

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 勝川 四志彦

(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

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） 共同実施先：RITE、九大、京大

日本製鉄が実施する研究開発の内容

- S-COURSE50操業技術開発(九大はRW燃焼モデル構築、京大はRW燃焼素反応解析を担当)
- CO₂分離回収技術(RITEは高性能吸収液開発を担当)
- バイオマス活用技術
- 廃プラ利用拡大技術
- 高炉還元鉄利用拡大技術
- 全体プロセス評価等を担当

日本製鉄の社会実装に向けた取組内容

- 各項目の要素技術開発、小・中規模試験による検証
- 製鉄プロセスにおけるCO₂削減効果の評価等を担当

JFEスチール（幹事会社） 共同実施先：早大、弘大

JFEが実施する研究開発の内容

- カーボンリサイクル高炉操業技術開発(早大、弘大はカーボンリサイクル高炉技術開発を担当)
- 高炉還元鉄利用拡大技術
- 転炉高効率熱付与技術
- 全体プロセス評価等を担当

JFEの社会実装に向けた取組内容

- 各項目の要素技術開発、小・中規模試験による検証
- 製鉄プロセスにおけるCO₂削減効果の評価等を担当

神戸製鋼所

神戸製鋼が実施する研究開発の内容

- 羽口内燃焼の適正化
- バイオマス活用技術
- 全体プロセス評価等を担当

神戸製鋼の社会実装に向けた取組内容

- 各項目の要素技術開発、小規模試験による検証
- 製鉄プロセスにおけるCO₂削減効果の評価等を担当

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

- 全体プロセス評価等を担当

JRCMの社会実装に向けた取組内容

- 製鉄プロセスにおけるCO₂削減効果の評価等を担当

(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

地球温暖化にかかわる意識等の変化により環境に配慮した製鉄法が急拡大すると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- 2015年にパリ協定が採択（2019年12月195ヶ国とEU締結）

（経済面）

- METIが2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略策定
- 2050年に約290兆円、約1,800万人の経済効果・雇用効果
- 脱炭素に向けた移行期間に対応したトランジション・ファイナンスの創設

（政策面）

- 2020年10/26 政府が「2050年カーボンニュートラル」を宣言
- 2021年10月経済産業省は関係省庁と「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」策定

（技術面）

- 各国が企業の研究開発・実証支援を実施。技術開発競争が激化
- 世界中の鉄鋼メーカーも重要な経営課題としてカーボンニュートラルにコミット。ロードマップを作成・公表。

● 市場機会：

- IEAはグリーンスチール市場が2050年時点で約5億トンになると予測
- 2021年10月地球温暖化対策計画改定、30年46%、50年CN
- サプライチェーン全体でコストを負担するグリーンスチール市場の構築

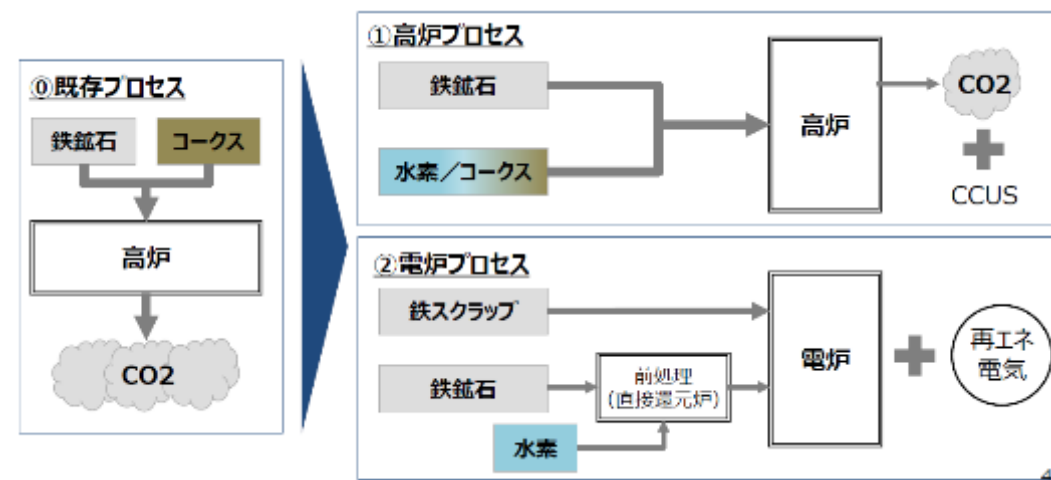
● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- グリーンスチール等の環境配慮型の商品購入により、社会全体でのコスト負担が増加。

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

脱炭素に向けた生産プロセスの転換

- ①高炉プロセスにおいて、コークスを水素に代替することで、CO₂排出量を大幅削減。ただし、高炉プロセスの構造上、最低限のコークスが必要となるため、CCUSが必須。
- ②電炉プロセスでは、再エネ電気を活用することで脱炭素化が可能。ただし、鉄スクラップ供給量に制限があり、一定量の鉄鉱石は引き続き鉄原料として必要。



● 当該変化に対する経営ビジョン：

- ・高炉法、水素還元/電気炉法をカーボンニュートラル化していくには革新的な技術開発が必要であるが、技術確立や水素・Cフリー電力の供給基盤の確立までの時間軸等を踏まえ、当面は、複数の技術的アプローチによるカーボンニュートラル製鉄の実現を目指していくことが重要。
- ・グリーンスチールの環境価値が適切に評価され、需要家も含めたサプライチェーン全体でコストを負担していく必要があり、社会全体の理解と仕組みの構築にも努力していく。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

社会的なCO2削減ニーズ（消費者意識、需要家ニーズ）

SDGsや地球温暖化にかかわる消費者意識が向上。

各ユーザー様から具体的なサプライチェーンとしてのCO2削減目標が提示され始めている。

エシカル消費とは



（出典）令和2年8月消費者庁：エシカル消費に関する意識調査など

ユーザー様の意識変化とCO2削減要望



（出典）トヨタ環境チャレンジ2050 ※2

▶ 各ユーザー様から具体的なサプライチェーンとしてのCO2削減目標が提示され始めている。

▶ ユーザー様とは“鉄鋼はCO2削減の難しい分野である”という認識を共有しながらも、具体的な検討を行っている。

エシカル消費にかかわる消費者意識向上※1

自然災害や環境破壊・資源の枯渇等の問題はすべての人が可能な範囲で行動するべき

▶ 57.1%

エシカル商品・サービスの購入時の価格アップを容認

▶ 69.0%

低CO2鋼材の販売事例※3

（株）神戸製鋼所のKobenable Steel販売事例
トヨタ自動車競技車両「水素エンジンカローラ」のサスペンションメンバー

- ・ユーザーはCO2削減効果だけでなく鋼材品質（特殊鋼線材、超ハイテン等）を考慮して採用
- ・業界の枠を超えてユーザーと連携して課題解決に取り組み、市場の拡大を目指す。



2022年3月 スーパー耐久シリーズ第一戦「SUZUKA5時間耐久レース」走行車

※1：（出典）消費者庁：<https://www.ethical.caa.go.jp/ethical-consumption.html>

※2：6つのチャレンジ | ESG（環境・社会・ガバナンス）に基づく取り組み | サステナビリティ | トヨタ自動車株式会社 公式企業サイト (global.toyota)

※3：2022年6月3日 株式会社神戸製鋼所プレスリリース

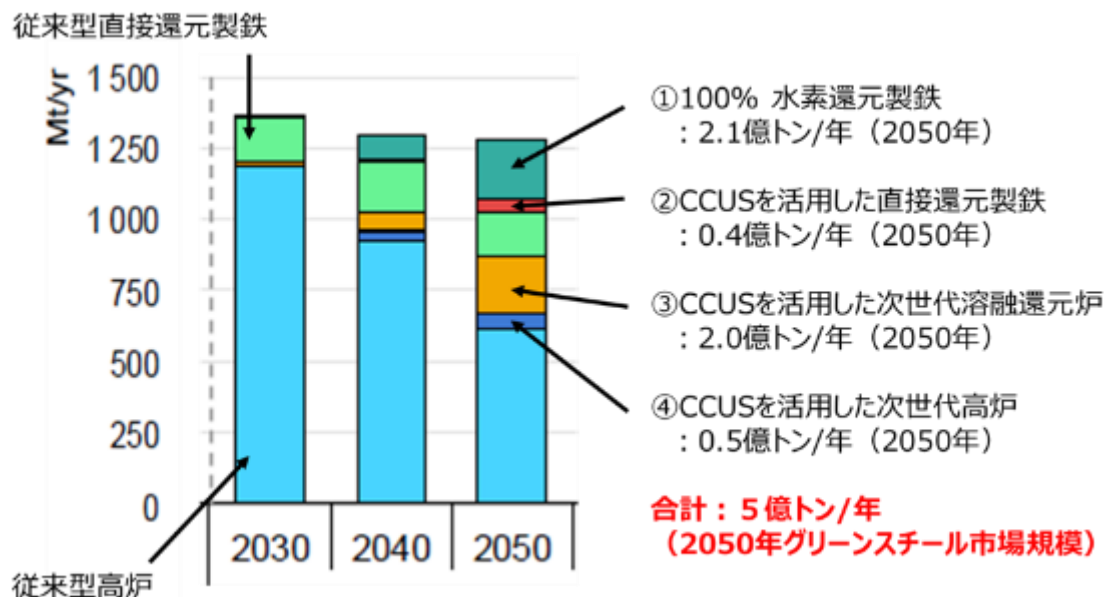
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

鋼材市場のうち低環境負荷鋼材をターゲットとして想定

セグメント分析

- ・IEAは、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**」の市場が、**2050年時点で約5億トン**の予測（2070年にはほぼグリーンスチールに代替）
- ・本市場を獲得するためには、**日本鉄鋼業が水素還元製鉄等の超革新技术を世界に先駆けて確立することが不可欠**

製造法別鉄生産量見通し



(出典) IEA Energy Technology Perspectives 2020

ターゲットの概要

「グリーンスチール」に関する各社の取組

「グリーンスチール」に関する国際的に統一された定義はないが、世界の一部鉄鋼メーカーにおいては、各社独自の規格により、「グリーンスチール」を商品化し、販売し始めている。国内高炉3社も個別にグリーンスチールの販売を開始する

日本製鉄

実際に削減したCO₂排出量をプロジェクト毎に把握し、マスバランス方式を活用して任意の製品に割り当てる、NSCarbolex Neutralを23年9月に供給開始。NSCarbolex Neutralの安定的な供給体制を早期に構築することで、需要家の脱炭素化に貢献。



JFEスチール

23年上期より、CO₂排出削減技術により創出した削減量を、「マスバランス方式」を適用して特定の鋼材に割り当てることで、CO₂排出量を大幅に削減した鉄鋼製品であるJGreeXについて、ドライバルク船に一斉採用されるなど、本格的な供給を開始した



神戸製鋼所

22年5月に高炉におけるCO₂排出量を削減した「Kobenable Steel」を国内で初めて商品化。ミドレックス技術を用いて製造したHBIを加古川の高炉に多量装入し、特定の鋼材に割り当てる「マスバランス方式」を適用。22年6月に自動車分野で採用され、建設分野、造船分野でも順次採用が決定。



本プロジェクトのターゲット

- ・現時点ではトランジション期間への対応として、マスバランス法などを用いて、一部の鋼材をグリーンスチールとして販売。
- ・本プロジェクトの最終ターゲットとしてはプロセス全体として、抜本的なCO₂排出量を削減できるプロセスを確立して、大量に販売していくことである。

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）

①低炭素プロセス技術をベースとした環境価値商品（グリーンスチール）の標準化戦略(市場化戦略)を推進

海外の技術開発の動向

（製鉄プラント市場の動向）

- 国内粗鋼生産量は約1億トンで、世界シェアは6 %程度。
- 世界の鉄鋼生産の7割は高炉-転炉法であり、その8割が中国を初めとしたアジアで生産
- 製鉄プラント事業は海外メーカーの寡占が進展。

（低炭素プロセス技術の開発動向）

- 日本では2008年より行われているCOURSE50プロジェクトおよびGI基金事業水素製鉄プロジェクトにより、高炉におけるCO₂削減実験を日本製鉄君津の試験高炉において実施してきた。加熱した水素を羽口から吹き込むことにより、CO₂排出量を22 %削減できることを実証した。
- 宝武鋼鉄集団は高炉において純酸素を吹き込むことによって石炭使用量を削減できる酸素高炉技術開発を進めており、2022年に小型試験高炉での試験結果として、CO₂削減率21 %以上達成を公表し、2500m³級の実高炉に導入するとしている。
- 還元鉄プロセス+電気炉に関してはSSAB・アルセロールなどの欧州鉄鋼メーカーが積極的に開発を実施。
- 欧米は高品位鉱石（スウェーデン・南米）を対象とした還元鉄プロセス開発が行われており、地政学的に低品位鉱石（豪州）を使用しなければならぬアジアに展開できるかは課題。
⇒ 低品位鉱石活用技術は、本技術開発の重要課題の一つ。

標準化の取組方針（コンソーシアム共通部分）※個社戦略は別途記載

- 本プロジェクトにおいて開発する低炭素化プロセス技術を含め、グリーンスチールに関する標準化を促進
- 軽くて強い高機能鋼材の供給を通じて、製品の使用段階での省エネを促進する「エコプロダクト」を中心とした高機能鋼材の市場拡大を指向
- 今後、製造時のCO₂排出量が少なく、かつ高機能である鋼材の市場化を行うべく、検討を行っていく。

標準化の取組内容

- ◎デジュール戦略（国際規格などの促進）
 - Worldsteelにおいて、排出量計算手法国際標準化、マスバランス方式の有効性・必要性に関する提案実施(継続協議中)
 - G7気候・エネルギー・環境大臣会合にて鉄鋼生産と製品のGHG排出に関して、新たなグローバルデータ収集フレームワークの検討を開始することで合意※
- ◎フォーラム戦略（業界基準策定）
 - GXリーグ「グリーン商材の付加価値付け検討WG」の一員として、グリーン商材の価値創生に関わる異種業界に共通するルール策定に向けた議論を実施
 - マスバランス方式を適用したグリーン鋼材の需要を促すべく、鉄連-高炉3社で定義の詳細を策定し、各業界団体への説明・周知を実施予定
- ◎デファクト戦略（企業間提案、ビジネスモデル構築）
 - 各社が第3者認証を受けてグリースチールの販売を開始（前述）

※2023年4月17日発表 G7気候・エネルギー・環境大臣会合コミュニケ 附属文書より

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

革新的な製鉄技術を用いて低環境負荷な鋼材を提供する事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

適切に評価された低環境負荷鋼材の提供

- ・顧客の求める低環境負荷鋼材（グリーンsteel）を提供していく。
- ・鋼材の提供においては製品に含まれるCO₂の計算方法の確立、環境価値に関する評価制度を官民で率先して制定していく必要あり。
- ・水素還元製鉄により、コストが上昇する場合においても、我が国鉄鋼業が、競争力を確保しつつ、水素還元技術を社会実装していくためには、グリーンsteelの環境価値が適切に評価され、需要家も含めたサプライチェーン全体でコストを負担していく必要がある。

○鉄鋼CO₂排出量・原単位計算方法（ISO14404）

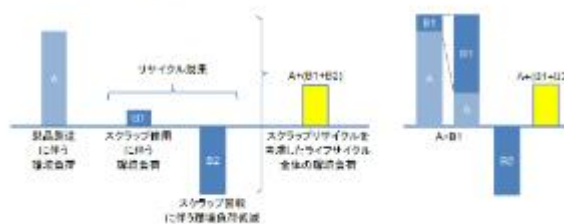
日本鉄鋼連盟が規格化を提案し、2013年2月に発行。特別な計測機器等を必要とせず、**通常の採集データのみで、製鉄所のCO₂排出量・原単位を計算することが可能。**インドやASEAN等の製鉄所における省エネ診断事業等でも活用。



（出典）日本鉄鋼連盟HP <https://www.jfcr.or.jp/business/ondanka/kouken/bco/>

○鉄鋼製品のライフサイクル環境負荷計算方法（ISO20915）

鉄鋼製品がもつ、製品寿命を終えた後もほぼ全量がスクラップとして回収され繰り返し利用されるという特徴を踏まえ、**鉄鋼製品のCO₂排出量等の環境負荷を、製品寿命後のリサイクルを含めたライフサイクル全体において計算する方法を規定した規格。**

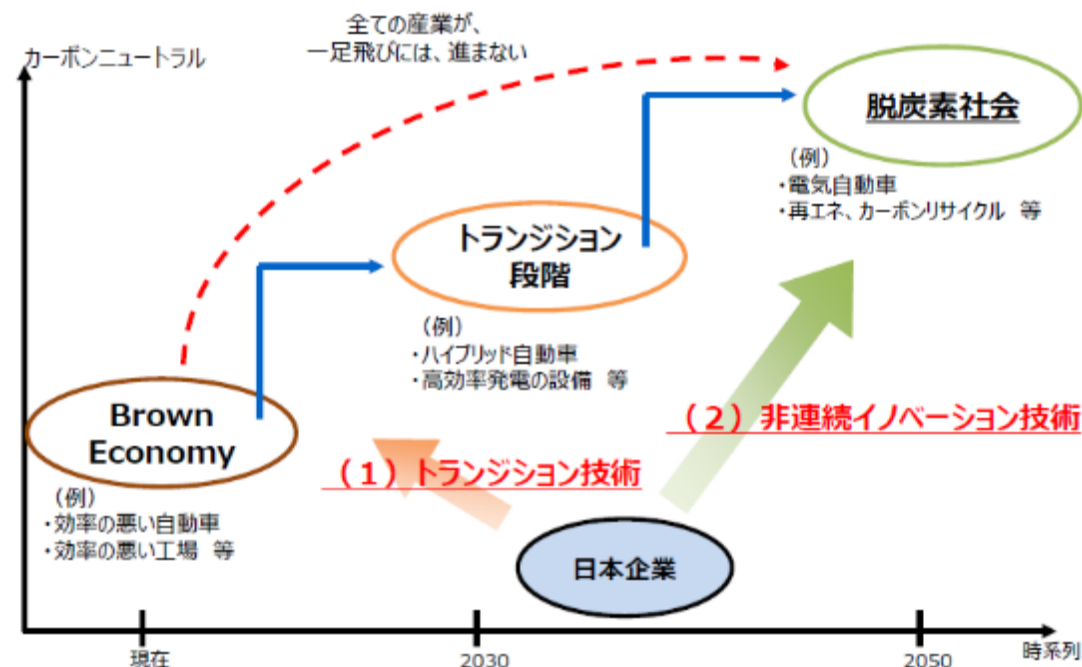


（出典）日本鉄鋼連盟HP <https://www.jfcr.or.jp/news/topics/documents/ISO20915.pdf>

ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性

脱炭素に向けた生産プロセスの転換とそれを支えるイノベーション技術

- ・2030年までは脱炭素に向けた省エネやエネルギー転換などの「移行」（トランジション）に焦点を当て、トランジション技術の確立と投資・実用化を進めていく。
- ・2050年のカーボニュートラルに向けては非連続的イノベーション技術が不可欠。
⇒非連続的イノベーション技術に関しては開発に時間がかかることが考えられ、現時点から長期の研究開発に取り組まなければならない。



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8,047億円（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	<div>▼</div> <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	<div>▼</div> <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	<div>▼</div> <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3,548億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8,047億円+ 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8,047億円										
国費負担※1 (委託／補助)	約4,499億円										
自己負担	約3,548億円+ 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

(太字: 当社実施箇所)

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		<div>事業開始時のTRL: 4 *</div> 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	KPI		KPI設定の考え方
① SG-1 S-COURSE50 操業技術開発	・アウトプット目標に寄与するCO ₂ 削減		・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

（**太字**: 当社実施箇所）

	KPI	解決方法
1 SG-1 S-COURSE50 操業技術開発	・CO ₂ 削減	・還元材の水素系ガスへの代替 ・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	・CO ₂ 削減	・高炉ガスのCリサイクルによるCO ₂ 排出削減 ・酸素高炉化によるC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	・ 羽口表面温度 ・分離回収コスト ・ PC置換 ・脱塩素化率・廃プラ処理量	・ 材料、構造の適正化 ・ベンチ試験による液組成や運転条件最適化 独自のCO ₂ 吸収・放散促進触媒活用 ・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 ・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
4 SG-4 全体プロセス評価・検討	・各技術のエネルギー収支, CO ₂ 削減評価	・ モデルー貫製鉄所物質・エネルギー収支モデルの構築

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

（太字: 当社実施箇所）

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<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</div> <div>2) 小型試験高炉での検証試験</div> <div>3) 水素製造設備の導入</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<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</div> <div>2) 高炉での部分評価試験</div> <div>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

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

（太字: 当社実施箇所）

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	○ ステージゲート項目を達成 (審査結果：継続)
	4) 廃プラの利用拡大技術	○ ステージゲート項目を達成 (審査結果：継続)
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

これまでの（前回からの）開発進捗

進捗度(◎/○/△/×)

- ・S-COURSE50プロセスの実炉スケール羽口部CFDモデルにて微粉炭と高温水素の複合吹込みも吹込みランス対向配置により過剰熱負荷が回避できることを確認。水素吹込み量を増大させた条件では、水素ランスの径拡大が必要。
- ・燃焼安定性と熱負荷の評価に向けてCR高炉の羽口部CFDモデルを作成。
- ・ラボ試験において、これまでのCO₂分離回収性能を上回る吸収液を見出した。
- ・ベンチ試験の吸収液を選定し、実ガスベンチ試験機を実施した。
- ・ベンチ試験を実施した各吸収液の腐食性評価を推進中。
- ・プロセスシミュレーションとして、ベンチ試験液の解析モデルを作成した。
- ・高炉羽口吹込みに適したバイオマス性状に転換可能な半炭化条件を材種毎に適正化。バイオマスの粉碎性/移送性/燃焼性をラボ評価し、PCと比較評価完了。
- ・廃棄物系炭化物活用スキームの温室効果ガス削減効果の定量評価、アッシュ分離性能評価、製鉄プロセス適用方法提案、を実施した。
- ・脱塩素影響要因調査試験結果を基に構築した反応速度論モデルを用いて、実証機の仕様を決定した。併せて、光学選別機(塩素濃縮とPET除去)と組み合わせた一貫プロセスを提案した。
- ・実証機の設備エンジニアリングを推進中。
- ・高炉系列、直接還元を含め各国のCN製鉄実現に向けての動向調査を継続中。
- ・モデル製鉄所の物質・エネルギー収支計算シミュレーターについて構築した。水素加熱に関する物質・エネルギーインプット、アウトプットについてモデルの妥当性を確認した。

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

（太字：当社実施箇所）

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
	<ul style="list-style-type: none">・ 高炉数学モデルの解析結果と小型試験高炉の操業結果の知見の蓄積による、高炉プロセスの操作方法の見通し取得・ 水素等昇温方式の選定、およびスケールアップへ向けた課題明確化・ 総括燃焼反応モデル開発および羽口の基本構造の提示・ 小型試験高炉での操業試験の継続実施により、今後のスケールアップに必要な操業技術および設備技術の開発、データ蓄積	
	<ul style="list-style-type: none">・ CR高炉炉内反応模擬炉等による結果とCR試験高炉実績の炉内現象との対比およびスケールアップへの影響の推定・ CR高炉羽口先燃焼模擬炉による結果とCR試験高炉実績との対比および実機への修正点整理・ 高炉での部分評価試験結果の解析とCR試験高炉の操業設計への反映・ CR小型試験高炉での操業データ獲得と解析、適正操業条件の決定	
	<ul style="list-style-type: none">・ S-COURSE50 およびカーボンリサイクル高炉での適正羽口燃焼条件の明確化・ 分離回収エネルギー削減を達成し得る混合溶媒系吸収液の開発 開発した新規混合溶媒系吸収液の実用化に向けた実機イメージの明示・ 水素共存下でのバイオマス燃焼性の評価と所定の燃焼率・ 減容化処理と異物処理や脱塩素による廃プラ処理量の拡大	
	<ul style="list-style-type: none">・ 水素、電力等外部条件の原単位設定と影響評価・ 異なるプロセス、考慮に入れる技術でも、信頼度の高い、CO₂排出削減量の導出手法の構築	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

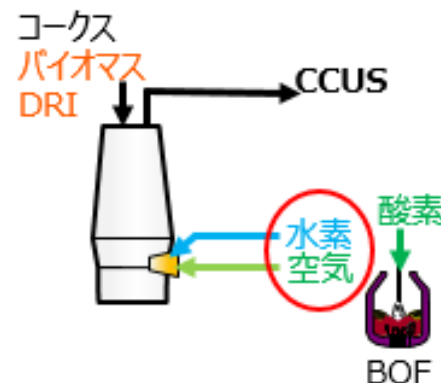
*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートで事業進捗などに応じて変更の可能性あり

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

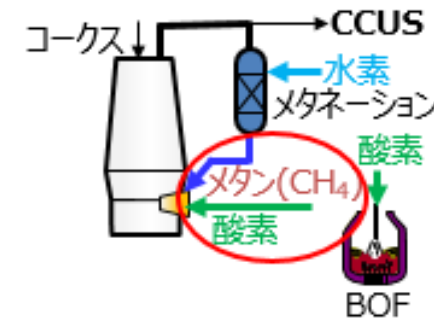


技術①（水素直接吹き込み）



技術②（水素間接吹き込み）

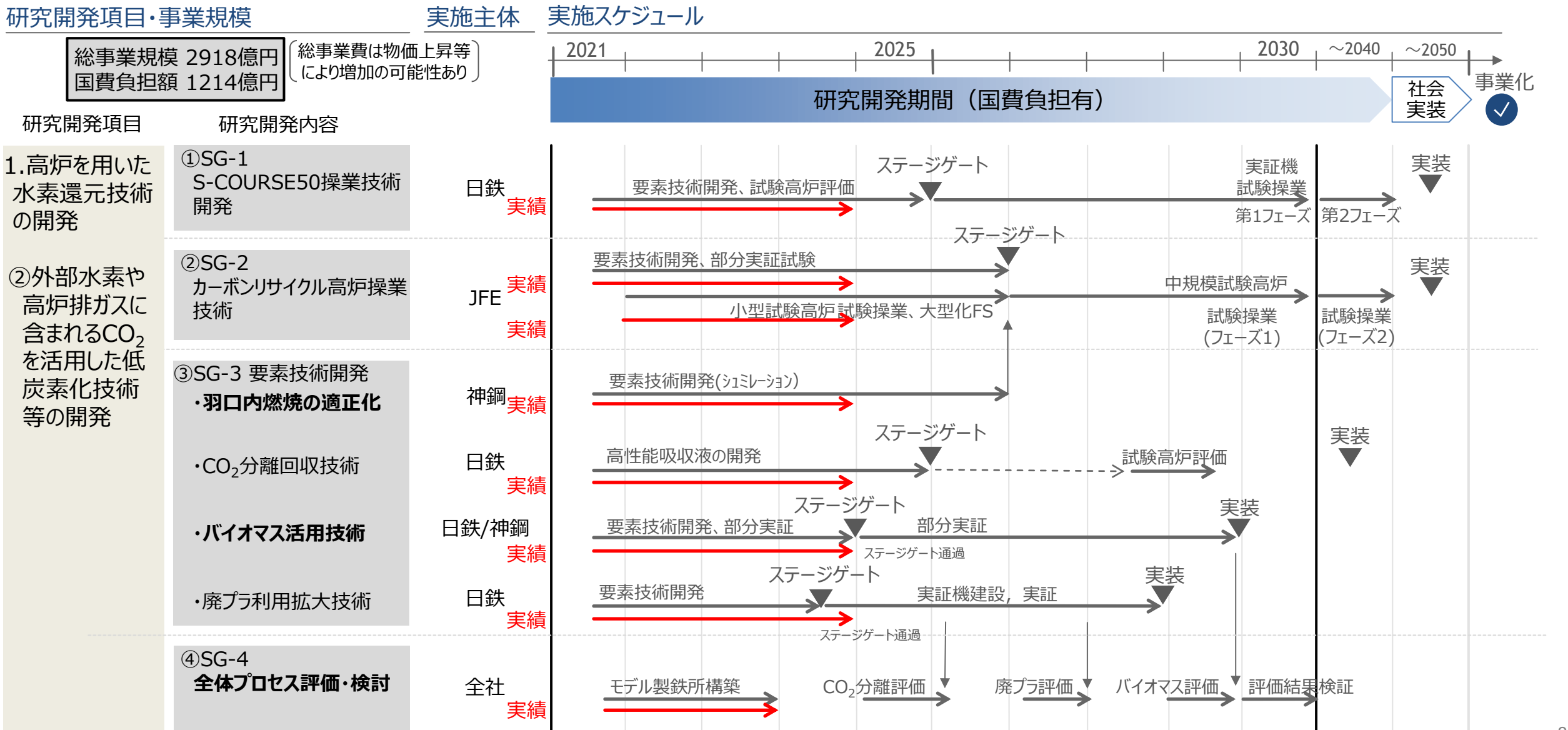
※メタネーション



2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

（太字: 当社実施箇所）

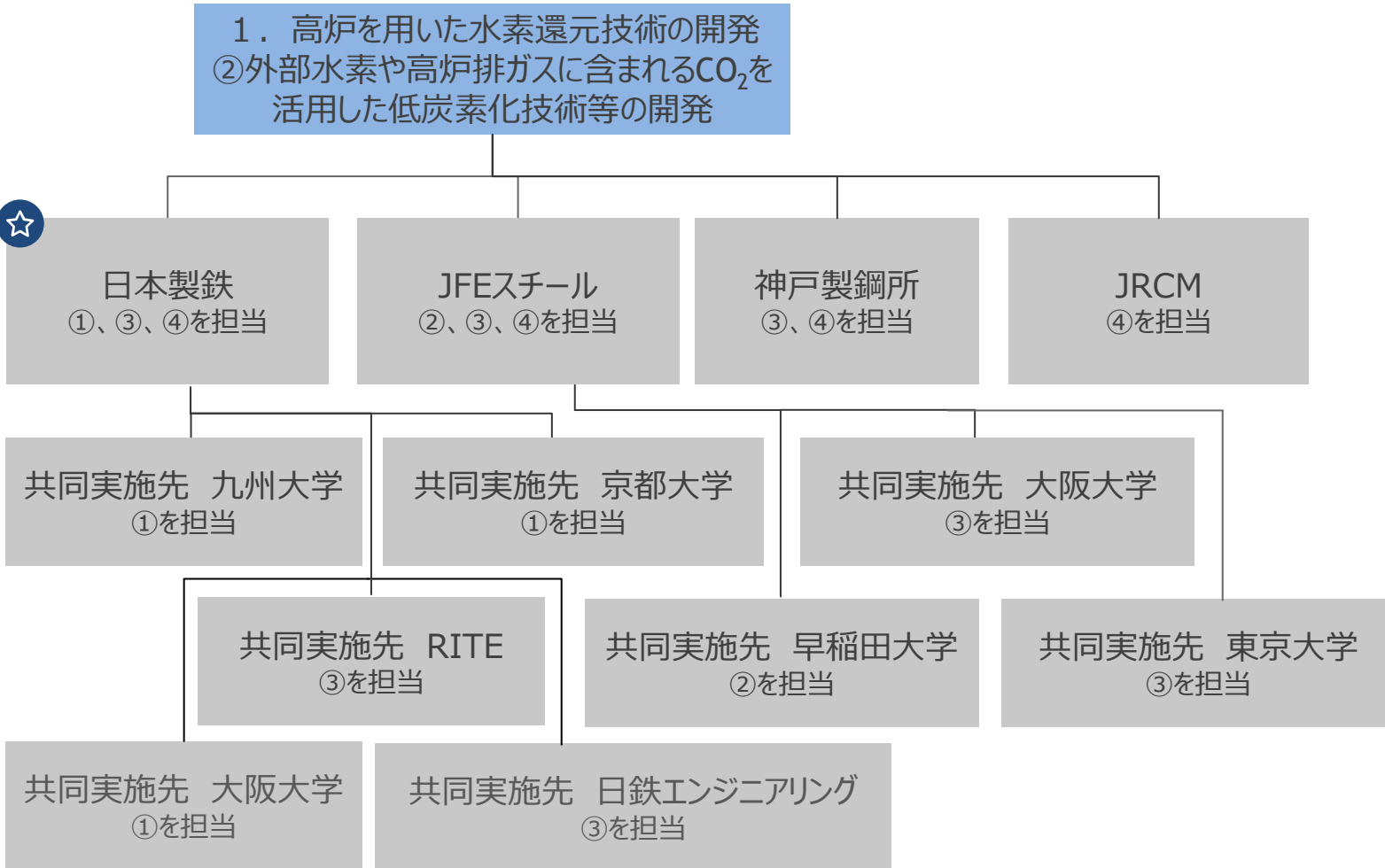
研究開発項目：1-②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO2を活用した低炭素化技術等の開発



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
- 大阪大学は、①レースウェイ燃焼モデル構築を担当する
- 日鉄エンジニアリングは、③CO₂分離回収 実ガスパイロット試験を担当する
- 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

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

（太字:当社実施箇所）

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	優位性 <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

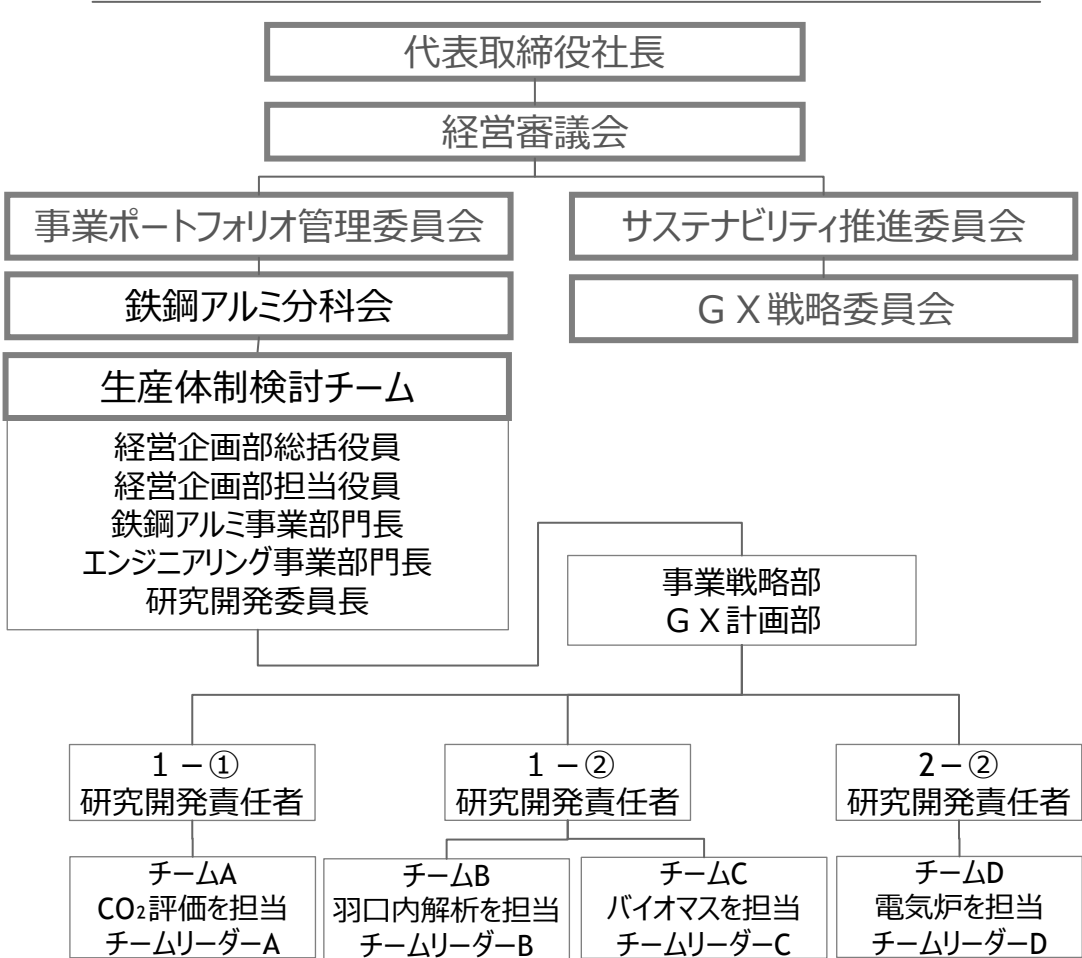
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

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

- 経営審議会の補佐機関として、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を配置。
- 事業ポートフォリオ管理委員会では、生産体制全体について検討を行う。
- 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おいて、「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの検討を実施。鉄鋼アルミ事業部門長を責任者として鋼材事業の2030年CO₂削減目標の達成、2050年のカーボンニュートラルの実現にむけた各種検討（電炉導入検討等）を担う。

組織内体制図



研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - 1-①事業戦略部担当部長
 - ：所内水素を活用した水素還元技術等の開発を担当
 - 1-②製鉄開発部長
 - ：外部水素等を活用した低炭素化技術等の開発を担当
 - 2-②GX計画部長
 - ：直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去開発を担当
- 担当チーム
 - チームA : CO₂評価を担当 (兼任 4 人規模)
 - チームB : 羽口内解析を担当 (兼任 3 人規模)
 - チームC : バイオマスを担当 (兼任 4 人規模)
 - チームD : 電気炉を担当 (兼任 1 9 人規模)

部門間の連携方法

- タスクフォース内に各事業部門、技術開発本部、本社からの兼任者を配置し、全社横断的に連携。
- 他委員会との連携は、分科会／部会、チームの事務局を通じて連携。

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。
→ 24年5月20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13名、兼任9名）
 - 24年4月1日 加古川製鉄所内にGX計画部 設置済み（専任3名、兼任7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">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。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。	<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、かつグリーンスティ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。全世界でバイオマスが使用されることとなり入手できない ⇒使用できるバイオマスの仕様を早急に決定し、調達ルートを構築する。	<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：

- 大規模震災等の自然災害により、等事業の継続が困難となった場合
- 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
- 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
- 水素、電力、バイオマスの価格が高く、かつグリーンスティ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
- カーボンニュートラルに関する世界的なコンセンサスにパラダイムチェンジが起こり、CO₂に対する考え方に関する見直しが図られた場合