

## 研究成果報告書

所属機関	職名	氏名
東京工業大学 工学院電気電子系	助教	全 俊豪

## 研究テーマ

窒化マグネシウムを用いたクリーンエネルギー循環システム

## 研究報告

## 1. 研究の背景と目的

近年、低炭素社会の実現に向けて発電量が不安定な再生可能エネルギーを化学エネルギー（水素など）の形で貯蔵・輸送する技術の重要性が叫ばれている。しかし、水素は直接貯蔵しにくいいため、有機ハイドライドやアンモニアといった水素キャリアを用いる方法が有望視されている。有機ハイドライドは安全な水素キャリアであるが、質量水素密度は6 mass%程度である上、脱水素に約10%程度のエネルギーが必要であるためエネルギー変換効率が低いという問題点がある。一方アンモニアは、17.8 mass%の質量水素密度を有しており、大量生産技術が確立され、燃料という形で直接利用できるエネルギーキャリアとして現在有望視されている。しかし、アンモニアを再生可能エネルギーで生成した少量の水素（10トン以下/日）から合成すると生成コストが高いことから、現在のアンモニア合成手法はメタンを水素源としており、CO<sub>2</sub>フリー化が重要な課題である。また、アンモニア自体が爆発物と劇物に指定されているので、取り扱う際に安全面を配慮する必要といった問題も存在する。そこで、応募者は窒化マグネシウムを新しい安全なアンモニアキャリアとして提案し、アンモニア合成でのCO<sub>2</sub>フリー化と安全性の問題の解決を目指した新たなクリーンエネルギー循環システムを提案します。応募者はこれまでの研究成果で大気圧プラズマ合成手法を用いてCO<sub>2</sub>フリーの窒化マグネシウムを合成することは可能であること突き止めた。本研究で提案する大気圧プラズマ合成手法は、加熱などの準備が必要なく、小規模で消費電力を自在に変更できることから余剰電力の有効活用に合致した合成手法である。

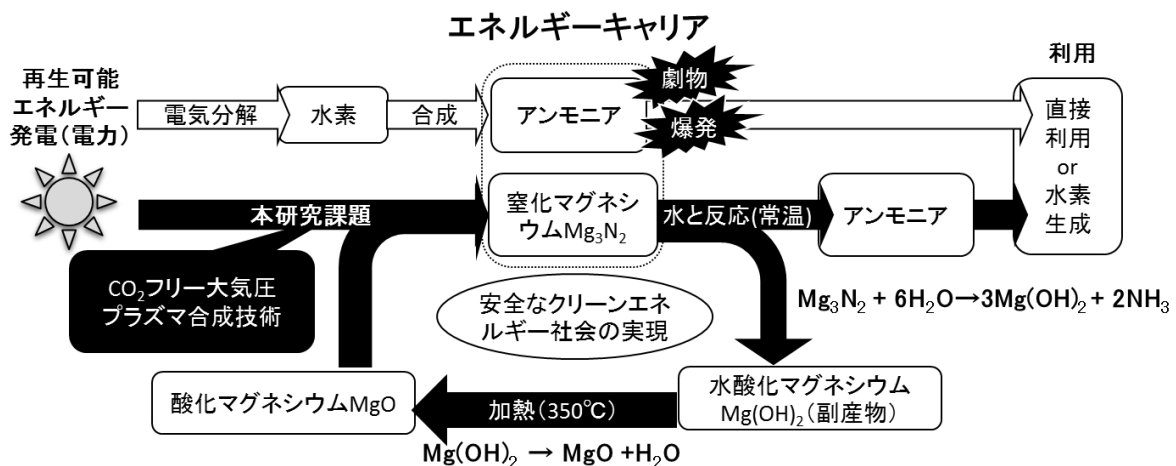
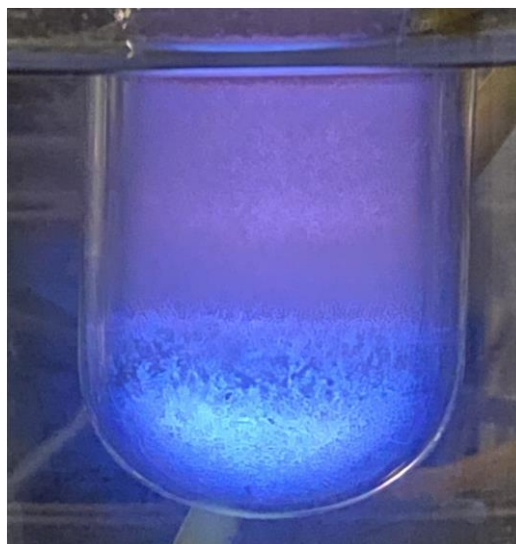


図1. クリーンエネルギー循環社会の流れ。現在考案されている手法(上段)と本提案手法(下段)

## 2. 研究成果および考察

右図は酸化マグネシウム粒子を窒素と水素混合ガス下で大気圧プラズマ合成しているときの写真である。室温・大気圧条件下でも均一な放電を生成することができ、窒素70%程度の条件下で最も高い濃度の窒化マグネシウムの合成に成功した。窒化マグネシウムは常温常圧下で固体であり、乾燥条件下での保存実験の結果24時間経過しても安定して保存されていることを確認できた。また、反応ガスを入れ替えた実験により、幅広い窒素・比率でも同様な合成が行えることが分かった。従って、合成条件における窒素・水素比率はさほど重要な条件ではないと考えられる。一方で、酸化マグネシウム粒子の粒径を変えた実験では酸化マグネシウム粒子の大きさによって放電の様子が大きく異なることがわかった。均一な放電を生成するためには酸化マグネシウム粒子が放電空間中に飛散し、流動層を形成することが必要な条件であると推測される。今後は放電の形成方法をより詳細に調査する必要があると思われる。



窒化マグネシウム合成時の放電の様子

## 3. 将来展望

本研究成果により、窒化マグネシウム合成は大気圧低温プラズマで合成でき、幅広い放電条件で同様な合成を行うことができることがわかった。今後は背景ガスを流動させることで、より長時間・高濃度の窒化マグネシウム合成が達成できるよう研究を進めていく。また、背景ガスの流動によらずナノ粒子の飛散を引き起こせることがわかったので、本研究の合成システムは他の触媒を入れることで、今までよりはるかに高いプラズマと触媒の相互作用を引き起こせることが示唆された。今後は流動層プラズマを用いた他の物質の合成にも挑戦していく予定である。

## 4. 研究発表

### 【論文発表】

① S. Zen, T. Abe, Y. Teramoto, “Atmospheric Pressure Nonthermal Plasma Synthesis of Magnesium Nitride as a Safe Ammonia Carrier,” *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, vol. 39, pp. 1203–1210, 2019.

### 【学会発表】

- ① Nitridation of titanium oxide using atmospheric pressure dielectric barrier discharge, S. Zen, R. Hirakawa, EAPETEA-7, P1-06, Nov. 26, 2019, Naha, Japan
- ② Direct Magnesium Nitride Synthesis Using Atmospheric-Pressure Dielectric Barrier Discharge, Y. Huang, S. Zen, and N. Takeuchi, EAPETEA-7, 0-32, Nov. 28, 2019, Naha, Japan.
- ③ Magnesium nitride synthesis using dielectric barrier discharge for a magnesium circulation system, S. Zen and T. Abe, APSPT-11, P2-32, Dec. 13, 2019, Kanazawa, Japan.

- ④ 大気圧誘電バリア放電を用いたアンモニア貯蔵物質の合成及び試料分析, 全俊豪, 阿部哲也, 第43回静電気学会全国大会, 12aA-8, 2019.9 (熊本大学)
- ⑤ 大気圧誘電バリア放電を用いたアンモニア貯蔵物質の小規模合成手法の開発, 全俊豪, 阿部哲也, 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 18-PA7-4, 2019.9 (北海道大学)