

令和 4 年 5 月 14 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02470

研究課題名(和文) 表面ナノ構造の最適設計に基づく超高耐食性アルミニウム材料の創製

研究課題名(英文) Fabrication of super corrosion-resistant aluminum materials based on the optimal design of surface nanostructures

研究代表者

菊地 竜也 (Kikuchi, Tatsuya)

北海道大学・工学研究院・准教授

研究者番号：60374584

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：高純度アルミニウムおよび各種アルミニウム合金を新規な電解質水溶液に浸漬してアノード酸化することにより生成するアノード酸化皮膜の形成挙動を検討した。アノード酸化における酸化物の構造変化を高分解能電子顕微鏡観察により議論し、酸化物のナノ構造をアノード酸化条件によって精緻に制御した。エチドロン酸やピロリン酸、四ホウ酸ナトリウムなどの電解質によってアノード酸化することにより得られた酸化皮膜形成アルミニウム材料は、高い耐食性をもつことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の遂行により得られたナノ構造制御型のポーラス型アノード酸化皮膜をアルミニウムおよびその合金表面に形成することにより、従来のアルマイト皮膜形成アルミニウムの耐食性を上回る、極めて高い耐食性をもつ新規なアルミニウム材料として応用することが期待できる。このようなアルミニウム材料は、メンテナンス期間の長い、またはメンテナンスフリーの金属材料として、持続可能な社会の発展に資すると予想される。

研究成果の概要(英文)：The formation behaviors of the anodic aluminum oxide film formed on high-purity aluminum and various aluminum alloys were investigated by anodizing in novel electrolyte solutions. The structural changes of the anodic aluminum oxide were discussed by high-resolution electron microscopy, and their nanomorphology can be accurately controlled by the choosing of appropriate anodizing conditions. A corrosion-resistant aluminum plate covered with a novel porous alumina film could be successfully fabricated by anodizing aluminum in etidronic acid, pyrophosphoric acid, and sodium tetraborate solutions.

研究分野：材料表面科学、電気化学

キーワード：アノード酸化 アルミニウム ポーラス皮膜 耐食性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

アルミニウムは軽量で機械加工性が高く、リサイクル性に優れた金属材料であることから、さまざまな工業製品に利用されている。一方、アルミニウムは卑な金属であり、非常に錆びやすい問題点がある。通常、アルミニウム上には薄い自然酸化皮膜（不動態皮膜）が存在し、アルミニウム素地を外界から守っているが、この不動態皮膜の厚さは高々数 nm であり、多数の欠陥部を含むことから、耐食性は極めて低い。そのため、工業的なアルミニウムの使用においては、アルミニウムに表面処理が施される。

最も一般的なアルミニウムの表面処理はアノード酸化（陽極酸化）である。アルミニウムを硫酸やシュウ酸などの酸性水溶液に浸漬してアノード酸化すると、アルミニウム表面にポーラス型アノード酸化皮膜（ポーラスアルミナ、アルマイト）が生成する。比較的厚いポーラスアルミナをアルミニウム上に形成することにより、耐食性の高いアルミニウム材料が得られる。一方、これらの硫酸・シュウ酸ポーラスアルミナ形成アルミニウム材料であっても、塩化物環境や酸性・塩基性水溶液環境など腐食性の強い環境においては、アルミニウム材料が腐食することが大きな問題となっていた。

2. 研究の目的

本研究においては、新規な電解質化学種を用いてアルミニウムをアノード酸化することにより、ポーラスアルミナのナノ構造を最適制御する技術を開発するとともに、高い耐食性をもつアルミニウム材料の創製を目指した。ポーラスアルミナの生成・成長挙動に及ぼすアノード酸化条件を種々検討し、ポーラスアルミナの構造をナノレベルで見つめ直すことにより、耐食性に優れたポーラスアルミナ形成法の確立に挑んだ。

3. 研究の方法

試料として高純度アルミニウムおよび A1050、A5052、A7075 アルミニウム合金を用いた。これらのアルミニウム試料を電解研磨または化学研磨したのち、種々の電解質水溶液に浸漬してアノード酸化を行った。電解質水溶液として硫酸、エチドロン酸、クロム酸、ピロリン酸、四ホウ酸ナトリウム、炭酸アンモニウムおよびメタホウ酸ナトリウムを用いた。アノード酸化により生成した酸化皮膜のナノ構造を電界放射型走査電子顕微鏡（FE-SEM）および収差補正走査型透過電子顕微鏡（Cs-corrected STEM）により観察し、それぞれの電解質水溶液における酸化皮膜の成長挙動を深く理解するとともに、ポーラスアルミナのナノ構造制御を試みた。

ポーラスアルミナ形成アルミニウム試料を塩化物水溶液中に浸漬して電気化学測定を行い、アルミニウム試料の耐食性を評価した。得られた結果をアノード酸化にフィードバックし、高い耐食性をもつポーラスアルミナ形成アルミニウム材料の開発を試みた。

4. 研究成果

本研究の遂行により得られた主要な研究成果を以下にまとめる。

(1) ポーラスアルミナの初期成長過程における微細構造を高分解能電子顕微鏡観察することにより、アノード酸化の極初期においても酸化物の粘性流動によってポーラス層の形成が生じていることを初めて見出した。この電子顕微鏡観察結果に基づき、新しいポーラスアルミナ形成メカニズムを提唱した。

(2) アノード酸化の際、平滑な表面をもつアルミニウムではなく、あらかじめアルミニウム表面に周期的なディンプル構造などナノレベルの凹凸構造を形成したのちアノード分極を行うことにより、電圧の急激な増大を抑制し、不均一皮膜の形成を伴う焼けを防ぐことが可能であることがわかった。この技術を用いて高電流密度のアノード酸化を行うことにより、従来は困難であった。高速アノード酸化を達成できた。

(3) エチドロン酸を用いた定電流アノード酸化によって 200 V 以上の高電圧が誘起され、その結果として生じるサブミクロンスケールの単位セル構造をもつポーラスアルミナのナノ構造を詳細に制御可能であることがわかった。特に、電圧の高さゆえに生じる厚いバリアー皮膜が、アルミニウムの耐食性向上に大きく影響することを明らかにした。また、ポーラスアルミナのナノ細孔を緻密に封じ、耐食性をさらに向上できることを明らかにした。

(4) 四ホウ酸ナトリウムや炭酸アンモニウムなどの塩基性水溶液を用いたアノード酸化により、ポーラスアルミナやプラズマ電解酸化皮膜（PEO）が生成し、硬い結晶性の酸化皮膜が生成することを見出した。

(5) 底部バリアー層における電解質アニオンを含まない純アルミナ層の領域が多いほど、酸性・塩基性環境中における耐食性が高いことがわかった。四ホウ酸ナトリウムを用いたアノード酸化により、高い耐食性をもつポーラスアルミナが形成できる可能性を見出した。

(6) メタホウ酸を用いた陽極酸化により、底部バリアー層が極めて平滑なポーラスアルミナが生成した。この際に生成するポーラス構造の細孔直径は極めて小さく、従来の生成法則に当てはまらない。これらは、従来知られているケラーハンターロビンソンモデルとは異なる新規なナノ構造であり、耐食性の向上が期待できる。

(7) エチドロン酸を用いて作製したポーラスアルミナ形成アルミニウム材料が、従来処理を施したアルミニウムに比べて、塩基性水溶液や塩化物水溶液などの腐食環境において高い耐食性をもつことを明らかにした。特に、ポーラスアルミナ底部におけるナノ構造の最適化および厚膜化により、海水を模擬した塩化物水溶液環境において、従来に比べて500倍以上耐食性の高いアルミニウム材料を作製することができた。

(8) 電解エッチングとアノード酸化、自己組織化単分子膜コーティングを融合したプロセスによってアルミニウムを超撥水・超撥油化することに成功した。この超撥水・超撥油アルミニウムは、塩化物環境中において高い耐食性をもつことを明らかにした。

以上の研究成果より、新規な電解質水溶液を用いたアルミニウムのアノード酸化により生成する酸化皮膜の成長挙動を深く理解し、ポーラスアルミナのナノ構造を高度に制御することにより、従来に比べて耐食性が格段に向上したポーラスアルミナ形成アルミニウム材料の試作に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 8件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Tatsuya Kikuchi, Shunta Akiya, Kaito Kunimoto, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Photoluminescence from Anodic Aluminum Oxide via Etidronic Acid Anodizing and Enhancing the Intensity | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Materials Transactions | 6. 最初と最後の頁 1130-1137 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2320/matertrans.MT-M2020010 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Initial Structural Changes of Porous Alumina Film via High-Resolution Microscopy Observations | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ECS Journal of Solid State Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 44004 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1149/2162-8777/ab89ba | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Tatsuya Kikuchi, Yusuke Suzuki, Mana Iwai, Ryosuke O. Suzuki | 4. 巻 167 |
| 2. 論文標題 Anodizing Aluminum and Its Alloys in Etidronic Acid to Enhance Their Corrosion Resistance in a Sodium Chloride Solution | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society | 6. 最初と最後の頁 121502 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1149/1945-7111/abaa6b | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki | 4. 巻 537 |
| 2. 論文標題 High-speed galvanostatic anodizing without oxide burning using a nanodimpled aluminum surface for nanoporous alumina fabrication | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Applied Surface Science | 6. 最初と最後の頁 147852 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.apsusc.2020.147852 | 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 Tatsuya Kikuchi, Fumiya Onoda, Mana Iwai, Ryosuke O. Suzuki | 4. 巻 546 |
| 2. 論文標題 Influence of sub-10 nm anodic alumina nanowire morphology formed by two-step anodizing aluminum on water wettability and slipping behavior | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Applied Surface Science | 6. 最初と最後の頁 149090 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2021.149090 | 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 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Self-ordered nanospine porous alumina fabricated under a new regime by an anodizing process in alkaline media | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 7240 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-86696-z | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Tatsuya Kikuchi, Taiki Taniguchi, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui | 4. 巻 697 |
| 2. 論文標題 Fabrication of a PEO/AAO Double-layer Anodic Oxide Film via One-Step Anodizing Aluminum in Ammonium Carbonate | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Thin Solid Films | 6. 最初と最後の頁 137799 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.137799 | 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 Daiki Nakajima, Tatsuya Kikuchi, Taiki Yoshioka, Hisayoshi Matsushima, Mikito Ueda, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 A superhydrophilic Aluminum Surface with Fast Water Evaporation Based on Anodic Alumina Bundle Structures via Anodizing in Pyrophosphoric Acid | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Materials | 6. 最初と最後の頁 3497-3497 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma12213497 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui | 4. 巻 320 |
| 2. 論文標題 Electrochemical and morphological characterization of porous alumina formed by galvanostatic anodizing in etidronic acid | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Electrochimica Acta | 6. 最初と最後の頁 134606 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2019.134606 | 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 Suzuki, Kai Kawahara, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui | 4. 巻 166 |
| 2. 論文標題 Corrosion-Resistant Porous Alumina Formed via Anodizing Aluminum in Etidronic Acid and its Pore-Sealing Behavior in Boiling Water | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society | 6. 最初と最後の頁 C261-C269 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0221912jes | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Tatsuya Kikuchi, Kaito Kunimoto, Hiroki Ikeda, Daiki Nakajima, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui | 4. 巻 846 |
| 2. 論文標題 Fabrication of anodic porous alumina via galvanostatic anodizing in alkaline sodium tetraborate solution and their morphology | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Electroanalytical Chemistry | 6. 最初と最後の頁 113152 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jelechem.2019.05.034 | 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 Tatsuya Kikuchi, Motoki Yamashita, Mana Iwai, Ryosuke O. Suzuki | 4. 巻 168 |
| 2. 論文標題 Self-Ordering of Porous Anodic Alumina Fabricated by Anodizing in Chromic Acid at High Temperature | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society | 6. 最初と最後の頁 93501 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/1945-7111/ac2101 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi | 4. 巻 399 |
| 2. 論文標題 Fabrication of unique porous alumina films with extremely high porosity and an ultra-flat barrier layer by anodizing aluminum in sodium metaborate | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Electrochimica Acta | 6. 最初と最後の頁 139440 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2021.139440 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 菊地竜也、岩井愛 | 4. 巻 95 |
| 2. 論文標題 陽極酸化によるアルミニウムの表面処理 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 色材協会誌 | 6. 最初と最後の頁 85-91 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.95.85 | 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35件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 5件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤美羽、岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔、布村順司、大谷良行 |
| 2. 発表標題 四ホウ酸アンモニウムを用いたアルミニウムのアノード酸化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第142回講演大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 ディンプル形成アルミニウムを用いた高速アノード酸化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第142回講演大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui |
| 2. 発表標題 Nanostructure of Anodic Porous Alumina Fabricated by Galvanostatic Anodizing in Etidronic Acid |
| 3. 学会等名 PRIME2020, 238th The electrochemical Society (ECS) Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tatsuya Kikuchi, Ryunosuke Kondo, Ryosuke O. Suzuki, Shungo Natsui, Daiki Nakajima |
| 2. 発表標題 Fabrication of Sticky and Slippery Superhydrophobic Aluminum Surfaces Covered with Nanostructured Anodic Oxide |
| 3. 学会等名 PRIME2020, 238th The electrochemical Society (ECS) Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 塩基性四ホウ酸ナトリウム水溶液を用いて生成したポーラスアルミナの自己規則化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS2020研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田文哉、岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 アルミナナノファイバー被覆アルミニウム表面の超撥水性および滑着性 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS2020研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 菊地竜也、國本海斗、池田大樹、鈴木亮輔、夏井俊悟 |
| 2. 発表標題 塩基性四ホウ酸ナトリウム水溶液におけるアルミニウムの定電流アノード酸化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS2020研究発表会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤美羽、岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔、中島大希、布村順司、大谷良行、夏井俊悟 |
| 2. 発表標題 四ホウ酸アンモニウム水溶液を用いたアルミニウムのアノード酸化におけるPEO皮膜の成長挙動 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第143回講演大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 塩基性電解質によるポーラスアルミナ自己規則化領域の拡張と三次元複雑構造への展開 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第143回講演大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 菊地竜也、秋谷俊太、國本海斗、鈴木亮輔、夏井俊悟 |
| 2. 発表標題 エチドロン酸ポーラスアルミナ皮膜のフォトルミネッセンス特性 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第143回講演大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 菊地竜也、小野田文哉、岩井愛、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 Sub-10nmアルミナナノファイバー被覆アルミニウム表面が発現する滑落性制御型超撥水 |
| 3. 学会等名 電気化学会第88回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田文哉、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 自己組織化アルミナナノファイバーを用いた滑落性制御型超撥水表面の作製 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第141回講演大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 2段階定電流アノード酸化によるポーラスアルミナの均一高速成長 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第141回講演大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 菊地竜也 |
| 2. 発表標題 海外におけるアノード酸化研究の潮流とナノ構造体作製技術 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS第36回富山コンファレンス（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 アノード酸化最初期に生成したポーラス型アノード酸化皮膜のナノ構造 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS第36回富山コンファレンス |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 走査透過型電子顕微鏡によるアルマイトのナノ構造解析と成長挙動の解明 |
| 3. 学会等名 軽金属学会第137回秋期大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田文哉、菊地竜也、鈴木亮輔、夏井俊悟 |
| 2. 発表標題 アノード酸化/電解エッチングによる滑落性制御型撥油アルミニウムの作製 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 鈴木雄介、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 エチドロン酸を用いたアルミニウム合金のアノード酸化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也、鈴木亮輔 |
| 2. 発表標題 エチドロロン酸を用いたアルミニウムの定電流アノード酸化 -皮膜生成初期におけるナノ構造変化- |
| 3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 菊地竜也、國本海斗、池田大樹、中島大希、鈴木亮輔、夏井俊悟 |
| 2. 発表標題 四ホウ酸ナトリウムを用いた定電流アノード酸化により生成するポーラスアルミナのナノ構造 |
| 3. 学会等名 2019年電気化学秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tatsuya Kikuchi, Mana Iwai, Yusuke Suzuki, Shungo Natsui, Ryosuke O. Suzuki |
| 2. 発表標題 Fabrication of Self-Ordered Porous alumina by Etidronic Acid Anodizing |
| 3. 学会等名 AST2019, 3rd International Symposium on Anodizing Science and Technology (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 菊地竜也 |
| 2. 発表標題 アルミニウムのアノード酸化の基礎 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS第102回例会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 安田純之介、鈴木亮輔、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 電解エッチングとアノード酸化を用いた超撥油アルミニウムの作製 |
| 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 岩井愛、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 メタホウ酸ナトリウムを用いたアルミニウムのアノード酸化 Keller-Hunter-Robinsonモデルとは異なるポーラス皮膜の生成 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第144回講演大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮本和哉、岩井愛、鈴木亮輔、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 エチドロン酸水溶液におけるアルミニウムの交流アノード酸化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第144回講演大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩井愛、鈴木亮輔、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 塩基性四ホウ酸ナトリウムを用いた高純度アルマイトの作製と細孔構造の規則化 |
| 3. 学会等名 軽金属学会第141回秋期大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tatsuya Kikuchi, Fumiya Onoda, Ryunosuke Kondo, Daiki Nakajima |
| 2. 発表標題 Fabrication of sticky and slippery superhydrophobic aluminum surfaces by electrochemical anodizing |
| 3. 学会等名 Hokkaido University-Seoul National University The 10th Joint Symposium on Materials Science and Engineering (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mana Iwai, Tatsuya Kikuchi |
| 2. 発表標題 Fabrication of self-ordered porous alumina by anodizing aluminum in alkaline sodium tetraborate solution |
| 3. 学会等名 Hokkaido University-Seoul National University The 10th Joint Symposium on Materials Science and Engineering (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 菊地竜也 |
| 2. 発表標題 アルミニウムのアノード酸化の基礎1 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS第107回例会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 菊地竜也 |
| 2. 発表標題 アルミニウムのアノード酸化の基礎2 |
| 3. 学会等名 表面技術協会ARS第107回例会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 安田純之介、岩井愛、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 六角形アルミニウムディンプルアレイのアノード酸化と超撥水・超撥油化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第145回講演大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮本和哉、岩井愛、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 塩化ナトリウム/エチレングリコール溶液を用いたアノード酸化ポラスアルミナの超短時間電解剥離 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第145回講演大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岩井愛、菊地竜也 |
| 2. 発表標題 酸性・塩基性水溶液中におけるポラスアルミナ皮膜の耐食性 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第145回講演大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 菊地竜也、山下元生、岩井愛 |
| 2. 発表標題 クロム酸アノード酸化により生成したポラスアルミナの自己規則化 |
| 3. 学会等名 表面技術協会第145回講演大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 菊地竜也、岩井愛 |
| 2. 発表標題 新規な電解質を用いた陽極酸化によるポーラスアルミナのナノ構造制御 |
| 3. 学会等名 日本金属学会2022年春季第170回講演大会（招待講演） |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 菊地竜也、中島大希、近藤龍之介、鈴木亮輔、夏井俊悟（分担執筆） | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 シーエムシー出版 | 5. 総ページ数 265 |
| 3. 書名 撥水・撥油・親水性材料の開発動向（陽極酸化によるアルミニウム表面のナノ構造制御と超親水性・超撥水性の発現） | |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 菊地竜也、小野田文哉、近藤龍之介、中島大希、鈴木亮輔、夏井俊悟（分担執筆） | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 サイエンス&テクノロジー | 5. 総ページ数 227 |
| 3. 書名 超撥水・超撥油・滑液性表面の技術（第2巻）（陽極酸化による滑液性制御型超撥水・超撥油アルミニウム表面の創製） | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>表面のナノ空間を制御し、未知の材料を創る、不思議な現象を生み出す https://www.eng.hokudai.ac.jp/engineering/e424/feature/feature02.php 革新的なアルマイトの創製と機能発現 https://seeds.mcip.hokudai.ac.jp/jp/view/385/</p> |
|--|

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 |
|---------|---------|