

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25289235

研究課題名(和文) 界面反応のその場電気化学イメージングプレートの開発と金属材料余寿命予測への応用

研究課題名(英文) Development of in-situ Electrochemical Imaging Plate for Interfacial Reaction and Its Application to Estimation of Residual Lifetime of Metallic Materials

研究代表者

伏見 公志 (Fushimi, Koji)

北海道大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20271645

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：直径10 μm の微小ディスク金電極を間隔100 μm 、16 \times 16chの格子状に配列した微小電極配列構造体の作製に成功した。特注作製した64chマルチポテンシostatを用いて個々の微小電極単独の電極特性を実測したところ、 $\pm 25\%$ のバラ付きはあるものの全電極は微小電極としての振る舞いを示した。また、8 \times 8ch電極集合体の電極特性を実測したところ、個々の微小電極上に形成する拡散層の干渉挙動が見られ、有限要素法を用いた3次元拡散方程式の数値計算から予想された通りの結果となった。動電位分極中の干渉程度は、電極サイズの規格化関数によって表示できることを示した。

研究成果の概要(英文)：A 16 \times 16ch Au multielectrode array with a diameter of 10 μm and an inter-electrode distance of 100 μm was fabricated. Electrochemical measurements using a made-to-order 64 ch multichannel potentiostat revealed that all microelectrodes operated as an individual microelectrode, although their properties varied widely. Polarization of 8 \times 8ch microelectrodes in the array showed an interference of diffusion layer formed on the microelectrodes. The interference was also successfully simulated with a FEM numerical modeling of three-dimensional diffusion problem. The degree of interference during the dynamic polarization of the array could be normalized by the geometry of microelectrode diameter and inter-electrode distance.

研究分野：腐食科学

キーワード：材料加工・処理 ヘテロ反応 可視化

1. 研究開始当初の背景

革新的な代替エネルギー・代替材料の登場が切望される一方、既存技術を着実に高経年化・高効率化させる必要がある。金属材料が腐食により劣化することは熱力学的に自明であるが、その劣化を最小限に留め数十～数百年の長きに渡って使用することは、省エネルギー・省資源の両観点から非常に重要である。現在、材料の余寿命予測ならびに保全対策は、統計学的経験則に従うところが大きい。腐食の詳細な反応機構と速度論に基づいた予測ならびに対策に移行することが望ましい。また、省エネルギーを図るために特に運輸機器の軽量化は不可避であり、高張力鋼板を始めとする軽量材料の需要の大幅増加が見込まれる。しかし、一方で高張力材には残留歪みが多く存在し水素脆化や応力腐食割れが発生しやすいことが指摘されている。

(一社)日本鉄鋼協会「材料の組織と特性部会」のフォーラム「大気腐食反応に伴う水素発生・侵入の検出と界面反応機構の解明」(代表:坂入正敏)によれば、従来、水素侵入による材料自体の破壊力学に関する検討が多くなされているが、水素発生・侵入に直接関わる腐食反応の機構と速度論については極めて不明瞭点が多く、それらの解明が今後の最重要課題であることが結論付けられている。腐食現象の中でも、材料/環境界面方向に不均一(ヘテロ)に起こる局部腐食は、その発生場所の特定が難しく、反応機構や速度論が正確に明らかになっていない。余寿命予測の精度を向上するには、まず、界面構造のヘテロ変化を高速かつ高精度に追跡する新しい研究法が必要とされている。材料/溶液界面の液相側に存在する反応生成物(または反応物)の濃度分布を、単一微小電極プローブを利用して計測する走査型電気化学顕微鏡(SECM)[A. J. Bard et al., *Science*, 254, 68-74 (1991)など]は、定常状態にある界面構造の可視化を実現した。申請者もこれまでSECMを用いて、鉄やチタン、アルミニウム合金/水溶液界面構造のヘテロ化について検討し、材料の溶解あるいは不働態皮膜の成長・物性が材料の金属組織と組成に依存することを報告してきた[K. Fushimi et al., *J. Electrochem. Soc.*, 147, 524-529 (2001)/*Electrochim. Acta*, 47, 121-127 (2001)など]。しかしながら、SECMでは単一プローブを二次元方向に走査する機構を採用しているため時間応答に乏しく、時々刻々変化する界面の速度論解析は実現していない。最近、微小電極の一次元配列構造体を配列と直行する一次元方向に走査する高速SECMが報告されている[G. Wittstock, et al., *J. Electroanal. Chem.*, 666, 52-61 (2012)]が、プローブの機械的走査があるために界面反応をリアルタイムで測定するその場可視化法とはなっていない。本問題解決には、面分解能と時間応答性に優れた界面反応可視化分析法の創製というブレークスルーが必須

である。

2. 研究の目的

本研究では、面分解能と時間応答性の両方を高度に満たす新しい電気化学面分析システムを開発する。(1)微小電極配列構造体(その場電気化学反応イメージングプレート)を作製するとともに、微小電極配列構造体の電気化学制御に必要なマルチチャンネルポテンシオ/ガルバノスタットを開発し、(2)高張力鋼板での水素発生・侵入反応系および(3)高耐食性材料での孔食発生反応系の可視化に適用、これらの反応機構と速度論を検討する。

3. 研究の方法

(1)直径A以下の微小ディスク電極を間隔Bで格子状に配列した微小電極配列構造体を作製するための、フォトリソグラフィおよびMEMSの加工条件を検討する。Cチャンネルの作用電極の電気化学制御を可能とするマルチチャンネルポテンシオ/ガルバノスタットを導入し、作製した構造体における個々の微小電極の電極特性および複合電極としての電極特性を実測評価するとともに、数値計算を用いてシミュレーションすることで、上述A~C値の最適仕様を検討する。最大到達目標として、A:5 μm 、B:10 μm 、C:256(ch)を目指す。最低でもA:20 μm 、B:100 μm 、C:64(ch)をクリアする。

(2)高張力鋼板表面で起こる腐食反応を模した透過水素量測定セル[M. A. V. Devanathan et al., *J. Electrochem. Soc.*, 110, 886-890 (1963)]に、微小電極配列構造体とマルチポテンシオ/ガルバノスタットを組み合わせる。腐食面におけるカソード分担反応の(溶存水素濃度)分布を面分解能D、時間分解能Eで測定可能にする。また、鋼板裏側まで透過した水素を酸化させた際の(プロトン濃度)分布を面分解能F、時間分解能Gで測定可能にする。それぞれの最大到達目標として、DとF:5 μm 、EとG:10ms、最低でもDとF:20 μm 、EとG:100msを目指す。

(3)試料であるステンレス鋼またはチタンの表面近傍に微小電極配列構造体を配置する。試料表面を覆う不働態皮膜がハロゲン化物イオンの攻撃を受けて局部的に破壊される前後、界面反応生成物および反応物を電気化学測定することにより、一連の不働態皮膜破壊過程を(2)同様の到達目標(面分解能および時間分解能)で解析し、局部腐食発生反応の基礎知見を得る。さらに、試料の化学組成(介在物種)や金属組織(結晶粒、粒界)の影響についても検討する。

4. 研究成果

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業微細加工ナノプラットフォーム事業早稲田大学微細加工ナノプラットフォームのフォトリソグラフィおよびMEMSの

加工施設において、直径 $A=10\ \mu\text{m}$ の微小ディスク電極を間隔 $B=100\ \mu\text{m}$ 、 $C=16\times 16\text{ch}$ の格子状に配列した微小電極配列構造体の作製に成功した。北海道大学に既存する 32ch マルチポテンシオスタット (IVIUM Technologies 社製) あるいは特別注文した 64ch マルチポテンシオスタット (シュリンクス社製) を用いて、個々の微小電極単独の電極特性を実測したところ、 $\pm 25\%$ のバラ付きはあるものの全電極は微小電極としての振る舞いを示した。また、 $8\times 8\text{ch}$ 電極集合体の電極特性を実測したところ、個々の微小電極上に形成する拡散層の干渉挙動が見られ、有限要素法を用いた 3 次元拡散方程式の数値計算から予想された通りの結果となった。動電位分極中の干渉程度は、電極サイズの規格化関数によって表示できることを示した。しかし、256ch 微小電極配列構造体中の微小電極特性のバラ付きの是正の他、64ch マルチチャンネルポテンシオスタットの微弱電流検出感度向上および最大 4 台の並列 (256ch) 動作が未解決課題として残され、研究目的であったヘテロ反応のイメージングプレート完成には至っていない。

フェライト相およびマルテンサイト相からなる二相鋼上の腐食反応および不働態表面上で起こるヘテロ反応を SECM あるいは微小キャピラリセルを用いて検討した結果、マルテンサイト相上の不働態皮膜はフェライト相上に形成する皮膜よりも電気化学反応性に富むことを示した。

局所水素透過測定可能な Devanathan 型水素透過測定セルを開発した。水素透過能の測定感度向上のために、水素侵入側溶液の交流対流法を新しく導入した。単結晶上および粒界を含む二結晶上での水素透過能を測定・解析した結果、粒界では結晶粒中よりも約 5 桁大きな水素拡散係数を有することが示唆された。

極微量の硫化物イオンを試料表面上に脳化させることを可能とする液中イオン銃を開発した。銀電極の他、各種ステンレス鋼上で硫化物イオン濃化実験を実施した結果、銀の硫化物やステンレス鋼不働態の局部劣化に成功した。弱アルカリ性溶液中、濃化した硫化水素イオンの一部は皮膜上に吸着し、酸化皮膜の健全な成長を妨げ、SECM により観察できる程度の電気化学反応活性を示すことが明らかになった。しかしながら、不働態皮膜の局部破壊実験には至っていない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 10 件)

1. J.-S. Lee, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Effect of Hydrogen Sulfide Ions on the Passive Behavior of Type 316L Stainless Steel, *J. Electrochem. Soc.*, 162(14), C685-C692 (2015). 査読有
DOI: 10.1149/2.0861512jes.
2. Y. Yamamoto, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, FEM Analysis for Sinusoidal Perturbation of Hydrogen Permeation into a Steel Sheet, *ISIJ Int.*, 56(3), 472-477 (2016). 査読有
DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2015-306.
3. K. Fushimi, M. Jin, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, "Hydrogen Permeation into a Carbon Steel Sheet Observed by a Micro-capillary Combined with a Devanathan-Stachurski Cell", *ISIJ Int.*, 56(3), 431-435 (2016). 査読有
DOI: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2015-191.
4. J.-S. Lee, K. Fushimi, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Development of a Liquid-phase Ion Gun and its Application for Sulfidation of Silver Surface, *J. Electrochem. Soc.*, 162(4), C115-C120 (2015). 査読有
DOI: 10.1149/2.0071504jes.
5. K. Yanagisawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Passivity of dual phase carbon steel with ferrite and martensite phases in pH 8.4 boric acid-borate buffer solution, *J. Electrochem. Soc.*, 162(7), C322-C326 (2015). 査読有
DOI: 10.1149/2.0471507jes.
6. J.-S. Lee, K. Fushimi, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Development of a Liquid-phase Ion Gun and its Application for Sulfidation of Silver Surface, *J. Electrochem. Soc.*, 162(4), C115-C120 (2015). 査読有
DOI: 10.1149/2.0071504jes.
7. Y. Takabatake, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Grain-dependent Passivation of Iron in Sulfuric Acid Solution, *J. Electrochem. Soc.*, 161(14), C594-C600 (2014). 査読有
DOI: 10.1149/2.0901414jes.
8. J.-S. Lee, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Y.-S. Park, Corrosion Behaviour of Ferrite and Austenite Phases on Super Duplex Stainless Steel in a Modified Green-death Solution, *Corros. Sci.*, 89(12), 111-117 (2014). 査読有
DOI: 10.1016/j.corsci.2014.08.014.
9. K. Fushimi, M. Jin, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, T. Kawano, M. Kimura; Convection-dependent Hydrogen Permeation into a Carbon Steel Sheet, *ECS Electrochem. Lett.*, 3(6), C21-C23 (2014). 査読有
DOI: 10.1149/2.011406eel.

10. K. Fushimi, K. Yanagisawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, T. Kawano, M. Kimura; Microelectrochemistry of Dual-phase Steel Corroding in 0.1 M Sulfuric Acid, *Electrochim. Acta*, 114(12), 883-887 (2013). 査読有
DOI: 10.1016/j.electacta.2013.09.162.
- [学会発表] (計53件)
1. 西村基, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 炭素鋼の動電位分極曲線に対する添加アニオンの影響, 電気化学会第83回大会, 阪大, 吹田, 3/29-31(2016).
 2. Y. Yamamoto, M. Jin, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Novel measurement method of local hydrogen diffusion behavior in steel sheet: utilizing sine-wave perturbation and micro-capillary technique, Hokkaido Univ.-Univ. of California, Berkeley Joint Symposium on Chemical Sciences and Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo, Japan, 1/7 (2016).
 3. Y. Takabatake, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Effects of crystallographic orientation on thermal oxidation of polycrystalline iron, Hokkaido Univ.-Univ. of California, Berkeley Joint Symposium on Chemical Sciences and Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo, Japan, 1/7 (2016).
 4. J.-S. Lee, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Degradation of passive film formed on type 316L stainless steel by using liquid-phase ion gun, Hokkaido Univ.-Univ. of California, Berkeley Joint Symposium on Chemical Sciences and Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo, Japan, 1/7 (2016).
 5. Y. Yamamoto, M. Jin, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Local Hydrogen Penetration Measurement on Steel Sheet Using Sine Wave Perturbation Method, The 18th Hokkaido Univ.-Seoul National Univ. Joint Symposium, Seoul, Korea, 11/27 (2015).
 6. 高島勇, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 多結晶純鉄上に形成した不均一な熱酸化皮膜についての解析, コロージョン・ドリーム 2015-若手研究者発表会-, 北大, 札幌, 11/20 (2015).
 7. 西村基, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 酸性溶液中の鉄の腐食抑制反応における電極の幾何学の影響, 第61回材料と環境討論会, 福工大, 福岡, 11/4-6 (2015).
 8. 後藤優明, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 不働態鉄表面のSECM 観察用レドックスメディエータの検討と適用, 第62回材料と環境討論会, 福工大, 福岡, 11/4-6 (2015).
 9. J.-S. Lee, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Passivity of Type 316L Stainless Steel in a Solution Containing Hydrogen Sulfide Ion, 第61回材料と環境討論会, 福工大, 福岡, 11/4-6 (2015).
 10. 高島勇, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 多結晶純鉄上に形成した熱酸化皮膜の光学および電気化学的解析, 第61回材料と環境討論会, 福工大, 福岡, 11/4-6 (2015).
 11. 後藤優明, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 不働態鉄表面のSECM 観察用レドックスメディエータの評価, 第5回CSJ化学フェスタ 2015, タワーホール船堀, 東京, 10/13-15 (2015).
 12. 山本悠大, 神実紗子, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 鋼板内における水素拡散係数の局所測定, 第5回CSJ化学フェスタ 2015, タワーホール船堀, 東京, 10/13-15 (2015).
 13. K. Fushimi, Y. Yamamoto, M. Jin, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Effect of Fluctuation of Electrolyte Flow Rate in Hydrogen Entry Cell on Hydrogen Permeation into Steel Sheet, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center, Phoenix, 10/11-15 (2015).
 14. Y. Takabatake, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Heterogeneous Thermal Oxide Film Formed on Polycrystalline Pure Iron, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center, Phoenix, 10/11-15 (2015).
 15. J.-S. Lee, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Effect of Hydrogen Sulfide Ions on a Passivation Behavior of Type-316L Stainless Steel, 228th ECS Meeting, Phoenix Convention Center, Phoenix, 10/11-15 (2015).
 16. Y. Yamamoto, M. Jin, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Local Measurement of Hydrogen Diffusion in Steel Sheet, 66th ISE Annual Meeting, TICC, Taipei, Taiwan, 10/4-9 (2015).
 17. J.-S. Lee, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, K. Fushimi, Passivation Behavior of Type-316L Stainless Steel in Presence of Hydrogen Sulfide Ions Generated from Liquid-Phase Ion Gun, 66th ISE Annual Meeting, TICC, Taipei, Taiwan, 10/4-9 (2015).
 18. K. Fushimi, M. Jin, Y. Yamamoto, Hydrodynamic Perturbation for Local Detection of Hydrogen Permeation into

- Steel Sheet, CAMP-ISIJ Recent progress of hydrogen-passive surface on steels to prevent hydrogen embrittlement, Kyushu Univ., Fukuoka, Japan, 9/18-20 (2015).
19. K. Fushimi, M. Jin, Y. Yamamoto, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Hydrodynamic Effect of Entry Side Cell on Hydrogen Permeation into Steel Sheet, Eurocorr 2015, Conference Center, Graz, Austria, 9/6-15 (2015).
 20. 後藤優明, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 伏見公志, 不働態鉄表面のSECM 観察用レドックスメディエータの適用, 第31回ライラックセミナー・第21回若手研究者交流会, おこばち山荘, 小樽, 6.27-28 (2015).
 21. 山本悠大, 神実紗子, 伏見公志, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 流速正弦波制御を用いた鋼板中の水素拡散係数の測定, 材料と環境 2015, 東電大, 東京, 5/18-20 (2015).
 22. 西村基, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 小寺史浩, 硫酸酸性ナトリウム水溶液中の鉄不動態化挙動の電極サイズ依存性, 材料と環境 2015, 東電大, 東京, 5/18-20 (2015).
 23. 高島勇, 伏見公志, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 多結晶純鉄上に形成した熱酸化皮膜の不均一性, 電気化学会第82回大会, 横国大, 横浜, 3/15-17 (2015).
 24. 後藤優明, 伏見公志, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 不働態鉄表面のSECM 観察用レドックスメディエータの検討, 電気化学会第82回大会, 横国大, 横浜, 3/15-17 (2015).
 25. 山本悠大, 伏見公志, 中西貴之, 北川裕一, 長谷川靖哉, 小規模微小電極アレイ上に形成される拡散層の数値計算, 電気化学会第82回大会, 横国大, 横浜, 3/15-17 (2015).
 26. 伏見公志, 多結晶金属表面異方性反応のその場観察, 第7回NIMS-HU腐食シンポジウム, 北大, 札幌, 2/25 (2015).
 27. K. Fushimi, Anisotropic corrosion of anodizing iron and titanium surface, International seminar on surface science, passivity and corrosion of metals "Aurora Seminar", MS Kong Harald, Trondheim-Tromso, Norway, 1/18-20 (2015).
 28. 伏見公志, 電極反応(特に物質輸送過程)の可視化とその有用性, 腐食防食学会腐食のシミュレーション分科会第1回研究会, 東工大, 東京, 12/24 (2014).
 29. 神実紗子, 伏見公志, 山本悠大, 北川裕一, 中西貴之, 長谷川靖哉, 微小電気化学法を用いた炭素鋼板へ侵入・透過する水素の局部測定, 第61回材料と環境討論会, 米子ビッグシップ, 米子, 11/26-28 (2014).
 30. J.-S. Lee, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Y.-S. Park, Anodic Dissolution Sequence of Super Duplex Stainless Steel in an Acidic Chloride Solution, 19th International Corrosion Congress, International Convention Center Jeju, Korea, 11/2-6 (2014).
 31. J.-S. Lee, K. Fushimi, Y. Kitagawa, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Local Sulfidation on Silver by Using Sulfide Generation System, コロージョン・ドリーム 2014-若手研究者セミナー, 阪大, 吹田, 10/23 (2014).
 32. 山本悠大, 神実紗子, 伏見公志, 鋼板中の水素透過に対する流速制御の影響, 日本鉄鋼協会第168回秋期講演大会, 名大, 名古屋, 9/26 (2014).
 33. 伏見公志, 神実紗子, 山本悠大, 中西貴之, 長谷川靖哉, 炭素鋼板に水素侵入する際に水素侵入面の物質輸送が及ぼす影響, 日本鉄鋼協会 材料の組織と特性部会 革新的水素不働態表面構築の原理探求研究会「革新的水素不働態表面の構築に向けて III」, 名大, 名古屋, 9/24 (2014).
 34. 山本悠大, 神実紗子, 伏見公志, 中西貴之, 北川裕一, 長谷川靖哉, 鋼板中の水素透過に及ぼす流速制御の影響計算, 第4回CSJ化学フェスタ2014, タワーホール船堀, 東京, 10/15 (2014).
 35. J.-S. Lee, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Development of a Liquid-phase Sulfide Ion Gun for Localized Sulfidation of Metal Surfaces, Eurocorr 2014, Pisa, Italy 9/8-12 (2014).
 36. Y. Takabatake, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Grain-dependency of passive oxide film formed on iron in sulphuric acid, Eurocorr 2014, Pisa, Italy, 9/8-12 (2014).
 37. Y. Takabatake, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Micro-electrochemical reactivity of iron single crystal grain during anodic polarisation in 0.05 mol dm⁻³ sulphuric acid aqueous solution, 65th ISE Annual Meeting, EPFL, Lausanne, Switzerland, 8/31-9/5 (2014).
 38. Y. Yamamoto, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, M. Saito, T. Homma, Redox reaction current on multi-microdisc electrode, 65th ISE Annual Meeting, EPFL,

- Lausanne, Switzerland, 8/31-9/5 (2014).
39. K. Yanagisawa, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, T. Kawano, M. Kimura, Corrosion of dual-phase carbon steel in 0.1 mol dm⁻³ sulphuric acid aqueous solution, 65th ISE Annual Meeting, EPFL, Lausanne, Switzerland, 8/31-9/5 (2014).
 40. 山本悠大, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 微小円盤電極アレイに流れる酸化還元電流の数値計算, 第30回ライラックセミナー・第20回若手研究者交流会, おこばち山荘, 小樽, 6/28-29 (2014).
 41. 柳澤慧, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 二相炭素鋼上の不働態皮膜解析, 第30回ライラックセミナー・第20回若手研究者交流会, おこばち山荘, 小樽, 6/28-29 (2014).
 42. 神実紗子, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 水素発生電極面上の対流が及ぼす水素透過挙動への影響, 第30回ライラックセミナー・第20回若手研究者交流会, おこばち山荘, 小樽, 6/28-29 (2014).
 43. Y. Takabatake, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Effect of Metallographic Structure on Electrochemical Oxidation of Pure Iron, The 3rd FCC International Symposium "Challenge at the Frontier of Chemical Sciences", Hokkaido Univ., Sapporo, Japan, 6/13-14 (2014).
 44. J.-S. Lee, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Reduction of Ag₂S-microelectrodes as Sulfide Ion Generator, The 3rd FCC International Symposium "Challenge at the Frontier of Chemical Sciences", Hokkaido Univ., Sapporo, Japan, 6/13-14 (2014).
 45. J.-S. Lee, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Generation of Sulfide Ions from Ag-Microelectrode on Iron Electrode, AST2014, Chateraise Gateaux Kingdom Sapporo Hotel & Spa Resort, Sapporo, Japan, 6/4-6 (2014).
 46. Y. Takabatake, K. Fushimi, T. Nakanishi, Y. Hasegawa, Anodic Oxide Film Formed on Iron Depending on Crystallographic Orientation, AST2014, Chateraise Gateaux Kingdom Sapporo Hotel & Spa Resort, Sapporo, Japan, 6/4-6 (2014).
 47. 高島勇, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 硫酸中における純鉄の結晶面方位に依存した腐食挙動, 材料と環境2014, 一橋記念講堂: 学術総合センター, 5/18-20 (2014).
 48. 神実紗子, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 河野崇史, 木村光男, 鋼板水素透過現象に対する水素発生面の物質輸送が及ぼす影響, 材料と環境2014, 一橋記念講堂: 学術総合センター, 5/18-20 (2014).
 49. 柳澤慧, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 河野崇史, 木村光男, 不働態二相炭素鋼の不均一性, 材料と環境2014, 一橋記念講堂: 学術総合センター, 5/18-20 (2014).
 50. 高島勇, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 硫酸中における結晶面方位に依存した純鉄の酸化皮膜の形成, 電気化学会第81回大会, 関大, 吹田, 3/29-31 (2014).
 51. 河野崇史, 梶山浩志, 柳澤慧, 伏見公志, SECMによる二相炭素鋼の電気化学特性不均一解析, 日本鉄鋼協会第167回春季講演大会, 東工大, 東京, 3/21-23 (2014).
 52. 柳澤慧, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 河野崇史, 木村光男, 二相炭素鋼表面状に形成する不働態皮膜の不均一性, 表面技術協会第129回講演大会, 東理大, 野田, 3/13-14 (2014).
 53. 山本悠大, 伏見公志, 中西貴之, 長谷川靖哉, 齋藤美紀子, 本間敬之, 多チャンネル微小電極アレイの作製とその電極特性評価, 表面技術協会第129回講演大会, 東理大, 野田, 3/13-14 (2014).
- 〔図書〕 (計0件)
 〔産業財産権〕
 ○出願状況 (計0件)
 ○取得状況 (計0件)
 〔その他〕 ホームページ等 なし
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
 伏見 公志 (FUSHIMI, Koji)
 北海道大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号: 20271645
 - (2) 研究分担者
 なし
 - (3) 連携研究者
 本間 敬之 (HOMMA, Takayuki)
 早稲田大学・理工学術院・教授
 研究者番号: 80238823
 齋藤 美紀子 (SAITO, Mikiko)
 早稲田大学・ナノテクノロジー研究所・准教授
 研究者番号: 80386739
 - (4) 研究協力者
 李 俊燮 (LEE, Jun-Seob)
 高島 勇 (TAKABATAKE, Yu)
 柳澤 慧 (YANAGISAWA, Kei)
 神 美紗子 (JIN, Misako)
 山本 悠大 (YAMAMOTO, Yudai)