

# 研究背景

バイオマス資源  
カーボンニュートラル

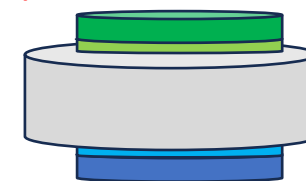
ガス化剤  
H<sub>2</sub>O, Air

Gasifier

バイオマスガス化ガス  
H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, etc.

バイオマスガス化ガスを利用した発電  
SOFC  
(固体酸化燃料電池)

ガスエンジン



## SOFCの利点

- ・小規模出力でも高い発電効率
- ・COも燃料として利用可能

バイオマスガス化ガスを燃料として利用した場合の発電効率の比較

| 発電手法   | 出力 [kW] | 発電効率 [%]         |
|--------|---------|------------------|
| SOFC   | 140     | 44※ <sub>1</sub> |
| ガスエンジン | 200     | 30※ <sub>2</sub> |

※<sub>1</sub> Sheng Yang, et.al, Energy, exergy and exergo-economic analysis of a novel SOFC based CHP system integrated with organic Rankine cycle and biomass co-gasification, 2024

※<sub>2</sub> 笹内謙一, 国内におけるバイオマス小規模ガス化発電の最新の動向と課題, 2022

## SOFCの欠点

- ・運転中のアノード表面に炭素析出
- ・燃料中に含まれるCO・CO<sub>2</sub>量による抵抗増加  
→ 発電性能の低下※<sub>3</sub>

※<sub>3</sub> Bernhard Stoeckl, et.al, SOFC operation with carbon oxides: Experimental analysis of performance and degradation, 2018

## 研究目的

燃料中のCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>OがSOFC発電特性に及ぼす影響の解明

- 1) 4種の燃料ガス組成での発電実験
- 2) 発電後のアノード表面の形状観察と元素分析

## SOFCの原理

アノード(燃料極): Ni-YSZ

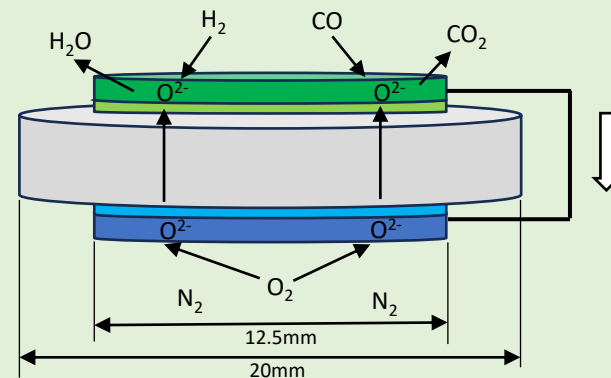
アノード中間層: Ni-GDC

電解質: YSZ

カソード中間層: LSM-GDC

カソード(空気極): LSM

※ YSZ: Yttria-Stabilized Zirconia  
GDC: Gadolinium Doped Ceria  
LSM: Lanthanum Strontium Manganite



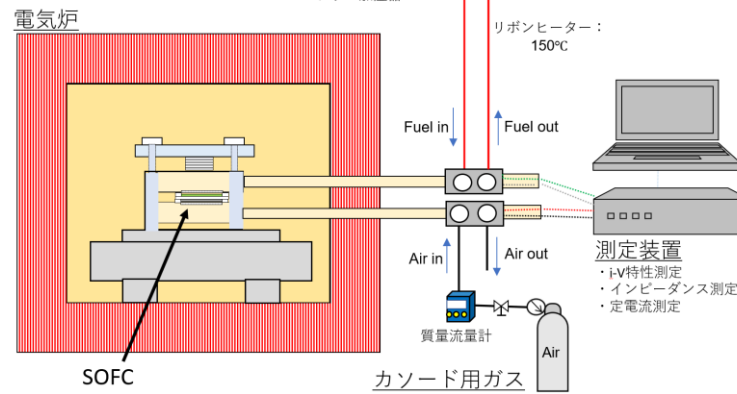
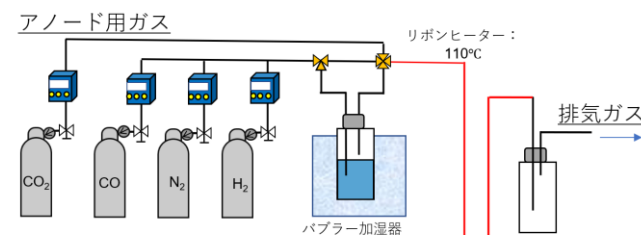
## アノードでの反応

- ・  $\text{H}_2 + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
- ・  $\text{CO} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$

## カソードでの反応

- ・  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-}$

## 実験装置

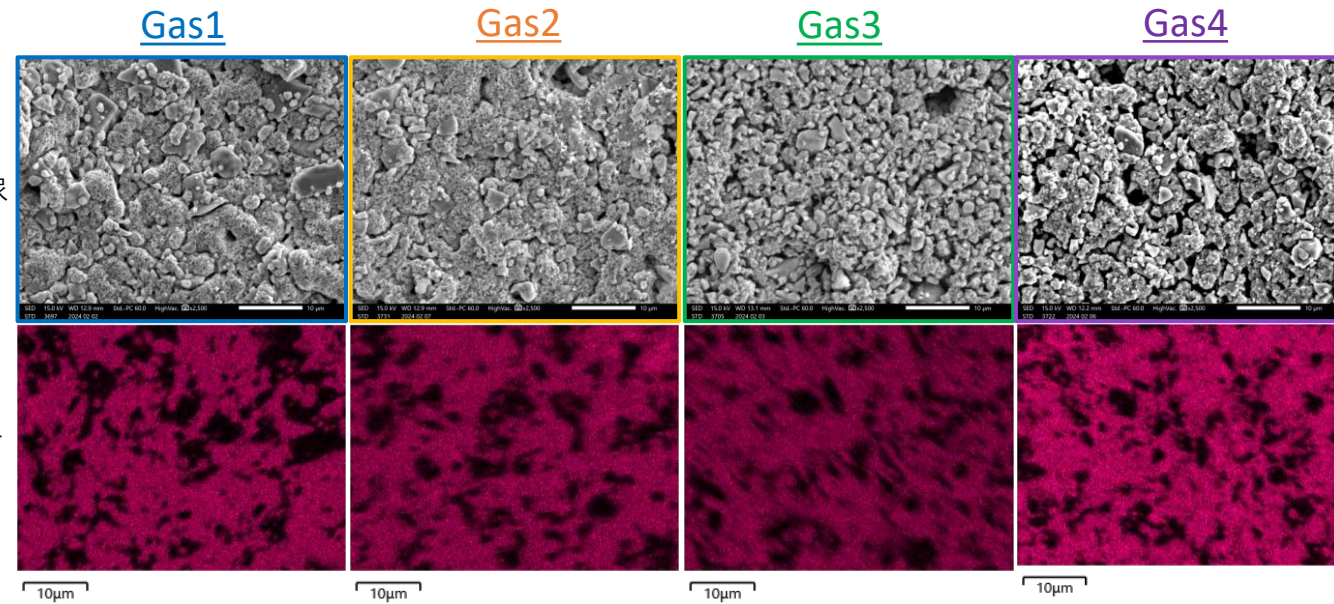
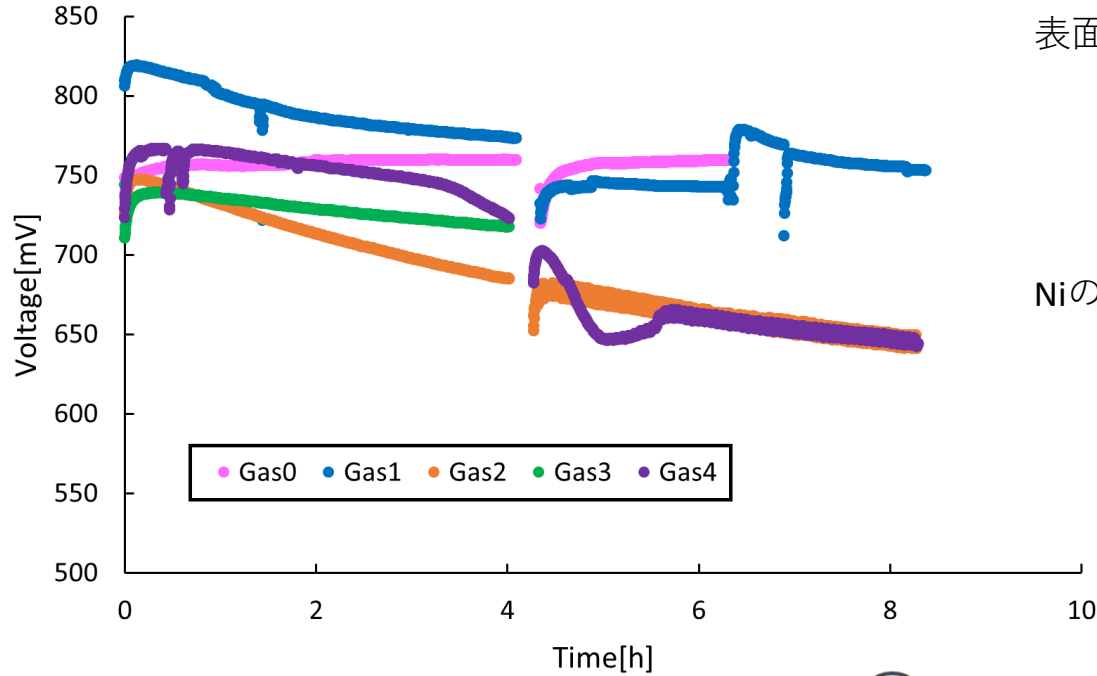


## 実験条件

| 電気炉温度             | 800 °C (1073 K) |                |     |                 |                |                    |
|-------------------|-----------------|----------------|-----|-----------------|----------------|--------------------|
|                   | ガス番号            | H <sub>2</sub> | CO  | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | 加湿H <sub>2</sub> O |
| 燃料ガス<br>(アノード用ガス) | Gas0            | 100%           | 0%  | 0%              | 0%             | 5%                 |
|                   | Gas1            | 40%            | 20% | 10%             | 30%            | 5%                 |
|                   | Gas2            | 0%             | 20% | 10%             | 70%            | 5%                 |
|                   | Gas3            | 0%             | 20% | 0%              | 80%            | 5%                 |
|                   | Gas4            | 0%             | 20% | 10%             | 70%            | 0%                 |
| カソード用ガス           | 流量              | 100 mL/min     |     |                 |                |                    |
|                   | ガス組成            | Air            |     |                 |                |                    |
|                   | 流量              | 100 mL/min     |     |                 |                |                    |

# 研究内容

## 実験結果



Gas1, Gas2

Ni構造が肥大

$\text{Ni} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{NiO} + 2\text{e}^-$  (アノードの劣化)

⇒ 燃料拡散は不良

Gas3, Gas4

Ni構造が良好

⇒ 燃料拡散は良好

## 考察

Gas 1 :

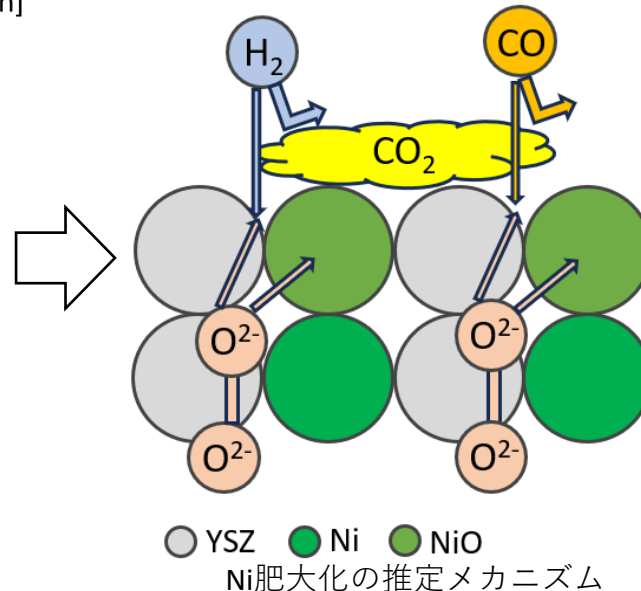
$\text{H}_2 + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$  (水素の酸化反応)  
 $\Rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$  (水性ガスシフト反応)  
 $\Rightarrow \text{CO}_2$  微増

Gas 2, Gas 4 :

$\text{CO} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$  (一酸化炭素の酸化反応)  
 $\Rightarrow \text{CO}_2$  増加

Gas 3 :

$\text{CO} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$  (一酸化炭素の酸化反応)  
 $\Rightarrow$  燃料中に  $\text{CO}_2$  が含まれておらず、  
 影響は小さい



$\text{CO}_2$  : 過剰な  $\text{CO}_2$  の生成  $\text{CO} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$   
 $\rightarrow \text{Ni}$  の酸化  $\text{Ni} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{NiO} + 2\text{e}^-$   
 $\rightarrow$  燃料の酸化が減少  
 $\rightarrow$  電圧降下

$\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{H}_2\text{O}$  が  $\text{CO}$  と反応  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$   
 $\rightarrow \text{H}_2$  の酸化  
 $\rightarrow \text{CO}_2$  の生成が抑制  
 $\rightarrow$  電圧降下の抑制