

2024年9月20日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

## 水素火炎からの発光でアンモニアの燃焼効率が大幅に向上することを実証

— 二酸化炭素を出さないアンモニア直接燃焼の実用化に大きく前進 —

### 【発表のポイント】

- アンモニアの光化学反応と燃焼化学反応の連成現象を発見しました。
- 簡便な深紫外光照射でアンモニアの燃焼性の低さを大幅に改善しました。
- アンモニア／水素混焼反応モデルの予測精度向上に寄与する成果です。
- アンモニア燃焼器の性能向上および社会実装加速に貢献すると期待されます。

### 【概要】

二酸化炭素を排出しない燃焼として、炭素を含まないアンモニアの直接燃焼技術が注目されています。現在、日本では政府が支援して世界に先駆けた開発を進めています。実用化に向けて、この技術における課題の一つは、アンモニアの低燃焼性の克服です。

東北大学流体科学研究所の中村寿准教授らの研究グループは、水素バーナーと電気ヒーターを用いた別々の反応管試験を実施し、同じ熱的条件でも水素バーナーで反応管を加熱したときの方が、アンモニアの燃焼性が改善することを見出しました。解析の結果、水素火炎から生じる深紫外光（波長 200 nm 付近）によってアンモニアが励起され、活性なラジカル<sup>(注1)</sup>に分解することで、アンモニアの燃焼性が改善することが分かりました。

本研究成果は、簡便な深紫外光照射により、アンモニアの低燃焼性を改善する新しい燃焼支援手法の開発につながることを期待されます。また、アンモニアの光化学反応を考慮することで、アンモニア／水素混焼の反応モデルの予測性能向上が期待されます。こうした展開を基に、本研究の成果はアンモニア燃焼器の性能向上および社会実装加速に貢献することが期待されます。

本研究は 2024 年 9 月 12 日、学術誌 Fuel Communications にオンライン掲載されました。

## 【詳細な説明】

### 研究の背景

燃焼機器の脱炭素化を図るために、再生可能エネルギー由来の「グリーンアンモニア<sup>(注2)</sup>」を燃料とするアンモニアの直接燃焼技術が注目されています。一方で、従来の炭化水素燃料と比べて、アンモニアの燃焼性は非常に低い（標準状態における空気中の燃焼速度が、炭化水素は約 40 cm/s に対して、アンモニアは約 7 cm/s）ため、何らかの燃焼支援手法が必要でした。これまで、アンモニアの燃焼支援手法として、強度の予熱やプラズマの利用が報告されていますが、より熱負荷の小さい簡便な燃焼支援手法が望まれていました。

### 今回の取り組み

実験装置の概略図を図 1 に示します。加熱した石英管にアンモニア／空気予混合気を流し、石英管の出口で極微量のガスサンプリングを行い、加熱場を経た後に残留しているアンモニアの濃度を質量分析器で計測しました。石英管の加熱源として、水素バーナーと電気ヒーターを用い、同じ温度分布を石英管内に形成させました。熱的に同じ条件にもかかわらず、水素バーナーで加熱したときの方が、電気ヒーターで加熱したときよりも、アンモニアが消費されるときの温度が 100 K 以上低下しました（図 2）。このような差異はメタン（都市ガスの主成分）では確認されませんでした。分析の結果、水素バーナーを用いた場合のアンモニアの燃焼性の向上は、

- (1) 水素バーナーから微弱な深紫外光<sup>(注3)</sup>（波長 200nm 付近）が生じる
- (2) 深紫外光が石英管を透過する
- (3) 深紫外光によりアンモニアが励起し、励起したアンモニアは活性なラジカル（ $\text{NH}_2$  と  $\text{H}$ ）に分解される
- (4) 活性なラジカルが燃焼反応を促進する

という過程を経ていることが分かりました（図 3）。すなわち、光によりアンモニアを分解する光化学反応と燃焼化学反応が連成する現象を見出しました。

### 今後の展開

本研究の成果を基に、深紫外光を照射可能な電気デバイスを用いることで、熱負荷の小さい新しいアンモニアの燃焼支援手法の開発につながることを期待されます。また、カーボンフリー燃料同士の水素・アンモニア混焼において、本連成現象を燃焼反応モデルに考慮することで、燃焼特性の予測性能向上につながることを期待されます。こうした展開を基に、本研究の成果はアンモニア燃焼器の性能向上および社会実装加速に貢献することが期待されます。

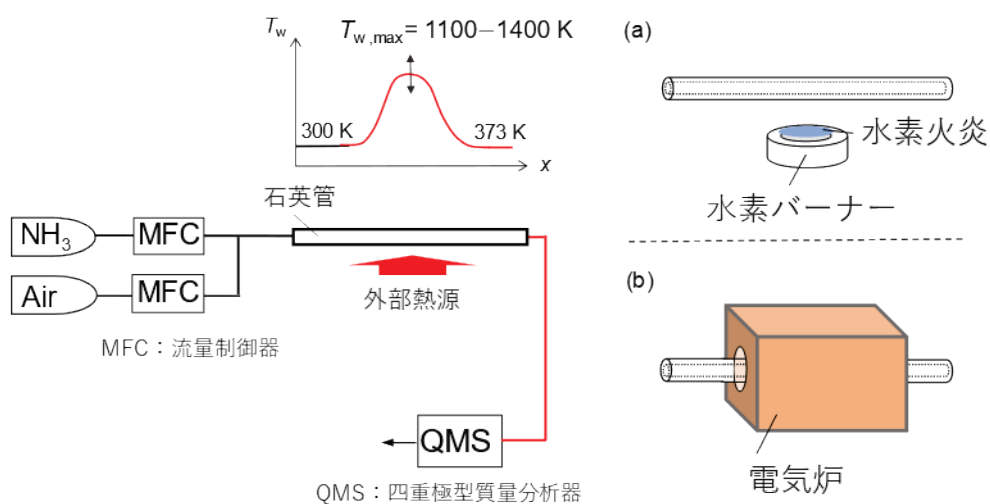


図 1. 実験装置概略図および水素バーナーと電気ヒーターによる石英管の加熱の概略図

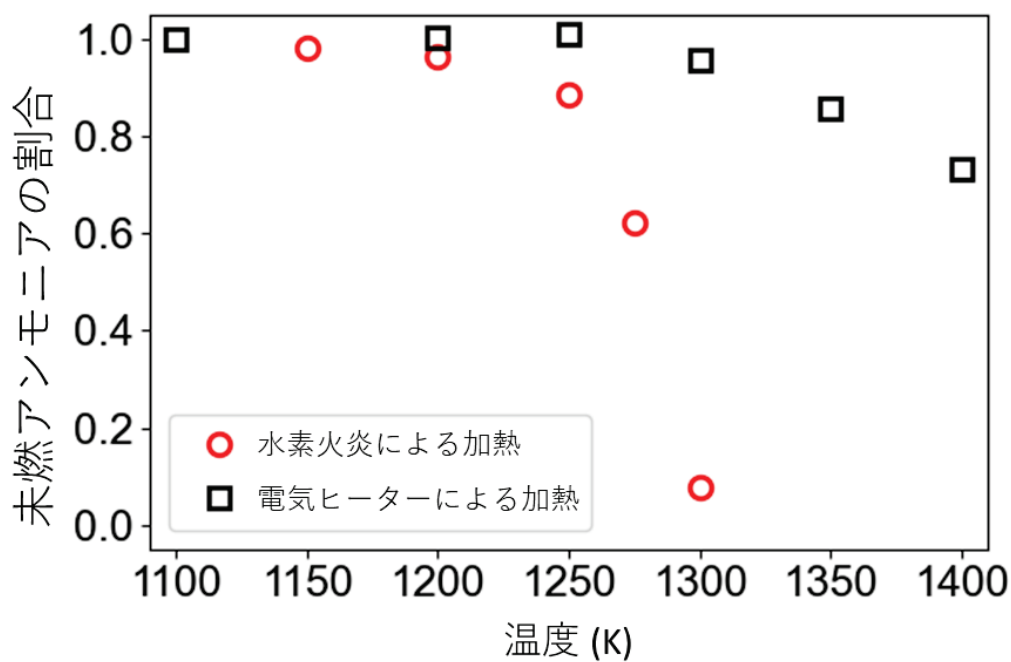


図 2. 加熱源の違いによるアンモニア消費の差異

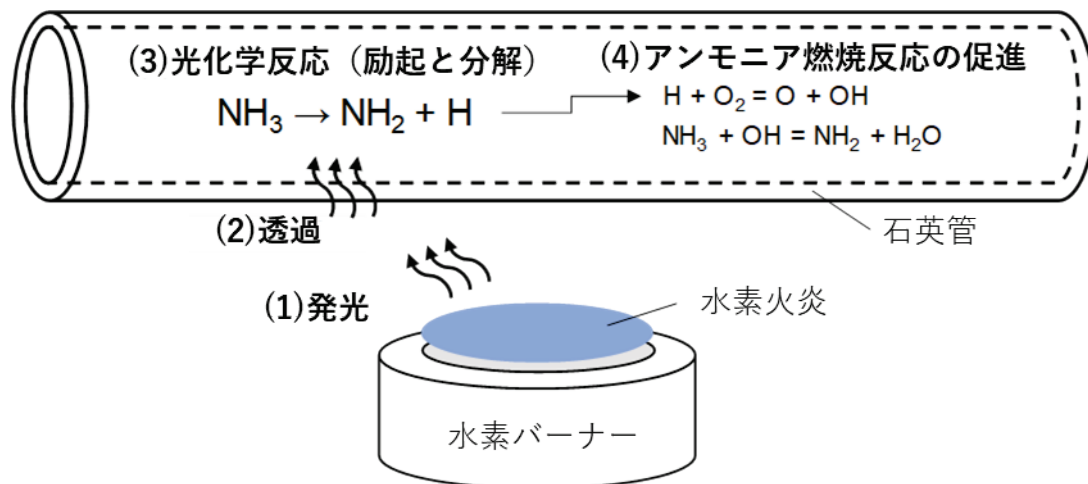


図 3. 化学・物理過程の概略図

#### 【謝辞】

本研究は日本学術振興会科研費 JP20H02077 および JP24K00816 の助成を受けたものです。

#### 【用語説明】

- 注1. ラジカル：不対電子対をもつ原子、分子、イオン。反応性が高く、寿命が短いという特徴を持つ。
- 注2. グリーンアンモニア：太陽光や風力などの再生可能エネルギーで水を電気分解する等の方法で、二酸化炭素を排出せずに合成したアンモニア。これに対し、従来の化石資源を原料として製造するが、発生した二酸化炭素を回収・貯留して大気中に放出させないアンモニアをブルーアンモニアと言う。
- 注3. 深紫外光：波長がおおよそ 400～10 nm の光（電磁波）を紫外光（紫外線）と呼び、このうち波長が短いある範囲を深紫外光と呼ぶ。波長の範囲は分野によるが、ここではおおよそ 200 nm 付近の波長の光を深紫外光と称している。

#### 【論文情報】

タイトル： Effects of difference in Heating Sources on Ammonia Reactivity: Possibility for Photolysis-Assisted Ammonia Combustion

著者： Kenta Tamaoki, Yoshito Ishida, Takuya Tezuka, Hisashi Nakamura\*

\*責任著者：東北大学 流体科学研究所 准教授 中村 寿

掲載誌： Fuel communications

DOI： 10.1016/j.jfueco.2024.100130

URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2024.100130>

**【問い合わせ先】**

（研究に関すること）

東北大学 流体科学研究所

准教授 中村 寿

TEL: 022-217-4438

Email: hisashi.nakamura@tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学 流体科学研究所

広報戦略室

TEL: 022-217-5873

Email: ifs-koho@grp.tohoku.ac.jp