

## 石狩川における融雪洪水量の算定

正員 北海道大学工学部 教 授 工博 大 坪 喜久太郎

正員 北海道大学工学部 助教授 工博 岸 力

正員 北海道大学工学部 中 尾 欣 四 郎

## 1. Degree-Day Factor による方法

融雪に関係する気温、風速、湿度、日射、地温などの諸要素の中で、気温の影響が支配的である。したがって、融雪量ひいては流出量は、流域内の気温と比例関係にあると考えられ、その比例係数を、Degree-Day Factor と名付けている。筆者の1人大坪は第13号の本誌上において、石狩川に用うべき具体的な手順を示した。

(1)  $D \cdot A$  の算出

流域を千歳川、夕張川、幾春別川、徳富川、空知川、雨竜川、神威古潭上流の流域に7分割した。各流域では高度に大きな差があるので、高度200mごとに区分し、観測点から気温逡減率(0.55°C/100m)によつて、各区間の気温を定め、そこの面積との積を求め、各流域ごとに総計して、その流域の $(D \cdot A)_n$ とした。

$$(D \cdot A)_n = \sum_{i=h}^{i=H} T_i \cdot \alpha_i$$

$h$ : 雪線高度

$H$ : 凍結線の高度  $= T_0 - \frac{100}{0.55}$  (m)

$T_0$ : 高度0mの気温

$T_i$ : 高度0mから*i*番目の区間の気温

$\alpha_i$ : 高度0mから*i*番目の面積

## (2) Degree-Day Factor の算出

また7流域の $(D \cdot A)_n$ の合計を $D \cdot A$ であらわせば、

$$Q_s = f \cdot D \cdot A \text{ (m}^3\text{/day)} \quad f = \text{cm/C}^\circ \text{ km}^2\text{/day}$$

である。 $Q_s$ は基底流量を除いた融雪流量、 $f$ はDegree-day factor とする。

昭和30年4月の融雪出水解析では、 $f = 0.28 \text{ cm/C}^\circ \text{ km}^2\text{/day}$  となつた。

## (3) Degree-Day Factor と基底流量の検討

このため $f$ を $0.28 \text{ cm/C}^\circ \text{ km}^2\text{/day}$ に固定し、昭和28~32年の5年間の資料について $Q_s$ を求め、実測流量 $Q$ との差( $Q - Q_s$ )を基底流量と考えた。図-1AおよびBの基底流量は、( $Q - Q_s$ )の平均線で、これを基底として再び推定流量を出してみた。この検討の結果次のことがわかつた。

i. 基底流量が全流量のうち相当部分ををしめ、基底流量が50~60%になる時もある。

ii. 基底流量が1回の流出の間で変化する。

iii. 変化のしかたが季節的に、経年的に同一でない。

このように流量の予知には融雪流出量に加えて基底流量の算定も必要と思われる。そこで次のような方法で基底流量を含めて流量を推定することにした。

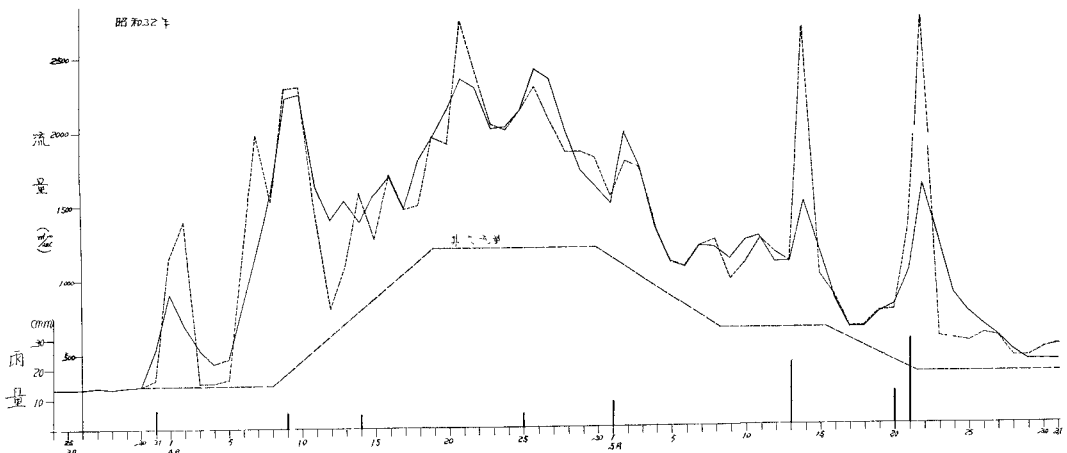


図 - 1 A

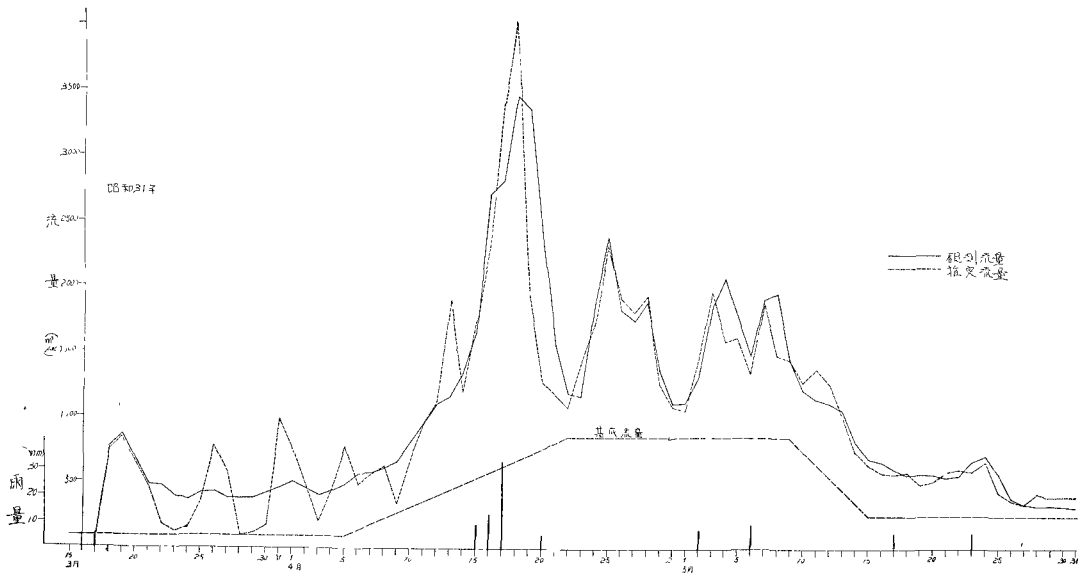


図 - 1 B

## 2 基底流量を含めた流出量の解析

### (1) 無降雨の場合

いま便宜上  $f=1 \text{ cm/C}^{\circ}\text{day}$  として  $f \cdot D \cdot A = Q_s$  を求めると、

$$Q_s = D \cdot A \times 10^{-2} \times 10^6 \times \frac{1}{60 \times 60 \times 24}$$

$$= 1.157 \times 10^{-1} D \cdot A \text{ (m}^3\text{/sec) となる。}$$

ただし、 $D \cdot A$  は ( $\text{C}^{\circ} \cdot \text{km}^2$ ) 単位である。

$Q_s$  と実測流量  $Q$  とを比較したところ、5年間を通じて  $Q_s$  を2日だけ後にずらすときは、両者の変化状況がかなりよく似ていることが認められた。しかし、前述のとおり、 $Q_s$  と  $Q$  との比率は一定ではない。これから流出量  $Q$  は  $Q_s$  に比例する部分と  $Q_s$  に関係しない部分とよりなるものと考えた。

そこで、

$$\begin{cases} Q_{1,2} : \text{観測流量 (石狩川, 石狩大橋 (江別))} \\ Q_{B1,2} : \text{基底流量} \quad 1, 2 \text{ は 1 日間隔} \\ \alpha Q_{S1,2} : \text{融雪流量} \end{cases}$$

とすれば、

$$Q_1 = \alpha Q_{S1} + Q_{B1}$$

$$Q_2 = \alpha Q_{S2} + Q_{B2}$$

すなわち、

$$Q_2 - Q_1 = \alpha (Q_{S2} - Q_{S1}) + Q_{B2} - Q_{B1}$$

1日間隔のように近接した時間では基底流量は等しいと近似できるので、

$$Q_2 = \alpha \Delta Q_{S2} + Q_1 \quad \text{ただし、} \Delta Q_{S2} = (Q_{S2} - Q_{S1})$$

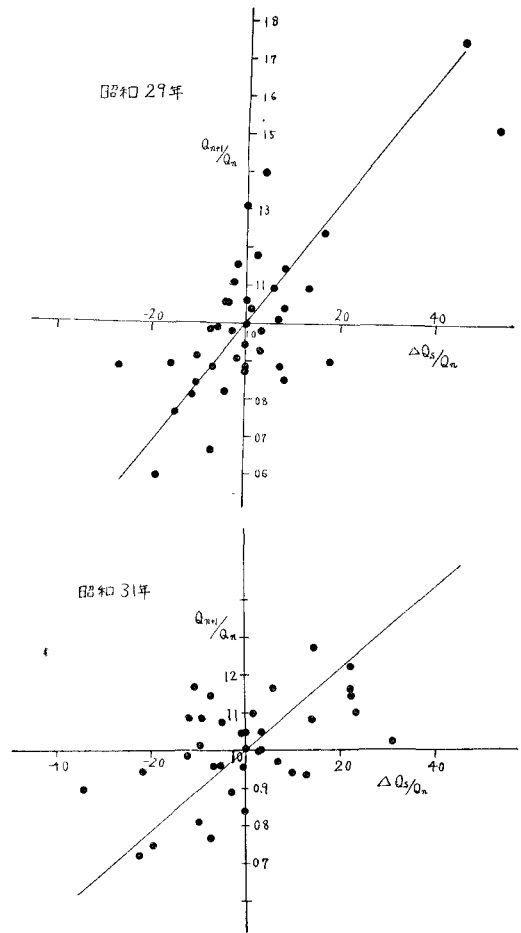


図 - 2

一般的に

$$Q_{n+1} = \alpha \Delta Q_{Sn+1} + Q_n$$

なる関係が期待される。

資料の整理に当つては札幌、岩見沢、旭川の平均日雨量が5 mm 以上の日とその後4日間は除外した。昭和28年、29年、31年の3カ年をしらべた結果は図-2に示す通りで、 $Q_{n+1}/Q_n \sim \Delta Q_S/Q_n$ との間に直線関係が成立つことが認められる。しかも相関係数 $\alpha$ は各年ともほぼ等しい値で、昭和28年は $\alpha=0.14$ 、29年は $\alpha=0.16$ 、31年 $\alpha=0.11$ 、平均して $\alpha=0.14$ である。

## (2) 降雨のある場合

積雪上に降雨があつた場合の流出は複雑な機構であることが予想されるが、降雨の影響は、大多数の例では1日後にあらわれ、2日後になるのは少数例であつた。

いま降雨日の実測流量から1日後の推定流量を出し、その日の実測流量との差を求め、それを雨による流出分だと考え、 $Q_r$ で表した。5年間の資料について、 $Q_r$ と雨量 $R$ との関係をプロットして図-3に示した。点はかなり散乱しているがおよそ直線関係が成立つものとして

$$Q_r = \beta(R-5) \quad Q_r = \text{m}^3/\text{sec}$$

$$R = \text{mm/day}$$

とすれば、

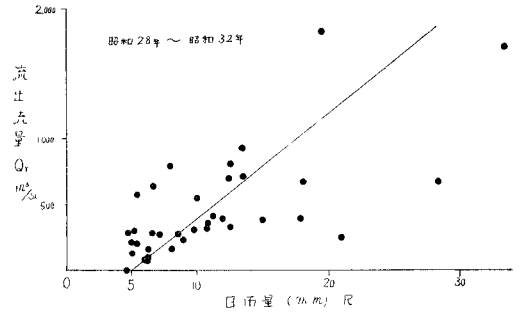


図-3

$$\beta = 80$$

となる。

したがつて、

$$Q_n = \alpha Q_{Sn} + Q_{Bn}$$

$$Q_{n+1} = \alpha Q_{Sn+1} + Q_r + Q_{Bn+1}$$

$$Q_{n+1} = \alpha \Delta Q_{Sn+1} + Q_r + Q_n$$

$$Q_{n+2} = \alpha Q_{Sn+2} + Q_{Bn+2}$$

$$Q_{n+2} = \alpha \Delta Q_{Sn+2} + Q_{n+1} - Q_r$$

$$\begin{cases} \Delta Q_{Sn+1} = (Q_{Sn+1} - Q_{Sn}) \\ \Delta Q_{Sn+2} = (Q_{Sn+2} - Q_{Sn+1}) \end{cases}$$

となり、降雨日の2日後からは最初から無降雨の場合で算定した推定流量に戻る。

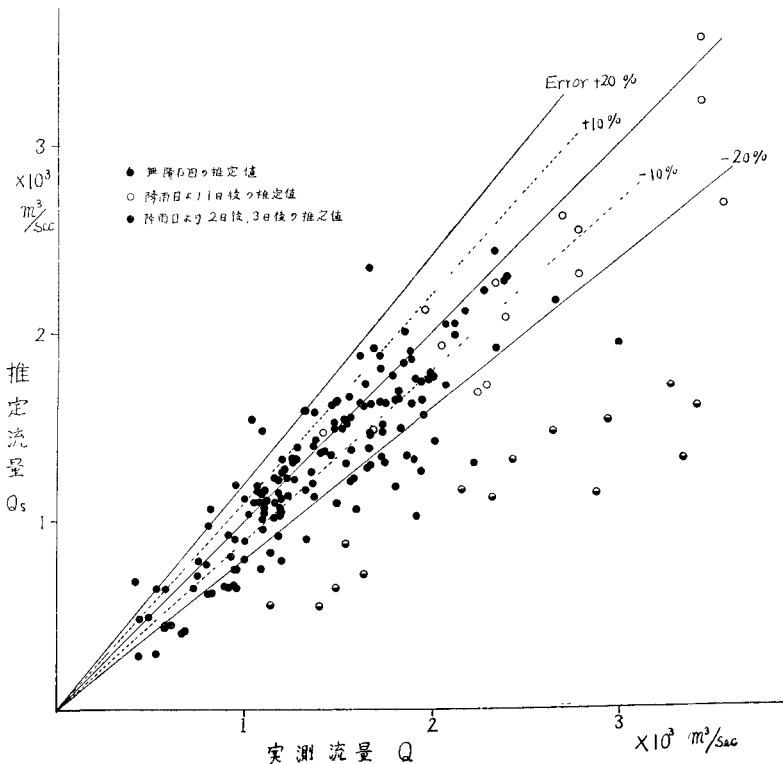


図-4

図-4 に実測流量と推定流量とを比較して示した。

図-5A および B は昭和31年，32年の例である。

なお，本文に用いた  $D.A$  の値は以下の手順で算出した。

i. 気 温

気温は1日平均気温を用い流域の代表は右表のとおりである。

ii. 雪線高と月日との関係

これは各年ごとに流域内32箇所の気象観測所の根雪終日と，観測所の高度によつた。図-6 に示したように流域ごとに， $S_1$ ， $S_2$  の2本の直線で代表させる。

| 平均気温観測所 | 代 表 流 域            |
|---------|--------------------|
| 札幌，岩見沢  | 千歳川，夕張川，幾春別川       |
| 旭 川     | 空知川，徳富川，雨竜川，神居古潭上流 |

| 代 表 流 域 |                         |
|---------|-------------------------|
| $S_1$   | 千歳川，夕張川，幾春別川，空知川，神居古潭上流 |
| $S_2$   | 徳富川，雨竜川                 |

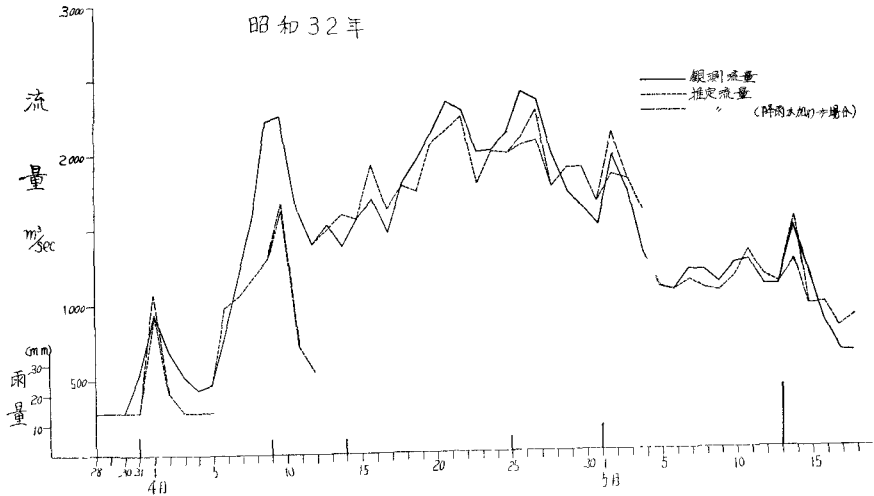


図 - 5 A

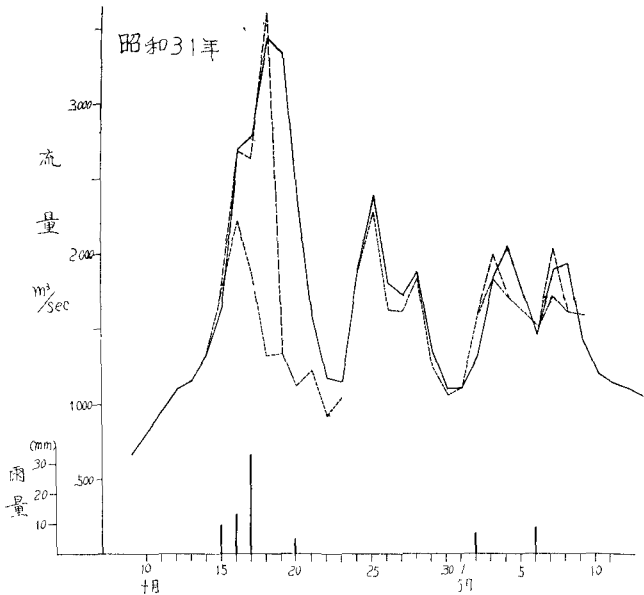


図 - 5 B

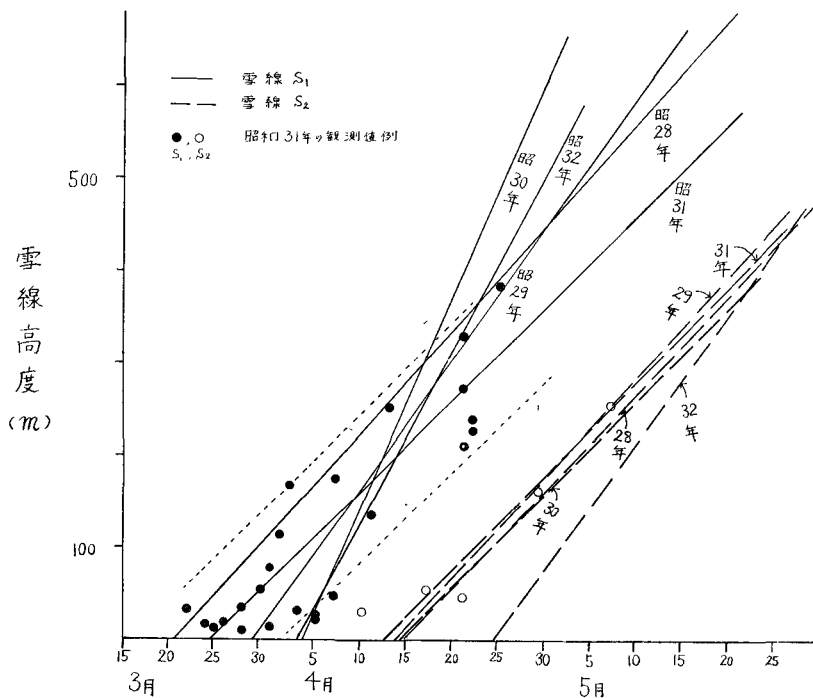


図 — 6

### 3. 結 果

(1) 基底流量は大きく、短期間に変化し、年ごとの変化が著しいので、基底流量の変化を無視しては算定が困難である。

(2) 降雨の無い場合には、連結した2日の流出流量の変化は  $D.A$  の変化に比例することが概略成立する。したがって、この結果を利用すれば、基底流量を含めた流出の算定が可能である。

(2') 融雪洪水の到達時間は2日であつた。

(3) 降雨の有る場合には、無降雨としての算定流量に  $Q_r = 80 (R - 5)$ ,  $Q_r$  ( $m^3/sec$ ),  $R$  (mm) なる式で算出される流量を1日後に加算すればよい。

(4) 本方法によつて、昭和28~32年の5年分の資料

を検討した結果は、図-4および5に示したとおりで、実測流量と推定流量との一致の程度はかなり良好である。ただ、降雨後2~3日間の流量が本法ではどの場合も過小であつた。この点は今後再検討したい。

### 参 考 文 献

大坪喜久太郎・鈴木洋二：石狩川流域の融雪量算定に関する考察；技術資料，第13号。

境 隆雄：沙流川流域の融雪流出について；技術資料，第14号。

K. Linsley：A Simple procedure for the day to day forecasting of runoff from snow melt；Transaction A.G.U, Vol. 24, Part III, 1943.