

グリーンイノベーション基金事業／ 製造分野における熱プロセスの脱炭素化プロジェクト

2024年度 エネルギー構造転換分野WG報告資料

2024年10月2日

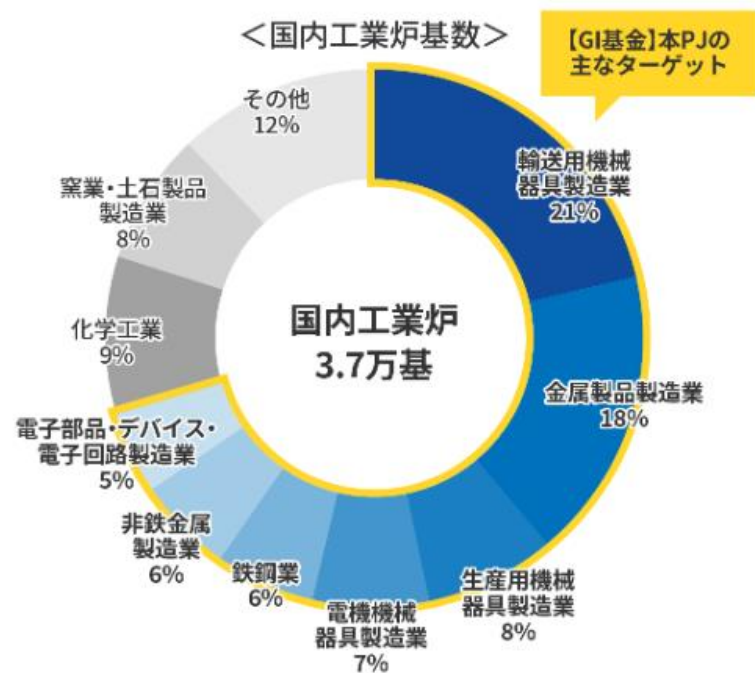
サーキュラーエコノミー部

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．プロジェクトの実施スケジュール
 - 4．プロジェクト全体の進捗
 - 5．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見
 - 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

1-1. プロジェクト概要

- 金属を取り扱う熱プロセスの脱炭素化を目的として、CO₂を排出しない**アンモニアや水素を燃料とした工業炉**の技術開発、**電気炉の受電設備容量などの低減・高効率化**に関する技術開発のほか、シミュレーション技術やデジタルツイン技術を含むそれらの工業炉に関する共通基盤技術の開発に取り組む。

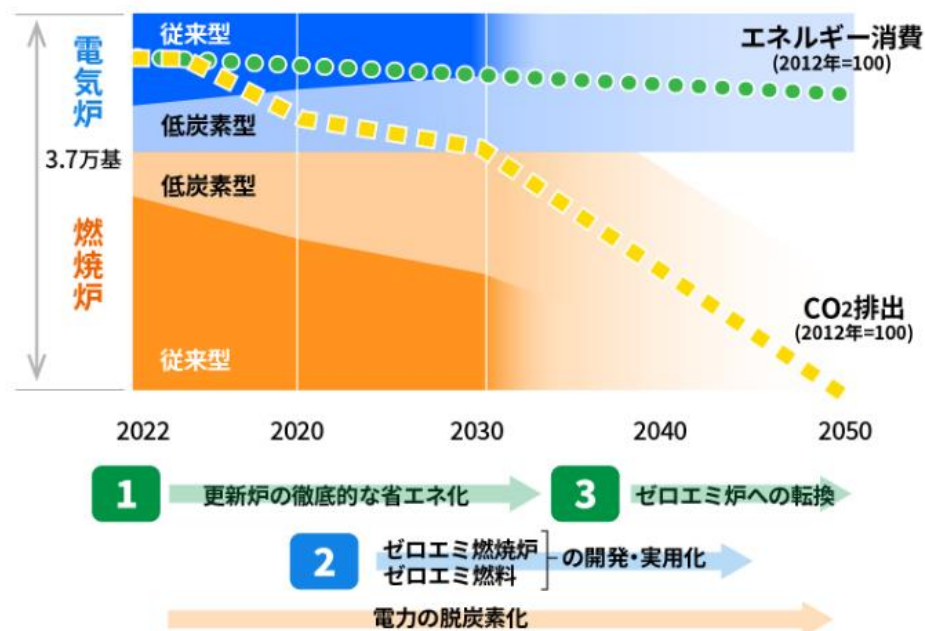


(出典)平成26年度エネルギー使用合理化促進基盤整備事業(工業炉等における省エネルギー技術に関する実態調査)報告書

引用元：経済産業省第13回産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループ資料3
『『製造分野における熱プロセスの脱炭素化』プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性』p4を参考に作成

国内工業炉は3.7万基。
工業炉からのCO₂排出量は1.5億トン(2019年度)。

カーボンニュートラルに向けた工業炉の方向性(イメージ)



引用元：経済産業省第13回産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループ資料3
『『製造分野における熱プロセスの脱炭素化』プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性』p11を参考に作成

燃焼時にCO₂を排出しないアンモニアや水素等を工業炉に適用していくためには、金属製品の品質を落とすことなく、安定的に燃焼させる技術の確立が必要。
電気炉は、金属製品を急速・コンパクトに加熱でき、利用中のCO₂が発生しない。
燃焼炉と電気炉の両者を技術的選択肢として確立し、目的や用途にあわせてバランスよく普及拡大させていくことが重要。

1-2. プロジェクト概要



引用元：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）グリーンイノベーション基金特設サイト,プロジェクト情報【製造分野における熱プロセスの脱炭素化】関連資料「経済産業省資料（プロジェクト資料）」

金属加工の大半の工程において、工業炉を用いた加熱プロセスが必要。

1-3. プロジェクト概要

- 2025年度まで研究開発項目 1 の共通基盤技術開発に注力(委託事業)。
- 2026年度以後の項目 2、3、4 にて、各種燃焼炉・電気炉の中規模/実機実証(助成事業)を実施するが、**各炉の小型モデル炉での検討を研究開発項目 1 にて実施**することで、早期のスケールアップおよび社会実装を目指す。

研究開発項目	目標
1 カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発	2026年度までに、次の 2.から 4.の研究開発目標の達成に必要な共通基盤技術を確立し、2031年度までの各研究開発目標の達成時に当該共通基盤技術が用いられることを目標とする。
2 金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術確立	①2031年度までに、天然ガス等の既存燃料とアンモニアとの50%混焼工業炉を確立する。 ②2031年度までに、既存の工業炉との比較において、金属製品の品質、NOx排出量、燃焼安定性・制御精度、長期運転安定性等が同一水準以上となるアンモニア 100%専焼技術について、TRL6以上相当*を実現する。 *IEAのTRL6 以上相当：システムモデルあるいはプロトタイプの相当環境での実証を実施。
3 金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術確立	①2031年度までに、天然ガス等の既存燃料と水素との 50%混焼工業炉を確立する。 ②2031年度までに、既存の工業炉との比較において、金属製品の品質、NOx排出量、燃焼安定性・制御精度、長期運転安定性等が同一水準以上となる水素 100%専焼技術について、TRL6以上相当を実現する。 *IEAのTRL6 以上相当：システムモデルあるいはプロトタイプの相当環境での実証を実施。
4 電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立	①2031年度までに、アンモニア・水素燃焼技術と電気加熱を組み合わせたハイブリッド運転技術や、汎用的な熱プロセスシミュレーション・デジタルツイン技術等の確立を通じて、既存電気炉に置き換えた場合より、ピーク電力消費量及び受電設備容量を30%以上削減する技術を確立する。 ②2028年度までに、電気炉の高出力ヒーター等の確立を通じて、既存の電気炉に比べて、15%以上の省エネルギー技術を確立する。

1-4. プロジェクト概要

研究開発項目 1

カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発

<u>研究開発内容A</u>
共通基盤技術の開発
<u>研究開発内容B</u>
アンモニア燃焼工業炉の技術確立
<u>研究開発内容C</u>
水素燃焼工業炉の技術確立
<u>研究開発内容D</u>
電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立
<u>研究開発内容E</u>
工業炉ユーザの脱炭素化に向けた実態調査研究

研究開発概要

- アンモニア、水素燃焼における、研究開発項目1のB,Cおよび2,3,4の目標達成に必要な基盤技術の開発
アンモニア/水素燃焼炉の**成立に不可欠な共通の要素技術開発**を実施。
- 研究開発項目 2 の目標達成に必要な**アンモニア燃焼工業炉の各種小型モデル炉における基盤技術検討**
・鉄鋼加熱炉 ・鉄鋼プロセス炉 ・鉄鋼鍛造炉 ・アルミ溶解炉 ・小型炉向けラジアントチューブバーナー
- 研究開発項目 3 の目標達成に必要な**水素燃焼工業炉の各種小型モデル炉における基盤技術検討**
・鉄鋼プロセス炉 ・溶解熱処理炉 ・アルミ溶解炉
- 研究開発項目 4 の目標達成に必要となる、**電気炉の各種小型モデル炉における基盤技術検討**
・誘導加熱、抵抗加熱のハイブリッド炉 ・トランスバース型誘導加熱式鉄鋼プロセス炉
・オール電化溶解炉 ・燃焼と電気のハイブリッド アルミ熱処理炉 ・誘導加熱式高温プロセス炉
- 中小工業炉ユーザの既設炉改造やリプレイスに対し、脱炭素の方策選定の支援・アンモニア需要規模の
明確化が必要
・工業炉**ユーザの実態調査** を経て
・中小企業向けの**脱炭素工業炉導入指針** ・アンモニア**供給網のシナリオづくり** を実施



アウトプット目標

2026年度までに、研究開発項目2.から 4.の研究開発目標の達成に必要な**共通基盤技術を確立**し、
2031年度までの各研究開発目標の達成時に当該共通基盤技術が用いられることを目標とする。

1-5. プロジェクト概要

研究開発概要

研究開発項目2

金属製品を取り扱うアンモニア燃烧工業炉の技術確立

アンモニア燃烧工業炉の各種中規模実証・実機実証炉の適用検討(2026年度より)

・鉄鋼加熱炉 ・鉄鋼プロセス炉 ・鉄鋼鍛造炉 ・アルミ溶解炉

・小型炉向けラジアントチューブバーナー

※小型モデル炉における基盤技術検討は1-Bにて実施(2025年度まで)

研究開発項目3

金属製品を取り扱う水素燃烧工業炉の技術確立

水素燃烧工業炉の各種中規模実証・実機実証炉の適用検討(2026年度より)

・鉄鋼プロセス炉 ・溶解熱処理炉 ・アルミ溶解炉

※小型モデル炉における基盤技術検討は1-Cにて実施(2025年度まで)



アウトプット目標

- ① **2031年度までに**、天然ガス等の既存燃料とアンモニア(項目2)水素(項目3)との**50%混焼工業炉を確立**する。
- ② **2031年度までに**、既存の工業炉との比較において、金属製品の品質、NOx排出量、燃烧安定性・制御精度、長期運転安定性等が同一水準以上となる**アンモニアおよび水素の100%専焼技術について、TRL6以上相当***を実現する。

*IEAのTRL6 以上相当：システムモデルあるいはプロトタイプの相当環境での実証を実施

研究開発概要

研究開発項目4

電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

電気炉の各種中規模実証・実機実証炉の適用検討(2026年度より)

・誘導加熱、抵抗加熱のハイブリッド炉 ・トランスバース型誘導加熱式鉄鋼プロセス炉

・オール電化溶解炉 ・燃烧と電気のハイブリッドアルミ熱処理炉 ・誘導加熱式高温プロセス炉

※小型モデル炉における基盤技術検討は1-Dにて実施(2025年度まで)



アウトプット目標

- ① **2031年度までに**、アンモニア・水素燃烧技術と電気加熱を組み合わせたハイブリッド運転技術や、汎用的な熱プロセスシミュレーション・デジタルツイン技術等の確立を通じて、既存電気炉に置き換えた場合より、**ピーク電力消費量及び受電設備容量を30%以上削減する技術を確立**する。
- ② **2028年度までに**、電気炉の高出力ヒーター等の確立を通じて、**既存の電気炉に比べて、15%以上の省エネルギー技術を確立**する。

2-1. プロジェクトの実施体制

脱炭素産業熱システム技術研究組合(DITS)を核とし、工業炉メーカー・ユーザー（19企業）および大学・国研(12 大学、1国研) が一体となったコンソーシアムを組成

脱炭素産業熱システム技術研究組合（DITS）

【研究開発項目1-A】
カーボンニュートラル対応
工業炉に関する
共通基盤技術の開発

DITS本部、ロザイ工業分室、
キャタラー分室、TYK分室、
エア・ウォーター分室、
北海道大学宇宙研分室、
北海道大学量子研分室、
東北大学流体研分室、
東北大学金研分室、
茨城大学分室、
東京大学機械研分室、
東京大学航空宇宙研分室、
名古屋工業大学分室、
京都大学分室、大阪大学分室、
広島大学分室、山口大学分室、
九州大学分室、名城大学分室、
岐阜大学分室、
産業技術総合研究所分室

【研究開発項目1-B、2】
金属製品を取り扱う
アンモニア燃焼工業炉の
技術開発

【工業炉開発】
中外炉工業分室、
三建産業分室、
ロザイ工業分室、
東京ガス分室、
キャタラー分室、TYK分室、
北海道大学量子研分室、
東北大学流体研分室、
東京大学機械研分室、
大阪大学分室、
広島大学分室

【ユーザー】
日本製鉄分室、
JFEスチール分室、
日本製鋼所M&E分室、
UACJ分室

【研究開発項目1-C、2】
金属製品を取り扱う
水素燃焼工業炉の
技術開発

【工業炉開発】
中外炉工業分室、
三建産業分室、
ロザイ工業分室、
キャタラー分室、TYK分室、
北海道大学量子研分室、
東北大学流体研分室、
東京大学機械研分室、
大阪大学分室、
広島大学分室

【ユーザー】
日本製鉄分室、
JFEスチール分室、
UACJ分室、東京製鋼分室、
リョービ分室

【研究開発項目1-D、4】
電気炉の受電設備容量の
低減・高効率化に関する
技術の開発

【工業炉開発】
DITS本部、
中外炉工業分室、
三建産業分室、
ロザイ工業分室、
IHI機械システム分室、
関東冶金工業分室、
富士電子工業分室、
富士電機分室、
東北大学流体研分室

【ユーザー】
JFEスチール分室、
TYK分室、
日産自動車分室

【研究開発項目1-E】
工業炉ユーザーの
脱炭素化に向けた
実態調査研究

DITS本部、
エア・ウォーター分室、
三井物産分室

2-2. プロジェクトの実施体制

共通基盤技術の開発では、大学等の研究機関および各コンポーネントのメーカーで協業して進める体制を構築。

研究開発項目 1 : カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 A. 共通基盤技術の開発

テーマ名	事業者名 (※) WG出席企業	実施内容	事業期間
その1 : アンモニア及び水素の燃焼挙動解明、低 NO _x 、低 N ₂ O、低未燃アンモニア排出技術の開発	広島大学(幹事)、東京大学航空宇宙研、東北大学流体研、山口大学、北海道大学宇宙研、茨城大学、大阪大学	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2031年度
その2 : アンモニア及び水素燃焼が被加熱物に及ぼす影響の解明と影響制御技術の開発	東北大学流体研(幹事)、北海道大学量子研、東北大学金研、茨城大学、名古屋工業大学、東京大学機械研、DITS本部(※)	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2031年度
その3 : 設計シミュレーション・準定常デジタルツイン技術の開発	九州大学(幹事)、京都大学、北海道大学宇宙研、大阪大学、名城大学	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2031年度
その4 : 非定常デジタルツイン技術の開発	大阪大学(幹事)	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2025年度
その5 : 炉の耐火物および排熱回収蓄熱材の開発	ロザイ工業(幹事) (※)、TYK	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2031年度
その6 : アンモニア改質装置の技術開発	キャタラー(幹事)、TYK、産業技術総合研究所、岐阜大学	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2031年度
その7 : アンモニア蒸発器の技術開発	エア・ウォーター(幹事)、産業技術総合研究所	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2025年度
その8 : アンモニア後処理システムの技術開発	キャタラー(幹事)、TYK、産業技術総合研究所	研究開発項目 1 研究開発内容A	2023年度～2031年度

2-3. プロジェクトの実施体制

アンモニアの適用を想定する各工業炉を対象に、工業炉メーカーを幹事として基盤技術開発(-2025年度)を実施、中規模・大規模実証(2026-2031年度)を計画

研究開発項目 1 : カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 B.アンモニア燃焼工業炉の技術確立

研究開発項目 2 : 金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術確立

テーマ名	事業者名 (※) WG出席企業	実施内容	事業期間
その 1 .アンモニアを燃料とする鉄鋼加熱炉・プロセス炉の開発	中外炉工業(幹事)(※)、日本製鉄、JFE スチール、大阪大学、東京大学機械研	・研究開発項目 1 研究開発内容B ・研究開発項目 2	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度
その 2 .アンモニアを燃料とする鉄鋼鍛造炉の開発	三建産業(幹事)(※)、日本製鋼所 M&E、TYK、北海道大学量子研、広島大	・研究開発項目 1 研究開発内容B ・研究開発項目 2	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度
その 3 .アンモニアを燃料とするアルミ溶解炉の開発	ロザイ工業(幹事)(※)、UACJ、東北大学流体研	・研究開発項目 1 研究開発内容B ・研究開発項目 2	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度
その 4 .アンモニアを燃料とする小型加熱炉向けラジアントチューブバーナの開発	東京ガス(幹事)、キャタラー	・研究開発項目 1 研究開発内容B ・研究開発項目 2	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度

2-4. プロジェクトの実施体制

水素の適用を想定する各工業炉を対象に、工業炉メーカーを幹事として基盤技術開発(-2025年度)を実施、中規模・大規模実証(2026-2031年度)を計画

研究開発項目 1 : カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 C.水素燃焼工業炉の技術確立

研究開発項目 3 : 金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術確立

テーマ名	事業者名 (※) WG出席企業	実施内容	事業期間
その1.水素を燃料とする鉄鋼プロセス炉の開発	中外炉工業(幹事)(※)、日本製鉄、JFE スチール、大阪大学、東京大学機械研	・研究開発項目 1 研究開発内容C ・研究開発項目 3	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度
その2.水素を燃料とする溶解・熱処理炉の開発	三建産業(幹事)(※)、TYK、北海道大学量子研、広島大学、東京製綱、リョービ	・研究開発項目 1 研究開発内容C ・研究開発項目 3	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度
その3.水素を燃料とするアルミ溶解炉の開発	ロザイ工業(幹事)(※)、UACJ、東北大学流体研	・研究開発項目 1 研究開発内容C ・研究開発項目 3	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度

2-5. プロジェクトの実施体制

電気の適用を想定する各工業炉を対象に、工業炉メーカーを幹事として基盤技術開発(-2025年度)を実施、中規模・大規模実証(2026-2028年度、燃焼を伴うものは-2031年度)を実施。

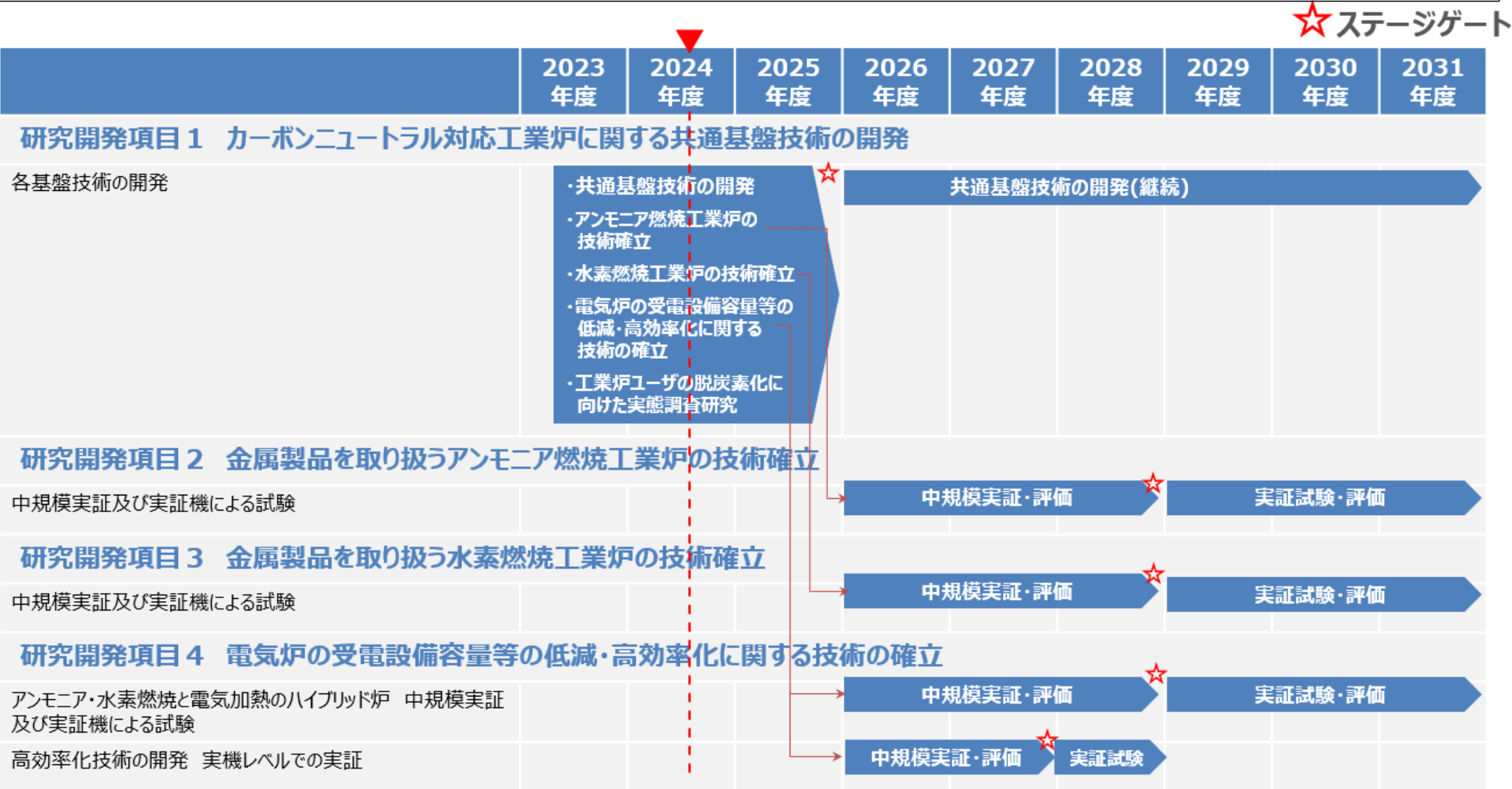
研究開発項目 1 : カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 D.電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

研究開発項目 4 : 電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

テーマ名	事業者名 (※) WG出席企業	実施内容	事業期間
その1.誘導加熱と抵抗加熱のハイブリッド炉の開発	関東冶金工業(幹事)、富士電子工業(幹事)、DITS本部(※)	・研究開発項目1 研究開発内容D ・研究開発項目4	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2028年度
その2.トランスバース型誘導加熱技術による鉄鋼プロセス炉の開発	中外炉工業(幹事)(※)、富士電機、JFE スチール	・研究開発項目1 研究開発内容D ・研究開発項目4	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2028年度
その3.オール電化溶解炉の開発	三建産業(幹事)(※)、日産自動車	・研究開発項目1 研究開発内容D ・研究開発項目4	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2028年度
その4.燃焼と電気のハイブリッドアルミ熱処理炉の開発	ロザイ工業(幹事) (※)、東北大学流体研、UACJ	・研究開発項目1 研究開発内容D ・研究開発項目4	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2031年度
その5.誘導加熱式高温プロセス炉の開発	IHI 機械システム(幹事)	・研究開発項目1 研究開発内容D ・研究開発項目4	・2023年度～2025年度 ・2026年度～2028年度

3. 実施スケジュール

2025年度末にステージゲート審査を実施予定。2026年度から実施する2、3、4の各テーマについては1の基盤技術開発の成果を確認し、実施要否を判断していく。



4. プロジェクト全体の進捗

2024年7月に技術・社会実装推進委員会(第1回)を実施。

技術面：2023年9月に開始した**プロジェクトは計画通り進捗**。今後は工業炉別の**ターゲットの絞り込みを考える必要**あり。

事業面：オープン・クローズ戦略、国際標準化の構想に着手。**海外戦略の検討や共通基盤技術の出口戦略の整理**が必要。

「技術面」

＜実施企業等の主な取組状況＞

＜NEDO委員会による主な意見＞

「研究開発の進捗度」等について

- 多岐に渡る検討を35分室で進めるにあたり、4つの分科会の編成などDITS主導で体制を構築。2023年度は主に装置導入や評価方法の検討を実施し、計画通り進行



- プロジェクト開始1年目であり、種々の準備を進めながら概ね計画通りに進めている。特に、基盤技術、アンモニア燃焼炉、水素燃焼炉、電気炉についてグループ分けして種々の開発をしている点は評価できる。

「研究開発の見通し」等について

- 燃焼の機構解明・要素技術開発と、各工業炉のラボスケール検討を並行して進めることで、燃焼を科学的に理解・共有しつつ、2025年度時点で中規模実証の実施可否を判断できる見込み



- 現状と技術達成レベルは明確に示されており、この点は高く評価できる。
- 幅広い関係者を含む実施体制のため、グループ全体での戦略策定について、取捨選択が難しい懸念がある。早期実用化に向けてはターゲットの具体化・対象技術の選定に資する情報整理が必要になる。

「事業面」

＜実施企業等の主な取組状況＞

＜NEDO委員会による主な意見＞

「市場機会の認識」、「社会実装に向けた取組状況」「ビジネスモデル」等について

- オープン・クローズ戦略および国際標準化方針策定。安全確保に向けた基準などは、オープン戦略とし、標準化を進める。工業炉に関わる設計技術はクローズ戦略とする。
- 海外展開に伴い技術流出が懸念されるため、将来的には戦略的に取り組んでいく必要がある。



- オープン戦略とクローズ戦略の関係性が明確となった点は評価できる。今後、海外の技術開発状況を見極め、より具体的に何を国際標準化するのか、どのタイミングで標準化を提案するか、などを検討する必要がある。



- 国内製造によって技術を守るところと、ライセンスで技術の海外普及を促進するところを分けて、グラデーションをつけて対応することも検討いただきたい。

5－1．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

コンソーシアム全体の事業戦略

コンソーシアム全体の事業戦略 DITS本部	取組状況 • CN対応工業炉の提供と、派生する技術による事業を創出していく。一例として、シミュレーション、デジタルツインなどの基盤技術について、中小工業炉メーカーやユーザー企業も利用できる産業利用プラットフォームを構築し普及促進を図る など • オープン戦略、クローズ戦略について説明。国際標準化はISO/TC244へのアンモニア・水素の内容追加を目指す。 • 中小企業の多い工業炉ユーザーの実態に合ったアンモニアの貯蔵・取り扱いに関する基準・設備を模索。工業炉ユーザーの実態調査やアンモニアの先行プロジェクト（石炭火力発電のアンモニア混焼など）を調査。
	委員からの助言 • 「工業炉の国際標準化（ISO/TC244）による各社の海外展開支援」が目標として明確化されている点が評価できる。また、クローズ戦略とオープン戦略の関係性も明確になった点が評価できる。 • アジアを中心として海外でも脱炭素化を図るために、日本のコネクションだけではなく広げていけると良いと感じる。技術流出を抑えながら、海外展開を行うことを視野に入れてもらいたい。 • 水素、アンモニアの適用について、全方位的に実施するだけではなく、導入しやすい分野から進めていくことも検討してほしい。貯蔵などについて、規制緩和等も含めて、提案書をまとめてほしい。 • 幅広い関係者を含む実施体制のため、グループ全体での戦略策定について、取捨選択が難しい懸念がある。早期実用化に向けてはターゲットの具体化・対象技術の選定に資する情報整理が必要になる。

研究開発項目 1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 A.共通基盤技術の開発

1-A.共通基盤技術の開発 広島大学、東北大学流体研、九州大学、大阪大学、ロザイ工業、キャタラー、エア・ウォーター	取組状況 • ベンチスケール炉を改修し、低NO_x,低未燃NH₃, 低N₂Oメカニズム解明のための系統的な実験を開始。被加熱物の影響の解明に必要な試験・分析装置を導入し、加熱試験した金属片の観察を通し火炎試験と材料分析が連携できることを確認。 • 詳細化学反応メカニズムの調査について、候補となるメカニズムを探索し選定。今後燃焼モデルの検討を行う。
	委員からの助言 • デジタルツイン関係に関し、シミュレーションを行うことに集中しすぎている印象。乱流燃焼モデル開発まで実施する覚悟で取り組んでもらいたい → まずは数値実験をして、最終的には事業者が活用できるスペックに落とし込む必要がある。 • シミュレーションの出口戦略を考えてほしい。

5-2. 実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

研究開発項目1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 B.アンモニア燃焼工業炉の技術確立

<u>1-B.アンモニア燃焼工業炉の技術確立</u> 中外炉工業、三建産業、ロザイ工業、東京ガス	<u>取組状況</u> 鉄鋼加熱炉はリジェネバーナ1ペアのアンモニア燃焼試験を計画中。鉄鋼鍛造炉では急速昇温と温度均一性を両立すべく、アンモニア混焼/専焼下の被加熱物・耐火物サンプルを調査中。アルミ溶解炉では試験設備を建設中。
	<u>委員からの助言</u> 水素とアンモニアを中心に、ターゲット戦略、対象炉が重複している研究開発項目があり、最終的に事業展開を進める上では、対象とする炉を絞り込む必要がある。貯蔵からどのように消費するかということも含め情報整理してほしい

研究開発項目1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 C.水素燃焼工業炉の技術確立

<u>1-C. 水素燃焼工業炉の技術確立</u> 中外炉工業、三建産業、ロザイ工業	<u>取組状況</u> 鉄鋼プロセス炉はラボ試験用バーナーでの試験を立案、今後燃焼試験を実施。熱処理炉では各種シミュレーションを実施中。
	<u>委員からの助言</u> 低NO_x運転を実現するためにも、バーナーの制御(ex.台数で制御、燃料で制御)の方向性を今後検討してほしい

研究開発項目1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 D.電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

<u>1-D.電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立</u> 関東冶金工業、富士電子工業、中外炉工業、三建産業、ロザイ工業、IHI 機械システム	<u>取組状況</u> ハイブリッド炉では前段にあたる誘導加熱(急速加熱)の予備加熱実験を実施。鉄鋼プロセス炉向けではコイル形状を検討するための予備実験モデルを導入。高温プロセス炉では誘導加熱式アチソン炉の小型テスト機を製作。
	<u>委員からの助言</u> アチソン炉はCO₂排出量が多いため、今回の技術開発で削減できることを期待する。デメリットも整理してほしい

研究開発項目1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 E.工業炉ユーザの脱炭素化に向けた実態調査研究

<u>1-E.工業炉ユーザーへのアンケート調査</u> DITS本部	<u>取組状況</u> アンケート回収率アップおよび専門家による結果の精査のため、主要な関連工業会・協会（工業炉協会、金属熱処理工業会ほか）の協力をとりつけた。今後アンケートを送付し、年内にアンケート結果の中間まとめを予定。
	<u>委員からの助言</u> 指摘事項なし

6. プロジェクトを取り巻く環境

- 各国・地域で産業の脱炭素化に向けたロードマップが示され、米国、英国では熱プロセスに関わる技術開発政策まで具体化。
- 欧州ではRCFS主導の水素混焼検討の他、アンモニア燃焼、デジタルツインの取り組みが確認されている。

各国の主な政策

国・地域	産業の脱炭素化に関わる政策	発表年	概要：熱プロセスに関わる取り組みについて抽出
EU	Green Deal Industrial Plan	2023	・ 優先的ステータスが付与される戦略的ネットゼロ技術の一つに燃料転換技術
英国	Industrial Decarbonization Strategy	2021	・ 熱プロセスに関わる施策として熱回収技術への投資促進や、燃料転換技術開発への開発資金援助等が存在
米国	Industrial Decarbonization Roadmap	2022	・ ロードマップの実現に向けた総額1億400万ドルのプロジェクトへの資金提供も実施（IEDOを通じた助成金事業の中に熱プロセステーマが存在）
	Energy Earthshots Initiative	2021～	・ Industrial Heat Shotでは、2035年までにGHG排出量を85%以上削減する産業用熱ソリューションの開発を目指す
中国	工業グリーン発展に関する第14次5カ年規画	2021	・ 熱プロセスに関わる施策として省エネ熱処理炉、高効率熱再生バーナー、機械産業のグリーン熱処理への設備転換を実施

各業界団体や各国公的機関主導のプログラム

プログラム/主導機関	プログラム概要
Industrial Heat Shot /米国DOE支援 2022年発表	熱プロセスの電化、低排出熱源の統合、低熱または無熱プロセス技術の革新の3つを推進するとしている一方で、燃料転換への言及は見られず。
TWINGHYプロジェクト /欧州RCFS支援 2023-2027年実施	水素混焼による製品、プロセスへの影響の検証、およびデジタルツインによる操業最適化の実証

主な検討状況

検討事項	主な動向
アンモニア燃焼炉の検討	欧州ではアカデミックでの基礎研段階だけでなく、民間でも水面下での検討が行われている 工業炉メーカーA：アンモニア燃焼の検討を実施（長期的な基礎研究テーマ） 自動車部品メーカーB：溶解炉・熱処理炉のアンモニア燃料適用の検証開始 工業炉業界団体：産官学連携テーマとして、アンモニア燃焼関連テーマを推進
シミュレーション・デジタルツイン開発	Fives社が再加熱炉の高精度シミュレーションプラットフォームの開発を目的としたINTERFACEプロジェクトに着手

7-1. NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

DITSへの支援：DITS本部+35分室で進める本プロジェクトに対し、NEDOは以下の支援を実施。

分室訪問…各テーマの幹事事業者、主要な機器を導入予定の事業者を中心に、計21分室へ訪問。’23年度の実施事項・テーマ進捗、24年度計画をすり合わせるとともに、現地現物で実験設備やサンプル等を確認しながら意見交換を実施。

分科会での意見交換…DITS本部主導で基盤技術・大型炉・中小型炉・電気炉 の、各分科会を年3回実施。

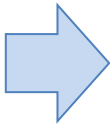
NEDOも同席し最新の知見を共有。NEDOの立場から委託事業を円滑に進めるための各種提言を実施。

工程表の管理…各テーマの幹事事業者にて目標達成までに実施すべきこととスケジュールを見える化。NEDOにて適時適切なフォローを実施するため、各実施項目のイベントを整理した。

各事業者発行の工程表

項目	主催者	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
		上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬
NEDO主体 主要行事	NEDO	委員会準備		中間年報提出デロ	社会実装推進		産研WG	委員会準備		社会実装推進委員会		事業実施進捗	
		公開事業戦略ビジョン作成			公開事業戦略 ビジョン第一稿			公開事業戦略 ビジョン最終版					
		ブレ計画			中間計画			→以後、中間計画(第2版)は四半期に一度計画の進捗で更新予定					
DITS主体行事	DITS	運営委員会		理事会	分科会			分科会			運営委員会		分科会
								理事会			分科会		
② AA触媒、BB触媒、CC触媒開発													
KPI 各ベンチスケール用の開発進捗測定													
概要 BS炉用と実証機用のAA触媒、BB触媒、CC触媒の開発進捗を設定													
AA触媒材料開発			リファレンス材料開発評価 (他機関)				材料開発1次			材料開発2次		材料開発3次	
AA触媒開発			リファレンス触媒開発評価 (他機関)				触媒開発1次			触媒開発2次		触媒開発3次	
BS炉2次評価用材料選定							材料開発						
BS炉2次評価用触媒作製								触媒作製					
BS炉3次評価用材料選定												材料開発	
BS炉3次評価用触媒作製													触媒作製
BS炉(100kW)用 触媒材料選定			材料開発仕様 触媒開発仕様も反映							材料開発			
BS炉(100kW)用 触媒作製										触媒作製			
評価装置の導入										納品		試験・検収	
評価装置のインフラ整備											ソフトウェア開発完了		

NEDOにてイベントの整理：然るべきタイミングでフォローを実施



テーマ	項目	イベント内容	年	月	日
	アンモニア/天然ガス混焼RTバーナ開発	試験場整備 完了			
	水素燃焼による低酸化窒素燃焼制御技術の開発	動作確認 開始			
	水素燃焼式高温空気燃焼の燃焼特性の最適化	テスト炉の製作 開始			
	水素燃焼火炎による被加熱材料への高伝熱効率の解明	テスト炉製作 開始			
	熱損失の低減	材料投入装置製作 開始			
	高機能アルミ溶湯清浄化の実現	テスト実施 開始			
	水素・アンモニア混焼実験	炉内ラジカル光学計測開始			
	改質器の性能評価	評価試験の開始			
	改質器の性能評価	評価試験の開始			
	アンモニア改質装置の開発	(1次) ベンチスケール炉評価 → 課題洗い出し			
	高効率・高出力浸漬ヒータの実現	テスト 完了			

7-2. NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

プロジェクト間の連携：NEDO 燃料アンモニア連携会議への参画

発電・工業炉・船舶分野における、燃料アンモニア利用の技術開発に取り組むプロジェクト間での定期的に情報共有。
アンモニアの燃料利用の推進に際し、アンモニアの毒性に対するパブリックアクセプタンスや安全対策は各プロジェクトの共通課題であり、相互連携を図り、NEDOはアクセラレーターとして、事業者へのフィードバックを通じて、早期社会実装推進を後押ししていく。
直近では、共有したアンモニア事故事例をDITSの各分室と共有した。

広報活動の推進：展示会でのプロジェクト周知活動

ENEX2024(1月)、2024地球温暖化防止展(5月)に出展、本プロジェクトの概要を説明。多くの方に興味を持っていただき、地球温暖化防止展では150部のパンフレットを配布。

事業推進体制の強化：伴走調査 公募～9月、2025年6月まで調査予定

工業炉および工業炉で生産する製品の海外需要動向、アンモニア及び水素の国内輸送手段、アンモニア及び水素に関わる国内法規制



アンモニア連携会議

項目	内 容
1 発生時間	2024年 月 日 時頃 （ 月 日にNEDOに報告）
2 発生場所	事業所 アンモニア燃焼試験設備
3 事故状況	・ 【推定原因】 ・ ・
4 けが人の有無	人的被害無し。近隣への影響無し。
5 対外連絡	・ ・
6 METIへの連絡状況	NEDO環境部からMETI原課（資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 水素・アンモニア課）に報告
7 試験工程への影響	

アンモニア事故事例の報告フォーム



2024地球温暖化防止展での出展

製造分野の熱プロセスの脱炭素化

【研究開発項目1】カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発

【研究開発項目2】金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術確立

【研究開発項目3】金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術確立

【研究開発項目4】電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

事業の目的・概要

- 日本の産業のCO₂排出量のうち約3割を製造業が占めている。中でも**金属を取り扱う熱プロセスの脱炭素化**を目的として、カーボンニュートラル対応工業炉を開発する。
- 本事業では、CO₂を排出しない**アンモニアや水素を燃料とした工業炉**の技術開発、**電気炉の受電設備容量などの低減・高効率化**に関する技術開発のほか、シミュレーション技術やデジタルツイン技術を含むそれらの工業炉に関する共通基盤技術の開発に取り組む。

実施体制

※太字：幹事機関

脱炭素産業熱システム技術研究組合、中外炉工業株式会社、三建産業株式会社、ロザイ工業株式会社、株式会社IHI機械システム、関東冶金工業株式会社、富士電子工業株式会社、東京ガス株式会社、株式会社キャタラー

事業規模など

事業規模：約453億円 支援規模*：約304億円

*今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。

補助率など：委託→2/3助成→1/2助成（助成事業のインセンティブ率10%）

事業期間：2023年度～2031年度（9年間）*

*一部の実施内容は2028年度まで（6年間）

事業イメージ

共通基盤技術の開発

- 大学、炉メーカー・ユーザー企業などによる基盤技術の開発

研究開発項目1

中規模実証

- 炉メーカー・ユーザー企業などによるチームごとの応用研究・中規模実証
- データ提供・実証結果の分析、基盤技術の応用

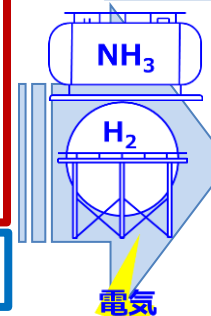
研究開発項目2～4

実機実証

- 炉メーカー・ユーザー企業などによるチームごとの実機実証
- データ提供・実証結果の分析、基盤技術の応用

基盤技術のブラッシュアップ

脱炭素を実現した工業炉の実装



2023年度

2031年度

出典：脱炭素産業熱システム技術研究組合
中外炉工業株式会社HP

(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※

453.25億円

※ 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 カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発	81.98億円	81.98億円
研究開発項目 2 金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術確立	205.66億円	113.65億円
研究開発項目 3 金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術確立	71.15億円	39.54億円
研究開発項目 4 電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立	60.71億円	35.19億円

補足説明

- 研究開発項目 1 は委託事業
- 研究開発項目 2, 3, 4 は助成事業、2026年度より実施（2/3 補助→1/2 補助） + （1/10 インセンティブ）

(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 : カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 A.共通基盤技術の開発

テーマ名・事業者名	アウトプット目標	
1-A : 共通基盤技術の開発 広島大学 東北大学流体研 九州大学 大阪大学 ロザイ工業 キャタラー エア・ウォーター	✓ (研究開発項目 1) 2026年度までに、次の 2.から 4.の研究開発目標の達成に必要な共通基盤技術を確立し、2031年度までの各研究開発目標の達成時に当該共通基盤技術が用いられることを目標とする。	
	実施内容	マイルストーン
	①アンモニア及び水素の燃焼挙動解明、低NO _x 、低 N ₂ O、低未燃アンモニア排出技術の開発	実用炉で安定、且つ低NO _x 、低N ₂ O、低未燃アンモニアを実現 (2025年度末)
	②アンモニア及び水素燃焼が被加熱物に及ぼす影響の解明と影響制御技術の開発	影響の解明とモデル化により、適切な燃焼加熱条件を予測 (2025年度末)
	③設計シミュレーション・準定常デジタルツイン技術の開発	燃焼メカニズム(燃焼炉)/ハイブリッド加熱原理(電気炉)の理解促進と高精度モデルの提案。高精度モデルを用いるシミュレーションにより要素技術設計を可能とする (2025年度末)
	④非定常デジタルツイン技術の開発	試験データ取得・評価、個々の試験炉におけるプロトタイプ実証、技術標準化 (2025年度末)
	⑤炉の耐火物および排熱回収蓄熱材の開発	耐火材および蓄熱材の、燃焼試験炉での検証 (2025年度末) 中規模実証での検証 (2028年度末) 実機実証での検証 (2031年度末)
	⑥アンモニア改質装置の技術開発	実証用試作装置製作 (2025年度末)、パイロット実証 (2028年度末) プレ商業実証・トップユーザーテスト (2031年度末)
	⑦アンモニア蒸発器の技術開発	初期プロトタイプ実証 (2025年度末)
	⑧アンモニア後処理システムの技術開発	実証用試作装置製作 (2025年度末)、パイロット実証 (2031年度末)

(参考 2-2) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 1 : カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 B.アンモニア燃焼工業炉の技術確立

研究開発項目 2 : 金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術確立

テーマ名・事業者名

1-B : アンモニア燃焼工業炉の 技術確立
2 : 金属製品を取り扱うアンモニア燃焼 工業炉の技術確立
中外炉工業 三建産業 ロザイ工業 東京ガス

アウトプット目標

- ✓ (研究開発項目 1) 2026年度までに、研究開発目標2の達成に必要な共通基盤技術を確立し、2031年度までの各研究開発目標の達成時に当該共通基盤技術が用いられることを目標とする。
- ✓ (研究開発項目 2) ①2031年度までに、天然ガス等の既存燃料とアンモニアとの50%混焼工業炉を確立する。
②2031年度までに、既存の工業炉との比較において、金属製品の品質、NOx排出量、燃焼安定性・制御精度、長期運転安定性等が同一水準以上となるアンモニアの 100%専焼技術について、TRL6以上相当を実現する。

実施内容

①アンモニアを燃料とする鉄鋼加熱炉・プロセス炉の 開発
②アンモニアを燃料とする鉄鋼鍛造炉の開発
③アンモニアを燃料とするアルミ溶解炉の開発
④アンモニアを燃料とする小型加熱炉向け ラジアントチューブバーナーの開発

マイルストーン

ラボスケールバーナにおける混焼及び専焼試験における、安定燃焼および規定値以下のNOx・未燃アンモニアの排出 (2025年度末) 構成材料の機械的性質の基準を明確にし、材料を選定。パイロット設備でのアンモニア50%混焼及び専焼システムに必要な条件整理 (2028年度末) 実証前実証をもって、社会実装化に資する技術であることを証明 (2031年度末)
規定値以下のNOx・未燃アンモニア、N2Oの排出。被加熱物、耐火物は従来材料相当の強度を維持し実用上問題ないレベルに抑える (2025年度末) 中規模検証炉・実証炉の社会実装：システム試運転の実施 (2031年度末)
小型実機スケールの検証、温度・流量に対するアンモニア部分改質器の制御最適化 (2025年度末) 中規模スケールの検証 (2028年度末)、実機スケールの検証 (2031年度末)
未燃アンモニアが一定レベル以下のアンモニア/天然ガス混焼RTバーナ開発 (2025年度末) 中規模実証 (2028年度末) キャタラーおよび自動車部品メーカーでの実証試験 (2031年度末)

(参考 2－3) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 C.水素燃焼工業炉の技術確立
研究開発項目 3：金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術確立

テーマ名・事業者名

アウトプット目標

1-C：水素燃焼工業炉の技術確立
3：金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術確立

中外炉工業
三建産業
ロザイ工業

- ✓ (研究開発項目 1) 2026年度までに、研究開発目標 3 の達成に必要な共通基盤技術を確立し、2031年度までの各研究開発目標の達成時に当該共通基盤技術が用いられることを目標とする。
- ✓ (研究開発項目 3) ①2031年度までに、天然ガス等の既存燃料と水素との50%混焼工業炉を確立する。
②2031年度までに、既存の工業炉との比較において、金属製品の品質、NOx排出量、燃焼安定性・制御精度、長期運転安定性等が同一水準以上となる水素の 100%専焼技術について、TRL6以上相当を実現する。

実施内容

マイルストーン

①水素を燃料とする鉄鋼プロセス炉の開発

ラボスケールバーナにおける混焼及び専焼試験における、安定燃焼および規定値以下のNOxの排出 (2025年度末)
構成材料の機械的性質の基準を明確にし、材料を選定。パイロット設備での水素専焼システムの確立 (2028年度末)
実証前実証をもって、社会実装化に資する技術であることを証明 (2031年度末)

②水素を燃料とする溶解・熱処理炉の開発

溶解炉：水素燃焼による高温空気燃焼排ガスにおいて、規定値以下のNO_x濃度を達成。
材料の溶解速度を従来燃料と比較し30%改善 (2025年度末)
熱処理炉：低酸化雰囲気内での水素燃焼の排ガス特性、ラジカル分布の測定、分析 (2025年度末)
溶解炉/熱処理炉共通：被加熱物・耐火物について、従来材相当の品質維持/実用的に問題ないレベルに抑制 (2025年度末)
中規模検証炉・実証炉規模にて実証試験 (2031年度末)

③水素を燃料とするアルミ溶解炉の開発

天然ガスと水素との50%混焼技術の確立 (水素とは、改質で水素 = 50%にしたアンモニア)
火炎中の中間生成物について反応の基礎調査、燃料投入方法やバーナ配置の最適化、小型実機スケールの検証 (2025年度末)
NH3部分改質器の試験炉での性能評価および制御の最適化 (2025年度末)
中規模スケールの検証 (2028年度末)
実機スケールの検証 (2031年度末)

(参考 2－4) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目 1：カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発 D.電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立
研究開発項目 4：電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

テーマ名・事業者名

1-D.電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立
4.電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立

関東冶金工業
富士電子工業
中外炉工業
三建産業
ロザイ工業
IHI機械システム

アウトプット目標

- ✓ (研究開発項目 1) 2026年度までに、研究開発項目4.の達成に必要な共通基盤技術を確立し、2031年度までの各研究開発目標の達成時に当該共通基盤技術が用いられることを目標とする。
- ✓ (研究開発項目 4) ①2031年度までに、アンモニア・水素燃焼技術と電気加熱を組み合わせたハイブリッド運転技術や、汎用的な熱プロセスシミュレーション・デジタルツイン技術等の確立を通じて、既存電気炉に置き換えた場合より、ピーク電力消費量及び受電設備容量を30%以上削減する技術を確立する。②2028年度までに、電気炉の高出力ヒーター等の確立を通じて、既存の電気炉に比べて、15%以上の省エネルギー技術を確立する。

実施内容

- ①誘導加熱と抵抗加熱のハイブリッド炉の開発
- ②トランスバース型誘導加熱技術による鉄鋼プロセス炉の開発
- ③オール電化溶解炉の開発
- ④燃焼と電気のハイブリッド アルミ熱処理炉の開発
- ⑤誘導加熱式高温プロセス炉の開発

マイルストーン

- 実適用可能な昇温性能、搬送時の実用温度低下範囲、消費エネルギー原単位削減の実証 (2025年度末)
誘導加熱装置の開発：従来比で受電電力容量削減の実証 (2025年度末)
実機スケール検証 (2028年度末)
- 予備実験モデルにおける、幅方向温度分布、効率を確認・評価 (2025年度末)
板条件変化時の幅方向温度分布およびエネルギー伝達効率を確認・評価 (拡大モデルで検討：2025年度末、パイロット設備で検討：2027年度末)
大規模プロセスライン適用時の、幅方向温度分布・エネルギー伝達効率の確認・評価、ピーク電力消費量・受電設備容量・省エネルギー効果を確認・評価 (2028年度末)
- テスト炉用ヒータ(2025年度末)、実証用ヒータ(2027年度末)で高出力化を達成
既設炉(天然ガス焚タワール)と比較して熱損失率20%削減を達成 (2025年度末)
受電設備容量の最小化：従来炉比で30%カット達成 (2028年度末)
中規模検証炉・実証炉規模の検討 (2028年度末)
- 制御確認用試験装置にて、切替方式(制御)を確立 (2025年度末)
中規模設備での安定操業 (2028年度末) 大規模設備での安定操業 (2031年度末)
- エネルギー原単位、実質CO2排出量の低減、大型型誘導炉での要求温度達成：小型パイロット機 (2025年度末)、大型検証機 (2026年度末) での検証・評価
実証設備による検証・改良：3K作業を伴わないシステム開発(粉じん量50%改善)、実機での初期的商用稼働 (2028年度末)