

## 噴火アナログ実験における周期的噴出とノコギリ波状圧力変動 Sawtooth wave-like pressure change and cyclic out-gassing observed in laboratory experiments

菅野 洋<sup>1\*</sup>; 市原 美恵<sup>1</sup>  
KANNO, Yo<sup>1\*</sup>; ICHIHARA, Mie<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>The Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

### ○はじめに

菅野・市原(2014, 火山学会)では水あめを用いて模擬火山噴火実験を行い、ノコギリ波状の圧力変動(Sawtooth wave-like pressure change, 以下 SWT)が見られるステージを発見した。SWTは噴火にともない山体の膨張・収縮のサイクルとして観測されており(Genco and Ripepe 2010, Lyons et al. 2012, Nishimura et al. 2013)、本実験のSWTのメカニズムを明らかにすることで実際の火山噴火現象の理解に役立てることを目標としている。火道流はガス・液相の相対速度、ガス体積分率によって様々な流動様式に遷移することが知られている(Vergnolle and Jaupart, 1986)。そこで我々は流動様式の変化がノコギリ波状の圧力変動を制御していると考え、管内流体のレオロジーや流速を変化させ実験を行ってきた。しかし、SWTは測定されなかった。今回はチャンバーの有無が圧力変動にどのように影響するかを検討する。

### ○実験装置

下流からガスを供給して水あめとガスの互層スラグ流れが管内に形成される装置を制作した。今回の実験では粘性率1 Pa.s程度の水あめを使用した。チューブ径は直径5 mmとした。チューブの下部とガス供給元の間直径50 mm、高さ100 mmのアクリル容器(以下チャンバー)を接続した。チューブ最下部とアクリル容器内部の圧力を測定した。チューブ上部には広帯域マイクロフォンを接続し、チューブ内ガス噴出による音波を捉えた。チューブ内は高速度ビデオカメラで撮影した(図1 a)。チューブ下部のバルブを閉めた状態で60mmの高さになるようチューブ内に水あめを注入し、その後バルブを開放しガス供給を開始した。水あめが噴出しないように長さ800mmのチューブを使用した。チャンバー内に水を注入し、水面の高さを調整する事でチャンバーの体積(以下Vc)を調整した。ガス供給はコンプレッサーによって行い、レギュレーターでチャンバー注入流量(以下Qin)を調整した。

### ○実験結果

Vcを0から約120 cm<sup>3</sup>で6段階変化させた。それぞれのVcに対して、Qinを約0.1-30 μ m<sup>3</sup>/sの間で3段階に調節した。

#### 1. Vcを変化させる(Qin一定)

Vcが小さい時、SWTは見られず、準正弦波状のなだらかな圧力上昇・下降がみられた。水あめ層の上昇速度は一定で、互層スラグ流最上部の水あめ層が割れても、下部に続く水あめ層は一定速度で上昇を続けた。Vcを大きくしていくと、急激な圧力低下を伴うSWTが見られた(図1 b)。SWTの際、管内の水あめ層がすべて連動して破裂し、環状噴霧流となってガスが一気に放出された。その後、水あめの流動によって液膜が再生成し、圧力が徐々に上昇した。再生成した水あめ層は管内壁を伝って下降する水あめと合体しながら成長しつつ急速に上昇し、水あめ層がある厚さに達すると減速して一定速度で上昇した。チャンバー内圧力が増加するに従い水あめ層は再加速し、層厚も減少していった。水あめ層がある薄さに達するとスラグ流の速度はさらに加速され、水あめ層が一斉に破裂し、再び圧力が急激に低下した。

#### 2. Qinを変化させる(Vc一定)

Vcが小さいときにはQinによらず、準正弦波状の圧力変動が見られた。Qinを上げていくと変動周期は短くなっていった。Vcが大きいとき、Qinが小さいときにはSWTモードと準正弦波状変動モードが混在した圧力変動がみられた。Qinを上げていくとSWTモードが卓越して見られた。

### ○考察

マグマ供給系において、チャンバー内の圧力変動と火道流の流速・圧力損失のカップリングによる圧力が数理モデルとして提案されている( Ida, 1996; Barmin et al, 2002; Nakanishi and Koyaguchi, 2008)。これらのモデルを参考に、

1. 水あめ層厚が大きく(小さく)なり、実効粘性、すなわち圧力損失が大きく(小さく)なる。

2. チャンバーが圧力バッファとして機能している。

という効果を想定し、簡単な常微分方程式によるモデル化を試みた。このモデルではQinを一定に保った状態でVcを上げていくと、SWTが見られる(図1 c)。チャンバー体積を小さくしていくと、準正弦波状の圧力変動に遷移する。また、Vcを一定に保った状態でQinを小さくしていくと、SWTから準正弦波状の変動に遷移する。

本モデルによって、今回の室内実験の振る舞いを定性的に再現できた。今後は方程式の各パラメータが振動パターンに対してどのように影響するのか、より深く考察し、定量的・定性的に評価を行う。

キーワード: ノコギリ波, アナログ実験, 混相流, マグマ溜まり, 火道流, 傾斜変動

Keywords: Sawtooth wave, Analog experiment, Multi phase flow, Magma chamber, Conduit flow, Tilt motion

