

# 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CO<sub>2</sub>を活用した低炭素技術等の開発

実施者名：日本製鉄株式会社、代表名：代表取締役社長 今井 正

---

(共同実施者：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)

# 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CO<sub>2</sub>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

- CO<sub>2</sub>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

(プロジェクトの目的：製鉄プロセスからCO<sub>2</sub>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

## 2050年カーボンニュートラル実現のため、超革新的技術にチャレンジし、世界の鉄鋼業をリード

### 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）

- 鉄鋼業は、資源・エネルギー・土木・建築等のインフラ分野や、自動車、電機電子・造船等の製造業等のあらゆる産業の基盤の役割を果たしている。

#### （経済面）

- 2050年のカーボンニュートラル社会においても、鉄鋼は、電動車向けの電磁鋼板や洋上風力のモノパイル等にも利用されるなど、脱炭素化製品に必要不可欠な素材の一つである。
- IEAの見通しにおいても、2050年断面において、自動車や各インフラ、電子電気機器等で大きな需要が見込まれている。

#### （政策面）

- 製鉄プロセスの脱炭素化に向けた技術開発は世界各国でも行われており、日本以外の多くの海外鉄鋼メーカーも2050年カーボンニュートラルを宣言し、脱炭素化に向けた世界的技術開発競争が進められている。
- 我が国鉄鋼業の国際競争力を確保していくには、世界に先駆けて製鉄プロセスにおける脱炭素化技術を開発し、「グリーンスチール」を実現することが不可欠となる。

#### （技術面）

- 現行の高炉法は、エネルギー効率、生産効率、生産品質、原料条件の面で優れている一方で、コークス（石炭）を用いて還元する過程で不可避免的にCO<sub>2</sub>が発生する。
- そのため、鉄鋼業におけるカーボンニュートラル実現のためには、原料や還元材において化石燃料から脱却するという、製鉄プロセスそのものの抜本的な転換が求められている。

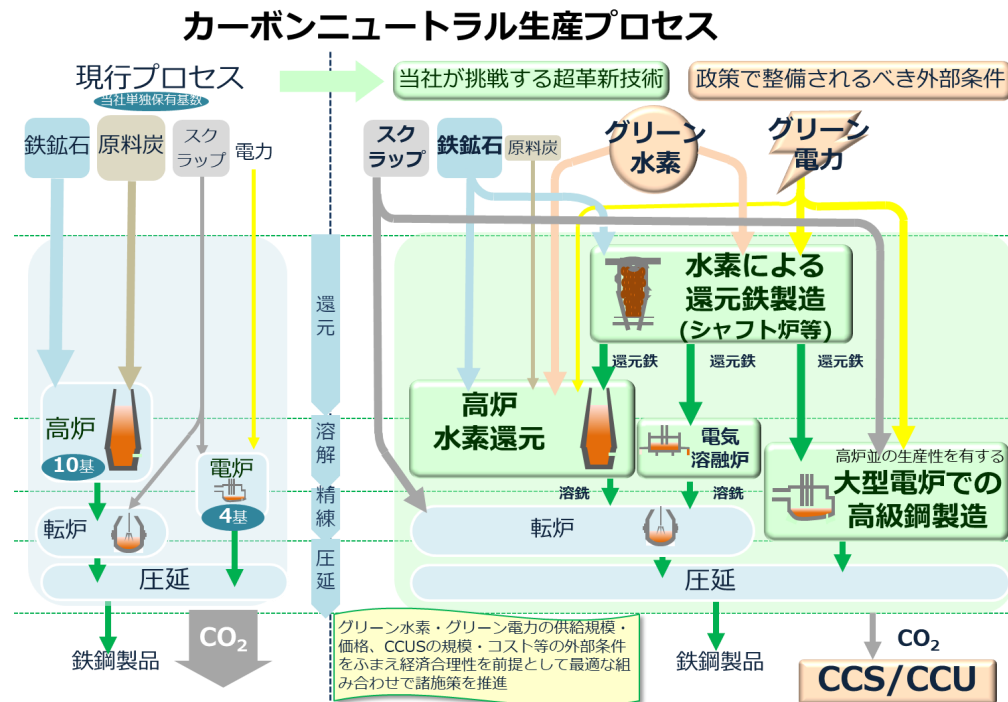
#### ● 市場機会：

IEAは、製造工程のCO<sub>2</sub>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5億トンとの予測（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。

#### ● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

我が国鉄鋼業が、他国に先駆けてカーボンニュートラル製造プロセスを開発・実機化することにより、産業基盤として世界をリードし、グリーンスチール市場化をいち早く実現。

### 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：

「日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050」を掲げ、経営の最重要課題として、2050年カーボンニュートラルの実現にチャレンジ

〔2030年ターゲット〕

CO<sub>2</sub>総排出量▽30%の実現

〔2050年ビジョン〕

カーボンニュートラルを目指す



NIPPON STEEL  
Green Transformation  
initiative

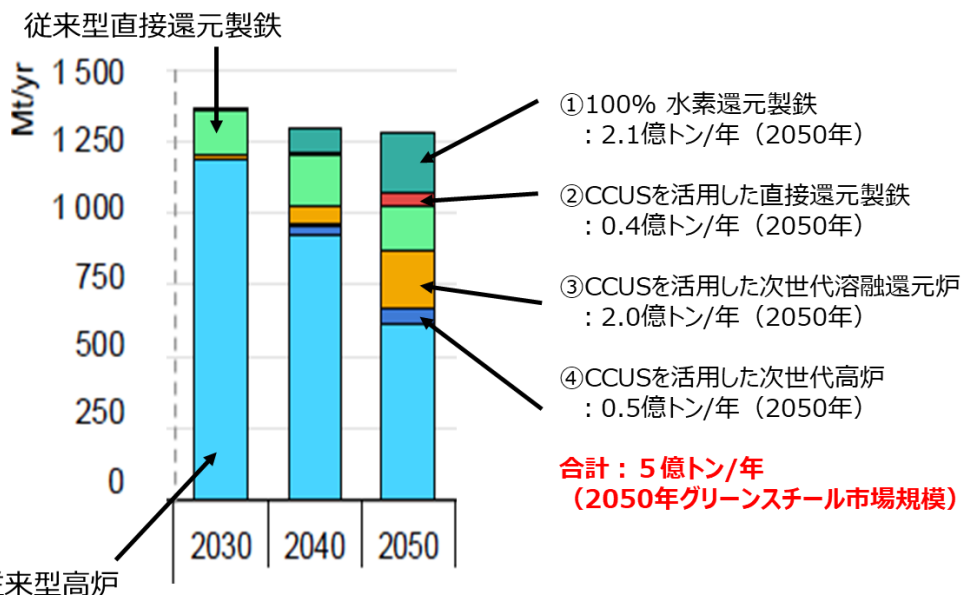
# 1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

## 世界に先駆けてグリーンスチールを開発し、日本鉄鋼業が技術的にけん引していくことが必要

### セグメント分析

- ・IEAは、製造工程のCO<sub>2</sub>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**との予測（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

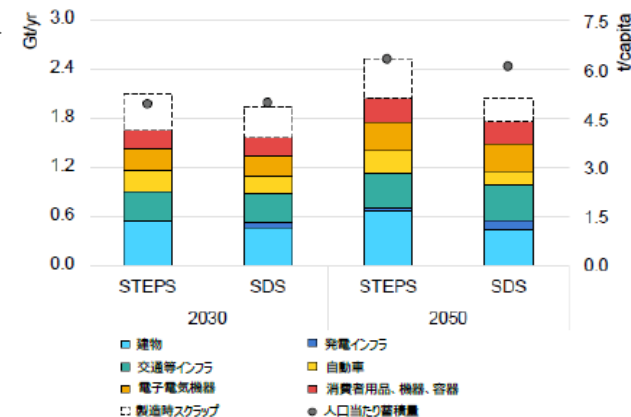


（出典）IEA Energy Technology Perspectives 2020

### ターゲットの概要

- ・鉄鋼は、資源・エネルギー・土木・建築分野や、自動車向けのハイテン・電磁鋼板(EV等のモーターで使用)・洋上風力の構造体等にも利用され、**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る**
- ・IEAの見通しにおいても、2050年断面で、**自動車や電子電機機器、各インフラ等で大きな需要が見込まれている**

### ＜鉄鋼の需要見通し＞



（出典）Iron and Steel Technology Roadmap (2020IEA)  
※ STEPS:公表済み政策シナリオ、SDS:持続発展シナリオ

### 分野

### 分野動向 と 当社対応の方向性

#### 自動車

2035年迄に乗用車新車販売を100%電動車化、2050年ライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>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）、電磁鋼板の供給・性能向上により省CO<sub>2</sub>に貢献

#### 電子電機機器

電化促進に向け、省エネを実現するデバイス・機器（高効率モーター、省エネ家電等）関連での需要拡大が見込まれる。

→電磁鋼板（高効率モーターで使用）の供給・性能向上により省CO<sub>2</sub>に貢献

#### 各インフラ

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）等での急激な需要増が見込まれる。

→再生可能エネルギー分野での洋上風力の構造部材向け、次世代燃料分野での製造-輸送-貯蔵-利用の広範囲に渡る需要に対し、高機能材を提供し貢献

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

## 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

### 社会・顧客に対する提供価値

#### 「3つのエコ」

##### ① eco PROCESS

###### 「事業活動の全段階における環境負荷の低減」

事業活動全段階において、更なる環境保全、資源・エネルギー効率の向上、社内外の廃棄物削減とリサイクル促進を目指し、環境負荷低減に向けた活動を推進

##### ② eco PRODUCTS

###### 「環境配慮型製品の提供」

国内外に提供する製品のライフサイクル全般において環境負荷を低減するために、技術先進性を駆使して、環境保全・省資源・省エネルギーに資する製品を開発・提供

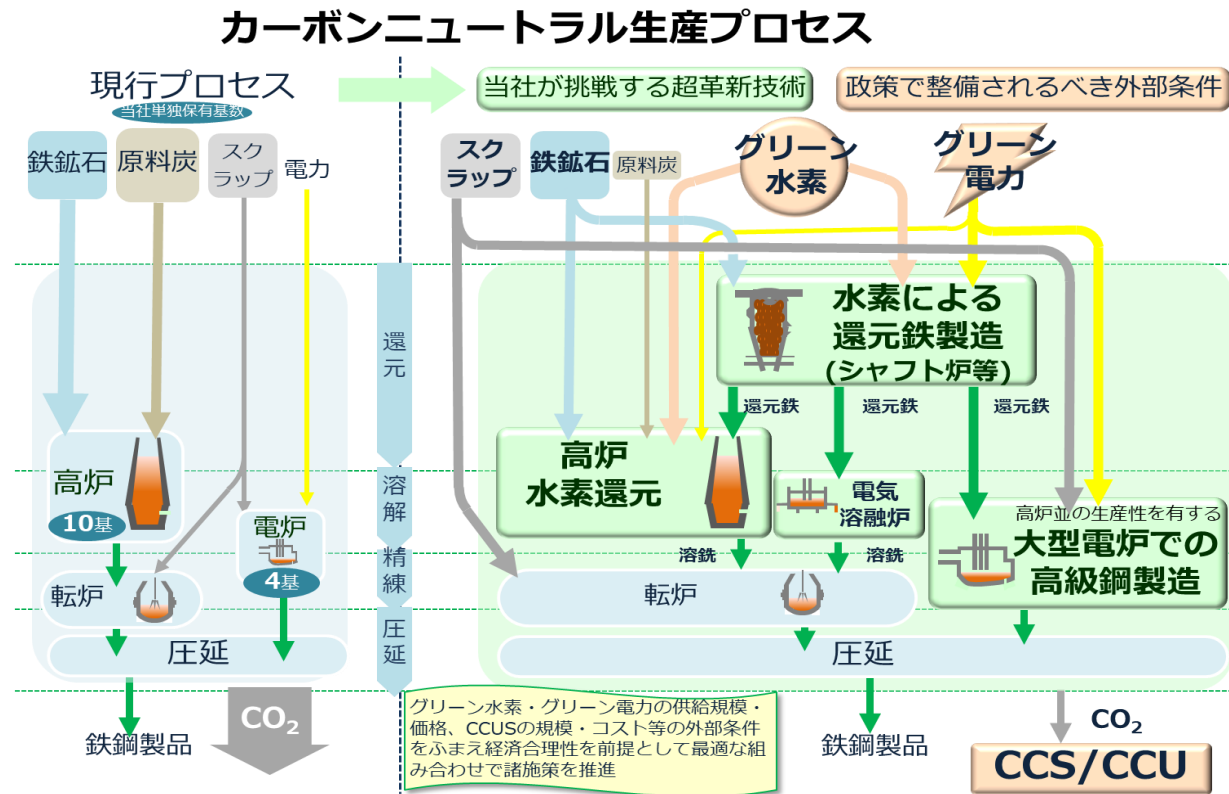
##### ③ eco SOLUTION

###### 「地球全体を視野に入れた環境保全への解決提案」

これまで培った環境保全・省資源・省エネルギーに資する技術や環境マネジメントシステム等をさらに向上させ、国内外に提案し、環境負荷の低減は、さらには技術移転を通じた海外の環境問題の解決に貢献

### ビジネスモデルの概要と研究開発計画の関係性

- ・ 左記「3つのエコ」を継続する中で、カーボンニュートラル製鉄プロセスの研究開発・実装化を行うことにより今後2050年に向け段階的に移行が進展すると想定される「グリーンスチール化」へ他国に先駆けて対応。
- ・ 広範な顧客の生産を維持する観点から、現有する鉄鋼一貫製造プロセスでの生産を継続しつつ、新プロセス実装や関連設備改造等を全国の製造拠点にて順次実行。
- ・ 今回の新プロセス開発・実装に伴い、鉄鋼の一貫製造プロセス自体は大きく変わらないことから、既存の川上・川下システムは基本継続。





1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

一貫製鉄製造設備にカーボンニュートラルプロセスを実装することにより、  
社会・顧客に対してグリーンスチールという価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- ・「製鉄プロセスにおける水素活用」を開発し、既存の一貫製鉄製造設備を活用しつつ実装することにより、「グリーンスチール」という環境価値を提供



自社の強み

- ・多岐に渡る高品質の鉄鋼製品を高炉法により安価かつ大量に生産する一貫製造設備（メガインフラ）
- ・自動車等の主要ユーザーにおいて国内トップシェアを長年に渡り堅持しており、国内外に豊富な顧客基盤・サプライチェーン網を保有
- ・国内随一の研究開発者・設備技術者数を配しており、本プロジェクトへ機動的かつ重点的に投入可能
- ・試験高炉への製鉄所内発生ガス吹込み技術等に関し COURSE50<sup>®</sup> プロジェクトにおいて世界に先駆け成果発揮

自社の弱み及び対応

- ・原料権益や電力・天然ガス等の外部条件について、日本鉄鋼業にアドバンテージがあるとは言えない状況
- ・また日本鉄鋼業においてカーボンニュートラルスチールを社会実装していくための社会の制度スキームがまだ整っていない状況

他社に対する比較優位性

	技術	顧客基盤・サプライチェーン
自社	<ul style="list-style-type: none"><li>・（現在）高炉法</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・自動車等の主要ユーザー国内トップシェア</li><li>・国内外に豊富なサプライチェーン網を保有</li></ul>
競合社	<ul style="list-style-type: none"><li>・以下 3 つの超革新技术に加え、電気溶融炉を用いた水素還元製鉄技術の研究開発を行い、競合他社に先駆けて社会実装することにより、グリーンスチールを提供<ul style="list-style-type: none"><li>1) 大型電炉での高級鋼製造</li><li>2) superCOURSE50 高炉</li><li>3) 水素による還元鉄製造</li></ul></li><li>＜欧州大手鉄鋼メーカー＞<ul style="list-style-type: none"><li>・各社が高炉法からDRI・電炉プロセスへの転換を計画</li><li>・①原料の水素直接還元、②排ガスから回収した炭素を還元剤として再利用(CCU)、③CO<sub>2</sub>貯留による低炭素技術を開発中。</li></ul></li><li>＜中国大手鉄鋼メーカー＞<ul style="list-style-type: none"><li>・熱風の代わりに純酸素を吹き込むことで石炭使用量を削減する「酸素高炉」技術を開発中。</li><li>・宝武は、HyCROF技術（酸素吹込み、炉頂ガス循環、循環ガス加熱と水素添加を組合せた技術）実装に向けて2023年9月末より2,500m<sup>3</sup> の八一鋼鉄現有高炉を使った試験を実施。同年12月に「二酸化炭素排出量15%低下、2025年から宝武の各製鉄所へ展開する」と公表。</li></ul></li><li>＜韓国大手鉄鋼メーカー＞<ul style="list-style-type: none"><li>・所内排ガスの有効活用、AI技術等の活用による高炉操業の高効率化・省エネを進めると同時に、低品位原料が活用可能な流動層型の直接還元技術を開発中。</li><li>・高炉から直接還元へ段階的に移行を進めることで、2030年までにCO<sub>2</sub>排出量を20%削減、2040年までに50%削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指している。</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・顧客にも気候変動対策が求められる中で scope3も含めたサプライチェーン全体の CO<sub>2</sub>削減に貢献</li><li>・広範な顧客の生産を維持する観点から、現有する鉄鋼一貫製造プロセスでの生産を継続しつつ、新プロセスの実装や関連設備の改造等を全国の製造拠点にて順次実行</li></ul>



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 <sub>2</sub> 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

- 鉄鋼業におけるカーボンニュートラルの実現に向けては、革新技術の確立や、水素供給を始めとする社会インフラの整備状況までの時間軸等を踏まえ、高炉法と電炉法の双方に関する技術革新、及び直接還元法を含めた複線的な技術開発アプローチが不可欠。
- 技術開発の実施においては、海外の動向も注視しつつ、共同研究により技術開発の加速が見込まれる分野においては海外連携も視野に入れて早期の実用化を目指す。

- 広範な顧客の生産を維持する観点から、現有する鉄鋼一貫製造プロセスでの生産を継続しつつ、新プロセス実装や関連設備改造等を全国の製造拠点にて順次実行。
- 水素バリューチェーンやCCUS技術などのプロジェクトと連携して社会インフラを整備するとともに、鉄鉱石輸入国等も含めたサプライチェーン全体、更にはコンビナート等における他産業とも連携してトータルコストの低廉化を図る。
- カーボンニュートラルスチールの価値を顧客へ訴求していくためのブランディング施策として、日本製鉄はマスバランス法によるカーボンニュートラルスチール製品ブランド「NSCarbolex® Neutral」を立上げ、2023年9月より販売開始。
- 製鉄コストが上昇した場合においても、グリーンスチールの環境価値が適切に評価され、社会全体でコストを負担していく仕組みが必要。

#### 国際競争上の優位性

- 世界の鉄鋼メーカーの中でも有数の規模となる研究開発部門（人的資源・研究実績）の活用
- 一貫製鉄所（メガプロセス）における長期に渡る総合的な技術開発の蓄積

- 各種主要ユーザーに差別化製品を多数提供しており、国内トップシェアを保持。また、国内外に豊富な顧客基盤・サプライチェーン網を有している。カーボンニュートラルスチールを世界に先駆けて開発し、これらを最大限活用し顧客に提供
- 一貫製鉄所（メガプロセス）における長期に渡る総合的な設備技術・操業技術の蓄積

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CO<sub>2</sub>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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 削減		・高炉ガスのカーボンリサイクルによるCO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 削減50%以上の効果を評価		・1-①とも一貫し、同一基準でCO <sub>2</sub> 削減技術进行评估 ※SG1-3の組合せでCO <sub>2</sub> 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
1 SG-1 S-COURSE50 操業技術開発	・CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 削減	・高炉ガスのCリサイクルによるCO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 削減評価	・モデル一貫製鉄所物質・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"><li>・ 数学モデルによる基本原理検証</li><li>・ 水素等昇温設備の開発</li><li>・ レースウェイ内燃焼解析</li></ul></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"><li>・ 反応・伝熱挙動評価および操業設計</li><li>・ CR高炉羽口の技術開発</li></ul></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 <sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>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"><li>・ 数学モデルによる基本原理検証</li><li>・ 水素等昇温設備の開発</li><li>・ レースウェイ内燃焼解析</li><li>・ 小型試験高炉による検証試験</li></ul>	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"><li>・ 反応・伝熱挙動評価および操業設計</li><li>・ CR高炉羽口の技術開発</li><li>・ 高炉での部分評価試験</li><li>・ CR小型試験高炉でのプロセス原理検証試験</li></ul>	計画通り実施予定
3 SG-3 要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 羽口内燃焼適正化</li><li>・ CO<sub>2</sub>分離回収</li><li>・ バイオマス活用</li><li>・ 廃プラ利用拡大</li></ul>	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"><li>・ プロセス総合評価</li></ul>	計画通り実施予定

残された技術課題

- ・ 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

→

- ・ 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

- ・ 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**

- ・ 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、CO<sub>2</sub>排出削減量の導出手法の構築

## (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CO<sub>2</sub>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（500m<sup>3</sup>級以上）において、外部水素や高炉排ガスに含まれるCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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:12m<sup>3</sup>、カーボンリサイクル高炉:150m<sup>3</sup>規模）での検証試験
- ② 中規模試験高炉（500m<sup>3</sup>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

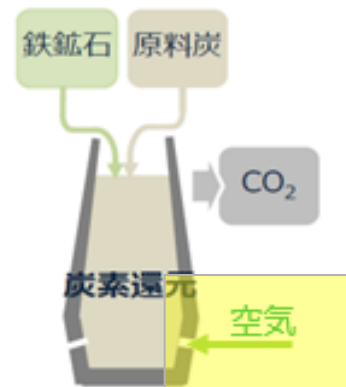
□ 事業規模（①+②）：約2918億円

□ 支援規模（①+②）\*：約1214億円

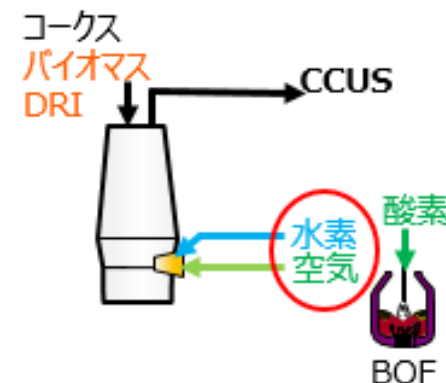
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートで事業進捗などに応じて変更の可能性あり

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

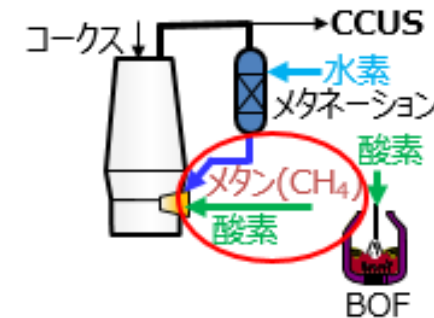


#### 技術①（水素直接吹き込み）



#### 技術②（水素間接吹き込み）

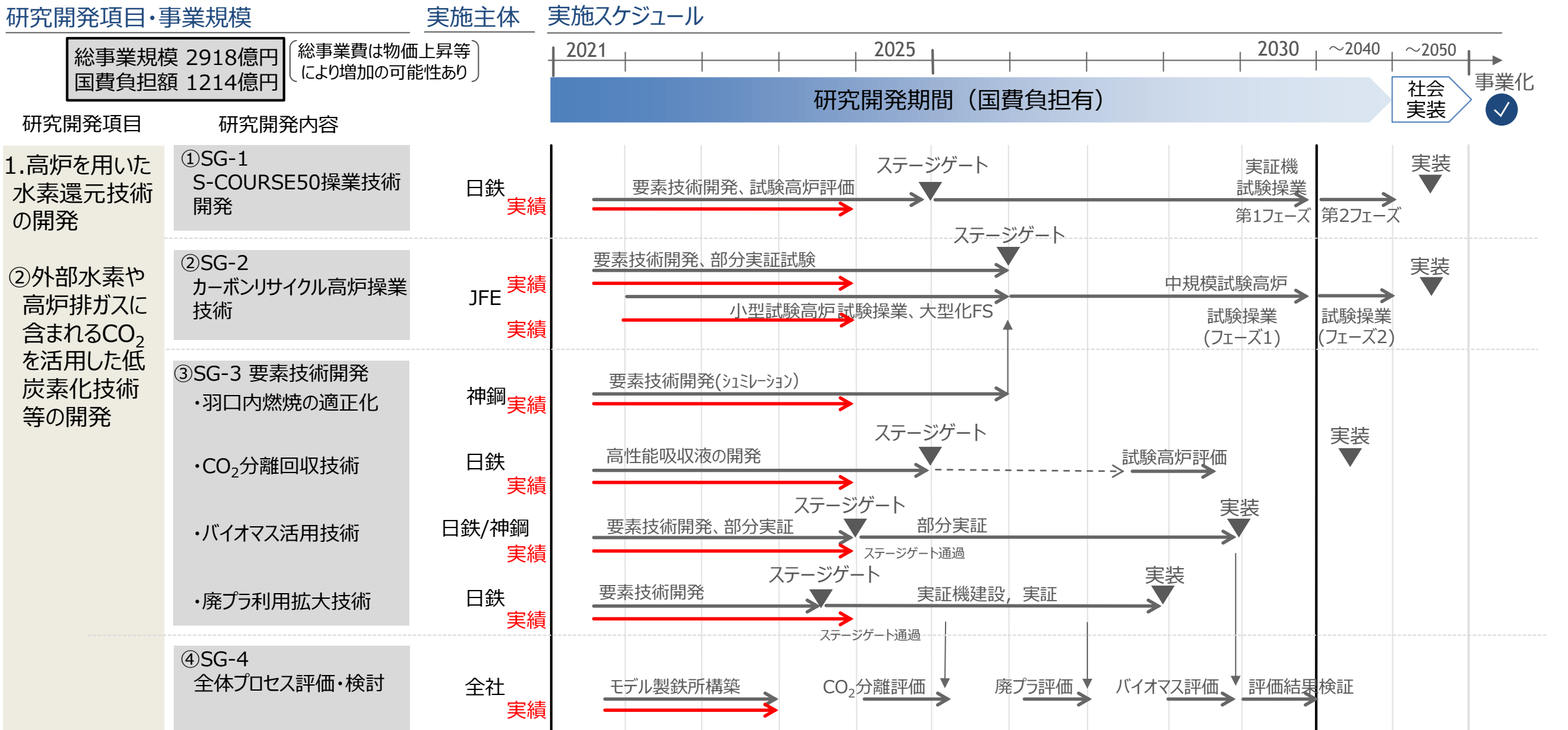
※メタネーション





2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

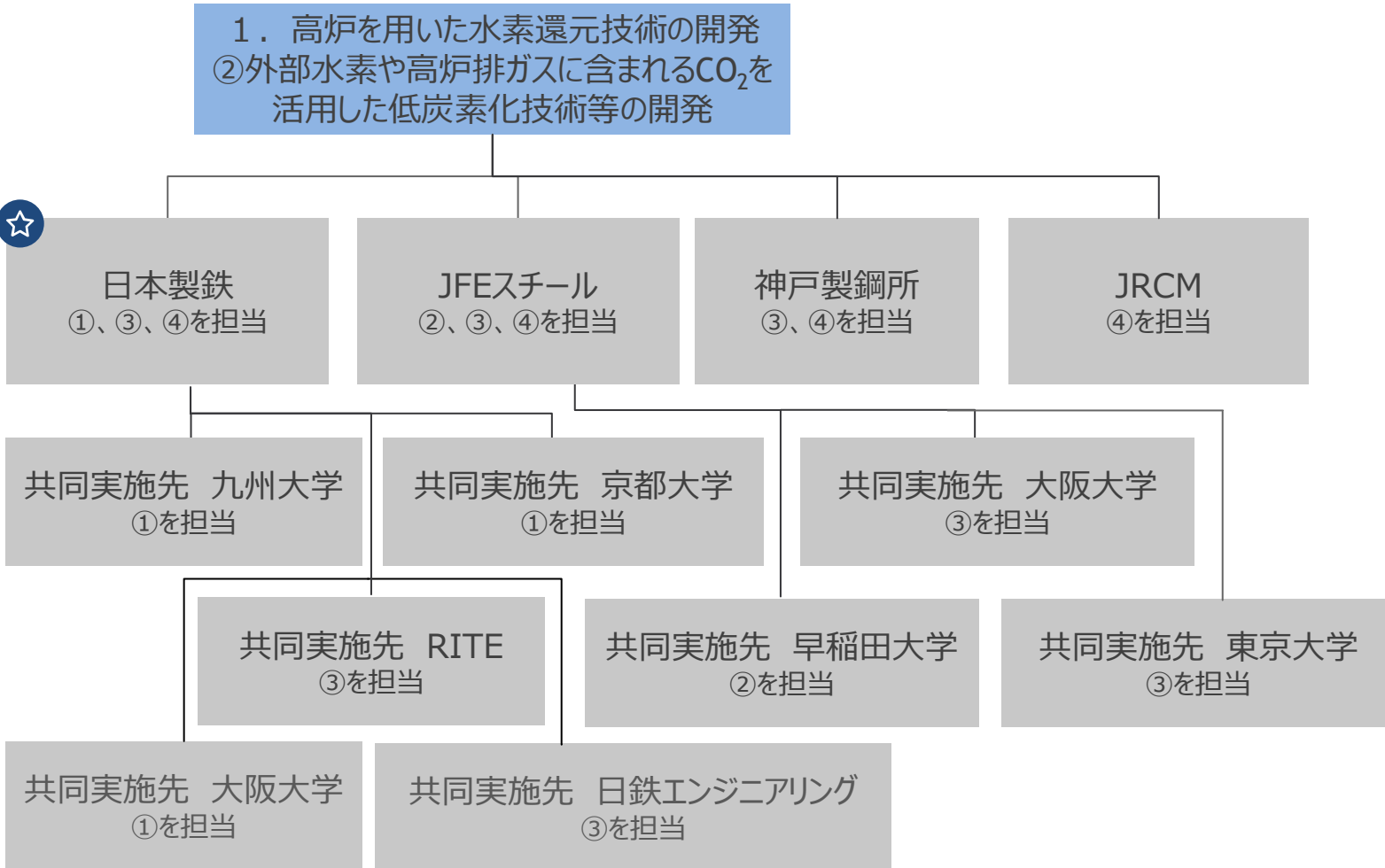
研究開発項目：1-②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO2を活用した低炭素化技術等の開発



## 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、③CO<sub>2</sub>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

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 <sub>2</sub> 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"><li>高炉シミュレーションモデル</li><li>高温水素ガスの吹込み技術</li></ul>	優位性 <ul style="list-style-type: none"><li>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。</li><li>試験高炉を所有し、開発技術の検証が可能。</li><li>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</li><li>鉄鋼プロセスにおいて世界最高のエネルギー効率</li></ul>
	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"><li>酸素高炉の操業技術</li><li>高炉への都市ガス吹込み技術</li></ul>	
	③ SG-3 要素技術開発 <ul style="list-style-type: none"><li>羽口燃焼適正化</li><li>CO<sub>2</sub>分離回収技術</li><li>バイオマス活用技術</li><li>廃プラ利用拡大技術</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>高炉PCI操業技術</li><li>混合溶媒系吸収液開発技術 CO<sub>2</sub>吸収・放散促進触媒技術</li><li>高炉PCI操業技術</li><li>既存廃プラ処理設備</li></ul>	
	④ SG-4 全体プロセス評価・検討	<ul style="list-style-type: none"><li>製鉄所物質・エネルギー収支データおよびモデル</li></ul>	

# 3. イノベーション推進体制

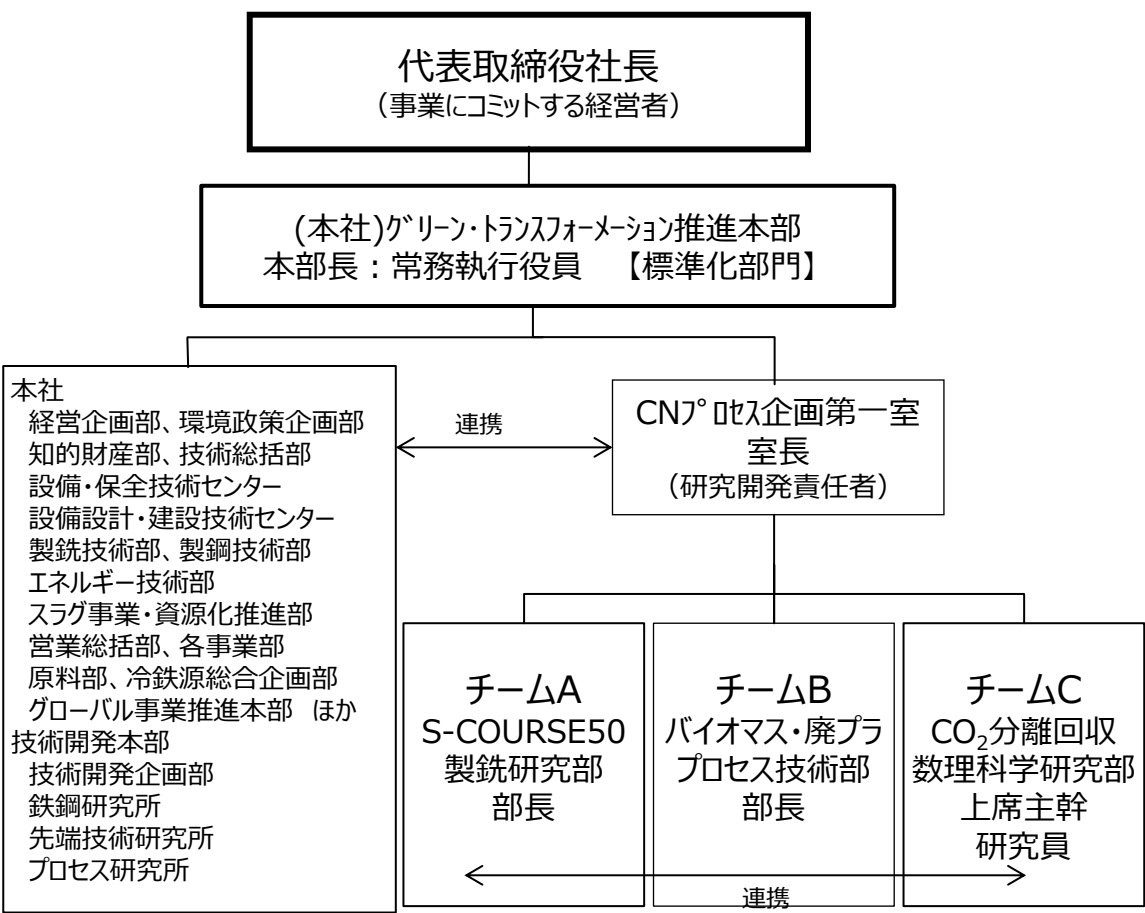
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

### 3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

## 経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

### 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<sub>2</sub>を活用した低炭素化技術等の開発

組織内体制図



組織内の役割分担

#### 研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
  - CNプロセス企画第一室 室長
- 担当チーム（専任0人、併任59人規模）
  - チームA：S-COURSE50操業技術開発を担当
  - チームB：バイオマス活用技術開発、コークス炉での廃プラ活用技術を担当
  - チームC：化学吸収法によるCO<sub>2</sub>分離回収技術を担当
- チームリーダー
  - チームA：製鉄研究部 部長 S-COURSE50操業技術開発の実績
  - チームB：プロセス技術部 部長 バイオマス・廃プラ活用技術の実績
  - チームC：数理科学研究部 上席主幹研究員 化学吸収法によるCO<sub>2</sub>分離回収技術の実績

#### 部門間の連携方法

- 全副社長および関係する部門長全てが出席する「グリーン・トランスフォーメーション推進委員会」を定期的開催し、推進本部全体の進捗を管理
- 本部長以下の定例会議を毎週開催し、分野別課題・進捗を管理
- 推進本部付には社内関係部門のライン長を兼務させ社内関係部門間の調整を随時実施

### 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

## 経営者による環境基本方針、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

- **経営者のリーダーシップ**
  - **環境基本方針**
    - ・日本製鉄「環境基本方針」を制定し、HPやサステナビリティ・レポート等において社内外に開示。  
『当社は「環境経営」を基軸とし、環境への負荷の少ない環境保全型社会の構築に貢献します。このため、良好な生活環境の維持向上や廃棄物削減・リサイクルの推進など地域における環境保全の視点を踏まえた事業活動を行うとともに、地球温暖化問題への対応や生物多様性の維持・改善など、地球規模の課題にも取り組みます。』
  - **日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050**（以下、CNビジョン2050）
    - ・2021.3に「CNビジョン2050」を制定し社内外に公表。
    - ・2030にCO<sub>2</sub>総排出量を30%削減するターゲットと、2050にカーボンニュートラルを目指すシナリオを提示。
    - ・ビジョン達成のために、当社として超革新的技術開発に取り組むことと、社会との3つの連携が必要であることを、社内外に発信。
    - ・CNビジョンをサステナビリティ課題におけるマテリアリティ（重要課題）として特定。
  - **グリーン・トランスフォーメーション推進本部**（社内組織）
    - ・2021.4に「CNビジョン2050」を推進するための専任組織を設定。
    - ・2022.4に恒久組織に改組するとともに、約90名体制に強化（2025年3月：約170名）。
    - ・本部長（常務執行役員）を組織の長として、経営のリーダーシップの下、プロジェクトを強力に推進。
- **事業のモニタリング・管理**
  - **取締役会・経営会議**
    - ・下記、「グリーン・トランスフォーメーション推進委員会」の内容について、取締役会・経営会議へ報告することとしており、社外取締役も含めた、社内外からの幅広いモニタリングを実施。
  - **委員会による半期サイクルのモニタリング・管理**
    - ・副社長を委員長とし、関係役員・部長が出席する、「グリーン・トランスフォーメーション推進委員会」を定期的に開催し、「CNビジョンの課題進捗、環境政策動向等」について確認。
  - **より短期のモニタリング・管理**
    - ・グリーン・トランスフォーメーション推進本部の本部長は推進本部メンバーおよび関係職制との週次ミーティングを実施しており、上記委員会と併せ、短期・中期双方のPDCAサイクルを実行。
    - ・また、課題の進捗に応じ、担当役員の指示により、関係役員以下出席による課題検討会議を開催し、時々の状況変化へタイムリーに対応。
- **事業進捗管理**
  - ・グリーン・トランスフォーメーションの進捗管理に当たっては、基本的には、ラボ開発→小規模試験炉→中規模・大規模試験炉・実機試験炉のステップ毎に進捗管理を実施。
  - ・具体的な実行に当たっては、より詳細なスケジュール・KPI等を設定しながらPDCAを実施。

### 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

## 経営戦略の中核においてカーボンニュートラルスチールの実現を位置づけ、広く情報発信

#### 取締役会等での議論

##### ● カーボンニュートラルに向けた全社戦略

- グリーン・トランスフォーメーション推進委員会において、戦略立案および進捗管理を実行中。
- 「日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050」を策定し、2021.3に公表（以下、「CNビジョン」と表記）。  
経営の最重要課題として2050カーボンニュートラルの実現に取り組むこと、および3つの超革新技术とCCUS等による2050にカーボンニュートラルを実現するシナリオを提示した上で、各々の技術課題や3つの社会的連携にも言及。
- 「グリーン・トランスフォーメーション推進本部」：2021.4に設置した役員直轄組織を、2022.4に恒久組織へ改組し、約90名体制に強化実施済（2025年3月:約170名）。

##### ● 事業戦略・事業計画の決議・変更

- 「CNビジョン」への対応を含む中長期経営計画を経営会議にて決議。
- 「CNビジョン」に関する課題進捗については、全副社長および関係する部門長全てが出席するグリーン・トランスフォーメーション推進委員会を定期的に開催し、進捗をフォローするとともに、同内容を経営会議・取締役会に報告。
- 「CNビジョン」に関する進捗については、適宜プロジェクト推進に必要な社内関連部門へ共有を実施。

##### ● 決議事項と研究開発計画の関係

- 「CNビジョン」の中で、3つの超革新技术実現のための研究開発が必須であることを明確に位置付け。
- 研究開発計画を最重要課題としてフォロー実施。

#### ステークホルダーに対する公表・説明

##### ● 情報開示の方法

- 統合報告書、中期計画や決算発表等のIR資料、HP等において、TCFD等のフレームワークも活用し、事業戦略・事業計画・進捗等の内容を積極的に開示。
- ESG説明会、CNビジョン説明会、GX説明会（見学会含む）、機関投資家・マスコミを対象にした説明会等を実施。
- 本事業採択時にプレスリリースを実施（2022年1月9日）
- 本事業実施事業者合同で記者会見を実施し、実施事業の内容および今後の取り組みについて説明を実施（2022年6月15日）
- 本事業1-①における大型高炉実機を用いた高炉水素還元の実証試験の開始決定（東日本製鉄所君津地区第2高炉 水素系ガス吹込み技術の実証設備導入）についてプレスリリース実施（2023年2月9日）
- 本事業1-②におけるSuper COURSE50試験炉 加熱水素吹込みにより当時世界最高水準のCO<sub>2</sub>排出量削減効果22%確認（2023年8月4日）、同33%確認（2024年2月6日）、更に上回るCO<sub>2</sub>排出量削減効果43%確認（2024年12月20日）

##### ● ステークホルダーへの説明

- 事業の将来の見通し・リスクに関し、中長期事業計画や決算に関する発表内容を、以下のステークホルダーとの各種接点を通じて情報提供。
  - ◆ 金融機関・投資家との各種エンゲージメントの機会等
  - ◆ 需要家からのサプライチェーン全体のCO<sub>2</sub>削減に関する問合せ等
  - ◆ 株主総会、エコプロダクツ展、GX説明会、工場見学会等
  - ◆ 政府、関係省庁、行政等
- 「CNビジョン」の内容について、各所媒体を通じて広く周知活動を実施。新聞・TV等に加え、ネット媒体等での周知についても拡大し、当社チャレンジの社会価値について広く情報発信を行っている。



### 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**
  - **推進本部体制による短・中期PDCAサイクルによる柔軟な対応の実施**
    - ・常務執行役員を本部長とした、社内の専門組織内で、短期・中期にプロジェクト管理のPDCAサイクルを回すことにより、開発現場からのフィードバックや外部環境変化等を踏まえながら、必要に応じて体制変更や追加リソース投入を実施（併せ、社外リソースの活用も判断）。
- **人材・設備・資金の投入方針**
  - **人材確保**
    - ・2021.4にプロジェクト実行のための専任組織を設置済。
    - ・副社長をプロジェクトリーダーとし、専任者10名、併任者約60名を配置。
    - ・2022.4に、専任者20名、併任者70名に体制強化（2025.3：専任者約30名、併任者約140名）
    - ・今後もプロジェクトの推進状況に応じ、必要なメンバー補充を随時実行。
  - **設備・土地**
    - ・基本的には当社敷地内で既存設備を最大限活用し開発・試験を実施。
  - **研究開発のための必要資金**
    - ・本事業の実行に必要な資金需要に加え、2031～50年の設備実装のためには更に4～5兆円規模の実機設備投資が必要と想定。
    - ・これらは当社の「カーボンニュートラルビジョン2050」実行のために最低限必要な投資であり、短期的な経営指標の如何に関わらず、機動的に実行していく。

#### 専門部署の設置

- **専門部署の設置**
  - **グリーン・トランスフォーメーション推進本部の設置**
    - ・2021.4に「CNビジョン2050」を推進するための専任組織を設定。
    - ・2022.4に恒久組織に改組し、専任者20名、併任者70名に体制強化（2025.3：専任者約30名、併任者約140名）
    - ・本部長（常務執行役員）を組織の長として、経営のリーダーシップの下、プロジェクトを強力に推進。
    - ・推進本部内では、進捗管理のための週～半期単位の各種会議体を配し、課題の状況に応じた臨機応変な対応が可能な実行体制を担保。
- **若手人材の育成**
  - **若手人材への育成機会の提供**
    - ・本プロジェクトはプロセス刷新というチャレンジングな開発であり、既存プロセスを原理原則に立ち返って深く理解し直した上で、新プロセス開発に取り組むことが必要であり、若手人材の育成にとって非常に有用。
    - ・本研究・開発に当たっては、中堅・若手の研究者・技術者を配し、将来的な鉄鋼製造プロセスの変革に向けた研究開発・実装化を経験することによる育成機会を付与。
  - **外部機関の活用**
    - ・研究開発推進に当たっては、外部機関の活用にも常に門戸を開き、適任者がいれば若手研究者等にも共同研究に適宜参画いただく。



## 4. その他

## 4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

### 十分なリスク対策を講じるが、自然災害等で事業継続困難となった場合には事業中止も含め検討

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"><li>● <b>研究開発に想定外の技術困難性が生じるリスク</b> → 研究開発の各ステージで詳細な実行計画を策定することにより事前にリスク抽出</li><li>● <b>開発技術の陳腐化リスク</b> → 本案件は国際的な開発競争に晒されており、計画通り最速のスケジュールで開発→社会実装を着実に進めることにより、日本製造業の国際競争力を担保</li><li>● <b>知財・情報漏洩リスク</b> → 事前検討段階から知財・法務部門の専任者によるチェックを行うことによりリスクをミニマム化</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>安価でクリーンな水素調達や安価電力の確保が困難となった場合</b> → 日本国内での水素・電力等の調達に関し、諸外国並みの価格での確保が困難な場合は、日本製造業における国際競争力維持の観点も踏まえた必要な対策について政府に要望</li><li>● <b>日本国内のCO<sub>2</sub>排出に関する税制</b> → 鉄鋼業へのカーボン・プライシング適用等、当社が想定する社会実装コストに、追加負担が上乘せられる場合は、社会実装の採算性の再評価が必要。選択肢をこれから開発する分野への先行課税は、CO<sub>2</sub>削減という目的に合致していないのみならず、産業国際競争力に甚大なる悪影響あり</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● <b>自然災害（地震・津波等）による設備破損等のリスク</b> → 事前のアセスメント等により対応</li><li>● <b>感染症等のパンデミック拡大により、開発・実装に大幅な遅れが生じる場合</b> → 全体スケジュールの再調整も含め検討</li></ul>
<div>▼</div> <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>事業中止の判断基準：</b><ul style="list-style-type: none"><li>・大規模震災等の自然災害により、当事業の継続が困難となった場合</li><li>・現在想定されない、革新的な他のプロセスが確立され、本プロジェクトの実装採算性が折り合わないことが明らかとなった場合</li><li>・現時点で想定されないような経営環境変化により、当社が事業継続できなくなった場合</li></ul></li></ul>		