2025年度　JPECフォーラム

【9】溶射法を用いた大容量化のための金属支持SOEC開発

2025年5月13日

東京科学大学

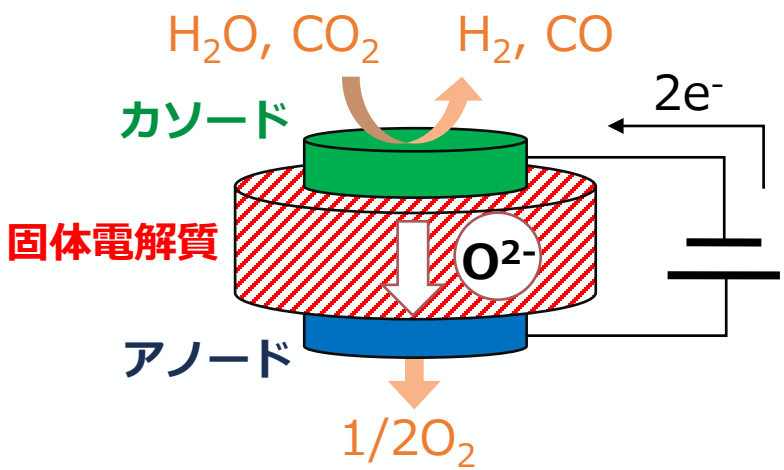
―禁無断転載・複製　©東京科学大学　2025―

禁無断転載・複製

固体酸化物形電気分解セル

Institute of SCIENCE TOKYO

固体酸化物形電気分解セル(SOEC)



カソード反応: $H_2O(g) + 2e^- \rightarrow H_2 + O^{2-}$ (1)

アノード反応: $O^{2-} \rightarrow 1/2O_2 + 2e^-$ (2)

総反応 $H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2$ (3)

$\Delta H_{@800℃}$=248 kJ/mol, $\Delta G_{@800℃}$=189kJ/mol

カソード反応: $CO_2 + 2e^- \rightarrow CO + O^{2-}$ (4)

アノード反応: $O^{2-} \rightarrow 1/2O_2 + 2e^-$ (5)

総反応 $CO_2 \rightarrow CO + 1/2O_2$ (6)

$\Delta H_{@800℃}$=282 kJ/mol, $\Delta G_{@800℃}$=189kJ/mol

- 固体酸化物形電気分解セル（SOEC）を用いることで高効率なH_2OやCO_2の電気分解（電解）が可能
- 高温で分解を行うことで、30%程度は熱エネルギーを利用可能
- （CO_2電解の場合）CO_2がカソード上で電子を受け取りCOとO^{2-}に分解、O^{2-}は電解質中の酸素欠陥を移動してアノードに移動し、アノード上でアノード上で電子を放出しながら酸素イオン同士が結合して酸素が生成

【研究課題】既存SOECはセラミック製であり、大規模化に必要な大面積化が困難

大規模電解を想定した大面積化可能な次世代SOEC開発に着手
金属を新たに支持体とする金属支持SOEC(MS-SOEC)を開発中

禁無断転載・複製

独自開発中のMS-SOECセルと評価装置

Institute of SCIENCE TOKYO

金属支持固体酸化物形電気分解(MS-SOEC)コインセル

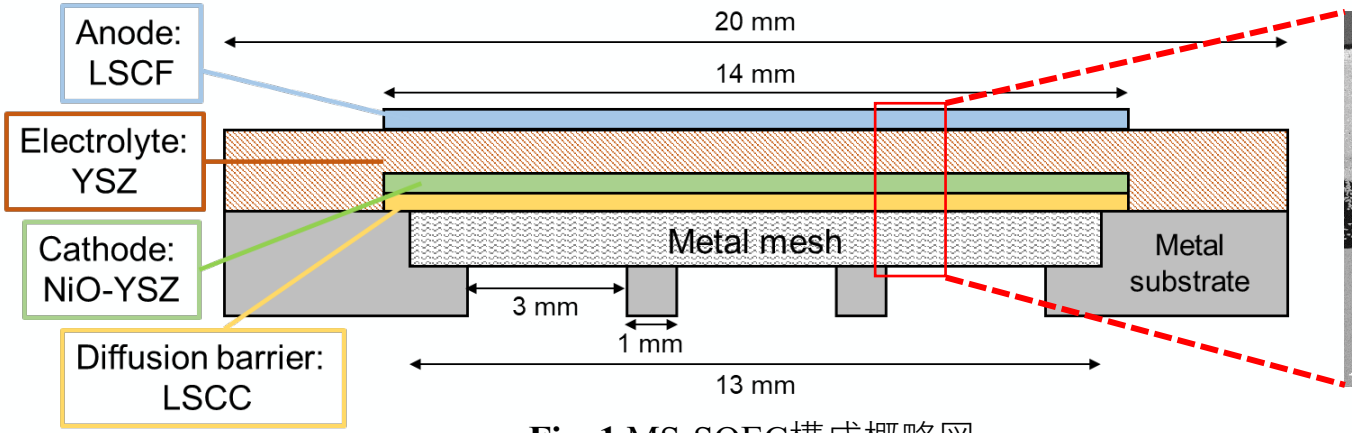


Fig. 1 MS-SOEC構成概略図

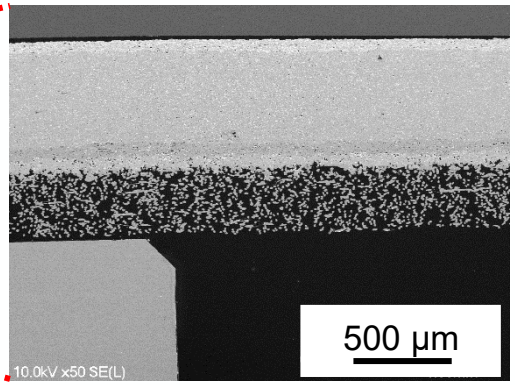


Fig. 2 MS-SOEC断面SEM像

<u>各層作製手法</u>

溶射法: 大気プラズマ溶射（APS; atmospheric plasma spraying）
溶射材料粉末: YSZ (溶融粉砕法), LSCC (造粒焼結法), LSCF (造粒焼結法), NiO-YSZ(造粒法）

<u>金属メッシュ詳細（ナスロン FILTER シート NF-08N）</u>

メッシュ繊維径: ~8 μm,
板厚: 300 μm, 空隙率: 58%
通気度試験（1.5 L cm^{-2} min^{-1} 流量下）: ΔP = 830 Pa

(a) 反応面　(b) 金属基板面

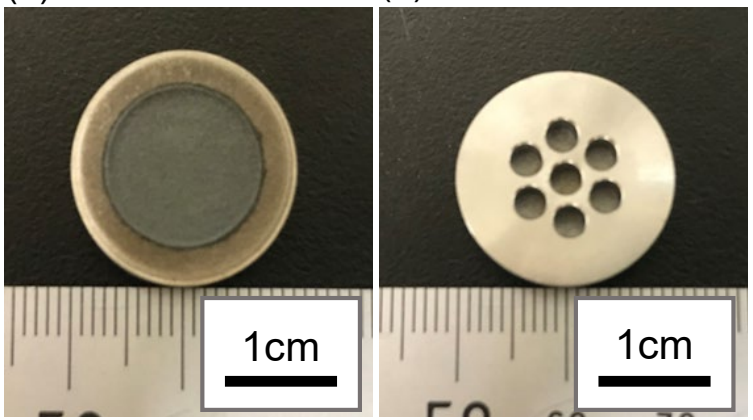


Fig. 3 MS-SOECコインセル写真

(a)セル反応部の構造　(b) 評価システム外観

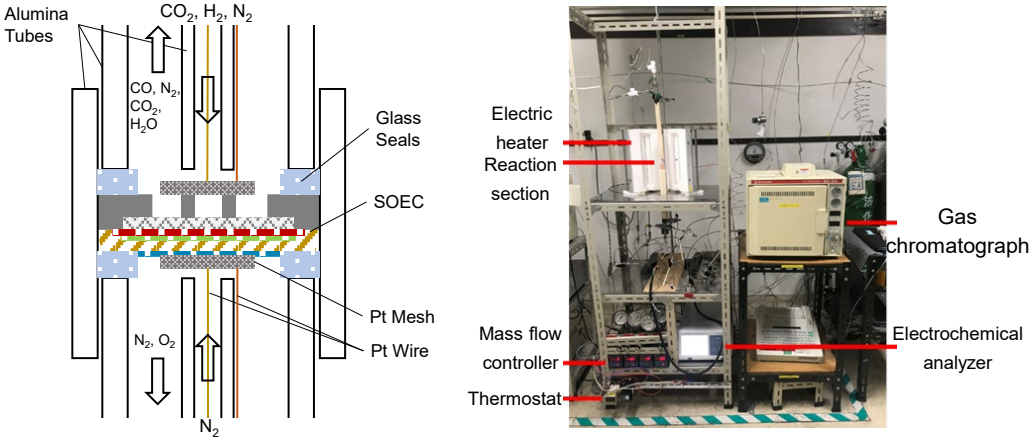


Fig. 4 MS-SOEC反応部分の概要図と評価システムの写真

禁無断転載・複製

固体酸化物形電気分解セル

Institute of SCIENCE TOKYO

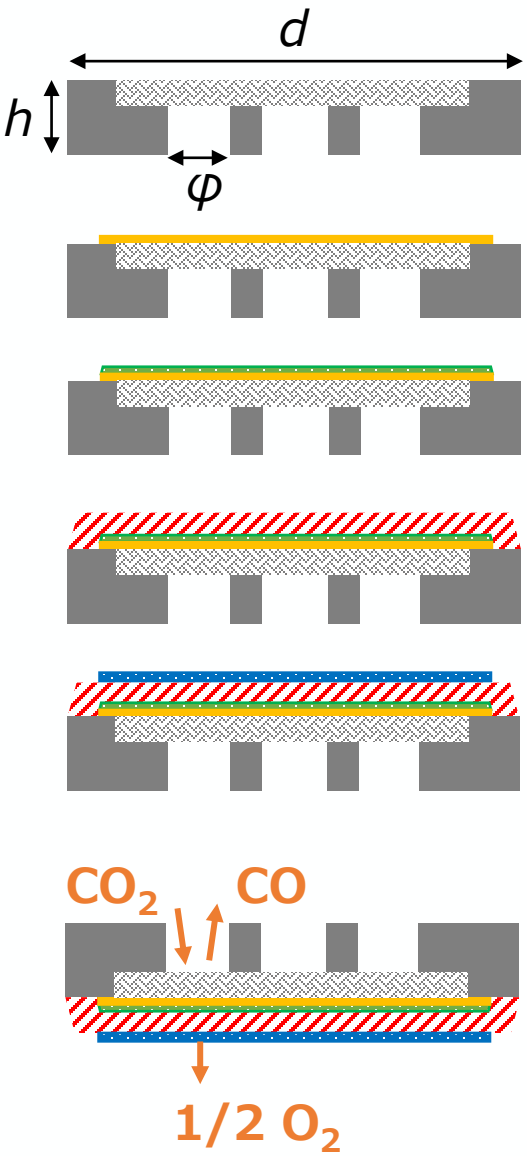


Fig. MS-SOEC preparation steps

(1)金属メッシュ+金属基材を接合

(2) 拡散防止層: LSCC($La_{0.6}Sr_{0.2}Ca_{0.2}CrO_3$)
by Atmospheric Plasma Spray(APS)
about 50 μm-thickness

(3) カソード層: NiO-YSZ by APS
about 50 μm-thickness

(4)電解質層: YSZ by APS

(5) アノード層: LSCF($La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}CrO_{3-\delta}$)
by APS about 50 μm-thickness

(6)MS-SOEC

Fig. Images of metal supported cell
(a) anode side, (b) cathode side, (c) part of mesh

禁無断転載・複製

溶射による緻密セラミックス層の形成

Institute of SCIENCE TOKYO

□ 加圧式リーク観察装置

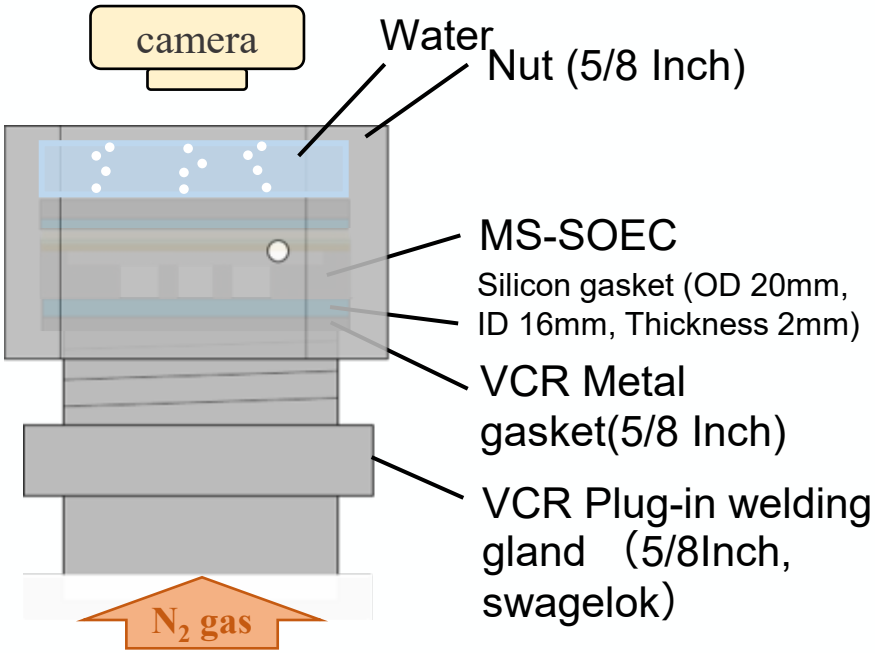


Fig. 加圧試験装置構成図

□ 溶射条件の改善によるセルの緻密化

初期溶射セル（電解質150μm厚）	溶射条件改善セル（電解質30μm厚）
クロスリーク率: 5-7%	クロスリーク率: 1%

- 溶射法を用いたセルのセラミックス層形成は大規模化の観点でメリットが大きい一方、形成層の緻密化には課題があり、NEDOプロ等を通じて技術開発に取り組む
- リーク部可視化のため、加圧リーク観察試験装置を導入し、各溶射条件下でのリーク部の特定と改善検討を実施

⇒溶射条件の改善により、電解質の薄膜化と緻密化に成功し、セラミックス層の形成時のクロスリーク率は約1%まで大幅に低減

禁無断転載・複製

コインセルを用いたMS-SOEC開発例

Institute of SCIENCE TOKYO

- 溶射電解質材料による性能向上検討
- 金属支持体の耐久性向上検討

Table 1 各MS-SOECの電解質電気伝導率

セル	電解質の相対電気伝導率
標準MS-SOEC	1 (基準)
小径電解質セル	1.3
高純度小径 電解質セル	1.8
商用YSZ	4.7

禁無断転載・複製

固体酸化物形電気分解セル

Institute of SCIENCE TOKYO

□ 大面積MS-SOEC

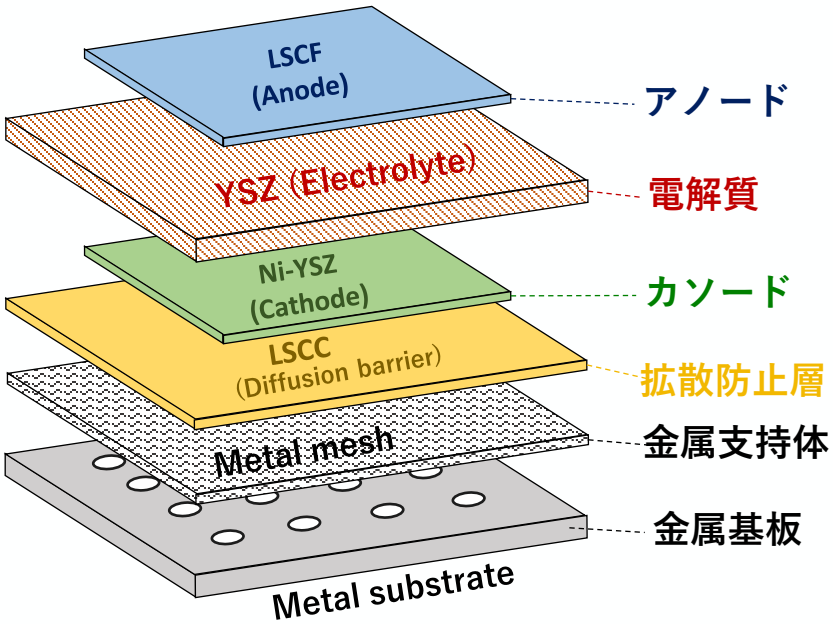


Fig. 1 大面積MS-SOEC構造概念図

□ セルスタック化

※マニホールド-セル間の
集電体表記は省略

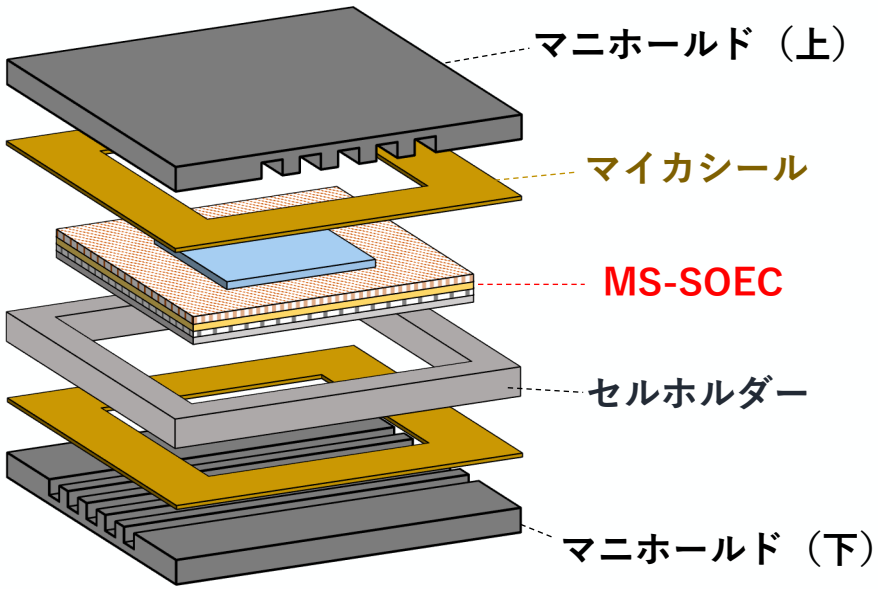


Fig. 3 大面積MS-SOECの単セルススタック化概念図

・コインセル構造を基本としてMS-SOECの大面積化を実施、セルスタック化含め検討中

⇒2024年度までのNEDOプロにおいて1辺20cm角の試作セル製造に成功

禁無断転載・複製

異なる水電解セルのI-V特性

禁無断転載・複製

電解に必要なエネルギー量とコスト

Institute of SCIENCE TOKYO

□SOECによる電解コスト（CO_2電解の場合）

カソード反応: $CO_2 + 2e^- \rightarrow CO + O^{2-}$ (1)

アノード反応: $O^{2-} \rightarrow 1/2O_2 + 2e^-$ (2)

総反応 $CO_2 \rightarrow CO + 1/2O_2$ (3)

$\Delta H_{@800℃}$=282 kJ/mol, $\Delta G_{@800℃}$=189 kJ/mol

仮定

1. **電解の電流効率は100%**
2. **1V下で1Aでの熱中立における電解**
3. **電圧変換ロスは考慮せず**
4. **電気代10円/kWh**

（1 molのCO_2を電解するのに必要な電流）= 2 mol_{e-}/mol_{CO2} * 96,485 C/mol_{e-}
= 192,970 A* s /mol_{CO2}

（必要な電力量）=192,970 A * s /mol_{CO2} * 1 V
= 192,970 W*s /mol_{CO2} = 53Wh /mol_{CO2}

（1 molのCO_2を電解するのに必要な電気代）= 53Wh/mol_{CO2} *10円/kWh
= 0.53円/mol_{CO2}

（1 tonのCO_2を電解するのに必要な電気代）= 12,000円/ton of CO_2

Institute of SCIENCE TOKYO

ご清聴ありがとうございました。

本発表内容は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO*）からの委託事業によるものです。関係各位に感謝の意を表します。

*New Energy and Industrial Technology Development Organization