

融雪水の水質変動の長期観測

山崎 学・石井 吉之・小林 大二 (北大低温研)

柴田 英昭・小澤 恵 (北大演習林)

1. はじめに

寒冷積雪地域において、冬期間積雪内に蓄積された化学物質は融雪初期に積雪下面からの融雪水中で高濃度になり流出することが知られている (Johannessen and Henriksen, 1978)。そのため、寒冷多雪地域での化学物質の循環を把握するには、融雪全期間における積雪下面からの融雪水の水質変動を継続的に観測することが重要である。そこで今融雪期、母子里試験流域において積雪下面融雪水の長期観測をおこなったので、その結果を報告する。

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(石井ほか, 1996)の流域内最高点(標高 535m)に設置された大型積雪ライシメータ(3.6m×3.6m)を用い、鈴木(1991)とはほぼ同じ手法で採水をおこなった。採水した水は東亜電波工業製のイオンクロマトグラフ、pH 計、電導度計を用いて(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})の各溶存成分濃度($\mu\text{eq/L}$)、pH、電導度(EC)を調べた。また、0.02N H_2SO_4 を滴定に用いて pH4.8 アルカリ度を出し、 HCO_3^- の溶存濃度とした。その他、積雪ライシメータ近くにおいて約 1 週間に一度の割合で、神室型スノーサンプラーを用いて積雪水量を測定し、雪を持ち帰って室温で融かし融雪水と同じ水質項目の測定をおこなった。

3. 観測結果

図 1 は積雪調査から得られた結果である。消雪日は 5/17 であるが積雪調査は 5/3 で終了した。最大積雪水量は 3/29 の 805.7mm であった。電導度は 3/29 の $18.9\mu\text{S/cm}$ が最も高く、融雪期が進むにつれ低下し 5/3 には $8.1\mu\text{S/cm}$ になった。pH は 5.05~5.65 の範囲で大きく変化しなかった。Cb, AN をそれぞれ

$$\text{Cb}(\mu\text{eq/L}) = \text{Na}^+ + \text{NH}_4^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$$

$$\text{AN}(\mu\text{eq/L}) = \text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$$

と表す。Cb-AN は 4/12 以前において +10 ~ -20 $\mu\text{eq/L}$ の間を変動するが、4/19 以降はほぼゼロになり Cb と AN の濃度が釣り合った。3/29 の積雪全層水の各イオン濃度($\mu\text{eq/L}$)はそれぞれ $\text{Cl}^- = 78.6$, $\text{NO}_3^- = 5.8$, $\text{SO}_4^{2-} = 24.3$, $\text{Na}^+ = 61.4$, $\text{NH}_4^+ = 12.4$, $\text{K}^+ = 11.8$, $\text{Ca}^{2+} = 4.4$, $\text{Mg}^{2+} = 26.1$ であった。

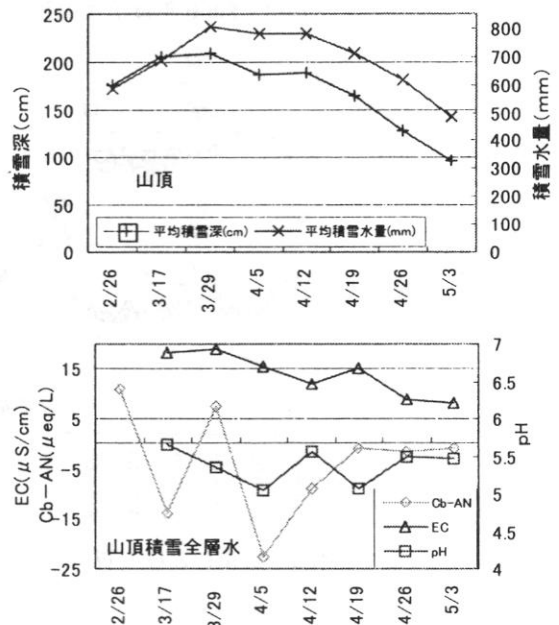


図 1 上図 山頂における平均積雪深、平均積雪水量の時間変化
下図 山頂における積雪全層水の EC, pH, Cb-AN の時間変化

図 2 に 3/17~5/18 までの融雪水の流出高 (mm/h) を示す。この期間の総流出高は 849.2mm だった。融雪開始は 4/5 からで、日流出高では 5/13 の 53.6mm が最大だった。今回、分析結果を報告する範囲である 3/17~5/1

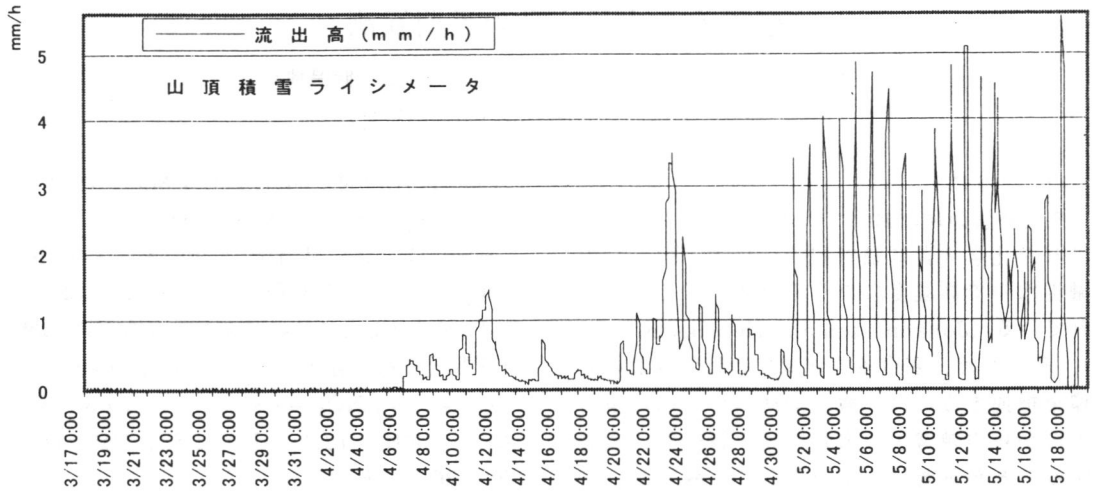


図2 2000年母子里山頂 融雪期の積雪下面流出高の時間変化

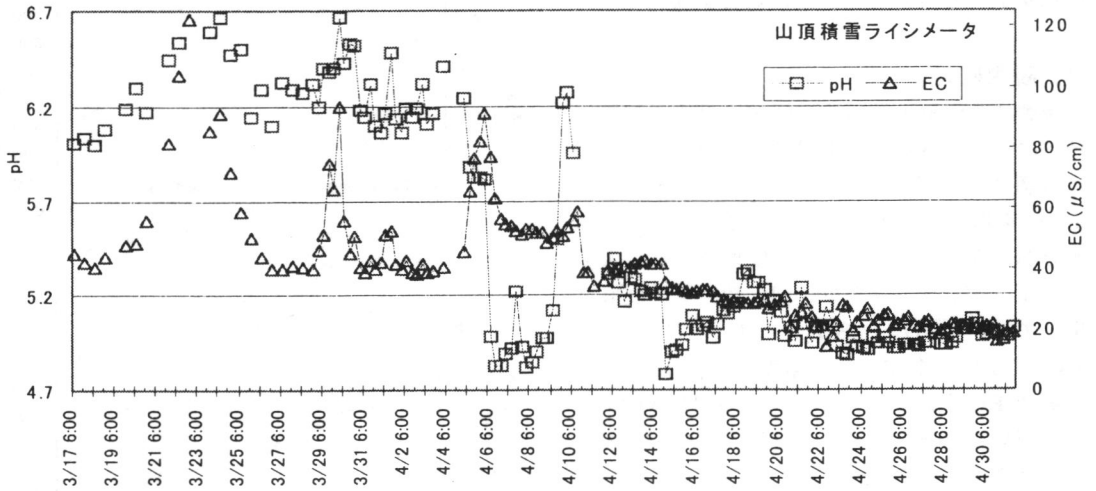


図3 山頂における積雪下面融雪水の電導度(EC),pHの時間変化

までの総流出高は 312.2mm(総流出高の 36.8%)であった。

図3に3/17～5/1までのpH、EC変動を示す。融雪期前のpH、ECの変動は、積雪ライシメータの流路末端に取りつけた連続測定用pHセンサーから溶出したKClのためである。よって4/4以前の水質変動については議論から除き、流出高が増え始める4/5以降について議論する。

融雪水のpH、ECは積雪全層水と比べて基本的にpHは低く、ECは高かった。ECは融雪

水が少し出始めた4/5に急激に上昇し始め4/6 0:00に91.3 μ S/cm(3/29積雪全層水の電導度の4.8倍)に達した。その後ECは徐々に低下した。

pHは4/6、4/14にそれぞれ4.83、4.78という低い値を示した。いずれも流量が増加し、ECが低下した時に起こった。4/20以降もpHは5前後という低い値を示した。例外的に4/9から4/10にかけてはEC、pHが上昇しそれぞれ59 μ S/cm、6.27という値を示した。また、4/22以降になるとECは20 μ S/cmになり、流出量

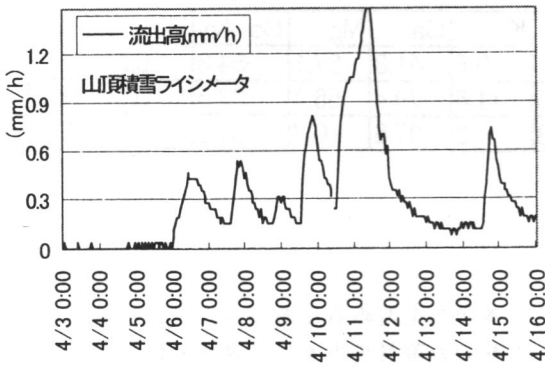


図4 4/3～4/16の積雪下面流出高

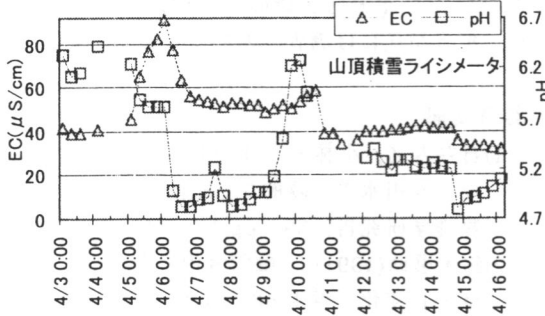


図5 電導度,pHの時間変化

が増えるとECが低下しpHが上がる日周期変動がはっきり見られた(鈴木, 1991). この時、融雪水中の各イオン濃度もECと同様の日周変動を示した。日周変動が顕著に現れ始めるまで(4/21)の流出高は139.0mm(総流出高の16.4%)であった。

次に、融雪初期にしばって水質の変化を示す(図4,5,6,7). 図6の水素イオン濃度はpHの値から算出した。水に溶けているイオンの電氣的バランスを考えると



α : その他の微量イオン

とおける。

α の値に変動がないとすると、 HCO_3^- が減少あるいは H^+ が増加する時にCb-ANが減少し、逆に、 HCO_3^- が増加あるいは H^+ が減少する時にCb-ANが増加すると考えられる。そこで、図6を見ると4/6, 4/14の H^+ の増加

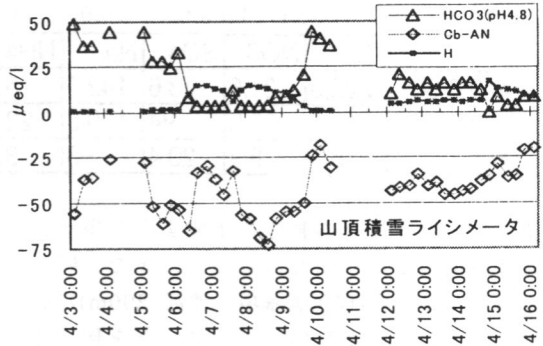


図6 H^+ , Cb-AN, HCO_3^- の時間変化

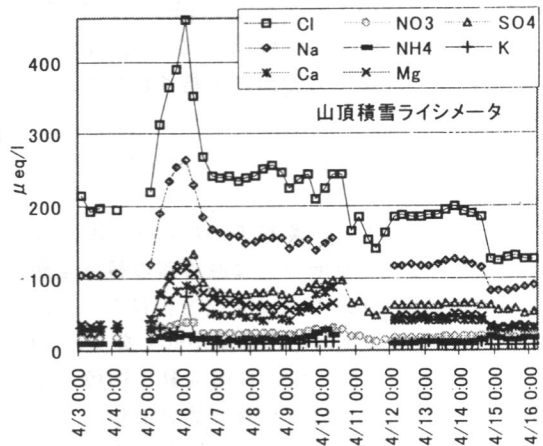


図7 各イオン濃度の時間変化

時にはCb-ANは増加し、上記の予測と逆になった。これは、今回測定したイオンに含まれないその他のイオンが変化し、pHに影響を及ぼしたと考えられる。

4/8から4/10にかけての H^+ の減少はCb-ANの増加をともなう。これはpHの変動にCb-ANに含まれる無機イオンが寄与していることを示唆する。そこで、図7の4/9から4/10を見ると、融雪水の流出量が増える4/9 18:00に Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} の濃度は低下し SO_4^{2-} , Ca^{2+} の濃度は上がっている。そこで、4/9 0:00から4/9 18:00にどれだけ各イオンの濃度($\mu\text{eq/L}$)が変化したかを表1に示す。表1からCb-ANが増加したのは Ca^{2+} 濃度の増加、 Cl^- 濃度の減少による寄与が最も大きいことがわかった。4/9, 4/10に見られる各イオン濃度の増

表1 4/9 0:00 と 18:00 における水質の違い(単位: $\mu\text{eq/L}$)

日時	Cl	NO3	SO4	Na	NH4	K	Ca	Mg	Cb-AN	H	HCO3
4/9 0:00	225.9	21.6	73.6	142.6	15.2	9.6	41.8	57.1	-54.8	10.8	8.1
4/9 18:00	210.2	29.8	94	139.6	23.5	11.6	79.4	56.4	-23.5	0.6	44.8
差	-15.7	8.2	20.4	-3	8.3	2	37.6	-0.7	31.3	-10.2	36.7

減がまったく反対の動きを示すような事例は融雪期間中この一回だけだった。また、同じ流域内の別の地点(観測露場: 標高 290m)に設置されている大型積雪ライシメータを使って観測した結果においても、同じ時期に融雪水中の Ca^{2+} 濃度の上昇がおこり pH の上昇に寄与していたことから、4/9 頃にこの流域に Ca や SO_4 が大気側から雪面に供給された可能性も考えられる。

まとめ

全融雪水量のうち最初の 16% が流出する 4/21 までは、電導度の値は融雪前の積雪全層水より高い値を示し、最大で 4.8 倍になった。4/21 以降も電導度は徐々に値が低くなり、pH も含めて流出量と同様の日周変動を明瞭に示した。その間、pH は 5 前後の値を示した。

融雪初期の pH 低下は主に電導度、各イオン濃度の低下と同時に起こったが、Cb-AN の動きとは必ずしも一致しなかった。

4/9 には Ca 濃度の増加にともない pH が一時的に上昇した。

今後は 5/1 以降の融雪水の分析結果を付け加え、積雪全層水のイオン濃度と比較してどれくらい濃縮しているか、選択的溶出がおこっているか、積雪中のイオン量の変化と流出したイオン量の比較、観測露場の結果との比較をおこなっていく予定である。

本研究を進めるにあたり、北大雨龍地方演習林の教職員の方々には調査の協力並びに分析機器の使用などさまざまな便宜を図っていただいた。北大低温研の岩倉徹氏、岩田念貴氏、梶貴司氏には調査においてご協力頂いた。

参考文献

- 1) 石井吉之, 小林大二(1996): 融雪にともなう河川水の一時的な pH 低下. 北大地球物理学研究報告, 59, pp.15-24.
- 2) 鈴木啓助(1991): 融雪水中の溶存成分濃度の日変化. 雪氷, 53, pp.21-31.
- 3) Johannessen, M. and Henriksen, A. (1978): Chemistry of snow meltwater changes in concentration during melting. Water Resour.Res., 14, pp.615-619.