

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：特別推進研究

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06293

研究課題名（和文）化学機械応力に立脚する革新的な高性能触媒の創生

研究課題名（英文）Creation of Novel High Performance Catalyst Tailored by Chemo-mechanical Effects

研究代表者

石原 達己 (Ishihara, Tatsumi)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：80184555

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 418,800,000円

研究成果の概要（和文）：化学機械応力は物性に大きな影響を及ぼすことが指摘されているが、現在までにこのような応力と表面物性、触媒反応との関係は系統的に解明されていない。従来の研究で明らかにしてきた化学機械応力を利用する格子酸素の移動性を向上させた材料設計を利用して、種々の分野で要望されている高活性、高安定性の酸素活性化触媒や環境関連触媒への展開を行い、燃料電池、NO分解、低温酸化触媒、光触媒など各種触媒反応の性能の大幅な向上が行えることを示した。また、表面組成とサブ表面組成の変化を、低エネルギーイオン散乱法を用いて解析し、化学機械応力による表面組成の変化や異常原子価の発生が物性の変化の原因であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、エネルギーの大量消費による二酸化炭素の発生による温暖化問題から、エネルギー効率の高い発電デバイスとしての燃料電池の高効率化やグリーン水素発生法としての光触媒などの性能向上に対する大きな社会的な要望がある。化学機械応力はナノ薄膜において検討されてきたが、実用的な材料とは言い難かった。本研究ではバルク内に分散した金属と酸化物の界面で発生する化学的機械応力が3次元的であり、粉末状に粉碎した後も電子バンド構造や酸素欠陥量を大きく変化させることを見出し、実用的な材料である粉末触媒で、化学機械応力が発生した材料の作製に成功した。

研究成果の概要（英文）：In spite of strong influence of chemomechanical strain on property of materials reported, systematic study is not enough, in particular, in field of catalyst and surface property. In this study, application of the materials showing increased oxide ion conductivity by chemomechanical strain effects to activation of oxygen for fuel cells or environmental catalyst was studied. Effects of chemomechanical strain on cathode of fuel cells, NO direct decomposition, low temperature oxidation, and photocatalyst were investigated from surface composition and surface property change and it was found that catalytic activity in these areas can be much increased by introduction of chemomechanical tensile strain. From low energy ion scattering measurement which is sensitive outermost layer of the materials, the much increased catalytic property was explained by the change of surface composition or formation of oxygen vacancy by stabilizing the unusual valence number cation on the surface.

研究分野：固体イオニクス、触媒化学

キーワード：触媒 化学機械応力 ナノサイズ効果 イオン伝導

1. 研究開始当初の背景

材料に種々の方式で、引っ張り応力を発生させると、化学的に応力を緩和しようとして、通常では安定でない異常原子価が安定になったり、不安定な結晶構造が安定化する。このような現象を用いると、従来からは大きく異なる物性の発現が期待される。異常原子価状態の表面や界面は、従来とは異なる電子状態なので、酸素の活性化能や各種の触媒性能が異なり、非常に高い活性を示したり、表面相分離などが抑制されるなど、新しい物性の発現を生じる。このようなナノサイズ効果が報告され、ナノサイズに制御された材料の表面物性や酸素欠陥構造に注目が集まっていたが、系統的な検討は行われていなかった。本研究では化学機械応力に立脚する高性能酸素活性化触媒の開発を行い、従来、ほとんど明確になっていない、原子レベルでの応力と、異常原子価状態およびその分子活性化との関係を明確にすることを計画した。とくに開始当初の報告例は、いずれもナノ薄膜における材料での報告であり、表面積も小さいので、ユニークな物性が発現するものの、表面積の大きい粉末など、触媒として有用な材料での成果ではなかった。本研究では、粉末でも化学機械応力を発生できる手法について検討し、ナノサイズの金属をバルクに分散することで、化学機械応力の発生に成功し、その反応への応用を展開した。従来、検討されてきた添加物や修飾効果とは異なる方法の触媒設計指針を示した。

2. 研究の目的

酸素活性化触媒は燃料電池の空気極や金属 空気電池などで重要な役割を担い、現在までは活性の向上に高分散させた Pt などの貴金属が必要とされてきたが、化学機械応力と活性との関係はまったく検討されていない。ところが、従来の研究において、表面酸素解離活性と引っ張り応力の関係を検討したところ、大きな力で引っ張られた表面には、酸素欠陥が集中しやすく、酸素の表面解離定数が大きくなることを見出した。また、従来の触媒では表面にアルカリ土類などの特定の元素が凝縮しやすく、表面はバルクとは異なることが明確になってきた。そこで、このような化学機械応力が酸化物表面の反応性に及ぼす影響を明確にし、積極的に利用することで、従来になく新しい物性の発現を行うことができれば、新しい材料の設計指針を与えることになる。とくに、化学機械応力の発生で、触媒活性化能が数桁にわたり向上できることが明確になれば、新しい触媒の設計指針になると期待できる。そこで、本研究は従来のこの分野の研究において新しい開発指針を与えることができると期待されるとともに、独創的な研究として位置づけられる。本研究では、表面組成や構造変化を生じる化学機械応力を利用する新規な触媒材料や物性の発現を行うことを目的とする。特に従来の研究では、化学機械応力の発生は、主にエピタキシャル成長したナノ薄膜でのみ行われてきたが、これらの薄膜は触媒への応用は行えないことから、実用的な触媒材料に関して化学機械応力の発生方法についても、検討することを目的とした。本研究では、このような化学機械応力による表面組成やバルクの電荷移動特性の変化する機構について系統的に検討し、新しい材料設計の指針を得ることを目的とした。一方で、酸素欠陥は種々の反応で活性サイトと期待されながら、明確な効果が示されていないので、酸素欠陥と種々の反応の活性との関係を明確にすることも目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、結晶格子定数が異なる酸化物の nm レベルの薄膜の積層またはバルク内への熱膨張係数の異なる金属のナノ粒子の分散による引っ張り応力の発生と化学的な緩和過程を利用して、異常原子価を発生した種々の複合材料を合成する。合成には大きな熱勾配の発生が可能なスパークプラズマ焼結などを応用する。発生する応力を、ラマン分光法など種々の機器分析で、観測するとともに、表面組成の変化、吸着特性の変化、バルクのイオン伝導の変化との関係を明確に示す。一方、これらの基礎物性の変化に立脚した新奇な触媒性能として、酸素還元触媒能、ディーゼル排ガスからの黒煙状粒子 (PM) 酸化触媒、窒素酸化物 (NOx) の直接分解、光触媒などとの関係を検討し、新概念触媒への展開を検討する。一方、新しい化学応力の発生方法として、図 1 に示すような巨大圧力ひねり加工技術の応用を行い、ひねり加工による応力と欠陥の導入が、新しい電子構造や結晶構造に及ぼす影響についても検討を行う。従来の研究では格子中の欠陥の活性サイトとしての役割が明確でなかったため、系統的な検討を行う。また、ナノシートやナノチューブといった通常とは異なる形状の材料の合成も検討し、形状に起因する新規な触媒反応場の影響も併せて検討する。とくに光触媒活性に及ぼすナノチューブの曲面の引っ張り効果についても検討する。

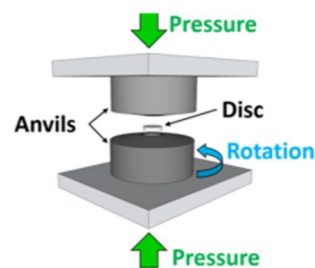


図 1 巨大圧力ひねり工処理

4. 研究成果

1) 化学機械応力の発生方法の検討

本研究で重要な点は、化学機械応力の発生手法であるが、本研究では主に3つの手法で検討した。まず従来から検討していたレーザーアブレーション法による化学機械応力の発生では、図2に示すようなダブルカラムナー構造と呼ぶ樹枝構造のナノコンジット膜の作成について検討し、 $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_3$ (SSC) - $\text{Sm}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_2$ (SDC) ダブルカラムナー内では、格子定数の大きいSSCには圧縮応力が、SDCには引っ張り応力が発生することを示した。またナノ薄膜の積層についても検討し、 $\text{SrTi}(\text{Nb})\text{O}_3$ (STO)/SDC積層膜では、STOに圧縮応力が発生し、SDCに引っ張り応力が発生することを見出した。他にもLSGMのナノ薄膜やSSCのYSZへのナノ薄膜において引っ張り応力の発生を行うことができた。一方、熱膨張係数の異なるAuなどを分散後、焼結を行い、冷却後に粉碎しても、格子定数は増加しており、引っ張り応力を残留できることを示した。この際に、格子定数の増加はa,b,cの3軸で観測でき、ナノ薄膜による化学機械応力発生とは異なり、3次元の応力発生が実現できることを示した。本研究では新たに、巨大圧縮応力下で、回転処理を行う巨大圧力ひねり加工による化学機械応力の発生を検討した。巨大圧力ひねり加工では図1に示すように数GPaの加圧下で、アンビルを回転加工することで、引っ張りと圧縮応力を同時に印加し、通常とは異なる電子状態や表面状態が発現することを見出した。そこで、以下の成果については、化学機械応力の発生方法別に成果をまとめて、進捗を示す。

2) PLD法によるエピタキシャル成膜による化学機械応力の発生と電極性能の向上

図2には作成したダブルカラムナー構造の薄膜のイメージと実際に作成したSSC-SDCの接合界面のTEMの高分解能観察結果を示す。2つのカラムナーはお互いに格子を接合するように成長するので、基板およびカラムナー間の格子の整合により、今回検討した構造ではSSCに圧縮応力、SDCに引っ張り応力が発生した。このSSC-SDCカラムナー層を導入した固体酸化燃料電池では興味あることに、膜上に塗布するSSC粉末の空気極性能が著しく向上し、最も大きな応力が観測されたSSC:SDC=6:4組成において700で3W/cm²を超える大きな出力を発現できることを見出した(図3)。一方、これは電極での拡散抵抗が低減されるため、カラムナー接合界面で向上した酸素の拡散性に起因して、活性サイトが3次的に拡張し、良好な酸素解離活性が発現したと考えられる。一方、組み合わせるカラムナーの組成を検討したところ、SSC-SDCダブルカラムナーの他にもPr₂NiO₄-SDC系のカラムナーでも、類似したSSC空気極過電圧の低減を観測することができた。ダブルカラムナーのみで、空気極特性を評価したところ、電極過電圧が極めて大きいことからダブルカラムナー層のみでは空気極にはならないにもかかわらず、同じSSC粉末を塗布すると、ダブルカラムナーの組成に依存して、SSC粉末の空気極特性が向上し、過電圧は低く抑制できるようになる現象は従来の空気極触媒の設計からは推定できないが、低温作動において有用な成果である。ところで、ダブルカラムナー中での圧縮応力のかかったSSCのSrの表面濃縮挙動を、低エネルギー散乱分光分析法を用いて検討したところ、通常のSSCでは表面はSrの濃縮が容易に生じるが、応力がかかった条件ではSrの濃縮が抑制されることを明らかにした。これは化学機械応力を利用して、表面濃縮現象を抑制でき、空気極の長期的な安定性の向上に有効に作用すると期待できる。一方、YSZ上へのBa(La)CoO₃(BLC)の

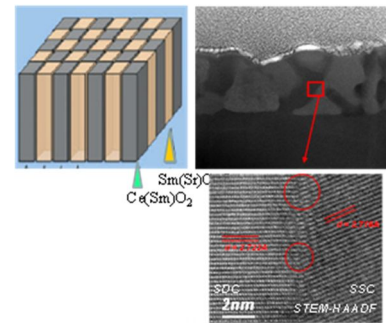


図2 ダブルカラムナーのモデルとSTEM観察結果

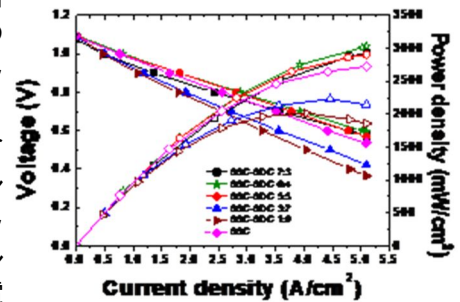


図3 ダブルカラムナーの組成と発電特性

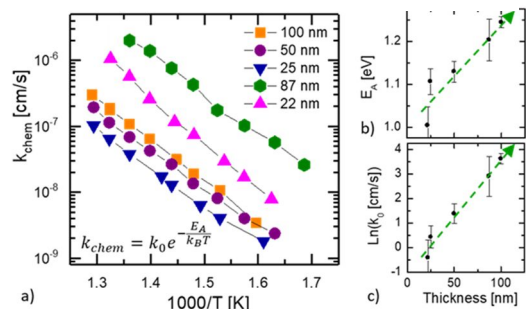


図4 YSZ上に製膜したBLC膜の表面交換係数の温度依存性

配向膜の作製では、図4に示すように、応力とともに酸素解離活性を示す表面交換係数が向上した。また多結晶YSZ上ではSSCの格子サイズが大きくなり、引っ張り応力が発生できるが(100)面のYSZ単結晶上への成膜では応力の発生が起こらないことから基板の粒界の影響も大きいことが示唆された。これは新しい知見であり、今後詳細に検討する必要がある。

La_{0.8}Sr_{0.2}FeO₃ (LSF)とSDCのナノサイズの交互積層膜を用いて、イオン伝導と部分電子伝導に及ぼす化学機械応力の発生を検討した。その結果、積層膜ではSDCとLSFの界面で、SDCに圧縮応力が、LSFに引っ張り応力が働き、部分電子伝導が抑制されるので、酸素イオン伝導を示す酸素分圧が拡張できることを見出した。今後、ナノサイズの異種接合界面を利用することで、部分電子伝導を抑制し、酸素イオン伝導を優先的に示す材料を開発できる可能性を示し、目的を達成した。

3) 金属分散による3次元的な化学機械応力の発生と触媒作用への影響

金属と酸化物は熱膨張係数が大きく異なることから、金属を分散して焼結を行うと、冷却過程で金属に圧縮応力が、酸化物に引っ張り応力が働くと期待できる。そこで、本研究では大きな酸素の透過速度を達成することを見出しているPr₂Ni_{0.71}Cu_{0.24}Ga_{0.05}O₄(PNCG)へのAuおよびPtの添加による化学引っ張り応力の発生と燃料電池の空気極触媒への応用を検討した。Auを分散して焼結を行った後に、ホールミル処理で粉砕を行っても、発生させた化学機械応力は残存した。一方、PNCGのみでは表面の酸素の解離活性は低く、空気極としては活性が低いので、大きな過電圧が観測されたが、Auを分散したPNCGでは過電圧が大きく抑制でき、セルとしての発電特性が大きく向上できることが分かった。Auを分散したPNCGでは還元状態の酸素の導入が認められ、イオン伝導種の格子間酸素イオンが導入できたためと考えられる。このような酸素は図5のTEM-EELSマップに示すように分散したAu粒子の周辺に局在しており、化学機械応力の働く範囲を可視化することができた。一方、Auは触媒作用が低いことが知られており、化学的な引っ張り応力または分散した金属自身の活性によるかを明確にするために、酸素活性化能の高いPtを分散したPNCGでの過電圧を検討した。Ptの分散も添加量が少ないと大きな引っ張り応力を観測でき、0.5wt%のPt分散系ではAuの最適値の1.5wt%を凌駕する大きな格子歪を観測することができた。図6に示すように、観測された格子歪に対して、AuとPt分散したPNCGの300mA/cm²の空気極の過電圧をプロットすると、ほぼ同じ線路上に来ることが分かる。これはPtの優れた触媒性能以上に、化学機械応力で導入される格子間酸素イオンによる伝導度の向上効果が支配的であることを初めて示した例である。

金属分散により、導入される化学機械応力の光触媒活性に及ぼす影響をTiO₂およびSrTiO₃について検討した。その結果、TiO₂では興味あることにAuを分散後、焼結を行うと、低温安定性のアナタース型構造が高温まで安定化することが分かった。Auの分散量が、1.5wt%時において最も大きなアナタースの安定化の効果があることが分かった。また

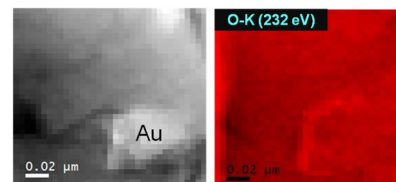


図5 Au 分散 PNCG の還元状態の酸素の STEM および O の EELS イメージ(右)

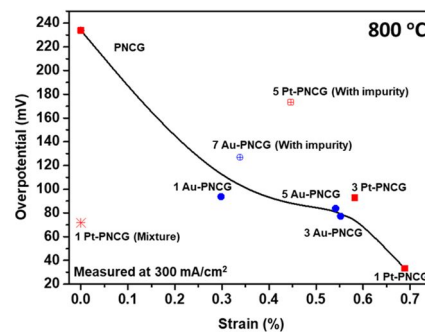


図6 Pt または Au を分散した PNCG の 300mA/cm² の過電圧の格子歪依存性

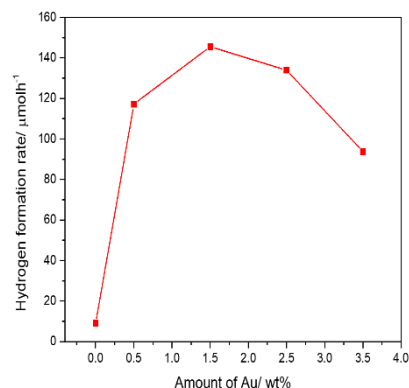


図7 Au を分散後、SPS 焼結、粉砕した TiO₂ の水の光分解活性 (犠牲剤: CH₃OH)

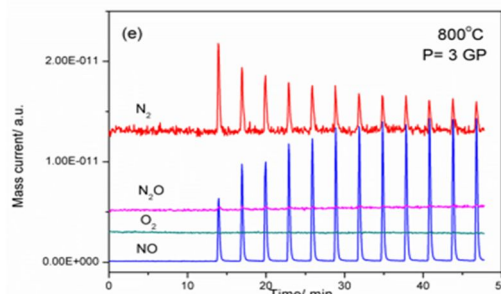


図8 8HTP 処理を行った Y₂O₃ の NO 直接分解のパルス反応結果

アナタース相はAuの周辺に局在して存在しており、明らかにAuによる機械的応力の緩和過程により安定化したと推定される。一方、Au分散は水の光分解活性の向上に有効であり、図7に示すように1.5wt%のAu分散したTiO₂は、メタノールを犠牲剤に用いた条件で、Auを分散していないTiO₂より、1桁近いH₂の生成速度の向上を行うことができた。これに対し、AgNO₃を犠牲剤とするO₂生成速度は、スパークプラズマ(SPS)焼結を行うと大きく向上することから、酸素の発生には酸素欠陥の役割が重要であることが分かった。Auを分散すると、O₂生成速度も向上し、3.5wt%分散時には、O₂生成速度は、何にも処理を行っていないTiO₂に比べ、8倍近い生成速度の向上を行えることが分かった。ほぼ類似の効果がSrTiO₃についても

認めることができた。SrTiO₃では結晶相が変化しないので、Auを分散すると大きな引っ張り応力を観測でき、この時にH₂の生成速度が最も高くなることを明らかにした。このような格子歪により光触媒活性の向上する機構を蛍光分光法で検討したところ、格子歪を導入したTiO₂では蛍光強度が大きく低減したので、励起種の移動度が向上し、活性サイトに提供されやすくなる効果と推定される。

次に(Y_{0.99}Ba_{0.01})₂O₃によるNOの直接分解活性に及ぼすAuの分散効果を検討した。この系でもAuを分散後、焼結を行い、ボールミル粉碎を行うと、格子が伸長する化学引っ張り効果を導入することが可能であった。作成した触媒は、500 程度より、O₂、N₂の生成が可能であり、NOの直接分解活性の低温化を実現できることが分かった。その他にもCeO₂をPr₂O₃上に析出させた触媒では、CeO₂ナノ粒子に引っ張り応力を発生することができ、同じCeO₂の担持量でも、パティキュレート物質の低温での酸化に高活性化する現象を見出しており、目的を達成したと判断できる。

4) 巨大圧力ひねり加工効果(HPT)の応用

図1に示す手法で、HPT効果による、酸素欠陥の導入と活性の向上効果を検討した。Y₂O₃系酸化物についてHPTによるNOの直接分解活性を検討したところ、Y₂O₃系酸化物では、HPT処理により単斜晶系のY₂O₃が生成し、低温でのNOの直接分解活性が向上できた。とくに(Y_{0.99}Eu_{0.01})₂O₃では400からパルス反応によるNOの直接分解ではN₂とN₂Oの生成を認めることができ、HPT処理を行ってない触媒では、数パルス程度で活性を示さなくなることにに対して、HPT処理を行うと、数10パルスにわたって、安定にNOの直接分解反応を示すことが分かった。(図8)IR分析から欠陥に酸素側から吸着したNOが増加することが分かっているため、HPTによる酸素欠陥の導入は、NO分解に正の効果を示すことを初めて見出した。

一方、TiO₂の光触媒作用へのHPT処理の効果についても検討し、ESRからHPT処理によりTi³⁺が生成しており、酸素欠陥が導入され、可視光域に吸収を生じた。この結果、HPT処理したTiO₂では可視光にตอบสนองして、水の光分解に活性を有することを見出し、当初の目的以上の成果を得た。

5) 光触媒作用に及ぼす酸素欠陥効果

WO₃系酸化物について、光触媒に及ぼす酸素欠陥効果を検討した。水熱合成によりWO₂ナノチューブを合成したところ、多くの欠陥を含むWO₃を合成することが可能であった。このWO₃ナノチューブを用いて光触媒によるCO₂の還元を行ったところ、CH₃COOHが高選択率で生成することが分かった。(図9)WO₃のナノチューブ化により、応力が発生していることが分かった。そこで、酸素欠陥を活性点に用いることで、光触媒的にC-C結合を合成できることを見出した。一方、Ruをシングルサイトに分散したTiO₂を合成し、Ruの状態と水の光分解活性との関係を検討した。その結果、Ruのシングルサイトでは電子状態が異なり、光励起過程が促進されることを見出した。そこで、酸素欠陥の反応への関与を明確にでき、当初の目的を達成した。

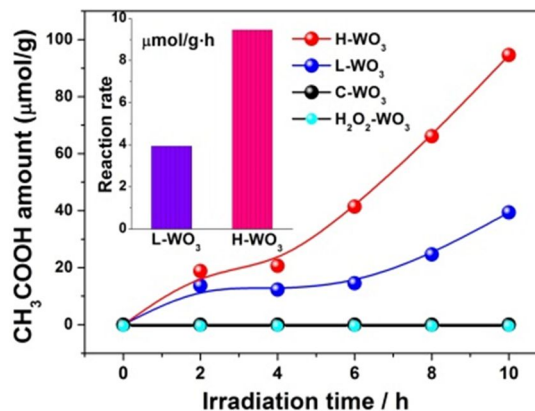


図9 酸素欠陥の多いWO₃·0.33H₂O ナノチューブ(H-WO₃)と粒子状WO₃·0.33H₂O (L-WO₃)、WO₃(c-WO₃)のCO₂の光触媒反応結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計55件（うち査読付論文 55件/うち国際共著 19件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Gao Ran, Fernandez Abel, Chakraborty Tanmoy, Luo Aileen, Pesquera David, Das Sujit, Velarde Gabriel, Thoreton Vincent, Kilner John, Ishihara Tatsumi, Nemsak Slavomer, Crumlin Ethan J., Ertekin Elif, Martin Lane W.	4. 巻 33
2. 論文標題 Correlating Surface Crystal Orientation and Gas Kinetics in Perovskite Oxide Electrodes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 2100977 ~ 2100977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.202100977	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 Tan Zhe, Song Jun Tae, Takagaki Atsushi, Ishihara Tatsumi	4. 巻 9
2. 論文標題 Infiltration of cerium into a NiO-YSZ tubular substrate for solid oxide reversible cells using a LSGM electrolyte film	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 1530 ~ 1540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ta08564b	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 Kim Yoonyoung, Watanabe Motonori, Matsuda Junko, Song Jun Tae, Takagaki Atsushi, Staykov Aleksandar, Ishihara Tatsumi	4. 巻 278
2. 論文標題 Tensile strain for band engineering of SrTiO ₃ for increasing photocatalytic activity to water splitting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 119292 ~ 119292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2020.119292	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 Fluri A., Kusaba H., Druce J., D'Abeli M., Lippert T., Matsuda J., Ishihara T.	4. 巻 8
2. 論文標題 Strain effects on the Co oxidation state and the oxygen dissociation activity in barium lanthanum cobaltite thin films on Y2O ₃ stabilized ZrO ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 6283 ~ 6290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ta13142f	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 Wang Qing, Edalati Kaveh, Koganemaru Yuta, Nakamura Shohei, Watanabe Motonori, Ishihara Tatsumi, Horita Zenji	4. 巻 8
2. 論文標題 Photocatalytic hydrogen generation on low-bandgap black zirconia (ZrO ₂) produced by high-pressure torsion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 3643 ~ 3650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ta11839j	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 Edalati Kaveh, Fujiwara Keisuke, Takechi Shuhei, Wang Qing, Arita Makoto, Watanabe Motonori, Sauvage Xavier, Ishihara Tatsumi, Horita Zenji	4. 巻 3
2. 論文標題 Improved Photocatalytic Hydrogen Evolution on Tantalate Perovskites CsTaO ₃ and LiTaO ₃ by Strain-Induced Vacancies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 1710 ~ 1718
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b02197	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 Edalati Kaveh, Uehiro Ryoko, Takechi Shuhei, Wang Qing, Arita Makoto, Watanabe Motonori, Ishihara Tatsumi, Horita Zenji	4. 巻 185
2. 論文標題 Enhanced photocatalytic hydrogen production on GaN:ZnO oxynitride by introduction of strain-induced nitrogen vacancy complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 149 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2019.12.007	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 Kim Yoonyoung, Watanabe Motonori, Matsuda Junko, Staykov Aleksandar, Kusaba Hajime, Takagaki Atsushi, Akbay Taner, Ishihara Tatsumi	4. 巻 8
2. 論文標題 Chemo-mechanical strain effects on band engineering of the TiO ₂ photocatalyst for increasing the water splitting activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 1335 ~ 1346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ta11048h	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 Fang Siman, Takagaki Atsushi, Watanabe Motonori, Song Jun Tae, Ishihara Tatsumi	4. 巻 602
2. 論文標題 Scandium and copper co-doping effect on stability and activity to the NO direct decomposition of Ba3Y4O9	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Catalysis A: General	6. 最初と最後の頁 117743 ~ 117743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2020.117743	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 Koganemaru Yuta, Kim Yoonyoung, Watanabe Motonori, Takagaki Atsushi, Ishihara Tatsumi	4. 巻 602
2. 論文標題 Z-scheme-type conductive-polymer-P3HT/KTa(Zr)O3 heterojunction composites for enhancing the photocatalytic activity of water splitting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Catalysis A: General	6. 最初と最後の頁 117737 ~ 117737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2020.117737	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 Wang Qing, Edalati Kaveh, Fujita Ikuro, Watanabe Motonori, Ishihara Tatsumi, Horita Zenji	4. 巻 103
2. 論文標題 High pressure torsion of SiO ₂ quartz sand: Phase transformation, optical properties, and significance in geology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 6594 ~ 6602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.17362	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 Son Min-Kyu, Seo Hyunwoong, Watanabe Motonori, Shiratani Masaharu, Ishihara Tatsumi	4. 巻 12
2. 論文標題 Characteristics of crystalline sputtered LaFeO ₃ thin films as photoelectrochemical water splitting photocathodes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 9653 ~ 9660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0nr01762k	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 Sun Songmei, An Qi, Watanabe Motonori, Cheng Junfang, Ho Kim Hack, Akbay Taner, Takagaki Atsushi, Ishihara Tatsumi	4. 巻 271
2. 論文標題 Highly correlation of CO2 reduction selectivity and surface electron Accumulation: A case study of Au-MoS2 and Ag-MoS2 catalyst	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 118931 ~ 118931
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2020.118931	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 Fang Siman, Takagaki Atsushi, Watanabe Motonori, Ishihara Tatsumi	4. 巻 10
2. 論文標題 The direct decomposition of NO into N2 and O2 over copper doped Ba3Y4O9	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology	6. 最初と最後の頁 2513 ~ 2522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cy00194e	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 Ishihara Tatsumi, Fang Siman, Ide Tomoaki	4. 巻 475
2. 論文標題 Effects of strain induced by Au dispersion in Ba and Ni doped Y2O3 on direct decomposition of NO	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Catalysis	6. 最初と最後の頁 110488 ~ 110488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mcat.2019.110488	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 Sun Songmei, Wu Ji, Watanabe Motonori, Akbay Taner, Ishihara Tatsumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Single-Electron-Trapped Oxygen Vacancy on Ultrathin WO3·0.33H2O {100} Facets Suppressing Backward Reaction for Promoted H2 Evolution in Pure Water Splitting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2998 ~ 3005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.9b01032	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 Li Ming, Niu Hongjun, Druce John, T?Ilez Helena, Ishihara Tatsumi, Kilner John A., Gasparyan Hripsime, Pitcher Michael J., Xu Wen, Shin J. Felix, Daniels Luke M., Jones Leanne A. H., Dhanak Vin R., Hu Dingyue, Zanella Marco, Claridge John B., Rosseinsky Matthew J.	4. 巻 32
2. 論文標題 A CO 2 Tolerant Perovskite Oxide with High Oxide Ion and Electronic Conductivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1905200 ~ 1905200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201905200	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 Gao Ran, Jain Abhinav C. P., Pandya Shishir, Dong Yongqi, Yuan Yakun, Zhou Hua, Dedon Liv R., Thoreton Vincent, Saremi Sahar, Xu Ruijuan, Luo Aileen, Chen Ting, Gopalan Venkatraman, Ertekin Elif, Kilner John, Ishihara Tatsumi, Perry Nicola H., Trinkle Dallas R., Martin Lane W.	4. 巻 32
2. 論文標題 Designing Optimal Perovskite Structure for High Ionic Conduction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1905178 ~ 1905178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201905178	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 Kang ByeongSu, Matsuda Junko, Ishihara Tatsumi	4. 巻 7
2. 論文標題 Cu-Fe-Ni nano alloy particles obtained by exsolution from Cu(Ni)Fe ₂ O ₄ as active anode for SOFCs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 26105 ~ 26115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ta09482b	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 Kim Yoonyoung, Watanabe Motonori, Takagaki Atsushi, Matsuda Junko, Ishihara Tatsumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Spark Plasma Sintering Treatment for Introduction of Oxygen Vacancy in Pt Dispersed SrTiO ₃ for Increasing Photocatalytic Water Splitting Activity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 6270 ~ 6274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201901549	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 Kim Sun Jae, Akbay Taner, Matsuda Junko, Takagaki Atsushi, Ishihara Tatsumi	4. 巻 2
2. 論文標題 Strain Effects on Oxygen Reduction Activity of Pr ₂ NiO ₄ Caused by Gold Bulk Dispersion for Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 1210 ~ 1220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.8b01776	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 Kang Byeong Su, Matsuda Junko, Ju Young Wan, Kim Hack Ho, Ishihara Tatsumi	4. 巻 56
2. 論文標題 Nano strain induced double columnar oxide as highly active oxygen-dissociation electrode for Ni-Fe metal supported solid oxide fuel cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nano Energy	6. 最初と最後の頁 382 ~ 390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nanoen.2018.11.074	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 Ishihara Tatsumi, Kusaba Hajime, Kim Hack Ho, Kang Biyon Su	4. 巻 59
2. 論文標題 Preparation of La _{0.9} Sr _{0.1} Ga _{0.8} Mg _{0.2} O ₃ Film by Pulse Laser Deposition (PLD) Method on Porous Ni ₂ Fe Metal Substrate for CO ₂ Electrolysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 613 ~ 618
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-350	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 Ju Young-Wan, Lee SangWon, Kang Byeong Su, Kim Hack Ho, Ishihara Tatsumi	4. 巻 44
2. 論文標題 Phase transition of doped LaFeO ₃ anode in reducing atmosphere and their power generation property in intermediate temperature solid oxide fuel cell	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 29641 ~ 29647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2019.05.052	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 Sun Songmei, Watanabe Motonori, Wang Pangpang, Ishihara Tatsumi	4. 巻 2
2. 論文標題 Synergistic Enhancement of H ₂ and CH ₄ Evolution by CO ₂ Photoreduction in Water with Reduced Graphene Oxide-Bismuth Monoxide Quantum Dot Catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 2104 ~ 2112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.8b02153	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 Ishihara Tatsumi, Yokoe Kenji, Miyano Takayoshi, Kusaba Hajime	4. 巻 300
2. 論文標題 Mesoporous MnCo ₂ O ₄ spinel oxide for a highly active and stable air electrode for Zn-air rechargeable battery	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 455 ~ 460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2019.01.092	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 Sun Songmei, Wu Ji, Watanabe Motonori, Akbay Taner, Ishihara Tatsumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Single-Electron-Trapped Oxygen Vacancy on Ultrathin WO ₃ ·0.33H ₂ O {100} Facets Suppressing Backward Reaction for Promoted H ₂ Evolution in Pure Water Splitting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2998 ~ 3005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.9b01032	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 Awaya Keisuke, Takashiba Akihito, Taniguchi Takaaki, Koinuma Michio, Ishihara Tatsumi, Ida Shintaro	4. 巻 55
2. 論文標題 Photoelectrochemical properties of a well-structured 1.3 nm-thick pn junction crystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4586 ~ 4588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc01039d	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 Sun Songmei, Watanabe Motonori, Wang Pangpang, Ishihara Tatsumi	4. 巻 2
2. 論文標題 Synergistic Enhancement of H ₂ and CH ₄ Evolution by CO ₂ Photoreduction in Water with Reduced Graphene Oxide- Bismuth Monoxide Quantum Dot Catalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 2104 ~ 2112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.8b02153	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 Wu Kuan-Ting, Ishihara Tatsumi	4. 巻 329
2. 論文標題 Spinel-based oxide cathode used for high temperature CO ₂ /H ₂ O co-electrolysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 46 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2018.11.008	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 Nithya S., Sharan R., Roy Mainak, Kim Hack Ho, Ishihara Tatsumi, Dutta Atanu	4. 巻 118
2. 論文標題 Ni doping in CuO: A highly sensitive electrode for sensing ammonia in ppm level using lanthanum gallate based electrolyte	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Research Bulletin	6. 最初と最後の頁 110478 ~ 110478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.materresbull.2019.05.003	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 Akbay Taner, Kilner John A., Ishihara Tatsumi, Atkinson Colin	4. 巻 123
2. 論文標題 Explicit Solution To Extract Self-Diffusion and Surface Exchange Coefficients from Isotope Back-Exchange Experiments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 258 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b10823	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 Fujigaya Tsuyohiko, Kanamori Ryota, Hirata Shinsuke, Morita Junichi, Matsumoto Masamichi, Eguchi Masato, Jang Il-Chan, Ishihara Tatsumi, Nakashima Naotoshi	4. 巻 51
2. 論文標題 Effect of nitrogen-containing polymer wrapped around carbon nanotubes for Li-O2 battery cathode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 921 ~ 927
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-019-0207-2	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 Hagiwara Hidehisa, Nozawa Ittoku, Hayakawa Katsuaki, Ishihara Tatsumi	4. 巻 3
2. 論文標題 Hydrogen production by photocatalytic water splitting of aqueous hydrogen iodide over Pt/alkali metal tantalates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 3021 ~ 3028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9se00355j	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 Ishihara Tatsumi, Fang Siman, Ide Tomoaki	4. 巻 475
2. 論文標題 Effects of strain induced by Au dispersion in Ba and Ni doped Y2O3 on direct decomposition of NO	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Catalysis	6. 最初と最後の頁 110488 ~ 110488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mcat.2019.110488	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 Ishihara T., Guo L. M., Miyano T., Inoishi Y., Kaneko K., Ida S.	4. 巻 6
2. 論文標題 Mesoporous La _{0.6} Ca _{0.4} CoO ₃ perovskites with large surface areas as stable air electrodes for rechargeable Zn/air batteries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7686 ~ 7692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ta00426a	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 Staykov Aleksandar, Fukumori Shun, Yoshizawa Kazunari, Sato Kenta, Ishihara Tatsumi, Kilner John	4. 巻 6
2. 論文標題 Interaction of SrO-terminated SrTiO ₃ surface with oxygen, carbon dioxide, and water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 22662 ~ 22672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ta05177a	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 Kang Byeong Su, Inoishi Atsushi, Takagaki Atsushi, Ishihara Tatsumi	4. 巻 327
2. 論文標題 Pr ₂ NiO ₇ Cu _{0.24} Ga _{0.0504} -Sm _{0.2} Ce _{0.801.9} composite film as active cathodic layer for intermediate temperature solid oxide fuel cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Solid State Ionics	6. 最初と最後の頁 59 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssi.2018.10.027	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 Motonori Watanabe, Takaaki Miyazaki, Toshinori Matsushima, Junko Matsuda, Ching-Ting Chein, Masahiko Shibahara, Chihaya Adachi, Shih-Sheng Sun, Tahsin J. Chow, Tatsumi Ishihara	4. 巻 8
2. 論文標題 Synthesis and physical properties of brominated hexacene and hole-transfer properties of thin-film transistors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 13259-13265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7ra13632c	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 Songmei Sun, Motonori Watanabe, Ji Wu, Qi An, and Tatsumi Ishihara	4. 巻 140
2. 論文標題 Ultrathin WO ₃ ·0.33H ₂ O Nanotubes for CO ₂ Photoreduction to Acetate with High Selectivity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6474-6482
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b03316	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 Shintaro Ida, Kenta Sato, Tetsuya Nagata, Hidehisa Hagiwara, Motonori Watanabe, Namhoon Kim, Yoshihito Shiota, Michio Koinuma, Sakae Takenaka, Takaaki Sakai, Elif Ertekin, Tatsumi Ishihara	4. 巻 57
2. 論文標題 A Cocatalyst that Stabilizes a Hydride Intermediate during Photocatalytic Hydrogen Evolution over a Rhodium-Doped TiO ₂ Nanosheet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie	6. 最初と最後の頁 9073-9077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201803214	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 Ji Wu, a Kotaro Fujii, Masatomo Yashima, Aleksandar Staykov, Taner Akbay, Tatsumi Ishihara, John A. Kilner	4. 巻 6
2. 論文標題 A systematic evaluation of the role of lanthanide elements in functional complex oxides; implications for energy conversion devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 11819-11829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8ta01191e	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 K.-T. Wu, H. Téllez, J. Druce, M. Burriel, F. Yang, D. W. McComb, T. Ishihara, J. A. Kilner and S. J. Skinner	4. 巻 5(19)
2. 論文標題 Surface chemistry and restructuring in thin-film Lan ⁿ Ni _{1-n} O _{3n+1} (n = 1, 2 and 3) Ruddlesden popper oxides	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 9003-9013
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 Yuchi Fan, Shintaro Ida, Aleksandar Staykov, Taner Akbay, Hidehisa Hagiwara, Junko Matsuda, Kenji Kaneko, and Tatsumi Ishihara	4. 巻 13(25)
2. 論文標題 Ni-Fe Nitride Nanoplates on Nitrogen-Doped Graphene as a Synergistic Catalyst for Reversible Oxygen Evolution Reaction and Rechargeable Zn-Air Battery	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 1700099 (1-8)
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 Zhe Tan and Tatsumi Ishihara	4. 巻 164(7)
2. 論文標題 .Sr(La)TiO ₃ Anode Substrate for Low Ni Diffusion in Sr- and Mg-Doped LaGaO ₃ Film Prepared with Co-Sintering Method for Intermediate Temperature Tubular Type Solid Oxide Fuel Cells	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 F815-F820
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 Lin Liu, Kohei Murakami, Shintaro Ida, Tatsumi Ishihara	4. 巻 100
2. 論文標題 Selective reduction of NO _x by C ₃ H ₆ over Pd-NiO/(Y _{0.99} Ba _{0.01}) ₂ O ₃ under oxygen excess conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Catalysis Communications	6. 最初と最後の頁 5-9
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 Namhoon Kim, Emily M. Turner, Yoonyoung Kim, Shintaro Ida, Hidehisa Hagiwara, Tatsumi Ishihara, and Elif Ertekin	4. 巻 121(35)
2. 論文標題 Two-Dimensional TiO ₂ Nanosheets for Photo and Electro-Chemical Oxidation of Water: Predictions of Optimal Dopant Species from First-Principles	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 19201-19208
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 Zhe Tan, Tatsumi Ishihara	4. 巻 164(14)
2. 論文標題 Reversible Operation of Tubular Type Solid Oxide Fuel Cells Using LaGaO ₃ Electrolyte Porous Layer on Dense Film Prepared by Dip-Coating Method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 F1690-F1696
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 Hadi Razavi-Khosroshahi, Kaveh Edalati, Masashige Hirayama, Hoda Emami, Makoto Arita, Miho Yamauchi, Hidehisa Hagiwara, Shintaro Ida, Tatsumi Ishihara, Etsuo Akiba, Zenji Horita, and Masayoshi Fuji	4. 巻 6
2. 論文標題 Visible-Light-Driven Photocatalytic Hydrogen Generation on Nanosized TiO ₂ -II Stabilized by High-Pressure Torsion	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 5103-5107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.6b01482	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 Monica Burriel, Helena Tellez, Richard J. Chater, Remi Castaing, Philippe Veber, Mustapha Zaghrioui, Tatsumi Ishihara, John A. Kilner, and Jean-Marc Bassat	4. 巻 120
2. 論文標題 Influence of Crystal Orientation and Annealing on the Oxygen Diffusion and Surface Exchange of La ₂ NiO ₄	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 17927-17938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.6b05666	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 Audi Majdan Kamarul Bahrain, Shintaro Ida, and Tatsumi Ishihara	4. 巻 163
2. 論文標題 Increased Anodic Performance of La _{0.5} Sr _{0.5} Mn _{0.9} Ai _{0.1} O ₃ by Doping with Co for Solid Oxide Fuel Cells Using Dry C ₃ H ₈ Fuel	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 F1279-F1287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.1181610jes	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 Soamwadee Chaianansutcharit, Young Wan Ju, Shintaro Ida, Tatsumi Ishihara	4. 巻 222
2. 論文標題 Ni doped PrSr ₃ Fe ₃ O ₁₀ -d Ruddlesden-Popper oxide for active oxygen reduction cathode for solid oxide fuel cell	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 1853-1860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2016.11.178	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 Audi Majdan Kamarul Bahrain, Shintaro Ida, Tatsumi Ishihara	4. 巻 21
2. 論文標題 Al-doped La _{0.5} Sr _{0.5} MnO ₃ as oxide anode for solid oxide fuel cells using dry C ₃ H ₈ fuel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Solid State Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 161-170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10008-016-3356-7	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 Hackho Kim, Shintaro Ida, Young-Wan Ju, Junko Matsuda, Guntae Kim and Tatsumi Ishihara	4. 巻 5
2. 論文標題 Mixing effects of Cr ₂ O ₃ -PrBaMn ₂ O ₅ for increased redox cycling properties of Fe powder for a solid-oxide Fe-air rechargeable battery	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 364-371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6ta07911c	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19件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, Masahiro Kobayashi, Jun Tae Song, Atsushi Takagaki
2. 発表標題 Effects of Cobalt Co-Doping on Mixed Ion Conductivity in La(Sr)Ga(Fe)O ₃ for Oxygen Separation
3. 学会等名 PRIME 2020 (ECS, ECSJ, & KECS Joint Meeting) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石原達己
2. 発表標題 化学機械応力とイオニクス材料
3. 学会等名 第46回固体イオニクス討論会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, Kotaro Nakamura, Jun Tae Song, Taner Akbay
2. 発表標題 Co-intercalation for Increased Performance of Dual-Carbon Battery Using Mixed Salt Electrolyte
3. 学会等名 2020 MRS Virtual Spring/Fall Meeting & Exhibit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara
2. 発表標題 Outermost Surface Analysis of Catalyst by Low Energy Ion Scattering
3. 学会等名 応用物理学会薄膜・表面物理分科会特別研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, SunJae Kim, Taner Akbay
2. 発表標題 Metal Dispersed Pr ₂ NiO ₄ as Active Cathode for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells
3. 学会等名 22nd International Conference on Solid State Ionics (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, Shintaro Ida, Yuiko Inoishi, Takayashi Miyano
2. 発表標題 Mesoporous La _{0.6} Ca _{0.4} CoO ₃ Perovskite Oxide for Oxygen Reduction and Oxygen Evolution Reaction for Reversible Zn-air Battery
3. 学会等名 22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, Lin Liu, Kaveh Edalati, Zenji Horita
2. 発表標題 Effects of oxygen vacancy introduced in Er doped Y2O3 by High Pressure Torsion on NO direct decomposition
3. 学会等名 E-MRS Spring Meeting 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taner Akbay, Aleksandar Staykov, John A. Kilner, Tatsumi Ishihara
2. 発表標題 Oxygen Reduction Reaction on Strained Surfaces of La2NiO4
3. 学会等名 MCARE2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ByeongSu Kang, Tasumi Ishihara
2. 発表標題 Double Columnar Dense Cathode for Intermediate Temperature Solid Oxide Fuel Cells
3. 学会等名 IUMRS-ICEM2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Ishihara, A. M. Bahrain
2. 発表標題 Composite Oxide containing La0.5Sr0.5Mn0.9Al0.1O3 for Active Anode for Dry Hydrocarbon type Solid Oxide Fuel Cells
3. 学会等名 42nd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zhe Tan, and Tatsumi Ishihara
2. 発表標題 Preparation of LSGM Thin Film Tubular Cell on NiO-YSZ Support for Solid Oxide Reversible Cells
3. 学会等名 2017年電気化学秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hackho Kim, Fujio Iwata, Hiroyuki Yoshida, Toru Inagaki, Tatsumi Ishihara
2. 発表標題 Preparation and redox property of porous iron powder by spray pyrolysis for solid iron-air rechargeable
3. 学会等名 第58回電池討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Kim and T. Ishihara
2. 発表標題 Solid Oxide Reversible Cell using Fe powder mixed with Cr2O3-PrBaMn2O5 as Hydrogen Storage Material
3. 学会等名 The 15th International Conference on Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sun Jae Kim, Hackho Kim, Tatsumi Ishihara
2. 発表標題 Tensile strain effects in Au -dispersed Pr _{1.90} Ni _{0.71} Cu _{0.24} Ga _{0.05} O ₄₊ (PNCG) on cathodic activity for solid oxide fuel cells
3. 学会等名 電気化学会第85回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 KIM Yoonyoung, ISHIHARA Tatsumi
2. 発表標題 Metal dispersion for stabilizing anatase phase of TiO ₂ for highly active photocatalyst
3. 学会等名 第121回触媒討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, Masaru Yoshikai, Young Wan Ju, Shintaro Ida
2. 発表標題 Ce(Mn,Fe)O ₂ /La(Sr)Fe(Mn)O ₃ Nano Size Film As a Dense Anode for Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells
3. 学会等名 229th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tatsumi Ishihara, Kohei Hosoi, Shintaro Ida
2. 発表標題 Ce _{0.6} Mn _{0.3} Fe _{0.1} O ₂ as an Active Fuel Electrode for Reversible Type Solid Oxide Cells
3. 学会等名 Rare Earths 2016 in Sapporo, JAPAN (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 譚喆, 伊田 進太郎, 石原達己
2. 発表標題 Ni-SrTiO ₃ アノード基板上に作成したLaGaO ₃ 電解質膜を用いる円筒型SOFC
3. 学会等名 第25回SOFC研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 譚喆, 伊田進太郎, 石原達己
2. 発表標題 ディップコート法によるLSGMの薄膜化と円筒型燃料電池の応用
3. 学会等名 公益社団法人電気化学会第84回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 石原達己, 朱容完, 兵頭潤次	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 220
3. 書名 次世代燃料電池開発の最前線, 第 編, 第2章, 57-66	

1. 著者名 石原達己	4. 発行年 2018年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 211
3. 書名 リチウムイオン電池の部材開発と用途別応	

1. 著者名 石原達己	4. 発行年 2018年
2. 出版社 テクノシステム	5. 総ページ数 752
3. 書名 粉体の表面処理・複合化技術集大成, 応用編	

1. 著者名 Tatsumi Ishihara	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer International Publishing	5. 総ページ数 15
3. 書名 Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials, Part E 59, Inorganic Perovskite Oxides, 1405-1420	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究内容紹介 http://www.cstf.kyushu-u.ac.jp/~ishihara-lab/Research/newpage2.htm</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	八島 正知 (Yashima Masatomo) (00239740)	東京工業大学・理学院・教授 (12608)	
研究分担者	高垣 敦 (Takagaki Atsushi) (30456157)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	萩原 英久 (Higiwara Hidehisa) (30574793)	富山大学・学術研究部理学系・准教授 (13201)	

6. 研究組織（つづき）

	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	伊田 進太郎 (Ida Shintaro) (70404324)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授 (17401)	
研究 分担者	ステイコフ アレキサンダー (Staykov Aleksandar) (80613231)	九州大学・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・ 准教授 (17102)	
研究 分担者	猪石 篤 (Inoishi Atsushi) (10713448)	九州大学・先導物質化学研究所・助教 (17102)	
研究 分担者	酒井 孝明 (Sakai Takaaki) (20545131)	九州大学・工学(系)研究科(研究院)・助教 (17102)	
研究 分担者	ドルース ジョン (Druce John) (50635886)	九州大学・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・ 助教 (17102)	
研究 分担者	T e l l e z H e l e n a (Tellez Helena) (10773872)	九州大学・カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・ 助教 (17102)	10月に退職に伴い分担者を辞退

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

ドイツ	ユーリッヒ国立研究所			
スイス	ポールシェラー研究所			
英国	インペリアルカレッジロンドン			