

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540354

研究課題名(和文)

コバルト酸化物の超伝導相を分断する非超伝導相の起源

研究課題名(英文)

Origin of non-superconducting phase by which the superconducting phase were divided.

研究代表者：

小林 義明 (KOBAYASHI YOSHIKI)

名古屋大学・理学研究科・准教授

研究者番号：60262846

研究成果の概要(和文)：

層状コバルト酸化物の超伝導は  $c$  軸長や、コバルトサイトの核電気四重極共鳴周波数  $\nu_Q$  をパラメータとした相図上に現れ、特定の  $\nu_Q$  ( $c$  軸長) の狭い領域に存在する非超伝導相により、その超伝導相は2つに分断される。測定した様々な物理量全ての振舞いは、この非超伝導相が磁気秩序相でなく電荷不均一相であることで矛盾なく説明できる。 $c$  軸長 ( $\nu_Q$  値) が増大するにつれて、超伝導相、非超伝導相、超伝導相が次々を現れる様を、これまで観測されている  $a_{1g}$  バンド以外に、 $e_g'$  バンドもフェルミ面を構成するとして、説明しようという理論が提出されたが、フェルミ面の変化に敏感である電子比熱、NMRナイトシフトや中性子散乱実験の結果から、これが起こっていないことがわかった。この系の超伝導は電子フォノン相互作用を主たる機構した電子対形成で理解できること、電荷不均一相への転移でフェルミエネルギーレベルの状態密度が減少し、これにより超伝導が強く抑制されることが明瞭となった。

さらにこの系との比較研究としてCo以外の遷移金属をベースとした超伝導体である、鉄とヒ素化合物の研究を行った。これはコバルト酸化物と比べ、 $T_c$  が1桁高く、様々な物理量の相違点からコバルト酸化物の超伝導の特徴がより明瞭となると考えられる。鉄系での  $T_c$  への不純物効果は、コバルト酸化物と同様に、とても弱く、どちらも磁気ゆらぎによる超伝導形成とは考えづらい。よって、鉄ヒ素系がコバルト酸化物の超伝導と比較すべき格好の系であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：

The superconductivity of the layered cobalt oxides appears in the phase diagram of  $T$ - $\nu_Q$  (or  $c$ ), where the  $\nu_Q$  is Co nuclear electronic quadrupole resonance frequency. In this phase diagram, the non-superconducting (SC) phase appears to divide the SC phase into two regions. To investigate the nature of the non-SC phase, we have measured the  $T$ -dependences of various physical properties. The results are consistently understood by the non-SC phase to be not in the magnetic ordered state but in the charge disproportionate state. Although the existences of multi-SC phases and non-SC phase were explained by changing of the relative energy level between  $a_{1g}$ -band and  $e_g'$ -band of this layered cobalt oxide, we found that the possibility was excluded by those results, for example, the  $\nu_Q$  (or  $c$ ) dependence of the electronic specific heat coefficient, NMR Knight shift, and the  $q$ -dependence of magnetic excitation by neutron scattering measurements. As the non-magnetic impurity does not suppress the superconductivity, and NMR Knight shift supports the spin-singlet pairing formation, the SC pairing is considered to be formed mainly by electron-phonon interaction, and it is considered that the transition to non-SC phase suppresses the superconductivity though the decreases of the density of states at Fermi level.

Next, we have studied the Fe-based superconductors with ten times as large as  $T_c$  for the layered cobalt oxides. Non-magnetic impurity effect on  $T_c$  for Fe system was found to be very weak as well as the Co-oxides, indicating that the Fe system is found to give an opportunity to perform comparative studies with the layered cobalt oxides.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：強相関電子系、核磁気共鳴

科研費の分科・細目：物性Ⅱ

キーワード：超伝導、水和コバルト酸化物、核磁気緩和率、ナイトシフト、電子比熱係数、磁気励起、鉄砒素系超伝導体

1. 研究開始当初の背景

我々は、水和コバルト酸化物超伝導体の  $c$  軸長やコバルト(Co)サイトの核電気四重極共鳴周波数  $\nu_Q$  を用いて、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)-温度  $T$  状態相図が形成されることを様々な実験結果からまとめ上げた。その特徴は、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)の比較的広いパラメーター領域に超伝導相が存在し、その超伝導相を2つに分けるように、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)のパラメーター領域の中央に非超伝導相が現れる所にある。これにより、2つに分断された超伝導相で超伝導電子対形成機構が同じであるのかどうか、 $T_c$  以上の常伝導相でのフェルミレベルの状態密度や磁氣的活性さが同じになるのかどうかに興味集中した。また、非超伝導の基底状態がどのようなもので、それが超伝導状態とどのような関係にあるのかにも興味が集まっている。これまでの実験結果から、非超伝導相は当初、特に理論的に期待されていた磁気秩序相でないのと、これまでの考えに疑いが持たれていた。2つの超伝導相のうち、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)が小さい方は、NMRナイトシフトの温度変化から、スピン三重項状態にある電子対であることがわかっている。さらに非磁性不純物に対して、非常に強いということと合わせて、この系は  $s$  波の対称性をもつ超伝導が起こっていると考えられる。電子対。これに対して、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)が大きい側の超伝導相は同じものであるのかどうか重要な課題と考えられている。この問題に関して、理論研究から次のような提案が出された。 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)が増大するにつれて、格子変形による結晶場の変化でフェルミ面に寄与するバンドが変化するというものである。この系では  $3d$  軌道の内  $a_{1g}$  軌道によるバンドからなるフェルミ面のみがあることが実験的に観測されているが、格子変形に伴い  $e_g$  軌道によるバンドと  $a_{1g}$  バンドとの相対的なエネルギー差が減少し、 $e_g$  バンドもフェルミ面を構成するようになるのではないかと、いうものである。これまで、これが事実であるのかも実験的には調べられておらず、検証が待たれていた。

2. 研究の目的

$\nu_Q$  (または  $c$  軸長)をパラメーターとした相図上に現れる非超伝導相と、それにより2つに分けられた超伝導相に対して、以下のような研究目的を設定した。

(1)非超伝導相の基底状態を確認する。これが磁気秩序状態にあるのかどうかは、超伝導電子対形成の機構を突き止めるためにも必要となる。

(2)  $3d-t_{2g}$  軌道で構成されるフェルミ面である  $a_{1g}$  バンド以外に  $e_g$  バンドの寄与がこの系にあるのかどうか。非超伝導相の出現や  $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)が大きい側の超伝導相の出現が  $e_g$  バンドの寄与により可能であるという理論的な予想を検証する。この時、非超伝導相は反強磁性磁気秩序状態と考えられる。またフェルミ面への  $e_g$  バンドの寄与の有無が  $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)の関数として現れることとなるので、状態密度の大きな変化が  $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)の関数として現れるかどうか、この理論の検証となる。

(3) 2つに分けられた超伝導相の状態は同じであるのかどうか。上記の理論的予想では、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)が大きい側の超伝導相において、 $e_g$  バンド由来の磁気ゆらぎによって、スピン三重項超伝導電子対が形成されるのではないかと指摘に答えるものである。これまで何度か、 $\nu_Q$  (または  $c$  軸長)が小さい方の超伝導相においても、スピン三重項超伝導の可能性が理論だけでなく実験的研究からも指摘されてきた。我々はこの系の研究の早い段階から、Co-NMRナイトシフトの温度変化から、それが起こっておらず、スピン三重項超伝導であることを示して来た。まず、これとの比較から、超伝導状態について議論して行く。

(4) 非超伝導相の基底状態と超伝導状態の関係を明らかにする。非超伝導相の基底状態の磁氣的あるいは電氣的ゆらぎが超伝導電子対を作りうるのかどうかを判断する。基底状態のモデルで、様々な物理量が矛盾なく説明できるかをどうかに着目する。

(5) 水和コバルト酸化物超伝導体と比較対象となりうる他の層状遷移金属化合物での超伝導状態と比較して水和コバルト酸化物との相違点を見出す。これにより、コバルト系の超伝導状態が浮き彫りになると考えられる。

### 3. 研究の方法

様々な  $c$  軸長を持つ水和コバルト酸化物を作成し、超伝導試料や非超伝導試料を用意した。 $c$  軸長あるいはコバルト核電気四重極共鳴周波数  $\nu_Q$  と温度  $T$  とを軸として描かれる相図上で、巨視的物質量測定として電子比熱係数の測定、微視的物質量測定としてコバルト核磁気共鳴による測定そして中性子散乱実験による磁気励起の測定を行ってきた。

①非超伝導相での、交流磁化率の周波数依存性や  $^2\text{D}$ -,  $^{59}\text{Co}$ -NMR 緩和率、電子比熱の温度変化などのデータを比較して、基底状態の議論を行った。

②  $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の異なる試料において、 $e_g'$  バンドのフェルミ面への寄与が現れるのかどうか、そして2つの超伝導相は異なる超伝導状態にあるのかどうかに関しては、 $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の異なる試料の状態密度を見積もるために、電子比熱係数を測定から求める。また、非超伝導相が強相関による磁気秩序相であれば、相境界近づくにつれて、状態密度の何らかの変化が期待できる。それにも注目した。電子比熱の  $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)依存性と合わせて、2つの超伝導相でのナイトシフトと核磁気緩和率の温度依存性を特に  $T_c$  以下で比較する。特に電子対のスピン状態が異なるのかどうか注目する。

③ここまでの結果を元に、非超伝導状態と超伝導状態の関係を明らかにする。その考えによって全ての物質量の振舞いが矛盾なく説明可能かどうか注目した。

④  $\text{FeAs}$  層ベースとした超伝導体の超伝導状態にも注目する。この系において、非磁性不純物導入に対して超伝導が強いように見えている。水和コバルト酸化物超伝導体でも同様に非磁性不純物をコバルトサイトに導入しても  $T_c$  はわずかにしか下がらないので、 $\text{Fe}$  系超伝導体は比較研究の対象となるのではないかと考えられる。まずはこれを確かなものとするため、 $\text{Fe}$  系超伝導体での非磁性不純物効果に注目する。

### 4. 研究成果

①非超伝導相の磁気転移と言われている温度より十分低温側でも発生した磁気モーメントの大きさが数% $\mu_B$  と小さく、しかも不均一なものであることがわかった。交流磁化率の周波数依存性は、スピングラス系の同じ振舞いを示すことから、弱局在を示す金属系のように電子の運動量が小さくなったとき

の磁気モーメントの出現として理解できる。さらにスピングラス的磁気変化の少し高温側で電子比熱に2次相転移を示す変化が現れた。この転移に伴うエントロピーの変化は超伝導転移のそれと同じくらいであり、決してわずかな変化ではないことがわかる。従って、これは磁気的变化はまったく無く、結晶構造や電荷の変化による相転移と考えられる。上で記述したように転移の比較的近い低温域で発生する不均一な磁気モーメントと合わせて、この転移が電荷の不均一化への相転移と考えられる。水和される前の層状コバルト酸化物  $\text{Na}_{0.5}\text{CoO}_2$  は電荷と反強磁性的磁気モーメントの秩序化が存在しており、これが抑制されて低温で超伝導が発生していると考えることが出来る。 $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の変化として現れる結晶構造の変化やフェルミ面の変化という摂動で、この電荷秩序の傾向が現れると理解できる。このように全ての物質量の振舞いや水和前の母物質の振舞いなどを矛盾なく考えることで、非超伝導相の基底状態は電荷不均一状態であり、それによるフェルミレベルの状態密度が抑えられてものと理解出来る。

② $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の小さい側の超伝導相では、光電子分光測定等からもわかっているように、フェルミ面は  $a_{1g}$  バンドのみで構成されている。これ以外に  $e_g'$  バンドの寄与が非超伝導相や  $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の大きい側の超伝導の出現に関わっているかどうかについて、我々が状態密度の  $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)依存性を電子比熱係数から見たところ、 $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の広い範囲でほぼ一定であることがわかった。いずれも超伝導相や電荷不均一相(非超伝導相)への転移温度以上では同じ状態密度にあり、少なくとも、フェルミ面への  $e_g'$  バンドの寄与はないと断言できる。これによる反強磁性ゆらぎが低温では現れないことがわかった。さらにこの反強磁性ゆらぎに関しては、中性子散乱実験から直接観測を行ったところ、磁気励起スペクトルの波数  $q$  依存性から、高温で反強磁性ゆらぎが見られ、低温  $\sim 50\text{K}$  以下でそれがなくなっていることが明確となった。この系では  $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の小さい領域と同様に、 $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)のより大きい領域での電子状態はほとんど変わっていない。

次に、 $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の大きい方の超伝導相で  $\text{Co}$ -NMR によるナイトシフトと核磁気緩和率の温度依存性を見たところ、 $\nu_Q$ (または  $c$  軸長)の小さい方と変わらず、スピン-重項の超伝導であることがわかった。これも  $e_g'$  バンドの寄与はないことを示す結果である。③ここまで、2つの超伝導相は1つのものとして考えられるデータが得られた。非超伝導相の存在により状態密度が抑えられ、不均一な電子状態になることで超伝導転移が抑制

されており、2つの超伝導相があるように見える。磁気秩序の発生が超伝導を抑えているとは考えにくい。理論研究から、電子格子相互作用により、電子対形成されてことが考えられおり、非超伝導相への転移による状態密度の抑制と電子局在により、超伝導が抑えられているものとして理解できる。以上のように、コバルト酸化物の超伝導が conventional なものとして理解できることがわかった。

④さらに他の遷移金属ベースの超伝導体へと研究対象を広げ、鉄とヒ素からなる層状物質に注目した。この系はコバルト酸化物と比べ、最大の  $T_c$  が1桁高く、両者の相違点を比べることでコバルト酸化物の超伝導の特徴がより明瞭となると考えられる。鉄ヒ素系超伝導体での  $T_c$  への不純物効果の実験を重ねたところ、非磁性不純物に対して超伝導が強いことがわかった。我々の報告の後、幾つかのグループで同じ結論のデータも出て来ている。このように、鉄ヒ素系超伝導は磁気ゆらぎによる超伝導形成とは考えづらく、層状コバルト酸化物の超伝導と比較すべき格好の系であることもわかった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 24 件)

① S. Tatematsu, E. Satomi, Y. Kobayashi, and M. Sato, **Magnetic Ordering in V-Layers of the Superconducting System of  $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$** , Journal of the Physical Society of Japan Vol. 79 No. 12 (2010) pp. 123712-(1-4). (査読有)

② E. Satomi, S. C. Lee, Y. Kobayashi, and M. Sato, **Superconducting Transition Temperatures and Transport Properties of  $\text{LaFe}_{1-y}\text{Ru}_y\text{AsO}_{0.89}\text{F}_{0.11}$  and  $\text{LaFeAsO}_{0.89-x}\text{F}_{0.11+x}$** , Journal of the Physical Society of Japan Vol. 79 No. 9 (2010) pp. 094702-(1-6). (査読有)

③ Y. Kobayashi, E. Satomi, S. C. Lee, and M. Sato,  **$^{75}\text{As}$ -NMR Studies of  $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$  for Various  $x$  Values**, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 79 No. 9 (2010) pp. 093709-(1-4). (査読有)

④ M. Sato, Y. Kobayashi, S. C. Lee, H. Takahashi, E. Satomi, and Y. Miura, **Studies on Effects of Impurity Doping and NMR Measurements of La 1111 and/or Nd 1111 Fe-Pnictide Superconductors**, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 79 No. 1 (2010) pp. 014710-(1-10). (査読有)

⑤ M. Sato, Y. Kobayashi, and T. Moyoshi, **On the non-superconducting state in the phase diagram of  $\text{Na}_x\text{CoO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$** , Physica C: Superconductivity, Vol. 470, Suppl. 1, Dec 2010, pp. S752-S754. (査読有)

⑥ M. Sato, Y. Kobayashi, and T. Moyoshi,

**Studies on the superconducting state of  $\text{Na}_x\text{CoO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$  – Overview**, Physica C: Superconductivity, Vol. 470, Suppl. 1, Dec 2010, pp. S673-S677. (査読有)

⑦ T. Moyoshi, Y. Kobayashi, Y. Yasui, M. Sato, K. Kakurai, **Superconducting transition temperature and the thickness of  $\text{CoO}_2$  planes of  $\text{Na}_x\text{CoO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$** , Solid State Sciences, Vol. 12, Issue 5, May 2010, pp. 656-659. (査読有)

⑧ Y. Kobayashi, A. Kawabata, S. C. Lee, T. Moyoshi, and M. Sato, **Studies on Superconducting  $\text{LaFe}_{1-y}\text{Co}_y\text{AsO}_{1-x}\text{F}_x$  ( $x=0.11$ ) – For the Understanding of the**

**Superconducting Symmetry of Fe-Pnictides –**, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 78 No. 7 (2009) pp. 073704-(1-4). (査読有)

⑨ M. Yokoi, Y. Kobayashi, M. Sato, and S. Sugai, **Isotope Effect on Superconducting Transition Temperature of  $\text{Na}_x\text{CoO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$** , Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 77 No. 9 (2008) pp. 094713-(1-4). (査読有)

⑩ M. Yokoi, Y. Kobayashi, T. Moyoshi, and M. Sato, **NMR Studies of Successive Phase Transitions in  $\text{Na}_{0.5}\text{CoO}_2$  and  $\text{K}_{0.5}\text{CoO}_2$** , Journal of the Physical Society of Japan Vol. 77 No. 7 (2008) pp. 074704-(1-8). (査読有)

⑪ T. Moyoshi, Y. Yasui, Y. Kobayashi, M. Sato, and K. Kakurai, **Magnetic Excitations of  $\text{Na}_x\text{CoO}_2\cdot y\text{D}_2\text{O}$  -Neutron Scattering-**, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 77 No. 7 (2008) pp. 073709-(1-4). (査読有)

⑫ Y. Kobayashi, T. Moyoshi, M. Yokoi, and M. Sato, **Co-NMR Knight Shift of  $\text{Na}_x\text{CoO}_2\cdot y\text{H}_2\text{O}$  Studied in Both Superconducting Regions of the  $T_c$ - $v_{Q3}$  Phase Diagram Divided by the Nonsuperconducting Phase**, Journal of the Physical Society of Japan Vol. 77 No. 6 (2008) pp. 063703-(1-4). (査読有)

[学会発表] (計 63 件)

① M. Sato, Y. Kobayashi, E. Satomi, S. C. Lee, T. Kawamura, M. Itoh, S. Tatematsu, Y. Yasui, I. Terasaki, and K. Kakurai; **On the superconducting symmetry of Fe pnictides – Impurity effects and results of other measurements -**; International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2011 (March 6-8, 2011); *March 6 2011*; National Museum of Emerging Science and Innovation (Miraikan), Tokyo, Japan.

② M. Sato, T. Kawamata, Y. Yasui, Y. Kobayashi, T. Moyoshi, K. Motoya, and K. Kakurai; **On the Magnetic Excitation Spectra of  $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.9}\text{Co}_{0.1})_2\text{As}_2$  in the Superconducting State**; The International Workshop on Neutron Applications on Strongly Correlated Electron Systems 2011 (February 23-25, 2011); *February*

23 2011; Quantum Beam Research Center (IQBRC), Tokai, Ibaraki, Japan.

③ Y. Kobayashi, E. Satomi, M. Itoh, and M. Sato; <sup>75</sup>As-NMR studies on the **superconducting state of LaFeAsO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub>**; International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2011, (March 6-8, 2011); *March 7 2011*; National Museum of Emerging Science and Innovation (Miraikan), Tokyo, Japan.

④ M. Sato, Y. Kobayashi, S. C. Lee, H. Takahashi, T. Moyoshi, Y. Yasui, and S. Tatematsu; **Studies on the Superconducting Symmetry of LaFe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>AsO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub> by transport, NMR and Neutron Measurements**;

International Workshop on the Search for New Superconductors - Frontier and Future – (May 12-16, 2009); *May 12 (Tue.) 2009*; Shonan Village Center, Hayama-cho, Kanagawa, Japan.

⑤ Y. Kobayashi, H. Takahashi, S. C. Lee, T. Moyoshi, and M. Sato; **Transport and NMR studies on LaFe<sub>1-y</sub>Mn<sub>y</sub>AsO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub> and NdFe<sub>1-y</sub>Mn<sub>y</sub>AsO<sub>1-x</sub>F<sub>x</sub>**; International Workshop on the Search for New Superconductors – Frontier and Future – (May 13-15, 2009); *May 12 (Tue.) 2009*; Shonan Village Center, Hayama-cho, Kanagawa, Japan, May 12-16, 2009.

⑥ M. Sato, Y. Kobayashi, S. C. Lee, H. Takahashi, T. Moyoshi; **Distinct Physical Behaviors of LaFe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>AsO<sub>0.89</sub>F<sub>0.11</sub> between the Superconducting and Nonsuperconducting Metallic Regions of y Divided by y ~0.05**; 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (September 7-12, 2009); *September 9, 2009*; Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.

⑦ Y. Kobayashi, S. C. Lee, H. Takahashi, T. Moyoshi, and M. Sato; **NMR Studies on the Superconducting Symmetry of Iron Pnictide Systems**; 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (September 7-12, 2009); *September 9, 2009*; Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.

⑧ T. Moyoshi, S. C. Lee, S. Tatematsu, Y. Yasui, Y. Kobayashi, M. Sato, and K. Kakurai; **Magnetic Excitations of Superconducting LaFeAsO<sub>0.89</sub>F<sub>0.11</sub>**; 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (September 7-12, 2009);

*September 9, 2009*; Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.

⑨ M. Sato, T. Moyoshi, S. C. Lee, S. Takahashi, Y. Yasui, Y. Kobayashi, and K. Kakurai; **Various Kinds of Studies on the Superconducting Symmetry of Fe-As Systems**; International Workshop, Physics on Transition Metal Based Superconductors (ICC-IMR Workshop, June 24-26, 2009); *June 24 2009*; IMR, Tohoku University, Sendai Japan.

⑩ M. Sato; **Studies on the Superconducting State of Na<sub>x</sub>CoO<sub>2-y</sub>H<sub>2</sub>O -Overview-**; 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (Sep. 7-12, 2009); *Sep. 8 2009*; Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.

⑪ M. Sato, Y. Kobayashi, T. Moyoshi; **On the Superconducting State of Na<sub>x</sub>CoO<sub>2-y</sub>H<sub>2</sub>O**; 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (Sep. 7-12, 2009); *Sep. 9 2009*; Keio Plaza Hotel, Tokyo, Japan.

⑫ T. Moyoshi, Y. Yasui, Y. Kobayashi, M. Sato, and K. Kakurai; **Neutron scattering studies of Na<sub>x</sub>CoO<sub>2-y</sub>D<sub>2</sub>O**; The International symposium on Anomalous Quantum Materials 2008 and the 7th Asia-Pacific Workshop (Nov. 7-10, 2008); *Nov. 8, 2008*; Yasuda Auditorium, Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan.

[その他]

ホームページ等

<http://i-ken.phys.nagoya-u.ac.jp/index-japanese.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小林 義明 (KOBAYASHI YOSHIKI)  
名古屋大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：60262846

### (2) 研究分担者

佐藤 正俊 (SATO MASATOSHI)  
名古屋大学・大学院理学研究科・名誉教授  
研究者番号：40092225