

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.603-1-10

契約件名：
燃料アンモニア利用・生産技術開発/工業炉における燃料アンモニアの燃焼技術開発

発表： 2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名：萩原 義之

団体名

日本酸素株式会社

AGC株式会社

国立研究開発法人産業技術総合研究所

国立大学法人 東北大学

問合せ先：日本酸素株式会社

事業概要

1. 期間

開始 : 2021年12月
終了（予定） : 2026年5月

2. 最終目標

- 10kW規模のアンモニア燃焼実験で、火炎輻射伝熱強化条件、及び低NO_x化の機構を解明する。
- 50kWモデル燃焼炉実験で、火炎輻射伝熱強化手法および低NO_x化手法の適用効果の見極めを完了する。
- 200kWモデル燃焼炉で、火炎輻射伝熱強化手法、低NO_x化手法の検証を行い、1MW級アンモニア-酸素燃焼バーナの設計を確立する。
- ガラス溶解炉における実証評価試験を実施し、燃料アンモニア利用時の燃焼特性、安全性、経済性、設備の耐久性、製品品質への影響等を評価し、それを反映し環境基準(NO_x排出濃度360ppm以下：酸素濃度15%換算値)を満たす事の出来るバーナや工業炉の最適化を完了する。

3. 成果・進捗概要

東北大学と産総研で、Rich-Lean二段燃焼でNO_x排出濃度が環境基準360ppm以下となることを確認し、ステージング燃焼への適用可能性を見極めた。

日本酸素では200kW級及び1MW級のアンモニア-酸素バーナを試作し、モデル炉で加熱効率55%以上とNO_x濃度360ppm以下の性能を達成した。

AGCのガラス溶解炉にて技術検証を行い、伝熱効率が都市ガス-酸素バーナと同等であり、NO_x排出濃度を管理値以下で制御できる事を実証した。

1. 事業の位置付け・必要性

事業の目的・概要

本事業では、2050年カーボンニュートラルの達成に向け、排出削減対策が困難な熱利用分野の脱炭素化を進めるため、燃焼時に二酸化炭素を発生しないアンモニアを工業炉の燃料として活用する技術の開発に取り組みます。具体的には、輻射伝熱による熱伝達が主体となる工業炉への適用を目的とし、アンモニア-酸素バーナの開発を行うとともに、輻射伝熱の強化とNOx低減技術の技術検証のためにガラス溶融炉で実証試験を実施します。これらの成果を踏まえ、200kW級ならびに1MW級アンモニア-酸素バーナ及び周辺技術の設計技術を確立し、大型工業炉への適用可能性を検討します。

実施体制

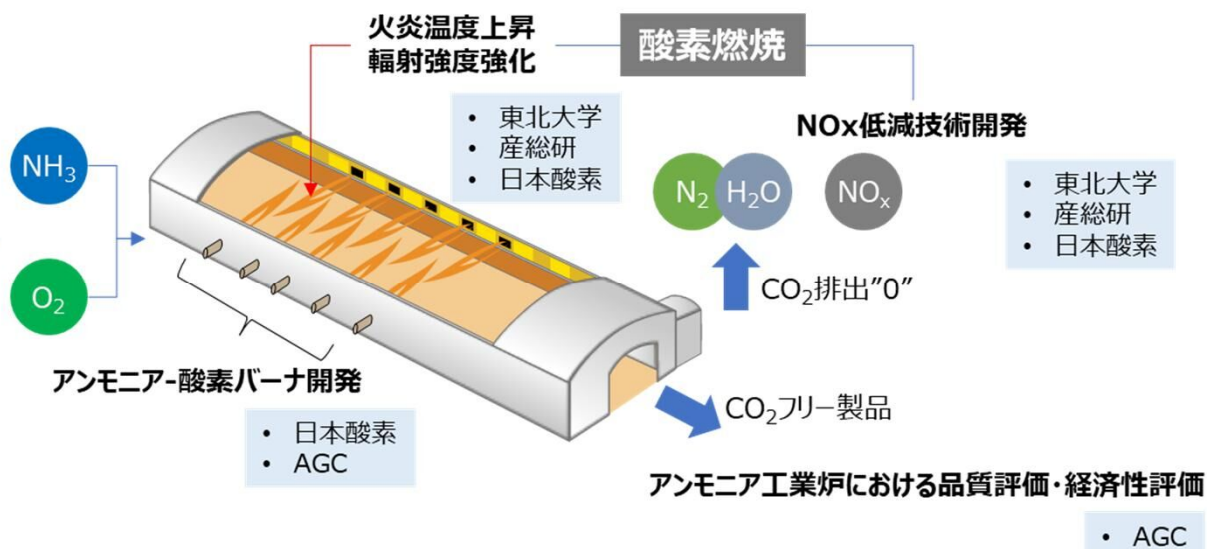
日本酸素株式会社
AGC株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立大学法人 東北大学

事業期間

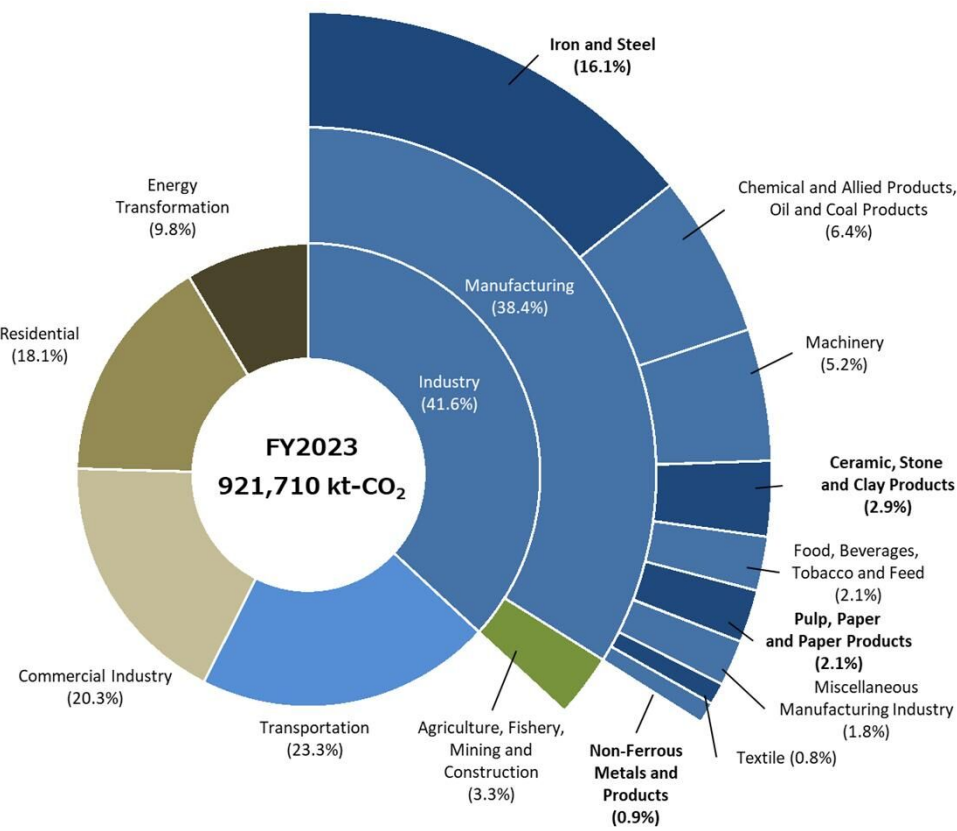
2021年度～2026年度

アンモニア利用の為の安全技術確立

- 日本酸素
- AGC



1. 事業の位置付け・必要性



日本のCO₂排出量(単位:百万t)

	2013年 (基準年)	2023年	2030年 (46%削減)	
日本全体	1235	921	691	(▲230)
鉄鋼	182	131	102	(▲29)
ガラス・セメント	34	24	19	(▲5)
紙・パルプ	25	17	14	(▲3)
非鉄	10	7	6	(▲1)

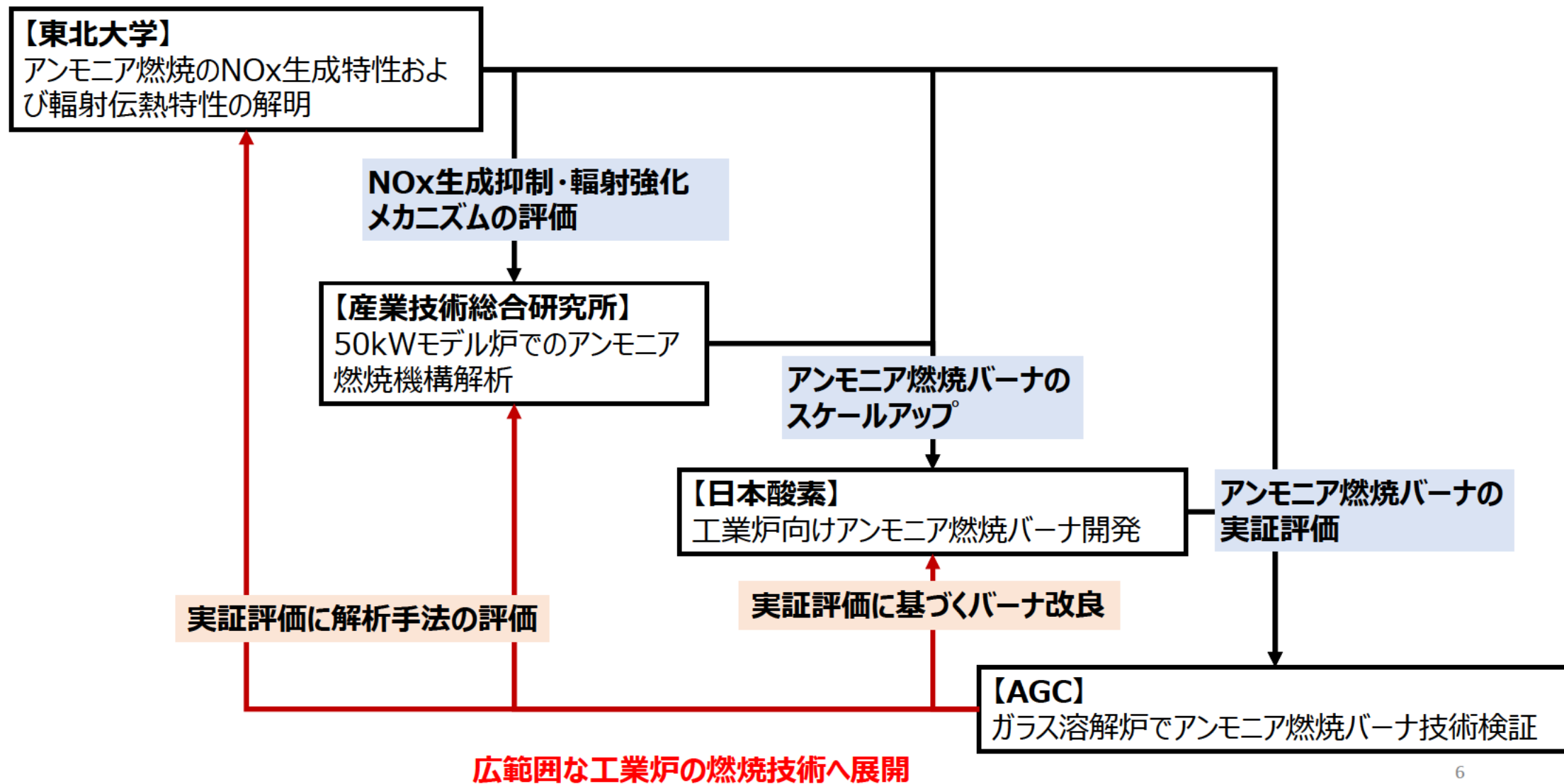
鉄鋼、ガラス・セメント、非鉄等燃料の熱利用分野で、
2030年までに38百万tのCO₂削減が必要

CO₂の部門別排出量(電気・熱配分後)
ref) 国立環境研究所温室効果ガスイベントリオフィス偏
「日本国温室効果ガスイベントリ報告書(2025年)」

2. 研究開発マネジメントについて –実施項目と目標値–

実施項目	最終目標(2025年度)
実施項目1:工業炉におけるアンモニア燃焼の低NOx化機構・輻射伝熱強化機構の解明	
1-1:アンモニア酸素燃焼、酸素富化燃焼のNOx生成特性および輻射伝熱特性の解明 (国立大学法人 東北大学)	- アンモニア実炉バーナの低NOx燃焼および輻射数値シミュレーション技術構築 - アンモニア燃焼炉内の低NOx化および輻射伝熱数値シミュレーション技術構築
1-2:50kWモデル炉でのアンモニア燃焼機構解析 (国立研究開発法人 産業技術総合研究所)	50kW級アンモニア燃焼低NOxバーナが、排出NOxの規制値以下達成可能なことを実証 50kW級アンモニア燃焼低NOxバーナの火炎が、炉内温度1500～1600℃到達可能な輻射強度を有することを把握
実施項目2:工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発(日本酸素株式会社)	
2-1:200kW級アンモニア-酸素バーナ開発	1MW級のアンモニア-酸素バーナの設計手法確立
2-2:1MW級アンモニア混焼-酸素富化バーナ開発	1MW級のアンモニア-高温空気酸素富化バーナの開発完了 - アンモニア-高温酸素富化燃焼時の輻射強化/NOx抑制手法確立
実施項目3:ガラス溶解炉におけるアンモニア燃焼バーナ技術検証(AGC株式会社)	
3-1:アンモニア燃焼の影響評価	他の燃焼方式による影響との比較からアンモニア燃焼の優位性見極め
3-2:200kW級アンモニア-酸素バーナ実証評価	- 大型ガラス溶解炉へのアンモニア燃焼バーナの最適配置の検討 - 大型ガラス溶解炉でのアンモニア-酸素燃焼バーナ導入の技術検証
3-3:1MW級アンモニア混焼-バーナ実証評価	大型ガラス溶解炉でアンモニア-高温空気酸素富化実証試験の検討

2. 研究開発マネジメントについて ー実施体制ー

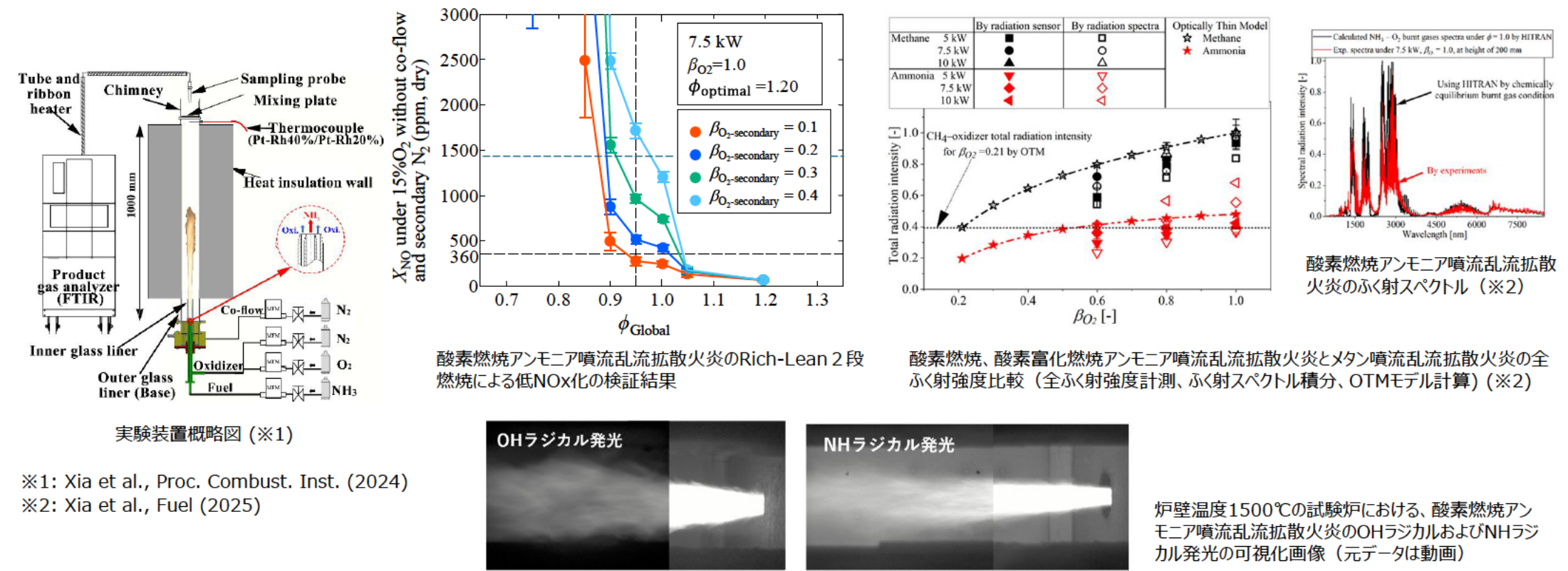


3. 研究開発成果について – 全体計画 –

実施項目	'21年度	'22年度	'23年度	'24年度	'25年度
項目1：工業炉におけるアンモニア燃焼の低NOx化機構・輻射伝熱強化機構の解明					
1-1:アンモニア酸素燃焼・酸素富化燃焼のNOx生成特性及び輻射伝熱特性の解明					
・酸素燃焼・酸素富化燃焼のNOx生成抑制メカニズム解明と気体輻射特性評価法の構築	完了				
・実炉バーナおよび炉内における低NOx燃焼と輻射伝熱強化の数値シミュレーション技術の構築				完了	
1-2:50kWモデル炉でのアンモニア燃焼機構解析					
・試験設備整備と50kWバーナの特性把握	完了				
・NOx低減・輻射強化の両立			完了		
項目2：工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発					
2-1：200kW級アンモニア-酸素バーナの開発	完了				
2-2：1MW級アンモニア混焼-酸素富化バーナの開発			完了		
項目3：ガラス溶解炉におけるアンモニア燃焼バーナ技術検証					
3-1：アンモニア燃焼の影響評価	完了				
3-2：200kW級アンモニア-酸素バーナ実証評価	完了				
3-3：1MW級アンモニア混焼-酸素富化バーナ実証評価			完了		

3. 研究開発成果について – 東北大学：工業炉におけるアンモニア燃焼の低NOx化機構・輻射伝熱強化機構の解明 –

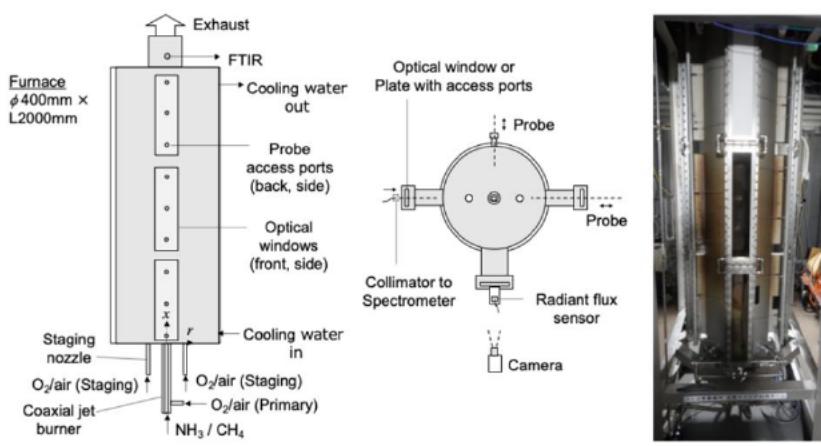
アンモニア燃焼の課題である「低燃焼性」、「Fuel NOx生成」、「ふく射伝熱低下」の原理を解明し、酸素燃焼・酸素富化燃焼の有用性と課題への対策を明らかにするとともに、高温炉壁を背景にしたアンモニア火炎の可視化により炉内アンモニア燃焼の評価を行う



- 酸素燃焼アンモニア噴流乱流拡散火炎においても、1次燃焼領域を過濃条件とし2次酸化剤が炉内循環ガスで希釈されることにより、実炉条件において環境基準値以下のNOx濃度を達成可能であることを確認
- アンモニア火炎の全ふく射強度はメタン火炎の概ね1/2程度であるが、酸素燃焼・酸素富化燃焼で大幅に増強可能であることを確認
- 1500℃の炉壁ふく射を背景にした酸素燃焼アンモニア噴流乱流火炎の可視化に成功

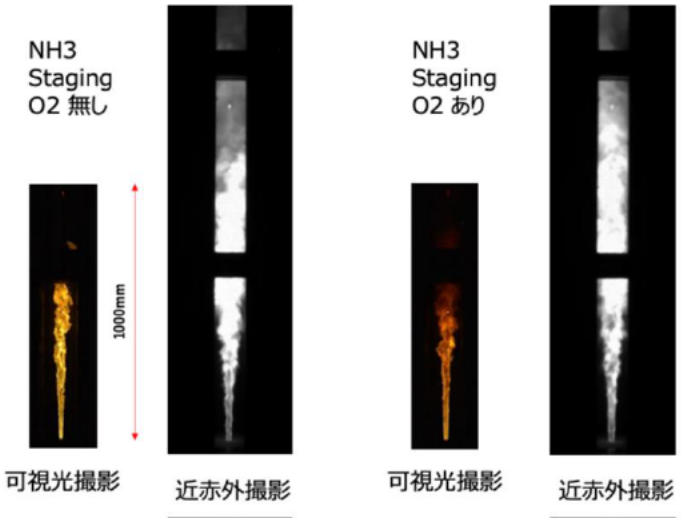
3 . 研究開発成果について

– 産業技術総合研究所：工業炉におけるアンモニア燃焼の低NOx化機構・輻射伝熱強化機構の解明 –



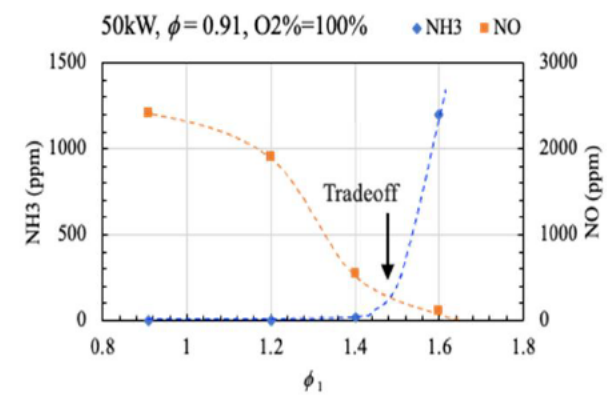
50kWモデル炉模式図

炉底部に配置された円管内の中央に、同軸噴流バーナを備えている

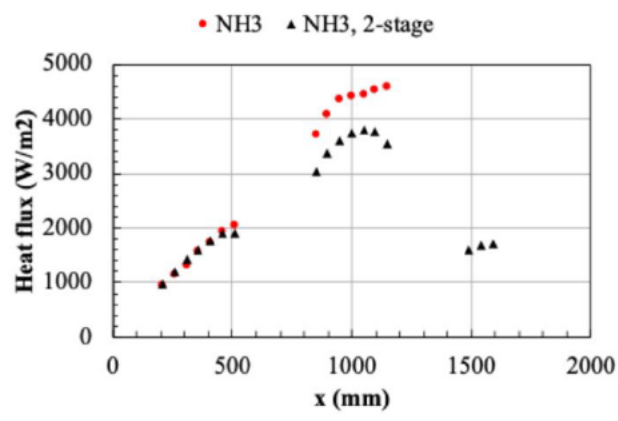


50kWアンモニアバーナ火炎

ステーjing燃焼させることにより火炎は可視光画像上では短くなり、一方、近赤外画像上では長くなる。



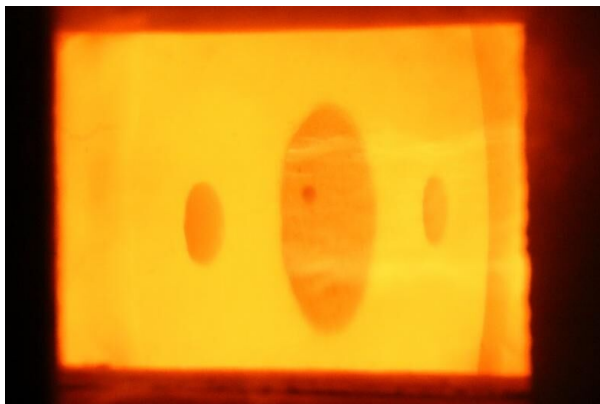
NH₃/NO排出特性



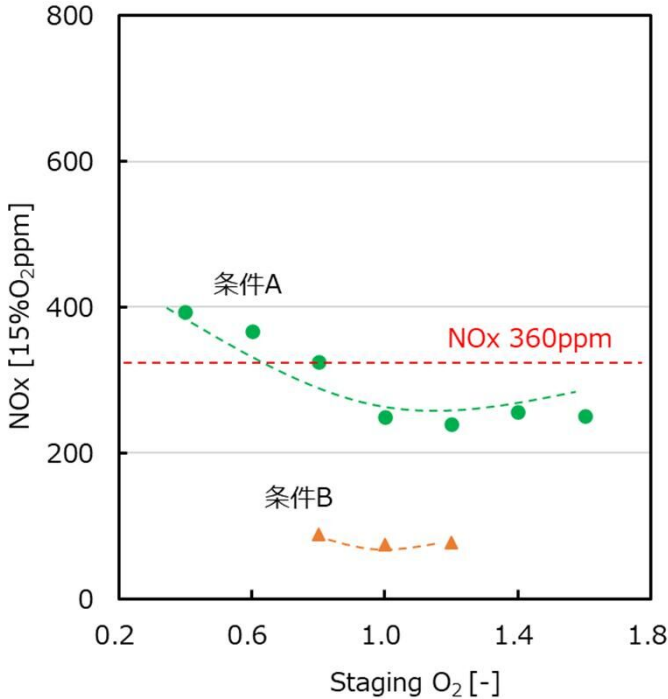
熱流束分布

- 未燃NH₃とNO濃度が最小となる酸素比（当量比）が存在し、ステーjing燃焼によりNO濃度が低下する
- ステーjing燃焼では火炎後流の輻射強度が弱い。

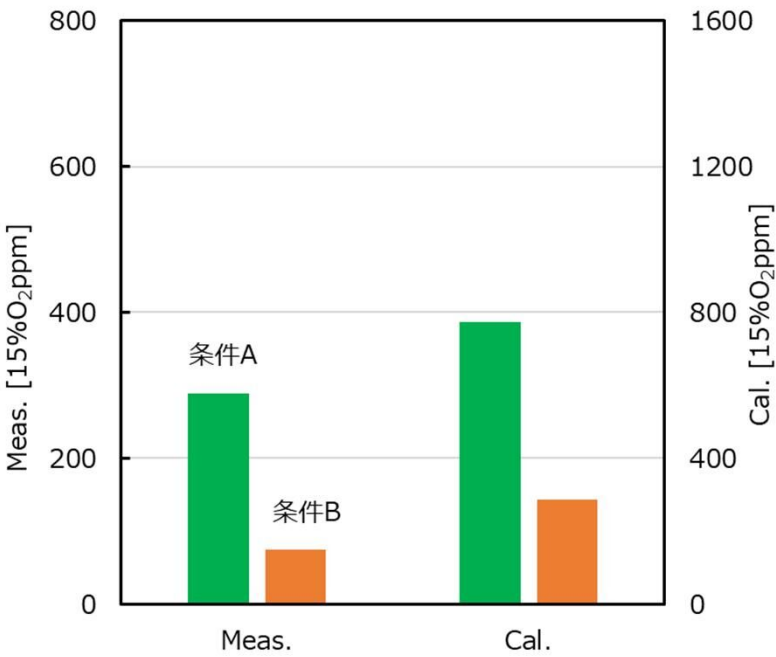
3. 研究開発成果について – 日本酸素：工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発 –



1MW アンモニア-酸素バーナ



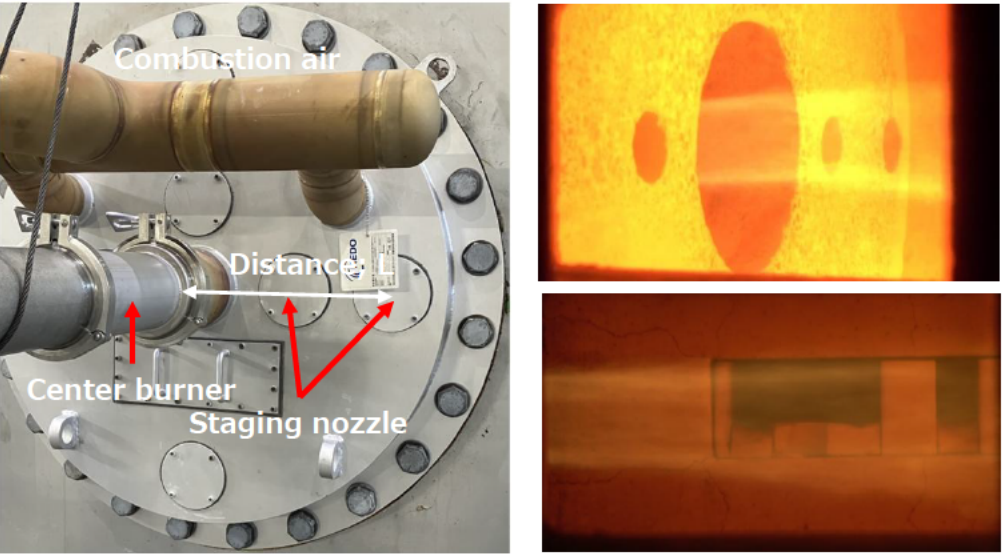
排ガス中のNOx濃度



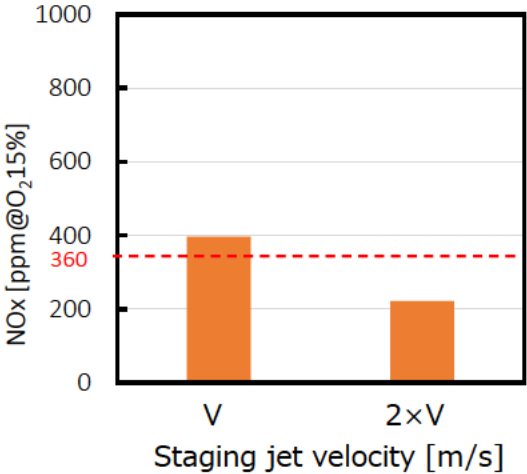
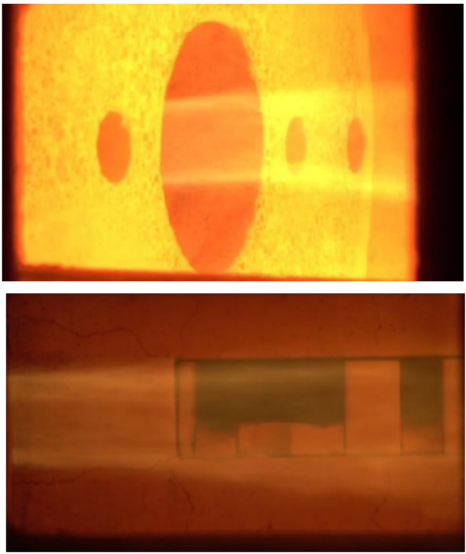
CFDによる排ガス中のNOx濃度比較

- Rich-Lean2段燃焼構造のバーナを採用しステージング条件を最適化することで、安定したアンモニア火炎が形成され、1MW燃焼規模において、伝熱効率はCH₄と同等で55%以上、NOxは環境基準値360ppm以下を達成した。
- 試験炉を対象とした数値流体解析（CFD）により計算された排ガスNOxから、各燃焼条件の相対的な傾向が一致するモデルを構築した。
→実炉導入に向けたアンモニア燃焼バーナの基本技術を確立した

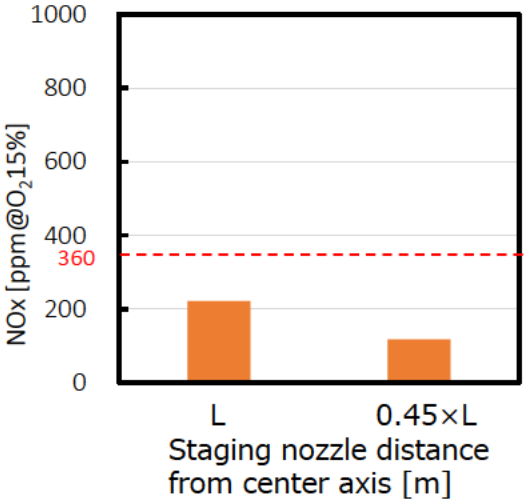
3. 研究開発成果について – 日本酸素：工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発 –



1MW アンモニア-酸素富化バーナ



排ガス中のNOx濃度に対する
ステーシングノズル噴出速度の影響
(酸化剤中の酸素濃度40%,
V:基準噴出速度)

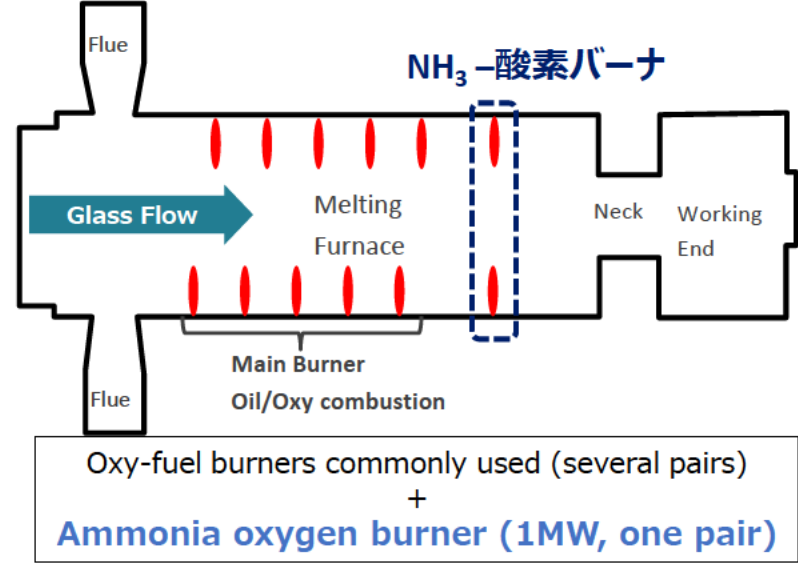


排ガス中のNOx濃度に対する
ステーシングノズル位置の影響
(酸化剤中の酸素濃度40%
バーナ中心からの距離,L:基準距離)

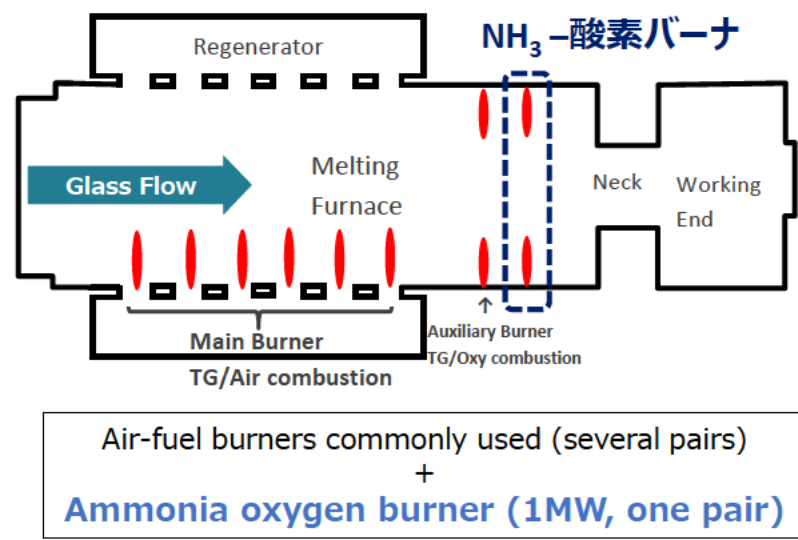
- 500℃の高温空気と純酸素を用いた酸素濃度28～40%の酸素富化燃焼において、酸素燃焼同様にRich-Lean二段燃焼構造のバーナを採用し、ステーシング条件を最適化することで、安定したアンモニア火炎を形成し、NOxは環境基準値360ppm以下を達成した。

3. 研究開発成果について – AGC : ガラス溶解炉におけるアンモニア燃焼バーナ技術検証 –

酸素燃焼炉での実証試験（2025年4月実施）



空気燃焼炉での実証試験（2026年1月実施）



技術検証項目

- 排ガス中のNO_x濃度
- ガラス溶解炉の耐火物に与える影響
- ガラス品質に与える影響
- 安全性

酸素燃焼炉、空気燃焼炉において、1MW NH₃-酸素バーナの実証試験を実施

- NO_x管理値以下で運転が可能
- ガラス溶解炉・ガラス品質への影響なし
- アンモニアをバーナ燃料として安全に使用できる事を確認
- ガラス溶解炉で初めてNH₃燃焼火炎の可視化に成功



Fig. 可視化カメラでの撮影の様子

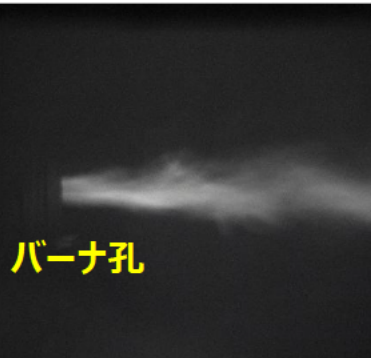


Fig. ガラス溶解炉内のNH₃火炎画像（OHラジカル発光）*東北大撮影

3. 研究開発成果について – 最終目標に対する達成状況 –

東北大学と産業技術総合研究所による研究によって、NO_x生成抑制機構の手法であるRich-Lean二段燃焼の有効性が解明され、この手法を活用する為にステージング燃焼が有効である事を見出した。

日本酸素では、東北大学と産業技術総合研究所の成果を活用し、自社で保有する200kWモデル燃焼炉において、ステージング燃焼を組み込んで、アンモニア-酸素燃焼時の、火炎輻射伝熱強化手法及び低NO_x化手法の検証を行い、1MW級のアンモニア-酸素燃焼バーナの設計を確立した。また、1MW規模のモデル燃焼炉を用いて、アンモニア-燃焼バーナにおいて、酸素富化、高温空気燃焼時の火炎輻射伝熱強化及び低NO_x化手法の検証を行い、数MW級のアンモニア-燃焼バーナの設計を確立した。

AGCではアンモニア-酸素バーナのガラス溶解炉への導入可能性を検討するために、日本酸素が開発したアンモニア-酸素バーナを使った、ガラス溶解炉における実証評価試験を計画・実施し、燃料アンモニア利用時の燃焼特性、安全性、経済性、設備の耐久性、製品品質への影響等を評価した。その結果、今回の実証試験規模において環境基準(NO_x排出濃度360ppm以下：酸素濃度15%換算値)を満たす事が出来る事を確認した。

4. 今後の工業炉における燃焼アンモニア燃焼技術の展望

本研究開発成果に基づき、今後は、参画企業（日本酸素）が工業炉におけるアンモニア燃焼用バーナを実用化し、工業炉のユーザに提供するとともに、バーナにおいて必要となる燃料アンモニア及び酸素ガスを販売する。他の参画企業（AGC）は、本研究により開発されたアンモニア燃焼用バーナのガラス溶解炉への商用利用を検討する事により、ガラス工業におけるCO₂排出量の削減を試み、産業部門からのCO₂排出量削減に寄与することを計画している。また参画する大学等の研究開発機関は、本研究開発で実施する燃料アンモニアに対する酸素燃焼、酸素富化燃焼の基礎特性解明やサブスケール試験研究を通して、参画する企業が実用化を図る上での燃焼科学的根拠ならびにシミュレーション技術を提供して、本研究開発成果の早期社会実装に貢献する。

工業炉における燃料アンモニア燃焼技術の導入イメージ

	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度以降
バーナ設計					
供給設備設計					
ユーザー探索					
実証評価試験					
導入					
	● 1MW規模工業炉へのアンモニア-酸素燃焼導入 ● 10MW規模工業炉へのアンモニア混焼設備導入				