強磁場材料プロセスにおける変調回転が誘起する流動とその影響

Induced flow by modulated rotation of container and the effect, in materials processing under high magnetic field

日大生産工 [1], 物材機構 [2], 京大院エネ科 [3]

(M2)影山 正典 [1], ◦安藤 努 [1], 廣田 憲之 [2], 堀井 滋 [3]

Nihon Univ. [1], NIMS [3], Kyoto Univ. [3] , M. Kageyama [1], ◦ T. Ando[1], N. Hirota[2] , S. Horii[3]

E-mail: ando.tsutomu@nihon-u.ac.jp

１．緒言

超伝導磁石の発展に伴い, 磁場を用いた材料プロセスが盛んに研究されるようになった. その中の一つとして磁場を印加し, 非接触で磁気異方性粒子の結晶方向を制御する磁場配向があげられる. この研究では結晶方向を揃えることにより材料の物性の向上が期待されている.

現状, 磁化困難軸を制御するためには回転磁場が不可欠であるが, 超伝導磁石は装置自体が大型であることから回転させることが困難である. そこで, 一様磁場中で容器を回転させることで回転磁場と同様の効果を得ている. さらに三軸配向を行うためには回転変調磁場が必要となるため, 容器を変調回転させた実験を行っている. しかし, この方法では容器内に常に非定常流れが発生し, 粒子配向の阻害要因となり得る.

我々は実際に試みられている変調回転方法について容器回転に伴う流体挙動の検討を行い, 流動が粒子の配向に及ぼす影響を調べた.

２．シミュレーション条件

本研究のシミュレーションでは溶媒は非圧縮性ニュートン流体を扱うものとし, 円柱座標系を用いて軸対称流の流れ場を仮定した. 計算領域を Fig. 1(*a*) に示す. 計算領域は回転軸を一辺に持つ容器の断面とし, 半径 r_0 および高さ h とした. 回転条件は Fig. 1(*b*)で示すように角速度 Ω で回転角度 ϕ ごとに回転の向きの変わる首振り回転 [1]とした. 溶媒は 25 °C の水を基準とし, この粘度 η_w のみを $\alpha\eta_w$ (α:変数)に変えた時の流体トルクを調べた. 各種パラメータを Table 1 に示す.

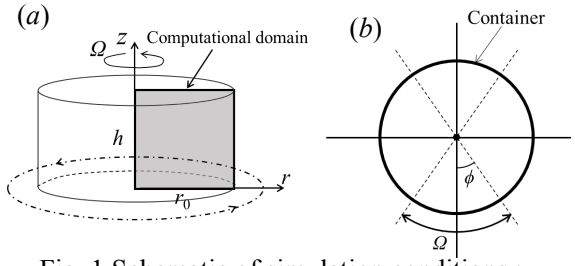

Fig. 1 Schematic of simulation conditions : (*a*) Computational domains, (*b*)Rotational condition.

Table 1 Simulation conditions.

Nomenclature	Value
Radius, r_0 [m]	20×10^{-3}
Hight, h [m]	20×10^{-3}
Density, ρ [kg/m^3]	997.04
Viscoity, η [Pa·s]	$\alpha\eta_w$
Viscoity of water, η_w [Pa·s]	0.89×10^{-3}
Angular velocity, Ω [1/s]	0.666π(20 rpm)
Angular , ϕ [°]	20
Coefficient of viscoity , α[-]	1,10,100,1000

３．シミュレーション結果

配向粒子への影響を調べるために固定した球粒子に対する各粘性係数における 3 方向の流体トルクを求め, その最大値と磁気トルクを比較した (Fig. 2). 今回の回転条件では θ 方向より r, z 方向のトルクが大きくなり, 粘度増加につれて大きくなった. また, 5 T の磁場を印加した場合, 磁気トルクはどの粘度の流体トルクよりも上回るため, 流れが配向に及ぼす影響は相対的に低下することが分かった. 実際の粒子は流体の流れと共に並進するため実質の流体トルクはさらに下がると予想される.

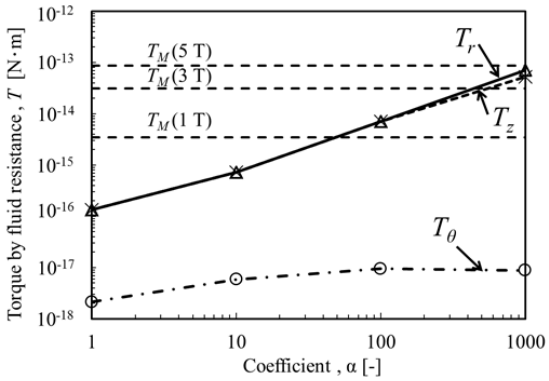

Fig. 2 Relationship of viscosity and fluid torque.

謝辞

本研究の一部は JST・研究成果最適展開プログラム(A-STEP, ステージ I)の助成を受けて実施した.

参考文献

1) M.Yamaki, *et al.*, *Physics Procedia*, **58** (2014) 62-65.