慮されていない。

⑥　流観値の妥当性（特に氾濫時）

①については，７日雨量程度までは概ね妥当という結論が得られているが，日雨量については今後更に検討の必要があるかも知れない。

②の有効雨量を含め，諸常数については今後検討を重ねる必要があるが，③と④の Q_B の初期値については若干の検討結果を後述する。

⑤，⑥については氾濫による流量の低減を考慮したモデルを付加する必要があると考えられるが，そのためには，氾濫実態をより正確にするようつとめる必要がある。

最後にこの方法で注意すべき点を述べると次のとおりである。

◎　RS，RIを実績流量と計算流量の比で拡大，縮小するのでフローチャートに示すように，いったん $R_I=0$ となると以後の計算では常に $R_I=0$，その結果 $\beta=1.0$ となるので，一洪水の追跡をした後，更に次の洪水を追跡するときは，再度 Q_B の初期値を与えなおして計算を開始する必要がある。

5－2－4　洪水予測モデルについて

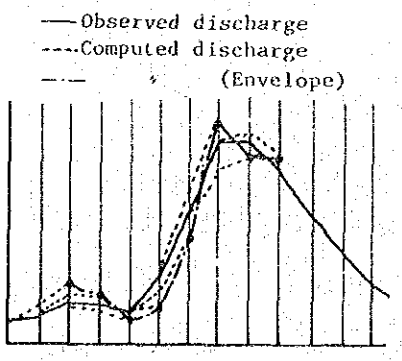
1.　概要

今回検討した手法により，K－10での洪水を予測するのには，最新データ日以後の降雨の予測値をインプットする必要があるが，この降雨予測については今後更に検討することとし，ここでは最新データ日以後降雨がないとした場合のハイドログラフを求め，実績流量と比較し予測が可能かどうかの検討を行った。検討洪水は前項と同様の８洪水である。

2.　諸常数及び計算式

検証等とすべて同一である。

3.　結果と問題点



毎日修正計算を実施したハイドログラフの一部を図 5.14 に，この図をもとに，２日及び３日後の予測値を包絡したものを図 5.15 に示した。（参９）

前者の図より，検証時の結果とは，２～３日後の値では，それ程大きな差は生じないことがわか

る。後者の図からは，2日後の流量予測はほぼ可能であることが言え，又3日後の予測値でも目安程度には使用できるものと考えられる。

いずれにしても，諸定数及び氾濫については今後更に検討し，モデルの精度向上を計る必要があるが，ここではQ_Bの初期値，Q_Sのtime distributionについて若干の検討を行った。

① Q_B の初期値

前1カ月雨量から求めたQ_BをQ_{BO}とし，計算スタート時の実績流量をQ_Oとし次の4ケースについて結果を比較した。（Fig 5.16，参10）

1. Q_{BO}　2. $Q_{BO}/2$　3. $Q_{BO}/4$　4. $Q_O/2$

全般的には，それ程大きな差は生じないが，1972(5)のように非常にシャープな降雨の場合はピーク付近でかなり大きな差が生じることがある。

② Q_Sのtime distribution

time distributionをいろいろ変えて検討したうちの2ケースと従来の値の合計3ケースの結果を図に示したが，この結果から明らかなように，基本的なパターンである“立上りがシャープで低減がゆるやか”を変えなければ，time distributionを少々変えてもそれ程大きな差は生じない事がわかる。

Fig. 5-14-1 Observed and Computed Hydrographs

(R = 0 after T + 1 day for forecasting)

1971 Jul~ Aug.

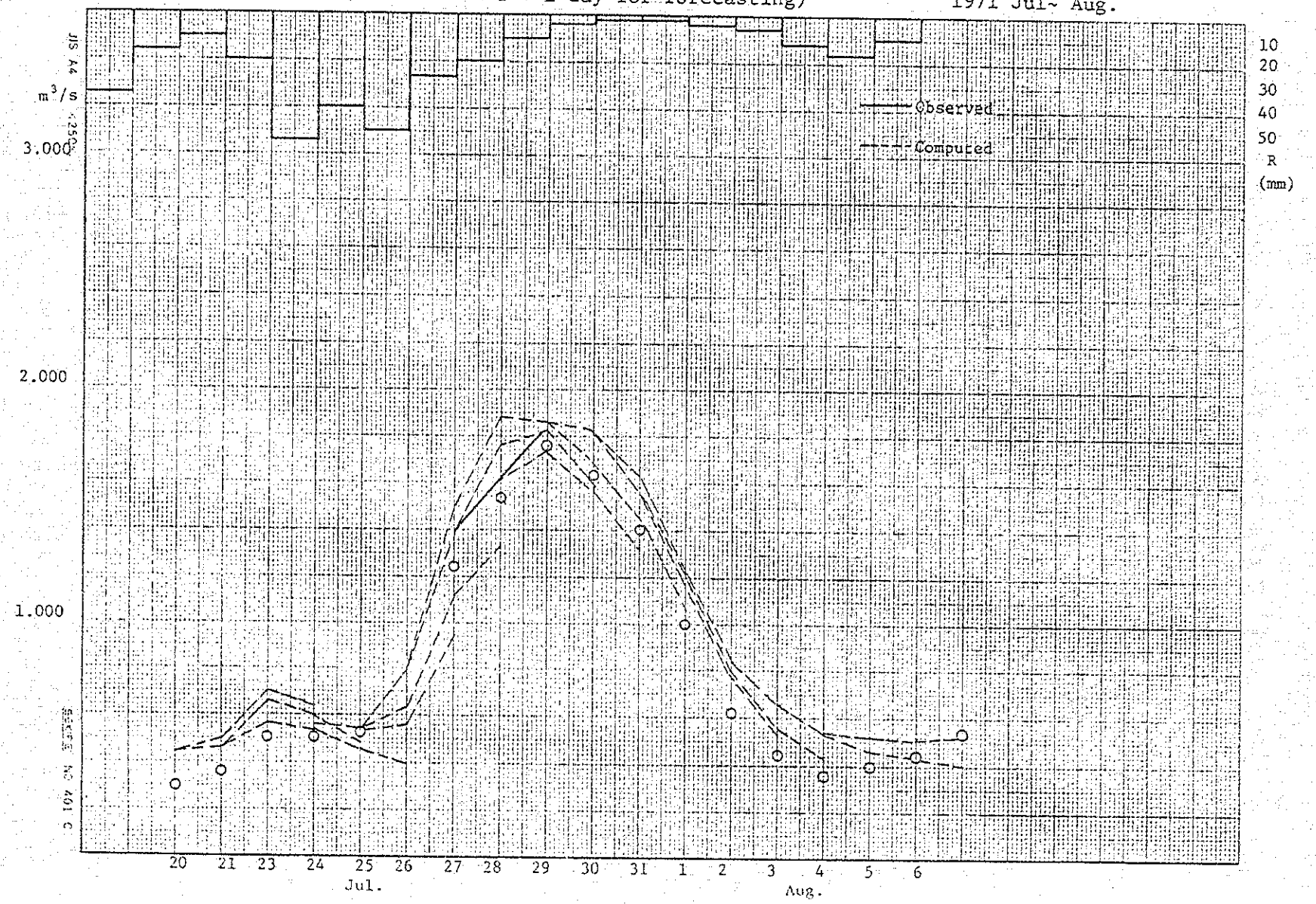


Fig. 5-14-2 Observed and Computed Hydrographs

(R = 0 after T + 1 day for forecasting) 1972 Jul.

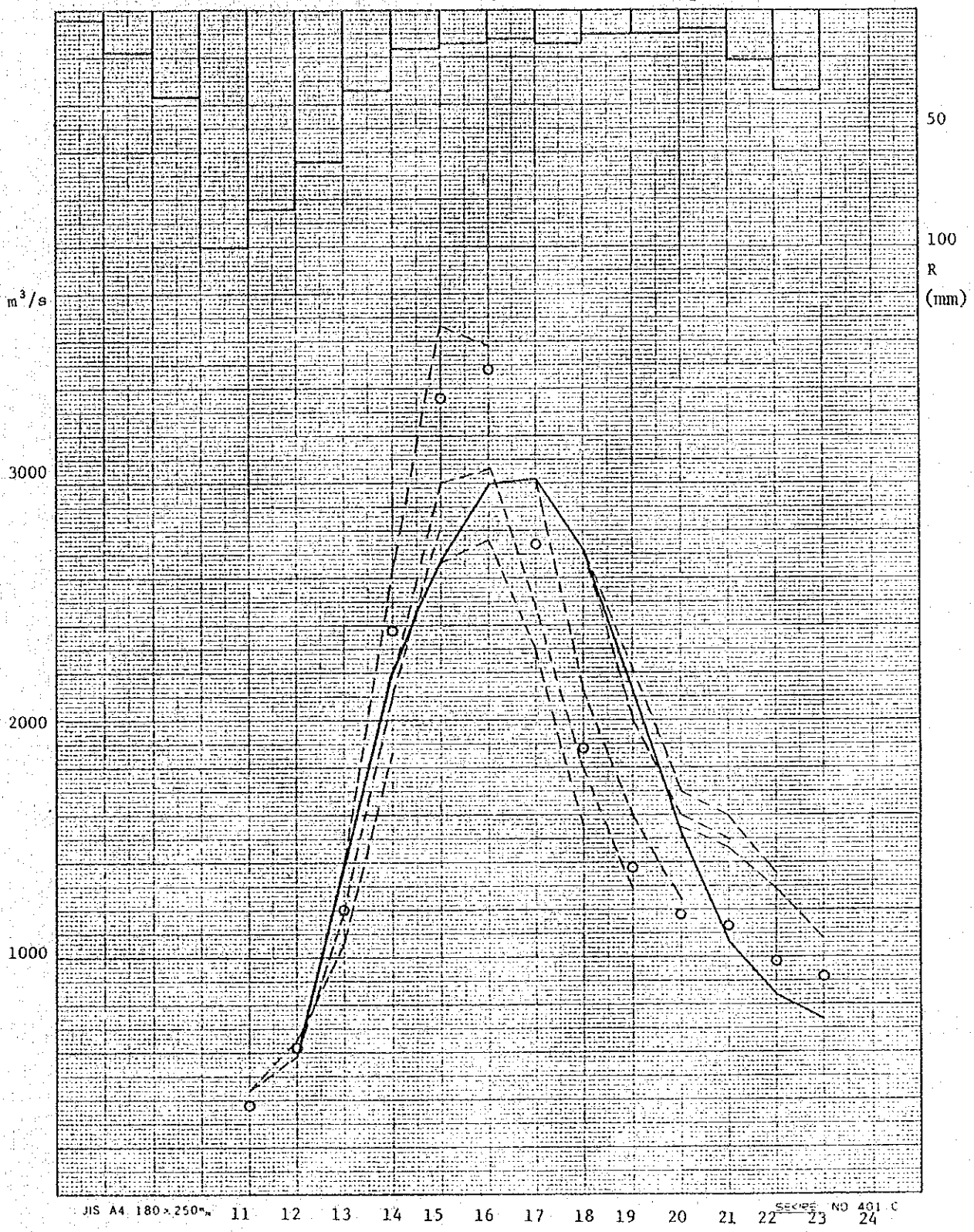


Fig. 5-14-3 Observed and Computed Hydrographs

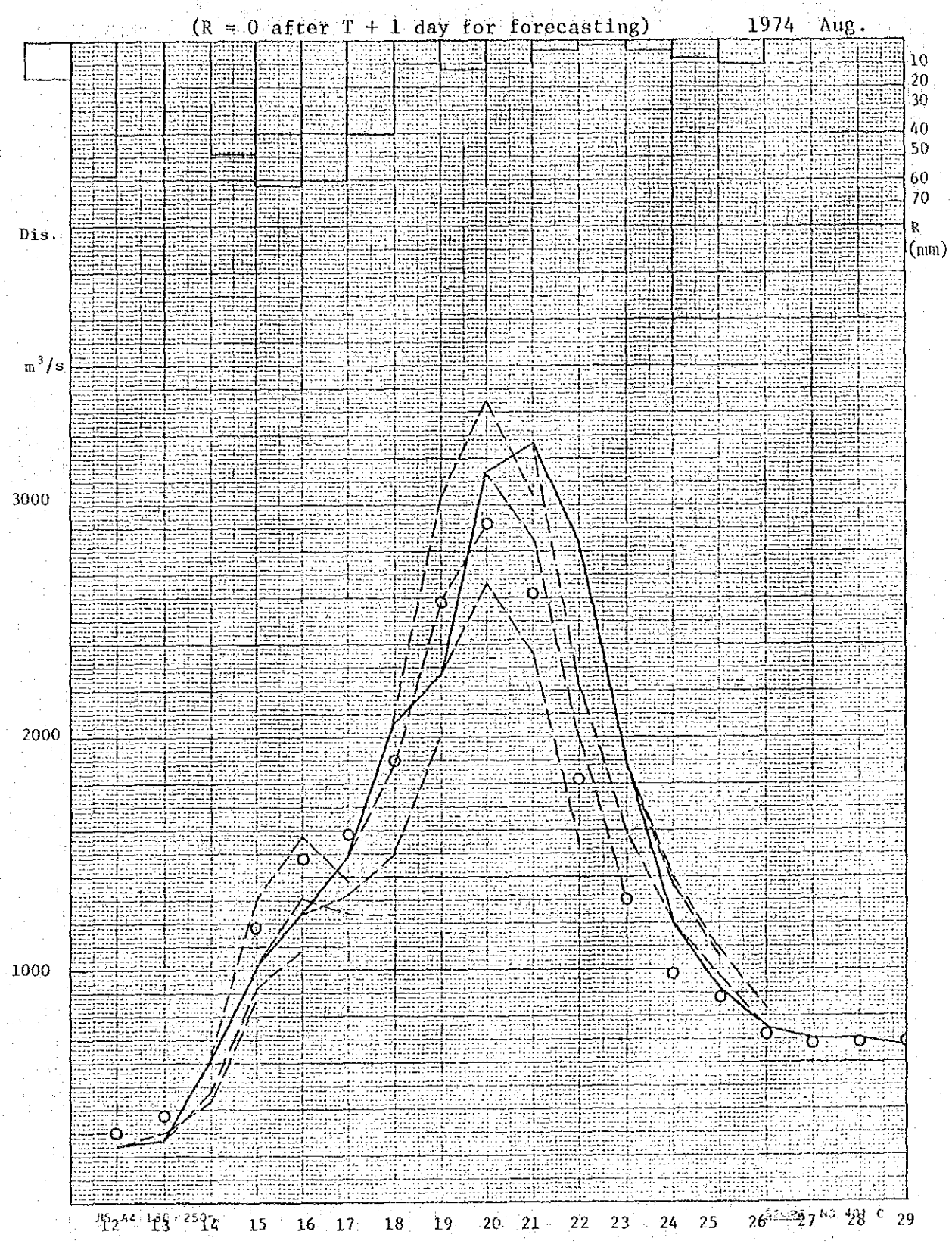


Fig. 5-15-1 Observed and Computed Hydrographs

(Forecasted values expressed by envelope)

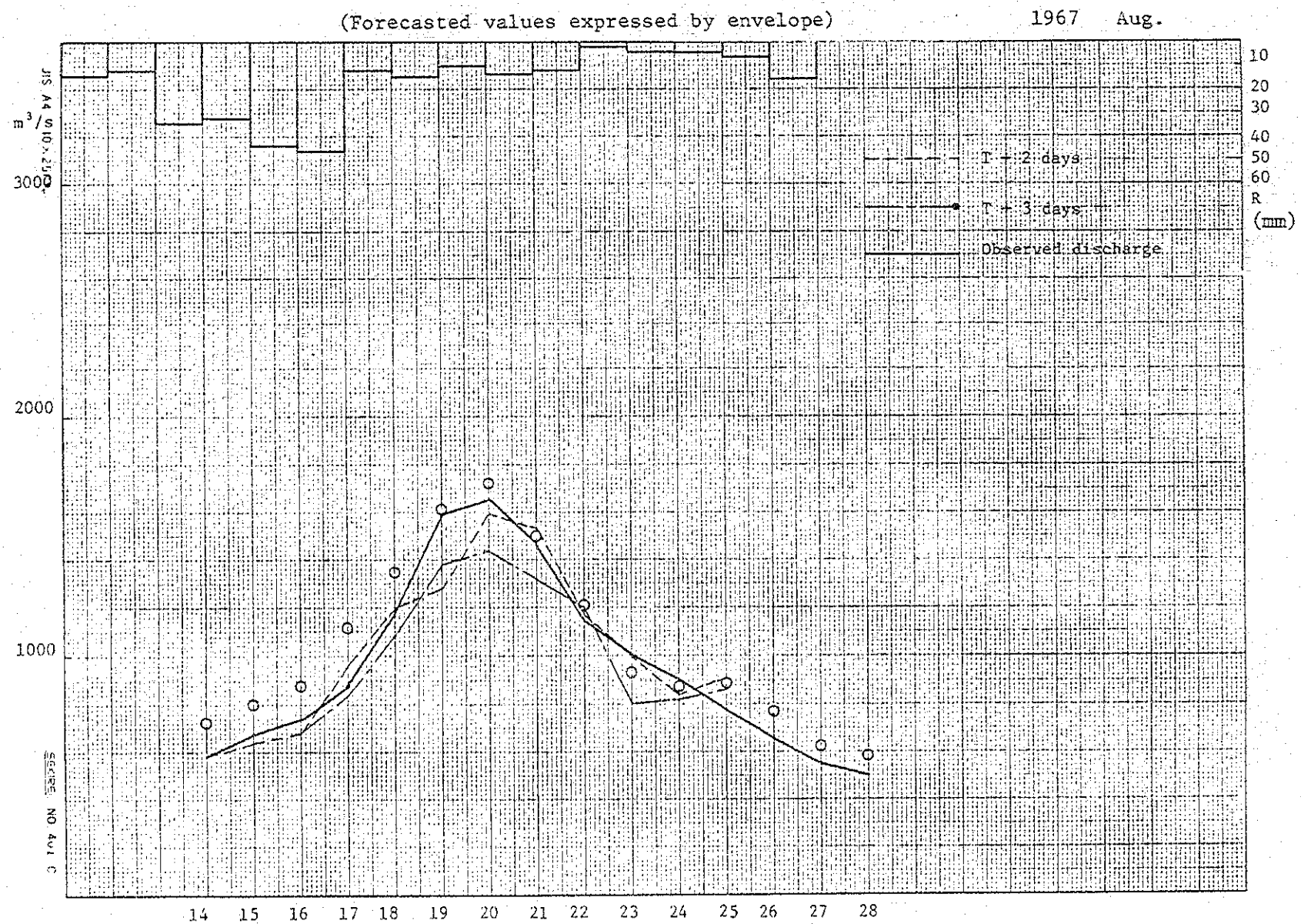


Fig. 5-15-2 Observed and Computed Hydrographs

(Forecasted values expressed by envelope)

1969 Jul.∿ Aug.

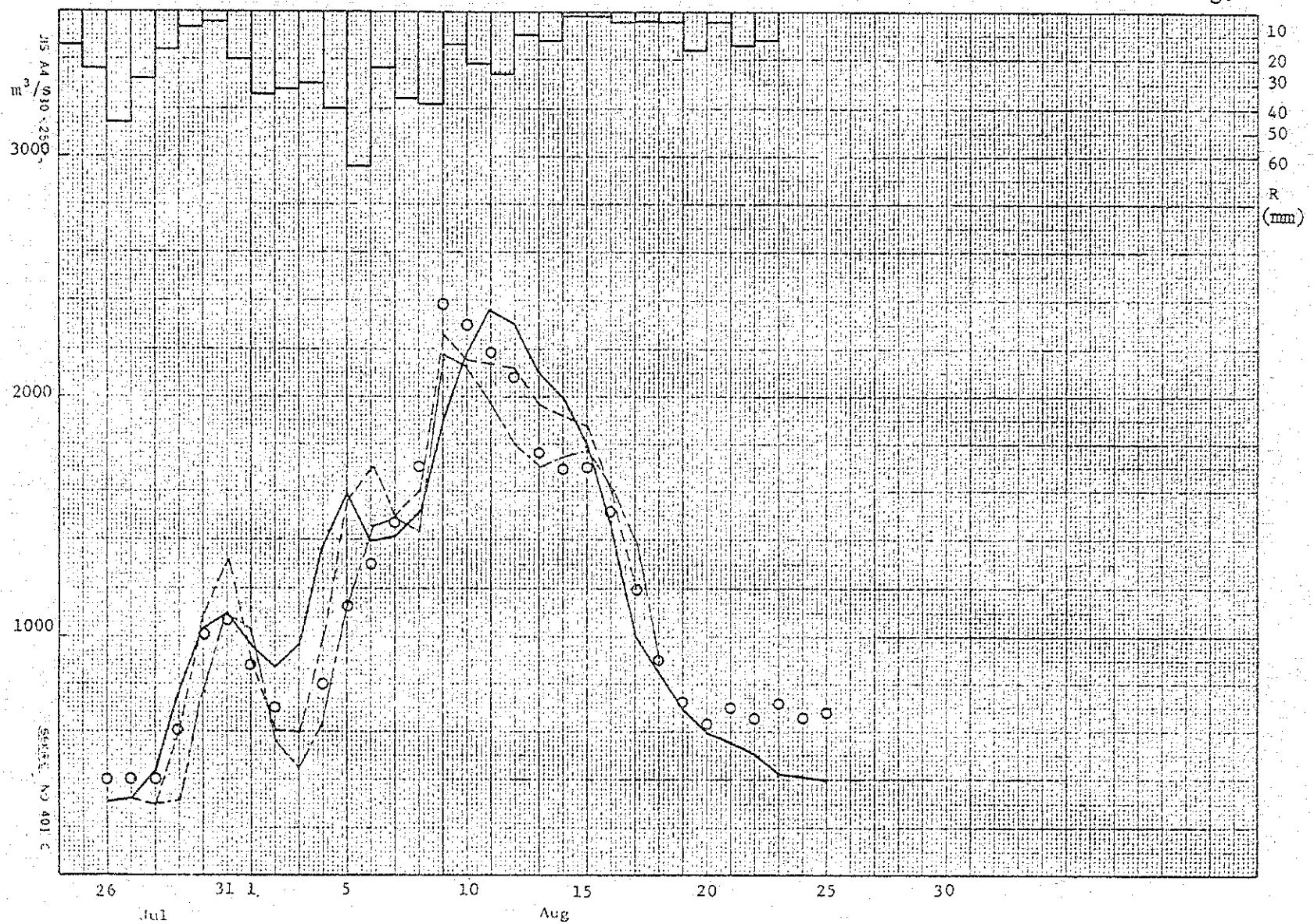


Fig. 5-15-3 Observed and Computed Hydrographs
(Forecasted values expressed by envelope)

1970 Jul.

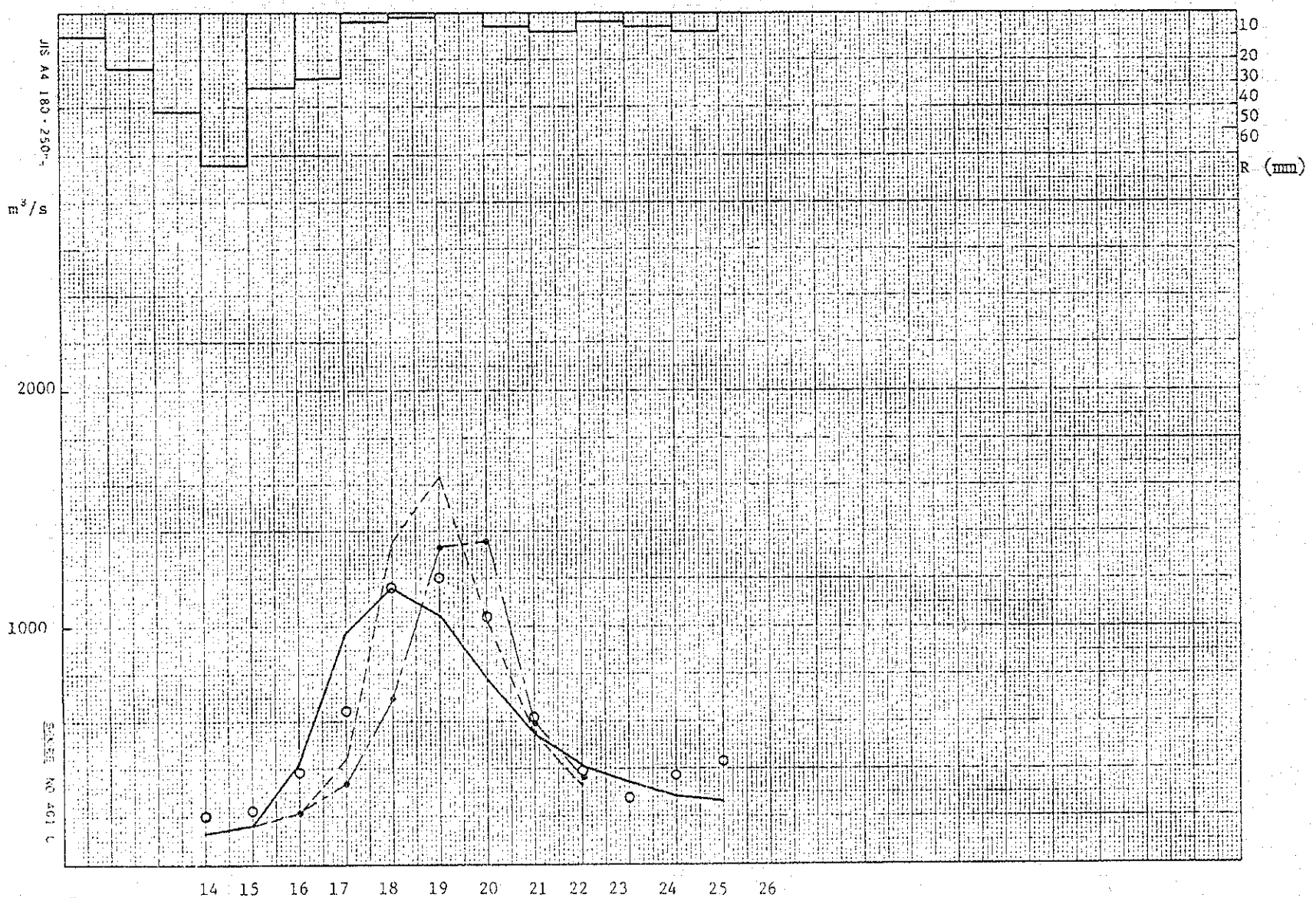


Fig. 5-15-4 Observed and Computed Hydrographs

(Forecasted values expressed by envelope)

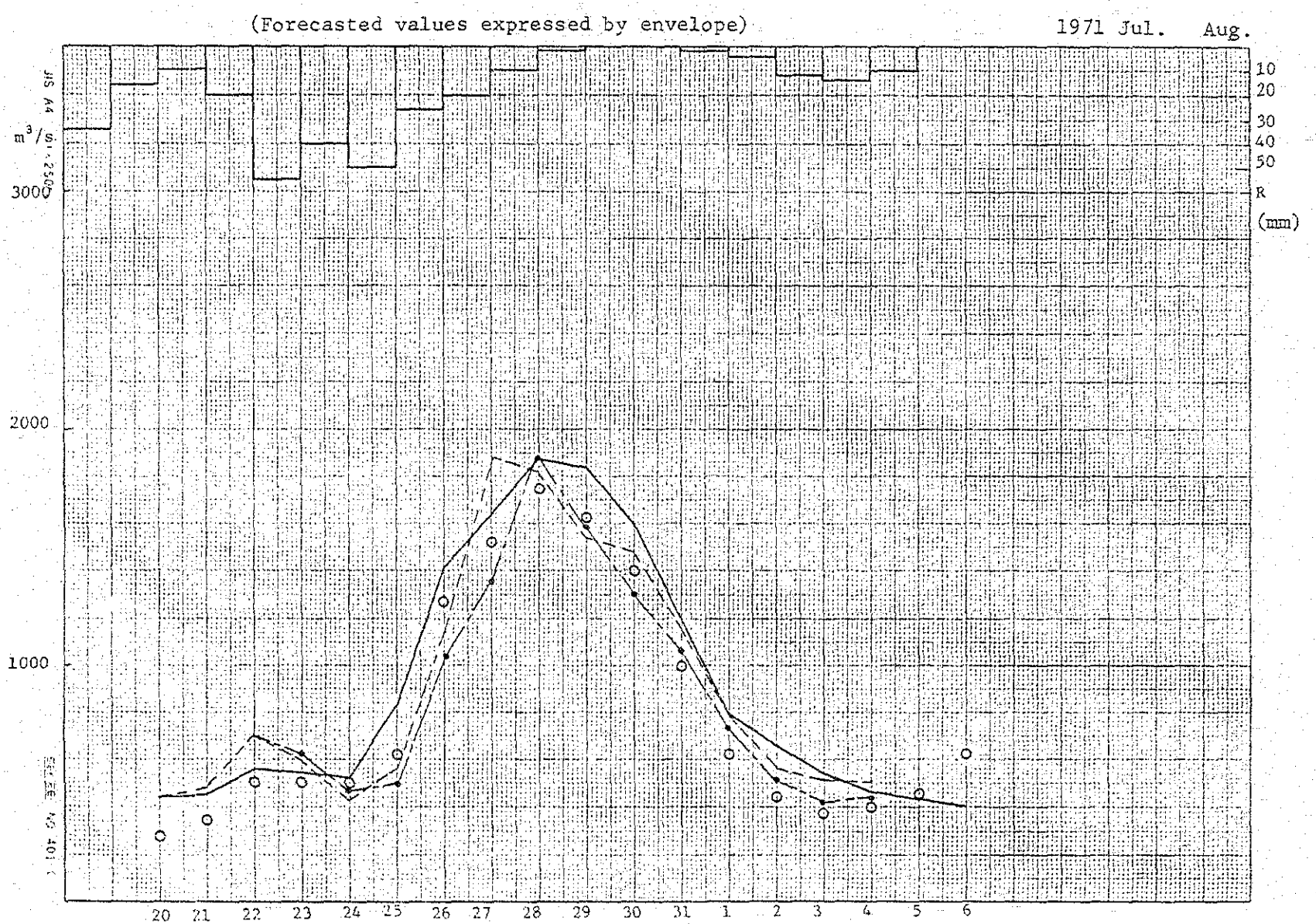


Fig. 5-15-5 Observed and Computed Hydrographs

(Forecasted values expressed by envelope) 1972 Jul.

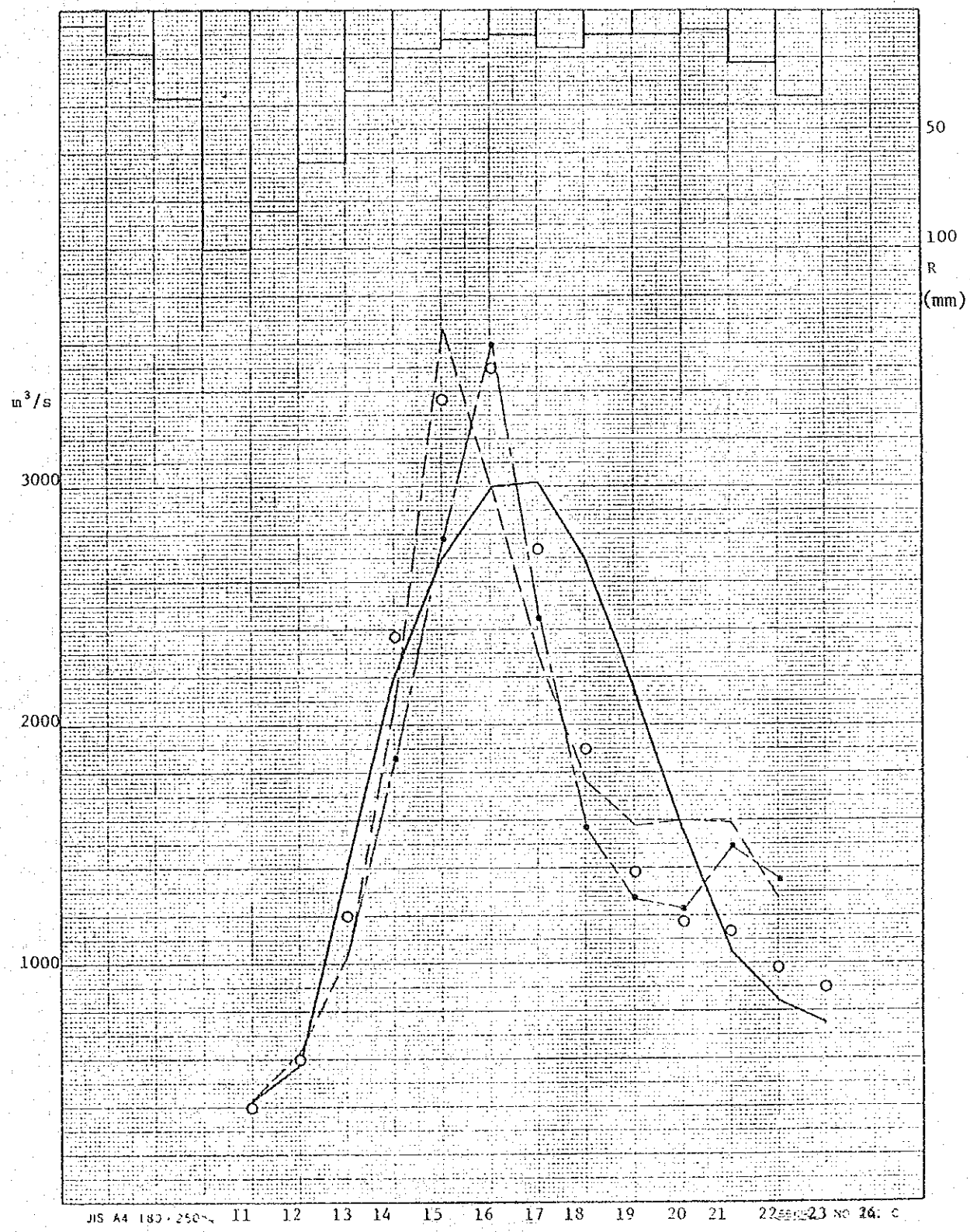


Fig. 5-15-6 Observed and Computed Hydrographs
(Forecasted values expressed by envelope)

1972 Jul.∿ Aug.

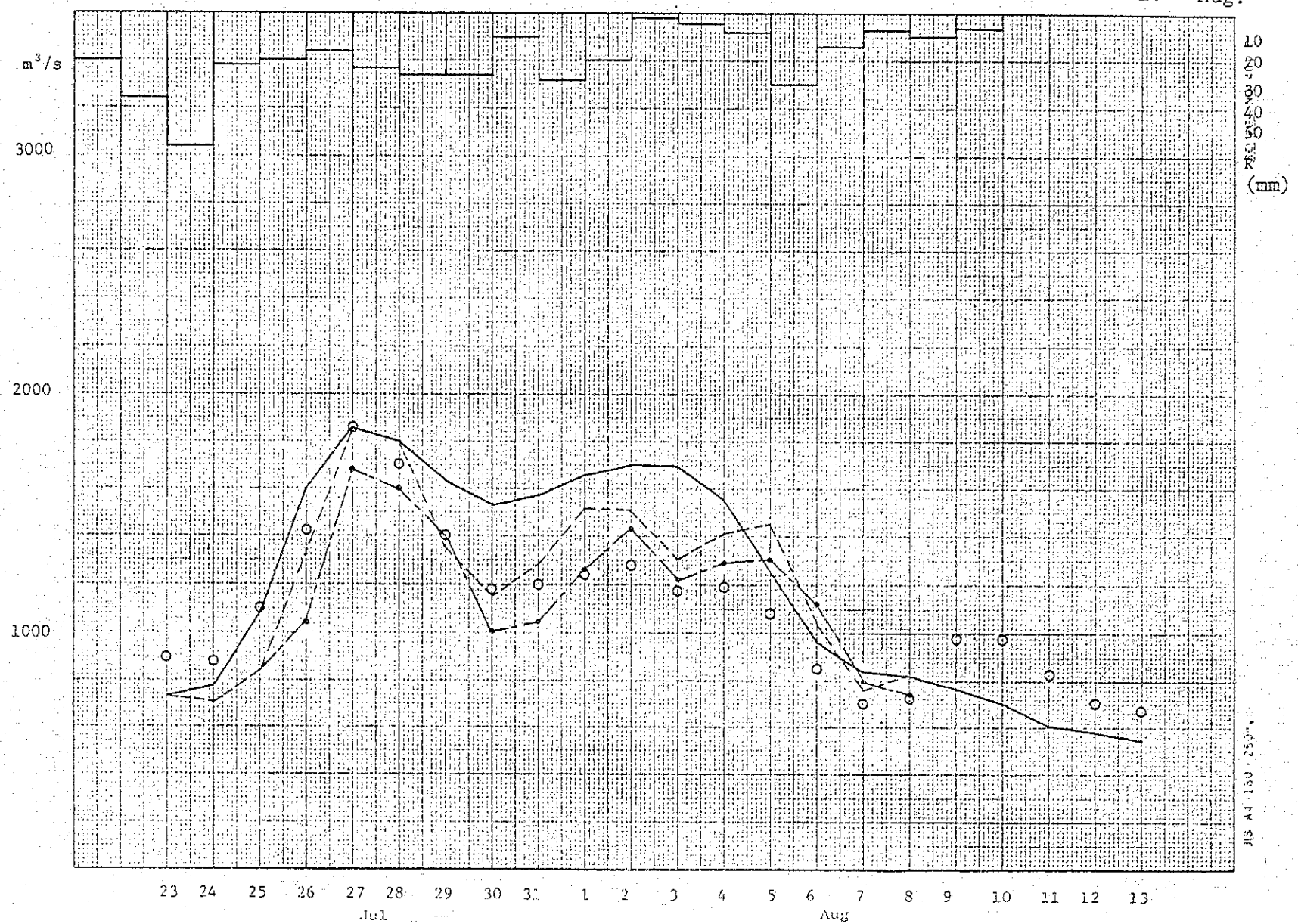


Fig. 5-15-7 Observed and Computed Hydrographs
(Forecasted values expressed by envelope)

1973 Jun.

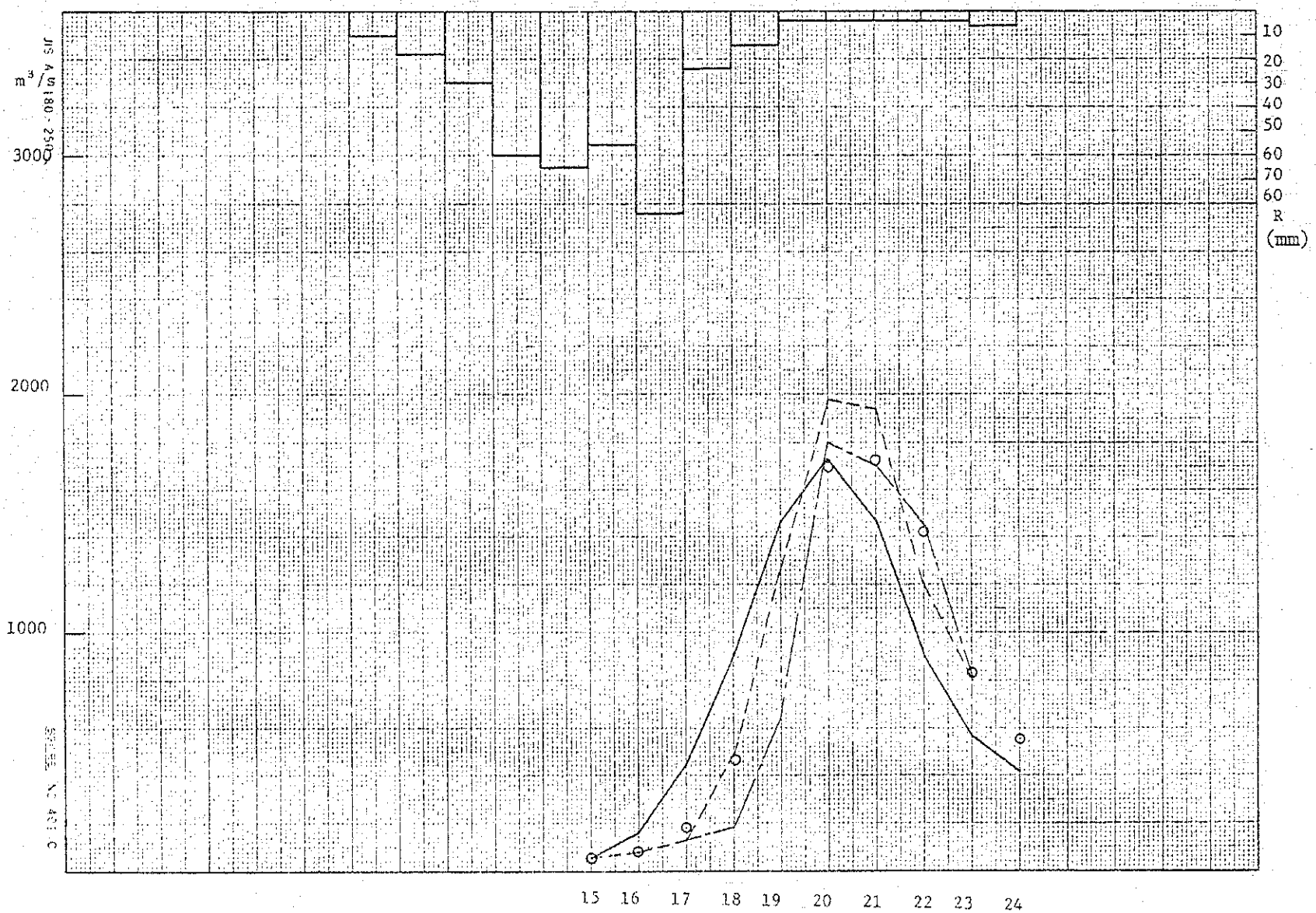


Fig. 5-15-8 Observed and Computed Hydrographs

(Forecasted values expressed by envelope) 1974 Aug.

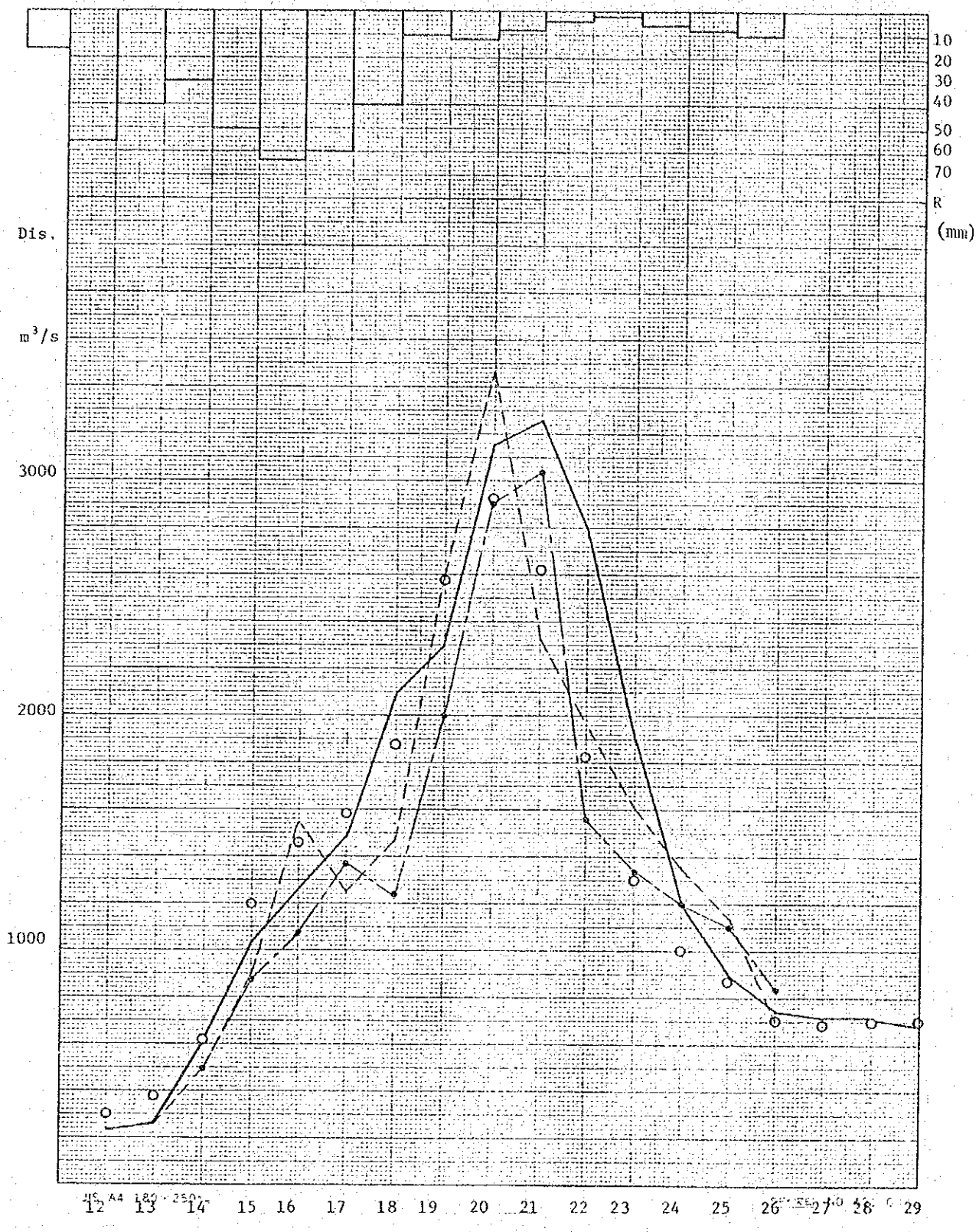


Fig. 5-16-1 Observed and Computed Hydrographs

(T + 2 days value enveloped; initial QB value changed) 1971 Jul. Aug.

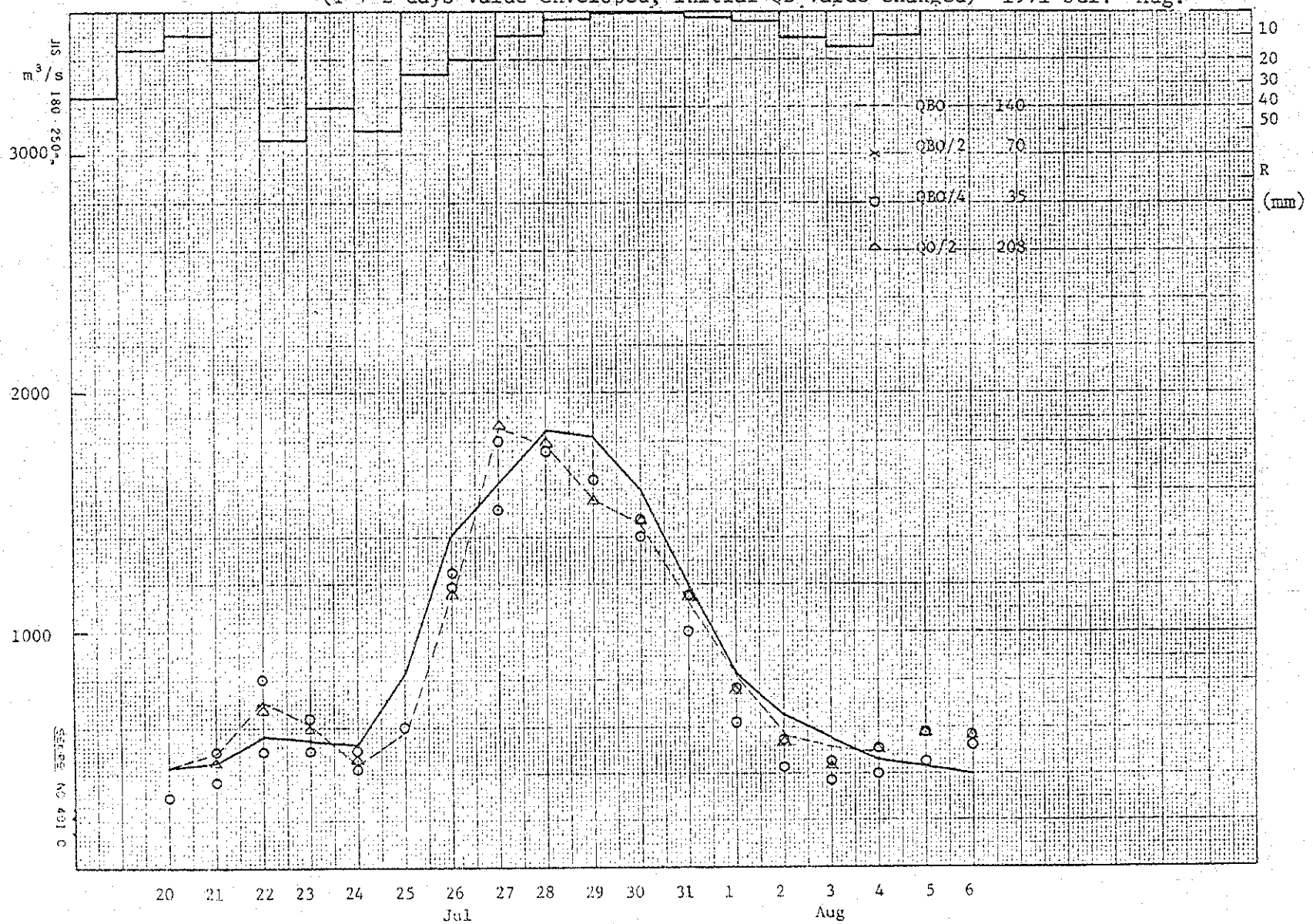


Fig. 5-16-2 Observed and Computed Hydrographs

(T + 2 days value enveloped; initial QB value changed) 1972 Jul.

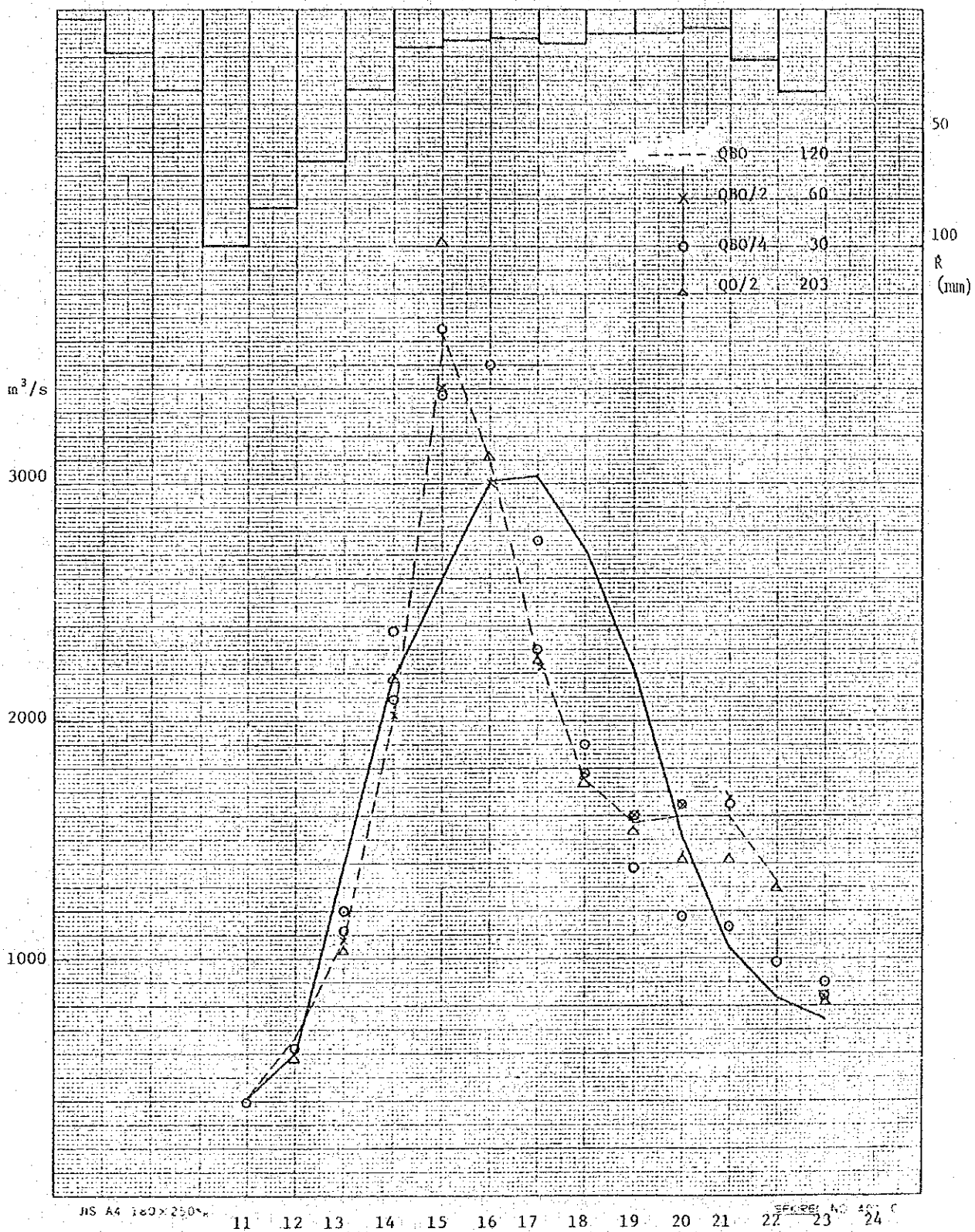


Fig. 5-16-3 Observed and Computed Hydrographs

(T + 2 days value enveloped; initial QB value changed) 1974 Aug.

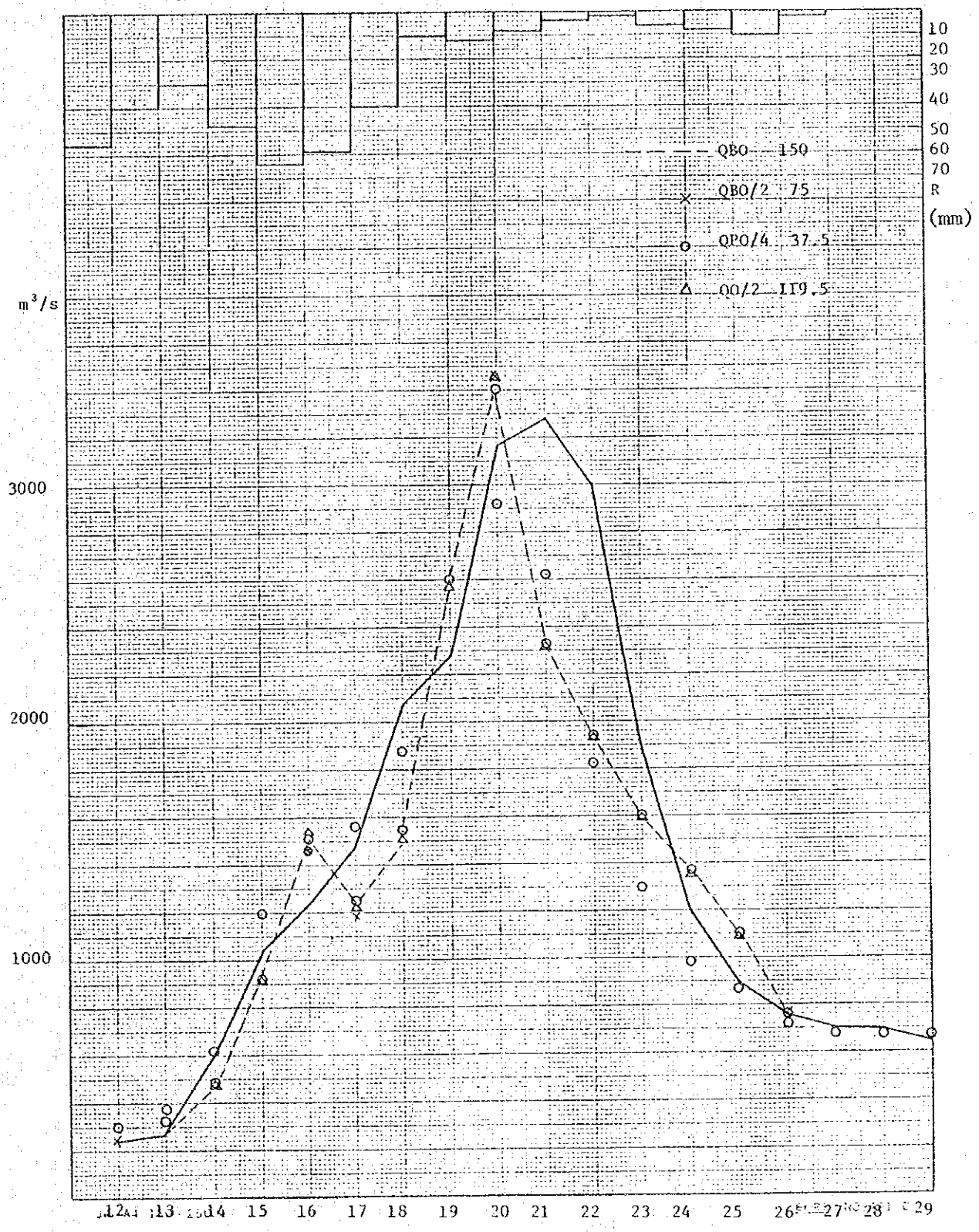


Fig. 5-17-1 Observed and Computed Hydrographs
(T + 2 days values enveloped; time distribution changed)

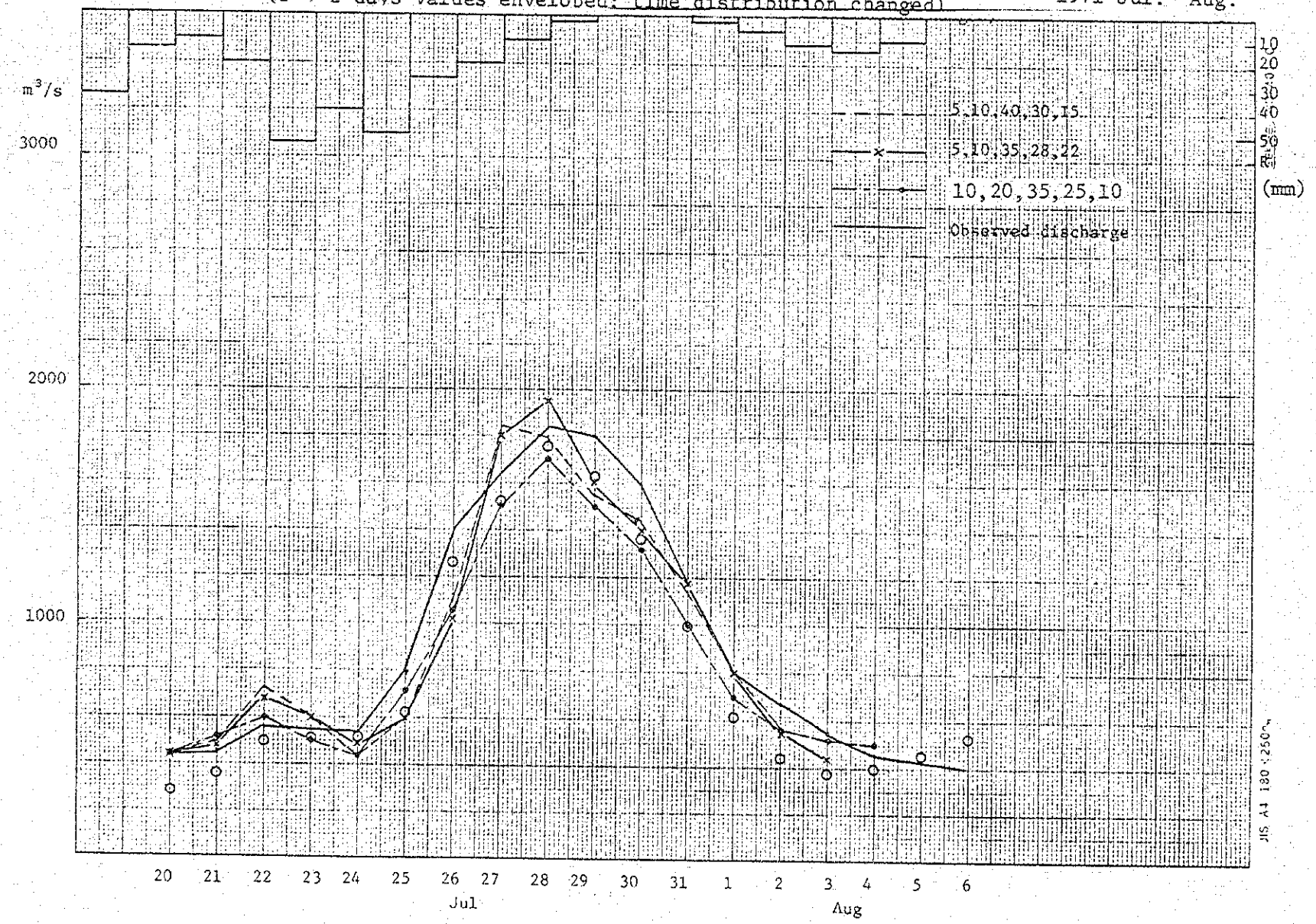


Fig. 5-17-2 Observed and Computed Hydrographs

(T + 2 days values enveloped; time distribution changed) 1972 Jul.

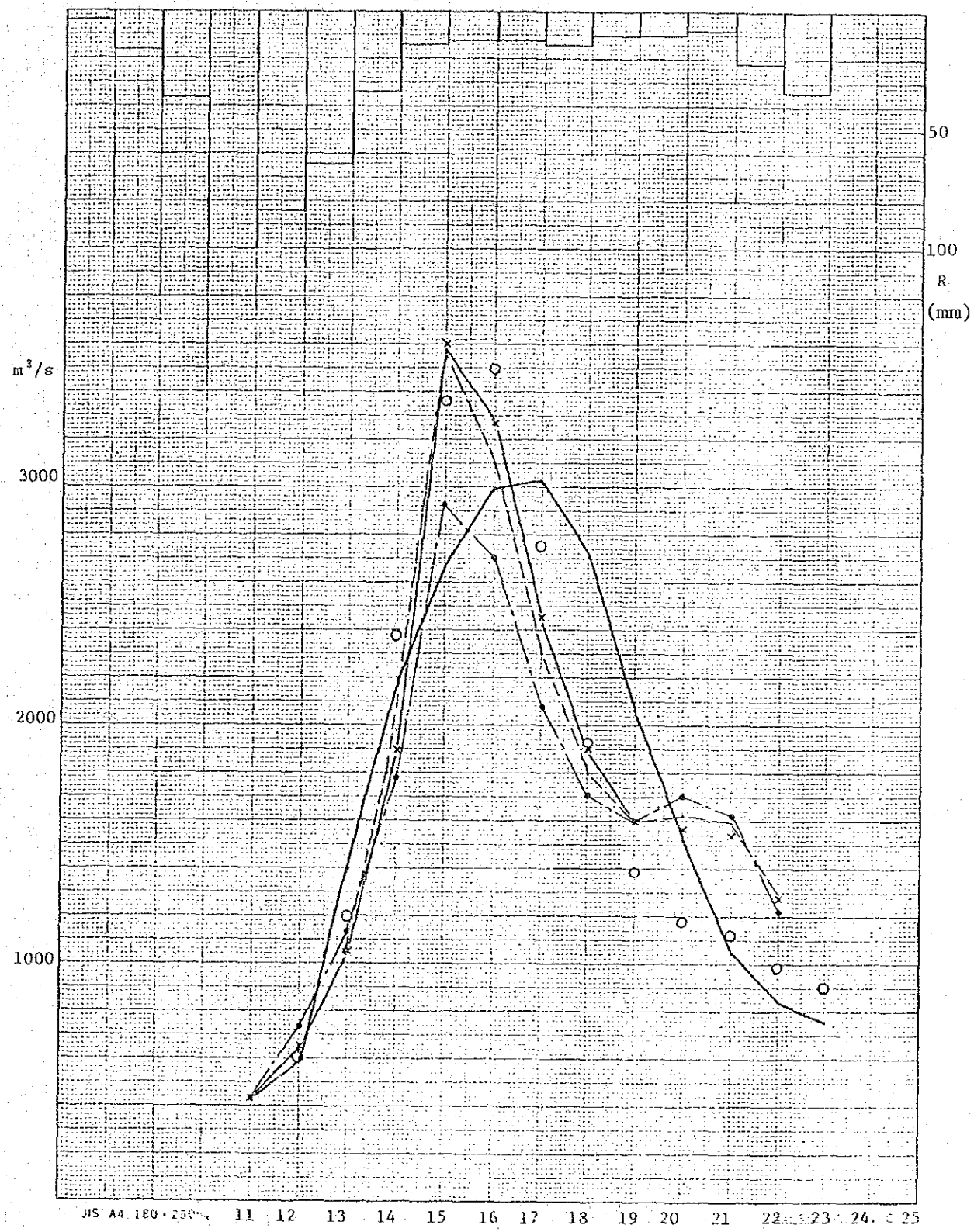
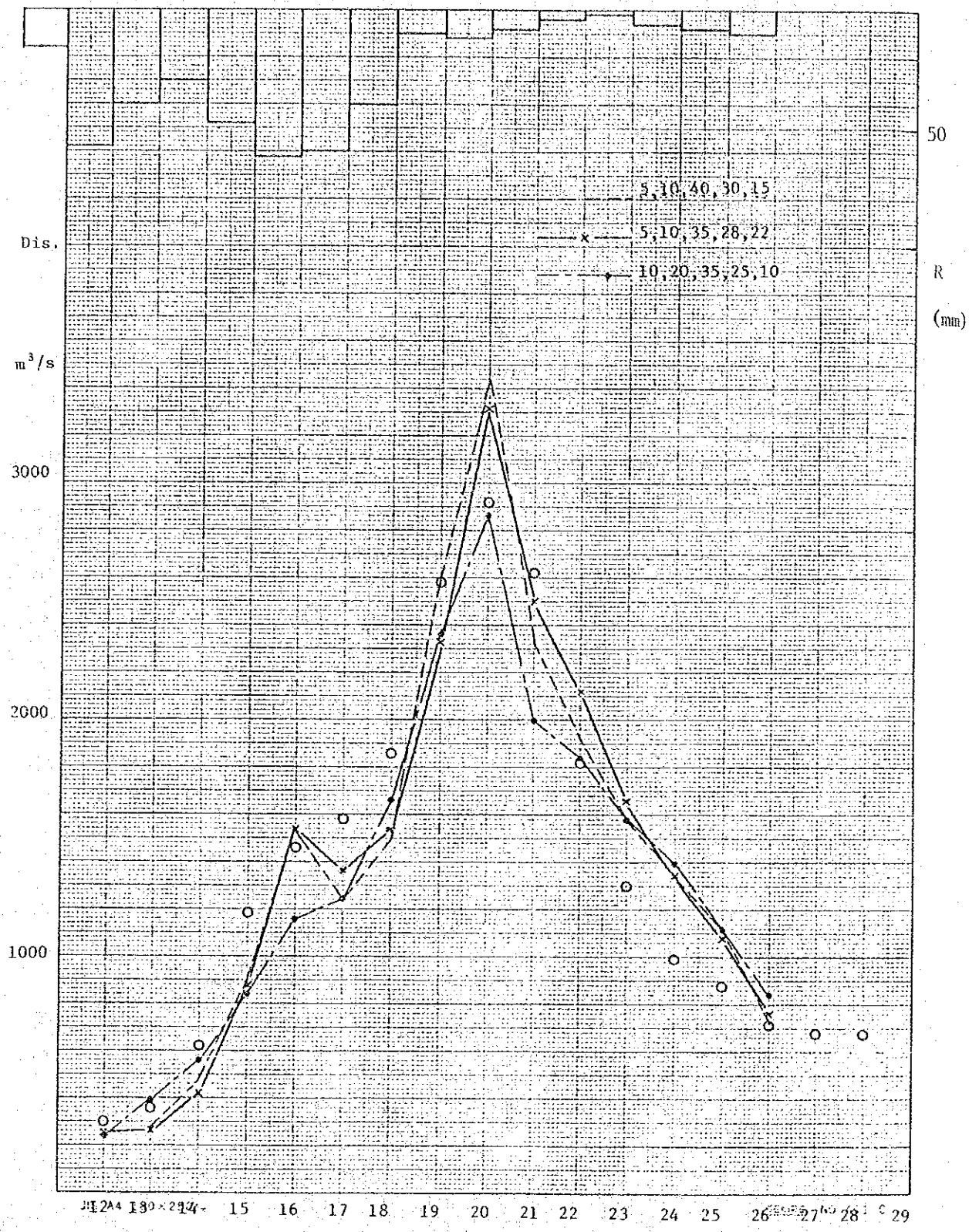


Fig. 5-17-3 Observed and Computed Hydrographs

(T + 2 days values enveloped; time distribution changed) 1974 Aug.



Sumulation Data for Runoff Calculation

1967

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Aug. 9	11.9	1211.0	0.70
10	9.1	1239.0	0.70
11	14.6	1060.0	0.70
12	14.4	740.0	0.70
13	12.5	596.0	0.70
**14	31.7	580.0	0.70
15	28.7	675.0	0.70
16	43.9	740.0	0.70
17	47.9	889.0	0.70
18	12.7	1177.0	1.00
19	14.7	1576.0	1.00
20	9.0	1668.0	0.60
21	15.0	1493.0	0.70
22	13.4	1160.0	1.00
23	2.1	992.0	0.70
24	5.2	902.0	0.70
25	6.7	757.0	0.70
26	7.7	649.0	0.60
27	14.8	570.0	0.60
28	16.3	516.0	0.60

1969

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Jul. 21	11.4	545.0	0.40
22	15.9	560.0	0.70
23	7.2	456.0	0.70
24	7.6	387.0	0.70
25	12.9	343.0	0.40

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
**26	24.0	316.0	0.40
27	46.6	320.0	0.70
28	26.4	466.0	0.70
29	15.7	750.0	0.70
30	8.3	1029.0	0.70
31	6.5	1094.0	0.70
Aug. 1	20.3	962.0	0.70
2	37.2	858.0	0.70
3	30.4	977.0	0.70
4	28.1	1350.0	0.70
5	40.4	1577.0	0.70
6	65.2	1420.0	1.00
7	23.8	1422.0	1.00
8	35.4	1514.0	1.00
9	36.0	1941.0	1.00
10	12.5	2188.0	1.00
11	23.2	2354.0	1.00
12	27.2	2313.0	1.00
13	10.8	2098.0	1.00
14	13.9	1967.0	1.00
15	2.1	1725.0	0.70
16	2.1	1376.0	0.70
17	5.3	1018.0	0.70
18	4.4	824.0	0.70
19	5.4	702.0	0.70
20	13.2	595.0	0.60
21	2.8	545.0	0.60
22	10.3	493.0	0.60
23	9.1	438.0	0.60

1969

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Aug. 24	4.8	414.0	0.60
25	1.6	398.0	0.60

1970

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Jul. 9	8.1	231.0	0.40
10	11.5	200.0	0.40
11	5.0	182.0	0.40
12	9.3	166.0	0.40
13	21.9	152.0	0.40
**14	44.4	144.0	0.40
15	64.0	167.0	0.70
16	31.5	463.0	0.70
17	25.8	967.0	0.70
18	3.6	1165.0	0.70
19	1.2	1041.0	0.70
20	0.4	746.0	0.70
21	7.0	526.0	0.70
22	10.9	403.0	0.70
23	4.7	330.0	0.70
24	8.0	283.0	0.40
25	10.8	246.0	0.40

1971

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Jul. 15	7.3	367.0	0.40
16	1.7	612.0	0.40
17	10.2	672.0	0.40
18	9.9	561.0	0.40
19	34.4	456.0	0.40
**20	14.7	416.0	0.40
21	9.4	462.0	0.40
22	19.1	567.0	0.40
23	52.8	554.0	0.70
24	39.7	548.0	0.70
25	49.7	835.0	0.70
26	26.7	1404.0	1.00
27	19.4	1632.0	1.00
28	10.6	1859.0	0.70
29	2.4	1827.0	0.70
30	0.1	1601.0	0.70
31	0.3	1210.0	0.70
Aug. 1	3.0	842.0	0.70
2	4.3	650.0	0.70
3	11.3	547.0	0.60
4	12.7	474.0	0.60
5	9.3	429.0	0.60
6	9.7	398.0	0.60

1972

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Jul. 6	2.4	392.0	0.40
7	24.9	461.0	0.40
8	4.8	503.0	0.40
9	17.7	477.0	0.40
10	36.5	448.0	0.70
**11	101.4	406.0	0.70
12	83.9	584.0	1.00
13	63.8	1392.0	1.00
14	34.3	2143.0	1.00
15	15.1	2669.0	1.00
16	13.0	2993.0	1.00
17	10.6	3026.0	1.00
18	13.9	2723.0	1.00
19	8.6	2171.0	1.00
20	8.8	1538.0	0.70
21	7.9	1068.0	0.70
22	20.2	839.0	0.70
23	34.2	753.0	0.70

1972

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Jul. 18	13.9	2723.0	1.00
19	8.6	2171.0	1.00
20	8.8	1538.0	0.70
21	7.9	1068.0	0.70
22	20.2	839.0	0.70
**23	34.2	753.0	0.70
24	57.4	783.0	0.70
25	21.7	1073.0	0.70
26	19.6	1579.0	0.70
27	14.9	1846.0	0.70
28	20.6	1757.0	0.70
29	24.5	1630.0	0.70
30	24.6	1536.0	0.70
31	10.9	1584.0	0.70
Aug. 1	26.5	1650.0	0.70
2	17.7	1700.0	0.70
3	0.6	1690.0	0.70
4	1.8	1530.0	0.70
5	7.4	1240.0	0.70
6	28.9	972.0	0.70
7	11.6	832.0	0.70
8	7.0	814.0	0.70
9	8.5	774.0	0.70
10	7.2	687.0	0.60
11	5.2	633.0	0.60
12	26.7	589.0	0.70
13	4.8	553.0	0.70

1973

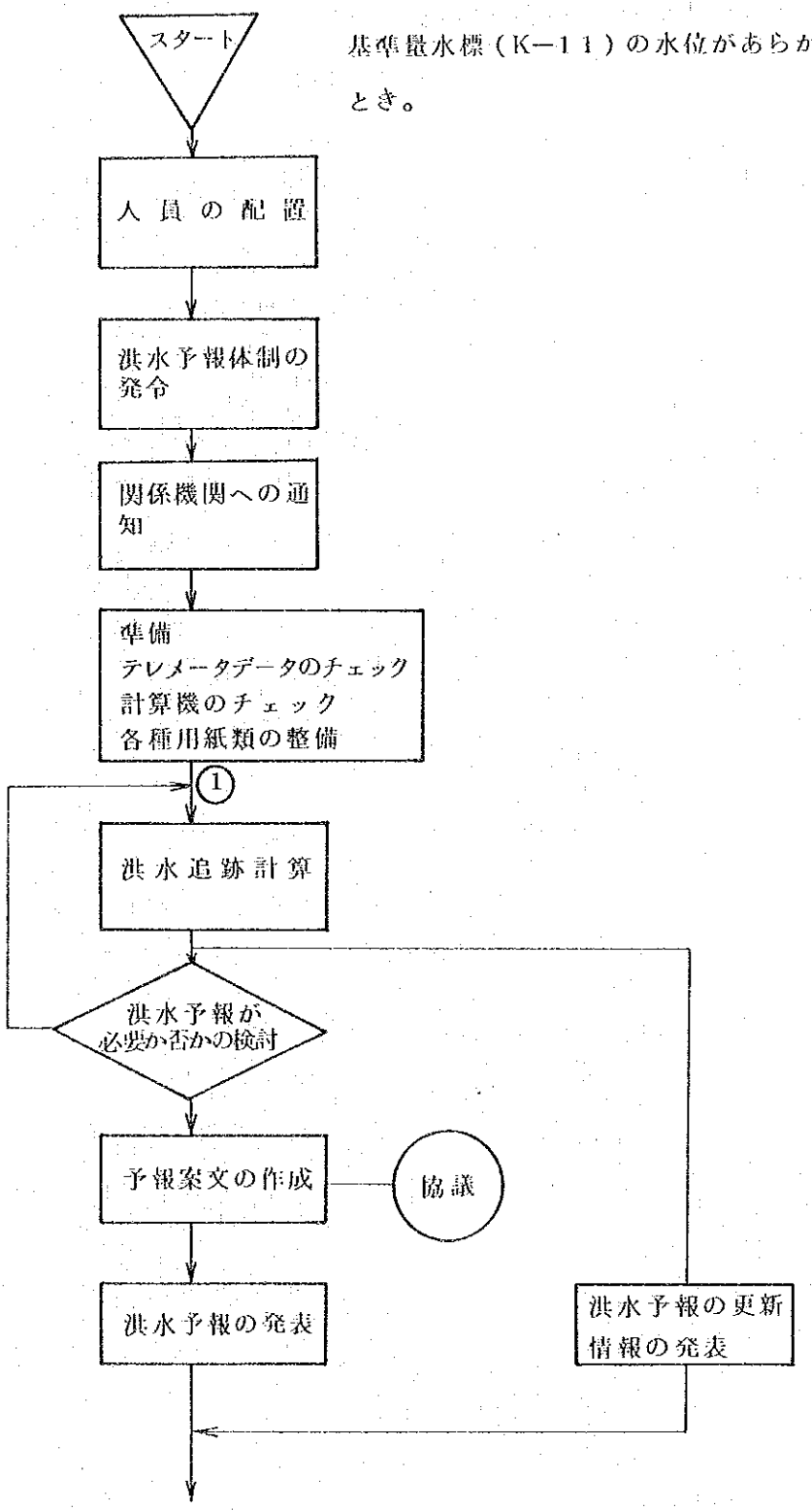
DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Jun. 10	8.5	59.0	0.15
11	10.7	58.0	0.15
12	17.0	56.0	0.15
13	27.2	51.0	0.15
14	59.2	46.0	0.40
**15	65.0	43.0	0.40
16	52.8	142.0	0.80
17	85.4	440.0	0.80
18	23.0	864.0	0.80
19	14.0	1460.0	0.80
20	5.6	1728.0	0.80
21	5.0	1471.0	0.80
22	5.5	910.0	0.80
23	5.3	557.0	0.40
24	8.2	417.0	0.40
25	0.7	344.0	0.15
26	4.6	285.0	0.15
27	0.2	244.0	0.15
28	3.6	214.0	0.15
29	6.3	188.0	0.15
30	12.5	168.0	0.15

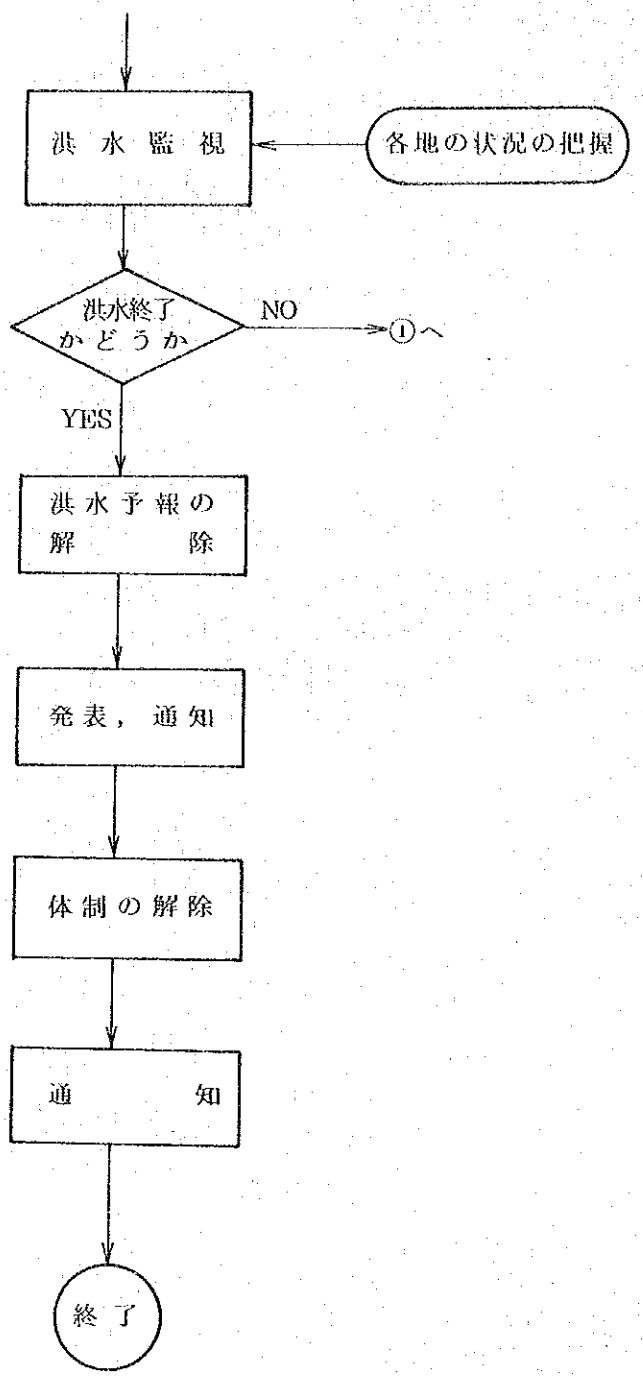
1974

DATE	R (MM)	Qo (CMS-DAY)	ALPHA
Aug. 7	12.4	289.0	0.60
8	3.6	274.0	0.60
9	3.5	282.0	0.60
10	4.3	263.0	0.60
11	16.0	243.0	0.60
**12	56.9	239.0	0.70
13	39.8	279.0	0.70
14	29.3	639.0	0.70
15	48.7	1025.0	0.70
16	61.9	1235.0	1.00
17	59.0	1479.0	1.00
18	39.6	2085.0	1.00
19	10.1	2270.0	1.00
20	12.6	3156.0	1.00
21	8.1	3250.0	1.00
22	3.7	2829.0	1.00
23	2.4	1860.0	1.00
24	5.2	1194.0	1.00
25	6.8	905.0	0.70
26	10.1	764.0	0.60
27	1.1	712.0	0.60
28	1.7	699.0	0.60
29	11.2	638.0	0.60
30	15.0	591.0	0.60
31	18.9	555.0	0.60

5－3　洪水予報の手順

洪水予報の手順をフローチャートで示した。




洪水監視
各地の状況の把握
洪水終了かどうか
NO
①へ
YES
洪水予報の解除
発表，通知
体制の解除
通知
終了

5－4　観測機器と演算機器

5－4－1　雨量計

降雨量を観測するために各種の雨量計が開発されている。日本で使用されているものをあげれば，主として次のようなものになる。

① 普通雨量計

② 早読雨量計

③ 貯水型自記雨量計

④ 転倒ます型隔測自記雨量計（両転倒型及び片転倒型がある）

このうち主に①は定時の日雨量を測るために用いられ，②，③は任意時の測定が可能となるよう工夫されたものであるが，観測，管理の手間と精度から順次④に切り換えられつつある。

テレメーターシステムにおいては④の転倒ます型にA－D変換機を組み込み，毎時その積算値を送信するシステムを採用するのが通常である。この場合，雨量観測所は無人の場合が多いので，電気系統の故障時を考えて，3ケ月巻等の長期の自記記録計並びに総雨量を測定するための大型の貯水瓶を併設しておくことが望ましい。

5－4－2　水位計

水位測定にも各種の機器が開発されているが，自記水位計に限れば原理的には次のタイプがあげられる。

① フロート式

② 気泡式（圧力式）

③ 電極式（触針型）

④ デジタル式（リードスイッチ型）

⑤ 超音波式

その他か直接流速を測定し流量に換算する超音波流速計などがある。Mae Klong川のテレメーターシステムに採用すべき機器について比較すると次表のようになろう。

Type / Item	1 Float Type	2 Bubble (Pressure) Type	3 Electrode (Needle Sensor) Type	4 Digital (Lead Switch) Type	Remarks
Measuring Mechanism	Vertical float movement caused by the changes in water stage is converted to pulley rotation for stage measurement	Water stage is detected from the relationship between depth and changes in water pressure, and recorded by a motor-driven recorder	Water stage is detected by tracing an electrode on the water surface and recorded by a motor-driven recorder	Water stage is detected directly and recorded digitally by means of a lead switch fitted on the staff gauge and a permanent magnet float	
Required Facilities (Cost)	Observation well (High)	Pressure transmission pipe (Low)	Guide pipe incl. steel pipe (Medium)	Staff post (Medium)	Excl. observation house
Power Equipment	Not required	DC (cell)/AC	DC (cell)/AC	DC (cell)/AC	Excl. recorder

Type / Item	1 Float Type	2 Bubble (Pressure) Type	3 Electrode (Needle Sensor) Type	4 Digital (Lead Switch) Type	Remarks
Measure-ring Range	$10^m/20^m$	$10^m/(20,30,50^m)$	$10^m/20^m/50^m$		Type 2 has two different mechanisms, one designed for a measuring range of 10m and larger and the other for less than 10m range.
Maintenance Requirements	Small	Normal	Normal	Large	Manual maintenance
Total Cost	Large	Small	Medium	Medium	
Past Use in Thailand	Unknown	Used	Not used	Not used	

なお，Maeklong川の代表的な水位観測所の測定範囲を勘定すると次表のようになる。

Station	Sangkhla Buri (K24)	Thong Pha Phum (K13)	Ban Lum Sum (K10)	Wang Khanai (K11)	Remarks
Highest High Water Stage	135.41 MSL	92.64 MSL	49.62 MSL	21.02 MSL	
Dry Season Stage (River Bed Height)	124 "	73 "	31 "	11 "	Zero point on the staff gauge or river bed
Measuring Range	15 m	23 m	22 m	13 m	Up to H_{max} + extra height or up to bank height

この結果いずれの観測所においても測定範囲は１０ｍを越しており，費用の点から事実上②の気泡式あるいは③の電極式にならざるを得ないものと思われる。このうち③の電極式（触針型）はガイドパイプの設置が少しむづかしい観測所もあり，また②の気泡式についてはMaelong 川で数箇所の経験もあり，この機種が最も妥当と考えられる。しかしこの機種をテレメーターシステムに組み入れるためには，Ａ－Ｄ変換機と記録計を動作するトルクが必要であり，例えばＫ－１１ に設置している気泡式ではトルク不足である。また測定路囲が１０ｍを越す機種の場合は，例えば日本製の中浅測器株式会社圧力式水位計Ｚ－９０５ではＡＣ 電源を使用している等，若干の改良検討が必要であろう。

５－４－３　演算機

演算機器についてはまだＫ－１１での予警報システムが完成したわけではないので，現時点では機種を選定することはできないが，演算システムを考える上で演算機に持たせる機能として次のようなものがあげられる。

① 水文データの記録

② 水文データの加工（流域平均雨量等）

③ 洪水流出計算

④　ダムの統合管理や堰の管理のための検討

⑤　①～④のオンライン化

これらの目的機能に対して，河川の大きさ，観測所の数，ダム等施設の有無によって演算システムが異なり，また，演算処理機器が異なる。したがってMae Klong川の洪水予警報センターに如何なる演算機を据えるかは上記の①～⑤を如何にするか，あるいは将来の他河川についても演算を可能とするよう機能を広げるか等によって大きく異なってくる。しかし，①～③までであれば，通常最近の発達したプログラム機能つき大型電卓で十分所要の演算が可能である。

第6章　テレメータシステムの調査

6－1　概　要

メクロン河流域の洪水予警報システムについては，事前に調査報告書にあるように，今までに気象庁，RID あるいは台風委員会等で調査検討された計画（案）がある。

今回は，事前調査報告書によるテレメータ系統計画に従って，現地調査をしたものである。調査にあたっては，前報告書で言われている次の3点を重視して検討した。即ち，

(1)　通信の安定性から，無線回線はVHF 帯とする。

(2)　設置後の保守点検が容易であること。

(3)　中継所の数，位置等は，特に慎重に検討すること。

また，テレメータネットワークに入れる観測局は次のとおりである。

o 水位・雨量観測所

Sangkhla Buri

Thong Pha Phum

Ban Sai Yok

Ban Lum Sum

Ban Chao Nen

Wang Khanai　　（計6ケ所）

o 雨量観測所

Ban Pa Tho

Pilok

Ban Lin Thin　　（計3ケ所）

これらの観測所を結ぶために，2ケ所の中継所が必要である。

o 中継所1.　Kanchanaburi に近く，Bangkok と R_2 を結ぶためのもの。

o 中継所2.　Thong Pha Phumの近くで上流部と中継所1を結ぶためのもの。

上記の各観測所からのデータを集める監視制御局を次のように考える。

o 監視制御局　　気象庁（Bangkok）

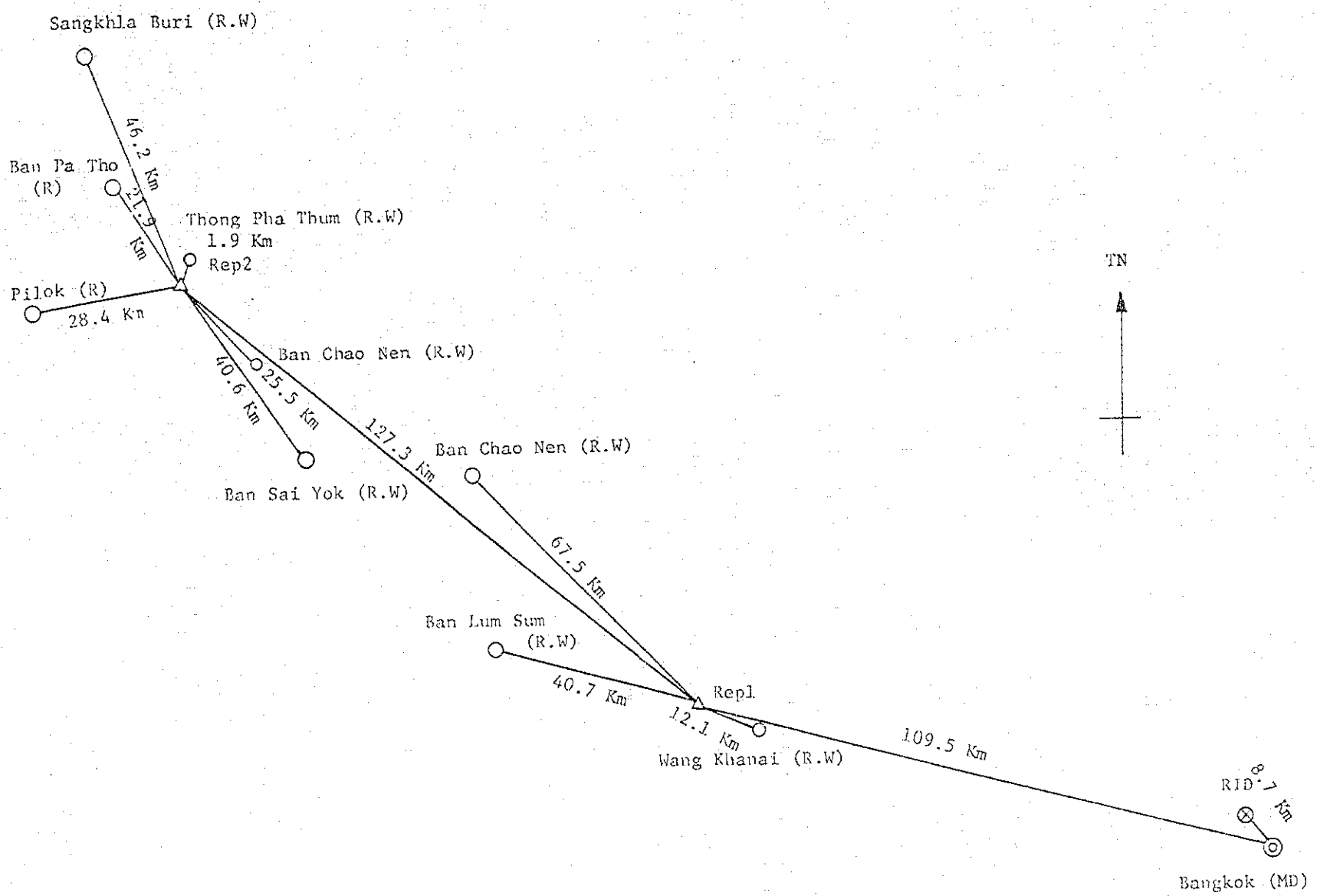
o 傍　受　局　　RID（　〃　）

以上の各局をテレメータネットワークにしたものを図6－1に示す。

このテレメータネットワークが果して可能かどうかが今回の調査の目的の一つである。

そのために今回各無線スパンの伝搬実験と回線設計を行った。

Fig. 6-1 Telemetering Network



6－2　実験のあらまし

6－2－1　使用周波数

実験には、VHF帯の無線機を用い、実験用周波数については，57.11MHZ と57.26MHZの2周波を準備したが，実験はその内57.11MHZを使用した。この周波数は，タイ国では，TVチャンネルに使用されている帯域内にあるため，特に短期間の実験に限り，平日の8時から16時までという条件付きで臨時に使用することを許可されたものである。

6－2－2　実験調査項目

今回の調査にあたり，電気通信の実験調査項目は次のとおりである。なお，Thong Pha Phum，Ban Lin Phin，RID，Wang Khanai は，地形的に調査を必要としないと認められるので省略した。

(1)　各無線区間の受信電界強度の測定

電解強度の測定は，受信側地点に電界強度測定器と記録計を設置し，試験電波を受信して行う。今回は，記録計による連続測定は行わず，電界強度測定器による測定のみとした。この場合，空中線を前後左右，上下方向に移動し，電界強度が安定しているかどうかを確認する。

(2)　各無線区間の信号対雑音比（S／N）の測定

S／N の測定には，送信側で低周波発振器により，規定のレベルの800Hzで変調をかけ，受信側でレベル計によってSレベルを測定し，次に変調を止めて無変調にした場合のNレベルを測定し，S－NをS／Nとして，回線の質の程度を測定する。

(3)　各無線区間の通話試験

無線電話回線で，実際の通話による状況を把握する。

(4)　観測所及び中継所の立地条件の調査

設置場所の種々の立地条件を調査し，見取り図等を作る。

(5)　Bangkok における雑音レベルの測定

外部雑音電界強度の測定は，電界強度測定器，準尖頭値計によって測定し，記録計により約30分間連続記録をとる。

6－2－3　実験班の編成

実験は，3班編成とし，各班毎に日本人専門家1名，カウンターパートとしてTechnician 2～3名，中継所の場合は，それに機材運搬のための人夫2～3名の編成とし

た。

6－3　使用機材

各無線スパンの伝搬実験に使用した機材は，表6－1に示すとおりであり，機器の構成は図6－2に示すとおりである。

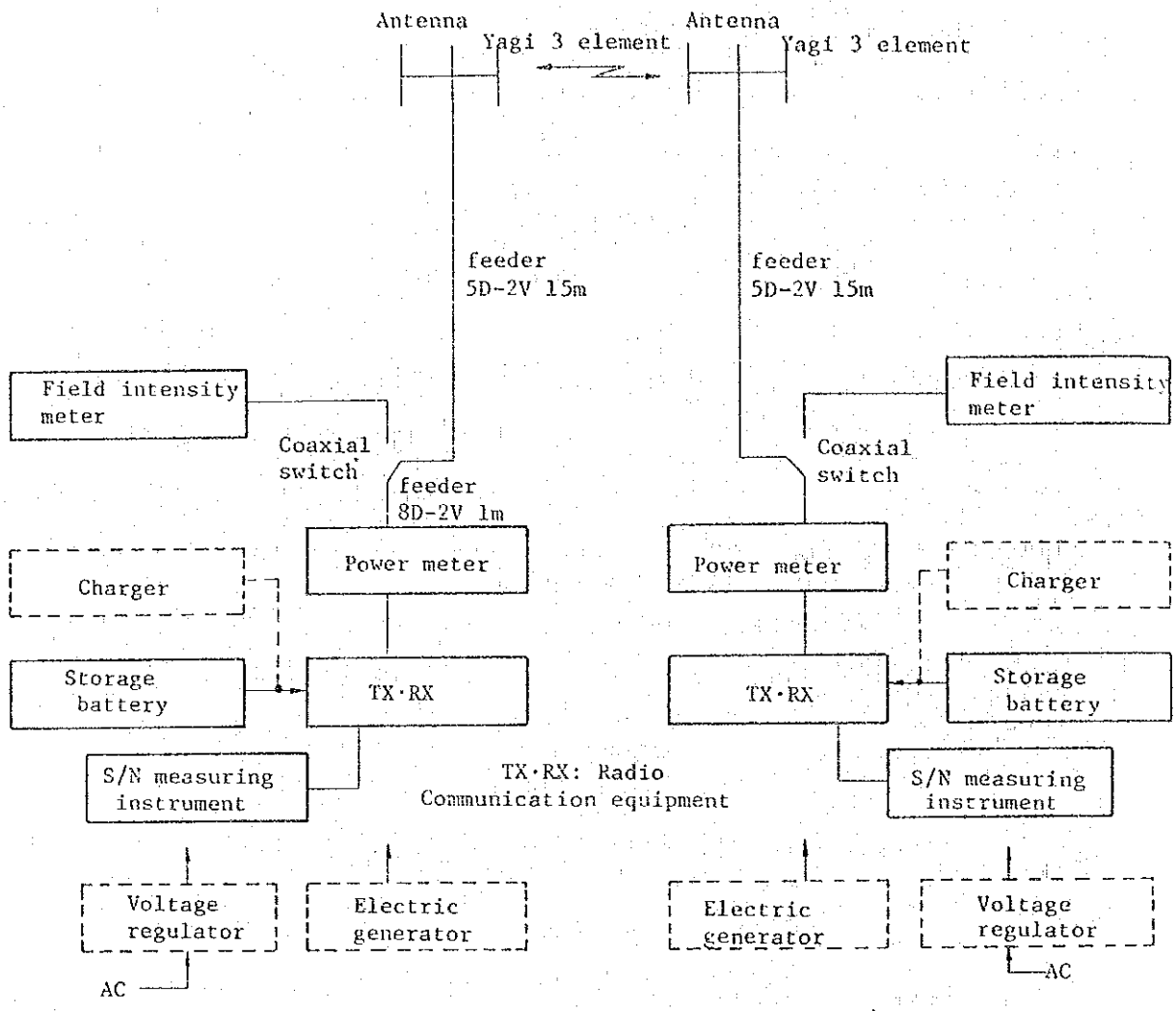
Table 6-1　Equipment for Radio Propagation Test

Article	Description	Quantity	Remarks
Radio Communication equipment	Antenna power 10W 60MHz Band CRI-06	4 sets	Includ frequency; 57.11 MHz, 57.26 MHz
Antenna	Yagi 3 element V3C-0625	3 "	
Antenna Pole	Joint type 10m MS-10A	3 "	
Feeder	5D-2V 15m	5 "	

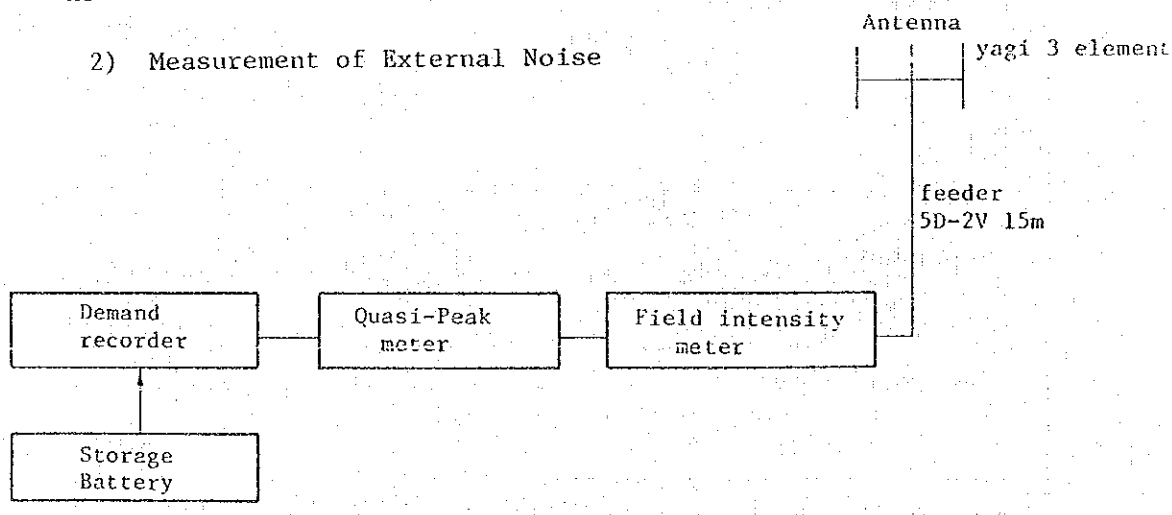
Article	Description	Quantity	Remarks
Storage Battery	12V40AH	3 sets	
Charger	AC100/200V DC 0~16V 9A 418-16	3 "	
Voltage regulator	200V/0~260V 5A SD-205	3 "	
Electric generator	100V 300W E-300	3 "	
Field intensity meter	25~230 MHz M-321C	2 "	Attashment: doublet antenna and legs
Power meter	50~400 MHz 15W TLP-52A	3 "	
S/N measuring instrument	KCD-1	3 "	
Circuit tester	TL-700	3 "	
Quasi-Peak meter	MH-33B	1 "	
Demand recorder	EPR-100A	1 "	
Tool set	S-10	3 "	
Coaxial switch		3	

Fig. 6-2 Equipment Composition for Each Test Item

1) Measurement of Receiving Field Intensity and S/N Ratio



2) Measurement of External Noise



6－4　実験結果

電波伝搬実験は，VHF帯の57.11MHz の周波数を用いて実施し，電界強度測定器により測定した受信入力電圧（dBμV）から伝搬損失を次式から求めた。その結果を表6－2に示す。

外部雑音については，測定したS／N から計算したものであるが，バンコクにおける雑音は，当該周波数において図6－3のとおりであり，測定したS／N から計算したものとほぼ一致する。

(1)　伝搬損失（自由空間損失を除く付加損失）の計算式

$$Lpa = X + r + Lpf + Lft + Lfr - G_{AT} - G_{Ar} - P$$

Lpa ：伝搬損失（自由空間損失を除く付加損失）…… dB

※ 球面大地損失，大地反射損失，回折損失又は遮へい損失

X ：受信電力と受信開放端電圧との換算係数 ……113dB

r ：電界強度測定器（受信入力電圧）の測定値 …… dBμV

Lft ：送信給電線損失 …… dB

Lfr ：受信給電線損失 …… dB

G_{At} ：送信空中線利得 …… dB

G_{Ar} ：受信空中線利得 …… dB

P ：通過電力計の指示値 …… dBm

Lpf ：自由空間指失 …… dB

※ $Lpf = 32.4 + 20\log f + 20\log D$

f ：周波数（MHz）

D ：区間距離（Km）

(2)　信号対雑音比の計算

一区間当りの通話路の標準状態における信号対雑音比（S／N）は次の式を用いて計算し，30dB以上であること。

$$S/N = P_t - (Lpf + L_{ft} + L_{fr}) + G_{At} + G_{Ar} - P_{rn} + I$$

S／N ：通話路の信号対雑音比 …… dB

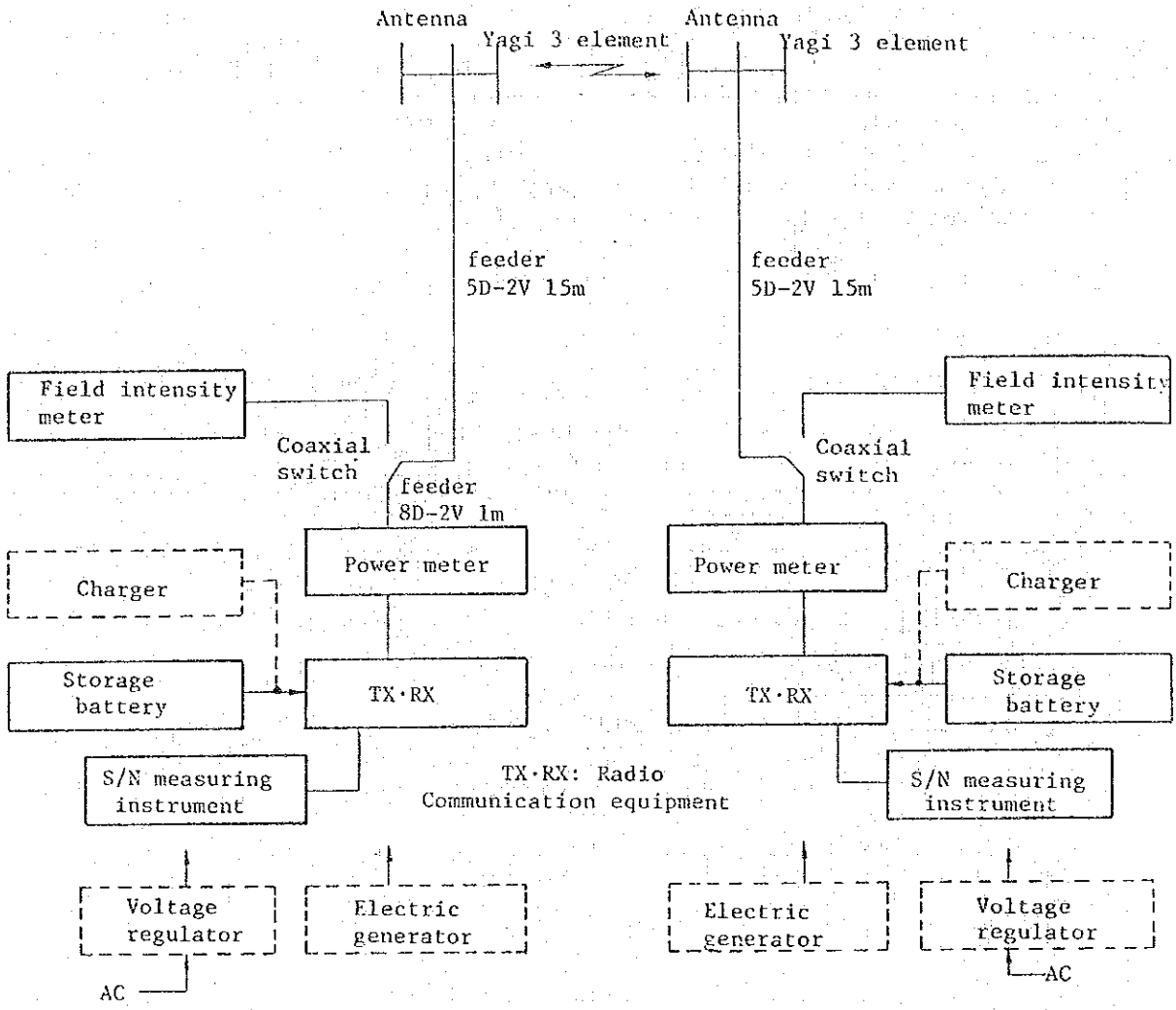
P_t ：送信空中線電力 …… dBm

P_{rn} ：受信雑音電力 …… dBm

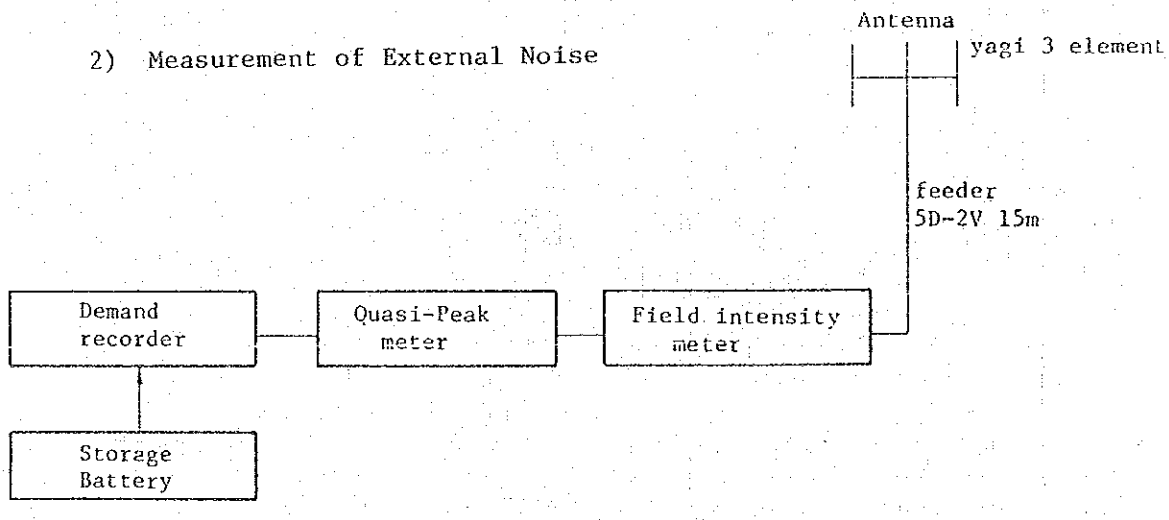
※ここに受信雑音電力は，受信機内部雑音電力Prniと外部雑音電力Prne

Fig. 6-2 Equipment Composition for Each Test Item

1) Measurement of Receiving Field Intensity and S/N Ratio



2) Measurement of External Noise



6－4　実験結果

電波伝搬実験は，VHF帯の57.11MHz の周波数を用いて実施し，電界強度測定器により測定した受信入力電圧（dBμV）から伝搬損失を次式から求めた。その結果を表6－2に示す。

外部雑音については，測定したS／N から計算したものであるが，バンコクにおける雑音は，当該周波数において図6－3のとおりであり，測定したS／N から計算したものとほぼ一致する。

(1)　伝搬損失（自由空間損失を除く付加損失）の計算式

$$L_{pa} = X + r + L_{pf} + L_{ft} + L_{fr} - G_{AT} - G_{Ar} - P$$

L_{pa} ：伝搬損失（自由空間損失を除く付加損失）…… dB

※ 球面大地損失，大地反射損失，回折損失又は遮へい損失

X ：受信電力と受信開放端電圧との換算係数 ……113dB

r ：電界強度測定器（受信入力電圧）の測定値 …… dBμV

L_{ft} ：送信給電線損失 …… dB

L_{fr} ：受信給電線損失 …… dB

G_{At} ：送信空中線利得 …… dB

G_{Ar} ：受信空中線利得 …… dB

P ：通過電力計の指示値 …… dBm

L_{pf} ：自由空間指失 …… dB

※ $L_{pf} = 32.4 + 20\log f + 20\log D$

f ：周波数（MHz）

D ：区間距離（Km）

(2)　信号対雑音比の計算

一区間当りの通話路の標準状態における信号対雑音比（S／N）は

次の式を用いて計算し，30dB以上であること。

$$S/N = P_t - (L_{pf} + L_{ft} + L_{fr}) + G_{At} + G_{Ar} - P_{rn} + I$$

S／N ：通話路の信号対雑音比 …… dB

P_t ：送信空中線電力 …… dBm

P_{rn} ：受信雑音電力 …… dBm

※ここに受信雑音電力は，受信機内部雑音電力Prniと外部雑音電力Prne

を相加した値である。

I　：S／N 改善係数……dB

※ここにS／N 改善係数は，次の式により求めた値とする。

$$I = 10\log\left(\frac{3fd^2 \cdot B}{2fm^3}\right)$$

fd　：最大周波数偏移（±）KHz（通常VHFの単信方式は±5KHzとする。）

fm　：最高変調周波数KHz（通常VHFの単信方式は3KHzとする。）

B　：受信機の等価雑音帯域幅KHz

(3)　この実験結果によると，計画されたテレメータシステムは，十分満足できるものである。

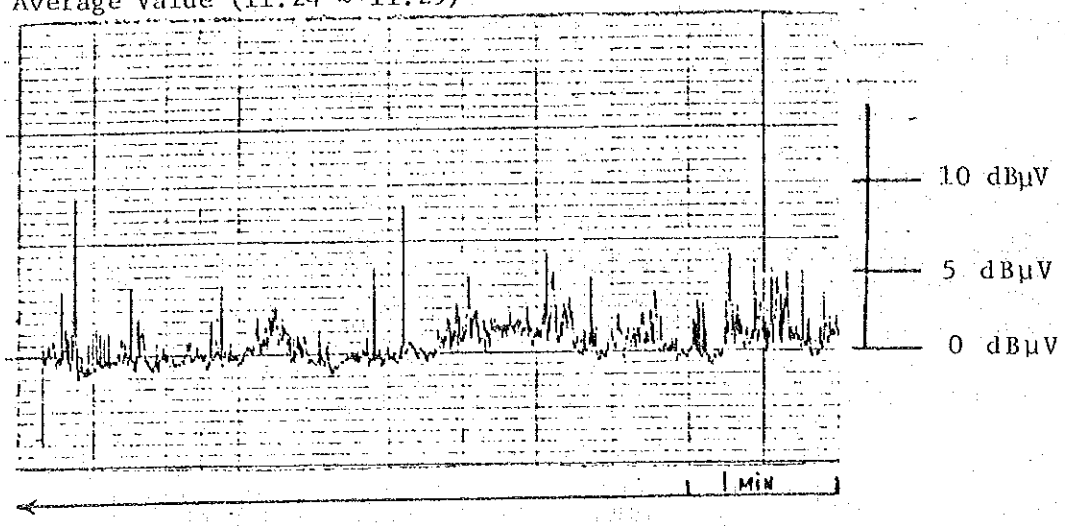
Table 6-2 Results of Radio Propagation Test

Item \ Name of station	Unit	Bangkok - Rep 1 109.5Km	Rep 1 - Rep 2 127.3Km	Rep 1 - Ban Chao Nen 67.5Km	Rep 1 - Ban Lum Sum 40.7Km	Rep 2 - Pilok 28.4Km	Rep 2 - Ban Pha-Tho 21.9Km	Rep 2 - Ban Sai Yok 40.6Km	Rep 2 - Sangkhla Buri 46.2Km	Remark
Above sea level	m	1 | 252	220 | 520	252 | 420	220 | 50	520 | 950	520 | 105	520 | 85	520 | 140	
Antenna height above the ground	m	36.3 | 8.3	8.3 | 8.3	8.3 | 8.3	8.3 | 8.3	6.3 | 6.3	6.3 | 8.3	6.3 | 8.3	6.3 | 9.3	
Transmitting and receiving feeder loss (L_{ft}, L_{fr})	dB	-2.38	-2.38	-2.38	-23.8	-2.38	-2.38	-2.38	-2.38	T:5D-2V 15m R:5D-2V 15m
Combined antenna gain (G_{At}, G_{Ar})	dB	16	16	16	16	16	16	16	16	T:Yagi 3EL R:Yagi 3EL
Free space loss (L_{pf})	dB	-108.32	-109.63	-104.12	-99.73	-96.6	-94.34	-99.71	-100.82	
Additional loss (L_{pa})	dB	-30.5	-42.59	-40.95	-53.34	-49.62	-42.78	-50.91	-39.3	
Span loss	dB	-125.2	-138.6	-131.45	-139.45	-132.6	-123.5	-137	-126.5	
Transmitting power (P)	W	6.6	7.2	7	7	7.2	8	8	8	
	dBm	38.2	38.6	38.45	38.45	38.6	39	39	39	
Receiving power	dBm	-87	-100	-93	-101	-94	-84.5	-98	-87.5	
Receiving input voltage (r)	dBμV	26	13	20	12	19	28.5	15	25.5	0dBuV =-113dBm
Received noise power (P_{rn})	dBm	-104	-118	-118	-118	-112	-112	-122	-122	
High frequency S/N, C/N	dBm	17	18	25	17	28	37.5	24	34.5	
S/N inprovement factor (1)	dBm	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
Standard S/N ratio	dB	30.5	31.5	38.5	30.5	41.5	51	37.5	48	

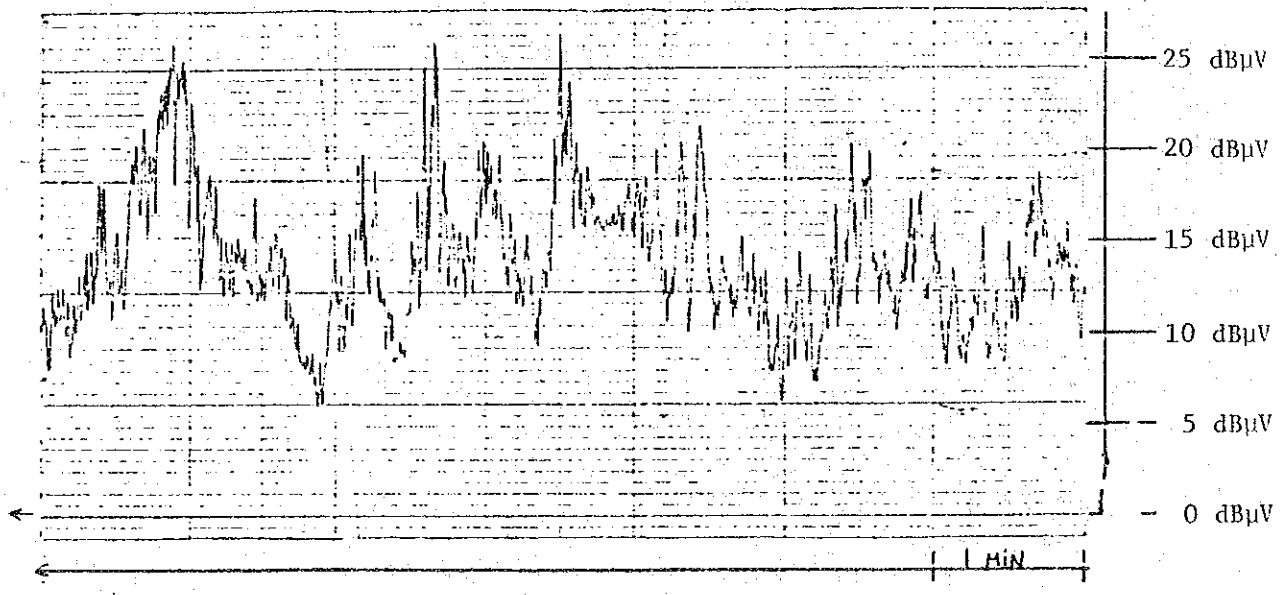
Fig. 6-3 City Noise in Bangkok

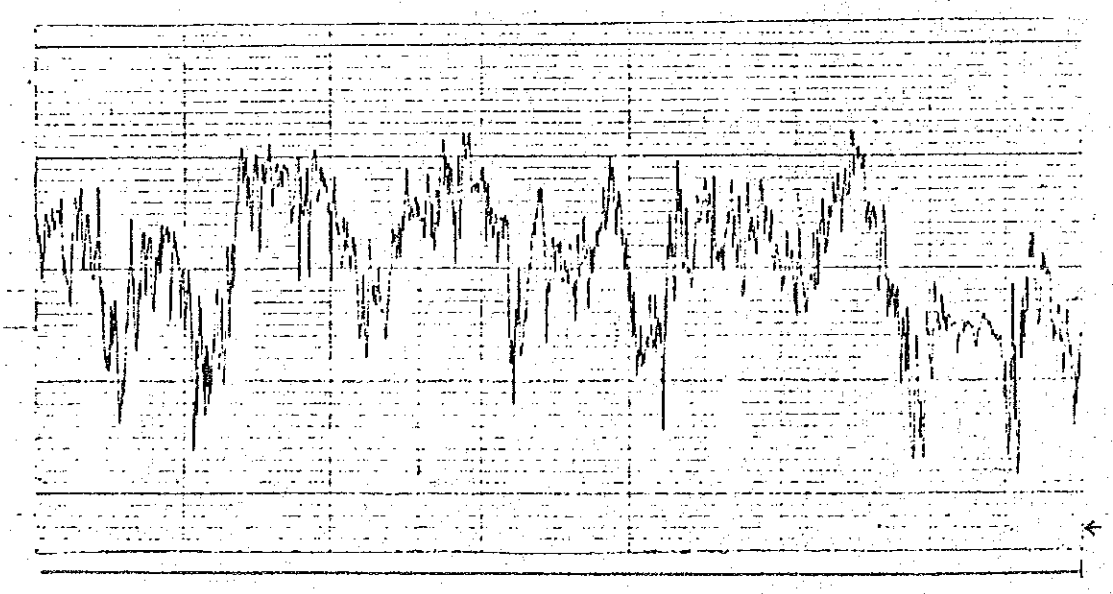
25, Dec, 1977

(1) Average Value (11:24 ~ 11:29)



(2) Peak Value (11:05 ~ 11:19)





第７章　テレメータシステムの設計

７－１　回線設計

(1)　電波伝搬実験に使用した周波数は，６０ＭＨｚ帯であったが，これは現在テレビ放送として運用されており，このため，運用回線設計は，８０ＭＨｚによって行った。その結果を表７－１に示す。

(2)　このテレメータ回線の設計にあたっての空中線の指向方向，空中線の指向特性の条件を図７－１，図７－２に示す。

(3)　回線設計に基づく回線信頼度は，空中線電力Ｐｔが次の式を満足するか否かで判定できる。

Ｐｔ＞Ａ

Ａ（ｄＢｍ）＝（ＬＰａ＋Ｌｐｆ＋Ｌｆｔ＋Ｌｆｒ＋ＬＦ）－ＧＡｔ－ＧＡｒ＋Ｐｔｈ

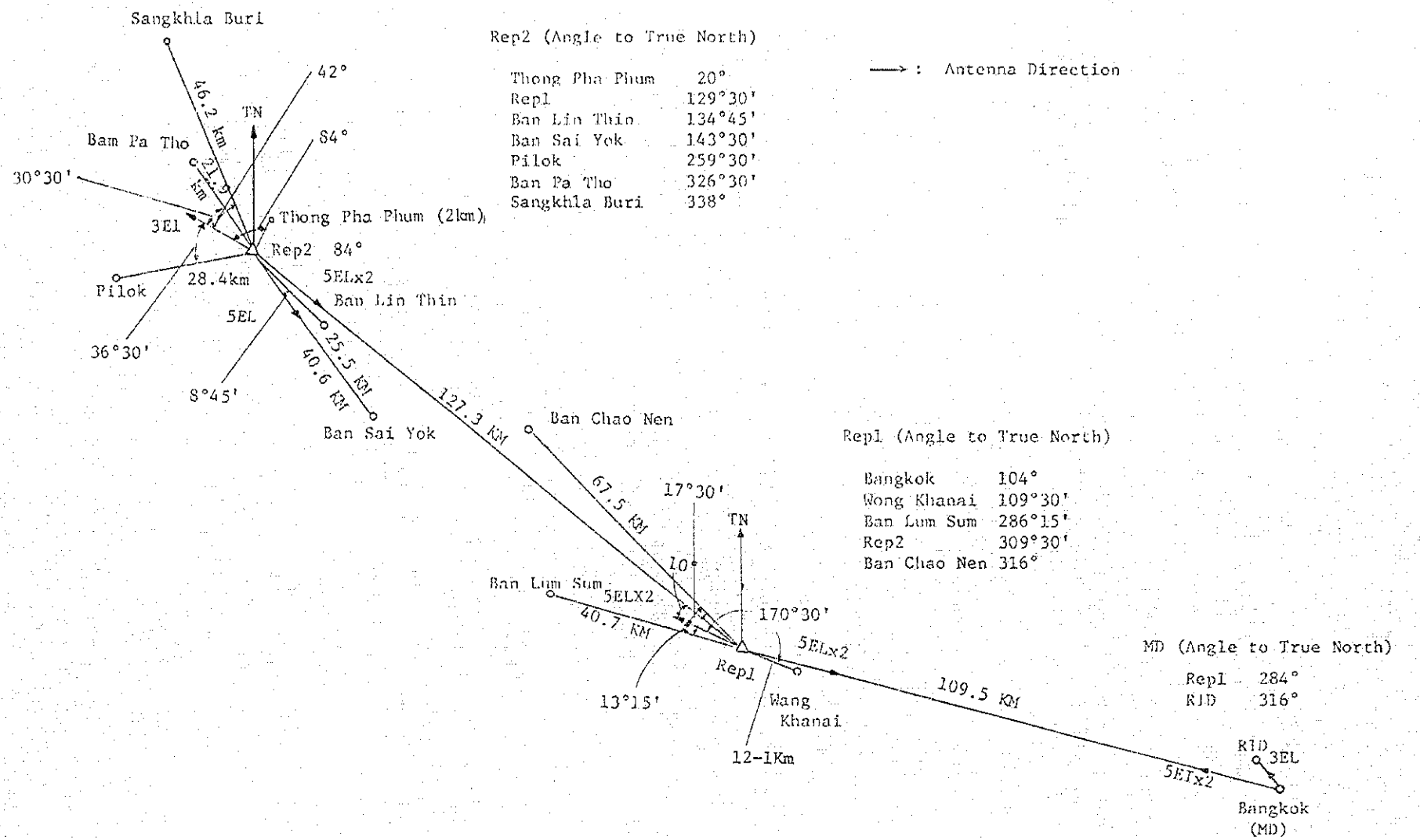
ここに

ＬＦ：フェージング損失ｄＢ（0.1ｄＢ／Ｋｍ＋３ｄＢ）

Ｐｔｈ：限界レベル（ｄＢｍ）

※　限界レベルは，受信機内部雑音電力ＰｒｎｉにＣｆ＝９ｄＢを加えた値である。ただし，外来雑音電力が限界レベルより大きい場合は，それを相加した値である。

Fig. 7-1 Antenna Direction



Rep2 (Angle to True North)

Thong Pha Phum	20°
Rep1	129°30'
Ban Lin Thin	134°45'
Ban Sai Yok	143°30'
Pilok	259°30'
Ban Pa Tho	326°30'
Sangkhla Buri	338°

⟶ : Antenna Direction

Rep1 (Angle to True North)

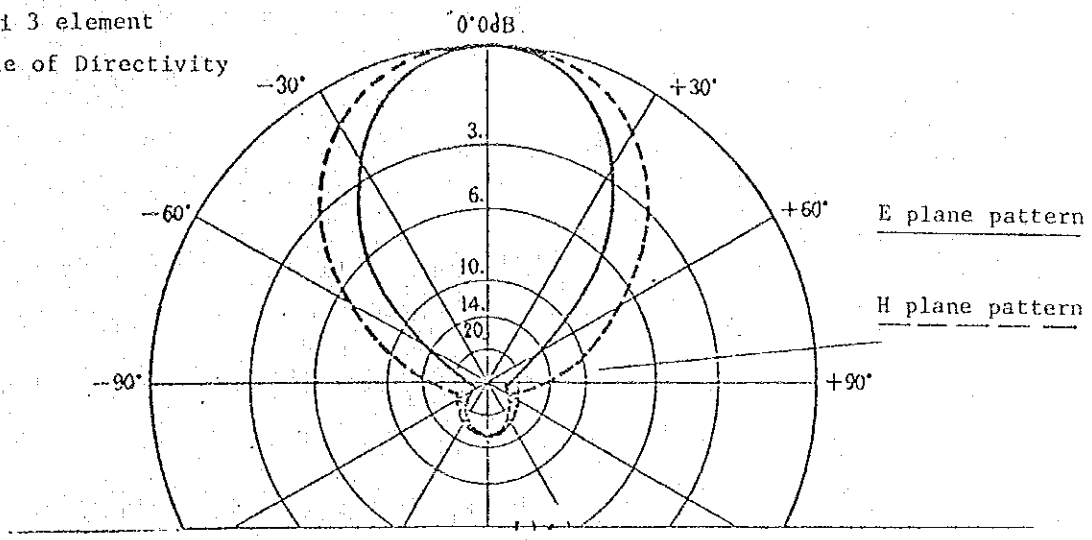
Bangkok	104°
Wong Khanai	109°30'
Ban Lum Sum	286°15'
Rep2	309°30'
Ban Chao Nen	316°

MD (Angle to True North)

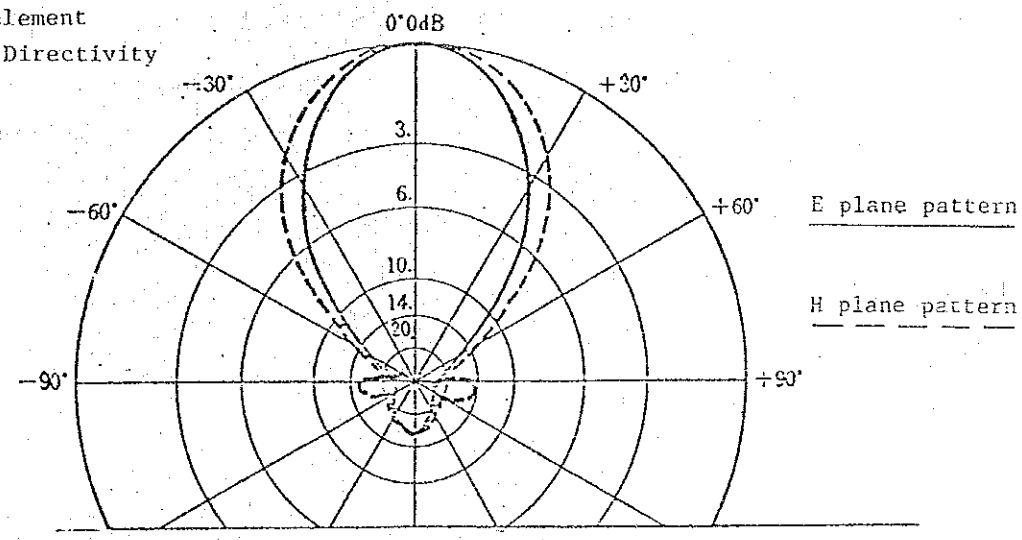
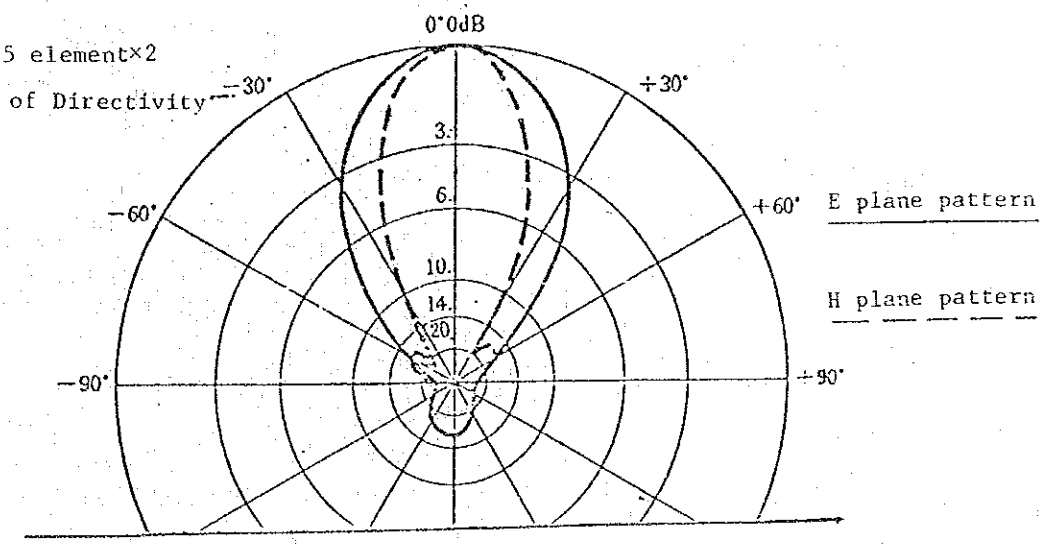
Rep1	284°
RID	316°

Fig. 7-2 Antenna Directivity

Yagi 3 element
Example of Directivity



Yagi 5 element
Example of Directivity



Yagi 5 element×2
Example of Directivity