

年流出量と主なる降雨の増水量に就て

〔寶川森林治水試験第2回報告〕

Shigenochi TAKEDA: On the Annual Discharge and Especially on Increased Run-off due to Heavy Rain [Experiment of Forest Influences upon Stream Flow at Takaragawa. The 2nd Report]

農 林 技 官 武 田 繁 後

目 次

前 が き.....	1
Ⅰ. 流出量の概況.....	3
Ⅰ. 1. 流量式に就て.....	3
Ⅰ. 2. 年流出量の概況.....	12
Ⅱ. 主なる降雨の増水に就て.....	30
Ⅱ. 1. 増水量と雨量との関係.....	33
Ⅱ. 2. 集水地の一時保留雨量.....	59
Ⅱ. 3. 水の出方に就て.....	66
Ⅲ. 要 約.....	80
〔参 考 文 献〕.....	85
Résumé	86

前 が き

本報告は、宝川森林治水試験地に於ける流量式の検討とそれに依つて、昭和 13 (1938) 水年の試験開始から昭和 22 (1947) 水年まで 10 カ年間の年流出量算出の結果及び昭和 13~23 (1938~'48) 年の 11 カ年間に於ける顕著な降雨に因る増水に就て研究したる結果を取纏めたものである。而して此の観測期間は凡て森林は略原状 (天然林) のままに在つたので、森林の取扱いと流出量との問題は全く今後に残されているのであるが、試験区として設けられている宝川本流区 (集水面積 1906 ha) 及び支流初沢区 (集水面積 118 ha) の両区は、元来其の森林の面積及び蓄積に比較上顕著な差異がある。そこで此の両集水地の増水に対して夫々適当な解析を行つて、其の結果を比較すると、かなり此の問題に触れることが出来たので、森林の治水的機能に関して多少明らかにした結果をも記述した。

本試験地は群馬県利根郡水上町の藤原地内、利根川支流宝川流域の大部分を占め、大利根の

奥、笠ヶ岳 (1945m), 朝日岳 (1820m) などの上越国境諸高峯を水源とし, 所謂谷川連峯に接する高峻なる山岳地区であつて, 北緯 36°51', 東経 139°01' 附近, 水上営林署管内藤原経営区宝川国有林第 44~47 林班に跨つている。昭和 8 年頃から奥利根天然林の開発に際して, 其の更新方法が流水に如何なる影響を与えるかを試験するために, 当時の東京営林局 (現前橋営林局) が林業試験場の協力の下に昭和 9 年度から創設に着手して, 概ね昭和 13 年度から流量及び気象について諸観測成績を得ている。然して此の地方は裏日本に最も接近した純然たる山岳地であつて而も年降水量は 3500~4000mm 程度, 積雪量は少しく奥地区では 6~7m にも及ぶ多雨, 多雪の水源を代表するところであるから, 基礎観測の慎重を期して森林の伐採は昭和 23. Ⅷ月に, 先ず初沢試験区に着手したばかりである。

本試験に關して試験地開設当時からの基礎的事項の調査結果及び昭和 13~17 年の降水量と流出量との概略は, 本試験の当時の担任であつた山田昌一氏 (現岩村田営林署長) が之れを取纏めて, 本試験の第 1 回報告⁽¹⁾として昭和 18. Ⅲ 月東京営林局から刊行頒布された。又本報告に対する資料 (観測成績) 及び其の後の森林調査並に土壌調査などの経過は, 本文と併せて本試験第 2 回報告⁽²⁾として前橋営林局から発表する予定である。之れ等の詳細は両報告書を参照されたい。ここには本文との参照に必要な基礎要素及び気候の大要のみを摘記して次表に掲げる。更に試験設備の状況や試験区内森林の概況に就ては, 後尾に適當なる写真版を附した。

集水地の基礎要素比較 (宝川)

其 礎 要 素	本 流 区	初 沢 区	比 較
集 水 面 積 (ha)	1905.66	117.90	16 : 1
平 均 海 拔 高 (m)	1391	1067	1.3 : 1
平 均 傾 斜 (度)	24.1	24.6	0.97 : 1
平 均 方 位 (度)	S 72.5 E	S 12.5 W	
河 川 密 度 (km : km ²)	3.36	4.74	0.71 : 1
河 道 平 均 勾 配 (度)	6.2	9.4	0.66 : 1
森 林 面 積 (%)	69	100	0.69 : 1
森 林 蓄 積 (m ³ : ha)	94	191	0.49 : 1

備考: 森林の樹種混淆の状況はブナ 60%, ヒバ 15%, ナラ 10%, 其の他のカエデ, ホオ, ヒメコマツなど 15% 位の割合である。又本流区では海拔 1500m 以上は概ね森林限界以上の区域である。即ち森林面積は 1313ha である。

集水地の気温及び降水量概況 (宝川)

気 候 要 素	本 流 区	初 沢 区	比 較
年 平 均 気 温 (°C)	5.0	6.5	-1.5
年 平 均 降 水 量 (mm)	3700	2650	1.40 : 1
内 { 冬 半 年 (Ⅺ~Ⅳ)	2400 (65%)	1550 (60%)	1.55 : 1
夏 半 年 (Ⅴ~Ⅹ)	1300 (35%)	1100 (40%)	1.18 : 1
平 均 最 深 積 雪 (m)	5~6	3~4	1.60 : 1
積 雪 最 深 部 (m)	8	5	"

備考: 昭和 13~22 年の観測によつて掲げた。

尙本試験地は、其の地理的位置及び気象状態の苛烈なために、試験の継続遂行には非常な困難が伴うにも拘らず、終始概ね予定通りに実行方針を守られたことは、前橋営林局及び林業試験場の両当局、上記の本試験前担任山田昌一氏及び現地の前主任故真山利雄氏初め第1回、第2回の両報告に記載の林野庁、前橋営林局、林業試験場及び水上営林署の関係各位並に現地観測員諸氏が、夫々の方面で多大の尽力を致された賜であつて、茲に誌して満腔の敬意を表したい。又本篇の資料については、現地の観測並に其の成績の整理統計には上記故真山利雄氏及び現観測主任永見郷康氏、現地観測員小林緑、浜野邦、林裕、林大司、吉野昭一、吉沢梅一郎、宮入直、大膳俊二の諸氏を煩わしたること多く、更に理学博士平田徳太郎先生及び東京大学農学部教授荻原貞夫博士からは常々御指導を受けている。共に深甚の謝意を表する次第である。

I. 流出量の概況

本試験地の流量を算出する実験式(流量式)に就ては、初沢区に適用せられるものは第1回報告⁽¹⁾に稍詳しく記述せられたが、本流区に対しては今回初めて流量実測を行つた結果から決定式を得たので、其れに依つて先ず昭和13~22水年の10カ年間の流出量を算出し、両試験区の流量概況を記述しよう。

I. 1. 流量式に就て

流出量の概況を述べるに先だち、本流量式の決定と初沢流量式の補正について述べるが、本試験地量水堰堤⁽³⁾の水位に適用する流量式は前記第1回報告中に記載の如く、暫定的に嘗て桜井莊三博士が東大愛知演習林量水堰堤で決定の実験式⁽⁴⁾(以下桜井式或は (O_s) 式という)

$$Q_s = \left(\frac{0.01b + 4.5}{16.44 \log h + 30.56} + 0.3 \right) \sqrt{2g} \cdot b \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad (O_s) \text{ 式}$$

但し Q_s : 流量 (l/s) h : 水位 (欠込越水高) (cm)

b : 欠込幅 (cm) g : 重力加速度 (cm/ss)

を夫々の堰堤欠込(矩形)の越水高に適用することとした。而して当地設備の状態⁽¹⁾⁽³⁾を参照して考えると、初沢の量水堰堤は上記の流量式を検討された量水設備⁽⁴⁾と同一構造であつて、従つてここでは実験式の算出資料から特に離れた水位、例えば極めて低水で欠込に附着水脈を形成するとか或は逆に水位50cmを超えて、7個の欠込から一齊に越水する様な特殊の場合を除けば、其の適用に大きい誤りのないことは充分察せられる。即ち前記第1回報告にもあるように、丸山岩三氏の当地に於ける実験値(昭和12.Ⅱ~Ⅲ月初沢量水槽の観測)と比較したる結果は、桜井式計算値との差僅小なことが示されている。而し一方の本流量水所に於ては、当時未だ何等の実験値も無く、只同所量水路の上流に設けられた欠込附堰堤(幅1mの矩形欠込7個並列)の構造が見掛け上初沢の夫れと概ね似ているところから、高水で溢流水となつた場合までも欠込の水位に推測換算して、前掲桜井式を適用したのであつて、実際の流量に対し

て相当誤差あることは、予め想察されたところである。何れにせよ本流は初沢の場合とはかなり趣きが異つていることは直ちに考えられるのである。

この様に当所の之れ迄の流量式は、出水解析という様な細かい調査をする場合には、先ず之れから検討して置かねばならないので、昭和 22~23 年中屢々流量の実測を行い、併せて流量式の構成について考究したる結果、本流では更めて流量実験式を算出（当地で最初のもの）決定し、初沢では今のところ越水が附着水脈を形成するような極めて低小な水位のとき、計算値の誤差が比較的大きくなることが明らかにされた。次に流量式の検討について流量実測成績と共に記述する。

1. 1. 1. 本 流 々 量 式

本流々量の実測は、最初からの計画によつて特に設けられた量水路（写真版参照）に依ることが最も適當である。量水路は自然河道を整理して長さ 40m、幅 14m、深さ 3.5m のコンクリート底床水平の矩形直線水路としたもので、其の上流端から更に 29.5m 上流に上記の欠込堰堤が設けてある⁽³⁾。従つてかなり増水の場合でも水路の下流部では、水流の状態は比較的整齊である。この量水作業は流速計の使用に依るから、量水路の下端から上流 5m のところに流速計使用操作の装置を附した架橋があり、その測定線上の附設池に自記水位計（本流第Ⅲ号水位計という）も設備してあつて、本試験開始以来連続記録を採つている。尙本量水路にも洪水の際には中央部以上に一時多少の砂石が堆積する場合があるが、下流の流量実測線に及ぶものなく又少しく減水すれば、ここでは容易にこの様な障害を除去することが出来る。

1. 本流々量実測成績

量水路第Ⅲ号水位計線上に於て昭和 22. V ~ IX 月中に流量を実測したる成績は、水位 H_{III} 約 6~52cm に亘つて 162 回を得た。其の測定方法は、何れもプライス音響式流速計を以て、岸から 1m のところの垂線を第 1 測線として順次 2m 措きに第 7 測線まで各垂線の流速曲線を定め、各垂線の平均流速から更に水流横断面に対する全平均流速を求め、それと水流横断面積との相乗積を計算したものである。然して平均流速を求めるには凡て作図上に依つたので、各測定値の細部の状況をも相互に参照するによく、単なる数値計算に比べて寧ろ精度よい結果とすることが出来るであろう。

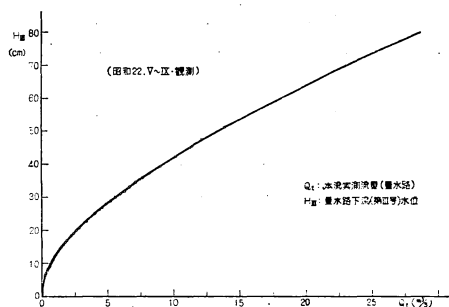
毎回の観測結果は余りに接近しているものがあつて、このまま実験式算出の資料とすることは徒らに計算の労を多くするばかりであるから、水位の差 1/50 以下の場合を 1 階級に集めることにして、各階級では何れも算術平均を採つた結果は、第 1 表に示す如く 44 階級の資料となつた。各階級内の観測回数は 2~8 回で 4 回程度のもの最も多く、細かく考えれば僅かに重みの差はあるが、階級内の散らばりは、低水部の $H_{III} < 10\text{cm}$ の場合に流速測定からの誤差で多少大きいものが認められるが、少しく水深を増した場合では全く無い程度であるから、此の

際重みに就ては全く考えないこととした。

第1表 水位階級別流量実測成績 (昭和22.V~Ⅸ月, 宝川本流量水路)

階級 No.	平均 水位 H_{III} (cm)	流速 V_m (m/s)	水流の 横断面積 A (m^2)	流量 Q_t (m^3/s)	$\sqrt{H_{III}}$	階級 No.	平均 水位 H_{III} (cm)	流速 V_m (m/s)	水流の 横断面積 A (m^2)	流量 Q_t (m^3/s)	$\sqrt{H_{III}}$
1	6.25	0.233	0.875	0.204	2.5000	23	19.25	0.863	2.695	2.326	4.3875
2	6.70	0.255	0.938	0.239	2.5884	24	20.20	0.917	2.828	2.593	4.4944
3	6.90	0.275	0.966	0.266	2.6268	25	20.70	0.960	2.898	2.782	4.5497
4	7.05	0.265	0.987	0.262	2.6552	26	22.70	1.070	3.178	3.400	4.7645
5	7.40	0.260	1.036	0.269	2.7203	27	25.05	1.148	3.507	4.026	5.0050
6	7.85	0.275	1.099	0.302	2.8018	28	26.24	1.188	3.674	4.365	5.1225
7	8.15	0.305	1.141	0.348	2.8548	29	26.65	1.235	3.731	4.608	5.1624
8	8.55	0.325	1.197	0.389	2.9240	30	27.95	1.247	3.913	4.880	5.2868
9	9.10	0.350	1.274	0.446	3.0166	31	28.68	1.303	4.015	5.232	5.3554
10	9.40	0.370	1.316	0.487	3.0659	32	30.00	1.333	4.200	5.599	5.4772
11	10.10	0.435	1.414	0.615	3.1780	33	30.98	1.373	4.337	5.955	5.5660
12	10.60	0.423	1.484	0.628	3.2558	34	31.85	1.410	4.459	6.287	5.6436
13	11.03	0.461	1.544	0.712	3.3211	35	32.85	1.430	4.599	6.577	5.7315
14	11.25	0.495	1.575	0.780	3.3541	36	34.55	1.488	4.837	7.197	5.8709
15	12.30	0.558	1.722	0.961	3.5071	37	35.90	1.530	5.026	7.690	5.9917
16	12.95	0.570	1.813	1.033	3.5986	38	36.95	1.570	5.173	8.122	6.0787
17	13.90	0.625	1.946	1.216	3.7283	39	39.40	1.635	5.516	9.019	6.2769
18	14.40	0.668	2.016	1.347	3.7947	40	42.65	1.735	5.971	10.360	6.5307
19	15.15	0.685	2.121	1.453	3.8923	41	45.00	1.797	6.300	11.321	6.7082
20	16.10	0.748	2.254	1.686	4.0125	42	45.65	1.790	6.391	11.440	6.7565
21	17.20	0.802	2.408	1.931	4.1473	43	47.18	1.845	6.605	12.186	6.8688
22	18.50	0.840	2.590	2.176	4.3012	44	51.18	1.933	7.165	13.850	7.1540

第1図 本流量量曲線 (宝川)



第1図は第1表の観測成績に依つて、水位 H_{III} (第Ⅲ号水位計に依る、第1回報告の第Ⅰ号水位計 H_I と異なることに注意を要する) と流量 Q_t との関係、即ち量水路の流量曲線を示したものであつて、両者は型の如く甚だ密接な関係 (流量式) として而も精度よく定め得ることが予め明瞭に認められる。この様な考察から本量水所の流量式は、一般河川に

於ける場合と略同様に決定せられるのであつて、其の設備が概ね完備しているために、流量式の精度は良く且移動すること殆んどなく長期間に適用されるものである。尙現用量水路では渇水時期には水深過少となつて、廻転杯型の流速計の使用に適せず、其の測定誤差が比較的大きくなる欠点がある。逆に稍高水位になると、測定線下流の影響 (写真版参照) で測定線の水流が射流のかたちになることも多少の欠点となつてはいるが、之れは流量式の係数を別にすること

に依つて、其の誤差を成るべく僅少にすることが出来ると思う。

2. 本流量式の決定

一般に水路の流量式は、流量 Q に対して水路の平均流速 V_m 及び水流の横断面積 A を測定すれば、 $Q = V_m \cdot A$ に依つて示され、又径深を R 、水面勾配を I とすると、 $V_m = \alpha \sqrt{RI}$ であつて、矩形水路では b を水面幅、 H を水位（水深）とすれば、 $A = bH$ であるから、 H に比べて b がかなり大きいときは $R \doteq H$ となつて、結局流量式の型式は、

$$Q = C_0 H^{\frac{3}{2}} \quad (O_t) \text{ 式}$$

$$\text{但し } C_0 = \alpha \sqrt{I} \cdot b$$

となる。即ち矩形水路の流量実験式の構成には此の型式を基として検討することが最も適當と考えられる。

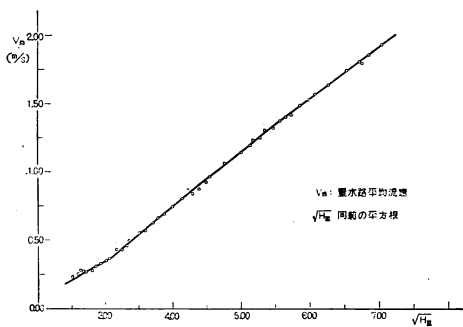
而して宝川本流量水所は前記の如く略完全に整理された矩形量水路の設けあり、上記の関係は他の場合に比べて甚だ簡単であることは予め想察せられる。今本流量を Q_t 、同平均流速を V_m として、前掲式に当てはめてみると

$$Q_t = V_m \cdot A = V_m \cdot b H_{III} = C_t H_{III}^{\frac{3}{2}} \quad (O_t) \text{ 式}$$

$$V_m = C_t H_{III}^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{b H_{III}} = C_t' H_{III}^{\frac{1}{2}} \quad (V_t) \text{ 式}$$

となつて、 V_m と $\sqrt{H_{III}}$ との実測値から其の関係を決定すれば、流量式の決定も容易であり又最も適切な関係となすことが出来るであろう。そこで第1表から両者を直交座標上に示すと第2図の如くである。

第2図 本流量水路の平均流速（宝川）
（昭和22. Ⅶ-Ⅸ観測）



第2図に依ると、予想の如く全般に甚だ密接な直線関係であると共に、水位約 9cm、 $\sqrt{H_{III}} \doteq 3.0$ と水位約 30cm、 $\sqrt{H_{III}} \doteq 5.5$ の附近を界として、其の上下で異つた直線式とすることが最も適切であり且最も簡単な実験式の構成であることが認められる。そこで第1表から、階級別 No. 1~10, No. 9~32, No. 32~44 の3組の実験値 $V_m : \sqrt{H_{III}}$ を使つて、最小自乗法に依つて夫々の直線式の常数を算出すると、

次の実験式が得られる。

$$V_m' = 0.226 \sqrt{H_{III}} - 0.336 \quad (1_t) \text{ 式}$$

$$V_m' = 0.402 \sqrt{H_{III}} - 0.868 \quad (2_t) \text{ 式}$$

$$V_m' = 0.351 \sqrt{H_{III}} - 0.570 \quad (3_t) \text{ 式}$$

此の3式を前掲流量式 (O_t) 式に入れると、本流量実験式は次の如く示される。但、 Q_t' は m^3/s 単位、 H_{III} は cm 単位である。

$$Q_t' = \left(0.032 - 0.047 \frac{1}{\sqrt{H_{III}}} \right) H_{III}^{1.75} \quad (4) \text{ 式}$$

$$Q_t' = \left(0.056 - 0.122 \frac{1}{\sqrt{H_{III}}} \right) H_{III}^{1.75} \quad (5) \text{ 式}$$

$$Q_t' = \left(0.049 - 0.080 \frac{1}{\sqrt{H_{III}}} \right) H_{III}^{1.75} \quad (6) \text{ 式}$$

此の3式が順次等しくなる水位即ち各流量曲線の切れ合う点を求めると、(4)式と(5)式とでは $H_{III} \doteq 9.1\text{cm}$ 、(5)式と(6)式とでは $H_{III} \doteq 33.4\text{cm}$ である。今之れを各流量式の適用限界として第1表の各水位の相当流量を算出して、実測流量 Q_t とを比較すると第2表の如くである。

第2表 流量式計算値と実測値との比較 (昭和22. V ~ IX, 宝川本流量水路)

階級 No.	計算値 Q_t' (m^3/s)	実測値 Q_t ("/)	差 $Q_t' - Q_t$ ("/)	$\frac{Q_t' - Q_t}{Q_t}$ (%)	階級 No.	計算値 Q_t' (m^3/s)	実測値 Q_t ("/)	差 $Q_t' - Q_t$ ("/)	$\frac{Q_t' - Q_t}{Q_t}$ (%)
1	0.200	0.204	-0.004	-2.0	25	2.786	2.782	+0.004	+0.1
2	0.234	0.239	-0.005	-2.1	26	3.330	3.400	-0.070	-2.1
3	0.249	0.266	-0.017	-6.4	27	4.013	4.026	-0.013	-0.3
4	0.261	0.262	-0.001	-0.4	28	4.378	4.365	+0.013	+0.3
5	0.289	0.269	+0.020	+7.4	29	4.506	4.608	-0.102	-2.2
6	0.327	0.302	+0.025	+8.3	30	4.921	4.880	+0.041	+0.8
7	0.353	0.348	+0.005	+1.4	31	5.164	5.232	-0.068	-1.3
8	0.389	0.389	0.000	0.0	32	5.604	5.599	+0.005	+0.1
9	0.440	0.446	-0.006	-1.3	33	5.942	5.955	-0.013	-0.2
10	0.480	0.487	-0.007	-1.4	34	6.248	6.287	-0.039	-0.6
11	0.580	0.615	-0.035	-5.7	35	6.606	6.577	+0.029	+0.4
12	0.655	0.628	+0.027	+4.3	36	7.199	7.197	+0.002	+0.0
13	0.722	0.712	+0.010	+1.4	37	7.694	7.690	+0.004	+0.1
14	0.757	0.780	-0.023	-2.9	38	8.076	8.122	-0.046	-0.6
15	0.934	0.961	-0.027	-2.8	39	8.995	9.019	-0.024	-0.3
16	1.049	1.033	+0.016	+1.5	40	10.269	10.360	-0.091	-0.9
17	1.226	1.216	+0.010	+0.8	41	11.227	11.321	-0.094	-0.8
18	1.326	1.347	-0.021	-1.6	42	11.497	11.440	+0.057	+0.5
19	1.479	1.453	+0.026	+1.7	43	12.142	12.186	-0.044	-0.4
20	1.680	1.686	-0.006	-0.4	44	13.888	13.850	+0.038	+0.3
21	1.925	1.931	-0.006	-0.3					
22	2.231	2.176	+0.055	+2.4	合計	167.340	167.565	± 1.299	± 7.51
23	2.415	2.326	+0.089	+3.9					
24	2.654	2.593	+0.061	+2.4	平均	3.803	3.808	± 0.030	± 1.7

即ち計算値と実測値との差は、水位の低いときに7, 8%に達する場合数回あるが、絶対値としては極めて小さく、又其の他の場合では何れも僅少の差であつて、水位の稍高いときではその差1%に満たないのが普通である。毎回の差の平均は $\pm 1.7\%$ であつて、本試験区の程度の集水面積を有する場合の流量式としては、一般に其の差甚だ寡少なることが認められる。又計算値の差の方向は、実測値に大きい場合(差が負号)23回、計算値に大きい場合(正号)20

回, 同等1回であつて, 計算値に寡少のこと僅かに多く, 平均値では実測値 $3.808\text{m}^3/\text{s}$ に対して計算値 $3.803\text{m}^3/\text{s}$ となり, 其の比 99.9% であつて, 実用的には全く差異ないものとして可いであらう。

次に之れ迄本流にも暫定的に使用したる前掲桜井式の計算値 Q_s' (本流の場合には常に7個の欠込から越水するから, $7 \times Q_s'$ を一つの越水高に対する計算流量とする) と, 今回の (4_r) ~ (6_r) 式の計算値 Q_r' とを比較すると, 両計算値の差は水位の高低で顕著な相異がある。例を挙げると, 満水時の $H_{III}=5\text{cm}$ 位では暫定式の $7Q_s'$ は今回算出の Q_r' の2倍に近く, Q_r' は $7Q_s'$ の2分の1であり, 漸次増水するにつれて其の差は減少するが, 略平水時の $H_{III}=10\text{cm}$ に於て実験式は暫定式の65%, 豊水位の限界 $H_{III}=18\text{cm}$ 位でもまだ暫定式に大きく, $7Q_s'$ は Q_r' の115% である。更に水位を増し $H_{III}=28\text{cm}$ 余で両者は同等に算出せられ, 其れから上の水位では逆に実験式 Q_r' は暫定式 Q_s' を超過するに至り, $H_{III}=50\sim 70\text{cm}$ で其の差約1割, $H_{III}=150\text{cm}$ になると差は約2割に達する。蓋し概観したところでは同じように見える流量曲線が, 細部では此のような著しい差異あることは, 一面から言つてそこに何等か相容れない傾向のあることが窺われるのであつて, 相互の修正や補正では近ずけることの出来ない条件があるものではなからうか。此のような差異の原因がどこにあるかは, まだ暫定式を検討する機会がないために, 今のところ不明であるが, 単に観察したところでは, 欠込堰堤の構造から来る差のように考えられる。即ち本欠込堰堤の主要な構造は, 欠込幅 1m 矩形のものを 1m 措きに7個を1線に並べてあるので, 欠込相互間には水流を遮ぎる壁がある。従つて壁の湛水池側では自然渦流が生じてくる。此の渦流は常に流量を減ずる方に仿くので, 流量に対して此の減殺力の割合が大きい間は, 実際の流量は小さくなる。然し増水して接近速度が漸次加わつて, 遂に此の影響の方が前記の渦流の影響よりも大きくなると, そこで実際の流量の方が大きくなるように考えられる。尙此のことは初沢の増水時にも起るのであるが⁽³⁾, 初沢では増水して多少接近速度が生ずるようになつて, 初めて並列の欠込から越水することになるので, 実際では両者の差引き程度で了つて, 問題とする程度の誤差にならないと考えられる。

桜井式は本流では暫定的の使用であつたとは云え, 大體の見当としても信じられたものであつて, 之れをかなり趣の変つた流量式に変更するに就ては, 此の際一応の比較調査の必要を感じるが, 本流量水所には暫定式検討に対して適當の設備無く且, 此の暫定式は本流としては毫も実験的のことが加味されたものでないから, 流量式の決定が急を要する今日に於ては, 此の吟味は後日の機会に譲つて, 単に (1_r) ~ (6_r) 式が本量水路に於ける唯一の実験式なることのみを思えば, とりあえず既往に遡つて本実験式を適用することが至当と考えられるのである。適用の結果は本報告の資料の如く, 此のような検討が進められることから考えて, 実験式の精度はかなり良好であるように思惟せられる。

翻つて, 実験式を其の資料の範囲外まで延長して適用する問題である。本流量式の場合で

は、低水の方は観測値が満水位近くまでであるから先ず問題外として、高水では実験値の 51~52cm に対して出現水位は、昭和 13~23 年の 11 ケ年間に $H_{III} \max > 60\text{cm}$ のこと 51 回、同 $> 80\text{cm}$ のこと 16 回、同 $> 100\text{cm}$ は 6 回を算して、その最高極水位は 175cm に達し、その流量 $Q_t' = 100\text{m}^3/\text{s}$ は最大実験値約 $14\text{m}^3/\text{s}$ の略 7 倍に当っている。然し此のような高水位の持続性を考えると、一般に甚だ短かく、例えば昭和 13~22 水年の 10 カ年平均の出現頻度表に依つて之れを求めると、50cm 以上が約 1%，年中の出現時間約 88 時間、60cm 以上では僅かに 0.23%，年中 20 時間余の出現に過ぎない。従つて全流出量を算出するような場合には、其の誤差を問題とするに足らないのであるが、其の都度の流量では幾分なりとも誤差が大きくなることは充分察せられる。然りと云つて、現在此の様な高水の範囲までも精度を落さないで実測することは、測器や設備の点で殆んど不可能であつて、別に補助的手段に依つて考察する以外にない。それには浮子測定などを試することも一つの手段で、之れ迄増水時に表流浮子で概測した結果は、(3_t) 式或は (6_t) 式の延長に接近している。又ここに算定された流量式の適用範囲と現地の流路の状態との関係が、次に述べるように相当の理由あることも、延長を考える一つの材料である。

流量曲線の実験常数がここに算定された (4_t)~(6_t) 式の如く、僅かな範囲で移動していることは、主として流量実測所附近の河道の状態に因るものと考えられる。今本流量水路及びそれに接する上流の河道縦断を観察すると、先ず量水路の上流端には一種の斉流装置となつてゐる横断の溝(幅の狭い淵)があり、其の上流部約 30m は概ね自然の河道(岩盤)で、其の上流の欠込堰堤に連なつてゐる。従つて、欠込堰堤を溢流した水は自然河道の転石の間を通り、斉流部を経て量水路 40m を流れるのであるが、此の様な地形のために、水位 H_{III} が約 9cm までの低水では量水路上端の斉流部が完全に其の作用を発揮して、此の部分では水面勾配が至つて小さく其の流れは最も緩やかである。之れが (1_t) 式及び (4_t) 式の適用範囲に相当している。次の (2_t) 及び (5_t) 式の範囲では、斉流部のすぐ上手の自然河道の流水と量水路の流水とが一線に連なる状態となつて、低水の場合に比べて一段と水面勾配が増加する。更に増水すると、欠込堰堤の脚部から量水路まで一線となつて流れる様になり、水面勾配の最も急な状態となつて、実験式の (3_t) 及び (6_t) 式を以て示されるようになる。この状況が本流量式が三式に分れた直接の大きい原因であろう。而して、更に大洪水となると欠込堰堤溢流水の上面から量水路水面までも一線に連なる場合が考えられるが、量水路底床面と欠込上端とでは高距 5.2m もあるから、両水面の連なるときは恐らく水位 $H_{III} > 300\text{cm}$ の場合であろう。之れ迄の最高水位は 175cm であつて、其の場合にも特に変つた状態は認められなかつたことから察して、水位 200cm 位のところまでは (3_t) 式或は (6_t) 式は其のまま延長しても特に大きい誤りはないであろう。次に逆に満水の場合に就て、(4_t) 式で流量 Q_t' が 0 となる水位を計算すると $H_{III} = 2.2\text{cm}$ となり、(4_t) 式は余り低水迄延長出来ないことが察せられる。

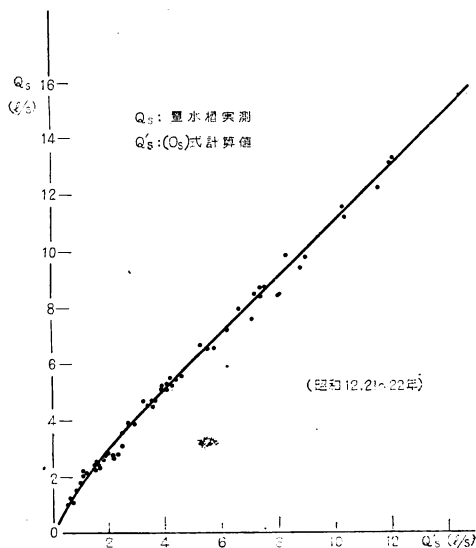
以上本流量式の細部にはまだまだ検討の余地はあるが、後に述べる集水地の降水量の精度とも考え合せると、一応はこの程度に依つて十分な調査研究を進めることが出来る様であるから、之れを以て本流量式の第1次決定式としたのである。

1. 1. 2. 初 沢 流 量 式

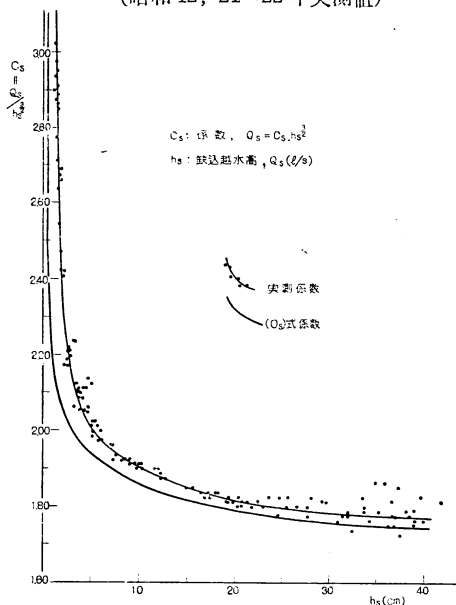
初沢流量式は本流の場合とは著しく趣が異つている。即ちここでは前掲の桜井式 (O_s) 式は第1回報告に記載の如く、既に同量水所の多数の実測流量に依つて検討を加えた結果⁽¹⁾誤差僅少なを確めて採用されたのである。従つて (O_s) 式は初沢に関する限りもはや暫定の意でなく、現地の実験式と同一に解して然るべきである。只其の適用範囲については前にも述べたように、実験式資料の範囲外に就て検討を要するのである。此のことは本式を決定された桜井博士が其の論文にも注意してあるように、同氏が (O_s) 式決定に使用の資料は、越水高 h は 3~23cm 程度⁽⁴⁾に過ぎず、之れに対して山田氏が当所の実測値を使つて比較したのは、初沢越水高 h_s が 3.7~40.4cm の際の測定結果である。即ち越水高の稍高いところまで比較されているが、此の型の流量式では、高水の部分にも湛水池が其の機能を失わないような大きさを持つて居れば、実験式の延長で充分精確な計算値を期待することが出来るので、此の際高水部は暫く措いて、低水以下の場合の不完全水脈の越流量について少しく検討を加えることとした。尙当所では更に増水して越水高 50cm を超えると、之れまで越水していた欠込の左右に設けてある各3個の欠込(巾 100cm 矩形)からも一斉に越水する装置⁽³⁾であるから、此の部分の流量式の適用には、特殊の手段を必要とするものと考えるが、前にも少しく述べたように、現在のように (O_s) 式を算術的に使用しても、特に大なる誤差は起らないと想われる。

初沢量水堰堤に於ける水位(越水高)の出現頻度は、昭和 13~22 水年の 10 カ年平均に依ると、最低 $h_s=0.1\text{cm}$ から 1.0cm までの出現頻度 4.5%, 3.0cm 以下では 27.8% の多きに達するが、高水部は甚だ少く、 h_s の 40cm を超える場合 2.3%, 50cm を超えることは 0.5%, 全年 2190 回の観測中僅かに 11 回に過ぎない(第7表(1)参照)。而して鋭縁堰に於て、越水脈が漸次不完全となり、やがて附着水脈を形成する際の流量は、完全水脈の流量式を延長した場合に比して、比例的には甚だ大きい差を見ることは、之れ迄の多少の実験結果にも報ぜられた⁽⁶⁾が、深く検討したものは見当らない。当所は上記のように、低水位の出現多く、そしてその水脈の状態を観察してみると、越水高 $h_s \approx 2.5\text{cm}$ で不完全水脈が始まり、更に $h_s \approx 1.3\text{cm}$ を下ると完全な附着水脈を形成する。今之れ迄の初沢流量実測成績の中から、越水高 3.5cm 未満の場合を採ると昭和 12. VII~VIII 月丸山氏の観測に 15 回⁽¹⁾、昭和 21, 22 年夏期筆者の観測に 55 回、両者を合して 70 回を得た。今之れを先ず図に依つて比較するため、毎回の実測流量と其の時の越水高に相当する (O_s) 式計算値とを直交座標上に記入すると第3図(1)の如くである。

第3図 (1) 初沢低水流量比較
(宝川)



第3図 (2) 初沢流量式係数比較 (宝川)
(昭和12, 21~22年実測値)



第3図(1)中の曲線は記入値に依つて目分量で両者の関係を示したもので、試みに此の曲線
で両者を読み取つて其の比を求めると第3表の如くなる。即ち越水高 1.0cm 以下になると実
際の溢流量は (Os) 式計算値の1倍半乃至2倍近くあり、越水高 2cm で2割, 3cm で約1割
の超過を示している。尙又第3図(2)は流量式の常数を、実測値と (Os) 式の計算値とで比
較したものであつて、不完全水脈になるに及んで流量の差が甚だ大きくなることは、はつきり
認められる。然して此の差は低水のみでなく、かなりの水位になるまで実測値が計算値よりも
大きくなつてゐるが、比例的には漸次接近し、実際上には $h_c=5\text{cm}$ を超えたものは、両者に
差異なしとして可い程度である。

第3表 初沢低水流量実測値と計算値との比較 (宝川)

越水高 (cm)		0.0	0.35	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8
流量 (l/s)									
実測値	Q_s	0.00	0.95	1.80	2.40	3.00	4.15	5.10	6.15
計算値	Q_s'	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00
比	Q_s/Q_s' (%)		190	180	160	150	180	128	123
越水高 (cm)		2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6
流量 (l/s)									
実測値	Q_s	7.15	8.15	9.10	10.10	11.00	12.00	12.95	13.80
計算値	Q_s'	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
比	Q_s/Q_s' (%)	119	116	114	112	110	109	108	106
越水高 (cm)		3.7	3.9	4.1	4.3	備考			
流量 (l/s)									
実測値	Q_s	14.60	15.25	16.32	17.17	越水高 h_c は計算流量 Q_s' の相 当水位である。			
計算値	Q_s'	14.00	15.00	16.00	17.00				
比	Q_s/Q_s' (%)	104	102	102	101				

第3表の比較に依つて、昭和13~22水年の10カ年平均の年流出量補正量を、其出現頻度表から計算した結果は、次節中に記載の如く平均12.3mmを増加されることとなり、平均年流出量1850mmに対して0.7%にも満たない量であるから、長期の流出量を対象とする場合には問題とするに足らないが、当地方の流況は極端から極端へと、非常に偏寄の傾向が強く、例えば初沢の渇水時期の月平均水位(h_s)が3cmに達しないことも往々出現するから、このような場合では月流出量の補正量が10%を超えている。平年の渇水位は $h_s=0.8\text{cm}$ であるから、其の補正量は+60%となる。然し絶対値は甚だ寡少である。

以上の比較に依つて、一般に稍長期間の流出量では、此の補正量を一々計算せず、特に渇水の比較検討などを行う場合は、第5表或は第6図(1)に依つた、補正流量を資料としたい。但し本篇の次項に記載する年流出量では、参考の為、一々之れを補正して比較してある。

1. 2. 年流出量の概況

本流量式がここに初めて決定したので、本試験区の流量、流出量は之れに依つて算出せられるので、之れまでの暫定式に依る略算値は凡て改算を要するが、細部の精算には今後相当の時日を要する。今のところ全流出量として毎日定時6回(2, 6, 10, 14, 18, 22時)観測に依る計算が、昭和13~22水年の10カ年に亘つて一通り済んだ。一方初沢の流出量は前掲(O_s)式に依つて、昭和13~20水年は増水時にはその水位変化に応じて、細部の計算をも加えた所謂精算結果があり、昭和21, 22の両水年は本流同様の定時6回観測からの算出が了つている。其れに対する前記の低水時補正は、水位の階級別観測回数統計表から計算することが出来る。更に初沢量水堰堤附近の漏水は、昭和17年夏季にその補修工事を行うまでは、表面に現われたものが多少あつて、之れについて昭和15. X. 20~23日に故林業試験場技師清野要博士が実測された結果がある。今之れ等の結果を綜合して、両集水地(試験区)の年流出量の概況を記し、併せて両者の比較を少しく述べよう。

尙ここに掲げる各数値の精度であるが、先ず全年の流出量では何れも精算値に近いものであつて、その誤差が $\pm 2\%$ に達する年は甚だ稀で、概ね $\pm 1\%$ 内外のもと考えてよいと思う。然し流出量に対比する集水地の降水量は、その算出方法について、一部大雨の量に対しては後章に調査したところに依つて、相当の規準を得たのであるが、年降水量の大部を占むる降雪量に関しては、上記雨量の調査から推しても、其の推算は最も困難なことが予想されるのであつて、之れはまだ今後の課題に残されている。今回は山田氏が第1回報告に記載⁽¹⁾せられた最も簡易な方法を以て算出した。従つて集水地降水量に関しては、流出率と共に将来数%程度の異動を来す年もあると想う。

I. 2. 1. 本流年流出量の概況

昭和 13~22 水年の 10 カ年間に就いて、本流第Ⅲ号水位計の記録 HⅢ から毎日定時 6 回の水位表を作つて、之れに今回決定した流量式 (4)~(6) 式を適用して、各年流出量を計算した結果は第 4 表に示すごとくである。参考のため観測基地(集水地の最下流、量水所と同地点) 1 カ所に於ける年降水量及び之れ迄の暫定流量式に依る年流出量略算値を併記した。

第 4 表 本 流 年 流 出 量 (宝川)

種 目 \ (昭和) 水年	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	平均
流出量(mm)(決定流量式)	3275	3335	3142	2685	2565	2937	3337	4089	2810	3325	3117
観測基地の降水量 (mm)	2291	1990	2109	1963	1931	2080	2047	2846	2018	2303	2158
暫定式の略算流出量(mm)	3501	3229	3316	2975	2795	3116	3412	4211	×	×	3319
同 上 の 差 (mm)	+226	+194	+174	+290	+230	+179	+105	+122	×	×	+190

備考 (i) 当地の水年は前年 XI. 1 日から其の年 X. 31 日迄である。

(ii) 集水地降水量は後の初沢との比較の際に掲げる。

(iii) 略算流出量の差は決定流量式算出値との比較である。

年流出量は 10 カ年平均で 3117mm を算し、最も多い年では近來の多雪年であつた昭和 20 水年が 4000mm を超え、本邦平野地方多雨地区の全年降水量に比べても悠に 2 倍に達している。最も少い年であつても 2565mm (昭和 17 水年) を示し、各年とも集水地最下端の降水量を著しく超過した流出量がある。即ち観測基地に於ける降水量は流出量に対して、平均 69% に過ぎず、之れで流出率を求めると 144%，流出量は降水量の 1 倍半に近いこととなる。如何に上流奥地の多雨多雪なるかを窺うことが出来ると思う。特に奥地の多雪は一見想像さえ困難な程度に達する。

参考のため掲げた暫定式に依る略算の流出量との比較は、前記比較の結果に依つても大体窺知せられるように、各年とも決定式の算出値が寡少であつて、8 カ年平均の差が +190mm、年流出量に対して約 6% の差となつている。各水年では増水の模様によつてかなり開きがあつて、雪汁増水の如く高水が比較的長く持続した年、例えば多雪の昭和 19 及び 20 水年の如きは、其の差比較的小さく年流出量に対して 3% 程度であるが、其の反対の昭和 16 及び 17 水年の如きは其の差 10% 内外に達している。多雪の影響は此のようなところにも現われている。

次に年流出量の状況を水位(流量)の階級別観測回数(頻度)で示すと第 5 表(1)の如く、之れに依つて期間曲線及び頻度曲線を描き、期間曲線から**渴水量**(年間流量と称し 1 年の内 10 日以上は之れより下らない)、**低水量**(9 ヶ月流量、1 年の内 90 日以上は之れより下らない)、**平水量**(6 ヶ月流量、1 年の内 180 日以上は之れより下らない)、**豊水量**(3 ヶ月流量、1 年の内 270 日以上は之れより下らない)を求めたる結果は第 4 図の如く、又月平均流出量に依る週年変化を観測基地降水量の夫れ(第 8 表(1)参照)と共に示すと第 5 図の如くである。流況の特性は之れ等に依つて顯著に現わされている。

第5表 (1) 水位・流量階級別観測回数 (毎日6回観測)

集水面積 1905.66ha

昭和13~22 水年

本流量水所

水位標零位標高

800m

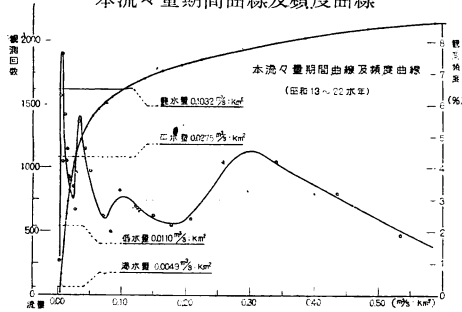
利根川水系宝川本流谷

階級 種別	相 当 流 量 (m³/s)		階 級 上 限 流 量 (m³/s : km²)	10 年 平 均						備 考 (m³/s : km²)
	観 測	(: km²)		観測 回数	〃 左 累 計	〃 左 日数換算	観測頻 度(%)	〃 左 累 計		
水位 H _{III} (cm)										
3.0— 3.4	0.031	0.0016	0.0020	—	—	—	—	—	> 渴水量 (60回) 0.0049 4.5cm	
3.5— 3.9	0.052	0.0027	0.0032	—	—	—	—	—		
4.0— 4.4	0.075	0.0039	0.0045	25	25	4.2	1.1	1.1		
4.5— 4.9	0.102	0.0054	0.0059	139	164	27.3	6.3	7.5		
5.0— 5.4	0.132	0.0069	0.0076	167	331	55.2	7.6	15.1		
5.5— 5.9	0.164	0.0086	0.0093	91	422	70.3	4.2	19.2	> 低水量 (540回) 0.0110 6.3cm	
6.0— 6.4	0.197	0.0103	0.0111	126	548	91.3	5.7	25.0		
6.5— 6.9	0.234	0.0123	0.0131	92	639	106.5	4.2	29.1		
7.0— 7.4	0.273	0.0148	0.0152	100	740	123.3	4.6	33.7		
7.5— 7.9	0.314	0.0165	0.0174	81	821	136.8	3.7	37.4		
8.0— 8.4	0.358	0.0188	0.0197	79	900	150.0	3.6	41.0	> 平水量(1080回) 0.0275 9.7cm	
8.5— 8.9	0.403	0.0212	0.0221	69	968	161.3	3.1	44.1		
9.0— 9.4	0.456	0.0239	0.0252	74	1043	173.8	3.4	47.6		
9.5— 9.9	0.522	0.0274	0.0289	60	1103	183.8	2.7	50.3		
10.0—10.9	0.634	0.0333	0.0369	120	1223	203.8	5.5	55.8		
11.0—11.9	0.791	0.0415	0.0454	100	1323	220.5	4.6	60.4		
12.0—12.9	0.961	0.0505	0.0546	85	1408	234.7	3.9	64.2		
13.0—13.9	1.15	0.0604	0.0646	61	1468	244.7	2.8	67.0		
14.0—14.9	1.34	0.0703	0.0751	54	1523	253.8	2.5	69.5		
15.0—15.9	1.55	0.0814	0.0861	43	1566	261.0	2.0	71.5		
16.0—17.9	1.87	0.0982	0.1092	73	1639	273.2	3.3	74.8	> 豊水量(1620回) 0.1032 17.5cm	
18.0—19.9	2.34	0.123	0.1349	62	1701	283.5	2.8	77.6		
20.0—21.9	2.86	0.150	0.1633	54	1755	292.5	2.5	80.1		
22.0—23.9	3.41	0.179	0.1927	49	1804	300.7	2.2	82.3		
24.0—25.9	3.99	0.209	0.2242	52	1855	209.2	2.4	84.6		
26.0—29.9	4.94	0.259	0.2924	92	1947	324.5	4.2	88.8		
30.0—34.9	6.47	0.340	0.3848	93	2040	340.0	4.2	93.1		
35.0—39.9	8.28	0.435	0.4825	70	2110	351.7	3.2	96.3		
40.0—44.9	10.20	0.535	0.588	42	2151	358.5	1.9	98.2		
45.0—49.9	12.27	0.645	0.698	21	2173	362.2	1.0	99.2		
50.0—59.9	15.68	0.824	0.945	14	2187	364.5	0.6	99.8		
60.0—69.9	20.57	1.081	1.213	3	2190	365.0	0.1	99.9		
70.0—79.9	25.92	1.360	1.507	1	2191	365.2	0.0	100.0		
≤80.0	31.71	1.664		1	2191	365.2	0.0	100.0		
合 計				2191	2191	365.2	99.9	100.0		

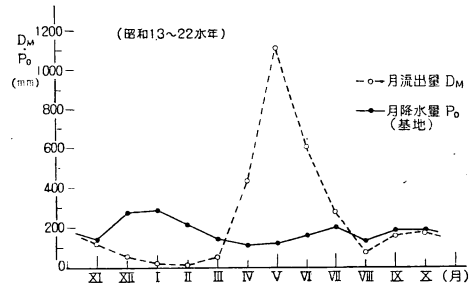
備考 (i) 第Ⅲ号水位計記録 H_{III} の毎日定時6回観測水位表に依る。

(ii) 相当流量は水位階級両端水位の流量を平均した値であつて、観測は本量水所の絶対値、
: km² は標準面積 1km² 当りにしたる値である。

第4図 (宝川)
本流々量期間曲線及頻度曲線



第5図 (宝川)
本流々出量及基地降水量年変化



流況の最も顕著な特性は、盛雪期の渇水と之れに対照的な春、夏期の雪汁増水が過剰なることである。即ち一般に年流出量が著しく多量であるにもかかわらず、渇水量或は低水量などが甚だ過少で、そして豊水量との懸隔は益々大きくなっている。第4図に求めた各種流量の比較を記すると第5表(2)の如くである。

第5表(2) 本流各種流量比較 (宝川・昭和13~22水年)

流量 種目	平 年 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$)	相 互 基 準 の 比				附 近 地 方 別 流 量 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$) 対 照				
		渇水	低水	平水	豊水	東北	奥羽	関東	北陸	平均(宝川比)
渇水量	0.0049	1.00	0.45	0.18	0.05	0.0128	0.0179	0.0146	0.0258	0.0178(3.63)
低水量	0.0110	2.24	1.00	0.40	0.11	0.0192	0.0272	0.0211	0.0426	0.0275(2.50)
平水量	0.0275	5.61	2.50	1.00	0.27	0.0279	0.0427	0.0324	0.0658	0.0422(1.53)
豊水量	0.1032	21.06	9.38	3.75	1.00	0.0456	0.0753	0.0511	0.1110	0.0708(0.69)

- 備考 (i) 各種流量は10カ年平均の観測回数(期間曲線)から求めた。
(ii) 各種流量の比は河況(流況)を表わす目安となる。
(iii) 附近地方別流量は逓信省電氣局編纂の大正8~昭和4(1919~1929)年流量要覧(昭和8.X月刊)に拠つたもので、巻頭の一覧表の地方別流量から採り4地方の平均を求めた。この平均値の宝川の量に対する割合が(宝川比)である。

第4, 5図及び第5表に依つて本流々況について総合的に概要を述べよう。

先ず求められた各種流量を見ると、渇水量が過少、豊水量のみが過剰なことが一見してわかる最も顕著な特徴である。前掲10カ年平均の年流出量3117mmは1年の総平均流量とすると $0.0988 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ となつて、略豊水量に匹敵した大きさであつて、平水量の3.6倍、低水量の9倍、渇水量の実に20倍である。如何に一部高水期間のみの流出が全年流出量を左右しているかが知られる。即ち流況の概要を表わす各種流量の比を見ると、渇水量基準に於て豊水量は其の21倍にも達するが、平水量となると5.6倍に激減する。渇水量は平水量の僅かに2割に満たず、豊水量は平水量の3.8倍を算する。之れを附近の主なる降雪地方4区の発電水力地点の平均水量に比べて、甚だしく異常なことが目立つている。即ち地方平均では渇水量が宝川の3.6倍なるものが、平水量は約1倍半に接近し、豊水量では反対に宝川の7割弱、当所の

方が4地区平均の約1倍半を算する。このことは当所の年流出量の過多が、主として雪汁の増水など、急激な増水部に依存していることを、明らかに物語っている。第5図の年変化は序上の事項を最も良く示している。

即ち年変化は、Ⅹ月下旬からⅪ月初めにかけて毎年寡雨なること多く、流出量は漸減しつつ続いて降雪期に入るために、流水は急減する。Ⅺ月の降水量はⅪ月の2倍に近いが概ね全部が降雪であるため、流出量は前月の半ばに満たず、Ⅰ月、Ⅱ月と此の傾向益々顕著となり、最も渇水するⅡ月の流出量は平均15mmに過ぎず、年流出量に対して0.5%である。Ⅲ月半ば過ぎから多少融雪の影響見られ、Ⅴ月を中心にⅣ～Ⅵ月の間は雪汁最盛期であつて、Ⅴ月平均流出量は1100mmを超ゆる多量であつて、雪汁の影響の明瞭なⅣ～Ⅵ月の4ヶ月流出量は2435mm、年流出量の78%、約8割が年の3分の1の期間に流出している。尙Ⅵ～Ⅶ月には梅雨及び時に来襲する台風の雨で、稍多雨なる影響の加わることも認められるが、残雪融解水の増水に比べて大したものではない。Ⅶ月半ば過ぎには概ね雪汁も終つて続いてⅧ月の寡雨と高温に因つて、流量急減して例年夏期の渇水が現われる。Ⅸ月に入ると秋の梅雨と謂われる秋霖型の降雨に、時に台風来襲して大雨あり、記録的の洪水の出現するのは概ね此の月であつて、平均月流出量は前月の約2倍を算する。台風の来襲は年に依つてⅩ月にも多いことあり、下旬には時雨型の降雨を見ることもあつて、平均月降水量はⅨ月同等、或は僅かに多雨の程度であるが、降温の時期として蒸発消失水量を減じ、前月多雨を基礎として、流出量は前月に比べて約15%の増加である。以上の如く、流況が地表で観察せられるところに従つて顕著な変化を繰り返すことは、集水地全般に地表水のみに敏感で、俗に云う水持ちの悪い、荒れ川の特徴が顕著である。

又第4図中の頻度曲線に依つて流況を観察すると、是亦他の地方では通常見られない特異な型式であることがわかる。即ち渇水の方から之れを観ると、第1の渇水頻度の最大は主として冬期、一部夏期Ⅷ月の渇水期の現われであつて、次いで、流量 $0.045 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ 附近、水位12cm附近の頻度が再び増加することは、通常の如く平水附近の集中であつて、最後の $0.300 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ 、 $H_{\text{III}}=80\text{cm}$ 附近の山は、全く雪汁期の豊富な流量が相当の持続性あることを表わしているのである。

1. 2. 2. 初沢年流出量の概況

初沢流出量の計算には、当初から引続いて(O_s)式を使用することになり、之れに依つて昭和13～20水年は定時6回観測の他に水位変化の大きい区間は、補充の計算をも加えた所謂精算流出量が算出せられ、其の後の昭和21、22水年は毎日6回観測から求めた流出量が計算せられている。之れに対して低水時の不完全水脈の越水に因る補正流量は、第7表(1)の水位階級別観測回数各年別統計表と第3表の補正係数(比)とを使用して、毎年間について

求められる。

又初沢区の中流部以下の右岸は未だ充分に固結していない第四紀押出地に依つて隣接溪谷(本流区板幽沢)と界して居り、其の下部基盤の傾斜を併せて考察すると、此の地質構造に依つて集水地外への滲漏水のあることは、第1回報告⁽¹⁾に山田氏も記述せられたところであつて、此の中、特に同区の量水設備の築設に因つて助成された、其の附近の地表からの漏水量に就ては、前記の如く清野要博士が現地調査の結果、この漏水の大部分は湛水池の底から深く透過して量水堰堤の下部に浸出することを発見して、昭和 15. X. 20~23 日に同氏が現地で測定した結果、当時量水堰堤からの溢流量が 2.5 l/s 内外(巾 100cm 矩形欠込堰水高約 1.2cm)なるに対して、湛水池への流入量は、それよりも約 1 l/s 多く、つまりこの約 1 l/s が湛水池からの漏水量であることを示された。又此の測定の際に湛水池に達する迄の上流溪水について、数区間で同様の測定を行つたが、湛水池までの自然河道ではこの様な漏水量或は滲漏水量は測られなかつた。今上記の漏水量を初沢区集水面積の流出量に換算すると、

$$1 \text{ l/s} = 0.0733 \text{ mm/day} = 26.8 \text{ mm/year}$$

となる。而して此の漏水は主として湛水したために生じたものであるから、増水時は水位の増嵩に依つて一時漏水量が増加するであろうが、湛水池水位は常に 1.1m 以上であつて其れから漏水の径路は土層数米乃至数 10 米の厚さに達するのであるから、増水の継続は一般に短時間で其の影響は、問題にする程には至らないものと考えられる。従つて、概括的に上記の漏水量を全年を通じ一様に使用しても大過ないと考える。尙此の漏水に関して、昭和 17 年夏期に湛水池の底及び周囲にも補装を行つて、上記のような眼に見えた漏水は殆んど認められなくなつた。此の間の事情は各年の水位階級別観測回数数の統計表に依つて、補装後の昭和 18 年には極めて低水位となることが、稍急に減少したことからも窺知せられる。然し根本的地質構造から現われる自然的の滲漏水に就ては、今のところ之れに触れたるものなく、数量的には何等の手がかりも未だ得ていない。只後に本流区との比較から推算する試みが、多少の参考となるであらう。

今上記の 2 つの補正(附着水脈と湛水池漏水)を、前記 (O_s) 式適用に依つて算出した各年流出量に施し、第 4 表本流区の場合と同様に観測基地降水量と共に示すと第 6 表の如くである。

第 6 表 初 沢 年 流 出 量 (宝 川)

種目	(昭和)水年	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	平均
(O _s) 式算出流出量 (mm)		1927	1711	1794	1685	1423	1723	1955	2399	1638	1985	1824
低水時の補正流出量 (+) (mm)		11.8	14.6	14.1	7.4	15.7	12.3	9.7	12.6	13.8	10.6	12.3
漏水補正流出量 (+) (mm)		26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4
補正流出量 (mm)		1965	1752	1835	1719	1470	1735	1965	2412	1651	1995	1850
観測基地降水量 (mm)		2291	1990	2109	1963	1931	2080	2047	2346	2018	2303	2158

備考 (i) 水年は前年 X. 1 日から本年 X. 31 日までである。

(ii) 湛水池補装後(昭和 18 年以後)は地表漏水量を 0 とした。

第7表 (1) 水位・流量階級別観測回数 (毎日6回観測)

集水面積 117.90 ha
昭和13~22水年 初澤量水所 水位標零位標高 803 m 利根川水系宝川初沢谷

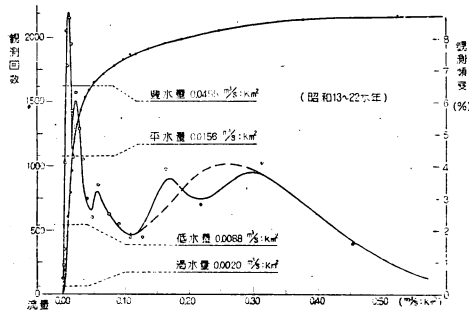
階級 種目	相当流量		補正 係数 ×	補正相 当流量 (標準) (m ³ /s : km ²)	補正上 限流量 ([〃]) (m ³ /s : km ²)	10年平 均					備 考 (m ³ /s : km ²)
	観測 (l/s)	標 準 (m ³ /s : km ²)				観測 回数	同左 累計	同 左 回数に 換 算	観測 回数 %	同左 累計	
越水高 h _r (cm)											
0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0.1	0.097	0.0001	—	0.0003	0.0003	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	
0.2	0.23	0.0002	2.50	0.0005	0.0005	2	2	0.3	0.1	0.1	
0.3	0.41	0.0003	2.10	0.0007	0.0007	4	6	1.0	0.2	0.3	
0.4	0.59	0.0005	1.88	0.0009	0.0009	12	18	3.0	0.5	0.8	
0.5—0.6	0.92	0.0008	1.82	0.0016	0.0016	20	38	6.3	0.9	1.7	> 渴水量 (60回)
0.7—0.8	1.42	0.0012	1.63	0.0020	0.0021	30	68	11.3	1.4	3.1	
0.9—1.0	1.98	0.0017	1.50	0.0026	0.0027	30	98	16.3	1.4	4.5	0.0020 0.8cm
1.1—1.5	3.11	0.0026	1.37	0.0036	0.0044	90	133	31.3	4.1	8.6	
1.6—2.0	4.92	0.0042	1.23	0.0052	0.0059	89	277	46.2	4.1	12.6	
2.1—2.5	6.98	0.0059	1.16	0.0068	0.0077	179	455	75.8	8.2	20.7	> 低水量 (540回)
2.6—3.0	9.25	0.0078	1.12	0.0087	0.0097	155	610	101.7	7.1	27.8	0.0088 2.8cm
3.1—3.5	11.7	0.0099	1.08	0.0107	0.0117	183	798	133.0	8.6	36.4	> 平水量 (1080回)
3.6—4.0	14.3	0.0121	1.05	0.0127	0.0138	171	969	161.5	7.8	44.2	
4.1—4.5	17.2	0.0146	1.02	0.0149	0.0158	124	1093	182.2	5.7	49.8	0.0158 4.5cm
4.6—5.0	20.1	0.0170	1.01	0.0172	0.0183	95	1187	197.8	4.3	54.2	
5.1—6.0	24.9	0.0211	1.00	0.0211	0.0236	138	1325	220.8	6.3	60.6	
6.1—7.0	31.7	0.0268	1.00	0.0268	0.0295	114	1439	239.8	5.2	65.7	
7.1—8.0	38.9	0.0329	1.00	0.0329	0.0358	93	1532	255.3	4.2	70.0	
8.1—9.0	46.6	0.0395	1.00	0.0395	0.0425	66	1598	266.3	3.0	73.0	> 豊水量 (1620回)
9.1—10.0	54.7	0.0463	1.00	0.0463	0.0495	52	1650	275.0	2.4	75.3	
10.1—12.0	67.8	0.0574	1.00	0.0574	0.0646	75	1724	287.3	3.4	78.7	0.0455 9.5cm
12.1—14.0	86.2	0.0730	1.00	0.0730	0.0808	55	1779	296.5	2.5	81.2	
14.1—16.0	106.1	0.0898	1.00	0.0898	0.0934	49	1828	304.7	2.2	83.4	
16.1—18.0	127.3	0.1076	1.00	0.1076	0.1170	40	1868	311.3	1.8	85.2	
18.1—20.0	149.8	0.1270	1.00	0.1270	0.1365	39	1907	317.8	1.8	87.2	
20.1—25.0	192.5	0.1634	1.00	0.1634	0.1891	86	1993	332.2	3.9	90.8	
25.1—30.0	257.7	0.2185	1.00	0.2185	0.2468	62	2055	342.5	2.8	93.6	
30.1—40.0	368.5	0.3125	1.00	0.3125	0.3773	90	2145	357.2	4.1	97.7	
40.1—50.0	531.5	0.4506	1.00	0.4506	0.5232	35	2180	363.3	1.6	99.4	
50.1—60.0	712.8	0.6039	1.00	0.6039		8	2188	364.7	0.4	99.8	
≥60.1	909.7	0.7707	1.00	0.7707		3	2191	365.2	0.1	100.0	
合 計						2191	2191	365.2	100.1	100.0	

備考 (i) 昭和13水年は毎日6回の日平均水位の階級別回数(日数), 昭和20. X月は欠測で同水年は11箇月の観測回数であるが, 何れも比例的に全年回数(2190)に換算して累年平均を求めた。

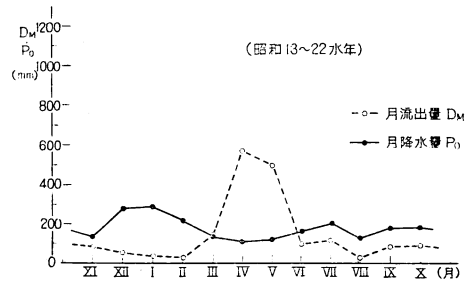
(ii) 補正係数は低水附着水脈による補正をする為に相当流量に乗ずる数, 第5表参照。

又本流の場合と同様に、毎日6回観測の水位、流量階級別観測回数の10カ年平均を採ると第7表(1)の如く、其れに依つて流量期間曲線及び頻度曲線を描いて、各種流量(渴,低,平,豊水量)を求めたる結果は第6図の如く、平均月量で年変化を示すと第7図の如くである。但し何れも不完全水脈、附着水脈に対する流量補正だけは施した結果を使用した。

第6図 初沢流量期間曲線及頻度曲線
(宝川)



第7図 初沢流出量及基地降水量年変化
(宝川)



図表に依る特徴は前掲本流の場合によく似ている様だが、細かいところにはかなりの差異が観られるのであつて、先ず各種流量を採つて比較すると第7表(2)の如くである。

第7表(2) 初沢各種流量比較 (宝川・昭和13~22水年)

種 目	流 量 (m³/s : km²)	相 互 基 準 の 比				4 地 方 平 均 比 較		
		渴 水	低 水	平 水	豊 水	m³/s : km²	比	宝 川 比
渴 水 量	0.0020	1.00	0.23	0.13	0.04	0.0178	1.00	8.90
低 水 量	0.0088	4.40	1.00	0.56	0.19	0.0275	1.54	3.13
平 水 量	0.0156	7.80	1.77	1.00	0.34	0.0422	2.37	2.71
豊 水 量	0.0455	22.75	5.17	2.92	1.00	0.0708	3.98	1.56

備考 (i) 各数値は本流の場合の第5表(2)と同じ意味である。

(ii) 概ね附着水脈の誤差だけは補正した結果から求めた。

(iii) この様な微小流量の検討には後に記する滲漏水量の補正が必要である。

前掲の第6, 7表及び第6, 7図に依つて、初沢試験区の年流出量の概況を観るに、10カ年平均流出量は1850mmを算して基地降水量の86%に当り、本集水地ではその平均降水量が最下部の夫れに比較的接近していることが察せられる。各年流出量では、矢張り多雪の昭和20水年が最も多量で2412mm、最も少い年は昭和17水年の1470mmであつた。此の比1.64:1で、豊水年は渴水年の1倍半を超え、そして各年流出量は降雪量、雪汁量の多寡で左右せられる傾向は本流区同様に顕著である。而して雪汁期はⅢ~Ⅴ月の3カ月間で終り、同期間量1214mmは年流出量の66%、約3分の2に相当している。Ⅵ月は既に雪汁の影響殆んど無く、概ね梅雨期の流出状況が保たれ、続いてⅦ月は前月に比して稍多雨なる為流出量も亦多少増加する。又此の月は時に大雨来襲して洪水を見ることもある。其の後に続くⅧ月は寡雨と蒸発旺

盛なるに因つて流量は急減して例年夏期渇水となり、年中の最小流量を出現することが多い。Ⅸ月は秋霖型降雨や台風性大雨で一般に流出量を増すと同時に、時々大洪水を記録する。Ⅹ月も引続いて多雨で流出量は稍豊富なるも、月半ば以後に一時秋晴れの天候あり且降水はまだ殆んど雨であるから、此の月を水年の終りとしている。Ⅺ月に入ると漸次時雨空に屢々降雪を見て、月半ば以後には本集水地にも奥地は積雪を見るため、流出量は前月より幾分減少する。Ⅻ～Ⅰ月は盛雪期であつて流出量は漸減し、Ⅰ月は最も寡少で月流出量 30mm に過ぎず、年流出量の 1.6% である。Ⅱ月中旬から融雪の増水始まり、間もなく顕著な雪汁期がⅤ月中持續する。

次に各種流量を見ると、其の開きが特に大きいことが目立つている。そして其の絶対値も年流出量の豊富さに比べて特に過少である。渇水量基準では豊水量は約 23 倍、平水量は約 8 倍に近い。附近地方の平均値では豊水量は渇水量の約 4 倍、平水量は 2.4 倍なる流況とは、全然別個の状況を見るものと思われる。而して之れには前に少しく記したる同集水地の地質構造に因る自然の滲漏水のあることが、一つの原因になつていゝと考えられる。それは全体としては僅少であつても、基底流量がそれだけ減少しているのであるから、渇水量、低水量に対して最も大きい影響となるからである。後に出水経過について詳しく述べる如く、水の出方としては本流に比して明らかに緩やかな初沢が、ここでは却つて極端な流況を示すことは、何等かそこに特殊な事情がかくされているものと考えられる。尙この滲漏水については次項に少しく触れるところがある。

第6図に描いた頻度曲線に現われた特性点について、この第1渇水の最大頻度は、本集水地では夏期Ⅷ月の渇水で現われ、第2の渇水が冬期の渇水に当つている。此の点次節の本流との比較に於て述べる如く、集水地位置の僅かな差に因つて稍顯著に現われた特性である。次の小さい山は平均流量附近に当り、其れ以上の流量の出現は一旦急減して、更に雪汁増水のところで明らかに頻度を増加している。此の場合2つの山が描かれたのは、其の階級の採り方の不適当に依るものの如く、之れを適当に採れば図中破線で示すような経過を見ることと考えられる。尙 10 カ年間もの平均の頻度曲線が此の様に複雑な形を成すことは、此の地方として亦水源地区の流況の特性である。

Ⅰ. 2. 3. 本流及び初沢の年流出量比較

前2項に掲げた両集水地(試験区)の流出量及び流況を少しく比較しよう。蓋し此処に比較する年流出量は前記の如く、かなり精算値に近い程度に算出されているのであるが、之れに対比する集水地降水量は、全般的にもまだまだ欠くところ多く、就中降雪量の推定の如きは大概の見当をつける程度に過ぎないのであつて、従つて流出率は大要を示している程度と考えられる。一般に降水量の計算は流出量とは反対に、期間が長くなるにつれて、其精度が寧ろ低下

する場合が考えられる。後に顕著な降雨の集水地雨量の調査を行う如く、毎回の大雨ではその特性をつかんで、実地に適応した観測値の見方、扱い方に依つて、集水地雨量として精度を高め得ることを明らかにしたのであるが、之れが多数回の降雨では、中に特性が不明瞭で充分検討の及ばない場合も屢々起るから、其誤差は他にも及ぼすのであり、又現用雨量計の観測値の誤差は常に一方的（寡少の方にのみ測定される）であるから、此の点からも全雨量では概略値程度となることが屢々ある。降、積雪量に至つては現在どのような観測を行つても、或程度以上を望むことは不可能に近いと謂わねばならない。

第1回報告⁽¹⁾に於て山田氏は、各年集水地降水量（昭和14～17年）の概算に際して、最も簡易に海拔高度に依る降水量分布を基とした方法を採用した。即ち各年夏季の雨量分布、同冬季の積雪深度分布を観測地点の海拔高度に従つて図示したる結果、高度と雨量、積雪量との関係が概ね直線的であることから、両集水地の平均高度（本流 1391m、初沢 1067m）に相当する量を各年の関係直線から求めて、それと観測基地量との比に依つて集水地平均量を計算するのであつて、勿論或程度略算的のものであるが、或程度の限界に於て見当づけられるものとする、最も簡便な算出法と謂わねばならない。ここに或限度と云つても之れだけではつかみようがなく、どの程度の資料に供せられるかも計り難いが、当地の現状では他に代る方法とて検討されていない状態であるから、本篇では一先ず山田氏の方法を採用することとした。一応計算した結果では、年に依つて流出率が100%を越すような矛盾を来した場合が現われるなど、かなり大きい範囲に振れのあることは察せられる。

注意すべき事項は表の備考欄にも記載したる如く、集水地降水量の推算は上記山田氏の方法に準拠して計算し、前掲年流出量と共に其の流出概況を示せば第8表(1)の如く、両試験区の

第8表(1) 本流及び初沢の年流出概況 (宝川)

(昭和) 種 目 水年		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	平 均
本 流 区	流 出 量 (mm)	3275	3035	3142	2685	2565	2937	3307	4089	2810	3325	3117
	集水地降水量(mm)	4127	3314	3736	3235	3303	3149	3607	4794	3480	3845	3673
	流 出 率 (%)	79	92	84	79	78	93	92	85	81	86	85
	最 大 流 量 極 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$)	1.051	2.075	1.823	1.324	2.759	1.640	2.293	2.151	1.359	5.229	5.229
	最 小 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$)	0.004	0.004	0.004	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	(13. I, II) 0.004
初 沢 区	流 出 量 (mm)	1965	1752	1835	1719	1470	1735	1965	2412	1651	1995	1850
	集水地降水量(mm)	2837	2404	2378	2476	2402	2563	2521	3699	2498	2812	2659
	流 出 率 (%)	69	73	77	69	61	68	78	65	66	71	70
	最 大 流 量 極 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$)	0.654	1.428	0.867	0.769	1.578	1.244	1.211	1.812	0.740	6.324	6.324
	最 小 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$)	0.000	0.002	0.000	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	(22. IX) 0.000

備考：集水地降水量の推算に使つた係数は、年に依り不適合と思われたものには数カ年の平均値を適用したものがある。

平年各種流量を比較したるものは、第8表(2)の如くである。又月平均流出量並に降水量に就て、いろいろの比較を第9表に掲げた。以下此れ等の比較表に依つて考察した結果の概要を記述しよう。

第8表(2) 本流及び初沢の各種流量比較 (宝川・昭和13~22水年)

各種流量 (m ³ /s : km ²)	平均流量	渇水量	低水量	平水量	豊水量	最大極	最小極	比 (河況係数)
本 流 区	0.0988	0.0049	0.0110	0.0275	0.1032	5.229	0.0040	1307
初 沢 区	0.0586	0.0020	0.0088	0.0156	0.0455	6.324	0.0003	21080
差	0.0402	0.0029	0.0022	0.0119	0.0577	—1.095	0.0037	
比(1)・本流/初沢	1.69	2.45	1.25	1.76	2.27	0.83	13.33	0.06
"(2)・初沢/本流	0.59	0.41	0.80	0.57	0.44	1.21	0.08	16.14
"(3)・(2)の比率	1.00	0.69	1.36	0.97	0.75	2.05	0.14	27.36

- 備考 (i) 平均流量は10カ年平均年流出量(mm)を年平均日数365.2に依つて全年平均流量m³/s : km²とした結果である。
(ii) 比の(3)は(2)の平均流量比0.59を1.00としたときの各種流量の比である。
(iii) この様な微小流量の比較には初沢流量に更に滲漏水量の補正が必要である。

第9表 月流出量と月雨量 (宝川・昭和13~22水年)

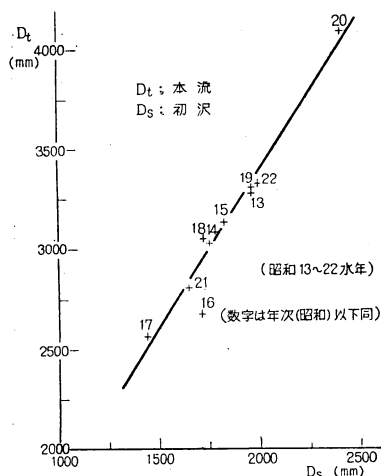
(水年) 月	本 流		初 沢		比 較			観測基地降水量及び比較			
	平均 流出 量	流出 量率	平均 流出 量	流出 量率	本流と 初沢と の 差	" "	" " 積算	平均 降水 量	降水 量率	雨量率と流出 量率との累差	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(%)	(mm)	(%)	本流 (%)	初沢 (%)
XI	123	3.9	86	4.6	— 37	+ 0.7	+ 0.7	141	6.5	+ 2.6	+ 1.9
XII	52	1.7	58	3.1	+ 6	+ 1.4	+ 2.1	275	12.8	+13.7	+11.6
I	24	0.8	40	2.2	+ 16	+ 1.4	+ 3.5	292	13.5	+26.4	+22.9
II	15	0.5	30	1.6	+ 15	+ 1.1	+ 4.6	217	10.1	+36.0	+31.4
III	54	1.7	149	8.1	+ 95	+ 6.4	+11.0	145	6.7	+41.0	+30.0
IV	442	14.2	566	30.6	+ 124	+16.4	+27.4	109	5.1	+31.9	+ 4.5
V	1104	35.4	499	27.0	— 605	— 8.4	+19.0	119	5.5	+ 2.0	—17.0
VI	636	19.4	100	5.4	— 506	—14.0	+ 5.0	160	7.4	—10.0	—15.0
VII	283	9.1	112	6.1	— 171	— 3.0	+ 2.0	201	9.3	— 9.8	—11.8
VIII	79	2.5	33	1.8	— 46	— 0.7	+ 1.3	134	6.2	— 6.1	— 7.4
IX	156	5.0	83	4.5	— 73	— 0.5	+ 0.8	182	8.4	— 2.7	— 3.5
X	179	5.7	94	5.1	— 85	— 0.6	+ 0.2	183	8.5	+ 0.1	— 0.1
年	3117	(99.9)	1850	(100.1)	—1267	(±0.0)	(±0.0)	2158	(100.0)		

- 備考 (i) 初沢月流出量には第6表補正量を適当に加えてある。次に述べる滲漏水の補正はしていない。
(ii) 月量率は日数の差異に対する更正はしていない、単に月量の年量に対する比(%)である。
(iii) 差の符号は本流と初沢とでは本流基準、雨量と流出量とでは流出量基準とする。従つて「+」は初沢区に大、「—」は本流区に大である。

第9表の続き 月流出量と月雨量 (宝川・昭和13~22水年)

(水 年) 月	集水地雨量推算			月雨量率		保留雨量		保留月雨量率		保留雨量率	
	基地平均月量 (mm)	本流平均月量 (mm)	初沢平均月量 (mm)	本流 (%)	初沢 (%)	本流 積算 (mm)	初沢 積算 (mm)	本流 積算 (%)	初沢 積算 (%)	本流 (%)	初沢 (%)
XI	141	299	192	8.1	7.2	+176	+106	+4.2	+2.6	59	55
XII	275	583	374	15.7	14.0	707	422	+18.2	+13.5	80	75
I	292	619	397	16.8	14.9	1302	779	+34.2	+29.2	87	81
II	217	460	295	12.5	11.1	1747	1044	+46.2	+35.7	89	83
III	145	307	197	8.4	7.4	2000	1092	+52.9	+35.0	88	75
IV	109	143	121	3.9	4.5	1701	647	+42.6	+8.9	71	41
V	119	156	132	4.2	5.0	753	280	+11.4	-13.1	29	16
VI	160	210	178	5.7	6.7	357	353	-2.3	-11.8	13	19
VII	201	263	223	7.1	8.4	337	469	-4.3	-9.5	11	22
VIII	134	176	149	4.8	5.6	434	535	-2.0	-5.7	13	26
IX	182	238	202	6.4	7.6	516	704	-0.6	-2.6	15	29
X	183	240	203	6.5	7.6	577	813	+0.2	-0.1	16	31
年	2158	3694	2663	100.1	100.0	+577	+813	±0	±0	16	31

- 備考 (i) 集水地平均降水量は其の推算係数(平均)を観測基地月別雨量に乗じて求めた。従つて年合計は、前表の平均年量と差異ある。年量を使用する際は前表の値に依るも本項の検討には本表の結果を使うこととする。
- (ii) 保留雨量及び同月雨量率は何れもⅪ・Ⅰ日起点の雨量と流出量との差の積算及び月雨量率と月流出率との差の積算である。
- (iii) 最後の保留雨量率は水年初めから其の時迄の保留雨量(mm)の其の期間中の集水地雨量に対する比(%)である。従つて最後まで出て来ない量は消失率となつてゐる。

第8図 本流・初沢年流出量比較
(宝川)

1. 流出量並に消失水量

先ず第8表(1)に依つて兩地の各年流出量比較を図示したるものは第8図の如く、昭和16年のみは初沢区に稍多量であるが、其の他の年では何れも図中の直線に依つて其の關係が最もよく示される。今此の直線から兩者の關係式を求めると次の如くである、但、 D_t は本流区、 D_s は初沢区年流出量(単位 mm)である。

$$D_t = 1.57 D_s + 255$$

$$= 1.57 (D_s + 162) \quad (I_t) \text{ 式}$$

$$D_s = 0.64 D_t - 175$$

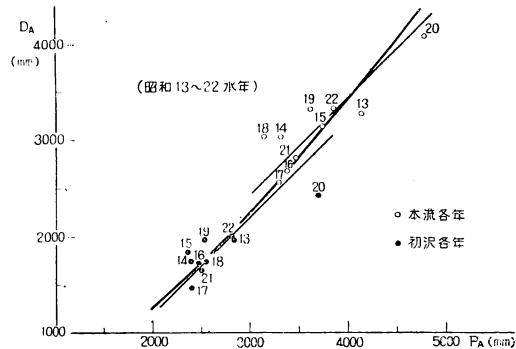
$$= 0.64 (D_t - 273) \quad (I_s) \text{ 式}$$

兩式から平均流出量について兩集水地の比を求める

と、初沢は本流の58%となり、観測成績から昭和16水年を除いた流出量比較の場合に一致する。第8表(1)から各年の比を算出してみると、昭和16水年の64%を除けば他は57~60%

で、平均比 59% に最も近い。此の様に両地の関係は甚だ密接であるが、量的には著しい差のあるのは何に由来するか、単に集水地雨量並に其の分布の差のみに因るものか、或は両地に全く相容れない特異性のある為か、更に両試験区の位置、海拔高度などの気象条件の差に基くものか、恐らく之れ等の凡てが総合せられた結果であらうし、条件の一つ一つが重要な意義あるものと想われるが、今は之れを充分検討する資料を持たない。然し幾分の吟味を進めるために、先ず両地の各年流出量と降水量との関係を同一座標上に記入すると第9図(1)の如くである。

第9図(1) 年流出量 D_A と年雨量 P_A (宝川)



年流出量と年雨量との関係は、之れ迄の主な試験成績⁽⁶⁾⁽⁷⁾にも示すところの如く、夫々一つの直線或は直線に近い曲線の関係をして表わされる。同様に第9図(1)に於て両者の関係を概観したところでは、図中の曲線を以て表わされるとして大過ないであろう。更に図の範囲では之れを直線関係としても大差ないから、図上で平均直線を引いて、 D_A : 年流出量 (mm) と P_A : 年雨量 (mm) との実験式を求めると次の如く得られる。

$$\begin{aligned} D_A &= 1.15 P_A - 1146 \\ &= 1.15 (P_A - 997) \end{aligned} \quad (II) \text{ 式}$$

繼つて、集水地の消失水量に就て Kooten 氏の研究⁽⁸⁾に依ると、 L_m : 年平均消失水量 (mm), θ : 集水地の年平均気温 ($^{\circ}\text{C}$) とすると、

$$L_m = 44 \theta + 123$$

の如く簡単に表わされる。本実験式を我が国の 2, 3 の観測成績に適用したる結果⁽⁷⁾⁽⁹⁾は、比較的よく適合している。今之れを本試験地に当てはめると、基本となる集水地平均気温は、下流端観測基地に於ける観測結果から推して、本流は略 5.0°C , 初沢は略 6.5°C となるから、消失水量は本流 = 343mm, 初沢 = 409mm となる。一方第8表(1)で 10 年平均降水量及び流出量から、本流 = 556mm, 初沢 = 809mm となつて、計算値に対して本流は 1.6 倍, 初沢は 2.0 倍近くに達している。年中の降水分布から考えると、蒸発など消失の最も少い冬季に、而も雪として降る量が甚だ多量であるから、どちらかと云えば平均状態の実験式よりも寧ろ寡い目になつて然るべきである。事實は此のように喰ひ違ふのは、単に集水地降水量の推定の過多と見るべきか或は又他に原因をなす特性があるか、此のような点までも窺知することはこの資料では出来ないが、両集水地を比較的に見ることは或程度まで進められると思う。

両集水地の気象的条件に差異あることは明らかなである。降水量の差は最も顯著であり、気温の相異は消失水量の多寡となつて現われ、而も降水量の少い初沢集水地の消失水量が多いので

あるから、このことだけで両地の流出量と雨量との直線的関係は、多少別個のものとするのが適当であろう。

今第9図(1)に於て、流出量と雨量との関係を夫々前記と同様の直線関係

$$D = \alpha (P - L)$$

として、消失水量 L は毎年略一定、即ち $\alpha = 1.0$ と考えて夫々の関係直線を入れると、図中の2個の直線の如く示される。之れを実験式とすると、

$$\text{本 流} \quad D_A' = 1.0 (P_A' - 600) \quad (\text{III}_t) \text{ 式}$$

$$\text{初 沢} \quad D_A'' = 1.0 (P_A'' - 800) \quad (\text{III}_s) \text{ 式}$$

の如くなる。本式に表われた消失水量の本流 600mm、初沢 800mm は、前掲の本流 556mm、初沢 809mm に比べて初沢は殆んど差異ないが本流は稍多量になつてゐる。之れは初沢は昭和20水年以外は直線の周りに比較的密集しているが、本流は直線から流出量過多の方に偏した年が、寡少の年に比べて大幅であるからである。

又上式の消失水量を前掲 Kooten 氏の実験式に入れて、実験常数を比例的に求めると次式の如くなる。

$$\text{本 流} \quad L_m' = 77 \theta' + 215 \quad (\text{IV}_t) \text{ 式}$$

$$\text{初 沢} \quad L_m'' = 86 \theta'' + 241 \quad (\text{IV}_s) \text{ 式}$$

以上の (III_t) ~ (IV_s) の4式を相互に対照してみると、以上の両地の比較から考察せられた結果が、其のまま実験式を以て示されたことが認められる。即ち両集水地は主として気象状態の差に因つて全消失水量を異にし、その気象条件を平均気温で代表した結果は両地で別箇の直線関係となる。此の結果だけでは同じ平均気温に対する消失水量の割合は、本流区よりも初沢区の方が大きくなつてゐる。之れは集水地降水量の推算値からの誤差でなく、両地の雨量と流出量との関係の相異として考えられる。

尙年流出率は本流平均 85%、初沢平均 70% で其の差 15% は、降水量の大体の多寡や其の他の気象の相異から考えて初沢稍過少である。之れは勿論上記と同じ事情が現われているのであつて、最も大きい原因は、前にも少しく述べたように、初沢右岸の特殊の地質構造からの滲漏水量が考察せられるので、後に項を更めて此の点に触れることとした。

2. 各種流量並流況に就て

各種流量の比較では後に記する初沢の滲透漏水に就ても考えなければならぬのであるが、ここでは第8表(2)の比較表に表わただけの結果に依ると、各種流量及び平均流量共に初沢が著しく過少であるが、個々の比較は稍異つた関係になつてゐる。

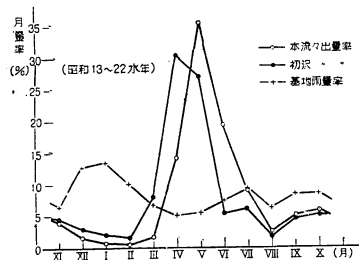
平均流量の比は両地の流量絶対値の比であるから、之れを基準として各種流量の比の大きさを比較(比の(2)(3)に依る)すると、両端の渴水量と豊水量は初沢が著しく小さいが、平水量では其の比は平均流量の比に接近し、初沢は本流の 57% (平均流量の比は 59%) に達し、

低水量では逆に初沢が比較的が大きくなっている。此の流量では低水時の附着水脈の形成に因る現用流量式の誤差は、一通り補正して求めたのであるから、それでも湧水量が過少なることは、初沢右岸の地質構造的な滲漏水の外適切な事由が考えられない。此の様な特殊の集水地の個性が、此の場合大きな影響を及ぼしているものと惟われるのである。

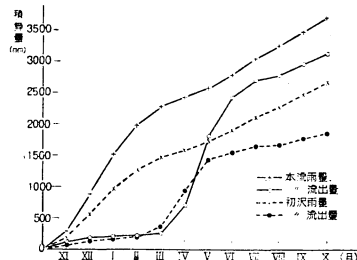
又最大、最小流量の比較では両極端の関係が示され、最大流量では此の大きさが基準比の2倍を超え、観測値そのままでは初沢は本流より大きい。最小流量の比は基準比の14%に過ぎず、観測値とすると初沢の最小は本流の夫れの8%に満たない。従つて両地の河況係数では初沢は本流の27倍に達する。尙最大流量の出現は、昭和22.Ⅸ.15日カスリン台風経過に際して、稀らしい強雨に依つて現われたもので、飛び離れて大きい流量であつて、此の時だけ他の年の最大の関係とは反対に初沢が大きかつた。後に詳しく述べるように、この様な大雨になると両集水地の面積の極端な差(16:1)に因る河道流量の相異が顕著に現われ、要するに溪川は河川よりも急激に増水する特徴のために出現したもので、通常の場合(上記以外)は初沢の緩やかな水の出方がこの特徴をカバーしている。

流況として特性の顯著な年変化に就て比較したる結果を第9図(2)及(3)に示す。但、第9図(2)は毎月の流出量を夫々の全年流出量に対する比(%)を以て表わし、即ち月流出量率の年変化に基地雨量の同様(月雨量率)の変化を併記したるもの、同図(3)は集水地の概算雨量と流出量との積算値を比較したる結果である。

第9図(2) 月流出量率と基地雨量率
(宝川)



第9図(3) 集水地の雨量と流出量との積算
(宝川・昭和13~22永年)



先ず月流出量比較の概括は、Ⅺ月よりⅣ月までの冬半歳は初沢は本流より比較的多量であつて、其の差の最も大きいⅣ月では初沢の流出量率は本流の夫れの2倍を超過している。この原因は勿論初沢が下流に在るために、本流よりも早く雪汁の最盛期に入つたのであつて、やがて本流が雪汁最盛期となつたⅤ月では、初沢は既に減水に向つてゐるから明らかに本流の下位となり、Ⅵ月にはⅣ月と反対に本流は初沢の3倍半以上の割合を示し、其の絶対値では6倍以上の流出量がある。即ち初沢は此の月已に融雪の影響が表われないが、本流は翌Ⅶ月でも例年半ば頃まで之れを認められる。然して漸次融雪水の影響が薄らぐにつれて両地の流況は甚だしく接近するが、水年終りのⅩ月中までは初沢は本流の下位に在る。

以上の流況並に其の反面の保留雨量——年週期の水分経済からすると消失水量となる降水量の状況及其の比較は第9図(3)に依つて、興味深く窺知することが出来る。即ち図に第9表を参照して集水地の保留雨量を見ると、両地とも融雪盛期に入る前のⅢ月末に最大に達し、本流は2000mm、初沢は1092mmを算し、水年始めからの降水量に対し本流88%、初沢75%の保留があることになる。なお之れを保留率で云うと、最大は何れも前月Ⅱ月末に於て本流89%(1747mm)、初沢83%(1044mm)である。雪汁が漸次増加するに従つて保留雨量は減少して、遂に融雪の全く終つた初沢のⅤ月末、本流のⅧ月末に保留量の最少を示して初沢280mm、積算雨量の16%、本流337mm、積算雨量の11%である。最小時期以後の此の増加は實際は保留水分としてではなく、季節的に蒸発量など消失水分の増加に因るのであつて、初沢が最少保留量の時期では其の量は本流に比して寡く、本流の8割余の量であつたものが蒸発旺盛の時期に急増してⅦ月以後は本流を超過し、水年末では初沢813mm、年雨量の31%、本流577mm、同16%(流出率からでは30%及び15%)である、使用した雨量の推算値の算出方法の異いで少しくこの方が多い)を示し、明らかに初沢の消失水分が多いことが認められる。之れに就ては前にも少しく述べたように、初沢は下流に在つて海拔高度も本流に比してかなり低く、ために蒸発の多い時期が早現して且長期間であるからである。積雪期間の如く殆んど蒸発の無い時期では、初沢集水地からは域外への滲漏水が考えられるにも拘らず、保留水分となつて流出量にならない量は寧ろ初沢に寡少なことは、此の間の事情を十分に物語つてゐるものと考えられる。此のように保留水分並に蒸発水分などの消失水分が、主として気象的条件に因つて考察せられるものとする、両集水地の比較から初沢滲漏水量に就いて考察が進められるのであつて、次項に其概要を記述する如くである。

尙融雪水分の直接の影響の無い時期、初沢のⅦ月以後、本流のⅧ月以後の流出量は、上記のような気象条件に降水量が基となつて、密接な関係で移行することは本流、初沢ともに同様である。而して流出率の水年中の配分を第9表の月流出量率に依り、本流との比較を求めたる結果、初沢の流出量の配分が良好なことが知られる。

3. 初沢集水地の滲漏水量に就て

(Ⅲ_t)式と(Ⅲ_s)式、(Ⅳ_t)式と(Ⅳ_s)式との比較に於て、若し之れから算出される初沢の消失水量過多なる分、流出量過少の分が、初沢右岸中流以下の地質構造に因つて滲漏する水量とすると、本流消失水量を表わす(Ⅳ_t)式が初沢集水地平均気温の6.5°Cに適用されることとなつて、年平均消失水量は

$$77 \times 6.5 + 215 = 716 \text{ mm}$$

と計算せられ、年流出量の過少分即ち滲漏水量は上記800mmとの差84mmとなる。

今之れを恒続的の水量と見做すと、

$$84 \text{ mm/year} = 0.230 \text{ mm/day} = 3.11 \text{ l/s} : 118 \text{ ha}$$

$$3.11 \text{ l/s} : 118 \text{ ha} = 0.0026 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$$

$$3.11 \text{ l/s (初沢)} = 268.7 \text{ m}^3/24\text{h} = 1.3 \text{ cm/h,}$$

となる。即ち1年間に 84 mm の水量は、初沢集水地 118 ha に対して 3.11 l/s の流量に当り、1日に 268.7m³ の水量、更に矩形欠込幅 1m の越水では水高 1.3cm に相当する。

1秒間に 3.11l、1日に約 269m³ の水量はかなり多大であるが、広い範囲から滲出するのであるから左程無理な推定と云う程の多量でもない。即ち年間 84mm が現観測値に加わると、平均流出量は 1850+84=1934mm に更正され、平均年降水量 2659mm に対する流出率 73% は、更正前の 70% に比べて 3% の増加である。年流出量に对照したところでは決して大きい補正量とは謂えない、そして年降水量 2500mm 以上の多雪地に於ける流出率が 70~75% 程度とすることは過少の感こそあれ、決して大に失することはないであろう。

次に此の補正量を各種流量並に月平均流出量等に一様に加えて、何れも更正した結果で主要な事項に就て本流との比較を行うと、第 10 表 (1) 及び (2) に示す如くである。

第 10 表 (1) 初沢更正各種流量の比較
(宝川・昭和 13~22 水年)

各 種 流 量 (m³/s : km²)		平均 流量	渇水量	低水量	平水量	豊水量	最大極	最小極	最大・最小 の比	
初 沢 (更正)	{	流 量	0.0612	0.0046	0.0114	0.0182	0.0481	6.350	0.0029	2252
		渇 水 比	13.30	1.00	2.48	3.96	10.46	1380	0.63	
本 流	{	流 量	0.0988	0.0049	0.0110	0.0275	0.1032	5.229	0.004	1397
		渇 水 比	20.16	1.00	2.24	5.61	21.06	1067	0.82	
附 近 四 地 方	{	流 量	0.0651	0.0178	0.0275	0.0422	0.0708	...	0.0158	...
		渇 水 比	3.66	1.00	1.54	2.37	3.98	×	0.89	
初 沢 と の 比 較	(2')	: 本 流	0.62	0.94	1.04	0.66	0.47	1.21	0.73	1.72
		: 附 近	0.94	0.26	0.41	0.43	0.68	×	0.18	×
	(3')	本 流 分	1.00	1.52	1.68	1.06	0.76	1.95	1.13	2.77
		附 近 分	1.00	0.28	0.44	0.45	0.72	×	0.19	×

- 備考 (i) 初沢更正流量は第 8 表 (2) 中の流量に総て +0.0026 m³/s : km² としたものである。其の他前掲諸表中と同様。
- (ii) 初沢滲漏水量は概ね本流集水区域へ滲出するものであるから、本流各種流量は -0.0002 m³/s : km² とするのが至当なるが、此の場合一応補正を行わず、元のままにしておいた。
- (iii) 尙初沢の更正には、昭和 17 年迄の湛水池の漏水量補正がある。その量は 1 l/s だから、此の期間の半分は此の補正がある、今仮りに此の補正が平均して加えてよいとすると、1/2 l/s : 118 ha = +0.0004 m³/s : km² となる、上掲に此の補正をすると平水以下の初沢の豊水は益々上昇する。

第10表(2) 初沢更正月流出量の比較 (宝川・昭和13~22水年)

(水年) 月	初 沢 (更 正)		本 流		流出量率 の 積 算 比 較 差 (%)	保 留 雨 量		保 留 雨 量 率 (%)		
	平 均 流出量 (mm)	平均流 出量率 (%)	平 均 流出量 (mm)	平均流 出量率 (%)		初沢 積算 (mm)	本流 積算 (mm)	初沢 (積算)	本流 (積算)	差
XI	93	4.8	123	3.9	+ 0.9	+ 93	+176	52	59	- 7
XII	65	3.4	52	1.7	+ 2.6	408	707	72	80	- 8
I	47	2.4	24	0.8	+ 4.2	758	1302	79	87	- 8
II	36	1.9	15	0.5	+ 5.6	1017	1747	81	89	- 8
III	156	8.1	54	1.7	+12.0	1058	2000	73	88	-15
IV	573	29.6	442	14.2	+27.4	636	1701	38	71	-33
V	536	26.2	1104	35.4	+18.2	232	753	14	29	-15
VI	107	5.5	606	19.4	+ 4.3	303	357	16	13	+ 3
VII	119	6.2	283	9.1	+ 1.4	407	337	19	11	+ 8
VIII	41	2.1	79	2.5	+ 1.0	515	434	23	13	+10
IX	90	4.7	156	5.0	+ 0.7	627	516	25	15	+11
X	101	5.2	179	5.7	+ 0.2	729	577	27	16	+11
年	1934	(100.1)	3117	(99.9)	(±0.0)	+729	+577	27	16	+11

備考 (i) 初沢更正流出量は第9表の流出量に $+0.230\text{mm/day} \times \text{月日数}$ の補正を加えた結果である。保留雨量及び河率は更正流出量を用いて計算し、水年始めからの積算値として求める。

(ii) 本表は第9表と対照して見るものである。

(iii) 本流滲出水量の年補正量 -5mm/year は行わず。本流の分は観測値のままである。精算量の際には補正するを要するであろう。

本表に依つて初沢更正流量に対する主な比較がなされた。其の結果の要点を解説すると次の如くである。

先ず更正の各種流量を観ると、渴水量から豊水量までの幅が著しく縮小されたことが最も目立つた変化であつて、渴水量に対する平均流量や豊水量の比は、更正前29倍及び23倍に達したが、更正後は13倍と10倍半に激減し、最大、最小極の比に至つては更正前の10分の1程度、溪川としても大体首肯出来る程度の係数を見ることとなつた。此の結果を本流と比べると、各流量の振幅は初沢は甚だ小さくて本流の約2分の1に過ぎず、而も渴水量の大きさは絶対値にしても略同等、流出歩合から考えると初沢は約1倍半に達し、上限の豊水量は絶対値では勿論、比較的にも初沢が遙かに寡少であるから、流況の良否から考えると河況係数の比較以上のものがある。只最大、最小流量の極の幅がかなり初沢に大きい、これは前にも述べたように集水面積の顕著な差即ち溪川と河川との水の出方の差として当然の結果であると惟う。又附近の各種流量の平均値との比較は、依然として当地の流量寡少で特に低水量、渴水量など下方流量が過少なるが、更正前に比してその懸隔は半減し、概ね本流と附近地方との比較と同程度の結果を見ることとなつた。

月流出量の更正値を本流と比較したる結果は第10表(2)の如く、大要は第9表の比較と大

差ないが、渇水時期に於て月流出量 7mm の増加は影響するところが甚だ大きいものがある。例えばⅡ月の最渇水期の月量は 36mm となつて本流の 2.4 倍となり、年流出量の配分から観ると初沢は本流の 4 倍に近く、Ⅷ月の渇水期は前比較では初沢は明らかに寡少であつたが、更正後では月量率に於て大差なく氣象的条件を考えると寧ろ初沢に豊水の感がある。一方流出量過多な月では此の程度の増加は、年流出量の比率としてみると却つて減少したこととなる。従つて流出量配分の振幅は更正前はⅣ月の 30.6% とⅡ月の 1.6% の間の 29.0% であつたものが、更正後は同じ月の 29.6% と 1.9% の間の 27.7% に減じている。

保留雨量は流出量が増しただけ減じてⅤ月の最少の更正前 280mm は更正後 232mm となつて、之れだけを考えて集水地としての機能の悪いことを示すように見えるが、ここに云う保留雨量は大体は消失水量となるのであつて、其れを考えると、Ⅴ月過少になるということは冬季の消失（蒸発）の少い時期に流出量を多くして冬の渇水を緩和し、夏季には消失多く幾分でも洪水量を抑えることとなるであろう。本流と比較しその経過を考えると、冬季本流に保留雨量過多なることはその渇水が著しく、之れがⅦ月までに雪汁として流出量を急増して冬季最後の保留雨量は却つて本流よりも少い（Ⅶ月末或はⅧ月頃）が、其の後の夏季の消失水量は明らかに本流に少く、初沢は比率 1 割程度多量のようなのである。一面から云うと初沢では冬から春先きまでの流出量を増す傾向強く、前記の如く冬季渇水を緩和して其の流出量は本流に比べて数倍の多量を示している。夏季は消失水量稍多く本流よりも幾分減水大なるが、大凡本流と同程度の流量が保たれる。そして其の中間期間の流出量の配分をも照し合わせて年流況について本流と比較すると、其の振幅は初沢に小さく又冬季の流出比が本流を超過して、之れがために、夏季本流が幾分多量の流出を見ても、此の積算の初沢の多量なることが水年終りまで保たれている（比較差参照）。

流出量並流況に關しては此の外調査すべき事項は甚だ多いが、今のところ資料が充分揃つていないから一先ず此の程度に止め、いろいろ細部の論究は後報に譲つた。

Ⅱ．主なる降雨の増水に就て

流量調査の基本資料は勿論集水地の降水量観測である。前記の如く本試験地は多雨、多雪共に顕著な地区であるから、常にこの観測には出来るだけの方法を講じ多大の労力をも払われているにもかかわらず、全般的にはまだまだ不十分である。本報告では降雨期の主降雨を採つたので、当地としては観測が比較的順調な時期の結果である。其の観測方法⁽¹⁾の要は、現在集水地内約 25 地点に普通型雨量計、其の内 4 地点には自記雨量計を併置し（写真版参照）、毎年融雪期後降雪期迄の期間 5～7 日目に測定を行うのである。自記雨量計は観測基地以外は 1 週間連続記録の採れるように、時計の廻転を加減してある。其の位置は谷筋部のものが観測基地と広河原、峯筋部のもの奥初沢と栗沢三角点附近であつて、少々下流に偏するきらいはあるが

大体集水地大部分の降雨の時間的変化をも明らかにしたかたちである。

此の様に雨量計が整備したのは概ね昭和16~17年以降であつて、昭和13年では1, 2試験的に測定したる外は概ね観測基地のみの観測であり(本調査では昭和13年中該当の増水はない)、同14~15年は7~14地点に雨量計を置いて初沢集水地及び本流中部以下の雨量観測が行われている。而して以上のような雨量調査の方法は、此の種の調査試験に於ては通常実施される型式であつて、只之れを広い面積の而も高峻な集水地に於て出来るだけ精度の高い結果を得るために、綿密な計画と多大の労力をかけているのである。即ち上記20数地点の雨量が略完全に観測されれば、雨量観測網から外れるのは奥地の300~400ha、全区域の1/6程度のものであるから、このようなやり方から相当精度のよい結果を得ることは、観測値の見方、扱い方を適当にすれば充分望み得ることと考えられる。

本篇の研究調査は出水解析を目的としている。従つて資料の採択は勿論総ての基準を出水においた。即ち昭和13~23水年の11年間に於ける本流自記水位計(量水路下流に在る本流第Ⅲ号水位計・以下同)の記録に依つて次の如く選んだ。

1. 上記期間中で、本流に於て雪汁の影響の殆んど認められない——出水前から晴天の日にも雪汁型の水位の日週変化が認められない時期の増水で、水位 $H_{III} > 60\text{cm}$ (流量略 $1\text{ m}^3/\text{s}$: km^2 に当る) に達したる場合。
2. 雨量分布の余りに偏りのある場合を省くこと。之れは利根川水源地方に現われる特異の出水型「ネコマクリ」(局所的雷雨に因り特に顕著な急増、減を現わす)は、今回の研究対象から除く意である。但、「ネコマクリ」水の特異性を一応調べる為又他と比較になる為に、最も顕著なもの1, 2回は採択することとした。
3. 初沢に就ては上記のように採択した本流の増水と同じ時の増水を本流と対照しつつ採る。但、初沢の昭和20, 23年夏秋期には湛水池土砂浚泄作業中で、資料の欠測となつたものがあつた。

以上に依つて採用された増水は20回、特に多数とは云えないが、調査期間中に於ける利根川上流の主なる出水は凡て此の中に含まれている。之れ以外の稍大きい増水は毎年の雪汁増水があるのみである。今採択したる出水の記録を掲げると第11表の如く、以下本表の出水を資料として調査研究したる結果に就て記述する。

第11表 出水の記録・(昭和13~23水年・宝川・本流及び初沢)

増水 No.	増水期間	本 流			初 沢			摘 要
	(昭和) 年 月・日~月・日	最高 水位 (cm)	最大流量 (m^3/s : km^2)	〃 起日 時	最高 水位 (cm)	最大流量 (m^3/s : km^2)	〃 起日 時	
1	14. Ⅷ. 5~〃 13	79.5	1.52	6. 2.20	51.4	0.56	6. 2.20	かなり乾いている時の 出水

増水 No.	増水期間	本 流			初 沢			摘 要
	(昭和) 年 月・日～月・日	最高 水位 (cm)	最大流量 (m ³ /s : km ²)	〃 起日 時	最高 水位 (cm)	最大流量 (m ³ /s : km ²)	〃 起日 時	
2	14. IX.19~〃 28	97.6	2.08	21. 17.48	66.7	1.43	21. 18.10	初沢では X.2nd まで 減水続ける
3	15. X.24~〃 29	90.0	1.82	24. 21.20	53.7	0.61	24. 22.00	初沢集水地は著しく寡 雨
4	16. VII.21~〃 26	73.8	1.32	23. 6.40	56.2	0.77	23. 23.10	最高の起つた位相は両 地で異つている
5	〃 IX.13~〃 17	63.7	1.04	14. 15.30	55.9	0.76	14. 16.40	稍湿つている、本流最 高起時早い
6	17. VII.15~〃 20	116.7	2.76	16. 4.23	68.7	1.58	6. 4.12	大きい型の増水である
7	〃 VIII.17~〃 26	67.3	1.14	17. 13.58	40.5	0.38	18. 13.20	比較的弱い雨が続く
8	18. IX.14~〃 18	67.5	1.15	15. 19.42	61.0	1.04	15. 20.38	一般に小さい増水、本 流初沢の差少い
9	〃 X. 2~〃 8	84.3	1.64	3. 4.34	64.1	1.24	3. 5.00	雨の割に増水多量
10	19. VII.20~〃 26	103.9	2.29	20. 17.55	55.4	0.73	20. 18.10	増水主部が長く続く
11	〃 IX.11~〃 23	65.3	1.09	12. 20.15	39.4	0.37	12. 20.20	雨は比較的弱く、初沢 寡雨
12	20. X. 4~〃 7	80.5	1.52	4,5. 20.00 8.30	×	×	×	顕著な台風、初沢湛水 池浸潰中
13	〃 X. 8~〃 13	92.8	1.91	9. 12.40	×	×	×	前回に引続き台風来る 同上
14	21. VIII. 1~〃 10	75.0	1.36	1. 10.55	55.5	0.74	1. 10.45	本流「ネコマクリ」型 となる
15	22. IX.14~〃 19	175.0	5.23	15. 10.10	114.4	6.32	15. 10.10	カスリン台風の出水
16	23. VII.24~〃 27	83.0	1.60	24. 9.00	×	×	×	少々「ネコマクリ」型 初沢修繕中
17	〃 VII.31~VIII. 3	99.7	2.15	31. 18.50	×	×	×	純然たる「ネコマクリ」 として最大級、同上
18	〃 IX.10~〃 15	102.5	2.24	10. 16.35	×	×	×	台風前線の雨と雷雨と で「ネコマクリ」型の 最大レコード
19	〃 IX.15~〃 21	153.0	4.23	16. 16.40	×	×	×	アイオン台風の出水
外	20. VII.15~〃 21	99.8	2.15	15. 22.10	71.7	1.81	15. 22.50	備考参照

備考 (i) 本流水位は量水路下流第Ⅲ号 HⅢ 記録、初沢は 1m、矩形越水高 h_s で 50cm ま
で 1 個、>50cm 7 個から越水。

(ii) No. 外は本流に幾分雪汁の影響あるらしくて区別したのであるが、使用結果に全く
別の点がないので、調査の方では分けなかつた。

(iii) 昭和 13 年中該当の出水(増水)なし、又初沢は時に湛水池浸潰などの為欠測あり。

尙本篇で企図する出水解析は、其の基本は先ず第 1 に集水地の降雨の解析である。降雨が充
分明らかになつたら水の出方も其の大半が明らかになつたも同様である。少くとも降雨以外の
森林植生、土地の条件並に他の気象の経過などが、出水に対してどの程度に関係するかを窺知
する基礎となるであろう。

而して本試験では、前記のように実施された各出水時の雨量観測の成果によつて、当時の降

雨の原因、機構を参照して集水地の雨量分布の型式を検討し、其れに依つて算出された集水地雨量と水の出方とを毎回比較対照したる結果、斯の様な見方、扱い方に依る集水地雨量は、出水に対して主要な解析を行う資料として、かなり所期の目標に近ずき得たことを認めた。之れは只に当地のみでなく一般山岳水源地方の雨量調査の一手段として有益なものと考えられるので、現用測器及び測定方法に関する改良試案をも併せて、曩に林業技術シリーズを以て報告⁽¹⁰⁾したから、ここには集水地雨量調査の記述は省略する。尙又この様な流量調査を対象とした集水地雨量の研究については、東大愛知演習林東山集水区域に於ける雨量観測成績に依つて、荻原貞夫博士の研究報告⁽¹¹⁾がある。小面積の集水区域に応用して甚だ有利であるが、当地の場合では其の観測がこのような見方をする程度に高められないから、現状に於て其の結果の精度を成べく高めることを別に考究したものである。当地よりも更に大流域の雨量を考察する場合には、多少の参考となるであろう。

Ⅱ. 1. 増水量と雨量との関係

集水地雨量に対応する増水量に就て、流量観測は本流、初沢共に略完全な大規模の設備（写真版参照）の下に、嘗て平田博士が特に改案されたケルビン式自記水位計を据え付て、連続1/2～1/4 梯尺の記録を完全に採つて、それに基づいて任意の計算を行うのであるから、雨量のように特別な検討、調査⁽¹⁰⁾を必要としない。其の設備を活用して最も精確な水位記録を得ること、その記録に対しては適切な流量式を適用して流量及び流出量を算出し、其の結果を整理統計することが調査の総てである。従つて此の際最も注意を要することは、水位の観測から流量・流出量及び増水量を求める計算方法のみである。

1. 増水量の算出方法

(1) 増水し始めてから再び増水当初の水位（基底又は基礎水位という）に復するまでを増水の全期間とする。即ち基底水位は増水期間中凡て一定とするのであつて、この記録に流量式を適用して任意の区間の流量、流出量及び増水量を計算する。但、流量式は本流は今回新に決定したる(4_r)～(6_r)式、初沢は開設当時から使用の(0_s)式であることが前掲の通りである。

(2) 増水後基底水位まで復さない中に次の降雨の増水が始まることが屢々ある。このようなときまだ高い水位で現われた場合は之れを合併して計算し、かなり低下してからの場合には次の増水開始時で計算を打切つた。

(3) 水位の記録から増水量を計算するには、水位の直線変化と見做される区間を成べく細かく分けて、各区分の両端の平均水位或は平均流量に其の区分時間に乗じた流出量から、基底流出量を減じた結果とするのであつて、計算に依つて生ずる誤差⁽⁷⁾は各区分に於ける最大で2～3%程度、それを期間としたる結果では1%以下の程度である。又其の表わし方は雨量と同じ水高(mm単位)とし、単に或る時刻の流量、増加流量には一般的には $\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ (比流

量)を用いる。

2. 集水地雨量の算出方法

(1) 集水地雨量は観測値を検討したる雨量分布図にプラニメーターを用いて平均雨量を計算した⁽¹⁰⁾。それから所要時間別雨量を求めるには、上記集水地平均雨量の観測基地自記雨量計記録に対する比に依つて、此の自記々録から計算する。集水地内自記量の記録は稍大きい雨量区分の際に用いた。

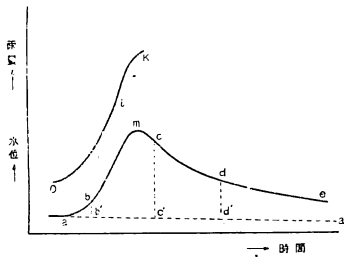
(2) 雨量と増水量との時間的ズレは、増水の各部 或は 雨の降り方などで 毎回 差異があるが、通常之れは最強雨量時から最大流量へのズレを用いる。宝川では本流、初沢共之れを1時間とした。調査の種類に依つては今少しズレを短縮した方が宜しいが、本調査では主として期間別の比較を目的としたので、このように簡単に扱つた。

(3) もつと広い集水地か或は降雨の種類によつては時間的分布が地域的に異つてゐるから上記(1)の比を時間に依つて区分する必要があることは勿論だが、本篇では前記のような事情から凡て同時分布と見做した結果に依つたのである。

3. 出水の解析統計 (水の出方に就て)

出水(増水)の主要部分を主として雨量と対比して、其の経過が明瞭になるように数量的に分解整理することを出水の解析統計という。水の出方を研究するために最も必要な資料であるが、この整理統計法は今のところ確とした拠りどころがない。本篇はその新しい試みとして、河川学の方で少しく取扱われている増水型⁽¹²⁾を参考として、前掲20回の出水(第11表)に就て概ね下記の規準に依つて各増水期を分けて、それに依つて前掲1, 2の如く計算した増水量及び集水地雨量を整理したのである。其の結果は各増水期別検討の記述中に掲げた如くである。

第10図 降雨と増水との標準型



る。

(1) 一般に河川の増水(出水)の型式として最も簡単な標準型は第10図の如くである。即ちOで降り出した雨がi附近で最強に達し、kに到つて止んだとすると、水位はOの点より遅れたa点から昇り始めb点附近から急昇してmの最高を経てcdeに向つて減水が続ける。而して之れ等各点の特性を考えると、a点は之

れまでに降つた雨が集水地を潤してから初めて水位の上昇に現われ始めたことを示し、之れまでの雨量を集水地の表面の初期保留雨量或は湿潤抵抗などと呼ばれる。a点からb点まではまだ降雨もさほど強くないことと集水地の滲透能が比較的大きい期間であるから、概ね緩やかな上昇を続け、その水位曲線のかたちは時間軸(x軸)に対して凹形上昇である。降雨が漸く勢を増しつつ継続して地表流下雨量を見るようになると水位は急昇し、その水位曲線は前とは反対に時間軸に対して凸形の上昇を示し、通常降雨が終熄する直後のc点まで地表流下雨量があ

るから、最高水位m点後のc点まで凸形の昇降が続けられる。c点からd点までの区間は河道に貯溜されていた水量や集水地表層に浮き水の状態にあるものが流れ出す期間で、水位は急な凹形下降を示す。このような上は水が大体出切ると次第に深い部分から出る水、所謂地下水流出期になるので、減衰速度を減じつつ緩やかな凹形下降を長時間続ける。而して雨の降り方に依つては此の他にも1, 2の増水型⁽¹²⁾があり又之れ等が組み合わされる場合が多く、実際の増水型は常に複雑である。このことは嘗て筆者が根尾川に於ける流量観測の報告⁽¹³⁾にも述べたのであつて、増水の計算及び整理統計を複雑にしている。実際では毎回の増水のしかたを観て適当な区分と共に成べく簡明なる採取をするのである。

此の記述でわかるように増水当初の水位a点、即ち基底水位は増水期間中でも一定でなく、漸次減衰曲線に添つて下降するのであるから、増水量の計算にはaa'を基底としなければならないが、aa'曲線は夫々の集水地に個有のもので多くの実験結果から決定されるのであつて、而も計算上は相当手数を要するが、aがかなり減水してからの場合では結果に影響する量としては、一般に甚だ微小であるから通常基底を一定として計算するのである。

(2) 前項の観察は出水解析の一般基本である。本篇では之れを基とした増水期を区分して次の如く類別した。

a期: a~b 点の区間で abb'a 部の増水量を採る。仮に「増水開始期」と称する。

b期: b~c 点の区間で b'bmcc'b' 部の増水量を採る。仮に「地表流出期」或は「増水最盛期」と称する。

c期: c~d 点の区間で c'cdd'c' 部の増水量を採る。仮に「河道浮き水流出期」或は「上は水流出期」と称し、増水の急減期間である。

d期: d~e 点の区間で d 点が a 点 (基底) まで減水する迄の部分の増水量を採る。仮りに「地下水流出期」と称し、増水の終末期である。

(3) 実際の記録では、b期c期が2段3段に現われたり或はb期又はc期に時々短時間のc期又はb期が混交することなど屢々ある。この様な場合はb'期c'期或はbc期、cb'期としたる期間別計算を行う。

(4) 1時間最大増水量は最大流量を挾んだ1時間増水量の最大を採つた。之れに対する雨量の1時間最大量は、観測基地自記雨量計の記録から求めた値に前記の集水地雨量の係数を乗じた結果とした。

(5) 以上の採り方は本流と初沢とでは、同じ出水は成べく両者対照出来るようにしたが、最大量に就ては夫々の現実の値を採るので、水の出方が異なる本流と初沢とでは場合に依つて出現時期が全く異なるものがある。蓋し各試験区の成績は両者の比較よりも、夫々の水の出方の解析に資するを主眼とするので、集水地の個性、特性は充分之れを生かすよう注意した。

以上に述べた数項を規準として整理した資料に依つて調査したる結果の概要を次の各項に記

述する。

Ⅱ. 1. 1. 1 降雨毎の増水量及び増水時間

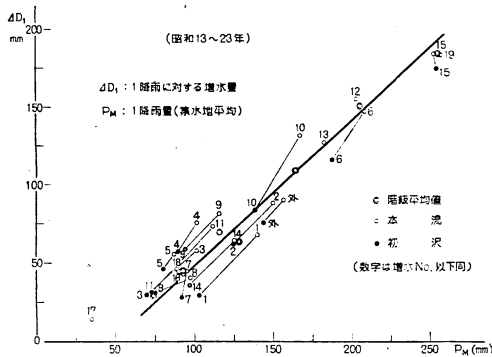
概ね1降雨を単位としたる雨量と其の増水量、増水率及び増水継続時間等は第12表の如く又之れを雨量の階級別の平均値としたるものは下方に附記したる如くである。

第12表 1降雨毎の増水 (昭和13~23年・宝川)

増水 No.	本 流 区					初 沢 区				
	雨量 (mm)	増水量 (mm)	増水率 (%)	増水時間 (h)	保留雨量 (mm)	雨量 (mm)	増水量 (mm)	増水率 (%)	増水時間 (h)	保留雨量 (mm)
1	140.0	67.8	48	190×	72.2	103.0	30.1	29	187×	72.9
2	151.4	88.9	59	219×	62.5	124.7	63.9	51	292°	61.8
3	101.9	57.6	57	133×	44.3	69.8	30.2	43	140×	39.6
4	102.2	76.2	75	108×	26.0	88.8	57.3	65	118×	31.5
5	87.0	55.5	64	88×	31.5	80.3	45.7	57	90×	34.6
6	208.6	147.2	71	138×	61.4	188.1	116.4	62	153×	71.7
7	95.0	45.2	48	224°	49.8	92.3	28.3	31	227°	64.0
8	97.4	41.0	42	101×	56.4	74.9	30.8	41	100°	44.1
9	116.2	81.7	70	157°	34.5	93.2	59.0	63	158°	34.2
10	167.9	132.2	79	145°	35.7	139.2	83.7	60	148×	55.5
11	110.7	74.3	67	280°	36.4	73.1	30.5	42	237°	42.6
12	202.6	155.1	77	91×	47.5	186.8	×	×	×	×
13	182.9	126.8	69	130°	56.1	168.7	×	×	×	×
14	126.4	64.0	51	225°	62.4	97.0	36.1	37	223°	60.9
15	254.3	183.9	72	125°	70.4	249.6	175.2	70	145°	74.4
16	92.8	42.7	46	80°	50.1	81.9	×	×	×	×
17	35.0	14.9	43	58°	20.1	22.2	×	×	×	×
18	88.8	47.0	53	125×	41.8	81.3	×	×	×	×
19	256.7	183.4	71	134°	73.3	214.7	×	×	×	×
外	156.9	89.7	57	137°	67.2	144.2	75.9	53	136°	68.3
雨量階級 (mm)	雨 量 階 級 別 平 均									
<50	35.0	14.9	43	58	20.1	22.2	×	×	×	×
50~75	—	—	—	—	—	72.6	30.5	42	159	42.1
75~100	92.2	46.3	50	124	45.9	90.3	45.3	50	163	45.0
100~150	116.2	70.3	60	182	45.9	127.8	63.4	50	191	64.4
150~200	164.8	109.4	66	158	55.4	188.1	116.4	62	153	71.7
200~250	205.6	151.2	74	115	54.4	249.6	175.2	70	145	74.4
250~300	255.5	183.7	72	130	71.8	—	—	—	—	—

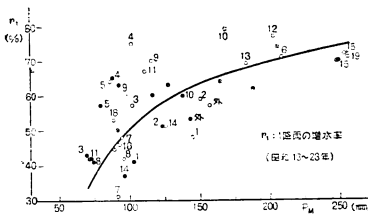
- 備考 (i) 初沢の欠測は湛水池土砂浚泄の為放水中の出水である。
(ii) 継続時間の右肩に○印のあるのは略完全に基底まで復した場合、×印は復水し切らなかつた場合である。
(iii) 保留雨量は雨量と増水量との差である。

第 11 図 (1) 1 降雨毎の増水量 (宝川)

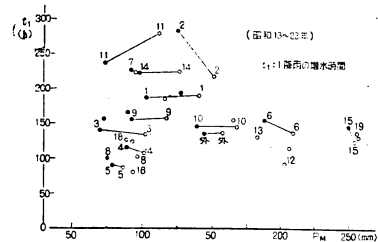


本表に依つて毎回の雨量と増水量、増水率及び増水時間との関係を図示すると第 11 図 (1)~(3) の如くである。尙図の各点は本流と初沢とを区別して (以下の図も亦同じ) 記入し、又雨量階級別平均値も同一図に記入して相互関係の中心線を得るに資した。

第 11 図 (2) 1 降雨毎の増水率 (宝川)



第 11 図 (3) 1 降雨毎の増水継続時間 (宝川)



1. 1 降雨毎の増水量

概ね 1 降雨毎に集計した増水量と雨量との関係は上掲第 11 図 (1) の如く、勿論両者は最も密接な関係であつて、且一つの直線的関係として甚だ簡単に表わされる。此の場合本流及び初沢の集水地別を考えると、増水が急で且大きい本流区の増水量が僅かに多い様にも考えられるが、特に別個の直線関係とするほどはつきりした相異ではない。両者に対する雨の降り方の相異、其の時の気象的環境のかなり大きい相異などを考えると、果して何れが多量であるとも判じ難い。従つて此の程度の結果では両地全く同一の直線関係として可いと思う。

1 降雨毎の増水量と雨量との関係が此の様に簡単な直線関係であることは、嘗て根尾川や龍ノ口山の溪水に就て検討したる結果^{(14) (9)} と全く同様であつて、各地共相似的の結果が得られるようである。而してここでは大雨の場合のみに就いての調査であるが、上記の例では小雨の場合も採つて観察したる結果は、先ず雨量が或る限界に達するまで即ち降雨量が地表の初期貯留量を満たすまでは増水に現われない範囲があり、漸く其の限界を超えて増水に現われはじめて来ても、雨量の或範囲では極めて除々に上昇する。次第に雨量を増すにつれて増水量の急増するかたちとなることは、各地概ね同様であつて、此の一連の関係を雨量軸に凹形をした曲線の関係とする人もある。筆者は上記根尾川や龍ノ口山の調査^{(14) (9)} に於て述べたように、雨量の階級別としたる数個の直線即ち折線の関係として、其の折点となる両者の関係の変移点には何れも相当重要な意義あるものとした。然して其の雨量階級は、根尾川 (西谷集水面積

16,662ha, 宝川本流区の 8.7 倍) では概ね 1 降雨量 $<30\text{mm}$, $30\sim100\text{mm}$, $100\sim250\text{mm}$, $>250\text{mm}$ (資料は略 400mm 迄) の比較的大きい 4 階級となり, 龍ノ口山の溪川 (集水面積は北谷 17ha, 南谷 23ha) では, 概ね $<10\text{mm}$, $10\sim30\text{mm}$, $30\sim85\text{mm}$, $>85\text{mm}$ (資料は略 135mm 迄) の比較的小さい 4 階級であつて, 集水地の面積や其の他の個性の相異に因つて, 変移点にも多少の異同あることを知つた。従つて本篇の場合 (集水面積 1,906ha 及び 118ha) 之れを $80\sim250\text{mm}$ (No. 17 の 35mm を除外して) の 1 階級なるか或は此の中に変移点を含むかは, 之れ等にくつ少雨の場合を多数参照して確められるのであるが, 図に表われたところだけでは, 前記のように本流, 初沢とも同一階級とせられるのである。大雨の場合である 1 降雨 250mm の点は根尾川の例で略実証せられるように, 本邦多雨地方にても洪水となる限界として, 各地に略同様の変移点に当るようであり又小雨の方の場合である 1 降雨 30mm の点は, 概ね地表流下雨量の現われる限界に相当し, 之れ亦各地に概ね共通の変移点となるようである。従つて其の他の中間の変移点は各集水地の個性に因る場合が多い。

次に本例及び上記の既往の観測成績に依つて, 稍大雨の階級の増水量 ΔD_1 (1 降雨に対する全量 mm) と集水地の平均雨量 P_M (1 降雨量 mm) との関係式を

$$\Delta D_1 = \alpha(P_M - K)$$

として実験常数 α 及び K を求めると次の如くなる。

宝川 (本流及び初沢)	$\Delta D_1 = 0.90(P_M - 45)$	$P_M \approx 80 \sim 250$	(7) 式
根尾川 (西谷)	$\Delta D_1 = 0.82(P_M - 54)$	$P_M \approx 100 \sim 250$	(N ₃) 式
	$\Delta D_1 = 1.25(P_M - 121)$	$P_M \approx 250 \sim 400$	(N ₄) 式
龍ノ口山 (北及び南谷)	$\Delta D_1 = 1.25(P_M - 68)$	$P_M \approx 85 \sim 135$	(T _{a3}) 式

宝川の例と根尾川の $P_M \approx 100 \sim 250\text{mm}$ の場合とはよく似た階級であつて, 之れを実験式に依つて比較すると, 雨量の中保留のかたちとなる K の値は根尾川に約 2 割大きく, 其の残余の雨量に対する増水係数 α の値は逆に宝川が 1 割程度大きい。根尾川の例としても雨量の常に多い流量豊富の地方であることを考えると, 宝川の増水が如何に過剰なるかが察せられる。蓋しこの様な差異は集水面積の差異 (宝川 1 : 根尾川 8.7) よりも, 地形地勢や地質土壤の相異に基くこと顯著である。又龍ノ口山の例は, 温暖にして稍乾燥した赤松林で集水面積の甚だ小さい溪水に於ける観測であつて, 環境が余りに違い過ぎる為か他とは異つた関係であつて, 此の際直接の比較にならないと思う。

以上を要するに本資料の範囲内では, 雨量と増水量とは簡単な直線的関係であり且宝川の本流と初沢とは, 此の様に集水面積の差があるにも拘らず, 全く同一直線を以て現わされ「一升の水は一升」の譬はここにも首肯せられる。然して又各観測値が散らばる状態は, 根尾川や龍ノ口山の場合に比べると著しく範囲狭く, 関係直線の両側によく纏つてゐるが, 之れは集水地の乾湿度, 地形, 地質及び土壤の状態などに因つて, 集水地の一時保留雨量となるものが,

時に依る変動の甚だ小さい特性があるためであろう。しかし毎回の関係に対して、(7) 式の関係を使つて仔細に両区の比較をすると、幾分か初沢区の方が本流区よりも増水量が少い目に現われていることが窺われる。但、増水量は雨の降り方との関係が大きいから、同じ時の降雨であつても本流区と初沢区とでは常に同じように、相似的に降つてゐるとは限らない。一般に強雨の時間は本流区に比較的強いことが多いから、此の点だけでもこの程度の差を見ることは時に不当としないであろう。

2. 1 降雨毎の増水率

1 降雨毎の増水率は前項の雨量と増水量との関係 (7) 式から

$$r_1 = \{0.90(P_M - 45)\} \div P_M = 0.90 - 40.5 \frac{1}{P_M} \quad (7_r) \text{ 式}$$

となり、本式の曲線及び毎回の増水率を雨量と共に記入すると、第 11 図 (2) の如くである。即ち雨量と増水量とが直線関係なら本関係は正に逆数の曲線を以て示されるが、本図の関係は (1) 図に比べて各点の散在甚だしく、僅かに第 12 表の階級別平均値や上記関係式 (7_r) から、図のような一つの曲線関係として考えられるのみである。つまり増水率の散布度の大きいのは、雨量の少い場合は雨の降り方や増水時の集水地乾湿度或は気象状態などに依つて起る少し許りの増水量の差も、増水率にはかなりな開きとなるからである。従つて本関係は大雑把な意味の規準を示すに過ぎない。今 (7_r) 式に依つて各雨量階級の増水率を算出し、根尾川の夫れ (前掲 (N₃) 式に依る) とを比較すると次表の如くである。

第 13 表 1 降雨毎の増水率比較

雨 量 階 級 mm	80	100	150	200	250	備 考
宝 川 増 水 率 (%)	39	50	63	70	74	(7 _r) 式
根 尾 川 増 水 率 (%)	(27)	38	52	60	64	(N ₃) 式
差 (%)	(-12)	-12	-11	-10	-10	

即ち宝川では、平常流量の豊富な根尾川に比べてなお 10% 以上の大きい増水率を示していることは、降雪量が著しく多量なると共に流量過多なる時期の多いことが察せられる。このように降雨に対する直接の増水の多大なことは、時々雷雨によつて起る大利根水源地方の特異な急激増水型である「ネコマクリ」が其の間の消息をも物語つてゐる。例えば本篇の資料中に特に採用したる No. 17 の増水は集水地雨量約 35mm, 1 時間最大雨量 11mm に満たない程度であるにもかかわらず、増水率 43%, 最大流量 2.1 m³/s : km³ にも達していることは、この様な特性のある集水地ならでは、他に観られない水の出方である。又初沢だけを採つて見ると、ここでは「ネコマクリ」型の増水となることは殆んどない状態であるから、増水率だけを本流に比べても前項と同様に本流よりも幾分小さい場合が、多数現われていることが認められる。

3. 1 降雨毎の増水時間

増水の継続時間は先ず第1に全雨量に関係することは勿論だが、第11図(3)の結果は前2図の如く纏つたものでない。此の原因の一つは増水の多くは、減水中完全に復水しない時に次の増水が出現するので、完全な資料は殆んど得られず、時間的に甚だ大きい関係を持つ部分が除かれているためである。それに加えて宝川のように水の出方が雨の降り方に非常に敏感なところでは、増水時間は降雨の全量よりも強度に支配される場合が屢々ある。例えば No. 15 及び No. 19 の増水は何れも完全に復水したのであるが、降雨強度は最も強く且概ね一つの最盛期に集注したる為、増水継続時間は全雨量から考えると2分の1程度に過ぎなかつた。このような状況を考えると、此の場合完全な資料を揃えることが出来ても、他の場合の如く系統的な検討は出来ないであろう。対照的に採つた観測結果に依つて多少定性的な見方をなすに過ぎない。其の中の一つは本流及び初沢両区の比較である。

第11図(3)に依つて毎回の観測値を両区で比較して見ると、初沢の観測値は本流区の夫れに比べて、毎回右下方に位置している(同じ時の観測値は図中細い直線を以て結んである)此のことは初沢の継続時間が本流よりも比較的長いことを示しているのであつて、試みに此の比較資料に就て雨量 10mm 当りの増水持続時間を算出すると次表の如く、第11図(3)に依つて考察せられるところと全く同一の結果が示される。

第14表 主なる増水に於ける雨量 10mm 当りの増水持続時間比較
(昭和13~23年・宝川)

増 水 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
本 流 区	13.6	14.5	13.1	10.6	10.1	6.6	23.6	10.4
初 沢 区	18.2	23.4	20.1	13.3	11.1	8.1	24.6	13.4
比	1.34	1.61	1.53	1.25	1.10	1.23	1.04	1.29
増 水 No.	9	10	11	14	15	外	合 計	平 均
本 流 区	13.5	8.6	25.3	17.8	4.9	8.7	181.3	13.0
初 沢 区	16.9	10.6	32.4	23.0	5.8	9.4	230.3	16.5
比	1.25	1.23	1.28	1.29	1.18	1.08		1.27

以上で1連続降雨に対する増水量、増水率及び増水継続時間に就て調査したる結果の概要を述べたが、之れを総括し併せて本流及び初沢の両区を比較的に観ると、両区的全増水量は雨量に対して概ね同等の関係であるが、其の継続時間は常に初沢区が、集水面積広大な本流区よりも長いことに依つて、初沢の水の出方は本流よりも緩やか(最大流量の比較は後に記載する)であることが認められる。

II. 1. 2. 増 水 開 始 期

雨が降り出して先ず直接流水面に加わるもののために水位が増すことは、勿論増水の最初で

はあるが、これは一般の観測に表わされることは殆んどない。通常或る程度まで降り続いてそれが地面の初期貯溜量を充たすと、河道に近い表層の水分が流れ出し、又一部の地下水が増して、ここに初めて流水の増嵩に現われることは少しく前にも述べた。此れが続いて集水地に地表流下雨量が生じて流水の急増を見る迄、徐々に増水する増水開始期（a 期）は、一般に弱い雨が長く連続する場合では其の経過や次の増水最盛期との限界が明瞭なるも、急な強雨で始まる場合では、屢々これを欠く場合さえある如く、降雨強度との関係が特に著しく又集水地の個性が強く反映している時期である。

多くの増水の中には 1 増水の総てがこの型の継続から直ちに減水に移る場合もあるが、ここを選んだ主な増水はむしろ此の型式の期間を欠くもののあることは上記の如くである。今毎回の本期間に就て観測したる増水量と雨量其の他の数値を挙げると次表の如くである。

第 15 表 増水開始期の増水量と雨量 (昭和 13~23 年・宝川)

増水 No.	a 期 増水量	〃 雨量	〃 増水率	降雨 時間	降雨平 均強度	基 底 流 量		降 雨 比強度 (6) / (8)	一時保 留雨量 (3) - (2)
	(mm)	(mm)	(%)	(h)	(mm/h)	(m³/s : km²)	(mm/h)	(mm/h)	(mm)
本 流 区									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	0.66	8.31	8	8	1.04	0.014	0.050	21	7.65
2	4.56	37.38	12	40	0.93	0.017	0.061	15	32.82
3	4.47	38.80	12	9	4.31	0.013	0.047	92	34.33
4	4.99	38.52	13	20	1.93	0.037	0.133	15	33.53
5	9.75	40.04	24	19	2.11	0.050	0.180	12	30.29
6	0.58	18.90	3	3	6.30	0.013	0.047	134	18.32
7	×	×	×	×	×	0.010	0.036	×	×
8	2.80	34.06	8	26	1.31	0.040	0.144	9	31.26
9	0.65	15.16	4	18	0.84	0.032	0.115	7	14.51
10	0.15	12.72	1	4	3.18	0.038	0.137	23	12.57
11	×	×	×	×	×	0.021	0.076	×	×
12	1.40	18.90	7	9	2.10	0.030	0.108	19	17.50
13	9.09	36.29	22	28	1.30	0.135	0.486	3	27.20
14	×	×	×	×	×	0.016	0.058	×	×
15	1.29	18.30	7	14	1.31	0.048	0.173	8	17.01
16	0.05	2.94	2	8	0.37	0.099	0.356	1	2.89
17	0.38	2.84	13	8	0.36	0.062	0.223	2	2.46
18	0.16	2.89	6	2	1.45	0.028	0.101	14	2.73
19	3.16	26.41	12	15	1.76	0.56	0.202	9	23.25
外	4.70	33.15	14	14	2.37	0.125	0.450	5	28.45

× の 3 回は a 期不分明、殆んど欠いている。

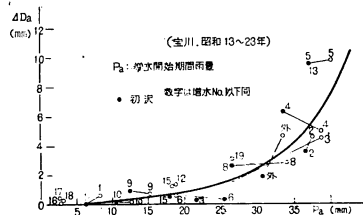
初 沢 区									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	0.13	6.12	2	8	0.77	0.002	0.007	110	5.99
2	3.70	36.5	10	42	0.86	0.006	0.021	41	32.80
3	0.34	21.78	2	8	2.72	0.0003	0.001	2720	21.44
4	6.28	33.45	19	20	1.67	0.023	0.083	20	27.17
5	9.60	36.94	26	19	1.94	0.034	0.122	16	27.34
6	0.25	25.21	1	17	1.42	0.002	0.007	203	24.96
7	×	×	×	×	×	0.001	0.004	×	×
8	2.71	26.19	10	26	1.01	0.021	0.076	13	23.48
9	0.94	12.16	8	18	0.68	0.013	0.047	14	11.22
10	0.20	10.54	2	4	2.64	0.014	0.050	53	10.34
11	×	×	×	×	×	0.006	0.021	×	×
12	×	×	×	×	×	×	×	×	×
13	×	×	×	×	×	×	×	×	×
14	×	×	×	×	×	0.006	0.021	×	×
15	0.50	17.96	3	14	1.28	0.015	0.054	24	17.46
16	×	×	×	×	×	×	×	×	×
17	×	×	×	×	×	×	×	×	×
18	×	×	×	×	×	×	×	×	×
19	×	×	×	×	×	×	×	×	×
外	1.86	30.48	6	14	2.18	0.048	0.155	14	29.62

× の増水は a 期不明のもの及び湛水池放水中で観測を欠いた場合である。

1. 増水量と雨量との関係

a 期間中の増水量と雨量との観測値を第 15 表に依つて図示すると第 12 図 (1) の如くである。

第 12 図 (1)
増水開始期の増水量 ΔD_a .



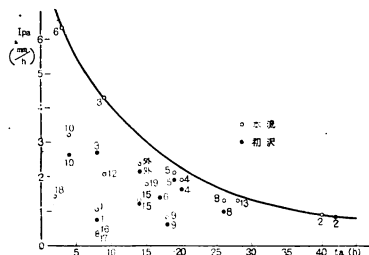
る。本図に見る両者の関係は次項に示す 1 時間最大量に於ける場合とよく似た関係であるが、この場合は時間が長いだけ稍纏つた関係を認めることが出来る。即ち両者の関係は図中に記入したる曲線を以て概観出来るから、之れによつて実験式を求めると次の如くなる。

$$\log \Delta D_a = 0.0476 (P_a - 21.45) \quad (8) \text{ 式}$$

$$\Delta D_a = e^{0.1196(P_a - 21.45)} \quad (8') \text{ 式}$$

然して各観測値が散らばるのは、主として降雨の強度と其の時間的及び地理的分布に因り、それに増水前の集水地の乾湿度が交錯するためであるらしい。今少しく両者の関係を吟味するために降雨の強度と其の継続時間との関係及び降雨の比強度（降雨平均強度の増水当初の基底流量に対する比、前表 (9) に記載）と基底流量（前表 (7) に記載）との関係を図に記入すると第 12 図 (2) 及び (3) の如くである。

第 12 図 (2)

増水開始期の降雨平均強度 I_{pa} と
継続時間 t_a (宝川)

先ず第 12 図 (2) に依つて、本期間中の降雨の平均強度と其の継続時間との限界を表わす曲線を図の如く入れて、其の関係式を算出すると次の如くなる。

$$I_{pa} = 5.0 (1.8 - \log t_a) \quad (9) \text{ 式}$$

$$t_a = e^{0.461(9.0 - I_{pa})} \quad (10) \text{ 式}$$

即ち (9) (10) 式に依つて、平均強度概ね 4mm/h 程度の雨では 10 時間を限度とし、又 20 時間にも亘つて a 型増水の降雨では、其の降雨平均強度は 2mm/h 以内であることが示されている。而して此の関係は集水地の乾湿を無視して単にこの型式の増水を持続した降雨の平均強度と、その継続時間との関係であつて、資料が充分多数になれば、図のような実験値の上限を連ねた曲線は両者の組合せの最大限界を表わし、各集水地の個性に依つて一定の限界を示すであらう。

次いで (3) 図は上記の集水地の乾湿の関係を加味することを考えたもので、(1) (2) 図の結果と対照して増水開始期に於ける増水量と雨量との関係について、かなり解析的に明らかにすることが出来る。即ち河川の流量は、そのときどきの集水地の乾湿を表わす示準として通常最も適切なものであるから、本 (3) 図に依つて降雨の比強度と集水地の乾湿度との関係が、かなり密接に且明瞭に示されている。図中に記入したる曲線は各観測値の中央を連ねる如く描いたもので、之れを実験式を以て表わすと次の如くなる。

$$\log I_{Ra} = 1.274 (-\log Q_{Ba} - 0.605) \quad (11) \text{ 式}$$

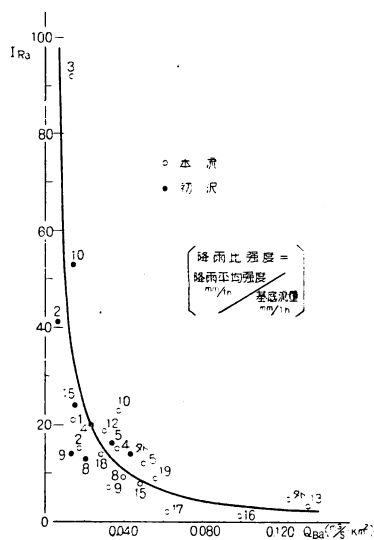
$$\frac{1}{I_{Ra}} = 5.9 Q_{Ba}^{1.274} \quad (11') \text{ 式}$$

ここに降雨比強度 $I_{Ra} = P_a \div (3.6 Q_{Ba} \cdot t_a)$ であるから、これを (11) 式或は (11') 式に入れると次の (12) 式が得られ、更に (12) 式を (8) 式に入れると (13) 式となる。

$$P_a = 0.610 \frac{t_a}{Q_{Ba}^{0.274}} \quad (12) \text{ 式}$$

$$\log \Delta D_a = 0.0476 (0.610 \frac{t_a}{Q_{Ba}^{0.274}} - 21.45) \quad (13) \text{ 式}$$

第 12 図 (3)

増水開始期の降雨比強度 I_{Ra} と
基底流量 Q_{Ba} (宝川)

即ち a 期増水量は単に集水地の乾湿度と降雨時間の函数となる。一定の框の中の現象とすればこの様な関係も考えられる。翻つて (8) 式或は (8') 式に依つて $\Delta D_a = P_a$ となる場合は $P_a = 58\text{mm}$ 余と計算せられる。実際では a 期間の雨量 P_a が 50mm を算する如きは、極めて特殊の場合の外予想せられず、一般には本資料の限界 $40 \sim 45\text{mm}$ 程度であつて、其の増水量は $7.6 \sim 13.2\text{mm}$ 位である。最も普通に現われる限界 $P_a = 30\text{mm}$ では、(8) 式に依つて増水量 2.55mm 、増水率 8.5% となり、此のときの基底流量 $Q_{Ba} = 0.030 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ とすると、降雨時間は (10) 式に依つて 18.8 時間と算出せられ、従つて其の強度は平均 $1.60\text{mm} : 1\text{h}$ 、比強度は 14.8 となり、(11) (11') 式でも勿論同算出値が得られる。即ち之れ等の限界を超えて強大なる場合は、既に増水の型式が a 期間と異なることが知られるのであつて、第 12 図中の観測値で、実験式曲線からかなり離れている場合は、上記数個の限界の何れかに異常のあつたことに因るものが多い。

然して本期間の雨量に対する増水率は、概ね 10% 内外、 $8 \sim 12\%$ 程度が普通であつて、 20% を超えることは稀である。増水期間別としては地下水流出の d 期に次いで増水率が小さい。

2. 本流と初沢との比較

本期間に於ける増水量と雨量との関係は、本流及び初沢集水地に対して全く同様であつて、本資料では上記の実験式は両地に共通である。次項以後に記述する他の増水期では其処に何等かの差異を認められるが、本期間に限つて両地に同様なることは他の集水地に於て如何なる関係になるか特に注目に値するであろう。

而して量的の関係は上記の様に差異ないが、降雨が始つてから増水に現われる迄の時間が、集水面積の小さい初沢に於て却つて長いことは最も顕著な差である。比較資料に就て毎回の増水開始時の遅れを採ると次の如くである。

本流及び初沢の増水開始時比較 (昭和 13~23 年・宝川)

増水 No.	増 水 開 始 時 の 初沢の遅れ (h)	備 考
1	4.0	基底流量は初沢は本流の 7 分の 1 程度であつた。
2	10.0	余りに差がある、本流奥地には多少早く降雨したか？
3	1.0	初沢が乾き過ぎているにしては開始時の差が少い、但、初沢の a 期間増水量は過少である。
4	4.0	比較的弱い雨で始まる、集水地は湿つた方。
5	0.0	上記とよく似ている、集水地は更に湿つている。
6	×	片方は前駆の小雨を省いたので比較出来ない。
7	0.0	乾いているとき弱い雨の増水である。
8	2.0	比較的湿つている場合。
9	1.0	同 上
10	0.0	かなり顕著な増水であつて両地略同時に開始。

増水 No.	増水開始時の 初沢の遅れ (h)	備 考
11	3.0	両地の雨量の差稍大である。
14	0.5	降り出しから強い雨で急増する。
15	2.0	カスリン台風に依る増水で開始の差はハツキリしている。
外	6.0	弱い雨の降り出しで増水開始。

Ⅱ. 1. 3. 地表流出期 (増水最盛期)

増水開始期に続いて集水地に地表流下雨量が現われるようになると、流水はやがて急増して増水最盛期を現わして最高水位 (最大流量) に達するのであるが、一般に稍強雨の部分が熄むまでこの型式が持続される。出水の急速な水源地方の山地川や溪川では、降雨の短時間の強度変化にも流量の増減に敏感で、期間中でも昇降を繰り返しつつ、続いて降雨の終期に入ると急に次の期間に移るのであるが、本篇の資料では全体としてb期型をなす期間を前掲のように水位記録から採つて、其の増水量或は雨量を計算することとした。而し此の減水の時間がかなり長く且ハツキリb期型と区別される期間がある場合は、之れを区分して数回のb期 (b' b''等) を採録した。今毎回の増水に対する観測成績を挙げると第16表の如くである。

第16表 地表流出期の増水量と雨量 (昭和13~23年・宝川)

増 水 No.	本 流 区					初 沢 区				
	b期 増水量 (mm)	〃 有効雨量 (mm)	〃 左記に對する 増水率 (%)	〃 時間 (h)	〃 保留雨量 (mm)	b期 増水量 (mm)	〃 有効雨量 (mm)	〃 左記に對する 増水率 (%)	〃 時間 (h)	〃 保留雨量 (mm)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	18.89	87.0	22	6	68.1	7.50	64.3	12	5	56.8
2	15.13	101.2	15	11	86.0	12.84	83.3	15	9	70.5
3	15.98	70.3	23	4	54.3	5.90	50.8	12	5	44.9
4	35.02	95.7	36	15	60.7	28.70	81.2	35	16	52.5
5	8.29	54.2	15	3	45.9	9.18	49.4	19	5	40.2
6	46.66	126.8	37	11	80.2	34.62	118.1	29	11	83.5
6'	28.79	134.9	21	6	106.1	23.85	126.1	19	6	102.3
7	25.22	92.9	27	35	67.7	18.88	91.1	21	39	72.3
8	10.16	79.8	13	4	69.7	10.46	60.8	17	4	50.4
9	19.99	82.1	24	6	62.1	20.81	67.3	31	7	46.5
9'	15.98	91.9	17	6	75.9	13.31	68.5	19	5	55.3
10	13.27	68.2	19	7	54.9	9.22	61.0	15	8	51.8
10'	4.17	76.8	5	2	72.7	4.68	68.6	7	3	63.9
10''	24.07	109.7	22	8	85.6	16.94	97.2	17	10	80.2
11	28.00	88.1	32	23	60.1	11.50	58.2	20	20	46.7

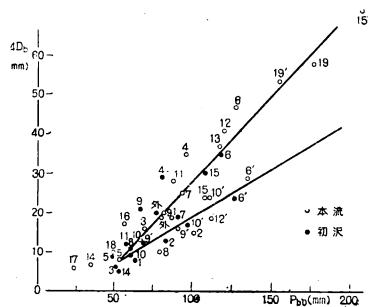
No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
12	41.03	120.4	34	10	79.4	×	×	×	×	×
12'	18.13	111.6	16	4	93.5	×	×	×	×	×
13	37.49	116.7	32	11	79.2	×	×	×	×	×
14	6.85	34.5	20	3	27.7	5.00	52.9	9	6	47.9
14'	2.87	48.8	6	1	45.9	—	—	—	—	—
15	23.89	108.7	22	5	84.8	29.71	107.5	28	5	77.7
15'	71.94	205.5	35	8	134.6	85.82	197.8	43	8	112.0
15''	19.47	144.6	13	4	125.1	25.25	121.9	21	7	96.6
16	16.66	57.1	29	5	40.5	×	×	×	×	×
16'	3.64	59.7	6	4	56.1	×	×	×	×	×
17	5.84	23.3	25	2	17.4	×	×	×	×	×
18	9.83	50.3	20	4	40.4	×	×	×	×	×
19	57.96	176.8	31	8	118.8	×	×	×	×	×
19'	53.55	155.1	35	13	101.5	×	×	×	×	×
外	19.23	81.3	24	4	62.1	20.11	77.3	26	6	57.1

備考：有効雨量は降り始めから本期中迄の積算雨量から前期中迄の増水量を減じた結果である，又
保留雨量は積算雨量から積算増水量を減じた量，何れも期間末現在量とす，以下同断。

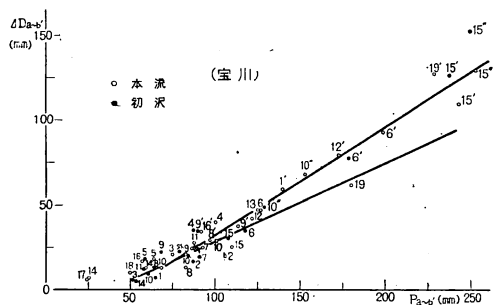
1. 増水量と雨量との関係

第 16 表に依つて本期増水量 ΔD_b と有効雨量 P_{b0} 及び第 15 表と併せて本期迄の積算増水量 $\Delta D_{a \sim b}$ と同雨量 $P_{a \sim b}$ との關係を图示すると、第 13 図 (1) (2) の如くである。圖中

第 13 図 (1)
地表増水量 $\Delta D_b'$ と有効雨量 P_b' (宝川)



第13図(2)
地表流出期迄の増水量 $\Delta D_{a \sim b'}$ と雨量 $P_{a \sim b'}$
(宝川)



dash を附して記入したものは、第2次第3次の観測値である。圖に依つて各因子相互の關係は夫々圖中に記入したる直線を以て表わすことが出来る。即ち第1次的の増水量と其の雨量との關係は、(1)圖では上方に記入したる直線、(2)圖では下方の直線の關係として比較的よく表わされるが、第2次以下の増水量になると、上記と夫々別個の直線關係と見ることが出来

る。今図中の直線を実験式の形にすると夫々次の如く示される。

$$\Delta D_b = 0.44 (P_{b0} - 36) \quad (14) \text{ 式}$$

$$\Delta D_b' = 0.24 (P_{b'0} - 20) \quad (15) \text{ 式}$$

$$\Delta D_{a \sim b} = 0.46 (P_{a \sim b} - 39) \quad (16) \text{ 式}$$

$$\Delta D_{a \sim b}' = 0.65 (P_{a \sim b}' - 54) \quad (17) \text{ 式}$$

この様に明瞭な2つの系統に区分せられることは、実際の増水量の現われ方と照し合せて考えると、甚だ興味ある関係である。しかし量的には、他の諸因子の補正を要するので、之れで直ちに窺知することは出来ない場合があるが、質的定性的の比較或は観測成績の検討の一手段に使用すれば、其の規準とすることが出来るであろう。

2. 最大流量 (増水量) について

増水最盛期に現われる最大流量、最大増水量について、其の現れ方或は雨量との関係を検討したる結果の概要を記述しよう。

然して山地川或は溪川に於て最高水位の現われる頃は、通常水位が急激に上昇する時期であるから、量水所の上流に異常な湛水池的部分があるものと然らざる場合とでは、本来の水の流出が同じ場合であつても、一は流量調節の機能大きくて然らざるものに比して、下流の流況は緩やかに最高水位は低くなる。今本試験区について量水所附近上流の湛水部分の状況を観察すると次の如くである。

- (1) 本流量水所附近の河道は、欠込付堰堤の上流部が多少湛水池の形となる間は、下流に於ける水位の上昇を僅かに遅らせることとなるが、此の容積と少しく増水した場合の流量とを対照して考えると、之れは殆んど問題とするに足らないであろう。本篇の如く欠込上縁を溢流せる水位を資料とする場合では、其の上流から量水路まで略同じ幅員の水流となつてゐるから、此の間の遅滞、停滞は全く無いと見て可いと考えられる。
- (2) 初沢量水所の設備には、常に比較的大きい湛水池が必要であるから、流入量が増すと一部は其処に貯溜されつつ流出量を増すことになるので、増水の場合は湛水池の貯溜増加分に対する遅滞があり、減水の場合には貯溜減少分が加わることとなる。従つて水位の急変部はそれ相応に平滑化されているものである。

以上の事情に関して東大教授荻原貞夫博士は「堰堤量水法に依る時間流量曲線に就て」⁽¹⁵⁾なる論文に於て詳しく解説し、最も簡単に補正する計算法を示されたものがある。即ち湛水池水位、欠込越水高 h の記録に依つて流入量 Q_0 を求めるには、その水位変化の直線部分 (h_1 から h_2 へ) に相当する湛水池の水量 $(h_2 - h_1) A$ と、其の貯水に要したる時間 $(t_2 - t_1)$ とから、その間の平均貯溜量 $q_1 = (h_2 - h_1) A / (t_2 - t_1)$ を求め、一方欠込からの平均流量 $q_2 = \frac{1}{2} (f(h_1) + f(h_2))$ は流量式から算出せられるので、この両者を加え合せると実用的に概ね正確に計算せられることを提示された。即ち

$$Q_0 = q_1 + q_2 = \frac{(h_2 - h_1)A}{(t_2 - t_1)} + \frac{1}{2}\{f(h_1) + f(h_2)\}$$

である。 Q_0 を越水高 h_2 (仮想湛水池水位) に換算して、それを h_1 , h_2 の中間に於ける越水高とし、順次の計算区間について求めたる水位を連結すると、補正された水位曲線が得られるのである。之れが実際の流出曲線に最も近い。

- (3) 次に少しく上流部をも含めて全般の河道状態を考察すると、この様な山地川、溪川 of 自然河道は兩岸が岩盤に依つて極端に迫つていところ、或は淵となる部分も屢々あつて、自然の堰堤、湛水池の作用をしていることが比較的多い。当地ではこの様な地形の外に、河道到るところに転石壘々として、之れ等は凡てこの河道貯溜をより以上に増すことにのみ働くのであつて、又かなり大きい出水のある毎に転石の位置を変え、同じ河道、集水地であつても増水の流れ方には毎回多少の差異あることが察せられる。之れ等は総て河道の長い区間に亘つて起る自然の現象であつて、毎回の洪水に際して起る変化量でさえ、恐らく人工の湛水池の量の及ばない場合もあるであろう。従つて初沢集水地に於ける現在程度の湛水池 (面積約 650m²) は自然河道の一部延長と見做して大過ないであろう。

以上の様な自然貯溜量について、本篇後章に於て特に補正を試みたが、一般には各集水地について補正することは甚だ困難であるから、本項に於ては河道貯溜の補正は行わないこととして比較調査する。

2. 1. 最大流量 (増水量) と雨量との関係

毎回の最大流量 (増水量) に就て、当時の集水地雨量と大体対照したる結果は、最大 1 時間雨量との関係最も密接であつて次いでは降雨の始めから最強時迄の雨量並に其の強度に因ることが認められる。又最高水位附近で降雨強度の変化から水位変化への時間的ズレを見ると、大約 1 時間位であることは少しく前にも述べた如くである。實際に更に細密な記録を得るなら、此のズレは今少しく短縮される場合もあると考えられるが、現在の観測精度では一応凡て 1 時間のズレを適用することとしたのである。

然して又集水地別の比較を考えると、本流区と初沢区とでは集水面積の顯著な相異 (16 : 1)、河川密度の大小 (本流 3.36 : 初沢 4.74 km : km²) という 2 因子からでも、降雨から河道流量への時間的ズレに相当の開きがあろうと想われるが、實際は寧ろ初沢に遅れる傾向があることは、初沢湛水池の程度でなく、根本的に水の出方に差異あるものと察せられる。尙集水地の平均傾斜は前掲⁽¹⁾の如く、本流区 24°05', 初沢区 24°45' であつて、本流区は僅かに緩傾斜となつてゐる。今毎回の最大流量及び同増水量を採つて、それに対して集水地の雨量の差並に河川密度の差を補正して、両区を比較対照すると第 17 表の如くである。但、雨量は其の大きさだけで直線的に増水を来し、又河川密度は同様の傾斜では斜面の長さを変えるもので、従つて斜面の流去量の河道への集る速度を変えるものと考え、何れも標準の雨量、密度へ補正したものである。

第 17 表 最大流量 (増水量) と雨量 (昭和 13~23 年・宝川)

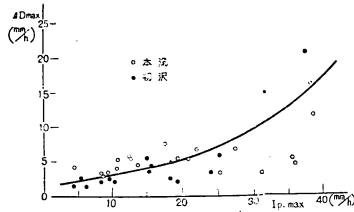
増 水 No.	基底 流量 (m³/s : km²) (1)	最大 流量 (2)	1h 最 大		最盛期 迄の雨 量 (mm) (5)	同左 平均 強度 (mm/h) (6)	1h 最大 雨量 (mm) (7)	最 大 増水量 (2) - (1) (8)	補 正 最 大 増 水 量		
			増水量 (mm) (3)	増水率 (%) (4)					雨量 補正 (m³/s : km²) (9)	河川密 度補正 (10)	両者 補正 (11)
本 流 区											
1	0.014	1.517	4.65	34	79.7	6.1	13.78	1.503	1.21	1.79	1.44
2	0.017	2.075	5.17	15	90.3	1.6	35.49	2.058	1.64	2.45	1.95
3	0.013	1.823	5.82	47	65.6	5.5	12.34	1.810	1.32	2.15	1.57
4	0.037	1.324	4.08	92?	94.8	2.8	4.44	1.287	1.07	1.54	1.28
5	0.050	1.043	3.28	40	61.7	2.9	8.25	0.993	0.91	1.18	1.08
6	0.013	2.759	7.40	42	178.2	6.9	17.51	2.746	2.18	3.27	2.60
7	0.010	1.140	2.92	34	40.4	13.5	8.61	1.130	1.07	1.34	1.27
8	0.062	1.146	3.15	10	51.2	1.8	81.08	1.084	0.83	1.29	0.99
9	0.032	1.640	5.28	27	60.5	2.9	19.34	1.608	1.23	1.92	1.46
10	0.038	2.293	6.39	29	68.0	6.4	22.04	2.255	1.53	2.68	1.82
11	0.021	1.086	3.27	35	82.3	3.3	9.27	1.065	0.63	1.27	0.75
12	0.030	1.523	5.26	49	111.7	5.9	10.80	1.493	1.32	1.77	1.57
13	0.135	1.914	5.52	44	102.9	2.8	12.66	1.779	1.59	2.12	1.89
14	0.016	1.359	3.11	12	62.6	7.0	25.14	1.343	0.98	1.59	1.17
15	0.048	5.229	16.01	42	173.3	7.5	38.30	5.181	4.88	6.16	5.81
16	0.099	1.600	5.06	24	38.5	3.5	20.70	1.501	1.07	1.79	1.28
17	0.062	2.147	4.04	38	21.9	5.1	10.72	2.085	1.32	2.49	1.57
18	0.028	2.244	4.52	13	44.3	13.0	35.09	2.216	1.85	2.64	2.20
19	0.056	4.234	11.60	30	145.1	6.6	38.66	4.178	3.26	4.97	3.88
外	0.125	2.151	6.71	25	77.2	4.5	27.35	1.026	1.57	2.47	1.87
初 澤 区											
1	0.002	0.593	1.99	19	58.7	4.5	10.23	0.561	0.62	0.47	0.52
2	0.006	1.428	4.43	29	60.6	1.2	15.50	1.422	1.37	1.19	1.15
3	0.0003	0.697	2.03	25	44.9	3.7	8.44	0.697	0.65	0.51	0.55
4	0.023	0.769	2.63	50	83.7	3.1	5.24	0.746	0.72	0.63	0.61
5	0.034	0.755	2.51	26	58.9	2.7	9.71	0.721	0.72	0.60	0.60
6	0.002	1.578	5.27	35	152.8	3.7	15.04	1.576	1.46	1.33	1.23
7	0.001	0.384	1.30	51	35.0	1.3	4.13	0.383	0.37	0.32	0.31
8	0.021	1.043	3.33	14	39.3	1.4	23.90	1.022	1.02	0.86	0.86
9	0.013	1.244	3.73	24	49.5	2.2	15.51	1.231	1.17	1.03	0.98
10	0.014	0.729	2.37	13	56.4	5.1	18.27	0.715	0.59	0.60	0.49
11	0.006	0.369	1.25	20	54.3	2.2	6.12	0.363	0.32	0.30	0.27
12	×	×	×	×	103.0	5.7	9.96	×	×	×	×
13	×	×	×	×	94.9	7.3	11.67	×	×	×	×
14	0.006	0.736	2.01	10	48.1	5.3	19.70	0.730	0.70	0.61	0.59
15	0.015	6.324	20.71	55	170.1	7.4	37.58	6.309	6.07	5.30	5.10
16	×	×	×	×	34.0	3.1	18.26	×	×	×	×
17	×	×	×	×	13.9	4.6	6.80	×	×	×	×
18	×	×	×	×	40.5	10.9	33.03	×	×	×	×
19	×	×	×	×	121.3	5.8	32.33	×	×	×	×
外	0.043	1.812	5.91	24	70.9	4.2	25.14	1.769	1.49	1.49	1.25

備考 (i) 雨量は凡て集水地平均量を採る。

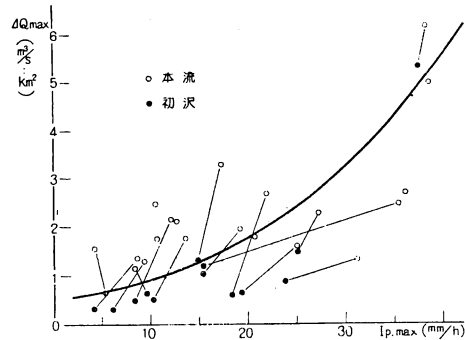
(ii) 補正する場合の雨量の標準値は観測基地の雨量とした、従つて之れに対する補正は観測基地量の集水地平均量に対する比を最大増増水量に乘ずればよい。

(iii) 河川密度の標準値は $4\text{km} : \text{km}^2$ とした、従つてこの補正には本流は $4 : 3.36 = 11.9$, 初沢は $4 : 4.74 = 0.84$ を最大増増水量に乘ずれば可い。

第 14 図
1h.max 増水量 ΔD_{max} と
同雨量 $I_{p, max}$
(宝川)



第 15 図
最大流量の増加 ΔQ_{max} と 1h.max
(宝川)



第 14 図は第 17 表中の (3) と (7), 第 15 図は同 (10) と (7) とを図に記入したものである。之れ等の図に現われたところは一見して小集水地或は山地川, 溪川に於ける現象なることが感ぜられるのであつて, 大集水地の様に平均化された結果でもなく又実験室内の結果の様に単純でもない。蓋し此の原因は主として雨量観測の不備に帰せられるのであつて, 例えば, 現在の雨量観測は余りに其の積算量を測ることにのみとられ, 強度の時間的分布など益々平均化されるので, 小集水地に於ける増水の一部分の如くそれ迄の降雨の強度分布, 更に対照する降雨時間 (ここでは 1 時間) 中の強度変化の相異に因つても, 著しい差となつて現われるところには, 単元の比較だけでは適切な結果を得難い。即ち第 17 表中から関係因子を抽出して第 14, 15 図同様の比較をすると, 何れも此の両図と似た関係の傾向が認めることが出来る。

図中に記入したる曲線は, 夫々の関係に対して大体の傾向を示したるものであつて, 第 15 図の結果は比較的明らかであるから, 試みにこの曲線の実験式を求めると次の如くなる。

$$\log \Delta Q_{max} = 0.025 (I_{p, max} - 10) \quad (18) \text{ 式}$$

但, ΔQ_{max} : 河川密度を標準密度 $4 \text{ km} : \text{km}^2$ としたときの

最大流量の増加 ($\text{m}^3/\text{s} : \text{km}^2$)

$I_{p, max}$: 集水地の 1h.max 雨量 (mm/h)

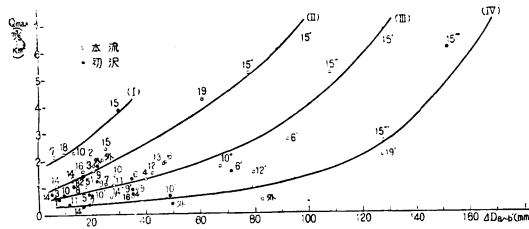
本式を以て数量的の関係を現わすものとするとは勿論無理であるが, 両者の関係型式を表わす一つの規準とすることが出来るであろう。

2. 2. 最大流量と最盛期迄の増水量との関係

最大流量の大きさが, それが現われる増水期即ち増水最盛期 (地表流出期) 迄の各積算増水量と何の様な関係にあるか, 言いかえれば各最大流量はその増水期迄の増水量の上に, どの様に立っているかということを検討するのであつて, 出水予報の基本資料として必要なは勿論, 山岳川では最大流量が第 2 次或は第 3 次の増水最盛期に現われる型式が多いところから, 各集水地或は地区的にその特性を明らかにすることは, 水理機能の一つの基本尺度として必要

である。

第 16 図 最大流量 Q_{max} と増水最盛期迄の
積算増水量 $\Delta D_{a \sim b'}$
(宝川・昭和 13~23 年)



第 16 図は本篇の資料について、各地表流出期に現われた最大流量と其の増水期迄の各積算増水量とを直交座標上に記入し、各点の分布の系統を区分する曲線 (I)~(IV) を描いたものである。

先ず図中の曲線に関する解説をしよう。

(I) 曲線は増水 No. 17, 18, 10 (何れも本流のみ) 及び No. 15 (本流・初沢) の各第 1 次最大流量に依つて描かれたもので、何れも増水開始期に最も接近して現われた最大流量で、降雨時間も最も短かく反対に降雨強度は最も大きい。奥利根特有の「ネコマクリ」型出水 (本資料 No. 17 及び 18 の類) の最大流量は、凡て本曲線に沿う標準的のものである。この曲線で表わす両者の関係は最も急大であるから、この様な型式で大增水が現われる様に想えるが、実際では地理的に時間的に限られた局部的現象なること甚だ多く、中流部以下の出水迄大きい影響を及ぼすことは極めて稀である。中流以下の流域で第 16 図同様の関係を描くなら、恐らくこの (I) 曲線は欠除するであろう。蓋し此の曲線の描かれるのは山地川特に本地区特有の急増水に因るものと考察せられる。然して当地に於ける此の種の最大流量は、昭和 22. Ⅷ. 15 日カスリン台風来襲に際して、同日午前 5 時前後に現われたる温暖前線に因る第 1 次強雨に際して、初沢区に出現した最大流量 $3.9 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ が飛びはなれた大きさであつて、之を除くと何れも本流の「ネコマクリ」水の $2.2 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ 程度のものであつた。元来初沢はネコマクリ水は殆んど出現しないのであつて、此の時の強雨は全く未曾有の強さ (主要部 4 時間の雨量 初沢 82mm, 本流 84mm) であつた為、集水面積の狭小な初沢は本流よりも急激に増水して、此の記録を作つたのである。尙此の場合本流の増水型は、降雨の型式から言つてもネコマクリ水ではなかつた。

(II) 曲線を以て代表せられる観測値は、普通の第 1 次の増水で現われる場合最も多く、次いで第 2 次増水が第 1 次増水に比較的接近して現われる場合であつて、通常洪水を見る第 1 の型を示していると考えられる。本曲線で示された最大流量の極は、No. 15 増水 (カスリン台風) の第 2 次最大流量の場合であつたが、これは第 1 次増水との間に僅かに降雨の弱い時間があつて、其の間に多少減水したが僅かに 2 時間にして再び第 1 次期に優る強雨連続した際に現われたもので、其の基礎条件からして第 1 次の出現よりも寧ろ水位が急昇し易い状態に在つたようである。此の様な条件は曲線の右上部の形によつて表わされている。即ち第 2 次的の強雨に依つて、第 1 次最盛期をも通じた上昇速度 (降雨強度) が第 1 次期間のみの夫れをも超過す

る場合には、最大流量と増水量との関係は益々急勾配（増水量軸に対して）の曲線を以て示される。

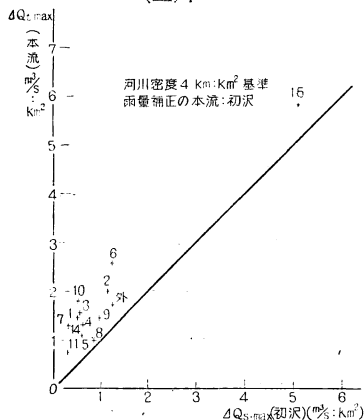
（Ⅲ）（Ⅳ）曲線は漸次雨の強度が比較的弱い場合、又第2次第3次以下に現われる最大流量に関する観測値の分布を表わしている。従つて其の上昇傾度は、或るところまでは（Ⅲ）（Ⅳ）へ移るに連れて（Ⅱ）よりも緩やかになつてゐるが、増水の最盛期が第2次第3次に於て極大に達するような場合は、上記の様に、それ迄の増水が基礎条件の様になつて、最大流量は一層急増する関係が考察せられる。

以上（Ⅰ）～（Ⅳ）曲線の形式に依つて、又観測値の表わす意義を概観したところから、増水量と最大流量との関係を考察したのであつて、之れ迄の図示とは多少意味が異つてゐる。今のところ本図は量よりも質的の事情を表現したものであつて、いろいろの異つた集水地、流域に於て此の様な比較調査が出来れば、或方面の特性を考える尺度になると思われる。

3. 本流と初沢との比較

本流と初沢との比較に関して先ずb期の増水量と雨量との関係で見ると、本流の増水量が比較的大きい場合或は逆に初沢が比較的多量なる場合あり、それが何れも系統を分つようなハッキリした原因機構など考察せられず、結局此の程度まで考えるほど集水地雨量の観測精度が進んでいないように惟われる。此の増水最盛期に於ける増水量と雨量との関係は、増水開始期に比して一層降雨強度の時間的並に地理的分布が顯著に影響する為に、降雨と増水量の解析が更に進まなければ両区の比較が遂げられない。只最大流量の関係は現状に於ても比較的明瞭な相異が観られる。即ち前掲第14図及び第15図に依つて示された如く、毎回の観測値は本流に比して初沢は常に下方に在る。このことだけで初沢の最高水位、最大流量は、其の雨量を考慮に入れても本流に比して増嵩寡少であることがわかる。今少しく量的の比較をする為に、第17表

第17図 最大増加流量の比較
(宝川)



に掲げた最大増水量（増加流量の最大）の雨量及び河川密度の相異を補正した結果（表中（11）欄）を、両地比較すると第17図の如くなる。即ち図の中央の45°線は100%、両区同値線であつて、毎回の比較観測値が総て本流側に偏つてゐることは、集水面積の大小に依る流量集積の遅速を考えないで、単に雨量と河川密度（斜面の長さ）との大小を補正しただけで、初沢では本流のように流量の増加が大きくないことが認められる。以上要するに、本期間の増水量の関係は両地でハッキリした差はない、概ね同程度のものであるが、最大流量の現われ方は明らかに初沢に寡少であるから、全体としての水の

出方は本流に急、初沢に緩であることが考察せられる。

Ⅱ. 1. 4. 河道浮き水流出期

河川の流路即ち河道は一つの動く貯水池であり、流量調節池である。降雨に際して林地から出た水(之れを流去量 Runoff という)は、先ず河道水量(之れを河道貯溜量 Channel storage という)の増加に使われ、それに依つて河道から出る水量(之れを河道流量 或は 単に 流量 Discharge という)がだんだん大きくなつて、それが林地から出る水と釣り合つたとき初めて流去量と流量との両者は同じものを示すのである。従つて増水の続く間は絶えず河道貯溜量は増加し、反対に減水の期間には貯溜量が減少するのであつて、流量に対して増加を削減し急減には補給して、之れを調節することとなる。即ち大きな出水の最高水位後の水位急降期間は、河道貯溜水が急激に減少し流去量に加わつて流れ出しているのであるから、此の期間を河道貯溜水流出期と呼ぶ人もある。然し当地に於ける実際の記録から此の期間(第 10 図で解説した c 期間)を採つてその流出量を概算すると、河道貯溜水の流出の外に集水地の浮き水状態のものが多量に加わつていたので、河道貯溜水と浮き水との流出期間という意味で「河道浮き水流出期」と呼ぶこととした。

一例として、c 期の流出量配分について述べると次の如くである。本篇資料の内でも最大い出水であつた No. 15 増水に於ける c 期間の流出量は、本流量水所水位約 100cm 以下の増水分(基底以上の流出量)として約 55mm、初沢同 88cm 以下の増水分として約 40mm と計算せられる。今之れを実際の河川密度、本流 $3.36 \text{ km} : \text{km}^2$ 、初沢 $4.74 \text{ km} : \text{km}^2$ の河道に在る水量に換算すると、本流では河道 1m 当りの水量 16.4 m^3 、初沢同 8.3 m^3 となり、其の時の水面幅を本流で平均 10m、初沢で平均 5m として、河道横断面の形が V 字形乃至拋物線形とすると、其の水深は 2.5m 以上となる。源流に到るまでの全河道に此の様な多量の水が貯溜されているとは、到底考えられない。実際 c 期始めの量水所の水流横断面を水深の最も大きい V 字形に変えて、水面幅を平均の 1 倍半とすると、本流量水所に於ける水深は約 1.87m、初沢量水所では僅かに 0.84m 余に過ぎない。此の様な関係は在り得ないことで、事実貯溜水の流出量は此の期間の全流出量の 20~30% 或は夫れ以下の程度と考えられる。然し此の程度であつても優に流量調節に働き、集水地の河道の在り方に依つて流量の出方に顕著な影響を及ぼすことは充分想像せられる。

河道貯溜水に關しては、本試験に於ても研究を要する問題が甚だ多い。後に水の出方に就て検討する際に、再びとり挙げて多少数量的の問題に触れることとし、ここでは単に以上の解説のみに止める。然して、本増水期間の毎回の増水量及び雨量などを掲げると、次表の如くである。

第18表 河道浮き水流出期の増水量と雨量 (昭和13~23年・宝川)

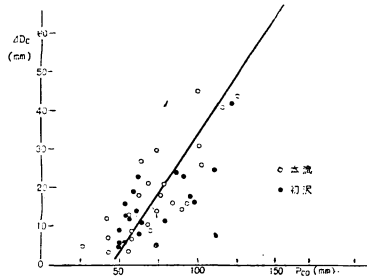
増 水 No.	本 流 区					初 沢 区				
	c 期 増水量 (mm) (1)	" 有効雨量 (mm) (2)	" 左記に対す る増水率 (%) (3)	" 時間 (h) (4)	" 保留雨量 (mm) (5)	c 期 増水量 (mm) (1)	" 有効雨量 (mm) (2)	" 左記に対す る増水率 (%) (3)	" 時間 (h) (4)	" 保留雨量 (mm) (5)
1	14.20	74.3	19	18	60.1	7.62	62.4	12	19	54.8
2	26.30	102.2	26	27	75.9	23.87	86.0	28	29	62.1
3	13.15	56.5	23	17	43.3	8.65	49.9	17	24	41.3
4	18.40	62.2	30	15	43.8	15.68	53.9	29	21	38.1
5	21.41	69.0	31	17	47.6	23.19	61.5	38	29	33.3
6	16.30	93.4	17	9	77.1	18.42	94.9	19	9	76.4
6'	41.02	116.2	35	36	75.2	24.49	111.0	22	16	86.4
7	9.01	69.8	13	26	60.8	4.96	73.4	7	22	68.4
8	15.80	83.6	19	19	67.7	14.35	61.2	23	25	46.8
9	17.97	75.9	24	16	58.1	13.36	55.3	24	17	41.9
10	11.04	67.8	16	9	56.7	5.94	53.1	11	7	48.2
10'	14.61	90.5	16	12	75.8	11.67	78.6	15	11	67.0
10''	45.43	100.5	45	28	55.1	23.48	90.5	26	26	67.1
11	29.75	74.3	40	41	44.5	12.83	56.1	21	49	23.2
12	18.78	10.10	19	5	82.3	×	×	×	×	×
12'	57.22	121.2	47	28	64.0	×	×	×	×	×
13	30.86	100.6	31	15	69.7	×	×	×	×	×
14	2.99	30.6	10	2	27.7	—	—	—	—	—
14'	9.03	58.3	15	7	49.2	5.84	49.5	12	8	43.6
14''	21.34	79.2	27	43	57.9	10.90	64.4	17	25	53.5
15	11.18	89.7	12	2	78.5	10.32	82.6	12	2	72.2
15'	43.74	125.7	35	27	82.0	16.51	97.2	17	24	80.7
16	11.68	41.8	28	18	30.5	×	×	×	×	×
16'	7.19	57.9	12	28	50.7	×	×	×	×	×
17	4.98	26.9	19	10	21.9	×	×	×	×	×
18	6.98	42.5	16	10	35.5	×	×	×	×	×
19	43.66	128.9	34	38	85.3	×	×	×	×	×
外	26.98	64.4	42	31	37.4	18.60	59.2	31	30	40.7

備考 実際では此の期間も急減水のみで経過することは比較的稀である、減水中の小雨で多少増水することも屢々あるが、一々之れを分けずに主なる型に従つて採つた。

1. 増水量と雨量との関係

第 18 表の観測結果に依つて、c 期増水量 (第 2 次以下共) と有効雨量との比較を直交座標上に記入すると第 18 図 (1) の如く、前掲地表増水量と其の有効雨量との比較をした第 13 図

第 18 図 (1)
河道浮き水槽水量 $\Delta D_c'$ と有効雨量 P_c' の
(宝川)



(1) に比べて、第 1 次流出分に対する関係と第 2 次以下の流出分に対する関係とで区分せられるような分布にならないで、図に記入したような一つの直線関係で全体が示される。蓋し b 期と c 期とでは、同じ有効雨量と謂つても多少其の使用分配が異なるためではなかろうか。即ち b 期有効雨量は降雨強度が大なるほど集水地の一時保留として c 期に持ち越す水量が多量であるが、c 期では寧ろ反対に水位が急降するほど前期の保留雨量を流

出している。此の関係が、b 期では第 1 次と第 2 次以後とで保留と流出量 (増水量) との分配が変わるが、c 期では殆んど流出分 (増水量) のみであるから、第 1 次と第 2 次以後とでも相異は来さないであろう。

今第 18 図 (1) に記入した関係直線に依つて実験式を求めると、次の (19) 式が得られる。

$$\Delta D_c = 0.61 (P_{c0} - 45) \quad (19) \text{ 式}$$

然して本期増水量は上記のように主として前期からの保留水分が基礎となり、それに期間中の雨量が加わるのであるから、増水量と前期末の保留雨量 P_{hb} 、c 期当初の流量 Q_{Bc} (c 期の Base 流量と見られる) 並に c 期降雨量との関係を観察した結果、大体次の如き直線関係が得られた。

$$\Delta D_c = 0.65 (P_{hb} - 40) \quad (20) \text{ 式}$$

$$\Delta D_c = 24.73 Q_{Bc} \quad (21) \text{ 式}$$

$$\Delta D_c = 1.73 (P_c + 2.0) \quad (22) \text{ 式}$$

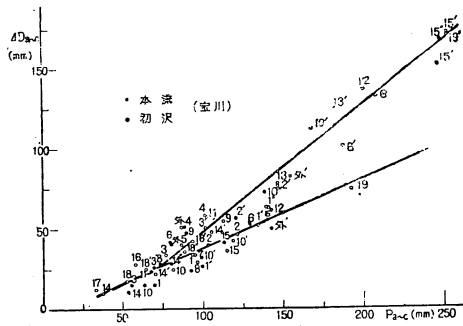
此の 3 式の関係から見て、次の如き型式の実験式 (23) を構成することが出来るであろう。但、以上の記号の単位は Q_{Bc} が $m^3/s : km^2$ なる外は凡て mm である。

$$\Delta D_c = a P_{hb} + b Q_{Bc} + c P_c + d \quad (23) \text{ 式}$$

尙 (23) 式のような場合は、先ず最初に関係の最も密接なる因子を基礎として、順次他の因子を以て其の欠を補うように関係式を構成するのが最も合理的であるが、其の様な扱いをするには未だ資料不足なためか、上記の観察には何れの場合にも大きい優劣が現われていない⁽²⁾ので、此の様な検討は又後の機会に譲ることとした。

次に又第13図(2)の場合と同様に本期迄の積算増水量と積算雨量との比較を図示すると第18図(2)の如く、此の場合両者の関係は図中の2本の直線が示すように、第1次流出分の場合と第2次以後の分とは別箇の直線関係とすることが出来る。即ち此の点は前掲第3

第18図(2)
河道浮き水流出迄の増水量 ΔD_{a-c} と雨量 $P_{a-c'}$



図(2)の場合と同様であつて、上記有効雨量との関係とは異つてゐる。之れは、c期の第2次以下の場合は第1次に流れ出た水量に、更に其の後に貯溜された水量(b'期b''期等に保留される)が流出分(増水量)として加わるからである。従つて第1次分と第2次以後の分との関係式で、数量的の

$$\Delta D_{a-c} = 0.43 (P_{a-c} - 15) \quad (24) \text{ 式}$$

$$\Delta D_{a-c'} = 0.80 (P_{a-c'} - 40) \quad (25) \text{ 式}$$

2. 本流と初澤との比較

本期間の増水量の本流区と初沢区との比較を第18図について観察すると、全体としては初沢の雨量が寡少なために流出分の少いことは、他の場合とも同様に認められるが、更に毎回の関係を仔細に見比べると、本流区に比較的多量なること7回(No. 6', 7, 10', 11, 15, 15', 外)、其の反対に初沢に比較的多量のこと4回(No. 2, 5, 8, 9)であつて、増水に依つて幾分区々な状態になることが察せられる。此の様な反対の関係となる原因に就て多少検討を試みたが⁽²⁾、系統的に解説する事情は考察せられず、只集水地の降雨が其の量及び強度共に本流区に大なること、又集水面積の広大なることは河道貯溜量が面積比例よりも多量であるから、全体として本流区の流出分が比較的多量となる場合が多いように惟われる。然し此の様なことは1面雨量観測の不備な点を考えると、何れも大差のない程度としてよく、比較検討は今後の試験結果に俟つ外はない。

II. 1. 5. 地下水流出期(増水終末期)

降雨に依る直接の増水が、前期の浮き水の流出で概ね了ると続いて此の降雨で増高した地下水分が、之れ迄とはかなり趣きの変つた出方で増水分として加わる。其の量は左程多くはない、本資料中ではNo. 9(本流区)の27mm余に達したる場合が最大で、其の他では20mmに達したのなく概ね数耗から十数耗の程度である。然し其の継続時間は2, 3日の程度のものから1週間位にも亘るから、水源涵養の方面からすると其の減水状況や持続の状態或は之れ

と前期増水との関連など、甚だ重要な研究問題である。尙此の期間は常識的には降雨に対する増水の一部と観られるのであるから、増水の終末期と呼ぶに勿論支障はないが、根本的に水の出方を考えると、之れはもはや増水とは別に、切り放して検討するのが適當であろう。従つてここでは観測結果に依つて単に比較調査を行うにとどめ、詳しい検討は別の報告に記載する。毎回の観測結果は次表の如くである。

第 19 表 地下水流出期の増水量と雨量 (昭和 13~23 水年・宝川)

増 水 No.	本 流 区					初 沢 区				
	d 期 増水量 (mm.) (1)	" 有効雨量 (mm) (2)	" 同左に 対する 増水率 (%) (3)	" 時間 (h) (4)	" 基底流量 (m ³ /s : km ²) (5)	d 期 増水量 (mm) (1)	" 有効雨量 (mm) (2)	" 同左に 対する 増水率 (%) (3)	" 時間 (h) (4)	" 基底流量 (m ³ /s : km ²) (5)
1	5.62	83.2	7	37	0.079	1.68	58.0	3	14	0.034
1'	5.24	77.5	7	56	0.063	3.16	76.1	4	89	0.025
2	12.86	75.4	17	73	0.103	7.00	67.9	10	176	0.023
3	6.36	50.6	13	48	0.066	4.55	44.1	10	70	0.038
4	17.78	43.8	41	58	0.231	6.66	38.1	17	66	0.109
5	16.09	47.6	34	48	0.278	3.71	38.3	10	36	0.108
6	13.86	75.2	18	72	0.123	14.77	86.4	17	93	0.174
7	10.92	60.8	18	163	0.068	4.48	68.4	7	163	0.036
8	12.22	68.6	18	53	0.179	3.32	47.4	7	48	0.081
9	27.12	61.6	40	112	0.200	10.55	44.7	24	112	0.109
10	19.50	55.1	35	77	0.219	11.57	57.1	17	80	0.113
11	16.58	52.9	31	206	0.093	6.21	48.8	13	168	0.038
12	18.16	66.1	27	34	0.278	×	×	×	×	×
13	2.94	59.1	5	16	0.191	×	×	×	×	×
14	15.54	78.0	20	160	0.083	8.27	69.2	12	173	0.069
15	12.41	82.8	15	65	0.221	7.05	81.5	9	87	0.086
16	0.61	50.7	1	12	0.122	×	×	×	×	×
17	3.68	23.8	15	44	0.125	×	×	×	×	×
18	4.41	42.8	10	19	0.106	×	×	×	×	×
18'	10.85	52.6	21	54	0.133	×	×	×	×	×
19	12.59	85.9	15	58	0.204	×	×	×	×	×
外	7.46	74.0	10	41	0.231	6.34	74.7	8	46	0.145

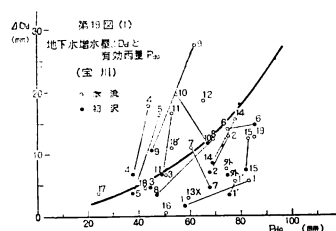
備考 本期末の保留雨量は第 12 表に掲げたと同じ。

d 期基底流量は c 期から d 期に移つたときの流量の大きさである。

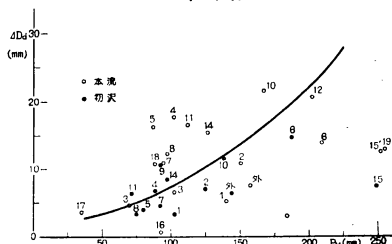
1. 増水量と雨量との関係

第 19 表に依つて本 d 期増水量と同有効雨量との比較及び第 12 表中に掲げた 1 降雨全量との比較を図示すると次の如くである。此の外密接な関係を考えられる d 期の基底流量、前期迄の積算増水量或は増水率との関係について比較を試したが、其の結果は図示した場合と同程度以下

第19図 (1)
地下水増水量 ΔD_d と有効雨量 P_{do}
(宝川)



第19図 (2)
地下水増水量 ΔD_d と1降雨量 P_M
(宝川)



の関係⁽²⁾が見られるに過ぎない。両因子の質的関係を考察して図中に記入したような傾向線が描かれるのみである。

即ち密接な関係を予想される比較が何れも其の内容の意味を考えないでは、関係が有るか無いかさえ疑われる程である。翻つて、集水地が自体の水分のみに依つて流出ある場合を考えると、一般に安定した流出状態が続けられるであろうと考えられるが、其の結果は上記の様に前掲の比較に比べて甚だしく散漫な関係を示すのは、一は本期の増水流出分が比較的少量であること、又同じ有効雨量であつても集水地に於ける保留の状態、主として地中水分の在り方が、長い時間の出方にかなりの影響を齎すためであろう。従つて集水区域が広大なる場合には、之れ等の条件は漸次平均化されることとなつて、上掲の関係因子は一つ一つが相当の安定度を以て夫々適切な示標となるから、一般に安定した関係が考えられる。水源山岳地の比較的小集水地である為に却つて複雑な結果が察せられる。

2. 本流と初澤との比較

増水量と雨量との関係を本流区と初沢区とを比較的に見ると、第19図(1)(2)に於ても明らかなように初沢は本流に比して増水流出分が寡少である。此のことは他の増水期に比べても、最も著しい本期の特性である。然して此の原因として考えられることは、先ず第1に初沢集水地の特殊の事情である。即ち前章の年流出状況を比較したる際に記したる如く、初沢中流以下の右岸の地質構造からの滲漏水が影響することである。例えば前章で滲漏水量として推算せられたるものは日平均で $0.230\text{mm} : 24\text{h}$ であるから、 d 期間が平均5日間、120時間として其の滲漏水量 1.15mm となり、 d 期間増水量の平均 6.62mm に対して 17% に当る。降雨後の土中水分の多い時期であるから、滲漏水量としても平均量を多少超過していることは明らかであつて、流出分への影響の相当大きいことは予想以上であろう。

此の様な特殊の事情を考えると、 d 期の如く単位時間の流出分の最も寡少な、換言すると他の些細な条件でも著しい影響を及ぼし易い場合では、集水地相互の比較などは甚だ困難である。少くとも特殊の事情に因る影響が解析せられない限り、充分な比較は望まれない。今のところ d 期間に対する比較は此の程度にとどめ、量的の比較は本章の始めに掲げた全増水量の比

較並に a~c 期間の増水量の比較を透して觀察するのみである。

Ⅱ. 2. 集水地の一時保留雨量

降雨に対する増水という側の反面に、其の時の増水に現われない水量がある。之れはどの様なかたちであつても増水から保留される量であつて、蒸発などで集水地外に逃れ去る量もあるが、其の量は比較的少量であるから降雨量から増水分となつて流出した量を減じた残余の水量を集水地の一時保留雨量と名付ける。

一般に降雨に対する保留雨量の關係は増水量の場合に比して簡明でなかろうか。即ち降雨の強度が其の滲透能其の他どんな形であつても集水地に保留せられる水量を補つて余りあれば、保留量は概ね降雨の継続時間に比例して増加するが、保留分となる水量以外の著しく変化ある部分は総て増水分となつて現われるのである。今降雨強度を r 、集水地の滲透能を f とすると、降雨余剰 $r-f$ が集水地の湿潤抵抗所謂表面の初期貯溜量を充たす迄は眞の増水は現われない。雨が降り続いて、更に地面近くの貯溜量をも充たして尙相当の余りがあると、ここに初めて地表流下雨量が生じて地表流出の形が量水曲線の上にも現われるのであつて、本篇の資料で此の限界を考察すると前掲 (9) (10) 式の適用限界 (増水開始 a 期の限界) が之れに相当する。此の様に地面流出が生ずる様になると水位の上昇が大きくなり、流去量 q に対して河道貯溜量 S_c の増加も大きい。即ち地面近くの貯溜量を δ 、集水面積を F 、河道流量を Q_c 、河道水位を h 、実験常数を K, M, n で表わすと、次の相互關係が考えられる。

$$q = K\delta^M \dots\dots\dots r - f = q + \Delta\delta$$

$$q \cdot F = Q_c + \Delta S_c \qquad Q_c = K_c S_c^{M'}$$

$$S_c = K_1 h^n \qquad h = (S_c / K_1)^{\frac{1}{n}}$$

$$Q_c = K_2 h^m \qquad Q_c = K_c S_c^{\frac{m}{n}}$$

集水地の一時保留雨量は上記の δ を主とし、降雨中の増水の大きい時期では河道貯溜水量 S_c をも含むこととなる。 S_c については後に少しく検討するように降雨強度との關係が稍密接であるから、地面貯溜量のように簡単ではないが、一方の流去量や流量などに比べれば、非常に簡単であることは上記の關係式に依つて窺知せられる。

Ⅱ. 2. 1. 各増水期の一時保留雨量

本篇資料について各増水期別に計算したる保留雨量は、前掲第 12, 第 15, 第 16, 第 18 の各表中に採録したる如くであつて、次に之れに依つて主として雨量との關係について調査したる結果の概要を記述する。

1. 1 降雨に対する一時保留雨量

1 降雨に対する増水量と雨量との關係は前に (7) 式で表わされたから、之れに依つて一時保

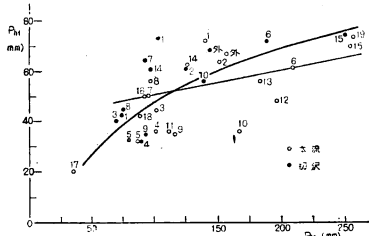
留雨量と雨量との関係を求めると次の如くなる。

$$P_M - \Delta D_1 = P_M - 0.90 (P_M - 45)$$

$$P_{h1} = 0.10 (P_M + 405) \quad (26) \text{ 式}$$

然して第12表に依つて毎降雨の集水地一時保留雨量 P_{h1} と1降雨量 P_M とを示すと第20図の如く、図中の直線は(26)式に依つて記入したものである。各観測値の配列と此の直線とを

第20図
1降雨毎の集水地一時保留雨量
(宝川)



見比べると、此の場合の直線は両者の関係を表わすものとしては余り適当でないように考えられる。各点の配列のみを基礎に両者の関係を表わすなら、図中に新たに記入した曲線或は此の曲線に沿つて引かれる折線が適当である。要するに元の増水量と雨量との関係を表わす(7)式が、今少し多くの観測結果を得て、雨量100mm内外のところを折線の変移点として上下で多少しく別な直線であるなら、この一時保留雨量の場合も

単に(7)式の余数として表わされたのであろうが、この様な細部まで観察するには前掲根尾川の例⁽¹³⁾などに比べて資料不足であり、又一つは保留雨量其のものが増水量とは別に、この冒頭に記載した様になかなり安定した性質のものであるから、増水量では判らない細かい点も保留雨量に依つて明かにすることが出来るのであろう。

此の様に保留雨量を少しく増水量から放れて考え、第20図の観測値の関係を図に記入したる曲線として之れを実験式のかたちにとすると次の如くなる。

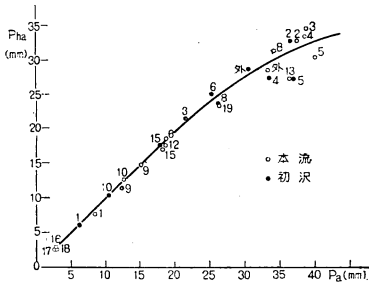
$$P_{h1} = 71 (\log P_M - 1.334) \quad (27) \text{ 式}$$

保留雨量は増水量に比べて安定した性質はあるが、其の量は本資料の様な大雨では大略増水量の2分の1に満たぬ程度であるから、此の様にかなり長い時間を通じて求めると、其の期間の蒸発消失量や増水終末期間の増水量の計算が完了した場合か否かなどで、全体にまで比較的大きい影響を受けるために、之れを以て直ちに量的の推算には供せられないが傾向はよく表わされている。例えば、此の曲線のかたちから雨量概ね250~300mmになると、集水地の一時保留雨量も大体の限界量の75mm位に達して、そこに一つの大きい限界となる規準が示されている様だが、前に増水量のところでも少しく記したように、1降雨量250~300mmというのは当地方でも大洪水となる限界雨量であつて、此の保留雨量と総雨量との関係からも窺知せられる。

2. 増水開始期の一時保留雨量

増水開始期に於ける集水地の一時保留雨量 P_{ha} と其の期間の雨量との比較を、第15表に依つて示すと第21図の如く、又図に記入した曲線は前記の本期間増水量と雨量との関係式(8)から求めた次式(28)に依るものであるが、此の場合両者の実験式としても相当の適応性が認

第 21 図
増水開始期の一時保留雨量 P_{ha}
(宝川)



められる。

$$P_{h1} = P_a - e^{0.1096(P_a - 21.45)} \quad (28) \text{ 式}$$

此の一時保留雨量 P_{ha} は地表流下雨量の現われ始める限界即ち地面近くの初期貯溜量を充たした限界であつて、実際では (9) (10) 式から導かれるところの降雨強度と降雨時間との或限度内に定まつた量である。

尙此の初期保留雨量では降雨前の集水地の乾湿度が最も大きい影響があるから、各観測値の散布は比較的大きい筈であるが、当地の其の位置は気象の環境から集

水地が一般に湿つていて、乾湿の幅が小さく滲透能に大きい開きがないために、特に此の様に雨量との関係に散布の小さい結果となつたのである。又雨量の多寡は、概ね其の継続時間に比例するものなることが、此の関係を単純にしている。

再び、第 21 図の各点の分布を観ると、之れも亦雨量階級別の直線関係とも出来るのであつて、実験式を求めると

$$P_a < 25 \sim 30 \text{ mm}; \quad P_{ha} = 0.96 P_a \quad (29) \text{ 式}$$

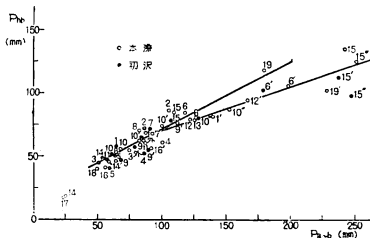
$$P_a > 25 \sim 30 \text{ mm}; \quad P_{ha} = 0.58 P_a + 10 \quad (30) \text{ 式}$$

となり、実験値の範囲内では本式も亦計算値と実測値との差は僅少である。実測値の分布から雨量 25~30mm 附近に保留雨量の増し方にかなりハツキリした境界(変移点)が認められたが、之れは此の附近で地面の滲透能が稍急に減少して、通常の場合或は雨の降り方如何でここで地表流下雨量が発生するものと考えられる。地表流下雨量が1連続雨量 25~30mm 程度で現われるということは、之れまでの 2, 3 の実験成績⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾で得たる結果と概ね一致しているのであつて、自然の集水地に於てもこのような小さい框内の実験結果と同様の限界を認められることは、既に筆者の指摘⁽⁹⁾⁽¹⁴⁾したる如く此の種試験研究上注目しに値する。

3. 地表流出期の一時保留雨量

降雨余剰の最も多い時期であるから、若しも滲透能がいつまでも大きければ保留雨量はどこまでも急増するのであるが、実際では反対に滲透能が漸減するから、雨量に対する保留雨量の増し方は前期間に比べて一層緩傾度となる。今第 16 表中の記載から本期の一時保留雨量を採つて、降り始めからそれ迄の積算雨量と比較すると第 22 図の如くである。

第 22 図
地表流出期末の一時保留雨量 P_{hb}
(宝川)



即ち両者の関係は比較的密接であつて、前掲増水量の場合の関係 (16) 及び (17) 式から第1次増水

の場合及び第2次以下の場合とで、次の関係式が求められ図中の両直線が夫々此の関係を表わしている。

$$P_{hb}=0.54(P_{a-b}+33) \quad (31) \text{ 式}$$

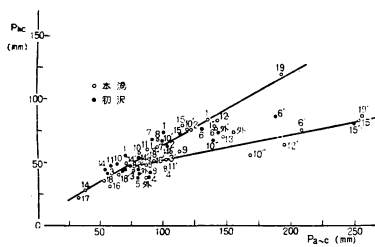
$$P_{hb}'=0.35(P_{a-b'}+100) \quad (32) \text{ 式}$$

第1次と第2次以下との差は、前後に於て林地の保留雨量及び河道貯溜水量に差が無ければ、第1次と第2次以下との中間に流出した水量即ち河道貯溜水量や林地の浮き水が一時的流出分となつた量に相当するのであつて、之れは毎回の増水で相異し、一般に大きい出水になるとこの中間流出分が大きく異動する。従つて第2次以下の関係を示す直線では雨量が大きくなると観測値の散布が幅広くなつてゐる。

4. 河道浮き水流出期の一時保留雨量

前記と同様に第18表中の保留雨量と積算雨量とを比較したる結果は第23図の如く、此の図

第23図
河道浮き水流出期末の一時保留雨量 P_{he}
(宝川)



上からも両者の関係を容易に求められるが、前掲に就つて本期の増水量との関係である(24)(25)式から、次の実験式が算出せられ又両直線は図中に記入したる如くである。

$$P_{he}=0.57(P_{a-c}+11) \quad (33) \text{ 式}$$

$$P_{he}'=0.20(P_{a-c'}+160) \quad (34) \text{ 式}$$

此の関係も亦第18図の増水量の場合に比べて更に密接な関係であることが認められる。而して(33)式

と(34)式との開きはその計算の時期の林地保留雨量が同等なら、第1次と第2次以下との中間で流れ出た河道貯溜水量や林地の浮き水の一時減水分及び中間に増加した林地保留雨量の流出分、即ち第2次的に地表保留となつた量の流出分との和である。従つて前項地表流出期の関係であるところの(31)(32)式の差に比べて、ここでは第2次的増加保留量の流出分が多いだけ、(33)式と(34)式との開きが大きくなつてゐる。例えば、雨量200mmに於けるb期地表流出期の保留雨量は第1次(31)式で125.8mm、第2次以下(32)式で105.0mm、其の差20.8mmなるが、本c期では第1次(33)式で120.3mm、第2次以下(34)式で72.0mm、其の差48.3mmと算出せられ、b期とc期との比較に対してb'期とc'期とでは27.5mmの流出分が加わつたことになる。

又此の2組の実験式を相互に比較すると第1次保留雨量の(31)式と(33)式とでは雨量が増すにつれて漸次接近する。例えば、雨量100mmでは(31)式は71.8mm、(33)式は63.3mmでc期はb期の88%に過ぎないが、雨量250mmになると(31)式は152.8mm、(33)式は148.8mmで其の比97%に接近するが、第2次以下の(32)式と(34)式とでは反対に雨量が多くなるほど、其の差が大きくなる。例えば、雨量100mmのとき(32)式は70.0mm、

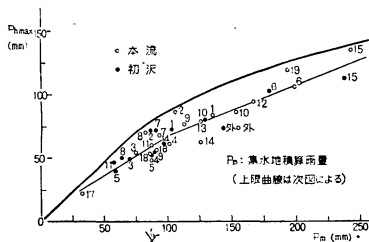
(34) 式は 52.0mm で其の比 74% なるものが、雨量 250mm になると (32) 式は 122.5mm, (34) 式は 82.0mm で其の比 67% に過ぎない。然して此の様な比較を得ることも亦降雨と流出の関係を考えるとその大要は解説せられる。即ち各関係式に適用する雨量は何れも総量として其の期間中に降つたものであつて、同じ雨量でも其の強度は (31) 式から (33) (32) (34) 式の順に弱くなつてゐる。従つて強度の差は先ず増水量となる流出分に明瞭な相異となつて現われ、次いで保留量として集水地に残る水量の在り方が異つて来ることが主なる原因である⁽²⁾。

Ⅱ. 2. 2. 一時保留雨量の最大

1. 一連続増水に対する一時保留雨量の最大

毎回の増水に就て保留雨量の最大を採つて (前掲各増水期別に求めた結果から採る) 夫れを其の時迄の積算雨量と比較すると第 24 図 (1) の如くである。尙保留雨量の最大は毎時観測の

第 24 図 (1)
一時保留雨量の最大 Ph_{max} (宝川)
(毎増水中)



結果から採ることが最も正しいが、変化が緩やかな量であるから実際ではこの様に期間別の計算で求めた結果でも最大極にかなり接近した値を得ている。又此の様に稍瞬間的の一時保留雨量では、雨量と増水量との限界時刻を同一にするのが適當であるが、本篇では雨量と増水量を考慮することが主なる目標であるから、強いて此れ等にも限界を変えないで他と同様に雨量の限界時は増水量の夫れよりも 1 時間前としてある。

第 24 図 (1) に依つて両者の関係を考えると、之れも亦前数項の場合と同様に全体を一つの直線関係とも見られるが、各観測値の分布から又前掲第 20 図をも参照して、雨量 100mm を限界として其の上下で別な直線関係とするのが最も適當であらう。今図に記入した此の関係直線の実験式を求めると次の如くである。

$$Ph_{max} = 0.63 (P_m + 8) \quad P_m < 100 \text{ mm} \quad (35) \text{ 式}$$

$$Ph_{max} = 0.40 (P_m + 70) \quad P_m > 100 \text{ mm} \quad (36) \text{ 式}$$

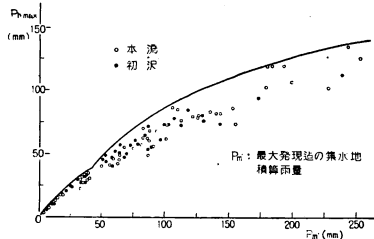
而して本実験式の適用限界は勿論実験値の範囲、就中其の上限を雨量 250mm 程度、精々 300mm 以内に限る必要がある。次項に於ても述べる如く 1 連の雨量 250mm を越えると、集水地の状態は一段と根本的に変るから之れからは又別の関係になること明らかである。尙各点の上限を示す形の図中の曲線は次項の第 24 図 (2) で得た結果即ち最大限界を記入したものであつて、雨量 45mm 以下の部分は本図では直線としてある。

2. 一時保留雨量の最大限界

観測値から各雨量に対する保留雨量の最大限界を調査するのであつて、観測結果が充分多数ならば容易に明瞭な関係を期待出来るが、本篇の資料のみではまず充分でないことは予め窺わ

れる。今前掲の第 12, 第 15, 第 16, 第 18 の諸表から保留雨量を採り, それと其の積算雨量との比較をすると第 24 図 (2) の如くである。そして之れ等の観測値を基として, 一時保留雨量の最大限界を考察したる結果は, 図中に記入したる 2 本の曲線の如くである。即ち雨量 45mm を界として上下別箇の曲線が其の限界になつている。

第 24 図 (2)
一時保留雨量の最大 P_{hmax} (宝川)
(雨量階級別)



此の最大限界線に就て, 先ず雨量 45mm 以下の場合では観測値もかなり多く之れに依つて考察された限界線は, 実際の場合にも充分適合することは明らかであつて, 其の数量的関係は曩に増水開始期の場合に中心線として得たる実験式,

$$P_{ha} = 0.96 P_a \quad (29) \text{ 式}$$

を其のまま適用しても大差はない。次いで雨量約 50mm 以上の場合では, 図上で考察したる記入の曲線に依つて実験の型式を算出すると次の如くなる。

$$P_{hmax}' = 130 (\log P_m' - 1.335) \quad (37) \text{ 式}$$

本関係式に依つて 各雨量階級に対する 一時保留雨量の最大限界を 計算すると 次表の如くなる。

第 20 表 雨量と一時保留雨量の最大限界 (宝川)

雨量 P_m' (mm)	50	75	100	125	150	200	250	300	350	400
保留雨量 P_{hmax}'	47	70	86	99	109	126	138	148	157	165
同上の雨量に対する率 (%)	94	93	86	79	73	63	55	49	45	41

備考: 雨量 300mm 以上は参考の為 (37) 式を用いて算出したまでである。

本表の結果を実際の観測値と対照して見て, 之れに依つて概ね宝川地方の一連の雨量に対する一時保留雨量の最大限界が示されたことが判る。例えば, 昭和 22. Ⅸ. 15 日カスリン颱風のときの大増水で得た観測値は最大保留雨量 135mm に対する一連の雨量約 240mm など, 本表の結果と全く一致する。而して此の様な限界線はこの地方の一つの特性を現わすのであつて, 更に之れを集水地単位に解析的に検討すれば, それで亦集水地の一つの個性を現わすこととなる。限界線に対してこの様なことが判れば, 附近の流域にも準用⁽¹⁸⁾して逆に流量を推算することが出来るので応用の途は広い。尙雨量 250~300mm からの保留量の増し方は曲線のかたちからも判るように, 数量にして雨量 50mm に付 8, 9mm 程度の増加は, 単に河道貯溜の増嵩だけでも之れ位の増水には有り得る程度であるから, 通常の意味の保留雨量の最大は一連の雨量 250mm から精々 300mm 以内で限度に達するものと考えられる。

Ⅱ. 2. 3. 本流及び初沢の一時保留雨量比較

之れ迄は本流及び初沢の両区を区別せずに取り扱つたが、之れを集水地別に比較的に観察して主として集水地の特異性の認められる点について述べよう。

1. 一連続の増水に対する一時保留雨量比較

一連続増水に対する一時保留雨量と雨量との各観測値の比較は、第 20 図に示す如くであるから此の図に依つて先ず比較観察すると、各点の位置から概ね初沢は本流に比して一時保留雨量が幾分多量であることが判断せられる。今少しく数量的に比較する為に毎回の実測値を、標準的傾向線である (27) 式計算値と夫々比較したる結果を次表に掲げる。

第 21 表 毎増水の一時保留雨量比較 (宝川)

増 水 No.	実測と計算との差 (mm)		比 較 差 (本流区に比べて)		増 水 No.	実測と計算との差 (mm)		比 較 差 (本流区に比べて)	
	本 流	初 沢	初 沢 (mm)	"実測値 との比 (%)		本 流	初 沢	初 沢 (mm)	"実測値 との比 (%)
1	+14	+25	+11	+15	9	-17	-10	+7	+21
2	+3	+7	+4	+7	10	-28	-2	+26	+46
3	-3	+3	+6	+15	11	-15	+5	+20	+47
4	-12	-12	0	0	14	+8	+14	+6	+10
5	-11	-8	+3	+9	15	-7	-2	+5	+7
6	-8	+6	+14	+19	外	+6	+9	+3	+4
7	+4	+18	+14	+22					
8	+9	+6	-3	-7	平均	±10.4	±9.1	+8.3	+15

備考 (i) 差 (mm) は (27) 式計算値を実測値から減じた結果、そして初沢の差から本流の差を減じて比較差 (mm) とする。

(ii) 比較差の初沢実測保留雨量に対する比を比較比 (%) とする。

(iii) 実測値と計算値との差の合計は +137mm, -135mm で正規曲線は此の資料の中央を通り標準値を示すものと出来る。

本表の結果は明らかに而も比較的大きく初沢の保留雨量が本流を超過していることがわかる。前に増水量の関係として第 11 図 (1) 或は (7) 式を以て示したところでは、両集水地の関係には殆んど差異ない程度としたにもかかわらず、其の裏の保留雨量では両地の差が明らかに示されることは、多少矛盾しているようだが、一つは比較されるべき数に対して増水量は多量で保留雨量は増水量の半量以下の少量なるため、又一つは増水量と保留雨量では前に述べたように其の出現機構が全く別個のものであるから、多少別々の比較がなされても前後撞着することは無いであろう。殊に雨量観測の誤差も 1 降雨として見れば比較的少量であつて、全降雨時間は常に雨量の多い本流区に長いことなどを考えると、集水地保留雨量では少しく初沢区が多量であることが察せられる。

2. 各増水期間別の一時保留雨量比較

此の比較は概ね第21～23図に依つてすることが出来る。先ず第21図で示された増水開始期では、既に増水量の比較でも述べたように此の期間では両集水地の差異は全く認められない。此の期間では降雨の強度の余り強い場合はなく、従つて最後まで保留雨量の多い初沢区が時に多量であつてよいのであるが、観測値にその様な結果の表われないことは、計算する時間の区切りが増水の途中であつて而もそれが増水の開始期であるから、集水面積の極端な差に依る本流区の降雨から流出への遅れが此の期間では比較的著しいためでなかろうか。

次に地表流出期について第22図を参照すると、増水に依つて集水地の特性の現われた比較をすることが出来る。即ち此の主なる降雨の中でも中位の降雨の増水では、概ね初沢の保留雨量は比較的多いが、豪雨になると却つて本流区が多量になる。蓋し之れは此の時期に於ける集水地の保留雨量の在り方が明らかに影響しているのである。即ち此の増水期では河道貯留水量も保留雨量に含まれるから、豪雨に際して急増水のために集水地内河道に停滞する水量は、集水面積の広大な且流路の勾配のかかなり緩やかな本流区は初沢区に比して相当多量であつて（次節参照）、之れが合計量にまで影響を及ぼしたものと考えられる。従つて此の場合の比較差は、第23図に示された河道浮き水流出期末になると、非常に減少するか或は逆の關係さえ見るに至る。要するに降雨の主要部に対する一時保留雨量は結局其の在り方、即ち河道貯留水量の影響が大きいから之れ等観測値のみの比較では、われわれの知りたい林地保留雨量の比較に対して充分な資料とならない。只多少の考察の結果で大要を窺うことが出来る。

3. 最大一時保留雨量の比較

第24図(2)を参照すると、雨量70～80mm迄の場合は本流と初沢とで大差なく、寧ろ初沢区に稍多量なることが多いが、それより多雨な場合では明らかに本流の最大限界が初沢を凌駕している。是も亦上記の如く河道貯留水量の在り方に關係した結果であつて、之れに依つて適切な比較は今のところ望めない。

以上集水地の一時保留雨量に関する両区の比較は、先ず第一に集水面積が余りに違い過ぎること或は地質構造から生ずる初沢滲漏水のあること、次いで気象経過にも常に多少の相異あつて、増水の途中に於ける量的關係など充分試みられなかつた。而し今少しく解析的調査を進めれば之れ等の比較も容易であり、又増水とは別に集水地の特性を検討する重要な因子であることは明らかで、此の様な不十分な資料であつても両地の特異性が略理解されるであろう。

II. 3. 水の出方に就て

水の出方の検討即ち出水解析は、単に一つの集水地を対象とする場合では河道の流量に対して行うことが適當であり又観測さえ其の様に行えば、比較的容易に目的を達することが出来るが、然し夫れが一つの標本となつて、調査試験の結果は附近の集水地には勿論、いろいろの流

域にも応用することを目的とする場合には、河道流量だけでは適切でないことは前節の試験で明らかである。此の場合はどうしても集水地斜面から出て来る水、林地から出て来る流去量の出方を検討しなければならない。以下に少しく河道流量から流去量を推算することを試み、其れに依つて本試験区の比較の結果を記するが、その前に流量の増減と降雨の強度との関係について前節の補足的調査の結果を述べよう。

Ⅱ. 3. 1. 流量の増減と降雨強度

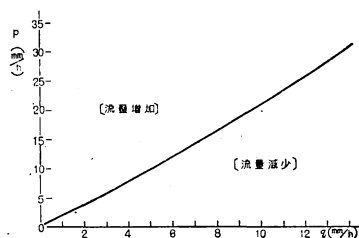
降雨に依つて増水が続くか或は又減水するかは、其の雨に依つて生ずる流去量が現在の流量を補つて余りあるか否かに因ることは論を俟たないが、之に關して実際の雨量、流量観測結果から資料を得ることは、その採り方にいろいろの問題がある。細かい点まで論するには現在の観測方法では資料の得られないものもあるが、茲に極めて簡単に普通の自記雨量計の記録から採れる毎時雨量を流量の増減に比較して多少の結果を得た。

資料は成るべく顕著な出水を選ぶこととし、前掲第 11 表の出水記録から No. 2, 6, 9, 10, 15, 外 の 6 回の本流, 初沢両区の記録及び No. 12, 13, 19 の 3 回の本流区の記録中主要部分を探つた。尙此の調査では本流, 初沢両区の比較を行うまでに到らない。

1. 降雨強度との関係

観測基地の自記雨量計の記録から毎時雨量を読み取りそれを集水地平均量に換算して、一方自記水位計の記録から求めた流量の増減に比較して直交座標上に記入し、其れに依つて流量増

第 25 図 流量の増減と降雨強度
(宝川)



減の限界線を描くと第 25 図の如くである。尙比較する流量は 1 時間雨量の終りの時刻のもので、それが其の後に増すか否かを区別して、流量及び降雨強度の大きさを座標として図に記入したのであつて、第 25 図の曲線は此の増減記号の限界(中間)を結んだ結果である。

各観測値を記入した原図では、流量寡少の場合と反対に過大な場合とには、流量増減の限界のハッキリしないことが往々ある。之れは流量寡少という場合は概ね増水の初期であつて、此の時期では雨量のズレが 1 時間以上数時間になること多く又流量過大な出水の最盛期では、反対に雨量のズレが 1 時間よりも短縮される場合が多い結果である。此の様な場合のあることを予め考慮し且中間部の比較的はつきりした結果を参照して此の限界線を定めることが出来る。今此の限界線を実験式で表わすと次式が得られる。

$$\log p = 1.06 \log q + 0.255$$

$$p = 1.80 q^{1.06} \quad (38) \text{ 式}$$

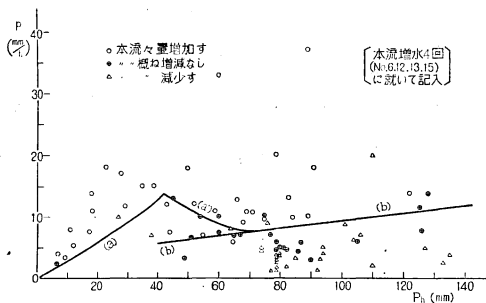
本関係式に依ると、当地に於ける流量の増減する限界は略流量の 2 倍の強さの降雨で保たれ

ることがわかる。即ち流量が5mm/hの時はその2倍の10mm/hの降雨が流量増減の限界で、其れ以上の強さで降らないと増水しないことになる。但し上掲降雨強度 p 及び流量 q は単位を何れも mm/h とした。 p は観測値（集水地平均）の1時間雨量、 q は其の時刻の流量を1時間量に換算して表わしたのである。

2. 集水地保留雨量との関係

上掲の資料の中から No. 6, 12, 13, 15 の4回の増水で本流区の観測値に就て、前項の流量の代りに其の時の集水地の一時保留雨量を採り、降雨強度は前項と変りなく、両者を座標として各観測値に対して流量増減の状況を図示すると第26図の如くである。但、一時保留雨量

第26図 集水地の一時保留雨量に対する
降雨強度と流量の増減（宝川）



の計算は前節に掲げたと同様である。

第26図の結果は、一見何の関係も認められない様であるが、各観測値の散布状態から図中の a , a' , b 線が流量増減の限界を示すように考えられる。即ち図の原点を通る a 曲線は概ね増水開始期のものであつて、一時保留雨量が多くなるにつれて降雨強度は急増せなければならぬかたちで、

b 直線と略同様の意味である。集水地一時

保留雨量が40mm以上、 b 線で界せられる状態は既に相当の増水が続いて集水地は或程度まで湿潤の状態となつてからであるから、最初の開始期の様に滲透速度のかなり大きい時期とは相異なることは明らかである。然し此の b 線区間には増水時期と減水時期とが混交しているから、同じ保留雨量と言つても其の在り方が、河道貯溜に比較的多量の場合或は林地に比較的多い場合などの相異なる為、両者の関係が余り鋭敏でない形になつている。最後に a' 曲線を以て示されたる他とは逆勾配に在る区間は、流去量は甚だ少くて流量は殆んど集水地の保留雨量のみで続いている場合であるから、まだ保留雨量の多い湿潤な場合では比較的弱い雨で、又減水して保留雨量が少なくなつてからでは比較的強い雨に依つて増水に向うことが窺われるのである。

II. 3. 2. 河道流量の補正に就て

河川流量から林地流去量を推算する補正には先ず河道貯溜水量の補正即ち河道の在り方に就て知らねばならない。ここに河道の在り方を考察して、それに依つて河道流量の補正を試みよう。

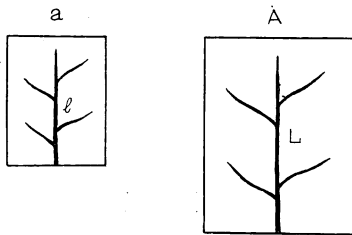
1. 河道貯溜水量の補正

河道は一つの動く貯水池であることは前にも述べたが、その溜つていることが流量を出して

いることであり、又流量が貯溜水量の標識でもある。前に集水地の一時保留雨量調査の冒頭に掲げたる如く、流去量となつた q は河道流量 Q_e を充たすと同時に河道貯溜水量の増加分 ΔS_e となり、増加した河道貯溜量 S_e が新らしい河道流量 Q_e を出すことになる。従つて河道流量は河道貯溜量の函数であること勿論であつて、河道貯溜水量はわれわれの測る要素では水位 h が最も関係深い標識である。

以上簡単に河道貯溜水量が流去量と流量との間に必在することを認識したのであるが、其の貯溜水量の在り方即ち河道の在り方に就て考えよう。蓋し河道貯溜水の実測は集水面積が少しく大きくなるにつれて甚だ困難であるから、先ず初めての試みとして成るべく実地に則した比較数値の得られるように期するのである。今第 27 図に標本となる大小 2 つの集水地を仮想しよう。

第 27 図 集水地と河道の在り方



図に於て、 A なる集水面積を有する (A) 流域が、それと全く相似型である (a) 集水地——之れを単位標準面積の集水地としてもよい——に収縮したと考える。此に単位時間 dt に単位流去量 q があるとき、(A) では qA 、(a) では qa で、流去量の総量は集水面積に正しく比例することは当然である。而してこの集水地内の河道の延長を (A) では L 、(a) では l とす

ると、 $L:l$ は集水面積の平方根の比 $\sqrt{A}:\sqrt{a}$ に等しく従つて $\sqrt{a}L=\sqrt{A}l$ である。そこで qA 、 qa が各々の河道に入つて其のまま貯溜水となつた瞬間の在り方を考えると、両者の貯溜水の平均横断面の大きさを夫々 F_m 、 f_m とすると次の関係が成り立つ。

$$(A) \text{ では, } qA = F_m \times L \quad (a) \text{ では, } qa = f_m \times l$$

$$qA = F_m \times \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{a}} l \quad \text{又} \quad l = \frac{qa}{f_m}$$

$$\therefore qA = F_m \times \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{a}} \times \frac{qa}{f_m} = q \frac{F_m}{f_m} \sqrt{A} \cdot \sqrt{a}$$

$$\frac{\sqrt{A}}{F_m} = \frac{\sqrt{a}}{f_m}$$

$$F_m = f_m \cdot \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{a}}$$

$$f_m = F_m \cdot \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{A}}$$

$$a \text{ を単位面積 } 1 \text{ に採ると, } F_m = \sqrt{A} \cdot f_m, \quad f_m = \frac{1}{\sqrt{A}} \cdot F_m$$

即ち集水面積 A に於ける河道平均横断面面積 F_m は、それが単位集水面積になつた場合の河道平均面積 f_m の \sqrt{A} 倍であればよい。

次に現地に於ける河道横断面に就ては、量水所では流量曲線と平均流速曲線とから知られるが、之れと上流全河道の平均断面との関係は各集水地個々にかなり複雑な関係なることが予想される。然し何れの場合でも量水所の数値が適切な示標となることは間違いない。今最も簡単

な場合として、量水所より上流の河道横断面の全平均の大きさが量水所横断面の2分の1と仮定する。そして此の場合の河道の延長を河川密度で表わすものとする。この様にすると量水所に於ける自然河道の横断面が知られると、集水地の河道貯溜量が簡単に計算することが出来る。

宝川試験区の各量水所は何れも自然河道に特に設備を施してあるから、流速は自然状態の場合と異つてゐるが、此の中本流区の量水路では或程度以上の出水時には自然状態に最も近いから、之れを基として河道の場合に似通つた流速曲線が推定せられる。支流初沢区では、その量水設備は影響の大きい湛水地がある為に、此の場所の観測から直接に推定曲線を得難いが、本流区の夫れとを比較考察して或程度の推定曲線が期待される。

此の様にして水位の昇降記録から河道貯溜水の増減を計算し、其れを其の時間中の流量に加減すると林地の流去量が推算せられる。要するに河道貯溜水の補正量は、集水面積が大きいほど累増するから、実際に広い流域からの水の出方が益々緩やかになる。即ち之れが最も大きい原因は河道の貯溜水に在ることが判る。

以上に準拠して宝川の観測値に適用することを考えよう。先ず

時刻 (t)	水位 (H)	流量 (Q)	流速 (V)	水流横断面 (F)	同平均 (F _m)	備 考 (宝 川)
t ₁	H ₁	Q ₁	V ₁	Q ₁ / V ₁ = F ₁	1/2 F ₁	集水面積 (A)
t ₂	H ₂	Q ₂	V ₂	Q ₂ / V ₂ = F ₂	1/2 F ₂	本流 19.06 km ²
t ₃	H ₃	Q ₃	V ₃	Q ₃ / V ₃ = F ₃	1/2 F ₃	初沢 1.18 km ²
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	河川密度 (R _d)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	本流 3.36 km : km ²
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	初沢 4.74 km : km ²

として、単位時間 dt 内の水位の単位変化 dH に対する水流横断面の変化量 dF_m = 1/2 dF は、上記に依つて次の如く表わされる。

$$dF_m = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_2/V_2 - Q_1/V_1}{H_2 - H_1} \right) \div (t_2 - t_1) = \frac{1}{2} \left(\frac{F_2 - F_1}{(H_2 - H_1) dt} \right)$$

然して之れを単位面積 (集水地) 当りにするには \sqrt{A} で除すればよく、そして河川密度 R_d を乗すれば単位時間の河道貯溜水の補正量 dS_c が求められる。即ち

$$dS_c = \frac{1}{2} dF \cdot \frac{1}{\sqrt{A}} R_d \quad \text{但し} \quad \frac{1}{2} dF = dF_m$$

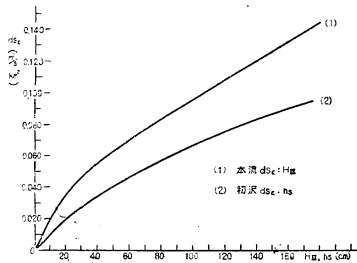
であつて、上表備考欄の実測値を入れて次の如く導かれる。但、単位は何れも m³/s : km² である。

$$\text{本流区} \quad dS_c = \frac{1}{2} dF_t \cdot \frac{1}{\sqrt{19.06}} \cdot 3360 = 385 dF_t \quad (39) \text{ 式}$$

$$\text{初沢区} \quad dS_c = \frac{1}{2} dF_s \cdot \frac{1}{\sqrt{1.18}} \cdot 4740 = 2182 dF_s \quad (40) \text{ 式}$$

此の両式に依つて、各水位に対する dS_e を計算しておいて実際の水位自記々録に表われた変化の適応する補正を行うのである。実際のやり方は、水位記録の直線変化を細分して其の両端

第28図 河道貯溜量補正基数 dS_e
(1cm:10min)
(宝川)



水位に対する平均流量 Q_m に補正量の dS_e を加減するのであつて、嘗て荻原貞夫教授が堰堤量水法に於ける湛水池貯溜量の補正を検討されて、その実施方法を導かれたると其の意義は同様⁽¹⁵⁾である。今 (39) (40) の両式で両試験区の補正基数を算出した結果は第28図の如くである。即ち本図は 10 分間の水位変化が 1cm なるときの流量補正量 ($m^3/s : km^2$) を、水位 (本流は H_{III} , 初沢は h_2) に対応して示されている。

2. 河川密度に対する補正

河川密度は其の延長が河道貯溜水の多少に働くと共に、一方では降雨が河道に集る場合の斜面の長さを変えることになつて、同じような地形に対して河川密度に大小のあることは、流量増加の緩急に逆比的の関係のあることが考察せられる。即ち流出量の全量に増減は無くとも其の出方に緩急が現われるのである。然し翻つて実際の山岳集水地を考えると、地形勾配など同じところであつて河川密度だけが相異なることは厳密には在り得ない。只概観したところで略同様の地形であつて河川密度の異なる集水地が想像せられるのであるが、そこで宝川の本流区と初沢区とを見比べると、地形の平均傾斜は初沢が僅かに急な程度で略同等の 24° 余り、次いで集水地の形状は稍大差あつて修正の方法は無く、其の他には河道の平均勾配が初沢にかなり急であつて、水の出方にも影響あることが察せられる。此の様に比較したところでは同じ様な条件の降雨では、双方の水の出方の緩急は 甲乙ない程度 或は 多少初沢の方が急な程度と解せられ、之れに集水面積の考えを入れると著しく初沢に急であることが認められる。之れに交錯する河川密度も亦明らかに初沢が大きく、実測地形図から初沢 $4.74 km : km^2$, 本流 $3.36 km : km^2$ と計算せられる。従つて此の場合河川密度に依つて初沢の流量変化を多少緩やかに、本流の変化をもつと急に補正しても、誤りを見るようなことはないであろう。本篇では、標準密度を両地の略中間に近い $4 km : km^2$ として、実際の密度の比を流去量変化の係数とする。即ち

$$\text{本流区} \quad 4.00/3.36 = 1.19$$

$$\text{初沢区} \quad 4.00/4.74 = 0.84$$

であつて、之れを各流去量の増減量に乗じて補正量を計算し、順次基底流去量 (前観測時の流去量) に加えて其の時の補正流去量とするのである。

3. 雨量に対する補正

集水地としての補正は大體以上で了つて、其の結果は其の集水地に於ける当時の流去量と見

做すのであるが、之れを別な集水地相互に比較する為には、先ず雨量の補正を行つて置かなければならない。

集水地雨量に対する補正は、細部まで考えると甚だ複雑な問題であるが之れも亦簡単に相対的の量が得られれば可いという考えから、増水量は単に雨量に正比例するものとして、標準値 P_0 を適当な集水地の一地点（此の場合は観測基地を標準とする）の観測値とし、各集水地即ち本流区の平均雨量 P_t 、初沢区の平均雨量 P_s の上記標準雨量に対する比を以て、流去量の増減量を除して補正量を得るのである。

以上の計算を実施して次の流量及び流去量が求められる。

Q_m : 水位変化の直線区間を細分した場合の各区間平均流量、但、単位集水面積当りに換算した此流量で表わす、以下同断

R_0 : Q_m に河道貯溜水量の増減を補正した場合の斜面（林地）流去量

R_1 : R_0 に更に雨量（集水地平均雨量）に対する補正をした流去量

R_2 : R_0 に河川密度に対する補正をした流去量

R_3 : R_0 に集水地雨量及び河川密度に対する補正をした流去量

補正試算の結果は次項に記載し、本流区及び初沢区比較の結果を掲げるが、上記補正が略実用的に実施せられたなら、集水面積の大小や流域位置の相異から時期の隔りがある場合でも、充分解析した結果に依つて比較するから、かなり突き込んだ検討をすることが出来るであろう。

Ⅱ．3．3．本流及び初沢の出水経過比較

前節に解説したる、河道流量から流去量へ還元する補正を本篇資料中の顯著増水 No. 2, 6, 10, 15, 19, 外 の 6 回に対して実施し、其の主なる部分の比較を行つた結果について次に概要を記述する。

1. 河道流量から流去量への推算

上記 6 回の出水記録に就て夫々流去量への補正を推算したる結果から、最も顯著な部分を示すと次表の如くである。但、No. 19 は初沢区の観測を欠き本流区のみであるから、標本的に各補正値を観測水位と共に掲げた。

第 22 表 顕著増水の流去量推算 (宝川・昭和 13~23 年)

(1) 本流・増水 No. 19 の推算

昭和 23. Ⅸ. 16~17 日出水記録 (宝川本流)

観測時刻 (h.m) (1)	量水路 水位 H_{III} (cm) (2)	区 分 間 平均流量 Q_m ($m^3/s : km^2$) (3)	流 去 量 R_0 ($m^3/s : km^2$) (4)	流 去 量 R_1 ($m^3/s : km^2$) (5)	流 去 量 R_2 ($m^3/s : km^2$) (6)	流 去 量 R_3 ($m^3/s : km^2$) (7)	水位変化 dH_{III} (cm : 10m) (8)
12.00	97.0	2.237	3.26	2.56	3.55	2.79	+10.6
12.10	107.6	2.268	1.84	1.45	1.57	1.24	-4.4
12.30	98.8	2.079	1.98	1.56	2.01	1.58	-1.1
12.50	96.6	2.415	3.49	2.74	3.78	2.96	+10.7
13.10	118.0	2.406	1.32	1.04	0.91	0.72	-10.9
13.30	96.2	2.378	3.35	2.63	3.74	2.93	+9.9
13.50	116.0	2.804	3.18	2.50	3.15	2.48	+3.5
14.00	119.5	2.688	2.44	1.92	2.30	1.81	-2.4
14.40	110.0	2.615	2.90	2.28	2.99	2.35	+2.8
15.00	115.5	2.578	1.81	1.43	1.60	1.27	-7.5
15.10	108.0	2.562	2.74	2.15	2.92	2.15	+1.7
15.50	114.8	2.615	2.41	1.90	2.35	1.85	-1.0
16.10	110.8	2.956	3.08	2.42	3.21	2.52	+11.1
16.30	133.0	3.806	6.25	4.89	6.85	5.36	+20.0
16.40	153.0	3.712	2.24	1.76	1.47	1.17	-12.3
17.00	128.5	3.150	2.74	2.15	2.84	2.20	-3.7
17.10	124.8	2.672	0.51	0.41	0.22	0.08	-20.8
17.20	104.0	2.058	1.40	1.11	1.57	1.24	-7.0
17.40	90.0	1.391	1.07	0.85	1.01	0.80	-4.0
18.00	82.0						
1.00	79.6	1.391	0.82	0.65	0.64	0.51	+7.2
1.10	72.4	1.701	2.31	1.82	2.59	2.04	+6.9
1.50	100.0	1.895	1.19	0.94	0.98	0.77	-7.8
2.10	84.4	1.764	1.98	1.56	2.13	1.68	+2.5
2.40	92.0	1.706	1.21	0.96	1.06	0.84	-5.8
3.00	80.5						

(備考) 区分間平均流量 (3) は平均水位の相当流量とした, 以下同断。

後の表の観測時刻は区分の中間時刻を採る。

(2)~(6) 本流区及び初沢区の比較

本 流					初 沢				
(中間) 観測時刻 (h.m) (1)	区 分 間 平均流量 Q_m ($m^3/s : km^2$) (3)	流去量 R_0 ($m^3/s : km^2$) (4)	流去量 R_1 ($m^3/s : km^2$) (5)	流去量 R_3 ($m^3/s : km^2$) (7)	(中間) 観測時刻 (h.m) (1)	区 分 間 平均流量 Q_m ($m^3/s : km^2$) (3)	流去量 R_0 ($m^3/s : km^2$) (4)	流去量 R_1 ($m^3/s : km^2$) (5)	流去量 R_3 ($m^3/s : km^2$) (7)

(2) 昭和 14. Ⅸ. 21 日 増水 No. 2

16.50	0.366	0.44	0.35	0.37	15.55	0.315	0.41	0.39	0.38
17.15	0.507	0.72	0.57	0.61	16.08	0.440	0.82	0.79	0.73
17.39	1.279	3.49	2.77	3.19	16.33	0.486	0.38	0.39	0.40
17.54	1.790	0.53	0.42	0.14	16.55	0.438	0.55	0.53	0.51
18.10	1.401	1.08	0.86	0.74	17.10	0.546	0.76	0.73	0.70
18.35	1.292	1.31	1.04	1.07	17.30	1.018	1.24	1.19	1.12
18.55	1.208	0.71	0.56	0.47	17.50	1.356	1.38	1.33	1.31
19.10	1.008	0.72	0.57	0.57	18.15	1.204	1.17	1.13	1.16
19.30	0.819	0.59	0.47	0.45	18.45	1.093	1.02	0.98	1.00
19.50	0.688	0.56	0.45	0.45	19.30	0.785	0.74	0.71	0.75

(3) 昭和 17. Ⅶ. 16 日 増水 No. 6

2.50	0.572	0.91	0.72	0.78	2.30	0.509	0.58	0.54	0.52
3.15	0.998	1.57	1.25	1.35	3.30	1.049	1.15	1.06	0.98
3.45	1.481	1.76	1.40	1.43	4.10	1.521	1.55	1.44	1.38
4.10	2.163	3.69	2.93	3.22	4.40	1.506	1.49	1.38	1.39
4.30	2.326	1.22	0.97	0.60	5.30	1.335	1.31	1.21	1.23
4.50	1.885	1.73	1.38	1.46	6.30	1.223	1.22	1.13	1.14
5.20	1.685	1.49	1.19	1.15	7.30	1.157	1.14	1.06	1.07
5.50	1.428	1.11	0.88	0.82	8.30	1.013	0.99	0.92	0.94
6.10	1.344	1.42	1.13	1.18	9.30	0.859	0.84	0.78	0.80
6.40	1.312	1.13	0.90	0.85	10.30	0.725	0.71	0.66	0.63

(4) 昭和 19. Ⅶ. 20~21 日 増水 No. 10

17.15	0.194	0.22	0.16	0.17	17.20	0.196	0.24	0.20	0.19
17.40	0.243	0.33	0.24	0.27	17.50	0.376	0.74	0.60	0.54
17.53	1.118	2.23	1.52	1.76	18.05	0.622	0.83	0.68	0.67
17.58	2.226	1.46	1.00	0.90	18.15	0.729	0.73	0.60	0.61
18.15	1.958	1.61	1.10	1.12	18.40	0.673	0.65	0.53	0.54
18.45	1.470	0.94	0.65	0.56	19.30	0.525	0.48	0.39	0.41
19.15	0.987	0.63	0.44	0.40	20.30	0.438	0.40	0.33	0.34
19.45	0.719	0.58	0.41	0.40	21.30	0.365	0.33	0.27	0.28
20.10	0.656	0.68	0.47	0.48	22.30	0.307	0.029	0.24	0.25
3.30	0.193	0.20	0.15	0.15	4.20	0.215	0.34	0.28	0.26
4.30	0.253	0.30	0.22	0.23	4.50	0.342	0.58	0.47	0.44
5.10	0.809	2.37	1.62	1.89	5.10	0.522	0.74	0.60	0.58
5.40	1.155	0.76	0.53	0.32	5.25	0.716	0.72	0.59	0.59
6.30	0.656	0.41	0.29	0.24	5.45	0.656	0.62	0.51	0.52
7.30	0.398	0.34	0.24	0.23	6.15	0.550	0.51	0.42	0.44
8.30	0.337	0.34	0.24	0.24	6.45	0.483	0.43	0.35	0.36
9.30	0.438	0.53	0.37	0.39	7.30	0.412	0.38	0.31	0.32
					8.30	0.365	0.36	0.29	0.29
					9.30	0.369	0.38	0.31	0.31

(5) 昭和 22. Ⅸ. 15 日 増水 No. 15

(1)	(3)	(4)	(5)	(7)	(1)	(3)	(4)	(5)	(7)
5.25	2.168	1.55	1.47	1.42	5.30	2.582	2.82	2.71	2.70
5.45	1.594	0.80	0.76	0.72	5.50	3.402	3.68	3.54	3.52
6.10	1.771	3.52	3.33	3.85	6.10	3.581	3.41	3.28	3.46
6.30	2.338	2.03	1.92	1.86	6.30	2.909	2.68	2.58	2.81
6.50	2.185	2.06	1.95	2.06	6.50	2.385	2.22	2.14	2.31
7.25	1.803	1.44	1.36	1.36	7.10	1.820	1.69	1.63	1.79
9.10	1.849	2.82	2.66	2.99	8.50	1.420	1.56	1.50	1.50
9.30	2.511	3.49	3.30	3.57	9.10	1.787	1.90	1.83	1.84
9.50	3.648	6.14	5.80	6.46	9.30	2.620	3.08	2.96	2.86
10.05	4.882	6.82	6.44	6.90	9.50	4.465	5.17	4.97	4.77
10.20	4.814	3.59	3.39	3.20	10.05	6.002	6.38	6.14	6.15
10.45	4.147	3.64	3.44	3.65	10.15	6.002	5.62	5.41	5.77
11.15	3.406	2.51	2.38	2.38	10.30	5.899	6.00	5.77	5.93
11.45	2.972	3.02	2.85	3.08	10.50	5.379	4.94	4.75	5.14
12.05	3.018	3.13	2.96	3.14	11.10	4.189	3.92	3.77	4.11
12.25	2.584	1.77	1.67	1.61	11.30	3.801	3.83	3.69	3.85

(6) 昭和 20. Ⅶ. 15~16 日 増水 No. 外

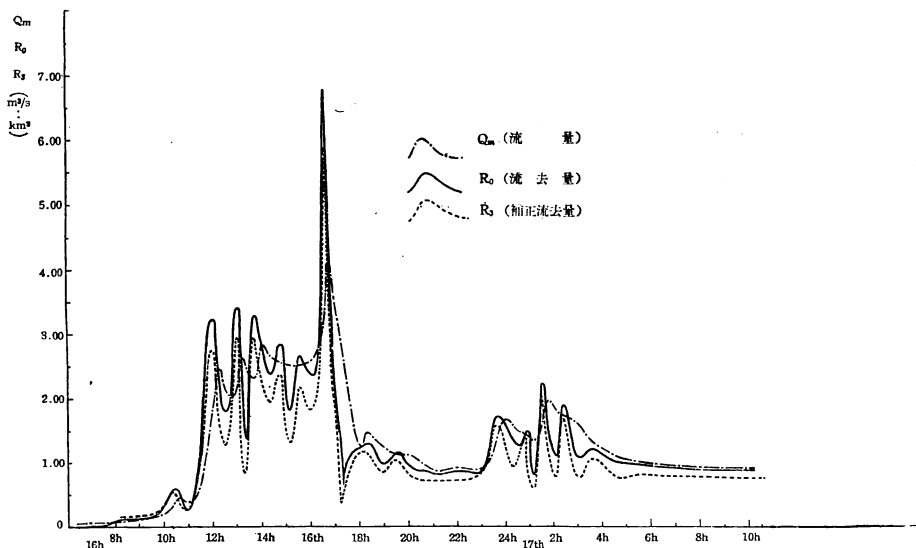
20.30	0.406	0.43	0.36	0.37	20.30	0.332	0.38	0.33	0.31
21.15	0.468	0.54	0.45	0.47	21.10	0.460	0.62	3.53	0.50
21.40	0.824	1.76	1.39	1.57	21.30	0.660	0.83	0.70	0.67
21.55	1.271	1.67	1.32	1.31	21.50	1.102	1.31	1.11	1.03
22.05	1.737	3.91	3.06	3.39	22.10	1.475	1.53	1.29	1.26
22.15	2.079	1.68	1.33	1.00	22.30	1.653	1.72	1.45	1.41
22.30	2.037	2.12	1.67	1.73	22.50	1.789	1.81	1.53	1.52
22.50	2.058	2.04	1.61	1.60	23.10	1.620	1.49	1.26	1.30
23.15	2.048	2.05	1.62	1.62	23.40	1.272	1.21	1.02	1.06
23.45	1.701	1.12	0.90	0.76	0.30	0.933	0.88	0.75	0.79
0.10	1.354	1.19	0.95	0.96	1.30	0.642	0.60	0.51	0.55
0.30	1.365	1.17	0.94	0.94	2.30	0.506	0.48	0.41	0.43
0.50	1.265	0.81	0.66	0.61	3.30	0.458	0.44	0.38	0.38
1.10	1.019	0.79	0.64	0.64	4.30	0.419	0.41	0.35	0.35
1.40	0.851	0.73	0.60	0.59	5.30	0.386	0.37	0.32	0.32

2. 顕著増水の流去量比較

此処に掲げた様に河道流量を補正して推算した流去量に就て、観測値の Q_m 流量の変化に比較図示すると第 29 図の如くである。本図は昭和 23. Ⅸ. 16~17 日アイオン颱風の来襲に際して出現した増水 (No. 19) であつて、当時初沢量水堰堤修理中の為同記録を欠いているが、本流の記録で見ると、集水地平均降水量では総量、強度共に昭和 22. Ⅸ 月のカスリン颱風

風時と同等であつたが、其の地理的分布に著しい差があつた⁽¹⁰⁾ ために 最高水位はカスリン颱風時の 175cm に対し 153cm で、最大流量 $4.23\text{m}^3/\text{s}:\text{km}^2$ はカスリン颱風時の $5.23\text{m}^3/\text{s}:\text{km}^2$ に対して 81% である。然し増水総量の関係は兩者全く同等であることは前記の通りである。此の出水に対する水位日記々録から河道流量 Q_m (単位は $\text{m}^3/\text{s}:\text{km}^2$ 以下同) を算出し、次いで河道貯溜水量、河川密度及び雨量に対する補正を順次行つて、流出量 R_0, R_1, R_2, R_3 を推算した結果の一部は第 22 表 (1) に示したが、其の前後を附した一連の出水曲線で Q_m 河道流量、 R_0 流出量並に R_3 流出量を図示したのであつて、此の程度の集水地、河道貯溜能であつても顕著な調節機能のあることが窺われる。

第 29 図 No. 19 増水 (昭和 23. IX. 16~17th) 本流出水経過 (宝川)

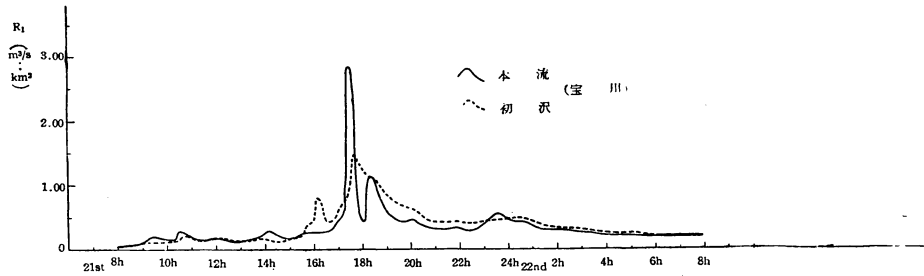


尙此の流出量の推算結果に就て、前記のように図の No. 19 増水 (アイオン颱風) と No. 15 増水 (カスリン颱風) とでは、集水地 (本流区) 平均雨量並に其の強度共に甚だよく似た程度であつたことは、観測値である河道流量 Q_m には著しい差があるにも拘わらず、之れに河道貯溜水量を推算補正した流出量 R_0 、或は河川密度の補正をも加えた流出量 R_3 が兩者で殆んど同等になることから察せられると惟う。但、基準雨量に修正した基地雨量は兩者でかなり異なるから、之れを加えた流出量 R_1, R_2 では勿論差がある。

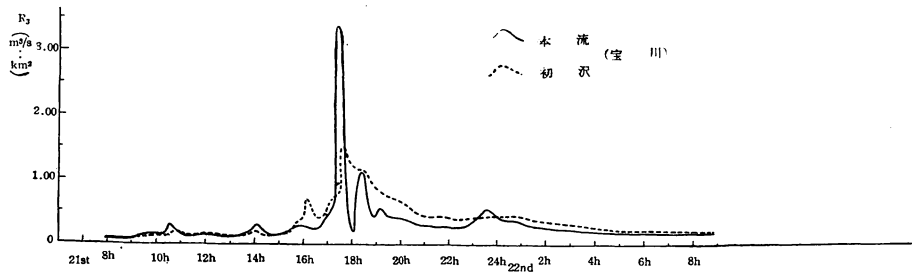
次に No. 2, 6, 10, 15, 外 の 5 回の増水は本流、初沢両区の観測記録に依つて上掲 No. 19 増水同様の流量計算及び流出量の推算を行つた。其の中の一部の比較は第 22 表 (2) 以下に示す如くであるが、此の中 R_0, R_3 流出量を以て本流区及び初沢区の出水経過を図示すると第 30 図 (1)~(10) の如くであつて、毎回初沢の増、減水の曲線は本流より遅れて現われ且本流の如く急で振動の多い変化とは全く反対に緩い滑らかな変化になり、最大流出量は常に過少である。尙毎回の観測値である Q_m 流量の比較でも程度の差はあるが同様の関係になつてい

て、只 No. 15 増水 (カスリン颱風) の最大流量だけが初沢に多大であつたことは、前にも記述したところである。

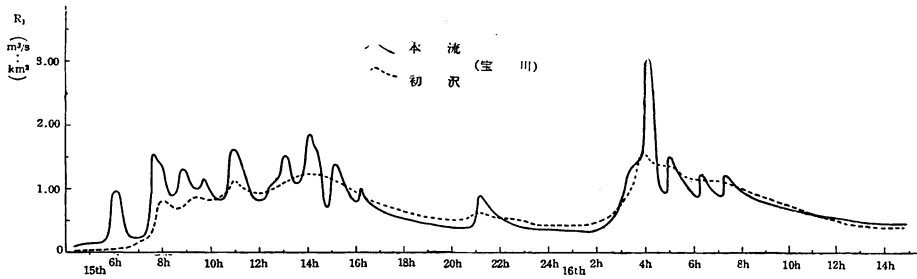
第 30 図 (1) No. 2 増水 (昭和 14. Ⅸ. 21~22nd) 出水経過比較 [R₁]



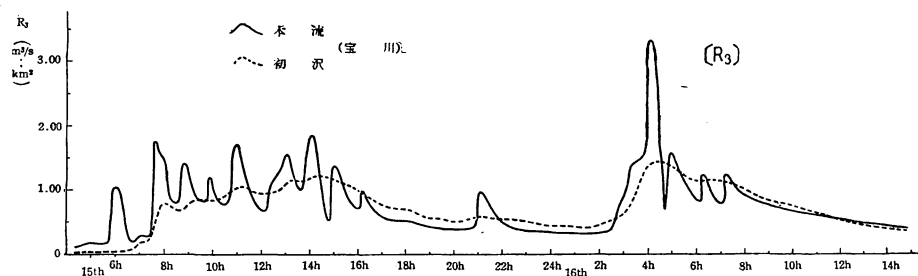
第 30 図 (2) No. 2 増水 (昭和 14. Ⅸ. 21~22nd) 出水経過比較 [R₃]



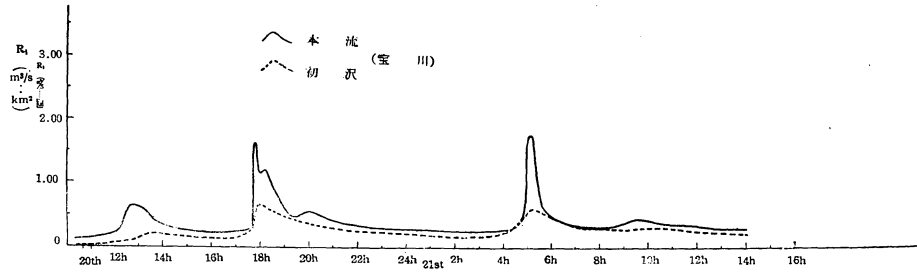
第 30 図 (3) No. 6 増水 (昭和 17. Ⅶ. 15~16th) 出水経過比較 [R₁]



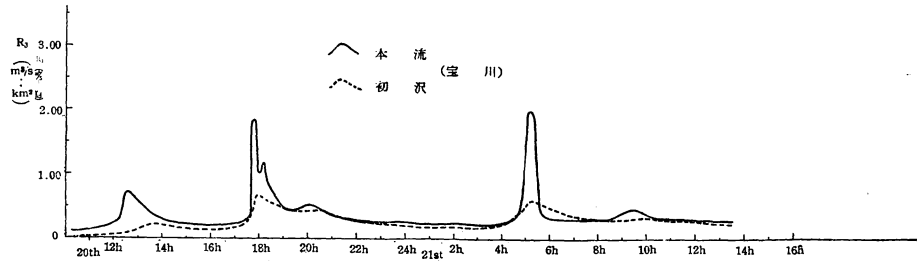
第 30 図 (4) No. 6 増水 (昭和 17. Ⅶ. 15~16th) 出水経過比較 [R₃]



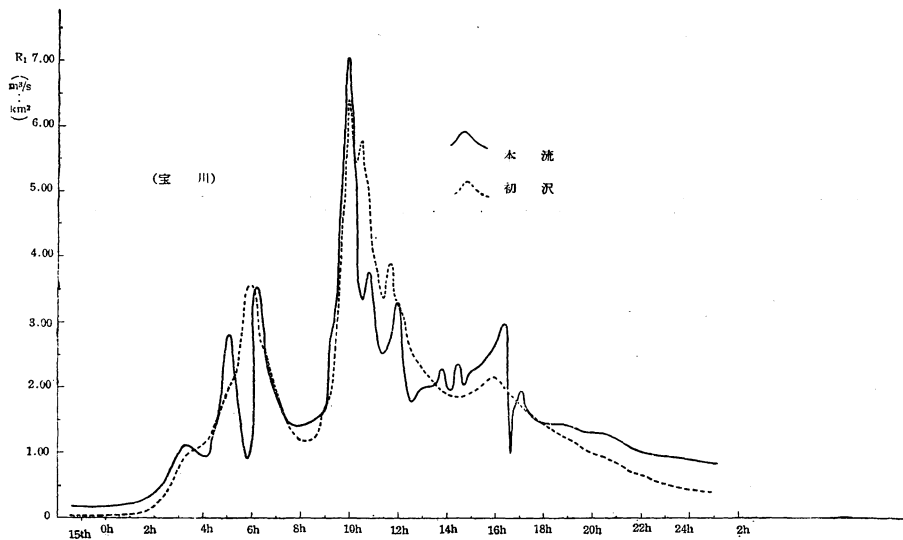
第30図 (5) No. 10 増水 (昭和 19. VII. 20~21st) 出水経過比較 [R₁]



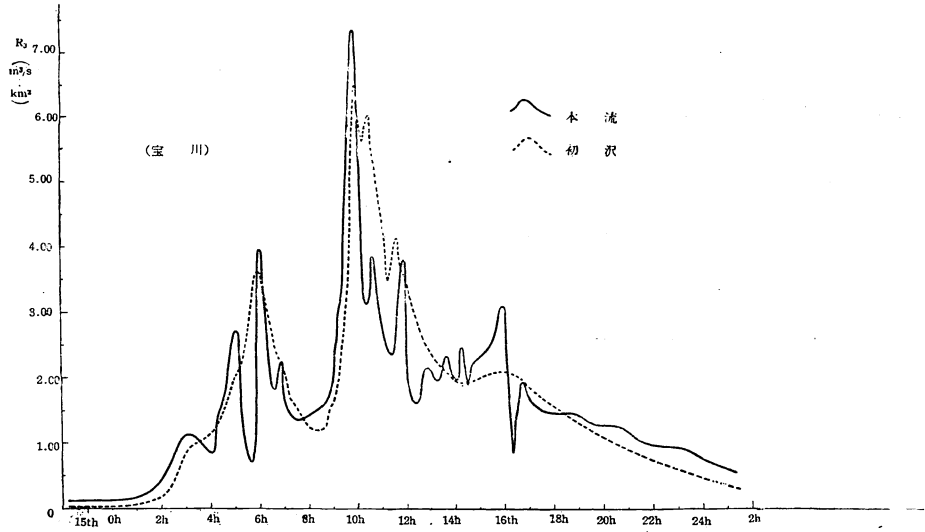
第30図 (6) No. 10 増水 (昭和 19. VII. 20~21st) 出水経過比較 [R₂]



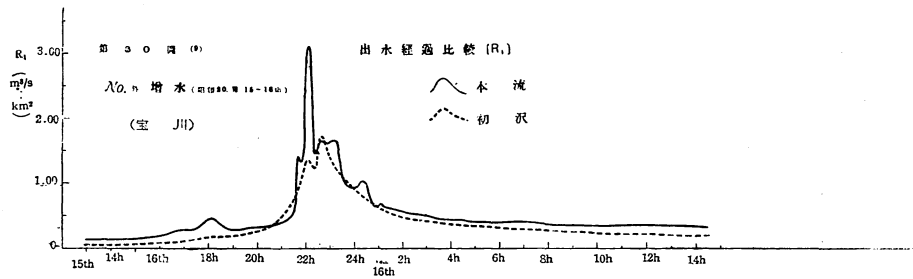
第30図 (7) No. 15 増水 (昭和 22. IX. 15th) 出水経過比較 [R₁]



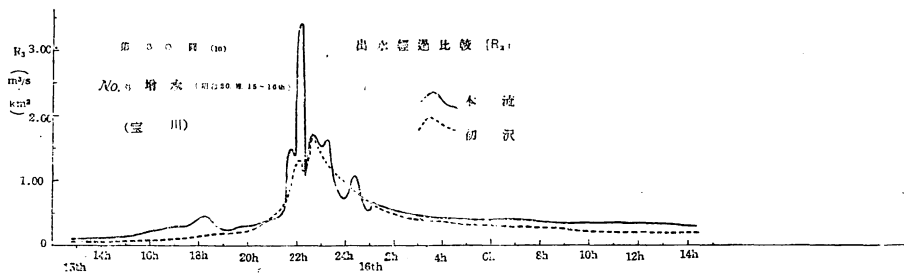
第 30 図 (8) No. 15 増水 (昭和 22. Ⅷ. 15th) 出水経過比較 [R₃]



第 30 図 (9) No. 外 増水 (昭和 20. Ⅶ. 15~16th) 出水経過比較 [R₁]



第 30 図 (10) No. 外 増水 (昭和 20. Ⅶ. 15~16th) 出水経過比較 [R₂]



Ⅲ. 要 約

此の報告は、利根川の水源地地区宝川に於ける昭和 13～23 水年の年流出量の概況と、昭和 13～23年に於ける主なる降雨の増水に就て「水の出方」という観点から、増水量と雨量との関係を調査研究したる結果を取り纏めたるものである。以下に其の要点を摘記し又其れを少しく綜合して森林の治水的機能に触れた事項をも附記して本篇の結言とする。

1. 流量式と年流出量に就て

1. 本流試験区流量式は量水路実測値に依つて今回下記の如く決定した。但し Q_t' : 本流流量計算値 (m^3/s), H_{III} : 量水路水位 (第Ⅲ号) (cm) である。

$$Q_t' = (0.032 - 0.047 \frac{1}{\sqrt{H_{\text{III}}}}) H_{\text{III}}^{\frac{3}{2}} \quad H_{\text{III}} < 9.1 \text{cm} \quad (4t) \text{ 式}$$

$$Q_t' = (0.056 - 0.122 \frac{1}{\sqrt{H_{\text{III}}}}) H_{\text{III}}^{\frac{3}{2}} \quad H_{\text{III}} = 9.1 \sim 33.4 \text{cm} \quad (5t) \text{ 式}$$

$$Q_t' = (0.046 - 0.080 \frac{1}{\sqrt{H_{\text{III}}}}) H_{\text{III}}^{\frac{3}{2}} \quad H_{\text{III}} \geq 33.4 \text{cm} \quad (6t) \text{ 式}$$

2. 初沢試験区流量式は第 1 回報告⁽¹⁾に記載の欠込流量式(矩形), 実験常数は故桜井莊三博士の決定に成る次の型式を使用する。但し記号は上記報告記載に依る。

$$Q_s' = \left(\frac{0.016 + 4.5}{16.44 \log h_s + 30.56} + 0.3 \right) \sqrt{2g \cdot b \cdot h_s^{\frac{3}{2}}} \quad (Os) \text{ 式}$$

尙本流量式に対する低水不完全水脈及び附着水脈となる部分の補正は、今のところ必要に応じて本文第 3 表に準拠することとし、今後機会ある際は之れについて検討する。

3. 本試験地の本流試験区 (集水面積 1906ha) 及び 初沢試験区 (集水面積 118ha) 両集水地の基礎的要素の比較又流出の基礎をなす降水量及び気温の概況は、本篇冒頭に掲げた如く、両区では各要素から気象の状況に至るまでかなり大きい差がある。尙両試験区は相互の直接比較する為に設けたものではない。寧ろ此の根本的の差を利用して、両者で試験方法を多少違えて実施して相互の結果が一方の裏付けともなつて、試験成績の森林経営への応用に充分な基礎を得るように計画したのである。

4. 本流試験区の年流出総量は 10 水年平均約 3100mm を算し、多雪の年は 4000mm を超え、寡雨の年でも 2600mm に近く、年流出率は平均 85% 程度に達する。

此の様に多量の流出量はあるが、周年流況は至つて不良で、濁水量は過少で $0.0049 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ に過ぎず、反対に豊水量は過多で渇水量の 21 倍余の $0.1032 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ に達する。即ち冬期積雪盛期の渇水は最も顕著なるに次いで夏期の渇水も加わり、一方豊水期の雪汁はⅣ～Ⅶ月の 4 ヶ月間に年流出量の約 8 割、2400mm を超え、最盛のⅤ月 1 ヶ月だけで流出量 1100mm 以上に達する様な極端な流況である。

5. 初沢試験区は本流区に相接する集水地であるが、下流に位するため本流区に比べて甚

だしく寡雪で、幾分氣候が和んでいるために、流出量は本流区の6割に満たず、10ヶ年平均1850mm、多雪の年で2400mm余、寡雨の年は1500mmに達しない。其の流出率は平年70%位である。

而して初沢集水地の中流以下の右岸を成す第四紀押出地は、構造から云つて常時滲漏水があることが考察せられる。従つて他と比較の規準になる様な流況に対しては之れを推定加算する必要がある。今回一応補正の結果で見ると、渴水量は $0.0046 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ で本流区と大差ないが、豊水量は本流区の半ばに達せず、渴水量の10倍余 $0.0481 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$ である。周年流況が本流区に比べてかなり良いと云えるが、それでも雪汁の影響は甚だ顯著で、Ⅲ～Ⅴ月3ヶ月間の流出量は1200mmを超え、年流出量の約3分の2を占める。そして本流区より約1ヶ月近く其の盛期が早現しているのであつて、厳冬季も本流区より幾分多量の融雪あつて其の流出量は2倍余を算する。即ち兩試験区の年流況の大きい相異は、主として降雪量に著しい多寡のあること又初沢区が下流の低海抜に在るためと觀察せられる。

6. 本流及び初沢各区の局地的の差は暫く措いて、兩者を合併した一つの集水地即ち宝川の
中流以奥の平年流出概況を計算すると次表の如くなる。

第23表 宝川流出概況 (集水面積 2024ha)

(永年) 月	流 出 量		集 水 地 雨 量		(積算) 流出率	(〃) 保留量	備 考
	平均量 (mm)	年量に對 する比 (%)	平均量 (mm)	年量に對 する比 (%)	(%)	(mm)	
XI	121	4.0	293	8.1	41	172	渴水量 $0.0047 \text{ m}^3/\text{s} : \text{km}^2$
XII	53	1.7	570	15.7	20	689	低水量 0.0108 "
I	25	0.8	606	16.7	14	1270	平水量 0.0268 "
II	16	0.5	450	12.4	11	1704	豊水量 0.0998 "
III	60	2.0	390	8.3	12	1944	全年平均 0.0964 " 昭和13～22年平均、兩集水地の観測値を面積比に依つて併合計算した結果である。
IV	449	14.8	142	3.9	31	1637	
V	1067	35.1	155	4.3	71	725	
VI	576	18.9	238	5.7	87	357	
VII	272	8.9	261	7.2	89	346	
VIII	77	2.5	174	4.8	86	443	
IX	152	5.0	236	6.5	85	527	
X	174	5.7	238	6.6	84	591	
年	3042	100	3633	100	84	591	

即ち、集水面積の比に依つてわかるように本流区の流況が概ね宝川としての流出概況を示し、初沢区の流況は宝川中流或は下流部溪谷のみの特性が現われている。

2. 主なる降雨の増水量と一時保留雨量に就て

7. 主なる降雨について1降雨毎の増水量と雨量との関係は、筆者が嘗て根尾川其の他で調

査した結果⁽⁹⁾⁽¹⁴⁾と同様に、降雨量の或階級別とした直線関係として示すことが出来る。ここに選んだ降雨は其の雨量の過少な1回を除けば概ね80~250mm程度であつて、凡て一階級の関係とせられる。而して此の様に総括的の関係としたところでは、本流区初沢区では殆んど差異を認められず、両地の関係を同一の直線を以て表わすことが出来るのであつて、1降雨増水量を ΔD_1 、同雨量を P_M とすると

$$\Delta D_1 = 0.90 (P_M - 45) \quad (7) \text{ 式}$$

の関係に依つて示され、而も他の観測成績に比べて直線の周りによく纏つた関係が示されている。本関係式に依つて1降雨量に対する増水率は、本文第13表の示す如く雨量100mmに対して50%，200mmに対して70%が標準となり本邦多雨各地中でも増水多量の地区とせられる。

8. 上記の様に1降雨毎に区切つた1連続の増水を増水開始期(a期)地表流出期(b期、増水最盛期)河道浮き水流期(c期)及び地下水流期(d期、増水終末期)に区分して、増水量と雨量との関係を検討した結果は上記1降雨増水量(7)式は次の如く分配される。但、各符号の意味は本文同様 ΔD :増水量、 P :集水地平均雨量、脚記号は増水期間別其の他を表わす。

$$\Delta D_b = 0.44 (P_{b0} - 36) \quad (14) \text{ 式}$$

$$\Delta D_{b'} = 0.24 (P_{b'0} - 20) \quad (15) \text{ 式}$$

$$\Delta D_c = 0.61 (P_{c0} - 45) \quad (19) \text{ 式}$$

9. 最大流量の増加 ΔQ_{max} と強雨との関係では、一応其の直前の1時間最大雨量 $I_{p,max}$ との関係(18)式として示されるが、本関係式を以て数量的の関係とすることは稍困難である。

$$\log \Delta Q_{max} = 0.025 (I_{p,max} - 10) \quad (18) \text{ 式}$$

蓋し山岳川に於ける増水型は降雨強度の小変化にも敏感である為、現在の雨量観測精度では之れに即する資料は得られない。もつと幅を広くした時間の観測値に依るか或は根本的に観測方法を改良して、適切な資料を得るようにせなければならない。

10. 集水地に於ける雨量分布と水の出方とは非常にはつきりした関係がある。例えば集水地の奥地に至るに従つて雨量が増すような場合は、水の出方が最も緩やかであるが、反対に下流ほど雨量が多い様な分布となると最も急大な増水を見ることになる⁽²⁾。此のことは河道貯溜水量の在り方に依つて、流量調節の程度が異なる事情から説明することが出来る。然し全増水量は集水地平均雨量が同じなら同等であることは前掲(7)式の示す如くである。

11. 降雨に対する増水に関して雨量と増水量との差は集水地の一時保留雨量となる。之れも亦一連の増水の概ね出切つた場合或は増水中の各時期に就て求めることが出来るのであつて、雨量との関係は増水量の余数とした関係式で概ね示されるが、其の生ずる機構は増水の場合とは全く相異なるから、別個の関係とした方が適当なこともある。例えば1降雨に対する一

時保留雨量は増水量と雨量との関係である上掲(7)式の余数としたる関係式

$$P_{h1} = 0.10 (P_M + 405) \quad (26) \text{ 式}$$

とすることも出来るが、各観測値の配列を更めて考察すると、雨量の比較的少い階級では保留量が稍急増し多量になるにつれて緩慢になつて、雨量が或る程度の多量になると略最大保留に達する様な型式とする方が適当で、実験式は次の如く算出された。

$$P_{h1} = 71 (\log P_M - 1.334) \quad (27) \text{ 式}$$

又前記各増水期の集水地一時保留雨量は、前掲増水量と雨量との関係式から次の如く求められ、実験値と比較すると、増水量の場合に比べて何れもかなり密接な関係が示される。

$$P_{ha} = P_a - e^{0.1096(P_a - 21.45)} \quad (28) \text{ 式}$$

$$P_{hb} = 0.54 (P_{a-b} + 33) \quad (31) \text{ 式}$$

$$P_{hb'} = 0.35 (P_{a-b'} + 100) \quad (32) \text{ 式}$$

$$P_{hc} = 0.57 (P_{a-c} + 11) \quad (33) \text{ 式}$$

$$P_{hc'} = 0.20 (P_{a-c'} + 160) \quad (34) \text{ 式}$$

12. 降り続く降雨に対してどれ位の量が集水地内に保留されるかという限界(最大限界)は、降雨が地表近くの初期貯溜量を充たす迄の区間 即ち雨量が 25~30mm に達する迄は、増水開始期に於ける一つの関係式

$$P_{ha} = 0.96 P_a \quad P_a < 25 \sim 30 \text{mm} \quad (29) \text{ 式}$$

を以て概ね示されるが、それを越えた降雨では次式が概ね其の限界を表わす。

$$P_{hmax'} = 130 (\log P_m' - 1.335) \quad (37) \text{ 式}$$

本式の曲線に依つて更に一時保留雨量の最大限界を考察すると、雨量 250~300mm 程度で一応其の頂点量 145mm 内外に達するようである。勿論之れからも雨が續くと保留雨量も増加するが、其の増加分は恰かも河道貯溜水量の増加分程度に相当し、眞実の意味の集水地一時保留は概ね雨量の此の程度で止まるものとも解される。

13. 集水地一時保留雨量の最大限界は一面 其の地に於ける増水が大洪水となるか否かの限界であつて、今回当地の観測成績から略確められた此の雨量限界は、嘗て筆者が提唱したところ⁽¹⁴⁾⁽¹⁸⁾と同様であつて、一般には本邦多雨地方の大出水の限界と考えてよいと思う。

尙ここに最大限界の頂点と云つても、其れから後の降雨は全く保留されないで総て増水となつて現われるものではない。地表水としての増加は勿論、滲透水にしても極めて緩慢ではあるが、多少の増加は考えられる。然し此の様な限界から水の出方が一段と急大な型に変わることは充分認められる。

14. 以上の関係について 宝川本流及び支流初沢の両試験区を比較すると、初沢は集水面積が僅かに本流の 16 分の 1 に過ぎないにもかかわらず、本流区に比して其の増水継続時間が長く且概ね毎回最大流量が過小であることが眼立つている。従つて初沢区の増水が緩やかなこと

は、地表流出期間である増水の最盛期について比較して稍明瞭に認められる。而して1降雨に対する全量及び増水終末期の増水量の如く長時間のものは、初沢区に僅かに少い様であるが、前記初沢の滲漏水の関係などをも考えると、大体両区では差異ない程度と察せられる。

又集水地の一時保留雨量では、上記初沢区の滲漏水の関係を考えても多少初沢区の方が本流区よりも多いことが認められる。之れを増水期別で観ると増水の最盛期に於て其の差が最も大きい。

3. 水の出方と森林の治水的機能に就て

15. 出水の曲線で増水するか否かという限界を降雨強度(1時間雨量)に比較して検討したる結果は、其の時の流量を q (単位 mm/h) とすると其の限界降雨強度 p (mm/h) は次式に依つて表わされる。

$$p = 1.80 q^{1.06} \quad (38) \text{ 式}$$

即ち其の時の流量の略2倍の降雨強度がその限界に相当することを示している。

16. 水の出方を検討する資料は普通に観測せられる河道流量と降雨量其の他との関係を使われているが、ここで吾々が森林の水に対する機能を考察する資料としては、どうしても自然の斜面即ち林地から出て来るそのままの水量、つまり流去量に拠らなければならない。流去量に依る水の出方を解明し、其の因子である森林の機能を抽出するとそこで初めて適切な試験成績が得られるのである。

而して自然の集水地に於て吾々が常に観測するのは所謂河道の流量であるから、流去量は之れに依つて推定算出せなければならない。ここに流去量が流量に変わるということは、両者の間に河道があるからである、即ち河道は如何なる場合でも流去量に対して貯水池的の働きをして、其の出方を調節しつつ河道流量とすることが最も著しい原因であるから、河道流量から流去量を推算するには先ず河道貯留水量の補正を行わなければならない。

17. 河道貯留水量の補正は最も困難な問題であるが、しかし実際問題としても決して不可能ではない、或程度までの実測も出来る多少の例⁽¹²⁾ さえある。本報告では、標準的の河道の在り方と集水面積の広狭とに依つて、河道貯留水量の補正を試みたる結果即ち流去量の出方を推定試算して、顕著な降雨に対する本流及び初沢両試験区の出水経過を比較した。其の結果は本文第29図及び第30図に依つて詳しく示されるように、流去量は流量に比べると降雨の強度変化に対して最も敏感であり又此の鋭敏な変化状況が集水地に依つて著しい差のあることが窺知せられる。

本試験地に於ける本流区及び初沢区の両集水地の林地流去量を比較したる結果は、常に初沢の出方は本流よりも遅れ且降雨強度の細かい変化に対する流去量の急変化は甚だ少く、従つて最大流量は本流区に比してズツト少ない。

18. 宝川本流及び初沢の両試験区の主なる増水に就て、水の出方という観点から出来るだけ細部まで比較検討したる結果を総合すると、「森林の優良な初沢区は地形の平均傾斜が多少急であるにもかかわらず、其の水の出方が緩やかで且降雨の細小な急変に対して比較的鈍感である。然し一升の水は一升の譬の通り、降雨と増水との全量の比較は両集水地に同様の関係である」と判断せられる。

ここで更に振り返つて両集水地の流去量に対して最も密接な関係ある基礎因子即ち水理学的要素、流域係数を比較対照しつつ上記の結果を観察すると、現われた本流と初沢との水の出方の差は少くとも両試験区の森林の相異に因ることに帰せざるを得ない。

最後に、此処に比較した本流、初沢の両試験区は元来相互比較するために設けたものでないことは少しく前にも記した通りで、両区は既に其の集水面積に大差あることから観測結果は其のまま直接比較出来ないものであつて、両区は夫々森林の施業方法を変えつつ水の出方を検討して、其の結果から森林の流水調節作用を判断する計画であるから、森林にはまだ何等の手を加えていない此の期間では本来の試験方法からでは未だ森林の機能に触れられないのであるが、流去量の出方にすると、集水面積の差異は全く消去されて斜面(林地)の状態の相違のみに依つて生ずる結果のみを比較することとなるから、どのような集水地の結果でも此の程度の比較が出来るのである。流去量に関する研究は今回が初めてであるが、次の機会には更に推進するように期している。

(昭和25. 1. 14日脱稿)

参 考 文 献

- (1) 山田昌一：宝川森林治水試験報告 其の1, 其の2 (第1回報告) (東京営林局 昭和18. Ⅻ月)
- (2) 武田繁後：宝川森林治水試験第2回報告 (前橋営林局 昭和25. Ⅲ月)
- (3) 西村太郎：宝川森林治水試験地に於ける流量測定設備の概要 (日本林学会誌 第20巻 第6号 昭和13. Ⅶ月)
- (4) 桜井莊三：堰堤に依る流量の測定 (東大演習林報告 第19号 昭和9年)
- (5) 物部長穂：水理学 p. 27 (岩波書店 昭和8. Ⅲ月)
- (6) D. A. Engler: Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Zurich. 1919. (平田博士訳「森林と水源涵養」興林会叢書 第12輯 昭和9. Ⅷ月)
- Hans Burger: " " " 1934 (武藤博忠訳「河川の水位に及ぼす森林の影響」同上叢書 第15輯 昭和12. Ⅰ月)
- (7) 桜井莊三：荒廃地の復旧と流出量 (砂防 第36号 昭和9. Ⅶ月)
- (8) 武藤博忠訳：河川の水位に及ぼす森林の影響 (興林会叢書 第15輯 昭和12. Ⅰ月)
- (9) 武田繁後：龍ノ口山水源涵養試験 第1回報告 (山林局施業参考資料 第7輯 農林省山林局 昭和17. Ⅳ月)
- (10) 武田繁後：水源の雨量に就て (林業技術シリーズ No. 6 林業試験場 1949. Ⅳ月)
- (11) 萩原貞夫：流域内の雨量計算法に就て (東大演習林報告 第30号 昭和16. Ⅲ月)
- (12) 野満隆治：河川学 (地人書館 昭和18. Ⅷ月)

- (13) 武田繁後：根尾川根尾量水所観測成績 第5回報告（森林治水試験彙報 第16号 林業試験場 昭和12.Ⅲ月）
- (14) 武田繁後：根尾川流量調査成績（未発表）
- (15) 荻原貞夫：堰堤量水法に依る時間流量曲線に就て（東大演習林報告 第29号 昭和15.Ⅺ月）
- (16) 上野巳熊：有林地及び無林地の地表流下雨量の比較試験成績（森林治水気象彙報 第10号 林業試験場 昭和3.Ⅸ月）
- (17) 眞山利雄：地表流下雨量と滲透量の観測成績（同上 第13号 林業試験場 昭和8.Ⅲ月）
- (18) 武田繁後：利根川洪水に於ける水源地方の雨量と流量に就て（カスリン颱風の研究 群馬県 昭和24.Ⅲ月）

[Résumé]

On the Annual Discharge and Especially on Increased Runoff
due to Heavy Rain

[Experiment of Forest Influences Upon Stream Flow at
Takaragawa. The Second Report]

By

Shigenochi TAKEDA

Abstract

This paper deals with detail study of increased runoff due to heavy rains between 1938 and 1948 as well as summarizes the condition of discharge between 1938 and 1947. Further, descriptions are made on fundamental items about two experimental watersheds, main stream “Honryu” and a tributary “Shozawa” which have been investigated after the publication of the first report of 1943 by Maebashi Regional Office of National Forest.

The first report refers chiefly to fundamental items about the watersheds. Intensive studies about climate and discharge are begun in this second report.

(1) Climatic condition

Item	Climate Table		
	Honryu (Main stream)	Shozawa	comparison
Average annual Temp. (°C)	5.0	6.5	1.5
Average annual precipitation (mm)	3,700	2,650	72%
Cold season (Ⅺ~Ⅳ)	2,400 (65%)	1,550 (60%)	65% (-5%)
Warm season (Ⅴ~Ⅹ)	1,300 (35%)	1,100 (40%)	85% (5%)
Average max. snow depth. (m)	5~6	3~4	60% (-2m)
Max. snow depth. (m)	8	5	60%

Note:—Catchment area: 1905.7 ha (Honryu) and 117.9 ha (Shozawa),

Elevation: 800 to 1945 m. (Honryu) and 800 to 1370 m. (Shozawa),

Average Slope: 24.1° (Honryu) and 24.8° (Shozawa)

(2) Annual discharge

Item	Discharge Table		
	Honryu (Main stream)	Shozawa	Comparison
Average annual discharge (mm)	3,117	1,850	59%
Average annual discharge ratio (%)	85	70	-15
Min. & max. of annual discharge (mm)	2,570~4,090	1,470~2,410	
Discharge in dry period (month)	15 (Ⅱ)	30 (Ⅱ)	200%
Dry season	XⅡ~Ⅲ	I~Ⅱ, Ⅷ	
Discharge in flood period (month)	1,100 (Ⅴ)	570 (Ⅳ)	52%
Flood season	Ⅳ~Ⅶ	Ⅲ~Ⅴ	

Note:—The smaller discharge in Shozawa is presumed to be due to the smaller precipitation.

(3) As regards the relation between the increased runoff or the temporarily retained rain amount and rain amount two watersheds show nearly similar results. If spoken strictly, the rain retaining capacity of Shozawa is but a little greater.

The amount of maximum discharge is apparently smaller in Shzawa. The period of runoff increase is much shorter in the main stream. Therefore the phase of runoff increase is sharper in the main stream as compared with that in Shozawa.

(4) There is a great difference between the watershed areas of the main stream (1906 ha) and Shozawa (118 ha). Further, their channel coonditions are not similar. So it is impossible to conduct direct comparison between channel d'scharge conditions in two watershedes. It is reasonable to compare adjusted runoff which are converted into those from standard forest area in similar conditions. In doing so we find that the freshet phase of the main stream is much sharper than that of Shozawa. Because of small differences in slopes, geological and soil conditions, it could be presumable that the poorer forest conditions in the main stream is a principal cause of the sharper freshet.

In the main stream watershed forest occupies 69% of the total area having the growing stock of 94m³ per ha. The area above timber line (1500m in altitude) is treeless land with grass and some shrubs. The whole watershed of Shozawa is covered with forest having the growing stock of 191m³ per ha. Forest compositions are nearly similar in both watersheds with 65% of beech, 15% of thujopsis, 10% of deciduous oak and 10% of others.

(5) In short, despite the fact that Shozawa has a little steeper hillsides, it has a greater flood controlling power than the main stream. But in the total amount of increased runoff due to rain both watersheds show nealy similar effects. (Jan. 14th / 1950)

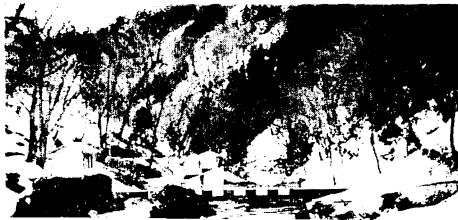
年流出量と主なる降雨の増水量に就て（武田）

No. 1. 宝川森林治水試験観測基地



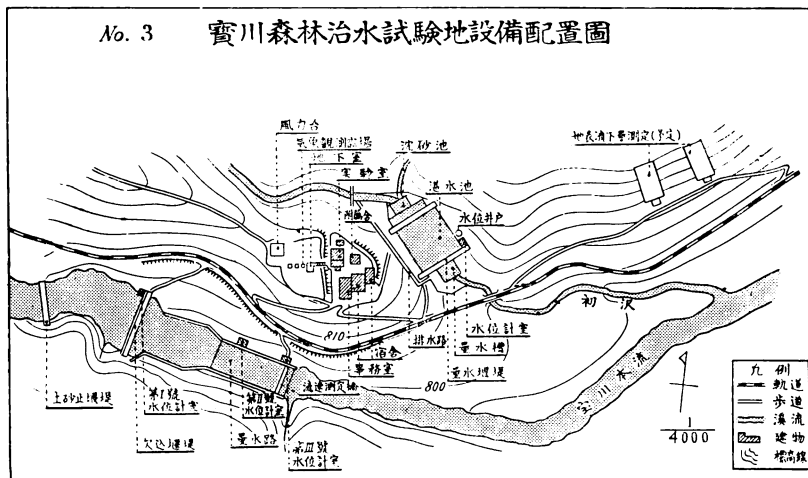
- | | |
|-------------|-----------|
| A. 事務所及居住設備 | B. 本流量水設備 |
| C. 気象観測設備 | D. 支流初沢左岸 |

No. 2. 本流量水設備全望



上流より望む，左岸建物は左（上流）から第Ⅰ号欠込堰堤水位計室，
第Ⅱ号量水路路上流，第Ⅲ号同下水位計室，架橋は量水路流速測定用

No. 3 寶川森林治水試験地設備配置圖

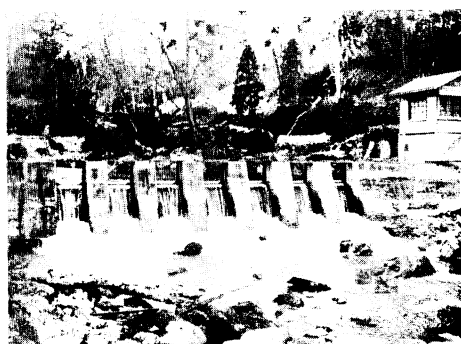


No. 4. 本流量水路 (宝川)



下流より見る, A 量水路, B 上流欠込附堰堤,
C 量水路流速測定用架橋

No. 5. 本流欠込附堰堤



下流より見る, 試験開始当時

No. 6. 初沢量水堰堤 (宝川)



上流右岸より見る, 手前から土砂止堰堤, 湛
水池及び量水堰堤 (矩形欠込巾 1m, 7 個)
左岸小舎は水位計室

No. 7. 雪中の初沢量水設備



上流右岸より見る, 昭和 11 年冬

年流出量と主なる降雨の増水量に就て (武田)

No. 8. 奥初沢自記雨量計



(昭和24.Ⅷ)

No. 9. 第41号積雪計(宝川本流)



中武能下(昭和24.Ⅵ.30)

No. 10. 広河原休泊小屋(本流)



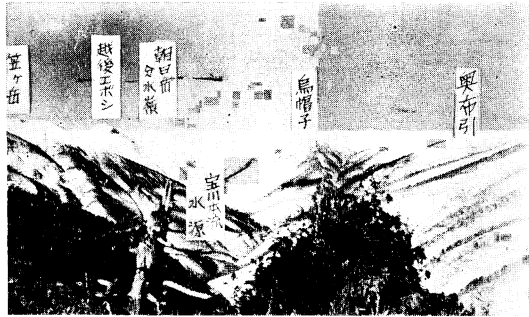
奥地観測基地用(昭和12年建設当時)

No. 11. 第5号積雪計(本流)



野地平下, 林相は中庸(昭和24.Ⅴ.21)

No. 12. 集水地最高山陵 (宝川・上越国境)



武能山より北方を望む, 笠ヶ岳 (1945m),
朝日岳 (1820m)

No. 13. 笠ヶ岳頂上



中央の白い部分は沼の水面
(昭和 24. VIII)

No. 14. 笠ヶ岳頂上



頂上の草原
(昭和 24. VIII)

年流出量と主なる降雨の増水量に就て (武田)

No. 15. 本流集水地山陵 (宝川)



雨立三角点より南西方を見る，手前の尾根は
雨立より布引方面，それから本流及び広河原
沢をへだてて左より黒沢越，白毛門方面
(昭和 23. IX)

No. 16. 布引南部尾根



大野地より尾根の東側を見る，雪底残る，
林相は漸次貧弱となる (昭和 23. IV)

No. 17. 武能山及び三吉山附近 (宝川)



初平より西方武能及び三吉を見る，
近景は初平伐採跡地 (昭和 24. V)

No. 18. 奥地林相の一部 (宝川)



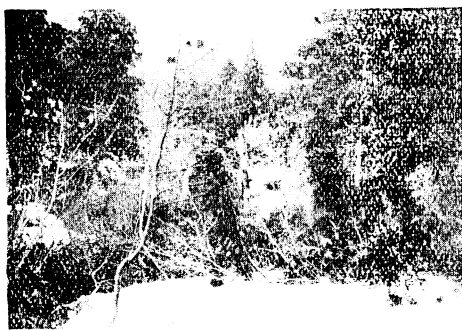
広河原沢奥, 第44号積雪計附近の
ブナ疎悪林相 (昭和24.Ⅳ, 30)

No. 19. 初平漸伐跡



漸伐跡に昭和23.Ⅳ.アイオン颱風に依る
風倒木あり (昭和24.Ⅴ)

No. 20. 野地平附近林相



ヒバの混交多い (昭和24.Ⅴ)

年流出量と主なる降雨の増水量に就て (武田)

No. 21. 優良なブナ林 (宝川初平)



原生林 (昭和29年迄の漸伐前)

No. 22. ブナ純林々相 (宝川)



中武能東方 (昭和12年)

No. 23. 後沢の林相 (宝川)



初平三角点 (対岸) から後沢を中心に見る, ヒバ多し (昭和12年)

No. 24. 野地平下附近林相（宝川）



漸伐前中庸の林相（昭和 24. V）

No. 25. 野地平附近林相（宝川）



野地平附近から北西方布引方面を見る（昭和 12 年）

No. 26. 初平伐跡地林相（宝川）



左遠望は中武能，伐跡ブナ幼齢林にヒバ混交（昭和 24. V）