

高エントロピー型カンター合金 $ACrMnFeCoNi$ ($A = V, Cu$) の合成Synthesis of high-entropy-type canter alloys $ACrMnFeCoNi$ ($A = V, Cu$)○奥村陸¹, 安田裕一², 猪瀬卓己², 宮坂響², 渡辺忠孝³*R. Okumura¹, Y. Yasuda², T. Inose², H. Miyasaka², T. Watanabe³

Abstract: Cantor alloy $CrMnFeCoNi$ is a high-entropy alloy that shows an antiferromagnetic transition at about 25 K. It is expected in this substance that strong bond frustration occurs due to its inhomogeneous crystal structure consisting of five magnetic transition-metal elements. We performed synthesis of polycrystalline $VCrMnFeCoNi$ and $CuCrMnFeCoNi$ and evaluation of their crystal structures and magnetic properties.

1. はじめに

近年, 材料科学の分野では, 多種の元素が単一の結晶構造を形成する合金が高エントロピー合金と呼ばれ注目を集めている (Figure1). 高エントロピー合金は5成分以上の元素からなる等比組成に近い不規則固溶体であり, 原子の配置エントロピーが高いことが呼称の由来となっている. 高エントロピー合金では, 格子の持つ著しい不均一性が物性に多様な影響を及ぼしていると考えられており, 例えば室温から高温での優れた力学的特性 (高強度と高延性の両立) は構造材料としての応用という観点から注目されている. 一方, 低温での基礎物性という観点からは, 高エントロピー合金は多種の磁性元素に働く磁気相関に競合 (ボンドフラストレーション) が生じることが期待される. 我々は, 磁性元素からなる高エントロピー合金にランダム磁性体として注目し, 新しい電子物性を探索する基礎物性研究を行っている.

代表的な高エントロピー合金であるカンター合金 $CrMnFeCoNi$ は, 5種の磁性遷移元素からなる物質であり, 結晶構造的にはランダム磁性体と考えられるにもかかわらず $T_N \sim 25$ K で反強磁性転移を示す [1]. 今回我々は, カンター合金のさらなる高エントロピー化が生み出す新物性の探索を目的として, 6元素である

$VCrMnFeCoNi$ と $CuCrMnFeCoNi$ の多結晶作製と物性評価を行ったので報告する.

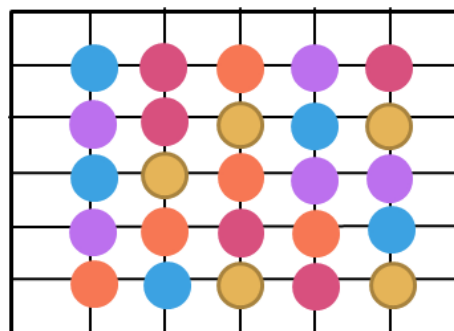


Figure 1. Schematic crystal structure of high entropy alloy.

2. 実験方法

$VCrMnFeCoNi$ 及び $CuCrMnFeCoNi$ の多結晶試料は, アルゴンガス雰囲気中でのアーク溶解法により作製した. 原材料には, V (99.5%), Cr (99.99%), Mn (99.99%), Fe (99.99%), Co (99.99%), Ni (99.99%), Cu (99.9%) の粉末を使用した. 試料作製手順としては, まず化学量論比に従い, V, Cu 粉末の重量を基準として Cr, Mn, Fe, Co, Ni 粉末を秤量し, 5 t で 20 分間圧粉成形した. 次に, この圧粉体をアーク溶解し凝固させた.

アーク溶解法で作製した多結晶の as-grown 試料については, 試料の均質化を図る目的でアニール処理を施した. アニール処理の手順は, まずタンタル箔で包んだ試料を石英管に入れ, 真空ポンプを用いて 3.0×10^{-3} Pa 以下で真空封管した. 次に封管された石英管を電気炉で 900°C , 7日加熱した. その後に試料を急冷させるために 900°C の電気炉の中から石英管を取り出した.

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 VCrMnFeCoNi の, **Figure 3** に CuCrMnFeCoNi の多結晶試料における XRD パターンを示す。**Figure 2** の sample A は圧粉前に粉末を混合せずに作製した試料で, sample B は混合して作製した試料である。

Figure 3 の sample A, sample B は圧粉前に粉末を混合して作製した同一試料の別部位を測定したもので, sample C は混合せずに作製した試料である。

Figure 2 の VCrMnFeCoNi については, 面心立方 (fcc) 晶, 体心立方 (bcc) 晶, 六方最密 (hcp) 晶の混合相が得られた。**Figure 3** の CuCrMnFeCoNi については, 主相として fcc 晶が得られたが, 試料に依存して XRD ピーク強度が異なることが確認された。

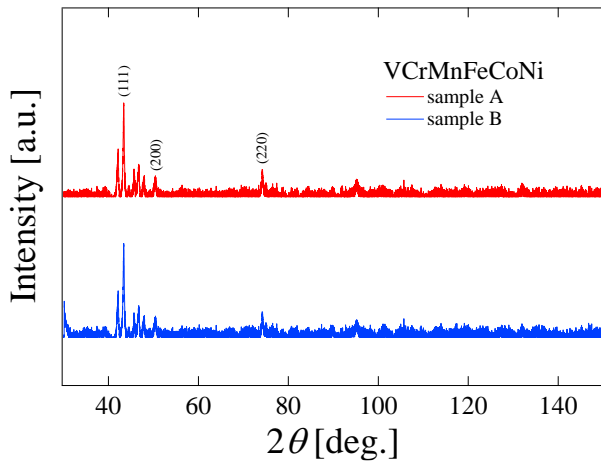


Figure 2. XRD patterns of polycrystalline VCrMnFeCoNi.

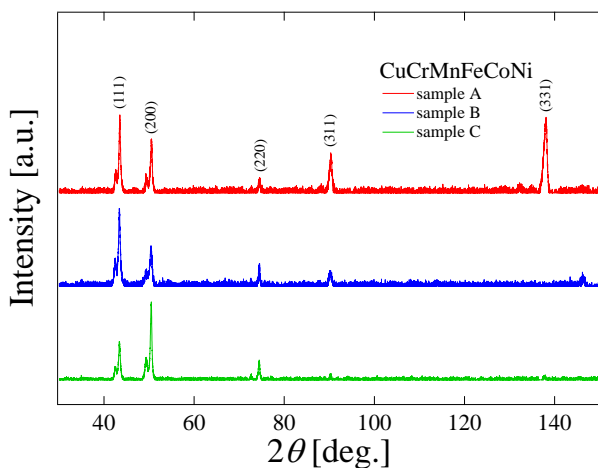


Figure 3. XRD patterns of polycrystalline CuCrMnFeCoNi.

3-2. 磁化率測定

Figure 4 に CuCrMnFeCoNi の多結晶試料の磁化率の温度依存性を示す。~30 Kでの強磁性的な磁気転移が確認された。

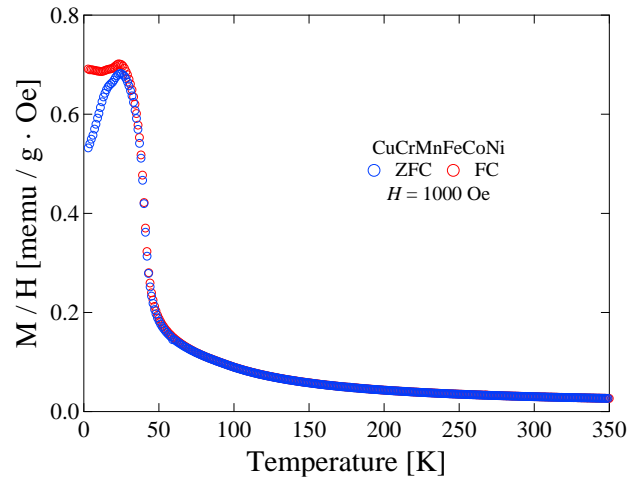


Figure 4. Temperature dependence of magnetic susceptibilities in polycrystalline CuCrMnFeCoNi.

4. まとめ

高エントロピー型カンター合金 VCrMnFeCoNi と CuCrMnFeCoNi について, 多結晶作製と物性評価を行った。XRD 測定を行った結果, VCrMnFeCoNi では fcc 晶, bcc 晶, hcp 晶の混合相が得られたことが確認され, CuCrMnFeCoNi では主相として fcc 晶が得られたが XRD ピーク強度に試料依存がみられることが確認された。また, CuCrMnFeCoNi 多結晶について磁化率測定を行ったところ, ~30 K での強磁性的な磁気転移が確認された。当日の発表では, VCrMnFeCoNi の磁化率及びアニール処理による影響の実験結果も含めてより詳細に報告をする。

5. 参考文献

- [1] K.Jin *et al.*, Sci. Rep. **6**, 20159 (2016).