

SVC047-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

Across arc variation of Magma Composition in Central Sunda Arc, Indonesia: A test of slab influence to mantle source Across arc variation of Magma Composition in Central Sunda Arc, Indonesia: A test of slab influence to mantle source

Haryo Edi Wibowo^{1*}, Toshiaki Hasenaka¹, Esti Handini², Yasushi Mori³, Agung Harijoko²
Haryo Edi Wibowo^{1*}, Toshiaki Hasenaka¹, Esti Handini², Yasushi Mori³, Agung Harijoko²

¹GSST Kumamoto University, ²Geological Dept. Gadjah Mada University, ³Kitakyushu Museum of National History

¹GSST Kumamoto University, ²Geological Dept. Gadjah Mada University, ³Kitakyushu Museum of National History

Sunda arc, a part of Pacific ring of fire, extends from West Java to Flores. The arc developed since Tertiary period at a convergent tectonic plate margin, where India-Australian plate is subducted northward beneath Eurasian plate. Central Sunda Arc (CSA) is represented by a series of volcanoes from the fore arc toward the back arc including Merapi, Merbabu, Telomoyo, Ungaran and Muria. The oldest activity represented by Muria was 1.11 Ma (Edwards, 1990) whereas the youngest one by Merapi was October 2010. Depth of Wadati-Benioff zone beneath CSA ranges from 190 km for Merapi (Gertisser & Keller, 2003) to 350 km for Muria (Nicholls & Whitford, 1989). Field works have been conducted for brief geologic observation and rock sample collection from Merbabu, Telomoyo, Muria, including Genuk on the north and Patiayam on the south of Muria. Data from Merapi is compiled from Handini (2010). Rock samples were analyzed using X-Ray Fluorescence, Prompt Gamma Ray and Instrumental Neutron Activation Analysis to obtain whole rock compositions. Using subduction component elements, we tried to estimate the sediment input from the slab in magma genesis of CSA.

High Al₂O₃ (~18 wt%), low Cr (~29 ppm) and Ni (~27 ppm) from CSA products characterize the volcanic products from these volcanoes. K₂O increases gradually with Benioff zone depth. Most samples from Merapi, Merbabu, Telomoyo and Ungaran are classified as subalkaline, whereas Muria samples fall on both Alkaline and Subalkaline fields. In detail, Merapi samples range from Medium-K to High-K, Merbabu Medium-K, Telomoyo and Ungaran High-K, and Muria samples range from High-K to Shoshonitic and Leucitic. We only selected unfractionated lavas to avoid assimilation, including basalt, basaltic andesite, andesite, basanite, trachy basaltic andesite and trachyandesite.

Chondrite normalized REE pattern of Muria samples including Genuk and Patiayam shows steeper patterns than those from fore arc volcano. LREE to HREE ratios of Muria samples are up to four times higher than those from the frontal volcanoes. Lead to HFSE ratios (e.g. Pb/Nb) reach the highest point around Merbabu (~17) and Telomoyo (~21) instead of frontal Merapi (~14), and gradually decrease toward back arc, suggesting the strongest sediment input at Merbabu and Telomoyo. Lead to HFSE ratios are the lowest (~0.25) at Muria Leucitic products. Those of Muria shoshonitic are ~0.67, and those of Muria High-K are ~1.27. Boron to HFSE ratios which also indicate the fluid significance on magmatism shows similar pattern with Lead. These results from fluid mobile elements provide possibilities on estimating slab influence to mantle source in CSA.

キーワード: Subduction, Across sunda arc, Quaternary volcanism, Fluid mobile element

Keywords: Subduction, Across sunda arc, Quaternary volcanism, Fluid mobile element

SVC047-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

Quaternary Gede Salak volcanic complex, Banten area, at the junction between Sumatra arc and Java arc, Indonesia Quaternary Gede Salak volcanic complex, Banten area, at the junction between Sumatra arc and Java arc, Indonesia

Idham Andri Kurniawan^{1*}, Toshiaki Hasenaka², Emmy Suparka¹

Idham Andri Kurniawan^{1*}, Toshiaki Hasenaka², Emmy Suparka¹

¹Intitut Teknologi Bandung, ²GSST, Kumamoto University

¹Intitut Teknologi Bandung, ²GSST, Kumamoto University

Pleistocene Gede Salak volcanic complex is located at Banten, northwestern edge of Java island. The volcanism is associated with the subduction of the India-Australia plate beneath Eurasian plate at the rate of 7 cm/y. These volcanoes are located near Sunda Strait, a transitional zone between Java arc and Sumatera arc where oblique subduction is observed. The distance from Java trench is 300 km, with a diameter of 30 km. This volcanic complex consists of Gede, Salak, Batur and Wadas volcanoes. To southeast is located Pinang volcano, and to south is Volcanic complex of Rawa Dano. This study is the first geochemical study of volcanic rocks characterizing across-arc variation of Java-Sumatra junction.

Gede Salak volcanic complex consists of pyroclastic flow deposits in the western part and lava flows in the eastern part. The later development of dome Wadas formation is probably associated with fault structures trending northwest to southeast.

Volcanic samples from this volcanic complex include basaltic to trachytic rocks, in the range of medium-K to high-K MgO content is less than 3 %. Elements of Rb, Zr, Ce, and La increase with increasing SiO₂. Chondrite-normalized REE patterns are similar to those of island arc basalts. When compared to volcanic samples from central western Java volcanoes, REE pattern is similar to those from backarc volcanoes (Sendjaja et al. 2009). Gede Salak volcano is slightly enriched in the subduction component, as illustrated by the low Nb/Zr and elevated Ba/Zr ratios. B/Nb and B/Zr ratios are in the range of (1.5 - 5.4) and (0.03 - 0.10), which are higher than the back arc volcano in central Java transect, but lower than the frontal volcanoes there.

キーワード: basalt, subduction, Gede Salak volcanic complex, Northwestern Java

Keywords: basalt, subduction, Gede Salak volcanic complex, Northwestern Java

SVC047-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

桜島火山大正噴火における、噴火様式の変遷とマグマ結晶化過程

The transition of eruptive style and crystallization process in the 1914-1915 eruption of Sakurajima volcano

北島 光朗^{1*}, 星出 隆志¹, 寅丸 敦志¹

Mitsuro Kitajima^{1*}, Takashi Hoshide¹, Atsushi Toramaru¹

¹九州大学 理学部 地球惑星科学科

¹Earth and Planet. Sci. Kyushu Univ.

[はじめに]

桜島火山の大正噴火では、初期の爆発的噴火で軽石を大量に噴出し、その後噴火強度が弱まり溶岩を流出させたという、噴火様式の変遷が見て取れる。このような噴火様式の変遷は、マグマの噴出前の状態や噴出の際の脱ガス作用に支配されるが、その原因が火道上昇中にあるのかマグマだまり内にあるのかは分かっていない。火道を上昇するマグマは、減圧・発泡を繰り返し、H₂Oを離溶させる。これによりマグマは融点が増加、実効的過冷却状態に置かれ、火道内で結晶を晶出させる。それはマイクロライトと言われる、長径約100 μm以下の結晶であり、石基の構成要素の一つである。本研究では、噴火様式の変遷が何に起因するのかを探るために、桜島大正噴火で噴出した軽石・溶岩中の斜長石マイクロライトおよび斑晶の組織の観察、それらの化学組成の比較を行い、マグマだまり内や火道上昇中の発泡、結晶化プロセスと噴火様式の変遷について考察する。

[手法]

桜島西部に、大正軽石層のすぐ上部を大正溶岩が覆っている露頭が存在する。ここで採取した白色・灰色軽石それぞれの薄片を作成した。西部の溶岩はこの露頭付近を含め、その噴出順に16ユニットに細分化されている。この内の8ユニットから薄片を作成した。これらの薄片中の斜長石マイクロライト・斜長石斑晶リムを対象に、FE-EPMA(ビーム径100 nm、励起範囲約3 μm)を用いて化学組成を測定した。これにより、斑晶とマイクロライトの化学組成から見た特徴の違いを探る。また、画像解析ソフトImageJを用い、軽石・溶岩それぞれの斜長石マイクロライトのサイズ分布測定を行った。

[結果]

1. 軽石・溶岩共に、斜長石マイクロライトよりも斑晶リムの方が、An量が大きい。
2. 斜長石マイクロライトの化学組成は、軽石・溶岩による大きな違いは無かった。
3. 斜長石マイクロライトは、溶岩では10 μm以下の結晶が圧倒的多数でありサイズが大きくなるに従い、結晶数は指数関数的に減少する。軽石では20-30 μmの結晶が中心であり、ヒストグラムは正規分布に近い形になる。単位体積あたりのマイクロライト結晶数自体は、溶岩よりはるかに少ない。

[考察]

1 について、一般に、マグマが冷却、もしくは含水量が減少すると、マグマのAn量は減少する。マグマが発泡・脱水を起こしながら徐々に冷却した場合、どちらの効果にせよ、An量の小さいマイクロライトは、斑晶リムが出来た時より後のステージで結晶化したと考えられる。

2. より、マイクロライトの化学組成自体は、噴火様式の違いに影響されない可能性が高い。つまり、噴火様式の違いに関わらず、同じような条件で結晶晶出が起きていると考えられる。

3. より、溶岩では斜長石マイクロライトの大半が10 μm以下の微細結晶であり、結晶数密度が大きい。これは、溶岩を流出する非爆発的噴火では、マグマは脱水・冷却を効率よく起こったためだと考えられる。一方、軽石を噴出する爆発的噴火では、マグマの火道上昇速度が大きく、マイクロライトの核形成・結晶成長が進む前に急冷してしまったと考えられる。

以上より、マイクロライトサイズ分布は噴火様式に支配されると考えられる。また、今後軽石・溶岩それぞれの全岩化学組成を決定することにより、噴火様式の変遷が組成でなくマグマの温度・含水量に依存することを示すことができる可能性がある。

キーワード: 桜島, マイクロライト, 噴火様式, 化学組成, 軽石, 溶岩

Keywords: Sakurajima, microlite, eruptive style, chemical composition, pumice, lava

SVC047-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

桜島昭和火口の噴火前過程

Prior processes of Vulcanian eruption at Showa crater of Sakurajima volcano

横尾 亮彦^{1*}, 井口 正人², 為栗 健², 山本 圭吾²

Akihiko Yokoo^{1*}, Masato Iguchi², Takeshi Tameguri², Keigo Yamamoto²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹Graduate School of Science, Kyoto Univ., ²DPRI, Kyoto Univ.

桜島において実施されている多項目地球物理観測によって、2009年に昭和火口で繰り返し発生したブルカノ式噴火に先行する個々の過程が次の通り明らかになった。

噴火開始の数時間前から山体内部（1 km 程度の極浅部）へのマグマ上昇・蓄積が開始される。有村観測坑道内（大隈河川国道事務所）に設置された、火口方向とそれに直行した方向の伸縮計記録において、それぞれ収縮、伸張の変化が観察される。この時間帯には卓越周波数が3~8Hzの極小規模なBH型地震の発生も見られる。いくつかの噴火事例では、次以降に示す噴火過程に至る前に、数10分から数時間程度の停滞期を経ることもある。

噴火10~20分前になると、火口底直下圧力溜りに対する「蓋」としての機能を有する領域が火口底に形成される。このとき、大隈河川国道事務所が桜島に展開している噴火映像で、火映の強度が減少し始め、やがて消滅する。同じタイミングでガス放出率の減少も観察される。

噴火直前（数分前）には圧力溜りからのガス抜けが発生し、火道最上部から内部に向かって減圧波が伝播して、連続的なマグマ発泡が誘引される。ガス抜けの数10秒前くらいからは微動（卓越周波数は<4 Hz）が発生し始めることがある。熱赤外映像には、火口内からのガス抜けのシグナルが記録されるが、その温度上昇幅は非常に弱い。ガス抜けの発生と同時に、前述伸縮計記録の変化傾向が反転する。圧力増加から減少に転じ始めたことを意味する。あわせて微動振幅の増大も認められる。蓋内に形成された割れ目、亀裂内をガスが抜けることで励起されている可能性がある。

減圧によって開始した発泡破砕が最も効果的で、マグマの体積増加が最大となる場所に到達するのは、噴火表面現象発生のおよそ1秒前である。発泡破砕して膨張を続けるマグマは、火口底直下の圧力溜りを下方から押し上げ再膨張させるため、火口底の変形隆起・破壊（蓋の破壊）がおきて、噴火表面現象（噴石飛散や噴煙放出）が開始される。爆発地震波形は初動が不明瞭であり、震源決定も難しい。全体的に複雑な波形様相を呈しており、南岳の爆発過程とはやや異なったプロセスがおきている可能性がある。空振先行相とのタイプ対応性を考慮することで、これらを明らかにすることができると考えている。

SVC047-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

桜島火山昭和火口のマグマ供給システムと2009年噴火時地殻変動の研究 Magma plumbing system and ground deformation associated with the eruption at the Showa crater of Sakurajima in 2009

巳波 壮馬^{1*}, 井口 正人², 三ヶ田 均¹, 後藤 忠徳¹, 武川 順一¹

Soma Minami^{1*}, Masato Iguchi², Hitoshi Mikada¹, Tada-nori Goto¹, Junichi Takekawa¹

¹ 京都大学大学院工学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹ Grad. School of Eng., Kyoto Univ., ² Disa. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.

これまで火山噴出物の分析や地質構造の解釈から定性的に噴火のメカニズムを解明する研究は多くなされてきたが、定量的にそのメカニズムを評価する研究はあまりされてこなかった。従来の研究例として火道流やマグマ溜まりでの結晶分化作用など、噴火機構の一部についての研究はあるが、火道とマグマ溜まりを一体として噴火メカニズムを考えた研究は少ない。

この後者の研究の一つとして本研究では、地殻変動から噴火直前のマグマがどのような挙動を示すのかを有限差分法等を用いてシミュレーションし、観測データと比較した。比較に用いたデータは2009年4月9日に桜島火山昭和火口で生じた噴火前36時間の間に、観測坑道内にある水管傾斜計と伸縮計によって測定されたものである。過去に行われたGPSデータの解析や地震波の異常減衰域の解析等により、桜島直下0.1 kmと4.0 kmに深さの異なる2つのマグマ溜まりが存在することが示唆されており、茂木モデルを適用することで、地殻変動量からそれらの体積変化を推定することができる。このようにして得られたマグマ溜まりの体積変化のデータより、深いマグマ溜まりの体積変化が浅い方と比較して40倍程度大きいことと、体積変化の傾向が減少から増加に転ずる時間に3時間程度の時間差があることがわかった。この2つの特徴的な挙動を解明するために、深さの異なる2つのマグマ溜まり間の火道をマグマが一次元気液二相流として流れると仮定し、深いマグマ溜まりへ定常的に供給されるマグマによって生じる過剰圧を引き金としてマグマが上昇するモデルを考えた。このモデルでのシミュレーションの結果、観測データで見られた時間差について十分に再現することができた。しかしながら、もう一つの特徴である数十倍程度の体積変化の差については説明することができず、定量的な噴火のメカニズムの解明のためには、新たな流動様式を考える必要があり、今後の課題といえる。

キーワード: 噴火, 火道, マグマ溜まり, 桜島, 地殻変動, 数値計算

Keywords: eruption, volcanic conduit, magma reservoir, sakurajima, ground deformation, numerical simulation

SVC047-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

チリ・ビラリカ火山で観測された低周波空振の発振機構 Monotonic infrasound at Volcan Villarrica, Chile

後藤 章夫^{1*}, ジョンソン, ジェフリー²

Akio Goto^{1*}, Jeffrey Johnson²

¹ 東北大学東北アジア研究センター, ² ニューメキシコ工科大学地球環境科学科

¹CNEAS, Tohoku University, ²EES, New Mexico Tech

Volcan Villarrica in the southern Andes, Chile, is an active stratovolcano that hosts a convecting lava lake in the summit crater. The Villarrica lava lake is typically overhung by spatter roof that is broken by a central skylight through which the lava lake can be glimpsed. In January 2010 we pointed a video camera at the open vent and coincidentally recorded infrasound to better understand sound generation. We observed monotonic infrasound with stable peaked frequency of 0.77 Hz although there was a lack of visual correlation between discrete explosions and infrasound production. We demonstrate that the likely source of infrasound is Helmholtz resonance produced from a cavity that separates the active convecting lava lake from an overhanging spatter roof.

When pressure perturbation is applied to an air plug in a constriction (e.g., neck of a bottle or vent skylight) that is connected to a cavity, the plug will oscillate (Helmholtz resonance). The idealized Helmholtz frequency is given by:

$$f=(c/2*3.14)*(S/VL)^{1/2} \quad (1)$$

where c is sound velocity in the cavity, S is neck cross sectional area, L is neck length and V is cavity volume. In practice, an extra air volume proportional to the neck radius moves together with the air above and below the neck. This end effect may be added to the geometrical length of the neck and is calculated as 0.85 times the radius for a flanged end and 0.61 times radius at non-flanged (pipe) end (e.g., Fletcher and Rossing [1998]). By considering the skylight as a circular flanged hole with radius r , and when skylight length is negligibly short, Helmholtz resonance frequency is given by:

$$f=(c/2*3.14)*(3.14*r/1.7V)^{1/2} \quad (2)$$

Assuming Villarrica volcanic gas concentrations is 95 mol% H₂O, 2.0 mol% CO₂, 2.1 mol% SO₂, and less than 1 mol% of other species [Shinohara and Witter, 2005] and using mixing theory for each gas species [Morrissey and Chouet, 2001], $c=514$ m/s assuming cavity temperature is 200 °C. Using this value with $f = 0.77$ Hz and $r = 5$ m (skylight radius determined from video imagery) we obtain a cavity volume of $1.04*10^5$ m³ from eq. (2), and the cavity height is 31 m if we adopt cylindrical shape with the same diameter as that of spatter roof (65 m). Cavity gas might also mix with ambient atmosphere whose velocity is 0.85 times lower than that of Villarrica volcanic gas for the same temperatures. Although the atmosphere-volcanic gas mixing ratio in cavity is unknown, eq. (2) would predict a volume and height estimations as low as $7.51*10^4$ m³ and 23 m, respectively, for a cavity filled with atmospheric air at 200 °C. The actual cavity height should then most probably be somewhere between 23 m and 31 m.

In the video we are able to identify occasional lava dripping from the edge of skylight and falling into the lava lake. Forty-four independent measurements of fall time range from 1.3 to 2.2 sec with a 1.76 s average, corresponding to free fall distances between 8 and 24 m with an average of 15.5 m if we ignore drag force of the atmosphere. The wide range in estimates could be by dynamic levels of the lava surface due to bubble slug arrival and surface disruption and poor visibility due to volcanic fume that serves to decrease the estimated fall times. For these reasons we propose that the actual cavity depth could correspond to a fall of at least 2.2 s (or 24 m). The 24 m dimension is similar to the 23-31 m estimate determined from the Helmholtz resonance model, showing the plausibility of Helmholtz resonance for observed monotonic infrasound at Villarrica.

キーワード: 低周波空振, 溶岩湖, ヘルムホルツ共鳴

Keywords: Infrasound, lava lake, Helmholtz resonance

SVC047-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

火山弾の組織変化に見る，珪長質マグマでの気泡核生成，成長，合体の素過程 Vesicle nucleation, growth and coalescence processes in felsic magma, inferred from textural change in a volcanic bomb

鈴木 由希^{1*}, 小屋口 剛博¹
Yuki Suzuki^{1*}, Takehiro Koyaguchi¹

¹ 東大・地震研

¹ Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

珪長質マグマでのマグマの発泡や脱ガスの素過程の理解向上を図ることを目指し，浅間山 2004 年 9 月 1 日のブルカノ式噴火の単一の火山弾の気泡組織を解析した。大気放出後，固結までの時間は火山弾コアに向かい増大するので，リム-コアの連続的解析により，組織の進化過程が把握されるはずである。

火山弾の半径は約 10cm である。リム-コアの位置によらず，一様に約 40vol.% の斑晶を有し，石基には 20-30vol.% 程度のマイクロライトが存在する。おおまかに，緻密で濃灰色の急冷縁（約 1cm 厚）と，淡灰色で発泡の進んだ内部という，段階的な組織変化を示す。薄片や BSE 像による組織定量化のため，火山弾の中心を通る断面において，リム（最外縁）から約 0.2cm, 1cm, 2cm, 3.5cm, 6cm, 8.5cm の 6 箇所（順に Part1-6）を選び出した。Part 1 は急冷縁，Part2 は急冷縁と内部の境界，Part3-6 は内部に相当する。

ほとんど気泡のない Part1 に対し，Part2 では発泡度がコアに向け連続的に増加し，Part3-6 ではリムからの距離によらず発泡度が一定である（石基部分としての発泡度は 64-67%）。Part2 では 50 μ m 前後までのサイズの気泡が存在し，球形のものが多く，おそらく急冷縁と直ぐ内側（Part1-2）は，ブルカノ式噴火爆発時の火道上昇から大気放出来までに起きた気泡核生成・成長過程を記録している。なお Part2 では，気泡の集中する部位と，ほとんどない部位の不均質が見られ，核生成過程を理解する鍵となる可能性がある。

Part3-6 は発泡度一定だが，サイズ分布，気泡数密度は，リムからの距離により系統的に変化する。500 μ m 長以下の気泡の発泡度に占める割合はコアに向け減少し，Part3 では約 90%，Part6 では約 75% である。同じサイズの気泡の単位石基当たりの数密度は Part 3,4 の $11.0-7.8 \times 10^4/\text{mm}^3$ に比べ，Part 5,6 では $6.7-6.2 \times 10^4/\text{mm}^3$ と系統的に低い。一方，肉眼でも識別可能な最大 1cm 長の気泡は，Part5, 6 には認められるが Part3, 4 には存在しない。合わせて大部分の気泡は，Part3-6 の位置によらず，不規則形であったり球形のものが複数連結した組織を示す。以上のことから，Part3-6 での系統的な変化は，メルト固結までの時間の長かったリムから遠くなる程，気泡の合体が進行し，その程度がコアに向けて高まったことを示唆している。合わせて気泡の円形度が Part 3,4 に比べ Part 5,6 で高く，合体気泡の形状緩和も進行したことが推定される。

以上のモデルの検証と共に，その知見を珪長質マグマでの素過程として広く応用するため，本研究では 1) 上記過程のシミュレーションや，2) その基礎となる気泡核生成・合体の物理モデルの改良も行う。シミュレーションで要求される石基メルトの含水量，マグマの物性値のデータや，物理モデルの制約となる組織データの取得も合わせて行う。

キーワード: 火山弾, 珪長質マグマ, 気泡核生成, 気泡合体, 発泡度, 気泡サイズ分布

Keywords: volcanic bomb, felsic magma, vesicle nucleation, vesicle coalescence, vesicularity, vesicle size distribution

SVC047-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

上昇中マグマ内部の気泡からの脱ガスに関するアナログ実験 Analogue experiments on degassing from deformable bubbly fluid by decompression

鹿児島 渉悟^{1*}, 並木 敦子¹

Takanori Kagoshima^{1*}, Atsuko Namiki¹

¹ 東京大学理学部

¹ School of Science, University of Tokyo

火山の爆発的噴火はマグマ中の気泡が急激に膨張することによって起こる。つまり、マグマ中の気泡の量は火山の噴火スタイルを大きく左右する。マグマ中の気泡の量は、気泡に閉じ込められた火山ガスが爆発を伴わずに大気中に散逸(脱ガス)することで減少すると考えられている。つまり脱ガスはマグマ中の気泡の量を変え、噴火様式に影響を与える重要な素過程であるが、その詳細はよくわかっていない。よって脱ガスについて知ることは非常に重要であるが、直接的な火道内の観察は難しい。本研究では模擬実験を行い、火道を上昇するマグマからの脱ガスについて具体的なイメージを提出する。

実験では、マグマと同じ粘性流体である水あめの中に二酸化炭素ガスを発生させて気泡を含む水あめ泡沫を作り、これを真空ポンプを用いて減圧することによってマグマが火道を上昇する過程を模擬的に再現した。水あめの粘性率は10,1000,4000 Pa s の3種類で、玄武岩質から柔らかい安山岩質のマグマに相当する。実験容器の上部(水あめ泡沫外部)と下部(水あめ泡沫内部)に圧力センサーを配置し、水あめ泡沫中の圧力勾配を測定した。

実験の結果、膨張した気泡の壁に穴があいて気泡同士が繋がり、水あめ泡沫の上端からガスが抜ける様子が観察された。観察された水あめ泡沫の体積(V_a)は脱ガスが起こらなかった場合の体積(V_i)より小さく、脱ガスが起こった事が定量的に確認できた。脱ガスが始まる気泡の体積分率は概ね0.8~0.9であった。 V_a と V_i を用いて脱ガス速度を計算した所、水あめ泡沫内部の圧力勾配との相関がみられた。本実験で観察された脱ガスは気泡の構造が時間変化する粘性流体中の物であるにも関わらず、平均的には圧力勾配が流れを駆動するダルシー則に従っているように見える。そこで浸透率を計算したところ、 $10^{-7} \sim 10^{-10} \text{m}^2$ と従来固化したマグマ等を用いて測定された物よりも大きい値が得られた。また、粘性が低いほど大きくなる傾向もみられた。ただし、これらの結果は水あめ泡沫中の気泡サイズの決まり方に依存している可能性があるため、実際の火道内プロセスに応用するためには更なる検討が必要である。

本研究では従来から指摘されている、気泡内部の過剰圧力の減圧速度・粘性率依存性も観察された。粘性が高く減圧速度が速いほど水あめ泡沫内部と外部との圧力差は大きい。気泡サイズの変化が流体外部の圧力変化に追従できないと圧力差が大きくなっていると考えられる。

以上より、粘性率が低く減圧速度が速い、つまりマグマに置き換えれば低粘性で上昇速度の速いマグマほど脱ガスしやすいと推測される。

キーワード: 火山, 噴火, 脱ガス, 気泡, 模擬実験, 火道

Keywords: volcano, eruption, degassing, bubble, analogue experiment, conduit

SVC047-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

マグマの上昇速度がその貫入形状に与える影響 Effects of rising velocity of magma changing its intruded shape

戸谷 佳純¹, 楠本 成寿^{2*}, 清水賀之³
Kasumi Toya¹, Shigekazu Kusumoto^{2*}, Yoshiyuki Shimizu³

¹ 富山大学理学部, ² 富山大学大学院理工学研究部 (理学), ³ 東海大学海洋学部

¹Faculty of Science, University of Toyama, ²Grad. Sch. Sci. Eng. Res., Univ. Toyama, ³Sch. Mar. Sci. Tech., Tokai University

個別要素法に基礎をおいた PFC 2D (Particle Flow Code in 2 Dimensions) を用いて、貫入マグマの上昇速度がその貫入形状に与える影響を調べた。マグマの挙動や貫入形状は様々なファクターによりコントロールされているが、本研究では、マグマの過剰圧を直接反映するマグマの上昇速度に着目した。

個別要素法では、媒質を粒子の集まりで表現し、粒子と粒子の間を弾性ばね (粒子間の垂直方向とせん断方向の2つのばね) で連結する。必要に応じて、粒子と粒子の接続に、ボンドとよばれる接着剤のような役割をするパラメータを設定する。これらの値は、計算機の中で圧縮試験を行い、試行錯誤的に決定される。本研究では、地表付近でのマグマ貫入のシミュレーションを行ったため、地殻の弾性定数がヤング率 16 GPa, ポアソン比 0.21 となるよう、2軸圧縮試験 (2次元解析のため) を行い、垂直ばね係数, せん断ばね係数とも 50 GN/m, 垂直方向, せん断方向のボンドとして 1 kN という値を得た。マグマは運動しやすいよう、垂直方向, せん断方向のボンドを 0 kN とした。

本研究では、幅 5 km, 深さ 1.6 km の地殻を設定した。マグマの貫入は、モデル低部からマグマが任意の速度で押し出されるモデルを仮定し、速度の変化が貫入するマグマの形状に与える影響を見積もった。なお、地殻を構成する粒子の半径は 4.8 ~ 6.4 m, 密度は 2500 kg/m³ とし、マグマは 0.8 ~ 0.96 m の半径, 2000 kg/m³ の密度をもつ粒子の集まりとして、それぞれモデル化された。貫入するマグマの体積は、 $2 \times 10^5 \text{ m}^3$ とし、マグマの上昇速度は $5 \times 10^{-4} \text{ m/step}$ から 0.16 m/step まで変化させた。

計算の結果、いずれの速度でも、初期段階は貫入マグマの形状は円形となった。しかしながら、 $2 \times 10^5 \text{ m}^3$ のマグマを貫入し終えたのちの形状は、上昇速度により変化した。上昇速度が遅いと縦に伸びた楕円となり、速度が速いと円形もしくは低部が横方向に伸びた形 (丸みを帯びた三角形) となった。また、地殻の隆起に着目したところ、速度が遅いほど縦に伸びるため、表面地殻への影響が大きく、隆起範囲が大きくなった。

SVC047-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

衝撃波破碎パイプモデルによる噴火過程の思考実験

A thought experiment on the volcanic eruption by means of the shock-wave fracturing pipe model

飯田 義正^{1*}

Yoshimasa Iida^{1*}

¹なし

¹none

カナダ、アサバスカ盆地などに分布する不整合関連型ウラン鉱床の生成モデルとして、表記のモデルを提唱した (Iida, 2008; 資源地質学会第 58 回年会講演要旨, P-32)。そのシナリオは次の通り。(1) 原生代内陸堆積盆地の基底不整合部にある埋没残丘が、これを覆う砂岩層のドーム状天井に地圧を支えられ、周囲より圧力の低い低圧ポッドとして存在。(2) 盆地の沈降・堆積が進み地圧が高くなると、耐え切れずにドーム状天井が崩壊し、ポッド長軸の両方向に衝撃波を発生。(3) これらの方向性のある衝撃波は、その中心軸ほど破壊の程度が大きいため波速が周囲より遅いので、波は拡散せず中心軸に集中する傾向となって方向性を保つ。その結果、衝撃波が通過した跡に、ひび割れた岩石がパイプ状に分布する構造が形成される。(4) アップディップ側の衝撃波は、浅部ほど速度が遅くなるため、徐々に屈折して垂直に近い角度で地表に達する。ダウンディップ側の衝撃波は、次第に減衰して破壊を伴わない通常の押し波となる。(5) これにより不整合レベルと地表付近が水理的に連絡され、地下水がパイプ内を長期間 (約 4 億年) 循環することにより変質帯と鉱床が形成される (以下の鉱床生成プロセスは省略)。

一般論として、パイプ状構造は低圧ポッドの崩壊による衝撃波により形成される、と考える。例えば、グランドキャニオン周辺に多数分布するブレッチャーパイプは、埋没鍾乳洞の崩壊に伴う衝撃波により形成されたと思われる (従来説では鍾乳洞の真上の岩層の崩落で説明)。また、ギアナ高地の巨大縦穴も衝撃波破碎パイプである可能性を指摘したい。

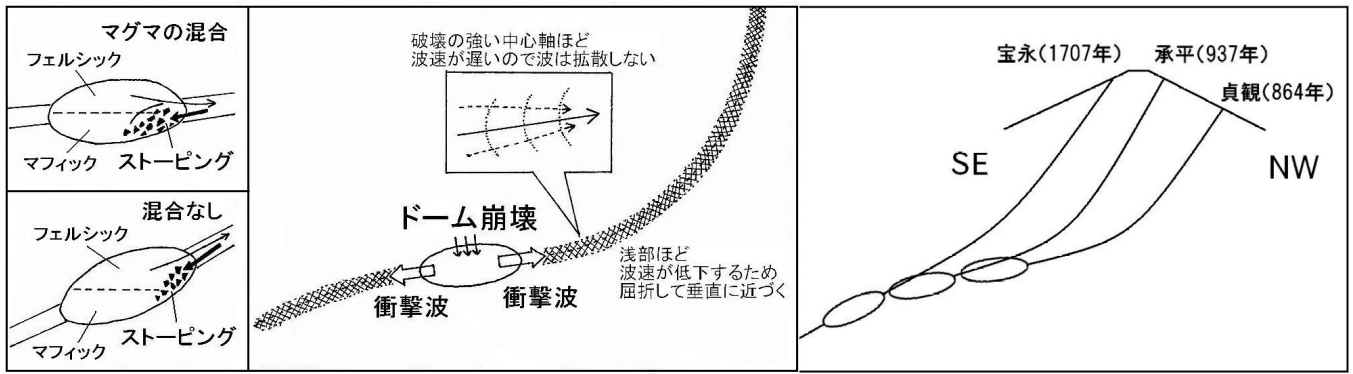
火山の火道の形成についても、衝撃波破碎パイプモデルを適用することを提案する。噴火のメカニズムとして、定説ではマグマ溜まりで沸騰が起こり、圧力が高まって爆発するとされているが、クローズドした環境では、圧力が上昇すれば沸騰は止まるはずであり、爆発的な圧力上昇は期待できない。爆発的な沸騰が起こるのはオープンな環境、すなわち火道の途中である。また、マグマ溜まりの圧力が上昇して爆発するとすれば、上位にテンション・クラックが生じるとしても、パイプ状の火道の形成は説明困難と思われる。

結晶の晶出に伴いマグマの体積が減少し、マグマ溜まりの圧力が減少すると、ドーム状ルーフの岩盤に地圧を支えられる形となる。この低圧ポッドが崩壊して衝撃波を発生させて破碎パイプを形成する過程は、上記の鉱床生成モデルと同様である。アップディップ側の破碎パイプの岩石は、重力によりマグマ溜まり内に流れ込む (文字通り鉱山のストーピングと同じである)。これと入れ替わる形でマグマがパイプを上昇する。この時、マグマ溜まり内でマグマが分化していて、フェルシクなマグマが上、マフィックなマグマが下にあり、マグマ溜まりの形状が比較的水平に近い場合には、ストーピングによりマグマの混合が起こる。しかし、マグマ溜まりの形状が比較的傾斜している場合には混合は起こらず、フェルシクなマグマから順に噴出するであろう (富士山の宝永噴火はこのケースと思われる)。上昇したマグマは途中で沸騰し、爆発的に噴火する。粘性の高いマグマは上昇に時間を要し、浅部に二次的なマグマ溜まりを形成して火砕流を発生させることがある。

噴火後、マグマ溜まりは、ダウンディップ側の破碎パイプに、徐々に後ずさりするようにして移動するはずである。数十年ないし数百年後の次の噴火も、その方向に移動するであろう。これが繰り返されると、噴火口が線上に分布することになる。従来、直線状に分布する火口群は構造線に規制されると見られてきたが、そうではなく、マグマ溜まりの長軸方向を反映するものと考えられる。

提案したモデルが正しければ、マグマ溜まりの頂部を爆破すれば、噴火を誘発することが出来るはずである。危険な噴火が起こる前に人工的に噴火させることが、将来実現すると予想する。また、同様に地震についても、人工的に誘発させる方向の研究が進展することを期待したい。

追記: 新燃岳の噴火についても論じる予定。



キーワード: 衝撃波, パイプ状構造, 噴火, ストーピング, マグマの混合
 Keywords: shock wave, pipe structure, volcanic eruption, stoping, magma mixing