

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクト

1．高炉を用いた水素還元技術の開発

② 外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素技術等の開発

実施者名：株式会社神戸製鋼所、代表名：代表取締役社長 山口 貢

(コンソーシアム内実施者：日本製鉄株式会社、JFEスチール株式会社、一般財団法人 金属系材料研究開発センター)

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針
- (2) 提案者情報

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 高炉を用いた水素還元技術の開発/②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素化技術等の開発

日本製鉄 (幹事会社)

日本製鉄が実施する研究開発の内容

- ① S-COURSE50操業技術開発
- ③ 要素技術開発
 - CO₂分離回収技術
 - バイオマス活用技術
 - 廃プラ利用拡大技術
- ④ 全体プロセス評価

JFEスチール

JFEが実施する研究開発の内容

- ② カーボンリサイクル高炉操業技術開発
- ③ 要素技術開発
 - 高炉一貫プロセスにおける冷鉄源活用技術
- ④ 全体プロセス評価

神戸製鋼所

神戸製鋼が実施する研究開発の内容

- ③ 要素技術開発
 - 羽口内燃焼の適正化
 - バイオマス活用技術
- ④ 全体プロセス評価

金属系材料研究開発センター (JRCM)

JRCMが実施する研究開発の内容

- ④ 全体プロセス評価

(提案プロジェクトの目的：製鉄プロセスからCO₂排出50%以上削減を実現する技術の実現)

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

気候関連問題の国際的な関心の高まりを背景に、CO₂排出量が少ない製品・サービスの需要増加を見込む

カーボンニュートラル(CN)を踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- 地球温暖化を背景とした、洪水・台風などの災害が増加。工場生産への影響やサプライチェーンの混乱に繋がる可能性がある。

（経済面）

- 企業にとって低炭素技術に関する設備投資、研究開発費、操業コストが増加する可能性がある。
- 他方、CO₂削減貢献技術・製品・サービスのニーズ増を見込む。

（政策面）

- 脱炭素化に向けて大規模な経済対策が実施される見通し。
- カーボンプライシング導入など環境規制の強化はコスト増加に繋がる可能性がある。

（技術面）

- 生産プロセスにおけるCO₂削減、お客様のCO₂排出削減ニーズが高まる。これに貢献する技術・製品・サービスの開発が必要。

● 市場機会：

- ①生産プロセスにおけるCO₂削減
- ②技術・製品・サービスによるCO₂排出削減貢献

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト(当社30年度目標)

- ①生産プロセスにおけるCO₂削減△30~40%
- ②CO₂排出削減貢献量61百万t以上

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ



● 当該変化に対する経営ビジョン：

- ①生産プロセスのカーボンニュートラルへ挑戦し、達成を目指す (2050年ビジョン)
高炉へのHBI装入を深化させ早期のCO₂削減を推進する (2030年目標30~40%削減)
- ②技術・製品・サービスによるCO₂削減貢献量1億t以上 (2050年ビジョン)

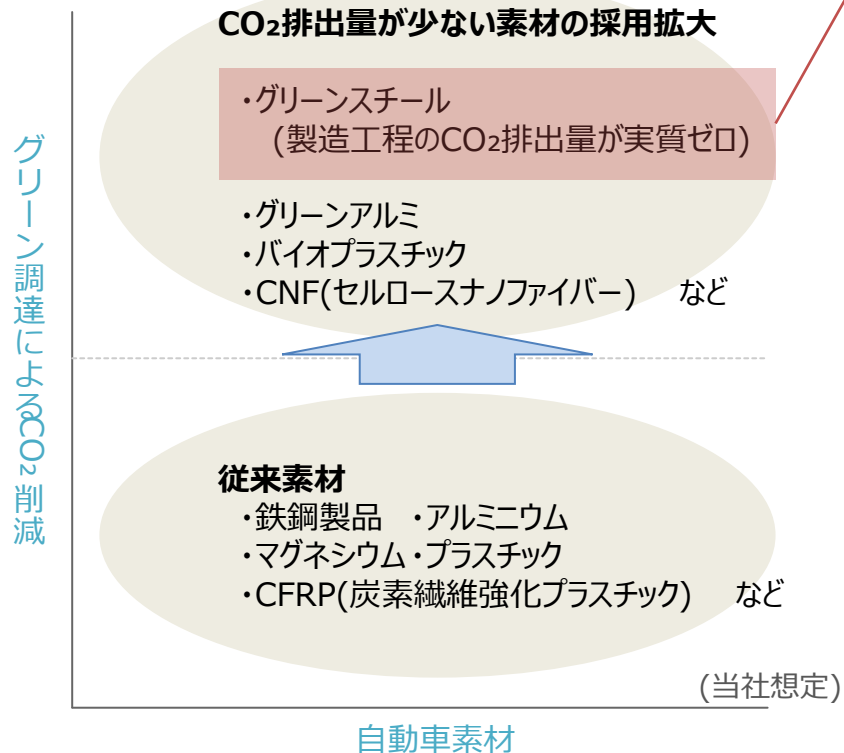
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

カーボンニュートラル社会におけるグリーンスチール市場の獲得を目指す

セグメント分析

・IEA が公表したエネルギー技術見通し2020によると、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」の市場は2050年時点で約5億tになる見通し。

（自動車分野における素材調達を例示）



ターゲットの概要

- ・鉄鋼は、自動車向けのハイテン・特殊鋼、資源・エネルギー・土木・建築等のインフラ、洋上風力のモノパイル等にも利用され、カーボンニュートラル社会においても、引き続き、必要不可欠な素材であり、軽量化等の高機能化を図ることで、他分野の経済活動の低炭素化にも貢献しうる。
- ・IEAの見通しにおいても、2050年時点で、自動車や各インフラ、電子機器等で大きな需要が見込まれている。

分野

分野動向

自動車

電動化の進展、2050年ライフサイクル全体でのCO₂排出ゼロ等の目標実現に向け、エコカーの生産量拡大が見込まれる。

→ハイテン材（車体の軽量化に寄与）含むグリーンスチールの提供によりCO₂削減に貢献する

その他

2050年のカーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略に基づき、今後、再生可能エネルギー（洋上風力発電 等）、次世代燃料（水素 等）などでの需要増が見込まれる

→各需要分野に適したグリーンスチールの提供により、CO₂削減に貢献する

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

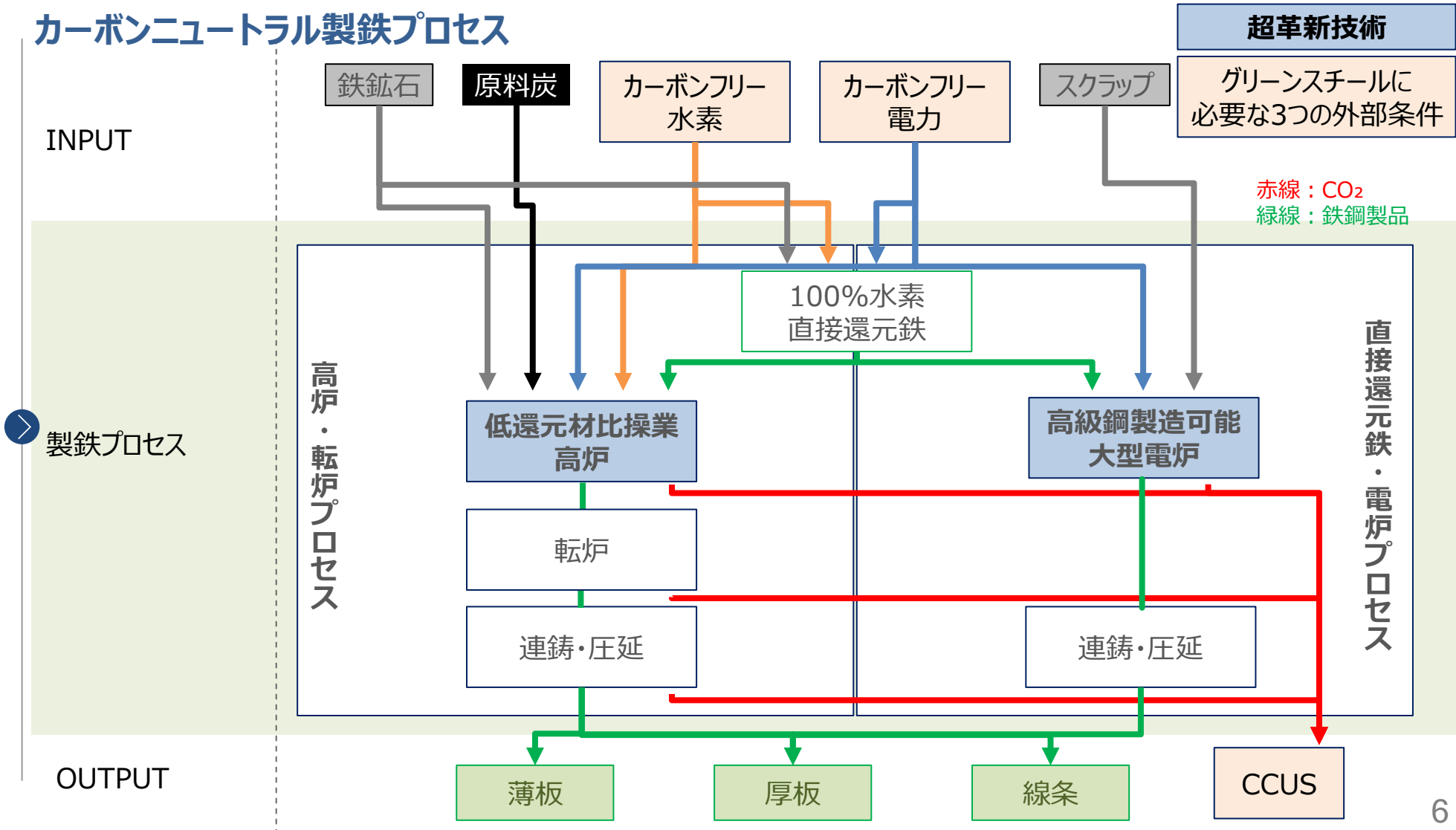
生産プロセスにおけるCO₂削減技術を用いて、グリーンスチールを提供するビジネスを拡大

社会・顧客に対する提供価値

- グリーンスチールの提供
 - ・製鉄プロセスをカーボンニュートラル化し、グリーンスチールを製造。
 - ・グリーンスチールをお客様に提供することで、お客様の、そして社会のCO₂削減に貢献する。
 - ・高炉へのHBI装入によるCO₂削減効果を「マスバランス方式」により特定の鋼材に割り当てることで国内初となる低CO₂高炉鋼材を販売。(KobenableSteel)

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

カーボンニュートラル製鉄プロセス



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

神戸製鋼所個社としての対応状況① ＜世界および国内の動向＞

| | | |
|----|---|--|
| 欧州 | <p>2030年に55%以上削減、2050年カーボンニュートラル</p> <ul style="list-style-type: none">政府の補助金を糧に急速に電炉(現状5割)へシフトEU域外の鋼材を市場から排除する動き(EU-ETS,CBAM) EU-CBAM '23.10～移行期間開始、'26～本格適用開始 ※EU-CBAM(炭素国境調整措置):EU域内への輸入品について、 製品単位当たりの炭素排出量に基づき証書の購入を輸入者に課す制度低CO₂鋼材発売(Xcarb™ bluemint® 他)を公表 <p>動向:急速に電炉化を進め、欧州が優位となる独自ルールを制定準備</p> | <p>2030年に46%以上削減、 2050年カーボンニュートラル</p> <ul style="list-style-type: none">2050年カーボンニュートラルに向けて 共同開発を開始(GI基金)。 開発費を増額し、社会実装を前倒しGX推進法が設立。GX経済移行債の発行と 成長志向型カーボンプライシングの導入により 脱炭素社会へ加速高炉3社がマスバランス方式を適用した 低CO₂鋼材を発表 神戸製鋼所; Kobenable® Steel (2022年5月) 日本製鉄 ; NSCarbolex Neutral® (2022年12月) JFE ; JGreeX™ (2023年5月) |
| 米国 | <p>2030年に50～52%以上削減、2050年カーボンニュートラル</p> <ul style="list-style-type: none">電炉中心(現状7割)で、政府補助金を受け更に電炉新設インフレ抑制法(IRA)にて、エネルギー安全保障や気候変動対策を推進電炉を活用した低CO₂鋼材発売(ベルデX、Econiq)を公表 | |
| 中国 | <p>2030年までにCO₂排出量をピークアウト、 2060年にカーボンニュートラル</p> <ul style="list-style-type: none">高炉中心(現状9割)で、粗鋼規模のピークアウトを表明鉄鋼関係EPDプラットフォームを作成。各国とのEPD相互認証を進める ※EPDプラットフォーム:製品のEPD(環境製品宣言)ラベルを作成し、公開する仕組み宝武鋼鉄集団は、2035年30%削減、2050年CNを宣言 | |

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

神戸製鋼所個社としての対応状況② <多様なグリーンスチール・定義統一の取組み>

■ 多様なグリーンスチール

（グリーンスチール：以下、GSと表記）

- ・GSに関する国際的な定義がない。
- ・世界で公表されている鉄鋼メーカーのGSは、独自のルールで適用され多様化しており、規格の統一が必要。

| 脱炭素化の評価 | 各社で発行しているブランド |
|-------------|---------------------------|
| マスバラン 方式 | アルセロールミタル社「XCarb」 |
| | ティッセンクルップ社「bluemint」 |
| | 神戸製鋼所社「Kobenable Steel」 |
| | 日本製鉄社「NSCarbolex Neutral」 |
| | JFEスチール社「JGreeX」 |
| | ポスコ社「グリニット」 |
| 再エネ証書 | ニューコア社「Econiq」 |
| スクラップ使用率 | USスチール社「ベルデX」 |
| ゼロカーボン | SSAB社「HYBRIT」 |
| | H2GS社 |

■ GSの定義統一に向けた取組み

- ・グローバルスタンダード作成に向けて

- ・日本鉄鋼連盟では「GSの定義」を進める中で、国別鉄鋼業CO₂排出量の現状把握が必要であり、「データコレクション」と「具体的な運用」を提案。

- ・**G7（議長国：日本、札幌市）気候・エネルギー・環境大臣会合の結果、鉄鋼業界における排出量のデータ収集に関して、世界共通の手法を創設することに合意。（グローバルデータ収集フレームワーク）**

5つのデータコレクション統一に向けた検討が行われることとなった。

- ①製鉄所別排出量（ISO14404）、②製品別排出量（ISO20915）などの規格統一化に取り組む。

- ・マスバラン方式を適用したGSのルールメイキング

- ・GSの販売方法として、鉄鋼連盟にて**「マスバラン方式を適用したGSのCO₂排出原単位の算定方法に関するガイドライン」を発行。**

- ・マスバラン方式については、**ISO規格化を推進中(TC308)**。この規格に、鉄鋼製品のマスバラン方式を導入すべく、国内審議委員会にて議論していく。

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

神戸製鋼所個社としての対応状況③

■ 当社は低CO₂高炉鋼材を国内で初めて販売し、GS市場の創出・拡大に向け、率先して取り組んできた。

国内初の低CO₂高炉鋼材
「Kobenable Steel」
2022年5月から販売開始

様々な事業分野のお客様から高い関心
グリーンスチールの認知度向上に貢献

| | |
|------|--------------------|
| 鋼材種類 | 当社が販売する線材・条鋼、厚板、薄板 |
| 対象顧客 | 自動車、建設、造船、公共土木・橋梁 |
| 目標数量 | 2030年 約100万t/年 販売 |



自動車

2022年6月

トヨタ自動車様

競技車両「水素エンジンカローラ」の
サスペンションメンバーに初採用
競技車両「GR86」のエンジン部品
締結ボルトにも採用(2023年7月)

Kobenable Premier

自動車

2022年12月

日産自動車様

日産自動車様の生産する量産車
(新型セレナ)に順次適用

Kobenable Premier

建設

2022年12月

IHI、三菱地所、鹿島建設様

「(仮称)豊洲4-2街区再開発計画B棟
(東京都江東区豊洲)」新築工事に採用

Kobenable Premier

造船

2023年3月

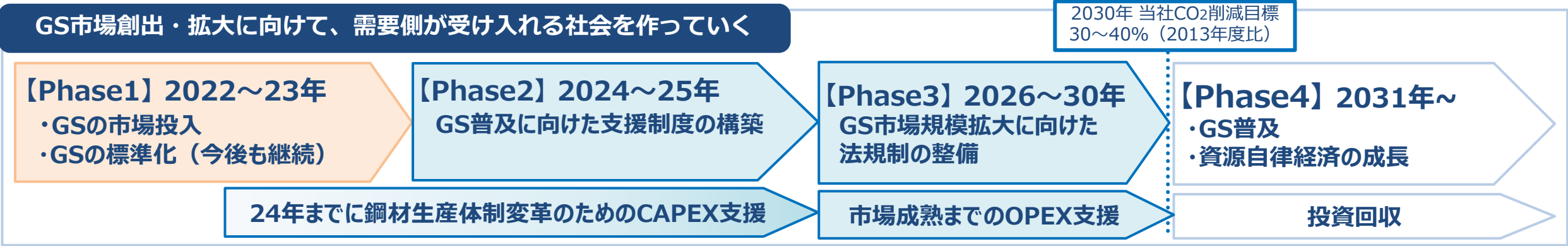
今治造船様

今治造船様が建造する18万t級バルク
キャリアに採用

Kobenable Premier

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

神戸製鋼所個社としての対応状況④



【Phase1】 ■GSの市場投入・標準化の取組み

■GSの市場投入

| | |
|-----------------|--|
| Kobenable Steel | マスバランス方式によるGSを自動車、建設、造船、公共土木、橋梁など、様々な事業分野に提供・販売。 |
|-----------------|--|

→■市場の評価:GSへの関心は高いが、コスト負担は消極的

① SCOPE3の削減ではなく、CO2削減に取り組む企業としてのイメージ向上を目的として採用するケースが多い。

② 環境価値の自社負担については慎重な動き。価格交渉は難航。

■GSの標準化

| | |
|---------|--|
| 業界との取組み | <p>① 鉄連・高炉3社でGSに必要なマスバランス方式の適用に関わるガイドラインを策定。</p> <p>② 国際標準化に向けて、ISO規格を開発中。</p> |
|---------|--|

【Phase2以降】 ■GS普及に向けた取組み

・当社はGSの普及に向け、以下の活動を積極的に推進する。

| | |
|------------|---|
| 当社 | ① 自社ブランドのGS環境価値訴求・市場創出活動 Kobenable Steel紹介映像 https://www.youtube.com/watch?v=xOdIGPFycFs |
| 業界・政府との取組み | ② マスバランス方式を適用したGSの国際規格化 |
| 政府との取組み | <p>③ GX投資の回収予見性を高めることが可能な政策支援 →CAPEX、OPEX実装支援</p> <p>④ GS普及に向けた支援制度の構築 →GS購入者へのインセンティブ検討など</p> <p>⑤ GS市場規模拡大に向けた法規制の整備など</p> |

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

コンソーシアムの強みを活かして、社会・顧客に対してグリーン鋼材という価値を提供

コンソーシアムの強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値（グリーン鋼材）

- 各国の自動車メーカーなどがサプライチェーンのカーボンニュートラル化を進めていくと宣言。
- 製造時のCO₂発生量を低減させたグリーン鋼材の提供にかかわる要望が拡大
- エシカル消費を指向するカスタマーの満足度を向上させ、新たな価値を提供する。



コンソーシアムの強み

- 低CO₂にかかわる技術蓄積
- 世界最高レベルの省エネ製鉄所運用
- COURSE50などの過去の低CO₂プロジェクトを実行してきた経験
- 製鉄・製鋼にかかわる技術者が多く在籍
- コンビナートが周辺に立地した臨海製鉄所の保有（化学・エネルギー等の業種が周辺に立地）

コンソーシアムの弱み及び対応

- 周囲に高品質鉱石生産地が少ない
 - グリーン電力・水素の価格高・不足
 - 水素インフラ脆弱性
- ⇒
- GI基金を活用した技術開発
 - 公的なインフラ基盤等の整備

コンソーシアム外の企業に対する比較優位性

（現状） 技術

- 過去の低CO₂プロジェクトへの取り組み(COURSE50など)
- 世界最高レベルの省エネ製鉄所運用

顧客基盤/サプライチェーン

- 需要家との密な連携体制
- 低価格豪州鉱石の使用

その他

- コンビナートに隣接した臨海製鉄所用地の保有
- 製鉄・製鋼にかかわる技術者が多く在籍

（将来に向けた取り組み）

- 国プロ(オールジャパン)技術開発への積極協力

- 需要家との関係強化、理解活動（コスト負担等の議論）
- 低品位・低価格豪州鉱石サプライヤーとの協力模索

- コンビナートの他業種（化学・エネルギー等）との連携模索
- 新規技術者の採用・育成強化

欧州：域内で高品質鉱石が産出され、サプライチェーン的に有利。
⇒本プロジェクトを用いて特に豪州などで産出される低品位鉱石に関する技術開発を加速

中国：日本と同様に低品位豪州鉱を使用、宝武（BaO）で 先進高炉の開発実施中。

COURSE50などの過去知見を活用しながら開発を実施。

10年間の研究開発の後、2030年頃の事業化、その後の投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後、2030年頃の事業化を目指す。
- ✓ カーボンニュートラル製造プロセスの研究開発・実装により、鋼材市場のグリーンスチール化に対応していく。

| | 2021年度 | … | 2030年度 | |
|----------------------|---------------------------|---|------------------|------------------------------|
| 売上高 | - | … | - | 2030年以降の事業化、その後の投資回収を想定 |
| 研究開発費 | 約4,363億円（本事業の支援期間の参画企業合計） | | 実機化設備費用で数兆円規模を想定 | |
| 取組の段階 | 研究開発・実証試験 | | | 社会実装 |
| CO ₂ 削減効果 | - | … | - | 各社実装の進行に伴い 1,000万t/年規模で削減 |

1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

| | 研究開発・実証 | 設備投資 | マーケティング |
|-----------|---|--|---|
| 取組方針 | <ul style="list-style-type: none"> 国内高炉メーカーが協力してコンソーシアムを結成。各社の知見を総合的に活用。 現在の技術レベル・日本の地政学的な特色（豪州鉱山に近いこと）に鑑み、高炉/還元炉/電気炉のすべてに対して、複線的に開発を実施 | <ul style="list-style-type: none"> 開発課題を解決するために小規模実験設備から大規模設備を順次建設 実験設備を各社で分担して建設 実験により得られた成果はコンソーシアム内での情報交流を実施 実装設備に関しては、グリーン鋼材需要、カーボンフリー水素/電力の調達状況、各プロセスの経済合理性に鑑みながら各社で建設を判断 | <ul style="list-style-type: none"> グリーン鋼材にかかわる国内ガイドラインの整備（国際標準化に向けて） 需要家に対するグリーン鋼材に関する理解活動の実施 海外への積極的な発信、学会等での積極的な広報活動の実施 ライセンスビジネスによる技術の収益化に関しても検討 |
| 国際競争上の優位性 | <p>▼</p> <ul style="list-style-type: none"> Course50プロジェクトの知見・設備を活用。 コンソーシアム内の協力体制により、開発を加速 各社に製鉄・製鋼にかかわる技術者が多く在籍、学識経験者の知見も活用した開発体制が構築可能 | <p>▼</p> <ul style="list-style-type: none"> コンソーシアム内での情報共有により、実装化可否判断を効率的に実施 既存製鉄所インフラの一部活用 | <p>▼</p> <ul style="list-style-type: none"> 長期間にわたり醸成された需要家との信頼関係 鉄鋼関連の標準（ISO14030-3）などの作成過程において、議論をリードしてきた実績 |

国の支援に加えて、本事業期間において参画企業で約2,428億円の自己負担を予定

【本事業に係る事業費および負担額(参画企業合計)】

| | 2021 年度 | 2022 年度 | 2023 年度 | 2024 年度 | 2025 年度 | 2026 年度 | 2027 年度 | 2028 年度 | 2029 年度 | 2030 年度 | ... |
|-------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|
| 事業全体の資金需要 | 約4,363億円+ 実用化費用※2 | | | | | | | | | | 本事業期間の 開発完了の後、 自己負担にて、 次ステップの試験 操業を実施する 予定 |
| うち研究開発投資 | 約4,363億円 | | | | | | | | | | |
| 国費負担※1 (委託／補助) | 約1,935億円 | | | | | | | | | | |
| 自己負担 | 約2,428億円+ 実用化費用 | | | | | | | | | | |

※1: インセンティブ額が全額支払われた場合
※2: 早期実用化が可能となった場合は資金需要および自己負担分はさらに増額される

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

「製鉄プロセスからCO₂排出50%以上削減を実現する技術を実証」というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

| 研究開発項目 | | アウトプット目標 | |
|---|---|---|--|
| 1. 高炉を用いた水素還元技術の開発 ②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO ₂ を活用した低炭素化技術等の開発 | | 事業開始時のTRL: 4 * | 製鉄プロセスからCO ₂ 排出50%以上削減を実現する技術を実証 |
| 研究開発内容 | | | |
| 1 | SG-1 S-COURSE50 操業技術開発 | KPI ・アウトプット目標に寄与するCO ₂ 削減 | KPI設定の考え方 ・還元材の水素系ガスへの代替によるC消費量削減 ・送風顕熱増加による熱補償 |
| 2 | SG-2 カーボンリサイクル 高炉操業技術開発 | ・アウトプット目標に寄与するCO ₂ 削減 | ・高炉ガスのカーボンリサイクルによるCO ₂ 排出削減 ・酸素高炉化によるカーボンリサイクル率アップ |
| 3 | SG-3 要素技術開発 ・ 羽口内燃焼適正化 ・ CO ₂ 分離回収技術 ・ バイオマス活用技術 ・ 廃プラ利用拡大技術 等 | ・材料耐熱温度以下の羽口表面温度 ・分離回収コストのさらなる低減 ・廃棄物系炭化物・木質系炭化物によるPC置換 ・脱塩素化・プラ処理量増 | ・羽口内の安定燃焼の継続 ・分離回収エネルギー低減によるランニングコスト削減 ・製鉄用炭材として必要な発熱量確保/微粉炭代替として必要な置換率確保 ・減容化/異物処理や脱塩素によるプラ処理量拡大 ※SG3の技術組合せでCO ₂ 削減目標を補完 |
| 4 | SG-4 全体プロセス評価・検討 | ・製鉄所全体の物質・エネルギー収支モデルによりCO ₂ 削減50%以上の効果を評価 | ・1-①とも一貫し、同一基準でCO ₂ 削減技術进行评估 ※SG1-3の組合せでCO ₂ 削減50%以上の技術を実証 |

*：経済産業省製造産業局：「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画 令和3年9月14日 より

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

| | KPI | 解決方法 |
|---|---|---|
| <div>1</div> <div>SG-1 S-COURSE50 操業技術開発</div> | <div>・CO₂削減</div> | <div> <div>➤</div> <div> <div>還元材の水素系ガスへの代替</div> <div>送風顕熱増加による熱補償</div> </div> </div> |
| <div>2</div> <div>SG-2 カーボンリサイクル 高炉操業技術開発</div> | <div>・CO₂削減</div> | <div> <div>➤</div> <div> <div>高炉ガスのCリサイクルによるCO₂排出削減</div> <div>酸素高炉化によるCリサイクル率アップ</div> </div> </div> |
| <div>3</div> <div>SG-3 要素技術開発</div> <div> <div>・羽口内燃焼適正化</div> <div>CO₂分離回収技術</div> <div>バイオマス活用技術</div> <div>廃プラ利用拡大技術</div> </div> | <div> <div>・羽口表面温度</div> <div>分離回収コスト</div> <div>・PC置換</div> <div>脱塩素化率・廃プラ処理量</div> </div> | <div> <div>➤</div> <div> <div>材料、構造の適正化</div> <div>ベンチ試験による液組成や運転条件最適化 独自のCO₂吸収・放散促進触媒活用</div> <div>廃棄物の選定およびアッシュ分離技術の確立 高炉羽口吹き込み技術の確立</div> <div>効率的な処理プロセス（昇温/混錬方法/異物混入 対策等）とスケールアップの検討</div> </div> </div> |
| <div>4</div> <div>SG-4 全体プロセス評価・検討</div> | <div>・各技術のエネルギー収支, CO₂ 削減評価</div> | <div> <div>➤</div> <div> <div>モデルー貫製鉄所物質・エネルギー収支モデルの構築</div> </div> </div> |

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

| 研究開発内容 | これまでの（前回からの）開発進捗 | 進捗度(◎/○/△/×) |
|--|---|--------------|
| <div>1 SG-1 S-COURSE50 操業技術開発</div> | <div>1)S-COURSE50要素技術 ・ 数学モデルによる基本原理 検証 ・ 水素等昇温設備の開発 ・ レースウェイ内燃焼解析 2)小型試験高炉での検証 試験</div> | ○ 計画通り進捗 |
| <div>2 SG-2 カーボンリサイクル (CR) 高炉操業 技術開発</div> | <div>1)CR高炉要素技術 ・ 反応・伝熱挙動評価およ び操業設計 ・ CR高炉羽口の技術開発 2) 高炉での部分評価試験 3) CR小型試験高炉での プロセス原理検証試験</div> | ○ 計画通り進捗 |

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

| 研究開発内容 | これまでの（前回からの）開発進捗 | 進捗度(◎/○/△/×) |
|-----------------------|--|--------------|
| 3 SG-3 要素技術開発 | 1)羽口内燃焼適正化 | ◎ 計画通り進捗 |
| | 2)CO ₂ 分離回収技術 ・高性能吸収液の開発 ・実ガス試験による技術検証、安定操業技術開発 | ○ 計画通り進捗 |
| | 3)バイオマス活用技術 ・バイオマス炭材の活用技術開発 ・廃棄物系炭化物の活用技術開発 | ○ 計画通り進捗 |
| | 4)廃プラの利用拡大技術 | ○ 計画通り進捗 |
| 4 SG-4 全体プロセス評価・検討 | ・プロセス総合評価 | ○ 計画通り進捗 |

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

| 研究開発内容 | 残された技術課題 | 解決の見通し |
|--|--|----------|
| 1 SG-1 S-COURSE50 操業技術開発 | <ul style="list-style-type: none">・数学モデルによる基本原理検証・水素等昇温設備の開発・レースウェイ内燃焼解析・小型試験高炉による検証試験 | 計画通り実施予定 |
| 2 SG-2 カーボンリサイクル (CR) 高炉操業 技術開発 | <ul style="list-style-type: none">・反応・伝熱挙動評価および操業設計・CR高炉羽口の技術開発・高炉での部分評価試験・CR小型試験高炉でのプロセス原理検証試験 | 計画通り実施予定 |
| 3 SG-3 要素技術開発 | <ul style="list-style-type: none">・羽口内燃焼適正化・CO₂分離回収・バイオマス活用・廃プラ利用拡大 | 計画通り実施予定 |
| 4 SG-4 全体プロセス 評価・検討 | <ul style="list-style-type: none">・プロセス総合評価 | 計画通り実施予定 |

(参考) 研究開発内容1-②

1. 高炉を用いた水素還元技術の開発 ②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素化技術等の開発

事業の目的・概要

2030年までに、中規模試験高炉（500m³級以上）において、外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素技術の開発に加え、バイオマスや還元鉄などを一部原料として活用するなど、あらゆる低炭素化技術を組み合わせることにより、高炉法において製鉄プロセスからCO₂排出を50%以上削減を実現する技術を実証。

- ① 要素技術開発および小規模試験高炉（水素直接吹き込み:12m³、カーボンリサイクル高炉:150m³規模）での検証試験
- ② 中規模試験高炉（500m³級以上）での実証実験

※太字:幹事企業

実施体制

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

事業期間

2021年度～2030年度（10年間）

事業イメージ

事業規模等

- 事業規模（①＋②）：約2918億円
- 支援規模（①＋②）*：約1214億円

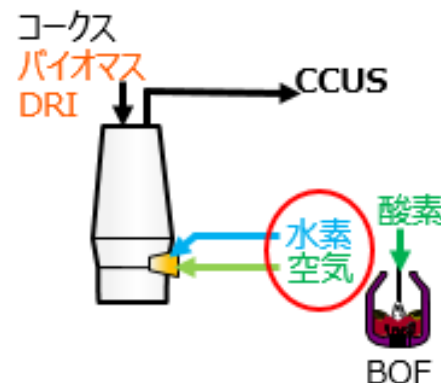
*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートで事業進捗などに応じて変更の可能性あり

補助率など：①委託 → ②2/3補助
（インセンティブ率は10%）

従来型高炉技術

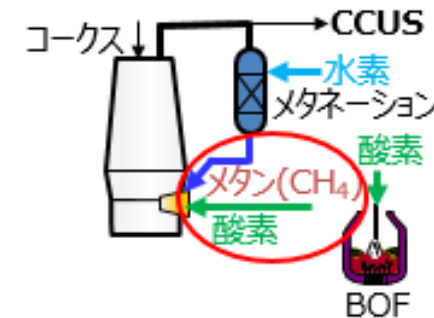


技術①（水素直接吹き込み）

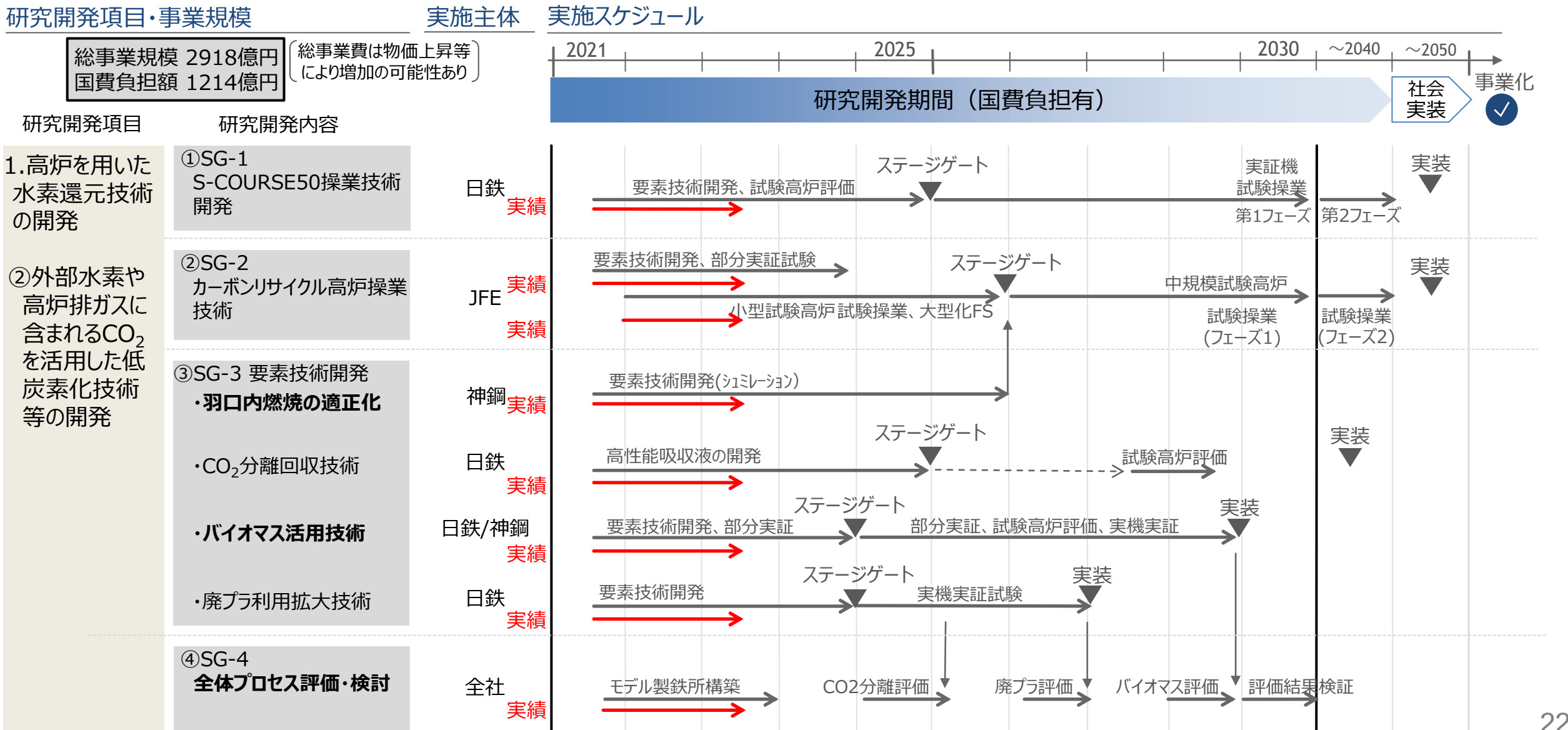


技術②（水素間接吹き込み）

※メタネーション



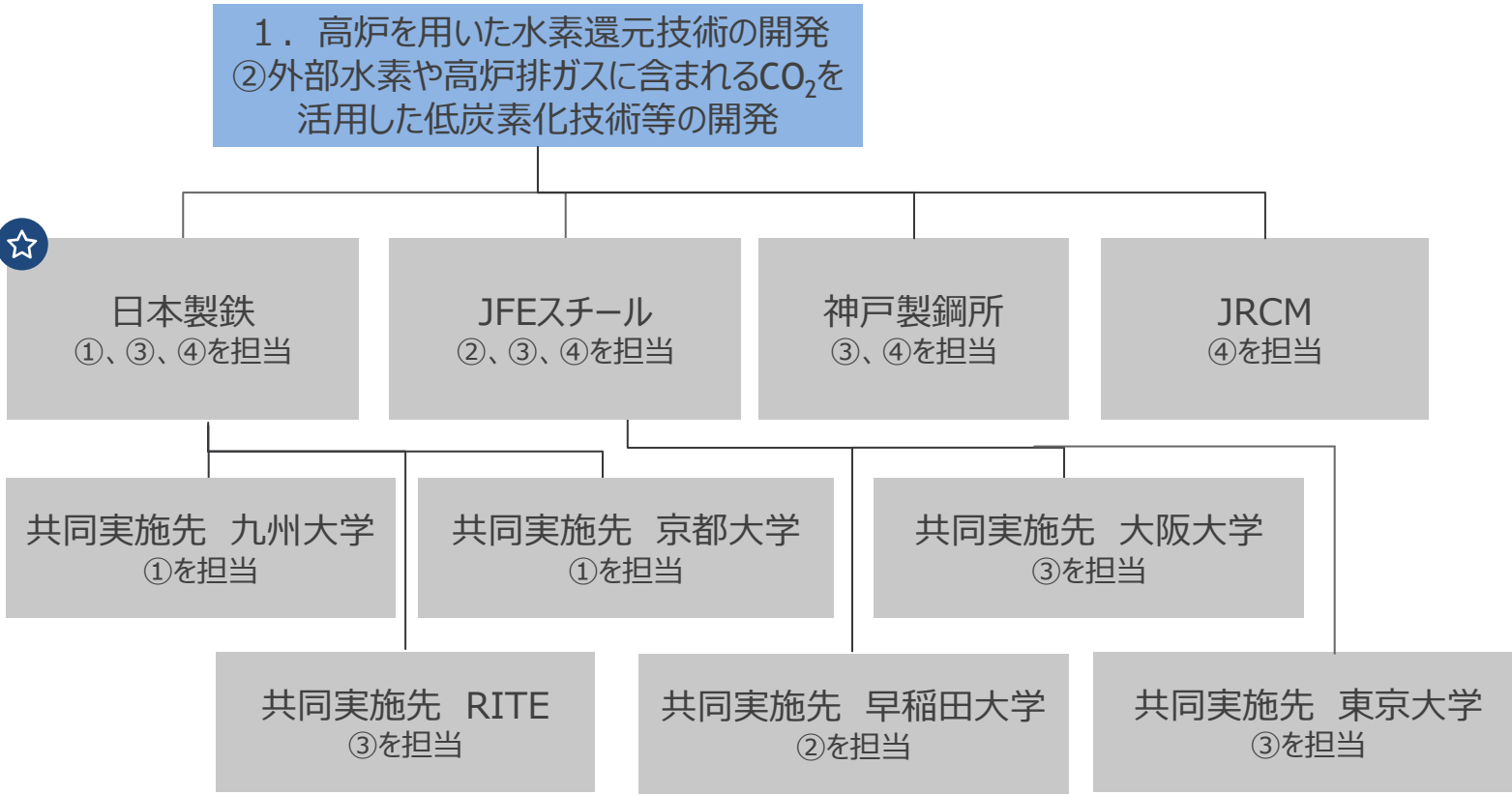
研究開発項目：1-②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO2を活用した低炭素化技術等の開発



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目全体の取りまとめは、日本製鉄が行う
- 日本製鉄は、①S-COURSE50操業技術開発と③要素技術開発、④全体プロセス評価・検討を担当する
- JFEスチールは、②カーボンリサイクル高炉操業技術開発と③要素技術開発、④全体プロセス評価・検討を担当する
- 神戸製鋼所は、③要素技術開発、④全体プロセス評価・検討を担当する
- JRCMは、④全体プロセス評価・検討を担当する
- 九州大学は、①S-COURSE50操業技術開発を担当する
- 京都大学は、①S-COURSE50操業技術開発を担当する
- RITEは、③要素技術開発を担当する
- 早稲田大学は、②カーボンリサイクル高炉操業技術開発を担当する
- 東京大学は、③要素技術開発を担当する
- 大阪大学は、③要素技術開発を担当する

研究開発における連携方法

- 定例打合せの実施
- 製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクト4テーマで定期的な連携会議を実施し、製鉄業における一貫した整理と総合評価を実施

☆ 幹事企業

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

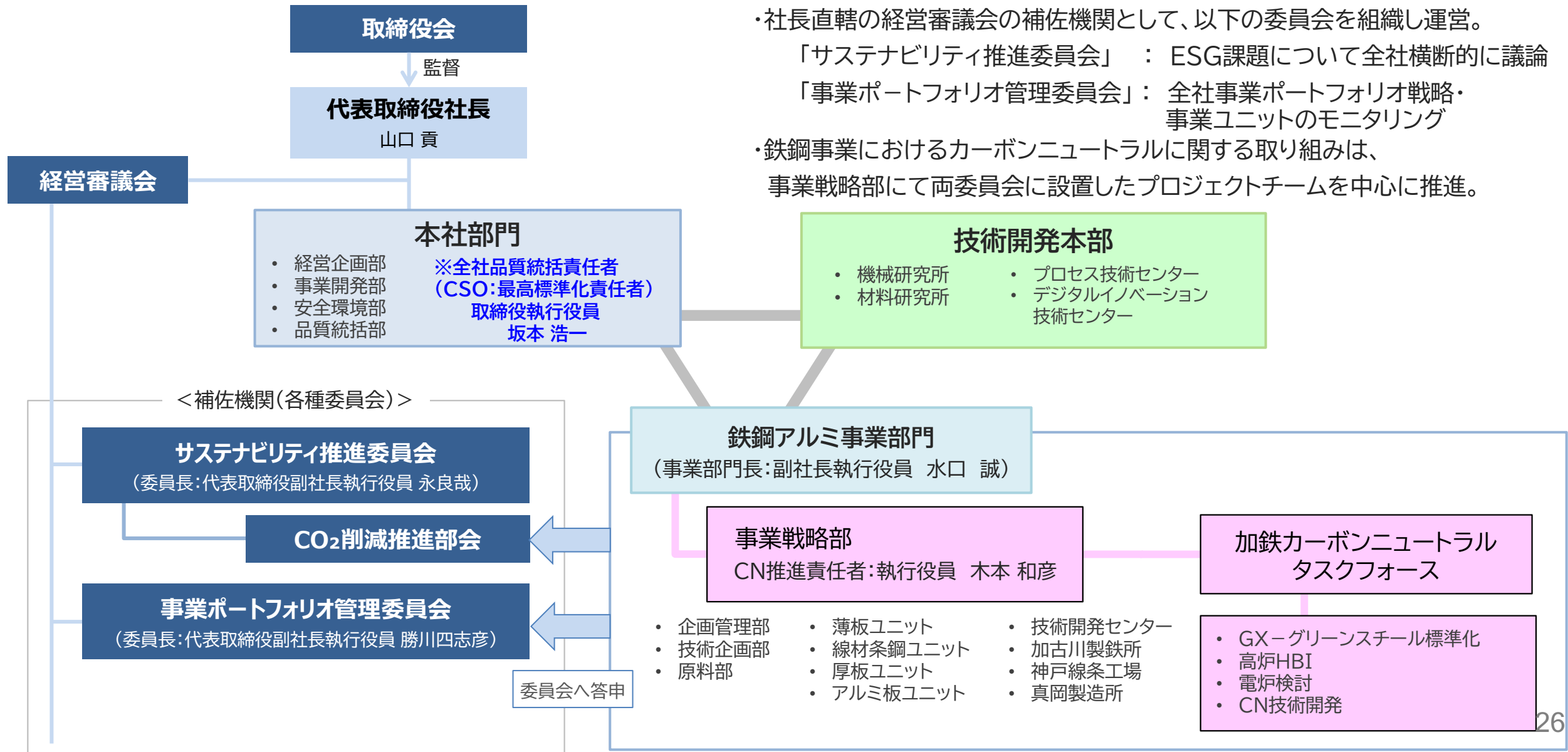
| 研究開発項目 | 研究開発内容 | 活用可能な技術等 | 競合他社に対する優位性 |
|---|--|--|---|
| 1．高炉を用いた水素還元技術の開発 ②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO ₂ を活用した 低炭素化技術等の開発 | ① SG-1 S-COURSE50操業技術開発 | <ul style="list-style-type: none">高炉シミュレーションモデル高温水素ガスの吹込み技術 | <p>優位性</p> <ul style="list-style-type: none">高炉内現象を高精度で評価しうる高炉総合プロセスモデルを保有。試験高炉を所有し、開発技術の検証が可能。世界最高水準の高級鋼一貫製造技術を保有。今回開発技術によってグリーンスチールにおいても優位性を維持鉄鋼プロセスにおいて世界最高のエネルギー効率 |
| | ② SG-2 カーボンリサイクル高炉操業技術開発 | <ul style="list-style-type: none">酸素高炉の操業技術高炉への都市ガス吹込み技術 | |
| | ③ SG-3 要素技術開発 <ul style="list-style-type: none">羽口燃焼適正化CO₂分離回収技術バイオマス活用技術廃プラ利用拡大技術 | <ul style="list-style-type: none">高炉PCI操業技術混合溶媒系吸収液開発技術 CO₂吸収・放散促進触媒技術高炉PCI操業技術既存廃プラ処理設備 | |
| | ④ SG-4 全体プロセス評価・検討 | <ul style="list-style-type: none">製鉄所物質・エネルギー収支データおよびモデル | |

3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

全社横断的に配置された委員会（経営審議会の補佐機関）による本事業の推進



3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等によるカーボンニュートラルへの関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営層のリーダーシップ
 - 中期経営計画において当社グループにおける最重要課題のひとつとして「カーボンニュートラルへの挑戦」を位置付け、ロードマップを公表済。
 - サステナビリティ経営の推進においては、経営審議会の補佐機関であるサステナビリティ推進委員会を中心にマネジメントサイクルを回すことを基本として、ESG外部評価やSDGsなどの推進ツールも活用しながら、取締役会によるモニタリングを行う体制としている。
- 「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトのモニタリング・管理
 - サステナビリティ推進委員会の製鉄プロセス検討チームにてモニタリング・管理を行う。
 - 必要に応じて、四半期1回程度開催される事業ポートフォリオ管理委員会及びサステナビリティ推進委員会において、本社および実行責任を担う事業部門での連携を図りながら、CO₂削減に関する重要な事項の審議、事業ポートフォリオに関する重要な事項の審議を行う。
 - 加えて、関連する設備投資の実行にあたっては、経営審議会の補佐機関である設備投資・投融資委員会において事前審議を行うとともに、意思決定後の一定期間、設備投資・投融資委員会において当該設備投資の進捗を管理する。

経営者等の評価・報酬への反映

- 中期的な企業価値向上を図り、各々の役員が果たすべき役割を最大限発揮するためのインセンティブとして報酬制度を有効に機能させることを目的として役員報酬制度を設計しています。
- 個別案件の進捗に応じて報酬が決定される仕組みではなく、企業価値の持続的な向上への貢献に対する中長期インセンティブ、業績連動報酬という形で、報酬に反映する仕組みとしている。

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核に「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクト事業を含むCO₂削減関連の取り組みを位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- ガバナンスとリスク管理
 - 経営に重要な影響を与え得るCO₂削減関係の重要事項については、経営審議会で審議決定し、取締役会で監督。
 - 経営審議会の補佐機関であるサステナビリティ推進委員会のもとに、CO₂削減への対応を検討する「CO₂削減推進部会」を設置し、全社横断的に活動。

| | | |
|----------------|---------------------------------------|--------|
| 取締役会 | 経営に重要な影響を与えるCO ₂ 削減関係施策の監督 | 四半期に1回 |
| 経営審議会 | CO ₂ 削減対応に関する重要事項の審議決定 | 年1回以上 |
| 事業ポートフォリオ管理委員会 | CO ₂ 削減に関する重要事項の審議 | 年4回以上 |

- 気候変動リスクの選別及び管理プロセス
 - CO₂削減推進部会を中心に、下記フロー（1～4）で気候関連リスク及び機会の両面を検討。
 - これらの検討結果は事業ポートフォリオ管理委員会で報告審議され、経営審議会で決定します。
 - 法令・規制動向、社会的要請を踏まえたリスクと機械の把握
 - 事業戦略における前提・目標の設定
 - CO₂削減にむけた技術的方策の検討
 - アクションプランの設計と実行

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - 中期経営計画においてカーボンニュートラルにむけたロードマップを公表済。
 - 毎年発行する統合報告書においても中期経営計画におけるロードマップを示すとともに、各事業の事業戦略・事業計画や、経営体制を明示。
 - 「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトについてもロードマップの進捗の一部として開示を検討する。
 - また、不定期に開催するテーマ別説明会（低CO₂ソリューション等）やESG説明会においてもロードマップの内容を対外的に説明を実施している。
 - これら説明会においても、ロードマップの進捗の一部として開示を検討する。
- ステークホルダーへの説明
 - 四半期決算ごとにIR説明会を実施。その中で中期経営計画のロードマップの進捗の一部として、開示を検討する。
→ 23年5月18日進捗説明実施済み
 - 当社グループのカーボンニュートラルへの取り組み・進捗の一部として、お客様、サプライヤーとの個別面談において説明実施を検討する。

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保／人材・設備・資金の投入方針
 - 中期経営計画における最重要課題のひとつとして「カーボンニュートラルへの挑戦」を位置付けており、必要な経営資源の投入を行っていく方針。
 - 「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの検討においては、鉄鋼アルミ事業部門、エンジニアリング事業部門、技術開発本部、本社から専門性のあるスタッフにてタスクフォースを編成。
 - 状況に応じて社内からの投入人材の追加調整を行う。
 - 外部リソース活用については、社内リソースでの過不足・補完の必要性を判断の上、決定する。
 - 使用する資産については、加古川製鉄所の土地・既存設備の活用を検討する。
 - 現時点では、「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの申請内容に基づき、研究開発費用の負担について意思決定を実施済。
 - 追加で資金投入が必要になる場合は、都度、審議を実施の上、実行について判断を行う。

全社横断的な連携・人材育成

- 全社横断的な連携
 - 現時点では、専門部署は設置しておらず、各事業部門、技術開発本部、本社から機動的に人員を配置する。
 - 必要に応じて将来的に専任者、専門部署の設置についても検討を行うが、現時点で計画はない。
→ 22年4月1日 鉄鋼アルミ事業部門内に事業戦略部 設置済み（専任14名、兼務16名）
- 若手人材の育成
 - 「カーボンニュートラルへの挑戦」におけるロードマップの実行にむけた各事業部門における人材育成を今後検討し、実行。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、自然災害等の事態に陥った場合には事業中止も検討

| 研究開発（技術）におけるリスクと対応 | 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応 | その他（自然災害等）のリスクと対応 |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">ハードルの高い技術課題を解決できず開発目標を達成できない場合 ⇒コンソーシアムメンバー会社で連携して対処するも解決策が見いだせない場合は開発を中止する。開発技術を凌駕する新技術の出現 ⇒将来のCNに対して社会実装までの期間やコスト面において有効である場合は、中止も含めた検討を行う。 | <ul style="list-style-type: none">安価でクリーンな水素の入手が困難となる ⇒開発は進めるが社会実装に関しては延期する。 なおコスト評価は継続して行い、社会実装のタイミングを見極める。水素、電力価格が高く、かつグリーンスチールの評価が低く鋼材生産の収益性が見込まれない ⇒商品の価値を適正に価格に反映し受け止めてもらえるよう国、お客様に働きかける。 | <ul style="list-style-type: none">自然災害（地震、津波等）による設備破損等のリスク ⇒近年の風水害による被害や行政のハザードマップ等の最新の情報に基づいた、対策の見直しを実施する。COVID-19の再拡大等のパンデミックにより、開発に大幅な遅れが生じる場合 ⇒全体スケジュールの再調整も含め検討する。 |



● 事業中止の判断基準：

- ハードルの高い技術課題を解決できず開発目標を達成できない場合
- 開発技術を凌駕する新技術が出現し、将来のCNに対して社会実装までの期間やコスト面において有効である場合
- 水素、電力、バイオマスの価格が高く、かつグリーンスチールの評価が低く鋼材生産の収益性が見込まれず事業継続できなくなった場合
- 大規模震災等の自然災害により、事業の継続が困難となった場合