

石狩川伊納の流出 (第1報)

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. 伊納の流域概況および資料

対象流域は石狩川本流の伊納流量観測所より上流全域 $3,310 \text{ km}^2$ で流域は図-1 に示すように石狩川本流、忠別川および美瑛川の3流域に大別される。雨量は本流筋では旭川、愛別、真幌別および層雲峡の4地点、忠別川筋では江卸、美瑛川筋では美瑛の計6地点で時間雨量が記録されている、各観測地点は図-1 に記載してあるが、その記載から Thiessen 法によつて流域平均雨量を算出し

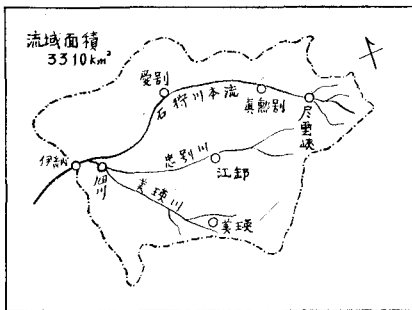


図-1

表-1

番号	年月日	総雨量 (mm)	初期 損失 (mm)	有効 雨量 (mm)	peak 流量 (m^3/s)	
					直接	基底
1	38.7.31	116	0.3	60	1,700	100
2-1	29.8.14	92	15	39	1,900	80
2-2	8. 9	76	6	31	1,600	180
3	30.7. 3	51	4	22	1,300	100
4	7.11	38	13	8	500	160
5	7.30	63	1	16	1,000	70
6	8.10	74	11	33	1,900	90
7-1	8.17	72	15	22	1,900	110
7-2	8.19	26	0.6	6	700	350
7-3	8.20	24	8	3	300	540
7-4	8.21	45	16	8	600	420
8-1	8.28	35	21	5	300	200
8-2	8.30	40	0.1	20	900	200
9	31.8.17	47	7	17	900	140

た。降雨流出の解析には表-1 に示す 14 個の洪水記録を用いた。

2. 洪水流出の解析方法

解析に用いる単位図は、流域の特性を示す諸量との相関を明らかにし、くりかえしの試行計算の手数をはぶくために、単位図のある函数で解析的に表現することにした。いくつかの方法を検討した結果、立神の方法¹⁾に多少の修正を加えれば伊納の流出によく適合した結果が得られることがわかった。つぎに方法概要を述べると、

ある観測地点における流出曲線は、それより上流地域における降雨の遅滞特性をあらわすもので、遅滞現象はまた観測地点までの降雨の集中過程と貯溜過程との2現象に分類されると考える。

1) 集中時間の算定

流域を観測地点までの距離によつて細分 (6 km 毎) し、流下路維とそれに応ずる面積の関係(集中面積図)を求める、図-2 は伊納における集中面積図である。距離 L km

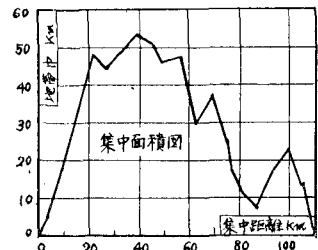


図-2

を流下するに要する時間 T hr は中安²⁾ の調査に従つて、

$$T = \alpha L^{0.7} \quad (1)$$

α は peak のおくれからきめられる係数で与えられるものとする。(1)式によつて集中面積図の距離を時間に変換すれば、流域内各地点の降雨がどのような時間配分で観測地点に集るかをあらわす集中曲線図が得られる。

伊納での α の値は、peak のおくれの時間 7, 8, 9, 10, 11 hr の各々について、0.32, 0.37, 0.43, 0.48, 0.54 ($\text{hr}/\text{km}^{0.7}$) である。

2) 貯溜効果の算定

貯溜量 S と流出量 Q との間には (2) 式の関係が成立つと考える。更に流入量を I であらわせば、連続の条件は (3) 式であらわされる。

$$S = KQ \quad (2)$$

$$dS/dt = I - Q \quad (3)$$

降雨が止んで、 $I = 0$ の状態では (2) 式と (3) 式とから、

$$Q = Q_0 e^{-t/K} \quad (4)$$

となり、流出の遞減曲線が指数関数であらわされることになる。これは観測結果にも近似的に成立つ性質で、(4) 式の関係を用いて実測値から (2) 式の K を定めることができる。(4) 式で $1/K = C$ と書き C を遞減係数とも称する。

3. 単位図決定の要素

流出特性を表す、重要な量としては次の 3 つがある。すなわち、peak のおくれの時間 T_p 、遞減係数 C および基長の時間 T_b であり、それぞれの洪水での数値は表-2

表-2

番号	peak の遅れの時間 (hr)	遞減係数 (hr ⁻¹)	基長の時間 (hr)
1	11	0.115	40
2-1	10	0.0646	50
2-2	9	0.109	43
3	10	0.138	39
4	8	0.104	32
5	9	0.157	32
6	10	0.117	50
7-1	7	0.213	28
7-2	9	0.201	27
7-3	7	0.287	13
7-4	9	0.169	28
8-1	7	0.129	18
8-2	9	0.0685	35
9	9	0.155	43

のとおりである。

1) peak の遅れの時間

peak の遅れの時間と累加雨量 R_s は図-3 の関係がある。累加雨量は総雨量から初期損失雨量を引いた雨量で図のように、 R_s が増すと T_p が長くなる関係は、従来の小流域での調査結果と反対の傾向である。しかし、流量 peak が降雨終了後にあらわれる場合(すなわち、大流域の場合)には、 T_p が R_s の増加函数になり得る水理学的根拠が最近石原³⁾ によつて与えられている。石原の計算によれば、大流域では、

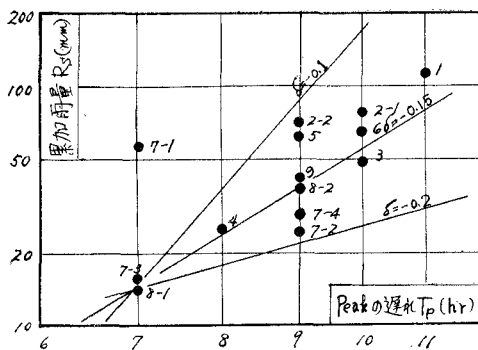


図-3 $\times 0.7$

$$T_p = C_1 / R_s^\delta + \frac{\varepsilon}{2} t_i \quad (5)$$

C_1 = 流域毎にきまる定数

$$\delta = 1/p - 1$$

$$\varepsilon = 1 - p$$

p = 流域の摩擦抵抗をあらわす指数

p の値は大流域では次式からきまる。

$$Q_p = C_2 R_s^{1/p} \quad (6)$$

Q_p = 直接流出の流量の peak

C_2 = 流域の形状と雨水流下の流速式できまる係数

伊納についてこの関係を調べると、図-4 のように、

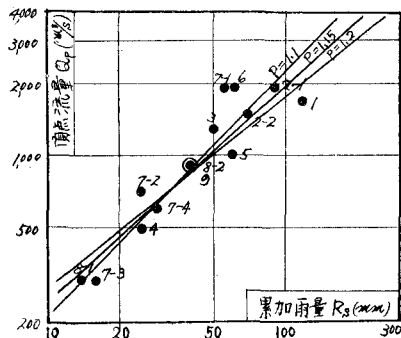


図-4 $\times 0.8$

$$Q_p \propto R_s^{0.8 \sim 0.9} \quad 1/p = 0.8 \sim 0.9$$

$$\text{従つて、} \begin{cases} p \approx 1.2 \sim 1.1 \\ \delta \approx -0.2 \sim -0.1 \\ \varepsilon \approx -0.2 \sim -0.1 \end{cases}$$

この結果を (5) 式に代入すれば、

$$T \propto R_s^{0.2 \sim 0.1}$$

となり、伊納の流域は、大部分大流域の場合にあたり、 $T_p \propto R_s$ の関係が説明できる。しかし経続時間との関係は認めがたい。図-3 の No. 7-1 の点は、降雨が旭川地方に集中したためで、図-4 の No. 1 は降雨の経続時間の長い例で最初の流量 peak のあとまで、降雨が経続した。このような例では大流域の場合とは認められない。

2) 基接流出の通減係数

通減係数は流量の増加函数になるのが普通であるが、ここに扱った範囲では、両者の間には図-5に示すよう

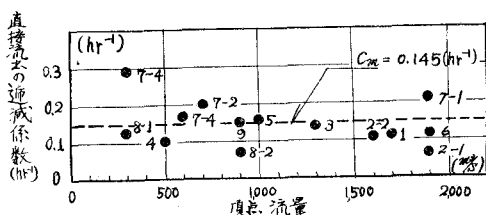


図-5 ×1

に一定の相関関係は認められない。点のばらつきはあるが、直接流出の通減係数は頂点流量に関係なく、一定値をもつと考えるのがむしろ妥当であり、各洪水の平均値 0.145 hr^{-1} を単位図の作成に用いた。

3) 基底流出の通減係数

本文では、直接流出の部分のみを対象としたが、参考までに基底流出の通減係数について付記すると、基底流

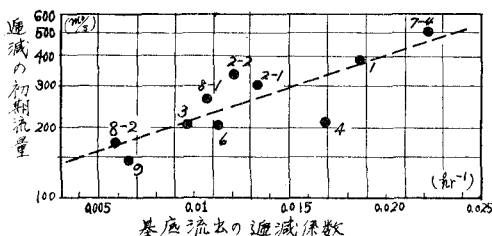


図-6 ×0.8

出の通減係数は図-6に示すように、通減の初期の流量の増加函数になっている。

4) 基長

図-7は直接流出の peak 流量と基長の時間との関係を示すもので、 $Q_p \propto e^{0.06 T_b}$ で近似できる指数的な相関が明らかである。これは通減係数が一定値であることから当然予想されることである。通減率に大きな差がないから流量に比例する。ただし単位図を作る場合 T_b の値はさして重要でないから、ここでは大きな洪水の値 45 hr を

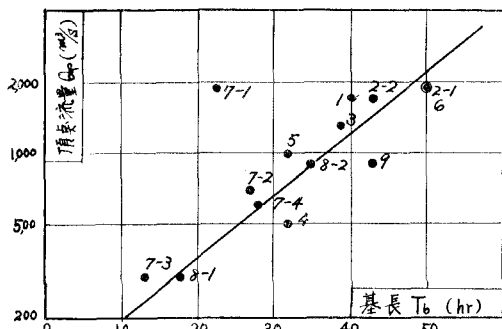


図-7 ×0.6

一率に用いることにした。図-7のNo. 7-1の点が Q_p にくらべて著しく T_b が短いのは、降雨が近接したため、No. 7-1の通減終了前にNo. 7-2の出水が始まったためである。

通減係数の平均値 $C_m = 0.145 \text{ hr}^{-1}$, $T_b = 45 \text{ hr}$, $T_p = 7 \sim 11 \text{ hr}$ の単位図を図-8に示す。

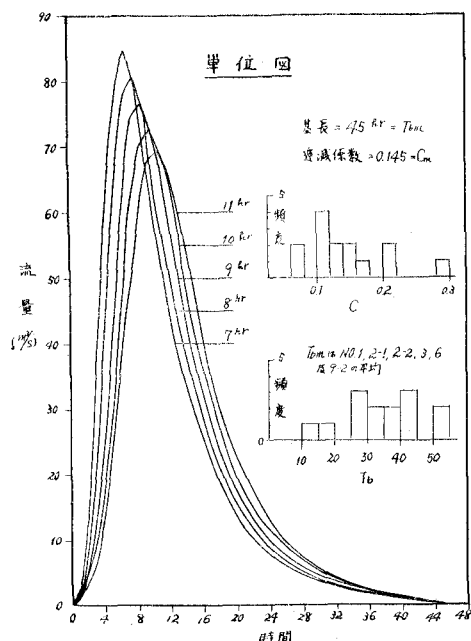


図-8 0.6×

流出函数法^{4,5)}によれば、いずれも通減係数を peak のおくれの時間と相関させているので、伊納のように通減係数と peak の遅れの時間が独立な量である流域では用いられない。

4. 解析方法の適合性の判定

以上の3要素からの単位図が、実際の流出機構をあらわすかどうかを判定するため、実側降雨からの Pleviagraph に、時間により変る係数を乗じるという便宜的な操作をとらず、雨量と有効雨量との関係を図-9のとおり求めておき、有効雨量について流出量を算出し、実測

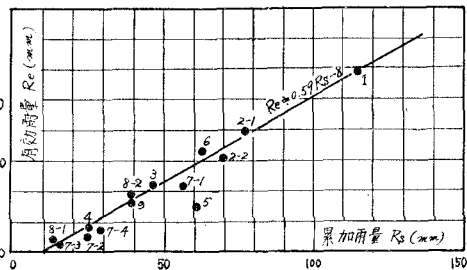


図-9 ×0.7

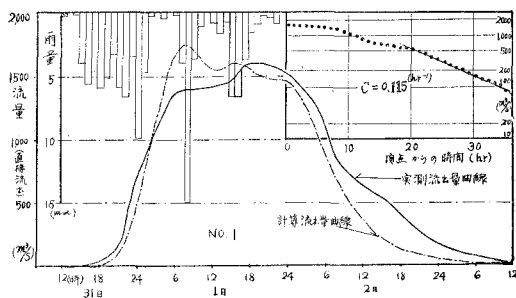


図-10 ×0.5

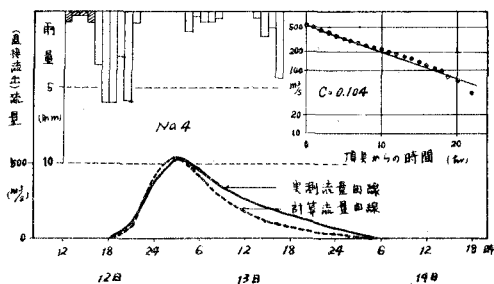


図-12 ×0.5

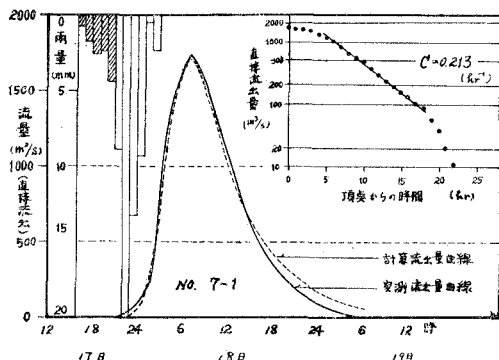


図-11 ×0.5

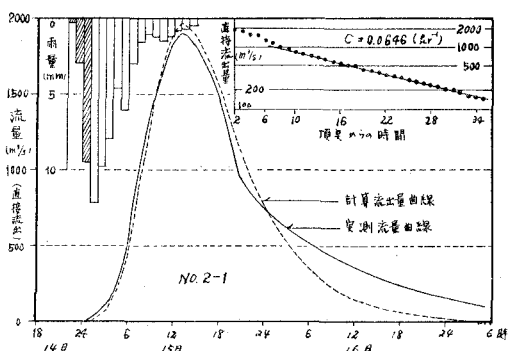


図-13 ×0.5

値と比較した。結果は図-10, 11, 12, 13の示すとおりで計算値と実測値は非常によく一致し、この解析方法が伊納の流出機構に適合しているといえる。

5. 結果の考察

単位図決定の最終的問題は、peakの遅れの時間を降雨からいかに正確に決定するかである。

図-3, 図-4の点のばらつきを検討する。図-4における $p = 1.2, 1.15, 1.1$ は図-3の $\delta = -0.2, -0.5, -0.1$ の値に対応する。

1) 図-3においてNo. 7-1は流量に較べて到べて到達時間が非常に短い、そこで、No. 7-1洪水の雨の地域分布を調べたところ、他の洪水と異なり、伊納に近い旭川付近に雨量が集中していることがわかった。降雨の地域的不均一性のため、図-4においてもNo. 7-1は他の測定値からはずれが大きいく。この例のように伊納程度の大きな流域では、降雨の地理的分布を検討しておく必要が

ある。

2) 3.の1)ですでに指摘したNo. 1の例のように、伊納では降雨経続時間の長短によって、流出の特性がわかる。これも、伊納における流出の著しい特徴である。

参考文献

- 1) 立神弘洋：洪水流出の新解析法，昭和30年3月（三協社刊）
- 2) 中安米蔵：雨量より洪水量の推定について，建設省直轄技術研究報告，昭和26年。
- 3) 石原藤次郎，高樺豚馬：単位図とその適用に関する基礎的研究，土木学会論文集60号，昭和34年3月。
- 4) 石原藤次郎，高瀬信忠：流出函数による由良川洪水の解析，土木学会論文集57号，昭和33年7月。
- 5) 佐藤清一，吉川秀夫，木村俊晃：降雨から流出量を推定する方法，土木研究所報告書第87号の2，昭和29年1月。