

石狩川の計画高水流量の検討

正員 石狩川治水事務所 山口 甲

1. 諸 論

与えられた地形景観の中で営まれていくわれわれの生活は、とどまることなく進展しその機能は、高度の発展をとげているが、それに伴い、土地利用は高度化し、国土保全は増々重要な施策の一つとなっている。ここでは、河川改修上根幹である、計画高水流量について、石狩川を具体例として検討した結果を述べる。

わが国では戦後、数多くの河川において生命資産に甚大な被害をうけたが、その原因は、予想しなかった多量の降雨が生じたこと、流出の場をなす、流域が荒廃し一時的な出水が起こりやすいように地貌が変化したことなど、多くの悪条件が重なったものと思われる。しかし近年、水文学は長足の進歩をとげ、水文観測の重要性が認識されてきた。石狩川系においては雨量、流量ともに、昭和28年頃から洪水時の資料が貯蓄されてきたので、石狩川の現在の流域状況における流出機構の検討を行ない、併わせて現計画高水流量に対して100年確率流量を計算し、石狩川の現計画高水流量の規模について検討した結果を述べる。

2. 流域の開発と流出

ここで河川の流出機構を問題とすると、流域の開発とは、地域の開拓による、地表面の地覆度の変化、河川改修による河道整正などを指すものとする。

農業国として発展した開拓されてきた、わが国においての土地利用は、主に稲作、畑作を中心としたものであり石狩川流域においてもほとんどその域を脱してなく、明治32年当地に耕地面積67,000 haであったものが、60年度の昭和34年には水田112,700 ha、畑133,000 haと約3.5倍に増大し今まで森林地帯であったところが、流出のしやすい耕地と変わってきている。また樹齢の大きい森林は木材資源として市場に供給され植林を上廻っており、いずれも地覆をうすくして、降雨が流下する山腹斜面の粗度を小さくした、流出係数が大きくなり一時的出水を大きくしている。また一方河道は河川改修工事により整正され、あるいは流路が短縮され、または河積が整正されたため、流下断面は大きくなり、流下時間を短くしている。

このような変化はいずれも洪水期間を短くするがピーク流量を大きくする原因となる、図-1、図-2、は石狩川上

流部の伊納と下流部の江別における洪水波形について地貌、河道がまったく異なっている場合の洪水波形を比較したものである。このように河川の流出は流域の地貌の変遷にともなう変化するから計画高水流量は流出機構に影響する程の流域の開発が行なわれた場合は改訂されなければならないと思われる。

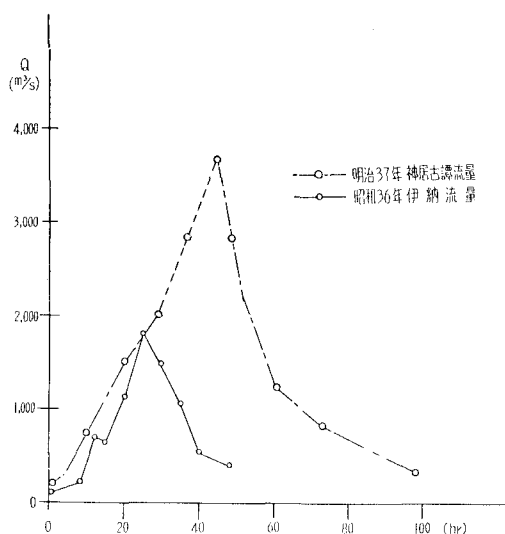


図-1 明治37年、昭和36年洪水の流出比較

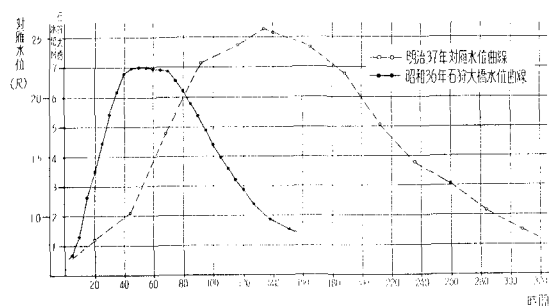


図-2 明治37年、昭和36年洪水の流出比較

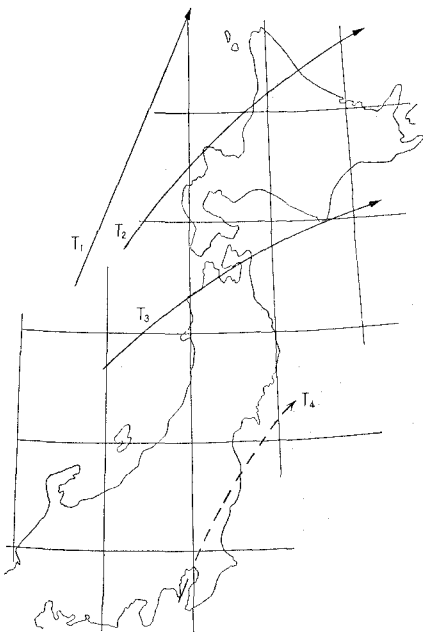
3. 流域と降雨

出水は広がり凹凸を有する流域にもたらされる雨、雪によって起こる自然現象であるが、その降雨は、原因となる気象の変化に応じてその強度、地域分布は異なる。とく

に石狩川のように南北 200 km, 東西 130 km にわたり全集水域 14,000 km² を有する大きな河川では例えば低気圧の大きさ, また流域に対して低気圧の通過する進路によって流域内の降雨分布は異なり, 本支流の流量構成は降雨ごとに異なっている。計画流量の計算では支流の場合は単独にその流域において考えられる流量を計画流量とするが, 本流の流量は, 降雨の種々の分布の場合について計算し妥当な流量を計画とする。

石狩川の場合には, 問題は残ることながら, 今後の検討事項として, 気象原因を, 台風型, 低気圧型, 前線型, と降雨の主因により大別しさらに通過進路によって細分しその生起頻度と降雨量の大きさを比較検討したが, この分類方法によると前線による降雨は生起頻度が大きく降雨域は最も広く地域分布の差は小さいが, 総雨量が大きくなることはまれで, 石狩川本流の計画対象降雨とはなりがたい。

低気圧と台風は同じ現象と思われるが気象業務上取扱われている方法によって区別したが, 低気圧による降雨が最も頻度が大きく総雨量も多くなる場合が多い中でも低気圧が流部の西部をとおりオホーツク海における L₂ 型が頻度が大きく最も多い, また流部の南部をとおり L₃ 型についても同じように石狩川の洪水の危険度が大きい, 台風についても低気圧の場合と同じような進路をとる T₂, T₃ 型が最も危険であるが頻度は小さい。したがって石狩川本流の計画流量の対象となる降雨として L₂, L₃ 型あるいは T₂, T₃ 型と思われるが降雨の広がりには L₂ 型が最も広く, また石狩川上流部に分布するので最も危険な降雨類型である。

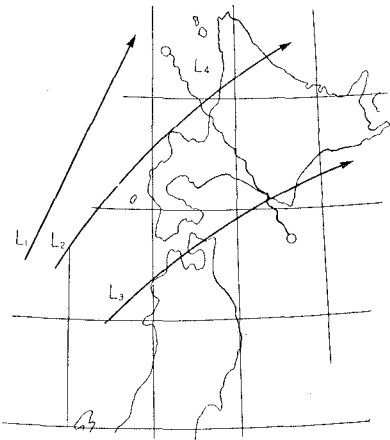


図—3 T 型

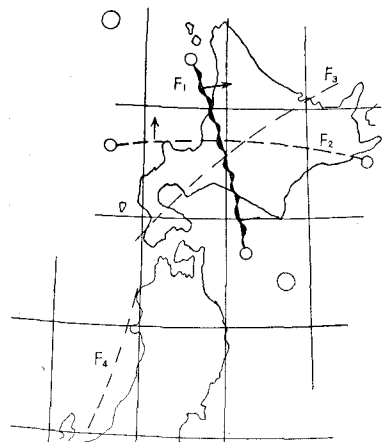
近年電子計算機の普及につれて煩雑な計算が容易に行なうことが可能になっているので, 計算機に, 本支流の流出機構を模擬設定することによって, 各類型の降雨型に対する, 本支流の流出量は容易に計算される。したがって今後電子計算機を使用することによって, さらに合流構成は検討されなければならないと思われる。

4. 石狩川本支流の流出量の解析

河川における流出量の研究は 1932 年 Sherman が単位図法を提案して以来, 多くの研究が発表されているが, わが国でも近年, 単位図法, 流出関数法, 立神氏法, 特性曲線法, 貯留関数法などが提案されて流出計算について高度の考察がはらわれている。しかし多くの支川を有する大流域における。支川の合流の問題また河道における Flood Routing の研究は割合行なわれていないようである。今回は石狩川本支流を 25 流域に細分し, 支川の合流を含めて一貫して洪水を追跡し, 石狩川の流出の構成の考察を行な



図—4 L 型



図—5 F 型

った。流域は山腹斜面と河道からなるが山腹は降雨が河道に流下する場であり河道は水が流れながら滞留する場と考え、貯留関数法によって解析した。

今河道2点間における連続の式から

$$\frac{dS}{dt} = I - O \tag{1}$$

S: 貯留量

I: 流入量 $I = i + q$

i: 河道上流端からの流入量

q: 2点間の中間流入量

O: 流出量

$\frac{dS}{dt} \equiv \varphi(O)$ として貯溜関数ということにする。

式(1)は

$$\varphi(O) \cdot \frac{dO}{dt} = I - O \tag{2}$$

式(2)を解くため今関数 R を考えると式(2)から

$$R \cdot \varphi(O) \cdot \frac{dO}{dt} + O \cdot R = R \cdot I \tag{3}$$

ここで $(R \cdot \varphi(O) \cdot O)$ なる関数について微分する。

$$\begin{aligned} \frac{d(R \cdot \varphi(O) \cdot O)}{dt} &= R \cdot \varphi(O) \cdot \frac{dO}{dt} + R \cdot O \cdot \frac{d\varphi(O)}{dt} \\ &+ O \cdot \varphi(O) \frac{dR}{dt} \end{aligned} \tag{3}$$

一般に $\varphi(O)$ の変化量は小さいと思われるので式(3)において $\frac{d\varphi}{dt} \div O$ として右辺第2項を零とする。式(3)と式(2)を満足するような R を考えるとすると、式(2)、(3)から、

$$R \cdot \varphi(O) \cdot \frac{dO}{dt} + O \cdot R = R \cdot \varphi(O) \frac{dO}{dt} + \varphi(O) \cdot O \cdot \frac{dR}{dt} \tag{4}$$

$$\frac{d(R \cdot \varphi(O) \cdot O)}{dt} = R \cdot I \tag{5}$$

式(4)から

$$\log R = \int \frac{dt}{\varphi(O)} \tag{6}$$

$$\therefore R = e^{\int \frac{dt}{\varphi(O)}} \tag{7}$$

式(7)を(5)に代入すると、

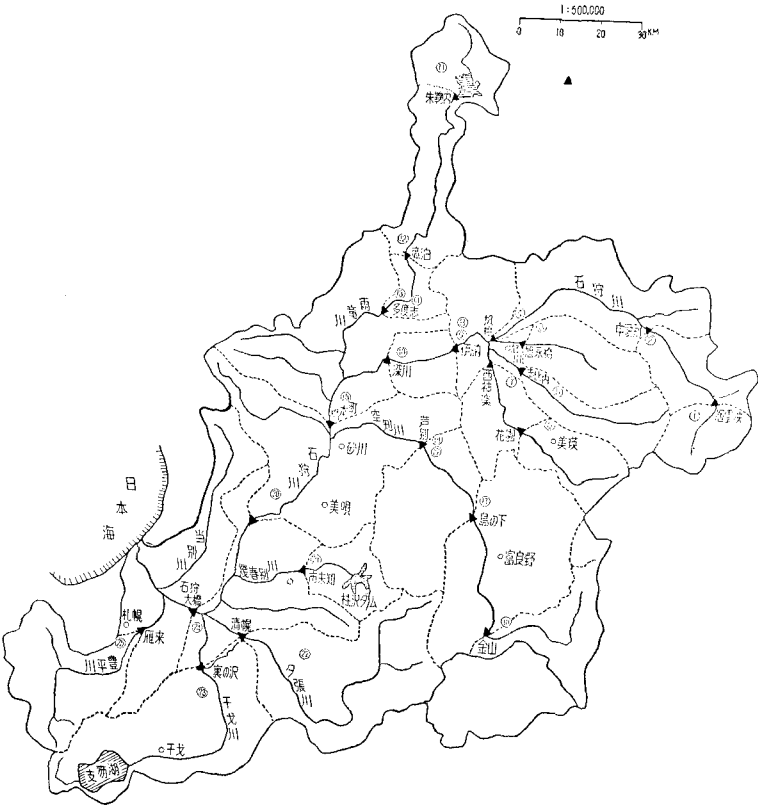
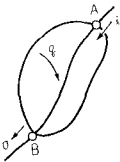


図-6 石狩川水系解析地点

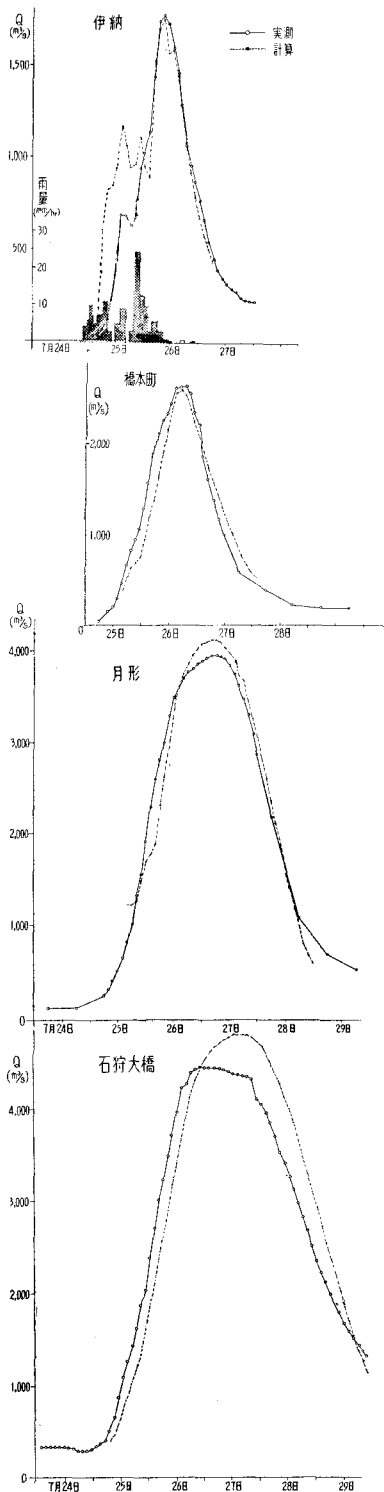


図-7 昭和36年7月洪水の追跡

$$O = \frac{e^{-\int \frac{1}{\varphi(O)} dt}}{\varphi(O)} \cdot \int I \cdot e^{\int \frac{1}{\varphi(O)} dt} dt \quad (8)$$

式(8)は貯留関数 $\varphi(O)$ が既知の流域に対して、流入量 I に対して流出量 O が追跡されることを示す。

洪水例は昭和28年から36年までの資料であり、図-6に示すように石狩川水系を25流域に区分して、解析を行った。

貯留関数 $\varphi(O)$ については木村氏の検討したものがあるが、石狩川の場合毎流域ともそれぞれ一定の値をとる。しかし、解析例中流出量の大きい洪水については、流出量 O によって $\varphi(O)$ が変化する傾向にある。とくに大雪山系に水源をなす、石狩川上流部、および、忠別川・美瑛川、などの上流部における流出は $\varphi(O)$ の変化が大きく、非線型性が大きい。図-7は昭和36年7月洪水について毎流域において計算した流出量から石狩川本流下流部の Hydrograph を計算したものであり良い結果が得られた。この方法による計算は有効雨量の推定に妥当な方法をとれば、洪水予報する方法としてきわめて便利である。

5. 計画高水流量の規模について

石狩川の計画高水流量は明治37年7月の洪水を基礎にして決められているものであるが、ここではその流量の規模について検討を行なう。

石狩川水系において最も多量の降雨をもたらす気象、また洪水流出の機構については、これまでに述べたところであるが、石狩川水系内における100年確率雨量は表-1、表-2に示すとおりである。

表-1 確率雨量計算式

観測所	1 日 継 続 雨 量	観測年数
旭 川	$\xi = 3.33689 \cdot \log(x - 9.8) - 5.5470$	73
沼 田	$\xi = 3.66541 \cdot \log(x) - 6.4180$	24
富良野	$\xi = 3.6693 \cdot \log(x - 8.1) - 6.0580$	46
岩見沢	$\xi = 3.11013 \cdot \log(x - 13.8) - 5.1920$	52
夕 張	$\xi = 3.90665 \cdot \log(x - 1.2) - 7.0020$	41
札 幌	$\xi = 3.46248 \cdot \log(x - 1.2) - 5.8730$	73
観測所	3 日 継 続 雨 量	観測年数
旭 川	$\xi = 3.21026 \cdot \log(x - 13.0) - 5.70553$	73
沼 田	$\xi = 3.54943 \cdot \log(x) - 6.66856$	24
富良野	$\xi = 3.37000 \cdot \log(x - 4.4) - 5.98994$	46
岩見沢	$\xi = 3.24752 \cdot \log(x - 18.8) - 5.8665$	52
夕 張	$\xi = 3.57822 \cdot \log x - 6.84603$	41
札 幌	$\xi = 3.42769 \cdot \log(x - 6.7) - 6.30240$	73

表-2に示す降雨中、3日雨量をとり、時間配分は既応降雨の総雨量150mm以上の時間分布の平均値により時間配分した。3日雨量をとったのは、降雨継続日数が1日である場合はまれで、2日または3日の場合が多いことによる。上記の降雨、解析法により100年確率雨量に対する石狩川本支流の流量は表-3のとおりである。

表-3 100年確率ピーク流量

河川名	観測所	ピーク流量 m ³ /s	流域面積 (km ²)	比流量 m ³ /s・km ²
石狩川	層雲峽	1160	294	4.27
"	中愛別	2098	1083	1.94
牛朱別川	旭永橋	847	403	2.10
石狩川	旭橋	2921	1917	1.52
忠別川	志比内	846	245	3.46
美瑛川	花園	635	220	2.89
"	西神楽	1444	645	2.24
石狩川	伊納	4413	3379	1.30
"	深川	4360	3630	1.20
雨竜川	雨竜ダム	731	312	2.34
"	鷹泊ダム	1341	844	1.59
"	多度志	1697	1015	1.67
石狩川	橋本町	5336	5460	0.98
空知川	金山	1033	469	2.21
"	島の下	3148	1547	2.04
"	芦別	4204	2374	1.77
石狩川	月形	7760	9306	0.84
幾春別川	市来知	306	125	2.45
夕張川	清幌	2054	1116	1.84
江別川	裏の沢	1011	1142	0.89
石狩川	石狩大橋	8973	12697	0.71
豊平川	雁来	2678	651	4.11

6. 結 論

本文は石狩川本支流の流出解析を貯留関数法により水系を一貫して検討し、石狩川の計画高水流量の大きさと、支流の流量配分を明らかにしたものであるが、要約すれば次のとおりである。

1. 流域の関発によって河川の流出機構は変わるから、その進行状況に応じて、計画高水流量の検討を行なう必要がある。

2. 大流域河川における支川の合流についての支川の支配量についての考察は、気象原因別に降雨の地域分布特性を検討し、その類型ごとに生起頻度と総雨量によって本支流の流出量の大きさを検討する。石狩川の場合はL₂型、L₃型が最も危険な場合である。

表-2 100年 確 率 雨 量

	旭川	沼田	富良野	岩見沢	夕張	札幌
1日雨量	152.7	158.3	133.6	168.3	160.2	162.2
3日雨量	207.8	219.9	184.3	224.4	214.7	240.0

表-4 計画高水流量との比較表

観測所	100年 確率流量 (m ³ /s)	現計画 流 量 (m ³ /s)	増加量 (m ³ /s)	備 考
層雲峽	1160	1180	— 20	現計画大雪ダムの計画書 "
中愛別	2098	1900	198	
旭永橋	847	950	— 103	
旭橋	2921	2500	421	
志比内	846	1200		金山ダムの調節効果後 "
花園	635	1200		
西神楽	1444	1450	— 6	
伊納	4413	3620	793	
深川	4360	3620	740	
雨竜ダム	731	680	51	
鷹泊ダム	1342	1250	92	
多度志	1697	1400	297	
橋本町	5336	5400	— 64	
金山	1033	1000	33	
島の下	3148	1822	326	
芦別	4204	3124	1080	
月形	7760	6680	1080	
市来知	306	380	— 74	
清幌	2054	2280	— 226	
裏の沢	1011	550	461	
石狩大橋	8973	7220	1753	
雁来	2678	2000	678	

3. 現計画高水流は100年確率流量にほとんど近いが本流は70~80年確率流量程度であり、相対的に計画流量は小さいと思われる。

4. 内水、ダムの洪水調節効果の検討に考えられるものであるが、計画高水流量はハイドログラフで示されている必要がある。

参 考 文 献

- 1) 木村俊晃：貯留関数法(III-1), No. 4. Vol. 4. 1962, 土木技術資料, 土木研究会。