

# CeB<sub>1-x</sub>Tex と SmB<sub>6</sub> 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。

CeB<sub>6</sub>, 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らんだ複雑な性質を示す：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。CeB<sub>6</sub> 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、それ程説得力が乏しい。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からうと考えられる。さて CeB<sub>1-x</sub>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 B<sub>2</sub> 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要するほどの単結晶を作って呉れられたので去年夏に 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まで出来るかについて紹介してみたいと思っております。

SmB<sub>6</sub> 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 SmB<sub>6</sub> 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来ない。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来る研究です。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 <sup>154</sup>Sm B<sub>6</sub> 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”からはまだ世間とあつて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<sub>1-x</sub>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、 $\rho_{xx}$  の  $\uparrow \downarrow$  (001) 交換磁気相の低温側へのシフト、磁気モーメントの小さい層を含む複雑な磁気相 ( $\uparrow \downarrow 0$ , 交換磁気パラ相) の出現の期待があった。

$X = 0.05, 0.075$  の 2 つの試料は共に  $\uparrow \downarrow$  交換磁気相の出現が見つけられ、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) 交換磁気秩序相のみ、温度範囲で安定化している。

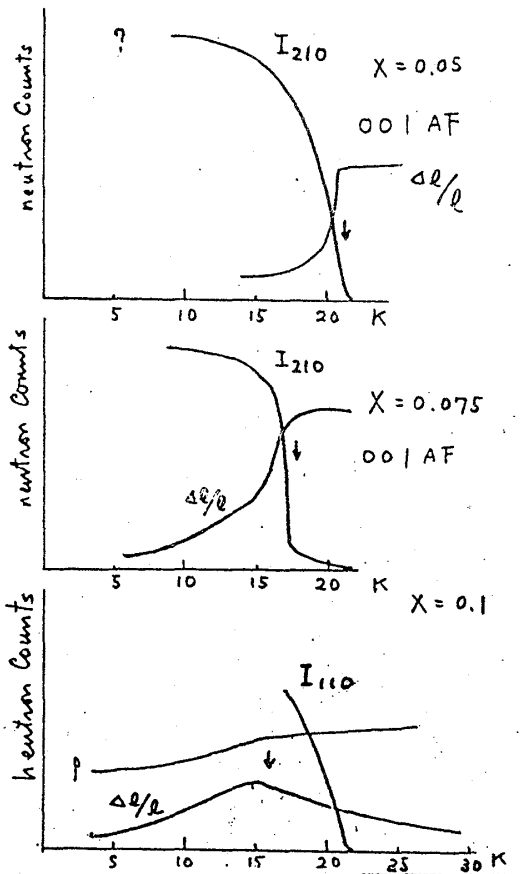
これより  $X = 0.1$  の試料では  $T_N$  が約 23 K 迄再び上昇する、この温度付近には電気抵抗、歪測定の結果も著しく異常が見られる。尤も  $X = 0.1$  ではこれらの静的な物性の温度変化は  $X < 0.1$  の試料とはかなり違つて、低温での変化量は小さい。磁気秩序も今のところ不完全であるが、(001) 交換磁気相の抽出されてくる。

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  $T_c$  は CeBi に對して perturbation 的に振舞う濃度と云ふのが、10% 以内であると考へてよいと思われ、即ち Ce 濃度の廻りの Pnictide の  $1\% \sim 1.5\%$  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、新しい「構造」と基盤として考へざるを得ないのではなからうか。最近世官表の予報から、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. $\text{SmB}_6$

$^{154}\text{SmB}_6$  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くる。

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。 $^{154}\text{Sm}$  の同位



中性子回折による交換磁気相の強さの温度変化。

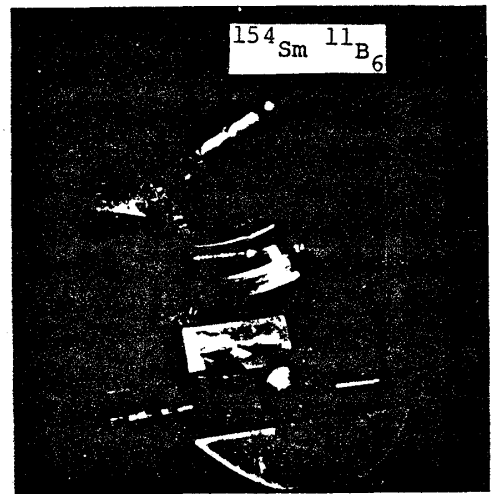
$X = 0.05, 0.075$  の試料の  $\Delta\rho/\rho$  の測定から推測した  $T_N$  と一致する。尤も  $X = 0.1$  の  $T_N$  は推測より非常に高い。

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単結晶で分析せよとのことが出来る。又立方晶格子の散乱研究を容易にする為、この結晶の量を増やす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必要経路を推定すると次のようになる。

$$n_{4k} / n_{295k} = \frac{1 + e^{-\frac{E}{kT}}}{1 + e^{-\frac{E}{kT_0}}} \approx \frac{1}{2.2}$$

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  $20'$  の幅を必要とし、全ての散乱強度の減少は

$\theta$  の collimation を例として  $60'$  と  $20'$  にすると  $\frac{1}{9}$  の減少は

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

と見積られた。従って低温でこの実験を同じ位の散乱強度を必要とする合解能で得る為には 20倍から 70倍程度の厚さの試料が必要とされる。その直径 10mm、長さ 20mm 程度の単結晶が得られれば、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。LaB<sub>6</sub> のそれと比べても、室温にソフト化の傾向が認められる。

