The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	NMR Study of High-Tc Superconductivity in Multilayered High-Tc Cuprates and MgB2
Author(s)	小手川, 恒
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43534
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、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

【81】

氏　　名	小手川　恒（こてがわ　ひさし）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学位記番号	第　17154　号
学位授与年月日	平成14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	NMR Study of High-T_c Superconductivity in Multilayered High-T_c Cuprates and MgB_2 （多層型高温超伝導体と MgB_2 における高温超伝導の NMR による研究）
論文審査委員	（主査） 教授　北岡　良雄 （副査） 教授　菅　滋正　　教授　三宅　和正

論文内容の要旨

1911年の超伝導の発見以来、様々な超伝導物質が発見され、現在最も高い超伝導転移温度 T_c は銅酸化物高温超伝導体の $HgBa_2Ca_2Cu_3O_y$（Hg-1223）における134K である。しかしながら、この記録は1993年以来、多大な努力にもかかわらず破られていない。一方、従来の金属化合物では最近 MgB_2 において金属化合物では最高の約 T_c～39K を示すことが報告された。本論文では、これらの物質における高い T_c をもたらす機構について NMR 測定を用いて研究した。

銅酸化物高温超伝導体は一般に CuO_2 面の枚数（n）を増やすことによって T_c は上昇する。しかしながら Hg-1223 のように n= 3 で T_c が最高となり、それ以上枚数を増やしても逆に T_c は減少する。n≧ 3 の銅酸化物高温超伝導体は酸素の配位数が 5 配位と 4 配位の 2 種類の CuO_2 面で構成される。それぞれのサイトでの Knight shift から内側の 4 配位 CuO_2 面（IP）よりも外側の 5 配位 CuO_2 面（OP）の方が多くのキャリアーを含んでおり、その差が 1．全キャリアー量を増やした時、2．CuO_2 面の枚数 n を増加させた時に、大きくなることが明らかになった。この差が小さい Hg-1223等では高い T_c が得られ、逆に差が大きい Cu-1234では OP と IP で異なる超伝導転移温度を示すといった層間で分離した振舞いが見られる。つまり、高い T_c のためには OP と IP のキャリアー濃度を等価にすることが重要だと考えられる。

一方、MgB_2 ではその高い T_c の超伝導発現機構がこれまでの BCS 機構で理解できるのか、それとも新しいメカニズムが潜んでいるのか明らかにするため ^{11}B-NMR を行った。$1/T_1$ の結果から、この系には銅酸化物のような強いスピン相関が存在しないこと、またこの系が $2\Delta/k_BT_c$～5 の大きな超伝導ギャップをもつ強結合の BCS 超伝導体であることが分かった。Al をドープした $Mg_{1-x}Al_xB_2$ において x= 0，0.05，0.07，0.1に変化させた時のフェルミ面の状態密度と T_c の関係を McMillan 方程式に適用させることによって、約700K 程度の高い周波数のフォノンが電子と結合定数 λ～0.87程度で強く結合した結果、約40K の高い T_c が得られていると結論付けられた。

論文審査の結果の要旨

1911年の超伝導の発見以来、様々な超伝導物質が発見され、現在最も高い超伝導転移温度 T_c では銅酸化物高温超

伝導体の $HgBa_2Ca_2Cu_3O_y$（Hg-1223）における134K である。しかしながら、この記録は1993年以来、多大な努力にもかかわらず破られていない。一方、従来の金属化合物では最近 MgB_2において金属化合物では最高の約T_c=39K を示すことが報告された。本論文では、これらの物質における高いT_cをもたらす機構について NMR 測定を用いて研究した。

銅酸化物高温超伝導体は一般に CuO_2面の枚数（n）を増やすことによってT_cは上昇する。しかしながら Hg-1223 のように n= 3 でT_cが最高となり、それ以上枚数を増やしても逆にT_cは減少する。n≧ 3 の銅酸化物高温超伝導体は酸素の配位数が 5 配位と 4 配位の 2 種類の CuO_2面で構成される。それぞれのサイトでの Knight shift から内側の 4 配位 CuO_2面（IP）よりも外側の 5 配位 CuO_2面（OP）の方が多くのキャリアーを含んでおり、その差が 1．全キャリアー量を増やした時、2．CuO_2面の枚数 n を増加させた時に大きくなることが明らかになった。この差が小さい Hg-1223等では高いT_cが得られ、逆に差が大きい Cu-1234では OP と IP で異なる超伝導転移温度を示すといった層間で分離した振舞いが見られる。つまり、高いT_cのためには OP と IP のキャリアー濃度を等価にすることが重要だと考えられる。

一方、MgB_2ではその高いT_cの超伝導発現機構がこれまでの BCS 機構で理解できるのか、それとも新しいメカニズムが潜んでいるのか明らかにするため^{11}B-NMR を行った。$1/T_1$の結果から、この系には銅酸化物のような強いスピン相関が存在しないこと、またこの系が$2\Delta/k_BT_c$～5の大きな超伝導ギャップをもつ強結合の BCS 型超伝導体であることが分かった。Al をドープした $Mg_{1-x}Al_xB_2$において x=0，0.05，0.07，0.1に変化させた時のフェルミ面の状態密度とT_cの関係を McMillan 方程式に適用させることによって、約700K 程度の高い周波数のフォノンが電子と結合定数λ～0.87程度で強く結合した結果、約40K の高いT_cが得られていると結論付けられた。

本研究によって多層型高温超伝導体のサブナノスケールでの電子状態および超伝導状態が明らかになり、最高性能をもつ次世代高温超伝導材料の合成指針を示唆した。また、金属系新高温超伝導体 MgB_2の電子状態および超伝導状態をミクロな観点から解明し、本系の超伝導発現機構の解明に向けた重要な研究となっている。

以上の結果は、高い超伝導転移温度を示す系のミクロな電子状態と超伝導転移温度との相互関係をはじめて実験的に明らかにしたもので、博士（理学）の学位論文として十分に価値があると認めることができる。