HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ピロリン酸アノード酸化による超親水・超撥水アルミニウム表面の創製［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	中島, 大希
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13639号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74085
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Daiki_Nakajima_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　中島 大希

審査担当者　主　査　准教授　菊地 竜也
副　査　教　授　鈴木 亮輔
副　査　教　授　渡辺 精一
副　査　教　授　幅崎 浩樹　（本学大学院総合化学院）

学位論文題名

ピロリン酸アノード酸化による超親水・超撥水アルミニウム表面の創製
(Fabrication of Superhydrophilic and Superhydrophobic Aluminum Surfaces via Pyrophosphoric Acid Anodizing)

アルミニウムのアノード酸化 (陽極酸化) は、アルミニウム表面に酸化皮膜を形成して種々の化学的・物理的・機械的特性を発現するために重要な表面処理プロセスである。従来のアノード酸化皮膜は緻密なバリヤー型皮膜およびナノサイズの細孔をもつポーラス型皮膜の 2 種類に大別され、微細構造制御や機能付与に関する研究開発が活発に行われてきた。一方、新しい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、従来とは異なるナノ形状をもつ酸化物を作製することができれば、アルミニウムに新しい特性が発現するものと予想される。本学位論文は、ピロリン酸を用いてアルミニウムをアノード酸化することにより、無数のアルミナナノファイバーを形成するプロセスを開発するとともに、ナノファイバー構造を巧みに制御して水接触角 10 度以下の超親水性および 150 度以上の超撥水性を発現するアルミニウム表面を構築しようとするものである。

本学位論文は全 7 章からなる。

第 1 章は序論であり、アルミニウムのアノード酸化、固体表面の濡れ現象および超親水性と超撥水性について、これまでの知見を詳細に記述するとともに、アルミニウムの濡れ性制御の工業的な重要性を述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第 2 章においては、新規な電解質化学種であるピロリン酸を用いてアルミニウムをアノード酸化することにより、シングルナノメータースケールのアルミナナノファイバーが大量生成することを見いだしている。ピロリン酸アノード酸化においては、初期にバリヤー皮膜およびポーラス皮膜が生成したのち、酸化物が局所的に化学溶解することによってファイバー状の酸化物が溶け残ることを明らかにするとともに、アノード酸化条件の最適化によって単純なナノファイバー構造から複数のファイバーが集まったバンドル構造まで、さまざまにナノ構造を制御できることを発見している。このような酸化物の成長挙動は、従来のアノード酸化皮膜と一線を画す革新的なものである。

第 3 章においては、2 段階アノード酸化の手法を用いて酸化物の成長点を制御することにより、新規な酸化物ナノ構造体の試作に挑戦している。2 段階アノード酸化によって最小 37 nm 間隔で高規則配列したアルミナナノファイバーアレイや、六角形ハニカム状のナノ形状をもつ酸化物が形成できることを初めて見いだしている。

第 4 章においては、ナノファイバー形成アルミニウム表面が水接触角 10 度以下の超親水性を発現することを明らかにしている。アノード酸化条件の最適化によって 33 ms 以下の超高速超親水

性が発現すること、ナノファイバーがバンドル構造を形成する際に最も高い超親水性を発現すること、超親水性が長時間持続すること、高い速乾性や滑雪性をもつことなど、従来に無い超親水性アルミニウムを開発することに成功している。

第 5 章においては、アルミナナノファイバーに自己組織化単分子膜 (SAM) を被覆することにより、アルミニウム表面が水接触角 150 度以上の超撥水性を発現することを明らかにしている。ナノファイバー形成条件および SAM 被覆条件の最適化により、水接触角およそ 160 度の高い超撥水性が発現すること、過剰なアノード酸化は撥水性を低下させることを見いだすとともに、作製した超撥水アルミニウムが 99 パーセント以上の高い可視光反射率をもつことを見いだしている。

第 6 章においては、動的な水接触角測定を行うことにより、滑落性を制御した超撥水アルミニウムの創製に挑戦している。ナノファイバー構造を精緻に制御することにより、超撥水性を示して水がよく滑落するアルミニウムから、超撥水性を示すが水がよく吸着するアルミニウムまで、さまざまな滑落性をもつアノード酸化プロセスの開発に成功している。また、パターニング技術によって滑落性の異なる表面が混在したアルミニウムの作製を実現している。

第 7 章は総括であり、本学位論文において得られた知見をまとめるとともに、工業的な応用展開の可能性について言及している。

これらの研究成果を要するに、本学位論文はアルミニウムのピロリン酸アノード酸化によって新規なナノ構造であるアルミナナノファイバーの形成法を確立するとともに、ピロリン酸アノード酸化を用いた高速超親水および滑落性制御型の超撥水アルミニウム表面の創製を実現したものであり、金属材料の表面処理プロセス分野に対して貢献するところ極めて大である。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。