

プロジェクト名：フタロシアニン有機磁石の開発

プロジェクト代表者：本多善太郎（理工学研究科・准教授）

1. 本プロジェクト研究の概要

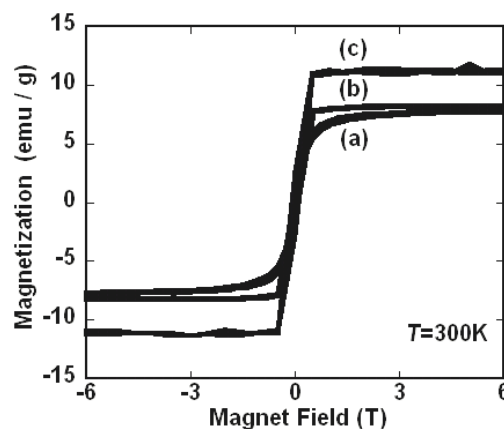
フタロシアニンは中心に遷移金属や希土類元素を含むことが多く、それらの元素の不完全殻に由来する有機磁性を示すことで知られているが、キュリー温度が低く室温では磁性を示さないところが、最近、我々は室温では磁性を示さないフタロシアニンが、真空中で金属カリウムと加熱処理することで室温強磁性を示すことを実験によって明らかにした。カリウム添加フタロシアニンが室温で強磁性を示すことは、有機物の磁石という新しい実用磁性材料の可能性を開くと考えられ、大変興味を持たれる。また、フタロシアニンは従来の磁性材料と異なり、主に身の回りにある軽元素(炭素、水素、窒素)から構成されている。そのため、現在問題になっている希少資源の確保や環境負荷の問題にも対応した新しい磁性材料となる可能性がある。

上記を踏まえ、本プロジェクト研究では、さまざまな遷移金属イオンにアルカリ金属を添加した試料を作成し、その磁性を調べることにより、どのような条件下で室温強磁性が発現するか調査を行った。その結果、中心金属がコバルト、ニッケルのフタロシアニンがアルカリ金属（リチウム、ナトリウム、カリウム）との加熱により室温で強磁性を示すことを明らかにした。一方、中心金属が銅のフタロシアニンではアルカリ金属との反応を行っても、強磁性が発現しないことを明らかにした。

さらにフタロシアニンを基にした室温有機強磁性材料を得るための新たな試みとして、金属フタロシアニンの重合体を合成し、磁性の調査を行った。研究の結果、中心金属がマンガンのフタロシアニン重合体が室温にて強磁性を示すことを突き止めた。これは、今までに知られていなかった知見である。

2. 本プロジェクトの研究成果の詳細

2-1. 金属フタロシアニンへのアルカリ金属添加とその磁性に関する研究



図：カリウムと加熱処理したコバルトフタロシアニンの室温における磁化曲線 (a)350°C, (b) 400°C, (c) 450°C

中心金属がコバルト、ニッケル、銅、アルミニウムの金属フタロシアニンを合成し、それぞれにアルカリ金属（リチウム、ナトリウム、カリウム）の添加を行った。アルカリ金属の添加は、金属フタロシアニンとアルカリ金属をガラス管に真空封入し、電気炉内で加熱することによって行った。その際、試料の加熱温度をパラメーターとし（300°C～500°C）、磁性変化を検証した。

実験の結果、中心金属がコバルト、ニッケルのフタロシアニンでは、添加したアルカリ金属の種類にかかわらず、室温で強磁性を示すことを明らかにした。一方、中心金属が銅のフタロシアニンでは、アルカリ金属との反応により試料の磁性の減少が見られ、非磁性化した。中心金属がコバルト、ニッケルのフタロシアニンでは、加熱温度の上昇に伴い、より大きい自発磁化（磁石の強さ）を示すことが判明した。現時点では、アルカリ金属との450℃での加熱が室温強磁性を得るために最適であるとの結論を得た。

2-2. フタロシアニンの重合化による磁気相互作用の導入とその磁性に関する研究

フタロシアニンは中心に遷移金属に由来する有機磁性を示すことで知られているが、フタロシアニン分子間の磁気相互作用が弱いためキュリー温度が低く、室温では磁性を示さない。そこで、フタロシアニンにおいて室温強磁性体を得るために、フタロシアニン分子間の磁気相互作用を高める試みとして、フタロシアニン重合体の合成をおこない、重合度に伴う磁性の変化を調査した。

フタロシアニンの重合体は、原料にテトラシアノベンゼンを用い、金属（マンガン）粉末とガラス管に真空封入し、電気炉にて加熱することにより得た。また、テトラシアノベンゼンとジシアノベンゼンの比によりフタロシアニンの重合度の制御を試みた。得られたマンガンフタロシアニン重合体の磁性を調べたところ、室温で磁石に引き寄せられ、強磁性を示すことを明らかにした。現時点で得られた試料の室温における自発磁化（磁石の強さ）は約0.1(ボーア磁子単位)と、通常のフェライト等の磁性体(数ボーア磁子単位)と比べて小さいが、非磁性元素のみから構成されたマンガンフタロシアニンの重合体が室温で強磁性を示すことは、大変興味深い。



写真:本プロジェクト研究によって得られたマンガンフタロシアニン重合体が室温で磁石に引き寄せられる様子

3. まとめ

本プロジェクトではフタロシアニンの実用有機磁性体としての可能性を探るため、アルカリ金属との加熱処理、及び重合化による磁気特性の向上を調査した。その結果、カリウム、ナトリウム等のアルカリ金属をドーブした鉄、コバルト、ニッケルフタロシアニン試料が、室温強磁性を示すこと、また、磁化が大きくなる加熱条件を明らかにした。また、マンガンフタロシアニン重合体においても室温強磁性の発現が認められた。今後、本研究をさらに発展させ、実用に向けた有機物の磁石の創製を目指す予定である。