

鉛直加振下における粒子・液体系の流動化条件：粘性率依存性 Effect of liquid viscosity on the shaking condition required for the granular medium fluidization

隅田 育郎^{1*}; 安田 奈央¹
SUMITA, Ikuro^{1*}; YASUDA, Nao¹

¹ 金沢大学大学院 自然科学研究科

¹ Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University

液体で飽和した粒子層が地震の振動により液状化、流動化することは良く知られている。堆積物中に見られる「火炎構造」もこのようにして形成したと考えられている。実際、上層が細粒で下層が粗粒な2層からなる液体に浸された粒子層を鉛直方向に振動させると「火炎構造」が形成される。これは上層の低浸透率層の直下で液体が一時的に貯留されるため、重力不安定が起きるためである。私達はこのような系について加速度、周波数の組み合わせをそれぞれ2桁、3桁と幅広く変えた振動実験を行い、「火炎構造」が出来るためには臨界加速度があること、そしてこの臨界加速度が周波数に依存し、約100 Hzで極小となることを示した(Yasuda & Sumita, 2014)。類似した現象は、より高粘性のマグマの場合でも起きる可能性がある。本発表では、Yasuda & Sumita (2014)と同様の実験を高粘性の場合について行い、流動化条件を求めた結果について報告する。

高粘性流体として15 mPasのグリセリン水溶液を用いる。この場合ストークス沈降速度は水の1/17となるため、対応して振動時間を17倍長くした。振動の加速度、周波数を変えて実験を行ったところ、「火炎構造」が出来るための臨界加速度が水の場合と同じく100 Hzで極小になることが分かった。その一方で高粘性の場合には水の場合と比較して臨界加速度値が小さくなることが分かった。また不安定の波長が短くなり、ストークス沈降の違いをスケールすると不安定の成長速度がむしろ速くなることが分かった。

「火炎構造」が出来るための臨界加速度が100 Hzで最小になることは重力不安定が成長するために十分な液体が2層境界で貯留されるためには、振動のエネルギーとジャークの両方が臨界値以上であることが必要と考えたと説明出来る。粘性が高い程、臨界加速度が小さくなることは流体潤滑の効果と理解出来る。実際、レオメータを用いて粒子・液体系をせん断したところ、高粘性流体で飽和した場合の方が低応力で液状化することを確認した。本実験で起きた重力不安定は低粘性、低密度の薄い液体の層の上に高粘性（粘性率が低粘性層の ε 倍）、高密度の厚い粒子層がある場合と近似することが出来る。この場合、不安定の波長(λ)は $\lambda \propto \varepsilon^{1/3}$ とスケールされることが線形論から分かっている。この結果を応用すると、高粘性の場合に λ が短くなることは、粘性が大きくなるに伴い、 ε が小さくなると考えると説明できる。 ε が小さくなることは、高粘性になる程、粒子層が液状化しやすい事実と整合的である。

本実験は高粘性の液体で浸された粒子・流体系では流体潤滑により、振動が十分長い時間継続すれば、流動化が水の場合よりもかえって起き易くなることを示している。これは地震による結晶を含むマグマの液状化、及び誘発噴火にも効果的に働く可能性がある。

引用文献

Yasuda, N., Sumita, I., 2014, Shaking conditions required for flame structure formation in a water-immersed granular medium, *Progress in Earth and Planetary Science*, 1:13.

キーワード: 地震, 液状化, 流動化, マグマ, 誘発噴火, 振動実験

Keywords: earthquakes, liquefaction, fluidization, magma, triggered eruption, shaking experiments