



グリーンイノベーション基金事業／製鉄プロセスに おける水素活用プロジェクト

2023年度 WG報告資料

2023年9月15日

環境部

目次

- 1．プロジェクトの概要
- 2．プロジェクトの実施体制
- 3．プロジェクトの見通し
- 4．プロジェクト全体の進捗
- 5．実施企業等の取組状況とそれに対するNEDO委員会での委員コメント
- 6．プロジェクトを取り巻く環境
- 7．NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

（参考1）プロジェクトの事業規模

（参考2）研究開発進捗のマイルストーン

1. プロジェクト概要

- 製鉄分野のカーボンニュートラル実現に向けた革新技術の特徴や水素供給等の社会インフラの整備までの時間軸等を踏まえ、「**高炉法**」と「**直接還元法、電炉法**」について、複数の技術開発アプローチを進める。

研究開発項目 1

高炉を用いた水素還元技術の開発

研究開発内容①

所内水素を活用した水素還元技術等の開発

研究開発内容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

研究開発概要

2030年までに、所内水素を活用した高炉における水素還元技術およびCO₂分離回収技術などにより、製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減する技術の実装を目指す。

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する。

研究開発項目 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

研究開発内容①

直接水素還元技術の開発

研究開発内容②

直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発

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1/25～1/5規模）において、現行の高炉法と比較してCO₂排出を50%以上削減を達成する技術を実証する。

2030年までに、低品位の鉄鉱石の水素直接還元鉄を活用した電炉プロセスにおいて、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するため、3-10t規模、300t以上の試験設備における高効率脱りん、脱窒素要素技術開発により鋼中りん濃度、窒素濃度をそれぞれ150ppm以下、40ppm以下を実証する。



アウトプット目標

- <研究開発項目 1> 水素還元技術やCO₂分離回収技術などを組み合わせ、製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減する技術を実装する。さらにCO₂排出を50%以上削減を実現する技術を実証する。
- <研究開発項目 2> CO₂排出を50%以上削減する水素直接還元技術を確立する。また、大型電炉一貫プロセスにおいて、不純物の濃度を高炉法並み（りん150ppm以下、窒素40ppm以下）に制御する技術を実証する。

2. プロジェクトの実施体制

- 日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所と金属系材料研究開発センターの4社による「水素製鉄コンソーシアム」を結成。コンソーシアムでの協働領域、各社の競争領域を使い分けつつ、それぞれの技術開発を推進していく。

研究開発項目1：高炉を用いた水素還元技術の開発

実施内容	テーマ名・事業者名 (※) WG出席企業	事業期間
研究開発内容1-①	<u>所内水素を活用した水素還元技術等の開発</u> ・日本製鉄株式会社（幹事）（※） ・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	2021年度～2029年度
研究開発内容1-②	<u>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</u> ・日本製鉄株式会社（幹事）（※） ・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	2021年度～2030年度

研究開発項目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

実施内容	テーマ名・事業者名 (※) WG出席企業	事業期間
研究開発内容2-①	<u>直接水素還元技術の開発</u> ・日本製鉄株式会社（幹事）（※） ・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	2021年度～2030年度
研究開発内容2-②	<u>直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発</u> ・日本製鉄株式会社（幹事）（※） ・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	2021年度～2030年度

(参考) 研究開発内容1-①

1. 高炉を用いた水素還元技術の開発 ①所内水素を活用した水素還元技術等の開発

事業の目的・概要

2030年までに、所内水素を活用した高炉における水素還元技術およびCO₂分離回収技術などにより、製鉄プロセスからCO₂排出量を30%以上削減する技術の実装を目指す。

(水素還元技術などで10%以上、CO₂分離回収技術で20%以上の計30%以上削減を想定)

- ① 実炉実証試験に向けた操業条件の検討 **完了し、ステージゲート審査(2022/8/4)後②実証試験事業へ**
- ② 実高炉(5000m³級)での実証試験

実施体制

※太字: 幹事企業

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～2029年度(9年間)

事業イメージ

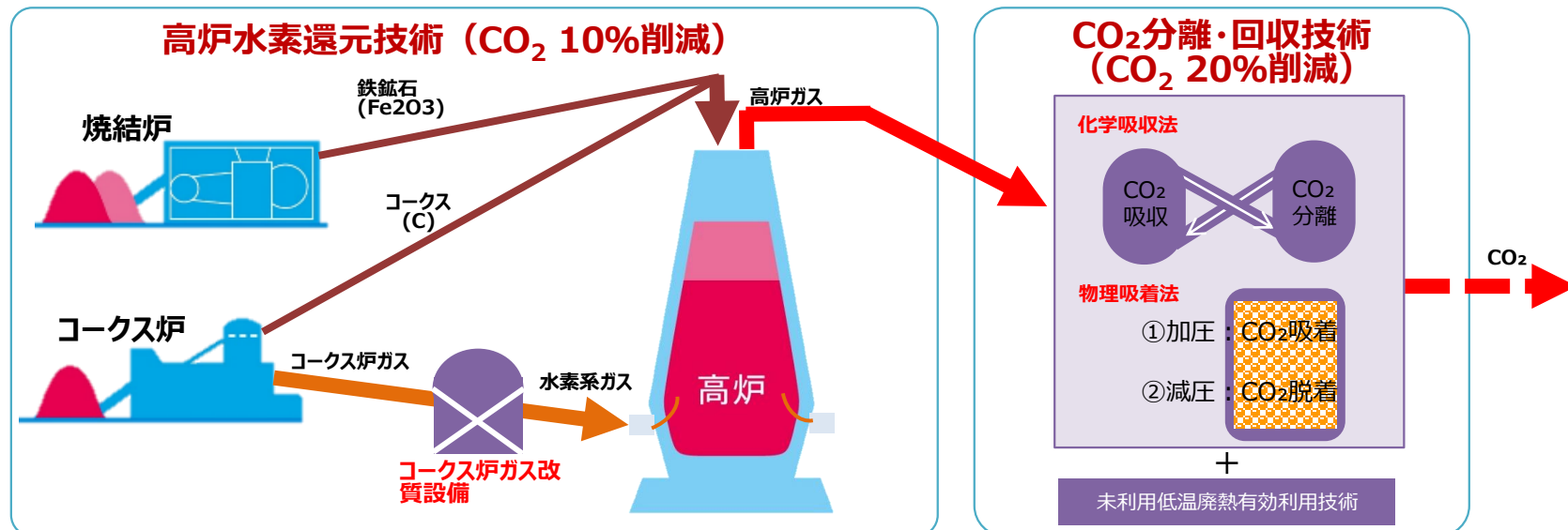
事業規模等

□ 事業規模(①+②) : 約353億円

□ 支援規模(①+②) * : 約140億円

*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 → ②1/2 補助(インセンティブ率は10%)



(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）

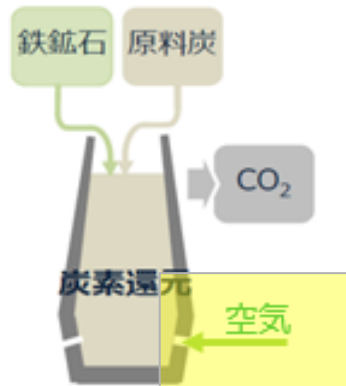
事業イメージ

事業規模等

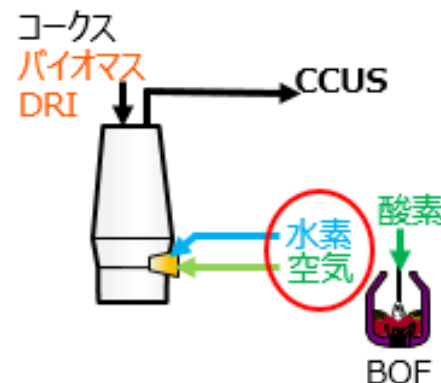
- 事業規模（①＋②）：約2918億円
- 支援規模（①＋②）＊：約1214億円

＊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

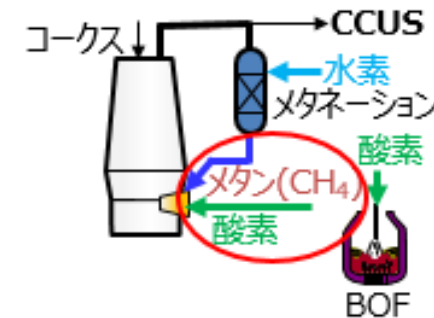


技術①（水素直接吹き込み）



技術②（水素間接吹き込み）

※メタネーション



(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1/25～1/5規模）において、現行の高炉法と比較してCO₂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1/25～1/5規模）試験による実証実験

実施体制

※太字: 幹事企業

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

事業期間

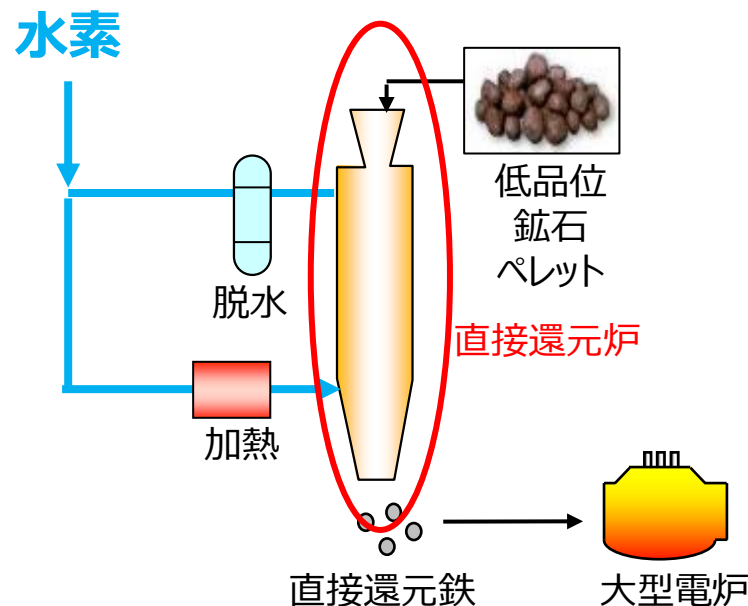
2021年度～2030年度（10年間）

事業規模等

- 事業規模（①＋②）：約724億円
- 支援規模（①＋②）*：約345億円

*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%）

事業イメージ



(参考) 研究開発内容2-②

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 ②直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発

事業の目的・概要

2030年までに、低品位の鉄鉱石の水素直接還元鉄を活用した電炉プロセスにおいて、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するため、大型電炉一貫プロセス（処理量約300トン規模）において、不純物（製品に影響を及ぼす成分）の濃度を高炉法並み（リン150ppm、窒素40ppm以下）に制御する技術を実証。

- ① 要素技術開発および小型試験電炉・炉外処理炉（処理量3トン～10トン規模）での検証試験
- ② 大型試験電炉・炉外処理炉（処理量約300トン規模）における実証実験

実施体制

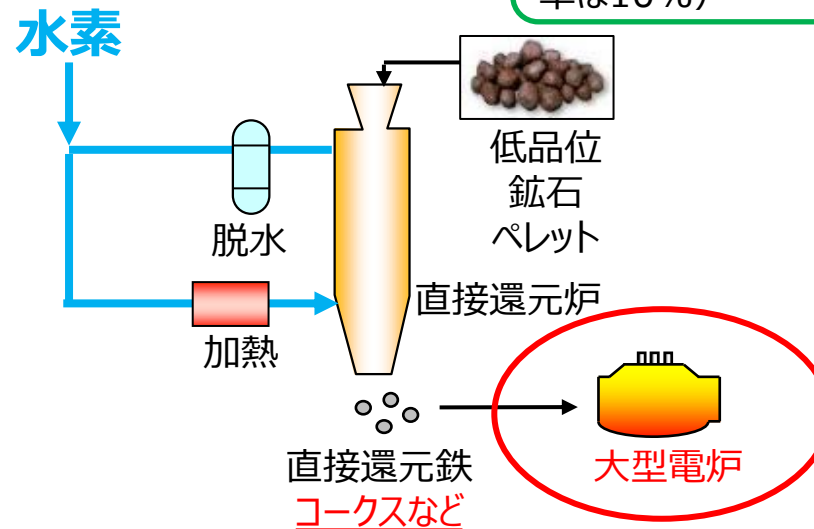
※太字: 幹事企業

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368億円

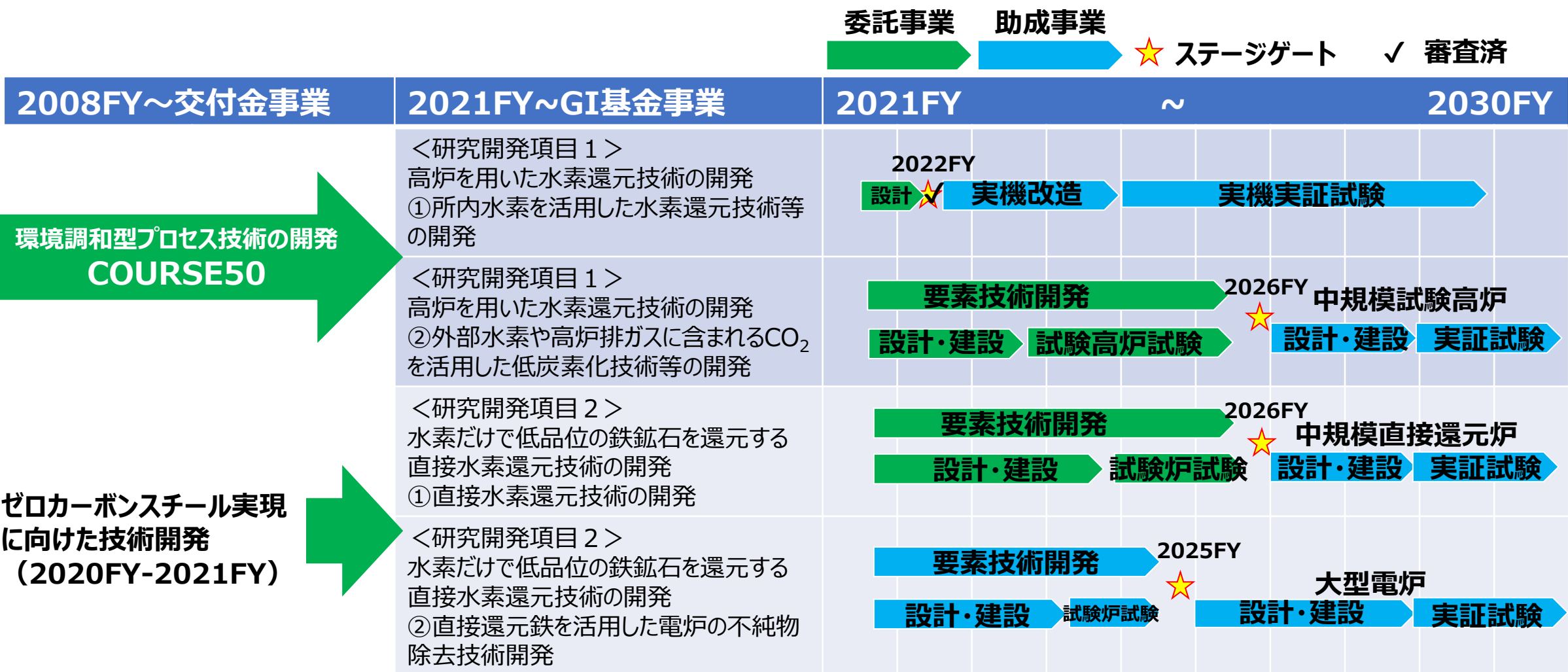
□ 支援規模（①＋②）＊：約236億円

＊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：①2/3補助 → ②1/2 補助（インセンティブ率は10%）

3. プロジェクトの見通し

- 研究開発項目1-①は、2008年に開始した水素還元技術の開発の成果を、実機高炉につなげる実証試験を行うものであり、**2022年度のステージゲート後、実証フェーズに移行済**。
- その他の研究開発項目は、2025～2026年度のステージゲートに向けて要素技術の開発を進めている。



4. プロジェクト全体の進捗

- 本年7月開催のNEDO技術・社会実装推進委員会において、**プロジェクト全体が概ね計画通り進捗（一部前倒し）していることを確認。**
- **需要家と連携した標準化検討**が必要との意見あり。

「技術面」

<実施企業等の主な取組状況>

<技術・社会実装推進委員会による主な助言等>

「研究開発の進捗度」等について

- 世界で初めて試験高炉での試験でCO₂排出削減量22%を達成。中規模実証炉の諸元明確化など当初計画を前倒して進行。
研究開発項目1-②
- 社会実装時期の前倒しに向けて各社、実施計画を策定中。



- 高炉数学モデルの妥当性が確認されたので、今後のさらなる活用に期待したい。
- スピード感を持って計画を進めている点を高く評価する。世界的な動向を注視しながら、今後もスピード感ある技術開発、体制整備をお願いしたい。

「研究開発の見通し」等について

- マイルストーン達成に向け、各研究開発項目ともに計画通り技術課題の解決を推進中。



- 研究開発項目の連携を深めることにより、カーボンニュートラルを達成しつつ高級鋼製品の価格競争力を高めることができる可能性があり、是非、研究開発の早期展開を期待したい。

「事業面」

<実施企業等の主な取組状況>

<技術・社会実装推進委員会による主な助言等>

「市場機会の認識」、「社会実装に向けた取組状況」等について

- グリーンスチールの標準化など社内実行体制を整備し、マスバランス法の有効性、必要性世界共通ルール化など経済産業省と連携しながら、G7や世界鉄鋼連盟等における検討を促進。



- 高付加価値品およびグリーンスチールの標準化戦略を組み合わせることにより持続可能な成長につながるため、需要家と連携した標準化検討も視野に取組みを進めてもらいたい。

「ビジネスモデル」等について

- コンビナート連携を含めたCCUS、カーボンフリー水素・電力の調達、インフラ整備に関する検討を開始。



- 更なる事業者アクションに期待。

5. 実施企業等の取組状況とそれに対するNEDO委員会での委員コメント

<技術面> 研究開発項目1：高炉を用いた水素還元技術の開発

<u>①所内水素を活用した水素還元技術の開発</u> ・日本製鉄株式会社（幹事） ・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	<u>取組状況</u> ・ SG通過を経て、日本製鉄(株)東日本製鉄所君津地区の第2高炉を用いて製鉄所内発生COGをベースとした水素系ガス吹込み技術の実証試験を2026年1月から開始予定。現在、実証試験に向けた設備の設計・製作を計画通り推進。 <u>委員からの助言等</u> ・ 製鉄所内で発生する水素系ガス吹込み技術の実証試験（2026年1月開始予定）に向け、製鉄所内の追加対策を講じた点は重要な点であり評価でき、計画通り推進している。 ・ 研究開発結果は1-②の開発効率化に繋がる重要なコアデータとなると考えることから、さらに常に1-②との連携を意識した技術開発をお願いしたい。 ・ 全体プロセス評価が重要であり、その精度を如何に担保するかがポイントだと認識。
<u>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</u> ・日本製鉄株式会社（幹事） ・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	<u>取組状況</u> ・ 小型試験高炉において800℃水素吹込みによりCO₂排出量を約20%削減するための操業諸元設計を実施し、小型試験高炉において800℃水素の吹込みによるCO₂排出量削減率を評価。高炉数学モデルによる事前予測結果と同等の22%のCO₂排出量削減率を確認。小型試験高炉を用いた試験において世界で初めてCO₂削減量22%を実現。 ・ 高温水素吹込み条件においても妥当性が確認された高炉数学モデルを用いて中規模試験高炉におけるCO₂排出量削減率40%の達成が可能な操業諸元を前倒し設計し、水素製造設備能力を前倒し明確化。 ・ カーボンリサイクル高炉条件の解析が可能な高炉数値モデルを構築し、シャフト部からの予熱ガス吹込みによる炉内伝熱挙動の解析に着手。150m³規模のCR小型試験高炉の建設計画を推進。 <u>委員からの助言等</u> ・ 小型試験高炉において22%のCO₂排出量削減率を確認した意義は大きい。高炉数学モデルの妥当性が確認されたので、今後のさらなる活用に期待したい。水素製造設備仕様の早期明確化や常温水素活用実機実証試験を前倒し、スピード感を持って計画を進めている点を高く評価。競合他社の動きも加速している中、是非、競争力に配慮して開発を進めて頂きたい。 ・ CO₂削減効果を高めるためには水素の加熱が必要で、安全面の対策を着実に実施していただきたい。 ・ 小規模カーボンリサイクル試験高炉の建設(150m³規模)を進めるとともに、操業安定化、実験精度向上に向けた検討も行われ、社会実装を目指した積極的な取り組みに期待が持てる。

<技術面> 研究開発項目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

<u>①直接水素還元技術の開発</u> ・日本製鉄株式会社（幹事） ・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	<u>取組状況</u> ・ 小型試験シャフト炉（1t/h）の概念設計（具備すべき装置機能や本体および付帯設備の仕様）完了し、付帯設備の基本設計に着手。 ・ 連続ベンチ実験炉（15kg/h）の基本設計完了。還元炉とメタネーションの相互特性把握として、炉頂ガス基礎実験を実施し、メタンガスへの転化率評価。 <u>委員からの助言等</u> ・ シャフト炉ベンチ試験機と数学モデルにより条件設定やスケールアップ計算など、前倒しで進められており、期待が持てる。 ・ 天然ガス直接還元炉の操業実績を持つヨーロッパ等の競合他社に対して、低品位鉄鉱石に着目した日本独自の優位性を発揮できるよう、知財戦略を含めた総合的な取り組みをしていただきたい。 ・ 低品位原料等を利用できる技術開発を進めることにより、経済優位性を確保していく戦略は重要と認識している。是非、早期の実用化を目指して活動を推進頂きたい。
<u>②直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発</u> ・日本製鉄株式会社（幹事） ・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	<u>取組状況</u> ・ 日本製鉄導入予定の熱・流動、耐火物冷却、脱りんおよび低窒素化の評価・検討を目的とした10t規模小型試験電気炉および付帯設備（建屋、原料・用役・発生物処理関係設備）の仕様を策定し、発注済。 ・ JFEスチール導入予定の還元鉄予熱・炉内熱付与技術開発を目的とした10t規模小型試験電気炉の付帯設備（冷却塔、集塵機など）を発注済。 ・ 神戸製鋼所20t電気炉を用いて通常スクラップと還元鉄の着熱効率の比較を行った結果、還元鉄60%配合では、放熱ロスによる電力原単位悪化が5～20%となる事を確認。還元鉄の上部連投設備を完工し、操業問題なく、電力原単位は改善方向であることを確認。 <u>委員からの助言等</u> ・ 小型試験電気炉はすでに発注済であり、計画通りに進捗している。各大学との研究契約によって、基礎研究も並行して進められており、有機的な研究開発が期待できる。一方、海外の競合他社は豊富な電炉操業実績を有しているため、早期のキャッチアップが不可欠である。特に高級鋼の製造に対応することが重要で、産学間連携により英知を結集して取り組みを進めて欲しい。 ・ 2-①の成果に2-②の研究開発成果を加えることで、低品位原料（鉄鉱石）から高級鋼製品を製造することも可能となるものと期待される。このことにより、カーボンニュートラルを達成しつつ高級鋼製品の価格競争力を高めることができる可能性があり、是非、研究開発の早期展開を期待したい。

<事業面> 全項目共通

<u>コンソーシアム全体</u>	<u>取組状況</u> ・ 各社、標準化に向けた社内実行体制を整備し、マスバランス法による世界共通ルール化など経済産業省と連携しながら、G7や世界鉄鋼連盟等における検討を促進。各社グリーンスチールの販売実績を増やしている。 <u>委員からの助言等</u> ・ グリーンスチール標準化に向けて社内体制を各社整備したことに對して、好意的に評価。 ・ 高付加価値品およびグリーンスチールの標準化戦略を組み合わせるにより持続可能な成長につながるため、需要家と連携した標準化検討も視野に取組みを進めていてもらいたい。
-------------------------	--

6. プロジェクトを取り巻く環境

- 欧州等は水素直接還元＋電気炉が技術開発の中心。中国は酸素高炉技術開発も一部企業で実施。
- 現在、グリーンスチールの国際的な定義がない状態でグリーンスチール各社を商品化し、販売。

<政策動向>

DRI：直接還元鉄 EAF：電気炉 OBF：酸素高炉

地域	CO2削減目標	政策	プロジェクト例
欧州	～2030年55%の排出削減 ～2050年カーボンニュートラル	・欧州グリーンディールを発表し、2050年カーボンニュートラル実現に向けて今後10年間で約120兆円を投じる投資計画を公表。 ・カーボンニュートラル含めた事業環境の変化に対応できるよう、産業競争力の強化を支援するためのアクションコンセプトをドイツ政府が作成。	HYBRIT SALCOS H2 Hamburg tkH2 <H ₂ DRI+EAF>
米国	～2030年に50～52%の排出削減 ～2050年カーボンニュートラル	・2021年10月、グリーンエネルギー・気候変動分野への投資を含む「Build Back Better Framework」を発表。	<H ₂ DRI+EAF>
中国	～2030年排出量のピークアウト ～2060年カーボンニュートラル	・2021年10月、カーボンニュートラル実現に向けた具体策を明記した「1+N」文書を発表。 ・2022年3月、水素エネルギー産業発展中長期計画を発表し、水素を還元剤として使用する製鉄技術の実証を目指す。	国家グリーン発展基金 <H ₂ DRI+EAF> <EAF> <OBF>
韓国	～2030年40%の排出削減 ～2050年カーボンニュートラル	・2020年12月、「カーボンニュートラル推進戦略」を発表。 ・2050年までに水素還元製鉄の商用化。	HyREX <H ₂ DRI(流動層)+EAF>

<グリーンスチール例>

企業	ブランド名	方式	取組
アルセロール・ミタル	Xcarb	マスバランス法	欧州で展開する高炉での水素活用等の脱炭素化の取組に応じた証明書により、従来品に比べてCO ₂ 排出を削除。
ティッセン・クルップ	BlueMint	マスバランス法	既存高炉設備の原料炭の一部代替としてHBIや鉄スクラップを投入し、CO ₂ 削減効果を特定製品に付加。
ポスコ	グリニット	マスバランス法	特定の鋼材にCO ₂ 削減効果を割り当てることで低CO ₂ 高炉鋼材を実現。
神戸製鋼所	Kobenale steel	マスバランス法	特定の鋼材にCO ₂ 削減効果を割り当てることで低CO ₂ 高炉鋼材を実現。
日本製鉄	NSCarbolex®	マスバランス法	特定の鋼材にCO ₂ 削減効果を割り当てることで低CO ₂ 高炉鋼材を実現。
JFEスチール	JGreeX™	マスバランス法	特定の鋼材にCO ₂ 削減効果を割り当てることで低CO ₂ 高炉鋼材を実現。
SSAB	HYBRIT	従来ベンチマーク	再エネ由来の水素を用いて直接還元するプラントにおいて製造するグリーン鋼材をボルボ等に供給開始。
NUCOR	ECONIQ	従来ベンチマーク	再エネ100%調達した電炉および排出権も購入し、排出量ゼロの鋼材を生産し、GM等に出荷。

7. NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

技術動向等の情報提供

- 製鉄分野はCO₂排出量が多く、海外の主要な鉄鋼メーカーもカーボンニュートラルに向けた技術開発を進めているため、開発スケジュールなど臨機応変に対応できるよう、**高炉を用いた水素還元製鉄および直接水素還元技術に関する海外の開発・市場動向を収集し、実施企業に情報提供。**



- 海外の開発動向を受け、社会実装時期の前倒しに向けたGI基金事業の加速に伴う施策に関して、実施企業と定期的に打合せを実施。前倒しに伴う水素供給基盤整備などのインフラ確立に向けて実施企業へインフラ事業者との連携を示唆。

社会受容性向上

- 需要家も含めたサプライチェーン全体でグリーンスチールの環境価値が適切に評価される社会受容性を図る観点から、**日本の鉄鋼メーカーによるカーボンニュートラルに向けた取組を幅広く発信**するため、日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所と金属系材料研究開発センターの4社による「水素製鉄コンソーシアムGREINS*」により、当該プロジェクトのホームページを開設。開設されたホームページにプロジェクトのニュースリリースも掲載。



* Green innovation in Steelmaking : グリーンイノベーション基金事業水素製鉄プロジェクトの略称を制定
ホームページアドレス : <https://www.greins.jp/>

プロジェクト間での連携（今後）

- 事業化に向けては、安価かつ大量の水素供給基盤やCO₂利活用のインフラ確立が必要不可欠であるため、大規模水素サプライチェーン、CO₂分離回収技術、CR燃料製造技術などの関連する取組動向を踏まえ、必要に応じ最新情報を実施企業に提供していく。
 - 国内初のCCS事業化の取組みとして、JOGMECの先進的CCS事業の実施に係る調査が開始。
CCUS研究開発・実証関連事業の検討状況や成果について、製鉄分野への積極的な活用、連携を強化。

(参考 1) プロジェクトの事業規模

プロジェクト全体の関連投資額※

17,493億円

※ プロジェクト実施企業等が、事業終了後の期間を含めて見積もった社会実装に向けた取組（グリーンイノベーション基金事業による支援を含む）にかかる関連投資額

グリーンイノベーション基金事業の支援規模

	事業規模	支援規模
研究開発項目1-① 所内水素を活用した水素還元技術の開発	約353億円	約140億円
研究開発項目1-② 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	約2,918億円	約1,214億円
研究開発項目2-① 直接水素還元技術の開発	約724億円	約345億円
研究開発項目2-② 直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発	約368億円	約236億円

(参考 2 - 1) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 1 : 高炉を用いた水素還元技術の開発

テーマ名・事業者名

①所内水素を活用した水素還元技術の開発

- ・日本製鉄株式会社（幹事）
- ・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

アウトプット目標：製鉄プロセスからCCUSと合わせてCO₂排出を30%以上削減する技術の実装

実施内容：

①COG吹込み

②COG + H₂吹込み

③微粉炭・還元ガスの燃焼挙動検討

④全体プロセス評価・検討

マイルストーン：

・COG吹込み設備の詳細設計の完了(2023FY)

・COGコンプレッサーなどの基礎工事着手(2023FY)

・微粉炭および還元ガス吹込み時の実高炉のレースウェイ内反応挙動明確化（2025FY）

・シミュレータによるCOURSE50における物質・エネルギー収支の試算結果を提示（2023FY）

テーマ名・事業者名

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

- ・日本製鉄株式会社（幹事）
- ・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

アウトプット目標：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

実施内容：

①S-COURSE50操業技術開発

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
（羽口内燃焼適正化、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、高炉還元鉄利用、転炉熱付与技術）

④全体プロセス評価・検討

マイルストーン：

・S-COURSE50小型試験高炉規模で高炉からのCO₂排出削減量約40%達成の実機適合化技術の見通しの獲得(2025FY)

・S-COURSE50中規模試験高炉への反映に必要な総合技術および設備技術の開発(2025FY)

・カーボンリサイクル高炉の適正総合条件決定（2026FY）

・S-COURSE50、CR高炉に適用可能な安定燃焼条件提案（2026FY）

・混合溶媒系吸収液の開発および実機イメージの提示（2025FY）

・高炉で使用可能なバイオマスの条件明確化、廃棄物系炭化物によるGHG削減効果算定(2024FY)

・実証試験設備仕様明確化（2024FY）

・還元鉄使用によるCO₂削減最大化条件明確化（2026FY）

・Cフリー燃料を使用したバーナー実証（2026FY）

・高炉関係技術の物質・エネルギー収支を評価し、高炉単独、製鉄プロセス全体でのCO₂排出削減量を算定(2026FY)

(参考 2 - 2) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目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

テーマ名・事業者名

①直接水素還元技術の開発

- ・日本製鉄株式会社（幹事）
- ・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

アウトプット目標：CO₂排出を50%以上削減する水素直接還元技術の確立

実施内容：

①低品位原料を利用した水素直接還元技術の基礎検証・低品位原料の利用技術・還元ガスの水素化技術
水素還元／カーボンリサイクル

②プロセス検証
小規模プラント試験（1t/h）

③スケールアップ検証
中型実証炉試験（25t/h）

④全体プロセス評価・検討

マイルストーン：

- ・各種粉砕機器による投入エネルギーと粉砕達成粒度の関係性の解明および構成鉱物の単体分離度80%を達成する粉砕手法の確立（2023FY）
- ・還元粉化指数、クラスタリング指数が1割削減可能な条件の確立（2023FY）
- ・還元炉の操業変動とメタネーション反応について広範囲に特性を把握（2023FY）

- ・試験シャフト炉の仕様決定（目標進捗率90%以上）（2023FY）
- ・小型試験シャフト炉の設計・製作（2024FY）

- ・中規模直接還元炉の概念設計およびメーカー選定（2024FY）

- ・プロセス総合評価手法確立（高炉における水素還元の物質・エネルギー収支モデルと比較、比較可能な指標や方法を確立（2023FY）

テーマ名・事業者名

②直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発

- ・日本製鉄株式会社（幹事）
- ・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

アウトプット目標：低品位の鉄鉱石の水素還元鉄を活用した電気炉プロセスにおいて、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するため、大型電気炉一貫プロセス（処理量約300トン規模）において、不純物の濃度を高炉法並み（リン150ppm以下、窒素40ppm以下）に制御する技術を実証。

実施内容：

①小型電気炉・炉外精練試験
高効率脱りん脱窒素要素技術開発

②実機実証試験
300t以上の電気炉、炉外処理炉による実証試験

③全体プロセス評価
想定プロセスフローの比較評価、水素直接還元とも連携し総合評価

マイルストーン：

- ・小型試験電気炉(10t)詳細設計（2023FY）
- ・小型商用電気炉(20t)上部連続投入溶解速度評価(2023FY)
- ・炉外製錬炉(3t)詳細設計（2023FY）

- ・最適負荷分担を決定するための大型電気炉、大型炉外製錬炉を用いた実証試験（2030FY）

- ・脱りん挙動、スラグ生成挙動の推定(2023FY)