

## フォームの超音波測定: 予備的結果

## Ultrasonic measurements of foams: preliminary results

# 長山 泰淳 [1]; 隅田 育郎 [2]

# Hiroaki Nagayama[1]; Ikuro Sumita[2]

[1] 金大・理・地球; [2] 金大・理・地球

[1] Earth Sci., Kanazawa Univ; [2] Earth Sci., Kanazawa Univ.

はじめに:噴火を引き起こす火山の下には気泡が大量に含まれている場所があると推測される。火山性微動はこのような気泡を含むマグマが関係する振動現象であると考えられているが、振動の解釈には音波物性のデータが必要である。気液混合媒体の音速の大きな特徴は、気体、液体のいずれの速度よりも遅いという点である (Kieffer, 1977)。しかし気体の体積分率が 0.9 以上のフォームについてはあまり研究されていない。また、Chouet (2003) が指摘しているように火山性微動の減衰特性の解釈に重要であるフォームの減衰特性のデータも少ない。Mujica and Fauve (2002) は Gillette のシェーピングフォーム (体積分率が約 0.93) を用いて、周波数が 5 から 84kHz (波長/平均半径が 20 から 1500) でパルス透過実験を行った。しかし、詳細な波形、周波数解析、液体の粘性率及び、容器サイズ依存性は調べていない。そこで、本研究では手始めに粘性依存性以外のパラメータ依存性を調べるために、同サンプルを用いてより高周波数領域 (0.1 から 2.0MHz) で測定を行った。高周波数の素子を用いた測定では、散乱の効果を受けやすい一方で、広帯域の周波数成分を含む単パルスや周波数を任意に限定したバースト波を用いることが容易となる。

実験方法: サンプルは Gillette の髭剃りフォームをスチロール容器 (厚さ: 9.5, 15.1, 24.1, 35.5mm) に密閉したものをを用いた。圧電素子 (共振周波数 0.5MHz, 1.0MHz) を用いて、サンプルに超音波を透過させるパルス透過法によって音波特性を調べた。透過させた波形は、素子の共振周波数での単パルスと 0.1-2.0MHz の周波数領域のバースト波である。まず、水、空気そしてサンプルの中を透過した波形を比較した。次にフォームの気泡径の時間経過に伴う成長を CCD 顕微鏡を用いて観察し、同時に音波特性をモニターする測定を行った。

結果: 透過させた波形、周波数に関わらず、水や空気の中を伝播した場合に比べてフォームの中を伝播してきた波形は立ち上がり不明瞭で、振幅のピークが遅れて到来し、後続波が卓越している。単パルス波については、振幅はフォーム形成から 5 分後には水の 1/5000、空気の 1/5 程度となり、減衰が大きい。P 波速度は空気よりも速い約 450m/s で、気泡径の増加と共に約 1% 程度減少した。速度分散については明瞭には判定できなかった。単パルス波の波形を使って、スペクトル比法により Q 値を求めた結果、気泡径が 0.01 から 0.1mm へと成長するに従い、100-400kHz では 10 から 8 に減衰が増した。それに対し、400-600kHz では 4.5 から 5.5 へと減衰が減った。最大振幅も、時間と共に変化し、増大する場合と、減少する場合の両方があった。また、実験開始から 70 分後の波形を用いて、サンプルの厚さが異なる場合で比較した。波形のエンベロープを取った結果、伝播距離の増加に伴って、直達波形の到来走時の遅れに対して、波形のピークの到来走時が、より遅くなる傾向があった。

考察: 本測定では、波長/気泡径は 2-400 程度であり、水や空気に比べ擾乱された波形の特徴から、散乱が卓越している測定結果といえる。液相 - 気相の音響インピーダンスコントラストによって散乱が発生するならば、多重散乱波を見ていると解釈できる。また減衰の時間変化は、気泡径の時間変化が原因と考えられる。気泡径の成長と共に、波長/気泡径は減少するが、それに伴い、散乱効率と散乱体の数の両方が変化するが、現時点ではこれらの 2 つの効果の寄与の程度を定量化するまでには至っていない。サンプルサイズを大きくした時、散乱波のピークが到来する時間が遅延していくのは、気泡径が同じとすれば、散乱体の数が増加するためと解釈できる。

まとめ: 本実験では、散乱が卓越する周波数領域であるにも関わらず、一見、火山性微動と似たような立ち上がりの不明瞭な波形が計測された。現時点では減衰特性のメカニズムのパラメータ依存性を定量的に示すことはできないが、容器サイズをより系統的に変えて、走時や散乱波の位相や減衰を解析することにより、これらを区別できる可能性がある。また容器サイズによって波形が大きく変化するという結果は、マグマだまりのサイズの波形への影響の重要性を示唆している。

## 文献

Kieffer, S. J.G.R., 82, No. 20, 1977

Chouet, B. PAGEOPH., 160, 739 - 788,0033 - 4553 / 03 / 040739-50, 2003

Mujica, and Fauve, Phys. Rev., 66, 021404, 2002