

# 粘性流体中の粒子の沈降様式を観察する：簡単な材料による2相流の実験

## Mode of settling of solid particle in viscous fluid: experiments using low-cost commodity

\*佐藤 博明<sup>1</sup>、佐藤 鋭一<sup>2</sup>

\*Hiroaki Sato<sup>1</sup>, Eiichi Sato<sup>2</sup>

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 神戸大学大学教育推進機構

1. Graduate school of Science, Kobe University, 2. Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University

簡便な日用品を用いて、粒子沈降に関する流体実験を行った。主な狙いは、粒子サイズ分布、密度差、流体の粘性、等によって粒子の沈降の様子がストークス沈降（個別粒子の沈降）からレイリー・テイラー不安定による対流（粒子集団の沈降）への移り変わりがどのような条件で生じるかを観察することにある。このような粒子沈降のモードの違いは、マグマ溜りでの結晶沈降や、噴煙からの火山灰の沈降のモードの遷移にも関係すると考えられ従来必ずしも十分認識されていないように思われる。粘性流体としては水飴（イオン社、比重1.5）を一部水で薄めたものを用いた。粒子としてはガラスビーズ（糸遠しの孔を持つ、4mmφ、2mmφ、1mmφ、比重2.5、バルク比重（糸遠しに水飴が入った状態）2.3）を用いた。容器は空になったジャムのガラス容器（250-300ml）を用いた。流体の粘性が高く（約10Pas）、粒子1mmを用いた場合は前半に筋状に集団で沈降するモードがあり、後半はストークス沈降のモードが観察された。流体の粘性を少し小さくし（約1Pas）4mmと1mmのガラスビーズを用いた実験では、初期に筋状に集団で沈降するモードが見られるが、中盤で一気に塊状に粒子集団が落下するモードがあり、粒子が分散した後半はストークス沈降のモードが見られた。これは、初期には2相流体の密度が大きくレイリー・テイラー不安定の発達速度がストークス沈降速度よりも大きくなり、中盤では堆積時に2種の粒子が混合して粒子密度が高い部分が天井から剥れて集団で落下し、終盤で粒子が分散した状態では密度不安定が小さくなりストークス沈降が優勢になるためであると理解された。また、異なる粒径のガラスビーズを用いると大きな粒子がストークス沈降する周囲に小さな粒子が付随して集団として1つの大きな粒子の沈降速度よりも大きな速度で沈降するのが観察された。火山灰の降下については、Cazattero & Jellinek(2012EPSL)が議論しているように、3-4φよりも小さい火山灰が主要な粒子である場合にはレイリー・テイラー不安定による集団的な沈降が生じるが、より大きな火山灰粒子ではストークス沈降で沈降が支配されると考えてよいようだ。雲仙普賢岳での火砕流から二次的に生じた噴煙からの火山灰沈降でレイリー・テイラー不安定の集団的（対流的）火山灰降下が見られることがあったが、これは火砕流から生じた噴煙では粒子サイズが小さいためであると考えられる。マグマ溜り内での結晶沈降では天井や壁からの冷却で結晶が生じそれが浮遊した状態か、連結した状態化でふるまいは異なると思われるが、流体と粒子の密度差は火山灰のケースよりも小さいが、流体の粘性が5ケタ以上大きいことによりレイリー・テイラー不安定による沈降が生じる可能性が大きいと考えられる。

キーワード：粒子沈降様式、ストークス沈降、レイリー・テイラー不安定、火山灰降下様式、マグマ溜り内結晶沈降

Keywords: mode of particle settling, Stokes settling, Rayleigh-Taylor instability, settling mode of volcanic ash, crystal settling in magma reservoir

## 水飴でルートレス噴火は起こせるか？-爆発的なべっこう飴- Kitchen analog for rootless cone eruption; explosive bekkouame?

\*野口 里奈<sup>1</sup>、栗田 敬<sup>2</sup>、鈴木 絢子<sup>3</sup>、濱田 藍<sup>4</sup>

\*Rina Noguchi<sup>1</sup>, Kei Kurita<sup>2</sup>, Ayako Suzuki<sup>3</sup>, Ai Hamada<sup>4</sup>

1. 東京工業大学 理学院 火山流体研究センター、2. 東京大学地震研究所、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. 電力中央研究所

1. Volcano Fluid Research Center, Department of Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Central Research Institute of Electric Power Industry

The rootless eruptions, which is a series of explosions by interactions of molten-lava and waterlogged sediments, have been focused in point of both the planetology and the volcanology (Fagents *et al.*, 2002; Hamilton *et al.*, 2010; 2017). On the surface of Mars, thousands of cones formed by rootless eruptions (e.g., Greeley and Fagents, 2001) are found to exist. Since those cones are located on the young surface, they have been spotlighted as an evidence of flood volcanism and existence of subsurface water ice in recent Mars (Dundas and Keszthelyi, 2013). According to laboratory-scale experiments and numerical modelings, the amount of external water, which is available during the eruption and vaporization, influences explosion styles (e.g., Wohletz, 2002). The variety of geomorphology in rootless cones has been thought to show that style difference (Fagents and Thordarson, 2007). In spite of the popularity its formation mechanism has not been well understood even for the terrestrial cases. Why isolated cones are formed instead of widespread fragmentation? Why explosion is maintained steady? Why fragmentation similar to the scoria cone formation occurs? What is the role of vesiculation in rootless eruption? To explore probable answers we conducted kitchen earth science experiments.

In this study, we challenged to reproduce rootless eruptions by using heated syrup and soda. The basic procedure is similar to that in bekkouame (candy) and karumeyaki (honeycomb toffee) recipe. The starting materials are syrup and baking soda (sodium bicarbonate) and a small transparent container. We first heated syrup around 130°C and poured it on several types of substrate such as sugar and soda mixture so as to cover the surface of them completely. Break down of the baking soda by the heat of syrup produces CO<sub>2</sub> gas, which causes bubble flow in the overlying syrup. As a result, tens of petit eruptions occurred during experiments. The cellularly divided conduits were formed by stable explosions which had not changed its location. Those cells might be comparable to the repelled distribution pattern which has been interpreted in Hamilton *et al.*, 2010. We verified the relationships between explosion styles and the amounts/ratio of soda and heated syrup. In the presentation, we show changes of explosion characteristics in different conditions. Furthermore, we focus on morphology of solidified syrup (as bekkouame) then compare with those of natural rootless cones.

キーワード：ルートレス噴火、水飴、爆発

Keywords: rootless eruption, syrup, explosion

# 「ペレーの毛」の形成に関する流れの可視化実験

## Flow visualization experiments on “Pele’ s hair” formation

山田 美幸<sup>1</sup>、村井 祐一<sup>2</sup>、\*熊谷 一郎<sup>2,3</sup>  
Miyuki Yamada<sup>1</sup>, Yuichi Murai<sup>2</sup>, \*Ichiro Kumagai<sup>2,3</sup>

1. 日本大学、2. 北海道大学、3. 明星大学  
1. Nihon University, 2. Hokkaido University, 3. Meisei University

In the session of the kitchen Earth Science last year, we presented an analog experiment on “Pele’ s hair” which could be observed in the volcanic products in Hawaii Islands. We’ d succeeded in producing similar texture of “Pele’ s hair” by using a cotton candy machine we had invented, and showed that the texture of the sugar fibers (e.g. their thickness and length) depends on several important parameters such as rheological properties of the melted sugar, initial temperature at the outlet of the melted sugar jet, and its ejection speed. Recently we have conducted flow visualization regarding this analog experiment to understand the flow behavior around the melted sugar jet. The experimental setup for flow visualization consists of the cotton candy machine, commercial humidifiers for the flow tracers, and a LCD projector to generate multi-color light sheets. The flow behavior was recorded by a high-speed video camera; the eddies and vortices were clearly observed around the rotating dishes, which affect the formation process of the analog “Pele’ s hair” . We also examined effect of the following parameters such as the rotating speed, heating temperature, diameter of the outlets, which cause a variation in the texture of the cotton candy as reported the last presentation.

キーワード：火山、実験、粘性流体  
Keywords: Volcano, Experiment, viscous fluid

# 科学教育と防災教育と論理的思考教育の融合の試み 中での簡易模擬実験

## Analogu experiment on interdisciplinary education of science and disaster mitigation

\*久利 美和<sup>1</sup>

\*Miwa Kuri<sup>1</sup>

1. 東北大学災害科学国際研究所

1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

### 1. 背景

学校現場における防災教育では「学校教育法 三十条の二」に明示されているように、「知識・技能を実生活に活用する力」の育成が求められている。防災標語の活用や防災標語作成による教育などの実践が行われていたが、震災後は「命を守る」「自分で考える」防災教育が強調されるようになり、教材開発は現在進行中である。

「わかりやすさ」「実践しやすさ」に過剰な重点が置かれると、2010年2月のチリ地震での事例にみられるように、ハザードマップ住民の身近に十分にいきわたっていたにもかかわらず、読み取るべき情報や行動の応用に至らない可能性（気仙沼市2011）や、東日本大震災時の釜石市鶴住居市民センターで事例のように、訓練時に使用していたがため、津波避難には不適切な施設への避難や、ハザードマップが安全マップとして読み替えられる可能性もある（釜石市2014）。

### 2. 地学への関心度と地震・津波の知識に関する調査

地学を専門としない大学2年相当学生178名を対象に、地学への関心と、地震・津波に関する知識についての調査を行ったところ、地震後の津波の危険性については学生の9割が認識していたが、津波が必ずしも引き波から到達しないことについては、正答率（2割程度）よりも誤認率（4割程度）が高く、事前の関心と正の相関にあり、高関心層がより誤った知識を有していることが示され、経験談のみの災害伝承の課題点が明らかになった。

### 3. 簡易模擬実験を取り入れた防災教育実践

2010年より「防災のための基礎科学」として、「たてなみ、よこなみ、よーい・どん」と題した緊急地震速報の仕組みと緊急地震速報を受けての行動について、児童向けに、バネを用いた地震波の伝搬の解説とともに緊急地震速報を伝える講座を開始した。2011年3月11日東日本大震災の当日に避難所となった小学校にて、「たてなみ、よこなみ、よーい・どん」に参加した何名かの低学年児童から「ちゃんとできたよ！」との声がかかった。災害現象および警報に対する具体的なイメージを持つことが、とっさの行動に結びついた事例の一つといえる。

### 4. 地域実装としての可能性

地域防災教育の充実を行うことで、若い世代の定住促進を目指す地域で、試行的ながら、地域の実情に合わせた教育プログラムを開発し、展開する試み（山田・松本2015、長谷川ほか2016）もはじまっている。甚大な被害を生んだ地域での聞き取り調査によれば、「当時海を見に行った」、「津波は来ないと思っていた」といった証言が得られており、防災（特に津波防災）に関する当事者意識の欠如があった。地域社会が安全・安心を担保する上では、行政主導で実施される「ハード」対策に防災教育や避難訓練といった「ソフト」対策を組み合わせることが、効果的だと考え、モデル地域において地域の安全・安心を社会実装することを目的とし、(1) 地質・史料調査による地域災害史の解明、(2) (1)を活用した防災・理科教育、(3) 津波避難訓練の提案・実施、(4) 地域自治組織や市民会議の役割の解明に取り組んでいる。防災・理科教育は防災と理科的な

知識・理解の関連付けをねらった教育を意味し、防災だけでなく自然科学への興味・関心の向上を目指し、小型水槽による水理実験をとりいれている。津波を発生させる地震の特徴や津波伝搬の特徴などを伝えることで、引き潮確認後の避難行動ではなく、地震発生後の避難行動が有効であることが伝わることを示せた。

キーワード：防災教育、科学教育

Keywords: education of disaster mitigation, education of geoscience