

# 水質及び酸素同位体比からみた多雪山地流域の融雪流出

\*山崎 学・石井 吉之 (北大低温研)

## 1. はじめに

多雪山地流域の融雪期において積雪底面から流出する融雪水(以下融雪水と呼ぶ)が地表に達してから河川に流出するまでの過程を調べるために、これまで融雪水や河川水中の塩化物イオン( $Cl^-$ )濃度や重炭酸イオン( $HCO_3^-$ )濃度の変化を指標として調べてきた。その結果、融雪最盛期の河川水に占める地下水の割合は大きく、また、ほぼ一定の割合を占めることがわかってきた。しかし、融雪初期において融雪水の $Cl^-$ 濃度は地下水の $Cl^-$ 濃度と近いこと、また、 $HCO_3^-$ 濃度は土壤中で変化することから、融雪初期での融雪水と地下水の区別ができず、そのためこれらを用いて融雪初期の流出過程を考察することができなかった。また、融雪水と河川水の観測だけでなく地中における直接的な観測を行う必要もある。そこで本研究では、融雪水・河川水に加え山腹斜面の土壤水(深さ50cm, 100cm, 180cm)を採水し、それらの主要イオン濃度と新たに酸素安定同位体比を測定し、地中水の流出過程について考察した。

## 2. 観測概要

観測は北海道大学雨龍研究林内母子里試験流域(約1.2km<sup>2</sup>;標高285~535m)にて、2001年4月~5月下旬におこなった。観測露場(標高285m)において積雪全層水と大型積雪ライシメータ(3.6m×3.6m)で集められた融雪水、流域末端の量水堰における河川水、山腹斜面(標高320m;川岸から7mほど)に設置されたポラスカップ(深さ50cm, 100cm, 180cm)による土壤水をそれぞれ採水し、イオン濃度( $Cl^-$ など)、酸素同位体比を調べた。また、pH4.3アルカリ度を分析し $HCO_3^-$ の溶存濃度とした。河川水と融雪水は流出量も同時に測定した。

## 3. 結果と考察

露場の積雪全層水と融雪水の酸素同位体比

(上段)、 $Cl^-$ 濃度(中段)、融雪水の流出高(下段)を図1に示す。流出高の増加から融雪期は3/27から始まり、4月に入って本格的に解け始め、5/11に消雪日を迎えた。採水は4/5から始めたため、融雪期前並びに融雪期に入ってから最初の一週間程のデータは取れなかった。図1上段より融雪水の酸素同位体比は常に積雪全層水の酸素同位体比より小さく(軽く)、両者とも融

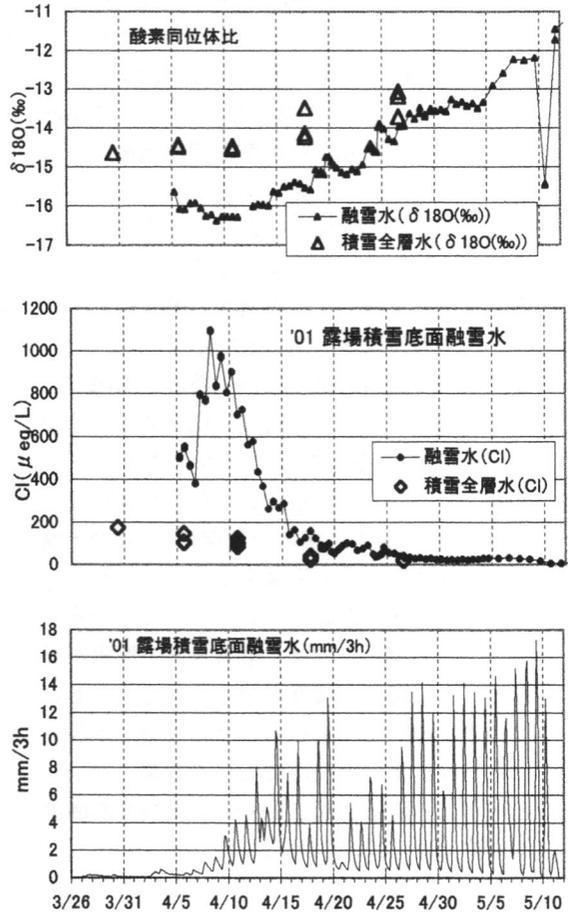


図1. 上段：露場積雪全層水と融雪水の酸素同位体比変化、中段： $Cl^-$ 濃度変化、下段：場積雪底面融雪水の流出高

雪が進むにつれて酸素同位体比は大きく(重く)なり、その差は小さくなった。この傾向は同じサイトで行われた橋本ほか(2002)の結果と一致する。5/10に一時的に融雪水の酸素同位体比が軽くなったのは 25mm の降水の影響である。図 1 中段では融雪水の Cl 濃度は融雪初期に非常に高くその後急激に濃度が低下する選択的溶出が見られた。融雪水の Cl 濃度は 4/8 6:00 に 1100  $\mu\text{eq/L}$  に達し、4/5 に採取した 3 本の積雪全層水の Cl 濃度(102~147  $\mu\text{eq/L}$ ) の約 7~10 倍であった。

3/26 からの融雪水の積算流出高を横軸にとった時の融雪水の酸素同位体比と Cl 濃度の変化を図 2 に示す。融雪水の Cl 濃度は最初の 100mm で 400  $\mu\text{eq/L}$ ~1100  $\mu\text{eq/L}$  と非常に高く、その後、総流出高の半分が流出するころには 30  $\mu\text{eq/L}$  まで低下した。一方、酸素同位体比は融雪開始から消雪まで流出高に対してほぼ一定の割合で重くなっていった。

融雪期間中の各深さにおける土壌水の酸素同位体比変化(上段)、Cl 濃度変化(下段)を図 3 に示す。比較のため融雪水の酸素同位体比変化、Cl 濃度変化もあわせて示す。深さ 50cm の土壌水は酸素同位体比、Cl 濃度とも融雪水の酸素同位体比、Cl 濃度の変化と同じような変化をしている。このことは融雪水が深さ 50cm まですぐに浸透していることを示唆する。深さ 100cm の土壌水では深さ 50cm の土壌水と同様に融雪水の影響を受けているが、その変化は大きく遅れている。このような変化がおこる原因としては、融雪水と土壌水が混ざることによって変化が緩慢になったこと、あるいは深さ 50cm から 100cm への水の浸透が地表から 50cm までの浸透に比べて非常に遅いことが考えられる。深さ 180cm の土壌水の酸素同位体比は -13.5‰ から -13.3‰ へ変化し、Cl 濃度は 250  $\mu\text{eq/L}$  から 200  $\mu\text{eq/L}$  まで低下した。酸素同位体比の変化が僅かであることから、深さ 180cm の土壌水は融雪水の影響を受けていないと考えられる。一方、Cl 濃度の低下は融雪水の影響を示唆するものであり、酸素同位体比と Cl 濃度それぞれの変化を整

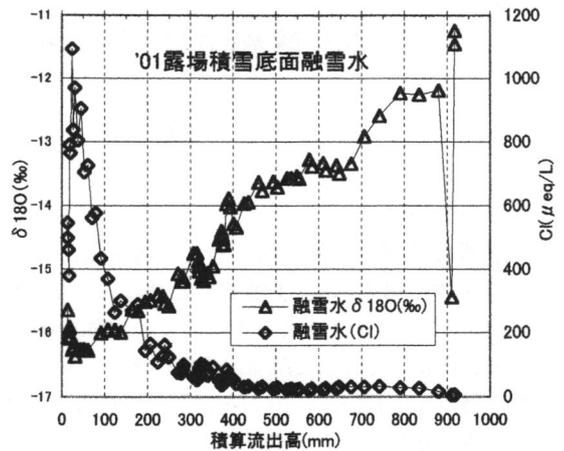


図 2. 融雪水の積算流出高に対する酸素同位体比 Cl 濃度変化

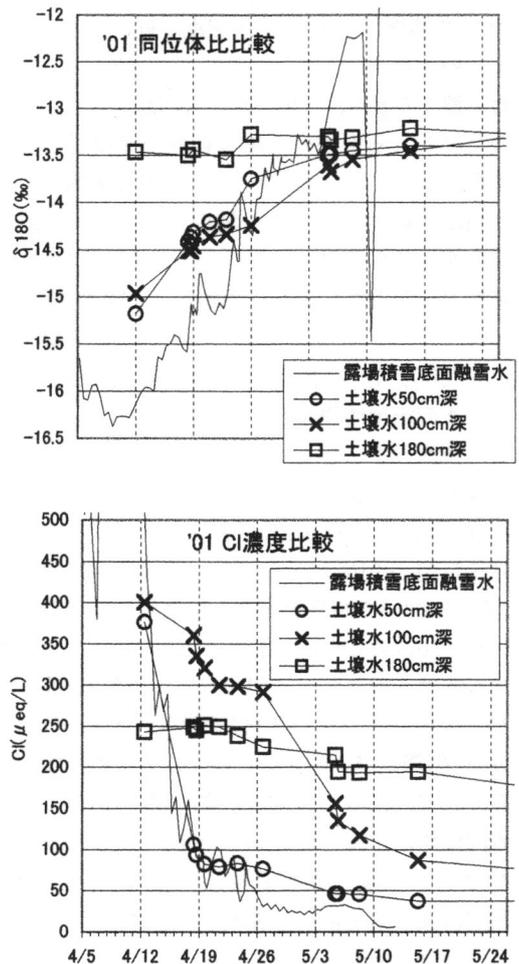


図 3. 土壌水(50cm,100cm,180cm)と融雪水の酸素同位体比変化(上段)、Cl 濃度変化(下段)

合的に説明できるまでには至っていない。また、土壌水を最初に採水したのは融雪期に入って2週間がたった後であったため、融雪期前から融雪初期にかけての土壌水の酸素同位体比変化、Cl 濃度変化を調べる必要もある。

融雪水と河川水の酸素同位体比変化(上段)、Cl 濃度変化(下段)を図4に示す。融雪水の酸素同位体比と Cl 濃度の変化は河川水に比べて非常に大きい。融雪流出においていかに水質の安定した地下水の寄与が大きいかがこのことからわかる。また、融雪水の酸素同位体比は融雪初期において河川水の酸素同位体比より非常に軽いことが明らかになった。このことから酸素同位体比は融雪初期の流出過程を知る上で有用な指標となることがわかった。図1上段において融雪水の酸素同位体比

が降水の影響を受けて値が大きく軽いほうへ変化したことを述べたが、その影響が河川水の酸素同位体比にも顕著に現れた。

図4における河川水の酸素同位体比変化、Cl 濃度変化がよくわかるように拡大し、河川水の流量とあわせて図5に示した。ほとんどの融雪は日射に依存するため夜間の融雪は極端に少ない。そのため河川流量は朝方に日最低流量となり、昼から夕方にかけて日最大流量となる1日周期の増減を繰り返す。図5のグラフの中で、日流量の減水時に近いときに採水した河川水の分析結果ならびに採水時の流量に×印をつけ増水時に採水した河川水の分析結果と区別した。図5上段の酸素同位体比の変化を見ると、日減水時には酸素同位体比は大きく、増水すると酸素同位体比は小さくなるという日変化を示す。融雪が進むと、融雪水の酸素同位体比が河川水の値に近づいてくるため、河川水の値の日変化は徐々に小さくなった。図5中段のCl 濃度変化を見ると、融雪水のCl 濃度が河川水のCl 濃度を下回った4/15以降から河川の増水時に河川水のCl 濃度が低下する日周期の変動が見られるようになった。しかし、融雪水のCl 濃度が河川水のCl 濃度より高い4/15以前では酸素同位体比に見られるようなはっきりとした日周期の変動が見られなかった。これは減水時も増水時もCl 濃度が高いためである。

河川の日減水時における酸素同位体比に着目すると、4/5-4/27では日周期よりも長い間隔での大きな河川流量の増減があるにもかかわらず酸素同位体比はほとんど変化しなかった。河川流量の減水時にも融雪水の影響が生じているのであれば、融雪水の酸素同位体比の変化に応じて河川水の値も変化するはずである。一方、4/27-5/10では河川流量の増減に関係なく徐々に酸素同位体比が大きくなっていき、消雪後(5/17以降)も同様の傾向が見られた。4/27以前では、減水時の河川流出に融雪水の影響がなく、4/27以降は影響があると推察される。一般に夜間の融雪は極端に少ないので、日減水時には地中流出が卓越して

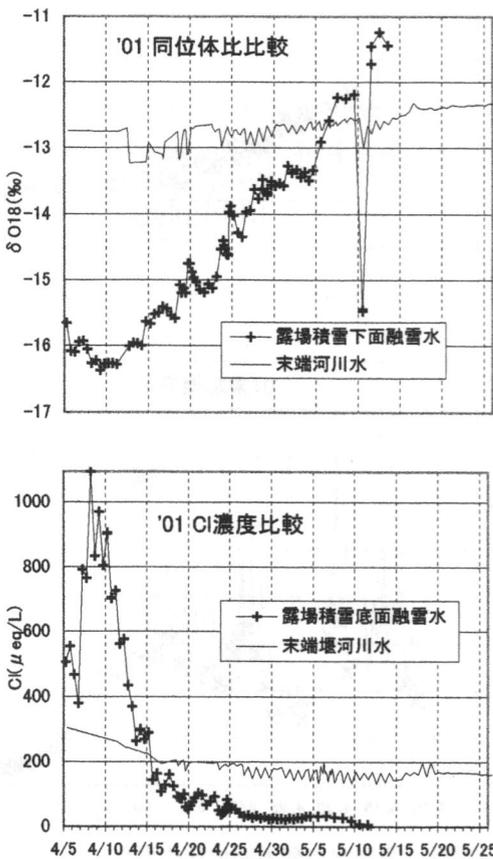


図4. 融雪水と河川水の酸素同位体比変化(上段)、Cl 濃度変化

いると考えることができる。したがって4/27以降は、減水時の河川流出に寄与する地中水が貯留されている深さまで融雪水の影響が及び始めたと考えられる。また、日減水時の河川水のCl濃度変化を見ると、融雪初期から最盛期にかけてCl濃度は低下している。このように酸素同位体比は変化せず、Cl濃度は低下するという傾向は、深さ180cmの土壤水の変化傾向に類似している。減水時の河川流出には、深さ180cmの土壤水に代表されるような酸素同位体比変化、Cl濃度変化をする地中水が寄与していると推測される。

今後、融雪期前から融雪初期にかけての酸素同位体比、Cl濃度の変化を調べると同時に上記の推測を確かめるためのより直接的な観測(地下水水位、土壤水の圧力水頭など)が必要である。

【引用文献】

橋本重将, 周石砦, 中尾正義, 坂井亜規子, 上田豊, 石川信敬, 成田英器(2002): 湿润積雪中における雪粒子と間隙水の同位体交換. 雪氷, 64, 163-172.

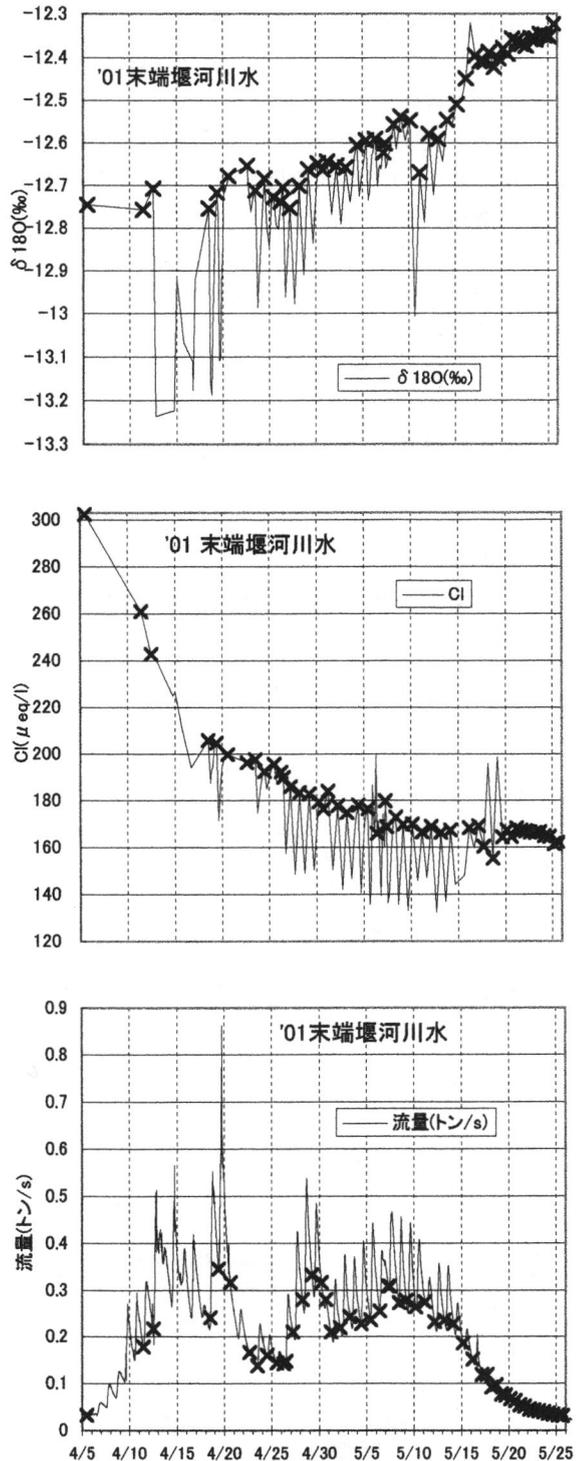


図5. 河川水の酸素同位体比変化(上段)、Cl濃度変化(中段)、流量(下段)