

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：	11301
研究種目：	基盤研究(B)
研究期間：	2010～2012
課題番号：	22360286
研究課題名（和文）	高温電気化学デバイスにおけるポテンシャル分布のその場計測
研究課題名（英文）	In situ evaluation of potential distribution in high temperature electrochemical devices
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

研究成果の概要（和文）：固体酸化物形燃料電池（SOFC）に代表される高温電気化学デバイスにおける反応元素の化学ポテンシャル分布・変化を、高温、ガス雰囲気制御、通電下というデバイス作動条件下において明らかにすることを目的とした。その結果、SOFC多孔質空気極でのポテンシャル分布の実験的に評価し、有効反応場を特定することに初めて成功した。また、化学ポテンシャル分布が実デバイスに及ぼす影響について、SOFC多孔質空気極をモデル材料に、同材料の熱力学的・速度論的安定性の観点から検討した。

研究成果の概要（英文）：The chemical potential distribution of the reactive atomic species in high temperature electrochemical devices, such as the oxygen chemical potential in solid oxide fuel cells (SOFCs), was experimentally evaluated under device operating conditions. As results, we succeeded for the first time to clarify the oxygen potential distribution and the effective reaction area in the SOFC mixed-conducting porous cathode. Influences of such a chemical potential distribution on the device performance and durability were also investigated from the thermodynamic and kinetic points of view, taking the SOFC porous cathode as a model case.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	8,800,000	2,640,000	11,440,000
2011年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2012年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学，構造・機能材料

キーワード：高温電気化学，その場計測，ポテンシャル分布，燃料電池，X線吸収分光

1. 研究開始当初の背景

高温（数 100～1000℃）において高いイオン導電率を示す安定化ジルコニアなどの固体イオニクス材料を用いた高温電気化学デバイスは、固体酸化物形燃料電池（SOFC）、各種センシングデバイス、リアクタをはじめとする多くの実用的用途がある。高温電気化学デバイスの電解質および電極では、反応元

素の化学ポテンシャル分布が通電の有無あるいはその程度に応じて変化する。このような高温電気化学デバイスにおける化学ポテンシャル分布の変化は、用いられる材料の組成（不定比量）を変化させ、結果的にイオン・電子導電性などの物性の変化、体積の膨張・収縮、極端な場合は材料の相変化・分解などを引き起こす。高温電気化学デバイスにおけ

る反応は、基本的には、電解質／電子導電性電極／反応（あるいは生成）ガスの三相が共存する「三相界面」で起こるガス電極反応であり、その反応サイトはマイクロにみれば電解質表面に不均一に存在している。そのため反応元素の化学ポテンシャル分布の変化は、「三相界面」近傍においてさらに複雑に変化すると予想される。したがって、デバイス作動時の電解質あるいは電極材料の熱力学的・機械的安定性を評価し、適正なデバイス設計・運転条件決定を行うためには、高温電気化学デバイスにおける反応元素の化学ポテンシャル分布を精密に評価する必要がある。

反応進行時の高温電気化学デバイスにおける反応元素の化学ポテンシャル分布については、これまで多くの研究者によって、シミュレーションにより評価がなされてきた。しかしながら、SOFCに代表される高温電気化学デバイスは、高温、特殊雰囲気、通電といった、一般的な材料評価手法の適用が非常に困難な条件下で作動するため、高温電気化学デバイスにおける化学ポテンシャル分布を実験的に報告した例は、筆者等による試みを除けば、ほとんどないのが現状であった。

2. 研究の目的

このような状況を打開するために、高温電気化学デバイスの各構成材料の化学・物理状態を、(a)高温／ガス雰囲気制御下、(b)電気化学反応が進行している状態、(c)高い位置分解能、で明らかにすることができる手法を確立し、これを用いて電解質および電極における反応元素の化学ポテンシャル分布を精密に評価することが必要不可欠である。そこで本研究では、分光分析を用いた *in situ* 局所分析技術を確立・駆使し、反応進行時の高温電気化学デバイスにおける反応元素の化学ポテンシャル分布を直接解明することを目的とした。

本研究では、高温電気化学デバイスとしては固体酸化物形燃料電池 (SOFC) を取り上げ、電解質、電極における酸素ポテンシャル分布の解明を試みた。SOFC 空気極を例にとれば、その反応は、多孔質電極中の酸素ガスの拡散、電極表面における酸素ガスの吸着・解離、電極表面あるいはバルク中での酸素拡散、電極／電解質界面における電荷交換反応といったいくつかの素過程から成り立つと考えられる。反応の不可逆性に伴う電圧ロス (過電圧) は、電極における酸素ポテンシャルの変化を引き起こすが、これが電極内のどの部分において生じるかは、どの過程が電極反応を律速しているかに依存する。本研究では、高温電気化学デバイスの電解質、電極の断面を作製し、この断面において *in situ* の分光学的および電気化学的な分析を併用し、電解質およ

び電極材料の化学的・物理的状態をマイクロメーター以下の位置分解能で評価することにより、反応場である「三相界面」近傍を中心としたポテンシャルの分布の解明を行った。また、このような局所的な酸素ポテンシャル分布がデバイスの性能、耐久性に対してどのような影響を及ぼすかについて、材料の熱力学的・速度論的安定性の観点から検討する。

3. 研究の方法

(1) その場マイクロ X 線吸収分光法による SOFC 多孔質空気極における酸素ポテンシャル分布の実測

ペッチーニ法により作製した $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-d}$ (LSC) 粉末を $\text{Gd}_{0.9}\text{Ce}_{0.1}\text{O}_{1.95-d}$ (GDC) 上に塗布し、1273K、6 時間焼成した多孔質電極を作用極とした。対極、参照極には多孔質 Pt を用いた。Fig. 1 に測定に用いたセルの概略図を示す。その場マイクロ XAS 測定は SPring-8, BL37XU において実施した。その場マイクロ XAS に用いた高温、雰囲気制御用試料ホルダーは、Fig. 1 に示す電気化学セルを統制できるよう、本研究用に新たに開発、開発を行った。K-B ミラーによって $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 角のサイズに集光した X 線ビームをセルの断面方向から入射し、その際に計測される蛍光 X 線を計測することにより、各測定部位による X 線吸収量を評価した。測定は Co K 吸収端について行い、その吸収端エネルギーのシフト量から、測定部位における酸素ポテンシャルの直接評価を行った。測定部位は蛍光 X 線による元素マッピングの結果にもとづき決定した。測定は、温度 873 K、酸素分圧 $p(\text{O}_2)=10^{-4} \sim 1 \text{ bar}$ 、印加電圧 -0.7 V (約 -0.12 V の電極過電圧に相当) の条件下で行った。

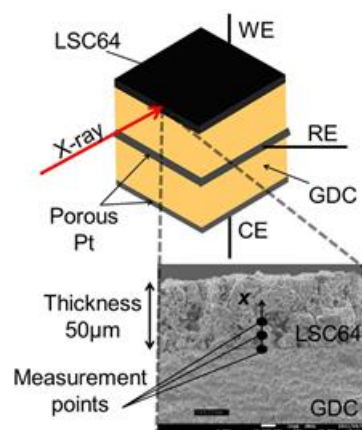


Fig.1. 本研究のその場マイクロ XAS 測定に用いた三電極式電気化学セルと LSC 電極の微細構造 SEM 写真

(2) 酸素ポテンシャル勾配下での SOFC 空気極の熱力学的・速度論的安定性の評価

安定性評価には、実際に SOFC の空気極として使用されている $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-d}$ (LSCF) の緻密焼結体および GDC 上に作製した多孔質電極を用いた。原料にはペッチーニ法により作製した粉末を用いた。

緻密焼結体 (0.5~0.6 mm 厚) は、1573 K, 4 h で作製した。緻密焼結体ペレットの一方を 1 bar の酸素分圧に、もう一方を 10^{-1} ~ 10^{-4} bar の酸素分圧に曝し、この酸素ポテンシャル勾配で 1073~1273 K, 1~2 週間の熱処理を行った。熱処理後の試料は、XRD, SEM, EDX, SIMS (二次イオン質量分析) による観察、分析に供した。

多孔質電極は、1273K, 6 時間焼成することにより作製した。この電極に、温度 873~1073 K, 酸素分圧 10^{-1} bar で、-0.5 V の電圧 (約 -0.04~-0.09 V の電極過電圧に相当) を 2 週間印可した。実験後の電極は、SEM, EDX による観察、分析に供した。

4. 研究成果

(1) その場マイクロ X 線吸収分光法による SOFC 多孔質空気極における酸素ポテンシャル分布の実測

LSC 多孔質電極を用い、873 K, $p(\text{O}_2)=0.01$ bar において、-0.12 V の直流分極下で得られた Co *K* 吸収端の XANES スペクトルを測定した。測定は、電流が定常状態に達したのを確認した後、電極/電解質界面間から距離を変化させた部位において実施した。その結果、電極/電解質界面に近づくにつれ、吸収端位置の低エネルギー側へシフトする傾向が観測された。一方、電極/電解質界面からの離れた部位において測定されたスペクトルの吸収端位置は、開回路状態におけるそれとほぼ一致した。LSC では、材料が曝される酸素ポテンシャルによって酸素不定比量に変化するため、Co の形式酸化数が酸素ポテンシャルに対して 1 対 1 で呼応して変化する。一般に、Co の形式酸化数が高くなる (酸素ポテンシャルが高くなる) ほど、吸収端エネルギーは高エネルギー側にシフトすることが知られている。これを踏まえると、本研究で得られた結果は、分極下での多孔質 LSC 電極では、同じ酸素分圧条件下にも関わらず、電極/電解質界面近傍の酸素ポテンシャルが低下し、酸素ポテンシャルの勾配が発生していることを示している。観測された吸収端エネルギーから対応する実効酸素分圧を求め、電極/電解質界面からの距離に対してプロットしたものを Fig. 2 に示す。Fig. 2 より、界面から約 4 μm 以内の領域は、開回路時に比べ還元状態にあることが分かる。これは、同実験条件下での有効反応場が電極/電解質界面近傍の約 4 μm の領域であることを示してい

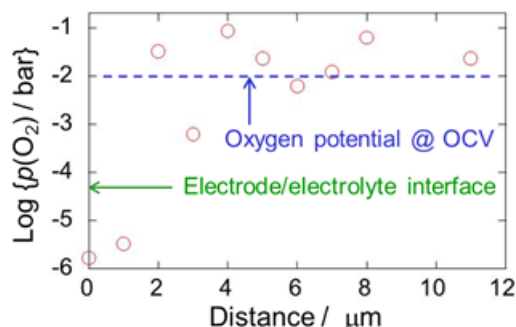


Fig.2. 分極下での LSC 多孔質電極における酸素ポテンシャル分布。電解質: GDC, 温度: 873 K, 酸素分圧: 10^{-2} bar.

る。以上の結果より、SOFC 多孔質電極における酸素ポテンシャル分布ならびに有効反応場を始めて実験的に評価することに成功した。これは世界で初めての成果である。

(2) 酸素ポテンシャル勾配下での SOFC 空気極の熱力学的・速度論的安定性の評価

1273 K の酸素分圧勾配下で熱処理を行った LSCF 緻密焼結体の高酸素分圧側の表面写真ならびに EDX 分析結果を Fig. 3 に示す。これより、高酸素分圧側では、Co を主成分とする粒子が析出したことが分かる。一方、低酸素分圧側では、Sr を主成分とする粒子の析出が確認された。このようなカチオンの分離は、酸素分圧勾配が大きいほど、また高温ほど顕著に観測された。これらの結果は、酸素

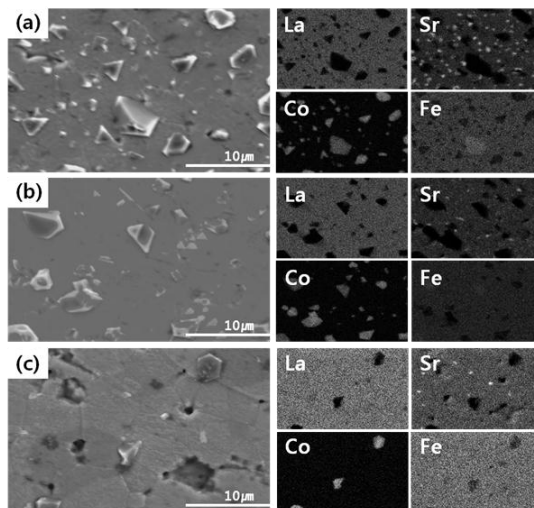


Fig.3. 酸素分圧勾配下に置かれた LSCF 緻密焼結体の高酸素分圧側表面の SEM 写真および EDX 元素マッピング。温度: 1273 K, 高酸素分圧: 1 bar, 低酸素分圧: (a) 10^{-4} bar, (b) 10^{-2} bar, (c) 10^{-1} bar, 処理時間: 1 週間。

分圧勾配によって金属元素のポテンシャル勾配が誘起され、各金属元素の拡散速度の違いにより分解（いわゆる速度論的分解）が生じたことを示している。CoあるいはSrを主成分とする粒子は、いずれの場合も、粒界近傍で析出しており、速度論的分解はカチオンの粒界拡散が支配していることが示唆された。

一方、LSCF 多孔質電極を分極させた場合、873, 1073 K のどちらの温度においても顕著な不純物粒子の析出は観測されなかった。4- (1) の結果から、電圧印可に伴う電極過電圧は、電解質近傍数 μm の多孔質電極内において酸素ポテンシャル勾配を引き起こすと考えられる。電極過電圧が小さい場合でも、勾配が生じるエリアは非常に狭いため、発生する勾配はかなり大きくなる。このような大きな酸素ポテンシャル勾配下にも関わらず、多孔質電極内では、先に述べた速度論的分解は見られなかった。この理由としては、LSCF 内での速度論的分解は、粒界におけるカチオン拡散が律速しているためと考えられる。すなわち、多孔質電極での粒界はそれぞれがほとんど独立して存在しているため、各粒界に掛かるポテンシャル勾配はあまり小さくなく、その結果、速度論的分解が抑制されたと考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

①Riyan A. Budiman, Shin-ichi Hashimoto, Koji Amezawa, Tatsuya Kawada, Electrochemical Oxygen Reduction on $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ Film Electrode, *Electrochem. Soc. Trans.*, 査読有, Vol.45, No. 1, 2012, p. 287-293

② Mi-Young Oh, Atsushi Unemoto, Koji Amezawa, Tatsuya Kawada, Stability of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ as SOFC Cathode, *J. Electrochem. Soc.*, 査読有, Vol. 159, No. 10, 2012, p. F659-F664
DOI: 10.1149/2.063210jes

③Tatsuya Kawada, Mi Young Oh, Hidetaka Watanabe, Yuta Kimura, Yoshinobu Fujimaki, Tomohisa Masumitsu, Satoshi Watanabe, Shinichi Hashimoto, Koji Amezawa, Compositional and Mechanical Stabilities of a (La, Sr) (Co, Fe) $\text{O}_{3-\delta}$ Cathode under SOFC Operation, *Electrochem. Soc. Trans.*, 査読有, Vol.45, No. 1, 2012, p. 307-312

④Y. Orikasa, K. Amezawa, 他 7 名, X-ray Absorption Spectroscopic Study on Mixed Conductive $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ Cathodes I. Electrical Conductivity and Electronic Structure., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 査読有, Vol. 13, 2011, p. 16637-16643

DOI: 10.1039/c1cp20982e

⑤Y. Orikasa, K. Amezawa, 他 7 名, X-ray Absorption Spectroscopic Study on $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}$ Cathode Materials Related with Oxygen Vacancy Formation, *Phys. Chem. C*, 査読有, Vol. 115, No. 33, 2011, p. 16433-16438

⑥M, Oh, A. Unemoto, K. Amezawa, T. Kawada, Material stability and cation transport of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ in SOFC cathodic conditions, *Electrochem. Soc. Trans.*, 査読有, Vol.35, No.1, 2011, p. 2249-2253
DOI: 10.1149/1.3570220

[学会発表] (計 42 件)

①Y.Fujimaki, H.Watanabe, Y.Kimura, K.Amezawa, Y.Terada, K.Yashiro, T.Nakamura, S.Hashimoto, T.Kawada, Direct Evaluation of Oxygen Chemical Potential Gradient in a Porous SOFC Cathode by in-situ micro XAS, The 3rd Symposium of the Research Center for Sustainable Science & Engineering, 2012.12.17, Sendai

②雨澤浩史, 高度解析技術を用いた固体イオニクスデバイス・材料のその場評価, 第12回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 2012.12.10, 仙台

③Takashi Nakamura, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Novel and Conventional Approaches for the Design of Solid State Ionic Devices, 5th french-japanese joint workshop on FRONTIER MATERIALS, 2012.12.2-6, France, Rennes

④H.Watanabe, S.Hashimoto, K.Amezawa, T.Kawada, Evaluation on Reaction Distribution in Porous Cathode for Solid Oxide Fuel Cell, The 13th Korea-Japan Students' Symposium, 2012.11.7-9, Korea, Seoul

⑤雨澤浩史, 八代圭司, 中村崇司, 高温制御雰囲気下での in situ X 線吸収分光測定, 平成 24 年度 新エネルギー材料・デバイスプロジェクトグループ研究会, 2012.10.30, 福岡

⑥Y.Fujimaki, H.watanabe, Y.Kimura, K.Amezawa, Y.Terada, S.Hashimoto, T.Kawada, Direct evaluation of oxygen chemical potential in an SOFC cathode by in situ micro XAS, Pacific Rim Meeting 2012 (PRIME2012), 2012.10.7-12, USA, Honolulu, Hawaii

⑦Fang Wang, Keiji Yashiro, Koji Amezawa, Junichiro Mizusaki, Chemical stability of $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (BSCF), Pacific Rim Meeting 2012 (PRIME2012), 2012.10.7-12, USA, Honolulu, Hawaii

⑧Tomohisa Masumitsu, Satoshi Watanabe,

Shin-ichi Hashimoto, Koji Amezawa, Tatsuya Kawada, Influence of Mechanical Stress on Oxygen Potential in Nonstoichiometric Oxides, Nonstoichiometric Compounds V (An ECI Conference Series) (招待講演), 2012.9.23-28, Italy, Sicily

⑨ Wang Fang, Keiji Yashiro, Koji Amezawa Junichiro Mizusaki, Chemical stability of the cubic phase of $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ (BSCF), 9th International Conference on Flow Dynamics, 2012.9.19-21, Sendai

⑩ 雨澤浩史, in situ 測定が切り拓く高温電気化学の新展開, 平成 24 年度 化学系学協会東北大会 (招待講演), 2012.9.15-16, 秋田

⑪ Hiroaki Matsuo, Hayato Takahashi, Akihide Kuwabara, Koji Amezawa, Shin-ichi Hashimoto, Tatsuya Kawada, Defects and Their Thermal Equilibrium Concentrations in Proton Conducting $LaPO_4$, The 16th International Conference on Solid State Protonic Conductors (SSPC16), 2012.9.10-14, France, Grenoble

⑫ Koji Amezawa, In situ analysis of SOFCs by X-ray absorption spectroscopy, 6th KIFEE Symposium on Environment, Energy and Materials (KIFEE2012) (招待講演), 2012.9.9-12, Norway, Trondheim

⑬ 雨澤浩史, X 線吸収分光法を利用した固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 電極反応のその場評価, 第 48 回学際領域セミナー その場観察手法の電気化学デバイスへの適用 (招待講演), 2012.9.5, 東京

⑭ 雨澤浩史, 藤巻義信, 渡邊秀貴, 木村勇太, 寺田靖子, 橋本真一, 八代圭司, 川田達也, その場マイクロ XAS 測定を用いた SOFC 多孔質空気極における酸素ポテンシャル分布の実験的評価, 第 8 回固体イオニクスセミナー, 2012.9.2-4, 奈良

⑮ Shin-ichi Hashimoto, Koji Amezawa, 他 11 名, The Correlation between Oxygen Nonstoichiometry and other Material Natures in $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$ ($y=0, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1$) Cathode, International Union of Materials Research Society-International Conference in Asia 2012 (IUMRS-ICA), 2012.8.27, Korea, Busan

⑯ 雨澤浩史, 放射光を利用した高温作動型燃料電池のその場計測, 九州シンクロトロン光研究センター・東北大学多元物質科学研究所 合同シンポジウム, 2012.7.30, 仙台

⑰ 藤巻義信, 渡邊秀貴, 木村勇太, 寺田靖子, 橋本真一, 雨澤浩史, 川田達也, その場マイクロ XAS 測定による固体酸化物形燃料電池用多孔質電極における酸素ポテンシャル分布評価, 九州シンクロトロン光研究セ

ンター・東北大学多元物質科学研究所 合同シンポジウム, 2012.7.30, 仙台

⑱ FANG WANG, KEIJI YASHIRO, KOJI AMEZAWA, JUNICHIRO MIZUSAKI, CHEMICAL STABILITY OF $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ UNDER DIFFERENT OXYGEN PARTIAL PRESSURE, The 13th Asian Conference on Solid State Ionics, 2012.7.17-20, Sendai

⑲ Koji Amezawa, Yuki Orikasa, Hajime Tanida, Tomoya Uruga, Yasuko Terada, Tatsuya Kawada, Yoshiharu Uchimoto, Novel analytical techniques of interfaces in solid oxide fuel cells using in situ X-ray absorption spectroscopy, European Materials Research Society (E-MRS) 2012 Spring Meeting (招待講演), 2012.5.14-18, France, Strasbourg

⑳ R. A. Budiman, S. Hashimoto, K. Amezawa, T. Kawada, Electrochemical Oxygen Reduction on $LaNi_{0.6}Fe_{0.4}O_{3-\delta}$ Film Electrode, 221st Electrochemical Society Meeting, 2012.5.6-10, USA, Seattle

㉑ T. Kawada, S. Hashimoto, K. Amezawa, (La, Sr) $(Co, Fe)O_{3-\delta}$ cathode under SOFC operation, 221st Electrochemical Society Meeting, 2012.5.6-10, USA, Seattle

㉒ 雨澤浩史, SOFC の材料化学と今後の将来展望, 第 61 回マテリアルズ・テラリング研究会 (招待講演), 2012.4.21, 東京

㉓ 藤巻義信, 雨澤浩史, 他 5 名, In-situ マイクロ XAS 測定による SOFC 多孔質カソードにおける酸素ポテンシャル分布の直接評価 (優秀ポスター賞受賞), 電気化学会第 79 回大会, 2012.3.29, 浜松

㉔ 呉美瑛, 雨澤浩史, 他 3 名, Cation transport in LSCF cathode under SOFC operating conditions, 電気化学会第 79 回大会, 2012.3.29, 浜松

㉕ Y. Fujimaki, K. Amezawa, 他 3 名, In-situ Evaluation of Oxygen Chemical, Potential in an SOFC Cathode, The 2nd International Symposium of Environmental Leader, 2011.12.15, Ho Chi Minh, Vietnam

㉖ 藤巻義信, 雨澤浩史, 他 4 名, その場 XAFS 測定を用いた SOFC 多孔質カソードにおける酸素ポテンシャル評価, 第 20 回 SOFC 研究発表会, 2011.12.12, 東京

㉗ 雨澤浩史, 固体酸化物形燃料電池のその場計測技術 (招待講演), 第 21 回格子欠陥フォーラム, 2011.9.20, 立山

㉘ S. Hashimoto, K. Amezawa, 他 7 名, Thermal and chemical lattice change of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{1-y}Fe_yO_{3-\delta}$, 62nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2011.9.13, Niigata

㉙ M. Oh, K. Amezawa, 他 3 名, Chemical

stabilities of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ as an SOFC cathode, 62nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2011.9.13, Niigata

⑩ T. Ina, K. Amezawa, 他 6 名, Oxygen Chemical Potential Profile of SOFC Cathode by in-situ Depth Resolved XAS Measurement, 62nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2011.9.13, Niigata

⑪ 雨澤浩史, XAFS だからわかるイオニクスの不思議 (招待講演), 第 7 回固体イオニクスセミナー, 2011.9.6, 氷見

⑫ K. Amezawa, 他 7 名, Investigation on SOFC Cathodic reaction by using time-resolved in-situ X-ray absorption spectroscopy, 18th International Conference on Solid State Ionics, 2011.7.5, Warsaw, Poland

⑬ 雨澤浩史, その場 X 線吸収分光法を用いた遷移金属酸化物の高温・制御雰囲気下における電子・局所構造評価 (招待講演), 固体化学の新しい指針を探る研究会第 68 回定例研究会, 2011.6.27, 東工大

⑭ M. Oh, K. Amezawa, 他 2 名, Material Stability and Cation Transport of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ in SOFC Cathode Conditions, 12th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, 2011.5.2, Montreal, Canada

⑮ K. Amezawa, 他 7 名, Electronic and Local Structures of $\text{Nd}_2\text{NiO}_{4-\delta}$ Epitaxial Thin Films Investigated by Depth-Resolved In Situ XAS, 2011 MRS Spring Meeting & Exhibition, 2011.4.27, San Francisco, USA

⑯ 雨澤浩史, 他 9 名, in situ マイクロ XAS 法を用いた SOFC 空気極/電解質界面における酸素ポテンシャル分布評価, 電気化学会第 78 回大会, 2011.3.29-31, 横浜国大

⑰ 雨澤浩史, 他 7 名, 高速時間分解その場 XAS 測定を用いた SOFC カソード反応の解析, 第 36 回固体イオニクス討論会, 2010.11.25, 仙台

⑱ 呉美瑛, 雨澤浩史, 他 2 名, 酸素分圧勾配下の $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ におけるカチオン輸送, 第 36 回固体イオニクス討論会, 平成 2010.11.24, 仙台

⑲ 雨澤浩史, 他 10 名, X 線吸収分光法を用いた固体酸化物形燃料電池における電極反応のその場測定 (依頼講演), 平成 22 年度化学系学協会東北大会, 2010.9.25, 岩手大

⑳ 雨澤浩史, 固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の電極反応 (招待講演), 2010 年秋季第 71 回応用物理学会学術講演会, 2010.9.16, 長崎大

㉑ 雨澤浩史, 他 11 名, その場 X 線吸収分光法を用いたイオン導電性材料の局所・電子構

造解析 (招待講演), 資源・素材 2010, 2010.9.13, 九州大

㉒ M. Y. Oh, K. Amezawa, 他 2 名, Material stability of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ under SOFC operating conditions, Asian SOFC Symposium, 2010.9.6, Kyoto

〔図書〕 (計 0 件)

なし

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

なし

○取得状況 (計 0 件)

なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/amezawa/research-j.html>

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

川田 達也 (KAWADA TATSUYA)

東北大学・環境科学研究科・教授

研究者番号: 10263136

井口 史匡 (IGUCHI FUMITADA)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 00361113

橋本 真一 (HASHIMOTO SHIN-ICHI)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 605989473

八代 圭司 (YASHIRO KEIJI)

東北大学・多元物質科学研究所・講師

研究者番号: 20323107

宇根本 篤 (UNEMOTO ATSUSHI)

東北大学・多元物質科学研究所・助教

研究者番号: 10551525

(3) 連携研究者

なし