

火山熱流体シミュレーション (VTFS プロジェクト) - (3) 熱水系の火山性微動 - 密度波振動と圧力降下振動 -

Volcanic thermal fluid simulation (VTFS)-(3) volcanic tremor in hydrothermal area

藤田 英輔[1]

Eisuke Fujita[1]

[1] 防災科研

[1] NIED

火山浅部において発生する火山性微動は、マグマなどによる熱の供給を受けた熱水系の活動によるものと推測されている。そこでこのような熱水系における水 - 水蒸気の二相系に内在する不安定振動の数値シミュレーションを行い、火山性微動の発生機構について考察した。

Veziroglu and Lee [1968]は、フロンを作用流体として配管系に発生する二相流の不安定振動の実験を行い、密度波振動(周期数秒)および圧力降下振動(周期数十秒)といった二つのモードの存在を示した。これらは、主に管の入口と出口の差圧、流体のフラックスレート、熱供給レートの条件で発生が規定され、特にフラックスレートが小さいときに前者、差圧が大きく熱供給レートが大きいときに後者が発生しやすいといった特徴を持つ。

このような振動現象を再現するためのシミュレーションの第1段階として、円筒管内を流れる水 - 水蒸気系の振動を富士総研 - flowの混相流モジュールを利用して計算した。気相・液相の質量保存式、管内3次元の運動方程式、エネルギー保存式を解いている(乱流モデルはなし)。計算の一例として長さ4mの円筒管内の流動を考える。管の入口・出口では壁面でnon-slipとなる境界条件を与えバルブとする。初期条件として管の入口の圧力 $1.2E5Pa$ 、出口圧力 $1.0E5Pa$ としており、この差圧により流れが駆動される。水の初期温度 $370K$ 、内部発熱として $1.0E6-2.0E7W/m^3$ の熱を与える。バルブ以外の壁面摩擦は $1000kg/m^3$ を仮定する。加熱が定常状態となった一定時間後に出口のバルブを閉める(壁面でnon-slipとなる領域を増やす)ことにより、不安定振動現象が確認された。バルブの閉口は、物理的には幾何学的な絞込み、チョーキング、ポーラスメディア内流動の非線形効果などに対応する。発熱量 $1.1E7W/m^3$ の場合、全長4mの管の出口に近い領域約0.8mの区間が二相流となり、この領域の管中央での流速はおおよそ $3\sim 5m/s$ である。このとき周期約0.16秒の振動が発生する。この振動は密度変化が流速で伝播し、また出口の変動が上流側へフィードバックがかかるもので密度波振動であることが確認できる。これより長い周期の圧力降下振動は管の上流部にチャンバーに対応する圧縮性空間を設けることで再現可能と推測される。

このような配管系は火山体地下のマグマたまりや周辺に発達するクラックなどに置き換えて考えることができる。今回のシミュレーションは水 - 水蒸気系であるが、今後マグマ - ガスなど他の系も考慮し、数秒 - 数10秒といった振動現象である火山性微動、浅部・深部低周波地震、深部低周波微動への応用を図って行く。なお、本研究は科学技術振興事業団計算科学技術活用型特定研究開発推進事業(ACT-JST)によるものである。