

熱収支法に基づく地熱地帯の放熱率推定の問題点と地表面温度分布観測の留意事項

Issues of Heat Flux Estimation in Geothermal Areas and a Practical Checklist for Observing Temperature Distribution

林 豊[1], 宇平 幸一[1], 尾台 正信[2]

Yutaka Hayashi[1], Kohichi Uhira[1], Masanobu Odai[2]

[1] 気象庁, [2] 気象庁火山監視・情報センター

[1] JMA, [2] VOIC, JMA

はじめに

火山の熱活動を評価する目的で、地上または上空から地熱地帯の地表面温度分布のリモート観測が、広く実施されている。地表面温度分布の観測結果は、熱収支法で導かれた Sekioka and Yuhara(1974)が示した式(以下、SY式)または、それを簡略化した方法(Sekioka, 1983)を適用して、放熱率が推定されることが多い。

本稿では、SY式を点検し問題点を指摘する。さらに、気象庁で開始した赤外放射温度計を用いた地表面温度分布の繰り返し観測にあたって、観測データの品質向上の観点から留意すべき事項を示す。

1. 熱収支法により地熱地帯の放熱率を推定する方法の問題点

SY式は、地中熱伝導を地表面における熱収入(正味日射, 正味大気放射と地中熱伝導)と熱支出(地表面からの放射, 対流による顕熱・潜熱輸送)の釣り合いから導かれた、次の式である。

$$G = (T_p^4 - T_q^4) - (T_p^4 - T_q^4) [1 - (1 - 0.09m) [0.52 + 0.065E_w^{1/2}]] + cD(T_p - T_q) + r cD(T_p - T_q)$$

; 地表面の射出率, ; ステファン・ボルツマン定数, T_p, T_q ; 地表面温度, m ; 雲量,

E_w ; 地表付近の水蒸気圧, ; 空気の密度, c ; 空気の定圧比熱, D ; 熱輸送係数, r ; ポーエン比の逆数

右辺各項の意味は次のとおりである。

- (1) 地表面からの放射(熱異常域と熱異常がない領域での差)
- (2) 雲量・地表面気温から実験式で算出した大気放射(同上)
- (3) 平均的な強制対流による地表面からの顕熱輸送量(同上)
- (4) 顕熱輸送量をポーエン比で割って求める潜熱輸送量

Sekioka(1983)によれば、実用的には放熱率のうち(3), (4)の割合が大部分であるが、(2)~(4)の各項には、以下の問題がある。

(3)の顕熱輸送に、風速を考慮していない点が問題である。微風時には地表面温度と気温の差(以下、温度差)の4/3乗に比例する程度の自然対流が卓越し、それ以外の場合には温度差と風速のそれぞれにほぼ比例すると考えられる。なお、風が横切る方向の熱異常域の長さが短いほど、顕熱と潜熱の輸送効率がよいことを考慮すべきかもしれない。

(4)では、熱異常域で隣接領域より蒸発散率が高いという不適切な仮定をしたことになる。地熱地帯でも、降水時とその直後等地表面が湿っている時を除けば潜熱輸送はないので、観測条件を選べばこの項は0にできる。

なお、(2)の大気放射は、中層大気からの寄与が大きいが、中層・他(1986)の指摘どおり近接した場所での違いは無視でき、この項は0とするべきである。

このように、放熱率の推定方法は、従来から関岡(1986)が呼びかけていたように、SY式を抜本的に見直すべき時期にある。

2. 火山地域の熱活動評価のために実施する気象庁の観測

気象庁では、火山地域における熱活動の監視の一環として、従来の遠望観測装置による噴煙監視などに加え、地上から赤外放射温度計を用いた地表面温度分布の繰り返し観測を定常業務に位置付け、平成14年から全国で十余りの活火山を対象に年2回程度の観測を実施している。地上からの観測が困難な場所では、三宅島、樽前山のように航空機からの火口内温度分布観測の実施し、地中での熱消磁に伴って生じる全磁力変化の監視を目指したプロトン型磁力計による繰り返し観測を一部の火山で実施するなど、熱活動の多角的な評価を目指している。

3. 地熱地域の地表面温度分布観測にあたっての留意事項

上述のSY式の問題点と、気象庁の各火山監視・情報センターの観測データの点検により、地熱地域の熱活動評価を目的に実施する地表面温度分布の繰り返し観測で留意すべき事項を、チェックリストとして以下にまとめた。

(1) 観測時の気象条件は、天気・雲量の観測のほか、気温・水蒸気圧・風速の簡易な観測も実施して記録する必要がある。

(2) 代表性のある観測値を得るために、観測を避けるべき気象条件として、日射の影響がある日中・日没直後、潜熱輸送の影響がある降水時とその直後、顕熱輸送量に影響がある強風時と気温が異常に高いか低い時が挙げられる。

(3) SY 式による放熱率推移に固執せず、熱異常の分布パターンの変化や定点の温度推移にも着目して観測結果を解析すべきである。

(4) 熱異常域に隣接する熱異常がない領域には、放射に関する性質が近くなるように、植生・傾斜等の表面環境が類似した場所を選んで観測することが望ましい。

(5) 気象条件による地表面温度分布の影響を確認するため、実験的観測も可能ならば行うことが望ましい。

(6) 地熱地帯に噴気が認められる場合、噴気による放熱が熱活動を代表しているのが通常であり、必要に応じて噴気による放熱率を推定するなどして、熱活動の監視をするべきである。

品質の良い観測と実験的観測のデータを揃え、近いうちに、気象条件を考慮して地熱地域からの放熱率を求めることができるよう、実用的な実験式を提案したい。