

積雪量・融雪量の簡易的な推定方法の提案

○篠原慶規（九州大学農学研究院）

小松光（京都大学白眉センター）

大槻恭一（九州大学農学研究院）

1. はじめに

日本において、土砂災害の多くは、梅雨や台風によってもたらされる降雨が誘引となる。そのため、土砂災害警戒情報など、土砂災害に関する防災情報は、通常は、降雨量を基準にして発表されている。一方、日本海側を代表とした豪雪地域では、融雪を誘引とした土砂災害も発生している。冬季の間、積雪として蓄えられた水が、融雪期になると、融解し、土壤に水分を供給することで、斜面崩壊や地すべりを引き起こす。そのため、このような地域では、土砂災害の発生を予測する上で、融雪量を精度良く推定することが必要不可欠である。

融雪量を推定する方法は、一般的に、Degree-day 法と熱収支法の 2 つに分けられる。Degree-day 法は、気温に経験定数を掛けることで融雪量を推定する方法である。この方法は、簡便に精度良く融雪量を推定できるが、経験定数は時空間的に大きく変動することが知られており、積雪量・融雪量の計測値が得られる場所以外では、経験定数の決定に困難が伴う。一方、熱収支法は、積雪表面での熱収支を計算し、融雪量を推定する方法である。熱収支法はパラメータの決定等は必要ないが、熱収支の計算には数多くの入力データが必要であり、通常は、これらすべてを利用することは困難である。

Walter *et al.* (2005)は、既往の研究で示された推定式を用いて日最高・最低気温と降水量から熱収支法の適用に必要な入力データを推定し、アメリカ合衆国の 4 サイトの融雪量を熱収支法を用いて再現した。この方法は、データの利用に制限がある地域で融雪量を推定する際に有用であると考えられる。しかし、推定式の精度や熱収支項目の寄与は地域によって大きく異なるため、この方法が日本の多くの地域で適用可能かどうか検証する必要がある。そこで本研究では、その第 1 歩として、札幌で計測された気象データ、融雪量のデータを用いて、この方法の適用性について検証を行った。

2. 研究方法

2.1 データセット

本研究では、北海道大学低温科学研究所（北海道札幌市）の観測露場において観測された日最高・最低気温、全天日射量、アルベド、純放射量、風速の日データと約 10 日おきに行われた積雪断面調査によって得られた積雪水量データを用いた（例えば、遠藤，1986；石川ら，1986）。その他に、低温科学研究所から南西へ約 3 km 離れた札幌気象台で観測された雲量、降水量、水蒸気圧の日データも用いた。解析期間は、1984/1985 年の冬季から 1987/1988 年の冬季までの 4 冬季（概ね、12 月から 4 月）である。

2.2 融雪モデル

積雪表面からの融雪量 ΔS は、熱収支法によって以下のように示される（Walter *et al.*, 2005）。

$$L_f \Delta S = (1 - a_L) R_s + L \downarrow - L \uparrow - H - L_v E + P \quad (1)$$

ここで、 L_f ：融解潜熱、 R_s ：全天日射量、 a_L ：アルベド、 $L \downarrow$ ：下向きの長波放射量、 $L \uparrow$ ：上向きの長波放射量、 H ：顕熱輸送量、 $L_v E$ ：潜熱輸送量、 P ：雨からの熱量である。本研究では、雪面温度を 0°C とし、式 (1) の右辺が正になる時のみ融雪が起これるとした。下向きの長波放射量は、日平均気温と雲

量の関数として算出し、顕熱輸送量と潜熱輸送量の計算にはバルク式を用いた。また、雨からの熱量は融雪への寄与が小さいことが知られているため、本研究では0とした。

2.3 解析の手順

まず、本研究で用いた熱収支法で、融雪量を精度良く推定することが可能か確かめるために、すべての計測データを用いて融雪量を推定し（方法(1)とする）、計測値との比較を行った。次に、日最高・最低気温と降水量のみから融雪量を計算し（方法(2)とする）、計測値との比較を行った。その際、計算に必要な全天日射量や日平均水蒸気圧などの要素は、既往の研究で示されている推定式（例えば、篠原ら、2007）を用いて推定した。風速は、解析期間で一定値を与えた。なお、本研究では、気温と降水量から算出された降雪量と積雪水量の計測値から、約10日毎の融雪量を計算し、融雪量の計測値とした。

3. 結果と考察

図1では、融雪量の計測値と2つの方法を用いて推定した融雪量を比較した。これを見ると、方法(1)を用いた場合、融雪量の推定値と計測値は概ね一致するが、方法(2)を用いた場合、融雪量の推定値は計測値よりも小さくなる傾向にあった。このことから、本研究で用いた熱収支法は、計算に必要な入力データをすべて用いれば、融雪量を良好に推定できるが、入力データを日最高・最低気温と降水量に限定した場合、融雪量を過小評価することがわかった。

融雪量を過小評価した要因を探るために、熱収支において大きな割合を占める日射量収支 $((1-a_L)R_s)$ と長波放射量収支 $(L\downarrow - L\uparrow)$ を計測値と比較したところ、長波放射量収支は、若干過大評価している一方で、日射量収支は大きく過小評価していた。このことから、方法(2)が融雪量を過小評価した最も大きな要因は、日射量収支を過小評価したためであると考えられる。そこで、日最高・最低気温、日降水量に加え、全天日射量の計測データを入力し、融雪量を推定したところ、計測値と高い相関があり、バイアスも小さかった(図2)。このことから、日最高・最低気温、日降水量のみでは融雪量を精度良く推定することは、現段階では難しいが、全天日射量を入力として加えれば、精度良く融雪量を推定できることがわかった。今後は、様々な気候条件で、この方法の適用性を確かめることが望まれる。

引用文献

遠藤 (1986) 低温科学物理篇・資料集, 44 : 1-8. 石川ら (1986) 低温科学物理篇・資料集, 44 : 39-45
 篠原ら (2007) 水文・水資源学会誌, 20 : 462-469. Walter et al. (2005) Journal of Hydrology, 300 : 65-75.

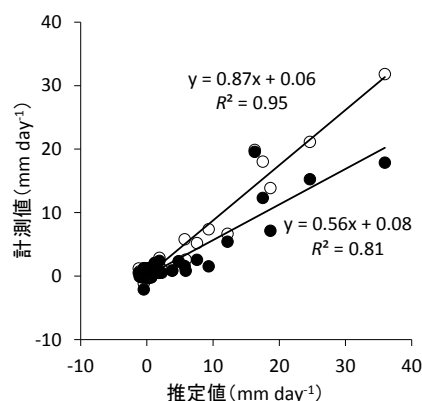


図1 融雪量の計測値と推定値との比較 (○ : 方法 (1), ● : 方法 (2))

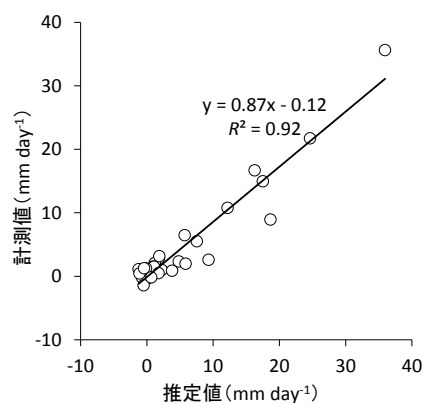


図2 融雪量の計測値と推定値との比較 (推定値は、日最高・最低気温、日降水量、日全天日射量の計測値を用いて算出した。)