

実験的研究に基づく粘着性・非粘着性ラハールの数値モデルの開発 Modeling of Cohesive and Non-cohesive Lahars Based on an Experimental Study

○常松佳恵・片岡香子・竹林洋史

○Kae TSUNEMATSU・Kyoko S. KATAOKA・Hiroshi TAKEBAYASHI

Lahars generate during and after a volcanic eruption. These lahars related to hydrothermal altered deposits which often contain cohesive materials consisting of mainly silt and clay. When the lahar includes certain amount of clay, the lahar becomes cohesive. According to some observation reports, cohesive lahars travel longer distance than non-cohesive lahars. Therefore, we aim to develop a numerical model of lahars expressing the difference between cohesive and non-cohesive lahars. We conducted laboratory experiments reproducing channel flows with cohesive and non-cohesive materials. The averaged velocities show non-linear relationship with the amount of clay for both kaolinite and smectite.

1. はじめに

ラハール（火山性の泥流や土石流）は噴火時や噴火後に発生し、上流域に堆積した火山噴出物が水と共に長距離を流下するため危険性が高く、広範囲に影響を及ぼし、過去にも甚大な災害を引き起こしてきた。熱水変質帯を伴う火山では、水蒸気噴火に関わり粘着性のラハールが発生することが観測や地質調査から明らかになっている。粘着性の由来は熱水変質作用で生成された粘土鉱物であり、日本には熱水変質帯を伴う火山とその周辺で粘土含有量の高いラハール堆積物が多く見られる（例、御嶽火山：Kataoka et al, 2018; 蔵王火山：Ban et al., 2022）ため、将来の噴火でも粘着性ラハールが発生する可能性は高い。しかし、ラハールの一般的な数値モデルは粘着性の低い流体を想定しており（例 LaharZ by Schilling, 2014; Two-phase flow of Titan2D by Pitman and Le, 2005）、粘着性を考慮したラハールの流動に関する数値モデルは世界にも提案されていない。粘着性ラハールは非粘着性ラハールより遠くまで流れるという報告もあり（Vallance and Scott, 1997）、粘着性・非粘着性ラハールの特性を考慮した数値モデルを開発することは重要である。よって本研究では粘着性ラハールのダイナミクスを実験から明らかにし、それらを組込んだ新たな数値モデルを開発することを目的とする。今年度は水路に珪砂・カオリン・水もしくは珪砂・スメクタイト・水で構成される模擬的なラハールの水路流下実験を行い、流下距離と平均的な速度を取得した。

2. 研究手法

水路流下実験では粘土試料として入手しやすいカオリンおよびスメクタイトを用い、それらを 7 号珪砂と混合し、さらに水を加えてラハールを模した混合物とした。

水路は幅 7 cm、長さ 174 cm（一部の実験は幅 10 cm、長さ 150 cm の水路を用いて行われた）であり、水路上部のラハール開始地点にはゲートを設け、ゲートの上にラハール物質を投入し、ゲートを開くことでラハール物質を流下させた。ラハール物質が流下した距離と、ラハール物質が流下する様子を水路の正面からビデオカメラで記録し、取得した動画を解析することによって平均速度を求めた。平均速度はラハール物質が流れた距離を、流下時間で割ることによって求めた。なお、水路は上部に設置されている滑車を用いて角度を変えられるようになっており、水路の傾斜角を 20 度、25 度、30 度と変化させて実験を行った。

3. 結果と考察

カオリンを粘土として用い、粘土・珪砂・水の混合物をラハール物質として実験を行った結果、得られた平均速度を図 1 に示す。平均速度とは水路上の流れた距離を、その距離を流下時間で割ったものであるため、時間的な速度の変化は注目していない。なお、この時の水と固相（粘土+珪砂）の重量比は 1:1（水 200g、固相 200g）で行った。

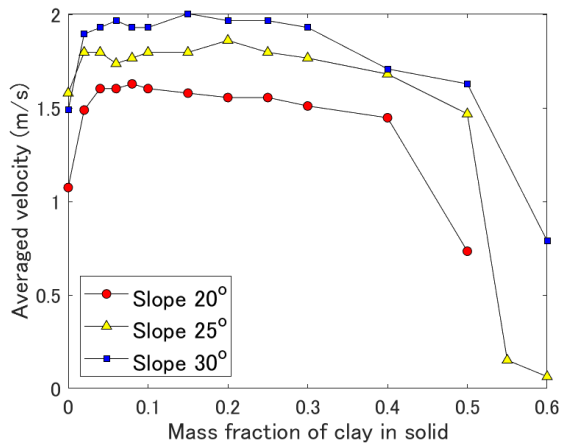


図1 水・珪砂・カオリンの混合物をラハール物質として流下させた場合の平均速度

固相中のカオリンの量が 0、すなわち水と珪砂のみの混合物にカオリンを加えて行くと、平均速度は急に上昇し、どの傾斜角の場合でも数%~20%くらいの間で平均速度が極大値を取る。平均速度が極大値を取る固相中の粘土の割合は 20°の slope の場合は 0.08、25°の slope の場合は 0.2、30°の slope の場合は 0.15 であった。また、その後は粘土の割合が増えるにしたがって、緩やかに平均速度は減少していき、粘土の割合がおおよそ半分に達した辺りで急激に平均速度は減少していく。なお、グラフにはないが水とカオリンのみの混合物を流下させた際にはほとんど流れず、ゲートの付近で止まった。

スメクタイトを粘土として用い、粘土・珪砂・水の混合物をラハール物質として実験を行った結果、得られた平均速度とカオリンを粘土として用いた場合の流下実験の結果得られた平均速度を比較したものを図2に示す。

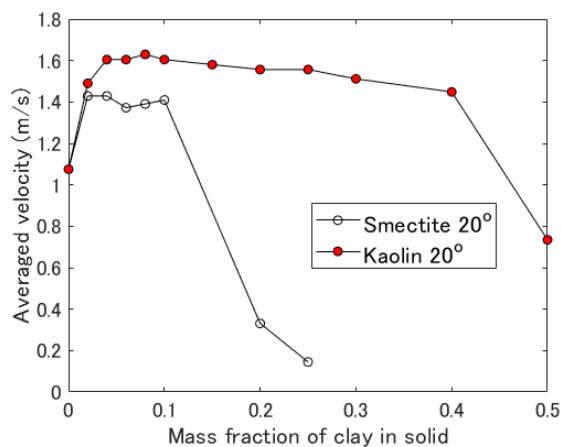


図2 スメクタイトを粘土として用いたラハール物質を流下させた場合とカオリンを粘土として用いたラハール物質を流下させた実験の比較

スメクタイトを用いた場合にはカオリンを用いた場合よりも、固相における粘土の割合が低い所で平均速度の極大値が現れ、固相中の粘土の量が 0.02 と 0.04 の時が平均速度は最も大きくなっている。しかし、カオリンを用いた時ほど速度の上昇は起こらず、粘土の割合を増加させるにつれて 0.1 を過ぎた辺りから、平均速度は急激に減少する様子が見られた。

4. まとめ

粘着性ラハール、非粘着性ラハールの違いを表す数値モデルを構築するため、本研究では粘着性ラハールの要因とみられる粘土を珪砂に混ぜたラハール物質を用いた水路流下実験を行った。実験から求められた平均速度は、固相中の粘土の割合に従って単調増加ではなく、増加後に減少に転じる特徴を示した。この特徴はカオリンとスメクタイト両者に見られたが、スメクタイトはカオリンよりも急激に減少した。

引用文献

- Ban, M, Kawashima, K. K. Tsunematsu, K., Kataoka, K. S., Imura, T. (2022) Lahar deposits along the Nigorikawa River in the eastern foot of Zao Volcano, Japan, during the last 8000 years, *J. Volcanol Geotherm. Res.* 432, 107685.
- Kataoka, K. Matsumoto, T., Saito T., Kawashima, K., Nagahashi, Y. Iyobe T. Sasaki, A., Suzuki K. (2018) Lahar characteristics as a function of triggering mechanism at a seasonally snow-clad volcano: contrasting lahars following the 2014 phreatic eruption of Ontake Volcano, Japan, *Earth Planets Space* 70, 113
- Pitman E. B. and Le L. (2005) A two-fluid model for avalanche and debris flows. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 363, 1573–1601.
- Schilling S. P. (1998) LAHARZ; GIS programs for automated mapping of lahar-inundation hazard zones. USGS Open-File Report, USGS Numbered Series, 98-638.
- Vallance J. W. and Scott K. M. (1997) The Osceola Mudflow from Mount Rainier: Sedimentology and hazard implications of a huge clay-rich debris flow. *GSA Bulletin*, 109, 2, 143–163.