The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 希土類-鉄-窒素系磁性化合物の研究 |
| Author(s) | 鈴木, 俊治 |
| Citation | 大阪大学, 1997, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/40347 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【 98 】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 鈴　木　俊　治（すずき　しゅんじ） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　　士（工　　学） |
| 学 位 記 番 号 | 第　12871　号 |
| 学位授与年月日 | 平成 9 年 3 月 18 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 2 項該当 |
| 学 位 論 文 名 | **希土類―鉄―窒素系磁性化合物の研究** |
| 論 文 審 査 委 員 | （主査）<br>教 授 永井　宏<br>（副査）<br>教 授 山本　雅彦　　教 授 足立　吟也 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は，結晶系の異なる 3 種類の希土類―鉄―窒素系磁性化合物の製造方法および磁気特性の改善並びにその機構についての研究成果をまとめたものであり，6 章から構成されている。

第 1 章は緒論であり，永久磁石材料の歴史と希土類磁石の基本特性について概説し，3 種類の希土類―鉄―窒素系磁性化合物の製造方法および磁気特性に関連する課題を明らかにしており，本研究の必要性並びに研究の目的について述べている。

第 2 章では，結晶構造の異なる 3 種類の希土類―鉄―窒素系磁性化合物粉末の製造並びにそれら化合物粉末を用いた樹脂系および金属系ボンド磁石の製造法について，原料となる合金の処理方法，窒化条件および固化成形法，さらに磁気特性測定法および解析法について述べている。

第 3 章では，$Th_2Zn_{17}$ 型結晶構造を有する $Sm_2Fe_{17}N_3$ 化合物の性能向上には，出発原料となる合金粉末の粒径，窒化雰囲気の圧力，窒化温度および時間などの製造条件を厳密に制御する必要があることを明らかにしている。また，本化合物は，3 $\mu$ 以下に微粉砕することによって高保磁力が出現し，単磁区粒子的な挙動を示すこと，亜鉛ボンド磁石とした場合，亜鉛による粒子表面の形態補修効果と清浄化効果によって保磁力が向上することを見出している。さらに，エポキシボンド磁石の製造条件を詳細に検討し，最大エネルギー積 $BH_{max}=154$ kJ/m$^3$ (19.4 MGOe) の特性を有する $Sm_2Fe_{17}N_3$ 系高性能エポキシボンド磁石の製造技術を確立している。

第 4 章では，$ThMn_{12}$ 型構造を有する $RFe_{11}TiN_y$ (R : Nd, Pr) 化合物の製造条件について詳細に検討し，窒素原子が2b サイト以外に4d サイトに侵入する可能性があること，結晶構造および磁気特性が，窒素侵入数に依存することを明らかにしている。また，Fe への Co 置換が結晶構造の安定化および磁性の改善に有効であることを見出し，$NdFe_8Co_3TiN_y$ 化合物において飽和磁化 Is＝1.50 T，異方性磁界 Ha＝6.0 MA/m，キューリ温度 Tc＞600°Cの優れた磁気特性が得られることを明らかにしている。

第 5 章では，$Sm_2(Fe, V)_{17}$ 合金が特徴ある結晶構造と窒化特性を示すこと，さらに $Sm_2Fe_{15.5}V_{1.5}Nz$ 化合物が数十～百数十 $\mu$m の粗粉末のままで300 kA/m を越える高保磁力を持つことを見出し，バルク型磁石となりうる可能性を

指摘している。また，本合金が新規な3：29型単斜晶系化合物に属することを検証し，$Sm_3(Fe, M)_{29}Nz$(M：Ti, V, Cr）についてそれらの結晶構造と磁気特性を明らかにしている。特に$Sm_3(Fe_{0.85}Cr_{0.15})_{29}Nz$においては，窒素量が化学量論組成のZ＝4を越える組成で高保磁力552 kA/m を示すことを見出している。さらに，窒化過程の組織観察によって3：29型窒化物が粗粉末のままで高保磁力を示す原因を，過剰な窒素の侵入に伴う結晶組織の微細化によるものと提案している。

第6章は，総括であり，本研究で得られた主たる結論を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

近年，新しい永久磁石材料として種々の希土類一鉄一窒素系磁性化合物が注目されており，特に形状任意性に優れた樹脂ボンド磁石としての実用化が強く望まれている。これらの化合物は優れた基本特性を有するが，その製造方法，窒素含有量の制御方法および窒素量による磁気特性の変化など，実用化に向けて明確にすべき課題が多い。本論文は，結晶構造の異なる3種類の希土類一鉄一窒素系磁性化合物の製造法および高性能化，さらにボンド磁石への応用について詳細に検討し，新規化合物の発見並びに高性能ボンド磁石製造の技術を確立したものである。本論文で得られた成果を要約すると以下の通りである。

(1) $Th_2Zn_{17}$型結晶構造を有する$Sm_2Fe_{17}Nx$窒化物は，3 $\mu$m 以下に微粉砕することによって高保磁力が出現することを明らかにしている。

(2) $Sm_2Fe_{17}Nx$窒化物を亜鉛ボンド磁石とした場合，亜鉛による粒子表面の形態補修効果および清浄化効果によって保磁力が向上することを見出し，2.4 MA/m(30 kOe)に達する高保磁力を達成している。さらに，最大エネルギー積 BHmax＝154 kJ/m³（19.4 MGOe）の高性能エポシキボンド磁石の製造技術を確立している。

(3) $ThMn_{12}$型結晶構造を有する$RFe_{11}TiN_y$(R：Nd, Pr)化合物には，窒素原子が2bサイト以外に4dサイトにも入る可能性があること，さらに結晶構造と磁気特性が，窒素侵入数に著しく依存することを明らかにしている。

(4) FeへのCoの置換が$RFe_{11}TiN_y$(R：Nd, Pr)化合物の結晶安定性と磁気特性の向上に有効であることを見出し，飽和磁化 Is＝1.50 T，異方性磁界 Ha＝6.0 MA/m。キューリ温度 Tc＞600°Cの優れた磁気特性を有する$NdFe_8Co_3TiNz$化合物を開発している。

(5) 特異な窒化特性および磁気特性を示す$Sm_2(Fe, V)_{17}Nx$が，新規な単斜晶系結晶構造を有する3：29型化合物に属することを見出し，過剰窒素が侵入した$Sm_3(Fe, M)_{29}Nz$化合物（M：Ti, V, Cr）は，粗粉末のままでも高保磁力を示すことを発見している。さらに，これらの窒化物が粗粉末でも高保磁力が出現する機構について，過剰窒素の侵入に伴う結晶組織の微細化によるものと提案している。

以上のように，本論文は，結晶構造の異なる3種類の希土類一鉄一窒素系磁性化合物について，それらの製造方法，窒素含有量と結晶構造および磁気特性との関連を明らかにし，新規な希土類一鉄一窒素系磁性化合物の発見と高性能ボンド磁石の製造技術を確立しており，その成果は材料物性工学，特に粉体物性工学，磁性材料学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は，博士論文として価値あるものと認める。