資料４

第7回メタネーション推進官民協議会報告資料

カーボンニュートラルに向けたJFEの取組（カーボンリサイクル高炉）

2022年4月19日

JFEスチール株式会社

専門主監　藤井良基

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.
本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

JFEスチールの概要

- 設立：2003年4月1日（NKKと川崎製鉄が経営統合）
- 2020年度（連結）
  売上高：2兆2552億円、粗鋼生産量：2673万トン、従業員数：45,797名

2020年粗鋼ランキング（連結、worldsteel*）

順位	会社	生産量（万ﾄﾝ）
1	宝武鋼鉄集団	11,529
2	Arcelor Mittal	7,846
3	河北鋼鉄集団	4,376
4	江蘇沙鋼集団	4,159
5	新日鐵住金	4,158
6	POSCO	4,058
7	鞍山鋼鉄集団	3,819
8	Jianlongグループ	3,647
	…	
14	**JFEスチール**	**2,436**

*worldsteelﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ
https://www.worldsteel.org/statistics/top-producers.html

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

製鉄所の例（西日本製鉄所福山地区）

製鉄所内は一つの町

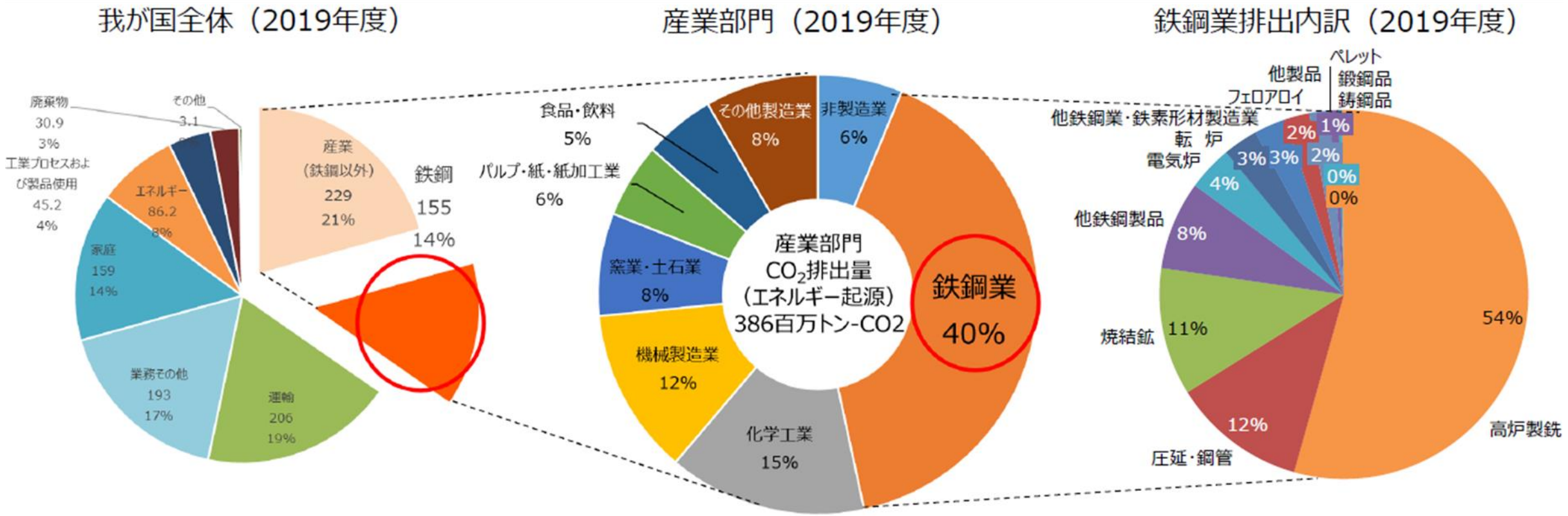
消防、港、鉄道、信号、バス、浄水場、酸素工場、
発電所、自動車整備工場、焼却場、倉庫、警備・・・

面積は東京ドーム(4.7万m^2)の
約300倍(1420万m^2)

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

鉄鋼業はCO2大量排出産業

国内CO2排出量の内訳：鉄のCO2排出シェア14%



※中段の数値は二酸化炭素排出量（百万トン）

（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」（2019年度確報値）

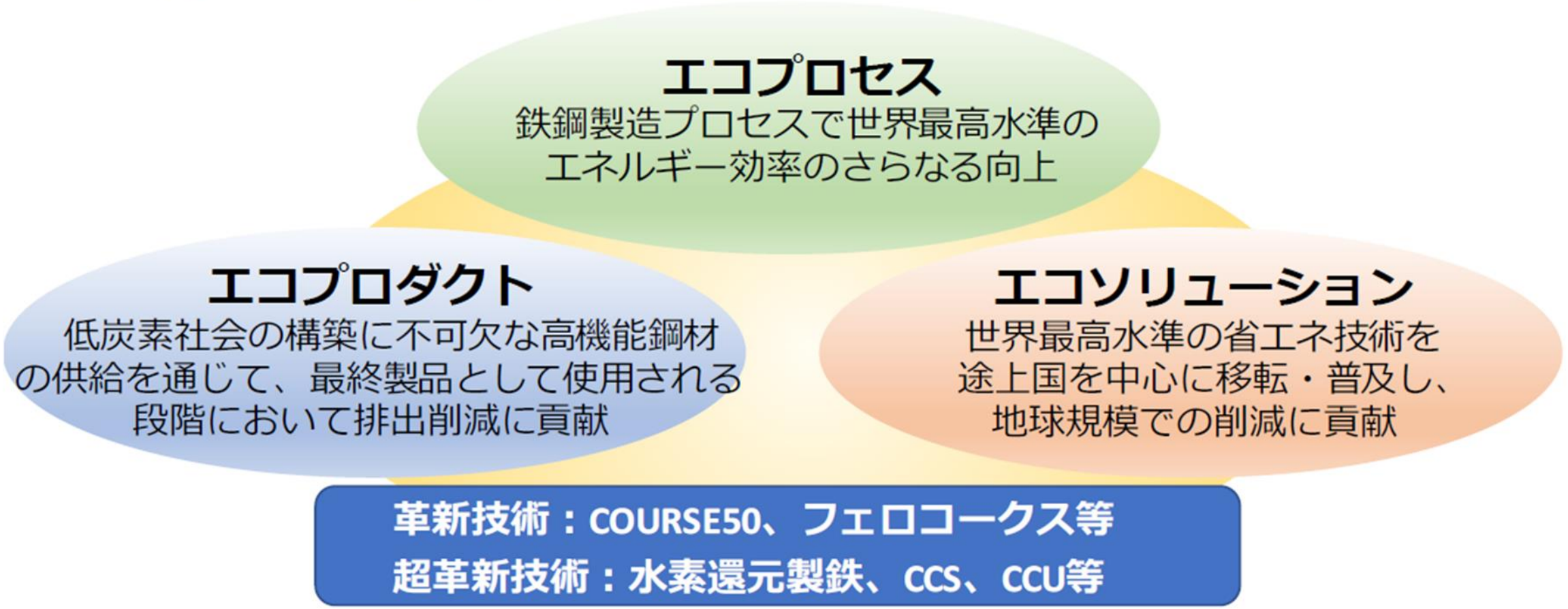
（出典）経済産業省「総合エネルギー統計」
（2019年度確報値）

出典：経済産業省「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」第二回（21年8月24日） 資料4
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/transition_finance_suishin/pdf/002_04_00.pdf

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

日本鉄鋼連盟の長期温暖化対策

- 3つのエコと革新技術開発を2030年以降の長期温暖化対策においても基本とする
- さらに、パリ協定に基づく長期目標（2℃目標）を念頭に置くならば、現在の製鉄技術を超える超革新的技術開発が必要



出典：日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン『ゼロカーボン・スチールへの挑戦』より
https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_JISF.pdf

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

JFEグループ環境経営ビジョン2050

～カーボンニュートラルの実現に向けて～

2021年5月25日発表

- **気候変動問題は事業継続の観点から極めて重要な経営課題**
- 異常気象の顕在化など、**地球規模での気候変動問題への対応が急務**

2020年を気候変動対応推進の節目の年と位置づけ、CO_2削減活動を推進

中期経営計画の最重要課題に掲げ、2050年カーボンニュートラルの実現を目指す

- 企業理念「**JFEグループは、常に世界最高の技術をもって社会に貢献します**」のもと、気候変動問題の解決に向け、新技術の研究開発を加速し、**超革新的技術に挑戦**
- **事業リスクへの対応**だけでなく、**持続可能な社会の実現に貢献する事業機会**の拡大を推進し、社会全体のCO_2削減に貢献することで企業価値の向上を図る
- **TCFDの理念**を**経営戦略の策定**に反映し、**体系的に推進**

出典：JFEグループ環境経営ビジョン2050　説明会資料　[2021年5月25日]
https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/zaimu/g-data/jfe/2020/2020-environmental-management-vision210525-01.pdf

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

JFEグループ環境経営ビジョン2050

～カーボンニュートラルの実現に向けて～

（7次中期経営計画におけるグループ全体でのGX投資額：**3,400億円**）

・研究開発等　500億円
・ST倉敷電磁　490億円
・ENモノパイル　約400億円

ST：JFEスチール
EN：JFEエンジニアリング

1. 第7次中期経営計画における取り組み

- **鉄鋼事業：2024年度末CO_2排出量18%削減**（2013年度比）

2. 2050年カーボンニュートラルに向けた取り組み

① 鉄鋼事業のCO_2排出量削減

※CCU：Carbon Capture and Utilization

- **カーボンリサイクル高炉＋CCU※を軸とした超革新的技術開発への挑戦**
- 水素製鉄(直接還元)の技術開発、電気炉技術の最大活用 他

② 社会全体のCO_2削減への貢献拡大

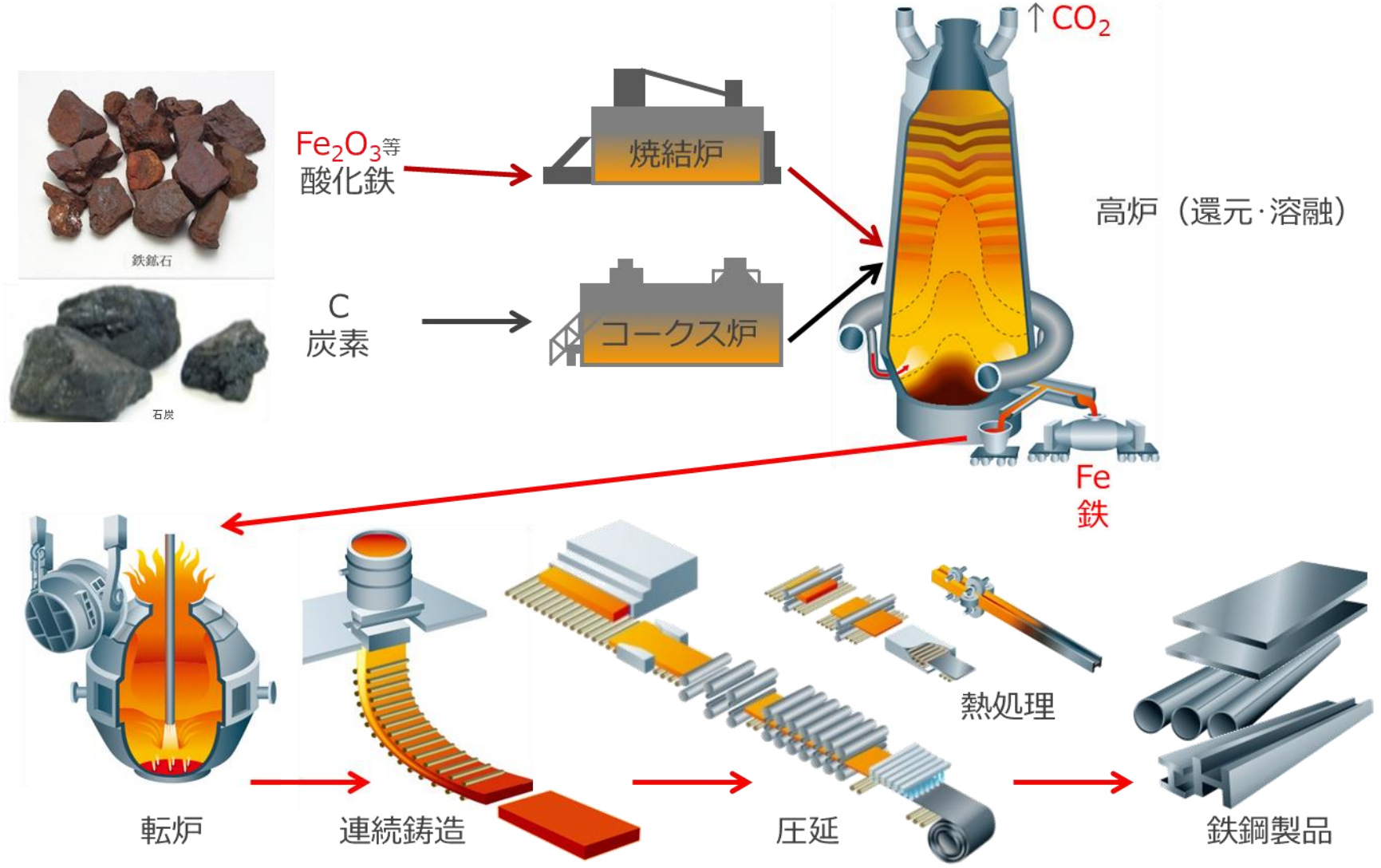
- エンジニアリング事業：再生可能エネルギー発電、カーボンリサイクル技術の拡大・開発
- 鉄鋼事業：エコプロダクト・エコソリューションの開発・提供
- 商社事業：バイオマス燃料や鉄スクラップ等の取引拡大、エコプロダクトのSCM強化等

CO_2削減貢献量目標
- 2024年度　1,200万トン
- 2030年度　2,500万トン

③ 洋上風力発電ビジネスへの取り組み

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

製鉄プロセスの概要



鉄鋼は鉄鉱石(酸化鉄)を炭素で還元して作る。

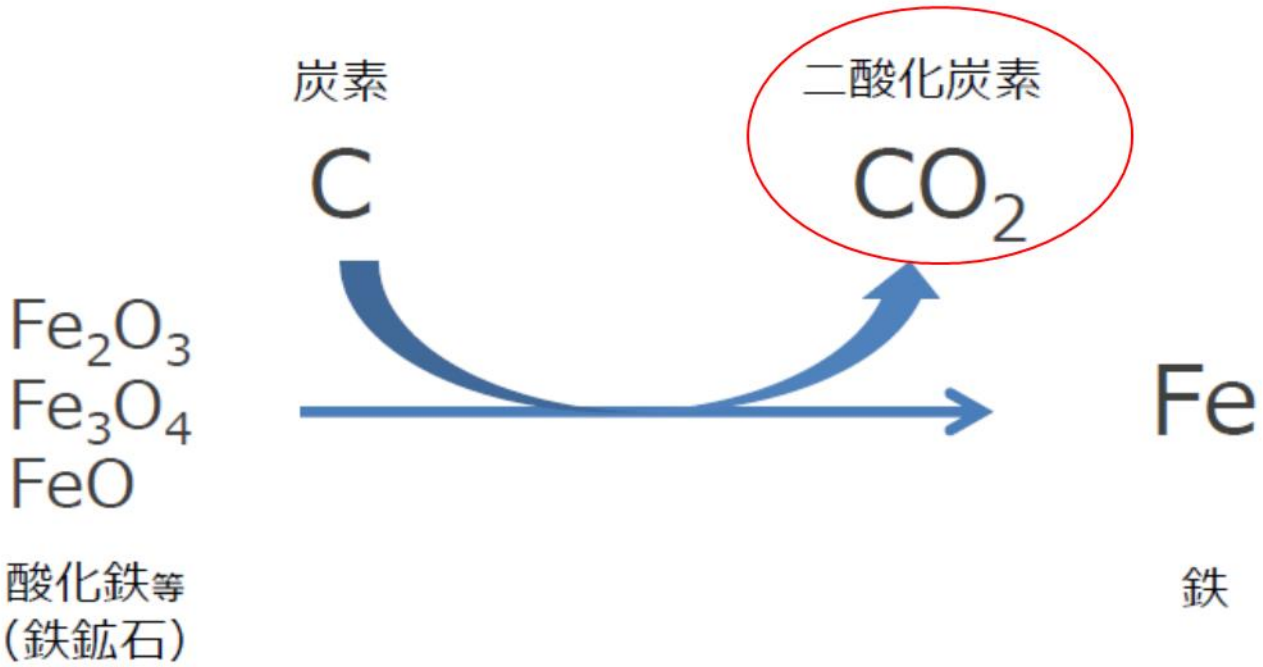
Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画･本資料の無断複製･転載･webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

鉄鉱石の還元にCO2排出は不可避

鉄鉱石から酸素を取り除く(還元)

鉄(Fe)より酸素(O)と結びつきやすい物質(例えば炭素(C))と反応させ、
鉄鉱石(鉄酸化物Fe_2O_3、Fe_3O_4、FeO＋非鉄成分)から酸素を取る(還元)。

鉄鉱石は還元されて鉄(Fe)に、
炭素は酸素と結びついて二酸化炭素(CO_2)に変わる。

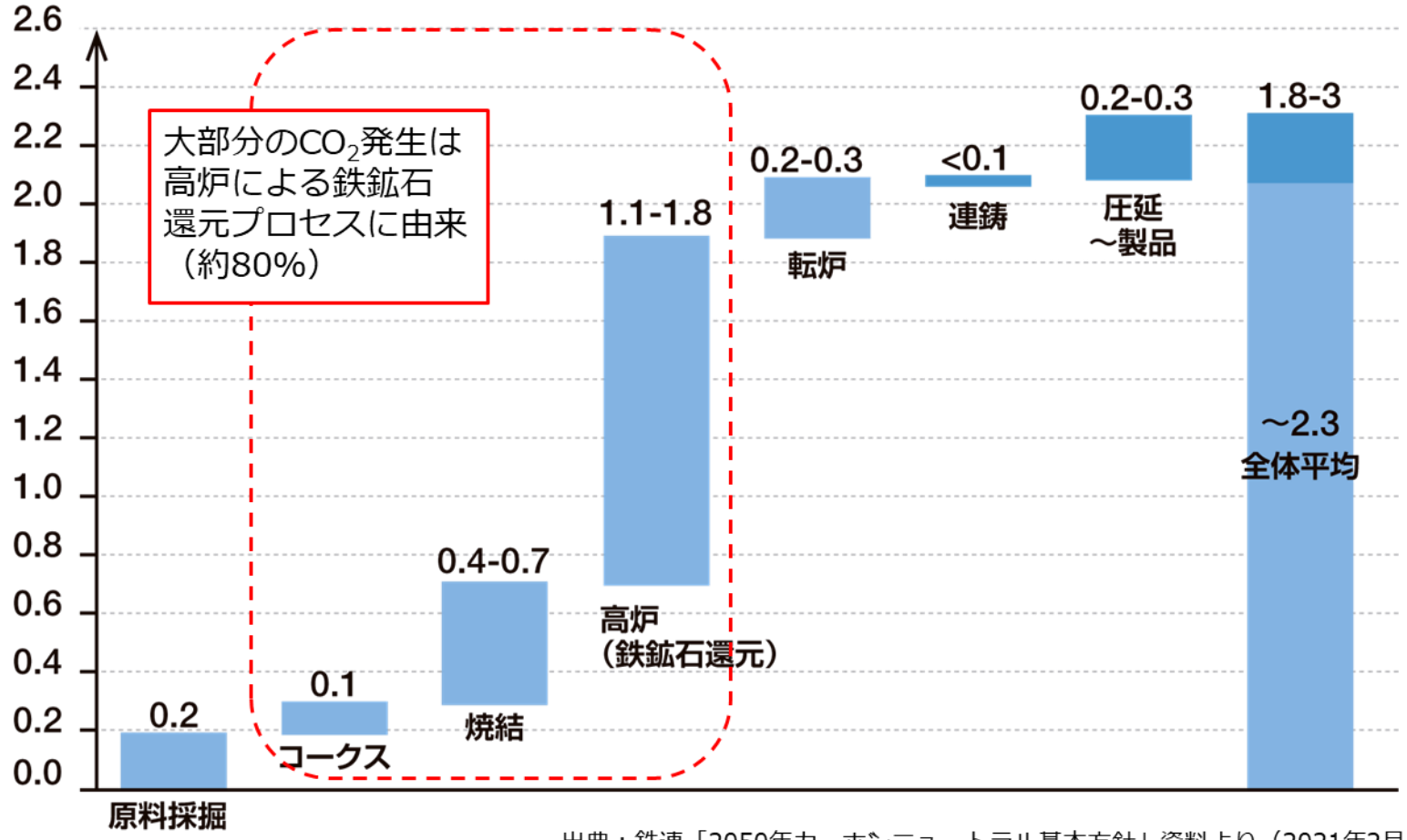


Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

高炉-転炉法プロセスからのCO_2発生

- 国内CO_2排出量のうち、14%は鉄鋼から排出されている
- カーボンニュートラル実現には鉱石還元プロセスのCO_2削減が重要

鉄鋼製造プロセスからのCO_2発生比率（t-CO_2/t-粗鋼）



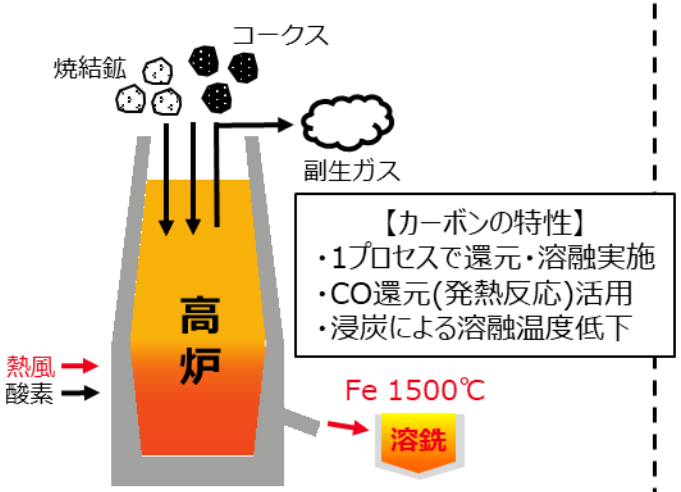
出典：鉄連「2050年カーボンニュートラル基本方針」資料より（2021年2月15日）

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

カーボンニュートラル製鉄に向けた優位性と問題点

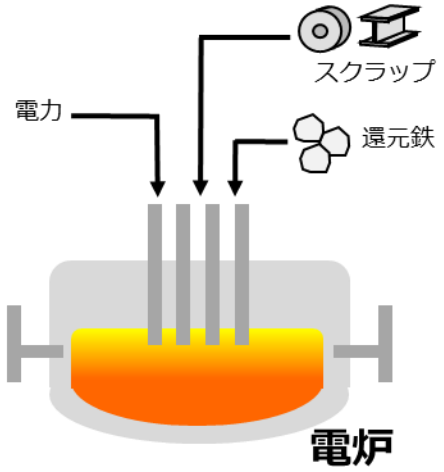
CN製鉄に向けて各プロセスともに優位性と問題点があり、複線的な技術開発が必要

高炉法

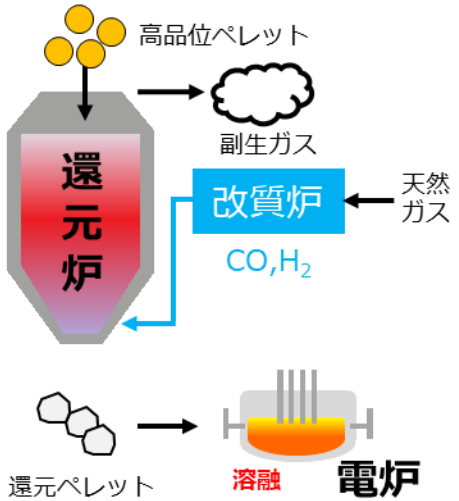


【カーボンの特性】
・1プロセスで還元・溶融実施
・CO還元(発熱反応)活用
・浸炭による溶融温度低下

電気炉法



直接還元製鉄法



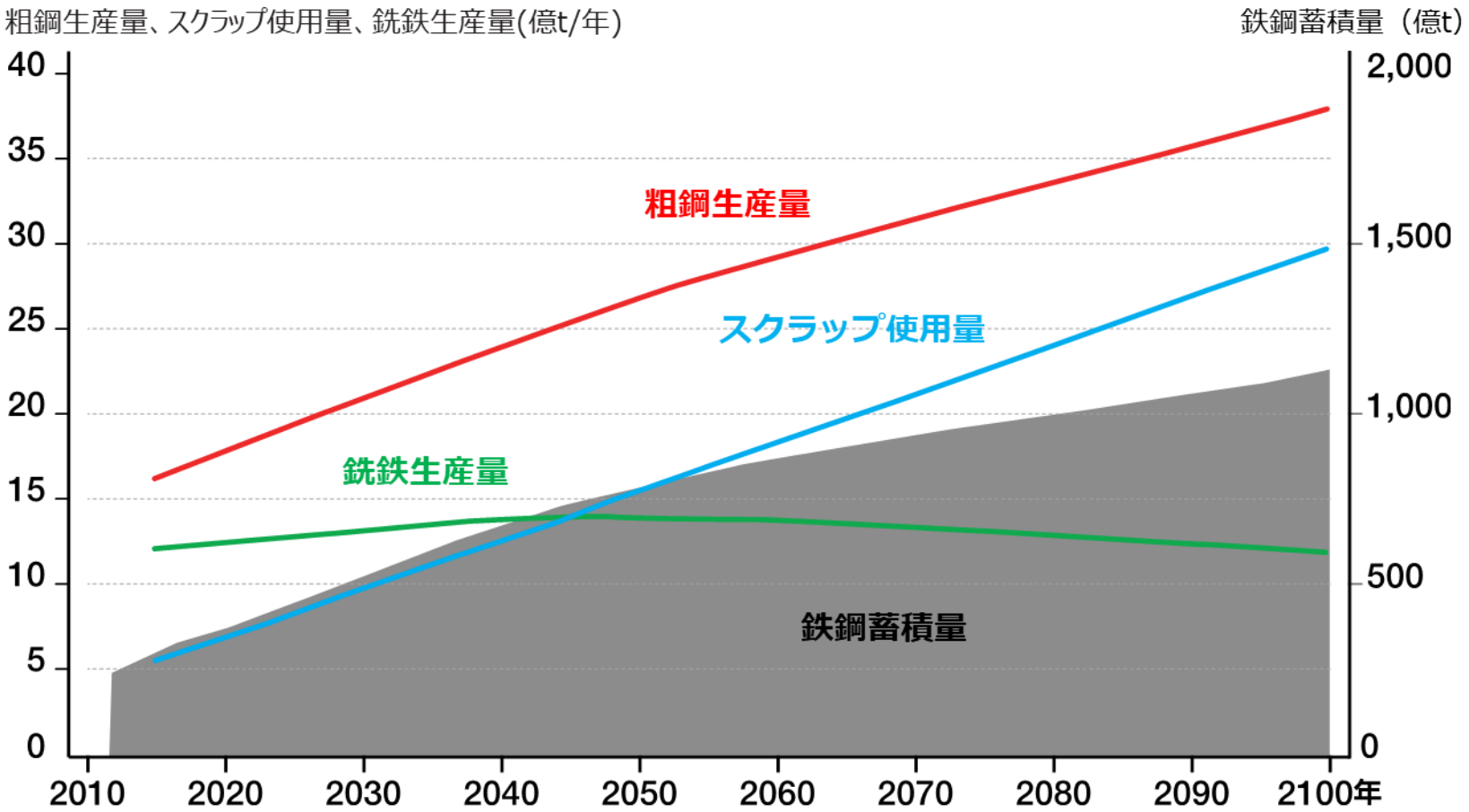
	高炉法	電気炉法	直接還元製鉄法
優位性	● 生産性が高い ● 既存設備を使用可能 ● 低品位鉱石使用可能 ● 高級鋼生産可能	● CO_2排出量が少ない	● CO_2排出量が少ない ● 100%水素還元が可能となれば カーボンニュートラル実現可能
問題点	・コークスをカーボンニュートラル還元材(水素、メタン等)に置換する必要あり ・CCUS※の活用が不可欠 ・水素還元時、炉内温度低下対策が必要(現時点で未確立) ・水素コストが高い	・生産性が低い ・高級鋼の製造困難 ・スクラップのみでは鉄源不足 ・カーボンニュートラル電源必要 ・電力コストが高い(国内)	・高品位鉱石のみ使用可能 ・水素還元時、炉内温度低下対策が必要(現時点で未確立) ・水素コストが高い ・設備投資金額が高い

※CCUS：Carbon Capture, Utilization and Storage

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

世界の鉄鋼生産・鉄鋼備蓄量の将来見通し

- 将来にわたって、鋼材需要量は増大していく
- 老廃スクラップも増加するが鋼材需要を満たすことはできない
- 高級鋼を供給するためにも、一定量の銑鉄供給は不可欠

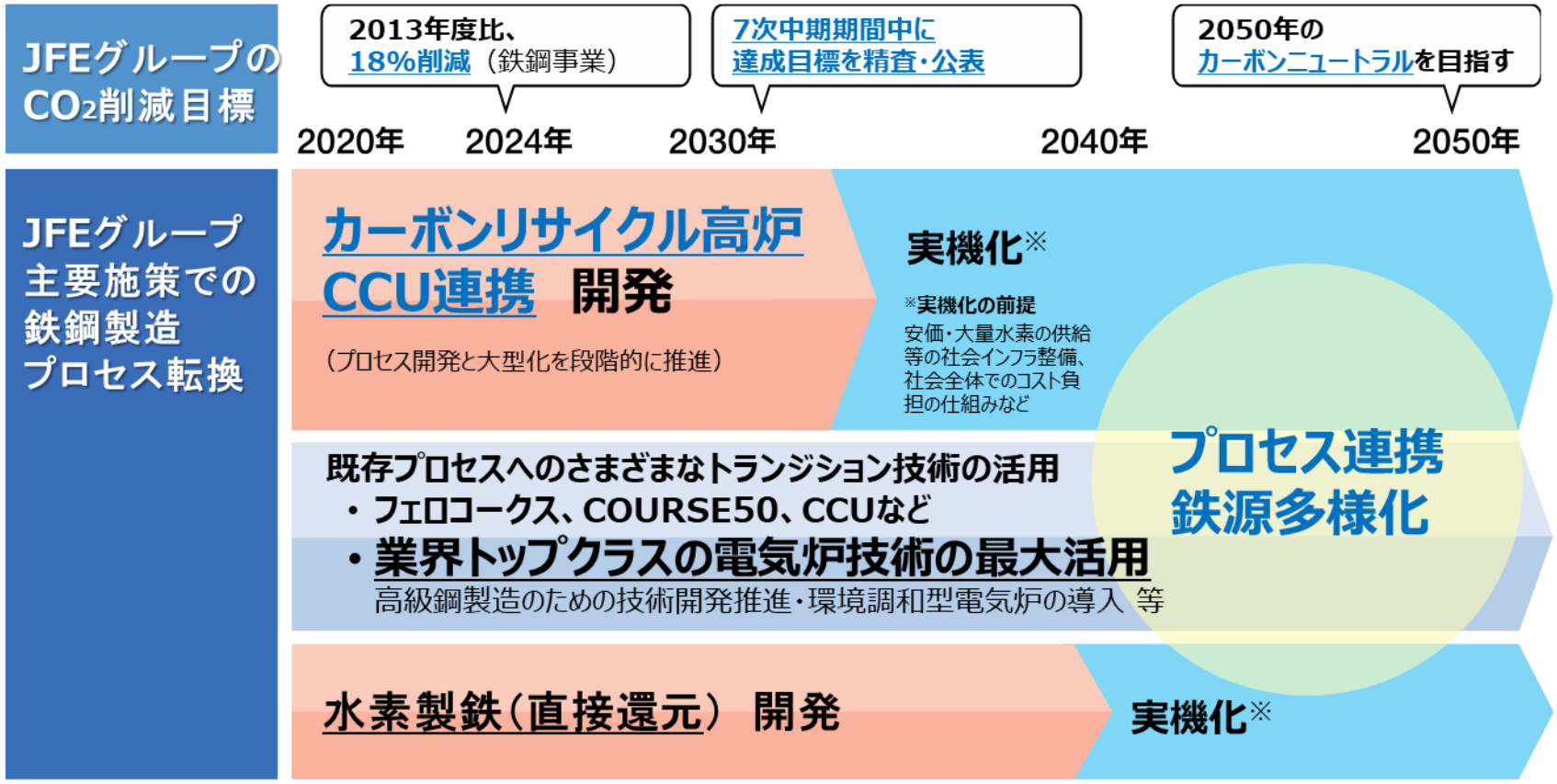


出典：日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン『ゼロカーボン・スチールへの挑戦』説明資料（2018年11月）より

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

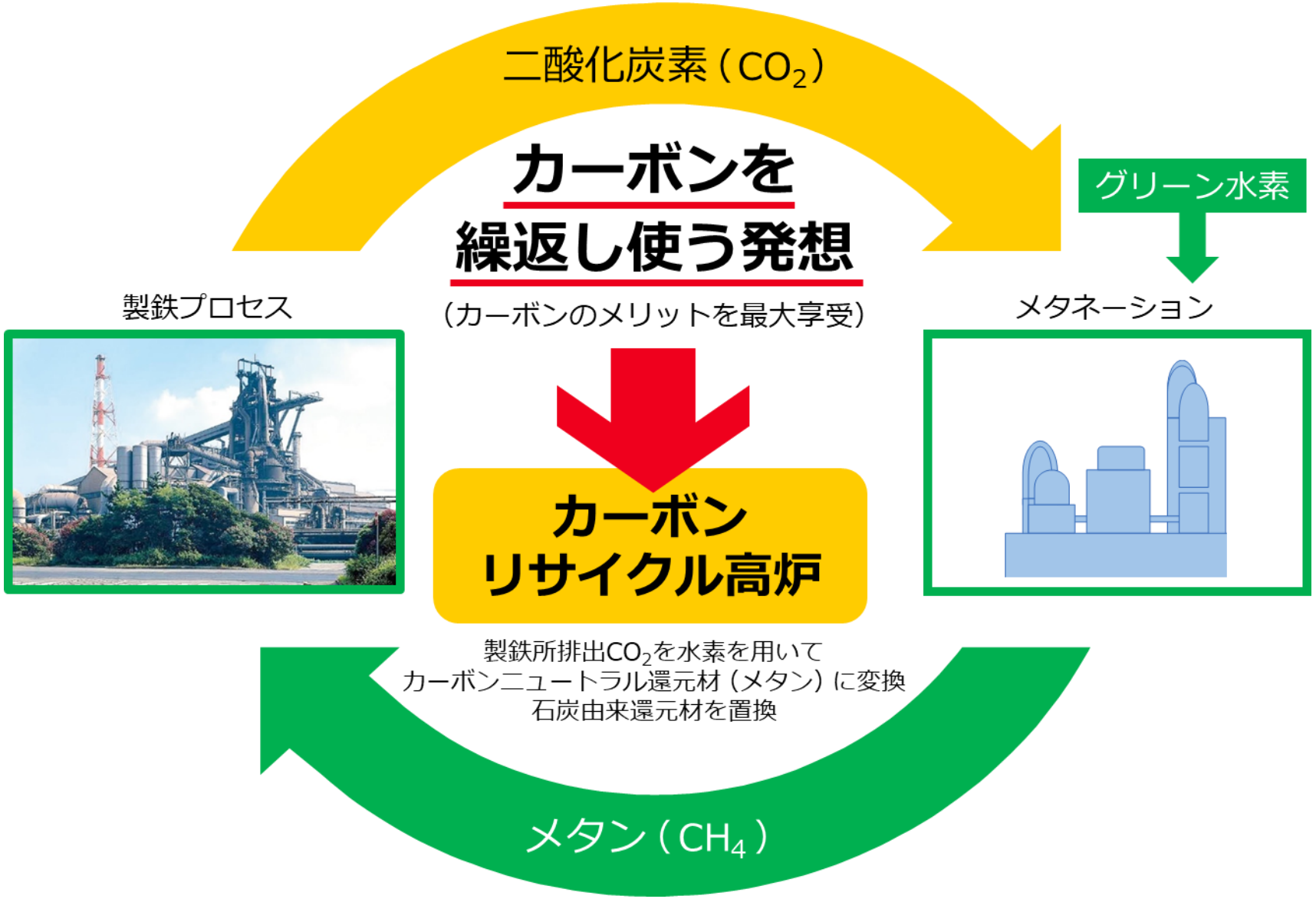
2050年カーボンニュートラルに向けたロードマップ

- 2050年にカーボンニュートラルを実現する新技術の早期確立に向けた研究開発を加速
- カーボンリサイクル高炉＋CCUや水素製鉄（直接還元）を主軸とし、様々な超革新的技術開発に複線的にアプローチ
- 業界トップクラスの電気炉技術の最大活用



Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved. 本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

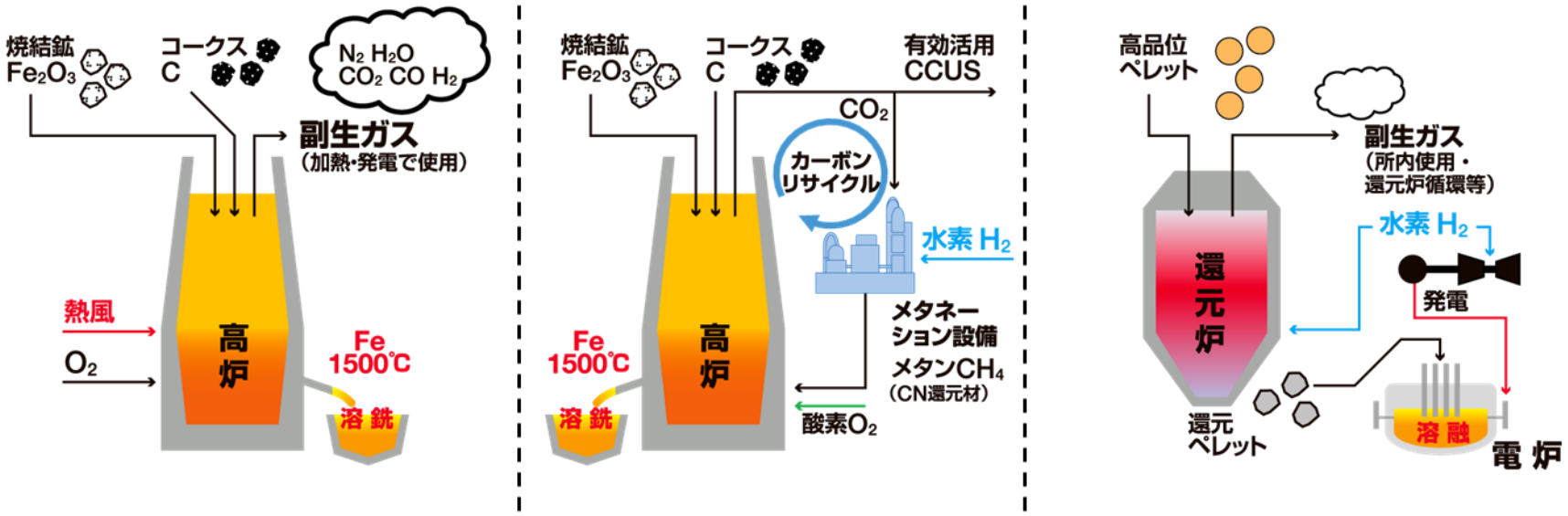
カーボンリサイクル高炉の概念



Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

カーボンリサイクル高炉

- 高炉法の大量・高効率生産、高級鋼製造の特性を活かすために、**高炉におけるCO_2削減技術が重要**
- **カーボンリサイクル高炉**と**CCUS**を組み合わせることにより、従来の高炉法で使用していた品位の原料を用いて、**製鉄所内でのCO_2再利用を可能**とし、**実質CO_2排出ゼロ**を目指す

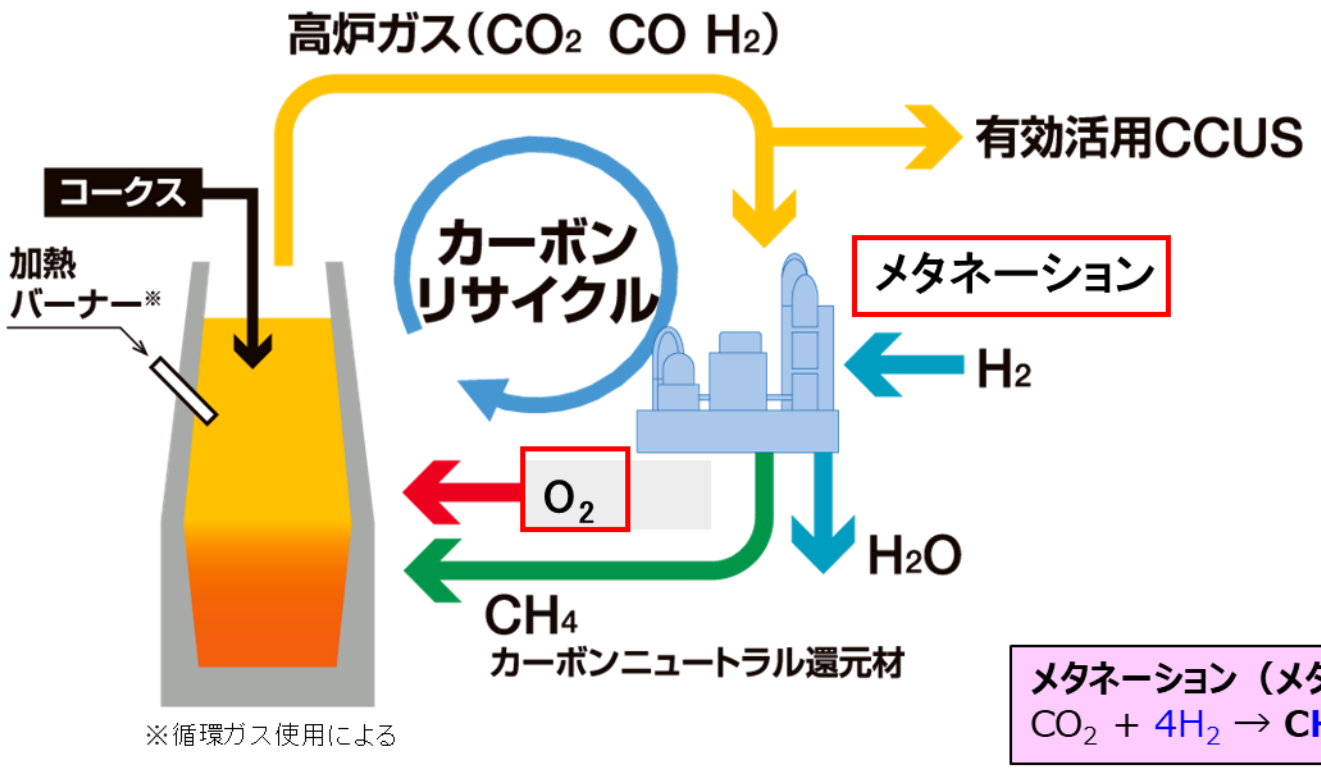


	通常高炉	カーボンリサイクル高炉	水素直接還元鉄
生産規模	年産400万t/基	年産400万t/基（通常高炉並みを想定）	年産200万t/基（現状直接還元製鉄並みを想定）
還元材	コークス＋微粉炭	コークス＋カーボンニュートラルメタン（CH_4）	水素　（H_2）
使用原料	低品位鉱石使用可能	低品位鉱石使用可能	制約あり（高品位鉱石）
CO_2排出量	出銑1t当たり、2t-CO_2	ゼロを目指す（高炉での削減＋CCUS）	ゼロを目指す（カーボン不使用）

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

カーボンリサイクル高炉によるCO_2排出量削減

- 高炉から発生するCO_2をメタンに変換し、還元材として繰り返し利用
- 還元材の一部をコークスからカーボンニュートラルメタンに変換しCO_2排出量削減



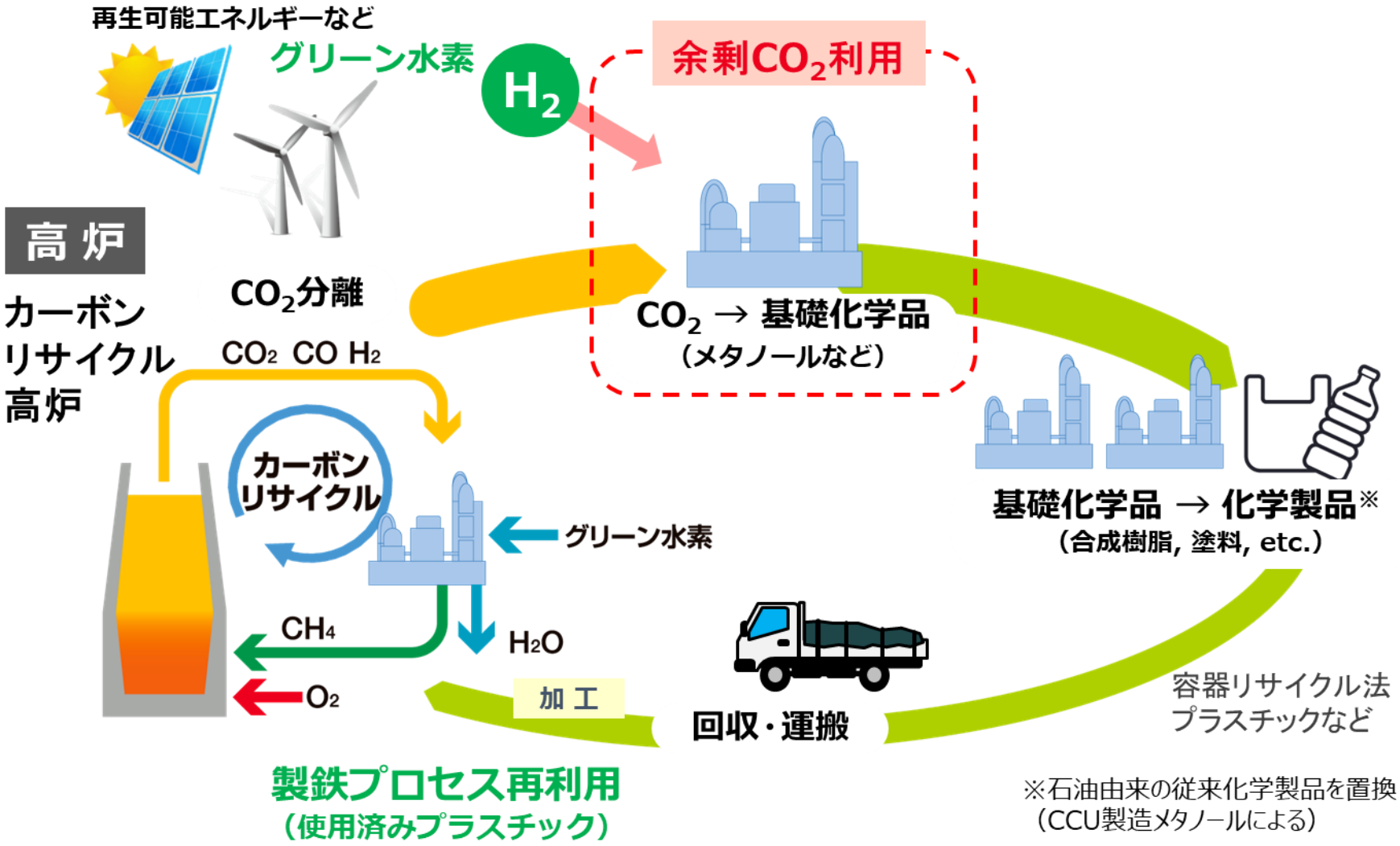
メタネーション（メタン合成）反応
$CO_2 + 4H_2 \rightarrow \mathbf{CH_4} + 2H_2O$

CO_2削減目標：高炉単体30%、CCUSを活用してカーボンニュートラルを目指す

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

カーボンリサイクル高炉とCO_2有効利用（CCU）

- CO_2削減を目的として高炉でのカーボンリサイクル最大化を推進
- 余剰CO_2についても基礎化学品(メタノール他)製造によりCO_2排出削減



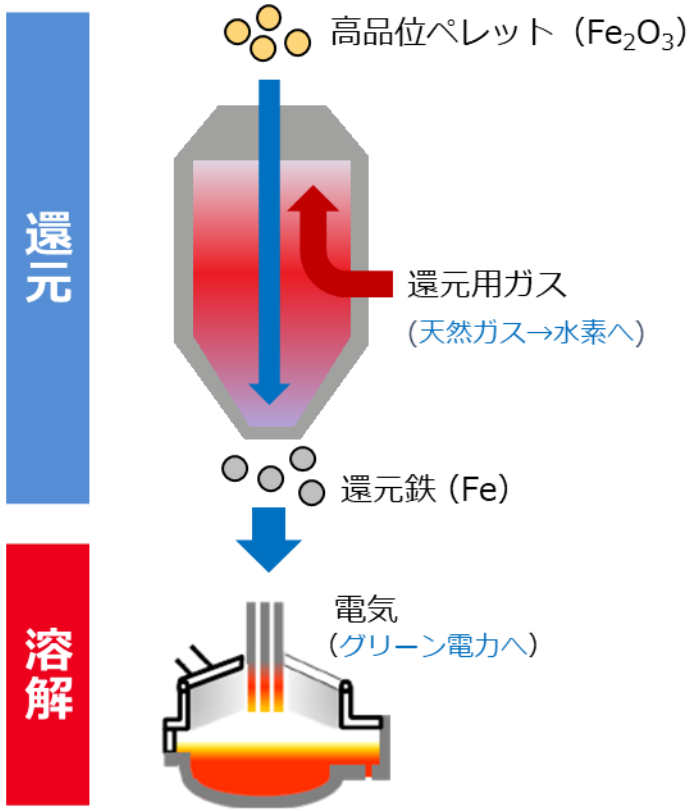
※石油由来の従来化学製品を置換
（CCU製造メタノールによる）

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

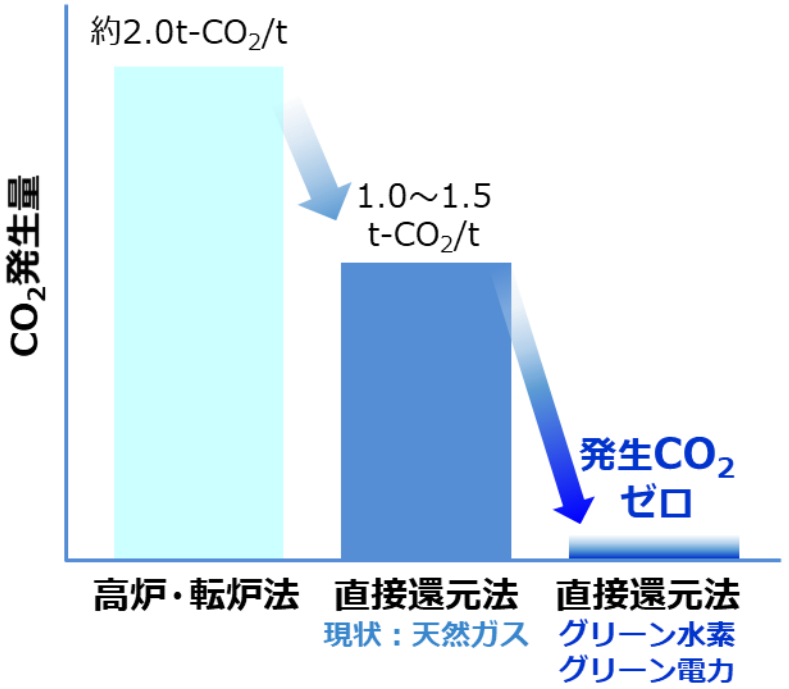
水素還元技術の有用性

- 還元炉で鉄鉱石から酸素を取り除き還元鉄(Fe)を製造し、電気炉で溶解
- 現行の直接還元法でのCO_2発生量は高炉-転炉法の約1/2
- 還元時水素活用+溶解時グリーン電力活用により発生CO_2ゼロ

直接還元プロセス



製鉄プロセスのCO_2発生量比較



Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

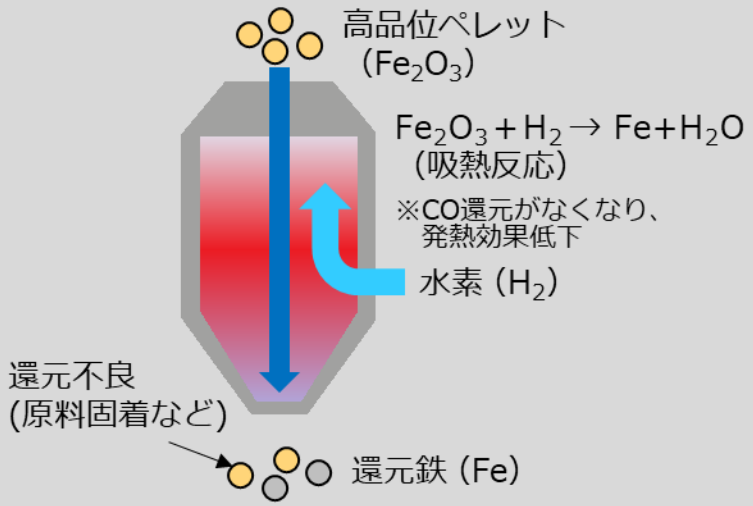
水素還元技術の課題と対策（吸熱反応）

課題　吸熱反応による還元反応の阻害（水素による還元＝吸熱反応）

対策　原料の予熱、水素の加熱技術の開発

課題

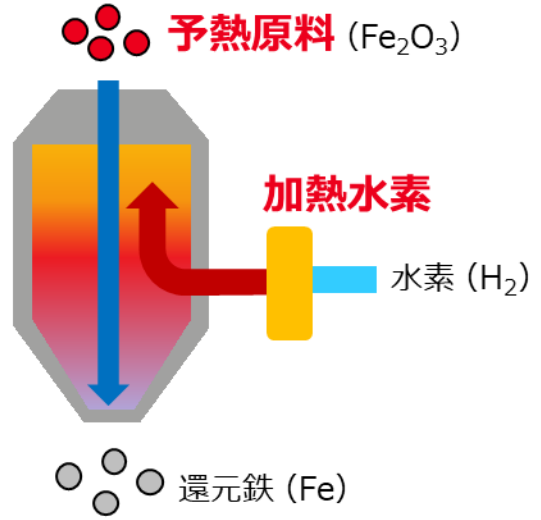
吸熱反応による反応阻害



熱不足条件では還元不良が発生

対策

・原料予熱技術の開発
・水素加熱技術の開発



Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

社会全体への提言

JFEグループはカーボンニュートラル製鉄の開発を最重要経営課題として取り組んでいくものの、実現に向けた課題は山積み

カーボンニュートラル製鉄実現のためのコスト影響

◆巨額な研究開発費

→2030年までに約1,000億円、2050年に向けさらに多くの開発費用が必要
（グリーンイノベーション基金などの政府の研究開発支援金の最大活用）

◆巨額な実機化投資

→CN実現のための製鉄所総設備投資には研究開発に比べてさらに多額の費用が必要
（400万トン/年規模の高炉1基当たり約5,000億円）

◆安価で大量なグリーン水素・電力の安定供給・インフラ整備
（産業用電力価格の国際競争力の確保）

◆安価な水素が供給された場合においても製造コスト※は大幅に上昇

※水素20円/Nm^3前提でコスト倍増

大幅なコストアップは避けられず、個社努力には限界
コスト上昇を社会全体で担うための仕組みづくりなど、
政府支援と社会との連携が必須

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.　本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。

Copyright © 2022 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.

本報告の無断録画・本資料の無断複製・転載・webサイトへのアップロード等はおやめ下さい。