

2E06 反磁性物質の磁気浮上と材料プロセッシング

(東北大金研) ○茂木 巖, 高橋弘紀, 淡路 智, 渡辺和雄, 本河光博

勾配磁場中に置かれた反磁性物質は磁場中心から遠ざかるような磁気力を受ける。この力は非常に小さく通常無視できる程度のものであるが、20T以上の磁場を発生できるようなマグネットの中では、磁気力と重力がバランスして物質が浮上する。これが反磁性物質の磁気浮上である。磁束密度 B の磁場中で磁気浮上状態にある磁化率 χ の物質は下式(1)で表されるポテンシャルエネルギー

$$U = -\frac{\chi}{2\mu_0} B^2 + gz + C \quad (1) \quad C: \text{定数}, g: \text{重力加速度}$$

の極小地点で安定に浮上し続けるので、無容器・非接触の物質合成を行うことが可能である。磁気力は物質内の分子一つ一つに作用するので磁気浮上している物質は擬似的な微少重力環境にあるといえる。さらに、磁場配向効果なども加わるので、磁気浮上状態では重力場や微少重力環境とは異なった現象が期待できる。このように磁気浮上を物質合成の新たな環境として扱うことは大変興味深い。

我々はこれまでに東北大金研強磁場センターのハイブリッドマグネットを用いて、磁気浮上状態での水の凝固¹⁾、水溶液からの塩化アンモニウムの結晶成長²⁾に成功している。NH₄Clの結晶成長では二種類の実験を試みた。磁気浮上させた NH₄Cl 水溶液の液滴中における結晶

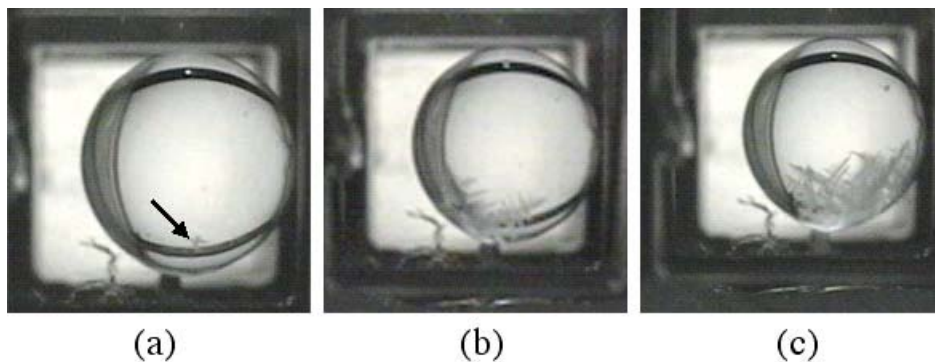


図1 浮上液滴における塩化アンモニウムの結晶成長

成長(図1)と、磁気力、重力および浮力をバランスさせて溶液中に結晶を浮遊させる成長方法(図2)である。磁気力による力の釣り合いは水溶液の磁気浮上状態をつくるほか、溶液中の結晶の位置を制御することにも利用できる。通常、容器の底に沈む結晶は容器の壁面

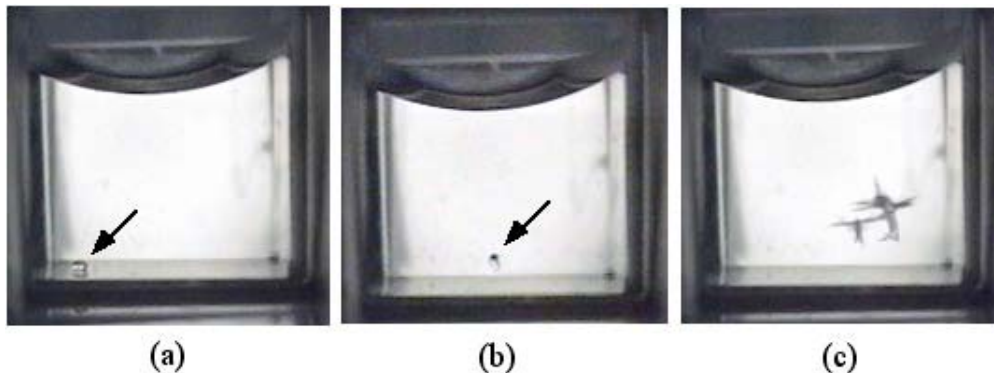


図2 溶液内磁気浮上による結晶の非接触成長

により結晶の成長方向が妨げられるが、磁気力を使って結晶の位置を制御し（図2 a,b）容器の壁と非接触状態にすれば結晶は三次元方向に自由な成長を遂げることになる（図2 c）。

また、磁気浮上している試料をレーザー照射することにより磁気浮上炉として利用することが可能となった。最初に北村らによりガラスの無容器溶融凝固の実験が行われた³⁾。一方、レーザー照射によりパラフィンの浮上溶融凝固を行ってみたところ（図3）、溶融状態でマランゴニ対流が観察され、微小重力環境にあることが印象づけられたが、磁場配向がほと

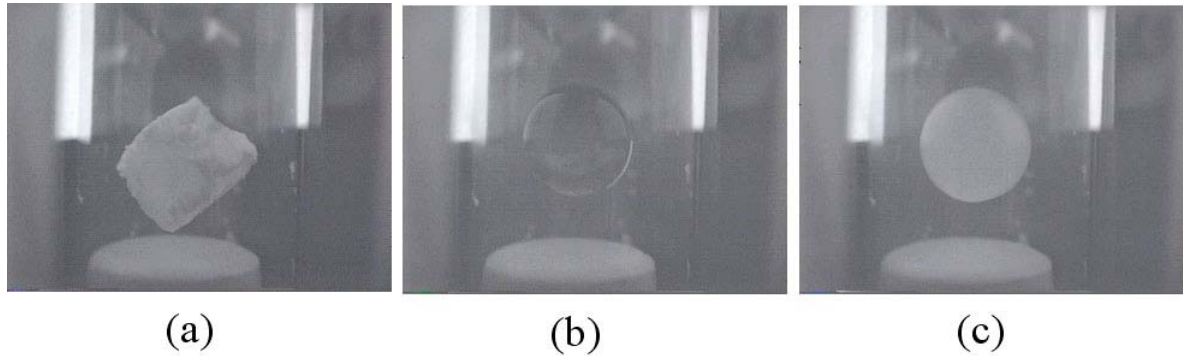


図3 磁気浮上炉を用いたパラフィンの無容器溶融凝固。(a)固体パラフィンの浮上。(b)加熱溶融状態。(c)凝固した球状パラフィン。

んど起こらないことが分かった。そこで、周方向加熱の磁気浮上炉を作製し、より均一加熱での浮上溶融凝固を行ってみたところ、磁場配向したパラフィンの球状試料が得られた。

このような物質合成の実験に加えて、磁気浮上状態における物質の挙動も調べている。浮上物質の配列、配向（図4）や⁴⁾、液体の熱対流⁵⁾など、磁気浮上それ自体を理解する上でも、また材料プロセスに応用する上でも重要な知見がいくつか得られた。

- 1) M.Tagami, M.Hamai, I.Mogi, K.Watanabe, M.Motokawa, J.Crystal Growth 203 (1999) 594.
- 2) M. Hamai, I. Mogi, M. Tagami, S. Awaji, K. Watanabe, M. Motokawa, J. Crystal Growth 209 (2000) 1013.
- 3) N. Kitamura, M. Makihara, M. Hamai, T. Sato, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, Jpn. J. Appl. Phys. 39 (2000) L324.
- 4) M. Hamai, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, Jpn. J. Appl. Phys. 40 (2001) L1336.
- 5) I. Mogi, C. Umeki, K. Takahashi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2003) L715.

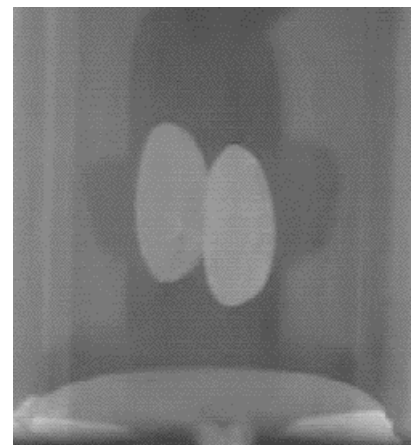


図4 米粒の磁気浮上配向