

CeB_{1-x}Tex と SmB₆ の中性子散乱実験 東北大理 遠藤康夫

§1 序

以前より我々の身近な所で行われていた興味深い研究が、この荷教授動を示す稀土類磁性の問題です。我々がとりあげた題材は次の点で中性子散乱研究として興味があります。

CeB₆, CeSb は強い p-f 混成の影響で異常に異方性の強い系でその上近藤効果のかなり複雑な性質を示す：とよく知られております。さて中性子散乱研究の題材としては特に CeSb の見られる温度-磁場面上に展開される奇妙な磁気相図があります。CeB₆ の方がもっと単純ですが、この違いも微妙な結晶場の違いで説明されておりますが、それを説明できるし、磁場をかけた時に見られる Incommensurate 相も、いろいろ模型が考えられておりますが、その成因について実際には模型程簡単ではなろうと考えられる。さて CeB_{1-x}Tex は今 Grenoble の滞在中の世吉君の学位論文の研究成果の一部としてとりあげられたものです。p-f 混成の影響が Fermi 面から出たホール数に大きく依存するという理論的予測との関連で B₂ に Te を混ぜることにより、ホールを埋めていく知果を系統的に丁寧にしていく研究で大変興味深い思。世吉君が中性子回折研究には必要とする単結晶を作った後、これに去年夏に Start しました。まだ系統としては、研究の標準を決める為の予備実験の域を出ませんが、どのような点と目標にしているか又は何をどこで出そうかについて紹介してみたいと思っております。

SmB₆ は以前橋本先生が Wigner 結晶の存在を示唆されて以来ずっと興味を持ってあります。一次元金属(二次元)では起り易い“電子超格子”が構造的に異方性の高い SmB₆ でも理直に電子超格子があれば大変なことでは我々を驚かせることになり得ます。ところで Sm も B も中性子散乱研究にとっては困りもの元素でとてもこの点では中性子散乱実験は出さず、より吸収の小さい同位元素を使わなければなりません。非常に高価な同位元素から成る極めて純度の単結晶を成長させるということが可能になって始めて出さず研究です。そこで Oak Ridge National Laboratory の Moon, Smith 両氏と橋本先生、国井氏と協力して予定よりも小さいがこれに極めて純度の ¹⁵⁴Sm B₆ の単結晶をつくることになりました。直径 5mm の紫色の輝く“宝石”よりはるかに世間とあつと驚かせるような結果は出ていませんが、この2倍の直径の単結晶が出来れば、極めて興味深い結果が出来るという自信が持てましたので、今迄に行なって来た結果を報告して、何故2倍の直径の“宝石”が出来るかを述べると共にします。

§2 CeB_{1-x}Tex (x = 0.05, 0.075, 0.1)

中性子回折実験は、電気抵抗 ρ, 歪測定 Δe/e, 磁化 M の実験を基にして決められた磁気相図から、x = 0.05, 0.075, 0.1 について磁気秩序相の決

定と目的を以て、是れより零磁場の測定を行つた。

実験を始めた前の予測では T_c の増加を経て、ホール数が減つて、 ρ_{xx} の $\uparrow \downarrow$ (001) 交強磁性相が低温側へシフトし、磁気モーメントの小さい層を含む複雑な磁気相 ($\uparrow \downarrow 0$, 交強磁性・パラ相) の出現の期待があった。

$X = 0.05, 0.75$ の 2 つの試料は共に $\uparrow \downarrow$ 交強磁性の相を見つけた。各々 T_N は 21.5 K と 17.5 K にあり、これらのホールは、静的な物性測定の結果とよく一致するが、最初の予測とは違つて単純な (001) 交強磁性秩序相が広い温度範囲で安定化している。

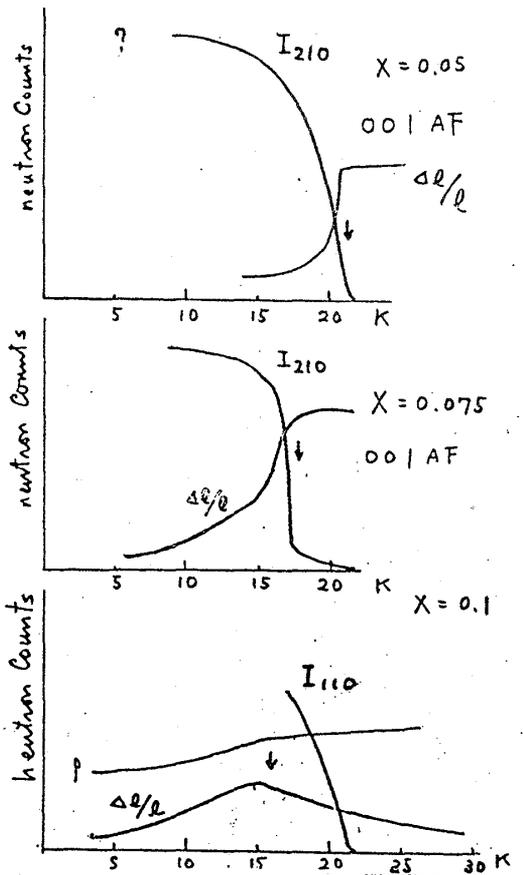
と、この $X = 0.1$ の試料では T_N が約 23 K 迄再び上昇する。この温度付近には電気抵抗、歪測定の結果も著しく異常が見られる。尤も $X = 0.1$ ではこれらの静的な物性の温度変化は $X < 0.1$ の試料とはかなり違つて、低温での変化量は小さい。磁気秩序も今のところ不完全であるが (001) 交強磁性相の相抽出されて...

これだけの結果から先は見逃す可い特徴がいくつか見られる。すなわち T_c が CeBi に近い perturbation 的の振舞う濃度と、この 10% 以内であると考へてよいと思われる。即ち Ce ion の廻りの Prictite の $1/4$ と $1/2$ の Bi から T_c の遷移は、状態ではかなり局所的にも電子構造が変化している新しい「構造」と基元として考へざるを得ないのではなからうか。最近世官表の予知から、このことを予想された実験結果が出版されると知らせてくれた。従つて我々は典型的な CeBi の延長として考へられる $X = 0.05$ 、新しい系として考へられる $X = 0.1$ の焦点を以て、磁場 ($H \leq 50 \text{ kOe}$) 中の相図の研究を続ける予定である。

§ 3. SmB_6

$^{154}\text{SmB}_6$ の単結晶 (5mm 中) の非弾性散乱を行つて、低温におけるバンドギャップを導くと思われている数々の特性 (電気抵抗, 比熱, NMR) の異常の直接的検証を目的として...

非弾性散乱の測定には充分形状の大きい (棒状) 単結晶が必要である。 ^{154}Sm の同位



中性子回折による交強磁性相の強さの温度変化。

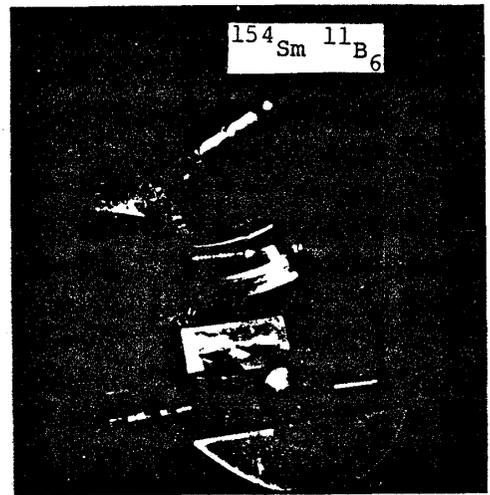
$X = 0.05, 0.075$ の試料の $\Delta\rho/\rho$ の測定から推測した T_N と一致する。対し $X = 0.1$ の T_N は推測より非常に高い。

このことを予想された実験結果が出版されると知らせてくれた。従つて我々は典型的な CeBi の延長として考へられる $X = 0.05$ 、新しい系として考へられる $X = 0.1$ の焦点を以て、磁場 ($H \leq 50 \text{ kOe}$) 中の相図の研究を続ける予定である。

元素の価格と昔との限界がある。そこで我々は今回成長可能な大きさの単結晶で分析せたいのことが出来る。又立方晶格子の乱雑研究を容易にする為には、この量の試料を推測する為の準備的実験を行った。

実験は DRNL の一週間滞在期間に Acoustic phonon の測定を室温に於て行われた。

右の写真は Geiger counter にセグされた $^{154}\text{Sm}^{11}\text{B}_6$ の単結晶で散乱面 (011) 面になるように配向してある。下の図は室温における非弾性スペクトルの一例である。



$^{154}\text{Sm}^{11}\text{B}_6$ 単結晶の写真

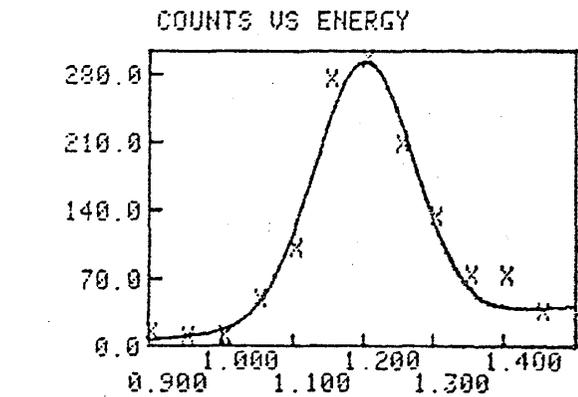
(gonio meter の失印

の部分。垂直軸は (110) 方向に平行にしてある)

この結果から低温における散乱強度の測定には重要な情報を推定することが出来る。

$$n_{4K} / n_{295K} = \frac{1 + e^{-\hbar\omega}}{1 + e^{-\hbar\omega}} \approx \frac{1}{2.2}$$

又今合解能は $\sim 60^\circ$ で測定してある。電子の帯利バンドの進行方向に散乱の線中の測定は合解能と $\sim 10^\circ$ 角に $20'$ の幅がある。全ての散乱



[4, 0.15, 0] の Q-一定のスペクトル。単位は THz
1 THz \sim 4.2 meV.

θ - ω の collimation を例として今の $60'$ と $20'$ にすると強度の減少は

$$\left(\sqrt{\frac{20}{60}}\right)^4 = \frac{1}{9}, \quad 10' \text{ にすると } \left(\sqrt{\frac{10}{60}}\right)^4 = \frac{1}{36}$$

と見積られる。従って低温でこの実験を同じ位の散乱強度を達成する為には得る為には $20'$ から $70'$ 程度の厚さの試料が必要とされる。その直径 10 mm、長さ 20 mm 程度の単結晶が必要である。この要求は満たされる。右の図は室温の音響モードの格子振動の分散曲線。LaB₆ のそれと比べても、室温以下の散乱強度はとらえられている。

