

氏 名	本 間 重 雄
	ほん ま しげ お
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 179 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 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 化 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Nuclear Magnetic Spin-Lattice Relaxation in Solid Ortho-Hydrogen below T_1 (転移点以下での固体オルソ水素の核スピン-格子緩和)
論文調査委員	(主 査) 教授 山本常信 教授 辻川郁二 教授 雑賀亜幌 教授 松田博嗣

論 文 内 容 の 要 旨

固体水素がオルソ成分を多量に含む場合、2~3K のあたりで λ -転移を行なうことが知られている。その本性を究明するために理論、実験両面から多くの研究がなされて来たが、最近に至るまで実質的な進歩は見られなかった。中村らの研究により電気的四重極による相互作用が主役を演じていることが確立され、加えて λ -点 (T_1) 以下では結晶構造が HCP ではなくて FCC に変わっていることが実験的に見出されるに及んで、漸くこの問題を本格的に研究する下地が出来あがった。丁度この時機に申請者はこの問題の研究に理論の側から携りいくつかの優れた成果を挙げた。

まず順序として参考論文その 1 から述べる。申請者はこれらの論文において、松田博嗣らと協力して、100%オルソ水素の結晶をとりあげ、 T_1 以下での分子の回転運動の本質をはじめて明らかにした。その出発点は、分子間力が四重極-四重極相互作用であるということの帰結として、分子の回転運動に関する結晶の基底状態が、四つの部分格子からなり、その各々ではすべての分子は適当な軸を量子化軸として $J=1$, $J_z=0$ の回転状態にあるという事実を見抜いたことであった。さて、この基底状態の上に存在する回転励起状態の詳細を論じたものがこの参考論文の中心点であるが、それによると、 $J_z=\pm 1$ の回転状態が波となって結晶内を伝播する。これを申請者らは libron と名づけた。libron の分散式、状態密度をはじめとして、 T_1 以下での回転運動状態についての基本的性質のあらましが、 λ -転移の機構も含めて、論じられた。

これにつづいて、libron の存在を確認するための努力が開始されたが、主論文はこの目的のためになされた研究の一つである。この論文において申請者は NMR のスピン格子緩和に注目する。 T_1 以下では結晶の素励起は通常の音響型フォノンと libron だけであるという前提に立って、緩和時間 T_1 の計算を行なった。libron による効果を求めるためには、反強磁性体での同様な問題を扱った方法を応用している。音響型フォノン及びそれと libron との結合による効果は極めて長い T_1 を与えるのに対して、libron そのものによる効果としては、 T_1 直下では T_1 の大きさの order が 10sec, それより温度が下るにつれて指数

函数的に増加するという結論が導かれた。このことに基づいて、 T_1 の測定が libron の実験的検証に役立つであろうことを指摘した。

これに答えて White et al. は固体重水素について T_1 の測定を行ない、 T_2 の直下で約200secという結果を得た。水素と重水素とでは緩和の機構が異なるために、申請者が主論文で行なった予言を実験と直接比較することは出来ない。そのため、参考論文その4において申請者は両者の緩和機構の異同を比較検討し、結局理論と実験が両立することを結論した。

参考論文その3は、同じく libron の存在を実証するために行なわれた赤外吸収の実験結果の解析であって、やはり肯定的な結論に達している。

参考論文その2は、強磁性体のスピン系における不純物スピンの効果を論じたものである。

論文審査の結果の要旨

固体オルソ水素の分子回転運動に関する研究は最近数年間で急速な展開を遂げたのであるが、申請論文はこのような状況の中で申請者が行なった重要な貢献の報告である。

まず、参考論文その1において、固体状態における水素分子の回転運動が詳細に論じられて、申請者が libron と名づけた回転励起状態の存在することが導かれた。この先駆的な研究に続いて、libron の存在を実証するための研究に入り、主論文では NMRの T_1 の研究がこの目的のために有効であることを提唱した。すなわち、 T_1 を libron の立場から論じて、 T_2 以下での振舞いを予言した。かなり思い切った近似と省略が行なわれているので、結果を文字通り受取ることには若干の困難があるが、大よその趨勢はつかんでいるものと認められる。

この研究に答えて実験が行なわれたが、技術上の理由からそれは固体重水素についてなされたので、直接理論と実験を比較することは出来ない。そのため申請者は参考論文その4において、固体水素と重水素との異同について考察を行なって、主論文の結論が実験結果と両立することを示したが、これは libron の存在を実証する一つの証拠と見られる。さらに参考論文その3は、同じ目的で行なわれた赤外吸収の実験結果の解析であるが、ここでも結果は肯定的である。

以上要するに、申請者は主論文、参考論文を通じて固体水素における分子回転運動の本質の解明に重要な寄与を行なって、量子固体の格子力学の発展に貴重な貢献を行なった。よって、理学博士の学位論文として価値があるものと認める。