

2023年 6月16日

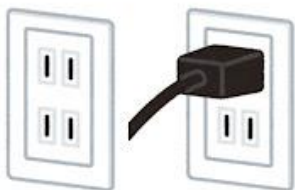
# 兵庫県立大学における 高効率メタネーションを目指した文理融合研究

兵庫県立大学大学院工学研究科化学工学専攻  
水素エネルギー共同研究センター 嶺重 温

# 現在のエネルギー構造

現在、我が国では化石燃料主体

## ・電力部門

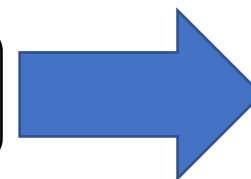


化石  
燃料

石炭・石油・天然ガス



発電所



電気

## ・非電力部門

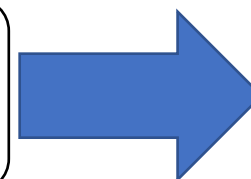


化石  
燃料

ガソリン等

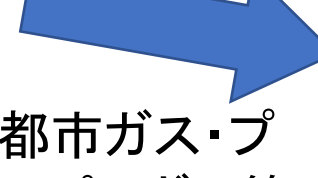


自動車  
等

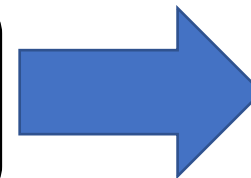


動力

都市ガス・プロパンガス等



ボイラ  
ー等



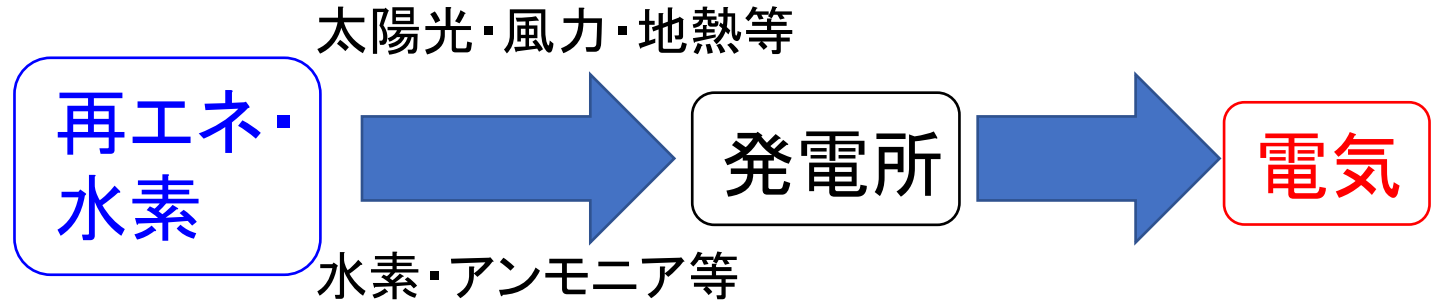
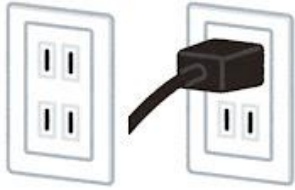
熱

「化石燃料」を中心として、効率の良い、便利な世の中が構築できている

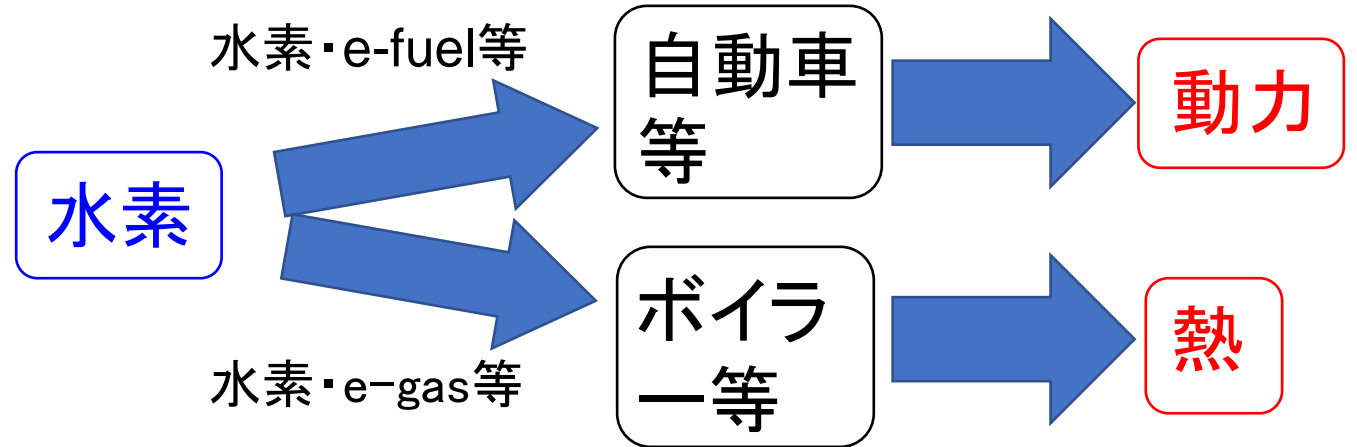
# 将来のエネルギー構造

将来的には、再生可能エネルギー（再エネ）＋水素が重要

## ・電力部門



## ・非電力部門

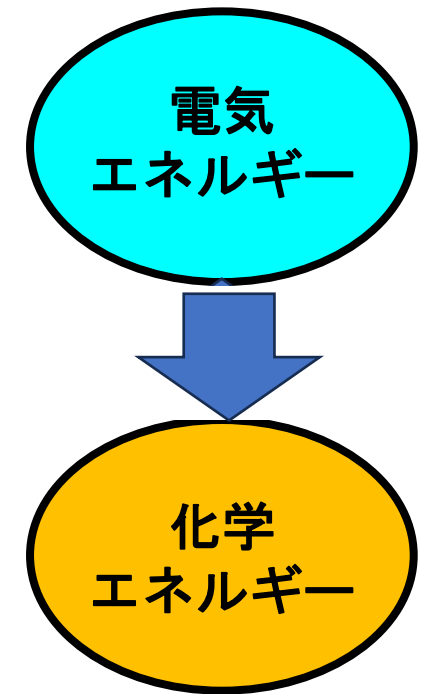
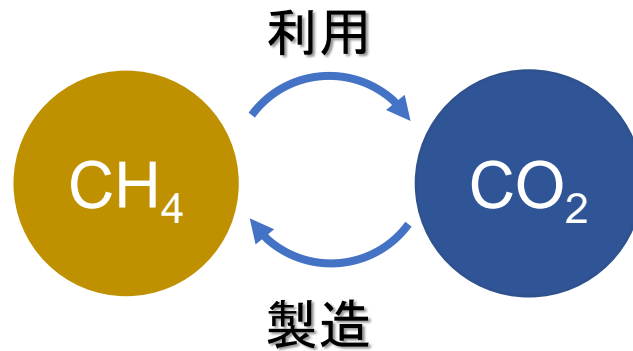
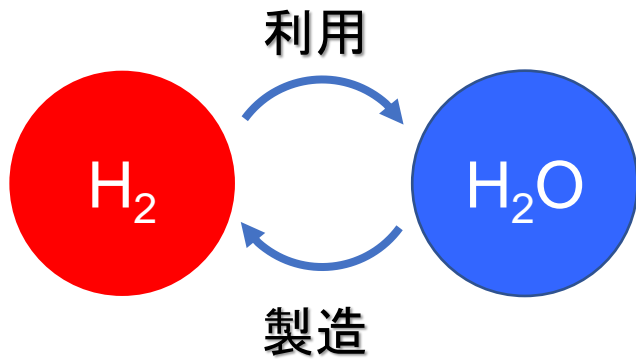


「脱化石燃料」、「水素（キャリア）への置き換え」が望まれている

# 再エネ電力活用

## 電気エネルギーと化学エネルギー

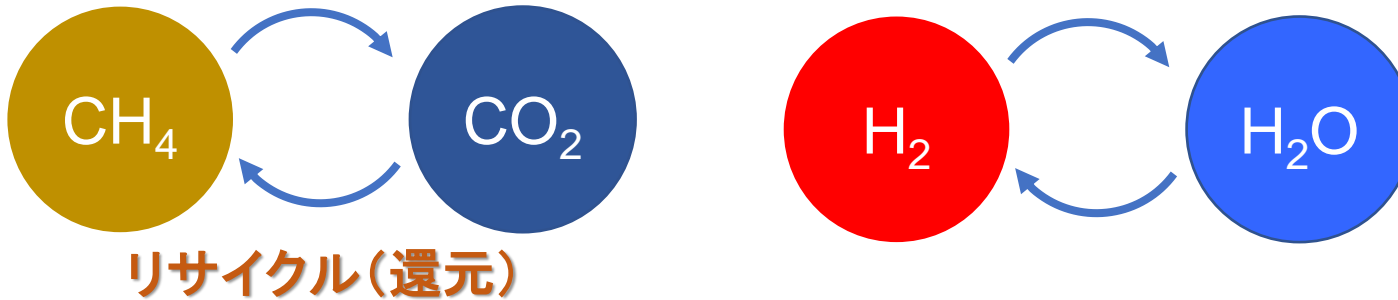
- ・ 再エネ電力でメタン、合成ガス、LPG、アンモニア等を製造



# 再エネ電力活用

## 再エネ電力から水素・ガスへの変換

- 再エネ電力でメタン、合成ガス、LPG、アンモニア等を製造  
⇒ 脱化石燃料推進、再エネ電力の貯蔵・輸送



- メタネーションおよび水素製造に用いる電解セルに対する導入電力推移（中欧のPtGプロジェクト）



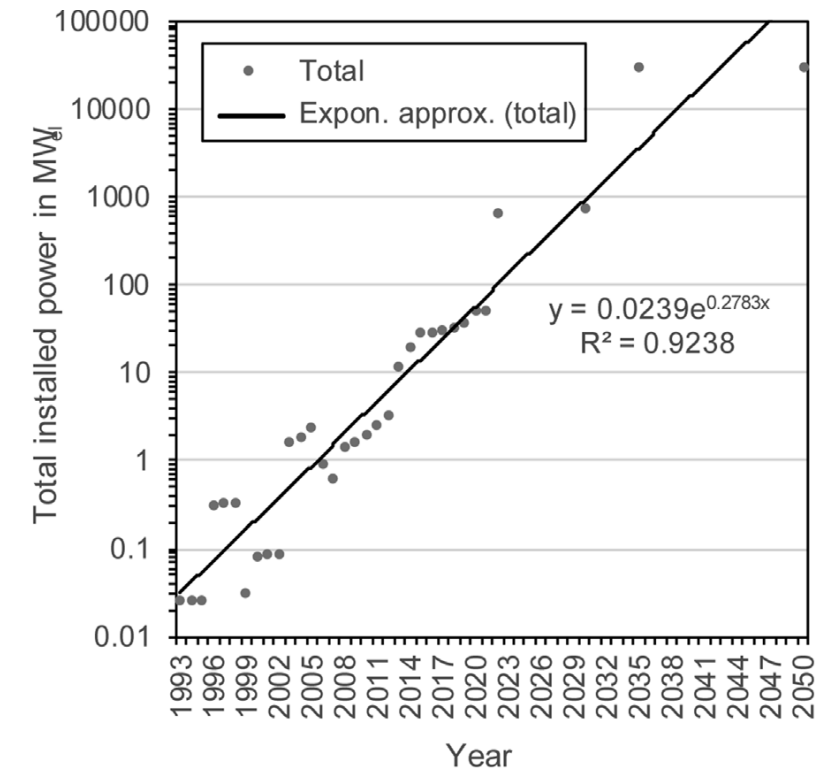
Power-to-Gas: Electrolysis and methanation status review

M. Thema\*, F. Bauer, M. Sterner

Technical University of Applied Sciences (OTH) Regensburg, Faculty Electrical Engineering and Information Technology, Research Center on Energy Transmission and Energy Storage (FENES), Seybothstrasse 2, D-93053 Regensburg, Germany



指数関数的に増加！

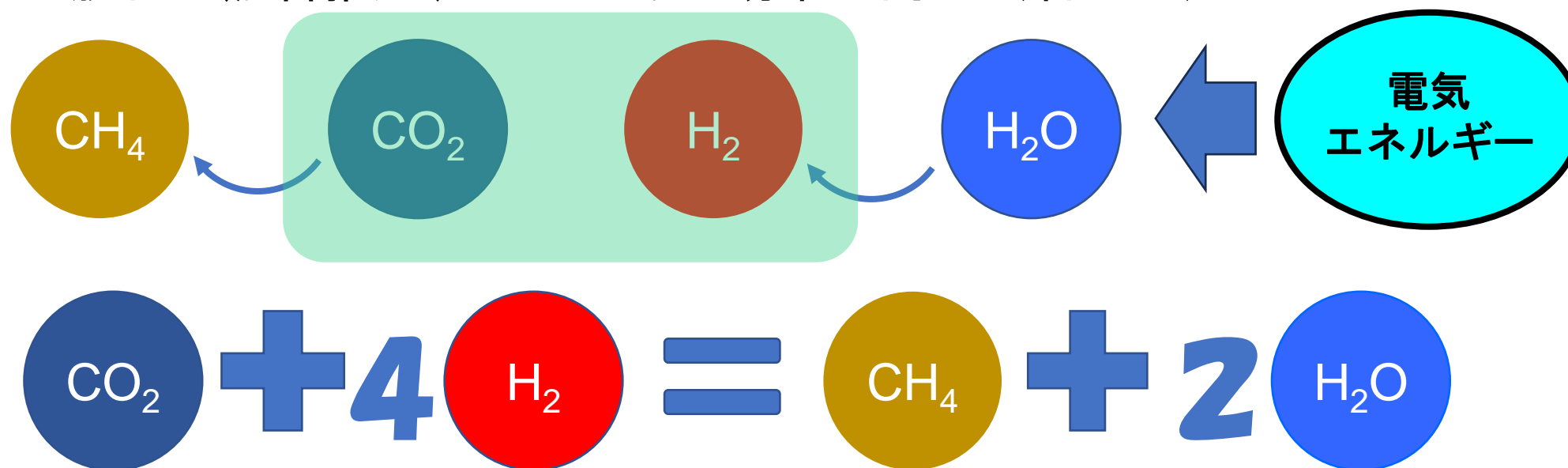


M. Therma et al., *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2019, 112, 775.

# 二酸化炭素有効活用

## REPowerEU（欧州）

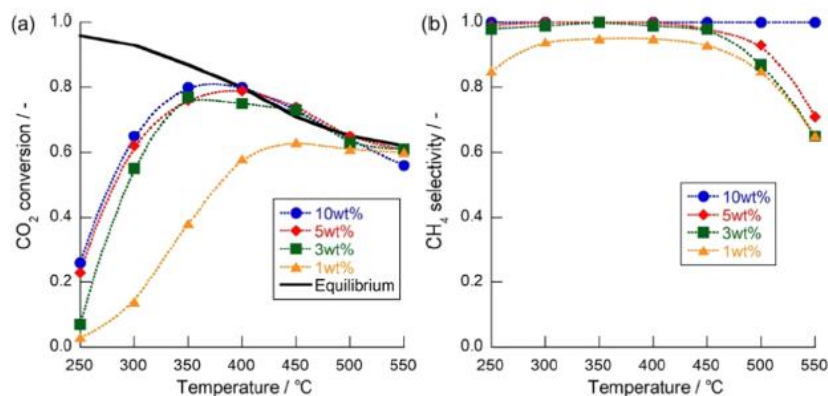
- ・ 3E(Economy, Energy Security, Environment)を維持しながらそのバランスを現状に適合
- ・ 「ロシア産化石燃料からの独立」、「再エネと水素への切り替え促進」  
⇒ 脱化石燃料推進、エネルギー効率の向上（省エネ）



# 二酸化炭素の有効活用に向けた研究

## メタネーション活性サイト：酸素空孔の役割

- ・ Ni/CeO<sub>2</sub>（セリア）触媒：Niナノ粒子とNi-Ce系酸化物とで構成。水素気流下でNi-Vö-Ce（Vö：酸素空孔）形成 ⇒ CO生成の活性サイト
- ・ Niナノ粒子はCOのメタン化反応の活性サイト
- ・ 全体としてCO<sub>2</sub>メタネーションが進行



触媒のCO<sub>2</sub>転化率（左図）とCH<sub>4</sub>生成率（右図）

energy&fuels

pubs.acs.org/EF

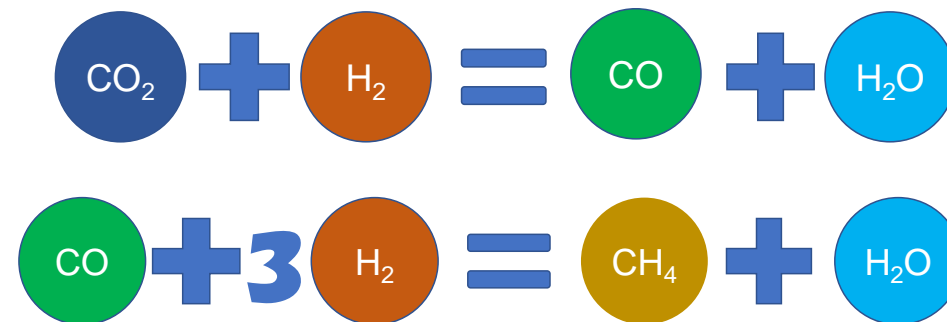
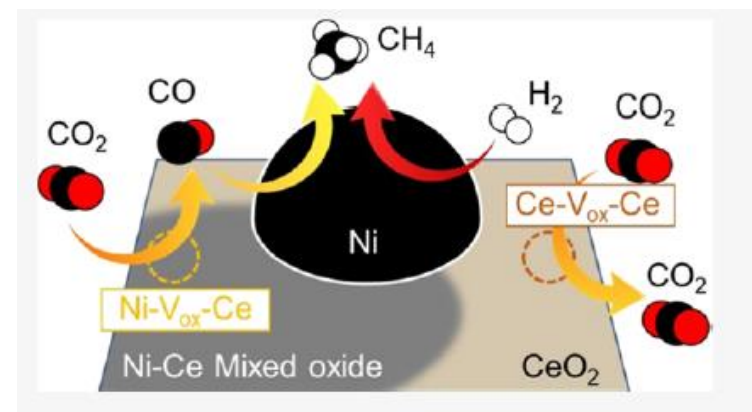
Article

What Are the Best Active Sites for CO<sub>2</sub> Methanation over Ni/CeO<sub>2</sub>?

Shohei Tada, Hironori Nagase, Naoya Fujiwara, and Ryuji Kikuchi\*

Cite This: *Energy Fuels* 2021, 35, 5241–5251

Read Online



S. Tada et al., *Energy Fuels*, 2021, 35, 5241.

# 二酸化炭素の有効活用に向けた研究

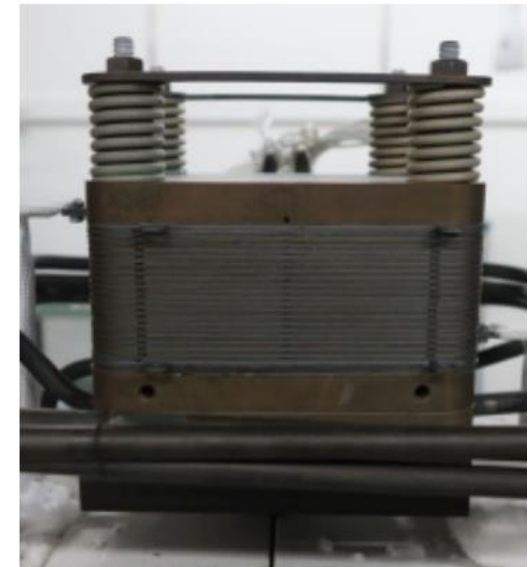
## SOEC共電解（産総研での研究）

- SOFCセル（ $\text{ZrO}_2$ 系電解質、Ni/YSZ燃料極）使用
- $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 比を種々に変えて700–800℃で共電解



SOFC：固体酸化物燃料電池

SOEC：固体酸化物水蒸気電解



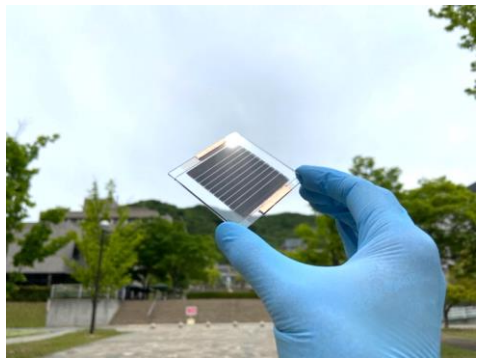
出典：日経XTE webページ



# 二酸化炭素直接水素化への挑戦

- 水と二酸化炭素が原料
- 再エネ電力（太陽光）で水素生成
- 触媒を用いてメタン合成（e-gasあるいはe-methane）

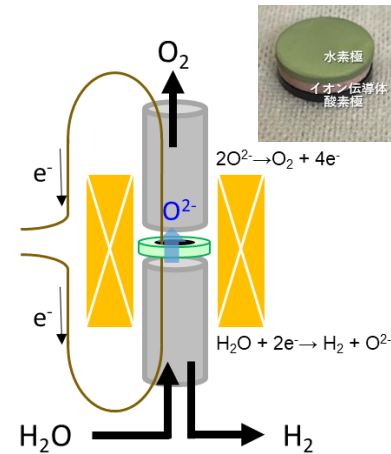
ペロブスカイト太陽電池



- ◆ 印刷プロセスにより、高効率・高耐久性、低コスト太陽電池を実現

電力

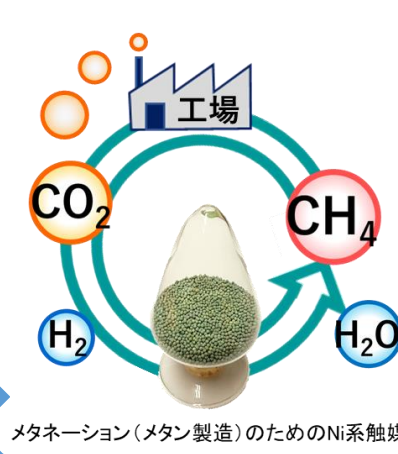
グリーン水素生成セル



- ◆ O<sup>2-</sup>の形で水から酸素を引き抜き、グリーン水素を生成

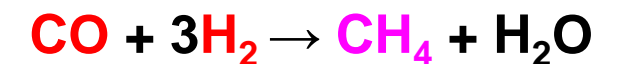
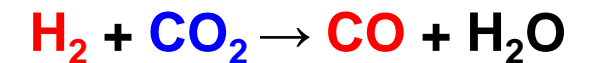
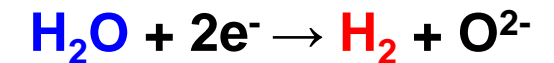
水素

メタネーション触媒



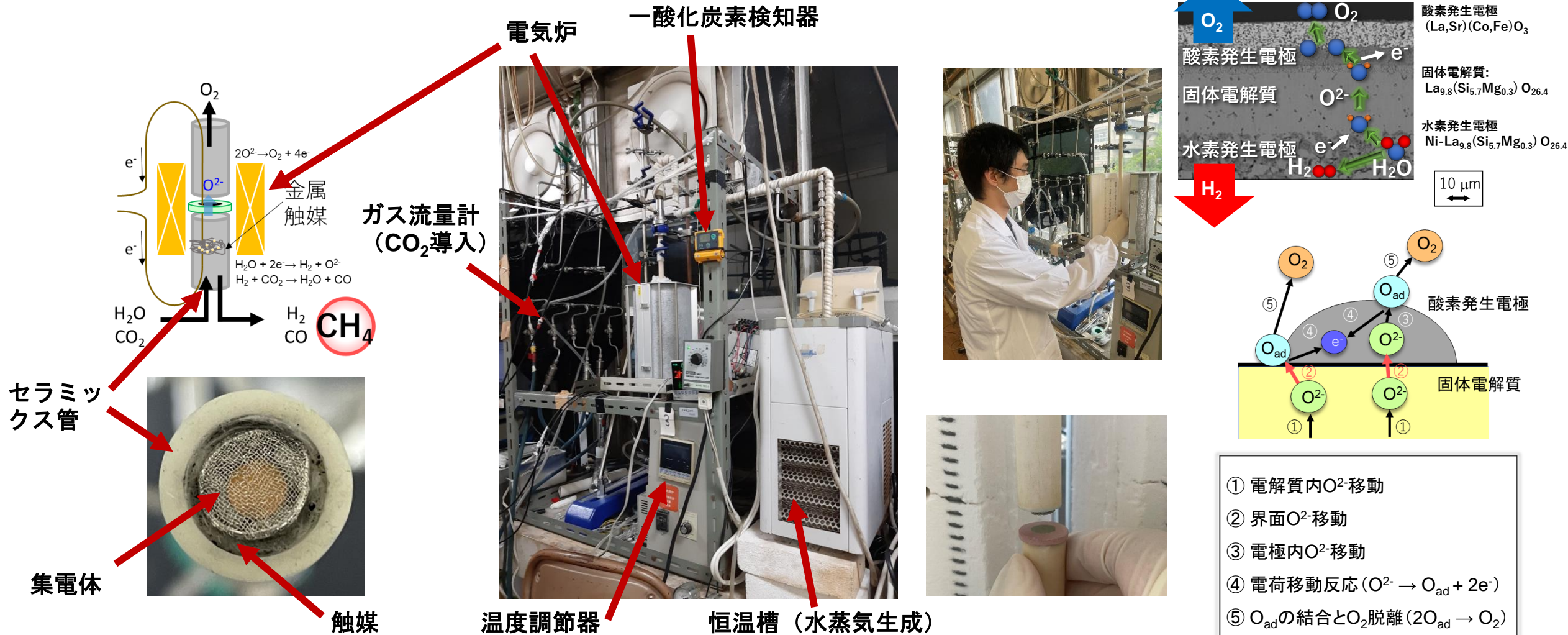
- ◆ グリーン水素と、CO<sub>2</sub>とを触媒でメタンCH<sub>4</sub>に変換

H<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>を同時供給し、  
電解



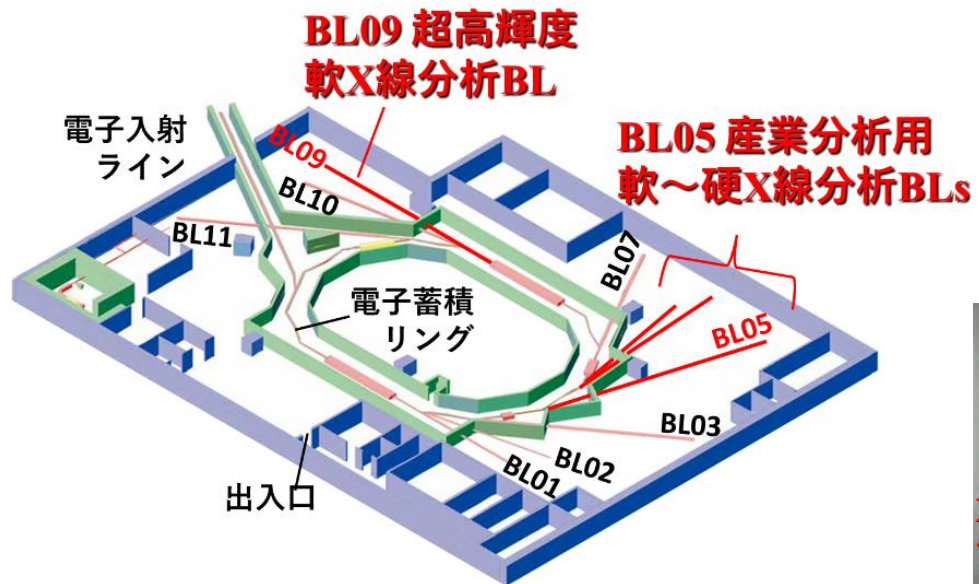
# 本学の取り組み: 電解効率の向上(電極反応素過程解析)

## 電極反応解析実験



# 本学の取り組み: 電解効率の向上(化学状態・反応解析)

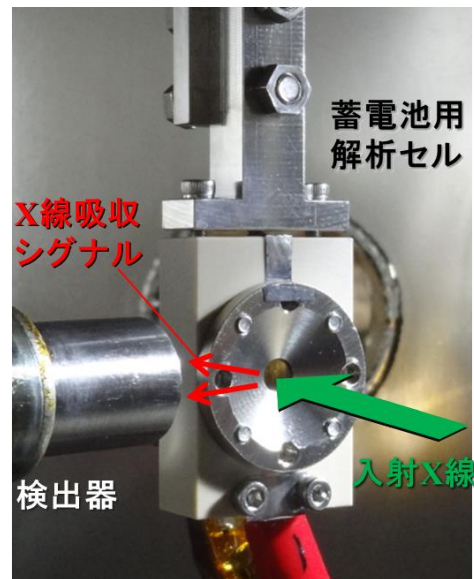
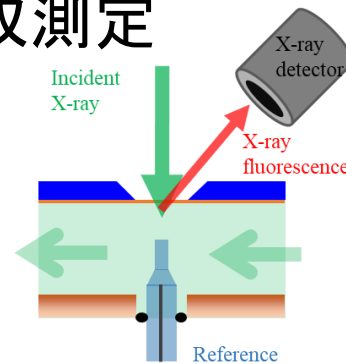
## 本学ニュースバルでの放射光X線吸収測定



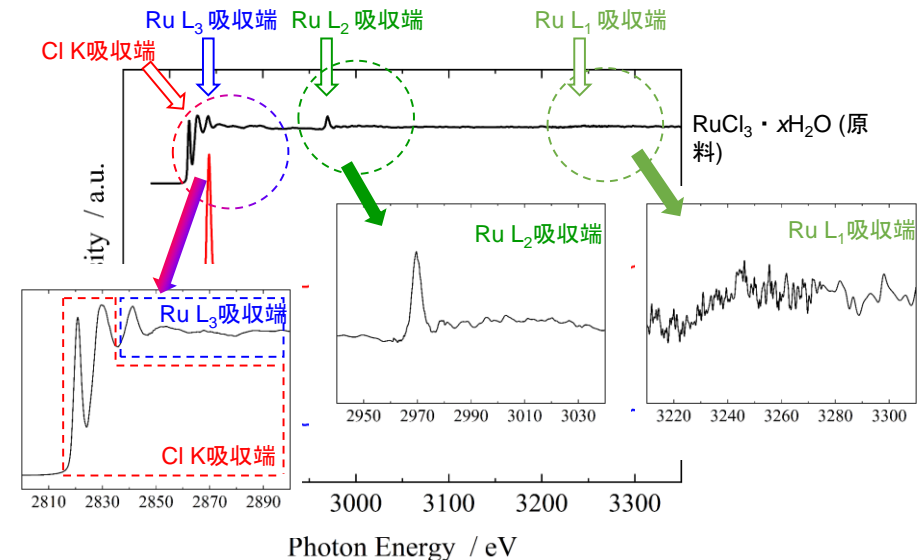
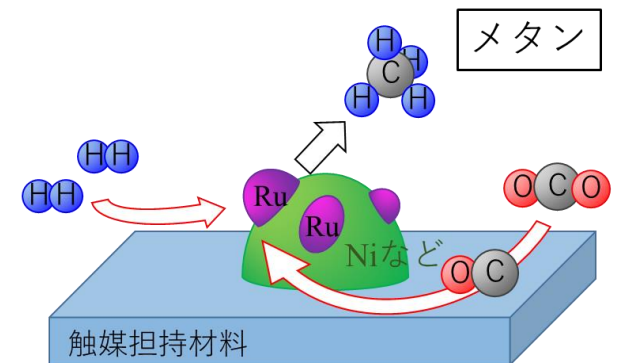
### 分析エネルギー範囲拡大

- Soft: 50～1000 eV
- Tender: 1000～5000 eV
- Hard: 5000～13000 eV

◆ 国内大学が保有する最大の放射光施設での動作中解析、触媒劣化状態解析、反応解析



◆ 動作中蓄電池用解析セル



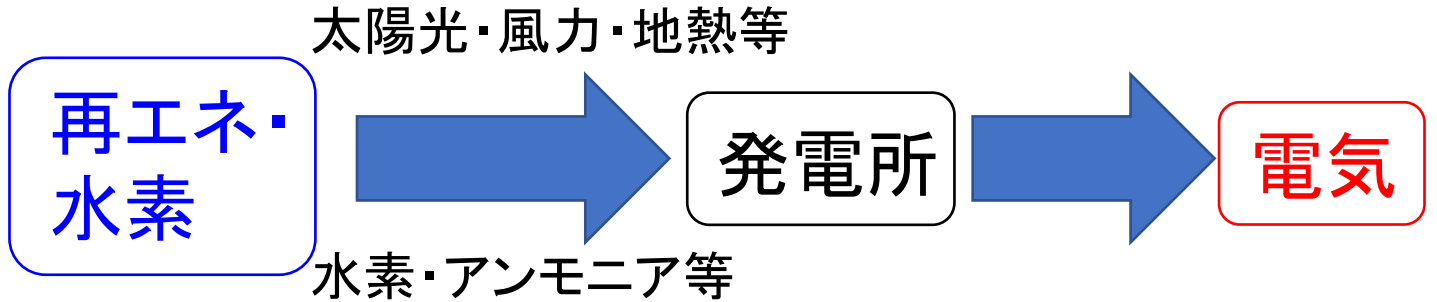
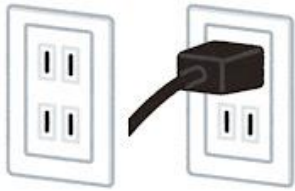
◆ 触媒の化学状態解析



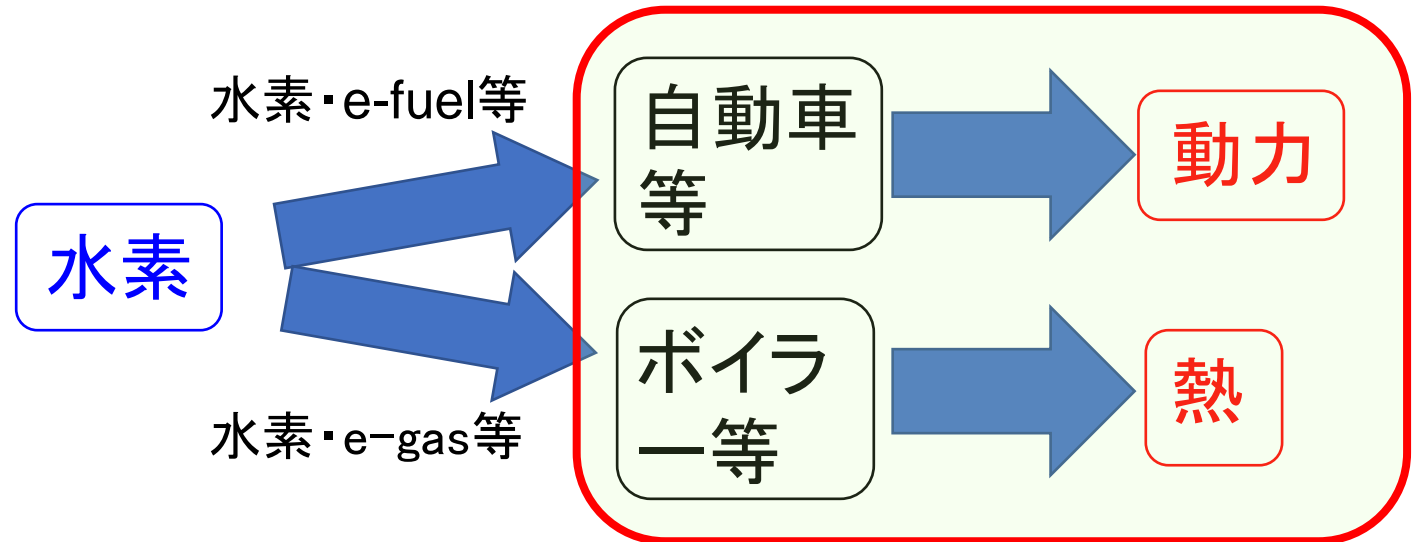
# 将来のエネルギー構造

将来的には、再生可能エネルギー（再エネ）＋水素が重要

## ・電力部門



## ・非電力部門



「脱化石燃料」、「水素（キャリア）への置き換え」が望まれている

# まとめ

---

- 二酸化炭素有効活用、脱化石燃料化の観点から、二酸化炭素の直接水素化を高効率に行うプロセスの確立が望まれている
- メタネーション技術は将来のエネルギー構造において欠かせない技術
- 本学では、新しいSOECメタネーションシステムの構築を目指した文理融合研究をすすめる