

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

粘着性・非粘着性ラハールの数値モデル化に向けた流動実験

研究代表者 常松 佳恵¹⁾

研究分担者 竹林洋史²⁾、片岡 香子³⁾

1) 山形大学学術研究院 2) 京都大学防災研究所流域災害研究センター

3) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

日本は有数の火山大国であるが、噴火による被害が過去にも多く報告されている。ラハールは噴火中・噴火後に火砕物が堆積した所に雨が降ることや、噴出物の熱が雪を融かすことなどで起こる。ラハールは速度が大きく、周囲の石礫や河畔林を巻き込んで流下するため破壊力が大きくなり、大変危険な現象である。そのため、数値シミュレーション等によって影響範囲を予測し、避難などの防災行動を促す必要がある。そこで、本研究では予測に必要な数値シミュレーションのためのモデルを改良することを目的とする。特に必要な改良点は、粘着性ラハールと非粘着性ラハールの違いを数値シミュレーションで再現できるようにすることである。そこで本研究では、実験を行って粘着性と非粘着性のラハールの基本的な流動特性をつかみ、数値モデルの検討を行う。初年度である今年度は、人工の水路を用いた実験を行い、粘着性・非粘着性ラハールの基本的な流動特性を明らかにした。

A. 研究目的

火山で発生するラハールは、火山の噴火中や噴火後に起こる災害の中でも広範囲に大きな被害をもたらす現象として知られており、防災対策を行うためには影響範囲を予測するための数値モデルが必要である。これまでのラハール研究の多くはマグマ噴火後に発生しやすい、非粘着性ラハールについて観測・堆積物記載・実験・数値モデルの検討がなされてきた (Pierson et al., 1996; Kataoka et al., 2008; Ban et al., in Prep.)。一方で、熱水変質帯が発達する火山では粘着性ラハールが起こることが知られているが (Kataoka et al., 2018)、粘着性・非粘着性の違いが流走距離や分布に与える影響などは分かっておらず、そのために流体の粘着性・非粘着性の違いを表す数値モデルも提案されていない。よって、本研究では粘着性・非粘着性を表すモデルの開発を目指してラハールの基本的な流動特性をつかみ、数値モデルの検討を行う。

本研究の初年度である令和3年度は、粘着性・

非粘着性の物質を用いて、ラハールを実験室内で再現し、流動特性の把握を目的とした。

B. 研究方法

カオリンと珪砂を用いた人工ラハール実験

粘着性ラハールは火山の熱水変質帯から発生する水蒸気噴火時やその直後 (Kilgour et al., 2010; Kataoka et al., 2018) あるいは熱水変質帯を含む山体崩壊と岩屑なだれからの流れの変化 (flow transformation) などでおこる (Vallance and Scott, 1997; Capra and Macias, 2000)。ラハール堆積物のマトリクス部 (2mm 以下) に粘土粒子が 3-5 wt% 以上を占める場合に粘着性土石流と呼ばれ (Scott et al., 1995)、粘土の含有量が粘着性のラハールの流動特性に重要であると考えられている。よって、熱水変質帯で一般的に産することが多い粘土鉱物であるカオリンを、本実験での粘着成分として扱い、それよりも粒径が大きく粘着性に寄与しないと考えられる珪砂 (7号珪砂、東北珪砂株式会社、大石田鉱山産) も用いることで、粘着性・非

粘着性とその中間のラハールを人工的に発生させて流下距離とその流動の様子を観察した。

ラハール実験に用いた水路は図1に表されるように、幅10 cm、長さ約184 cm 矩形の水路である。水路の下流端（下方）には氾濫原を模した水路より広い板を設置した。ラハールを投入するところから氾濫原の手前までの長さは150 cm であり、氾濫原の幅は85 cm、長さ50 cm（流下方向）である。なお、この水路は傾斜を変えられる作りとなっている。

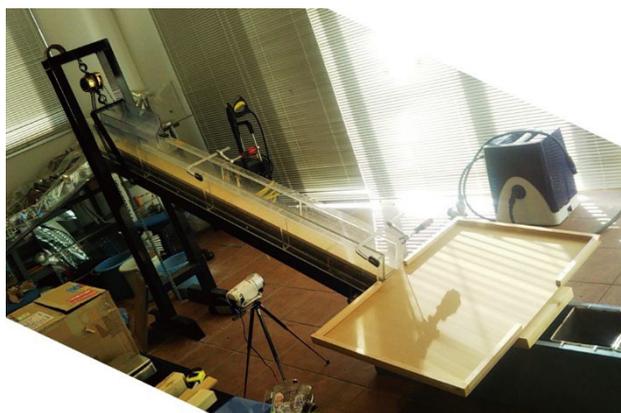


図1 実験に用いた水路。写真左側が水路で、写真右側の広めの板が氾濫原である。

ラハールは固相と液相の二相流であるため、人工ラハール実験でもカオリンと珪砂を固相、水を液相とした混合物を水路の上方から流下させ、その様子をビデオで記録するとともに、流下した距離を記録した。

C. 結果

図2に水路を人工ラハール（カオリン・珪砂と水の混合流）が流下した様子を示す。この場合は人工ラハールが水路を流れ、さらにその先の氾濫原にまで達している状態である。

図3はカオリンと水の混合物を流下させた際の混合物中の固相（ここではカオリンのみ）の質量分率（solid mass fraction: ϕ ）と流下距離との関係を表したグラフである。水路の傾斜角を15°と20°の2通りの場合について実験を行った。傾斜角が15°と20°の場合、どちらについても、固相の質量分率が増加するにしたがって流下距離は短くなる様子が見られた。また、固相の質量分率が0.5を超えるとほとんど流れず、水路に投入し

た混合物がその場で少し広がる程度であった。

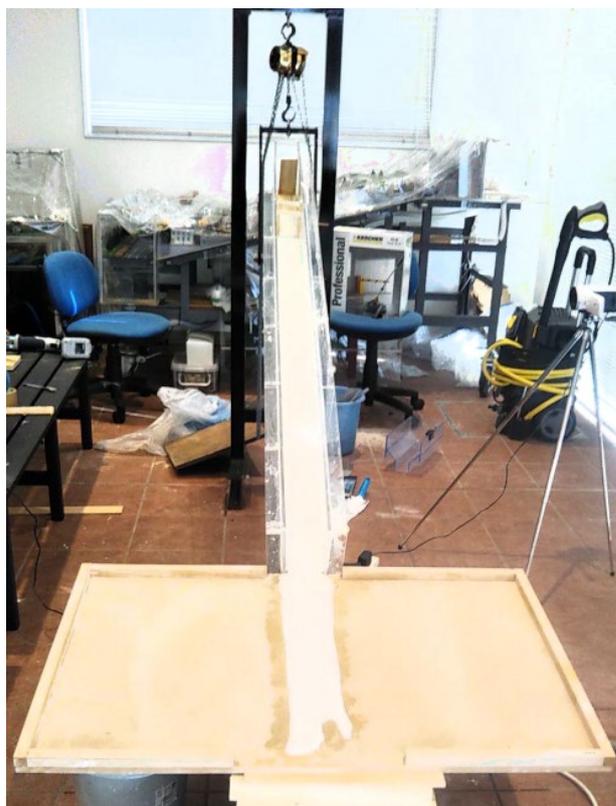


図2 人工ラハール実験の結果、水路をラハールが流れた様子。

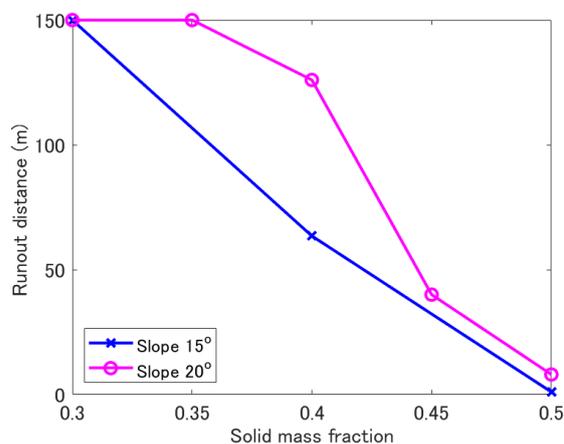


図3 カオリンと水の混合物を流下させた際の固相の質量分率に対する流下距離。青色のプロットは傾斜角を15°、ピンク色のプロットは傾斜角を20°とした場合の実験結果である。

図4は、珪砂と水だけの混合物を流下させた際の混合物中の固相（珪砂）の質量分率と流下距離の関係を表したグラフである。同様に、水路の傾斜角を15°と20°の2通りの場合について実験を

行った結果を示している。この場合も固相の質量分率が増加するにしたがって流下距離は短くなる様子が見られた。ただし、珪砂のみの場合は傾斜角 20° の場合にプロットしたカーブが上に凸のカーブを描いている。

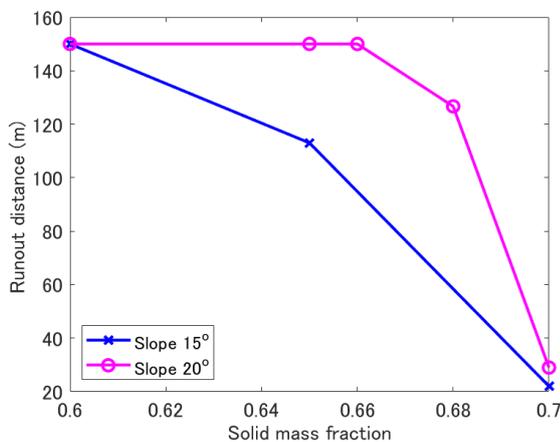


図 4 珪砂と水の混合物を流下させた際の固相の質量分率に対する流下距離。

さらに実験では、カオリンと珪砂の混合物を固相とし、それに水を加えた混合物を流下させる実験も行った。その結果を図 5 に表した。この実験は傾斜角を 20° に固定して行われた。図 5 のグラフから固相中の珪砂の量が大きくなるほど、流下距離が長くなる様子が見られた。この傾向は、実験を行った固相の質量分率 $\phi = 0.4, 0.5, 0.6$ の場合で変わらず見られた。

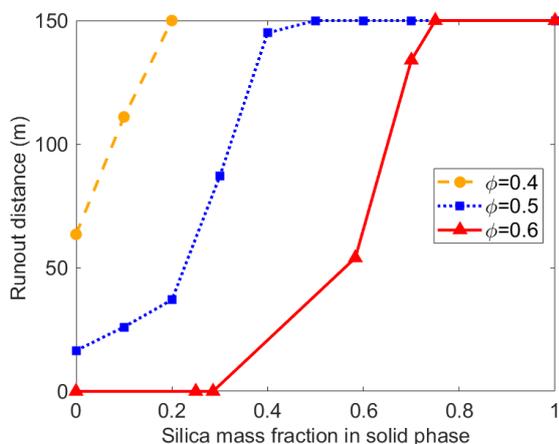


図 5 カオリン、珪砂、水の混合物を流下させた際の流下距離。横軸は固相における珪砂の質量分率。数字が大きいほど珪砂が多く、カオリンが少ない状態を表す。

D. 議論

今回行った実験では、固液二相流の固相をカオリンと珪砂を用いて、液相には水を用いて水路中に人工ラハールを発生させた。固相の質量分率が高くなれば混合物は流れにくくなる様子が見られた。しかし、固相をカオリンと珪砂の両者で構成した場合には、固相中の珪砂の割合が多くなるほど流下距離が延び、流れやすくなることが分かった。これは、ラハール中に粘着性成分が多いほど流れにくくなることを表している。言い換えれば、粘着性ラハールに非粘着性の粒子を含むことで流れの流動性が増すことが分かった。

また、珪砂と水だけの混合物を流下させた実験では、所々砂の堤防とチャンネルが形成され、砂と水とが分離して流下するような様子も見られたが、カオリンを含めることによって固相の部分が液相と混ざりやすくなり、チャンネルを作らずに均等に広がる様子が見られた。

今回は、流下距離のみでの比較を行ったが、今後は実験の際に撮影した動画を用いて流速を解析し、さらにラハールの基本的性質を詳しく見て行きたい。また、実際のラハールにはカオリンだけでなく、噴出物に由来する様々な粘土鉱物が含まれている。よって、天然のラハール堆積物などを用いた実験も行っていく、カオリンのみの場合と比べ、どのように変化するかなども見て行きたい。

H. 参考文献

- Capra, L., Macías, J.L., 2000. Pleistocene cohesive debris flows at Nevado de Toluca Volcano, central Mexico. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 102, 149–168.
- Kataoka, K.S., Urabe A, Manville V., Kajiyama A. (2008) Breakout flood from an ignimbrite-dammed valley after the 5 ka Numazawako eruption, northeast Japan. *GSA Bulletin*, 120 (9-10): 1233–1247.
- Kataoka, K.S., Matsumoto, T., Saito, T., Kawashima, K., Nagahashi, Y., Iyobe, T., Sasaki, A., and 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 and Space*, 70(1): 113.
- Kilgour G., Manville V., Della Pasqua F., Graettinger A., Hodgson K.A., Jolly G.E. (2010) The 25 September 2007 eruption of Mount Ruapehu, New Zealand: directed ballistics, surtseyan jets, and ice-slurry lahars. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 191:1–14.
- Pierson T.C., Daag A.S., Delos Reyes P.J., Regalado M.T.M., Solidum R.U., Tubianosa B.S. (1996) Flow and deposition of posteruption hot lahars on the east side of Mount Pinatubo, July-October 1991. In: Newhall, CG and Punongbayan, RS (eds). Fire and mud: eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines: Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Quezon City and University of Washington Press, Seattle, pp 921–950
- Scott, K.M., Vallance, J.W., Pringle, P.T., 1995. Sedimentology, behavior, and hazards of debris Flows at Mount Rainier, Washington. USGS Professional Paper 1547, 106 pp., 1 plate). US Geological Survey, Reston, VA.
- Vallance J.W., Scott K.M. (1997) The Osceola mudflow from Mount Rainier: sedimentology and hazard implications of a huge-clay-rich debris flow. *Geol. Soc. Am. Bull.* 109:143–163.