

鬼怒川洪水調節解析報告書

(その2)

才 204 号

昭和 41 年 3 月

建設省土木研究所

目 次

1. 概 要	1
2. 計画降雨解析	2
3. 洪水調節解析	13
4. 洪水調節効果の判定および計算結果の検討	27
5. 結 論	36
6. あ と が き	37
付 図	39

1 概 要

(1) 解析の目的

この洪水調節解析の目的は、関東地方建設局による利根川流量検討の一貫として、鬼怒川上流のダム群によつて計画されている洪水調節効果を推定するための高水流量に関する解析資料を整備する事である。

(2) 従来の経過

既に実施された鬼怒川流出解析において、流域および河道に関する詳細な定数解析が行なわれ、また洪水調節解析において使用する計画降雨群の統計的推定および計画上採用すべき諸定数の確定がなされた。

更に昭和39年度においては、五十里、川俣両ダムについて洪水調節解析を行い鬼怒川洪水調節解析報告書その1（以下単にその1と略記する）に示される様な結論が得られた。

(3) 実施内容および方針

本年度は以上の様な基礎資料、解析成果を引きつぎ以下の様な実施内容および方針によつて解析を進めた。

(i) 五十里、川俣および計画中の川治の3ダムによる洪水調節効果を推定する。

(ii) 洪水調節効果の推定の基礎となる計画降雨群についてはその1の推定方法を再検討し、必要あれば修正する。

(iii) 洪水調節効果を判定するための流出量の計算は雨量を基にした貯留関数法により行い、計算に使用する諸定数は全てその1で確定した値を使用する。

(iv) 雨量、流量に関する基礎資料および五十里、川俣ダムに関する諸元等はその1のものを使用する。川治ダムの諸元に関する基礎資料は関

東地方建設局の調査結果に基き作成する。

2. 計画降雨解析

既に実施した計画降雨解析においては、鬼怒川石井上流の流域平均3日雨量の地域分布石井上流の流域平均時間雨量分布および流域平均3日雨量の超過確率等を基礎に6種類の基本代表降雨型を統計的に推定した。

しかしながら、

- (i) 雨量の地域分布特性については、地域分割をその1で取った(イ)五十里流域(ロ)鬼怒川上流々域(ハ)大谷川流域とした場合、表-1、図-1より明らかな様に分布率の変動は著くなく、各分割域とも平均分布率の周りに $\pm 5\%$ の範囲で変動している。
- (ii) 降雨時間分布型の調査について、その1では降雨の時間雨量分布型に重点をおき一定時間間隔内の累加雨量の総雨量に対する分布率によつて分類を試みた。しかしながら我々としては種々な降雨時間分布型の総合的結果である流出波形に注目する必要がある、また洪水調節効果の判定などに対してはその方が有効と考えられる。

等の疑問が生じ計画降雨群についての再調査を実施した。その概要は以下の通りである。

(1) 降雨の時間分布型の調査

降雨の時間分布型をその結果である洪水流出波型から分類する場合に種々な方法が考えられる。洪水調節の問題を考える場合は特に流出波型の上昇部が重要であり、出来るだけ簡単な要素によつて分類する事が望ましい。

本解析においては表-2備考欄に示す様に上昇時間 T 、上昇平均勾配 G_m の2要素によつて洪水流出波形の上昇側の形を表示し、それら

図-1 降雨地域分布率

注) F_A : 五十里流域の分布率 $\odot$ $\triangle$: 12洪水
 F_B : 鬼怒川上流 $\bullet$ $\square$: その他
 F_C : 大谷川流域

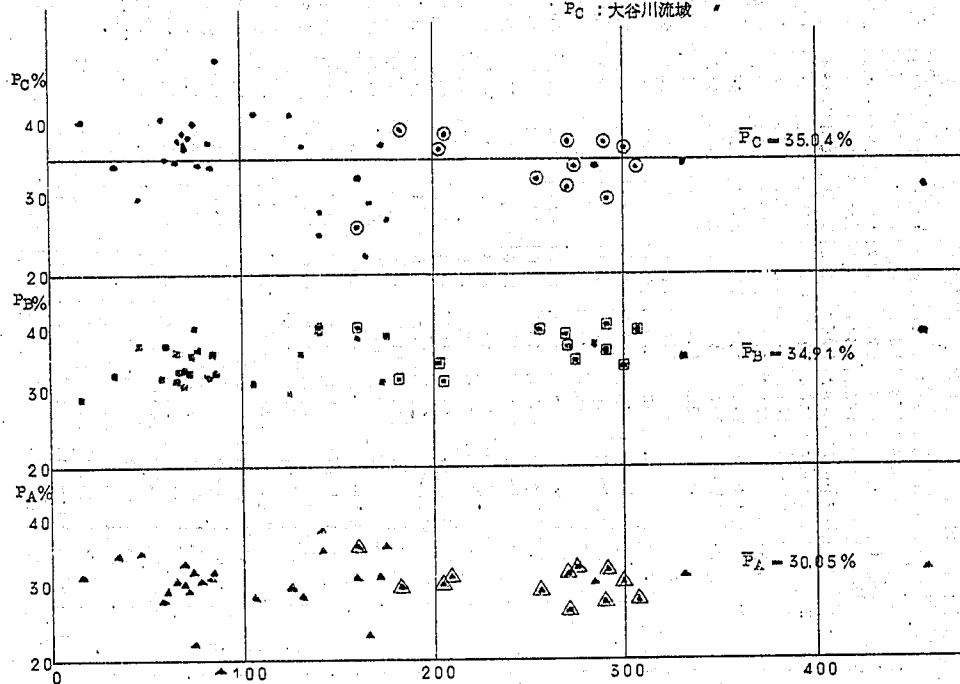
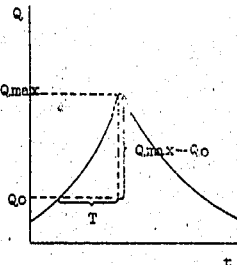


表-1. 鬼怒川流域の雨量地域分布率調査表

降雨 番号	洪水 番号	降 雨 期 間	流域平均3日雨量mm				分 布 率 %		
			R _A	R _B	R _C	石井上流	P _A	P _B	P _C
1		M. 43. 8. 8~10	161.2	164.4	191.9	173.8	31.1	31.8	37.1
2		T. 3. 8.28~30	254.7	304.7	292.3	285.7	29.9	35.8	34.3
3		B. 10. 9	187.7	199.9	147.7	176.8	35.1	37.3	27.6
4		12. 9	158.0	164.9	107.2	141.2	36.7	38.4	24.9
5	1	13. 8.31~9.2	268.7	298.2	326.2	300.3	30.1	33.4	36.5
6	2	16. 7.21~24	260.0	277.0	286.0	275.5	31.6	33.7	34.7
7	3	18.10. 2~ 4	181.7	203.0	220.7	203.6	30.0	33.5	36.5
8		21. 7	400.9	474.1	399.6	457.0	31.4	37.2	31.4
9	4	22. 9.14~16	236.5	303.0	319.0	289.9	27.5	35.3	37.2
10	5	23. 9.15~18	213.8	291.3	300.2	271.4	26.5	36.2	37.3
11	6	24. 8.31~9.2	252.1	347.6	314.1	307.6	27.6	38.0	34.4
12		25. 8	306.9	338.9	343.7	331.6	31.0	34.3	34.7
13		27. 7.12~14	60.0	70.2	69.1	66.9	30.1	35.2	34.7
14		" 27~29	47.8	51.0	42.8	47.0	33.8	36.0	30.2
15		27. 8. 4~ 6	36.2	34.9	37.1	36.2	33.5	32.2	34.3
16		28. 7. 7~ 9	64.4	70.1	78.6	71.6	30.2	32.9	36.9
17		28. 8.25~27	63.8	70.5	82.7	73.2	29.4	32.5	38.1
18		28. 9.15~17	60.0	65.5	75.8	67.9	29.8	32.5	37.7
19		" 23~25	148.1	160.7	120.6	142.1	34.5	37.4	28.1
20		29. 6. 6~ 8	60.7	63.1	77.8	68.0	30.1	31.3	38.6
21		29. 8.18~20	70.4	82.3	79.5	77.8	30.3	35.4	34.3
22		29. 9.12~14	116.3	271.5	111.4	166.8	23.3	54.4	22.3
23		" 17~19	110.5	110.6	151.8	126.1	29.6	29.7	40.7
24		" 24~26	53.1	65.5	63.9	61.4	29.1	35.9	35.0
25		30. 7. 5~ 7	48.2	55.1	70.2	58.9	27.8	31.8	40.4
26		30. 8.26~28	147.1	177.3	158.2	161.5	30.5	36.7	32.8
27		30. 9.27~29	68.8	65.3	77.0	70.7	32.6	30.9	36.5
28		30.10.10~12	79.1	88.2	85.8	84.6	31.3	34.8	33.9
29		31. 7.14~16	16.1	15.1	20.9	17.6	30.9	29.0	40.1
30		31. 9.25~27	76.9	80.2	93.5	84.2	30.7	32.0	37.3
31		31.10.29~31	111.6	135.7	144.1	131.9	28.5	34.7	36.8
32		32. 7.20~22	89.7	97.7	128.0	106.8	28.4	31.0	40.6
33		32. 8. 7~ 9	49.5	82.1	122.0	87.9	19.5	32.4	48.1
34		32. 9. 5~ 7	48.6	84.9	88.7	75.9	21.9	38.2	39.9
35	7	33. 7.22~24	187.0	192.2	236.0	207.3	30.4	31.2	38.4
36	8	33. 8.25~27	160.2	171.2	211.3	183.2	29.5	31.5	39.0
37	9	33. 9.17~19	224.6	290.8	250.0	256.5	29.3	38.0	32.7
38	10	" 25~27	247.2	266.8	182.8	160.6	35.3	38.3	26.2
39	11	34. 8.12~14	394.9	467.7	396.7	270.5	31.4	37.3	31.4
40	12	34. 9.25~27	277.5	336.7	261.4	291.4	31.7	38.5	29.8

の生起頻度を調査し、降雨時間分布型の分類を試みた。

表 - 2 石井地点洪水流出波型調査

降雨 番号	洪水 番号	降雨期間	Qmax- Qo (mm/hr)	T (hr)	Gm (mm/hr ²)	Gm の 分 布					備 考
						0.0~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	
1	1	S. 11. 9.26	1.7	5	0.34	○					 Qmax Qo T Qmax-Qo t $Q_0=3.3 \text{ mm/hr}$ ($\approx 1000 \text{ m}^3/\text{s}$) $G_m = (Q_{\text{max}} - Q_0) / T$ ◎ : 代表洪水型
2		12. 7.14	5.5	11	0.55		○				
3		12. 9. 9	11.3	11	1.03			○			
4		13. 8.30	16.1	10	1.61			○			
5		14. 8. 3	5.6	4	1.40			○			
6	2	15. 8.24	8.0	4	2.00				○		
7		16. 7.20	9.8	20	0.49	○					
9		18.10. 1	7.4	7	1.06			○			
10	3	19.10. 5	10.7	7	1.53				○		
11		20.10. 3	3.0	4	0.75		○				
12		21. 7.29	19.3	30	0.64		○				
13	4	22. 9.13	11.8	14	0.84		◎				
14		23. 9.14	9.7	13	0.75		○				
15		24. 8.29	14.8	9	1.64				◎		
16	5	25. 8. 2	7.3	6	1.22			○			
17		28. 9.23	5.1	8	0.64		○				
18		33. 7.20	6.2	12	0.52		○				
19	6	33. 8.25	6.5	7	0.93		○				
20		33. 9.16	14.2	7	2.03					◎	
21		33. 9.24	8.3	11	0.75		○				
22	11	34. 8.11	12.8	37	0.35	◎					
23	12	34. 9.24	12.2	10	1.22			◎			
階級度数 N						3	9	5	3	2	
累 加 度 数						3	12	17	20	22	
の %						13.6	54.5	77.3	90.9	100.0	

その1において降雨時間分布型の分類を目的として既往の20数降雨の石井上流々域平均時間雨量とそれに基づいて流域貯留関数 $S = 3.45 \cdot q^{0.5}$ (S : 時間、 q : 雨量/hr) 流入係数 $f=1$ として求めた石井地点の洪水流出波形が得られている。

それらを利用して G_m 、 T を求めた結果が表-2である。 Q_0 としてはその1の解析結果より五十里、川俣の洪水調節効果が $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($= 3.3 \text{ mm/hr}$) 付近から表われている事から $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の上昇部分を重視する意味で $Q_0 = 3.3 \text{ mm/hr}$ とした。

更に、 G_m の分布を 0.5 おきの階級分類によつて調査し、各階級に属する度数 N および G_m の小さい方からの累加度数、累加度数の%等を調査した結果を表-2に示した。 G_m の度数分布は図-2に示す様に一般の水文現象と同様に対数正規型の分布を示す。すなわち、小さい方からの累加度数の%と階級中央 G_m 値との関係に対数確率紙上にプロットした場合に図-3に示す様にはほぼ直線上にのる事が判断される。

計算の基礎となつた降雨の数(標本数)、降雨の撰択(標本抽出法)等十分でない点もあり今後詳細な分析を行う必要があるが、本解析においては図-3の現象を一応認めて解析を進めた。

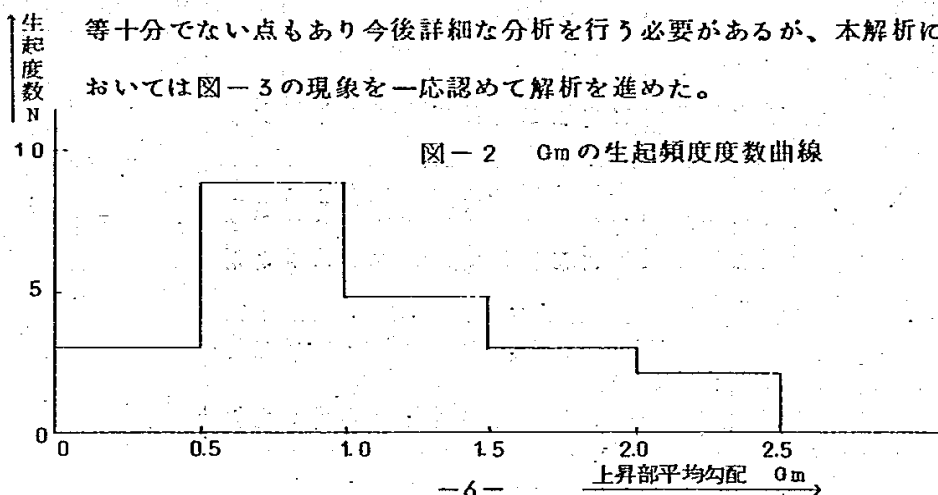
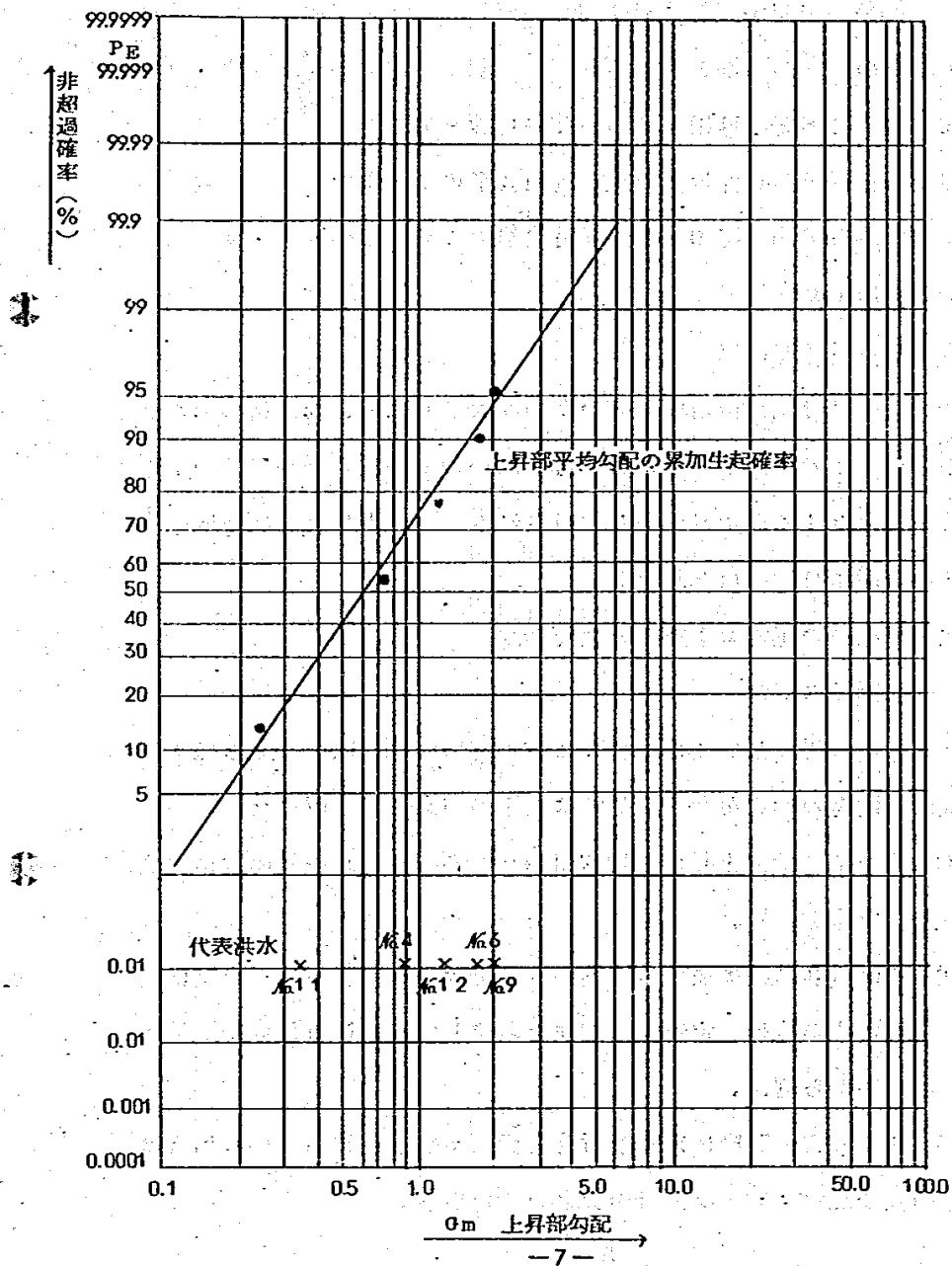


図-3 G_m の累加頻度曲線



Tについては G_m との関係が独立事象か従属事象かが問題であり独立であればその発生頻度を考慮に入れる必要がある。図-4は表-2の上昇部平均勾配 G_m と上昇時間 T の関係を示すものであつて、全体として負の相関があると判断され、定数解析に用いた12洪水などを特に注目して考えれば図-4の様な平均線が考えられよう。

以上の検討から石井地点の洪水流出波形の上昇部を表示する要素としては上昇部平均勾配 G_m と上昇時間 T のうち G_m のみを考慮すれば良いと判断した。

(2) 降雨の地域分布調査

図-1より降雨毎の地域分布の変動は大きくなく、既に指摘した様に平均分布率の周囲±5%に大部分がはいつている。従つて強いて地域分布を考慮する理由が弱いと判断されるので、本解析では地域分布よりの降雨型分類は行なわない。

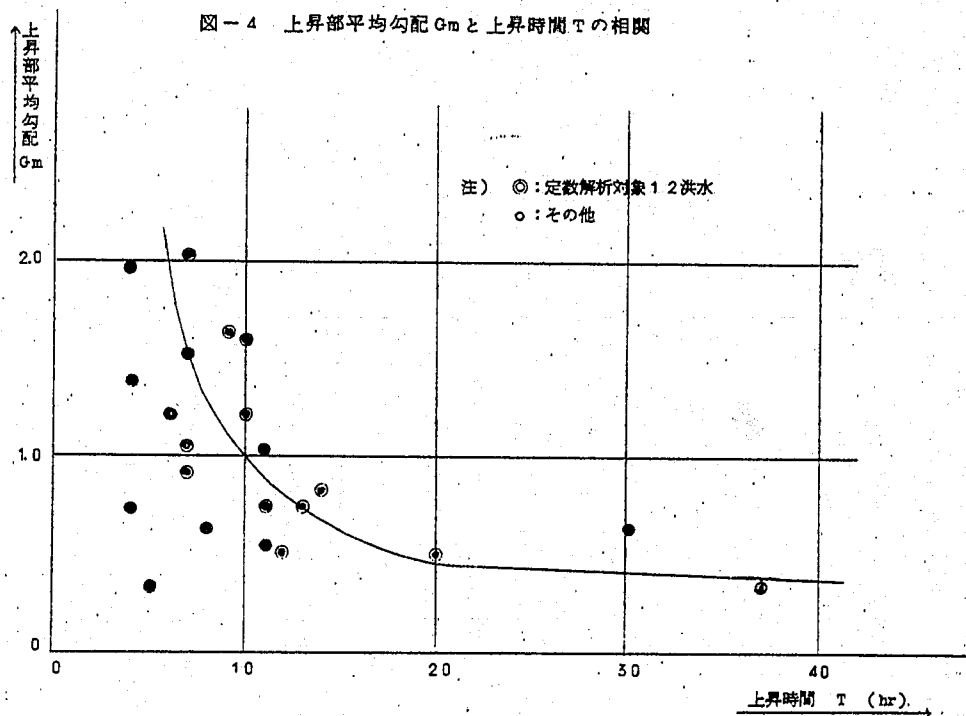
(3) 代表降雨型の選定およびその生起頻度

(1) 代表降雨の選定

以上の検討に基いて地域分布は特に考慮せず時間分布を基礎に代表的降雨型の選定を行う。選定は以下の方針により行つた。

- (イ) 表-2に示す上昇部平均勾配 G_m の各階級より一降雨つつ代表降雨を選定する。
- (ロ) G_m の各階級に属する降雨のうちでは、基礎データの整備状況、洪水の規模、定数との関連を考慮して定数解析対象12洪水のうちから選ぶ。
- (ハ) G_m の同一階級に定数解析対象洪水が幾つか属している場合は石井地点洪水ピーク流量の大きい方を取る。

図-4 上昇部平均勾配 G_m と上昇時間 T の相関



以上の条件によつて選んだのが表-2に示す代表的降雨型である。

(II) 頻度の推定

(I)で選んだ代表降雨型の発生頻度の推定は図-3の上昇部平均勾配 G_m の累加生起確率 P_E および各代表洪水の G_m を利用して推定する。

推定方法は表-3の参考図に示す様に図-3の様な累加生起確率曲線を与える G_m の発生頻度曲線を考え、一つ代表降雨型の発生頻度はその曲線と相隣る代表降雨型との平均 G_m 値 ($\bar{G}_m$) で囲まれる面積をもつて表わすものとする。表-3に計算表を示す。

(4) 降雨の時間雨量分布型と連続雨量の相関降雨の時間分布型と連続雨量との相関を見るため、 G_m と石井上流々域平均3日雨量の相関を調べた。図-5にその結果を示す。両者の関係は互に独立な事象と判断される。

(5) 計画降雨群の推定

洪水調節効果を判定するための基礎となる計画降雨群としては、(3)で選んだ代表降雨型の時間雨量を一降雨期間中一定の比率によつて拡大、縮小したものを考える。

表-3 代表降雨型の発生頻度推定表

代表降雨 洪水番号	降 雨 期 間	石井上流々域 平均3日雨量mm	上昇部平均 勾配 G_m mm/hr ²	$\bar{G}_m$	図-3の $\bar{G}_m$ に 対する P_E の読み%	各代表降雨 の発生頻度%	備 考
11	S. 34. 8.12~14	389.2	0.35			53.0	P_E 53%以下は洪 水番号11で代表
4	S. 22. 9.13~15	287.6	0.84	0.60	53.0	25.5	
12	S. 34. 9.24~26	283.6	1.22	1.03	78.5	9.5	P_E 93.2%以上は 洪水番号9で代表
6	S. 24. 8.31~9.2	288.2	1.64	1.43	88.0	5.2	
9	S. 33. 9.16~18	247.8	2.03	1.84	93.2	6.8	

表-3の参考図

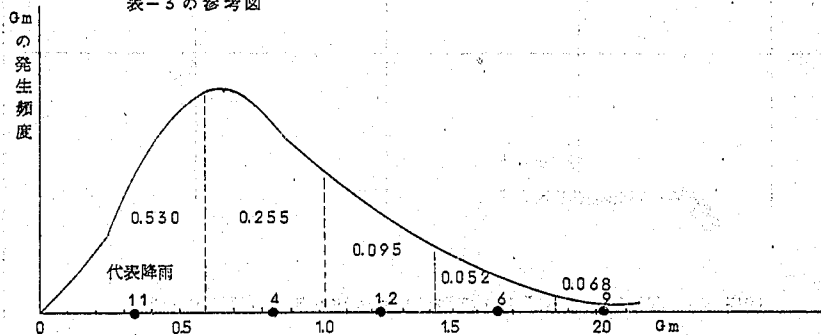
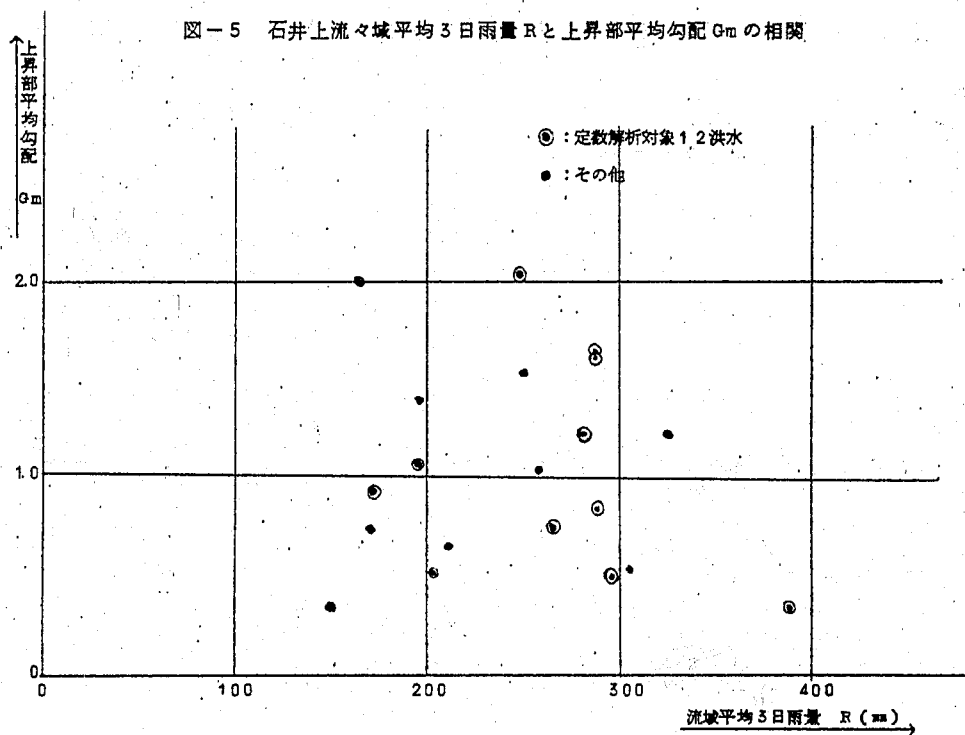


図-5 石井上流々城平均3日雨量Rと上昇部平均勾配 G_m の相関



3. 洪水調節解析

2で推定した鬼怒川計画流域群の流量平均時間雨量を基礎に、自然河道および川俣・五十里・川治ダムによつて洪水調節した状態での洪水流出推算を行い、主として石井地点において洪水ピーク流量の比較によつて、洪水調節効果の判定を行う。

(1) 洪水調節方式およびダム諸元

洪水調節方式は種々なる調節方式の組合せを3ダムに与え、試算的に効果を判定する必要がある。その第一段階として、川俣・五十里ダムには既定の調節方式を与えた場合をまず実施した。従つて川俣・五十里についてはその1と同様な調節方式およびダム諸元を使用する。川治については次の通りとする。

(a) 調節方式

五十里・川俣等の放出波形・川俣～川治間の残流域流出量大谷川流出波形等を種々な降雨型について観察し、下流に効果的な調節方式を最初から与えるのは困難であると判断されたので、その様な判断の基礎資料を得る目的もあつて、最も簡単な一定量放流方式を取つた。

一定量としては、川俣の放流波形が貯水池流入量の最大以後 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 前後の放流量が長時間続くので、その流量以下とするのは貯水容量の上からも不利と判断されるので、川俣に合せて $550 \text{ m}^3/\text{s}$ の一定量放流量を取つた。

更に連続洪水に備えて、図-6(イ)・(ロ)から判断出来る様に五十里の放流波形のピークは石井地点ピーク流量を支配しないので、川治の放流波量についても、五十里放流量がピーク値に達した時刻で一定量放流を中止し、以後フリーフローの状態で貯水池水位を低水させるも

図-6(1) 川俣・五十里ダムの調節効果図の1例(その1より)

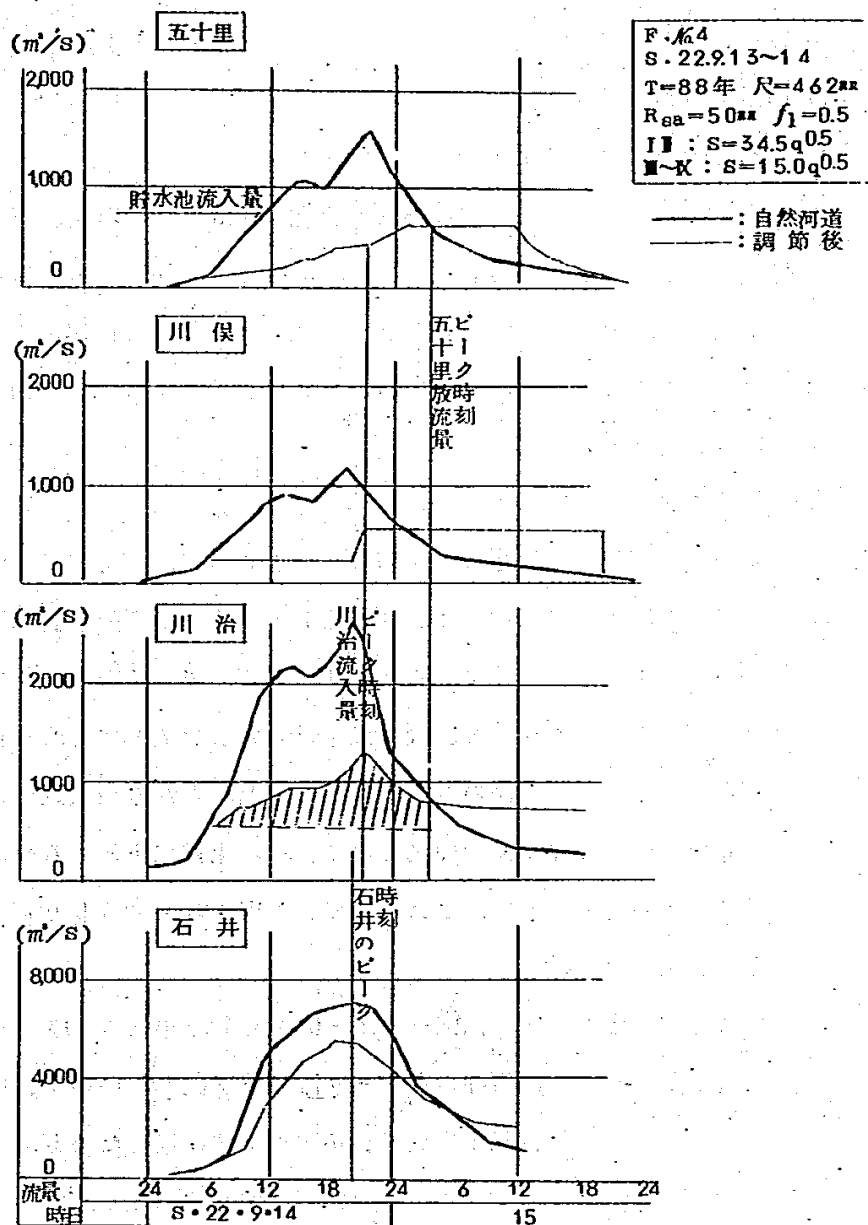
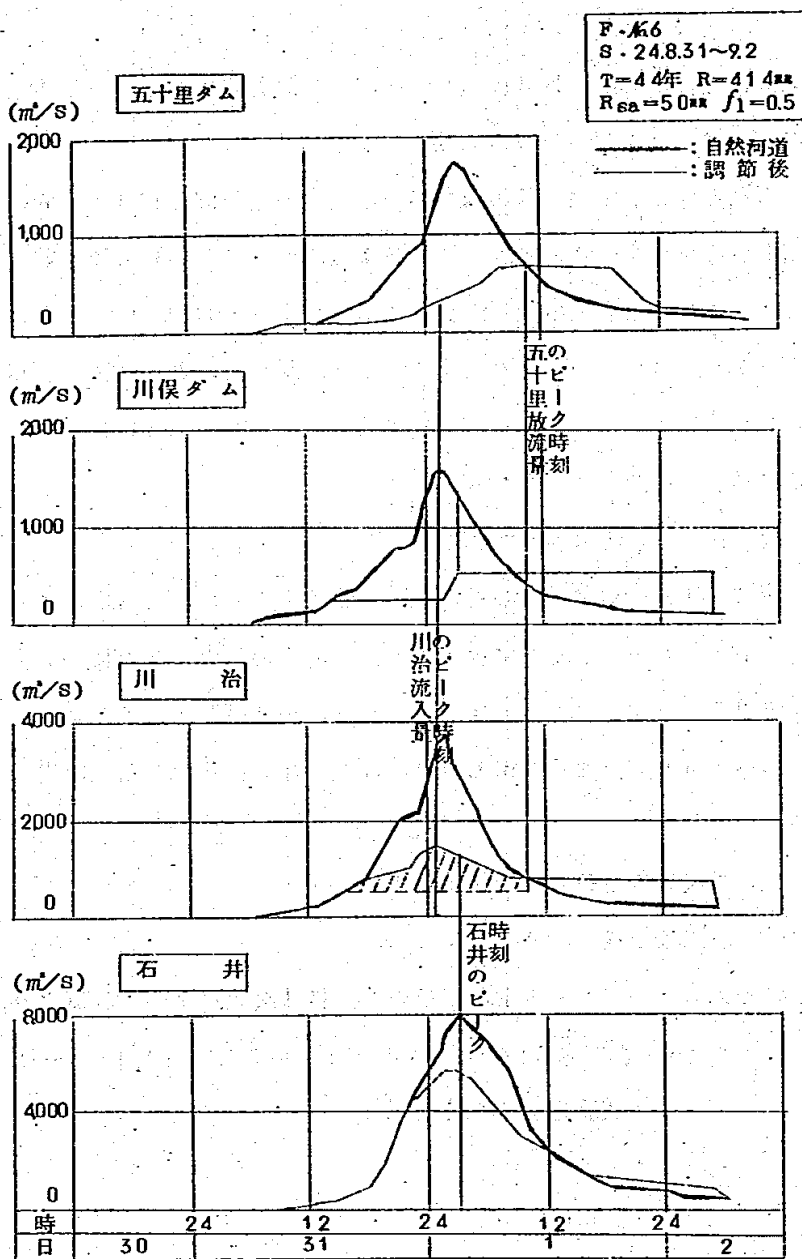


図-6(ロ) 川俣・五十里ダムの調節効果図の1例(その1より)



のとする。

(5) ダム諸元

川治貯水容量曲線としては関東地方建設局の調査結果による図-7を用いた。また洪水時満水位としては関東地方建設局との協議の結果 $H \cdot W \cdot L = 610 \text{ m (EL)}$ と定めた。

治水容量としては、計画降雨群中の基本降雨時間分布型（比的拡大縮小を行なわない基本時間雨量分布）によつて試算的に必要な貯水容量を求めた結果、最危険側の洪水に対しても $43,000,000 \text{ m}^3$ あれば十分と判断されたのでその値を使用した。従つて、このダムを多目的として使用するなら、図-7に示す様に、利水容量 $23,800,000 \text{ m}^3$ 、夏期制限水位 577 m となる。

放流施設は以下の通りである。

放流方法については、通常洪水は放流管により行い異常洪水に対してクレストゲートを加えて放流する。放流管の位置・規模については、一定量 $550 \text{ m}^3/\text{s}$ と放流する必要から、夏期制限水位 577 m で放流能力 $550 \text{ m}^3/\text{s}$ を確保しなければならない。その様な点を考慮して、

放流管中心位置： 527 m (EL)

放流管半径 ： 2.5 m

と定めた。従つてゲート全開状態の放流量は次式によつて計算される。

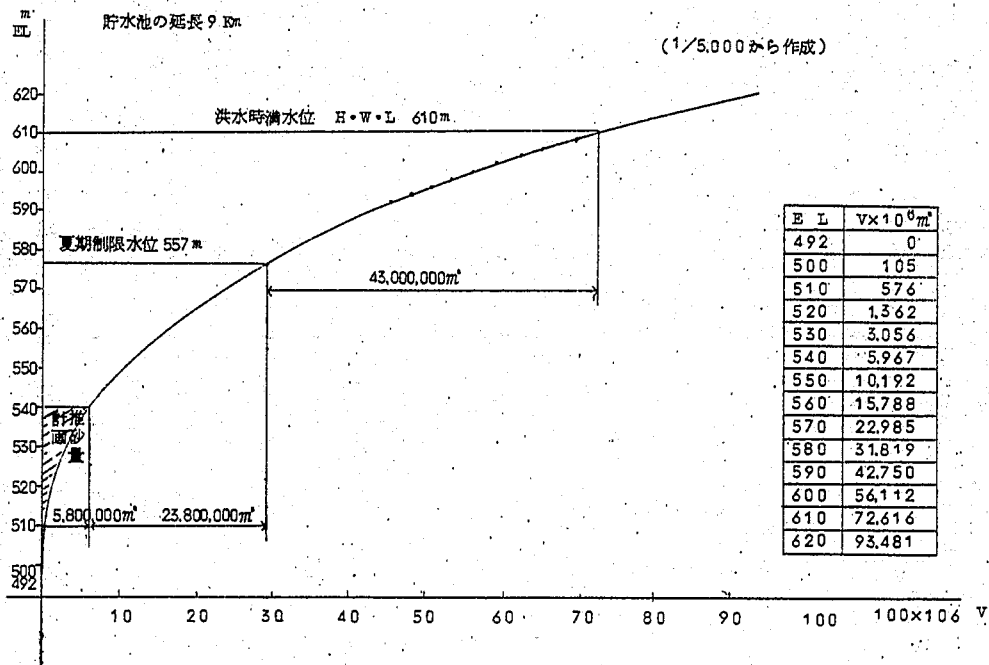
$$Q = \alpha \cdot \sqrt{2 \cdot 9.8} \cdot \sqrt{H} \cdot 3.14 \cdot 2.5^2 = 78.19 \cdot \sqrt{H} \dots\dots\dots (1)$$

Q ：放流量 (m^3/s)

H ：水深 (m)

α ：流出係数 (≈ 0.9)

図-7 川治ダム貯水容量曲線



クレストゲートの規模については次の様にして定めた。その1の解析結果によれば石井地点の100年洪水ピーク流量は大略7,000 m^3/s と推定される。石井地点のピーク流量が自然河道の状態での程度となる例、例えば図-6(i)を見ると川俣ダム調節後の川治ダム流入量の最大値は1,300 m^3/s 程度であり、またそれより規模の大きい図-6(ii)を見ると川治流入量の最大値は1,500 m^3/s となつている。そこで異常洪水としては更に安全側を取つて2,000 m^3/s 程度を取り、ゲートの規模としては、10 m (高) $\times$ 6 m (巾) $\times$ 3門を考え、敷高は600 m (EL)とした。従つてフリーフロー状態の放流量は次式によつて計算出来る。

$$Q = 3 \left(\frac{2}{3} \cdot \alpha \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot H^{\frac{3}{2}}} \right) \dots\dots\dots (2)$$

α : 溢流係数 (≈ 0.688)

Q : 流出量 (m^3/s)

H : 溢流水深 (m)

図-8に(1)式、(2)式および(1)+(2)式の計算結果を示す。

(ii) 流出計算系統図

自然河道についてはその1と同様であり、ダムによる洪水調節を考慮する場合の流出推算系統図を図-9に示す。自然河道と比べて分割流域河道に変化のあるのは河道AとⅢ流域である。自然河道での河道Aの延長は約24 Km 、洪水調節を考える場合はその内9 Km が川治ダムの貯水池となるので、洪水調節を考える場合の河道貯留量、遅滞時間は自然河道のそれらに $15/24$ を乗じたものを使用する。

流域Ⅲについては河道Aに流入する部分と川治の貯水池に直接流入する部分とに分けるべきであるが、それらの分割流域の全体に占める割合

図-8 川治ダム放流能力曲線

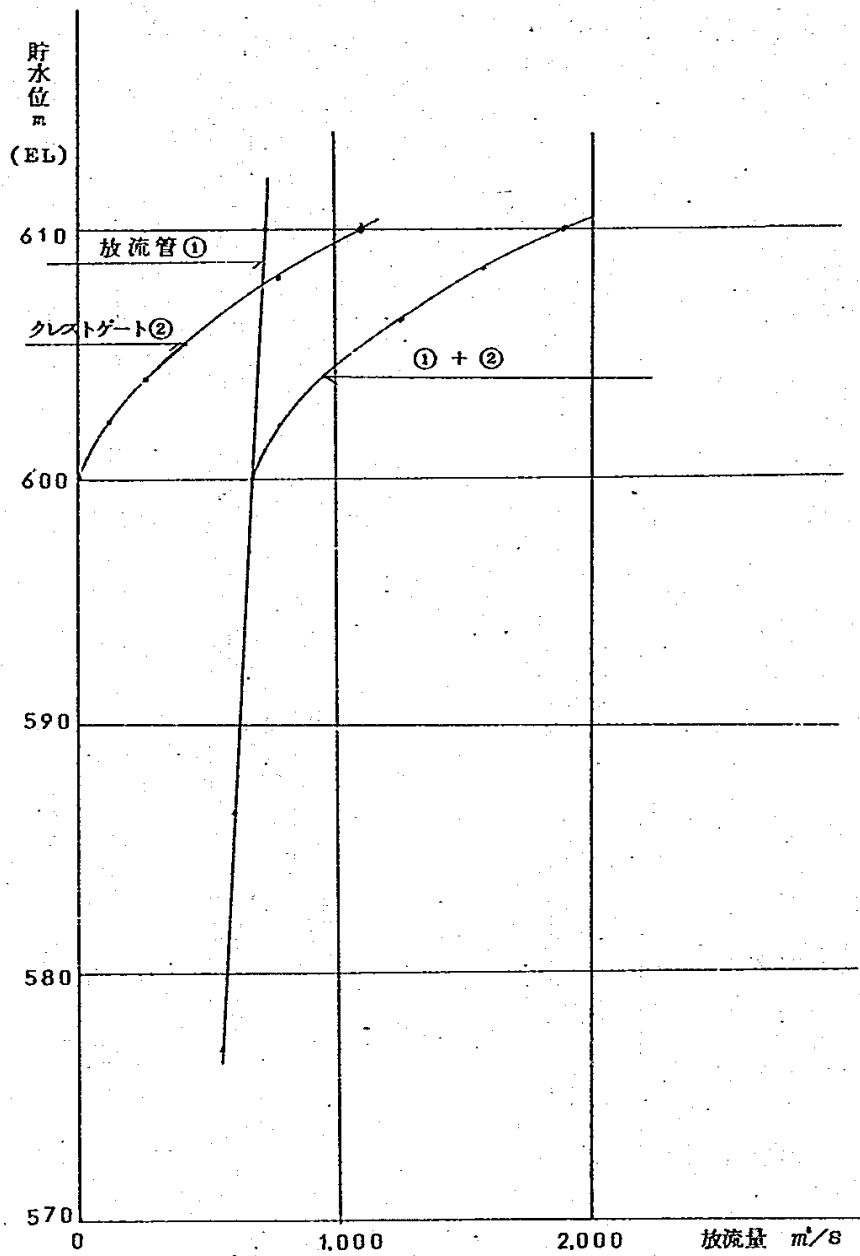
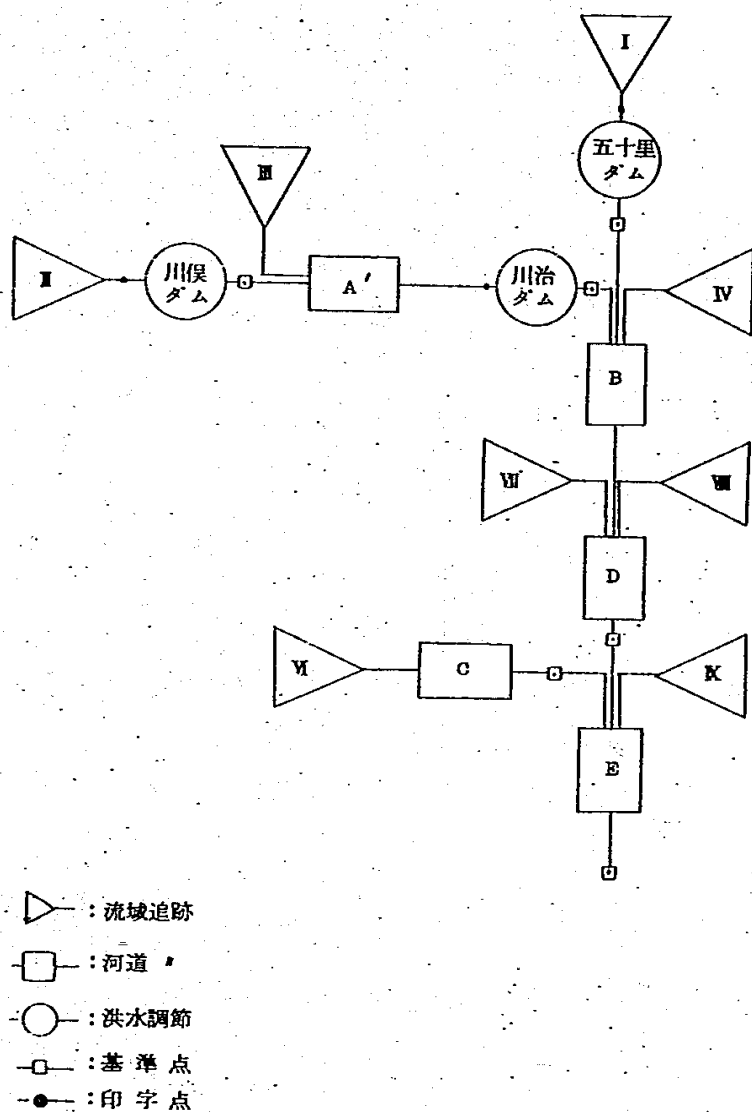


図-9 鬼怒川流出推算系統図（洪水調節の場合）



を考慮して一括して図-9の様に扱った。

(iii) ダム放流量計算の規制条件

今回の洪水流出計算、洪水調節計算は土木研究所のOKITAC 5090Hにより行つた。その1で述べた様に、自動計算機によつて放流量を演算する場合は、単に洪水調節のための放流方式を設定しただけでは不十分であつて、あらかじめの調節上のあらゆる条件を検討し演算回路に設定しておく必要がある。それらの詳細についてはその1と重複するので述べないが、基本的にはそれらの規制条件を基礎に各ダムの放流量計算方式を確立した。

(iv) 自然河道における流出計算

2で選定した鬼怒川上流の代表的降雨分布型の各々に属する既往代表雨量の時間雨量分布を比例的に拡大、縮小して計画降雨群を推定する。

その計画降雨群を用いて、その1で確定した諸定数によつて自然河道における流出を推算した。なお、自然河道における値は、調節効果判定の基準となるので相当詳細な拡大、縮小を行い計算を行つている。計算結果を別図、表-4に示す。また図-10は表-4に基く、各代表降雨分布型の石井上流々域平均3日雨量と石井地点洪水ピーク流量との関係図である。

(v) 洪水調節を行つたと想定した場合の流出計算

(iv)と同様計画降雨群より図-9の系統図に基いて流出を推算した。計算結果を別図・表-5に示す。また図-11は表-5に基く、各代表降雨型における石井地点の流域平均3日雨量とピーク流量の関係図である。

表-4(イ) 流域平均3日雨量(R)及びピーク流量(Q_P)表

自然河道

洪水 番号	地点 α	五十里		川 俣		大 谷 川		川 治		中 岩		佐 賀		石井上流	
		R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)
2	0.514	133.6	344.0	132.2	220.0	181.4		138.4	838.9	136.4	1258.4	142.7	1496.4	142.1	2178.7
	0.729	189.5	595.8	187.4	382.4	257.3		196.2	992.3	193.4	1652.2	202.4	1966.4	201.5	3053.3
	1.000	260.0	900.2	257.2	592.6	353.0		269.2	1188.2	265.3	2204.9	277.7	2742.4	276.4	3929.5
	1.187	308.6	1113.0	305.2	728.2	419.0		319.5	1442.0	314.9	2704.9	329.6	3417.5	328.1	4728.0
	1.439	374.1	1395.4	370.1	915.9	507.9		387.4	1792.2	381.8	3379.4	399.6	4246.3	397.7	5611.6
	1.508	392.0	1471.4	387.8	966.2	532.3		406.0	1886.4	400.1	3561.6	418.8	4471.1	416.8	5864.8
	1.603	416.7	1576.1	412.2	1035.6	565.8		431.5	2011.5	425.3	3810.1	445.2	4779.8	443.1	6237.1
	1.683	437.5	1664.3	432.8	1096.2	594.0		453.1	2115.7	446.5	4016.8	467.4	5034.9	465.2	6576.7
	1.770	460.2	1743.0	455.2	1160.2	624.8		476.5	2232.9	469.6	4254.2	491.5	5340.8	489.2	6927.2
	1.858	483.0	1860.0	477.8	1224.5	655.8		500.2	2352.3	492.9	4486.8	516.0	5628.5	513.6	7280.3
4	0.514	121.5	318.8	134.9	255.2	209.8		140.1	979.5	142.1	1464.4	151.1	1694.2	149.6	2578.9
	0.729	172.4	567.1	191.3	447.4	297.5		198.7	1070.7	201.6	1897.2	214.3	1932.0	212.1	3188.0
	1.000	236.5	914.6	262.5	683.8	408.2		272.5	1618.7	276.5	2907.1	293.9	3410.5	291.0	4452.0
	1.187	280.7	1151.9	311.5	853.6	484.5		323.5	1974.3	328.2	3550.1	348.9	4135.2	345.4	5347.9
	1.438	340.0	1460.7	377.4	1075.0	586.9		391.9	2356.2	397.6	4391.1	422.6	5071.1	418.5	6465.7
	1.508	356.6	1556.1	395.8	1142.0	615.5		410.9	2480.8	417.0	4638.6	443.2	5358.5	438.8	6820.5
	1.605	379.5	1677.9	421.3	1228.9	655.1		437.4	2653.5	443.8	4969.5	471.7	5731.4	467.1	7292.6
	1.683	398.0	1774.1	441.7	1297.4	687.0		458.6	2793.0	465.3	5261.1	494.6	6051.0	489.8	7665.0
	1.772	419.0	1886.9	465.1	1377.7	723.3		482.9	2956.7	490.0	5575.5	520.8	6439.8	515.7	8110.1
	1.858	439.4	1993.9	487.7	1453.8	758.4		506.3	3189.2	513.7	5915.5	546.1	6824.7	540.7	8538.7
6	0.514	129.5	354.0	166.5	387.3	227.8		156.1	1020.4	154.1	1544.0	161.3	1887.7	151.0	2677.3
	0.729	182.8	663.7	234.8	664.8	321.2		221.4	1645.0	218.6	2565.1	228.8	3079.8	214.1	3843.6
	1.000	252.1	1072.7	323.9	1045.6	443.1		303.7	2363.4	299.9	3809.1	313.9	4540.9	293.7	5543.6
	1.187	299.2	1372.4	384.5	1307.9	526.0		360.5	2862.2	356.0	4701.5	372.6	5603.1	348.6	6641.7
	1.438	362.5	1790.8	465.8	1680.1	637.1		436.7	3716.1	431.3	6099.0	451.4	7299.3	422.3	8258.6
	1.508	380.2	1904.8	488.4	1780.8	668.2		456.0	3927.8	452.2	6446.3	473.4	7729.9	442.9	8693.3
	1.605	404.6	2068.1	519.9	1924.8	711.2		487.4	4224.3	481.3	6941.9	503.8	8330.9	471.4	9334.6
	1.683	424.3	2219.3	545.1	2038.7	745.7		511.1	4455.9	504.7	7360.2	528.3	8822.2	494.3	9873.8
	1.772	446.7	2371.3	574.0	2172.6	785.2		538.2	4726.1	531.4	7818.0	556.2	9361.7	520.4	9964.9
	1.858	468.4	2515.8	601.8	2299.7	823.3		564.3	4981.4	557.5	8250.8	583.2	9870.2	545.7	9919.8

表-4(甲) 流域平均3日雨量(R)及びピーク流量(Q_P)表

自然河道

洪水 地点	地点 α	五十里		川 俣		大 谷 川		川 治		中 岩		佐 賀		石 井 上 流	
		R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)	R(mm)	Q _P (m ³ /s)
11	0.514	202.9	596.2	217.8	538.0	276.2		223.2	1072.5	243.6	1739.5	241.7	1924.3	222.8	2547.8
	0.695	274.4	880.3	294.5	806.2	373.5		301.8	1584.8	329.4	2591.1	326.9	2716.1	301.3	3224.4
	0.729	287.8	933.9	308.9	859.8	391.8		316.6	1679.9	345.5	2746.0	342.8	3006.3	316.0	3480.8
	1.000	394.9	1369.9	423.8	1284.0	537.5		434.3	2348.6	474.0	3931.7	470.3	4357.3	433.5	5017.6
	1.064	420.1	1473.7	450.9	1387.6	571.9		462.1	2514.7	504.3	4246.1	500.4	4689.2	461.2	5262.5
	1.187	468.7	1681.4	503.0	1588.6	638.0		515.5	2841.5	562.6	4820.5	558.2	5339.5	514.6	5792.5
	1.439	568.2	2118.3	609.8	2009.9	773.4		625.0	3709.5	682.1	6179.7	676.8	6854.1	623.8	7035.7
	1.508	595.5	2239.6	639.0	2127.2	810.5		654.9	3919.1	714.8	6525.6	709.2	7269.5	653.7	7399.8
	1.603	633.0	2407.7	679.3	2289.9	861.6		696.2	4205.0	759.8	7011.7	753.9	7809.8	694.9	7872.6
	1.683	664.6	2550.2	713.2	2428.2	904.6		730.9	4445.3	797.7	7420.9	791.5	8259.9	729.6	8291.6
12	0.514	142.6	407.2	192.8	535.9	179.2		171.5	1169.1	162.3	1690.5	159.9	1940.8	147.9	2435.1
	0.705	195.6	676.5	264.5	862.9	245.9		235.2	1762.6	222.6	2641.6	219.3	3002.7	202.9	3529.3
	0.729	202.2	708.0	273.5	902.6	254.2		243.2	1836.1	230.1	2755.4	226.8	3140.1	209.8	3650.0
	1.000	277.5	1103.0	375.2	1375.3	348.8		333.6	2622.5	315.7	4041.9	311.1	4606.5	287.8	5177.2
	1.187	329.3	1380.9	445.3	1703.8	414.0		396.0	3283.6	374.7	5016.4	369.3	5723.6	341.6	6080.7
	1.460	405.1	1805.2	547.7	2183.3	509.2		487.1	4165.8	460.9	6464.5	454.2	7362.9	420.2	7575.0
	1.629	452.0	2068.9	611.2	2483.2	568.1		543.4	4707.9	514.3	7329.8	506.8	8339.8	468.8	8541.1
	1.770	491.1	2291.4	664.1	2735.4	617.3		590.5	5158.4	558.8	8051.7	550.6	9154.2	509.4	9356.5
	1.858	515.5	2434.7	697.1	2898.2	648.0		619.8	5439.9	586.6	8506.5	578.0	9666.8	534.7	9863.5
	2.206	612.1	2991.8	827.6	3545.3	769.4		735.9	6566.6	696.4	9979.5	686.3	9835.9	634.9	9859.4

図-10 石井地点

流域平均3日雨量とピーク流量との関係

自然河道

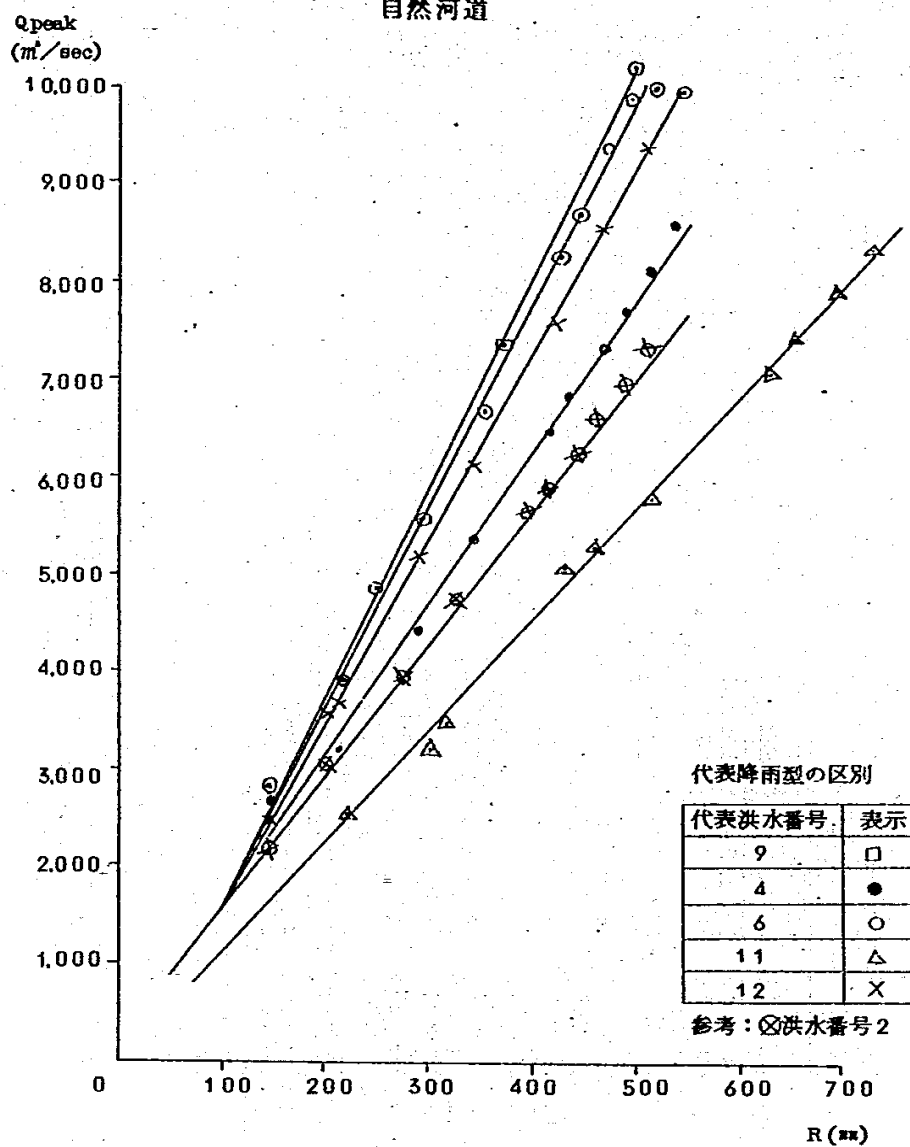


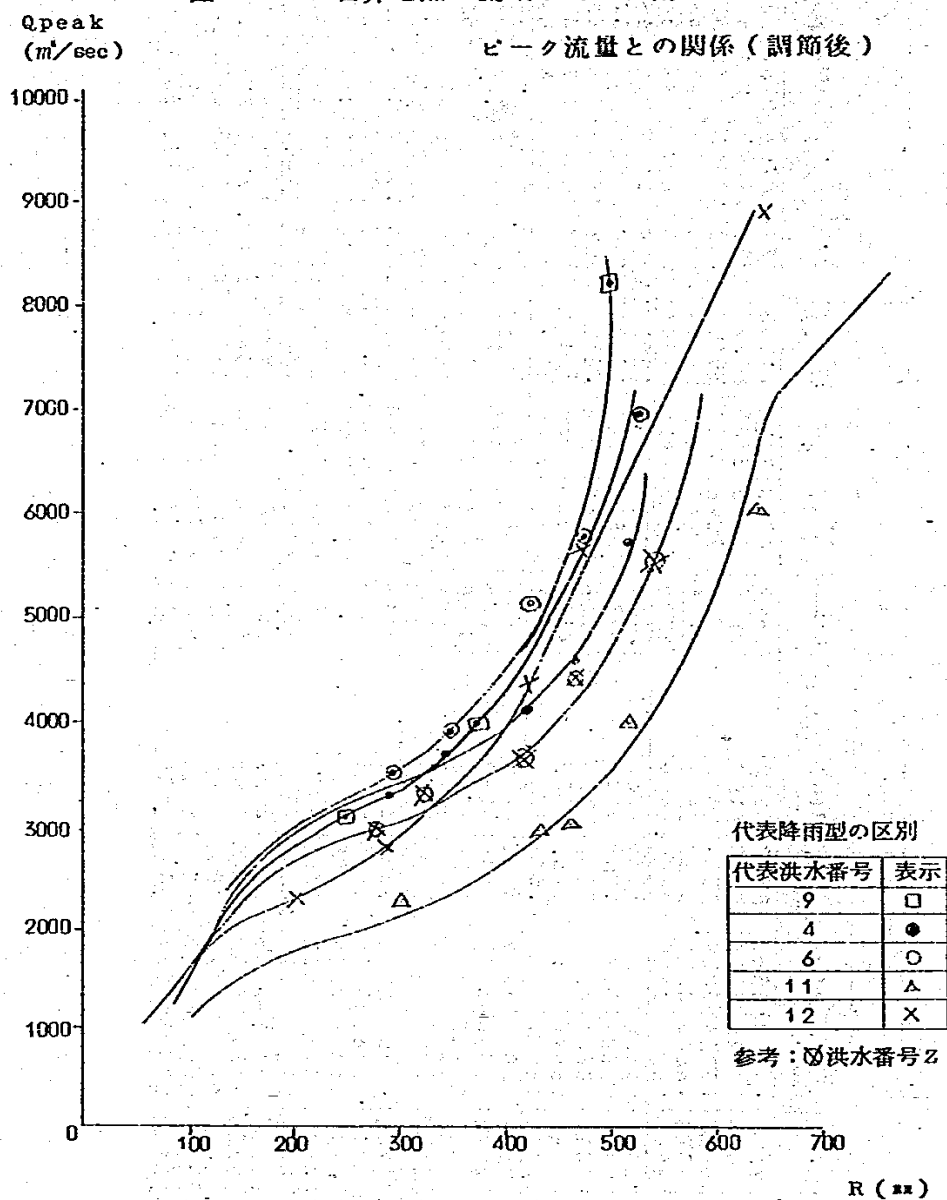
表-5. 流域平均3日雨量(R)及びピーク流量(QP)表

調 節 後

地点 番号	α	五十里		川 俣		大 谷 川		川 治		中 岩		佐 賀		石 井 上 流	
		R(mm)	QP (m^3/s)	R(mm)	QP (m^3/s)	R(mm)	QP (m^3/s)	R(mm)	QP (m^3/s)	R(mm)	QP (m^3/s)	R(mm)	QP (m^3/s)	R(mm)	QP (m^3/s)
2	1.000	260.0	393.0	257.2	550.0	353.0		269.2	672.0	265.3	1103.8	277.7	1675.6	276.4	3024.9
	1.187	308.6	669.3	305.3	550.0	419.0		319.5	825.5	314.9	1129.7	329.6	1909.7	328.1	3359.6
	1.508	392.1	1377.6	387.9	550.0	532.3		406.0	929.8	400.1	2010.3	418.8	1991.2	416.8	3706.5
	1.683	437.6	1664.3	432.9	1018.4	594.1		453.1	1463.2	446.5	2879.1	467.4	3250.2	465.2	4540.4
	1.858	483.1	1860.0	477.9	1083.9	655.9		500.2	1926.7	492.9	3954.1	516.0	4629.5	514.2	5697.5
4	1.000	236.5	365.0	262.5	550.0	408.2		272.5	838.7	276.5	1293.7	293.9	1914.9	291.0	3353.4
	1.187	280.7	568.2	311.6	550.0	484.5		323.4	887.4	328.2	1520.1	348.9	1952.3	345.4	3783.3
	1.438	340.1	866.6	377.5	550.0	587.0		391.8	1193.4	397.6	2030.6	422.6	1974.8	418.5	4226.7
	1.605	379.6	1389.0	421.3	1045.6	655.2		437.3	1951.0	443.8	3328.3	471.7	3668.9	467.1	4671.7
	1.772	419.1	1885.7	465.2	1136.1	723.3		482.8	2268.1	490.0	4516.4	520.8	5008.6	515.7	5924.7
6	1.000	252.1	389.1	323.9	550.0	443.1		303.7	934.9	299.9	1390.9	313.9	1932.2	293.7	3586.3
	1.187	299.2	656.6	384.5	550.0	526.0		360.5	846.6	356.0	1570.5	372.6	1882.8	348.6	4005.5
	1.438	362.5	1077.2	465.8	1187.8	637.2		436.8	1874.4	431.3	2974.8	451.4	3387.9	422.3	5273.2
	1.605	404.6	1770.9	519.9	1402.4	711.2		487.5	2397.0	481.3	4306.5	503.8	4779.5	471.4	5860.0
	1.772	446.7	2314.3	574.0	1618.9	785.2		538.2	2749.1	531.4	5405.3	556.2	6067.2	520.4	7093.1
11	0.695	274.5	375.0	294.5	550.0	373.6		301.8	676.4	329.4	1085.4	327.3	1335.4	301.3	2234.2
	1.000	394.9	916.0	423.8	550.0	537.5		434.3	936.3	474.0	1893.6	470.3	1963.3	433.5	2927.3
	1.064	313.8	1147.3	450.9	980.9	571.9		462.1	1107.8	504.3	2037.1	500.4	1997.1	461.2	3022.2
	1.187	468.0	1676.9	502.2	1178.5	636.9		515.5	1853.8	562.6	3474.7	558.2	3654.2	514.6	4059.5
	1.439	568.2	2118.3	609.8	1436.1	773.5		625.0	2490.3	662.1	4879.7	676.8	5482.1	623.8	6078.1
12	0.705	195.6	267.1	264.5	550.0	245.9		235.2	660.3	222.6	997.5	219.3	1374.6	202.9	2294.7
	1.000	277.5	432.7	375.2	550.0	348.8		333.6	856.0	315.7	1348.1	311.1	1792.9	287.8	2773.9
	1.460	405.2	1382.8	547.8	1458.2	509.2		487.1	2105.1	460.9	3617.0	454.2	3998.7	420.2	4480.8
	1.629	452.0	2008.8	611.2	1609.7	568.2		543.4	2522.2	514.3	4813.2	506.8	5571.8	468.8	5805.6
	2.206	612.2	2749.3	827.7	2605.1	769.5		735.9	4123.6	696.4	7591.1	686.3	8796.0	634.9	9186.2

図-11 石井地点の流域平均3日雨量と

ピーク流量との関係(調節後)



4. 洪水調節効果の判定および計算結果の検討

(i) 石井地点における洪水調節効果

以上の計算結果を基礎として、自然河道および洪水調節後の石井地点ピーク流量の生起頻度を計算し、それらを比較して洪水調節効果を判定する。生起頻度は超過確率をもつて表し計算方法はその1の場合と同様次の方法を取った。

(イ) 図-10あるいは図-11より、石井地点の任意ピーク流量 Q_P に対する各代表降雨型についての流域平均3日雨量 R_4 、 R_6 、…… R_{11} 、 R_{12} (4……12は代表降雨型の区別を示す洪水番号)を求めめる。

(ロ) 図-12・13を用いて R_4 、 R_6 、…… R_{11} 、 R_{12} に対する超過確率 PR_4 、 PR_6 …… PR_{11} 、 PR_{12} 等を推定する。

(ハ) 以上の様にして求めた任意ピーク流量 Q_P に対する各代表降雨型3日雨量の超過確率を表-3に示す各代表降雨型の発生頻度を重みとして平均する。即ち、各代表降雨型の発生頻度をそれぞれ F_4 、 F_6 、…… F_{11} 、 F_{12} (%) とすれば、

$$P = (F_4 \cdot PR_4 + F_6 \cdot PR_6 + \dots + F_{11} \cdot PR_{11} + F_{12} \cdot PR_{12}) / 100.0 \dots\dots\dots (3)$$

を計算する。Pを各代表降雨型の生起頻度を総合的に考慮した意味で、総合超過確率と呼び、ピーク流量 Q の生起頻度を表す尺度とする。表-6(イ)、6(ロ)に計算過程を表-7に計算結果を示す。

図-12 鬼怒川流域

流域平均3日雨量の超過確率 (Gumbel法)

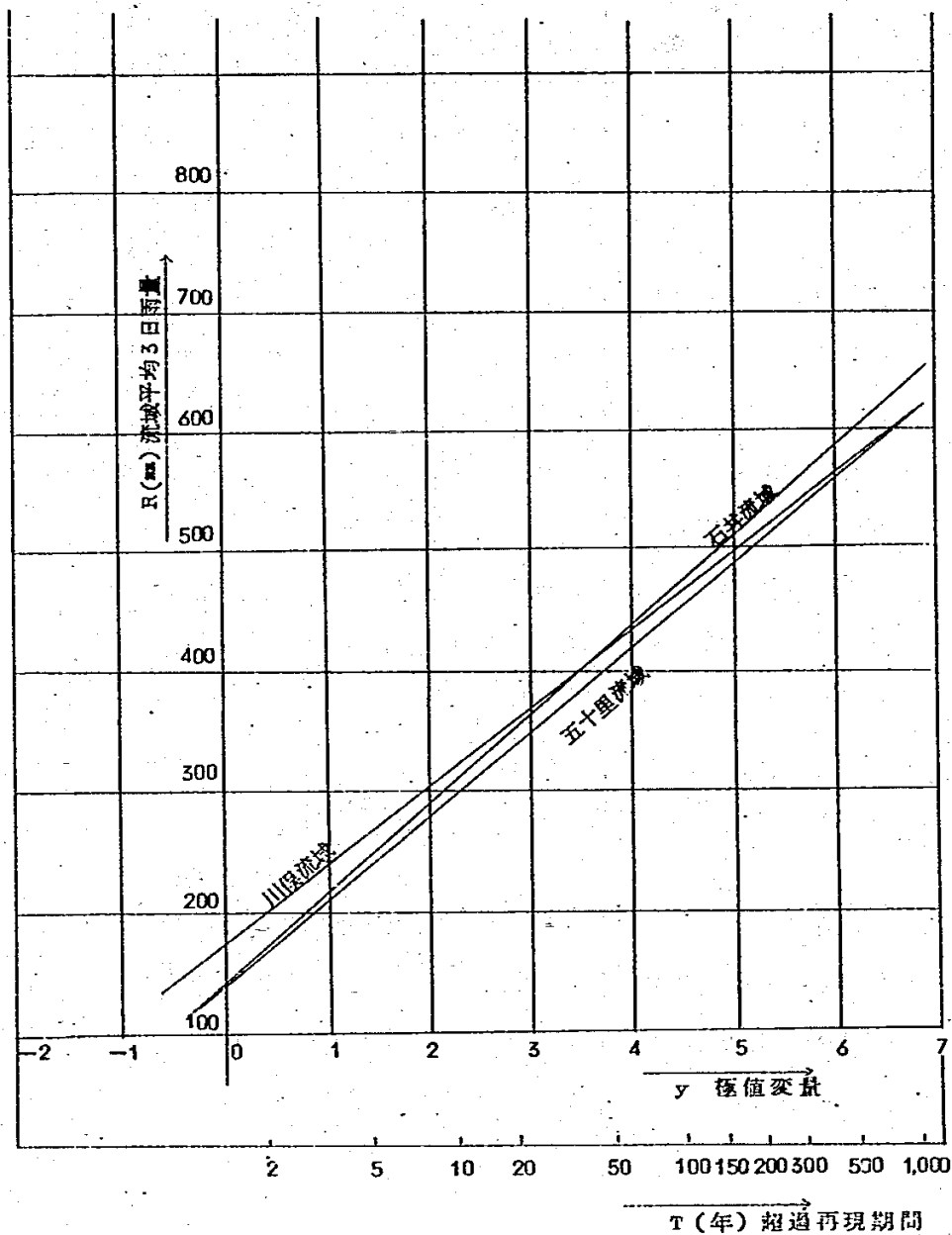


図-13 極値変量 y と超過確率 P の関係

(Gumbel 法)

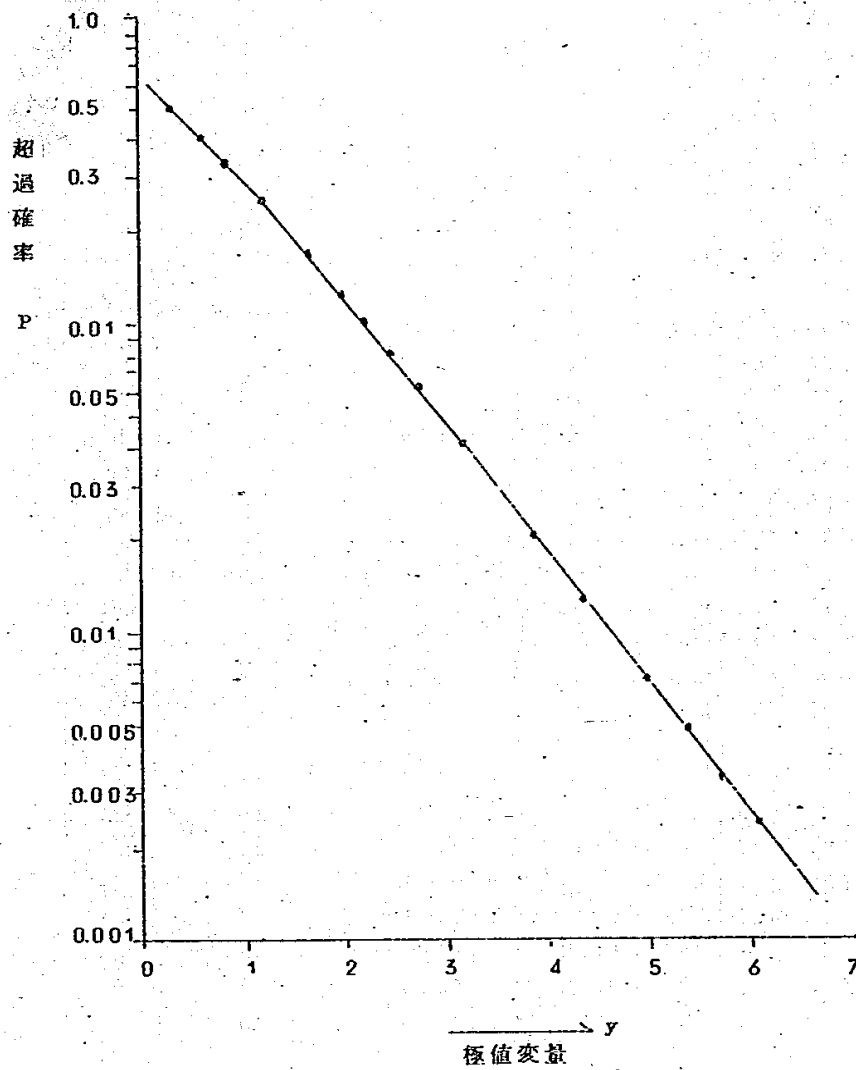


表-6(イ) 石井地点洪水ピーク流量の発生頻度
計算表(五十里・川俣・川治調節後)

Q_P: 石井ピーク流量 P_R: Rの超過確率
R: 流域平均3日雨量 F: 降雨型の発生頻度
y: 値変量 P: 超過確率

洪水 番号	Q _{peak} (m/s)	R(mm)	y	P _R	F	P (=P _R ・F)
4	2500	157	0.20	0.565	0.255	0.144
	3500	312	2.27	0.097	"	0.025
	4500	448	4.09	0.017	"	0.004
	5500	502	4.80	0.008	"	0.002
	6500	530	5.17	0.006	"	0.002
	7500	540	5.30	0.005	"	0.001
6	2500	150	0.10	0.600	0.052	0.031
	3500	282	1.87	0.140	"	0.007
	4500	387	3.28	0.037	"	0.002
	5500	457	4.20	0.015	"	0.001
	6500	500	4.78	0.008	"	0.000
	7500	520	5.04	0.006	"	0.000
9	2500	158	0.22	0.590	0.068	0.040
	3500	314	2.30	0.095	"	0.006
	4500	403	3.50	0.030	"	0.002
	5500	452	4.15	0.016	"	0.001
	6500	470	4.38	0.012	"	0.001
	7500	492	4.67	0.009	"	0.001
11	2500	372	3.07	0.045	0.530	0.024
	3500	487	4.60	0.010	"	0.005
	4500	552	5.47	0.004	"	0.002
	5500	595	6.05	0.002	"	0.001
	6500	627	6.47	0.002	"	0.001
	7500	665	6.96	0.001	"	0.000
12	2500	240	1.30	0.238	0.095	0.023
	3500	356	2.87	0.055	"	0.005
	4500	420	3.72	0.024	"	0.002
	5500	467	4.34	0.013	"	0.001
	6500	513	4.95	0.007	"	0.001
	7500	557	5.52	0.004	"	0.000

表-6(ロ) 石井地点洪水ピーク流量の発生頻度
計算表

(自然河道)

洪水 番号	Q _{peak} (m/s)	P _R	P (=F・P _R)
4	2500	0.565	0.144
	3500	0.290	0.074
	4500	0.135	0.034
	5500	0.061	0.016
	6500	0.026	0.007
	7500	0.011	0.003
6	2500	0.610	0.032
	3500	0.380	0.020
	4500	0.235	0.012
	5500	0.128	0.007
	6500	0.070	0.004
	7500	0.037	0.002
9	2500	0.630	0.043
	3500	0.412	0.028
	4500	0.250	0.017
	5500	0.143	0.010
	6500	0.080	0.005
	7500	0.043	0.003
11	2500	0.290	0.154
	3500	0.100	0.053
	4500	0.032	0.017
	5500	0.020	0.011
	6500	0.003	0.002
	7500	0.001	0.000
12	2500	0.600	0.057
	3500	0.358	0.034
	4500	0.200	0.019
	5500	0.105	0.010
	6500	0.052	0.005
	7500	0.027	0.002
12	2500	0.600	0.057
	3500	0.358	0.034
	4500	0.200	0.019
	5500	0.105	0.010
	6500	0.052	0.005
	7500	0.027	0.002

表-7 石井地点洪水ピーク流量の総合超過確率表

石井ピーク流量 $Q_{peak} (m^3/s)$	超 過 確 率	
	自 然 河 道	調 節 後
2,500	0.430	0.262
3,500	0.209	0.048
4,500	0.099	0.012
5,500	0.054	0.006
6,500	0.023	0.005
7,500	0.010	
8,500	0.005	

図-14は以上の様にして求めた自然河道および洪水調節後の石井地点ピーク流量の総合超過確率比較図である。同一超過確率に対する両者の流量差がその規模の洪水に対する平均洪水調節効果である。図-14より表-8の様な結果が推定される。

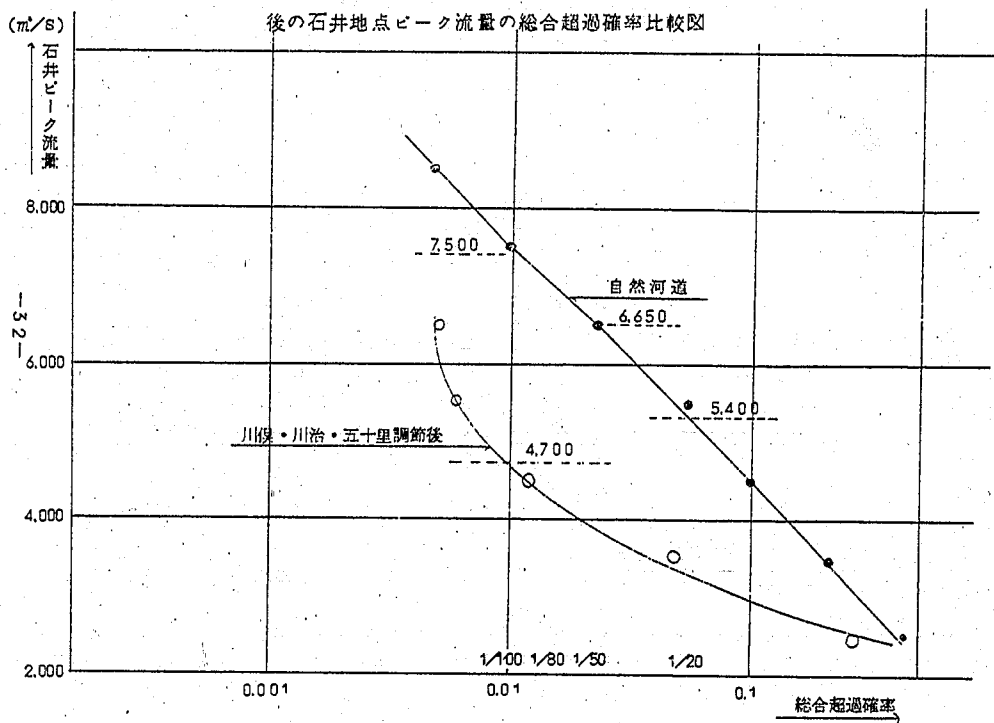
表-8 石井地点ピーク流量の発生頻度表

単位: m^3/s

確 率 年	自 然 河 道	調 節 後	調 節 効 果
20	5,400	3,400	2,000
50	6,650	4,000	2,650
80	7,200	4,450	2,750
100	7,500	4,700	2,800

図一 1 4 自然河道および洪水調節（川俣・川治・五十里ダム）

後の石井地点ピーク流量の総合超過確率比較図



(ii) 川治ダムの調節効果

その1で得た川俣・五十里による調節効果と本年度求めた川俣・五十里・川治による調節効果を比較して川治ダムによる効果を推定する。

検討にあたっては、川俣・五十里の解析を行つた昭和39年度と川俣五十里・川治の解析を行つた昭和40年度では計画降雨群の扱い方が異なるのでこの点を十分留意する必要がある。

図-15はこの様な目的のため作成した比較図である。自然河道における総合超過確率を昭和39年度成果と昭和40年度成果とで比較してみると、両者の差は上述の計画降雨群の相異および量的には大きくないと思うが計算機種の基本相異(アナログ型とデジタル型)が原因であつて、同一超過確率年に対する両者の流量差は、100年洪水で $350\text{ m}^3/\text{s}$ ・80年洪水で $300\text{ m}^3/\text{s}$ ・50年洪水で $250\text{ m}^3/\text{s}$ 程度である。同一超過確率に対する流量は昭和39年度成果の方が小さめで、昭和40年度成果との差は、超過確率年100~50年で5%程度で大きな問題とはならないと判断される。

表-9は川治の調節効果を見るため、計画降雨群は昭和39年度のものを用い川治・川俣・五十里調節後の石井ピーク流量の総合超過確率を計算したものである。表-8の計算結果を川俣・五十里のみによる昭和39年度成果および川俣・川治・五十里による昭和40年度成果と比較するため図示したものが図-15である。図-15で曲線Ⅱ、Ⅲの差は最大 $200\text{ m}^3/\text{s}$ 程度でわずかであり、曲線Ⅰ、Ⅲの差が川治ダムの調節効果を示すと考えられる。その量は超過確率年100年で $700\text{ m}^3/\text{s}$ ・80年で $750\text{ m}^3/\text{s}$ ・50年で $650\text{ m}^3/\text{s}$ 程度である。

図-15 石井地点洪水ピーク流量の総合

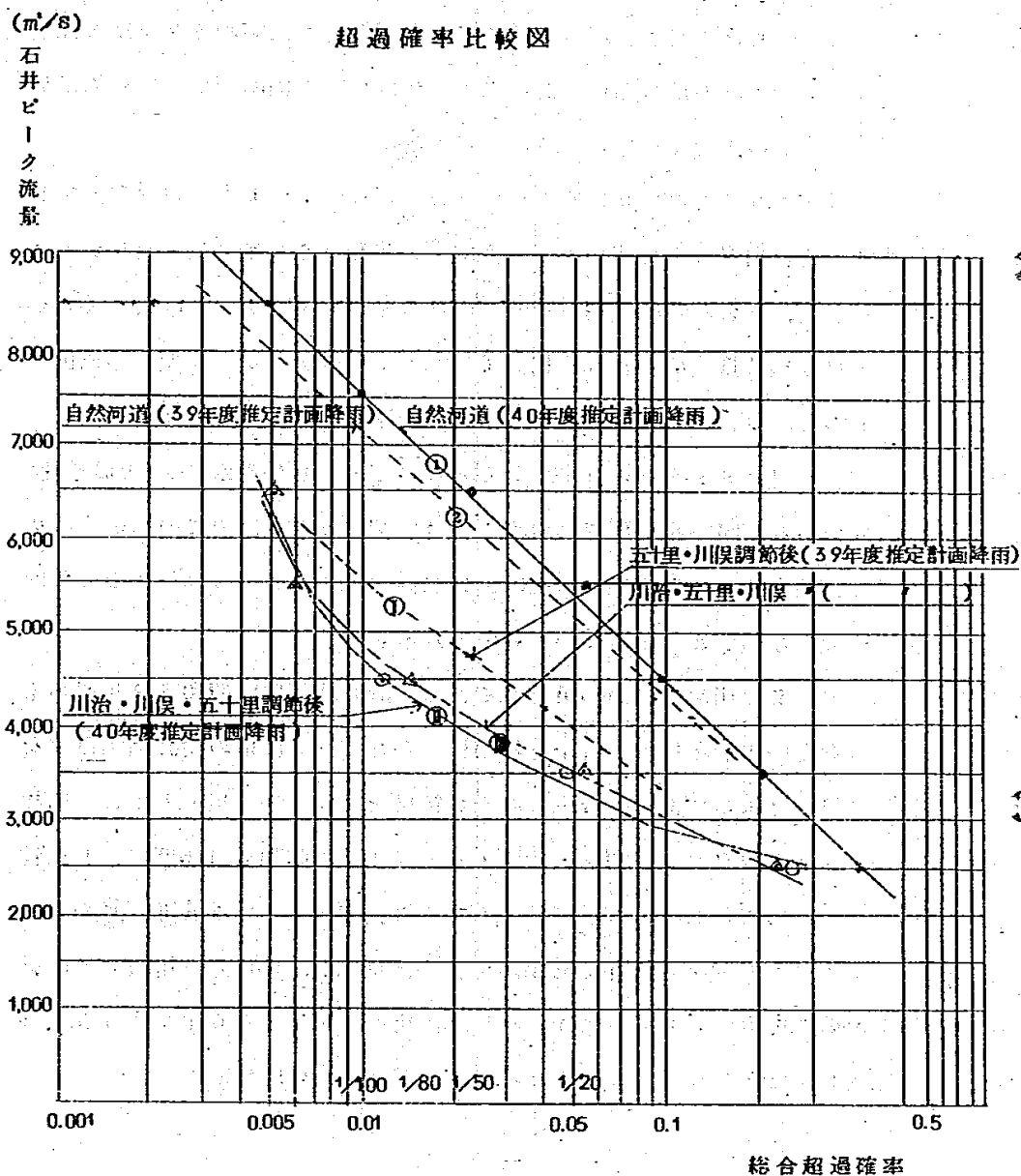


表-9 昭和39年度の計画降雨群を用いた川俣・川治・五十里調節後の石井ピーク流量の超過確率

(イ) 計算表

代表 降雨型	洪水 番号	Q _{peak} (m ³ /s)	R(mm)	P _R	F	P _R ・F	備 考
IA	6	2,500	150	0.600	0.114	0.068	F:地域分布頻度と時間 分布頻度の積
		3,500	282	0.140		0.016	
		4,500	387	0.037		0.004	
		5,500	457	0.015		0.002	
		6,500	500	0.008		0.001	
		7,500	520	0.006		0.001	
IB	4	2,500	157	0.565	0.244	0.138	
		3,500	352	0.059		0.014	
		4,500	448	0.017		0.004	
		5,500	502	0.008		0.002	
		6,500	530	0.006		0.001	
		7,500	540	0.005		0.001	
IC	11	2,500	372	0.045	0.017	0.001	
		3,500	487	0.010		0	
		4,500	552	0.004		0	
		5,500	595	0.002		0	
		6,500	627	0.002		0	
		7,500	665	0.001		0	
IIA	12	2,500	240	0.238	0.190	0.045	
		3,500	356	0.055		0.010	
		4,500	420	0.024		0.004	
		5,500	467	0.013		0.002	
		6,500	513	0.007		0.001	
		7,500	557	0.004		0.001	
IIB	2	2,500	175	0.455	0.408	0.186	
		3,500	375	0.038		0.015	
		4,500	480	0.008		0.003	
		5,500	535	0.005		0.002	
		6,500	565	0.004		0.002	
		7,500	590	0.003		0.001	
IIC	11	2,500	372	0.045	0.027	0.001	
		3,500	487	0.010		0	
		4,500	552	0.004		0	
		5,500	595	0.002		0	
		6,500	627	0.002		0	
		7,500	665	0.001		0	

(ロ) 計算結果

Q _{peak} (m ³ /s)	2,500	3,500	4,500	5,500	6,500	7,500
P	0.439	0.055	0.015	0.006	0.005	0.003

5. 結 論

川俣・五十里ダムに加えて川治ダムを調節計画に入れた場合の洪水調節効果を試算的に解析した。川俣・五十里ダムは既定の洪水調節方式を採り、川治ダムは治水容量 $43,000,000\text{ m}^3$ 、 $550\text{ m}^3/\text{s}$ の一定放流方式を採った場合の下流石井地点の調節効果は図-14に基いて以下の通りと判断される。

- (i) 現在の石井地点計画高水流量計画 $5,400\text{ m}^3/\text{s}$ を取るとすれば、3ダムによつて河道計画高水流量 $4,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下に低減出来る。しかし、昭和39年度において指摘した様に $5,400\text{ m}^3/\text{s}$ の発生頻度は相当に大きい。
- (ii) 本解析で用いた調節方式を用い、河道計画高水流量を $4,000\text{ m}^3/\text{s}$ に固定するとすれば、計画の規模を超過確率年50年、石井地点計画高水流量計画を $6,650\text{ m}^3/\text{s}$ まで上る事が出来る。
- (iii) 計画の規模を超過確率年100年に上るとすれば、石井地点の自然河道流量は昭和39年度の成果も考慮してピーク流量 $7,150\sim 7,500\text{ m}^3/\text{s}$ が予想され、本解析で用いた調節方式を採るとすれば $4,700\sim 4,900\text{ m}^3/\text{s}$ 程度に低減する事が期待される。石井地点河道計画高水流量 $4,000\text{ m}^3/\text{s}$ が高次元の条件とすれば、川治ダムの調節方式を更に別途検討し直す必要があるが、全冊カットを行つても流量低減効果は本年度求めた低減効果に最大 $550\text{ m}^3/\text{s}$ が加るだけで $4,000\text{ m}^3/\text{s}$ にするためにはなお不足である。

従つて、川治ダムだけでなく、川俣・五十里を含めた調節方式の検討が必要となろう。

計画降雨群の推定法について、昭和39年、40年と異なる方法を用

いたが、最終的な流量頻度の段階では両者大きな差はなく、定数解析で用いた12洪水を計画降雨群選定対象の基本とする限りどんな方法を探っても大略同じ様な結論に落着くのではないかと考えられる。

6. あとがき

この解析を実施するに当り、関東地方建設局の関係者各位に大変お世話になった事を感謝いたします。

土木研究所水文研究室

付 図

付図注意： α : 雨量の拡大・縮小比

R : 石井上流々域平均3日雨量

R_{sa} : 飽和雨量

f_1 : 一次流出率

I ~ K : 分割流域番号

