

噴気地から放出される熱・水量の新しい測定手法 - 室内実験による検証 -

The Ice Box Calorimetry: A handy method for estimation of heat and water discharge rates through a steaming ground

寺田 暁彦 [1]; 大島 弘光 [2]; 鍵山 恒臣 [3]

Akihiko Terada[1]; Hiromitsu Oshima[2]; Tsuneomi Kagiya[3]

[1] 京大・火山研; [2] 北大・理・有珠火山観測所; [3] 京大理

[1] AVL, Kyoto Univ.; [2] Usu Volcano Observatory, Hokkaido Univ.; [3] Graduate School of Science, Kyoto University

[はじめに]

噴気地における大気への放熱率や放水率を精度よく測定することは大変困難である。そのため、噴気地を通じた熱・物質輸送の詳細について、理解は進んでいない。噴気地の形成や維持には、地下浅部熱水系の温度や圧力などの条件が関係すると考えられ、噴気地を精度よく観測できれば、モデル計算を通じて、地下浅部環境に関する熱学的情報を得ることも期待できる。

我々は、氷を用いることで噴気地からの放熱率を簡単に測定する方法、IBC (Ice Box Calorimetry) を考え、有珠火山 2000 年新山西山噴気地において観測実験を繰り返してきた (Terada et al, 2008)。その一方、例えば箱を設置したことで、噴出した火山ガスが箱を迂回する効果などについて、評価が不十分であった。

そこで本研究は、室内実験を通じて IBC 観測の精度検証を行なった。さらに、本実験結果と IBC 測定結果に基づいて、噴気地からの放水率の推定を試みた。また、用いる箱の大きさに対する測定精度の依存性を検討した。

[観測精度の評価]

ホットプレート (アサヒ理化製作所 APS-500) に川砂を約 25 mm の厚さで敷き、上面から水を均等に与えることで 50 cm × 35 cm の噴気地を再現して、IBC を適用した。ホットプレート表面は任意の温度に設定し、供給水量を変化させることで熱輸送量を調整できる。実験で用いたホットプレートの発熱能力は、面積換算で最大 8 kW/m² 前後である。ホットプレートの発熱量は、ホットプレートに供給される電力量に等しいとみなして、電流計でモニタリングした。本実験では、この発熱量を地表面における熱流量とみなす。

ホットプレート上面温度を 55 - 130 °C、水量 0 - 1 kg、熱流量 0.5 - 8.0 kW/m² の範囲で実験を行なった。このとき、実験室内の気温は 11.2 - 12.7 °C、相対湿度は 61 - 79 %、川砂表面の温度は 35 - 100 °C であった。

104 回の測定を行った結果、IBC で得られた熱流量とホットプレートの発熱量は、ほぼ測定誤差の範囲で一致した。すなわち、IBC により噴気地からの熱流量を精度よく計測できることが示された。水蒸気は氷箱付近で凝結することで体積収縮する。そのため、箱を迂回する水蒸気量は無視できる程度に少ないのであろう。

[伝導成分と対流成分の分離 ~ 放水率の推定]

地表面を通じて大気へ輸送される水蒸気量を求めるため、装置全体をデジタル秤 (エー・アンド・ディ EC-211) に載せ、重量変化をパソコンでモニターした。ここで得られた重量変化率に、100 °C の水蒸気の比 enthalpy を乗じることで、対流により大気へ輸送される熱量 (対流成分) を見積もった。

前述の実験からも示唆されるように、IBC で測定される熱流量は、常に対流成分よりも大きかった。IBC で測定される熱流量は伝導伝熱と対流伝熱の和であるから、IBC で測定される熱流量と対流成分の差は、伝導伝熱に相当すると考えられる。

対流伝熱が全熱流量に占める割合は、全熱流量とともに増加する。例えば全熱流量が 2 kW/m² 以下では、対流伝熱の占める割合は 60 % 程度であり、Hochstein and Bromley (2005) による推定 50 % にほぼ一致する。一方、全熱流量が 2 kW/m² 以上では、対流成分が 90 % を占めた。これら関係を用いれば、2006 年 9 月における有珠火山 2000 年新山西山噴気地からの放水率は 280 ton/day と推定される。この量は、同時期の NB 火口噴気の放水率 310 ton/day (寺田・他、投稿中) にほぼ匹敵する。

[箱の大きさ]

測定の利便向上のため、これまで我々が用いてきた 16 cm × 12 cm よりも、さらに小さな箱を用いて測定実験を行なった。その結果、実験で用いた最小の箱 12 cm × 9 cm でも、従来と同様の測定が可能であることを確認した。

[まとめ]

熱流量 0.5 - 8.0 kW/m² の範囲で室内実験を行ない、IBC による測定の妥当性を検証した。その結果、IBC は、従来の手法に比較して著しく簡単に高い精度で噴気地からの熱流量を計測することが可能なことが示された。

対流成分が全熱流量に占める割合は、全熱流量が 2 kW/m² 未満の領域では 6 割、2 kW/m² 以上では約 9 割である。これら実験結果と IBC 現地観測結果から、有珠火山 2000 年新山・西山噴気地における 2006 年 9 月の放水率は、280 ton/day と見積もることができた。