

O-17

C15 型ラーベス化合物 CeRu_2 と CeFe_2 の遍歴磁性への Ru/Fe サイト置換効果Ru/Fe substitution effects on itinerant magnetism of C15-type Laves compound CeRu_2 and CeFe_2 ○田中涼雅¹, 高柳和也², 渡辺忠孝³*R. Tanaka¹, K. Takayanagi², T. Watanabe³

Abstract: Laves-phase intermetallic compound CeRu_2 and CeFe_2 have the C15-type cubic crystal structure. While CeRu_2 exhibits heavy-fermion superconductivity with $T_c \sim 6$ K, CeFe_2 exhibits a ferromagnetic transition at $T_c \sim 240$ K. We study Ru/Fe substitution effects on the itinerant magnetism of CeRu_2 and CeFe_2 by investigating the structural and magnetic properties of polycrystalline $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$.

1. はじめに

Laves 化合物は AB_2 組成の 2 元系金属間化合物であり, その A サイトと B サイトは原子半径比が $A : B = 1.225 : 1$ に近い値の組み合わせの希土類元素もしくは遷移元素から構成される. 結晶構造は, C14 型(六方晶), C15 型(立方晶), C36 型(2重六方晶)の 3 つのタイプがある.

CeRu_2 と CeFe_2 は, C15 型 Laves 化合物の一種であり, Ru/Fe サイトがパイロクロア構造と呼ばれる頂点共有の正四面体格子構造を形成している (Figure 1). このパイロクロア構造は, 磁性元素で構成される場合に幾何学的フラストレーションを生じる構造として知られている. 幾何学的フラストレーションとは, 磁性体において磁性イオン間に強い磁気相互作用が働くにも関わらず, 結晶構造の幾何学的制約により磁気相転移が出来ない状況を指す. 幾何学的フラストレーション磁性体では強いスピン揺らぎが生じ, 新奇かつ多彩な量子現象と基底状態が生まれる.

CeRu_2 は $T_c \sim 6$ K で超伝導転移を示す重い電子系の超伝導体であるが, 一方の CeFe_2 は, $T_c \sim 240$ K で強磁性転移を示す [1, 2]. 我々は, 同一の結晶構造を有する CeRu_2 と CeFe_2 について, それぞれの遍歴磁性への Ru/Fe 置換効果を研究するために, $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ の多結晶作製と物性評価を行ったので報告する.

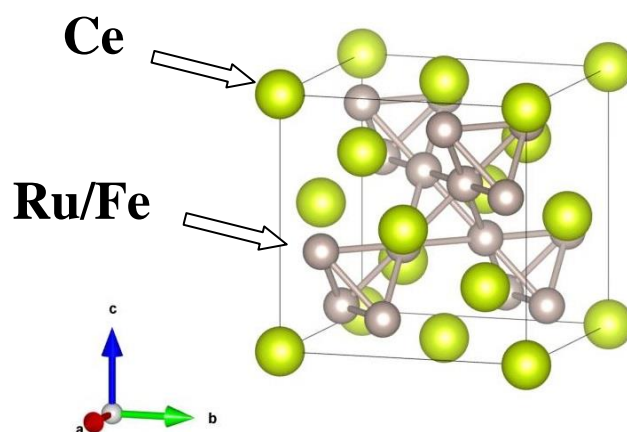


Figure 1. Crystal structure of C15-type Laves compounds CeRu_2 and CeFe_2

2. 実験方法

$\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ の多結晶試料は, アルゴンガス雰囲気中でのアーク溶融法により作製した. 原材料には Ce(99.9%)のインゴット, Ru(99.9%), Fe(99.9%)の粉末を使用した.

試料作製手順は, まず化学量論比に従い, Ce インゴットの質量を基準に Ru, Fe 粉末を秤量し, 5t で 20 分間 Ru, Fe 粉末を圧粉固形化した. 次に, この圧粉体を Ce インゴットと共にアーク溶融し凝固させた. その後, 不純物の除去と結晶構造の安定化を目的として, 950°C で 1 週間のアニール処理を施した.

作製した多結晶試料は, 粉末 X 線回折(XRD)測定で結晶構造評価を行い, 物性評価として磁化率の温度依存性を測定した.

3. 実験結果

3-1. 粉末 X 線回折(XRD)測定

Figure 2 に $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ の多結晶試料における粉末 XRD パターンを示す. 主相として C15 型の Laves 相が得られた. また, アニール処理により不純物相が抑制され純化した試料がある一方で, 不純物相の発生が見られた試料もあった.

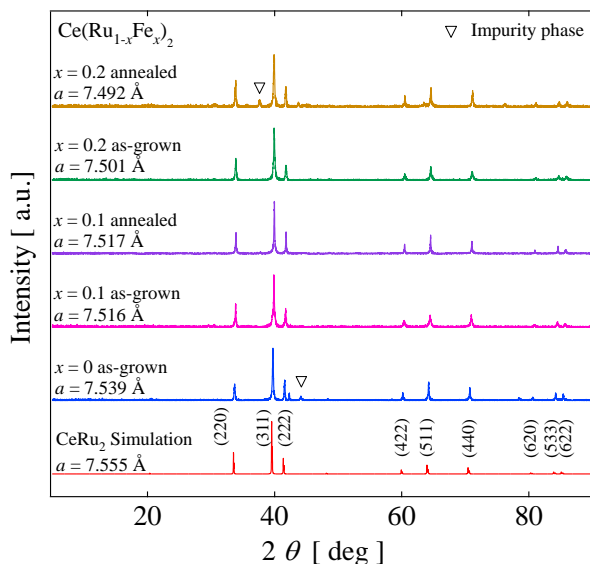


Figure 2. Powder XRD patterns of polycrystalline $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ ($x = 0, 0.1, 0.2$)

3-2. 磁化率測定

Figure 3 と Figure 4 に, $x = 0.1$ のアニール試料と $x = 0.2$ のアニール試料の磁化率の温度依存性をそれぞれ示す. $x = 0.1$ の試料では, $H = 100 \text{ Oe}$ でキュリーワイス的な振る舞いがみられ, $H = 10 \text{ Oe}$ では $\sim 14 \text{ K}$ 以下の低温で反磁性を示した. $x = 0.2$ の試料では, $H = 100 \text{ Oe}$ で非単調な温度依存性がみられ, $H = 10 \text{ Oe}$ では $\sim 30 \text{ K}$ 以下の低温で反磁性を示した.

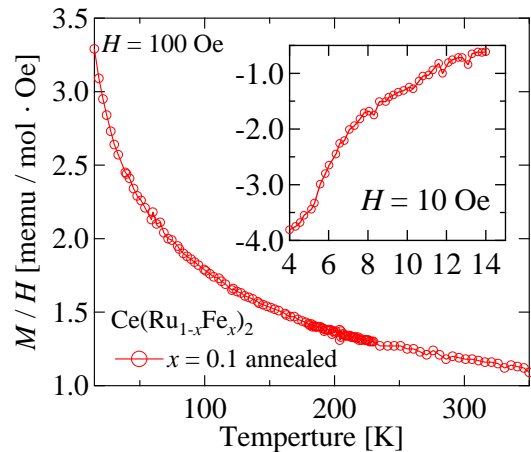


Figure 3. Temperature dependence of magnetic susceptibility in annealed $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ polycrystal with $x = 0.1$

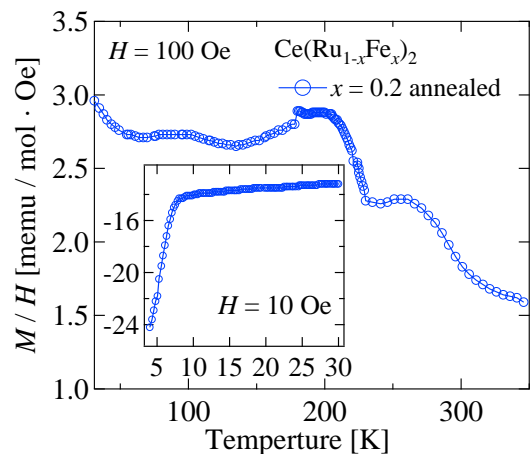


Figure 4. Temperature dependence of magnetic susceptibility in annealed $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ polycrystal with $x = 0.2$

4. まとめ

$\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ の多結晶作製を行い, 粉末 XRD 測定による結晶構造評価の結果, 主相として C15 型 Laves 相が得られたことがわかった. また, 磁化率測定では, Ru/Fe 置換量に依存した振る舞いが確認された.

当日の発表では, 様々な Fe/Ru 置換量の $\text{Ce}(\text{Ru}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ 試料の実験結果について, より詳細に報告する.

5. 参考文献

- [1] A. D. Huxley et al., Journal of Physics; Condensed Matter **5**, 7709(1993).
- [2] H. P. Kunkel et al., Philosophical Magazine B **65**, 1207 (1992).