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

団体名：大陽日酸株式会社、AGC株式会社、国立研究法人　産業技術総合研究所、国立大学法人　東北大学
発表日：2025年7月17日

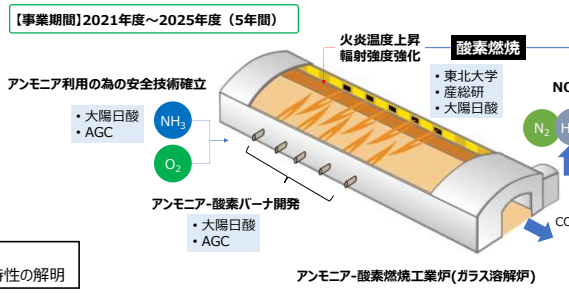
事業の目的・概要

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

NEDO
- 【大陽日酸】工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発
- 【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
- 【産業技術総合研究所】50kWモデル炉でのアンモニア燃焼機構解析
- 【東北大学】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

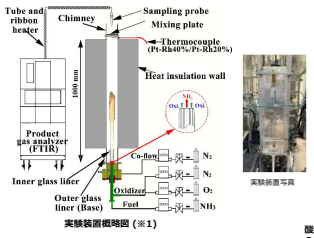
【事業期間】2021年度～2025年度（5年間）



アンモニアの燃料利用における課題
- 火炎温度の低下
- 火炎輻射強度の低下
- 燃料起因のNOx排出増加

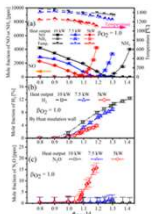
実施項目1：工業炉におけるアンモニア燃焼の低NOx化機構・輻射伝熱機構の解明(東北大学・産総研)

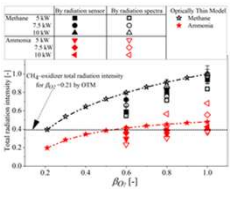
(東北大学)



実験装置概略図（※1）

実験装置写真


酸素燃焼アンモニア噴流拡散火炎における燃焼生成ガス中の化学種濃度に及ぼす熱出力と総当量比の影響(※1)

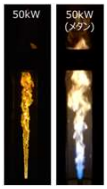

酸素燃焼におけるアンモニア噴流拡散火炎およびメタン噴流拡散火炎の全ふく射強度比較（全ふく射強度計測、ふく射スペクトル積分、OTMモデル計算）(※2)

※1: Xia et al., Proc. Combust. Inst. (2024)
※2: Xia et al., Fuel (2025)

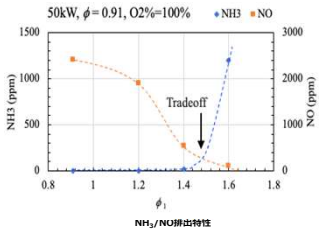
「熱出力」,「総当量比 ϕ_{Global}」,「一次酸化剤の酸素濃度 β_{O_2}」が燃焼生成ガス組成および全ふく射強度に及ぼす影響を明らかにする.

- 酸素燃焼アンモニア噴流拡散火炎においてもNO濃度、未燃NH_3濃度が同時に最小となる最適総当量比が過濃側で存在する
  - Rich-Lean 2段燃焼による低NOx燃焼が可能である
- 酸素燃焼アンモニア火炎の全ふく射強度は酸素燃焼メタン火炎の概ね1/2程度であることを実験計測と数値解析で確認
  - 酸素燃焼によりアンモニア火炎のふく射強化が可能であり、数値的に全ふく射強度を予測できる

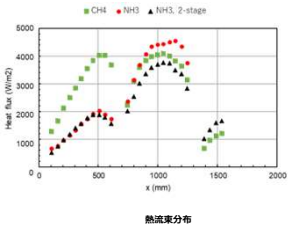
(産総研)



50kWバーナ燃焼試験



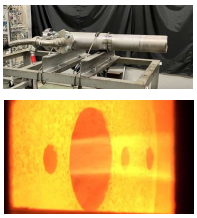
NH_3/NO排出特性

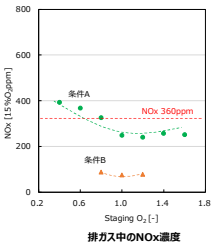


熱流束分布

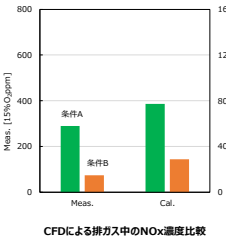
- 未燃NH_3とNO濃度が最小となる酸素比（当量比）とステージング率が存在し、2 stage燃焼によりNO濃度が低下
- CH_4火炎に比べて、NH_3火炎は、上流側での輻射強度が弱く、下流側での輻射強度が強い。
  - 火炎の長さ、発光スペクトルの差
- 1 stage燃焼に比べて、2 stage燃焼では中段からの輻射強度が弱い。
  - 2 stage燃焼により反応領域が広く分布

実施項目2：工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発(大陽日酸)


アンモニア-酸素バーナ



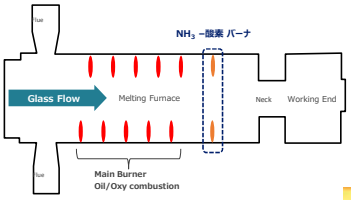
排ガス中のNOx濃度



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、伝熱効率はCH_4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、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

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



Oxy-fuel burners commonly used (several pairs)
+
Ammonia oxygen burner (200kW, one pair)

技術検証項目
- 排ガス中のNOx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

ガラス溶解炉での実証試験状況（左）及び試験に使用したアンモニア貯槽（右）.

100% Natural gas - oxyfuel

100% Ammonia - oxyfuel
ガラス溶解炉内のバーナ燃焼状況

2023年6月に、AGCの建材用ガラス溶解炉で世界で初めて実証試験に成功
- ガラス溶解炉のNOx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

【成果概要】

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

東北大学は、球状火炎伝播法により、アンモニア酸素燃焼・酸素富化燃焼の燃焼速度計測を行い、詳細反応モデルの検証を行った。10kW燃焼を定格とする酸素燃焼・酸素富化燃焼アンモニア噴流拡散火炎の、NOおよび未燃NH_3排出濃度が同時に最小となる最適総括当量比が確認され、拡散燃焼においても低NOx化が可能であることが明確になった。

産総研は、50kW級モデル炉でメタン酸素燃焼による予備試験、アンモニア燃焼試験を行った。火炎形状を確認するとともに、未燃アンモニア、NOx等排気ガス組成および熱流束分布の計測を行った。アンモニアについて酸化剤（酸素及び酸素富化空気）と当量比をパラメータとして、排気ガス成分の変化を把握した。

実施項目2:工業炉向けアンモニア燃焼バーナの開発

大陽日酸は、200kW試作バーナを用いて、伝熱特性及び排ガス特性等の燃焼特性把握を実施し、アンモニア-酸素燃焼において、伝熱効率55%以上を達成した。Rich-Lean2段燃焼を最適化する事で、NOx濃度360ppm以下を達成した。

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は、ガラス溶解炉で大陽日酸が開発した200kWアンモニア-酸素バーナを用い、技術検証のための実証試験を実施した。通常操業と同レベルのNOx濃度で運転が可能であり、ガラス溶解炉、ガラス品質への影響もない事が確認された。

連絡先：大陽日酸株式会社 萩原　義之
(hagiharay.qxr@tn-sanso.co.jp)