

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K19056

研究課題名（和文）イオン液体とナノ構造を利用した金属イオンの異常高速拡散誘起

研究課題名（英文）Unusual diffusion behavior of metal ion in nanoconfined ionic liquid solution

研究代表者

今西 哲士（Imanishi, Akihito）

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授

研究者番号：60304036

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：ナノポーラスおよびナノディンプル空間内におけるイオン液体の局所構造、電位応答、およびその中を通過する金属イオンの拡散挙動を調べた。その結果、ナノ空間特有の局所構造と其中的の拡散挙動（拡散係数、拡散方式）に強い相関があることが明らかになった。さらに、それぞれの電極に電位を印可することによって、ナノ空間内のイオン液体局所構造を変化させたところ、通過する金属イオンの拡散挙動も大きく変化することが分かった。これらの発見は、ナノ構造化電極近傍の溶質拡散の新しい制御法を提供するものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果によって、ナノ空間中におけるイオン液体の局所構造と其中における金属イオン拡散挙動との相関が明らかになった。これらの成果は、これまで我々が提唱してきた金属イオンのホッピングモデルを支持するものであり、学術的意義は非常に大きい。また、本成果は、ナノ構造化電極近傍の溶質拡散の新しい制御法を提供するものであり、実用化デバイスにおいてナノ構造化電極が多く使われることを考えると、本研究が社会に与える意義は大きいものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The local structure of ionic liquids confined in nanoporous and nanodimpled spaces, their potential response, and the diffusion behavior of metal ions passing through them were investigated. It was found that there is a strong correlation between the local structure of ionic liquid and the diffusion behavior of metal ions within the nanospace. It was also found that the diffusion behavior of metal ions changed significantly when the local structure of the ionic liquid in the nanospace was changed by applying an electric potential to the electrode. These results provide a new method to control the diffusion of solutes on nanostructured electrodes in ionic liquids.

研究分野：表面・界面物理化学

キーワード：イオン液体 拡散 ホッピング ナノ構造 電極 局所構造

1. 研究開始当初の背景

申請者の最近の研究で、電極/イオン液体界面付近における拡散層内において、金属イオンが Stokes-Einstein 則に従わず、非常に高速に拡散している現象(通常バルク中の約 10~50 倍)を独自開発した走査型電気化学 XPS 装置を用いて見つけた。これを説明するのに、金属イオンがイオン液体分子間の空隙(ホール)を Hopping 拡散している拡散モデル

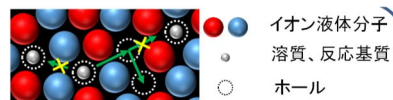
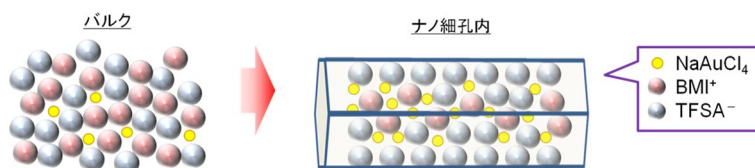


図1：イオン液体中における金属イオンの Hopping 様拡散モデル

を提案してきた(図1)。このモデルでは、溶質の拡散挙動がホールの密度、サイズ、形、相対位置関係、つまりイオン液体の局所構造に大きく依存する。一方で、数 nm 程度のナノ空間内に閉じ込められたイオン液体が特徴的な局所構造を形成し、これによって上記した溶質の異常高速拡散が顕著に現れることや、溶質の濃度濃縮(バルクと比較して)が起きていることを見いだした(図2)。これら



のことから、ナノ構造化によってイオン液体局所構造を制御することにより、溶質イオンの特殊な拡散挙動を制御可能になるのではないかという発想にたどり着いた。

図2：イオン液体をナノ空間内に閉じ込めることによって、配向した局所構造が形成され、その中において、高速拡散や溶質金属(上図は Au)に濃縮(バルクの約 20 倍)が誘起される。

2. 研究の目的

申請者は、ナノ空間内に閉じ込められたイオン液体が特徴的な局所構造を形成し、これによって溶質の異常高速拡散や、溶質の濃度濃縮(バルクと比較して)が起きていることを見いだした。本研究では、この結果をもとにナノ構造化した電極表面(あるいは、ナノ細孔内)に形成されたイオン液体局所構造解明とその中における溶質拡散過程(特異的高速プロセス)の解明、そしてこれらの相関関係がナノ構造を系統的に変化させたときにどのように変わっていくかを明らかにし、同時に溶液中の新しい溶質拡散の物理的描像を明らかにする。

3. 研究の方法

電極はナノ構造の形やサイズを制御可能な以下の2種を用意し、その効果を調べる。

ナノポーラス電極: 光エッチングあるいは電気化学溶解法によって、TiO₂ や SiO₂ 電極上にナノポーラス構造を作成する。

ナノディンプル電極: 数 nm ~ 数十 nm 直径のシリカビーズをテンプレートとし、上から Au 蒸着を行うことにより、規則的なディンプル構造を持つ Au 電極を作成する。ディンプルの直径、間隔は、それぞれ Au の蒸着量およびシリカナノビーズの大きさを变化させて制御する。

3-1. クロノアンペロメトリー法を用いた拡散挙動観察

溶質金属イオンを溶かしたイオン液体を電解質とし、溶質の拡散挙動を調べることを目的に、クロノアンペロメトリー(電位ステップに対する電流の過度応答解析)を測定する。得られた過渡電流曲線は、申請者のモデルで定義した見かけ上の拡散係数 $D(c)$ (ここで c は、拡散する溶質の濃度)を含む、拡散方程式から導出可能であることから、実験データとのパラメータフィッティングにより、見かけ上の拡散係数に含まれる重要なパラメータ D^{hop} (ホッピング拡散の拡散係数)、 C_{hole} (溶質分子が移動出来るのに十分な大きさをもつホール(イオン液体分子間における空隙)の濃度)、 D^{o} (通常の液体様拡散に対する拡散係数に相当する)を見積もる。

イオン液体は、BMI(ブチルメチルイミダゾール)カチオンを有するもの(アニオンには、TFSA,

BF₄, PF₆等)を中心に用い、また、金属イオンは、Au, Pt, Li, Pd, K, Caなどを用いて、イオン半径の大きさや電荷の違いなどを検証する。また、これらパラメータの温度依存性から、ホッピングエンタルピーおよびホッピングエントロピーを導出し、拡散過程における周辺ポテンシャルと構造緩和に関する情報を得る。こうした実験、解析を、系統的に金属イオン種とイオン液体種を変えて行うことにより、これらのパラメータの物理的意味を明確にし、拡散メカニズムを明らかにする。

3-2. インピーダンス測定法、赤外分光法等を用いたナノ構造内における局所解析

交流インピーダンス法を用いて、等価回路モデルを構築することにより、溶媒和層静電容量 C_{dl} 、電荷移動抵抗 R_{ct} を求め、前者からは電極極近傍の溶媒和構造、溶媒和層領域の厚み、後者からは、局所粘度とイオン液体分子密度を評価する(図 3)。また、ATR 赤外吸収分光法を用いてナノ構造界面あるいはナノ細孔内におけるイオン液体の局所構造を調べる。

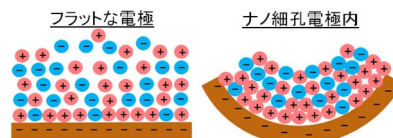


図 3: インピーダンス測定と等価回路解析によって、電極付近におけるイオン液体のおおまかな構造と粘度等が分かる。

実験は、1.と同様に N₂ 雰囲気下において行う。

3-3. Non-contact AFM を用いたナノ構造内の溶媒和層解析

インピーダンス解析では、溶媒和層の厚みは分かるが、層内の構造までは分からない。一般的に、イオン液体の溶媒和層は、カチオンとアニオンが交互に並んだ構造をとっていると言われるが、ナノディンプルによって、この層の厚みが変わる。こうした層構造を、Non-contact FM-AFM でフォースカーブ測定を行い、各層の厚み(分子の配向や密度によって変わる)を詳しく調べる。

3-1, 3-2, 3-3 の結果を併せ、ナノ構造電極(内)における溶質金属イオンの拡散パラメータ、溶媒和層の厚み(構造)、局所構造が、ナノ構造の変化に対してどのように応答するかを詳しく調べることにより、ナノ構造化電極における、イオン液体の特異的構造とそれに応答した特異的高速拡散の関係性を明らかにする。

4. 研究成果

4-1. ナノポーラス電極中のイオン液体構造

数 nm から数十 nm の細孔径を持つポーラスシリカ電極を作成し、その中におけるイオン液体の挙動を調べた。ポーラスシリカは、その内壁を親水性(R-OH)および疎水性(R-O-CH₃)の官能基をもつ有機分子で修飾し、それぞれの場合のイ

1層目のイオン電荷と逆電位を印加した時の挙動 ⊕: BMIM⁺ ⊖: TFSA⁻

➤ SiROCH₃の場合

➤ SiROHの場合

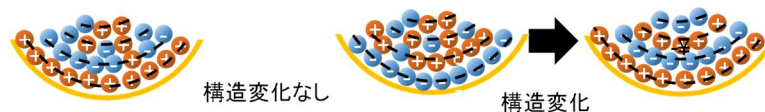


図 4: ポーラス内壁の修飾分子によって、ポーラス内部のイオン液体構造および、電位印可応答の挙動が大きく変わる。

オン液体分子(BMI-TFSA)の局所構造を、XPS および交流インピーダンススペクトルによって調べた。内壁を疎水基修飾したポーラスシリカ電極の場合、内壁に接するように BMI⁺カチオンが層を形成し、その内側に TFSA⁻アニオン層が形成されている様子が分かった。一方で、内壁を親水基修飾した電極の場合、TFSA⁻アニオン層が内壁に接するように形成され、その内側に BMI⁺カチオン層が形成されていることが分かった。前者は、BMI⁺のアルキル鎖が内壁の疎水基と相互作用したため、後者は、TFSA⁻アニオンと内壁の親水基との相互作用が形成されたためであると思われる。次に、これらの電極に電位を印加して、細孔内のイオン液体分子の電位応答挙動を調べた。疎水基内壁をもつ電極においては、電位応答がほとんど見られなかった。これは、BMI⁺カチオンが、内壁と強固な相互作用を形成している上に、互いにスタックした構造をとっているために(IR を用いた実験により確認) 全体的にリジッドな構造になっていたためと思われる。一方、親水基内壁を持つ電極に負電位を印加したところ、内壁側の層がカチオン層へと交代し、それに伴い、その内側の層がアニオン層に、さらにその内側にもカチオン層が形成されることが分かつ

た。(図 4) 詳細な解析の結果、層間間隔も電位印可前と比較して小さくなっていることが分かった。これにより、大幅なキャパシタンスの増大が観察された。この値は、平坦電極界面で見られる同様な層交代によるものと比較しても数倍以上大きなものである。

4-2. イオン液体を充填したナノポーラス電極中における金属イオンの挙動

金属イオンを溶かしたイオン液体を使用して同様の実験を行った。細孔直径が 6 nm と 10 nm のポーラスシリカ電極を Au^{3+} イオンを溶かした BMI-TFSA (イオン体) 溶液を用いて、電極細孔内におけるイオン液体および金属イオンの動的な挙動の電位依存性を調べた。細孔が 6 nm のときには、純粋なイオン液体を細孔内に閉じ込めたときと同様の層構造は見られたが、電位変化に対する構造変化はほとんど観察されなかった。これは、細孔内においてイオン液体の局所粘度が極度に増加しているという示差熱測定の結果と一致している。また、内部における Au^{3+} イオンの拡散係数を見積もったところ、これも電位依存性がほとんど見られなかった。一方で、細孔径 10 nm の場合、イオン液体の層構造が印可電圧に応答して大きく変化することが分かった。同時に、これに相関するように、中に溶けている Au^{3+} イオンの拡散係数が大きく電位変化に対して変化することが分かった。このことは、細孔内におけるイオン液体の局所構造変化が、 Au^{3+} イオンの拡散挙動と強い相関があることを示している。

4-3 ナノディンプル電極界面におけるイオン液体構造の印可電位依存性

表面上に規則的ナノディンプルを作成した Au 電極を用いて、ナノ空間内におけるイオン液体の局所構造とその印加電位依存性を調べた。その結果、直径 100nm 程度のディンプルを持つ電極においては、負から正、あるいは正から負への電位掃引の過程の中、丁度カチオン層とアニオン層が入れ替わる電位付近において(図 5) 溶媒和層の密度増加が見られた。同じ電位付近でキャパシタンスの大きな増加が観察されていたが、これが溶媒和層の密度増加に関連するものであることを示唆している。そこで、大きなキャパシタンスを持つ電位および条件において、ナノディンプル電極のディンプル内におけるイオン液体分子の挙動を、電気化学 ATR-FTIR 法を用いて調べたところ、イオン液体の溶媒和層が圧縮している様子が観察された。この挙動は、ディンプルのサイズによっても大きく変化し、ナノディンプル空間内特有の現象の一つであることが分かった。

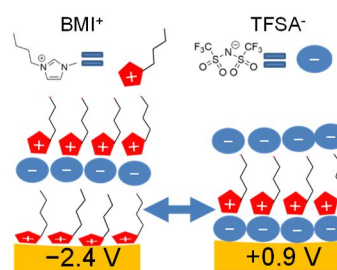


図 5: ナノディンプル内におけるイオン液体構造の電位応答の様子。層交代が起きる電位付近において、特徴的な構造をとることが確認された。

4-4. 平坦電極およびナノディンプル電極界面における溶質金属の挙動の印可電位依存性

イオン液体の局所構造の変化が本当に拡散挙動に影響を与えるかを詳細に調べるために、まずは平板 Au 電極を用いて、イオン液体溶媒に Ag^+ イオンを加えた溶液中、電位印可下における Ag^+ イオンの拡散挙動についても調べた。その結果、電位を変化させることにより、溶媒和層の層間間隔が変化し、それに対応するように Ag^+ イオンの拡散速度(係数)が、変化していることがわかった。これは、溶媒和層の間隔が、変化することによって、ホッピングサイトの間隔が変化し、これに拡散挙動が影響を受けたものと考えられる。また、同様の実験を Au^{3+} イオンを使って行った結果、 Ag^+ イオン溶液ほどの大きな電位依存性(層間間隔および拡散係数の変化)は見られなかった。このことは、 Au^{3+} イオンがまわりのイオン液体分子と強固な相互作用を行うことにより、溶媒和層の柔軟性が損なわれ、その結果、構造変化の電位依存性が相対的に小さくなったものと考えられる。一方、4-3.で、ナノディンプル内では、イオン液体層が特定の印可電位で圧縮されることが明らかになったが、その中における金属イオンの拡散挙動変化を調べた。その結果、非圧縮の状態と大きく異なり、ホッピング拡散挙動が促進されている様子が観察され、我々の拡散モデルによって説明可能であることが分かった。

4-5. まとめ

これまでの研究全体を通して、ナノポーラスおよびナノディンプル空間内におけるイオン液体の局所構造およびその中を通過する金属イオンの拡散挙動を調べてきた。その結果、ナノ空間特有の局所構造とその中の拡散挙動(拡散係数、拡散方式)に強い相関があることが明らかになった。さらに、それぞれの電極に電位を印可することによって、ナノ空間内のイオン液体局所構

造を変化させたところ、それに対応して通過する金属イオンの拡散挙動も大きく変化することが分かった。こうした発見は、イオン液体構造と溶質拡散挙動の相関を予測した我々のオリジナルホッピング拡散モデルを支持するだけでなく、電位印可によって、ナノ構造化電極近傍の拡散挙動を制御できることを示しており、溶質拡散の新しい制御法を提供するものである。こうした結果により、当初想定した萌芽的研究の目的は達成したものと考え、今後は本研究分野を発展させるべく研究を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Morino Yusuke, Yokota Yasuyuki, Bando Ken-ichi, Hara Hisaya, Imanishi Akihito, Takeya Jun, Fukui Ken-ichi	4. 巻 118
2. 論文標題 Operando atomic force microscopy study of electric double-layer transistors based on ionic liquid/rubrene single crystal interfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 243301 ~ 243301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0053848	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 IMANISHI Akihito	4. 巻 72
2. 論文標題 Interpretation and Use of Mott-Schottky Plots at the Semiconductor-liquid Interfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of The Surface Finishing Society of Japan	6. 最初と最後の頁 479 ~ 486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4139/sfj.72.479	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Daijiro Okaue, Ichiro Tanabe, Sakurako Ono, Kota Sakamoto, Taiki Sato, Akihito Imanishi, Yoshitada Morikawa, Jun Takeya, Ken-ichi Fukui	4. 巻 124
2. 論文標題 Ionic-Liquid-Originated Carrier Trapping Dynamics at the Interface in Electric Double-Layer Organic FET Revealed by Operando Interfacial Analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 2543-2552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b10636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yusuke Morino, Yasuyuki Yokota, Hisaya Hara, Ken-ichi Bando, Sakurako Ono, Akihito Imanishi, Yugo Okada, Hiroyuki Matsui, Takafumi Uemura, Jun Takeya, Ken-ichi Fukui	4. 巻 22
2. 論文標題 Rapid improvements in charge carrier mobility at ionic liquid/ pentacene single crystal interfaces by self-cleaning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 6131-6135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP00149J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kei Hosoya, Toshiki Kamidaira, Tetsuya Tsuda, Akihito Imanishi, Masakazu Haruta, Takayuki Doi, Minoru Inaba, Susumu Kuwabata	4. 巻 1
2. 論文標題 Lithium-Ion Battery Performance Enhanced by Combination of Si Thin Flake Anode and Binary Ionic Liquid System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Mater. Adv.	6. 最初と最後の頁 625-631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0MA00296H	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今西哲士	4. 巻 87
2. 論文標題 イオン液体中の電極近傍における金属イオン拡散の in situ 計測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電気化学	6. 最初と最後の頁 109-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/denkikagaku.20-FE0011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Yao, R. Izumi, T. Tsuda, Y. Oshima, A. Imanishi, N. Oda, S. Kuwabata	4. 巻 27
2. 論文標題 Platinum and PtNi Nanoparticle-Supported Multiwalled Carbon Nanotube Electrocatalysts Prepared by One-Pot Pyrolytic Synthesis with an Ionic Liquid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Appl. Energy Mater.	6. 最初と最後の頁 4865-4872
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b00561	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Okaue, I. Tanabe, S. Ono, K. Sakamoto, T. Sato, A. Imanishi, Y. Morikawa, J. Takeya, K. Fukui	4. 巻 124
2. 論文標題 Ionic-Liquid-Originated Carrier Trapping Dynamics at the Interface in Electric Double-Layer Organic FET Revealed by Operando Interfacial Analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 2543-2552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b10636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Morino, Y. Yokota, H. Hara, K. Bando, S. Ono, A. Imanishi, Y. Okada, H. Matsui, T. Uemura, J. Takeya, K. Fukui	4. 巻 22
2. 論文標題 Rapid improvements in charge carrier mobility at ionic liquid/ pentacene single crystal interfaces by self-cleaning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 6131-6135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP00149J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Yokota, H. Miyamoto, A. Imanishi, K. Inagaki, Y. Morikawa, K. Fukui	4. 巻 20
2. 論文標題 Structural and dynamic properties of 1-butyl-3-methyl-imidazolium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide / mica and graphite interfaces revealed by molecular dynamics simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 6668-6676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP07313E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Yokota, H. Miyamoto, A. Imanishi, J. Takeya, K. Inagaki, Y. Morikawa, K. Fukui	4. 巻 20
2. 論文標題 Microscopic properties of ionic liquid / organic semiconductor interfaces revealed by molecular dynamics simulations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 13075-13083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP01043A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Tsuda, A. Imanishi, T. Sano, A. Sawamura, T. Kamidaira, C. Chen, S. Uchida, S. Kusumoto, M. Ishikawa, S. Kuwabata	4. 巻 279
2. 論文標題 In situ electron microscopy and X-ray photoelectron spectroscopy for high capacity anodes in next-generation ionic liquid-based Li batteries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electrochimica. Acta	6. 最初と最後の頁 136-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2018.05.081	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Miyamoto, Y. Yokota, A. Imanishi, K. Inagaki, Y. Morikawa, K. Fukui	4. 巻 20
2. 論文標題 Potential dependent changes of structural and dynamical properties of 1-butyl-3-methylimidazolium bis (trifluoromethanesulfonyl)imide on graphite electrode revealed by molecular dynamics simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 19408-19415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP02733A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akihito Imanishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Preparation of Nanoparticles and Diffusion Behavior of Metal Ions in Ionic Liquids	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Chemical Record	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.202300110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 今西哲士	4. 巻 -
2. 論文標題 ディンプル状周期構造をもつAu電極との界面におけるイオン液体の電位応答挙動	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 表面と真空	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Akihito Imanishi
2. 発表標題 Diffusion Control of Metal Ions Close to Electrode in Ionic Liquid -Effect of Local Structure of Ionic Liquid-
3. 学会等名 239th The Electrochemical Society Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉本浩正, 小山翔大, 福井賢一, 今西哲士
2. 発表標題 電極付近におけるイオン液体の局所構造が溶質金属イオンの拡散挙動へ与える影響
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今西哲士, 吉本浩正, 小山翔大, 福井賢一
2. 発表標題 イオン液体のドメイン構造が還元電位印可下の金属イオン拡散挙動へ与える影響
3. 学会等名 第11回イオン液体討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiki Sato, Hiroki Ueda, Akihiro Takahashi, Yuki Hirota, Ichiro Tanabe, Akihito Imanishi, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Analyses of the interfacial ionic liquid on Au (111) electrode using electrochemical XPS through the precursor film region
3. 学会等名 9th International Symposium on Surface Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daijiro Okaue, Ichiro Tanabe, Sakurako Ono, Kota Sakamoto, Taiki Sato, Akihito Imanishi, Yoshitada Morikawa, Jun Takeya, Ken-Fukui
2. 発表標題 Ionic-Liquid-Originated Carrier Trapping Dynamics for the Electric Double-Layer Organic FET Revealed by Operando Interfacial Analyses
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Imanishi, S. Koyama, K. Yoshimoto and K. Fukui
2. 発表標題 Influence of Local Structure of Ionic Liquid on Diffusion Behavior of Metal Ions Close to Electrode
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宇野弘樹, 宮口奈穂, 福井賢一, 今西哲士
2. 発表標題 電極の半球状ナノ構造がもたらすイオン液体の電気化学的挙動の変化
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今西哲士
2. 発表標題 酸化物半導体科学からのアプローチ
3. 学会等名 横浜国立大学グリーン水素研究センターセミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 大輝, 上田 滉輝, 高橋 堯広, 田邊 一郎, 今西 哲士, 福井 賢一
2. 発表標題 5. 電気化学 X 線光電子分光法によるグラファイト電極の電位に応じた界面イオン液体の局所構造変化の解析
3. 学会等名 2020年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihito Imanishi
2. 発表標題 Control of Diffusion Behavior of Metal Ions at Ionic Liquid/Electrode Interface and Its Effect on Electrodeposits
3. 学会等名 235th ECS(The Electrochemical Society) Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ken-ichi Fukui, Akihiro Takahashi, Hiroki Ueda, Akihito Imanishi
2. 発表標題 Potential dependent diffusion behavior of Mg ²⁺ ions at interfacial ionic liquid on Au electrode analyzed by electrochemical XPS
3. 学会等名 21st International Vacuum Congress (IVC-21) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihito Imanishi, Hideki Ishikawa, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Influence of Nano Structure of TiO ₂ Single Crystal Electrode on Water Photooxidation Reaction Process -Facet and Edge Effects-
3. 学会等名 The 29th International Conference on Photochemistry (ICP2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山翔大, 福井賢一, 今西哲士
2. 発表標題 イオン液体中電極近傍におけるホッピング拡散に誘起された金属イオン欠乏層形成と金属電析への影響
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今西哲士
2. 発表標題 走査型電気化学光電子分光法と電気化学測定法を用いた電極界面近傍におけるイオン液体と溶質金属イオンの挙動解析
3. 学会等名 2019日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihito Imanishi, Shodai Koyama, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Depletion Layer Formation Induced by Unusual Diffusion Behavior of Metal Ions at Ionic Liquid/Electrode Interface and Its Effect on Electrodeposits
3. 学会等名 OKINAWA COLLOIDS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今西哲士, 小山翔大, 津田哲哉, 桑畑進, 福井賢一
2. 発表標題 電極近傍における金属イオンのホッピング様拡散挙動とこれに誘起されたイオン欠乏層形成および金属電析への影響
3. 学会等名 第10回イオン液体討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Ueda, Akihiro Takahashi, Ichiro Tanabe, Akihito Imanishi, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Structure of ionic liquid / Au(111) electrode interface dependent on Mg ²⁺ concentration and an electrode voltage analyzed by XPS
3. 学会等名 International Symposium for Nano Science (ISNS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Takahiro Koyake, Kota Sakamoto, Akihito Imanishi, Ichiro Tanabe, Jun Takeya, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題	Local Operational Mechanism of Electric Double Layer OFET at the Ionic liquid/Organic Semiconductor Interface revealed by Electrochemical Frequency Modulation AFM Analyses
3. 学会等名	International Symposium for Nano Science (ISNS2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Yoshinobu Fujihira, Ken-ichi Fukui, Akihito Imanishi
2. 発表標題	Behavior of Solute Metal Ions at Ionic Liquid/Electrode Interface Studied by Electrochemical Impedance Spectroscopy
3. 学会等名	International Symposium for Nano Science (ISNS2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Chiaki Katayama, Fumiya Chujo, Akihito Imanishi, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題	Analysis on diffusion behavior of Mg ²⁺ solute in ionic liquid thin film on Au(111) using angle-resolved XPS
3. 学会等名	5th Kansai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	岡上大二朗, 大野桜子, 阪本康太, 名藤広晃, 佐藤大輝, 田邊一郎, 今西哲士, 竹谷純一, 福井賢一
2. 発表標題	電気二重層有機FETの界面に生じるキャリア - イオン液体間相互作用の解析
3. 学会等名	第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Akihito Imanishi
2. 発表標題 Influence of Nanoscale Surface Structure of TiO ₂ Single Crystal Electrode on Water Photooxidation Reaction Process
3. 学会等名 233rd ECS(The Electrochemical Society) Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihito Imanishi, Shodai Koyama, Tetsuya Tsuda, Susumu Kuwabata, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Unusual Diffusion Behavior of Metal Ions at Ionic Liquid/Electrode Interface during Electrodeposition and Its Effect on Electrodeposits
3. 学会等名 69th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Takahashi, Chiaki Katayama, Taiki Sato, Saeyun Kim, Akihito Imanishi, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Diffusion of Mg ²⁺ Ions at Interfacial Ionic Liquid on Au Electrode Analyzed by AR-XPS and EC-XPS
3. 学会等名 69th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋堯広, 片山千滉, 佐藤大輝, 田邊一郎, 今西哲士, 福井賢一
2. 発表標題 光電子分光による金属電極上のイオン液体中の金属イオン拡散挙動の新規解析手法
3. 学会等名 第122回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Imanishi, S. Koyama, T. Tsuda, S. Kuwabata, K. Fukui
2. 発表標題 Diffusion Behaviour of Metal Ions at Ionic Liquid/Electrode Interface and Its Effect on Electrodeposits
3. 学会等名 The 27th Conference on Molten Salts and Ionic Liquids (EuCheMSIL 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Takahashi, Chiaki Katayama, Taiki Sato, Saeyun Kim, Ichiro Tanabe, Akihito Imanishi, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Diffusion Behavior of Mg ²⁺ Ions at Interfacial Ionic Liquid on Metal Electrode Analyzed by Electrochemical XPS
3. 学会等名 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山翔大, 津田哲哉, 桑畑進, 福井賢一, 今西哲士
2. 発表標題 イオン液体/電極界面における金属イオンの高速拡散挙動と金属電析への影響
3. 学会等名 第9回イオン液体討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山千滉, 中条文哉, 田邊一郎, 今西哲士, 福井賢一
2. 発表標題 角度分解 XPS測定による Mg ²⁺ の濃度勾配をもつ イオン液体薄膜中での拡散挙動評価
3. 学会等名 2018年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山千滉, 高橋堯広, 田邊一郎, 今西哲士, 福井賢一
2. 発表標題 X線光電子分の深さ方向解析によるイオン液体薄膜中でのMg ²⁺ の拡散挙動
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山翔大, 津田哲哉, 桑畑進, 福井賢一, 今西哲士
2. 発表標題 イオン液体中での金属イオン拡散機構の解明とアノード電析反応挙動への影響
3. 学会等名 電気化学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihto Imanishi
2. 発表標題 Influence of Hemisphere-Shaped Nanodimples of Gold Electrode on Capacitance in Ionic Liquid
3. 学会等名 241st The Electrochemical Society Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daijiro Okaue, Ichiro Tanabe, Sakurako Ono, Kota Sakamoto, Taiki Sato, Akihito Imanishi, Yoshitada Morikawa, Jun Takeya, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Carrier Trapping Dynamics for the Electric Double-Layer Organic Field Effect Transistor using Ionic Liquid Electrolyte Studied by Operando Interfacial Analyses
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akihito Imanishi, Hiroki Uno, Ken-ichi Fukui
2. 発表標題 Behavior of Ionic Liquid at Gold Electrode Having Periodic Nanodimples on Its Surface
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉本 浩正, 福井 賢一, 今西 哲士
2. 発表標題 電極近傍におけるイオン液体のドメイン構造が溶質金属イオン拡散挙動に与える影響
3. 学会等名 第12回イオン液体討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉本浩正, 福井賢一, 今西哲士
2. 発表標題 Li+添加によるイオン液体中のAg+拡散挙動変調と液体ドメイン構造から受ける影響
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

今西哲士 https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/91a5292e93bbf610.html

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------