

報告番号 \* 甲第 942 号

# 主論文の要旨

題名 金属微粒子の超伝導

氏名 ..... 松尾 進

# 主論文の要旨

報告番号 ※甲第 942 号 氏名

本研究は金属を粒径 100 Å 前後の超微粒子にした場合の超伝導遷移温度の粒径依存性を実験的に明らかにし、遷移温度の変化を支配している機構が何であるかを調べたものである。本論文は 6 章からなっている。以下簡単に内容を要約する。

## 第 1 章 序論

超伝導に関する実験的、理論的研究およびその応用について概観した。超伝導の応用にとっては、できるだけ高い超伝導遷移温度  $T_c$  を得ることが重要な問題である。金属微粒子の超伝導特性を明らかにすることは理論的な興味があるだけでなく、上記の観点から広い応用への関連という点においても非常に興味のある問題である。本研究は金属微粒子において  $T_c$  が上昇する機構を明らかにし、微粒子あるいは薄膜などを利用することによって高い  $T_c$  を持つ物質を作り出す可能性について見通しを与えることを目的とした。このための研究計画は次の通りである。

- (1) 表面ができるだけ自由な微粒子試料を作製してその  $T_c$  を決定する。
- (2)  $T_c$  の粒径依存性および
- (3) 粒径依存性の、物質による相違を明らかにする。次に
- (4) (1), (2) の性質を統一的に理解できる機構が何かを調べる。

電子-格子相互作用の強さの相違による  $T_c$  の粒径依存性の違いを調べるために、試料として Al、In、Sn、Pb を選び、おもに 90~300 Å の平均粒径の微粒子を対象とした。

# 主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名

## 第2章 試料

上記の目的に適した、表面の自由な超微粒子を得るために、試料作製には不活性ガス中蒸発法を採用した。この方法は次のような利点を持っている。(1) 粒径 100 Å 程度の超微粒子が容易に得られる。(2) 製作条件の制御によって粒径の異なった試料を得ることができる。(3) 微粒子の表面は自由で酸化物の影響が少ない。(4) 各微粒子は内部に欠陥の非常に少ない単結晶である。

従来の微粒子作製装置にいくつかの改良を加えた。その結果、微粒子を空気にさらすことなく回収してそのまま試料とすることができ、また試料の粒径分布の半値幅を平均粒径  $\bar{d}$  の半分程度に抑えることができた。粒径分布の決定は電子顕微鏡によった。

## 第3章 測定法

$T_c$  は反磁性磁化率の立ち上がりが始まる温度、あるいは電気抵抗が消失する温度として決定される。電気抵抗の測定結果は試料の中の一部分の情報しか与えないおそれがあるので、試料全体の平均的な性質を知るために  $T_c$  は反磁性磁化率の立ち上がり点として決定した。磁化率の測定は交流 Hartshorn フリッジによった。粒径分布のそろった試料を大量に得ることは困難であるので、比較的少量の試料で測定が行なえるよう回路の S/N 比を上げることに留意した。対象にしている試料の  $T_c$  が 1.2 K ~ 7.2 K と広範囲であるため、0.5 K ~ 20 K の温度

# 主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名

範囲の磁化率測定に適したクライオスタットを製作した。

## 第4章 測定結果

Pb 以外の微粒子では一般に bulk の  $T_c$  よりも高い温度から反磁性磁化率が増加することが見出された。このことから微粒子の  $T_c$  が bulk の

$T_c$  に比べて上昇していることが明らかとなった。電気抵抗の測定結果もこれを支持している。測定結果をまとめたものが Fig.1 である。Pb を除いて、微粒子では粒径の減少

とともに  $T_c$  が上昇する。上昇の割合は Al が最も大きく、In がそれにつき、Pb は実験誤差の範囲内で上昇は見られない。Sn も

ほぼ In と同程度の上昇を示す。本研究で使用した試料は表面が自由であると考えられる。したがってこの  $T_c$  の上昇は超伝導薄膜などで問題となる下地などの影響ではなくて、微粒子固

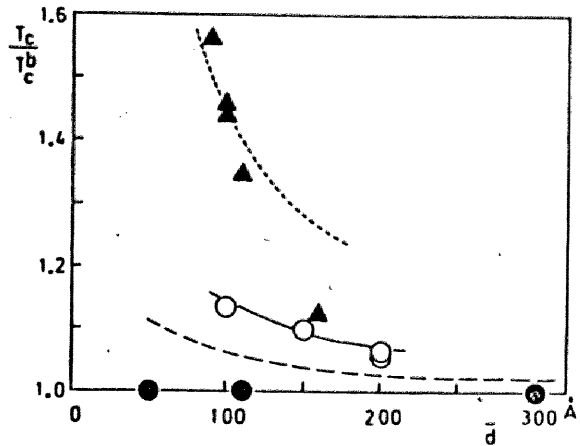


Fig.1  $T_c$  の粒径依存性

縦軸：微粒子の  $T_c$  と bulk の遷移温度  $T_c^b$  の比。

横軸：平均粒径  $d$ 。

△ : Al, ○ : In, ● : Sn.

# 主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号 氏名

有の性質によるものであると結論できる。

## 第 5 章 議論

微粒子の  $T_c$  に影響を及ぼすと考えられる種々の要因について考察した結果、下に述べる「フォノンのソフト化」の考えで各金属における  $T_c$  の粒径依存性を矛盾なく説明できることが明らかとなった。すなわち、微粒子にすることによって表面層の割合は増加し、そのために格子振動が低周波側にずれて（フォノンのソフト化）、格子振動を媒介とした実効的な電子間の引力が強くなり、そのために微粒子の  $T_c$  が上昇すると予想される。そこで、粗い近似ではあるが、アインシュタイン・モデルを用いてこの微粒子化に伴う格子振動周波数のシフトを評価した。すなわち、表面層にある原子の最近接原子数は内部にある原子の場合に比べて少ないからバネ定数は弱くなり、粒子の寸法を小さくするにつれてその効果は大きくなって平均格子振動数は低くなる。このモデルによって、微粒子の平均格子振動数を容易に計算することができる。この結果を進んだ超伝導理論のひとつである McMillan の理論に適用して求められた  $T_c$  の計算曲線を Fig. 1 に示した。用いた近似の粗さにもかかわらず、実験結果と計算曲線はすべての試料について定量的にもかなり良い一致を示している。

# 主論文の要旨

報告番号 ※甲第 号氏名

## 第6章 結論

本研究によって自由な表面を持つ超微粒子の  $T_c$  は一般に上昇することが実験的に明らかとなった。各物質の  $T_c$  の粒径依存性が、表面の割合の増加による「フォノンのソフト化」の考えで統一的に記述できることが示された。この考えは、通常の電子-格子相互作用から生じる電子間引力による限り、 $T_c$  の上昇には限度があることを強く示唆している。したがってこの限界を越えるためには、電子-格子相互作用によらない、例えば超微粒子表面にコーティングした物質との相互作用などによる新しい引力メカニズムに注目する必要がある。