

アルマイトの安全な超高速剥離法の開発に成功

～最先端ナノテクノロジーへのアルマイトの応用を、より容易に～

ポイント

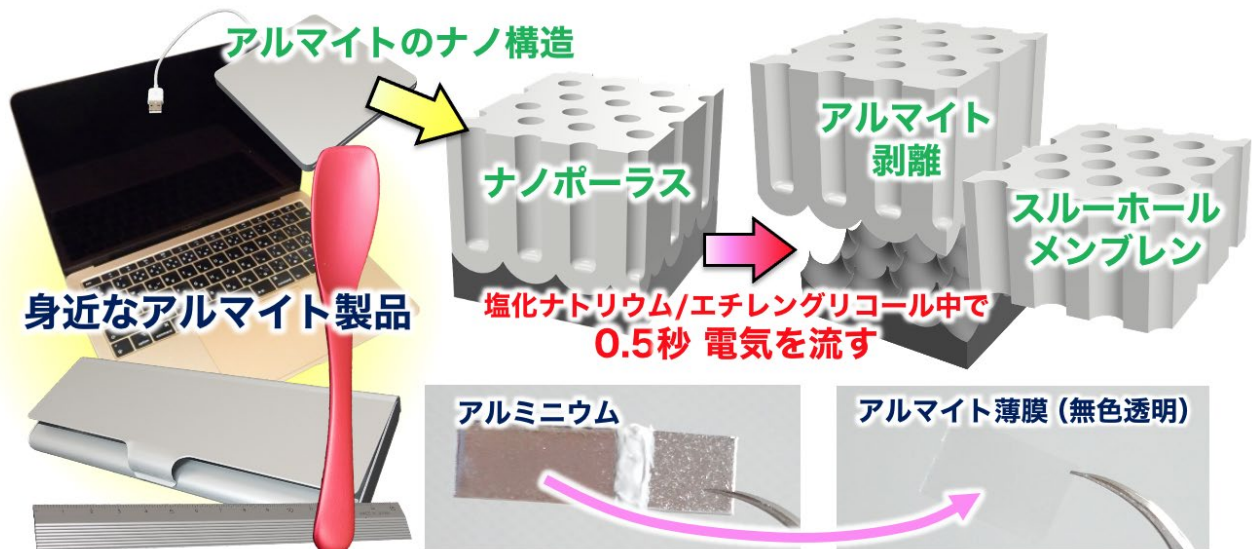
- ・アルマイト（ナノポーラスアルミナ）を誰でも簡単に剥離する技術の開発に成功。
- ・安定・安全な化学薬品を用いて電気を流すと、わずか0.5秒の超高速でアルマイトが剥離。
- ・最先端ナノテクノロジーへのアルマイトの応用展開が、より容易に。

概要

北海道大学大学院工学院修士課程の宮本和哉氏、同博士後期課程の岩井 愛氏、同大学大学院工学研究院の菊地竜也准教授の研究グループは、アルミニウムの不動態皮膜として有名な「アルマイト（ナノポーラスアルミナ）*1」を安全な方法によって超高速剥離する技術の開発に成功しました。

アルマイトはナノサイズの小さな細孔が無数に配列したナノポーラス構造をもつことから、様々なナノテクノロジーへの応用に関する研究開発が世界各国で活発に行われています。本研究で開発した新規のアルマイト剥離法は、エチレングリコール*2と塩化ナトリウム*3からなる安定・安全な溶液にアルマイト形成アルミニウムを浸漬し、わずか0.5秒間電気を流すことにより、アルマイトを超高速剥離する革新的な技術です。さらに、剥離したアルマイトをリン酸水溶液に浸漬すると、アルマイト底部の不動態バリアー層が優先的に溶解し、アルマイト上部から下部まで細孔が貫通した「細孔貫通膜（スルーホールメンブレン）」を作製することができました。この超高速剥離技術を用いることにより、最先端ナノテクノロジーへのアルマイトの応用と工業化が極めて容易になるものと期待されます。

本研究成果は、2022年7月19日（火）に *Electrochimica Acta* 誌の電子版に掲載されました。



アルマイト（ナノポーラスアルミナ）の安全な超高速電解剥離法

【背景】

アルマイトは、およそ 100 年前に日本で開発されたアルミニウムの表面処理皮膜です。アルミニウムにアルマイトを形成すると耐食性が格段に向上するとともに、カラフルな色を着色できるようになることから、鍋や弁当箱などの家庭用品、新幹線や航空機、船舶といった輸送機械、スマートフォンやパソコンなどの電子機器に世界中で幅広く利用されています。

アルマイトのもう一つの特徴として、アルマイトの中にナノサイズの極めて小さな細孔が無数に配列したナノポーラス構造が存在することが知られています。近年、このユニークなナノポーラス構造を利用したナノテクノロジーに関する研究開発が世界各国で活発に進められています。アルマイトを様々なナノテクノロジーに応用するためには、アルミニウムからアルマイトを剥離する必要がありますが、従来のアルマイト剥離法はプロセスがとても複雑であること、爆発性の化学薬品である過塩素酸*⁴を使用することなど、大きな問題を抱えていました。

【研究手法】

本研究においては、不凍液などに広く用いられている化学的に安定なエチレングリコール中に、食品としてありふれた化学物質である塩化ナトリウムを溶かした安全な溶液を剥離剤とし、この溶液にアルマイト形成アルミニウムを浸漬して電気を流すことにより、アルミニウムからアルマイトを簡単に剥離する技術の開発を試みました（図 1）。

【研究成果】

アルマイト形成試料を塩化ナトリウム－エチレングリコール溶液に浸漬して電気を流すと、最適な条件下では、わずか 0.5 秒電気を流すだけでアルマイトがアルミニウムからきれいに剥離することを発見しました。電気化学的な考察により、アルマイトの剥離は、その底部に存在する極めて薄いバリアー層がダメージを受けて生じているものと考えられました。剥離したアルマイトを電子顕微鏡により観察すると、アルマイトの底部にはダメージを受けたと思われるバリアー層が残っていました。この剥離したアルマイトをリン酸水溶液に浸漬すると、底部のバリアー層が優先的に化学溶解し、アルマイトの上部から下部までナノ細孔が貫通した「細孔貫通膜（スルーホールメンブレン）」を作製することに成功しました（図 2）。

【今後への期待】

およそ 100 年前に日本で見いだされたアルマイトは、21 世紀の現在も最先端のナノマテリアルとして応用され、発展し続けています。本研究によって実現した技術は、とても安定・安全な化学薬品を用いて、1 秒以下の時間でアルマイトを超高速剥離する革新的な手法です。ナノサイズのポーラス構造をもつアルマイト薄膜を誰でも簡単に手にすることのできる本手法を用い、ナノフィルターとしての利用やナノファイバーの形成、それらナノ構造の構築に基づく各種ナノデバイスの作製など、幅広いナノテクノロジーへの応用展開が期待できます。

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（B）（課題番号：19H02470、22H01824）及び文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム（課題番号：A-21-HK-0001）の支援を受けて行われました。本研究においては、北海道大学大学院工学研究院の久久保賢二氏、谷岡隆志氏、大多 亮氏、横平綾子氏、遠堂敬史博士に電子顕微鏡観察に関するご指導をいただきましたこと、ここに深く感謝申

し上げます。

論文情報

論文名	Rapid electrochemical separation of anodic porous alumina films from aluminum surfaces using a highly safe sodium chloride–ethylene glycol solution (高い安全性をもつ塩化ナトリウム-エチレングリコール溶液を用いたアルミニウム表面からのポーラスアルミナ皮膜の高速電解剥離)
著者名	宮本和哉 ¹ 、岩井 愛 ¹ 、菊地竜也 ² (¹ 北海道大学大学院工学院材料科学専攻、 ² 北海道大学大学院工学研究院)
雑誌名	Electrochimica Acta (国際電気化学会のオフィシャルジャーナル)
DOI	10.1016/j.electacta.2022.140865
公表日	2022年7月19日(火)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院工学研究院 准教授 菊地竜也 (きくちたつや)

T E L 011-706-6340 メール kiku@eng.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/eco1/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

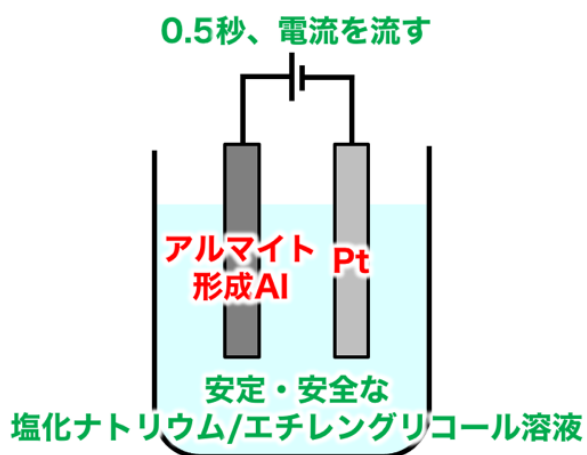


図1. 超高速アルマイト剥離プロセスの実験装置図

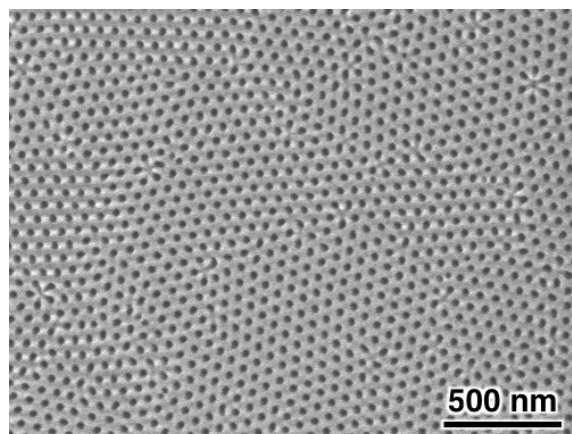


図2. 剥離した高規則スルーホールメンブレンの電子顕微鏡写真

【用語解説】

- *1 アルマイト（ナノポーラスアルミナ） … アルミニウムを適切な電解質水溶液に浸漬して陽極酸化（プラスの電圧を印加）すると生成する耐食性不動態皮膜。アルマイトの組成は酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）であり、その内部にはナノサイズの細長い細孔が 1 cm^2 あたり 100 億個以上含まれている。

- *2 エチレングリコール … 化学式は $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ であり、不凍液としての利用やペットボトルの原材料など、工業的に幅広く用いられている安定な化学物質。

- *3 塩化ナトリウム … 化学式は NaCl であり、食用の「塩」としてよく知られる重要な化学物質。

- *4 過塩素酸 … 化学式は HClO_4 であり、強い酸化力のためにとっても腐食性が高く、有機化合物と爆発的に反応する、取り扱いに注意を要する化学物質。