



Title	NMR/NQR studies on high-temperature superconductors and development of high sensitive probe techniques
Author(s)	西岡, 颯太郎
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/88109
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (西岡 颯太郎)	
論文題名	NMR/NQR studies on high-temperature superconductors and development of high sensitive probe techniques (NMR/NQRによる高温超伝導体の研究及び高感度測定技術の開発)
論文内容の要旨 銅酸化物や鉄系物質，超高压下水素化物など様々な系で高温超伝導現象が発見されてきたが，これらの超伝導の起源について多くは未だ不明である．本論文は，(1)銅酸化物および(2)鉄系物質の超伝導現象のNMR/NQR研究，及び超高压下や薄膜試料測定を目指した(3)高感度NMR/NQR測定技術の開発により構成されている． (1) 銅酸化物超伝導体$\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ (Pr247)では，通常の銅酸化物超伝導体とは異なり，CuO_2平面ではなくCu_2O_2二重鎖構造が超伝導を担うと推測されていたが，決定的な確証が得られていない．最近超伝導性が劇的に向上したPr247試料を用いて，自動化させたNQRスペクトル装置により4つのCuサイトすべてを見分けることに成功した．その結果，CuO_2平面は反強磁性絶縁状態にあること，二重鎖Cuサイトには超伝導ギャップがあることなどがわかり，銅酸化物において他に類を見ないCu_2O_2二重鎖構造での超伝導を指摘した． (2) 鉄系超伝導体FeSe ($T_c \sim 8$ K)は，層間に有機物やアルカリ金属をインターカレートすることで最大で50 K程度までT_cが向上するが，この高温超伝導の発現機構は分かっていない．最近高いT_c (= 44 K)をもつ良質な結晶の$\text{Li}_x(\text{NH}_3)_y\text{Fe}_{2-\delta}\text{Se}_2$が得られ，それを用いて$^{77}\text{Se}$-NMRによる精密なKnight shiftと核磁気緩和率(T_1)測定を行った．超伝導状態は従来型とは異なること，常伝導状態では低エネルギー域が抑制されたスピンゆらぎの存在が明らかになり，過剰電子ドープ域で起こる鉄系高温超伝導現象と関連する因子を明らかにした． (3) 超高压下や薄膜試料で起こる高温超伝導は試料の体積が極めて微少なため，測定手法が非常に限定される．NMR/NQRによる微視的な超伝導の起源の解明を目指し，(a)プリアンプ組み込み型のNMRプローブと(b)平面型コイルの開発を行った．(a)のプリアンプは，熱雑音と外来ノイズを低減させ，室温付近においても信号雑音比 (S/N比)は2倍以上に向上させることができた．薄膜試料に対して平面型コイルを組み合わせ，高感度に信号検出できることを示した．さらに低温で利用することでより微少な試料での測定が可能になる基盤技術を開発した． これら一連の研究は将来の新たな高温超伝導体の研究に繋がると期待される．	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (西岡 颯太郎)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	石渡 晋太郎
	副 査	教 授	鈴木 義茂
	副 査	教 授	千葉 大地
	副 査	准教授	椋田 秀和

論文審査の結果の要旨

学位申請者の西岡颯太郎氏は、これまで発見されてきた未解明超伝導現象を対象として、核磁気共鳴法を用いた微視的視点からの実験研究を推進した。学位論文は以下の3つの内容、(1)銅酸化物および(2)鉄系物質の超伝導現象のNMR/NQR研究、及び超高圧下や薄膜試料測定を目指した(3)高感度NMR/NQR測定技術の開発により構成されている。

(1) 銅酸化物超伝導体 $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15-\delta}$ (Pr247)では、通常の銅酸化物超伝導体とは異なり、 CuO_2 平面ではなく Cu_2O_2 二重鎖構造が超伝導を担うと推測されていたが、決定的な確証が得られていない。超伝導性が劇的に向上したPr247試料を用いて、自動化させたNQRスペクトル装置により4つのCuサイトすべてを見分けることに成功した。その結果、 CuO_2 平面は反強磁性絶縁状態にあること、二重鎖Cuサイトには超伝導ギャップがあることなどがわかり、銅酸化物において他に類を見ない Cu_2O_2 二重鎖構造での超伝導を指摘した。

(2) 鉄系超伝導体 FeSe ($T_c \sim 8$ K)は、層間に有機物やアルカリ金属をインターカレートすることで最大で50 K程度まで T_c が向上するが、この高温超伝導の発現機構は分かっていない。最近高い $T_c (= 44 \text{ K})$ をもつ良質な結晶の $\text{Li}_x(\text{NH}_3)_3\text{Fe}_{2-\delta}\text{Se}_2$ が得られ、それを用いて ^{77}Se -NMRによる精密なKnight shiftと核磁気緩和率(T_1)測定を行った。超伝導状態は従来型とは異なること、常伝導状態では低エネルギー域が抑制されたスピンゆらぎの存在が明らかになり、過剰電子ドープ域で起こる鉄系高温超伝導現象と関連する因子を明らかにした。

(3) 超高圧下や薄膜試料で起こる高温超伝導は試料の体積が極めて微少なため、測定手法が非常に限定される。NMR/NQRによる微視的な超伝導の起源の解明を目指し、(a)プリアンプ組み込み型のNMRプローブと(b)平面型コイルの開発を行った。(a)のプリアンプは、熱雑音と外来ノイズを低減させ、室温付近においても信号雑音比(S/N比)は2倍以上に向上させることができた。薄膜試料に対して平面型コイルを組み合わせ、高感度に信号検出できることを示した。さらに低温で利用することでより微小な試料での測定が可能になる基盤技術を開発した。

(1)と(2)に関しては筆頭著者として国際的な学術誌に原著論文を発表しており、いずれも高い新奇性と波及効果があると判断されるため、博士(理学)の学位論文として価値のあるものと認める。