

2B-18

Y-Ni-B-C及びY-Pd-B-Cの金属超伝導体に関する研究

池部研究室

橋山淳一

1. 序論

Mazumdarらインド-フランスの共同研究グループは1993年はじめ YNi_4B 組成試料による $T_c=12K$ の超伝導を報告した。その後炭素(C)の添加が超伝導性改善に有効であることを見だし、 $YNi_4BC_{0.2}$ ($T_c=12.5K$), $YNi_2B_3C_{0.2}$ ($T_c=13.5K$)においてバルク超伝導を確認した。この発見で注目すべき点はFe, Co, Niなどの強磁性イオンを主体とする超伝導体は従来 T_c は低かったが、かなり高い T_c を持つ物質を合成できたことと酸化物超伝導体と同じく層状構造を持つことである。

さらにCavaと高木らは、超伝導の結晶構造が正しくは $RENi_2B_2C$ (RE:希土類元素)であることを明らかにした。またこのグループによりNiサイトのPdによる全置換が試みられた結果、Y-Pd-B-Cという金属間化合物バルク試料のこれまでの T_c の最高値であった $20.7K$ (Nb_3Ge)を実に20年ぶりに更新する $T_c=23K$ の物質が発見された。組成は、 $YPd_5B_3C_{0.5}$ で、その中に存在する超伝導相は YPd_2B_2C と報告されている。

本研究ではY-Ni-B-C、Y-Pd-B-Cの超伝導体を作製し超伝導性の評価を行った。

2. 試料の作製

YNi_2B_2C と $YPd_5B_3C_{0.5}$ の試料はアーク溶解法によって作製した。作製方法は以下のとおりである。

- (1) 真空容器の中を真空にする
- (2) 1気圧になるまでアルゴンガスを注入する
- (3) アーク放電により試料を溶解する(電流20A, 電圧300V、約4分間)
- (4) 終了後、試料を10分間冷却する
- (5) 真空容器を開けて空気を入れる
- (6) 試料を取り出して裏返してセットする

この後この工程を4, 5回繰り返して試料を均一に溶解する。

3. 結果

・ X線回折の結果、 $YPd_5B_3C_{0.5}$ では文献で報告されている回折ピークとほぼ一致したピークが観測された。 YNi_2B_2C については、文献のピークと異なるピークは2カ所程度で殆ど一致し、両試料とも所定の組成と構造が得られたと判断した。

・ $YPd_5B_3C_{0.5}$ の試料の表面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。その結果、超伝導相であるといわれている、フィラメント状の相が見られた。また、エネルギー分散型X線分析装置(EDX)を用いた定量分析の結果、そのフィラメント状の相は、超伝導相(YPd_2B_2C)と思われるY:Pd=1:2の組成であることがわかった。全体で見た定量分析の結果は、Y:Pd=1:5の組成であった。また、

フィラメント状の相は全体的に見て少なく、超伝導のパスを形成していないと考えられる。

・ SQUIDによる30G~40Gを加えた直流磁化率-温度特性の測定では(図1, 2に示す)YNi₂B₂C, YPd₅B₃C_{0.5}はZFC(zero field cooling)で反磁性を示した。またFC(field cooling)でもこれらの試料は反磁性を示した。超伝導転移温度のT_cは報告例ではYNi₂B₂Cは15.2K, YPd₅B₃C_{0.5}は23Kであるが本研究ではそれぞれ14.5K, 22Kであった。以上より、この試料は超伝導性を示したといえる。

また、アルキメデス法により密度を求め、直流磁化率のデータとあわせて、超伝導体の体積分率を求めたが、YNi₂B₂Cの値は0.9~1.0、YPd₅B₃C_{0.5}の値は0.2~0.4だった。

・ 直流4端子法を用いて電気抵抗率-温度特性を測定したが図3に示したとおりYPd₅B₃C_{0.5}の試料は10K以上では零抵抗を示さず、超伝導性を示さなかった。また、YNi₂B₂Cの試料も10K以上では零抵抗を示さなかった。

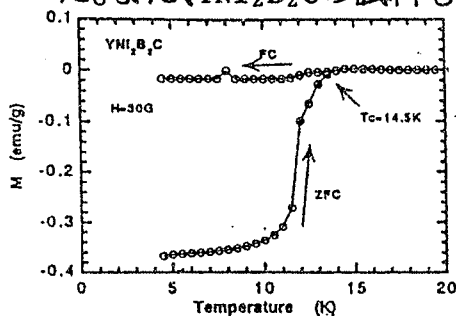


図1 YNi₂B₂Cの直流磁化率-温度特性

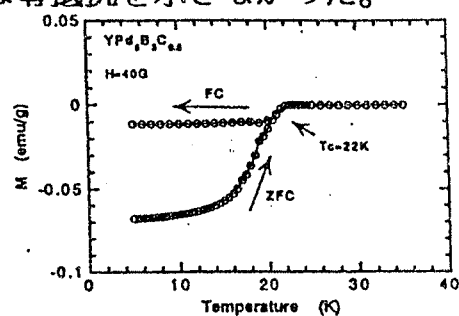


図2 YPd₅B₃C_{0.5}の直流磁化率-温度特性

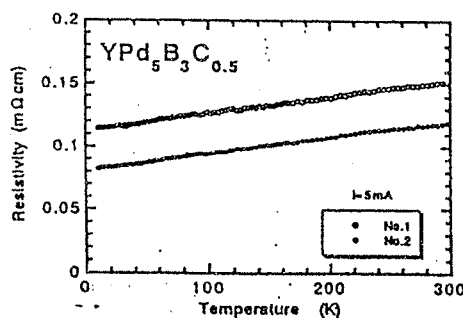


図3 YPd₅B₃C_{0.5}の電気抵抗率-温度特性

5. 結論

・ アーク溶解法によって試料を作製し、その試料の超伝導性の評価をしてきたが、X線回折実験の結果や、定量分析の結果からも、だいたい正しい組成であることがわかった。直流磁化率の測定では、超伝導性を示すデータが得られた。しかし、電気抵抗率の測定では、超伝導性を示すデータを得られなかった。これは、電子顕微鏡像の実験で、超伝導相であるフィラメント状の相は小さく、つながっていないことから、実際の超伝導の体積分率は、理論的に求めた体積分率よりもかなり小さい値を持つと推測できる。これからの課題は、この体積分率をさらに大きくしていくことだと考えられる。