



令和3年4月20日

報道機関 各位

熊本大学

## ナノシートを金属磁石に変換する方法を発見 (AIE社が科学的に重要な論文として紹介)

### (ポイント)

- 水酸化ニッケルナノシートを真空中で加熱することで、金属のニッケルに変換できることを発見しました。
- 変換された金属ニッケルは加熱温度によって構造が変化し、強磁性（磁石としての性質）も示すことが分かりました。
- 本研究成果の論文は、工学分野の重要論文を紹介する国際的な研究リサーチ会社（AIE社）のウェブサイトにも掲載されました。

### (概要説明)

熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）の原正大准教授、同大学産業ナノマテリアル研究所の伊田進太郎教授らの研究グループは、溶液中で化学的に剥離された厚さ1ナノメートル<sup>\*1</sup>程度の水酸化ニッケルナノシートをシリコン基板上に置き、超高真空中で加熱することにより、強磁性を示す金属ニッケルに変換できることを明らかにしました。本研究成果は、成尾友佑氏（同大学大学院自然科学研究科博士前期課程修了、現ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社）の修士論文研究において、広島大学放射光科学研究センターの澤田正博准教授による放射光測定および熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）の下條冬樹教授による第一原理計算シミュレーションなどの共同研究を通して得られたものです。

本研究は、令和2年7月31日に国際学術誌「Nanotechnology」に掲載され、令和3年4月14日にカナダの研究リサーチ会社Advances in Engineering (AIE) のWEBサイトにKey Scientific Articleとして紹介記事が掲載されました。AIE社は全工学分野の主要な国際学術誌に掲載された論文の中から、特に重要な論文を選定して紹介しており、本研究の独創性や発展性が評価されたと考えられます。熊本大学では産業ナノマテリアル研究所を中心に、二次元材料研究を推進しており、今後の研究展開が期待されます。

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業（JP16K04879）および科学技術振興機構CREST（JPMJCR1861）の助成を受けたものです。

## (説明)

### [背景]

世の中に存在する様々な物質を細かく調べていくと、膨大な数の原子が周期的に整列して結晶を作っていることが分かります。材料を究極的に薄くしていくと、原子1個分の厚さになりますが、その代表例としてグラフェンがよく知られています。グラフェンは層状構造を持つグラファイト（黒鉛）を炭素原子1個分の厚さに剥がしたものであり、関連する研究に対して2010年にノーベル物理学賞が授与されています。グラフェンの研究を皮切りに、原子数個分の厚さ（1ナノメートル程度）を持つ二次元材料（ナノシート）の研究が世界中で盛んに行われるようになりました。従来の厚い材料とは異なる興味深い現象や特性が次々と発見されており、多様な分野での応用も期待されています。

### [研究の内容]

本研究で注目した二次元材料は水酸化ニッケルナノシートです。水酸化ニッケルは層状構造を持ち、ニッケル水素電池の電極材料等で古くから使われている材料です。大気中などで加熱することにより、酸化ニッケルに変化することが一般的に知られています。水酸化ニッケルナノシートは、溶液中で化学的に合成・剥離することによって得られ、1ナノメートル程度の厚みしかありません。溶液中に分散されたナノシートをシリコン基板上に置き、原子間力顕微鏡<sup>\*2</sup>を使って形状を評価することが出来ます。本研究では、水酸化ニッケル1層分に相当する水酸化ニッケルナノシートにおいて、加熱による組成変化や構造変化に注目して実験を行いました。

加熱による変化を詳細に調べるため、広島大学放射光科学研究センターにて、超高真空中でエックス線吸収スペクトル（XAS）測定<sup>\*3</sup>を行いました。250℃で加熱すると、スペクトルが大きく変化し、水酸化ニッケルナノシートが金属に変換されることが明らかになりました（図1）。また、測定後の原子間力顕微鏡観察結果より、元の水酸化ニッケルナノシートの二次元的な構造を保ったまま金属化していることも分かりました（図2）。さらに、磁気円二色性（XMCD）測定<sup>\*4</sup>より、金属化した試料では磁石としての性質も示すことを明らかにしました。

### [成果と展開]

水酸化ニッケルナノシートが、加熱により酸化ニッケルではなく金属のニッケルに変化することは、二次元材料の特殊性を反映している可能性があります。一般的な金属材料は層状構造を持たないため、原子数個分の厚さに剥がすことは困難です。本研究の手法を用いる事で、水酸化ニッケルナノシートを置いた場所に、極薄の金属ニッケル薄膜を作製することが可能となります。また、水酸化ニッケルナノシート以外にも水酸化物系の二次元材料は数多く存在しており、同様の手法が適用できると考えられるため、二次元材料研究の新たな方向性を与えることが期待されます。

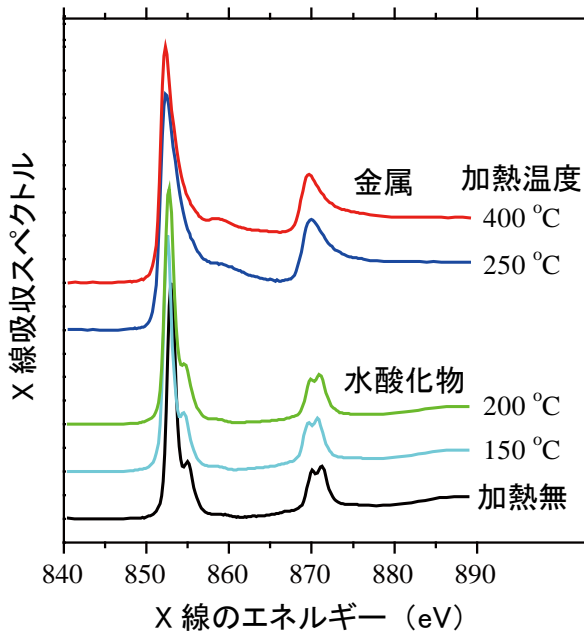


図 1: エックス線吸収スペクトルの加熱温度による変化

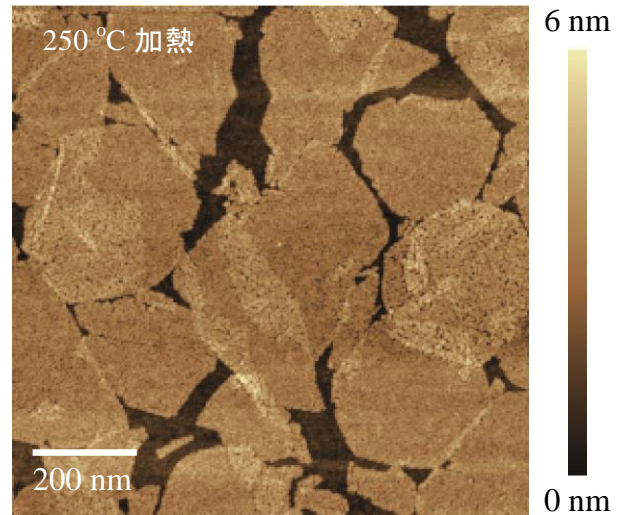


図 2: 250°Cで加熱した試料の原子間力顕微鏡画像

[用語解説]

※1 ナノメートル

1 ミリメートルの 100 万分の 1。

※2 原子間力顕微鏡

非常に尖った針（探針）の先端にある原子と試料表面の原子の間に生じる原子間力を検知して、試料表面の凹凸を 1 ナノメートル以下の精度で画像化する装置。

※3 エックス線吸収スペクトル（XAS）測定

可視光（目に見える光）よりエネルギーが高いエックス線を試料に照射すると、試料に含まれる元素に応じて異なるエネルギー帯でエックス線が吸収される。スペクトルの形を細かく調べることで、各原子の状態を評価することができる。

※4 磁気円二色性（XMCD）測定

円偏光したエックス線を用いて吸収スペクトル測定を行うと、強磁性（磁石としての性質）について評価することができる。

（論文情報）

論文名：Ferromagnetic metal conversion directly from two-dimensional nickel hydroxide

著者：Yuhsuke Naruo, Seita Uechi, Masahiro Sawada, Asami Funatsu, Fuyuki Shimojo, Shintaro Ida and Masahiro Hara（責任著者）

掲載誌：Nanotechnology

doi : 10.1088/1361-6528/aba304

URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6528/aba304>

**【お問い合わせ先】**

熊本大学大学院先端科学研究部

基礎科学部門物理科学分野

担当：准教授 原 正大

電話：096-342-3356

e-mail：mhara@kumamoto-u.ac.jp