



製鉄プロセスにおける カーボンリサイクル技術

JFEスチール(株) スチール研究所
環境プロセス研究部
木島 秀夫

- 1) カーボンニュートラルに向けたJFEの取り組み
～JFEグループ環境経営ビジョン2050～
- 2) JFEにおけるカーボンリサイクル その1
「カーボンリサイクル高炉」
- 3) JFEにおけるカーボンリサイクル その2
「高炉ガスからのメタノール合成 ～無機膜の利用～」

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～



- 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、CO₂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CO₂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

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)

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CO₂排出量18%削減（2013年度比）

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

ST：JFEスチール
EN：JFEエンジニアリング

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CO₂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CO₂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

CO₂削減貢献量目標

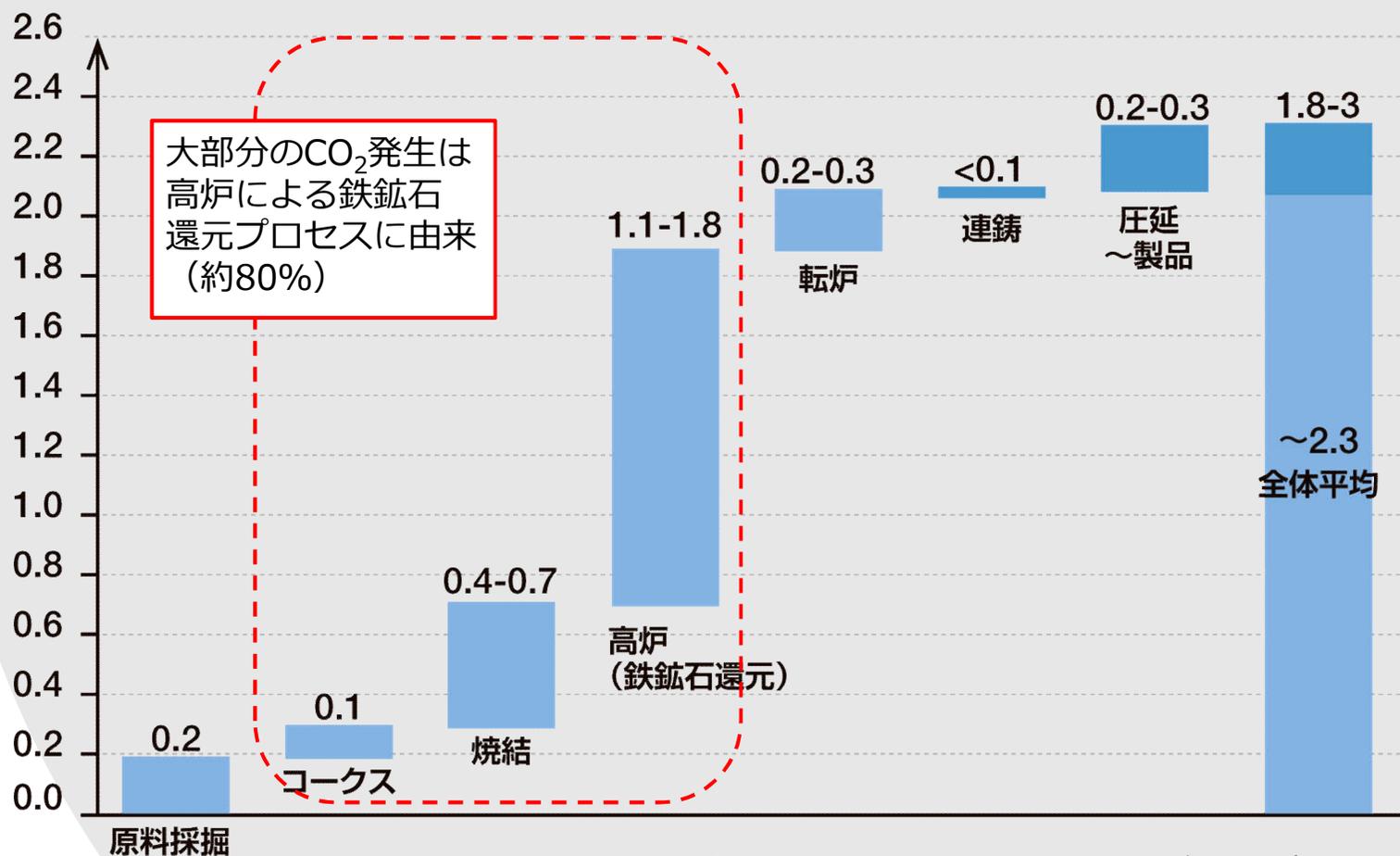
2024年度	1,200万トン
2030年度	2,500万トン

- ③ 洋上風力発電ビジネスへの取り組み



- 国内CO₂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鉄鋼還元プロセスのCO₂削減が重要

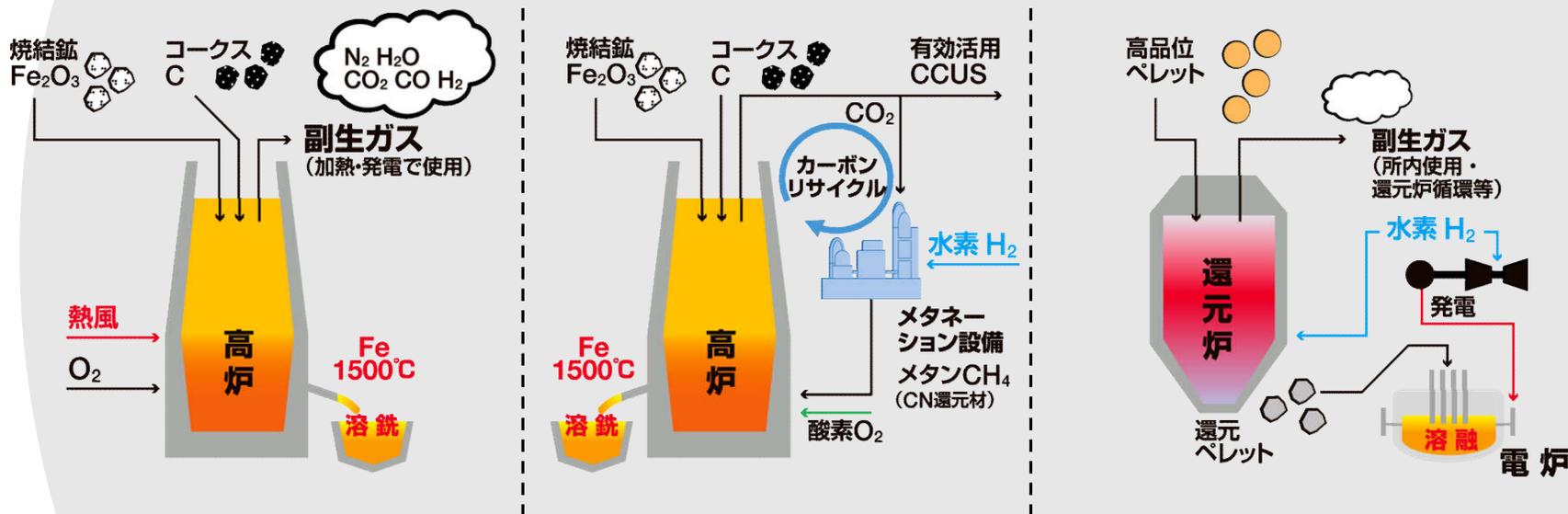
鉄鋼製造プロセスからのCO₂発生比率 (t-CO₂/t-粗鋼)



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）

- 1) カーボンニュートラルに向けたJFEの取り組み
～JFEグループ環境経営ビジョン2050～
- 2) JFEにおけるカーボンリサイクル その1
「カーボンリサイクル高炉」
- 3) JFEにおけるカーボンリサイクル その2
「高炉ガスからのメタノール合成 ～無機膜の利用～」

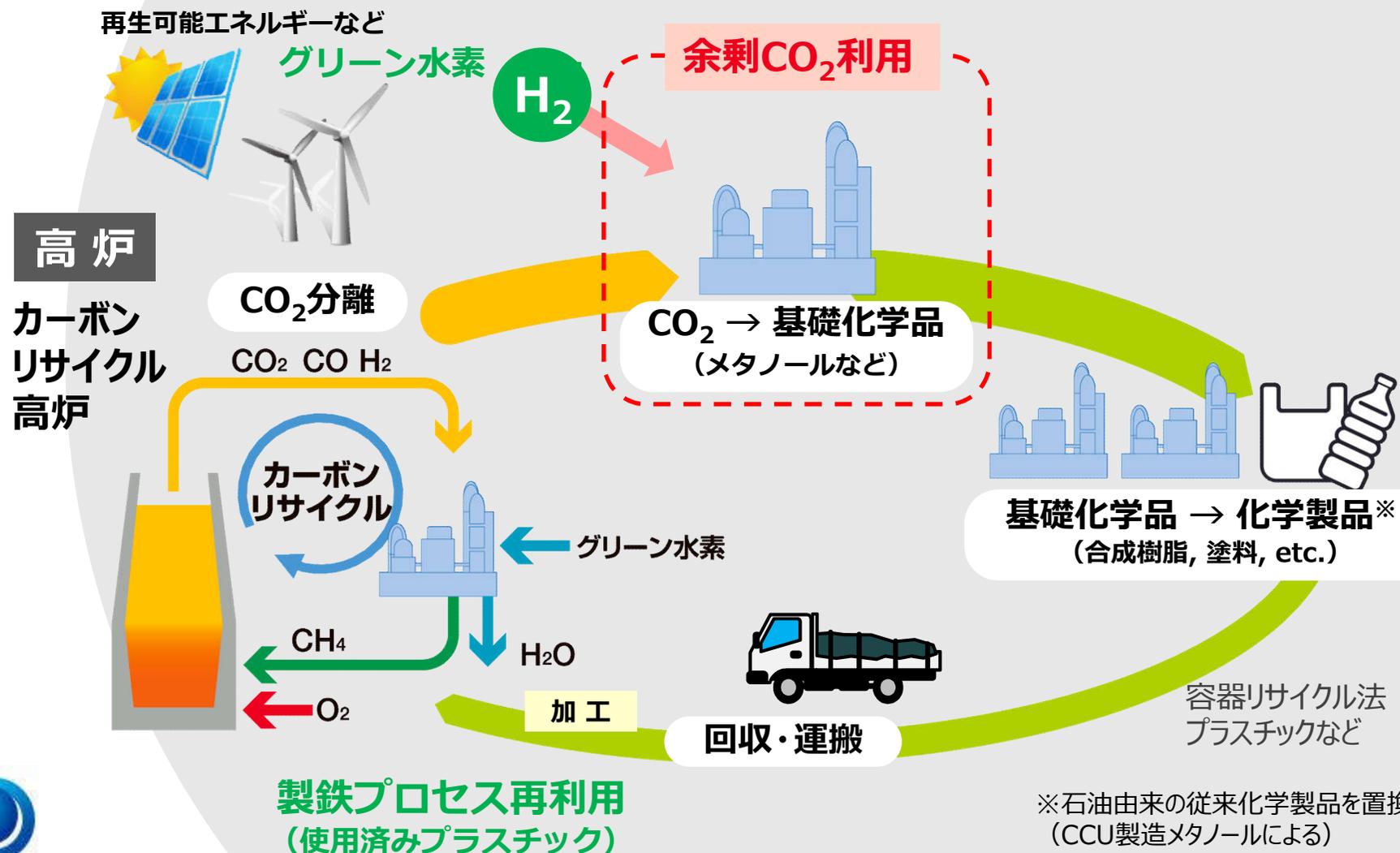
- 高炉法の大量・高効率生産、高級鋼製造の特性を活かすために、**高炉におけるCO₂削減技術が重要**
- カーボンリサイクル高炉**と**CCUS**を組み合わせることにより、従来の高炉法で使用していた品位の原料を用いて、**製鉄所内でのCO₂再利用を可能**とし、**実質CO₂排出ゼロ**を目指す



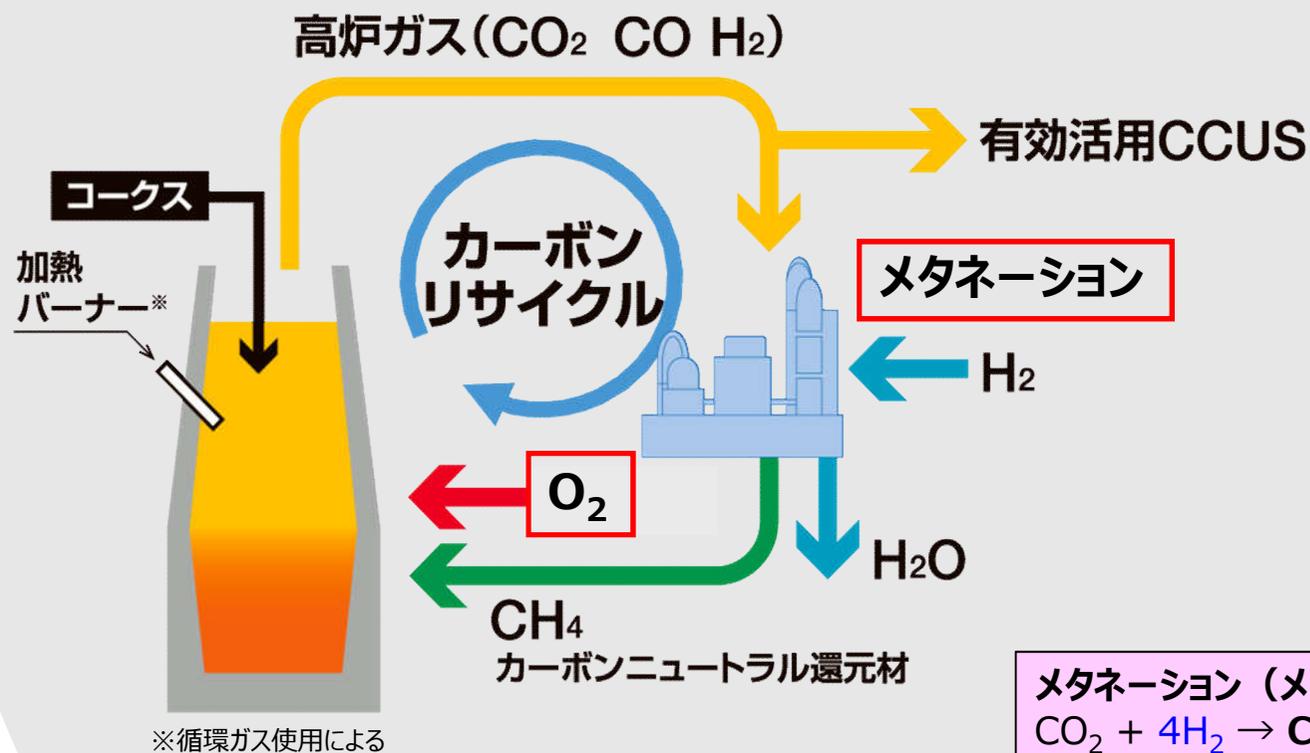
	通常高炉	カーボンリサイクル高炉	水素直接還元鉄
生産規模	年産400万t/基	年産400万t/基 (通常高炉並みを想定)	年産200万t/基 (現状直接還元製鉄並みを想定)
還元材	コークス+微粉炭	コークス+カーボンニュートラルメタン (CH_4)	水素 (H_2)
使用原料	低品位鉱石使用可能	低品位鉱石使用可能	制約あり (高品位鉱石)
CO ₂ 排出量	出銑1t当たり、2t-CO ₂	ゼロを目指す (高炉での削減+CCUS)	ゼロを目指す (カーボン不使用)

カーボンリサイクル高炉とCO₂有効利用 (CCU)

- CO₂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CO₂についても基礎化学品(メタノール他)製造によりCO₂排出削減



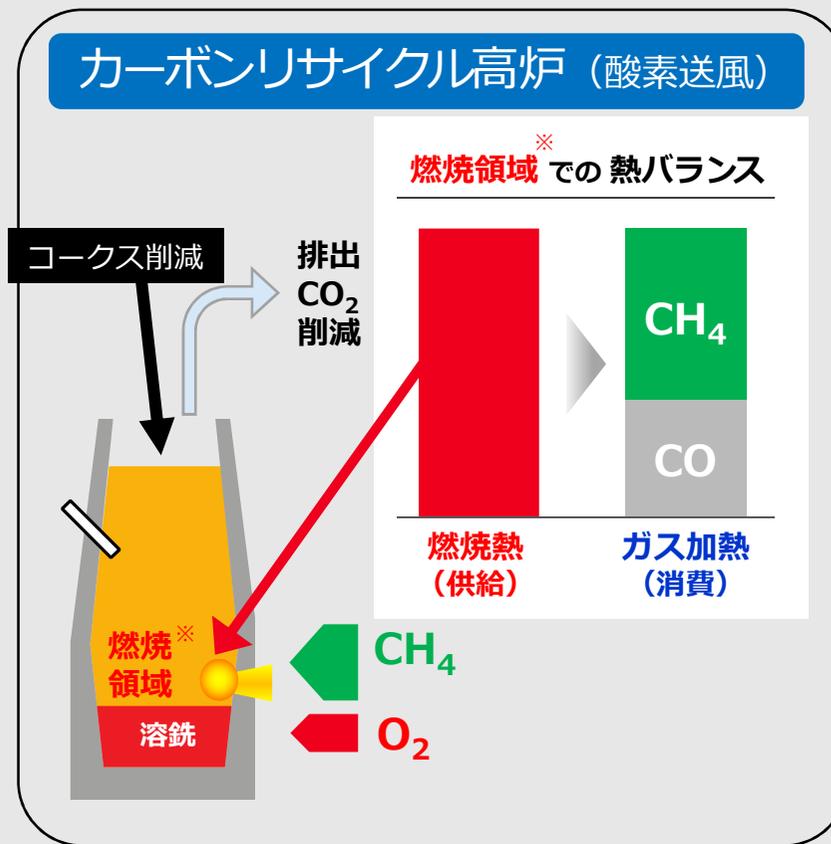
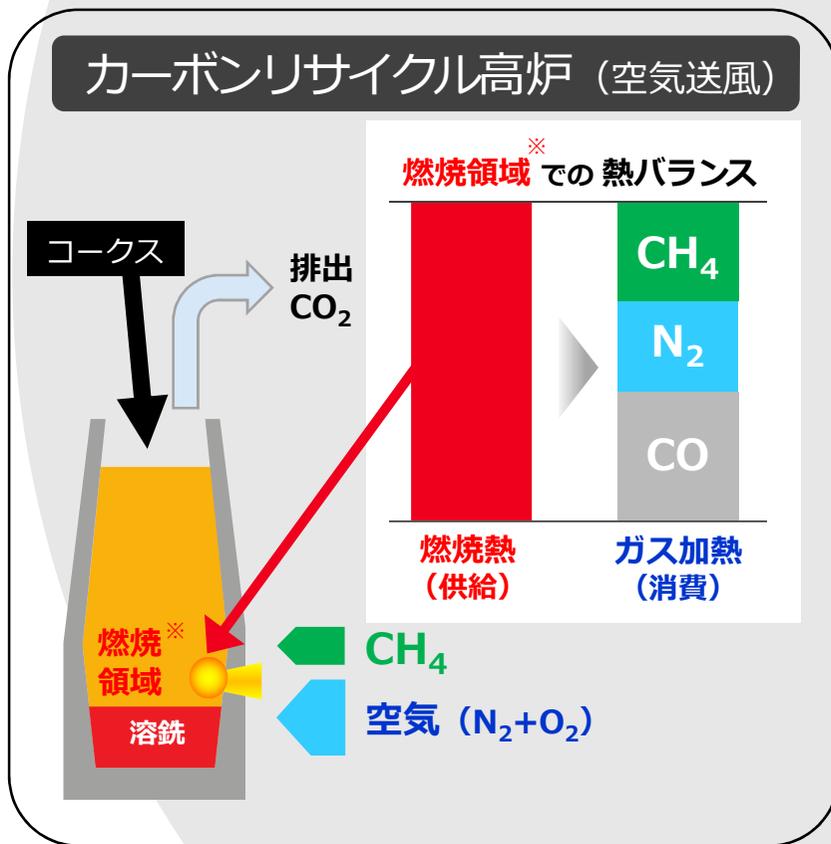
- 高炉から発生するCO₂をメタンに変換し、還元材として繰り返し利用
- 還元材の一部をコークスからカーボンニュートラルメタンに変換しCO₂排出量削減



CO₂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

通常高炉で窒素ガスの加熱に消費していた燃焼熱を、酸素高炉ではカーボンニュートラルメタン加熱に使用できるようになるため、吹込み量の最大化を図れる

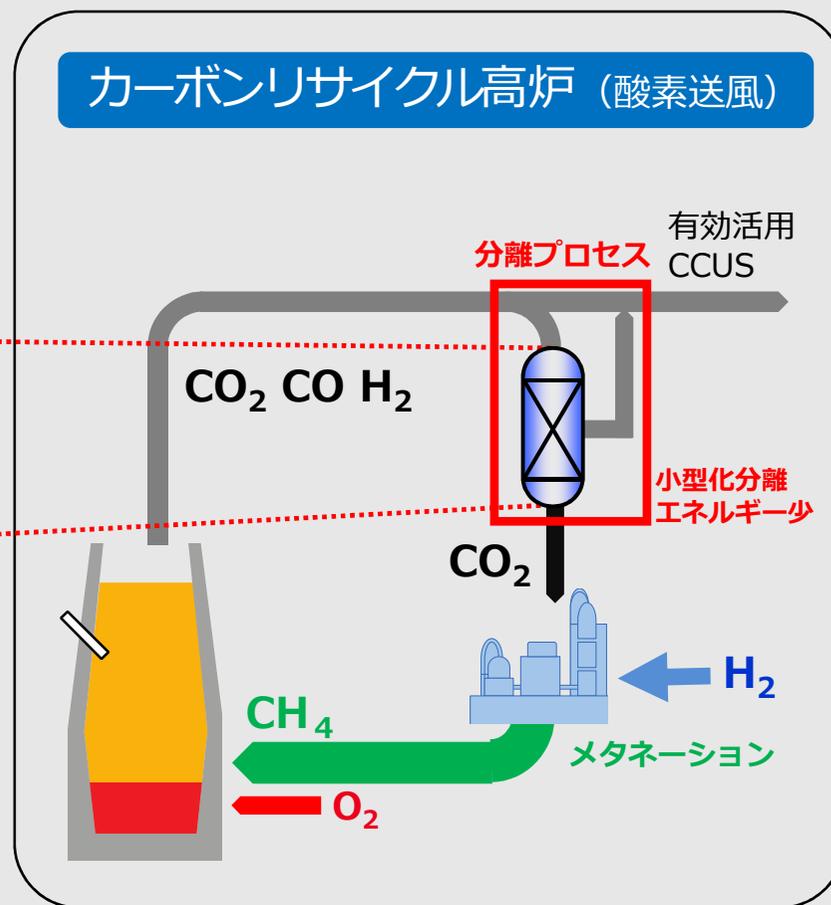
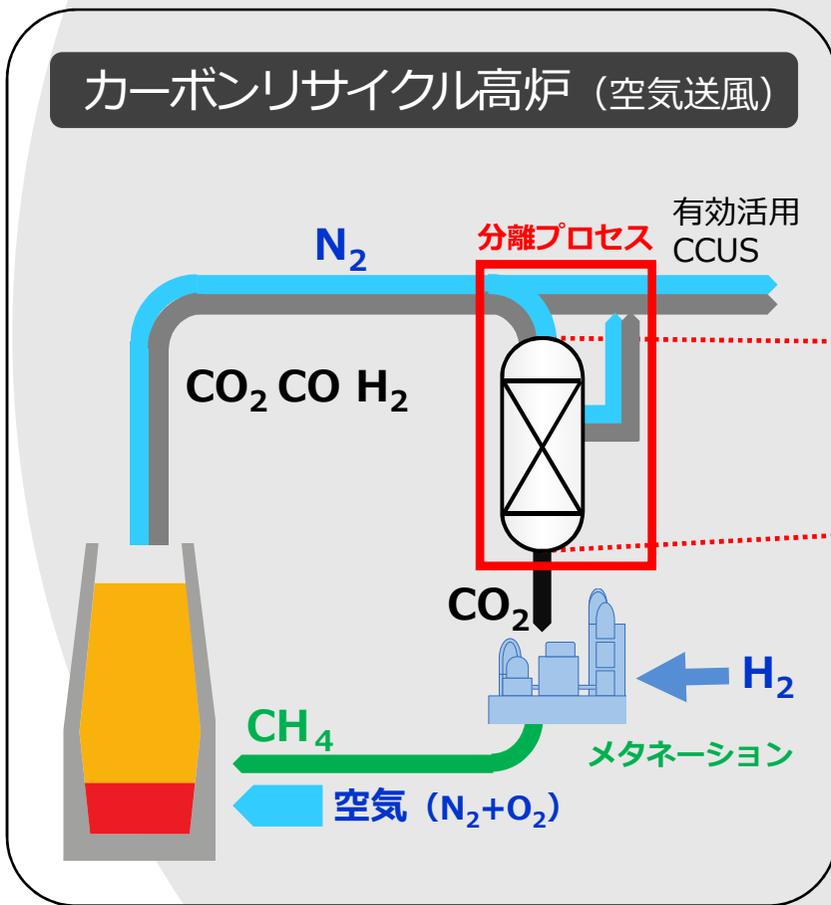
挑戦 大量のカーボンニュートラルメタンを酸素と共に吹込み、CO₂を削減する技術（世界初）



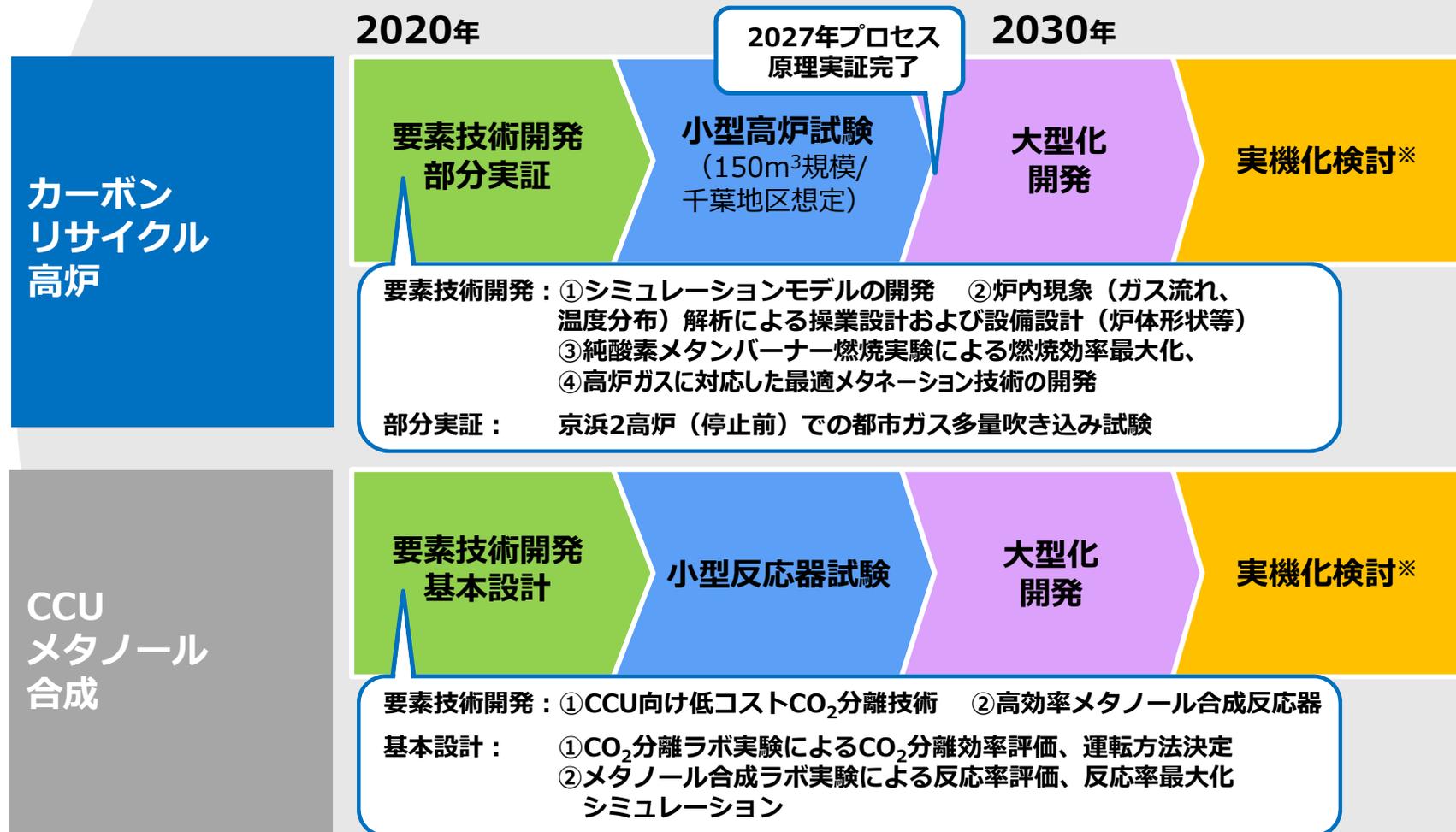
※燃焼領域：燃焼熱で鉄を溶かすために必要な温度（約2000℃）までガスを加熱

高炉ガス中の窒素をゼロ化することで排ガス量が少なくなり（排ガス量は約1/2）、CO₂濃度が高くなるため分離プロセスの小型化が可能

挑戦 大規模メタネーション設備との連動操業（世界初）



カーボンリサイクル高炉、CCUメタノール合成とも要素技術開発、小型設備試験等を実施し、**2027年までにプロセス原理実証の完了**を目指す

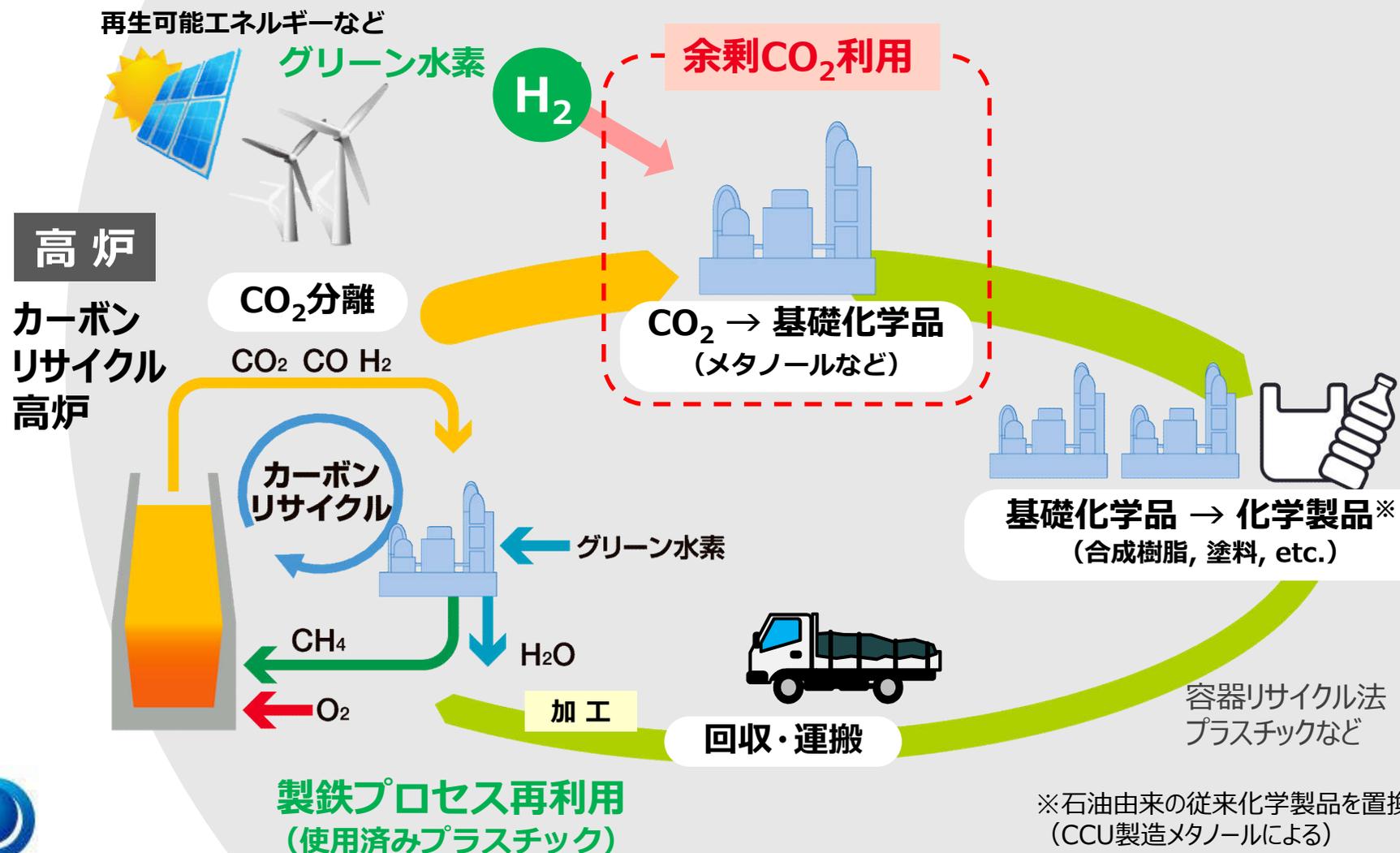


※実機化の前提：安価・大量水素の供給等の社会インフラ整備、社会全体でのコスト負担の仕組みの構築など

- 1) カーボンニュートラルに向けたJFEの取り組み
～JFEグループ環境経営ビジョン2050～
- 2) JFEにおけるカーボンリサイクル その1
「カーボンリサイクル高炉」
- 3) JFEにおけるカーボンリサイクル その2
「高炉ガスからのメタノール合成 ～無機膜の利用～」

カーボンリサイクル高炉とCO₂有効利用 (CCU)

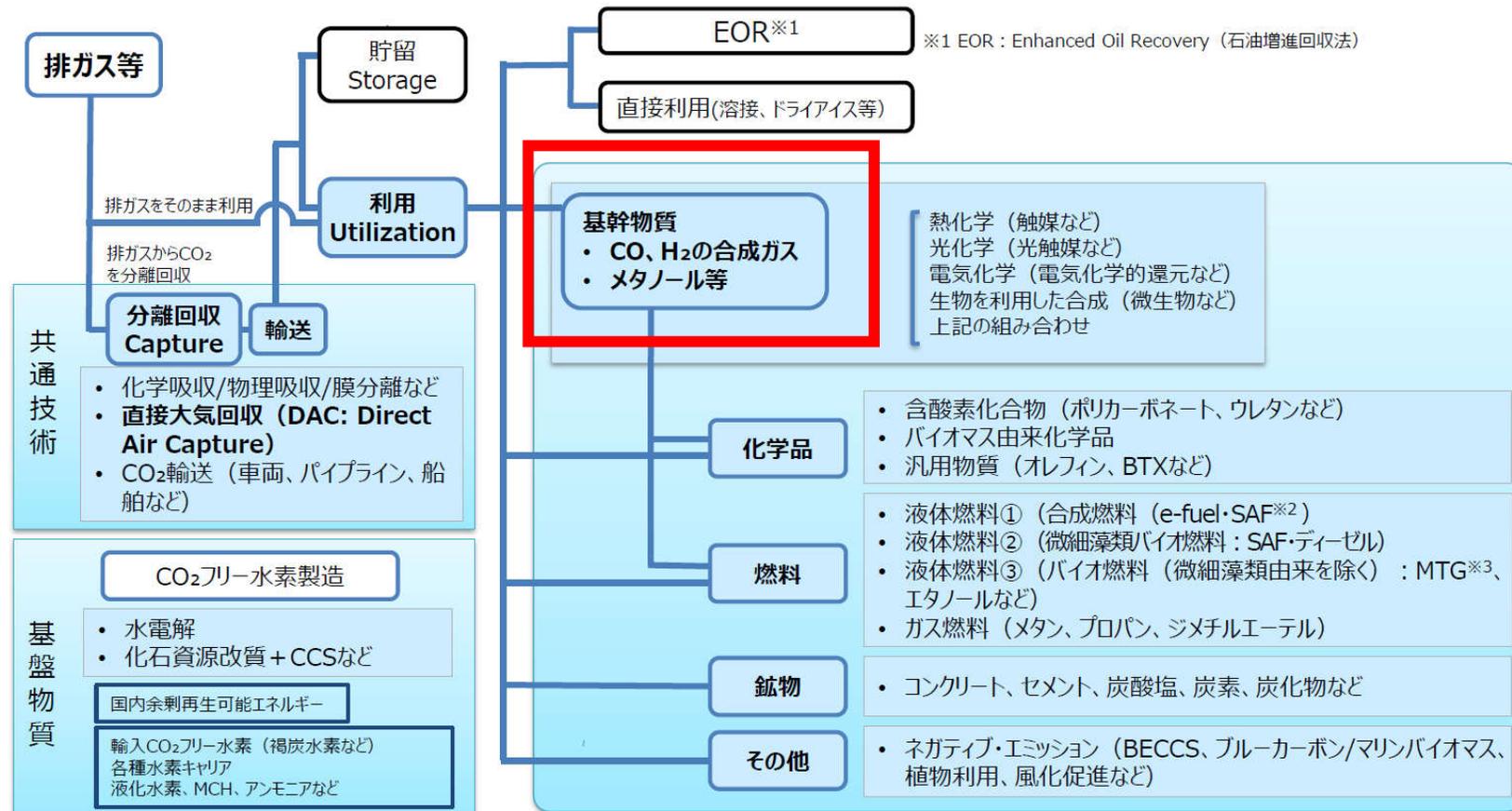
- CO₂削減を目的として高炉でのカーボンリサイクル最大化を推進
- 余剰CO₂についても基礎化学品(メタノール他)製造によりCO₂排出削減



メタノールの位置づけ 基幹物質

カーボンリサイクルとは

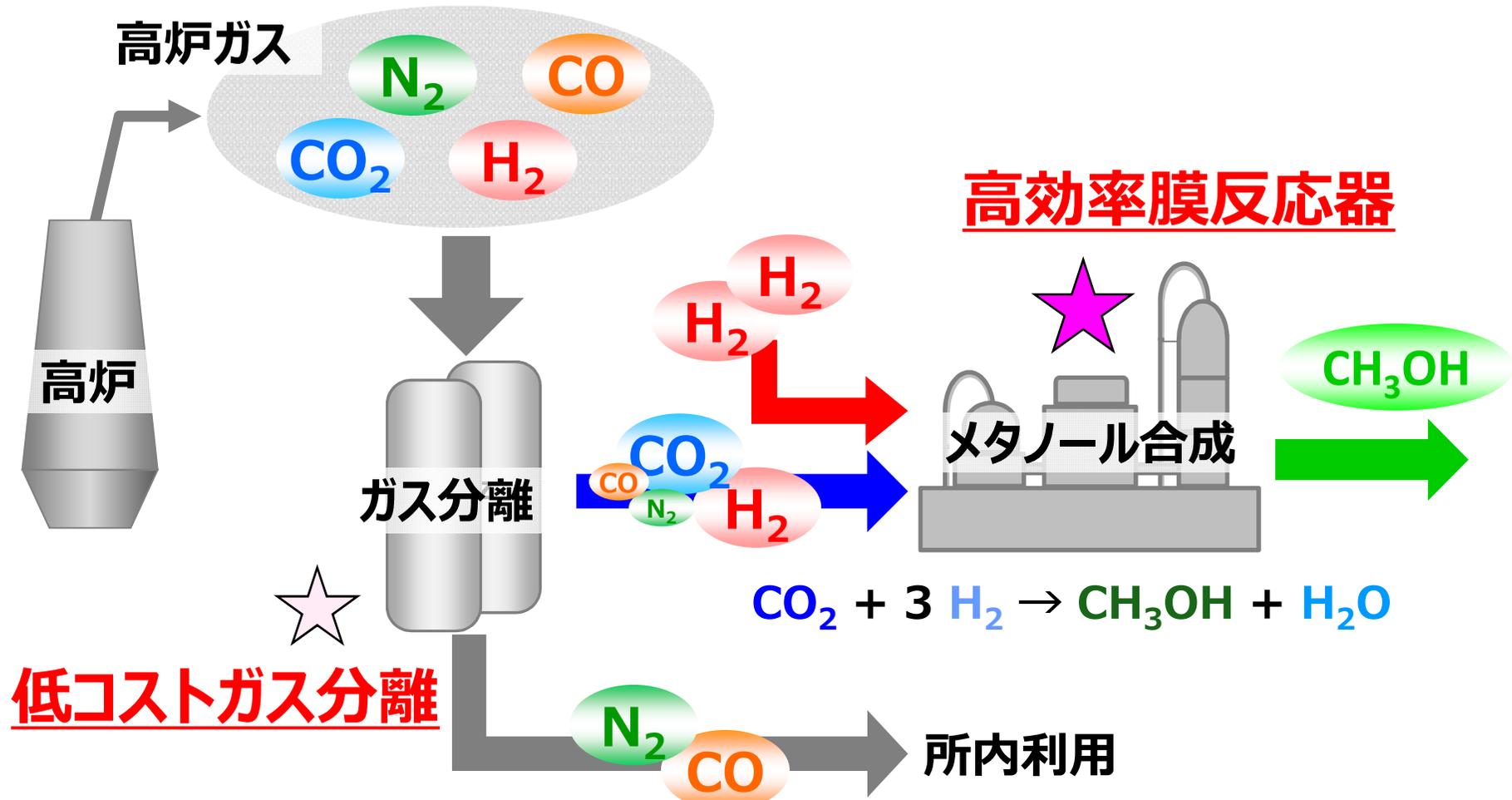
- **カーボンリサイクル** : CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO₂排出を抑制。



経産省「カーボンリサイクルロードマップ」(令和3年7月改訂版)より抜粋

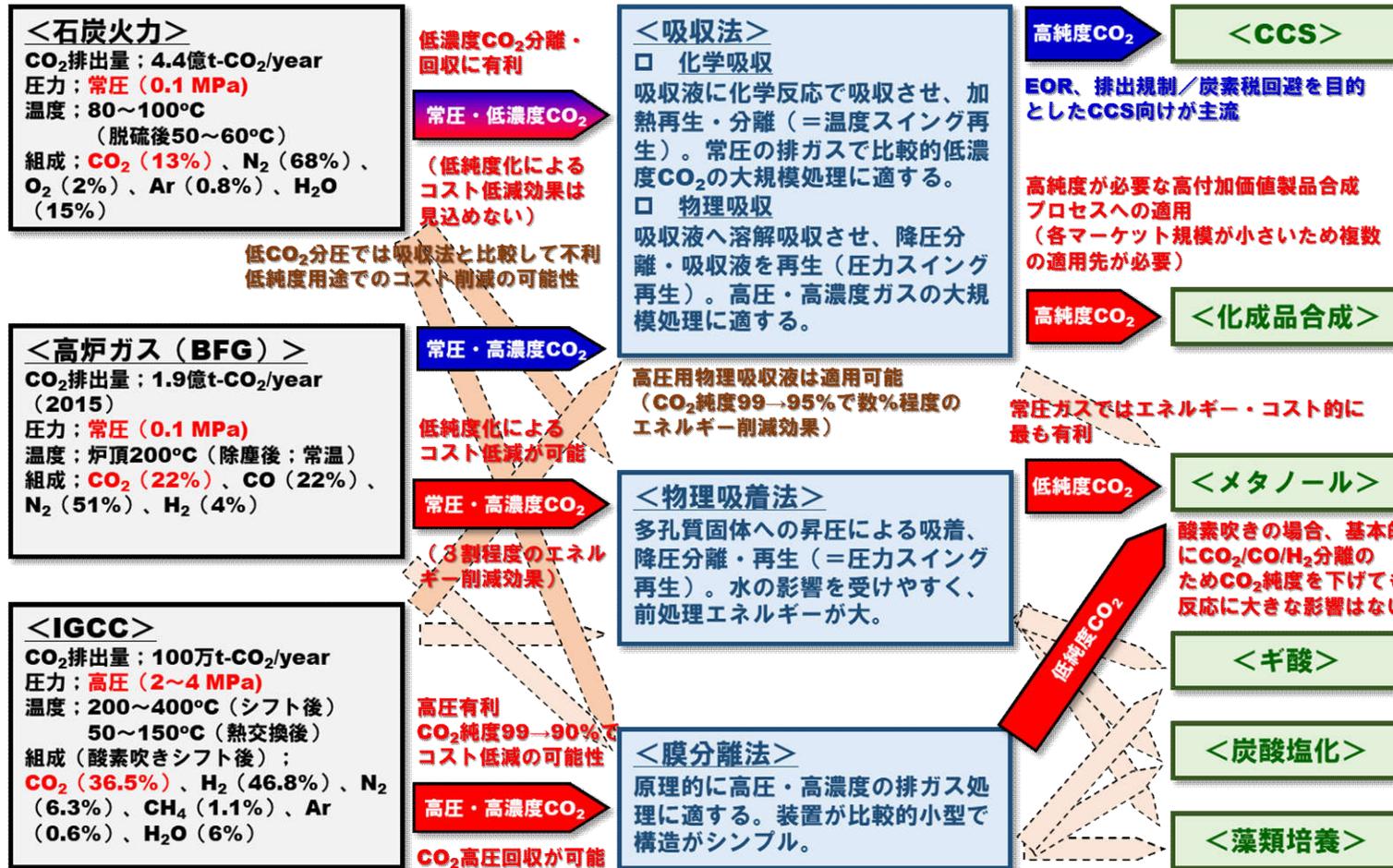
※2 SAF: Sustainable aviation fuel
 ※3 MTG: Methanol to Gasoline

高炉ガスからのメタノール合成



【開発Target】

低コストガス分離 & 高効率膜反応器によるCCUメタノール合成



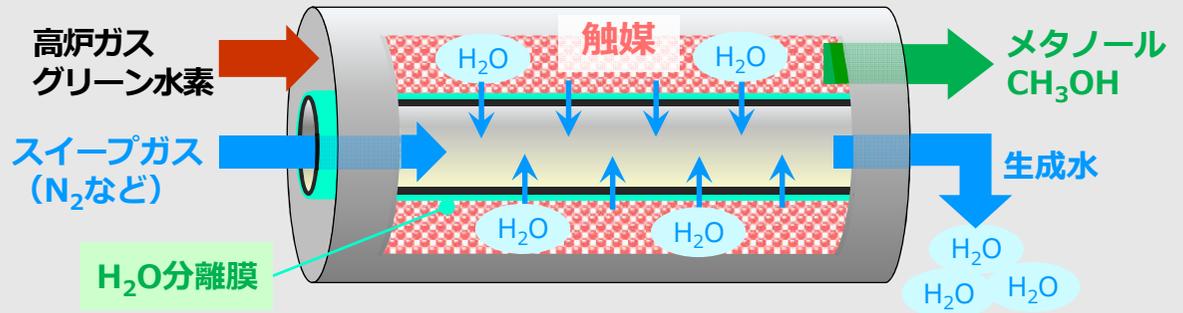
NEDO 研究評価委員会「カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発」/[4]次世代火力発電基盤技術開発 7) CO₂有効利用技術開発」(事後評価) 分科会 (2021年4月20日) 資料より抜粋
<https://www.nedo.go.jp/content/100932266.pdf>

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

製鉄所排出ガスを用いたCCUメタノール合成に関して、
従来型反応器の性能を大幅に上回る新方式反応器を開発中
→カーボンリサイクル高炉+CCUでの適用※によりCO₂削減の拡大を計画

〔公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE) と共同開発〕 ※従来型反応器に比べて低コストでメタノール製造可能

CCUメタノール合成 新方式反応器

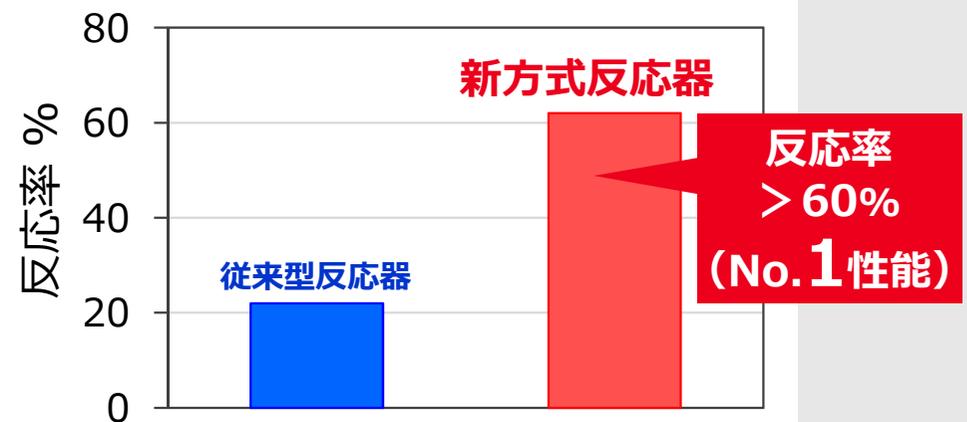


H₂Oを選択的に
透過する分離膜により
反応率大幅アップ



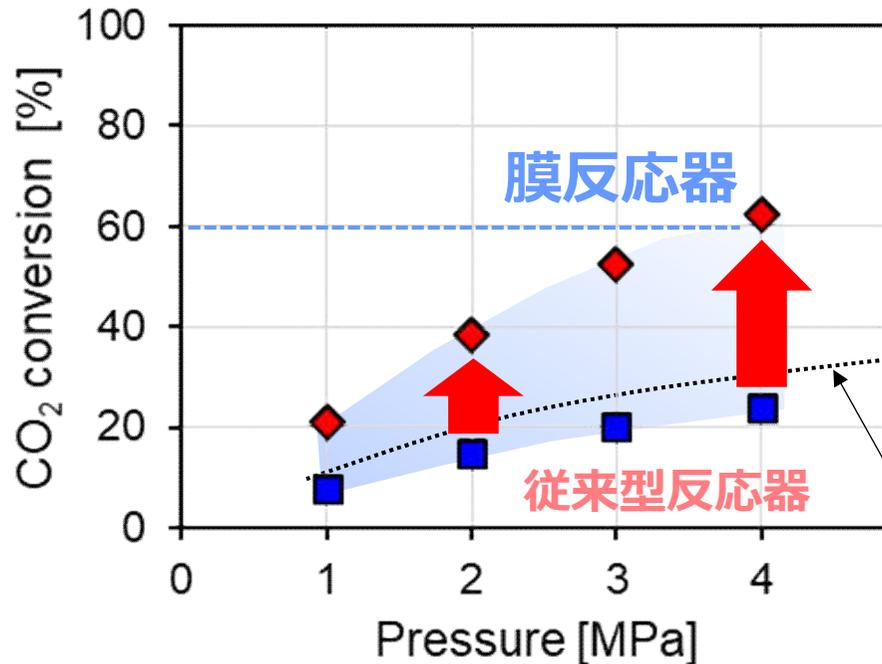
化学平衡が右側にシフト (反応促進)

〈メタノール合成ラボ実験〉



M. Seshimo, B. Liu, H. Lee, K. Yogo, Y. Yamaguchi,
N. shigaki, Y. Mogi, H. Kita, S. Nakao, *membranes*,
11, 505 (2021).

膜反応器による平衡シフト効果検討



実験条件

反応温度: 200°C

Feed: 1~4 MPa

GHSV = 200 h⁻¹

(H₂/CO₂ = 3)

Sweep: Ar (0.1 MPa)

触媒: Cu-Zn系触媒

平衡転化率

4 MPaにおいてCO₂転化率60%超
顕著な平衡シフト効果が発現

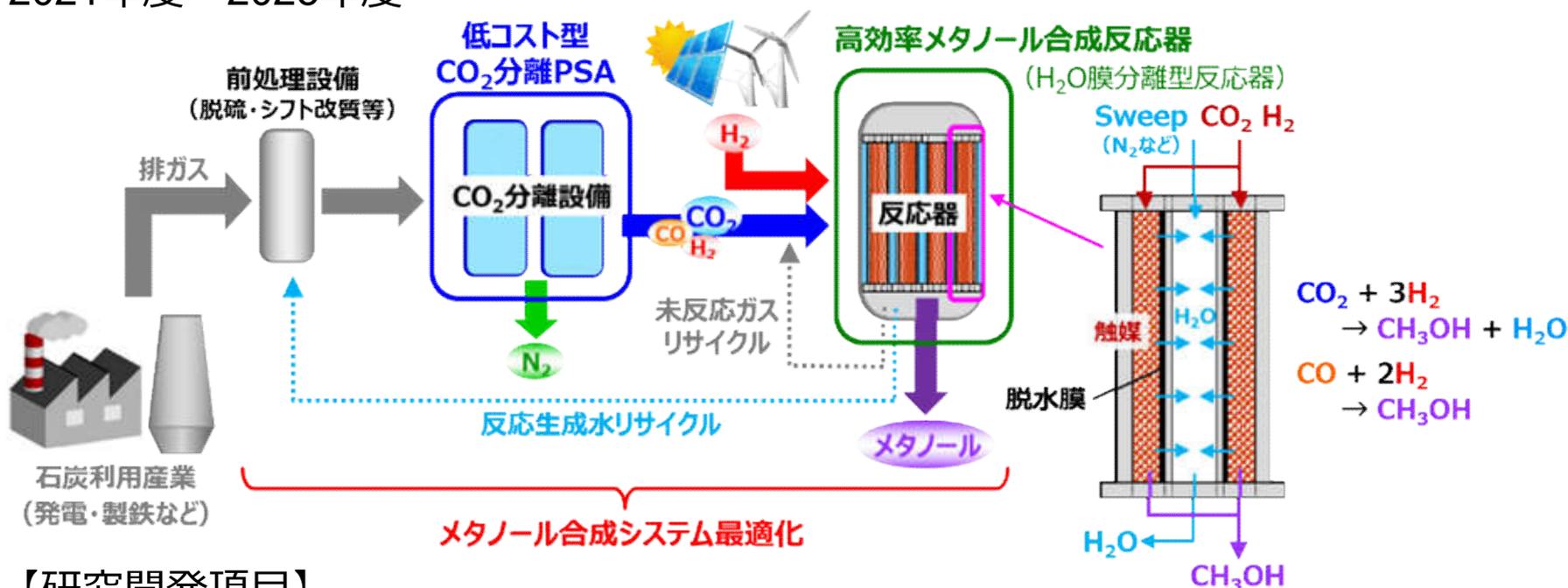
今後の予定 新規NEDOプロにて開発推進

事業名

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発 / CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発

実施期間

2021年度～2025年度



【研究開発項目】

- 1 低コスト型 CO₂ 分離 PSA 開発
- 2 高効率メタノール合成反応器 (H₂O 膜分離型反応器) 開発
- 3 実用的脱水膜開発
- 4 メタノール合成システム最適化



Copyright © 2021 JFE Steel Corporation. All Rights Reserved.

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

27

Steel Research Laboratory