー関連のCO2排出量全体の30%を占めており、運輸 (35%) に次いで2番目であると述べている。鉄鋼生産は、工業エネルギー関連のCO2排出量の7%を占めるに過ぎないが、「全米で産業部門の脱炭素化技術が最も大きな影響を与えることのできるCO2排出量の最も多い5つの産業」の1つと考えられるとしている。
- ・ 以上のように、相対的に鉄鋼業からのCO2排出量が少ないものの、米国の鉄鋼メーカー各社はさらに削減すべく、再生可能エネルギーのさらなる利用、CCS/CCUS技術の開発など様々なアプローチを取っており (下記3-1 (1)～(3)参照) その一部にDOEが資金援助を行っている。
- ・ こうした状況であるため、米国政府は、「グリーンな」米国産鉄鋼の使用を増やし、一方で、排出量の多い鉄鋼生産国からの「グリーンでない」鉄鋼輸入を抑える制度の拡充に力を入れている。最近の主要なものとして以下がある。

△2021年11月、1兆2,000億ドルの「インフラ法」可決。同法は、連邦政府の資金援助を受けるプロジェクトに米国製の鋼材などの使用を奨励するバイアメリカン条項を含んでおり、米国のインフラに対する投資としては1956年の連邦高速道路法 (Federal Highway Act) 以来最大となる。米国鉄鋼協会 (AISI) は、インフラへの新規投資1,000億ドルごとに、国内鋼材の需要を500万米トン増加させることができると試算している。

△2022年2月、ホワイトハウスは、より持続可能な方法で製造された建設資材の購入と使用を奨励するために、複数の政府機関で構成する作業部会「Buy Clean Task Force (バイクリーンタスクフォース)」を設立することを発表した。この作業部会では、規定によって連邦政府が資金提供しているプロジェクトで活用することを目的に、カーボンフットプリント(二酸化炭素排出量)の少ない方法で生産された鉄鋼及びコンクリートなどの資材を特定する。例えば運輸省(DOT)では、各連邦交通プロジェクトで低炭素な材料の使用を増やすための取組みを開始する。こうしたホワイトハウスによるクリーンな材料調達のための戦略は、企業部門にも拡大され、国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)で発足した財界首脳らによる「ファーストムーバーズコアリション(First Movers Coalition: FMC)」も巻き込むつもりである。

△2022年9月、上記のタスクフォースの結果、バイデン政権は、連邦政府が資金提供するプロジェクトで使用する建築資材について、鉄鋼を含め、低CO2排出の建築資材を優先的に購入する新たなバイクリーンイニシアチブ(New “Buy Clean” initiatives)を発表した。ホワイトハウスのファクトシートによれば、連邦政府は今後、製造、輸送、設置、メンテナンス及び廃棄に伴う炭素の埋め込み排出量(embedded emissions)の少ない鉄鋼を優先的に購入することになる(上記、気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の「2022年9月15日発表」参照)。

△2022年12月以降、EPAが低炭素資材(鉄鋼を含む)の基準について、パブリックコメントを求めている(上記、気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の2022年12月、2023年1月EPA発表を参照)。

- ・ 米国は、鉄鋼生産量1トンあたりのCO2排出量が最も少ない国だが、対照的に、中国の鉄鋼生産は、米国で生産される鉄鋼1トンあたりのCO2排出量のほぼ2倍を排出している、として、『強力な効果的な』炭素国境調整メカニズムの確立が重要と議論されている。なお、貿易面では既に2021年10月、米国とEUは、2024年までに鉄鋼とアルミニウムの貿易に関する世界初の排出量ベースの部門別取り決めを交渉するというコミットメントを発表している。
- ・ 加えて、米当局者は、気候変動並びに中国及びその他の国で製造された『汚れた』金属と戦うために、生産国の産業によるCO2排出量に基づいて鉄鋼とアルミニウムに関税を課すことを検討している。この米国通商代表部(USTR)での検討案は、CO2排出量の削減を目指している市場志向型の国によるグローバルな『クラブ』を創設しようとするものである。本計画では、特定の鉄鋼及びアルミニウム並びにそれらの製品を生産する際の『排出原単位』基準を設けようとしている。

※参考：DOEの産業脱炭素ロードマップ(2022年9月、DOE/EE-2635)要旨

【ロードマップ策定の背景】

- ・ 2020年には、産業部門が米国の一次エネルギー使用の33%を占め、エネルギー関連のCO2排出量の30%を占めている。

- ・ バイデン政権は2035年までに100%炭素汚染のない電力を供給し、2050年までにGHG排出量をネットゼロにするという目標を設定。
- ・ 米国の長期戦略(LTS)は、遅くとも2050年までにネットゼロ経済を達成するための複数の道筋を示す。
- ・ 米国の全体的な産業の脱炭素化戦略は、バイデン政権のJustice40イニシアチブをサポート。
- ・ 米国の2050年ネットゼロ目標は、野心的だが、達成可能。
- ・ このロードマップはGHG排出に焦点を当てているが、業界の脱炭素化のように、他の汚染物質排出にも対処する必要がある。
- ・ GHG排出量を削減するための新しい技術の開発は、他の環境問題や不公平に対処するための重要な機会。
- ・ このロードマップは、2050年までに産業部門でネットゼロのGHG排出量を達成するために必要な、革新的な技術の道筋を示す。
- ・ このロードマップは、米国の産業部門の脱炭素化に向けたまとまりのある技術的アプローチを提示することで、より大きな技術的及び戦略的ニーズを満たす。
- ・ このロードマップで行われているシナリオモデリングは、「柱(pillar)」を適用することで、産業部門がほぼゼロのCO2排出量に到達できることを示す。

【産業脱炭素化の戦略】

- ・ ロードマップでは、産業の脱炭素化の4つの重要な「柱(pillar)」を設定。
 - 1) エネルギー効率(の向上)
 - 2) 産業電化
 - 3) 低炭素の燃料・原料・エネルギー源(LCFFES)
 - 4) CO2の回収、利用、貯留(CCUS)
- ・ 戦略は、4つの柱全てを並行して追求する必要がある。
- ・ ロードマップでは、5つのサブセクターを設定。
 - 1) 鉄鋼
 - 2) 化学
 - 3) 食品及び飲料
 - 4) 石油精製
 - 5) セメント
- ・ 各サブセクター固有の分野横断的な技術、プロセス、及び実践を研究することにより、脱炭素化の機会を探り、定量化する。
- ・ 5つのサブセクターを合わせると、米国の産業部門のエネルギー関連CO2排出量の50%以上を占める。
 - ・ ロードマップから得られた重要な教訓と推奨事項
 - ・ 初期段階のRD&D(研究・開発・実証)を進める

- ・複数のプロセス戦略に投資
- ・実証試験によるスケーリング
- ・全てのサブセクターにわたるプロセスの加熱効率と排出量に対処する必要
- ・電力源の脱炭素化
- ・ソリューションの統合
- ・モデリングとシステム分析の実施

表 1 ロードマップに含まれる排出量の範囲シナリオのモデリングと分析(鉄鋼サブセクター)

産業サブセクター	発電 CO2 排出量	燃料関連 CO2 排出量	プロセス関連の CO2 排出量	CH ₄ 、N ₂ O、及び CO ₂ 以外のその他の GHG 排出量
鉄鋼	含まれている	含まれている	含まれている*	含まず

*鉄鋼業では、プロセス関連の CO₂ 排出量のほとんどがコークスの消費に起因している。コークスの使用による排出をエネルギー関連に分類している場合もあれば、プロセス関連に分類している場合もあるが、ここでは、コークスの消費に関連する排出量は、プロセス関連の排出に分類している。

表 2 2050年までにネットゼロ排出を達成するための解決策に向けた経路の要点(鉄鋼サブセクター)

業界サブセクター	重要ポイント
鉄鋼	・GHG排出量がゼロに近いシナリオでは、米国の鉄鋼業界のGHG排出量は2050年にほぼゼロになり、鉄鋼生産は12%増加する。 ・GHG排出量削減の3分の2以上は、エネルギー効率の改善、低炭素燃料及び無炭素燃料への切り替え、電化による。 ・水素還元製鉄、鉄鉱石の電気分解、CCUSなどの革新的な技術には、積極的なR&Dが必要。 ・製鋼ではクリーン水素と低炭素電力の需要が2050年までに大幅に増加 水素製造電解槽の効率を上げるためにはR&Dが必要

【米国鉄鋼業の状況】

- ・米国の鉄鋼業界は2018年に8,700万トンの粗鋼を生産した。そのうち33%は高炉-酸素転炉(BF-BOF)を使用する一次製鋼プラントで生産され、67%は電気炉(EAF)で生産。
- ・EAFは鉄スクラップを使用するが、直接還元鉄(DRI)も使用。
- ・米国は2018年に3,100万トンの鉄鋼製品を輸入し、800万トンの鉄鋼製品を輸出。

- ・ 米国の鉄鋼業は、2018年に米国の製造部門で使用された総燃料の約8%を占めた。
- ・ 2018年の米国の鉄鋼業界のエネルギー使用量のうち、天然ガスが最大のシェアで37%を占めた。鉄鋼業界で使用する主要な燃料が石炭である他の多くの国々よりも大幅に高い。たとえば中国では、2014年に鉄鋼業界で使用された燃料の1%未満しか天然ガスを使用していない。中国で生産される鉄鋼の90%がBF-BOFルート。
- ・ 米国の鉄鋼業界における最終用途別の最終エネルギー消費の内訳では、プロセス加熱が最大のシェアを占め、鉄鋼業界の総エネルギー使用量の63%を占める。

【米国鉄鋼産業と他国/地域とのCO2排出原単位の比較】

- ・ 米国の鉄鋼産業は、主要な鉄鋼生産国の中でCO2排出強度が最も低い国の1つ。
- ・ その主因は、EAF鉄鋼生産の大きなシェア(70%)にある。
- ・ 鉄鋼業界のエネルギーと炭素集約度に影響を与える主な要因は以下。
 - 総鉄鋼生産におけるEAF鉄鋼の割合
 - 鉄鋼業界における燃料のシェア
 - 電力網のGHG排出係数
 - BF-BOF及びEAF原料の種類
 - エネルギー効率化技術の普及レベル
 - 鉄鋼製品構成
 - 鉄鋼製造施設の老朽化の程度
 - 容量利用率
 - 環境規制
 - エネルギーと原材料のコスト
 - 鉄鋼業界の境界定義(どのインプットと中間生成物が分析に含まれるか、それらの製品に組み込まれたエネルギーと炭素が分析に含まれるかどうか)

【DOEによる2050年までの米国の鉄鋼業界のCO2排出量予測】

- ・ BAU(Business as usual)シナリオでは、
 - 2015年から2050年の間に37%減少
 - これは、配電網のCO2排出係数の減少による。
- ・ 高度シナリオでは、
 - 2015年の年間8,600万トンCO2から2050年には年間1,700万トンCO2に80%減少
 - これは主に、CCUS技術の採用に加えて、EAF 鉄鋼生産のシェアの増加と米国の送電網の大幅な脱炭素化による。

- ・ 最大シナリオでは、
 - GHGほぼゼロ
 - このシナリオでは、全ての脱炭素化の柱(エネルギー効率向上、電化、LCFFES、及びCCUS)の実施を仮定
 - 2050年にBF・BOFプロセスで生産される鉄鋼は10%未満になると想定
 - (ほとんどの鋼はスクラップベースのEAFで生産され、一部は水素ベースのDRI-EAFプロセスと鉄鉱石の電気分解プロセスで生産。いずれも電力集約型プロセス)
 - このため米国の電力網のCO2排出量が予測結果に大きな影響を与える。

【鉄鋼業界のRD&Dのニーズと機会】

- ・ 鉄鋼業が優先してアプローチすべきこと
- ・ ブレークスルーが必要な技術
 - 炉内ガス回収
 - 大規模なDRIでの低炭素H2の実装
 - 再加熱炉の電化
 - 電気分解による鉄の生産
 - H2プラズマ製錬還元
 - 高炉ガスの回収、リサイクル
- ・ 鉄鋼設備においてエネルギー管理システムを戦略的に成熟したものとするための開発に対する技術支援、現在使われている低効率のエネルギー設備への技術支援、廃熱回収(廃熱から電力への使用を含む)及びその他の脱炭素化技術に関する支援
- ・ エネルギー生産性を高めるためのスマートマニュファクチャリングとモノのインターネット(IoT)技術の実機試験適用と迅速な普及
- ・ 低炭素燃料及び効率的な熱利用への移行を可能にし、加速する技術展開活動。これには、大規模な実証試験を行って、コスト競争力を確認する技術経済分析も必要。
 - 電気誘導炉
 - 高炉でのクリーン水素の使用
- ・ 異なる製鉄プロセスでの炭素回収貯留(Carbon Capture and Storage: CCS)技術のコスト削減と効率改善に重点を置いた投資
 - CCSを使用した高炉ガス回収、リサイクル など
- エネルギー効率の視点
- ・ エネルギー効率化技術はGHG排出量を完全になくすことはできないため、他の脱炭素化技術と戦略が必要。
- ・ 今後数年以内に利用可能になる技術
 - 微粉炭吹込(水素吹込なども含む)によるコークス率の低下

- 熱回収を促進するためのコークス乾式消火の使用 など
- ・ 廃熱回収 (waste heat recovery: WHR) 関連
 - コークスガス、高炉ガスを循環、再利用し、温水、蒸気の製造に用い、発電に使用する。経済性と過酷環境に耐える材料開発などの課題あり。
 - 耐火物の高耐久化など
 - 再加熱炉のWHR
 - 廃熱発電システムの初期投資コスト低減
- ・ エネルギー管理システム
 - スマートマニュファクチャリング
 - IoT技術
 - 予知保全と機械学習又はデジタルツイン
- ・ プラント管理者にコストと利益を示すことにより、低炭素化技術の経済的実現可能性を見せる必要がある。
- 電化と低炭素燃料、原料、エネルギー源の視点
 - ・ 還元剤の代替材料: 天然ガス、バイオマス、バイオガス、水素 (長期的)
 - ・ プロセス加熱の電化
 - EAF: 米国ではすでに67%以上のため更なる電化の余地は小さい。
 - 直接還元鉄(DRI)生産及び鉄鉱石の電気分解における、ニアゼロ排出エネルギー(再生可能エネルギー又は原子力)から生産される水素の使用(天然ガス代替)
 - 加熱炉の電化(電気誘導炉、抵抗・赤外線・プラズマ加熱等)
- CO₂の回収、利用、貯留の視点
 - ・ CCS
- 炭素利用
 - ・ 化学物質・燃料の生成
- 【RD&Dアクションプランの提案】
- 短期的(2020～2025年)視点
 - エネルギー効率、Strategic Energy Management (SEM)、及び廃熱の削減/回収方法(WHR、炉頂圧回収タービン(TRT)、コークス乾式消火(CDQ))の活用支援
 - 低炭素燃料及び効率的な熱利用への移行 (例: 加熱炉の電化、プロセス熱用のクリーンな水素、バイオ燃料)。
 - 削減困難な発生源のCCUS適用 (例: 高炉ガスリサイクル)。
- 中期(2025～2030年)視点
 - 耐火物などの材料の再利用、改修(材料とスラグからのエネルギー回収を含む)
 - 低炭素プロセス(例: 熔融酸化物電解炉、電気誘導炉の大型化、クリーン水素ベースの直接還元鉄電気アーク炉(DRI-EAF))

- 削減困難な発生源からCO₂を回収、輸送、再利用するために効率と経済性を可能な限り高めた設備と技術
- 低炭素、ネットゼロ、又はカーボンネガティブの方法によるリサイクル又はバイオマスに由来したCO₂から炭素還元剤を生産する技術

●長期的(2030～2050年) 視点

- モジュール式アプローチによる生産で市場の規模と割合を拡大
- 革新的なアプローチの技術的及び経済的課題の軽減と開発の加速化
(例:水電解及び電解抽出)
- オンサイト又は近くの施設での廃ガス(水素、CO、CO₂など)再利用技術や、有用ガス(水素、CO、CO₂など)の分離効率改善技術

これらのRD&Dには次の視点が必要

- 情報の統合と分析
技術の利点(コスト・入手可能性・パフォーマンス)の理解のため
- ラボ試験
実機レベルでは資金調達が難しくなるため
- パイロット・実機実証試験
実機適用の実証のために不可欠

(ウ) アルミニウム産業の脱炭素化政策

米国は、アルミニウム新地金生産国としては世界で9番目であり、2021年の米国内のアルミニウム新地金生産量は、90.8万トン(Aluminum Association調べ)で、全世界の生産量6,709万トン(IAI調べ)の僅か1.35%を占めるに過ぎずない。全世界のアルミニウム産業セクターが排出するGHG量が約1,175百万トン(IAI調べ)であるのに対し、米国内のアルミニウムセクターが排出するGHG量は、その0.25%の291万トンである。また、米国の金属セクターの総排出量に対する比率は3.5%であり、これは同国の鉄鋼セクターのGHG排出量である6,632万トンの20分の1以下、同国の全産業のGHG排出量である2,602百万トンの約0.11%(いずれも、EPA報告、<https://www.epa.gov/ghgreporting/ghgrp-metals>)と非常に少なく、米国内における低炭素化達成上、アルミニウム産業の重要度はさほど高くない。

産業の脱炭素ロードマップにおいても、低炭素化達成上、重要となる5大産業セクター(鉄鋼、化学、食品及び飲料、石油精製、セメント)には選ばれておらず、紙・パルプ、ガラス、織物等と同じ「その他製造業セクター」として扱われている。ただ、材料効率、すなわちリサイクル(循環型社会)の点から、アルミニウムは、鉄鋼、プラスチック、セメントと並んでリサイクルを考慮すべき「重点管理材料(critical industrial materials)」として扱われており、フォローが必要である。

2022年8月のインフレ抑制法等の活用により、アルミニウムセクターにおけるGHG排出量の

更なる削減を促進しているが、国内産業の保護、雇用の確保という点から、鉄鋼セクターと同様に、生産時の炭素排出量の多い製品を排除することがますます重要になってくると考えられる。既述のように、2022年2月、バイデン政権は、アルミニウムを含むクリーン製造を支援するための施策を公表しており、米国政府は、EUと共同で、2024年までに枠組みを構築し、よりクリーンなアルミニウムの生産・購買を促進し、世界的な過剰生産能力、特に中国の大量炭素排出設備に対処することを公表している。

詳細は、World Economic Forum (WEF) 内のFirst Movers Coalition (FMC) に記述するが、これらの動きはFMCを巻き込んだ活動になる。FMCは、鉄鋼、アルミニウム、航空、二酸化炭素の除去、セメントとコンクリート、海運、トラック輸送の分野において活動を行っており、アルミニウム分野では、次の事項が定められている。

- ・ 2030年までに、購入するアルミニウム新地金のうち、少なくとも10%は、FMCの基準で低炭素アルミニウムと定義されるものを購入する。
- ・ ニアゼロエミッション (near-zero emissions) のリサイクルアルミニウムを調達するように努める。
- ・ 2030年までに、調達するアルミニウム総量の、少なくとも50%はリサイクルアルミニウムを起源とするものを使用する。

(2) カナダ(アルミ)

(ア) カナダ政府によるGHG排出データ収集

カナダ政府は、1999年カナダ環境保護法(Canadian Environmental Protection Act, 1999: CEPA)の第46条を根拠に、2004年3月に温室効果ガス報告プログラム(GHGRP)を設けた。指定された施設は、GHG排出量を報告する義務があり、収集された2004年以降のデータは公開されている。このプログラムの目的は、GHG排出量の報告・取りまとめに要する業界と政府の負担が重複することを抑えるとともに、一貫した情報提供を可能にすることである。

2016年12月、環境・気候変動省(ECCC)は、カナダの公式なGHG排出量データが直接、利用できるようにすること、州・準州間のデータの一貫性や両立性を高めること、施設からの排出量の全体像がより分かりやすくすることを目的に、GHGRPを拡充することを発表した。2017年(フェーズ1)からは、報告が義務付けられる最小排出量が、従来の50千トンCO₂e(二酸化炭素相当量)から10千トンCO₂eに引き下げられるとともに、報告対象である業種(セメント、石灰、アルミニウム、鉄鋼の製造業者、CO₂の捕捉・輸送・地層貯留業者)の施設の排出量算出は、幾つかの指定された方法によることを求められ、また、算出方法についてより多くの情報提供が求められるようになった。2018年(フェーズ2)からは、鉱業、電力と熱の供給者、石油精製業者並びにエタノール、アンモニア、硝酸、水素、紙・パルプ、水素及び卑金属の製造者についても、指定の方法による排出量の算出と追加のデータ提出が求められるようになった。

GHGRPに基づく報告書は、原則として第三者機関による検証を必要としないが、「出力ベースの価格設定システム規則(Output Based Pricing System Regulations)」の対象となっている機関の場合は、第三者機関による検証が必要である。

2020年のデータは、2021年2月13日発行のカナダ官報に掲載され、その後の追加データや修正は、逐次、公表される。このデータによれば、1,704の施設が排出量を報告し、合計で273百万トンのGHGを排出している。これらの施設のうち、50千トンを超えるGHGを排出したのは536の施設で、それらは全排出量の92%(250百万トン)を占めている。排出量が百万トンを超える業種は、オイルサンド採掘(44%)、発電(27%)、石油精製(9%)及び鉄鋼、アルミニウム等の金属製造業(8%)であった。

排出量の算出方法は、気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)により開発された方法論的ガイドラインを満たし、各国がGHGインベントリ報告方法として国連気候変動枠組条約に採用された方法の中から選ぶ必要があり、報告施設は、算出方法を報告しなければならない。排出量算出方法の使用比率を図 1に示す。排出係数を用いる方法が最も多く用いられて、全体の6割を占めており、これにマスバランス法(16%)、工学的推定法(15%)が続き、直接測定法は約8%であった。

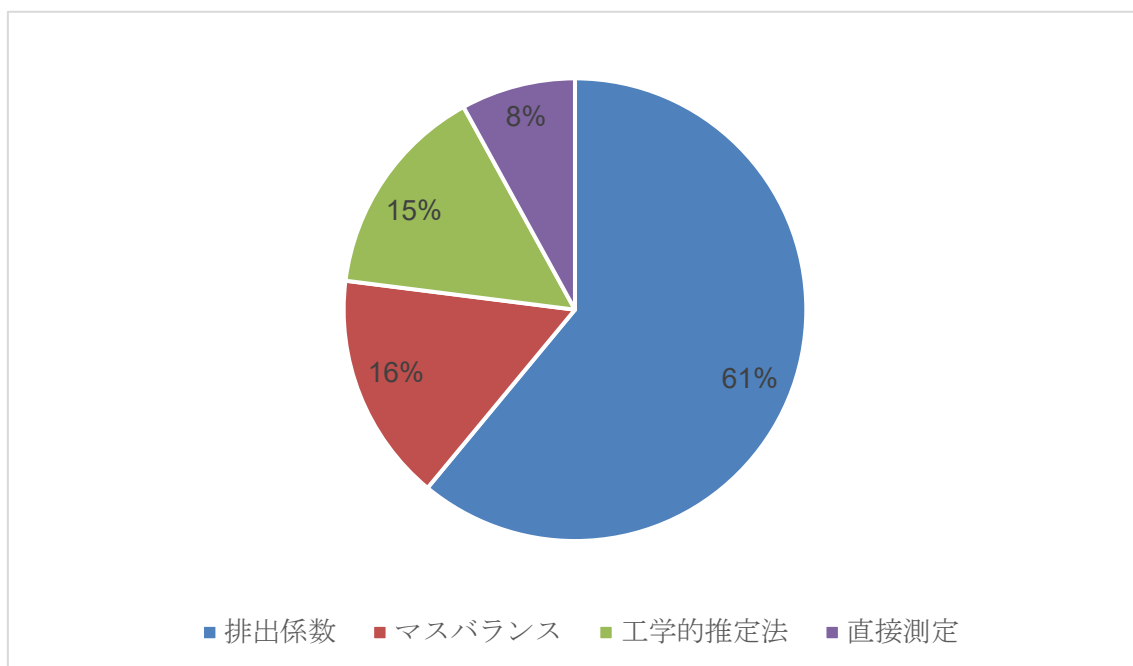


図 1 GHG排出量算出に用いられる方法

2020年に製造業から排出されたGHG量は82百万トンで、その内訳は、図 2に示すとおりである。最も多いのは石油・石炭製品製造業の21%であり、鉄鋼業はそれに次ぐ17%を排出し、アルミニウム産業が8%、セメント・コンクリート製造業は13%である。

報告が義務付けられる下限排出量が100千トンから50千トン(2009年)、10千トン(2017年)と引き下げられていることから、年毎の排出量の比較は単純ではないが、報告基準が変わらなかった2019年と2020年を比較すると、2020年は、前年の293百万トンから273百万トンと20百万トン(約7%)減少している。これは、発電部門と製造部門での排出量の減少(それぞれ11百万トン、5百万トン)によるものであり、石炭消費の減少に加え、新型コロナによる生産の減速や関連施設の運用による影響があったと考えられている

(<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/facility-reporting/overview-2020.html#toc0>)。

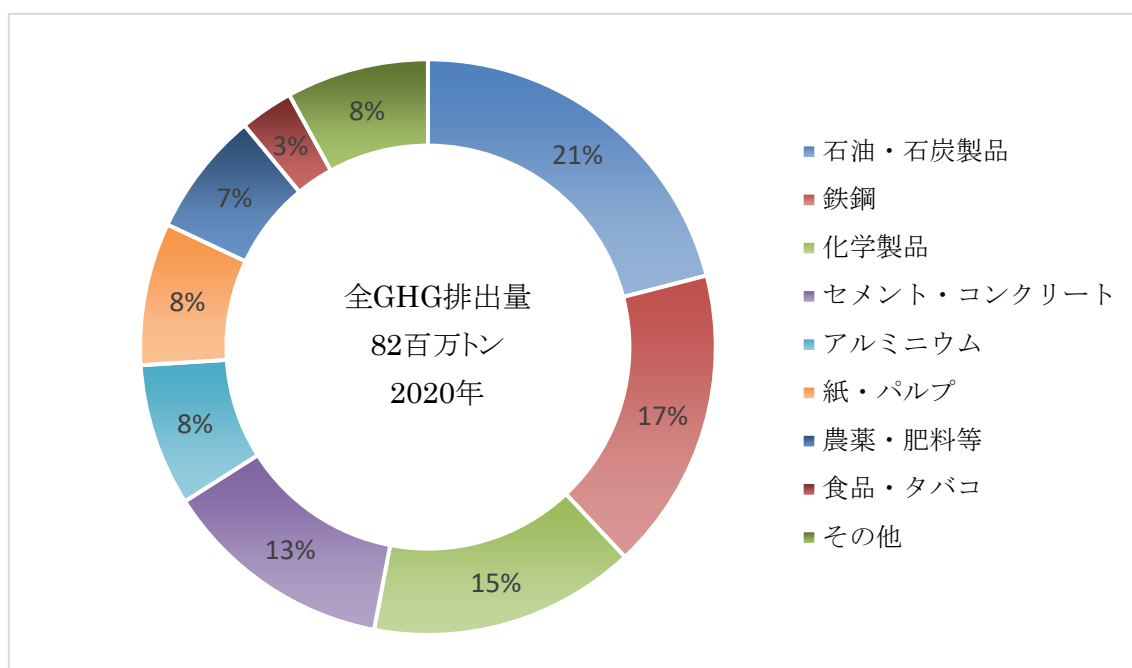


図 2 製造業が排出するGHGのセクター別割合

(イ) カナダ政府によるGHG排出量削減計画

2016年3月、カナダの首席大臣(連邦政府首相及び州・準州の首相の総称)は、2030年までにGHG排出量を2005年比で30%削減するという目標(Pan-Carbon Approach to Pricing Carbon Pollution)に合意し、同年10月3日の議会での演説でトルドー首相は、2018年末までに全ての州・準州でカーボンプライシング(炭素税又は排出枠取引制度)の導入を求めた「連邦カーボンプライシング枠組(Pan-Canadian Framework for Carbon Pricing)」を発表し、12月9日には、カナダの首席大臣が「環境に優しい成長と気候変動に関する汎カナダ枠組(Pan-Canadian Framework on Clean Growth and Climate Change)」に合意した(当初、Saskatchewan(サスカチュワン)州とManitoba(マニトバ)州は加盟せず。2018年にマニトバ州は加盟。サスカチュワン州は加盟を見送り。)。この枠組みでは、

- ・ 炭素価格付け(カーボンプライシング)
- ・ 地域、産業分野間の相互補完的排出量削減
- ・ 気候変動への適応と適応力増強
- ・ クリーンエネルギー技術開発と雇用創出

を柱としている。これらを受けて、2018年に成立した連邦法「地球温暖化ガス汚染価格法(Greenhouse Gas Pollution Act: GGPPA)」では、2018年末までに、全ての州・準州において、独自のカーボンプライシング制度又は連邦法GGPPAへの対応が求められる。炭素税を導入する場合、2018年の税率は10カナダドル/CO₂eトン以上とし、毎年10カナダドルずつ引き上げ、2022年には50カナダドル/CO₂eとするものであり、炭素税は、2030年までには170

カナダドルに引き上げられる予定である。後述のように、2013年からCap & Trade制を採択しているQuébec州では、排出枠取引制度を採択している。

カナダ政府は、2022年3月29日に、「2030年に向けた排出削減計画:きれいな空気と強靱な経済のためのカナダの新たなステップ」と称する計画を公表している

(<https://pm.gc.ca/en/news/news-releases/2022/03/29/delivering-clean-air-and-strong-economy-canadians>)。これは、2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、削減計画を予定どおりに進めるためのもので、GHG排出量を2030年までに、2005年比で40%削減するというものであり、2030年までに2005年比で30%削減するというPan-Canadian Approach to Pricing Carbon Pollution)の合意を前倒して達成しようとするものである。具体的には、表 3に示すようなプロジェクトに91億カナダドルの投入が予定されている。

併せて、2021年6月29日に施行されたカナダネットゼロ排出責任法(Canadian Net-Zero Emissions Accountability Act、<https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/C-19.3/FullText.html>)により、2026年までに2005年比で20%削減の達成を義務付けるとともに、2035年、2040年、2045年の達成目標を達成年の10年前に設定し、信頼性のある、科学的根拠に基づく削減計画を作成することを求めている。削減計画には、次の事項を記載する。

- ・ それぞれの年のGHG排出目標
- ・ 最新のGHG排出インベントリ(国家インベントリ報告書)の概要及びカナダが気候変動に関する国際公約の下で提出した計画に関連する情報
- ・ 目標達成のためにカナダ政府が講じる予定の主要な排出削減措置の説明
- ・ カナダが気候変動に関して約束した国際公約が計画にどのように考慮されているかについての説明
- ・ 関連する部門別戦略
- ・ 連邦政府の事業における排出削減戦略
- ・ 実施のための予測スケジュール
- ・ これらの対策と戦略により達成されるGHG排出量の予測
- ・ カナダの州、準州、地方政府との主要な協力措置又は協定の概要

また、カナダネットゼロ排出責任法は、2023年、2025年、2027年に進捗報告書の提出を義務付けている。

表 3 カナダの2030年排出削減計画に向けたプロジェクト

-
- ・ 電気自動車への乗り換え促進
 - ・ 家屋や建物の緑化
 - ・ クリーンな技術への支援(CCUS等)
 - ・ 電力のクリーン化
 - ・ 化石燃料の削減
 - ・ クリーンな農業への支援
 - ・ 汚染の削減と雇用創出
 - ・ 自然の力を利用した二酸化炭素の補足と貯蔵支援
-

(ウ) 地方政府(Québec州)の動き

Aluminerie Alouetteの主要工場や低炭素アルミニウムELYSISの開発会社の本社があるQuébec州政府は、脱炭素に積極的に関わっている。2008年4月にWestern Climate Initiative(西部気候イニシアチブ。以下、WCIという。)の下で、California州との間でGHG排出枠取引を行っており、その詳細は、4(10)項 Western Climate Initiativeに記載した。

また、同州は、投資会社Investissement Québecを通して、低炭素アルミニウム製造プロセス開発会社であるELYSISに6,000万カナダドル投資を行っている。ELYSISの詳細については、3-2-(4)項 ELYSISに記載している。

(3) EU(鋼、アルミ)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ両方に関係)

- ・ 2005年、EU-ETS(欧州排出量取引制度)開始。
火力発電や鉄鋼・セメント等の産業、欧州経済領域内の航空便などエネルギー集約産業を対象に、CO2排出量に上限を設け、上限に満たない場合に排出枠売買で調整。
- ・ 2007年、EUの2020年気候・エネルギーパッケージ提案。
2020年目標としてGHG排出量を1990年比20%削減など。
- ・ 2011年、「EUエネルギーロードマップ2050」を発表。
2050年までにGHG排出量を1990年比で80～95%削減するとした。エネルギー効率化、再生可能エネルギー、原子力、CO2回収・貯留(CCS)の4つの主要な脱炭素化手法の組み合わせによる7つのシナリオを提示し、加盟国に対し、EU全体の政策への整合性を踏まえた上で、各国に適したエネルギー政策を自身の責任で選択するよう求めた。
- ・ 2014年、競争力があり安全で低炭素なEU経済のための2030年目標発表。
2030年目標としてGHG排出量を1990年比40%削減など。
- ・ 2018年、2050年までの気候中立ビジョン発表。
2050年までにGHG排出量をネットゼロにする。
- ・ 2019年、欧州グリーンディール(持続可能なEU経済の実現に向けた成長戦略)発表。
2050年までにネットゼロカーボンニュートラルを達成するという法的拘束力のあるコミットメントなどを示した。
- ・ 2020年、EUタクソノミー規則案採択。
欧州グリーンディールの中核をなすもので、企業の経済活動が地球環境にとって持続可能であるかどうかを判定し、グリーンな投資を促すEU独自の仕組み。タクソノミーは「分類」という意味で、持続可能な経済活動に取り組む企業の明確化を目的としている。分類の具体的なプロセスを定めたタクソノミー規則(Regulation)はEU加盟国全てに適用され、国内法よりも優先される。
より詳細は、<https://ideasforgood.jp/glossary/eu-taxonomy/> 参照。
- ・ 2020年、「気候中立のための水素戦略」発表。
EUのカーボンニュートラル達成のためにはグリーン水素が重要な役割を担うとして、2030年までのグリーン水素生産目標を1,000万トンと設定、2030年までに40GW(ギガワット)の再生可能な水素電解装置を設置、2050年までにヨーロッパで統一化した水素ネットワークを確立する計画。
- ・ 2020年9月、2030年までのGHG排出量削減目標を1990年比55%に引き上げると発表
- ・ 2021年7月、「Fit for 55」と呼ばれる一括法案を発表。
内容は、2030年までのGHG排出量削減を1990年比55%とするために、EU-ETSの強化と範囲の拡大によるカーボンプライシングの役割強化・拡大、エネルギー効率と再生可能

エネルギーに関するEU目標の引き上げ、土地利用部門によるカーボンシンク(CO₂の実質吸収源)の増加促進、持続可能なモビリティと運輸の支援(乗用車や小型商用車に関するCO₂排出基準の厳格化、充電スタンドなど必要なインフラの整備など)、世界貿易機関(WTO)ルールに準拠した「炭素国境調整メカニズム(CBAM)」の導入によるカーボンリーケージ(安価な排出集約型輸入品による排出政策による競争力の低下)の防止、気候目標の引き上げに合わせた、エネルギー製品や電力への課税の調整、公正で革新的なグリーン移行の推進に必要な財源とプロセスへの貢献。

- ・ 2021年7月、EU理事会、「公正な移行基金(Just Transition Fund: JTF)」創設合意。

JTFは、化石燃料やGHGを大量に排出する産業に大きく依存し、地元経済の多角化を図る必要のあるEUの各地域の社会経済的コストを軽減するプロジェクトに資金を提供するもので、総額175億ユーロの基金。

- ・ 2022年7月、ECは、EU国家補助規則に基づき、水素技術のバリューチェーンにおける研究・革新と最初の産業展開を支援する、欧州共通利益の重要なプロジェクト(Important Project of Common European Interest on hydrogen: IPCEI)を承認。

これは、下記15カ国の加盟国が共同で準備し、届け出たもので、水素経済の促進に貢献するプロジェクトへの国家補助を認めるものである(オーストリア、ベルギー、チェコ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、イタリア、オランダ、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スペイン)。

加盟国は最大54億ユーロの公的資金を提供し、これによってさらに88億ユーロの民間投資を引き出すと予想されている。

IPCEIは、(i)水素の発生、(ii)燃料電池、(iii)水素の貯蔵、輸送、流通、(iv)エンドユーザーへの応用(特にモビリティ分野)を含む水素技術のバリューチェーンの広い部分を対象とする。

- ・ 2022年12月13日、欧州議会(EP)は、CBAMについてEU理事会と暫定合意に達し、欧州委員会(EC)による原案の範囲を水素、間接排出及び一部の川下製品まで拡大すると発表した。2023年10月から適用されるこの措置は、EUに輸入する企業に対して、その生産国で支払った炭素価格とEU-ETSのCO₂排出枠価格との価格差を説明するためのいわゆるCBAM証書の購入を義務付けるものである。

「CBAMは、EC原案のように、鉄鋼、セメント、アルミニウム、肥料及び電力を対象とし、水素、特定の条件下における間接排出、特定の先駆企業のほか、ネジやボルトのような鉄鋼製品など一部の川下製品にも拡大される」とEPは述べている。

EPによれば、この取り決めは、EU-ETSの改革に関する合意によって決まるが、それを発効する前にEPとEU理事会がこの合意を正式に承認しなければならない。

さらに12月17日、EUの主要機関は、ETSの改正にも合意した。カーボンリーケージのリスクがある部門に対するCO₂の無償排出割当を2026年から2034年までの9年間にかけて段階的に廃止し、CBAMの段階的導入を認めることで合意。鉄鋼部門などのCBAMに関

連する部門は、EUのイノベーション基金を通じて提供中である脱炭素化支援を受けながら、期間の初めに緩やかな割合で無料排出割当の段階的に縮小されていくことになる。

- ・ 2023年2月1日、欧州委員会 (EC) は、ヨーロッパのネットゼロ産業の競争力を強化し、気候中立への迅速な移行を支援することを目指すグリーンディール産業計画を発表した。ECによれば、同計画は、ヨーロッパの野心的な気候目標を達成するために必要なネットゼロ技術及びネットゼロ製品に対するEUの製造能力の拡大をさらに支援する環境を提供することが目的である。予測可能で簡素化された規制環境、資金調達へのさらに迅速なアクセス、レジリエンス(回復力)を備えたサプライチェーンのためのオープントレード及び技能の強化を提供することを狙っている。

(イ) 鉄鋼業の脱炭素政策

- ・ EUの鉄鋼業における現在の脱炭素政策は、財政的インセンティブと規制的制度が両輪となって実施されている。
- ・ 財政的インセンティブ

主要政策名	内容
復興レジリエンスファシリティ (RRF) (Recovery and Resilience Facility)	総額6,725億ユーロを2021年～2023年にかけて、加盟国が実施する改革と投資に対し、融資と助成金の形で支援。 鉄鋼など重厚長大産業の脱炭素化を支援する、前例のない大規模ファンド。
EUイノベーション基金 (EU Innovation Fund)	270億～360億ユーロを2021年～2023年にかけて、鉄鋼など複数セクターを対象に、革新的なクリーンエネルギープロジェクト支援を目的とした基金。 2019年にECが立ち上げを発表した。 EU-ETSの排出枠4.5億トン分のオークション収益からの資金調達を予定。
クリーンスチールパートナーシップ (CSP) (Clean Steel Partnership)	カーボンニュートラルな鉄鋼生産に資する画期的な技術の研究・イノベーションに関する活動を支援。パイロット～実証段階までの活動に最大7億ユーロ拠出。 2021年6月に、欧州鉄鋼連盟 (EUROFER) や欧州の主要鉄鋼メーカーなどが参加する欧州鉄鋼技術プラットフォーム (ESTEP) と欧州委員会 (EC) が了解覚書 (MoU) を交わして発足した官民パートナーシップ。
EUタクソノミー (EU Taxonomy)	鉄鋼業では、技術手法ごとに製品の排出基準 (生産トンあたりCO ₂ 排出量を設定し、その基準に適合する持続可能な生産への投資を促進することを図る。 実施は2022年以降。

※EUイノベーション基金

- ・ 第1回公募 (2021年11月採択結果公表) では、7つの大規模実証プロジェクト (総予算10億ユーロ) と32の小規模実証プロジェクト (総予算1億ユーロ) が採択された。これらは、化学、鉄鋼、セメント、製油所、電力・熱などの様々な産業・エネルギー分野に及ぶが、鉄鋼に直接関係するものとしては、大規模実証プロジェクトの1つとして、スウェーデンのHYBRITが選ばれた。

- ・第2回公募(2022年7月採択結果公表)では17の大規模実証プロジェクトが採択された。この中には、洋上風力発電による水素生産プロジェクトや二酸化炭素の回収と貯留のインフラ・プロジェクトなどが含まれているが、鉄鋼業に直接関係あるものは含まれていない。

※クリーンスチールパートナーシップ(CSP)

- ・ CSPは、鉄鋼部門からのCO₂排出量の削減を可能にする画期的な技術の試験や実証を行い、技術開発の段階を示す指標である技術成熟度(Technology readiness levels:TRL)において、最高で9段階中、8段階目(TRL8、実用化に向けた最終実証段階)を達成することを目的とする。2027年までに少なくとも2件の実証事業が行われる予定で、1990年比でCO₂排出量を50%削減し、CSPが資金を拠出する少なくとも12の分野において、2030年までにTRL8を達成することを目指す。
- ・ CSPの最終目標は、「欧州グリーンディール」に沿って、鉄鋼部門において2050年までにCO₂排出量を80～95%削減、最終的に炭素中立を達成し、また、世界の鉄鋼部門の炭素中立化へ向けて、EUの主導力を高めること。
- ・ EUの研究開発支援枠組み「ホライズンヨーロッパ」と「石炭鉄鋼研究基金(RFCS)」からの資金提供を受けるなど、EUからCSPへの資金提供が7億ユーロに上り、また民間からも最大で10億ユーロの資金が拠出される予定。

・ 規制的制度

主要政策名	内容
EU-ETS (欧州排出量取引制度)	2005年開始。現在、フェーズ4(2021～2030年)。 鉄鋼メーカーも対象となっている排出枠の無償割当は、2026年から2035年にかけて段階的に廃止される(年率10%削減)。
CBAM (炭素国境メカニズム) (*)	EU-ETS無償割当の代替措置。カーボンリーケージ低減を目的に、特定品目をEUへ輸入する際、EU-ETSと同等の炭素価格を課す。当初は鉄鋼など計5部門が対象。
Industrial Emission Directive (産業排出指令)	2010年採択。 排出防止や排出削減技術導入を課す基準を設定することで、鉄鋼生産からのGHG排出を規制。
New Circular Economy Action Plan (新循環型経済行動計画)	2020年公表。長期間の使用・再利用・修理・リサイクルが容易な設計や短期間での劣化防止などの義務付け、売れ残り耐久財の廃棄を禁止する法案が提出される予定。 2015年に公表された「循環型経済行動計画」をさらに推進するもの。 鉄鋼は、寿命の長い耐久製品で、リサイクル、再利用、再製造に適していることから、循環型社会に向けて可能性を秘めた優先されるべき製品・材料グループの一つと位置づけられる。

- ・ 2021年5月に公表された、「2020年EU新産業政策の更新版」の付属資料(staff working document)「競争力のあるクリーンな欧州の鉄鋼をめざして(Towards competitive and clean European steel)」で、上記のような政策手段やEU鉄鋼業脱炭素化のビジョンなどをまとめている。

(*)2026年から導入予定で内容細則の検討が進められていたが、最新情報では、CBAMについて、2022年12月13日に欧州議会が、EU理事会と暫定合意に達し、同制度の適用開始は2023年10月1日に予定されている(詳細は、上記(ア)気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略の2022年12月13日の項を参照)。

(ウ) アルミニウムの脱炭素化戦略・施策

既述のように、CBAM(炭素国境調整メカニズム)は2026年から導入され、対象となるのは、

鉄鋼、セメント、肥料、電気の他、アルミニウムも含まれ、具体的品目は、表 4に示すとおりである。アルミニウムは、鉄鋼と同様に、製品の数量は質量(トン)で計量され、排出されるCO₂eも製品1トン当たりの排出量(トン)に換算される。

表 4 CBAMの対象となるアルミニウム製品

CNコード	品名	対象となるガス
7601	鋳塊等、塑性加工が施されていないもの	CO ₂ 、PFC*
7603	粉末と箔片(フレーク状のもの)	CO ₂ 、PFC
7604	棒、ロッド、型材(他に該当するものを除く)	CO ₂ 、PFC
7605	線	CO ₂ 、PFC
7606	厚板、薄板、条 いずれも、板厚0.2 mmを超えるもの	CO ₂ 、PFC
7607	板厚が0.2 mm以下の箔(表面に印刷されているもの、紙や段ボール、プラスチックやこれらの類似品に貼り付けてあるものも含む)	CO ₂ 、PFC
7608	チューブ、パイプ	CO ₂ 、PFC
7609 00 00	チューブやパイプの付属物 (例:カップリング、エルボー、スリーブ)	CO ₂ 、PFC

* PFC: Perfluorocarbon (パーフルオロカーボン)

2022年6月、欧州連合理事会(The Council)は、表 4に示す8品目に6品目を加えた新しいリスト(表 5)を提案しており、これによると、スクラップ、廃品、家庭用品、スポンジ、清掃用クロスを除く、ほとんど全てのアルミニウム製品が該当することになる(ただし、ドイツ連邦環境庁が出している報告書

(https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_cbam_trade_and_CO2-costs_for_products_en-gb_final_version.pdf)には、「スクラップと廃品が対象にならないことがが、CBAMの抜け道にならないように注意が必要である」とコメントされている)。

表 5 欧州連合理事会が提案したCBAM対象のアルミニウム製品追加リスト

CNコード	品名
7610	建造物及びその部品
7611 00 00	容積が3000を超える回収容器、樽、バット及び類似容器
7612	容積が3000以下の回収容器、樽、バット及び類似容器
7613 00 00	圧縮ガス及び液化ガスの容器
7614	より線、ケーブル、ロープ及び類似品
7616	他に該当しないアルミニウム製品(スクラップ、廃品、家庭用品、スポンジ、清掃用クロスを除く)

アルミニウム新地金は、電力消費量が非常に高く、またPFC排出量の大きな製品であるが、欧州委員会のCBAM現行案では、新地金製造に費やされた電力に起因する排出量は勘案されない。

JRC(Joint Research Centre)は、欧州委員会(EC)の総局(Directorate-general)の一つとして、EUの政策決定を支援するために独立して根拠に基づく知識と科学を提供することを目的として設立され、アルミニウムの脱炭素化に関連して、次のような報告書を発行している。

- ・ 2007年「世界のアルミニウム産業の将来展望(Prospective Study of the World Aluminium Industry)」
- ・ 2015年「エネルギーの有効利用とGHG排出:アルミニウム産業の将来(Energy Efficiency and GHG Emissions: Prospective Scenarios for the Aluminium Industry)」
- ・ 2021年7月「ボーキサイトとアルミニウムの持続可能性(Sustainability aspects of Bauxite and Aluminium)」

2015年の報告書では、欧州のアルミニウム産業にとってのエネルギーの有効利用とGHG排出抑制について、EU28か国(当時)とアイスランドの生産状況と、現在利用可能な最高の技術(ただし、必ずしも、全ての工場で実際に適用されているとは限らない)と将来の技術革新について検討を行い、次のような結論を導いている。2050年のエネルギー使用量とGHG排出量は、2010年に比べ、それぞれ21%及び66%削減され、アルミニウム新地金の製造についていえば、それぞれ23%、72%削減されると予想しているが、これらは、主に現在開発中の新技術の実用化によるところが大きいとしている。

現在利用可能な最高の技術と今後開発が期待されている新技術には、表 6に示すようなものが挙げられており、いずれもGHG排出量の直接的削減や、省エネを通しての間接的な削減、又は、GHGの回収が期待されている。

表 6 省エネ及びGHG排出量削減につながる技術

	分野	技術
現在利用可能な最高の技術	Bayerプロセス	・ 天然ガスの利用 ・ 流動床を用いた煅焼プロセスの採用 ・ チューブダイジェスタの利用 ・ 板熱交換器の利用とエネルギー効率の高いボーキサイト選択によるアルミナ精製 ・ 熱電併給(コジェネ)
	Hall-Héroultプロセス	・ 陽極の予熱 ・ 合金化炉への直接鋳込み ・ 電解工程の最適化 ・ 還元工程の生産性
	陽極焼成	・ 天然ガス利用によるCO₂及びSO₂排出量削減 ・ リジェネバーナの利用
	自家発電	・ 水力発電、地熱発電、バイオマス発電の利用(特に、費用的には劣るものの、場所を選ばないバイオマス発電の利用)
	スクラップ溶解	・ スクラップから除去したコーティング剤(揮発性有機物)の燃焼熱のスクラップ予熱への利用 ・ 再溶解時のリジェネバーナの利用
	Bayer プロセスと Hall-Héroultプロセスの連結	・ Hall-Héroultプロセスで発生したガスの熱エネルギーのBayerプロセスでの利用
将来実用化され得る新技術	Bayerプロセス	・ 赤泥(red mud)の処理技術の開発 ・ アルミナ三水和物(Al₂O₃・H₂O、Gibbsite)の代わりに、アルミナ一水和物(Al₂O₃・H₂O、Boehmite)の析出利用
	Hall-Héroultプロセス	・ TiB₂製不活性陰極の開発 ・ 非消耗陽極の開発 ・ 高温炭素熱還元の利用 ・ 低温電解 ・ 交流磁場の利用 ・ 二酸化炭素回収・貯留技術の開発
	陽極焼成	・ 非消耗陽極による陽極焼成工程の不要化
	スクラップ溶解	・ (新しい技術は見当たらず)

2021年の報告書では、2015年の、EU+UK+EFTA(European Free Trade Association:欧州自由貿易連合)内のアルミニウム新地金のカーボンフットプリントは、2010年に比べて21%減少している。しかし、カーボンフットプリントの大きなアルミニウム(例えば、石炭火力発電が主力で、欧州域内の3倍のカーボンフットプリントを有する中国製)の輸入が増えることにより、欧州域内で使用されるアルミニウムのカーボンフットプリントを更に削減し続けるのは容易でないと指摘している。

(4) ドイツ(鋼、アルミ)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ両方に関係)

- ・ 中長期の脱炭素政策のため、気候保護(Klimaschutz)を掲げる計画や法律を整備している。産業のGHG排出削減に向け、①EU-ETS、②6つの産業部門(エネルギー、鉄鋼・アルミを含む製造業、建造物、運輸、農業、廃棄物)の年間GHG排出量上限(2023年から厳格化の予定)が導入されている。
- ・ 2016年、2050年に向けた「気候保護計画 2050」が成立。
- ・ 2019年、「連邦気候保護法(Bundes-Klimaschutzgesetz: KSG)」が施行され、同法を具体化するための「気候保護プログラム 2030(Klimaschutzprogramm 2030)」も公表された。プログラムの中核は、2021年以降のドイツ国内の運輸・熱部門のカーボンプライシング導入。排出権取得を義務化し、カーボンプライシング収入を財源に、投資支援の実施や再エネルギー賦課金を軽減する。
- ・ 2020年6月、「国家水素戦略(※)」を発表。脱炭素化へのカギとなる技術として強力に水素利活用を推進する方向にあり、規制と支援の両面から脱炭素化を推進しようとしている。
- ・ 2021年1月、「国家水素戦略」の具体策となる「工業の脱炭素化」を発表。鉄鋼、セメント、化学、非鉄金属等の多排出産業に対する支援プログラムで、生産過程でのCO₂排出削減に寄与する革新的技術の研究開発、試験・実証等を支援することが目的。
- ・ 2021年6月、連邦気候保護法の改正が議会承認され、気候中立(GHG排出量実質ゼロ)達成を改正前の2050年から5年前倒して2045年とすることを新たに定めた。また、2030年までに1990年比で55%減だったGHG削減目標を65%減に引き上げ、2040年までに1990年比で88%減とする中間目標を新たに導入、各年の削減目標も明確にした。
- ・ 2021年6月、連邦政府は、連邦気候保護法の改正に合わせて、「気候保護緊急プログラム 2022(Klimaschutz Sofortprogramm 2022)」を決定。80億ユーロの追加資金を、改正連邦気候保護法の目標達成のための具体策に割り当てた。そのうち、建築部門が最大で55億ユーロ、産業部門には 8億6,000万ユーロが割り当てられた。

※国家水素戦略の概要

- ・ 2030年までに90億ユーロ(国内の水素技術強化:70億ユーロ、国際連携構築への投資:20億ユーロ)投資。
- ・ フェーズ1(2020~23年)、フェーズ2(2024~30年)を設定。
- ・ フェーズ1では、以下の6分野で38施策を提言。
 - ①水素製造、②水素利用、③インフラ整備、④研究・教育・イノベーション、⑤EUで必要な行動、⑥国際水素市場と国外との連携
- ・ そのうち、産業部門に関する施策は4項目。
 - ①特に化学・鉄鋼業に対し、化石資源由来の素材・燃料から水素への転換について助成
 - ②電解装置の利用促進のために炭素CfD(Carbon Contracts for Difference)を試験的

に導入

- ③低排出プロセスや水素を利用して生産した工業製品の需要喚起
- ④特にエネルギー集約型産業のステークホルダーと共に、水素をベースとした長期的な脱炭素戦略を策定

(イ) 鉄鋼業の脱炭素化戦略・施策

- ・2005年からドイツ連邦教育・研究省(BMBF)が、「持続的発展のための研究フレームワークプログラム(FONA)」を実施している。

FONAの枠組みで実施されている具体的な取組みの代表例として、製鉄所の製鋼工程で発生するCO₂などのガスを燃料、樹脂、肥料などの化学製品の生産に活用することを目指すドイツの共同研究プロジェクト「Carbon2Chem」がある。基礎研究の成果を市場投入できる段階に発展させるための研究開発に取り組んでおり、鉄鋼大手ThyssenKruppなどの民間企業や、Max-Planck-Institute(マックスプランク研究所)、Fraunhofer-Gesellschaft(フ라운ホファー研究機構)、大学などの研究機関の計17パートナーが参加している。プロジェクトのパートナーは2025年までに1 億ユーロ超の投資を計画。また、ドイツ連邦教育・研究省は同プロジェクトに6,000 万ユーロ以上を支援している。ただし、製鉄所で発生するガスをアンモニアに変換し、化学肥料の原料とする技術はすでに確立しているが、経済性を確保できていないため、Carbon2Chemでは、市場投入できる水準に達するには少なくとも10年の開発期間が必要であると見込んでいる。(Carbon2Chemについては3-1-(5)

ThyssenKruppも参照)

- ・2020年7月、連邦政府は気候中立の目標達成に必要な対策を挙げた行動計画「鉄鋼アクションコンセプト(Steel Action Concept: For a strong steel industry in Germany and Europe)」を発表。その内容は以下のとおり。

- ① 世界市場における公正な競争条件の構築
セーフガード等の通商防衛措置の拡大と厳格な適用等。
- ② カーボンリーケージの回避
更なるカーボンリーケージ回避手法の検討、エネルギー集約型産業への更なる負担の回避等。
- ③ 水素市場の確立、エネルギーインフラ拡充、技術革新と投資に対する資金援助等。
加えて、鉄鋼業の脱炭素化のためには、2050年までに300億ユーロ、うち2030年までに100億ユーロの投資資金が必要との試算を示した。

- ・2021年5月、連邦政府と鉄鋼業界が行動計画の進捗を協議した結果、政府は鉄鋼業の脱炭素化のため、2022～24年に50億ユーロの追加支援を決定した。これに対して、ドイツ鉄鋼連盟は資金調達の枠組みをさらに拡大するよう要望。
- ・2021年11月、欧州最大の鉄鋼生産地(西部Duisburg(デュイスブルク))での鉄鋼生産時の水素活用プロジェクトへ助成金を出すと発表。

- ・2022年10月、ドイツ連邦経済・気候保護省(BMWK)は、欧州委員会(EC)がドイツの大手鉄鋼メーカーSalzgitterによるSALCOSプロジェクトと化学企業BASFのHy4Chemプロジェクトという2つの大規模な水素プロジェクトを承認した、と発表した。これは、水素に関するIPCEI (欧州共通利益の重要プロジェクト: Important Project of Common European Interest on hydrogen) の文脈における最初の大規模なドイツの産業プロジェクトであり、BMWKにとり重要なマイルストーンだとしている。連邦政府はLand Niedersachsen(ニーダーザクセン州) 及びLand Rheinland-Pfalz(ラインラントプファルツ州)と協力して、年間250 万トン以上の排出量を削減することを目的として、プロジェクトに計10 億ユーロ以上の資金を提供する。(SALCOSの詳細については、3-1-(6) Salzgitterを参照)
- ・2022年11月、BMWKは、鉄鋼メーカーGeorgsmarienhütteの脱炭素プロジェクトに88万ユーロの助成金を交付。BMWKが鋼材加工の脱炭素化を目指すプロジェクトに資金提供するのは今回が初めてである、と同省が11月25日付の声明で述べた。高級構造用鋼製及びステンレス鋼製棒鋼サプライヤーであるGeorgsmarienhütteは、この資金を利用して、棒鋼の熱処理を行う焼入れ・焼戻し工場を建設し、2023年半ばに稼動する予定である。大量のエネルギーを消費する従来の焼戻しプロセスでは、再加熱炉で天然ガスを燃焼させており、GHGが発生していたが、このプロジェクトでは、その代わりとしてグリーン電力を使用する。BMWKの発表によれば、この工場だけで、約2800トン/年のCO2排出量が回避できるとのことである。
- ・地方自治体では、ドイツのNordrhein-Westfalen(ノルトラインヴェストファーレン州)が2020年11月、同州における水素経済の発展を加速させるための今後の計画をまとめた「水素ロードマップ」を発表している。その中で、2025年までの目標として、Duisburgに最初の水素ベースの大型鉄鋼プラントを建設すること、産業用の水素を生成するための100メガワットを超える電解層(エレクトロライザー)工場を整備すること、などを掲げている。

【鉄鋼業界側の反応】

上記のような政府・自治体の動きに対して、鉄鋼業界側は以下のような意見・要望をしている。

- ・鉄鋼が使われている製品について、CO2が少ない製法で作られた『グリーンスチール』の最低比率を義務付けるよう政府に要求。その一環で、政府に対して「グリーンスチールのためのリード市場(Grüne Leitmärkte für Stahl)」の設立を呼びかけている。
- ・非炭素化のための費用とCO2排出量価格のギャップを政府が補填する差額決済契約(Contract for Difference: CfD)の導入を要求。製造法を変更して非炭素化を行うための費用は、しばしばEU-ETSでのCO2価格を上回るため、政府に対して、実際の非炭素化コストと、市場でのCO2排出量価格の差額補填を要望。ドイツ連邦政府も、炭素化を進める上で補填の必要性を認めており、CfDについての研究を進めている。
- ・上記のようにドイツ政府は2021年5月、2022年からの2年間に鉄鋼業の脱炭素化のために50億ユーロを投じる、と発表した。鉄鋼業界は政府の決定を歓迎したものの、「まだ最初の

一步にすぎない」という意見が強い。ドイツ鉄鋼協会は、2045年までに製造法を転換し、CO2実質ゼロを達成するには、少なくとも300億ユーロの投資が必要になると見ている。同協会は、「現在ドイツには約3万1,000基の風力発電設備があるが、鉄鋼業界だけでも1万2,000基の風力発電設備を建設する必要がある」としている。

- ・鉄鋼業界は、2030年までに710万kWの水素製造能力が必要になると主張している。これに対し、ドイツ政府が「国家水素戦略」の中で明記している2030年の水素製造能力の目標値は500万kWにすぎない。こうしたこともあり、ドイツの鉄鋼各社には、電力会社と提携して、グリーン水素を自前で調達しようとする動きが目立つ。背景には、「政府の再生可能エネルギー拡大のテンポは遅すぎる。このため将来グリーン水素をめぐる競争が激化するのではないか」という各社の読みがある。(ドイツ鉄鋼大手の水素調達戦略については、本稿3-1-(5)、(6)参照)

【2023年2月のBMWK科学諮問委員会(Wissenschaftlicher Beirat)の報告】

BMWKは、二酸化炭素排出量の削減と引き換えに補助金を支給する計画を立てているが、そのような計画は市場介入を伴うため実施すべきではない、と同省の諮問委員会が2023年2月8日に述べた。Habeck経済・気候保護相は2022年11月に、エネルギー集約型産業の企業に対してその生産に伴う二酸化炭素排出を削減する代わりに15年間の補助金を支給したい考えであると述べていた。しかし、同省の科学諮問委員会は、こうした支給契約は過度に複雑であり、企業の意思決定に深く影響を与え、市場を歪めるものであるとして、実施しないように勧告した。「これは、かなりの効率損失と資金調達リスクを伴う可能性がある」と同諮問委員会は報告書で述べており、また、気候に優しい技術がどのように展開され、そのコストがいつ下がるのかは誰にも分からないとも指摘している。こうした契約は、新規参入企業又は潜在的な外国の競合他社を犠牲にして既存企業を優遇することにもなると同報告書では示されている。このため、新興企業又はパイロットプロジェクトに限った利用には適したものになるかもしれないと付け加えている。同諮問委員会によれば、さらに環境に優しい産業への転換を加速させる手段として、政府はその代わりに庁舎及び公共インフラ又は消費財について気候に優しい製品の割当枠を設定することにより、そうした製品の市場創出に重点を置くべきとしている。また、こうしたグリーン市場規制は、落ち着くまで時間がかかるものであり、国際貿易紛争のリスクを避けるために国内で消費される商品にのみ規定されるべきであると警告している。

また、同諮問委員会は、産業の脱炭素化を推進するためにCO2排出権の差金決済取引(炭素CfD取引)に依存し過ぎれば、補助金頼みの文化を生み出してしまう危険性があるとも指摘している。

(科学諮問委員会は、経済政策の全ての問題について、連邦経済気候保護大臣に個別に助言する委員会で、41人の科学者が年に5回集まり、自らが選んだトピックについて話し合い、その結果をレポートの形で発表する。)

(ウ) アルミニウムの脱炭素化戦略・施策

ECが2030年までのGHG削減目標を定めたFit for 55パッケージとして、EU排出量取引制度(EU-ETS)及び炭素国境調整メカニズム(CBAM)が提案されており、アルミニウム関連製品については、表 4及び表 5に示したとおりであるが、CBAMは、EU域外からEU域内に、排出量が多い輸入製品について課金されるシステムであり、EU域外への輸出品については対象外である。特に、パイプのフィッティング類や板製品の輸出強度(＝国内製造金額に対する輸出額の比率)が20%を超えており

(https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_cbam_trade_and_CO2-costs_for_products_en-gb_final_version.pdf)、輸出品のカーボンフットプリントは無視できない。一方で、アルミナからアルミニウムを製造する工程は、非常に多くの出力を消費するにもかかわらず、現在のところ、発電時に発生したGHGは計算対象外であり、また、アルミナ製造時に排出されるGHGが計算の対象になるかどうかも決まっていない(少なくとも、CBAMリストには、アルミナ(CN 28182 00 00)は、含まれていない)。そこで、ドイツ連邦環境庁では、セメントとセメントクリンカー(セメントを製造する際の間製品)、鉄鋼、アルミニウム、肥料の4分野の工業製品について、CBAMが導入された際、欧州域外への輸出に伴う排出権取引コスト増を試算し、これらの産業の競争力に及ぼす影響を製品価格に占める排出権コストの比率で評価している。高付加価値品であるパイプフィッティング類では0.5%未満であるが、板製品では1.7～3.4%を占めるものと推定されている。

(5) イタリア(鋼)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略

- ・ 2010年、「再生可能エネルギーへの国家戦略(PAN)」を策定
- ・ 2017年11月、「国家エネルギー戦略(SEN2017)」を発表。

ECが2011年に発表した「EUエネルギーロードマップ2050」で示している長期的なシナリオを踏まえ、イタリアとしての目標を定めたもの。2030年には、EU 目標である①エネルギー効率を年率1.5%改善、②GHG排出量33%削減(2005年比)、③総エネルギー消費量に占める再生可能エネルギー比率27%、を目指すとしている。

- ・ 2020年1月、「エネルギーと気候に関する国家統合計画(PNIEC)」を策定。

ECが2019年に発表した「欧州グリーンディール」を踏まえたもの。詳細下記※PNIEC。

- ・ 2020年11月、経済開発省、「水素国家戦略予備ガイドライン」を発表。

国家の脱炭素化に向けて水素が果たし得る役割を列挙したもので、上記PNIECと、EUの「気候中立のための水素戦略」も踏まえて策定。2030年までに最終エネルギー需要の2%を水素で賄うことや、水素利用を通じて2030年までに最大8メガトン(CO2相当)を削減することなどを数値目標として掲げている。同ガイドラインはあくまでも予備としての位置づけで、国家水素戦略とその詳細については改めて発表される予定。

- ・ 2020年12月、EUと同様のNDC (Nationally Determined Contributions) 改定版提出。
- ・ 2021年1月、イタリア政府、GHG排出削減のための国家長期戦略 (NLTS - National Long-Term Strategy) を策定 (NLTS - National Long-Term Strategy | Ministry of Environment and Energy Security (mite.gov.it)) 。

この中で、鉄鋼を含む産業分野における脱炭素化オプションとして以下を挙げている。

- ① 化石燃料から水素、バイオエネルギー、合成燃料などの再生可能燃料への切り替え
- ② 消費電化の増加
- ③ CO₂回収・貯蔵の利用 (CCS)
- ④ 循環型経済の新しい選択肢

このうち、②消費電化の増加 (l'elettrificazione spinta dei consumi) としては、鉄鋼生産における高炉・転炉からDRI・電炉ルートへの転換推進などを含んでいる。④循環型経済の新しい選択肢としては、材料の再利用や再生バイオなどを挙げており、建設部門などで、リサイクルのきく材料としての鉄やアルミの循環使用への推進などを掲げている。

- ・ 2021年、イタリア政府は、EUの復興基金「次世代のEU」の執行にかかる復興パッケージ「再興・回復のための国家計画 (PNRR)」を策定し、ECに提出、5月に一般公表した。

このうち、EUの「復興レジリエンスファシリティ (RRF)」を財源とした予算額は1,915億ユーロと全体の8割超、そのうち、再生可能エネルギーや水素の利用拡大などを含むエネルギー関連施策「グリーン革命及び環境移行」が最大の31.0% (約595億ユーロ) を占め、そのうち、40.0% (約238億ユーロ) が再エネの増産を目標としている「コンポーネント2」に充てられている (下記の※PNRR予算内訳を参照)。

- ・ 2022年5月、「エネルギー政策・企業支援などに係る新たな緊急政令」発表。

エネルギー価格の高騰、ウクライナ情勢の深刻化に対応した緊急政令。

総額140億ユーロで、国内の再ガス化装置の能力増強に係る措置や、再エネ発電所用地の拡大、発電所建設に関する手続きの簡素化を盛り込んでいる。

◎イタリアには、炭素税はなく、主として再生エネルギーや水素の利用拡大が脱炭素施策の中心となっている。2021年2月に誕生したドラギ政権下で、EUの復興基金を活用した再生可能エネルギーへの移行を本格化させる (上記PNRR) など、エネルギー価格の高騰以前から、再エネ推進を積極的に行ってきた。さらに、ウクライナ情勢を受けて、国内での規制緩和も進められている。イタリアではエネルギー価格の高騰以前から、太陽光発電や風力発電拠点の認可プロセスに時間がかかることが問題視されていたが、ロシアのウクライナ侵攻直後には、景観や環境保護などの観点から認可が滞っていた風力発電所の建設が、ドラギ首相が介入する形で承認された。

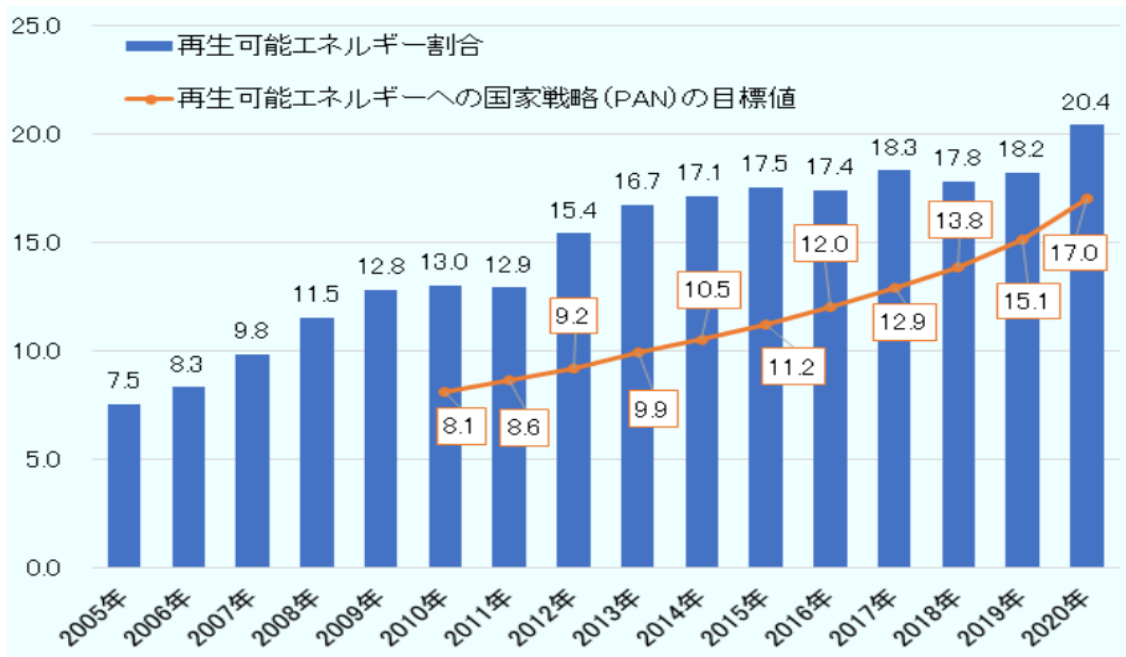


図 3 イタリアの総エネルギー消費量における再生可能エネルギーの割合(単位:%)

(出典:エネルギーサービス管理公社(GSE)のデータを基にジェトロ作成)

表 7 イタリアにおける電源別の発電量(輸入を含まず) (単位:GWh、%)

電源		発電量					構成比
		2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2021年
化石エネルギー	天然ガス	140,349	128,538	141,687	133,683	142,062	49.5
	石炭	32,627	28,470	18,839	13,380	14,595	5.1
	石油製品	4,083	3,289	3,453	3,175	4,092	1.4
	その他	13,047	13,281	12,192	11,436	9,328	3.3
化石エネルギー合計		190,106	173,578	176,171	161,673	170,077	59.3
水力 (揚水式)		1,826	1,716	1,835	1,944	2,091	0.7
再生可能エネルギー	太陽光	24,378	22,654	23,689	24,942	25,039	8.7
	水力 (水車)	36,199	48,786	46,319	47,552	44,740	15.6
	風力	17,742	17,716	20,202	18,762	20,789	7.2
	地熱	6,201	6,105	6,075	6,026	5,897	2.1
	バイオマス、廃棄物	19,378	19,153	19,563	19,634	18,272	6.4
再生可能エネルギー合計		103,898	114,415	115,847	116,915	114,737	40.0
全体合計		295,830	289,709	293,853	280,532	286,905	100.0

注: 2021年は暫定値。

(出典:イタリアエネルギー環境局(ARERA)の「2022年次報告書」を基にジェトロ作成)

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2022/0802/784acf00e3660bed.html>

※PNIEC

SEN2017の流れを酌みつつも、2030年までの目標をより野心的に設定した戦略となっている。SEN2017から引き続き、再生可能エネルギーの活用拡大とエネルギー効率の向上などに重点を置きながら、気候変動対応の推進を目指す。

表 8 エネルギーと気候に関する国家統合計画(PNIEC)で掲げる主な数値目標
(PNIEC発表時点)

再生可能エネルギー

達成項目	2030年に向けた目標	
	EU	イタリア
最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーの割合	32%	30%
運輸部門	14%	22%
温冷熱部門	各年1.3%増	各年1.3%増

エネルギー効率

達成項目	2030年に向けた目標	
	EU	イタリア
一次エネルギー消費量の削減率（注1）	32.5%減	43%減
エネルギー効率化装置義務化による最終消費削減率（運輸部門含む）	各年0.8%減	各年0.8%減

温室効果ガス排出

達成項目	2030年に向けた目標	
	EU	イタリア
ETS部門（注2）における温室効果ガス削減率（2005年比）	43%減	n.a.
非ETS部門における温室効果ガス削減率（2005年比）	30%減	33%減
全体における温室効果ガス排出削減率（1990年比）	40%減	n.a.

電力網の相互接続

達成項目	2030年に向けた目標	
	EU	イタリア
電力網の相互接続度合	15%	10%
電力の相互接続容量（MW）	n.a.	14,375

注1：PRIMES 2007（エネルギーの需要と供給をシミュレーションするEUの均衡モデル）におけるエネルギー消費量を母数とする。

注2：欧州排出権取引制度（EU-ETS）の対象となっている部門で、発電、石油精製、鉄鋼・金属、化学・セメントなどが含まれる。

出所：エネルギーと気候に関する国家統合計画（PNIEC）

（出典：エネルギーと気候に関する国家統合計画(PNIEC)よりジェトロ作成

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/057b4696c91a616a.html>)

※PNRR予算内訳

表 9 PNRR:ミッション別のEU復興基金の予算内訳

(単位:10億ユーロ、%)

ミッション	内容	金額	割合
1	デジタル化、イノベーション、競争、文化および観光	40.29	21.0
2	グリーン革命および環境移行	59.46	31.0
3	持続可能なモビリティのためのインフラ	25.4	13.3
4	研究と教育	30.88	16.1
5	包摂と結束	19.85	10.4
6	健康	15.63	8.2
—	合計	191.51	100.0

注：EUの「復興レジリエンス・ファシリティ（RRF）」を財源とした予算額のみを記載。

表 10 PNRR:ミッション2(グリーン革命及び環境移行)における予算内訳

(単位:10億ユーロ、%)

コンポーネント	内容	金額	割合
1	持続可能な農業と循環経済	5.27	8.9
2	再エネ、水素、持続可能な交通網と交通	23.78	40.0
3	建物のエネルギー効率化と再評価	15.36	25.8
4	環境と水資源の保護	15.05	25.3
—	合計	59.46	100.0

注：EUの「復興レジリエンス・ファシリティ（RRF）」を財源とした予算額のみを記載。

(出典:再興・回復のための国家計画(PNRR))に関する政府発表資料からジェトロ作成

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2022/0802/784acf00e3660bed.html>

(イ) 鉄鋼業の脱炭素戦略

- ・ 2021年1月、経済開発省がイタリア第2位の鉄鋼メーカーArvediのグリーン転換プロジェクト(総投資額約2億2,700万ユーロ)に資金支援を行うと発表。Friuli Venezia Giulia自治州による20万ユーロ及びLombardy州による50万ユーロの協調融資を含む開発契約を締結するとともに、イタリア投資誘致・事業開発公社(Invitalia)を通して5,000万ユーロを拠出する。
- ・ この結果、2022年7月、Arvediは、CO2排出がネットゼロであると認証された世界で最初の製鉄所となった。同社は7月8日の声明で、試験・検査・認証活動で国際的に認定された第三者機関であるRINAから、2022年9月1日から生産される鋼材の全ての種類と加工につ

いて、CO2排出ネットゼロ(スコープ1及びスコープ2)認証を取得したと発表した。Arvediは、Cremona (Lombardy州)で2基の電気炉(EAF)を、Trieste(Friuli-Venezia Giulia州)では単圧ミルを操業している。Triesteの高温処理エリア(hot processing area: 製鋼エリア)の転換を実施したことなどが、今回の認証取得につながったと述べた。直接排出(スコープ1)に関して、Cremonaでの操業は、特に金属チャージに関しては、品質、前処理、選別されたスクラップに重点を置き、またEAFに吹き込む無煙炭を植物由来の炭素やリサイクルから得られるポリマーに置き換えることに取り組んでいる。間接排出のゼロ化(スコープ)は、電力会社Enelによる再生可能電力の供給によって達成された。

(6) フランス(鋼)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略

- ・炭素税を基軸に、セクター別排出削減目標提示を行ってきた。これに最近では財政支援が加わっている。
- ・2014年、炭素税導入(EU-ETS対象企業は非課税)。
導入後、段階的に税率引き上げをおこない、その税収を競争力確保・雇用促進のための法人税控除や輸送関係のインフラ整備の財源、再エネ電力普及支援等のエネルギー移行に資するプロジェクトに充当。
- ・2015年「グリーン成長のためのエネルギー移行法(LTECV)」発効。
同法第8編第173条で、エネルギー移行を進める上での重要なツールとして、「国家低炭素戦略(Stratégie nationale bascarbone: SNBC)」及びカーボンバジェット(国全体の排出量上限値)の制定が位置づけられている。
GHG削減目標達成に向けた包括的枠組みと部門別の戦略であり、国、地域圏など公的意思決定者に対しては法的強制力を有する。企業や世帯にとっては、削減目標の達成を促すためのツール(投資先決定に役立つ指針などの参考資料となり得るもの)だが、法的拘束力はない。
- ・2018年、「黄色いベスト運動」によって炭素税の引き上げに国民から強い反発が生じ、2018年以降は税額が据え置きとなっている。
- ・2019年11月、「エネルギー・気候法(※)」施行。
「グリーン成長のためのエネルギー移行法(LTECV)」を改正したものである。
2050年にカーボンニュートラルを達成することを、エネルギー・環境政策の大きな柱として位置付けた。
- ・2020年4月、「エネルギー・気候法」施行を受け、「国家低炭素戦略(SNBC)」を大幅に改定
期間ごとのカーボンバジェットやセクター別の目標及び政策措置を含む、カーボンニュートラル達成に向けた新たなロードマップで、2030年までにGHG排出量を1990年比で40%削減する中期目標を設定した(具体的には、2030年のGHG排出量を、2019年の4億4,100万トンから3億2,900万トン以下に削減する目標)。
- ・2020年9月、「水素国家戦略」公表
2030年までに、70億ユーロを投資して、6.5GWのカーボンフリー水素製造設備の設置と600万トンのCO₂排出量の削減を目指す。カーボンフリー水素(≒グリーン水素)は、原子力由来水素の活用を視野に入れている。
- ・2021年8月、「気候変動対策・レジリエンス強化法」公布
- ・2021年10月、「フランス2030」計画発表
産業競争力の強化と未来産業の創出に向けた国の長期的な投資計画。原子力、水素、航空機、電子部品などの戦略分野に5年間で約300億ユーロを投資。300億ユーロのう

ち、原子力及び水素エネルギーを使ったクリーン電力への転換や製造業の脱炭素化に80億ユーロを充てる。「工業部門の脱炭素化」のほか、「小型原子炉の導入」「グリーン水素のリーダーを目指す」など10項目が盛り込まれている。

※「エネルギー・気候法」に関する補足

- ・2050年のカーボンニュートラル達成に向け、以下の4点に焦点を当てている。
 - ①化石燃料の依存度を減らし、再生可能エネルギーの開発を加速(2030年までに化石燃料消費量を2012年比で40%削減、2022年までに石炭火力発電停止、グリーン水素プロジェクトの推進など)
 - ②建築物の熱効率向上(建築物の改修促進、エネルギー効率監査実施など)
 - ③気候政策の運営、管理及び評価のための新しいツールの導入(独立諮問機関の設置、国家低炭素戦略の達成状況の5年ごとのレビュー・改定など)
 - ④エネルギー価格の適正化管理(電力・ガス料金の監査など)

※「国家低炭素戦略(SNBC)」改定版に関する補足

- ・フランスにおけるGHGガス排出量のセクター別の内訳は、運輸部門が全体の30%を占め、建築物(19%)、農業(19%)、工業プロセス(17%)、エネルギー(12%)、廃棄物(3%)と続く。原発依存度の高さを背景に、エネルギー部門における排出量の比重が比較的小さいのが特徴的。こうした現状を踏まえ、運輸部門の排出量削減を重要視しているが、工業部門も、2050年までに2015年比でGHG81%減を目指すとしている。

(イ) 鉄鋼業の脱炭素施策

- ・炭素税(とその引き上げ)が軸となっている。また、「国家低炭素戦略(SNBC)」(2020年改定)の中では、「鉄鋼・セメント等の部門における工業プロセス向けCCSの開発を目指す」と言及している。最新の「フランス2030」工業部門では、財政支援を打ち出すとともに、(拘束力はないが)GHG削減目標を公表している。
- ・2021年10月に発表された「フランス2030」計画では、製造業の中では鉄鋼、セメント、化学産業を中心に脱炭素化を進めるとした。
- ・2022年2月、「フランス2030」工業部門を発表
フランス首相府は、「フランス2030」計画のうち、工業部門の脱炭素化の内容を発表した。2030年までに、製造現場の脱炭素化に50億ユーロ、炭素回収をはじめとする新技術の開発向けに6億ユーロ以上投資することなどが盛り込まれている。
また、セクター別の脱炭素ロードマップを作成。2030年までに2015年比で、鉄鋼業界で31%、アルミニウム業界では9%、など、それぞれ排出量を削減すると掲げた。
- ・2022年2月、Jean Castexフランス首相、鉄鋼メーカーArcelorMittalのフランスにおける脱炭素化プログラム(2030年までに17 億ユーロ投資)への支援を発表。

(7) スウェーデン(鋼)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略

- ・ スウェーデンでは、非常に早くから脱炭素に関する取組みが始められている。
- ・ 1972年、国際連合がスウェーデンのストックホルムで国連人間環境会議を開催。環境問題に対する初の国際会議。スウェーデンでの開催となったのは、同国政府が、国連に対し、国境を超えた議論を呼びかけたことがきっかけである。
- ・ 1988年、最初の地球温暖化防止目標を設定。二酸化炭素排出量を当時のレベルに安定させることが目標だった。
- ・ 1991年より炭素税を導入。これは、1990年導入のフィンランドに続き、世界で2番目。同税は、その後、漸次、税率が上げられている(後述)。
- ・ 1997年12月に採択された京都議定書に、採択時の EU加盟の15カ国の一つとして参加し、第一約束期間(2008～2012年)におけるGHG排出量を 1990年比で 8%削減する目標に合意。
- ・ 2005年より開始された排出量取引制度EU-ETSにも当初から参加。
- ・ 2009年6月の「An Integrated Climate and Energy Policy」において、GHG削減目標として、2020年までに 1990年比で 40%削減、2050年までにネットゼロ排出を設定した。
- ・ 2015年、パリで開催された国連気候変動枠組条約締約国会議(COP21)に先立ち、スウェーデン政府の主導で「Fossilfritt Sverige (Fossil Free Sweden)」が開始された。これは、スウェーデンが1つになるという宣言を支持する企業、自治体、研究団体、市民団体など多くの関係者で構成されている。この中で、鉄鋼業を含む22の産業部門が2045年までのカーボンニュートラル達成にむけたロードマップを発表し、その行動計画は政府へ提出されている。
- ・ 2016年6月、超党派の環境問題委員会(Cross-Party Committee on Environmental Objective)が、2014年12月の政府の要請に基づき、気候変動政策の枠組みと戦略「Enklimatoch luftvårdsstrategi för Sverige (A climate and air conservation strategy for Sweden)」を提案した。
- ・ 2017年2月、スウェーデン政府は、化石燃料を使用しない福祉国家を目指す気候政策枠組み(The Swedish climate policyframework)案を採択した。これは上記の超党派委員会における2016年の合意に基づいており、初の化石燃料を使用しない福祉国家になることを目指すもの。同案は、新たな気候目標、気候法、気候政策審議会の設置から構成されている。気候目標の一つとして、2045年までに大気への正味のGHG排出をゼロにし、それ以降は大気中からGHGを取り除く負の排出を達成すること、2045年までにスウェーデン国内の活動から発生する排出を1990年比で少なくとも85%削減することを掲げている。ネットゼロ排出(炭素吸収、海外プロジェクトへの投資を含む)の目標年が、2050年から2045年へと前倒しになった。
- ・ 2018年1月1日、上記枠組み案に基づき、気候法(Climate Act)が発効した。毎年の予算

案の中で気候報告を提示すること、4年毎に気候目標の達成方法を記した行動計画を策定することなどが求められている。

表 11 スウェーデンの脱炭素化への取組みの歴史と政権

日付	動向	政権
1991 年	炭素税導入	イングヴァール・カールソン首相 (社会民主党) (1986 年 3 月～1991 年 10 月) カール・ビルト首相(穏健党) (1991 年 10 月～1994 年 10 月)
2009 年 6 月	An Integrated Climate and Energy Policy 決定	フレドリック・ラインフェルト首相 (穏健党) (2006 年 10 月～2014 年 10 月)
2012 年 12 月	長期計画(Supporting a roadmap for a Sweden without climate emissions 2050)発表	
2016 年 6 月	気候変動政策の枠組みと戦略(A climate and air conservation strategy for Sweden)提案	ステファン・ロベーン首相 (社会民主労働党) (2014 年 10 月～)
2017 年 6 月	The climate policy framework 決定	
2018 年 1 月	気候法(Climate Act)発効	

表 12 スウェーデン気候政策枠組みの概要

気候法	・ 法律は政府の気候政策が気候目標に基づくべきことを定め、どのように実施すべきかを規定するもの。 ・ 政府は毎年の予算案において気候報告書を提出する。 ・ 政府は4年毎に気候目標を達成するための気候行動計画を見直す。 ・ 法律は2018年1月1日に施行。
気候目標	<長期目標> ・ 2045年までに大気への正味の温室効果ガス排出をゼロ(カーボンニュートラル)にし、それ以降は負の排出を達成する。 ・ 2045年までに国内の活動から発生する排出を1990年比で少なくとも85%削減(11百万トン以下)とする。 (国内排出量には、土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)分野からの排出量を含む。) ・ 正味の排出をゼロにするための追加措置を検討する。 <2030年、2040年目標> ・ EU-ETSでカバーされていない「Effort Sharing Regulation(努力を共有する規則)」の対象部門は、温室効果ガスを2030年までに少なくとも63%削減、2040年までに少なくとも75%削減する(いずれも1990年比)。但し、2030年は8%まで、2040年は2%まで補完的措置(国内の森林によるCO₂吸収や海外で実施する排出削減プロジェクトによる削減など)による削減が可能。 ・ 運輸部門(EU-ETS対象の国内航空部門は除く)の温室効果ガスは2030年までに少なくとも70%削減(2010年比)。
気候政策評議会	・ 政府の提示する政策全体と気候目標の一致状況を独立して評価するため、政治的に独立した気候政策審議会(Climate Policy Council)を設立する。審議会では、政府の様々な関連政策分野の方向性が、気候目標を達成する可能性を高めるか、低下させるか等を評価する。

【炭素税】

- ・ 炭素税は、CO₂排出1トン当たりに価格負担を求める「カーボンプライシング」の代表的施策である。
- ・ 課税対象は、輸送用燃料及び熱供給に使用される燃料で、二酸化炭素の排出量に応じて炭素税が算定・加算される。例えば食料を遠方から運ぶと、移動距離に応じて炭素税が加算される。
- ・ スウェーデンでは炭素税導入が決定した際、法人税の大幅な減税も行っており企業への負担を軽減、また労働税を減額して国民の負担軽減を図った。その後、2001～2004年に炭素税率を大幅に上げた際にも、低所得者層の所得税率引下げ等を行っている。
- ・ 炭素税やETSのオークション市場での炭素価格は、各国・地域ごとにバラバラで相当な格差がある。スウェーデンでは、1991年の炭素税導入当初は税率がCO₂換算1トン当たり

3,500円程度だったが、最近の世界銀行レポートによると、2021年4月1日時点で最も高いのはスウェーデンの炭素税で、CO₂換算で1トン当たり137ドル(約17,000円)とされており、5倍近くに上昇している。これにスイス、リヒテンシュタイン(それぞれ101ドル)、フィンランド(73ドル、輸送用燃料)などが続く。

- ・ スウェーデンの炭素税税収は約2,438億円(2019年実績)で、使途は再生エネルギー普及などに特定されない、一般財源となっている。
- ・ 国際エネルギー機関(IEA)の「CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017」によると、スウェーデンのエネルギー起源CO₂排出量は1990年時点で5,200万トンだったが、1995年をピークに減少傾向に転じ、2015年時点で3,700万トンとなっている。約3割減少したことになるが、これは炭素税の効果と評されている。ただし、部門別では、家庭、発電、産業部門(鉄鋼業含む)でCO₂排出量減少した一方で運輸部門ではあまり変化が見られなかったとの指摘もある。

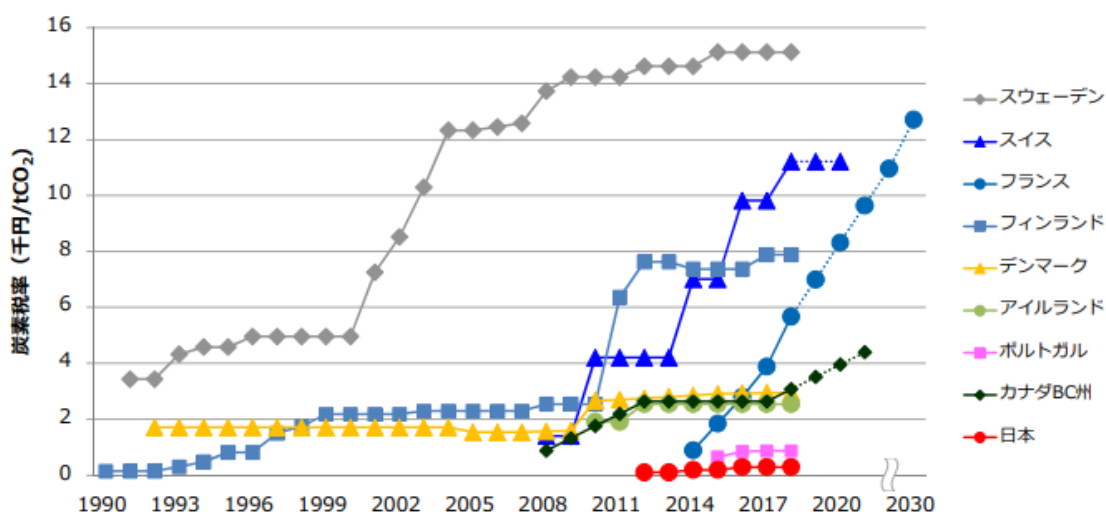


図 4 主な炭素税導入国の税率推移及び将来見通し

(出典:環境省「諸外国における炭素税等の導入状況」平成30年7月

https://www.env.go.jp/content/900498772.pdf_p20)

- ・ 欧州では、2003年の「エネルギー製品と電力に対する課税に関する枠組み指令(エネルギー税制指令、2003/96/EC)」及び2008年の「物品税の一般的な取り決めにに関する理事会指令(物品税の理事会指令、2008/118/EC)」によって、エネルギー税の運用に関する共通の枠組みを設定している。「エネルギー税制指令」は、輸送用燃料、熱供給用燃料及び電力の最低税率、減免措置適用基準、エネルギー集約型産業への配慮措置の必要性等を規定し、「物品税の理事会指令」では、国境を越えた燃料の移動に関する運用方法を定め、域内市場の円滑な運用を図っている。スウェーデンでは現在、これらのEU指令に基づ

き、炭素税が設計・運用されている。

(イ) 鉄鋼業の脱炭素化政策

【概観】

- ・ スウェーデンの鉄鋼業は2020年に粗鋼440万トン(鋼材340万トン)を生産しており、EU加盟27カ国と英国を合わせた粗鋼生産量の3.2%(鋼材生産量全体の2.5%)に相当する。
- ・ EU域内の鉄鋼生産に占める割合はわずかながらも、スウェーデンは、化石燃料フリー鋼を商業規模で生産する国際競争のトップランナーであることが大きく取り上げられている。2030年までに年間1,000万トンの粗鋼生産を目指して、HYBRIT及びH2Green Steelによる少なくとも2つの開発構想が別々に立ち上げられている。
- ・ Wood Mackenzieの主席アナリストMalik氏は次のようにコメントしている。「スウェーデンの鉄鋼業における脱炭素化の動きは、再生可能エネルギー及びグリーン水素のコスト低下並びに炭素価格の上昇を主な要因として、今後数十年にわたり、グリーンスチールの製造コストが大幅に削減される可能性を示している。スウェーデンは、ヨーロッパ最大の鉄鉱石埋蔵量と優れた再生可能エネルギー資源を誇るが、これらは、グリーン水素の製造及び脱炭素化された粗鋼の生産に必要となる2つの主要な前提条件である」。

【HYBRIT】

- ・ 2016年から始められた、鉄鋼メーカーSSABと鉄鉱石ペレットメーカーLKAB及び電力会社Vattenfall(バッテンファル)による、化石燃料を使わない製鉄技術の開発プロジェクト。詳細は3-1-(7) SSABの項参照。

【Boden】

- ・ 2020年に、スウェーデン北部で大規模なグリーンスチールの生産を構築することを目的として設立されたH2 Green Steel (H2GS)によるプロジェクト。詳細は3-1-(8) H2 Green Steel の項参照。

【財政支援】

- ・ 2018年のスウェーデンエネルギー庁プレスリリースによると、同庁は、HYBRITプロジェクトを全面的にバックアップするとして、2018年までに実証実験プロジェクトして2案件、研究プロジェクトとして1案件に補助金を拠出しており、さらに、2020年完成予定の実証プラントに5億2,800万スウェーデンクローナ(約65億円)を拠出。これは同庁の過去最大の補助金支出だという。HYBRITプロジェクトに加わる3社も合計で8.3億スウェーデンクローナ(約103億円)投資。

(出典:スウェーデンエネルギー庁プレスリリース2018/6/18

<https://www.energimyndigheten.se/en/news/2018/major-investment-in-a-one-of->

[a-kind-plant-for-production-of-fossil-free-steel/\)](https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2018/hybrit-construction-start-for-globally-unique-pilot-plant-for-creating-fossil-free-steel/)

(出典: Vattenfallプレスリリース2018/6/20

[https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2018/hybrit-construction-start-for-globally-unique-pilot-plant-for-creating-fossil-free-steel\)](https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2018/hybrit-construction-start-for-globally-unique-pilot-plant-for-creating-fossil-free-steel/)

- ・ 2018年以降は、スウェーデンエネルギー庁は、2045年までに脱炭素化するための長期支援の枠組みである **Industriklivet** (インダストリアルライフイニシアチブ) を活用して **HYBRIT** 等に対する財政支援を行っている。**Industriklivet** は、脱炭素に関する調査、実現可能性調査、パイロット及びデモンストレーションプロジェクト、及び投資への資金等支援を行うもので、2018年に開始され、2040年まで継続する予定となっている。
- ・ さらに、2021年11月には、「EUイノベーション基金」における大規模プロジェクトを対象とした公募で選出された7件のプロジェクトの1つとして、**HYBRIT** が助成対象に採択された。
- ・ 2022年9月、ECは、鉄鋼業、鋳業及び金属産業の転換によって産業部門の二酸化炭素排出を削減することを含め、スウェーデンが2045年までに気候中立の達成を支援するためのEU補助金として1億5,570万ユーロ(1億5,460万ドル)を受領することを明らかにした。この資金は、EUの「公正な移行基金(JTF)」から拠出される。この補助金は、スウェーデンがエネルギー転換のために計画している総額3億1,150万ユーロの投資の一部に充てられる。

【参考: スウェーデンの電力事情と電力インフラ整備】

- ・ スウェーデンの電源構成は以下のようになっている。元々、化石燃料による火力発電はごくわずかで、水力や原子力のようにCO₂を排出しない電源が主力となっている。これが鉄鋼業の脱炭素化で先行する一因となっている。
水力40%、風力12%、その他自然エネルギー7%、原子力38%、化石燃料ほか2%
(IEA, Monthly Electricity Statistics–Data up to December 2019 (2020年3月) データ)
- ・ 沿岸では風力発電施設が設置され、炭素税を利用して年々増設されている。
- ・ 現在、スウェーデンの風力発電は、均等化発電原価(LCOE: Levelized Cost of Electricity) が1メガワット時(MWh) 当たり30ドルであり、非常に経済的な発電源となっている。陸上風力発電のための融資制度の改善、陸上及び洋上発電所設置に対する設備投資額の低下、資産管理の技術的最適化並びに洋上送電網インフラに対する国の支援によって、さらなるコスト削減が期待されている。
- ・ スウェーデンは化石燃料資源に乏しく、国内では、わずかに泥炭などを産出するのみで、石炭や石油、天然ガスの供給は、もっぱら輸入に依存している。一方で、豊富な水力資源や、原子力を利用した発電が行われているほか、森林地帯が広がる国土の特性もあって、木質燃料などのバイオマスによる発電や熱供給も盛んである。このため、化石燃料資源には乏しいものの、スウェーデンの国内エネルギー自給率は75%(2015年値)に達している。
- ・ なお、国土が高緯度に位置することもあるため、太陽光発電はごくわずか(2015年実績では0.1%未満)にとどまる。

(出典:電力事業連合会

https://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_jigyo/sweden/detail/1231588_4791.html)

- ・最近では、さらに、これまで一番安い電源として限界電源 (marginal electricity) の位置を占めてきた原子力は、より安い費用で電力を提供できる(より限界費用が低い電源である)水力と風力に、その位置を奪われ始めている。水力や風力の豊富な発電が、電力価格の下落を招き、原子力発電の設備利用率を低下させ、原子力の経済性を悪化させている。

(出典:自然エネルギー財団

<https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20200424.php>)

- ・スウェーデンは、火力発電所の削減を急速に進めている。そのため、2020年時点で3.2ギガワットだった火力発電による発電能力は、2030年に1.8ギガワットまで低下する見込みである。この火力発電の減少ペースが2030年以降も続けば、10年後の2040年時点での再生可能エネルギー利用率100%達成は無理な目標でない。石油火力と天然ガス火力の発電所が急速に減ることで、火力発電の電源シェアは2030年には0.5%まで下がる。

(出典:GlobalData社2021年発表レポート

<https://www.globaldata.com/sweden-may-achieve-100-electricity-generation-renewables-2040-says-globaldata/>)

- ・スウェーデンの人口は900万人ほどであるが、国内には非常に多数の電気事業者が存在する。電気事業の歴史的な成り立ちから、スウェーデンでは比較的規模の大きい発電会社と、小規模な配電会社に分かれる傾向が見られ、これが現在に至るまで続いている。現在、国内には約160社の配電会社が存在しており、その多くは地方自治体営などの小規模な会社である。一方、発電部門では、国内総発電量の約7割を、スウェーデン国有企業のVattenfall社、ドイツ系のUniperグループ、フィンランド資本のFortum (フォルトム) 社の大手3社が賄っている。
 - ・風力発電の容量が大きいため、需要ピーク時の発電に課題がある。また、発電源の大部分は国の北部にあるが、北部と南部を結ぶ送電網が不足しており、送電に問題がある。
- GlobalDataの電力アナリストであるRohit Ravetkar氏は、「スウェーデンの送電網拡大は必須である。実現するには、国営の送電網事業者であるSvenska Kraftnätが主要な役割を果たす必要がある。又は若しくは同時に、国は急速な成長を可能にするために送電部門の民営化に目を向ける必要があるかもしれない」と指摘している。

(GlobalData: <https://www.globaldata.com/sweden-may-achieve-100-electricity-generation-renewables-2040-says-globaldata/>)

- ・HYBRITでは、現在、海綿鉄生産はスウェーデン北部にあるLulea (ルーレオー)で行っているが、それを用いた製鋼・圧延は同国南部のOxelösund (オクセロスンド) 製鉄所で行っている。
- ・OxelösundにあるSSABのサイトでのEAFへの移行は、電力容量の十分な増加を可能にする新しい配電グリッド接続の2025年までの完了にかかっている、との指摘もある

(Adel upprörs av kabeldragning. DN.SE, 10 July 2019. <https://www.dn.se/ekonomi/adel-upprors-av-kabeldragning/>)

- ・ また、HYBRIT の技術を用いた鉄鋼生産においては、電力消費が増大する。HYBRITの完全な実装では、現在のスウェーデンの総電力消費量の10%程度の電力需要増が想定されている。このため、グリーン水素製造に向ける再生可能エネルギー電力の確保だけでなく、国内の電力系統の拡張等が必要であり、許認可プロセスの迅速化や予見可能性の改善等が求められると言われている。

(出典:Olle Olsson(Stockholm Environment Institute (SEI)) & Björn

Nykvist(Stockholm Environment Institute (SEI)) Bigger is sometimes better:
demonstrating hydrogen steelmaking at scale July 2020

<https://cdn.sei.org/wp-content/uploads/2020/07/bigger-is-sometimes-better.pdf>)

【参考:スウェーデンの水素インフラ】

- ・ Fossilfritt Sverige (Fossil Free Sweden) が2021年1月、脱化石燃料を図るためのロードマップを公表し、政府に対して水素インフラ整備に関する提言も行っている。ロードマップでは、2030年までに再生可能エネルギー由来のグリーン水素がグレー水素に比して競争力を持つようになると見込んでおり、グリーン水素のみを優遇すべきであると提案している。また、水素インフラの整備は、既に水素を利用している又は利用見込みのある港湾や鉄道等の既存インフラを中心に、各地域において部門横断的な水素クラスターを形成することにより急速に進むと見ている。水素クラスター(水素バレー)の確立や、水素パイプラインの整備、そのための法制整備、資金調達ソリューション(さまざまな金融商品)の整備や、下記のような具体的提案も行っている。

- ・ 政府は 2021年中にスウェーデンの電力グリッド事業者である Svenska kraftnät社に対して電力グリッド計画の策定を指示すべきである。当該計画は、産業の電化を可能にする上で優先される送電線を指定し、送電線整備の工程表を提示するものとなる。
- ・ 政府は、水素製造のための電解設備設置目標を 2022年までに設定するべきである。当該目標は2030年までに3GW、2045年までに8GWの電解容量を設置することを含めるべきである。
- ・ 政府はグリーン水素の生産プロジェクトを支援するための方策に関して早期に調査を実施するべきである。

(<https://fossilfritt Sverige.se/en/start-english/strategies/hydrogen/>)

- ・ こうした提言と並行し、スウェーデン政府は 2021年2月に、同国エネルギー庁に対し、包括的な水素戦略及びアンモニアを含む国家エネルギーシステムに関する提案を作成するよう指示をしており、戦略策定に向けた作業が進められている。
- ・ しかし、2022年3月時点では、スウェーデン政府はまだ公式のグリーン水素戦略を策定・発

表していない。

- ・ したがって、現状では、上述のH2 Green Steelなど企業主導の水素プラント設立や水素販売が先行している。以下に最近の例を記す。
- ・ 山陽特殊製鋼は2021年6月24日、スウェーデンストックホルムにある同社子会社Ovako Group AB(Ovako)が、カーボンフリー水素生成プラントの建設に着手したと発表した。完成は2022年予定。建設は、スウェーデン政府による財政支援と、現地有力企業4社によるコンソーシアム参加を受けて実現したもので、カーボンフリー水素の生成プラントとしては、スウェーデン最大規模となる(同社発表)。
- ・ スウェーデンでOskarshamn(オスカーシャム)原子力発電所(145万kW)を運転しているOKG社(Oskarshamnsverkets Kraftgrupp)は2022年1月20日、同発電所で製造した余剰の水素を市場で販売することになったと発表した。市場で販売する水素は最初は比較的少量だが、同社は発電所と関係インフラ、及び専門的知見を有しているため、この事業の拡大に向けた優れた潜在能力を有している。水素の需要量は今後、次第に伸びていくと予想されることから、OKG社に約55%出資しているドイツのUniper(ユニパー社)、及び約45%出資するフィンランドのFortum Oyj(フォータム社)は、ともに同社のこの事業を強力に支援する方針である。

(<https://www.okg.se/nyheter-och-press/okg-saeljer-fossilfri-vaetgas-till-extern-marknad>)

(8) 英国(鋼)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略

- ・ 2008年、「気候変動法 (Climate Change Act)」可決。
2050年までにGHG排出を1990年比で80%以上削減することを目標に掲げた。
- ・ 2017年、ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS)、「クリーン成長戦略」発表。
炭素の排出を削減しつつ経済を成長させるための戦略
- ・ 2019年6月、「気候変動法」改正を可決。
2050年までのカーボンニュートラル(ネットゼロ)をG7で初めて法制化。国内の気候変動対応促進と国際プレゼンス向上を図る。
- ・ 2020年11月、ボリス・ジョンソン英首相、「グリーン産業革命 (Green Industrial Revolution)」と、それを推し進めるための「10項目の計画 (Ten Point Plan)」を発表。
以下の10項目の達成目標と支援策・額を明示した。①洋上風力設置容量拡大②水素生産能力拡大③原子力発電拡大④電気自動車移行⑤公共交通機関ゼロエミッション化⑥航空機・海運技術のグリーン化⑦住宅・公共建物のグリーン化⑧炭素回収技術開発⑨自然保護(植樹)⑩イノベーションと金融
- ・ 2021年3月、BEIS、「産業脱炭素戦略 (Industrial Decarbonisation Strategy)」発表。
- ・ 2021年8月、水素戦略を発表。
2020年11月に発表した「グリーン産業革命のための10項目の計画」の②に関連し、2030年までに5GW規模の低炭素水素製造能力を開発するためのロードマップ、鉄鋼や電力システム、大型船や航空機などを含む幅広い分野で水素が利用可能になるためのロードマップを示した。

(イ) 鉄鋼業の脱炭素化戦略

- ・ 財政的インセンティブとしては、「産業エネルギー変革基金 (Industrial Energy Transformation Fund: IETF)」や「クリーンスチール基金 (Clean Steel Fund)」などがある。規制制度的には、UK-ETS(※)がある。
- ・ 産業エネルギー変革基金 (IETF) は、
2018年に発表された、2024年までの3億1,500万ポンドの基金。エネルギー集約産業におけるエネルギー効率の向上と脱炭素テクノロジーの導入を支援する。
- ・ クリーンスチール基金 (Clean Steel Fund) は、2019年8月に発表された、新技術やプロセスを用いて、より低炭素の鉄鋼生産への移行を支援する、総額2億5,000万ポンドの基金。鉄鋼業界が、脱炭素化計画を策定する時間が必要であること、CCUSや低炭素水素製造に必要な技術の導入準備ができていないこと等の理由から、2023年以降の資金提供を要請したため、政府は資金提供を2023年まで保留している。

※UK-ETS

- ・ EU離脱(=EU-ETS離脱)に伴い、2021年1月から導入された、英国排出権取引制度。
- ・ 2030年までにGHG排出量を1990年比で少なくとも68%削減、2035年までに同78%削減するという目標。これは、EUの目標(2030年までにGHG排出量を1990年比で少なくとも55%削減)より高い。こうした野心的な目標達成に向けて、UK-ETSの当面の排出枠(UKA)は、EU-ETSのフェーズ4で英国に割り当てられていた想定排出枠から5%引き下げられ、EU-ETSよりも厳しいキャップ水準になっている。
- ・ UK-ETS対象施設別無償割当配分量の内訳をみると、Tata Steelが600万UKA近く、British Steelが約400万UKAで、これら鉄鋼2社で大部分を占めている。

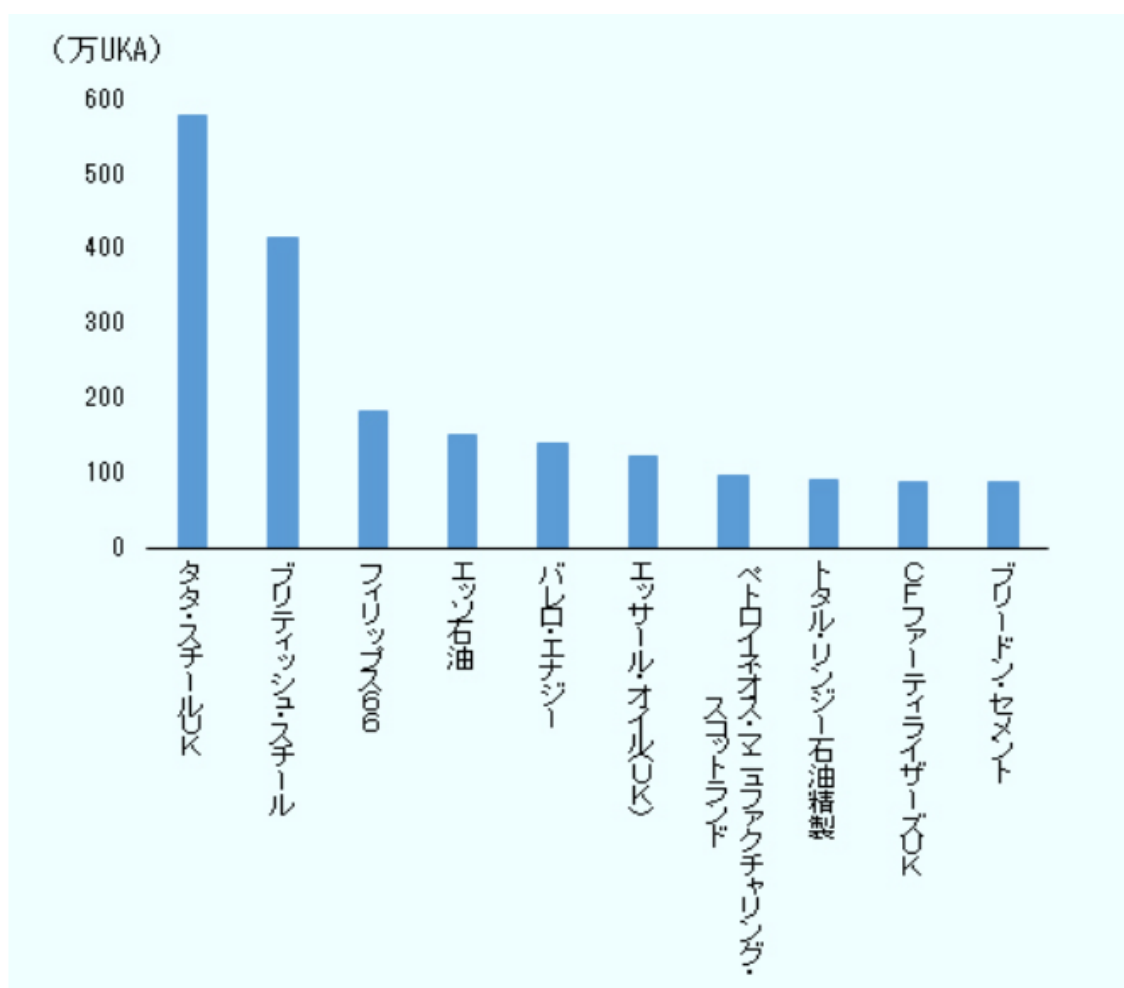


図 5 UK-ETS対象施設別無償割当配分量

(出典: <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/9fc1319bd6b8dcae.html>)

【英国の鉄鋼業界団体UK Steelの最近の報告書】

- ・ 2022年7月、英国の鉄鋼業界団体UK Steelが報告書「Net zero steel: A Vision for the

Future of UK Steel Production (ネットゼロスチール: 英国の鉄鋼生産の将来ビジョン)」を公表した。これは、2021年に産業界が政府から要請を受けた調査結果で、同報告書では以下のような提言を英政府にしている。

政府は、低CO₂鋼の新興市場を刺激する(=低CO₂鋼の公共調達など需要を増やす)と同時に、英国の高額な産業用電力価格から鉄鋼メーカーを守るよう努めるべきである。

また、鉄スクラップの再利用を奨励し、最先端のグリーンスチール生産技術への投資を促進し、鉄鋼バイヤーが海外から高CO₂鋼製品を輸入するのを阻止するための措置を導入する、といった包括的政策が必要である。

報告書に策定されている脱炭素化スケジュールによれば、目標を達成するためには、『グリーンな』公共調達及びカーボンプライシングとともに、2026年から英国にCBAM又は製品基準を導入する必要がある。

- ・ 同報告書は、鉄鋼の脱炭素化が多くのグリーン雇用を創出しながら、英国を再工業化するための大きなチャンスをもたらすと主張しており、最終製品の需要が2015年の940万トンから2030年に1,100万トンまで増加する見込みであると指摘している。また、ネットゼロスチールの生産は、電気炉(EAF)、二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)技術を備えた高炉(BF)及び水素製造の利用拡大が絡むことで、従来の鉄鋼生産よりもかなり大量に電力を消費することになる。EAFは、BFと同じ量の鉄鋼を生産するために、3倍の電力が必要であるため、鉄鋼部門の国際競争力を維持すると同時に、政府による鉄鋼部門の脱炭素化目標を達成するには、2022年内に電力料金の格差是正及びエネルギー効率化の資金調達を実現することが不可欠としている。
- ・ 報告書公表とあわせて、UK SteelのStace事務局長が次のように述べている。「世界の鉄鋼部門又は鉄鋼会社の中で脱炭素化に成功したところはまだない。英国には、ネットゼロを実現する最初の鉄鋼部門になるための先行者のチャンスがある。これを達成すれば、3万5,000人近い鉄鋼の雇用がグリーンジョブに変わることになる。これらの役割は、1世紀にわたって鉄鋼を製造してきた地域社会を既に支えている。彼らをグリーンジョブに異動させることによって、われわれは、これらの地域経済の未来を長期にわたって確保し、歴史的に投資不足に苦しんできた地域で高賃金の仕事を支援する。われわれは、Teesside、Scunthorpe及びSouth Walesがネットゼロ製鉄で世界をリードできることを保証することができる」。「脱炭素化するための技術は1つだけでなく、電化製鉄、二酸化炭素回収・貯留(CCS)及び水素開発を含め、広範な技術がある。われわれは、鉄スクラップの多くを輸出し、それを再輸入しているが、これは電気炉(EAF)製鋼のための肥沃な土壌があることを意味する。また、北海に近いというわれわれの立地条件は、費用対効果の高い二酸化炭素回収・貯留製鉄法を利用するのに格好の場所にあることを意味する。将来、水素を利用した製鉄も魅力が増すかもしれない」。「鉄鋼部門の課題は、そのため、既存の高い産業用電気料金である。高い産業用電気料金は、投資を抑制し、現在、ヨーロッパの競合他社よりもは

るかに高い水準にある」。「排出量を減らすためには、単にわれわれの鉄鋼を輸入すればよいという意見もある。そのような選択をすれば、製鉄コミュニティには壊滅的となり、世界のCO排出量を削減することにはならないだろう。われわれは、自分たちの排出を海外に移転し、他者が脱炭素化してくれると期待することはできない。われわれは、繁栄し、脱炭素化された国内の鉄鋼部門を持たなければならない」。

- ・ 同報告書の中で、スクラップの使用率及び品質の向上は、英国の鉄鋼業を脱炭素化するために2022年から取り組むべき優先事項として強調されている。英国は現在、1,100万トン/年以上の鉄スクラップ発生量のうち800万トン以上を輸出している。しかし、UK Steelは、その他の一部の業界関係者とは異なり、報告書公表イベントで、スクラップの輸出抑制には反対の意志を表明した。UK Steelのエネルギー・気候変動政策マネジャーAaskov氏によれば、一部の他の国で最近採用されたとは言え、英国は『自由貿易国』としてスクラップ輸出に課税するなどの『厳しい措置』を導入する可能性は低いという。むしろ、英国の鉄鋼業は、より優れたスクラップソーティング技術を導入して、もっと品質の高いスクラップの入手可能性を全体的に向上させるべきであると同氏は述べた。Stace事務局長は、スクラップの輸出を制限すれば『非市場的な方法』となり、英国の鉄鋼メーカーはスクラップ加工業者と緊密に協力して現地における入手可能性を改善したいと思っていることも付け加えた。

(9) 中国(鋼、アルミ)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略(鉄・アルミ両方に関係)

- ・ 2013年、7省・市（北京市、天津市、上海市、広東省、広東省深圳市、湖北省、重慶市）で排出量取引制度(ETS)導入
- ・ 2014年、習近平国家主席、米国オバマ大統領と共に、地球温暖化対策で重大発表。中国のCO2排出量を2030年前後をピークとして削減し、2030年までに非化石燃料の比率を20%前後まで引き上げる目標を掲げた。
- ・ 2020年9月、習国家主席、2030年までのCO2排出量のピークアウトと、2060年までのカーボンニュートラルを目指すことを表明。
- ・ 2021年7月、全国的にETS導入。

当初は、CO2排出量2万6,000トン以上の発電事業者2,225社を対象に実施され、今後、鉄鋼、建材、石油化学など他のCO2多排出産業にも適用していく方針。

- ・ 2021年10月、中国国務院、「2030年までのカーボンピークアウトに向けた行動方案」発表（要旨は下記※）。
- ・ 2021年12月、中国工業情報化部、「工業グリーン発展に関する第14次5カ年規画」発表（要旨は下記※）。

第14次5カ年(2021～2025年)規画期間を、工業分野のグリーン低炭素転換の実現に向けカギを握る期間と位置付け、汚染やCO2排出量の削減、エネルギー資源の高効率利用に全面的に取り組むとしている。

- ・ ただし、2022年10月に開催された中国共産党第20回全国代表大会では、習主席は、新エネルギーは、中国経済の新たな成長エンジンになるだろうが、当面のエネルギー安全保障の焦点は、石油、天然ガス及び石炭の探査・生産を最大化することを意味すると述べている。

※「2030年までのカーボンピークアウトに向けた行動方案」

- ・ 方案では、2030年のカーボンピークアウト目標達成に向け、産業サプライチェーンや生産活動の安全を保障した上で、秩序を保ちながらピークアウトを実現すべきとし、その上で、下記の主要目標や10項目についての具体的な取組みや目標などが掲げられている。
- ・ 主要目標は、
 - ①2025年までの目標:単位GDP当たりのエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を2020年比でそれぞれ13.5%、18%削減。非化石エネルギー消費の割合を20%程度に引き上げ。
 - ②2030年までの目標:単位GDP当たりの二酸化炭素排出量を2005年比で65%以上削減。非化石エネルギー消費の割合を25%程度に引き上げ。カーボンピークアウトを着実に実現。

- ・以下の10項目について、具体的な取組み内容や数値目標を定めている(詳細略)。

- ①エネルギーのグリーン低炭素転換
- ②省エネ、低炭素に向けた効率化向上
- ③工業分野のカーボンピークアウト
- ④都市と農村建設におけるカーボンピークアウト
- ⑤交通輸送のグリーン低炭素化
- ⑥循環経済を通じた低炭素への取組み
- ⑦グリーン低炭素科学技術のイノベーション
- ⑧カーボンシンク(森林や海洋といった二酸化炭素吸収源)能力の強化
- ⑨グリーン低炭素に向けた全国民的取組み
- ⑩各地域における秩序だったカーボンピークアウト

※「工業グリーン発展に関する第14次5カ年計画」

- ・この計画が提示した、2025年までの5年間で達成を目指す主要目標は以下。
工業生産付加価値額当たりのCO₂排出量を18%削減。
重点産業の主要汚染物排出強度を10%低下。
一定規模以上の工業企業の付加価値額当たりのエネルギー消費量を13.5%低下。
工業固体廃棄物の総合利用率を57%に、主な再生資源回収利用量を4億8,000万トンにそれぞれ引き上げ。工業生産付加価値額当たりの水消費量を16%削減。
グリーン環境保護産業の生産規模を11兆元(約198兆円、1元＝約18円)に拡大
- ・計画では、工業分野でのカーボンピークアウトに向けた取組みを具体的に進めるべく、鉄鋼、非鉄金属、建材、石油化学などの重点産業について、ピークアウト実現に向けたロードマップを策定するとしている。加えて、鉄鋼、電解アルミニウム、セメント、板ガラスなどの産業では生産能力の(より高度な設備などへの)置換を厳格に執行することをうたっている。
- ・クリーンエネルギーの比率を高めるべく、水素エネルギー、バイオ燃料、廃棄物由来燃料などの代替エネルギーの、鉄鋼、セメント、化学工業など分野への応用を奨励。また、企業などに対する省エネ診断を実施するなど、省エネに向けた企業側の取組みをサポートする内容も盛り込まれている。
- ・使用済みの太陽光発電、風力発電設備、海洋開発関連機器など、再生資源活用に向けて導入された設備などが新たな固形廃棄物を生んでいる状況も踏まえ、再生資源の循環利用などに向けても、全体計画を策定するとしている。

(イ) 鉄鋼業の脱炭素化戦略・施策

- ・過去、大気汚染軽減のため、たびたび、鉄鋼減産や老朽製鉄設備の廃棄、新設備への置換に関する指令を出している。2021年以降では、下記のような施策がある。
- ・2021年4月、国家発展改革委員会(NDRC)、鉄鋼減産を指示

- ・ 2021年5月、「鉄鋼業生産能力置換実施弁法(改正版)」を発表(6月より実施)
同法を2018年に施行して以来初の改正。同法では、新規生産設備(高炉、転炉、電炉)の建設に際し、既存設備の廃棄を義務付けていたが、改正版ではこれをより厳しく運用。高炉製鋼法による新規プロジェクトの場合、生産能力の置換比率(廃棄する生産設備と新規に建設する設備の生産能力の比率)について、大気汚染の深刻な地域では1.5:1、それ以外の地域では1.25:1と定めている。設備の生産能力も各種の炉内容積に応じて、弁法内に細かく定義した。
- ・ 2021年5月、鉄鋼製品146品目に対する輸出増値税還付を廃止
- ・ 2021年12月、「工業グリーン発展に関する第14次5カ年規画」(上記参照)の中で、鉄鋼業について、ピークアウト実現に向けたロードマップを策定するとしている。加えて、鉄鋼業で生産能力の(より高度な設備などへの)置換を厳格に執行することをうたっている。
- ・ 2022年2月、3省庁(NDRC、工業・情報化部、生態環境部)が「鉄鋼業の質の高い発展の促進に関する指導意見」発表
イノベーション強化や低炭素・グリーン等を基本原則とし、鉄鋼生産設備の80%以上を超低炭素排出の設備に改良して2030年までのカーボンピークアウトを目指すほか、企業の合併・再編の推進、電炉法の製鋼の開発等が掲げられている。鉄スクラップの利用拡大に向けた施策も発表。
- ・ 2022年6月、生態環境部やNDRCなど7部門、「汚染削減と炭素削減の相乗効果向上のための実施方案」を発表。その中で具体的目標として、「全国で電炉製鋼の割合を2025年に15%、2030年には20%以上に上昇させる」としている(2022年時点での割合は約10%)。
- ・ 2022年8月、工信部、NDRC及び生態環境部が共同で、「工業分野CO₂排出ピークアウト実施計画」を公布。その中で、鉄鋼業については以下の目標を示した。
CO₂削減ポイント:生産能力置換と製品構造の調整。
2025年目標 :鉄スクラップ加工業参入企業の年間加工能力>1.8億トン。
電炉製鋼の比率>15%。
2030年目標 :高純度水素・炭素循環高炉製鉄、水素燃料縦型炉直接還元製鉄、CCUS等の技術を完成。
電炉製鋼の比率>20%。
研究開発重点項目:全鉄スクラップ電炉製鋼の集積と最適化技術、高純度水素もしくは純水素ガス製鉄技術、鉄鋼・化学品一体化連産技術、高品質エコ鉄鋼材料の製造技術。
- ・ 2022年8月、中国鋼鉄工業協会(CISA)、鉄鋼業の低炭素技術ロードマップ(「鉄鋼業におけるカーボンニュートラルのビジョンと低炭素技術ロードマップ」)を正式公表。「ロードマップ」によれば「双炭」プロジェクトは次の4段階に分けて実施。
(注:双炭とは、CO₂排出ピークアウトとカーボンニュートラル、を意味する)
1)2030年までCO₂排出ピークアウトを積極的に進め、確実に実現。

- 2) 2030～2040年:イノベーションの牽引により高度の脱炭素を実現。
 - 3) 2040～2050年:最大限のCO2削減に向けたラストスパート。
 - 4) 2050～2060年:カーボンニュートラルを協調的に発展させ、実現を後押し。
- ・ 2022年9月、第1回世界水素還元製鉄技術交流大会を張家口崇礼で開催。同大会で、冶金工業情報標準研究院の院長が、「鉄鋼業の低炭素発展及び標準化作業の進展」を報告。その中では以下のように述べている。

水素還元製鉄は、2060年の鉄鋼業界のカーボンニュートラル実現に対して約9%貢献する見通し。現在、中国の水素還元製鉄の発展には技術コスト、水素ガスの製造・貯蔵・輸送上の安全などの面で一定のボトルネックが存在。現段階での製鉄は高炉プロセスが主体となっており、大規模な置換えは適切ではない。水素還元製鉄の発展には、まだ不確定要素があり国内企業が、国外の低炭素発展路線に無計画に従うのは適切ではなく、中国の国情を踏まえ企業の実情に軸足を置いて研究基盤を固め、産業チェーン全体でCO2削減の最適な手段を共同で前向きに模索すべきである。条件が整備されている企業については水素還元製鉄の小規模な工業化を進めても差し支えない。最新装置への置換が進み、建設予定の高炉が役目を終えるのに伴い、2040年前後には、国内で水素還元製鉄大規模化の条件が整い、以降は水素を原料とする直接還元＋電炉製錬がプロセス路線の主流となり、その比率は60%以上になる見通しである。

(ウ) アルミニウム産業の脱炭素化戦略・施策

中国は、世界のアルミニウム新地金の約60%を供給する世界最大の新地金生産国である。鋳石から新地金を製造する過程で消費される電力は、アルミニウム産業が排出する二酸化炭素の60%以上を占め、しかも、中国では石炭火力による発電が占める比率が高い(製錬に用いられる電力の82%)。その結果、世界平均のアルミニウム地金1トン当たりのGHG排出量が10.3トンであるのに対し、中国では12.7トンと23%も多く(以上、世界経済フォーラム(WEF)、また、中国のGHG排出量の約5%がアルミニウム産業からのものであることから、2060年のカーボンニュートラル達成のためには、アルミニウム産業の低炭素化が必須である。

2021年10月、中国国家発展改革委員会(NDRC)は、「2030年までにCO2排出ピークを迎えるためのアクションプラン(Action plan for carbon dioxide peaking before 2030)」を公表している。アルミニウムの生産設備の削減に成功したことを称え、非鉄金属産業セクターのCO2排出量ピークを迎えさせるために、生産設備の入れ替えを進めるとともに生産能力の増大を厳しく管理すると述べている。また、水力、風力、太陽光発電の比率を高め、リサイクル促進のため、選別や処理のネットワークの改善、低炭素技術の普及の加速、余熱利用の強化等によって、エネルギー原単位を更に削減することを重要課題として掲げている。2021年までに320万トンのアルミニウム生産能力が削減され、これは供給電力の削減によってもたらされた。(https://aluminiuminsider.com/chinas-power-cuts-reduce-countrys-total-aluminium-capacity-by-7-percent-in-2021/)。実際の生産量は、干ばつによる電力不足

の影響から、350万トンに達しているとの報道もある(<https://steelnews.biz/aluminum-3-5-million-tons-less-production-in-china/>)。

アルミニウムセクターでは、以下の4項目を具体的方策としている(WEFからの情報)。

<https://www.weforum.org/agenda/2022/04/how-china-is-decarbonizing-the-electricity-supply-for-aluminium/>

- (1) アルミニウム新地金生産能力を再生可能エネルギーが豊富な地域に再配置
 - ・ 炭素排出量が多い既設のアルミニウム新地金製造設備を、年当たり9～10万トンのペースで削減し、その一部を、水資源に恵まれ、低コストかつ炭素排出量が少ない水力による電力供給が可能な中国南西部、主に雲南省(同省の発電能力の75%は水力)、に新地金生産能力を移転する計画である。移設する精算能力は、2060年までに、2百万～3百万トンに達する見込みである。
- (2) 自家発電とグリッド電力の比率調整
 - ・ 2020年時点の自家発電比率は60%～70%と高く、2028年頃までは現在の自家発電比率がほぼ維持されるものの、これを順次、グリッド電力に切り替える。その後も、幾つの省では石炭火力による自家発電設備が残るものの、2060年までには大半をグリッド電力にする。
- (3) 自家発電所の脱炭素化
 - ・ 現在、中国のアルミニウムセクターで進められている自家発電の再生可能エネルギー技術は僅かであるが、2026年から2030年の間に、石炭火力による自家発電設備は、徐々に削減されていく。2031年以降、再生可能エネルギーによる自家発電が導入され、地理的又は規模的に止むを得ない場合を除き、石炭火力による自家発電設備は廃止される。
- (4) グリッド電力の脱炭素化
 - ・ グリッド電力に占める再生可能エネルギーと原子力の合計比率は、今後、増大し、2060年までには、設備容量基準で82.9%に達するように設定されている。原子力発電の比率は比較的小さな値に留まり、水力、太陽光及び風力が主な電力源になる予定である。

しかしながら、雲南省では、水力発電力不足から、2021年9-12月のアルミニウム新地金の月間平均生産量を同年8月と同レベルかそれ以下にするように指示するなど、電力不足が移転への障害となっている模様である。

WEFのレポートでは、以下の予想がなされている。これら4つの方策により、中国のアルミニウムセクターの炭素排出量は、2028年までに5億600万トンのピークに達し、2040年以降、年率2.4%で減少する。また、2045年までには、再生可能エネルギーがアルミニウム新地金製造に必要な電力の50%以上を占め、太陽光発電がその最大比率を占めるようになる。

前述の新地金製造時の使用電力の再生エネルギー化に加え、以下のような活動や技術開発が必要とされている(<https://www.weforum.org/agenda/2022/07/decarbonizing-china->

aluminium-technology/)。

(1) アルミニウムのリサイクル【短期】

- ・ 中国は、アルミニウムのリサイクルシステムを構築しており、世界のリサイクルアルミニウム市場でのシェアは世界一で、現在は約35%である。需要は供給可能材料の16~20%と低いが、政府が脱炭素のために新地金の生産能力を制限すれば、需要は大きく伸びるであろう。スクラップビジネスは、既に中国の2つの大手アルミニウム企業(中国虹橋集団有限公司、煙台南山アルミ新素材有限責任公司)により牽引され、地元の中小企業による小さなビジネスからは遠ざかってきている。
- ・ 中国のリサイクルアルミニウムの製造コストは、新地金に比べてトン当たり約US\$900安く、既に自動車会社や一般消費財企業が、リサイクルアルミニウムの使用を表明しており、市場が更に拡大すれば、大きな収益源となりうる。

(2) プロセスの最適化【短期】

- ・ 中国のアルミニウム企業は、歴史的に、プロセスの最適化をコスト低減と排出量の削減のために使ってきた。これらの改善だけでは、ネットゼロのアルミニウム製品は供給できないものの、特に脱炭素の目的達成上、使えない設備には、継続的な改善が必要である。

(3) 非消耗陽極【中期】

- ・ 本技術の詳細は、4. 脱炭素化に向けた業界団体・国際的イニシアチブの動向 (7) IAI (エ) ③非消耗電極の開発に詳しく説明するので、ここでは、中国の状況のみを記載する。
- ・ この分野で、中国の技術開発は遅れており、知的財産権の点から技術の導入は難しく、中国でこの技術が商業的に実用化されるのは2035年頃で、既存のカーボン電極に対して競争力を有するようになるには2050年頃まで待たなければならないだろう。ただし、2022年2月、中華人民共和国国家発展改革委員会が、非消耗型電極に対して初めて奨励金を出すと発表したことから、状況は変化するかもしれない。

(4) 自己熱再生技術【中期】

- ・ 自己熱再生技術(機械的蒸気再圧縮技術、Mechanical vapor recompression)については、前項同様、4. 脱炭素化に向けた業界団体・国際的イニシアチブの動向 (7) IAI (エ) ④自己熱再生技術で説明するが、CHALCO(中国铝业股份有限公司)は、本技術のトライアルを行っている。

(5) 二酸化炭素の回収・利用・貯留【長期】

- ・ 二酸化炭素の回収・利用・貯留(以下、CCUSという。)の採用は、中国で急速に拡大しており、アルミナ製錬の熱エネルギー生成時と、精錬プロセスそのものから排出されるCO₂を捕捉することができるが、排出ガス中のCO₂濃度が低いと効率が悪く、高コストになることからアルミナ精錬には適しておらず、また、アルミニウムセクターでの活用を意識している人はほとんどおらず、中国国内での研究開発への取り組みは遅れている。

(6) グリーン水素【長期】

- ・ グリーン水素は、アルミナ精錬の焼成段階で必要な高温を作り出す際の排出を抑える上で有効な技術の一つであるが、天然ガスの7倍というコストが障害となっている。しかし、電解槽と再生可能電力のコストダウンにより、今後数年以内に競争力を有するようになると言われている。

(10) インド(鋼)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略

- ・2021年11月、英ScotlandのGlasgowで開催された第26回気候変動枠組条約締約国会議(COP26)でインドのModi首相は、2070年までにカーボンニュートラルの実現を公約。

(イ) 鉄鋼の脱炭素戦略・施策

- ・2015年、インド鉄鋼研究技術ミッション(Steel Research & Technology Mission of India:SRTMI)設立。
連邦政府が、インド大手鉄鋼メーカー各社と組んで、鉄鋼業界の研究開発(R&D)投資を業界売上げの0.2～0.3%程度から、国際基準である1～2%に増やす目的で設立。
SRTMIは、資源の最良使用、天然資源保護、主要な製鉄所設備の革新といった国内で重要な優先分野での研究開発を行うが、その活動の中に、CO2排出最少化、最適なエネルギー保存なども含まれている(※)。
- ・2017年、「国家鉄鋼政策(NSP)2017」発表
インドの鉄鋼年産能力を1億2200万トン(当時)から2030年度までに3億トンにすることをうたったものとして知られているが、その中で、電炉や鉄スクラップの活用など生産過程でのエネルギー効率化やGHG排出削減等を目指す方針も示している。
- ・2021年度連邦予算(2021年4月～22年3月)で、製鋼用スクラップ(ステンレス鋼スクラップを含む)と方向性冷延電磁鋼板原料に対する輸入関税が、従来の2.5%からゼロにされた。
- ・2021年10月、特殊鋼分野の生産連動型優遇策(PLI)のガイドラインを新たに発表
国内の製造業強化・拡充の一環として採用している生産連動型スキーム(売上高の一定割合を補助)に、電磁鋼など5種類の特殊鋼を指定。7年間で総額632億2,000万ルピー(約948億3,000万円、1ルピー＝約1.5円)相当の補助金を供与する計画。政府としては、輸入に頼っている2兆5,000億ルピー相当の特殊鋼を国内生産に切り替え、同製品の輸出量を現在の170万トンから550万トンにまで増加させたい考え。
- ・2022年度連邦予算(2022年4月～23年3月)で、製鋼用スクラップ輸入に対する関税免除措置を延長。
- ・2022年7月、インド鉄鋼省、Modi首相のCOP26での公約に沿い、鉄鋼業の排出量を削減する期限付きの行動計画を策定するよう利害関係者らに要請。グリーンスチールへの移行を推進するためのさまざまな戦略・技術、鉄の生産におけるグリーン水素の利用及び排出量削減のためのCO2回収・有効利用・貯留(CCUS)技術の利用などについても議論。
- ・2022年9月、インド政府のSingh鉄鋼大臣、「2030年までに、鉄鋼生産量1トン当たりのCO2排出量を現在の2.6トンから1.9トン程度まで20%削減することを目標としている」と発言。
首都Delhiで開催された海綿鉄メーカー協会(SIMA:Sponge Iron Manufacturers

Association)主催の業界イベントでの発言。短期的には、再生可能エネルギーの利用を促進することによって、CO2排出の問題に取り組むことができるとSingh大臣は述べたが、国内市場では原料であるスクラップの発生が不十分であり、鉄鋼製造によるCO2排出量を低減する上で課題になっていると付け加え、海綿鉄メーカーがCO2排出量削減に大きく貢献しない限り、目標達成は不可能であるとしている。

- ・ 2023年2月、印連邦政府、2047年までにリサイクル鋼配合率50%を高炉メーカー各社に要請。

Scindia鉄鋼大臣が、循環型経済への移行という中央政府の目標達成を手助けするため、2047年までにスクラップ及びリサイクル鋼から投入原料の50%を使用するよう一次鉄鋼メーカー(高炉(BF)メーカー)に要請していくと述べた。現在、1億4,000万トンある国内の鉄鋼総生産量のうちリサイクル鋼が22.5%を占めているにもかかわらず、一次鉄鋼(鉄鉱石を原料とする鉄鋼)生産におけるリサイクル鋼の使用率は15%に過ぎないと同大臣はインドで開催されている国際マテリアルリサイクル会議の最終日に行った講演の中で述べた。同大臣によれば、政府は2030年までに鉄鋼部門のCO2排出量を現在の2.85トン(CO2)/トン(粗鋼)から1.4トン(CO2)/トン(粗鋼)まで5%削減することを約束しており、これを達成するために鉄スクラップのリサイクルは非常に重要な供給源であるという。「現在、一次鉄鋼生産におけるスクラップの使用率はわずか15%である。われわれは鉄鋼業界に対して、今後5年間でこれを25%まで引き上げるように要請するつもりであり、2047年までにこれを2倍の50%まで引き上げる必要がある。つまり、その頃までに一次鉄鋼メーカーが消費する鉄鉱石は50%だけとなる」とScindia鉄鋼相は述べた。現在、インドでは2,500万トンの鉄スクラップが生産されており、毎年500万トンの鉄スクラップが輸入関税ゼロで輸入されていることも同大臣は付け加えている。

※SRTMIの現状

現在、SRTMIは、「国家鉄鋼政策(NSP)2017」を実現すべく、「ロードマップ」として掲げた目標の1つとして、「排出ゼロ、廃棄物ゼロ、害ゼロ」に向けたR&D推進をうたっている。具体的には、以下のような項目を挙げている。

- ・既存設備で粗鋼トンあたりのCO2排出量2トンを達成
- ・CO2隔離とメタン化によるCO2排出最少化
- ・非原料炭ベース技術による超低CO2鋼の開発

【参考:インドの鉄鋼メーカーJindal Steel and Power Ltd (JSPL) のVR Sharma副会長発言】

- ・ 2022年9月Delhiで開催された海綿鉄メーカー協会(Sponge Iron Manufacturers Association: SIMA)が主催するイベントで、下記のような発言を行った。
- ・ 2070年までにカーボンニュートラル(炭素中立)になる目標を達成するために、国内の大手

鉄鋼メーカーと小規模メーカーが直接還元鉄(DRI)工場を新設することの必要性を強調。

- ・ Sharma副会長によれば、石炭を合成ガスに変換した後に、合成ガスをDRIすなわち海綿鉄に変換することが同国の鉄鋼製造にとって最も便利なルートであるという。
- ・ 同副会長によると、DRI工場は、鉄鋼製造の投入燃料として利用できるようになればいつでも水素に切り替えることが可能であるという柔軟性を持たせるべきであり、国内にますますDRI工場を導入し、インド独立100周年に当たる2047年までに、各DRI工場は、現在使用している合成ガスから水素に切り替えるべきであるとしている。その後のステップは、DRI工場から二酸化炭素を回収・貯蔵し、最も効果的な方法で活用する方法を精査することであるとしている。

(11) 韓国(鋼)

(ア) 気候変動・エネルギー・産業脱炭素化政策の主な目標・歴史概略

- ・ 2010年1月、「低炭素グリーン成長基本法」制定(目標管理制度とETS導入方針の明文化)
- ・ 2010年4月、目標管理制度(GHG・エネルギー目標管理制度)導入
- ・ 2012年5月、GHG排出権の割当及び取引に関する法案成立(2015年1月施行)
- ・ 2015年1月、韓国排出量(権)取引制度(ETS)の運用開始
取引総量、取引総額は年々増加: 2015年 570万トン → 2021年 5,470万トン
取引価格も年々上昇: 2015年 1.1万ウォン/トン → 2021年 3.5万ウォン/トン
- ・ 2020年7月、新しい経済発展戦略「韓国版ニューディール総合計画」を発表
新型コロナウイルス感染拡大による危機を乗り越え、経済・社会構造の変化に対応しようとするもの。過度な輸出依存の構造から内需主導への経済構造に転換を意図。2025年までに総額160兆ウォン(約15兆2,000万円、1ウォン=0.095円)を投資する巨大プロジェクト。環境に優しい低炭素社会を目指す「グリーンニューディール(※)」のほか、デジタルインフラやビッグデータなどに関する産業を育成する「デジタルニューディール」と、所得格差を解消する「社会安全網ニューディール」で構成されている。さらに、2020年10月には、この3つの柱に、地域経済の活性化などを目指す「地域均衡ニューディール」を加え、4本柱の下で総合的に施策を推進していくとしている。
- ・ 2020年10月、「2050年までに炭素中立(カーボンニュートラル)の実現を目指す」と文在寅大統領が予算案施政方針演説で宣言。
上記「韓国版ニューディール政策」関連事業の推進と合わせ、国際社会とともに気候変動問題に積極的に対応するとした。
- ・ 2020年12月、政府が関係省庁と合同で「2050カーボンニュートラル推進戦略」公表
GHG削減を中心とする「アダプティブな削減」(対応・適応型の削減)から、新しい経済・社会発展戦略の策定を通じた「プロアクティブな対応」(積極的な対応)を計ることを目的に、3+1の推進戦略を掲げている(図 6参照)。
- ・ 2021年8月、「気候危機対応のためのカーボンニュートラルグリーン成長基本法」国会で可決、同年9月公布。2050年カーボンニュートラルを法制化。
カーボンニュートラル基本法は、2030年と2050年の目標達成のための法的手続きと政策手段を規定している。主な内容は以下のとおり。
 - ①2050年カーボンニュートラル達成に向けた実質的な中間目標を設定
 - (1)2030年のGHG削減目標を2018年比35%以上と設定し(注1)、社会的な議論を開始する。
 - (2)想定する2018年から2050年までのGHG削減スケジュールでは、2030年に37.5%の削減を達成した場合、2050年にカーボンニュートラル達成が可能。よって、カーボンニュートラル基本法での削減目標を「35%以上」とした。

②カーボンニュートラル達成に向けた政策手段の確立

- (1) 国の主な計画と開発事業を実施する場合、気候変動への影響を評価する「気候変動影響評価制度」を導入する。
- (2) 国の予算を策定する際、GHG削減目標を設定・確認する「GHG削減認知予算制度」を導入する。
- (3) 産業構造の転換と産業工程の改革などを支援するため、「気候変動対応基金」を設置する。

(注1) 韓国政府が2020年12月に国連に提出した国別排出削減目標(NDC)では、2030年の目標を2017年比24.4%削減としていたが、これは2018年比換算で26.3%の削減。

- ・ 2021年10月、韓国政府、「2050カーボンニュートラル委員会」(委員長:金富謙首相)を開催し、「国別排出削減目標(NDC)の引き上げ」を決定。
2030年のGHG削減量を2018年比で40%削減することにし、従前の2018年比26.3%削減の目標から大幅に上方修正。各部門(エネルギー、産業、建設、輸送、農畜産水産など)の修正内容のうち、産業部門は以下のとおり。
鉄鋼の生産工程の転換、石油化学の原料転換、セメントの燃料や原料の転換などを通じ、GHG排出量を2018年の2億6,050万トンから2030年に2億2,260万トンに14.5%削減する。
- ・ 2021年12月、関係省庁合同で「炭素中立産業大転換ビジョンと戦略」発表。炭素中立ビジョン宣布1周年を迎え、過去1年間の産官コミュニケーションをもとに、中長期的に推進していくべき課題と政策方向を盛り込んだ。政府が目標を掲げるにとどまっていた炭素中立政策への批判に応える形で、多排出産業の低炭素転換のための税制・金融支援、炭素価格インセンティブ制度の導入、炭素中立支援規制革新、クリーンエネルギーインフラの確保、低炭素市場の需要拡大などを打ち出している。
- ・ 今後、再生可能エネルギーの大量導入に伴う送配電網の整備やCCU/CCUSなど、必ずしも商業化になじまない施策も実施していく必要がある。コストを社会全体として、いかに負担していくのが課題で、韓国政府は今後、制度整備や研究開発を通じ、これらの施策についても詳細なロードマップを策定していく予定だという。

※「韓国版ニューディール総合計画」の中の「グリーンニューディール」

- ・ (1)グリーンモデリング、(2)グリーンエネルギー、(3)エコ未来モビリティ、の3つの施策がある。そのうち、(2)グリーンエネルギーでは具体的に下記がうたわれている。
- ・ 韓国では、電源構成のうち石炭火力発電の割合が比較的高い。そのため、カーボンニュートラルを達成する上でも、対策を講じる必要がある(表 13参照)。グリーンニューディールでは、エネルギー分野の目標として、風力発電、太陽光、水素などを積極的に推進し、2022年までに4兆5,000万ウォンの投資により1万6,000人の雇用を創出。さらに2025年までに11

兆3,000万ウォンを投じ、3万8,000人の雇用を創出する。特に風力発電については、大規模洋上風力発電の立地確保のため、国内13地域での現地調査(FS)を実施する。水素開発については、2022年までに蔚山広域市、全州市及び完州郡、安山市の3都市を水素都市として造成し、生産から流通、利活用まで一貫した体制の構築を目指す。また、2025年までに新たに3都市を追加指定するとしている。

表 13 韓国の電源別発電構成と計画（単位：%）

定格容量ベース

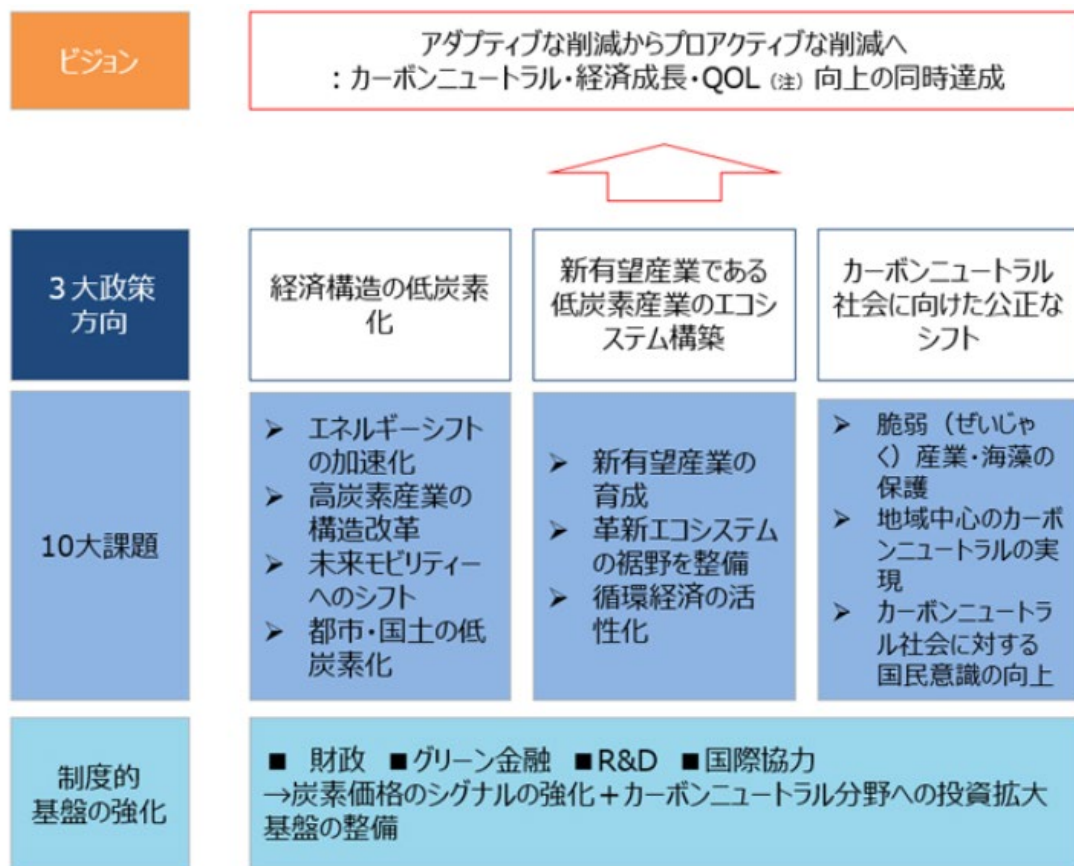
年	原子力	石炭	LNG	再生可能	その他
2019年（実績値）	18.5	29.5	31.6	12.6	7.8
2030年（見通し）	11.8	18.9	32.1	33.6	3.6

発電電力量ベース

年	原子力	石炭	LNG	再生可能	その他
2019年（実績値）	25.9	40.4	25.6	6.5	1.6
2030年（見通し）	25.0	29.9	23.3	20.8	1.0

（出典：韓国産業通商資源部「第九次電力需給基本計画（2020-2034）」

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2021/c6d232c0dfa4e111.html>）



注：Quality of Life

図 6 「2050カーボンニュートラル推進戦略」の全体像

（出典：韓国企画財政部「2050カーボンニュートラル推進戦略」を基にジェトロ作成

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2021/c6d232c0dfa4e111.html>）

（イ）鉄鋼業の脱炭素戦略化施策

- ・ 2011年、韓国政府、「鉄鋼産業戦略」発表。
同戦略の骨子の1つが「鉄鋼産業のグリーン化」で、その具体策として以下を表明。
①2020年をめどに、コークスの代わりに水素を使い、CO₂排出を大幅に減らす「水素製鉄」を実用化（商用化）する。そのために、政府が開発費の54%、1,500億ウォン（当時の為替レートで約112億円）を支援。
②FINEX炉を高炉並みに大型化する（300万～400万トン級にする）。
注）いずれも、結局、2022年時点で、実現していない。
- ・ 2021年10月、「2050カーボンニュートラル委員会」が、POSCOをはじめとする韓国の鉄鋼会社が2050年までに製鉄工程で100%水素のみを使用し、GHGを2018年比で95%削減しなければならないという方針を示す。
- ・ 2021年12月発表の「炭素中立産業大転換ビジョンと戦略」

(韓国語原文:file:///C:/Users/user/Downloads/R2112688-1%20(1).pdf)

の中で、鉄鋼関連では以下のような内容がうたわれている。

財政支援策として、

- ・ 鉄鋼炭素中立技術(水素還元法開発など)を含む、「限界突破型革新技術」確保のため、2022年産業炭素中立R&D予算の2倍拡大((21年2,130億ウォン→22年4,082億ウォン)を皮切りに、2023～2030年に大型予算を推進する(総額案6.7兆ウォン規模(約6,700億円))。
- ・ 大規模なリーディングプロジェクト(水素還元炉製造など)について特別政策金融(融資)を検討する。
- ・ CCUS法案など大胆な財政的制度的支援策の準備を推進

需要促進策として、「炭素価値の反映市場創出」と題し、以下のような方針がうたわれている。

- ・ 素材・部品単位のカーボン追跡システムを構築して環境にやさしい生産を促進するため、現在は、エネルギー効率などのみ測定可能な体制となっているが、これを、再生資源利用など資源効率性まで考慮する体制に改めていく。
- ・ 購入割当や補助金などを通じて、需要先(自動車等)の環境にやさしい素材(鉄鋼など)の使用を促進する。
- ・ カーボンニュートラル公共調達システムを強化する。そのために、現行の「グリーン製品優先購入」を改めて、炭素中立寄与イノベーション製品などに拡大する。
- ・ 需要供給産業間の低炭素購買波及システムの構築。多排出業種である鉄鋼など素材産業では需要産業の協力が重要だとの認識のもと、需要側である造船、車、電子、建設業などと供給側である鉄鋼・化学・セメント産業などの中での低炭素品の購入システムを構築していく。

規制・管理改革として、

- ・ 炭素中立新技術の適用を防ぐ古い規制の見直しや廃止を検討する(バイオマス原料転換など)
- ・ 水素還元法の確立には時間がかかることから、当面は、スクラップの使用増や電気炉増が必要となるが、鉄スクラップの需給不安の可能性もある。その対策として、スクラップの国際サプライチェーンの確保や、輸入管理対象を現行の輸入額・依存度基準から改めて輸入額が小さくても特定国依存を避けるようにする、海外の現地制度の変化などの衝撃要因早期警報システムを構築する、などを挙げている。

将来ビジョンとして、POSCOのFINEXベースHyREX工法を、欧州技術に比べ経済性・大量生産面で優れると位置付け、2030年に 100万トン級の水素還元実証設備完成、2040年に300万トン級の商用設備を完成し、2050年に水素還元法のEPC(設計・調達・建設)輸出というビジョンを描いている。そのために、「(仮称)グリーンプラント海外進出パートナーシ

ップ」を構築して経済性などを検討、政府としては、ODAや国外削減事業連携で支援していく、などとしている。

そのほか、炭素価格インセンティブ案の検討も盛り込まれている。

- ・ 2023年2月、韓国の産業通商資源部(MOTIE)は、国内の鉄鋼メーカー各社による生産プロセスの脱炭素化への取組みを支援するため、1,500億ウォン(1億1,690万ドル)の基金を設立すると発表した。同部によれば、POSCO、現代製鉄及び東国製鋼など国内の鉄鋼メーカー7社が『鉄鋼生産の低酸素化推進のための了解覚書(MoU)』に署名した。2023年3月までに、署名した企業は協力と政策協調のための同盟を結び、基金を立ち上げる予定である。

また、電気炉(EAF)法による粗鋼生産の拡大が予想される中、鉄スクラップを国内で産業化し、製鋼原料の安定供給を図るため、4月に鉄鋼メーカー及び鉄スクラップ供給業者から成る「鉄資源共生フォーラム」の設置を予定しているとMOTIEは述べた。

今回の基金創設は、POSCOグループがその事業をより環境に優しく持続可能なものとするために2026年までに世界中に53兆ウォンを投じる計画であることを受けて決定した。MOTIEによれば、2050年までに11基の石炭を用いる高炉(BF)は14基の水素を用いるBFに置き換わる予定である。

(12) オーストラリア(アルミニウム)

2022年5月に誕生したアルバネーゼ首相政府は、同年6月16日に、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 事務局に、「2030年までにGHG排出量を2005年比で、43%削減する(これは、従来の目標であった26-28%に対し、15-17ポイントの削減上乗せである)」という新たな目標 (Nationally Determined Contribution: NDC) を提出した。また、アルバネーゼ首相は、政府組織を再編し、従来、産業・科学・エネルギー省 (Department of Industry, Science, Energy and Resources) が担っていた気候変動やエネルギーに関する業務を、2022年7月1日付けで新設された気候変動・エネルギー・環境・水資源省 (Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water: DCCEW) に移管した。DCCEWは、この新しい目標達成のため、表 14に示すような政策を掲げている。以下、これらの政策の主要な点について、記載する。

表 14 GHG排出量削減のためにオーストラリア政府が掲げる取組み

-
- ・ より多くの再生可能電力をサポートするための送電網の改善
 - ・ 電気自動車の価格低減
 - ・ よりスマートな実践と技術を創出し、採用するためのビジネスと産業の支援
 - ・ GHG排出量削減のためのビジネスと消費者への働きかけ
 - ・ GHG排出規制と排出量報告の義務化
 - ・ 土地と農業セクターでのGHG排出量削減のための支援
 - ・ GHG排出量削減のためのインド・太平洋近隣諸国との協力
 - ・ パリ協定でのオーストラリアの義務についての交渉と履行
 - ・ セーフガードメカニズムの下で、ベースラインを予想どおりに徐々に削減
-

(i) Powering Australia (オーストラリア強化計画)

本計画は、雇用の創出、電力料金の削減、再生可能エネルギーの促進によるGHG排出量の削減に重点を置き、2030年までに43%の排出量削減(2005年比)と2050年のネットゼロ目標に加え、以下のような財政支出を計画している。

- ・ 国際的な気候変動対策を支援するため、2022-23会計年度から6年間で4,580万ドルの資金を予算化する。これには、太平洋のパートナー国との将来の締約国会議をオーストラリアで共催を目指すことや国際フォーラムへの建設的かつ積極的な参加が含まれる。
- ・ 2022-23会計年度から4年間で4,260万ドルの資金を予算化し、気候変動庁 (Climate Change Authority: 2011年の気候変動庁法に基づき設立された政府機関) が気候変動に関して独立して政府にアドバイスできるようにする。
- ・ 2022-23会計年度で、今後2年間で710万ドルの資金を予算化し、暫定的な政策と報告

の枠組みを実施する。これは、治安当局を除く全てのオーストラリア政府機関が2030年までのネットゼロ排出を約束するという政府の取組みの一環である。

また、産業、農業及び脱炭素畜産について、以下のような施策を行っている。

- ・ セーフガードメカニズムの改革のための設計オプションに関する協議を開始し、その改革の下でカーボンクレジットと排出権取引を可能にするために必要な法律草稿の公開
- ・ オーストラリアのカーボンクレジット単位 (ACCU) を審査するための独立した専門家委員の任命。この委員会の審議文書は、DCCEWのウェブサイト (<https://consult.dcceew.gov.au/independent-review-of-accu>) で閲覧することができる。また、同委員会は、2022年12月に勧告を含む報告書を政府に提供しており、<https://www.dcceew.gov.au/climate-change/emissions-reduction/independent-review-accus> で閲覧することができる。
- ・ 既存産業の脱炭素化と新たなクリーンエネルギー産業と雇用の創出を支援するために、19 億ドルの Powering the Regions Fund (PRF) を設立し、PRFの設計に関して的を絞った協議を重ねている。
- ・ 2022-23会計年度から3年間で810万ドルの資金を予算化し、GHG排出量を削減するために、海藻を用いた家畜用飼料サプリメントの研究と商品化を支援する。
- ・ 2022-23会計年度から9年間で9,560万ドルの資金を予算化し、10,000 人が New Energy Apprenticeshipを修了できるよう支援する。また、960万ドルの予算でNew Energy Skillsプログラムを修了できるよう支援する。
- ・ 2022-23会計年度で、国家復興基金を設立するために150億ドルを約束する。これには、Powering Australia計画のための最大30億ドルの予算が含まれる。

輸送(主に自動車)に関しては、以下のような施策を行っている。

- ・ 条件を満たす電気自動車の付加給付税 (FBT) と5%の輸入関税を免除するために必要な3億4,500万ドルの予算を確保するための法律の制定。
- ・ 2022-23会計年度から6年間で2億7,540万ドルの予算をDriving the Nation Fundに付ける。電気自動車の充電インフラや水素ハイウェイなど、輸送による排出量の削減を支援するための総投資額は5 億ドルに達する。
- ・ 2022-23会計年度から4年間で1,400万ドルをオーストラリア自動車協会へ提供し、国内で販売される小型自動車の排気ガス量と燃費の実走テストを実施する。
- ・ 連邦政府が購入又はリースする車両の75%を2025年までに電動化という目標を設定する。
- ・ 国家電気自動車戦略に関する検討報告書の作成・公開。

電気については、以下のような施策を行っている。

- ・ 新しい国家エネルギー転換パートナーシップを確立するための確かな合意。これは、政府間の関係の根本的な再構築であり、最初の完全に統合された国家のエネルギー及び排出協定である。
- ・ **Rewiring the Nation**を設立、2022-23会計年度から2025-26会計年度まで5か年に亘って総額200 億ドルの低コスト資金を提供し、オーストラリアの電力網を最小コストで拡張及び近代化する。
- ・ **Rewiring the Nation**による最初の送電網整備向け投資として、タスマニアとビクトリア間のマリナスリンク、ビクトリア州の洋上風力発電プロジェクトと再生可能エネルギーゾーン及びビクトリア-NSW間相互接続 (VNI West) KerangLinkに対する譲許的融資の発表。
- ・ 2022-23会計年度からの4年間で2億2,430万ドルの資金を確保し、費用の低減、排出量の削減、送電網への負荷の緩和のため、オーストラリア全土に 400個のコミュニティバッテリー(オーストラリアで最近用いられる概念で、地域で蓄電池を共用すること)を配備。
- ・ 2022-23会計年度から4年間で1億220万ドルの資金を、コミュニティソーラーバンクイニシアチブに提供。

(ii) 排出量削減のインセンティブ

オーストラリアのGHG排出量削減の主要なインセンティブは、次の3つである。

- ・ 排出削減基金 (Emission Reduction Fund: ERF)
- ・ Climate Activeカーボンニュートラル標準認証制度
- ・ 再生可能エネルギー目標 (Renewable Energy Target: RET) スキーム

最初の排出削減基金は、カーボンクレジット(脱炭素畜産イニシアチブ)法2011により2015年に設立されたもので、さまざまな組織や個人に、排出量を削減したり、GHGを貯留したりすることや、そのための技術を取り入れてもらうことを促すためのものである。同基金に参加している土地所有者、コミュニティ、企業等は、GHGを貯留したり排出を削減したりする場合、CO₂e 1トン毎にオーストラリアカーボンクレジット単位 (ACCU)を獲得し、ACCUは、炭素削減契約によりオーストラリア政府に売却するか、流通市場で企業やその他の民間の購入者に売却することができる。既述のように、アルバネーゼ首相政府が、2030年のGHG排出量削減目標を43% (2005年比)と高めたことから、ACCUの需要が高まっており、オーストラリアのカーボンと電力市場調査会社であるRepuTexは、現在の1 ACCU当たり29豪ドル(約2,750円)から10年以内に60~110豪ドルに値上がりすると予想している。

次のClimate Activeカーボンニュートラル標準認証制度は、オーストラリア政府とオーストラリアの企業を繋ぐパートナーシップの一つであり、自発的な気候変動対策を推進することを目的としている。Climate Activeカーボンニュートラル標準認証により与えられるカーボンニュー

トラル認証は、合意された排出境界(バウンダリ)に基づいてカーボンニュートラルを達成している場合に与えられるものであり、組織だけでなく、製品やサービス、イベント、建物、行政区などにも認められる。カーボンニュートラルの達成に当たっては、排出権を購入することもできる。

3番目の再生可能エネルギー目標スキームは、再生可能エネルギーによる発電を促し、電力セクターからのGHG排出量削減を目的としている。屋上ソーラーパネルや太陽光温水器、小規模な風力又は水力発電システムといった小規模再生可能エネルギースキーム(Small-scale Renewable Energy Scheme: SRES)と、大規模な風力発電、太陽光発電、水力発電を対象とした大規模再生可能エネルギー目標(Large-scale Renewable Energy Target: LRET)があり、アルミニウムの製錬等で消費される大容量電力は、当然ながら後者が該当する。大規模な風力発電所、太陽光発電所及び水力発電所は、条件を満たす再生可能電力に対して大規模発電証書(large-scale generation certificates: LGC)を発行し、再生可能電力の使用を実証したい電力小売り業者や電力購入企業等にLGCを販売することができる。LRETは、更に33,000 GWhの再生可能電力の供給を目指している(<https://www.dcceew.gov.au/energy/renewable/target-scheme>)。

GHG排出量が多く、貿易比率が高い事業では、RETにより競争力が削がれる可能性があるため、RETの免除対象となるという配慮がなされている。

(iii) 排出量の追跡と報告

オーストラリアは、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)、京都議定書、パリ協定の批准国として、

- ・ GHGの排出削減
- ・ 削減計画の進捗状況の追跡
- ・ オーストラリアのGHG排出量の報告

を実施することになっており、排出量の推定は、以下に基づき行っている。

- ・ 年次実績報告書に関するUNFCCC報告ガイドライン及び京都議定書に基づく補足
- ・ 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)2006の国別排出実績推定ガイドライン
- ・ IPCC2006ガイドラインの2019年改訂版
- ・ IPCC2013改訂版にある追加の推定方法と京都議定書を基にした優れた実践法
- ・ 各種ガイドラインの範囲内で、精度を高めるために自国特有の事情に合わせた推定方法

これらは、国家温室効果・エネルギー報告制度(National Greenhouse and Energy Reporting Scheme: NGER)にまとめられており、同制度は、GHG排出量、エネルギー生産量及びエネルギー消費量を報告するために準備された、オーストラリア唯一のフレームワークである。

オーストラリアのGHG排出量は、毎年、気候変動・エネルギー・環境・水資源省から

National Inventory Reportとして発行され、UNFCCCに提出されている。また、同省は、オーストラリアの排出量の予想値をAustralia's emissions projections XXXX (XXXXは、西暦年が入る。)として発行している。アルミナの精製及びアルミニウムの製錬に伴う排出量を、それぞれ表 15及び表 16に示す。アルミナの精製時の排出量強度は、2035年に向けて減少していく。特に、電力を除く定置エネルギー源からの排出量は、2022年の12 Mt・CO₂eから9 Mt・CO₂eに減少すると予想されており、これはエネルギー効率の向上と燃料の切り替え（主に、石炭から天然ガス等の他のエネルギー源への切り替え）によりもたらされるとしている。また、アルミニウムの製錬工程で発生するGHG排出量は、2022年の16 Mt・CO₂eから6 Mt・CO₂eに減少すると予想されており、これは電力の再生可能エネルギー化による。

表 15 アルミナの精製工程から排出されるGHG予想量

セクター	2022年	2025年	2030年	2035年
アルミナ生産量(Mt)	20	21	21	21
電力からの排出量(Mt・CO ₂ e)	3	2	2	2
定置エネルギーからの排出量(Mt・CO ₂ e)	12	12	11	9
天然ガス(Mt・CO ₂ e)	6	6	6	7
石炭(Mt・CO ₂ e)	5	5	5	3
その他(Mt・CO ₂ e)	<1	<1	<1	<1
総排出量(Mt・CO ₂ e)	14	14	13	11
排出量強度(Mt・CO ₂ e/Mt-アルミナ)	0.70	0.67	0.61	0.53

表 16 アルミニウムの製錬工程から排出されるGHG予想量

セクター	2022年	2025年	2030年	2035年
アルミニウム生産量(Mt)	1.6	1.6	1.6	1.6
電力からの間接的排出量(Mt・CO ₂ e)	15	11	6	3
産業工程及び定置エネルギーからの排出量(Mt・CO ₂ e)	3	3	3	3
総排出量(Mt・CO ₂ e)	18	14	9	6
排出量強度(Mt・CO ₂ e/Mt-アルミニウム)	11.3	8.4	5.3	3.8

(iv) 排出量の規制

オーストラリア政府は、2050年までにネットゼロを達成するために、セーフガードメカニズムの改革を進めている。国家温室効果ガス・エネルギー報告(セーフガードメカニズム)規則2015の最新版は、2022年9月に発行された第9版になる。セーフガードメカニズムは、年間10万トン以上のGHGを排出する電力、鉱業、石油とガスの生産業、製造業、輸送、廃棄物施設

等の施設に適用され、ネット排出量が規制当局によって設定されたベースラインを超えないようにする必要がある。

排出量算出の手続きは、適用施設と運用 (Definitions of a facility and operational control) に示され、施設の排出量が、規定の排出量 (ベースライン) を超える、又は超えると予想される場合、以下の対応をとる必要がある。

- ・ 新しいベースライン (現在の施設運用状況又は生産量に基づき調整したベースライン) を申請する
- ・ オーストラリアカーボンのクレジット単位 (ACCU) を発行して、ネットの排出量を減らす
- ・ 単年の排出量がベースラインを超えても、2年間又は3年間の平均ネット排出量がベースラインを下回るようにする
- ・ 例外的免除の申請 (自然災害や犯罪行為などの例外的な状況が直接的に排出量オーバーの原因になった場合に限る)

(13) アラブ首長国連邦(アルミニウム)

アラブ首長国連邦(UAE)の環境、気候変動に関する事柄は、気候変動・環境省(Ministry of Climate Change and Environment: MOCCA)の管轄であり、2050年までにネットゼロを達成するために、国家的に取り組んでいる。

同国は、15年以上前からクリーンエネルギープロジェクトへの資金提供を行っており、現在までに400億米ドル以上を投資している。太陽光や原子力を含むグリーンエネルギーの発電能力は、2015年に約100 MW、2020年に2.5 GWだったものが、2030年までには、14 GWに達すると予想されている。

UAEは、GHG排出量の削減を積極的に推進しており、クリーン開発メカニズムプロジェクトの下で14のプロジェクトに取り組んできた。これらのプロジェクトの成果は、CO₂eの削減量に換算して100万トンと見積もられる。UAEは、GHG排出削減努力や報告義務が免除される非附属書I国ではあるが、国際再生可能エネルギー機関(IRENA)のホスト国を務めるとともに、自主的にGHG排出削減や報告を行っており、2015年12月のCOP21国連気候変動会議で、2021年までに電力の24%をクリーンエネルギー源から発電する計画を表明した。2022年9月には、パリ協定で定められている5年ごとに提出するGHG排出削減目標(Nationally Determined Contribution; NDC)の更新において、2030年までの削減目標を、従来の23.5%の削減から31%に引き上げている。

また、同連邦は、炭素回収貯留技術(CCS)プロジェクトや低炭素水素(Low carbon hydrogen)プロジェクトを推進しており、CCSは、アブダビのMussafahにあるEmirates Steel Industries工場から排出ガスを回収・貯留するものであり、同国のAl Reyadah (Abu Dhabi Carbon Capture Company)によって管理されている。低炭素水素プロジェクトは、グリーン水素及びブルー水素の活用を目指すもので、2050年のネットゼロ達成上、重要な位置を占めている。目標とする対象は石油精製とアンモニア製造、産業用熱源と製鉄、エネルギー貯蓄、トラック輸送、海運、航空燃料である。

UAEの主要国の一つであるアブダビの報告書“Greenhouse Gas Inventory and Projections for Abu Dhabi Emirate”によれば、2018年の産業プロセスセクターからの直接GHG排出量は、20百万トン・CO₂eであり、これは同国の総排出量の16.7%を占め、そのうち製鉄業が約11.5百万トン(約58%)、アルミニウム製造が2.2百万トン(11%)と、金属関係が大半を占めている。これらの他には、アンモニア製造、石灰岩とドロマイト、セメント製造が続いている。2030年の予測では、従来どおりのビジネス(Business-as-usual)シナリオでは、全産業プロセスセクターの排出量は31.5百万トン・CO₂eであり、削減シナリオでは、25.1百万トン・CO₂eと、20%の削減される見込みであるが、製鉄業及びアルミニウム製造業は、依然として主要排出源であり、それぞれ同セクターの45.8%、10.7%を占めるとされている。

(14) ブラジル(アルミニウム)

ブラジルは、2016年9月に最初の国家決定貢献(NDC)をUNFCCCに提出し、その後、2020年12月、2022年3月に改訂版を提出している。それらの内容を表 17に示す。2020年の改訂版の提出時には、2030年の排出量削減率43%は最初のNDCから変わっていないものの、その達成を目標(indicative)から約束(commitment)に引き上げたことに加え、ほとんどの開発途上国のように、炭素排出強度や過去の成長傾向などの相対的な要因ではなく、絶対的な排出量に言及していること、特定のセクターだけでなく経済全体を対象としていること、その削減率が多くの先進国のそれを上回っていること、2030年のみの目標でなく中間年である2025年の目標(37%減)も設定していること、及びNDCの必須要件ではない2060年の気候中立をも目標にしていることは注目すべきである。ブラジルが環境問題に熱心であるということをアピールしているが、2020年のNDCでは、2005年の基準排出量を見直した結果、排出絶対量は逆に890 Mtから1,299 Mtに増えていることなどから、Climate Action Tracer(CAT)による評価は“Highly insufficient(全く不十分)”とされた。その後、2022年4月に再提出したNDCでは、気候中立の達成時期目標を2050年、2030年までの削減目標を従来の43%から50%に上乗せしたことで、CATによる評価は“almost sufficient(ほぼ十分)”に改善されたものの、排出量の絶対値が最初のNDCの値を上回っていることを指摘(非難)されている。

表 17 ブラジルが提出したNDCの概要

	2016年9月	2020年12月	2022年4月
削減率	約束) 37 % 減 (2025 年) 目標) 43 % 減 (2030 年) いずれも、2005年比	約束) 37 % 減 (2025 年) 約束) 43 % 減 (2030 年) いずれも、2005年比	約束) 37 % 減 (2025 年) 約束) 50 % 減 (2030 年) いずれも、2005年比
排出量	890 MtCO _{2e}	1,299 MtCO _{2e}	962 MtCO _{2e}

これらのGHG排出量削減を達成するために、ブラジル連邦政府は、ブラジルカーボン市場創設に向けて、2022年5月19日に政令11,075/2022号を施行した。これは、カーボンクレジット及びメタンクレジットの概念の定義、Sinareと呼ばれる国家排出削減システム(National Greenhouse Gas Emissions Reduction System)の創設、及びNDCの達成に歩調を合わせた、8つのセクター別GHG削減計画の作成を含んでいる。Sinareは、ブラジルでGHGの排出、除去、削減、オフセットの記録、とカーボンクレジットの国際間取引、移転、取引処理、除却等を行う唯一の機関として機能する。

https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/regulation_of_the_carbon_market_in_brazil.pdf

<https://gcalaw.com.br/en/federal-government-creates-the-regulated-brazilian-carbon-market/>

ブラジルのエネルギー源(電力、熱、輸送用燃料)の**52%**が化石燃料、**45%**が再生可能エネルギーによるものである。再生可能エネルギーの内訳は、バイオマスが**29.4%**、風力が**1.7%**、太陽光が**0.2%**で、残りの大半は水力である。また、ブラジルの電力と熱から発生するGHG排出量は、全GHG排出量の僅か**9%**であり、これは表 18に示すように、電力の**82.4%**が再生可能エネルギーによるためである。

前述の8つのセクターというのは、

- ・ 発電と送電業
- ・ 都市交通と州間の人と貨物の輸送業
- ・ 産業品及び耐久消費財の製造業
- ・ 精製化学品及び基礎化学品の製造業
- ・ 紙とパルプ業
- ・ 鉱業
- ・ 土木建設業
- ・ 医療と畜産業

であり、本調査の対象であるアルミニウム及び鉄鋼業は、産業品及び耐久消費財の製造に含まれる。ブラジルの産業品に関連したセクターからのGHG排出量は、エネルギー関係の排出量の**27%**を占める(2019年)が、その中で最大の産業は製鉄業であり、アルミニウム産業は、化学品、セメント、石油&ガス以下で、個別の数字は入手できなかった。

ブラジルアルミニウム協会が発行している統計年鑑2020年版によれば、アルミニウム協会として、**2026年までに30%の削減、2050年までにゼロエミッション(カーボンニュートラル)**を目標にしている。

表 18 ブラジルの発電源構成比

グループ	エネルギー源	比率	グループ比率
再生可能エネルギー	水力	63.4	82.4
	風力	9.2	
	バイオマス・廃棄物	8.9	
	太陽光	0.9	
化石燃料	石炭・褐炭	4	15
	天然ガス	10	
	石油	1	
原子力	原子力	3	3

(15) ノルウェー(アルミニウム)

ノルウェーは、EUの加盟国ではないが、EFTA加盟国がEUに加盟することなくEUの単一市場に参加できるようにする枠組(ただし、スイスは不参加)である欧州経済領域(European Economic Area: EEA)及び欧州連合域内排出量取引制度(EU Emission Trading System: EU-ETS)に参加するとともに、気候変動に関する国際連合枠組条約(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)の附属書I国である。表 19にノルウェーがUNFCCCに提出したNDCの概要を示す。また、国内にはNorsk Hydro ASAという大手アルミニウムメーカーを擁している。

表 19 ノルウェーのNDCの概要

	2016年	2020年2月	2022年11月
削減率	約束) 40%減(2030年) 1990年(51 MtCO ₂ e)比	約束) 50 % 減 (2030 年)、1990年比	約束) 55 % 減 (2030 年)、1990年比

ノルウェーの環境政策は、主に気候環境省(Ministry of Climate and Environment)と、その下部組織であるノルウェー環境庁が担っている。同省は、2021年2月7日、EU-ETSが進める炭素国境調整メカニズム(CBAM)について、以下のような立場を表明している。

- ・ EEAへの参加を通して、EU加盟国との対等なパートナーとして、CBAMへの移行に関する対話を継続していく。
- ・ ドイツ政府がFit for 55パッケージについて表明した見解(国際競争力を考慮し、カーボンリーケージを防ぐために無料排出権割り当てと電気料金への補助を適切な範囲内で延長することと、気候変動対策への取組に関する域外の国々との協議を行うこと)に賛同する。
- ・ CBAMは、EU加盟国だけでなく、EEA参加国であるアイスランド、リヒテンシュタイン、ノルウェーを含めて、単一地域として扱うべきである。
- ・ CBAMは、WTO規則やその他の国際規則に適合したものである必要がある。
- ・ 製品のカーボンフットプリント(直接排出と間接排出の両方)が、検証可能な方法で算出できるように設計されるべきである。

ノルウェーのGHG排出者に対する基本的な姿勢は、排出者負担(Polluter pays principle)と呼ばれる。ノルウェーは、1991年にCO₂排出税を創設し、国内の排出権取引制度が2005年に確立されている。2008年には、EU-ETSのフェーズ2に加わり、当時は、ノルウェーのGHG排出量の半分がEU-ETSの対象となり、現在では、国内のGHG排出量の80%以上が、EU-ETSの排出権取引の対象かCO₂排出税の対象となっている。

EU-ETSの対象外であるセクターについては、CO₂排出税を課すことで削減を図っている。CO₂排出税は、導入当初の1991年には、鉱物油、石油を対象にし、2010年には、LPG

及び天然ガスが対象に加えられた。CO₂排出税は、2020年に5%上がり、CO₂ 1トン当たり545NOK(約7,600円)である。その後、CO₂排出税の免除対象が減らされ、現在(2019年情報)では、EU-ETSの対象外である化石燃料の用途としては、温室暖房用に使用される天然ガスとLPGだけが残っている。

2003年には、HFCとPFCの排出への課税が始まり、CO₂eに換算されて、CO₂と同じ税率が課せられている。しかしながら、EU-ETSの対象外の排出の1/3に近い880万トンCO₂eが、CO₂排出税の対象外となっており、それらの大半は農業から発生するメタンとチッソ酸化物及び廃棄物処理業から発生するCO₂である。

これらに加え、国内産業の競争力維持・向上及びカーボンリーケージの防止策として、新しいクリーンエネルギーの探索やエネルギー効率に優れた技術開発を支援している。その一つが、国営企業として2001年に設立されたENOVA FCである。アルミニウム産業では、2014年にHydro Aluminium ASのKarmøy工場の高エネルギー効率、低炭素排出アルミニウム製造のパイロットプラントプロジェクトへの支援を決定し、2015-2018の4年間で16億NOK(約224億円)を補助し、そこで開発された技術は、Hydro社のHusnes工場で実証中である。

その他、GHG排出量削減のために、以下のような経済支援が行われている。

- ・ 2016年に設立されたKlimasatsという財政支援を行う仕組みで、2020年は1億8千万NOK(約250億円)の投資枠を有し、それに加え、低炭素排出の高速輸送に7,700万NOK(約108億NOK)を計上)の投資枠を確保した。
- ・ 2017年にノルウェー政府が100%出資して設立した投資会社Nysnø Klimainvesteringer AS(2020年には、7億NOKを増資)が、株式未公開の会社が開発技術を実証化する段階に投資を行う。

グリーンテクノロジー基金(Miljøteknologiordningen)は、2010年に設立され、実用化が近い技術の実証試験を支援する。企業自らの資金を含め、今まで(2019年)に26億NOK(約3.7兆円)を投資している。

3. 脱炭素化に向けた民間企業の実践

3-1 鉄鋼

(1) Nucor(米国)

(ア) 全体像

- ・ Nucorは製鋼を電炉(EAF)で行っており、かつ、同社が所有するEAFのGHG排出量は世界平均と比べて 3分の1 未満と低炭素であるとされている。その点で脱炭素を既にかなり実現しているとも言えるが、さらに脱炭素をすすめるべく、下記のような中期目標をたて、多面的アプローチをとっている。
- ・ 2021年7月にNucorが発表した計画によると、同社の現在のGHG排出量は、鉄鋼1トン当たりのCO₂排出量が0.47トンだが、これを2030年までに0.38トンにする。そして、排出量実質ゼロ(ネットゼロ)鋼を大規模に生産するという目標に全力で取り組むという。
- ・ この目標に向かってNucorは、二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術を追求め、新たな再生可能エネルギーの開発支援・利用を行う。Nucorによれば、同社は、2020年に米国で7番目に多くの再生可能エネルギーを購入した企業であった。

(イ) CCS技術の開発

- ・ 2022年4月22日、Nucorは、米Kentucky大学研究財団と提携して、米Kentucky州にある同社Gallatin製鉄所で革新的な二酸化炭素回収システムの試験を行うことを発表した。この研究は、DOEの国立エネルギー技術研究所(National Energy Technology Laboratory: NETL)の資金提供を受けて天然ガス発電所及びその他の産業施設における二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術を推進する12件の研究プロジェクトの中の1つである。「Nucor Steel Gallatin製鉄所でこの熱統合型二酸化炭素回収プロセスの建設と試験が成功すれば、米Kentucky州及び全米の産業部門でエネルギー消費量を削減できる大きな可能性が示される」とKentucky大学工学部の教員でこのプロジェクトの研究責任者であるLiu氏は述べている。なお、Gallatin製鉄所は160万米トン/年の鋼板生産能力を有するEAFを操業しており、早ければ2022年内に拡張工事が完了し、生産量が約300万米トン/年まで増加する予定である。

(ウ) 再生可能エネルギー源の開発と利用

- ・ Nucorは、米Texas州に建設される250MWの太陽光発電プロジェクトに取り組んでいる。同社Pueblo製鉄所の単一場内施設とは異なり、このプロジェクトでは、Nucorの北米事業全体を賄う電力を生み出す予定である。建設は2022年夏に開始され、2023年に発電を開始する予定である。このプロジェクトで、EDF Renewables North America(フランス本社の再生エネルギー企業EDF Renewablesの北米子会社)と15年間の電力購入契約を結

んでおり(2020年11月)、鉄鋼業界にとってこの種の契約としては最大規模である。

- ・ 2021年3月にはOrsted Onshore North America(デンマーク本社の再生エネルギー企業Orstedの北米子会社)と100MW、10年間の電力購入契約を締結している。Orsted OnshoreがTexas州北部に有するWestern Trail風力発電基地から電力供給を受ける。
- ・ 米Missouri州SedaliaにあるNucorの新マイクロミル(極小製鉄所)では、エネルギー必要量の一部を、隣接州であるKansas州に2.5億ドルをかけて新設される風力発電所から供給を受ける(10年契約、供給予定量55MW)。この風力発電所は、エネルギー会社の米EversourceとNucorの共同事業である。
- ・ 2022年4月、Nucorは代替エネルギー源の可能性に関する研究を支援するため、小型モジュール原子炉開発会社のNuScale Powerに1,500万ドルを出資することを発表した。
- ・ 2022年6月、NucorのCEO、Topalian氏はインタビューで「われわれは、再生可能エネルギーの分野で大手サプライヤーになるつもりである」と述べている。
- ・ 2022年11月、Nucorは、国連の24時間365日カーボンフリーエネルギーグローバルコンパクト(24/7 Carbon-free Energy Global Compact)に参加したことを発表した。CEOのTopalian氏は声明で、「大手工業会社として世界で初めて今回のコンパクトに参加したわれわれは、世界が24時間365日稼働のクリーンエネルギーに移行する際の指導的役割を担うことによって、この遺産を礎に邁進するつもりである」と述べた。UNによれば、「24時間365日カーボンフリーエネルギーとは、毎日、毎時間、あらゆる場所で、電力消費量がkW時毎にカーボンフリー電源で賄われることを意味する」という。このコンパクトには、現在90以上の会員が参加している。

(エ) 革新技術への取組み

- ・ 2022年12月、Nucorは、製鋼用カーボンフリー鉄の製造プロセスを開発する米Colorado州の新興企業Electraに出資したと発表した。Electraは、再生可能エネルギーを用いた電気化学的な湿式冶金プロセスによって、低品位鉄鉱石を高純度鉄に精錬している。「この原料を製鋼プロセスで使用するにより、多くのGHG排出量を含むその他の高品質金属を相殺することができる」とNucorは声明で述べた。
- ・ Electraは、再生可能電力を用いて、電気化学的に60°C(140°F)で鉄鉱石を純鉄に精錬している。そうして得られた鉄は、既存のEAFを用いて鋼に転換することが可能である。Nucorによると、Electraのプロセスは、二酸化炭素排出量がゼロであるという。

(オ) サステナブル鋼材の生産

- ・ 2022年12月、Nucorは、米国の洋上風力発電事業者からの高まる需要に応えるために特別に製造したサステナブル(持続可能な)極厚鋼板の新製品『Elcyon』を発売した。同社は、米Kentucky州に17億ドルをかけて新設した最新鋭のBrandenburg製鉄所で本製品を製造する。同製鉄所は、2022年12月末に最初の厚板鋼板を生産した。

- ・ NucorのCEOであるTopalian氏は、「Brandenburg製鉄所でElcyonを発売することにより、わが国の洋上風力発電産業向けに、初めてサステナブルスチール(持続可能な鉄鋼)の国内サプライチェーンを効率よく構築できた」と述べた。「洋上風力発電のような代替エネルギー源に対する需要が増え続け、メーカー各社がタービンの大型化を推し進める中で、大型化されて厚くなったElcyonの厚板サイズは、米国が洋上風力発電のリーダーとなる手助けとなるだろう」。
- ・ Elcyonは、『Nucorのリサイクルスクラップをベースとする電気炉(EAF)製鋼プロセスを用いて製造されたクリーンで先進的な鉄鋼製品』と説明されている。新製鉄所で熱加工制御(TMCP: Thermo-Mechanical Controlled Processing)を活用するElcyonは、この種としては米国で唯一の鋼材であり、洋上風力発電の設計会社、メーカー及び加工会社の厳しい品質基準を満たすために創られた。Nucorによれば、ElcyonはEuronorm(欧州統一規格)の仕様を満たすとともに、競合製品よりも大きな厚板寸法、改善された溶接性及び優れた破壊靱性を特徴としている。
- ・ 「Elcyonは、わが国の洋上風力発電のインフラ整備を続けるためのサプライチェーンの重要な構成要素となるだろう」とNucorは述べ、クリーンエネルギー開発及び気候プログラムに対する3,000億ドルの予算が盛り込まれたインフレ削減法が先日可決されたことによって、2030年までに30GWの洋上風力発電所を建設するというバイデン政権の目標が支持されていると付け加えた。これによって、約750万トンの鉄鋼需要が追加され、1,000万世帯分の電力を賄うのに十分な量のクリーンエネルギーが創出される可能性がある。

(カ) 『ネットゼロ鋼』の出荷予定

- ・ 2021年10月5日、Nucorは、『炭素排出量ネットゼロ』鋼のブランドEconiqを立ち上げ、自動車メーカーのGeneral Motors (GM)が2022年第1四半期に最初の出荷品を受け取る予定である、と発表した。Nucorによると、同社のEconiq製品は、米国の鉄鋼業界でこの規模でのこの種の製品は初めてであり、市場に出回っている鋼材の中で最もGHGの排出量が少ない製品となるという。同製品は、100%再生可能な電力と直接的及び間接的な排出量を無くすためのカーボンオフセットを利用して生産される予定である。GMがNucorから購入する全ての鋼材は、2022年末までにカーボンニュートラルになると予想されている。Nucorによると、GMへの出荷が開始されれば、EconiqはNucorの全製品で利用可能となるが、初期の数量は限られたものになるという。

(2) U.S. Steel(米国)

(ア) 全体像

- ・ 2021年4月21日、U.S.Steel (USS) は、2050年までに二酸化炭素排出量実質ゼロ(ネットゼロ)を達成することを目標とすると発表した。この目標を達成するために、直接還元鉄(DRI)、無炭素エネルギー源及び炭素回収・有効利用・貯留(CCS・CCUS)などの他の技術と組み合わせた電気炉(EAF)の配備を進めており、その活用を図ると述べている。
- ・ 2050年ネットゼロ目標に向かい、USSは、2018年を基準として、2030年までにスコープ1及び2基準のGHG排出原単位を20%削減することを目標としている。
- ・ 2050年までにネットゼロという目標を発表した際、USSは、支援となる革新的な技術を開発するために、業界及び世界中の利害関係者の枠を超えた官民連携が必要になるとも述べている。
- ・ 現時点の同社のネットゼロに向けてのロードマップは図 7のようになっており、下記の諸方策を組み合わせることによって実現するとしている。

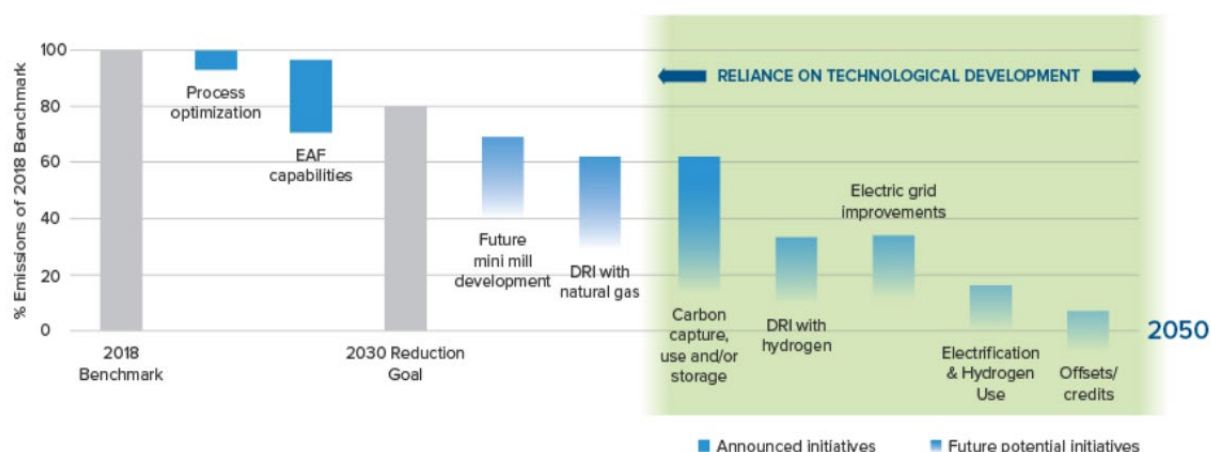


図 7 2050年までのロードマップ

(出典: USS HP <https://www.ussteel.com/roadmap-to-2050>)

- ①プロセスの最適化とクリーンエネルギーの調達
- ②EAF機能をフットプリントに統合(EAF増設)
- ③将来のミニミルの開発

現在存在し、今日広く使用されている EAF技術は、従来の統合製鋼よりも約70% 少ない GHG排出量で鋼を生産するが、ネットゼロ排出を達成するために、さらに製鋼技術を改良する。

- ④天然ガスを使用した直接還元鉄/ホットブリケットアイアン (DRI/HBI)の採用

⑤CCUS

炭素回収は現在、電力業界に存在するが、鉄鋼業界での経験は限られている。同技術を開発している潜在的なベンダーが多数存在するが、USSは、少なくとも今後10年間は完全に商業化されるとは考えていない。これには、USSの統合事業（コークス工場、溶鉱炉、酸素製鋼炉など）から二酸化炭素を回収する可能性や、EAF ベースの事業から炭素を回収する可能性を探ることが含まれる。

⑥水素ベースのDRI

天然ガスを最大100%の水素に置き換える。使用される水素は、再生可能エネルギーから生成される、いわゆるグリーン水素である。必要な量のグリーン水素を生産するには、クリーンな電力網を大幅に構築する必要がある)天然ガスベースの DRIが水素ベースに変換されると仮定すると、GHG排出量がさらに 20～40%削減されると予想される。

⑦送電網の改善

現在、一部のカーボンフリー電力を調達しているが、次のような幾つかの要因により、2030年以降は加速すると考えている。原子力、水力、太陽光、風力などのカーボンフリーエネルギー源の展開の増加、電力が生成された場所から必要な場所へ送電するグリッドの能力が向上し、再生可能エネルギーやその他のカーボンフリーのオプションが利用できない場合に、カーボンフリーの電力を可能にする短期及び中期のバッテリー貯蔵の成長。改善の程度は、カーボンフリー電力の利用可能性に完全に依存している。2021年初頭からの米国エネルギー情報局（US EIA）の予測に基づいて、2050年までに発電の大部分がカーボンフリーになると予想しており、2021年4月にバイデン政権は電力業界が 100%カーボンを使用するという目標を発表した。これらの目標が達成されれば、スコープ2排出量の削減に大いに役立つ。

⑧電化・水素利用の拡大

製鉄プロセス全体で、天然ガス、ディーゼル、重油、ガソリンなどの炭素含有燃料をプロセス暖房、建物暖房、輸送に使用している。水素や電気の使用を増やし、GHG 排出量を削減することで、これらの炭素含有燃料の使用を減らすことができると考える。これには、熱間圧延機の再加熱炉と焼鈍炉で水素又は電気を天然ガスの代わりに使用すること、及びこれらのいずれかを使用して軽量、中型、及び大型のモバイル機器に電力を供給する可能性を検討することが含まれる。

⑨カーボンオフセット/クレジット

2050年までにネットゼロ排出を達成するために、上記のプロセスで残っているギャップは、カーボンオフセット又はクレジットを使用することで埋められる可能性があると予想している。オフセットとクレジットは最後の手段で、オフセットとクレジットを購入する前に、技術的手段によって可能な限り排出量を削減する。

以上のうち、現在、具体的進捗が見られるのは以下である。

(イ) CCS・CCUS技術の開発

- ・ 2021年6月、USSは、米Ohio州、Pennsylvania州及びWest Virginia州の隣接3州地域における二酸化炭素回収・貯留（CCS）及び水素開発の可能性について、ノルウェーのエネルギー企業Equinorと共同で評価していくことを発表した。そのための非独占的了解覚書（MoU）をEquinorの米系列子会社Equinor US Holdings Inc.と締結した。USSのCEO、Burritt氏は、鉄鋼業で水素を利用する技術はあるが、コストの問題があると話している。
- ・ さらに2022年8月、USS、Equinor US HoldingsとShell US Gas and Powerは、米国の北部アパラチア地方において共同でクリーンエネルギーハブを推進するための「非排他的協力協定（non-exclusive cooperation agreement）」を締結したと発表した。三社は共同声明で、「このハブは、CCUSと水素製造・利用を特徴とする脱炭素化の機会に焦点を置いたものになる」と述べている。声明によると、EquinorとShellは、米エネルギー省が地域クリーンエネルギーハブの設立のために提供している資金に共同で応募する予定である。USSは現在、「資金提供者、顧客、供給者、パートナーとして、ハブで果たすことのできる役割」を評価しているところである。
- ・ 2022年6月、USSは、米Indiana州にあるGary製鉄所高炉（BF）工場でCCS技術の可能性を研究するためにIllinois大学及びその他の企業とパートナーシップを結んだ。Illinois大学Urbana-Champaign校のPrairie研究所（Prairie Research Institute）は、CO₂除去技術に関するフロントエンドのエンジニアリングと設計（FEED：Front End Engineering Design）の研究を支援するために、DOEのNETLから350万ドルが授与されている。6月22日付の共同声明によれば、この研究では、周囲の空気から5,000トン/年の二酸化炭素を除去し、その後コンクリート製品に永久に固定化できる直接空気回収・有効利用（DAC-U：Direct Air Capture and Utilization）システムの促進に重点が置かれる。このシステムは、建設されれば、既存のDACシステムよりも大規模なシステムとなる。提携各社によると、排出されたCO₂を大気中から回収した後、液化したそのガスは、提携企業のCarbonCure（本社カナダ）のCO₂分離・有効利用技術を用いている米国企業Ozingaの生コン工場に輸送され、コンクリートの混練時にCO₂を直接注入する計画である。注入されたCO₂は、直ちに固定化され、コンクリート中に閉じ込められて、決して大気中に戻ることはない各社は述べている。CarbonCaptureが開発した技術は、工場の廃熱、エネルギー及び立地条件を利用して、輸送費及びエネルギーコストを最小限に抑える。

(ウ) EAF増設

- ・ USSは、高炉と電炉の『いいとこ取り』戦略（“best of both” strategy）の下で、高炉だけの鉄鋼メーカーから離脱しようとしている。2020年10月に米Alabama州のFairfield製鉄所で新たな自社EAF（160万米t）を建設・稼働させた。2021年1月には、米Arkansas州を拠点

とするミニミル鋼板メーカーBig River Steelの残りの株式の取得を完了して資産ポートフォリオに加えた。「子会社となったBig River Steelでは、既に幾つかある最先端の高張力鋼のうちの14鋼種以上を生産しており、当社は、大幅なCO2排出量削減を達成するためにEAF及びその他の先端技術を使いこなす能力に自信を持っている」とUSSは述べている。Big Riverでは、現在、合計で公称330万米トン/年の製鋼能力を持つ2基のEAFを保有しており、2024年の操業開始を目指して、同じ構内に新たな300万米トン/年のミニミルを建設している。

- ・ USSは2021年10月、ミニミル部門に原料を供給するために、米Indiana州にあるGary銑鋼一貫製鉄所で50万米トン/年の銑鉄生産能力を建設する計画を発表した。Gary製鉄所の銑鉄生産開始は、2023年上期に予定されており、Big Riverの鉄鉱石ベースの金属ニーズの50%を供給することになる。
- ・ 2021年5月、スロバキアのMatovic財務相と、同国USS Kosiceミル(450万トン)での、コークスを燃料とする高炉(BF)3基を電気炉(EAF)2基に置き換えるなどの近代化投資を行い、ミルの二酸化炭素排出量を大幅に削減する予定について、話し合いを行った。Matovic氏によると、総投資額は約15億ユーロ(18.2億ドル)と見積もられている、という。スロバキアの計画では、二酸化炭素排出量の削減を目的としたスロバキア産業の近代化のために3億6300万ユーロが計上されており、現在利用可能な最善の技術に資金を提供することが可能である。

(エ) 低排出鋼の出荷予定

- ・ 2022年3月、USSは、低排出鋼製品シリーズverdeXによって、二酸化炭素排出量を最大で75%削減し、リサイクル鉄スクラップの使用量を2倍以上にすることが期待されると発表した。USSの試算によれば、verdeXは通常の鉄鋼1トン当たり2.05トン相当の二酸化炭素排出量削減をもたらすことが見込まれる。ただし同社は、全ての鋼種で等価なverdeXグレードが入手できるわけではなく、新シリーズの生産能力も限られていると自社ウェブサイト上で述べている。

(オ) その他

- ・ 2021年4月、USSは、北米の鉄鋼メーカーとして初めて、国際的な鉄鋼業認証団体であるResponsibleSteelに加盟した。
- ・ 2022年2月、脱炭素・水素活用に向け地元企業連合を結成した。共同活用できるインフラ整備、CCUS、水素の製造・使用に取り組む予定である。参加企業は、EQT、エクイノール(旧スタットオイル)、GEガスパワー、マラソンペトロリアム、シェルポリマーズ、三菱重工業のパワー事業米国会社。

(3) Cleveland-Cliffs(米国)

(ア) 全体像

- ・ 2021年1月28日、米国の鉄鋼・鉱業グループCleveland-Cliffsは、2030年までにGHG排出量の25%削減(2017年比)を目指していると述べた。Cliffsによれば、この25%削減目標は、2017年のベースライン基準と比べて、質量ベース(1年当たりのトン数)でスコープ1(直接排出)及びスコープ2(間接排出)のGHG排出量削減を合わせたものに相当する。同社のホームページによると、この規模で削減すれば、CliffsのGHG排出量は、2017年の4,410万トン/年から2030年に3,300万トン/年となる。
- ・ Cleveland-Cliffsは、ホットブリケットアイアン(HBI)及び鉄スクラップの供給量を最大化し、冶金コークスの需要を削減することによって、鉄鋼製品からの全排出量を削減している。すなわち、高炉(BF)でペレットとHBIだけを使用し、転炉で(プライム)スクラップの使用量を増やすことを目指している。将来的には水素の開発を検討している。

(イ) HBIの使用

- ・ Cleveland-Cliffsは、2021年6月9日、米Ohio州ToledoでDRI(直接還元鉄)プラントの稼働式を開いた。プラントの年産能力は190万メトリックトン、投資額10億ドル。基本的に、Toledo工場から供給されるHBIを全て社内で消費し、BFで鉄を生産するために必要な冶金コークスを削減して、将来的には水素の開発を検討している。
- ・ Cleveland-CliffsのDRI計画は、従来、HBIを米電炉メーカーへ外販することで輸入銑鉄を代替する戦略として進められてきた。その後、同社がAK Steel、ArcelorMittal USAを買収して、2020年に北米最大の圧延鋼板メーカーとなり、自ら高炉と電炉を操業するようになったため、自社でもHBIを活用していく方針へ転換している。
- ・ Cleveland-CliffsのGoncalves CEOは、同社がDRIの1つの形であるホットブリケット鉄(HBI)を生産しているのは、排出量削減の取組みに必要不可欠な要素であるためと述べている。「BFにHBIを装入すれば、既に還元された鉄を装入しているので、コークスを装入して還元する必要はない。そうすれば、コークスの必要量は削減され、CO2排出量が削減される」。
- ・ Goncalves氏によれば、Cleveland-Cliffsでは現在、4基ある全ての電気炉(EAF)と8基のうちの5基のBFでHBIを使用している。しかし、彼は、同社が最終的に8基のBF全てでHBIを使用し、全事業でHBIの使用率を高める計画であると述べている。Goncalves氏は、Cliffsが2030年までに排出量削減目標を達成し、CO2回収技術の実施を開始できるために、同社が持つ8基のBFで天然ガスをエネルギー源として使用することが極めて重要であると話す。
- ・ Goncalves氏によれば、DRI生産プロセスで天然ガスを燃焼させれば、水素を使用した場合と同じ排出目標を達成しており、従って、製鉄プロセスで水素を取り入れる差し迫った必

要性は減ったという。「われわれは、BFで天然ガスを使用しているため、既に水素を使用し始めているが、天然ガスは見方を変えれば水素である」と彼は述べる。「その還元反応は炭素を通してではなく、水素を通して進む。炉頂で発生するのは、水蒸気のH₂OであってCO₂ではなく、それは正に水素のゴール地点である」。

- ・ **Goncalves氏**によれば、ヨーロッパで水素を用いた製鉄プロセスへの移行が推し進められているのは、主として欧州大陸に天然ガスがないことが要因となっているという。「ヨーロッパの天然ガスは、全てロシアで産出されており、地政学的な問題であって、技術的な問題ではない」。同氏によれば、**Toledo**にある**Cliffs**の**DRI工場**は、ガスインフラのおかげで、既に「一切設備を変更することなく水素のための用意が整っている」ものの、米国で水素供給が利用できるようになる時期は決まっていないという。

(ウ) CCS

- ・ 2022年12月、**Cleveland-Cliffs**は、**Burns Harbor**製鉄所でCO₂回収事業を行う基本設計に着手した。これは、年間280万トン分のCO₂回収狙うもので、**Burns Harbor**の高炉から排出される量の大半に相当する。開発費用の半分をエネルギー省 (DOE) が負担し、2年間の完了を目指す。

(エ) その他

- ・ **Cleveland-Cliffs**は2021年11月、さまざまな業界の脱炭素化目標を支援するために新たに立ち上げられ政府が支援する**Better Climate Challenge**イニシアチブの一環として、DOEとパートナーシップを締結した。**Cliffs**のCEO、**Goncalves氏**は声明の中で、「2030年の排出目標を達成するために米国政府と協力して作業すること、またわれわれが考えていることがGHG排出を最小限に抑えるための世界的なベストプラクティスであることを共有できることを嬉しく思う」と述べた。**Better Climate Challenge**イニシアチブは、DOEを通じて、ベストプラクティスを採用し、排出量削減目標を達成するための相互交流と技術支援の機会を提供している。この取組みには2021年11月時点で32のメンバー企業・組織が参加している。

(4) ArcelorMittal(本社ルクセンブルク)

(ア) 全体像

- ・ ArcelorMittalは、2020年9月に、2050年までにカーボンニュートラルになる決意を表明した。同社は、下記の様々な方向性でCO₂削減に取り組んでいる。
- ・ 2020年11月に同社が公表した環境レポート「Leadership on climate change」では、大別して、以下の①～⑥が挙げられていた。

①スクラップの使用増加

転炉でのスクラップ使用比率を上げることと、電炉の使用増。

②Torero(トレロ)

廃木材をバイオコールにして、コークスの代わりに、鉄鉱石の還元剤として活用する。ベルギーのGent製鉄所で工業規模のデモプラントを建設中。40ktバイオコール/年の生産能力を持つ反応炉(Torrefaction)2基を近々に稼働させる予定で、1基目は2022年に、2基目は2024年に稼働する見通し。投資額5,000万ユーロ。

③IGAR

高炉ガス中から出るCO₂とメタンをプラズマリアクターでCOと水素の合成ガスにして高炉に(再)注入する。

フランスのDunkirk製鉄所でパイロットプロジェクトを行っており、完成するのは2022年の見通し。投資額2,000万ユーロ。

④Carbalyst(カーバリスト)

高炉ガスからバイオエタノールを生成する。

米国の炭素リサイクル企業Lanzteckと提携して、ベルギーのGhent製鉄所で工業規模のプラントを建設中。稼働は2020年の見込み。投資額1億6,500万ユーロ。

⑤3D

高炉から排出されるCO₂を回収・運搬・貯蔵する。

フランスのDunkirk製鉄所でパイロットプロジェクト(回収能力CO₂ 0.5トン/時)を行っており、2021年に完成する見通し。投資額2,000万ユーロ。

⑥H2 Hamburg

100%、水素で還元鉄を生産し、電炉製鋼を行う。

ドイツのHamburgにある既存製鉄所で工業規模のデモを行う予定で、調査、フィージビリティスタディを実施中。生産開始は2023～2025年の予定。

上記の②と③は製鉄の低炭素化、④と⑤はCO₂分離・回収・利用(CCS/CCUS)、⑥は水素還元技術に該当するが、ArcelorMittalは、②～⑤を「スマートカーボン手法」、⑥を「(革新的)水素・DRI手法」と呼称していた。

(イ) 現在のプロジェクト

- ・ 2021年に同社は、2050年までにカーボンニュートラルとなるためのロードマップを公表した。実現のため、上記より更に様々な脱炭素プロジェクトを展開している。ArcelorMittalの「2021年Integrated Annual Review (2022年公表)」では以下のようなくくりで紹介されている。

【革新的還元鉄—電炉 (Innovative DRI—EAF) プロジェクト】

上記の「(革新的)水素—DRIプロジェクト」と「電炉増」の改訂版と言える。下記6プロジェクトが進行中。

- ・ 独Hamburg

Hamburgの既存の還元鉄・電炉 (DRI-EAF) 製鉄所で天然ガスの代わりに(100%)水素でDRIを生産する。2025年までに10万トン/年のDRIを生産する。

ドイツ連邦政府から5,500万ユーロの投資援助を得る予定。

- ・ 仏Fos-sur-Merと仏Dunkirk

Fos-sur-Merに電炉、Dunkirkに250万トンDRIプラントと電炉を建設する。2027年までに稼働予定。これにより、フランスでのCO2排出量を2030年までに約40%削減する。

- ・ ベルギーGhent

Ghentで既存高炉に加えて、250万トンDRIプラントと電炉2基を新設する。投資額11億ユーロ。ベルギー政府及び同国Flanders政府と脱炭素の合意書を交わしている。2030年までにCO2排出量を390万トン/年削減予定。

- ・ 西Sestaoと西Gijon

スペインのGijon製鉄所敷地に、2025年までに230万トン/年の水素直接還元鉄 (DRI) プラントと110万トン/年のハイブリッド電炉を新設。DRIプロセスでグリーン水素を使用して鉄鉱石を還元し、再生可能電力を使用して電炉を操業する。Gijonから250km離れているSestao製鉄所では、既存電炉をアップグレードして、2023年までに年産能力を100万トンから160万トンに上げ、Gijonで生産されるグリーンDRIを使用して製鋼を行うようにする。これにより、2025年までにSestao製鉄所は世界初のフルスケールのCO2排出ゼロ製鉄所となる予定である。総投資額10億ユーロ。これらにより、スペインにおける同社のCO2排出量は5年以内に50% (又は480万トン/年) 削減される見込み。この計画が実現すれば、グリーン水素を用いて生産された鉄鋼の市販競争で、スウェーデンのHYBRITに僅差で勝つ可能性がある。

ArcelorMittalによれば、新DRI工場は、2025年末までに商業的に手頃な条件でグリーン水素が利用できない場合には、天然ガスを使用して操業を行うという。

- ・ 加Hamilton

カナダのHamiltonの既存一貫製鉄所Dofascoで、高炉・転炉 (BF・BOF) 体制からDRI-EAF体制に転換する。カナダ政府及びOntario州政府との合同プロジェクト (総額18億カナダドル (約13億1,000米ドル))。2022年10月、250万トン/年のDRI炉の新設工事を開始

した。この新たなDRIプラントは、単体モジュールとしてカナダ最大の直接還元プラントとなり、プラントメーカーのTenovaとDanieliが共同開発したEnergiron技術を採用する予定である。製造した高温DRIペレットは、空気輸送システムにより並立するEAFに運ばれ、溶製されることになる。このDRI炉は、当初天然ガスを使用するが、「費用効果の高いグリーン水素が供給可能になった時点で、クリーンエネルギーとしてグリーン水素の利用に移行するために」、水素レディ(水素の利用可能)にする予定。2028年までに完工し、HamiltonでのCO2排出量を2028年までに完60%削減する見通し。Dofascoの製鉄所には、3基の高炉(BF)と1基のEAFがあるが、240万トン/年のEAF増設も予定している。

- ・ 加Contrecoeur

カナダQuébec州Contrecoeurの既存DRI工場(170万t)で、水素を投入する試験を実施する。(2022年5月2日の同社リリースによると、最初の試験で、24時間で天然ガス6.8%をグリーン水素に置き換えることに成功したという。)

【スマートカーボン】

- ・ Torero(トレロ)

廃木材をバイオコークにして、コークスの代わりに、鉄鉱石の還元剤として活用する。ベルギーのGent製鉄所で工業規模のデモプラントを建設中。4万トンバイオコーク/年の生産能力を持つ反応炉(Torrefaction)2基を稼働させる。1基目は2022年稼働。投資額5,500万ユーロ(上記2020年11月の環境レポート「Leadership on climate change」より500万ユーロ増)。

- ・ Carbalyst(カーバリスト)

高炉ガスからバイオエタノールを生成する。この技術自体をArcelorMittalがCarbalyst®と呼称している。ベルギーのGhent製鉄所で工業規模のプラントを建設中。稼働は2022年、投資額1億8,000万ユーロの見込み(上記2020年11月の環境レポート「Leadership on climate change」より2年遅れ、1,500万ユーロ増)。8,000万リットルのバイオエタノールを生成し、年間7,500万ユーロを売り上げる計画。(ArcelorMittalの公式ホームページ最新更新情報では、2022年末までに試運転を開始する予定、と変わった。しかし、2023年3月時点で試運転開始の情報は確認されていない。)

- ・ 3D

高炉から排出されるCO2を回収・運搬・貯蔵する。他の手法より低コストのCO2を回収・運搬・貯蔵を目指す。フランスのDunkirk製鉄所でパイロットプロジェクトを行っている。本格展開は、運搬・貯蔵のインフラ次第。

【XCarb™イノベーション基金】

ネットゼロカーボン製鉄への移行を支え、加速する革新的技術を開発中の企業への投資を行う目的で設立されたArcelorMittalのファンド。2021年末までに下記の5件に総額1億8,000万ドルをコミットしたとのこと。「XCarb™」は、ArcelorMittalの低炭素、ゼロカーボン(鉄鋼)製品及び製鉄活動を総称する名称として2021年に立ち上げられた。

①Heliogen: 太陽光で化石燃料を代替

Heliogenは、再生エネルギーの米国スタートアップ企業(2013年設立)。MicrosoftのBill Gates氏などが支援している。同社の技術は、太陽光を集めて、熱(HelioHeat™)、電気(HelioPower™)、クリーン燃料(HelioFuel™)に換える。XCarb™イノベーション基金は同社に初期投資2,000万ドルを行った。

②Form Energy: エネルギー貯蔵技術

Form Energyは、低コストエネルギー貯蔵技術を開発している米国企業。同社の開発技術の一つが、鉄空気電池(Iron-air battery)。これは、「鉄の可逆的酸化」を介して機能するもので、放電時には、何千もの小さな鉄のペレットを空気に晒し、酸化反応させることによって電力を発生する。充電時にはシステムに電流を流すと酸化鉄から酸素が除去される還元反応が起こる。Form Energyの鉄空気電池は最大100時間電力供給でき、コストはリチウムイオン電池の10分の1未満だという。Form Energyは、地球上で最も安全、安価で豊富な鉱物で作られたこの電力系統側蓄電池は、数日間にわたって継続的に使用できるので、信頼性が高く、安全で完全に再生可能な電力網の構築を可能にすると説明している。XCarb™イノベーション基金は同社に2,500万ドル投資。

③Breakthrough EnergyのCatalystプログラム

Breakthrough Energyは2015年にBill Gates氏によって設立された幾つかの組織の総称。2050年までのネットゼロ排出達成に世界が必要としている技術の拡大を目指している。同組織の「Catalystプログラム」は当面、4つの脱炭素技術に注力する。XCarb™イノベーション基金はこのプログラムに今後5年間で1億ドルの株式投資を行う。

④LanzaTech: 炭素リサイクル

LanzaTech(ランザテック)は米国のバイオ技術会社。同社のガス発酵技術は、製鉄過程で排出されるガスを持続可能な燃料や化学品に換える。XCarb™イノベーション基金は同社に3,000万ドル投資。

⑤H2Pro: 水から水素を低コストで製造

H2Proは、イスラエル工科大学の水素専門家3人が2019年に設立。E-TAC(電気化学-熱活性化化学)技術を開発。E-TACは、電気を使って水を水素と酸素に分解、電気化学的ステップと熱的に活性化された化学的ステップで別々に生成を行う。エネルギー効率は95%以上(従来の水電解は70%)、設備投資額は従来 of 電気分解の半分の見込み。2023年までにMW級の商用目指しており、水素製造コストは2023年までに2ドル未満/kg、2030年までに1ドル未満/kgとするという。XCarb™イノベーション基金は同社に500万ドル投資。

(ウ) 最近の進展

- ・ 2022年7月、スペインの自動車部品メーカーGestampは、最終的に欧州車の生産に使用される予定の低CO2排出鋼製部品を使って成果を挙げるために、ArcelorMittalと提携し

たことを発表した。

両社の最初の協力で、Gestampは、ArcelorMittalのUsibor 1500及びXCarb鋼を使って、自動車のトンネル補強及びシート補強など、自動車生産に使用する低CO₂排出鋼のテストに成功したと発表した。

Usibor 1500製品は、自動車のホットスタンプ(熱間鍛造)向けに使用される高強度鋼であり、XCarbは、100%再生可能電力を用いて電気炉(EAF)で生産された再生鋼を主として製造した脱炭素製品である。

「わずか数年前、われわれは、こうすることが技術的に可能だとは思っていなかったが、今日、自動車の大量生産向けに低CO₂排出鋼を供給できる寸前まで来ている」と

ArcelorMittal EuropeのCEOであるVan Poelvoorde氏は述べた。

- ・ 2021年に、Gestampは、自動車部品の生産用にArcelorMittalからXCarbグリーンスチール認証を購入した自動車業界初の大規模サプライヤーとなっている。
- ・ 2022年8月、ベルギーで、ArcelorMittal Belgiumは、天然ガス輸送事業者Fluxys及び港湾操業会社North Sea Portと、北海港(North Star Port)のGhent地区でオープンアクセス型のCO₂貯留及び液化ハブ『Ghent Carbon Hubプロジェクト』の実現可能性調査(FS:フィージビリティスタディ)を開始した。Ghent Carbon Hubは、排出事業者からCO₂を輸送・液化して、一時的な貯蔵場所を提供するとともに、液化したCO₂を船舶に積み込み、今後永久保存するためのオープンアクセスハブとして設立される予定である。2027年の稼働を目指している。Ghent Carbon Hubは、ベルギーの産業によるCO₂排出量の約15%に相当する600万トン/年のCO₂を処理する能力を持つ予定である。
- ・ 2022年10月、ArcelorMittalと、英豪系資源大手BHP、三菱重工エンジニアリング(MHIENG)及び三菱商事の豪子会社Mitsubishi Developmentは、製鉄業の二酸化炭素排出量を削減するために本格的な二酸化炭素回収技術の試験を行う複数年プロジェクトで協力することになった。この合意は、ベルギーのGhent市にあるArcelorMittalの500万トン/年の製鉄所及び北米にある別の1カ所の製鉄所で試験を行うことが盛り込まれており、関係する全てのパートナー企業の知識を結集して、二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)技術を高める方法を特定するものである。
- ・ 2022年10月、ArcelorMittalは、米国を拠点とするエネルギー貯蔵技術・製造会社のForm Energyに1,750万ドルの追加投資を行い、同社に対する投資総額が4,250万ドルに達したと発表した。ArcelorMittalが2021年に設立したXCarbイノベーションファンドを通じて実行された。

ArcelorMittalは以前、2021年7月にForm Energyに対して2,500万ドルを出資しており、その時、ArcelorMittalは、Form Energyのバッテリー技術向けに直接還元鉄(DRI)を供給する可能性があったことから、両社で共同開発契約も締結している。

「契約に基づいて、Form Energyのバッテリー向けに特別に改良したDRI製品を製造するために操業上の変更点を明確にする作業は順調に進んでおり、より大規模な生産試験に

向けて計画が進められている」とArcelorMittalは述べている。

- ・ 2022年10月、カナダのOntario州HamiltonにあるDofasco製鉄所で250万トン/年の直接還元鉄(DRI)炉の新設工事を開始したと発表した。この新たなDRIプラントは、単体モジュールとしてカナダ最大の直接還元プラントとなり、プラントメーカーのTenovaとDanieliが共同開発したEnergiron技術を採用する予定である。そこで製造したDRIは、Hamilton製鉄所のEAFで溶製し、「最も要求の厳しい鋼種を生産する」とArcelorMittalは述べている。同プラントで製造した高温DRIペレットは、空気輸送システムにより並立するEAFに運ばれ、溶製されることになる。2023年1月に建設用地確保(第1コークス工場を解体・撤去)開始、2024年に基礎工事開始、2026年完成、2028年までにDRI-EAFルートへの移行完了の予定となっている。

(5) ThyssenKrupp(ドイツ)

(ア) 全体像

- ・ ThyssenKruppは2019年7月、2050年以降、気候中立になることを目指すと発表した。さらに、同社グループでは、2030年までに生産による排出量とエネルギーの外部調達を(2018年比)約30%削減する計画であり、ThyssenKruppの製品使用による排出量は、その時までには16%削減される予定であると述べた。さらに2021年、ドイツ政府による気候中立目標年前倒しを受けて、2045年までに気候中立を目指すとしている。
- ・ 方策としては、CO₂分離・回収・利用技術(CCS/CCUS)の1つである「Carbon2Chem(カーボン2ケム)」や「H2morrow」を進めている。並行して、水素-DRI技術を試行している。さらに近年は、高炉におけるスクラップ利用の増、CO₂排出の少ない石灰の利用なども打ち出している。
- ・ 2025年に複数ある高炉(BF)の最初の1基をサブマージドアーク炉(SAF)と組み合わせたDRIプラントで置き換え、BF級鉄鉱石をそのプロセスで利用できるようにする意向である。

(イ) Carbon2Chem

- ・ CarbonはCarbon dioxide、ChemはChemical productを指し、高炉ガスを化学素材(メタノール、アンモニア等)へ転換することを目指すプロジェクトの呼称である。ドイツ連邦政府支援のもと、2016年に正式にスタートした。
- ・ 現在の鉄鋼業、化学産業は個別に化石原料を入手利用し、中間物質などを相互に利用する概念はないが、Carbon2Chemでは鉄鋼業からの排出ガス(CO₂を含む)を化学製品に転換し、産業全体でCO₂削減を図るコンセプトである。ハードのCO₂ captureではなく、産業連携を利用した「Integrated CO₂ Capture」とも強調されている。研究開発を進めるために、広範な技術開発体制を組み、ドイツの大手企業Siemens、BASF、触媒を担当するClariant、研究機関FraunhoferとMax-Planck、大学など17の組織が参加している(有馬達郎2019年「鉄鋼における二酸化炭素削減長期目標達成に向けた技術展望」)。
- ・ ドイツの同社Duisburg製鉄所に保有する試験設備は、個々の技術を統合し、製鉄所からの排出ガスを使用して実際の工業的運転条件のもと試験が行われている世界で唯一の設備である。2022年時点で試験の第二フェーズに入っており、2025年から工業化に向けたスケールアップを進め予定。最近の情報では、2030年までに工業規模で利用可能となる見込みである。
- ・ ドイツ連邦教育科学省は、6,000万ユーロ(75億6,000万円)の助成金を投じている。

※参考: Carbon2Chemの背後にあるドイツのPower to Gas構想

Carbon2Chemは再生エネルギーを積極的に利用するドイツのPower to Gasの構想と関係している。太陽光発電と風力発電はドイツで急速に普及しつつあるが、課題として、一次エ

エネルギーの供給源としては不安定で貯蔵できないこと、地理的条件に左右されやすいことが挙げられている。ドイツでは風力発電は北部に、太陽光発電は南部に偏在しているため、再生可能エネルギーを全国的に安定供給しづらい。この弱点を解消するために、再生可能エネルギー由来の電気を水素又はCH₄に転換、貯蔵し、国内の天然ガスパイプライン網に乗せて国内に供給利用する考えがPower to Gasである。ドイツでは天然ガスパイプラインが普及している。Carbon2Chemは水素利用の面で、このPower to Gasに連動した構想とも言える(有馬達郎「鉄鋼における二酸化炭素削減長期目標達成に向けた技術展望」2019年「鉄と鋼」掲載より)。

(ウ) H2morrow

- ・ 2019年10月から、CCSプロジェクトとして、「H2morrow」(H₂とtomorrowを掛け合わせた呼称と推察される)をドイツのガスパイプライン運用会社OGEとノルウェーのエネルギー会社Equinorと協力して、独Duisburgの製鉄所からの炭素排出量を削減するためにフィージビリティスタディ(FS)を進めている。その結果として、2027年までに製鉄プロセスで使用される化石燃料由来の水素からCO₂を分離・貯留することが可能であることが示されたという。
- ・ 同プロジェクトでは、OGE及びEquinorがパイプラインを通してThyssenKruppに当初は天然ガスを、その後に水素を供給し、製鉄プロセスで分離回収されたCO₂をオランダ又はノルウェーの北海海底に貯留するため、パイプライン又は船舶で輸送する計画である。

(エ) 水素－DRI技術の試行

- ・ 2020年12月に、ThyssenKruppとドイツのエネルギー会社STEAGは、Duisburg製鉄所に水素を供給するための電解プラント建設を計画していることを共同発表した。両社は、共同でプロジェクトのフィージビリティスタディ(FS)を開始しており、良い調査結果が得られれば、すぐにプロジェクト開発を開始する。この水電解プラントは、最大500MWの生産能力を持つ予定である。ThyssenKruppは、ゆくゆくは、本プロジェクトの水素を、新直接還元鉄プラントで使用したいと考えている。発表によれば、Duisburg市にあるSTEAGの発電所構内に建設予定の電解プラントは、ThyssenKrupp初の直接還元鉄プラントで使用するのに十分な、毎年約7.5万tものグリーン水素を製造することが可能であるという。なお同社では、高炉1基の転換で年間に約2万tのグリーン水素の需要がもたらされると見込んでいる。ThyssenKruppによれば、この需要は、2050年までに72万トン/年に増加するという。
- ・ 2022年3月に発表されたところによると、ドイツの電力会社STEAGは、ThyssenKruppのDuisburg製鉄所に隣接して計画されているHydrOxy Walsum 520MWの電解槽(electrolyzer)から再生可能な水素と酸素を供給する覚書に調印した。この発表は、プロジェクトパートナーらによって実施された良好なフィージビリティスタディ(FS)を受けたもので、2023年までに最終的な投資決定がなされる予定で、水素の供給は2025年に開始される予

定である。ThyssenKrupp Steelの脱炭素化担当責任者Jaroni氏は声明の中で、「その後、Duisburgにある4つの直接還元プラント計画のうち、最初のプラントを稼働させる予定である」と述べた。また「これは、将来的には、溶銑がコークスを使って高炉(BF)で生産されるのではなく、水素を使って実質的にゼロエミッションで生産されることを意味する」と付け加えた。STEAGが、Walsumで製造する水素は全て再生可能エネルギーによる電力で製造されるという。

(オ) 高炉でのスクラップ使用増

- ・ 2021年5月に発表されたところによると、thyssenkrupp Steel Europeは、ドイツのスクラップリサイクル業者TSR Recyclingと提携し、鉄鋼生産におけるリサイクル率を向上させるために、高炉で前処理された高品質のスクラップを使用するテストを行う。TSRは、一般的な回収スクラップから高品質のスクラップを製造するプロセスを開発した。目標は、明確に定義された特性を持ち、鉄分を多く含む高品質なスクラップを大量に生産することである。この製品は、その後、ThyssenKrupp Steelの高炉で使用するためにテストされる。「課題は、ターゲットを絞った分離によって鉄から不要な付随物質を除去することである。これにより、製品は高炉プロセスの認定原料として適切になり、持続的に使用されるようになる」とプレスノートでは述べている。スクラップの前処理のために、DuisburgにあるThyssenKrupp Steelの高炉に供給する工業規模の生産プラントが建設され、2022年第3四半期に稼働予定である。「高品質な鋼材の生産におけるスクラップの使用量は、特にその鋼材の組成が極めて均質であることから、現在はまだ限られている。しかし、この新しいプロセスにより、鉄鋼生産におけるリサイクル率を高めることが可能になると期待される」と両社は語っている。
- ・ TSR Recyclingによる鉄スクラップ処理工場の建設は4月に着工している。この新処理工場は、特殊なシュレッター及び分離技術を使用することによって、ThyssenKruppのDuisburg製鉄所の高炉が要求する高品質リサイクル製品(TSR40)の特別な材料特性を満たしている。この処理工場は、North Rhine-Westphalia州から640万ユーロ(700万ドル)の資金提供を受けたREDERSプロジェクト(製鋼プロセスにおけるリサイクル枠の拡大によるCO2排出量削減)の一環である。このイニシアチブのプロジェクトパートナーには、TSR、ThyssenKrupp Steel、Huttenwerke Krupp Mannesmann及びVDEh Betriebsforschungsinstitut(BFI:ドイツ鉄鋼協会鉄鋼研究所)が名を連ねる。

(カ) 石灰の利用

- ・ 2021年9月に発表されたところによると、ThyssenKruppの鉄鋼事業部門及び原料サプライヤーのLhoistグループは、二酸化炭素排出量が少ない新たな石灰製品を用いることにより、鉄鋼生産の脱炭素化に貢献すると述べた。両社の発表によれば、ThyssenKrupp Steelは、Lhoistの『LEVEL|BLUE』石灰製品を用いる予定であり、これには、気候変動プロジェクトへの投資をベンチマークとして使用することも含まれ、これまでの石灰供給と比

べて、鉄鋼メーカーのサプライチェーンにおける二酸化炭素排出量を削減するものである。石灰は、熔融金属から有害な元素を取り除き、スラグの生成を促進するために用いられる重要な副原料である。

(キ) 水素生産

- ・ 2020年6月、大手エネルギー会社RWEと、水素を用いた鉄鋼生産事業を2020年代半ばまでに実施する計画を共同発表。この一環で、RWE は Lingen(リンゲン)に100 MWの電解槽を設置してグリーン水素を生成し、それをThyssenKruppのDuisburg 製鉄所に供給する予定。この電解槽施設は、1時間あたり 1.7トンの水素を生成することができ、Duisburgの溶鉱炉で必要とされる総量の約70%に相当するという。

(ク) 最新動向

- ・ 2022年7月、ThyssenKruppはエネルギー大手BPと脱炭素製鉄で協力することを発表した。協力内容は、低炭素水素、再生可能エネルギーの供給、グリーンスチール開発などを後押しする政策について共同で働きかけることなどである。
- ・ 2022年7月、Thyssenkrupp傘下の鉄鋼・アルミニウム加工会社thyssenkrupp Materials Processing Europeは、ドイツの鋼プロファイル及び鉄筋メーカーのGebhardt - Stahlにカスタマイズした低CO2スリット鋼帯を供給したと発表した。この低CO2製品は、thyssenkrupp Steel Europeがブルーミント鋼(bluemint Steel)を使用して製造した。同社によれば、ブルーミント鋼は、リサイクル材料の使用割合が高いことが特徴であり、投入材料を変更することで60%以上のCO2排出量削減が実証されていることから、建設業界にとって重要な製品あるという。
- ・ 2022年9月、20億ユーロを投じてRuhr地方のDuisburgにある同社製鉄所構内に低CO2鋼向け直接還元工場を建設すると発表した。2026年に生産を開始する計画である。ThyssenKruppによれば、同工場は、250万トン/年の生産能力を持ち、350万トン/年のCO2排出が回避されることになるという。
- ・ 2022年10月、英国に本社を置く鉱山会社Anglo Americanと、従来の高炉と直接還元鉄(DRI)の両方を用いて、低CO2鋼の生産に向けた高品質原料の開発を加速する了解覚書(MoU)に署名したことを発表した。
- ・ 2022年10月、2026年に建設完了・生産開始を計画している直接還元プラントから低CO2鋼を供給するための了解覚書(MoU)をドイツの家電メーカーMieleと締結したと発表した。
- ・ 2022年11月、独North Rhine-Westphalia州Hagen市に本社を置く高級冷延鋼帯ソリューションのサプライヤーであるBILSTEINグループは、thyssenkrupp Steel Europe及びthyssenkrupp Hohenlimburgと、2023年から低CO2鋼「ブルーミント鋼」の供給を受ける意向表明書(LoI)に署名した。

(6) Salzgitter(ドイツ)

(ア) 全体像

- ・ 水素活用と電炉メーカーへの転身を図っており、水素還元技術プロジェクト「SALCOS」を進めている。
- ・ 2022年2月2日、Salzgitterは、それまでの「Salzgitter AG 2021成長戦略」に代わる新たな戦略「Salzgitter AG 2030(2030年戦略)」を発表した。その中で、CO₂の削減、リサイクル及びグリーン電力に関する新たな中間目標を設定したと述べた。2025年に直接還元(DRI)工場と電気アーク炉(EAF)による生産を開始し、2026年に最初の高炉(BF)閉鎖が行われ、DRI-EAFに置き換えられる。2026年には100万トン以上のグリーンスチールをDRI-EAFルートで生産する計画である。早ければ2033年、つまり従来の発表(2045年目標)より12年早く、製鉄所は低CO₂生産に完全に対応する。同社グループでは、2030年までにCO₂排出量を2018年の水準の半分以下まで削減し、再生可能エネルギーを使用した自家発電だけで発電したいと考えている。また、スクラップのリサイクル活動を50%以上引き上げて、300万トン/年以上にしたいとも考えている。Salzgitterの製鉄所は、現在、1年間に約800万トンのCO₂を生み出しているが、2033年までにこれを95%削減する目標である。
- ・ 上記の新中間目標に向かって、「SALCOS」プロジェクトの下、具体的に、設備導入、必要原料・エネルギーの開発・確保、低CO₂鋼の出荷予定と顧客の確保など、を着々と進めている。

(イ) SALCOS

- ・ SALCOSは、「Salzgitter Low CO₂ Steelmaking (Salzgitter低CO₂製鋼法)」の略称。
- ・ 再生可能エネルギー由来電力を利用して水素を製造し、シャフト炉で還元鉄を製造する。シャフト炉にはTenova HYLのEnergironをベース技術として用いる。
- ・ 本プロジェクトは、2018年に、Salzgitterが産業ガス・エンジニアリング企業Linde AG(*)及びドイツのバイオガス、バイオメタン及び太陽エネルギーの販売会社Avacon Naturと合意書に署名した時に端を発している。Salzgitterは、その後、水素を用いたCO₂低減製鋼法のプロジェクトを実施するためにイタリアのプラントメーカーTenovaを引き込んだ。2018年時点でSalzgitterは、2020年に水素の生産開始を目指していたが、COVID-19の影響で、延期された。

(*)Linde AG(リンデ)は、産業用ガス及びエンジニアリング事業を行う企業グループ。現在の組織は2018年10月、ドイツに本拠を置くLinde AGと、米国に本拠を置くプラクスエアの、両化学工業メーカーの経営統合により設立された。本社(役員オフィス)を英ギルフォードに、登記上の本店をアイルランドダブリンに置く。世界100カ国以上で事業を展開し、特に産業用ガスの分野では世界最大手。

- ・ 現在の計画では、SALCOSプロジェクトで、ドイツLower Saxony州Salzgitterにある一貫

製鉄所を2033年までに二酸化炭素排出量の少ない粗鋼の生産に3段階に分けて全面転換する。2025年末までにプロジェクトの第1拡張段階(鉄鋼生産におけるCO2排出量を30%削減)を完了し、2030年末までに第2段階を完了して50%のCO2削減を目指している。全体のプロジェクトは、2033年末までの完了を予定しており、製鉄所のCO2排出量(現在、年間約800万トン)を95%以上削減する予定である。

- ・ Salzgitterの監査役会は2022年7月13日、SALCOSプロジェクトの第1拡張段階に7億2,300万ユーロ(7億2,920万ドル)の投資を承認したことを発表した。2022年から2026年にかけて7億2,300万ユーロの自己資金を費やす予定であるが、2022年7月時点で、まだ公的資金の承認及び査定プロセスを待っている段階で、多額の公的資金も頼りにしようとしている。
- ・ 2022年10月4日、欧州委員会(EC)は欧州連合(EU)国家補助規制に基づき、Salzgitterによる水素を用いた鉄鋼生産の脱炭素化に関する取組みを支援するための10億ユーロ(約9億9,700万ドル)にのぼる資金提供措置を承認したと発表した。

今回の承認によって、2025年末までに実施される予定の同社のSALCOSプログラムの第1開発段階に対する資金が確保されることになる。

(ウ) DRI・EAF設備導入

- ・ 2022年時点の最新情報では、SALCOSプロジェクトの下、既存高炉を最終的にDRIプラント2基とEAF3基に置き換えることになっている。
- ・ 2020年12月、Salzgitterは、水素を用いる直接還元鉄(DRI)実証工場の建設をTenovaに発注した。Tenovaによれば、この実証工場は、Salzgitter市にある製鉄所内に建設され、100kg/時の生産能力を持ち、水素及び天然ガスを用いて操業されるという。生産されたDRIは、石炭装入量を削減するために所内の高炉(BF)で使用されるほか、Peine(パイネ)製鉄所の電気炉(EAF)でも使用されることになる。このDRIプラントは、TenovaとDanieliが共同開発したEnergiron®技術に基づいている。
- ・ 2022年3月、SalzgitterとTenovaが発表したところによると、それぞれの資金調達の承認を条件として、年産能力210万トンのDRIプラントをTenov に注文する予定である。このプラントも、Energiron®技術に基づいている。
- ・ 2022年7月6日、昭和電工傘下の超高出力黒鉛電極の世界最大級サプライヤーShowa Denko Carbon(本部米国)とSalzgitterは、ウルトラハイパワー(超高出力、UHP)黒鉛電極と取鍋精錬炉(LF)用黒鉛電極(ΩMEGA)の戦略的供給で合意したと発表した。Salzgitter独自の低炭素製鉄法開発計画で需要が拡大するUHP電極の安定調達を図るもの。また、「生産によって消費された電極は、企業戦略「Salzgitter AG 2030」に従って、リサイクルされることになっており、両社は、カーボンフットプリント(二酸化炭素排出量)削減問題についても協力する意向である」と声明で述べられている。昭和電工はSGLカーボンの電極事業を2017年に買収し、Salzgitterの独Pineの電炉向けにUHP電極の多くを供給

するとともに、欧州域内製造品としてΩMEGAを開発した。

- ・ 2022年8月、Primetals TechnologiesとSALCOSプラント用電気炉(EAF)の契約を締結した。発表されたところによると、このEAFは、3本の電極を持つ交流アーク炉(AC炉)(次世代型電炉の「Ultimate(アルティメット)」)1基で、出鋼量220トン、粗鋼生産能力が約190万トン/年である。Salzgitterによれば、このEAFは、海綿鉄と鉄スクラップをさまざまな添加物とともに50分以内で溶製できるという。同社では、技術インフラが整い次第、2024年末にプラントの組立を開始する予定であると話しており、2025年末の生産開始を見込んでいる。アルティメットは完全自動運転で高度な制御システムを備え、出鋼間隔が短い。イタリアのArvedi(アルヴェディ)やトルコのÇolakoğlu Metalurji A.S.(チョラコール)などで導入実績がある。

(エ) 原料・エネルギーの確保

- ・ 2021年8月、Salzgitterは、英国に本社を置く鉄鉱石鉱山会社Anglo Americanと、BFをDRI工場に置き換え、CO₂排出量の少ない鉄鋼向けの高品位鉄鉱石の供給最適化に協力して取り組むことを発表した。「両社は、鉄鉱石ペレット及び塊鉄鉱石を含め、天然ガス及び水素を用いた直接還元製鉄での使用に適した原料の研究を行う意向である。共同研究では、さらに幅広い水素技術の開発を探ることもあり得る」とAngloは発表で述べた。
- ・ 2022年6月、Salzgitterとスウェーデンの鉱業グループLKABは、低CO₂鉄鉱石ペレットを用いた鉄鋼業の脱炭素化に重点を置く提携関係を結んだと発表した。SALCOSプロジェクトでは、非常に高品位な鉄鉱石ペレットが必要になる。両社によれば、今回のLKABとの提携関係を通して、両社は、これを達成するためにどのような前提条件を作成する必要があるのか検討し、この将来の製鉄プロセスのために鉄鉱石をベースとした原料開発の可能性を評価する予定であるという。LKABは、欧州連合(EU)で採掘される鉄鉱石の約80%を生産し、鉄鉱石の生産をカーボンフリー海綿鉄(ホットブリケットアイアン(HBI)、直接還元鉄(DRI))に移行し始めており、この戦略によって、2050年までに鉄鋼業で年間4,000万トン以上のCO₂排出量削減を可能にすることが目標であると述べている。
- ・ 2022年11月、2025年以降、50MW/年の風力発電による15年間の電力供給を確保したと発表した。ドイツのエネルギー会社EnBWと対応する電力購入契約(PPA)を締結したものである。2025年末に北海で稼働が予定されている年間発電量900MWのHe Dreiht洋上風力発電所が、SalzgitterがCO₂フリー鋼を生産するために使用するグリーン水素の製造に電力を供給する予定である。
- ・ 2022年12月、フランスの多国籍公益事業会社Engieと2023年初めから2025年末まで有効となる電力購入契約(PPA)を締結したと発表した。この契約は、再生可能エネルギー法(EEG)に基づく補助金がもう受けられなくなった風力タービンを含め、ドイツ全国にある10基の陸上風力発電所から上述の期間中に250GWh/年の電力供給を受けることが対象となっている。

(オ) 水素生産・確保

- ・ 2021年3月、Salzgitterは、独Hanover市に近い同社製鉄所で生産の脱炭素化を可能とするWindH2パイロットプロジェクトを開始したと発表した。敷地内に設置された30MWの風力タービン(Vestas製)による電力供給を用いた2.5MWのPEM(固体高分子膜)電解槽(Siemens Energy製)でグリーン水素を製造する。5,000万ユーロを投じてエネルギー会社E.ON Avacon及び産業ガス・エンジニアリング会社Lindeと共同で実施。2022年初め時点で、このSiemens Energy製2.5MW PEM電解装置は、風力電力を使って、稼働している。
- ・ 2022年3月、ドイツのエネルギー会社Uniperが、Salzgitterに低CO₂鋼を生産するためのグリーン水素を供給する契約を締結したことが明らかになった。Salzgitterは、WilhelmshavenにあるUniperの拠点から供給されるグリーン水素を使用する予定であるが、その拠点では、Uniperがグリーン水素を供給するために2件のプロジェクトを並行して開発している。1件目のプロジェクトは、グリーンアンモニアを変換して水素に戻す能力を持つ輸入ターミナルの建設計画であり、2件目は、電解プラントの建設計画で、北海に建設予定の洋上風力発電所に直接接続する可能性がある。電解プラント及び下流の水素インフラ全体は、『ショックアブソーバー(緩衝装置)』と同じように機能するとUniperは述べており、風力発電の出力が最も高い時に、運搬可能な水素に変換することによってエネルギーを蓄えるという。その目的は、発展しているドイツの水素パイプライン網を通じてSalzgitterに供給することであり、洞窟貯蔵施設を開発するためである。Uniperは、両社が具体的なプロジェクトでこの目的に貢献することにより、気候目標を支持してドイツの産業を脱炭素化するという『野心的なビジョンを推進』していくと述べている。
- ・ 2022年4月、Salzgitterの0.7MWパイロットプロジェクトで、独Sunfireが製造した高温電解装置が84%の効率を達成したことを両社が発表した。「これは、今まで誰も達成したことのないレベルの効率である」とプロジェクトリーダーのKroop氏は述べ、アルカリ型又は固体高分子(PEM)型などの他の電解技術では、60%程度の効率にしか達しないと付け加えている。Sunfireの固体酸化物形電解セル(SOEC)技術は、GrInHy2.0パイロットプロジェクトの下でSalzgitterによって試みられており、水素生成量は、ピーク値で18kg/時に達しているという。このプロジェクトでは、100トン/時の水素を7ユーロ/kg以下で生産する計画である。SOEC電解装置は、Salzgitterの鉄鋼生産プロセスからの廃熱を利用して、850℃で運転される。
- ・ 2022年6月、Salzgitterグループは、ドイツのDuisburgに、水素と天然ガスの混合ガスを最大400バールの圧力で輸送するための鋼材サンプルをテストするための新しい実験室の建設を開始した。グループの子会社であるSalzgitter Mannesmann Forschung (SZMF) が、Duisburg-HuckingenのHüttenwerke Krupp Mannesmann製鉄所の敷地内で研究施設を運営している。
- ・ Salzgitterは2021年、欧州共通利益の重要プロジェクト(IPCEI)としてドイツ政府による最

終選考に残った。GET H2水素ネットワークプロジェクトにも参加したが、ドイツでは2024年からグリーン水素の輸入を助成することも計画している。(2022年6月報道)

- ・ 2022年10月、Salzgitterと電解装置メーカーSunfireは、欧州連合(EU)が資金提供していたGreen Industrial Hydrogen (GrInHy2.0) プロジェクトを4年がかりで成功させ、約100トンのグリーンスチール製造向けグリーン水素の製造を記録したと発表した。

(カ) 低排出鋼の出荷(予定)と顧客の確保

- ・ 2021年2月、Salzgitterは、同社の亜鉛めっき鋼板及びスラブの生産について、炭素排出量がBF法と比べて最大75%削減されたことに基づき、ドイツに本社を置く国際的な第三者認証機関TUV SUDから認証を受けたことを発表した。Salzgitterによれば、鉄スクラップを用いるPeineミニミルで製造された鉄鋼がTUVのVERIsteel認証手続きに即して認証され、Salzgitterにある亜鉛めっき工場と合わせて2通の基準適合証を取得した。
「われわれは、ヨーロッパでグリーンスチール製品の基準適合証を初めて取得したメーカーである」とSalzgitter FlachstahlのGrethe執行役員会長は声明で述べた。発表によれば、TUVは、BF及びEAFで生産された鋼帯に関するカーボンフットプリント手順を検証し、2018年のデータに基づいて、新たな製鋼プロセスにより、スラブのCO2フットプリントが75%以上削減され、亜鉛めっき鋼板で66%以上の削減が達成されていることを認めた。
- ・ 2021年10月、Salzgitterは、パイロットプログラムとして、11月からドイツの大手家電メーカーMieleグループに低排出認証済み鋼材の供給を開始すると発表した。高級家電メーカーのMieleは、Mercedes-Benz、Bosch、Siemensなどのドイツの高級ブランド各社とともに、サステナビリティ目標を達成して特定の消費者にアピールするため、Salzgitterの低排出鋼のテストに参加する。鋼材は、SalzgitterグループのPeine製鉄所の電気炉(EAF)で溶製し、ドイツ中部にあるSalzgitter Flachstahlの製鉄所で圧延して亜鉛めっきを施す予定であるという。
- ・ 2022年1月、Salzgitterとデンマークに本拠を置くグリーンエネルギー企業のOrstedは、Orstedの風力発電所で使用する低炭素排出鋼の生産などを含む戦略的パートナーシップを組むことを決定した。両社が1月25日の共同声明で発表した。
- ・ 2022年3月に明らかになったところによると、ドイツの自動車メーカーVolkswagenは、Salzgitterが2025年末から生産を計画している低CO2鋼材の最初の顧客の1社となる予定である。Volkswagenは、2026年からWolfsburgで生産されるTrinity1 eモデルなど、将来のプロジェクトでこの低CO2鋼材を使用する予定である。今回の合意の一部には、「WolfsburgのVolkswagen本社工場とSalzgitterの一貫製鉄所の間で、鉄鋼の閉ループリサイクルシステムを構築すること」がある。これにより、Volkswagenグループは、生産工程で発生する鉄鋼の残材を再びSalzgitter AGに提供し、同社はそれを溶解して新しい鉄鋼製品に転換し、再び自動車生産のためにWolfsburgに納めることになる。将来的には、この鉄鋼の「閉ループ」をVolkswagenグループの他の生産拠点にも拡大することを目指して

いる。Volkswagenは既に2021年に、初めてSalzgitterのCO2削減鋼材のサンプル量を加工した。2022年中にVolkswagenはさらに3000tを購入する予定である。

- ・ 2022年4月、Salzgitterと加工メーカーのMendritzkiグループは、2025年末からSalzgitterがグリーン熱間圧延鋼板をMendritzkiグループに販売することを発表した。両社で締結した合意に基づき、トン数は発表されていないものの、Salzgitterの低CO2製鉄システムであるSALCOSによって製造した製品をMendritzkiに冷間圧延用として供給することになり、鋼種の開発及び改良で協力していくことも合意している。Mendritzkiは、Salzgitterの得意先の1社であり、とりわけ自動車部門に冷間圧延鋼板を供給している。
- ・ 2022年6月、Salzgitterは、スペインの鋼材加工会社Grupo Araniaとグリーンスチール提携契約を締結したと述べた。この提携プログラムでは、経済的コミットメントの一環として、予め決めておいた量のグリーンスチール(2025年末より供給予定)を確保できる可能性が提携各社に提供されるという。Salzgitterによれば、Grupo Araniaは、Salzgitterの低CO2鋼製品及び川下の製品加工に参加する南ヨーロッパで最初の顧客であり、両社が協力して鋼種開発を推進し、洗練していく意向であると付け加えた。Araniaは、同社ウェブサイトによれば、高炭素及び低炭素冷間圧延鋼のほか、高降伏点合金鋼及びマイクロアロイド鋼の各分野でも南ヨーロッパを代表するメーカーである。
- ・ 2022年7月、Salzgitterの子会社であるドイツの厚板ミルIlseburger Grobblechとスペインに本社を置く風力発電タワー・風力タービン用フランジメーカーGRI Renewable Industriesは、風力発電産業で低CO2鋼を利用可能にするための協力関係を延長する契約を締結した。この契約により、Salzgitterは、顧客から一定量のグリーンスチール購入の約束を取り付けることになる。GRI Renewable Industriesは、Ilseburger Grobblechの長年の顧客である。
- ・ 2022年7月、ドイツの冷間圧延鋼帯・プロファイル鋼メーカーWaelzholzグループと、低CO2鋼の開発と供給を共同で行い、脱炭素化に向けて共同で指導的な役割を果たすことを目指すと発表した。Waelzholzは、2021年夏にSalzgitterの低CO2鋼帯の最初の顧客となり、その後、Waelzholzの顧客及びエンドユーザーの需要に応えるために鋼種の範囲を拡大した。今回の提携によるSalzgitterとの集中的な技術交流を通して、Waelzholzは、その加工経験を迅速かつ冶金レベルで詳細に再現できるようにしていくという。Waelzholzの冷間圧延鋼帯は、投入原料の生産に由来するCO2排出量の割合が最も多いため、今回の提携は、サステナビリティへの責任を果たすという同社の戦略における別の新たな一歩になるという。
- ・ 2022年10月、米自動車メーカーFordと持続可能な鉄鋼生産とグリーンスチールに関する協力で合意したと発表した。
- ・ 2022年10月、ドイツ国内の家電メーカーMieleグループに2025年末から低CO2鋼を供給する契約を締結した。供給予定量については、明らかにされなかった。
- ・ 2022年11月、ドイツの自動車部品メーカーMubeaと持続可能な鉄鋼生産、低CO2鋼製品

の加工及び鉄鋼のクローズドループ型リサイクルについて協力していくと発表した。

- ・ 2022年12月、ヨーロッパで最大規模の独立系鋼材卸売会社EMW Stahl Servicと『SALCOS』の下で生産された『グリーン』スチールを所定量供給する契約を締結した。

(7) SSAB(スウェーデン)

(ア) 全体像

- ・ 2016年、スウェーデンの鉄鋼メーカーSSABは、化石燃料を使わない製鉄技術の開発を目的として、HYBRIT(Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology、水素ブレイクスルー製鉄技術)を創設した。このプロジェクトでは、SSABのOxelösund製鉄所(オクセロスンド、スウェーデン南部)にある高炉(BF)を電気炉(EAF)に転換した後、2026年までに商業規模でゼロカーボン鋼を市場に供給することを目指している。
- ・ 2022年1月、SSABは、グリーン転換を加速させ、2030年までにCO₂排出量をほぼゼロにするため、今後10年間で約450億クローナ(47億5,000万ドル)を投じて、北欧地域における全ての生産を化石燃料フリーのエネルギーを用いたEAFに転換する計画を発表した。同社は、元々2045年までにカーボンフリーにすることを計画していた。これを前倒しするものである。今回の新計画では、スウェーデンのLuleå(ルレーレオ)製鉄所及びフィンランドのRaahе(ラーヘ)製鉄所も、EAFと圧延ミルを備えたコスト効率の高いミニミルに転換する予定であり、2022年内にも変更のための許可手続きを開始する。アナリストらによれば、Luleå製鉄所とRaahе製鉄所のEAF化に必要な450億クローナは、キャッシュフローで調達されることに加え、同社には「既存のBFシステムに投資する必要があるというオフセット」もあるという。
- ・ SSABは、2030年代の初めに同社の総排出量がほぼゼロになる予定であり、現在の水準と比べて年間800万トン以上の二酸化炭素排出量が削減され、これにより、スウェーデンの総排出量の約10%、フィンランドの約7%が削減可能になるとしている。

ただし、SSABのCEO、Lindqvist氏は、これを達成するには、非化石電力、水素及びバイオカーボンを利用することにかかっており、また、欧州連合(EU)の競争力を保証し、気候目標を達成する規制の枠組みを可能にすること、すなわち、炭素国境調整メカニズム(CBAM)の設置、EU域内排出量取引制度(EU-ETS)、『グリーン基準』の整備及び米国との対話が必要、とも最近(2023年1月の公開会議などで)述べている。

(イ) HYBRIT

以下では、先行して進められているHYBRITについてまとめる。

【概要】

- ・ 2016年、SSABとスウェーデンの鉄鉱石ペレットメーカーLKAB及び同国電力会社Vattenfallは、化石燃料を使わない製鉄技術の開発を目的として、HYBRIT(Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology、水素ブレイクスルー製鉄技術、水素を利用した革新製鉄技術)プロジェクトを立ち上げた。
- ・ この技術は、従来から鉄鉱石を用いる製鋼法で使われてきた原料炭(石炭、コークス)を化石燃料フリーな電力及び水素に置き換えるものである。HYBRITでは、天然ガスを使用す

る典型的な直接還元鉄(DRI)工場に対して、水素を製造するための電気分解法に再生可能エネルギーを使おうとしている。

- ・ 2026年までにゼロカーボンエミッション鋼を商業規模で市場に供給することを目指している。
- ・ LKABは、世界の鉄鉱石市場ではあまり目立たない存在であるが、海運鉄鉱石ペレットでは、世界第2位の供給メーカーを誇っている。

【技術的特徴】

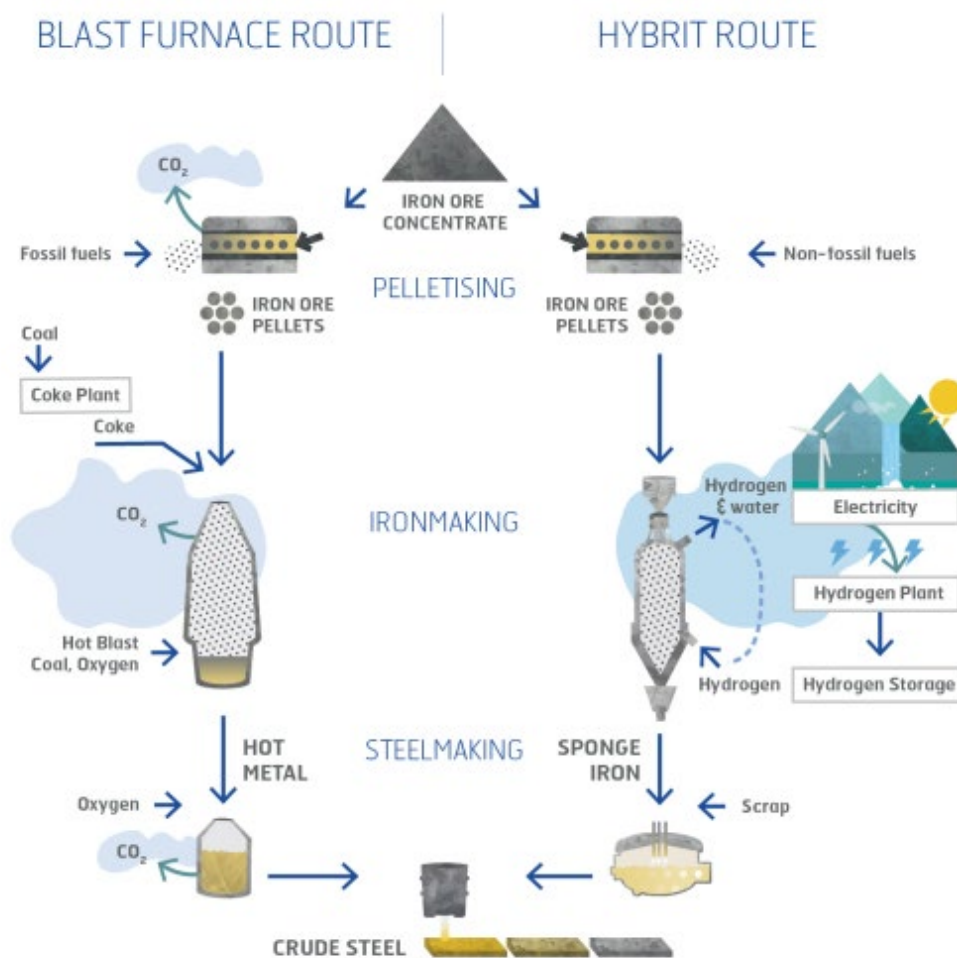


図 8 従来の高炉法との比較図

（出典：<https://www.greencarcongress.com/2020/06/20200602-hybrit.html>）

- ・ HYBRITは、化石燃料を使用する高炉を使わず、水素直接還元・電炉を使用する。
- ・ 自然エネルギー（水力、風力など）による化石燃料フリーの電力による電解で化石燃料フリー水素を生成し、これを還元材・燃料として、ペレットから化石燃料フリーの還元鉄を製造。

化石燃料フリー電力を使う電炉で、この還元鉄とスクラップから化石燃料フリーの鉄を生産する。

- ・ HYBRITは、直接還元シャフト炉をベースとしており、ペレット状に加工した化石燃料フリーの鉄鉱石が使われている。
- ・ 究極的には、鉱山から鉄鋼製品までのバリューチェーン全体を、完全に非化石燃料化する。

【進捗状況・実績】

- ・ 2020年8月、LuleaにあるHYBRITのHBIパイロット工場が稼働開始。純粋な再生可能エネルギーを用いた水素を導入する前に、水素還元法による直接還元鉄(DRI)を製造する試験操業を開始した。同パイロット工場は、スウェーデンエネルギー庁(SEA)の支援を受けて建設されたものである。
- ・ 2021年、上記パイロット工場で海綿鉄(sponge iron)の試験生産を完了し、石炭及びコークスに代わりに化石燃料フリーの水素を用いて鉄鉱石を還元することが可能であることを実証した。2021年6月下旬にHYBRITが発表したところによれば、海綿鉄の生産は継続しており、既に100トン生産して品質も良好であるという。この世界初の海綿鉄は、その後、この画期的技術を用いて初めて製造される鋼材の生産に用いられている。
- ・ 2021年7月にSSABのスウェーデンOxelosund製鉄所構内でHYBRIT技術を用いて生産された世界初の化石燃料フリー鋼(fossil-free steel)を圧延した。同月、同鋼は、最初の顧客であるスウェーデンの自動車Volvoグループにテスト出荷された。
- ・ 現在、SSABのスウェーデンLulea製鉄所にあるHYBRITパイロットプラントで生産したホットブリケット鉄(HBI)を用いて、Oxelosund製鉄所で鋼を溶製している。
- ・ 並行して、Oxelosund製鉄所で建設中の新EAF工場に供給するため、Gallivare(イェリバール、スウェーデン北部Norrbotten County(ノールボッテン県))に130～135万トン/年のHYBRIT実証DRIプラントを新設する計画を進めている。同プラントは2026年操業開始予定。
- ・ Oxelosund製鉄所にあるBFをEAFに転換した後、2026年までに商業規模でゼロカーボン鋼を市場に供給することを目指している(SSAB2021年度第3四半期業績報告)。
- ・ HBI生産能力は、2030年に2倍の270万トン/年に拡大する計画である。

【最新情報】

- ・ SSABは、現在、2026年を目標としている商用化石燃料フリー鋼の提供について、前倒しする検討を続けていると述べている(SSAB2021年度第3四半期業績報告書)。
- ・ SSAB Americasは、米国で2基のEAFを操業しており、米Alabama州にある同社工場にHYBRIT製の原料を持ち込んで、溶製に成功した(2022年)。2022年内に米Iowa州の同社ミルでも同じくHYBRIT原料を使用する予定である。

- ・ 2022年6月、SSABは、HYBRITで使う水素の貯蔵施設をLuleaで稼働させた、と発表した。世界初の、岩石岩窟に水素を貯めるもの。試験期間を経て2025年にも本格運用に入る。今回の洞窟は地下30m、容量100m³。
- ・ SSAB日本法人は、HYBRITで造られた化石燃料フリー鋼を、2022年5月25日に開幕したNEW環境展に出展、展示した。
- ・ 2022年9月、SSABとノルウェーの独立系鉄鋼・金属流通企業Norsk Stalは、2026年から北欧市場に低CO₂鋼を供給するために提携した。SSABによれば、Norsk Stalは、ノルウェー市場で『化石燃料フリー』鋼を提供するSSAB初の外部卸売業者になるとのことである。

なお、HYBRITに関しては、報道情報のほか、下記公式ウェブサイトにて進捗状況が随時報じられている。<https://www.hybritdevelopment.se/en/>

【課題】

- ・ 化石燃料フリー鋼の鉄源となる海綿鉄をHYBRITで安定調達するためには、水力や風力発電で生成した水素を大量に、安全かつ経済的に貯蔵する必要があるが、そのソリューションをまだ見つけていない。最新情報に記載した岩石岩窟での水素貯蔵はそのソリューションの1つである。海綿鉄3〜4日分の製造には、10万〜12万m³の水素貯蔵設備が必要だという。
- ・ 地下、岩窟での水素貯蔵に関するスウェーデンの先行研究論文としては以下があり、HYBRITサイトでも挙げられている。

Davi R. Damasceno(KTH), Johan Spross(KTH), Fredrik Johansson(KTH) & Jan Johansson(Naturgasteknik)「Efficiency of subset simulation in the design of lined rock caverns for storage of hydrogen gas」May 26, 2019

Joakim Andersson(KTH) & Stefan Grönkvist(KTH)「Large-scale storage of hydrogen」May 3, 2019

Fredrik Johansson(KTH), Johan Spross(KTH), Davi R. Damasceno(KTH) & Jan Johansson(Naturgasteknik)「Investigation of research needs regarding the storage of hydrogen gas in lined rock caverns: Prestudy for Work Package 2.3 in HYBRIT Research Program 1」June 20, 2018

Joakim Andersson(KTH) & Stefan Grönkvist(KTH)「A comparison of two hydrogen storages in a fossil-free direct reduced iron process」August 2021

* KTHは、Kungliga Tekniska högskolan(スウェーデン王立工科大学)の略

【自動車メーカーとの協業】

- ・ SSABは、鉄鋼バリューチェーン全体の排出量削減を実証するために鉄鋼ユーザー各社と新たな提携を結ぶ中で、2021年第3四半期にドイツのMercedes-Benzを迎え入れた。

- ・ スウェーデンのVolvoグループは、2021年度第3四半期に、LuleaにあるHYBRITパイロット工場で水素還元法によって製造されたHBIからOxelosund高炉 (BF) 製鉄所で溶製・圧延した鋼板を用いて、採掘物運搬車両への使用を実証することに成功した。Volvoは、2022年までに小規模な連続生産を予定しており、その後に大量生産を計画している
- ・ スウェーデンのトラックメーカーAB Volvoは2021年10月13日、世界初と称される化石燃料フリー鋼で製造した自動車のプロトタイプを製造したと発表した。
2022年7月から、電動トラックで小規模ながら化石燃料フリー鋼使用を開始。当初はフレームレールに使い、ほかの部分にも広げる見通し。SSABは水素で還元したスポンジ・アイアンを2021年に生産し、Volvoに化石フリー鋼材を2021年8月に納入、ボルボは化石フリー鋼材を使った自動車を2021年10月に展示した。
- ・ スウェーデンの貨物・荷役機械メーカーCargotecは、荷役産業向けの化石燃料フリー鋼導入で協力することでSSABと合意した。2021年9月7日に発表された声明によれば、両社は、Cargotecの機器にSSABの化石燃料フリー鋼を使用するための共同開発を開始する。
- ・ 2022年9月、商用車及び産業車両の製造に使用する化石燃料フリー鋼を米国の商用・特殊・軍用車両メーカーOshkosh Corporationに供給する提携関係を結んだ。

表 20 参考:HYBRITプロジェクトの進捗動向まとめ

時期	内容	規模 (数量)	規模 (金額)
2016年	プロジェクト開始		
2020年8月	HBIパイロット工場稼働 (Lulea製鉄所)		
2021年	化石燃料フリーの水素での還元を実証		
2021年7月	化石燃料フリー鋼を出荷 (Oxelosund製鉄所)		
2021年10月	AB volvoが、実車展示		
2022年5月	Volvoが、電動トラックに採用と発表		
	NEW環境展に、化石燃料フリー鋼を出展、展示		
2022年6月	水素貯蔵施設稼働 (Lulea)。	容量100m3	
2024年	水素貯蔵施設本格運用		
2026年	DRIプラント操業予定 (Gallivare)	130~135万トン/年	
	EAF工場稼働 (Oxelosund製鉄所)		
	ゼロカーボン鋼を商業規模で市場投入		
2030年	HBI生産能力倍増	270万トン/年	
2030年初め	温室効果ガス排出0	800万トンCO2削減	

(8) H2 Green Steel (スウェーデン)

(ア) 創業者Vargas Holdingについて

- ・ H2 Green Steelの創設者で、かつ最大の株主が、Vargas Holding。Vargas (バルガス) は、2014年にストックホルムで設立されたインパクト企業ビルダー (impact company builder) である。同社は、気候危機と戦うためには商業的解決策が必須であるとの信念のもと、革新的アイデアを可能にし、産業を脱炭素化するための先駆的な企業の創設を進めている。既に創設した企業は、H2 Green Steelのほか、Polarium、Northvoltなど。Polariumはリチウムイオン技術に基づいて構築された持続可能なエネルギー貯蔵ソリューションを提供する企業で、スウェーデンに本社と研究開発拠点、メキシコ、ベトナム、南アフリカに製造拠点、全ての大陸に営業所を置き、世界的規模で化石燃料からリチウム電池への移行ソリューション提供を行っている (<https://polarium.com/>)。Northvoltは、製造に使う電力をスウェーデンの安価な水力発電や風力発電をメインとして、最小限のCO2排出で『世界でもっとも環境にやさしい蓄電池』メーカーになろうとしており、既に、自動車分野ではフォルクスワーゲンやBMWなどと、電力セクターでは風力世界大手Vestasや地元スウェーデン大手Vattenfallともパートナーシップを築いている。ドイツのシーメンスは、Northvoltを蓄電池の優先的なサプライヤーとする考えである。現在、欧州域内の蓄電池メーカーの最有望株とみなされている。

(イ) H2 Green Steelの取組み・プロジェクト進捗状況

- ・ H2 Green Steel は、2024～25年までにBoden (ボーデン) で生産を開始予定。当初は250万トン/年の低CO2鋼を生産するために同プラントで210万トン/年の高温直接還元鉄 (HDRI) 及びホットブリケット鉄 (HBI) を生産して供給する予定。2030年までにはグリーンスチールの生産量を500万トン/年まで増やす予定である。Bodenはスウェーデン北部のNorrbotten County (ノールボッテン県) の都市。県庁所在地Lulea (ルーレオ) 市の西35キロメートルに位置する。人口約2万人。
- ・ 上記の目標に向かって、資金調達、グリーンエネルギー確保、設備投資・エンジニアリング、製品 (グリーンスチール) 供給先の確保など、経営全般にわたり、下記のようにプロジェクトを着々と進めている。
- ・ 2021年5月、多くの投資家から総額1億500万米ドルの初期資金調達ラウンド (シリーズAラウンド) を完了。投資者は以下のとおりで、ファンドのほか、鉄鋼事業者、自動車メーカー、製鉄設備エンジニアリング企業が含まれる。

Altor Fund V、Ane & Robert Maersk Uggle、BILSTEIN GROUP、EIT

InnoEnergy、Exor、FAM、IMAS Foundation、Kingspan、Marcegaglia、Mercedes-Benz AG、Scania、SMS Group、Stena Metall Finans、Cristina Stenbeck。

(<https://www.h2greensteel.com/complete>)

- ・ 2021年11月、ドイツの大手産業グループSchaeffler(シェフラー)が、グリーンスチールの長期供給契約をH2 Green Steel と締結。2025年から、ほぼCO2フリーで生産される鉄鋼を年間10万トン調達予定。Schaefflerは、H2 Green Steelの世界初のTier 1カスタマーとなる。
(https://www.schaeffler.co.jp/en/news_media/press_releases/press_releases_detail.jsp?id=87745152)
- ・ 2021年12月、H2 Green Steelは、スペインに本拠を置く多国籍電力公益企業Iberdrola S.A. (イベルドロラ)と1,000MW(1ギガワット)のグリーン水素製造プラント建設に合意した。このプラントは、炭素排出量を95%削減した鉄鋼を製造するための鉄鉱石還元炉の電力として使用される予定。今回の契約では、Iberdrola社とH2GS社が共同で工場の電気分解機を運営し、Iberdrola社が工場に再生可能エネルギーを供給、H2GS社がグリーン溶鋼の製造と下流の全ての冶金プロセスを運営する。
(<https://login.yahoo.co.jp/config/login?.src=ym&.done=https%3A%2F%2Fmail.yahoo.co.jp>)
- ・ 2022年5月、H2 Green Steelは、グリーン水素で製造する鋼材150万トン以上を顧客向けに先行販売した。このオフテイク供給契約は、同社が2025年以降に生産する量に関する契約である。自動車メーカーのBMW、Scania及びMercedes-Benz、及び家電メーカーのElectrolux及びMieleが、H2Green Steelとオフテイク供給契約を締結した企業の最新グループである。
- ・ 2022年6月、H2 Green Steelは、ノルウェーの国有水力発電会社Statkraftと7年間の電力販売契約(PPA)を締結し、Statkraftは、スウェーデンのBoden市にあるH2 Green Steelの事業所に年間2TWh(テラワット時)の再生可能電力を供給することになった。
- ・ 2022年7月、日立エナジーとCO2鋼生産及びグリーン水素プロジェクトに使用する技術で協力していくことを発表。日立エナジーは、H2GSの未公開株式に投資する。日立エナジーは、鉄鋼生産及びGW級電解プラントに必要な電力インフラの建設、運用、保守及び改善に必要な製品・サービスを提供する。日立エナジーは、H2 Green Steelの生産開始後に低CO2鋼を引き取る。
- ・ 2022年8月、H2 Green Steelは、シリーズBエクイティファイナンスラウンドを通じて、総額1億9,000万ユーロ資金を確保したと発表した。
- ・ 2022年9月、Greeniron H2と提携し、Bodenの製鉄所でさらなる排出量削減及び循環性の実現を目指すと発表した。Greeniron H2は、コスト効率が良く、CO2フリーの還元法で金属酸化物を純金属に還元することに特化したスウェーデンのスタートアップ企業である。同社の水素を用いたCO2削減プロセスは、H2Green Steelの事業から出される鉄の残渣及び廃棄物をリサイクルするために使用されることになる。Greeniron H2は、BodenにあるH2Green Steelの製鉄所構内に炉を設置し、所内で酸化スケールなどの残渣及び生産に伴う廃棄物を回収して、Greeniron H2が特許を取得したプロセスによりグリーン水素で精

製する予定である。毎年、最大で15万トンの廃棄物及び残渣を回収・リサイクルし、製鉄プロセスに戻して循環させることが可能な価値ある金属を生産する。この両社間合意は、鉄材料の循環性に取り組むことによって、将来に向けたモデル製鉄所の建設を目指している。

- ・ 2022年10月、H2 Green Steelは、Midrex Technologiesに100%水素利用の還元鉄プラントMIDREX H2を発注した、また、Midrexの親会社である神戸製鋼所から出資も受けることを発表した。受注金額や出資額は明らかにしていない。神戸製鋼所は、H2 Green SteelからグリーンHBI購入に向けた協議も開始する。

100%水素直接還元鉄プラントの商業機は世界初で、年産能力は210万トン。2025年の稼働開始を目指す。プラントは鉄鉱石の還元材に水素を利用する。水電気分解での水素製造にあたっては、水力発電による電気を使う予定で、CO₂を排出しないグリーンスチールの供給が可能となる。Midrex製プラントは、世界で最も普及している天然ガス還元方式のプラントで、約90基が稼働している。還元材の全量を水素とするプラントの受注は今回が初めて。水素利用に当たっては、天然ガスの改質装置の代わりに、水素を加熱する設備を導入する。また、通常の還元鉄の製造には鉄分67%以上の高品位鉄鉱石を使う。低品位鉄鉱石を利用すると、電気炉製鋼時に鉄歩留まりが低下するためだ。電気炉の前工程に精錬設備を導入する計画で、鉄分62～63%の低品位鉄鉱石の利用も可能となる。

- ・ 2022年10月、建設する低CO₂製鉄所のプロセス技術を供給してもらう相手先として、プラントメーカーのSMSグループを選定したと発表。
- ・ 2022年10月、グリーンスチール製鉄所を維持するために、ヨーロッパの主要な金融機関からデットファイナンス(負債金融)の形で35億ユーロの支援を受けたと発表。また、私募による資金調達で2億6,000万ユーロを確保したと発表。

(ウ) Bodenプロジェクトの補足情報

- ・ 完全に統合され、デジタル化され、自動化された新規立地製鉄所でグリーンスチールを生産しようとしている。
- ・ 生産フローは下記のとおり(<https://www.h2greensteel.com/producing-green-steel-in-a-fully-integrated-digitalised-and-automated-greenfield-steel-plant>)。

① ギガスケールの電気分解

電気を使って水を水素と酸素に分解するプロセス。化石を含まない電気を使用して、2030年までに500万トンの高品質鋼を市場に出すために必要な水素を生成する。

② DRリアクター

DRリアクターで、鉄鉱石を直接還元鉄(DRI)に精製。鉄鉱石を水素にさらすことで行う。水素は、鉄鉱石中の酸素と反応して、残留物として蒸気を形成。製鉄所で通常使用される石炭の代わりに、電気分解で生成されたグリーン水素を還元に使用することで、還元プロセスからのCO₂排出量を95%以上削減できる。DRIの大部分はプラント内で高温のまま電気アーク炉に輸送される。

③ 電気アーク炉 (EAF)

EAFでは、化石を含まない電気を使用して、DRIと鉄スクラップの組み合わせを溶鋼の均質な溶融物に加熱。EAFから、溶融物は取鍋炉とRHデガッサに移送され、そこで合金が溶融物に添加されて化学物質が精製される。

④ 連続鋳造及び圧延

統合されたプロセスにより、エネルギー消費量を70%削減し、従来のプロセスで通常使用されていた天然ガスを置き換えることができる。

⑤ 下流仕上げ

連続鋳造と圧延の後、幾つかの熱間圧延コイルは、完全に帯電した下流の仕上げラインに移される。エンドカスタマーの要件に応じて、製品は、厚さを変更するための冷間圧延、適切な機械的特性を作成するための焼きなまし、及び所望の耐食性に到達するための溶融亜鉛めっきを含むさまざまな処理を行う。

(9) Tata Steel(本社インド)

(ア) 全体像

- ・ 2018年に、2050年までにヨーロッパにおける炭素中立的な鉄鋼メーカーになるという目標を発表している。さらに、下記2021年9月のオランダでの方針発表に伴い、同社初のDRI施設を稼働開始する2030年までに少なくとも30%のCO2排出量削減、2035年頃にはCO2排出量の75%を削減することを目指していると声明で述べている。
- ・ 2022年には、蘭Tata Steel Nederlandが、オランダの2省庁及びNoord-Holland(北ホラント)州と、2030年までにCO2排出量の35～40%削減、2045年までにネットゼロとなることを約束した協定書に調印している。
- ・ このほかに主要生産拠点がある英国、インドでそれぞれ、異なる方法で脱炭素化を進めている。

(イ) オランダ

- ・ 同社は、オランダのIjzermid (エイマイデン) 製鉄所で、独自技術「HIsarna」の発展形とCCS/CCUSの組み合わせでCO2削減を図っていたが、2021年9月、水素によるDRI法を追求すると発表した。政治家及び労働組合からの批判にさらされたため、CCS/CCUSプロジェクトを取り止めたものである。
- ・ オランダ労働組合連盟(FNV)によるグリーンスチール計画の実現性を検討するために、ドイツのMunichを拠点とする国際的な経営コンサルタント会社Roland BergerがFNV及びTata Steelに代わって実施し、2021年に公表された最近の調査によれば、Tata Steelが2030年までに水素を用い、DRI設備を導入して鉄鋼を製造するという野心は実現可能であるという。天然ガスへの切り替えなどの最初の段階を経て初めて、水素への次の段階が可能になるとしている。ただし重要な条件は、地方自治体及び国の政権政党が協力しなければならないということだとしている。Roland Bergerの報告書によれば、Tata Steelは、全てを成し遂げるために、できるだけ早く着手しなければならない。政府は、必要な許認可手続きの迅速化に関するだけでなく、水素インフラの設計に関しても関与し、エネルギー移行に必要な法律及び規制の策定には、もっと注意を払わなければならないとしている。
- ・ 2022年8月29日、Tata Steel Nederlandは、オランダにある同社のIJmuiden製鉄所で製鉄プロセスに水素を使用するための技術的な準備を進めていく契約を3社と締結したと発表した。同製鉄所で『グリーン製鉄』に移行するための第一歩として、米国に本社を置くグローバルエネルギーエンジニアリング企業のMcDermott、イタリアに本社を置く鉄鋼プラントサプライヤーのDanieli及びカナダに本社を置くグローバルエンジニアリング企業のHatchと協力して、最終許認可及びプロジェクト計画の基礎を成すエンジニアリングパッケージの開発を行う。この最初の開発段階では、6,500万ユーロ以上の費用がかかる見込みであるとTataは述べている。McDermottは、工事の投入物(インプット)及び技術プロジェクト管理

の支援を担当する。Danieliは、直接還元鉄(DRI)を供給する工場及び技術のエンジニアリング設計を担当する。Hatchは、DRIを溶解し酸素濃度を低減する役割を果たす電気炉(EAF)の技術ライセンサーとなる予定である。このEAF及びDRI工場は、密接に連携しながら、一貫生産体制を形成する予定である。

Tataは、「この新プロセスでは、リサイクル鋼の配合比を高めることも可能であり、EAF又は誘導炉(IF)に投入するスクラップ量を増やすことができる」と述べている。これらの新たな工場は、同社の既存製鉄所内に建設され、現在ある工場は全て、新しい設備が稼働するまで操業を続ける予定であると発表の中で述べている。また、Tata既に、将来の事業向けにグリーンエネルギーが利用できるようにするため、全国送電網に直接接続する契約をオランダの全国送電網事業者TenneTと締結している。

- ・ 2022年10月に明らかになったところによると、自動車メーカーFordが所有するヨーロッパの工場に、両社で合意された仮契約に基づいて、2030年以降グリーンスチールの供給を計画している。Tata Steel Nederlandによると、Fordは、「相当量のグリーンスチールを望んでおり、…われわれは、それを納入できるように対策を講じるつもりである」という。この合意によって、Fordは、Tata Steelが水素ルートで生産を計画しているグリーンスチールの引受けを約束した最初の顧客となった。
- ・ 2022年10月、Tata Steelは、オランダのIjmuidenにある同社の生産拠点向けの水素を利用した製造ルートのエンジニアリングパッケージに6,500万ユーロを投じると発表した。この投資によって、Ijmuiden製鉄所の鉄鋼生産は、持続可能性が高まることになり、2030年までに現在の高炉(BF)技術を直接還元工場と電気炉(EAF)に置き換え、2045年までにカーボンニュートラル(炭素中立)になることを目指す。Tata Steel Nederlandは、水素ルートのさらなる技術的準備のために、米国に本社を置くエンジニアリング企業McDermott、イタリアのプラントメーカーDanieli及びカナダのエンジニアリングコンサルタント会社Hatchの3社と契約を結んだと述べた。新しい直接還元鉄(DRI)工場は、Ijmuiden製鉄所に建設され、既存の全工場は、DRI工場が完成して稼働するまで操業を継続し、その移行期間全体を通して供給の継続を保証するとしている。
- ・ 2022年10月、Tata Steelは、英国のボルト締め型モジュラー式タンクメーカーPermastoreに、同社の低CO₂鋼材「Zeremis Carbon Lite」を供給すると発表した。「Zeremis Carbon Lite」製品は、配分後のCO₂排出量が最大100%削減されており、Permastoreが建設部門のローンチパートナーとなり、同製品をグラスライニング及びエポキシ塗装のボルト締め型モジュラー式タンク並びにサイロに使用する意向であるという。Tata Steel Nederlandは、オランダのMaastrichtにある同社のFeijen鋼材サービスセンターを通じて、Permastoreにタンク用鋼板を供給する予定であるという。

【参考:HisarnaとCCUS】

同社は、2030年までにIjmuiden製鉄所のCO₂排出量を500万トン/年削減する野心を

持ち、CCS又は水素法を含む選択肢を検討していた。HIsarnaは、熔融還元プロセスと呼ばれる技術で、Tata Steelが開発した「サイクロン型転炉(CCF)」技術とRio Tintoが開発した高度製錬技術「Hismelt」を結合させたものである。通常の製鉄プロセスでは、石炭をコークスに、鉄鉱石を鉄鉱石ペレット等に事前に加工してから高炉で還元反応をさせるが、HIsarnaは石炭と鉄鉱石を事前加工せず、直接「サイクロン型リアクター」と呼ばれる炉に注入し、高温溶解し反応させる。Tata Steel Europeの前身Corus Groupの前身Hoogovens(ホーホーフフェンス)時代の1986年にRio Tintoと共にHIsarnaの技術開発を開始し、2010年にはオランダのIjzermijdenの同社工場内に溶解高炉を建設し、実証実験を開始した。2018年9月に発表されたHIsarnaのテスト結果によると、当初の想定(CO₂を20%削減できる)を超え、鉄鉱石還元プロセスでのCO₂排出量を50%以上削減することが明らかとなったとされており、炭素回収・貯留(CCUS)設備を導入すれば、最大で80%削減可能だとされていた。2021年にオランダアムステルダムで開催されたEurocokeサミット2021では、「HIsarna熔融還元パイロットプラントが通称『キャンペーン』と呼ばれているさまざまなテストランの下で、低炭素排出な鉄の大量生産能力を次第に実証しつつある」とHIsarnaプロジェクトの現場管理者を務めるVan Boggelen氏が述べている。

CCS/CCUS、別名「Athos二酸化炭素回収・貯留(CCS)プロジェクト」は、設立パートナーのEBN、Gasunie、Tata Steel及び蘭Amsterdam港とともに、北海運河地域で大規模なCO₂輸送・有効利用・貯留プロジェクトに取り組んできた。2019年の調査では、北海運河地域にCCUS施設を建設することは技術的に実現可能であり、2030年までに750万トン/年のCO₂排出量を削減できる可能性が判明していた。しかし、上記の2021年9月Tata Steel発表により、このプロジェクトは取り止めになった。

(ウ) 英国

- ・ 2022年初め、Tata Steel UKは、英国のSouth Wales大学の研究に基づき、バクテリア技術を用いてPort Talbot製鉄所からの排出ガスを再利用するプロジェクト(炭素系プロセスガスを回収して利用するプロジェクト)に着手した。このパイロットプロジェクトは、英国のWalesにあるTata Steel UKのPort Talbot製鉄所で2基の製鉄炉を使用して行われている。本プロジェクトは、まだ初期段階にあるが、既に期待できる結果を示している、と携わっている専門家らが3月に述べている。
- ・ South Wales大学のChalmers - Brown博士は、「われわれがここでテストしているプロセスでは、高炉(BF)からの排ガスを下水汚泥に通して泡立てており、その汚泥の中には、一酸化炭素と二酸化炭素の両方を消費できる特定の種類のバクテリアが含まれている。開発チームでは、かなり高いレベルの炭素利用率を得ており、最大で約98%まで引き上げることができると感じている」と述べている。これらのバクテリアから出る廃棄物には、塗料、バイオプラスチックポリマー、さらには動物用飼料など商業的に採算の合う最終用途に幅広く利用できる酢酸及び揮発性脂肪酸が含まれているという。

- ・ さらに同博士によると、このパイロットプロジェクトは、BFからの排ガスを対象としているが、ほぼ全ての製鉄・製鋼技術では、幾つかの炭素系ガスが排出されているため、この技術には、最終的にどのような技術ルートを選んでも、それらの排出量を削減する可能性があるという。Tata Steelによれば、この低CO2技術に基づく将来の製鉄への移行について、詳細な計画を策定しているという。
- ・ 2022年10月、Tata Steel UKは、認証された低CO2鋼の顧客向け販売を開始したと発表した。「Optemis Carbon Lite」と名付けられたこの低CO2認証鋼は、Tata Steelが英国で達成したCO2削減に基づいており、独立系保証専門機関DNVによって検証されていると同社の広報担当が述べた。Tata Steel UKの発表によれば、Optemis Carbon Liteは、「建設、自動車、包装及び白物家電メーカーなどの消費者向け産業による需要の高まり」の結果として提供されている。顧客が望むCO2削減量を指定することができる柔軟な認証制度(マスバランス方式を採用)を適用している」と同広報担当は述べた。英国での発売は、7月のTata Steel NetherlandsによるZeremis Carbon Liteの発売に次ぐ。
- ・ 2022年11月に明らかにされたところによると、Tata Steelは、英Port Talbot製鉄所で第5号高炉(BF)のコークス使用量を削減するためにデジタルスキャン技術「Topscan」を導入し、脱炭素化を支援しようとしている。同様の技術は、2021年に同製鉄所の第4号BFにも導入されている。今回導入する3Dスキャン技術は、BFの装入プロセスを監視するものであり、コークス装入量の削減によって『毎年数百万ポンド』を節約でき、年間で少なくとも5万トンのCO2排出量が削減されることになるという。Tata Steelによれば、今回、同製鉄所の第5号BFに100万英ポンド(約119万ドル)を投じて「Topscan」技術を導入するのは、2021年に第4号BFに対して実施した同様の投資を補うものであり、既に第4号BFでは大幅なコスト削減と排出量の削減が記録されているという。

(エ) インド

- ・ 2020年9月からTata Steelは、Paris協定に基づく脱炭素化の約束を果たす目的で、インド国内に強力なエコシステムを築くため、科学技術省傘下の科学産業研究委員会(CSIR)と協力して二酸化炭素回収・貯留・有効利用(CCS/CCUS)の分野に取り組み始めた。
- ・ 2021年9月、英国のCarbon Cleanが、インドのJharkhand州にあるTata SteelのJamshedpur製鉄所で高炉(BF)にCO2回収実証プラントを導入したと発表した。Carbon Cleanは、低コストのCO2改修技術で世界有数の企業である。このモジュール式ユニットは、BFの排ガスから日量5トンのCO2を直接回収する装置で、回収したCO2は、その場でさまざまな用途に再利用することが可能である。Tataは、BFガスから直接CO2を抽出するCO2分離回収技術を採用したインド初の鉄鋼会社となった。同社のNarendran CEOは「この日量5トンのCO2回収プラントで得られる操業経験は、将来、より大規模なCO2回収プラントを設置する際に必要なデータと信頼をわれわれに与えてくれるだろう。次のステップとして、われわれは、利用手段と組み合わせた大規模なCO2回収施設の設置を目指す」と述

べている。

- ・ 2021年8月、Tata Steelは、印Haryana州Rohtakにおいて、50万トンの処理能力を持つ最初の鉄鋼リサイクル施設の操業を開始した。これは、同社の持続可能な鉄鋼生産を拡大し、インドにおけるスクラップのサプライチェーンを確立することを目的としたものである。同社のNarendran CEOは、インドの南部と西部にさらに多くのリサイクル施設を設置し、同社の製鋼能力を高めるとともに、CO2排出量を削減することを検討していると述べている。
- ・ 2021年9月、Tata Steelと商船三井、商船三井ドライバルクは、製鉄用原燃料を海上輸送する際に排出されるGHGの削減を目的に覚書を結んだ。
- ・ 2021年11月、日本郵船は、同社が所有して同社グループのTata NYK Shipping Pte Ltd社(タタNYK社)が運航するばら積み船「FRONTIER SKY」が、Tata Steel向けの貨物輸送でバイオ燃料を使用した試験航行を実施したと発表した。
- ・ Tata Steel及びTata Powerは、インドのJharkhand州とOdisha州で41MWの系統連系(グリッド接続)型太陽光発電プロジェクトに共同で取り組んでいる。屋上、水上及び地上に設置されたソーラーパネルを使って、Jamshedpur製鉄所とKalinganagar製鉄所向けに太陽光発電を行い、年間4万5,210トンのCO2を削減する。
- ・ 2022年7月、Tata Steelは、鉱山・資源会社大手BHPと、鉄鋼製造における炭素排出量を削減する方法を共同で調査・探索する覚書(MoU)を締結したと発表した。この協力の一環として、両社はBFからの排出を削減する方法に取り組む予定である。今回の提携では、エネルギー源としてのバイオマスの利用と炭素回収・利用(CCU)の応用という2つの排出削減方法が優先される予定である。Tata Steelからのプレスリリースによると、両社が探求する技術により、一貫製鉄所の排出量を最大30%削減できる可能性があるという。
- ・ 2022年10月、Tata Steelの3カ所の生産拠点がResponsibleSteel認証を取得し、インドが脱炭素化及びサステナビリティ世界地図に載った。Tata Steelの製鉄所が認証を受けたのは今回が初めてであり、インドで初めてResponsibleSteel認証を取得したという。印Jharkhand州Jamshedpurにある同社の製鉄所、鋼管事業部門及び冷間圧延ミル(Bara地区)は、世界中にある鉄鋼生産拠点の中で、この認証を受けた独占グループに加わった。Tata SteelのCEO兼社長Narendran氏は、「これは、Tata Steelにとって歴史的な瞬間であり、当社のサステナビリティの旅において重要な一歩である」と述べている。

(10) Liberty Steel(本社英国)

(ア) 全体像

- ・ 2019年10月に、GFG Alliance(英国を拠点とするコングロマリット)は、傘下の鉄鋼事業を単一の世界的企業体Liberty Steel Group(中国外の世界で第8位鉄鋼メーカー)に統合している。Libertyは、世界10カ国で約200カ所に工場を持ち、ヨーロッパ大陸では合計750万トン/年以上の製鋼能力、並びに1,050万トン/年以上の圧延能力を有する。
- ・ Libertyは、2030年までにカーボンニュートラルを達成するという目標を掲げている。そのために、高炉(BF)製鋼法を電気炉(EAF)製鋼法に置き換え、原料として使用するスクラップ量を増やし、CO2排出量を削減する計画である。また、2022年から5年間で、ヨーロッパにグリーンスチール製品ブランドの下で1,000万トンのリサイクル能力を持つことを目標としている。
- ・ この全社目標の下、欧州各国の生産拠点を中心に、世界各地で脱炭素化を進めている。

(イ) フランス

- ・ 2021年2月、Libertyは、フランスのDunkerqueに水素を用いた工業規模の製鉄工場を建設し、操業することを評価するために、ルクセンブルクの技術提供企業Paul Wurth及びドイツの鉄鋼メーカーSHS(Stahl-Holding-Saar)グループと了解覚書(MoU)を締結したことを3社による共同プレスリリースで述べた。開発されれば、この種の事業としては、フランスで初めてとなる。3社は、フランスにあるGFG傘下のALVANCE Aluminium Dunkerqueの工場に隣接して、1GWの能力を持つ統合水素電解製造設備とともに、200万トン/年の直接還元鉄(DRI)工場の設置を具体化するためのプロジェクトで協力する。
このDRI工場は、DRI及びホットブリケット鉄(HBI)を生産するための還元剤として、当初は水素と天然ガスの混合ガスを用い、その後、電解製造設備が完成すれば100%の水素を用いる。生産されたDRI及びHBIは、主にフランスにあるLiberty傘下の特殊鋼メーカーAscovalの電気炉(EAF)で使用されるが、余剰分があれば、Libertyがチェコ及びルーマニアに有するOstrava及びGalatiの各一貫製鉄所のほか、ドイツにあるSHSグループのDillinger及びSaarstahlの各製鉄所でも使用する計画である。

(ウ) チェコ共和国

- ・ 2022年7月、Libertyは7月8日、チェコ共和国にあるLiberty Ostrava一貫製鉄所のグリーンスチール推進の一環として、同製鉄所に2基のハイブリッドEAFを納入する契約を世界的なプラントメーカーである伊Danieliと締結したことを発表した。この新EAFは、合計で350万トン/年の生産能力を持つ予定で、2025年に稼働し、2027年までにOstrava製鉄所全体のCO2排出量が80%以上削減されることになる、とLibertyは声明で述べている。
Ostrava製鉄所に400kVの送電線敷設が計画されている2027年以降は、スクラップ配合

率100%で溶解できるようになる見込みである。GFG Allianceの広報担当によれば、このEAFは、Ostrava製鉄所にある4基のタンデム炉と置き換えるものであり、BFに置き換わるものではないという。Liberty Ostravaの鉄鋼生産能力は、現在のところ約360万トン/年である。

- ・ この2基のハイブリッドEAFは、それぞれ公称容量が200トンで、DanieliのQONEパワーエレクトロニクス技術を採用している。これにより、原料として大量の溶銑及び直接還元鉄(DRI)又はホットブリケットアイアン(HBI)の使用からプロジェクトの第2段階で実施するスラップの100%使用に至るまで、炉の配合率に柔軟性を持たせることが可能とされる。新炉への投資額は86億チェココルナ(3億5,000万ユーロ)に及ぶ。

(エ) ルーマニア

- ・ 2022年7月11日、Liberty、グリーンスチール生産に向けた事業転換を目指して、ルーマニアにあるGalati製鉄所にハイブリッドEAF技術を供給するための入札プロセスを開始していると述べた。このLiberty Galatiの変革計画では、2025年までに同製鉄所で汚染度の高い旧式のBF法による生産に代えて新しいハイブリッドEAFを導入するという。
- ・ Liberty Galatiは、同製鉄所にクリーンなエネルギーを供給する180MWのオンサイト型太陽光発電プロジェクトについて、既に最初の50MW段階を開始している。
- ・ GFG Allianceの最高投資責任者であり、Liberty Primary Steel and Miningの暫定CEOであるBiswas氏は、Galati製鉄所の新炉が「そのうちに同製鉄所からのCO2排出を80%以上削減するようになるだろう」と話している。
- ・ 2022年11月、Liberty Steelは、韓国の唐津にある東部製鉄の製鉄所と関連設備を鉄鋼メーカーのKG Steelから購入することに合意した。Liberty Steelは、300万トン/年の溶鋼生産設備と285万トン/年の鋼材生産能力を持つ同製鉄所を購入する契約を締結した。同製鉄所は、最新のConsteel160トン電気炉(EAF)2基、単ストランドの垂直湾曲型薄スラブ連続铸造機2基、ホットストリップミルから構成されている。Libertyは、最終的な技術評価とさらなる調査を経て、この設備をルーマニアのGalati工場に設置する意向であると述べている。また、これにより「高効率の低炭素EAF操業への移行を、これまでの計画より数年早く、かつ検討した代替案と比較して大幅に低いコストで実現することが可能になる」とも述べている。

(オ) 英国

- ・ 2022年5月、英国に本拠を置く無煙固体燃料メーカーCPL Industriesは、排出削減が困難でエネルギー集約的な産業への納入を拡大するための取組みの一環として、英RotherhamにあるLiberty Steel特殊鋼事業にいわゆる「eコークス(ecoke)」の最初の商業試験品50トンを納入する予定であると発表した。eコークス・バイオ燃料製品は、CPLが2021年に、鉄鋼、金属、及びその他のエネルギー集約型産業での使用に特化して、開発

した製品であり、持続して調達できる完全に再生可能なバイオマスが最低30%含まれている。同等の機能と仕様を持つ従来の化石ベースのコークス及び無煙炭と比べて、CO₂排出量の大幅な削減をもたらし、従って、Libertyのグリーンスチール構想を支援するとCPL Industriesは述べている。CPLによれば、eコークスは、既にスペイン、ドイツ、フランス、イタリア及び北欧諸国で使用されており、世界的にも注目されている。

- ・ 2022年10月、Liberty Steel UKは、Rotherham製鉄所でeコークスの使用試験を首尾よく完了したと発表した。同社によれば、eコークスは、再生可能なバイオマスを30%以上含む製造燃料で、電気炉(EAF)製鋼法の主要な炭素源である無煙炭と代替可能であり、鉄鋼のカーボンフットプリント(二酸化炭素排出量)を30%程度削減できるとしている。また、eコークスのブリケットは、無煙炭と同様の梱包で現場に納入され、その後、同じようにスクラップバスケットを使ってEAFに装入するという。

(11) POSCO(韓国)

(ア) 全体像

- ・ POSCOは、2020年12月にアジアの鉄鋼メーカーとして初めて『炭素中立2050』を宣言し、2021年には、「炭素中立2050ロードマップ」を発表。2022年には炭素中立委員会と炭素中立グリーン鉄鋼技術諮問団を発足させた(両委員会の詳細は後述)。
- ・ 2030年にCO2排出量を10%削減し、2040年に50%削減して、2050年までにカーボンニュートラルの達成を目指している。
- ・ 下記のように幾つかの連携を進めているが、最も重視しているのは、独自の水素還元製鉄法HyREXであり、同時に水素メーカーとしても伸びようとしている。POSCOは、水素還元法による新たな溶銑製造技術のHyREXを利用して、水素を還元ガスとして用いながら、直接還元鉄(DRI)を生産する予定である。HyREXは、焼結用微粉鉄鉱石を直接使用し、それによって焼結又はペレット化などの凝集段階が省かれることから、コスト競争力の高いソリューションであるとしている。

製造されたDRIは、電気製錬炉で溶解する予定である。

- ・ 2022年8月4日、HyREXのデモプラントの設計に着手したと発表した。既存のFINEXの設計経験のあるPrimetals Technologiesと共同エンジニアリング業務契約を2022年7月26日に結び、共同設計に入った。2030年までに水素還元の商用化の可能性を検証する。50年の炭素中立を目指し、実証から生産の最適化を経て、高炉を段階的にHyREXに置き換える。POSCOは、水素分を25%含んでいる還元ガスを含むFINEXを稼働しており、この技術を基にPOSCO独自の水素還元製鉄法を確立したい考え。鉄鉱石ペレットをシャフト炉で水素還元する他の鉄鋼メーカーの構想に対して、鉄鉱石のまま低品位鉄石を活用し、コスト競争力を確保する狙いである。
- ・ 2022年10月に、SSABと共同主催したHyIS2022で、HyREXの最近の進捗状況を発表している(4・(5)HyISのDay1.Welcome messageの項参照)。
- ・ 2022年12月には、幕張メッセで開催された高機能素材Weekで、POSCO技術研究院の李相皓研究委員が講演し、2028年までにHyREXの開発を完了する計画を示した。

(イ) 水素生産

- ・ POSCOは、グループの力を結集して700万トンの水素製造能力を持つ水素企業となり、2050年までに水素で30兆ウォンの売上を達成するために努力を重ねている。
- ・ 2022年1月18日、POSCO、韓国サムスン物産の建設部門、サウジアラビアの政府系ファンドPIFの3社は、グリーン水素事業の協力強化を主な内容とした了解覚書(MoU)を交わした。サウジ時間にリヤドで開催された「韓国・サウジスマート革新成長フォーラム」で締結。サウジで新再生エネルギーを基盤としたグリーン水素の生産事業を共同で推進する。22年中に事業敷地を選定し、事業妥当性の検討を完了する計画。PIFの投資規模は570兆ウォン

(55兆円)。POSCOとは15年にPOSCO建設に大規模な持分投資を実施するなどパートナー関係にある。

- ・ 2022年9月、POSCO Holdingsは、インドの再生可能エネルギー企業Greenkoとグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトの共同開発で合意した。両社は、再生可能エネルギー及び揚水式水力発電(PSH)をベースとしたグリーン水素・アンモニア製造プロジェクトをインドで推進していく計画である。

Greenkoは、シンガポール政府投資公社(GIC)とAbu Dhabi投資庁(ADIA)が出資するインド第2位の再生可能エネルギー企業で、再生可能エネルギー設備の規模は7.2GWに達する。再生可能エネルギー及び揚水式水力発電をベースとした水素製造に必要なグリーン電力を24時間供給可能。

POSCO Holdingsは、「両社の協力によって、インドでグリーン水素生産モデルの確立に成功し、今後、韓国及びヨーロッパ地域で必要とされているグリーン水素及びアンモニアを供給する準備を進めていくつもりである」と述べた。

(ウ) 組織体制

- ・ 2022年1月、ソウル市内のPOSCOセンターでR&Dセンター「未来技術研究院」を開設。3分野(AI、二次電池素材、水素・低炭素エネルギー)でそれぞれ研究所を設置(技術研究所は鉄鋼を中心に研究)。水素・低炭素エネルギー研究所は水素の生産、CCUS技術開発を進める。
- ・ POSCOの炭素中立2050を達成するために主導的な役割を担う「炭素中立委員会」と「炭素中立グリーン鉄鋼技術諮問団」が2022年に発足し、本格的運営が開始された。

「炭素中立委員会」は2022年3月16日発足。炭素中立戦略の樹立、調整及び意志決定の役割を担う。POSCOが全社的な観点から全部門で樹立した炭素中立達成戦略を調整し、速かに意志決定を下して、炭素中立ロードマップの実施に伴って発生する主要問題を吟味するために発足した協議体。POSCOの副会長兼CEOである金学童氏が委員長として四半期ごとに会議を主宰し、炭素中立ロードマップの実施状況を点検して推進力を強化する方針である。

「炭素中立グリーン鉄鋼技術諮問団」は2022年3月29日に初会合開催。8名の外部有識者で構成。諮問団は、鉄鋼及びCCUS(二酸化炭素回収・有効利用・貯留)技術などの作業分野について戦略を助言する8人の外部有識者で構成されており、炭素中立2050戦略に客観性と専門性を加えることによってロードマップを強化し、外部コンセンサスを形成して、産学連携の方法を模索するために1月に発足した。第1回会議が3月29日に浦項市で開催され、POSCO技術研究院のChoo院長をはじめ、技術及び環境など炭素中立の実現に重要な役割を担う部門の関係者ら並びに顧問らが出席した。会議では、CCUSの技術開発動向に関する発表及び議論が行われた。今回の会議で、政府の鉄鋼予備妥当性事業及びCCUS課題の進捗状況が共有され、メンバーは、海外のCCU技術事業化事例を分析し

て技術の実現可能性について議論を行い、鉄鋼プロセスに適用する方法について検討を行った。

(エ) その他の動向

- ・ POSCOは2022年3月、ロイヒル鉄鉱山で合弁相手の豪ハンコック社(Hancock Prospecting)と低炭素鉄鋼原料生産のための事業化調査を開始すると発表した。ホットブリケットアイアン(HBI)工場の新設、豪州鉄鉱山開発、水素生産の試験設備などの事業性を検討し、経済性、リスクなどを見極める。両社は2021年覚書を交わし、予備調査をしてきた。
- ・ POSCOは2022年5月25日、グローバルエネルギー企業ExxonMobilと極低温高マンガン鋼の技術承認取得式典を挙行了。両社は、高マンガン鋼の新規用途開発に加え、水素プロジェクト、CCUS(二酸化炭素回収・有効利用・貯留)技術などの環境配慮型分野で技術協力を強化する。
- ・ POSCOグループは2022年5月26日、事業をより環境に優しく持続可能なものにするために、2026年までに世界中で53兆ウォン(419億ドル)を支出する計画であると発表した。この投資全体のうち、韓国では33兆ウォンが使われ、そのうちの20兆ウォン(158億ドル)は、グリーンスチールとして知られている環境に優しい鉄鋼を生産するために使われる。この20兆ウォンは、新しい電気炉(EAF)の建設、「環境にやさしい施設の導入、並びに電気自動車(EV)用モーター向けの鉄鋼製品技術の強化」に使われると同社は話している。2022年内に同社は、「低CO2製品の需要に対応するため」、EAFの建設について決定を下す予定である。
- ・ POSCOは2022年8月2日、ブラジル資源大手のヴァーレと低炭素ホットブリケットアイアン(HBI)生産を推進する共同研究について業務協約を8月1日に締結したと発表した。
- ・ POSCOホールディングスは2022年8月11日、水素、低炭素、AIなど未来技術開発に関して、韓国科学技術研究院(KIST)と協力すると発表した。コークス炉ガスの水素分離・貯蔵技術などを覚書に盛り込んだ。
- ・ 2022年10月、CCUS技術を基盤として、製鉄工程で発生する副生ガスをプラスチック原料として活用する技術開発に共同参加する、と発表した。LG化学、ロッテケミカルなど韓国企業と韓国化学研究院、韓国エネルギー技術研究院、RIST(浦項産業科学研究院)などの研究院及びポステック、忠南大など大学を含めた合計10の団体によって共同で研究団が設立。研究費として計252億ウォン(約25億円)を投入する計画。研究では従来技術に比べCO2排出量を約15%低減するプラスチック原料「低炭素オレフィン」の製造技術の開発を目指す。POSCOは高炉で発生する副生ガスから抽出した一酸化炭素を活用しメタノールを合成。これをナフサと同時分解してプラスチックの基礎原料となるオレフィンを製造する統合工程の開発を25年までの3年間で進めていく。POSCOとRISTは製鉄所の高炉副生ガスから一酸化炭素を選択して抽出する技術を開発し、韓国エネルギー技術研究院はLNGを

活用し水素に富む合成ガスを製造。韓国化学研究院はこれらの一酸化炭素と合成ガスを用いてメタノールを生産。これをナフサと同時に分解することでオレフィンを製造し、プラスチックの原料として活用できるようにする。実証研究は23年からPOSCOの光陽製鉄所内で行われる。これを国内CCUS事業の成功モデルとしていきたい考えだ。

- ・ 2022年10月、POSCOの浦項製鉄所と光陽製鉄所は、アジアで初めて「ResponsibleSteel site certification(事業場認証)」を取得した。
- ・ 2022年11月、POSCOは、仁川市で「Green Materials Forum 2022(グリーン素材フォーラム2022)」を開催した。同フォーラムは、顧客との事業提携を確固たるものとし、潜在顧客との交流を深めるために、2010年から隔年で開催されている。これまで、「Global Early Vendor Involvement (EVI) Forum」というタイトルで開催され、鉄鋼が中心であったが、今回の2022年から顧客の参加範囲を二次電池材料分野まで拡大したことにより、タイトルを「Green Materials Forum」に変更した。世界28カ国、560社から約1,100名が参加した。

POSCOは、今回のフォーラムで同社の「2050年炭素中立」目標を代表するマスターブランド「Greenate(グリーネート)」を発表した。Greenateは、EV向けのe Autopos(eオートポス)、高付加価値建材のINNOVILT(イノビルト)、並びにエネルギー向けGreenable(グリーナブル)に代表される3大環境配慮型鉄鋼ブランドだけでなく、環境に優しい二次電池材料及び水素還元鉄に転換する過程で環境に優しい低CO₂鋼を生産するための全部門による取組み及び製品も網羅するブランドである。POSCOグループでは、2050年炭素中立目標を達成するための努力と成果をGreenateのブランド名で体系的に社内外に発信していく計画である。グリーンスチールにはマスバランス方式で外部機関から認証を受けて炭素の排出削減実績を反映させる。

- ・ 2022年12月、POSCOの崔正友CEOは、オーストラリアの首都CanberraでAlbanese豪首相と会談し、今後のPOSCOとオーストラリア政府間のサステナビリティ(持続可能性)プロジェクトに関する計画及び可能性について話し合った。POSCOグループは、2040年までに100万トンの水素を製造するため、オーストラリアに総額400億ドルの投資を計画しており、そのうち280億ドルは水素製造のために使われ、120億ドルはグリーンスチールの生産に充てられる。
- ・ 2022年12月、POSCOホールディングスは、POSCOインターナショナル、POSCO建設、マレーシアの石油ガス公社ペトロス(PETROS)と協約を締結し、POSCOグループとして、マレーシアのSarawak(サラワク)州でCCS事業を推進することを明らかにした。POSCOグループとペトロスは協約締結後、ワーキンググループを構成し、韓国のCO₂(POSCOの製鉄所で発生するCO₂、ブルー水素の生成時に生じるCO₂)回収からサラワク州への輸送、CCSインフラ設備(サラワク州の海上の廃油・ガス田)の構築、CO₂を注入・貯蔵まで具体的に議論する。

(12) 宝武鋼鉄集団(中国)

(ア) 全体像

- ・ 2021年1月、宝武鋼鉄集団は、2035年までにCO2排出量30%削減目指し、カーボンニュートラルは2050年までに達成目指すと述べた。中国政府の目標(2060年)より早い。
- ・ その時の発表では、スケジュールは下記のようにになっていた。
 - ・2021年 ロードマップ作成
 - ・2023年 炭素排出量ピークアウト
 - ・2025年 排出量30%削減する生産技術の確立
 - ・2035年 排出量30%削減
- ・ 宝武鋼鉄集団は、このスケジュールをClimate Action Plan 2021(2022年6月公表)で、中国の国策に沿った"Double Carbon" strategic planと称している。(宝武鋼鉄集団「Climate Action Plan 2021」(2022年6月公表)p. 26)

「ロードマップ」は2021年12月に発表されている。Climate Action Plan 2021(2022年6月公表)では、以下の「6つの革新的技術で進める」ことを「ロードマップ」と称しており、それぞれによる削減率が記載されている(宝武鋼鉄集団「Climate Action Plan 2021」(2022年6月公表)p35)。

- ①Ultimate Energy Efficiency(エネルギー効率の徹底追及)
- ②Hydrogen-Enriched Carbon-Recycling (HECR) blast furnace process
(水素リッチ炭素リサイクル高炉)
- ③Hydrogen-Based Shaft Furnace(水素ベースシャフト炉)
- ④Near Net-Shape Manufacturing(製鉄プロセスをよりシンプルに、より効率的にすることでエネルギー消費と排出を低下させる)
- ⑤Recycling of Metallurgical Resources(金属資源のリサイクル)
- ⑥Carbon Capture and Utilization(炭素回収・利用)

(イ) 電炉転換

- ・ 宝武鋼鉄集団は、2020年の総粗鋼生産量1億1,500万トンのうち、電気炉(EAF)による鉄鋼生産量は6.5%に過ぎなかった。そのため、同集団にとって高炉(BF)→転炉ルートの脱炭素化が非常に重要である。そのため、水素リッチBF技術、純水素炉技術に取り組むとともに、転炉でのスクラップ消費量を最終的に50%まで高める技術を開発中だという。
- ・ 新設・拡張中の湛江製鉄所では、第4及び第5BFの建設計画を打ち切っている。その代わりに、湛江製鉄所では、天然ガス、風力、太陽光による電力を利用してグリーン水素を発生させ、下工程の製鋼プロセスとしてEAFを採用する同社初の水素炉を建設する。
- ・ 2022年7月に明らかになったところでは、湛江に、年産能力100万トンのTenova/Danieli

のEnergiron®DRIプラントを導入する。還元剤には、天然ガス、コークス炉ガス、最大100%の水素を使用するという。2024年初頭稼働予定。河鋼集団に次ぐ、中国2基目である。(Danieli HP)

- ・ 中国西部の新疆ウイグル自治区でも、自社の太陽光発電所を併設したEAFミルの建設を計画しているという。

(ウ) 再生可能エネルギー

- ・ 宝武鋼鉄集団傘下の宝山鋼鉄(宝鋼)は2021年11月にソーシャルメディアの公式アカウントで発表した声明の中で、将来、鉄鋼メーカーが生き残るために、風力発電、太陽光発電などのグリーン発電所を所有することが鍵になるだろうと述べている。ただ、具体的な設備建設計画は不明。
- ・ 宝武鋼鉄集団は、1.5GWの再生可能電力による電解槽施設の計画を発表しているが、その時期など詳細は明らかにされていない。

(エ) 原料開発

- ・ 2020年11月に英豪BHPと覚書(MoU)を交わしており、BHPは3,500万ドルを投資して、CO2排出削減の技術知識を共有するとしている。
- ・ 2020年12月には、英豪Rio Tintoと共同で、気候変動対策の低炭素製鋼プロジェクトに取り組むと報じられた。2年間で1,000万ドルを投じ、原料研究開発センターを設立し、先ずは低炭素鉄鉱石準備プロセスを中心に研究を行うという。
- ・ 2021年11月に明らかにされたところでは、宝武集団は伯Valeと鉄鋼の脱炭素化で協力する。化石燃料からバイオマスへの転換を目指すもので、両者は、バイオ炭の生産と高炉での活用などを検討する。また、宝武のバイオ炭試験設備計画へのVale出資の可能性も検討する。

(オ) その他

- ・ 2021年7月、カーボンニュートラル株式投資基金を設立したと報じられた。国家綠色發展基金/中国太平洋保険集団/建信金融資産投資との共同で、500億元(約8,500億円)規模。
- ・ 2021年11月、宝武集団が発起人となり、低炭素製鉄団体が発足。世界15か国62の企業、大学、科学研究機関が共同で「グローバル低炭素冶金イノベーションアライアンス(Global Low-Carbon Metallurgical Innovation Alliance)」を設立した。メンバーには、ArcelorMittal、ThyssenKrupp、Tata、BHP、Rio Tinto、Vale、FMG、Danieli;アーヘン工科大学、ウクライナ冶金研究所;鞍山鋼鉄集団、河鋼集団、首鋼集団、沙鋼集団など20の中国鉄鋼企業と中国鋼研集団、江蘇工業研究所;上海交通大学、北京科技大学、東北大学、重慶大学、中南大学など11の中国大学、が入っている。目的は、低炭素製鉄分

野における技術協力、技術交流、技術変革の促進という。

- ・ 2022年10月、スウェーデンのストックホルムで開催された「Hydrogen Iron and Steel Making Forum 2022 (HyIS 2022)」(POSCOとSSABが主催)で、宝武からは、現在取り組んでいる脱炭素技術として下記の3つがスライドで紹介された。

「HyCROF」「Hydrogen Shaft Furnace」「Microwave agglomeration with prereduction」

(後述4・(5) Day 1: Session 1 “Transition to Near Zero Emission Steelmaking”の①中の宝武鋼鉄集団の項を参照)

- ・ 2022年11月、宝武、中国石油化工(Sinopec)、Shell、世界最大の総合化学メーカーBASFの4社は、東中国地域で中国初の1,000万tのオープンソースの炭素回収、利用、貯留(CCUS)プロジェクトを開発する実現可能性を探るため、拘束力のない覚書(MoU)を締結した。4社は、技術的な解決策を評価し、プロジェクトの商用モデルを開発するための共同研究を実施する予定。
- ・ 2022年11月、宝鋼年次学術会議で、陳徳栄(Chen Derong)宝武主席が「HyCROF」を紹介した。それによると、正式名称は「Baowu Hydrogen-Carbon Rich Cycle Oxygen Blast Furnace」で、2022年7月に、宝武集団傘下の八一鋼鉄で400m³の水素富化炭素循環酸素高炉が稼働し、3カ月間の実証試験後、炭素排出量を20%以上削減したという。そして、2023年には1,000m³超の既存高炉をHyCROFに変換する予定だという。

3-2 アルミニウム

(1) Alcoa(米国)

Alcoaは、Pennsylvania州Pittsburghに本社を置く世界第8位のアルミニウム新地金メーカーであり、ボーキサイトの採掘からアルミニウム製品まで手掛ける総合アルミニウムメーカーである。2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、同社の2021年の環境報告書(持続可能性報告書)では、表 21に示す内容が報告されている。

2015年以降、Alcoaが排出した総GHG量の推移を図 9に示す。2018年の排出量増は、前年3月に操業を停止したIndiana州Warrick工場のアルミニウム製錬ラインのうちの3つの操業を再開したことによるものであるが、その後は漸減している。Alcoaが排出するGHGの97.2%(2021年)はCO₂であり、その詳細を表 22に示す。また、GHGの86%(2021年)はアルミナの精製とアルミニウムの製錬工程から生じており、アルミニウム単位質量当たりのGHG排出量(原単位)の推移を図 10に示す。2017年の大幅な減少と、2018年の急増は、それぞれ、2016年にWarrick工場の全製錬ラインをシャットダウンしたことと、2017年に3つの製錬ラインを再開したことによるものである。同社は、2017年に再開した3つの製錬ラインのうちの1つを2022年7月に閉鎖している。

表 21 Alcoaの環境報告書2021年版に示された内容

項目	内容
電力	・ 2021年にアルミニウムの製錬に使用した電力の81%が再生可能エネルギー由来
CO ₂ 排出量	・ 2021年の排出量は、前年比9.1%減(絶対量)、10.7%減(原単位)
エネルギー原単位	・ 2021年は、前年比0.4%減
GHG排出量 (2015年比)	・ 2025年までに、30%削減 ・ 2030年までに、50%削減 ・ 2050年までに、ネットゼロ達成

表 22 Alcoaが2021年に排出したGHGの詳細

GHGの種類	排出量(百万トン)	比率(%)
CO ₂	21.2	97.2
PFC* (CF ₄ , C ₂ F ₆)	0.41	1.9
メタン	0.07	0.3
NOX	0.044	0.2
SF ₆	0.008	0.04

* : PFC: Perfluorocarbon(パーフルオロカーボン)

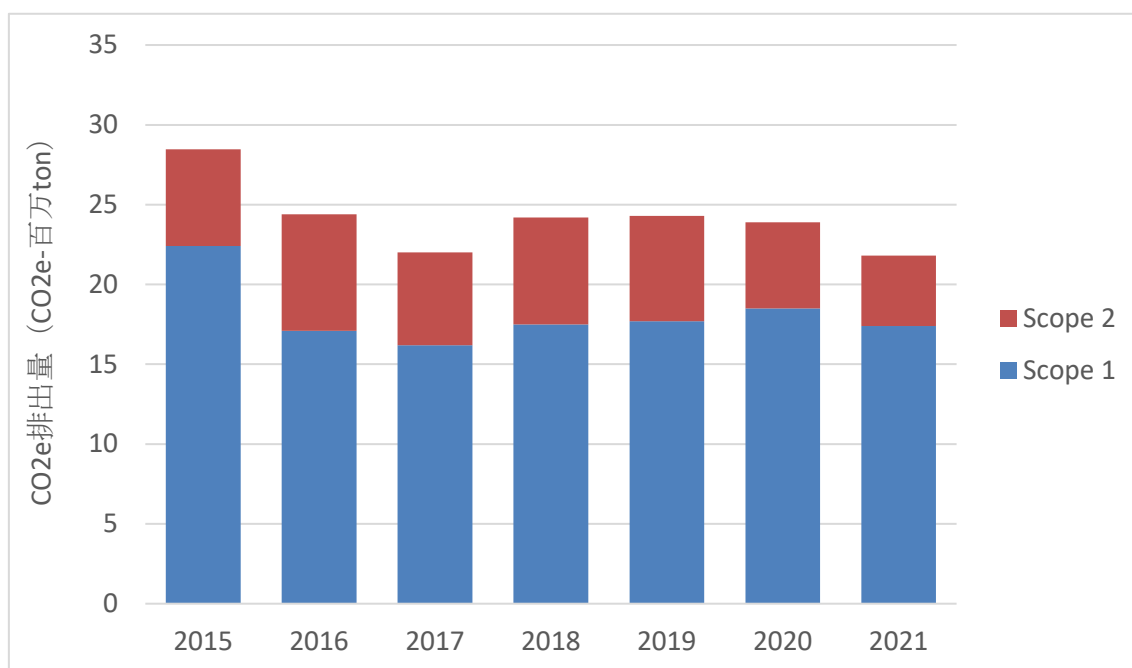


図 9 AlcoaのGHG総排出量の推移

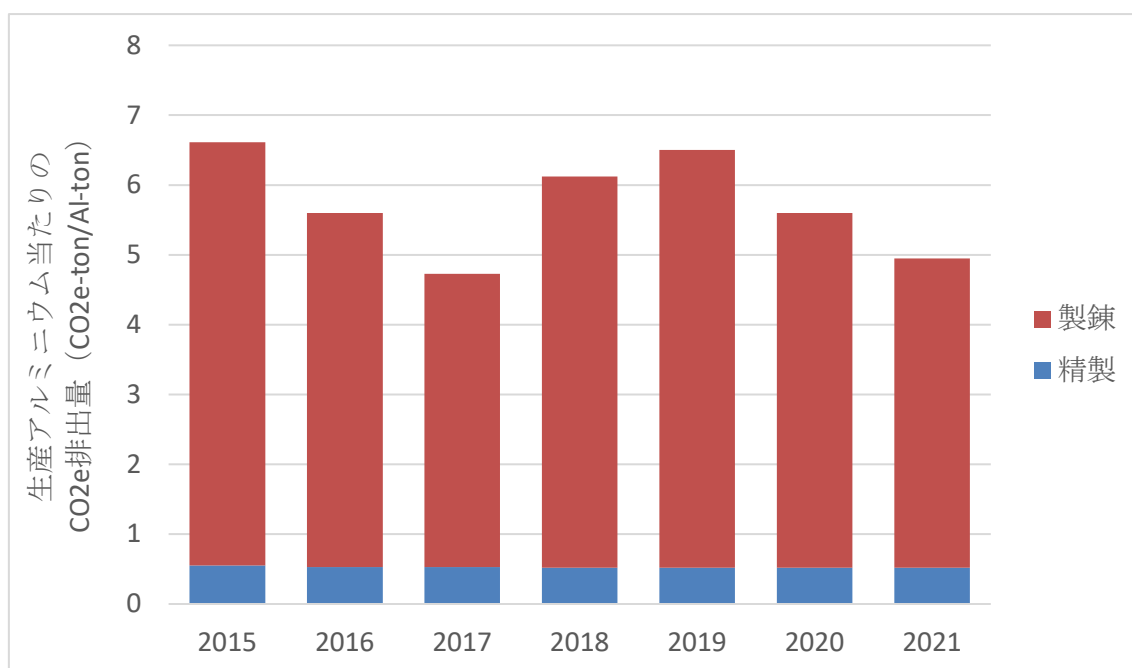


図 10 AlcoaのCO2e排出量推移

一方、2015年から閉鎖していたブラジルのSão Luís製錬所（Alcoaの持ち株比率は60%、残り40%はSouth32（オーストラリア））にある製錬ラインを2022年4月以降、順次再開し、2024年までには100%再生可能エネルギーで操業される予定であり、脱炭素化に貢献しているとしている。

Alcoaは、会社の経営企画部門直轄で、地球暖化対策チーム(Climate Strategy Team)を設置し、温暖化対策の策定及び脱炭素化に向けたロードマップ作成、並びにそれらの遂行を担っている。2021年11月には、地球温暖化防止に向けた方針(Climate Change Policy、表 23)及び技術戦略ロードマップを発表している。技術戦略ロードマップで取り上げられている4大技術を表 25に示す。

表 23 ALCOAが公表した地球温暖化防止に向けた方針

- ・ ガバナンス:経営陣と取締役会が気候変動・炭素関連政策の監督に責任をもつ
- ・ 2050年までに炭素EA排出量ゼロを達成するという野心的な長期目標をもつ
- ・ パリ協定に盛り込まれた2℃以下の脱炭素化への道筋との整合性及び報告の透明性を確保するため、短期的・中期的な目標を掲げ、随時、報告を行う
- ・ 企業の開発行為や設備投資などの意思決定する際には、気候変動への影響を考慮する
- ・ 経営判断に用いる長期計画の前提にカーボンシャドウプライスを組み入れる
- ・ パートナーシップによる事業とコミュニティの強靱性向上
- ・ 差別化された製品、プロセスの効率化、革新的なソリューションなど、気候変動に関連するビジネスチャンス
- ・ 世界で統一的な炭素価格の必要性など、重要な分野における自社の立場を伝えるための広報活動

表 24 アルミニウム新地金の化学成分(主な元素の上限値。mass%)

Grade	Si	Fe	Zn	Ga	V	Others, each	Others, total	Al
P1020	0.1	0.2	0.03	0.04	0.03	0.03	0.10	Bal.
P0101	0.015	0.012	0.002	0.007	0.0024	0.002	0.01	Bal.

(出典:<https://mechem.com/primary-aluminium/>)

表 25 Alcoaが脱炭素戦略上、期待している技術

技術名称	概要
ASTRAEA™	使用済み製品から回収したスクラップ (Post-Consumer Scrap, PCS、以降、老廃スクラップという。) をリサイクルし、通常の製錬炉で製造されるレベル (P1020) を遥かに上回る高純度のアルミニウム (P0101) を製造することができる (各グレードの化学成分表を表 24 に示す。)。当面は、Zorba と呼ばれる自動車のシュレッタースクラップから微量不純物金属元素を除去することを目指す (2021/11/9 Alcoa news)。
「将来の精製」	- 自己熱再生 (Mechanical vapor recompression) 技術をアルミナの精製に適用することで、GHG 排出量を最大 70% 削減することを目指すとともに、煅焼 (calcination) 熱源として、化石燃料ではなく再生可能エネルギー由来の電力を用いることで、GHG 排出量を合わせて最大 98% 削減しようとするプロジェクト。 - オーストラリアの ARENA (Australian Renewable Energy Agency) の支援を受け、西オーストラリア州にある Alcoa の Wagerup 製錬所で実用化を目指す。詳細は、本報告書 2.(12) オーストラリアに記載。
Sustana™ ・ EcoSource ・ EcoLum™ ・ EcoDura	- Alcoa の低炭素アルミニウム製品の総称で、現在のところ、以下の 3 つが商品化されている。 - EcoSource: 低炭素の製錬用アルミナ。GHG 排出量 (スコープ 1 及び 2) は平均の約半分。 - EcoLum: GHG 排出量が業界平均の 3.5 分の 1 (4.0 tCO₂e/tAl) である低炭素アルミニウム新地金 (ビレット、スラブを含む)。 - EcoDura: 50% 以上のリサイクル品を含むアルミニウム製品。
ELYSIS	- アルミニウムの製錬において、GHG を全く出さず、酸素が唯一の排出物である画期的なプロセス - 元々は Alcoa の技術であるが、現在は、Rio Tinto と Alcoa の合弁会社 ELYSIS において実証試験中。詳細は、本報告書 3-2-(4) ELYSIS に記載。

(2) Aluminerie Alouette(カナダ)

Aluminerie Alouette(アルミニルエアロエッテ)は、1989年にAustria Metall AG (AMAG)、日本の神戸製鋼所及び丸紅、オランダのKoninklijke Hoogovens、Investissement Québec、ドイツのVAWからなるコンソーシアムによって設立された。カナダのQuebec(ケベック)州のSept-Îles(セティル)に南北米国で最大のアルミニウム精錬所を有しており、2020年のアルミニウム新地金の年間生産量は621千トンと、世界の総生産量65,325千トン(IAI調べ)のほぼ1%に当たる。その後、神戸製鋼所が保有する株式は譲渡され、現在の株主は、表 26に示すとおりである。

精錬所の建設地としてセティルを選んだ理由に、1972年にチャールズフォールズ水力発電プロジェクトが完成し、地元のHydro-Québec(ハイドロ・ケベック)から水力発電による安価な電力供給を受けられることと、鉱石の搬入や製品の出荷に適したセティル港の設備が拡充されたことがある。当初の年間生産能力は21万5千トンであったが、2003年に開始したAlouette Phase IIと呼ばれるプロジェクトでは生産能力を575千トンに拡大するもので、これは2005年に完成した。

表 26 Aluminerie Alouetteの株主構成

株主	親会社	出資比率 (%)
Austria Metall AG (AMAG) Québec	Austria Metall AG	20
Hydro Aluminium Canada	Norsk Hydro	20
Investissement Québec (Albecour)	Québec州	6.67
Marubeni Metals & Minerals Canada	丸紅	13.33
Rio Tinto Alcan	Rio Tinto	40

Alouetteは、Hydro-Québec(ハイドロ・ケベック)から25年間に亘り水力発電による500 MWの電力供給を受ける契約をしており、再生可能エネルギーによる電力を使用することで、GHG排出量が世界で最も少ないアルミニウム製錬会社の一つである。アルミニウム新地金1トンを生産するのに消費されるエネルギー量(製造プロセスに要する直流電力分のみ)の世界平均(2019年)は、IAI調べで13,354 kWh/トンAlであり、Alouette社の13,257 kWh/トンAlとほぼ同等であるが、世界平均は、世界のnew primary productionの60%近くを占める中国により大きく引き下げられており、北米の平均値である14,035 kWh/トンAlに対し、約5.5%少ない。

さらに、2019年末時点で、594ある電解炉のうち、299の炉で、省エネ、GHG排出量削減に効果があるAP40技術を採用し、2020年11月には、それらを強制空冷する装置の据え付けも完了している。このプロジェクトは、前述のPhase II以降、最大の投資額になる1億ドルが投入されている[Alouette 2020及び2019 Sustainable Development Report, Rigorous, Responsible, Resilient.]。

また、Alouetteのアルミニウム新地金1トン当たり排出される等価CO₂量(CO₂e)は、2020年の比較で、IAIが公表している全世界平均の新地金1トン当たりの放出量2.29トンCO₂e/トンAlに対して約21%少ない1.81トンCO₂e/トンAlである。電解炉の陽極の焼成熱源を石油系燃料から天然ガスに切り替えることにより、GHG排出量を30%削減するプロジェクトをスタートしたところである[Alouette 2020 Sustainable Development Report, Rigorous, Responsible, Resilient.]。

(3) Rio Tintoグループ(本社は、英・豪の2拠点体制)

Rio Tinto(リオティント)グループの主力アルミニウム会社であるRio Tinto Alcan(リオティントアルカン、カナダ)は、1902年にAlcoa(アルコア)のカナダ子会社として設立されたThe Northern Aluminium Company Limitedに起源を持つ。同社は1928年に独立してAlcan(アルカン)となったが、2007年には、逆にAlcoaからの敵対的買収提案を受けた。これに對抗して、同年11月に鉱業・資源分野の英豪系大手多国籍企業グループのRio Tintoの傘下に入り、Rio Tintoのアルミニウム部門と統合されてRio Tinto Alcanとなり、現在に至っている。

Rio Tintoグループ全体のエネルギー源及び電力源を図 11及び図 12に示す。エネルギー源として水力とその他の再生可能エネルギーが占める割合は30%強で推移しているが、アルミニウムの製錬で消費されるエネルギーの大半を占める電力については、その4分の3が水力を主とする再生可能エネルギーであり、CO2排出量削減への効果は大きい。

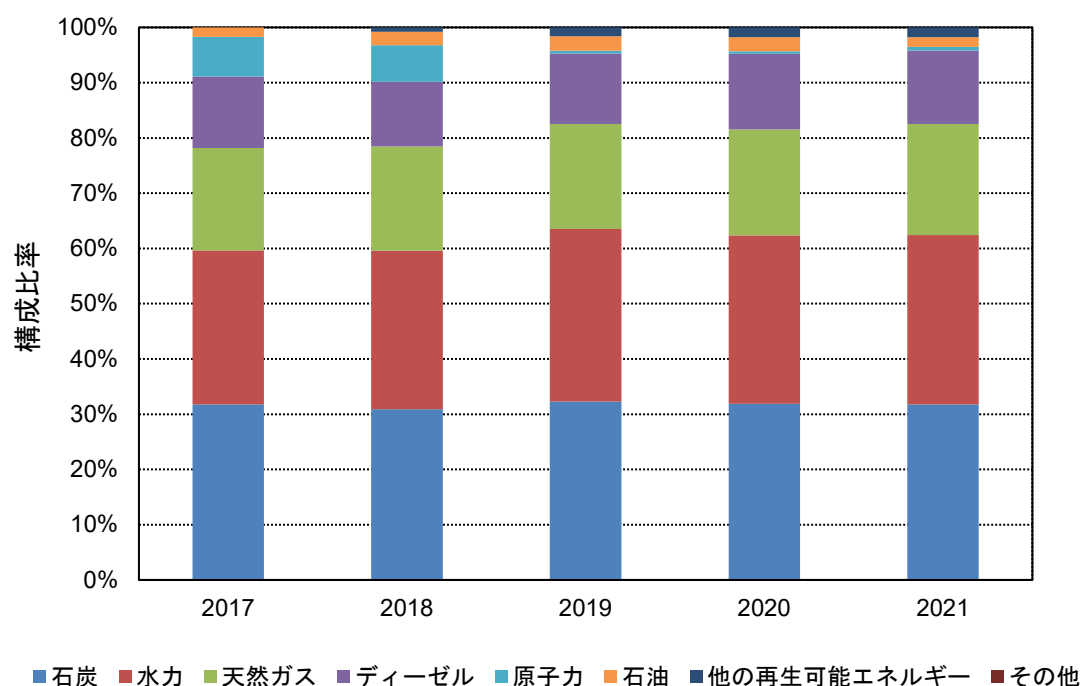


図 11 Rio Tintoグループのエネルギー源の推移

[Rio Tinto Sustainability Fact Book 2021]

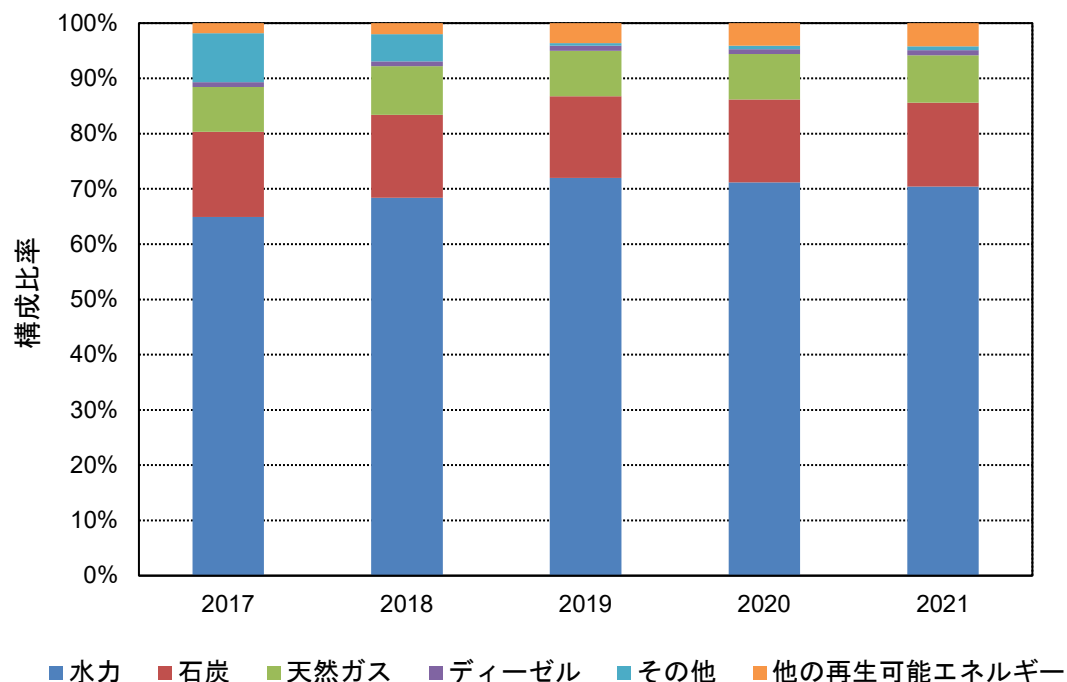


図 12 Rio Tintoグループの電力源の推移

[Rio Tinto Sustainability Fact Book 2021]

Rio Tintoが2021年に全世界で排出したCO₂eは、3,110万トンであり、その50%がアルミニウムの電解工程、20%がボーキサイトからアルミナを製造する工程で発生しており、アルミニウムセクターが全体の70%を占める。オーストラリア最大のアルミニウム製錬所であるTomago Aluminium Company (トマゴ、New South Wales州) 及びBoyne Smelter Limited (ボイン、Queensland州) の製錬所で使用される電力は主に石炭火力によるもので、しかもアルミナの精製に使われる熱源は石炭と天然ガスによるものであることから、この2工場からのCO₂排出量は多く、その結果、Rio Tinto全体のアルミニウム製品1トン当たりの等価CO₂排出量は21.9トンと、世界平均である11.6トンに比べて約2倍と非常に多い。しかしながら、既述のように、40%出資しているAluminerie Alouetteで使用されるほとんど全ての電力が水力発電によるもので、同工場を含むRio Tintoの大西洋側で製造されるアルミニウム1トン当たりの等価CO₂排出量は2.17トンと少ない (Rio Tinto, Our Approach to Climate Change 2021, p. 10-11)。また、Rio Tinto AlcanのVaudreuil (ボードレイ、カナダ) アルミナ精製所で製造されるアルミナ1トン当たりの等価CO₂排出量は0.26トンと、全世界平均の1.2トンの約1/5である。

Rio Tintoは、Aluminerie Alouetteに40%出資しているほか、前述のBoyne Smelter Limitedにも出資し、同社の株式の59.39%を保有している。また、同じQueensland州 Gladstone地区に保有するYarwunアルミナ精製所とQueenslandアルミナ精製所を合わせ

ると、Queensland州で最大のエネルギー消費施設であり、これら3施設の消費電力量は1,140 MWになる。Rio Tintoは、2022年6月、Queensland州中央及び南部地区が“グリーンな”産業の中心となるよう、4,000 MMの風力及び太陽光による発電並びにそれらに付設される給電安定化システムの提供者の募集を始めた。これは、Rio Tintoが、2021年10月に地元Queensland州政府と結んだ再生可能エネルギーに関する協力声明に基づいた活動の一環であり、また、Rio Tintoが表明している2030年までに対2018年比でスコープ1とスコープ2のCO2e排出量を半減させ、2050年までにカーボンニュートラルを達成するという宣言達成のためのものである。

Rio Tintoのカーボンニュートラルに向けた活動計画を表 27に示す。

表 27 Rio Tintoのカーボンニュートラルに向けた活動計画

スコープ	計画
1及び2	・ 2050年までにカーボンニュートラル達成 ・ CO2eを、対2018年比で、2025年までに15%削減、2030年までに50%削減 ・ オーストラリアのPilbara地区(西オーストラリア州)で1 GWの風力及び太陽光発電を目指し、75億ドルの投資を計画 ・ BoyneとTomagoのアルミニウム精錬所向けに、4 GWの再生可能電力供給者を募ると発表 ・ CO2e1トン当たり75ドルの社内評価用カーボンプライスを設定
3	・ Rio Tintoからボーキサイトの供給を受ける企業に、スコープ3の脱炭素プランに加わってもらう ・ 原材料や製品の輸送時に排出されるGHGに関して、2025年までに50%削減、2050年までにカーボンニュートラルの達成

脱炭素型製品であることをPRするRio Tintoのブランドには、表 28に示すようなものがあり、表 27に示すカーボンニュートラル達成に向けたCO2e排出量削減に寄与するとともに、脱炭素化を積極的に進めていることを対外的にPRしている。

2023年2月には、同社が丸紅と結んでいる戦略的業務提携に基づき、日本国内の大手輸送機メーカーと販売契約を締結しており、これは、同社のニュージーランドのアルミニウム製錬所で生産したRenewAlを、同社のカーボントレーサビリティプラットフォームSTARTを活用し、供給するものである（2023/2/24鉄鋼新聞）。

表 28 Rio Tintoの脱炭素製品であることをPRするブランド

ブランド名	開始時期	内容
RenewAl	2016	・ 第三者機関の認定を受けた低CO₂排出アルミニウム新地金に付けられたブランド ・ 製品1トン当たりのCO₂e排出量(スコープ1及び2の合計)が4トン以下のもの
ELYSIS	2018	・ Rio TintoとAlcoaによる合弁会社とその低炭素排出アルミニウムのブランド ・ 両社の他、カナダ政府、Québec州政府、Appleが資金提供 ・ 直接的にはGHGを全く排出せず、酸素を生成する製錬プロセスを開発中。2023年の商業規模での実証を、2024年には実機への導入を目指す ・ 電気分解の際にCO₂が発生する従来の消耗型炭素電極ではなく、不活性電極を用いる ・ パイロットプラントで製造したELYSISアルミニウムを使った商品例 1. AppleのIT機器 (MacBook Pro, iPhone SE) 2. ABInBevのビールMichelob Ultraの缶 3. Corona CanadaのビールCorona Extraの缶 4. Audi車eTron GTのアルミニウムホイール
Revolution-Al	2019	・ 自動車のアルミニウムホイール用高強度合金 ・ 従来合金に対して約7%の軽量化により、燃費を向上させ、CO₂排出量の削減に貢献
START	2021	・ ブロックチェーン(分散型台帳管理)技術を用いて、カーボンフットプリント、スクラップ混入比率など10の持続可能性に関する情報が記載されたラベル付きアルミニウム製品のブランド

(4) ELYSIS(カナダ)

正式名称をELYSIS Limited Partnershipといい、2018年6月に、Rio Tinto、Alcoaを中心に設立された合弁会社である。同社は、米国Pittsburgh郊外にあるAlcoa Technical Centerで20年以上に亘って研究されてきた非消耗電極を用いることで、炭素を排出しないでアルミナの電気分解を行う技術を実用化することを目指し、Québec州のSaguenay市に研究所を設置した。

この地を選んだのは、再生可能エネルギーである水力発電による豊富な電力供給を受けられるとこともあるが、それと同時に、Québec州政府の投資会社Investissement Québecから出資を、カナダ政府から6,000万カナダドル、Appleから1,300万カナダドルの資金提供を受けている。それと同時に、AppleはELYSISに対し、技術協力も行っている。ELYSIS出資者及び出資比率を表 29に示す。カナダ政府からの資金6,000万カナダドルは、イノベーション・科学経済開発省（Innovation, Science and Economic Development Canada）が管轄するStrategic Innovation Fundから提供されたもので、カナダ政府は、現在は約100人に留まっている地元雇用が、将来的には1,100人規模の雇用創出に繋がると期待している（<https://www.ic.gc.ca/eic/site/125.nsf/eng/00012.html>）。

また、Appleは、2016年から発行している総額47億米ドルの環境債（Green Bond）の中から、2021年に追加資金提供を行っており、2021年末までのAlcoa、Rio Tinto、カナダ及びQuébec州政府、Appleからの投資・資金提供額の合計は、37億カナダドル（約390億円、106円/カナダドル）に達している。

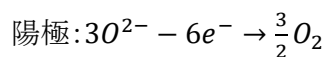
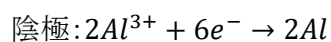
表 29 ELYSISの出資比率

出資者	種類	出資比率
Alcoa	General partner	48.235%
Rio Tinto	General partner	48.235%
Investissement Québec (Québec州政府)	Limited partner	3.53%
合計		100%

ELYSISは、会社名であると同時に、非消耗電極を用いることにより、電解工程で、直接的にはCO₂を排出しないで製造されるアルミニウムのブランド名でもある。Alcoa Technical Center（米）及びSaguenay-Lac-Saint-Jean（カナダ）のパイロットプラントで製造されたELYSISを用いたアルミニウム製品は、2019年以降、表 28に示したような商品に用いられている。

現在、主流であるHall-Héroult法と呼ばれるアルミナの電解法では、熔融氷晶石（Na₃AlF₆）に溶解したアルミナが以下の化学反応で還元されるが、陽極で発生する酸素が炭

素電極と反応し、CO₂を発生することから、CO₂排出に繋がっていた。



ELYSISでは、陽極で発生する酸素が電極と反応することなくそのまま放出されることから、直接的なCO₂の発生はないため、カナダにあるRio Tintoの全電解炉に導入されれば年間650～700万トンのGHG削減に繋がり、これは全カナダのGHG排出量の約1%に相当する。それだけでなく、ELYSIS技術により、アルミニウム新地金の生産性が15%向上し、運転コストが15%削減できる(Andrea Svendsen, Light Metal Age, p.32-33, February, 2022)。

現在は、Québec州Saguenay-Lac-Saint-JeanにあるRio TintoのAlma精製所の既存の炉にELYSIS技術を導入し、2023年に実証試験を行う予定にしており、その後、2024年には実機への導入を、またその2年後には大規模生産への移行を目指している(Rio Tinto Annual Report 2021, p. 41)。

(5) Norsk Hydro ASA(ノルウェー)

1905年にノルウェーに設立された肥料会社Norsk Hydro-elektriskを起源としているが、現在ではアルミニウムと再生可能エネルギーを主力製品とし、表 30に示すように、ノルウェーを中心に世界6か国に10箇所のアルミニウム製錬所を保有する世界有数のアルミニウムメーカーである。また、ブラジルにある世界最大のアルミナ生産量(2021年は、6,305千トン)を誇るAlumina do Norte do Brasil S.A. (Alunorte)の株式の92.13%を保有している。

表 30 Norsk Hydroのアルミニウム新地金生産能力

工場名	所在地	出資比率(%)	新地金生産能力 (千トン)
Karmøy	ノルウェー	(自社工場)	271
Årdal	ノルウェー	(自社工場)	202
Sunndal	ノルウェー	(自社工場)	425
Høyanger	ノルウェー	(自社工場)	66
Husnes	ノルウェー	(自社工場)	195
Slovalco	スロバキア	55.3	175
Tomago	オーストラリア	12.4	590
Qatalum	カタール	50	640
Alouette	カナダ	20	625
Albras	ブラジル	50	460

注) 新地金生産量は、Norsk Hydroへの割り当て分ではなく、各工場の総生産量

Norsk Hydroが2050年のカーボンニュートラル達成に向けて作成したロードマップによると、Alunorteアルミナ工場において、現在、主に石油燃料を使っているのを、2025年までに天然ガスに転換することで70万トン、3つの電気式ボイラーを設置することで40万トンのCO₂e削減を見込んでいる。さらに2030年までには、石炭式ボイラーを電気式に転換するとともに、使用電力を再生可能エネルギー由来のものに置き換えたりアルミニウムの電解プロセスを改良したりすることにより、合計240万トンのCO₂eの削減を計画している。これらの削減を可能にする技術及び製品を表 31に示す。

特に、現在開発中のHalZeroプロセスは、アルミナを金属アルミニウムに還元する電解炉において、従来の消耗型炭素電極を用いる方法ではなく、中間物として塩化アルミニウムを用いる生成させるもので、炉外に放出されるのが酸素だけであるという点で、Rio TintoのELYSISが開発しているプロセスに似ている。このプロセスは、炭素の回収貯留技術の開発に特化したノルウェーの国営企業であるGassnova SFにより推進されているプログラムCLIMITの支援を受けており、2030年以降のNorsk Hydroの脱炭素化の中心技術となることが期待されている。

表 31 Norsk Hydroの脱炭素に向けた技術及び製品

名称	内容
Hydro CIRCAL	・ 老廃スクラップと呼ばれる使用済み製品から回収したスクラップ (PCS*1) を75%以上混入した低炭素アルミニウム製品の名称 (現在のHydro CIRCALのカーボンフットプリントは、2.3トンCO2e/トンAl) ・ 2021年には、335千トンの老廃スクラップを回収し、38千トンのHydro CIRCALを生産しているが、2025年には、660千トンの老廃スクラップ回収を目指す
Hydro REDUXA	・ ISO 14064に準拠した証明書付きの低カーボンフットプリントアルミニウムの総称 ・ Hydro REDUXA2.0とかHydro HEDUXA4.0等と表記され、それぞれカーボンフットプリントが2.0及び4.0(トンCO2e/トンAl)の製品を意味する ・ 2021年のHydro CIRCALとHydro REDUXAの総販売量は、2020年の3倍に当たる286千トン ・ 2030年までに、Hydroのアルミニウム新地金のカーボンフットプリントの平均を2.0トンCO2e/トンAlにすることを目指す ・ カーボンフットプリント算出に必要なデータ提供体制作りを2025年までに行う
HalZero	・ アルミナを金属アルミニウムに還元する電解炉において、従来の消耗型炭素電極を用いる方法ではなく、中間物として塩化アルミニウムを用いる生成させる新プロセス ・ 閉ループ内で塩素と炭素を循環させることにより、ループ外に排出されるのが、実質、酸素だけであり、CO2排出量を格段に削減できる ・ このプロセスは、炭素の回収貯留技術の開発に特化したノルウェーの国営企業であるGassnova SFの支援を受けて、開発中 ・ 2030年までに商業規模での実証を行い、2030年以降の脱炭素化の中心技術
CCS*2	・ 炭素回収貯留技術の開発により、電解工程で排出されるCO2をほぼ100%回収し、また大気中に存在するCO2を回収することにより、電解工程で排出されるCO2を実質ゼロ(100%回収)にする

*1: Post consumer scrap

*2: Carbon capture and storage

(6) Tomago Aluminium(オーストラリア)

年間59万トンのアルミニウム新地金を生産するオーストラリア最大のアルミニウム製錬会社であり、表 32に示す3社による合弁会社として運営されている。最新の年次環境報告書 (<https://www.tomago.com.au/wp-content/uploads/2022/04/TAC-2021-Annual-Environment-Report.pdf>) は、2022年初に発行されているが、CO2排出量に関する具体的な記述はなく、2020-2021 licence year(2020年11月～2021年10月)の1年間に排出されたフッ化物及びSO2の量が、それぞれの排出許容量である298トンと1,900トン以下であったと記載されているのみである。

現在、Tomago製錬所で使用される電力は、ほとんどが石炭火力によるものであることから、製錬時に使用される電力の発電時に排出されるCO2を含めたアルミニウム新地金単位質量当たりのGHG排出量は、全世界平均である10.8トンを大きく上回っている。そのため、オーストラリアのPilbara地区(西オーストラリア州)で1 GWの風力及び太陽光発電を目指して75億ドルの投資を計画したり、BoyneとTomagoのアルミニウム製錬所向けに、4 GWの再生可能電力供給者を募ったりするなど、今後、再生可能エネルギーへの転換を強力に進めていくと思われる。

表 32 Tomago Aluminiumの出資会社

出資会社	出資比率
Rio Tinto Alcan	51.55
Gove Aluminium Finance Ltd. (CSR Ltd. 70%, AMP Ltd. 30%)	36.05
Hydro Aluminium	12.40

(7) Emirates Global Aluminium(アラブ首長国連邦)

Emirates Global Aluminium(以下、EGAという。)は、1975年に設立されたDUBAL(Dubai Aluminium)と、2007年に設立されたEMAL(Emirates Aluminium)が2014年に合併して設立されたアルミニウムメーカーであり、石油・ガス関連企業を除くと、アラブ首長国連邦では最大の企業である。ボーキサイトの採掘からアルミナ及びアルミニウム新地金の製造まで手掛けており、年間約234万トンの新地金を生産している。

他のアルミニウム工場製造と同様に、消費されるエネルギーの大半はアルミナの精製工程で消費される電力であり、排出されるGHGの多くはその電力を発電する際のものである。EGAで使用する電力は、社内の発電所において天然ガスを燃焼して発電していることから、スコープ1(直接排出)に分類されるGHG排出量が大半(2020年では、20,929千トンCO₂e)であり、間接的な排出(スコープ2)に分類されるものは、228千トンCO₂eと、スコープ1の1%強と僅かである。

EGAの発電のエネルギー源は、石炭や石油に比べて排出係数(燃焼して同じ熱量を得るために排出されるGHG量の比)が小さい天然ガスであることから、EGAで生産されるアルミニウム単位質量当たりのスコープ1及びスコープ2の合計GHG排出量(排出強度)は、2020年で8.12トンCO₂eと、IAI発表の世界平均値(13.40トンCO₂e)に比べ、39.42%小さい。

EGAは、Carbon Abatement Plan(CAP、低炭素化計画)と呼ばれる計画を作成し、アルミニウムの製造工程から排出されるGHG量や消費エネルギーの削減目標を設定している。その一例として、図 13に、これまでのGHG排出強度の推移と併せて削減目標を示す。前述のように、同社のGHG排出強度は世界平均に比べて小さいものの、2019年、2020年と、前年比でGHG排出強度が増大しているが、2019年の増大(対前年比 1.1%増)は、同年に稼働が始まったアルミナの精製工場の初期トラブルによるものであり、2020年(同 1.4%増)は、同社のJebel Alにある蒸気タービンが故障したためにガスタービン発電機を稼働したことによるもので、同社の環境報告書では、いずれも一時的な原因によるものであるとしている。また、表 33には、2019年にEGAで製造されたアルミニウムの製錬・ casting 工程で排出された各種ガスの環境評価値やリサイクル関係の環境評価値を示す。

表 33 2019年のEGAのアルミニウム関連の環境評価値

環境評価値	増減率
GHG排出量(対世界平均)	-39.42%
GHG排出量(対同社前年比)	+1.37%
SO2排出量(対同社前年比)	+12.24%
PFC* ¹ 排出量(対世界平均)	-88.45%
EGAにおけるリサイクルアルミニウム比率(対同社前年比)	+35%
リサイクルされたSPL* ² 比率	87%

* 1) PFC: Perfluorocarbon (パーフルオロカーボン)

* 2) SPL: Spent Pot Liningの略で、アルミニウム製錬炉内のポットと呼ばれる電解セルの使用済みライナーのこと。米国EPAにより、有害廃棄物に指定されている。

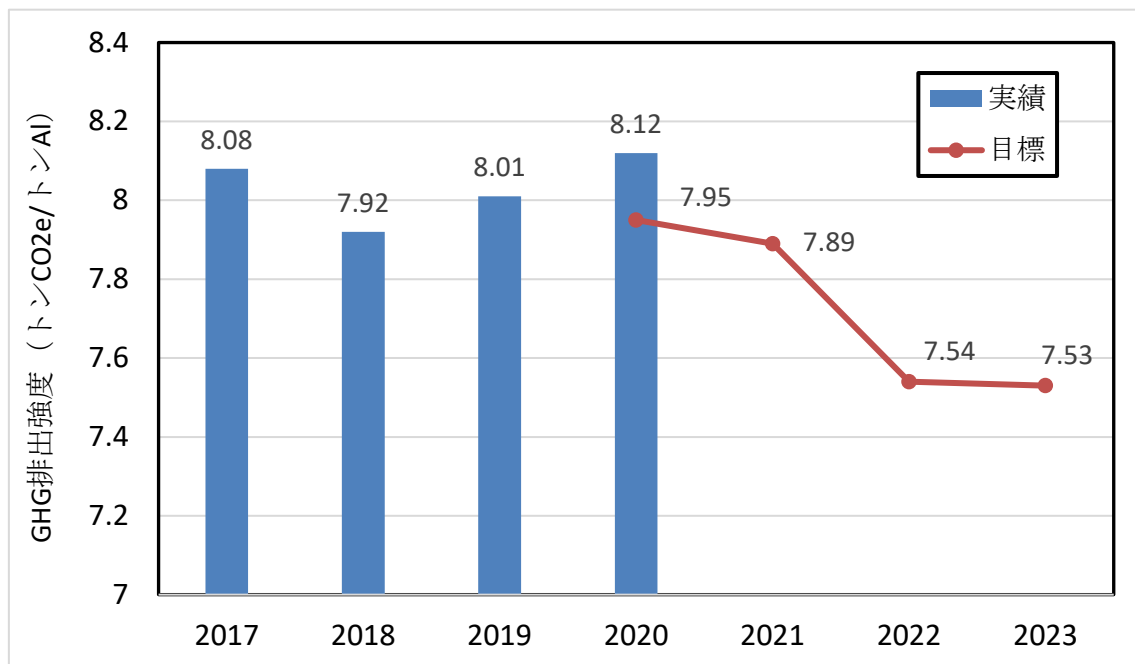


図 13 EGAのGHG排出強度の推移と今後の目標値

EGAは、Dubai Electricity & Water Authority(ドバイ電力・水道局)が保有する太陽光発電所から、年間4万トンのアルミニウム新地金を製造できる電力供給を受ける契約を2020年に結んだ。4万トンのアルミニウムは、EGAの全生産量の僅か2%足らずではあるが、受給電力は今後増やしていくとのことで、使用電力の低炭素化に向けた活動の一つといえる。これは、世界で初めての太陽光発電による電力を用いて製造されるアルミニウム新地金であり、同社は、この低炭素アルミニウムに“CelestiAL”とのブランド名を付け、2021年に販売を開始する(2020年の環境報告書発行時点)。

(8) Companhia Brasileira de Aluminio(ブラジル)

Companhia Brasileira de Aluminio (CBA) は、Minas Gerais州Poços de Caldasのボーキサイト鉱床を開拓することを目的に、1941年2月に組織され、1955年に生産を開始した。ブラジルでは唯一の、ボーキサイトの採鉱からアルミニウム製品まで生産する一貫アルミニウムメーカーであり、2021年は、48万5千トンのアルミニウム新地金を生産している。

環境問題については、ESG 2030 Strategyという環境、社会及び企業統治に関する戦略を練るプログラムにおいて扱われ、表 34に示すように、気候変動とリサイクルの分野で目標を定めて活動を行っている。同表には、2021年度の成果も示す。

表 34 CBAのESG 2030 Strategyに示されている環境対策目標と達成度

分野	対象	2030年の目標	2021年の達成状況
気候変動	GHG	対2019年比、40%削減	・ 25.4%の削減
		カーボンニュートラル(CN)な製品の供給	・ 森林再生によるカーボンクレジットを用いたCNの達成に向けたReservas Votorantim社との提携
		2050年のCN達成に向けたロードマップの作成	・ Science Based Targets Initiativeに排出量削減目標値を提出
		気候変動適応計画の作成	・ 気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)のフレームワークに則ったリスク評価を行い、それに適応した対策立案
	省エネ	100%の再生可能エネルギー化	・ 電力の100%再生可能エネルギー化達成 ・ 風力発電の設置
		エネルギー強度削減	・ エネルギー診断の実施とロードマップの作成 ・ 2023年に向けた計画の作成と承認
リサイクル	アルミニウム	リサイクル会社Metalexのリサイクル率80%	・ リサイクル率63%
		ビレット製造工場Alumínio Plantのリサイクル率50%	・ リサイクル率23%
		社外から回収したスクラップのリサイクル率向上	・ 目標であった59千トンのスクラップを回収

(9) Albras Aluminio Brasileiro S.A.(ブラジル)

Albrasは、1978年1月にNorsk Hydro(株式保有比率 51%)と日本アマゾンアルミニウム株式会社(同49%。以下、NAACという。)により設立されたアルミニウム製錬会社であり、年間46万トンの新地金生産能力を有し、NAACが22万トンの権益を保有している。ALBRASで製造されるアルミニウム新地金の原料であるアルミナは、全量Alunorte(Alumina do Norte do Brasil S.A.)から供給を受けている。

Albrasは、Norsk Hydroが過半の株式を保有しており、2050年までにカーボンニュートラルを目指すという大きな目標に対してはグループとして活動を行っているようであるが、その活動内容はNorsk Hydroの環境報告書等に包括的に述べられており、個別のデータは入手できていない。

(10) CHINALCO(中国)

CHINALCO(中国鋁業集团有限公司、Aluminum Corporation of China)は、中国中央政府が出資する中央企業の一つで、2001年に設立された。同社は、非鉄金属の開発・探査、子会社の投資管理等を行っており、アルミニウム事業(アルミナ及びアルミニウム新地金の生産等)を行っているCHALCO(中国鋁業股份有限公司、Aluminum Corporation of China Limited)の親会社に当たる。CHINALCOグループは、世界最大のアルミナ生産能力を有し、アルミニウム新地金の生産量も世界第2位であり、2020年は、中国のアルミニウム新地金総生産量の約10%に当たる369万トンを生産している。また、CHINALCOは、Rio Tinto Plc(英)の議決権付株式の14.02%、Rio Tinto Limited(豪)の10.32%を保有する筆頭株主でもある。

中国は世界最大のアルミニウム新地金生産国である。中国のGHG排出量の約5%がアルミニウム産業からのものであり、2060年のカーボンニュートラル達成のためには、アルミニウム産業の低炭素化が必須である。同社の最新の環境報告書(2019年)によると、CHALCOが排出したGHG量は、図 14に示すとおりである。2018年は、対前年比で、排出量、売上額当たりの排出量とも減少しているが、2019年は、排出量は減っているものの、売上額当たりの排出量は増えており、この年の排出量の減少はCOVID-19による経済活動の停滞による一次的なものであると推測される。今後の経済活動の復興により排出量が増えることが予想されるが、同社は、カーボン排出量を2025年までに低下に転じさせ、2035年までに40%削減するという目標を公表している(2021年6月8日発表のアクションプラン)。同社は、2021年6月1日に、4億元(約80億円)のカーボンニュートラル環境債を発行し、風力発電への投資の返済に充てるとしている。

2021年11月、CHINALCOは、民営最大手の中国宏橋集団(China Hongqiao)を傘下に置く山東魏橋創業集団と中国アルミニウム業界が、目指すべき姿について共同提案を行った。それによると、次の7つを推進するとしている。

- 1) アルミニウム製錬及びアルミナ精製の数量管理強化
- 2) クリーンエネルギーの活用
- 3) 低炭素技術の開発加速
- 4) リサイクルの促進
- 5) 省エネルギー活動の推進
- 6) アルミニウムの素材
- 7) 国際協力の強化

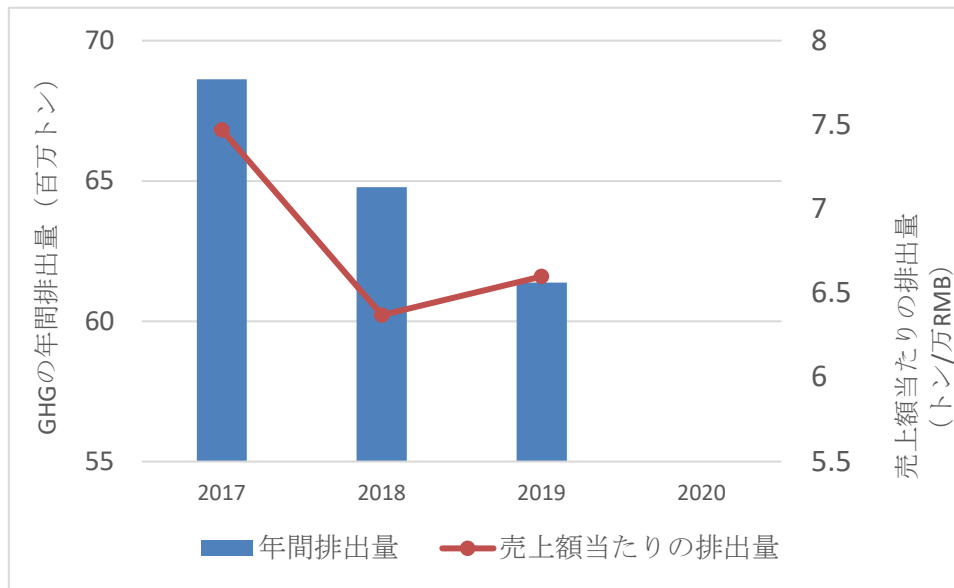


図 14 CHALCOが排出したGHG量の推移

4. 脱炭素化に向けた業界団体・国際的イニシアチブの動向

(1) Industrial Deep Decarbonisation Initiative (IDDI)

- ① IDDIは重工業、特に鉄鋼、セメント、コンクリートの分野で、脱炭素化を促進するための政府と民間組織の連携組織である。
- ② UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) によって組織され、クリーンエネルギー大臣会合CEM (Clean Energy Ministerial) のイニシアチブである。英国とインドが主導。ほかに、カナダ、ドイツ、アラブ首長国連邦 (UAE) が加盟している。2021年6月に設立された。その後、2022年9月に米国とサウジアラビアがIDDIに加わった。2022年11月には、エジプトSharm El Sheikhで開催されたCOP27の席上で、日本もIDDIに加盟することが正式に発表された。
- ③ Mission Possible Platform, Steel Zero Campaign The Climate Group, the Leadership Group for the Industry Transition (LeadIT), the International Renewable Energy Agency (IRENA), World Bank といった関連するイニシアチブや組織と強力な関係を持っている。
- ④ 公共事業での低炭素製品 (鉄鋼、セメント、コンクリート) の利用促進を通じた重工業の低炭素化を目標としているため、民間企業はIDDIのメンバーにはなっていない。
- ⑤ IDDIが設置されたのは、重工業が発生する大量のCO₂を削減するため。世界の全CO₂放出量の14～16%が鉄鋼、セメント、コンクリート分野から放出されている。重工業からのCO₂放出が抑制できれば、気候変動の潮目が変わるとの考えに基づく。
- ⑥ CO₂放出削減の方法:
 - a) 環境適合性の高い材料を使用する仕組みを作る。Near zero carbon materialsの国際規格、標準を作成し、公表の方法を定めるほか、公共事業の入札者に利点の与えられるような入札時の評価方法を作る。
 - b) 公共事業で環境適合性の高い材料を使用する (Green Public Procurement) 政府の行う公共建設事業は最大の鉄鋼、コンクリートの使用者である。鉄鋼の場合、公共建設事業での鉄鋼需要は、全鉄鋼需要の25%を占める。IDDIは、公共事業でNear zero carbon materialsを使うことを誓約する制度を作り、世界に認知させる。また、生産者に対しても、認証制度を設ける。
 - c) 公共事業で削減できたCO₂放出量を公表する。
 - ・ 2025年までに、政府は公共事業で削減できたCO₂放出量を公表する。
 - ・ 2050年までに、政府はCO₂発生実質ゼロを達成する。
 - ・ 2030年までに公共事業でCO₂発生を削減することを、2022年中に誓約する。
- ⑦ IDDIの活動は、各国政府と関連民間組織の参加する3つのWG (Technical Working Group) によって進められている。WG1はデータ収集と報告 (Data and reporting)、WG2は低炭素化に関する標準整備 (Low-carbon standards)、WG3は材料調達を通じた低炭素化 (Green public procurement, GPP) を扱う。いずれのWGでも、鉄鋼とセ

メント、コンクリートを対象とする。

- ⑧ **WG1データ収集と報告 (Data and reporting)** : GPPの基本となるデータの測定、収集と報告に関するガイドラインを策定する。
- ⑨ **WG2低炭素化に関する標準整備 (Low-carbon standards)** : 鉄鋼、セメント、コンクリートの製造から使用、廃却までのライフサイクルでのGHG発生量の測定に関する標準、ガイドラインを策定する。すでに活用されている種々の標準類と整合性を持たせ、世界各国、地域で活用できるような最低基準を設ける。
- ⑩ **WG3材料調達での低炭素化 (Green public procurement, GPP、グリーン調達)** : 政府機関の実施する公共事業で、環境負荷の小さい材料を調達・使用することで、鉄鋼、コンクリート製造における低炭素化を促進する。公共事業の材料調達において必要となる低炭素化の目標設定や公表の方法などを定め、仕組みとして広めてゆく。
 - ・ 各WGは、それぞれCore Technical GroupとAdvisory Groupで構成され、さらに各WGを統括する形でSteering Groupが設置されている。各WGのCore Technical Groupで協議された事項がAdvisory Groupの審議を経て、Steering Groupで最終決定される。
- ⑪ 2021年10月に、“Standards and Evaluation Guidelines for Green Public Procurement”(グリーン調達のための標準と評価に関するガイドライン)と題する報告書が、ISI, UNIDO, CEM及びLeadITによって発行されている。環境影響の定量化方法と報告に関する標準、評価ツールとそのガイドライン、実行のための支援方法、推奨事項が記載されている。
 - a) 環境影響の定量化に関しては、PCR (Product Category Rule)に基づいたEPD (Environmental Product Declaration) により行う。PCRとEPDはISO14025で規定された製品の環境負荷の表示方法である。また、EPDを使う代わりにエコラベル(Eco-labels)を使用する方法もある。日本のエコマークはこのエコラベルの1種である。エコラベルはISO 14024で規定されている。
 - b) グリーン調達を進めるには、環境負荷の小さい製品を調達プロセスに取り込み、入札者がそれを正しく理解して入札を行うことが必要である。そのためのガイドラインを作成し、対象となる製品の環境負荷が適切に評価される仕組み(ソフトウェア)を作ることが求められる。
 - c) 公共事業においてグリーン調達を促進するため、事業者(政府機関)と受注者側双方がグリーン調達の意義を理解し、その仕組みを使いこなせるようにすることが重要である。関係者への教育も重要なプロセスである。
 - d) 環境負荷の小さい製品を製造するには、従来とは異なるプロセスが必要となる。メーカーは新たな設備投資が必要となるので、それを支援する仕組み作りも求められる。
- ⑫ GPP Pledgeの内容は以下のとおりである。
 - a) 誓約する国の政府は、鉄鋼、セメント、コンクリートの分野の脱炭素化を進め、エネルギー

ギー効率に優れCO₂排出の少ない技術を積極的に広め、炭素排出の多い建設資材からの排出量の測定と公表を開始し、建設資材の効率的な利用を奨励し、実用可能で移転も可能な炭素排出低減技術を展開し、炭素強度低下を最大限に実行し、建設資材のニアゼロ生産を加速させる。そして、以下の1～4のレベルの何れかを実行することを誓約する。

- b) レベル1:2025年までに、公共建設事業で調達されるセメント、コンクリート及び鉄鋼製品の製造時の炭素排出量の公表を開始する。
 - c) レベル2(レベル1に加えて):2030年までに、個々の公共建設事業のライフサイクルアセスメントを全ての公共建設事業に対して実施する。そして、2050年までに、全ての公共建設事業で排出量ネットゼロを達成する。
 - d) レベル3(レベル1と2に加えて):2030年までに、公共建設事業において、その国で入手可能な最高水準の低排出のセメント、コンクリート及び鉄鋼製品を調達する。
(注:低排出の鉄鋼製品は、そのCO₂発生量の少ない方からA～Eの5つのバンドに区分される。スクラップ比率0%の場合、バンドAは400～800kg/ steel ton以下、バンドEは2000～2400kg以下などである。各国が公約を実行する際には、low emission steelのA～Eからひとつのバンドを選択する。)
 - e) レベル4(レベル1、2と3に加えて):特例建設事業においては、ある程度の量のニアゼロ排出のセメント、鉄鋼製品を使用することを2030年に開始する。
- ⑬ IDDIでは、このGPP Pledge制度を世界各国の政府が取り入れ、実行に移せるように準備を進めている。具体的には、ニアゼロ製品の定義、製造工程上の排出量計算の対象範囲(boundary)の決定、EPDとPCRの記載内容の決定、各国の公共事業担当者及び建設物資製造者と流通業者への制度説明等を行っている。
- ⑭ IDDIのWGは概ね月に1度、オンラインの会議を開催している。本調査期間の途中より、WGとSteering Committeeにオブザーバーとして参加し、傍聴した。会議では、そのWGの所管事項を協議、決定し、Steering CommitteeでIDDIとしての決定を行なっている。上述したGPP Pledgeの内容や低炭素化に関する標準、GPPの仕組み作り等は各WGで協議されてきたものである。

(2) SteelZero

SteelZeroは、「Drive climate action fast」を使命として掲げるNPO、the Climate Groupが鉄鋼分野の環境対策促進を目標に設けたイニシアチブである。the Climate Groupは、2004年に設立され、英国、米国、インドに本部を構え、低炭素化を進める産業改革に取り組んでいる。

SteelZeroに加盟する組織・企業は、2050年までに購入する鉄鋼材料を全てネットゼロスチールとすることを誓約する。こうした組織や企業の購買力と影響力によって、世界市場の目が環境を考慮した鉄鋼製造と調達に向くことを促す。ネットゼロスチールは、粗鋼1トン当たりのGHG発生量(CO₂-eトン/粗鋼トン)を操業的に可能な限り0(ゼロ)に近付けた鉄鋼材料のことをいう。

SteelZeroに参加するには、各組織・企業は、2030年までに使用量の50%をネットゼロ スチール、2050年までに100%ネットゼロスチールとすることを誓約しなければならない。

鉄鋼材料を使用する組織がSteelZeroに参加することで、鉄鋼メーカーはそれを意識せざるを得ず、鉄鋼メーカーがネットゼロスチールの生産を増やし移行することを促進加速する。併せて、SteelZeroに参加する組織は、環境対策として自身の脱炭素化目標に取り組んでいることを市場、社会に表明することができる。

SteelZeroへの参加要件は以下のとおりである。

- ① 長期的誓約:組織が購入する鉄鋼材料、組織がプロジェクトのために使用を規定する鉄鋼材料、又は販売・使用するために在庫する鉄鋼材料の100%を2050年までにネットゼロスチールとする
- ② 中期的誓約:同様に、購入・規定・在庫する鉄鋼材料の50%を2030年までに次の条件の1つ以上に適合するものとする
 - a) ResponsibleSteelの認証を受けた鉄鋼材料又はそれと同等の国際規格に適合する鉄鋼材料
 - b) 科学的測定に基づいた定量的なGHG発生量の中期目標を持ち、長期のGHG発生削減計画を作成し公表している鉄鋼メーカーの製品。SBTi (Science Based Targets Initiative) によって承認された定量的目標値又は科学的に判定された鉄鋼メーカーの定量的目標値は、中期誓約を完全に満足する。
 - c) Low Embodied Carbon Steel(粗鋼製造時のGHG発生量が、スクラップ使用率に応じて定式*により算定される2030年の粗鋼製造時GHG発生量目標値よりも少ない鉄鋼材料)

* GHG発生量目標値Z(CO₂トン/粗鋼1トン)=1.4・0.012X (Xはスクラップ使用比率(%))

SteelZeroはWorking Groupを設置し、加盟した組織・企業が目標達成に向けて活動するのを支援する。WGの例としては、建設・不動産業界での鉄鋼材料調達の障害への対応、効率的な設計の検討、循環経済への移行などがある。鉄鋼材料調達におけるESG

(Environmental, Social and Governance) 課題に対して効果的な方針の打ち立て方も WG のテーマである。

加盟した組織・企業は、その SteelZero 誓約の進捗状況を、年に1度 Climate Group に対して、定量的に報告しなければならない。

2023年2月13日現在の SteelZero 加盟企業は31社で、表 35のとおりである (<https://www.theclimategroup.org/steelzero-members>による)。鉄鋼及びアルミニウム製造企業は参加しておらず、建設関係の企業が多い。

表 35 SteelZero加盟企業

No.	組織名	業種
1	A.P. Moller - Maersk	海運
2	Barrett Steel Limited	鉄鋼販売
3	BHC	鉄鋼販売
4	Billington Structures Ltd.	建設
5	B+M Steel	鉄鋼販売
6	Bourne Group	建設
7	Deconstruct UK	建設
8	Eiffage Metal France	建設
9	Grosvenor Property UK	不動産
10	Iberdrola	再生可能エネルギー
11	Kilnbridge	建設
12	Landsec	不動産
13	Lendlease	不動産・建設
14	Mace Group	不動産・建設
15	MetStructures	建設
16	Morrow + Lorraine	建設
17	Multiplex Construction Europe	建設
18	Orsted	再生可能エネルギー
19	Robert Bird Group	建設
20	Severfield PLC	建設
21	Siemens Gamesa	再生可能エネルギー
22	Skanska UK	建設
23	SKF	機械部品
24	Smulders	建設
25	Trane Technologies	空調機械
26	Vattenfall BA Wind	再生可能エネルギー
27	ViaCon Group	建設
28	Volvo Cars	自動車
29	William Hare	建設
30	Walsh	建設
31	WSP UK	建設

(3) ResponsibleSteel

(ア) 概要

ResponsibleSteelは、持続可能な社会に貢献する鉄鋼業の認証の仕組みの作成を目的に活動するNPO。2010年代前半から活動を開始、2017年2月からその認証基準や認証方法について検討を進め、メンバー投票と取締役会による承認を経て、2019年11月にV1.0として公開された(2021年6月に誤記等の軽微な修正をしたV1.1を公開)。気候変動やGHG排出のほかに、労働権、人権、利害関係者(stakeholder)や地域との関係などについて定められている。2021年7月に最初の認証が発行され、現在16サイトへの認証が発行されている。GHG排出については、V1.1では取組み姿勢が要件であったが、2020年1月から検討され、2022年9月に承認、公開されたV2.0では、算出方法や認証基準が定められた。なお、V2.0は2023年から有効としている。

(イ) 参加メンバーと認証状況

ResponsibleSteelには、正会員として54の企業と12の団体が、準会員として66者が参加している。参加企業は、25社の製鉄企業のほか、原料供給者、製品ユーザー等鉄鋼に関するあらゆる分野の企業が参加している。表 36に、製鉄企業(正会員)を示す。欧米だけでなく、トルコ、ブラジル、ロシア、インド、韓国等世界各国の製鉄企業が正会員となっている。また、電気炉メーカーや特殊鋼メーカーも参加しているが、日本や中国からの参加はない。

<https://www.responsiblesteel.org/about/members-and-associates/>

表 36 ResponsibleSteel正会員の鉄鋼メーカー

企業名	主要国
Acerinox	スペイン
Aco Verde do Brasil (AVB)	ブラジル
AFV Beltrame Group	イタリア
Aperam	ルクセンブルク
ArcelorMittal	ルクセンブルク
Bilecik demir celik	トルコ
BlueScope	オーストラリア
Borçelik	トルコ
Boston Metal	米国
Cogne Acciai Speciali	イタリア
Çolakoğlu Metalurji	トルコ
Hyundai Steel	韓国
Kaptan Demir Celik	トルコ

Liberty Galați	ルーマニア
Outokumpu	フィンランド
Özkan Demir Çelik	トルコ
POSCO	韓国
PT Gunung Raja Paksi Tbk	インドネシア
Severstal	ロシア
SIJ Group	スロベニア
Tata Steel	インド
thyssenkrupp Materials Processing Europe	ドイツ
thyssenkrupp Steel Europe	ドイツ
U.S. Steel	米国
voestalpine	オーストリア

認証は、サイト単位を対象とし、2022年12月時点で16件が発行されており、10件の認証が進行中である。認証の手順は、第三者機関で、第一段階の監査として、提出された文書、データ・記録、自己評価のレビューを行った後、現場訪問や関係者（現場管理者、作業員、外部関係者）との面談を含む第二段階の監査を行い、監査レポートを作成する。これらについて、保証パネルによるレビューを経て、承認・発行され、ResponsibleSteelのWebサイトで公開される。また、認証後も、継続的に監査がなされる。

検証を行う第三者機関は、準会員として参加しResponsibleSteelの承認が必要とされている。表 37に承認された検証機関を示す。欧州で7機関、豪、米、中、印で各1機関の合計11機関となっている。

表 37 ResponsibleSteelの認証のための検証機関

機関名	所在国	承認日
AFNOR Certification	仏	2020年2月3日
BSI ANZ	豪	2021年3月11日
CARES (UK Certification Authority for Reinforcing Steels)	英	2021年8月30日
DNV	英	2020年10月15日
DQS CFS GmbH Deutsche Gesellschaft für Nachhaltigkeit	独	2021年8月30日
ERM Certification and Verification Services	英	2020年7月16日
GUT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme	独	2020年2月11日

– A Subsidiary of AFNOR Certification		
Inspection and Certification Co., MCC	中	2021年10月12日
Indian Register Quality Systems (IRQS)	印	2021年10月7日
LRQA	英	2021年6月16日
SRI Quality System Registrar	米	2021年6月16日

<https://www.responsiblesteel.org/certification/approved-certification-bodies/>

表 38に、2022年12月時点で発行された認証を発行順に示す。ArcelorMittal関連で9件のほか、POSCOが2件、Aperam Stainless Europe、voestalpine、BlueScope、Big River Steel、Tata Steel Gr.が各1件と、欧州だけでなく、ブラジル、オーストラリア、米国、韓国、インドと世界各国にわたっている。

認証発行リスト:<https://www.responsiblesteel.org/certification/issued-certificates/>

認証中リスト:<https://www.responsiblesteel.org/certification/audits/>

表 38 ResponsibleSteel認証の発行サイト

発行日	対象企業	対象サイト
2021年 7月19日	ArcelorMittal Belgium	– Gent – Geel – Genk – Liège (Marchin, 2 sites in Flémalle, Jemeppe)
2021年 7月19日	ArcelorMittal Belval & Differdange S.A., Luxembourg	– Esch-sur-Alzette (Luxembourg) – Differdange (Luxembourg) – Rodange (Luxembourg)
2021年 7月19日	ArcelorMittal Bremen GmbH, Germany	Bremen Bottrop
2021年 7月19日	ArcelorMittal Eisenhüttens tadt GmbH, Germany	Eisenhüttenstadt (Germany)
2021年9月20日	Aperam Stainless Europe	"– Châtelet (Belgium) – Genk (Belgium) – Gueugnon (France)

発行日	対象企業	対象サイト
		– Isbergues (France) – Recyco on the Isbergues site (France)"
2021年10月7日	voestalpine Linz, Austria	"– voestalpine Stahl GmbH – voestalpine Grobblech GmbH – voestalpine Steel & Service Center GmbH – voestalpine Giesserei Linz GmbH"
2022年1月21日	ArcelorMittal Tubarão, Brazil	Tubarão (Brazil)
2022年2月1日	BlueScope Australian Steel Products Manufacturing	"– Port Kembla Steelworks, Five Islands Road, Port Kembla – Springhill Works, Springhill Road, Port Kembla – CRM, Old Port Road, Port Kembla – Welded Products, 203 (Lot 2) Five Islands Road, Unanderra"
2022年4月4日	Big River Steel	Osceola, Arkansas, USA
2022年5月2日	ArcelorMittal Méditerranée , France	"– Fos-sur-Mer (France) – Saint-Chély-d'Apcher (France)"
2022年5月12日	ArcelorMittal France, Cluster North	"– Dunkerque (France) – Mardyck (France) – Desvres (France) – Montataire (France) – Florange (France) – Mouzon(France) – Basse Indre (France)"
2022年5月13日	ArcelorMittal España S.A, Spain	"– Avilés-Gijón (Spain) – Sagunto (Spain) – Lesaka-Legasa (Spain) – Etxebarri (Spain)"
2022年8月25日	ArcelorMittal Poland	"– ArcelorMittal Unit in Dąbrowa Górnicza (Poland) – ArcelorMittal Unit in Kraków (Poland)

発行日	対象企業	対象サイト
		– ArcelorMittal Unit in Zdzeszowice (Poland) – ArcelorMittal Unit in Świętochłowice (Poland) – ArcelorMittal Unit in Sosnowiec (Poland) – ArcelorMittal Unit in Chorzów (Poland) "
2022年10月12日	Posco Pohang, South Korea	Pohang (South Korea)
2022年10月12日	Posco Gwangyang, South Korea	Gwangyang(South Korea)
2022年10月28日	Tata Jamshedpur, India	Jamshedpur (India)

(ウ) ResponsibleSteelの認証基準

V2.0で定められた認証基準の項目を表 39に示す。企業や消費者が使用する鋼材があらゆる段階で責任を持って調達及び生産されていることが明らかになるように、GHG排出量だけでなく、その運営体制や労働者、地域社会との関係など13の項目 (Principle) が定められている。V2.0では、項目3の原料調達を信頼される企業から実施するための基準が追加されるとともに、項目10のGHG排出について、大きく改訂され、GHG排出量の算定方法、GHG排出量の算定範囲が見直されている。その詳細は第5章に記す。

表 39 ResponsibleSteel認証項目

項目1	Corporate Leadership: 運営責任
項目2	Social, Environmental and Governance Management Systems マネジメントシステム
項目3	Responsible Sourcing of Input Materials 原料調達
項目4	Decommissioning and closure サイトの停止と閉鎖
項目5	Occupational Health and Safety

	労働安全衛生
項目6	Labour Rights: 労働権
項目7	Human Rights: 人権
項目8	Stakeholder Engagement and Communication 利害関係者の関与と交流
項目9	Local Communities: 地域社会
項目10	Climate Change and Greenhouse Gas Emissions 気候変動とGHG排出
項目11	Noise, Emissions, Effluents and Waste 騒音、排出物、排水、廃棄物
項目12	Water Stewardship: 水の管理
項目13	Biodiversity: 生物多様性

(4) Net-Zero Steel Pathway Methodology Project (NZSPMP)

(ア)概要

世界鉄鋼協会(worldsteel)とResponsibleSteelを中心に、16の主要な製鉄企業と、3つの団体が参加し、鉄鋼分野でGHG排出量の実質ゼロ目標で、パリ協定に対して現実的で信頼できる公約を行うための指針を策定する枠組みについて検討し、最終報告書が2021年7月26日付で発行された。

<https://netzerosteelpathwayproject.com/>

<https://www.responsiblesteel.org/news/the-net-zero-steel-pathway-methodology-project-nzspmp/>

公開されている報告書では、異なるタイプの鉄鋼製品を製造する企業向けの明確な指針を作成することとして、以下の3点を強調している。

- ①鉄鉱石を主な原料とする一次鋼と、スクラップを主な原料とする二次鋼を区別すること
- ②一貫した対象範囲(システム境界)を設定すること
- ③一貫した鉄鋼部門の予算と経路を確立すること

(<https://site-vkkfu93r.websitedn.com/uploads/F5B19C8ADDA9CB51.pdf?v=0>)

(イ)参加者

参加企業・団体を、表 40に示す。Steering Memberは、worldsteel、ResponsibleSteelの2団体のほか、ArcelorMital、BlueScope Steel、GFC Allianceと、Tata Steel Europeの4つの製鉄企業の6者で構成されている。その他に世界各国の製鉄企業12社とドイツ鉄鋼連盟も参加している。製鉄企業では、日本からは日本製鉄1社のみが参加しており、他にロシアから2社、インドから2社が参加しているが、中国からの参加はない。また、電炉法による製造を主体とするLibertyなどや、ステンレスなどの高合金鋼を中心とするOutkumpuなども参加している。

表 40 The Net-Zero Steel Pathway Methodology Project (NZSPMP)の参加者

Steering Group members	ResponsibleSteel
	worldsteel (世界鉄鋼協会)
	ArcelorMittal
	BlueScope Steel
	GFG Alliance
	Tata Steel Europe
その他	Celsa Group
	JSW
	Liberty
	Nippon Steel
	NLMK
	Outokumpu
	POSCO
	Severstal
	Tata Steel Ltd
	Tenaris
	Ternium
	voestalpine
	Wirtschaftsvereinigung Stahl (ドイツ鉄鋼連盟)

(5) H2 Iron & Steel Making Forum (HyIS)

韓国のPOSCOは、2021年10月に世界初の国際水素製鉄フォーラム「Hydrogen Iron & Steel Making Forum (HyIS2021)」を主催し、韓国ソウルで2日間開催している(3日目は浦項製鉄所見学ツアー)。HyIS2021では、世界鉄鋼協会、韓国政府、オーストラリア政府、世界の主な鉄鋼メーカー、エネルギー企業の代表者が基調講演を行い、その後、水素製鉄や鉄鋼のカーボンニュートラルについて、技術進展状況や課題などについて討議を行っている。

2022年10月には、POSCOとスウェーデンのSSABの共催で、H2 Iron & Steel Making Forum (HyIS 2022)がストックホルムで開催された(基調講演とテーマ別討議2日間、3日目はSSABのHYBRIT plant見学ツアー)。2日間で、約150名が現地参加、約1,300名がオンラインで参加した。内容的には既知のことが多かったが、これだけのメンバーが登壇して、プレゼンもしくは討議をしたこと自体に価値があると言える。

1日目は、SSAB及びPOSCOの基調講演に続き、Session1 “Transition to Near Zero Emission Steelmaking”が開催され、製鉄企業、政府・団体の代表者が登壇(リモート参加含む、以下同)し、各企業の脱炭素化への取り組み状況、各国政府・各団体が重要と考えている課題について発表し、議論が行われた。2日目は、Session 2 “Value chain for Near Zero Emission Steel”に、鉄鋼製品ユーザー企業、原料企業、エネルギー企業、水素企業、製鉄エンジニアリング企業の代表者が登壇、自社の脱炭素取り組み状況や鉄鋼メーカーとの関わり合いについて発表、議論が行われた。引き続き、Session 3 “Science & Technology Policy for Near Zero Emission Steel”では、学会・団体等の代表者が登壇して自組織の脱炭素に関する取り組みなどについて発表した。

以下に、各セッションでの登壇者の所属企業・組織名を一覧で示し、続けて、セッションごとに、登壇者名・肩書・所属組織目と発表及び議論の概要を記す。

表 41 HyIS 2022のプログラムと登壇企業・団体

Session	Program	登壇企業・団体	概要記載欄
基調講演		SSAB	
		Posco Group	
Transition to Near Zero Emission Steelmaking	製鉄企業 (欧州、南米)	Arcelor Mittal	Day1:Session1 の①
		Salzgitter	
		voestalpine	
		ThyssenKruppu Steel	
		Tata Steel Europe	
	製鉄企業 (アジア)	JSW Steel Ltd	
		Baowu	

Session	Program	登壇企業・団体	概要記載欄
		Nippon Steel Corporation	
		JFE Steel	
	政府・団体	First Movers Coalition (FMC)	Day 1: Session1の②
		Swedish Ministry of Environment	
		Energy Transitions Commission	
		US State Department	
		International Net Zero (BEIS)	
		International Energy Agency	
Value Chain for Near Zero Emission Steel	鉄鋼製品ユーザー	Volvo Group	Day 2: Session2の①
		Volvo Car Corporation	
		Shape Corporation	
		Orsted	
		Afla Lavel	
	原料企業	LKAB	
		Rio Tinto	
		BHP	
		Vale	
	エネルギー企業	IAEA	Day 2: Session2の②
		Fortum	
		Envision Energy	
		ExxonMobil	
		Vattenfall	
	水素企業	Linde	
		POSCO Holdings	
		Siemens Energy	
		NEL	
	製鉄エンジニアリング企業	Primetals Technologies	Day 2: Session2の③
		Tenova (Energiron)	
		MIDRES	
		Metso Outtec	
Science & Technology Policy for	学会・団体等	IVA	Day 2:
		NAEK	Session2の①
		International Energy Agency	Day 2:

Session	Program	登壇企業・団体	概要記載欄
Near Zero Emission Steel		ResponsibleSteel	Session3の②
		PIIE	
		Volvo Car Corporation	
		HYBRIT R&D Labs	
		Korea University	
		Carnegie Mellon University	

- ・下記リストは、HyIS 2022の公式HP <https://www.h2ironsteelforum.com/> からの転載である。時刻は現地ストックホルム時刻 (CET)。

■ Day 1: Welcome message and Congratulatory

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
09:30-10:00	Welcome message	Jon Briggs Overall Moderator	SSAB	Martin Lindqvist, President & CEO
			POSCO Group	Jeong-Woo Choi, CEO
	Congratulatory		Swedish Ministry of Environment	Mattias Frumerie, Head of Delegation to UNFCCC
			Finnish Government	Kimmo Viertola, Director General of Governments Ownership Steering Department
			Korean Government	Young-Chang Joo, Vice Minister for Science, Technology and Innovation
			Korean Embassy in Sweden	Tae-Youk Ha, Ambassador
			World Steel Association	Edwin BASSON, Director General

- ・この冒頭を含め、Day 2の最後まで、全体にわたってモデレーターを務めたJon Briggs氏は、英ではよく知られたテレビ、ラジオの司会者・ナレーター。以下、各セッションでは同氏に加えて、別々人が専門モデレーターとして進行を行った。
- ・まずSSABから、CTOと「Transformation Office」長が登壇し、基調講演を行った。内容はほぼHYBRITプロジェクトの紹介に終始。HYBRITがバリューチェーン全体(再生エネルギー生産—水素利用・貯蔵—DRI技術・リサイクルなど)にわたる点を強調。HYBRITによるDRI製品は低排出であるだけでなく品質面でも優れている」と言及(この点の詳細は後述)。また、生産総時間が短縮されるなど、生産の効率性でも優れると言及した。
- ・POSCOからTechnical Research LabのSenior Executive VPが登壇し基調講演を行った。内容はほぼHyREX技術の紹介に終始。HyREXデモプラントは2024年に着工し、2026年には完工、2030年までには商業生産を開始する、と述べた。講演の最後の部分で、「POSCOはHyREX R&D Partnershipを設定し、広く参加者を求める」と強調した。
- ・今回の報告によると、HyREXデモプラントの稼働スケジュールは、現在一般公表されている

予定より若干早くなっている。

- ・ **HyREX R&D Partnership**を設定し、広く参加者を求めると強調したことが印象的。このコメントに対して早速オンライン参加のイタリアの大学関係者から、「企業だけでなく、大学や研究機関からの参加も可能か」と質問が入り、POSCOは「もちろん歓迎だ」と即答していた。POSCOはFINEX法を独自開発し、それを海外に売り込んできたがうまくいっていない。その経験も踏まえ、HyREXでは当初から海外企業や研究者を巻き込み、水度還元製鉄のデファクトスタンダードにしようとしているのではないかと思われる。（又はHyREXに課題があり、POSCOだけでは解決できないから、参加者を求めている可能性もある。）

■Day 1: Session 1 “Transition to Near Zero Emission Steelmaking”の①

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
13:30-14:15	European & Latin American Steel Companies	Andrew Purvis World Steel Association, Director Sustainable Manufacturing	ArcelorMittal	Pinakin Chaubal, Chief Technical Officer
			Salzgitter	Peter Juchmann, Head of Technology Development Direct Reduction
			voestalpine	Thomas Buergler, Head of R&D Ironmaking (CEO K1-MET)
			thyssenkrupp Steel	Frank Ahrenhold, Head of Sustainable Steel Production
			Tata Steel Europe	Tim Peeters, Project Manager
			Ternium	Pablo Bassi, Chief Industrial & Engineering Officer
14:15-15:00	Asian Steel Companies	DongJoon Min Yonsei University, Emeritus Professor	JSW Steel Ltd	Dabbiru Satish Kumar, General Manager of R&D
			Baowu	Xiaoming Mao, Deputy director of the Low-Carbon Metallurgical Innovation Center
			Nippon Steel Corporation	Seiji Nomura, Fellow, Head of Advanced Technology Research Laboratories
			JFE Steel	Kazukuni Hase, Vice President of R&D

- ・ 前半は、欧州の主要鉄鋼メーカー及び中南米(Ternium)から、CTOクラスの人が登壇して、簡単な自社の脱炭素化の取り組み紹介と討議を行った。特記事項はないが、「脱炭素技術開発を進めるには企業間の協力が必要である」というコメントが各人から繰り返し発せられた点が印象的だった。
- ・ 後半ではアジア主要企業がプレゼンを行った。インドからはJSW のGeneral Manager of R&Dがリモートで参加してプレゼン、中国宝武集団からはDeputy director of the Low-Carbon Metallurgical Innovation Centerが事前録画したビデオを送ってきており、それが会場で放映された。日本からは日本製鉄がリモートで参加、アジア企業の中ではJFEスチールのみが現地会場に登壇してプレゼンを行った。
- ・ インドについては公表情報が少ないため、期待していたが、既知の脱炭素技術一般の紹介にとどまった。インド独自の情報としてはわずかに、JSW Steelのロードマップ等が示された

にとどまる。全体にインドは脱炭素化の取組みが遅れているという印象を追認するような内容だった。

- 中国宝武鋼鉄集団からは、現在取り組んでいる脱炭素技術として下記の3つがスライドで紹介された。
 - ①「HyCROF」: 当日の説明は不明瞭だったが、後日(2022年11月)、宝鋼年次学術会議で、陳徳榮(Chen Derong)宝武主席が「HyCROF」を紹介しており、それによると、正式名称は「Baowu Hydrogen-Carbon Rich Cycle Oxygen Blast Furnace」で、2022年7月に、宝武集団傘下の八一鋼鉄で400m³の水素富化炭素循環酸素高炉が稼働し、3カ月間の実証試験後、炭素排出量を20%以上削減したという。そして、2023年には1,000m³超の既存高炉をHyCROFに変換する予定だという。
 - ②「Hydrogen Shaft Furnace」: これは一般用語でもあるが、紹介された内容は水素Midrexと類似の技術と考えられる。
 - ③「Microwave agglomeration with prereduction」: 電気熱を加えて、H₂還元の吸熱をカバーする技術。温度を上げながらH₂利用率を上昇させるもの。新規性があるとも言えるが、プレゼンで示されたグラフ(温度が上がりながら水素利用率が上昇するグラフ)は実証されたものか理論上の見込みにすぎないのか不明確だった。この③については現地会場でモデレーターを務めた韓国人研究者も関心(疑問とも言える)を示し、「宝武に質問したいが、事前に送られてきたビデオ・プレゼンテーションしがないので、聞けない」とコメントしていた。

■ Day 1: Session 1 “Transition to Near Zero Emission Steelmaking”の②

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
15:30-16:15	Summarizing Keynote & Discussion	Rob Watt Stockholm Environment Institute, Communications Director and Head of Strategic Policy Engagement	First Movers Coalition	Nancy Gillis, Programme Head
			Swedish Ministry of Environment	Mattias Frumerie, Head of Delegation to UNFCCC
			Energy Transitions Commission	Alasdair Graham, Head of Industry Decarbonisation
			US State Department	Annie Hills, Senior Advisor
			International Net Zero (BEIS)	Edward Webber, Deputy Director for International Net Zero Financing & Sector Transitions
			International Energy Agency	Will Hall, Clean Energy Technology Analyst

- 予定されていた登壇者のうち、First Movers Coalition(FMC)のNancy Gillisは欠席。US State Department(米国務省)のシニアアドバイザーAnnie Hills氏が米国よりリモート参加し、Nancy Gillisの代わりも務めた。
- Mattias Frumerie氏は、スウェーデン政府・環境省所属で、UNFCCCへの(スウェーデン)

代表団長。登壇。

- ・ Alasdair Graham氏は、Head of Industry Decarbonisation at Energy Transitions Commission。登壇。
- ・ Edward Webber氏は英BEIS所属で、COP27に向けた資料を作成中とのこと。リモート参加。
- ・ Will Hall氏はリストにあるとおり、IEAのアナリスト。先日のG7やCOP27に向けたレポート作成に関与。リモート参加。
- ・ プレゼンはなく、モデレーターのリードで登壇者及びリモート参加者が入り混じって交互に発言が行われた。以下では、スピーカごとに主な発言内容を簡潔に記す。

Alasdair Graham氏

- ・ グリーンスチールのコストを下げるには、(技術の優劣のみでなく、)スケールメリット(規模の経済性)が必要。好例がビデオ市場でのVHSとベータマックスの戦いだ。どちらのほうが技術的に優れているとは言えなかったが、結局、スケールメリットを先に得たVHSが勝利した。グリーンスチールの市場、生産、標準に関しても同様なことが言えるだろう。
- ・ 例えば化学工業では、(新技術の)最初の工場はベストなものではなく、2番目の工場がベストなものになることが多い。スケールメリットは最初の工場ではなく、その後の工場が受けることが往々にしてある。(グリーンスチール生産・技術開発でも)このことを念頭に置いておく必要がある。これには、グリーンスチール生産拠点の好立地条件が、従来の高炉製鉄所の好立地条件(臨海部などが好条件とされている)と異なってくることも入る。

Will Hall氏

- ・ グリーンスチールには強い『世界市場』が必要。
- ・ グリーンスチールのprocurement(調達需要)について3点指摘。
 - ① ユーザー企業には、例えばアニュアルレポートに記載するといった「vagueな(あいまいな)」(調達)コミットメントではなく、「legal framework」を伴った(調達)コミットメントが求められる。
 - ② 単年のコミットメント(例えば2030年に×万トン買う)ではなく、7～10年位の期間の多年コミットメントが必要(ユーザー企業、政府諸機関とも)。
 - ③ 1つの(ユーザー)セクターではなく、家電、車、公共建築物、インフラなど、複数セクターの需要が集まる必要がある。
- ・ procurementの面でもグリーンスチールの基準は重要であり、ResponsibleSteelなどが果たす役割は重要。
- ・ グリーンスチールについて、「level the playing field」とはどんなものか、話し合う場が現在ない。「viable high-level strategic forum」が必要。

Annie Hills氏

- ・ 先日成立したインフレ抑制法(IRA) は、再生エネルギーに対する税控除を提供することで、同エネルギーのコストを下げ、水素生産コストを下げることになるので、(グリーンスチール)生産にとり重要である。IRAは、米国のグリーンスチール市場の「ゲーム」を根本的に変えるものだ。
- ・ **First Movers Coalition (FMC)** は、(グリーンスチールに対する)積極的な需要シグナルを送る存在であり、また、どのくらいグリーンプレミアムを払うことができ、したがって(グリーンスチールの)コストカーブをどのくらい引き下げられるかを示すようになる存在だ。

Mattias Frumerie氏

- ・ **First Movers Coalition (FMC)** や、(設立自体はCOP26の前だったが) **Glasgow Financial Alliance for Net Zero (GFANZ)** は、COP26の成果と言える。こういった組織が(重層的に)相まって、グリーンスチールに対する需要と金融(支援)を提供する点、重要である。
- ・ 2030年の(排出量削減)目標を2022年中にアップデートすることが必要。

Edward Webber氏

- ・ (グリーンスチールを広めるために)今、何が必要か、どういう順番でおこなうべきか、何もわかっていない状態だ。多くのことを多くの地域で同時に行わなければならない。(私自身は)COP27までに、「**organized package of priority activities**」をまとめるつもりだ(つまり、やるべきこととその優先順位について、より体系だった提案を行うつもりだ)。現在からCOP28(2023年11~12月開催予定)までに何をすべきかということも考えている。

■ Day 2: Session 2「Value Chain for Near Zero Emission Steel」の①

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
09:15-09:55	Steel Users	Viktoria Karsberg SSAB, Head of Corporate Identity and Group Communications	Volvo Group	Niklas Wahlberg, VP System Solutions & Partnerships
			Volvo Car Corporation	Stina Klingvall, Manager Climate Action
			Shape Corporation	Stephane Anquetil, Product Engineering Director
			Ørsted	Fredrik Åberg, Head of Commodities
09:55-10:30	Raw Material		Alfa Laval	Carina Resare, Head of R&D, VP Business Unit
			LKAB	Lars Ydreskog, Senior Vice President of Strategy
			Rio Tinto	David Leigh, General manager, Decarbonisation
			BHP	Rod Dukino, Vice President of Sustainability
			Vale	Emile Scheepers, Manager, Customer Service Solutions (Atlantic Basin)

- ・前半は、グリーンスチールユーザー企業が、後半は鉄鉱石メーカーの世界大手が、いずれも登壇し、討議を行った。内容に特記事項ないが、若干、印象に残った点は以下。
- ・Volvoは2030年までにEV化達成、2040年までにカーボンニュートラルを達成する予定。
- ・Ortestadは、大きな風力発電設備のCO2排出の50%は鉄由来と発言。
- ・Alfa Lavalは、2030年までにカーボンニュートラルを達成する、そのために化石燃料フリー鋼が非常に重要と発言。
- ・前半(ユーザー企業登壇時)、モデレーターが幾つかの質問をし、回答選択肢から、登壇者が選ぶというシーンがあった。興味深い結果だったので、以下に記す。

「Q:ここに集まったユーザー企業は、それぞれの分野で持続可能性のフロントランナーだが、その推進力は何か？ 次の3選択肢から答えを選んで。A: 政府や諸機関・団体のネットワーク(圧力)、B: 顧客からの需要、C: Own Conviction(自社の信念)。」という問いかけには、全員が「(みんな関係するが、1つだけ選ぶとすると) C: conviction」と答えた。

「Q: ニアゼロ排出鋼に払うプレミアムは？ A: 30%以上、B: 10-20%、C: 0-10%？」に対しては、全員の回答が違い、割れた。ただし、「まず、ニアゼロスチールもしくはネットゼロスチールの初期のものに対しては多額のプレミアムを払う可能性があるが、超長期的にはネットゼロ鋼が当たり前になるだろうから、プレミアムは下がる」と時間軸によるとの発言あり。

「Q: ゼロカーボンへの移行を加速するファクターは何か？ A: パートナシップ、B: (自社)内部での注力・優先順 C: 罰則や税金 D: 投資家や金融市場」に対しては、全員がAと答えた。

- ・後半は、前半と同じモデレーターのもとで、鉄鉱石メーカー代表者4名による討議が行われ

た。

- ・ 4名が共通して繰り返し発言したことは、鉄鉱石メーカーのスコープ1及び2排出はわずかで、スコープ3排出が大部分を占めることから、鉄鋼メーカーや鉄鋼エンドユーザーとのパートナーシップが重要で、その実績を積みつつある、ということ。
- ・ LKABは、(HYBRITなどにおける)スウェーデン政府の役割について言及していたが、具体的な指摘はなかった。また、会場からの質問「LKABは、長期戦略として、ペレットメーカーから海綿鉄メーカーに変わるのか？」に対しては「イエス。2026年には2440万トンの海綿鉄を生産する」と回答した。

(補足)

- ・ 前半登壇のユーザー企業のうち、Volvo以外について補足紹介する。Shape Corporationは米国のロールフォーマー専門のエンジニアリング会社で、バンパービームなどを生産、SSABの鋼材を使用。Orstedは、デンマークに本社のある電力会社で、風力発電を中心に世界10カ国以上で事業を展開。Alfa Lavalはスウェーデンの熱交換器、流体移送機器、遠心分離機の開発メーカー。
- ・ 後半のセッションの最後のほうで、Rio Tintoが「実は現在microwaveによる開発を行っていて……、近々に明らかにする……」といった発言をしたので、Day 1の宝武の技術開発3を想起したが、詳細は明らかにされなかった。

■Day 2: Session 2「Value Chain for Near Zero Emission Steel」の②

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
11:00-11:40	Energy	Mikael Nordlander Vattenfall, Director Industry Decarbonisation	IAEA	Francesco Ganda, Technical Lead for Non-Electric Applications of Nuclear Energy
			Fortum	Simon-Eric Ollus, Vice President, EAME
			Envision Energy	Frank Yu (Feng Yu), Global VP for Power to X Business
			ExxonMobil	Simon Herbert, Vice President, EAME
			Vattenfall	Alicia Abrams, Director of Group Strategy
11:40-12:20	Hydrogen		Linde	Pravin Marthur, Executive Director
			Linde	Pravin Marthur, Executive Director
			POSCO Holdings	Chang Won Yoon, Advisory Professor
			Siemens Energy	Joakim Lagerholm Vice President Nordics
			NEL	Håkon Volldal, Chief Executive Officer

- 前半はエネルギー企業とIAEA(国際原子力機関)が、後半は水素生産企業が登壇(ただし前半の中国Envision Energyは欠席)し、討議を行った。

【前半】

- 前半のポイントの1つは、電力の脱炭素化や再生エネルギー生産は、技術的に可能であるが、ファイナンスや市場が課題ということ。Fortum(フィンランドに本社を置く電力会社で、世界12カ国に拠点を持ち、欧州では3番目の原子力発電量をもつ)はこれを「**market framework**が重要」と表現し、Vattenfall(スウェーデンに本社を置く多国籍電力・エネルギー会社)は、「これまでは(電力の)需要とそれに対応する供給はいずれも緩やかな変化であったが、今後は需給が急増する。また、エネルギーグリッド設立などのために多額の投資が必要になるので、市場価格は十分な指標とならない」と発言。

【後半】

- 参加企業NELは、ノルウェーに本拠を置く水素生産企業で、数年前からギガワット級のエレクトロライザーに投資を始めているとのこと。
- 参加者は簡単な自社紹介後、討議に加わったが、POSCO Holdingsだけは違った。スピーカーリストではAdvisory Professorとなっているが、この人のみ、スライドを使って、時間をかけてPOSCO Holdingsの水素戦略を説明した。スライドの作成者名は「水素事業プロモーションチーム」となっていた。内容は既に公表・報道されている以上のものはなかったが、同社が水素の「生産→貯蔵→利用・使用」のバリューチェーン全てで事業を強力に展開し、世界のトップ水素生産企業になる」という強いメッセージ性があった。なお、韓国では水素の生産に関して安全性の面から規制強化の動きがあるとのこと。

■ Day 2: Session 2「Value Chain for Near Zero Emission Steel」の③

Time (CEI)	Program	Modelator	Organization	Speaker
13:30-14:10	Engineering	Kisoo Kim POSCO, Head of Low Carbon Process R&D Center	Primetals Technologies	Friedemann Plaul, Head of Iron- & Steelmaking
			Tenova (Energiron)	Stefano Maggolino, Chief Executive Officer, Tenova HYL
			MIDREX	Todd Astoria, Director of Research & Technology Development
			Metso Outotec	Attaul Ahmad, Vice President of Ferrous & Heat Transfer

- ・製鉄エンジニアリング企業大手が参加、全員登壇し、自社技術紹介と短時間の討議。
- ・Primetalsは、HyREXでPOSCOと共同していることやHyFOR、SALCOSプロジェクトなどへの関わりを紹介。
- ・Tenovaからは、CEOが登壇、討議参加。同社のDRI技術ENERGIRONの特徴などを紹介。また、中国で河鋼集団から受注していた中国初のDRI(70%水素直接還元プラント)が、年産能力55万トンでまもなく(2022年中)に稼働すると発表した。さらにこれに次ぐ宝武・湛江の水素DRIプラント(100万トン)は、水素量を柔軟に(最大100%まで)変えることができるもので、2023年に稼働予定と発表した。さらにごく最近、Tata Netherlandから、Ijumuidenに「future」水素ENERGIRON DRIプラントを受注したことも明らかにした。(「future」の具体的詳細は説明しなかった)。
- ・Midrexからは、現在の技術Midrex^{NG}から、新しく設計しているMidrex^{flex}、100%水素を使う“lighthouse”プロジェクトとして準備しているMidrex^{H2}の流れについて紹介があった(各技術自体の概要説明は同社HPで公表している域を出す)。
- ・「Metso」社は、本社をフィンランドヘルシンキに置き、世界50カ国以上に拠点を持つ、産業用機械の製造・販売、及びそれらのアフターサービスを行うグローバルサプライヤー。製鉄分野では、従来のペレットプラントよりCO2削減量を80～90%削減できる「Next Generation PelletizingTM」を展開しているとのこと。また、現時点で(世界)唯一の水素100%DRプロセス「CircoredTM」を展開しているとのこと。
- ・討議は短時間だったが、モデレーターから「互いに(脱炭素化、水素製鉄で)協力する可能性はあるか」とやや皮肉な質問が飛んだ。これに対しては「10年前なら(競合企業だから、協力するふりをした)conspiracy gameになったが」「今なら可能性はある」との発言があった。

(補足)

- ・Tenovaが発表した、中国河鋼集団の水素DRIプラントは、2020年受注の一報後、進捗が不明だったもの。Tenova受注時は2021年末までに完工・稼働予定と発表されていたので、完成が遅れていたことが明らかになった。一方で、宝武の水素DRI(世界最大のENERGIRON水素DRIプラント)は最近(2022年7月に)報道・公表されたばかりで、その時は2024年稼働予定となっていたが、2023年稼働予定と早くなっている。

■Day 2: Session 3「Science & Technology Policy for Near Zero Emission Steel」の①

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
14:10-14:45	Keynote	Jon Briggs Overall Moderator	IVA	Tuula Teeri, President
			NAEK	Oh-Kyong Kwon, President
			NAEK	Woong-Seong Chang, President of Strategic R&D Planning of MOTIE

- ・学会からの参加。IVAはRoyal Academy of Swedenのこと。登壇。NAEKはNational Academy of Korea。2名が事前録画いたビデオを現地会場で放映。いずれも挨拶の域を越えず、特記事項なし。

■Day 2: Session 3「Science & Technology Policy for Near Zero Emission Steel」の②及びClosing

Time (CET)	Program	Moderator	Organization	Speaker
15:15-15:30	Keynote	Thomas Koch Blank Rocky Mountain Institute, Senior Principal	International Energy Agency	Peter Levi, Energy Analyst
15:30-16:40	Academy & Association		Responsible Steel	Annie Heaton, Chief Executive Officer
			PIIE	Jeffrey Schott, Senior Fellow
			Volvo Car Corporation	Stina Klingvall , Manager Climate Action
			International Energy Agency	Peter Levi, Energy Analyst
		Martin Pei SSAB, Chief Technical Officer & Kisoo Kim POSCO, Head of Low Carbon Process R&D Center	HYBRIT R&D Labs	Niklas Kojola, Principal Specialist, Metallurgy of SSAB
				Johan Martinsson, Group Manager and Researcher of SWERIM
			Korea University	Joonho Lee, Professor
			Carnegie Mellon University	Christopher Pistorius, Professor
16:40-16:45	Closing		SSAB	Martin Pei, Chief Technical Officer
			POSCO	Kisoo Kim, Executive VP, Head of Low Carbon Process R&D Center

- ・前半は、国際組織と自動車メーカーからの参加。Volvo以外はリモート参加。PIIEは米国のシンクタンクPeterson Institute for International Economics (ピーターソン国際経済研究所)。
- ・IEAは、「near-zero emission steel」の定義として、「原料としてスクラップを30%使っていること」と提唱しているとのこと。
- ・後半登壇のHYBRIT R&D Labsは、2020年に設立されたHYBRITプロジェクト関連組織。高温での(直接)還元は簡単だが、それを「効率的に」行うことは困難で、そういったことを研究しているとのこと。
- ・Korea Universityは、過去の技術解説とPOSCOのHyREXの宣伝に終始。
- ・カーネギーメロン大学は、鉄より、水素生産に関する米エネルギー省の政策・プロジェクトの

紹介に終始した。

(補足)

- ・ HYBRIT R&D Labsが、「HYBRITで得られたDRI製品が新しく優れた特性を有している。冷間強度が高く、再酸化しづらい」と発表した(原コメントは「tumbling strengthと reoxidation resistanceの点で優れる」)。
- ・ 冒頭(Day 1 基調講演)で、HYBRITで得られたDRI製品が低排出であるだけでなく品質でも優れているということに言及していたが、この最後のセッションでその具体的特性が明らかにされた。最近、HYBRITが欧州特許庁に幾つかの特許を出願したことが報じられていたもののその中身が不明だった。ここで言及された特性がその出願内容の一部だと思われる。単純にペレットを還元しただけのDRIであれば、そのまま外販しようとすると、(DRIは)ハンドリング時に粉化するし、搬送中、保管中に空気中の酸素で再酸化されてしまうので、よく使われる手はブリケット化してから、搬送に入ることである。“ぎゅっ”と潰せば、気孔は減って、粉化しづらくなるし、再酸化しづらくなる。「新しい優れたDRI」は、何らかの方法で気孔を減らすものと推察される。

(6) Megatrends and their influence on the global steel industry (worldsteel)

世界鉄鋼協会(worldsteel)では、適宜、鉄と環境に関する提言及び会議を行っている。
2022年12月14日(日本時間20時~)に、下記ウェビナーを開催している。

■名称:「Megatrends and their influence on the global steel industry」

■内容:鉄鋼業をとりまく環境、特に環境や低炭素排出鋼、について大きなフレームワークでまとめようとした研究成果についての報告。worldsteelの下、POSCO、Tata Steel、Gerdau、Erdemir(トルコ)、Colakoguru(トルコ)の支援を得て行われた18カ月におよぶ研究の成果(の一部)を公表するもの。

■プレゼンター:Dr. Barış Çiftçi(トルコ出身、worldsteelの産業分析ディレクター)

■プレゼンに使用されたスライドは、下記URL(worldsteelのウェブサイト内)で公表されている。https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Megatrends-steelTalks_Baris-Cifci_14Dec22.pdf

以下、その概要を簡潔に記す。

現在の世界鉄鋼業を理解する大きなフレームワークとして図 15が示された。

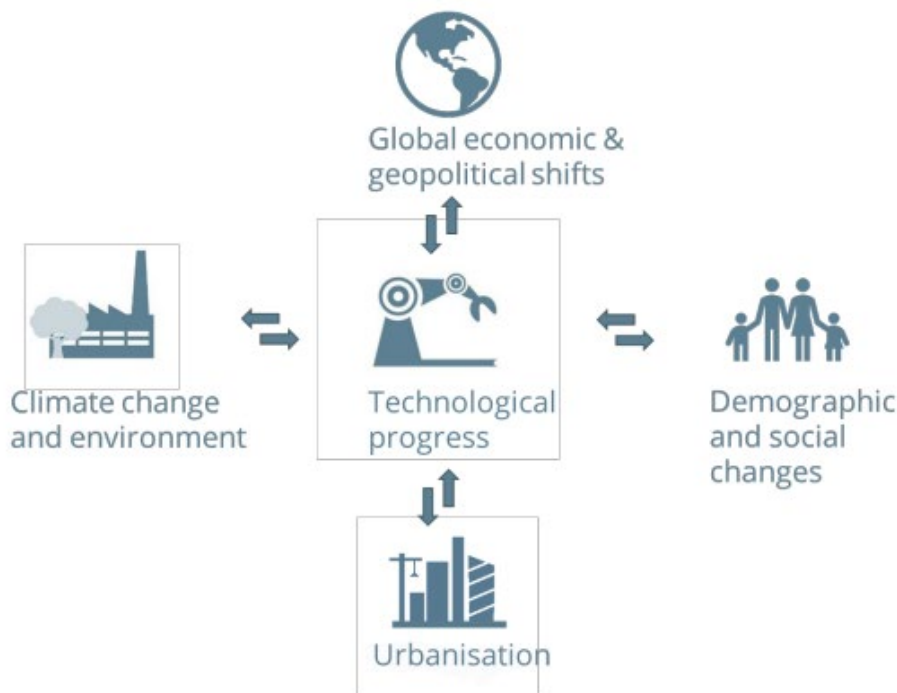


図 15 世界鉄鋼業のメガトレンドのフレームワーク

(出典: Megatrends and their influence on the global steel industry p9)

https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Megatrends-steelTalks_Baris-Cifci_14Dec22.pdf_p9

- ・ 外周に配置されたのは、次の4つである。

- ① **Global economic&geopolitical shifts**は、現在、各国・地域で保護主義が台頭しており、地政学リスクが高まっていることである。これは鉄鋼貿易、立地に影響する。
 - ② **Demographic and social change**は、人口増、一部国の高齢化、Z世代の台頭である。環境意識の高いZ世代が2020年代に20代になることは、鉄鋼需要の変化に影響する。
 - ③ **Urbanisation**は、世界における都市化のことであり、世界人口の**55%**が都市に住み、世界GDPの**80%**が都市で生み出され、GHGの**75%**が都市から発生しており、この傾向がさらに進むと予想されることに留意する必要がある。
 - ④ **Climate change and environment**はいうまでもない。脱炭素化傾向はこの中の主要な一部である。さらに、このフレームワークの中心に**Technological progress**がある。
- ・ 外周の4要素は(鉄鋼)技術進歩により解決できることがかなりある一方で、逆にこの**Technological progress**は4要素に影響を与える。
 - ・ この4要素の中では、特に**Urbanisation**について時間がさかれ、「鉄鋼需要、低炭素排出鋼需要の大幅な増大が期待できるのは建設、特にインフラ、部門である」と結論付けている。その理由として、以下を挙げている。都市化が、カーシェアリングの広がりや公共交通網の開発などモビリティに影響を与えている。また、高層建築、再生エネルギー使用建築が広がっていく傾向にある。これらは低炭素排出鋼の需要拡大につながり、建設セクター、特にインフラ、での強い鉄鋼需要が予想される。インフラは過去30～40年、大きな更新投資がされなかったところが多いので、今後20～30年更新・新規需要が発生するだろう。一方で、世界の新車(乗用車)の販売台数は2030年頃に1億台程度でピークを迎え、その後は漸減していくだろう。その理由はカーシェアリングやオンデマンドモビリティの広がりなどにある。
 - ・ プレゼンは、上記フレームワークの説明後、IEAが発表しているNZE2050 (Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)のレビューに移り、最後に、図 16に示すスライドで、持続可能社会における鉄鋼業のフレームワークが示された。



図 16 持続可能社会における鉄鋼業のフレームワーク

(出典: Megatrends and their influence on the global steel industry p33

https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Megatrends-steelTalks_Baris-Cifci_14Dec22.pdf p33)

- ・プレゼン後の質疑応答の中で、下記の質問がされ、プレゼンターが返答に窮する場面があった。Q:「建設セクターは、低マージンだから、プレミアムが必要な低炭素排出鋼に対する需要増は簡単ではないと思うが、いかがか？」 A: (結局、返答は「(公的)規制が課題を解決するだろう」にとどまった(建設物の素材に関する公的環境規制が広まることが期待される、という意味と考えられる)。

(7) International Aluminium Institute (IAI)

(ア) IAIの概要

IAIは、ボーキサイトの採掘からアルミナ及び新地金の製造、アルミニウム製品の加工、アルミニウムのリサイクル等、アルミニウム産業に関わる企業を会員とする団体である。1972年に設立され、本拠地をロンドンに置いている。国内からは日本軽金属、住友化学、三菱商事、三井物産が会員であるが、起源が新地金メーカーを中心とする団体であったことから、展伸材の国内大手メーカーである株式会社UACJや株式会社神戸製鋼所は会員ではない。他国からはAlcoa、Norsk Hydro、Rio Tinto等のアルミニウム大手を含め、全世界で24社が会員である。各国のアルミニウム協会等の団体はIAIの会員ではないが、“Collaborators”として、IAIの活動に協力している。

(イ) IAIが提供するデータ

IAIの活動のうち、特記すべきものは、アルミニウムに関する統計データの充実である。IAIのホームページには、統計データのサイト(<https://international-aluminium.org/statistics/>)が準備されており、表 42に示す11項目のデータを図示したり、csvファイルとしてダウンロードしたりすることができる。11項目のうち、※を付けた8項目が環境に関連するデータである。本調査研究の主目的であるGHGの排出量の評価は、表 43に示す手順で行われている。

表 42 IAIの統計データ提供項目

アルミナ生産量	Alumina Production
※ アルミナ精製時の消費エネルギー強度	Metallurgical Alumina Refining Energy Intensity
※ アルミナ精製時の消費燃料量	Metallurgical Alumina Refining Fuel Consumption
アルミニウム新地金生産量	Primary Aluminium Production
※ アルミニウム製錬時の消費エネルギー強度	Primary Aluminium Smelting Energy Intensity
※ アルミニウム製錬時の消費電力量	Primary Aluminium Smelting Power Consumption
※ フッ化物排出量	Fluoride Emissions
※ ペルフルオロカーボン排出量	Perfluorocarbon (PFC) Emissions
※ GHG排出総量(アルミニウムセクター)	Greenhouse Gas Emissions – Aluminium Sector
※ 新地金の生産量当たりのGHG排出量	Greenhouse Gas Emissions Intensity – Primary Aluminium
労働災害	Workplace Accidents

(注) ※は、環境に関連するデータ

表 43 IAIのGHG排出量評価手法

項目	内容
バウンダリ (報告対象範囲)	・ Cradle-to-gateの全ライフサイクル。具体的には、採鉱(新地金の場合)、又はスクラップの回収(リサイクルの場合)から、素材(semis)*製造まで(付随プロセスや輸送、使用する電力の発電時の排出量を含む)。 ・ 申告がない工場の場合は、報告された推定値を集計。
新地金	・ 2015年のデータは、IAIが2015年に発行したライフサイクルインベントリ(LCI)報告書の値と、Sphera社の解析ソフトGaBi(ver. 8、2018)を利用。それ以降のデータは、更新された値(無ければ、2015年の値)を使って、算出。
リサイクルアルミニウムの排出量	・ 欧州アルミニウム協会(2015年)及び米国アルミニウム協会(2010年)発表のデータを利用。具体的数値は下記。 ・ 新スクラップ(出来上がった素材以降、サプライチェーン内で発生したもの):0.5トンCO₂e/トンrecycled-Al ・ 老廃スクラップ(最終製品の使用後、回収したスクラップ):0.6トンCO₂e/トンrecycled-Al ・ 内部スクラップ(casting時や素材製造時に発生したもので、通常、合金別管理がなされる):0.3トンCO₂e/トンrecycled-Al
素材製造時の排出量	・ 欧州アルミニウム協会及び米国アルミニウム協会の素材品種別データを加重平均して算出。内部発生スクラップのリサイクルは考慮せず。 ・ 0.3トンCO₂e/トン素材Al
生産量(新地金)	・ 基本的にIAIの統計データを使用。 ・ 電解槽から鋳込んだ純アルミニウム量を集計したもの。 ・ 添加した合金元素や蒸発分の質量を反映していないので、厳密には、新地金の出荷量とは一致しない。
生産量(素材及びスクラップ)	・ IAIのサイト”Alucycle”のデータを利用。 ・ https://alucycle.international-aluminium.org/

(*) 素材(semis)は、板や押出品等の最終製品を作るための中間製品を指す。

(ウ) IAIが目指す脱炭素化

アルミニウム産業が全世界で排出するGHG(CO₂e)は約11億トン(2018年)で、これは、人の活動に起因する総排出量の約2%を占めており、2050年のカーボンニュートラル達成上、アルミニウムセクターのGHG排出量の削減は必須である。IAIは、2021年9月に“Aluminium Sector Greenhouse Gas Pathways to 2050(2050年のGHG削減達成に向けて、アルミニ

ウムセクターが進むべき道)”を公表した。その中で、国際エネルギー機関(IEA)が描くシナリオの一つである「2℃未満シナリオ(B2DS、Beyond 2 Degrees Scenario)」を基に、表 44に示す工程別削減目標を立てた。また、2021年10月には、IAIが独自に更に高い目標である「1.5℃目標シナリオ(1.5DS、1.5 Degrees Scenario)」を立て、それぞれのシナリオにおいて、新地金製造時のGHG排出強度は、2018年の実績に対し、B2DSでは85%削減を、1.5DSでは97%の削減を目標に掲げている。また、アルミニウムセクター全体のGHGの総排出量においても、2018年比で、77%減(B2DS、Beyond 2℃ Scenario)、95%減(1.5DS、1.5℃ Scenario)を目指している。

表 44 工程別GHG削減目標(B2DS及び1.5DS)

年	生産量 (百万t)			GHG排出強度 (t CO ₂ e/t Al)			GHG総排出量 (百万t)		
	2018 実績	2050		2018 実績	2050		2018 実績	2050	
シナリオ	実績	B2DS	1.5DS	実績	B2DS	1.5DS	実績	B2DS	1.5DS
新地金	64	81	68	16.1	2.5	0.5	1,037	200	35
老廃スクラップ	19	66	68	0.6	0.3	0.1	12	50	18
新スクラップ	13	24	13	0.5	0.25		6		
内部スクラップ	33	61	27	0.3	0.15		11		
素材	95	172	150	0.3	0.15	0.1	29		
合計							1,095	250	53

(注) B2DS:2℃シナリオ、1.5DS:1.5℃目標シナリオ

(エ) 脱炭素化のための方法

アルミニウムセクターが排出するCO₂の約77%が製錬工程で発生しており、しかも、その約83%(全体に対する比率では、約64%)が、製錬に必要な電気を発電する際のものであることから、上記の目標達成のためには、使用電力の脱炭素化が最大の課題である。IAIでは、これに、製造工程から排出されるCO₂量の削減とリサイクルの促進を加えた3つを、2050年のカーボンニュートラル達成を目指して取るべき道程(pathway)とし、表 45に示す12の具体的方法を掲げている。以下、その中から特記すべき事項について詳述する。

表 45 IAIが唱える低炭素化のための3つの方策

Pathway		方法	主な推進国
第1	使用電力の脱炭素化	電解炉の仮想電池としての活用	ドイツ
		風力発電	ノルウェー
		水力発電	中国
		太陽光発電	UAE
第2	製造工程から排出されるCO2量の削減	炭素に替わる非消耗電極の開発	北米、ロシア
		燃料転換による低排出化	ブラジル
		水素燃料	ノルウェー オーストラリア
		再生可能エネルギーによる圧縮蒸気	オーストラリア
		軽量輸送手段への転換	インド、全世界
第3	リサイクルの促進	二次加工時に発生したスクラップの利用	欧米、日本
		合金種管理による水平リサイクル推進	ドイツ
		アルミ缶の100%リサイクル化	全世界

【使用電力の脱炭素化】

アルミニウムセクターから排出される11億トンのCO₂e(2018年)の60%以上は、製錬プロセスで消費される電力を発電するためのものであることから、脱炭素化された発電と炭素の回収・利用・貯留(CCUS)により、2050年までにGHGの排出量をほぼゼロに削減する。

① 蓄電池としての電解炉の活用

- ・ドイツ最大のアルミニウムメーカーであるTrimetは、再生可能エネルギーによる電力が供給の安定性に欠ける点に目を付け、36万ユーロをかけて、同社が保有する120の電解セルに特殊な熱交換器を取り付けることで、不安定な再生可能エネルギーの緩衝機能を持たせた。この改造により、供給電力の不安定時にも電解炉が安定操業できるようになるとともに、中規模クラスの揚水発電所1基分の「蓄電池」としても機能する。ドイツ国内にある4か所のアルミニウム製錬所にこの設備を設置すれば、ドイツにある全揚水発電所の発電量である40 GWの1/3に相当する電力を供給できるようになる。

② 水力発電への転換

- ・既述のように、カナダ等の国では、既にアルミニウム精錬所で使用される電力の大半を水力発電により供給されているが、世界最大の新地金生産国である中国では、石炭火力発電所が主な電力源であることから、この使用電力を脱炭素化するために、4百万トン以上の生産能力のある新地金精錬所を雲南省に移設し、5千万トン以上のGHG排出量を削減することを計画している。

【製造工程に関するCO2排出量の削減】

燃料の燃焼による排出は、アルミニウムセクターの排出量の15%を占めており、ここでは、電化、グリーン水素への燃料転換及びCCUSが重要である。また、製造工程中に排出されるCO2e量も15%を占めることから、不活性電極などの新技術による削減が必要である。これらに加え、輸送や原材料の採掘に起因する排出を含めて、2050年までに、今までどおりの(何もしない)場合(BAU、Business as usual)に対して、50～60%の削減が必要である。

③ 非消耗電極の開発

- ・ 炭素電極(陽極)を用いてアルミナから金属アルミニウムを得る際の反応は
- ・ $2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$
- ・ で表され、この反応式から分かるように、陽極でCO2が生成し、排出される。非消耗型の陽極の使用には、不活性陰極の開発が必須であるが、これらが実用化されれば、この直接的なCO2(2018年IAIデータによれば、1.4 t CO2e/t Al)の排出を無くすることができる。とともに、陽極-陰極間距離を縮めることで、3.05 MWh/t Alの消費電力削減が期待されている。その結果、両者の効果で、1.65 t CO2e/t AlのGHG排出量が削減される(JRC 2015)。これは、アルミナの電解と陽極作製に必要な電力13.2 MWh/t Al(2021年IAIデータ)の23%、その時に排出されるGHG量12.5 t CO2e/t Alの13%に相当する。
- ・ 非消耗電極の開発は、既述の北米のELYSIS(Rio TintoとAlcoaの子会社)で進められているELYSISプロジェクトと、Norsk Hydroで進められているHalZeroプロジェクトに加え、ロシアのRusalでも非消耗電極を用いた電解技術が実証中であり、1,500トンの世界で最もグリーンなアルミニウム地金の生産実績がある
(https://rusal.ru/en/innovation/technology/inertnny-anod/index.php?sphrase_id=57407)。これらの技術に共通するのは、CO2の代わりに酸素が排出されることから、GHGの排出量の削減だけでなく、森林に代わる酸素供給源になることである。

④ 自己熱再生(Mechanical vapor recompression)技術

- ・ 本報告書2.(12)オーストラリアの項に既述のとおり、オーストラリアのARENA(Australian Renewable Energy Agency)の支援を受け、西オーストラリア州にあるAlcoaのWagerup製錬所において、本技術をアルミナの精製に適用することで、GHG排出量を最大70%削減することを目指している。

【リサイクルの促進】

スクラップの回収率をほぼ100%に上げるとともに、その他の資源の効率化を進めることで、新地金の必要量が今までどおりの(何もしない)場合(BAU: Business as usual)に対して20%削減し、3億トンのCO2eを削減する。これは、電力の脱炭素化による削減量に次ぐ2番目に大きな道程である。

2050年までにIAIでは、以下の⑤～⑦に示す3つのリサイクル技術・手法により、2050年ま

でに新地金とリサイクルアルミニウムがほぼ同等になるような目標を掲げている。スクラップを、その発生時点が最終消費者の手元に届く前か、その後かで大きく二つに分け、発生源で分類している。前者は加工工程内スクラップ、後者は老廃スクラップに相当する。それぞれの全世界での発生量データを図 17と図 18に示す。

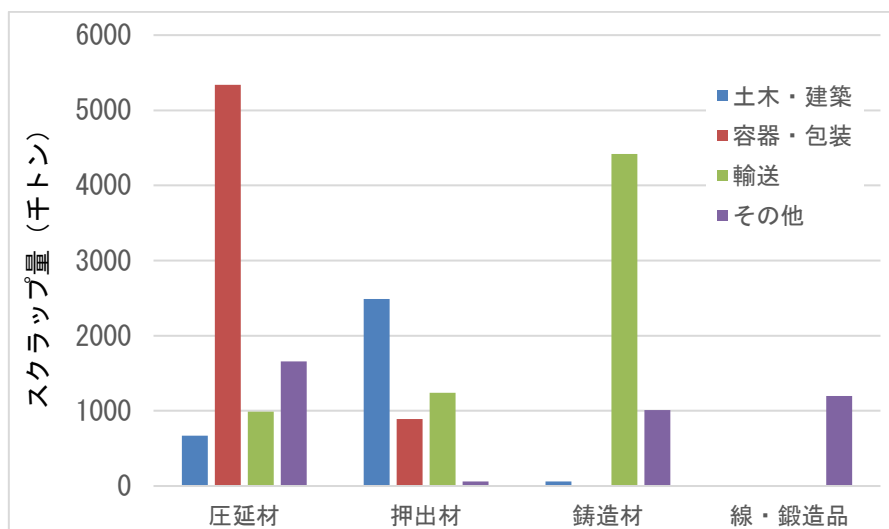


図 17 老廃スクラップの製品形態・発生源別発生量

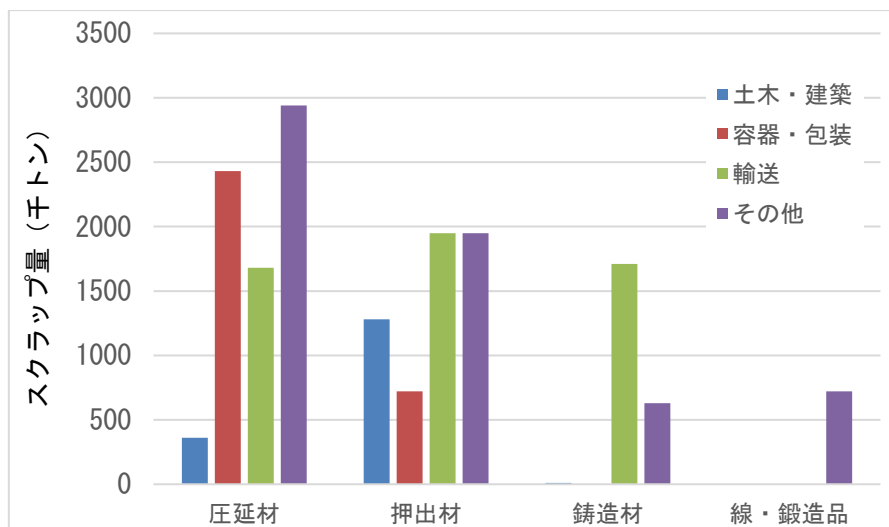


図 18 加工工程内スクラップの製品形態・発生源別発生量

IAIのスクラップに関する詳細な情報は、IAI内のAlucycleで公開されている(URL: <https://alucycle.international-aluminium.org/>)。

⑤ 二次加工時に発生したスクラップの利用促進

- ・ 素材供給者と加工業者の関係を深め、加工工程内で発生したスクラップを素材供給者に

戻すことでリサイクルの量・質を共に向上させる。

⑥ 合金種管理による水平リサイクル推進

- ・ 分析装置を用いて合金の種類を判別し、その後工程で合金種別管理を徹底することで、水平リサイクル(管材は、管材にリサイクル)を推進する。

⑦ アルミニウム缶の100%リサイクル化

- ・ 欧州では、スクラップ缶の回収システムの改善、分別管理技術の向上、焼却炉のボトムアッシュの回収、消費者への啓蒙活動等を通して、2030年までにアルミニウム缶のリサイクル率を100%にするロードマップを作成し、推進中である。

(8) Aluminium Stewardship Initiative (ASI)

(ア) ASIの概要

Aluminium Stewardship Initiative (ASI)は、以下の目的達成のために、アルミニウムに関わる産業界、市民団体、研究及び政策立案機関並びにユーザーからなるNPO (非営利団体)である。

目的・理念は次のとおりである。

1. アルミニウムのバリューチェーン評価のため、持続可能性と材料の加工・流通過程管理に対して、共通して適用できる世界基準を確立する。
2. アルミニウムの生産、使用及びリサイクルが、環境、社会、ガバナンスに及ぼす重要な影響を継続的に改善し、それが目に見えるようにすることを促進する。
3. ASI基準に対して不適合になるリスクを軽減するとともに、広範囲に亘って実装することへの障害を最小限にするための信頼できる保証及び認証システムを開発する。
4. アルミニウムのバリューチェーンにおいて持続可能性向上のためのプログラムを推進する、全世界的に存在価値のあり、経済的に自立するとともに利害関係者の利益にもなる組織になり、それを持続する。

国際自然保護連合 (IUCN) の協力を得て、2015年にオーストラリアにおいて法人化され、Australian Charities and Not-for-profits Commission (オーストラリア慈善・非営利委員会)に慈善団体として登録されている。

2022年10月19日現在、262機関(民間企業、アルミニウム関連業界団体等)が会員として登録されており、日本からは、表 46に示す9機関が参加している。会員は、「協会 (Associations)」、「市民団体 (Civil Society)」、「一般サポーター (General Supporters)」、「下流サポーター (Downstream Supporters)」、「産業ユーザー (Industrial Users)」、「製造・加工 (Production and Transformation)」に分かれており、各会員クラス間のバランスをとるために、投票権が表 47に示すように配分されている。

「製造・加工」、「産業ユーザー」に属するASI会員は、加入から2年以内に、少なくとも1箇所の施設について、ASIパフォーマンス基準による認証を受ける必要がある。

表 46 ASIに加入している国内機関(入会順)

会員名	会員クラス	入会年月
・ 一般社団法人日本アルミニウム協会	協会	2019/10
・ 丸紅株式会社	一般サポーター	2019/11
・ 三井物産株式会社	一般サポーター	2020/1
・ 株式会社UACJ	製造・加工	2020/7
・ 三菱商事株式会社 (Mitsubishi RtM)	一般サポーター	2020/12

・ 伊藤忠商事株式会社	一般サポーター	2021/8
・ 住友化学株式会社	製造・加工	2021/8
・ 住友商事株式会社	一般サポーター	2021/9
・ 株式会社神戸製鋼所	製造・加工	2022/5

表 47 会員クラス間の投票権配分

会員種別	会員クラス	配分
正会員	製造・加工 (Production and Transformation)	30%
	産業ユーザー (Industrial Users)	20%
	市民団体 (Civil Society)	30%
協力会員	下流サポーター (Downstream Supporters)	10% *
	協会 (Associations)	5%
	一般サポーター (General Supporters)	5%
合計		100%

(*) 下流サポーターが1機関もない場合、10%の投票権は産業ユーザーに割り当てる。

(イ) ASIの活動

ASIの活動は、主に基準及び関連文書（以下「基準等」という。）の制定と、それに基づいた認証業務の2つからなる。現在、基準類としては、表 48に示す7つの文書が発行されている。いずれも英語版を正とするが、それぞれ中国語、フランス語、ドイツ語、日本語、ポルトガル語及びスペイン語の6言語で書かれたものも用意されており、ASIのホームページから無料でダウンロードすることができる。

ASIパフォーマンス基準とASI加工・流通過程の管理 (CoC) 基準の2つが基準であり、他の5文書は、運用等のためのマニュアル、ガイダンス類である。ASIパフォーマンス基準は、表 49に示すガバナンス、環境、社会の3分野において11の原則について記述されており、GHGの排出については、第5項の「温室効果ガスの排出」に規定されている。また、ASI加工・流通過程の管理 (CoC) 基準では、新地金とスクラップの2つの起点を定めて、「ASIアルミニウム」として認証されるための要求事項を定義している。新地金は、更にボーキサイトの採掘、アルミナの製錬、アルミニウムの精製に分けられ、新地金及びスクラップ以降は、鑄造工程、鑄造後工程について、定義されている。

表 48 ASIが発行している基準及び関連文書

題名	最新版 発行年	概要
ASI Performance Standard	第3版	アルミニウムのバリューチェーンに参加す

(ASIパフォーマンス基準)	2022/5	る事業体及び施設が、環境、社会、ガバナンスの持続可能性に対応するための11の原則、62の要求事項を規定
ASI performance Standard – Guidance (ASIパフォーマンス基準 – ガイダンス)	第3版 2022/5	ASI会員が、ASIパフォーマンス基準の実施及び認証取得に向けた取組みを支援することを目的
ASI Assurance Manual (ASI保証マニュアル)	第2版 2022/5	ASI認証を支える保証システムの原則、手順及び目的を規定
ASI Chain of Custody (CoC) Standard (ASI加工・流通過程の管理 (CoC) 基準)	第2版 2022/5	加工・流通過程の管理のマネジメントシステム (CoC材料及び的確なスクラップの調達、会計処理及び搬送用のシステムを含む)を実施する事業体及び施設に対する要求事項を定義
ASI Chain of Custody (CoC) Standard - Guidance (ASI加工・流通過程の管理 (CoC) 基準–ガイダンス)	第2版 2022/5	加工・流通過程の管理システムの確立及びASI基準について詳細に説明
ASI Claims Guide (ASI表示ガイド)	第2版 2022/5	ASI認証及びASIメンバーシップに関する各種表示についての規則及びそれを支える手引きの提供
ASI Glossary (ASI用語集)	初版 2022/5	ASIパフォーマンス基準及びASI加工・流通過程の管理 (CoC) 基準で用いられる重要な用語を解説

表 49 ASIパフォーマンス基準が定める11の原則

分野	原則
ガバナンス	1) 事業の倫理性 2) 方針及びマネジメント 3) 透明性 4) 素材管理
環境	5) GHG排出 6) 排出、流出、廃棄 7) 水の管理 8) 生物多様性及びエコシステムサービス
社会	9) 人権

	10) 労働者の権利 11) 労働安全衛生
--	--------------------------

基準等は、基準制定委員会 (Standards Committee) により制定及び改正される。基準制定委員会の委員の定員は12から24名であり、任期終了や辞任により空が発生した場合に、立候補を受け付け、投票により選ばれるが、委員の構成は会員の種類間でバランスを保つように定められており、候補者の調整が行われることがある。基準制定委員でなくても、基準類の制定過程に関与することは可能で、全ての意見は検討されるが、最終的に基準類への反映は、基準制定委員会がステークホルダー間の利益のバランスを考慮して決定される。

(ウ) GHG排出に関してASIが求める事項・基準

ASIパフォーマンス基準の原則第5「温室効果ガス排出」では、認証を受ける施設には、表50に示す事項や基準を要求している。

項目番号5.2によれば、2021年1月1日以降に稼働を開始した事業体は、著しい操業の混乱や不可抗力による状況等、酌量される事情による救済はあるものの、アルミニウム1トン当たりCO₂eが11.0トンを上回る操業は認められない。

項目番号5.3に対応する上で、次の点に注意する必要がある。前述のIAIが掲げる「アルミニウム業界の1.5℃へのシナリオ」には、IAIによる材料フロー分析と将来のアルミニウムの需要増が織り込まれており、国際エネルギー機関(IEA)の「2050年ネットゼロ排出シナリオ」に概ね整合しているが、科学的根拠に基づき目標イニシアチブ (Science Based Targets Initiative、SBTi) が定めるアルミニウム業界向けのセクター別脱炭素化アプローチ (SBTi Sectoral Decarbonisation Approach、SBTi-SDA) は、IAIの1.5℃シナリオとは整合していない。ASIは、この点についてセクター別脱炭素化アプローチがIAIの策定した1.5℃シナリオと整合させる作業を進めており、将来的には、整合したものに改正される可能性がある。

表 50 GHG排出に関するASIパフォーマンス基準要求事項

項目番号	要求事項	適用対象
5.1	【GHG排出及びエネルギー利用の開示】 a. 重大な場合、毎年、排出源別にエネルギー利用及びGHG排出について説明し、公開する。 b. データは、公開する前に、独立して検証を行う。	全施設
5.2	【アルミニウム製錬業者のGHG排出原単位】 a. アルミニウム製錬業者が2020年よりも後に稼働を開始した場合、製錬時排出量原単位の平均値が11.0 t CO ₂ e/t 鋳造Al未満であることを証明する。 b. 2020年までに稼働している場合、原単位が次である	全施設

項目番号	要求事項	適用対象
	ことを証明する。 i) 11.0 t CO₂e未満である ii) 過去3回の警告期間のうちに少なくとも10%削減されており、かつ事業体が製錬時排出量原単位を次の数値にすることを保証したGHG排出量削減計画を策定している。 ・ 2025年末までに13.0 t CO₂e/t Al未満、かつ ・ 2030年末までに11.0 t CO₂e/t Al未満	
5.3	【GHG排出削減計画】 a. GHG排出削減計画を策定し、必要な場合には、ASIが推奨する方法を使って、GHG排出削減戦略が確実に1,5℃温暖化シナリオに合致するようにする。 b. GHG排出削減戦略が、5年以内の期間を対象とする以下の内容の中間目標を確実に含むようにする。 i) 全ての直接GHG排出及び間接GHG排出に対応している。 ii) 利用可能であれば、ASIが認めた科学的根拠に基づくアプローチを使って策定されている。 iii) 公開されている。 c. GHG排出削減計画を毎年レビューする。 d. ベースライン又は目標を変えるような変化が「事業」に発生したとき、「GHG排出削減戦略」をレビューする。 e. 以下の項目を公開する。 i) GHG排出削減戦略の最新版 ii) GHG排出削減計画の最新版 iii) GHG排出削減計画に対する毎年の進捗状況	全施設
5.4	【GHG排出削減計画】 事業体は、必要とされるマネジメントシステム、評価手続、並びにGHG排出削減計画及び個別基準(項番号)5.3で策定された目標に整合する実績を達成するための事業管理を施行しなければならない。	全施設

(9) World Economic Forum (WEF)

(ア) WEFの概要

WEFは、経済、政治、学究、その他の社会におけるリーダーたちが連携することにより、世界、地域、産業の課題を形成し、世界情勢の改善に取り組むことを目的とした国際機関。多くの企業が参加しているが、3章で取り上げた民間企業の中でパートナーに名を連ねているのは、ArcelorMittal、POSCO(Holdings)、Rio Tintoグループの3社となっている。

創立50周年に合わせて第4次産業革命の時代のマニフェスト“Davos Manifesto 2020”を発表している。「株主資本主義」「国家資本主義」ではなく、民間企業を社会の受託者として位置付ける「利害関係者資本主義(Stakeholder capitalism)」により、将来の世代のために経済システムを維持していくことを改めて強調している。

2022年9月19～23日にはNew York(米国)で開催した“Sustainable Development Impact Meetings”で、気候変動への取組みとして“First Movers Coalition”を紹介している。First Movers Coalition は、COP26で発足し、65社の企業が参加しており、脱炭素化のための革新的な技術を120億ドルで購入することをコミットメントしている。WEFはこの資金調達と政府パートナー(米国、デンマーク、インド、イタリア、日本、ノルウェー、シンガポール、スウェーデン、英国)による政策措置と合わせて、2030年までに新しい技術をスケールアップし、2050年のネットゼロ排出の達成への貢献をうたっている。脱炭素化に必要な技術が商用化されていない、鉄鋼、アルミニウム、炭素除去、航空、海運及びトラック輸送の6つの分野で、2030年までに影響を与えることをコミットしている。

<https://www.weforum.org/impact/first-movers-coalition-is-tackling-the-climate-crisis/>

2022年7月には、今後10年間で低炭素産業の出現をサポートする堅牢な追跡プラットフォームを確立するという目標に向けて、Accentureと共同で作成した報告書“Net-Zero Industry Tracker 2022 Edition”を公表している。この報告書では、6つの産業(鉄鋼、セメント、アルミニウム、石油、天然ガス、アンモニア)の分野固有の加速及び優先事項を述べるとともに、共通の推奨事項として、以下の7つを挙げている(鉄鋼及びアルミニウム分野の事項は後述)。

①複数の利害関係者の協力の必要性

単一の企業や業界内といった従来の枠組みではなく、業界間での顧客と供給者の協力や政府、政策立案者、投資家、研究者、NGOを含めた利害関係者との協力

②低排出閾値」の共通基準の確立

ネットゼロ目標だけでなく、前年比などでその進捗を把握するための、業界標準(Aluminium Stewardship Initiative, ResponsibleSteelなど)や、認証システム

③低排出技術のより本格的な実証プロジェクトの開発

多くの低排出生産技術がプロトタイプや実証段階にあるが、このままのペースでは今後10年間で商用生産適用は難しい。商用適用に向けては、倍のefforts(労力、資本な

ど)を投入した開発の加速

④インフラを実現するための投資

低炭素電力、グリーン水素及びブルー水素並びに炭素吸着技術が不可欠であり、関連インフラへの約4.2兆ドルの投資

⑤低排出製品の需要の強化、拡大

脱炭素化には、2.1兆ドル以上の生産設備への投資が必要になる可能性があり、その投資リターンとしてグリーンプレミアムが必要。生産者が低排出製品の取引量と価格を把握できる仕組み(First Movers Coalitionなど)

⑥公共政策による支援

国際市場における、高コストで低排出な製品生産のための投資者を支援する、安定した政策の枠組み。国境調整メカニズムと組み合わせた炭素価格、差異に対する炭素契約、優先的な公共調達(California Buy Clean Actなど)、材料の義務付けや割り付けなどによる炭素漏洩リスクを制限するアプローチ

⑦低排出産業への民間資本の流れの加速

業界やバリューチェーンを超えた協力によるリスク分散と、有利な分類法と助成金や低利融資での公的資金。

(<https://www.weforum.org/reports/the-net-zero-industry-tracker>)

(https://www3.weforum.org/docs/WEF_NetZero_Industry_Tracker_2022_Edition.pdf)

(イ) 鉄鋼分野

2050年までに鉄鋼需要は最大30%増加すると予測されている。二次鉄鋼(スクラップ利用)では、再生可能電力の利用でほぼカーボンニュートラルになる。一方、需要を満たすためには、一次鉄鋼で需要の60%を満たす必要がある。

一次鉄鋼での脱炭素化には炭素回収、水素使用、電気化学の3つの方式が主流とみられている。炭素回収や水素使用の技術コストは減少するが、2030年での製品価格は現在よりも25~50%高いとみられる。また、電気化学による方法の商用化は2035年までは難しい。グリーン水素の生産、炭素の輸送と貯蔵、低排出発電のインフラ投資に少なくとも2兆ドルが必要。特に、今日の欧州連合の全容量と同じ921GW規模の電力が必要とされる。低排出鋼は2025年までに市場に登場し、購入者には約25~50%、最終消費者には1%未満のグリーンプレミアムが適用されると予想している。また、鉄鋼業界を脱炭素化するための投資は、通常の投資に加えて3,000億ドル(2050年までに約100億ドル/年)と推定している。

これらを踏まえて、優先事項として、以下の5つを挙げている。

①既存のプロセスでの排出削減を最大化するための効率化手段の実装

②低排出プロジェクトの数を増やして、コストを削減と、クリーンスチール技術の商業的準備の早期化

- ③再生可能電力容量、グリーン水素生産及びCO₂輸送、貯蔵インフラの開発
- ④グリーンスチールの需要を強化し、生産者と投資家に、資本を低排出の生産資産に向けるような動機付け
- ⑤上記の4つの優先事項をサポートする政策を策定し、低排出鉄鋼生産のビジネスケースを強化

(ウ) アルミニウム分野

アルミニウムは、他の分野(自動車やトラック)の排出削減にも寄与するため、その需要は2050年までに80%増加すると予想されている。再生可能電力で製造される再生アルミニウムはほぼカーボンニュートラルになるが、2050年のアルミニウム需要の50%はアルミニウム新地金と予測される。

現在、電力の脱炭素化によって排出量をすでに60%削減できており、将来的には電気ボイラーと不活性陽極を使用して最大85%を達成できる可能性がある。アルミニウムの低排出技術は成熟の初期段階にあるため、製造コストを40%増加させる熱エネルギーとCCUSを使用することが分かっているだけある。また、そのインフラ投資は5,100億ドルが必要。低排出アルミニウムは2030年には最大40%のプレミアムで市場に登場すると予想している。

これらを踏まえて、優先事項として以下の5つを挙げている。

- ①アルミニウムリサイクルネットワークの推進・拡大
- ②低排出プロジェクトの数を増やして、コスト削減と、クリーン技術の商用準備の早期化
- ③低排出電力容量、クリーンな水素製造と CO₂ 輸送、及び貯蔵インフラの開発
- ④グリーンアルミニウムの需要を強化し、生産者と投資家に、資本を低排出の生産資産に向けるような動機付け
- ⑤上記の4つの優先事項をサポートする政策を策定し、低排出アルミニウム生産のビジネスケースを強化

(10) International Council on Mining and Metals (ICMM)

ICMMは、生産された金属や鉱物を通じて安全で公正な持続可能な世界を創造することへの貢献を目的とする世界の26鉱業企業が参加する団体で日本からは、JX金属、住友金属鉱山が参加している(表 51)。1998年から検討を開始し、2002年5月にトロント宣言に書面発表した。

2022年6月には、世界経済の脱炭素化、パリ協定の達成、国連の持続可能な開発目標(SDGs)の実現などを取り入れて更新した“Mining Principle”を公表した。その中で、気候変動に関して、「エネルギー効率を改善し、低炭素の未来に貢献するための対策を実施し、国際的に認められた実施要綱に従って測定したGHG排出量(CO2換算)を報告する」としている(項目6の5)。また、「毎年、自己検証活動を公に開示するとともに、3年間に1回の第三者機関による検証が必要」としている。さらに、GHGの排出削減に向けて、2022年7月に公表した「Strategy and Action Plan (SAP) 2022-2024」で、できるだけ早くGHGの排出のない採掘車両を採用するとしている。

<https://www.icmm.com/en-gb/our-principles/mining-principles/mining-principles>

<https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/mining-principles/sap-22-24.pdf?cb=12482>

表 51 ICCMの会員企業

No.	会社名	本社所在地
1	African Rainbow Minerals	南アフリカ
2	Alcoa	米国
3	Anglo American	英国
4	AngloGold Ashanti	南アフリカ
5	Antofagasta Minerals	イギリス
6	Barrick	カナダ
7	BHP	オーストラリア
8	Boliden	スウェーデン
9	Codelco	チリ
10	Freeport-McMoRan	米国
11	Glencore	スイス
12	Gold Fields	南アフリカ
13	Hydro	ノルウェー
14	JX Nippon Mining & Metals (JX金属)	日本
15	Minera San Cristobal	ボリビア
16	Minsur	ペルー

No.	会社名	本社所在地
17	MMG	オーストラリア
18	Newcrest Mining	オーストラリア
19	Newmont	米国
20	Orano	フランス
21	Rio Tinto	イギリス
22	Sibanye-Stillwater	南アフリカ
23	South32	オーストラリア
24	Sumitomo Metal Mining	日本
25	Teck	カナダ
26	Vale	ブラジル

(11) International Energy Association (IEA)

(ア) IEAについて

国際エネルギー機関(International Energy Agency)は、パリを本拠地とし、1974年に設立された政府間組織である。エネルギー全般に関して、政策の提言、各種データとその解析を提供しており、近年では、パリ協定を含め、炭素排出量の削減や全世界的な天候目標の達成に力を入れている。31の加盟国(Member countries)と11の準加盟国(Association countries)からなり、チリ、コロンビア、イスラエルが正会員になるための審査中の国(Accession countries)である。

表 52に示すエネルギー源及び技術分野について、データの収集・公表や解析を提供している。

以降では、IEAが発行した「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」の第4版(2021年10月発行)について、①で構成を示したのち、②緒言(Foreword)、③総括(Executive Summary)、④2050年排出量ゼロに向けた業界ごとの道筋(3.5産業の部分)の要旨をまとめている。なお、④では重工業全般についてまとめた後に、鉄鋼及びアルミニウムについてそれぞれまとめた。

表 52 IEAが情報提供するエネルギー源及び技術分野の一覧

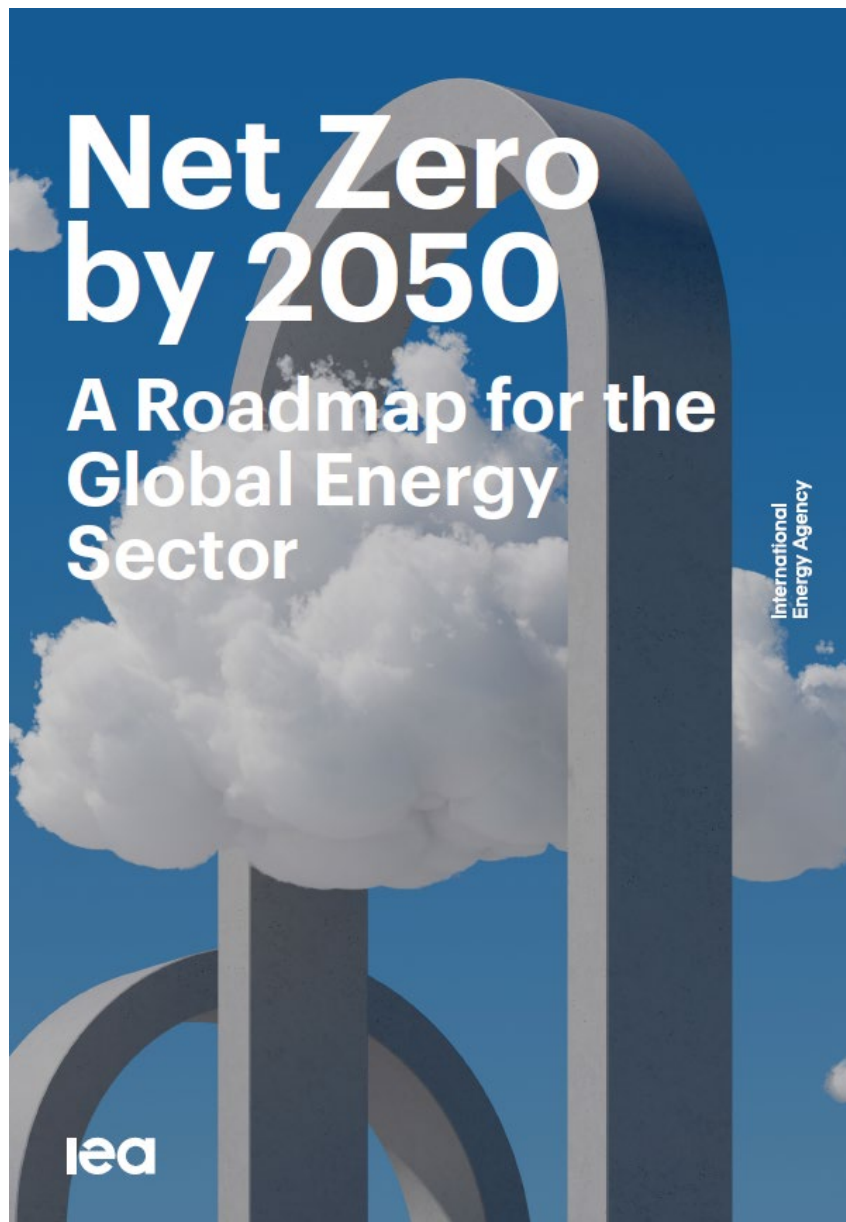
大分野	個別分野		
エネルギー源	石炭	電力	ガス
	原子力	石油	再生可能エネルギー
特定技術分野	アルミニウム	家電と機器	航空
	バイオマスエネルギー	建築物の断熱	二酸化炭素の回収・利用・貯留
	セメント	化学	冷却
	データセンターとネットワーク	需要変化に対する対応	電気自動車
	エネルギー貯蔵	エネルギーの効率的利用	熱の供給
	水素	水力	国際輸送
	鉄と鋼	照明(LED技術等)	メタン削減
	その他の再生可能エネルギー技術(*)	パルプと紙	鉄道
	スマートグリッド	太陽光	トラックとバス
	風力		

(*)集中型太陽光発電、地熱、海洋エネルギー等

(イ) Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector

本項では、IEAの発行した“Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector”(以下、“Roadmap”という。)の重工業に関する項目を概説する。

Roadmapは2021年5月にその初版が発行された。その後、改訂を経て2021年10月発行の第4版が最新版である。本項では、第4版の鉄鋼及びアルミニウムに関する事項を分析する。



① Roadmapの構成

- ・ Roadmapの目次を表 53に示す。
- ・ 緒言(Foreword)、総括(Executive Summary)に引き続き、3章にわたって2050年排出量ゼロに向けた取組みが述べられている。3章の章立ては以下のとおりである。
- ・ 1章 排出量ゼロ宣言とエネルギー業界
- ・ 2章 全世界2050年排出量ゼロへの道筋
- ・ 3章 2050年排出量ゼロに向けた業界ごとの道筋

表 53 Roadmapの目次

Foreword.....	3
Acknowledgements.....	5
Executive summary	13
1 <i>Announced net zero pledges and the energy sector</i>	29
1.1 Introduction.....	30
1.2 Emissions reduction targets and net zero pledges	31
1.2.1 Nationally Determined Contributions	31
1.2.2 Net-zero emissions pledges.....	32
1.3 Outlook for emissions and energy in the STEPS	36
1.3.1 CO ₂ emissions	36
1.3.2 Total energy supply, total final consumption and electricity generation	37
1.3.3 Emissions from existing assets	39
1.4 Announced Pledges Case.....	40
1.4.1 CO ₂ emissions	41
1.4.2 Total energy supply	43
1.4.3 Total final consumption.....	44
1.4.4 Electricity generation.....	45
2 <i>A global pathway to net-zero CO₂ emissions in 2050</i>	47
2.1 Introduction.....	48
2.2 Scenario design.....	48
2.2.1 Population and GDP.....	50
2.2.2 Energy and CO ₂ prices.....	51
2.3 CO ₂ emissions	53
2.4 Total energy supply and total final consumption	56
2.4.1 Total energy supply	56
2.4.2 Total final consumption.....	60
2.5 Key pillars of decarbonisation	64
2.5.1 Energy efficiency.....	65
2.5.2 Behavioural change	67
2.5.3 Electrification.....	70

表 53(続き)

2.5.4	Renewables	73
2.5.5	Hydrogen and hydrogen-based fuels.....	75
2.5.6	Bioenergy.....	77
2.5.7	Carbon capture, utilisation and storage	79
2.6	Investment	81
2.7	Key uncertainties.....	83
2.7.1	Behavioural change	84
2.7.2	Bioenergy and land-use change.....	90
2.7.3	CCUS applied to emissions from fossil fuels	94

3

***Sectoral pathways to net-zero emissions by 2050* 99**

3.1	Introduction.....	100
3.2	Fossil fuel supply	100
3.2.1	Energy trends in the Net-Zero Emissions Scenario	100
3.2.2	Investment in oil and gas.....	103
3.2.3	Emissions from fossil fuel production.....	104
3.3	Low-emissions fuel supply.....	105
3.3.1	Energy trends in the Net-Zero Emissions Scenario	105
3.3.2	Biofuels	106
3.3.3	Hydrogen and hydrogen-based fuels.....	108
3.3.4	Key milestones and decision points.....	111
3.4	Electricity sector	113
3.4.1	Energy and emissions trends in the Net-Zero Emissions Scenario ..	113
3.4.2	Key milestones and decision points.....	117
3.5	Industry	121
3.5.1	Energy and emission trends in the Net-Zero Emissions Scenario	121
3.5.2	Key milestones and decision points.....	129
3.6	Transport	131
3.6.1	Energy and emission trends in the Net-Zero Emissions Scenario	131
3.6.2	Key milestones and decision points.....	138
3.7	Buildings	141
3.7.1	Energy and emission trends in the Net-Zero Emissions Scenario	141
3.7.2	Key milestones and decision points.....	147

表 53(続き)

4	<i>Wider implications of achieving net-zero emissions</i>	151
4.1	Introduction.....	152
4.2	Economy.....	153
4.2.1	Investment and financing	153
4.2.2	Economic activity.....	155
4.2.3	Employment	157
4.3	Energy industry.....	160
4.3.1	Oil and gas	160
4.3.2	Coal.....	162
4.3.3	Electricity.....	163
4.3.4	Energy-consuming industries	165
4.4	Citizens	167
4.4.1	Energy-related Sustainable Development Goals	167
4.4.2	Affordability.....	170
4.4.3	Behavioural changes.....	173
4.5	Governments.....	175
4.5.1	Energy security	175
4.5.2	Infrastructure.....	180
4.5.3	Tax revenues from retail energy sales.....	183
4.5.4	Innovation.....	184
4.5.5	International co-operation	187
	Annexes	191
	Annex A. Tables for scenario projections.....	193
	Annex B. Technology costs	201
	Annex C. Definitions.....	203
	Annex D. References	217

② 緒言(Foreword)要旨

- ・ 2050年までの排出量ゼロを宣言する国は増えているが、同じようにGHGの排出量も増えている。気温上昇を1.5℃以内に抑え排出量ゼロを達成するために、我々は決定的な時期を迎えている。
- ・ 経済活動を支えるエネルギーシステムの転換は待ったなしである。2021年のCOP26において、IEAはIEA COP26 Net Zero Summitを開催した。そこでは、40か国以上のエネルギー、環境分野のリーダーたちがクリーンエネルギーへの転換の必要性を話し合った。

- ・そこでの議論がこのRoadmapとしてまとめられた。この中では、排出量ゼロを達成するための7つの基本原則が述べられている。このRoadmapでは、IEAのWorld Energy OutlookとEnergy Technology Perspectiveを組み合わせたエネルギーデータモデルを発表している。
- ・排出量は額面の数字と実際の量とで差があるが、それでもまだ2050年排出量ゼロを達成する道筋はある。技術的に可能で、コスト効率が良く、社会が受け入れられる方法がある。しかし、その道筋は狭く課題が山積している。世界の全ての関係者－政府、実業界、投資家、市民－がすぐに行動を起こさなくてはならない。
- ・このRoadmapでは、化石燃料から再生可能エネルギー（太陽光や風力）への転換のために、いつ何が必要か、その節目を設定した。
- ・IEAの活動は、その発足以来、世界経済発展のために安定的にエネルギーを供給することであった。今回、International Monetary Fund(IMF)とInternational Institute for Applied System analysisとともに分析してみると、エネルギーのシステム転換そのものが経済発展の大きな機会となることが明らかになった。
- ・このRoadmapで述べるもう一つの原則は、エネルギー転換は公平に、誰も取り残さないことである。発展途上国がエネルギーシステムを構築するために、財政的な支援、技術的なノウハウを確実に受けられるようにしなければならない。
- ・エネルギー転換には市民の積極的参加が不可欠である。
- ・エネルギー転換は世界的な取組みが必要だが、個々の国がその国の事情に合わせた戦略を構築することも欠かせない。IEAはそのための支援を行っていく。
- ・執筆は、IEA Executive Director Dr. Fatih Birol

③ 総括(Executive Summary)要旨

(注1) 目次は”Executive Summary”となっているが、Roadmap 13ページからの本文は”Summary for policy makers”となっている。

(注2) ”Priority Action（優先事項）”と題する幾つかのコラムがこのExecutive Summaryには含まれている。重工業に直接関係のないコラムは省略した。

- ・エネルギー分野は世界のGHGの3/4を排出している。2050年までの排出量ゼロは世界平均気温上昇1.5℃以下とリンクしている。排出量ゼロは分かりやすく、理解されているが、そのために行わねばならないことは適切に理解されておらず、安易な楽観がまかり通っている。このRoadmapでは、排出量ゼロのゴールを達成するための道筋を明確にする。
- ・各国政府は、そのエネルギー政策と環境政策を確実に定め、的確に実行しなければならない。2050年排出量ゼロを宣言する国は2020年に増加し、宣言した国のCO₂排出量は全排出量の約70%を占める。しかし、それだけでは220億トンのCO₂が2050年に残るこ

とになる。これは、2100年に気温2.1℃上昇のペースである。コロナ影響で2020年の排出量は減ったが、既に再増加に転じている。排出量削減の遅れは、直ちに2050年排出量ゼロの目標未達につながる。

- ・ このRoadmapでは、2050年排出量ゼロを達成するための本質的な条件を提示する。それは、技術的な可能性を最大限に持ち、経済的で、社会に受け入れられるものである。道筋は狭いが、まだ達成可能である。先進国は、発展途上国に先行して排出量ゼロを達成しなければならない。そして、発展途上国の手助けをしなければならない。一般市民が排出量ゼロのためにすべきことを理解しなければならないのはもちろんだが、IEAとしてはまず政策立案者に、その理解を深めてもらいたい。

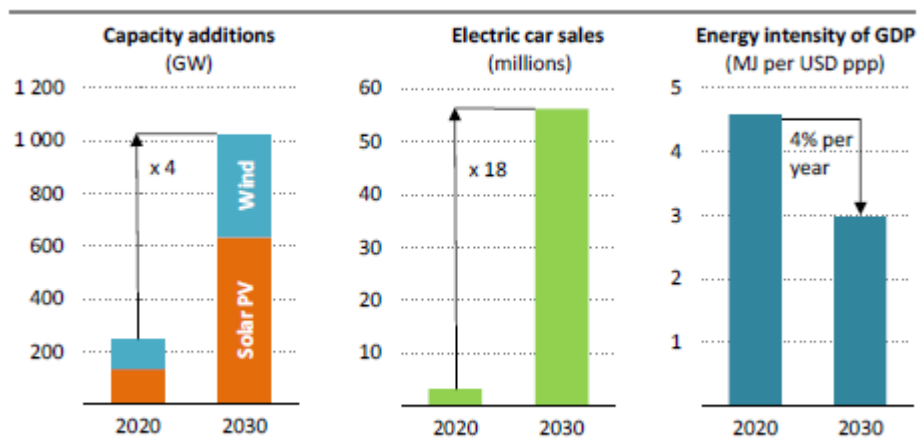
【2050年排出量ゼロ達成の鍵は2030年までのクリーン技術の推進に掛かっている】

- ・ 実行可能なクリーンで効率的なエネルギー技術を直ちに大規模に展開しなければならない。2030年の世界経済は現在(2021年)より約40%拡大するが、エネルギー消費は7%減る見通し。これはエネルギー効率が年率で4%改善することになる。削減しなければならないのはCO2だけではない。化石燃料から出るメタンも75%減らす必要がある。
- ・ 水力発電と原子力発電を基盤としつつ、2030年には太陽光発電を630GW、風量発電を390GW増設しなければならない。これは、2020年の過去最高の年間設置量の4倍以上である。クリーンな電力が普及することで、経済活動での脱炭素化が促進する。電気自動車の全自動車販売に占める割合は5%だが、2030年には60%を超えるであろう。

〔優先事項：2020年代をクリーンエネルギーの大規模拡大の10年に〕

- ・ 2030年までに世界の排出量を大きく削減するのに必要な技術は既にある。クリーンで効率的なエネルギー技術を実行していく政策を強化しなければならない。
- ・ 消費者の行動と効率的技術を導入する産業界の投資を促し、基準化する必要がある。太陽光発電と風力発電を拡大し、化石燃料への補助金は削減する。カーボンプライシングなどの新たな市場制度を導入する。
- ・ 石炭火力、ガス焚きボイラー、内燃機関自動車の使用には制約を設ける。
- ・ 政府はインフラ転換のための大型投資を計画し、促進策を作らねばならない。

Key clean technologies ramp up by 2030 in the net zero pathway



Note: MJ = megajoules; GDP = gross domestic product in purchasing power parity.

図 19 2030年までに必要なエネルギー源の転換

【2050年排出量ゼロ達成にはクリーンエネルギーの大きな飛躍が必要である】

- ・ 2050年排出量ゼロ達成のためには、既存の実用化された技術だけでなく、まだ実用化されていない技術も広く使う必要がある。
- ・ 2030年までの目標は既存技術で対応できるが、2050年の必要削減量の半分は、現在まだ試験中の技術で削減しなければならない。とくに、重工業や輸送業では、その比率はさらに高い。
- ・ 開発して大規模に実用を進めなければならない技術は、高効率バッテリー、電解による水素製造及び大気中からのGHG取り込みと貯蔵である。これらが、2030年から2050年の排出量削減に大きく寄与する。
- ・ 技術開発後は、大規模なインフラ建設が不可欠である。捕集したCO₂輸送のパイプラインや港湾から工業地帯への水素供給網などがこれに当たる。

〔優先事項：エネルギー改革を実行して次の段階に備える〕

- ・ クリーンエネルギーへの改革は加速が必要。政府は、研究開発、実証試験そしてその実用化を、エネルギー供給と気候変動対策の両面で進めねばならない。
- ・ 電化、水素、バイオエネルギー、CCUSのような重要技術の研究費は、概ね確立している低排出量発電やエネルギー効率化技術の研究費の1/3程度であり、政府による研究開発支援は予算の上乗せと優先度アップが必要である。
- ・ また、完成した技術の実証試験も支援して、民間からの研究開発投資を誘導することも必要である。
- ・ 2030年までに種々の開発案件の実証試験には900億ドルが必要とされているが、予算が付いているのは250億ドルにすぎない。

- ・新しい技術の開発と実用化は、新しい産業を生み、新しい市場と雇用機会を生む可能性がある。

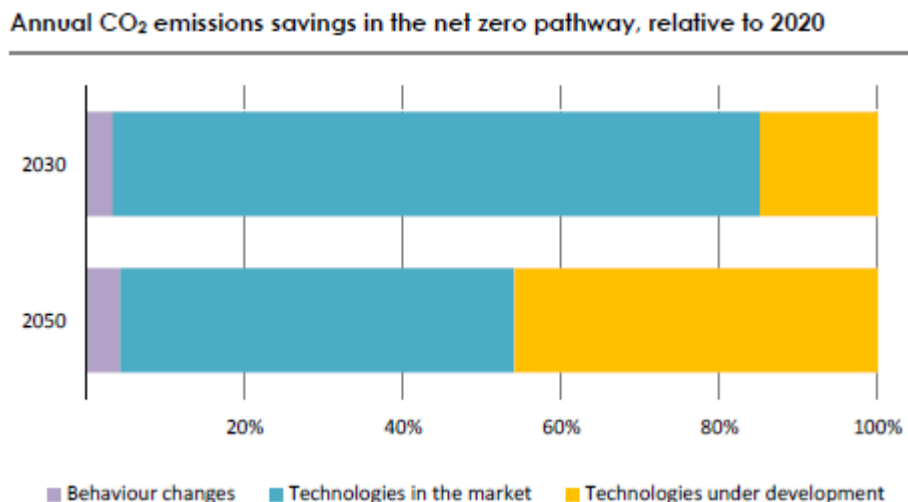


図 20 排出量ゼロに必要な技術の完成度

【排出量ゼロへの転換は市民のため、そして市民についての活動である】

- ・排出量ゼロに向けた規模の拡大とその加速は、一般市民の理解と参加なしには達成できない。
- ・排出量ゼロに必要な削減量の55%は、電気自動車を買う、住居の省エネルギーを進めるなど市民の活動に関係していると見積もっている。自動車の利用を止めて、徒歩、自転車、公共交通利用などに転換することで、4%の排出削減となる。
- ・現時点で電気の恩恵を受けていない7億8,500万人の人々が電気を使えるようにし、衛生的な食事環境に遠い26億人の人たちにその環境を与えるのも、エネルギー転換の道筋に含まれている。年間400億ドルの費用が必要だが、この投資により、屋内での空気汚染も減らすことができる。
- ・クリーンエネルギーへの転換はハードルの高い活動であり、その決定は誰もが納得のいくものであり、コスト効率の高いものでなければならない。政府はその転換策の中心に市民を置いて、巻き込んでいかねばならない。

【再生可能エネルギーを活用するエネルギー業界】

- ・2050年のエネルギー需要は現在より8%減ると見積もられている。しかし、経済の規模は現在の2倍で、人口は20億人も増えた状態を相手にする。
- ・エネルギー業界は化石燃料に替わって、再生可能エネルギーが主体となる。風力、太陽光、バイオエネルギー、地熱及び水力で2/3のエネルギーを賄う。太陽光発電が最大で、エネルギー供給の1/5を占める。これは現在の発電容量の20倍、風力も11倍となる。

- ・ 逆に化石燃料は大きく低下する。エネルギー源の4/5を占める化石燃料が、2050年には代替の利かないプラスチックが残る程度で、1/5程度まで減る。
- ・ 2050年のエネルギー源の約50%は電気である。2050年の発電量は現在の2.5倍に達する。逆に旧式の石炭火力発電所は2030年までに停止、残りは効率改善の工事を受けて2040年まで継続使用される。2050年までにエネルギー源の90%は再生可能エネルギーとなる。その70%は太陽光発電と風力発電。残りは原子力が多い。
- ・ 重工業、輸送と建築物からの排出量削減は時間が掛かる。2050年までに95%の排出を削減するということは、新しいインフラを建設することを意味する。排出量削減技術の研究開発、実証試験と初期実用化を2030年までに行った後、世界中で規模を拡大する必要がある。2030年以降、毎月、CCUSを備えた重工業プラントを10か所で建設し、水素を動力源とする3つのプラントを設置し、2GWの水素生成電解装置を工業地帯に設けなければならない。2050年に自動車は電気又は燃料電池で動くようになる。航空機はバイオ燃料か合成燃料を使用し、海運はアンモニアを使うのが有力である。建築物では、2025年までに化石燃料を使用するボイラーの設置は認められなくなる。

〔優先事項：長期目標を外さぬため短期目標（節目）を設定しよう〕

- ・ 政府は排出量ゼロの最終目標達成のために、信頼に足る小計画を立てて、投資家、産業界、市民そして他の国々に自信を涵養することが必要である。
- ・ 長期目標は短期の定量的目標と政策に落とし込んで考えるようにすべき。
- ・ 図 21に排出量ゼロへの道筋と節目となる必要な達成事項を示す。産業界に関しては以下のとおり。
- ・ 2030年：重工業の新しいクリーン技術（排出量をゼロにする技術）が大規模な実証試験を終了
- ・ 2035年：産業用電気モーターの効率が最大化。4ギガトンのCO₂を捕集。
- ・ 2040年：重工業の約90%が、排出量ゼロのための設備投資を完結させる
- ・ 2050年：90%以上の重工業の製造プロセスが低排出量プロセスとなる。7.6ギガトンのCO₂を捕集。

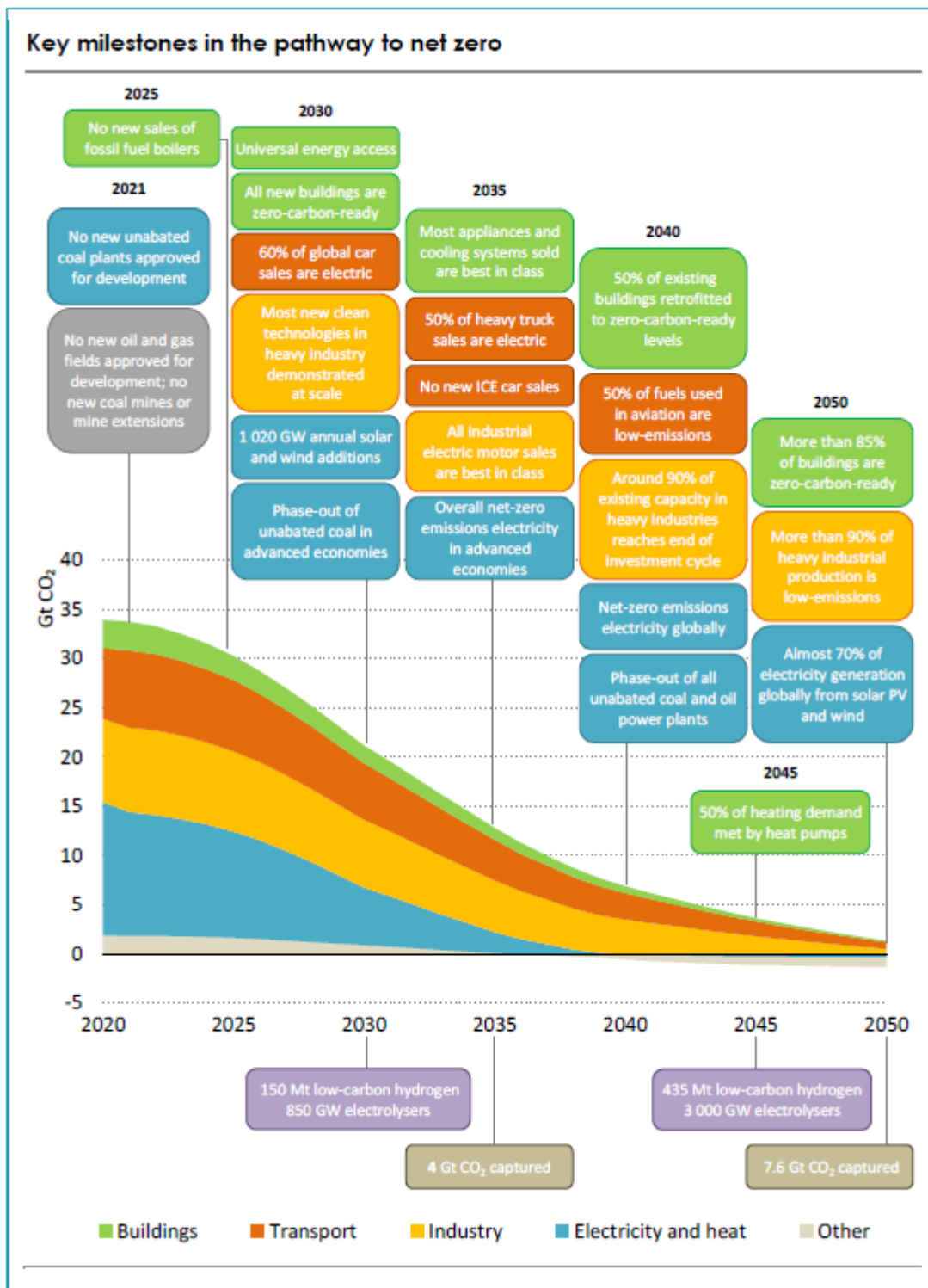


図 21 排出量ゼロまでの節目

【排出量ゼロに向けて、化石燃料供給に関する新たな設備投資はいらない】

- ・ 2021年に打ち出された計画を見ると、新たな油田ガス田の開発計画は認められていな

い。また炭鉱の新たな開発や既存炭鉱の拡張も必要ない。気候変動対策として排出量ゼロ政策を進めれば、化石燃料の需要は急速に減少する。2050年に、石炭需要は98%減り、全エネルギーの1%弱を賄うに過ぎなくなる。同様に、天然ガスは55%減って1兆7,500億m³に、石油は2020年の9000万バレル/日から75%減って2,400万バレル/日となる。

- ・ クリーンな発電（GHG排出のより少ない発電）、電力や原料の供給網と需要地のインフラ拡充のための投資が重要である。エネルギー転換のための技術とインフラの整備が鍵となる。送電網の拡充には、現在の年間2,600億ドルから2030年には8,200億ドルが必要となる。電気自動車の充電スタンドは、現在の100万カ所から2030年には4000万カ所となり、毎年900億ドルの投資が必要となる。電気自動車用バッテリー生産は、現在の160GWhから6,600GWh（2030年）へと拡大する。これと並行して、CO₂用パイプライン、CCUSや水素活用設備への投資が、現在の10億ドルから2030年に400億ドルへと増大する。

〔優先事項：歴史に残るようなクリーンエネルギーへの投資を推進しよう〕

- ・ とくに発展途上国において、新たなビジネスモデルを開始し、民間投資を促すような政策の立案が欠かせない。

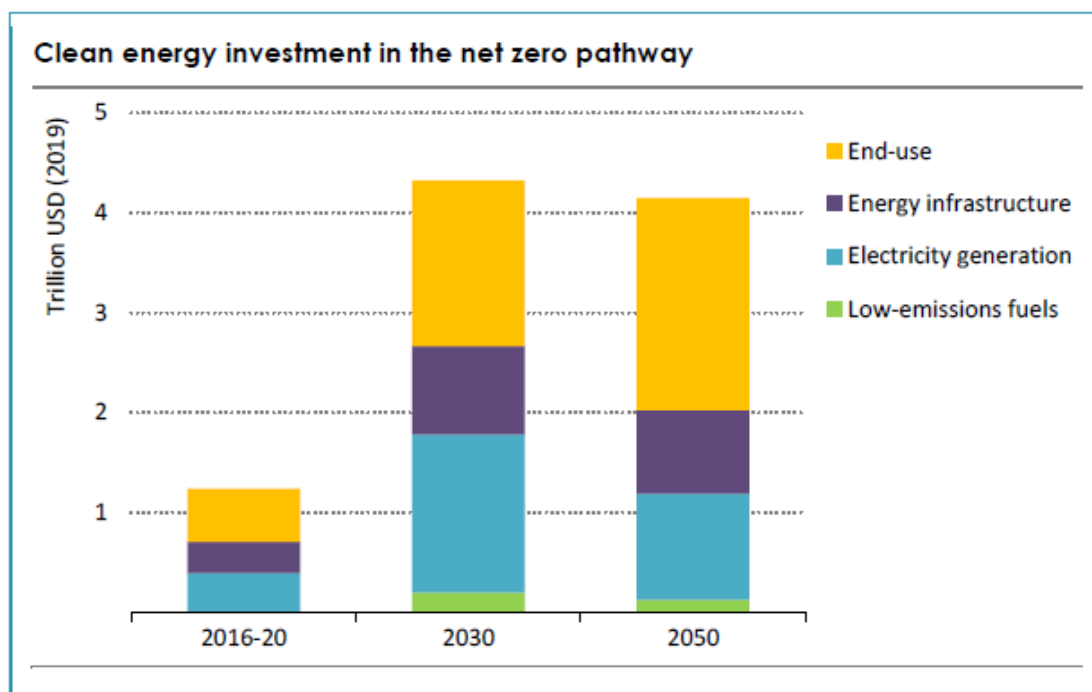


図 22 排出量ゼロ達成に必要なクリーンエネルギーへの投資額

【クリーンエネルギーへの投資の活発化で世界経済は成長を遂げる】

- ・ 年間のエネルギーへの投資額は2030年までに5兆ドルに達し、世界経済の年間成長率を0.4%押し上げる。エネルギー投資ではあるが、クリーンエネルギーのみならず、工業、製造業、建設業において就業機会を生み出す。結果的に、世界のGDPは4%上昇する。
- ・ 政府には投資に牽引された経済成長を引き出す役割があり、成長の成果は全市民に分配される。政府の投資と公共政策が民間の大規模投資の誘い水となる。投資の結果として新しいクリーンエネルギー技術が実用化されることで、社会の生産性は向上し、新しい産業が生まれる。大気環境が向上し、大気汚染による死者数が2030年には2百万人も減少する。発展途上国には健康と生産性をもたらすことになる。

【エネルギー安定供給への新たな関心が生まれ、従来の概念と並存する】

- ・ 原油・天然ガス産出国、生産会社にとっては、生産量の減少は必ずしも納得できることではない。新しい原油ガス田の開発はもはや不要であり、生産会社は少数の低コスト生産者に集約される。生産会社の社員一人当たりの収益は近年の1,800ドルから450ドルまで、75%も低下する。生産会社にとっては、新たな収入源が必要である。しかし、化石燃料による収益は減っても、水素やCCUS、洋上風力発電といった新しい技術分野で、過去の経験を活かすことが可能である。
- ・ エネルギー転換においては、種々の資源、すなわち銅、コバルト、マンガン、多くの希土類金属が必要となる。2030年には2020年の7倍もの量が必要とされる。資源会社にとっては、石炭を掘るよりも良い収入源となる。そして、こうした新たな資源依存の高まりは、エネルギー安定供給への新しい関心を生み出す。
- ・ 全ての分野で電化が進み、エネルギー供給を電気から行うことになると、エネルギー供給安定性の関心事の中心は電気になる。電力供給網の柔軟性が重要となり、バッテリー、需要応答性、低炭素排出发電プラントなどが必要になる。

〔優先事項：エネルギー安定供給のリスクを認識しよう〕

- ・ 図 23を参照。
- ・ 排出量ゼロに向けて、エネルギーの安定供給源を確保し、エネルギー関連物資を合理的価格で調達できることの重要性が増していく。
- ・ 再生可能エネルギーへの依存が高まるにつれて、安定供給への関心が高まる。供給の変動要因は、電源の変化、サイバー攻撃である。
- ・ 政府は、バッテリー供給、デジタル化の促進、電力供給網整備が進むよう市場に投資を促さねばならない。
- ・ 希少資源需要の高まりに対しては、適時に安定的に供給がなされるよう新しい国際的な仕組みを作ることが求められる。

- ・ 2050年に原油供給は減るが、OPECのシェアは高まる。
- ・ 希少資源の需要は2050年までに急増する。
- ・ 全発電量に占める太陽光発電と風力発電の割合は急増する。

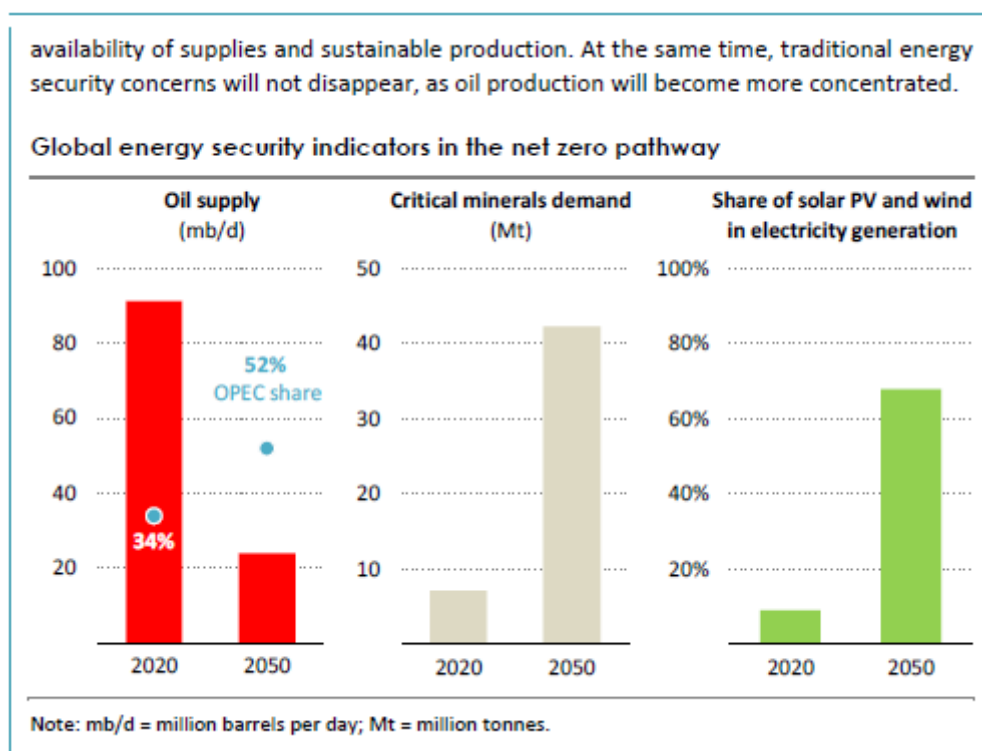


図 23 エネルギー安定供給指標の変化

【2050年排出量ゼロ達成には国際的な協力が不可欠】

- ・ 2050年排出量ゼロを達成するには、各国政府が国際的に協調し、産業界、投資家、市民とともに活動することが必要である。それぞれのレベルでできることをやっていく。エネルギー会社はエネルギー供給の新しい方法を探り、産業界は設備投資の仕方を検討し、市民は自宅の冷暖房、電気購入の在り方を考えることである。
- ・ こうした変更は政府の判断に掛かっている。政府はその国の財政、労働、税制、輸送、産業の全ての分野でエネルギーに関連する政策を打ち立てねばならない。
- ・ 化石燃料の使用減少にともない、税収構造の変化が起こる。多くの国で化石燃料に多くの税金が課せられているが、化石燃料の減少で、2020年から2030年までの10年間で、化石燃料の販売額は40%も減る見込みである。したがって、政府は予算編成の再構築を図る必要がある。
- ・ 排出量ゼロの達成には前例のないほどの政府間の国際協調が必要である。とりわけ、技術革新と投資においてそれが必要である。IEAはその国際協力を支援する体制を整えている。

〔優先事項：国際協力をより高いレベルに押し上げよう〕

- ・ 排出量ゼロへの取組みは国際協力を通して取り組むしかない。各国政府は、効果的に相互に便益の生まれるやり方で活動しなければならない。
- ・ 変革を進めるために、国際的な規格を定め、市場と連動させる形でクリーン技術の規模拡大を図る必要がある。
- ・ 先進国が国際協力なしに排出量ゼロを達成するのは費用がかさみ難しい。発展途上国が国際協力なしに排出量ゼロを実現できるかどうかは疑問である。
- ・ より規模の大きな国際協力ができなければ、2050年排出量ゼロはとても達成できない。

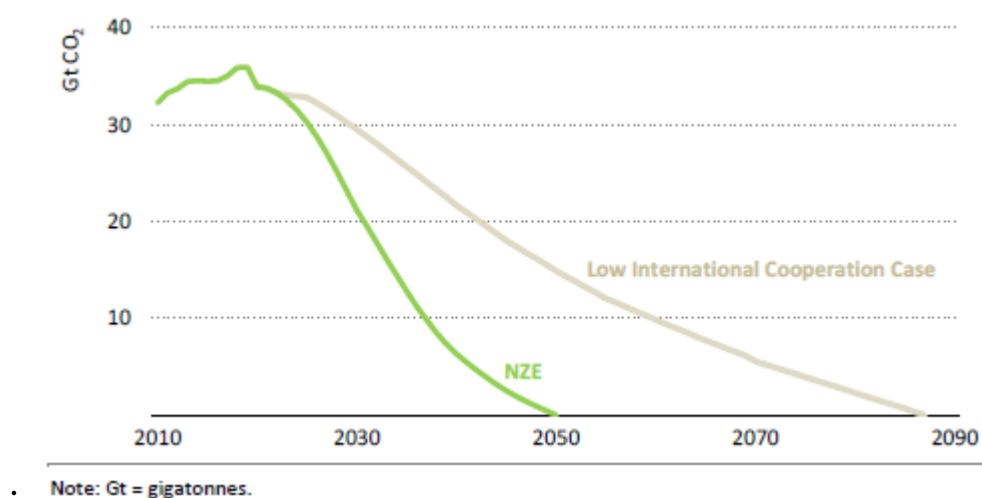


図 24 国際協力の有無による排出量の変化

- ④ 3章「2050年排出量ゼロに向けた業界ごとの道筋」のうち、「3.5 産業」の要旨
排出ゼロシナリオを目指してのエネルギー使用量、排出量の傾向
- ・ 全世界の産業界で排出されるCO2排出量(エネルギーの使用による排出と生産段階での発生)は、2020年に84億トン。先進工業国はそのうちの20%、発展途上国からが80%を占める。
 - ・ 化学工業、鉄鋼業とセメント産業が重工業のエネルギー消費の約60%、CO2排出量の70%を占めている(図 25)。
 - ・ 中国は、1国で鉄鋼業とセメント産業からの60%を排出している。
 - ・ これらの分野で生産量を維持しつつ、排出量をゼロとすることが至上命題である。

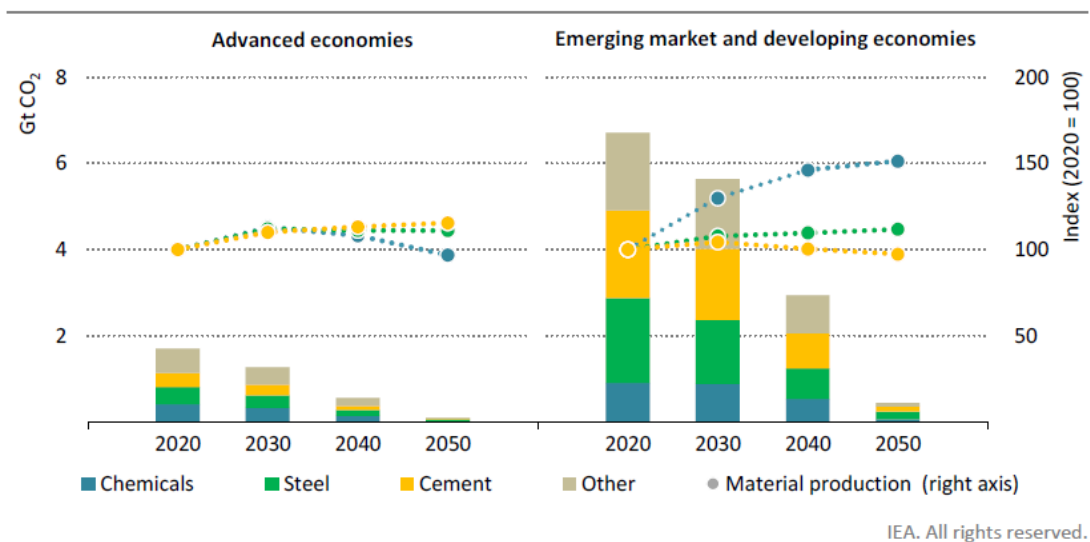


図 25 工業分野別のCO2排出量見通し

(左：先進工業国、右：発展途上国、折れ線は生産量、アルミニウムはOtherに包含)

- ・ 過去20年間の世界的な経済成長によって、鉄鋼生産は2.1倍、セメントは2.4倍、プラスチックは1.9倍に増加した。しかし、世界経済の成熟にともなって今後の需要量は増減なし又は微増と見られている。
- ・ 排出量ゼロのために新たな投資が必要な分野、再生可能エネルギーや輸送のインフラ建設では資材需要が高まる。2050年の鉄鋼需要は現在より12%、化学製品は30%増加し、セメントは現在の需要量で推移する。
- ・ 2030年までに重工業からの排出量は20%、そして2050年までに93%削減する。(注：図26では95%となっている。)そのためには、生産設備の稼働を効率化させること、新たな生産設備では適用可能な最新技術を用いること、製造工程での歩留を向上させることが重要である。
- ・ 排出量をどれだけ削減できるのか？現時点では限界が見えている。2050年までの削減量の60%は現在開発中の技術(図26中のPrototype、Demonstration)に頼ることになる。
- ・ 水素の利用、CCUS、バイオエネルギーの活用が排出量削減に大きな役割を果たす。水素とCCUSで重工業の排出量の50%を削減する。利用されずに廃棄されている熱源からのエネルギー回収も進む。

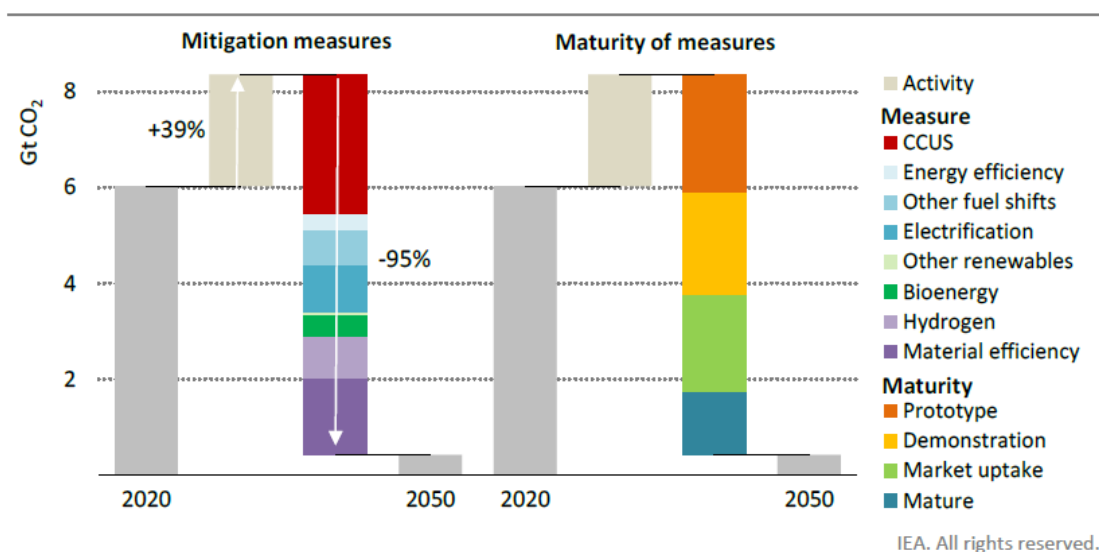


図 26 CO2排出の削減方法とその技術の習熟度

- ・ 重工業で排出量削減の進展が遅い理由は2つある。一つは、重工業製品は世界的に取引されていて競争が激しく、利益が少ないために、排出削減技術の導入費用を負担しにくいこと。二つ目は、重工業の生産設備は長期間使用され、巨大な資本投入が必要であり、排出削減の革新的技術を導入しにくいこと、である。効果的な排出削減技術が実用化される前の2030年までの間に生産能力が上がると、その設備が2050年まで使われることになり、何も対策を打たなければ、2050年の排出量は増えてしまう。
- ・ この10年間で重工業設備の多くが設備更新を迎える。戦略的適時投資によって低炭素技術を実装することで、設備の更新、継続利用が可能となる。

コラム「重工業の投資サイクル」

- ・ 重工業の投資サイクルで見ると、2050年はもう次のサイクルに入ってくる。新規投資から25年ほどで大規模改修を行って、使用を継続するからである。高炉やセメントキルンは40年程度は使い続ける。
- ・ 現在、大規模試運転や実証試験中の革新的な排出削減技術は、これからの10年間で実用化段階に入る。そして、この10年間に重工業の大規模設備の30%が大規模改修の判断タイミングである25年を迎える。このタイミングで、革新的排出削減技術が完成していなければ、又は完成していてもそれを採用しなければ、排出削減の速度は減速し、現行技術の設備が増える危険性がある。
- ・ 逆に、革新的排出削減技術が完成していて、25年目の判断ポイントでその採用を決めれば、2050年までの削減量は40%も減少する(図 27)。
- ・ 現在から2030年までの投資判断タイミングを見逃してはならない。

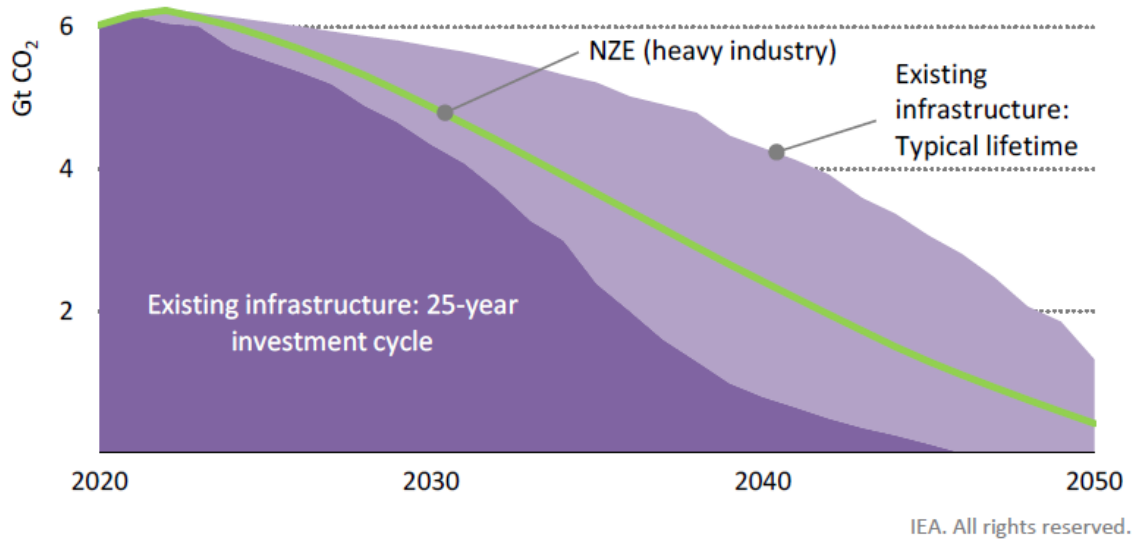


図 27 重工業の投資パターンと排出削減の見通し

- ・ 全産業及び重工業のエネルギー源の変化見通しを図 28に示す。
- ・ 化石燃料の割合は現在の70%から2050年には30%程度に減少する。化石燃料を多く使うのは重工業で、化学製品の原材料やCCUSを備えた設備で使用が継続する。
- ・ 電気が主要なエネルギー源となり、バイオエネルギーも2050年には15%まで増える。ただし、バイオエネルギーは供給が限られることに注意が必要である。

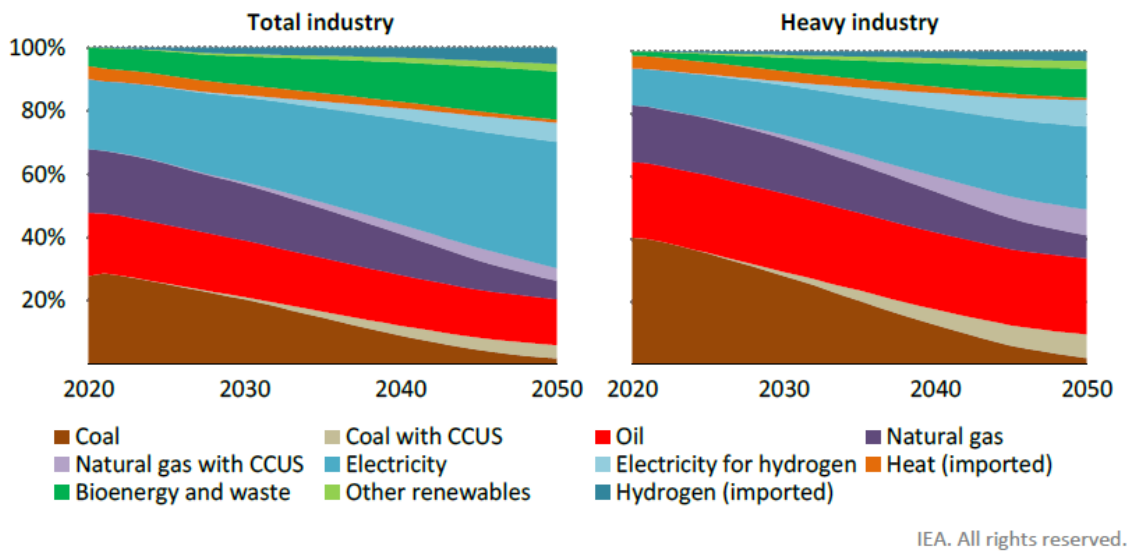


図 28 産業におけるエネルギー源の変化見通し

【鉄鋼】

- ・ 鉄鋼生産におけるCO₂排出量は、2020年の24億トンから、2030年18億トン、2050年2億トンへ減少する。
- ・ 化石燃料の使用率は、現在の85%から30%となる。ただし、鉄鋼業では石炭を還元剤として使用するので、鉄鋼業は最後まで最大の石炭使用者である。
- ・ 鉄鋼業でも石炭利用は減り、電気が主要なエネルギー源となる。電気と非化石燃料の割合は、2020年の15%から、2050年には70%となる。電気炉の利用が進み、水素還元鉄の設備が増え、鉄鉱石電解が行われるからである。エネルギーとしての石炭の利用は2020年75%から、2050年22%へ減る。2050年の石炭利用の90%はCCUSを併用する。
- ・ 現行の技術で、2030年までに排出量を現在の85%程度に削減することが可能である。材料とエネルギー利用の効率化、エネルギー消費が高炉法の1/10ですむスクラップ溶解の促進、高炉への水素吹き込み、DRI(直接還元製鉄)の増加などによる。
- ・ 2030年以降は、現在開発中の技術が実用化される。水素による直接還元、鉄鉱石の熔融電解などによる。並行して、CCUSを備えた設備、技術の導入も行われる。革新的製鋼法、天然ガスの安価な地域では天然ガスによる直接還元、炉齢が若い場合には高炉の革新的改修が考えられる。

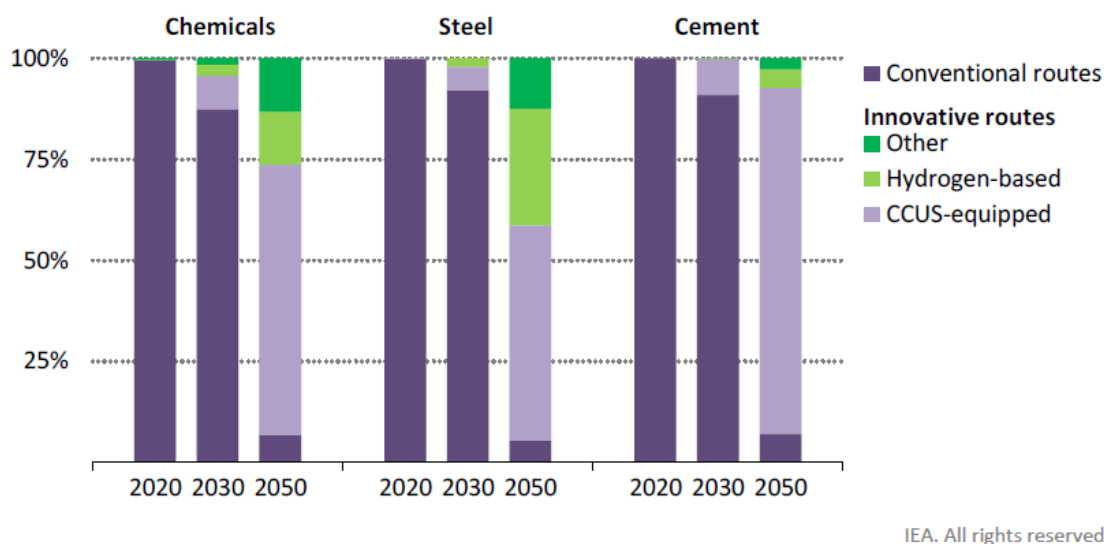


図 29 2050年までの製造方法の割合の変化

(主な目標値と判断ポイント)

- ・ 2030年以降、産業界の生産設備増強には排出量削減技術が不可欠になる。重工業の生産設備は発展途上国に多く、この地域での導入が主体となり、先進工業国からの財務支援も必要となるであろう。

- ・ 2050年排出量ゼロを達成するには、2030～2050年の間、CCUSを備えた製造プラント10か所、完全水素利用のプラント3カ所、2GWの水素電解装置を毎月建設することが必要な計算になる。
- ・ 重工業のクリーンエネルギーへの転換には、政府の決断が非常に重要である。今後2年間で、先進国政府は排出量ゼロのための研究開発投資及び技術の大規模実証試験実施の財務的リスクを低下させるための方策を決断しなければならない。
- ・ 実証試験は1つの技術ごとに少なくとも世界中の2～3カ所の異なる地域で、2020年代半ばには行うことが必要である。

表 54 排出量ゼロにむけた目標値

Category			
Heavy industry	• 2035: virtually, all capacity additions are innovative low-emissions routes.		
Industrial motors	• 2035: all electric motors sales are best in class.		
Category	2020	2030	2050
Total industry			
Share of electricity in total final consumption	21%	28%	46%
Hydrogen demand (Mt H ₂)	51	93	187
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	3	375	2 800
Chemicals			
Share of recycling: reuse in plastics collection	17%	27%	54%
reuse in secondary production	8%	14%	35%
Hydrogen demand (Mt H ₂)	46	63	83
with on-site electrolyser capacity (GW)	0	38	210
Share of production via innovative routes	1%	13%	93%
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	2	70	540
Steel			
Recycling, re-use: scrap as share of input	32%	38%	46%
Hydrogen demand (Mt H ₂)	5	19	54
with on-site electrolyser capacity (GW)	0	36	295
Share of primary steel production: hydrogen-based DRI-EAF	0%	2%	29%
iron ore electrolysis-EAF	0%	0%	13%
CCUS-equipped processes	0%	6%	53%
CO ₂ captured	1	70	670
Cement			
Clinker to cement ratio	0.71	0.65	0.57
Hydrogen demand (Mt H ₂)	0	2	12
Share of production via innovative routes	0%	9%	93%
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	0	215	1 355

Note: DRI = direct reduced iron; EAF = electric arc furnace.

- ・ 先進国政府は2024年までに、発展途上国政府は2026年までに、ニアゼロ排出を達成す

る技術の適用拡大を決断し、製鉄や化学プラントでのCCUS又は水素(又はその両方)の利用拡大を決めなければならない。そして決断がなされたら、CCUS設置、水素製造及びそのためのクリーンエネルギー発電の計画を立て、その財政的な裏付けを取ることが求められる。

- ・セメント産業でも、CCUS設備の大規模設置を決める必要がある。セメントを生産せず輸入する国であっても、低排出セメントを積極的に使用するとともに、セメント生産国の負担を軽減するためにCCUS設備の建設を支援しなければならない。
- ・2025年までに、全ての国々が排出量削減技術の実装計画の可能性を発表するのではなく、長期間の排出量削減政策の枠組みを示すことが求められる。CfD(Carbon contracts for difference)、公共事業でのグリーン調達、民間でのグリーン調達促進策がまず初めに求められる。
- ・技術の進歩し排出量削減コストが下がってくれば、初期のこうした政策は炭酸ガス税、排出量取引、排出量上限の取り決めなどに置き換わっていく。
- ・ニアゼロ排出を可能とする設備の設置拡大には、財政的な支援が欠かせない。低利子又は譲許的融資(concessional loan)、公的資金と民間資金を組み合わせた財務支援(blended finance)などである。
- ・さらに、先進工業国による発展途上国支援も重要である。
- ・例えば設計規格の変更、長寿命製品の採用、建築物の長期利用推進、リサイクルによる資源の再利用などを通じて、材料・資材の利用を効率化することも求められる。
- ・世界的に取引されている製品については、ニアゼロ排出への移行を目指した取引の仕組みを2020年代半ばまでに実行に移す国際的な合意ができています。逆に見れば、排出量の多い製品との競合に打ち勝って自国内のニアゼロ排出の製品を保護する対策を設けることも必要かもしれない。
- ・こうした国際取引の仕組みはWTOのような国際組織によって立案されなければならない。
- ・その必要から、今後10年間は高排出量の設備を設置しなければならない場面は出てくる。こうした場合でも、政府は将来的にその設備がニアゼロ排出を達成できる余地を残すよう設置者に求めるのは当然である。2030年以降は、設備投資は革新的なニアゼロ排出を可能とするプロセス設備に限るべきである。
- ・重工業以外の産業においても、適用可能な排出量削減技術の実装を忘れてはならない。上記の重工業におけるのと同じような仕組みを考える必要がある。

【アルミニウム】

アルミニウム産業の2050年カーボンニュートラルを目指したGHG排出量削減及びエネルギー転換に関して、2022年9月の公開されたレポート(<https://www.iea.org/reports/aluminium>)のうち、脱炭素に関係が深い項を以下に記す。

アルミニウムは、エネルギー転換に不可欠な多くの技術にとって重要な素材であると同時に、2021年の世界の工業から直接排出されるCO₂の約3%に当たる940億トンを占めることから、影響の大きい排出源でもある。過去数年間、アルミニウム生産の平均排出強度はわずかな減少傾向にとどまっている。しかし、2050年までのネットゼロエミッションシナリオでは、2030年まで毎年約3%ずつ減少することになっている。計画どおり進めるためには、アルミニウムセクターは一次生産とリサイクル材を用いた生産からの排出を削減するための新技術を開発・展開する必要があり、業界とその顧客はスクラップの回収、分別、リサイクルを増やす必要がある。

① CO₂排出

世界のアルミニウムセクターからのCO₂の直接排出量は、生産量の増加により、過去10年間着実に増加してきた。2019年は、生産量の伸びが鈍化したこととともに、排出原単位が若干改善した結果、排出量が10年ぶりに減少しましたが、その後は増加に転じている。2021年、アルミニウムセクターが直接的に排出しているCO₂は275百万トン（前年比2%増）であり、消費電力による間接排出を含めると、その数は約1.1 Gtになる。過去数年間のアルミニウムの平均直接CO₂排出強度は、わずかな減少に留まっている。一方、ネットゼロシナリオでは、2030年まで毎年約3.5%ずつ排出原単位が減少することになっており、アルミニウムの排出量削減は計画どおりには進んでいない。

② エネルギー

アルミニウム部門で使用される総エネルギーは生産量とともに増加してきているが、2000年以降のアルミニウム生産のエネルギー強度は著しく低下している。世界の生産量の約半分を占める中国は、この傾向を大きく牽引している。中国は、利用可能な最良のアルミニウム生産技術を着実に導入し、最もエネルギーを消費しているアルミニウム生産国の一つから、最もエネルギー消費の少ない国の一つになっている。中国のエネルギー原単位改善のポテンシャルが完全に発揮されているため、新地金生産における世界のエネルギー効率は近年、無難な値に落ち着いている。

アルミナ精製とリサイクル品を用いた生産は、いずれも現在化石燃料に依存しているプロセスである。高温プロセスではバイオエネルギーや水素、低温の熱プロセスではニアゼロエミッション電力など、代替エネルギーへの燃料転換が、ネットゼロシナリオの軌道に乗るために重要である。

③ 生産活動

世界のアルミニウム生産量は、2010年から2018年の年平均成長率6%とは対照的に、2019年と2020年は低調であった。2021年の生産量の伸びは4%近くに達し、ほぼ横ばいだった2019年、2022年を大幅に上回った。世界の人口とGDPの増加、及びネットゼロ経済への移

行に重要ないくつかの技術のための素材としてのアルミニウム使用量の増加に伴って、世界の需要は引き続き拡大すると思われる。

しかし、材料を効率的に使用することにより、需要の伸びを抑えることができかもしれない。例えば、加工や製造時のスクラップの発生を削減したり、スクラップを直接再利用したり、リサイクルを考慮した製品設計をすることなどが挙げられる。ネットゼロシナリオでは、2030年までの需要の伸びは年率1%未満に減速する。

④ 技術開発

現在、ほぼすべてのアルミニウム製錬では、電解プロセスでカーボン陽極が使用され、これはCO₂を放出する。この陽極は、消耗時に酸素を放出する不活性陽極に置き換えることができる。2030年までにアルミニウム新地金の10%弱に不活性陽極を使用するというネットゼロシナリオ達成のためには、この技術の商業化と早期導入が今後数年間で不可欠である。

リサイクル品製造のエネルギー強度は新地金のそれに比べてはるかに低いので、リサイクル品の製造により排出量をさらに削減することができる。リサイクル品の割合は、過去20年間の大半で31~33%（内部発生スクラップによる生産を除く）でほぼ一定であったが、最近では緩やかに増加しており、2021年には34%（内、20%分は老廃スクラップによるもの）となっている。この世界的な傾向の根底には、中国の新地金生産量増大にもかかわらず、世界の多くの地域でスクラップを利用した生産の割合が増加していることがある。中国では、急速な成長、輸出比率の高さによるリサイクル原料の減少、リサイクル産業の発展の遅れの結果、新地金の生産が急増し、スクラップを利用した生産が遅れている。

世界のアルミニウムの回収率は、現在、製造工程内発生スクラップで95%以上、老廃スクラップで70%強である。これらの回収率は非常に高いが、老廃スクラップの回収には、改善の余地がある。これは、リサイクル経路や選別方法を改善すること、サプライチェーン上の参加者がよりよく連携し、老廃スクラップが確実にアルミニウム生産者に戻るようにすること、生産者責任制度を拡大し、製品メーカーを販売後のライフサイクル管理に関与させることによって促進することができる。材料を効率的に利用すると製造工程内で発生するスクラップ量が減少するため、老廃スクラップの回収率を最大化することは、ネットゼロシナリオ上、非常に重要である。しかしながら、新地金生産は今後も重要であり、今後はより多くのアルミニウムが必要となるため、回収率を最大化しても、リサイクル品を用いた生産に必要なスクラップ需要を完全に満たすのに必要なスクラップは不足する。

ネットゼロシナリオでは、2030年までにスクラップを用いた生産は、全体の約40%を占めるまでに拡大する。

⑤ 革新技術

アルミニウムの製造プロセス中の排出に対処するには、技術革新が必要であり、次の投資サイクルに間に合わせるためには、必要な技術の基礎を2030年までに構築する必要がある。

アルミニウム製錬に不活性陽極を使用するという重要な分野で、2つの重要な取り組みがかなりの進展を遂げたことは心強い。ロシアのRUSALのクラスノヤルスク工場では、2021年4月に初めて不活性陽極を使用して工業規模でアルミニウム新地金を生産し(セルあたり1日1トンのアルミニウム)、QuébecのAlcoaとRio Tintoの合弁会社Elysisは2021年11月に成功した。

アルミニウム製錬の排出量を削減するもう一つの方法は、炭素回収・貯留(CCS)技術であるが、アルミニウムはCO₂濃度が低いため、他の工業プロセスよりも実現がはるかに困難である。しかし、Alvance Aluminium DunkerqueとノルウェーのNorsk Hydroの2社は、最近、アルミニウムにCCSを使用するオプションを検討していると発表しており、Norsk Hydro社は、2030年までに商業規模でCCSを使用するという目標を掲げている。

アルミナ精製工程からの排出については、Rio Tintoが、オーストラリアの支援を受けて、Yarwun製油所でアルミナ精製に必要な熱を水素で生成するための事業化調査を発表している。また、Alcoa社は、2021年と2022年に、アルミナ精製において化石燃料を代替するために、電動式機械蒸気再圧縮と電気式煅焼(かしょう、calcination)を利用する試験計画を発表しました。

このような心強い開発にもかかわらず、ネットゼロシナリオの軌道に乗るためには、不活性陽極と2030年までにニアゼロエミッションのアルミナ精製の実現が必要であるため、研究開発へのさらなる投資が必要である。

⑥ 脱炭素のためのインフラ整備

低排出ガス電力によるアルミニウム生産の割合を増やすことは最優先事項であり、潜在的な排出削減の短期的な最大の削減法である。発電による間接排出を含めると、2021年のアルミニウム生産における直接及び間接の総排出量の70%を占める。さらに、世界のアルミニウム産業が消費する電力の約55%は、送電網からの購入ではなく自家発電であるため、これらの排出量の多くはアルミニウム産業界自身でコントロールできる。自家発電の割合は、特にアジアで高い(中国では約65%、その他のアジアでは95%以上)。一方、ヨーロッパ、アフリカ、オセアニアでは、アルミニウム製造のための電力のほとんどが購入されている。

アルミニウムの生産を支えるエネルギーの種類を見ると、水力発電は世界平均の電力網と比較して15ポイントも過大な割合を占めています。しかし、かつてはもっと顕著で、2010年には生産量の40%を占めていたのに対し、2021年には30%となっています。この変化は、中国でのアルミニウム生産の拡大によるところが大きく、石炭が生産の80%の電力を供給していますが、これは2010年の90%から顕著に減少しており、水力とその他の再生可能エネルギーがほぼ同等に増加したことによるものです。ヨーロッパ、北米、南米では、水力は依然として生産量の75%以上を供給している。

ネットゼロシナリオでは、2030年までに総電力の排出強度が現在より約65%減少している。アルミニウム業界は、GHG排出削減対策が未実施の石炭発電への依存度を減らすことを含め、少なくとも同じ比率の電力原単位の削減を目指すべきである。

そのためには、ニアゼロエミッションの自家発電への投資と電力網からの低排出電力の調達を組み合わせる必要があります。アルミニウムメーカーは大口の電力消費者であるため、変動が大きい再生可能エネルギーの割合を増やしている電力網に対して、供給量に応じた需要を申し出ることができる。例えば、最近開発された後付け可能な技術であるEnPotシステムは、製錬所が電力供給と価格の変動にうまく対応するために、エネルギー使用量を最大30%変化させることを可能にし、低排出の変動再生可能電力を活用し、需要応答を通じて電力網におけるさらなる再生可能エネルギーの普及を支援する。

⑦ 政策

多くの国が産業界全体の排出量に対応する政策を導入している。これらの政策については、IEAの産業界の追跡ページで詳しく説明されています。アルミニウムに関連する政策としては、以下のようなものがある。

2021年に世界のアルミニウムの約半分を生産する中国は、早ければ2023年にはアルミニウムのGHG排出量に価格をつけること(炭素税)を発表した。さらに、汚染削減と炭素削減の相乗効果実施計画の一環として、再生アルミニウムの生産量を2025年までに11.5Mtに増やし、アルミニウムの製錬に使用される再生可能エネルギーの割合を2030年に30%以上にすると発表した。

欧州連合はアルミニウムを含む炭素国境調整メカニズムを開発中であり、米国もそのようなメカニズムを検討していることを表明している。これらの政策は、カーボンリーケージ(安価な排出集約型輸入品による排出政策による競争力の低下)を抑制し、他国における排出対策の強化を促すことを目的として、排出政策の弱い、あるいは全くない国からのカーボンフットプリントの大きな輸入品に関税を適用するものである。

フランスは、2030年までの産業界の脱炭素化ロードマップを発表した。このロードマップには、国内産業向けの脱炭素化イニシアチブに56億ユーロを投資する計画や、アルミニウムに関する特別な規定を含む鉱業・金属業の脱炭素化ロードマップが含まれている。

⑧ 国際協力

政策立案者は、アルミニウム産業の脱炭素化が直面する課題、特にカーボンリーケージがもたらす脅威に対処するための協調を強めている。この1年間で、米国は欧州連合、英国、日本との間で、鉄鋼およびアルミニウムに関する3つの個別声明を発表した。これらの合意の詳細がすべて公表されているわけではないが、発表では鉄鋼とアルミニウムの炭素排出量を減らすための行動をとることに言及しており、これらの分野で集中的に政策を講じる可能性を示唆している。

⑨ 産業界の取組み

生産者は、バリューチェーン全体で複数のステークホルダーイニシアチブに関与し、以下の

ことに注力している。

セクターのベースラインと潜在的な技術開発が取るべき道程の確立：業界のデータ、分析、モデリングを用いて、国際アルミニウム協会 (IAI) はパリ協定の目標に沿った様々な道程を確立した。

低炭素製品への需要と投資の開発：2022年には、企業や政府が購買力やサプライチェーンを活用して産業の脱炭素化を図るためのプラットフォームである米国主導のFirst Movers Coalitionが、Apple、Ball Corporation、Ford Motor Company、Novelis、Volvo Group、Trafiguraなどの主要生産者と消費者が参加して、アルミニウム脱炭素化のためのイニシアチブを開始した。後者は、クリーンアルミニウムの資金調達のために5億米ドルを確保した。

Mission Possible Partnershipは、Aluminium Stewardship Initiativeを立ち上げ、国際アルミニウム協会と協力して、ネットゼロアルミニウム部門の実現可能性を実証し、投資やその他の支援を引き出すための部門移行戦略を策定しているところである。

科学的根拠に基づく目標イニシアチブは、現在第一段階にあるアルミニウムのプロジェクトを立ち上げ、低炭素移行を評価するために低炭素アルミニウムの方法論を作成し、Aluminium Stewardship Initiativeは、1.5°Cシナリオに沿ったパフォーマンスを追跡する最新のパフォーマンス基準を発表した。

⑩ 政策決定者への提言

他の産業と同様に、アルミニウムの脱炭素化には複数の対策が必要である。

産業界を対象とした強制的なCO2政策の採用と国際協力の拡大・国内ではカーボンプライシングやCO2性能規制、カーボンリーケージ抑制のための国境調整または国際部門別協定が考えられる。

円滑なエネルギー移行を実現するために、既存資産と短期的な投資を管理する。例えば、座礁資産化することを避けるために、ゼロエミッションに近い技術への改修を奨励し、場合によっては公的支援を提供する。

エネルギー効率、リサイクル、材料効率の向上を加速させることにより、エネルギー生産性を最大化する・政策立案者は、これらの行動にインセンティブを与えることができる。直接支援や民間資金を動員するメカニズムを通じて、産業界からのプロセス排出の脱炭素化に不可欠な低炭素技術の研究開発と展開への投資を増加させる。

データ収集、追跡、分類システムの改善 – 低排出量およびゼロエミッションに近い生産の明確で共通の定義の開発などの側面が含まれる。産業界の参加と政府の協調の両方が重要である。

⑪ 産業界及び政策決定者への提言

近年、ゼロエミッションに近い工業製品の市場創造に向けた取り組みが数多く登場してい

る。アルミニウムの場合、新興国の経済成長予測を考慮すると、今後数十年の間にすべてのアルミニウム需要を満たすには、リサイクル品を用いた生産に必要なスクラップが不足するため、新地金生産のための市場を創設することも重要である。鉄鋼とセメントについては、いくつかのイニシアチブがこのような市場の創設を追求しているが、アルミニウムについては、現在、**First Movers Coalition**と**Aluminium Stewardship Initiative**のみが同様の取り組みを行っている。これらは、より広範な参加によって強化される可能性がある。ゼロエミッションのアルミニウム市場を作るために、さらなる行動を起こさなければなりません。今日、行動を起こすことで、必要な技術の開発、生産工場の建設、アルミニウム新地金生産のためのサプライチェーンの構築が可能になる。

アルミニウム生産に必要な電力量が多いことから、同部門の間接排出量を削減するためには、発電の脱炭素化に向けた取り組みが必要である。電力網の脱炭素化に加え、アルミニウムの電力の多くは自家発電で供給されるため、アルミニウム産業界は化石燃料からの転換や、CCSなどの技術による排出量削減のための対策も講じる必要がある。

アルミニウムセクターは、電力網の脱炭素化を支援し、需要を調整することで柔軟な供給サービスを提供し、変動率の大きな再生可能エネルギーの高い部分の統合を支援することができる。電力会社は、需要管理システムを使用するアルミニウムメーカーに電力価格インセンティブや契約上の購入取り決めに提供することで支援することができます。これらのシステムは、一部の送電網ですでに緊急時に採用されており、その使用をより広い送電網管理に拡大することで送電網の脱炭素化に貢献することができる。

(12) Western Climate Initiative (WCI)

Western Climate Initiative(以下、WCIという。)は、GHG排出量を削減する方法を評価・実践するとともに、お互いの利益を達成することを目標に、2007年2月に、アリゾナ州、カリフォルニア州、ニューメキシコ州、オレゴン州、ワシントン州により設立されたWestern Regional Climate Action Initiative(西部地域機構行動イニシアチブ。以下、WRCAIという。)を起源とし、2011年に現在の名称であるWCIに名前を変えて非営利法人として再設立されている。2007年8月には、GHG排出量を、2020年までに2005年比で15%削減することを目標に設定した。WRCAIには、2008年4月のQuébec州の参加ほか、2008年7月までに米国のモンタナ州とユタ州、カナダのブリティッシュコロンビア州、マニトバ州、オンタリオ州が参加したが、その後、脱退する州が相次ぎ、2022年現在のメンバーは、米国のカリフォルニア州とワシントン州、カナダのノバスコシア州とケベック州のみである。業務は、カリフォルニア州とケベック州間のGHG排出枠取引制度(Cap & Trade System)と、ワシントン州とノバスコシア州内の排出枠取引のみである。

カリフォルニア州とケベック州間のGHG排出枠取引は、3か月に1回、オークション方式により行われており、当初の2012年11月からの取引権価格の推移を図 30に示す。

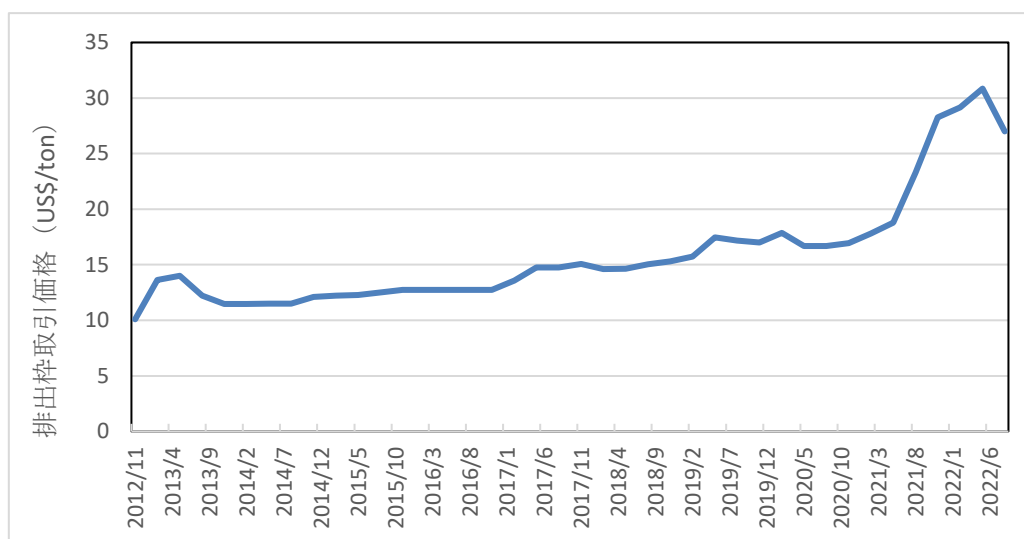


図 30 WCIによるカリフォルニア州とケベック州間の排出枠取引価格の推移

(13) Science Based Targets Initiative (SBTi)

(ア) 概要

WWF(世界自然保護基金)、CDP(国際的な環境非営利団体、旧Carbon Disclosure Project)、WRI(世界資源研究所)、国連グローバルコンパクトによる共同イニシアチブで、「科学に基づく気候目標(SBT)」設定を目的としている。2015年に設立され、企業が気候科学及びパリ協定の目標に沿って排出削減目標を設定できるよう支援している。

2015年以来、SBTiへの参加企業・組織(SBTを設定した、もしくはSBT設定のコミットメントを明らかにした企業・組織)の数は漸増していたが、特に2021年以降急増し(図 31)、2022 末時点では世界で約4,500となっている(内、日本企業は約200)。そのうち、承認されたSBTを有する企業・組織数は約2,200となっている。これら企業の所属セクターは製造業からサービス、情報・通信、不動産など多岐にわたる。(最新の総数及び全ての企業・組織名は<https://sciencebasedtargets.org/companies-taking-action>と同URL中のダッシュボードに記載され、適宜更新されている)。

科学的知見と整合した削減目標を定めようとしている点がSBTiの特徴。2050年までの長期視点に基づいたGHGの削減目標など、より具体的で現実的な削減目標の設定を重視・推奨している。

(注) SBTとSBTi:

SBTは「Science Based Targets」の略称で、パリ協定に基づいて科学的に設定されたGHG排出削減目標自体を指す。SBTiは気候目標を達成する共同イニシアチブコラボレーションを指し、SBTiのもとで、SBTが設定される。

※参加企業・組織のうち、主な鉄鋼・アルミニウム関連は以下のとおり(アルファベット順)

Acerinox, S.A., ArcelorMittal, British Steel, CELSA Group, Ma'aden Aluminum, Mahindra Sanyo Special Steel, Outokumpu, SSAB, Stena Aluminium, Swiss Steel Holding, thyssenkrupp Steel Europe, Tokyo Steel Manufacturing Co., Ltd.(東京製鐵)、Vale S.A., VALLOUREC, voestalpine AG

(イ) 参加する企業のメリット

企業はSBTiに参加することで、①ESG投資を受けやすい②パリ協定に適合する企業としてアピールできる③ビジネスの拡大に繋がる(SBTiに参加している企業間で環境目標に適合した新たな製品・テクノロジーの開発を共同で行う機会が得られるなど)、といったメリットがあるとされている。

Annual cumulative number of companies with approved targets and commitments between 2015 – 2021

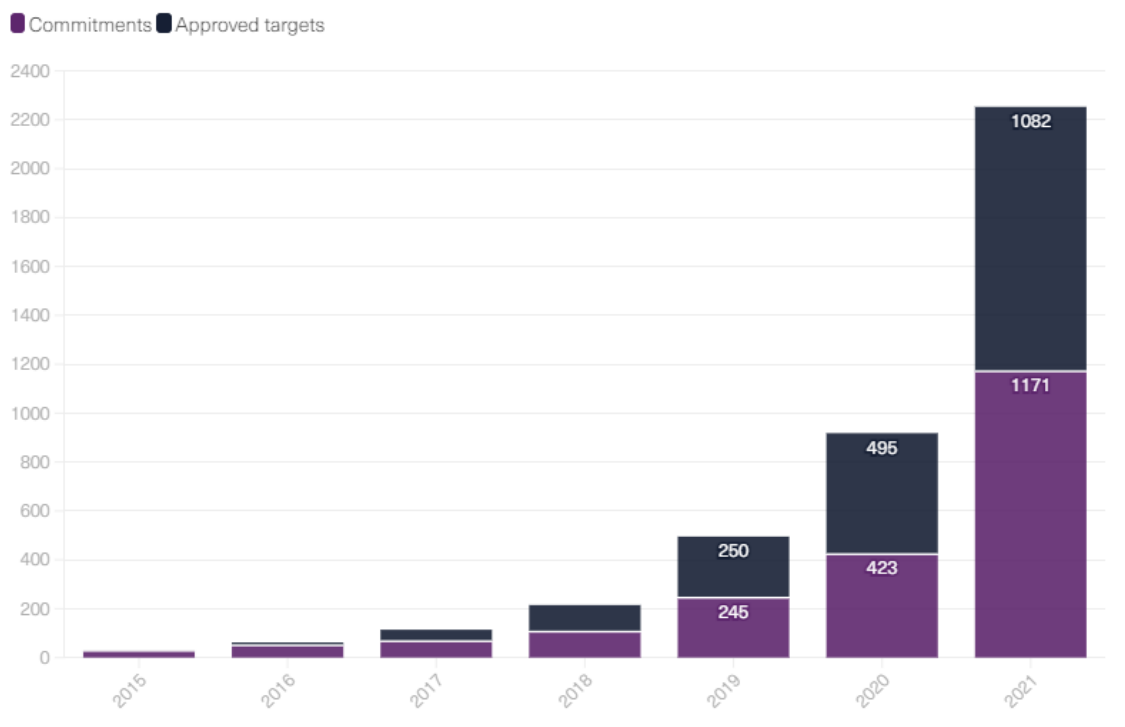


図 31 SBTi参加企業・組織数の推移(2015年～2021年)

(出典:STBi: <https://sciencebasedtargets.org/reports/sbti-progress-report-2021>)

(ウ) 企業の参加手続き

参加申請は下記の流れに沿って進められる。

- ①Commitment Letter(2年以内にSBT設定を行うという宣言)をSBTi事務局に提出
- ②目標(SBT)を定め、申請書を事務局に提出
- ③SBTi事務局による目標の妥当性確認・回答
- ④排出量と対策の進捗状況を1年に1回報告し、開示
- ⑤定期的に、目標の妥当性の確認(大きな変化が生じた場合は、必要に応じて目標を再設定。少なくとも5年に1度は再評価)

また、上記のSBTの現在の要件は、次の4つとなっている。

- ①企業全体(子会社含む)のスコップ1及び2をカバーする、全ての関連するGHGが対象
- ②基準年・目標年:基準年はデータが存在する最新年とすることを推奨、目標年は申請時から「最短5年、最長10年以内」。
- ③目標水準:最低でも世界の気温上昇を産業革命前と比べて1.5℃以内に抑える
- ④SBTi事務局が認定する手法に基づき目標設定

(エ) SBTi発表主要レポート

2015年にSBTiは、「セクター別脱炭素化アプローチ (Sectoral Decarbonization Approach; SDA)」—副題「気候科学に沿った企業の排出削減目標の設定方法 (A method for setting corporate emission reduction targets in line with climate science)」というタイトルのレポートを発表している。これは、タイトルが示すとおり、当時の世界の気候目標 (産業革命以前の水準を超える世界の気温上昇を2°Cに制限) を達成するために、「各セクター (鉄鋼、アルミニウム、セメント、化学、紙パルプ等) や、それに属する各企業が」目標とすべき排出削減基準を明らかにするための方法と事例を示そうとしたものである。

2021年10月に、SBTi は世界初のネットゼロ基準を策定し、発表した。これは、企業が科学に基づいたネットゼロ目標を設定し、産業革命以前の水準を超える世界の気温上昇を1.5°Cに制限するためのフレームワークとツールを提供するものである。

2022年11月には、「鉄鋼の科学的根拠に基づいた目標設定ガイダンス 市中協議案」 (Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)) を公開した。このレポートの詳細は後述5・(2)鉄鋼で記載している。

(注) SBTiにおけるネットゼロの考え方 (SBT Net-Zero) は、GHG又は二酸化炭素の排出量から吸収量・除去量を差し引いた合計値をゼロにするという意味。SBT Net-Zeroの認定は通常のSBTiよりも規定が厳しく、2022年時点でその認定を取得している企業は世界で約40社にとどまっている (日本企業は三菱地所と日本ゼルスの2社のみ)。

(14) Breakthrough Agenda

Breakthrough Agendaは、2021年11月に英国Glasgowで開催されたCOP26で設置が決定したイニシアチブである。温暖化防止のパリ合意目標を達成するため、CO2発生を抑制するクリーン技術及び持続可能な解決策の開発と展開を国際的に協調して行うもので、2030年までの活動を予定している。単に技術開発して、それを展開するだけでなく、それを鍵として、新しい市場の発展や雇用を促し、経済成長につなげ、きれいな水や空気を確保できれば、人々の健康増進も達成できるという副次的な効果も見据えている。

このBreakthrough Agendaの第1段階として、COP26の開催地であるGlasgowで発表されたのが、Glasgow Breakthroughである。発表の段階で日本を含む45カ国がこれを承認している。

Breakthrough Agendaでは、特にCO2排出量の多い発電、陸上輸送、鉄鋼、水素及び農業の5分野での技術開発協力、工業先進国から途上国への低炭素化技術移転を進めようとしている。Breakthrough Agendaの設置は政府間会合で決定されたが、政府機関の活動にとどまることなく、民間機関の関わりと活動も広く求められている。

以降では、鉄鋼分野のBreakthrough (Steel Breakthrough) の内容と、The Breakthrough Agenda Report 2022に記載された各産業界が取るべき推奨事項に対して、Steel Breakthroughが発表した、2023年の優先活動事項STEEL BREAKTHROUGH: PRIORITY INTERNATIONAL ACTIONS FOR 2023の内容をまとめる。

鉄鋼分野のBreakthrough (Steel Breakthrough) の内容は次のとおりである。

- ・ 日本を含む29カ国が参加している。
- ・ 世界市場において、ほぼCO2を排出しない鉄鋼製品 (Near-zero emission steel) を優先的に使用する
- ・ 2030年までに、世界各地でほぼCO2を排出しない鉄鋼製品を製造し、効率的に使用するようにする
- ・ Steel Breakthroughの活動は、IEA、IRENA (International Renewable Energy Agency)、United Nations High Level Climate Action Champions (Marrakech Partnershipと共同) 及び各種研究機関や企業とともに、低炭素化の進展をチェックする
- ・ 低炭素化の進展は、1)～4)の項目を定量的に調べて評価する。
 - 1) 稼働中又は建設中のNear-zero emission steel製造工場の数及びNear-zero emission steelの全世界での生産能力
 - 2) Near-zero emission steelとして製造される鉄鋼製品の全鉄鋼製品に占める割合
 - 3) Near-zero emission steelに関する技術の研究開発、試作、展開への投資額
 - 4) Near-zero emission steel関連技術のコストや入手の容易性(代替方法との比較)
- ・ 国際的な活動を行っている多くのイニシアチブが協力体制を組んでBreakthroughの目標達成を目指す。関係するイニシアチブは以下のとおり。
 - Clean Energy Ministerial's Industrial Deep Decarbonisation Initiative

(IDDI)

- SteelZero
- First Movers Coalition (FMC)
- Leadership Group for Industry Transition (LeadIT)
- Mission Innovation Industry Mission
- Mission Possible Partnership's Net-Zero Steel Initiative
- ResponsibleSteel

IEA、IRENA 及びUnited Nations High Level Climate Action Champions は共同でBreakthrough Agenda Report 2022を発表した。この中では、各産業界が2030年までに取るべき施策が推奨事項として記載されている。

Breakthrough Agenda Report 2022での推奨事項に対して、Steel Breakthroughは2023年の優先活動事項STEEL BREAKTHROUGH: PRIORITY INTERNATIONAL ACTIONS FOR 2023を発表している。その内容を表 55に簡潔にまとめた。

表 55 Steel Breakthrough 2023年までの優先活動事項

推奨事項	優先活動事項	方法	推進組織	協力国
NZESの定義付けと規格整備	共通の定義と規格を準備し、COP28までに発表する	ResponsibleSteel、IEA定義、ISOを参考、First Movers Coalition(FMC)が協力	IDDI Responsible-Steel	EU含め 日本など16カ国
政府、民間ともにNZESの調達量増加	政府、民間ともに、NZESを事業で調達する仕組みをCOP28までに作る	IDDIに参加、FMC SteelZeroが協力	IDDI FMC Steel Zero	EU含め 日本など15カ国
NZESを使うモデル事業の実行	NZESを使うモデル事業の立案と実施後の知見の共有の仕方をCOP28 で発表	Net Zero Industries Mission (NZIM)が50案件を設定。Mission Possible Partnershipも協力	NZIM Mission Possible Partnership	EU含め 英国など13カ国
NZESの流通が円滑に進むよう調整する	鉄鋼メーカー、消費国を入れた通商協議をCOP28までに開始	関係する既存組織内で議論する	OECD WTO G20	EU含め ドイツなど14カ国
発展途上国	COP28までに公共事	LeadITが国際支援状	LeadIT	EU含め

推奨事項	優先活動事項	方法	推進組織	協力国
へのnear-zero emission技術の移転を支える基金の充実	業への国際支援を増加	況を把握。この中から希望国への支援の仕組みを構築	Taskforce on Access to Climate Finance	ドイツなど14カ国
	国際協力の公平性、透明性の強化	Breakthrough Agendaの年間計画として、状況を把握	Breakthrough Agenda	EU含めドイツなど15カ国

NZES: Near-zero emission steel

Near zero emission steelの使用を拡大するため、その定義を定め全世界での流通が滞りなく進むようにする、公共事業でのNear zero emission steelの採用を進める、発展途上国への技術移転を促進するための支援を強化する、といった内容になっている。

(出典 <https://ukcop26.org/the-breakthrough-agenda/>)

(出典 <https://ukcop26.org/cop26-world-leaders-summit-statement-on-the-breakthrough-agenda/>)

(出典 <https://www.unclearn.org/stories/the-glasgow-breakthrough-a-homework-of-post-cop26-by-doddy-s-sukadri/>)

(出典 <https://www.iea.org/reports/breakthrough-agenda-report-2022>)

(15) その他の情報

(ア) CRU

世界的な鉱業、金属、肥料ビジネス企業であるCRU International Limitedは、GHG排出量を算出するためのデータと分析ツールであるEAT(Emission Analysis Tool)を提供している。EATは、アルミニウム、鉄鋼、銅及びニッケル、運輸、肥料の分野で排出量の解析を行うことが出来るシステムで、AlcoaやNorsk Hydroを始めとする世界的な大手アルミニウムメーカーに加え、日本では住友商事が契約している。CRUが公開している契約機関を表 56に示す。

また、CRUは、GHG排出量算定基準の制定と認証を行っている非営利団体であるASIと覚書に調印し、EATでASIの持続可能性データ(sustainability data)が利用できるようなっていることから、より透明性の高い解析が可能であると思われる。

(<https://www.crugroup.com/about-cru/news/2021/transparency-in-aluminium-sustainability-data-advances-as-cru-signs-mou-with-asi/>)

(<https://aluminium-stewardship.org/asi-cru-mou-bears-fruit-asi-certification-data-layer-integrated-into-cru-emissions-analysis-tool>)

表 56 GHG排出量算出ツールEATの契約機関(代表例)

機関名	業種	国
Anglo American	鉱業	英国
Alcoa	総合アルミニウム	米国
Alumina Ltd.	ボーキサイト採鉱 アルミナ精製	オーストラリア
Aluminerie Alouette Inc.	総合アルミニウム	カナダ
Constellium	アルミニウム製品	フランス
CMOC/IXM	非鉄金属鉱業	
Emirates Global Aluminium	ボーキサイト採鉱 アルミナ及び新地金の製造	UAE
Glencore	鉱業	スイス
Norsk Hydro	総合アルミニウム	ノルウェー
住友商事	総合商社	日本
Vale	鉱業	ブラジル
voestalpine AG	鉄鋼	オーストリア

CRUは、2022年6月に、低炭素アルミニウムのプレミアムを考慮した価格評価システムの開発を検討中であると発表するとともに、ユーザーのニーズを把握するためのアンケートを実施

している。そこでは、低炭素プレミアムの付くアルミニウム(新地金)の定義として、4.0トンCO₂e/Alトン以下のアルミニウム製品を提案している。これは、Rio Tintoの低CO₂排出アルミニウム地金“RenewAl”と同じ基準である。しかしながら、2023年2月時点では、それに続き新しい情報はなく、今後、このアンケート結果を反映した何らかの発表があるものと思われる。

(イ) LMEパスポート

非鉄金属の国際取引所であるロンドン金属取引所(LME)では、LMEパスポートと呼ばれるデジタル書類記録システムを2021年8月31日に運用開始している。これは、金属製品の分析証明書(Certificate of Analysis)と認証情報を登録するデジタルプラットフォームであり、高い信頼性、アクセスしやすさ、透明性を提供している。最初は、2021年10月から利用が始まったアルミニウムで、2022年6月に亜鉛と鉛が加わり、2023年1月からは、ニッケル、NASAAC(北米特殊アルミニウム合金)を含むアルミニウム合金、コバルト、銅が対象になっている。また、2022年6月からは、登録情報が拡大され、CRUの排出量分析ツールEATの分析結果、ASIの認証取得状況、国際金属・鉱業評議会(ICMM)が設定したパフォーマンス基準による評価、責任ある鉱山採掘(IRMA)基準による評価が加わっている。

(ウ) COP27

本調査期間中である2022年11月に、第27回国連気候変動枠組条約締結国会議(COP 27)がエジプトSharm El Sheikhで開催された。現地を訪問し、鉄鋼、アルミニウムの脱炭素化に取り組むイニシアチブの情報を収集した。主な結果を以下に示す。

① Delivering the Steel Breakthrough in 2023: Growing Demand and Implementing Common Standards

- ・ 主催はGlasgow Breakthroughで、IDDI、経済産業省、ResponsibleSteel、Market Frame Industrial Collaboration、Clean Energy & Innovation for Secretary John Kellyからパネリストが参加した。
- ・ 各パネリストが自身の組織の活動内容を報告し、パネルディスカッションを行った。
- ・ パネルディスカッションでは、脱炭素化を加速するための各国政府の需要喚起策、各イニシアチブの脱炭素化加速活動が議論された。
- ・ (質疑)ニアゼロ鋼10%を2030年に達成可能か？>>要素技術は出来上がりつつあるが、規模の拡大など困難はともなう。
- ・ (質疑)ニアゼロ鋼のための設備投資に政府は関与するのか？>>投資額は巨大となるので、民間だけの投資は困難だろう。政府が支援するとともに、民間が投資に動くような動機付けを行うことも必要。

② Consultation on COP 27 outcomes and COP 28 plans for steel

- ・ UNFCCC Engagement Teamが主催して、鉄鋼の脱炭素化に係る組織、イニシアチブが一堂に会して、COP 27の成果と2023年11月にUAEで開催されるCOP 28に向けて必要

な活動を協議した。

- ・ 2023年に向けての優先課題は次の6つ。(1)ニアゼロ鋼の規格化・標準作成、(2) ニアゼロ鋼の需要喚起、(3) ニアゼロ鋼を使用する国際的な代表事例の立案、(4) ニアゼロ鋼に関する通商面の課題整理、(5)工業先進国・発展途上国を問わず、ニアゼロ鋼を使用する事業促進の支援、(6)国際的協調の促進。
- ・ 参加しているイニシアチブ (IDDI、ResponsibleSteel、First Movers Coalition (FMC)、SteelZero、Mission Innovation (Net-Zero Industries)、LeadIT) が自身のCOP 28に向けての課題を説明した。

③ Milestones Launch - Where we need to be by 2030 to get on track for net zero by 2050

- ・ 主催はWe Mean Business Coalitionで、Science-based Targets Initiative (SBTi) が共催。
- ・ 会議のテーマは、「GHG排出量の多い産業が2050年までのGHG排出実質ゼロを達成するために、2030年までに何をしておかなければならないか？」これに関して、産業界の代表がパネリストとして参加し説明を行った。パネリストは、鉄鋼会社 (ArcelorMittal)、セメント協会、イニシアチブ代表。
- ・ 鉄鋼会社の発言:鉄鋼はリサイクルも広く行われていて、他の産業製品と比べると、製品の排出係数は小さい。しかし、鉄鋼はその生産量が大规模であり、CO2排出削減が非常に重要である。2030年までに2.6億トンの鉄鋼製品を低炭素排出鋼として、温室効果ガス排出実質ゼロ経済の骨格を作り上げる。また、SBTiに協力して、標準整備にも力を入れている。低炭素の定義と計算範囲を世界で普遍的に定めることが重要である。低炭素排出鋼製造の鍵となるのは、CCUS、グリーン水素、電解である。

④ LeadIT Summit Statement Launch Event

- ・ LeadITが主催し、産業の構造転換に向けてインド、スウェーデンの閣僚が声明を発表するとともに、構造転換の課題をパネリスト (Climate Investment Fund、UNIDO、Dalmia Cement、Clean Energy & Innovation、US Special Presidential Envoy for Climate、Department of Trade, Industry and Competition, South Africa、SSAB) が議論した。
- ・ (質疑)産業の構造転換を進めて行くにはどうすれば良いか？ >>民間企業と政府が共同で動くこと。モデルケースを定めて、その活動を逐一公表することで、転換への抵抗が減る。転換のロードマップと実際の設備投資 (CCUS、水素など) が重要。あらゆる技術の可能性を考えること。
- ・ (質疑)産業の構造転換で政府の役割は何か？ >>政府は再生可能エネルギーの開発に力を入れ、その成果を産業の構造転換に使う。これは新たな緑の産業革命である。転換後も雇用が維持できること、従業員が技術能力を維持すること、国際的に協力していくことが重要である。

5. 標準化の動向

(1) ISO

2050年までのカーボンニュートラルを目指して、各業界団体、企業が努力を継続していく必要があるが、CO2排出係数を正しく評価する方法なくしては、実効性のある努力は続かない。

国際標準化機構(ISO)では、環境評価・管理に関する技術委員会(TC)であるISO/TC 207(環境マネジメント)を中心に標準化が進められている。技術委員会の下には、専門分野に分かれた分科委員会(SC)が設置され、様々な規格作りを行っている。以降では、本レポート内容に関連するTC及びSCと、関連するISO規格について説明する。

それぞれのTCやSCには、委員会マネジャー(Committee Manager)及び議長(Chairperson)が指名され、委員会の運営に当たる。今回の調査に関連するTC及びSCの委員長、事務局、議長を表 57に示す。

表 57 関連TC、SCの委員長、議長

TC番号又はSC番号とその名称			
	議長	事務局	委員会マネジャー
TC 17(鉄鋼)			
	八木隆義(日本鉄鋼連盟)	日本産業標準調査会	玉田 基(日本鉄鋼連盟)
TC146/SC1(固定発生源排出)			
	Tuhin K. Mandal(印)	英国規格協会(BSI)	Ajay K. Kal(印)
TC 207(環境マネジメント)			
	Sheila Leggett(カ)	カナダ規格審査会	Christine Geraghty(カ)
TC207/SC 1(環境管理システム)			
	Martin Baxter(英)	英国規格協会(BSI)	Nele Zgavc(英)
TC207/SC 5(ライフサイクルアセスメント)			
	Peter Saling(独)	フランス規格協会 (AFNOR)	Alexandre Oloveira(ポ)
TC207/SC 7(GHG、気候変動マネジメント及び関連活動)			
	Sara Jane Snook(カ)	カナダ規格審査会	Christine Geraghty(カ)

TC207に設置されたSCの一つであるISO/TC 207/SC 7(GHGの管理及び関連行動)では、GHGの排出量等の定量化のための手引きや要求事項に関する規格や、気候変動に関する規格を担当している。それらを表 58及び表 59に示す。

表 58 GHGの管理及び関連行動に関するISO規格

規格番号	TC/SC	名称	ステージ
14064-1:2018	TC 207 SC 7	GHG－第1部:組織におけるGHGの排出量及び吸収量の定量化及び報告のための仕様並びに手引	60.60
14064-2:2019	TC 207 SC 7	GHG－第2部:プロジェクトにおけるGHGの排出量の削減又は吸収量の増加の定量化、モニタリング及び報告のための仕様並びに手引	60.60
14064-3:2019	TC 207 SC 7	GHG－第3部:GHGに関する声明の妥当性確認及び検証の仕様並びに手引	60.60
14065:2020	TC 207 SC 7	環境情報の妥当性確認及び検証を行う機関に対する一般原則及び要求事項	60.60
14066:2011	TC 207 SC 7	GHG－GHGの妥当性確認チーム及び検証チームの力量に対する要求事項	90.92
DIS 14066			40.60
14067:2018	TC 207 SC 7	GHG－製品のカーボンフットプリント－算定及び伝達のための要求事項及び指針	60.60
TR 14069:2013	TC 207 SC 7	GHG－組織のGHG排出量の定量化と報告－ISO 14064-1 の適用のための手引	90.92
AWI TS 14069			40.20
14083	TC 207 SC 7	GHG－輸送業務におけるGHG排出量の定量化と報告	60.00
14080:2018	TC 207 SC 7	GHGマネジメント及び関連活動－気候変動アクションにおける方法論のためのフレームワーク及び原則	60.60
DIS 14068	TC 207 SC 7	GHGマネジメント及び関連活動－カーボン ニュートラル	40.20

表 59 気候変動に関するISO規格

規格番号	TC/SC	名称	ステージ
14090:2019	TC 207 SC 7	気候変動適応－原則、要求事項及び指針	60.60
14091:2021	TC 207 SC 7	気候変動適応－脆弱性、影響及びリスク評価	60.60
TS 14092:2020	TC 207 SC 7	気候変動適応－地方自治体や地域社会を含む組織のための適応計画の要求事項と指針	60.60
14093:2022	TC 207 SC 7	気候変動への地域適応のための資金調達メカニズム	60.60
14097:2021	TC 207 SC 7	気候変動に関連する投資と財務活動の評価と報告のための枠組みと原則	60.60
AWI TR 14082	TC 207 SC 7	放射強制力マネジメント－放射強制力ベースの気候フットプリントと緩和努力の定量化と報告のための指針	20.00

これらの表には、各規格の現在のステージ番号が記載してあるが、全ての規格は、立案・企画段階から、制定、廃止に至るまで、統一されたステージ番号で管理されている。代表的なステージの意味を表 60に示す。それ以外のステージも含めて、全てのステージ番号は、以下に示すISOのホームページに記載されている。

<https://www.iso.org/stage-codes.html>

表 60 プロジェクトの進捗コード表

ステージ	内容
10.98	新規プロジェクトの却下
10.99	新規プロジェクトを承認済み
20.00	新規プロジェクトをTC/SC業務計画に登録済み
40.20	国際規格原案(DIS)の投票中(期間:5か月)
40.60	投票結果要約を発送済み
60.00	国際規格を発行準備中
60.60	国際規格の発行が完了
90.20	国際規格の定期見直し中(改正しない場合を含む)
90.92	国際規格の改正手続き中
90.93	国際規格の定期見直し完了(改正しない場合を含む)

ISO 14064-1からISO 14064-3では、GHGの排出量及び吸収量を定量化するため手法の仕様等を定めている。第1部では、組織レベルでの原則と要件を指定し、組織のGHGインベントリの設計、開発、管理、報告及び検証に関する要件が含まれている。また、第2部は、カーボンオフセットクレジット、革新技术プロジェクト、内部プロジェクトなどの種々のプロジェクトに対応しており、原則及び要求事項を規定し、GHG排出量削減や吸収量増大を目的とした活動の定量化、モニタリング及び報告のための指針を提供している。第3部では、GHGに関する主張の妥当性確認や検証を行う機関に対する原則、要求事項、指針を提供する。関連規格と共にこれらの規格を体系化したものを図 32に示す。

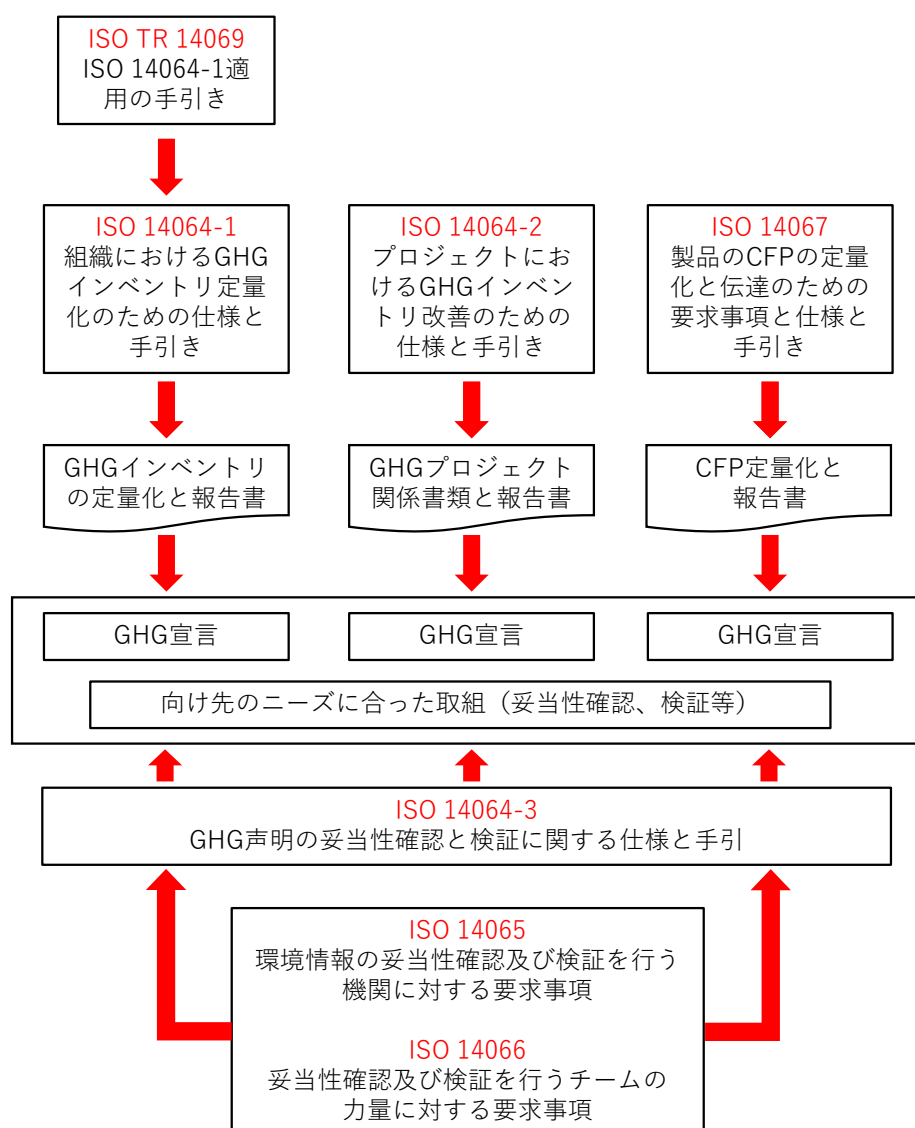


図 32 GHGの定量化関係規格の体系化

固定発生源からのGHG排出関連規格については、全体的な枠組みをTC 207/SC7

(GHG、気候変動マネジメント及び関連活動)が、セメント製造業、アルミニウム産業等の個別産業セクターの規格をTC 146/SC 1(工程発生源排出)が担当している。具体的な規格一覧表を表 61に示す。

固定発生源セクターセクター別の規格は、そのほとんどが発行準備中であるが、鉄鋼業の規格19694-2は、制定が企画されたものの、規格化されることなく、廃案になることが確定している。アルミニウム製品については、ISO 19694-4の発行が確定しており(ステージ60.00)、近々、公開されると思われる。

表 61 GHGの固定発生源排出に関するISO規格

規格番号	TC/SC	名称	ステージ
19694-1:2021	TC 207 SC 7	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第1部:一般的な側面	60.60
19694-2	TC 146 SC 1	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第2部:鉄鋼業	10.98
19694-3	TC 146 SC 1	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第3部:セメント製造業	60.00
19694-4	TC 146 SC 1	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第4部:アルミニウム産業	60.00
19694-5	TC 146 SC 1	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第5部:石灰製造業	60.00
19694-6	TC 146 SC 1	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第6部:フェロアロイ及びシリコン製造業	60.00
19694-7	TC 146 SC 1	固定発生源排出－エネルギー集約型産業のためのGHG排出量の決定－第7部:半導体及びディスプレイ製造業	40.60

環境ラベルに関連するISO規格の一覧表は、表 62に示す。環境ラベルには、タイプⅠ、タイプⅡ及びタイプⅢがあり、それらの概要を表 63に示す。

表 62 環境ラベルに関するISO規格

規格番号	TC/SC	名称	ステージ
14020:2022	TC 207 SC 3	環境ラベル及び宣言－一般原則	60.60
14021:2016	TC 207 SC 3	環境ラベル及び宣言－自己宣言による環境主張 (タイプⅡ 環境ラベル表示)	90.93
14021:2016/ AMD1:2021	TC 207 SC 3	追補1－環境ラベル及び宣言－自己宣言による環 境主張(タイプⅡ 環境ラベル表示)－カーボンフッ トプリント、カーボンニュートラル	60.60
14024:2018	TC 207 SC 3	環境ラベル及び宣言－タイプⅠ 環境ラベル表示－ 原則及び手続	90.20
14025:2006	TC 207 SC 3	環境ラベル及び宣言－タイプⅢ 環境宣言・原則 及び手順	90.93
14026: 2017	TC 207 SC 3	環境ラベル及び宣言－フットプリント情報のコミュ ニケーションの原則、要求事項及び指針	90.20
TS 14027: 2017	TC 207 SC 3	環境ラベル及び宣言－製品カテゴリ規則の開発	90.93
TS 14029: 2022	TC 207 SC 3	製品の環境ステートメントとプログラム－環境製品 宣言 (EPD) とフットプリントコミュニケーションプログ ラムの相互承認	60.60

表 63 環境ラベルの3つのタイプ

タイプ	概要	対応ISO
タイプⅠ	第三者認証タイプ ・ 第三者認証による環境ラベル ・ 製品、サービスのライフサイクルを考慮した基準の策定 ・ 事業者の申請に応じて審査し、マーク使用を許可	14024:2018
タイプⅡ	自己宣言タイプ ・ 事業者の自己宣言による環境主張 ・ 事業者自らが、製品における環境改善を市場に対して主 張、宣言 ・ 製品やサービスの宣伝広告機能を有す ・ 第三者による判断、評価は入らない	14021:2016
タイプⅢ	環境情報表示タイプ ・ 製品の環境負荷の定量的データの表示 ・ 合格、不合格の判断はなく、定量的データを表示 ・ 判断は購買者に任される	14025:2006

既に述べたように、TC207は環境マネジメントの委員会であり、全体の共通した枠組みを担当し、鉄鋼業固有の部分をTC17(鉄鋼業)が分担している。特に、TC17とTC 207/SC 7はリ

エゾン関係を結んでおり、互いに連携して規格開発を行っている。TC 17が中心となって制定したCO2排出係数の計算方法等に関する規格の一覧を表 64に示す。また、ISO 20915（鋼製品のライフサイクルインベントリ計算の方法論）もTC 17の担当であるが、LCA全体の枠組みはTC 207/SC 5（ライフサイクルアセスメント）が担当しているなど、関連するTCやSCは連携し、規格開発を効率的に進めている。

表 64 鉄鋼製品に関するISO規格

規格番号	TC/SC	名称	ステージ
14404-1: 2013	TC 17	鉄鋼生産からの二酸化炭素排出係数の計算方法－第1部: 高炉式製鋼工場	90.93
14404-2: 2013	TC 17	鉄鋼生産からの二酸化炭素排出係数の計算方法－第2部: 電気式製鋼工場	90.93
14404-3: 2017	TC 17	鉄鋼生産からの二酸化炭素排出係数の計算方法－第3部: 電気アーク炉 (EAF) 及び石炭又はガスベースの直接還元鉄 (DRI) 施設をもつ製鋼所	90.92
14404-4: 2020	TC 17	鉄鋼生産からの二酸化炭素排出係数の計算方法－第4部: ISO 14404シリーズを使用するためのガイダンス	60.60
20915: 2018	TC 17	鋼製品のライフサイクルインベントリ計算の方法論	60.60

(2) 鉄鋼

鉄鋼における低炭素化に関する標準は、排出量測定に関する標準及び鉄鋼製品に関する標準の2つに分けられる。本節では、排出量測定に関する標準を示した後、鉄鋼製品に関する標準として、ResponsibleSteelとSBTiの提案している標準を示した後、その他の団体・企業の動向を示す。

(ア) 排出量測定に関する標準

世界鉄鋼協会(worldsteel)は、排出量測定の標準として、CO2 Emissions Data Collection User Guideを発行している。測定の対象となる範囲は、鉄鉱石処理から鉄鋼製品の製造までである。製造ルートは、高炉 - 転炉法(BF・BOF)、直接還元 - 電気炉(DRI・EAF)及びスクラップ - 電気炉の3種に絞られていて、例えば水素製鉄のような革新的な製造方法は対象としていない。図 33にworldsteel方式での排出量測定範囲を示す。鉄鉱石・石炭の処理から最終製品の製造工程で発生する物を直接的な排出量として計算する。鉄鉱石や石炭の採掘とその輸送工程での排出量は対象範囲外であるが、石油精製工程からの排出量、製鉄素材製造時の排出量など間接的な排出量は対象となる。

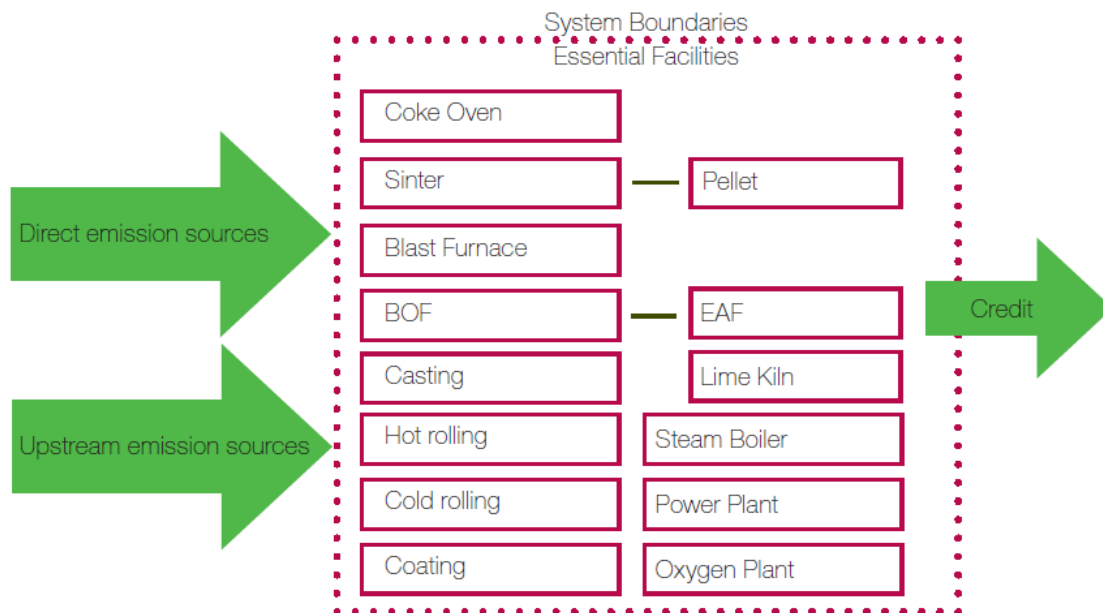


図 33 worldsteel方式の排出量測定範囲

前項で述べたように、ISOでも排出量の測定方法がISO 14404に定められている。この規格は日本鉄鋼連盟が幹事となって制定されたものである。ここでもworldsteel方式に倣って鉄鋼の製造ルートに応じて、高炉 - 転炉法、直接還元 - 電気炉及びスクラップ - 電気炉の3部

に分けて制定されている。

欧州標準化委員会 (CEN、European Committee for Standardization) も EN19694-Part 2 に鉄鋼製造における排出量の測定方法を定めている。これは、ISO 14404 と同等の内容となっている。

(イ) 鉄鋼製品に関する標準

実際に販売される鉄鋼製品がどれだけの排出量で製造された物であるのか。それを明示し、一定の基準を満たす物を認証するための各種の標準化が進められている。

ISO 20915 は鉄鋼製品のライフサイクルの評価方法のガイドラインを定めるもので、原料の採掘から鉄鋼製品の製造、そして使用後の廃棄までの全サプライチェーンを対象としている。

ISO 14040 に定められる製品カテゴリ規則 (Product Category Rules, PCR) 及び ISO 14025 が規定する製品環境宣言 (Environmental Product Declarations, EPD) は、特定の製品の環境影響を提示するもので、製品のライフサイクル評価に用いられる。

● ResponsibleSteel の GHG 排出基準

ResponsibleSteel は、持続可能な社会に貢献する鉄鋼業の認証の仕組みの作成を目的に活動しており、認証するために基準を設けて公開している。2019 年 1 月に公開した V1.0 では GHG 排出に対する取組み姿勢が要件であったが、2022 年 9 月に承認、公開された V2.0 では、算出方法や認証基準の値が定められた。なお、V2.0 は 2023 年から適用され、12 カ月間はテスト期間としている。

GHG 排出において項目 10 で要求されている事項 (Criterion) を表 65 に示す。これらのうち、認証取得では 4 つ、認証鋼の販売ではさらに 3 つの事項が加わり、7 つの事項が要求されている。また、V1.1 からは、事項 3 の GHG 排出量の算定方法、事項 4 の GHG 排出量の算定範囲が見直されるとともに、事項 5 の GHG 排出量削減計画、事項 6 の認証鋼としての販売が追加されている。新たに追加された事項 6 では、スクラップ投入量に依存したスライディングスケールによる GHG 排出量の基準が示されている。

表 65 ResponsibleSteel 認証における、GHG 排出量の基準と要求事項

No.	Summary of requirements	認証	販売'	V1.1 との 比較
10.1	★Corporate commitment to achieve the goals of the Paris Agreement ○The corporate owner has published a science-based target to reduce the company's GHG emissions in line with the achievement of the goals of the Paris Agreement	○	○	8.1 と 同一

10.2	★Corporate Climate-Related Financial Disclosure ○The corporate owner is implementing the recommendations of the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD)	○	○	8.2と同一
10.3	★Determination of GHG emissions for the purpose of site level GHG emissions reduction targets and planning ○GHG emissions are measured at the site level using a recognized international or regional standard	○	○	8.3を見直し
10.4	★Determination of site level GHG emissions for the purpose of reporting the GHG emissions intensity for the production of crude steel. ○Site level GHG emissions are measured from ‘cradle to crude steel’ following internationally consistent scope boundaries and GHG accounting rules		○	8.3を見直し
10.5	★Site-level GHG emissions reduction targets and planning ○GHG emissions reduction targets are in place and are being implemented at the site level	○	○	8.4に追加
10.6	★Requirements to market or sell products as ResponsibleSteel certified ○The site has achieved at least the ResponsibleSteel threshold level of performance for the GHG emissions intensity of its production of crude steel ○The GHG emissions intensity performance for the site is disclosed, tracking progress towards ‘near zero’ GHG emissions ○The product carbon footprint for all ResponsibleSteel certified products is determined and disclosed in line with a recognized international or regional standard		○	新規
10.7	★GHG emissions disclosure and reporting ○Key site level information published on the ResponsibleSteel website, including ・Site level GHG emissions data and decarbonisation target ・Site level GHG emissions intensity performance data and performance level ○Product level carbon footprint data available to customers		○	8.5を改訂

以下に、各事項(Criterion)について、その内容を整理する。

事項1) パリ協定の目標達成へのコミットメント

GHG排出量ネットゼロを達成することを目標に、GHG排出量をパリ協定の目標の達成と両立するレベルに削減するための長期及び中期戦略を定義し、実施していることを求めている。

事項2) 気候変動関連情報の開示

Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD)提言を実施していることを求めている。

事項3) GHG排出量削減目標と計画のためのGHG排出量の決定

GHG排出量の削減目標と削減計画作成のために、サイトでの直接排出量(スコープ1)を測定・記録した一次データを用いるとともに、サイト外から供給されるエネルギー(エネルギー間接:スコープ2)や上流間接(スコープ3)については一次データを用いることが望ましく、それができない場合は正当な排出係数や二次データを用いて推定することとしている。なお、原料については、スクラップを除く鉄原料(直接還元鉄(DRI)、粒状銑鉄(GPI)、HBI、銑鉄等)は、一次データを用いることを強く推奨している。

*一次データ:直接測定及び算出されたデータ

*二次データ:それらの一般的な排出量として提供されているデータ(付録11にも例示)

事項4) 粗鋼生産のGHG排出原単位を報告するためのGHG排出量の決定

GHG排出量の算出の具体的な方法が定められており、特記すべきものとしては、粗鋼製造まで(鑄造工程まで)のものとする、生物由来の投入材料の扱いやCCU/CCSがあげられる。それらを含めて定められた項目は以下のとおりである。

- ・ GHGの対象は、CO₂のほか、CH₄、NF₃、N₂O、HFC、PFC、SF₆を含め、直近のIPCC評価報告書で発表された地球温暖化係数を用いる。
- ・ 直接排出量(スコープ1)は、粗鋼製造段階までのものとする。
- ・ 廃棄物の処分に関連する排出量を除き、下流工程は含めない。
- ・ 直接排出量の算定には、木炭、使用済みプラスチック、廃材/再生木材等の全ての炭素源を用いる。
- ・ エネルギーの排出量(スコープ2)からは、自サイトのプロセスガスから生成されたものは除外する。
- ・ 原料の排出量(スコープ3)は、cradle to gate(原料の採掘～自サイトへの輸送)の直接、エネルギー間接、上流間接を含める。なお、その対象は鉄含有材料、補助材料、合金及び金属添加材、固形燃料、液体燃料、ガス燃料、その他の投入資材とする。

- ・ 生物由来の投入材料についてはゼロとするが、土地の造成や収穫、輸送の分は含める。なお、オフセット効果(炭素吸着効果)はサプライヤーから認められた手法(ISO 14067等)で算出したGHG排出量を提供された場合のみ可能とする。
- ・ スクラップ及び使用済み再生材については、ゼロとするが輸送に関するGHG排出量を含めること。
- ・ 粗鋼の製造までのGHG排出量とし、廃棄物や残留物の処理に関するものは含めるが、中間製品(コークス、銑鉄等)で出荷するものの製造に関するもの、圧延等の下流工程に関するものは含めない。
- ・ 副生ガスの再利用や貯留(CCU/CCS)する分を削除するための算定ルールを定める。なお、CCSについては、その技術内容を説明するとともに、漏えいが発生した場合は発生した年の排出量に加算する。

事項5) サイトレベルのGHG排出削減目標と計画

サイト毎のGHG排出削減目標と削減計画は、企業全体のものを下回ることを原則とする。また、電力の使用に関するGHG排出量が10%以上を占める場合は、その削減目標や削減計画を示すことを要求するとともに、その中期目標を公開するとしている。

事項6) 認定された商品として販売するための要求事項

認証された製品として販売するための粗鋼段階でのGHG排出量が定められている。排出量の上限を表 66及び図 34に示す。排出量の上限值はスクラップの投入割合で変化し、Level 1では、スクラップ投入量が0%の場合は2.8tonCO₂e/粗鋼ton、スクラップ投入量が100%の場合は0.36tonCO₂e/粗鋼tonとしている。この、Level 1は、2018年以降、メンバー間で以下を参考に設定されている。

- ・ 公開されている既存の推定値
- ・ worldsteelのCO₂排出量算定手法に従って製鉄企業メンバーが提供されたデータ
- ・ コンサルタント組織CRUによってモデル化された、世界の約300のサイト固有のデータ
- ・ IEAが報告書で定めた、微粉炭吹き込み(PCI)や電気炉(EAF)による鉄鋼生産におけるGHG排出量(IEA報告書:2022年5月「Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members」)

ここで、Level 4は、‘near Zero’に相当し、IEAが鉄鋼製品に設定した‘near Zero’目標と一致し、中間のLevel 2, 3もIEAの提案に一致しているとしている。なお、この閾値は5年毎に見直し、鉄鋼分野が最速で‘near Zero’を達成する目的で改訂される可能性があるとしている。また、合金含有量が8%以下の高合金やステンレス鋼にも適用できるとしているが、高合金の閾値については、今後も議論が必要であるとしている。さらに、製品のカーボンフットプリントも算定し、開示することを要求している。

事項7) GHG排出量の開示と報告

算定結果について、粗鋼のGHG排出原単位が年間生産量(販売可能量)やスクラップの割合とともに、公開されるとしている。また、販売製品についてはそのカーボンフットプリントを、ResponsibleSteelにて公開することとしている。なお、一般に公開されるかの会員のみに公開されるのかは、明示されていない。

表 66 ResponsibleSteel認証鋼として販売するためのGHG排出量(t-CO₂e/ton)

	スクラップ使用比率		
	0.0	X	1.0
Level 1	2.80	$2.80 - 2.45 * X$	0.35
Level 2	2.00	$2.00 - 1.75 * X$	0.25
Level 3	1.20	$1.20 - 1.05 * X$	0.15
Level 4	0.40	$0.40 - 0.35 * X$	0.05

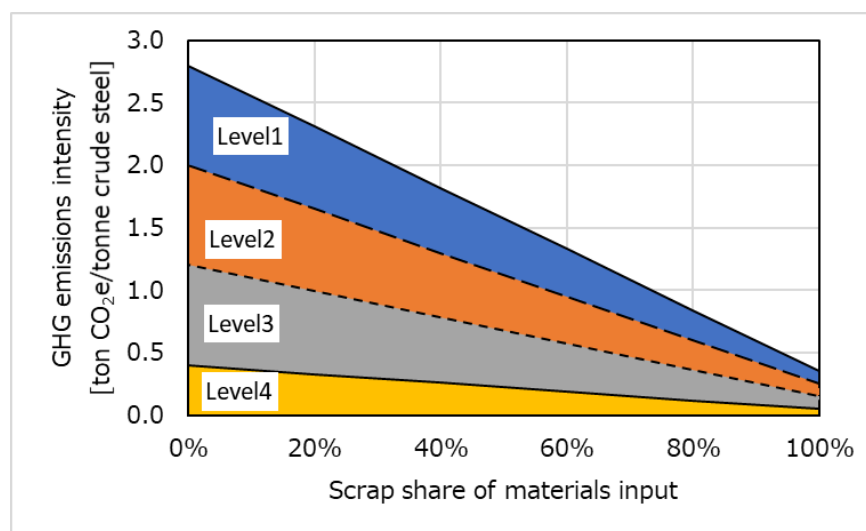


図 34 スクラップ投入量と、認証のためのGHG排出量の閾値の関係

●SBTiによる鉄鋼部門の目標設定ガイダンス

SBTiは、2022年11月に「鉄鋼の科学的根拠に基づいた目標設定ガイダンス 市中協議案(以下、目標設定ガイダンスと記載)」(Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation))を公開した。さらに、2022年11月に、目標設定ガイダンスの内容について、「鉄鋼部門における科学的根拠に基づいた1.5℃目標設定」(1.5℃ Science Based Target Setting in the Steel Sector)のタイトルで、公開相談ウェビナーを開催し、利害関係者より意見を求めた。

目標設定ガイダンスは、「1.概要紹介、2.短期、長期及びネットゼロの科学的根拠に基づい

た目標、3.鉄鋼脱炭素経路、4.セクター固有の基準と推奨事項の概要、5. 科学的根拠に基づいた目標の設定方法、6.用語集、7.参考文献、付録1. 経路の開発、付録2.セクターの1.5°C経路はどのように2つの経路に分割されたか、付録3.鉄鋼SDA境界の開発」より構成されている。3.鉄鋼脱炭素経路では、コア境界(算定に加える範囲)を定めるとともに、スクラップ投入量に依存した経路を提示している。また、5.科学的根拠に基づいた目標の設定方法において、コア境界内に含まれる購入品や販売製品の扱いや、目標の設定方法が述べられるとともに、スクラップ投入量に依存したスライディングスケールによるGHG排出量の基準が示されている。

以下、目標設定ガイダンスの主要部分である「1.概要紹介～5. 科学的根拠に基づいた目標の設定方法」を順に説明する。

1. 概要紹介

目標設定ガイダンスは、企業レベルで、IEA、2021年の1.5°C目標シナリオに合わせた短期及び長期目標を設定するためのリソースを企業に提供するために作成された。

目標設定ガイダンスは、SBTiとETC (Energy Transitions Commission) のパートナーシップの成果であり、鉄鋼プロジェクトでは、業界、市民社会及び学会の29の組織よりなるEAG (Expert Advisory Group: 表 67)より助言を受け、SBTiの承認により完成となった。なお、鉄鋼プロジェクトの資金は、ArcelorMittalより提供された。

目標設定ガイダンスは、以下の3つの特徴がある。

- (1) 大きな産業部門として、鉄鋼部門は、主としてコークスによる鉄鉱石の還元と燃料と電気からの排出があり、鉄鋼部門の脱炭素化速度は社会全体とは異なる可能性がある。鉄鋼に関するモデリングとデータは複数の排出シナリオに関する文献が適用できる。これらの理由により、専用経路とツールは正当化されている。
- (2) 鉄鋼セクターでは、鉱石ベースとスクラップベースの2つの脱炭素経路に分け、各々の経路での、炭素原単位の削減を図った。
- (3) 鉄鋼コアSDA境界、スクラップ投入に基づく差別化された経路、購入中間材料を対象とする目標の新しい要件、及び、燃料からの上流排出を対象とする必須のスコープ3目標を導入することにより、最新のSBTi基準、ネットゼロ目標と1.5°C目標に則り、より詳細な方法論を提供した。

表 67 EAGメンバー組織

Aceros AZA S.A.	Nippon Steel Corporation
Aperam	Outokumpu Oyi
ArcelorMittal	POSCO
Baoshan Iron & Steel Co Ltd (Baosteel)	Potsdam Institute for Climate Impact Research
Bellona	ResponsibleSteel
BlueScope Steel Limited	Rocky Mountain Institute (RMI)
Cleveland-Cliffs Inc.	Severstal PAO
E3G	Tata Steel
Energy Transitions Commission (ETC)	Transition Pathway Initiative
Environmental Coalition on Standards(ECOS)	Vallourec
Gerdau	Voestalpine AG
Imperial College	World Steel Association
JSW Steel Ltd	WWF (Finland)
Liberty Steel UK	

(出典: SBTi, 2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.4)

2. 短期、長期及びネットゼロの科学的根拠に基づいた目標

ネットゼロ基準は、図 35のように、企業のネットゼロ目標を構成する次の4つの重要な要素（①短期SBT、②長期SBT、③バリューチェーンを超えた緩和(随意)、④残留排出量の中和）を設定している。

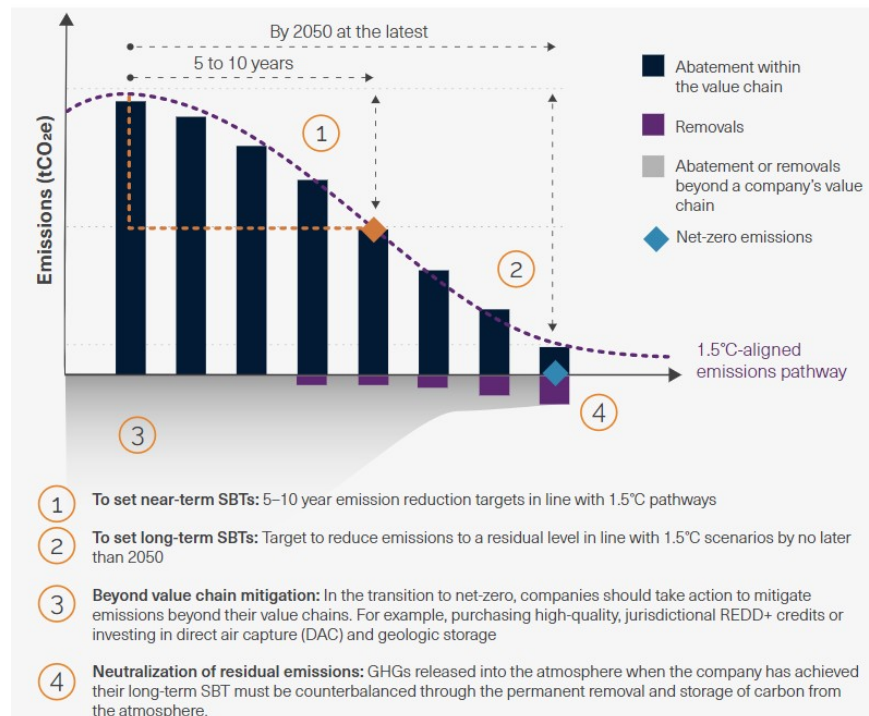


図 35 ネットゼロ基準の主要要素

(出典: SBTi, 2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.7、Figure 1)

短期SBTは5・10年の時間枠であり、長期SBTは、遅くとも2050年までに残留排出レベルに到達し、残留排出レベルを中和してネットゼロに到達することを約束する目標である。ネットゼロ目標を設定したい企業は、短期及び長期目標を設置する必要がある。又は、短期目標の設定のみを選択することはできるが、長期目標のみを設定することはできない。

バリューチェーンを超えた緩和とは、企業の本来の事業活動範囲を超えた領域での排出緩和を意味し、REDD+(途上国森林保全活動への経済的利益提供)クレジットの購入、CO₂の空気からの分離回収(DAC)や地中貯留への投資等が例示される。

残留排出、すなわち長期SBTを達成したときにまだ大気中に放出されているGHGは、ネットゼロ排出を達成するために、大気からの炭素の恒久的な除去と貯蔵によって相殺されなければならない。この相殺を残留排出の中和と呼ぶ。中和の例としては、CO₂の空気からの分離回収(DAC)や地中貯留、二酸化炭素の回収と貯留を伴うバイオエネルギー(BECCS)、土壌管理の改善、森林管理の改善、泥炭地、陸生林、マングローブなどの土地の回復が例示される。

3. 鉄鋼脱炭素経路:

SBTiは、次の3段階の手順で、企業がSBTを計算するためのツールを作成した。

①世界の炭素収支とそのセクターへの配分の決定。②様々なシナリオの比較とEAGとの議論を基礎とした、セクター配分内に収まるもっともらしい脱炭素化の軌道経路を説明するシナリオの選定。③セクターの経路を企業目標に変換するため、セクター脱炭素アプローチ(Sectoral Decarbonization Approach : SDA)のような目標設定手法の使用。

目標設定方法:セクター脱炭素化アプローチ(SDA)

SDAは、「セクター固有の原単位収束」アプローチとして知られ、セクター固有の経路に沿った物理的原単位のGHG削減目標をモデル化できるようにする目標設定方法論である。SDAでは、炭素原単位曲線を定義するために、業界の市場予測を考慮し、年間排出経路に分割される。目標は、2050年までにセクターのすべての企業が同じ原単位レベルに収束すると仮定して設定される。SBTは、この収束経路に沿って短期的(5年から10年)に設定され、その傾きは、基準年のセクターと比較した相対原単位と予測される企業活動の成長率によって決定される(図 36)。SDAは、専用の経路を持つ同種のセクターに使用される。セクター横断的な総排出量削減アプローチは(総排出量収縮アプローチとも呼ばれ、固定年率で総排出量削減を要求)、ほとんどのセクター、特にセクター経路を持たないセクターで使用できる。

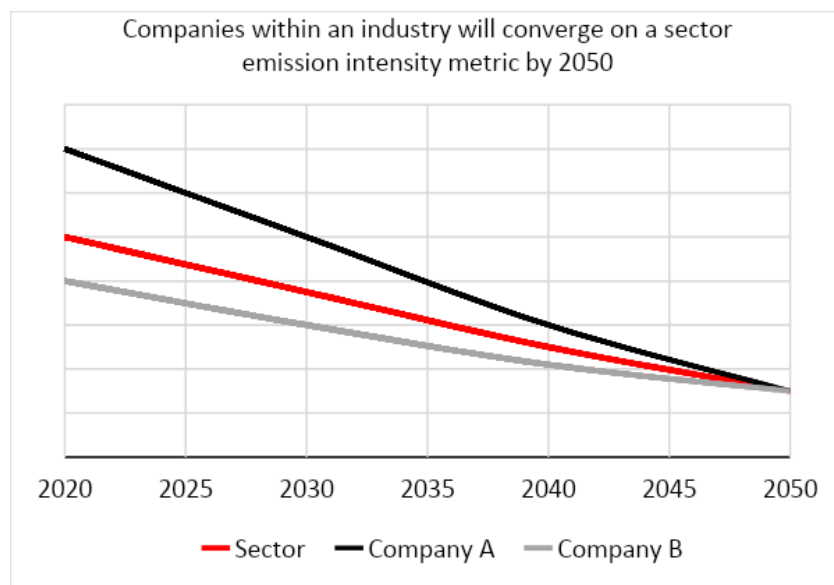


図 36 原単位の収束経路

(企業は2050年までにセクターの平均原単位(赤線)に収束する必要がある。)

(出典: SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.9、Figure 2)

鉄鋼コアSDA境界

鉄鋼コアのSDA境界を図 37に示す。

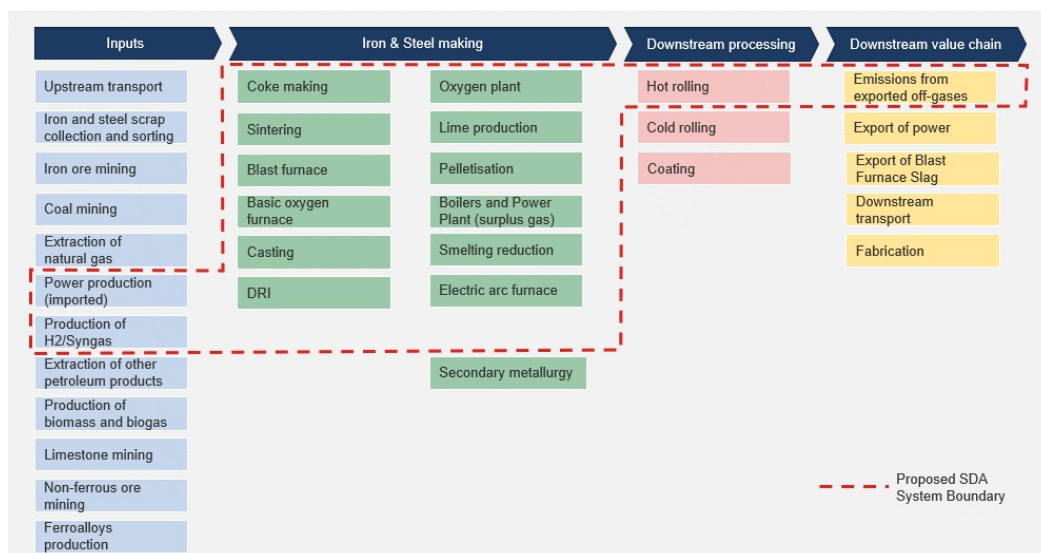


図 37 鉄鋼コアSDA境界

(出典: SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.10、Figure 3)

スクラップ投入依存経路

鉱石ベースとスクラップベースの製鋼の排出プロファイルが大きく異なること、及び鉄鋼各社がスクラップ投入量を年ごとに変更できるという事実を考慮するために、鉄鋼SDAはスクラップ投入量に依存する経路に基づいて作成されている。この経路は、1.5°Cに調整されたセクター経路である100%スクラップベース(二次)経路と0%スクラップベース(一次)経路の2つの固定された経路から計算される。特定スクラップ率の企業のスクラップ投入依存経路は、一次経路と二次経路の間にあり、スクラップベースの生産と金属投入する鉱石ベースの生産の生産比率とその時間変化に応じて位置が変化する。これがインプット依存経路の原則である。スクラップベースの生産と鉱石ベースの生産には別々の経路があり、例えば30%スクラップと70%鉱石で生産する会社は、これら2つの間の経路を持つ。この経路は、企業の目標と同じではないことに注意を要す。これは、SDAに従って企業の排出量が徐々に収束しなければならないラインであり、企業の排出原単位は2050年に目標ラインに達する(図 38)。

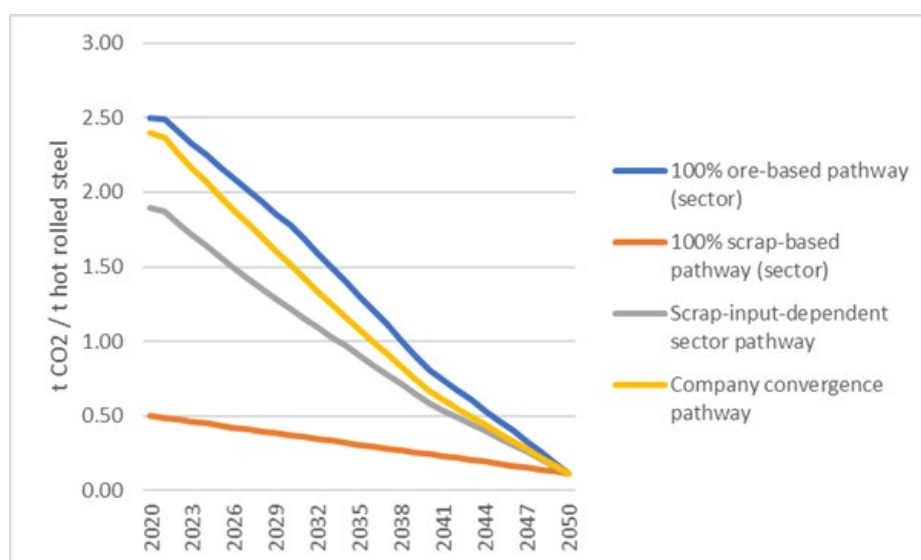


図 38 鉄鋼SDAのスクラップ投入依存経路

(企業の目標は、スクラップ投入に依存する1.5°C経路への収束から計算される。この例は、2020年から30年にかけて10%の活動成長率を持ち、2020年に2.4tCO₂/tの熱間圧延鋼、30%のスクラップ投入率、2030年に40%のスクラップ投入率を持つ企業を示す。)

(出典: SBTi, 2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.11、Figure 4)

鉄鋼を脱炭素化するための手段

鉄鋼セクターが1.5°C目標で必要とされる大幅な脱炭素化のレベルに到達するための道筋を説明する排出シナリオは、排出削減のために多くの手段を指し示している。

これらの手段の多くは既に実施されている。スクラップの使用とエネルギー効率の向上、燃

料の化石燃料を使用しない電力への切り替え、トップガスリサイクルの導入、溶鉱炉への吹き込み石炭の持続可能な方法で調達されたバイオ燃料への置き換えなどである。グリーン水素、炭素回収及び永久地中貯留(CCS)、炭素回収、貯留を伴うバイオエネルギー(BECCS)、溶融還元、溶融鉄鉱石の直接電気分解、電解採取-EAFなどの画期的な技術も、セクターの著しい排出量削減のために必要である。

4.セクター固有の基準と推奨事項の概要：

以下に、鉄鋼セクターでの9つの必須事項と3つの推奨事項を整理する。

表 68 鉄鋼セクターの必須事項(鋼C1～C9)と推奨事項(鋼R1～R3)

トピック	基準/推奨	説明
システム境界の使用	鋼-C1	鉄鋼 SDA が目標設定に使用される場合、対象となる排出量は、本文書で定義されている鉄鋼コア SDA 境界に沿うものとする。原単位の分母は熱延鋼重量とする。
鉄鋼SDAの使用制限	鋼-C2	鉄鋼 SDA は、鉄鋼コア SDA 境界に含まれる排出量を対象とする目標設定に使用できる。企業活動の 5%以上を占めるその他の活動は、SBTi のセクター横断的手法を使用して計算した別目標とする。
鉄鋼SDAの目標水準	鋼-C3	スコープ 1、2または 3 排出量のいずれであっても、目標設定にスチール SDA が使用される場合、目標水準は 1.5°Cとする。
短期目標計算に使うスクラップ率変化の開示	鋼-C4	鉄鋼 SDA を短期目標設定に使用する場合、基準年と目標年との間のスクラップ率の相対的变化を目標説明文に示すものとする。
要求される短期のスコープ3対象範囲：購入中間製品	鋼-C5	短期の鉄鋼会社 SBT には、コア鉄鋼SDA境界内にある購入した中間製品のサプライヤーの排出量の少なくとも95%を含めるものとし、その会社のスコープ 1、2および 3 の総排出量と比較したこれらの排出量割合が40%以上かどうかに関係しない。
必須の短期のスコープ3カテゴリ：上流の燃料、エネルギー関連排出	鋼-C6	短期の鉄鋼会社 SBT には、少なくともスコープ3カテゴリ3「スコープ1またはスコープ2に含まれない燃料およびエネルギー関連の排出」を対象とするスコープ3目標を含めるものとする。これには、原材料入手から製品出荷までの、バイオマス燃料や冶金用石炭を含むすべての種類の燃料を含み、GHG プロトコルに従って購入電力の送電および配電の損失を含めるものとする。
副産物	鋼-C7	販売された副産物の使用により回避された排出は、SBT を満たすための排出削減としてカウントしないものとする。
成長予測	鋼-C8	鉄鋼 SDA を目標設定に使用する場合、企業は、目標の提出において、目標計算に使用した成長予測の正当性を提供するものとする。これには、関連する場合は成長予測が言及されている公開文書または内部文書が含まれる。
年次排出量報告	鋼-C9	SBTi一般基準C25によると、企業は、その目標に関連する排出量を毎年開示するものとする。これは、鉄鋼 SDA が目標設定に使用される場合、目標の境界に沿った排出量の年間開示は必須である。
推奨される鉄合金を対象とする短期スコープ3目標	鋼-R1	ステンレス鋼または高合金鋼会社の短期 SBT には、彼らが責任を負うスコープ 1、2および 3 の総排出量のシェアに関係なく、少なくとも合金鉄の調達を対象とするスコープ3のカテゴリ 1「購入した商品およびサービス」を対象とするスコープ3の目標を含める必要がある。
画期的技術への投資	鋼-R2	鉄鋼会社は、計画されたマイルストーンや近い将来の投資などの情報を開示して、目標を達成するために必要な画期的な技術が予定された時間枠内で確実に利用できるようにするためのコミットメントの整合性を示す必要がある。
絶対排出量削減に関する情報	鋼-R3	原単位目標も総排出量削減につながり、材料使用の最適化による進歩を示すために、目標を原単位で表現している企業は、彼らの目標によって達成される総排出量削減を公表することが推奨される。

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.12～15の表を翻訳、集約)

5. 科学的根拠に基づいた目標の設定方法

SBTの設定は以下の4ステップよりなる。

ステップ1: 目標の境界、スコープ及び目標設定方法の決定

関連する活動とスコープ全体で目標を設定する方法を決定するため、一般的なSBTi基準とこのセクター固有のガイダンス文書を確認する。

ステップ2: 排出インベントリの計算

GHGプロトコルによって提供されるガイダンスに従って、基準年と直近年の排出インベントリ及び活動を計算する。

ステップ3: ターゲットの構築

SBTiツールを使用してSDAターゲットをモデル化する。SBTi基準を満たすために鉄鋼SDAでカバーされていない排出量に対処するために、追加の目標も必要になる場合があり、SBTiツールでモデル化できる。

ステップ4: SBTi への目標提出

完成した目標提出フォームをSBTiに提出する。

以下、ステップごとに詳細を説明する。

<ステップ 1: 目標の境界、スコープ及び目標設定方法の決定>

SBTの対象となる排出、SBTを計算する際に使用するアプローチを決定するには、次の手順に従う必要がある。

- ① 短期目標のみを設定するか、長期/ネットゼロ目標(短期目標を含む)を設定するかを決定する。
- ② 各目標の基準年と目標年を決定する。短期目標は、提出日から5～10年の期間とし、長期目標年は2050年又はそれ以前とすることが必要である。関連規則は、SBTi一般則とネットゼロ基準に記載されている。
- ③ スコープ3目標は希望/オプション又は必須かを決定する。セクター固有のガイダンスを以下に示す。
- ④ どの排出が境界内又は境界外かを決定する。すなわち、このガイダンスに従って、鉄鋼コアのSDA境界に含まれる排出を決め、その他の排出は、SBTi一般則とネットゼロ基準に従った目標によって対処することが要求される。
- ⑤ それぞれ目標に対し、どの設定方法を使用するかを決定する。

【必要なスコープ】

一般則に規定される目標設定が必要なスコープは以下のとおりである。

短期目標の場合:

- ① スコープ1及び2の全排出量の少なくとも95%は含まれる。

- ② 企業の関連するスコープ3の排出量が、スコープ1、2及び3の合計排出量の40%以上である場合、スコープ3の目標が必要である。少なくとも67%を対象とする。
- ③ 天然ガス及び/又はその他の化石燃料の販売又は流通に関与するすべての企業は、販売された製品の使用について、スコープ1、2及び3の全排出量に対するスコープ3の排出量の割合に関係なく、1.5℃目標に合わせたスコープ3目標を設定するものとする。

長期(ネットゼロ)目標の場合:

スコープ1、2及び3を含める必要がある。適用範囲は、スコープ1と2に対し95%以上、スコープ3に対し90%以上とする。

鉄鋼生産者に適用されるこれらの一般規則に対する追加要件は、このガイダンス文書に記載されており、以下のように要約できる。

- ① 鉄鋼生産者は、スコープ1、2又は3に関係なく、鉄鋼コアSDA境界に該当する活動からの自社排出量の少なくとも95%を目標に含める必要がある。
- ② 短期の鉄鋼会社のSBTには、コア境界内に収まる購入した中間製品の排出量の少なくとも95%を含めるものとする(つまり、スコープ3カテゴリ1の購入した商品及びサービスと見なされるこれらの排出量は、SDAを使用して計算されたコア目標の一部として対象となる)。
- ③ 燃料とエネルギー関連の排出量に対する必須のスコープ3目標は、他の目標の対象ではない。

【鉄鋼コアSDA境界】

境界はどのように使用されるか?

鉄鋼コアSDA境界に含まれるすべてのプロセスは、鉄鋼SDA目標設定方法に該当し、それが特定の実体に対してスコープ1、2又は3排出量であるかに関係しない。コア境界内にある購入品や販売した製品の加工からの排出も含まれる。

購入した製品からの排出量はどのように含めなければならないか?

鉄鋼コアSDA境界内に含まれる中間製品を購入する企業は、これらの製品からの排出量を目標境界に含める必要がある。

この措置は、企業が生産原料から購入原料に変更することでスコープ1排出量を削減する「スコープの漏れ」のリスクを軽減するためだけでなく、統合された企業と統合されていない企業の間には公平な競争の場を提供するために導入されている。

したがって、鉄鋼SDA目標には、以下①～⑧の購入品からの排出量の少なくとも95%を含める必要がある。

購入品: ①コークス、②合成ガス、③水素、④動力、⑤石灰、⑥酸素、⑦鉄鉱石ペレット又はその他の形態の塊成化した鉄鉱石(すなわち、焼結鉱)、⑧ホットブリケット鉄(HBI)又はその他の形態の鉄(すなわち、銑鉄)。

含まれる排出量は、供給者のスコープ1及び2の排出量でなければならない（これらの排出量はこれらの製品が置かれるスコープ3目標に関連するものの、これらの製品の入荷から出荷までの排出量は、コア境界に含めることは必須ではない）。

販売された中間製品からの排出量はどうに含まれるか？

余剰の中間製品（コークス、焼結鉱、ペレット等）を他の鉄鋼会社に販売する会社に対して、これらの中間製品の製造プロセスは、図 37に示す鉄鋼コアSDA境界内に該当する。これらの製品は以下のとおりである。

- ・ コークス、
- ・ 鉄鉱石ペレット又はその他の形態の塊成化鉄鉱石（すなわち、焼結鋼）、
- ・ ホットブリケット鉄（HBI）又はその他の形態の鉄（すなわち、銑鉄）。

したがって、これらの企業は、これらの製品の生産による自社のスコープ1及び2の排出量を、コア境界に基づく目標に含める必要がある。

一方、下流側企業のこれらの製品のさらなる加工は、セクター横断手法により独立したスコープ3目標として設定してもよい。

境界外の排出量はどうに目標に含めるのか？

鉄鋼コアSDA境界外の排出は、そのスコープに従って処理される。境界外のスコープ1及び2排出量については、企業はSBTiセクター横断手法の1つを使用して目標を設定する。

境界外のスコープ3排出量について、一般的SBTiガイドラインでは、企業のスコープ3の排出量が企業の総排出量（スコープ1+2+3）の40%以上を占める場合、その企業は短期的な境界外の排出に対するスコープ3目標を設定する必要があると規定されている（境界内の排出はSDAの対象とする）。

上流側の燃料及びエネルギー関連の排出、及び購入した燃料と電力からの排出については、企業の総排出量に対する比率に関係なく、スコープ3目標を設定する必要がある。

排出の種類とその推奨される目標アプローチの概要は、表 69に含まれる。

すべてのSBTに関して、鉄鋼コアSDA境界とセクター横断的削減アプローチの対象となる排出量の合計には、企業のスコープ1及び2排出量の少なくとも95%を含む。さらに、企業は、鉄鋼コアSDA境界内の排出量の95%以上が鉄鋼SDAに含まれていることを確認する必要がある。

副産物は境界でどのように扱われるべきか？

他産業に販売されるオフガスや高炉スラグなどの副産物のプラスの影響を認識することは価値があるかもしれないが、鉄鋼SBTがGHGプロトコル事業者排出算定基準に沿うもの

かを確認して、SBT設定のコンテキストから除外する。広く受け入れられている分野横断的な副産物の炭素算定規則が確立されるとすぐに、このトピックは、バリューチェーンを超えた緩和のコンテキストで再検討、更新される可能性がある。

高合金/ステンレス鋼及び合金鉄の生産と使用は境界内でどのように扱われるべきか？

高合金鋼の入荷から出荷までの排出量は、次の2つの理由で炭素鋼の排出量と区別する。

- ① 合金鉄製造過程で排出がある(上流側企業又は鉄鋼会社による場合でも)。
- ② 鉄鋼製造では、合金鉄中の炭素含有量がCO₂(「プロセス排出」)として放出される。

図 37に示すように、鉄合金製造はSDAシステム境界から除外されている。これは、合金鉄生産のための広く受け入れられている1.5°Cの脱炭素経路がないためである。したがって、高合金鋼の生産者には、以下のとおり、SBTを設定するための2つの選択肢がある。

- ① 分野横断的総排出量削減アプローチを使用して、スコープ1、2及び3の目標を設定する。その際、スコープ1及び2には1.5°C目標で、スコープ3に対しては少なくともwell below 2°C目標とする。

又は、

- ② -1 SDAを使用してコア境界内の製鋼活動の目標を設定する。
- 2 1.5°Cの分野横断的総排出量削減を使用し、自社の合金鉄生産のスコープ1及び2の目標を設定する。
- 3 関連するスコープ3手法のいずれかを使用して、購入合金鉄の受入～出荷までの排出量を対象とするスコープ3目標を設定する。
- 4 (オプション)各々の目標を排出総量に変換し、1つの目標にまとめる。

【目標設定方法】

スコープ1、2及び3排出量の許容される目標設定方法を以下に示す。

スコープ1 & 2

企業は、鉄鋼セクター別脱炭素化アプローチ(SDA)を使用して、鉄鋼コアSDA境界内の鉄鋼生産のスコープ1及び2目標を設定できる。また、他のすべてのプロセスを対象とするスコープ1及び2目標に対しては、分野横断的総排出量削減アプローチを使用する必要がある。

1.5°Cのシナリオと一致する速度で再生可能電力を積極的に調達するという目標は、スコープ2排出削減目標の代替として許容される(SBTi基準参照)。

スコープ3

スコープ3の短期目標は、5つのアプローチ(総量削減、経済的原単位、物理的原単位収束(SDA)、物理的原単位削減、サプライヤーエンゲージメント)のいずれかにより設定できる。

スコープ3の長期目標は、4つのアプローチ(総量削減、経済的原単位、物理的原単位収束、物理的原単位削減)のいずれかにより設定できる。

物理的原単位の低減を選択する場合、目標に関連する適切な分母を選択する必要がある。スコープ3カテゴリの実際の脱炭素化とは関係なく大幅に変動する可能性が高い分母は、回避する必要がある。これは、脱炭素化への実際の努力が行われていない目標に向けて前進しているという印象を与えるリスクがあるためである。

鉄鋼SDAの使用制限

鉄鋼SDAは、主な活動が鉄又は炭素鋼の生産である企業が必要とする。スコープ1及び2の排出量の95%以上が、鉄鋼コアSDAに該当する製鉄及び製鋼プロセスに起因する企業は、鉄鋼SDAのみを使用してターゲットを設定できる。スコープ1及び2排出量の5~95%が製鉄及び製鋼プロセスに起因する企業は、鉄鋼コアSDA境界に該当する排出量に相当する部分に鉄鋼SDAを使用できる。

鉄を含むセクターで、特定の間製品、つまり高温ブリケット鉄と銑鉄、又は鉄を形成する原料を製造する企業も、セクター排出の大部分が製鉄に起因することを考えると、これらの活動にSDAを使用することができる。

鉄鋼SDAは、ステンレス鋼生産者が、鉄鋼コアSDA境界内に含まれるプロセスに対して使用できる。

企業は、鉄鋼SDAを他のSBTi目標設定アプローチとどのように組み合わせられるか？

鉄鋼コアSDA 境界外の活動からのスコープ1及び2の排出量の目標設定には、分野横断的総排出量削減アプローチ又はその他の関連SDAを使用するものとする。

表 69 排出タイプとアプローチの概要

排出タイプ		例	目標設定アプローチ
スコープ1	SDA境界内排出量	焼結からの排出量	鉄鋼SDA
スコープ1	SDA境界外排出量	塗装からの排出量	SBTi分野横断的目標アプローチ(1.5°C)
スコープ2	SDA境界内排出量	電気炉用購入電力からの排出量	鉄鋼SDA
スコープ2	SDA境界外排出量	冷延用購入電力からの排出量	SBTi分野横断的目標アプローチ(1.5°C)
SDA境界内の購入中間プロジェクトの生産		購入HBIからの排出量	鉄鋼SDA
スコープ3	SDA境界外排出量、非上流側燃料/エネルギー/原料炭/鉱石関連	スクラップ搬送からの排出量	SBTi分野横断的目標アプローチ
スコープ3	SDA境界外排出量、上流側燃料/エネルギー/原料炭/鉱石関連	天然ガス抽出からのメタン排出量	SBTi分野横断的目標アプローチ

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.10、Table 1、を翻訳、編集)

＜ステップ 2: 排出インベントリの計算＞

このステップでは、企業は基準年と直近年の排出量、生産量、スクラップ率のデータを収集し、製品の定義、含まれる排出量などに関する以下の基準を適用する必要がある。

目標設定のためのすべてのGHG計算は、SBTi目標妥当性確認規定、GHGプロトコルコーポレート基準、及び企業のバリューチェーン(スコープ3)基準に従うものとする。

企業が鉄鋼 SDA を使用するためにどのデータポイントが必要か？

目標設定のために、企業は排出インベントリには、次のデータが含まれている必要がある。

- ① 鉄鋼コアSDA境界で定義された基準年排出量
- ② 基準年生産量(Mt 熱延鋼)
- ③ 目標年予想生産量(Mt 熱延鋼)
- ④ 基準年スクラップ率(%)
- ⑤ 目標年予想スクラップ率(%)

排出量データの収集には、どの算定方法に従うべきか？

目標設定のためのすべてのGHG計算は、SBTi目標妥当性確認規定、GHGプロトコルコーポレート算定、報告基準及びこの文書で定められた要件に従う必要がある。

企業は、鉄鋼コアSDA境界に含まれる購入した製品又はプロセスの排出量データをベンダーから直接収集することを目指す必要がある。この排出量データは、鉄鋼コアSDA境界内に含まれるプロセスのみに基づく必要がある。

企業はスクラップ率をどのように決定する必要があるか？

鉄鋼業界では、次の3種類のスクラップが使用される。

- ① 製鉄、圧延、仕上げの工程で発生する自社スクラップ
- ② 顧客の鉄鋼製品の加工中に発生する加工スクラップ
- ③ 鉄鋼製品の寿命が尽きたときに発生する使用済みスクラップ

スクラップ率決定のために、鉄鋼業界では主に2つのアプローチが使用される。

- ① 外部購入した金属スクラップの投入量のみより算出:スクラップの質量は、購入した外部スクラップの質量から販売済みの自社スクラップの質量を差し引いたものとして定義する。スクラップ率は、スクラップの質量を、スクラップの質量と鉄鉱石の質量の合計(品位ごとに補正)で除して求める。
- ② メルトショップに入るすべての金属スクラップより算出:スクラップの質量は、メルトショップに入るすべてのスクラップ投入量として定義される。スクラップ率は、スクラップの総質量を生産された鋼の総質量で割ることで決定される。

<ステップ3:ターゲットの構築>

企業は、SBTを作成するため、次の手順に従う必要がある。

- ① 目標年の生産予測のためのデータを収集する。
- ② ステップ2の排出量インベントリデータを目録設定ツールに入力、このガイダンスの追加ガイダンスと例に従い、スコープ1、2、3の有効な目標に必要な削減量を計算する。
- ③ SBTi報告書式とこのガイダンスのガイダンスと例に従って、目標の文章を決定する。

スライディングスケールは、さまざまなタイプの鉄鋼会社でどのように使用できるか?

スライディングスケールを使用して、企業はスクラップの使用に応じて独自の目標経路を構築する。図 39に、4つの異なるタイプの鉄鋼会社の例を示す。企業目標は常に排出原単位の相対削減率で示されるため、図の線は企業の基準年の排出原単位に対する指数を示している。2030年までに必要な4タイプの企業の原単位削減率を表 70に示す。

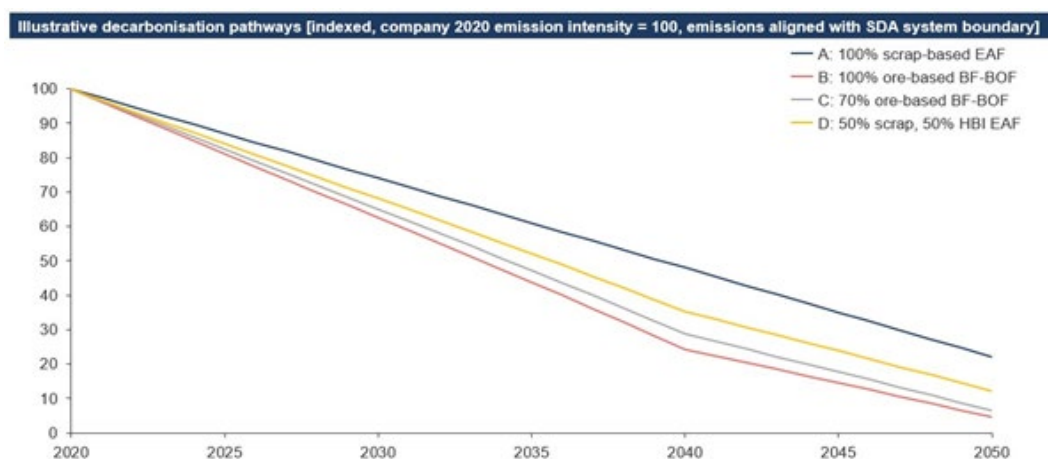


図 39 スライディングスケールを使用した4つの異なるタイプの製鋼会社の目標経路
(IEA NZE経路に基づき、鉄鋼コアSDA境界に合わせて調整。)

(出典: SBTi, 2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.23、Figure 5)

表 70 スライディングスケールを使用した4つの異なるタイプの製鋼会社の目標値
(生産変化無し、削減はIEA NZE経路に基づき、鉄鋼コアSDA境界に合わせて調整。
これらは単なる例で、その他のケースを計算するには、SBTツールを参照。)

企業	生産形態 (基準年、目標年で変化無し)	基準年 (2020年) 排出原単位 (kgCO ₂ eq/ts)	2030年の原単位削減率 (% vs 2020年)
A	100%スクラップベース 電気炉	500	26%
B	100%鉱石ベース 高炉-転炉	2400	29%
C	70%鉱石ベース 高炉-転炉	1700	29%
D	50%スクラップ、50%HBI 電気炉	900	28%

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.24、Table2 を翻訳)

原料が変更された場合、ターゲットはどうなるか？

原料変更(つまり、石炭をグリーン水素に置き換える)のみが原因で発生した排出量変化は、再計算を必要としない。ただし、計算された目標は、基準年と目標年の両方のスクラップ入力に依存するため、透明性と堅牢性のために、この情報を目標の文章に含める必要がある。そうでない場合、企業は、スクラップの割合がわずかに増加すると仮定して目標を計算し、増加するスクラップを使用して目標を達成することができる。したがって、目標の文章には、「この目標に関連付けられたスクラップ率は、目標の時間枠で1.2倍に増加する」など、目標の時間枠でのスクラップ率の変化を示す文を含める必要がある。

参考のため、時間の経過に伴うスクラップの割合の変化が目標に必要な削減にどのように影響するかを、外部関係者がすぐに理解できるように、表71に、2020年から2030年までの時間枠での、基準年と目標年のスクラップ率に対し、相対原単位削減目標の例を示している。その他の例は、ツールで計算できる。

表 71 異なる基準年、目標年のスクラップ比率に対する相対的な原単位削減目標の例
(これらの例は、2.4tCO₂/t基準年排出原単位、企業成長無に基づいての計算)

Target year scrap share	Base year scrap share										
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
0%	29%										
10%	34%	29%									
20%	40%	35%	29%								
30%	45%	41%	35%	29%							
40%	51%	47%	42%	36%	29%						
50%	57%	53%	49%	44%	37%	29%					
60%	62%	59%	56%	51%	46%	39%	29%				
70%	68%	66%	63%	59%	54%	48%	41%	29%			
80%	74%	72%	69%	66%	63%	58%	52%	43%	30%		
90%	79%	78%	76%	74%	71%	68%	63%	57%	47%	30%	
100%	85%	84%	83%	81%	80%	78%	75%	70%	64%	53%	32%

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.25、Table 3)

目標設定ツールの使用

短期目標設定ツール

1.5℃の鉄鋼経路は、SBTiの短期目標設定ツールに統合されている。ツールには、その使用方法に関する指示が含まれる。

ツールで正しい成長率を選択する

短期目標ツールは、目標計算の一部として企業の成長率/活動予測を入力するための2つのオプションを提供する。1つ目のオプションは、「固定市場シェア」の入力で、目標の時間枠において、企業のアウトプットの変化率は、経路に関連する全世界の変化率と同じであると想定する。もう1つのオプションは「目標年生産量」の入力で、企業は、その目標年に独自の予測生産量を入力する必要がある。世界の成長率と比較した成長率は、計算される原単位目標に影響するため、正しいオプションを選択するように注意する必要がある。企業の成長が経路に関連する全世界の成長率とは異なると予想される場合、「目標年生産量」オプションを選択する必要がある。

(参考までに、1.5℃鉄鋼経路に「固定市場シェア」を選択した場合の2020年から2030年までの世界の成長率は 8.8%である。他の時間枠の速度を確認するには、「SBTツール」タブで目的の時間枠を選択する。成長率はタブ「計算」に表示される。)

長期目標設定ツール

長期的な目標ツールは、この引用先にあり、長期目標を計算するための指示が含まれる。

目標の文章例

「X社は、2020年基準年から2030年までに、鉄鋼コアSDA境界でカバーされるスコープ1、2及び3のGHG排出量を、熱間圧延鋼の1トンあたり35%削減することをコミットする。この目標に関連付けられたスクラップ率は、目標の時間枠で1.5倍に増加する。」

「X社はまた、他のすべてのスコープ1及び2GHG排出量を同じ時間枠で42%削減することをコミットする。」

「X社はさらに、燃料及びエネルギー関連の排出物からのスコープ3GHG排出量を同じ時間枠で25%削減することをコミットする。」

＜ステップ4: SBTiへの目標提出＞

企業は、検証のためにターゲットを提出するための一般的SBTiガイドラインに従う必要がある。以下のセクションには、鉄鋼会社向けの追加の基準と推奨事項が含まれる。

短期的な目標が長期的な進歩に貢献することを保証する

鉄鋼の長期的な脱炭素化ロードマップは、CCSやグリーン水素などの画期的な技術に依存するが、これらは2030年までにはまだ大規模には存在しない。短期又は長期の目標を提出する鉄鋼会社は、ネットゼロを達成するための計画の一環として、新しい技術の実装に備えるためのコミットメントの完全性を示す追加の定性的証拠を提供することが推奨される。

- ① 画期的技術への研究開発費の公開
- ② ACTなどの他の第三者イニシアチブによる「ネットゼロへの準備状況」の評価

予測される成長の正当化

目標を提出する企業は、目標の提出に使用される成長予測の正当な理由を提供する必要があり、これには、成長予測が言及されている公開文書又は内部文書が含まれる。

代替的かつ自発的な安全策として、企業は原単位目標がもたらす総排出量を公表し、総排出量削減につながることを利害関係者が確認できるようにすることが望ましい。

ターゲットの更新

企業が使用する目標設定方法を以前の目標と比較して変更する場合、企業は、新しい目標レベル（絶対排出量と原単位排出量の相対的な削減及び目標年排出量レベルの両方の観点から）が更新前の会社目標よりも高い目標であることを示さなければならない。この向上した目標は、目標の文章を読む利害関係者に明確に示す必要がある。

川上・川下企業による鉄鋼SDAの利用

上流の鉄鉱石サプライヤーと水素生産者

鉄鉱石のサプライヤーは、鉄鋼SDAを使用して、スコープ3、カテゴリ10（販売した製品の処理）の目標を設定できるが、目標水準は1.5°Cに調整される。又は、他のスコープ3目標設定方法を使用できる（詳細は表 72参照）。水素及び合成ガスの生産者は、セクターにとらわれない中間製品を生産するため、鉄鋼SDAを使用できない。それらの製品が鉄鋼製造

のみに使用されている(>95%)ことを証明できる場合を除き、他のスコープ3の方法を使用する必要がある(表 72)。

川下企業(例:建設会社、自動車会社)

自動車や建設のバリューチェーンなど、他のセクターの企業にとって、鉄鋼製造からの排出は、スコープ3排出の関連する発生源になる可能性がある。一般的なスコープ3の方法ではなく、鉄鋼SDAは、関連する排出が鉄鋼製造からのものであるスコープ3の目標設定に使用することができる。ただし、鉄鋼使用量の削減は、これらのタイプの企業のスコープ3排出量を削減するための重要な手段となり得るため、目標設定者は、目標設定方法がこれを反映していることを確認する必要がある。したがって、スコープ3の総量目標は、原単位目標よりも適切であり、排出量削減のためのより多くの手段を企業に提供する可能性がある。鉄鋼SDAを使用してスコープ3排出量目標を設定する企業にとって、目標レベルは1.5°Cに適合するものとする。表 72に、これらの上流及び下流サプライヤーの目標設定方法と目標レベルをまとめた。

表 72 川上企業と川下企業の目標設定方法

企業	目標設定方法	目標
鉄鉱石供給者	鉄鋼SDA	1.5°C
	その他のスコープ 3の方法 ・ 分野横断的総排出量削減 (2.5%削減) ・ 物理的原単位 (年間7%削減) ・ 経済的原単位 (年間 7%削減) ・ 供給者誓約	Well below 2°C
水素製造者 (セクターにとらわれない製品と見なされる)	製品が鉄鋼生産者のみに使用されていることを証明できない限り、鉄鋼SDAを使用できない。 ・ その他のスコープ 3の方法を使用	Well below 2°C
自動車メーカー、建設会社 (購入鋼材)	鉄鋼 SDA	1.5°C
	その他のスコープ 3の方法 ・ 分野横断的総排出量削減 (2.5%削減) ・ 物理的原単位 (年間7%削減) ・ 経済的原単位 (年間 7%削減) ・ 供給者誓約	Well below 2°C

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.29、Table 4、を翻訳)

実施例

例1:主に鉱石系製鉄所

次の特徴を持つ生産者:

- ・基準年:2020年
- ・企業活動:10Mt熱延鋼の生産
- ・スクラップ率:10%
- ・目標年:2030年
- ・予測企業活動:10Mt熱延鋼の生産
- ・予測スクラップ率:10%

この生産者は、すべての活動を鉄鋼コアSDA境界内で実施し、これらの活動はスコープ1及び2の総排出量の95%以上を占めている。したがって、この会社は、自社の活動全体に鉄鋼SDAを使用できる。これらの排出量は24MtCO₂eに相当する。

セクション1 入力データ

入力項目	入力値	説明
目標設定方法	セクター脱炭素アプローチ	方法を選択
SDAシナリオ	SBTi 1.5°C	
SDAセクター	鉄鋼コア境界	セクターを選択
基準年	2020	基準年を選択
目標年生産高	10,000,000	熱延鋼の重量 (t)
目標年コア境界内排出量	24,000,000	tCO ₂ e (排出原単位: 2.4tCO ₂ /t)
目標年	2030	目標年を選択
目標年生産高予測のタイプ	目標年生産量	ドロップダウン選択
目標年生産高	10,000,000	熱延鋼の重量 (t)
最新年	2020	適用可能な生産・排出量データのある最新年
基準年スクラップ比率	10	%
目標年スクラップ比率	10	%

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.30、を翻訳)

結果:排出原単位削減率は28.6%

さらに、この生産者は、カテゴリ3のスコープ3の目標設定の必要がある。これには、化石燃料の抽出と生産のための入荷から出荷までのすべての排出及び購入した電力の送電と配電の損失を含む。これらは2MtCO₂eに相当する。生産者は総排出量削減アプローチを

選択し、この目標をwell below 2°Cを目標レベルに設定する。

セクション1 入力データ

入力項目	入力値	説明
目標設定方法	総排出量削減アプローチ	SBTiガイダンスと規則の最新版を確認
基準年	2020	ドロップダウン選択
目標年	2030	ドロップダウン選択
スコープ3排出量 (全体または特定のカテゴリー)	2,000,000	tCO ₂ e

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.31、を翻訳)

セクション2 総排出量削減アプローチ

	基準年 (2020)	目標年 (2030)	%SBT削減
企業/スコープ3排出-WB2C (tCO ₂ e)	2,000,000	1,500,000	25.0%

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.31、を翻訳)

目標文章:

X社は、基準年2020年から2030年までに、鉄鋼コアSDA境界内のスコープ1及び2のGHG排出量を熱延鋼1トンあたり28.6%削減することをコミットする。この目標設定の前提となるスクラップ比率は、目標期間中、同一である。

X社はまた、燃料及びエネルギー関連の排出物からのスコープ3GHG排出量を同期間に25%削減することをコミットする。

例2:主にスクラップベース製鉄所

次の特徴を持つ生産者:

- ・基準年: 2020年
- ・企業活動:10Mt熱延鋼の生産
- ・スクラップ率:70%
- ・目標年: 2030年
- ・予測企業活動:10Mt熱延鋼の生産
- ・予測スクラップ率:70%

この生産者はEAF生産ルートを使用するため、自社生産を鉄鋼コアSDA境界内に含める必要があり、購入した中間製品（主にHBI）の生産からの排出量も鉄鋼コアSDA境界内に含める必要がある。これらの排出量は、購入鉄源に対し7.2MtCO₂e、電力に対し3MtCO₂eである。これらの排出量は、スコープ1及び2の総排出量の95%以上を占めている。したがって、この会社は鉄鋼SDAを自社生産の全体に使用できる。

セクション1 入力データ

入力項目	入力値	説明
目標設定方法	セクター脱炭素アプローチ	方法を選択
SDAシナリオ	SBTi 1.5°C	
SDAセクター	鉄鋼コア境界	セクターを選択
基準年	2020	基準年を選択
目標年生産高	10,000,000	熱延鋼の重量 (t)
目標年コア境界内排出量	10,200,000	tCO ₂ e (排出原単位: 1.02tCO ₂ /t)
目標年	2030	目標年を選択
目標年生産高予測のタイプ	目標年生産量	ドロップダウン選択
目標年生産高	10,000,000	熱延鋼の重量 (t)
最新年	2020	適用可能な生産・排出量データのある最新年
基準年スクラップ比率	70	%
目標年スクラップ比率	70	%

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.32、を翻訳)

さらに、この生産者はカテゴリ3のスコープ3目標を設定する必要がある。これには、鉄鋼コアSDAの境界外で発生する化石燃料の抽出と生産のためのすべての入荷から出荷までの排出（購入したHBIの生産に使用された燃料に対する入荷から出荷までの排出に相当する）、及び購入した電力の送電と流通の損失が含まれる。これらは0.9MtCO₂eに相当する。この生産者は総排出量削減アプローチを選択して、この目標レベルをwell below 2°Cに設定する。

セクション1 入力データ

入力項目	入力値	説明
目標設定方法	総排出量削減アプローチ	SBTiガイダンスと規則の最新版を確認
基準年	2020	ドロップダウン選択
目標年	2030	ドロップダウン選択
スコープ3排出量 (全体または特定の 카테고리)	900,000	tCO2e

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.32、を翻訳)

セクション2 総排出量削減アプローチ

	基準年 (2020)	目標年 (2030)	%SBT削減
企業/スコープ3排出-WB2C (tCO2e)	900,000	675,000	25.0%

(出典:SBTi、2022年11月、Steel Science-Based Target Setting Guidance (Draft for Public Consultation)、P.32、を翻訳)

例3:生産量成長率の高い企業

この生産者は例1と同じだが、その熱延鋼生産量が目標時間枠で10Mtから12Mtに増加する。その結果、排出原単位削減目標は 34.8%になる。

目標文章:

X社は、基準年の2020年から2030年までに、鉄鋼コアSDA境界の対象となるスコープ1及び2のGHG排出量を熱延鋼1トン当たり34.8%削減することをコミットする。この目標の前提となるスクラップ比率は、目標の期間中、同一である。

例4:スクラップ比率の変化する企業

この生産者は例1と同じですが、そのスクラップ比率は目標時間枠で10%から20%に増加する。その結果、排出原単位削減目標は34.7%となる。

目標文章:

X社は、基準年の2020年から2030年までに、鉄鋼コアSDA境界の対象となるスコ

ープ1及び2のGHG排出量を、熱延鋼1トン当たり34.7%削減することをコミットする。この目標の前提となるスクラップ比率は、目標期間中に2倍に増加する。

● 関連団体・企業の動向

この他にも、First Movers Coalition(FMC)や、IDDIでも議論が進められている。米国とEUが立ち上げたFMCは、製造に使用するスクラップ比率に応じて、100kgCO₂/steel ton (スクラップ比率100%)から400kgCO₂/steel ton (スクラップ比率0%)の排出量の鉄鋼製品を、ニアゼロ排出鋼と定義している。(スクラップ比率に応じて閾値が変化する考え方を、sliding scaleと呼ぶ。)ひと口に「ニアゼロ排出鋼」と言っても、その排出量はスクラップ比率によって差があることに注意が必要である。この100～400kgCO₂/steel tonという閾値は、FMCだけでなく、IEAやClimate Groupも参画して決定したものであるが、基本的にはResponsibleSteelの考え方を踏襲している。

前項で述べたように、IDDIは鉄鋼とセメント分野での脱炭素化推進のため、各国の公共事業での低炭素建築資材(鉄鋼、コンクリート)の使用促進の仕組みを構築しようとしている。この中でも、排出量の測定とそのデータ報告の方法及びその前提となる用語の定義と測定範囲が議論されている。

IDDIで決定された排出量測定範囲はIEAの方法を採用することが検討されている。その範囲を図 40に示す。上流は鉄鉱石と石灰石の採掘工程に始まり、原材料処理工程、製鉄工程及び製鋼工程までが対象となっている。鉄鋼製品の圧延工程は対象外である。しかし、圧延工程も含める案も提出されており、近々IDDI内で議論される予定である。

さらにIDDIでは、IEAの考え方に従って、炭素排出強度に応じて、ニアゼロ排出鋼の定義も定めた。これに先立ちIEAは、ニアゼロ排出鋼(粗鋼)の閾値を図 41のように定めた。図の緑の範囲、すなわち、スクラップ比率100%の場合は50 kgCO₂e/ton steel以下、0%の場合は400 kgCO₂e/ton steel以下の場合をニアゼロ鋼とする。

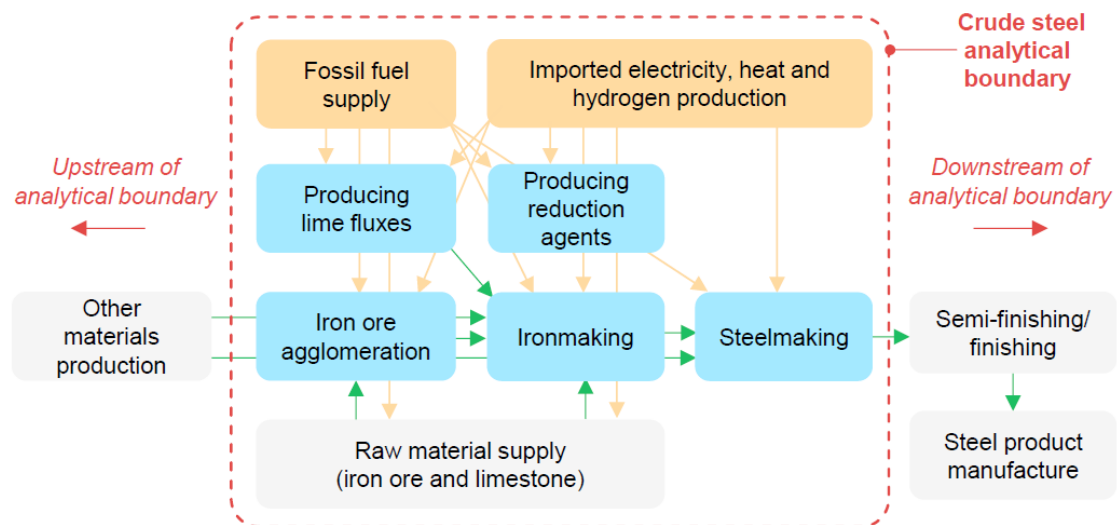


図 40 鉄鋼生産における排出量測定範囲

[IEA: Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members, p. 105 Figure 3.1]

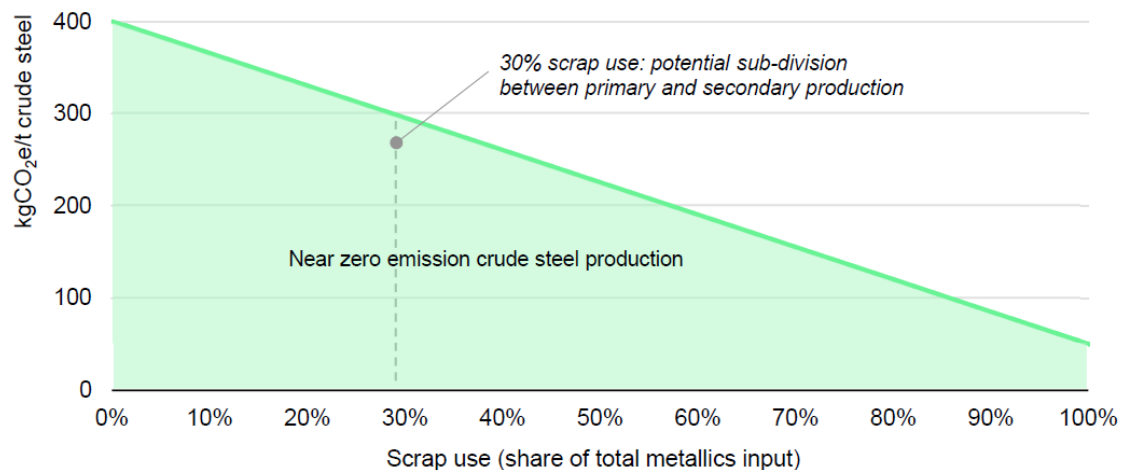


図 41 スクラップ比率別のニアゼロ排出鋼(粗鋼)の閾値

[IEA: Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members, p. 113 Figure 3.2]

鉄鋼業界では、既存の設備を使いながら排出量の削減にも取り組んでいる。この場合、現状の排出量レベルから一気にニアゼロ排出量を達成することは困難であり、その中間状態を低炭素排出鋼として定めることが妥当である。IEAはこの低炭素排出鋼を図 42のように定め、IDDIIもこれに倣っている。すなわち、ニアゼロ排出鋼の6倍の排出量を低炭素排出鋼の閾値として定めた。sliding scaleを採用しているため、低炭素排出鋼の閾値もスクラップ比率によって変化する。この閾値はさらに6倍の排出量までをA～Eの5段階に区分している。これによって、ある製鉄所の脱炭素化の進展状況を定量的に評価することが可能となる。

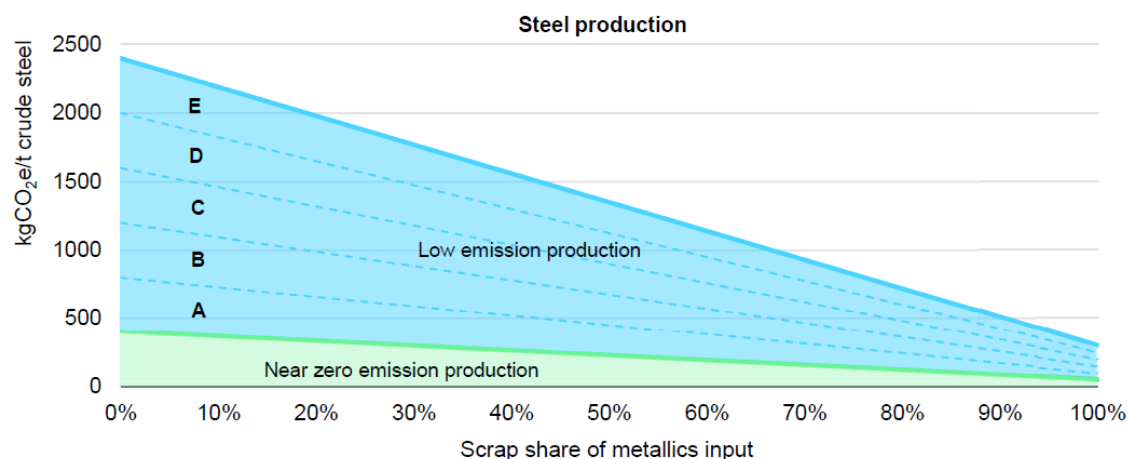


図 42 低炭素排出鋼の定義

[IEA: Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members, p. 127 Figure 3.7]

鉄鋼製品は製鉄所で製造されて、その国だけで使用されるわけではなく、生産国から他国、他地域へ輸出されて広く使用されている。このため鉄鋼製品の排出量評価は、ある国や地域だけで成立すれば良いわけではなく、世界共通の基準に基づいて評価される必要がある。そのため、IDDIは世界各地で発行されているEPD、PCRの差異を明らかにして、共通化を進める作業も進めている。共通化がなされれば、脱炭素化の進展度合いを相互に比較することが可能となる。

低炭素排出鋼の認証制度は具体的に使われ始めている。例えば、POSCOは2022年11月、LG電子及びVolvo建設機械 (Volvo Construction Equipment) とともにマスバランス方式の低CO₂鋼材を供給・購買するための業務協約 (MOU) 行事を開催した。マスバランス方式の低CO₂鋼材とは、外部専門機関から認証を受けた二酸化炭素排出削減性能が反映されている製品であり、製品を購入した顧客は、その購入製品に応じた二酸化炭素排出量を削減したものとして認められる。今回の合意は、マスバランス方式の低CO₂鋼材を導入する動きが広がっているグリーンスチールの世界市場に合わせて、POSCOが推し進めている初めての事例である。

日本にもその動きがある。日本の高炉3社はマスバランス方式を用いてCO₂排出をオフセットした鋼材をブランディング化して販売する方針である。30年度に30%削減を達成した時点で、日本製鉄は年約1,000万トン、JFEスチールは最大で約500万トンの排出ゼロ鋼の供給が可能となる見込み。価格のプレミアム設定が課題となり、CO₂対策のコストや価値など製造・製品に関わる要素と法制度など外部条件を考慮して決める必要があるが、低CO₂鋼の需要は徐々に高まり、海外鉄鋼大手も開発を進めているため、高炉各社は先行してゼロCO₂鋼の商品を投入し、市場の獲得を図る構えである。

マスバランス方式による低CO₂鋼材の販売では欧州が先行しており、ArcelorMittalやスウェーデンのSSABなどがすでに販売を開始し、独ThyssenKrupp、奥voestalpine、Tata

Steel Europeも採用している。自動車メーカーなどの鋼材ユーザーが部品サプライヤーに排出削減を求める動きが広がっており、大手鉄鋼メーカーを中心に供給体制整備の動きが見られる。

このように世界共通の定義、基準作成が進められ、一部では低炭素排出鋼の認証も始まっているが、一方で低炭素排出鋼の定義に関しての疑問も幾つか出て来ている。スウェーデンの自動車メーカーVolvoのEU広報責任者Domecq氏は2022年10月に開催されたECのウェビナーで、「われわれは、何がニアゼロ(ゼロ排出に近い)鋼であるかという基準又は統一定義に関心がある。マスマランス及び証書については色々なことがあり、われわれは、何が許容され、何が許容されないのか明確にする必要がある。もしそうしなければ、何がクリーンであり、何がクリーンでないかについて、多くの粉飾会計が行われることになるだろう」と述べている。

2022年10月、スウェーデンのStockholmでEurometal (European federation of steel, tubes and metal distribution and trade、欧州鉄鋼・鋼管・金属流通業連盟)主催のRegional Meeting Nordics (北欧地域会議)が開催された。同会議の議論に参加した講演者及び聴講会員らによれば、出席したヨーロッパの鋼板メーカー各社は、炭素会計(carbon-accounted)鋼材の定義について大きく異なる見解を示したという。H2Green Steelで最高商務責任者(CCO)を務めるBula氏は、ある聴講会員からグリーンスチールの仕様について説明を求められ、「グリーンスチールの定義は存在しない」と述べた。スウェーデンの鉄鋼メーカーSSABでサステナビリティ及び広報担当副社長を務めるHornfeldt氏は、同様の求めに対し、化石燃料フリー鋼の必要要件を、電力及び輸送を含めたカーボンフットプリント(CO2排出量)がゼロであることと回答した。一方、オランダのTata Steelの代表によれば、その答えはもっと複雑で、顧客の要求次第であり、同社が経験してきた中で最も多い要求は、二酸化炭素排出量の30%削減であると報告した。鉄鋼メーカー間で認識が統一されていない一例と言える。

2022年11月17日、米国及びヨーロッパを拠点とする鉄鋼メーカーのグループは、二酸化炭素排出量の測定及び削減のために『透明で気候変動に焦点を当てた基準』を促進する目的で、新たな連合組織『Global Steel Climate Council』(GSCC、グローバル鉄鋼気候協議会)を結成したと発表した。発表によれば、GSCCは、米国及び欧州連合(EU)に単一でグローバルな排出基準の採用を働きかけることで、世界的な鉄鋼メーカーに対して利用可能で最もクリーンな鉄鋼生産プロセスを使用するように奨励することを目指すとしている。

GSCCの設立メンバーには、スペインを拠点とする電気炉(EAF)メーカーのCELSAグループと共に、米国のEAFメーカーNucor、Steel Dynamics Inc.及びCommercial Metals Companyが名を連ねる。米国の鉄鋼製造業者協会(SMA: Steel Manufacturers Association)及び再生資源協会(ISRI: Institute of Scrap Recycling Industries)も設立メンバーとなっている。

GSCCは、世界的な脱炭素化基準にスライディングスケール方式を適用すれば害になると警告している。排出量の多い鉄鋼メーカーが支持しているスライディングスケール方式の基準

は、GHG排出基準の上限を抽出産物とリサイクル製品で最大9倍に設定し、EAFメーカーにペナルティを与え、排出量のもっと高い鋼材が誤って『グリーン』と表示されることを許すことになる」と同グループは付け加えている。「スライディングスケール方式では、一方が他方より何倍もの量の二酸化炭素を排出して生産されたとしても、2つの鉄鋼製品が同じように『グリーン』と分類される可能性がある。よりクリーンな鉄鋼生産を目指すためのグローバルな基準は、GHG排出量の削減、技術及び生産方法に囚われないガイドライン、スコープ1～3排出量の包括性並びに2050年気候目標への科学的根拠に基づく道筋との整合性を重視すべきである」としている。SMAのBell会長は、「GSCCの単一基準は、全ての生産者に対して、二酸化炭素排出量を削減し、全ての製造業者にとって公平な競争の場を提供することを奨励するものとなる」と述べている。

ResponsibleSteelやIDDIが世界共通の基準を定めようとする一方で、それに疑義を挟む事例が出て来ている。IDDIの会議を傍聴するかぎり、IDDIがこのような欧米鉄鋼メーカーから提出された疑義を認識しているようには見えない。今後の議論の展開を注視することが必要である。

●鉄鋼分野における標準化の動向のまとめ

以上述べてきたように、既にマスケール方式により定義したグリーンスチールの発売を表明している企業がある中、全世界共通のGHG排出量の算定方法や、グリーンスチールの定義に向けて、様々な提案や議論がなされている。ResponsibleSteelやSBTiなどでは、スクラップ投入量に応じて目標や定義を変えるスライディングスケール方式を用いたグリーンスチールの定義を提案しているが、最近になってEAFメーカーが中心となっているGSCCなどその定義に疑義を唱える企業連合も現れており、今後も動向を注視する必要がある。それらの内容を一覧にしたものを表 73に示す。なお、この表はGSCCが2023年3月9日のWTO主催のフォーラムで提示したものであり、評価はGSCCが行ったものである点に注意が必要である。

表 73 グリーンスチールに関する各種基準の比較

重要事項	World Steel	IEA	SBTi	FMC	Responsible-Steel	GSCC
プログラムタイプ	データ収集&ベンチマーキング	1.5°Cロードマップ	目標設定フレームワーク	製品購入標準	製造設備&製品標準	製品標準&目標設定フレームワーク
科学的根拠に基づいた企業別目標設定フレームワーク	No	No	YES	No	No	YES
グリーンスチール製品基準	No	No	No	YES	YES	YES

境界は鋳造以降の下流を含むか	No	No	YES	No	No	YES
スクラップの収集、選別を計算に含むか	No	No	No	No	YES	YES
全てのGHG種を対象とするか	No	No	YES	No	YES	YES
全ての製鋼技術に対する共通の標準か (スライディングスケールを含まないか)	No	No	No	No	No	YES
低GHG原単位目標の達成へのフォーカス	No	YES	YES	YES	YES	YES
科学的根拠に基づいた目標へのコミットメント要求	No	No	YES	No	YES	YES
第三者による検証	WSA 検証	No	No	No	YES	YES

(3) アルミニウム

ISO以外の機関又は国・地域によるアルミニウムの排出量評価手法、標準化は、既述のようにIAI(International Aluminium Institute)及びASI(Aluminium Stewardship Initiative)により進められている。

IAIのGHG排出量評価法は、表 43に示したとおりである。IAIは、評価手法各企業や各国のアルミニウム業界団体からのデータを収集し、取りまとめることが中心である。各企業は、これらの第三者機関からの認証を受けることにより、ISOでいうところのタイプ I の環境ラベルを使用することができる。

(4) 鉄・アルミニウム共通

鉄鋼、アルミニウム等の重工業分野で低炭素化に向けた活動が活発化しているが、さらに広範囲に投資家に向けた標準化の計画が以下のように明らかになっている。

- ・ 2022年3月、米国証券取引委員会(SEC)は、公開会社間で環境・社会・ガバナンス(ESG)問題の重要性に対する認識が高まっていることの一環として、投資家に対する気候関連情報の開示を強化・標準化する計画を明らかにした。この新しい開示規則案では、上場企業に対して、「その事業、業績又は財務状況に重大な影響を及ぼす合理的な可能性のある」リスクを開示するだけでなく、「GHGの直接排出(スコープ1)、購入した電力又はその他の形のエネルギーによる間接排出(スコープ2)」のほか、「バリューチェーンの上流部門及び下流部門の活動による」特定の種類のGHG排出(スコープ3)に関する情報を開示することも求めている。

この490ページにも及ぶSECの提案は、当初、最終規則の目標期限を2022年10月として発表された。しかし、スコープ3の開示及びその定義など提案の各項目に関する議論のほか、2022年6月に連邦最高裁判所が米West Virginia州対環境保護庁(EPA)の裁判で発電所の排出量に関する連邦政府の規制を制限する判決を下したことによる影響も受けて、最終規則の策定時期は延期されている。

- ・ 2023年2月、ESG分野における企業の開示ルール策定を担う国際サステナビリティ基準審議会(ISSB、International Sustainability Standards Board)は、新たな気候変動の情報開示基準を2024年から適用すると決めた。ISSBは2022年3月に開示基準案をまとめていたが、今回、2024年1月1日以降に始まる事業年度から開示基準を適用すると決めたもので、実際に企業の開示が始まるのは2025年からはなる。開示基準は2023年6月までに最終決定する方針だという。

ISSBの基準の特徴は定量情報を充実させた点で、企業にGHG排出量やGHGを金額換算する「内部炭素価格」などの開示を求める。排出量は取引先の分まで開示対象となる見込みである。

基準採用は各国にゆだねられるが、採用が進めば、GHG排出量の開示が広がり、投資家は企業の脱炭素化の取組みを比較しやすくなるだろう。

ISSBは、非営利の公益団体 IFRS財団(International Financial Reporting Standards、国際財務報告基準財団)傘下の基準設定審議会である。

6. 鉄鋼及びアルミニウム分野における各国の基本データ

(1) 鉄鋼

表 74 鉄鋼の基本データ

	国全体の CO2排出量 (百万t) 2021年推計値 (※1)	鉄鋼業からの CO2(またはGHG) 排出量 (百万t) 2020年推計値 (※2)	粗鋼生産量 (百万t) 2021年実績値 (※3)	鉄スクラップ (百万t) 2021年実績値				還元鉄(DRI/HBI) (百万t) 2021年実績値			電炉比率 2021年 実績値 (※3)
				輸出量 (※3)	輸入量 (※3)	使用量 (※4)	リサイクル率 (※5)	生産量 (※6)	輸出量 (※6)	輸入量 (※6)	
米国	4,701	88	85.8	17.9	5.3	59.4	69%	5.0	0.0	1.7	69.2%
Nucor		20(*)	25.7			20.4	79%				100.0%
U.S.Steel		27(*)	16.3			3.0	18%				17.0%
Cleveland-Cliffs		32(*)	16.3			6.7	41%				8.0%
EU(27カ国)	2,719	190	152.6	47.9	36.2	83.3	55%	0.6	0.1	3.2	43.9%
ArcelorMittal		149(*)	79.3			22.9(*)	29%				23%(*)
ドイツ	629	60	40.1	7.8	4.8	17.2	43%	0.5	0.0	0.8	30.2%
Thyssenkrupp		24(*)	12.0			n.a.	n.a.				0.0%
Salzgitter		9(*)	6.8			2.0	29%				25.7%(*)
イタリア	311	13	24.4	0.6	6.5	20.5	84%	0.0	0.0	1.0	84.0%
フランス	274	18	13.9	7.1	1.6	5.7	41%	0.0	0.0	0.2	33.2%
スウェーデン	40	8	4.7	1.4	0.2	n.a.	n.a.	0.1	0.0	0.0	35.5%
SSAB		10(*)	8.2			3.8	46%				27.3%(*)
H2Green		—	0.0			—	—				
英国	338	11.4(*)	7.2	8.3	0.4	2.1	29%	0.0	0.0	0.0	18.3%
中国	10,523	2,100	1,032.8	0.0	0.6	264.0	26%	0.0	0.0	1.6	10.6%
宝武鋼鉄集団		90(*)	120.0			n.a.	n.a.				6.3%(*)
インド	2,553	230	118.2	0.0	3.8	14.9	13%	39.0	0.7	0.0	55.2%
Tata Steel		50(*)	30.6			3.5(*)	11%				12.3%(*)
韓国	604	108	70.4	0.4	4.8	30.7	44%	0.0	0.0	0.2	31.8%
POSCO		88(*)	43.0			n.a.	n.a.				6.8%(*)
世界計	33,884	3,461	1,951.0	97.5	101.1	676.9	35%	119.3	11.2	17.4	28.9%

(※1)出典:BPデータ。石油・ガス・石炭の消費量を国際標準的な換算率で二酸化炭素排出量に換算しており、化石燃料以外に由来するCO2や他のGHGは反映されていないので、各国がそれぞれ公表している値とは必ずしも合致しない。

(※2)各国・各地域および世界計のCO2排出量推計値はJOGMEC2022年3月発表「鉄鋼業における二酸化炭素排出削減に係る動向と原料炭需要への影響等調査」による。ただし、EU27カ国とその主要国はEU JRC Technial Report 2022「Technologies to Decarbonise the EU Steel Industry」に基づく推計値。英国は Statistica:<https://www.statista.com/statistics/485972/co2-emissions-from-the-manufacture-of-basic-iron-and-steel-uk/> による。なお、worldsteelによる鉄鋼業CO2排出量・世界計は2,600百万tとなっており、JOGMECの推計とは異なっている(worldsteelの推計法詳細は不明)。各社のCO2(もしくはGHG)排出量はそれぞれ各社の下記公表データより。

(※3)worldsteel「World Steel in Figures 2022」より2021年実績もしくは推定実績値。各社の電炉生産量比率は各社公表資料より2021年実績値、ただし(*)は電炉生産能力÷総粗鋼生産能力。

(※4)各国の鉄スクラップ使用量は日本鉄源協会「世界の鉄スクラップ需給動向」(2023年2月発刊)より。各社の鉄スクラップ使用量は、各社の公表財務資料かESGレポートより。

(※5)「(鉄スクラップ)リサイクル率」には定まった式がない(この点をまとめている論文としては例えばhttps://www.jisf.or.jp/business/lca/reference/pdf/201406_Vol.100_tetsutohagane.pdf)。本表では、一部(*)を除き、最も単純な、リサイクル率＝鉄スクラップ使用量÷粗鋼生産量、で算出した。

(*6)2022年12月公表のworldsteel”Steel Statistical Yearbook 2022“より。

(*)Nucorの公表データには、GHGの排出量しかない。

(https://assets.ctfassets.net/aax1cfbwhqog/5DZdatU1qFpeTeh43M2Hfn/bf4bbd4dccc8d9898832030def82981e/2021_Executive_Summary.pdf)。2021年のGHG排出量はスコープ1と2の合計は12.8百万t。スコープ1, 2, 3の合計は20.1百万t。

(*)U.S.Steelの公表データには、GHGの排出量しかない。

(<https://www.ussteel.com/sustainability/environmental/ghg>)。2020年のGHG実績排出量(スコープ1と2の合計)は26.59百万t(北米およびヨーロッパを含む、Big River Steelは含まず)。

(*)Cleveland-Cliffsの公表データには、GHGの排出量しかない。

(https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/clevelandcliffs/files/pages/clevelandcliffs/db/CLF_Report_Sustainability_2021)。2020年のGHG排出量はスコープ1と2の合計は32.2百万t。スコープ1, 2, 3の合計は公表されていない。

(*)ArcelorMittalの鉄鋼部門・全世界のCO2排出量(出典:Climate Action Report 2、2021年7月)。なお、2021年実績は1億3,680万t、鋳業部門も含むと1億4,670万t(出典:Annual Report)で、スコープ1～3の合計とされている。

スクラップ使用量は、鉄鋼部門・全世界合計。電炉生産量比率も全世界合計。

(*)ThyssenKruppの公表データには、全社(鉄鋼以外の事業も含む)GHGの排出量しかない。

(<https://www.thyssenkrupp.com/en/company/sustainability/environment/energy>)。2020年度(2020年10月～2021年9月)のGHG実績排出量(スコープ1と2の合計)は23.8百万t。スコープ1, 2, 3の合計は公表されていない。

(*)Salzgitterの公表データにはGHG排出量しかない(non-financial reportより)。スコープ1が7,646千t、スコープ2が448千t、スコープ3が1,375千t。合計9,469千t。

電炉・高炉別生産量は公表していないので、電炉比率は、稼働中の電炉能力÷総粗鋼生産能力で算出。

(*)SSABはCO2のみの排出量を公表している。2020年のCO2排出量実績はスコープ1と2の合計が9,988千t(Annual Report 2020, p15)。なお、2021年はスコープ1と2の合計が11.6百万t、スコープ3が5.8百万t(Annual Report 2021, p15)

電炉・高炉別生産量は公表していないので、電炉比率は、稼働中の電炉生産能力÷総粗鋼生産能力で算出。

(*)宝武鋼鉄集団は、傘下の上場会社である宝山鋼鉄のGHG排出量しか公表していない(Climate Action Report 2021)。それによると、2020年のスコープ1と2の合計GHG排出量は8,994万t。

宝武鋼鉄集団の電炉比率:同集団もしくは宝山鋼鉄の電炉・高炉別生産量は公表されていないので、同集団の稼働中の電炉生産能力÷総粗鋼生産能力で計算した。参考までに、宝山鋼鉄のみの電炉生産能力÷総粗鋼生産能力は2.7%。

(*)Tata Steelは毎年のIntegrated Reportで、CO2排出量を公表している。2020/21年度(2020年4月～2021年3月)のスコープ1および2の合計CO2排出量は、インドで33.5百万t、イギリスで6.8百万t、

オランダで11百万t、タイで0.6百万t。スコープ1、2、3の合計CO2排出量は、インドで31.1百万t、イギリスで7.3百万t、オランダで11百万t、タイで0.7百万t。これから、全世界でのスコープ1、2、3のCO2排出量は50.1百万t。

Tata Steelの鉄スクラップ使用量3.5百万tは、全世界での合計(出所: Integrated Report 2020/21, p68)。

電炉・高炉別生産量は公表していないので、電炉比率は、稼働中の電炉能力÷総粗鋼生産能力で算出した。

(*)POSCOの公表データにはGHG排出量しかない。ESG FACTBOOK

https://www.posco.co.kr/homepage/docs/eng6/jsp/dn/irinfo/posco_factbook_2020.pdf#page=1

2020年のGHG排出量(韓国内のみ)は、スコープ1が75,070千t、スコープ2が580千t、スコープ3が11,951千tで、合計87,601千t。

POSCOの電炉生産量比率は、韓国内のみでは3.43%。韓国内外合計では6.84%。(同社のESG FACT BOOKより)

(2) アルミニウム

世界の新地金の生産量を表 75に示す。第4章(7)で述べたように、IAIは、各国からの報告及び推定により世界の新地金生産量を毎年、ホームページで発表しており、その数値を記載している。また、US Geological Surveyは、主要国(米国との取引が多い国と思われる)の生産量、生産能力を公表しており、2022年の数値を記載した(一部、2020年の数値)。

表 75 国・地域別新地金の生産量、生産能力(千トン)

IAIホームページ(2022年)		US Geological Survey(2022年、注参照)		
地域	生産量	国	生産量	生産能力*4
中国	40,430	中国*1	40,000	44,000
アジア	4,591	インド	4,000	4,100
北米	3,743	米国*1	860	1,600
		カナダ*1	3,000	3,300
南米	1,288	ブラジル*1	684 *2	1,405 *3
		アルゼンチン	300 *2	470 *3
中西欧 含非EU国	2,913	EU*1	2,122	2,505 *3
		ドイツ*1	550 *2	631 *3
		フランス	430 *2	430 *3
		ノルウェー	1,400	1,400
		アイスランド	750	900
ロシア・東欧 含EU諸国	4,081	東欧EU諸国	553 *2	617 *3
		ロシア	3,700	4,000
オセアニア	1,843	オーストラリア*1	1,500	1,700
湾岸諸国	6,074	UAE*1	2,700	2,800
		バーレーン	1,600	1,600
全世界	68,461	全世界	69,000	77,000

注 *1:仕様書にある調査対象国・地域

*2:2020年データ、*3:業界紙“Light Metal Age”2023/1/8号、2022年データ

*4:生産能力は、各年末時点の数値

アルミニウムの製造過程で排出されるGHGガスの80%は、製錬(電解)工程によるものであり、その大部分は、アルミナの電気分解に使用される電力である。に、アルミニウムの製錬工程において、エネルギーに関して排出されるCO2原単位を国別に分析したものを図 43に示す(Global Efficiency Intelligenceの“Aluminum Climate impact”のFigures 8)。この数値は、発電方法により大きく左右され、アイスランドとノルウェーは、ニアゼロ排出であるグリッド

電力(送電線)電力を使用していることから、排出係数(原単位、排出強度)もほぼゼロであり、カナダは、低排出電力のグリッド電力と自家水力発電を利用していることから、低い値を示している一方、オーストラリア、インドの排出係数が高いのは、前者が排出係数の高いグリッド電力、後者が石炭火力による磁化発電電力を利用していることによる。

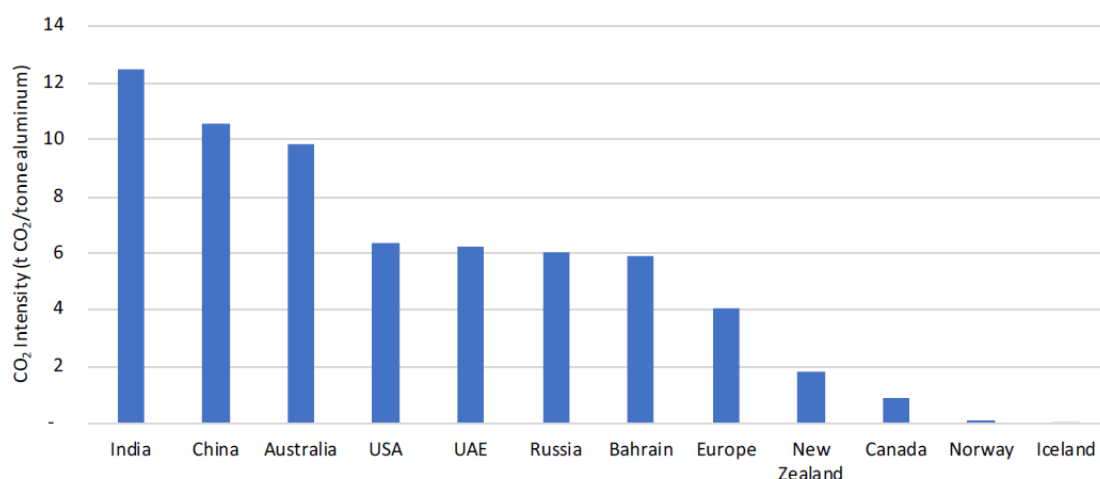


図 43 アルミニウム製錬時のエネルギー起因のCO2排出係数(2019年)

図 44は、アルミニウム製錬の原料となるアルミナ(アルミ酸化物)の精製地も含めた全製造工程に亘るCO2排出係数を示す。国外から輸入したアルミナを用いてアルミニウムを製造する国の排出係数は、アルミナの製造に費やされたエネルギー(電力と燃料)に起因して排出されたCO2も算入されている。

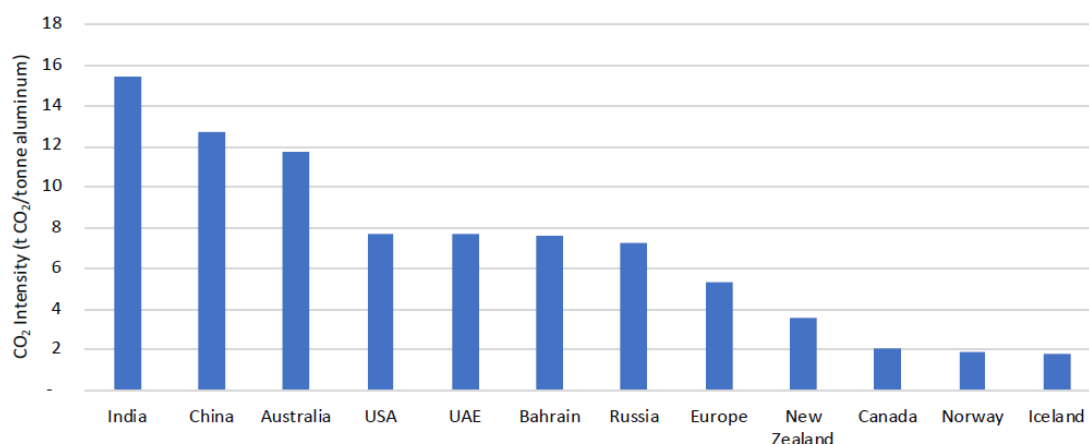


図 44 アルミニウム製造全行程に亘るエネルギー起因のCO2排出係数(2019年)

7. 脱炭素化に向けた動きの中で、ルール形成を中心に日本が目指すべき方向

(1) 国際市場規模の予測

『グリーンな』鉄鋼やアルミニウムの国際市場について、その規模を考える場合、供給サイドと需要サイドの両方を考慮する必要がある。

供給サイドからは、市場規模について、IEA「Energy Technology Perspectives 2020」、Mission Possible Partnershipなどによる予測が公表されている。

① IEA「Energy Technology Perspectives 2020」

同レポート(<https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>)は、本調査報告書4. (11)で取り上げたNet Zero by 2050 A Roadmapの2021年初版公表に先立って公表されたものである。この中で世界の銑鉄生産量とその内訳を下記のように予測している。

2019年時点: 世界銑鉄生産量のうち、従来型DRI生産量が約1億トン超

2030年時点: 世界銑鉄生産量は2019年より若干減る。そのうち、従来型DRI生産量が占める量は約1.5億トンに増

2050年時点: 世界銑鉄生産量は2030年よりさらに若干減るが、そのうち、

- a. 従来型DRI生産量は約1.5億トン
- b. CCUSを活用したDRIは約0.4億トン
- c. CCUSを活用した次世代溶融還元炉による生産が約2.0億トン
- d. CCUSを活用した次世代高炉による生産が約0.5億トン
- e. 100%水素還元製鉄による生産が約2.1億トン

この予測によると、2050年時点で、b.～e.の合計が約5億トン、これにa.を含めると、2050年時点の世界銑鉄生産量の約50%を占めることになる。

なお、IEAの「Energy Technology Perspectives 2020」では、低排出鋼（又はネットゼロスチールなど）の定義を明示していない。IEAが低排出鋼に関する定義を明確に議論しているドキュメントは、2022年6月にドイツで開催されたG7に向けて発表されたレポート「Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members」である。同レポートでは、用語として「ニアゼロエミッション（near zero emission）」（鋼）を選択するとしている。そして、ニアゼロエミッション（near zero emission）」

（鋼）という場合は、特定の技術（例：グリーン水素を使用するグリーンスチール）の使用を暗示したり、特定の技術（例：CCUSによる緩和）を除外したり、特定の炭素含有量（例：低炭素鋼）を示したり、完全に除外したりすることを意図したものではないと注釈をつけている。

② Mission Possible Partnership

Mission Possible Partnership（以下、MPPという。）は、2050年までに産業とモビリティ部門のネットゼロエミッション実現に向けて取り組む官民パートナーの国際連合体である。創

設時のパートナーは、Energy Transitions Commission(経済成長と気候変動の緩和に焦点を当てた国際的なシンクタンク)、RMI(持続可能性の分野における研究、出版、コンサルティング、講演を専門に行っている米国の組織)、We Mean Business Coalition(ビジネスに焦点を当てた7つの気候非営利団体のコアグループと協力して、ネットゼロ経済への移行加速を図っている国際的非営利団体)、World Economic Forumが参加した。現在のパートナーには、BSRやMcKinseyなど世界的コンサルティング会社を含む。

MPPでは、2022年9月に「Making Net-Zero Steel Possible」(以下、「MPPレポート」という。)を公表している。以下に、MPPレポートでの予測を簡潔に紹介する。

- ・ 3つの脱炭素進捗シナリオと、それぞれの組み立て方と帰結予想、比較

- ① Baseline scenario(以下、「ベースシナリオ」)
- ② Carbon Cost scenario(以下、「カーボンコストシナリオ」)
- ③ Technology Moratorium scenario(以下、「猶予シナリオ」)

3つのシナリオの共通点は、以下。

- ・ 鉄鋼需要はBAU(Business as Usual: 何も対策を講じない場合)で算定。この場合、世界鉄鋼需要は2050年までに2020年より30%超増えるとMPPでは想定。ただし、各国一律に増えるとは想定せず、世界を11の地域に分け、東アジア(日韓台)、欧州、CISではほぼ横ばい、北米、中南米、中東、その他地域では漸増、インド、東南アジア、アフリカでは急増、中国では2020年以降減少すると想定。
- ・ 製鉄所での投資判断については、ボトムアップモデルを使った(以前MPPで作成したシナリオでは世界ひとまとめでシミュレートしたが、それを大幅に改善)。すなわち、世界中の個々の(主要)既存製鉄所をマッピングし、各製鉄所で、3シナリオの条件下で、それぞれ最もコストが低くなるよう投資判断を行うとして集計した。このコストには、各製鉄所の存続期間中の資本支出と操業コストを含む。また、上述した11の地域別に、政治的選好(鉄鋼需要増に対して製鉄所建設と輸入増のどちらで対応すべきか)、エネルギー価格の違いも考慮した。政治的選好については、各地域間の相対的コスト差も考慮した。これは、鉄鋼市場が極めてグローバル化されコモディティ化されているためである。一方で、非経済的要因や摩擦(関税や最近ではウクライナ戦争のような事象)は無視した。これらは、短期的には投資決定に影響を与えるが、長期的にはそうでないと考えられるからである。
- ・ 製鉄所が既存立地場所から新規立地で競争力のある場所へ移転することは、今回は考慮しなかった。この点は今後のモデル作成の際に考慮する可能性を残す。
- ・ 以上の共通ベースの上で、
 - ① ベースシナリオでは、生産サイドについてはBAUではなく、経済的であれば、開発された脱炭素技術やゼロカーボン電力や水素を使うと想定。ただし、カーボンプライシングはないものとする。

- ② カーボンコストシナリオでは、ベースシナリオに加え、カーボンプライシングを2020年代に導入し、これを含めて、最も経済的な投資意思決定を行う。今回のレポートではカーボンプライスは2023年に0ドル/tCO₂から開始し、その後、直線的(リニア)に上昇して2050年には200ドル/tCO₂になると想定。投資意思決定にあたっては、投資時のカーボンプライスだけでなく、設備寿命の間のカーボンプライス負担を考慮する。
- ③ 猶予シナリオでは、カーボンプライシングはないものとするが、2030年以降は高排出技術には投資を行わないものと想定する。これは、新規設備に対する政府の環境規制や融資条件、高排出技術を段階的に廃止する業界のイニシアチブなどにより実現できる。
- ・ MPPレポートでは技術の詳細や実現可能性に関する考察などが詳しく記載されているが、これらを省略し、結果を下表にまとめた。なお、MMPレポートには図で記載されているので、下表の数値はそれから読み取った概数である。

表 76 MPPレポートでの2050年粗鋼生産量の製鉄/製鋼・技術/設備別予測 (単位:約×億t)

製鉄/製鋼・技術/設備	ベース シナリオ	カーボン コスト シナリオ	猶予 シナリオ
従来型高炉-転炉	1.2	—	—
BAT高炉-転炉	3.2	—	—
BAT高炉-転炉+PCI	6.0	1.2	—
BAT高炉-転炉+CCUS	—	2.5	—
DRI+EAF	—	—	—
DRI+EAF+(50~100%)グリーン水素	1.6	2.5	2.4
DRI+EAF+CCS	—	—	—
DRI+BOF	4.0	1.3	5.0
DRI+BOF+100%グリーン水素	—	3.7	—
DRI+BOF+CCS	—	2.9	5.0
溶融還元	1.2	—	—
溶融還元+CCS	—	1.2	3.2
従来型EAF	7.8	9.7	9.4
合計	25.0	25.0	25.0

BAT: Best available technology (可能な最良技術)

PCI: 高炉用微粉炭吹き込み装置(上表では、バイオPCI、水素PCIを含む)

CCUS: 上表では、CCS、CCUS、バイオCCUSを含む

(MPPレポートのEXHBIT 2.4、2.5、2.6を基に作成)

- ・ 上表のうち、どこまでを『グリーンな』鋼もしくは低排出鋼というかは、定義により変わる。MPPレポートではその定義はしていない。
- ・ 仮に、上述した、IEAの「Energy Technology Perspectives 2020」で採用している製法(a.～d.)が『グリーンな』鋼を生産するものとして、それをMPPレポートの予想に当てはめると、上表の緑色の箇所がそれにあたる。緑色の箇所の粗鋼生産量合計を計算すると、2050年時点で下記のようになる。
 - ① ベースシナリオ:約1.6億トン(世界総粗鋼生産量に占める割合は約6%)
 - ② カーボンコストシナリオ:約12.8億トン(同、約51%)
 - ③ 猶予シナリオ:約10.6億トン(同、約42%)
 これらの数値が2050年時点にありうる『グリーンな』粗鋼生産量と総粗鋼生産量に占める割合ということになる)
- ・ ただし、MPPレポートでは需要量をBAUで仮定して、供給サイドの立場から算出している
ので、需要サイドの動きを加味すると、違った帰結となる。
- ・ そして、これらの技術/設備の導入の結果、世界の鉄鋼業からの2030年及び2050年時点の
予想GHG排出量は、下記のようにになると試算している。

表 77 3つのシナリオにおけるGHG排出量減少軌跡の予想

世界の鉄鋼業からの GHG排出量(スコープ1&2)	ベース シナリオ	カーボン コスト シナリオ	猶予 シナリオ
2030年時点(2020年比)	約10%減	約33%減	約10%減
2050年時点(2020年比)	約20%減	約92%減	約92%減

(MPPレポート EXHIBIT Bを基に作成)

- ・ 上表のように、カーボンコストシナリオ、猶予シナリオの強い仮定下では、2050年時点でスコープ1と2の合計でニアゼロ排出を達成できることになる。
- ・ ただし、途中の軌跡を考慮すると、カーボンコストシナリオではより早期に減少が実現し始めるため、2020年から2050年までの累計GHG排出削減量では、カーボンコストシナリオのほうが猶予シナリオを上回る。

需要サイドの現状及び今後の道筋は、以下のように整理できる。

- ① 『グリーンな』鉄鋼の公共調達
 - ・ ここ数年、各方面から、2050年までのネットゼロを実現するために、政府関係機関による『グリーンな』鉄鋼の公共調達を進めるべきだという提言が行なわれているが、現時点では、制度化・具体化されたものが乏しい状態である。
 - ・ 既に公式に発表されており、具体化が見込まれている大きなものとしては、米国の2022

年8月に可決された「インフレ抑制法(IRA)」、それに続く、2022年9月に発表された、低排出鉄鋼調達を進める新バイクリーンイニシアチブがある(本調査報告書2. (1)参照)。

- ・ また、国際組織IDDI(本調査報告書4. (1)参照)が下記のような動きを見せている。鉄鋼の場合、公共建設事業での鉄鋼需要は、世界全体の鉄鋼需要の25%を占めるので、IDDIは、公共事業でnear zero carbon materialsを使うことを誓約する制度を作り、世界に認知させようと動いている。同機関のウェブサイトでは、「今後3年以内に、少なくとも10の政府に、低炭素排出鋼とセメントの公的調達を約束するよう働きかける。鉄鋼の90%は、それぞれ約10の主要国で生産されている」としている(2023年2月時点：<https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/industrial-deep-decarbonisation-initiative/>)。

② 民間企業による低排出鋼の購入

- ・ 鉄鋼各社が自動車や家電メーカーなどから低排出鋼の購入契約を、生産と並行して、又は生産に先立って、締結している事例を本調査報告書3-1に列挙した。
低排出鋼は従来鋼よりもコストが高くなる可能性が高いが、このコスト増が自動車や家電などの最終製品のコスト・価格増に影響する度合いは意外に低いと予想されている(この点の詳細補足は下記)。従って、自動車や家電などの低排出鋼使用企業がコスト増を消費者に転嫁することも可能と予想されており、こうした民間企業による低排出鋼の購入は、環境規制の高まり、その中で競争力確保、ブランドイメージ確保・向上が必要と考えられるようになってきている世界的趨勢から、増えていくと考えられる。
- ・ EAの最新レポートによれば、低排出鋼の購入に取り組んでいる企業数は、世界で、2021年は20～30社、2022年は60社超で急増している(IEA2023年1月公表「Energy Technology Perspectives 2023」, p. 423、Fig. 6.15など)。

③ 総市場規模

- ・ ①と②をどこまで織り込んで、どのように推測したかは明示されていないものの、IEAは最新レポートで、鉄鋼の「世界市場」を下記のように試算している(IEA「Energy Technology Perspectives 2023」, Fig. 6.15)

2030年時点: 従来鋼1兆1,000億米ドルに対し低排出鋼1,000億ドル

2050年時点: 従来鋼500億米ドルに対し低排出鋼1兆ドル

このように、同レポートでは、鉄鋼の総世界市場規模が、2030年頃をピークに2050年にかけて漸減すると予想している中で、従来鋼と低排出鋼の市場規模は2050年には完全に逆転するとしている。

ただし、この試算は、2050年までの『ネットゼロシナリオ』(IEAの『NZEシナリオ』)のもとで行われたものであり、NZEシナリオは世界の平均気温を産業革命前のレベルより1.5℃高く安定させるための道筋を設定する規範的なシナリオであることから、このように

なるだろうという予測というよりは、2050年までの世界ネットゼロ達成にはこうならなければならないという試算であると解釈するのが妥当であると考えられる。

- ・ なお、ここで低排出鋼(low-emission steel)とは、(公共)調達でしばしば使われる用語とのみ言及しており、直接排出ベースでの「ニアゼロ排出(near zero emission)鋼」とほぼ同義で使っている。
- ・ また、従来鋼と低排出鋼の市場規模の予想は上述のように、米ドルベースで表示しているが、これらを合わせた世界総粗鋼需要(トン数ベース)は、NZEシナリオ下では、今後漸増して2030年頃に約20億トン超となり、そこから漸減して2050年頃には20億トン割れとなって2021年実績レベルに近くなるとしている(「Energy Technology Perspectives 2023」, Fig. 3.2)。
- ・ 注意すべきは、①から③において、「低排出鋼」の基準があいまいであり、基準の標準化の必要性が関係各方面から要望され、提言されている最中であることである(本調査報告書4.、5. 参照)。制度化が進んでいる米国でも、この基準についてはまさにパブリックヒアリングを行いながら決めようとしている最中である(本調査報告書2. (1)参照)。従って、各種レポートでの予想市場規模は単純な比較はできないことに留意する必要がある。

鉄鋼使用最終製品の価格上昇は、以下のように予想される。

- ・ MPPレポートでは、コストが高いと予想される製鉄法による鋼を使った製品(100%グリーン水素を利用する平均的なDRI-EAFによって製造された鋼を含む製品)の価格が、コストが最も低いと予想される製鉄法による鋼を使った製品(平均的なBF-BOFによって製造された鋼を含む製品)の価格をどれだけ上回るか、最終製品中の鋼含有量を考慮して試算している。その結果を下表にまとめる。

表 78 『グリーンな』製鉄法による鋼を使用した場合の最終製品の価格上昇率予想(2020年比)

	2030年	2050年
乗用車	+ 0.5%	+ 0.3%
建物	+ 2.1%	+ 1.4%
白物家電	+ 1.5%	+ 1.0%

(MPPレポート EXHIBIT 2.16を基に作成)

- ・ 乗用車や白物家電に比べると、建物の価格上昇率は若干大きい。この点については、建材の利益率はおおむね低いので、低排出鋼のプレミアムを吸収するためには、公共調

達を促進することや政策形成していくことが期待される。それでも、それほどはプレミアムが大きくないことを上表は示している。

- ・ IEAの各種レポートでも、上表ほど明確に示してはいないものの、おおむね似た上昇率を予想している。

(2) 定義の共通化の重要性

7. (1)で述べたとおり、供給サイド、需給サイドのそれぞれからの予測において、『グリーンな』鉄鋼が明確に定義されておらず、定義の共通化にも到っていないため、各業界団体・国際的イニシアチブが発表する予想市場規模を単純に比較することはできない。

どこまでを『グリーンな』鉄鋼に含めるかといった定義のバウンダリについても、IEAは熱延以降を含まず、WRIは熱延まで含み、MPPは冷延まで含み、worldsteelは表処までと原料採掘までを含むというように、業界団体・国際的イニシアチブごとに違いがみられる。

逆にいうと、低排出鋼又はグリーンスチールの定義について、自国の鉄鋼需給状況に有利なルールを設計し、広めれば、自国産業にとって有利になることを意味する。カーボンニュートラル実現までの移行期も含め、自国に有利なルールを策定し、広めることは重要な意味を持つ。

世界の鉄鋼業界ではカーボンニュートラル実現に向けて技術開発競争にしのぎを削っている。日本鉄鋼業が本市場を獲得するためには、水素還元製鉄、CCUSを組み合わせた製鉄など革新技術を世界に先駆けて確立することが不可欠である。現時点では、電気炉の技術、還元鉄や水素の入手等種々の課題はクリアになっていない。また、超革新技術は開発の途上にあり、カーボンリサイクル高炉の適用や、電炉の増強・導入などについて、最適解を得るに到っていない。高炉を活用した究極のCO₂排出量削減技術の開発も含め、複数の技術の開発に複線的にアプローチしていく必要がある。並行して、標準化活動を展開し、日本製のグリーンスチールの技術的強みが、市場に受容される可能性を、戦略的に高めることが必要である。ルールメイキングに向けては、何か一つの指標に依存するルールを形成するのではなく、複数のプロセスに対応するルールを形成していくべきであると考えられる。

日本では、マスバランス方式によるグリーンスチールの市場投入が始まっている。マスバランス法によるグリーンスチールの定義は、電炉法に限らず、高炉法でも適用できる。環境価値商品の標準化戦略の重要性は高まっている。

グリーンスチールの定義だけでなく、鉄鋼生産におけるCO₂排出量をどのように測るのかといった論点でも、国際的なルールメイキングの議論に参加していく必要がある。

世界で環境基準が乱立する中ではあるが、早期に立ち上がった、加盟会社・団体が急増したりすることによって、何か一つの指標に依存するルールが主流になることがないよう、積極的に議論を進めていく必要がある。

(3) 望ましいルールのあり方とその視点

本調査では、まず鉄鋼・アルミ分野の脱炭素化に向けた各国政府の政策の方向性、更には各企業の動向について整理、分析を行った。各国、各企業の戦略は一樣ではなく、そこには各国のエネルギー制約や産業構造の違いなど容易には克服することの出来ない環境要因、背景がある。また、脱炭素化に向かう野心、それを支える政策にも大きな違いがある。その上で、各企業は、設備上、資本上、技術上の制約などを考慮し、最適な戦略を構築している。

次に、本調査では、脱炭素化に向けた国際的な議論の動向を整理した。国際世論の盛り上がりを受け、急速に様々なイニシアチブが立ち上がっており、その活動分野も多岐にわたっている。しかしながら、これらのイニシアチブにおける議論が、ゆくゆくは国際的なルールを形成していくものであることを踏まえると、我が国の産業が不利にならないため、産業界の関心も踏まえつつ、しっかりと議論に関与していくことが必要である。また、議論の過程において我が国が不利な立場に追い込まれることのないよう、関心を共有できる国、企業などと共闘出来る部分は共闘していくことも必要である。

脱炭素化というグローバルな課題を解決するとともに、それが産業競争力を損なわないものとするためには、国際標準の下に形成される様々なルールの確立に積極的に貢献していくことが重要である。そのような国際ルールには、排出量の測定基準のほか、官民における調達のルール、貿易におけるルールなど様々あり、それらがどのような形—例えば国際標準なのか、フォーラム標準化などのルールとなるのか—は現時点では見通すことが難しい。

IEAは、製造工程のCO₂排出量が実質ゼロである『グリーンスチール』の市場が、2050年時点で約5億トン(2070年にはほぼグリーンスチールに代替)と予測している。日本鉄鋼業が本市場を獲得するためには、水素還元製鉄、CCUSを組み合わせた製鉄など革新技術を世界に先駆けて確立することが不可欠である。この際、標準化活動の展開を通じて、日本製のグリーンスチールの技術的強みが、市場に受容される可能性を、戦略的に高めることなどが必要である。

8. キーワード集

企業名	プロジェクト・ キーワード名	存在場所 (目次対応)
Nucor		3-1-(1)
Nucor	Electra	3-1-(1)
Nucor	Elcyon	3-1-(1)
Nucor	Econiq	3-1-(1)
U.S.Steel		3-1-(2)
U.S.Steel	verdeX	3-1-(2)
Cleveland-Cliffs		3-1-(3)
Cleveland-Cliffs	Toledo	3-1-(3)
Cleveland-Cliffs	Better Climate Challenge	3-1-(3)
ArcelorMittal		3-1-(4)
ArcelorMittal	Torero (トレロ)	3-1-(4)
ArcelorMittal	IGAR	3-1-(4)
ArcelorMittal	Carbalyst (カーバリスト)	3-1-(4)
ArcelorMittal	3D	3-1-(4)
ArcelorMittal	H2 Hamburg	3-1-(4)
ArcelorMittal	Innovative DRI—EAF	3-1-(4)
ArcelorMittal	Hamilton	3-1-(4)
ArcelorMittal	Contrecoeur	3-1-(4)
ArcelorMittal	スマートカーボン	3-1-(4)
ArcelorMittal	XCarb	3-1-(4)
ThyssenKrupp		3-1-(5)
ThyssenKrupp	Carbon2Chem (カーボン2ケム)	3-1-(5)
ThyssenKrupp	H2morrow	3-1-(5)
ThyssenKrupp	STEAG	3-1-(5)
ThyssenKrupp	Lhoist	3-1-(5)
ThyssenKrupp	RWE	3-1-(5)
Salzgitter		3-1-(6)
Salzgitter	SALCOS	3-1-(6)
SSAB		3-1-(7)
SSAB	HYBRIT	3-1-(7)
H2 Green		3-1-(8)
H2 Green	Vargas	3-1-(8)

H2 Green	Boden	3-1-(8)
Tata Steel		3-1-(9)
Tata Steel	HIIsarna	3-1-(9)
Tata Steel	Zeremis	3-1-(9)
Tata Steel	Optemis	3-1-(9)
Liberty Steel		3-1-(10)
Liberty Steel	eコークス	3-1-(10)
POSCO		3-1-(11)
POSCO	HyREX	3-1-(11)
宝武鋼鉄集団		3-1-(12)
宝武鋼鉄集団	Double Carbon	3-1-(12)
宝武鋼鉄集団	HyCROF	3-1-(12)
宝武鋼鉄集団	Hydrogen Shaft Furnace	3-1-(12)

Appendix: WTO主催Trade Forum for Decarbonization Standards傍聴録

1. 日 時: 2023 年 3 月 9 日 (木) 22:00～02:00 (日本時間)
2. 場 所: スイス ジュネーブ (Zoom によるウェブ会議併設)
3. 出席者:
 - 会議場 50 人程度。WEB 500 人 (主催者報告)
4. 資料: News item: WTO issues information note on steel decarbonization standards, readies for March event; HP にアップロード
https://www.wto.org/english/tratop_e/envir_e/trade-climate-change_info_brief_no7_e.pdf
5. 概要:

出席者の主要発言を以下に示す。

 - 鉄鋼セクターの脱炭素化に向けて、多種多様な基準、標準があり、それらの定義、手法、閾値等に様々な相違点がある。
 - こうした環境下での、日米欧中韓伯の主要鉄鋼メーカーの取り組み状況について報告がなされ、現況、将来に関しての標準化団体、国際機関、学術専門家、WTO メンバーの見解を共有した。
 - 基準、標準の相違点は、コスト増、脱炭素化遅延、貿易摩擦の原因になりかねない。このようなリスク回避のため、国際協力促進の重要性と、協力促進のための WTO の潜在的役割について議論された。
6. 主要議事: (時刻は現地時間)
 - (1) 14:00-14:45
 - リーダーズカンバセーション「貿易における脱炭素化の課題に取り組むための先頭に立つ」
 - スピーカ:
Dr. Ngozi Okonjo-Iweala (Director-General, World Trade Organization)
HRH Princess Abze Djigma (Chair, H.R.H. Princess Abze Djigma Foundation, Initiator and Leader of The Initiative MAMA-LIGHT® for Sustainable Energy President International Jury UNESCO-JAPAN ESD)

Price, Former Special Envoy of the President of Burkina Faso on SDG's and Climate Change)

Aditya Mittal (CEO, ArcelorMittal)

Dr. Edwin Basson (Director General, World Steel Association)

座長: Emma Farge (Senior Correspondent, Reuters Geneva)

- **【Okonjo-Iweala (WTO)】**オープンで予測可能な貿易は、市場規模を拡大、経済を安定化、脱炭素化のコストを削減する。環境に優しい商品の貿易は重要だが、エネルギー貯蔵などの分野での革新も必要。鉄鋼部門だけで世界の GHG 排出量の約 8%を占める。鉄鋼業は、大規模で商業的に魅力的なソリューションの貿易と貿易政策を見つけることが必要。バイヤーと消費者への製品差別化の告知は、商業的決定においてますます重要な要素。脱炭素化基準の拡散は、貿易上の懸念である。鉄鋼セクターでは、それぞれが少なくとも 20 の標準があり、その数は増え続けている。こうした断片化された基準は貿易摩擦につながる。
- **【Djigma (Abze Djigma Foundation)】**アフリカ人は本質的にグリーンであり、どのようにグリーン経済を作るかは、どのように市場に出すかの問題で、発信が重要。企業、消費者、UNFCCC のような団体の協力が必要。
- **【Mittal (ArcelorMittal)】**鉄鋼が世界の炭素排出量の 8%を占めているが、鉄は無限にリサイクル可能であり、発展途上国、先進国で、建物や車のあらゆる種類の製品に使用され、最終的に海に流出しないため、非常に持続可能な素材である。鉄鋼業界には、テクノロジーと能力があり、環境に優しい鉄は、より高価で設備投資と運営費の面でコストがかかるが、実現可能である。国境調整メカニズム又は世界の炭素税はすべてリンクしている。発展途上国、先進国で、共通の認識を持てば、お互いの利益を害することなく一緒に脱炭素化できる。歴史的背景や国の出身地を認識し、グローバルシステムで公平で、公正なシステムを作成する必要がある。
- **【Basson (World Steel Association)】**毎年 18 億 5,000 万トンの鉄鋼が使用され、世界の 1 人あたり 235 kg に相当する。その規模ゆえに、産業は非常に複雑で、規制環境、製品の最終的用途に関して複雑である。今日、中国とインドのような G7 諸国は、鉄鋼産業の 80%以上の部分を占めているため、これらの国に焦点を当てて脱炭素を前進させることが重要で、それらの国はすでにプログラムを作成、国ベースで署名している。鉄鋼業界は最初に低 CO2 生産ルートに移行し、すでに進行中の研究開発によって、2030 年以降の商業的に利用可能なソリューションにつながる可能性がある。
- **【Djigma (Abze Djigma Foundation)】**環境貿易協定について、断片化、細分化し、どこに投資するか、どのように投資するかについての躊躇につながっている。WTO の TBT 委員会は、議論する方法を提供する。貿易摩擦を回避するため、産

業界との連携方法を確立できることを願っている。紛争を解決するため、フォーラムの提供は価値がある。発展途上国と先進国とのさまざまな相違点に対処するため、フォーラムが非常に役立つと思う。

- **【Mittal (ArcelorMittal)】**脱炭素化のコストは、技術の進歩によりゼロになるかもしれないが、10～20%になると予想され、業界にとって大きい数字である。米国、欧州で、同等の2つのシステムを作成することで、お互いのビジネスを損なうことなく、脱炭素化への道を歩むことができ、発展途上国にも提供できる。コストを認識し、貿易同等性を図ることが重要。
- **【Basson (World Steel Association)】**生産される鉄鋼3トンごとに平均1トンが大陸の国境を越えていることは事実だ。
- **【Djigma (Abze Djigma Foundation)】**鉄鋼セグメントもその炭素価格設定を主導できる。率先して炭素に価格を設定することを推奨する。
- **【Okonjo-Iweala (WTO)】**世界的なアプローチがあるかどうかを確認するために、IMF、世界銀行、OECDと協力している。開発途上国が懸念しているため、そのようなアプローチがどのようなものであるべきかについて彼らの意見も聞いている。
- **【Mittal (ArcelorMittal)】**業界からの重要なメッセージは、希望があるということである。なぜなら、脱炭素化への道はそれほど費用がかからず、さまざまな市場で取引を継続できるからである。そして最も重要なことは、どのように脱炭素化を継続していくのかということである。
- **【Okonjo-Iweala (WTO)】**発展途上国と発展途上国の両方が同意できる明確な道筋が見つからない場合、非常にコストがかかる。信頼を構築するため、各国が何を行っていても同等性を評価できるシステムを考え出す必要がある。

(2) 14:45-16:00

■アクションパネル1「鉄鋼の脱炭素基準の透明性と整合性を確保するための基盤整備」

スピーカー:

Kyung-han Kim (Head, International Trade Office, POSCO) 韓国鉄鋼会社

Cenira de Moura Nunes (Environmental Manager, Gerdau) ブラジル鉄鋼会社

Maureen Hinman (Co-founder and Chairman, Silverado Policy Accelerator) 非営利政策組織

Stephan Raes (Head of Structural and Industry Policy Division, OECD)

手塚 宏之 (専門主監、Climate Change, JFE スチール) 日本鉄鋼会社

H.E. Mr. Brajendra Navnit (Ambassador & Permanent Representative of India to the World Trade Organisation Geneva, Switzerland)

Hiddo Houben (Deputy Head of the Permanent Mission of the European Union to the WTO)

座長:

Åsa Ekdahl (Head, Environment and Climate Change, World Steel Association)

● 【Kim (POSCO)】

- ・ポスコの脱炭素タイムテーブルを示した。ポスコは、2017～19年平均に対し、2030年に10%削減、2040年に50%削減し、さらに、2050年にネットゼロを目指す。2030年までは、効率アップとCCUSを進め、2040年までの期間を遷移期間として電炉拡大等を進める。その後の2050年までは水素還元を含めた画期的解決手段を適用する計画である。
- ・各種方法論の相違の解決についてのポスコの考え方を示した。方法論には透明性はあるが一貫性に欠ける場合がある。いずれの規則も、境界、排出対象、GHG対象ガス種、製造プロセス(BF-BOF、EAF)の4項目を含んでいる。境界に関しては、EUと韓国のETSでは設備、CBAMでは製品が基準となっている点で異なる。GHGガス種としては、EUと韓国のETSで相違がある。さらに、国ごとの電炉比率は、米国69.2%、EU27 43.9%、韓国31.8%となっている。地域、国、企業の特定の利益を反映した手法に依存して、貿易への影響は異なる。
- ・鉄鋼製品サプライチェーンでは、下流側のスチール製品ユーザーに中小企業が多い。中小企業に関して、標準類に完全に準拠するための資源と能力の欠如が懸念される。

- 【Hinman (Silverado Policy Accelerator)】国際貿易システムは、相互運用性が重要であるため、統一バックボーン上に構築される。各国は、開発レベルと経済インセンティブ構造に基づいて炭素化ルートを決定したいが、貿易が関係する場合、GHG定量化の標準的な手段は国境調整を効果的に行うために必要である。カリフォルニア州の排出量とEU排出量取引制度の定量化システムの違いを最近評価した。その結果、EU排出量取引制度では、ある条件下で生産された鉄鋼1トンに対する排出量はCO₂換算で0.89トンであるが、カリフォルニア州のETSでは、同じ鉄鋼に対する排出量はCO₂換算で3.12トンとなり、ほぼ3倍になった。これは、インプットのカウントが異なるためである。国境調整を課すために、EU数量化システムを使用するシステムに鉄鋼生産が集中することになる。このような各種の定量化システムの不一致は、短期と中期の間で多くの経済的対立を生じる。企業や政府が実装するための究極のグローバル貿易システムについては、商取引を促進することが重要である。また、グローバルサプライチェーンの中で、この複雑な製品のすべての炭素排出量に課税する必要がある。2050年目標に向け、現実的には、

貿易コミュニティの法的問題にかけられる時間は長くない。今、規制当局と民間部門の間での調整作業が必要である。

- **【Nunes (Gerdau)】**我々はブラジル最大の鉄鋼メーカーであり、ラテン米国で最大の鉄鋼リサイクル業者である。現状の 1 トンあたりの CO₂ 排出量を世界平均と比較すると、良好な立場にあり、中期的な目標について検討を始めた。我々の結論の 1 つは、施設によって戦略が異なり、天然ガスの他の原材料の入手可能性等に影響される。同様に、地域間、国間の違いを考慮することが重要である。基準は明確であることが必要だが、地域の違いを考慮することが重要であり、利害関係者に明示することが必要である。
- **【Raes (OECD)】**気候目標達成のため、定義の基準をより明確にし、投資のために、基準が過度の障害にならないようにする必要がある。業界には非常に多くの違いがあり、標準にすることは複雑な作業である。
- **【手塚 (JFE スチール)】**
 - ・JFE スチールのカーボンニュートラル (CN) に向けた戦略について報告した。JFE スチールの低炭素化タイムテーブルを示した。CO₂ 排出量を、2024 年までに 18%、2030 年までに 30% 低減し、2050 年にカーボンニュートラルを達成する計画である。2030 年までは、スクラップ比率を高め、カーボンリサイクル高炉の開発を進め、それ以降は、EAF の拡大、グリーン水素による直接還元を進める計画である。
 - ・JFE スチールの CN アクションプランを示した。2030 年までは遷移期間、それ以降 2050 年までを革新期間とする。遷移期間には、低炭素技術に投資、配備し、革新期間のための超革新技术の研究開発を加速し、さらに、環境価値の高いグリーンスチール製品のための市場を形成する。革新期間には、超革新技术を確立、配備し、CN に向け地域、産業界と協力し、持続可能なグリーンスチール市場を拡大する。
 - ・グリーンスチール需要について考え方を示した。EU では、マスバランスアプローチを使って、グリーンスチールがブランドとして販売されている。JFE スチールは、2030 年までに、CO₂ の 30% 削減を達成し、同じアプローチを使って、年間 500 万 t のグリーンスチールを供給する。カーボンニュートラル社会を創造するには、社会変化を促すと同時に、新しい産業競争力のための革新を進めるため、需要と供給の両側に対する政府の政策支援が必要である。供給側では、低炭素及び超革新技术導入のため、膨大な投資 (2030 年までに 1 兆円の投資) が必要である。JFE スチールは、R&D コスト増加を最小限に抑制し、一方で、環境価値創出のための努力の増加は不可避と考える。このような投資に見合う適切な収益が見込まれることも必要である。需要側では、グリーンスチール製品は、品質に関し直接的利点はない。環境倫理的な消費は増加しているようだが、日本では環境価値への

認識は低い。環境価値の認識と顕著な低炭素製品の購入を促進するインセンティブが必要である。

- **【Kim (POSCO)】**

- ・過剰な行政負荷の増加について述べた。モニター、報告、検証、認証取得に関し、EU-ETS&韓国 ETS、CBAM やその他のシニシアティブに相違が見られる。行政や手続きの要素は、貿易の流れに顕著に影響しうる。
- ・カーボン評価は排出を削減できるか、貿易障壁を増やすか？についての考え方を示した。脱炭素は長期的なプロセスで、大規模な技術革新と操業変化が必要で、水素の安定供給に向けた長期投資も必要である。カーボン評価のためのコストと負荷の追加は、低炭素に向けた鉄鋼産業の投資と努力を遅延させうる。
- ・WTO への要求事項を示した。WTO に要求されるのは、共通標準に向けての関係者との対話機会とプラットフォームを立ち上げること、炭素評価による潜在的摩擦の削減策を見つけること、気候変動への取り組みへの貢献できる貿易の実手段を探索することである。

- **【Nunes (Gerdau)】**カーボン評価に関し、国の違いを考慮することが必要である。ブラジルについては、バイオマスを使用する可能性があり、再生可能エネルギーが鉄鋼生産の約 5%利用可能である。ブラジルとカナダでは、多くの再生可能エネルギーを利用できるかどうか非常に重要である。各種のプロトコルや国際機関では、評価基準に考慮されない場合があり、公正ではない。

- **【手塚 (JFE スチール)】**

- ・鉄鋼の循環について物流バランスを示した。鉄鋼はスクラップとして循環し、2018 年の全世界での粗鋼のロスはずか 2%に過ぎない。
- ・鉄鋼 CO2 排出原単位データの世界標準の例として、2 つの ISO について言及した。ISO14404 はサイト(製鉄所)基準、ISO20915 は製品基準の標準であり、対象、計算、適用について、各々、規定されている。

- **【Navnit (WTO)】**WTO ができることは、ルール作りや標準設定に飛びつかないようにすることだ。

- **【Houben (WTO)】**グローバル化が経済を複雑化している。最善のエビデンスに基づいた規制アプローチの基礎を作り続けるために、標準間の相違点が多いことが課題である。10 年後に同じ鉄鋼を種々の市場で販売するため、市場特有の種々の基準を満たすためのコンプライアンスコストが大幅に増加する。政府には、基準総量を減らす努力義務がある。

(3) 16:15-17:30

■アクション パネル 2「脱炭素基準におけるグローバル コンバージェンスと国際協力の推進」

スピーカー:

Dr. Edwin Basson (Director General, World Steel Association)

Annie Heaton (CEO, ResponsibleSteel)

David Miracle (Director of Corporate Sustainability, Nucor Corporation)

米国鉄鋼会社

Martin Pei (Executive Vice President and CTO, SSAB) スウェーデン鉄鋼会社

Yinghao Liu (Decarbonization Director, Central Research Institute,

China Baowu Steel Group) 中国鉄鋼会社

Peter Levi (Industry Sector Lead, ETP Division, International Energy Agency)

H.E. Maria Pagán (Ambassador, Permanent Representative of United States to the WTO)

H.E. Chenggang Li (Ambassador and Permanent Representative to the WTO, Permanent Mission of the Peoples Republic of China to the World Trade

Organization (WTO))

座長:

H.E. Mr. Simon Manley CMG (Ambassador and Permanent Representative, UK Mission to the WTO, UN and Other International Organisations(Geneva), Foreign, Commonwealth and Development Office)

● 【Liu (Baowu Steel)】

- 種々の鉄鋼 CO₂ 排出量算定手法に使用される境界を示した。例示した 7 種の手法について、境界に統一性がない。
- 異なる基準とイニシアチブに基づく鉄鋼企業への顧客要求を例示した。Mercedes-Benz、Volvo、Faurecia、Maersk の 4 社について、採用する標準が異なる。全てに対応するには、時間、労力、金銭を要し、低炭素技術開発への実質的な貢献を減じかねない。
- 各種基準の鉄鋼部門境界の相違を示した。SBTi、IEA G7、ResponsibleSteel の基準に関し、境界が異なり、スライディングスケールについても、動的と静的の差がある。
- 各種基準の鉄鋼部門境界、目標値の相違を示した。SBTi、IEA G7、ResponsibleSteel の基準に関し、BF-BOF と DRI-EAF によって製造される粗鋼について、境界、目標値に相違がある。
- 世界発展の不均一性について言及した。炭素削減スライディングスケールと 2021 年の鉄鋼貿易収支を例示する。スライディングスケールは、国家、地域によって大きく異なり、発展途上国にとっては滑らかなカーブにはならない。

・コメントを以下のようにまとめた。①技術的には、公共のプラットフォームの設立は可能である。統一化された標準は、貿易と市場で広く使用されるだろう。②スライディングスケールは許容できるが、地域性を考慮したカーブがより望ましい(特に、発展途上国に対し)。地域ごとに技術レベルや高炉の年齢が大きく異なる。エネルギー技術の開発にも差がある。これらの差異を考慮することが必要である。③より多くの鉄鋼企業の参画により、標準の開発、地域別スライディングスケール、標準の統一化が期待される。

- **【Heaton (ResponsibleSteel)】**単一の国際基準の作成に 7 年間取り組んできた。2023 年には、インド、韓国、ブラジル、米国、カナダ、ヨーロッパ、南アフリカの鉄鋼メーカーによって承認された基準があることが必要だ。マイルストーンやツールを含むさまざまなロードマップがあり、共通の原則を確立する必要があるが、実際にはほぼそこに到達している。発展途上国と先進国の間での公平性、CO2 評価規則の共通性、目標となるしきい値設定、鉄鋼メーカーから顧客までのバリューチェーンに関しクレーム保証する共通システム等が要求される。鉄鋼脱炭素化促進のための補完政策ツールの必要性について説明した。脱炭素化指標として、製品基準の指標(製品炭素フットプリント評価)と製鉄所基準の指標(世界遷移進捗アセス)がある。製品基準の指標は、顧客が知るべき指標で、サプライチェーンの排出量を定量化し、サプライヤーと協力して脱炭素化するために必要である。一方、製鉄所基準の指標は、プロセスの脱炭素化到達レベルを示すもので、スライディングスケールによって到達レベルが考慮される。これら 2 つの指標は相互に相容れないものではなく、両者が必要であり、これらのツールが連携できるように、補完的な手法が必要である。

- **【Miracle (Nucor)】**

- ・Global Steel Climate Council (GSCC) の資料について Nucor Corp からの報告資料を示した。各種基準とプログラムの対応を、GSCC フレームワークを他と比較した(表 1)。GSCC の基準の特徴を以下に列挙する。
 - ・製品基準で目標設定フレームワークである。
 - ・科学的根拠に基づいた目標設定フレームワークと協力している。
 - ・グリーンスチール製品基準を含む。
 - ・境界は、鑄造以降の下流側を含む。
 - ・スクラップの収集、選別を計算にいれた。
 - ・すべての GHG 種を対象とする。
 - ・すべての製鋼技術に対する共通の標準とし、スライディングスケールを含めていない。
 - ・低 GHG 原単位目標の達成に焦点をあてた。
 - ・科学的根拠に基づいた目標へのコミットを要求している。

- ・第三者による検証も行う。
- ・GSCC 鉄鋼部門脱炭素化経路を示す。IEA のネットゼロ基準に則り、ロードマップを開発した。セクターの電力消費に関連して修正を加えた。境界を広げたことで、より野心的な経路となっている。5 年ごとに数値目標を示した。科学に基づいた目標設定と調達基準を一緒にした基準になっている。我々は企業が科学に基づいた目標設定をしていることを確認したい。また、パリ合意の目標に適合した軌道上に、製鉄所が運営されていることを顧客が分かるようにしたい。本規定の重要性は炭素原単位の測定方法についてであり、2 重基準、3 重基準となっていない。

表 1 各種基準とプログラムの対応

重要事項	World Steel	IEA	SBTi	First Movers	Responsible Steel	GSCC
プログラムタイプ	データ収集 & ベンチマーキング	1.5°Cロードマップ	目標設定フレームワーク	製品購入標準	製造設備 & 製品標準	製品標準 & 目標設定フレームワーク
科学的根拠に基づいた企業別目標設定フレームワーク	No	No	YES	No	No	YES
グリーンスチール製品基準	No	No	No	YES	YES	YES
境界は鑄造以降の下流を含むか	No	No	YES	No	No	YES
スクラップの収集、選別を計算に含むか	No	No	No	No	YES	YES
すべての温室効果ガス種を対象とするか	No	No	YES	No	YES	YES
すべての製鋼技術に対する共通の標準か (スライディングスケールを含まないか)	No	No	No	No	No	YES
低GHG原単位目標の達成へのフォーカス	No	YES	YES	YES	YES	YES
科学的根拠に基づいた目標へのコミットメント要求	No	No	YES	No	YES	YES
第三者による検証	WSA検証	No	No	No	YES	YES

(Global Steel Climate Council (GSCC)、Nucor Corp. 資料を和訳)

- 【Pei (SSAB)】SSAB は化石燃料を使用しない最初の鋼を商用化した企業である。2016 年に、化石燃料を使用しない電気と水素を使用した技術開発への投資を決定し、HYBRIT (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) を設立した。パイロットレベルで成り立つことを立証してきた。脱炭素に関しては、この技術とリサイクルスクラップが解決策を与える。現状、数多くのイニシアチブが存在し、グリーンスチールに関し、各々の考えを持っており、混乱が生じている。透明性と信頼性を持ち、共通理解が得られることが重要ある。我々は、化石燃料を使用しない電気と水素で製造した海綿鉄と現存のスクラップを比較評価することが必要である。議論は多くあるが、良い結論に至ることを期待している。
- 【Levi (IEA)】鉄鋼産業は、重工業部門であり、2050 年までに 90% 以上の排出削減が必要で、エネルギー部門で約半分の削減があったとして、目標到達途上にある。ネットゼロ対応する技術は、現在市場で市販されておらず、鉄鋼及び重工業を

生産するための自動化技術を 2040 年又は 2050 年まで待ちきれない。2030 年までは、可能な限りスクラップを使用することを含めた、材料効率戦略によって、約 20% の排出削減を実現できる。測定基準に関し、特に排出原単位の閾値を設定するために、さまざまな基準に対して一貫した手法が必要である。

- **【Liu (Baowu Steel)】**

- 宝武鋼鉄の脱炭素目標数値を示した。2020 年に 1.85t-CO₂/t-steel、2035 年に 1.30t-CO₂/t-steel、2035 年に 0t-CO₂/t-steel と設定している。
- 宝武鋼鉄の脱炭素化技術ロードマップを示した。水素富化 CO₂リサイクル高炉、マイクロウェーブ焼結、純水素直接還元、CO₂貯留等を開発項目とする。2020-2025 年の期間に \$ 11billion の開発投資を計画している。
- 宝武鋼鉄の炭素データオンラインプラットフォームのイメージを説明した。これによって、スコープ 1、2、3 をカバーする炭素排出量を計算できるシステムを確立した。
- Low Carbon-embodied Steel の考え方を示した。上流側と下流側を含めたライフサイクルアセスメントの考え方にに基づき、Low Carbon-embodied Steel を定義することができる。ライフサイクル排出量は、3 レベルで低減する。第 1 レベルは、鉄鋼製品レベルの低減で、第 2 レベルは製鉄所の原料入荷から製品出荷の全体で、第 3 レベルは製品寿命までを含める。
- Low Carbon-embodied Steel の標準について示した。各国の開発速度は異なるため、中国は現在、独自のスライドスケールが必要である。2016 年に中国鉄鋼部門の規制を強化し、Low Carbon-embodied Steel の排出基準の制定を開始した。
- 環境製品の宣言 (EPD) (2nd レベル) について言及した。14 の第三者機関が協力し、2022 年 5 月 19 日に中国鉄鋼産業の EPD を立ち上げ、2023 年 1 月にこのプラットフォームの登録ユーザーは 1046 に達した。
- 環境製品の宣言 (EPD) (2nd レベル) 情報を追加した。現在、2 つの PCR_s (Product Category Rules) が開発され、35 のレポートが公開されている。さらに、電子ラベルの EPD をリリースし、川下企業との相互認証も進めている
- 製品-全バリューチェーン (3rd レベル) についてのイメージに言及した。軽量化、長寿命化等の鉄鋼製品特性による脱炭素化への社会貢献は、素材そのものよりはるかに大きく、社会に評価されるべきだ。

- **【Heaton (ResponsibleSteel)】**多くの標準は、多くの目的のために開発されてきた。鉄鋼メーカーは多くの規格に各々対応することを要求される。すべての規格を入手し、その違いが与える影響を調べ、調整余地を検討することで、相互運用システムを構築しよう。

- **【Miracle (Nucor)】**

- **Green** の定義に関する **BMW-Gr** の見解を引用した。「現状の **IEA** と **ResponsibleSteel** のスクラップ使用比率に依存するグリーン又は低排出鋼の定義は消費者の誤解を招く。解釈によっては、実際に低排出量の鉄鋼をノングリーンとして宣言できるし、一方で、その鉄鋼より 2 倍の排出量の鉄鋼をグリーンとして宣言できる。こうしたグリーンスチールの定義は、材料の再利用や循環経済をサポートしておらず、その最悪の命名によって処罰されてもおかしくない。」
- 鉄鋼脱炭素に関する **Prof. Allwood** の見解を引用した。「このスライディングスケールが採用され、調達判断、政府補助金、その他の補助に影響するために使用されたら、地域の低排出電炉鋼リサイクル業者を閉鎖に追い込み、一方でより排出量高い高炉生産者の生産継続許可書を与えることになる。唯一の需要指標は鉄鋼製品 1 トン当たりの総排出量である。」**BMW**、**General Motors** のような企業は、非常に高い地位の目標を採用した。地球はそれに値する。我々は高排出鉄鋼の生産を合理化することに時間を費やせない。その時代は終わった。ヨーロッパや米国のように一部の国が主導的な地位を占めている場合、そのすべての取り組みとすべての努力が他の場所で損なわれていないことを確認する必要がある。
- **【Pei (SSAB)】**我々の技術について、スケールアップが急速に進んでいない。この技術に巨額の投資を計画している。化石燃料を使わずに電力を生産するには、莫大な投資が必要である。これは社会全体の大きな変化であり、短期間で多くの投資を行う必要があるため、公的支援が必要だ。
- **【Levi (IEA)】**測定に関する意見の相違を修正することが必要であるが、意見の相違は少ない。修正のために、現在利用できる排出基準を確認、修正のプロセスを導く原則を検討し、基準の統合と収束を行う。主にベンチマーク方法論を、補助的に **LCI** 方法論を組み込むことで、修正できると思う。うまくいけば、プロセスの調整の原則と起草プロセスの結果を公表できる。最後に貿易協定条約に組み込むため、政府と基準設定機関との間の調整が必要になる。
- **【Pagán (WTO)】****WTO** の役割について言及した。**WTO** は、メンバーと利害関係者を集めて、情報を共有するという点で、重要な役割を果たす。技術的な規制基準と適合性評価手順を確実にすることを目的とした **TBT** 委員会がある。こうした活動を通じ、貿易の障害を最小限に抑えるか回避するため、協力を促す。
- **【Li (WTO)】****WTO** の役割について言及した。**WTO** は、低炭素市場の成長と低炭素材料の貿易促進を検討する必要がある。また、異なる基準の調整のため、異なる基準を相互に認識、基準が裏切られないようにし、低炭素の商品やサービスへの優遇措置を増加させるために、より多くのアクセス機会を提供することが必要である。

(4) 17:30-17:45

■WTO が果たすことができる役割についての DDG Paugam とモデレーターとの
会話

スピーカー:

Jean-Marie Paugam (Deputy Director-General, World Trade Organization)

H.E. Mr. Simon Manley CMG (上記)

Åsa Ekdahl (Head, Environment and Climate Change, World Steel
Association)

座長:

Aik Hoe Lim (Director, Trade and Environment Division, WTO
Secretariat)

- 【Manley (Commonwealth and Development Office)】今日の議論をまとめた。
標準の一貫性と透明性の欠如が競争コスト増加と不確実性を生み出し、最悪の場
合、脱炭素化を遅らせる。基本的に基準中の定義は、市場にとって非常に重要で、
自由で公正な取引にも重要である。また、技術的に中立である必要があり、課題と
開発途上国を考慮に入れる必要がある。種々の目的や目標を持つ標準は、相互
運用可能であり、同一の評価ルールに基づいている必要がある。WTO は、貿易の
観点から、標準の一貫性確立を促進し、今後、生じる貿易問題に対処する。
- 【Ekdahl (World Steel Association)】本日のセッションで鉄鋼業界が直面してい
る課題についての知識が深まった。2030 年と 2050 年の目標を達成できる。この実
現のため、今後、彼らの業務を変革し、バリューチェーンについて全体的に考える
ため、さらに多くのことをやろうとしている。発展途上国と先進国によって共同所有し
うる標準をどのように開発するが課題である。
- 【Paugam (WTO)】
 - ・以下の2つの設問に関する公開調査結果を示した(調査手法や対象者などの詳細
は明らかにされなかった)。
 - ①「鉄鋼脱炭素標準に関する世界的活動に対する最優先項目は何と考えるか？」と
いう問いに対する回答の集計結果。
 - ◇48%が「炭素濃度測定の手通し手法の収束」と回答
 - ◇25%が「標準が世界的に関連し技術的に中立であることの確認」と回答
 - ◇13%が「発展途上国の要望と参画に関する十分な考慮」と回答
 - ◇7%が「ニアゼロ、ネットゼロの鋼生産に対する野心的パフォーマンス閾値
の設定」と回答
 - ◇7%が「業界全体の収束を徐々に達成するための構成要素を特定すること」と回
答

②「脱炭素標準に関する WTO に対する最優先項目は何と考えるか」に対する回答の集計結果。

◇50%が「国際協力と標準の透明性を強化するフォーラム開催」と回答

◇18%が「脱炭素標準の準備、採用、適用に関するガイダンスの提供」と回答

◇16%が「異なる基準から生じる貿易上の緊張に対処するためのフォーラムとして機能すること」と回答

◇16%が「メンバーが規制を制定する際に、関連する国際規格の使用を促進すること」と回答

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和4年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（ルール形成戦略に係る調査研究（鉄鋼・アルミの低炭素化に関するルール形成））報告書

委託事業名 令和4年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（ルール形成戦略に係る調査研究（鉄鋼・アルミの低炭素化に関するルール形成））

受注事業者名 JFEテクノリサーチ株式会社

頁	図表番号	タイトル
46-47	2章(7)(イ)	【参考：スウェーデンの電力事情と電力インフラ整備】
84	図7	2050年までのロードマップ
108	図8	従来の高炉法との比較図
179	図15	世界鉄鋼業のメガトレンドのフレームワーク
181	図16	持続可能社会における鉄鋼業のフレームワーク