

白山の千蛇ヶ池雪渓における融雪熱収支特性

岩佐海社¹・藤原洋一²・小川弘司³

(1:三重県庁 2:石川県立大学 3:石川県白山自然保護センター)

1. はじめに

多年性雪渓は、氷河に比べ極めて小さく、地球温暖化などのグローバルな気候変動に簡単に飲み込まれ、近い将来、消滅してしまう運命にあるとも指摘されている(山田・河島, 2005)。このような雪渓を長期にモニタリングし、その変化を記録することは気候変動を知る上でも重要である。

千蛇ヶ池雪渓はそのような多年性雪渓の一つであり、筆者の一人はその雪渓の越年規模や夏季規模についてモニタリングをしている(小川・伊藤, 2018)。

今回、この千蛇ヶ池雪渓の雪渓形成のメカニズムを知る上で融解期の熱収支特性について調査を行った。

2. 研究方法

2. 1 現地での観測等

千蛇ヶ池雪渓は白山の山稜西側の標高 2,570m付近に位置し、白山火山の噴火活動によって形成された爆裂火口のすり鉢状の凹地に雪が吹きだまつものである。

本雪渓の融雪熱収支特性を明らかにするうえで、気象観測や雪渓の測量等の調査を 3か年実施した。気象観測は、雪渓からほぼ南に 0.7km 離れた室堂平(標高 2,450m)において、Onset 社製 HOBO の観測機器を使用し気温、雨量、日射量、湿度、風速の観測を実施した。白山の山稜高山域に位置する雪渓周辺では安定した観測が行えないがため、当地で観測することとした。観測期間は 2017 年が 7 月 19 日～10 月 13 日、2018 年は 8 月 10 日～10 月 9 日、2019 年は 7 月 29 日～10 月 17 日である。

雪渓上では、アルベド観測と積雪密度を計測した。アルベドは Malvern Panalytical 社製スペクトルメーターを用い、雪渓上 6か所で観測を行い可視域の波長 400mm～700mm の平均値を雪面のアルベドとした。観測は 2019 年 8 月 9 日と同年 10 月 10 日に行い、アルベドは日がたつにつれ比例して低下すると考え、両日の観測値から他の日のアルベドを推定した。また 2017 年と 2018 年はこの 2019 年のデータを用いることとした。また、積雪密度は 100cc サンプラーで雪渓表層 5cm 深の積雪を雪渓上 5 か所で採取し、密度を求める平均を積雪密度とした。積雪密度は 2019 年 7 月 29 日に行った。駄口(1968)によれば千蛇ヶ池雪渓から南に 1.5km に位置する万才谷雪渓の観測では表層部及び最下部以外の積雪密度はほぼ一様であると報告されている。よって積雪密度は 7 月 29 日の計測値を他の日にも応用することとした。

また、本雪渓の融雪量を求めるため現地測量を実施した。3か年それぞれについて 8 月と 10 月に TOPCON 社製トータルステーションを用いた測量を行った。雪渓面上の標高点を何点か求め、そこから平均標高を出し、8 月と 10 月の平均標高差をもって実測融雪量(単位:m)とした。

2. 2 融雪熱収支について

本研究では、融雪熱収支に係る構成要素として純放射量、顕熱輸送量、潜熱輸送量、雨滴の熱輸送量及び地中伝導熱を想定し、気象観測データ等から求めた。各熱量の推定に使用した気象要素は表 1 のとおりである。水蒸気圧に関しては、気温から飽和水蒸気圧を求め、飽和水蒸気圧と相対湿度から水蒸気圧を算出した。

純放射量は上記のアルベドを用い短波放射量収支、雪面温度は 0°C にするなどして長期放射量収支を求め、それを合



図 1 調査地



図 2 千蛇ヶ池雪渓 (2019 年 10 月 10 日撮影)

算して純放射量を得た。潜熱輸送量と顯熱輸送量の算出にはバルク法を用いることとし、温度と湿度について同じメカニズムで大気中の熱伝導が行われると考え、潜熱輸送量と顯熱輸送量のバルク係数は同じにした。

降雨熱輸送量は雨量が多くなるほど、または気温が高くなるほど融雪量は大きくなるので、気温を雨滴の温度と考え求めた。

先の現地での実測融雪量と比較検討するため積雪密度を一定、氷の融解熱は $330 \times 10^3 \text{ J/kg}$ 、各熱量の収支としての日平均融雪熱量から、日あたりの融雪量(単位:m)を算出し、実測融雪量と比較することとした。

この比較において、2017年から2019年までの実測した融雪量と融雪熱収支より求めた融雪量の差がもっとも小さくなるように潜熱輸送量と顯熱輸送量のバルク係数を調整し、融雪量を実測値に近づけた。これは気象観測場所が雪渓から離れており、その気象観測データをもとにした融雪量の計算値にはもともと誤差が含まれていること、また計算融雪水量と観測融雪水量の結果が大幅な違いが認められたことから逆算してバルク係数を求めたところ約2.5倍大きい値になるといった報告もあり(松浦ら、1996)、バルク係数は地域や気象条件によって大きく左右されることなどから実測値と計算値の当てはまりが最もよくなるようにバルク係数を変えることは、特に問題ないと考えた。地中伝導熱については実測を行っていないため、1日に1mm融雪すると仮定し、一律 2.83 W/m^2 として計算を行った。

3. 結果と考察

3か年の融雪熱収支の月別の変化を図3に示した。全期間を平均すると純放射量48% (短波放射量43%, 長波放射量5%)、潜熱輸送量22%、顯熱輸送量25%、雨滴の熱輸送量4%、地中伝導熱1%という結果になった。一般的に低地平野部では純放射量の割合がほとんど占めるか、風速が大きい地域で純放射量と顯熱輸送量の割合がほとんどを占める。これに対し千蛇ヶ池雪渓の熱収支構成は、純放射量の割合が相対的に小さく、潜熱輸送量や顯熱輸送量の割合が大きい山岳部での熱収支構成の特性を顕著に示していた。

各熱量の月ごとの推移は、おおむね似たように推移しているが短波放射量と顯熱輸送量の変動幅は小さく、逆に長波放射量と潜熱輸送量の変動幅が大きく、9月以降に両熱量ともに大きく減少した。このことは月ごとの融雪量の増減は長波放射量と潜熱輸送量に大きく左右されるということを示す。長波放射両熱量の9月以降の減少は気温の低下、潜熱輸送量については、気温と湿度の低下が主な要因であると思われた。

日ごとの融雪熱収支について見てみると、急激に融雪が進む日があり、それは潜熱輸送量と顯熱輸送量、加えて純放射量のうち長波放射量が大きい日であり、気象要素に着目すると降水があり風速が大きい日であることがわかった。特に降水の量ではなく、降水のある悪天時で風速が強いほど融雪が進むことが明らかとなつた。

文献

- 松浦澄生、竹内美次、浅野志穂、落合博貴(1996)：山地斜面における強風時の融雪特性。水文・水資源学会誌、小川弘司、伊藤文雄(2018)：白山千蛇ヶ池雪渓の越年規模及び夏季規模の変動。2018年度雪氷研究大会講演予稿集、9-1, 48-56。
山田知充、河島克久(2005)：山地積雪。(社)日本雪氷学会監修『雪と氷の事典』、122-129、朝倉書店。

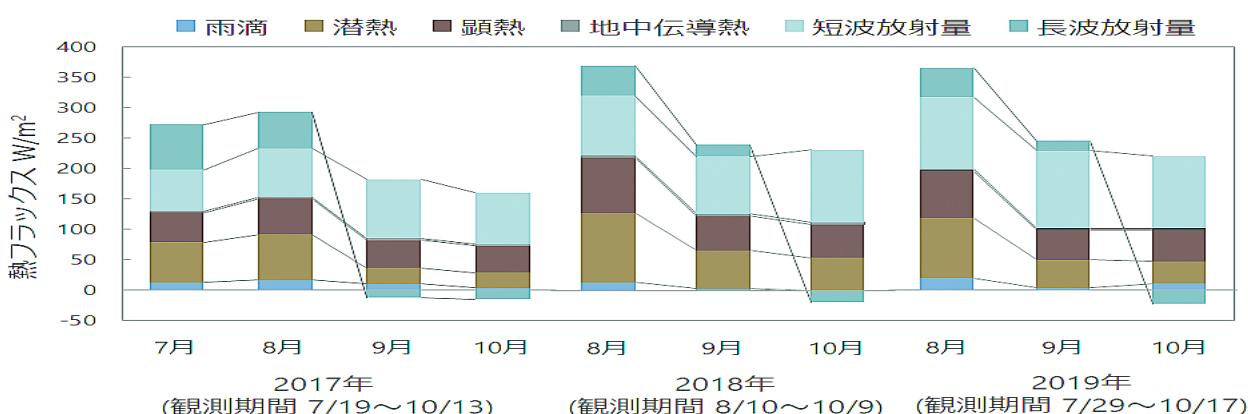


図3 3か年の熱収支構成割合

表1 融雪熱収支に係る各熱量と推定に使用した気象要素

各熱量	推定に必要な気象項目
純放射量	日射量、気温、水蒸気圧
潜熱輸送量	風速、大気圧、水蒸気圧
顯熱輸送量	気温、風速
降雨熱輸送量	気温、雨量
地中伝導熱	一律 2.83 W/m^2 とした