

G I 基金事業の取り組み状況について

実施プロジェクト名：製造分野における熱プロセスの脱炭素化

2024年10月2日（水）

実施者：（幹事）脱炭素産業熱システム技術研究組合

代表者：理事長 佐藤 順一

共同実施者：

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

目次

0. 脱炭素産業熱システム技術研究組合の構成

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) 研究開発・マーケティング計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発スケジュール
- (2) グローバル競争のなかでの本事業の位置づけ

3. イノベーション推進体制

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) 経営者等の事業への関与

0. 脱炭素産業熱システム技術研究組合（DITS）の構成

- 工業炉メーカー・ユーザー（17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
- DITS本部の役割：本事業の骨子立案と運営、研究開発のとりまとめ・技術指導、情報管理・標準化などの活動主導、社会実装への技術支援

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

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

【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、三建産業、ロザイ工業、東京ガス、カタラー、TYK、北海道大学量子研、東北大学流体研、東京大学機械研、大阪大学、広島大学

（ユーザー）

日本製鉄、JFEスチール、日本製鋼所M&E、UACJ

【研究開発項目1-C、3】

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、三建産業、ロザイ工業、カタラー、TYK、北海道大学量子研、東北大学流体研、東京大学機械研、大阪大学、広島大学

（ユーザー）

日本製鉄、JFEスチール、UACJ、東京製綱、リョービ

【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、三建産業、ロザイ工業、IHI機械システム、関東冶金工業、富士電子工業、富士電機、東北大学流体研

（ユーザー）

JFEスチール、TYK、日産自動車

【研究開発項目1-E】

工業炉ユーザ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、三井物産

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

製造分野の熱プロセスを担う工業炉の脱炭素化対応が必須

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）

- 地球温暖化に起因する自然災害が深刻化。早急な対応が必要
- 熱プロセスに用いる工業炉から排出されるCO₂は産業部門の4割超

（経済面）

- 主な工業炉ユーザの金属部品関連産業は国内総出荷額で16兆円、従業員71万人。中小企業が多く、国内5.1万事業所。
- 工業炉の国内市場は2000億円規模、世界市場は2兆円規模

（政策面）

- EUでは輸入品であっても金属素材、部品などについてライフサイクルでの脱炭素化が必須であり、未対策の場合、排除される可能性がある

（技術面）

- 国際的には日本の工業炉メーカーの規模は小さいものの、特許優位性のある高性能機器類を中心に4～7%程度と存在感がある
- 将来のCN燃料であるアンモニア・水素の燃焼技術についてはSIP、NEDO等により我が国が先行している

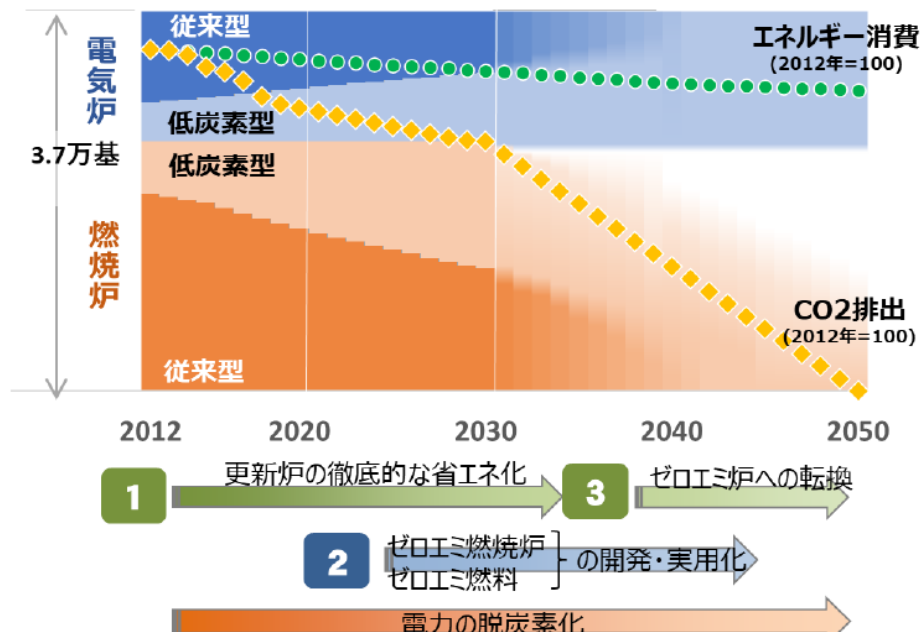
● 市場機会：

CN対応工業炉（燃焼炉、電気炉）の技術が確立できれば、新設・既存設備リニューアルで大きな市場が見込める。

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

工業炉からのCO₂排出量年間**1.5億トン**（日本全体の13.5%を占める）の削減が可能に

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



出典：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

● 当該変化に対する経営ビジョン：

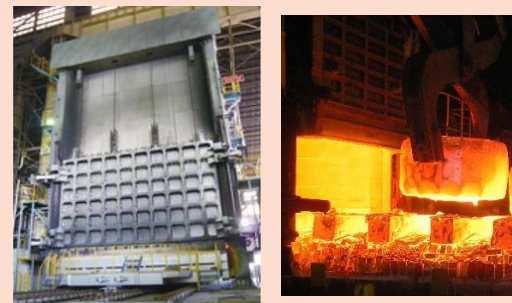
メーカー、ユーザー、大学、国研と密に連携しながら一体となって工業炉の脱炭素技術を確立し、早期のCN対応工業炉の社会実装に貢献する。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット（1/2）

エネルギー消費量の多い大型燃焼炉を主なターゲットとしつつ、電気炉への対応も視野

＜大型炉＞

■ エネルギー消費量（CO₂排出量）の多い大型炉（鉄鋼加熱炉・プロセス炉、鍛造炉、アルミ溶解炉など）の、燃料をアンモニアまたは水素に転換した燃焼炉を主なターゲットとする。

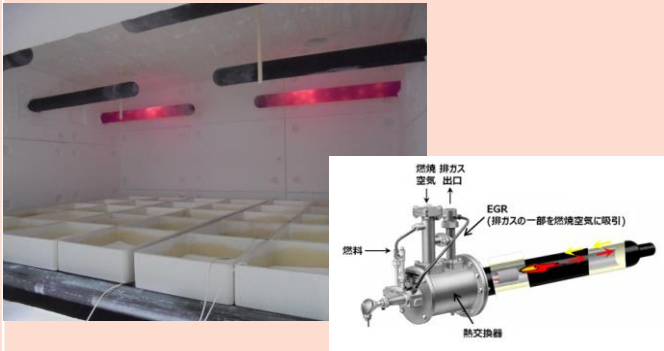
（例）	鉄鋼加熱炉	鉄鋼プロセス炉	鉄鋼鍛造炉	アルミ溶解炉
外観				
用途	製鉄（熱間圧延工程前のスラブの加熱）	製鉄（薄板の最終段階での微細組織調整のための加熱）	鉄鋼鍛造（インゴットの熱間鍛造のための加熱）	アルミ素材（スラブを製造するためのインゴット溶解）
特徴	● 大型で被加熱材の均一な加熱が求められる（輻射加熱が重要） ● 連続加熱	● 他炉と異なり、間接加熱式である ● チューブ内という狭小空間での安定燃焼が求められる	● 急速昇温＋温度均一性が必要（輻射加熱が重要） ● バッチ式が主流（炉の熱サイクルの考慮が必要）	● 均一な加熱は求められない（溶湯を攪拌するため） ● 火炎・燃焼ガスを直接接触させて加熱
炉内温度	最高 1400℃	最高 950℃	最高 1400℃	最高 1200℃
設備容量	最大 180MW	最大 18MW	最大 9MW	最大 19MW
炉内寸法	11mW x 56mL x 5mH	2.4mW x 16mL x 25mH	8mW x 13mL x 8mH	Φ10m x 5mH

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット（2/2）

エネルギー消費量の多い大型燃焼炉を主なターゲットとしつつ、電気炉への対応も視野

<中小型炉>

- エネルギー消費量は少ないが設置数の多い中小型燃焼炉へは、中小型炉導入への制約条件の少ない技術（ラジアントチューブバーナやアンモニア改質装置など）の活用を図る。
- 脱炭素化の有力な選択肢である電炉への転換も視野。課題となる電気炉の受電容量低減・高効率化技術等の確立を目指す。

(例)	アンモニアを燃料とするラジアントチューブバーナ	誘導と抵抗のハイブリッド	アンモニア改質装置
外観		 図は誘導装置部	イメージ 
用途	金属、ガラスの熱処理、焼付けなど	機械部品の焼入れなどの熱処理	炉の付帯装置
特徴	● 他炉と異なり、間接加熱式である ● チューブ内という狭小空間での安定燃焼が求められる	● コイルの電磁誘導を利用した誘導炉と電気抵抗を利用した抵抗炉のハイブリッド	● 触媒を用いて、アンモニアから水素へ改質する。
加熱温度、寸法など	加熱温度：最大1000℃ 容量：①150kW、600℃ ②300kW、1000℃	加熱温度：600℃程度 寸法： 1～2mW× L 1.8～2.3mL×高さ1.5×2.0mH	容量：50～400kW級 寸法：Φ0.3m×1m以下

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

脱炭素化を可能にするCN対応工業炉の提供と派生する技術による事業を創出

社会・顧客に対する提供価値

（脱炭素を実現した工業炉の実装を通じて）

- ・カーボンニュートラルに向けて、製造プロセスにおけるCO₂排出量の削減
- ・グリーンスチール・アルミなどのCN製品製造への寄与



（PJ終了後、工業炉だけでなく他の熱プロセスの脱炭素化も視野に入れて）

- ・カーボンニュートラルに向けて製造プロセスにおけるCO₂排出量の削減



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

技術研究組合（PJの企画、運営、マネジメント）

共通基盤技術の開発

- 大学、炉メーカー・ユーザー企業等による共通基盤技術の開発
- ・燃焼挙動の解明
- ・被加熱物への影響解明
- ・シミュレーション／デジタルツイン技術適用

中規模実証

- 炉メーカー・ユーザー企業等によるチーム毎の応用研究・中規模実証
- データ提供・実証結果の分析、基盤技術の応用

実機実証

- 炉メーカー・ユーザー企業等によるチーム毎の実機実証
- 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

技術研究組合

シミュレーション、デジタルツインなどの基盤技術

モデル導入

プラットフォーム管理組織

産業利用プラットフォーム

ライセンス契約

計算委託契約

中小工業炉メーカー、ユーザー、他産業企業など



工業炉だけでなく他の熱プロセスの脱炭素への貢献

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）（1/2）

技術研究組合は工業炉の脱炭素化技術を開発実証し、普及促進のため、技術の標準化を主導

- 国内の工業炉ユーザー、特に中小企業を中心とした工業炉ユーザーの実態調査を行う。調査は、現在の工業炉の運用方法および状況、今後のCN対応工業炉の導入予定時期、経済的・経営的観点からの問題点、環境・安全の観点からの問題点等の課題について行う。それら問題点を解決できる技術項目および技術目標を明らかにし、その解決を図るための技術の標準化を行う。
- 海外に関しては、技術の優位性を背景とし、参加企業が市場の開拓を行う。それと並行して技術主導権を確保できるようにISOなどCN対応工業炉の標準化を提案する。

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容

オープン戦略

- 工業炉ユーザー向けアンモニア・水素の貯蔵・取り扱いなどの安全確保のための設備、基準を標準化
- 被加熱物の評価方法、試験方法の標準化も視野に入れる
- 脱炭素および省エネに関する性能（CO₂排出量、熱効率、排ガスからの熱回収率等）のランク分けについて基準づくり

クローズ戦略

- アンモニア・水素の燃焼炉の燃焼に関わる設計技術は特許とする
- 被加熱物の品質確保のための炉構造等に関する技術も特許とする

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）（2/2）

技術研究組合は工業炉の脱炭素化技術を開発実証し、普及促進のため、技術の標準化を主導

海外展開の道筋

日本企業の海外展開を戦略的に支援する。

- 短期的には特許・ノウハウを固め、技術流出を防止するクローズ戦略に軸足を置く。
- 海外展開は、国内外のグリーン市場の成熟度動向、日本の工業炉メーカーの販売体制および工業炉ユーザーの動向も考慮し、戦略的に進めていく。
- 将来的には標準化を活用し、日本企業の海外展開を後押しすることを目指す。

取組状況

- 工業炉ユーザーの実態調査（組合員である工業炉ユーザーだけでなく、中小企業ユーザーへのヒアリングを実施中）
- アンモニアに関する先行プロジェクト（石炭火力発電のアンモニア混焼など）の調査
- 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・水素の貯蔵・取り扱いに関する基準・設備の調査

実行する体制

- 関係する組合員が参加する知財および標準化のWGを技術研究組合内に組織し、DITS本部が主導しとりまとめる。
- 国際標準化はISO/TC244（日本が幹事国）の幹事である日本工業炉協会と連携し、アンモニア・水素の内容追加を目指す。
- 標準化（特に国際標準化）には詳細なデータが必要となるため、必要なデータも洗い出し、データ取得の計画も立てながら進める。

1. 事業戦略・事業計画／（4）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

取組方針

- 多種多様なCN対応工業炉の開発を支える共通基盤技術（燃烧挙動、被加熱物への影響、シミュレーション・デジタルツイン）について、大学が中心となって基礎的、理論的アプローチに取り組み技術確立を目指す。
- これらの成果と企業が中心となって実施する実証試験のデータをすり合わせることで、双方の技術をブラッシュアップし、新しい知見を導出する。
- さらに工業炉ユーザーのニーズや炉の運転ノウハウを取り入れ、早期の開発、社会実装を目指す。
- アンモニア・水素の貯蔵・取り扱いに関する設備、基準について、標準化を目指す。



国際競争上の優位性

- 工業炉分野ではSIP、NEDO先導研究でアンモニア燃烧技術開発が行われており、アンモニア燃烧技術は日本がリード。
- 国内で火力発電や船舶エンジン分野などでもアンモニア燃烧PJが進行中。これらの技術成果の活用も可能。
- 技術研究組合を核として、工業炉メーカー、ユーザー、大学・国研が一体となったオールジャパンの開発体制を組成。
- CN対応工業炉の特許出願は日本が先行しており、また上述の共通基盤技術は先進性が高く、国際競争上の優位性を確立する強力なツールとなる。（一方で海外の論文、特許は急増してきている。）

マーケティング

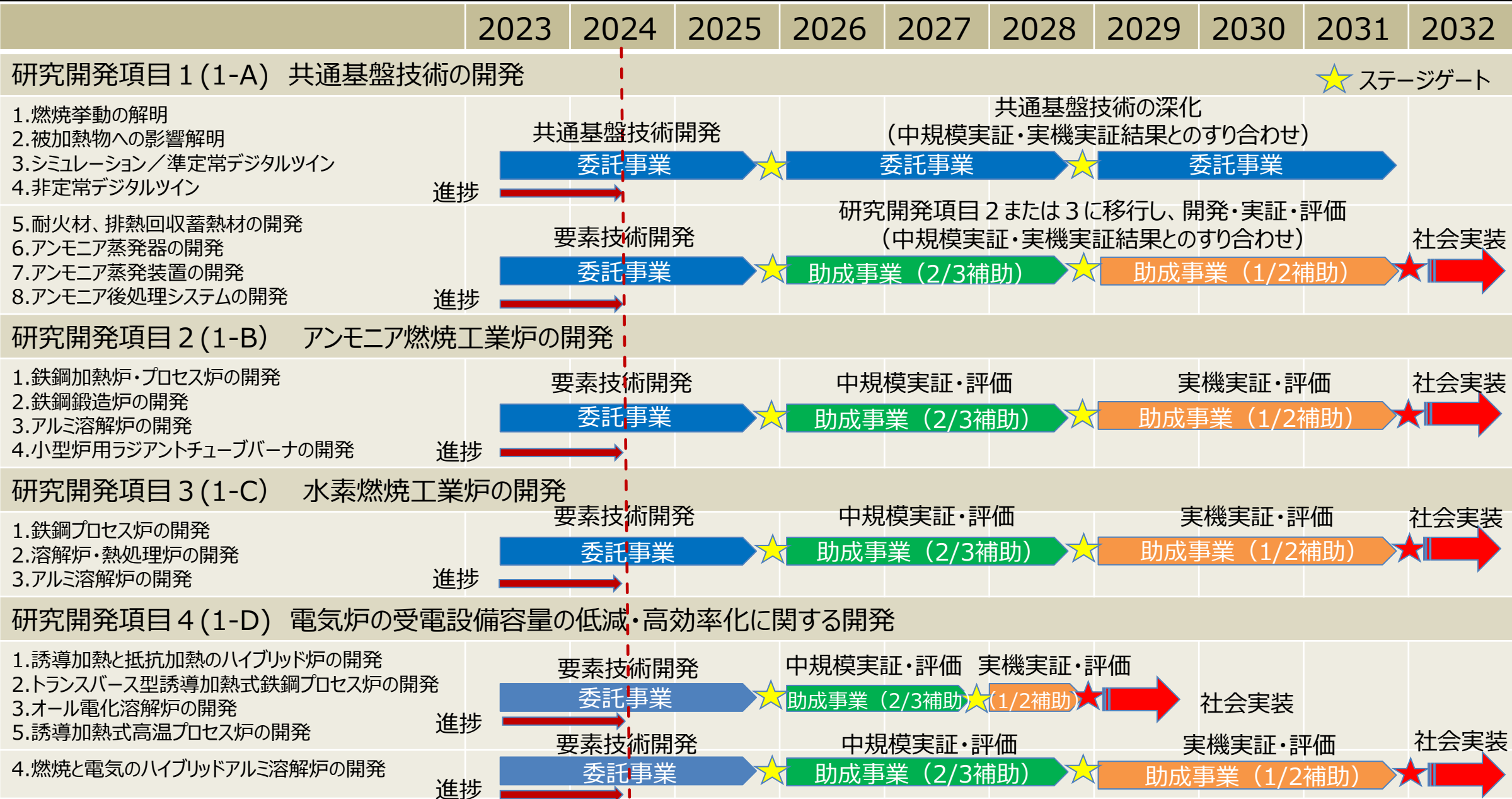
- 国内には3.7万基の工業炉が存在。平均使用年数は約30年と長く、更新・入れ替えのタイミングを踏まえた対応が必要。早期の技術開発で対応していくことが重要。
- 1基当たりの炭素発生量が多い大型炉を主なターゲットとするが、中小型炉も基数が多いため、中小型炉にも幅広く活用できる技術開発も進める。
- 世界市場は燃烧炉・電気炉共に市場規模は拡大していく見込み。CN対応工業炉などの高性能機器を中心に海外展開をはかる。



- 高温空気燃烧、SIPでのアンモニア燃烧、水素利用技術など、我が国が持つ工業炉に関する技術は優位性を有する。
- 工業炉協会と連携し、ISO/TC244（工業炉及び関連設備）等を活用した国際標準化活動を進める。

2. 研究開発計画
(1) 研究開発スケジュール

契約締結が遅れたが、その後挽回しおおむね計画通り進捗中



2. 研究開発計画

(2) グローバル競争のなかでの本事業の位置づけ

【世界の工業炉脱炭素化に係る技術動向】

- 欧州では、Research Fund for Coal and Steel (RFCS)の援助の下、9つの企業・大学が共同で、鉄鋼分野の下工程の再加熱炉において水素燃焼を用いる実証プロジェクトTWINGHYを2023年～2027年の期間で実施中であり、デジタルツインを用いた運用制御も開発予定。
- 工業炉の民間プレイヤーにおいては、工業炉における水素対応のバーナの開発・上市が行われているが、金属製品への適用に関して設備劣化、製品の脆化の課題を抱えており、顧客との共同研究による検証が始まった段階。
- アンモニア燃焼炉は、水面下での取り組みが複数確認されているため、今後も注視が必要。（アカデミックでの基礎研究段階だけでなく、民間でも水面下での検討が行われている。）
 - － ある欧州系工業炉メーカーは顧客要望に基づき、アンモニア燃焼の検討を実施（長期的な基礎研究テーマの位置付け）
 - － ある欧州系自動車部品メーカーは溶解炉や熱処理炉においてアンモニア燃料への転換を検証しており、まずは最終製品への影響の懸念が少ない溶解炉での実用化を進めている
 - － 欧州系工業炉業界団体は産官学連携テーマとして、アンモニア燃焼に関わるテーマを推進中（テーマ詳細は非公開）
- 熱プロセスにおける水素/アンモニア燃焼に関わる学術論文報告は2018年以降活発化しており、アンモニア燃焼に関わる学術論文数は日本が首位。
- 水素燃焼炉およびアンモニア燃焼炉に関する特許出願は、2022年頃から活発化。

(NEDO TSC調べ)

現状の海外の取り組みは限定的、初期的段階であると推察される。

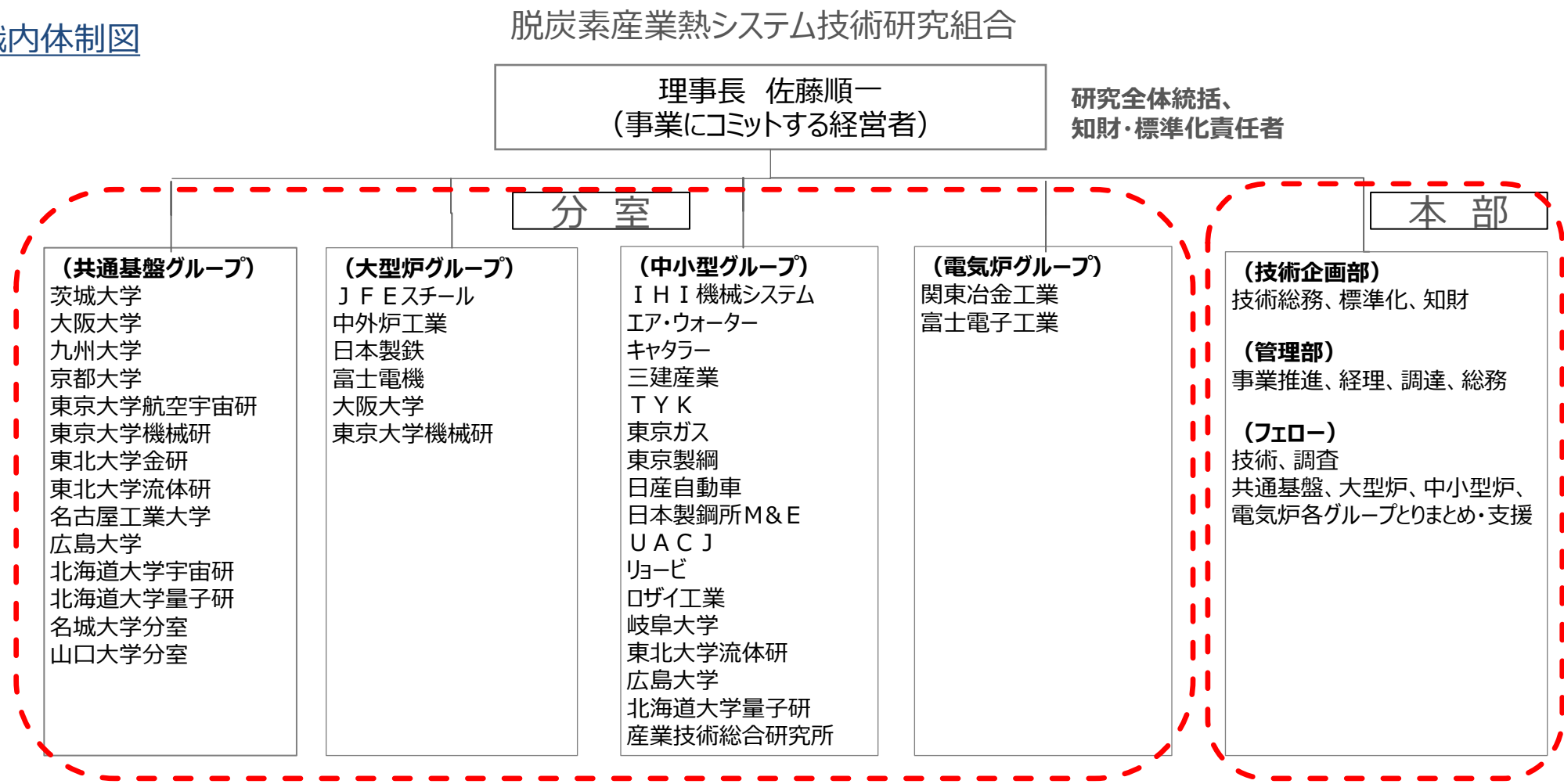
本事業では「燃焼挙動評価」、「被加熱物への影響解明」など先導的・理論的な取り組みのほか、実機規模の実証も計画されており、グローバル競争のなかで先駆的な位置づけにある。

しかし、海外におけるプロジェクト、論文、特許は急増しており、本事業において着実に成果を上げることが重要である。

3. イノベーション推進体制

(1) 組織内の事業推進体制

組織内体制図



共通基盤技術、大型炉、中小型炉、電気炉の4つのグループを組織し、各グループは少なくとも年に3回進捗会議を行う。また、知財に関してもこの単位で運営する。

3. イノベーション推進体制

(2) 経営者等の事業への関与

マネジメントに関する留意点

- 大学・国研の理論的研究成果の活用
共通基盤技術を担当する大学・国研と工業炉開発を担当する工業炉メーカーとが相互に研究開発成果をすり合わせることによって、ゲームチェンジャテクノロジーを目指す。
- 工業炉ユーザーが保有している知見の活用
工業炉ユーザーの保有している運転ノウハウや被加熱物評価技術を活用することによって、研究開発の成功確率を高め、また早期の社会実装へつなげる。
- 中小企業の技術の底上げ
工業炉のユーザー、メーカーは中小企業が多いなか、本プロジェクトの主力となっているメーカーも中小企業が多く、その技術開発力の底上げを図る。(今後の中小企業のNEDOプロジェクト参加・活用の試金石となるため、十分なケアを心掛ける)
- 協調と競争のバランスの確保
協調領域（共通基盤技術）と競争領域（個別の工業炉の開発）が混在しており、研究成果情報の共有と秘匿を適切に区別する。



事業全体を統括する責任者として、強力なリーダーシップと絶妙なバランス感覚を発揮し、全体および4グループごとの日常のマネジメント・モニタリング、知財運営などの活動を主導する。