

# 矢崎科学技術振興記念財団

## 19年度学術賞

研究紹介①

### 磁性ナノ構造の創製とスピントロクスデバイスへの応用展開

東北大学金属材料研究所先端エネルギー材料理工共創研究センター 准教授 水口将輝氏

電子におけるスピントロクスと電荷の二つの機能の融合を目的とする「スピントロクス」と呼ばれる研究分野が盛んに研究されている。この分野の応用技術の一つである磁気記録においては、記録密度の著しい上昇とともに、大きな磁気異方性（強磁性体中の磁気モーメントの方向に依存した内部エネルギー）の異方性を有する磁石材料の開発が必要とされて

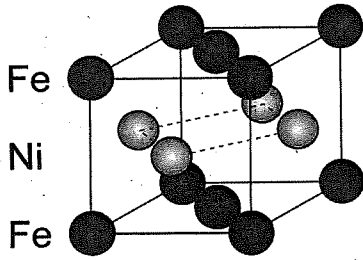


図1: L10型 FeNi 規則合金の結晶構造。

一般的に、そのような磁石材料の有力な候補の一つとして、L10型規則合金（Pt, CoPt）あるいは FePd, CoPd などは、大きな一軸磁気異方性（一軸磁気異方性エネルギー）が長らく研究されてきた。この規則合金は、二種類の原子層が交互

に積層した結晶構造をとり、結晶の一軸性に起因した強い磁気異方性を有する材料が数多く存在する。中でも遷移金属と貴金属との組み合わせからなる FePt, CoPt あるいは FePd, CoPd 型規則合金磁石材料において、これらの貴金属元素を他のユビキタス元素で代替できれば、その経済的効果が絶大であることは想像にかたぐない。

そこで本研究では、希少貴金属を含まない新しいスピントロクス磁性材料として、材料が潤沢かつ安価な Fe と Ni を用いた「単結晶 L10 型 FeNi 規則合金」の開発を進めた。Fe と Ni の合金は、Fe<sub>50</sub>Ni<sub>50</sub> の等比組成付近・低温領域において L

と Ni とを高い精度で交互積層する技術を生み出すことに成功した。人工創成した L10 型 FeNi の結晶構造特性や磁気特性について、様々な分析手法を用いて精緻な解析を行った。

その結果、L10 型 FeNi の薄膜は、最大で 60% 程度の規則度を有しており、この比較的高い規則度により FeNi 規則合金薄膜を人工的に作製することを試みた。この手法は、異なる元素の単原子層を交互に蒸着することにより、c 軸方向に磁気異方性を有する規則合金を人工的に作製する技術であり、高い化学的規則度（Fe 原子及び Ni 原子がどの程度、規則的に交互積層されているかを示すパラメータ）を有する L10 型 FeNi 規則合金磁石の創製を目指すことにより、Fe

本研究では「単原子交互積層法」と呼ばれる手法により L10 型 FeNi 規則合金薄膜を人工的に作製することを試みた。この手法は、異なる元素の単原子層を交互に蒸着することにより、c 軸方向に磁気異方性を有する規則合金を人工的に作製する技術であり、高い化学的規則度（Fe 原子及び Ni 原子がどの程度、規則的に交互積層されているかを示すパラメータ）を有する L10 型 FeNi 規則合金磁石の創製を目指すことにより、Fe

FeNi の相互拡散に頼らない規則化手法の開発が力ギであると考え、テソノとの共同研究により、規則化した安定中間物を經由した規則合金形成プロセスである NITE 法を考案した。

これは、FeNi の金属原子配置が L10 型 FeNi と全く同じである点に着目し、FeNi から規則構造を壊すことなく窒素原子を引き抜く「ボクテック」脱窒素反応による高規則度の FeNi 超格子構造を得る手法である。その結果、規則度が 70% を

その結果、L10 型 FeNi の薄膜は、最大で 60% 程度の規則度を有しており、この比較的高い規則度により FeNi 規則合金薄膜を人工的に作製することを試みた。この手法は、異なる元素の単原子層を交互に蒸着することにより、c 軸方向に磁気異方性を有する規則合金を人工的に作製する技術であり、高い化学的規則度（Fe 原子及び Ni 原子がどの程度、規則的に交互積層されているかを示すパラメータ）を有する L10 型 FeNi 規則合金磁石の創製を目指すことにより、Fe

FeNi の相互拡散に頼らない規則化手法の開発が力ギであると考え、テソノとの共同研究により、規則化した安定中間物を經由した規則合金形成プロセスである NITE 法を考案した。

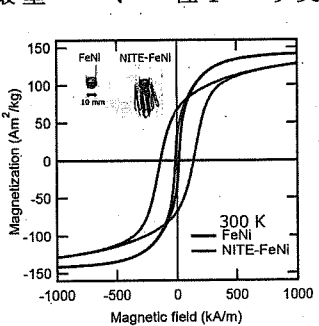


図2: NITE 法で作製した L10 型 FeNi 規則合金磁石の磁気特性と磁石性能。

【実用化が期待される分野】 NITE 法により作製した FeNi の磁気異方性は規則化している FeNi よりも格段に大きく、図2の挿入図に示すように、クリップが吸着する程度の大きさである。そのためこの L10 型 FeNi が本研究で目指すような特性を発揮すれば、市場の磁気記録媒体が全てこの材料を利用した垂直磁気記録方式の媒体に置き換わることも想定され、環境面のみならず、巨大なマーケットを開拓する可能性も秘めた、波及効果の大きい研究であると考

超え、保磁力も大幅に増加した L10 型 FeNi パルク磁石の創製を実現することに成功した（図2）。これは、本材料の工業化と実用化に大きくつながる成果である。