

令和 3 年 4 月 16 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03835

研究課題名(和文) 電解製錬の高効率化・省電力化を目指した酸素発生電極材料の研究

研究課題名(英文) Research on Oxygen-Evolving Electrode Materials for High Efficiency and Power Saving in Electrolytic Smelting

研究代表者

八木 俊介 (Yagi, Shunsuke)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：60452273

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、亜鉛の電解製錬等への応用を想定して、酸性水溶液中で安定かつ、酸素発生反応に対して活性を有する新規触媒材料の探索を行い、新しいRu系酸化物触媒を提案した。酸性水溶液中では多くの酸化物は不安定で溶解するが、本研究により、貴金属酸化物、特にRuまたはIrを成分に含む酸化物は比較的高い安定性と活性を示すことを明らかにした。この結果に基づき、Irより安価なRuを含有する酸化物を対象を絞り検討を進め、四重ペロブスカイト型酸化物 $ACu_3Ru_4O_{12}$  (A=Ca, Sr, La, Ce, Nd)は、単純ペロブスカイト型酸化物 $Sr_{1-x}BaxRuO_3$ よりも高い活性と安定性を有することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、亜鉛の電解製錬などの工業電解プロセスのさらなる高効率化、省電力化を実現することが可能な、新しい酸素発生触媒の設計指針を提案するなど、社会的に意義のある成果が得られた。特に、酸性水溶液中において比較的安定で、酸素発生反応に対して活性を有するRuを含有する酸化物に注目し、その構造・成分およびRu-O原子間距離と、活性および安定性の関係を系統的に議論し、学術的観点からも有用な知見を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed new Ru-based oxide catalysts, which are stable in acidic aqueous solution and active in the oxygen evolution reaction (OER), for the application in zinc electrolytic smelting or other applications. Although many oxides are unstable and dissolve in acidic aqueous solutions, this study revealed that precious metal oxides, especially those containing Ru or Ir as a component, exhibit relatively high stability and activity. Based on this result, we focused our investigation on oxides containing Ru, which is cheaper than Ir, and found that the quadruple perovskite oxides  $ACu_3Ru_4O_{12}$  (A=Ca, Sr, La, Ce, Nd) have higher activities and stabilities than those of the simple perovskite oxides  $Sr_{1-x}BaxRuO_3$ .

研究分野：材料電気化学

キーワード：電気化学触媒 ルテニウム酸化物 酸素発生反応 酸性水溶液 金属空気二次電池

### 1. 研究開始当初の背景

日本における亜鉛地金生産量は年間 50 万トンを超え、その 80%以上が図 1 に示すように電解製錬プロセスを経由して得られる。亜鉛電解製錬プロセスでは、亜鉛鉱石を焙焼後浸出して得られた  $Zn^{2+}$  イオン含有水溶液を電気分解することにより、陰極において金属亜鉛を還元析出させ回収する。その際に陽極では酸素発生反応(Oxygen Evolution Reaction: OER)が進行する。陽極には何十年も前から少量 (1wt%程度) の銀を混合させた鉛合金電極が用いられており、有害な鉛が使用されていることや、OER の過電圧が 1 V 程度とかなり高く、電気エネルギーの大幅な損失となっていることが近年特に問題視されている。

亜鉛電解において、陰極では常に亜鉛が析出し続けるため、過電圧は金属亜鉛の性質に依存し、低減させることは原理上困難である一方、陽極では主に酸素発生反応が進行するので、触媒の添加等により過電圧を低減させることが可能である。図 2 の模式図に示すように、もし仮に陽極における OER の過電圧を 1 V から 0.5 V 程度にまで低下させることができれば、電解製錬時の全電圧 (およそ 3.4 V) を 10% 以上も削減することができ、そのままこれが消費電力および  $CO_2$  排出削減に繋がる。

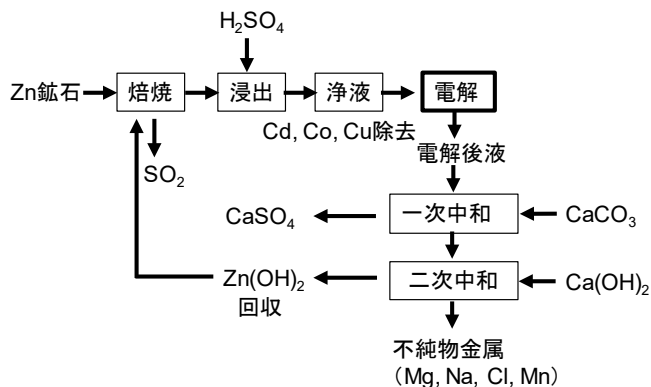


図 1. 亜鉛の電解製錬プロセスの概略。

### 2. 研究の目的

亜鉛の電解製錬は通常、多くの酸化物が溶解する硫酸酸性水溶液を使用して行われる。そこで本研究では、酸性条件でも利用可能な、貴金属酸化物をベースとした OER 触媒材料の開発と設計原理構築を目指す。そしてその知見をもとに、電解製錬プロセスの陽極における酸素発生反応の過電圧を低減し、反応を促進させるための電極材料ならびに電気化学触媒の研究開発を行う。

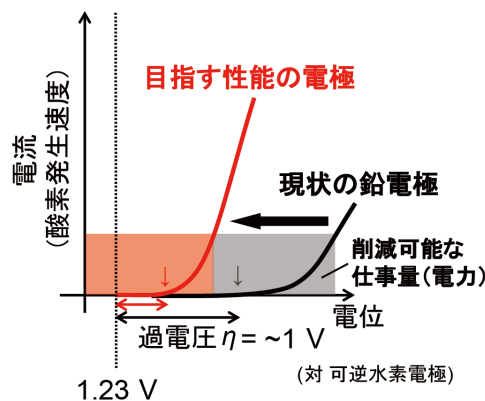


図 2. 酸素発生反応に対する過電圧。

### 3. 研究の方法

OER 活性と耐酸性・安定性の高い電極材料の探索を行う。特に下記の材料の OER 触媒活性と安定性の評価と検討を行う。

1. 様々な組成・結晶構造を有する貴金属酸化物
2. 貴金属を含有しない金属酸化物
3. 銀を 1wt%以下添加した鉛電極 (比較試料)

さらに、構造および組成が活性に与える影響について考察を行う。

触媒の活性評価は主に、触媒を修飾した回転 (リング) ディスク電極を用いて行う。図 3 は、触媒粉末と、バインダーとして  $K^+$  イオン交換 Nafion、導電助剤としてアセチレンブラック、溶媒として水とテトラヒドロフランを混合して独自に調整した触媒インクを用いて、回転リングディスク電極のグラッシーカーボンディスク電極部を修飾する操作の様子である。電極上に触媒インクを滴下した後、乾燥して触媒を電極に固定する。Nafion は、炭素-フッ素からなる疎水性テフロン骨格とスルホン酸基を持つパーフルオロ側鎖から構成されるパーフルオロカーボン材料の一つであり、スルホン酸基を有しているため強酸性を示す。そ

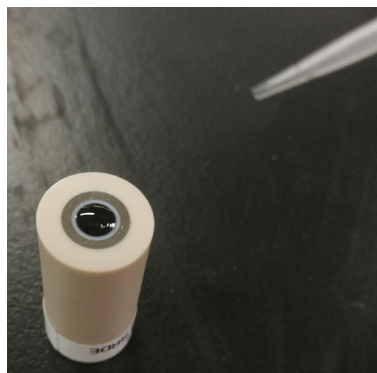


図 3. 回転リングディスク電極のグラッシーカーボンディスク電極部を触媒インクで修飾する操作の様子。

のまま混合すると、酸溶解性の高い酸化物触媒が溶解してしまうため、Nafion 分散液を KOH 水溶液で完全に中和した、 $K^+$ イオン交換 Nafion をバインダーとして用いている。

#### 4. 研究成果

本研究により、貴金属・卑金属を含有する様々な酸化物を評価した結果、酸性～中性水溶液中では、多くの酸化物は不安定で溶解するが、貴金属酸化物、特に Ru または Ir を成分に含む酸化物は、比較的高い安定性と活性を示すことを明らかにした。この結果に基づき、Ir より安価な Ru を含有する酸化物を対象を絞り、さらなる検討を行った結果、以下の知見を得た。参考として四重ペロブスカイト型酸化物  $ACu_3Ru_4O_{12}$  ( $A=Ca, Sr, La, Ce, Nd$ ) について測定したサイクリックボルタモグラムの図 4 に示す。

- 四重ペロブスカイト型酸化物  $ACu_3Ru_4O_{12}$  ( $A=Ca, Sr, La, Ce, Nd$ ) は、単純ペロブスカイト型酸化物  $Sr_{1-x}Ba_xRuO_3$  に比べて、高い活性と安定性を示した。
- 四重ペロブスカイト型酸化物  $ACu_3Ru_4O_{12}$  の活性は、古くから知られている酸素発生触媒  $RuO_2$  よりも高い活性を示した。図 4 に示すように、同じ電位（例として 1.55 V vs. RHE）で比較した場合、最小でも 5 倍以上の電流密度を示している。
- A サイトが 2 価カチオンの場合 ( $A=Ca, Sr$ ) の方が 3 価カチオンの場合 ( $A=La, Ce, Nd$ ) よりも、四重ペロブスカイト型酸化物  $ACu_3Ru_4O_{12}$  の安定性は高く、サイクルにともなう電流密度の低下が小さかった。この安定性は、 $RuO_2$  を上回るものである。
- Ru-O 原子間距離と活性の間に相関は見られなかったが、 $ACu_3Ru_4O_{12}$  の安定性は Ru-O 原子間距離が短いほど向上した。

本研究を進める中で、四重ペロブスカイト型酸化物  $CaCu_3Ru_4O_{12}$  を常圧条件下で合成する方法を確立した。また、より多くの触媒材料が検討できる塩基性水溶液を用いて、4 価の鉄イオンとコバルトイオンが共存する酸化物の触媒活性と安定性が向上するメカニズムを、第一原理計算と実験を組み合わせることで明らかにした。以上の成果は世界的に見ても報告が無く、独自の学術的知見をもたらすものである。

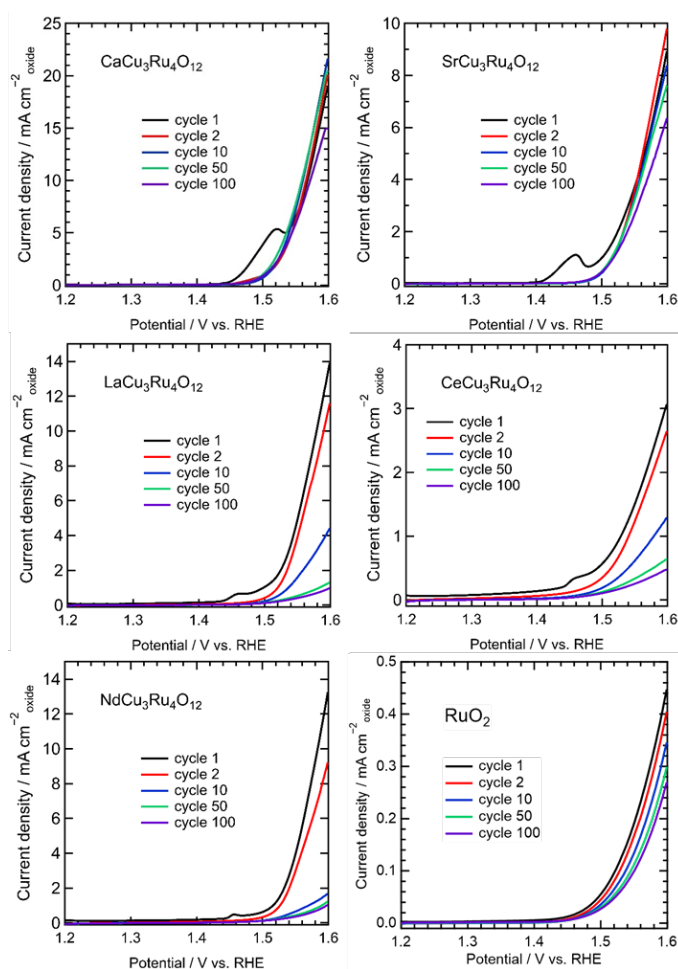


図 4. 1 M  $H_2SO_4$  溶液中において、室温、電位掃引速度  $10 \text{ mV s}^{-1}$  で測定した  $ACu_3Ru_4O_{12}$  ( $A=Ca, Sr, La, Ce, Nd$ ) および  $RuO_2$  のサイクリックボルタモグラム。1, 2, 10, 50, 100 サイクル目を抜粋した。

本研究では主に、電解製錬プロセスへの応用を目指し、強酸性水溶液中で活性を示す触媒材料の開発を進めたが、派生研究として、亜鉛金属を電池用活物質として応用する研究も展開した。例えば図 5 は、酸素発生反応と酸素還元反応の両方に高い活性を有する硫化物系触媒材料を開発し、この触媒を空気極に用いて試作した、亜鉛空気二次電池である。その他にも、メタノールやグルコースの酸化反応に対して活性を有する触媒の研究を進め、メタノール燃料電池、グルコース燃料電池の試作を行った。

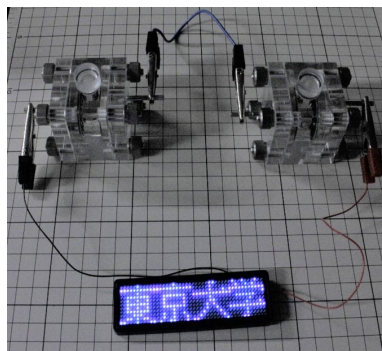


図 5. 6 M KOH の強塩基性水溶液を電解液として用いた亜鉛空気二次電池。開発した Ni と Co の複合硫化物を、空気極の触媒として用いている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Z. Cai, M. Kamiko, I. Yamada, and S. Yagi	4. 巻 4
2. 論文標題 PtCo <sub>3</sub> Nanoparticle-Encapsulated Carbon Nanotubes as Active Catalysts for Methanol Fuel Cell Anodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 1445-1454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.0c02977	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 W. Liu, J. Han, I. Yamada, and S. Yagi	4. 巻 394
2. 論文標題 Effects of zinc ions at tetrahedral sites in spinel oxides on catalytic activity for oxygen evolution reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Catalysis	6. 最初と最後の頁 50-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcat.2020.12.014	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 S. Yagi, K. Wada, J. Yuuki, W. Liu, and I. Yamada	4. 巻 61
2. 論文標題 Effects of Size and Crystallinity of CaCu <sub>3</sub> Fe <sub>4</sub> O <sub>12</sub> on Catalytic Activity for Oxygen Evolution Reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 1698-1702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2020147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 I. Yamada, M. Kinoshita, S. Oda, H. Tsukasaki, S. Kawaguchi, K. Oka, S. Mori, H. Ikeno, and S. Yagi	4. 巻 32
2. 論文標題 Enhanced Catalytic Activity and Stability of the Oxygen Evolution Reaction on Tetravalent Mixed Metal Oxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 3893-3903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.0c00061	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 Y. Okazaki, I. Yamada, and S. Yagi	4. 巻 61
2. 論文標題 Oxygen Evolution Catalysis for Iron Oxides with Various Structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 1523-1526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MN2019043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Togano, K. Asai, S. Oda, H. Ikeno, S. Kawaguchi, K. Oka, K. Wada, S. Yagi, and I. Yamada	4. 巻 4
2. 論文標題 Highly Active Hydrogen Evolution Catalysis on Oxygen-deficient Double-perovskite Oxide PrBaCo2O6-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1519-1529
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0QM00056F	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 M. Kinoshita, I. Yamada, S. Kawaguchi, K. Oka, and S. Yagi	4. 巻 61
2. 論文標題 Electrocatalytic Activity of Tetravalent Fe-Co Mixed Oxide for Oxygen and Hydrogen Evolution Reactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 1507-1509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MN2019032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Z. Cai, I. Yamada, and S. Yagi	4. 巻 12
2. 論文標題 ZIF-Derived Co <sub>9</sub> -xNi <sub>x</sub> S <sub>8</sub> Nanoparticles Immobilized on N-Doped Carbons as Efficient Catalysts for High-Performance Zinc-air Batteries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 5847-5856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b19268	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 S. Hirai, T. Ohno, R. Uemura, T. Maruyama, M. Furunaka, R. Fukunaga, W.-T. Chen, H. Suzuki, T. Matsuda, and S. Yagi	4. 巻 7
2. 論文標題 Ca1-xSrxRuO3 Perovskite at the Metal-insulator Boundary as a Highly Active Oxygen Evolution Catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 15387-15394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9TA03789F	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 I. Yamada, T. Otake, K. Asai, K. Oka, S. Kawaguchi, K. Wada, and S. Yagi	4. 巻 3
2. 論文標題 High-pressure Synthesis of Highly Oxidized Ba0.5Sr0.5Co0.8Fe0.2O3 - Cubic Perovskite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1209-1217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9QM00067D	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 I. Yamada, A. Takamatsu, K. Asai, T. Shirakawa, H. Ohzuku, A. Seno, T. Uchimura, H. Fujii, S. Kawaguchi, K. Wada, H. Ikeno, and S. Yagi	4. 巻 122
2. 論文標題 Systematic Study of Descriptors for Oxygen Evolution Reaction Catalysis in Perovskite Oxides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 27885-27892
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b09287	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 I. Yamada, A. Takamatsu, K. Asai, H. Ohzuku, T. Shirakawa, T. Uchimura, S. Kawaguchi, H. Tsukasaki, S. Mori, K. Wada, H. Ikeno, and S. Yagi	4. 巻 1
2. 論文標題 Synergistically Enhanced Oxygen Evolution Reaction Catalysis for Multielement Transition-Metal Oxides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 3711-3721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.8b00511	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 S. Hirai, K. Morita, K. Yasuoka, T. Shibuya, Y. Tojo, Y. Kamihara, A. Miura, H. Suzuki, T. Ohno, T. Matsuda, and S. Yagi	4. 巻 6
2. 論文標題 Oxygen vacancy-originated highly active electrocatalysts for the oxygen evolution reaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 15102-15109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8TA04697B	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 山田幾也, 高松晃彦, 池野豪一, 八木俊介	4. 巻 60
2. 論文標題 四重マンガネロペロブスカイトの二機能性酸素反応触媒作用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本結晶学会誌	6. 最初と最後の頁 76-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5940/jcrsj.60.76	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 八木俊介	4. 巻 67
2. 論文標題 触媒粉末を用いた電極修飾	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 粉体および粉末冶金	6. 最初と最後の頁 334-337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2497/jjspm.67.334	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 山田幾也, 池野豪一, 八木俊介	4. 巻 62
2. 論文標題 四重ペロブスカイト酸化物の酸素発生触媒特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 触媒	6. 最初と最後の頁 83-88
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42件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 八木俊介
2. 発表標題 エネルギー変換・貯蔵材料への応用を目指した金属および金属酸化物の液相合成プロセス設計
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋期第167回講演大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八木俊介, 和田光平, 結城潤一, 劉偉, 池野豪一, 山田幾也
2. 発表標題 四重ペロブスカイト型酸化物CaCu <sub>3</sub> Fe <sub>4</sub> O <sub>12</sub> の酸素発生触媒活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunsuke Yagi
2. 発表標題 Electrochemical Catalysts for Oxygen Reduction Reaction in Zinc-air Batteries
3. 学会等名 RMW15（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木下雅也, 尾田誠司, 塚崎裕文, 森茂生, 岡研吾, 河口彰吾, 八木俊介, 池野豪一, 山田幾也
2. 発表標題 鉄・コバルト複合酸化物の酸素発生触媒活性
3. 学会等名 第58回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 岡崎湧一, 山田幾也, 尾田誠司, 池野豪一, 八木俊介
2. 発表標題 ポストスピネル酸化物における結晶構造と酸素発生触媒活性の相関
3. 学会等名 第58回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅野隼人, 山田幾也, 浅井海成, 池野豪一, 尾田誠司, 河口彰吾, 岡研吾, 和田光平, 八木俊介
2. 発表標題 ペロブスカイト型コバルト酸化物の水素発生触媒活性
3. 学会等名 第58回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木下雅也, 尾田誠司, 塚崎裕文, 森茂生, 岡研吾, 河口彰吾, 八木俊介, 池野豪一, 山田幾也
2. 発表標題 酸素発生触媒活性を示す遷移金属複合酸化物におけるFe・Co混合シナジー効果
3. 学会等名 2019年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaya Kinoshita, Ikuya Yamada, Hidekazu Ikeno, Seiji Oda, Shogo Kawaguchi, Kengo Oka, and Shunsuke Yagi
2. 発表標題 Enhancement of Oxygen Evolution Reaction Catalytic Activity by the Mixed Effect of Fe and Co
3. 学会等名 Joint 5th International Symposium on Frontiers in Materials Science & 3rd Nano-materials, Technology and Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Okazaki, Ikuya Yamada, Hidekazu Ikeno, Seiji Oda, and Shunsuke Yagi
2. 発表標題 Oxygen Evolution Reaction Catalysis of Post-spinel Structure Oxides
3. 学会等名 Joint 5th International Symposium on Frontiers in Materials Science & 3rd Nano-materials, Technology and Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayato Togano, Ikuya Yamada, Kaisei Asai, Hidekazu Ikeno, Seiji Oda, Shogo Kawaguchi, Kengo Oka, Kohei Wada, and Shunsuke Yagi
2. 発表標題 Hydrogen Evolution Reaction Catalysis of Double Perovskite-type Cobalt Oxides
3. 学会等名 Joint 5th International Symposium on Frontiers in Materials Science & 3rd Nano-materials, Technology and Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wei Liu, Ikuya Yamada, and Shunsuke Yagi
2. 発表標題 Catalytic Activity of Cobalt-based Spinel Oxides for Oxygen Evolution Reaction
3. 学会等名 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zuocheng Cai, Ikuya Yamada, and Shunsuke Yagi
2. 発表標題 ZIF-derived Co <sub>9</sub> -xNi <sub>x</sub> S <sub>8</sub> Anchored on Nitrogen-doped Carbon as an Efficient Catalyst for Zinc-air Battery
3. 学会等名 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ji Huang, Shunsuke Yagi, Philipp Simons, and Jennifer L.M. Rupp
2. 発表標題 Study on Electrocatalytic Oxidation of Glucose for Glucose Fuel Cell
3. 学会等名 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河野航大, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 酸性水溶液中における酸素発生触媒の研究
3. 学会等名 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蔡作成, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 ZIFs Derived Ni-Co-S Composite Material as an Efficient Catalyst for Zinc-air Battery
3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木俊介, 山田幾也, 池野豪一
2. 発表標題 酸素発生触媒研究の最前線と今後の展開
3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅野隼人, 山田幾也, 浅井海成, 池野豪一, 尾田誠司, 河口彰吾, 岡研吾, 和田光平, 八木俊介
2. 発表標題 高压処理によるペロブスカイト型酸化物の酸素量制御と水素発生触媒活性
3. 学会等名 第60回高压討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小竹恭央, 山田幾也, 浅井海成, 岡研吾, 河口彰吾, 和田光平, 八木俊介
2. 発表標題 鉄・コバルトを含むペロブスカイト型複合酸化物における酸素量欠損量制御と物性
3. 学会等名 第5回材料WEEK
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅野隼人, 山田幾也, 浅井海成, 八木俊介
2. 発表標題 二重ペロブスカイト型コバルト酸化物の水素発生触媒特性
3. 学会等名 第5回材料WEEK
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡崎湧一, 尾田誠司, 池野豪一, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 3d遷移金属酸化物の結晶構造と酸素発生反応触媒活性の相関
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 岡崎湧一, 山田幾也, 池野豪一, 八木俊介
2. 発表標題 ポストスピネル酸化物の酸素発生触媒活性
3. 学会等名 セラミックス協会関西支部第14回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅野隼人, 山田幾也, 浅井海成, 八木俊介
2. 発表標題 二重ペロブスカイトの水素発生反応触媒特性
3. 学会等名 セラミックス協会関西支部第14回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅野隼人, 山田幾也, 浅井海成, 八木俊介
2. 発表標題 二重ペロブスカイト型コバルト酸化物の水電解触媒特性
3. 学会等名 第57回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡崎湧一, 山田幾也, 池野豪一, 八木俊介
2. 発表標題 Harmunite型構造酸化物についての酸素発生反応触媒
3. 学会等名 第57回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田幾也, 浅井海成, 高松晃彦, 岡崎湧一, 池野豪一, 八木俊介
2. 発表標題 遷移金属酸化物における結晶構造・電子状態と酸素発生触媒活性の相関
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 木下雅也, 山崎義之, 池野豪一, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 ブラウンミレライト型複合酸化物における高压酸素充填と酸素発生触媒活性
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅井海成, 山田幾也, 高松晃彦, 池野豪一, 八木俊介
2. 発表標題 水電解触媒活性を示すペロブスカイト型酸化物の高压合成
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡崎湧一, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 遷移金属酸化物高压相における酸素発生触媒活性の向上
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内村祐, 山田幾也, 八木俊介, 池野豪一
2. 発表標題 超高压合成法で作製したペロブスカイト型酸化物における電子状態と酸素発生触媒活性
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小竹恭央, 山田幾也, 八木俊介, 岡研吾, 浅井海成
2. 発表標題 高压処理による酸素欠損ペロブスカイト型酸化物の酸素量制御と触媒特性
3. 学会等名 第59回高压討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡崎 湧一, 山田 幾也, 八木俊介
2. 発表標題 3d遷移金属酸化物の酸素発生触媒活性と酸素多面体ネットワーク構造の相関
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 幾也, 高松 晃彦, 浅井 海成, 槻 日出夫, 白川 拓人, 内村 佑, 池野 豪一, 河口 彰吾, 和田 光平, 八木 俊介
2. 発表標題 四重ペロブスカイト酸化物の酸素発生触媒活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小竹 恭央, 山田 幾也, 八木 俊介, 岡 研吾
2. 発表標題 部分酸素欠損を含むペロブスカイト型鉄コバルト酸化物の酸素発生触媒特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅野 隼人, 山田幾也, 八木 俊介
2. 発表標題 二重ペロブスカイト型コバルト酸化物における酸素欠損の抑制と触媒活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下 雅也, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 Fe・Co複合酸化物における酸素発生触媒活性の向上
3. 学会等名 2018年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡崎湧一, 山田幾也, 八木俊介
2. 発表標題 Harmunite型酸化物における酸素発生反応触媒活性
3. 学会等名 2018年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 梅野隼人, 山田幾也, 浅井海成, 八木俊介
2. 発表標題 二重ペロブスカイト型コバルト酸化物の水電解触媒特性
3. 学会等名 2018年度第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下 雅也, 山田幾也, 池野豪一, 山崎義之, 八木俊介
2. 発表標題 ブラウンミレライト・ペロブスカイト型複合酸化物における酸素発生触媒活性
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 H. Togano, I. Yamada, K. Asai, S. Yagi
2. 発表標題 Water Splitting Catalysis of Double Perovskite-type Cobalt Oxides
3. 学会等名 The 12th NanoSquare Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Odake, I. Yamada, K. Asai, S. Yagi, K. Oka
2. 発表標題 Oxygen Evolution Reaction Catalysis of Perovskite Oxides Containing Oxygen Deficiency
3. 学会等名 The 12th NanoSquare Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Okazaki, I. Yamada, H. Ikeno, S. Yagi
2. 発表標題 Oxygen Evolution Reaction Catalysis of Harmunite-type Oxides
3. 学会等名 The 12th NanoSquare Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kinoshita, I. Yamada, H. Ikeno, S. Yagi
2. 発表標題 Oxygen Evolution Reaction Catalysis of Brownmillerite and Perovskite Oxides
3. 学会等名 The 12th NanoSquare Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 八木俊介	4. 発行年 2021年
2. 出版社 サイエンス&テクノロジー社	5. 総ページ数 200
3. 書名 八木俊介, 「金属空気二次電池の材料・セル形状とスタックの構造」, 金属空気二次電池 -要素技術の開発動向と応用展望- 第4章	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>リチウムイオン電池を超える蓄電池は実現できる? - 進む次世代蓄電池研究  <a href="https://news.mynavi.jp/article/20200324-998823/">https://news.mynavi.jp/article/20200324-998823/</a></p>
--

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	山田 幾也  (Yamada Ikuya)  (30378880)	大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授    (24403)	
研究分担者	池野 豪一  (Ikeno Hidekazu)  (30584833)	大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授    (24403)	

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