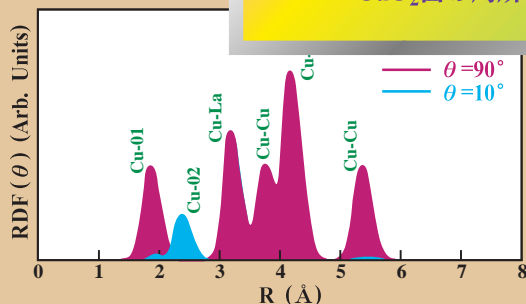
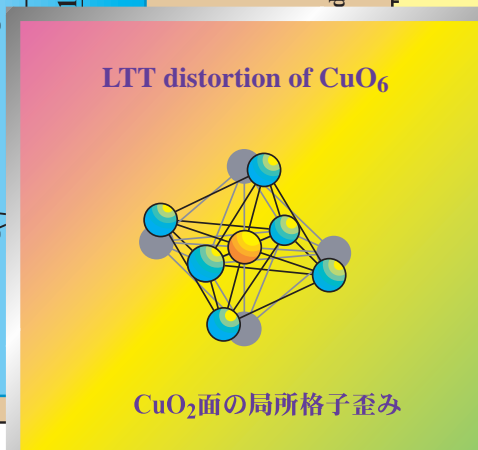
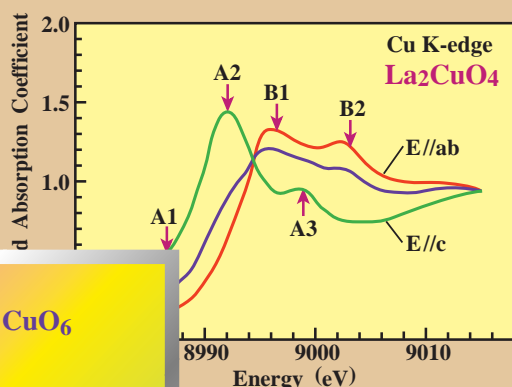
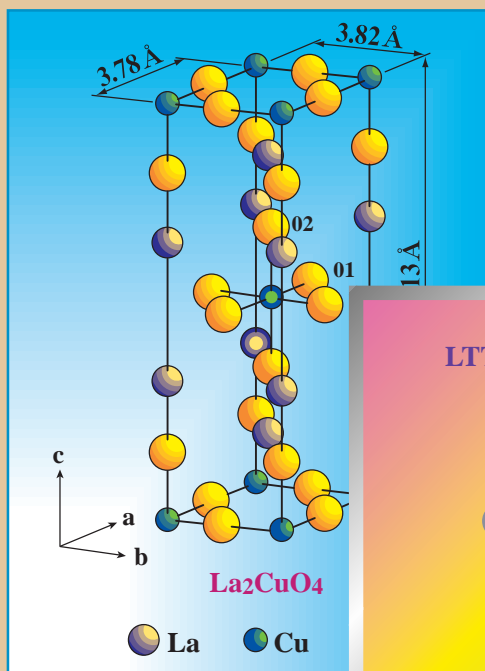


ETL NEWS



引き上げ法により成長した La_2CuO_4 系単結晶

電総研ニュース

電荷・格子ストライプと高温超伝導：相分離から格子変調へ

受賞・人事異動

平成 11 年度入所式

1999.5 vol.592

電荷・格子ストライプと高温超伝導：相分離から格子変調へ

Charge and Lattice Stripes in High T_c Superconductors: From Phase Separation to Stripe Ordering

電子基礎部 大柳宏之^{*}、山口博隆、岡 邦彦、伊藤利充、河 東漢^{注1}
e-mail: oyanagi@etl.go.jp^{*}

Physical Science Division. H.Oyanagi, H.Yamaguchi, K.Oka, T.Ito, D.Ha
Univ. of Rome. A. Bianconi, N.L. Saini, A. Lanzara, M. Missori, T.Rossetti
Max-Planck Institute. J. Zegenhagen, T. Haage

The local structure of a series of high T_c oxide superconductors has been investigated by means of X-ray absorption spectroscopy (XAS) which can provide a snapshot of local lattice distortions with a time scale of 10^{-15} sec. We find that the CuO_2 plane in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$, $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$, and $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ becomes inhomogeneous at low temperature, i.e., phase separates into distorted and undistorted domains ordered in stripe. Local lattice distortions are low-temperature tetragonal (LTT) type which introduce charge ordering into localized and itinerant domains forming a mesoscopic-scale stripe structure. In case of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$, at much higher temperature than T_c , i.e., at around $1.6T_c$, pronounced phonon anomalies are observed in the in-plane Cu-O bond. These carrier-induced lattice effects indicate a strong influence of charge and lattice on the pairing mechanism of high T_c superconductivity.

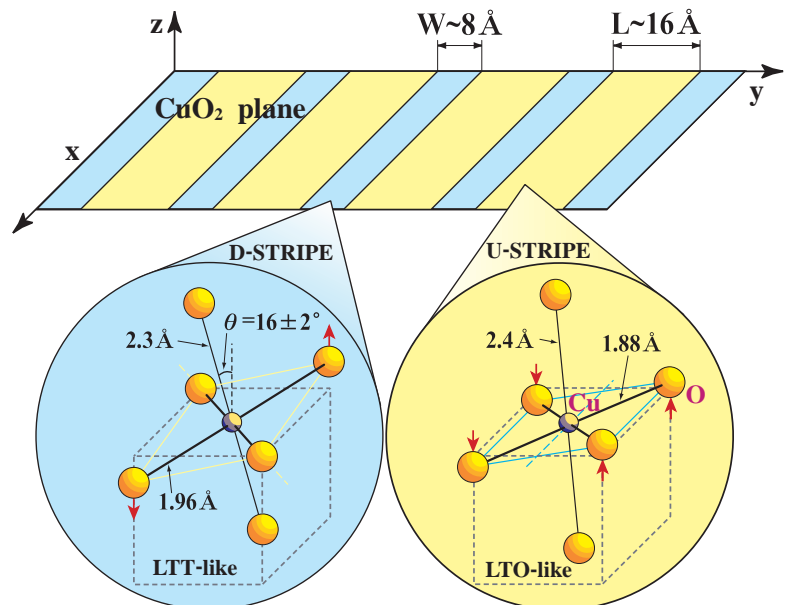
Key Words:

X線吸収スペクトル、ストライプ、格子変調、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ 、 $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ 、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 、 $\text{Nd}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_4$ 、フォノン異常

1. はじめに

高温超伝導は従来のBCS超伝導物質にみられない様々な物性を示すが、その本質は伝導面である CuO_2 面が2次元格子を組み、そこにキャリアがドーパされた時に生じる特異な電子状態に帰結する。それは往々にして理想的な CuO_2 面(正方格子)として議論されるが、実際に局所構造を精密に調べてみるとその仮定が多くの系で成立していないことが明らかになった。当所は高温超伝導の発見以来、いち早く局所構造の有望な研究手段であるX線吸収分光に着目し、放射光を光源とする系統的な局所構造研究を展開してきた。その結果、多くの銅酸化物で、超伝導転移温度よりはるかに高温側で局所格子の歪みを伴う領域の存在が示され、 CuO_2 面はこれまで信じられてきたような均一かつ平坦な構造でなく局所的な格子歪みをもつドメインとそうでないドメインが共存する

不均一系であることが明らかになった。 CuO_2 面は変調構造を生じることから、局所格子歪みをもったド



カット図: CuO_6 ユニットの局所歪みにより生じる電荷・格子ストライプ

^{注1} Present address: 韓国標準科学院

メインと通常のドメインは交互に規則正しく整列することにより縞状の変調構造(ストライプ)を形成する(カット図)と考えられている。

当所とローマ大学の国際共同研究チームは系統的な研究の結果、超伝導酸化物で共通的に相分離(局所格子歪み)をみだし電荷・格子ストライプの概念を提唱した。光学的伝導度やNMR等により相分離を示す証拠がみついている他、中性子散乱によって電荷とスピンの整列も報告されている。これらは同一の現象(相分離と電荷・スピンの整列)を異なる側面からながめた結果と考えられるが、全体像の把握と高温超伝導における役割の解明はまだ緒に付いたばかりである。近年、ストライプに関する関心は急速に高まりつつあり、1996年からストライプと高温超伝導に関する国際会議が開催されるにいたった。

ここで紹介する銅酸化物の局所格子歪みに関する

研究は、相分離の直接的な証拠と考えられるが、そのキーポイントは良質の単結晶^{注2}と放射光の持つ高い偏光性を用いたことにより異方的な局所構造を精密に調べた点である。結晶構造が異方性の大きいペロブスカイト酸化物の局所構造研究には偏光依存X線吸収スペクトルが有効である。単結晶の吸収スペクトル測定ではCuO₂面内の情報を得る場合、吸収が大きいため通常用いられる透過法は使えないため、従来の透過法に変わる新しい測定手法の開発が必要であった。当所の研究グループは図1に示すように、内殻励起後に正孔が基底状態に戻る際、内殻準位と正孔間のエネルギー差として放出される蛍光X線の収量が吸収係数に比例することを利用して、単結晶の偏光依存吸収スペクトル測定を可能にした。図2にこのようにして測定されたLa₂CuO₄単結晶のCu K-edge 偏光依存吸収スペクトルを示す。(a), (b)はそれぞれ多重

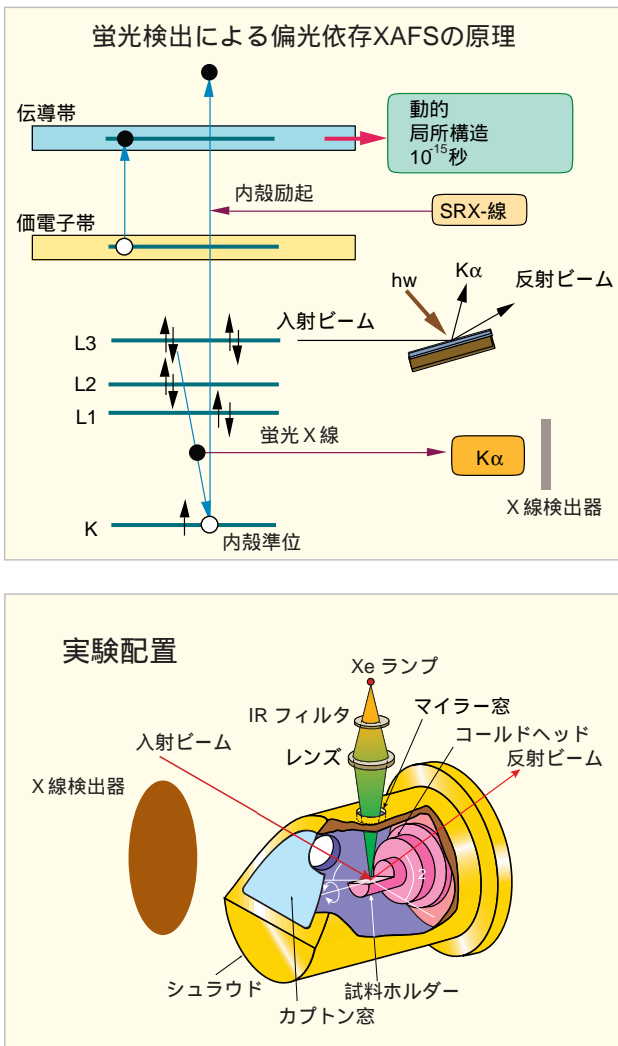


図1：放射光を光源とする蛍光検出偏光依存X線吸収スペクトルの原理および光照射下での実験配置

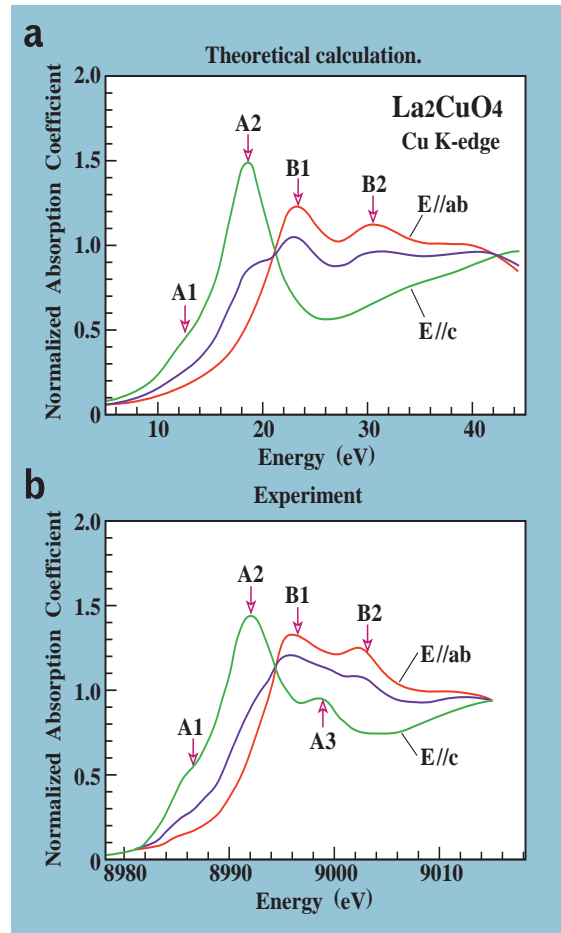


図2：蛍光検出法によって測定された単結晶La₂CuO₄の偏光X線吸収スペクトル(XANES)、電場ベクトルがab面、c軸に平行な場合、粉末(空間的な平均)に対するスペクトルを示す。(a), (b)は多重散乱理論による計算と実験を示す

注2 当所の結晶育成グループがTraveling Seed Floating Zone (TSFZ)と呼ばれる手法により育成した単ドメインの単結晶を用いた。

散乱理論による計算および実験結果を示す。電場ベクトルがab面に平行および垂直方向で吸収スペクトルは大きく異なり、伝導帯の電子状態(局所構造)が強い異方性を示すことがわかる。この手法をスペクトルのエネルギー領域を拡張し良質の単結晶に適用することにより、電荷・格子ストライプの系統的な研究が可能になった。

2. 局所歪みと電荷・格子ストライプ

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$

$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (Bi2212)は安定な劈開(へきかい)表面をもつことで知られているが、当所で育成された単一ドメインの良質単結晶に対して偏光依存CuK-EXAFS^{注3}により電場ベクトルがab面に平行な場合と垂直な場合について、それぞれの方向でCu原子の局所構造を調べた。室温から低温(15K)まで精密な測定を行い詳細な動径分布の解析を行った結果、局所格

子の歪みに関する直接的な証拠を得た。図3(a)に30Kで測定されたBi2212のa軸に偏光したCuK-EXAFS振動の生データを、また(b)に電場ベクトルがab面に垂直な配置でのCu-O結合の寄与のみを抜き出して光電子の波数(k)に対してプロットした。波数が 16\AA^{-1} という高波数領域まで質のよいデータ^{注4}を得ることにより、ふたつのドメインを識別するために必要な実空間上の分解能が得られた。図3(b)の図には強いうねりが観測されるが、このことは距離の異なるCu-O結合が存在することを意味している。この結合は CuO_5 ピラミッドの中心に存在するCu原子と頂点酸素(O_{ap})の結合に対応するものである。

図4(a)には詳細な解析によって得られたCu原子のまわりの動径分布関数を示す。頂点酸素に対応する二つのCu-Oピークがはっきりと分裂していることがわかる。短い方のCu-O_{ap}距離は面内のCu-Oピークの外側にみられる肩ピークと対応しており、室温ではどちらのピークも存在しないことから CuO_5 ピラミッドには格子歪みがみられないと考えられるが、低温になると面内のCu-Oピークには肩があらわれるのと同時にCu-O_{ap}は逆に収縮したピークが観測される。Bi2212にはよく知られているように変調構造が存在するが、それらは静的であり温度に依存しないためここで観測された格子歪みは局所的かつ動的であると考えられる。頂点酸素と面内酸素のピーク分裂は CuO_2 面が低温で異なる局所構造を持つふたつのドメインに相分離することを意味している。

CuO_2 面内のCu-O結合距離が長くなるのと同時に頂点酸素がCu原子から遠ざかる現象は CuO_5 ユニットが格子歪みを受ける結果と解釈できる。これによって従来は(理想的な平面でないにしても)面内では均一と考えられてきた CuO_2 面が2ドメイン構造であることが実験的に示された。これまで CuO_2 面が理想的な平面ではなくバックリングとよばれる凹凸の構造を持つことはわかっていたが、X線回折のような平均構造の手法ではこのような局所構造の歪みはみだすことができない。X線吸収スペクトルでは時間スケル(10^{-15} 秒)が格子振動よりもはるかに短いために動的な構造であっても観測できる。温度変化を詳細に調べた結果、低温($T=120\text{K}$)以下でCu-O_{ap}距離が 0.17\AA なる構造に対応するふたつのドメインが存在することがわかった。

局所歪みと超構造

ではこのような格子歪みはどのようなモデルに

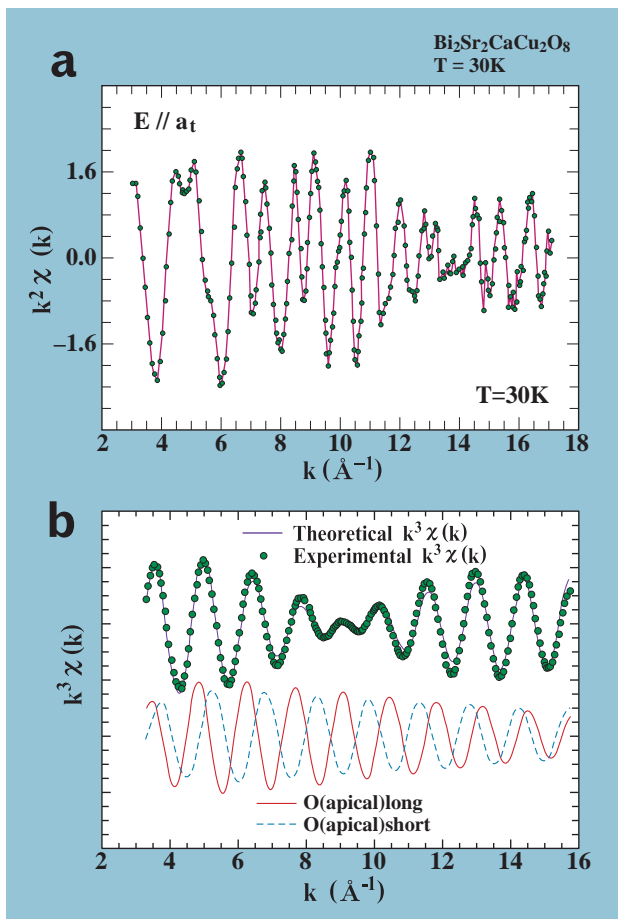


図3: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (Bi2212)単結晶の電場ベクトルがc軸に平行な場合の偏光依存Cu K-EXAFS(a)とそのフーリエ変換の結果(b)、異なる長さのCu-O結合の存在を示している

注3 Extended X-ray Absorption Fine Structureの略。注4 当所はこの目的のため高効率半導体検出器の開発を平行してすすめてきており、最近ではピクセルアレイを用いることにより飛躍的な高効率を可能にした(電総研ニュース1999年、589号)

よって説明できるのであろうか？これらのなかで面内の酸素と頂点酸素の動径分布の変化を説明できるモデルは後述するように、図6(a)に示すa軸のまわりにCuO₆(CuO₅)ユニットが傾くLTT(Low Temperature Tetragonal)的な歪みと結論された。次の問題はこれらのドメインがどのように分布しているかという点である。ふたつのドメインが秩序構造をもてば超構造が観測されるはずである。最適ドーピングの酸化物では多くの場合、 $q = \beta b^* + (1/\gamma)c^*$ (ここで結晶系は斜方 $b^* = 1/\sqrt{2}d$, d は平均のCu-Cu 距離を示す) で表される超構造が観測される。c軸方向すなわちCuO₂面に垂直方向の超構造は結晶に依存するが、面内(b軸)の超構造は多くの系で一定しておりBi2212では $\beta = 0.21$ である。異常分散^{注5}によるX線散乱を用いてCu原子に着目した散乱を選び、かつc軸方向の原子変位に敏感な測定条件で超構造反射を一次元変調モデルにより解析すると、CuO₂面から変位した幅15.5Åのドメインがa軸方向に整列している結果が得られる。超構造の周期からこのドメインは幅10Åの別のド

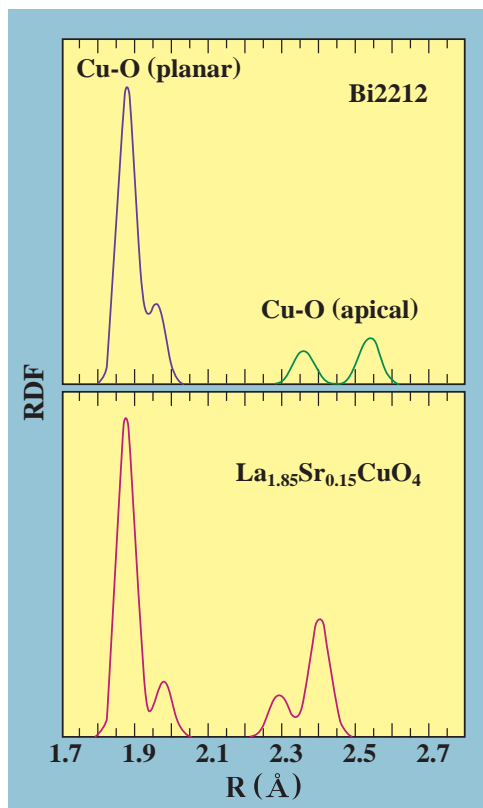
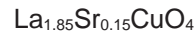


図4: La_{1.85}Sr_{0.15}CuO₄(a)およびBi₂Sr₂CaCu₂O₈(b)結晶の電場ベクトルがab面に平行な場合の偏光依存Cu K-EXAFSから得られた面内動径分布関数

メインによって隔てられていると考えられるが、この比率が歪みをもたないドメインと歪んだドメインの比率に対応することから、相分離したふたつのドメインは交互に整列したストライプ構造をとるものと推論される。



Bi2212でみいだされた局所格子の歪みとストライプが変調構造に由来するものか、一般的な現象なのかを調べるために、変調構造のない系で同様の実験を行う必要があった。最適ドーピングのLa_{1.85}Sr_{0.15}CuO₄(LSCO)単結晶($T_c = 35\text{K}$)のab面およびc軸に平行な方向で、偏光依存Cu K-EXAFSを室温から低温(21K)までの領域で測定した。測定条件等は

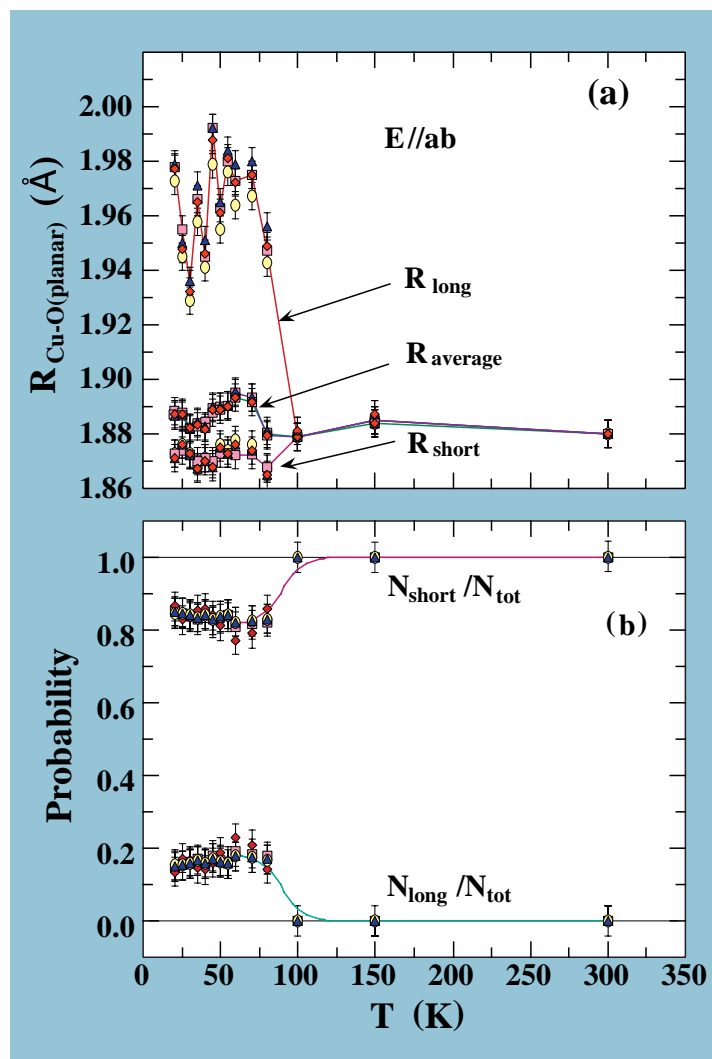


図5: La_{1.85}Sr_{0.15}CuO₄の電場ベクトルがab面に平行な場合の偏光依存Cu K-EXAFSから得られた(a)結合距離および(b)ふたつのドメインの比率

注5 放射光を用いて波長を適当に選ぶと異常分散項により原子を区別した散乱実験を行うことができる。

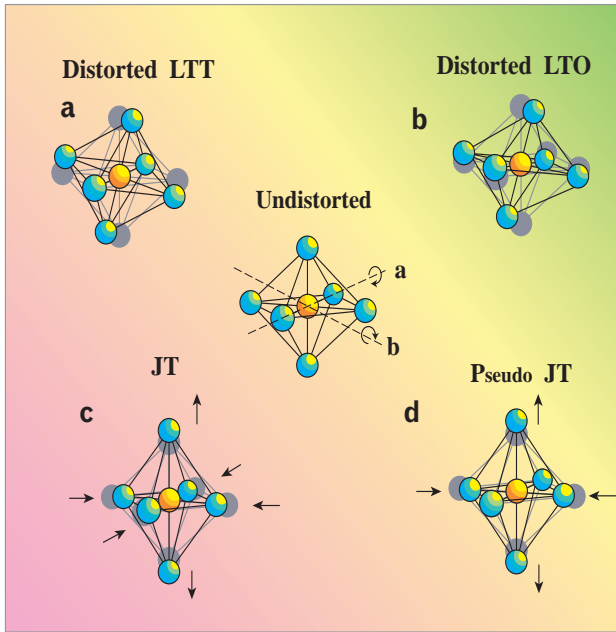


図6 : CuO₆ ユニットの局所歪み

Bi2212と同じである。LSCOのab面およびc軸方向のCu原子のまわりの動径分布を調べた結果、室温付近では結晶構造から予測されるようにCuO₂面は均一でCu-O結合も単一の距離を持つが、低温では図4(b)に示されるようにより長い面内のCu-O結合と短いCu-O_{ap}距離をもつ歪んだ相が観測された。図5(a)にab面内のCu-O結合距離を温度の関数として示す。低温(100K以下)でCuO₆ユニットが一方のCu-O軸を中心に傾くことによって増大したCu-O結合と直交するやや縮んだCu-O結合がみられる。(平均のCu-O結合距離はほとんど変化しないため、これらを平均構造からみだすことはできない。)図5(b)に歪んだドメインと通常のドメインの相対比を温度の関数として示す。局所構造歪みは超伝導の観測される35Kよりもはるかに高温(75K)で生じているが、歪んだドメインは33%で低温側では一定している。Bi2212に比べると強度が弱いLSCOも超構造をもつ。その周期は25Åであるから幅8Åの歪んだドメインが幅16Åの歪みのないドメインに隔てられたストライプ構造をとるものと考えられる。図4(a),(b)から面内のCu-O結合とCu-O_{ap}結合の挙動はよく似ている。分裂したピークの強度は歪んだドメインの比率を表しておりその分裂の度合いは歪みの大きさに対応している。これらは系によって異なるが、ドメインの幅と周期はほぼ一定している。詳細にみると高温(~1.6T_c)からT_c近傍に至る温度領域で頂点酸素と面内酸素とのCu-O結合距離にフォノン異常と考えられる温度変化

が観測された。フォノン異常は後述するように、YBa₂Cu₃O_yでは顕著に観測される。このことは高温超伝導のペアリング機構に電子・格子相互作用が深く関わっていることを示唆している。

局所歪みとストライプ

まとめるとCuO₂面は低温で面内のCu-O距離が増大し、頂点酸素とのCu-O距離が逆に減少する格子変型を受ける。このような実験事実を説明する局所歪みはどのようなものがあるかを考察した。図6にCuO₆八面体ユニットの変型の様子を模式的に示した。(a)に示すLTT歪みはCu-O結合を軸として八面体ユニットが回転する歪みであるが、この場合は回転軸となるCu-O結合に直交するCu-O結合は増大し頂点酸素は逆に接近する。(b)のLTO歪みではCu-O結合から45度傾いた方向に回転軸があるので全ての結合距離が増大する。ヤーンテラー(JT)変型は(c)に示すように、面内の結合距離は減少し頂点酸素のCu-O結合距離は増大する。また擬ヤーンテラー変型では(d)に示すように、面内のCu-O結合のうち向かい合う2個のみ結合距離が減少すると同時に頂点酸素のCu-O結合距離は増大する。これらのモデルを考察した結果、結合距離の長さとそのドメインの存在比率を説明できることから(a)に示すLTT歪みが適当であると考えられる。カット図にLSCOにおける局所歪みとストライプでは、歪んだ領域は~8Åの幅を持ち、周期が25Åで歪みがない領域(~16Å)をはさんで縞状構造を形成している。

3. 相分離と疑ギャップ

YBa₂Cu₃O_y

YBa₂Cu₃O_y(YBCO)ではストライプはみられるのであろうか?レーザアブレーションにより作製されたYBa₂Cu₃O_y薄膜配向試料の局所構造を偏光依存CuK-EXAFSにより調べ、ab面内のCu-O結合にT_cよりはるかに高温側から始まる格子歪みとフォノン異常をみいだした。面間(頂点酸素)のCu-O結合にみられるフォノン異常はT_c近傍でのみ観測され、結合距離のゆらぎがT_cで発散するような変化を示すのに対して、面内のCu-O結合ではT_cより高温側(~1.6T_c)から異常が観測される。温度を下げていくとゆらぎはゆるやかに大きくなりT_cでステップ状に変化して正常に戻る。面間のフォノン異常がT_c近傍でのみ観測されるのに対して、面内ではスピンギャップの観測される温度(T_c'=120K)に近い高温側から異常が観測さ

れる。このフォノン異常をスピン-重項の近距離秩序形成に関連したスピン-格子相互作用と考えると一見、スピンゆらぎの機構を支持する結果ともとれるが、実はそうではない。YBCOでも低温での動径分布の変化はBi2212やLSCOのストライプと同じく面内のCu-Oピークは非対称となり格子歪みをもつドメインが生じることを示唆する。

相分離と擬ギャップの関係は興味のある問題であるが、YBCOではフォノン異常の始まる温度が T^* に近いストライプに対応する格子歪みをみているとしても擬ギャップとどのように関連するのかわかりにくい。 T^* の関連を議論するためには T^* が上昇するアンダードープ領域でドーピング依存性を調べる必要がある。このためレーザーアブレーション法によりキャリアを制御したYBCO薄膜を作製し局所構造の温度変化を詳細に調べた。図7に $T_c=78.5\text{K}$ のYBCOのab面に電場ベクトルが平行な場合の偏光Cu K-EXAFSのフーリエ変換を示した。この図から低温側でCu-O結合距離の増大する格子歪みが低温で生じることがわかる。図8に格子歪みと超伝導の模式

的な相図を比較した。ここで T^* はスピン励起や電荷励起にギャップが観測される温度を意味しているが、局所格子歪みは T^* 以下(近傍)で起っているようにみえる。一方、面内のCu-O結合に対応するフーリエ変換の絶対値にはフォノン異常が観測されるが、その開始温度は T_c で規格化すると $\sim 1.6T_c$ となり、一定の温度を示す系固有の格子不安定性とは異なりキャリアに依存したものであることがはっきりした。

まとめるとYBCOでは局所格子の歪みが擬ギャップ近傍、少なくともそれ以下の温度で生じること、またキャリアに依存したフォノン異常は $\sim 1.6T_c$ からはじまり転移点以下で正常にもどる。局所格子の歪みがストライプ形成を意味しているとするLTT的なドメインが上下で連結されCDW的な電荷ストライプが形成されるものと考えられる。このストライプが秩序構造を持つ場合、量子細線同士のジョセフソン結合と考えると状態密度ピークにフェルミ面が一致した時に T_c が増大する可能性がある。なおLTT的な CuO_6 ユニットの変型により生じる $\text{Cu}3d$ 軌道の歪み(双極子遷移の範囲では禁制であるが)局所的な歪み

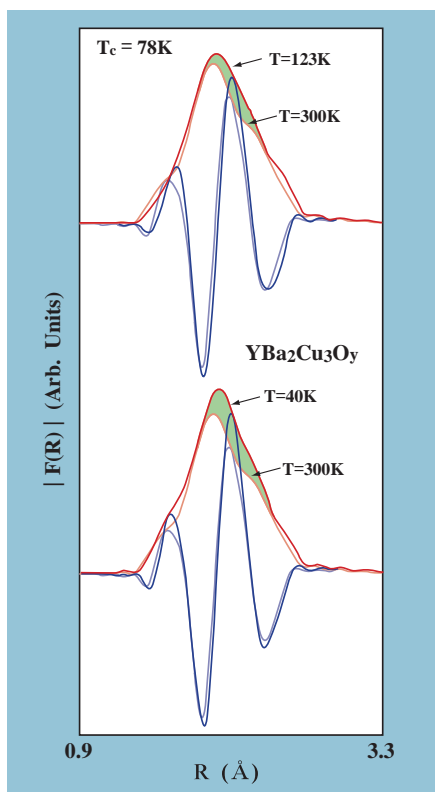


図7: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 薄膜配向試料(電場ベクトルがab面に平行な場合)の偏光依存Cu K-EXAFSのフーリエ変換の結果、 $T_c=78.5\text{K}$

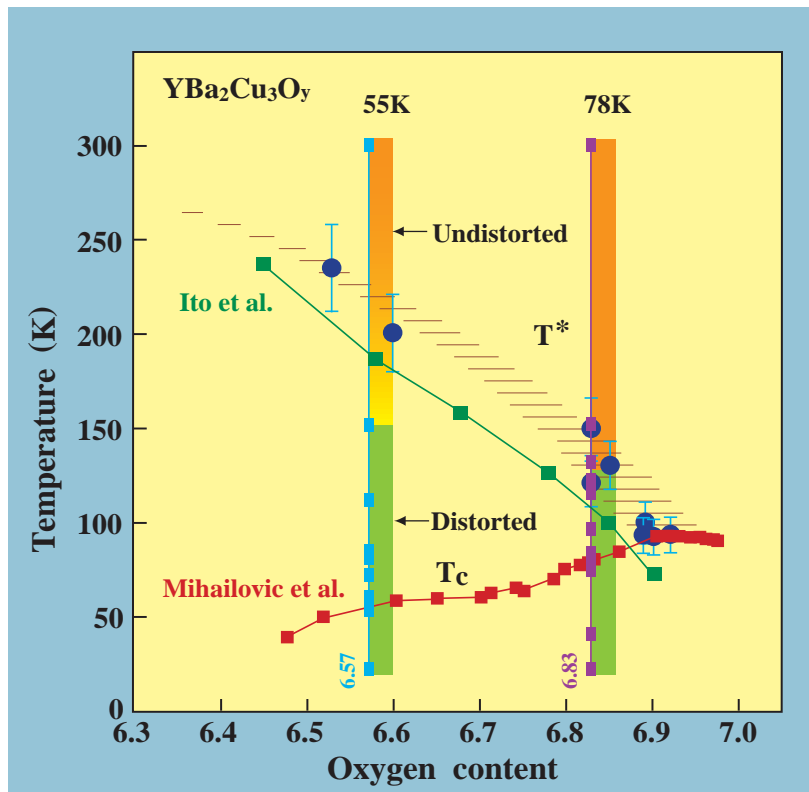


図8: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ の超伝導と局所構造の歪みを模式的に示す相図

がある場合には p 状態との混成により観測される $Cu1s \rightarrow 3d$ ピークの面内分布からも確かめられている。格子変調のドーピング依存性が重要課題で異常金属相として知られるアンダードーブ領域で観測される疑ギャップとの関連を明らかにする必要がある。

4. まとめと今後の課題

これまでの実験から得られた局所格子に関する結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 低温で Cu-O 結合のまわりに $CuO_6(CuO_5)$ ユニットが傾くような LTT 歪みを生じる。
- (2) 格子歪みをもつ領域とそうでない領域の存在比率は一定である。
- (3) 超構造から得られた CuO_2 面内の変調構造は格子歪みのドメインと対応している。
- (4) 低温で相分離ドメインは整列し (電荷を伴う) ストライプを形成する。
- (5) 相分離 (ストライプ形成) とフォノン異常はキャリアに依存した現象で格子不安定性と区別される。
- (6) 格子歪み (相分離) は疑ギャップ温度以下で生じる。

これらの事実が超伝導機構 (高温超伝導の特異性) とどのような関連を持つのであろうか。これまでの理論・実験との関連を以下に考察する。X 線吸収スペクトルで得られた結論 (CuO_2 面の変調構造) は格子振動より遙かに早い時間スケールで局所構造をプローブすることによって明らかになったもので、平均構造を与える X 線や電子線回折では観測されない。これは中性子散乱においても共通的にみいだされている強誘電体的な分極したドメインがつくる格子変調と本質的に同一の現象と考えられる。また最近、中性子散乱によりスピンと電荷が交互に CuO_2 面で整列するストライプが報告されている。さらに NQR や NMR において CuO_2 面には低温側でふたつの異なる Cu サイトがありそれらが頂点酸素の傾きによって生じると考えられる。このことは EXAFS から結論された CuO_2 面の格子歪み (LTT 的な CuO_6 の傾き) と矛盾しない。またメスバウアー効果や EPR の結果も反強磁性の絶縁相と金属相への相分離を示唆するものであるが、これらがストライプにおける電荷分離すなわち格子歪みによりキャリアが局在したドメインと非局在ドメインの共存に対応する。さらに相分離を裏付ける証拠は電荷ダイナミクスである。常伝導状

態の光学伝導度の周波数依存性は CuO_2 面の緩和時間の異なるふたつのキャリアによって説明できる。長い緩和時間のキャリアが局在したポーラロニックなキャリアに対応するとすれば、微視構造、磁気共鳴、輸送的性質の結果は全て矛盾なく相分離あるいはそれによって形成されるストライプを支持している。

相分離したふたつの相の共存がフェルミ液体的な準粒子であると考えられるかどうかは未解決の問題であるが、ストライプのもたらす 1 次元バンドによる状態密度の増大が高温超伝導を説明できるとする考えの他、密度ゆらぎによる新たなペアリングの機構も提案されている。また通常の超伝導ギャップよりはるかに高いエネルギースケールのペアリングを示唆する超伝導状態の電荷ダイナミクスから、ボゾンによるペアリング機構も提案されている。いずれのシナリオにせよ低温での CuO_2 面の格子変調の周期が超伝導のコヒーレンス長と同程度であることから、電荷・格子の積極的な関与は間違いない。これからの課題はストライプのもたらす効果 (一次元的な電子状態) を角度分解光電子分光により格子変調と関連させて調べることとアンダードーブ領域の疑ギャップとの関連を明らかにすることである。ストライプに関する関心が急速に高まりつつあるが、当所の研究グループはローマ大学との国際的な共同研究によってストライプの概念をいち早く提案し先鞭をつけた。それを支えたのは高温超伝導の発見以前から蓄積されてきた結晶成長と放射光利用技術ノウハウであった。

研究課題名: 「産業技術基盤研究開発」高電流・高磁界超電導材料評価

受賞

科学技術庁長官賞（創意工夫功労者）受賞
（1999年4月12日表彰）

長坂武彦氏（共同利用計算機室）



（業績名）

所内情報ネットワークの管理・運用における改善

（業績内容）

長坂氏は、電子技術総合研究所内の情報ネットワーク管理者として、長年にわたり所内情報ネットワーク・システムの構築、維持・管理・運営、ユーザ対応に携わり、様々なシステムの導入を図りその機能実現を行うとともに、それらに改良・改善を加えて信頼性の向上を行い、システム全体の安定的・効率的運用を行った。またユーザ対応に関しても種々の改善を加えユーザが使い易いシステムの実現を行った。以下に主な改善点を挙げる。

- （1）所内に光ファイバーを利用したFDDIネットワークの構築を行い、文書から情報交換を電子的手法で行う基盤を確立した。
- （2）所内情報交換のためイントラサーバの立ち上げ、所内のデータ等を一括して保存するサーバであるファイルサーバの構築を行い、これにより情報管理を一括して統括・管理可能なように改善した。
- （3）電子メールシステムの立ち上げとともに、メールアドレス自動登録システムの構築、トラブル時における修復データベース、ユーザからの質問に答えるFAQデータベースの作成を行った。これらにより文書で行っていた所内外との情報通信に代わり全職員がメールを使用可能なように改善を行った。
- （4）DNS（Domain name system；ホスト名（マシンに付けられた名前）とIPアドレスとの対応表等を持つ。）サーバとメールサーバの一元化を行うとともに、IPアドレス使用状況データベースの構築を行い、これにより全ての計算機の使用状況を一括して把握できる管理が可能となるよう改善した。

科学技術庁長官賞（研究功績者）受賞
（1999年4月13日表彰）

伊藤順司氏（電子デバイス部主任研究官）

（業績名） トランジスタ型高安定真空マイクロ素子の研究

市村学術賞（貢献賞）受賞

（1999年4月28日受賞）

伊藤順司氏、金丸正剛氏（両氏とも電子デバイス部主任研究官）

（研究業績） シリコン集積回路技術を用いた高性能真空マイクロ素子の研究開発



左から 金丸正剛氏、伊藤順司氏

（業績内容：両賞とも同じ）

真空マイクロ素子は、ミクロンオーダの極微小真空管ともいえるもので、次世代フラットパネルディスプレイ（FED）や通信用マイクロ波管など、21世紀の情報通信基盤技術への応用が期待されている。しかしながらこれまでの長い研究にも関わらず、“素子動作が不安定である”という大きな課題が未だ未解決である。

これに対して受賞者らは、上記課題を、エミッタへの供給電流を基板内で制御するという全く新しい発想で解決した。この発想に基づき、世界で初めてMOS型電界効果トランジスタ（MOSFET）構造の素子の開発に成功した。当該素子では、MOSFETのドレイン部にエミッタが形成された簡単な構造でありながら、エミッタ先端からの放出電流がドレイン電流で高精度に制御されるという優れた特徴を持っている。

本素子は従来素子に比較して、電流の揺らぎが1/100（±0.5%）以下、スイッチング電圧が1/10以下（10V）と優れており、また、同一ウエーハ上にメモリーその他のLSIと一体的に集積することができ、コンピュータと融合した次世代ディスプレイの実現も可能となる。

人事異動

氏名	(新)	(旧)
平成11年3月31日付		
林 伸行	辞職	量子放射部主任研究官兼産学官連携推進センター長兼指導係長
塚本 享治	辞職	情報アーキテクチャ部総括主任研究官
稲瀬 正彦	辞職	超分子部主任研究官
白樫 淳一	辞職	電子デバイス部
佐藤 美恵子	退職	電子基礎部主任研究官
木下 信盛	退職	材料科学部主任研究官兼極低温エネルギーセンター運営室長
塚本 孝一	退職	光技術部主任研究官
崎原 克彦	退職	量子放射部主任研究官
中川 愛彦	退職	極限技術部主任研究官
平澤 健彦	退職	極限技術部主任研究官兼企画室開発班
清水 定明	退職	エネルギー部主任研究官
永井 一嘉	退職	エネルギー部主任研究官
諏訪 基	産学官連携推進センター長に併任	次長
戸村 哲	情報アーキテクチャ部総括主任研究官	情報アーキテクチャ部主任研究官
平成11年4月1日付		
岡田 義邦	辞職	情報アーキテクチャ部主任研究官兼企画室兼企画室企画班兼工業技術院計画課研究情報管理企画室長兼情報計算センター管理官
重松 征史	文部省に出向(愛媛大学)	超分子部主任研究官
松田 彰久	首席研究官	材料科学部主任研究官
児玉 祐悦	企画室企画班の併任解除 機械情報産業局の併任解除	情報アーキテクチャ部主任研究官兼企画室企画班兼機械情報産業局
中村 章人	企画室企画班に併任 機械情報産業局に併任	情報アーキテクチャ部主任研究官
関田 巖	企画室開発班長の併任解除 企画室開発班開発係長の併任解除	情報科学部主任研究官兼企画室開発班長兼開発係長
松畑 洋文	企画室企画班の併任解除 企画室開発班長に併任 企画室開発班開発係長に併任	電子デバイス部主任研究官兼企画室企画班

氏名	(新)	(旧)
山名 早人	企画室企画班に併任	情報アーキテクチャ部主任研究官
伊藤 日出男	企画室開発班の併任解除 工業技術院総務部研究開発官(電子・情報・通信担当)付の併任解除	光技術部主任研究官兼企画室開発班兼工業技術院総務部研究開発官(電子・情報・通信担当)付
安藤 淳	企画室開発班に併任 工業技術院総務部研究開発官(電子・情報・通信担当)付に併任 工業技術院総務部技術評価課に併任	電子デバイス部主任研究官
音田 弘	企画室開発班に併任 工業技術院総務部研究開発官(電子・情報・通信担当)付に併任 工業技術院総務部技術評価課に併任	知能システム部主任研究官
関口 智嗣	工業技術院総務部計画課研究情報管理企画室情報計算センター運営班長の併任終了 筑波研究支援総合事務所情報計算センター管理官付調整班長の併任終了 筑波研究支援総合事務所情報計算センター管理官付管理班長の併任終了 工業技術院総務部計画課研究情報管理企画室先端情報計算センター運営班長に併任 筑波研究支援総合事務所先端情報計算センター長付調整班長に併任 筑波研究支援総合事務所先端情報計算センター長付管理班長に併任	情報アーキテクチャ部主任研究官兼工業技術院総務部計画課研究情報管理企画室情報計算センター運営班長兼筑波研究支援総合事務所情報計算センター管理官付調整班長兼筑波研究支援総合事務所情報計算センター管理官付管理班長
岩田 拓也	光技術部 光技術部の併任解除	材料科学部兼光技術部
高木 浩光	情報アーキテクチャ部主任研究官 情報アーキテクチャ部の併任解除	超分子部兼情報アーキテクチャ部
津田 宏治	知能情報部 知能情報部の併任解除	知能システム部兼知能情報部
小野 栄一	知能システム部主任研究官 知能システム部の併任解除	物質工学工業技術研究所兼電子技術総合研究所知能システム部
樋口 登	総務部極低温エネルギーセンター運営室長に併任	エネルギー部主任研究官

平成 11 年度入所式 (1999.4.1)

本年度の入所式は午前10時から大会議室において行われ、採用者への辞令交付の後、概ね次のような所長の挨拶があった。

現在の社会、大企業は厳しい状況にある。企業によっては、外にエネルギーが発散されないで一部には社会問題になっている。ところが一方では元気な中小企業が目立っている。彼らはニーズを的確に把握しようとし、その目標に向かう過程で非常に独創的なアイデアを生み出し、それを製品化し、大きな利益を生み出している。ニーズという制約があるからこそ工夫し、その結果生まれてくるものの価値というものを考えさせられる。電総研は国立研究所としては大規模である。内部エネルギーのためだけの開発ではなく（ニーズに沿った）中核的なものの研究開発をしていくことが大切である。これから社会に入って視野を広め、慣れていくことと常に新しいものを見ていくことも必要である。

その後、所幹部の紹介があり、新人は自己紹介と抱負を述べた。



平成 11 年 4 月 1 日採用は研究職 9 名、行政職 4 名(女性 3 名)で以下の通り。

池田伸一(電子基礎部)、加藤智久(材料科学部)、有田正規(超分子部)、村川正宏(情報アーキテクチャ部)、大隈隆史(知能情報部)、中川誠司(大阪ライフエレクトロニクス研究センター)、長尾昌善(電子デバイス部)、藤木弘之(基礎計測部)、岡野好伸(光技術部)、諸橋満奈美^{H11.1.1}採用(総務部庶務課)、工藤未央(総務部庶務課)、竹原聖子(総務部会計課)、吉井敬造(総務部研究設備管理課)



編集 〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-4 工業技術院 電子技術総合研究所 0298(54)5059

表紙説明：局所格子歪み(中央)の舞台となる高温超伝導酸化物(La214系)の構造(左) X線吸収スペクトル(右上) 結晶の写真(右下)

URL <http://www.etl.go.jp/> e-mail: info@etl.go.jp

印刷・製本 株式会社イセブ