

# 長沼地区の流出函数

水工研究室 技官 森 正 秋  
" 山 田 信 春

## §1. 総 論

灌漑用水として千歳川を水源に持つ長沼地区は比較的  
低地域のため、わずかの降雨出水にも相当の被害を生じ  
ている。

本地域の降雨流出の経路は、主要排水路を通じて一部  
は直接千歳川へ流入するが、大部分は旧夕張川を経て千  
歳川に合して江別川となり、本流石狩川に合流する。

長沼付近における千歳川は蛇行曲折が著しく、水路勾  
配が極めて緩やかなため流速も遅く、流水の滞溜時間が  
比較的長い。このため出水に際しては千歳川の水が本流  
に吐け切れないうちに合流点である江別の水位が高まり  
逆流現象により相当上流部まで長期間湛水する。この現  
象はそのまま千歳川に合流する支川や水路についても同  
様であり、豪雨の際この滞溜水による被害は免がれない  
ものとなつている。

札幌開発建設部においてはこの対策として、築堤と機  
械排水による内水排除を考えている。すなわち千歳川の  
堤防を完備して逆水門を設け、洪水の背水にそなえ、一  
方堤内においては輪中堤などを築堤してブロックごとに  
分離しポンプ排水設備を設け、本川の水位上昇時にお  
ける地域内降雨出水による内水を排除する方法である。

このためのポンプ容量および輪中堤の高さなどを算定  
するには地区内の流出機構を解明して計画排水量を決定  
し、またその水位を知る必要がある。

水工研究室河川班においてはこの目的にそつて昭和  
34年度より長沼地域内にモデル地区を選定し、気象観  
測および河川流出の調査を行なつた。本文は現在までの  
地域内流出の大体の傾向をまとめたものである。従来流  
出機構の解折には Unitgraph method, Distribution-  
graph method, Index area method などいろいろな方  
法が行なわれているが、ここでは Runoff function を  
適用して計算を進めた。

## §2. 流 出 函 数

流出函数については建設省土木研究所において佐藤・  
吉川・木村3氏が発表されてから各地で2, 3適用され  
ており、本研究室においても先年石狩川上流の支川であ

るニセチャロマツ川の流出機構について流出函数によ  
る解折を行なつていたので——(月報 第37号)——こ  
こではその概要を記すにとどめる。

雨水が河道にいたる経路は一般的に直接流出と地下水  
流出に分類されているが、その区分をやめて流域の条件  
に変化がない限り単位降雨については一定の流出形があ  
るものと仮定して、流出函数を設ける。

いま  $dt$  なる微小時間に単位強度の降雨があつたとき  
の任意の下流地点の流出量を次式で表わす。

$$q = at e^{-at} \quad (1)$$

ここに

$t$ : 降雨開始よりの経過時間

$q$ : 時間  $t$  における流量

$a, \alpha$ : 常 数

降雨量と流出量との間に損失がないと仮定すると

$$\int_0^{\infty} q dt = \int_0^{\infty} at e^{-at} dt = 1 \cdot dz$$
$$\therefore a = \alpha^2 dz \quad (2)$$

また  $f$  を流出係数とし、単位をそれぞれ比流量:  $m^3/sec/km^2$ , 降雨量:  $mm/hr$  とすると

$$a = 0.2778 \alpha^2 f dz \quad (3)$$

また流出量は流出係数と定数  $a$  で表わされるから

$$q = 0.2778 \alpha^2 f t e^{-at} dz \quad (4)$$

式(1)を  $t$  で微分すると

$$\frac{dq}{dt} = a e^{-at} (1-at) \quad (5)$$

$$\frac{d_2q}{dt^2} = aa e^{-at} (at-2) \quad (6)$$

(1)式より  $t > 0$  のすべての値に  $q > 0$ ,  $t=0$  および  $t=\infty$   
において  $q=0$ , また  $dq/dt=0$  とすれば  $t=1/a$  あるいは  
 $t=\infty$ , この  $t=1/a$  は  $q$  の最大値に対するものであり,  
実測の資料から到達時間を知ることにより  $a$  を決定  
することができる。

いま  $\tau$  時間連続して  $r$  なる一様強度の雨が降つたとき  
任意時間  $t$  における流出量  $q$  は  $t > \tau$  においては, (4)式  
を積分することにより次式のようなになる。(図-1 参照)。

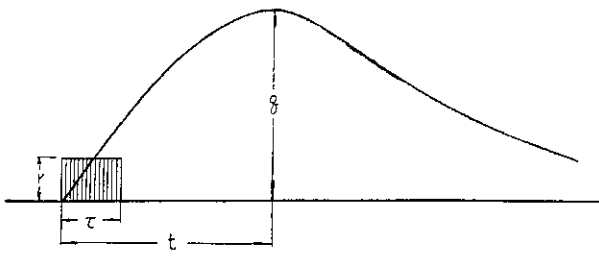


図-1

$$q_0 = 0.2778 fr \left\{ e^{-\alpha t} (\alpha t + 1) - e^{-\alpha t'} (\alpha t' + 1) \right\} \quad (7)$$

ここに  $t' = t + \tau$

(7) 式における常数を観測資料に基づいて決定することにより、目的河川の流出函数を得ることができる。

### §3. 調 査

#### a) 概 要

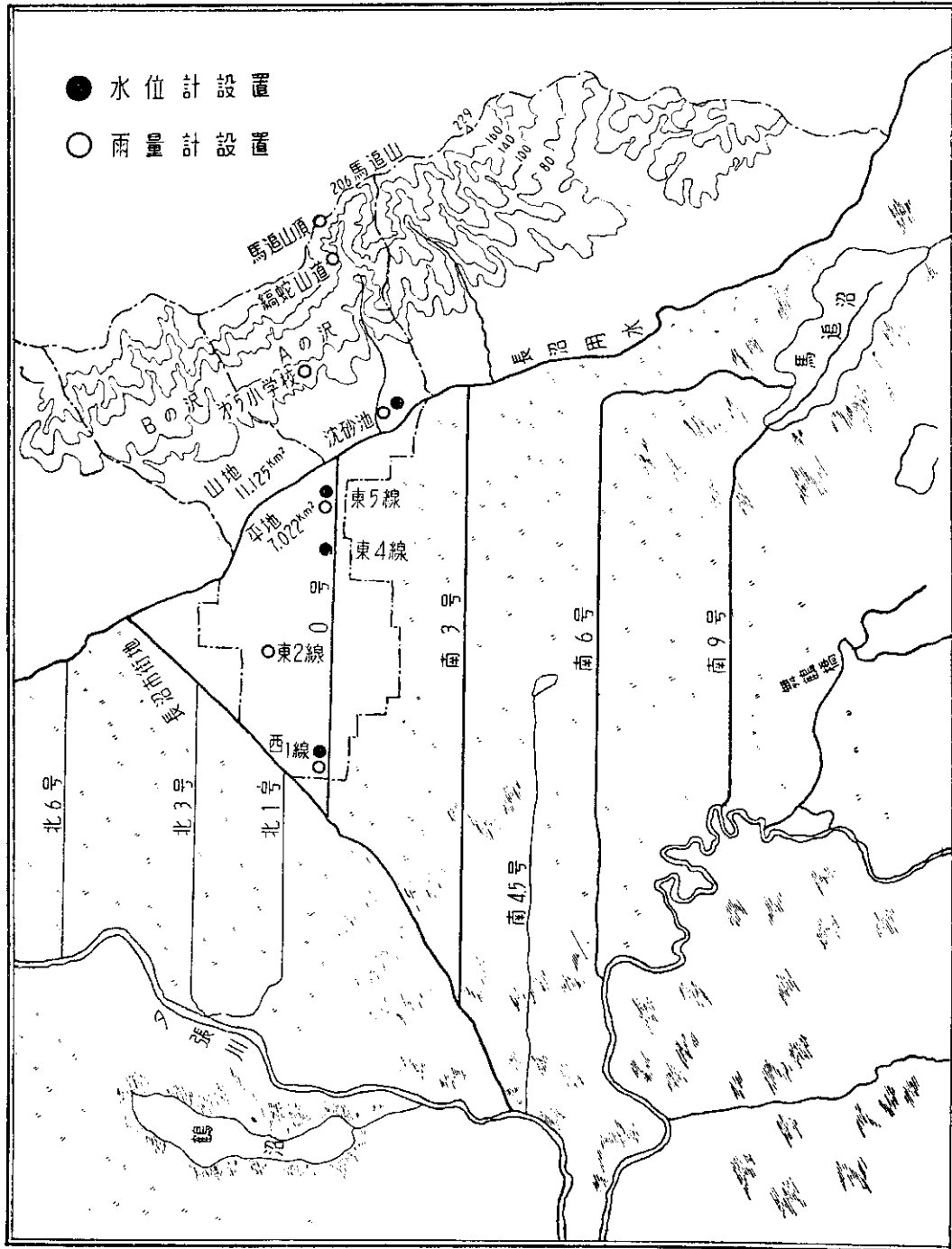


図 - 2

図-2 にみるように地区内は北6号より南9号にいたる排水幹川が独立して縦走しているため、降雨による出水量は平均化されるので、個々の排水路において極端な増水を見ることはなく、下流千歳川からの背水による水位上昇の方が影響が大きい。なかでも水路地盤の低い南6号および南9号は背水の影響を敏感にうけ、流出機構解折に使用する水位または流量の観測が不可能な状態にある。そのため本地区におけるモデル地域として背水の影響の比較的小さい0号排水幹川流域を選定して調査を進めた。観測器機の配置は図-2のとおりである。

**b) 0号排水路**

0号排水路は図-2のように山地部 11.125 km<sup>2</sup>、平地部 7.022 km<sup>2</sup>の流域を持つ延長約5 kmの水路であり、流域内の灌漑用水路としても利用されている。

山地流域は中央を走る道路により A, B 二つの沢に分離されており、おのおの沢を流れる溪流の最下流には沈

砂池を設けて土砂の流下を防いでいる。平地部はほとんどが水田になつており、小さい降雨量では田面湛水位により流出係数が大きく変動することが考えられるが、繁雑さをさけるため山地・平地部を一本化して流出率を算定することにした。

水位測定箇所のうち図-3に示した東5号線および西1号線をそれぞれ山地・平地における流出量観測点として重点的にとりあげることにし、東4号線と沈砂池の水位計は水面勾配を測定するとともに、山地部流出の補正に利用した。

また0号排水路のうち上流部(東6号線～東3号線)においては水路底に水草の発生が著しく、洪水疎通能力は7月下旬頃より急激に低下し、水位-流量曲線は融雪出水期におけるものとは大きく異なっている。

そのため東5号線における流出波形は図-4の2本のH-Q曲線を使用して、前期・後期に2分して流量を測定

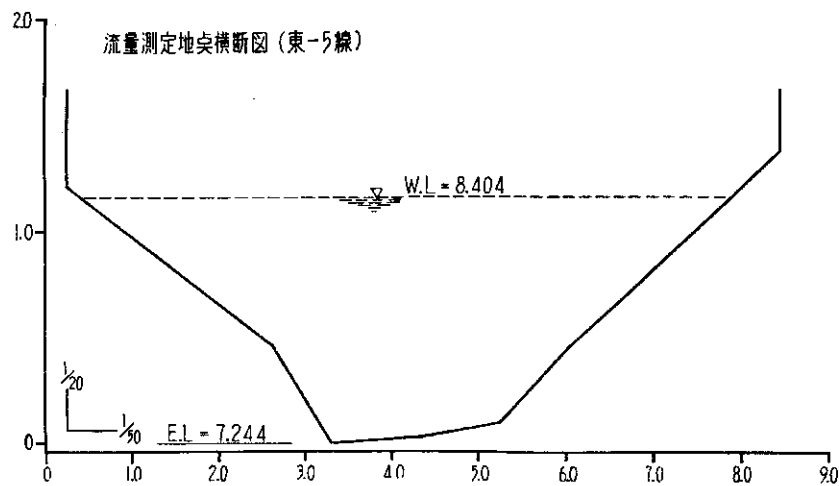


図 - 3 (1)

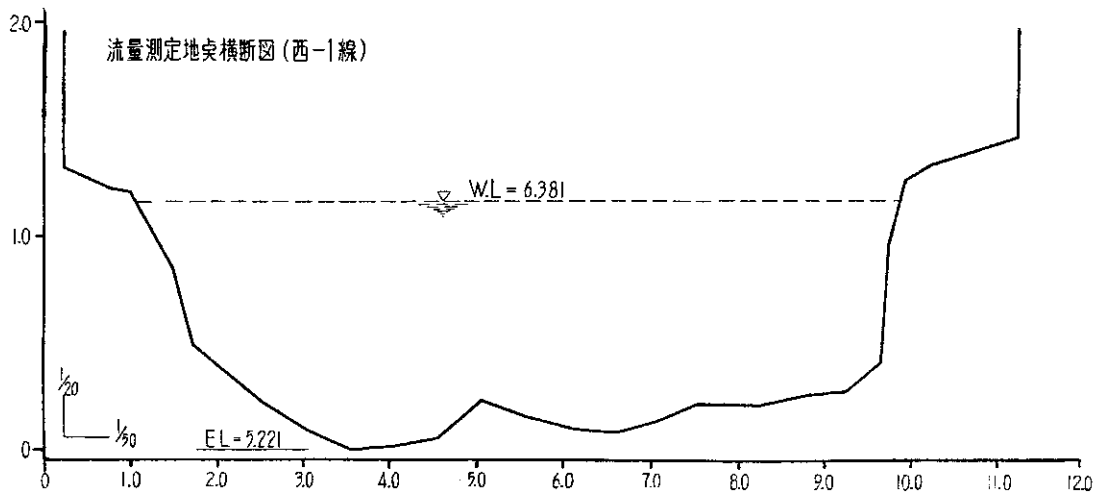


図 - 3 (2)

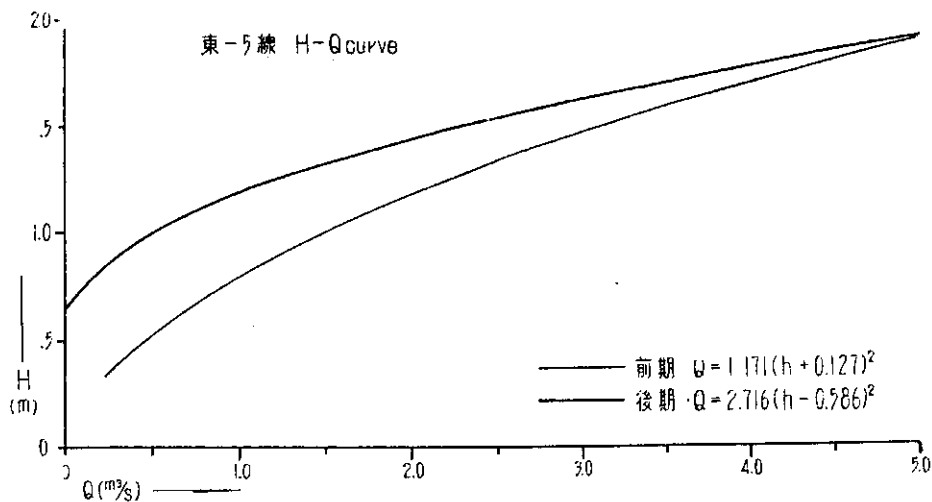


図 - 4

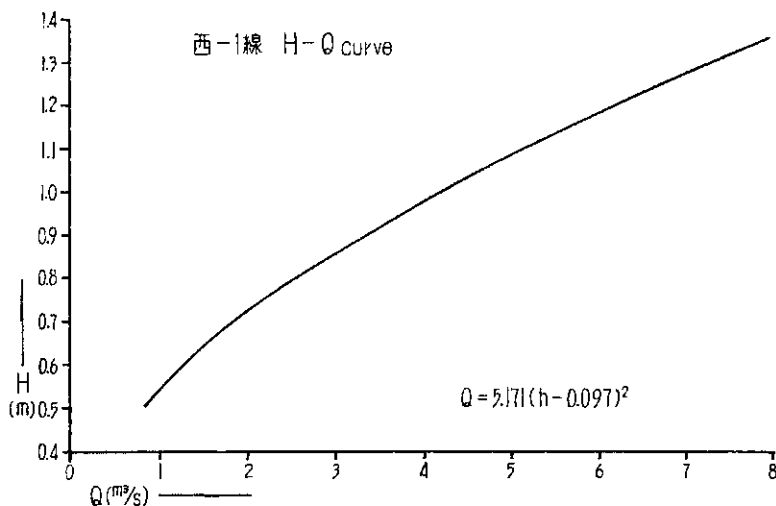


図 - 5

した。西1線における  $H-Q$  曲線は 図-5 に示す。

#### §4. 定数の決定

##### [1] 到達時間— $\alpha$ の決定

$\alpha$  は流出の Lag を示すものであり、到達時間  $T$  とは  $T=1/\alpha$  なる関係にあるから流出係数  $f$  とは関係なく

定めることができる。昭和35年度における観測資料からこれらの関係を調べると表-1, 2のとおりである。また各水位観測点の流出波形は 図-6 である。

表の  $Q_1$ ,  $r_P$ ,  $R$ ,  $Q_P$  それぞれ  $P_{ea}K$  に対応する単位時間降雨の降り初めの時刻の観測地点の流量、最大雨量強度、最大雨量以前の総雨量および  $P_{ea}K$  の流量であ

表-1 東 - 5 線

No.	洪水年月日	$T$ (hr)	$Q_1$ ( $m^3/sec$ )	$r_P$ ( $mm/hr$ )	$R$ ( $m/m$ )	$Q_P$ ( $m^3/sec$ )	備考
1	35. 6. 9	5.0	0.35	5.0	20.0	1.480	
2	35. 6. 14	4.0	0.45	4.0	7.0	0.960	
3	35. 6. 27	5.0	0.41	15.0	18.0	2.418	
4	35. 7. 10	4.0	0.60	16.0	21.0	4.120	
5	35. 8. 1	6.0	0.12	10.0	0	0.935	
6	35. 8. 12	6.0	0.11	8.0	9.0	1.878	

表-2 西 - 1 線

No.	洪水年月日	$T$ (hr)	$Q_1$ ( $m^3/sec$ )	$r_{P_1}$ (mm/hr)	$R$ (m/m)	$Q_P$ ( $m^3/sec$ )	備 考
1	35. 7. 10	11.0	1.00	16.0	50.0	4.900	
2	35. 7. 25	10.0	1.00	8.5	36.0	6.638	
3	35. 8. 11	10.0	1.05	8.0	35.0	4.406	

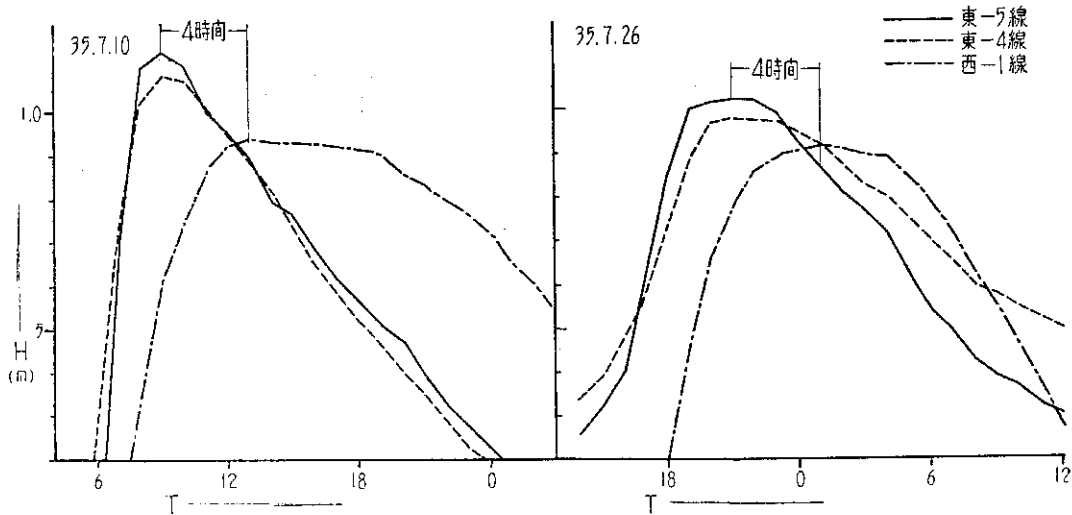


図 - 6

る。この表および図-6から明らかなように、0号排水路の到達時間は0~50 m/mの範囲の降雨については、大体一定しており山地部  $T=5$ 、平地部  $T=10$  と考えても良いようである。

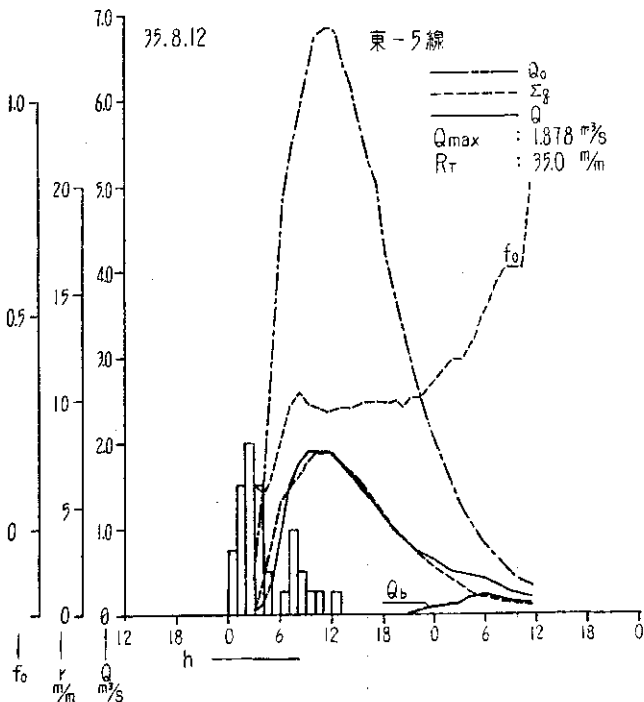


図 - 7

[2] 流出係数— $f$ の決定

流出係数は(7)式において  $f=1$  として求めた流量  $Q_0$  と、同時刻における実測流量  $Q$  との比である。この  $Q/Q_0=f_0$  の値を検討してみると、東5線水位観測所における山地部流出によるものは図-7のように一定ではなく、流量の減小につれて急激に増大しており、降雨の連続によるものとは考えられない。この傾向はすべての出水について非常によく似ており、逓減曲線の第2変曲点以降は実測流量と計算流量との差は極端に開いてくる。

いまこの差を  $Q_b = Q - Q_0 f_0$  としてその変動を調べると、出水の  $Peak$  から約20時間後に最大値を持つ曲線となっている。この曲線は  $T=5+20$  とすることにより(7)式と同様につきのように書くことができる。

$$q_b = 0.2778 fr \left\{ e^{-a't} (a't+1) - e^{-a't'} (a't'+1) \right\} \quad (8)$$

$q_0 + q_b = q$  を山地部流出の流出函数とすれば(9)式

$$q = 0.2778 fr \left[ \left\{ e^{-0.2t} (0.2t+1) - e^{-0.2t'} (0.2t'+1) \right\} + \left\{ e^{-0.04t} (0.04t+1) - e^{-0.04t'} (0.04t'+1) \right\} \right] \quad (9)$$

となる。

西1線水位観測所の平地部流出によるものは流量曲線

が2個あるのみで資料としては少ないが、山地部に比較すると流出係数  $f$  が変動するようであるが、第2項修正の必要がなく大体適応するようであり、流出函数をしめすと(10)式となる。

$$q = 0.2778 f r \left\{ e^{-0.1t} (0.1t + 1) - e^{-0.1t'} (0.1t' + 1) \right\} \quad (10)$$

出水ごとの流量曲線を図示すると、図-7, 8のごとくであり、山地部のは満足できる結果であるが、平地部の流出係数は0.5~0.7と変動が大きい。これは平地流域面積のほとんどが水田のため、降雨以前の水田洪水状態により、流出量に大きな差ができるためと思われる。

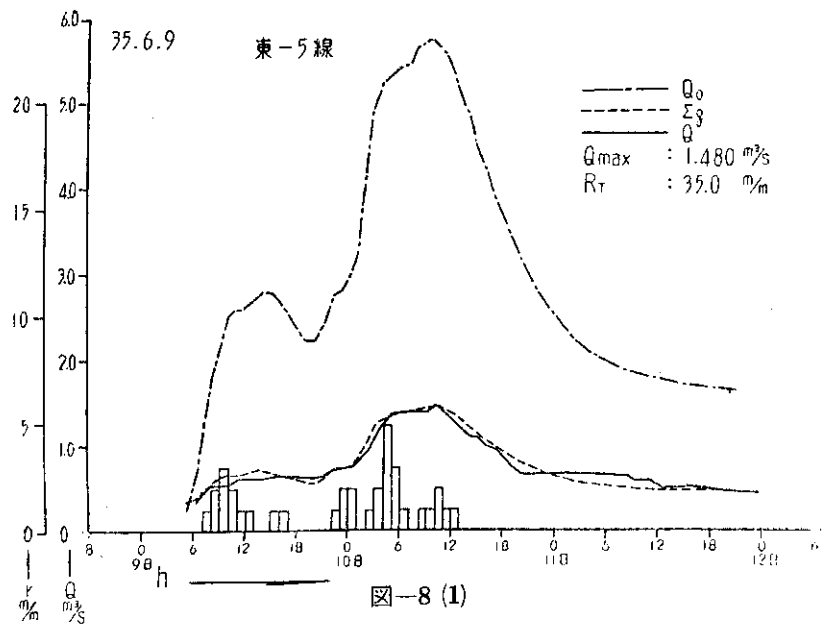


図-8 (1)

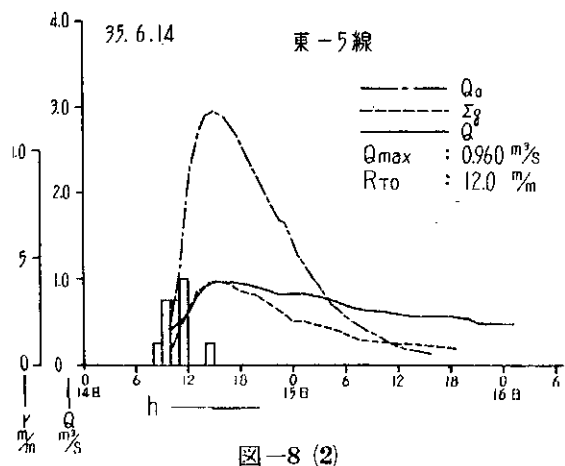


図-8 (2)

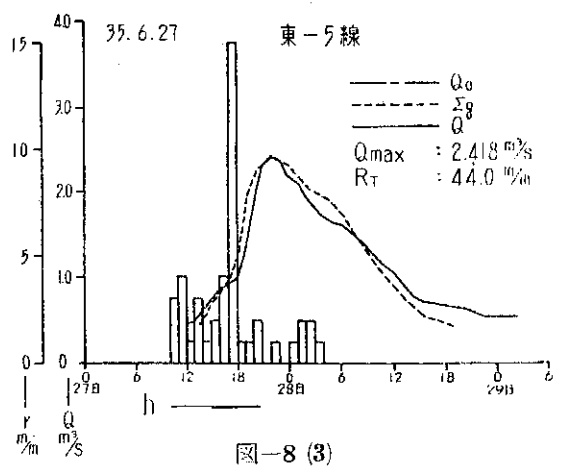


図-8 (3)

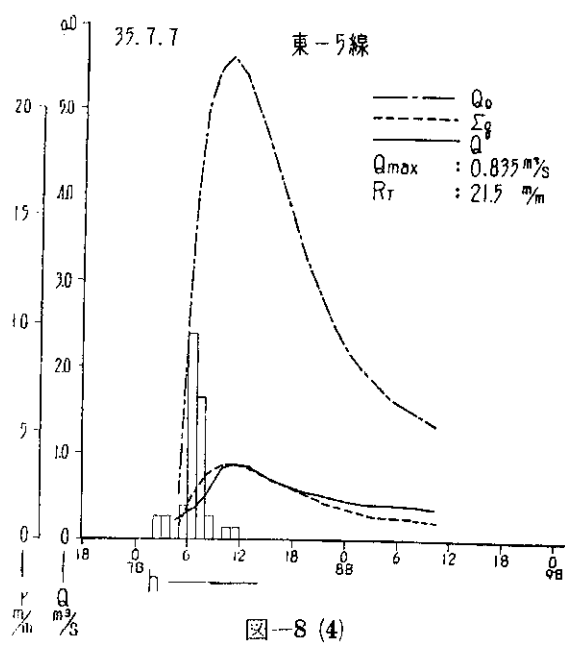


図-8 (4)

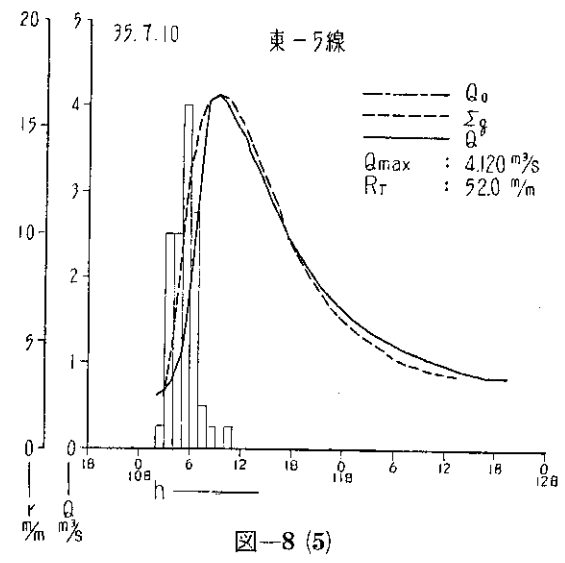


図-8 (5)

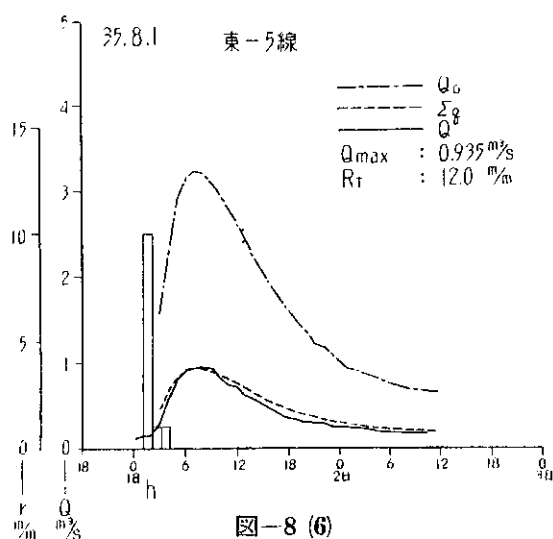


図-8 (6)

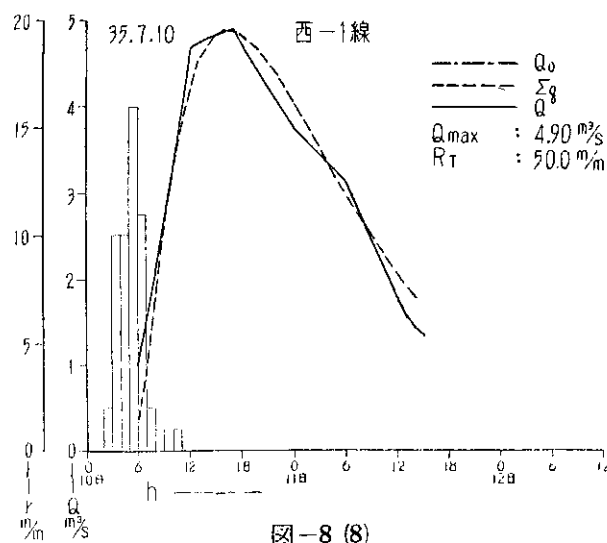


図-8 (8)

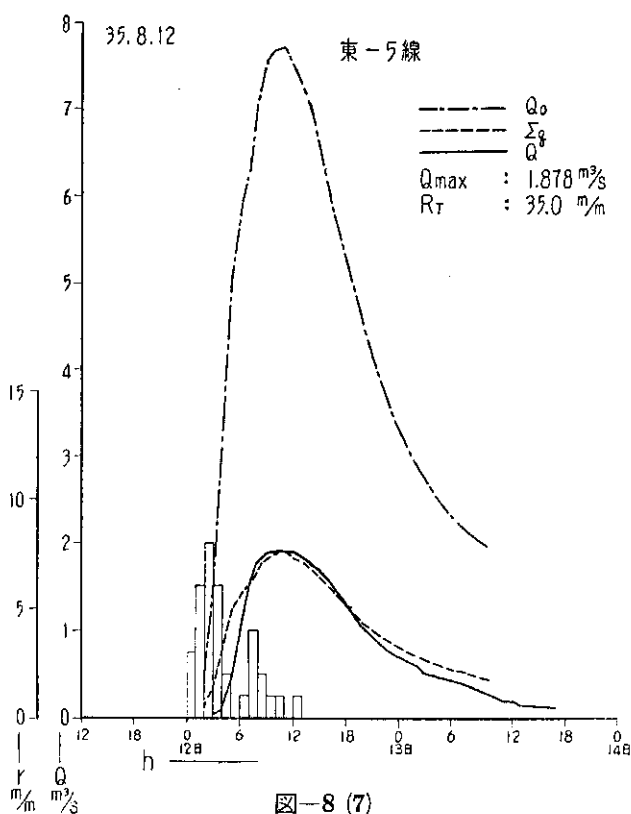


図-8 (7)

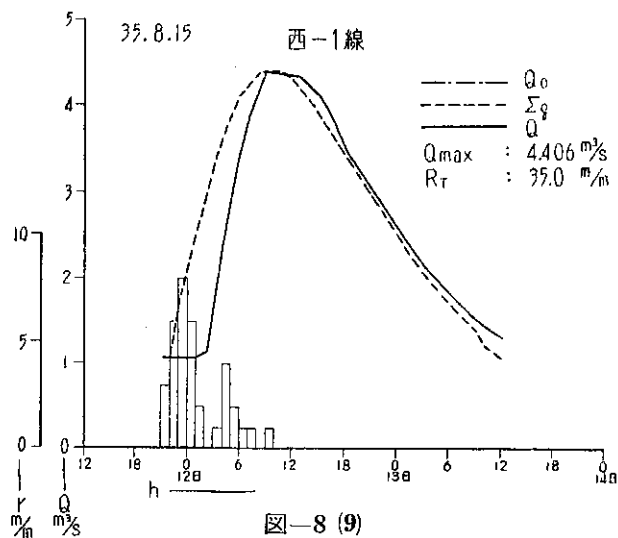


図-8 (9)

表-3

		洪水年月日	総雨量	流出係数 $f$
山地部	1	35. 6. 9	35.0	0.261
	2	35. 6. 14	12.0	0.325
	3	35. 6. 27	44.0	0.297
	4	35. 7. 10	52.0	0.305
	5	35. 8. 1	12.0	0.268
	6	35. 8. 12	35.0	0.246
平地部	1	35. 7. 10	50.0	0.514
	2	35. 7. 25	32.0	0.665
	3	35. 8. 11	35.0	0.719

表-3 はそれぞれの流出係数を示すものであるが、平地部の  $f$  は田面満水時および連続降雨による豪雨の場合は大きく、それより水田満水状態により 0.5 程度まで低下すると考えられる。

#### §4. 結 語

以上モデル地区を選定して調査した長沼地区の流出係数は、山地・平地部について一応の結論を得ることができた。地区内流域の地形・地相および各排水路の地質などは、大体同一と考えても良いから 0 号排水路において

算定した到達時間流出係数などを、そのまま地区内の排水路に適用しても十分利用できるものと思われる。

おわりに本調査に御援助を戴いた札幌開発建設部治水課および長沼出張所の各位に深甚なる謝意を表す。

森 正 秋 記