

「再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造と  
その利用のための革新的基盤技術の創出」  
平成26年度採択研究代表者

H26 年度  
実績報告書

曾根 理嗣

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構  
宇宙科学研究所  
准教授

再生可能エネルギー利用による水素製造と  
エネルギーキャリアとしてのメタン製造技術の研究

## § 1. 研究実施体制

### (1)「曾根」グループ

- ① 研究代表者: 曾根 理嗣 (宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、准教授)
- ② 研究項目
  - ・再生可能エネルギー利用による水電解／メタン製造プロセスの技術開発  
炭酸ガス水素還元触媒の設計、触媒槽の製作、メタン化反応試験。  
水電解スタックの設計、試作、試験  
水電解／炭酸ガス水素還元リアクターの設計、試作、試験

### (2)「松本」グループ

- ① 主たる共同研究者: 松本 広重 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、教授)
- ② 研究項目
  - ・中温吸熱域水電解の技術開発  
水中、100℃以上の高温で安定に作動する電解質材料・膜の開発  
撥水性電極・ガス拡散層の開発  
電解質ナノ粒子の高分子による架橋化  
撥水性炭素材料の開発  
金属酸化物アノード触媒担体の開発  
低電解電圧の水電解セルの開発・試験

(3)「阿部」グループ

① 研究代表者:阿部 孝之 (富山大学水素同位体科学研究センター、教授)

② 研究項目

- ・炭酸ガス水素化反応の低温化に寄与する触媒の検討  
炭酸ガス水素還元用 触媒の設計および合成

## § 2. 研究実施の概要

我々はエネルギーキャリアとしてのメタンの有効性に着目し、再生可能エネルギーによる水素製造から、水素による炭酸ガスのメタン化までを高効率で実施するシステムを検討している。

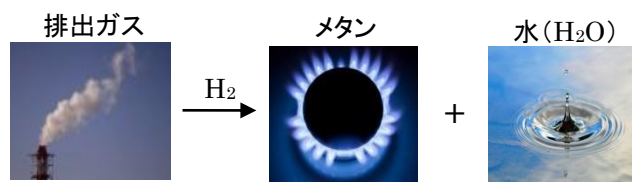


図 1 CO<sub>2</sub> メタン化反応

近年、CO<sub>2</sub> 排出量削減に関する研究開発が活発に行われている。その中でも CO<sub>2</sub> 排出量の削減と化石燃料であるメタンの創生を両立する CO<sub>2</sub> メタン化反応 ( $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) (図 1) は魅力的な反応である。しかし、含浸法のような従来の手法で調製した触媒では、CO<sub>2</sub> メタン化反応は 400°C 程度の加熱が必要であり、CO<sub>2</sub> 排出量削減技術として有効なものではなかった。

一方、富山大学が開発した「多角バレルスパッタリング法 (図 2(A)) [1]」を用いて CO<sub>2</sub> メタン化反応触媒一つである Ru 担持 TiO<sub>2</sub> 触媒 (Ru/TiO<sub>2</sub>(B)) を調製すると、室温から反応が進行し、約 150°C で転化率、選択率共に 100% の触媒活性を示すことが見出された (図 2(B))。これは従来法 (含浸法) で調製した Ru 担持触媒 (Ru/TiO<sub>2</sub>(W)) に比べ、200°C 以上低温側で反応が進行することから、CO<sub>2</sub> メタン化反応 / CO<sub>2</sub> 削減に貢献する「極めて有望な反応」であることを意味する。

高効率でのメタン合成には、炭酸ガス還元に必要な水素を効率よく合成する必要がある。我々は、高効率水電解を目指し、「中温吸熱域水電解の技術開発」を行うこととした。特に、①界面プロトン伝導性ナノ粒子の開発、②電解質膜化のためのナノ粒子の架橋、③ガス拡散層・触媒層としての撥水炭素材料の開発の 3 点に関する研究を実施している。①界面プロトン伝導体は水中で安定に作動することが必要であるが、チタンとの複合酸化物系において水中で安定、かつ、比較的高い導電率を持つ材料の開発に成功した。②プロトン伝導性ナノ粒子間の架橋化について、高分子材料のスクリーニングを行い、材料と電解質の安定性に関する相関を得た。③触媒層用炭素材料として、フッ化カーボンナノ粒子を開発した。これにより本材料は容易かつ安価に大量合成でき、また、高い撥水性を示す膜の作製が可能になりつつある。

最終的には、水素製造からメタン合成までを一貫したプロセスとして実現するシステム構築を行い、再生可能エネルギーの実用化に貢献したいと考える。

(参考文献) [1] J. Sun, G. Yang, Q. Ma, I. Ooki, A. Taguchi, T. Abe, Q. Xie, Y. Yoneyama, N. Tsubaki, *J. Mater. Chem. A* 2 (2014) 8637–8962.

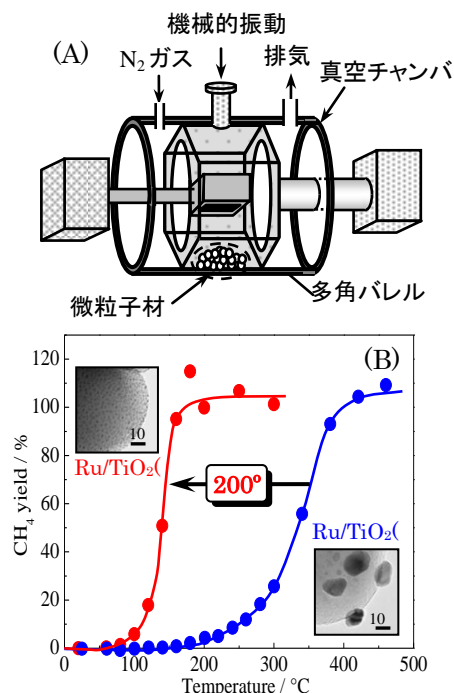


図 2 (A) 多角バレルスパッタリング法の概略. (B) 多角バレルスパッタリング法 (Ru/TiO<sub>2</sub>(B)) と従来法 (含浸法: Ru/TiO<sub>2</sub>(W)) で調製した触媒の CO<sub>2</sub> メタン化反応性能評価結果 (挿入図は試料の TEM 像).