

修士論文

間欠泉の噴出サイクルに関する研究 —室内実験と数値シミュレーション—

東北大学大学院理学研究科

地球物理学専攻

吉田怜史

(指導教員 西村 太志 准教授)

平成 23 年

要旨

間欠泉は、不規則に変動する時間予測型の系であることが知られている。例えば、鬼首間欠泉は、ほぼ一定の間隔で規則的に噴出する期間と、複数の時間間隔をもつ噴出が入り混って発生する期間を示す。同様の変動はアメリカ合衆国イエローストーンのオールドフェイスフル間欠泉やカリストガ間欠泉などでも報告されている。これらの熱水を噴出する間欠泉は、減圧沸騰による噴出機構をもち、そのメカニズムから時間予測型の系であることも説明できる。しかしながら、噴出サイクルに複数の時間間隔が不規則に現れる要因は必ずしも明らかになっていない。そこで、本研究では、天然の間欠泉を模擬した室内実験装置を組み立て、噴出間隔や噴出量、装置内部の水温変化を調べる。さらに、その結果をもとに、水の熱量と供給量に関する方程式を使って数値シミュレーションを行い、噴出サイクルに変動が生じる要因を考察する。

本研究で用いた室内実験装置は、熱水溜まりを模擬したフラスコと、噴出道を模擬したガラス管からなる。フラスコには冷水を貯めた水槽をプラスチックチューブで接続し、水を供給する。マンテルヒーターを用いてフラスコの下部を加熱することで、減圧沸騰による間欠的な噴出を発生させる。フラスコの容量は 500ml、ガラス管は長さ 1m、内径 3mm である。

室内実験は、水槽の水位や水温を変えて、合計 37 回行った。1 回の実験につき 29 回から 224 回の噴出を測定した。噴出活動の特徴を抽出するため、噴出間隔や噴出量、噴出継続時間を測定するとともに、フラスコ内部や水槽側の水の温度を調べた。その結果、噴出間隔、噴出継続時間、噴出量はそれぞれ 30 秒から 280 秒、2 秒から 12 秒、30g から 100g の範囲に分布

することが分かった。噴出間隔の頻度分布は、水槽の水位、水温によって変化し、頻度のピークが1つ（130秒付近）だけ現れる場合だけでなく、2か所（130秒、180秒付近）に現れる場合があることが分かった。このような振る舞いは、天然の間欠泉に複数の噴出間隔が観察されることとよく似ている。また、噴出時間と噴出間隔は比例し、天然の間欠泉と同様に噴出量から次の噴出時間を予測できる系となっていることが明らかとなった。さらに、装置内部の水温を調べたところ、フラスコと水槽をつなぐプラスチックチューブ内の水の温度が噴出前に次第に上昇することがわかった。噴出にともなうチューブ内の水の温度の低下量と噴出継続時間の関係をみると、低下量が大きいほど噴出継続時間の上限値が大きくなる。このことから、フラスコとプラスチックチューブ内の水の間で熱の交換が起こることによって噴出サイクルが変動すると推察された。

続いて、室内実験と同様の系を考え、噴出サイクルのモデル化を行った。水槽からフラスコやガラス管への水供給、マントルヒーターからフラスコへの熱供給、噴出量に関するつり合いの方程式を用いて、フラスコ内の水温と水量、ガラス管内部の水位の時間変化を表す。フラスコ内の水温が沸点を越えた時点で噴出が開始し、下回った時点で終了とする。噴出中は一定の噴出率で熱水が外に流出し、水量が減少する。さらに、フラスコ内とプラスチックチューブ内の水の熱交換を取り入れる。このようなモデルを用いて水槽の水位、水温、フラスコとプラスチックチューブ内の熱交換の割合を変化させながら数値計算を行った。その結果、低水位、高水温、大きな熱交換の割合の場合には一定の短い噴出間隔が現れた。そして、徐々に水位を上げる（水温を下げる、熱交換の割合を小さくする）と複数の噴出間隔を示す領域が現れ、さらに水位を上げると、最終的には一定の長い噴出間隔が現れた。

以上の室内実験、および数値シミュレーションの結果から、熱水溜まりから冷水供給源側への熱供給が間欠泉の噴出サイクルを不規則に変動させる要因の一つであることが明らかとなった。この結果は、天然の間欠泉で観察される噴出サイクルの複雑性の理解を深めるばかりでなく、これまでの諸研究にない間欠泉の新しいメカニズムを提案するものである。