

II-9 美唄東明試験地の流出特性（予報）

道地下資源 正会員 丸谷 薫
道公害研 会員外 青井孝夫

1. はじめに

山地の降水は水資源の大部分を占めている。なかでも本道のような積雪地では、山地の積雪というのは自然のダムであり、利用価値が高い。したがって水文流出の特性を調べることは、水資源を利用する上での非常に重要な位置を占めている。

本研究では山地の水文流出特性を調べるために、積雪の融雪流出について87年3月～5月の間、観測を行った。試験地は現象を単純化して把握できるように、支流のない小水路で、かつ地質構造の単純な地域を選んだ。最初に試験地の概要を述べ、続いて観測の方法、結果、解析の結果を述べる。

2. 試験地域の概要

試験地域は美唄市街より東北東へ約3kmに位置する東明池に流入する溪流の一つである（図1）。地域は夕張山地の北部縁辺部の小起伏山地に位置し、流域の標高は80～230m、谷はV字形に刻まれ傾斜は15～30°である。流域は東西方向に長く（形状係数 $F=0.21$ 、円状率 $C_r=0.53$ 、細長率 $=1.41$ ）、東から西へ流下、面積は0.087km²、流路長は630mである（図2）。

地質は松井・垣見・根本（1965）によると古第三紀の石狩層群の芦別層が分布する。同層は主として砂岩・泥岩の互層から成り、石炭・炭質頁岩を挟在し、まれにれき岩を挟む。ち密で非常に堅硬であるため同層中には帯水層は存在しない。国土庁土地局（1977）によると土壌は褐色森林土II（乾性、湿性が25%以下）が分布、風化殻3m以浅とされている。植生は広葉樹林帯に属する。

3. 観測の方法

観測期間を表1に示す。流出流量の測定は、三角セキと自記水位計を組み合わせを行い、水位から流量を換算した。測定最大流量を既存の文献を参考に決定したが、実際には予想以上に流出流量が多く、4月18日～20日の間は測定不能

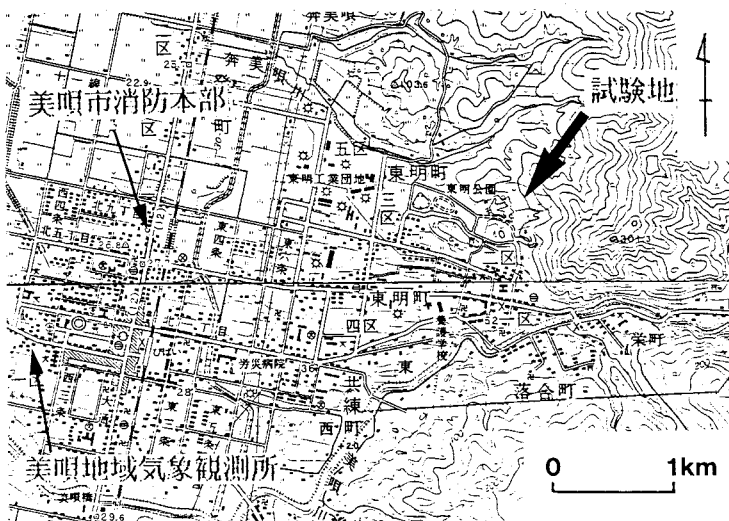


図1 位置図

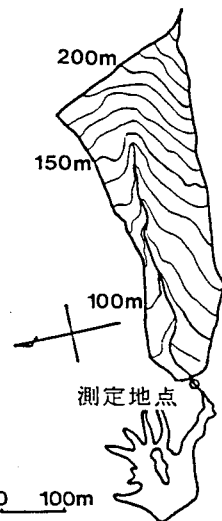


図2 流域の概要

表1 観測期間

項 目		3 月			4 月			5 月			
		11	21	31	10	20	30	10			
流出流量	連 続	18	24 26		18			14	S		
水 温	1時間毎	17							S		
気 温	1時間毎	17							S		
気 温	1時間毎								BD		
水 質	1日毎*	17 20	23 28 30	4 6	18	25 2728	30		S		
積雪採取	◎								S		
降水量	1日毎								BK		
天 候	** 6時間毎								BF		

＊：採水時刻は不定期。 ＊＊：6，12，18，24時。 S：筆者らによる観測。
BD：美唄ダムによる。 BK：美唄地域気象観測所による。 BF：美唄市消防本部による。

となった。20日～25日の間は急ぎよ四角セキに変更して測定した。

水温、気温はRMT水温計を用いて1時間毎に記録した。水質11項目（SO4,N03,Cl,NH4,Na,K,Ca,Mg,H,アルカ度,pH）は、ほぼ毎日（時刻は不定期）採水し、持ち帰り分析を行った。分析法は環境庁酸性雨成分分析指針によった。また積雪は87年3月11日に採取、持ち帰り、融解後成分分析を行った。

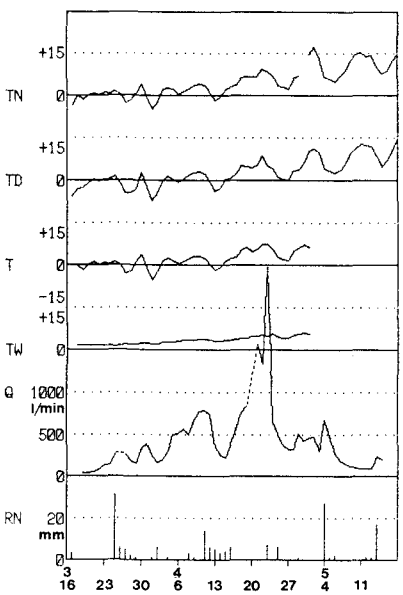


図3 気温(TN：地域気象，TD：美唄ダム) 水温，流出流量，降水量（日データ）

4. 観測の結果

図3に気温（美唄地域気象観測所、美唄ダム（試験地より東方約6.5km）、試験地）、水温、流出流量、降水量を示す。気温（試験地）、水温、流出流量は1時～24時

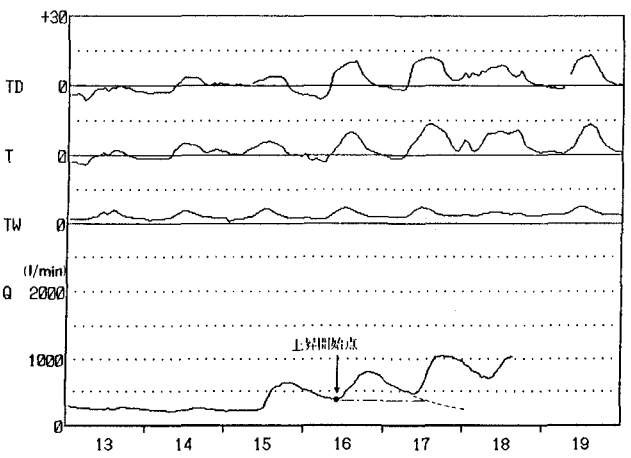


図4 気温(TD：美唄ダム)，水温(TW)，流出流量(Q) の一例<時間データ>

の時間データを算術平均し、日データとした。

測定開始の3月19日から指数関数的に流量は増加し、4月22日に2480l/minに達した。気温も4月14日以降0℃以上を保ち、急激に

融雪が進んだ様子がわかる。また時間データで見ると（図は省略）、3月18日以前は気温の上昇による流出流量の増加が見られないことから、融雪流出は3月19日から開始、また同じ理由により、5月3日で完了したと考えられる。

水温は徐々に上昇していく傾向が見られる。小林・植松（1977）によると、河川では融雪期に入るとスノウ・ブリッジが形成され、それが崩れ落ちて、雪塊が融けるため、河川の水温は一時期冬期の水温を下まわることがあるという。本試験地では川の幅が狭い等の理由によりこのような現象は発生せず、水温の低下は生じていない。

5. 解析の結果

a. 解析の仮定 流出成分の分類を表2に示す。本研究では地質の状況より考えて、地下水流出は無視できる程少ないと仮定した。よって流出流量の成分分離は図4のように、融雪水が主体となる直接流出と残りの基底流出とに分けて考える。

分離の方法については幾つか提案があるが、ここではハイドログラフの上昇開始点から水平線をひき、その上部を直接流出、下部を基底流出とする方法を用いた。融雪の盛期には減水期の流量が上昇開始点の流量まで減少する前に次の上昇が開始される場合が多い。その場合には減水係数を求めて減水曲線を推定、延長して成分を分離した。またそのハイドログラフ（および推定減水曲線）と水平線との囲む部分を日融雪量とした。

本節d. では4月30日以降の気温は美瑛ダムのデータ（時間単位）を用いた。図4を参照すると、試験地のデータと非常に良い相関を示している。

b. 流出量について 期間中の平均流出率を求めるために降水量と流出流量の積算をそれぞれ行った。その結果を図5に示す。

3月19日以前からの基底流出成分はその減水係数の推定により除去している。また観

表2 流出成分の分類

直接流出(DF)	表面流出(SF)	地表流出 河道へ直達した雨、融雪水
	きわめて浅い中間流出(PSF)	
基底流出(BF)	深い中間流出	地下水流出(GF)
	地下水流出(GF)	

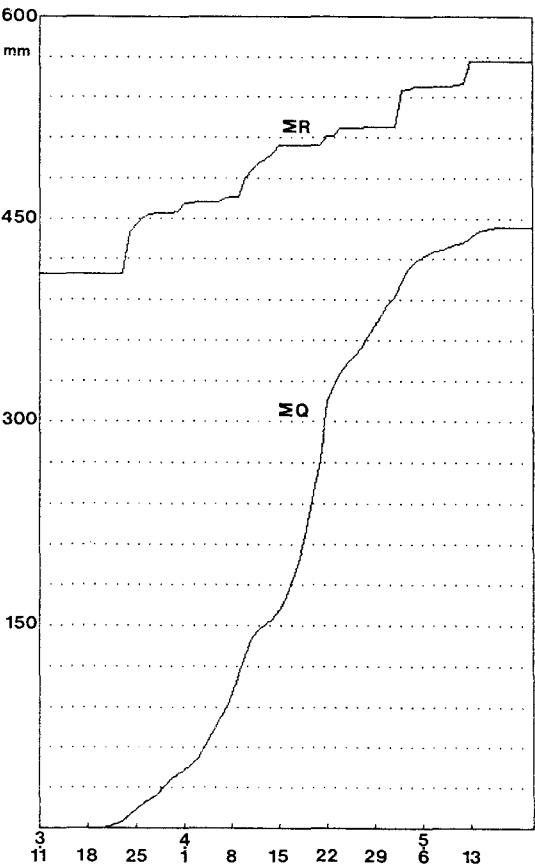


図5 降水量の累積値と流出流量の累積値

測終了の5月14日以降については、降水量を0とし、減水係数から推定した流出流量を用いて算出した。その結果、観測期間中の平均流出率 $f = \text{観測完了時の累積流出量} / \text{観測完了時の累積降水量} = 0.78$ を得た。

c. 気温日数法による解析 図6に0℃以上の日平均気温の積算値 ($\Sigma \bar{T}$) と日平均流出流量の積算値 (ΣQ) との関係を示す。図7に $\Sigma \bar{T}$ と日融雪流出量 (ΣQ_s) との関係を示す。図6では4月26日、図7では4月22日で直線の傾きが変化している。融雪の最盛期が終了したためと考えられ、日のずれは浸透による遅延効果と考えられる。両図において直線関係が成り立つということは $\Sigma (Q - Q_s)$ も $\Sigma \bar{T}$ に比例することを意味し、基底流出のうち地下水流出がほとんどないことを示している。

次に図8に気温(時間データ)の日変動の中で0℃以上の気温を平均した値の積算値 ($\Sigma \tilde{T}$) と ΣQ_s との関係を示す。図9には0℃以上の日最高気温の積算値 ($\Sigma T_{\max}$) と ΣQ_s との関係を示す。両者の傾き(気温日融雪率相当値)はそれぞれ $\tilde{K} = 8.2 \times 10^{-4}$ 、 $K_{\max} = 4.5 \times 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{s/}^\circ\text{C-day)}$

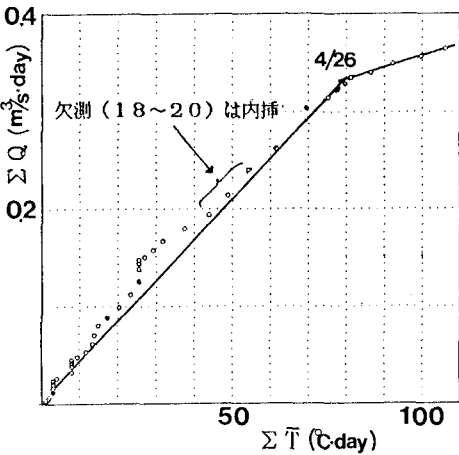


図6 日平均気温と日平均流出流量

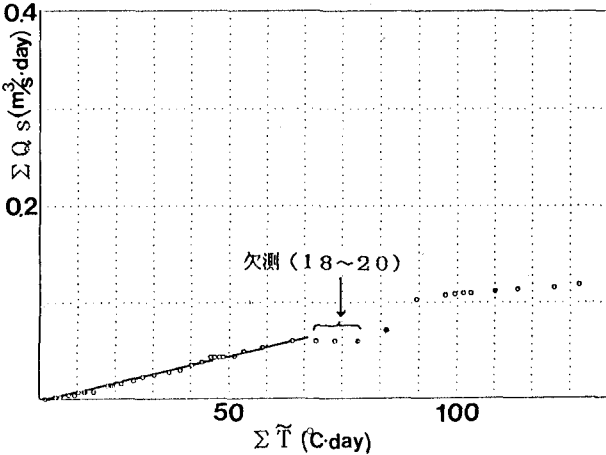


図8 0℃以上の気温の平均値と日融雪流出量

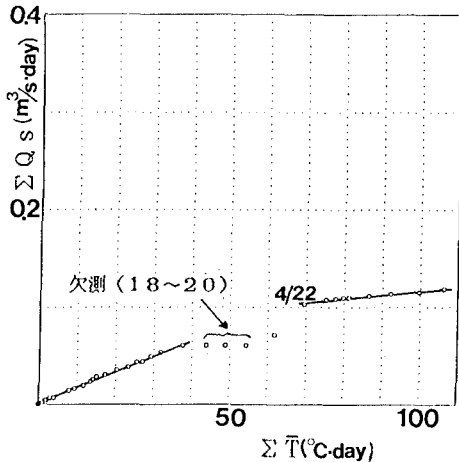


図7 日平均気温と日融雪流出流量

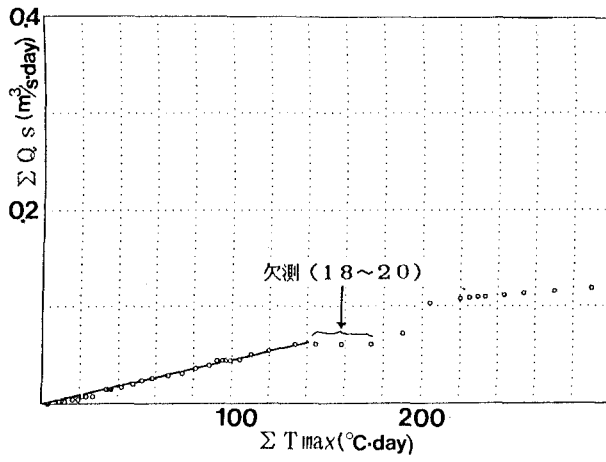


図9 0℃以上の日最高気温と日融雪流出量

℃) となり、その比は $\tilde{K}/K_{\max} = (\sum Q_s / \sum \tilde{T}) / (\sum Q_s / \sum T_{\max}) = \sum T_{\max} / \sum \tilde{T} = 1.82$ となる。この値は $T_{\max} / \tilde{T}$ の平均値 1.99 と非常に近い値であり、2 に近いことから 0℃ 以上の気温の時間分布は概形が三角形に近いことを示している (図 10 参照)。

d. 流出の遅延について 図 11 に気温 (時間データ) の日変動の中で 0℃ 以上の気温の重心時刻と流出流量のピーク時刻、およびその差を示す。図中 I、II、III と期間を区切ってあるのは後述する CI の水質の変動により分けている。3 月中旬から 4 月中旬 (I、II) にかけて時間差は減少傾向にあり、それ以後 (III) は増減の傾向は見られない。このことは以下のように考えられる。融雪が進行することにより、積雪深が減少し、表層で融解した水の積雪内を流下する時間が減少傾向になる。4 月中旬まではその傾向が現れている。その後、融雪の相対的に盛んな部分が上流側へ移動してゆく事による時間差を増加させる要因と両者が相殺されるので、時間差に増減の傾向が見られなくなる。

e. 減水係数の変化について 図 12 に減水係数の度数分布を示す。減水係数は流出成分毎に違いがあり、表 2 の上の項目から下へ向かって小さくなる。したがって図中に記されたように表面流出、きわめて浅い中間流出、基底流出に区分できる。

- 表 3 減水係数と融雪期区分
- I ……基底流出ときわめて浅い中間流出、中間流出が卓越。
 - II ……きわ浅い中間流出。
 - III ……きわめて浅い中間流出と表面流出。
 - IV ……基底流出ときわめて浅い中間流出、基底流出が卓越。

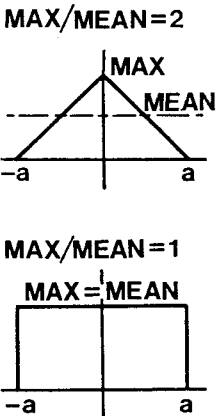


図 10 最大値と平均値

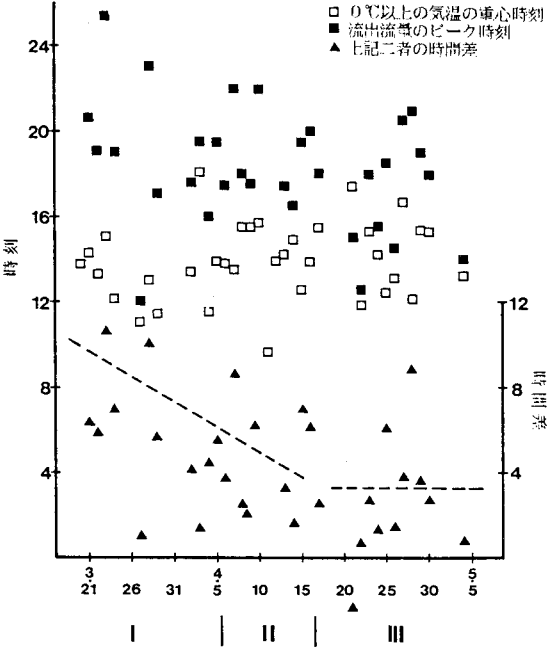


図 11 0℃以上の気温の重心時刻と流出流量のピーク時刻

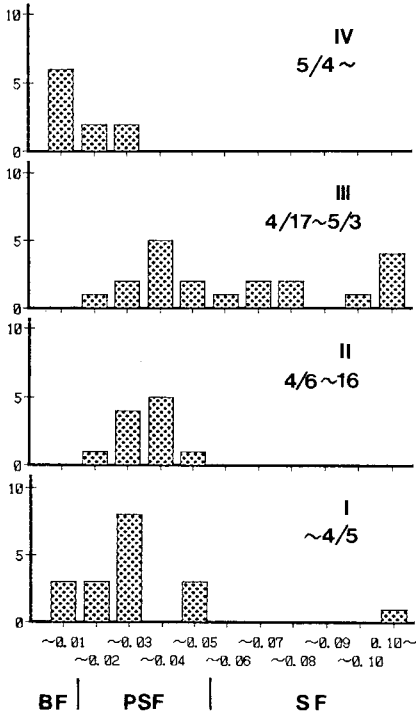


図 12 減水係数の度数分布

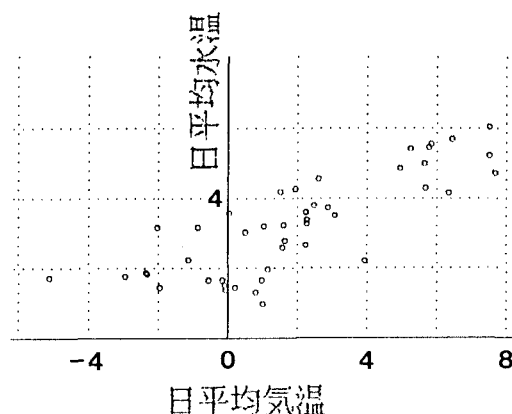


図13 日平均気温と日平均水温

さらに融雪期区分と対応づけると、表3のようになる。Ⅰ～Ⅲは図11と同様で、Ⅳは新たに減水率の時間分布(図省略)により区分した。

f. 水温と気温の関係 図13に日平均水温と日平均気温との関係を示す。線形の関係が見られる。新井・西沢(1974)によると、河川水温の季節変化で昇温初期から5～6月までの季節変化は、三つのstageをへて盛夏へと進んでゆく。第一は冬の渇水期から融雪のはじまるまで、第二は融雪の開始からその最盛期を過ぎて10日前後まで、第三のstageはそれ以後の7月末から8月までの期間である。図13には第二のstageが現れている。

g. 水質の変動について 鈴木・小林(1986)によると、融雪によって積雪中から流去したClの河川水中の濃度は、融雪初期に高濃度を記録し、その後は次第に減少し、融雪の終了とともに融雪前の値に戻る。この変化は本試験地でも確認された。

そこで流出流量とCl濃度との関係を調べてみると、図14のように三種の線形な関係が得られた。图中○印は～4月5日(Ⅰ)、△印は4月6日～16日(Ⅱ)、□印は4月17日～(Ⅲ)のデータである。これらの線形関係は濃度を c 、流出流量を Q として $c = e^b \cdot Q^a$ (a, b は定数)と表される。Ⅰ→Ⅱ→Ⅲと順に b が小さくなると、ある Q に対して c も順に小さくなる。このことは前述の鈴木・小林(1986)の指摘した変化と一致する。そこでこれらの結果より融雪期を三つに分けた。

6. おわりに

本論によって得られた主な結果は次の二点である。

- ①気温日数法による解析により、仮定のとうり本試験地では地下水流出がほとんどないことがわかった。
- ②Cl濃度に注目し、減水係数の経時分布を合わせて考えると融雪期を四つに区分できる。

参考文献

- 松井・垣見・根本(1965):5万分の一地質図幅「砂川」, p34.
 国土庁土地局(1977):縮尺20万分の一土地分類図01(北海道Ⅲ)及び同説明書.
 札幌管区気象台(1987):北海道気象月報 昭和62年3月～5月.
 小林・植松(1977):融雪期における河川源流域の水温Ⅲ, 低温科学 物理篇, 35, p167～178.
 新井・西沢(1974):水文学講座10 水温論, p65～67.
 鈴木・小林(1986):第2回寒地技術シンポジウム'86講演論文集, p336～339.

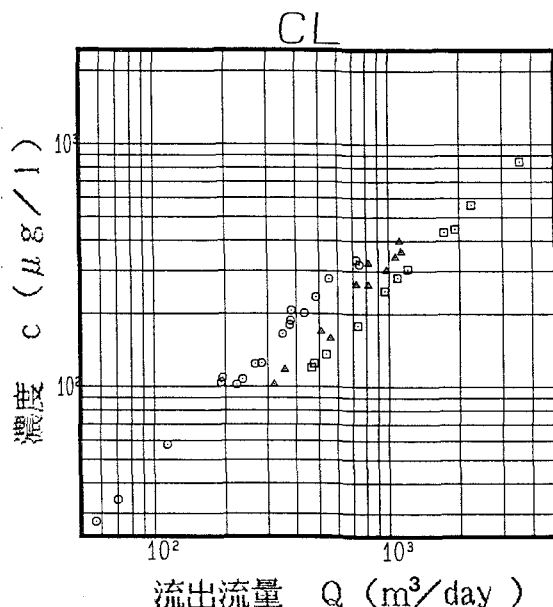


図14 Cl濃度と流出流量