

令和元年5月31日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02411

研究課題名(和文)非水電析の高度化に向けた反応場制御～3つの速度論的アプローチ～

研究課題名(英文)Control of Reaction Field for Advanced Non-aqueous Electrodeposition: Three Kinetic Approaches

研究代表者

邑瀬 邦明(Murase, Kuniaki)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：30283633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：グライム類を溶媒とするアルミニウム電析では、グライム類の分子鎖の長さや配位座の数に応じて電析挙動が大きく変わった。ナノサイズの孔径をもつ多孔質電極を使った水系の亜鉛電析では、平板電極で問題となるデンドライト析出が抑えられ、ここでは金属錯体をもつ正味の電荷が重要な因子であった。本研究ではこのように、非水溶媒や水溶液を使う電析に関し、溶液中の金属錯体の正味電荷や対称性、あるいは多孔質電極の孔径が、反応速度をつかさどる支配因子である点を系統的に調べた。新しい溶媒和イオン液体の設計、著しく濃厚な水溶液を使う金属電析、多孔質電極における希土類イオンの特異な酸化還元挙動など、新しい派生研究も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属や合金の電析(electrodeposition)は、金属の製錬やリサイクル、電気めっきや防食、電子基板や電子部品の配線形成、蓄電池の電極反応など、われわれの身の回りのものづくり技術やデバイスの動作を支える、社会的に重要な要素技術である。本研究の学術的意義は、このところ広く研究されるようになった非水溶媒(イオン液体や有機溶媒など)を使った電析を主眼に、電析の反応速度をつかさどる(1)金属錯体の対称性と(2)正味電荷、あるいは(3)多孔質電極におけるナノ空間での溶液状態を多角的かつ系統的に調べ、水溶液を使う従来型のプロセスに比べて乏しい、電析反応に関する基礎的知見を得ることである。

研究成果の概要(英文)：The chain length and the number of coordination of glymes as polydentate ligands turned out to be important control factors behind the electrodeposition behavior of aluminum using glymes as solvents. Nanoporous electrodes were found to suppress dendritic electrodeposition of zinc, which sometimes can be a problem when flat electrodes are employed; here, the net charge of dominant metal complex formed in aqueous electrolytes used was an important factor. As seen from these results, the present project investigated systematically the importance of (1) coordination symmetry and net charge of metal complex in the electrolytes and of (2) nanoporous texture of the electrode, in several electrodeposition processes using non-aqueous or aqueous electrolytes. Some derivative researches on (i) a design of novel solvate ionic liquids, (ii) electrodeposition of metals from highly condensed aqueous solutions, and (iii) a unique redox of lanthanide ion using porous electrodes were also conducted.

研究分野：材料電気化学

キーワード：金属生産工学 金属電析 電気めっき 金属錯体 溶液化学 イオン液体 非水溶媒 多孔質電極

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

金属の電析は、電解製錬や電気めっきなど多彩な応用範囲をもつ、材料工学にとって不可欠な要素技術である。電池の充電過程も広い意味で電析プロセスとみなすことができる。電析には一般に水溶液が用いられるが、著しく卑な金属の電析では、水素発生との競合を避けるため非水溶媒（熔融塩、有機溶媒、イオン液体）が使われる。研究代表者（邑瀬）は、水溶液系の湿式冶金や電気めっきの研究に力を注ぐ一方、熱力学的に安定な溶媒であるイオン液体を使う電析研究にも早期（1996年）から着手している。また、ここ数年の研究は中性のグライム類（図1）を溶媒とする方向へ進展し、金属MgやAlの室温電析に成功したが、その過程で次のような事例を経験した。Mg<sup>2+</sup>イオンがアニオン錯体Mg(Tf<sub>2</sub>N)<sub>3</sub><sup>-</sup>（Tf=SO<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>）として溶存するイオン液体浴からは金属Mgの電析が起こらないが、そこへグライム類を加えてMg(G4)<sup>2+</sup>のようなカチオン錯体にしてやれば金属Mgが電析した。また、AlCl<sub>3</sub>をG2に溶かした電解浴からは室温で金属Alが電析するが、溶媒がG3やG4では全く電析せず、生じている錯体の対称性が電析の成否を決めていると思われた。これらの事例から我々は、溶媒や酸化還元対の熱力学もさることながら、金属錯体の正味電荷や対称性が金属電析の成否を決める速度論的主因子になることを強く認識した。さらに、研究分担者（深見）は水溶液系での電析において、サイズの大きな“疎水性”の金属錯イオンからナノポーラス電極の細孔内への電析が、通常の平板電極への電析に比べて著しく促進される現象を見いだした。溶媒-溶質-孔壁の協同的作用がもたらすポーラス電極特有のこういった挙動は、金属電析と競争的に起こる溶媒の還元分解（例えば、水溶液における水素発生）を抑制することにもつながる現象である。

以上の3つの事例はいずれも、電気二重層を含む電極-電解液界面を、溶液側や電極側から巧みに制御し、電析現象を速度論的に促進するアプローチといえる。マイルドな室温での非水電析プロセスを実用レベルに引き上げるには、これらの観点で電析現象を検討し、体系化する必要があると考えた。

### 2. 研究の目的

グライム類など、研究グループが過去の経験をもとに選んだ溶媒を使った金属Alや金属Mgの室温電析をモデルケースに、浴物性（粘性、導電性、熱的特性など）や錯体の配位状況（対称性など）と電析挙動の相関を明らかにし、錯体設計を通じた非水電析制御の指針を得ることを第一の目的とした。Al電析については、電析状態を改善するための添加成分もあわせて探索した。一方、ナノポーラス電極を用いた反応場制御について、水溶液系のZn電析と希土類電析を対象に、電極側の制御因子として孔径や表面の親溶媒性、電解液側の制御因子として金属錯体の配位状況（正味電荷など）を選び、これらの因子と電析挙動（副反応の水素発生を含む）との相関を多角的に解析した。

こういった当初の研究目的に加え、研究成果の後半に述べるように、新しい溶媒和イオン液体の設計や超濃厚水溶液の活用をはじめとする、いくつかの展開研究を行った。

### 3. 研究の方法

グライム類などの非水溶媒の取り扱いには、グローブボックス装置を利用した。電解液の水分含量はKarl Fischer電量滴定、粘性はEMS（electromagnetically spinning）粘度計、電気伝導度は浸漬型伝導度セル、熱的特性は熱分析装置（示差走査熱量計と示差熱天秤）を用いてそれぞれ計測した。EMS粘度計ならびに熱分析装置は、本研究の予算で新たに購入した物品であり、これらは不活性雰囲気での測定ができることから、研究が飛躍的に進んだ。配位環境の評価には、振動スペクトル（RamanおよびFT-IR）、XAFS（X線吸収微細構造）測定、ならびにNMR（核磁気共鳴）測定を用いた。電析を含む電気化学実験には通常の3極セルならびに関数発生機能をもつポテンショスタットを使用した。電析物およびナノポーラス電極の観察と評価は、SEM（走査型電子顕微鏡）やXRD（X線回折）など、常套とされる手段により行った。

### 4. 研究成果

(1) グライム類を溶媒とするアルミニウム電析（雑誌論文⑤, ⑧, ⑨, ⑭, ⑱）

図1の左側に示す4種類の対称グライム類のうち、速度論的にAl電析が可能なのはG2のみであり、エーテル酸素を4つ以上もつグライム類はAl

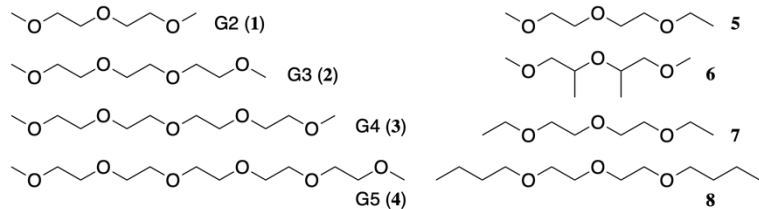


図1 本研究で用いた主なグライム類

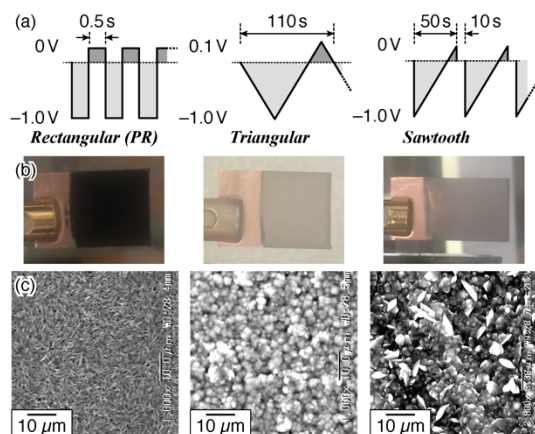


図2 電析波形と得られる電析Alの相関

電析に使えない。このとき、Raman スペクトルからは  $\text{Al}^{3+}$  周囲の配位構造に顕著な差は見られなかった。G2 の場合、エーテル酸素を 3 つだけもつことにより、 $[\text{AlCl}_n(\text{G}2)_2]^{(3-n)+}$  のような複数のグライム類が 1 つの  $\text{Al}^{3+}$  イオンに配位した錯体種が優勢となり、その低い対称性が電析の際の電子移動に有利にはたらくと結論した。そこで、図 1 の右側に示すような、エーテル酸素を 3 つもつ G2 の誘導体について電析挙動を調べたところ、電析可能なのは 5、6、7 であり、8 からは電析できなかった（建浴は可能）。8 を用いた浴の導電性は他に比べて 1 桁以上低く、上述のようなカチオン性の錯体が生じていないため、電析できないと結論した。

グライム類を用いた電析 Al は基本的に黒色外観をもつ。これを改善するため、電解浴の予備電解、電析電流波形、ならびに添加剤を探索した。その結果、添加剤としてジメチルアミン塩酸塩が効果をもち、三角波の PR 電析が平滑な表面をもたらすことがわかった（図 2）。また、これを踏まえ、カーボンナノチューブとの複合めっきによる、電析 Al の硬化に関しても調べた。

グライム類を溶媒とする他の金属（カルシウムなど）の電析についても研究を展開した。

## (2) ナノポーラス電極と錯体設計による金属析出制御

ナノポーラスシリコンをカソードに用い、多価カルボン酸（マロン酸  $\text{H}_2\text{Mar}$  もしくはクエン酸  $\text{H}_3\text{Cit}$ ）を配位子として含む水溶液系電解液からの Zn 電析挙動をさまざまな pH 条件で比較した。その結果、価数ゼロの亜鉛錯体（ $\text{ZnMar}$  もしくは  $\text{Zn}(\text{HCit})$ ）が優勢な pH の浴からのみ、細孔内へ密に Zn が析出し、平板電極と比較してデンドライト状の析出が抑制された。これは、価数ゼロの錯体を用いることで、細孔内部に表面誘起相転移による亜鉛イオンの濃縮相が生じやすいためであると考察した。また、XAFS スペクトルの解析から、価数ゼロの錯体を含む濃縮相が実際に細孔内に生じていることを直接観測した。この知見は、亜鉛負極を用いる水系電池において、添加剤を使わないデンドライト抑制方法として活かせる可能性がある（雑誌論文⑩, ⑪, ⑮, ⑯, ⑰）

ナノ細孔内でのこのような濃縮相の発現により、細孔内の自由水の活量は相対的に低下する。このような場では、カソード分極時の水素発生が抑制される可能性がある。 $\text{Co}^{2+}$  イオンと  $\text{Tb}^{3+}$  イオンを含む水溶液を用い、その電気化学挙動を調べたところ、希土類金属である Tb やその合金電析には至らなかったが、ナノポーラスシリコン電極では初期の水素発生が確かに抑制されていることがわかった（雑誌論文①）。

## (3) 初期目標以外の研究成果

・新しい配位型イオン液体の合成と物性評価（雑誌論文⑥, ⑦）

イオン液体における錯体制御研究の一環として、クラウンエーテル 18-crown-6 に包摂されたヒドロニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  をカチオン種とするイオン液体の物性を調べた。イオン液体を構成するイオンの拡散係数を NMR にて測定したところ、グロッタス伝導の存在が示唆された。ただし、どのような化学種がホッピングしているかは未解明である。

・塩化カルシウムの結晶水和物融体を用いる電析（雑誌論文③）

水溶液系における錯体制御研究として、塩化カルシウムの hydrate melt を使う金属電析の研究を始めた。この系では、添加剤を用いることなく平滑な Ag の置換めっきが可能であることなど、技術先行ではあるが、これまで一般的な水溶液では見られなかった現象が次々に明らかになっており、実プロセスへの展開を考え特許を申請中である（〔産業財産権〕を参照）。

・濃厚乳酸水溶液における錯体制御と  $\text{Cu}_2\text{O}$  電析（雑誌論文④）

p 型  $\text{Cu}_2\text{O}$  を電析するために用いるアルカリ性電解浴中の、Cu(II)-乳酸錯体の同定を行った。アルカリ性領域で生じている錯体は  $\text{Cu}(\text{H-L})\text{L}^-$  および  $\text{Cu}(\text{H-L})_2^{2-}$  ( $\text{H-L}^{2-}$  は乳酸イオン  $\text{L}^- = \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$  のヒドロキシ基から水素イオンが解離したイオン) であり、この特異なイオンを配位子にもつ錯体は濃厚な環境の乳酸系水溶液においてのみ安定であることを、電子スペクトルや滴定、さらにはプローブエレクトロスプレー質量分析から明らかにした。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 18 件）

- ① K. Fukami, J. Yasoshima, A. Kitada, and K. Murase, Cathodic Polarization Behavior in an Aqueous Solution Containing Co(II) and Tb(III): Comparison between Flat and Nanoporous Electrodes, *Electrochim. Acta*, **309**, 339-345 (2019), 査読有  
DOI: 10.1016/j.electacta.2019.04.095
- ② 北田 敦, 姜 唯宇, 深見一弘, 邑瀬邦明, イオン液体-Grignard 試薬混合電解液におけるマグネシウムレドックス特性の経時変化, 表面技術, **70**(4), 210-214 (2019), 査読有  
DOI: 10.4139/sfj.70.210
- ③ 安達 謙, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚塩水溶液を用いる錯形成および水分解の抑制に優れためっき液, ケミカルエンジニアリング, **63**(10), 731-735 (2018), 査読無
- ④ T. Chen, A. Kitada, Y. Seki, K. Fukami, D.T. Usmanov, L.C. Chen, K. Hiraoka, and K. Murase, Identification of Copper(II)-Lactate Complexes in  $\text{Cu}_2\text{O}$  Electrodeposition Baths: Deprotonation of the  $\alpha$ -Hydroxyl Group in Highly Concentrated Alkaline Solution, *J. Electrochem. Soc.*, **165**(10), D444-D451 (2018), 査読有

DOI: 10.1149/2.0831810jes

- ⑤ A. Kitada, Y. Kato, K. Fukami, and K. Murase, Room Temperature Electrodeposition of Flat and Smooth Aluminum Layers from an  $\text{AlCl}_3/\text{Diglyme}$  Bath, *J. Surf. Finish. Soc. Jpn.*, **69**(7), 310-311 (2018), 査読有  
DOI: 10.4139/sfj.69.310
- ⑥ A. Kitada, K. Kintsu, S. Takeoka, K. Fukami, M. Saimura, T. Nagata, M. Katahira, and K. Murase, A Hydronium Solvate Ionic Liquid: Ligand Exchange Conduction Driven by Labile Solvation, *J. Electrochem. Soc.*, **165**(9), H496-H499 (2018), 査読有  
DOI: 10.1149/2.0971809jes
- ⑦ A. Kitada, S. Takeoka, K. Kintsu, K. Fukami, M. Saimura, T. Nagata, M. Katahira, and K. Murase, A Hydronium Solvate Ionic Liquid: Facile Synthesis of Air-Stable Ionic Liquid with Strong Brønsted Acidity, *J. Electrochem. Soc.*, **165**(3), H121-H127 (2018), 査読有  
DOI: 10.1149/2.0481803jes
- ⑧ 北田 敦, グライム系電解液からの室温金属電析, めっき技術, **30**(6), 11-18 (2017), 査読無
- ⑨ 北田 敦, グライム類を用いた室温アルミニウム電析浴における電気化学的活性種, 鍍金の世界, **50**(10), 24-29 (2017), 査読無
- ⑩ A. Muñoz-Noval, K. Fukami, A. Koyama, T. Kuruma, A. Kitada, K. Murase, T. Abe, and S. Hayakawa, Mechanism of Accelerated Zinc Electrodeposition in Confined Nanopores, Revealed by X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy, *J. Phys. Chem. C*, **121**(33), 18047-18056 (2017), 査読有  
DOI: 10.1021/acs.jpcc.7b05994
- ⑪ A. Koyama, K. Fukami, Y. Imaoka, A. Kitada, T. Sakka, T. Abe, K. Murase, and M. Kinoshita, Dynamic Manipulation of the Local pH within a Nanopore Triggered by Surface-induced Phase Transition, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **19**(25), 16323-16328 (2017), 査読有  
DOI: 10.1039/c7cp01157a
- ⑫ A. Kitada, D. Ishikawa, K. Fukami, and K. Murase, An Ionic Liquid State Composed of Superoxide Radical Anions and Crownether-Coordinated Potassium Cations, *J. Electrochem. Soc.*, **164**(8), H5119-H5123 (2017), 査読有  
DOI: 10.1149/2.0131708jes
- ⑬ T. Asai, A. Kitada, T. Utsunomiya, K. Fukami, and K. Murase, Redox of Ferrocenylthiol SAMs in Electrolytes with Bis[(trifluoromethyl)sulfonyl]amide as Unique Anions: Parallel between Aqueous and Ionic Liquid Media, *J. Electroanal. Chem.*, **795**, 75-80 (2017), 査読有  
DOI: 10.1016/j.jelechem.2017.04.052
- ⑭ 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, 電池技術, **28**, 165-174 (2016), 査読無
- ⑮ 深見一弘, 木下正弘, 表面誘起相転移を利用したナノポアでの金属イオンの濃縮と高速移動: 金属析出から得られる知見, *Electrochemistry*, **84**(9), 726-731 (2016), 査読無  
DOI: 10.5796/electrochemistry.84.726
- ⑯ A. Koyama, K. Fukami, Y. Suzuki, A. Kitada, T. Sakka, T. Abe, K. Murase, and M. Kinoshita, High-Rate Charging of Zinc Anodes Achieved by Tuning Hydration Properties of Zinc Complexes in Water Confined within Nanopores, *J. Phys. Chem. C*, **120**(42), 24112-24120 (2016), 査読有  
DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07030
- ⑰ A. Muñoz-Noval, K. Fukami, A. Koyama, D. Gallach, D. Hermida-Merino, G. Portale, A. Kitada, K. Murase, T. Abe, S. Hayakawa, and T. Sakka, Accelerated Growth from Amorphous Clusters to Metallic Nanoparticles Observed in Electrochemical Deposition of Platinum within Nanopores of Porous Silicon, *Electrochem. Commun.*, **71**, 9-12 (2016), 査読有  
DOI: 10.1016/j.elecom.2016.07.013
- ⑱ A. Kitada, K. Nakamura, K. Fukami, and K. Murase, Electrochemically Active Species in Aluminum Electrodeposition Baths of  $\text{AlCl}_3/\text{Glyme}$  Solutions, *Electrochim. Acta*, **211**, 561-567 (2016), 査読有  
DOI: 10.1016/j.electacta.2016.05.063

[学会発表] (計45件)

- ① 安達 謙, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 常温熔融水和物を用いる金属めっき浴, 表面技術協会 第139講演大会, 2019 [学術奨励講演賞を受賞]
- ② 井口翔太, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明,  $\text{Zn}(\text{Tf}_2\text{N})_2$  水溶液の溶液濃厚化による電析亜鉛薄膜の配向制御, 電気化学会 第86回大会, 2019 [学生優秀講演賞を受賞]
- ③ 井口翔太, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚  $\text{Zn}(\text{Tf}_2\text{N})_2$  水溶液からの電気亜鉛めっき, 日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部 鉄鋼プロセス研究会・材料化学研究会 平成30年度第2回合同研究会, 2018
- ④ 安達 謙, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚塩化カルシウム水溶液を用いる三価クロムめっき浴, 資源・素材学会関西支部 第15回若手研究者・学生のための研究発表会, 2018 [優秀発表賞を受賞]
- ⑤ 安達 謙, 北田 敦, 豊田智史, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚水溶液を用いる高効率クロムめっき, 2018年度 第3回関西電気化学研究会, 2018 [関西電気化学奨励賞を受賞]

- ⑥ 井口翔太, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚 Zn(Tf<sub>2</sub>N)<sub>2</sub> 水溶液からの金属亜鉛電析, 第 20 回関西表面技術フォーラム, 2018 [優秀ポスター賞を受賞]
- ⑦ 安達 謙, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚塩化物水溶液を用いる三価クロム電析浴, 第 20 回関西表面技術フォーラム, 2018 [研究奨励賞を受賞]
- ⑧ A. Kitada, D. Ishikawa, K. Fukami, and K. Murase, An Ionic Liquid State Composed of Superoxide Radical Anions and Crownether-Coordinated Potassium Cations, GDCh Electrochemistry, Ulm "Electrochemistry 2018," 2018
- ⑨ A. Kitada, K. Fukami, M. Saimura, T. Nagata, and M. Katahira, Hopping Conduction in A Hydronium Solvate Ionic Liquid, 9th International Symposium of Advanced Energy Science, 2018
- ⑩ A. Kitada, S. Takeoka, K. Kintsu, K. Fukami, M. Saimura, T. Nagata, M. Katahira, and K. Murase, A Hydronium Solvate Ionic Liquid: Observation of Strong Brønsted Acidity and Ligand Exchange Conduction, 6th Asian-Pacific Conference on Ionic Liquids & Green Processes, 2018
- ⑪ K. Adachi, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Electrodeposition of Metals from Hydrate Melts, 6th Asian-Pacific Conference on Ionic Liquids & Green Processes, 2018
- ⑫ 安達 謙, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 熔融水を用いる室温金属電析, 第 9 回イオン液体討論会, 2018
- ⑬ 北田 敦, 安達 謙, 深見一弘, 邑瀬邦明, 高濃度塩化カルシウム水溶液からのシアンフリー銀めっき, 表面技術協会 第 138 回講演大会, 2018
- ⑭ A. Kitada, A Hydronium Solvate Ionic Liquid with Strong Brønsted Acidity and Hopping Conduction, EMN Meeting on Ionic Liquids, 2018 (招待講演)
- ⑮ 安達 謙, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚塩化カルシウム浴を用いた銀めっき, 資源・素材 2018 (福岡), 2018
- ⑯ K. Adachi, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Displacement Silver Plating Using Aqueous Baths with Highly Concentrated Calcium Chloride, 69th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2018
- ⑰ Y. Kato, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Room Temperature Electrodeposition of Flat and Smooth Aluminum Layers from AlCl<sub>3</sub>/Diglyme Baths, 69th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2018
- ⑱ S. Inoguchi, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, HCP Metal Electrodeposition from Concentrated Aqueous Solution using a Hydrophobic Anion, 22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2018
- ⑲ 北田 敦, 加藤有紀也, 深見一弘, 邑瀬邦明, グライム系電解液からの室温アルミニウム電析における平滑性改善, 表面技術協会 第 137 回講演大会, 2018
- ⑳ 張 澤磊, 北田 敦, 深見一弘, 清水雅裕, 新井 進, 姚 正軍, 邑瀬邦明, Electrodeposition of Al-MWCNTs Composites from AlCl<sub>3</sub>-Diglyme Solution, 表面技術協会 第 137 回講演大会, 2018
- ㉑ 北田 敦, 邑瀬邦明, グライム系溶媒を用いるアルミニウムとマグネシウムの電析, 第 34 回 ARS 松島コンファレンス, 2018 (招待講演)
- ㉒ K. Fukami, J. Yasoshima, A. Kitada, and K. Murase, Electrolyte Solutions Confined in Nanopore of Porous Silicon: A Key for Precise Control of Electrodeposition in the Pore, Porous Semiconductors - Science and Technology 2018, 2018
- ㉓ 北田 敦, 石川大祐, 深見一弘, 邑瀬邦明, クラウンエーテル-超酸化カリウム等比混合物における超酸化イオン液体状態, 第 8 回イオン液体討論会, 2017
- ㉔ 北田 敦, 近都康平, 竹岡 駿, 深見一弘, 才村正幸, 永田 崇, 片平正人, 邑瀬邦明, ヒドロニウム溶媒和イオン液体におけるホッピング伝導, 第 8 回イオン液体討論会, 2017
- ㉕ 井口翔太, 北田 敦, 安達 謙, 深見一弘, 邑瀬邦明, 濃厚水溶液における防食めっき用 HCP 金属の平滑電析, 第 19 回関西表面技術フォーラム, 2017
- ㉖ 北田 敦, グライム系電解液からの室温金属電析, 電気鍍金研究会 平成 29 年 10 月例会, 2017 (招待講演)
- ㉗ 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, グライム系電解液を用いる金属 Mg, Al の室温電析, 表面技術協会 第 136 回講演大会, 2017
- ㉘ 加藤有紀也, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, ジグライムを用いたアルミニウム電析浴における水分量の影響, 2017 年電気化学会秋季大会, 2017
- ㉙ 井口翔太, 北田 敦, 安達 謙, 深見一弘, 邑瀬邦明, 疎水性アニオンを含む濃厚水溶液からの HCP 金属電析, 2017 年電気化学会秋季大会, 2017
- ㉚ 北田 敦, 竹岡 駿, 近都康平, 深見一弘, 才村正幸, 永田 崇, 片平正人, 邑瀬邦明, ヒドロニウム溶媒和イオン液体の基礎物性, 2017 年電気化学会秋季大会, 2017
- ㉛ A. Kitada, K. Fukami, M. Saimura, T. Nagata, and M. Katahira, A Hydronium Solvate Ionic Liquid, 8th International Symposium of Advanced Energy Science, 2017
- ㉜ A. Kitada, S. Takeoka, K. Fukami, and K. Murase, An Equimolar Ternary Molten Mixture of Crownether-Water-Imide Superacid: A Hydronium Solvate Ionic Liquid with Strong Acidity, 68th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, 2017
- ㉝ 深見一弘, ナノポーラス電極を用いた金属ナノ粒子電析: 電極の高比表面積を活かす設計, 新無機膜研究会 第 82 回研究会, 2017 (招待講演)

- ③4 A. Kitada, Electrochemical Properties of AlCl<sub>3</sub>/Glyme Baths for Room Temperature Aluminum Electrodeposition, 3rd International Conference on Electrochemistry “Electrochemistry 2017,” 2017 (招待講演)
- ③5 K. Fukami, Acceleration of Pt Deposition within Nanopores of Porous Silicon Electrodes, Kyoto International Forum for Environment and Energy (9th KIFEE in Kyoto), 2017
- ③6 八十嶋珠仁, 深見一弘, 北田 敦, 邑瀬邦明, ナノポーラス電極を用いた TbCo 合金電析の試み, 第 18 回関西表面技術フォーラム, 2016
- ③7 K. Fukami, Acceleration of Electrochemical Reactions in Nanopores, EMN Nanopore Meeting - Energy Materials and Nanopores, 2016
- ③8 K. Fukami, High-rate Charging of Zinc Negative Electrodes in Confined Nanopores, 3rd Korea-Japan Joint Symposium for ARS & ESS, 2016
- ③9 深見一弘, ナノポーラスシリコンの細孔内での金属イオンの濃縮と pH 制御, 第 33 回 ARS 熱海コンファレンス, 2016
- ④0 北田 敦, 竹岡 駿, 深見一弘, 邑瀬邦明, 包摂ヒドロニウムをカチオンとする酸性イオン液体, 第 7 回イオン液体討論会, 2016
- ④1 小山 輝, 鈴木湧也, 深見一弘, 北田 敦, 作花哲夫, 安部武志, 邑瀬邦明, 電極のナノポーラス化と錯体設計による亜鉛デンドライト成長の抑制, 日本材料学会 第 2 回材料 WEEK, 2016
- ④2 Y. Kato, A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Effect of Supporting Electrolytes on AlCl<sub>3</sub>/Diglyme Aluminum Electrodeposition Bath, PRiME 2016, 2016
- ④3 K. Fukami, A. Koyama, A. Kitada, T. Abe, and K. Murase, Electrolyte Solutions Confined in Porous Silicon Electrodes, PRiME 2016, 2016 (招待講演)
- ④4 A. Kitada, K. Fukami, and K. Murase, Room Temperature Electrodeposition of Metallic Magnesium and Aluminum using Glyme-Based Electrolytes, Electrochemistry 2016 (GDCh), 2016
- ④5 加藤有紀也, 中村 佳, 北田 敦, 深見一弘, 邑瀬邦明, グライム類を用いた室温アルミニウム電析浴における電気化学的活性種, 表面技術協会 第 134 回講演大会, 2016

[産業財産権]

- 出願状況 (計 1 件)
  - 名称: 金属または金属塩の溶解用溶液およびその利用
  - 発明者・権利者: 北田 敦, 安達 謙, 邑瀬邦明
  - 種類: 特許
  - 番号: 特願 2018-004381
  - 出願年: 平成 30 年
  - 国内外の別: 国内

- 取得状況 (計 0 件)

[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 <http://www.echem.mtl.kyoto-u.ac.jp>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

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

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

### (2) 研究協力者 (五十音順)

井口 翔太 (INOBUCHI, Shota)  
加藤 有紀也 (KATO, Yukiya)  
川田 稀士 (KAWATA, Kio)  
近都 康平 (KINTSU, Kohei)  
小山 輝 (KOYAMA, Akira)  
櫻井 彬裕 (SAKURAI, Akihiro)  
竹岡 駿 (TAKEOKA, Shun)  
水野 湧太 (MIZUNO, Yuta)  
八十嶋 珠仁 (YASOSHIMA, Juni)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。