



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

2022年度 WG報告資料

2022年9月12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
- 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

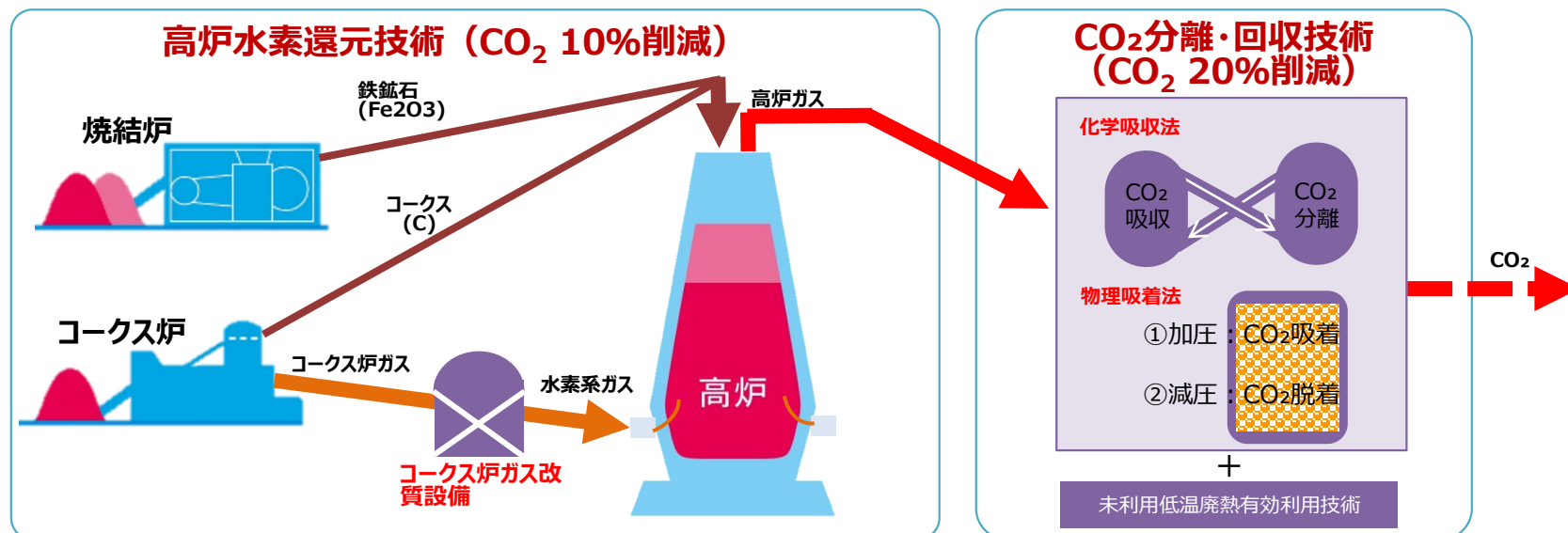
事業規模等

□ 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

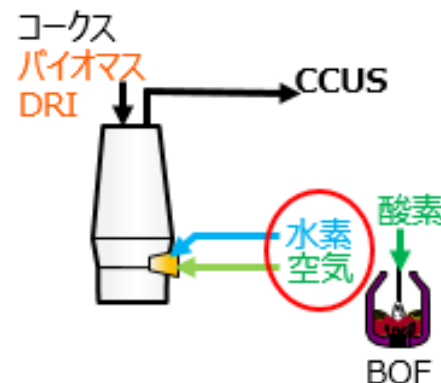
- 事業規模（①+②）：約2918億円
- 支援規模（①+②）*：約1214億円

*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

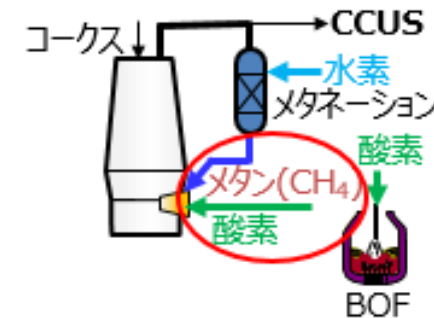


技術①（水素直接吹き込み）



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

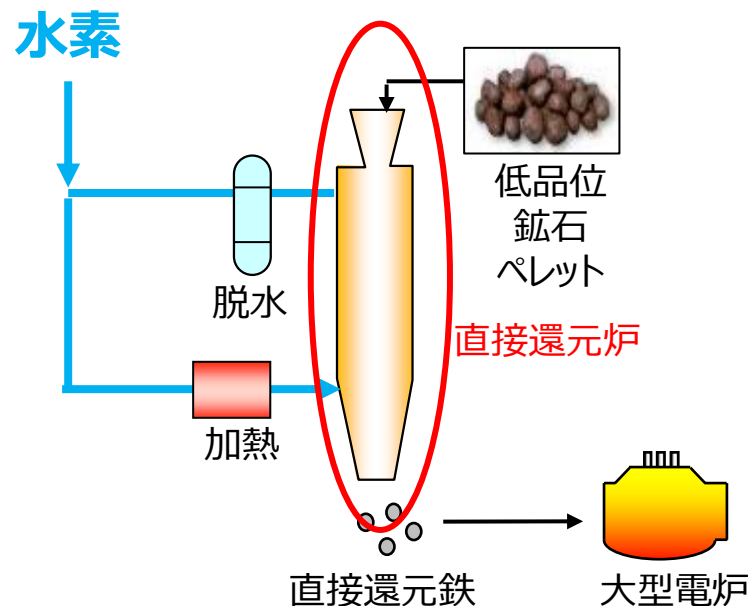
2021年度～2030年度（10年間）

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

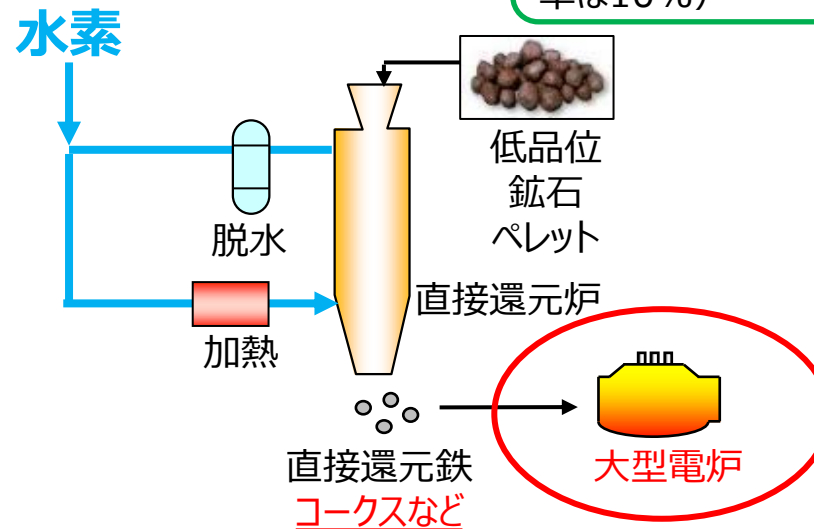
※太字: 幹事企業

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

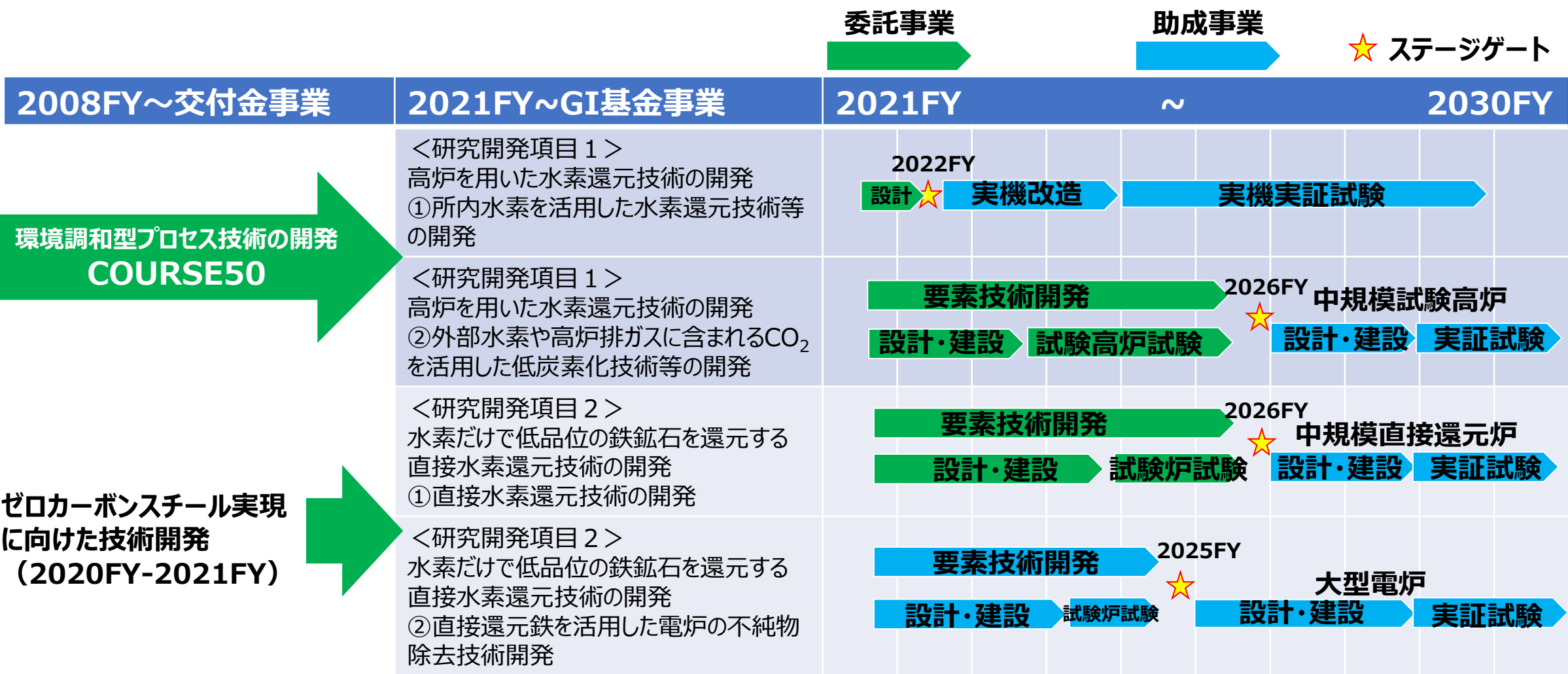
□ 支援規模（①＋②）＊：約236億円

＊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には、技術開発から実証フェーズに移行。**
- 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8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していることを確認。**

「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

- ステージゲート目標どおり、実証試験の対象高炉を選定し、操業諸元の設計が完了。（研究開発項目1-①）



- ステージゲート審査を行い、所定の成果を上げていることを確認。目標達成度は100%※と評価し、**次の実証事業への『継続』を認める。**
※インセンティブ措置も同様の取扱い

「研究開発の見通し」等について

- 一部、機器メーカーとのライセンス契約の関係で若干遅れているが、マイルストーン達成に向け、計画通りに技術課題の解決を推進中。



- CCUS技術の導入に関しては、**他プロジェクトとの連携**を深めてほしい。
- 水素を高温加熱して供給する計画であるが、加熱の際に生じるCO₂排出量も勘案して削減効果を評価する必要がある。

「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

- 各国企業の一部がグリーンスチールを販売し始めている状況などを踏まえ、事業戦略としてコンソーシアム内でマスバランス方式の導入に向けた検討を実施。



- マスバランス方式は、国際的にも議論が進められている段階にあるため、他の考え方との比較を丁寧に実施する必要がある。**入念な情報収集とコンソーシアムの企業間での議論を深めていくことが必要。**

「ビジネスモデル」等について

- グリーンスチールによる新規市場の創成に向けて、コンソーシアムでの協働領域と各社の競争領域を踏まえた標準化戦略の検討に着手。



- 技術戦略と事業戦略を一体的に取り組むことが必要。国内外の技術開発状況や事業環境の変化に対応できるよう、**複数の事業化シナリオの検討を進めるべき。**

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

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	<u>取組状況</u> ・ 実証試験を行う対象高炉を日本製鉄東日本製鉄所・君津地区第二高炉に決定。 ・ 当該高炉において、COG吹込み操業で約5%のCO₂排出量削減、COG+H₂吹込み操業で約10%のCO₂排出量削減を達成するための諸元を高炉数学モデルにより設計し、必要な設備仕様を明確化した。 ・ 製鉄所全体のエネルギー需給バランス／CO₂排出量を評価可能なモデルを作成。 →技術・社会実装推進委員会でステージゲート審査を行い、委員会として『継続』の判断。 <u>委員からの助言等</u> ・ 実証試験を行う対象高炉を選定し、試験高炉と数学モデルで得られた結果をもとに操業諸元を明確化しており、順調に進捗。 ・ アウトプット目標に掲げたCO₂削減30%の達成には、COG+H₂吹込みで得られるCO₂削減効果に加え、他のGI基金事業で開発されるCCUS技術の導入が必要である。そのため、どのCCUS技術を製鉄所に導入するのか、他プロジェクトとの連携を深め、全体プロセス評価の中で具体的に検討してほしい。
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	<u>取組状況</u> ・ 高炉数学モデルにより操業諸元を設計し、試験高炉で高温水素を吹込む試験を実施。 ・ カーボンリサイクル（CR）高炉のプロセス原理確認試験用のCR小型試験高炉の設置場所をJFEスチール東日本製鉄所・千葉地区に決定。 <u>委員からの助言等</u> ・ 還元剤の水素系ガス代替、高炉ガスのカーボンリサイクルにより大幅にCO₂削減を図ろうとする非常にチャレンジングな目標およびKPI設定である。 ・ 水素を加熱して供給する等、大量のエネルギー消費が想定されることから、投入されるエネルギーそのものも脱炭素型のものに転換していくことが重要であるとする。また、CO₂排出削減量の評価には、こうした外部から供給されるエネルギーが排出するCO₂にも目配りが必要であるとする。

<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

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	<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）については、機器メーカーとのライセンス契約の関係で約6か月遅れたが、基本設計に着手。 ・ 連続ベンチ実験炉（15kg/h）の基本設計として、還元炉とメタネーション設備のプロセス構成の基本検討をラボ実験とシャフト炉数学モデルにより実施。 <u>委員からの助言等</u> ・ 低品位の鉄鉱石還元をし、利用する意義については世界的にみても非常に意義が大きいと思われるため、技術開発を加速していくことが重要と考えられる。 ・ シャフト炉に関して、100%水素還元炉（日本製鉄）とカーボンリサイクル炉（JFEスチール）の2種類の技術を並行して開発していく体制であるが、必要に応じて両社で連携して課題解決を図るといった動きも模索してほしい。 ・ システム全体で見た場合、原料や供給水素の加熱の際、発生するCO₂排出量も加味して脱炭素効果を評価する必要があると考える。製鉄所全体でのCO₂、H₂バランス評価はしっかり取り組んでほしい。
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	<u>取組状況</u> ・ 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の設置場所を日本製鉄波崎研究開発センターに決定。 ・ 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設定場所をJFEスチール東日本製鉄所千葉地区、3t規模の炉外精錬炉を同社西日本製鉄所福山地区に決定。 ・ 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、還元鉄を40%配合することで、電力原単位が約15%悪化することを確認。 <u>委員からの助言等</u> ・ 日本製鉄で小型試験電炉（10t）の建設を決定し、機能や本体・付帯設備の仕様検討を実施したことは評価できる。小型試験電炉は様々な条件を検討できるように考えられているが、まだ課題解決の道筋は明確になっていないとのことであった。今後は是非、様々な試験検討を実施し、解決策を見出してほしい。 ・ 鉱石⇒シャフト炉⇒電気炉⇒炉外精錬のプロセスフローにおける想定リンレベルを各種鉱石に対して策定しておくことで、より効率的な技術開発が進められるのではないかとと思われる。

<事業面> 全項目共通

コンソーシアム全体	<u>取組状況</u> ・ 各国企業の一部がグリーンスチールを販売し始めている状況などを踏まえ、事業戦略としてコンソーシアム内でマスバランス方式の導入に向けた検討を実施。 ・ グリーンスチールによる新規市場の創成に向けて、コンソーシアムでの協働領域と各社の競争領域を踏まえた標準化戦略の検討に着手。 <u>委員からの助言等</u> ・ カーボンニュートラルの市場を捉えるために、技術戦略と事業戦略を一体的に取り組むことが必要。事業環境、技術開発状況の変化に対応できるよう複数のシナリオを想定するなど、コンソーシアムおよび各社での検討を進めるべきと考える。 ・ マスバランス方式の考え方については、国際的にも議論が進められている段階にあるため、マスバランス法を導入する理由、他の考え方との比較は丁寧に実施する必要があると考える。入念な情報収集とコンソーシアム参加事業者間での議論を深めていくことをお願いしたい。
------------------	--

6. プロジェクトを取り巻く環境

- 製鉄分野はCO₂排出量が多く、国際的な開発競争が進む中、**欧州等は水素直接還元鉄、電気炉の計画で動いている。**
- 現在、**グリーンスチールの国際的な定義はない**が、一部企業はグリーンスチールを商品化し、販売し始めている。

<政策動向>

DRI：直接還元鉄 EAF：電気炉

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 <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>
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。	HyREX <H ₂ DRI(流動層)+EAF>

<グリーンスチールの製品例>

企業	ブランド名	取組
アルセロール・ミタル	Xcarb	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	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。
SSAB	-	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	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。
神戸製鋼所	Kobenable steel	マスバランス方式により特定の鋼材に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。

7. NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

- プロジェクトの立ち上げ後、関連する取組を始めたところであり、今後、実施企業や国等と連携して必要な取組を進めていく。

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。**

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、本年6月15日に実施4社（日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所、金属系材料研究開発センター）による当該GI基金事業の記者会見をNEDOで開催。



本年6月15日記者会見の場面

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、今後、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GI基金におけ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。

(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※

16,898億円

※ 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：

- ・実証試験を行う対象高炉を選定(2022FY)
- ・CO₂削減量約5%を達成するための諸元設計、設備仕様明確化(2022FY)

- ・実証試験を行う対象高炉を選定(2022FY)
- ・CO₂削減量約10%を達成するための諸元設計、設備仕様明確化(2022FY)

・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）

- ・モデル製鉄の各プロセス条件の調査（2022FY）
- ・シミュレータ構築に必要な情報構築（2022FY）

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）
- ・高炉での使用可能条件の明確化、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：

- ・低品位鉱の特性把握、ゲーサイト単体分離80%を達成可能な粉碎粒度データの抽出（2022FY）
- ・固体・気体双方からの熱供給による水素ガス吹込み量の20%削減（2022FY）
- ・還元炉での還元粉化やクラスタリング発生メカニズムの基礎把握（2022FY）

- ・試験シャフト炉の本体・付帯設備のメーカー選定（目標進捗率90%以上）（2022FY）
- ・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）

- ・水素直接還元および電気炉における還元鉄への加炭技術および課題整理（2022FY）
- ・プロセス総合評価手法の確立（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)仕様確定（2022FY）
- ・小型商用電気炉(20t)バッチ投入、溶解速度評価(2022FY)
- ・炉外製錬炉(3t)仕様確定（2022FY）

- ・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）

加炭に関する技術整理と得失提示(2022FY)