The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	NMR Study in the Low-Dimensional Quantum Spin System
Author(s)	松本, 真治
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144078
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【68】

氏　　名	松（まつ）　本（もと）　真（しん）　治（じ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　13963　号
学位授与年月日	平成10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 in the Low-Dimensional Quantum Spin System （低次元量子スピン系のNMRによる研究）
論文審査委員	（主査） 教　授　北岡　良雄 （副査） 教　授　朝山　邦輔　　教　授　天谷　喜一　　教　授　鈴木　　直

論文内容の要旨

ホール・ドープされた 2-leg S=1／2 spin-ladder 系物質，$La_{1-x}Sr_xCuO_{25}$および$Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$について NMR／NQR 測定を行った。

$LaCuO_{25}$は，帯磁率測定の結果とは異なり，110K付近で長距離磁気秩序を示し，基底状態がスピン液体状態にはないことを明らかにした。その原因が，ladder 間の相互作用が比較的大きく 3 次元的であることによると考えられる。

$Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$は，Cu_2O_3 2-leg ladder 及び CuO_2 chain を持ち，既にホールがドープされている。これら 2 つの Cu サイトを明確に分離し，NMR／NQR 測定を行った。2 つの単結晶試料（試料A,B)を測定し，両者を比較することにより，大きな試料依存性があることがわかった。100K以上では大きな差異は両者の間には無く，共に約500Kの spin gap を持つことを示した。しかし，試料Bでは100K以下で共鳴線の分離と巾の増大がみられた。この原因が，2-leg ladderにドープされた unpaired ホールが誘起した staggered 磁化によるものであることを示唆した。試料Aにおいては，ドープされたホールが pair を形成するために staggered 磁化は誘起されないと考えられる。$SrCu_2O_3$ において Cu を Zn 置換によることにより導入された spin defectが staggered 磁化を誘起することは既に報告されているが，この様に unpaired ホールにより引き起こされている可能性を初めて示唆した。さらに，unpaired ホールが Zn のように固定されておらず，移動することによって staggered 磁化が均一になる可能性についても考察した。

CuO_2chainにおいて帯磁率測定から示唆されている spin gap については，NMR 測定より約100K の spin gap を持つことを明らかにした。また，中性子散乱測定より示唆されたホールをはさんでの dimer 形成モデルを支持する結果を得た。

論文審査の結果の要旨

銅と酸素が梯子型に配列したいわゆるスピン梯子系は，新しいタイプの低次元量子スピン系として重要な研究課題となっている。なかでも，2 本足梯子系はキャリヤー添加によって超伝導，わずかの非磁性不純物の添加によって反強磁性長距離秩序が発現することが明らかにされた。このような 2 本梯子系に固有に見られる現象は，本系の基底状

態がスピン励起にギャップをもつスピン液体であることに起因していると考えられており，磁性と超伝導の研究に新展開をもたらしている。

本研究は高磁場NMR技術を駆使して，新しく合成された$LaCuO_{2.5}$については梯子間相互作用が，$Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$系については局在したホールが及ぼす微視的な磁性状態の変化を調べた。2本梯子系におけるスピン一重項状態の量子コヒーレンスに起因した新奇な現象を明らかにし，以下のような成果を得ている。

$LaCuO_{2.5}$は，帯磁率測定の結果とは異なり，110K付近で長距離磁気秩序を示し，基底状態がスピン液体状態にはないことを明らかにした。その原因が，梯子間の相互作用が比較的大きく3次元的であることによるとした。$Sr_{14}Cu_{24}O_{41}$では，ドープされた不対ホールによって，比較的大きさの均一な反平行に結合した磁化（反平行磁化）が外部磁場によって誘起されることを見出した。同じタイプの2本梯子系$SrCu_2O_3$では，CuのZn置換により導入されたスピン欠陥が反平行磁化を誘起すること，さらに低温では反強磁性長距離秩序が発生することがすでに報告されている。本研究は，不対ホールによっても反平行磁化が誘起されること，またホールがZn不純物のように固定されておらず，移動することによって磁場誘起反平行磁化の大きさが均一になることを初めて示した。

以上のように本研究は高磁場NMRを用いて低次元量子スピン系におけるスピン液体と量子磁性に関する研究分野に新風をもたらしたもので博士（理学）の学位論文として十分の価値があるものと認められる。