

# 目時 直人 (Naoto Metoki)

・ 博士後期課程量子線科学専攻 (Major in Quantum Beam Science)

## ● 研究テーマ (Research theme)

中性子散乱実験によるアクチノイドや希土類化合物の電子状態の研究

(Neutron Scattering study of electronic states in actinide and rare-earth based *f*-electron systems)

アクチノイドや希土類元素を含む *f* 電子化合物の電子状態は、磁性及び多極子の物理や非BCS超伝導などを示して大変に興味深い。国際規制物質のアクチノイド元素の取り扱いは困難であるが、希土類化合物を含む一連の *f* 電子化合物、*f* 電子数やバンドの深さと幅の違いによって局在・遍歴性など性格が異なる一連の化合物を準備して研究を行えば、体系的な理解に達することが可能である。

重い電子系超伝導化合物  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  と同じ結晶構造をもつ  $\text{PrPd}_5\text{Al}_2$  の中性子非弾性散乱スペクトルの温度変化を図に示した。小さな試料でも実験可能な弾性散乱についてはJRR-3で  $\text{Np}$  化合物の実験を行った実績があるが、大型の試料を要する非弾性散乱実験は困難であった。そこで同じ電子数 ( $n=2$ ) と角運動量 ( $J=4$ ) の  $\text{PrPd}_5\text{Al}_2$  や  $\text{UPd}_5\text{Al}_2$  を研究して、Pdの強い電気陰性度によって引き伸ばされた平べったい形の軌道が安定であり、2次元的な電子状態が物性を担っている事を明らかにした。 $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$  は電子数は異なるが角運動量 ( $J=4$ ) は同じである。一連の研究からウランが四価 ( $\text{U}^{4+}$ ) であり、三価のプルトニウム ( $\text{Pu}^{3+}$ ) に至る境界に位置するネプツニウムで価数の変化  $\text{Np}^{(3+\delta)+}$  が生じて、超伝導など異常な物性が生じることがわかった。

結晶構造や多極子を含む物質の静的な構造や、電子状態や格子振動など、動的な性質を明らかにする上で、中性子散乱は非常に強力な実験手法である。ごく最近の研究により  $\text{PrPd}_5\text{Al}_2$  の電子状態が格子振動と結合していて、その状態変化が極めて異常な励起過程として観察されることを世界で初めて実験的に明らかにした。このように詳細な系統的な研究を継続することで、新たな発見が期待される。

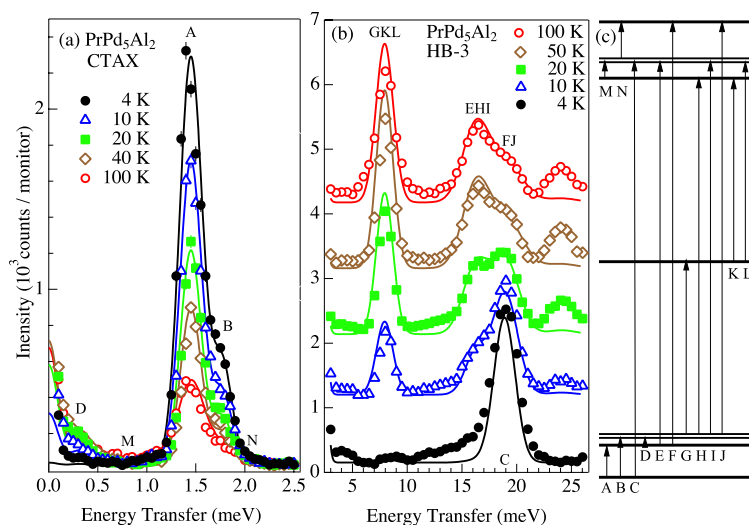
原子力機構にはJRR-3やJ-PARC/MLFなど、最先端の装置を用いた様々な中性子散乱実験が可能な施設が存在し、国際的にも非常にユニークな研究環境が実現している。海外の施設を用いた、国際的な共同研究も可能であり、実施している。

Physical properties of actinide and rare-earth based *f*-electron systems are highly interesting. The electronic states are the origin of the unusual properties such as complicated magnetic and multipole ordering, unusual thermodynamical and electronic properties like unconventional superconductivity. However, actinide studies are often very hard, because not only the radioactivity but also the strong international regulation make difficult to treat the actinide elements. In this case, systematic studies of actinide and rare-earth compounds are significantly important; we can understand in a systematic manner from the *f*-electron states, depending on the number of *f*-electrons and their localized and/or itinerant character due to the depth and width of the band structure.

The figure shows the inelastic neutron scattering spectra of  $\text{PrPd}_5\text{Al}_2$ , an iso-structural compound of the heavy fermion superconductor  $\text{NpPd}_5\text{Al}_2$ . Analyzing the spectra, we found that the *f*-electron states with larger  $J_z$  are stable, having pancake like orbitals spread on the basal plane spectra. This is due to a large electronegativity of Pd attracting the *f*-electrons. Thus, the two-dimensional electronic states are realized in  $\text{Np}$ ,  $\text{U}$ , and  $\text{Pr}$  compounds with identical  $J=4$ , which is a consequence of the valence crossover from the tetravalent  $\text{U}^{4+}$  to trivalent  $\text{Pu}^{3+}$ , while  $\text{Np}^{(3+\delta)+}$  at the boundary of the valence crossover exhibits unusual superconductivity.

Neutron scattering is a powerful probe to reveal the static and dynamical properties of crystal and magnetic structures including multipole, and electronic states. Very recently, we found experimental evidence for the coupling of the electronic states and lattice vibrations in  $\text{PrPd}_5\text{Al}_2$ , demonstrating unusual dynamical response observed for the first time.

We have many possibilities using various neutron scattering instruments at JRR-3 and J-PARC/MLF, and international collaboration using overseas facilities.



キーワード (Keyword)

Neutron, actinide

専門分野 (Specialized Field)

Condensed matter physics

共同研究可能技術 (Possible Technology of Cooperative research)

Neutron scattering

研究設備 (Research Facility)

JRR-3, J-PARC/MLF

E-mail

naoto.metoki.jaea@vc.ibaraki.ac.jp