

Title	NMR study of ground state property in heavy electron systems
Author(s)	教學, 正文
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38224">https://hdl.handle.net/11094/38224</a>
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	きょう がく まさ ぶん 教 學 正 文
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 7 9 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当 基 礎 工 学 研 究 科 物 理 系 専 攻
学 位 論 文 名	<b>NMR study of ground state property in heavy electron systems</b> ( <b>重い電子系の基底状態の NMR による研究</b> )
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 朝 山 邦 輔 (副査) 教 授 天 谷 喜 一 教 授 菅 滋 正 助 教 授 三 宅 和 正 助 教 授 北 岡 良 雄

#### 論 文 内 容 の 要 旨

希土類及びアクチナイド元素を含む金属間化合物においてみられる低温での伝導電子の有効質量の増大は、重い電子系の問題として知られる。個々の物質においてみられる非常に異なった基底状態を調べることは、重い電子系を理解する上で不可欠である。本研究では、二つのタイプの重い電子系物質について、その基底状態を核磁気共鳴法 (NMR) を用いて調べた。一つは、最近発見された重い電子系超伝導体、 $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ 、 $\text{UNi}_2\text{Al}_3$ 、であり、もう一つは半導体的  $\text{CeNiSn}$  である。

超伝導体に対して $^{27}\text{Al}$ のNMRを行った結果、互いに非常に異なった磁氣的性質を持つことが明らかになった。まず、 $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ は、高温では核スピン格子緩和時間 $T_1$ の温度依存性が弱いことなどから、局在モーメント的性格が強いと考えられる。反強磁性状態では、 $T_N (=14\text{K})$ 直下の $1/T_1$ の急減はスピン励起にギャップが存在することを示すが、さらに低温では $1/T_1$ が温度に比例するようになり、なおフェルミ面の一部が残っている事を示している。また、磁場に依存したNMRスペクトルの変化から、可能なスピン配列を示した。

一方、 $\text{UNi}_2\text{Al}_3$ の $T_1$ の温度依存性は弱い遍歴型の反強磁性の特徴を示している。 $T_N (=4.6\text{K})$ 以下でのNMRとNQR (核四重極共鳴) のスペクトルの変化は、 $\text{UNi}_2\text{Al}_3$ ではAlサイトでは内部磁場が打ち消されないことを示している。また、それより、小さな磁気秩序モーメントの大きさ ( $\mu_U \sim 0.07 \mu_B$ ) を見積もった。

$\text{UNi}_2\text{Al}_3$ の超伝導体状態では、U系の重い電子系超伝導体では初めて $T_C$ 以下でのナイトシフトの減少を観測した。ナイトシフトの減少は結晶軸方向に依らず、一重項クーバー対が形成されていると結論される。ただし高温でのナイトシフトの結果から、最低温度でも残る大きな残留ナイトシフトは本質的にUの帯磁率に由来していると考えられる。一方 $T_C$ 以下での、 $1/T_1$ は $T^3$ に比例することがわかった。これは、超伝導ギャップパラメーターに異方性があるものと解釈し、重い電子系共通の特徴であるとみられる。さらに、超伝導と磁性との共存を確認した。しかし、 $\text{UNi}_2\text{Al}_3$ では、超伝導性が観測されなかった。

$\text{CeNiSn}$ では、約10K以下での $^{119}\text{Sn}$ の $1/T_1$ の急激な減少を観測し、約14Kのエネルギーギャップがフェルミエネルギー近傍に存在することを確認した。さらに、低温での $1/T_1$ が $T^3$ に比例することがわかり、疑ギャップモデルにより、状態密度がエネルギーに比例するようなギャップ構造を持つことを示した。ところが、 $T=25\text{mK}$ まで温度を下げてNMRを行った結果、 $T=0.4\text{K}$ 以下ではスペクトルが変化を示し、これは磁気相関が発達するためであると考えられる。また0.4以下では $1/T_1$ は温度に比例するようになり、ギャップレス状態になっていることを示し

ている。

### 論文審査の結果の要旨

重い電子系化合物の基底状態は超伝導を示すもの、磁気秩序を示すもの、半導体的ギャップをもつもの、また Fermi 流体にとどまるもの等多様であるがまだそれらの性質は不明なところが多い。

本研究では反強磁性と超伝導の共存する  $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ ,  $\text{UNi}_2\text{Al}_3$  とギャップ型  $\text{CeNiSn}$  の性質を Al と Sn の NMR により調べたものである。 $\text{UPd}_2\text{Al}_3$  においては Al の  $1/T_1$  は 14K の反強磁性秩序にともない減少し、その後 T に比例する。これは磁気秩序に伴い Fermi 面に一部ギャップが形成されることによる。Tc (2 K) 以下では  $1/T_1$  が再び急激に減少する事を観測し、超伝導と反強磁性の存在を微視的に確認した。Tc 以下の  $1/T_1$  の振舞いは他の重い電子系超伝導体と同様 BCS ピークをもたず低温で  $T^3$  に比例し超伝導ギャップが強く異方的である事を示している。ナイトシフトは Tc 以下で減少する。U 系超伝導体でシフトの減少するものは初めてで一重項対の形成を示唆している。 $\text{UNi}_2\text{Al}_3$  の反強磁性は磁気モーメントが小さく遍歴性が強いことがわかった。

$\text{CeNiSn}$  では Fermi 面近傍でギャップが存在することは他の測定において示唆されている。Sn の  $T_1$  の温度依存性はギャップの存在を確認し、さらに状態密度がエネルギーに比例するというギャップ構造を得た。0.45 K 以下では磁気相関を示唆するスペクトルの変化を観測した。

以上、本研究は重い電子系物質の基底状態について重要な知見を得ており博士論文としての価値があるものと認められる。