

中性子回折による磁気冷凍材料 $R_5\text{Pd}_2$ ($R = \text{Ho}, \text{Tb}$) の短距離秩序

北澤英明¹、河村幸彦²、L. Keller³、寺田典樹¹、鈴木博之¹、間宮広明¹、A. Dönni¹、S. Lee⁴、目時直人⁵、金子耕士⁵、井川直樹⁵

(¹物材機構¹、CROSS 東海²、PSI³、KAERI⁴、原子力機構⁵)

Short-range ordering of magnetic refrigerant materials $R_5\text{Pd}_2$ ($R = \text{Tb}, \text{Ho}$) by neutron diffraction

H. Kitazawa¹, Y. Kawamura², L. Keller³, N. Terada¹, H. S. Suzuki¹, H. Mamiya¹, A. Dönni¹, S. Lee⁴, N. Metoki⁵, K. Kaneko⁵, N. Igawa⁵

(¹NIMS, ²CROSS-Tokai, ³PSI, ⁴KAERI, ⁵JAEA)

はじめに

水素は新しいエネルギーキャリアとなり得る候補の一つとして注目されている。水素大量消費社会の実現のためには、従来よりも安価かつ安全に供給するための水素液化技術として、磁気冷凍による液化技術が期待されている。そのためには、液化に必要な温度領域 (77K-20K) でより大きな磁気エントロピー変化を示す材料開発が求められている。

立方晶 Dy_5Pd_2 型結晶構造を持つ Ho_5Pd_2 は、反強磁性体 ($T_N = 28\text{K}$) であるにもかかわらず、水素の沸点 20K に近い 34 K で非常に大きな磁気熱量効果 (MCE) があるとの興味深い報告が Samanta¹⁾ によってなされた。我々は Ho_5Pd_2 の磁気構造に興味を持ち、以前、JRR-3 に設置された熱中性子を使った粉末中性子回折実験を行った。 Ho_5Pd_2 は $T_g (=T_N)$ 以上から $\mathbf{k} = [0.18, 0.18, 0.18]$ の不整合伝搬ベクトルを持った秩序が発達しつつも、低温 5K まで長距離秩序を持たないグラス秩序を取っている事が示唆された。今回、より長周期の情報を得るため、スイス PSI 中性子実験施設 SINQ に設置された冷中性子回折計 DMC を用いて、参照物質 Tb_5Pd_2 ($T_g = 70\text{K}$) 多結晶試料の回折パターンの温度変化を測定した。

実験方法

中性子回折実験は、SINQ (スイス PSI) の冷中性子回折計 DMC ($\lambda = 4.507 \text{ \AA}$) で行われた。アーク炉で溶解後、800°C で 100 時間程度真空焼鈍された多結晶体を粉末化した試料が実験で用意された。

実験結果

図 1 に 1.5 K ~ 70 K の温度範囲における中性子粉末回折パターンを示す。90 deg 以上に観測された鋭いピークは、核散乱からの回折パターンである。 $T_g = 28\text{K}$ よりも遙かに高い 70K から温度が下降するに従って、低角の 5deg 付近に $\mathbf{k} = [\delta, \delta, \delta]$ ($\delta = 0.18$) の幅広いピークが発達して行く様子が観測された。また、 $\mathbf{k} = [1, 1, 1]$ のサイドの $\mathbf{k} = [1 \pm \delta, 1 \pm \delta, 1 \pm \delta]$ にも幅の広く弱いピークも観測された。 $\mathbf{k} = [\delta, \delta, \delta]$ のピークの積分強度を温度の関数としてプロットすると T_g から低温に向かって急激に増加する事がわかった。

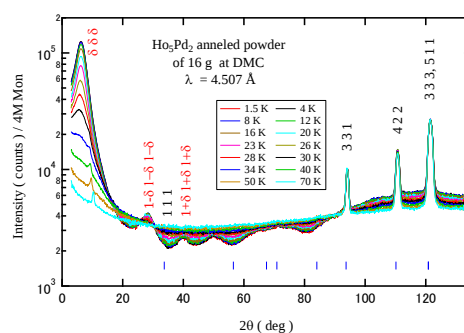


Fig. 1 Temperature dependence of neutron powder patterns of Ho_5Pd_2 .

謝辞

本研究は、JST 未来社会創造事業「磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発」(課題 ID: 18077503) の一環として実施しました。

参考文献

- 1) T. Samanta, et. al., Appl. Phys. Lett. 91, 082511 (2007).