

Title	強磁場下における固体および液体酸素
Author(s)	植田, 千秋
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1033">https://hdl.handle.net/11094/1033</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 【14】

氏名・(本籍)	うえ	だ	ち	あき
	植	田	千	秋
学位の種類	理	学	博	士
学位記番号	第	8337	号	
学位授与の日付	昭和63年9月26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	強磁場下における固体および液体酸素			
論文審査委員	(主査)			
	教授	伊達	宗行	
	(副査)			
	教授	岡野	純	教授 榊田 孝司 教授 池谷 元伺
	助教授	山岸	昭雄	

## 論文内容の要旨

酸素分子 $O_2$ は電子基底状態が $^3\Sigma_g^-$ で、磁性研究上、最も基本的な物質の一つである。申請者は $O_2$ 固体相のパルス強磁場磁化過程を測定し、その結果、今まで断片的にしか理解されていなかった固体酸素の3つの相の磁性に関して、はじめての首尾一貫した説明を得ることに成功した。最高温相の $\gamma$ 相( $43.8K < T < 54.4K$ )は、いわゆるA-15型の結晶構造をとり、spinの一次元 short range order が認められる。

その下の $\beta$ 相( $23.9K < T < 43.8K$ )は、スピン構造が二次元三角格子で、やはり short range order が発達していると考えられる。 $\alpha$ 相( $T < 23.9K$ )については、阪大強磁場での磁化測定により spin flop が見いだされ、2軸異方性強磁性体としての性質が明らかになったが、この相もネール点と exchange energy との比較より、低次元性の強い order であると考えられる。以上の様なスピン構造に基づき、帯磁率の温度曲線より各相の exchange energy  $J$ を求め、これを分子間距離  $r$ の関数としてプロットすると、 $J(r) = \exp\{\varepsilon(r - r_0)\}$ の曲線上に並ぶことが明らかになった。さらに、 $\alpha - \beta$ での相転移について両相のポテンシャルを計算した結果、この転移は磁気的エネルギー誘起型であることが明らかとなった。

液体相( $54.4K < T < 90.2K$ )においては、磁場による体積膨張および磁場による液体酸素の透明化という二つの新しい強磁場効果が見いだされた。磁場による体積膨張効果は磁場方向に配向したスピンの反強磁性的な反発力によると予想され、測定の結果 $H_0 = 80kOe$ で0.02%の体積膨張率が観測された。

液体酸素は淡青色を呈する事がよく知られているが、これは単分子の光吸収によるのではなく、二分

子遷移  $2(^3\Sigma) - 2(^1\Delta)$  によるブロードな吸収スペクトル ( $\lambda_{peak} = 6290 \text{ \AA}, 5760 \text{ \AA}$ ) が原因であると考えられている。この吸収は、最終状態での total spin がゼロであるため、角運動量保存則に従い、はじめの基底状態での分子ペアは、各分子のスピンス  $S = 1$  が反平行にカップルしたものでなければならない。従って超強磁場下で基底状態のスピンをそろえるなら、上記の分子ペアの減少により吸収は減少、即ち淡青色は消失することになる。さらに、この効果は液体酸素の帯磁率がキュリー・ワイス則に従うことから、顕著な温度変化をするものと期待される。この効果を検証するため、阪大強磁場において、液体酸素に He-Ne レーザー光 ( $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ ) を透過させ、その強度の磁場変化を測定した。その結果、液体酸素の赤色吸収は磁場に依存して顕著な減少を見せ、最高磁場の  $500 \text{ kOe}$  では、 $T = 77 \text{ K}$  で  $69\%$  の、 $T = 60 \text{ K}$  では  $58\%$  近い減少を観測した。この結果は分子ペア内のスピンス間の交換磁場の作用が、平均場に比べて大きいと仮定することでよく説明できる。なお液体におけるこれら二つの強磁場効果から推定された  $J(r)$  は固体相における  $J(r)$  とよく一致する。

### 論文審査の結果の要旨

酸素分子は比較的簡単な分子構造をもつ数少ない磁性分子として磁性研究の歴史において重要な役割をもってきた。温度を下げる事により酸素ガスは液体となり、そして固体となるが、固体において  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の3相があり、この間の転移はかなりの構造変化を伴うために各相とも単結晶を得ることがむづかしい。そのために磁性の精密な情報、例えば磁気異方性、次元性などを知ることが困難であって、はっきりした事は不明のままであった。

植田君は固体酸素を阪大強磁場を用いて組織的な研究を行った。その結果、上記の  $\alpha$  相においてスピンフロップ転移を発見した。これは多結晶状態で見出されたにもかかわらず単結晶の磁化容易軸の値と同等である事も証明された。また高磁場帯磁率の導出にも成功し、強磁場を用いると多結晶試料から単結晶の諸データを取らせる事を示した。そしてこれらを用いることによりこれまで不明であった固体酸素の磁性像を明確に引き出す事に成功した。

植田君はつぎに液体酸素を強磁場下で調べ、2つの重要な知見すなわち強磁場による液体の淡青色の消失効果、および鉄、コバルトなどの強磁場性体よりもはるかに大きい磁気体積効果を発見した。とくに前者は磁場をかける事によって物質の色が変化する、という極めて珍しい現象であり、世界的にも話題として取上げられている。後者については分子間交換相互作用を取入れることで定量的な説明にも成功している。

これらの成果は強磁場の諸研究の中でもきわだったものとして内外によく知られており、学位論文として充分の価値あるものと判断される。