

石狩川の浮遊流砂について (その3)

— 洪水時における変化 —

水工研究室 技官 服 部 博
" 宮 田 巖

要 旨

河川の洪水期間中における浮遊流砂量の変動状況を知ることは、河川の洪水処理上重要な問題であると思われるので、石狩川において二、三の出水時について浮遊流砂量の実測を行なつた。この結果石狩川の洪水時における浮遊流砂量の時間的变化あるいは水理量との関係などについて若干知ることができた。

I. 調査の概要

1. 観測地点

観測場所は当初橋を利用することを考えたが、石狩川の中、下流部に架設されている橋の橋上から水面までの高さは約15~20mであり、このため生ずるであろう測定誤差あるいは橋脚の流れに与える影響などを考慮して、観測地点は橋脚がなく流れの良好な場所を1箇所選んだ。選定された観測地点は石狩川河口より55km上流の空知郡北村地点で、篠津頭首工設置箇所にあたる。平水流量時における川幅は約150m、水深約3m程度で、河床は横断方向にほぼ一様であり観測地点としては良好と思われる。観測施設としては本地点の川の横断方向にφ3mmのワイヤーを張り軽舟を浮かべて測定できるようにした。

2. 測定方法

測定は一横断面内において数多くの測点について行なうことが望ましいが、流木などの流れてくる洪水時に照明施設のない深夜一本のワイヤーを頼りに軽舟を対岸まで出すことは人命に危険を生ずるおそれがある。そこで岸より川の中央へ約50mでた箇所一測点で測定を行なうことにした。この測点における単位川幅当りの浮遊流砂量および水理量を測定することにより洪水時における浮遊流砂量の定性的な変化を知る目的は十分達せられるものと思う。観測項目は、①水位、②水面勾配、③水深、④流速、⑤浮遊流砂量の5種で、水面勾配はあらかじめ設置してある水位標により測定し、水深はポールと測錘を併用し、流速はブライス型電音流速計を使用した。また浮遊流砂量の採取には簡易B型採水器を使用し採取量は1ℓである。

II. 調査結果と考察

1. 従来までの実測例

一洪水を通じて浮遊流砂量の実測例は極めて少ない。わが国の河川では降雨があつてから洪水の peak までの時間が非常に短いため、増水時における観測はほとんど不成功に終るためと思われる。僅かに吉川秀夫博士が木曾川において¹⁾、また堂腰純氏が十勝川において²⁾この観測に成功されているのでその結果を図-1(a)、(b)および図-2に示す。

なお外国の例としては Benedict が米国の諸河川で実測したものと、Soil Conservation Service が Enoree River において実測した例がある³⁾。しかしこれらの例は水位あるいは流量と含砂量との比較のみで他の水理量との関係は不明であり、含砂量の最大は水位の最大と同時かもしくはそれ以前に生ずるという事実以外は知り得ない。これを図-3(a)、(b)、(c)、(d)に示す。

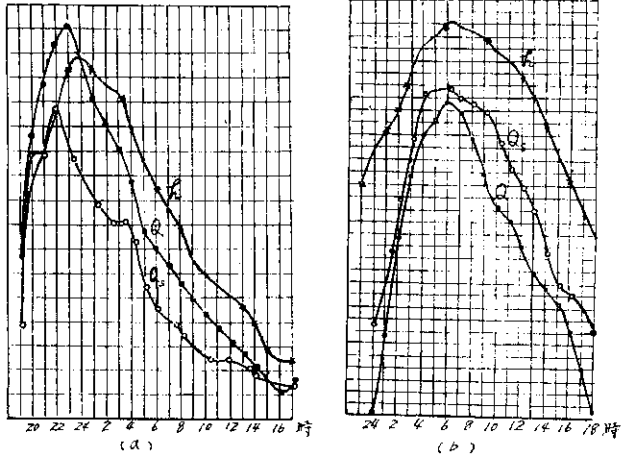


図-1 浮遊土砂の実測例

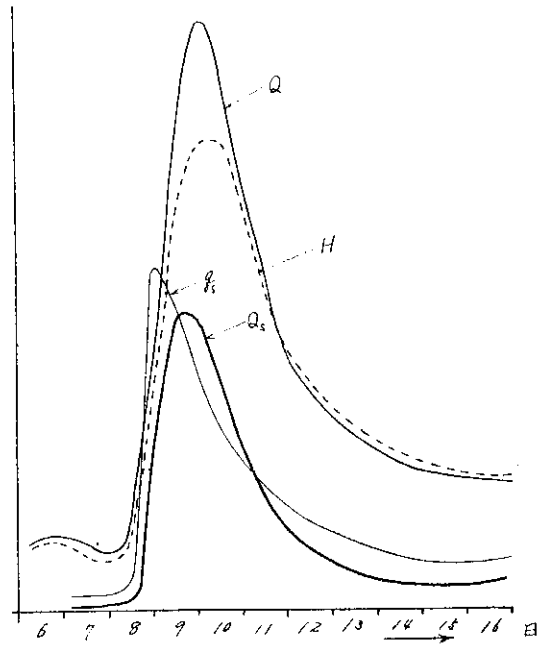


図-2 浮遊流砂量の実測例 (十勝川)

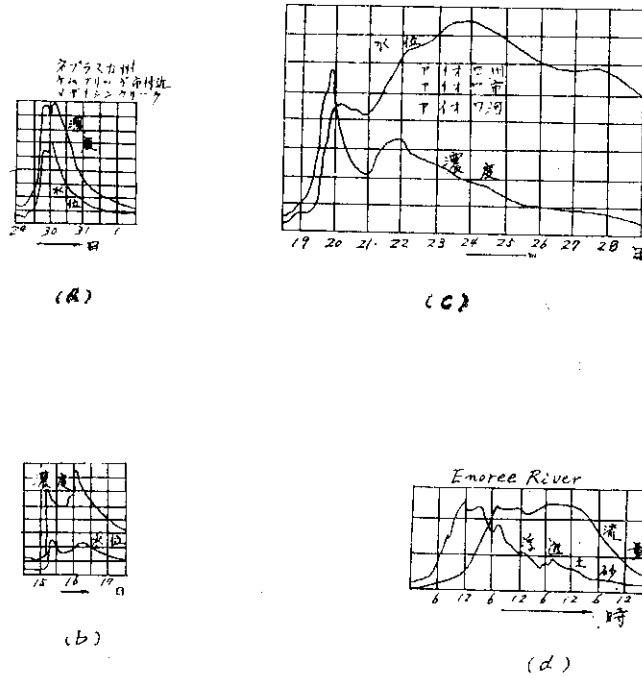


図-3 浮遊流砂量の実測例

なお実測記録ではないが吉川博士の模型実験と理論とによる研究結果では、最大が生ずる順序は水面勾配、流速、浮遊流砂量、流量、水位の順になっている⁴⁾。

2. 浮遊流砂量の鉛直分布

著者らが石狩川において実測した結果を表-1に示す。

これら3回の出水は石狩川においては中洪水に相当にする。観測に当って垂直方向にはその時の水深に応じて条件の許す限り詳細に測定するようにした。一洪水期間中における浮遊流砂量の鉛直方向における分布の推移を観

表-1 石狩川における実測値

年	月	日	時・分	水位	水深	H^2	平均流速	単位幅流量積	単位幅流量	単位幅平均浮泥量	単位幅流泥量	水面勾配	H^2I
	(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	33.10.	2	22.00	6.99	4.40	19.36	0.941	6.99	4.14	1.095	4.53	4.02	7.78
1													
2		3	0.10	7.05	4.50	20.25	0.960	7.05	4.32	0.913	3.94	4.02	8.13
3		"	2.00	7.21	4.60	21.16	0.999	4.60	4.60	0.580	2.67	4.60	9.73
4		"	4.00	7.35	4.70	22.09	1.030	4.70	4.84	0.593	2.87	3.45	7.63
5		"	7.00	7.49	4.90	24.01	1.020	4.90	5.00	0.364	1.82	3.45	8.29
6		"	11.00	7.52	5.00	25.00	1.014	5.00	5.07	0.373	1.89	3.45	8.63
7		"	15.30	7.40	4.90	24.01	0.966	4.90	4.74	0.187	0.934	3.45	8.29
8		"	18.00	7.29	4.70	22.09	0.968	4.70	4.55	0.178	0.810	2.87	6.34
	34. 8.27		16.00	3.96	0.90	0.81	0.97	0.90	0.87	0.108	0.094	3.45	0.289
1													
2		"	20.00	4.22	1.10	1.21	0.95	1.10	1.05	0.257	0.269	4.60	0.557
3		28	1.00	5.04	2.00	4.00	1.16	2.00	2.32	1.350	0.812	5.17	2.068
4		"	3.00	5.55	2.50	6.25	1.21	2.50	3.03	0.567	1.715	5.75	3.594
5		"	5.00	5.94	3.00	9.00	1.30	3.00	3.90	0.966	3.765	5.17	4.653
6		"	7.00	6.13	3.20	10.24	1.25	3.24	4.00	0.791	3.160	5.17	5.294
7		"	9.00	6.25	3.30	10.89	1.23	3.30	4.06	0.603	2.450	4.60	5.109
8		"	11.00	6.31	3.30	10.89	1.22	3.30	4.03	0.556	2.240	4.60	5.109
9		"	14.00	6.41	3.50	12.25	1.22	3.50	4.27	0.393	1.680	4.60	5.640
10		"	17.00	6.41	3.50	12.25	1.24	3.50	4.34	0.367	1.592	4.02	4.920
11		"	20.00	6.35	3.40	11.56	1.23	3.40	4.18	0.293	1.225	4.02	4.650
12		29	8.00	5.47	2.50	6.25	1.04	2.50	2.60	0.144	0.374	4.02	2.510
13		"	14.00	5.24	2.00	4.00	1.04	2.00	2.08	0.149	0.310	4.02	1.608
	34. 9. 7		15.00	9.30	7.00	49.00	1.61	7.00	11.28	0.932	10.500	5.75	28.20
1													
2		"	17.00	9.50	7.00	49.00	1.64	7.00	11.48	1.024	11.750	6.32	31.00
3		"	20.00	9.55	7.00	49.00	1.62	7.00	11.35	0.860	9.760	4.60	22.50
4		"	22.00	9.51	7.00	49.00	1.56	7.00	10.92	0.682	7.450	4.60	22.50
5		8	0.00	9.43	7.00	49.00	1.49	7.00	10.43	0.703	7.340	4.02	19.70
6		"	3.00	9.16	6.00	36.00	1.47	6.00	8.82	0.494	4.350	4.02	15.70
7		"	8.00	9.68	5.50	30.25	1.42	5.50	7.80	0.415	3.235	4.02	12.10
8		"	11.00	8.25	5.30	28.09	1.29	5.30	6.84	0.258	1.763	3.45	9.70
9		"	16.00	7.58	4.80	23.04	1.15	4.80	5.52	0.242	1.335	3.45	7.95

察するため、含砂量と流速の鉛直分布図を図-4(a), (b)(c)に示す。

図によると第1回目および第3回目の鉛直分布は、水位の上昇時には不規則な分布をなしているが peak を境としてほぼ直線的におさまっている。第2回目の観測では出水を通じて含砂量の鉛直分布には顕著な変化は認

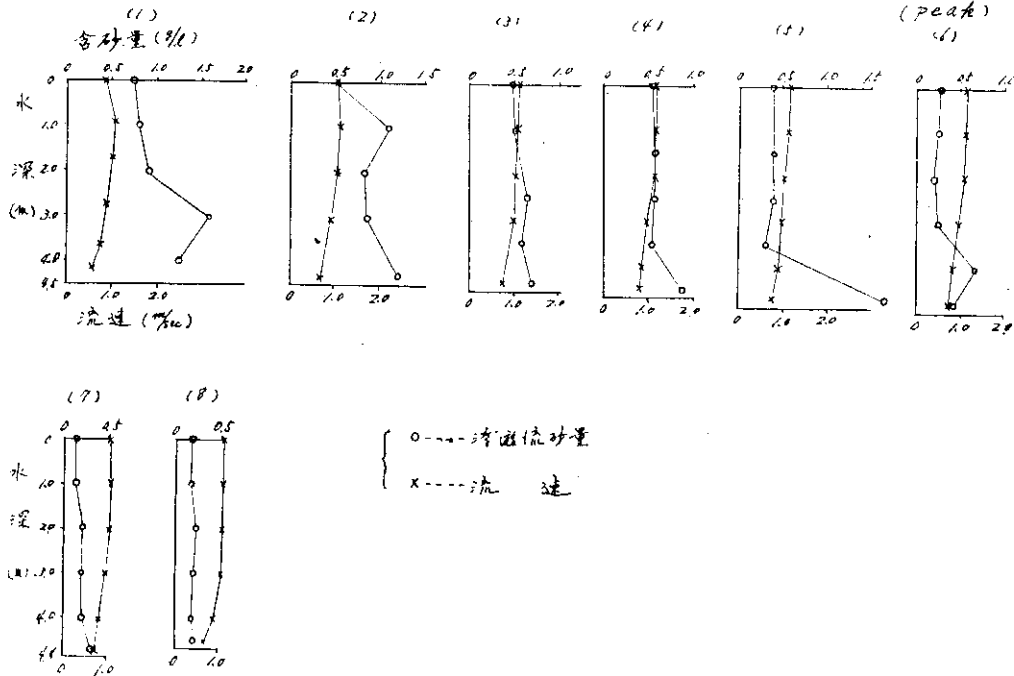


図-4(a) 浮遊流砂量の鉛直分布
第2回目 昭和33年10月2~3日

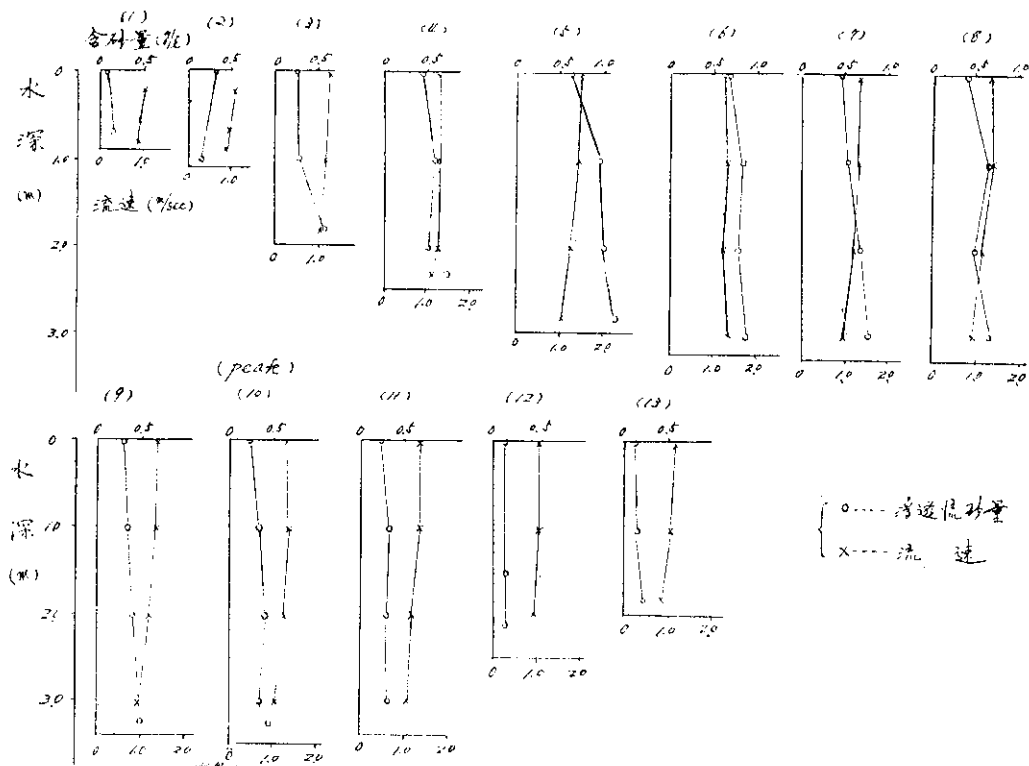


図-4(b) 浮遊流砂量の鉛直分布
第2回目 昭和34年8月27~29日

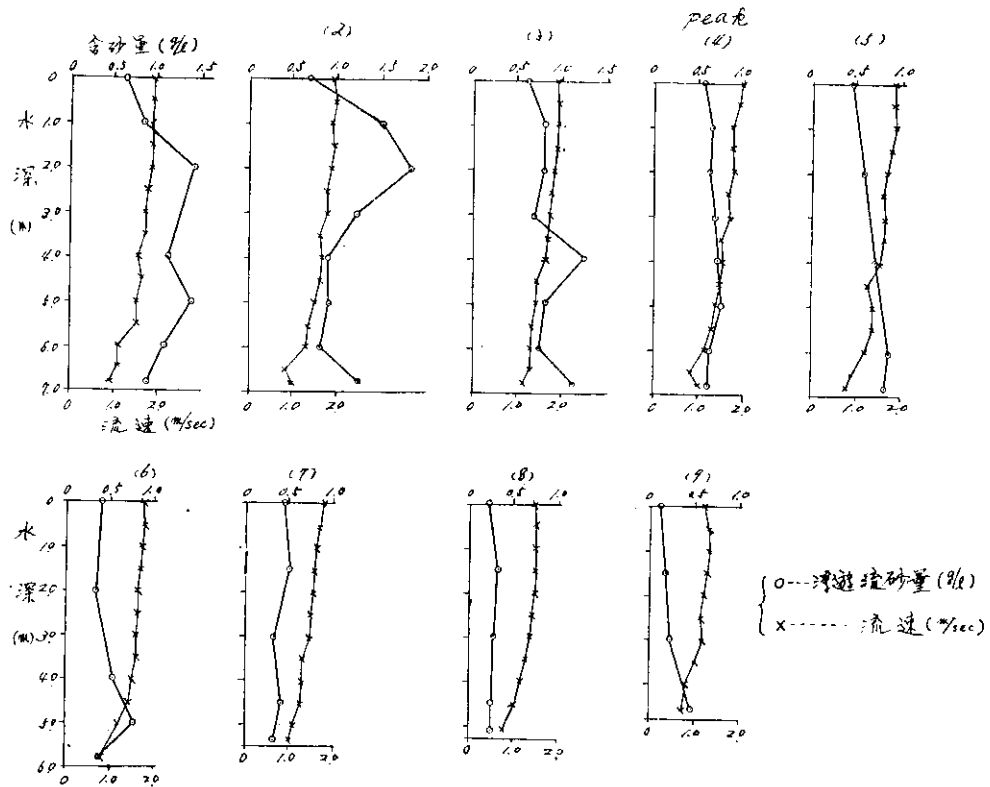


図 4(c) 浮遊流砂量の鉛直分布
第3回目 昭和34年9月7~8日

められずほぼ直線的に変化している。これらの少ない資料から一定の傾向を結論づけることはできないが、水位の上昇時には浮遊流砂は相当攪乱されながら運搬されているが水位の peak にはすでに含砂量も減少しており、減水時には鉛直方向の分布も平水時におけるように直線的に変化しているものと想像される。

3. 浮遊流砂量の時間的变化

観測結果を図-5 (a), (b), (c) に示す。図中には水位 (H), 単位幅平均流速 (v), 単位幅流量 (q_s), 水理量 (H^2I) を示した。

図-5 (a), (b), (c) の3図から共通していえることは、浮遊流砂量、流速、水面勾配の最大は水位の最大より早く現われ、流量の最大は水位の最大付近もしくはそれ以前に現われるということである。しかしこのような観測は相当の誤差が含まれるためか各値の最大が現われる順序についてはまちまちであり、明確に実証するまでには至らなかった。これまでの記録を整理すると表-2のとおりである。

表-2 最大の生ずる順序

		河川名	→				
吉川	第1回目	理論・実験	I	v	q_s	q	H
	第3回目	木曾川	Q_s	Q	h		
堂腰		十勝川	Q_s	Q	H		
著者	第1回目	石狩川	q_s	I	v	$q \cdot H$	
	第2回目	"	I	$v \cdot q_s$	$q \cdot H$		
	第3回目	"	$I \cdot v \cdot q_s \cdot q$	H			

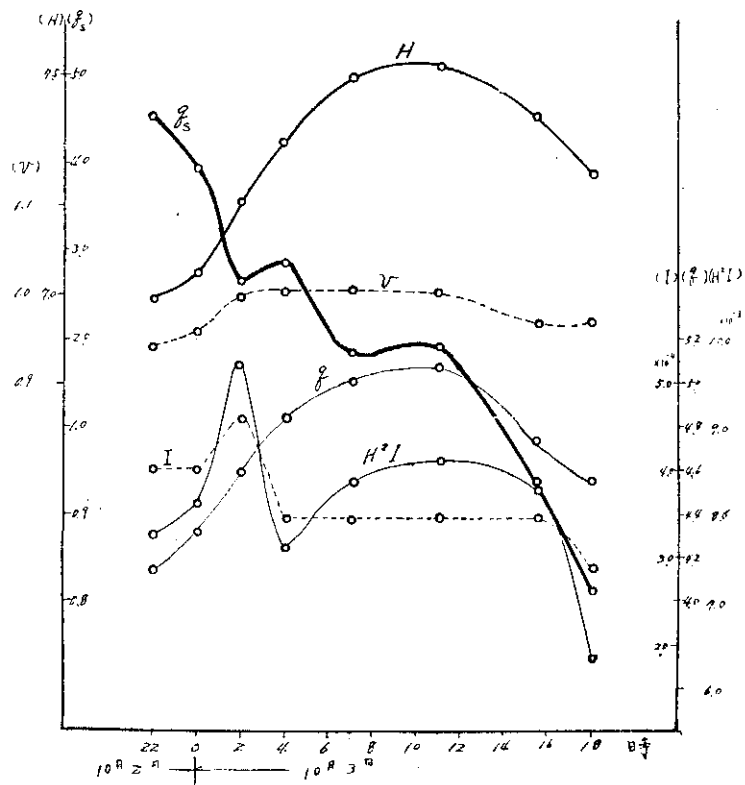


図-5(a) 各値の時間的变化 (第1回目)

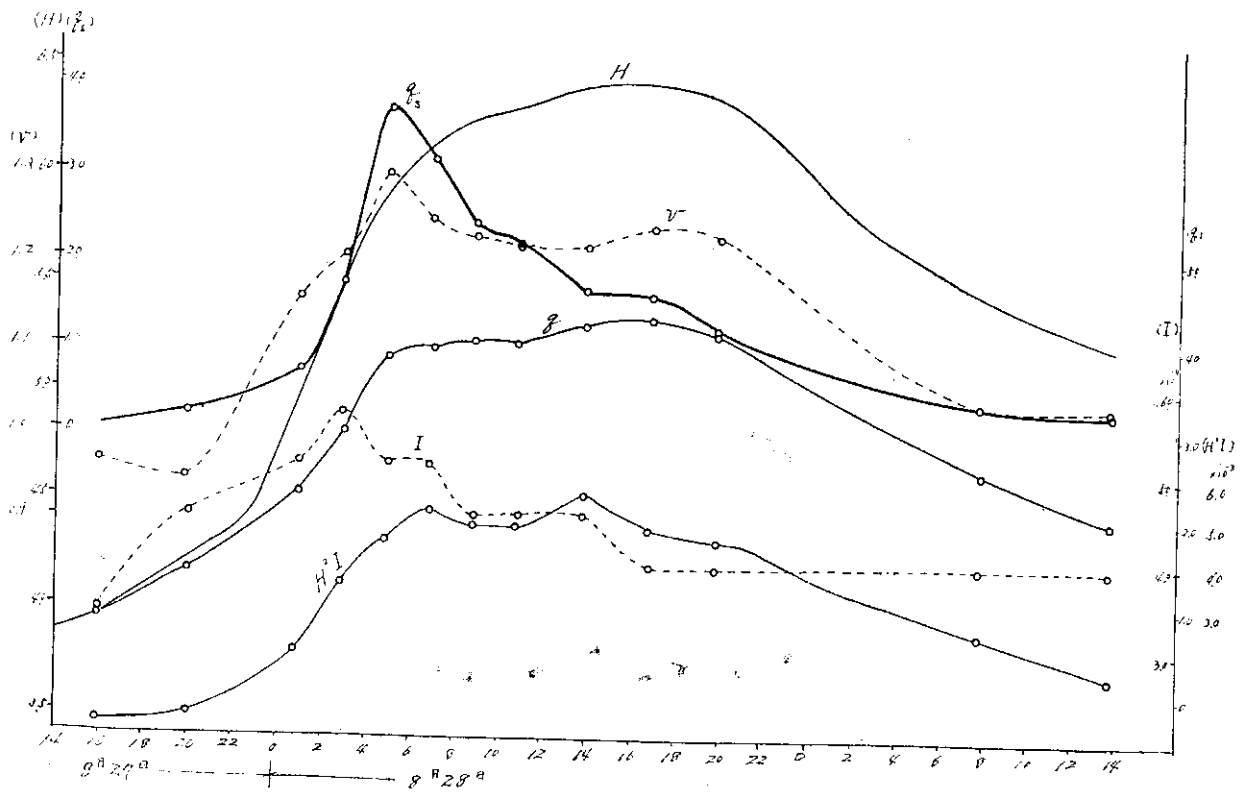


図-5(b) 各値の時間的变化 (第2回目)

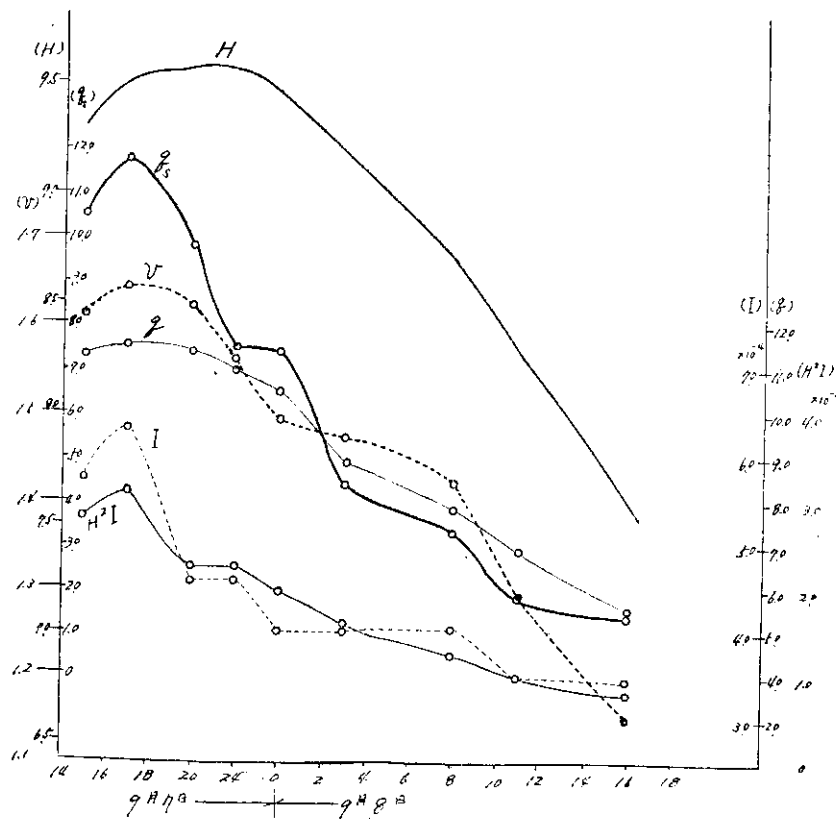


図-5(c) 各値の時間的変化 (第3回目)

これより最大の生ずる順序を推定してみると、木曾川および十勝川の実例から浮遊流砂量・流量・水位の順は妥当と考えられる。また石狩川の実例からは水面勾配・流速・流量または水位という順序が考えられるので、これらを総合してみると水面勾配・流速・浮遊流砂量・流量・水位の順に最大が生ずるのではないかと考えられる。

次に浮遊流砂量曲線の形を観察してみると、図-1 (a), (b), 図-2, 図- (a), (b) の形は水位曲線および流量曲線に非常に類似している。しかし図-3 (c), 図-5 (a), (b) の場合には浮遊流砂量は水位の上昇時に急激に変化し、曲線形は水位曲線あるいは流量曲線と必ずしも似たような形を示さないようである。水位曲線と流量曲線はいずれの場合も似たような形を示している。

4. 浮遊流砂量と水理量との関係

3回の観測資料から出水時における流量の変動状態を水位に対応させて描くと図-6のようになる。図において矢印は時間の経過する方向を示している。

これによると出水時における水位-流量曲線は明らかにループを描くことが認められる。すなわち洪水の増水時には同水位に対して定流の場合より大きな流量が現われ、逆に減水時には定流の場合における流量より小さな値をとることがわかる。流れが定常状態の場合には浮遊流砂量 q_s は水理量 H^2I に比例することは理論的に解かれている⁵⁾。これが洪水時のように非定常の場合にはどのように変化するかを調べてみた。これを図-7に示す。

図において矢印は時間の経過する方向を示している。明らかにループが描かれているのは第2回目の観測のみであるが、曲線の形からみて他の2回の観測値もそれぞれ同じ方向にループを描くものと推定される。このことから、浮遊流砂量 q_s は洪水の peak 以前には水理量 H^2I に対して定流の場合に生ずると考えられる q_s とほぼ等しい値がそれよりもいくらか大なる値をとり、洪水の peak 以後は逆に定流の場合の q_s より小なる値をと

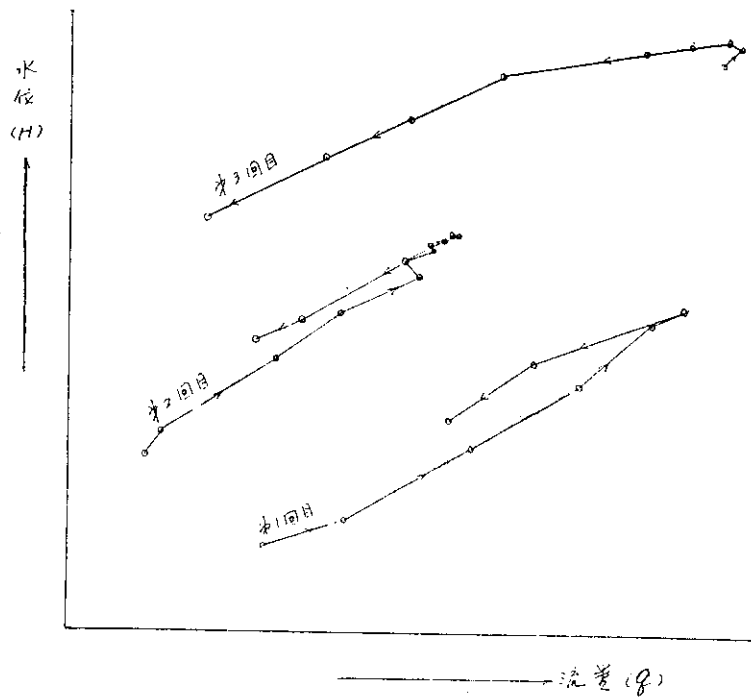


図-6 洪水時における流量の変化

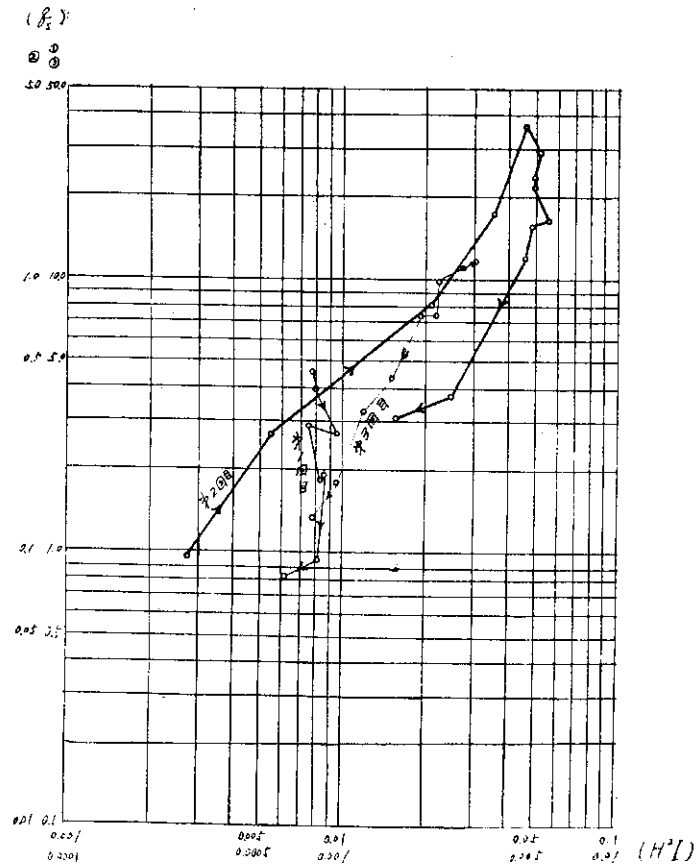


図-7 洪水時における浮遊流砂量の変化

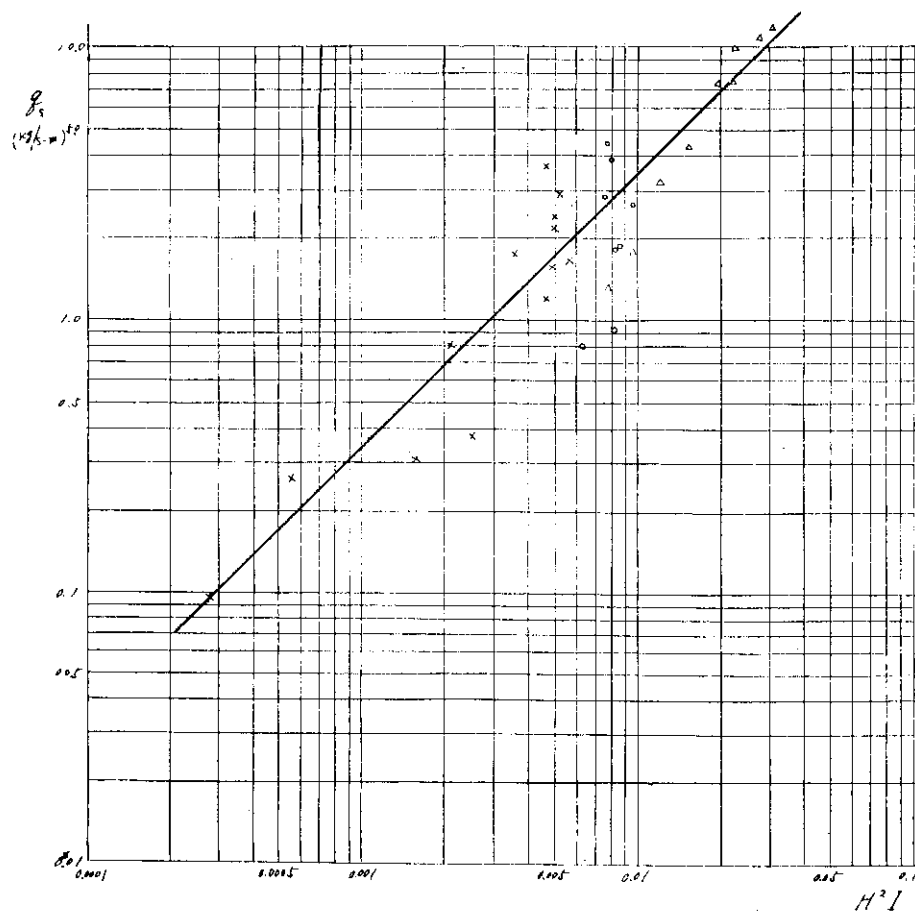


図-8 浮遊流砂量と水理量 H^2I の関係 (洪水時)

るものと考えられる。すなわち洪水波が到達すると浮遊流砂量は増大し、洪水の peak 以後は定流の場合における水理量 H^2I に対して急激に減少するものと思われる。

対数グラフの縦軸に浮遊流砂量 q_s を、横軸に水理量 H^2I をとつた場合 $q_s \propto H^2I$ の関係からこれは 45° の直線で表わされる。ここへ非定常流である洪水時における q_s の実測値を H^2I に対応させてプロットすると図-8 のとおりである。

この図によると幾分のバラツキは認められるが、観測誤差などを考慮に入れるとこれら河川の緩流部においては、洪水時の場合でも定常流として扱つてもそれほど大きな誤差は生じないものと考えられる。

III. 結 語

石狩川の洪水時における浮遊流砂量の実測により得られた結果をまとめると以下のとおりである。

1. 浮遊流砂の鉛直方向における分布状態は、水位の上昇時には相当攪乱され不連続な分布を成しているが水位の peak あるいは減水時には含砂量も減少し、鉛直方向における分布も平水時におけるように直線的に変化するものと思われる。

2. 洪水時には、水面勾配・流速・浮遊流砂量・流量・水位の順序に最大が生ずるものと想像される。またこれらの出水期間に対する曲線の形は、水位曲線と流量曲線は非常に類似しているが、他の曲線はその時の水理条件により必ずしも類似した曲線形を描かないようである。

3. 浮遊流砂量は洪水の peak 以前には水理量 H^2I に対して定流の場合に生ずると考えられる浮遊流砂量とほぼ等しい値がそれよりも幾分大なる値をとり、洪水の peak 以後は逆に定流の場合の浮遊流砂量より小なる

値をとるものと考えられる。しかし河川の緩流部においては、洪水時の場合でも定常流として扱ってもそれほど大きな誤差は生じないものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 吉川秀夫：洪水時の河川浮遊流砂量の変化について，建設省土木研究所報告，第 87 号 (1954)。
- 2) 堂腰 純：十勝川水系の流送浮泥と流域との関連について，北海道総合開発委員会事務局 (1954)。
- 3) 前出 1)。
- 4) 吉川秀夫：浮遊流砂に関する二，三の考察，建設省土木研究所報告，第 83 号 (1952)。
- 5) 前出 4)。

土 試 短 信

土木学会北海道支部の研究発表会に 岡元室長外三氏が研究成果を発表

土木学会北海道支部主催の研究発表会・講習会は 2 月 22 日 23 日の両日，札幌市の市民会館において開催されたが，当土木試験所からは岡元北海(構造研究室長)氏外三氏が，それぞれの研究成果について発表を行なつた。発表演題は次のとおりである。

- 斜板橋の解析ならびに応力特性について (岡元北海)
- 金山ダム水理模型実験について (水工研究室 内山 博)
- 燃烧式による合材中のアスファルト量測定方法について (道路研究室 桑島 隆)
- アスファルト合材のスリヘリ抵抗性と安定性について (道路研究室 三浦貞一)

土質工学会北海道支部の講習会・工事報告会に 佐々木室長，土木工事と地質について講演

2 月 24・25 日札幌市北農教育会館において開催された土質工学会北海道支部の講習会・工事報告会に，佐々木敏雄(地質研究室長)氏は，土木工事と地質について有意義な講演を行なつた。また工事報告には，北川光男(土質研究室)氏が泥炭性軟弱地における道路盛土の安定と沈下(国道 12 号線江別岩見沢間豊幌地区の改良工事よりの研究成果)について詳細な報告を発表した。