

蛋白質 PfV 結晶への超常磁性 Co-Pt ナノ粒子の合成

谷口 誠¹、白土 優¹、東浦彰史^{2,3}、福西亮太¹、岸田憲明¹、
田口英次⁴、保田英洋⁴、中谷亮一¹、中川敦史²

(1 阪大工、2 阪大蛋白研、3 広島大医系科学、4 阪大超高压電子顕微鏡センター)

Synthesis of superparamagnetic Co-Pt nano-particles in protein cage structure, PfV crystal

M. Taniguchi,¹ Y. Shiratsuchi,¹ A. Higashiura,^{2,3} R. Fukunishi,¹

E. Taguchi,⁴ H. Yasuda,⁴ R. Nakatani¹ and A. Nalagawa²

(1 Grad. Sch. Eng., Osaka Univ., 2 Inst. Protein Research, Osaka Univ., 3 Hiroshima Univ., 4 Research Center for Ultra-High Voltage Electron Microscope, Osaka Univ.)

【研究目的】 磁性ナノ粒子の集合体は、粒子サイズや配列によって様々な磁気状態を示す。これらの磁気状態を制御するためには磁性ナノ粒子間の磁氣的相互作用（双極子相互作用など）を制御することが不可欠であり、これにはナノ粒子サイズと配列の両方を正確に制御する必要がある。蛋白質の中には自発的に球殻構造を生成する蛋白質があり、この球殻構造にはサイズ分散がなく、また、蛋白質の結晶化によって球殻構造を3次元に規則的に配列させることができる。すなわち、球殻構造を有する蛋白質を結晶化させた蛋白質結晶をテンプレートとして用い、蛋白質内部に磁性ナノ粒子を合成することによりサイズ分散の小さい規則配列した磁性ナノ粒子の合成が期待できる。我々は *Pyrococcus furiosus* virus-like Particle (PfV)^{1,2)} をテンプレートとして、結晶化させた PfV（以下、PfV 結晶）中を利用した磁性ナノ粒子の3次元規則配列を目指している。本研究では、PfV 結晶中への Co-Pt ナノ粒子合成、およびその磁気特性について報告する。

【実験方法】 PfV の作製は、PfV サブユニットの大腸菌内での培養、大腸菌破碎、精製、球殻構造の再構築により行った。作製した PfV をハンギングドロップ蒸気拡散法により結晶化した。作製した PfV 結晶を組成制御した Co, Pt イオン溶液に浸し、還元剤 (NaBH₄) を加えることで Co-Pt ナノ粒子を合成した。PfV の分子量分析には SDS-PAGE、PfV 結晶の結晶構造・結晶性の評価には放射光 X 線回折法、PfV 結晶の形状観察には光学顕微鏡、合成した Co-Pt ナノ粒子の構造評価透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いた。放射光 X 線回折は、SPring-8 BL44XU において行った。SPring-8 BL44XU における構造評価に際して、Co L_{III} および Pt L_{III} 吸収端における EELS 測定も同時に行った。磁気特性評価には振動試料型磁力計 (VSM) を用いた。

【実験結果】 Co および Pt イオンをソーキングした PfV 結晶に対する EELS 測定により、PfV 結晶中に Co, Pt イオンが取り込まれていることを確認した。本結晶に対して還元処理を行うことにより、結晶色の変化が観察され、磁気特性においても非線形な磁化曲線が観察された。(Fig. 1) 観察された磁化曲線において保磁力と残留磁化は、室温において零である。一方、5 K にける磁化曲線においては約 1 kOe の保磁力が観察され、250 Oe 以下で測定した磁化の温度依存性においては、ゼロ磁場冷却 (ZFC) 後の磁化の温度依存性において明確なピークが観察される。さらに、Co-Pt ナノ粒子の TEM 像には、約 2-4 nm 径のナノ粒子が観察されることから、合成された Co-Pt ナノ粒子は室温において超常磁性状態にあることが示唆される。ZFC 後の磁化のピーク温度は、測定磁場に対して単調に減少することから、Neel 緩和が ZFC 後の磁化の支配的な要因であるものと考えられる。

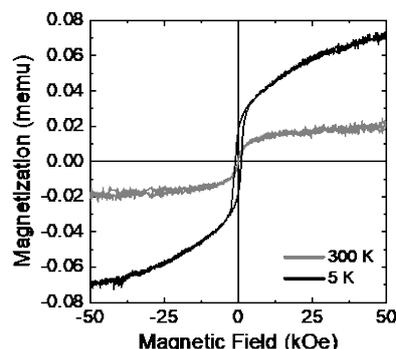


Fig. 1 Co-Pt ナノ粒子を合成した PfV 結晶の磁化曲線. 灰色は 300 K、黒は 5 K における測定結果を示す。

参考文献

1) K. Namba *et al.*, J. Biochem. 138,193 (2005). 2) F. Akita *et al.*, J. Mol. Biol. 368,1469 (2007).