

土 木 研 究 所 資 料

鬼怒川洪水調節解析報告書

(その3)

第 325 号

昭和 42 年 9 月

建設省土木研究所

目 次

1. 目 的	1
2. 経過概要	1
3. 従来の解析経過	1
(イ) 洪水流出解析	1
(ロ) 計画降雨解析	4
(ハ) 洪水調節解析	5
(ニ) 流出計算および調節効果	7
4. 洪水調節解析	9
(イ) 川治ダム調節方式	9
(ロ) 川治ダム諸元	10
(ハ) 自然状態における流出解析	10
(ニ) 3ダムで洪水調節を行なった場合の流出計算	16
5. 調節効果の検討	19
6. あとがき	21

図

表

表- 1	解析対象洪水	3
表- 2	流域および河道の分割	3
表- 3	石井地点洪水流出波型調査	6
表- 4	代表降雨型の発生頻度	7
表- 5	各代表洪水ピーク流量超過確率(自然状態)	8
表- 6	〃 〃 (第1次計画案)	9
表- 7	流域平均3日雨量およびピーク流量表(自然状態)	13
表- 8	〃 〃 (第2次計画案, 川治一定量調節)	14
表- 9	〃 〃 (〃, 川治鍋底型調節)	15
表-10	各代表洪水ピーク流量超過確率(第2次計画案, 川治一定量調節)	16
表-11	〃 〃 (〃, 川治鍋底型調節)	16
表-12	洪水の自然状態および3ダムによる洪水調節後の確率流量	19
図- 1	鬼怒川流域図(石井上流)	2
図- 2	鬼怒川流出推算系統図(洪水調節の場合)	8
図- 3	川治ダム貯水容量曲線	11
図- 4	川治ダム放流能力曲線	12
図- 5	石井地点の流域平均3日雨量とピーク流量との関係(川治一定量調節)	17
図- 6	〃 〃 (川治鍋底型調節)	18
図- 7	洪水の自然状態および五十里・川俣・川治3ダムによる洪水調節後の 石井地点ピーク流量の総合超過確率比較図	20

1. 目 的

この解析は、関東地方建設局の利根川流量検討の一環として、鬼怒川上流部に計画されているダム群（五十里、川俣、川治の3ダム）の洪水調節効果を評価するために、高水流量に関する解析資料を整備し、合わせて下流地点の流量を最小ならしめるための基礎資料を得ることである。

2. 経 過 概 要

この解析は昭和37年度より関東地建の依頼によって実施して来たものである。すでに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に採用すべき諸定数の確定がなされた。

さらに昭和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ない、鬼怒川洪水調節解析報告書その1に書かれたような結論が得られた。

また昭和40年度には上記2ダムに計画中の川治ダムを加えた3ダムによる洪水調節解析を行ない、それぞれのダムについての洪水時の操作方式を報告書その2に示すように定めた。調節効果の判定は下流石井地点における洪水ピーク流量の比較によって行なった。

昭和41年度は、関東地建から、

ⅰ) 生起確率年を100年以上とする。

ⅱ) 石井地点でのピーク流量は $4000 \sim 4500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度とする。

ⅲ) この場合に必要川治ダムの治水容量を検討する。

との要望が出された。41年度はこれに沿って、川治ダムの必要治水容量および操作方式を決定することを目標とした計算および検討を行なった。

3. 従来の解析経過

41年度における解析成果を述べる前に、前年度までに行なった計算および検討の概略を述べる。

(1) 洪水流出解析

雨量から流量への推算は貯留関数法によって行なった。以前に関東地建によって行なわれた流出解析を基礎に一部を修正して、最終的に次のように諸定数を確定した。

ⅰ) 解析対象洪水

表-1に示す12洪水とする。

ⅱ) 流域および河道の分割

図-1および表-2に示す通り、9流域（Ⅰ～Ⅸ）、5河道（A～E）に分割した。ただし、中禅寺湖流域は中禅寺湖の貯留効果が大きいので、流出の対象から除外する。

ⅲ) 貯留関数の定数解析

定数の推定とハイドログラフの推算を繰り返して定数を確定した。

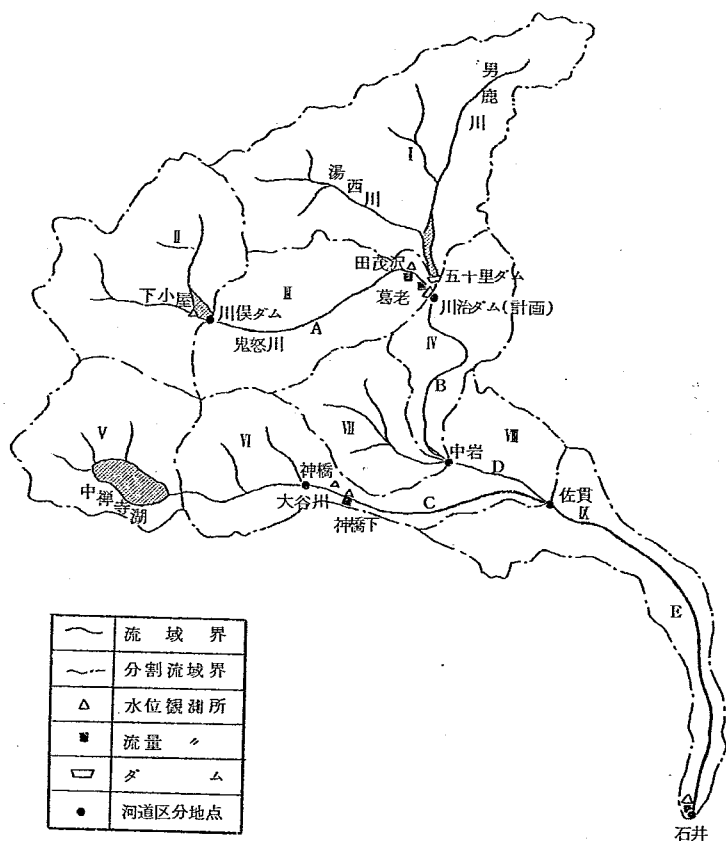


図-1 鬼怒川流域図(石井上流)

表-1 解析対象洪水

洪水番号	期 間	流域平均 3日雨量	ピーク流量
1	S. 13. 8. 31 ~ 9. 2	289.3 (mm)	5410 (m ³ /s)
2	16. 7. 21 ~ 24	274.5	3980
3	18. 10. 2 ~ 4	205.1	2630
4	22. 9. 14 ~ 16	287.6	3800
5	23. 9. 15 ~ 18	264.4	2960
6	24. 8. 31 ~ 9. 2	288.2	5300
7	33. 7. 22 ~ 24	207.4	2190
8	33. 8. 25 ~ 27	170.8	2020
9	33. 9. 17 ~ 19	247.8	3070
10	33. 9. 25 ~ 27	220.0	2320
11	34. 8. 12 ~ 14	389.2	4090
12	34. 9. 25 ~ 27	283.6	3000

表-2 流域および河道の分割

流域番号	流域面積 (Km ²)	備 考
I	274.7	五十里ダム流域
II	179.4	川 俣 〃
III	144.2	川 治 〃
IV	84.9	
V	121.4	中禅寺湖流域
VI	135.0	
VII	83.4	
VIII	58.7	
IX	132.6	
計	1214.3	

河道番号	流路延長 (Km)	河道勾配
A	238.54	0.0166
B	17.887	0.0098
C	16.495	0.0188
D	7.500	0.0074
E	31.867	0.0048

(注) V流域を除くと計1092.9 Km²

◎ 流域定数

・貯留関数:

$$S = 3.45 q^{0.5} \quad (I, II \text{ 流域})$$

$$S = 15.0 q^{0.5} \quad (III \sim IX \text{ 流域})$$

(q: mm/hr, S: mm)

- ・一次流出率：

$$f_1 = 0.5$$

- ・遅滞時間：

経験式

$$T_L = 0.047 L - 0.56 \quad (L \geq 11.9)$$

$$T_L = 0 \quad (L < 11.9)$$

(T_L : hr, L : 流路延長 km)

を基準に一部修正した。

- ・飽和雨量

$$R_{sa} = 50mm \text{ の一様値とした。}$$

◎ 河道定数

- ・貯留因数：(報告書その1, 図-3)

- ・流入係数：

$$f = 1$$

- ・遅滞時間：

$$T_L = 7.36 \times 10^{-4} \times L \times I^{-0.5}$$

(L : 流路延長m, I : 平均河道勾配)

を一部修正した。

(D) 計画降雨解析

i) 流域平均3日雨量の超過確率

この洪水解析においては、下流石井地点におけるピーク流量の減少によって調節効果を検討するが、その生起確率については、表-1に示す代表12洪水から後に述べる5洪水を選び、これらの降雨を比例拡大・縮小した想定降雨量の生起確率を用いて求める。

この基礎となる降雨の超過確率については、石井上流域の年最大平均連続3日雨量の明治34年～昭和36年の62年間の資料から、Gumbel法によって、

$$\text{平均値} : \bar{x} = 184.3 (mm) \quad (x: \text{年最大3日雨量})$$

$$\text{標準偏差} : \sigma_x = 96.7 (mm)$$

$$\text{確率雨量} : x = 75.4 y + 140.8 (mm) \quad (y: \text{極値変量})$$

となった。

ii) 石井ピーク流量と流域平均連続3日雨量

石井地点におけるピーク流量の生起確率については、洪水の自然状態および調節後の確率とも、対応するそれぞれの連続降雨量の超過確率とした。

iii) 降雨の地域分布型

流域を、五十里流域、川俣・川治流域、大谷川流域の3地域に分割して降雨分布を調べて

みると、分布率の変動は著しくなく平均分布率 $\pm 5\%$ 程度であるので、地域分布による降雨型分類は行なわない。

Ⅳ) 降雨の時間分布型

降雨の時間分布型については、その結果である洪水流出波形から、とくに流出の初期上昇部に着目して、上昇時間 T 、上昇平均勾配 G_m の2要素によって、表-3に示すように調査対象23洪水から5洪水型に分類した。なお G_m は $G_m = (Q_{max} - Q_0) / T$
(Q_{max} : ピーク流量 m^3/hr , Q_0 : 調節効果の現れる流量 m^3/hr , T : hr , G_m : m^3/hr^2)とした。これら代表5洪水型の発生頻度を度数分布解析によって求めれば、表-4の通りである。

ⅴ) 洪水調節解析

すでに確定した分割流域・河道の定数を用い、(ⅳ)で述べたように鬼怒川各流域平均時間雨量を比例拡大・縮小した想定降雨によって、自然状態および既設の五十里・川俣、計画中の川治の3ダムで洪水調節した状態での流出推算を行ない、主として石井地点における洪水ピーク流量の比較によって調節効果の判定を行なった。40年度の解析による、既設2ダムの確定操作方式は次の通りである。

ⅰ) 五十里ダム

・制限水位

第一制限水位 $T.P. \quad 578.0m$

第二制限水位 $\quad \quad \quad 575.0m$

- ・貯水位が第二制限水位にあれば、第一制限水位までコンジット全開で放流。貯水位が第一制限水位にあれば次の方式で操作。
- ・第一制限水位に達した後は、貯水位587.0mまでクレストゲート開度1.5m、コンジット全開にて放流。
- ・貯水位587.0m以上満水位591.0mまではコンジットを閉鎖し、クレストゲート開度を1.5mより3.6mに上げる。
- ・貯水位の最大以後は最大時の開度のまま放流。
- ・放流量 $100m^3/S$ になれば、クレストゲートを閉めてコンジットのみで放流。
- ・夏期制限水位に達すれば、以後流入量をそのまま放流。

ⅱ) 川俣ダム

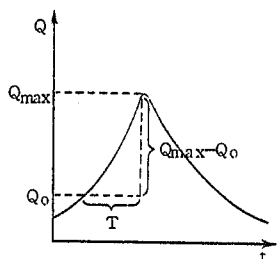
・制限水位

第一制限水位 $T.P. \quad 967.5m$

第二制限水位 $\quad \quad \quad 965.5m$

- ・貯水池流入量 $250m^3/S$ 以下はそのまま放流。
- ・流入量 $250m^3/S$ 以上は流入量が最大となる時刻まで $250m^3/S$ を一定量放流。

表-3 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		S.11. 9.26	1.7	5	0.34	○					 $Q_0 = 3.3 \text{ mm/hr}$ $(\neq 1000 \text{ m}^3/\text{S})$ $Gm = (Q_{\text{max}} - Q_0) / T$ ◎: 代表洪水型
2		12. 7. 14	5.5	11	0.55		○				
3		12. 9. 9	11.3	11	1.03			○			
4	1	13. 8. 30	16.1	10	1.61				○		
5		14. 8. 3	5.6	4	1.40			○			
6		15. 8. 24	8.0	4	2.00					○	
7	2	16. 7. 20	9.8	20	0.49	○					
9	3	18. 10. 1	7.4	7	1.06			○			
10		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	5	23. 9. 14	9.7	13	0.75		○				
15	6	24. 8. 29	14.8	9	1.64				◎		
16		25. 8. 2	7.3	6	1.22			○			
17		28. 9. 23	5.1	8	0.64		○				
18	7	33. 7. 20	6.2	12	0.52		○				
19	8	33. 8. 25	6.5	7	0.93		○				
20	9	33. 9. 16	14.2	7	2.03					◎	
21	10	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			◎			

- ・流入量最大の時刻より1時間で放流量を $550 \text{ m}^3/\text{S}$ に上昇。
- ・水位最高の時刻まで $550 \text{ m}^3/\text{S}$ を一定量放流。
- ・水位最高の時刻以後はその時のゲート開度で夏期制限水位になるまで放流。
- ・夏期制限水位に達すれば、以後流入量そのまま放流。

表-4 代表降雨型の発生頻度

上昇部平均勾配 $G_m (\text{mm/hr}^2)$	洪水 番号	発生頻度 (%)
0.0 ~ 0.5	11	21.5
0.5 ~ 1.0	4	35.5
1.0 ~ 1.5	12	20.5
1.5 ~ 2.0	6	10.5
2.0 ~ 2.5	9	12.0

調査中の川治ダム の操作方式については、昭和40年度においては、第1次計画案の満水位 61.00 m (総容量 $72.6 \times 10^6 \text{ m}^3$, 治水容量 $43.0 \times 10^6 \text{ m}^3$) の場合の洪水時ダム操作方式を求めた。

iii) 川治ダム (第1次計画案)

・制限水位

夏期制限水位 T.P. 57.70 m

- ・流入量が $550 \text{ m}^3/\text{S}$ 以下では、そのまま放流。
- ・流入量が $550 \text{ m}^3/\text{S}$ 以上にあれば、 $550 \text{ m}^3/\text{S}$ を一定量放流。
- ・貯水池が満水になれば、流入量に等しく放流。
- ・流入量のピークの6時間後に流入量に等しく放流し、以後制限水位に達するまでこの流量一定で放流。
- ・制限水位に達した以後は、流入量に等しく放流。

なお、各ダムの貯水容量曲線および放流能力曲線は、五十里・川俣2ダムについては報告書その1に、川治ダムのは図-3、図-4に示してある。

(二) 流出計算および調節効果

この洪水流出計算は、自然状態および調節解析とも土木研究所電子計算機OKITAC 5090 Hで行なったが、そのダムによる洪水調節を考慮する場合の流出計算系統図は図-2の通りである。

i) 自然状態でのピーク流量生起確率

すでに選んだ代表5洪水について、(ii)の方法によって得たそれぞれのピーク流量の生起確率から、若干のピーク流量の生起確率を類推して表-5に示してある。さらにこれを各ピーク流量について、各代表洪水の発生頻度(表-4)を重みとして次式のごとく平均したものを経合超過確率とした。

$$P = F_4 P_{R4} + F_6 P_{R6} + F_9 P_{R9} + F_{11} P_{R11} + F_{12} P_{R12}$$

P : 総合超過確率

F_i : 各代表洪水の発生頻度

P_{Ri} : 各代表洪水ピーク流量の超過確率

ii) 3ダム調節後のピーク流量生起確率

代表5洪水について、i)に述べた3ダムの操作方式で調節した後の石井地点のピーク流量をi)と同様に求めて表-6に示してある。i)とii)とを比較して得られたダム調節効果については、後にまとめて表-12および図-7に示してある。

表-6 各代表洪水ピーク流量超過確率(3ダム調節後)
(第1次計画案 川治ダムは一定量550m³/S放流)

洪水番号 Q _{peak}	4	6	9	11	12	総合超過確率
3000	?	?	0.205	0.011	0.075	?
3500	0.081	0.13	0.103	0.006	0.043	0.065
4000	0.030	0.06	0.062	0.004	0.028	0.031
4500	0.016	0.033	0.039	0.003	0.019	0.018
5000	0.010	0.021	0.025	0.002	0.013	0.012
5500	0.008	0.014	0.018	0.002	0.009	0.009
6000	?	0.011	0.013	?	0.007	?

4. 洪水調節解析(第2次計画案)

41年度においては、前年度までの解析成果に基づき、関東地建より依頼された事項を達成するために、

- ・五十里・川俣2ダムの操作方式は既定通りとする。
- ・川治ダムについては、満水位610.0mを満水位625.0m(総容量105.9×10⁶m³、治水容量76.3×10⁶m³)に上げて、この場合の調節方式を検討する。ただし、当面は利水上の考慮から満水位620.0m(治水容量63.9×10⁶m³)のダムを想定して検討する。

こととした。

(4) 川治ダム調節方式

- ・第2次計画案においては、川治ダムの治水容量を増加させるのであるから、できるならば五十里・川俣ダムの操作方式についても合わせて検討するのが望ましいが、ここではとりあえず前年度の成果(報告書その2)を踏襲することとし、川治ダムについては次の2方式による調節を試みた。

i) 一定量放流方式

すでに3(4) 冊) に述べた同様の方式に従う。ただし一定放流量 $550 \text{ m}^3/\text{S}$ を、容量増に伴い $450 \text{ m}^3/\text{S}$ にする。

ii) 鍋底型放流方式

- ・流入量が $750 \text{ m}^3/\text{S}$ 以下では、放流量を流入量に等しくする。
- ・流入量が $750 \text{ m}^3/\text{S}$ 以上 $1300 \text{ m}^3/\text{S}$ までは、放流量 $= 1500 - (\text{流入量})$ とする。
- ・流入量が $1300 \text{ m}^3/\text{S}$ 以上では、放流量を $200 \text{ m}^3/\text{S}$ で一定。
- ・貯水池が満水になれば、放流量を流入量に等しくする。
- ・流入量が $750 \text{ m}^3/\text{S}$ に減少すれば、放流量を $750 \text{ m}^3/\text{S}$ とし、以後制限水位に達するまでこの $750 \text{ m}^3/\text{S}$ の一定で放流。
- ・制限水位に達した以後は、放流量を流入量に等しくする。

(四) 川治ダム諸元

川治ダムの貯水容量曲線は、報告書その2に示す関東地建の調査結果を補正して、図-3のようにした。また前述のごとく洪水時満水位が 62.0 m のダムを想定してその曲線を定めた。

放流方法としては、コンジット (EL. 52.70 m) およびクレストゲート (EL. $60.00 \sim 61.50 \text{ m}$) によるものとし、その放流能力曲線を図-4に示す。

それぞれの放流能力すなわち全開状態での放流量は、報告書その2と同じく次式で計算した。クレストゲートの位置については議論の余地はあるが、一応、 60.0 m にあるものとした。

① コンジット (半径 2.5 m) :

$$Q = \alpha \sqrt{2g(H - 52.70)} \times \pi r^2 = 78.19 \times \sqrt{H - 52.70}$$

Q : 放流量 (m^3/S)

α : 流出係数 (≈ 0.9)

g : 重力加速度 ($= 9.8 \text{ m}/\text{S}^2$)

H : 水位 (m)

r : コンジット半径 (m)

② クレストゲート (幅 6 m 3 門)

$$Q = 3 \times \left\{ \alpha \times \frac{2}{3} \sqrt{2g(H - 60.0)} \right\}^{\frac{3}{2}} \times 6$$

α : 流出係数 (≈ 0.688)

(イ) 自然状態における流出計算

すでに述べた代表5洪水分布型のそれぞれに属する既往降雨の時間雨量分布を比例的に拡大・縮小した降雨群を用いて推算した各地点のピーク流出量を表-7に示す。これの生起確

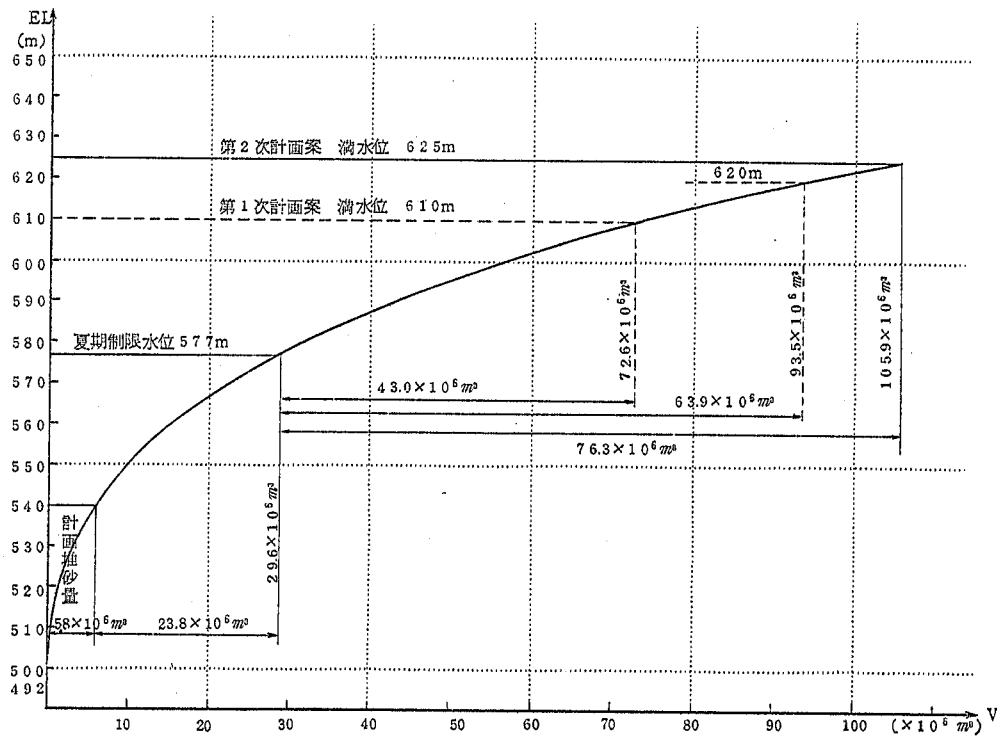


図-3 川治ダム貯水容量曲線

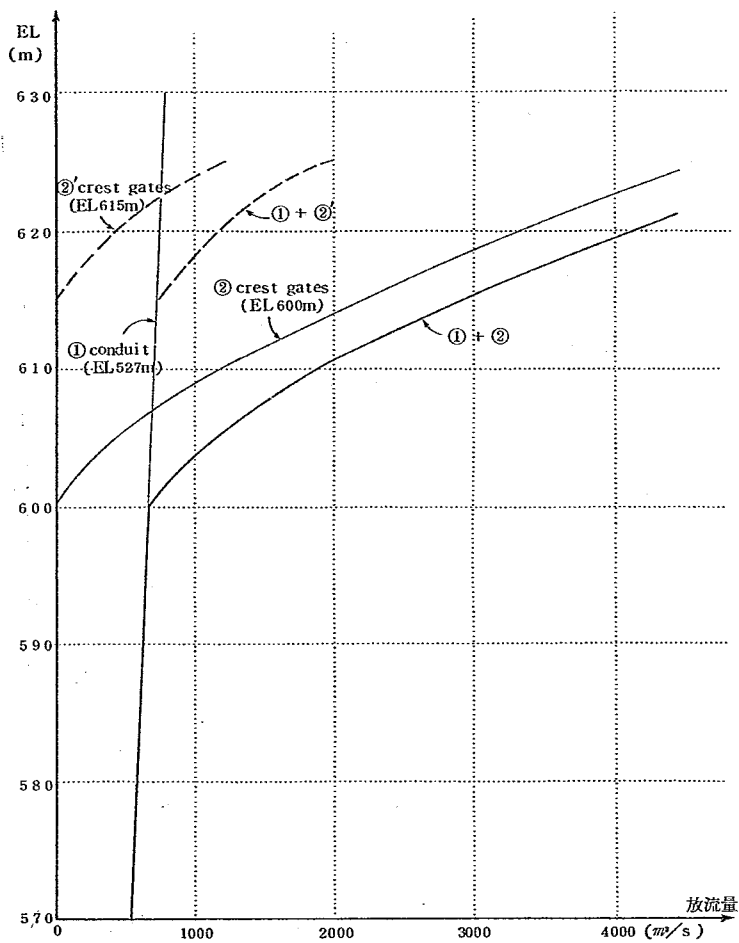


圖-4 川治ダム放流能力曲線

表-7 流域平均3日雨量(R)及びピーク流量(Q_p)表

自然状態

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 ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)
4	1000	2365	9146	2625	6838	4082	12367	2725	16187	2765	29071	2939	33989	2910	42704
	1438	3400	14595	3774	10741	5869	18558	3911	23545	3976	43878	4226	50671	4185	64513
	1605	3795	16767	4213	12280	6551	20855	4374	26517	4438	49461	4717	57275	4671	72789
	1772	4190	18857	4651	13768	7233	23152	4829	29549	4900	55720	5208	64353	5157	80990
6	1000	2521	10727	3239	10456	4431	17498	3037	23522	2999	37985	3139	45282	2937	54884
	1438	3625	17892	4658	16787	6371	25848	4367	36979	4313	60811	4514	72738	4223	81851
	1605	4046	20665	5199	19234	7112	29110	4874	42094	4813	69225	5038	83005	4714	92758
	1772	4467	23696	5740	21711	7852	32388	5382	47123	5314	78001	5562	93392	5204	99653
9	1000	2244	10322	2637	10605	3231	11374	2907	19718	2222	32988	2493	38596	2478	46864
	1700	3815	21812	4483	21497	5497	21493	4942	38122	3777	65355	4238	75783	4213	84698
	2000	4488	26733	5274	26381	6462	25757	5814	46208	4444	79324	4985	91618	4956	111286
	2300	5161	31813	6065	31397	7443	30011	6686	54162	5511	93168	5734	117340	5699	111974
11	0695	2744	8803	2945	8062	3735	8151	3018	15837	3294	25888	3269	27700	3013	29797
	1064	4201	14737	4509	13876	5719	14000	4621	25147	5043	42467	5004	46892	4612	52028
	1187	4687	16814	5030	15886	6380	15911	5155	28415	5626	48205	5582	53395	5146	57485
	1474	5826	21797	6249	20693	7924	20384	6395	38158	6976	63551	6935	70644	6392	72033
12	0705	1956	6765	2645	8629	2459	6846	2352	17627	2226	26417	2193	30037	2029	31416
	1000	2775	11030	3752	13753	3488	9960	3336	26225	3157	40419	3111	46065	2878	51130
	1460	4051	18052	5477	21833	5092	15332	4871	41658	4609	64645	4542	73629	4202	75472
	1629	4520	20689	6112	24832	5681	17201	5434	47079	5143	73298	5068	83398	4688	85207
	2206	6121	29918	8276	35453	7694	23601	7359	65666	6964	103068	6863	116817	6349	118145

(注) α : 降雨量比例拡大・縮小定数

表-8 流域平均3日雨量(R)及びピーク流量(Q_p)表

洪水調節 (川治ダムは一定量放流)

洪水 番号	地点 α	五十里		川 俣		大 谷 川		川 治		中 岩		佐 貫		石井上流	
		R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Q _p ($\frac{m^3}{s}$)
4	1000	236.5	356.0	262.5	550.0	408.2	1236.7	272.5	787.2	276.5	1219.5	293.9	1814.9	291.0	3208.7
	1438	340.0	867.9	377.4	550.0	586.9	1857.2	391.9	793.2	397.6	1731.4	422.6	1979.1	418.5	4141.4
	1605	379.5	1389.9	221.3	1047.7	655.1	2086.9	437.4	746.2	443.8	2108.7	471.7	2815.4	467.1	4483.6
	1772	419.0	1886.9	465.1	1137.5	723.3	2316.6	482.9	2502.4	490.0	3942.4	520.8	4170.0	515.7	5191.0
6	1000	252.1	389.1	323.9	550.0	443.1	1749.8	303.7	856.3	299.9	1306.4	313.9	1939.0	293.7	3526.4
	1439	362.5	1077.9	465.8	1189.8	637.1	2586.7	416.7	697.4	431.3	1737.6	451.4	3059.0	422.3	5187.0
	1606	404.6	1772.1	519.9	1404.1	711.2	2913.0	487.4	2689.0	481.3	4096.9	503.8	4378.1	471.4	5679.0
	1773	446.7	2315.8	574.0	1670.6	785.2	3240.8	538.2	2983.7	531.4	5347.2	556.2	5866.3	520.4	6529.9
9	1000	224.4	357.3	263.7	550.0	323.1	1137.4	290.7	661.3	222.2	1074.2	249.3	1705.5	247.8	2886.7
	1700	381.5	1991.3	448.3	1323.1	549.7	2149.8	494.2	1769.0	377.7	2880.0	423.8	3127.7	421.3	4885.2
	2000	448.8	2668.2	527.4	1735.9	646.2	2575.7	581.4	2908.1	444.4	4579.3	498.6	4803.3	495.6	6061.3
	2300	516.1	2994.0	606.5	2130.9	744.3	3001.1	668.6	3744.7	511.1	4045.0	573.4	7599.1	569.9	7907.2
11	0514	202.9	264.7	217.8	538.0	276.2	576.9	223.2	455.2	243.6	790.4	241.7	998.6	222.8	1453.3
	1064	420.1	1147.3	450.9	980.9	571.9	1400.0	462.1	681.8	504.3	1716.2	500.4	1985.1	461.2	2953.3
	1187	468.7	1676.9	503.0	1178.5	638.0	1591.1	515.5	752.0	562.6	2272.4	558.2	1928.0	514.6	3119.7
	1474	582.6	2179.7	624.9	1481.0	792.4	2038.4	639.5	3021.2	697.6	5277.6	693.5	5643.3	639.2	5654.9
12	0705	195.6	267.1	264.5	550.0	245.9	684.6	235.2	639.7	222.6	967.9	219.3	1267.8	202.9	1837.7
	1000	227.5	432.7	375.2	550.0	348.8	996.0	333.6	750.9	315.7	1244.6	311.1	1335.6	287.8	2577.0
	1460	405.1	1454.6	547.7	1458.2	509.2	1533.2	487.1	812.6	460.9	2198.3	454.2	1979.7	420.2	3333.8
	1629	452.0	2008.8	611.2	1609.7	568.1	1720.1	543.4	2649.3	514.3	3818.9	506.8	4072.6	468.8	4773.2
	2206	612.1	2749.3	827.6	2605.1	769.4	2360.1	735.9	4547.6	696.4	8084.6	686.3	9317.9	634.9	9080.2

表-9 流域平均3日雨量(R)及びピーク流量(Qp)表

洪水調節 (川治ダムは鋼底型放流)

洪水 番号	地点 α	五十里		川 俣		大 谷 川		川 治		中 岩		佐 貫		石 井 上 流	
		R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)	R(mm)	Qp($\frac{m^3}{s}$)
4	1000	236.5	356.0	262.5	550.0	408.2	1236.7	272.5	771.8	276.5	1189.8	293.9	1767.9	291.0	3286.0
	1438	340.0	867.9	377.4	550.0	586.9	1855.8	391.9	799.5	397.6	1700.0	422.6	1957.7	418.5	4193.1
	1605	379.5	1389.9	421.3	1047.7	655.1	2085.5	437.4	1681.5	443.8	299.58	471.7	3146.2	467.1	4465.3
	1772	419.0	1886.9	465.1	1137.5	723.3	2315.2	482.9	2672.0	490.0	474.15	520.8	5073.2	515.7	5458.8
6	1000	252.1	389.1	323.9	550.0	443.1	1749.8	303.7	750.0	299.9	1199.9	313.9	1971.5	293.7	3573.2
	1438	362.5	1077.9	465.8	1189.8	637.1	2584.8	436.7	1222.7	431.3	2118.0	451.4	2766.6	422.3	5022.9
	1605	404.6	1772.1	519.9	1404.1	711.2	2911.0	487.4	2686.2	481.3	4221.5	503.8	4657.1	471.4	5498.9
	1772	446.7	2315.8	574.0	1670.6	785.2	3238.8	522.2	3371.7	531.4	5656.7	556.2	6250.2	520.4	6794.0
9	1000	224.4	357.3	263.7	550.0	323.1	1137.4	290.7	755.4	222.2	1118.3	249.3	1652.3	247.8	2800.7
	1700	381.5	1991.3	448.3	1323.1	549.7	2149.8	494.2	1389.0	377.7	2295.8	423.8	2546.5	421.3	4230.5
	2000	448.8	2668.2	527.4	1735.9	646.2	2575.7	581.4	3047.0	444.4	5263.6	498.6	5672.5	495.6	6145.4
	2300	516.1	2994.0	606.5	2130.9	744.3	3001.1	668.6	3753.7	511.1	7369.3	573.4	8316.7	569.9	8232.1
11	0514	202.9	254.7	217.8	538.0	276.2	576.9	223.2	767.3	243.6	974.2	241.7	1152.5	222.8	1561.8
	1064	420.1	1147.3	450.9	980.9	571.9	1400.0	462.1	750.0	504.3	1807.6	500.4	1912.4	461.2	2789.9
	1187	468.7	1676.9	503.0	1178.5	638.0	1591.1	515.5	777.2	562.6	1984.3	558.2	1967.4	514.6	3122.9
	1474	582.6	2176.7	624.9	1481.0	792.3	2038.4	639.5	3089.9	697.6	5449.5	693.5	5834.3	639.2	5694.6
12	0705	195.6	267.1	264.5	550.0	245.9	684.6	235.2	762.8	222.6	1076.2	219.3	1224.0	202.9	1803.1
	1000	277.5	432.7	375.2	550.0	348.8	996.0	333.6	792.9	315.7	1259.4	311.1	1434.0	287.8	2358.0
	1460	405.1	1454.6	547.7	1458.2	509.2	1533.2	487.1	2509.0	460.9	3241.4	454.2	3233.1	420.2	3361.0
	1629	452.0	2008.8	611.2	1609.7	568.1	1720.1	543.4	3178.5	514.3	5317.4	506.8	5840.8	468.8	5558.7
	2206	612.1	2749.3	827.6	2605.1	769.4	2360.1	735.9	4603.4	696.4	8149.5	686.3	9387.9	634.9	9491.7

率についてはすでに表-5に示した通りである。

(二) 3ダムで洪水調節を行なった場合の流出計算

五十里・川俣ダムについては既定通りの、川治ダムについては(イ)に述べた2様の操作方式によって、自然状態と同じ比例定数で雨量を拡大・縮小して推算した各地点の流出ハイドログラフおよびピーク流出量を別図と表-8、9に示す。また、これに基づいて、各代表洪水分布型の石井上流域平均3日雨量と石井地点ピーク流量との関係図を図-5、6に示す。

この調節後の石井地点ピーク流量の生起確率については、前述と同様の方法で求めて表-10、11に示す。

表-10 各代表洪水ピーク流量超過確率(3ダム調節後)
(第2次計画案, 川治ダムは一定量450mm/S放流)

洪水番号 Qpeak	4	6	9	11	12	総合超 過確率
3000	0.18	0.23	0.19	0.01	0.06	0.126
3500	0.072	0.14	0.110	0.0055	0.032	0.0612
4000	0.030	0.075	0.064	0.0032	0.022	0.0314
4500	0.014	0.044	0.037	0.0021	0.016	0.0178
5000	0.0080	0.026	0.021	0.0016	0.012	0.0109
5500	0.0060	0.015	0.013	0.0014	0.0088	0.0074
6000	?	0.0096	0.0084	?	0.0065	?

表-11 各代表洪水ピーク流量超過確率(3ダム調節後)
(第2次計画案, 川治ダムは鍋底型放流)

洪水番号 Qpeak	4	6	9	11	12	総合超 過確率
3000	0.21	0.235	0.14	0.01	0.064	0.131
3500	0.08	0.13	0.054	0.0056	0.044	0.0588
4000	0.031	0.072	0.029	0.0033	0.033	0.0295
4500	0.014	0.039	0.020	0.0022	0.025	0.0171
5000	0.0086	0.022	0.015	0.0016	0.019	0.0114
5500	0.0068	0.0135	0.012	0.0014	0.014	0.0084
6000	?	0.009	0.0094	?	0.01	?

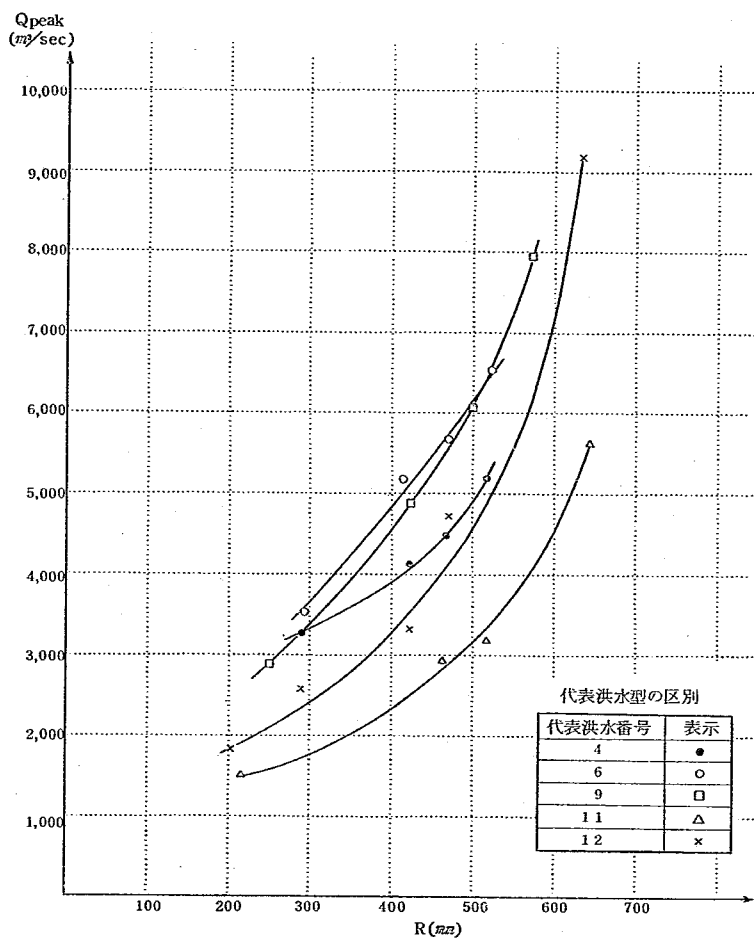


図-5 石井地点の流域平均3日雨量とピーク流量との関係
(川治ダムは一定量放流)

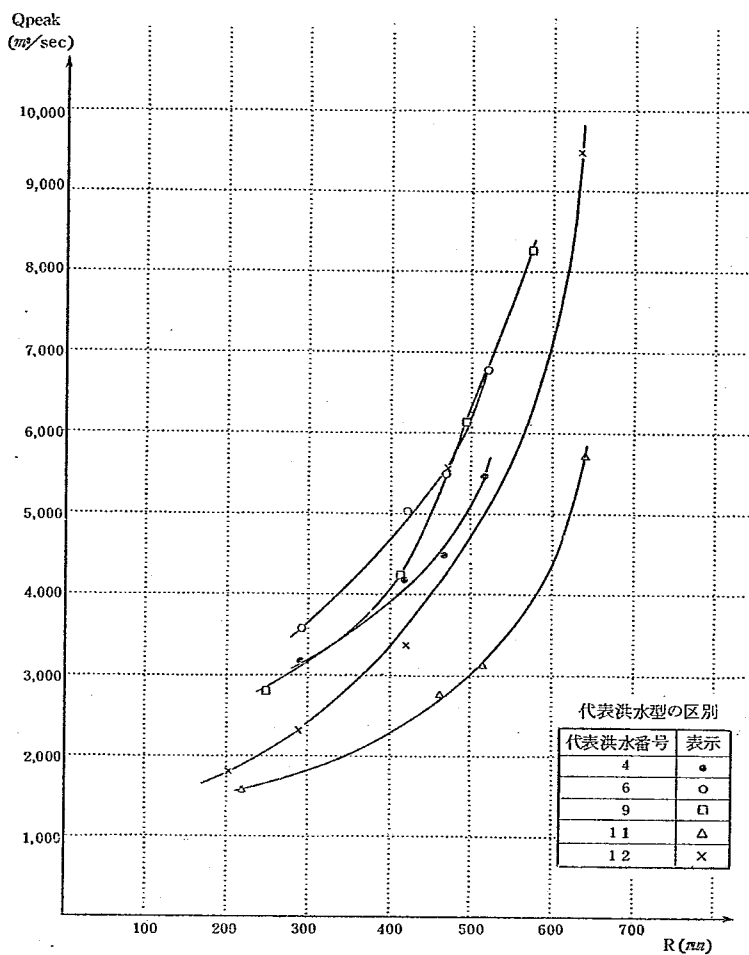


図-6 石井地点の流域平均3日雨量とピーク流量との関係
(川治ダムは鍋底型放流)

5. 調節効果の検討

以上のようにして求められた鬼怒川3ダムによる洪水調節後の石井地点における確率ピーク流量を、自然状態、第一次計画案、第二次計画2案を対照して表-12および図-7に示す。

表-12 洪水の自然状態および3ダムによる洪水調節後の確率流量(石井地点)

確率年	確率連続3日雨量(mm)	自然状態(m^3/S)	五十里・川俣・川治3ダムによる洪水調節後		
			第1次計画案 (川治は550 m^3/S)	第2次計画案 (川治は450 m^3/S) (川治は鍋底型)	
20	364.7	6100	3670	3650	3620
50	435.0	7400	4420	4380	4350
80	470.8	8080	4920	4850	4850
100	487.6	8420	5250	5100	5170
200	540.1	9500			

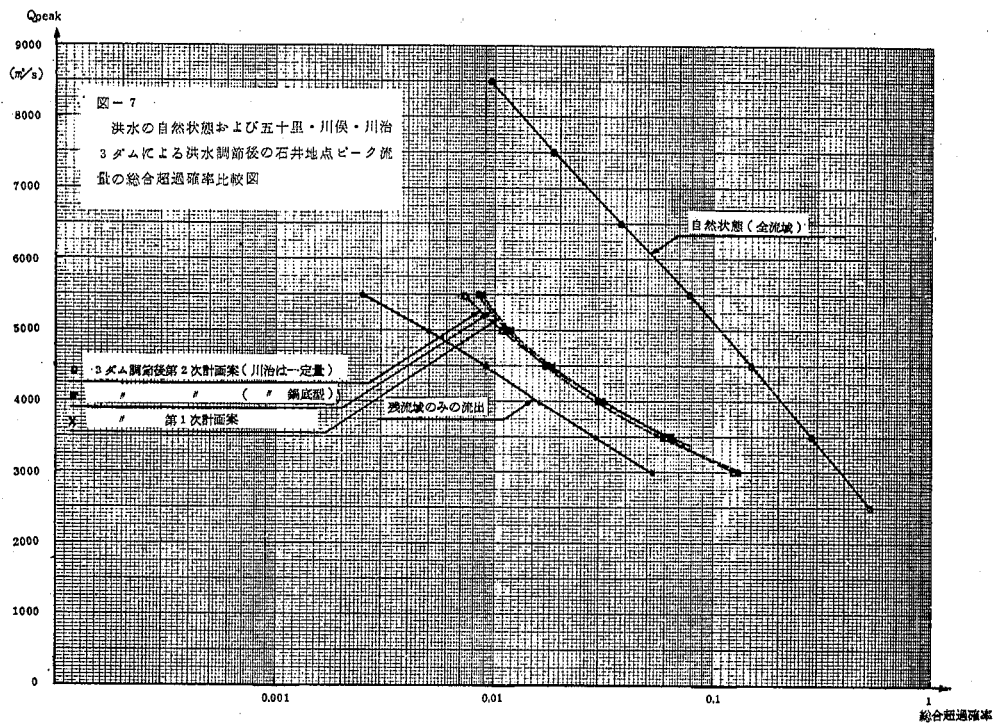
確率100年洪水で石井地点の所期ピーク流量4000~4500 m^3/S に低減させるには至らず、5000 m^3/S を少し上回った。石井地点における流域面積1092.9 Km^2 のうち、3ダムの流域面積は598.3 Km^2 、従って残流域の面積は494.6 Km^2 で、流域流出のうち半分強だけが調節しうることになる。残流域のみの流出は図-7にも示した通り、確率100年で約4400 m^3/S 、これに五十里・川治両ダムの放流量の和を加えたものが大体の石井地点の流量だと考えるならば、平均して5000 m^3/S 強の洪水が石井地点を通過するのは必然的である。また、仮に残流域のピークに合わせて五十里・川治両ダムの放流量を0にしたとしても、河道効果などを考えればこの流量がさほど減少すると期待しない方がよい。

さらに、ここに述べた流量は5つの代表洪水波形から平均して求めたものであり、同一確率年の降雨でもこれより安全の場合も危険の場合もありうるわけである。

一定量放流の場合も鍋底型放流の場合も、比例拡大定数が非常に大きなきをを除いて、石井地点のピーク流量は川治ダム調節中(ダム満杯前)に生起している。従って、放流量をさらに小さくすることも可能ではあるが、その効果や満杯になった場合の危険性を考慮して、450 m^3/S 一定もしくは、200 m^3/S 鍋底型で適当と判断した。

調節効果の点から見れば、図-7からも分かるように、中位の異常洪水に対しては、鍋底型放流方式の方が一定量放流方式に較べて、わずかながらも調節効果が大きい。しかし鍋底型放流では、大異常洪水ではダムが満杯になる時刻が早まってピーク時に調節不能に陥る危険性が伴い、あまり大きくない異常洪水では調節容量を十分に使わずじまいになることもありうる。もし一定量放流方式を採用するとすれば、その放流量の決定にはさらに慎重な調査検討が必要と思われる。

今回の解析では、従来の解析成果を踏襲して、五十里・川俣ダムについては既定の操作方式により、川治ダムについてのみ操作方式を検討したのであるが、一水系に複数個のダム(ダム群)



がある場合、とくに鬼怒川のように、3つのダムを直列および並列に置く場合には、これらのダムを、個別の操作方式によるのではなく、一体のダムとして互いに関連操作・調節するようにすれば、調節効果の増加を期待できよう。これについては多くのダム群の統合管理の問題として、早急に検討すべき課題であると考えらる。

さらにこの解析においては、計画洪水の基本となる各洪水の超過確率については流域平均連続3日雨量を用いて検討したが、燃案地点におけるピーク流量を問題にする場合には、ピーク流量を支配するのは総雨量よりむしろ最大連続数時間雨量である（たとえば洪水No.6のように総雨量は少なくとも強強度の降雨と、洪水No.11のように総雨量は多くても弱強度の降雨と、双方の流出ハイドログラフを比較して）から、既往洪水によって確率解析を行なうときは、観測資料の存るかぎりピーク流量か、さもなくば流下時間を考慮した最大連続数時間雨量によるのが望ましいものと思われる。

6. あとがき

さきの解析報告書（その2）の一部を訂正し、その訂正分はこの解析報告書（その3）に載せてあります。御迷惑をお掛けしましたことを陳謝致します。

またこの解析を実施するに当たり、関東地方建設局の関係者各位、とくに川治ダム調査出張所の方々に大変お世話になったことを感謝いたします。

（担当 河川部水文研究室）

付 図

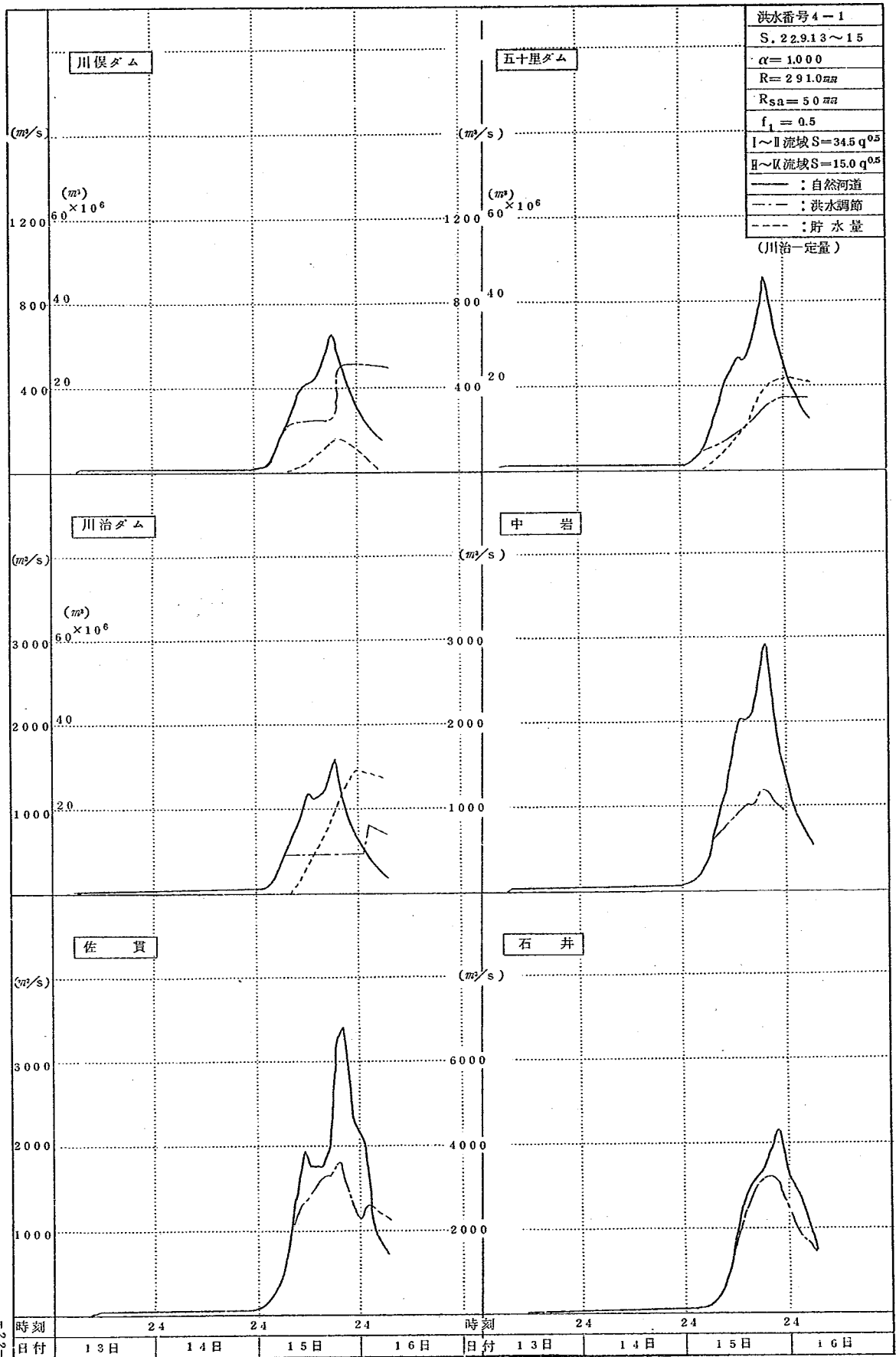
α : 各代表洪水の雨量拡大・縮小比

R : 石井上流域平均連続3日雨量

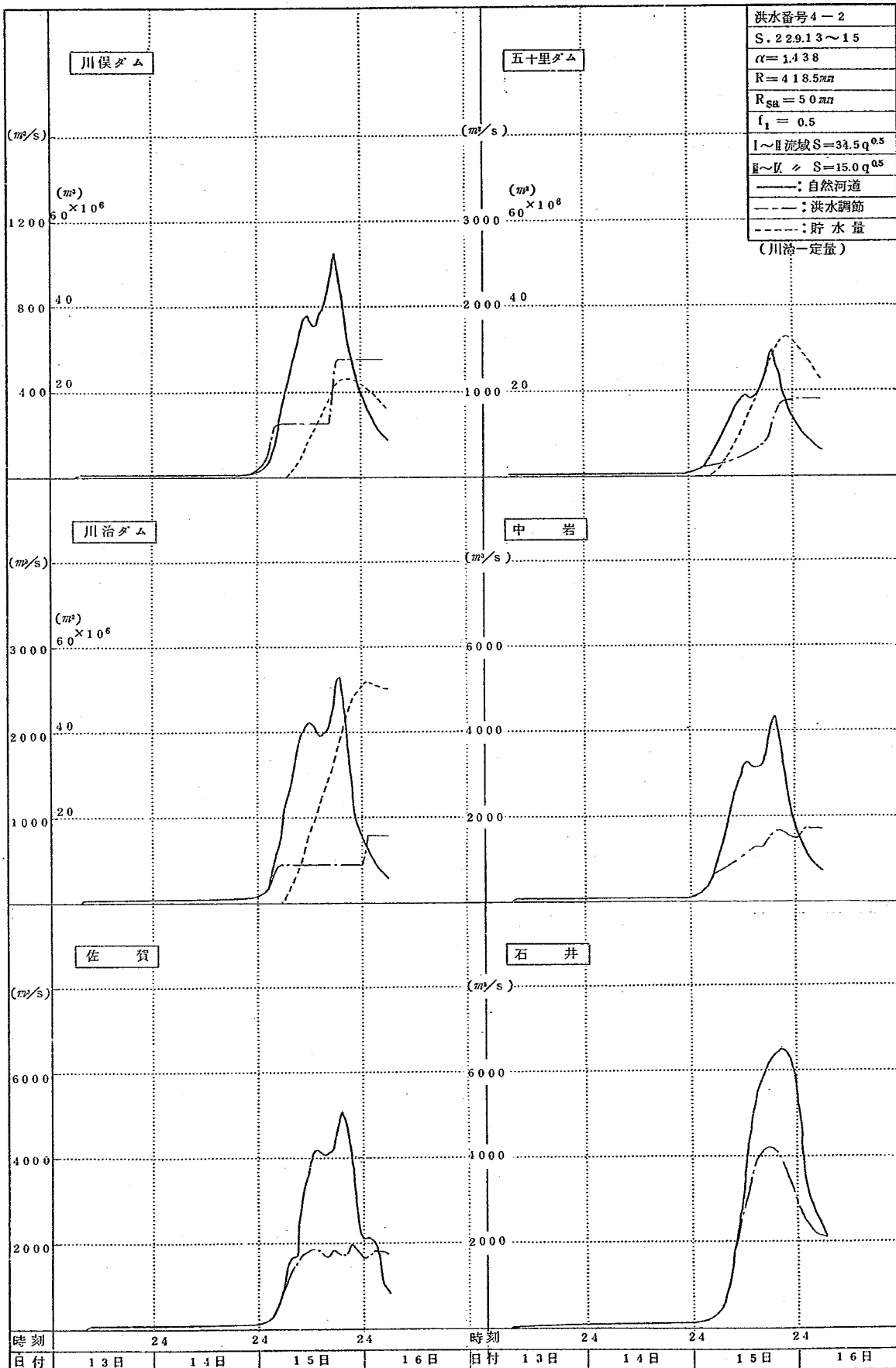
R_{sa} : 飽和雨量

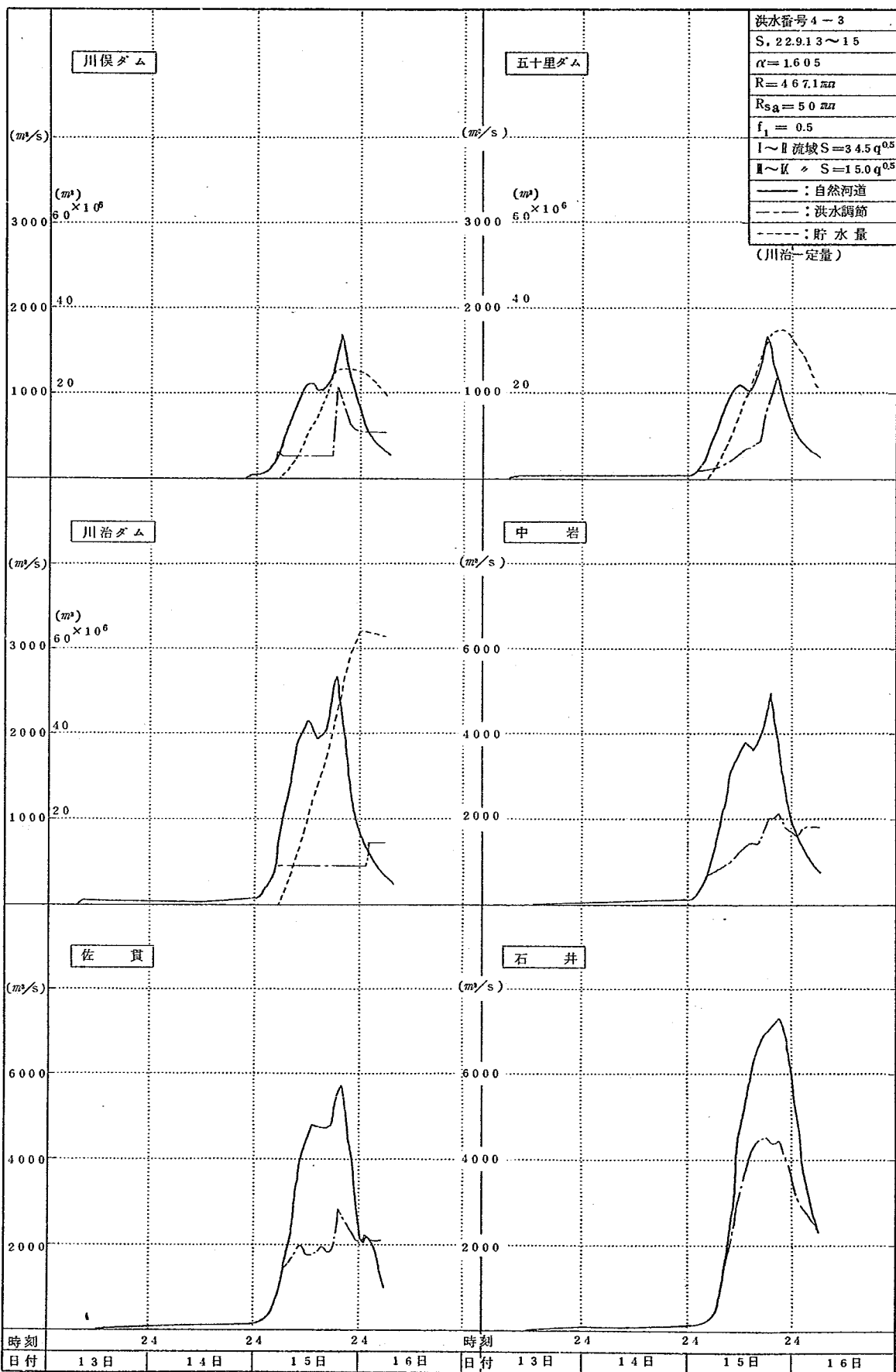
f_1 : 一次流出率

$1 \sim k$: 分割流域番号

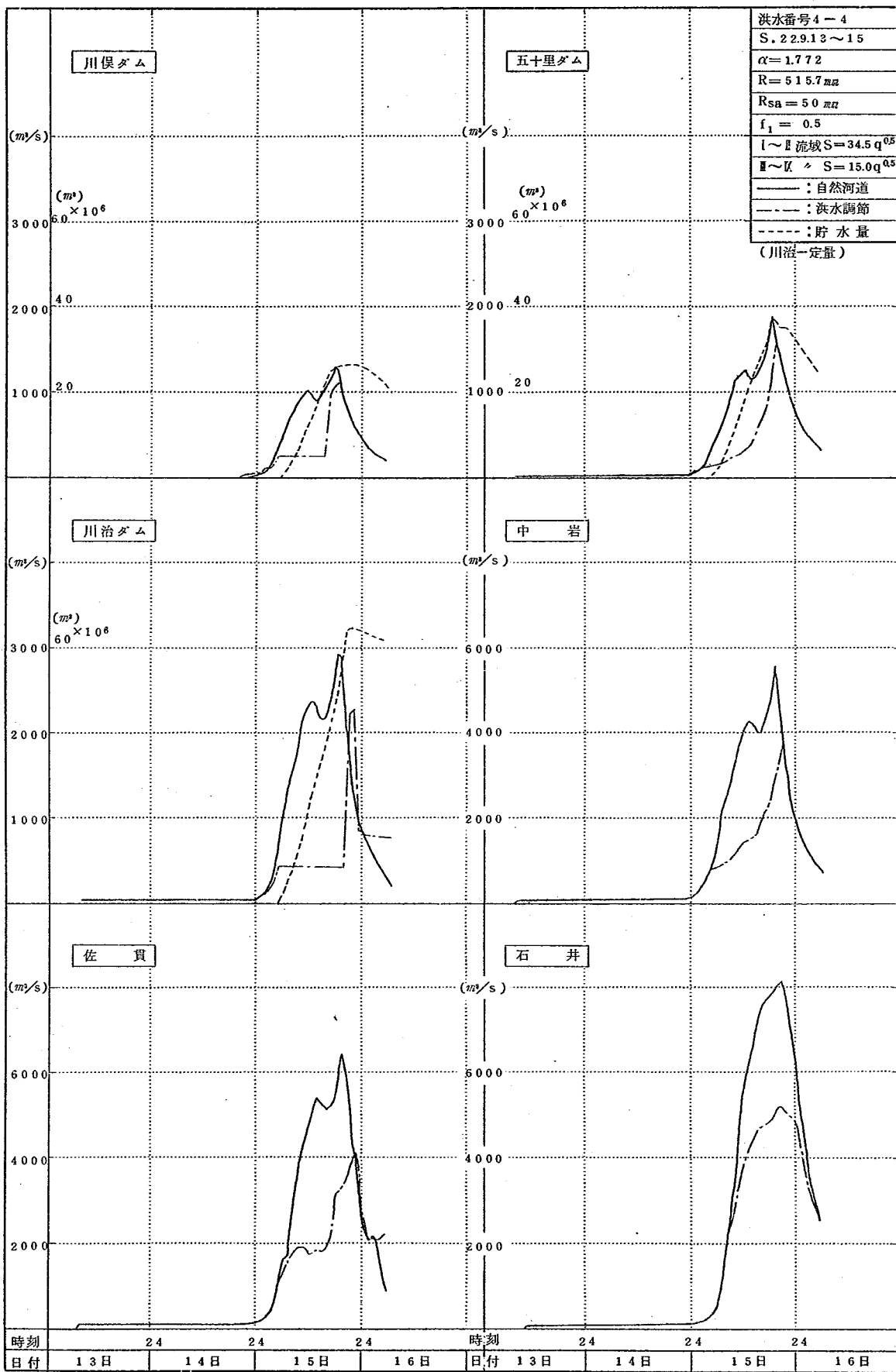


洪水番号 4-2
 $S. 229.13 \sim 15$
 $\alpha = 1.438$
 $R = 418.5m$
 $R_{sa} = 50m$
 $f_1 = 0.5$
 $I \sim II$ 流域 $S = 34.5q^{0.5}$
 $III \sim IV$ 流域 $S = 15.0q^{0.5}$
 ———: 自然河道
 - - - - : 洪水調節
 ·····: 貯水量
 (川流一定量)



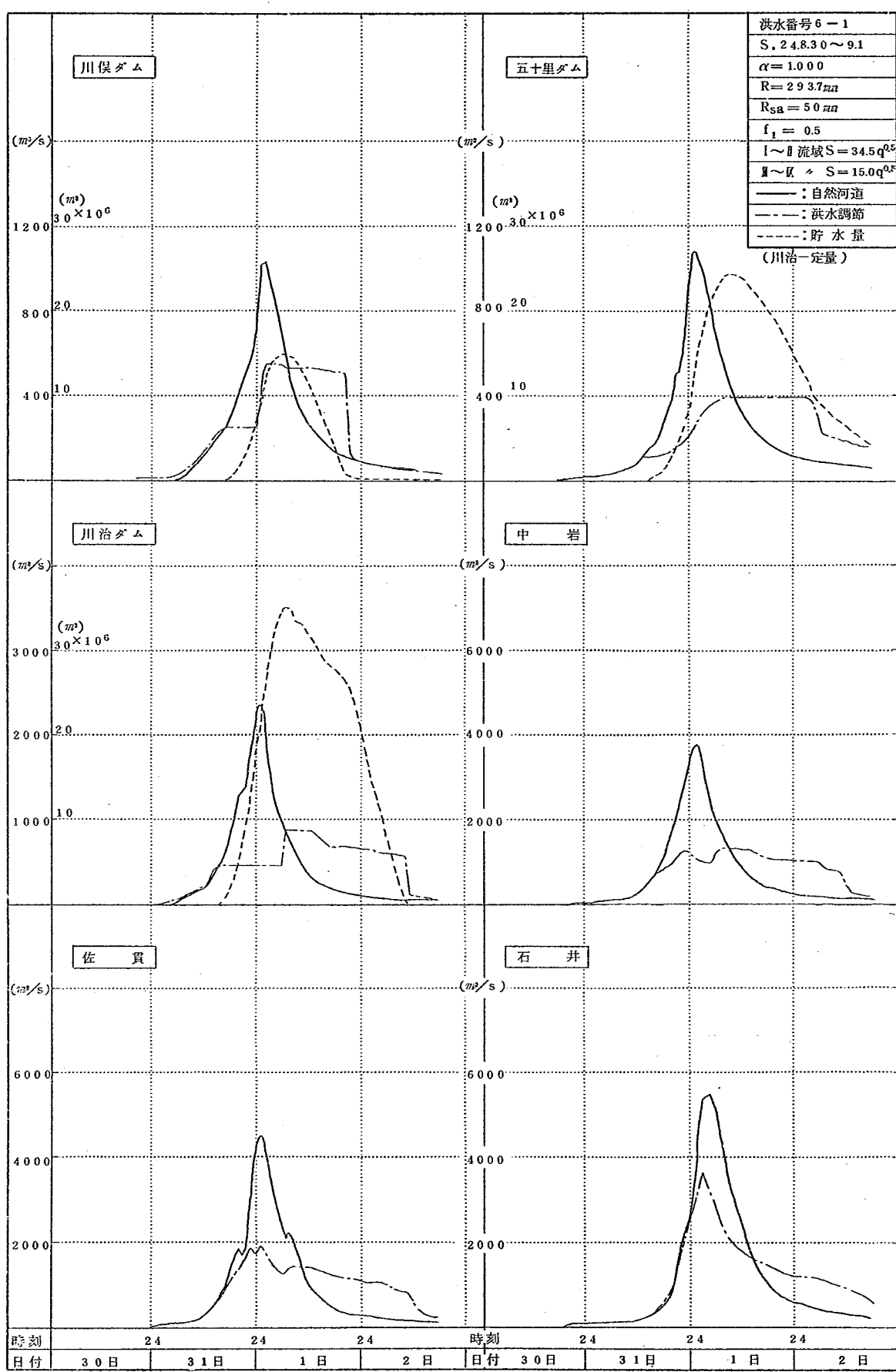


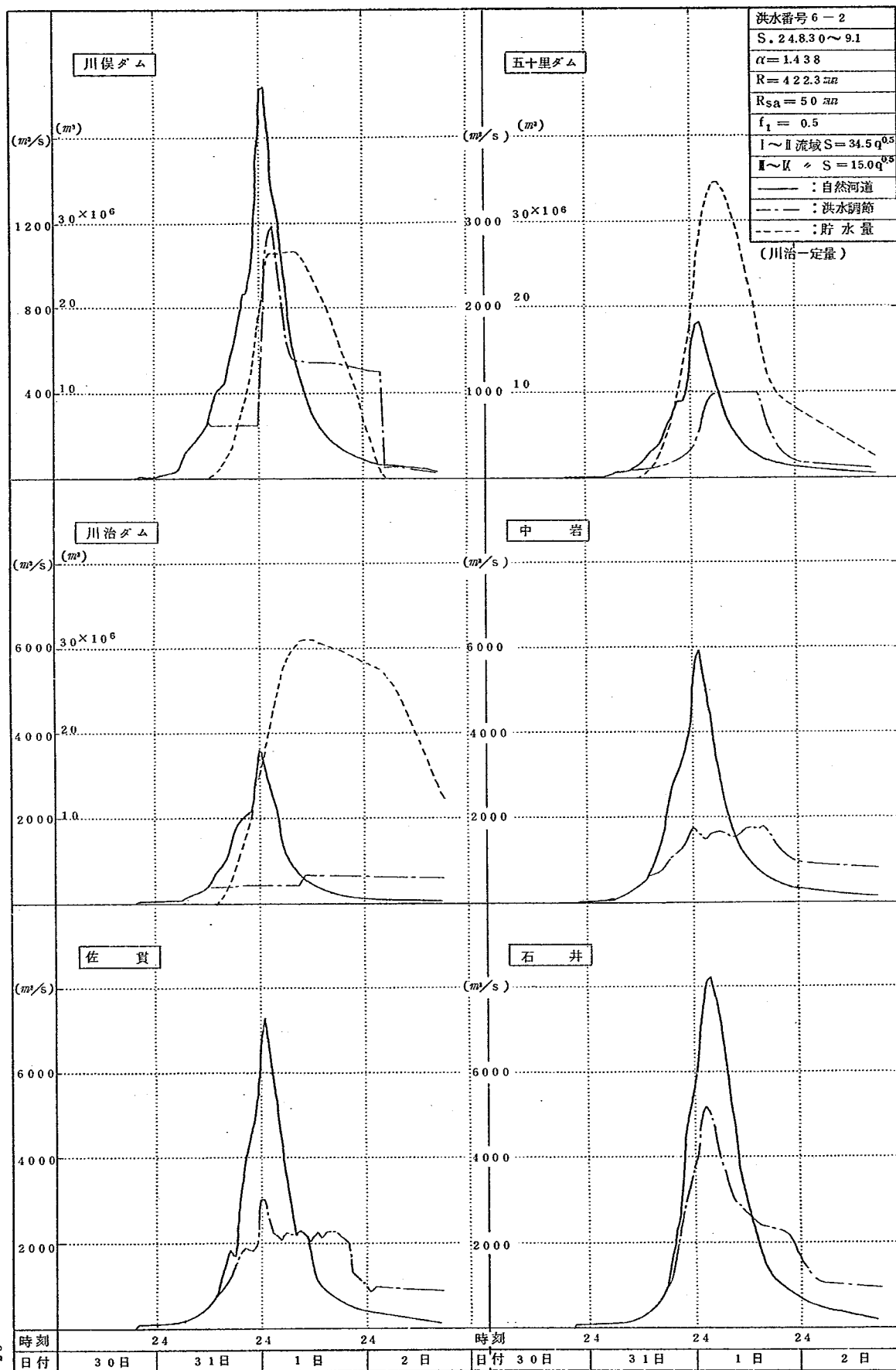
洪水番号4-4
S. 22.9.13 ~ 15
$\alpha = 1.772$
R = 515.7 mm
Rsa = 50 mm
$f_1 = 0.5$
I ~ II 流域 S = 34.5 q ^{0.5}
II ~ III S = 15.0 q ^{0.5}
—— : 自然河道
----- : 洪水調節
----- : 貯水量
(川治一定量)



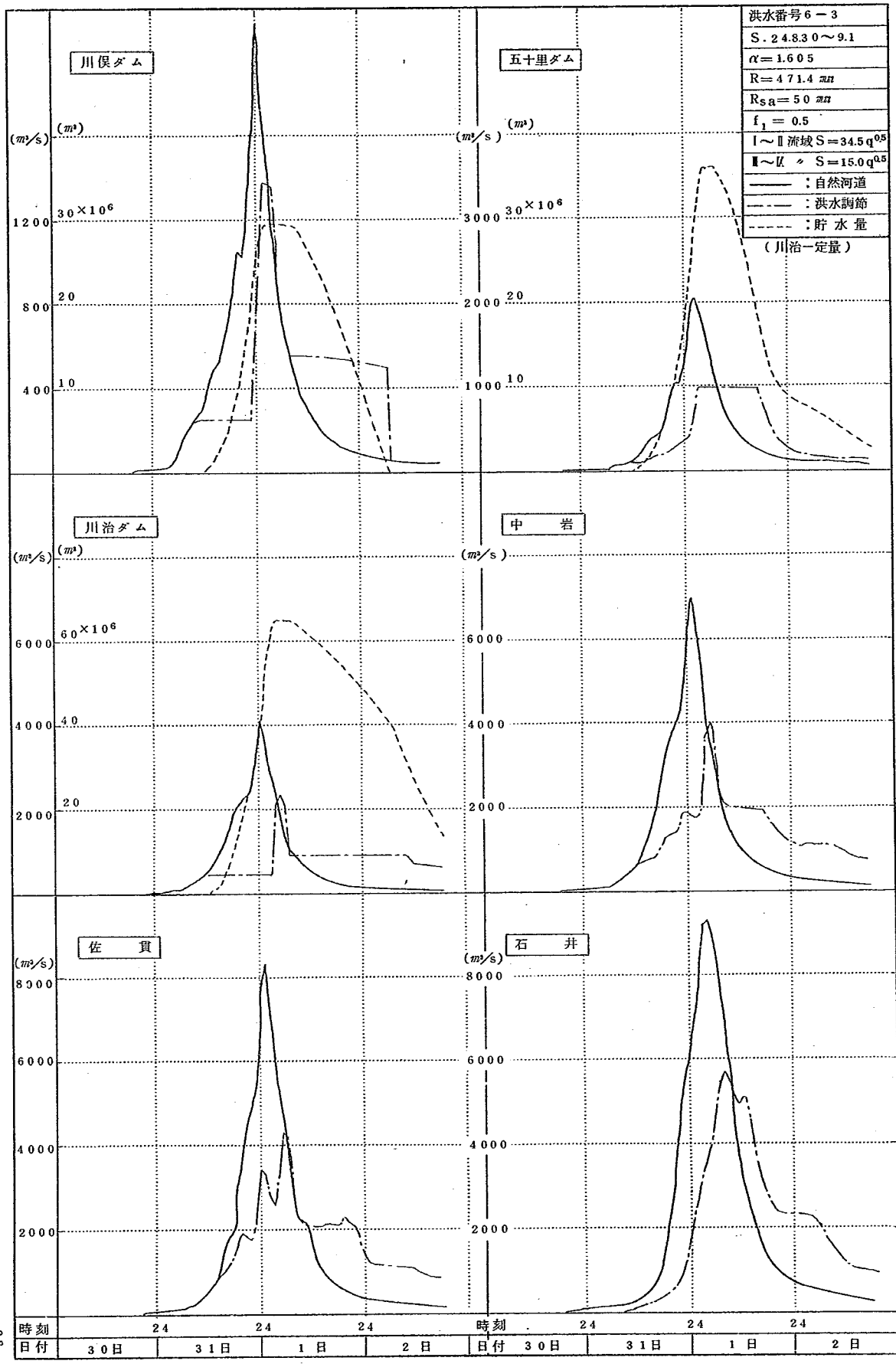
洪水番号 6-1
S. 24.8.30 ~ 9.1
$\alpha = 1.000$
R = 293.7mm
R _{sa} = 50mm
f ₁ = 0.5
I ~ II 流域 S = 34.5q ^{0.5}
III ~ IV S = 15.0q ^{0.5}
— : 自然河道
- - - : 洪水調節
--- : 貯水量

(川治一定量)

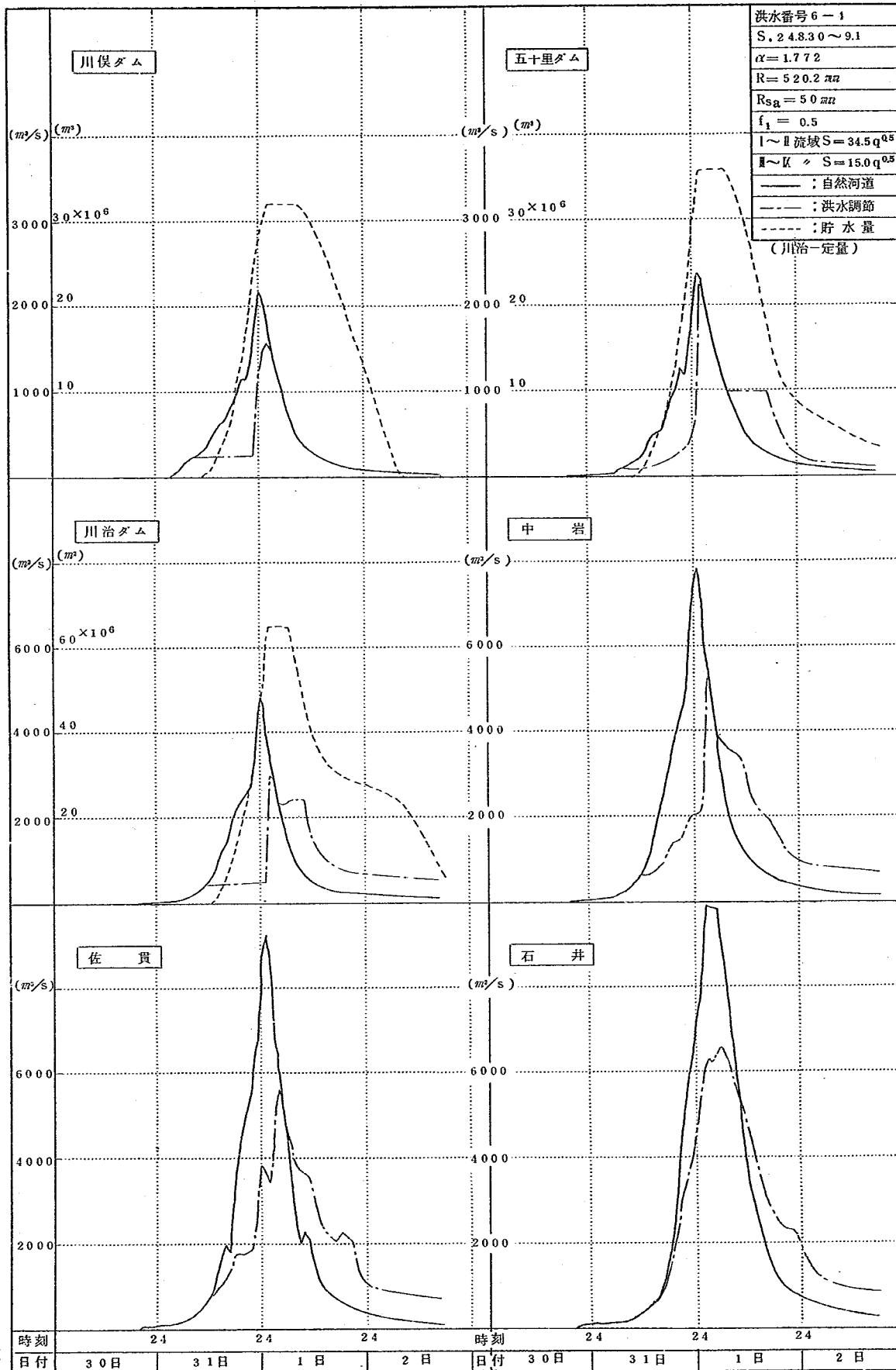


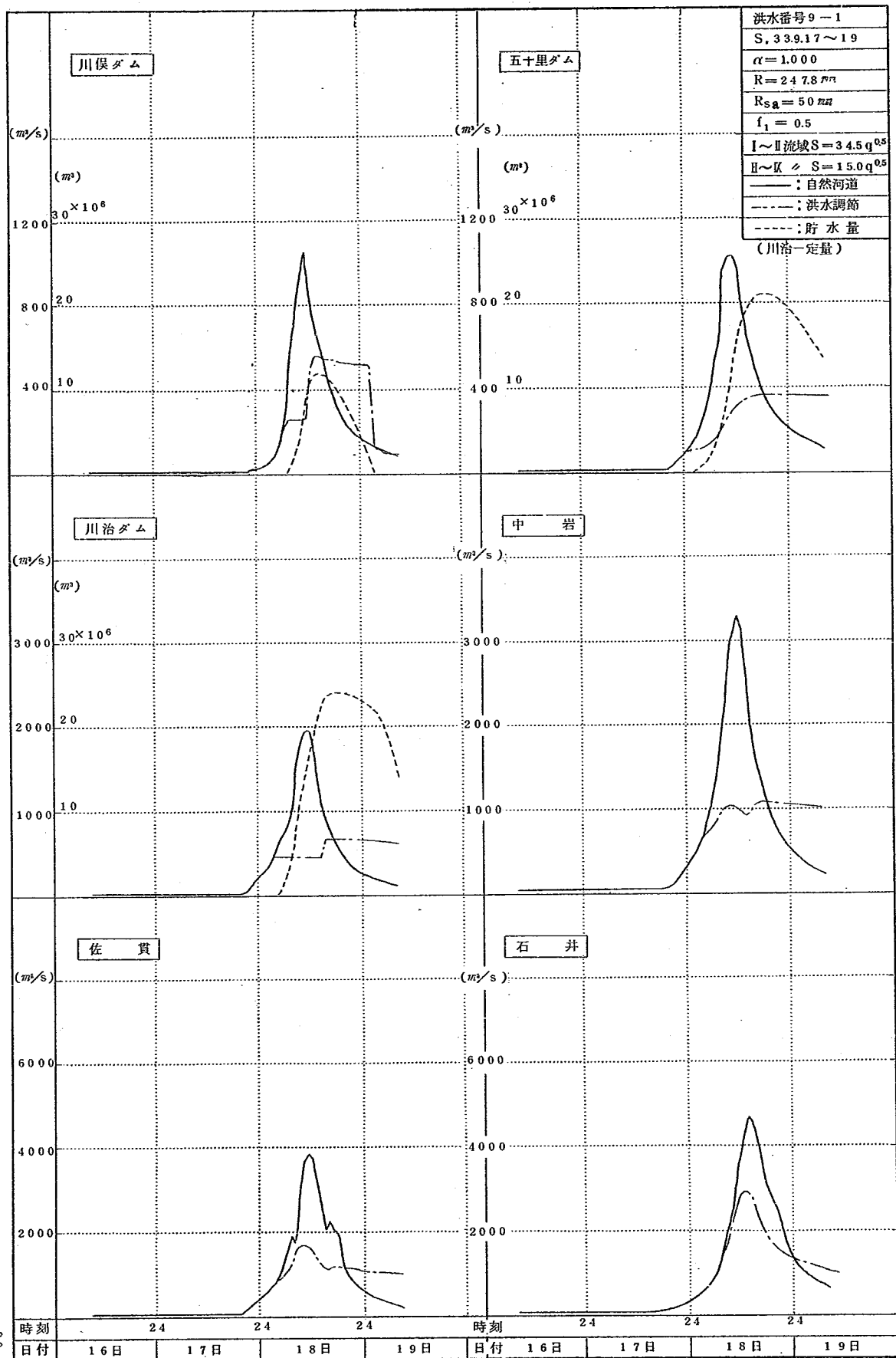


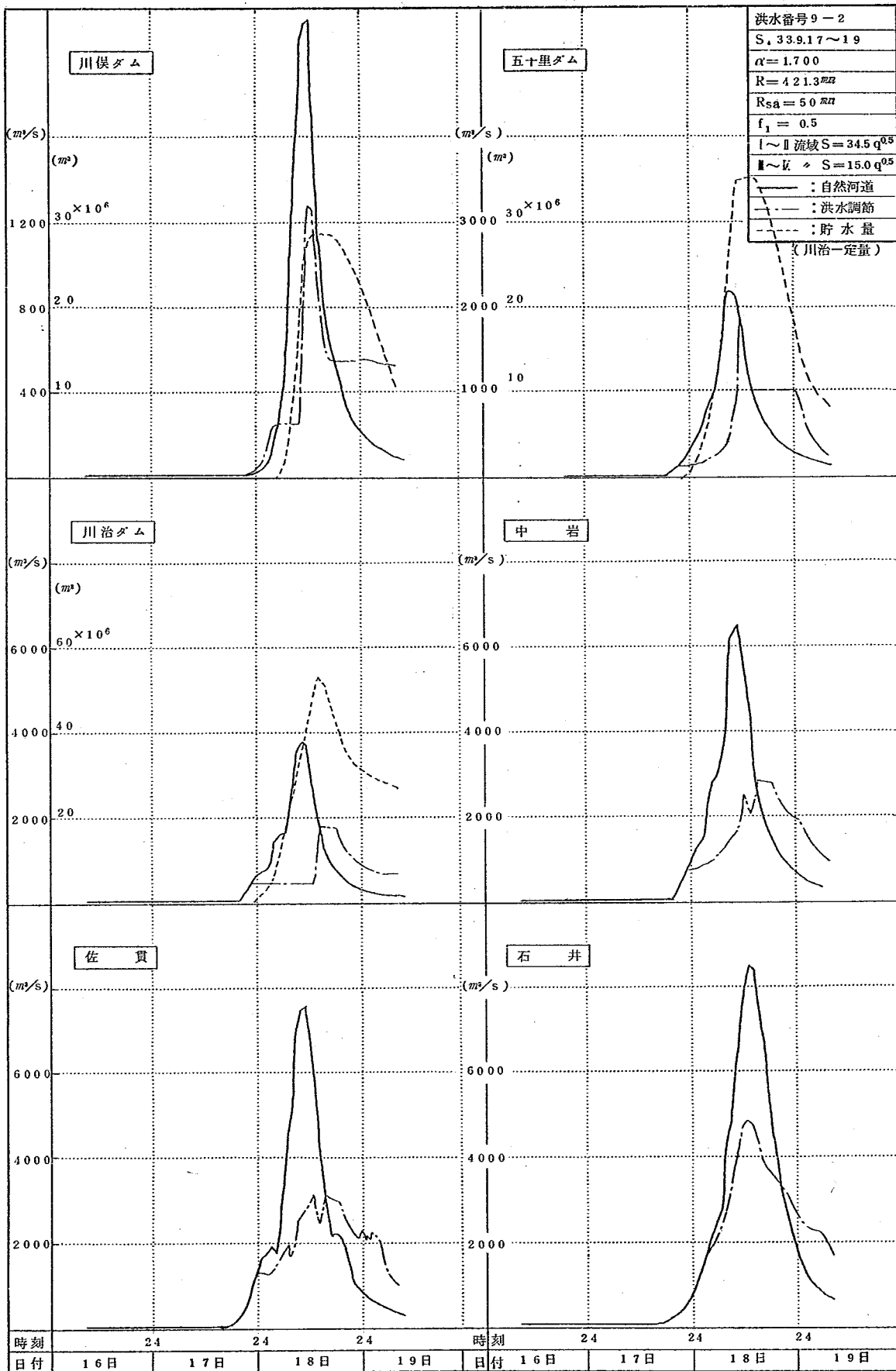
洪水番号 6-3
S. 248.30~9.1
$\alpha = 1.605$
$R = 471.4 \text{ mm}$
$R_{sa} = 50 \text{ mm}$
$f_1 = 0.5$
$l \sim l \text{ 流域 } S = 34.5 q^{0.5}$
$l \sim l \text{ } S = 15.0 q^{0.5}$
— : 自然河道
- - - : 洪水調節
--- : 貯水量
(川治一定量)

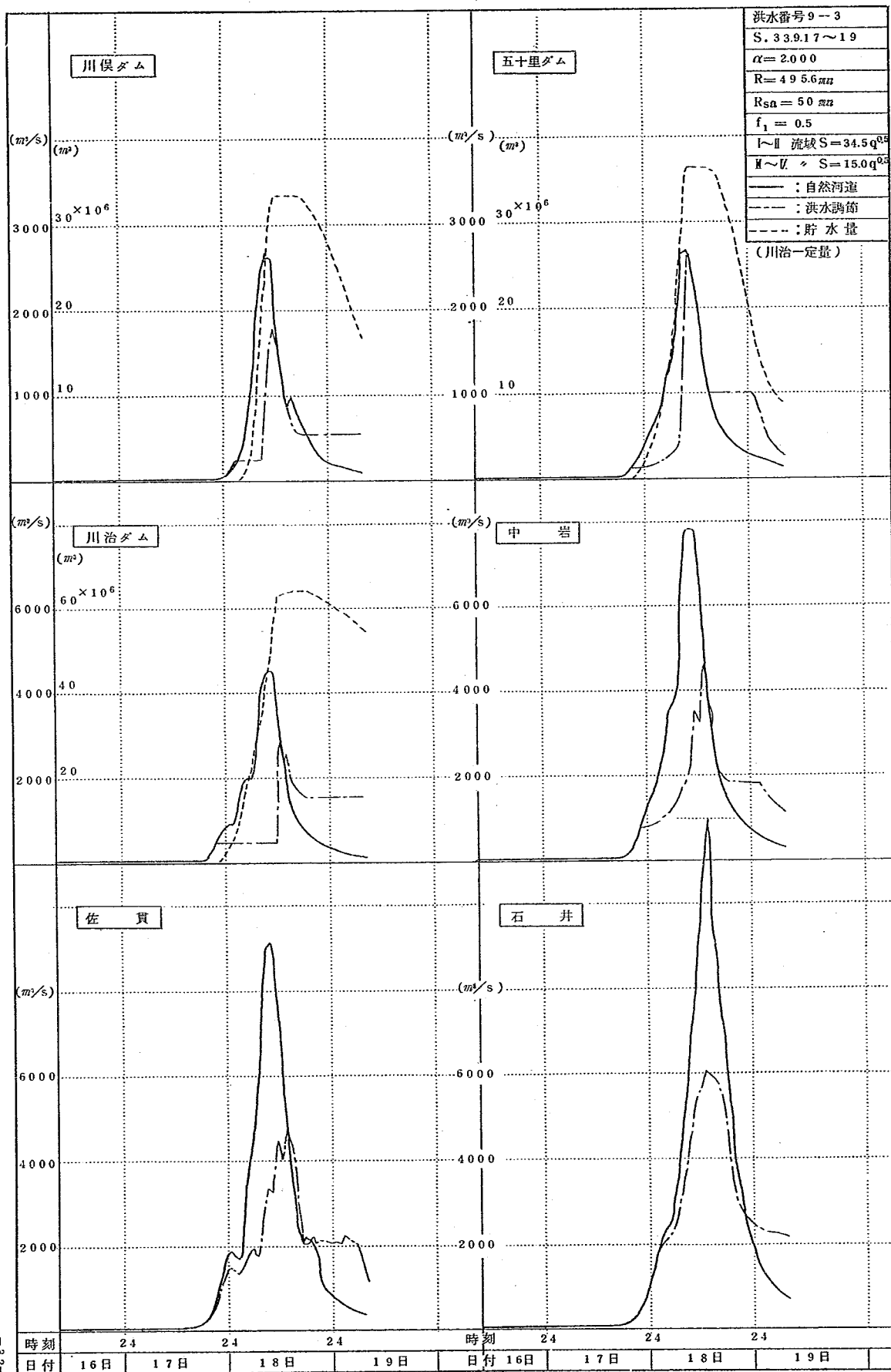


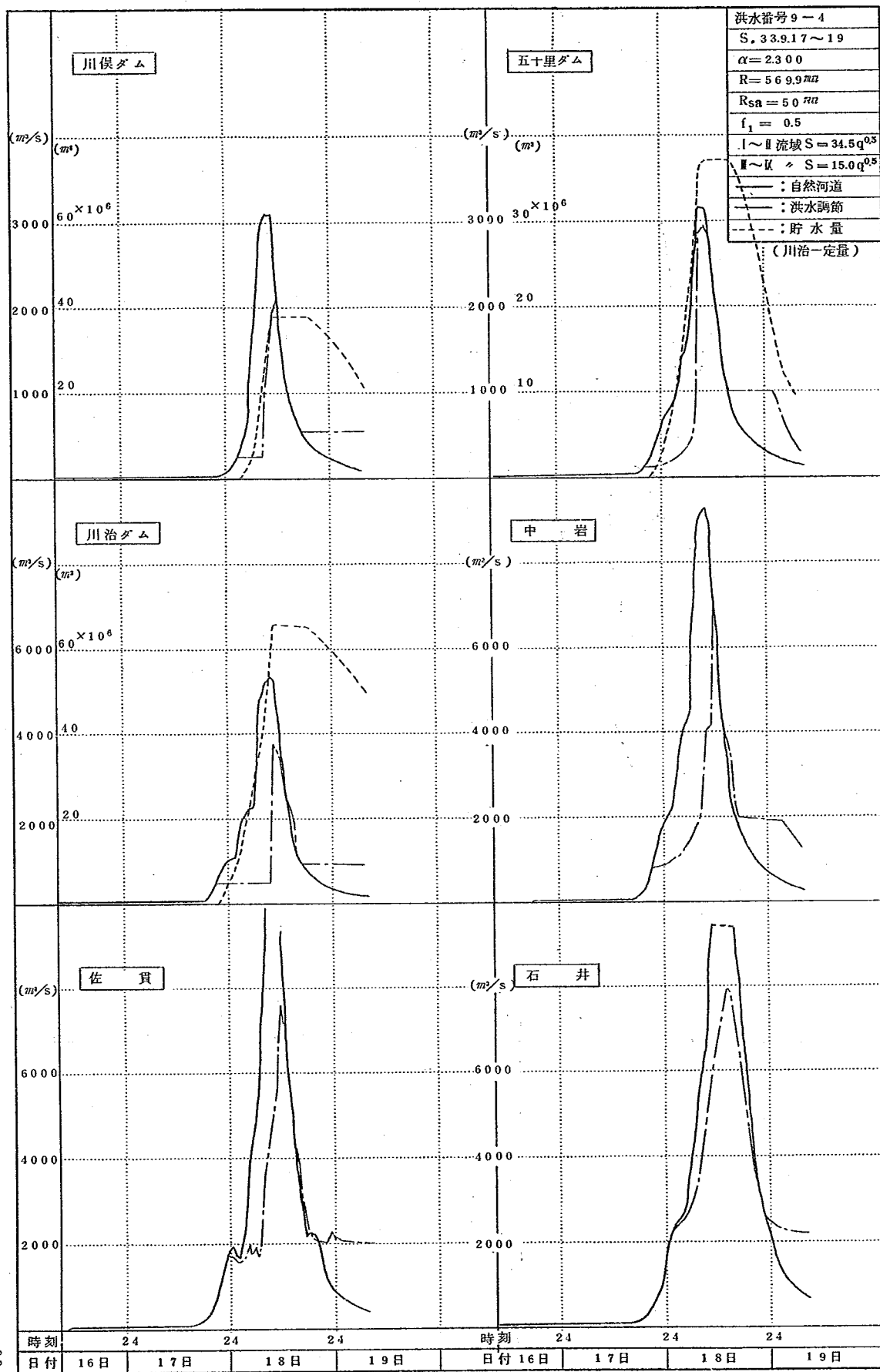
洪水番号 6-1	
$S_1 = 248.30 \sim 9.1$	
$\alpha = 1.772$	
$R = 520.2 \text{ mm}$	
$R_{Sa} = 50 \text{ mm}$	
$f_1 = 0.5$	
$I \sim II$ 流域 $S = 34.5 q^{0.5}$	
$III \sim IV$ $S = 15.0 q^{0.5}$	
— : 自然河道	
- - - : 洪水調節	
- · - : 貯水量	
(川治一定量)	

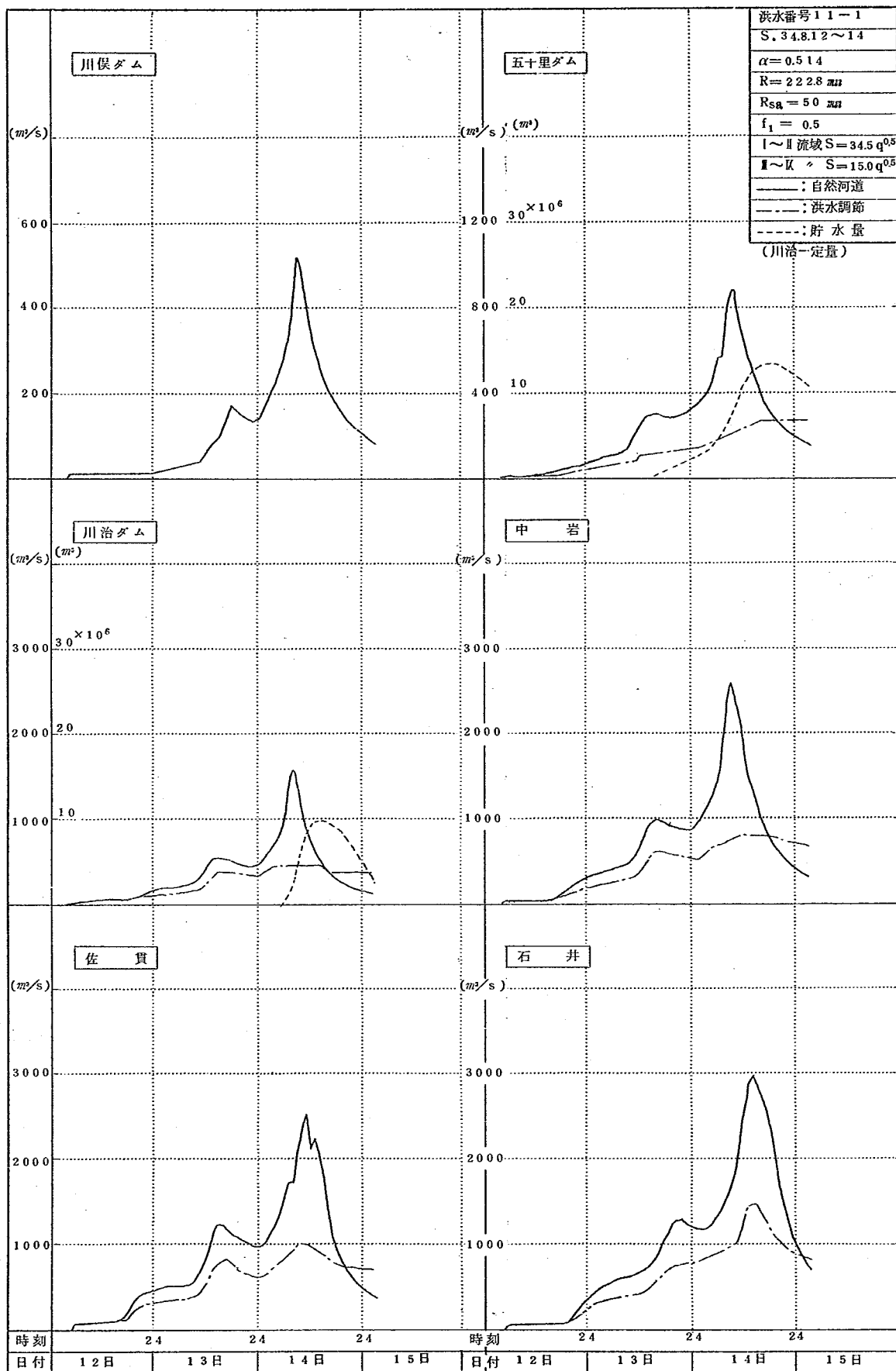


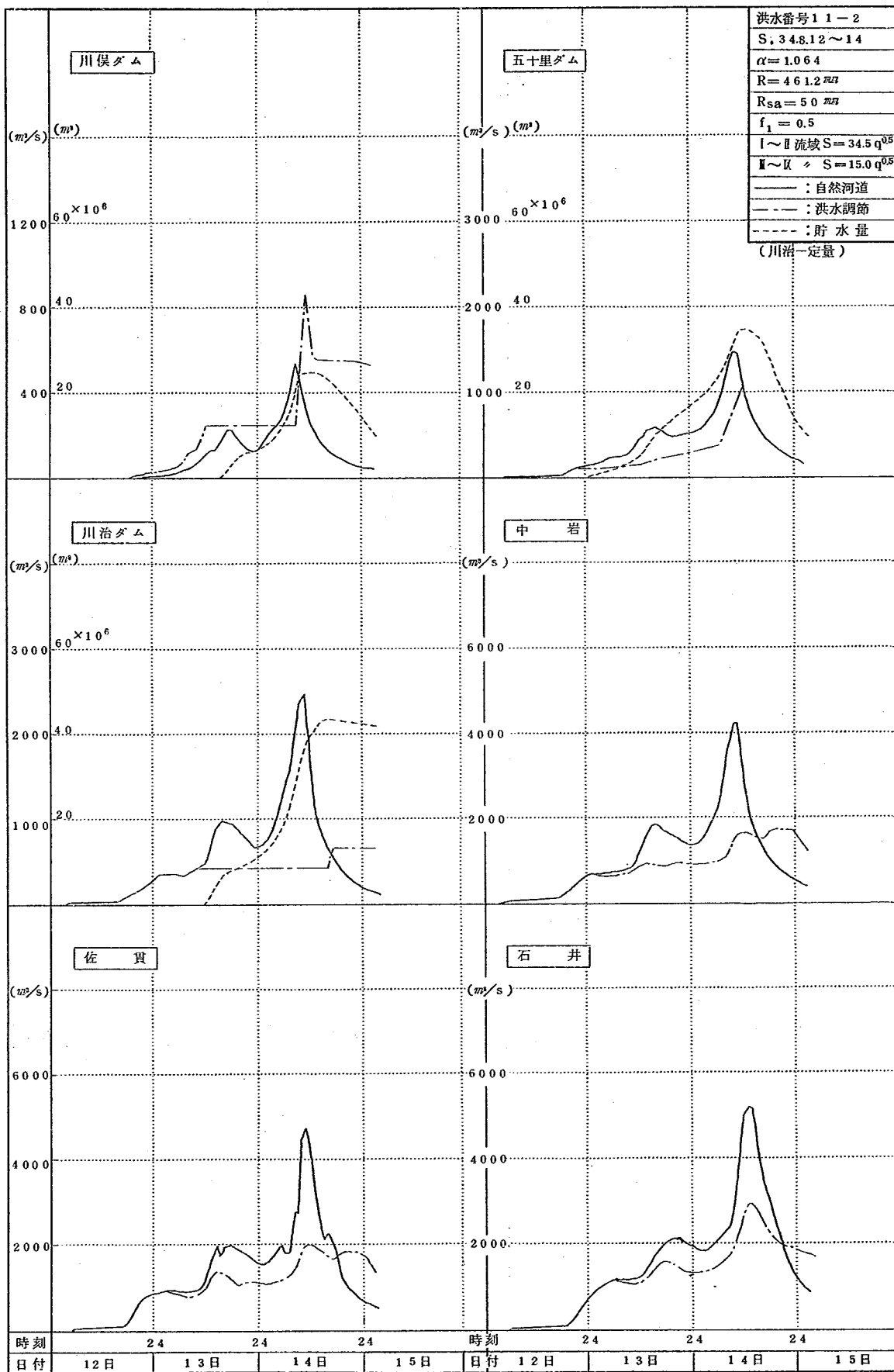


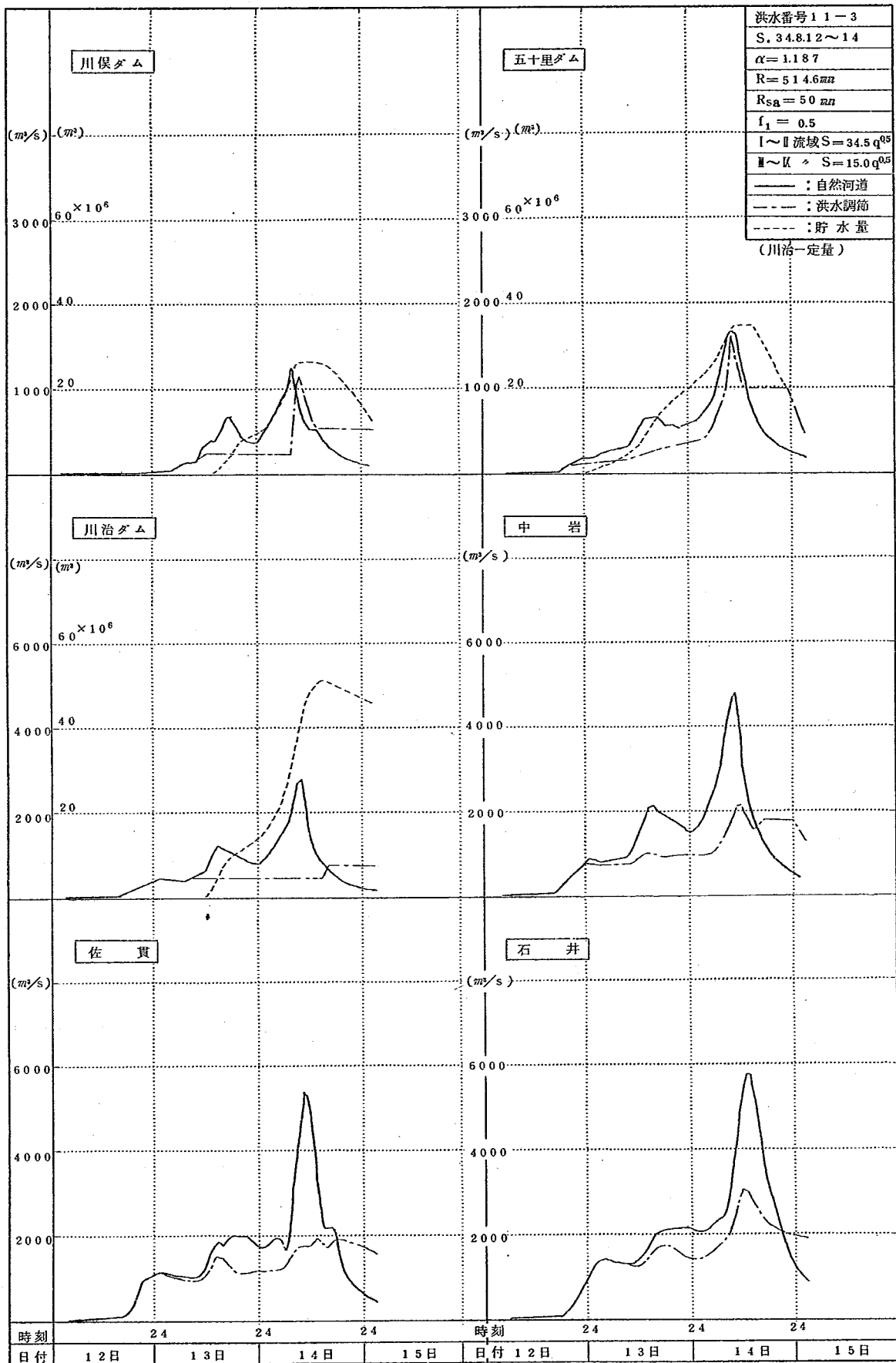


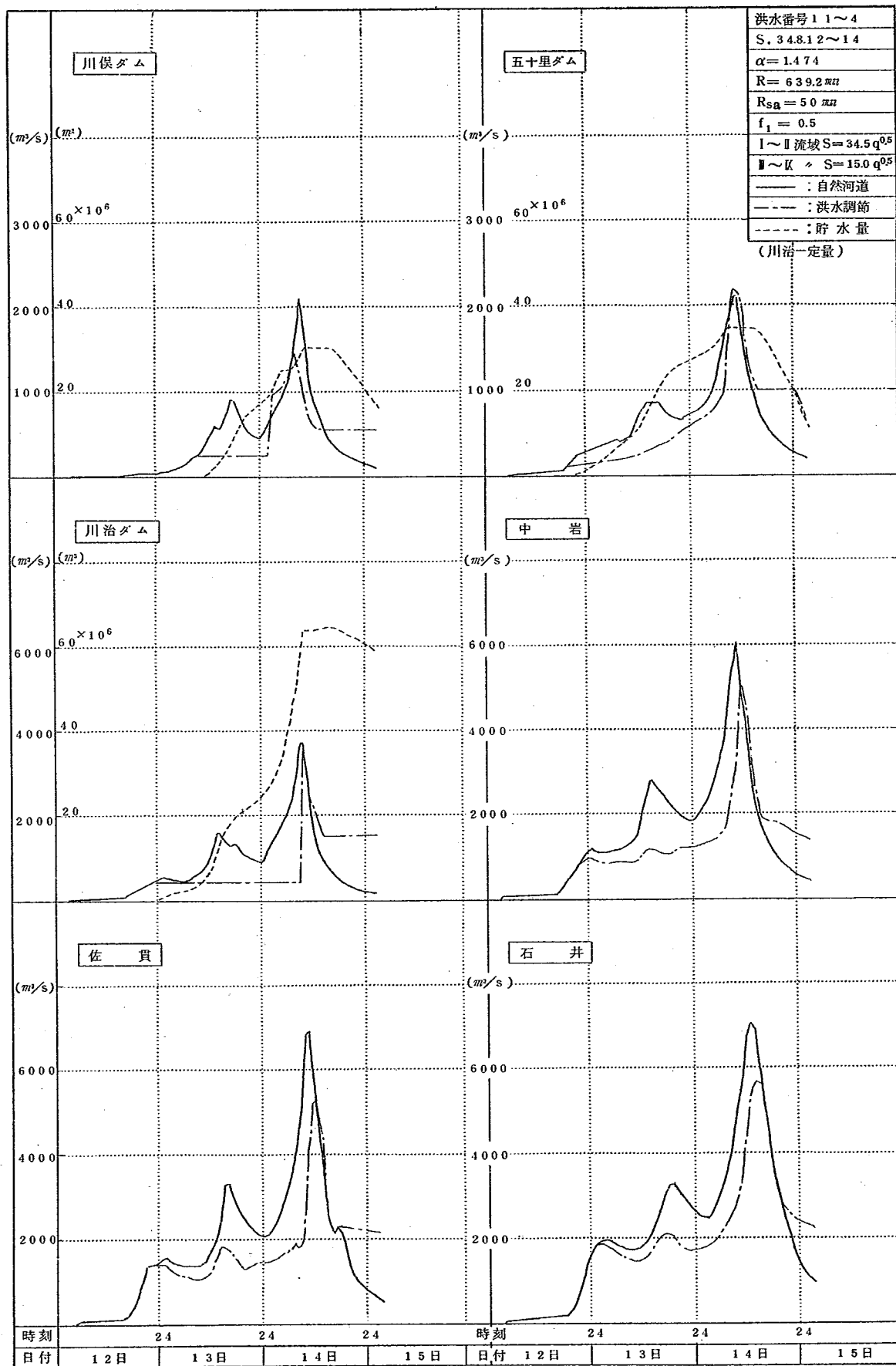




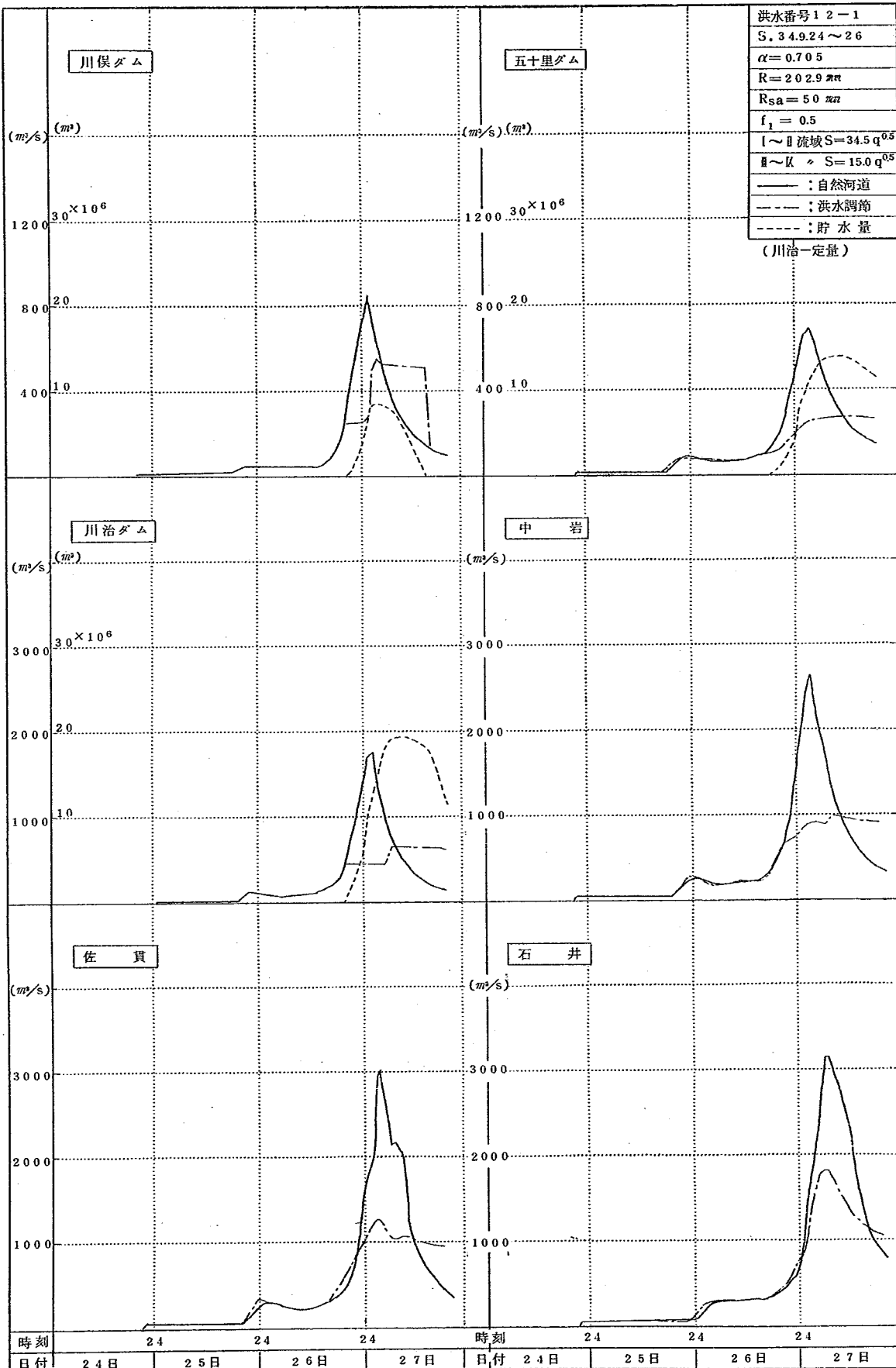


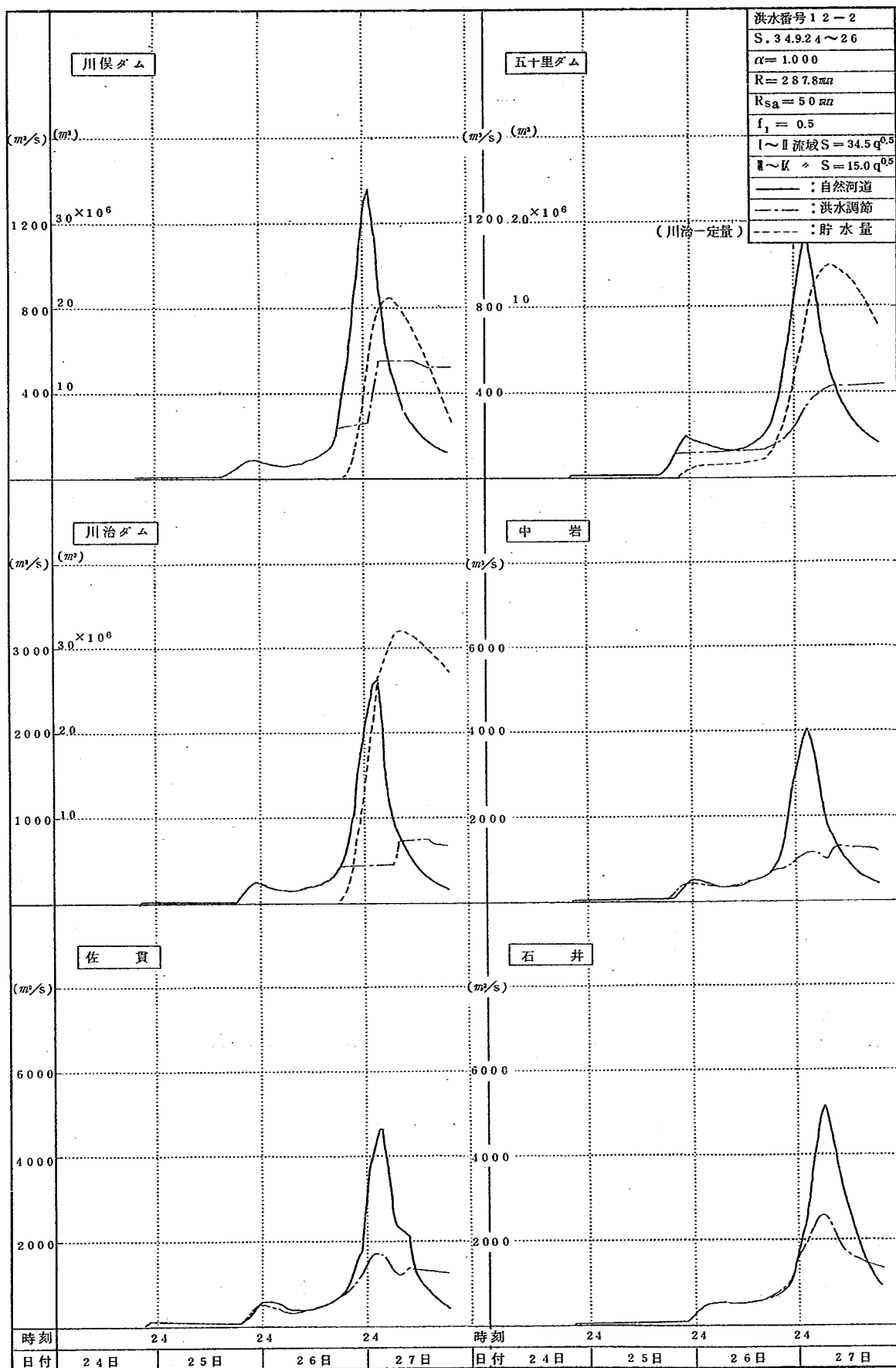


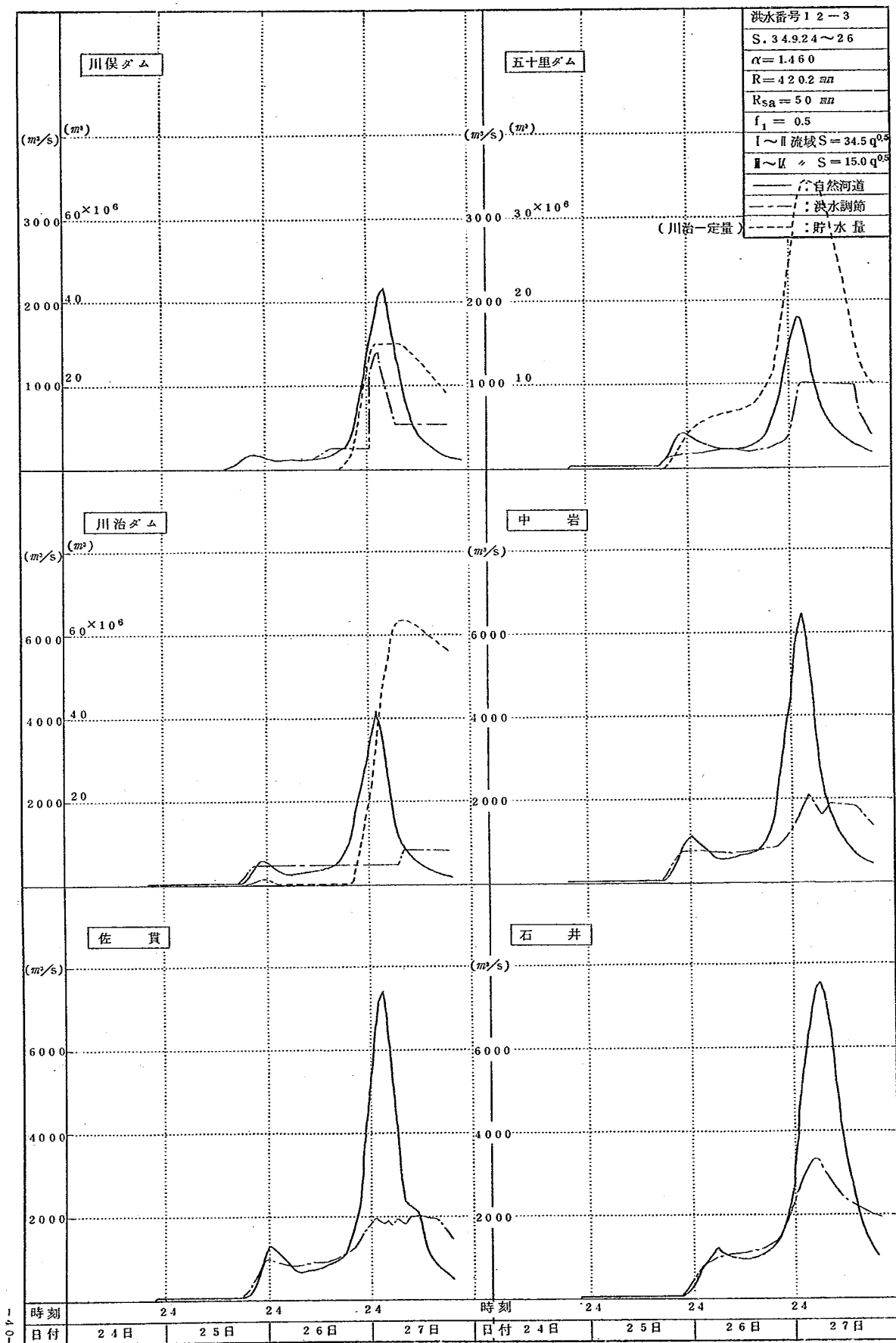


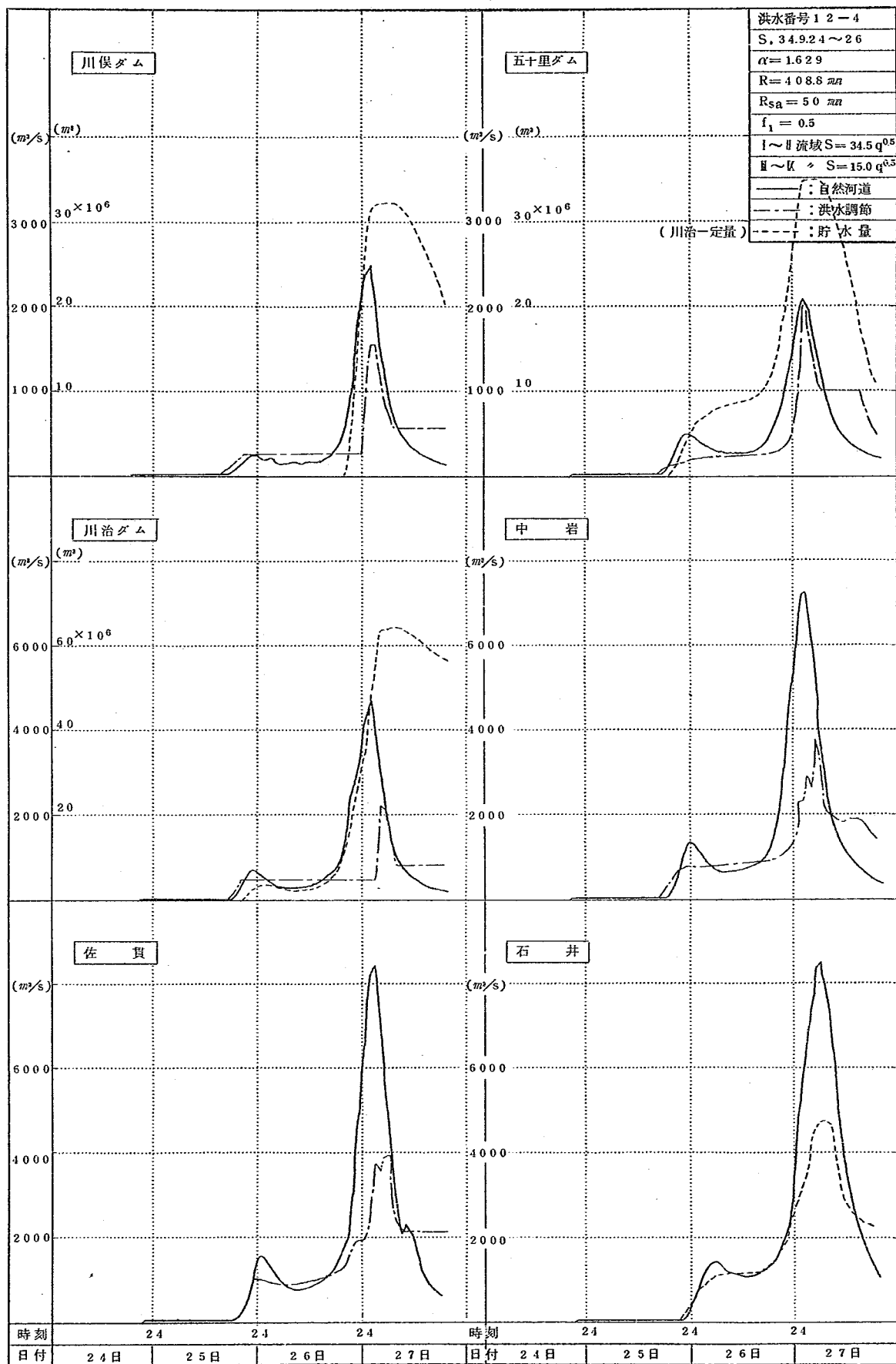


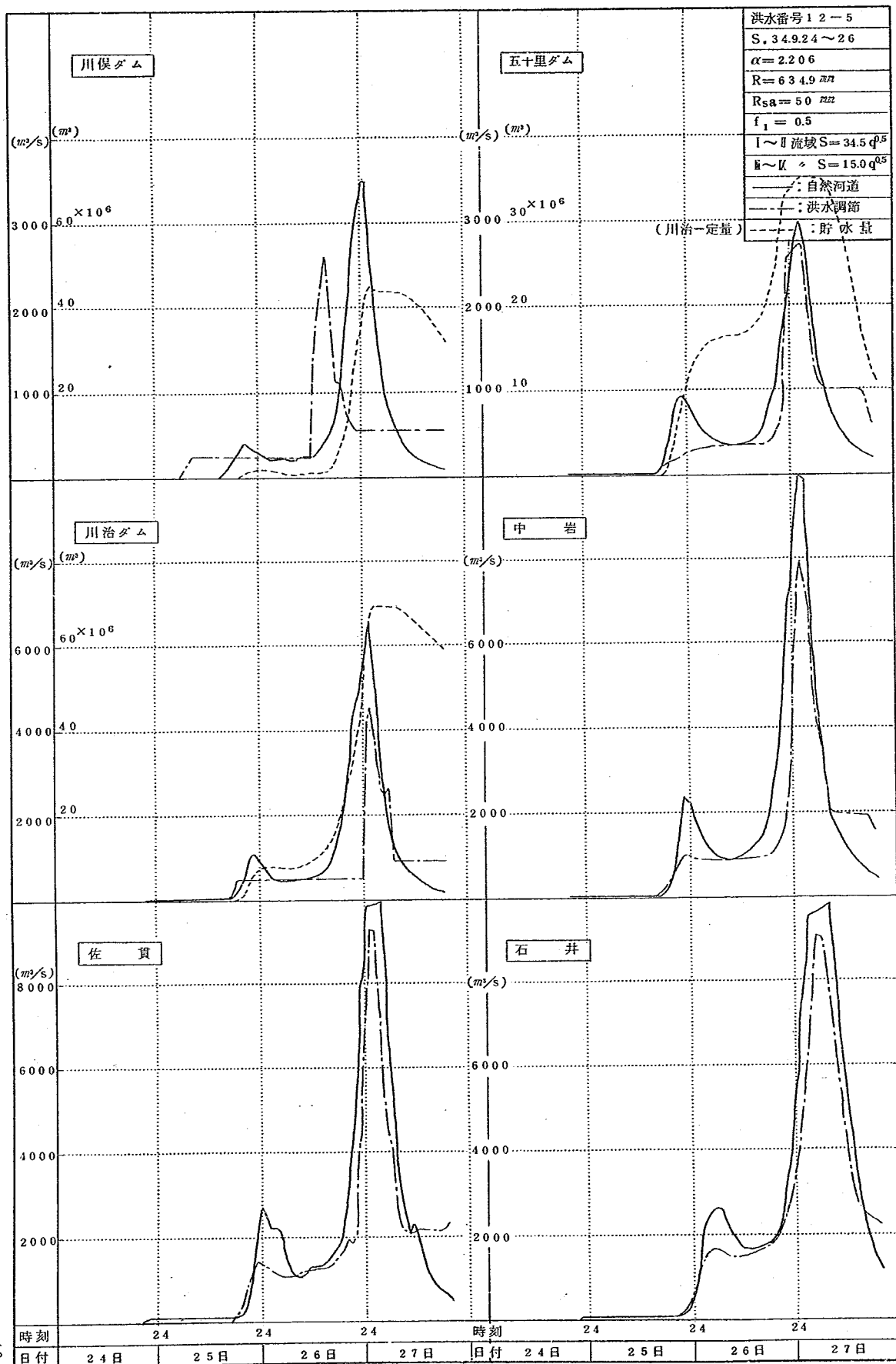
洪水番号 12-1
 $S = 34.924 \sim 26$
 $\alpha = 0.705$
 $R = 202.9 \text{ mm}$
 $R_{sa} = 50 \text{ mm}$
 $f_1 = 0.5$
 $I \sim II \text{ 流域 } S = 34.5 q^{0.5}$
 $III \sim IV \text{ 流域 } S = 15.0 q^{0.5}$
 ——— : 自然河道
 - - - : 洪水調節
 - - - : 貯水量
 (川治一定量)

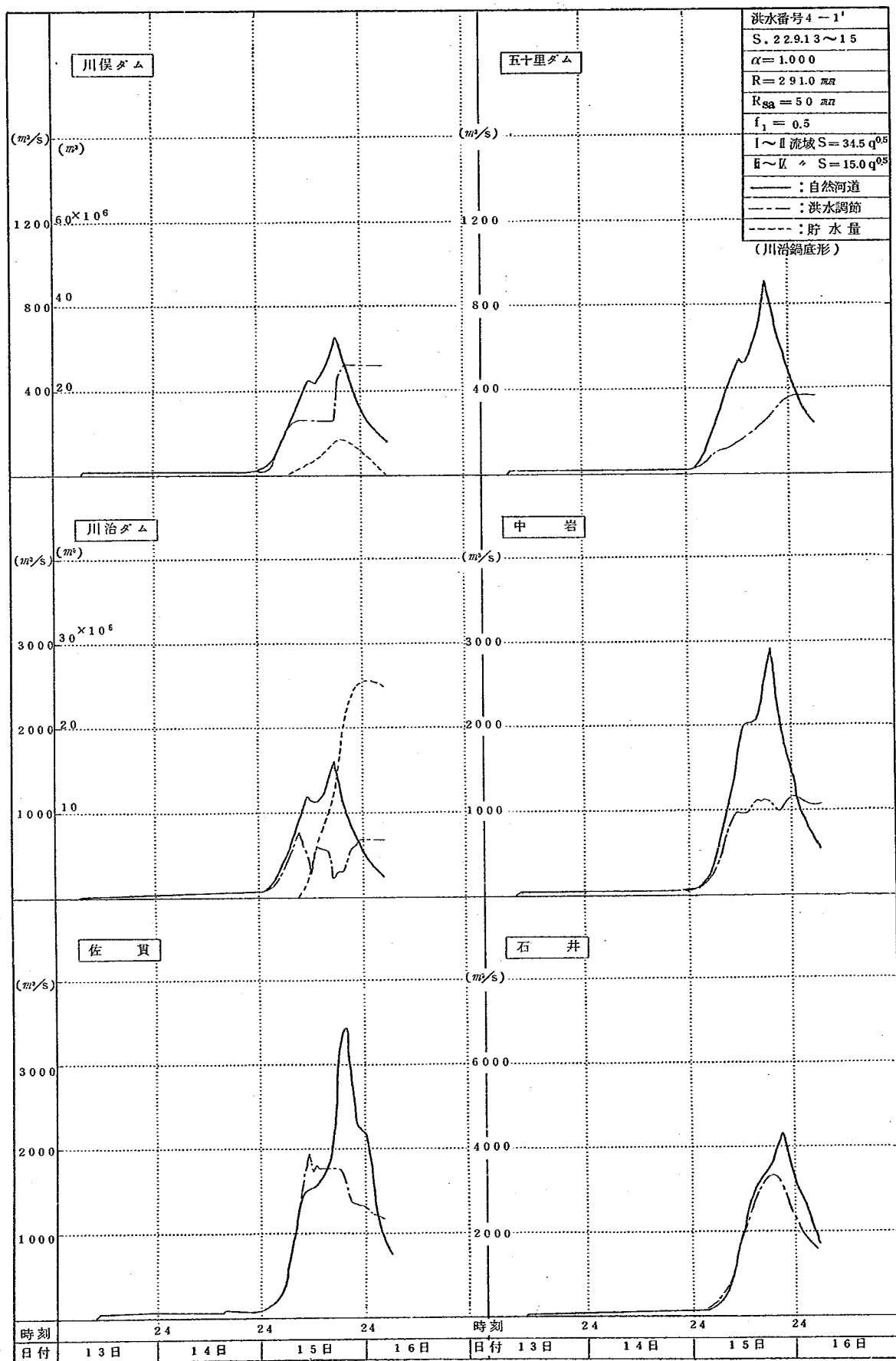


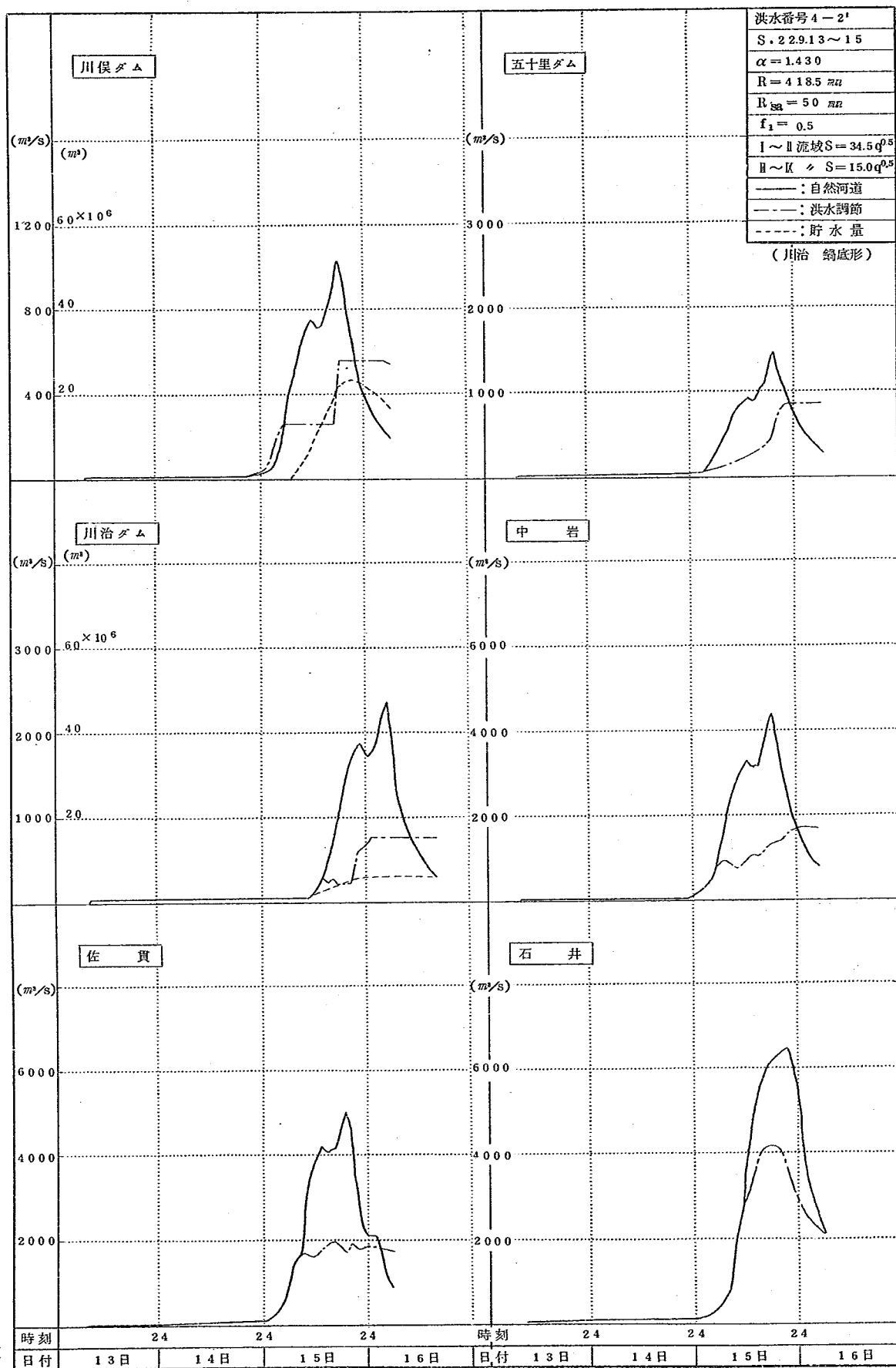




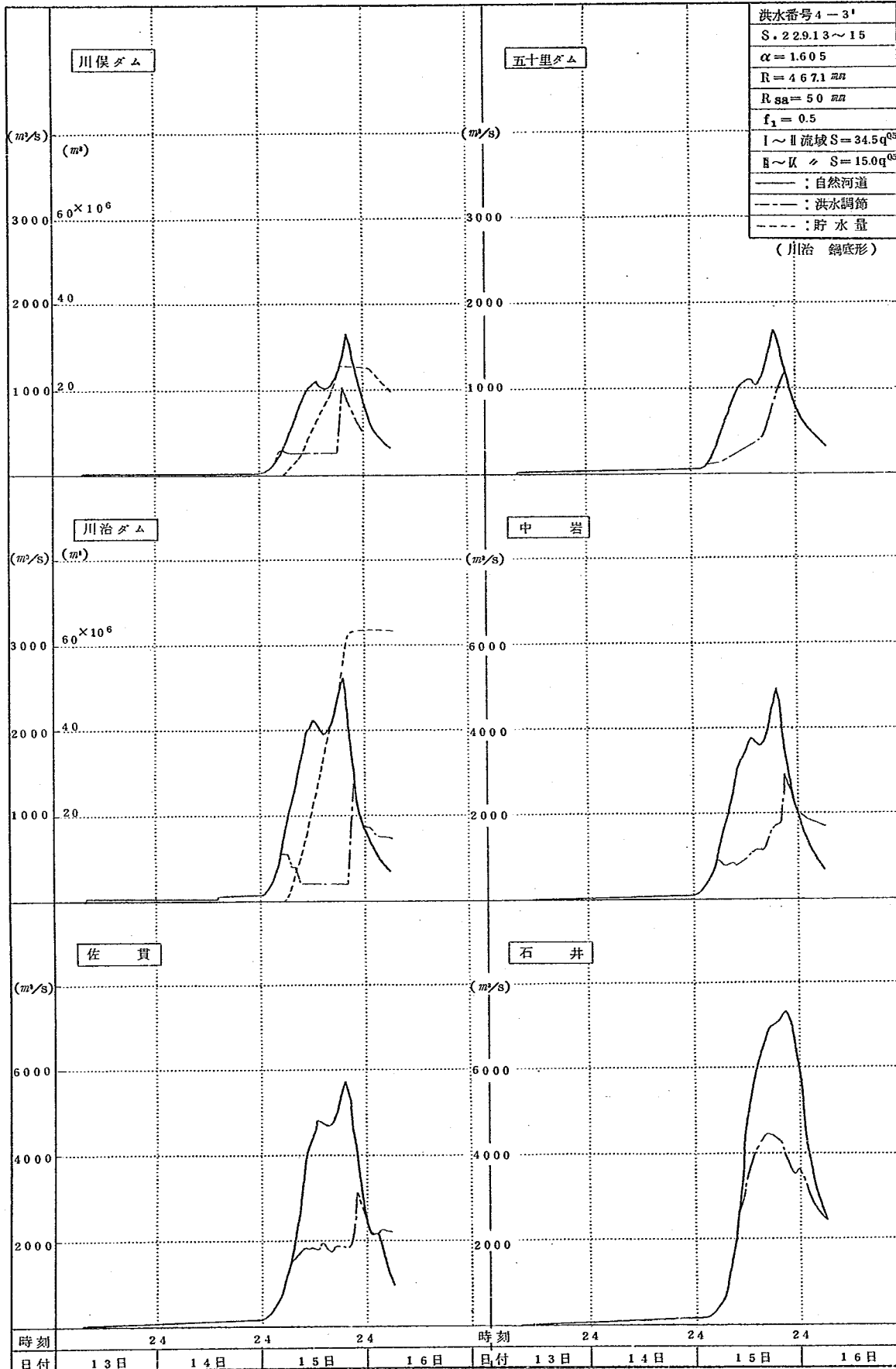






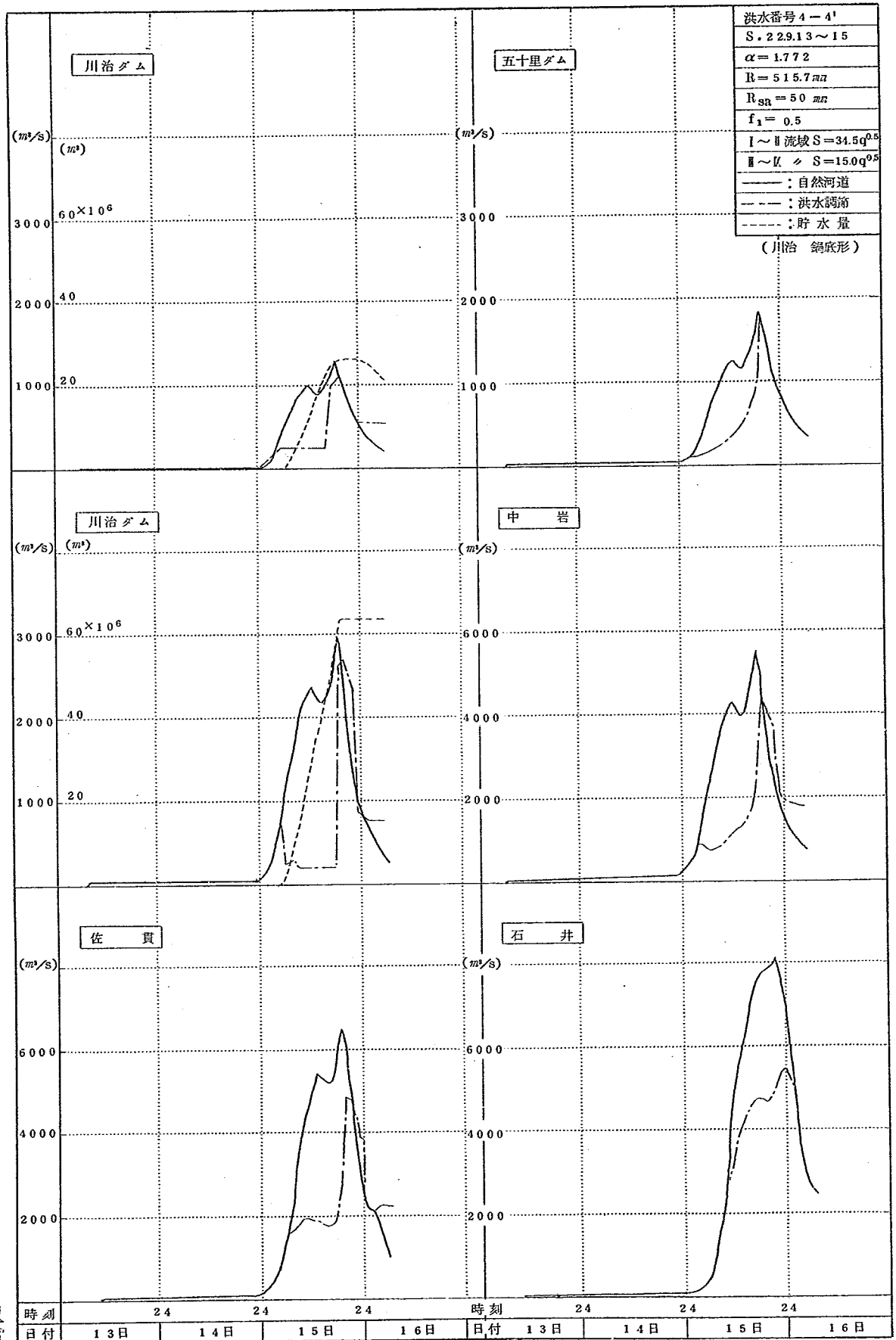


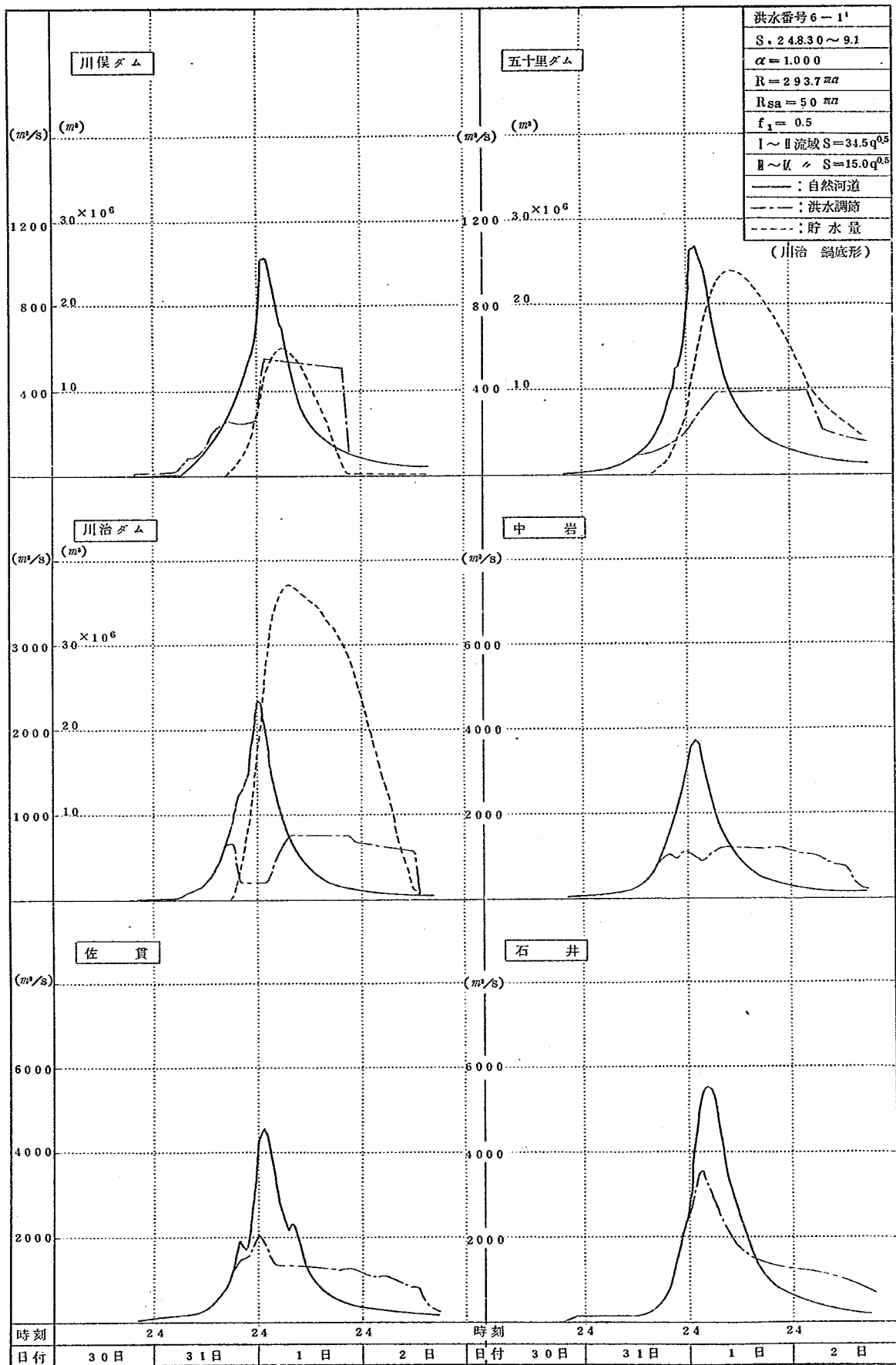
洪水番号 4-3'
S. 229.13~15
$\alpha = 1.605$
R = 467.1 mm
Rsa = 50 mm
$f_1 = 0.5$
I ~ II 流域 S = 34.5q ^{0.9}
III ~ IV S = 15.0q ^{0.9}
—— : 自然河道
---- : 洪水調節
- - - : 貯水量
(川治 鍋底形)



洪水番号 4-4'
 $S. 2.29.13 \sim 15$
 $\alpha = 1.772$
 $R = 515.7 \text{ mm}$
 $R_{sa} = 50 \text{ mm}$
 $f_1 = 0.5$
 $I \sim II \text{ 流域 } S = 34.5 q^{0.5}$
 $III \sim IV \text{ 流域 } S = 15.0 q^{0.5}$
 ——— : 自然河道
 - - - : 洪水調節
 - - - : 貯水量

(川治 鍋底形)





洪水番号 6-2'

$S = 248.30 \sim 9.1$

$\alpha = 1.438$

$R = 422.3 \text{ mm}$

$Rsa = 50 \text{ mm}$

$f_1 = 0.5$

I ~ II 流域 $S = 34.5q^{0.5}$

III ~ IV 流域 $S = 15.0q^{0.5}$

—— : 自然河道

- - - : 洪水調節

--- : 貯水量

(川治 鍋底形)

川俣ダム

(m^3/s) (m^3)

30×10^6

1200

800

400

五十里ダム

(m^3/s) (m^3)

30×10^6

3000

2000

1000

川治ダム

(m^3/s) (m^3)

60×10^6

6000

4000

2000

中 岩

(m^3/s)

6000

4000

2000

佐 貫

(m^3/s)

6000

4000

2000

石 井

(m^3/s)

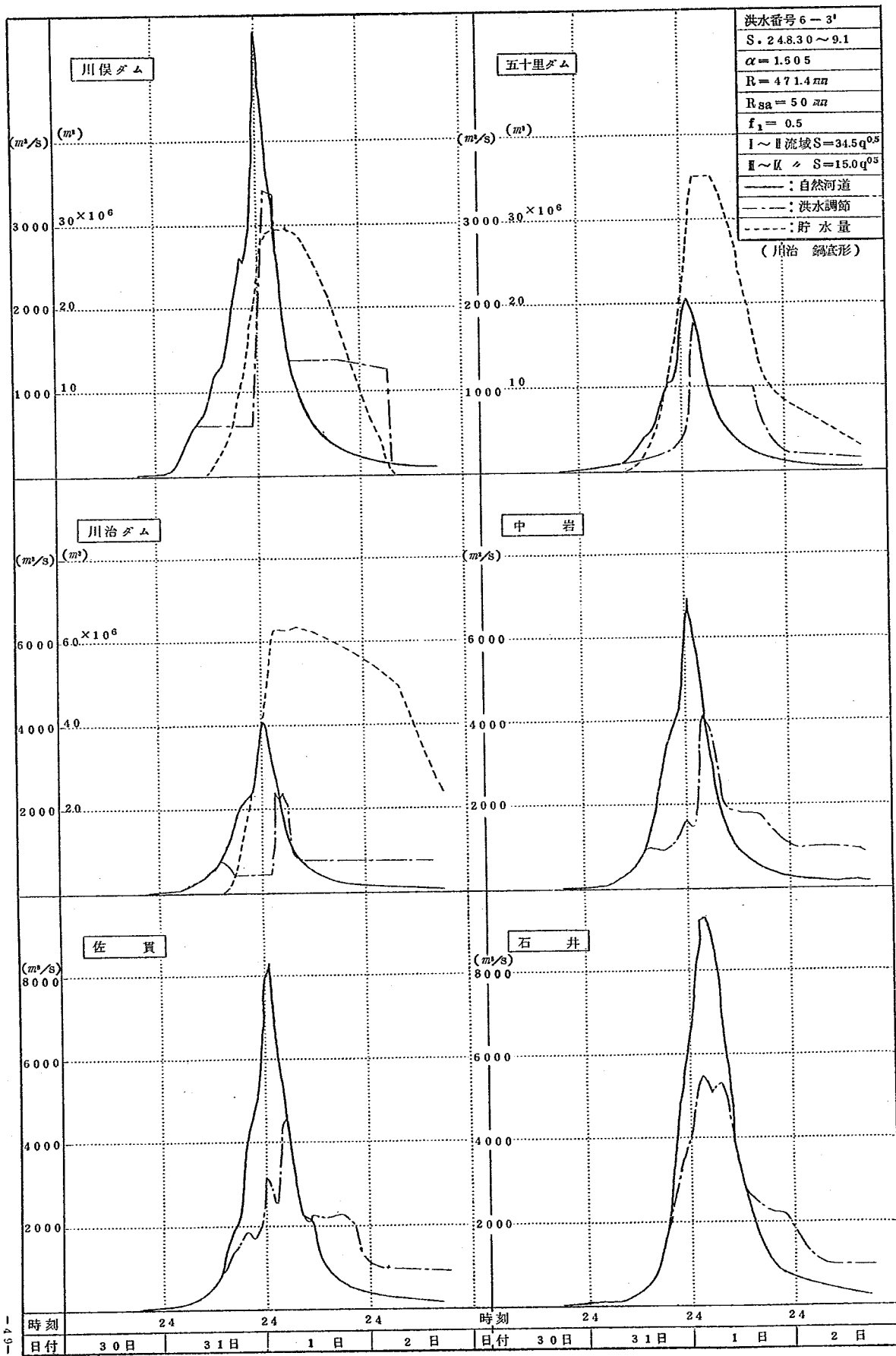
8000

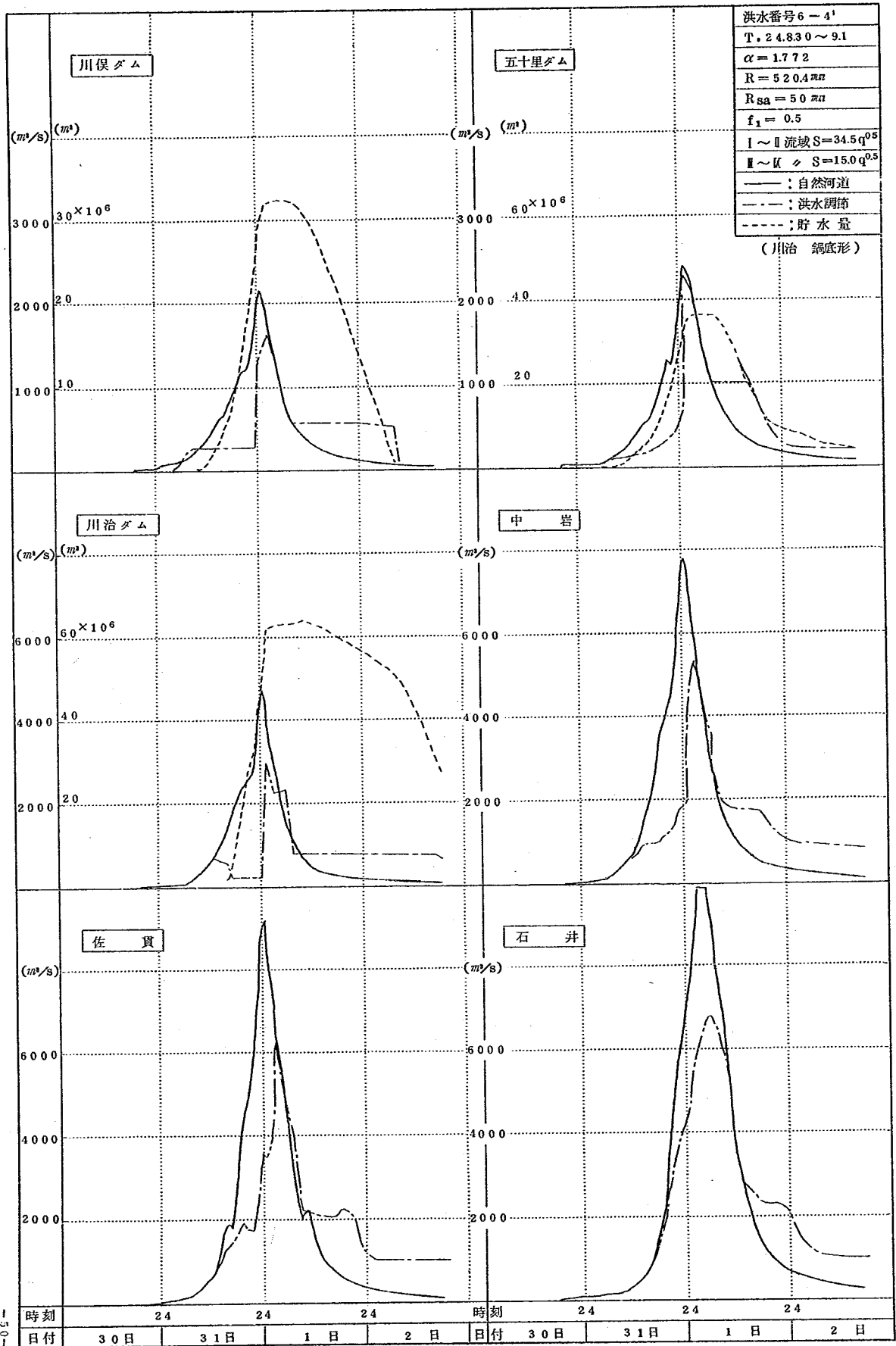
6000

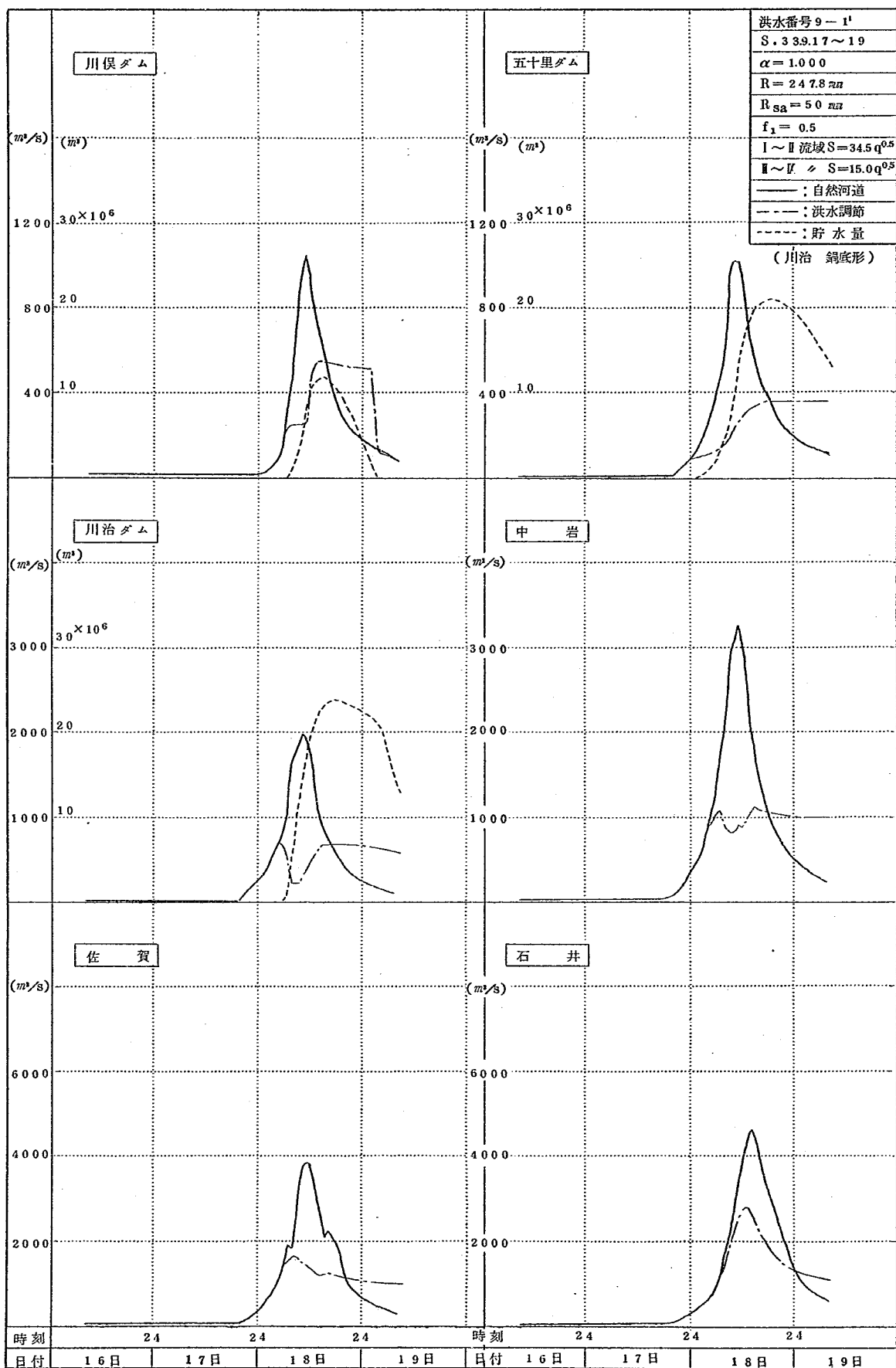
4000

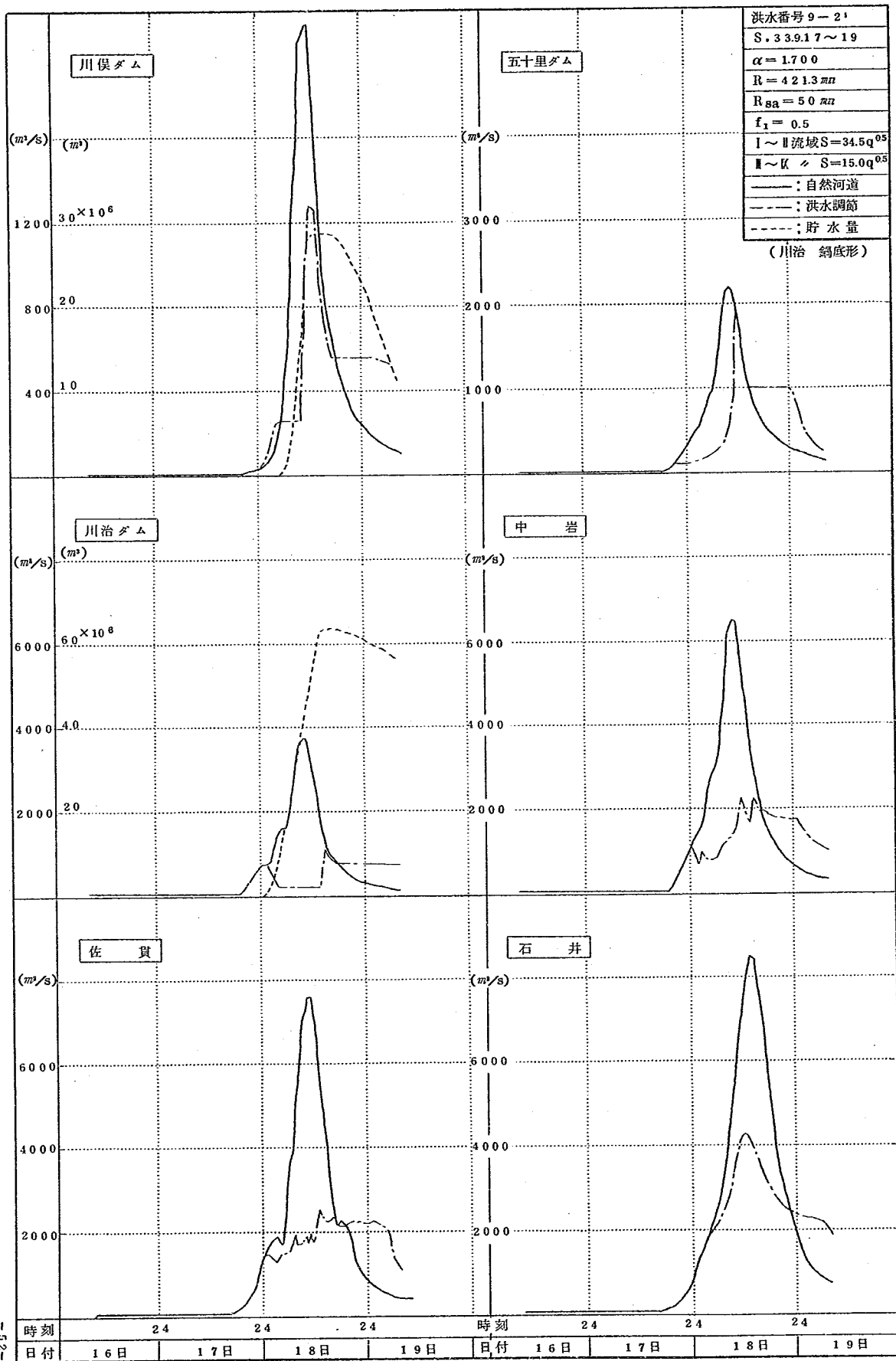
2000

時刻 24 24 24 時刻 24 24 24
日付 30日 31日 1日 2日 日付 30日 31日 1日 2日









洪水番号 9-3'

$S = 339.17 \sim 19$

$\alpha = 2000$

$R = 495.6 \text{ mm}$

$R_{sa} = 50 \text{ mm}$

$f_1 = 0.5$

I ~ II 流域 $S = 34.5 q^{0.5}$

II ~ K 流域 $S = 15.0 q^{0.5}$

—: 自然荷道

- - -: 洪水調節

---: 貯水量

(川治 鍋底形)

