

NEDO水素・アンモニア成果報告会2025

発表No.A3-8

(大項目) 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

(中項目) 製造分野の熱プロセスの脱炭素化

(小項目) アンモニア・水素を燃料とする鉄鋼加熱炉・プロセス炉の研究開発

発表者名 大倉 莉奈

団体名 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

発表日 2025年7月17日

連絡先：中外炉工業株式会社

URL : <http://www.chugai.co.jp>

事業概要

1. 期間

開始 : 2023年9月
終了 (予定) : 2032年3月

2. 最終目標

エネルギー消費量の多い大型炉（鉄鋼加熱炉・鉄鋼プロセス炉）の燃料をアンモニアまたは水素に転換した燃烧装置および燃烧式工業炉の技術確立

【マイルストーン】

- ・ラボスケールバーナにおけるアンモニア混焼、アンモニア専焼および水素専焼試験における、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（2028年度末）
- ・パイロット設備でのアンモニア50%混焼、アンモニア専焼および水素専焼システムに必要な条件整理（2028年度末）
- ・実装前実証をもって、社会実装化に資する技術であることを証明（2031年度末）

3. 成果・進捗概要（～2025/3） 詳細後述

- ・1MW級リジェネバーナ1ペアのNH₃燃焼試験実施（アンモニア専焼、アンモニア混焼データ採取）
- ・150kW級アンモニアRTバーナのNH₃燃焼試験実施（アンモニア専焼データ採取）
- ・150kW級水素RTバーナの水素燃焼試験実施（水素専焼データ採取）

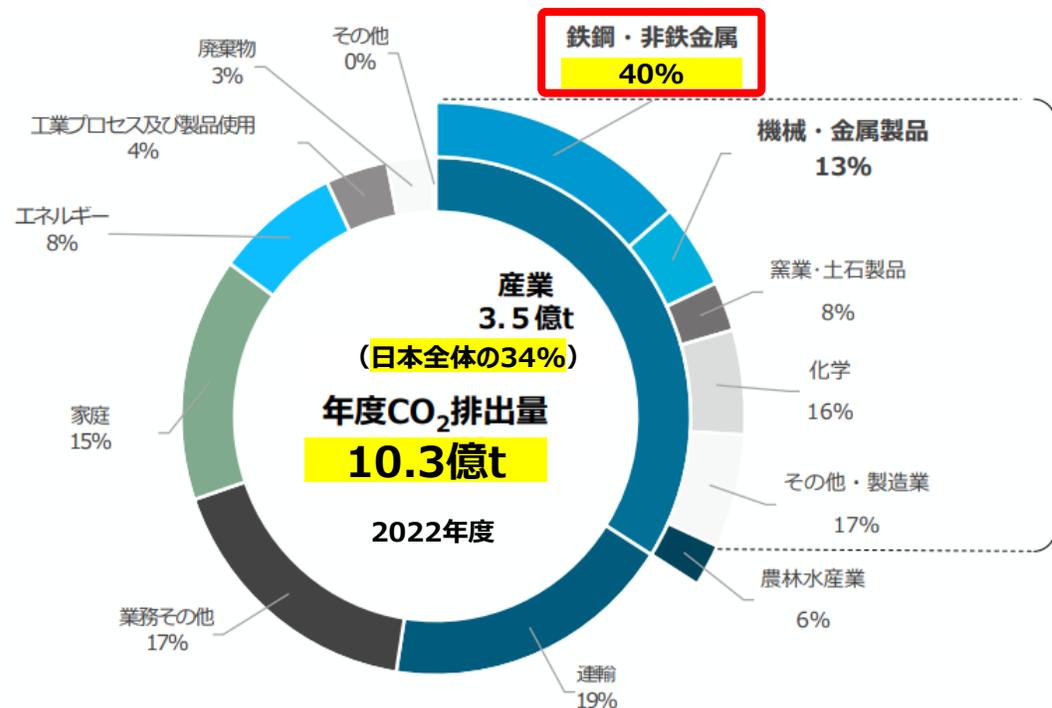


1. 事業の位置付け・必要性

本事業の背景・目的

日本の年間CO₂排出量は約10億トン

日本のCO₂全排出量のうち、産業部門が **34%** を占めており
その中で、**40%** を占める **鉄鋼業** においては
CO₂排出量の削減が喫緊の課題です。



工業炉からのCO₂排出量

1.5億t (日本全体の14.5%)

国内工業炉基数
3.7万基

(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) 報告書より



連続鋼片加熱炉



冷延鋼板連続焼鈍設備(CAL)

(出典) 国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」(2022年度確報値)

1. 事業の位置付け・必要性

本事業の背景・目的

技術/ノウハウの強み

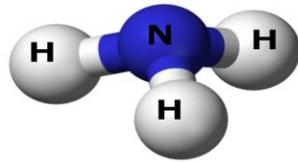
【活用可能な技術】

難燃性燃料の燃焼技術
低NOx燃焼技術
排熱回収技術
改質ガス製造技術

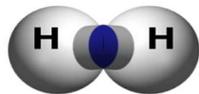
加熱炉設計ノウハウ
プロセス炉設計ノウハウ

×

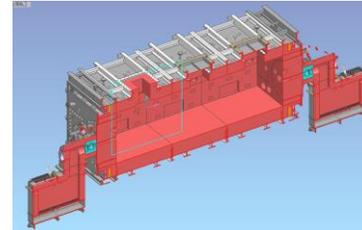
アンモニア燃焼技術



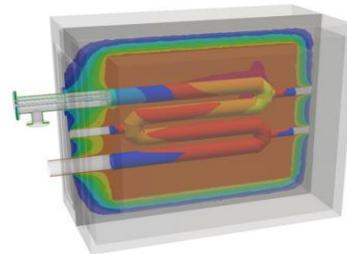
水素燃焼技術



リジェネバーナ



ラジアントチューブバーナ



連続鋼片加熱炉



冷延鋼板連続焼鈍設備

「2050年カーボンニュートラル」の実現を目指し、将来的にゼロエミッション燃料の供給基盤が確立されることを見据えて、アンモニア・水素に対応した燃焼装置および燃焼式工業炉（鉄鋼加熱炉・鉄鋼プロセス炉）の技術開発をおこなう

2. 研究開発マネジメントについて

要素技術開発の開発方向性と進捗状況

		研究開発内容	要素技術開発のマイルストーン	達成するための開発方向性	開発進捗
アンモニア	水素	リジネバーナを用いたアンモニア燃焼技術開発	化石燃料との50%混焼及びアンモニア専焼の安定かつ低エミッション燃焼技術確立	多段燃焼方式 および 改質技術 などを駆使した低NOxかつ低未燃アンモニア混焼技術の見極め	1MW級リジネバーナ1ペアのアンモニア燃焼試験実施中 種々条件にてアンモニア専焼、アンモニア混焼データ採取中 低NOx化試験、改質燃焼試験、COG相当ガス混焼試験等実施中
		RTバーナを用いたアンモニアまたは水素燃焼技術の開発	150kW級RTバーナでのアンモニアまたは水素専焼による燃焼安定性と低エミッション技術確立	排ガス循環方式 および 改質(アンモニア)技術 などを駆使した低エミッション専焼技術の見極め	150kW級RTバーナのアンモニア・水素燃焼試験継続実施中 種々条件にてアンモニア・水素専焼データ採取中 低NOx化試験、改質燃焼試験（改質はアンモニアのみ）、COG相当ガス燃焼試験等実施中
		炉構成する材料への影響検証 鉄鋼金属製品への影響検証	炉構成材(耐火材や金属部材)鉄鋼金属製品への影響検証手法の確立と評価	小型電気炉での模擬雰囲気ガス による基礎評価試験データの蓄積・考察から選定された条件で、実燃焼場での暴露試験	小型電気炉を用いた材料加熱試験完了 耐火物や金属材料の分析を評価機関にて分析実施中
		パイロット設備での鉄鋼加熱炉/鉄鋼プロセス炉システムの確立に向けた基礎検証	数値計算を活用し、リジネバーナ複数ペアまたはRTバーナ複数台の設計方針を決定	メーカーとユーザにて脱炭素型加熱炉のあるべき姿を整理し、システム開発検証要領の計画・立案 (安価かつ精密な 複数バーナ制御 、 安全対策 など)	リジネバーナシステム複数ペアまたはRTバーナ複数台での開発試験内容の立案計画 開発検証項目に対する目標値の設定および、検証に必要な設備構成、試験方案を検討中

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発のスケジュール

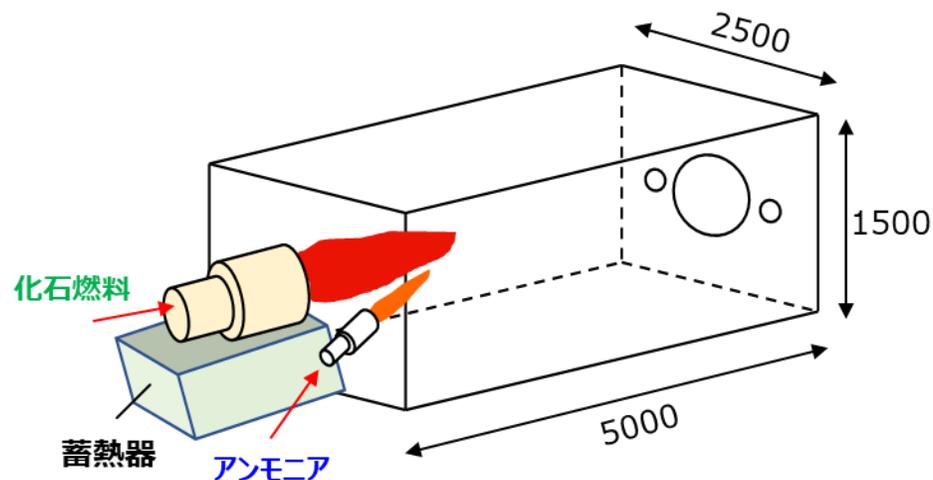
研究開発テーマ	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029	FY2030	FY2031	FY2032
	要素技術開発 現在			ハ° 10ット設備による技術検証			実装前実証			社会実装
[項目1-B/2 その1] アンモニアを燃料とする 鉄鋼加熱炉の開発	実績	燃烧技術の開発 ◆ 1MW単一リジエバーナ試験 試験装置完成	燃烧試験	鉄鋼加熱炉専用システムの確立 ◆ 2MW級複数リジエバーナ試験			実装前実証			事業化
[項目1-B/2 その1] アンモニアを燃料とする 鉄鋼プロセス炉の開発	実績	燃烧技術の開発 ◆ 150kW単一RTバーナ試験 試験装置完成	燃烧試験	鉄鋼プロセス炉専用システムの確立 ◆ 1MW級複数RTバーナ試験			実装前実証			事業化
[項目1-C/3 その1] 水素を燃料とする 鉄鋼プロセス炉の開発	実績	燃烧技術の開発 ◆ 150kW単一RTバーナ試験 試験装置完成	燃烧試験	鉄鋼プロセス炉専用システムの確立 ◆ 1MW級複数RTバーナ試験			実装前実証			事業化

3. 研究開発成果について

研究開発プロセスのイメージ (リジェネバーナを用いたアンモニア燃烧技術開発)

I. 要素開発

- ✓ 1MW級試験炉を用いてノズル形状や混焼方式の組み合わせによる段階的混焼試験および専焼試験をリジェネバーナ単体で実施
 - 低温時着火性とT/D時の燃烧安定性確認
 - 火炎温度上昇を抑制しNOxを規制値以下(大防法)
 - 空気比管理により未燃アンモニア抑制

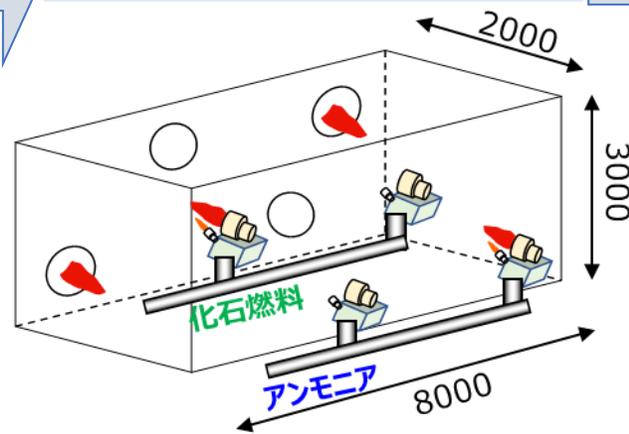


要素 (基盤) 技術開発
(中外炉工業 1.5MW級大型試験炉使用)
燃焼量 = 1337kW × 1ペア
炉内温度 = 1300°C (MAX)

ステージゲート審査

II. パイロット設備

- ✓ ゾーン制御にて実施鉄鋼加熱炉へのアンモニア燃烧技術適用時の課題明確化とその対策を検証
- ✓ 経済合理性および脱炭素+αのメリットの仮説構築を行い、社会実装に向けた評価を行う

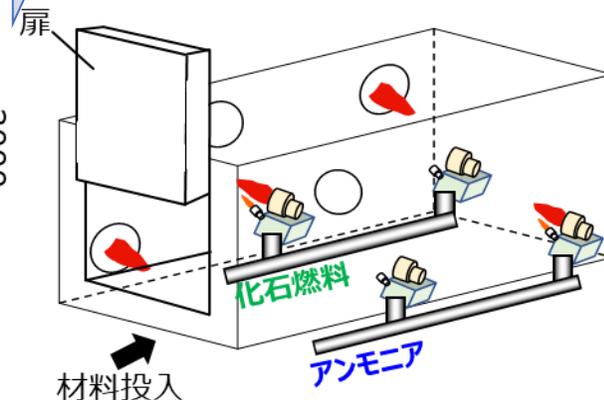


パイロット設備
(中外炉工業 試験炉使用予定)
燃焼量 = 290kW × 4ペア
炉内温度 = 1300°C (MAX)

ステージゲート審査

III. 実装前実証

- ✓ パイロット設備による技術検証をもとに、脱炭素+αのメリットを評価する
- ✓ 供給インフラ、供給量及び価格等の影響も大きいことから、パイロット設備での技術検証にて実証条件を決定する

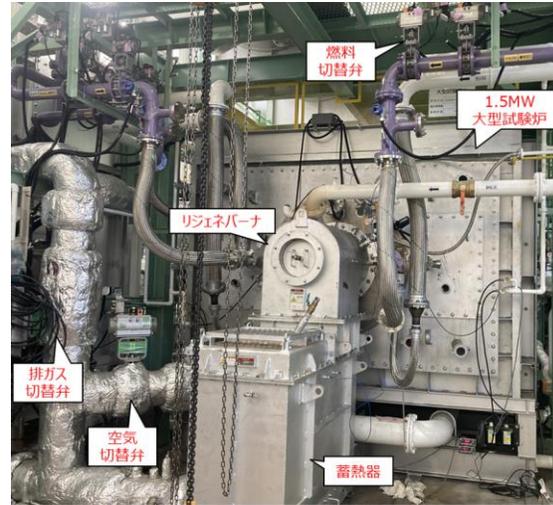


実装前実証設備
※実装前実証は現時点において参考計画とし、パイロット設備による技術検証とFSをおこない、外部環境も踏まえた実証条件を決定する

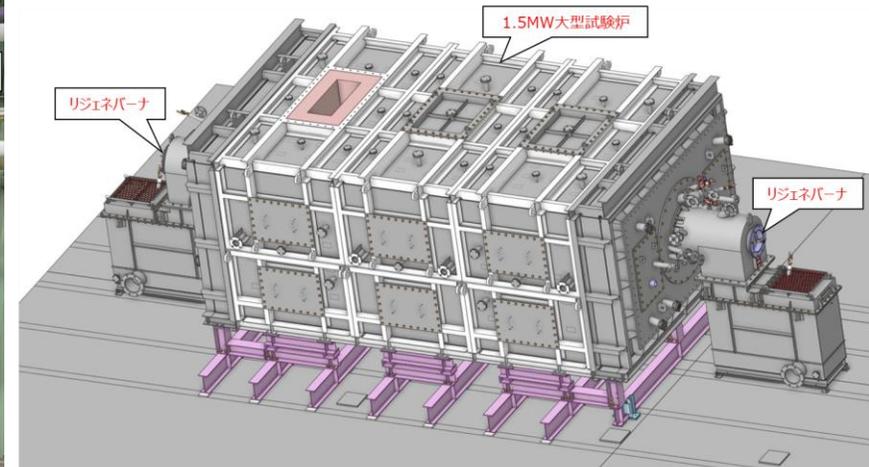
3. 研究開発成果について

研究開発の成果と意義（リジェネバーナを用いたアンモニア燃烧技術開発）

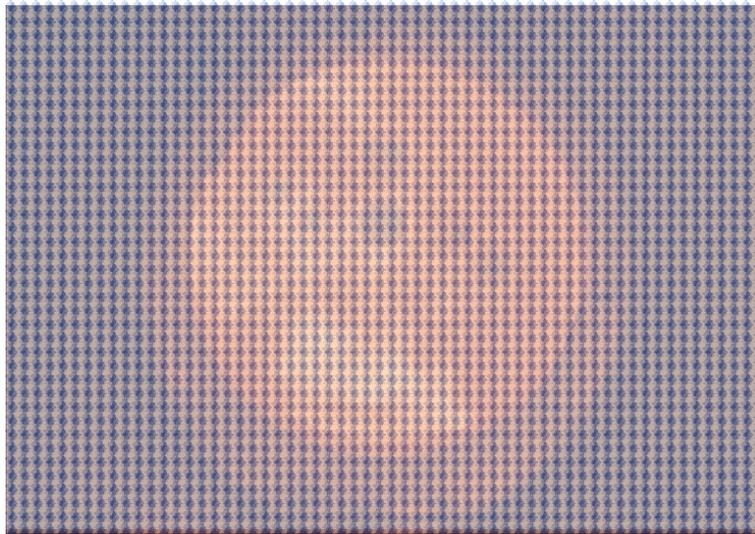
- ラボスケールバーナにおける混焼及び専焼試験における、安定燃烧および規定値以下のNO_x・未燃アンモニアの排出（2025年度末）
- パイロット設備でのアンモニア50%混焼及び専焼システムに必要な条件整理（2028年度末）
- 実証前実証をもって、社会実装化に資する技術であることを証明（2031年度末）



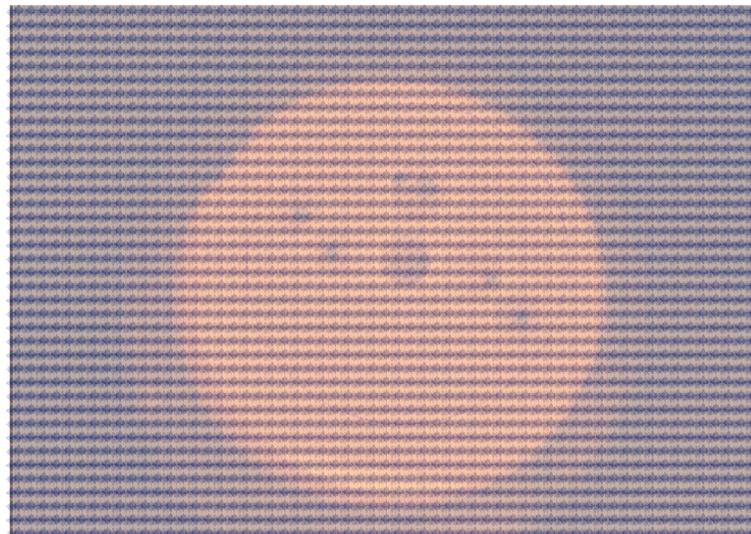
リジェネバーナ試験装置（全体）



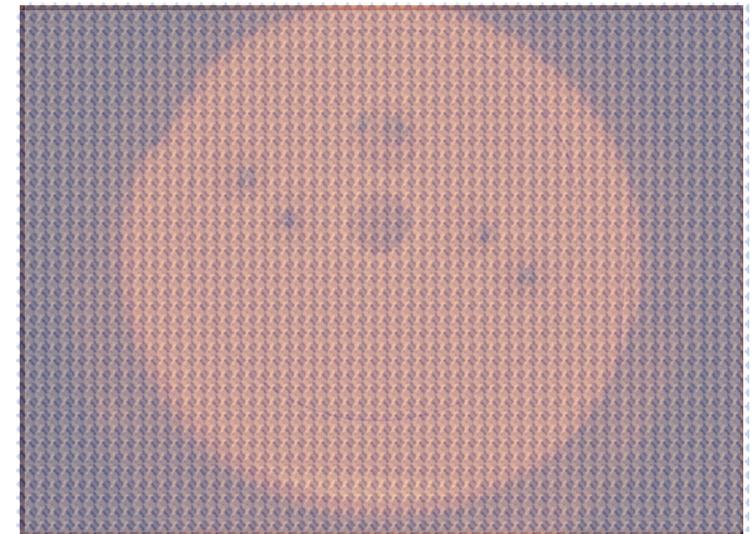
リジェネバーナ3次元CAD



13A専焼



13A/アンモニア混焼（50%:50%）



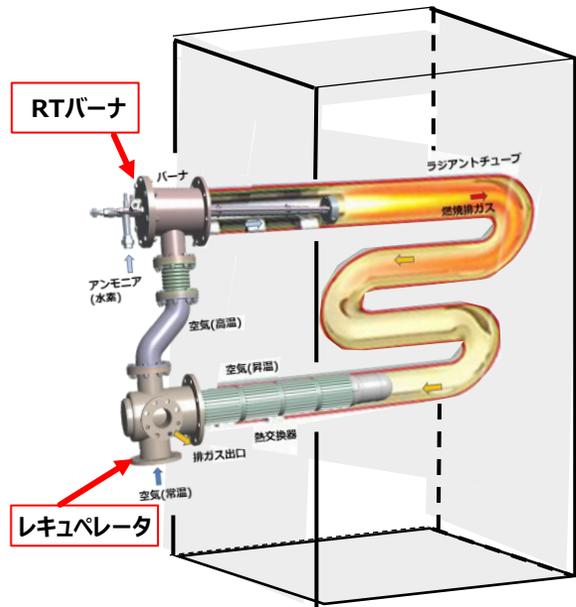
アンモニア専焼

3. 研究開発成果について

研究開発プロセスのイメージ (RTバーナを用いたアンモニアまたは水素燃焼技術の開発)

I. 要素開発 :

- ✓ 150kW級試験炉を用いてノズル形状や保炎機構の組合せによる専焼試験をラジアントチューブ (RT)バーナ単体で実施
 - ・低温時着火性とT/D時の燃焼安定性確認
 - ・火炎温度上昇を抑制し、NOxを規制値以下(大防法)



要素 (基盤) 開発装置
(中外炉工業 7Bラジアントチューブ試験炉使用)
燃焼量 : 150kW
炉内温度 : 950℃(MAX)

ステージゲート審査

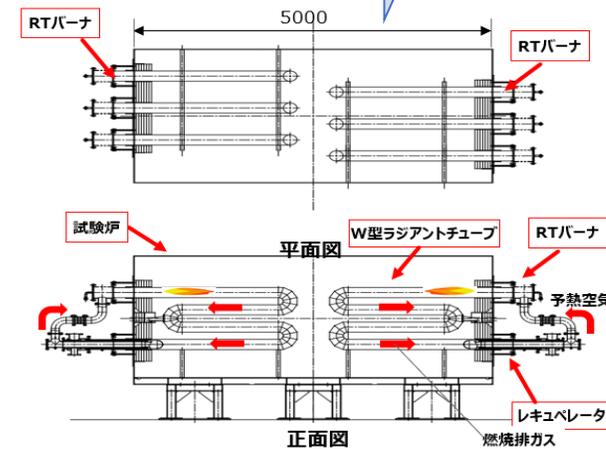
II. パイロット設備

- ✓ 数百本のRTバーナから構成される鉄鋼プロセス炉への水素燃焼技術適用時の課題の明確化とその克服対策をパイロット試験炉にて複数台のRTバーナで検証する
- ✓ 経済合理性および脱炭素+αのメリットの仮説構築を行い、社会実装に向けた評価を行う

ステージゲート審査

III. 実装前実証

- ✓ パイロット設備による技術検証をもとに、脱炭素+αのメリットを評価する
- ✓ 供給インフラ、供給量及び価格等の影響も大きいことから、パイロット設備での技術検証にて実証条件を決定する



パイロット設備
(中外炉工業 試験炉使用予定)
燃焼量 : 150kW×複数台
炉内温度 : 950℃(MAX)

実装前実証設備

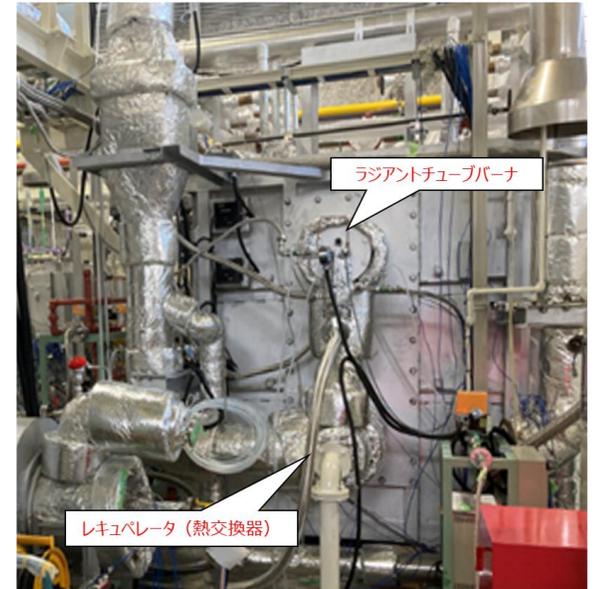
※実装前実証は現時点において参考計画とし、パイロット設備による技術検証とFSをおこない、外部環境も踏まえた実証条件を決定する

3. 研究開発成果について

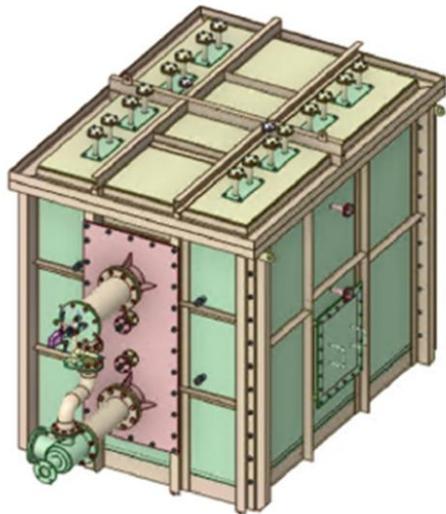
研究開発の成果と意義（RTバーナを用いたアンモニアまたは水素燃焼技術の開発）

- ・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NO_xの排出（2025年度末）
- ・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）

壁からの輻射とW型ラジアンチューブ間輻射を考慮したチューブ温度分布解析を実施



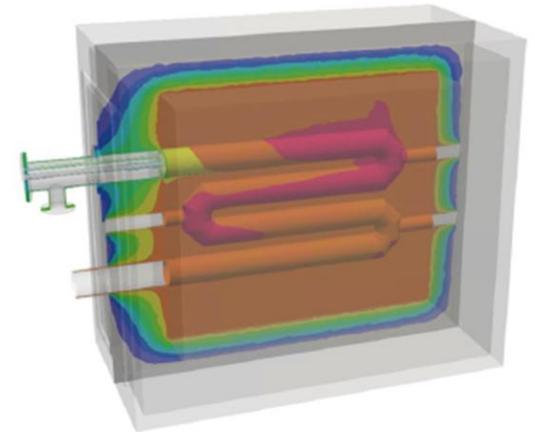
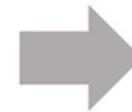
ラジアンチューブバーナ試験装置（全体）



3次元CAD



形状簡略化



格子作成+計算

3. 研究開発成果について

研究開発の成果と意義（炉構成する材料への影響検証、鉄鋼金属製品への影響検証）

アンモニアや水素は、金属製品や耐火物に対して窒化（表面層の硬化）や水素脆化（靱性の低下）等の化学変化を生じさせる特性があり、燃焼の安定性、窒素酸化物（NOx）の低減といった燃焼技術に加えて、金属製品や炉材等への影響の解明とその対応策が必要となる。

・構成材料の機械的性質の基準を明確にし、材料を選定（2028年度末）

炉構成材選定根拠：ガスノズル、スキッドボタンなどの金属材料、またキャストブル、煉瓦、アルミナファイバーなどの耐火材の燃焼雰囲気さらされる材料を選定

製品サンプル選定根拠：SS材やSUS材など汎用性の高い材料を選定

評価項目：表面硬さ、硬度分布、組織構造などを測定



ガスノズル



耐火材



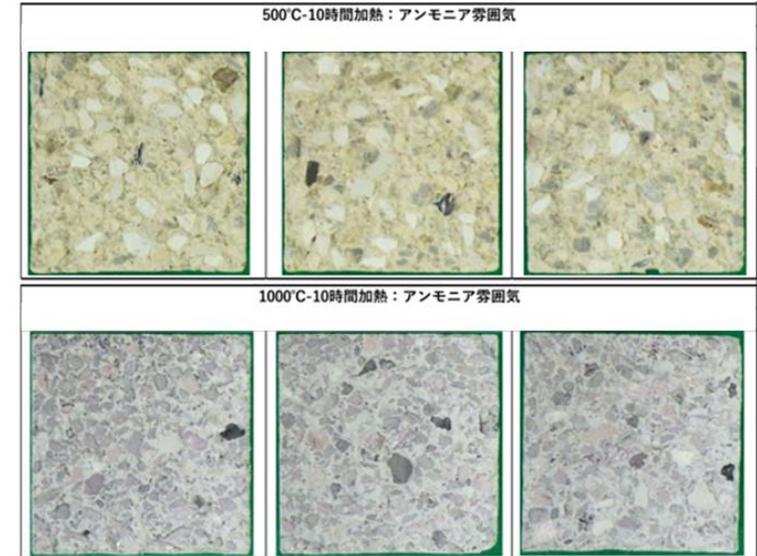
小型電気炉



スキッドボタン



鉄鋼金属製品



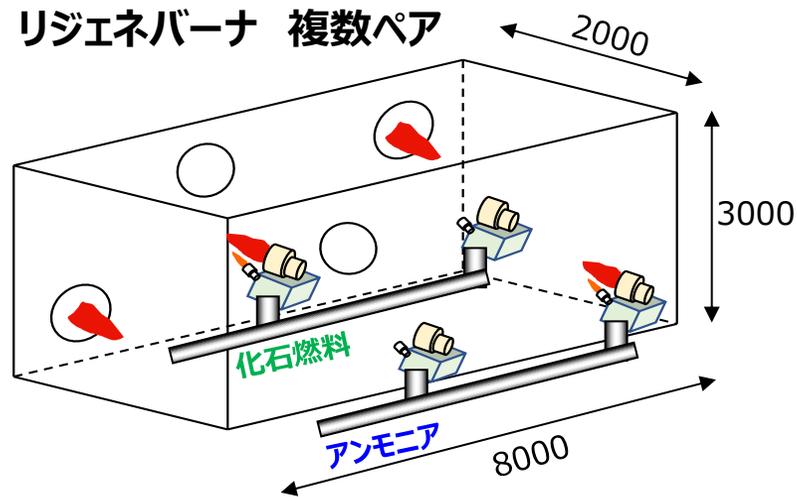
試験材料（耐火物-キャストブル）

4. 今後の見通しについて

実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（リジェネバーナを用いたアンモニア燃烧技術開発）

複数バーナ試験での検証方針および項目（計画途中段階）

- アンモニア燃烧に適した複数ペア制御方法の確立



リジェネ複数ペア計画イメージ

- アンモニア-化石燃料混焼パターンを複数条件できる配置 & 燃烧フローとし、アンモニアの優先適用ゾーンを見極める



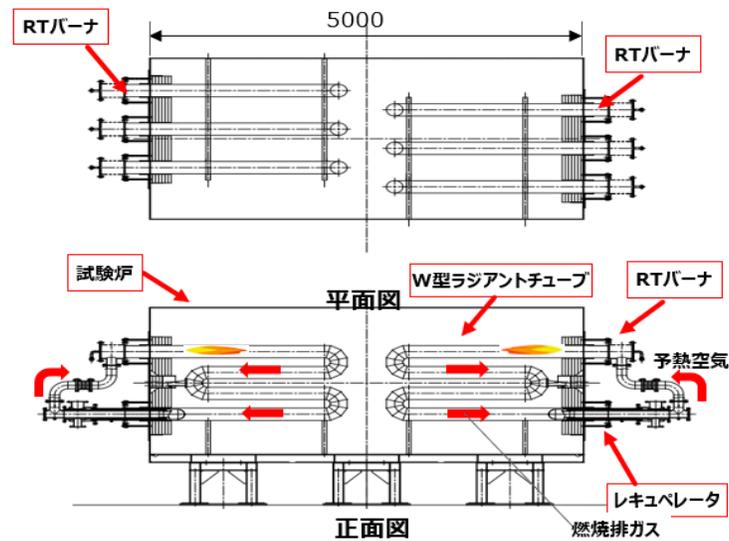
設置予定試験炉（イメージ）
（中外炉工業 既設試験炉）

4. 今後の見通しについて

実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（RTバーナを用いたアンモニアまたは水素燃焼技術の開発）

複数バーナ試験での検証方針および項目（計画途中段階）

- 燃焼に適した複数バーナ制御方法の確立
- 化石燃料との混焼パターンを複数条件できる配置 & 燃焼フローとし、アンモニア、水素の優先適用ゾーンを見極める



RTバーナ複数台計画イメージ

RTバーナ×複数台



設置予定試験炉（イメージ）
（中外炉工業 既設試験炉）

サーモテックで未来をひらく



中外炉工業株式会社



中外炉工業株式会社は
大阪・関西万博を応援しています。

