

補助事業番号 2023M-379

補助事業名 2023年度 表面ナノ構造の最適設計に基づく高耐食性マグネシウム材料の開発補助事業

補助事業者名 北海道大学大学院工学研究院 菊地竜也

1 研究の概要

本研究においては、マグネシウム材料をナノレベルで平滑化する電解研磨技術を開発するとともに、不動態皮膜形成法である「アノード酸化(陽極酸化)」を用いて耐食性に優れたマグネシウム材料を創製することに挑みました。

2 研究の目的と背景

マグネシウムは軽く、強度に優れた金属材料であることから、各種輸送機器や電化製品など、幅広い工業製品への応用が期待されています。しかしながら、マグネシウムはイオン化傾向が大きいため、非常に腐食しやすい(錆びやすい、反応しやすい)問題点を抱えています。耐食性の高いマグネシウム材料を作ることができれば、マグネシウムをさまざまな工業製品に応用することが可能となり、燃費効率の向上や二酸化炭素排出量の削減とした持続可能な社会の構築に資することが期待できます。

3 研究内容 <https://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/eco1/research.html>

本研究ではまず、(1)マグネシウムをナノレベルで平滑化する前処理技術を確立することを試みるとともに、(2)この前処理マグネシウムをアノード酸化することによって厚い不動態皮膜を形成し、耐食性に優れたマグネシウム材料を作製することに挑みました。

塩化ナトリウム(塩)をジエチレングリコールやトラエチレングリコールなどのグリコール(不凍液によく用いられる比較的安全な液体)に溶解したのち、この溶液にマグネシウム材料を浸漬して定電圧電解すると、マグネシウム表面の凸部が優先的に溶解し、マグネシウムが平滑化することがわかりました。電解条件の最適化によってナノレベルで平滑化が進行し、まるで鏡のような光沢面をもつマグネシウム試料を得ることができました。このような欠陥部や凹凸の無いマグネシウムを形成することは、次のアノード酸化プロセスにとって非常に重要です。

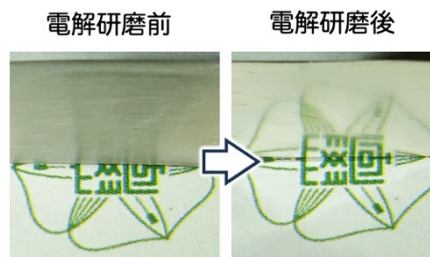


図1 電解研磨前後のマグネシウムの外観写真。マグネシウム材料の手前には北海道大学の校章が置いてあり、電解研磨によって校章がよく映り込んだ鏡面のマグネシウムが得られている。

電解研磨したマグネシウム試料をアルカリ性の水溶液に浸漬してアノード酸化すると、マグネシウム表面に不動態皮膜が生成しました。一方、不動態皮膜の生成挙動を詳細に観察すると、電圧が低すぎても、高すぎても、薄い不動態皮膜しか生成せず、5V程度の電圧において厚い不動態皮膜が生成することがわかりました。しかしながら、この不動態皮膜は横方向に多数の空隙(クラックのような欠陥部)を多数もつため、さらなる改良が必要でした。そこで、アノード酸化したマグネシウム試料をシリケート水溶液(ケイ酸塩)中に浸漬すると、欠陥部の空隙にシリケートが析出して欠陥部を埋め、欠陥部の無い不動態皮膜を形成できることがわかりました。

以上のようなプロセスを用いて表面処理を行ったマグネシウム材料に塩水噴霧試験を行うと、何もしない未処理のマグネシウム材料はただちに腐食しますが、本研究によって開発したマグネシウム材料の外観に変化は無く、耐食性に優れた新しいマグネシウム材料として応用できる可能性を提案することができました。

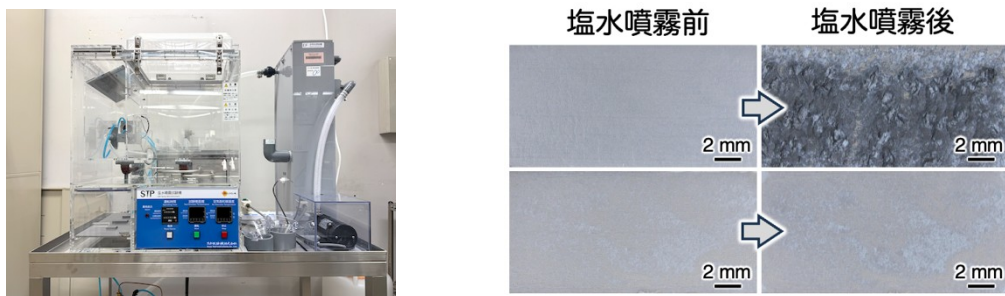


図2 塩水噴霧試験装置の外観(左)および塩水噴霧試験前後のマグネシウムの外観写真(右)。欠陥部の多い不動態皮膜を形成してもマグネシウムはすぐ腐食するが(写真上)、厚くて緻密な不動態皮膜を形成すると、腐食しないマグネシウムが得られる(写真下)。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

耐食性に優れたマグネシウム材料を実用化することができれば、例えば電車や車などの輸送機器にマグネシウム材料を使うことができれば、それらの軽量化に伴って燃費効率が向上し、二酸化炭素の排出量が削減され、地球温暖化の防止に役立つことが期待されます。すなわち、持続可能な社会を実現して、よりよい未来を創り出すことができると予想されます。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業者はこれまでの研究において、金属材料の電気化学的な表面処理に基づく新規機能性材料の創製に関する研究開発を行ってきました。ナノテクノロジーに関する研究を主眼として行ってきましたが、本補助事業はこれらの基礎的な知見をベースとして、「腐食しづらい金属材料」を「ナノレベルで設計」することができたと考えています。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

Electropolishing of Magnesium and Its Alloys Using a Safe Glycol Solution Containing Sodium Chloride, Shunsuke Tomita, Tatsuya Kikuchi, *Journal of The Electrochemical Society*, **171**, 093502 (2024)

7 補助事業に係る成果物

上述の論文が研究成果の一部となっていますので、ご参考ください。オープンアクセスのため、どなたでも閲覧可能です。

<https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1945-7111/ad71f9>



8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 北海道大学大学院工学研究院

(ホッカイドウダイガク ダイガクインコウガクケンキュウイン)

住 所： 〒060-8628

札幌市北区北13条西8丁目

担 当 者： 教授 菊地竜也(キクチタツヤ)

担 当 部 署： 材料表面化学研究室(ザイリョウヒョウメンカガクケンキュウシツ)

E - m a i l : kikuアットマークeng.hokudai.ac.jp (アットマークを@に変換してください)

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