

# 事業戦略ビジョン

2025年4月時点

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

2.水素だけで低品位の鉄鉱石を還元する直接水素還元技術の開発

①直接水素還元技術の開発

実施者名：一般財団法人 金属系材料研究開発センター、

代表名：理事長 藤田 展弘

---

（コンソーシアム内実施者：日本製鉄株式会社（幹事企業）、JFEスチール株式会社）

# 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

### 2. 水素だけで低品位の鉄鉱石を還元する直接水素還元技術の開発／① 直接水素還元技術の開発

#### 日本製鉄（幹事会社）

日本製鉄が実施する研究開発の内容

- A. 低品位原料の利用技術
- B-1. 還元ガスの水素化技術  
(100%水素還元)
- C. プロセス検証
- D. スケールアップ検証
- E. 全体プロセス評価

#### JFEスチール

JFEスチールが実施する研究開発の内容

- A. 低品位原料の利用技術
- B-2. 還元ガスの水素化技術  
(カーボンリサイクル)
- C. プロセス検証
- D. スケールアップ検証
- E. 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

- E. 全体プロセス評価

プロジェクトの目的：CO<sub>2</sub>排出を50%以上削減する水素直接還元技術の確立

# 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

## 世界的な環境意識の高まりによりカーボンニュートラル鋼材に関する需要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）

- 地球環境問題の深刻化、意識の高まりに伴うカーボンニュートラル素材需要の生成および増加。

#### （経済面）

- 水素活用、水素還元製鉄、大型電気炉などの新規設備投資効果
- カーボンニュートラル素材という新たな市場の創出

#### （政策面）

- 2050年カーボンニュートラル宣言宣言と、これを実現するための種々の政策の実施

#### （技術面）

- 世界に先駆け水素還元製鉄技術を確立、コスト競争力のあるカーボンニュートラル鋼材を供給

#### ● 市場機会：

カーボンニュートラル素材を供給できれば、既存の鋼材市場と一線を画した新たな市場の創出が可能と期待→認識に変化はなし

#### ● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

世界に先駆け水素還元製鉄技術を確立するとともに、コスト競争も実現できれば日本発の技術として世界展開するとともに、鉄鋼業が我が国基幹産業としての地位を継続することに寄与

### 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

#### カーボンニュートラル 社会の実現

日本も含め各国が2050年  
ないし2060年のカーボン  
ニュートラル実現を宣言

#### 鉄鋼業の対応

##### 【脱炭素を志向し生産プロセスを転換】

現状：我が国全体のCO<sub>2</sub>排出量の約  
14%を排出

- 鉄鉱石をコークス(炭素)で還元するため、大量にCO<sub>2</sub>を生成
- 相対的にCO<sub>2</sub>排出の少ない電炉生産のためにはスクラップ供給が不十分



将来：水素還元技術適用によりCO<sub>2</sub>  
排出を大幅に削減可能な製鉄  
プロセスを確立

- 我が国の条件を踏まえ、低品位鉄石を使用しながら高級鋼の製造可能な技術確立が必要

#### ● 当該変化に対する経営ビジョン：

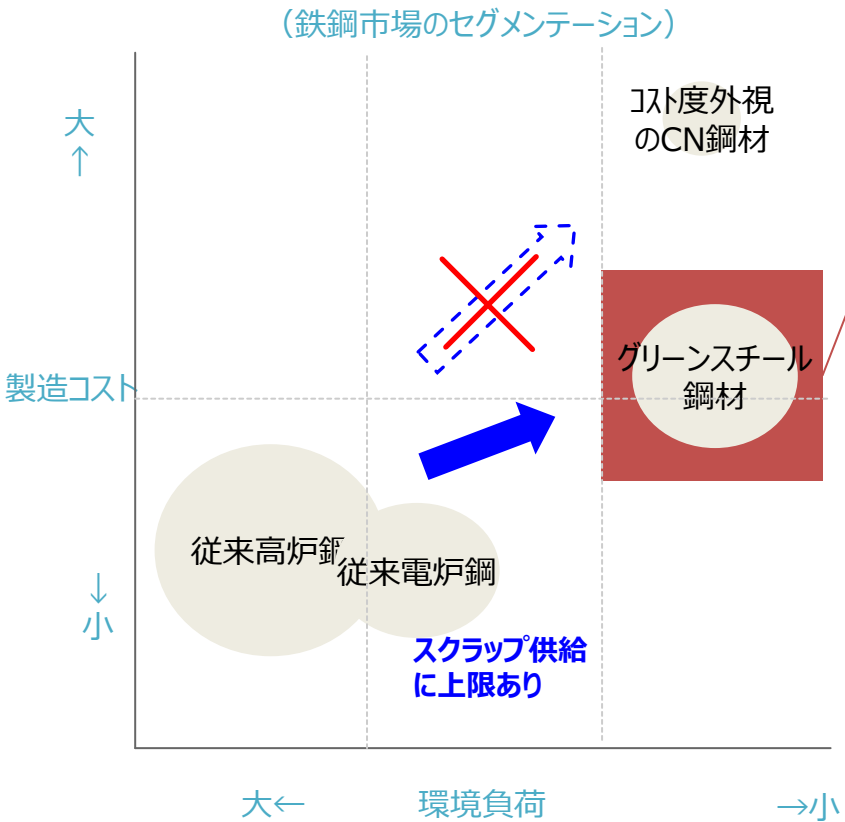
我が国鉄鋼業のカーボンニュートラル実現に寄与するとともに、カーボンニュートラル社会の実現に関して、金属系素材関連分野での産学官連携研究開発・研究開発成果の普及の我が国における中核的地位を確立する。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

鉄鋼市場のうちカーボンニュートラル鋼材（グリーンスチール）をターゲットとして想定

セグメント分析

2030年の実装にめどをつけるため、高炉水素還元技術とシャフト炉-電気炉技術の開発に注力



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- コストを度外視した少量生産のカーボンニュートラル(CN)鋼材ではなく、量産鋼として高級鋼の製造を実現し、2030年をめどに鉄鋼需要の内に一定のシェアを確立する。

需要家	主なプレーヤー	粗鋼生産量 鋼材使用量 (現在)	課題	想定ニーズ
鉄鋼業	日鉄、JFE、神鋼	8,300万トン (2020年)	<ul style="list-style-type: none"><li>CN鋼材生産技術確立</li><li>水素多量安定供給</li><li>グリーン電力供給</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>CN鋼材の供給</li></ul>
自動車産業	トヨタ、ホンダ、日産など	鋼材使用量 800万ton/y	<ul style="list-style-type: none"><li>CN高級鋼(自動車用鋼材)の製造技術確立</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>CN鋼材の供給</li></ul>

- 他業界(電機、建設)でもCN素材需要に関しては同様の動き。
- 環境影響評価により各製品の素材置き換えや、供給者の取捨選択が進む可能性あり。

欧州を中心に実機規模水素直接還元法実証計画の加速化が顕著  
天然ガスで先行する計画が多いが、当初から水素適用の計画も

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

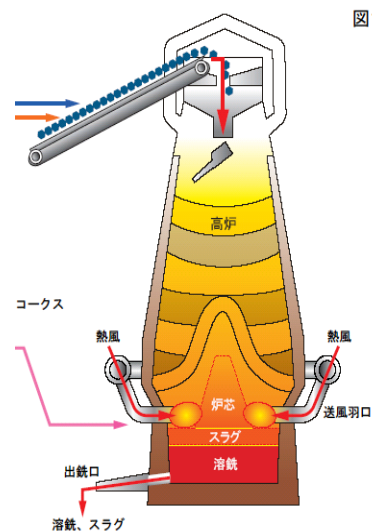
## 技術情報の収集や評価を通じてカーボンニュートラル製鉄の実現に寄与する事業を創出/拡大

### 社会・顧客に対する提供価値

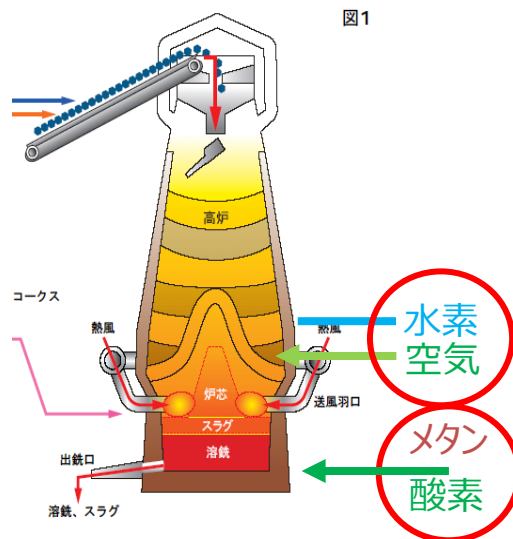
- カーボンニュートラル製鉄に資する国内外技術情報の収集と整理・普及
- 取り組み技術の総合評価とテーマ間連携
  - 高炉系技術と水素直接還元
  - 水素直接還元と大型電気炉,電気溶融炉



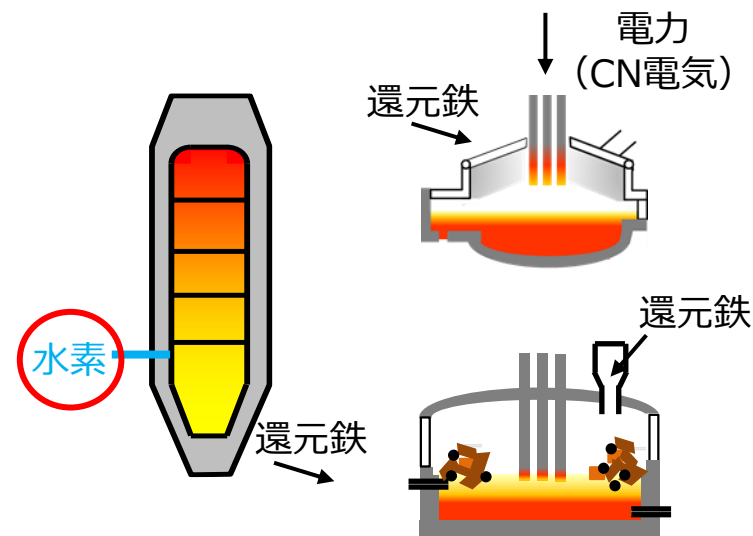
### ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性



従来高炉法



高炉水素還元技術



水素直接還元+電気炉技術  
電気溶融炉技術

- 低品位鉱石を使用しながら高級鋼の大量生産が可能で、カーボンニュートラルが実現できる製鉄プロセスを実現  
そのためには水素還元技術(高炉法、水素直接還元)、溶解精錬技術（電気炉、電気溶融炉）の開発が必要
- 当センターでは関連技術情報の収集や開発技術の総合プロセス評価を通じて、高炉水素還元技術と水素直接還元+電気炉技術を比較、それぞれの最適化に寄与するとともに、両者の棲み分けに反映。効率的な開発、開発期間の短縮などに寄与。

# 1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

技術情報の蓄積と情報収集力・評価力の強みを活かして、社会・顧客に対してカーボンニュートラル製鉄の実現に資する情報を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

競合との比較

		技術	顧客基盤	その他経営資源
<div>ターゲットに対する提供価値</div> <ul style="list-style-type: none"><li>プロジェクトに参画する鉄鋼会社に対して、製造時CO<sub>2</sub>を発生させないグリーン鋼材の製造技術を開発に資する技術情報及び開発技術の評価を提供</li><li>欧州、中国、韓国などの技術開発動向に関する情報を収集し参画会社に提供</li></ul> <div>自社の強み</div> <ul style="list-style-type: none"><li>金属系材料、プロセス開発に関する技術情報の蓄積と情報収集力、客観的な技術評価力。</li></ul> <div>自社の弱み及び対応</div> <ul style="list-style-type: none"><li>生産設備を保有せずノウハウなどの情報に関しては自己取得が不可能</li><li>コンソーシアムで事業者と連携して開発を推進</li></ul>	自社	<div>（現在）金属系材料関連情報の蓄積、各種研究開発実施の蓄積</div> <div>↓</div> <div>（将来）上記に加えカーボンニュートラルに関する取り組みの深化</div>	<div>国内金属</div> <div>素材業界</div> <div>↓</div> <div>同上</div>	<div>会員企業との連携</div> <div>大学等外部研究者との連携</div> <div>↓</div> <div>同上に加え、CNをターゲットとした新たな会員及び連携先の拡大</div>
	競合 鉄鋼系調査会社 (例)日鉄総研 JFEテクノ コベルコビジネス・・・	<div>親会社事業関連技術、</div>	<div>親会社</div> <div>社外</div>	<div>親会社関連情報</div>
	競合 シンクタンク (例)デロイトトーマツ	<div>広範な情報及び情報収集力 (但し金属系材料関連の専門的な情報に関しては必ずしも充実していない)</div>	<div>各業界</div> <div>政府など</div>	<div>業界の垣根を超えた調査・提案力</div>



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	<ul style="list-style-type: none"><li>知財戦略についてはコンソーシアムに設置する知財推進委員会を中心に運営</li><li>コンソーシアム内および5テーマ間で定期的に参画各社の連携会議を開始し、成果の共有と開発の効率化を図る</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>自組織では設備投資はしない</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>自組織では生産・販売等はないが、収集した技術情報やプロセス評価結果を事業者に提供するとともに、開発技術などについて必要に応じて事業者と連携してPRの場を設定</li></ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"><li>構築済のコンソーシアム内の運営体制に基づき、各テーマの研究開発活動を遂行。各テーマ定例会議の他、テーマ間連携打合せも随時開催し、5テーマとも計画通り進捗。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>取組方針から変更はなし。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>各テーマで担当内容に応じて情報収集やプロセス評価手法の整理、確立に向けた取り組みを実施中。</li></ul>
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"><li>海外取り組みは個社開発が中心だが本PJではコンソーシアムを設置し連携</li><li>各テーマ内で開発項目を分担することにより各社の得意分野を生かすとともに、開発の効率化・迅速化を実現可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>事業者でない当センターが参画し、実験結果情報にも直接触れながら製鉄プロセスを俯瞰したプロセス評価を担当することにより、客観的な評価、最適化につながる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>鉄鋼業界との信頼関係に基づく連携</li><li>長年の情報の蓄積、情報収集・解析ノウハウの確立</li></ul>

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

「CO<sub>2</sub>排出を50%以上削減する水素直接還元技術の確立」  
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：当センター実施個所）

研究開発項目		アウトプット目標	
シャフト炉における水素直接還元技術		CO <sub>2</sub> 排出を50%以上削減する水素直接還元技術の確立	
		事業開始時のTRL: 3 ※	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
<ul style="list-style-type: none"><li>原料一貫で水素直接還元技術の基礎検証</li><li><b>A</b> 低品位原料の利用技術</li><li><b>B</b> 還元ガスの水素化技術 (B-1.水素還元/B-2.カーボンリサイクル)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>直接還元向けの原料利用範囲拡大</li><li>還元ガス水素化： CO<sub>2</sub>削減≧50%(対高炉法)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素直接還元シャフト炉における原料品位・性状影響の基礎検討</li><li>更なる資源自由度拡大に向けた基礎検討</li><li>熱供給改善によるH<sub>2</sub>還元効率化</li><li>カーボンリサイクルによる還元ガス最適化</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>C</b> プロセス検証</li><li>小規模プラント試験(1t/h) (実炉1/250~1/150規模) (以下、試験シャフト炉)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>上記の目標を達成した中で小規模プラント(1t/h)安定操業</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>還元粉化／クラスタリング抑制による安定操業</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>D</b> スケールアップ検証</li><li>中型実証炉試験 (実炉1/5規模以上)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>上記の目標を達成した中で中型実証炉の安定操業</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>中規模シャフト炉にて水素還元の実証</li><li>電炉使用が可能な還元鉄品質の確保</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li><b>E</b> 全体プロセス評価・検討</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水素直接還元プロセスの技術・総合的合理性提示</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>エネルギー評価などを通じた合理性評価</li><li>高炉との比較、電炉との連携を含めた一貫整理</li></ul>	

※: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：当センター実施箇所）

	KPI	解決方法
低品位原料を利用した水素直接還元技術の基礎検証 <b>A</b> 低品位原料の利用技術 <b>B</b> 還元ガスの水素化技術 (B-1.水素還元/B-2.カーボンリサイクル)	・原料Fe品位 ・CO <sub>2</sub> 削減	低品位原料の還元特性(還元粉化、金属化率)に応じた最適還元条件(温度,ガス成分)の見極め ・さらなる低品位原料拡大のための鉱石性状基礎評価 ・水素化のための熱補償、発熱制御 -水素還元時の固体／ガスからの顕熱補償 -カーボンリサイクルによるCO発熱反応の有効利用
<b>C</b> プロセス検証 ・小規模プラント試験(1t/h) (実炉1/250~1/150規模) (以下、試験シャフト炉)	・生産性 ・連続操業	・還元粉化／クラスタリング抑制 炉内ヒートパターン制御による粉化抑制
<b>D</b> スケールアップ検証 ・中型実証炉試験 (実炉1/5規模以上)	・生産性 ・金属化率	・炉中心部の昇温／還元遅れの抑制 ・電炉使用が可能な還元鉄品質(金属化率、融点)の確保
<b>E</b> 全体プロセス評価・検討	・プロセス合理性	・試験・検討を通じプロセス設定・条件の設計、最適化 ・高炉操業等知見・ノウハウなど最大活用

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

	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>● 低品位原料を利用した水素直接還元技術の基礎検証</div> <div>A 低品位原料の利用技術</div> <div>B 還元ガスの水素化技術 (B-1.水素還元/B-2.カーボンリサイクル)</div>	<div>A 鉱石組織-粉砕モード-単体分離度3者の関係性の解明および選鉱試験データの取得</div> <div>B-1 低品位原料を利用した、CO2排出量削減50%以上（対高炉法）となる水素還元シャフト炉の諸元の明確化</div> <div>B-2 還元炉・常圧での還元粉化やクラスタリングが発生する操業条件を把握</div>	<div>A ・粉砕モード比較と選鉱の連動試験を実行、単体分離度のデータ取得 ・鉱物種により分離性が異なる事が判明</div> <div>B-1 &lt;水素吸熱反応を補償する熱供給技術&gt; ・各種熱供給技術の相乗効果を確認し、最適な操業諸元を検討</div> <div>B-2 &lt;直接還元技術とカーボンリサイクル（CR）技術&gt; ・常圧還元でのH<sub>2</sub>/CO比率や原料予熱効果の確認 ・還元炉の操業変動に対応する為の、メタネーション条件・操業の拡大検討 ・小型ベンチ試験炉の建設完了し、運転開始</div> <div>B-1/B-2共通課題 &lt;還元粉化とクラスタリング抑制技術&gt; ・粉化、クラスタリングのメカニズムの基礎試験と発生粉の炉内挙動の検討 &lt;加炭・成型による還元鉄の品質改善技術&gt; ・還元鉄の加炭反応の反応速度式の構築と反応挙動との関係を確認 ・還元鉄中の脈石量・成分と圧縮変形の関係性の確認と、モデル化の基礎データ取得</div>	<div>○ 当初計画通りに進行中</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

（太字：当センター実施箇所）

	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>C</div> <div>プロセス検証</div> <div>・小規模プラント試験(1t/h) (実炉1/250~1/150規模) (以下、試験シャフト炉)</div>	<div>C</div> <div>小規模試験炉の設計、製作</div>	<div>・2024.2月 土建工事着工、2024.6月 機械工事着工 現時点では工事進捗は概ねオンスケ ・試験操業条件を数学モデル・基礎試験で検証 ・2025.2月海外実機での操業トレーニングの実施 ・2025年度下期 試験操業開始予定</div>	<div>○</div> <div>当初計画通りに 2025年度下期試験 操業開始に向けた 工期遵守のため、 メーカーとの工程確 認会議を強化</div>
<div>D</div> <div>スケールアップ検証</div> <div>・中型実証炉試験 (実炉1/5規模以上)</div>	<div>D</div> <div>中型実証炉の概念設計及 びメーカー選定</div>	<div>・本体および付帯設備の概念設計・基本仕様を検討開始</div>	<div>△</div> <div>※水素調達課題あり</div>
<div>E</div> <div>全体プロセス評価・検討</div>	<div>E</div> <div>シミュレーション結果を活用 し、基礎試験結果なども反 映して水素還元シャフト炉 単独におけるCO<sub>2</sub>排出削 減効果の推算結果を定量的 に評価</div>	<div>・シミュレーションモデルを改良し、解析結果を活用して未利用廃 熱の有効利用方を提示 ・直接水素還元プロセスの工程ごとの解析モデルを作成</div>	<div>○</div> <div>当初計画通りに進 行中</div>



## 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

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<ul style="list-style-type: none"><li>低品位原料を利用した水素直接還元技術の基礎検証</li></ul> <div>A 低品位原料の利用技術</div> <div>B 還元ガスの水素化技術 (B-1.水素還元/B-2.カーボンリサイクル)</div>	<div>A 選鉱試験データ追加取得および最適な選鉱プロセスフローの構築</div> <div>B-1 水素還元鉄のC 濃度向上、HBI の密度向上可能な条件の確立</div> <div>B-2 ・還元炉での還元粉化やクラスタリングを抑制する最適な操業条件把握 ・還元炉の炉頂ガスのメタネーション適用に向けたガス清浄プロセスフロー構築</div>	<div>A 低品位鉱石からのゲーサイト・脈石の除去率向上</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・湿式粉砕手法の検討</li><li>・湿式粉砕によるゲーサイトの選択的な破碎・除去の検討</li></ul> <div>B-1 &lt;水素吸熱反応を補償する熱供給技術&gt;</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・各種熱供給技術の最適条件（加算効果含む）検討</li></ul> <div>B-2 &lt;直接還元技術とカーボンリサイクル（CR）技術&gt;</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・小型ベンチ試験炉での常圧還元でのH<sub>2</sub>/CO比率や原料予熱効果の確認と最適操業の検討</li></ul> <div>B-1/B-2共通課題</div> <div>&lt;還元粉化とクラスタリング抑制技術&gt;</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・粉化、クラスタリング発生の基礎メカニズム解明および抑制技術の検討</li></ul> <div>&lt;加炭・成型による還元鉄の品質改善技術&gt;</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・還元鉄加炭の基礎知見および反応速度式の数学モデル化</li><li>・還元鉄中の脈石量・成分と圧縮変形・破壊の関係性の明確化およびシミュレーションモデルの改良</li></ul>	問題なし

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：当センター実施箇所）

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>C</div> <div>プロセス検証</div> <div>・小規模プラント試験(1t/h)</div> <div>(実炉1/250~1/150規模)</div> <div>(以下、試験シャフト炉)</div>	<div>C</div> <div>小規模試験炉を活用した</div> <div>100%水素還元シャフト炉</div> <div>の試運転完遂</div>	<div>・工期順守のための工程管理強化（海外メーカー要因含）</div> <div>・操業方法の習熟と操業方案の詳細検討</div> <div>・2025年度下期 試験操業開始（予定）</div>	<div>○</div> <div>・メーカーの試運転責任者との協議強化</div> <div>・2025年7月試験機で操業トレーニングの実施</div>
<div>D</div> <div>スケールアップ検証</div> <div>・中型実証炉試験</div> <div>(実炉1/5規模以上)</div>	<div>D</div> <div>100%<math>H_2</math>還元時の中心部</div> <div>昇温遅れの解決手法提示、</div> <div>および中型実証炉の基礎仕様決定</div>	<div>・本体および付帯設備の概念設計、基礎仕様を継続検討</div>	<div>△</div> <div>※水素調達課題あり</div>
<div>E</div> <div>全体プロセス評価・検討</div>	<div>E</div> <div>・小規模試験炉の試験結果を反映して<math>CO_2</math>排出削減効果の精度向上</div>	<div>・試験結果の反映による解析結果の精度向上</div> <div>・<math>CO_2</math>排出削減効果の正確な評価に向け、電力・水素など外部の影響評価（社会情勢や国内外動向の情報収集）</div>	<div>○</div> <div>・水素還元シャフト炉試験結果の反映</div> <div>・外部水素に関する技術調査実施</div>

## (参考) 研究開発内容2-①

### 2. 水素だけで低品位の鉄鉱石を還元する直接水素還元技術の開発 ①直接水素還元技術の開発

#### 事業の目的・概要

2030年までに、低品位の鉄鉱石を水素で直接還元する技術により、中規模直接還元炉（実炉の1/5規模以上）において、現行の高炉法と比較してCO<sub>2</sub>排出を50%以上削減を達成する技術を実証。

- ① 要素技術開発および小規模試験炉（実炉の1/250～1/150規模）での検証試験
- ② 中規模直接還元炉（実炉の1/5規模以上）試験による実証実験

#### 実施体制

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

※太字: 幹事企業

#### 事業期間

2021年度～2030年度（10年間）

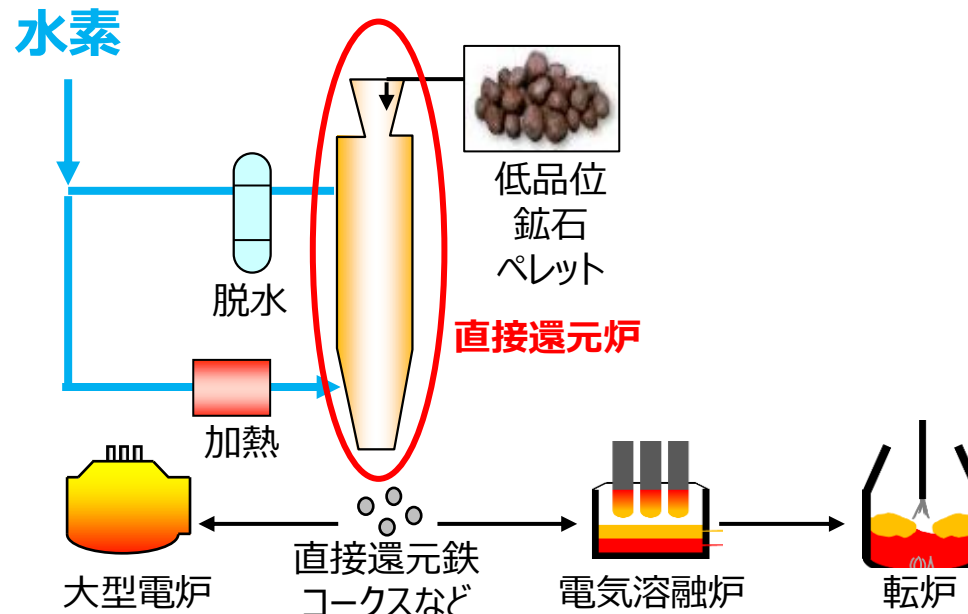
#### 事業規模等

- 事業規模（①＋②） \* : 約1,369億円
- 支援規模（①＋②） \* \* : 約1,141億円

\*事業規模は支援規模と補助率より計算。

\*\*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%）

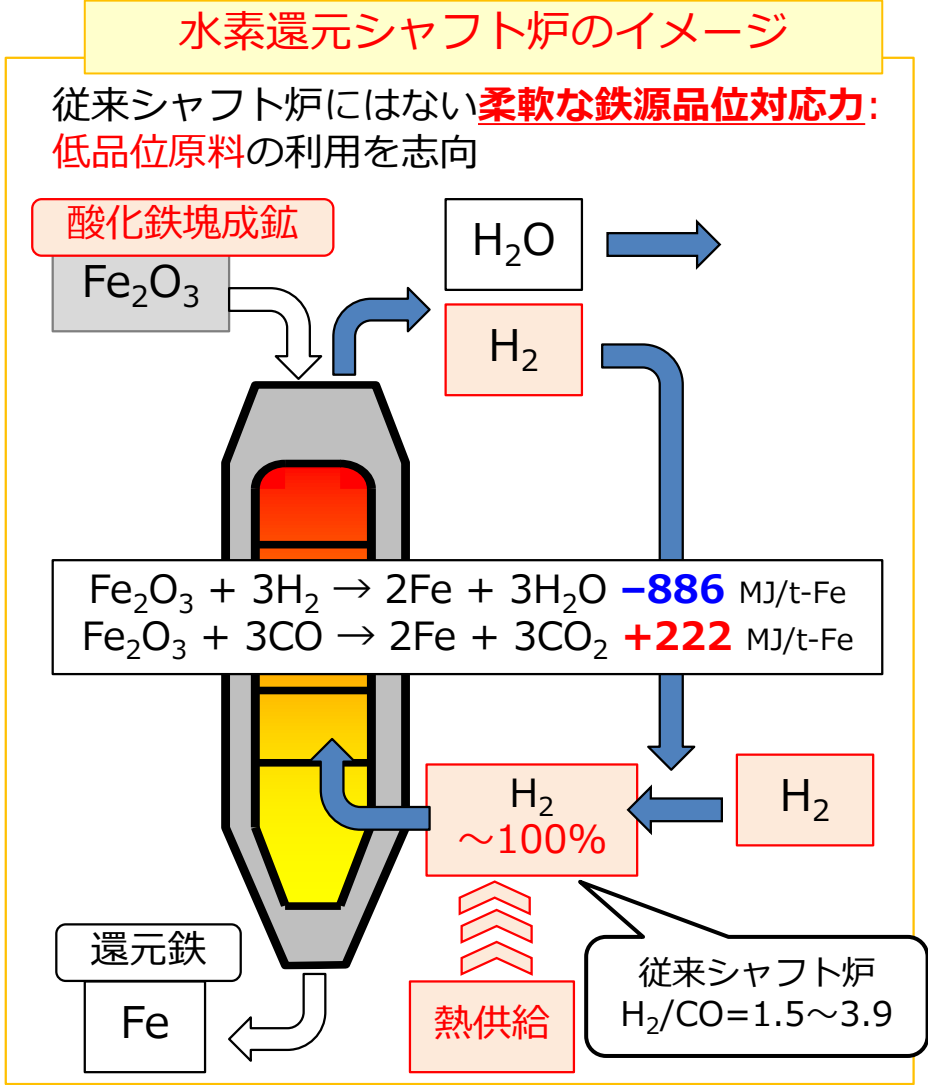
#### 事業イメージ



# (参考資料)本事業での取り組み【B-1】シャフト炉における水素直接還元技術

既存のシャフト炉プロセスとの比較

	既存 シャフト炉	水素還元 シャフト炉
還元材	天然ガス	水素
H <sub>2</sub> 濃度	60~80%	~100%
熱供給	天然ガス・排ガス 燃焼による還元ガス温度制御	水素外部加熱等 による還元ガス温度制御
原料	高品位 ペレット	低品位原料

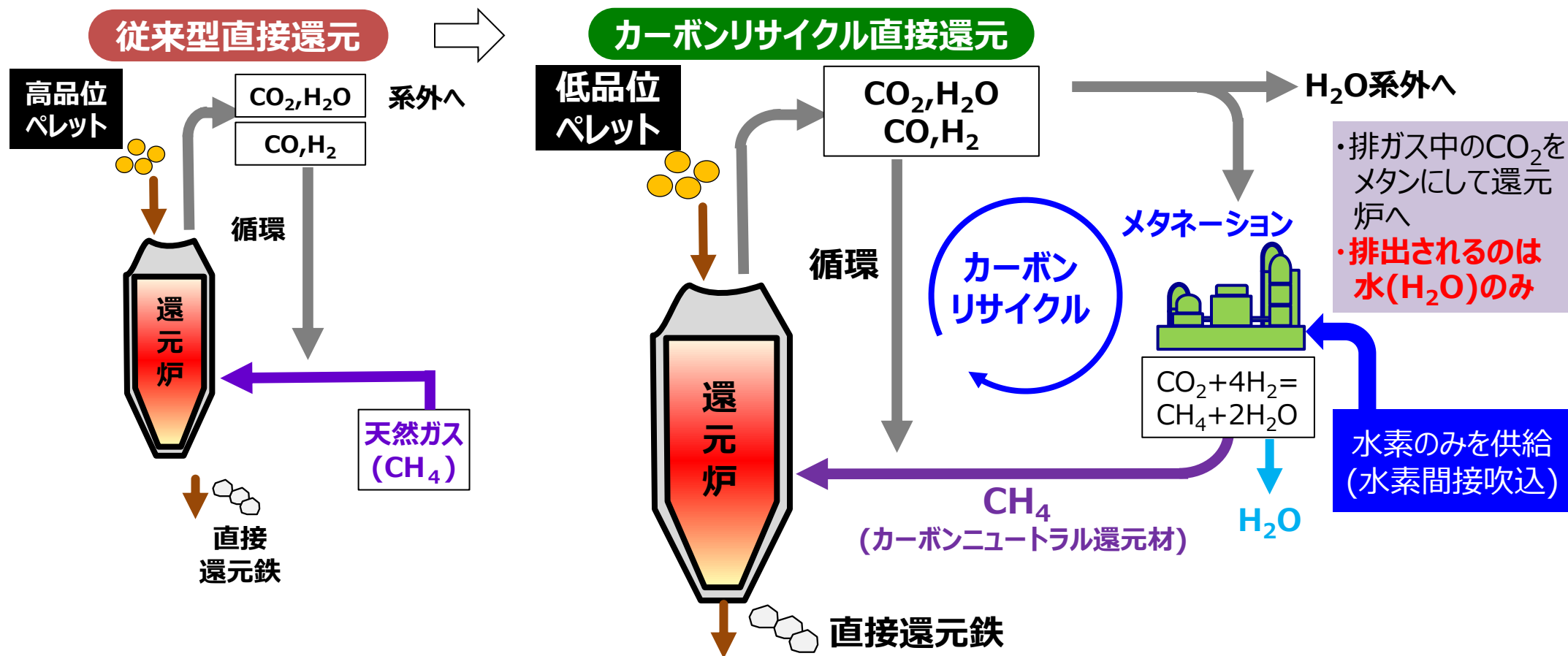


水素のみで酸化鉄を還元する技術開発にチャレンジ  
低品位鉱石を利用できる水素還元プロセスを柱とした  
シャフト炉と電気炉の一貫操業製鉄技術の確立  
⇒資源自由度の拡大による競争力の確保

日本製鉄 波崎研究開発センターに小規模試験シャフト炉  
(1t/hr)建設、2025年度下期より試験開始予定

# (参考資料)本事業での取り組み【B-2】カーボンリサイクル(CR)シャフト炉技術

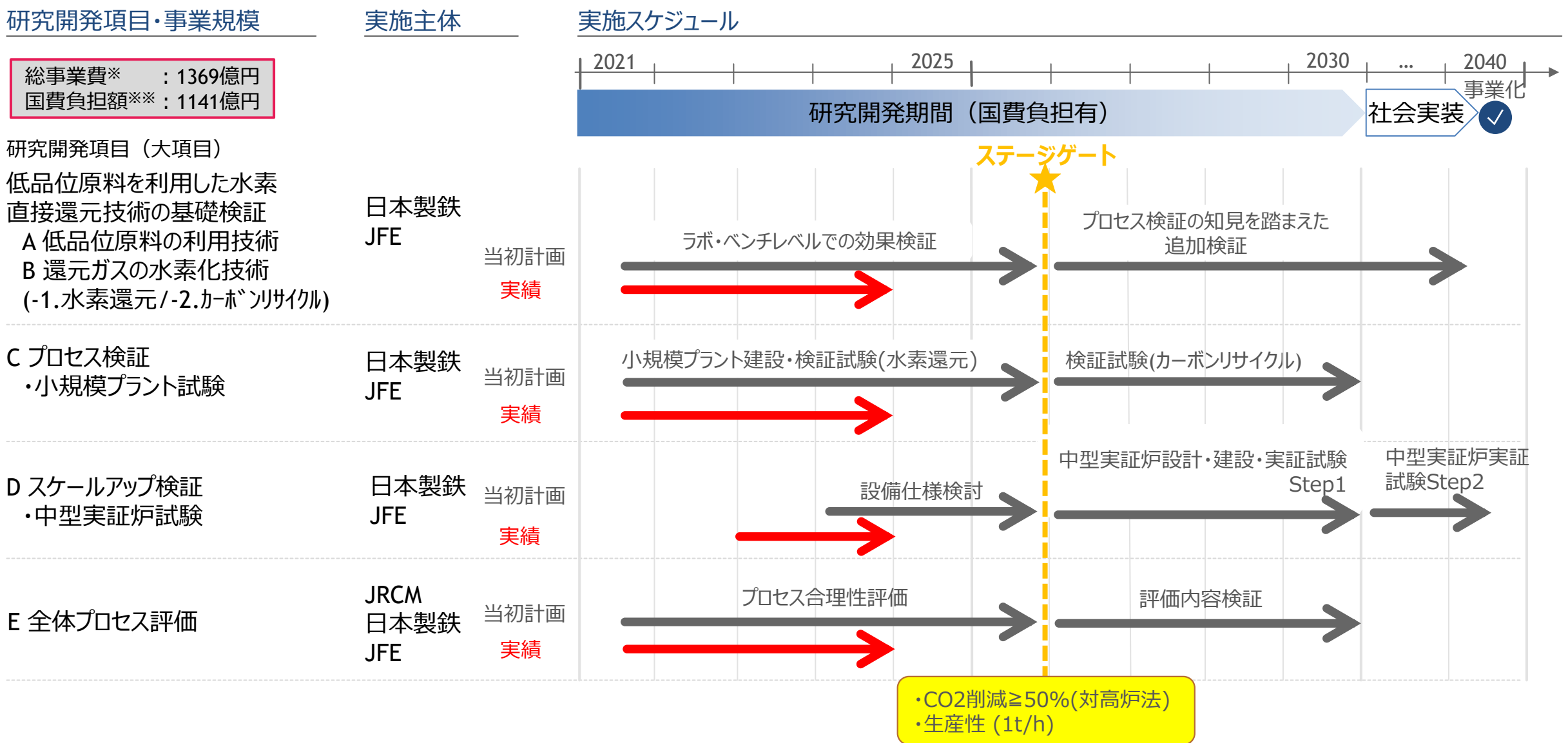
メタネーション反応を利用して、カーボンをプロセス内で循環再利用することで、水素還元の課題を克服



東日本製鉄所千葉地区において小型ベンチ試験炉建設・2024年度運転開始

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

研究分野：シャフト炉における水素直接還元技術

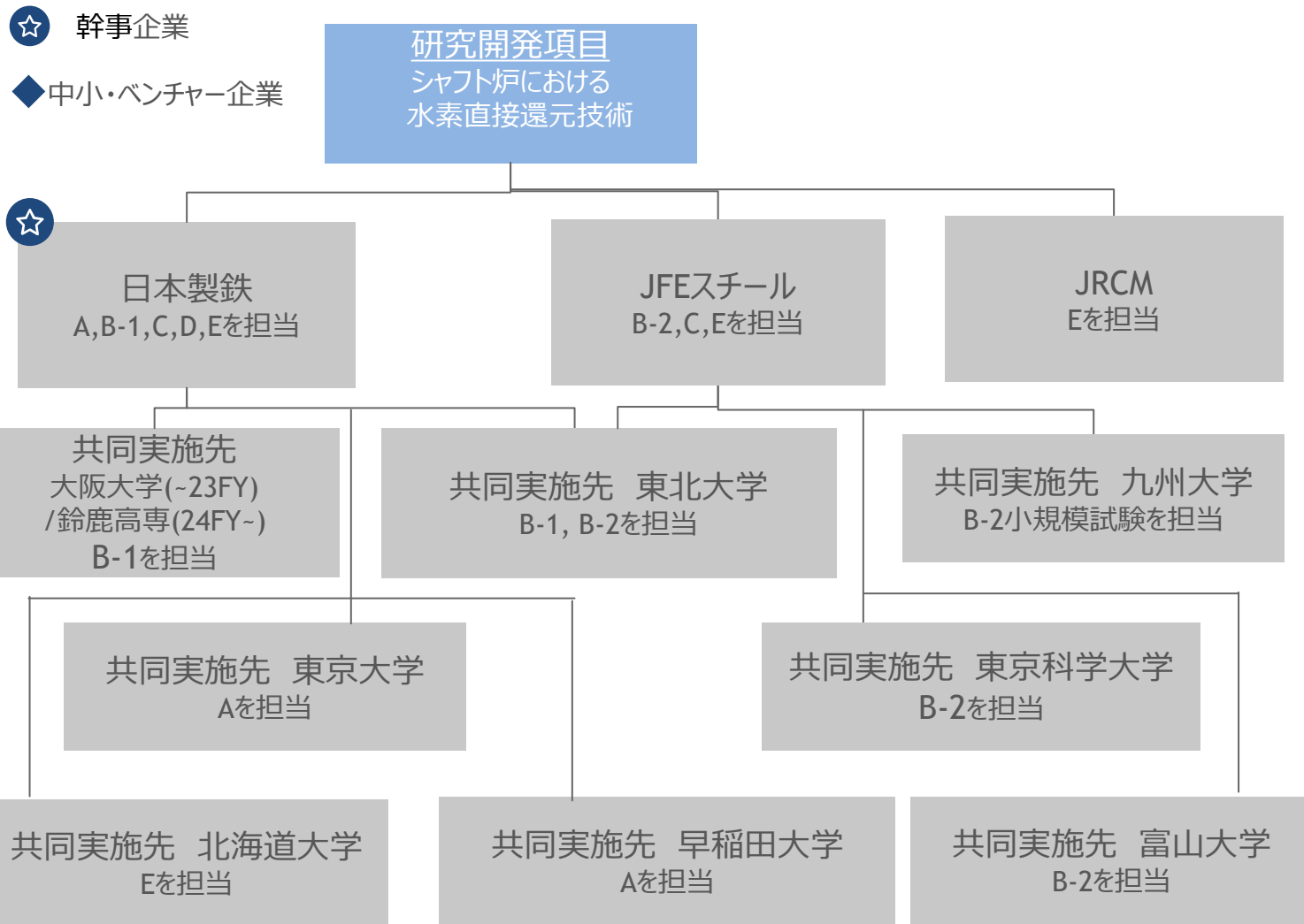


※事業規模は支援規模と補助率より計算。※※インセンティブ額を含む。今後ステージゲートで事業進捗などに応じて変更の可能性あり

## 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、A,B-1,C,D,Eを担当する
- JFEスチールは、B-2, C,Eを担当する
- JRCMは、Eを担当する
- 東北大学は、B-1, B-2を担当する
- 九州大学は、B-2を担当する
- 鈴鹿高専は、B-1を担当する
- 東京大学は、Aを担当する
- 東京科学大学は、B-2を担当する
- 早稲田大学は、Aを担当する
- 富山大学は、B-2を担当する
- 北海道大学は、E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（従来プロジェクトと同様）
- 共通サンプル/試験装置を活用した研究開発連携
- 課題が類似するテーマ間でサブグループ（SG）を設定し、企業、大学の連携を強化

##### 中小・ベンチャー企業の参画

- なし



## 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：当センター実施箇所）

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・リスク
シャフト炉における水素直接還元技術	<ul style="list-style-type: none"><li>低品位原料を利用した水素直接還元技術の基礎検証</li><li><b>A</b> 低品位原料の利用技術</li><li><b>B</b> 還元ガスの水素化技術（水素還元/カーボンサイクル）</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>低品位鉱石の評価、利用技術（焼結分野）</li><li>数値シミュレーション技術（高炉分野）</li><li>塊成鉱の水素還元技術（高炉－焼結分野）</li><li>塊成鉱の還元粉化抑制技術（高炉－焼結分野）</li><li>還元鉄の加炭技術（高炉分野）</li><li>一貫製鉄のエネルギー評価技術</li></ul>	<p>優位性</p> <ul style="list-style-type: none"><li>低品位鉱石（豪州、南米等）の評価、利用技術を保有。</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></ul> <p>リスク</p> <ul style="list-style-type: none"><li>世界最高のエネルギー効率</li><li>天然ガスの直接還元炉の操業実績を持つ競合他社に対して早期のキャッチアップが不可欠</li><li>低炭素負荷エネルギーの環境整備</li><li>安価で安定的なエネルギー源（水素・電力）の活用</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li><b>C</b> プロセス検証</li><li>・小規模プラント試験</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>小規模試験機操業技術（試験高炉）</li></ul>	
	<ul style="list-style-type: none"><li><b>D</b> スケールアップ検証</li><li>・中型実証炉試験</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>実機高炉操業技術（高炉分野）</li></ul>	
	<ul style="list-style-type: none"><li><b>E</b> 全体プロセス評価</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>プロセス解析・エネルギー評価技術（高炉分野等）</li></ul>	



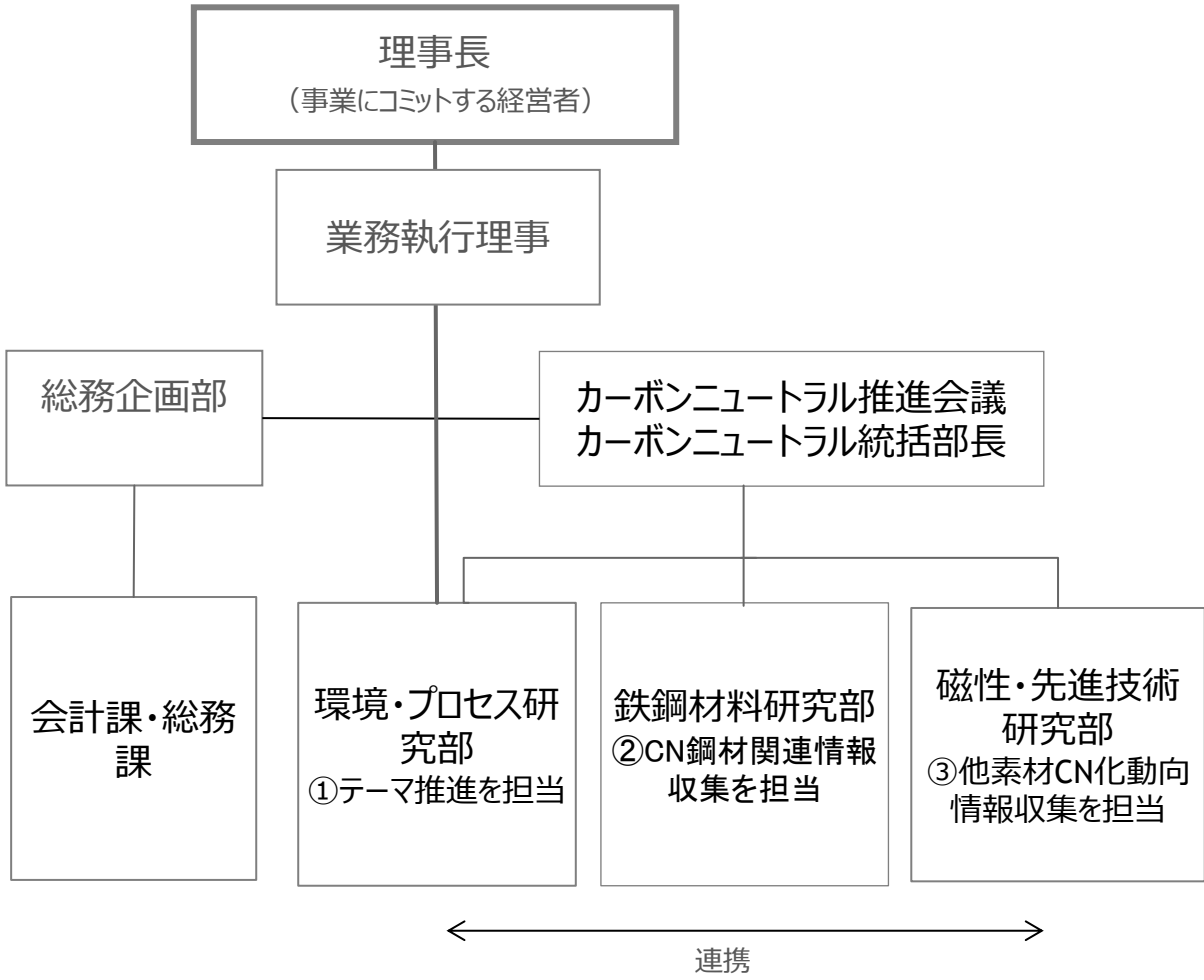
# 3. イノベーション推進体制

(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、カーボン・ニュートラル推進会議を設置して本事業を推進

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
  - カーボンニュートラル推進PJリーダー：テーマ全体統括を担当  
新たに、カーボンニュートラル推進会議及びカーボンニュートラル統括部長を設置した。
- 担当チーム
  - 環境・プロセス研究部：①テーマ推進を担当
  - 鉄鋼材料研究部：② CN鋼材関連情報収集を担当
  - 磁性・先進技術研究部：③他素材CN化動向情報収集を担当

#### 部門間の連携方法

- 定例のプロジェクト推進会議(JRCM所内会議)にて情報交換
- その他適宜状況に応じて打合せを実施

### 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

## 経営者等による本事業への関与の方針

### 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
  - 理事会・評議員会での審議の下、当センター2025FY事業計画において、材料研究の推進を通じて、地球環境問題、資源・エネルギー問題の解決に寄与することを事業方針に定めており、カーボンニュートラル・スチールの実現に向けた技術開発等に今後とも積極的に参画することとした。今後とも、水素社会の実現、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出削減、カーボンニュートラル実現への貢献を目的に活動することを社内外に明確化した。
  - 当センターの2025FY事業方針については、理事会、評議員会にて審議の上、決定したものであり、その内容は、ホームページにて広く公開・発信しており、今後とも積極的に発信していくこととしている。また、今回のGI基金事業（製鉄）についてはプレスリリース等によりその重要性をメッセージとして発信している。
  - カーボンニュートラルに直結する事業の重要性については、経営層～職員が理解しているが、さらに、そのことを実現するためのガバナンスイノベーションやイノベーションマネジメントシステムの理解を推進し、非線形な試行錯誤を奨励する組織制度・組織文化を醸成することに努めている。
- 事業のモニタリング・管理
  - 代表理事が常に第一線に立ち、定期的に事業進捗を把握するための仕組みを構築している。担当役員の時間の内、約50％程度を当該業務に充当している。
  - 代表理事が常に第一線に立ち、必要に応じ、事業の進め方・内容に対して適切なタイミングで指示を出す等、直接の関与を行っている。
  - 事業の進捗を判断するにあたり、社内外の学識経験者から幅広い意見を取り入れるための推進会議を設置することとしている。

### 経営者等の評価・報酬への反映

- 毎年、当センターの理事会、評議員会にて本事業の進捗状況が審議され、担当役員の活動について評価されることとなる。本事業を含む全体事業の状況に応じて担当役員の報酬に反映されることとなる。本事業の進捗状況や成果は、担当管理職等の評価に反映される。

### 事業の継続性確保の取組

- 当センターでは、水素社会の実現、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出削減への貢献を大目標とする事業方針を策定しており、経営層が交代する場合も、これらの社会ニーズへの貢献は最重要案件として着実な引継ぎが行われることとなる。

※ISO56002、IEC62853等の国際標準、経済産業省による「[ガバナンスイノベーション](#)」「[ガバナンスイノベーションVer2](#)」「[日本企業における価値創造マネジメントに関する行動指針](#)」等が参考になる。

### 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

## 経営戦略の中核において「製鉄プロセスにおける水素活用」事業を位置づけ、広く情報発信

#### 理事会・評議委員会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - 当該分野の範囲を超えたカーボンニュートラルに向けた取組について、毎年度の事業方針策定に反映させている。
  - また、カーボンニュートラルに向けたイノベーション推進体制整備のため、既存の部門を超えた横割り組織である「カーボンニュートラル推進会議」及び「カーボンニュートラル統括部長」を設置した。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 当センターのステークホルダー（賛助会員）である鉄鋼企業や（一社）日本鉄鋼協会において策定している2050年カーボンニュートラルの実現に向けた事業計画に貢献することとしている。
  - 当センターの重要な意思決定の場である理事会、評議員会において、本事業の研究開発計画・事業戦略・事業計画に組織を挙げて取り組むことについて、審議・決定した。
  - 毎年の理事会、評議員会において、本事業の進捗状況を定期的にフォローし、事業環境の変化等に応じて見直しを行っている。
  - 本事業について、理事会、評議員会において決議された内容は組織内の関連部署に広く周知している。
- 決議事項と研究開発計画の関係
  - 上記で決議された事業戦略・事業計画において、本研究開発計画が不可欠な要素として、優先度高く位置づけられている。

#### ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
  - 2025年度事業計画及び事業方針等において、事業戦略・事業計画の内容を明示的に位置づけている。
  - GI基金事業（製鉄）に採択され、本事業がスタートしたことをプレスリリースやホームページにおいて広く对外公表している。また、今後、研究開発の進捗に合わせ、事業成果を広報誌やホームページ等により、逐次、对外公表する予定である。
- ステークホルダーへの説明
  - 事業の将来の見通し・リスク等を当センターのステークホルダーに対して、説明している。
  - 本事業の効果（社会的価値等）を、国民生活のメリットに重点を置いて、幅広く情報発信していくつもりである。現時点では、GI基金事業（製鉄）に採択され、本事業がスタートしたことをプレスリリースやホームページにおいて広く对外公表している。

### 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
  - 事業の進捗状況や事業環境の変化を踏まえ、必要に応じて、開発体制や手法等の見直し、追加的なリソース投入等を行う準備・体制（現場への権限委譲等）がある。まずは、部門横割り組織である「カーボンニュートラル推進会議」及び「カーボンニュートラル統括部長」を設置した。
  - 社内や部門内の経営資源に拘らず、目標達成に必要であれば、躊躇なく外部リソースを活用する用意がある。
  - これまでも高炉3社とは密接な関連を維持しており、各社のニーズに応じて当センターの実施内容、実施体制について柔軟に対応していくことになる。
- 人材・設備・資金の投入方針
  - 鉄鋼技術に深い知見を有する人材を、環境・プロセス研究部、鉄鋼材料研究部及び磁性・先進技術研究部から確保している。
  - 既存の会議スペース等をフルに活用している。
  - 国費負担以外で、主として助成事業のための必要分の自己資金を投じる予定である。
  - 短期的な経営指標に左右されず、長期的に必要な資源投入を継続する所存である。

#### 専門部署の設置等

- 専門部署の設置
  - 機動的な意思決定を可能とする組織構造・権限設定を行っている。例えば、経営者直轄の専門部署である「カーボンニュートラル推進会議」及び「カーボンニュートラル統括部長」を設置した。
  - 常に事業環境の変化に合わせて、関連する産業構造や自社のビジネスモデルを不断に検証している。
- 若手人材の育成
  - 当該産業分野を中長期的に担う若手人材の育成は非常に重要な課題であり、これまで、実施してきている各種の研究開発プロジェクトにおいて、多くの大学の研究者との共同研究を推進してきている。
  - これまでの産学官連携の実績により、多くの大学や国立研究開発法人の研究者とのネットワークを有しており、学会や各種の機会を通じて、アカデミアの若手研究者との共同研究や情報交流を推進している。

## 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、克服できない技術障壁や経済合理性が確立できない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

- 開発技術課題を克服できず開発目標を達成する見込みが立たない場合  
⇒開発方針を適宜修正するが、水素還元技術(高炉関連、水素直接還元)に関しては状況により開発プロセスの絞り込み等を実施  
バイオマスやCCUなど付帯技術に関しては他分野での開発技術などの導入等を実施。
- 開発で先行する欧州等で先に技術確立、知財権などを確立  
⇒状況により開発先との連携や技術導入も検討

### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- グリーン水素、グリーン電力の供給(供給量及び価格)目標が未達、もしくは大幅遅延  
⇒製鉄プロセス関連開発は推進するものの、社会実装を保留、延期
- 投資に伴う固定費や各種変動費の高騰により経済性が確立できない  
⇒各事業者で事業化を判断

### その他（自然災害等）のリスクと対応

- 開発箇所での自然災害によるリスク  
⇒被害状況に応じて延期、中断、他所への変更などを判断



- 事業中止の判断基準：本件の判断はコンソーシアム内で協議の上、判断することとする。