

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25249106

研究課題名(和文)イオン液体電析プロセスにおける「水」～その統合的理解、排除と積極活用～

研究課題名(英文)An Integrated Approach to Water in Ionic Liquid-based Electrodeposition Baths

研究代表者

邑瀬 邦明 (MURASE, KUNIAKI)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30283633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,400,000円

研究成果の概要(和文)：イオン液体 - 金属塩 - 水共存系に関する浴物性(水分飽和濃度、粘度、伝導度、熱物性など)を調べるとともに、浴中での金属イオンの溶媒和状態を考察した。金属塩を含むイオン液体に水分を添加することによって、サブミクロンサイズの逆ミセルが生じる現象を見いだした。一方、粘性の大きなイオン液体中において電極界面を可視化するためのFM-AFM法を開発した。光干渉変位検出装置の導入やシリコン探針の先鋭化法を見いだした。イオン液体中において水は金属イオンに対して中性の配位子となる。これをヒントに中性のグライム類を加えたイオン液体浴を使う新しい金属電析を展開し、マグネシウムやアルミニウムの室温電析に成功した。

研究成果の概要(英文)：Physical properties, such as water solubility, viscosity, electrical conductivity, and thermal stability, of ionic liquids containing metal salts and/or water were investigated to discuss the solvation of metal ions in the pseudoternary ionic liquid - metal salt - water systems. Submicron-sized inverse micelles were found to be formed by the addition of trace water to ionic liquids containing metal ions. To achieve high-resolution imaging of the viscous ionic liquids / electrode interfaces, so-called solvation structures, a new class of FM-AFM system was developed by the introduction of a displacement sensing using optical interferometer and a novel sharpening process for silicon probes. Being inspired by the fact that, in ionic liquid media, water molecules act as neutral ligands, a series of ionic liquid-based baths containing neutral glymes were tried as metal electrodeposition baths. The use of glymes made the electrodeposition of Mg and Al possible at room temperatures.

研究分野：材料電気化学

キーワード：金属生産工学 電気化学 溶液化学 金属電析 走査プローブ顕微鏡 イオン液体 水 グライム類

1. 研究開始当初の背景

イオン液体(図1)とは、室温で液体状態を保つイオン性物質の総称であり、難揮発性、化学的安定性(難燃性)、広電位窓といった特徴をもつ。これを活かし、電解技術、分離技術、リサイクリング技術など金属・資源生産工学分野にイオン液体を応用しようとする研究が飛躍的に増えた。研究代表者(呂瀬)は水溶液系の湿式冶金研究に力を注ぐ一方、疎水性イオン液体系の電析研究にも早期(1996年)に着手した。イオン液体を用い、貴なCuから、卑なNi, Zn, Mg, Liまで、幅広く電析研究を展開した。

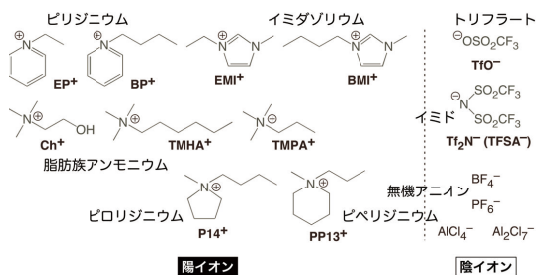


図1 イオン液体を構成する主なイオン種

その後、研究は金属電池へと広がり、研究代表者らはその過程で、イオン液体はたとえそれが「疎水性」であっても、合成過程や環境由来の水分を多少含み、その「影響」と「効果」が小さくないとの認識をもった。例えば、同じイオン液体でも供給元が異なると電析の拡散限界電流に違いが見られ、そこには残留水分の違いが影響していた。また、意図的に水分を加えたイオン液体において酸化亜鉛の電析や、マグネシウムのアノード溶解が促進される現象を見いだした。このように、イオン液体における残留水分は、電析や電池をはじめ、イオン液体プロセス全体において無視できない因子であり、その系統的な整理は学術的に重要とであると考えられた。

2. 研究の目的

イオン液体-金属塩-水共存系に関する溶物性(水分飽和濃度、粘度、伝導度、熱物性など)の基礎データを得た上で、金属イオンや電極界面の溶媒和状態を明らかにすること、ならびに電極界面の可視化法の開発を第一の目的とした。ここでは、イオン液体から水分を排除した真空系での挙動、ならびに水分をイオン液体に積極添加した際の物理化学的/電気化学挙動をあわせて検討した。さらに、イオン液体中で水が中性配位子としてふるまうことをヒントに、中性のグライム類を加えたイオン液体を使う、新しい金属電析(マグネシウムやアルミニウム)への研究展開を図るとともに、水を構成成分とする新規なイオン液体創成についても研究した。

3. 研究の方法

イオン液体の取扱いにはグローブボックス装置もしくは開放型ドライチャンバーを

利用した。水分含量はKarl Fischer滴定、粘度は振動式粘度計、電気伝導度は微小な平板電極を用いた浸漬型伝導率セルによりそれぞれ計測した。電極電位は起電力法により決定した。また、イオン液体中での水分子の状態解析にはFT-IR測定やDLS(動的光散乱)等の手法を用いた。電析物の評価には、SEM観察やXRD(X線回折)など、常套とされる手段を用いた。

4. 研究成果

1) イオン液体-金属塩-水共存系の物性

金属塩を含有するイオン液体に対する飽和水分含量および算出された配位数の一例を表1にまとめる。イオン半径に応じた金属イオンのルイス酸性度と水分含量の相関性が明らかとなった。また、ストロンチウム塩

表1 濃度50 mMの2価の金属イオンを含むイオン液体TMHA-Tf₂Nの飽和水分含量

金属塩	金属イオン	飽和水分含量 (ppm)	配位数	イオン半径 (Å)
Zn(Tf ₂ N) ₂	Zn ²⁺	1.85	10	0.90
Mg(Tf ₂ N) ₂	Mg ²⁺	1.80	10	0.89
Ca(Tf ₂ N) ₂	Ca ²⁺	1.76	8.7	1.12
Sr(Tf ₂ N) ₂	Sr ²⁺	1.74	8.4	1.26
Cd(Tf ₂ N) ₂	Cd ²⁺	1.60	6.3	1.10
Ba(Tf ₂ N) ₂	Ba ²⁺	1.29	1.7	1.42

など、いくつかの金属塩含有イオン液体に飽和量以下の水分を加えたところチンダル現象を呈し、サブミクロンサイズの水の逆ミセルが形成されていることをDLS測定から明らかにした。FT-IR測定からはこのとき、イオン液体のアニオンと水素結合した水分子(free water)と逆ミセルを形成するバルク状態の水(liquid-like water)が平衡共存していることを見いだした(図2)。ストロンチウム塩Sr(Tf₂N)₂添加時の逆ミセル径はEMI-Tf₂N > BMI-Tf₂N > PP13-Tf₂Nの順に小さくなり、これにはカチオンのアルキル鎖長が関与しているものと考察しているが、DLS測定値自体にばらつきが大きいことが測定上の課題となっている。逆ミセル形成は表1のイオン種に加え、1価のLi⁺やAg⁺においても見られており、現在、金属イオン種による挙動の違いを継続して調べている。

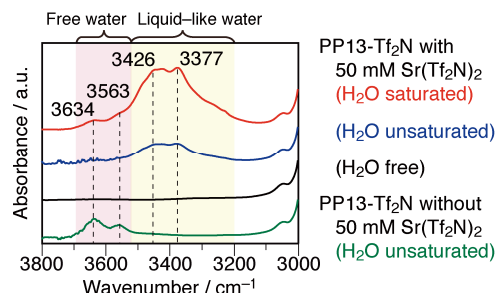


図2 PP13-Tf₂N-Sr(Tf₂N)₂-H₂O 混合系のFT-IRスペクトル

2) 電極電解液界面の構造解析に関する研究
 周波数変調原子間力顕微鏡 (FM-AFM) を用いるイオン液体-電極界面の可視化に関する研究に取り組んだ。まず、本手法の特徴である音叉型水晶振動子 (QTF) のノイズ低減を目指し、光干渉計を変位検出系へ導入した (図 3)。光ファイバの端面と QTF 背面との間で干渉現象が起こることを確認し、いくつかの改善によって干渉状態を安定させることに成功した。また、光ファイバを偏波保持ファイバ (PMF) に変更し、劈開したファイバ端面へ Au を蒸着することで装置の高感度化に成功した (図 4)。

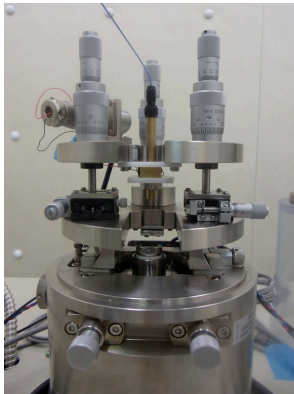


図 3 イオン液体中 AFM 用の光干渉変位検出装置の外観

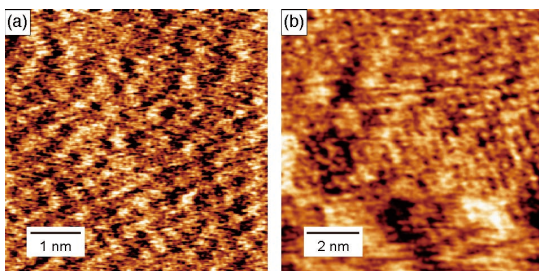


図 4 イオン液体 EMI-AcO 中におけるアルカノール単分子膜の表面形状像

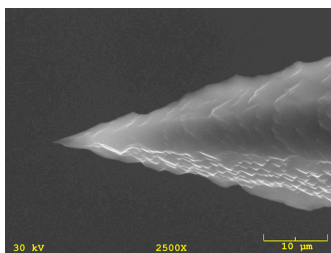


図 5 二段階エッチングにより先鋭化したシリコン探針の SEM 像

さらに、従来のタングステン探針ではなく、より軽量かつ比較的硬い (ヤング率の高い) シリコン探針を検討することにし、フッ酸水溶液中での電解研磨と水酸化カリウム水溶液中での異方性エッチングからなる二段階エッチングプロセスを確立した (図 5)。これらの結果を踏まえ、純粋なイオン液体ならびに電解質を添加したイオン液体におい

て、電極表面の構造分析に取り組んだ。とくに、リチウムイオン電池正極界面において脱挿入平衡状態でのリチウムイオンの分布の可視化に成功した成果は大きく、真空下での観察に主眼をおいた研究分担者 (一井) による研究課題 (基盤研究 B、課題番号 26286050) へと展開している。

3) 水分添加イオン液体の電気化学

水の添加にともなう金属の酸化還元電位を Ag^+/Ag 系を例にとりて起電力法により決定した。水分子の添加は Ag^+ イオンの活量を下げること、すなわち添加した水分子はイオン液体中において金属陽イオンに優先配位していることを見いだした。その程度は、イオン液体を構成するアニオンに対する水分子の親和性とのあいだに相関が認められた。

水を添加したイオン液体浴を活用する電気化学プロセスに関しては、p 型半導体である亜酸化銅 Cu_2O の薄膜成長にターゲットをあて、乳酸水溶液系との比較研究に着手した。研究はまだ途上であるが、水溶液系電解浴中の Cu(II) 錯体種が、これまで考えられてきたものとは異なる $\text{Cu}(\text{H}_1\text{L})_2^{2-}$ (H_1L は乳酸のカルボキシ基と水酸基の両方のプロトンが解離した配位子) であることを滴定ならびに分光学的手法により明らかにした。

4) 初期目標以外の研究成果

グライム添加イオン液体からの金属電析

水と同様に中性分子であるグライム類を添加したイオン液体 $\text{PP13-Tf}_2\text{N}$ を溶媒に用い、金属 Mg 電析を試みたところ、イオン液体単独の溶媒ではこれまで成功していなかった金属 Mg の可逆的な還元析出/酸化溶解が可能になることを見いだした。 $\text{Mg}(\text{Tf}_2\text{N})_2$ を含むイオン液体において、 Mg^{2+} イオンはアニオン錯体 $\text{Mg}(\text{Tf}_2\text{N})_3^-$ の状態にある。ここに添加されたグライム類は Mg^{2+} に優先配位して中性錯体 $\text{Mg}(\text{glymes})_n^{2+}$ を形成することが、ラマンスペクトルならびに晶出物の単結晶 X 線構造解析から明らかとなった (図 6)。また、グライム類を溶媒とすれば金属 Al の電析も容易になることが同時に見いだされ、このような錯体電荷制御の重要さは、研究代表者 (邑瀬) によるその後の研究課題 (挑戦的萌芽研究、課題番号 26630380 ならびに基盤研究 A、課題番号 16H02411) の立案、ならびに研究分担者による多価イオン電池研究 (若手研究 B、課題番号 15K18253) へと活かされている。

水を構成成分とする新規なイオン液体

水を積極活用、すなわち水を構成成分に取り込んだ新しいタイプのイオン液体として、クラウンエーテル 18-crown-6 の包摂されたヒドロニウムイオン H_3O^+ をカチオン種とするイオン液体を初めて合成した。この成果を展開するため、研究分担者 (北田) が平成 29 年度に予算申請を行う予定である。

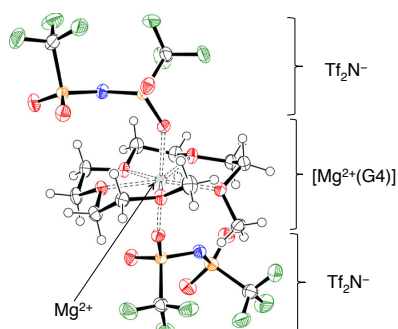


図6 単結晶X線回折による Mg^{2+} イオンへのグライム類 (tetraglyme; G4) の配位構造

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計7件)

1. A. Kitada, Y. Kang, K. Matsumoto, K. Fukami, R. Hagiwara, and K. Murase, Room Temperature Magnesium Electrodeposition from Glyme-Coordinated Ammonium Amide Electrolytes, *J. Electrochem. Soc.*, **162**, D389-D396 (2015), 査読有
DOI: 10.1149/2.0731508jes
2. T. Ichii, N. Tagai, K. Omori, T. Uchida, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, Two-step Sharpening Process for Silicon Probe in Quartz-based Atomic Force Microscopy Sensor, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **54**, 98005 (2015), 査読有
DOI: 10.7567/JJAP.54.098005
3. T. Ichii, Y. Furutani, M. Negami, T. Utsunomiya, K. Murase, and H. Sugimura, True Molecular-resolution Imaging on Alkanethiol Self-assembled Monolayers in Ionic Liquids by Frequency Modulation Atomic Force Microscopy Utilizing a Quartz Tuning Fork Sensor, *Chem. Lett.*, **44**, 459-461 (2015), 査読有
DOI: 10.1246/cl.141107
4. A. Kitada, K. Nakamura, K. Fukami, and K. Murase, $AlCl_3$ -dissolved Diglyme as Electrolyte for Room-Temperature Aluminum Electrodeposition, *Electrochemistry*, **82**, 946-948 (2014), 査読有
DOI: 10.5796/electrochemistry.82.946
5. T. Ichii, M. Negami, M. Fujimura, K. Murase, and H. Sugimura, Structural Analysis of Ionic-liquid/Organic-monolayer Interface by Phase Modulation Atomic Force Microscopy Utilizing a Quartz Tuning Fork Sensor, *Electrochemistry*, **82**, 380-384 (2014), 査読有
DOI: 10.5796/electrochemistry.82.380
6. A. Kitada, Y. Kang, Y. Uchimoto, and K. Murase, Room-Temperature Electrodeposition of Mg Metal from Amide Salts Dissolved in Glyme-Ionic Liquid Mixture, *J. Electrochem. Soc.*, **161**, D102-D106 (2014), 査読有
DOI: 10.1149/2.011403jes
7. K. Murase, I. Sasaki, A. Kitada, Y. Uchimoto, T. Ichii, and H. Sugimura, Enhanced Anodic Dissolution of Magnesium in Quater-

nary-Ammonium-Based Ionic Liquid Containing a Small Amount of Water, *J. Electrochem. Soc.*, **160**, D453-D458 (2013), 査読有
DOI: 10.1149/2.057310jes

〔学会発表〕 (計46件)

1. 竹岡 駿, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, クラウンエーテル包摂ヒドロニウムイオンを用いた新規イオン液体の合成, 電気化学会第83回大会, 2016年3月29日, 大阪大学
2. 陳 天羽, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 滴定法による水溶液系 Cu_2O 電析浴中の化学種の検討, 電気化学会第83回大会, 2016年3月29日, 大阪大学
3. 一井 崇, 内田辰徳, 橋田晃宜, 宇都宮 徹, 杉村博之, イオン液体電解液中におけるチタン酸リチウム表面の原子スケールAFM構造分析, 電気化学会第83回大会, 2016年3月29日, 大阪大学
4. 一井 崇, 高粘度イオン液体中での高分解能原子間力顕微鏡分析, 神戸大学統合研究拠点「次世代サブサーフェスイメージングシステム研究」プロジェクトスタートアップセミナー(第2部), 2016年3月23日 (招待講演)
5. T. Uchida, M. Kitta, T. Ichii, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, Structural Analysis of $Li_4Ti_5O_{12}(111)$ Surfaces in Ionic Liquid by Frequency Modulation Atomic Force Microscopy, Pacificchem 2015, Dec. 19, 2015, Honolulu, Hawaii, USA
6. S. Takeoka, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Synthesis of an Ionic Liquid with Hydronium Cation Encapsulated by Crownether, Pacificchem 2015, Dec. 18, 2015, Honolulu, Hawaii, USA
7. T. Ichii, T. Uchida, M. Kitta, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, Atomic-resolution Imaging of a Spinel $Li_4Ti_5O_{12}(111)$ Surface in Ionic Liquid by FM-AFM, The 23rd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Dec. 12, 2015, Niseko, Hokkaido, Japan
8. T. Ichii, T. Uchida, M. Kitta, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, Atomic-resolution Imaging of a Spinel $Li_4Ti_5O_{12}(111)$ Surface in Ionic Liquid by Frequency Modulation Atomic Force Microscopy, The international symposium on "Recent Trends in Analysis Techniques for Functional Materials and Devices", Dec. 3, 2015, Osaka University (招待講演)
9. 中村 佳, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 高沸点エーテル系溶媒を用いたアルミニウムめっき, 第17回関西表面技術フォーラム, 2015年11月26日, 甲南大学
10. 北田 敦, 邑瀬邦明, 難揮発性電解液を用いた金属アルミニウムまたは金属マグネシウムの室温電析, 電気化学会電池技術委員会 第93回新電池構想部会, 2015年10月30日, 大阪府立大学 (招待講演)

11. 内田辰徳, 橘田晃宣, 一井 崇, 宇都宮 徹, 杉村博之, 周波数変調 AFM による Li 塩添加イオン液体電解液/チタン酸リチウム $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (111) 界面の構造分析, 第 6 回イオン液体討論会, 2015 年 10 月 27 日, 同志社大学
12. K. Nakamura, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Characterization of AlCl_3 /Diglyme Solution for Aluminum Electrodeposition, 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Oct. 7, 2015, Taipei, Taiwan
13. A. Kitada, Y. Kang, K. Nakamura, K. Fukami, and K. Murase, Room Temperature Electrodeposition of Elemental Magnesium and Aluminum from Glyme-Based Electrolytes, 66th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Oct. 7, 2015, Taipei, Taiwan
14. 内田辰徳, 橘田晃宣, 一井 崇, 宇都宮 徹, 杉村博之, リチウム塩添加イオン液体電解液中におけるチタン酸リチウム $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (111) 表面の FM-AFM 構造解析, 第 76 回応用物理学学会秋季学術講演会, 2015 年 9 月 16 日, 名古屋国際会議場
15. T. Ichii, T. Uchida, M. Kitta, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, Atomic-resolution Imaging of a Spinel $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (111) Surface in Ionic Liquid by FM-AFM, 18th International Conference on Noncontact Atomic Force Microscopy, Sep. 8, 2015, Cassis, France
16. 邑瀬邦明, 乳酸水溶液からの Cu_2O 薄膜電析, 資源・素材 2015(松山), 2015 年 9 月 10 日, 愛媛大学 (招待講演)
17. 北田 敦, 難揮発性電解浴を用いた金属マグネシウムとアルミニウムの室温電析, 資源・素材 2015(松山), 2015 年 9 月 9 日, 愛媛大学 (招待講演)
18. 中村 佳, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 難揮発性グライム浴からの室温アルミニウム電析, 資源・素材 2015(松山), 2015 年 9 月 8 日, 愛媛大学
19. 一井 崇, qPlus AFM による固-液界面分析と電気化学への応用, 顕微鏡学会 SPM 分科会主催シンポジウム@JASIS コンファレンス「先端プローブ顕微鏡(SPM)によるグリーンデバイス・材料解析」, 2015 年 9 月 3 日, 幕張メッセ (招待講演)
20. 姜 唯宇, 北田 敦, 松本一彦, 深見一弘, 萩原理加, 邑瀬邦明, アミド塩を含むイオン液体-グライム混合電解液における Mg 化学種の検討, 電気化学会第 82 回大会, 2015 年 3 月 16 日, 横浜国立大学
21. 内田辰徳, 橘田晃宣, 一井 崇, 宇都宮 徹, 杉村博之, チタン酸リチウム $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (111) 表面のイオン液体中 FM-AFM 観察, 第 62 回応用物理学学会春季学術講演会, 2015 年 3 月 12 日, 東海大学
22. T. Ichii, K. Omori, T. Uchida, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, Si Probe Attached qPlus Sensor for Imaging in Liquid Environment, The 22nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy, Dec. 11, 2014, Higashi-Izu, Japan
23. 一井 崇, イオン液体中での高分解能原子間力顕微鏡観察, 日本顕微鏡学会第 58 回シンポジウム(ナノとマクロを繋ぐ顕微鏡学), 2014 年 11 月 17 日, 九州大学 (招待講演)
24. 一井 崇, FM-AFM によるイオン液体-電極界面・イオン液体-アルカリハライド界面の構造解析, 日本学術振興会第 167 委員会第 76 回研究会「ナノスケール固液界面研究の最先端」, 2014 年 10 月 23 日, キャンパスプラザ京都 (招待講演)
25. Y. Kang, A. Kitada, Y. Uchimoto, K. Fukami, and K. Murase, Amide-Based Ionic Liquid and Glyme Mixtures as Halogen-Free Electrolytes for Mg-Secondary Battery, 226th Meeting of The Electrochemical Society, Oct. 6, 2014, Cancun, Mexico
26. T. Ichii, M. Negami, T. Uchida, and H. Sugimura, High-resolution Structural Analysis on Ionic-Liquid/Ionic-Crystal Interfaces by Frequency Modulation Atomic Force Microscopy, 30th European Conference on Surface Science, Sep. 2, 2014, Antalya, Turkey
27. 姜 唯宇, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, グライム類-イオン液体混合電解液からの室温マグネシウム電析, 表面技術協会第 130 回講演大会, 2014 年 9 月 23 日, 京都大学
28. 一井 崇, イオン液体中における高分解能原子間力顕微鏡観察, 応用物理学会関西支部平成 26 年度第 1 回講演会「プローブ顕微鏡と有機エレクトロニクス～関西若手研究者からの情報発信～」, 2014 年 6 月 26 日, 京都大学 (招待講演)
29. 北田 敦, 岡崎亨亮, 深見一弘, 邑瀬邦明, 金属塩を含む疎水性イオン液体中における水エマルション形成, 電気化学会第 81 回大会, 2014 年 3 月 29 日, 関西大学
30. 一井 崇, qPlus センサ, 平成 25 年度 SPM 実践セミナー, 2014 年 1 月 27 日, 産業技術総合研究所 (つくば) (招待講演)
31. 岡崎亨亮, 北田 敦, 邑瀬邦明, 疎水性イオン液体中で形成される金属イオン誘起逆ミセル, 平成 25 年度第 3 回関西電気化学研究会, 2013 年 12 月 7 日, 産業技術総合研究所 (池田)
32. 姜 唯宇, 北田 敦, 内本喜晴, 邑瀬邦明, イオン液体-エーテル系有機溶媒混合電解液からの金属マグネシウムの室温電析, 平成 25 年度第 3 回関西電気化学研究会, 2013 年 12 月 7 日, 産業技術総合研究所 (池田)
33. 姜 唯宇, 北田 敦, 内本喜晴, 邑瀬邦明, マグネシウムイオン二次電池のためのイオン液体-グライム混合系電解液特性, 資源・素材学会関西支部 第 9 回若手研究者・

- 学生のための研究発表会, 2013年12月6日, 京都大学
34. 下崎博貴, 一井 崇, 杉村博之, 光干渉変位計測による液中 AFM の低ノイズ化, 第15回関西表面技術フォーラム, 2013年11月28日, 岡山大学
 35. 岡崎亨亮, 北田 敦, 邑瀬邦明, 金属塩含有イオン液体中の水マイクロエマルジョン形成, 第4回イオン液体討論会, 2013年11月21日, 慶應義塾大学
 36. 姜 唯宇, 北田 敦, 内本喜晴, 邑瀬邦明, イオン液体-エーテル混合系における金属マグネシウムの電気化学, 第4回イオン液体討論会, 2013年11月20日, 慶應義塾大学
 37. 一井 崇, 根上将大, 杉村博之, 周波数変調 AFM によるイオン液体/アルカリハライド界面の構造分析, 第4回イオン液体討論会, 2013年11月21日, 慶應義塾大学
 38. T. Ichii, M. Negami, and H. Sugimura, High-resolution FM-AFM Analysis on Ionic-Liquid/Ionic-Crystal Interfaces, 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures, Nov. 8, 2013
 39. K. Okazaki, A. Kitada, and K. Murase, Water in Hydrophobic Ionic Liquids Containing Metal Salts, 224th Meeting of the Electrochemical Society, Oct. 29, 2013, San Francisco, CA, USA
 40. Y. Kang, A. Kitada, Y. Uchimoto, and K. Murase, Electrochemistry of Magnesium in Mixed Electrolytes Consisting of Organic Solvents and Ammonium-Based Ionic Liquids, 224th Meeting of the Electrochemical Society, Oct. 29, 2013, San Francisco, CA, USA
 41. 一井 崇, 根上将大, 杉村博之, FM-AFM によるイオン液体/イオン結晶界面の構造分析, 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 2013年9月19日, 同志社大学(招待講演)
 42. 下崎博貴, 一井 崇, 杉村博之, 光干渉計を用いた液中 FM-AFM の低ノイズ化, 第74回応用物理学会秋季学術講演会, 2013年9月18日, 同志社大学
 43. T. Ichii, M. Negami, K. Murase, and H. Sugimura, Direct Visualization of Electrochemical Behavior on Ionic-Liquid/Electrode Interfaces by Frequency Modulation Atomic Force Microscopy, 19th International Vacuum Congress/International Conference on Nanoscience and Technology, Sep. 12, 2013, Paris, France (招待講演)
 44. H. Shitazaki, M. Negami, T. Ichii, and H. Sugimura, Low-noise Deflection Detection System of AFM with Quartz Tuning Fork Sensor for Imaging in Viscous Liquid, 19th International Vacuum Congress/International Conference on Nanoscience and Technology, Sep. 11, 2013, Paris, France
 45. T. Ichii, M. Negami, K. Murase, and H. Sugimura, qPlus FM-AFM for Imaging in Viscous Ionic Liquid, 16th International Conference on Non-Contact Atomic Force Microscopy, Aug. 5, 2013, Hyattsville, Maryland, USA (招待講演)
 46. 一井 崇, 電気化学 AFM によるイオン液体-電極界面の構造分析, 平成25年度第1回関西電気化学研究会, 2013年7月6日, 神戸大学(招待講演)
- [その他]
- 京都大学大学院工学研究科材料工学専攻
材質制御学分野 www.echem.mtl.kyoto-u.ac.jp
機能構築学分野 www.nsa.mtl.kyoto-u.ac.jp
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
邑瀬 邦明 (MURASE, Kuniaki)
京都大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 30283633
 - (2) 研究分担者
一井 崇 (ICHII, Takashi)
京都大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 30447908
北田 敦 (KITADA, Atsushi)
京都大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 30636254
 - (3) 研究協力者
深見 一弘 (FUKAMI, Kazuhiro)
京都大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 60452322
松本 一彦 (MATSUMOTO, Kazuhiko)
京都大学・大学院エネルギー科学研究科・准教授
研究者番号: 30574016
 - (4) 研究協力学生
※ 京都大学・大学院工学研究科・修士課程
竹岡 駿 (TAKEOKA, Shun)
陳 天羽 (CHEN, Tianyu)
中村 佳 (NAKAMURA, Kai)
(現 住友金属鉱山株式会社)
内田 辰徳 (UCHIDA, Tatsunori)
(現 株式会社神戸製鋼所)
姜 唯宇 (KANG, Yuu)
(現 旭硝子株式会社)
岡崎 亨亮 (OKAZAKI, Kyosuke)
(現 パナソニック株式会社)
下崎 博貴 (SHITAZAKI, Hiroki)
(現 ユニプレス株式会社)
根上 将大 (NEGAMI, Masahiro)
(現 川崎重工業株式会社)