

# タリウム系超電導体の合成と結晶構造

## Preparation and Structural Characterization of Tl-Sr-Ca-Cu-O Superconducting Materials

酸化物超電導体の中で、Tl-Ba-Ca-Cu-O系は、現在もっとも高い臨界温度 $T_c$ を示す。この系がBi-Sr-Ca-Cu-O系に類似した結晶構造を持つことに着目し、Tl-Sr-Ca-Cu-O系超電導体の合成を試みた。Tl-Sr-Ca-Cu-O系には、 $T_c \approx 100$  Kの $Tl_1Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ と $T_c \approx 75$  Kの $Tl_1Sr_2Ca_1Cu_2O_x$ という2種の超電導相が存在することがわかった。これらの結晶構造は、Tl-O 1層の層間にペロブスカイトが積層した構造であった。また、Tl-Sr-Ca-Cu-OはTl-O 2層構造を持つTl-Ba-Ca-Cu-Oと相互に固溶域を持ち、固溶系では高い超電導体積率を示した。TlあるいはBiを含む超電導体の結晶構造学的特性と臨界温度の関係について考察した。その結果、ペロブスカイト系酸化物超電導体では、2種のAサイトイオンの半径比が大きくなるほど $T_c$ が高くなるという法則性を見いだした。

加茂友一\* *Tomoichi Kamo*  
 鈴木孝明\* *Takaaki Suzuki*  
 添田厚子\* *Atsuko Soeta*  
 武内静士\* *Seiji Takeuchi*  
 松田臣平\*\* *Shimpei Matsuda*

### 1 緒言

酸化物超電導の研究は、論文発表後最短期間でノーベル賞を受賞することになったBednortzとMüllerによるLa-Ba-Cu-O系超電導体の発見<sup>1)</sup>を契機に、多くの機関や研究者によって進められてきた。この3年間で、臨界温度 $T_c$ が初めて液体窒素温度(77.3 K)を超えたY-Ba-Cu-O<sup>2)</sup>や100 Kを超えるBi-Sr-Ca-Cu-O(BSCC)<sup>3)</sup>、Tl-Ba-Ca-Cu-O(TBCC)<sup>4)</sup>が見いだされ、現在、独立の結晶構造、組成として確認されたものは33種に上る。一連の発見は、この分野の基礎となっていたBCS (Bardeen Cooper Schrieffer)理論の修正や新しい理論の出現を予想させた。一方では、液体窒素温度で作動する機器として応用技術分野の飛躍的拡大を期待させるなど大きなインパクトを与え、現在も活発な新材料の開発研究が展開されている。

現在、もっとも $T_c$ の高い超電導体は、アーカンソー大学グループが発見したTBCC系材料の120 Kである。この超電導体には、図1に示すように、Tl-Oが1層と2層のものがあり、一般式 $Tl_mBa_2Ca_{n-1}Cu_nO_x$  ( $m = 1, 2, n = 1 \sim 4$ )で示される複数の結晶相が存在する。そして $n$ が大きいほど $T_c$ が高くなるという特徴を持った層状ペロブスカイト構造をとっている<sup>5)</sup>。ペロブスカイト型結晶とは、立方体の体心(Aサイト)に半径の大きな金属イオン、立方体のコーナ(Bサイト)に半径の小さな金属イオンと稜(りょう)線上に酸素イオンを配した構造を持つものである。TBCC系超電導体では、AサイトがBa/Caの2種のイオンで占められ、BサイトはTl/Cuの2種のイオ

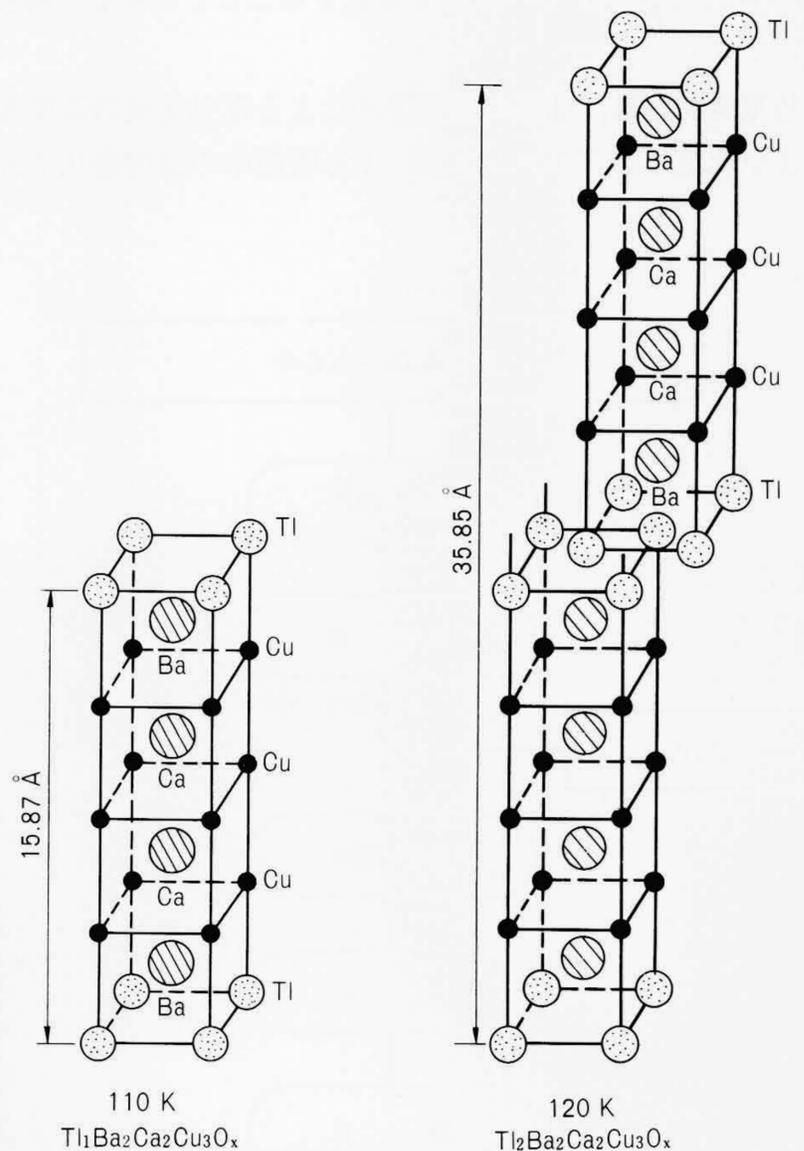


図1 Tl-Ba-Ca-Cu-O系超電導体の結晶構造 Tl-O 1層と2層の単位格子構造で、4層のペロブスカイト $Tl_1Ba_2Ca_2Cu_3O_x$  ( $T_c$  110 K)、 $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$  ( $T_c$  120 K)構造である。

\* 日立製作所日立研究所 \*\* 日立製作所日立研究所 工学博士

ンで占められている。 $T_c$ が100 Kを超えるもう一つの系であるBSCC超電導体は、TBCCの $m=2$ ,  $n=1\sim 3$ と類似の結晶構造をとり、AサイトはSr/Caの2種のイオン、BサイトはBi/Cuの2種のイオンで占められている。これらの系での構造類似性から、A, B両サイトイオンの組み合わせを交換したTl-Sr-Ca-Cu-O(TSCC), Bi-Ba-Ca-Cu-Oを考えることができ、超電導体であることが期待できる。最近、TSCC<sup>6)</sup>や $T_c\sim 110$  KのTl-Pb-Sr-Ca-Cu-O<sup>7)</sup>の報告がある。そこで、上記の視点からTSCCの結晶構造と超電導特性を検討し、Tl, Bi系の臨界温度を決める結晶構造学的な因子について考察した。

## 2 超電導体の合成

TSCC超電導体は、他の高温超電導体の合成法と同様に、粉末を混合して焼結するという簡単な方法で合成できる。合成プロセスを図2に示す。まず原料としてSrO, CaO, CuOを所定の原子比となるように秤(ひょう)量し、これを混合・粉砕してあらかじめ950℃で10時間焼成する。得られた焼成粉に所定量のTl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を加え、再び混合・粉砕し、この粉末4gを径30mmのペレットに成形する。このペレットをアルミナるつぼに密封し、850~900℃の温度で焼成することでTSCCを得ることができる。

超電導特性は、通常の実験法による電気抵抗の温度変化および交流インダクタンス法による帯磁率の温度変化で評価

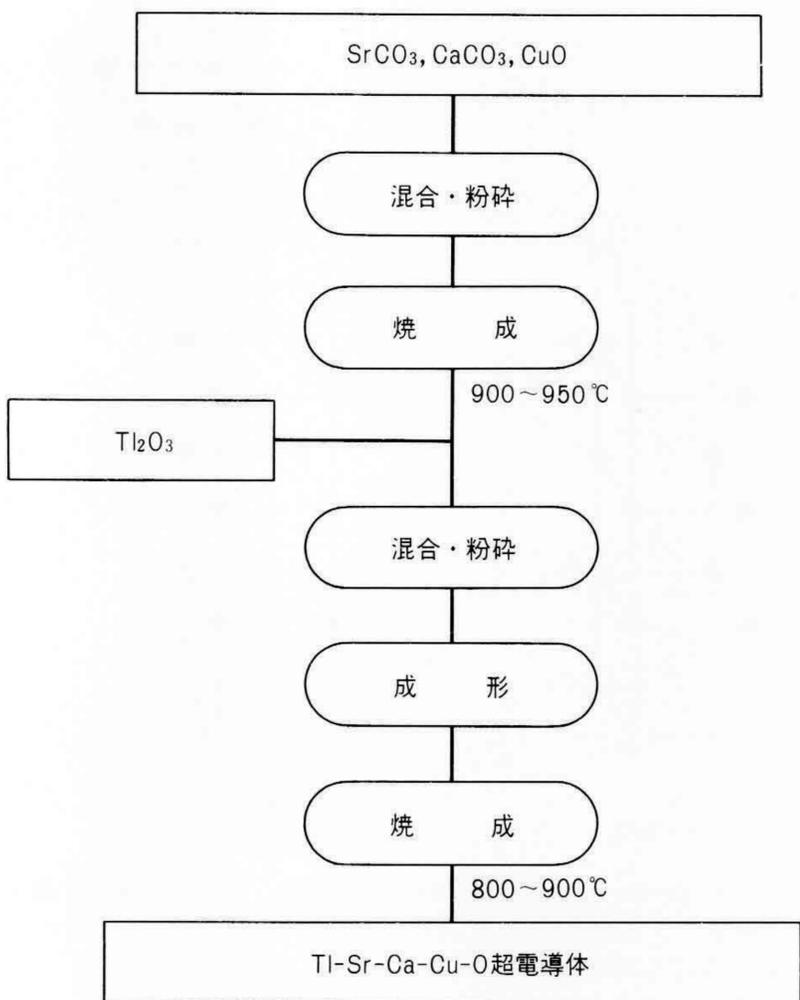


図2 Tl-Sr-Ca-Cu-O超電導体の合成方法 Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の蒸発を少なくするために、Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>以外の粉末混合物をあらかじめ焼成したあとに、Tl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を混合して合成される。

した。また結晶構造は、粉末X線回折(株式会社リガク製RU-200型)のリートベルト法による解析と高分解能透過型電子顕微鏡(日立製作所製H800H)による格子像の観測によって決定した。

## 3 Tl-Sr-Ca-Cu-O超電導体

すでに報告されているTl, Bi系超電導体の合成法を参考にし、広範な条件下で合成を試みた結果、TSCC(2/2/2/3)仕込み組成を、870℃で5時間焼成した試料で超電導特性を確認できた。代表的な電気抵抗の温度変化を図3に示す。試料を室温から下げるに従って抵抗は金属的に低下し、101 Kで急激な抵抗減少を示した。このとき抵抗は約60 Kではほぼ0

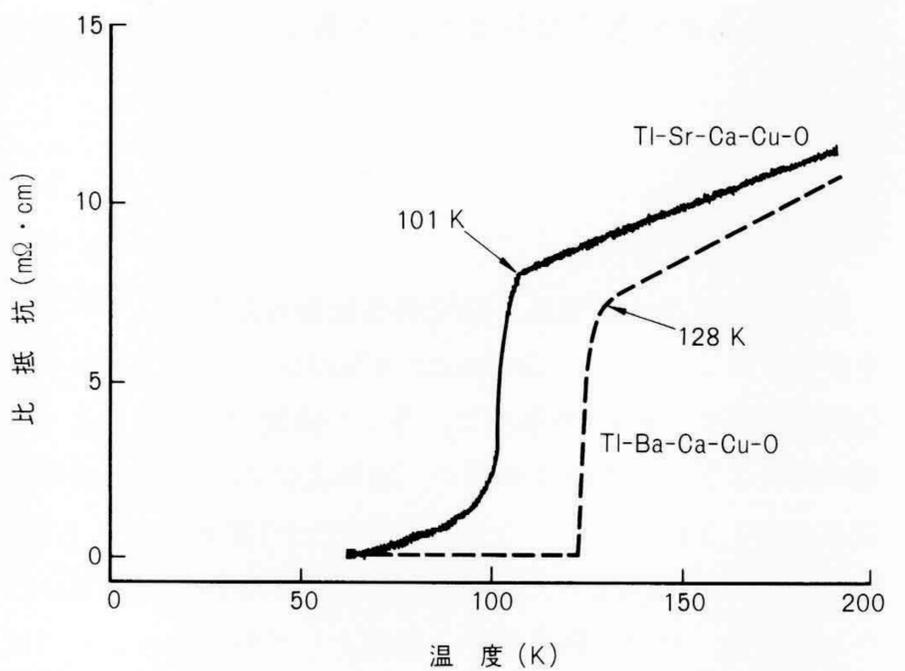


図3 Tl-Sr-Ca-Cu-O(2/2/2/3)の電気抵抗-温度特性 (2/2/2/3)は原子比で表した仕込み組成で、Tl-Ba-Ca-Cu-Oに比較して臨界温度は~20 K低い。

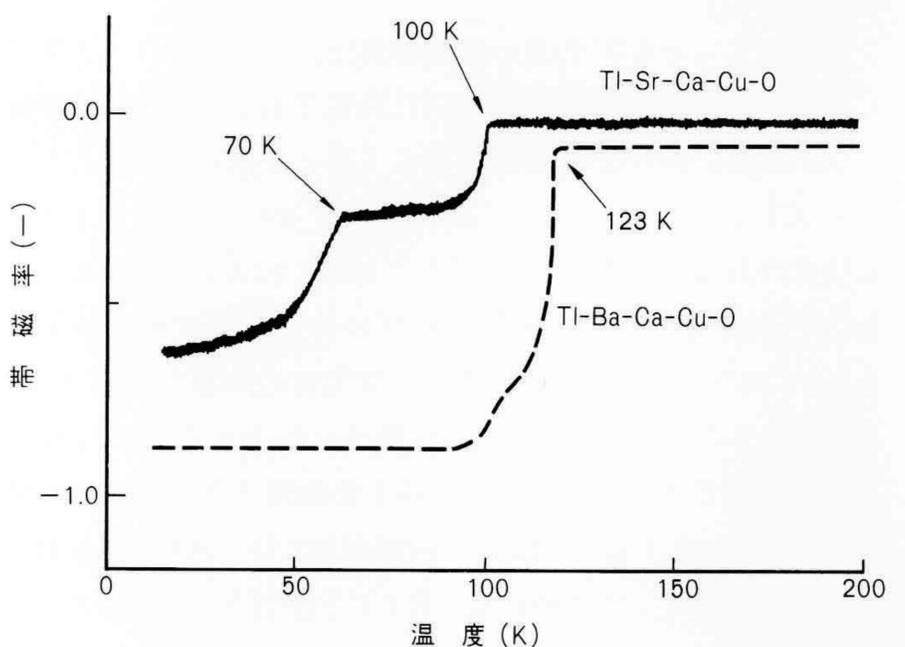


図4 Tl-Sr-Ca-Cu-O(2/2/2/3)の帯磁率-温度特性 電気抵抗の温度変化は1段であったが、帯磁率の変化は2段で2種の超電導相を含んでいる。

となる。この試料の帯磁率の温度変化は図4に示すように2段のステップ状に変化し、開始温度はそれぞれ100 Kおよび70 Kであった。液体ヘリウム温度(4.2 K)まで冷却したとき、Pb超電導体の帯磁率変化で検量した焼結体の超電導体積率は約60%を示した。一方、TSCC(2/2/1/2)仕込み組成を850℃で3時間焼成した試料の電気抵抗-温度特性は、図5に示すように、電気抵抗の温度変化は約80 Kで急激な抵抗減少を示すものの、20 Kまでの測定で電気抵抗は完全に0とはならず、大きな残留抵抗を持っていた。以上の結果から、TSCC系

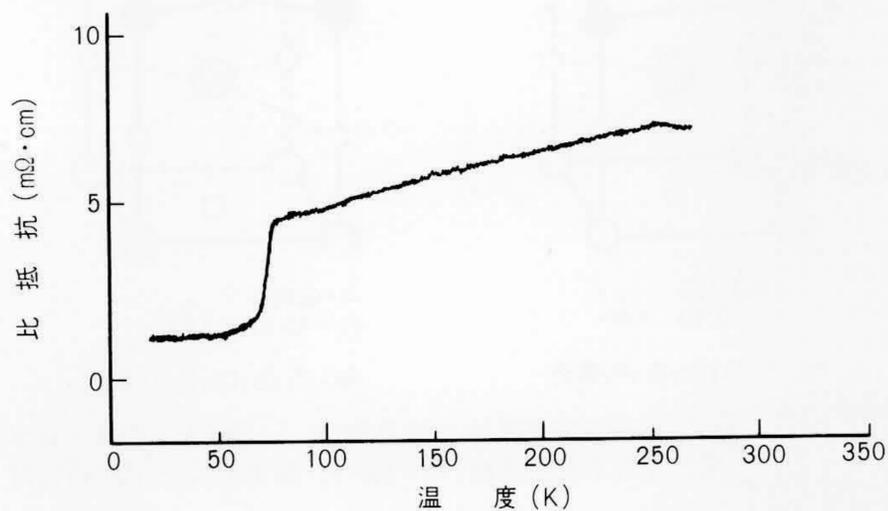


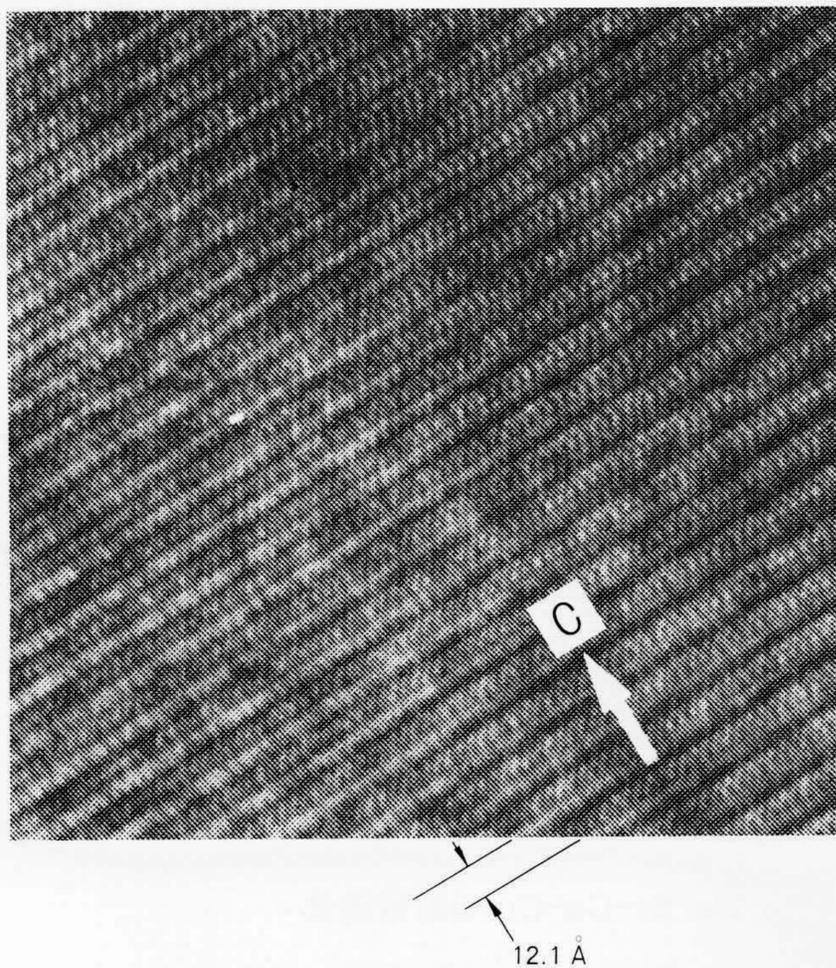
図5 Tl-Sr-Ca-Cu-O(2/2/1/2)の電気抵抗-温度特性 電気抵抗は完全に0とならなかった。

には2種の超電導相が存在し、高温相の $T_c$ は100 Kであり、低温相の $T_c$ は約80 Kであるということがわかる。特に、電気特性が1段に変化したTSCC(2/2/2/3)試料では、帯磁率の温度変化から2種の超電導相が混合した焼結体であると言える。

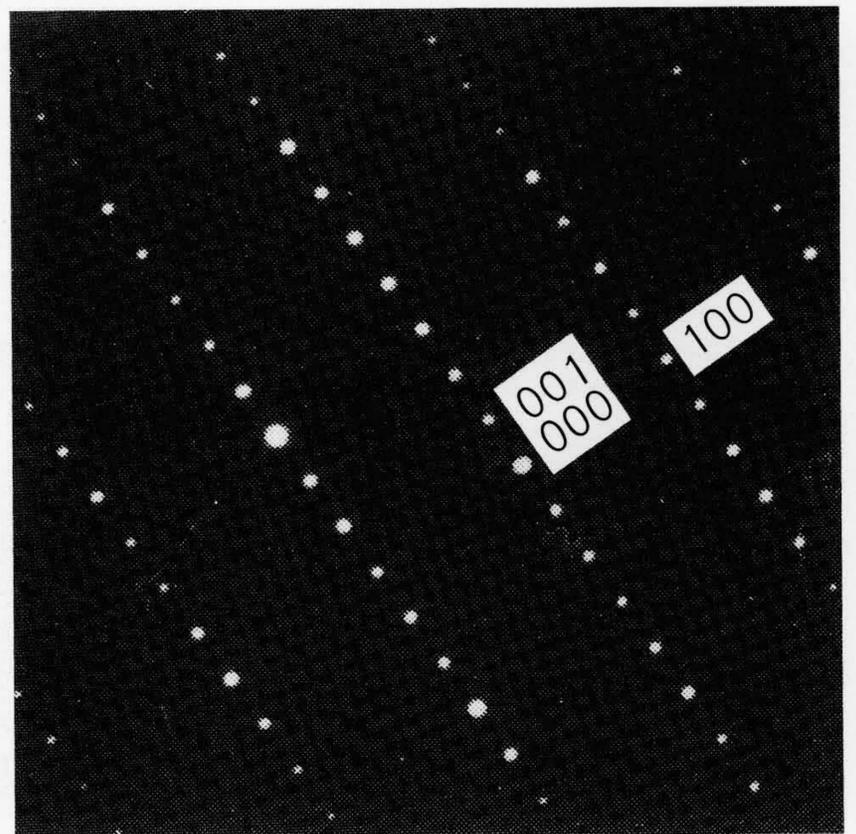
この焼結体の結晶組織をEDX(Energy Dispersive X-ray Analysis)分析付きの走査電子顕微鏡で観察した。組織の大部分は、Tl, Sr, Ca, Cuを含む結晶粒で構成され、そのほかにCa, Tlを含む結晶粒とCa, Cuを含む結晶粒が観察された。

合成されたTSCC(2/2/2/3)試料の粉末X線回折を測定した。回折パターンは非常に複雑に見えるが、TSCCがTBCCに類似した結晶構造を持つと仮定して、回折線のパターンフィッティングをすることによって、結晶構造と回折線の帰属ができた。この試料では、高温相( $T_c$  100 K)に対応する $Tl_1Sr_2Ca_2Cu_3O_x$ と低温相( $T_c$  80 K)に対応する $Tl_1Sr_2Ca_1Cu_2O_x$ の2相が含まれていることがわかった。 $Tl_1Sr_1Ca_1Cu_2O_x$ に対応する結晶粒の透過電子顕微鏡観察による格子像を図6(a)に、電子線回折像を同図(b)に示す。この結果から、結晶のC軸長が12.1 Åであり、さらに正方晶であることがわかる。

以上の結果をもとに、TSCC(1/2/1/2)とTSCC(1/2/2/3)組成の単一相合成を試みた。試料合成は、 $Tl_2O_3$ の蒸発損失を防ぐためにアルミナるつぼ内に試料と同一組成の原料粉を充填(てん)し、この中に試料を埋め込み密封して焼成す



(a) 格子像



(b) 電子線回折像

図6  $Tl_1Sr_2Ca_1Cu_2O_x$ 結晶粒の格子像と電子線回折像 透過電子顕微鏡による格子像から、c軸長が各方位からの電子線回折で結晶の対象性がわかる。

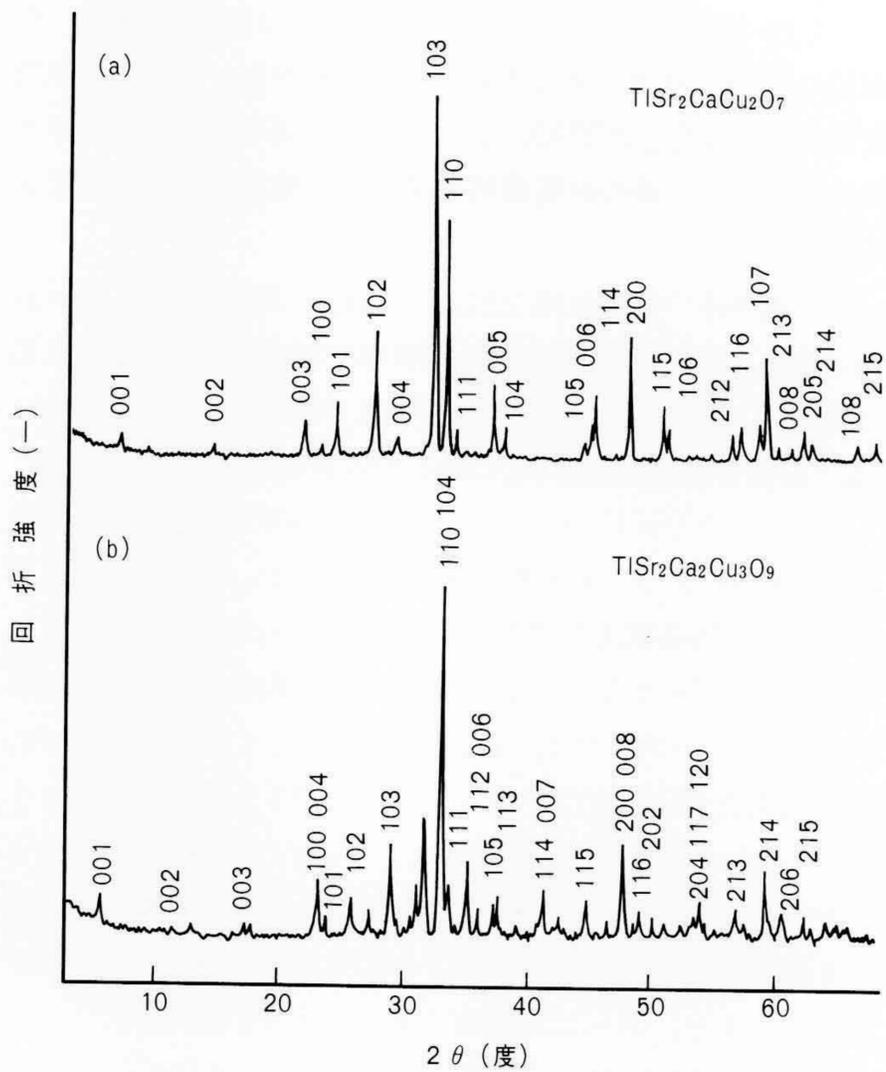


図7 Tl-Sr-Ca-Cu-O系超電導体の粉末X線パターン (a)  $TlSr_2Ca_1Cu_2O_x$  ではほぼ単相化されているが、(b)  $TlSr_2Ca_2Cu_3O_x$  では  $2\theta=30^\circ$  に異相のピークが見られる。

る方法をとった。また、合成反応は遅く、異相の析出が予想されたので、850~900℃で70時間焼成する過程で、冷却し、微粉碎、成形して再び焼成する工程を2、3回繰り返した。合成した試料の粉末X線回折パターンを図7に示す。同図(a)に示すようにTSCC(1/2/1/2)組成の焼結体は、X線回折パ

表1  $TlSr_2CaCu_2O_7$ の結晶構造 単相化の進んだ試料では、原子の占有率を決定できる。ここでは、TlとCaが相互に置換しているとして解析した。

Atom	x	y	z	B	g
Tl(1)	0.0	0.0	0.5	1.8	0.904(3)
Ca(1)	0.0	0.0	0.5	0.5	0.096(13)
Sr	0.5	0.5	0.2873(3)	1.1(1)	0.992(5)
Ca(2)	0.5	0.5	0	0.5	0.865(13)
Tl(2)	0.5	0.5	0	1.0	0.135(3)
Cu	0	0	0.1395(4)	0.3(2)	0.998(7)
O(1)	0.5	0.5	0.5	0.5	1
O(2)	0	0	0.3306(14)	0.5	1
O(3)	0	0.5	0.1314(11)	0.5	1

格子定数(Å) a=3.78512(9)  
c=12.1043(5)

R因子 Rwp=10.02 Rf=2.66%

注：略語説明 x, y, z(原子座標), B(熱振動パラメータ), g(原子の占有率)

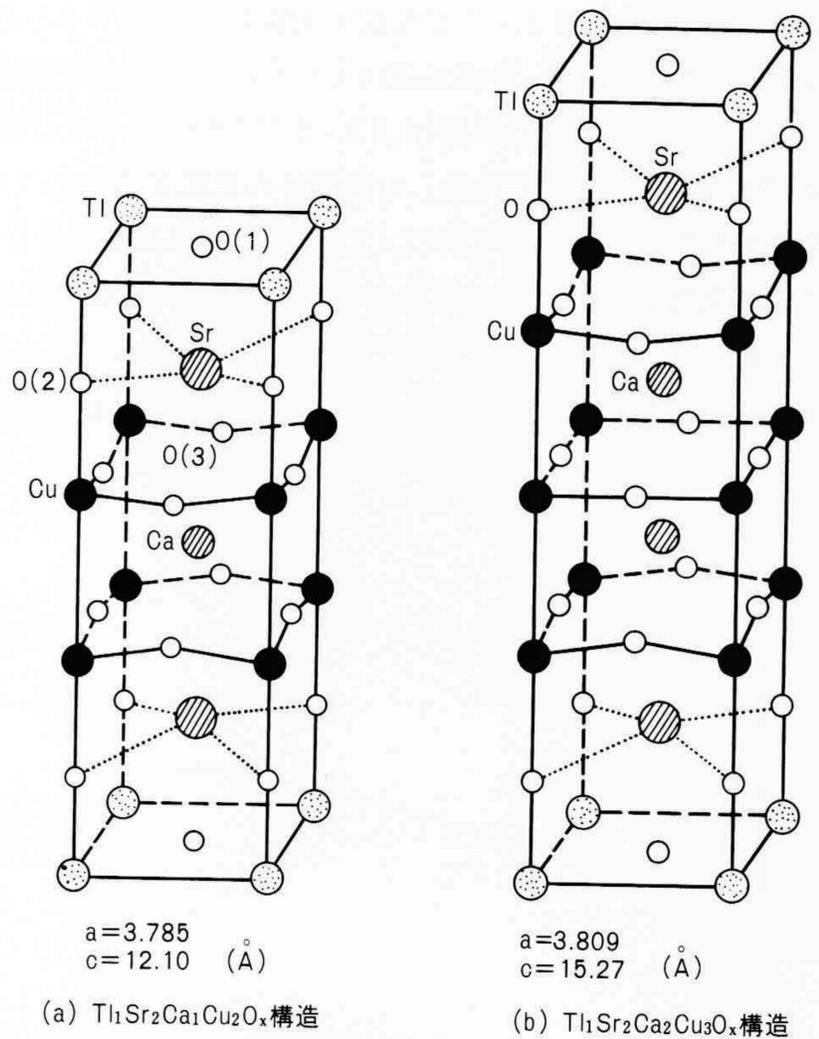


図8 Tl-Sr-Ca-Cu-O超電導体の結晶構造 3層と4層のペロブスカイト構造で、それぞれ低温相( $T_c \sim 80$  K), 高温相( $T_c \sim 100$  K)に対応する。

ターンから見てほぼ単一の結晶相(1212相)として、回折線の帰属ができた。しかし、TSCC(1/2/2/3)組成の焼結体は、単一の結晶相(1223相)として帰属できない回折線が観測され、異相が存在していた。この粉末X線回折データを用いて、リートベルト法による結晶構造の精密な解析を行った。得られた構造パラメータを表1に、結晶構造を図8に示す。1212相では、Caイオンの占有するa-b面の酸素がすべて欠損しており、2枚のCu-O面のOイオンは、Caサイトに強く引き付けられ、Sr-O面のOイオンは強くTlサイトに引き付けられている。一方、1223相では、同様にCaイオンの占有するa-b面の酸素はすべて欠損しており、3枚のCu-O面を持っている。このうち、中央のCu-O面は平面配位を保っているが、他の2枚のOイオンは、それぞれCaサイトに引き付けられ、Sr-O面のOイオンは、Tlサイトに引き付けられている。ほぼ単一相として合成できた1212相試料については、さらに各イオンの格子サイト占有率を求められ、この系ではTlとCaが相互に置換している可能性が高いと言える。

#### 4 Tl-Ba/Sr-Ca-Cu-O超電導体

TSCC系超電導体はTl-O1層の層状複合ペロブスカイトであり、TBCC系超電導体にはTl-O1層と2層の層状ペロブスカイトがある。両系の超電導体で、高温相の $T_c$ は100 Kを超え

るが、いずれの場合にも低温相と高温相が混在し、さらに非超電導相を含む焼結体が得られる。この原因の一つとして、焼結過程でのTlの蒸発が考えられる。そこでTSCCでは、Tl-O 1層の構造だけが合成されることに着目し、Tl-O 2層のTBCCのBaサイトをSrで置換したTl-Ba/Sr-Ca-Cu-O (TBSCC)の合成を試みた<sup>8)</sup>。合成した試料 $Tl_2Ba_{2-x}Sr_xCa_2Cu_3O_{10-\delta}$ の $T_c$ を図9に示す。TBCCのBaサイトの一部をSrで置換していくとともに $T_c$ は低下し、TSCCのSrサイトの一部をBaで置換してゆくとともに、 $T_c$ はほぼ同じかわずかに低下し、Ba/(Ba+Sr)  $\approx$  0.5で不連続な変化を示した。これらの試料の粉末X線回折から求めた格子定数の変化を図10に示す。この場合に

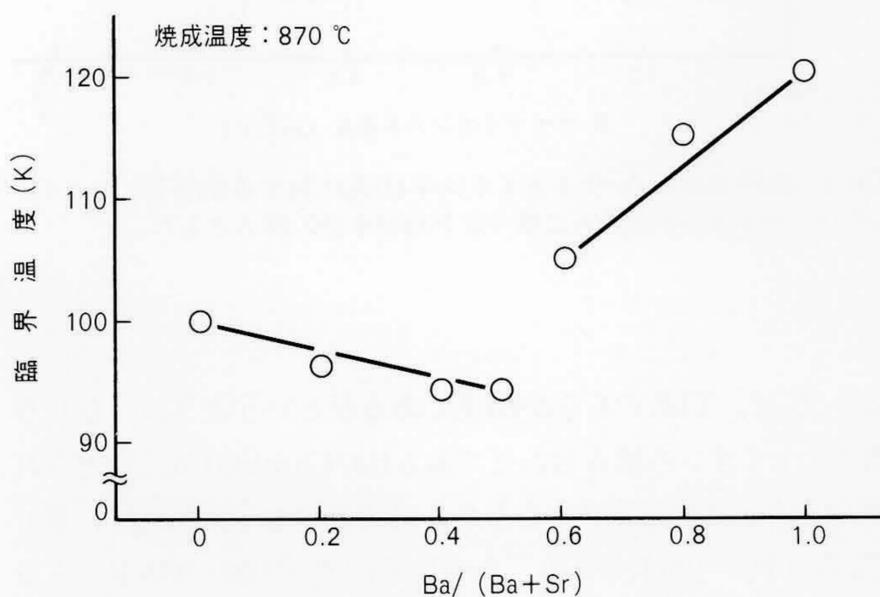


図9 Tl-Ba/Sr-Ca-Cu-O系の組成と臨界温度 Ba/(Ba+Sr)  $\approx$  0.5で $T_c$ が不連続に変化する。

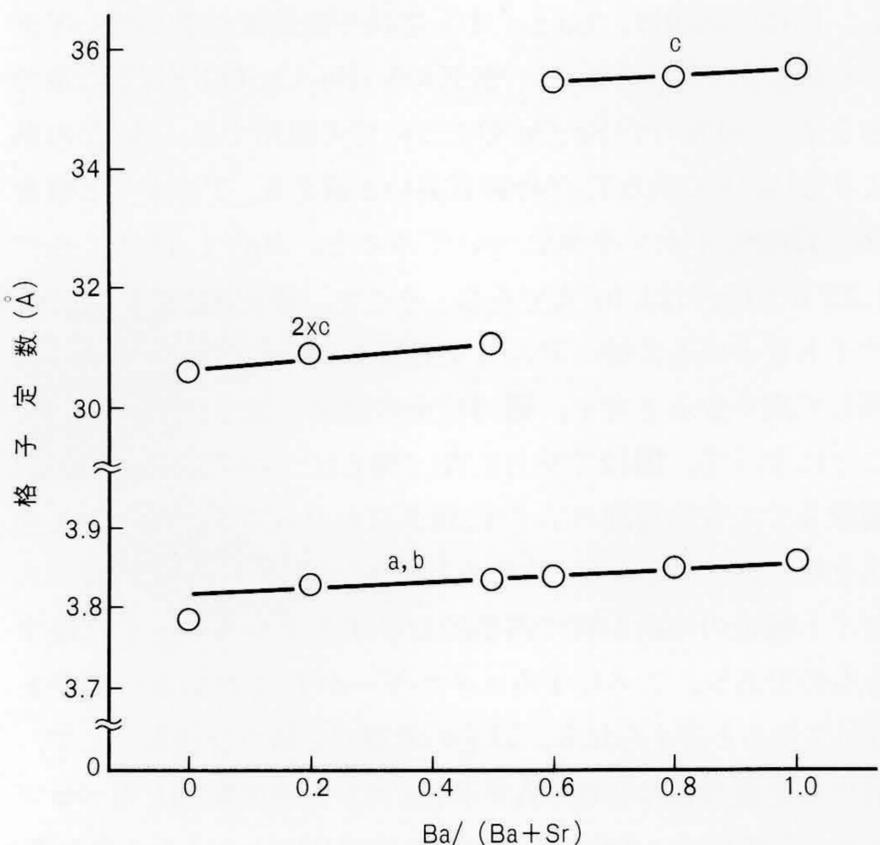


図10 Tl-Ba/Sr-Ca-Cu-O系の組成と結晶構造変化 Sr量の多い組成で $2xc$ の表示は、単位格子の長さが図の読み値の $\frac{1}{2}$ 、すなわちTl-O 1層構造であることを示す。

も、TBCCのBaサイトをSrで置換してゆくと、格子定数はa, c軸ともに徐々に短くなる。これはBaに比較して、Srのイオン半径が小さいことに起因するが、このときTBCCのTl-O 2層の構造は保持されている。一方、TSCCのSrの一部をBaで置換してゆくと、a, c軸は徐々に増加し、Tl-O 1層の構造が保持されている。この変化は $T_c$ の変化に対応して、Ba/Ba+Sr  $\approx$  0.5で不連続に変化する。以上のことから、TBCCとTSCCには、それぞれSr, Baが固溶する領域を持っていることがわかる。特長的事は、Tl-O 2層構造を持つTBSCC系では、図11に示すように超電導体積率の高い試料が合成されることがわかった。交流インダクタンス法による帯磁率の温度変化の測定によると、TBCCとTSCCではそれぞれ2段のステップ状に変化し、2相の超電導相とともに必ず非超電導相を含む混合相となるが、 $Tl_2Ba_{1.6}Sr_{0.4}Ca_2Cu_3O_{10-\delta}$ では、 $T_c$ が115 Kで、100 Kでの超電導体積率は95%以上を示した。TSCCのSrサイトの一部をBaで置換した系で超電導体がTSCCの構造を保持し、Baの増加で結晶構造が不連続に変わることは、この系がTBCCとは独立の結晶相であることを支持している。

## 5 超電導体の構造学的法則性

酸化物超電導体は、同異体効果や状態密度などと $T_c$ の関係についてBCS理論では十分に理解できない側面を持っており、そのメカニズムについてはまだ不明な点が多い。しかし一方では、多くの研究の中からいくつかの規則性について提案されている。一連の酸化物超電導体で、次に示すような法則性が存在すると考えられる。第一の点は、一〜三価の原子価をとり得る銅が含まれており、Cu-Oが電子のドナーあるいは最近発見されたNd-Ce-Cu-O系<sup>9)</sup>のようにアクセプタとして導電性の中心となるキャリアを形成している。第二の点は、比較的イオン性の強いA-O (AはY, 希土類やアルカリ土類イオン)

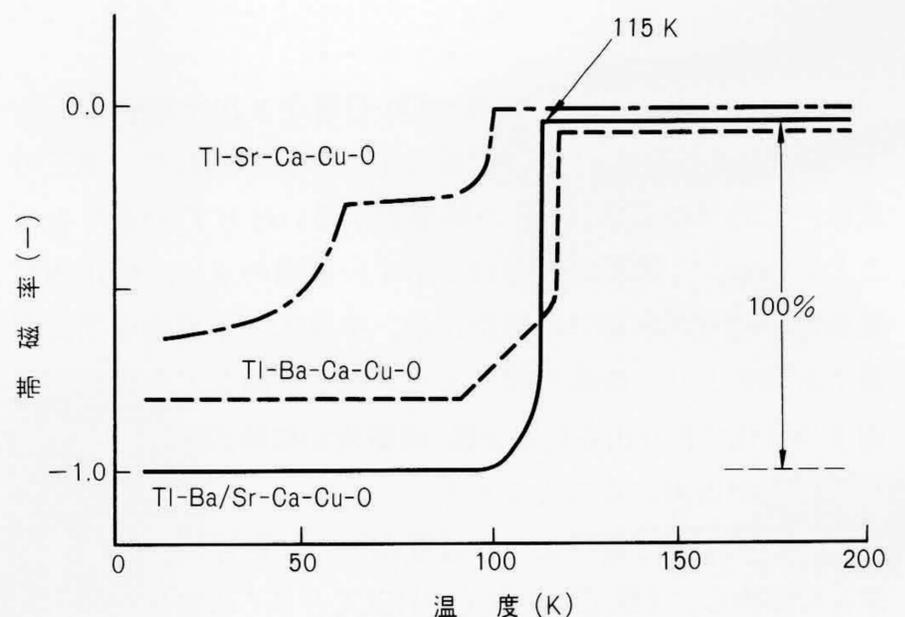


図11 Tl-Ba/Sr-Ca-Cu-O系超電導体の帯磁率変化 Tl-Ba-Ca-Cu-O, Tl-Sr-Ca-Cu-Oともに、少なくとも2段の帯磁率変化を示し、変化量も小さい。これに対して、Tl-Ba/Sr-Ca-Cu-Oは鋭い変化で変化量も大きい。

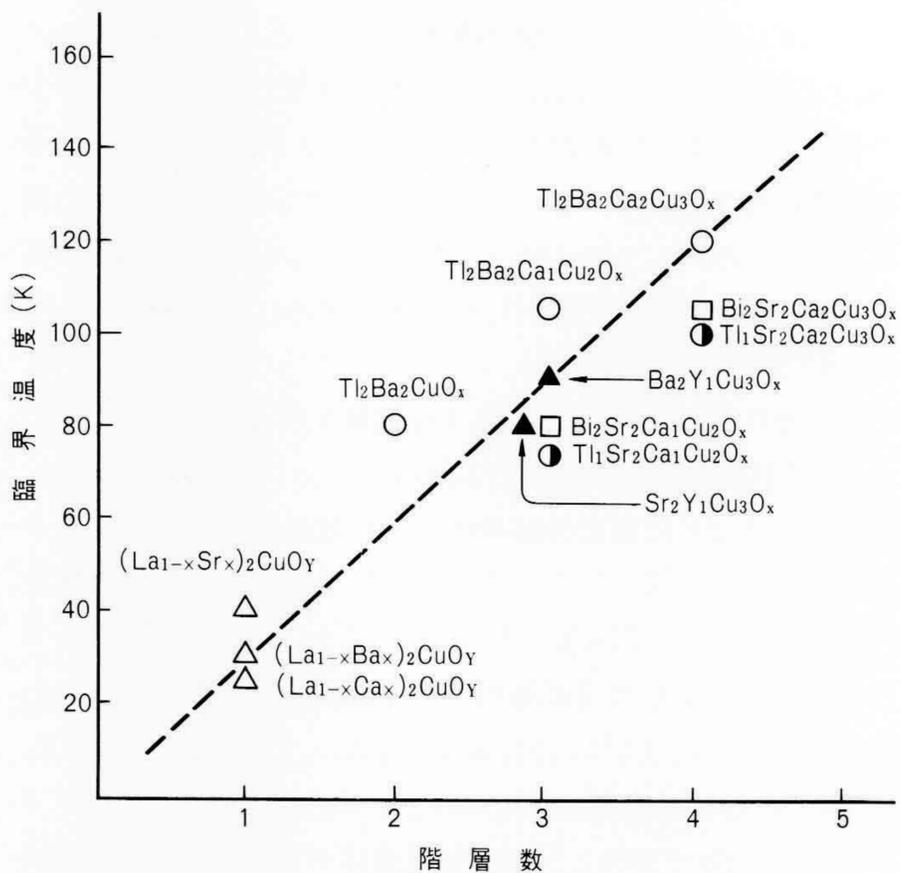


図12 ペロブスカイトの階層数と臨界温度 ここでペロブスカイトの階層数とは、単位格子の中の最小の繰り返し構造で定義している。

表2 Tl, Bi系超電導体のイオンの組み合わせと臨界温度 低 $T_c$ 相のTl-Sr-Ca-Cu-Oの $T_c$ については、超電導遷移の中点を $T_c$ とした。

	Ba/Ca	Sr/Ca
Tl-Cu	105 K	75 K
Bi-Cu	?	80 K

(a) 低 $T_c$ 相 (3層構造)

	Ba/Ca	Sr/Ca
Tl-Cu	120 K	100 K
Bi-Cu	?	105 K

(?): まだ合成されていない。

(b) 高 $T_c$ 相 (4層構造)

層といくぶん共有結合性を持つCu-O層が2次元構造をもって、ペロブスカイト構造を形成していることである。第三の点は、このペロブスカイトの階層数が多いほど $T_c$ が高くなることである。この関係を図12に示す。第四の点は、酸化物超電導体は常電導状態の電気抵抗が、半導体と金属の中間に位置する値をとり、酸素欠損やイオン種の置換などの化学構造因子の変化で作られされる金属-絶縁体相転移の境界領域で超電導状態が出現することである。

本研究の結果をこのような超電導体の法則性に関する視点から考察する。TSCCはTBCCやBSCCと多くの類似点を持つことは先に述べた。ここでAサイトイオンの組み合わせであるBa/CaとSr/Ca, Bサイトイオンの組み合わせであるTl/CuとBi/Cuと $T_c$ の関係について、表2に示すマトリックスで考え

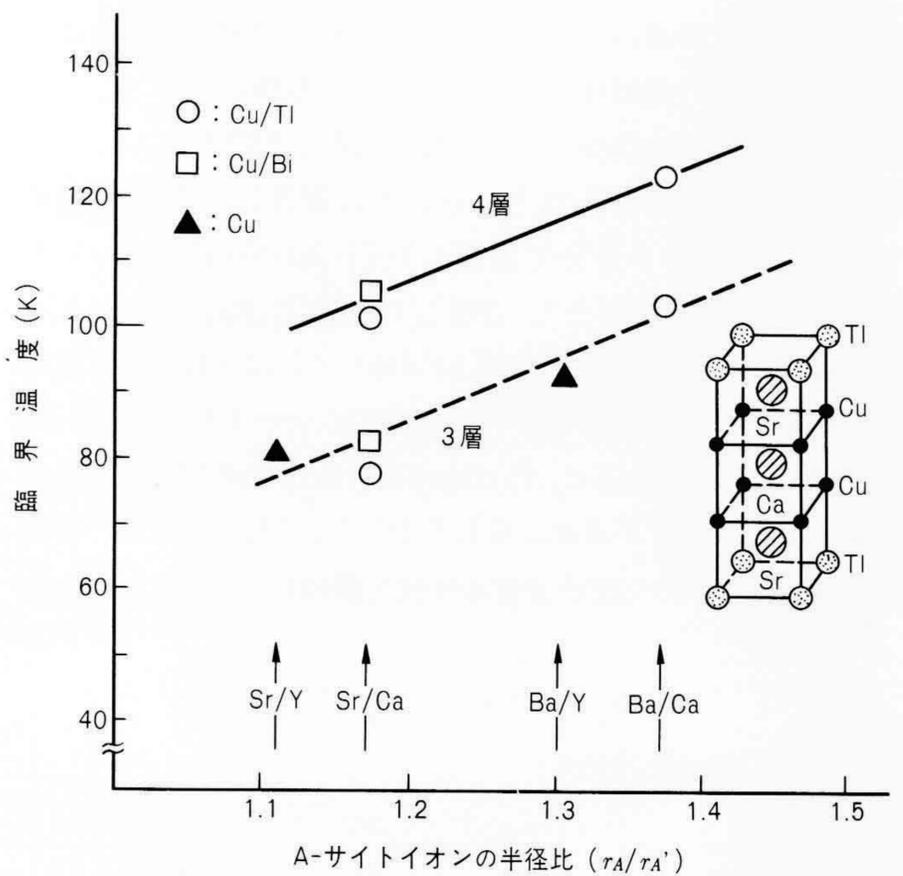


図13 臨界温度のA-サイトイオン半径比に対する依存性 Yイオンは $Y^{3+}$ のイオン半径から二価イオン相当半径0.99 Åとした。

る。 $T_c$ は、Tl系であるかBi系であるかというよりは、むしろAサイトイオンの組み合わせであるBa/CaかSr/Caで決定されているように見える。すなわち、高温相について見ると、Ba/Ca系が $T_c \sim 120$  Kであり、Sr/Ca系が $T_c \sim 100 \sim 105$  Kであると言える。ここでTBCCの $T_c$ に関しては、最近Tl-O 1層の結晶相に関する報告もあるが、実験的に十分に検討されているTl-O 2層構造の値をとった。この結果、AサイトイオンがSr/Caの系に比較してBa/Caの系では $T_c$ が約20 K高くなると言える。同様の議論は、Caとイオン半径や酸素配位数の近いYを含むBa/Yの系である $T_c \sim 90$  KのY-Ba-Cu-OとSr/Yの系である $T_c \sim 80$  KのY-Sr-Cu-Oについても適用でき、Sr/Yの系よりもBa/Yの系の $T_c$ が約10 K高いと言える。アルカリ土類金属の12配位イオン半径についてみると、 $Ba^{2+} 1.47$  Å,  $Sr^{2+} 1.25$  Åで $Ca^{2+}$ は1.07 Åである。そこで、酸化物超電導体のAサイトを占める2種のアルカリ土類イオン半径の比に $T_c$ が比例して高くなるを考え、図13にその関係を示した。こうすることによって、図12で見られた、例えばペロブスカイトの階層数3での各物質間の $T_c$ が約30 Kにわたって分布していた意味を解くことができる。Aサイトイオンの半径比は、ペロブスカイト構造の結晶が持つ内部的なひずみエネルギーを反映するものであり、このひずみエネルギーが $T_c$ を決める一因子となっていると考えられる。以上の考察から新たな法則として、酸化物超電導体は2種のAサイトイオンが秩序配列したペロブスカイト構造で、Aサイトイオンの半径比が大きくなるほど $T_c$ は高いということが言える。

## 6 結 言

Tl系酸化物超電導体の合成と構造解析によって、Tl-Sr-Ca-Cu-O系という新しい超電導物質が、 $T_c$ 100 Kの高温相と $T_c$ 75 Kの低温相であることを見いだした。高温相は、Tl-O 1層の4層ペロブスカイト( $a=b=3.809 \text{ \AA}$ ,  $c=15.27 \text{ \AA}$ )であり、低温相は、Tl-O 1層の3層ペロブスカイト( $a=b=3.785 \text{ \AA}$ ,  $c=12.10 \text{ \AA}$ )の構造であることを明らかにした。この結果から、Tl, Bi系超電導体の $T_c$ を支配する構造パラメータについて考察し、酸化物超電導体に関して、Aサイトを占める2種のイオン半径比が大きいほど $T_c$ が高くなるという法則性を提案した。

酸化物超電導体の $T_c$ は、この3年間で飛躍的に向上し、液体ヘリウムに代わって、液体窒素温度で作動する超電導応用機器の出現を期待させる。しかし、この魅力あふれる物質の本質は、従来の理論では十分に理解するに至らず、現在は多くの実験的な基礎知見を積み上げる過程にあり、新しい理論が生まれる可能性が大きい。今もなお、新しい物質系や物性の発見が活発に続けられており、この物質の本質が解明されるとともに、さらに高 $T_c$ の新材料が発見されると思われる。

終わりに、本研究を推進するに当たり、リートベルト法結晶構造解析ソフトの提供と、解析指導をいただいた科学技術庁無機材質研究所主任研究官の泉 富士夫理学博士に対し謝意を表す。

## 参考文献

- 1) J. G. Bednortz, et al. : Possible High  $T_c$  Superconductivity in the Ba-La-Cu-O System, *Z. Phys. B-Condensed Matter* **64**, 189~193(1986)
- 2) M. K. Wu, et al. : Superconductivity at 93K in a New Mixed-Phase Y-Ba-Cu-O Compound System at Ambient Pressure, *Phys. Rev. Lett.*, **58**, 911(1987)
- 3) H. Maeda, et al. : A New High- $T_c$  Oxide Superconductor without a Rare Earth Element, *Jpn. J. Appl. Phys*, **27** (1988) L209
- 4) Z. Z. Sheng, et al. : Bulk Superconductivity at 120K in the Tl-Ca/Ba-Cu-O System, *Nature*, **332**(1988) 138
- 5) (a) S. S. P. Parkin, et al. : Model Family of High-Temperature Superconductor :  $Tl_mCa_{n-1}Ba_2Cu_nO_{2(n+1)+m}$  ( $m=1,2 ; n=1,2,3$ ), *Phys. Rev. B* **38**, 6531(1988)  
(b) R. Beyers, et al. : Crystallography and Microstructure of Tl-Ca-Ba-Cu-O Superconducting Oxides, *Appl. Phys. Lett.*, **53**, 432(1988)  
(c) P. Haldar, et al. : Bulk Superconductivity at 122K in  $Tl(Ba,Ca)_2Ca_3Cu_4O_{10.5+\delta}$  with Four Consecutive Copper Layers, *Science*, **241**, 1198(1988)  
(d) M. Kikuchi, et al. : Preparation and Chemical Composition of Superconducting Oxide  $Tl_2Ba_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+4}$  with  $n=1,2$  and  $3$ , *Jpn. J. Appl. Phys.*, **28**(1989) L382
- 6) (a) T. Nagashima, et al. : Superconductivity in  $Tl_{1.5}SrCaCu_2O_x$ , *Jpn. J. Appl. Phys.*, **27**(1988) L1071  
(b) W. L. Lechter, et al. : Bulk Superconductivity above 100K in the Tl-Sr-Ca-Cu System, *Solid State Comm.*, **68** (1988) 519  
(c) Z. Z. Sheng, et al. : Superconductivity in the Tl-Sr-Ca-Cu-O System, *Phys. Rev.*, **B 38**, 7074(1988)  
(d) S. Matsuda, et al. : Superconductivity of Tl-Sr-Ca-Cu-O System in Relation to Tl-Ba-Ca-Cu-O and Bi-Sr-Ca-Cu-O Systems, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **27**(1988) 2062
- 7) M. A. Subramanian, et al. : Bulk Superconductivity up to 122K in the Tl-Pb-Sr-Ca-Cu-O System, *Science*, **24** (1988) 249
- 8) A. Soeta, et al. : Relationship between Crystal Structures and Solid Solution of Tl-Sr-Ca-Cu-O and Tl-Ba-Ca-Cu-O Superconductors, to be Published in *Jpn. J. Appl. Phys.*
- 9) Y. Tokura, et al. : Discovery of Electron-Superconducting Cuprate :  $Ln_{2-x}Ce_xCuO_{4-y}$  ( $Ln=Pr, Nd, Sm$ ), to be Published in *Nature*

### パケット交換網における集中管理ルーチング制御の一方式

日立製作所 鈴木三知男・榎尾次郎

電子情報通信学会論文誌B  
J71, 3, 330~338(昭63-3)

パケット交換網のルーチング制御を集中管理で実現するには、網の状態把握のオーバーヘッドと集中管理局での処理時間の低減が必要となる。そのために本論文では、回線遅延時間正規化と仮想ノードの二つの考え方を導入した。前者は、パケット交換網を構成する異なる速度の回線の伝送遅延時間をサービス時間でとらえて1で近似し、後者はトラヒックの輻湊(ふくそう)などによって回線送出待ちパケットのキュー長異常が発生した場合、そこに仮想的なノードを設定する方式である。この二つの考えにより、網の状態把握オーバーヘッドと集中管理局でのルーチングテーブルの演算時間を小さくすることが可能となる。本ルーチング方式により、パケットのピンポンやルーピングなどの現象を回避でき、またシミュレーションによって、固定回方式に比べパケットの平均伝送遅延時間を低減できることを示した。

### 画像信号符号化・復号化処理LSIプロセッサ

日立製作所 中村浩三・小嶋康行・他2名

電子情報通信学会論文誌C  
70, 12, 1592~1599(昭62-12)

ファクシミリや光文書ファイルなどの文書画像を扱う装置の基本機能の一つであるスキャナで読み取った白黒2値画像を、国際標準の符号(MH, MR, MMR符号)に変換、すなわち圧縮・伸長するための高速処理方式を提案し、これを1チップの専用LSIで実現した。

マイクロコンピュータのシステムバスとは独立した16ビット幅のビデオバスによる16画素並列アクセス、白から黒および黒から白への変化画素の並列データのままの検出、画素信号の16画素並列復元、画素信号の1次元メモリアドレスと文書画像の2次元論理アドレス間的高速変換など、高速化のためアーキテクチャ上の工夫点とその期待される効果を論じるとともに、その処理性能をシミュレーションおよび実測により評価し、A4サイズの文書を1秒前後で変換できることを示した。

### 負荷分散クローラ機構の開発

日立製作所 内藤紳司・佐藤主税・他1名

日本ロボット学会誌  
5, 5, 335~338(昭62-10)

磁石付きクローラで、壁面上を吸着走行する負荷分散クローラ機構を開発した。従来の磁石付きクローラは、クローラ両端の磁石片に負荷荷重が集中するため、クローラ長さとは無関係に磁石片2個分の吸着力しかなかった。本研究では、磁石片の個数に比例した吸着力を持つ負荷分散クローラ機構を試作して、その性能を検証した。本クローラの特徴は、移動機構を壁面から引き離す方向に作用する負荷荷重を、壁面に吸着している磁石片全体に分散して均等に伝達する点である。試作クローラを用いた実験では、負荷分散の機能が有効に働き、吸着力が磁石片個数すなわちクローラ長さに比例することを確認した。この負荷分散クローラを用いた吸着移動機構は、6mm厚鋼板から成る鉛直面および天井面を、自重の0.65倍の重量物を搭載して速度10m/minで走行できた。