

氏 名	高 田 光 裕 たか だ みつ ひろ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 308 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 45 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Pressure Effect on the Magnetic Properties of Superconducting Pb-Tl and Pb-In Alloys.

(第二種超伝導体の磁氣的性質におよぼす圧力効果)

(主 査)
論文調査委員 教授 高木秀夫 教授 山本常信 教授 辻川郁二

論 文 内 容 の 要 旨

超伝導体の磁氣的性質におよぼす圧力効果の研究については、転移温度や臨界磁場の圧力変化を求め、Bardeen, Cooper, Schrieffer(BCS) の理論との対応関係を検討するものが多いが、すべて第一種超伝導体に限られていた。磁氣的に複雑なふるまいを示す第二種超伝導体については実験上の困難さからこれまで詳しい実験がない。著者は実験上の困難を避けるため、一つには第二種超伝導体の試料として、圧力効果が比較的大きく、臨界磁場の低い鉛合金を用いた。その組成は Pb-3.5at%Tl と Pb-3.5at%In である。他の一つには小型の圧力封じ込め式の高圧容器を採用した。試料の磁化は、容器ともども測定し、容器の磁化を差し引いて求められるので、容器の小さいことと試料の臨界磁場の低いことが必要である。このようにして実験の目的に十分な精度が得られており、磁化曲線を測定することによって得られた種々のパラメーターの圧力変化と、合金の電子状態を記述するパラメーターの圧力変化との関連について、2, 3 の検討を試みている。

まず臨界磁場の低温での温度変化曲線より電子比熱係数が求まるので、電子比熱係数の圧力変化を求めている。この圧力変化の値がPb-Tl合金と、Pb-In 合金とであまり変わらないことから同族の合金元素であるInとTlの荷電子状態の圧力変化がほとんど同じとみなすことができると述べている。

次に第二種超伝導体は、外部磁場が超伝導体内に一部侵入したいわゆる混合状態を示すが、その状態の磁化曲線を記述する Ginzburg-Landau のパラメーターは電子比熱係数と残留抵抗とで表わされる。このパラメーターの圧力変化は、上記の電子比熱係数の圧力変化の値と、別に求めた残留抵抗の圧力変化の値とを用いて、定量的に説明できることを確かめ、理論の妥当性を証明している。一方、この残留抵抗の圧力変化の値は自由電子近似を用いて計算しても説明できないことから、近似の高い理論の必要を述べている。

さらに、BCS理論によると転移温度はフェルミ面での電子の状態密度と、格子振動を媒介とした電子-電子相互作用のパラメーターの関数として表わすことができる。したがって電子比熱係数の圧力変化と、

転移温度の圧力変化とを用い、電子—電子相互作用のパラメーターの圧力変化を求めている。この値を Pb-In と Pb-Tl とで比較すると、電子比熱係数の場合よりも、違いの大きいことから、In と Tl とは荷電子状態が同じでも原子量が異なるため、電子—格子相互作用に差が生じ、上の違いの大きいことが説明できると推論している。

最後に、超伝導性が完全に外部磁場によって破壊される上部臨界磁場のところでは第二種超伝導体は2次の相転移を示す。したがって、熱力学的諸量、例えば圧縮率と上部臨界磁場との圧力変化は、熱力学的関係式により関係づけられ、著者は実際にこの関係の成立していることを証明した。

参考論文は3編あり、その1は、Ni-Fe 合金と Ni-Cu 合金の弾性定数が組成に対し前者は2次的に、後者は1次的に変化することを見だし、規則格子との関連を論じたものであり、その2は、純金属第二種超伝導体である Nb の混合状態における超音波吸収を測定し、それと超伝導状態における磁化との関係を論じたものである。その3は、希土類金属 La が他の物質と異なり、転移温度が圧力とともに増加することについて、その超伝導性に 4f 電子のエネルギー準位が大きい寄与をもつことを論じたものである。

論文審査の結果の要旨

超伝導体に対する圧力効果の研究は、これまで転移温度や臨界磁場を対象として多く行なわれ、Bard-een, Cooper, Schrieffer の理論との対応関係が検討されているが、すべて第一種超伝導体に限られている。磁氣的に複雑なふるまいを示す第二種超伝導体については実験上の困難さから詳しい実験がない。

第二種超伝導体は、外部磁場が超伝導体内に一部侵入した状態、いわゆる混合状態でも超伝導を示す。Ginzburg と Landau はこの状態における磁化曲線を記述する現象論の基礎をつくり、Abrikosov により発展され、Gor'kov はさらに微視的な考察を加え、金属の電子状態との関連を導いた (GLAG の理論)。したがって、外部応力により格子定数を変化させて電子状態を変え、超伝導状態における磁氣的性質の変化との対応関係を検討することは興味深い問題である。

著者は試料として圧力効果の比較的大きい臨界磁場の低い鉛合金 (Pb-3.5at%Tl. と Pb-3.5at%In) を用い、加圧には小型の圧力封じ込め式の高圧容器を採用することによって、低温高圧という極限状態における磁化および電気抵抗の測定を精度よく行ない、巧みに実験上の困難を避けている。

その結果得られた成果は、まず第1に臨界磁場の圧力変化から電子比熱係数の圧力変化を算出していることである。この値は Pb-In 合金と Pb-Tl 合金とで余り変らない。ということは同族の In と Tl の荷電状態の圧力変化はほとんど同じということである。次に、第二種超伝導体の磁化曲線を記述する Ginzburg-Landau のパラメーターの圧力変化は、Gor'kov の考察により導いた電子比熱と残留抵抗との圧力変化と結びつけられている。この点を検討して GLAG 理論の妥当性を証明した。さらに転移温度の圧力変化より電子—電子相互作用のパラメーターの圧力変化を求め、Pb-In と Pb-Tl との間かなりの違いのあることから両者の間に電子—格子相互作用に差があることを結論している。

最後に上部臨界磁場の圧力変化より圧縮率の圧力変化との熱力学的関係の成立を証明している。

なお参考論文3編はいずれもすぐれた労作である。

要するに、高田光裕は第二種超伝導体の圧力効果について現象論的パラメーターとフェルミ面の電子状

態密度等の微視的パラメーターの圧力変化との関係を初めて立証したものであって、この分野の発展に貢献するところが少なくない。参考論文と併せて、著者は、低温物性全般について深い知識と十分な研究能力とをもっていることがうかがわれる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。