

環境調和型プロセス技術の開発／ 水素還元等プロセス技術の開発

環境部 次世代火力・CCUSグループ
春山 博司

2020年度成果報告会

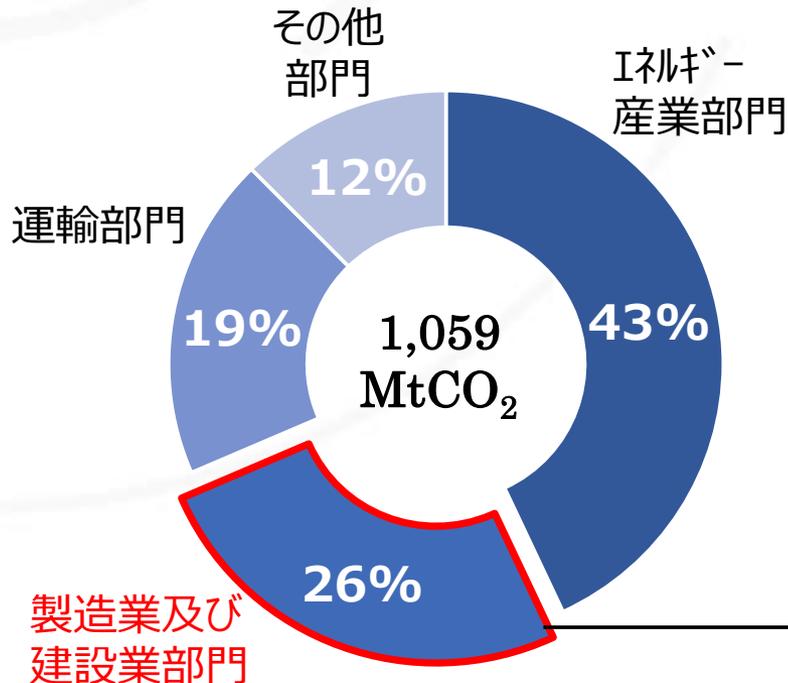
1. 事業背景
2. 事業概要
3. 研究開発の実施体制
4. 研究開発成果
5. 今後の予定

1. 事業背景

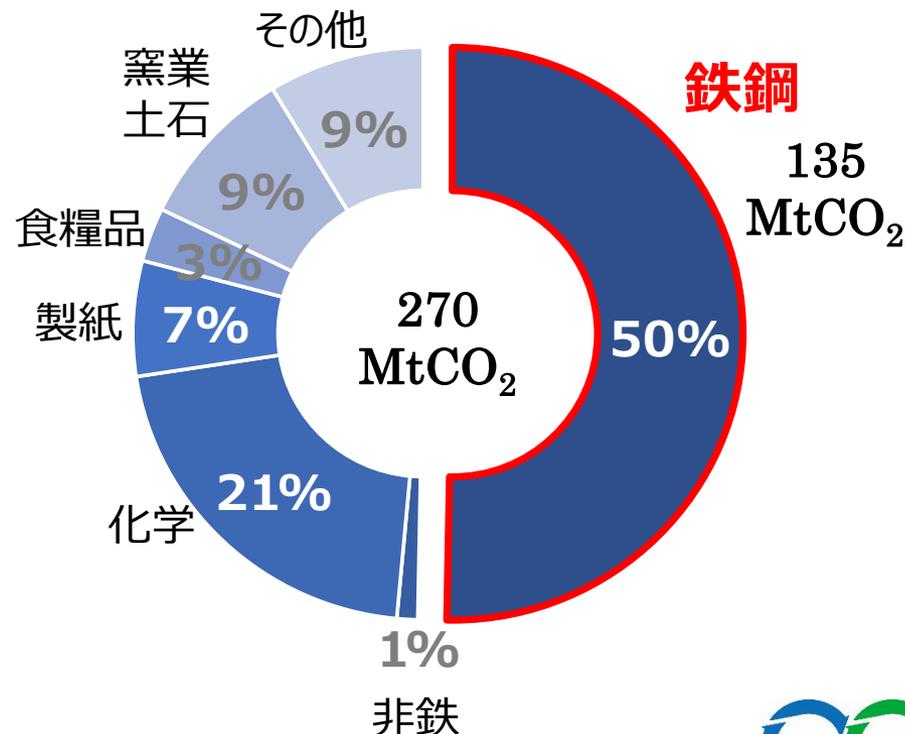
日本のCO₂排出量の内訳

我が国のエネルギー起源CO₂排出量の約13%は鉄鋼業から

日本全体の燃料の燃焼分野に
占める各部門の割合



製造業及び建設業部門のCO₂
排出量に占める各業種の割合



環境省「2018年度温室効果ガス排出量」、国立環境研究所「温室効果ガスインベントリオフィス」より作成

1. 事業背景

鉄鋼生産のエネルギー効率比較

日本の鉄鋼産業は、世界トップレベルの効率性で、改善の余地少ない



出典：地球環境産業技術研究機構(RITE)「2015年時点のエネルギー原単位の推計」(鉄鋼部門-転炉鋼)

2. 事業概要

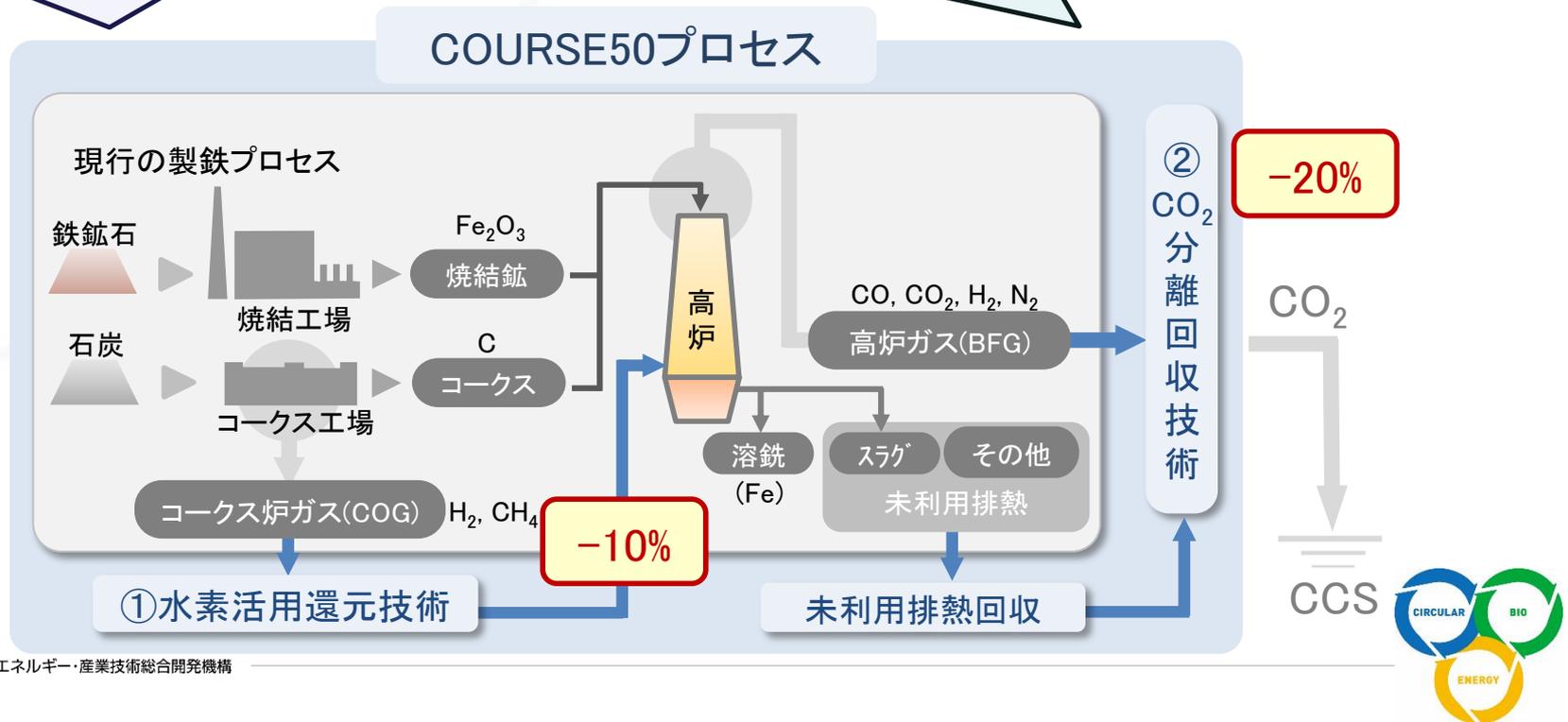
COURSE50技術開発の概要

(CO₂ Ultimate Reduction System for Cool Earth 50)

世界初の水素還元活用とCO₂分離回収によるCO₂排出量30%削減を目指す

① CO₂排出量削減技術開発
水素をコークスの一部代替として鉄鉱石を還元し、CO₂を10%以上削減

② CO₂分離・回収技術開発
高炉ガスからCO₂を分離・回収し、CO₂を20%削減

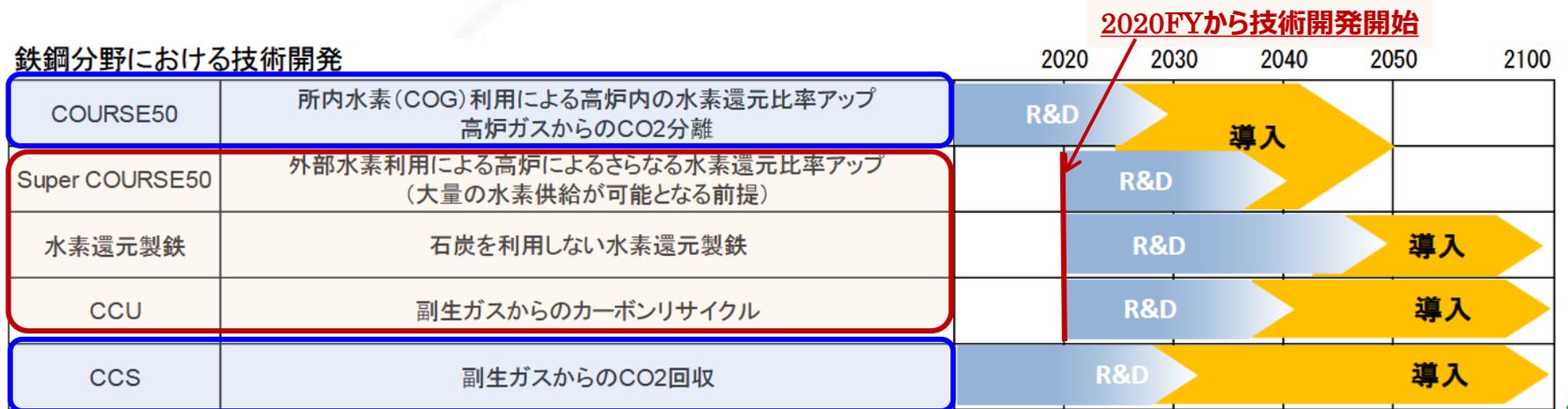


2. 事業概要

本事業の位置付け



- ・COURSE50の2030年頃の実機1号機の実現性を技術的に最大化させるため、また将来の抜本的CO₂削減を目指した「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』」における COURSE50の水素活用還元技術を足掛かりとした外部水素を利用した高炉法による水素還元の拡大技術「Super COURSE50」に繋げる技術を獲得するため、高いCO₂削減効果を維持しながらできるだけ少ない水素量で10%以上CO₂削減を実現する新たな要素技術開発に取り組む。
- ・そのため、2020年度以降も試験高炉を活用した要素技術開発を継続する。



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』」(2018年11月、2020年6月追補版)



2. 事業概要



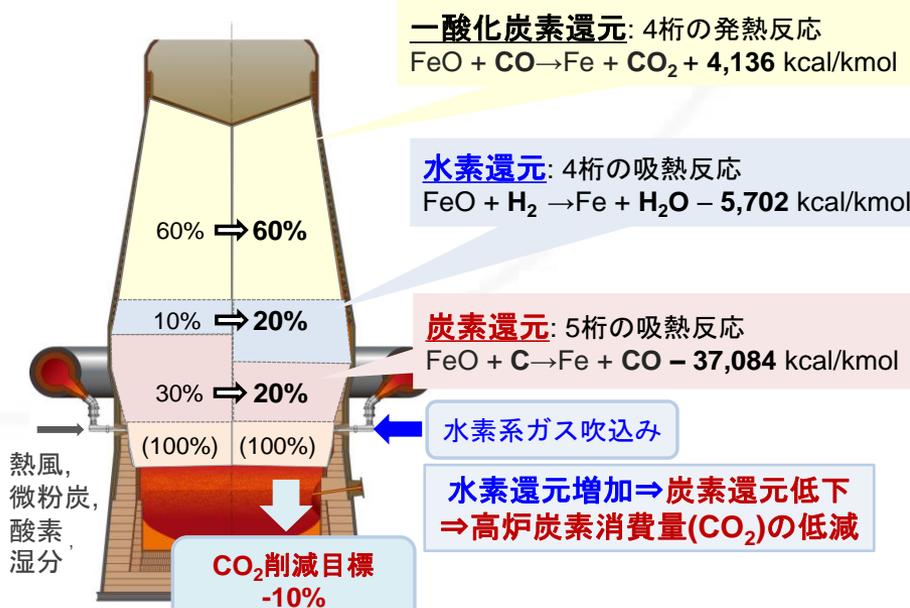
水素活用還元技術の開発概要

開発目標：

実験と理論の両面から高炉からCO₂を10%以上削減するプロセス操作を総合的に検証・評価し、水素を活用した還元反応制御技術を確立する。

現状高炉

COURSE50 高炉



(%は還元全体に占める当該還元反応の割合)

水素活用還元技術の概念

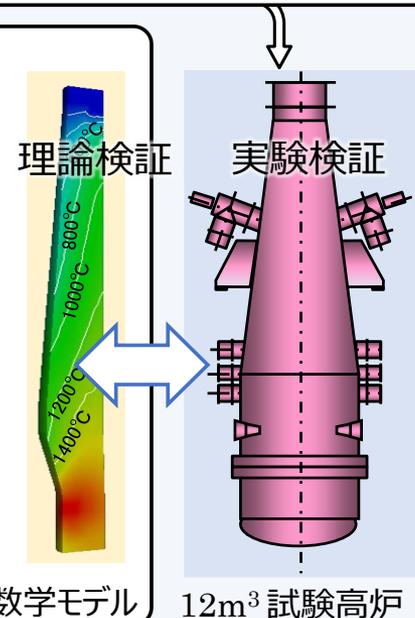
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

開発テーマ(要素技術)

SG6：試験高炉によるプロセス評価技術
 ・プロセス操作の実験検証

SG3：高性能粘結材製造技術開発
 (COURSE50高炉用コークス製造技術)
 ・水素還元に適したコークス製造

SG1：鉄鉱石還元への水素活用技術
 ・数学モデルによるプロセス操作の理論検証
 ・水素系ガス吹込ランス設計



SG7：実高炉部分検証によるプロセス技術開発
 ・プロセス操作の実機検証

2. 事業概要

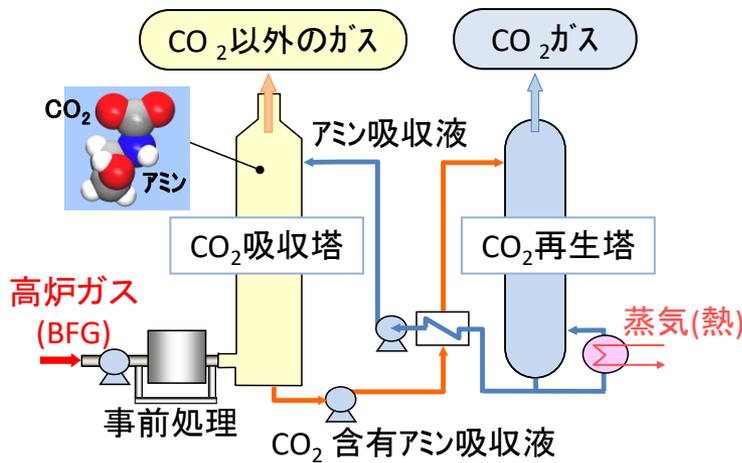


CO₂分離・回収技術の開発概要

開発目標：CO₂分離・回収コスト2,000円/t-CO₂を実現可能な高炉ガスに適した分離・回収技術を開発し、CO₂排出削減量約20%の技術確立する。

開発テーマ(要素技術)

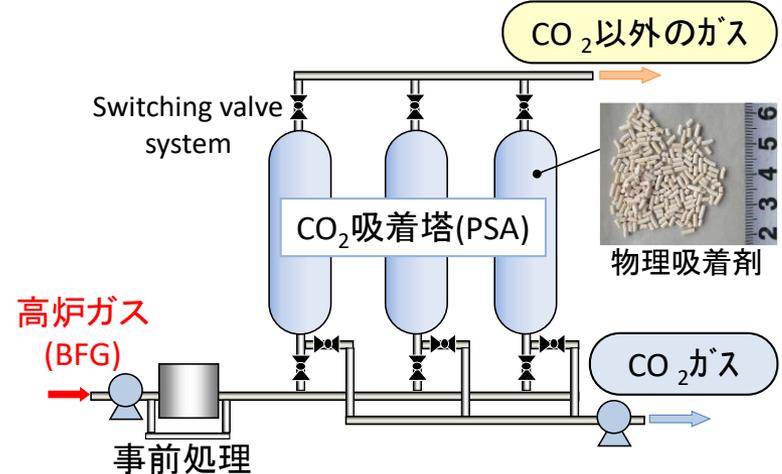
SG4-1：化学吸収法によるCO₂分離回収技術 ・高性能化学吸収液の開発



CO₂分離回収所要エネルギー低減
(従来)4.0⇒(フェーズI開発)2.0⇒(目標)1.6GJ/t-CO₂

↑ CO₂再生に必要な熱を供給

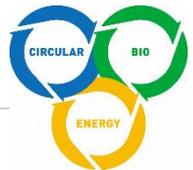
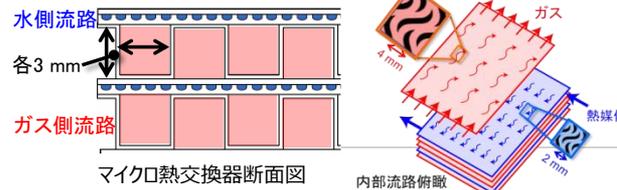
SG4-2：物理吸着法によるCO₂分離回収技術※ ・吸着塔高効率化、新規吸着剤開発



CO₂分離回収所要電力低減
電力原単位：145⇒(目標)130kWh/t-CO₂

※：COURSE50フェーズIで開発完了

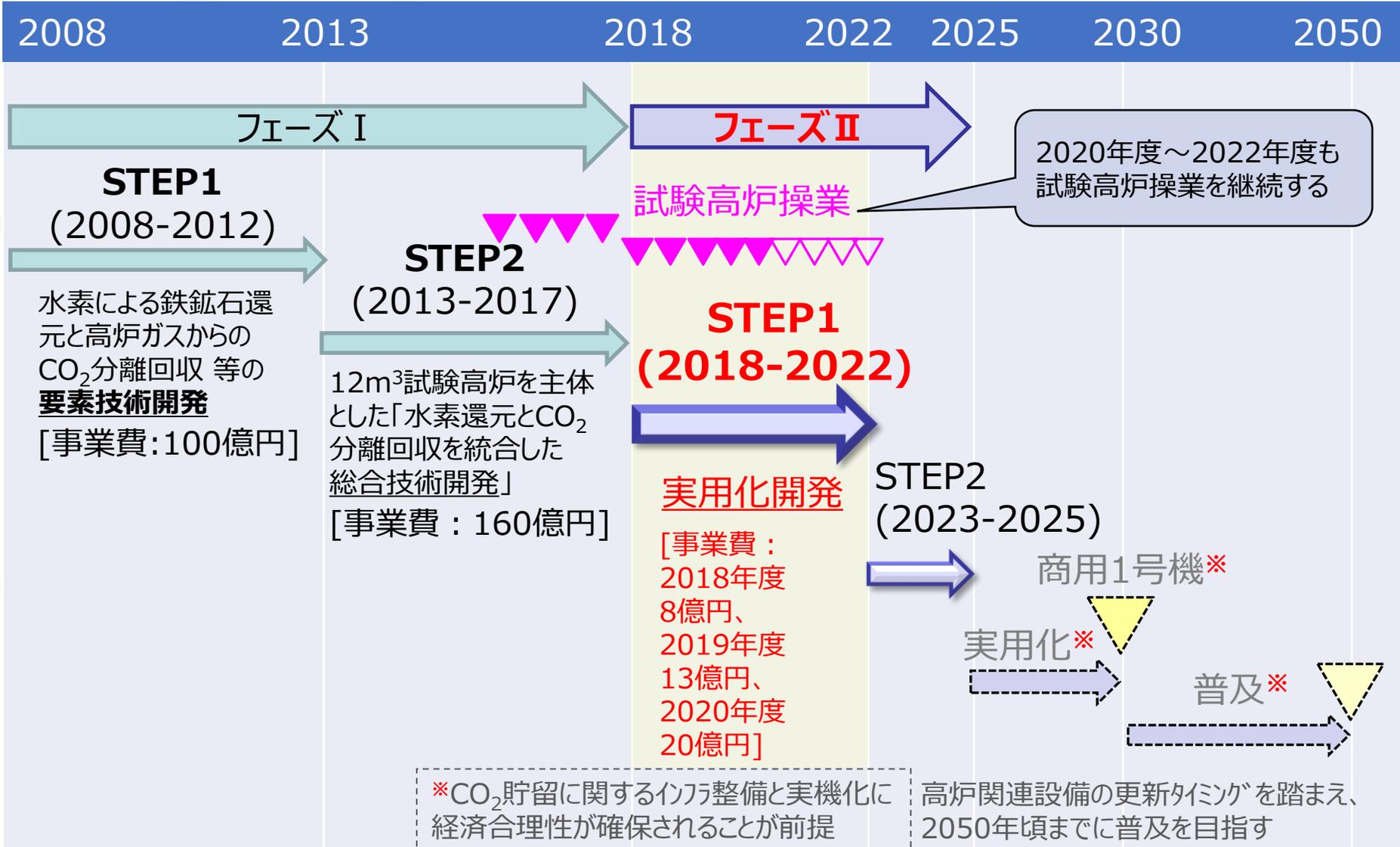
SG5：未利用排熱回収技術 ・排熱回収用の高効率な熱交換器開発



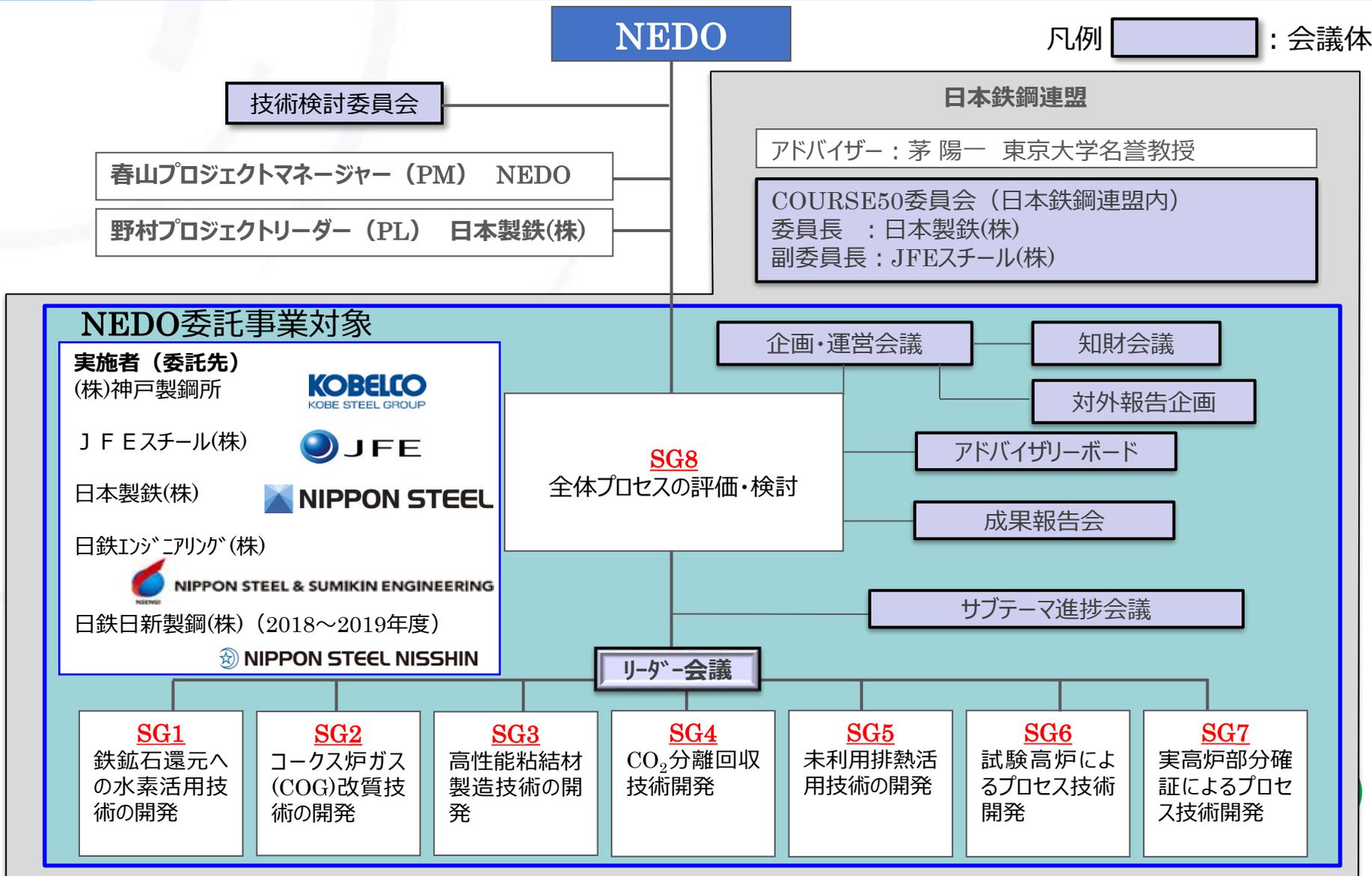
2. 事業概要



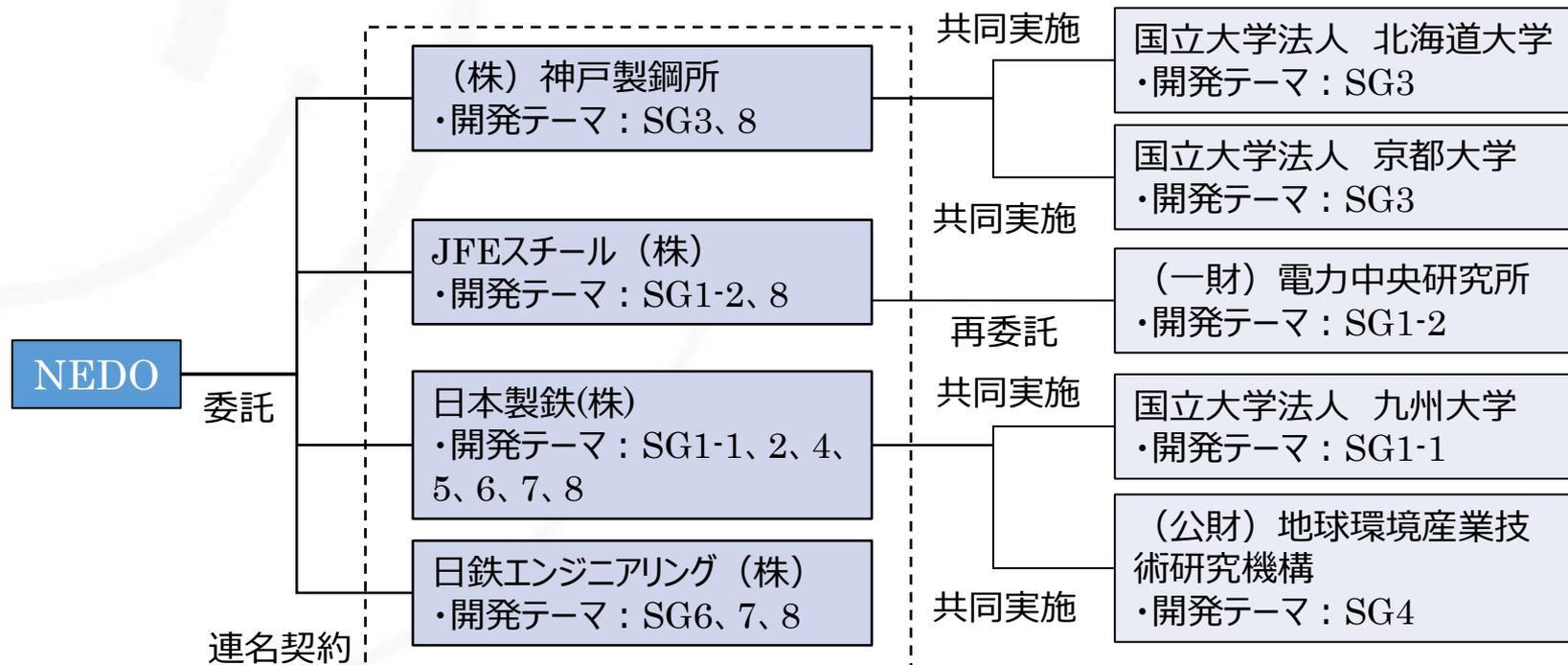
COURSE50の全体スケジュール



3. 研究開発の実施体制



3. 研究開発の実施体制



開発テーマ			
SG1	鉄鉱石還元への水素活用技術の開発		SG4 CO ₂ 分離・回収技術開発
	1-1	水素活用プロセス技術開発	SG5 未利用低温排熱活用技術開発
	1-2	高炉の微粉炭および還元ガスの燃焼挙動の調査	SG6 試験高炉によるプロセス技術開発
SG2	COG改質技術の開発		SG7 実高炉部分検証によるプロセス技術開発
SG3	高性能粘結材ハンドリング技術の開発		SG8 全体プロセスの評価・検討

4. 研究開発成果

試験高炉によるプロセス評価技術

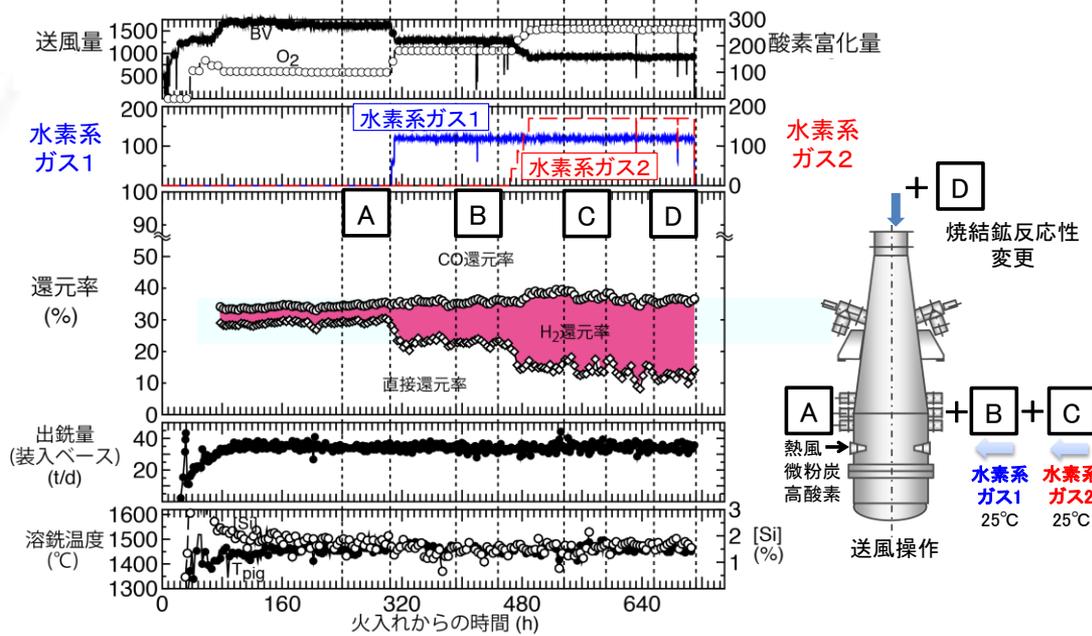


【研究開発概要】 12m³試験高炉において、ガス組成の異なる各種**水素系ガス**を**試験高炉に適用した場合や**、装入原料の被還元性操作等を組み合わせた場合の総合最適化操業を行い、試験高炉規模で高炉からの**CO₂排出量10%以上削減の高炉プロセス操作を確立**する。



12m³ 試験高炉
(生産速度34t/d)

出鉄状況 (溶銑温度 : 1473℃)



試験高炉外観

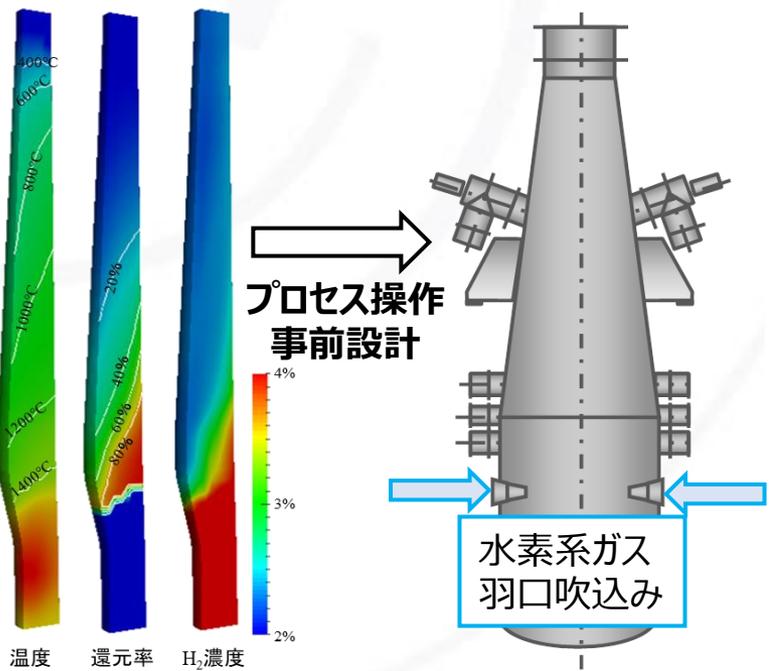
試験高炉操業結果(水素系ガス羽口吹込み操業例)

日本製鉄(株) 東日本製鉄所君津地区構内(敷地面積3200m²)

A:ベース操業から、B:羽口**水素系ガス1吹込み** ⇒ C:羽口**水素系ガス1+水素系ガス2同時吹込み**により、**水素投入量を増加** ⇒ 狙い通り、**水素還元の上昇と炭素還元(直接還元率)の低下を確認**。

4. 研究開発成果

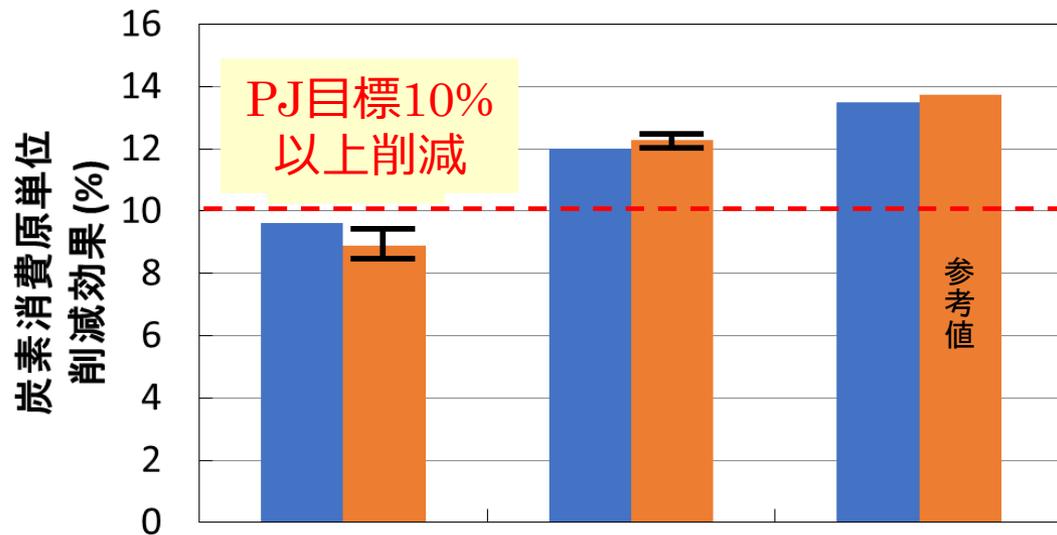
鉄鉱石還元への水素活用技術



SG1: プロセスシミュレーション

SG6: 試験高炉操業

■ 高炉数学モデル事前設計結果 ■ 試験高炉操業実績



常温水素系ガス吹込み量増

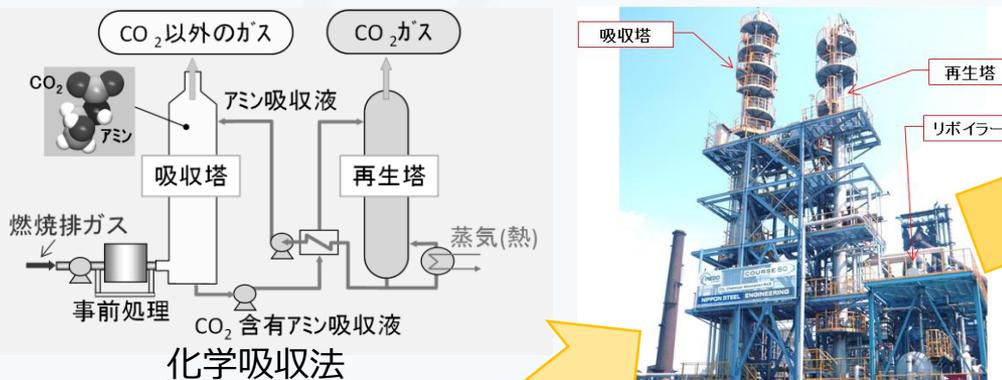
高炉3次元数学モデルと試験高炉操業による炭素削減効果

試験高炉操業解析により、高炉からのCO₂排出10%以上削減達成の見通しを得た。今後、実機適合性を踏まえた還元ガス吹込み量、還元ガス種の検討を行う。

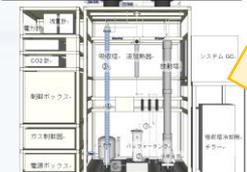
4. 研究開発成果

CO₂分離・回収技術

COURSE50研究開発設備:CO₂分離回収(化学吸収法)



CAT30
30t-CO₂/d パイロット
スケール



CAT-LAB
5kg-CO₂/d ラボスケール

CAT1
1t-CO₂/d ベンチスケール

ESCAP™※ 商用化：2基

製造CO₂純度：
>99.9 vol%

- ・化学吸収液：日本製鉄 & RITE
- ・化学プロセス：日鉄エンジニアリング



CO₂分離回収商用設備

(写真：エアウォーター炭酸(株)設備、室蘭製鉄所構内)

・適用先：

- 1)エアウォーター炭酸(株)：120t-CO₂/d
- 2)住友共同電力(株)新居浜西火力発電所：143t-CO₂/d

・ESCAPの進展状況：

- ①遠隔監視機能及び運転最適化(運転コスト最小化)制御技術の開発・導入
- ②海外大規模CO₂回収用途(EOR:石油増進回収など)への適用検討中
- ③国内の複数の排出源からのCO₂回収・有効利用案件検討中

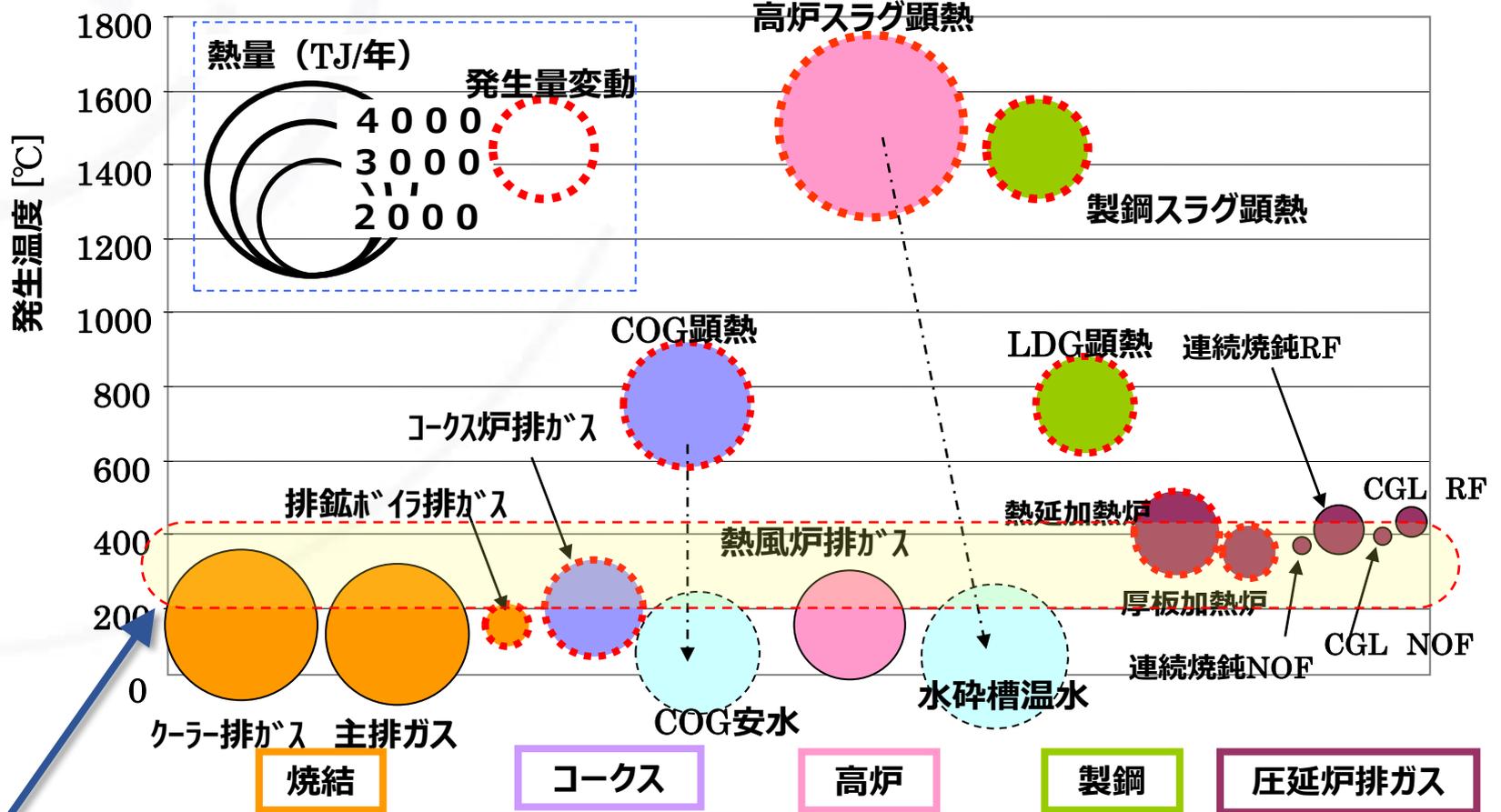
※ESCAP(Energy Saving CO₂ Absorption Process)は、日鉄エンジニアリング(株)の登録商標。



4. 研究開発成果

未利用廃熱回収技術

モデル製鉄所で利用可能な排熱 モデル製鉄所(生産量:800万t-粗鋼/年)



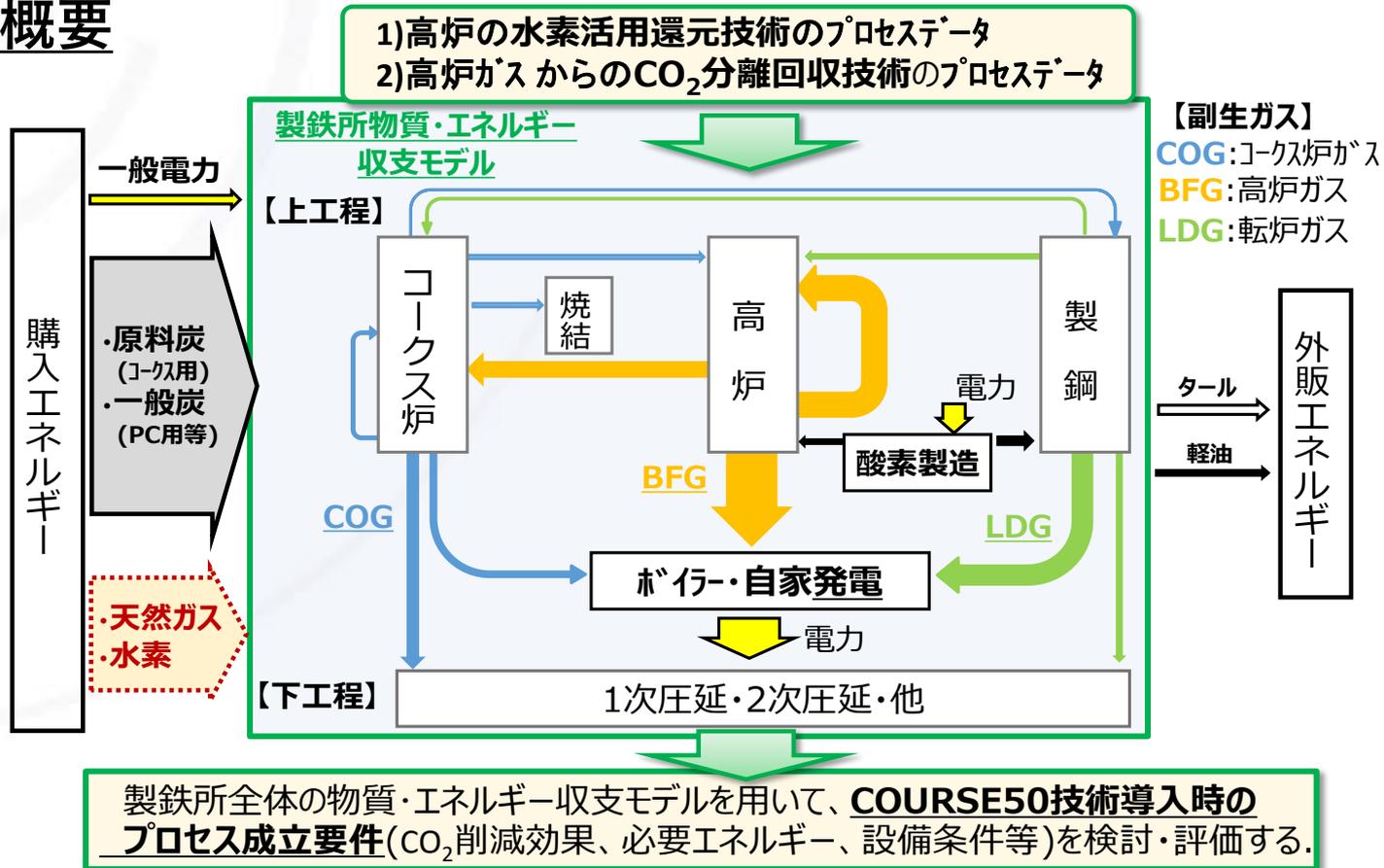
現在は大気放散されている200～400℃程度の排熱を回収し、CO₂化学吸収プロセスにおける熱源等で活用



4. 研究開発成果

全体プロセスの評価・検討

実施概要

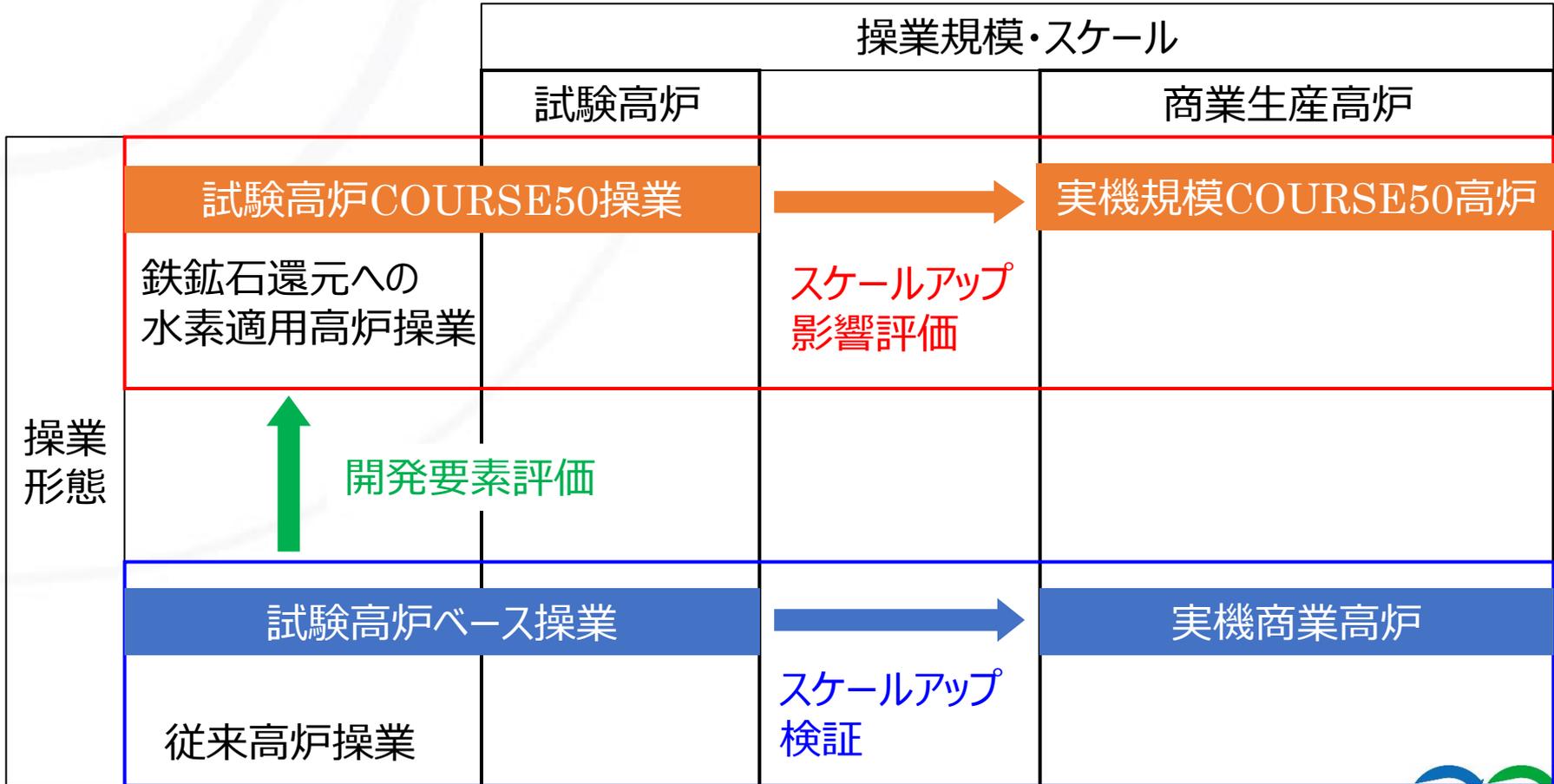


製鉄所全体の物質・エネルギー収支モデルを用いて、試験高炉で開発中の各種水素系ガス吹込み技術の高炉適用時のCO₂削減効果を解析した結果、CO₂分離回収技術導入によるCO₂削減20%と併せると製鉄所全体でPJ目標約30%以上削減可能との見通しを得た。

5. 今後の予定

技術開発項目とスケールアップの技術マップ

スケールアップにおいては、部分実機試験での確性が必要な部分が存在



5. 今後の予定



関連事業「ゼロカーボン・スチール」実現に向けた技術開発

<概要>

「ゼロカーボン・スチール」の実現に資する①水素還元、②還元鉄の溶解・精錬、③バイオマス・CCUの活用に関する有望な技術について、技術調査により開発課題と必要要素技術を整理するとともに、概念設計に必要となるシミュレーションモデル等の構築や基礎データの収集等の基礎検討を行い、それぞれ開発ロードマップを作成する。さらに、④エネルギーモデル及び有望な技術を組み合わせた全体ロードマップを作成して、本事業後の研究開発の位置づけ・目的を明確化する。

<事業期間> 2020年6月～2022年3月

<委託先> 日本製鉄株式会社、JFE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

●地域	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
利用						★目標(2030年時) コスト:30円/Nm3 量:最大300万t		★目標(2050年時) コスト:20円/Nm3以下、 量:2000万t程度
●製鉄	COURSE50 (水素活用等でCO2▲30%) の大規模実証					導入支援		脱炭素水準として設定
	水素還元製鉄の技術開発						技術確立	導入支援
●化学	水素等からプラスチック原料を製造する技術の研究開発					大規模実証	導入支援	
●燃料電池	革新的燃料電池の技術開発						革新的燃料電池の導入支援	
	多用途展開、生産設備の投資支援、導入支援							

出典：「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020年12月）より抜粋

