

多雪山地流域における融雪期の水及び化学物質収支

山崎学・石井吉之・小林大二 (北大低温研)
柴田英昭 (北大演習林)

1. はじめに

寒冷積雪地域では、冬期間に蓄積した積雪が融雪期に融雪水として地表に達し、地表・地中を経て河川に流出する。これまでに、積雪下面から流出する融雪水中の溶存成分濃度は融雪初期に高濃度になり、その後低下していくこと、また、この変化が河川の水質にも影響を与えていることが知られている。しかし、山地流域においては融雪の進み具合が空間的に一様ではなく、このため積雪からの溶存成分の流出も空間的に一様でないと考えられる。また、融雪水が地表に達してから河川に流出するまでの過程に関する研究はなお不十分である。

本研究では、空間的な非一様性を考慮に入れた流域平均の積雪下面融雪水を見積もることで、融雪期における一週間ごとの水及び化学物質の収支を明らかにし、多雪山地流域における融雪期の水及び化学物質循環について考察する。

2. 観測概要

観測は北海道大学雨龍演習林内母子里試験流域(約 1.3km²)にて、2000 年融雪期におこなった。流域内の代表点 10~15ヶ所において 3/29 から 1 週間おきに 5/3 まで積雪調査(積雪深、全層密度、積雪水量)を行った。スノーサンプラーで採取した同一地点での 3 回分の積雪全層を一緒に融かして、それぞれの地点の積雪全層水として採水した。山頂(標高 535 m)と観測露場(285m)に設置された大型積雪ライシメータ(3.6m×3.6m)を用いて積雪下面からの融雪水を、また、流域末端の量水堰で河川水をそれぞれ採水すると共に、各々の流出量を測定した。採水した水の分析項目は Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺の各イオン濃度(μeq/L)、pH、電導度(EC)である。また、pH4.8 アルカリ度を求め HCO₃⁻の溶存濃度とした。

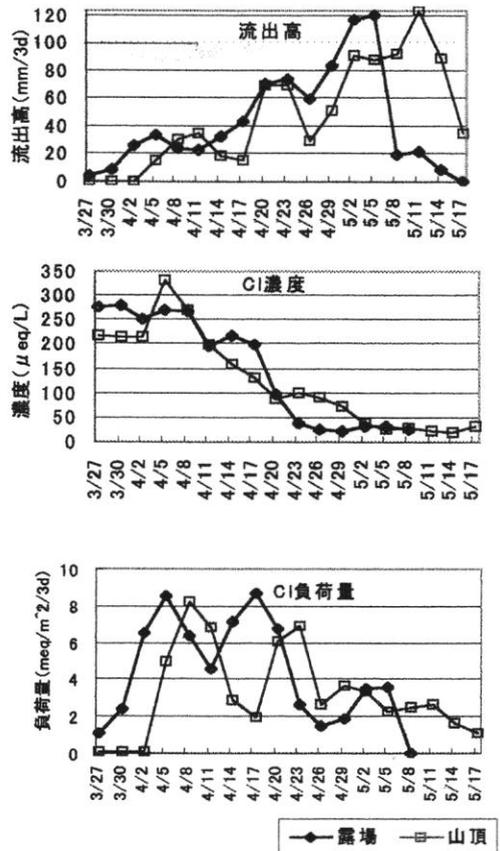


図1. 上段: 露場積雪ライシメータ、山頂積雪ライシメータの流出高、中段: Cl 濃度(μeq/L)、下段: Cl 負荷量(meq/m²/3d)

3. 結果と考察

山頂と露場の積雪ライシメータを用いて観測した積雪下面融雪水の流出高(上段), Cl 濃度(中段), Cl 負荷量(水量×イオン濃度)(下段)を図1に示す. 濃度は3日間の加重平均値である. 融雪に伴う流出高の増加は露場で3/29、山頂で4/5から始まった. 消雪日は露場5/8、山頂5/18であった. 露場と山頂の流出高は通常、露場の方が多いが、4/5、4/8のように逆転することもある. 濃度変化に関しても図1中段に見られるように4/14から4/29まで明らかな違いが見られる. これらの違いはそのまま負荷量変化の違いに大きく現れた. このように山地流域内での融雪は流出高だけでなく負荷量も一様に起こらず、積雪ライシメータのような点での観測結果がそのまま山地流域の面的な積雪下面融雪水を表さない.

そこで、露場と山頂積雪ライシメータの観測から融雪期間中の総流出高と総Cl負荷量を100%とした時の融雪開始から任意の時点までの積算流出高と積算Cl負荷量の割合(%)を求めた(図2). 結果、露場・山頂ともに同じような変化を示した. つまり、図1下段で見られた露場・山頂積雪ライシメータにおけるCl負荷量の違いは、流出高の時間的なずれにのみ依存していることを表している. よって、ある地点における融雪の進み具合がわかれば図2よりそれまでに積雪下面から流出した積算負荷量の割合を求めることができる. 本流域では図3に示すように積雪水量と標高の関係を標高400mを境に2本の近似直線で表すことができるので、流域内の融雪の進み具合は積雪調査を行った一週間ごとに求めることができる.

上記の結果を用いることで一週間ごとの標高帯別積雪下面流出高・Cl負荷量が求められ、同時に流域平均の積雪下面流出高とCl負荷量を見積もることができる.

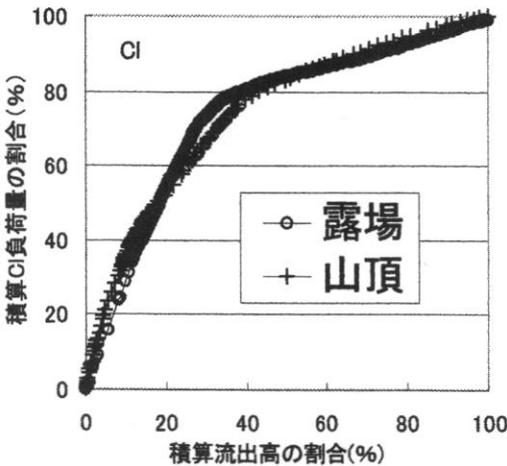


図2. 露場・山頂積雪ライシメータによる積雪下面融雪水の流出高とCl負荷量の関係

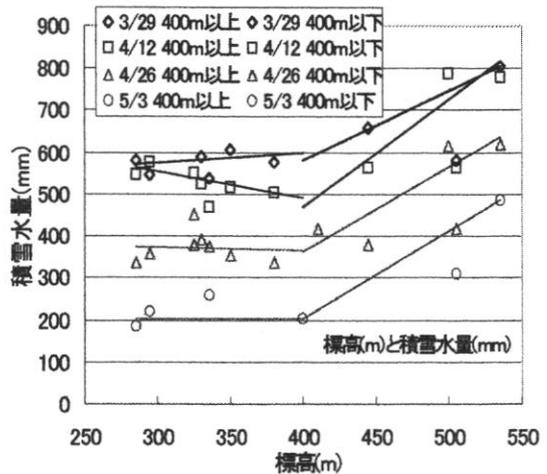


図3. 標高に対する積雪水量

流域平均の積雪下面融雪水をインプット、河川流出をアウトプットとして水・Cl 収支を融雪開始から一週間おきに求めることができた(図4)。また、水及び Cl の流出割合(=アウトプット/インプット)を図5、河川水及び積雪下面融雪水の平均濃度(=負荷量/流出高)を図6に示す。融雪開始1週目の水及び Cl の流出割合は1以下であった。その後、水の流出割合は0.9前後を推移してほぼ釣り合うのに対し、Cl の流出割合は融雪最盛期に急激に上昇し、4前後の値を示した。濃度変化を見ると、融雪初期における河川水の濃度は積雪下面融雪水の濃度に近いが、融雪最盛期における河川水の濃度低下は積雪下面融雪水の濃度低下ほど極端ではなかった。

Cl は岩石・土壌からの溶出がそれほど多くないとされているが、Cl の流出割合は融雪全期間で1.64倍になった。この原因として、Cl 濃度の高い地下水が融雪水と混ざったり押し出されたりすることで地下水起源の Cl が河川に流出していることが考えられる。

今後の課題、年間の Cl 収支を調べると共に、土壌下の水の流動、水質変化を直接観測していく必要がある。

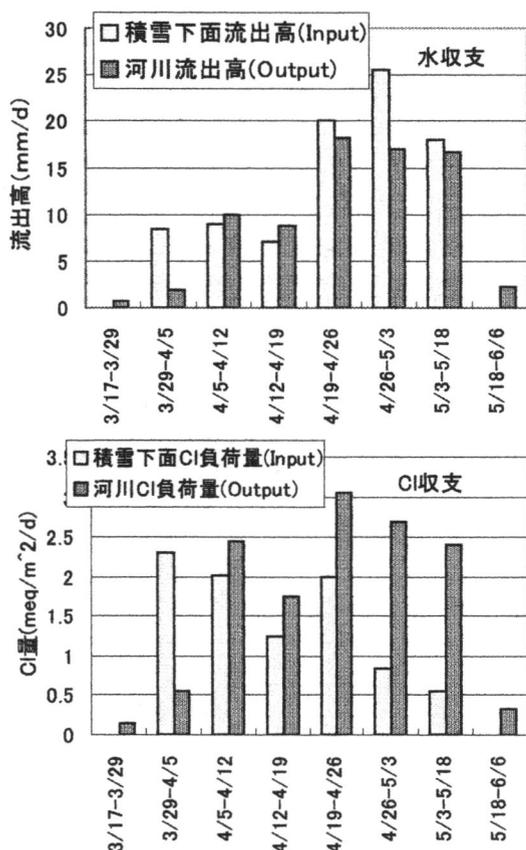


図4. 水収支(上段)、Cl 収支(下段)

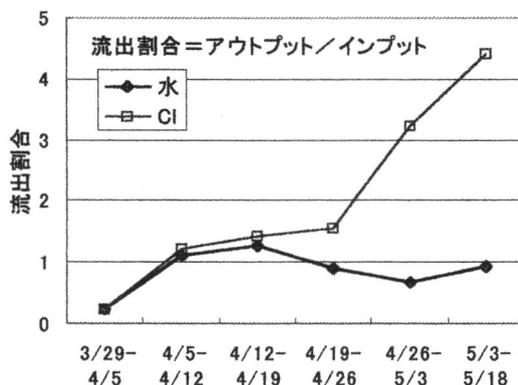


図5. 水及び Cl の流出割合

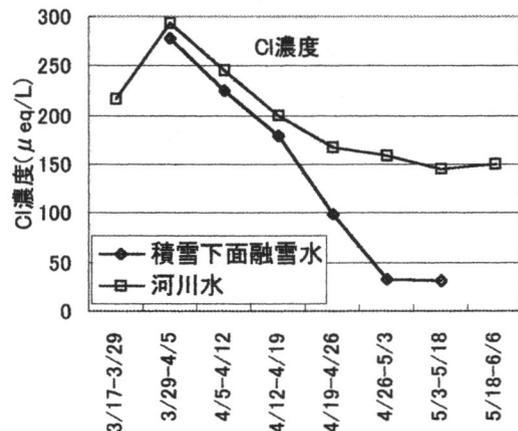


図6. 河川水及び積雪下面融雪水の Cl 濃度