

高温超伝導体の熱磁気効果による  
磁束の運動の研究

(課題番号 07454243)

平成7年度～平成9年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)(2))  
研究成果報告書

平成10年3月

研究代表者 小林典男  
(東北大学金属材料研究所教授)

本報告書は、平成7年度から9年度にわたって文部省科学研究費（基盤研究B）の補助を受けて行われた「高温超伝導体の熱磁気効果による磁束の運動の研究」の研究成果をまとめたものである。

高温超伝導体の渦糸状態は、研究が進むほどその異常が認識されるようになり、渦糸格子の融解相転移、結晶の不規則性によって誘起される渦糸ガラス相の形成、上部臨界磁場における相転移の消失などの従来の超伝導理論では考えられなかった新しい概念が提唱されている。このような高温超伝導体の磁場中の性質を正しく把握するためには、渦糸の状態、構造、運動などの静的・動的性質を総合的に研究する必要がある。本研究はそのうち磁束の動的な性質を明らかにしようとするものであるが、熱磁気効果の測定は、磁束の運動に伴って生じる熱エネルギーの移動やその逆過程等のように熱に関連した現象を観測することに特徴がある。このため、我々は、電気抵抗などの測定を相補的に用いることによって、磁束の持つエントロピーなどの新しい知見を得ることが出来ることを期待してこの研究を行った。

一方、この研究を始めた頃から、磁束格子融解による1次の相転移の問題が注目され初め、我々もこの方面に多くの労力をつぎ込むこととなった。本研究経費で購入した単結晶作製炉を用いて、タイミング良く良質なYBCO単結晶を作製することができ、初めて熱力学量（磁化）による1次相転移を見出したことなど、幸運に恵まれたと思っている。これらの問題は、混合状態における渦糸の状態に関係するもので、直接、研究課題と関連していることからその成果も本報告書にふくめた。

この研究をまとめるにあたって、研究に直接関わった学生諸氏、共同研究者、東北大学極低温科学センター及び金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターの技官の方々を初め支援していただいた多くの方々に深く感謝する。

東北大学図書



00010138521

附属図書館

平成10年3月

小林 典男

平成7年度～平成9年度科学研究費補助金

(基盤研究(B)(2))

研究成果報告書

平成10年3月

研究課題 高温超伝導体の熱磁気効果による磁束の運動の研究

課題番号 07454243

#### 研究組織

研究代表者 小林 典男 (東北大学金属材料研究所・教授)

研究分担者 佐々木尚子 (東北大学金属材料研究所・助手)

西寄 照和 (東北大学金属材料研究所・助手)

(研究協力者 内藤 智之)

#### 研究経費

平成7年度 5,900千円

平成8年度 700千円

平成9年度 400千円

計 7,000千円

## 研究 成 果

### 1. 熱磁気効果

#### 1. 1 エッチングスハウゼン効果

##### 1) 酸化物超伝導体におけるエッチングスハウゼン効果の測定方法の確立

磁束運動を従来の電気抵抗測定等とは異なった熱的な観点から明らかにするために、熱磁気効果による磁束運動の研究を行った。

熱磁気効果の一つであるエッチングスハウゼン効果は、磁束運動の結果試料に温度勾配が生ずる現象である。磁束の運ぶ熱量は極めて微量であり、実験では  $1\text{mK}$  以下の温度差を  $H=1\sim 14\text{ T}$  の磁場中で正確に測定しなければならない。本研究では、クロメル-コンスタンタン熱電対をブリッジ状に接合し、示差熱型熱電対として用い、更に測定端子の接合部分の温度変化を極力抑えることで測定系で発生する余分な熱起電力を排除し、 $\pm 3\text{nV}$  ( $\pm 0.1\text{mK}$ ) の測定精度を実現した。これによって、酸化物超伝導体において、定量的解析に耐えうるエッチングスハウゼン効果の高精度測定が可能となった。

##### 2) QMG-YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7.8</sub>におけるエッチングスハウゼン効果

磁束の輸送エネルギーの温度、磁場依存性の詳細を明らかにするために、確立した測定方法を用いて、QMG (Quench-Melt-Growth)法で作製された(試料提供:新日鐵先端技研) YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7.8</sub>のエッチングスハウゼン効果の測定を行った。その結果、超伝導体の混合状態におけるエッチングスハウゼン効果は磁束運動によって生じており、その温度依存性は温度の上昇とともに増加する磁束の速度と、逆に減少する輸送エントロピーの競合によって生じていること、また、磁場依存性は、磁場の増加と共に増大する磁束密度と、減少する輸送エントロピーの競合によって生じていることを明らかにした。

##### 3) 輸送エネルギーの温度及び磁場依存性

エッチングスハウゼン効果、電気抵抗、熱伝導度の測定から磁束1本の単位長さ当たりの輸送エネルギーを見積もった。輸送エネルギーは転移温度近傍で温度に対して直線的に減少し、その温度係数は磁場の増加と共に減少する。一方、真木らの理論では温度係数は磁場に依らず一定になると予想されている。この実験と理論の不一致は、超伝導転移近傍で温度の上昇、磁場の増加によって強くなる揺らぎの効果によって説明された。

### 1. 2 ネルンスト効果

#### 1) 酸化物超伝導体におけるネルンスト効果の測定方法の確立

ネルンスト効果は、温度勾配によって運動する磁束によって横電場(ネルンスト電場)が生ずる現象である。温度勾配による磁束運動と酸化物超伝導体の異方性との関係を明らかにするために、バルク試料におけるネルンスト効果の測定方法を確立した。

#### 2) 磁束運動に対する層状構造の影響

ネルンスト効果によって生ずる電場は、磁束の速度に比例する。この特徴を利用して3次元性の強い  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  と2次元的な  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  ( $x \sim 0.13$ ) (試料提供: 山梨大工, 児嶋研究室) について、次の3つの場合の磁束運動の速度を見積もった。

(1)  $H//c, (d\mathcal{T}/dx)//ab$  (2)  $H//ab, (d\mathcal{T}/dx)//ab$  (3)  $H//ab, (d\mathcal{T}/dx)//c$ . ここで  $d\mathcal{T}/dx$  は温度勾配を表す。その結果、どちらの超伝導体の場合も磁束の速度は(3)の場合に最も遅くなり、酸化物超伝導体の層状構造が磁束運動に対して本質的なバリアーとして働いていることが示された。更に、(3)の(2)に対する速度の比は、 $c$  軸方向と  $ab$  面方向の電子の有効質量の比の逆数  $(m_c/m_{ab})^{-1}$  にほぼ等しいことが明らかとなった。

### 3) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ と $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ( $x \sim 0.13$ ) における異方性と輸送エントロピー

ネルンスト効果と電気抵抗の測定から、磁束が  $c$  軸に平行な場合と垂直な場合の磁束の輸送エントロピーを求め両者を比較検討した。その結果、異方的な層状構造のもとでの磁束運動は、電子状態の異方性を反映しており、磁束の輸送エントロピーの異方性は、コヒーレンス長、磁束侵入長の異方性によって説明されることが明らかとなった。

### 4) 異方性の異なる高温超伝導体, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ( $x \sim 0.13$ ),

#### $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.8}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ における輸送エントロピー

先の二つの超伝導体に加えて、2次元性の極めて強い  $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.8}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  (試料提供: 東大工, 岸尾研究室) についても  $H//c$  の場合のネルンスト効果の測定を行い、 $c$  軸に平行な磁束の輸送エントロピーと異方性の関係を調べた。その結果、ほぼ同程度の超伝導層間距離とコヒーレンス長を持つ超伝導体の  $c$  軸に平行な磁束の輸送エントロピーは、主に超伝導層に存在する磁束コアの寄与によって支配され、超伝導体の持つ異方性の大きさには関係しないことが明らかとなった。

### 5) エッチングスハウゼン効果とネルンスト効果から求めた輸送エントロピーの不一致について

これら二つの熱磁気効果は熱力学的に繋がっており、同じ大きさの輸送エントロピーを与えるはずであるが、実験結果では熱駆動力による磁束運動(ネルンスト効果)の方がローレンツ力による運動(エッチングスハウゼン効果)よりも数割小さな値を与えた。この原因については、測定に用いた温度勾配による駆動力がローレンツ力の100分の1以下であるために両者が等価な運動になっていない可能性や、温度勾配とローレンツ力では本質的に磁束運動の粘性係数が違う可能性等が考えられるが、真の原因は未だ判明していない。

## 2. 磁束状態

### 1) 非双晶 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 単結晶の作製

不均質が少ない場合の酸化物高温超伝導体の磁束状態を調べるために、ピン止め力の小さい良質な非双晶  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  単結晶を  $\text{Y}_2\text{O}_3$  るつぽを用いて作製した。作製された単結晶では、磁束格子融解1次相転移線が従来報告されているよりも高磁場まで観測され、臨界点が13T程度の磁場領域に存在することが分かった。この結果は、作製

された結晶が不均質の少ない純良な単結晶であることを示唆している。

## 2) 磁化と電気抵抗測定による相転移線の研究

磁化測定、電気抵抗測定により非双晶  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  単結晶の磁束固体と磁束液体の相転移線を調べた。13 T 程度の臨界点以下で観測される磁束格子融解転移(1次相転移)は、臨界点以上で磁束グラス転移(2次相転移)に移り変わり、磁場の増加と共に不均質の影響が増大することが明らかになった。5 T 以下の SQUID による磁化測定からは可逆領域で磁化の飛びが観測され、相転移によるエントロピー変化は示差熱測定の結果と良い一致が得られた。

## 3) 1次相転移線近傍での磁束状態の研究

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  における磁束格子融解転移はヒステリシスをともなった電気抵抗の存在だけではなく、磁化の飛びや示差熱測定による潜熱などの観測により確かなものになりつつある。磁束格子融解点での電気抵抗のヒステリシスに対して、温度・磁場依存性を精密に測定した結果、ヒステリシス中にサブループが存在することが明らかになり1次相転移の存在を強く示唆する結果が得られた。更に、磁束格子融解線近傍の非常に狭い温度領域において、s字型の電流-電圧特性が観測され電流の増加・減少に対してもヒステリシスを示すことを見いだした。このヒステリシスは、電気抵抗の温度依存性におけるヒステリシスと密接に関連しており、電流の減少時には過冷却状態の高抵抗値に移り変わることが分かった。電流-電圧特性のヒステリシスの詳細については現在究明中である。

## 4) 微小ホール素子を用いた高磁場磁化測定による磁束固体状態の研究

磁束格子融解線が明確に定義できる良質な非双晶  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  単結晶の磁化を微小ホール素子を用いて測定し、30 T の高磁場領域まで磁束固体の振舞いを調べた。その結果、磁化曲線が特徴的な磁場  $H$  において急激に増大し、これまでに観測されていない新しいタイプのピーク効果が10 T 以上の領域に存在することを見いだした。 $H$  は臨界点に向かって連続的につながり、高磁場の磁束グラス状態と低磁場の磁束格子状態の境界線であるという描像を支持する結果が得られた。

## 5) 有機化合物超伝導体のピーク効果

有機化合物超伝導体  $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu(NCS)}_2$  の磁化曲線を測定し、温度にほとんど依存しない第2ピークを観測した。第2ピークの高磁場側と低磁場側では臨界電流や不可逆磁場の振舞いは大きく異なり、第2ピーク以上の磁場で磁束が2次的に振舞う結果が得られた。この結果は、異方性の大きな高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  の場合と非常に良く似ている。

## 3. その他

### 1) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 及び $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ の作製と超伝導特性

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜を CVD 法及びスパッター法によって、また  $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜をスパッター法によって作製し、強磁場中における臨界電流特性、不可逆磁場などの

超伝導特性を調べ、異方性やピンニング特性に関して議論した。

2) ハイブリッドマグネットを利用した強磁場中の磁化測定装置の開発

ハイブリッドマグネットの中で使用できる試料振動型磁化測定装置を開発し、30 Tまでの強磁場中で、QMG-YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>バルク試料の磁化を測定することに成功した。

3) YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>/(La,Ca)MnO<sub>3</sub>多層膜の作製

YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>と(La,Ca)MnO<sub>3</sub>の多層膜をスパッタ法により作製し、磁場中の電気抵抗を測定した。その結果、超伝導転移による抵抗の減少( $T < T_c$ )と巨大磁気抵抗効果( $T > T_c$ )が同一の多層膜で観測された。また、(La,Ca)MnO<sub>3</sub>層が薄い場合には電気抵抗の異方性が2次元モデルで記述できることが分かった。

## 研究発表

### (1) 学会誌等

1. \*H. Iwasaki, O. Taniguchi, S. Kenmochi and N. Kobayashi,  
Anisotropic Behavior of Superconductivity in the  $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_y$  Films,  
*Physica C* 244 (1995) 71-77.
2. \*N. Kobayashi, K. Hirano, T. Nishizaki, H. Iwasaki, T. Sasaki, S. Awaji, K.  
Watanabe, H. Asaoka and H. Takei,  
Anisotropic Properties of the Anomalous Second Peak in the Magnetization Curves  
and the Irreversibility Field of  $YBa_2Cu_3O_y$  ( $6.6 < y < 6.9$ ) Single Crystals,  
*Physica C* 251 (1995) 255-262
3. \*N. Kobayashi, K. Hirano, T. Nishizaki, H. Iwasaki, S. Awaji, K. Watanabe, H.  
Asaoka and H. Takei,  
Anisotropy of the "Second Peak" in Magnetization Curves of  $YBa_2Cu_3O_y$  Single  
Crystals,  
Critical State in Superconductors, ed by K. Tachikawa, K. Kitazawa, H. Maeda and T.  
Matsushita, (World Scientific Singapore 1995) 179-182.
4. \*小林典男,  
Bi系高温超伝導体の不可逆磁場  
固体物理 30 (1995) 469-476.
5. 小林典男,  
酸化物高温超伝導体における磁束ピンニング  
New Superconducting Materials Forum News 50 (1995) 19-23.
6. \*小林典男, 西寄照和,  
酸化物高温超伝導体発見からの10年—混合状態の相図と磁束構造—  
まてりあ 34 (1995) 1358-1363
7. \*T. Nishizaki, Y. Onodera, N. Kobayashi, H. Asaoka and H. Takei,  
Magnetization Jump and the Vortex-Lattice Melting Transition in  $YBa_2Cu_3O_y$ ,  
*Phys. Rev. B* 53 (1996) 82-85.
8. \*T. Sasaki, M. Sawamura, S. Awaji, K. Watanabe, N. Kobayashi, K. Kimura, K.  
Miyamoto and M. Hashimoto,  
Ettingshausen and Nernst Effects of QMG- $YBa_2Cu_3O_{7.8}$  in Magnetic Fields up to 14T,  
*Jpn. J. Appl. Phys.* 35 (1996) 82-89.
9. T. Noji, Y. Koike, H. Iwasaki, M. Kato, N. Kobayashi and Y. Sato,  
Anisotropy in the Resistive Superconducting-Transition under Magnetic Fields in  
Single-Crystal  $Pb_2Sr_2Ho_{0.5}Ca_{0.5}Cu_3O_8$ ,  
*Journal of Superconductivity* 9 (1996) 65-71
10. \*N. Kobayashi, T. Nishizaki, Y. Onodera, H. Asaoka and H. Takei,



Magnetization and Flux Pinning in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals,  
Chinese Journal of Phys. 34 (1996) 514-521.

11. T. Hanaguri, T. Tsuboi, A. Maeda, T. Nishizaki, N. Kobayashi, Y. Kotaka, J. Shimoyama and K. Kishio,  
Crossover from the First-Order Vortex Phase Transition to the Peak Effect in  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  having Different Oxygen Contents,  
Physica C 256 (1996) 111-118
12. T. Tsuboi, T. Hanaguri, A. Maeda, T. Nishizaki, N. Kobayashi, Y. Kotaka, J. Shimoyama and K. Kishio,  
High Precision Magnetization and Heat Capacity Measurements of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  Single Crystals in the Mixed State,  
Advances in Superconductivity VIII, eds. by H. Hayakawa and Y. Enomoto (Springer-Verlag Tokyo, 1996) 205-208.
13. \*T. Sasaki, J. Ikeda, K. Yamada, T. Naito, K. Watanabe and N. Kobayashi,  
Vortex Motion by the Thermal Force in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,  
Advances in Superconductivity VIII, eds. by H. Hayakawa and Y. Enomoto (Springer-Verlag Tokyo, 1996) 493-496.
14. \*G. C. Han, S. Awaji, K. Watanabe and K. Kobayashi,  
New Vibrating Sample Magnetometer for 31T Hybrid Magnet,  
Advances in Superconductivity VIII, eds. by H. Hayakawa and Y. Enomoto (Springer-Verlag Tokyo, 1996) 1237-1240.
15. \*H. Iwasaki and N. Kobayashi,  
Study of Transport Properties in High Magnetic Fields on the  $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Films,  
Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ. A 42 (1996) 365-370
16. \*T. Sasaki, K. Watanabe and N. Kobayashi,  
Ettingshausen and Nernst Effects in Mixed State of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ,  
Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ. A 42 (1996) 351-358.
17. \*S. Awaji, K. Watanabe, N. Kobayashi, H. Yamane and T. Hirai,  
Dimensionality and Irreversibility Field in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  Films,  
Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ. A 42 (1996) 333-338.
18. T. Noji, T. Takabayashi, T. Nishizaki, N. Kobayashi and Y. Koike,  
Irreversibility Line and Second Peak in the Magnetization Curves of  $\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_8$  Single Crystals,  
Physica C 263 (1996) 442-445.
19. T. Hanaguri, T. Tsuboi, A. Maeda, T. Nishizaki, N. Kobayashi, Y. Kotaka, J. Shimoyama and K. Kishio,  
Doping Level Dependence of Magnetization Anomalies and Heat Capacity of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  in the Mixed State,  
Physica C 263 (1996) 434-437.

20. \*T. Naito, T. Nishizaki, F. Matsuoka H. Iwasaki and N. Kobayashi,  
Vortex-Lattice Melting Transition in  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$  Single Crystal,  
Czechoslovak J. Phys 46 S3 (1996) 1585-1586
21. \*T. Nishizaki, Y. Onodera, T. Naito, H. Asaoka, H. Takei and N. Kobayashi,  
Magnetic Phase Diagram and Vortex Pinning in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals,  
Czechoslovak J. Phys 46 S3 (1996) 1595-1596.
22. \*G. C. Han, S. Awaji, K. Watanabe, N. Kobayashi, K. Kimura and M. Hashimoto,  
Magnetization Hysteresis of Quench-Melt-Growth Processed  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  in High  
Fields up to 23 T,  
Physica C262 (1996) 292-296.
23. \*Y. Onodera, T. Nishizaki, H. Asaoka, H. Takei and N. Kobayashi,  
Magnetization Jump due to the First-Order Vortex Lattice Melting Transition in  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals,  
Physica C 263 (1996) 409-411.
24. \*S. Awaji, K. Watanabe, N. Kobayashi, H. Yamane and T. Hirai,  
High Field Properties of Irreversibility Field and Pinning Force for  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  Film,  
IEEE Trans. Mag. 32 (1996) 2776-2779.
25. Y. Koike, T. Takabayashi, T. Noji, T. Nishizaki and N. Kobayashi,  
Fourfold Symmetry in the  $ab$  Plane of the Upper Critical Field for Single-Crystal  
 $\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{Y}_{0.62}\text{Ca}_{0.38}\text{Cu}_3\text{O}_8$ : Evidence for  $d_{x^2-y^2}$  Pairing in a high- $T_c$  Superconductor,  
Phys. Rev. B 54 (1996) R776-R779.
26. T. Noji, T. Takabayashi, T. Nishizaki, N. Kobayashi and Y. Koike,  
Irreversibility Line and Second Peak in the Magnetization Curves of  $\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_8$   
Single Crystals,  
Physica C 263 (1996) 442-445.
27. \*T. Nishizaki, T. Sasaki, T. Fukase and N. Kobayashi,  
Anomalous Magnetization and Dimensional Crossover of the Vortex System in the  
Organic Superconductor  $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu(NCS)}_2$ ,  
Phys. Rev. B 54 (1996) R3760-R3763.
28. \*N. Kobayashi, T. Nishizaki, A. Kamimura, M. Isa, S. Awaji and K. Watanabe,  
Thickness Dependence of Pinning Properties in Sputtered  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Thin Films,  
Proc. 8th Int. Workshop on Critical Current in Supercond. ed. by T. Matsushita and  
K. Yamafuji (World Scientific, Singapore 1996) p179-p182.
29. \*T. Sasaki, K. Yamada, K. Watanabe N. Kobayashi, S. Watauchi and K. Kishio,  
Nernst Effect in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  and  $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.8}\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ,  
Proc. 8th Int. Workshop on Critical Current in Supercond., ed. by T. Matsushita and  
K. Yamafuji (World Scientific, Singapore 1996) p299-p302.
30. \*S. Awaji, K. Watanabe, N. Kobayashi, H. Yamane and T. Hirai,  
Irreversibility Field and Flux Pinning for  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  Films,

- Proc. 8th Int. Workshop on Critical Current in Supercond., ed. by T. Matsushita and K. Yamafuji (World Scientific, Singapore 1996) p183-p186.
31. \*G. C. Han, K. Watanabe, S. Awaji, N. Kobayashi, M. Takeo, K. Kimura and M. Hashimoto,  
High-Field Studies of Peak Effect of Quench-Melt-Growth Processed  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ,  
Proc. 8th Int. Workshop on Critical Current in Supercond., ed. by T. Matsushita and K. Yamafuji (World Scientific, Singapore 1996) p353-p356.
  32. \*G. C. Han, K. Watanabe, S. Awaji, N. Kobayashi and K. Kimura,  
Magnetisation and Instability in Melt-Textured  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  at Low Temperature and High Fields up to 23 T,  
*Physica C* 274 (1997) 33-38.
  33. \*T. Nishizaki, T. Sasaki, T. Fukase and N. Kobayashi,  
Dimensional Crossover of Vortex State and Peak Effect in Magnetization in Organic Superconductors,  
*Synthetic Metals* 85 (1997) 1497-1498.
  34. \*M. Isa, T. Nishizaki, M. Fujiwara, T. Naito and N. Kobayashi,  
Superconducting and Magnetic Properties of  $(\text{La}, \text{Ca})\text{MnO}_3/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  Multilayer Films,  
*Physica C* 282-287 (1997) 691-692.
  35. \*T. Sasaki, K. Yamada, K. Watanabe, S. Awaji, K. Kishio and N. Kobayashi,  
Nernst Effect in the Mixed of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  and  $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.8}\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$ ,  
*Physica C* 282-287 (1997) 2009-2010.
  36. \*T. Nishizaki, T. Naito and N. Kobayashi,  
Reentrant Peak Effect and Irreversibility Line in Untwinned Single Crystals of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ ,  
*Physica C* 282-287 (1997) 2117-2118.
  37. \*T. Naito, T. Nishizaki, Y. Watanabe, N. Kobayashi,  
Preparation and Magnetic Properties of Untwinned  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals,  
*Advances in Superconductivity IX*, ed by S. Nakajima and M. Murakami (Springer-Verlag Tokyo 1997) 601-604.
  38. H. Iwasaki, S. Inaba, K. Sugioka, Y. Nozaki and N. Kobayashi,  
Superconducting Anisotropy in the Y-Based System Substituted for the Y, Ba and Cu Sites,  
*Physica C* 290 (1997) 113-121.
  39. \*T. Naito, T. Nishizaki and N. Kobayashi,  
Phase Transition in Vortex-State of Untwinned  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  Single Crystals at High Magnetic Fields up to 260 kOe,  
*Physica C* 293 (1997) 186-190.
  40. \*N. Kobayashi, T. Nishizaki, T. Naito, S. Awaji and K. Watanabe,  
Magnetization Measurement of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  in High Magnetic Fields up to 30 T,

to be published in Physica B

42. \*N. Kobayashi, M. Isa, T. Nishizaki and M. Fujiwara,  
Electrical and Magnetic Properties of  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  and  $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  Thin Films,  
to be published in JMMM.
43. \*N. Kobayashi, T. Nishizaki, T. Naito, T. Sasaki, S. Awaji and K. Watanabe,  
Phase Diagram in the Vortex State in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals,  
to be published in Advances in Superconductivity X (Springer-Verlag Tokyo 1998).
44. \*P. Przyslupski, T. Nishizaki and N. Kobayashi,  
Superconducting and Normal State Properties of the  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7/\text{Nd}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$   
Heterostructures,  
to be published in Advances in Superconductivity X (Springer-Verlag Tokyo 1998).
45. \*T. Nishizaki, T. Naito and N. Kobayashi,  
Field-Driven Disorder Transition of Vortex Lattice in Untwinned  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ ,  
to be published

\* : 本報告書に集録

## 研究発表

### (2) 口頭発表

#### (国際会議)

1. N. Kobayashi, T. Nishizaki, Y. Onodera, H. Asaoka and H. Takei  
Magnetization and Flux Pinning in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals (invited talk)  
1995 Taiwan International Conference on Superconductivity (Hualian Taiwan, Aug. 8-11, 1995)
2. M. Hiroi, M. Maki, S. Kobayashi, M. Sera, N. Kobayashi  
Cu site substitution effects on the anomalous electronic properties around  $x=1/8$  in  $\text{La}_{2-x-y}\text{Nd}_y\text{Sr}_x\text{CuO}_4$   
International Symposium on Frontiers of High  $T_c$  Superconductivity (Morioka Japan, Oct. 27-29, 1995)
3. T. Nishizaki, Y. Onodera, N. Kobayashi, H. Asaoka, and H. Takei  
Second Peak and Synchronization Effects in Magnetization of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals (invited talk)  
US-Japan Workshop on High- $T_c$  Superconductors (Tsukuba Japan, Oct. 25, 1995)
4. Y. Onodera, T. Nishizaki, N. Kobayashi, H. Asaoka, H. Takei  
Magnetization Jump due to the First- Order Vortex Lattice Melting Transition in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals  
International Symposium on Frontiers of High- $T_c$  Superconductivity (Morioka Japan, Oct. 27-29, 1995)
5. T. Nishizaki, Y. Onodera, T. Naito, and N. Kobayashi  
Anomalous Magnetization Due to the Vortex Lattice Melting Transition in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$   
International Conference on Physics and Chemistry of Molecular and Oxide Superconductors (Karlsruhe Germany, Aug. 4, 1996)
6. N. Kobayashi, T. Nishizaki, A. Kamimura, M. Isa, S. Awaji and K. Watanabe  
Thickness Dependence of Pinning Properties in Sputtered  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Thin Films  
International Workshop on Critical Currents in Superconductors (Kitakyushu Japan, May 27-29, 1996)
7. T. Nishizaki, T. Sasaki, T. Fukase, and N. Kobayashi  
Dimensional Crossover of Vortex State and Peak Effect in Magnetization in Organic Superconductors  
International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (Snowbird USA, Jul. 29, 1996)
8. T. Nishizaki, Y. Onodera, T. Naito, H. Asaoka, H. Takei, and N. Kobayashi  
Magnetic Phase Diagram and Vortex Pinning in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals  
21st International Conference on Low Temperature Physics (Prague Czech Republic, Aug. 10, 1996)
9. T. Naito, T. Nishizaki, F. Matsuoka, H. Iwasaki, N. Kobayashi  
Vortex-Lattice Melting transition in  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$  Single Crystal.  
21st International Conference on Low Temperature Physics (Prague Czech Republic, Aug. 10, 1996)

10. T. Naito, T. Nishizaki, Y. Watanabe, N. Kobayashi.  
Preparation and Magnetic properties of Untwinned  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals  
9th International Symposium on Superconductivity (Sapporo Japan, Oct. 23, 1996)
11. N. Kobayashi, S. Awaji, T. Nishizaki, G. C. Han, T. Naito and K. Watanabe  
High Field Magnetization of QMG and Single Crystal  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$   
10th US-Japan Workshop on High-Field Superconducting Materials, Wires and Conductors and  
Standard Procedures for Testing (Brookhaven National Laboratory USA, Dec. 9-11, 1996)
12. T. Naito, T. Nishizaki, N. Kobayashi  
Phase Transition in Vortex-State of Untwinned  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  Single Crystals at High Magnetic Fields  
up to 260 kOe.  
1997 International Symposium on Intrinsic Josephson Effect and THz Plasma  
Oscillations in High  $T_c$  Superconductor (Sendai Japan, Feb. 24, 1997)
13. T. Nishizaki, T. Naito, and N. Kobayashi  
Reentrant Peak Effect and Irreversibility Line in Untwinned Single Crystals of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$   
5th International Conference Materials and Mechanisms of Superconductivity High-Temperature  
Superconductors (Beijing China, Feb. 28, 1997)
14. M. Isa, T. Nishizaki, M. Fujiwara, T. Naito and N. Kobayashi  
Superconducting and Magnetic Properties of  $(\text{La,Ca})\text{MnO}_3/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  Multilayer Films  
5th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity High Temperature  
Superconductors (Beijing China, Feb. 28 -Mar. 4, 1997)
15. N. Kobayashi  
Magnetization Anomaly at Vortex Lattice Melting in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  (invited talk)  
International Workshop on New Physics in the Vortex State of the High Temperature  
Superconductors (Hatoyama Japan, April 11-13, 1997)
16. N. Kobayashi, M. Isa, T. Nishizaki and M. Fujiwara  
Electrical and Magnetic Properties of  $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  and  $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$  Thin Films  
International Conference on Magnetism 1997 (Cairns Australia, July 27 - Aug.1, 1997)
17. N. Kobayashi, T. Nishizaki, T. Naito, S. Awaji and K. Watanabe  
Magnetization Measurement of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  in High Magnetic Fields up to 30 T  
5th International Symposium on Research in High Magnetic Fields (Sydney Australia, Aug. 4-6,  
1997)
18. M. Hiroi, T. Hamamoto, M. Sera, H. Nojiri, N. Kobayahi, M. Motokawa, O. Jujita, A. Ogiwara,  
and J. Akimitsu  
Magnetic Phase Diagrams of  $\text{CuGe}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3$  Studied by Specific heat measurements  
5th International Symposium on Research in High Magnetic Fields (Sydney Australia, Aug. 4,  
1997)
19. N. Kobayashi, T. Nishizaki, T. Naito, T. Sasaki, S. Awaji and K. Watanabe  
Phase Diagram in the Vortex State in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  Single Crystals (invited talk)  
10th International Symposium on Superconductivity (Gifu Japan, Oct. 27-30, 1997)

20. P. Przyslupski, T. Nishizaki and N. Kobayashi

Superconducting and Normal State Properties of the  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Nd}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$  Heterostructures  
10th International Symposium on Superconductivity (Gifu Japan, Oct. 27-30, 1997)

(国内会議)

1. 西寄照和、小野寺康明、小林典男、武藤芳雄、朝岡秀人、武居文彦  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 単結晶における不可逆磁場近傍での磁化異常  
日本物理学会第51回年会  
1995年3月28日
2. 小野寺康明、西寄照和、小林典男、朝岡秀人、武居文彦  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 単結晶における磁化異常と磁場中相図  
日本物理学会1995年秋の分科会  
1995年9月27日
3. 西寄照和、上村篤、伊佐素彦、武藤芳雄、小林典男  
YBCO薄膜における不可逆磁場・ピン止め特性の膜厚依存性  
日本物理学会1995年秋の分科会  
1995年9月27日
4. 広井政彦、小林清男、真木一、世良正文、小林典男  
 $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_y\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ における $x-1/8$ でのCuサイト置換効果  
日本物理学会1995年秋の分科会  
1995年9月29日
5. 佐々木尚子、池田淳、山田健二、内藤智之、小林典男、渡辺和雄  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ における熱駆動力による磁束運動  
低温工学・超電導学会  
1995年11月5日
6. 西寄照和、佐々木孝彦、深瀬哲郎、小林典男  
酸化物超伝導体と有機超伝導体における第二ピークと不可逆磁場  
日本物理学会第51回年会  
1996年3月31日
7. 西寄照和、小野寺康明、内藤智之、武藤芳雄、朝岡秀人、武居文彦、小林典男  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 単結晶における磁化異常と磁場中相図II  
日本物理学会第51回年会  
1996年3月31日
8. 小林典男  
相図：Y系の実験  
日本物理学会第51回年会  
低温シンポジウム「高温超伝導体のvortex系の物理の新展開」  
1996年4月1日

9. 淡路智、渡辺和雄、韓谷昌、小林典男、木村圭一、橋本操  
ハイブリッドマグネットによる $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ の強磁場磁化測定  
第57回応用物理学会  
1996年9月7日
10. 広井政彦、濱本輝文、世良正文、野尻浩之、小林典男、本河光博、荻原忠幸、藤田治、秋光純  
 $\text{CuGe}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3$ の磁場中比熱  
日本物理学会1996年秋の分科会  
1996年10月2日
11. 伊佐素彦、西寄照和、武藤芳雄、小林典男  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ とMn酸化物薄膜・多層膜の作製  
日本物理学会1996年秋の分科会  
1996年10月3日
12. 佐々木尚子、渡辺和雄、小林典男、綿打敏司、岸尾光二  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ と $\text{Bi}_{2.1}\text{Sr}_{1.8}\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$ のNernst効果  
日本物理学会  
1996年10月3日
13. 内藤智之、西寄照和、松岡史哲、岩崎秀夫、小林典男  
酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ 単結晶における磁束格子融解  
日本物理学会1996年秋の分科会  
1996年10月4日
14. 淡路智、韓谷昌、渡辺和雄、小林典男、木村圭一、橋本操  
溶融法 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ の強磁場磁化特性と磁氣的安定性  
1996年度秋期「低温工学，超電導学会」  
1996年11月6日
15. 西寄照和、内藤智之、小林典男  
非双晶 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 単結晶の高磁場における第二ピークの起源  
日本物理学会第52回年会  
1997年3月28日
16. 内藤智之、西寄照和、小林典男  
高磁場領域における非双晶 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 単結晶の磁束系の相転移  
日本物理学会第52回年会  
1997年3月28日
17. 伊佐素彦、西寄照和、藤原学、武藤芳雄、小林典男  
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y/\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 多層膜の伝導と磁性  
日本物理学会52回年会  
1997年3月29日
18. 藤原学、渡辺和雄、渡辺洋右、淡路智、小林典男、石原守



強磁場低温X線回折装置の開発とMn酸化物の磁場誘起構造相転移  
日本物理学会 52 年会  
1997年3月29日

19. 藤原学、淡路智、西寄照和、渡辺和雄、渡辺洋右、小林典男  
Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub>の磁場中におけるX線構造解析  
日本物理学会1997年秋の分科会  
1997年10月5日
20. 西寄照和、内藤智之、武藤芳雄、小林典男  
非双晶YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>単結晶の第二ピークと磁気相図  
日本物理学会1997年秋の分科会  
1997年10月7日
21. 内藤智之、西寄照和、小林典男  
非双晶YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>単結晶の相転移近傍での電流-電圧特性  
日本物理学会1997年秋の分科会  
1997年10月7日
22. 佐々木尚子、渡辺和雄、児嶋弘直、小林典男  
La<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>(x=0.13)の混合状態における熱磁気効果  
低温工学・超電導学会  
1997年11月18日
23. 西寄照和、内藤智之、岡安悟、岩瀬彰宏、小林典男  
非双晶YBa<sub>2</sub>CuO<sub>y</sub>単結晶における磁束系の相図に対する電子線照射効果  
日本物理学会第53回年会  
1998年3月30日(発表予定)
24. 内藤智之、西寄照和、小林典男  
非双晶YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>単結晶の相転移線近傍での電流電圧特性 II  
日本物理学会第53回年会  
1998年3月30日(発表予定)
25. 淡路智、藤原学、渡辺和雄、西寄照和、渡辺洋右、小林典男  
Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub>の磁場中におけるX線構造解析 2  
日本物理学会第53回年会  
1998年3月31日(発表予定)
26. 西寄照和、P. Przyslupski、小林典男  
Nd<sub>0.67</sub>Sr<sub>0.33</sub>MnO<sub>3</sub>/YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>多層膜における巨大磁気抵抗と超電導特性  
日本物理学会第53回年会  
1998年3月31日(発表予定)
27. 渡辺和雄、藤原学、淡路智、渡辺洋右、小林典男  
強磁場低温X線回折装置によるNd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub>の格子定数測定  
応用物理学会1998年春(発表予定)

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録していません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。