



Title	Nuclear Magnetic Resonance Study of Uranium Based Heavy Fermion Superconductors
Author(s)	藤, 秀樹
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3110116">https://doi.org/10.11501/3110116</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	藤 秀 樹
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 4 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 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	Nuclear Magnetic Resonance Study of Uranium Based Heavy Fermion Superconductors (U化合物重い電子超伝導体の核磁気共鳴による研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 朝山 邦輔  (副査) 教 授 天谷 喜一    教 授 三宅 和正    助教授 北岡 良雄

### 論 文 内 容 の 要 旨

重い電子超伝導体は、高温での電気抵抗や帯磁率の局在的振る舞い、大きな低温電子比熱係数、超伝導状態における物理量のべき乗則温度依存性などから非BCS超伝導機構が考えられている。

その中で、 $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ は、超伝導転移温度  $T_c$  が最も高く、基底状態で  $0.85\mu_B$  の大きなUモーメントによる反強磁性秩序状態と超伝導が共存しており、様々な実験から、偶パリティを持つ異方的超伝導の可能性が指摘されている。一方  $\text{UPt}_3$  は 2 段の超伝導転移が発見され超伝導状態に内部自由度があると考えられており、さらにスピン帯磁率に関する実験は奇パリティの可能性を指摘している。これらの 2 つの物質は精力的に研究されているが、試料のクオリティなどの問題から統一的な見解は得られていない。それゆえ、良質な試料を用い超伝導基底状態の性質を明らかにすることは、超伝導発現機構を考える上で重要である。また、 $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ に限らず123組成を持つ重い電子系では、試料作成方法で  $T_N$  や  $T_c$  の消失・減少が生じ、特に  $\text{CePd}_2\text{Al}_3$  の磁気的特性においてその振る舞いは顕著に見られる。 $\text{Ce123}$ 系を系統的に調べることは123組成を持つ試料を研究する上で重要な情報を得ることができる。

以上のような動機から、重い電子超伝導体(1) $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ 、(2) $\text{UPt}_3$ 及び(3)重い電子反強磁性体  $\text{CePd}_2\text{Al}_3$ について、その基底状態の性質を微視的な観点から明らかにするために、核磁気共鳴による研究を行った。

#### (1) $\text{UPd}_2\text{Al}_3$

もっとも高い  $T_c$  を持つ純良多結晶試料に対して、150K–130mKの温度範囲で $^{27}\text{Al}$ -NQRによるスピン格子緩和時間  $T_1$  の測定を行った。超伝導状態で  $1/T_1 \sim T^3$  に従うことが明らかになり、さらにナイトシフトの等方的な減少から、 $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ では超伝導ギャップがフェルミ面線上で消失するような異方的 d 波超伝導体の可能性が示唆される。

#### (2) $\text{UPt}_3$

純良バルク単結晶試料を用い、50K–28mKの温度範囲で $^{195}\text{Pt}$ のナイトシフトの精密測定を行った。スピン帯磁率は超伝導状態で超伝導相及び結晶軸に対する磁場印可方向に関係なく変化しないことが明らかになった。このことは超伝導対が奇パリティを持ち、対のスピン軌道結合が弱い可能性を示唆する。

#### (3) $\text{CePd}_2\text{Al}_3$

磁気秩序に関する試料依存性を280K–350mKの温度範囲で $^{27}\text{Al}$ -NMR/NQRにより系統的に調べた結果、Al層におけるランダムネスの効果がこの系での磁気相関の発達（破壊）に関与していることが示唆される。

## 論文審査の結果の要旨

セリウム (Ce) やウラン (U) を含む重い電子系物質において 4 f 或いは 5 f 電子は高温では局在的に振舞い低温では伝導電子との混成により通常の1000倍程度の有効質量をもって結晶中を遍歴する。その基底状態は、常磁性体、反強磁性体、超伝導体、半導体等多様な様相を示す。

一般に重い電子系超伝導体は超伝導エネルギーギャップが異方的で引力の起源はスピンのゆらぎの可能性が高い。引力機構を解明するためにはクーパー対の対称性をきめることが重要である。

$\text{UPd}_2\text{Al}_3$  は、15K以下で、 $0.85\mu_B/\text{U}$  の磁気モーメントをもつ反強磁性体で1.2K以下で超伝導を示し、エネルギーギャップは線上に消えているといわれている。一方、 $\text{UPt}_3$  は5 K以下で極めて小さいモーメント $0.02\mu_B/\text{U}$  を持つ反強磁性が0.5K以下で超伝導と共存するといわれており、やはりギャップは線上で消えているとされている。

本研究は  $\text{UPd}_2\text{Al}_3$ ,  $\text{UPt}_3$  について良質の試料で超低温領域までのNMR測定を行い、決定的な情報を得ようとするものである。

$\text{UPd}_2\text{Al}_3$  は Al の NQR を用いて  $T_c$  以下130mK迄の超低温領域まで測定を行いスピン格子緩和率  $1/T_1$  が  $T^3$  に比例し、またナイトシフトは  $T_c$  以下減少する事を確認した。この事からこの系では、d波対が実現していると結論した。また  $\text{UPt}_3$  の単結晶においてナイトシフトは  $T_c$  以下30mKまで結晶軸方向に関係なく減少せず、奇パリティ P波対が出現していることが結論された。また、共鳴幅は、5 K付近で全く変化せず、静的な反強磁性秩序の存在は否定された。

$\text{UPd}_2\text{Al}_3$ ,  $\text{UPt}_3$  においてはそれぞれ反強磁性スピンゆらぎ、強磁性スピンゆらぎが引力の原因となっていると考えられる。

以上、本研究は重い電子系超伝導について重要な結論を得ており、博士論文として価値あるものと認められる。