



Title	天塩川流域小支流の融雪流出
Author(s)	工藤, 哲也; 村井, 延雄
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 28(2), 325-337
Issue Date	1971-12
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/20890">http://hdl.handle.net/2115/20890</a>
Type	bulletin (article)
File Information	28(2)_P325-337.pdf



[Instructions for use](#)

# 天塩川流域小支流の融雪流出

工藤 哲也\* 村井 延雄\*\*

Analysis of the Snowmelt Hydrograph in the  
Kiyokawa River Basin, Hokkaido, Japan

By

Tetuya KUDO and Nobuo MURAI

## 目 次

I. ま え が き .....	325
II. 試験流域の概況 .....	326
III. 流量観測の方法 .....	327
IV. 融雪流出の解析 .....	327
1. 減水曲線式の決定 .....	327
2. 日融雪水量の分離 .....	329
3. 日融雪水量の流出率配分図 .....	332
4. 気象要素による日融雪水量の推定 .....	334
5. 融雪流出曲線の推定 .....	335
V. あ と が き .....	336
参 考 文 献 .....	337
Summary .....	337

## I. ま え が き

流域保全の立場から天塩川水系の小流域清川で1961年に始められた水文観測は、1961年～1963年の観測結果を「問寒別川流域の森林経営と保全に関する基礎的研究—清川水文観測報告—」<sup>1)</sup>として報告され、その後は融雪流出について筆者らにより逐次報告されてきた<sup>2-4)</sup>。この報告は1970年の融雪期について、試験流域内での気象観測資料をえて融雪流出解析を行なった結果についてのものである。

気象、流量観測に当っては、次の方の多大な援助をうけた。記して深く感謝する。

藤岡敏夫氏(北大低温研, 雪害部門), 秋田谷英次氏(同), 成田英器氏(同), 谷口信一氏(北大演習林長), 滝川貞夫氏(同天塩地方演習林長), 藤原晃一郎氏(同中川地方演習林長), 同天塩地方演習林職員各位, 東三郎氏(同農学部砂防研究室)

\* 林業試験場北海道支場防災研究室

\*\* 北海道大学農学部砂防工学研究室教授

また、流量解析に御指導いただいた  
林業試験場北海道支場治山研究室長、遠  
藤造氏に深謝する。

## II. 試験流域の概況

水文観測を行なった清川は、天塩川  
水系間寒別川流域にある北大天塩地方演  
習林内の小流域で、間寒別川の下流部  
で合流するヌカナン川の1支流である  
(Fig. 1, 2)

集水面積は193 ha、西から東へはし  
る長方形状で、中流部で3本の支溪にわ  
かれている。標高42~300 mの山体は新  
第三紀層の風化しやすい頁岩が分布している。北斜面には、シラカンバ、ミズナラ、ヤマハン  
ノキなどにエゾマツ、トドマツが混交しているが、南斜面は明治以降数回の山火のため笹生地  
となっている。3支溪の南斜面は崩壊が激しく、土砂の生産源になっており、またなだれのため  
融雪期には積雪がない。

流域内の施設としては、町営水道取水口、流量観測所、砂防ダム2基、北大低温移学研究  
所なだれ観測施設がある。

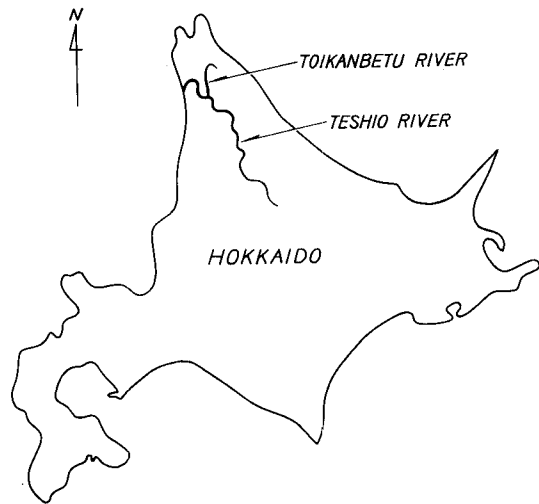


Fig. 1. Location of Teshio River

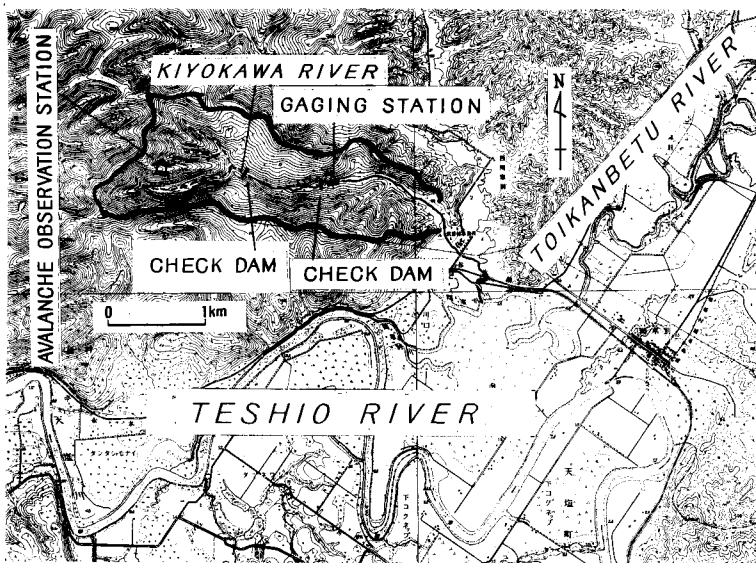


Fig. 2. Location of Kyokawa River Basin

### III. 流量観測の方法

流量観測所は 30 m の木製水路と、水路と連通した自記水位計室からなっている。流量は次式により求められる。

$$h \leq 21.9 \text{ cm} \text{ で } q = 0.0034 h^{1.5591}$$

$$h > 22.0 \text{ cm} \text{ で } q = 0.0001 h^{2.6836}$$

水位  $h$ : cm

流量  $q$ : m<sup>3</sup>/sec

流量観測施設および観測法の詳細は既報<sup>1)</sup>を参照されたい。

### IV. 融雪流出の解析

降雨あるいは融雪による流出の解析の方法は種々考えられているが、出水時の減水曲線を、流域固有の流出特性を示す指標として着目し、これを手がかりに解析を進めることが多い。この方法のうちでも、片対数紙上に一定時間ごとに減水部流量をプロットし、傾きのことなる直線部分を表面流出、中間流出、地下水流出とみなして流出成分の分離を行なうのが BARNES の方法であり、広く用いられている出水解析法である。

融雪流出は、そのハイドログラフが日々の融雪水による流出の重ね合わせでなり立っているため、流出成分を分離して行なう解析法は一般に困難である。佐藤<sup>5)</sup>は融雪流出期中の、融雪のない日のハイドログラフを用いて BARNES の方法により流出成分の分離を試みている。BARNES の分離法は比較的簡易であるが、地下水流出成分を主観的に決定せざるをえないうらみがある。

ここでは次に説明するような方法で流量解析を行なった。

1. 1961 年～1969 年の降雨期 (5 月～10 月) の出水資料より減水式を導いた。
2. 減水式を用いて観察したハイドログラフから、日融雪水量を分離した。
3. 減水式を用いて、ユニットグラフに準ずる日融雪水量の配分率を算出した。
4. 日融雪水量と、流域内で観測した気象要素 (気温・日射・風速) との関係調べ、日融雪水量の推定値を算出した。
5. 3, 4 により、推定した日融雪水量を配分し合成して、実測したハイドログラフと比較した。

以上 1～5 を詳述する。

#### 1. 減水曲線式の決定

減水曲線式の算出には、1961 年～1969 年の夏期の降雨による出水の中から資料を選んだ。Fig. 3 で示したのがそれで、ハイドログラフの点線の日の流量を用いた。

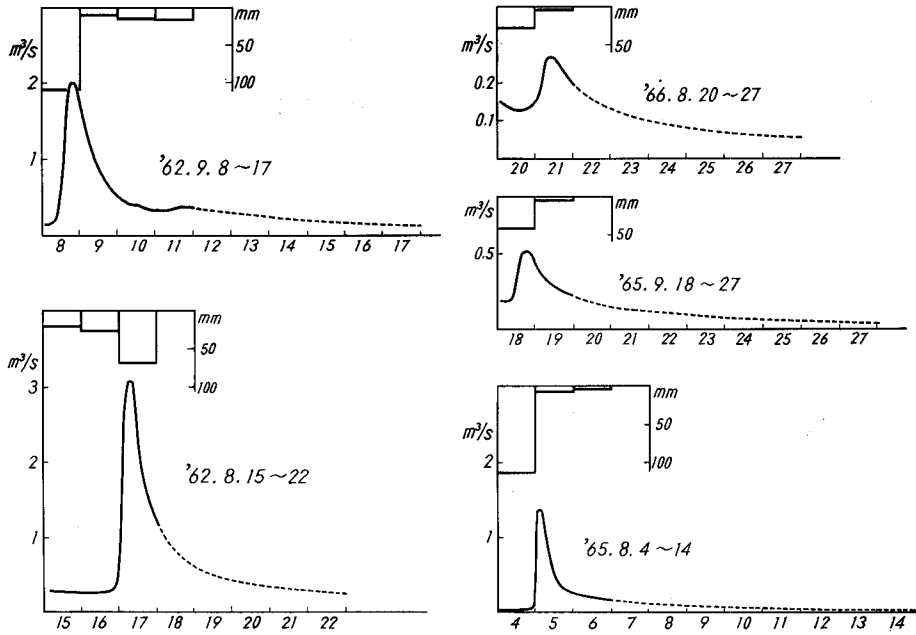


Fig. 3. Recession curve during storm period

流減からの蒸散の影響をできるだけ少なくするために、Fig. 3の減水部(点線)の夜半の流量を24時間ごとに組にして、両対数紙上に当日の流量 $q_{(t+1)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )を縦軸に、前日の流量 $q_{(t)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )を横軸にプロットすると、Fig. 4のようになる。

Fig. 4は、 $q_{(t)}$ が410  $\ell/\text{sec}$ 付近を境にして、2つの直線に分けることができる。直線回帰により、 $q_{(t)}$ と $q_{(t+1)}$ の関係を調べるとTable 1のようになる。つまり無降雨日の流量 $q_{(t)}$ と24時後の流量 $q_{(t+1)}$ との関係は次の(1)と(2)式であらわすことができる。

Table 1. Calculation table of regression

n	runoff $q_{(t)} > 401 \ell/\text{sec}$		runoff $q_{(t)} < 410 \ell/\text{sec}$								
	$q_{(t)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	$q_{(t+1)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	n	$q_{(t)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	$q_{(t+1)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	n	$q_{(t)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	$q_{(t+1)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	n	$q_{(t)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )	$q_{(t+1)}$ ( $\ell/\text{sec}$ )
1	1057	587	1	426	356	8	157	141	15	53	48
2	659	447	2	356	304	9	100	78	16	133	100
3	619	426	3	304	252	10	64	52	17	83	65
4	587	411	4	288	240	11	44	37	18	51	45
5	447	365	5	240	204	12	32	28	19	40	36
6	426	356	6	204	177	13	117	93			
7	411	350	7	177	157	14	76	65			
相関係数 $r=0.997$			相関係数 $r=0.997$								
回帰常数 $a=1.121756$			回帰常数 $a=-0.070326$								
回帰係数 $b=0.542450$			回帰係数 $b=0.999582$								

$q_{(t)}$ ,  $q_{(t+1)}$ : runoff at night during storm period.

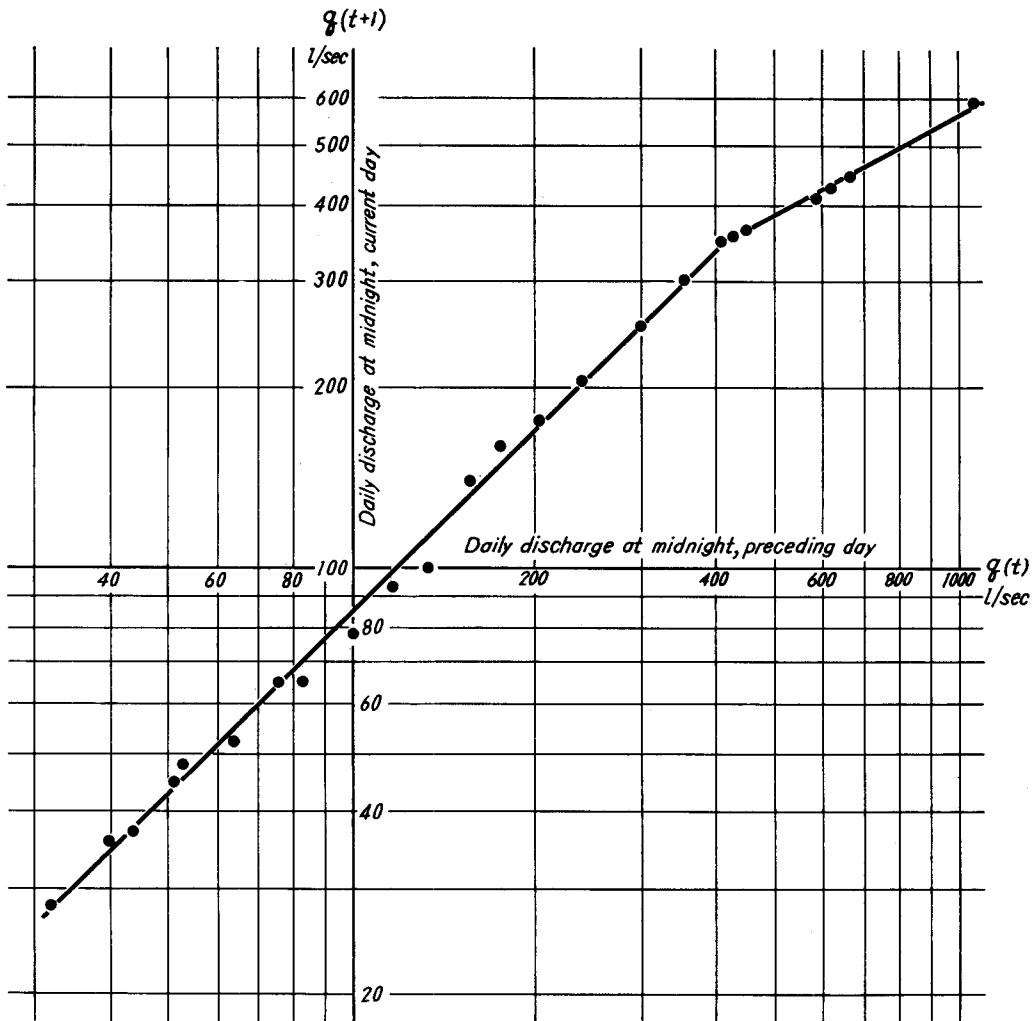


Fig. 4. Daily recession analysis

$q(t) > 410 \text{ l/sec}$  のとき

$$\log q_{(t+1)} = 0.542450 \log q_{(t)} + 1.121756 \quad (1)$$

$q(t) < 410 \text{ l/sec}$  のとき

$$\log q_{(t+1)} = 0.999582 \log q_{(t)} - 0.070326 \quad (2)$$

Fig. 5 は、式(1)と(2)を、初期流量を  $587 \text{ l/sec}$  としたときの減水曲線を示す。

## 2. 日融雪水量の分離

日融雪水量を算定する際、1日の区切り、即ち日界を設けなければならないが、日界とする時刻によって、日融雪水量にかなり大きな違いがでてくる。そして積雪地帯では日中の高温時に対して融雪水の流出のピーク時はかなり遅れるから、日界を0時にとることは適当でない。

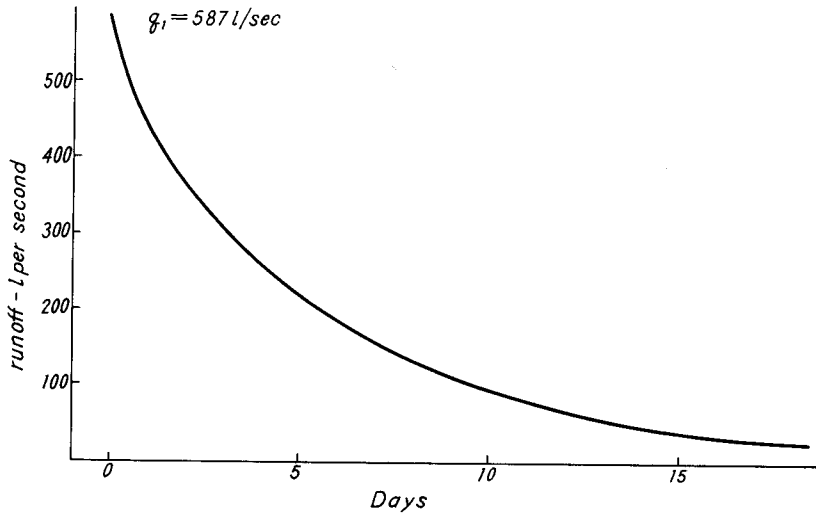


Fig. 5. Runoff recession curve

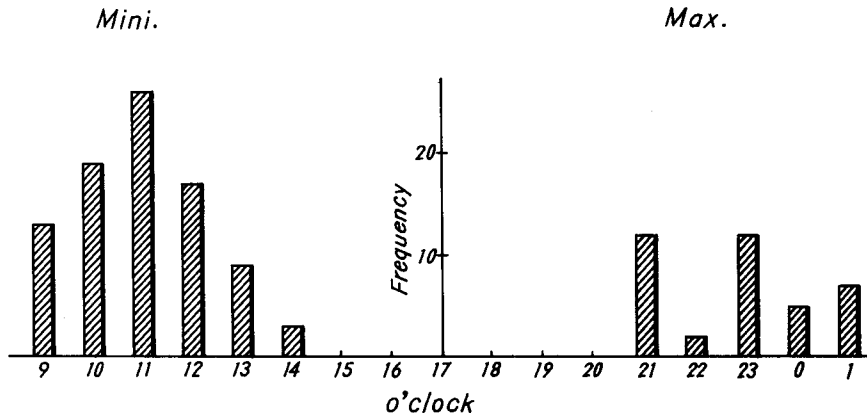


Fig. 6. The time of maximum and minimum flow of a day

Fig. 6 は清川流域の1962年～1970年の融雪期における、日周変化を示す日の最大・最小流量の出現時刻を示したものである。この図によると、清川では1日の融雪流出のピークは21時～1時に、低水位は9時～12時に集中している。このため筆者らは8時、10時、12時の3つの日界をとってみた。

さて、Fig. 7 でみるように、任意の日を融雪の初日に設定したとき、1日後(24時間後)の流量  $q_2$  は、初日の日界の流量  $q_1$  を初期流量として式(1)または(2)に代入してえられる。2日後の流量  $q_3$  は、さらに  $q_2$  を式(1)または(2)に代入してえられる。同様にして  $q_4, q_5 \dots$  が算出される。 $q_1, q_2, q_3 \dots$  は Fig. 5 に示すような減水曲線であらわされることになる。

ここに  $q_1, q_2$  は任意の融雪日の翌日の日界の流量であるから、1日の流量変化を近似的に直線的に考えて、翌日の流量の代表値は、算術平均  $(q_1 + q_2)/2$  とする。以下同様に考え、初日の流出量を  $q_0(\text{m}^3)$  とすると、みかけの日融雪水量  $q(\text{m}^3/\text{day})$  は

$$\begin{aligned}
 q &= q_0 + \left( \frac{q_1 + q_2}{2} + \frac{q_2 + q_3}{2} + \dots + \frac{q_t + q_{t+1}}{2} + \dots \right) \times 86400 \text{ sec} \\
 &= q_0 + 86400 \sum_{t=1}^{\infty} \frac{q_t + q_{t+1}}{2} \quad (3)
 \end{aligned}$$

となる。また前日までの、当日分に含まれる融雪水量  $q'$  ( $\text{m}^3$ ) は、 $q'_1, q'_2, q'_3 \dots$  を前日の減水流量とすると

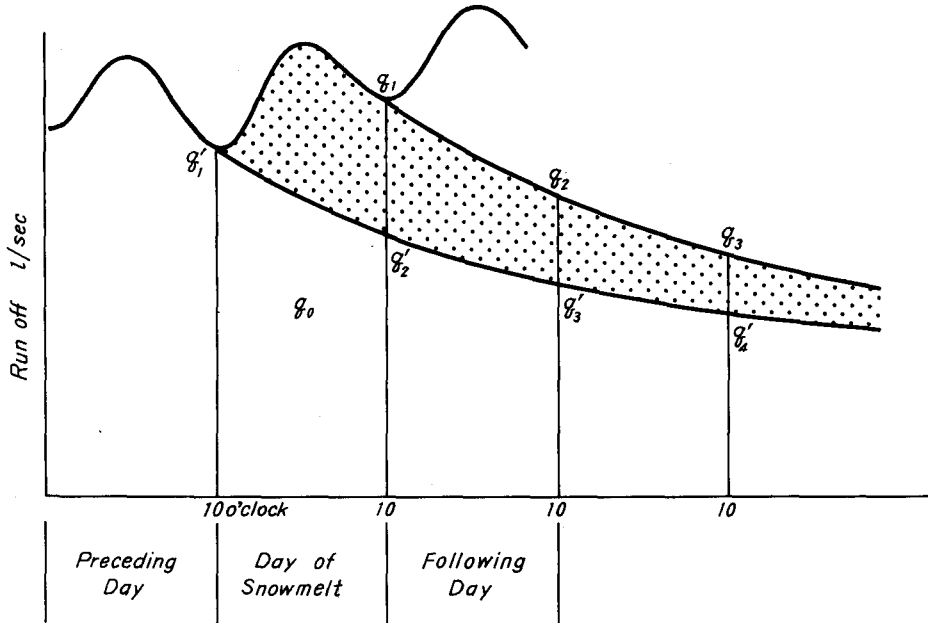


Fig. 7. Separation of snowmelt hydrograph showing contribution from one day's melt

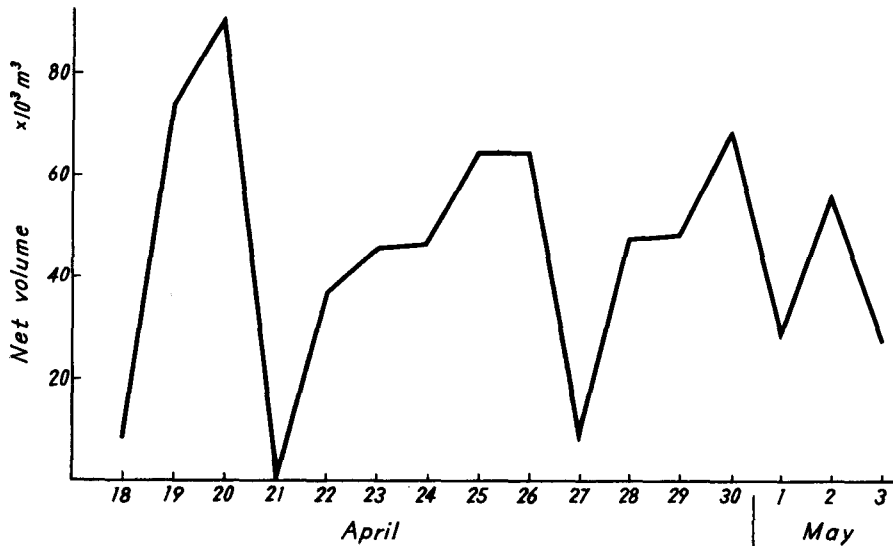


Fig. 8. Net volume of snowmelt runoff for one day



$$q' = 86400 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{q_i + q_{i+1}}{2} \quad (4)$$

であるから、結局、日融雪水量  $Q$  は (3)-(4)、つまり  $Q = q - q'$  でえられる。

上述の方法で、1970年4月18日～5月3日の日融雪水量を算出した。式(3)、(4)は理論上では積分上限値として  $\infty$  まで計算しなければならないが、ここでは  $q_i = 25 \ell/\text{sec}$  の時点で計算を中止した。日界を10時にとったときの計算結果を Fig. 8 に示す。

### 3. 日融雪水量の流出率配分図

ここでは、2で日融雪水量  $Q$  の算出基礎となった  $q_0, q_1, q_2, \dots, q'_1, q'_2, \dots$  を利用して、各日の正味の流量を算出し、それをもとにして日融雪水量を1としたときの各日の配分率を求め、日融雪水量にもとづく流出の単位図を作成した。

任意の日の正味の流量は、2の場合と同様に考えて、その日の流量から前日の融雪による流量を差し引いた残差である。即ち、任意の融雪日から始まる  $t$  日後の流量を  $\frac{q_{t-1} + q_t}{2}$  (初日は  $q_0/86400$ )、前日の融雪による流量を  $\frac{q_{t-1} + q'_t}{2}$  とすると、 $t$  日後の正味の流量  $Q_t (\ell/\text{sec})$  は

$$Q_t = \frac{q_{t-1} + q_t}{2} - \frac{q_{t-1} + q'_t}{2}$$

となる。Table 2 は上式により求めた4月18日～5月3日の正味の流量である。

Table 2. Daily flows net discharge ( $\ell/\text{sec}$ )

April													May		
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3
44	155	160	0	59	79	105	180	164	63	132	171	193	121	169	70
22	106	156		54	67	66	83	102	5	63	90	69	31	69	38
19	90	111		45	57	56	70	74	4	53	71	52	26	59	33
16	77	94		38	48	48	59	63	3	45	60	44	21	49	28
14	66	80		33	41	40	50	53	3	38	51	38	18	41	23
11	56	68		28	35	34	43	44	2	32	43	32	16	36	19
9	47	58		24	29	29	37	38	2	28	37	27	13	31	16
9	40	49		21	25	24	32	33	1	24	31	23	11	26	13
7	34	41		17	22	20	26	28	1	20	26	19	10	22	11
6	29	35		14	18	18	22	23	1	17	23	16	8	18	10
5	24	30		13	15	15	19	20	1	14	19	14	7	16	9
5	21	25		11	13	12	16	17	1	12	16	12	5	13	8
4	18	22		9	11	11	14	14	1	10	14	10	5	11	6
3	15	18		9	9	6	12	11	1	8	12	9	4	10	4
2	12	15		7	7	8	11	9	1	8	10	8	3	10	4
		13			6	7	9	8	0	6	8	7	2	8	3
								7	1			6	2		3

Table 3.  $u(t)$  of unit-hydrograph (%)

April									May			$\bar{u}(t)$
18	19	22	23	24	25	28	29	30	1	2	3	
25.0	19.6	15.4	16.4	20.7	26.4	25.9	25.0	33.3	39.9	28.7	23.5	25.0
12.5	13.4	14.1	13.9	13.1	12.2	12.4	13.2	11.9	10.2	11.7	12.8	12.6
10.8	11.4	11.8	11.8	11.2	10.2	10.4	10.4	9.0	8.6	10.0	11.1	10.6
9.1	9.7	9.9	10.0	9.6	8.6	8.8	8.8	7.6	6.9	8.3	9.4	8.9
8.0	8.4	8.6	8.5	8.0	7.3	7.5	7.5	6.6	5.9	7.0	7.7	7.6
6.3	7.1	7.3	7.3	6.8	6.3	6.3	6.3	5.5	5.3	6.1	6.4	6.4
5.1	5.9	6.3	6.0	5.8	5.4	5.5	5.4	4.7	4.3	5.3	5.4	5.4
5.1	5.1	5.5	5.2	4.8	4.7	4.7	4.5	4.0	3.6	4.4	4.4	4.7
4.0	4.3	4.5	4.6	4.0	3.8	3.9	3.8	3.3	3.3	3.7	3.7	3.9
3.4	3.7	3.7	3.7	3.6	3.2	3.3	3.4	2.8	2.6	3.1	3.4	3.3
2.8	3.0	3.4	3.1	3.0	2.8	2.7	2.8	2.4	2.3	2.7	3.0	2.8
2.8	2.7	2.9	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.1	1.7	2.2	2.7	2.4
2.3	2.3	2.4	1.9	2.2	2.0	2.0	2.1	1.7	1.7	1.9	2.0	2.0
1.7	2.0	2.4	1.5	1.8	1.8	1.6	1.8	1.6	1.3	1.7	1.3	1.7
1.1	1.5	1.8	1.2	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.0	1.7	1.3	1.4
				1.4	1.3	1.2	1.1	1.2	0.7	1.4	1.0	1.2
								1.0	0.7		1.0	

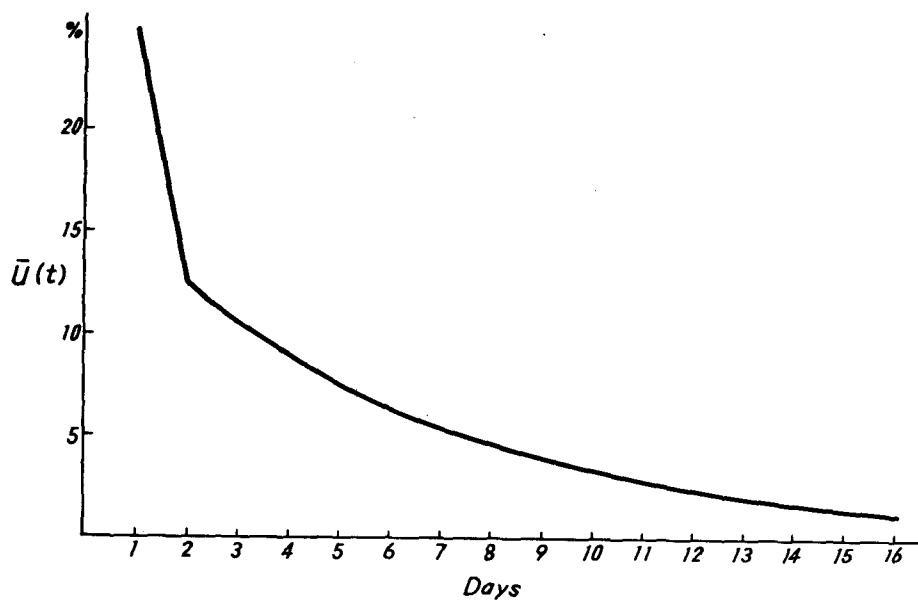


Fig. 9. Unit-hydrograph

ここで、日融雪水量を1としたとき、 $t$ 日後の流量配分率  $u(t)$  は

$$u(t) = \frac{Q_t}{Q_0 + Q_1 + Q_2 + \dots + Q_t + \dots + Q_n} = \frac{Q_t}{\sum_{i=0}^n Q_i}$$

となる。上式に従って算出した  $u(t)$  を Table 3 に掲げる。 $u(t)$  は日融雪水量の配分率の値に一定の傾向をもつので、各日の  $u(t)$  の算術平均  $\bar{u}(t)$  を求めた。平均の配分率  $\bar{u}(t)$  は Fig. 9 に示したような、流出配分率となる。

#### 4. 気象要素による日融雪水量の推定

理論的に融雪水量を算出するには、積雪に出入する熱量を計測し熱収支計算を行なう気象学的方法<sup>6,8)</sup>と、積雪層内の融雪水の動態を観測する雪氷学的方法がとられている<sup>9)</sup>。

だが、これらの方法は多種の観測を要し、山地では困難が多く実用的でない。

筆者らは清川流域内にある北大低温科学研究所なだれ観測施設の、1970年融雪最盛期の気象観測資料をえた。同施設は Fig. 2 に示すように清川の支溪にはさまれた標高約 250 m の尾根上に位置している。観測した気象要素は気温・日射量・風速であった。測器は白金抵抗式温度計、エプレー日射計、プロペラ型瞬間風速計で、観測値は自記された。

これらの観測記録から、気温は  $0^{\circ}\text{C}$  以上の degree-hour、日射量は  $\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{day}$ 、風速は気温が  $0^{\circ}\text{C}$  以上のときの毎時の読みの平均値  $\text{m}/\text{sec}$  を 1 日について算出した。

Table 4 には上述の気温・日射量・風速とともに 2 で算出した日融雪水量を記入してある。

Table 4. Calculation table of regression

day	$n$	$T$ (degree-hour)	$R$ (cal/cm <sup>2</sup> ·day)	$W$ (m/sec)	$Q$ ( $\times 10^3\text{m}^3/\text{day}$ )	$\hat{Q}$ ( $\times 10^3\text{m}^3/\text{day}$ )	
April	18	1	51.8	398.6	7.4	8.7	11.6
	19	2	143.0	421.3	12.3	73.9	55.6
	22	3	85.5	424.7	10.3	36.4	29.3
	23	4	153.7	407.4	9.3	45.7	45.3
	24	5	148.8	425.6	7.7	46.1	43.4
	25	6	297.9	424.7	5.1	64.1	67.8
	28	7	195.2	435.8	4.3	47.3	41.5
	29	8	250.0	410.4	4.7	48.0	48.5
	30	9	228.1	442.6	5.5	67.9	60.3
May	1	10	255.7	382.0	7.2	27.0	54.5
	3	11	286.3	357.7	8.0	55.5	55.1
	3	12	307.7	294.0	3.8	26.5	21.0

重相関係数  $r=0.881$

回帰常数  $b_0=-8.456048$

偏回帰係数  $b_T=1.052995$

$b_R=2.740476$

$b_W=0.678134$

偏相関係数  $r_{TQ\cdot RW}=0.864$

$r_{RQ\cdot TW}=0.729$

$r_{WQ\cdot TR}=0.600$

そこで、日融雪水量を気温・日射・風速の気象要素で、どの程度説明できるか、また融雪に最も関与するのは3気象要素のうちでどれかをみるため、曲線回帰による重回帰分析を行なった。

日融雪水量  $Q$  は、気温  $T$  (degree-hour), 日射量  $R$  (cal/cm<sup>2</sup>·day), 風速  $W$  (m/sec) の関数とみなし、 $Q=f(T \cdot R \cdot W)$  という型にする。諸量を対数変換して重回帰分析を行なった結果を Table 4 の下欄に掲げた。資料は4月18日~5月3日のもので、3日以後は流域内の積雪面積が急速に減少したため資料に含めなかった。また降雨日も計算から除外した。

結局、日融雪水量の推定値を  $\hat{Q}$  とすると、 $\hat{Q}$  は

$$\log \hat{Q} = -8.456048 + 1.052995 \log T + 2.740476 \log R + 0.678134 \log W \quad (5)$$

なる回帰式で推定された。4月18日~5月3日の推定日融雪量  $\hat{Q}$  を Table 4 の右欄に示す。重相関係数  $r$  は  $r=0.881$  となった。前述したように、日界とする時刻により、日融雪水量  $Q$  は大きく違ってくるのであるが、日界を8時、12時にとって  $Q$  を算出し、同様に重回帰分析を試みたが、相関度は10時日界の  $Q$  によるものが最も高かった。

偏相関係数から気象要素の日融雪水量に関与する度合いをみると、気温・日射・風速の順となった。

### 5. 融雪流出曲線の推定

日融雪流出量  $Q_c$  は流出配分率  $a(t)$  に推定日融雪水量  $\hat{Q}$  を乗じ、各日について累加した値であるから

Table 5. Calculation table of  $Q_c$

	April															May			$Q_c$ $\times 10^3 \text{m}^3/\text{day}$
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3		
April 17	31.7																		31.7
18	26.4	2.9																	29.3
19	22.4	1.5	13.9																37.8
20	19.0	1.2	7.0	13.8															41.0
21	16.2	1.0	5.9	13.5	0														36.6
22	13.7	0.9	4.9	9.6	0	7.8													36.4
23	11.6	0.7	4.2	8.1	0	3.9	11.3												39.6
24	9.8	0.6	3.6	6.9	0	3.3	5.7	10.9											40.6
25	8.3	0.5	3.0	5.9	0	2.8	4.8	5.5	17.0										47.6
26	7.1	0.5	2.6	5.0	0	2.4	4.3	4.6	8.5	14.2									49.0
27	6.0	0.4	2.2	4.2	0	2.0	3.4	3.9	7.2	8.8	5.4								43.4
28	5.1	0.3	1.8	3.5	0	1.7	2.9	3.3	6.0	6.4	0.4	10.4							41.7
29	4.3	0.3	1.6	3.0	0	1.5	2.4	2.8	5.2	5.4	0.3	5.2	12.1						44.0
30	3.6	0.2	1.3	2.6	0	1.2	2.1	2.3	4.3	4.6	0.3	4.4	6.1	15.1					48.0
May 1	3.1	0.2	1.1	2.2	0	1.0	1.8	2.0	3.7	3.8	0.3	3.7	5.1	7.6	13.6				49.2
2	2.7	0.2	0.9	1.9	0	0.9	1.5	1.7	3.2	2.9	0.2	3.2	4.3	6.4	6.9	13.8			50.6
3		0.1	0.8	1.6	0	0.7	1.3	1.4	2.6	2.4	0.2	2.7	3.7	5.4	5.8	6.9	5.3		40.9

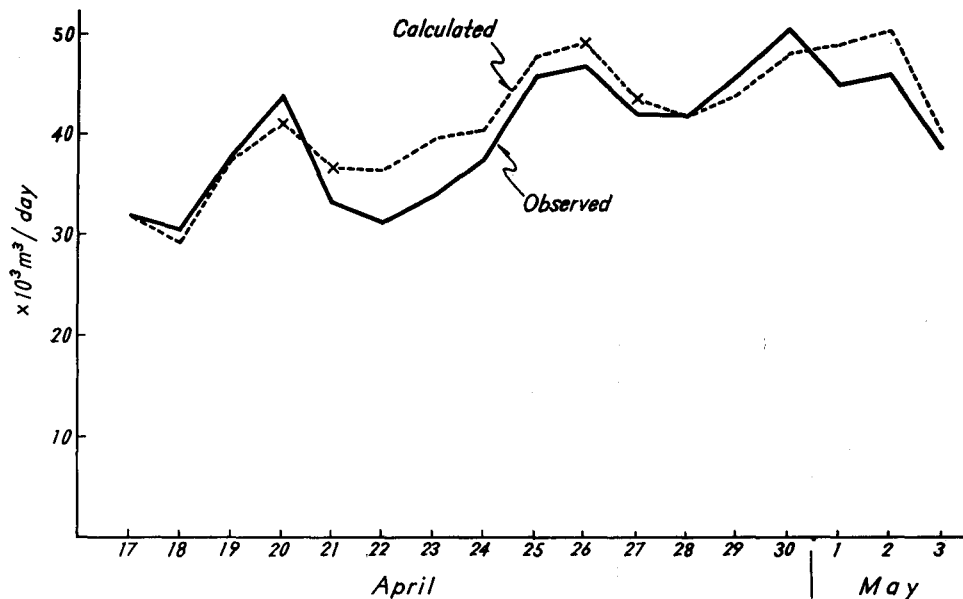


Fig. 10. Comparison of actual and forecasted hydrograph

$$Q_c = \sum_{t=0}^n a(t) \hat{Q} \quad (6)$$

であらわされる。2, 3, 4の結果から、上式により4月18日～5月3日の $Q_c$ を算出して (Table 5), 同期間の実測したハイドログラフとともに Fig. 10 に示した。但し、 $n$ は16で打ち切り、ベースとなる4月17日は実際の流量 $q_0, q_1, q_2 \dots$ から算出したものである。又降雨日 (Fig. 10 の×印) は降雨量が少なくないので (0.5～13 mm), やはり実際の流出配分量を用いた。

Fig. 10によると、日融雪流出量の計算値は実測値にくらべ大きな違いが少なく、大方の傾向は適合しているといえる。

## V. あとがき

夏期の減水曲線式から1970年融雪期の日融雪水量を分離し、日融雪水量の配分図を作成した。また気象要素と日融雪水量との関係を求め、日融雪水量を推定し、ハイドログラフを合成して実測値と比較した。

日融雪水量の算出は本文で説明した方法で分離されたが、その適否は減水曲線式のモデルで左右される。また初期値 $q_1$ によっても大きな違いが生ずるので日界とする時刻の設定が問題となる。さらに降雨をいかに処理するかも未解決の課題である。今後はこうした問題を念頭において解析を進めていきたい。

この研究には文部省科学研究費を使用した。

## 参 考 文 献

- 1) 村井延雄・東 三郎・藤原滉一郎： 問寒別川流域の森林経営と保全に関する基礎的研究—清川水文観測報告書 (1961-1963). 北海道大学農学部演習林業務資料第9号 (1964).
- 2) 工藤哲也・村井延雄： 天塩川流域小支流の融雪増水 (1962年-1965年清川). 第77回日林講 (1966.)
- 3) 工藤哲也・村井延雄： 天塩川流域小支流の融雪増水 (1966年清川). 日林北支講, No. 15 (1966).
- 4) 工藤哲也・村井延雄： 天塩川流域小支流の融雪増水—ピークの time lag について (1967年清川)—. 日林北支講, No. 16 (1967).
- 5) 佐藤晃三： 融雪流出の研究. 岩手大学農学部報告, 8 (4), 1967, p. 357.
- 6) 新井 正・西沢利栄・古藤田一雄： 滝波川流域の積雪と融雪出水. 地理学評論, 40, 8, 1967, p. 34.
- 7) 境 隆雄： 沙流川流域の融雪流出について技術資料, 第14号, 昭33, p. 32.
- 8) 大浦浩文・小島賢治・小林大二・小林俊一： 金山ダムおよび朱鞠内湖付近における融雪の研究. 低温科学, 物理篇, 第25輯, 昭和42年, p. 99.
- 9) 吉田順吾： 積雪内の融雪水分布. 低温科学, 物理篇, 第20輯, 昭和37年, p. 181.

## Summary

The Kiyokawa River is a branch of the Teshio River and its drainage area is about 193 ha. The highest mountain in the basin is about 300 m above sea level.

Climate data and snowmelt runoff were taken at the avalanche observation station and the gaging one as shown in Fig. 2.

Two recession equation (1) & (2) were found at midnight runoff in recession curves in the summer floods as shown in Fig. 3.

The net volume of runoff for 1 day was derived from the hydrograph of 1970 snow melt season from the equations (1) & (2) as shown in Fig. 7.

Also derived was the unit-hydrograph of daily snowmelt discharge as shown in Fig. 9.

Statistical correlation analyses could be calculated relating net volume of runoff for 1 day to its causes. The relation-ship could be expressed in equation (5).

Fig. 10 shows comparison of actual and forecasted hydrograph expressed the equation (6).