

| | |
|--------------|---|
| Title | DyCu ₂ は強磁場でイジング軸転換の夢を見るか |
| Author(s) | 金道, 浩一; 千田, 邦浩 |
| Citation | 大阪大学低温センターだより. 1992, 77, p. 9-12 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/4631 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

DyCu₂は強磁場でイジング軸転換の夢を見るか？

理学部 金道 浩一・千田 邦浩 (豊中4156)

1. 午後の研究室

「・・・そういうわけで千田君、新しいクライオスタットを作ろうやないか」

「わあびっくりした。そんなところからいきなり何言うてるんです金道さん、昼寝してたんでしょ？」

「アホ、昼寝やないがな、ちょっと目つぶって考え事してただけや。そんなことより今ええアイデアが浮かんだんや。そうか、君には最初から説明せなあかん、ちょっと待っとりや、まずは、ああこれや

この図見てみい (図1) これがDyCu₂の磁化曲線や (文献1)。イジング性が強いからこんな磁化過程になってしもてるけどな、これ見ると、a軸が磁化容易軸つまりイジング軸であるのがわかるやろ。そんで2テスラも磁場かけると二段ステップで跳んで、いきなり飽和してしもうとる。この飽和値が10 μ_B 出てるからDyは3価で入ってるんと違うかな、まあ一般にDy³⁺は磁気的な異方性が強くて、イジング軸に垂直な方向では1 μ_B 程度しか磁化がでないという事を考慮に入れると、b軸の挙動に不審な点も感じられるけれど、大体においてDy化合物の感じは出てると思う。せやけど俺は、今見せたこの磁化過程をおもしろい言うてるんと違うねん。二段ステップ言うたかて、そんなに珍しい事やないし、第一このデータは全然強磁場使うてないやろ。実は、おもしろいことはもっと高磁場で起こるんや。ほれこの図見てみい (図2) c軸に磁場かけたらこのまま直線的に磁化が伸びて、もう何も出ないかなと思わせといて、いきなり14テスラで10 μ_B 近くまで跳ぶ。下りの磁場はまるでa軸の様な磁化が出る。実際、その後なんぼ磁場打ってみたかてa軸のような磁化しかでなかったんや。」

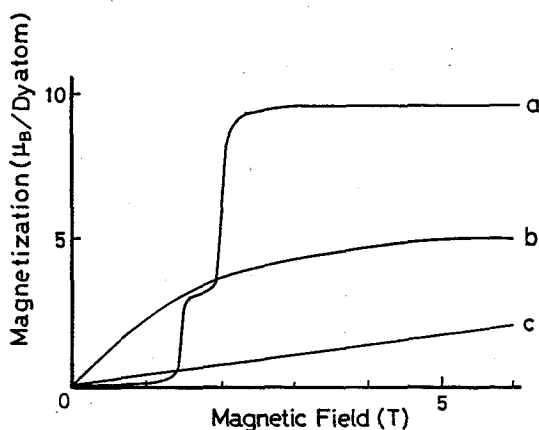


図1：低磁場における各主軸の磁化過程

「わかった、それって異方性が強いんでしょう。きっとサンプルが回転したんですよ。」

「そう思うやろ。ところが、クライオスタットを引き上げて、サンプルを出してみたら、何と元のままやったんや。どや、怖いやろ。」

「いや、別に怖くは無いですが。」

「はなもっと怖い話したろ。a軸になってしまたはずのサンプルを液体ヘリウムが無くなった後もしばらく放っておいて、室温程度まで温度を上げてから、再びヘリウムを入れて磁化を測ったら、元のc軸の磁化が出てしまったんや。どや、怖いやろ。」

「わかった、それって異方性が強いんでしょう。きっとサンプルが回転したんですよ。」

「そう思うやろ。ところが、クライオスタットを引き上げて、サンプルを出してみたら、何と元のままやったんや。どや、怖いやろ。」

「いや、別に怖くは無いですが。」

「はなもっと怖い話したろ。a軸になってしまたはずのサンプルを液体ヘリウムが無くなった後もしばらく放っておいて、室温程度まで温度を上げてから、再びヘリウムを入れて磁化を測ったら、元のc軸の磁化が出てしまったんや。どや、怖いやろ。」

「・・・それはいいですけど、温度を上げて状態が変わってしまうなら低温で何が起こったか決定できないんじゃないですか？」

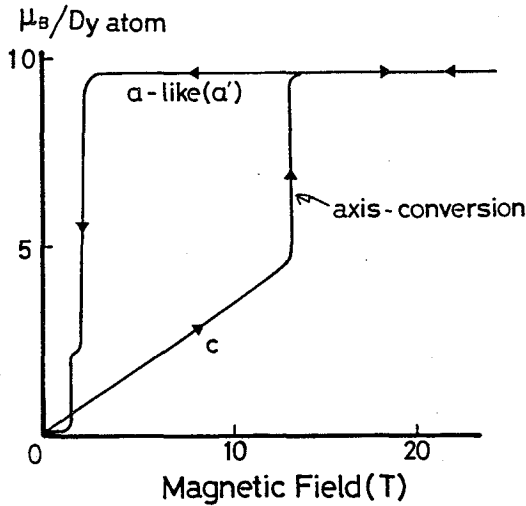


図2：c軸方向に強磁場をかけた時の磁化過程。磁場上昇時はc軸の磁化過程を示すが、14テスラで突然磁化が増加した後は、a軸の磁化過程に酷似する。

めや。本当にイジング軸が入れ換わってしまってるなら、そら世紀の大発見やで。」

「まあ、そういうことにしときましょ。そしたら、作り始めますよ。」

「うん。」

「そう、このままでは何もわからへん、そやけどc軸がa軸になってしまってるならもとのa軸はどないなとんの知りたいやろ。そのためにも新しいクライオスタットを作る必要があるんや。」

「じゃあ僕に何をしろというんですか？」

「つまり、サンプルをヘリウム温度に保ったままで回転させることのできるクライオスタット(図3)を作ればいわけよ。昔、伊達先生と本河先生がE S Rの測定(文献2)で、似たようなものを作ってたんで、それを参考にできると思うで。」

「何かうまいことのせられてるような気がしないでもないんですが。」

「そんなこと無いて、これも人類の進歩のためや。」

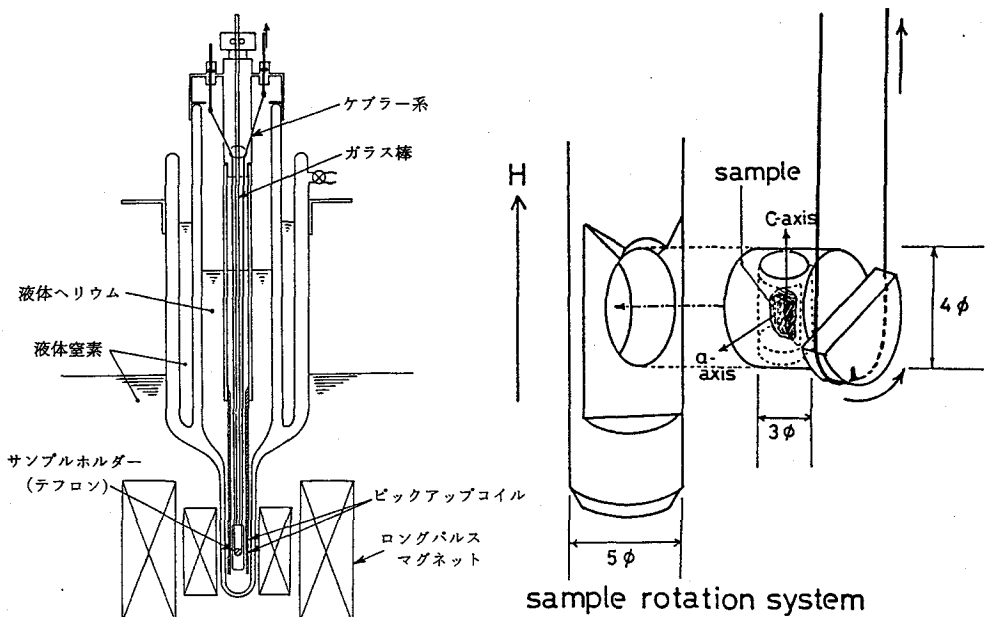


図3：クライオスタットの断面図及びサンプルホルダー部の拡大図。

2. 深夜の実験室

「・・・それにしても橋本先生遅いなあ。」

「誰です？その橋本先生ちゅうのは。」

「そうか、君にはまだ言うてなかったな、橋本さんちゅうたら福岡教育大学の先生で、何を隠そうこの $DyCu_2$ を作りはった方や（文献3）。この単結晶はエライ作りにくいらしくて、なかなかうまいことできひんねや。ようやく良い結晶ができて、今日持ってきてくれるはずなんやけど、文字通り汗と涙の結晶やから、心して測らなあかんで。しかしクライオスタットを作り始めて約1年、まさか測定できる日が来るとは思いもせんかったなあ。ちゃんと測れたらもう思い残すことはあれへん。」

「また大袈裟な事言うて、うまいこと作れたのもすべて僕の努力の賜物ですよん。」

「そらしゃあない、肉体労働は君、頭脳労働は僕、と役割分担が決まってるんもん。それにしても早よ結果出したいねんけどな、サンプルが来んことにはどうしようもないな。ちょっと寝とるから、何かあったら起こしてね。」

（注1）強磁場実験室のソファで寝ると、問題点が自然に解決するというジンクスがあるためと思われる。

「さあ実験始めますよ金道さん、寝てたら放っていきますよ、義務教育や無いんやから。」

「ファアッ、よう寝たわ。いきなりどないしたん？橋本先生は？」

「ええ、細かい事にこだわってはいけません。なぜかもうサンプルのセッティングも終わって、後は測るだけなんです。まずはc軸からです。」

「ほーっ、これはまさしくc軸の磁化曲線。そしたらもっと磁場を上げてa軸へ轉移さそか。」

（注2）展開の速さに不信を抱かれる方もおられると思うが、パルス磁場の時間幅はわずか数十ミリ秒なので、会話が終わる前に測定が完了してしまうためと思われる。

「おーっ、やっぱり14テスラで轉移しましたね。」

「ここ迄はシナリオ通りや。ほな次、元のa軸がどうなってるかサンプルを回してみよか。回せた？よし、まずは低磁場からや。」

「こっこっこれはやっぱりc軸のような磁化曲線（図4左）。ということは、c軸がa軸になると、a軸がc軸になるということですよねえ、すると、このまま磁場を上げていったら、今のc軸のようなa軸が、a軸のようなa軸に戻るんですか？」

「何かややこしいけど、そんなもん、やってみなわからへん。磁場、上げていこうや。それっ。」

「あっ戻った、戻った、しかも5テスラで戻ってしもうた（図4右）。ワーイ世紀の大発見や。」

（注3）深夜の実験では躁状態となってしまった人々を見かける事がしばしばある。このような人達の「大発見」という言葉は一応疑って見る必要がある。上に「世紀の」が付けばなおさらである。

「まあ、なんとか結果は出たようやな。ほな帰ろか。」

3. 午後の研究室2

「さっきの三階での伊達先生と橋本先生のお話わかりました？」

「まあ、だいたいはな。つまり、俺等はイジング軸が磁場で入れ換わる現象を見てるんや。どうもそれ

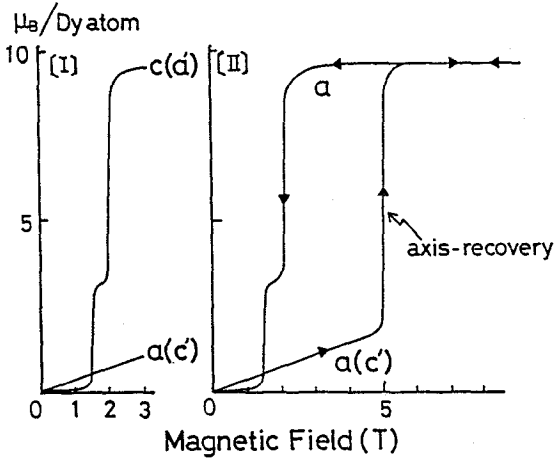


図4：低磁場における転移後の各磁化過程（左）とa軸の再転換（右）。

は事実の様や。それで、転移の機構としては一次相転移のマルテンサイト変態のようなものを考えるとしよう。これは仮定や。0磁場ではa軸にイジング軸があった方がc軸にあるより得やとしくわけやね。ここでc軸に磁場をかけると、ゼーマンエネルギーのために、仮想的にc軸にイジング軸があった場合の方が得になってくる。で、ある磁場になったら耐え切れずに転移してしまうわけや。ちょっと違うかもしれへんけど、イメージとしては活性化エネルギーを与えて低い状態から高い状態へ持ち上げたようなものを考えたらええのやろね。そう思うと、転移後のc軸に磁場

をかけなおして、元のa軸に戻した時に、前より低い磁場で転移が起こった事も納得いくやろ。あくまでも現象論や、何でそうなるかは聞いたらあかんで。」

「でも、こういうことってよくあるんですか？僕は聞いたことがないですよ。」

「そら俺かて無いがな。それにやっぱり普通やないで、これは。つまりゼーマンエネルギーが結晶での磁気的な異方性を凌駕しようちゅうわけやから通常の磁場では起こり得ないはずや。では、起こらへんことがなぜ起こったかというとな、やっぱりDyの磁気モーメントが大きいからやろね。Dyスピンの感じる磁場は、 $S=1/2$ のスピンの感じるはずのゼーマンエネルギーの十倍ものエネルギーになるから、14テスラで転移が起こるということは普通なら140テスラもの磁場が必要ということや。14テスラでも世の中じゃあ十分強磁場なのに、140テスラなんてとんでもないで。他に聞いたことがないというのもしゃないわな。その上、磁場のエネルギーを温度に換算すると、1テスラ=1.4度だから、大体200度で元の軸に戻るという事実も説明できるわけやね。やから現象論としてもそんなに間違いは無いんとちゃうかな。（文献4）」

「自然て奴は、まだ人類の叡智の及ばぬ部分を残しているんですねえ。」

「そらそうや、人類が生まれてたった数百万年、自然が生まれて数百億年や。知恵比べやったら勝たれへんで、自然の方が一枚も二枚も上や。」

「DyCu₂もいつかこの日が来る事を夢見ながら数百億年間眠ってたんでしょかね。」

「そや俺もその姿勢を見習って昼寝といこか。ほな、zzzzzzz・・・。」

参考文献

- 1) Y. Hashimoto et al. : J. Magn. & Magn. Mat. **90 & 91** (1990) 49.
- 2) M. Date and M. Motokawa : J. Phys. Soc. Jpn. **22** (1967) 165.
- 3) Y. Hashimoto et al. : J. Phys. Soc. Jpn. **47** (1979) 67.
- 4) Y. Hashimoto et al. : Phys. Rev. Lett. に投稿中