

令和元年6月18日現在

機関番号：17601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H06124

研究課題名(和文)プロトン伝導性酸化物中の内部ポテンシャル分布制御による機能創製

研究課題名(英文)Development of electrochemical devise by control of inner potential into proton conducting-oxide

研究代表者

奥山 勇治 (OKUYAMA, YUJI)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：80613281

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではプロトン伝導性酸化物中の内部ポテンシャル(化学、静電力、電気化学、圧力など)とエネルギー変換デバイスとしての機能性の関係を明らかにするため、10-20 barの高圧水蒸気下におけるプロトン伝導性特性、温度勾配下でのプロトン伝導体を生ずる起電力特性、水蒸気圧勾配下における水蒸気電解の電流・電圧特性、組成勾配を伴った2層プロトン伝導性電解質の燃料電池特性について明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では次世代エネルギー変換デバイスとなりうるプロトン伝導体に着目し、現状のデバイス作動環境として想定されていない高水蒸気圧雰囲気や温度勾配、分圧勾配さらには組成勾配を伴う状況でのプロトン伝導特性およびデバイス性能を評価した。本研究結果によりこれまで明確になっていなかった高水蒸気圧下でのプロトン伝導特性を把握することができた。さらにプロトン伝導体を用いたデバイスにおいて高水蒸気下での高性能化や温度勾配下による正孔伝導性の低減などデバイス性能向上の可能性を見出した。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the relation between the proton transport property and the potential gradient into oxide, the conductivity, and the electromotive force, the performance of electrochemical cell such as fuel cell and steam electrolysis cell were measured for proton-conducting oxide at various condition. The high proton conductivity was observed under high water vapor pressure. The electromotive force of gas concentration cell using proton-conducting oxide as electrolyte increased due to temperate gradient. This suggest to inhibit the influence of the hole conduction by the potential control. The fuel cell performance of bi-layered proton-conducting oxide was examined at 1073 K. The open circuit voltage increased but the improvement of the power density was not observed due to bi-layer structure.

研究分野：固体イオニクス

キーワード：プロトン 燃料電池 水蒸気電解 センサ 電気伝導度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、プロトン伝導体を用いた PCFC (プロトンセラミック燃料電池) や PCEC (プロトンセラミック水蒸気電解セル) などの水素エネルギーのデバイスの開発が国内外で盛んに行われている。プロトン伝導体の特徴は中温度域で高いイオン伝導性を有している点にあるが雰囲気や分極条件によってはプロトン伝導の他に正孔伝導を発現するため、デバイスの変換効率が低下する。そのため、プロトン伝導体を用いたデバイス開発のためにはプロトン伝導体中のマイナーキャリアである正孔伝導を低下もしくはプロトン伝導性増加による正孔伝導性影響の軽減が必要である。

2. 研究の目的

本研究ではプロトン伝導性酸化物中の内部ポテンシャル(化学、静電力、電気化学、圧力など)とエネルギー変換デバイスとしての機能性の関係を明らかにし、エネルギーキャリア製造(水蒸気電解、アンモニア製造、水素分離膜など)や創電システム(燃料電池、コンプレッサーなど)として実際に実用可能なデバイスを開発することを目的とする。

酸化物プロトン伝導体について欠陥構造やプロトン溶解機構、輸送機構などの材料物性が局所的な構造に大きく依存している。さらに、これらの材料のデバイス応用を考えた際、プロトン伝導性は高くとも利用環境下での内部ポテンシャル分布によって理想的なデバイス性能を得ることができないことがある。そこで本研究では実際の応用を想定した様々な環境(電場や応力場)下での材料物性と内部ポテンシャルを把握・制御することで各環境下に適したプロトン伝導性電気化学デバイスを設計し、応用を目指すため以下の項目について検討した。

- ・ 高圧水蒸気下におけるプロトン伝導性特性
- ・ 温度勾配下でのプロトン伝導体に生ずる起電力特性
- ・ 水蒸気圧勾配下における水蒸気電解の電流・電圧特性
- ・ 組成勾配を伴った電解質の燃料電池特性

本研究課題において応力、温度などの環境場のプロトン伝導性への影響を明らかにする。

3. 研究の方法

3 - 1. 高圧水蒸気下におけるプロトン伝導性特性

オートクレーブを用いて 600°C-100°C、水蒸気圧 10-20bar にて $\text{La}_{0.9}\text{Ba}_{0.1}\text{YbO}_{3-\delta}$ 、 $\text{SrZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ 、 $\text{CaZr}_{0.96}\text{In}_{0.04}\text{O}_{3-\delta}$ 、 $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ の電気伝導度を測定すると共に $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ において電気伝導度の $\text{H}_2\text{O}/\text{D}_2\text{O}$ 同位体効果を測定し、加圧下でのプロトン伝導度特性を明らかにした。図 1 に本実験にて開発したオートクレーブ型高温高圧インピーダンス測定装置を示す。図に示すようにオートクレーブには電極リード線として Pt 線をオートクレーブと絶縁となるように取り付けている。更に温度と圧力を正確に測定するために熱電対と圧力計をオートクレーブ内に蔵している。電極として Pt もしくは Ag 多孔質電極を取り付けた。測定は LCR メータ (HIOKI: IM3536) にて 4 kHz-8 MHz にて交流 2 端子法にてインピーダンス測定を行った。オートクレーブに水を充填し、窒素にて経路を排気し、オートクレーブ密閉して昇温した。昇温時に水蒸気圧が 10-20 bar となるように圧力調整弁にて手動で調整した。

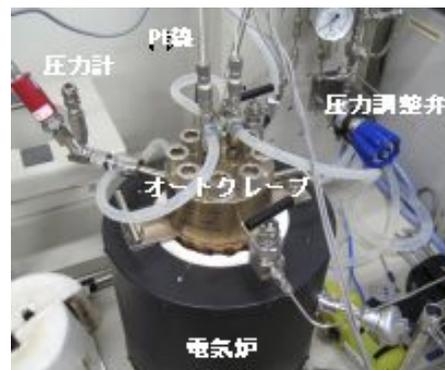


図 1 オートクレーブ型インピーダンス測定装置

3 - 2. 温度勾配下でのプロトン伝導体に生ずる起電力特性

プロトン伝導体である $\text{BaCe}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BCY) を図 2 に示す形状に成型、焼成し 4 つの形状の異なる試料を作製した。電極として Pt 多孔質電力を塗布し、作製した試料は数十度の温度勾配がつくように装置に設置した。起電力はデジタルボルトメーター(キーサイト:34460A)を用いて測定した。

測定は片側の極に 1.9% H_2O -1% H_2 -Ar、もう一方の極に 1.9% H_2O -x% H_2 -Ar を流し水素分圧差を付けた状態で BCY に生ずる起電力を測定した。さらに低温側を 1.9% H_2O -1% O_2 -Ar、高温側を 1.9% H_2O -1% H_2 -Ar とした際の起電力と温度勾配の関係を調べた。

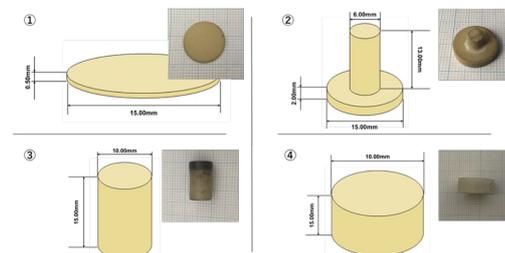


図 2 試料形状の異なる 4 試料 薄板 T 型 円柱 厚板

3 - 3 . 水蒸気圧勾配下における水蒸気電解の電流・電圧特性
 プロトン伝導体である $\text{BaCe}_{0.6}\text{Zr}_{0.2}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BCZY) を電解質とした水蒸気電解セルを用いて 20% H_2O -10% O_2 -Ar の水蒸気から水素の製造を試みた。その際の水素生成側の水蒸気を 1.9% H_2O -1% H_2 -Ar として電解質に水蒸気分圧勾配がついた状態で電解実験を行った。電極に Pt 多孔質電極を取り付け、温度は 700°C で水素生成量をガスクロマトグラフィーにて測定した。発生水素量は電解質を流れるプロトン電流に相当することから印加電流との関係を調べることで温度の上昇に伴う電子リークの影響について調べた。

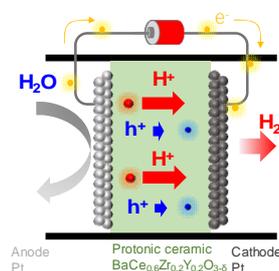


図 3 電解セルの概略図

3 - 4 . 組成勾配下における燃料電池特性
 組成勾配の効果を明確に確認するためにプロトン伝導体の表面に他のプロトン伝導体を貼り合わせた bi-layer のプロトン伝導体を作製し、燃料電池特性を調べた。 $\text{BaCe}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BCY) 0.5 mm の片側に約 20 μm の $\text{SrZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (SZY) や $\text{CaZr}_{0.95}\text{Y}_{0.05}\text{O}_{3-\delta}$ (CZY) を積層した bi-layer 電解質は共焼結法にて作製した。作製した電解質を用いて燃料をメタンとした燃料電池を構成し電池特性を調べた。電極にはアノード: Ni/SZY or CZY、カソード: $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ を用いた。

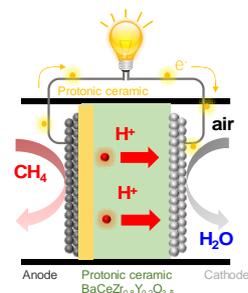


図 4 bi-layer プロトン伝導体を用いた燃料電池

3 - 5 . Mn の還元に伴うプロトン溶解とペロブスカイト中の Mn 還元状態について

CaZrO_3 や SrZrO_3 へ Mn を添加した際 Mn の還元に伴いプロトンが溶解する。即ち Mn の価数によって水素ポテンシャルを制御することが可能である。本研究では Mn の価数の結晶構造さらには共添加イオンのサイズに依存することを明らかにするために Mn を添加した CaZrO_3 や SrZrO_3 、 BaZrO_3 中の Mn の価数状態を電子スピン共鳴 (ESR) にて明らかにした。さらに Mn を添加した SrZrO_3 へ Al, In, Y, Yb を微量に添加した際の Mn の価数を ESR にて調べた。

4 . 研究成果

4 - 1 . 高圧水蒸気下でのプロトン伝導特性

水蒸気圧 10-20 bar、600°C ~ 200°C にて $\text{La}_{0.9}\text{Ba}_{0.1}\text{YbO}_{3-\delta}$ (LBYb)、 $\text{SrZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (SZY)、 $\text{CaZr}_{0.96}\text{In}_{0.04}\text{O}_{3-\delta}$ (CZIn)、 $\text{BaZr}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BZY) の電気伝導度を交流 2 端子法にて測定した。SZY、CZIn においては高圧下でインピーダンス測定を実施したが試料が崩壊してしまい測定はできなかった。BZY においては水蒸気圧 0.023 bar での電気伝導度と比較すると約 5 倍の高い伝導度を示した(図 5)。BZY のプロトン溶解の平衡定数から 10 bar、20 bar のプロトン濃度を見積もると BZY20、1 mol あたり 0.2 mol のプロトンが溶解しており、結晶内にプロトンが理論上最大で溶け込んでいると予想される。得られた電気伝導度と見積もったプロトン濃度から移動度を見積もった結果、0.19 bar で得られたプロトン移動度と一致しており、低温で高い活性化エネルギーを示すプロトン会合の効果が観測された。すなわち高圧下にてプロトン伝導度は濃度の増加により上昇するがプロトンの移動度は変化しないことが示唆された。また、拡散係数はプロトン濃度に依存していないことからプロトンの移動に関してプロトン同士の相互作用は無視できるものと考えられる。

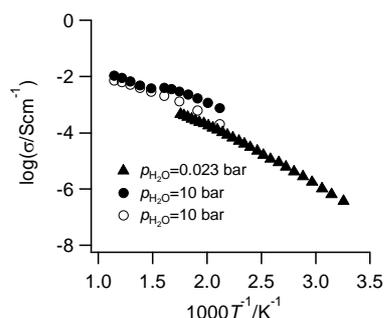


図 5 高圧水蒸気下での BZY の電気伝導度

さらに 10 bar の重水蒸気下にてインピーダンス測定を行い 600-400°C、高圧下でのプロトン・デューテロンの同位体効果について検討した。プロトンとデューテロンの伝導度比 $\sigma(\text{H}^+)/\sigma(\text{D}^+)$ は 1.5 ± 0.5 となり同位体効果が観測された。

さらにプロトンがドーパント濃度まで溶解しない $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{YbO}_{3-\delta}$ (LSYb) において 10 bar にて電気伝導度を測定した結果、250°C で 0.019 bar での電気伝導度と同じ値を示した。LSYb において 0.019 bar ではプロトン溶解量は 1 mol あたり 0.009 mol で飽和しており、水蒸気圧を 10 bar まで増加させても 250°C ではプロトン濃度が増加しないことが明確になった。

4 - 2 . 温度勾配と水素ポテンシャル勾配下での起電力特性

$\text{BaCe}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ を電解質として水素雰囲気下での温度勾配 36°C での起電力測定結果とネルンスト式から導いた理論値を比較すると、図 6 に示すように起電力に差が見られた。温

度勾配を含めた理論値を測定結果と比較したところ、起電力が温度勾配を含めた理論値に一致しており、温度勾配の影響で起電力が上がる事が確かめられた。設定温度 800°Cにおいて一方の極を 1%H₂ 他方の極を 1%O₂ として起電力測定を行った結果を温度勾配(ΔT)ごとにプロットしたものを図 6 に示す。温度勾配を 0-42°C与えた際、温度勾配が上がるにつれ起電力が高くなる傾向が確認できた。このことから、水素側を高温、酸素側を低温にすることで起電力が高くなる事が明らかになった。起電力はプロトン輸率を積分した値であり、電解質内部の輸率分布が変化し、1%O₂ 側を低温にした結果、正孔伝導度が抑えられ、プロトン輸率が向上したため起電力が上昇したものと考えられる。

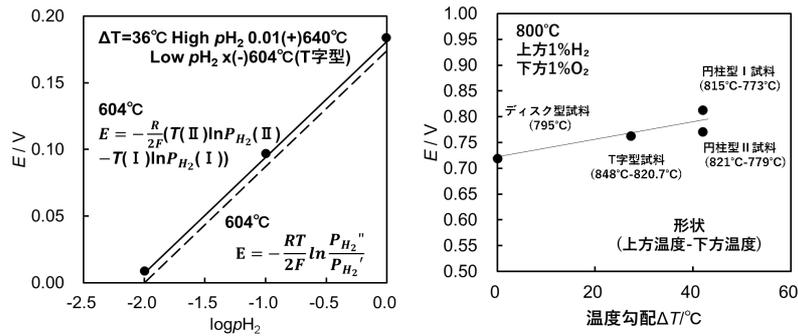


図 6 温度勾配を伴った起電力特性(左図:600 から 36 の温度勾配、右図: 800 からの温度勾配と起電力の関係)

4 - 3 . 水蒸気勾配下における水蒸気電解特性

BaCe_{0.6}Zr_{0.2}Y_{0.2}O_{3-δ} (BCZY) を電解質とした水蒸気電解セルを構築しカソード側に 1.9 %H₂O-1 %H₂-Ar、アノード側に 20 %H₂O-10 %O₂-Ar を流して水素生成量を測定した。その結果を図 7 に示す。図に示すように 20% H₂O-10% O₂-Ar 下では低電流密度時に水素イオンが逆方向に移動し水素が生成しないことがわかる。一方で 20% H₂O-10% H₂-Ar で電解した場合にはファラデーの法則に従った水素生成量が観測された。これは水素中では電解質である BCZY がプロトン輸率 1 となり正孔伝導の影響なくプロトンを電解排出しているものと考えられる。酸素中では僅かな正孔伝導の影響で水素イオンが逆方向に流れ、電流密度を大きくしなければ水素を電解排出できないことが明らかになった。さらに水素ポテンシャル分布解析を行ったが電解質のプロトン・正孔部分伝導度から見積もった値と実験値とは大きくズレが生じており、電解モードでの分極特性の予想は更なる検討が必要である。

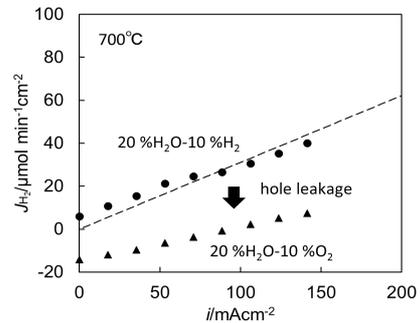


図 7 プロトン伝導体を用いた水蒸気電解セルによる水素生成

4 - 4 . bi-layer プロトン伝導体を電解質にした燃料電池の出力特性

プロトン伝導体の材料組成に組成勾配を意図的に形成するため bi-layer の電解質を作製して燃料電池特性を調べた。図 8 に SrZr_{0.9}Y_{0.1}O_{3-δ}(SZY) /BaCe_{0.8}Y_{0.2}O_{3-δ}(BCY) と CaZr_{0.95}Y_{0.05}O_{3-δ}(CZY) /BaCe_{0.8}Y_{0.2}O_{3-δ}(BCY) を電解質とした燃料電池の出力特性を示す。開回路電圧 OCV ($i=0$) を比較すると SZY/BCY が 1.11 V、CZY/BCY が 1.05 V と 60mV もの違いが観察された。OCV の低下はプロトンの輸率が低下が原因であり CZY を BCY 表面に形成すると輸率が低下することが明らかになった。BCY と CZY それぞれの輸率については過去の研究から CZY の方が輸率が高く、CZY/BCY と bi-layer1 を形成した際にプロトン輸率の向上を予想していた。しかしながら SEM 観察の結果、実際の電解質は Ca や Ba の焼成時に相互拡散し、組成勾配を伴い Ca や Ba の組成勾配を形成していた。この組成勾配が輸率を低下させたものと考えられる。出力に関しては BCY 層が主層であるため bi-layer による大きな効果は見

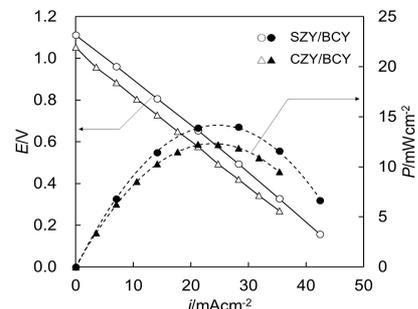


図 8 bi-layer プロトン伝導体を用いた燃料電池の出力特性(700)

られなかった。

4 - 5 . Mn の酸化還元によるプロトン溶解と価数制御

遷移金属の還元に伴うプロトン溶解機構を明らかにするために Mn を添加した CaZrO_3 , SrZrO_3 , BaZrO_3 の Mn 価数とプロトン溶解挙動について調べた。図 9 に $\text{CaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ の ESR スペクトルを示す。 $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ は水素及び酸素中で処理した試料において ESR スペクトルに違いは見られなかった。 $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ において水素処理することで ESR スペクトル強度が減少していることがわかる。 $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ と $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ の ESR スペクトルは同磁場に観測されており、g 値が 1.999 であった。一方、 $\text{CaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ の ESR スペクトルは水素中で処理することで強度が増加し、g 値が 2.005 と低磁場側にシフトしていることがわかる。このスペクトルは MgO 中の 2 価の Mn と一致しており、 $\text{CaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ においては水素中で Mn^{2+} となり酸素中で Mn^{3+} となっていると考えられる。 Mn^{3+} の ESR スペクトルはスピン緩和速度が速いため本実験条件では観測されなかったと考えられる。また、 $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ で観測された ESR スペクトルは Mn^{4+} に起因するスペクトルと考えられ、 $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ では熱処理によって価数の変化はないものと考えられる。 $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ では水素による熱処理によって Mn^{3+} に還元されているものと予想される。図 10 に $\text{CaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ の IR スペクトルを示す。図に示すように $\text{CaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ のみ水素中で熱処理した試料で OH 伸縮振動に起因するスペクトルが観察された。このことから Mn が 3 価から 2 価に還元することでプロトンが溶解することが考えられる。一方で $\text{SrZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$, $\text{BaZr}_{0.995}\text{Mn}_{0.005}\text{O}_{3-\delta}$ においては IR 吸収スペクトルから水素による Mn の還元由来のプロトンの溶解は明確に観察されなかった。

マンガンを添加したストロンチウムジルコネート内のマンガンイオンの価数を添加元素によって制御することが可能であるかを検討するため Al, In, Y, Yb を微量に添加した際のマンガンイオンの価数を電子スピン共鳴 (ESR) にて調べた。上記で示したように Mn を添加したストロンチウムジルコネートのみでは還元性雰囲気では 3+ であった Mn の価数が酸化性雰囲気では一部 4+ となる。Al や In を添加した場合は無添加のものと同様に Mn の価数が酸化性雰囲気では 4+, 還元性雰囲気では一部 3+ となることが明らかになった。一方、Y や Yb のようなイオン半径の大きな元素を添加すると酸化性雰囲気と還元性雰囲気ともに Mn の価数が 3+ となっていることが ESR スペクトルから明らかになった。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 7 件)

(1) Y. Obukuro, Y. Okuyama, G. Sakai, S. Matsushima

Experimental and theoretical approaches for the investigation of proton conductive characteristics of $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{YbO}_{3-\delta}$, Journal of Alloys and Compounds, 770(2019)294-300 (査読あり)

(2) K. Leonard, Y. Okuyama, Y. Takamura, Y. Lee, K. Miyazaki, M. E. Ivanova, W. A. Meulenbergh and H. Matsumoto

Efficient intermediate-temperature steam electrolysis with Y: SrZrO_3 - SrCeO_3 and Y: BaZrO_3 - BaCeO_3 Proton Conducting perovskites, Journal of Materials Chemistry A, 6(2018)19113-19124 (査読あり)

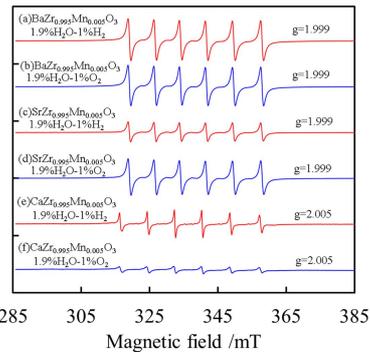


図 9 CaZrO_3 , SrZrO_3 , BaZrO_3 中の Mn の ESR スペクトル

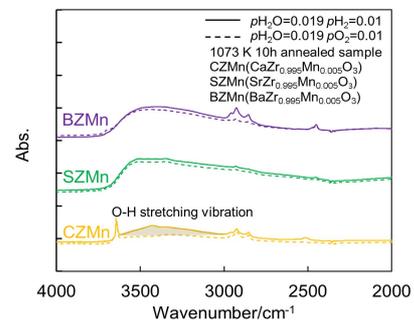


図 10 Mn を添加した CaZrO_3 , SrZrO_3 , BaZrO_3 の IR スペクトル

- (3) T. Nakamura, S. Mizunuma, Y. Kimura, Y. Mikami, K. Yamauchi, T. Kuroha, N. Taniguchi, Y. Tsuji, Y. Okuyama, K. Amezawa
Energy efficiency of ionic transport through proton conducting ceramics electrolytes for energy conversion applications, *Journal of Materials Chemistry A*, 6(2018)15771-15780
- (4) 常吉孝治、高橋総子、岩井翔、奥山勇治
固体電解質センサによるディーゼル排気ガス中の水素濃度測定、自動車技術会論文 48, 6(2017)1171-1175.(査読あり)
- (5) Y. Okuyama, T. Yamaguchi, N. Matsunaga, G. Sakai
Proton conduction and incorporation into $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{Yb}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$, *Materials Transactions* 58,12(2017) (査読あり)
- (6) Y. Okuyama, S. Kawano, G. Sakai, N. Matsunaga, Y. Mizutani
A Direct Methane Fuel Cell with Double-Layered Electrolyte using Proton conducting Oxide, *ECS Transaction*, 78, 1(2017)1953-1961.(SOFC15 Proceeding 査読あり)
- (7) Y. Obukuro, Y. Okuyama, G. Sakai, S. Matsushima, and M. Arai
First-principles study on LaYbO_3 as the localized f electrons containing system with MBJ-LDA +U approach *Computational Materials Science* 126(2017) 7-11(査読あり)

〔学会発表〕(計 36 件)

- (1) 奥山勇治, 河野樹道, 赤羽涼, 長友都史, 松永直樹、酒井剛、小椋裕介, 水谷安伸
プロトン伝導体を用いたメタン燃料電池特性と電解質二層化によるメタン耐性の向上、電気化学会第 86 回大会 2019.3.29 (京都) 口頭
- (2) Yuji Okuyama, Yoshiki Niina, Mizuki Shudo, Go Sakai, Naoki Matsunaga, Kosuke Yamauchi, Mikami Yuichi, and Tomohiro Kuroha, "Proton transport properties of acceptor-doped barium zirconate containing NiO" 19th Solid State Proton conductor, Vermont Stowe (2018.9.18)
- (3) Yuji Okuyama, Shigemichi Kawano, Go Sakai, Naoki Matsunaga, Yasunobu Mizutani, A Direct Methane Fuel Cell with Double-Layered Electrolyte using Proton Conducting Oxide, SOFC15, 2017.07.23-28 (USA, Miami) oral
- (4) Yuji Okuyama, Yoshiki Niina, Mizuki Shudo, Go Sakai, Naoki Matsunaga, Kosuke Yamauchi, Mikami Yuichi, and Tomohiro Kuroha
Effect of adding Ni on defect structure and proton transport properties of indium doped barium zirconate, 21th international conference on Solid State Ionics, 2017, 6, 18-23 (Italia, パドゥア) oral
- (5) 奥山勇治, プロトン伝導性酸化物の欠陥構造と電気化学デバイスへの応用
電気化学会第 84 回大会 2017.03.25 首都大 (田川記念固体化学奨励賞受賞講演)
- (6) Yuji Okuyama
Proton transport and polarization properties of La-based perovskite oxide
10th Petite Workshop, International workshop on defect chemistry for advanced energy and functional materials (Korea) 2017.3.8-10(invited speaker)
- (7) Yuji Okuyama, Shinya Nagamine, Muneyuki Shibuya, Akira Nakajima, Naoki Matsunaga, Go Sakai, Tomoko Oshima, Fusako Takahashi, Koji Kimata, Koji Tsuneyoshi, Proton transport properties of Mn doped CaZrO_3 with redox protonation, MS&T2016 2016.10.23-26, USA (invited speaker)
- (8) Yuji Okuyama, Shinya Nagamine, Muneyuki Shibuya, Yuki Arikawa, Akira Nakajima, Naoki Matsunaga, Go Sakai, Tomoko Oshima, Fusako Takahashi, Koji Tsuneyoshi, Proton transport properties of Mn doped CaZrO_3 and its application to hydrogen sensor, The Solid State Electrochemistry Workshop 2016 (Tokyo) 2016.10.12-14 (invited speaker)
- (9) Yuji Okuyama, Reo Fujimura, Kenji Okuyama, Yasunobu Mizutani, Naoki Matsunaga, Go Sakai, Fuel cell performance and potential profile of lanthanum ytterbium based perovskite oxide, *Solid State Proton Conductor* 18, 2016.09.18-23 Norway (poster)
- (10) Yuji Okuyama, Reo Fujimura, Kenji Okuyama, Yasunobu Mizutani, Naoki Matsunaga, Go Sakai, Performance of Protonic Ceramic Fuel Cells using lanthanum ytterbium based perovskite oxide as electrolyte, 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICIM9) 2016.08.01-05, Kyoto (oral)
- (11) 奥山勇治, プロトン導電性酸化物の基礎物性と環境デバイスへの応用
SOFC 研究会 (東京) 2016.07.29 特別講演

〔その他〕

ホームページ等

<https://www.cc.miyazaki-u.ac.jp/okuyama/index.html>