

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02067

研究課題名(和文) パターン緻密膜電極を用いた混合導電性酸化物電極における反応経路の解明

研究課題名(英文) Reaction pathway in mixed-conducting oxide electrodes investigated by using patterned thin film model electrode

研究代表者

雨澤 浩史 (Amezawa, Koji)

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号：90263136

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、固体酸化物形燃料電池(SOFC)空気極における反応経路の特定および三相/二相界面反応の分離評価に取り組んだ。そのための手法として、独自のパターン緻密膜電極を提案・作製し、これを用いた電気化学/分光測定を実施した。その結果、代表的なSOFC混合導電性空気極における反応経路の特定に成功した。特に、混合導電性電極であっても三相界面反応の寄与が大きいことを明らかにし、SOFC高性能化のためには、三相界面反応を考慮した新たな電極設計・開発指針が必要であることを初めて明確に示した。また、考案されたパターン緻密膜電極を、SOFC空気極におけるCr被毒劣化機構解明にも適用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、独自に開発したパターン緻密膜電極を用いることで、固体酸化物形燃料電池(SOFC)空気極における反応経路およびその分離評価を可能とする手法を確立した。これにより、混合導電性SOFC空気極における主たる反応経路が二相界面であるという従来の常識が誤りであり、SOFC高性能化のためには、三相界面反応を考慮した新たな電極設計・開発指針が必要であることを初めて示した。また、同手法が、SOFC空気極における劣化機構の解明にも適用できることを示した。これらの成果は、SOFCの高性能化、耐久性化を達成する上で、これまでに知られていなかった重要な知見であり、その学術的・社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：In this work, the identification of reaction path in solid oxide fuel cell (SOFC) cathodes, in particular, separate evaluation of the contribution of electrode reaction through triple/double phase boundaries, were performed. For these purposes, we proposed and fabricated original model electrodes, so-called patterned thin film electrode, and performed electrochemical/spectroscopic measurements with them. As results, dominant reaction path in conventional SOFC cathodes were identified. It was found that the contribution of the reaction through triple phase boundaries were significant even in mixed ionic and electronic conducting SOFC cathodes. This finding demonstrated that a new concept considering the contribution of triple phase boundary is necessary for the design of high performance SOFC cathode. Furthermore, the proposed patterned thin film electrode was also applied to investigate the mechanism of Cr poisoning for SOFC cathodes.

研究分野：固体イオニクス

キーワード：固体酸化物形燃料電池 空気極 混合導電性酸化物 反応経路 パターン電極 オペランド計測

1. 研究開始当初の背景

固体酸化燃料電池 (SOFC) は、高効率エネルギー変換を特徴とし、次世代の分散・大規模電源として期待されている。我が国では、2011 年より家庭用コジェネレーションシステムとして SOFC の市場導入が始まっているが、今後の本格的普及には、更なる性能向上、耐久性向上が必須とされている。これらを達成するには、セル抵抗の主要因である空気極の高性能化が不可欠である。SOFC 空気極では、酸素ガスの電気化学還元反応 ($1/4\text{O}_2(\text{気相}) + e^-(\text{電極}) \rightarrow 1/2\text{O}^{2-}(\text{電解質})$) が生じる。この反応は、金属 (例えば白金) のような電子導電性電極を用いた場合、気相 / 電極 / 電解質が共存する三相界面においてのみ進行する、効率の悪い反応である。より効率よく反応を進行させるため、現状の SOFC では、 $(\text{La}, \text{Sr})(\text{Co}, \text{Fe})\text{O}_3$ に代表される酸化物イオン - 電子混合導電性電極が用いられている。これは、混合導電性電極を用いることにより、 O^{2-} が電解質だけでなく電極にも存在し得るので、二相 (気相 / 電極) 界面でも反応が進行するようになり、高い電極活性を示すことが期待されるためである。しかし、混合導電性電極では、二相界面だけでなく、三相界面においても反応は並行して進行する。二相、三相界面で生じる反応は、どちらも O_2 の電気化学還元反応ではあるが、その素過程、反応活性は異なる。にも関わらず、混合導電性電極における O_2 ガスの電気化学反応の主な電極反応経路が二相界面、三相界面のどちらなのか、また、それぞれが全反応にどの程度寄与するのか、といった、電極反応の本質は全く理解されていなかった。言い換えると、SOFC 空気極は、二相界面を主な反応経路と“信じて”設計・開発がなされているものの、この指針を裏付ける明確な学術的根拠はないのが現状であった。

2. 研究の目的

このような現状に対し、本研究において我々は、混合導電性空気極における反応経路の特定に取り組んだ。実際の SOFC では、混合導電性を多孔体にした空気極 (図 1(a)) が使用されている。しかし多孔体電極では、その複雑な微細構造・反応分布のため、二相、三相界面反応の切り分けは事実上不可能である。そこで我々は、二相、三相界面反応の分離評価を可能とする、図 1(c)、(d) に示す新たなモデル電極 (以下、パターン緻密膜電極と呼称) を提案した。この電極は、多孔体電極 (図 1(a)) の構造を単純化した柱状電極 (図 1(b)) を半分に切断し、絶縁体上に寝かせた構造をしており、実質的に柱状電極と同様の機能を有する。また、図 1(c)、(d) に示す二種類のパターン緻密膜電極 (以下、それぞれ、DPB 型、TPB 型と呼称) の違いは、三相界面の有無である。電極反応が、DPB 型のパターン緻密膜電極 (図 1(c)) では二相界面を介してのみ生じるのに対し、TPB 型のパターン緻密膜電極 (図 1(d)) では二相、三相界面の両方を介して生じる。したがってこれらの電極を用いることにより、DPB 型のパターン緻密膜電極から二相界面反応を、DPB 型と TPB 型のパターン電極の差分から三相界面反応を、それぞれ評価することができる。このように、我々の考案したパターン緻密膜電極は、混合導電性 SOFC 多孔体空気極で生じる現象を再現し、反応経路の分離評価を可能とする唯一のモデル電極である。

本研究ではまず、これらのパターン緻密膜電極を用い、混合導電性空気極における反応経路の特定に取り組んだ。混合導電性 SOFC 空気極材料としてもっと汎用的な $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-d}$ (LSCF) を選択し、同電極における二相、三相界面反応の分離評価、ならびに全反応に対するそれぞれの寄与を評価した。さらに、パターン緻密膜電極を利用した工学的応用研究として、混合導電性 SOFC 空気極における Cr 被毒現象の解明にも取り組んだ。Cr 被毒は、SOFC の構造材に使用されるステンレス合金から酸化した 6 価 Cr 酸化物が空気極において析出することにより生じるもので、SOFC 空気極の劣化を引き起こす最も大きな要因の一つとされている。本研究では、 $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-d}$ (LSC) を SOFC 空気極の典型例とし、我々の考案したモデル電極を適用することで、Cr 被毒と電極反応の相関を明らかにした。

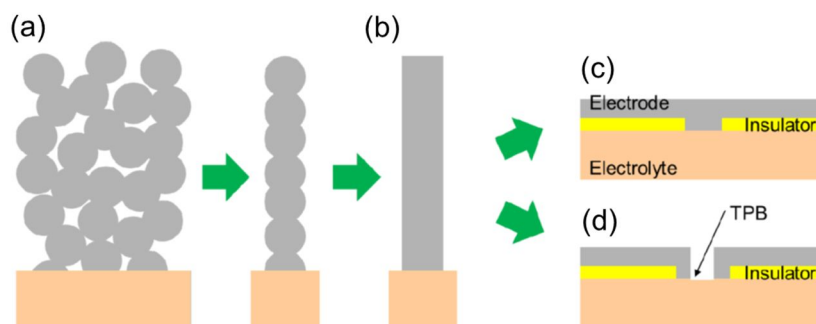


Fig. 1. Schematic illustration of (a) porous electrode, (b) columnar electrode, and the patterned thin film electrodes (c) without TPBs and (d) with TPBs.

3. 研究の方法

(1) 混合導電性 $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-d}$ (LSCF) 空気極における二相・三相界面反応の分離評価
 電極に $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-d}$ (LSC), 電解質に $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}$ (GDC), 絶縁層に Al_2O_3 を用い, 図 1(c), (d) に示すパターン緻密膜電極を作製した。電極のパターンニングにはフォトリソグラフィ技術を用い, 各薄膜の作製にはパルスレーザー堆積 (PLD) 法を用いた。LSC の膜厚は, どちらの電極でもおよそ 400nm とした。このように作製されたパターン緻密膜電極を作用極に, 多孔質 Pt を対極および参照極に用い, 3 電極式電気化学セルを作製した。電極特性は, 直流分極測定および交流インピーダンス測定により評価した。測定は, 温度 773~973K, 酸素分圧 10^{-2} ~1bar で行った。一方, 電極反応が生じる部位 (電極反応場) の評価には, マイクロ X 線吸収分光法を用いた。測定は, 大型放射光施設 SPring-8 の BL37XU にて行い, 実験条件は電気化学測定のそれと同様とした。0.2x0.8 μm に集光した Fe K-吸収端の X 線を電極上面から入射し, その部位における分極/開回路時の X 線吸収量の変化を計測した。この測定では, 電極反応が生じている部位では, X 線吸収量の増加が観測される。測定部位を変化させてこの測定を繰り返すことにより, パターン緻密膜電極での電極反応場を評価した。

(2) 混合導電性 $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-d}$ (LSC) 空気極における Cr 被毒現象の解明

前節で述べた SOFC 空気極における二相・三相界面反応の分離評価の場合と同様パターン緻密膜電極を, $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-d}$ (LSC) を電極材料として作製した。これを作用極に, 3 電極式の電気化学セルを作製した。Cr 被毒試験は, 温度 973K, 酸素分圧 1bar, 水蒸気分圧 0.019bar において, 一定のカソード過電圧 200mV を印加しながら行った。分極後, 電流の安定を待った後, Cr_2O_3 粉末を充填したカラムに通した加湿 O_2 ガスを作用極に導入した。分極状態は約 1 週間保持した。Cr 被毒試験中は, 交流インピーダンス測定を一定時間ごとに繰り返した。試験後, SEM や STEM/EDX などを用いて, 電極表面及び断面の観察と分析を行った。

4. 研究成果

(1) 混合導電性 LSCF 空気極における二相・三相界面反応の分離評価

図 2 に, 873 K, $p(\text{O}_2) = 1, 10^{-2}$ bar において, TPB 型および DPB 型の LSCF パターン緻密膜電極により観測された直流分極測定の結果を示す。図 2 には, 電極過電圧 (印加電圧から電解質オーム損を差し引いたもの) を横軸に, 電極/電解質接触面積で規格化された電流密度を縦軸に示した。これらの結果から明らかな通り, いずれの条件においても, DPB 型よりも TPB 型のパターン緻密膜電極において約 2 倍以上高い電流が観測された。この結果は, 混合導電性が報告されている LSCF を電極材料として用いた場合でも, 二相界面反応よりも, 三相界面反応の方が高活性であることを示している。さらに図 2 を詳しく見ると, 両電極間で観測された電流密度の差は高酸素圧ほど顕著であった。この結果は, 高酸素圧下において LSCF の酸化物イオン空孔濃度が小さくなり, すなわち, 酸化物イオン導電率が低下し, 全反応に及ぼす二相界面反応の寄与が小さくなったためと解釈することができる。

LSCF パターン緻密膜電極における電極反応場を評価するために, マイクロ X 線吸収分光測定を行った。図 3 に, 電極/電解質界面近傍において観測された分極/開回路時の Fe-K 吸収端 X 線吸収量の比を示す。電極反応が進行している領域では, 実効的な酸素分圧が低下するため, LSCF が部分的に還元される。そのため, 分極/開回路時の X 線吸収量の比が 1 よりも大きくなる。図 3 の結果から, TPB 型,

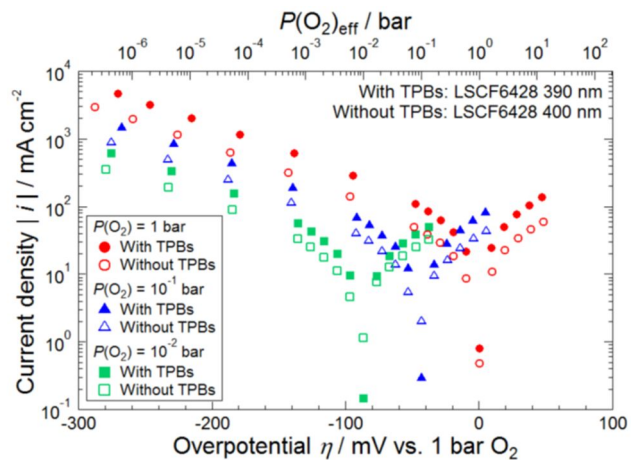


Fig. 2. DC polarization characteristics of the LSCF patterned thin film electrodes with and without TPBs in $p(\text{O}_2) = 1$ - 10^{-2} bar at 873 K.

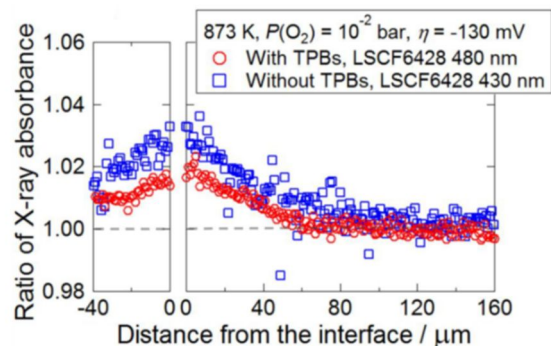


Fig. 3. Ration of X-ray absorbance at Fe K-edge as a function of the distance from the electrode/electrolyte interface on the LSCF patterned thin film electrodes with and without TPBs under -130 mV of cathodic overpotential in $p(\text{O}_2) = 10^{-2}$ bar at 873 K.

DPB 型パターン緻密膜電極における電極反応場は、電極/電解質界面から、それぞれ約 80 μm 、120 μm 程度と見積もられた。すなわち、三相界面の導入により、同じ電極材料を用いた場合でも、電極反応場が異なることが明らかとなった。このことは、三相界面の導入に伴い、三相界面を經由する新たな反応パスが発生したことを示唆している。

以上の結果は、これまで信じられてきた「混合導電性 SOFC 空気極では二相界面が主たる反応経路となる」という常識を覆す結果であり、SOFC 高性能化のためには、三相界面反応を考慮した新たな電極設計・開発指針が必要であることを意味している。

(2) 混合導電性 LSC 空気極における Cr 被毒現象の解明

図4に、Cr 被毒試験時の LSC 空気極の分極抵抗を示す。図4の横軸(時間)の原点が、含 Cr 蒸気ガス導入開始時間を示す。含 Cr 蒸気ガス導入直後、分極抵抗は急激に大きくなり、その後、時間とともに緩やかに増加した。この結果は、今回測定を行った電極において、顕著な Cr 被毒が生じたことを表している。

図5に、Cr被毒試験後の電極表面の SEM像を示す。電極表面全体(図5(a))で析出物が観察されたが、その析出は、電極/電解質界面から離れた部位(図5(b)右)よりも近傍(図5(b)左)で顕著に見られた。この結果は、LSC緻密膜電極におけるCr析出は、電極反応とは無関係に電極表面全体で生じるものと、電極反応によって促進されるものの二種類の析出形態が存在することが示唆された。

さらに、Cr被毒試験後の電極断面に対してSTEM/EDX分析を行ったところ、析出物は主にLSC緻密膜電極の表面に存在している様子が観察された。また電極表面にはSrの顕著な偏析が見られた。電子線回折とEDX分析の結果から、電極表面の析出物は SrCrO_4 と同定された。一方、電極/電解質界面近傍では、 SrCrO_4 に加え、Srを伴わないCrの分布が観察された。このことから、Cr析出には、電極反応によって誘起される SrCrO_4 とは異なる形態も同時に存在することが示された。

以上のように、SOFC空気極におけるCr被毒現象を考える際には、電極反応による影響を加味した評価が必要であることが明らかにされた。

本研究では、混合導電性 SOFC 空気極における反応経路の特定、特に三相界面および二相界面反応の分離評価に取り組んだ。そのため的手法として、独自に考案したパターン緻密膜電極を用いた電気化学測定・分光測定を開発した。その結果、代表的な SOFC 空気極である混合導電性 LSCF 電極における反応経路の特定に成功し、混合導電性電極であっても三相界面反応の寄与が大きいことが明らかにされた。これは、混合導電性 SOFC 空気極における主たる反応経路が二相界面であるという従来の常識を覆す結果であり、SOFC 高性能化のためには、三相界面反応を考慮した新たな電極設計・開発指針が必要であることを初めて明確に示した。また、パターン緻密膜電極を混合導電性 SOFC 空気極の Cr 被毒劣化の機構解明に用い、同劣化には電極反応に無関係な Cr 析出に加え、電極反応に誘起される Cr 析出が存在することが分かった。このように、本研究によって提案されたパターン緻密膜電極は、電極反応機構の評価だけでなく、劣化機構の解明にも有用であることが示された。

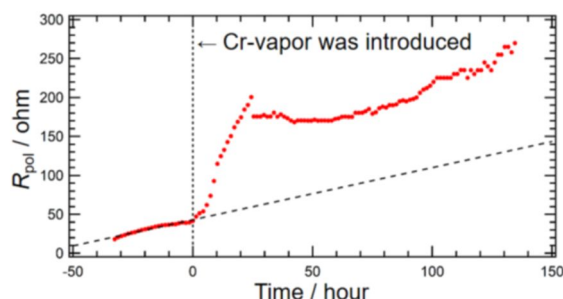


Fig. 4. Change of the polarization resistance during the Cr-poisoning test of LSC patterned thin film electrode under a cathodic polarization of -200 mV in $p(\text{O}_2) = 1$ bar and $p(\text{H}_2\text{O}) = 0.019$ bar at 973 K.

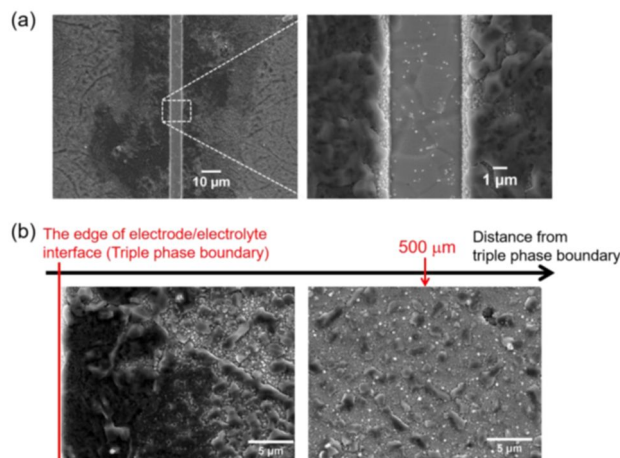


Fig. 5. (a) SEM images of the surface of the LSC patterned thin film electrode after the Cr-poisoning test. (b) High magnification SEM images around the area near the electrode/electrolyte interface and far from the interface.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Budiman R.A., Hashimoto S., Fujimaki Y., Nakamura T., Yashiro K., Amezawa K., Kawada T.	4. 巻 332
2. 論文標題 Evaluation of electrochemical properties of LaNi _{0.6} Fe _{0.403-d} - Ce _{0.9} Gd _{0.101.95} composite as air electrode for SOFC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 70-76
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ssi.2018.12.023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shota Kageyama, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iiguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa	4. 巻 91
2. 論文標題 Correlation between Electrode Reaction and Chromium Deposition in SOFC Cathodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochemical Society Transactions	6. 最初と最後の頁 1231-1237
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Brian. S. Gerwe, Keita Mizuno, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, Koji Amezawa, Stuart B. Adler	4. 巻 91
2. 論文標題 Dynamic X-ray Spectroscopy of La _{0.6} Sr _{0.4} Co ₀₃ - Thin Film Electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochemical Society Transactions	6. 最初と最後の頁 1387-1395
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 雨澤浩史	4. 巻 62
2. 論文標題 固体酸化物形燃料電池(SOFC)の放射光オベラントXAFS測定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 表面と真空	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 雨澤浩史	4. 巻 19
2. 論文標題 プロトン伝導体を使用した燃料電池における電極反応	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 燃料電池	6. 最初と最後の頁 33-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koji Amezawa	4. 巻 21
2. 論文標題 X-ray absorption spectroscopic studies on SOFCs and PCFCs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Opinions in Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 250-256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.coelec.2020.03.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Keita Mizuno, Yoshinobu Fujimaki, Takashi Nakamura, Yuta Kimura, Kiyofumi Nitta, Oki Sekizawa, Yasuko Terada, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Impact of Triple Phase Boundary Reaction in SOFC Mixed Conducting Cathodes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 13th European SOFC & SOE Forum 2018	6. 最初と最後の頁 68-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shota Kageyama, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Influence of Electrode Reaction on Cr-poisoning in SOFC MIEC Cathodes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 13th European SOFC & SOE Forum 2018	6. 最初と最後の頁 51-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 17件）

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Investigation of cathodic reaction in SOFCs and PCFCs by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 SOIFIT Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Investigation of cathodic reaction in SOFCs and PCFCs by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 ECI Conference Nonstoichiometric Compounds VII (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今泉貴明, 水野敬太, 中村崇司, 木村勇太, 新田清文, 関澤央輝, 井口史匡, 湯上浩雄, 八代圭司, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 緻密膜パターン電極によるLa _{0.6} Sr _{0.4} Co ₃ - /Gd _{0.1} Ce _{0.9} O ₃ - コンポジット電極の反応機構の解明
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 影山将汰, 進藤勇佑, 藤巻義信, 水野敬太, 木村勇太, 中村崇司, 井口史匡, 八代圭司, 湯上浩雄, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 SOFC混合導電性空気極におけるCr被毒に影響を与える因子の検討
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西館克弥, 四宮由貴, 水野敬太, 木村勇太, 中村崇司, 八代圭司, 川田達也, 見神祐一, 尾沼重徳, 黒羽智宏, 谷口昇, 辻庸一郎, 雨澤浩史
2. 発表標題 パターンモデル電極によるPCFC空気極La _{0.6} Sr _{0.4} CoO _{3-δ} における電極反応機構の解析
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Reaction mechanisms of SOFC and PCFC cathodes investigated by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 2019年電気化学秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今泉貴明, 水野敬太, 中村崇司, 木村勇太, 新田清文, 関澤央輝, 井口史匡, 湯上浩雄, 八代圭司, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 緻密膜パターン電極によるLa _{0.6} Sr _{0.4} CoO _{3-δ} /Ce _{0.9} Gd _{0.1} O _{2-δ} コンポジット空気極における反応機構の解明
3. 学会等名 第15回固体イオニクスセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 雨澤浩史
2. 発表標題 放射光オペランド計測で迫る燃料電池・蓄電池反応
3. 学会等名 第124回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 影山将汰、進藤勇佑、藤巻義信、水野敬太、木村勇太、中村崇司、井口史匡、八代圭司、湯上浩雄、川田達也、雨澤浩史
2. 発表標題 SOFC混合導電性空気極における性能劣化に電極反応が与える影響
3. 学会等名 第45回固体イオニクス討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今泉貴明、水野敬太、木村勇太、中村崇司、新田清文、関澤央輝、井口史匡、八代圭司、湯上浩雄、川田達也、雨澤浩史
2. 発表標題 La _{0.6} Sr _{0.4} Co _{0.3} - /Gd _{0.1} Ce _{0.9} O ₃ - 積層パターン緻密膜電極を用いたSOFCコンポジット空気極の反応機構の解明
3. 学会等名 第45回固体イオニクス討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西館克弥、四宮由貴、水野敬太、木村勇太、中村崇司、八代圭司、川田達也、R. Strandbakke、I. Szpunar、見神祐一、後藤丈人、寺山健、黒羽智宏、辻庸一郎、雨澤浩史
2. 発表標題 パターン緻密膜モデル電極を用いたPCFC空気極BaGd _{0.3} La _{0.7} Co ₂ O ₆ - における電極反応機構の評価
3. 学会等名 第45回固体イオニクス討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa, Keita Mizuno, Yoshinobu Fujimaki, Katsuya Nishidate, Takashi Nakamura, Yuta Kimura, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, keiji Yashiro, Tatsuya Kawada
2. 発表標題 Mechanism of Cathodic Reaction in SOFC and PCFC Investigated by Using Operando X-Ray Absorption Measurements
3. 学会等名 World Hydrogen Technologies Convention 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Investigation of cathodic reaction in SOFCs and PCFCs by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 International Conference on Energy, Resources, Environment and Sustainable Development (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Mechanism of Cathodic Reaction in Solid Oxide Fuel Cells Investigated by Using Operando X-Ray Absorption Measurements
3. 学会等名 2nd Nuclear and Growth Research Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa, Keita Mizuno, Katsuya Nishidate, Takaaki Imaizumi, Yuki Shinomiya, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, Fumitada Iguchi, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada
2. 発表標題 Cathodic Reaction in Intermediate Temperature Fuel Cells Investigated by Using Patterned Thin Film Model Electrodes
3. 学会等名 22nd International Conference on Solid State Ionics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Solid State Ionics Devices for Use of Renewable Energy -Device Developments Based on Synchrotron X-Ray Operand Measurements-
3. 学会等名 The 10th International Symposium of Advanced Energy Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsuya Nishidate, Yuki Shinomiya, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Yuichi Mikami, Shigenori Onuma, Tomohiro Kuroha, Noboru Taniguchi, Yoichiro Tsuji, Koji Amezawa
2. 発表標題 Evaluation of the electrode reaction mechanism in $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_3$ - PCFC cathode
3. 学会等名 22nd International Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Kageyama, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iiguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa
2. 発表標題 Evaluation of Factors Influencing Cr-Poisoning in SOFC Cathodes
3. 学会等名 22nd International Conference on Solid State Ionics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shota Kageyama, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iiguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa
2. 発表標題 Correlation between Electrode Reaction and Chromium Deposition in SOFC Cathodes
3. 学会等名 SOFC-XVI (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Brian. S. Gerwe, Keita Mizuno, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, Koji Amezawa, Stuart B. Adler
2. 発表標題 Dynamic X-ray Spectroscopy of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_3$ - Thin Film Electrodes
3. 学会等名 SOFC-XVI (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa, Katsuya Nishidate, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Ragnar Strandbakke, I. Szpunar, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, Keiji Yashiro, and Tatsuya Kawada
2. 発表標題 Mechanism of PCFC Cathodic Reaction Investigated by Using Patterned Thin Film Model Electrode
3. 学会等名 PETITE workshop XI (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa, Katsuya Nishidate, Yuki Shinomiya, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Yuichi Mikami, Shigenori Onuma, Tomohiro Kuroha, and Noboru Taniguchi
2. 発表標題 Electrochemical active sites in PCFC cathodes investigated by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Katsuya Nishidate, Yuki Shinomiya, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Yuichi Mikami, Shigenori Onuma, Tomohiro Kuroha, Noboru Taniguchi, Yoichiro Tsuji, and Koji Amezawa
2. 発表標題 Evaluation of the electrode reaction mechanism in PCFCs cathode by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 PACRIM13 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa, Keita Mizuno, Yuki Shinomiya, Yoshinobu Fujimaki, Takashi Nakamura, Yuta Kimura, Kiyofumi Nitta, Oki Sekizawa, Keiji Yashiro, Fumitada Iguchi, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada
2. 発表標題 Cathodic Reaction in SOFC and PCFC Investigated by Using Patterned Thin Film Model Electrode
3. 学会等名 Materials Science and Technology 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Investigation of cathodic reaction in SOFCs and PCFCs by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 SOFIT Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Amezawa
2. 発表標題 Investigation of cathodic reaction in SOFCs and PCFCs by using patterned thin film model electrodes
3. 学会等名 ECI Conference Nonstoichiometric Compounds VII (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 雨澤浩史, 四宮由貴, 水野敬太, 西館克弥, 木村勇太, 中村崇司, 八代圭司, 川田達也, 見神祐一, 尾沼重徳, 黒羽智宏, 谷口昇, 辻庸一郎
2. 発表標題 パターン緻密膜電極を用いたランタンコバルタイト PCFC空気極における反応サイト評価
3. 学会等名 2018年電気化学秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水野敬太, 藤巻義信, 中村崇司, 木村勇太, 関澤央輝, 新田清文, 井口史匡, 八代圭司, 湯上浩雄, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 SOFC混合導電性空気極の電極反応に及ぼす水蒸気の影響
3. 学会等名 第44回固体イオニクス討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 影山将汰, 進藤勇佑, 藤巻義信, 水野敬太, 木村勇太, 中村崇司, 井口史匡, 八代圭司, 湯上浩雄, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 SOFC混合導電性空気極におけるCr被毒に及ぼす電極反応の影響
3. 学会等名 第44回固体イオニクス討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今泉貴明, 水野敬太, 中村崇司, 木村勇太, 新田清文, 関澤央輝, 井口史匡, 湯上浩雄, 八代圭司, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 緻密膜パターン電極によるLa _{0.6} Sr _{0.4} CoO _{3-δ} /Gd _{0.1} Ce _{0.9} O _{3-δ} コンポジット電極の反応機構の解明
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 影山将汰, 進藤勇佑, 藤巻義信, 水野敬太, 木村勇太, 中村崇司, 井口史匡, 八代圭司, 湯上浩雄, 川田達也, 雨澤浩史
2. 発表標題 SOFC混合導電性空気極におけるCr被毒に影響を与える因子の検討
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西舘克弥, 四宮由貴, 水野敬太, 木村勇太, 中村崇司, 八代圭司, 川田達也, 見神祐一, 尾沼重徳, 黒羽智宏, 谷口昇, 辻庸一郎, 雨澤浩史
2. 発表標題 パターンモデル電極によるPCFC空気極La _{0.6} Sr _{0.4} CoO _{3-δ} における電極反応機構の解析
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中村崇司, 雨澤浩史	4. 発行年 2019年
2. 出版社 アグネ技術センター	5. 総ページ数 5
3. 書名 固体酸化物形燃料電池の反応を知る 放射光利用の手引き - 農水産・医療, エネルギー, 環境, 材料開発分野などへの応用 -	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	井口 史匡 (Iguchi Fumitada) (00361113)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	八代 圭司 (Yashiro Keiji) (20323107)	東北大学・環境科学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	中村 崇司 (Nakamura Takashi) (20643232)	東北大学・多元物質科学研究所・准教授 (11301)	
研究分担者	木村 勇太 (Kimura Yuta) (60774081)	東北大学・多元物質科学研究所・助教 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------