



た [5]。これらのことから、 $\alpha$  相の反強磁性秩序を壊して磁化を飽和させることができれば、H 型配置が不安定になり、結晶構造が磁場によって変化する可能性が高いと思われました。

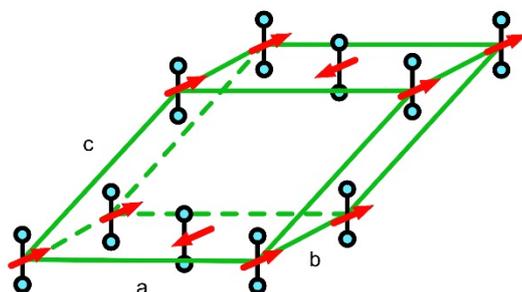


図 2. 固体酸素  $\alpha$  相の結晶構造(単斜晶)と分子配置、および磁気構造(赤矢印)。降温過程において大気圧、23.9 K で  $\beta$  相(六方晶)から反強磁性秩序を伴って  $\alpha$  相への構造相転移が起こる。

帯磁率からの概算では飽和磁場は  $\alpha$  相で 400 T 付近と見積もられ、物性研の破壊型パルス磁場で到達可能です。もっとも固体酸素ではダイマーと異なり 3 次元的な分子配置であるため結晶構造が変化することはそれほど明らかではなく、探索的色彩が強い研究です。さらに、原理的には可能でもマイクロ秒の短い磁場発生時間で果たして相転移がおこるかどうかは大きな心配事でした。しかしながら、兎にも角にもこれこそ物性研超強磁場で挑戦すべきテーマの一つと考え、研究をスタートさせました。

### 3. 超強磁場における光吸収スペクトルと磁化

2012 年 9 月 27 日、最大 187 T までの超強磁場において光吸収スペクトルが強磁場領域で劇的な変化を示し、固体酸素の磁場誘起相転移が初めて観測されました。研究開始から 4 年目のことです。長期の期間を必要とした理由はいくつかありますが、最大の理由は当初の想定よりも実験がずっと困難であったことでした。

固体酸素新規相の発見は、新領域創成科学研究科・物質系専攻、当時修士 2 年生の野村肇宏(としひろ)君(現:博士課程 2 年生)の実験によってなされました。2011 年 4 月の野村君の研究への参画によって(半ば頓挫しかかっていた)研究は大きく進展しました。固体酸素の実験における技術開発や工夫はこの短い記事では紹介する事ができませんが、相転移を見つけるまでの多数の試みは野村君の修士論文 [6] に詳しくまとめられています。

図 3 に光吸収スペクトルの磁場依存性によって、新規相出現を捉えた結果を磁場波形とともに示します [7]。破壊型磁場発生法のひとつである一巻きコイル法(横型)による実験です。2.15 ~ 2.19 eV に暗くみえる部分が酸素由来の吸収帯であり、酸素分子の 2 分子吸収過程に起因しています。約 2.5  $\mu$ s においてこの吸収帯がほぼ消滅しており相転移が起こったことがわかります。このとき磁場は約 120 T です。注目すべきは、吸収帯の消失に加えて、同じタイミングで吸収強度がエネルギーに依存せず一様に小さくなることです。言い換えると固体酸素が急に透明化したと言えます。ここでは詳しい説明は控えますが、この透明化は結晶がマルチドメイン構造であることによる古典的な光散乱効果で理解でき、構造相転移によって結晶の対称性が高くなり、ドメイン境界での光散乱が抑制されたため起こったと考えられます。さらに、遷移の選択則から 2 分子吸収過程は磁化の飽和で消失すべきことを考慮すると、発見された現象は、酸素分子の磁化がほぼ飽和まで急激に増大するメタ磁性転移と構造相転移が同時に起こったため生じたと考えることで説明されます。ダイマーの場合と同様の原理によって、磁化の飽和によって局所的な分子配列が H 型から別の配列に変化した可能性が極めて高いと考えられました。

相転移による光スペクトルの変化は劇的ですが、確かに磁化が転移磁場で急激に増大するかどうかを直接確かめることが、現象の理解を確かなものにします。図 4 は、ピックアップコイルによる誘導起電力測定から直接的に磁化を測定した結果です。測定温度は 4.2 K、縦型一巻きコイル法を用いています。



