Osaka University Knowledge Archive

Title	$DyCu_2$は強磁場でイジンク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

$DyCu_2$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う？」

「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な、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$DyCu_2$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10μ_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Dy^{3+}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１μ_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10μ_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。」

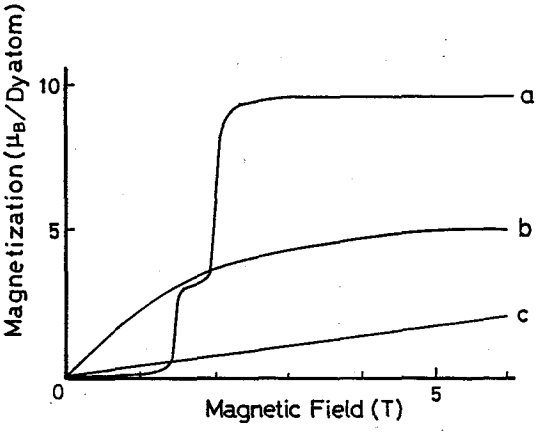

図１：低磁場における各主軸の磁化過程

「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。」

「ほなもっと怖い話したろ。ａ軸になってしも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あないですか？」

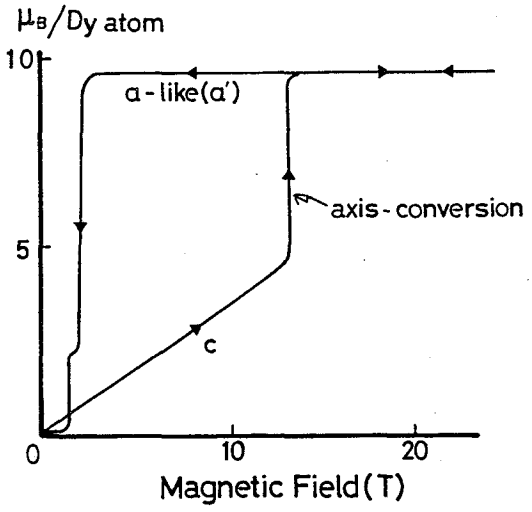

図２：ｃ軸方向に強磁場をかけた時の磁化過程。磁場上昇時はｃ軸の磁化過程を示すが、14テスラで突然磁化が増加した後は、ａ軸の磁化過程に酷似する。

「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軸はどないなっとんのか知りたいやろ。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）を作ればいいわけよ。昔、伊達先生と本河先生がＥＳＲ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。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。」

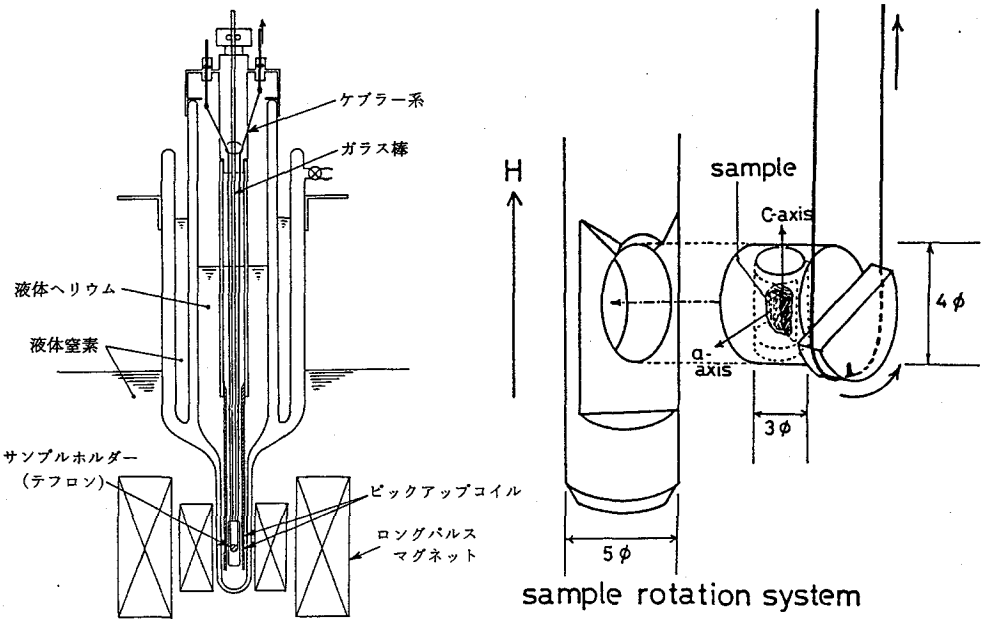

図３：クライオスタットの断面図及びサンプルホルダー部の拡大図。

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やん。」

「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んねんもん。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ーで寝ると、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。」

「ファーアッ、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軸へ転移さそか。」

（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テスラで転移しましたね。」

「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

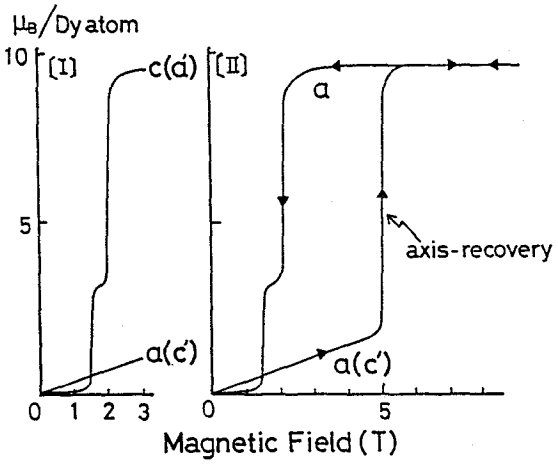

図４：低磁場における転移後の各磁化過程（左）とａ軸の再転換（右）。

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とくわけやね。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やな、やっぱりDyの磁気モーメントが大きいからやろね。Dyスピンが感じる磁場は、S=1/2のスピンが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あないわな。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。」

「$DyCu_2$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うかね。」

「そや俺もその姿勢を見習って昼寝といこか。ほな、ｚｚｚｚｚｚ・・・。」

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. Hasimoto et al. : J. Phys. Soc. Jpn. **47** (1979) 67.

4）Y. Hashimoto et al. : Phys. Rev. Lett.に投稿中