

RE系の T_c 向上は可能か？

ブロック層が金属的なため臨界電流密度 J_c が大きく超伝導マグネットへの応用が期待されています。

液体窒素温度での利用には更なる J_c の向上が切望され、人工ピンの導入により大幅な向上に成功したもののまだ不十分です。

そこで T_c の更なる向上、98-100Kが期待されています。

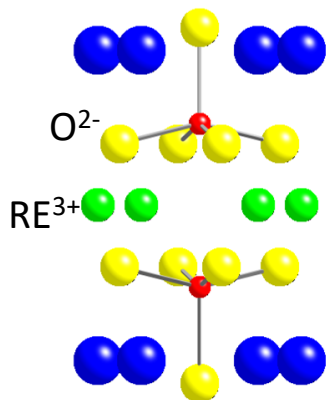
**RE系は、高 T_c の経験則（平坦な CuO_2 面, 長いCu-O(頂)距離)
を満たしていません.**

（そのわりに 比較的高い $T_c \sim 90\text{K}$ を示しますが）

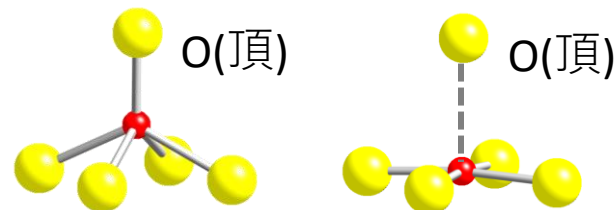
これらを解消することが T_c 向上の指針となります。

1) なぜCuO₂面がフラットでない？

- **Ca²⁺ではなくRE³⁺**であるので
CuO₂面のOを強く引き付けるから？



- Cu-O(頂)距離が短いから

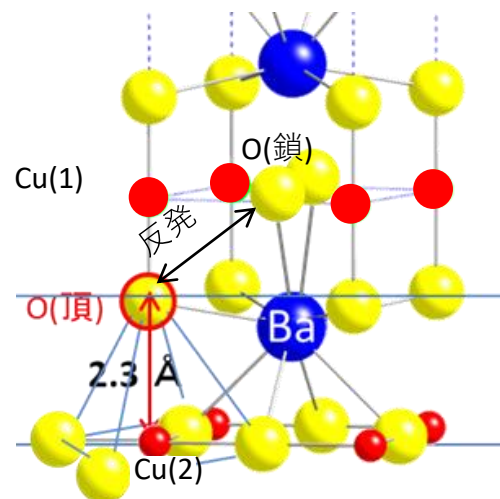


2) なぜCu-O(頂)距離が短い？

- O(頂)がCu(2)から離れるのを**O(鎖)が邪魔**.

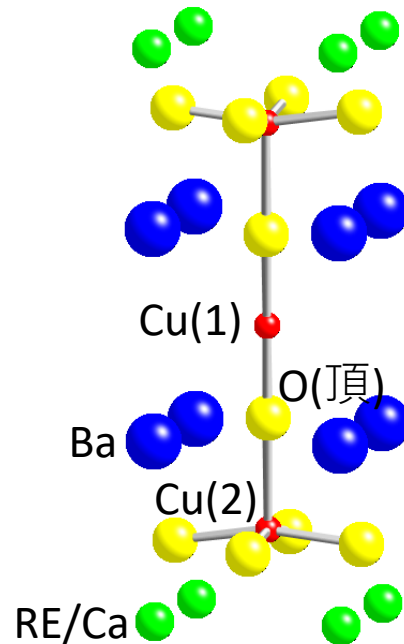
Baが10配位をとるため.

実際、O(鎖)を除去したREBa₂Cu₃O₆では2.3 Åから2.45 Åまで伸びる



では、Cu-O(頂)距離の長いREBa₂Cu₃O₆を 超伝導化すれば？

- REBa₂Cu₃O₆は絶縁体なのでO(鎖)導入以外のホールドーピングが必要.
- (RE,Ca)Ba₂Cu₃O₆はCa置換量が少なく，ホール不足.



では、Cu-O(頂)距離の長いREBa₂Cu₃O₆を 超伝導化すれば？

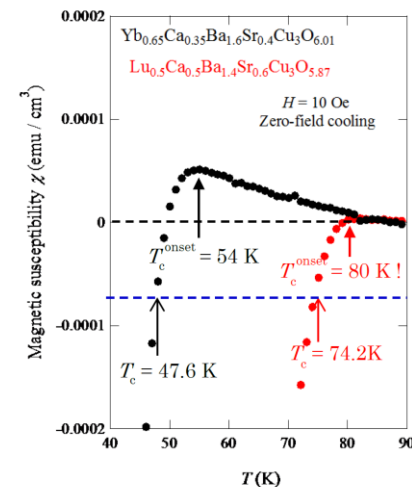
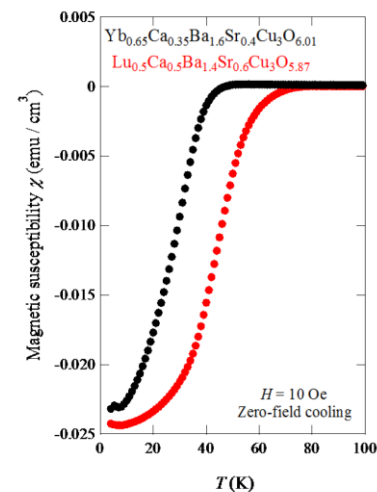
(Lu,Ca)(Ba,Sr)₂Cu₃O₆ : T_c^{onset} = 80 K (現在の最高値)

- BaをSr部分置換でCa置換量が増加. REが小さいほどT_c向上.

K. Nakagawa, M. Kato et al. Physica C 564 (2019) 38.

- 依然としてホール不足 (p~0.13)
- Ba/Sr置換のためCu-O(頂)距離が短い
- ブロック層が金属的でなくなった???

⇒ T_c~90Kは困難??



REBCO7ではもう向上しない？

■ O(鎖)の欠損が T_c を下げている

REBa₂Cu₃O₇ではREが大きくなるほど T_c が高くなります。

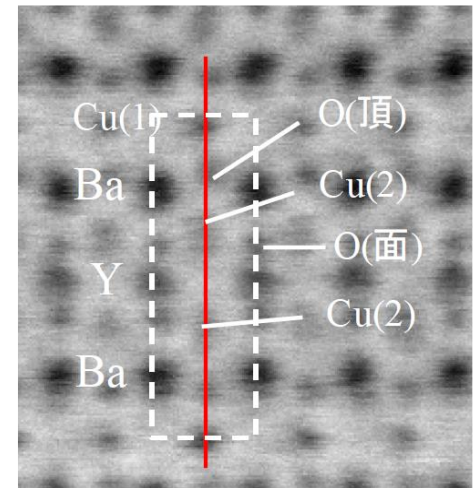
その理由の一つとして、O(鎖)の欠損が T_c を下げていると考えることができます。

O(鎖)の欠損はO(頂)を正規の位置からシフトさせ、Cu(2)O₂面にポテンシャルの乱れを与えて T_c を低下させると考えられます。

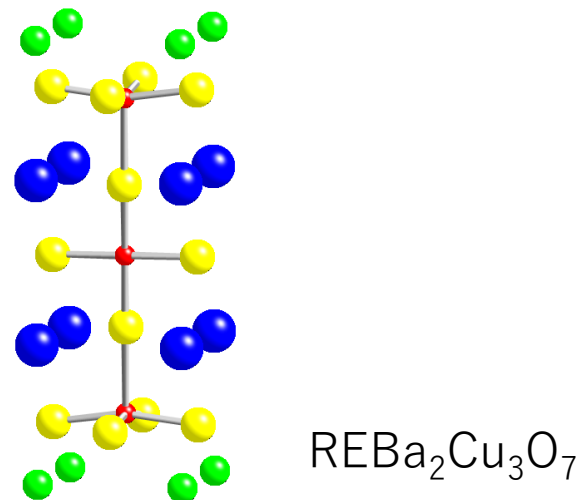
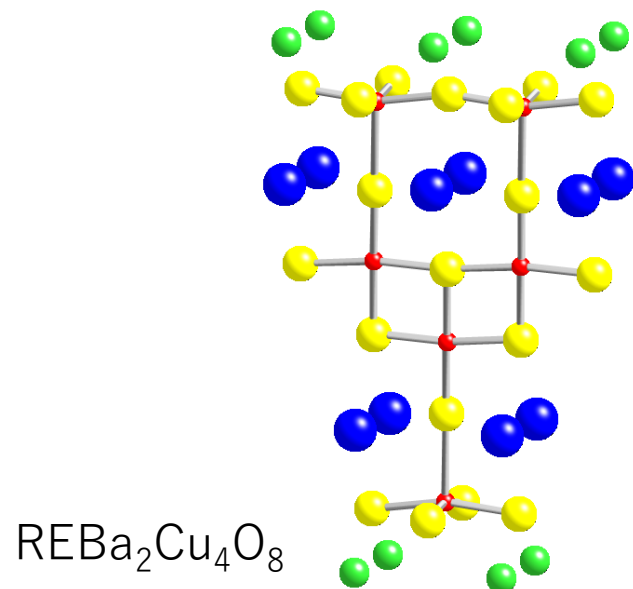
REが大きくなるほど、ホールはCu(1)にドーピングされ、Cu(2)にドーピングされにくいので、より酸素量の多い、即ちO(鎖)欠損のない酸素量が7に近いところで最適ホール濃度となります。

RE = Ndでは最高の $T_c \sim 95\text{K}$ ですが、より大きなRE = Laでは98Kとの報告もあります。REが大きくなると、REがBaサイトを占めるようになり T_c を低下させます。

酸素量7のときに最適ホール濃度となる方法があれば $T_c \sim 100\text{K}$ も可能かと思われます。



O(鎖)欠損のないRE-124は高圧下で $T_c=100\text{K}$ 超え！



Y-124は、ホール濃度不足のため $T_c=80\text{K}$ ですが、12万気圧下では $T_c=108\text{K}$ を示します。
(Y-123はすでに最適ホール濃度であるため高圧印加では T_c は 92K から低下します。)

高圧印加でO(頂)がCu(2)に近づきホールがブロック層のCu(1)から超伝導面のCu(2)へ移動するためと考えられます。

Y-124とY-123の最高の T_c の違いは解明されていませんが、
Y-123ではブロック層の酸素が5-10%欠損しており、O(頂)をシフトさせポテンシャルの乱れを生んでいるためと考えています。