

## 氷を用いた噴気地からの放熱率評価 - 有珠火山西山火口群周辺噴気地への適用 -

## The Ice Box Calorimetry: Application to the Nishiyama steaming ground at Usu volcano

# 寺田 暁彦 [1]; 鍵山 恒臣 [2]; 吉川 慎 [3]; 吉川 章文 [4]; 小山 寛 [4]; 山 伸行 [5]; 平松 秀行 [6]; 松島 喜雄 [7]; 大島 弘光 [8]

# Akihiko Terada[1]; Tsuneomi Kagiyama[2]; Shin Yoshikawa[3]; Akifumi Yoshikawa[4]; Hiroshi Koyama[4]; Nobuyuki Yamazaki[5]; Hideyuki Hiramatsu[6]; Nobuo Matsushima[7]; Hiromitsu Oshima[8]

[1] 京大・火山研; [2] 京大理; [3] 京大・理; [4] 札幌管区気象台; [5] 仙台管区気象台; [6] 福岡管区気象台・火山センター; [7] 産総研; [8] 北大・理・有珠火山観測所

[1] AVL, Kyoto Univ.; [2] Graduate School of Science, Kyoto University; [3] Aso Volcanological Laboratory, Kyoto Univ.; [4] Sapporo District Meteorological Observatory; [5] Sendai District Meteorological Observatory; [6] Volcano Center, Fukuoka Dist.; [7] G.S.J; [8] Usu Volcano Observatory, Hokkaido Univ.

### 1. はじめに

噴気地を撮影した赤外カメラ画像から放熱率を見積もるために、Sekioka and Yuhara (1974) による熱収支モデルが広く用いられている。この熱収支法の解析に大きく影響するパラメータとして、対象とする地表付近の Bowen 比と、風に係る交換速度が挙げられる。これらは観測の煩雑性から、しばしば平均的とされる定数 (Sekioka, 1983) が用いられることが多いが、Sekioka (1983) 自身が示しているように、本定数には数倍程度の不確定が含まれている。また、多くの解析では、Bowen 比をある噴気地全体で一様と仮定している。ところが噴気地では、たとえ同じ地温であっても、乾燥した領域や湿潤で湯気を活発に上げている領域等が混在している。これは、地下からの水蒸気 Flux の違いを反映していると考えられ、Bowen 比の扱いにも注意が必要である。

本研究では、モデルに依存せず、誰にでも、直接、簡単に噴気地の放熱率を測定するために、噴気地に氷を置いて融解時間を計測する「Ice Box 法」を考え、積雪を用いた White (1969) の方法と比較して、本手法は既知量の氷を用い、任意の場所、時間に測定できる点が優れている。

本発表では、有珠火山西山火口群における Ice Box 法の測定結果について述べ、熱収支法と比較する。

### 2. 測定方法

地表面に密着させた底面積  $S$ 、温度  $0$  の氷を考える。ある時間  $t$  に融解した氷の質量  $m$  を計測すれば、氷の融解熱は既知だから、氷が周囲から受取る熱流量  $Q'$  を計算できる。 $Q'$  には、大気と氷との間の顕熱・潜熱輸送等、火山と無関係な熱流量  $Q_c$  が含まれる。そこで、 $Q'$  の測定と同時に、近傍に断熱材を敷き、同様の測定することで  $Q_c$  を見積もる。地表からの放熱率  $Q$  は、 $Q'$  から  $Q_c$  を差し引くことで求められる。

測定にあたり、氷を熱容量の小さな容器に収めた。今回は、食品保存用の家庭用製品、アカオアルミ社製の硬質アルミニウム製容器を使用した。本容器の底面積は  $12\text{ cm} \times 16\text{ cm}$ 、板厚は  $0.8\text{ mm}$  である。本容器に水  $100\text{ g}$  を入れて、家庭用冷凍庫で氷とした。以下では、この容器を Ice Box と呼ぶ。

測定は、Ice Box を地表面に接地させ、任意の時間が経過した後、Ice Box 内に溜まった水をビーカーに移して融解水量を計測することで行った。

### 3. 観測概要

観測は 2006 年 9 月 13 日および 14 日の 2 回実施した。13 日は測定を 18 回行ない、このうち 3 回は  $Q_c$  を測定するために使用した。14 日は測定を 20 回行ない、このうち 3 回は  $Q_c$  の測定に使用した。測定点は  $10 - 30\text{ m}$  間隔、合計 28 箇所に設定した。 $Q_c$  の測定は、各測定点近傍で測定と同時に行なうことが理想的である。今回は、日射や気温等の気象条件が安定していたため、 $Q_c$  測定の目安は、時間にして概ね 60 分、距離にして概ね  $100\text{ m}$  につき 1 個とした。

### 4. 結果と議論

#### [地温と放熱率]

$10\text{ cm}$  深地温  $30 - 98$  に対して、 $Q$  は  $0.40 - 2.88\text{ kW/m}^2$  の範囲に求められた。 $Q$  は  $10\text{ cm}$  深地温に対して指数的に増加しており、対流的な熱輸送量の変化を反映していると考えられる。また、高温側で放熱率のばらつきが大きい。これは、上昇してくる水蒸気の温度が沸点の  $100$  である場合、Flux が増えても地表付近の温度上限は  $100$  に固定されるためと思われる。このことは、地表温度が水蒸気 Flux を必ずしも反映しないことを意味し、水蒸気 Flux の違いは、Bowen 比を一定とした熱収支法では検出できない。Ice Box 法は熱流量を直接測定しているため、特に優勢な噴気地において局所的な水蒸気 Flux の違いを検出する、優れた方法と言える。

#### [総放熱率]

各測定値から総放熱率を見積もるために、(1) 空中赤外画像を用いて噴気地の表面温度を 5 階級に分類して各面積を計算、(2) 放熱率を  $10\text{ cm}$  深地温について 5 階級に分類、(3) 1 と 2 の各階級がそれぞれ対応するとみなして計算した。その結果、総放熱率は  $11\text{ MW}$  を見積もられた。一方、熱収支法を (1) の赤外画像に適用すると、放熱率は  $9.7\text{ MW}$  と見積もられた。Ice Box 法では地表から氷に対する放熱、熱収支法では大気への放熱モデルであり、比較には注意を要するが、両手法から得られた結果はよく一致している。

[2000 年新山地域での熱分配]

同時期に行なった観測結果を解析した結果，噴気放熱率は NB 火口の 4.7 MW，火口湖からの放熱は KB 火口湖の 2.0 MW が得られている．熱収支法，Ice Box 法のいずれにおいても，2000 年新山地域では噴気地からの放熱が卓越していることを初めて明らかにした．