



STEELWATCH

脱炭素化に向かう鉄鋼業界の現在地

1.5°Cへのアクション連続セミナー ものづくり編

スティールウォッチ

石井三紀子 ロジャー・スミス

スチールウォッチ (SteelWatch) とは

鉄鋼セクターにおける気候変動対策を促進することを目的とし、2023年7月に設立された国際NGO

ビジョン：

ゼロエミッション経済を支え、そして環境や地域が栄え、労働者が生き生きと暮らすことを可能にする鉄鋼産業



カナダにおけるグリーン鉄鋼への
転換のポテンシャルも模索

欧州における市民社会協働の強化
＞ EU政策と鉄鋼のグリーンランジ
ションへの政策提言

パリ夏季オリンピックスポンサー・AM社
に対するキャンペーンの実施

製鉄メーカー・フォーカス：
世界第2大手
アルセロール・ミタル社

製鉄メーカー・フォーカス：
世界第4大手 日本製鉄

日本製鉄、USスチール買収の
気候対策への影響について米
国市民団体と協働

メキシコ、ブラジル、リベリア、南アフ
リカなどグローバルサウスの環境活
動家との協働

韓国、中国、オーストラリアの市
民社会との関係強化
＞共同事業の実施

投資家、金融機関
石炭の権益取得

グリーンアイアン
(HBI)貿易の可能性

鉄鋼とクリーンエネルギー

- 鉄鋼はクリーンエネルギーに欠かせない素材
- **鉄鋼生産技術**次第で、持続可能な素材として大きな可能性を秘めている



電気自動車



ソーラーパネル



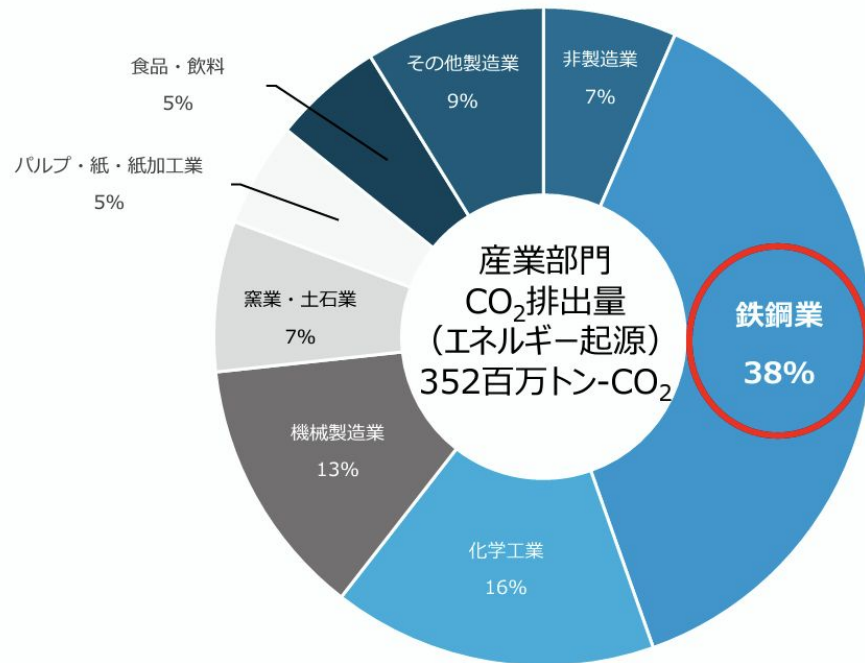
風力タービン

鉄鋼業界における現状のCO2排出量

- 鉄鋼業界のCO2排出量は**世界全体の7%**
製鉄所に電力や蒸気を供給する、発電所や熱供給設備からのCO2排出量を含めると、**11%**を占める。
- 日本全体の**13%**
- 産業部門の**38%**

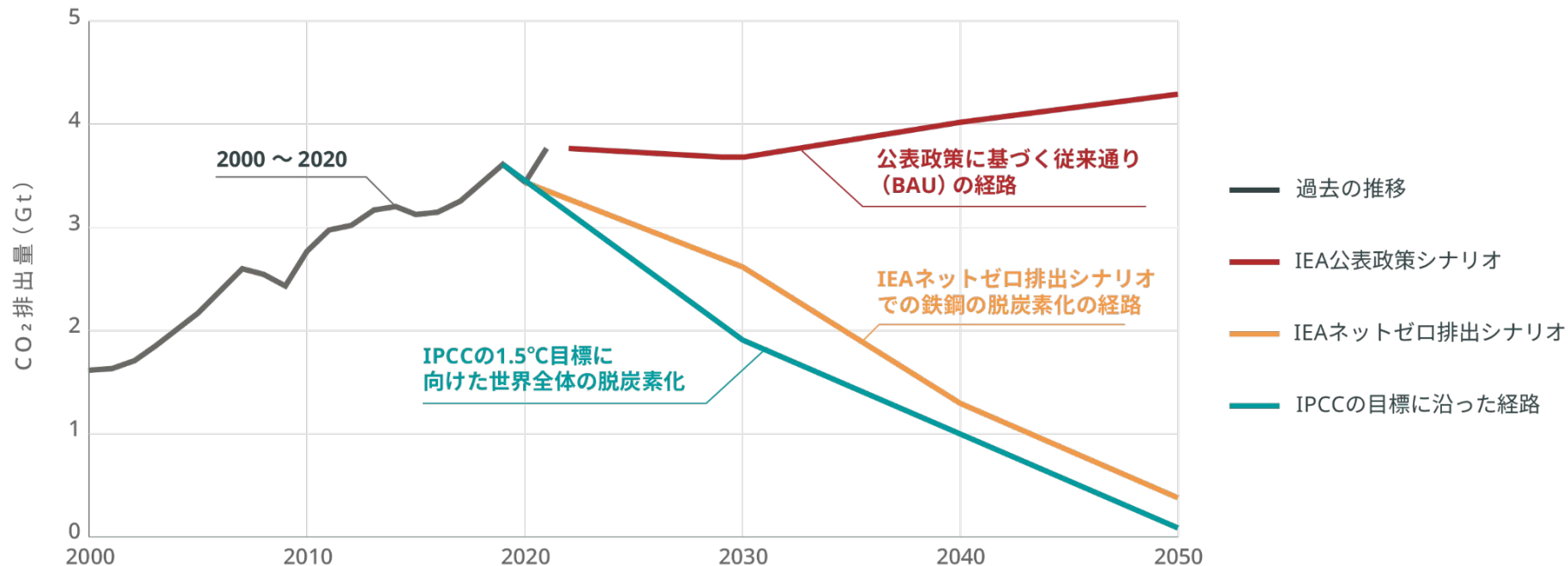
→ 石炭が原因

→ **鉄鋼の作り方**を転換する必要がある



出典: 国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ(2022年度確報値)」を基に経済産業省が作成

各シナリオにおけるCO2排出量

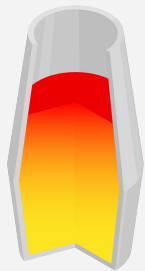


鉄鋼生産技術：製鉄工程における還元反応



鉄鋼生産技術：製鉄（還元）工程と製鋼工程

高炉－転炉法

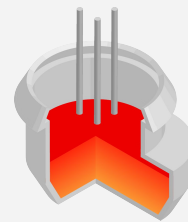


製鉄工程
(高炉：BF)

製鋼工程
(転炉：BOF)

- 世界の鉄鋼生産の**約7割**を占める
- BFでは、主に**石炭**が使用される

直接還元－電炉法

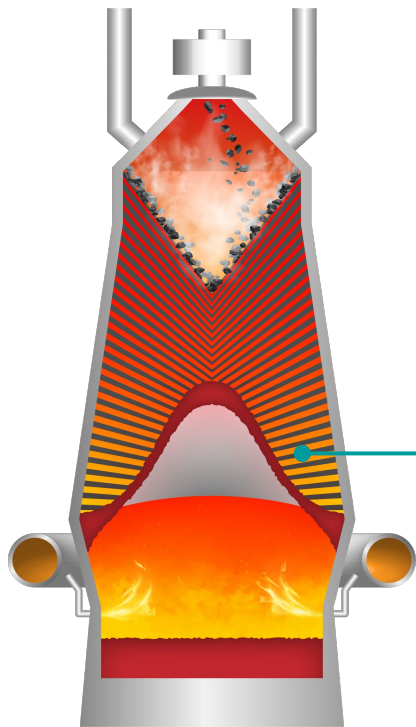


製鉄工程
(直接還元炉：DRI)

製鋼工程
(電炉：EAF)

- DRIでは、天然ガスや**水素**が使用される
- EAFでは、スクラップ鉄も使用される

高炉 (BF)



一部の企業では、**高炉に水素を吹き込む**ことでCO2の排出を削減しようとしている。

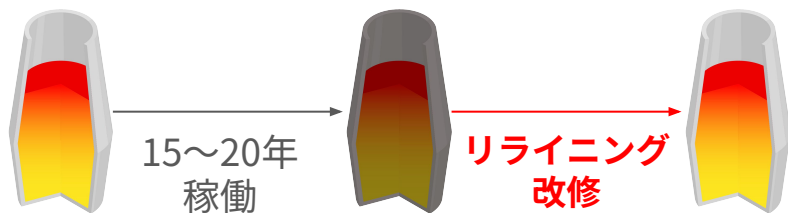
- 新しい設備を作らなくて良いというメリット
- 構造上、一部の石炭を水素で代替することしかできない

→ **高炉への水素吹き込みでは、CO2排出をゼロにはできない。**

鉄鉱石とコークスの層

高炉内では、鉄鉱石とコークスが層状に積み重なり、コークスは酸化鉄を還元するための還元剤として機能すると同時に、炉内でガスが通過しやすい構造を維持する。

高炉の「リライニング改修」



- 定期的に「**リライニング改修**」を行わなければならない
- 事業コストは数百億円に及ぶ（新規建設コストの25~50%に相当）
- **リライニング改修のタイミング**で、高炉から、**石炭に依存しない生産技術へ移行**することが鍵

→ **直接還元炉への移行**

直接還元炉（DRI）

KOBELCO

グループ全体

このサイト内

検索

日本語

English

中文

ナビゲーションメニュー

ミドレックスプロセス・ホットリンクプロセス

ミドレックスプロセス

ミドレックスプラントは、鉄鉱石を還元するShaft Furnaceと還元ガスを発生するReformerの2大主要機器により構成されています。原料として鉄鉱石、ペレットの両方が使用可能。還元炉からの炉頂排ガスを循環利用することで大きな特徴を有しており、低い燃料消費量、環境に優しいプロセスを実現しています。また、ミドレックスプラントでは直接還元鉄（DRI）に加え、再酸化が起こりにくく、輸送が容易なホット・ブリケット・アイアン（HBI）の製造も可能です。

ミドレックスプロセスを使用した神戸製鋼の直接還元プラントは、高炉に依らない新しい鉄源の需要に応え世界的に高い評価を受けており、今後とも当社のエンジニアリングビジネスの中枢として、より大きな発展を期待されています。

MIDREX® Direct Reduced Flowsheet

ホットリンクプロセス

HOTLINK® プロセスは、MIDREX® プロセスのコンセプトを継承していますが、高温の直接還元鉄（DRI）をそのまま電気炉に投入できることに特徴があります。

Shaft Furnaceで生成されたDRIを重力によって約700℃の状態で電気炉に投入することで溶鉄1トンにつき電気炉の消費電力を25%削減し、電極の寿命も25%向上する事が出来ます。

- **カーボンフリー**の鉄鋼生産を可能にする。
- **ホットブリケット・アイアン（HBI）**の製造も可能。

HBIとは？

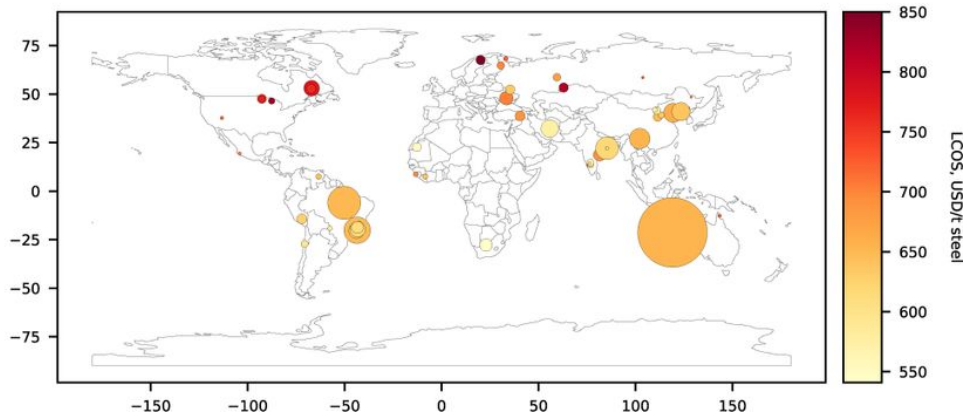
再酸化が起こりにくく、**輸送が容易な還元鉄。**



グリーンアイアン貿易：グローバルな視点における鉄鋼生産の機会

グリーン水素も鉄鉱石も豊かな地域で還元鉄（HBI）を生産

→ 日本に輸送 → 日本の電炉で鉄鋼を完成



nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38123-2>

Global green hydrogen-based steel opportunities surrounding high quality renewable energy and iron ore deposits

Received: 1 December 2022

Alexandra Devlin¹, Jannik Kossen², Houtwen Goldie-Jones¹ & Aidong Yang¹✉

Accepted: 14 April 2023

Published online: 04 May 2023

[Check for updates](#)

The steel sector currently accounts for 7% of global energy-related CO₂ emissions and requires deep reform to disconnect from fossil fuels. Here, we investigate the market competitiveness of one of the widely considered decarbonisation routes for primary steel production: green hydrogen-based direct reduction of iron ore followed by electric arc furnace steelmaking. Through analysing over 300 locations by combined use of optimisation and machine learning, we show that competitive renewables-based steel production is located nearby the tropic of Capricorn and Cancer, characterised by superior solar with supplementary onshore wind, in addition to high-quality iron ore and low steelworker wages. If coking coal prices remain high, fossil-free steel could attain competitiveness in favourable locations from 2030, further improving towards 2050. Large-scale implementation requires attention to the abundance of suitable iron ore and other resources such as land and water, technical challenges associated with direct reduction, and future supply chain configuration.

At present, fossil fuels are the steel sector's bloodstream: 27 EJ (10¹⁸ J) of coal, 3 EJ of gas and 5 EJ (400 TWh) of electricity are consumed annually for the production of the mostly widely used metal on earth¹, emitting an average of 2 tonnes of CO₂ per tonne of steel and causing 7% of global energy-related CO₂ emissions². 1.95 billion tonnes of steel were produced in 2021³, with a projection to increase to 2.19 billion tonnes by 2050 given global demand converging to 250 kg per capita in 2080⁴. Currently, 22% of steel production is via the secondary (scrap-based) electric arc furnace (EAF) route which is set to rise to up

carbon-based iron ore reduction would occur if the use of the current technology is continued.

Responding to the pressure for decarbonisation, incremental measures such as improving the energy efficiency and partial fuel switching (biomass or hydrogen) of fossil-based operations will be insufficient to meet the steel sector's climate commitments; the blast furnace must be retrofitted with carbon capture technology, or phased out⁵. On the other hand, deep decarbonisation technology has emerged in varying scales of emissions abatement, technical feasi-

鉄鋼生産と水素



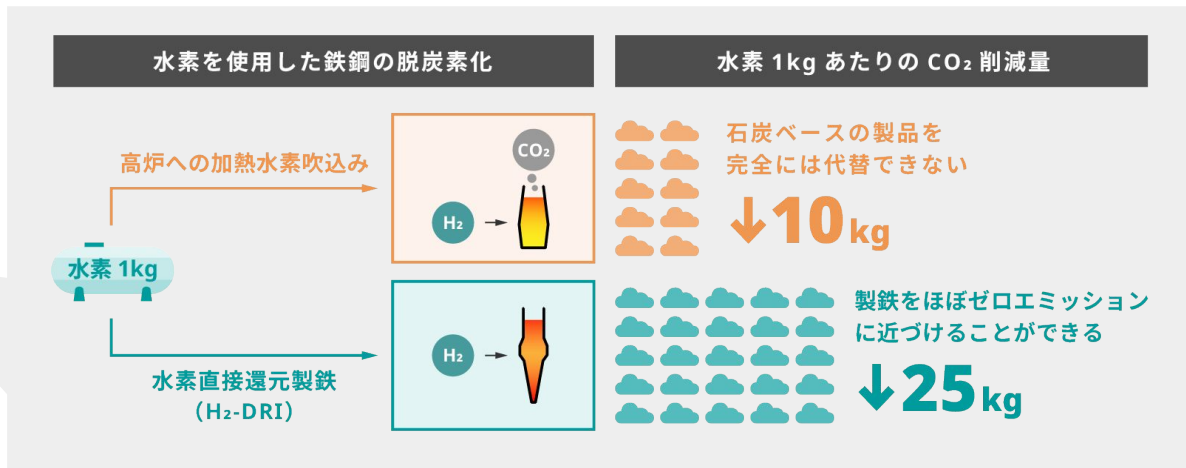
日本製鉄と水素:

Super COURSE50が気候危機に逆行する理由

2024年10月

スティールウォッチのホームページでは、鉄鋼生産と水素の関係について解説した「**日本製鉄と水素**」というブリーフを10月に公開しています。興味を持った方はぜひご覧ください！

水素の使い道についてより詳しく分析しています。



World Steel Association（世界鉄鋼協会）による国ごとの鉄鋼生産量

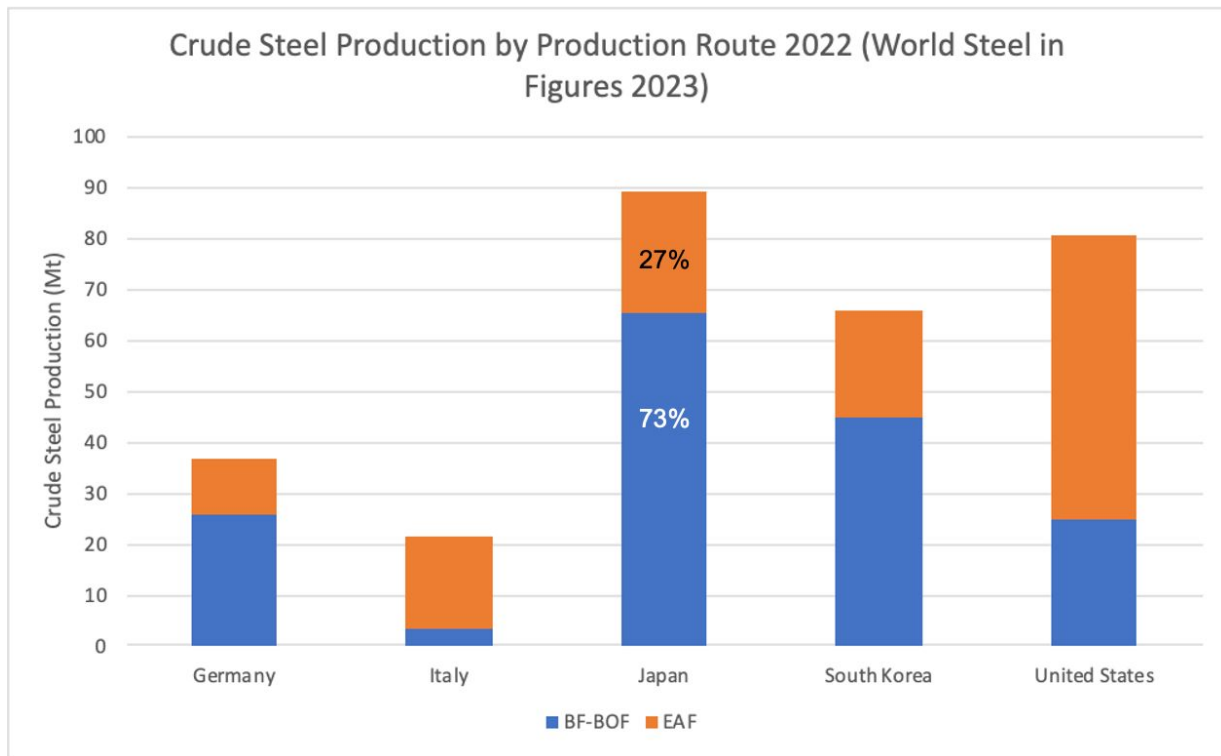
主要鉄鋼生産国（粗鋼生産量 100万トン）

Country	2023		2022	
	Rank	Tonnage	Rank	Tonnage
China	1	1 019.1	1	1 019.1
India	2	140.8	2	125.4
Japan 	3	87.0	3	89.2
United States	4	81.4	4	80.5
Russia	5	76.0	5	71.7
South Korea	6	66.7	6	65.8
Germany	7	35.4	7	36.9
Türkiye	8	33.7	8	35.1
Brazil	9	31.8	9	34.1
Iran	10	31.0	10	30.6
World		1 892.2		1 890.2

2023年において、

日本は**世界第3位**の
鉄鋼生産国

日本の鉄鋼生産の特徴



高炉－転炉法 (BF-BOF)

電炉 (EAF)

日本は世界の平均より高い
73%をBF-BOFが占めている。

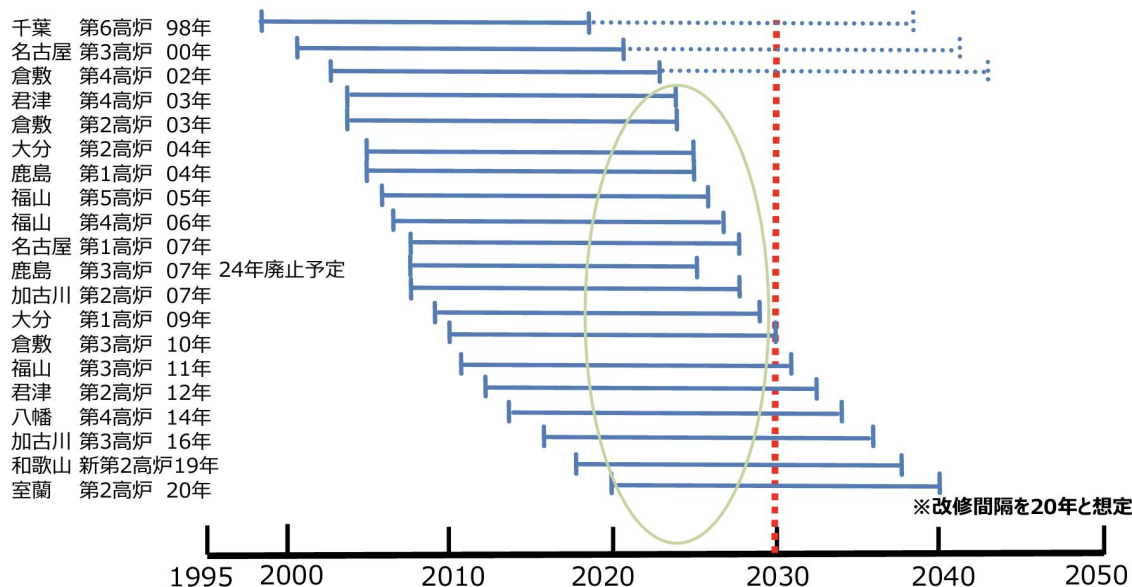
高炉「リライニング改修」の誤った決断

脱炭素に向けた投資判断のタイミング

- 高炉改修が決まっていない9基の高炉について、高炉3社は改修、廃止、電炉化など、今後の対応の判断に迫られている。

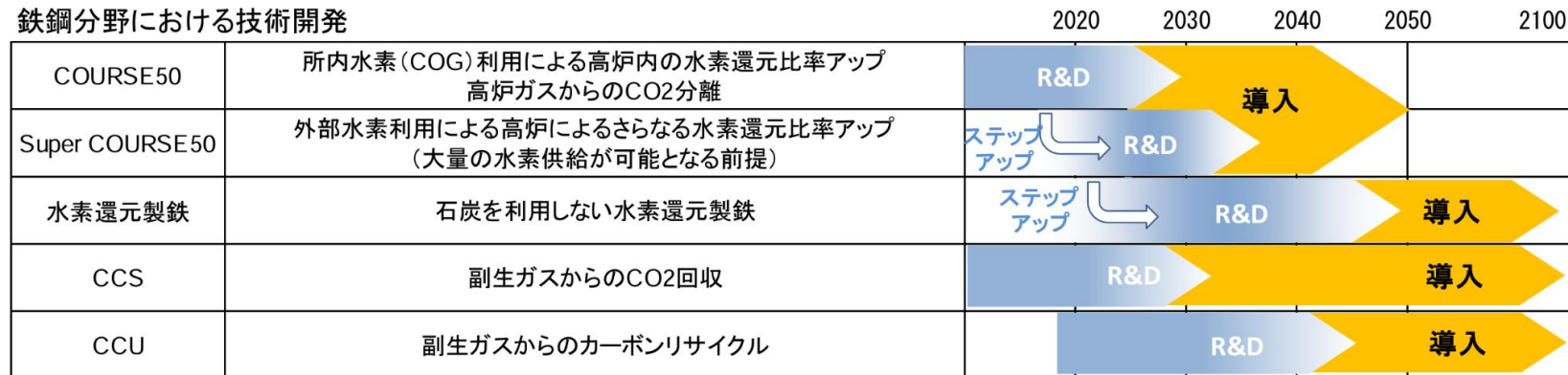
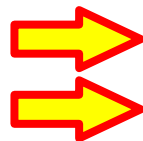
日本の高炉は耐用年数を迎えつつある。

これからの時代に合わせた設備を一から作るか、決断が迫られている。

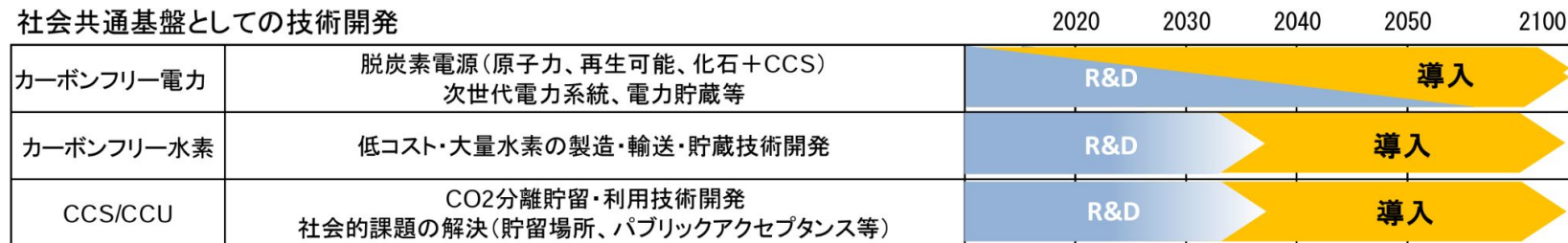


日本鉄鋼連盟『ゼロカーボン・スチールへの挑戦』：超革新的技術開発

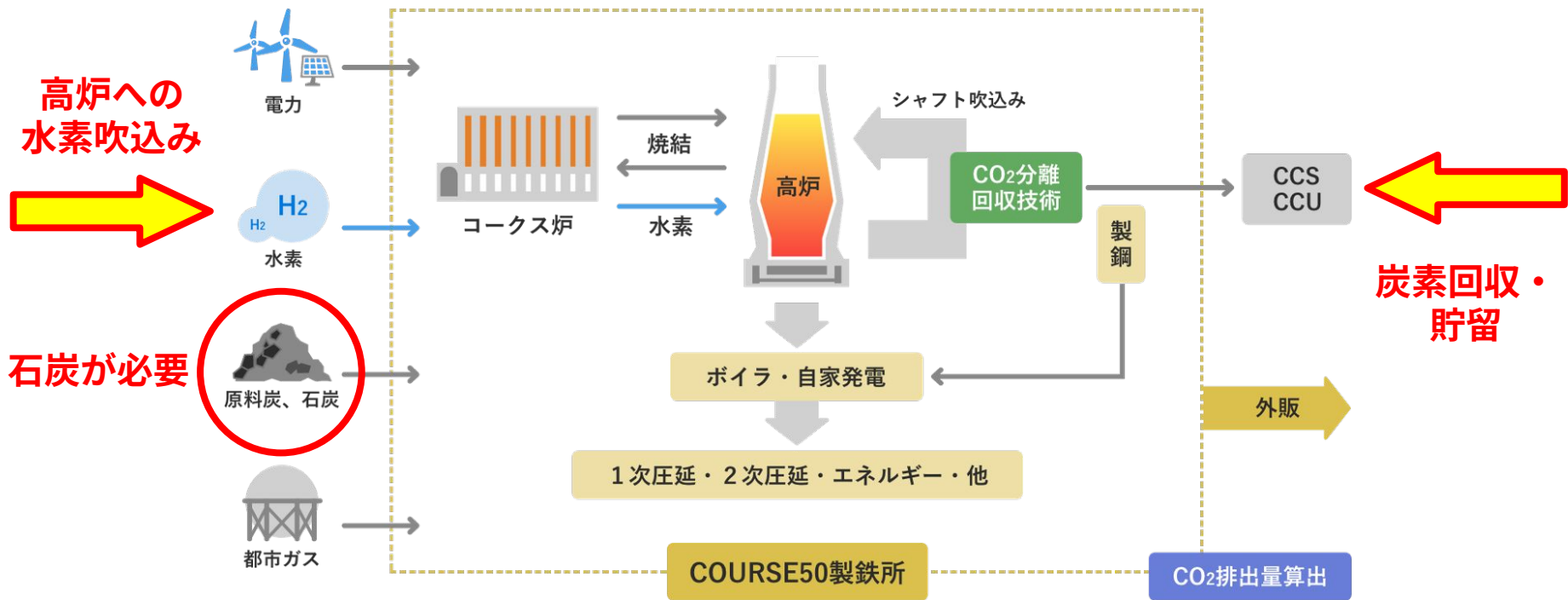
鉄鋼分野における技術開発



社会共通基盤としての技術開発



日本製鉄が掲げるCOURSE50、Super COURSE50とは



実現可能性に疑問が残る

- 技術的にも商業的にもまだ実行可能でない。
- 準備が整わず、排出削減の可能性が低い。

高炉水素還元技術Super COURSE50 の試験炉において 加熱水素吹込みにより、世界最高水準となる高炉CO₂ 排 出量33%削減を確認

2024年2月時点

2024/02/06

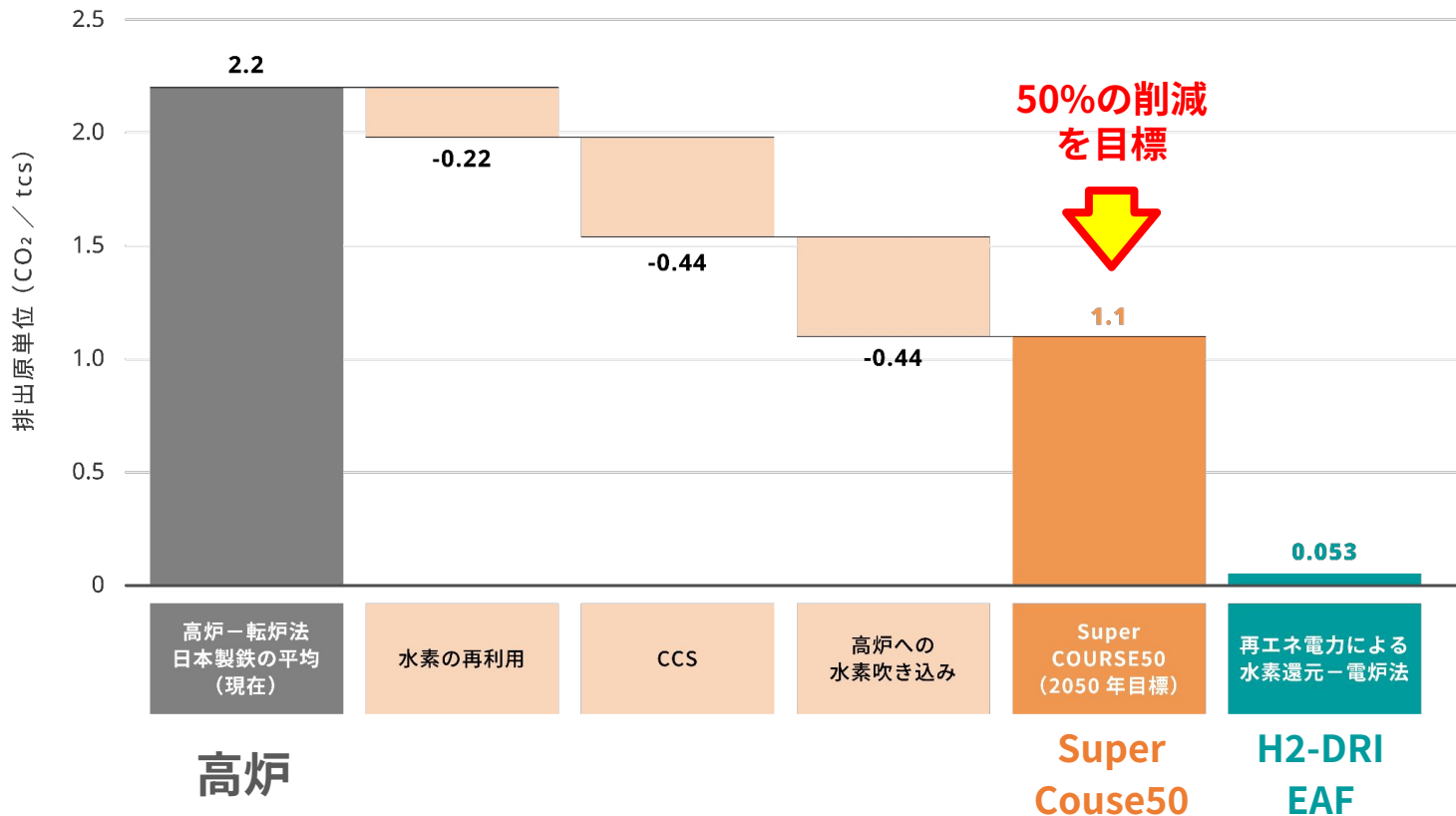
日本製鉄株式会社

日本製鉄株式会社（以下、日本製鉄）は東日本製鉄所君津地区の水素還元試験炉（内容積12m³）において、加熱した水素を使用してCO₂ を削減するSuper COURSE50 技術の開発試験を2022 年5 月より実施し、これまでに世界最高水準となる高炉本体からのCO₂ 排出量22%削減を確認する等、着実に開発を進めてまいりました。今回、2023 年11 月から12 月に実施した試験において、世界最高水準の更新となる、高炉本体からのCO₂ 排出量33%の削減を確認しました。今回の試験では、酸化鉄（鉄鉱石）の炭素還元（吸熱反応）を増やしていく際に、加熱した水素利用により高炉内の熱バランスを維持し、高炉CO₂ 排出量の削減効果を検証しています。更に実証試験を進め、大型高炉でのSuper COURSE50 技術（CO₂ 排出量50%以上削減）確立の早期化に取り組んでいきます。

2022年1月にNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）のグリーンイノベーション基金に採択され、2023年11月に同基金拡充の採択が決定し、日本製鉄株式会社、J F E スチール株式会社、株式会社神戸製鋼所、一般財団法人金属系材料研究開発センターの4 社で、コンソーシアムを結成し、本開発を進めています。

日本製鉄は、2021 年3 月に公表した「日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050」において、本技術を活用した「高炉水素還元」に「大型電炉での高級鋼製造」「水素による還元鉄製造」を加えた、3 つの超革新的技術を用いたカーボンニュートラルの実現を目指しています。

排出削減のポテンシャルが低い



日本製鉄に関するレポート

Super COURSE50の問題点については、
スチールウォッチが2024年5月に出したレポートをご覧ください。

日本製鉄のSuper COURSE50が、
「あまりに遅く、不十分」であるか紹介しています。

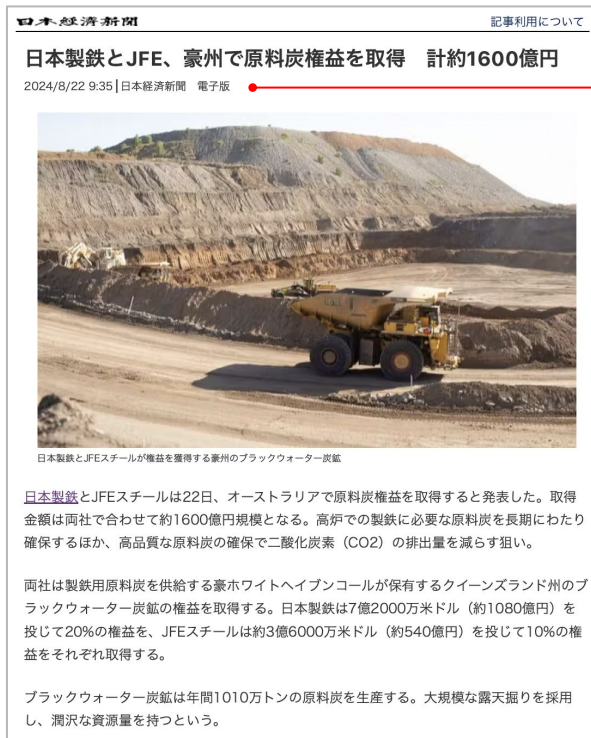


日本の鉄鋼メーカーによる炭鉱の権益取得



鉄鋼生産に
不可欠な原料炭

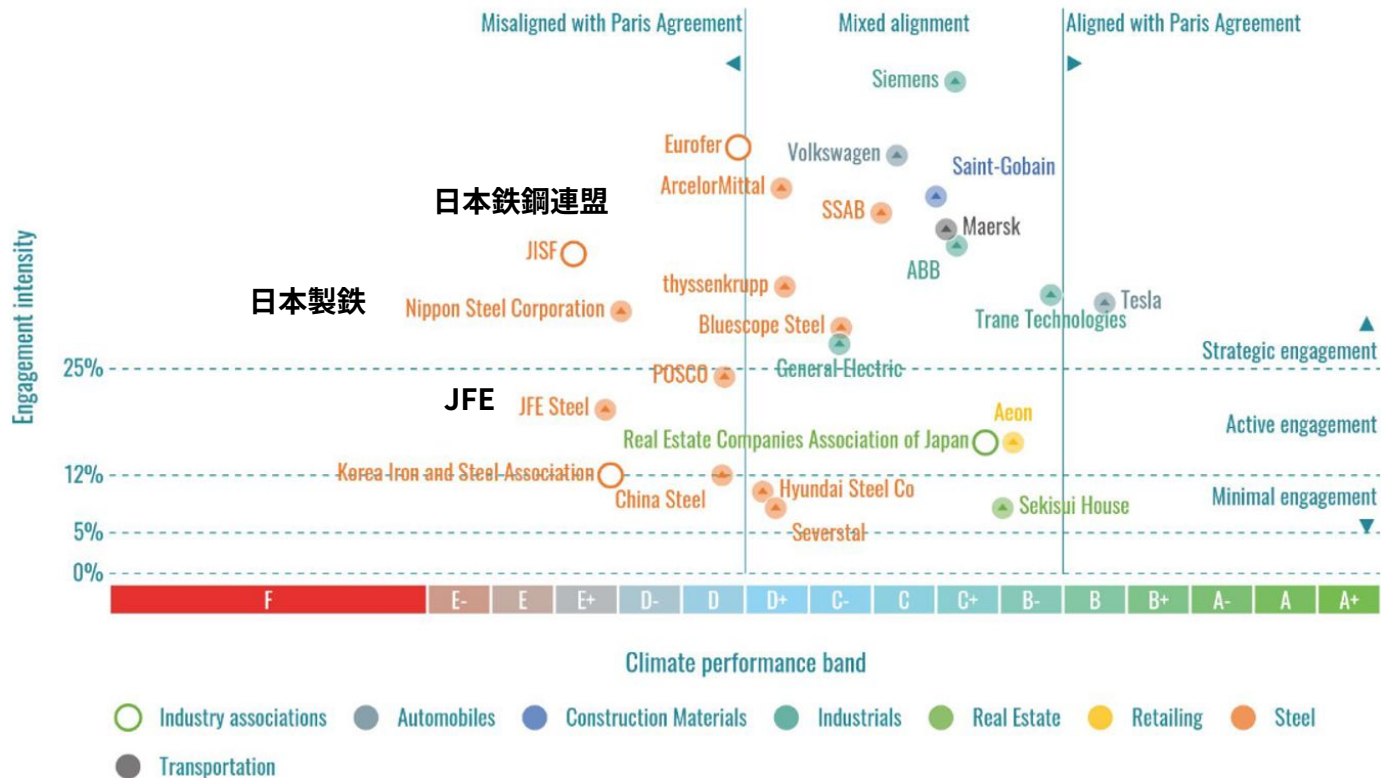
脱炭素を目指す上でも
原料炭の確保は重要
と位置付けている



2024年8月に
更なる豪州の
原料炭の
権益取得を公表

気候政策関与で「最低評価」

気候政策のエンゲージメント



鉄鋼業界の脱炭素化：1.5度目標への道筋とは

世界の排出量を1.5度目標の軌道に載せるためには、この10年間で排出量を大幅に削減する必要がある。

- リライニング改修で、高炉を延命させない
- 石炭への出資をやめる
- 電炉の割合を増やす
- HBIの輸入に融資するか購入契約する（グリーンアイアン貿易）
- 政府に再エネ目標の引上げを要求する

Thank you.

Engage with us:

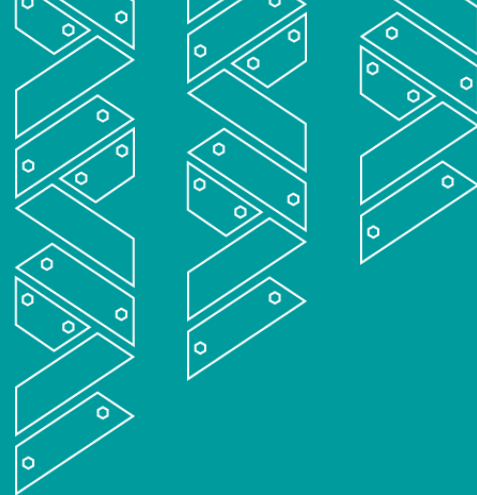
 roger@steelwatch, mikiko@steelwatch.org

 SteelWatch.org

 LinkedIn.com/company/SteelWatch

 [@SteelWatch2023](https://twitter.com/SteelWatch2023)

 youtube.com/@SteelWatch



STEELWATCH

Bringing climate urgency to steel