

曾根 理嗣

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. 研究成果の概要

我々は、「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」という課題に対して、メタンをエネルギーキャリアとする技術革新からの貢献を目指している。

メタンは、サバチエ反応と呼ばれる下記の式により、水素と二酸化炭素から合成可能な資源である。



この反応に必要な水素は、再生可能エネルギーを利用し、水の電気分解により生成させることが可能である。これまでは温室効果ガスとして認識されてきた炭酸ガスを、再生可能エネルギー利用により資源とすることが可能とすることが、我々の目指している研究の方向性である。そのうえで、式(1)のサバチエ反応は一般には 300℃を超える温度域で反応が開始されることが知られているが、その一方で発熱反応であり、化学平衡的には低温ほど反応効率が高い。また、メタン化反応を進めるための温度は、起動時には外部から供給する必要がある。再生可能エネルギーのように、エネルギーの供給と停止が繰り返されるようなシステムを想起した場合には、デバイスの再起動が頻繁に起こる可能性があり、起動時の温度を低温に保てるとしたらエネルギーの有効活用につながる。またさらには、サバチエ反応が発熱反応であることを利用し、水電解による水素製造の高効率化を目指すことが可能になる。水電解は、一般には熱的中立電解電圧である 1.48V を必要とするが、実は最低限 1.23V のエネルギーが供給されれば電解は開始できるはずである。この差分は、エントロピー差に起因するが、エントロピー差分をサバチエの発熱反応から供給することにより補てんし、水電解への投入エネルギーを最小にすることが可能である。

これらの発想のつながりから、高効率水素製造と、生成された水素による低温での炭酸ガス生成

を組み合わせるデバイスができるのであれば、再生可能エネルギーからのエネルギーキャリア創出として有効であるとの考えに至った。

これまでの成果から、上記の連携プロセスとしては、200℃近傍でサバチエ反応を行い、100℃以上で水電解を行うことが有効であることが分かっている。そのために必要な触媒合成には目途を得ており、また必要となる吸熱水電解セルの開発にも成功した。2018年度には、これらの連携運転にも成功をしており、当初目標を達成する目途を得るに至った。

#### 【代表的な原著論文】

1. Mitsuhiro Inoue, Asuka Shima, Kaori Miyazaki, Baowang Lu, Takayuki Abe and Yoshitsugu Sone, "CO<sub>2</sub> methanation on co-sputtered Ru-metal oxides catalysts prepared using the polygonal barrel-sputtering method", *Catalysis Letters* Vol. 148, pp.1499-1503, 2018.
2. Omar S. Mendoza-Hernandez, Asuka Shima, Hiroshige Matsumoto, Mitsuhiro Inoue, Takayuki Abe, Yoshio Matsuzaki, 'Exergy valorization of a water electrolyzer and CO<sub>2</sub> hydrogenation tandem system for hydrogen and methane production', *Scientific Report*, ID:SREP-18-32882A.

## § 2. 研究実施体制

### (1)「JAXA」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)「富山大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:阿部 孝之 (富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センター、教授)
- ② 研究項目
  - ・CO<sub>2</sub>メタン化反応を低温化する高活性触媒の開発
  - ・高活性触媒における反応温度低下要因、および反応機構の解明

### (3)「九州大学」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
  - ・中温吸熱域水電解用ガス拡散層および電極触媒層の開発