

水平に設置された回転円筒ガラス管内における分粒現象の観察

高知工業高等専門学校 物理研究会

坂本龍哉・小松孝紘・中島麻衣・式部真鈴・門田悠輔・公文広樹・刈谷未来・市川美佐子・山崎希望・阿部賢志郎・丁野哲・井上裕生・中平恵

Observation of Particle Segregation in Horizontally Rotating Glass Cylinder

Kochi-ct Physics Working Group, Kochi National College of Technology

T. SAKAMOTO, T. KOMATSU, M. NAKAJIMA, M. SHIKIBU, Y. KADOTA, H. KUMON, M. KARIYA, M. ICHIKAWA, K. YAMASAKI, K. ABE, S. TYONO, Y. INOUE, M. NAKAHIRA

1. はじめに

水平に設置した円筒に 2 種類の粒子を混合して入れ回転させたとき、ある条件下で数本から十数本の帯状に分離する (図 2)。この現象は 1939 年に Y. Oyama¹⁾により初めて報告されて以来、様々な実験が行われているがその原理が完全に究明されているわけではない。また、実際には回転させてしばらくすると十数本の帯状に分離 (図 2 参照) し、その後長時間 (数日間) 回転を続けると数本まで帯が減少する (図 3・4 参照) ことが知られている²⁾。しかしながら、この現象に関して長時間回転させた時の変化の様子や定量的な観測結果はない。

本研究では、長期間の観察が可能なシステムを構築し、長時間の回転によって起こる分粒に着目して議論する。

2. 実験方法

本研究では、Web カメラ及び静止画像キャプチャソフトを用いて水平円筒回転装置の数日間の変化を連続して保存することが可能なシステムを構築した。分粒の仕方に応じて再生速度を調整して動画にすることで、分粒の様子を詳細に観察することが可能となった。

今回の実験では、直径 0.6[mm]のガラス粒子 (赤色に着色) と直径 0.2[mm]のガラス粒子 (無着色) を試料とし、混合比は 1:1 とした。

実験方法

- ① 水平に設置した円筒に 2 種類のガラス粒子を混合して入れ、一定速度を保って回転させた。
- ② 回転の様子は Web カメラと静止画像キャプチャソフトを使用して静止画像を 10 秒間隔で撮影した。
- ③ 2~3 日間回転を継続した後、保存した静止画像を任意の時間の動画に圧縮して観察・考察した。
- ④ 以上の作業を 7[rpm]・12[rpm]・17[rpm]・22[rpm]・27[rpm]の回転速度で行った。

3. 実験結果

実験開始時の粒子の状態を図 1 に示す。粒子は回転軸に沿った方向に分布し、内側に白、外側に赤のように分粒する。



図 1. 実験開始時の粒子の状態

この後、どの回転速度でも図 2 のような十数本 (本数は回転数と初期状態に依存) の帯状に分粒した。長時間の回転を経て数本の帯状に分粒した結果の一例を図 3・図 4 に示す。

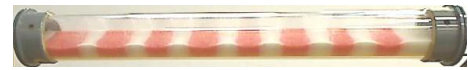


図 2. 実験初期の分粒状態 (回転速度 22[rpm])



図 3. 長時間回転後の分粒状態 (回転速度 12[rpm])

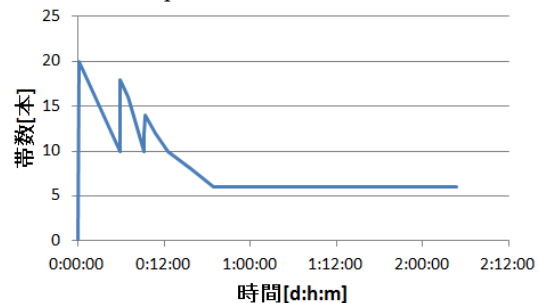


図 4. 長時間回転後の分粒状態 (回転速度 17[rpm])

長時間の変化を見ることで、以下のようなことが分かった。(1) 初期の十数本の帯状分離から始まる長時間回転帯状分粒は回転速度が大きいほど進みやすい。(2) 長時間回転中にも、帯数は増減を繰り返しながら、減少していく例が多い。(3) 長時間回転後の帯状分粒の帯数や形状には様々なものがある。

(2) の長時間回転中の帯数の変化に関しては、一般に時間経過とともに単調減少すると知られていたが、述べたとおり増減を繰り返しながら減少 (図 5) する。

図 5. 17[rpm]における帯数の変化



4. まとめ

水平に設置された円筒に 2 種類のガラス粒子を入れ回転させる実験を、長時間の観察が可能なシステムで観察し、帯状分粒現象を確認した。

その結果、これまで報告されているように回転速度や初期状態の違いにより最終帯数が変わってくるという特徴に加え、長時間回転を続けたときの帯数の減少は単調減少ではなく増減を繰り返しながら減少していくということが分かった。

5. 参考文献

- 1) Y. OYAMA : Bull.Inst.Phys.Chem.Res.Jpn. Rep.18, pp.600-639 1939.
- 2) S. Yamaji, et.al. : 高知工業高等専門学校学術紀要 Vol.45, pp.23-30, 2000.