

⑩ 北上川洪水に於ける狭窄部流量および狐禅寺水位の推定について.

管 原 正 巳

丸 山 文 行

は し が き

1. 1. 我々の目的は、北上川流域各地の時間雨量から、狐禅寺の水位及び狭窄部の流量を算出することにある。

1. 2. 我々の用いた方法はひたし便宜的、暫定的なものであり、結果もまた意に滿たない点が多いが、現在我々の手許にある資料によつては、これ以上の解析は相当に困難であると思われるので、敢えてこゝに中間報告として提出する。

1. 3. 我々が用いた資料は、カスリン、アイオン両台風時における、各地の雨量記録と、狭窄部における流量記録である。

方法の概略と得られた結果

2. 1. 我々が用いた方法の概略は次の通りである。

a). 雨量は指数函数的に流出すると仮定する。(以後1時間の減衰率を r なる文字で表わすことにする。

半減期は $\log \frac{1}{2} / \log r = \log 2 / (-\log r)$ である.)

b). 我々が今回用いた方法は、降雨量の60%を $r=0.97$ で、35%を $r=0.70$ で流出させるものである。

前者は半減期にして約23時間、後者は約2時間である。

c) 流量は各支流別に計算し(全地域を5地区乃至7地区に分割した) それぞれに時間的遅れを興えて合成し、これを一の岡平野への流入量とした。

d) 一の岡平野への流入により貯水が足り、狐禪寺の水位が上がる。この狐禪寺の水位により狭窄部への流出量が決定する。かくて1時間毎の、一の岡平野への流入量と狭窄部への流出量を計算し、差し引きとして、狐禪寺の貯溜量の増減を求め、狐禪寺の水位を計算した。

e) 以上のようにして算出した狭窄部流量が実測と一致するように、我々は種々の定数を定め、流量算出方式を決定しようと試みたのである。

f) 以上の方法により我々が得た結果のうち意外なのは、洪水の傳達が予想以上に遅いことである。即ち上流部は約1日、中流部で約14~15時間程度の時間的遅れを興え、狭窄部流量の計算値と実測値とがかなり一致する。これについては、種々議論の余地があることと思うが、一応得られた結果のまゝを出して御批判を仰ぎたい。

2.2 降雨が指数函数的に流出するという假定は、我々が従前から持ち、種々の場合にかんりの成功を見ているものである。

特に室川に於ける精密な資料より得られた方式は、適当な修正を加えた上で、北上川の各支流の洪水流量や、鬼怒川の洪水流量の推定に成功を見ている。これらについては、別の報告に譲ることとした。

2.3 我々はまず現在得られている流量推定方式を説明し、次にそれに到達するまでの経過を簡単に述べたい。

2.4 我々は最初、北上川流域を5地区に分割した。各地区に於て、日雨量記録はかなりあつたが、時間雨量のあるものは少かつた。次にそれを表示する。

地区名	日雨量観測点	時間雨量観測点
本川上流、宇石川地区	御堂 藪川 ^x 浜氏 平館 ^x 橋場 [△] 松尾 宇石 盛岡 日詰	御堂 盛岡
猿ヶ石川地区	附馬牛 遠野	遠野 [△]
和賀川地区	湯田 沢内	大荒沢 ^x 沢内
本川中流地区	黒沢尻 花巻 大迫	花巻 [△] 黒沢尻 [△]
鵜沢、磐井川地区	水里 水沢 巖美 一の関 石淵 [△]	水沢 石淵 [△]

△ はカスリン台風に資料欠、× はアイオン台風に資料欠

表 — 1

各地区別に、各地点の日雨量記録より、地区平均雨量を算出した。

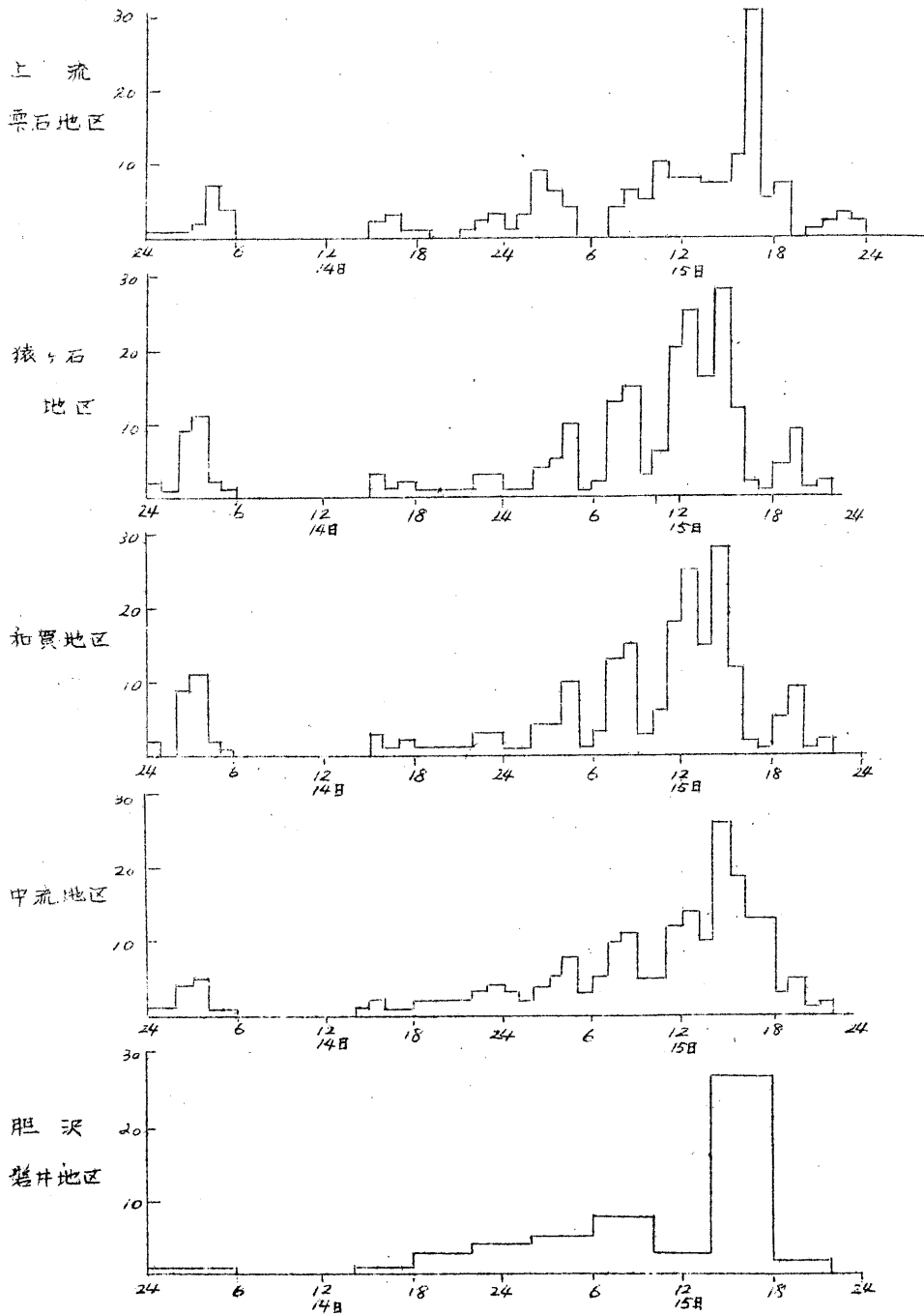
表 — 2

	カスリン台風			アイオン台風
	12 ^日 、13 ^日 雨量	14 ^日 、15 ^日 雨量	12 ^日 ~15 ^日 雨量	
本川上流、宇石川地区	80.0	152.4	232.4	94.3
猿ヶ石川地区	78.6	197.0	275.6	266.0
和賀川地区	93.4	189.2	282.6	98.8
本川中流地区	95.4	202.0	297.4	165.1
鵜沢、磐井川地区	50.0	209.1	259.1	253.4

この平均雨量と、與えられた数地点の時間雨量を基にして、各地区別に平均的な時間雨量を想定した。

これが、図-1である。

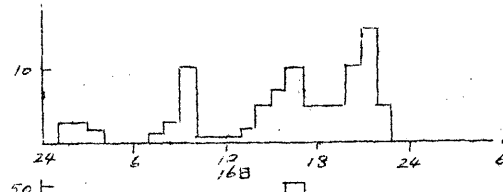
カスリン颱風 (22年9月)



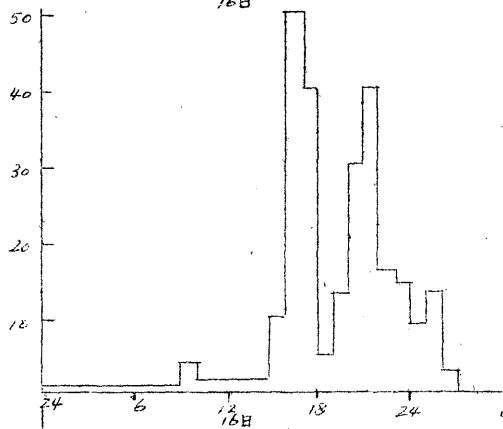
☒ - 1 (a)

アイオン台風 (23年9月)

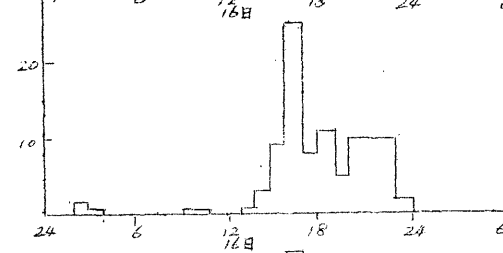
上流礫石地区



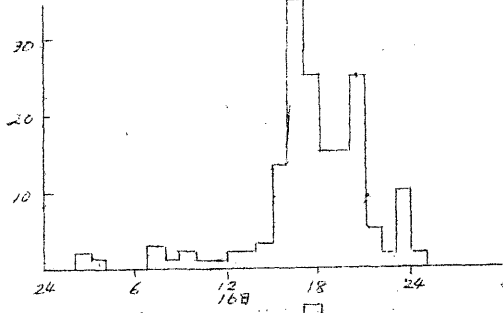
礫石地区



和質地区



中流地区



胆沢
磐井地区

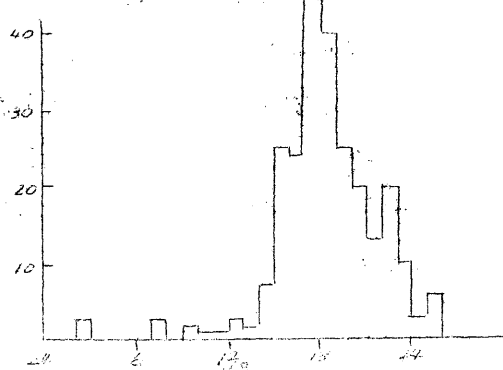


図 - 1 (b)

2.5 雨量は5地区に分けて想定したが、流量は次の7地区に分けて計算する。

地区名		流域面積
本川上流地区	本川 丹藤川・松川流域 及び 松川より 宇石川までの本川流域の半分	1,113 km ²
宇石川地区	宇石川 津川 猿川流域 及び 松川・宇石川間の本川流域の半分	1,201 km ²
鹿谷地区	滝名川 高丸川 輝蔵川 瀬川 豊沢川流域 及び 猿ヶ石川 和賀川の本流流域の半分	1,085 km ²
猿ヶ石川地区	猿ヶ石川流域	951 km ²
和賀川地区	和賀川地区	910 km ²
水沢地区	滝沢川 広瀬川 人首川流域 及び 猿石・和賀間の本流流域の半分、人首・衣川間の 本流流域の半分	967 km ²
一の関地区	衣川、鑿井川流域 及び 人首・衣川間の本流流域の半分	665 km ²

表 — 3

各地区共、雨量の60%を $r = 0.97$ の減衰率で、35%を $r = 0.70$ の減衰率で流出させる。本川上流地区と宇石川地区とは同一の時間雨量曲線を用いるから、流出高曲線は同一である。水沢地区、一の関地区についても同様である。

流出高に流域面積を掛けて、各地区別の流量曲線が得られる。

これにつきの時間的遅れをつけ加えた上で合成し、それを一の関平野への流入量とする。

地区	上流地域	栗石川地区	花巻地区	猿石川地区	和賀川地区	水沢地区	一の関地区
到達時間	26	24	14	15	12	6.4	2

表 — 4

水沢地区の到達時間には6.4とあるのは、流量を二等分し、半分ずつを4時間と6時間の到達時間とすることを現わしている。

図-2. は流入量を現わすグラフである。

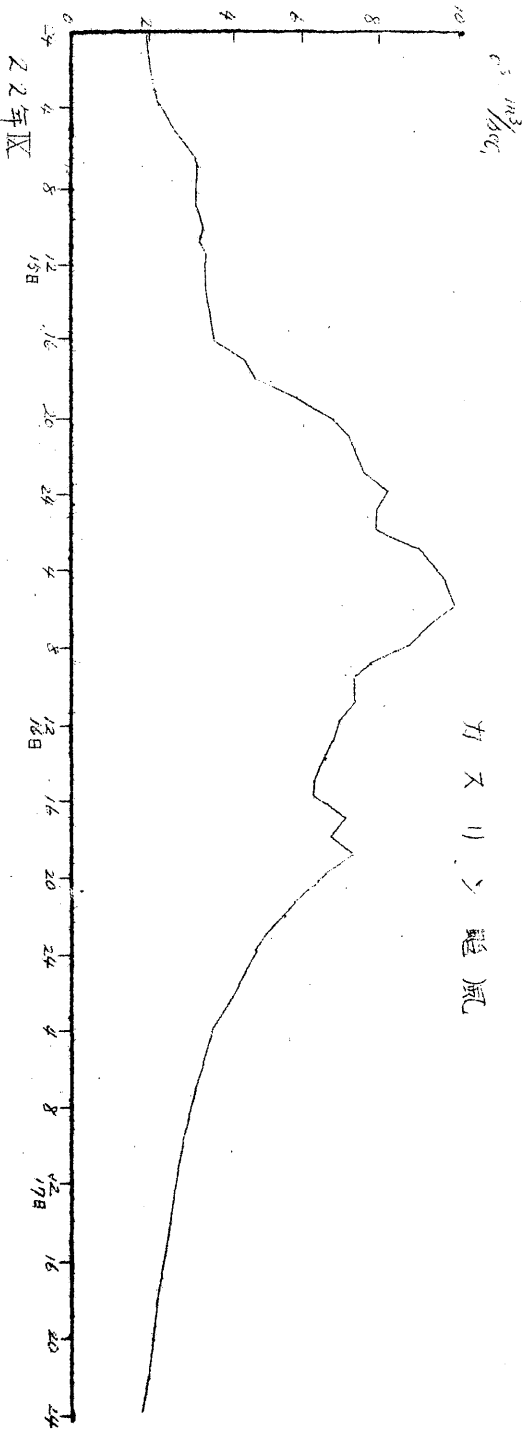
2. 6. 流入した水は一の関平野に貯溜する。かくて狐禅寺の水位が上昇する。水位と貯溜量との間の関係は石井文雄氏の與えられたものを用いる。

狐禅寺の水位と狭窄部流量との関係も石井文雄氏の與えられたものを用いる。この両者から、貯溜量と狭窄部流量との関係を導くことができる。図-3の曲線はこれを示している。

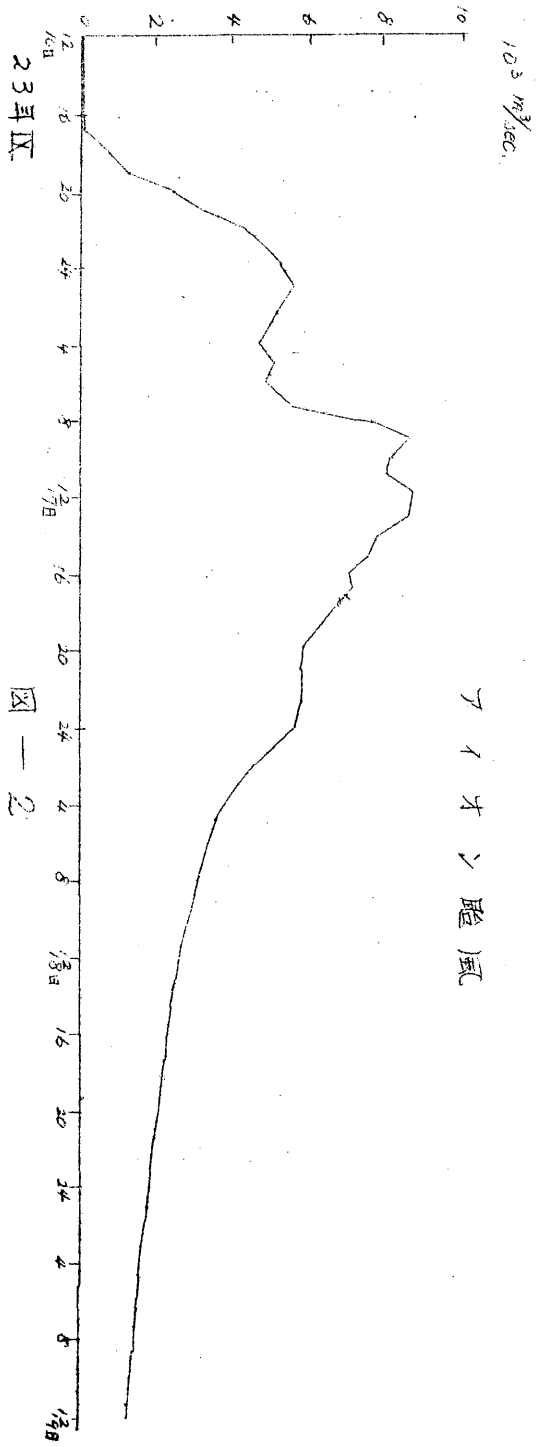
貯溜量の単位には $(\text{m}^3/\text{sec}) \times (\text{時間}) = 3,600 \text{ m}^3$ が用いられている。従って、1時間毎に流入量と流出量の差を求めるとともに単位は m^3/sec 。その累積和を作れば、それが $\text{m}^3/\text{sec} \times (\text{時間})$ を単位とする貯溜量となるから、図-3を用いてそれに対する狭窄部への流出量が求められるのである。

図-4はこの方法で求めた狭窄部流量を、実測と比べたものである。非常によい一致とは言えないが、方式が簡単な割合には、かなりよい結果と言つてよからう。

カスリンの聴風

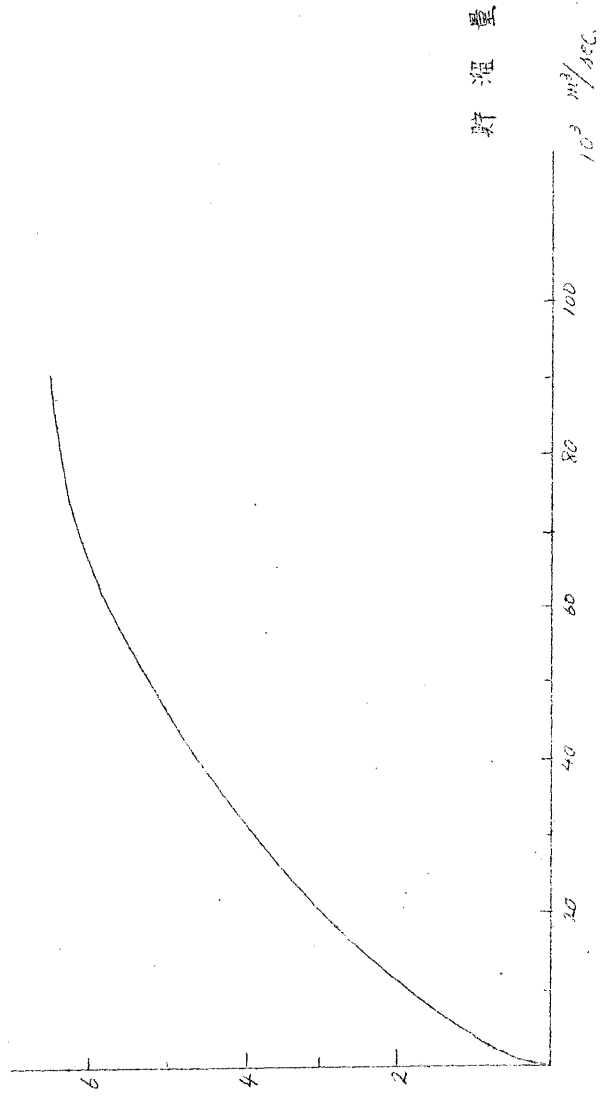


アイトンの聴風



図一 2

流量
 $10^3 \text{ m}^3/\text{SEC}$



貯留量

$10^3 \text{ m}^3/\text{SEC}$

圖 - 3

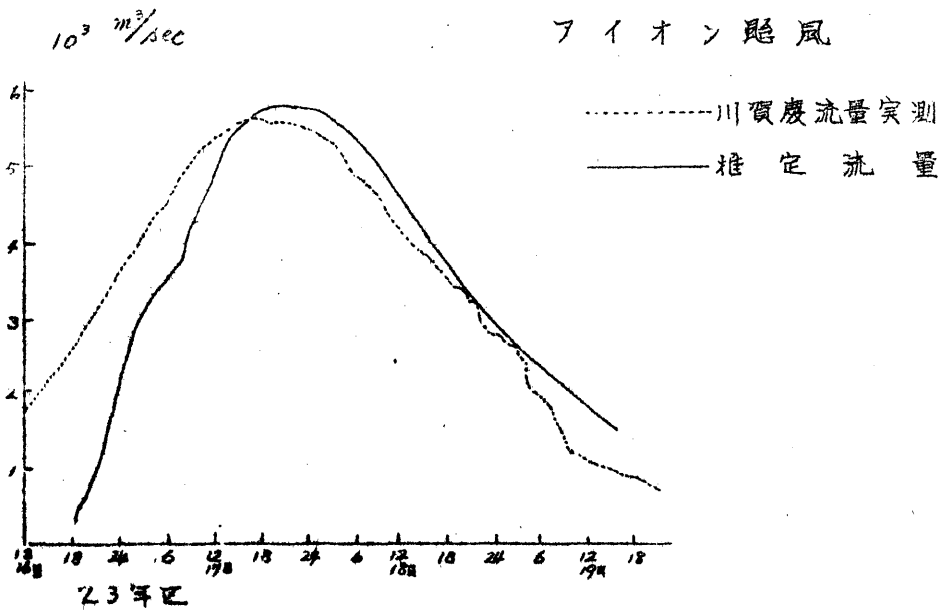
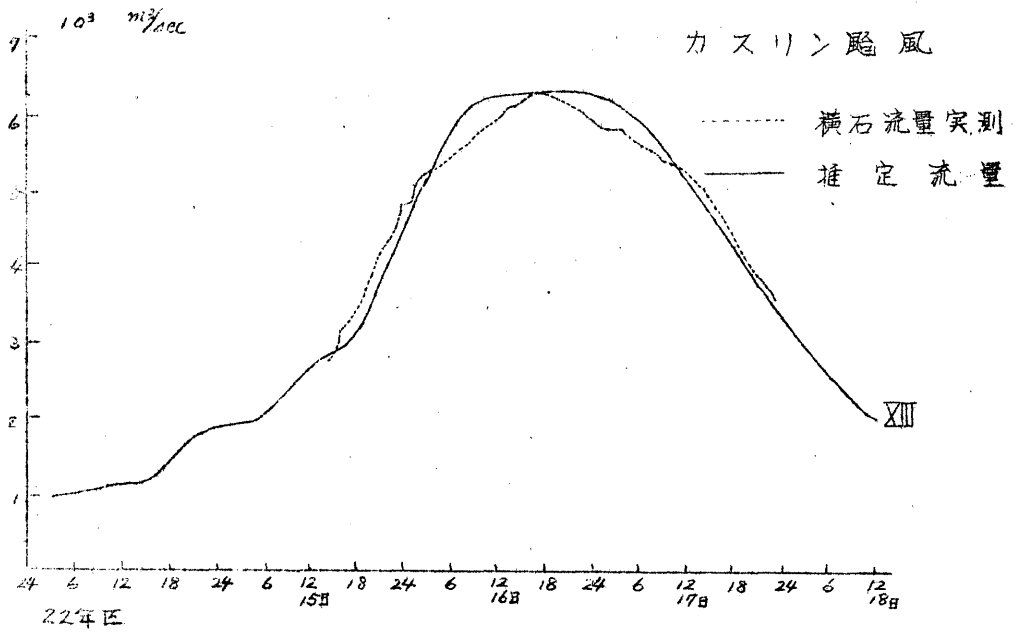


図 -- 4

研究の経過

3. 1. 以下、上の推定方式に達する迄に、我々が試みた方式を経過に従つて説明する。

最初は表-1にあるように、5地区に分割したもので流量の計算を行った。

本川中流地区以外の4地区については、降雨の $\frac{1}{2}$ を $r=0.97$ で、 $\frac{1}{3}$ を $r=0.70$ の減衰率で流出させた。雨量の約35%が $r=0.70$ 程度で流出するらしいことは、北上川、利根川の反流に於けて幾つかの計算の経験から得られたものである。

また雨量の $\frac{1}{2}$ を $r=0.97$ で流出させたのは、次の理由による。北上川、利根川の支流の計算例では、雨量の $\frac{1}{2}$ 程度を、 $r=0.94$ または $r=0.95$ 程度で流出させると実流量とよく合うのであるが、流域面積が広くなるにつれて、 r の値は1に近づく傾向が認められる。そこで今回は流域面積の大きいことを考へて、一応 $r=0.97$ と置いたのである。

中流地区は平野部である。平野部の流出がどのように行われるかについては、実は従来十分の智識を持たないのであるが、假に降雨の $\frac{1}{2}$ が $r=0.95$ の減衰率で流出するものとした。

なおカスリン台風の時12日からかなりの降雨があったことを考へ、14日午前1時には表-5のような流出高で流出して居たと假定し、そこから計算を始めた。

またアイオン台風は台風前の雨がなかったから、地面は乾いていたものとし、降り初めの20mmだけについては、 $r=0.70$ の減衰率の成分は現われないものとした。

5つの地区からの流量が狐禪寺に達する迄の到達時間は、假に表-5のように定めた。

	上流栗石地区	猿石地区	和原地区	中流地区	湯沢、磐井地区
カスリン台風に於ける初期流出高	0.6 mm	0.6 mm	0.7 mm	0.7 mm	0.4 mm
到達時間	12 時間	9 時間	7 時間	6 時間	3 時間

表 — 5

かくして算出された狐禪寺への流入量を基とし、図-3の曲線を用いて計算した狭窄部流量の推定が図-5に示されるIのグラフである。

不思議とピークの高さはカスリン、アイオン共に実測と甚だよい一致を興える。更に明治43年、大正2年の洪水に適用してみても、ピークの高さはよい一致を示すのである。(何れも狐禪寺の水位にして1m以内の誤差)。

しかし、ピークの時刻が早すぎること、及び流量の絶対量が不足し、減水の早すぎることは大きな欠点である。(これを方式Iとする)

3.2. 方式Iの欠点を改めることを考える。減水が早すぎるのであるから、減水の仕方をもつと遅くするのものの方法である。または減衰の遅い成分を附加するのものの方法である。この考え方に従い、 $\beta = 0.99$ (半減期にして3日)なる減水率の成分を計算してみた。これは直ちに具合の悪いことが解つた。このように流出が遅い成分を用いると、洪水は大きくならないのである。(方式II)

3.3. 狭窄部流量の減水の仕方を選らせる他の方法は、上流からの洪水の到達時間を遅らせることであろう。また方式Iでは上流、栗石地区は流域面積が広大にすぎることとし、また磐井川はなるべく早期に流出させることを考へて、磐井

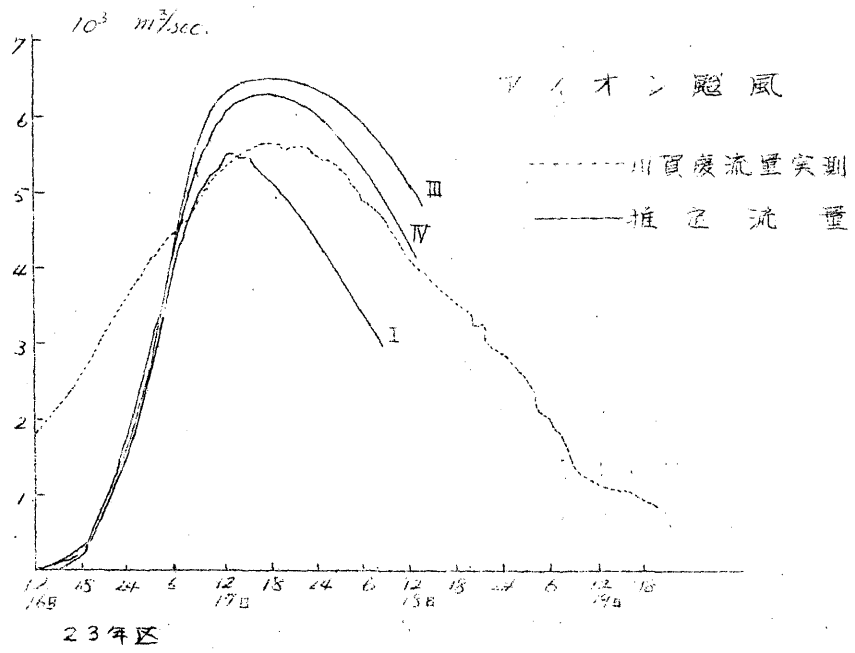
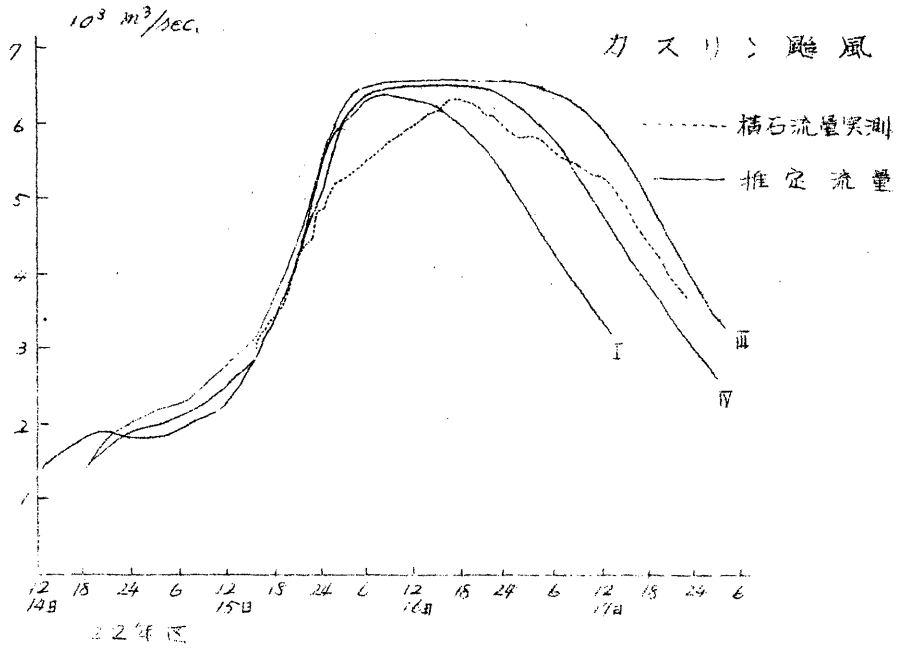


図 - 5

川と鷹沢川とを分離することにした。(表-3)

また、中流地区は方式Iでは $r=0.95$ を用いたが、今回は各地区に本流の流域を分割して付け加えた関係もあり、7地区共通に $r=0.97$ と $r=0.70$ の減水率を用いて流出量を計算することにした。

方式Iでは流量が過小に出ている。その理由は降雨の $\frac{1}{3}$ を $r=0.97$ で、 $\frac{1}{3}$ を $r=0.70$ で流出させたことによると考えた。 $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$ であるから降雨の $\frac{1}{6}$ 、即ち約17%は滲透等により消えるとしたことになる。そこで、山地は雨が多く降るであろうと予想し、思い切つて降雨の70%を $r=0.97$ で、40%を $r=0.70$ で流出させることとした。

即ち、合わせると降雨の110%の流出になる。(計算に用いた降雨量は平野雨量のみの平均値であるから、この流出率は不合理とは言えない。)

洪水の到達時間は次のものを用いた。これは石井文雄氏の資料から得たものである。

	本川上流地区	栗石地区	猿石地区	花巻地区	和賀地区	水沢地区	一ノ関地区
到達時間	17 時間	15 時間	12 時間	11 時間	9 時間	7 時間	3 時間

表 — 6

かくて合成した狐禅寺への流入量より、狭窄部の流量を算出したものが、図-5のⅢの曲線である。流量は甚だ過大に出た。カスリン台風の曲線の上部が平になつているのは、狭窄部流量を $6500 \text{ m}^3/\text{sec}$ の線で押えたからである。

かくしてこの方式は実際と適合しないことがわかる。しかし110%を流出させると流量が非常に大きくなることは、他面より見れば、カスリン台風、アイオン台風より10%程大きな台風が来れば、北上川の洪水は非常に大きなものになるであろうこと

を示すものである。(方式Ⅲ)

3.4. 方式Ⅲでは過大になったから、方式Ⅲの1割引きすることにした。結局、降雨の63%を $\rho = 0.97$ で、36%を $\rho = 0.70$ で流出させることになる。かくしく得られた流量より、狭窄部流量を求めたものが、図-5のⅣの曲線である。

この方式による時も流量は大きく出過ぎるし、ピーク到達も、減水の仕方も早過ぎるようである。ただ、流量の総和、即ち、曲線の積分値は、今回のものと実測とが凡そ合うようである。これが方式Ⅳのよい点であろう。

3.5. 方式Ⅳのピーク到達時刻が早過ぎ、しかもピークが大きくなり過ぎるのは、上流からの洪水到達の定め方が早過ぎるのであろうと考え、方式Ⅳより更に上流、栗石地区よりの到着時間を4時間遅くしてみた。しかしそれでも、まだピークの到達は早過ぎ、ピークは過大であった。(方式Ⅴ)そこで方式Ⅴに比べて、猿ヶ石、和賀、中流地区よりの到達時間を更に2時間遅らせて見たが、方式Ⅴより幾分改良された程度であった。(方式Ⅵ)

3.6. 方式Ⅴ、Ⅵにより、洪水の上流からの到達時間を意外に遅らせる必要があるらしいことが判ったので、方式Ⅰに再び戻って調べてみた。即ち、方式Ⅰの5つの地区よりの流出量はもとのまゝ用い、到達時間を次のようにとる。

表-7

地区名	上流、栗石地区	猿ヶ石地区	和賀地区	中流地区	騰沢、奥井地区
到達時間	20時間	14時間	11時間	10時間	3時間

この方式により計算した狭窄部流量は図-6のⅦの曲線である。流量は甚だ減少に出るのである。(方式Ⅶ)

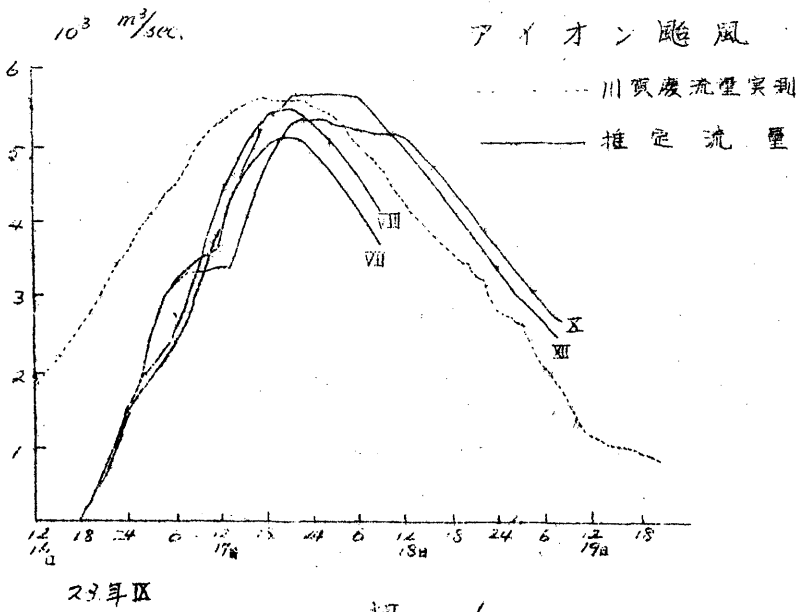
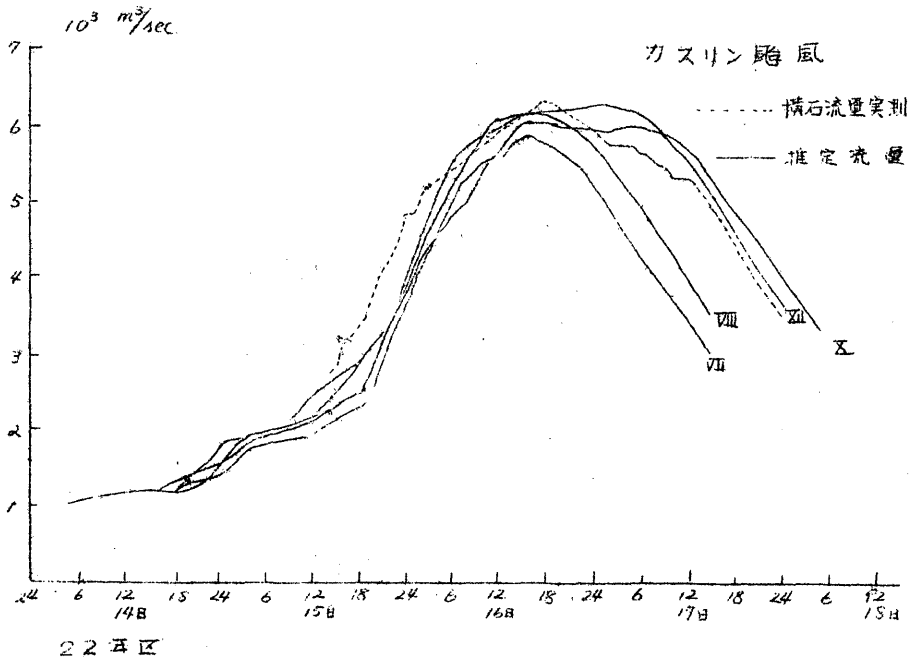


図 - 6

3.7 方式 VII では流量が過小に出るから、その流量を 10%だけ割り増ししてみた。それが図-6の VIII の曲線である。流量はなお過小であり、減水も早過ぎる。(方式 VIII) この方式では降雨の 55%が $r = 0.97$ で、36.7%が $r = .70$ で流出する。従って合計 91.7%が流出するのであるが、これでは流量が過小に出るのであり、また方式 IV のように 110%の流出にすれば流量は過大になるのである。

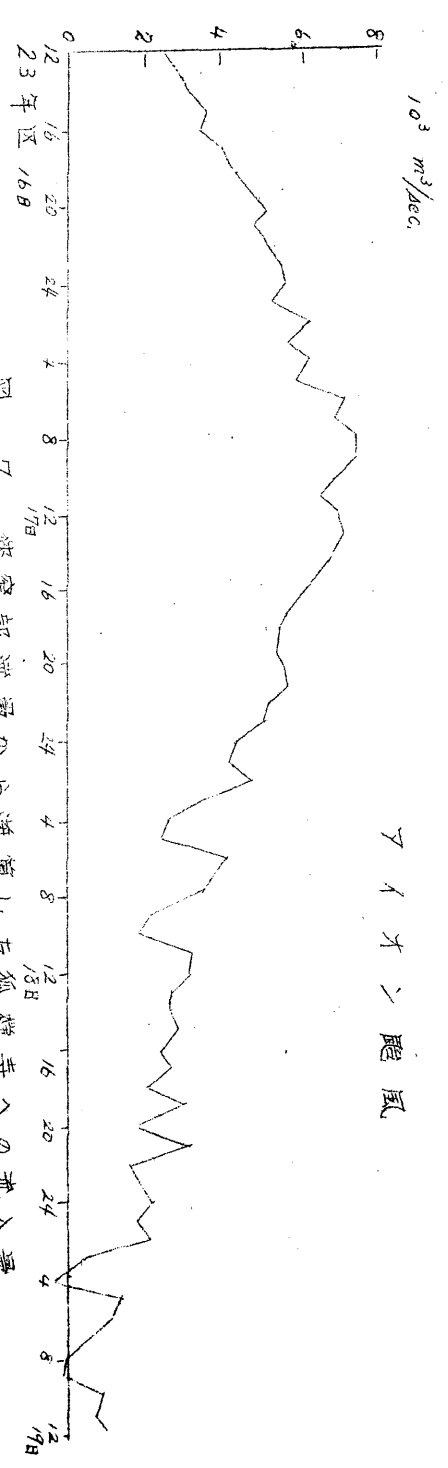
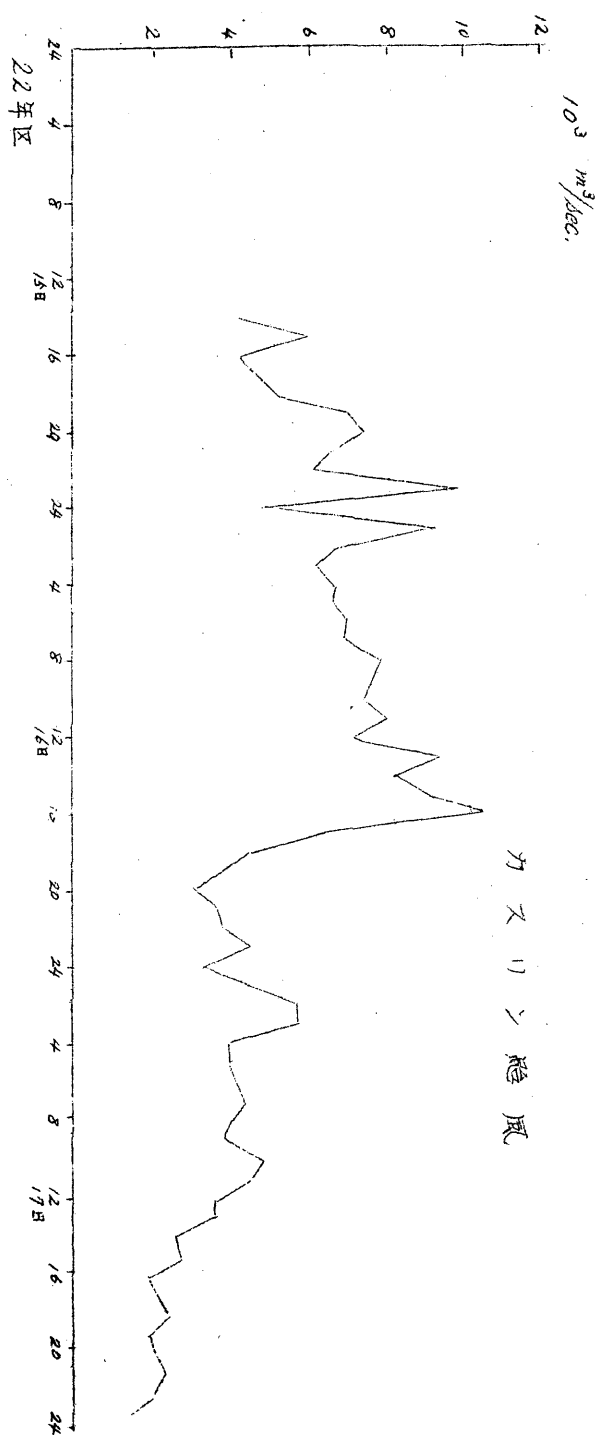
3.8. 方式 V ~ VIII から、上流よりの洪水の到達時間を意外に長くする必要があったことが判ったから、狭窄部の実測流量と、図-3の曲線とから、狐牌寺への流入量を逆算してみた。

それが図-7の曲線である。これは実測で得られた曲線を微分することに相当する計算であるから、出た結果の信頼度はかなり低いと言わなければなるまい。図-7のカスリン台風の曲線をみると、上流よりの洪水の到達が甚だ遅かったように思われる。

3.9. 図-7に合わせるように、到達時間を思い切って遅くする方式を考えく見た。次に試みた方式の到達時間の定め方を表で示す。

方式番号	木上流地区	宇石地区	猿石地区	花巻地区	加須地区	水沢地区	一の岡地区
IX	35	33	24	23	21	7	3
X	35	33	20	19	17	7	3
XI	35	33	16	15	13	7	3
XII	29	27	18	17	15	7	3
XIII	26	24	15	14	12	6.2	2

表 -- 8



図一七 狹窄部流量から逆算した狐様寺への流入量

3. 10. 方式区は図一七のカスリン台風の流入量曲線と合わせることを目的として定めたものである。しかしこの方式で流入量を計算すると、アイオン台風の図一七の曲線と合わなくなる。アイオン台風の時は洪水到達時間は更に早いのである。(方式区)

3. 11. そこで猿ヶ石、中流、和賀を方式区よりは4時間早く到達させて見た。この方式を用いて狭窄部流量を計算したものが図一八の又の曲線である。これでも、洪水到達はまだ遅すぎるようである。(方式又)

3. 12. かくして方式区、方式又、と、次第に洪水の到達時間を早くして見た。図一八を見て判るように、我々の方式では洪水初期の水の出方が少々遅いように感じられる。そこで磐井川をできるだけ早く又時間で出水させ、更に臆沢地区を二等分して、4時間と6時間と遅れにすることにした。

かくして得られたのが方式区である。

方式区に依ると、カスリン台風では減水が早過ぎ、アイオン台風では減水が遅すぎるという結果になる。そこで、まだまだ不満の点は多いが、一応、この方式を得た所で、計算を止めることにした。

この報告の初めに出した図一八、図一七の推定流量曲線はこの方式区に依るものである。

図一七でアイオン台風の際の洪水初期に於いて、実流量よりも推定がかなり小さく出て居る。しかし、水沢や石淵の時間雨量記録を見ると、16日の17時降に強雨が来て、それ以前にはどれ程も雨が降っていないのであるから、かゝる雨量記録を用いる限り、実測曲線に見られるような、初期の増水は期待できないと思う。

3. 13. かくして得られた流量推定方式を用いて、明治43年8月、大正2年8月、大正9年8月の3洪水の流量を推定してみた。方式 VIII では70%、40%の1割引きの結果として、降雨の63%を $r=0.97$ で、36%を $r=0.70$ で流出させたのであるが、今回は簡単のため、降雨の60%を $r=0.97$ で、35%を $r=0.70$ で流出させることとした。

但し、以上の3つのどの台風についても、日雨量の記録しか得られなかつた。そこで、明治43年と大正9年の台風はカスリン型、大正2年はアイオン型と假定し、時間雨量の曲線を想定し、作成した。これが図-8である。

この時間雨量より、狭窄部流量と狐禅寺の水位とを計算し、狐禅寺最高水位と、その生起時刻とを求め、これを実測と比較した。

結果は下の通りである。

	狐禅寺最高水位		最高水位生起時刻	
	実測	推定	実測	推定
明治43年8月	24.32 m	25.0 m	16日 7時	16日 8時
大正2年8月	25.24 m	24.1 m	28日 15時	28日 13時
大正9年8月	24.45 m	26.2 m	11日 10時	11日 13時

表 — 9

水位はあまりよく合っているとも言えないが、最高水位生起の時刻はかなりよく合っている。雨の降り方を想定したことを考えれば、この程度の一致は満足してもよからう。又生起時刻がかなりよく合ったことは、我々が定めた洪水到達時間がかかり信頼できることを示すものではあるまいか。

3. 14. 最後に我々が試みた方式を表で示しておく。

明治43年8月

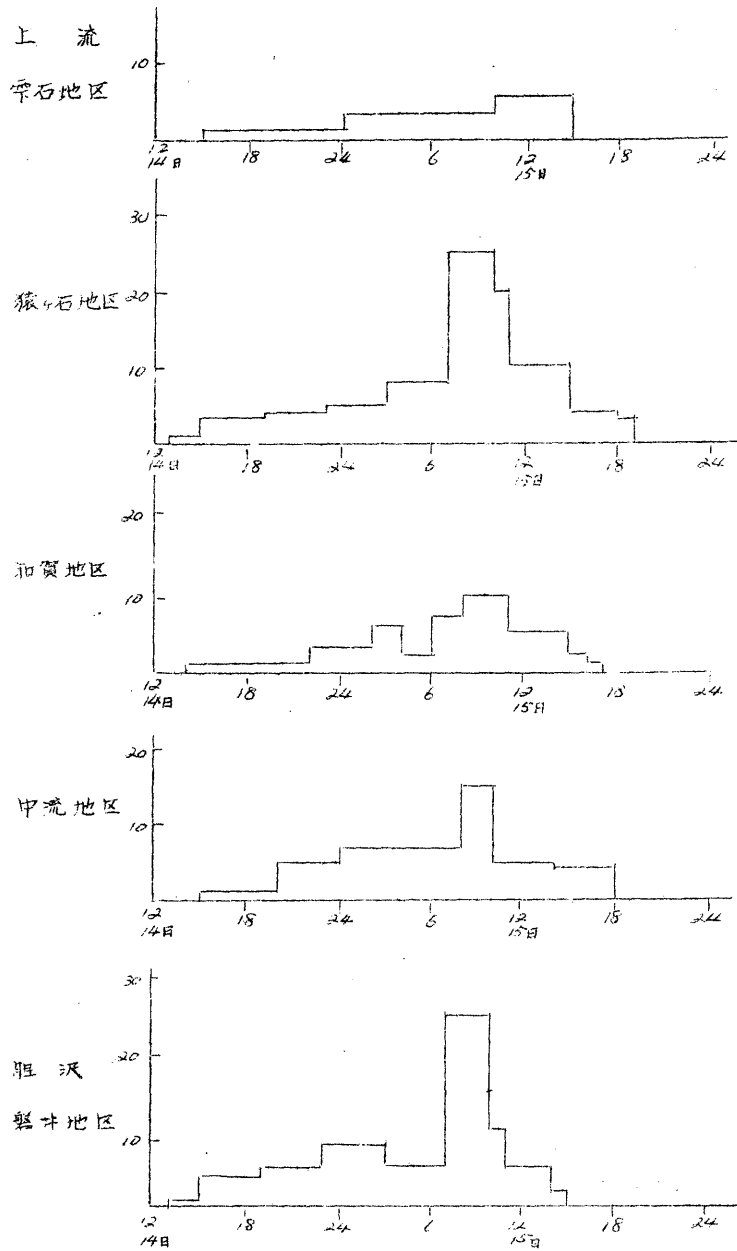
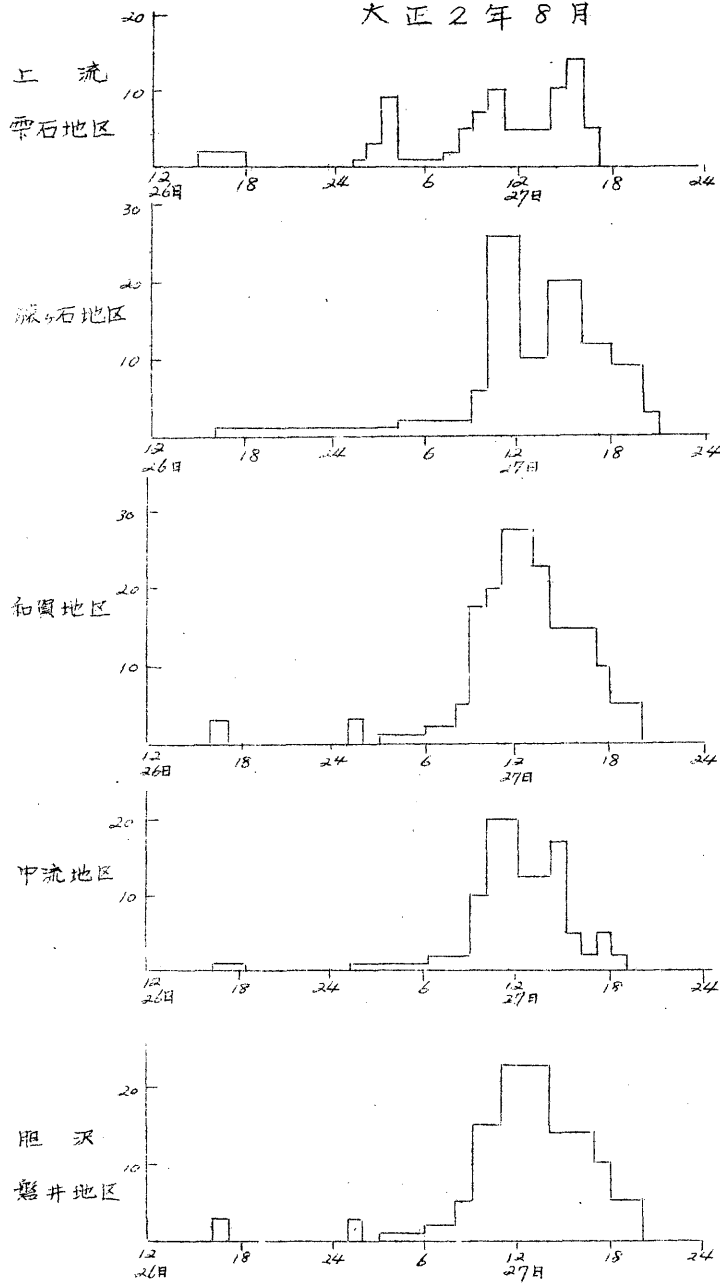


图-8 (a)

大正2年8月



图—8 (b)

大正9年8月

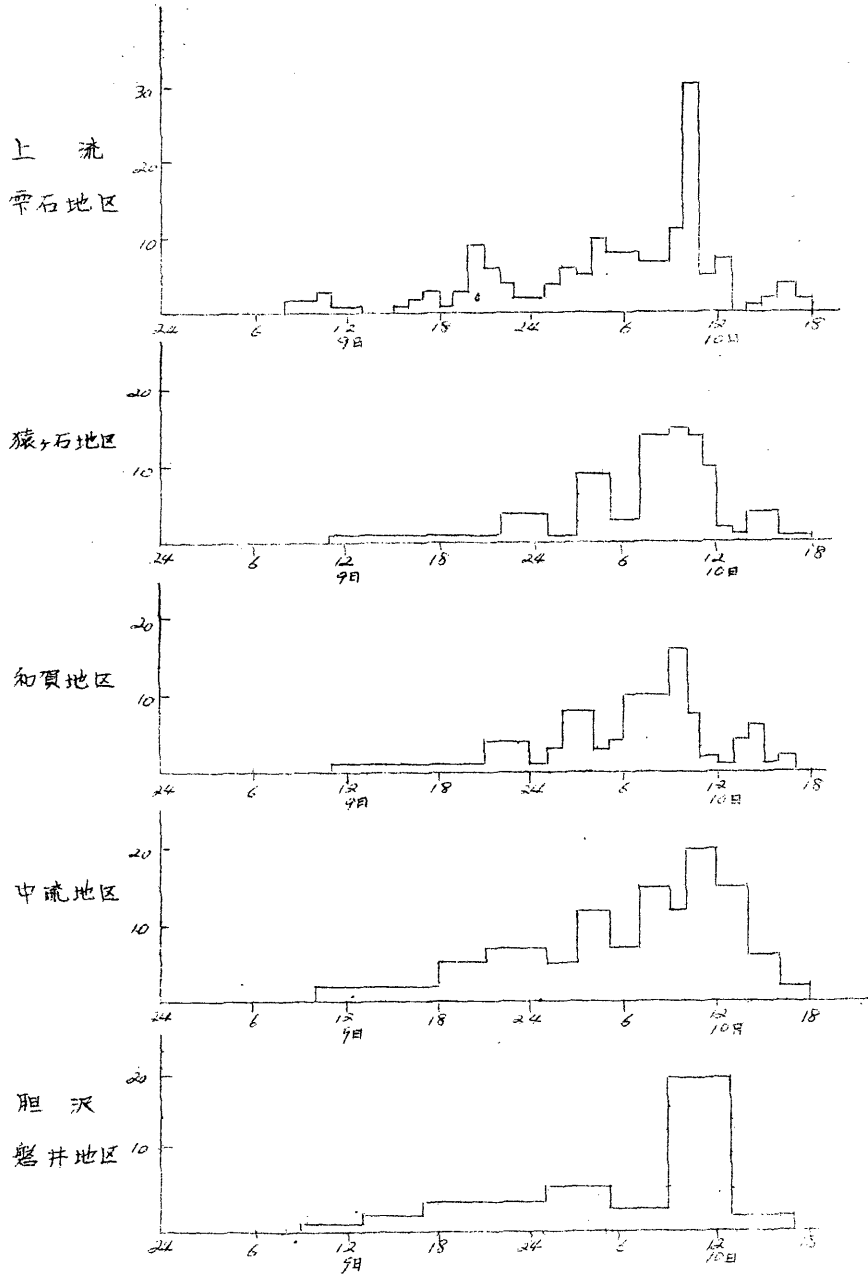


图 - S¹ (C)

流出高計算法		洪水到達時間						
		上流平石	猿石	花巻	和賀	水沢一の宮		
I	降雨の $\frac{1}{2}$ を $r=0.97$ で、 $\frac{1}{3}$ を $r=0.70$ で流出、 中流地区は降雨の $\frac{1}{2}$ を $r=0.95$ で流出させる	12	9	6	7	3		
II	$r=0.97$ の代わりに、 $r=0.99$ なる成分 を用いる。							
III	降雨の70%を $r=0.97$ で、40%を $r=0.70$ で流出させる。	17	15	12	11	9	7	3
IV	降雨の63%を $r=0.97$ で、36%を $r=0.70$ で流出させる。	17	15	12	11	9	7	3
V	同上	21	19	12	11	9	7	3
VI	同上	21	19	14	13	11	7	3
VII	方式Iと同じ	20	14	10	11			3
VIII	方式Iの10%増し	20	14	10	11			3
IX	方式IVと同じ	35	33	24	23	21	7	3
X	同上	35	33	20	19	17	7	3
XI	同上	35	33	16	15	13	7	3
XII	同上	29	27	18	17	15	7	3
XIII	同上	26	24	15	14	12	6.4	2
最終	降雨の60%を $r=0.97$ で、35%を $r=0.70$ で流出させる。	26	24	15	14	12	6.4	2

表 - 10