

の最大流量の確率的規模については、下水道では時間最大、農業計画では10~20年確率日雨量を採用している。河川計画では排水路の規模に見合う程度として通常計画されており、その規模決定方法が確立されていない。

樋門断面積の決定に際し、樋門断面簡易計算公式が実用公式として広く利用され、いくらかでも作業に能率を与えることを期待する。

39. 河川改修における経済効果の推定について

石狩川治水事務所 岡元武彦
湯浅幸雄

1. 経済効果について

従来我国においては河川改修計画に経済的な考慮は知らず知らずの内に払われてきたが、昭和25年に建設省中安技官により千代川の改修計画に経済的な考慮が具体的な数値をもって示された。その後諸氏により経済効果について多々提案されたが、本文は中安技官の提案する防災量の考え方{すなわち防災量 E は、災害費を P 、確率を W とする時水位 h_1 (確率 w_1) より h_2 (確率 w_2) まで堤防を高めることによって得られる。要するに $E = - \int_{w_1}^{w_2} Pdw$ で表わされる。}を平易にかつ実際的に述べるものである。

経済効果には大別して、表39-1のように

- | | |
|------------|-----------|
| 1) 超過便益 | 2) 便益費用比率 |
| 3) 国民所得増加額 | 4) 投資所得比率 |
| 5) 投資回転率 | |

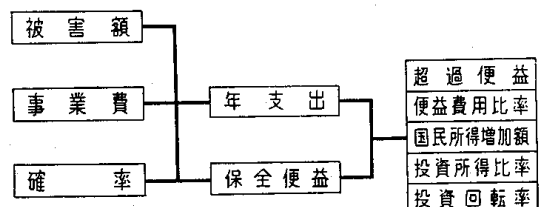
などの要素があるが本文では1) 超過便益、2) 便益費用比率、の2点の算定方法を述べる。

治水事業の便益計算は保全便益が行なわれない場合

に起る洪水被害を防止する効果で、一般的には頻度の洪水確率を加味して算定した年平均被害額を対象とする。保全便益の算定には過去の統計資料より洪水確率計算を行ない、水位~被害曲線などを利用することにより年平均被害額を算出する。また被害額の算出には実例の洪水被害と同被災地域の資産、または生産物とから被害係数(被災率)を求め、水理条件を加味して被害額を算出する。

本経済効果の測定は昭和36年7月洪水並びに最大想定(計画洪水位)氾濫を対象として算定する。これをして河川改修における経済効果の推定の一方法とするものである。

表39-1 経済効果の測定構成図



2. 被害額の算定

被害額の算定は昭和36年7月洪水並びに最大想定(計画洪水位)氾濫区域を対象として算定し、現況資産については昭和33年度より実施している水害経済調査の資産を採用した。また被災率については昭和36年7月洪水を対象とした。

1) 家屋被害額

被害額算出の根幹となる被災率は同一の水理条件と調査の容易さから、石狩川を幹とし左右岸にある支川ごとに分かれる単位を1ブロックとして、ブロックごとに水深0~0.5m, 0.5~1.0m, 1.0m以上の3段階に分け各水深ごとに、家屋の種別ごとに無作為抽出により抽出し、対象家屋の資産額と被害額との比を求めた。

被害額の算出は昭和33年度より実施の石狩川水害経済調査の資産と、昭和36年7月洪水の調査で得た被災率とから次式により求めた。

$$\text{被害額} = \text{資産額} \times \text{被災率}$$

2) 農地並びに農作物被害額

これは道庁発行の「7月集中豪雨災害状況(36.8.15現在)」および「北海道市町村勢要覧(35年)」より農作物の被災率、生産額などを算出した。

被害額は市町村資料による被害面積と、現地調査の結果5万分の1地形図に記入した地目別の面積とを検討し、被害面積を求め、被害額を次式により算出した。

$$\text{被害額} = \text{被害面積} \times \text{単位当たり生産額} \times \text{被害率}$$

3) 計画洪水水位に対する想定被害額

被害率は前記と同様のものを使用し、数量については水害経済調査の資料を採用した。

これによれば石狩川周辺(市町村ごと)において保全利益が行なわれないために起る被害(計画洪水水位に対する)戸数、面積などを調査し、1万分のコンター図に示しかつ被害の水理条件なども明らかにし、被害額の想定をしているものである。

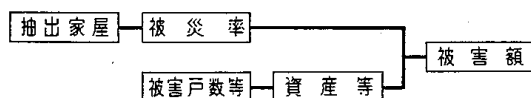
4) 水位別被害額

前述1~3までから集計した水位別の被害額は表39-2であり、9.17mは最大想定(計画洪水水位)を、7.50mは昭和36年7月洪水を示すものである。なお水位は江別水位観測所を代表地点として採用した。

表39-2 水位別被害額

水位別	農家	商家	一般	事業所	公共施設	計
H=9.17	10,252,939	12,938,149	7,367,107	27,203,605	1,404,535	59,166,335
H=7.50	1,741,277	23,765	124,709	143,539	14,895	2,088,185
水位別	水田	畑	農地直接	計	合計	計
H=9.17	9,094,990	1,731,620	33,060	10,859,670	70,026,005	
H=7.50	4,706,116	839,640	20,922	5,566,678	7,654,863	

(昭和36年7月洪水の実例を採用)



※注 上記被害率、被害戸数などは別に石狩川治水事務所において災害報告として取りまとめている。

3. 事業費

水位別事業費については石狩川改修工事出来高調(1~3区)を使用し、計画洪水水位に対しては全体計画による事業量、7.50mに対しては築堤盛高の比率で算定した。事業量を表39-3に示す。

なお本来であれば本工事費に用地費、付帯工事費、間接費などを、さらに工事期間中の建設利息を加算すべきであるが今回は効果の計算方法だけを述べるので上記のものは省いた。

4. 流量生起確率

7月集中豪雨の出水は石狩川の中、下流部に降雨が集中したため石狩川本流の空知川合流点より上流部では

表 39-3 石狩川改修工事出来高調 (1~3区)

工種	区 分	幹 川			江 別 千 歳 夕 張	豊 平	雨 竜	そ の 他 (37河川)	合 計
		一 区 (河口~ 江別)	二 区 (江別~ 月形)	三 区 (月形~ 深川)					
掘 削 (m ³)	全体事業量	4,158,300	4,196,160	7,034,853	2,731,400	1,303,100	2,287,795	2,956,946	24,668,554
	昭34年度迄竣工	3,623,000	3,897,660	3,167,953	1,019,000	1,060,800	480,095	1,193,646	14,442,154
	昭35年以降全体 竣工率 (%)	535,300	298,500	3,866,900	1,712,400	242,300	1,807,700	1,763,300	10,226,400
		87	93	45	37	82	21	40	58
浚 渫 (m ³)	全体事業量	15,896,000	11,130,600	2,814,900	7,050,500	4,446,800	1,082,828	742,800	43,664,428
	昭34年度迄竣工	15,023,000	9,852,000	357,900	3,856,000	4,197,000	150,428	453,000	33,889,328
	昭35年以降 全体計画 竣工率 (%)	873,000	1,278,600	2,457,000	3,194,500	249,800	932,400	289,800	9,275,100
		94	89	13	55	94	14	61	77
築 堤 (m ³)	全体事業量	6,732,530	19,264,210	17,182,920	14,347,830	3,623,200	3,238,120	8,205,426	72,594,236
	昭34年度迄竣工	4,211,230	6,232,010	2,850,820	6,879,030	2,459,500	346,020	1,328,926	24,307,536
	昭35年以降 全体計画 竣工率 (%)	2,521,300	13,032,200	14,332,100	7,468,800	1,163,700	2,892,100	6,876,500	48,286,700
		63	32	17	48	68	11	16	33
特 殊 堤 (m)	全体事業量	4,120	—	1,100	—	—	—	—	5,220
	昭34年度迄竣工	—	—	—	—	—	—	—	—
	昭35年以降 全体計画 竣工率 (%)	4,120	—	1,100	—	—	—	—	5,220
		—	—	0	—	—	—	—	0
護 岸 (m)	全体事業量	45,010	43,035	70,309	24,750	33,712	32,872	19,766	269,454
	昭34年度迄竣工	26,300	5,545	5,909	3,600	13,100	1,647	1,271	57,372
	昭35年以降 全体計画 竣工率 (%)	18,710	37,490	64,400	21,150	20,612	31,225	18,495	212,082
		58	13	13	15	39	50	64	21
水 制 (m)	全体事業量	440	2,872	7,817	—	600	2,550	865	15,144
	昭34年度迄竣工	440	1,642	2,314	—	400	—	—	4,796
	昭35年以降 全体計画 竣工率 (%)	—	1,230	5,503	—	200	2,550	865	10,348
		100	57	30	—	67	0	0	32
本 工 事 費 (千 円)	全体事業量 (江別水位 7.50) "	6,614,149	9,544,522	9,581,386	5,058,155	3,075,481	2,931,845	3,603,453	40,408,991
	昭34年度迄竣工	4,567,579	3,503,764	1,381,917	1,658,511	1,619,085	240,878	522,389	13,494,123
	昭35年以降 全体計画 (江別水位 7.50) "	2,046,570	6,040,758	8,199,469	3,399,644	1,456,396	2,690,967	3,081,064	26,914,868
	竣工率 (%)	69	37	14	33	53	8	15	33

それほどの大洪水とはならなかったが下流部ではまれに見る洪水となった。

ここでは石狩大橋(29年間観測)、橋本町(62年間観測)地点の年最大流量の生起事象を独立事象とみなし、その生起頻度を順序統計学的方法に基づいた Hazen 法により対数確率紙上に算定する。石狩大橋の最大流量を対数確率紙上に plot すると観測年数が少ないため確定的なことはいえないが、1本の直線で代表させるのは適当でないと思われるので、試みに橋本町の年最大流量について検討するとはたして2本の線で決めたほうが妥当と思われる。このことは W. D. Potter も doglag と称して指摘している(図 39-1, 2)。

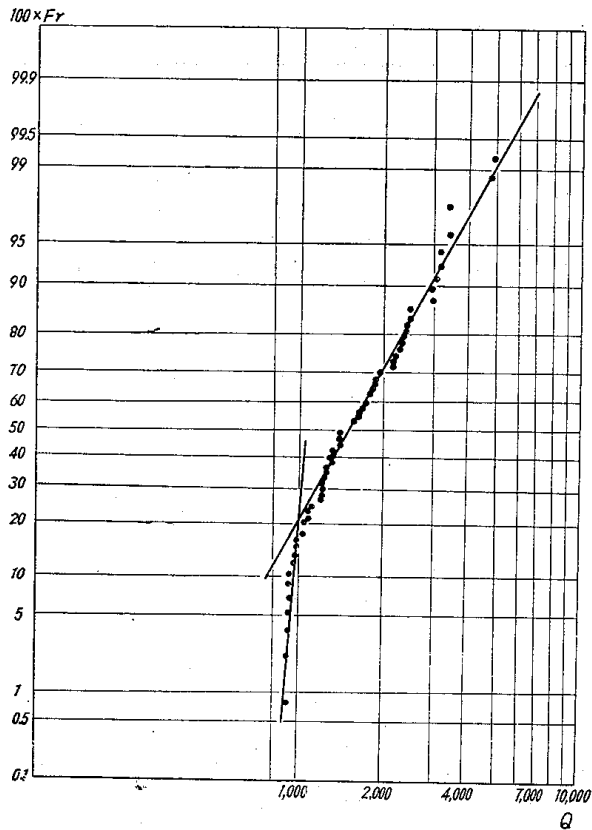


図 39-1 橋本町地点

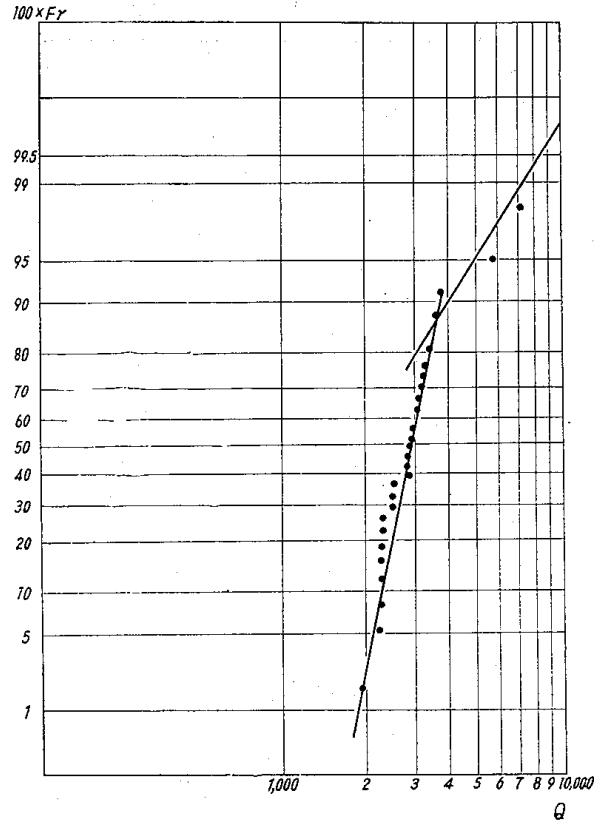


図 39-2 石狩大橋地点

石狩大橋の実測最大流量は $4,360 \text{ (m}^3/\text{s)}$ であったが、上流部で氾濫がなければ $QP=6,800 \text{ (m}^3/\text{s)}$ 程度であったことが Storage-equation method により追跡されている。

先きに述べたとおり石狩大橋の資料は少ないので橋本町もあわせ検討した。

石狩大橋、橋本町の年最大流量を小さい順に並べると表39-4, 5となる。

表 39-4 橋本町流量資料

No.	Q.P.Y. (m ³ /s)	No.	Q.P.Y. (m ³ /s)	No.	Q.P.Y. (m ³ /s)	No.	Q.P.Y. (m ³ /s)
1	900	17	1,170	33	1,530	49	2,300
2	900	18	1,190	34	1,550	50	2,340
3	910	19		35	1,590	51	2,380
4	910	20	1,210	36	1,630	52	2,400
5	910	21	1,210	37	1,650	53	2,420
6	910	22	1,230	38	1,720	54	2,480
7	910	23	1,240	39	1,750	55	2,980
8	950	24	1,270	40	1,760	56	2,980
9	960	25	1,280	41	1,810	57	3,050
10	980	26	1,320	42	1,850	58	3,170
11	990	27	1,340	43	1,850	59	3,190
12	1,030	28	1,400	44	1,940	60	3,360
13	1,030	29	1,400	45	2,140	61	3,400
14	1,060	30	1,400	46	2,140	62	4,870
15	1,070	31	1,400	47	2,200		
16	1,100	32	1,480	48	2,250		

表 39—5 石狩大橋流量資料

No.	Q.P.Y. (m³/s)	No.	Q.P.Y. (m³/s)	No.	Q.P.Y. (m³/s)	No.	Q.P.Y. (m³/s)
1	1,999	9	2,510	17	2,988	25	3,454
2	2,233	10	2,548	18	3,020	26	3,569
3	2,266	11	2,600	19	3,062	27	3,769
4	2,290	12	2,890	20	3,196	28	4,400
5	2,290	13	2,899	21	3,212	29	7,230
6	2,319	14	2,899	22	3,229		
7	2,348	15	2,931	23	3,315		
8	2,377	16	2,947	24	3,402		

Hazen 法によると

$$F_r = \frac{2r-1}{2n} \quad (1)$$

$$T = \frac{1}{1-F_r} \quad (2)$$

r: 資料を小さい順に並べた場合の順位

n: 資料の数

F_r: 非超過の確率

T: 超過確率年数

式(1)より非超過確率は図 39-1, 2 となるが, 石狩大橋の上限側直線は資料が少ないため, 平均線は引き難いので橋本町の現計画洪水流量 4,870 (m³/s) が 90 年程度の確率と考えられるので, 石狩大橋の現計画洪水流量 7,230 (m³/s) を 90 年確率として算定すると今回の 6,800 (m³/s) は 62 年確率となる。

5. 経済効果の測定

1) 水位別償却年額, 年経費, 年支出

河川工事の償却基礎となるものは各種工作物の耐用年数である。本文では耐用年数を経済安定本部の提案する 50 年を全体的耐用年数として各水位に対して一律に採用した。

この場合の耐用年数は物理的耐用年数を意味せず, 目的の達成しうる期間, すなわちこれらに若干の安全性を考慮した経済的な観点から決定される。

年経費としては投下資本に対する利息, 人件費, 維持修繕費, 補償費などであるが, 本文では人件費, 補償は考慮しないことにした。

利率率は 0.055 として見積り, 維持修繕費は総工費の 0.5% を必要とするものと仮定した。

年経費, 年支出は表 39-6 のとおりである。

表 39—6 水位別償却年額, 年経費および年支出

経費別	a		b		備考
	H=9.17 m	H=7.50 m	H=9.17 m	H=7.50 m	
	金額 (千円)	金額 (千円)	金額 (千円)	金額 (千円)	
① 本工事費	40,408,991	29,094,473	26,914,868	19,378,705	a. 計画当初よりの本 工事費 b. 昭和35年度以降の 本工事費
② 償却年額 ①/50	808,180	581,889	538,297	387,574	
③ 年利 ①×0.055/2	1,111,247	800,098	740,159	532,914	
④ 維持修繕費 ①×0.005	202,045	145,472	134,574	96,893	
⑤ 年経費 ③+④	1,313,292	945,570	874,733	629,807	
⑥ 年支出 ②+⑤	2,121,472	1,527,459	1,413,030	1,017,381	

2) 年平均災害防除額の算出

各想定水位に対する災害防除量は建設省中安技官の防災量の考え方、すなわち災害量を P とし、確率を W とする時水位 h_1 (確率 w_1) より h_2 (確率 w_2) まで堤防を高めることによって得られる防災量が $E = - \int_{w_1}^{w_2} P d w$ であらわされることを提案されたことに基づき、代表地点江別水位観測所の水位記録より各水位に対する生起確率を計算し、数値積分により保全便益を表 39-8 の通り算定する。

表 39-7 水位生起確率

江 別	$W=1/h$	W	生起確率
$H=9.17$ m	1/90	0.0111	0.0050
$H=7.50$ m	1/62	0.0161	0.9839

(石狩川の流出計算によれば、計画洪水水位 9.17 m は確率 90 年前後を示すと考えられるので 90 年とした。)

表 39-8 保全便益算定

級 間 隔	担当水位 (m)	生起確率	災 害 額	級間災害額	災害防除額
9.17~7.50	8.34	0.0050	62,371,142	311,855	7,843,474
7.50~5.00	6.25	0.9839	7,654,863	7,531,619	7,531,619

3) 水位と経済効果

前に算出した年支出と年平均災害防除額(便益額)とから超過便益を算定する。超過便益は年平均災害防除額(便益額)から年支出を差し引いて求められる(表 39-9)。

便益費用比率は便益額を年支出で除したものであり表 39-9 のとおりである。

その他経済効果の指数の算出を簡単に述べると

国民所得増加額: (超過便益)+(年経費の中の利子および人件費)

投資所得比率: (国民所得増加額)÷(投下資本)

投資回転率: (便益)÷(総工費)

のようになる。

表 39-9 水位 ~ 超過便益

	水位別	(B) 便益額	(C) 年支出	(B-C) 超過便益	$\frac{B}{C}$	備 考
a	$H=9.17$ m	7,843,474	2,121,472	5,722,002	3.69	a: 計画当初よりの効果
	$H=7.50$ m	7,531,619	1,527,459	6,004,160	4.93	
b	$H=9.17$ m	7,843,474	1,413,030	6,430,444	5.55	b: 昭和35年度よりの効果
	$H=7.50$ m	7,531,619	1,017,381	6,514,238	7.40	

6. む す び

本文は中安技官の防災量の算定方法について簡単に述べたが、治水事業の経済効果の算定には多くの問題が残っている。主なものを記すと

- イ) 資産は年々増加の傾向にあり調査年度による係数整理の問題
- ロ) 被害率算定のための標本抽出の最小限度の決定、調査方法、資料の分析などの統計的処理の問題
- ハ) 洪水確率の確実性の問題(資料が少ないため)

等々算出過程においての問題である。またその後の問題として、河川改修が行なわれた場合付近の地域に与える

経済的な見方など大きな研究課題が残っている。

この経済効果の算定は治水事業の投資の妥当性、事業の着手順位、治水事業の規模に関する計画洪水位に与える経済的な根拠など多くのものに寄与すると思う。

今まで述べてきたことが河川改修計画の算定にあたる諸兄の参考となれば幸いと思う。

参 考 文 献

1. 忠別川の計画洪水流量について、石原藤次郎・上山惟康
2. 石狩川水害経済調査資料、石狩川治水事務所
3. 治水計画と計画洪水量の経済的考察、中安米蔵
4. W. D. Potter upper and Lower Frequency-Curves for Peak Ratio of Runoff Vol. 39 No. 1 Feb. 1958 Trans. A. G. V.
5. 石狩川1~3区直轄区域災害調、石狩川治水事務所

40. 忠別川の河床変動について (中間報告)

旭川開発建設部 中 田 瞭 司

ま え が き

忠別川は本道屈指の急流河川で改修区域内においても、河床勾配 1/100 を割る箇所が多い。自然河川においては常流と射流の限界勾配は大略 1/200 程度といわれており、このことから河床変動の著しいことが推定されるので、昭和 27 年度より定期的に縦横断測量を実施してきたのである。この調査は今後も継続して行ない最終的には河床の動的安定勾配を求め、床止め、護岸、水制などをこの成果に照して築造、布設し安定した河道計画を樹てることがその目的となっている。しかし本文は中間的報告であって主として、石狩川合流点から東川町東橋上流 3 km までの 21 km 区間について縦断的な河床の変動を量的に考察したにとどまった。

なお忠別川の河床変動については、第 1 回開発局技術研究発表会において高橋毅技官により「忠別川の土砂移動について」と題して昭和 27 年から昭和 30 年までの経緯について明らかにされているが、本文はその後の昭和 34 年までの実測値を追加したものである。この間昭和 29 年の大正橋の流失を伴った 8 月 4 日と昭和 30 年 8 月と 2 回の出水をみたがその他の年は平穏で、土砂流出機構の詳細および中程度以上の出水による影響については今後の調査研究にまたねばならない。

1. 河 川 概 要

忠別川は大雪山系、旭岳、忠別岳を水源地として羽衣沢、クワウンナイ沢、熊の沢、ノカナン沢の各支流を集めて平野に出、西北西に流れて石狩川に注ぐ山地流域 299 km²、平地流域 59 km²、計 358 km²、流路延長 57.9 km の中河川である。流域は杓子状を呈しており、山地は扇状に展開しているから、各支川同時刻に出水し雨量に比して流量の大なる河川であることが想像されよう。因みに比流量を本流、美瑛川と比較すると忠別川の 3.35 m³/s/km² に対して、それぞれ 1.54 m³/s/km²、2.30 m³/s/km² となっている。また流域平均幅は本流 20.0 km (河口まで考えると 44.5 km) 忠別川 6.2 km、美瑛川 10.2 km となっており、これは単位幅当たりの流域面積に相当するから雨量、地質、その他の条件が同じならば平均幅の大きいほど出水量が多いことは明らかである。

次いでホートンの形状係数についてみると、これも本流が一番大きく 0.171 (河口まで考えると 0.137)、美瑛