

磁気浮上を利用して測定した *n*-alkane の磁化率の温度依存性 Temperature dependence of diamagnetic susceptibility of *n*-alkane measured by using a magnetic levitation technique

東北大・金研 高橋 弘紀, 茂木 巖, 淡路 智, 渡辺 和雄
K. Takahashi, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe
Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

反磁性物質に働く磁気力と重力が釣り合った磁気浮上状態は、擬似的な微小重力環境と見なせることから、磁気浮上を利用した無容器溶融凝固は新しい材料プロセスとして注目されている。また、磁気浮上状態は浮上物質の磁化率の変化に非常に敏感であり、僅かな磁化率の変化が浮上位置の変化として観測されることになる。従って、通常は磁化率の温度変化が無いとして扱われる反磁性物質においても、昇温過程や溶融凝固などの相転移における僅かな磁化率変化も磁気浮上を利用すれば敏感に観測することが可能である。実際、これまでに磁気浮上を利用した磁化率測定によって、ベンゾフェノンやパラフィンの磁化率温度変化の測定を行ってきた[1]。その結果、パラフィンの昇温過程の測定において、融点の20°C程度下の温度で磁化率が僅かに増加し、融点直下から減少を示すのが観測された。パラフィンを構成する直鎖型飽和炭化水 (*n*-alkane) は融点近傍の固相で多段の固相-固相相転移を起こし、その転移温度は炭素数に依存することが知られている[2]。そのため、パラフィンの磁化率の温度変化で見られた融点以下での挙動は、固相-固相相転移に伴う磁場配向が起こっているとも考えられ、その因果関係に興味を持たれていた。

そこで今回、パラフィンで観測された磁化率の温度依存性と固相-固相相転移との関係を明らかにするために、単分散の *n*-alkane を試料として同様の測定を行った。

2. 実験方法

試料には炭素数23の *n*-alkane である *n*-tricosane (融点 47°C, 東京化成工業) と炭素数 22 の *n*-docosane (融点 46°C, 東京化成工業) を用いた。測定に際し、試料をホットプレート上で融点近傍まで加熱し、治具を用いて $2 \times 2 \times 2 \text{ m}^3$ の大きさに成形した。磁気浮上にはハイブリッドマグネット (28T-HM) を使用し、ボア内に循環水式恒温槽を設置した。装置の概略図を Fig. 1 に示す。試料セル、プリズム、CCD カメラ、熱電対等を備えたインサートを恒温槽内にセットし、試料の温度は先端を試料セル近傍に設置した熱電対 (Type-T) で読み取った温度とした。試料セル内の雰囲気は窒素ガスとし、セルの開口部をシーロンフィルム (富士フィルム) で密封した。実験の手順、磁化率の測定方法はこれまでと同様とした[3]。

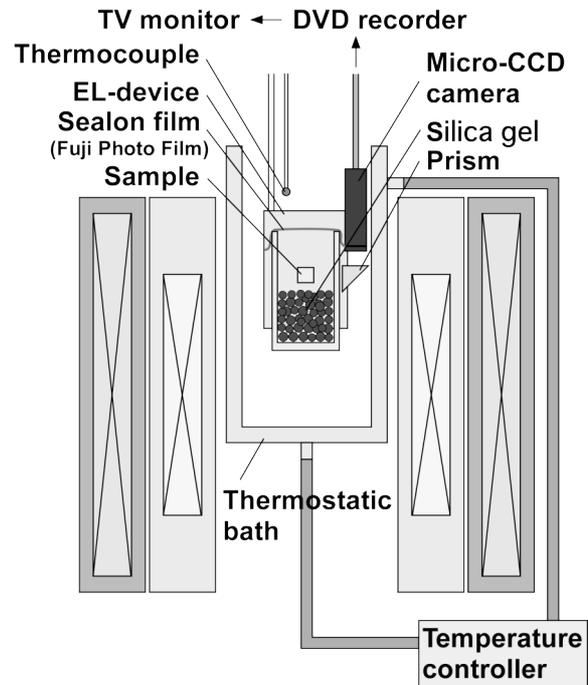


Fig. 1 Schematic illustration of an experimental setup.

3. 実験結果

Fig. 2 に *n*-tricosane の測定結果を示す。図は4つの測定データを20°Cでの値で平均値を取り、その値に規格化 (平行移動) したものである。Fig. 3 に20°Cでの各試料の浮上の様子を示す。試料間の20°Cでの絶対値のバラつきは0.45%以内であった。磁化率の温度依存性に関しては、パラフィンの場合とは異なる

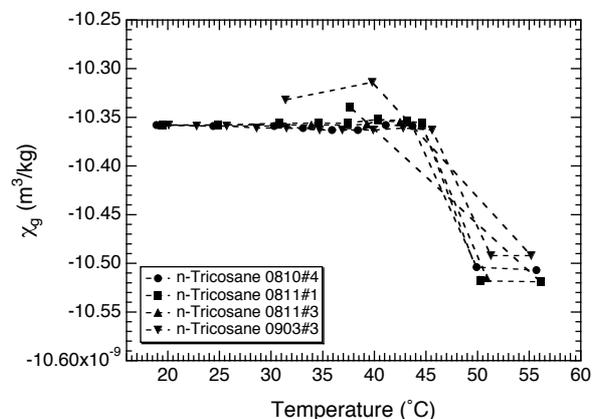


Fig. 2 Temperature dependence of magnetic susceptibility per unit mass of *n*-tricosane.

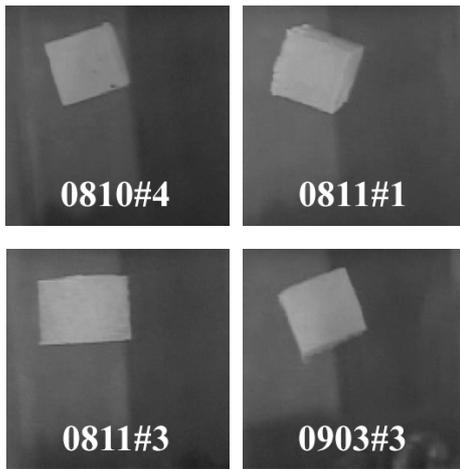


Fig. 3 Snap photos of levitating samples.

り、いずれの試料においても 20°C から融点まで磁化率の変化はほとんど見られないことが分かった。また、溶融後に磁化率が減少するのはパラフィンと同様であった。さらに、2つの試料、0811#1、0903#3 に対しては、溶融後にさらに温度を降下させることで再凝固した際の磁化率の測定に成功した。その結果、どちらの試料にも溶融前に比べて磁化率が大きくなっており、凝固過程において *n*-tricosane 分子が磁場によって配向したものと考えられる。*n*-alkane 分子を構成する C-C 単結合は磁化率に異方性を持っているため、磁場中で凝固させたパラフィンが配向することは既に確認されている[4, 5]。0903#3 においては、再凝固の過程で降温によって磁化率の減少が見られるが、その原因については現在のところ不明である。

n-docosane の測定結果を Fig. 4 に示す。*n*-docosane の場合も *n*-tricosane 同様、溶融前においては磁化率の変化はほとんど見られなかった。このことからパラフィンで観測された磁化率の増加は、固相-固相相転移による影響よりも、融点の低い *n*-alkane が溶融し始めたところで融点の高い *n*-alkane のドメインが磁場により配向した可能性が高いことが分かった。

また、上記の測定を通して、固体から溶融状態、さらに再凝固する過程の磁化率変化を連続的に非接触で測定することに成功した。さらに、測定試料の大きさと形状を揃えることにより、これまで 4 mm 角程度の大きさでは 1~2%程度あった測定間の絶対値のバラつきを 0.5%程度に抑えることができた。

4. まとめ

炭素数の異なる *n*-alkane の混合物であるパラフィンの磁化率温度依存性と固相-固相相転移の関係を明らかにするため、炭素数の揃った *n*-tricosane と *n*-docosane を試料として同様の磁化率測定を行った。その結果、融点以下においては磁化率の温度変化はほとんど観測されず、パラフィンで見られた磁化率の増加はドメインの回転による可能性が高いことが

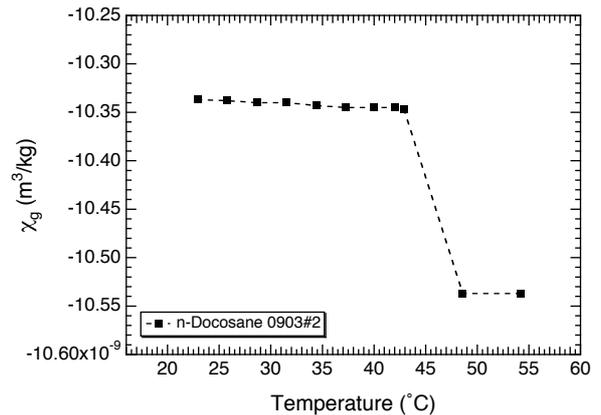


Fig. 2 Temperature dependence of magnetic susceptibility per unit mass of *n*-docosane.

分かった。また、試料の形状、大きさを揃えることで絶対値のバラつきを抑えることができた。このことは、測定試料の大きさを小さくしたことも影響していると考えられ、小さい試料の方がより正確に測定できるという、磁気浮上のメリットが示されたと考えられる。

参考文献

- [1] K. Takahashi, et al.: J. Phys.: Conf. Ser. (in press).
- [2] E. B. Sirota, et al.: J. Chem. Phys. **98** (1992) 5809.
- [3] 高橋, 他: 東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センター平成 19 年度年次報告 (2008) 143.
- [4] T. Kimura, et al.: Chem. Lett. **28** (1999) 1057.
- [5] K. Takahashi, et al.: Physica B **346** (2004) 277.