The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 遍歴電子系（Zr1-x Nbx）Fe2における強磁性と反強磁性の共存に関するNMRによる研究 |
| Author(s) | 山田，義博 |
| Citation | 大阪大学，1985，博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/35038 |
| 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

【63】

| | |
|---|---|
| 氏名・（本籍） | 山田義博（やまだ よしひろ） |
| 学位の種類 | 工学博士 |
| 学位記番号 | 第 7026 号 |
| 学位授与の日付 | 昭和60年11月27日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第2項該当 |
| 学位論文題目 | **遍歴電子系（$Zr_{1-x}Nb_x$）$Fe_2$ における強磁性と反強磁性の共存に関するNMRによる研究** |
| 論文審査委員 | （主査）<br>教授 朝山 邦輔<br>（副査）<br>教授 藤田 英一　教授 吉森 昭夫　教授 望月 和子<br>教授 久米 昭一 |

## 論文内容の要旨

強磁性と反強磁性の間の相転移，あるいは強磁性と反強磁性との共存が見られる金属磁性体は1960年代から見出されていた。しかし，これらの現象をハイゼンベルク・モデルに基づいて説明することは不成功に終っていた。ところが，金属磁性の基本的理解が進んできた1977年，守谷と宇佐見は，これらの現象がスピンのゆらぎの強磁性成分と反強磁性成分が共存する系において，これらの成分が温度変化することによって起こる現象として統一的に説明できることを示した。しかし，この理論を検証する実験的研究はまだ少ない。

この研究の主目的は，$^{93}$Nb 核の核磁気共鳴（NMR）の実験から擬二元ラーベス相金属間化合物（$Zr_{1-x}Nb_x$）$Fe_2$ 系において，上記の理論から期待される強磁性と反強磁性の共存が実際に起きていることを示すことである。この系は $x \geq 0.5$ で結晶構造はC－14型のラーベス相であり，$0.5 \leq x \leq 0.7$ では反強磁性，$x = 1.0$（$NbFe_2$）では常磁性を示すことはすでにわかっているが，この研究での $x \geq 0.6$ の領域の詳しいNMRの実験とその結果の解析から新たに以下のことが明らかにされた。

これまで単純なパウリ常磁性と思われていた$NbFe_2$は実は強磁性に近い常磁性体であり，Nbを Zr で置き換えていくと強磁性が安定化され，$x = 0.95$，$0.85$ の化合物はキュリー点がそれぞれ30K，40Kの弱い強磁性体であることがわかった。これらの化合物での核磁気緩和時間$T_1$の温度変化は弱い遍歴電子強磁性体のスピンのゆらぎの理論でよく説明される。

この $x \geq 0.85$ の強磁性と $x \leq 0.7$ の反強磁性とのちょうど間に位置する（$Zr_{0.2}Nb_{0.8}$）$Fe_2$ は温度の低下と共に85K付近で常磁性から反強磁性に秩序化するが，さらに8K付近で反強磁性から強磁性と反強磁性の共存した状態に相転移することが，NMRスペクトルと$T_1$の温度変化からわかった。一方，dスピ

ン帯磁率からもとめた常磁性キュリー温度は４０Ｋであるが，４０Ｋ付近では相転移は見られない。このような相転移は，スピンのゆらぎの強磁性成分と反強磁性成分とが共存する遍歴電子系で，これらの成分間のモード・モード結合が弱い場合に起る相転移（守谷・宇佐見の理論）として説明できた。８Ｋ以下の共存状態については，ＮＭＲスペクトルの解析は，磁化の強磁性成分と反強磁性成分とが垂直に共存する canted ferromagnetic な状態を示唆している。

この研究により（$Zr_{1-x}Nb_x$）$Fe_2$ 系の磁気的性質はｘの全領域にわたって明らかになった。

なお，強磁性と反強磁性の共存に関する研究にＮＭＲが使われたのは，この研究が最初のものである。

## 論文の審査結果の要旨

スピンのゆらぎを正しくとりこんだ理論の発展により遍歴電子磁性の理解が深まり，強磁性反強磁性の共存やその間の相転移等も説明されるようになった。すなわち，これらの現象はスピンのゆらぎの強磁性成分と反強磁性成分の共存する系においてこれらの成分が温度変化することによりひきおこされるものとされる。

本研究はラーベス相金属間化合物（$Zr_{1-x}Nb_x$）$Fe_2$ 系においてNb核のＮＭＲ測定を行い帯磁率測定とあわせて上の理論から期待されるような強磁性反強磁性の共存が実際におきていることを示したものである。この系において　$x=1.0$ は常磁性，$0.5<x<0.7$ では反強磁性が出現することがすでにわかっていたが，本研究により以下の事が新たに明らかにされた。

$x=1$ は強磁性に近い常磁性であり，$x=0.95$，$0.85$ はキュリー点がそれぞれ３０Ｋ，４０Ｋの弱い強磁性体である。核磁気緩和時間 $T_1$ の温度依存性は弱い遍歴電子強磁性体におけるスピンのゆらぎの理論でよく説明される。$x=0.8$ では温度の低下とともに８５Ｋ付近で常磁性から反強磁性へ転移し，さらに８Ｋ付近で反強磁性と強磁性の共存した状態に移る。$T_1$ は理論的に予想される強磁性と反強磁性スピンのゆらぎ各々を反映した温度変化を示す。このことは，この相転移がスピンのゆらぎの強磁性成分と反強磁性成分間のモード・モード結合が弱い場合に起こる相転移として説明できることを示している。

さらに共存状態については，磁化の強磁性成分と反強磁性成分が垂直に共存する，いわゆる canted ferromagnetism　の出現を示唆している。

以上のようにこの物質は相転移温度の明確に測定された共存系としては最初の例であり，また共存系の研究でＮＭＲが用いられたのはこれが最初であって新しい理論の正しさを検証したという点においても意義があり博士論文として価値のあるものと認められる。