

小笠原諸島・西之島溶岩流に溶岩チューブ及び溶岩チューブ洞窟は存在するか？

Lava tubes and lava tube caves are formed in the lava flow of Nishinoshima volcano in Ogasawara islands?

*本多 力¹

*Tsutomu Honda¹

1.火山洞窟学会

1.Vulcano-speleological Society

[はじめに] 安山岩質溶岩から構成される西之島は2013年11月20日以来噴火を継続している。先の1973年噴火や今回の噴火のさまざまな報告には「溶岩トンネル(溶岩チューブ)」の存在について言及されているが^{1),2)},ここではその可能性についてビンガム流体としての流体力学モデルに基づき検討してみた。なぜなら、玄武岩溶岩流では溶岩トンネル(溶岩チューブ)は明らかに存在しているが、一方、安山岩溶岩流では溶岩トンネル(溶岩チューブ)は存在しないと言われており今まで世界では報告されていないからである^{3),4)}。

[溶岩チューブと空洞(溶岩チューブ洞窟)形成の流体力学モデル] 図1に検討モデルを示す。Mはヘッド高さ(マグマ圧)、Lは溶岩チューブ長さ、Rは溶岩チューブ半径、 α は溶岩チューブの傾斜角である。(A)火口から溶岩を噴出した溶岩が斜面を下り溶岩チューブを形成する。マグマ圧と重力(強制流)で流動。その後2つの状況(B),(C)を考える。(B)溶岩の供給が止まり、チューブ内の溶岩の流動も停止し、チューブは閉塞された状態となる。(C)溶岩の供給が止まるが、チューブ内の溶岩は重力流(自由流)として流出できる場合はチューブ内に空洞を形成する。

溶岩チューブが形成されるためには溶岩チューブの中にある溶岩が流動する必要がある。一方、溶岩チューブ洞窟が形成されるためには溶岩チューブの中にある溶岩が重力によって抜け出る必要がある。流動する(A)、あるいは抜け出る(C)ためには流れの場の最大(すなわち壁面の)せん断応力が溶岩の降伏強度より大きくなければならない。したがってその限界条件は、流れの場のせん断応力=溶岩の降伏強度、となる。この条件は(A)で溶岩がマグマ圧と重力($M/L>0$)で流動する場合: $\tau_w=(\rho g \sin\alpha + \rho g M/L)R/2 > f_b$, (C)で溶岩が重力のみ($M/L=0$)で流動する場合: $\tau_w=(\rho g \sin\alpha)R/2 > f_b$, 傾斜角度 α とビンガム降伏値 f_b がわかれば限界空洞高さ $H=2R$ が与えられる。ここで τ_w はチューブ壁面のせん断応力、 ρ は溶岩密度、 g は重力加速度である。

[溶岩チューブと溶岩チューブ洞窟の有無の推定] 今回の噴火も珪酸重量分率58~60%前後の安山岩と仮定すると、HuIme⁵⁾の珪酸重量分率とビンガム降伏値の相関線からビンガム降伏値は $5 \times 10^4 \sim 10^5 \text{ N/m}^2$,とあたえられる。斜度は国土地理院の「現火口付近最高点での断面比較(2013.12.4~2015.7.28.)」より6度と推定した。

$M/L=1.0$ 及び 0.5 、さらに $M/L=0$ について計算した推定限界溶岩チューブ高さを表1に示す。 $M/L=0$ の重力流の場合、溶岩チューブ洞窟の形成は不可である。一方 $M/L>0$ のマグマによる加圧+重力流の場合、パラメータによって溶岩チューブ形成の可能性はある(表1)。モデルからの推定をまとめると以下である:

- (1)安山岩溶岩流の場合その高いビンガム降伏値のために、十分なマグマ圧が付加できる閉じた流路系でないと溶岩チューブはできない。
- (2)溶岩チューブが形成されたとしてもマグマ圧が除圧された溶岩チューブからは溶岩は抜け出せず、溶岩チューブ洞窟は形成されない。

[おわりに] 西之島溶岩の SiO_2 の重量%や温度が従来の安山岩とそれほど変わらないのであれば、溶岩チューブ洞窟はおそらく発見できないであろう。ただし、噴火終了後、溶岩チューブ洞窟になれなかった溶岩チューブは潜在している可能性がある。より詳細なデータ(溶岩流厚さ、溶岩チューブ長ささと高さ、地形の斜度、溶岩の物性値)が必要である⁶⁾。噴火終了後、西之島に上陸して行う実地検証が期待される。溶岩トンネル、溶岩チューブの名称を使う場合の定義の明確化も必要である。分類としてActive lava tube, filled(plugged) lava tube 及びDrained lava tube(lava tube cave)の使用を提案する。

[参考文献]

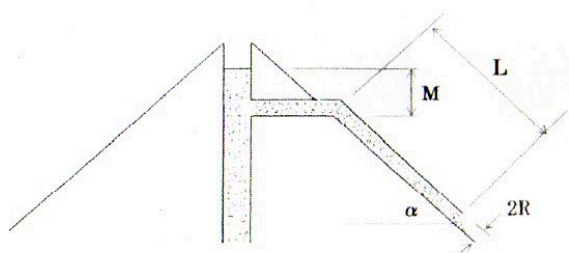
- 1)青木斌,小坂丈予(1974):海底火山の謎-西之島踏査記,p66,東海大学出版会
- 2)森下泰成,小野智三,濱崎翔五,高橋日登美,野上健二(2015):日本火山学会2015年度秋季大会講演予稿集,P85,p183

- 3)守屋似智雄(1983):日本の火山地形,p9,東京大学出版会
 4)本多力,ジョン・テインズレイ(2015):日本火山学会2015年度秋季大会講演予稿集、B3-03,p79
 5)G.Hulme(1974):Geophys.J.R.Astr.Soc.,vol39,p361
 6)本多力(2015):ケイビングジャーナル、No.53,p24

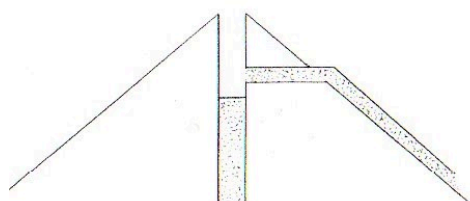
キーワード:溶岩チューブ洞窟、西之島、安山岩溶岩流

Keywords: Lava tube cave, Nishinoshima, Andesite lava flow

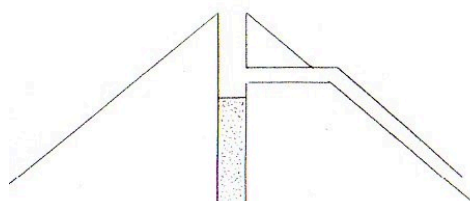
Fig.1 Hydrodynamic Model of Bingham Fluid



(A) Active lava tube: $(\rho g \sin\alpha + \rho g M/L)R/2 > f_B$



(B) Filled lava tube: $(\rho g \sin\alpha)R/2 < f_B$



(C) Drained lava tube: $(\rho g \sin\alpha)R/2 > f_B$

Table1 SiO₂wt% and Lava tube/cave height(Slope angle=6°)

SiO ₂ wt%, Yield strength	Acting pressure : M/L=	Required tube height:H	Comparison with lava thickness:h(<50m)
SiO ₂ 58%: *5x10 ⁴ N/m ²	1.0 (Magna+Gravity)	7m	<h?(Tube formation?)
	0.5 (Magna+Gravity)	13m	<h?(Tube formation?)
	0 (Gravity)	80m	>h(No cave formation)
SiO ₂ 61%: *1x10 ⁵ N/m ²	1.0 (Magna+Gravity)	15m	<h?(Tube formation?)
	0.5 (Magna+Gravity)	26m	<h?(Tube formation?)
	0 (Gravity)	120m	>h(No cave formation)

*G.Hulme(1974):Geophys.J.R.Astr.Soc.,vol39,p361