

# ダイラタント流体のずり粘化メカニズムと負圧を伴う粘化領域

(仙台大専) 永弘進一郎

(九大理) 中西秀

(NBI) 御手洗菜美子

【はじめに】片栗粉やコーンスターチと水を混ぜた濃厚な懸濁液はダイラタント流体と呼ばれ、せん断応力がある値を超えると粘性が不連続に増加する激しいずり粘化 (shear thickening) を起こす。我々はこれまでに、ダイラタント流体の現象論的モデルとして、ずり応力粘化を取り入れた流体力学を提案し、外からの一定せん断応力に対して媒質が、粘化状態と流動状態を交互に繰り返す自励振動を起こすことを理論的に予言した (ずり粘化振動)。さらに、片栗粉の懸濁液を同心円筒内に満たして内側の円筒を一定のトルクで回転させる Taylor-Couette 流れの実験を行ったところ、確かに 20Hz 程度の振動が発生することを見いだした [1]。

【ずり粘化のメカニズム】ずり粘化の機構については、(i) 粉体粒子の接触摩擦によるジャミングが原因とする説と、(ii) 粉体のレイノルズ膨張によって発生する間隙流体の負圧を原因とする説が知られている。前者は、レオメータによる実験で系に加えたせん断応力に比例する正圧が観測される事実 [2] や、単純せん断流のシミュレーションにおいて、ずり粘化が生じるためには粒子間摩擦が必須であるという結果から支持される [3, 4]。しかし、ずり粘化振動において、外側の円筒のある一点で懸濁液の圧力を測定すると、間欠的に負圧と正圧が両方とも観測され、主に負圧の領域が支配的であることを我々は見いだした [5]。現象論モデルによるシミュレーションも、実験とよく一致する結果を与える。これらの結果は、流体内において粘化領域は局在化したバンド構造を形成し、正圧を伴う粘化バンドと、より支配的な負圧を伴う粘化バンドが両方とも存在していることを示している。

以上から我々は、ダイラタント流体のずり粘化においては、ジャミングによる粘化と間隙流体の負圧を原因とする粘化の 2 種類が共存して発生していると考えている。この主張の根拠について、現象論モデルによる 3 次元シミュレーションと幾つかの実験からをもとに詳しく報告する。

[1] S. Nagahiro, N. Mitarai and H. Nakanishi, Europhys. Lett. 104, 28002 (2013)

[2] D. Lootens, H. van Damme, Y. H\_emar, and P. H\_ebraud, Phys. Rev. Lett. 95, 268302 (2005)

[3] M. Otsuki and H. Hayakawa, Phys. Rev. E 83, 051301 (2011)

[4] R. Seto, R. Mari, J. F. Morris and M. M. Denn, Phys. Rev. Lett. 111, 218301 (2013)

[5] S. Nagahiro, N. Mitarai and H. Nakanishi, 投稿準備中