

石狩川下流部の輸送土砂に関する研究

THE SEDIMENT RUN OFF OF THE ISHIKARI RIVER

渡邊清隆¹・清水康行²・品川守³・山口甲⁴

Kiyotaka WATANABE, Yasuyuki SHIMIZU, Mamoru SHINAGAWA and Hajime YAMAGUTI

¹学生員 北海道大学大学院工学研究科 環境資源工学専攻 (〒060-8628 札幌市 北区 北13西8)

²正会員 工博 北海道大学大学院工学研究科 助教授 (〒060-8628 札幌市 北区 北13西8)

³正会員 工修 北海道開発局河川管理課長 (〒060-0000 札幌市 北区 北8西2)

⁴正会員 工博 北海学園大学工学部教授 (〒064-0926 札幌市 中央区 南26西11)

It is an important subject to evaluate sediment transport rate in river management works. Especially in a large scale river like Ishikari, establishment of a tool to predict the sediment transport at the estuary is becoming urgent subject from environmental view point. The propose of this paper is to study the effect of the past experienced flood to the grain size distribution of bed material and sediment load. For this propose, data of suspended load observation was collected and the suspended sediment observation was conducted in the Ishikari River. Using these data, and a numerical model, the relationship between suspended sediment load and the discharge history is discussed.

Key Words : sediment transport, wash load, numerical model

1. はじめに

河川の輸送する土砂量の把握は、工学上はもとより河川環境上も非常に重要な課題である。特に、石狩川のような大河川の場合には海域に流出する量も非常に膨大な量となるため、環境問題との関わりも大きく、輸送土砂量の妥当な算定法の確立が急務となっている。

著者ら¹⁾は石狩川を例に過去20年間の水質自動監視装置による濁度データと流量観測データから石狩川の濁質から年間総土砂輸送量の算定を行うとともに、石狩川の河道約150kmの河床変動計算を実施し、wash loadとbed material loadのうちの浮遊砂量との関係について検討を行った。この結果、河口からの流出土砂量の大部分は非常に微細なwash load成分であることや、河床変動計算中で発生する浮遊砂のうちの最も微細な成分の量とwash loadの量がほぼ同じオーダーであることなどの興味深い性質が明らかにされた。即ち、流出成分の大部分であるwash loadも場合によってはbed material loadと同様に扱うことが可能であるかも知れないということであり、これは、流出土砂の予測手法の開発という立場から見ると非常に好都合なことでもある。しかしながら、河床変動計算中で発生する浮遊砂の供給元は河床材料からのみであり、その量はその時点の河床材料の構成内容に大きく依存する。さらに、

河床材料の構成内容は過去の出水履歴に大きく依存することが考えられ、この点を十分に吟味する必要がある。

本研究においては、この過去の出水履歴と流砂量との関係に着目して検討を行うものとし、著者ら¹⁾の土砂輸送モデルでどの程度表現可能かを調べる。

洪水履歴と浮遊砂量との関係を調べるためには、比較的短期間での連続的な実測データとの比較が重要であるため、1997年の融雪出水時、1997年8月の台風による出水時、および1998年の融雪出水時に石狩川の石狩大橋地点および奈井江大橋地点で浮遊砂の連続観測を実施した。このうち、1997年8月出水時の観測では、約10日間の間に2回のピークの出水が発生し、この間の浮遊砂観測に成功している。

そこで、本研究においては特にこの1997年8月の出水を対象に、対象出水以前の出水履歴が計算される浮遊砂量に及ぼす影響を数値計算により検討する。

この結果、対象出水以前の出水履歴が、計算される浮遊砂の量に大きく影響を及ぼすことが明らかにされる。

2. 浮遊砂の観測記録

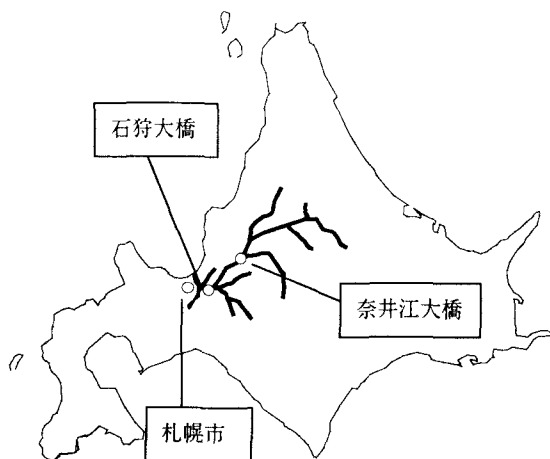


図-1 北海道と石狩川

図-1に示すように石狩川は北海道の北西部に位置し、全長は268km、流域面積14,330km²の中には札幌市や旭川市が含まれている。

石狩川の日本海に面した河口より上流26.5kmには全流域の90%を占める石狩大橋(流域面積12,697km²)基準点がある。図-2の左方向が下流となっている。

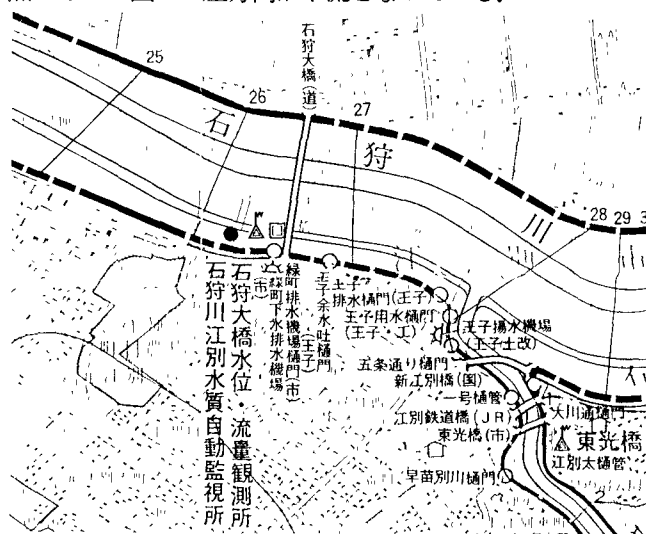


図-2 石狩大橋

清水ら²⁾によれば、この地点に設置されている水質自動監視装置により観測された浮遊物質(SS)は、そのほとんどが wash loadである。

本研究においては、このSSデータの他に過去において石狩川下流部で行われた浮遊砂の観測データを可能な限り収集・整理を行うとともに、1997年～1998年にかけて実際に石狩川下流部で浮遊砂観測を行い、これらのデータも検討し使用することとする。なお、実河川の浮遊砂観測データは公開されたものが非常に少ないため、ここではデータ公開の重要性も考慮し、可能な限りのデータを以下に数表で示す。但し、流量は水深からH-Q式を用いて単純に求めたものである。

(1) 石狩川下流部の浮遊砂量の実測データ

1958年から1980年までの間で石狩大橋・篠路鉄橋・河

口橋の3地点において不定期に流量、断面積、水面幅、総浮遊砂量を観測したものを表-1に示す。

表-1 石狩川下流部の浮遊砂量の実測データ

観測年月日 (単位)	流量 (m ³ /s)	断面積 (m ²)	水面幅 (m)	総浮遊砂量 (m ³ /s)	観測地点
1958 9 14	258	556	198	5 06E-03	石狩大橋
1959 6 9	560	644	214	1 90E-02	石狩大橋
1959 7 14	641	743	215	3 72E-02	石狩大橋
1959 8 22	339	599	211	1 51E-02	石狩大橋
1959 9 21	440	620	211	1 53E-02	石狩大橋
1959 11 5	445	616	212	1 46E-02	石狩大橋
1960 6 8	595	658	215	1 51E-02	石狩大橋
1960 7 15	465	573	188	1 05E-01	石狩大橋
1960 8 6	262	559	194	1 11E-02	石狩大橋
1960 10 1	209	544	199	1 18E-02	石狩大橋
1960 10 21	189	465	168	5 13E-03	石狩大橋
1965 11 7	631	1044	280	3 15E-02	篠路鉄橋
1965 11 21	1395	1364	290	1 29E-01	篠路鉄橋
1966 8 8	795	1252	290	1 84E-02	篠路鉄橋
1966 8 28	1320	1320	280	4 15E-02	篠路鉄橋
1966 9 9	981	1293	280	6 25E-02	篠路鉄橋
1966 4 20	818	834	190	4 17E-02	石狩大橋
1966 4 21	122	1011	190	7 66E-03	石狩大橋
1966 4 22	1391	1155	190	1 05E-01	石狩大橋
1966 4 23	1791	1252	190	2 16E-01	石狩大橋
1966 7 5	336	579	180	8 49E-03	石狩大橋
1966 7 6	254	546	180	7 14E-03	石狩大橋
1966 8 17	1036	944	190	1 05E-01	石狩大橋
1966 8 18	1472	1166	190	2 58E-01	石狩大橋
1966 10 4	305	606	180	1 06E-02	石狩大橋
1966 10 5	274	507	180	1 14E-02	石狩大橋
1967 7 18	309	596	180	9 55E-03	石狩大橋
1967 8 31	170	525	180	7 58E-03	石狩大橋
1967 9 1	154	521	180	6 26E-03	石狩大橋
1967 10 18	589	589	180	2 50E-02	石狩大橋
1968 7 7	291	1055	290	2 54E-02	篠路鉄橋
1968 7 20	325	1022	280	2 59E-02	篠路鉄橋
1968 8 31	430	1024	280	2 13E-02	篠路鉄橋
1968 9 14	345	981	280	1 74E-01	篠路鉄橋
1968 9 27	273	911	277	1 06E-02	篠路鉄橋
1968 9 30	405	1070	280	1 56E-02	篠路鉄橋
1968 10 19	323	993	280	2 17E-02	篠路鉄橋
1968 10 24	305	976	280	2 44E-02	篠路鉄橋
1968 7 13	180	552	190	9 39E-03	石狩大橋
1968 9 8	441	608	190	2 65E-02	石狩大橋
1968 9 22	911	778	200	1 67E-01	石狩大橋
1968 9 27	282	538	190	1 33E-02	石狩大橋
1968 9 30	282	553	190	1 20E-02	石狩大橋
1968 10 19	264	553	190	3 03E-02	石狩大橋
1968 10 19	272	538	190	3 52E-02	石狩大橋
1968 10 21	260	519	190	3 52E-02	石狩大橋
1968 10 21	260	519	190	1 09E-02	石狩大橋
1969 4 14	2024	1252	220	1 11E-01	石狩大橋
1969 4 15	1942	1268	220	8 18E-02	石狩大橋
1969 4 18	1192	1036	218	7 62E-02	石狩大橋
1969 4 21	1799	1068	218	1 06E-01	石狩大橋
1969 5 13	796	787	216	4 25E-02	石狩大橋
1969 7 9	120	475	170	4 32E-03	石狩大橋
1969 7 22	239	502	214	1 21E-02	石狩大橋
1969 8 29	1492	937	220	2 58E-01	石狩大橋
1979 5 2	1207	1631	278	4 97E-02	河口橋
1979 5 9	1483	1650	281	1 58E-01	河口橋
1979 6 12	1691	1691	283	2 62E-01	河口橋
1979 10 3	1202	1658	263	1 32E-01	河口橋
1979 10 20	3965	2286	290	2 02E+00	河口橋
1979 10 20	4281	2317	291	2 12E+00	河口橋
1980 11 2	1291	1707	284	1 11E-01	河口橋
1980 11 15	1322	1658	281	8 30E-02	河口橋
1980 12 5	982	1644	279	2 90E-02	河口橋
1980 12 5	957	1546	279	2 37E-02	河口橋
1981 4 28	2211	1715	260	1 17E-01	河口橋
1981 5 3	2475	1736	260	1 72E-01	河口橋
1981 8 6	10904	2452	260	6 05E+00	河口橋
1981 8 6	9869	2445	260	5 39E+00	河口橋
1981 8 8	3470	2635	260	5 72E-01	河口橋
1981 8 8	3609	2662	260	5 94E-01	河口橋
1981 8 9	2606	1468	256	1 85E-01	篠路鉄橋
1981 8 11	1320	1100	252	4 03E-02	篠路鉄橋
1981 9 5	3039	1802	257	6 29E-01	篠路鉄橋
1981 9 5	2975	1796	256	5 60E-01	篠路鉄橋
1987 4 23	4232	2385	439	8 79E-01	篠路鉄橋
1987 4 23	4206	2339	377	6 64E-01	札幌大橋
1987 8 27	2016	1876	351	1 81E-01	札幌大橋
1987 8 27	1966	1870	351	1 64E-01	札幌大橋
1987 8 27	1921	1876	351	1 40E-01	札幌大橋
1987 8 27	1968	1881	351	1 30E-01	札幌大橋

(2) 石狩川浮遊砂観測データ(1997年)³⁾

1997年春の融雪期(4、5月)と8月の出水時に、石狩大橋・奈井江大橋・伊納大橋の石狩川本流3箇所と、裏の沢(千歳川)・雁来(豊平川)・清幌橋(夕張川)の3箇所の、計6箇所で流量、浮遊砂量、掃流砂量、水質、及び河床材料の調査を行ったうちの、石狩大橋のものを表-2に示す。ここでは左岸より285mの地点で表層採水を行っている。

表-2 石狩川浮遊砂観測データ(1997年)

観測年月日 (単位)	No	全水深 (m)	流量 (m ³ /s)	SS (m ³ /s)
1997.4.25	1	4.33	756	24
1997.4.29	2	5.75	1629	277
1997.5.2	3	4.90	1111	90
1997.5.6	4	5.08	1317	106
1997.5.9	5	5.54	1700	251
1997.5.14	6	4.57	891	56
1997.5.16	7	5.57	1696	140
1997.5.17	8	5.73	1595	156
1997.5.17	9	5.76	1644	136
1997.5.17	10	5.80	1644	135
1997.5.20	11	4.81	955	60
1997.5.21	12	4.70	916	69
1997.8.5	13	5.10	1334	112
1997.8.5	14	4.84	1160	81
1997.8.6	15	4.91	1206	349
1997.8.6	16	5.06	1306	344
1997.8.6	17	5.17	1382	320
1997.8.6	18	5.16	1578	276
1997.8.6	19	5.07	1350	215
1997.8.7	20	4.35	542	92
1997.8.7	20	4.35	542	93
1997.8.7	20	4.35	542	104
1997.8.7	20	4.35	542	127
1997.8.10	21	6.05	2065	375
1997.8.10	22	6.50	2488	580
1997.8.10	23	6.85	2838	940
1997.8.10	24	7.10	3074	1150
1997.8.10	25	7.25	3218	1200
1997.8.11	26	6.90	2733	892
1997.8.11	27	6.35	2367	548

(3) 石狩川浮遊砂観測データ(1998年)⁴⁾

遊砂調査、水質調査を横断方向と鉛直方向にそれぞれ行ったものを表-3に示す。なお、1998年の観測は1997年の観測に比べて採集日数は少ないが横断方向や鉛直方向にも採取位置を増やし、図-3に示す断面内で多点観測を行ったものである。黒丸は調査位置を示す。

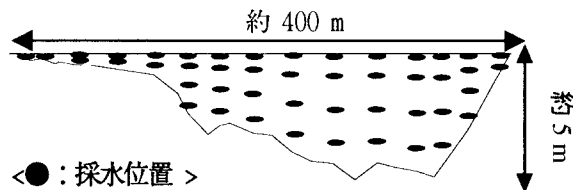


図-3 1998年石狩大橋における浮遊砂観測の採水位置

表-3 石狩川浮遊砂観測データ(1998年)

観測年月日 (単位)	水位 (m)	流量 (m ³ /s)	SS (mg/l)	採水位置 左岸より(m)	採水水深 (m)	採水層
1998.4.14	2.94	2536	450	53.2	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	540	75.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	580	99.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	585	123.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	600	150.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	605	180.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	655	206.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	725	230.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	760	255.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	715	285.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	700	315.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	736	345.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	755	375.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	700	393.7	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	700	415.0	0.1	表層
1998.4.14	2.94	2536	735	441.6	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	237	50.5	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	258	75.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	250	99.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	255	123.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	275	150.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	312	180.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	330	206.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	342	230.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	318	255.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	332	285.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	348	315.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	325	345.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	320	375.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	315	393.7	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	325	415.0	0.1	表層
1998.4.15	2.48	1742	310	441.2	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	122	85.6	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	110	99.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	110	123.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	98	150.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	98	180.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	100	206.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	112	230.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	126	255.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	134	285.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	142	315.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	130	345.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	136	375.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	144	393.7	0.1	表層
1998.6.14	0.59	725	110	415.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	124	438.0	0.1	表層
1998.5.14	0.59	725	96	206.0	0.5	2割
1998.5.14	0.59	725	118	230.0	0.6	2割
1998.5.14	0.59	725	148	255.0	0.7	2割
1998.5.14	0.59	725	182	285.0	0.8	2割
1998.5.14	0.59	725	150	315.0	0.9	2割
1998.5.14	0.59	725	168	345.0	0.9	2割
1998.5.14	0.59	725	140	375.0	1	2割
1998.5.14	0.59	725	126	393.7	1	2割
1998.5.14	0.59	725	142	415.0	0.6	2割
1998.5.14	0.59	725	112	123.0	0.3	5割
1998.5.14	0.59	725	102	150.0	0.3	5割
1998.5.14	0.59	725	152	180.0	0.5	5割
1998.5.14	0.59	725	108	206.0	1.3	5割
1998.5.14	0.59	725	130	230.0	1.5	5割
1998.5.14	0.59	725	142	255.0	1.7	5割
1998.5.14	0.59	725	166	285.0	2.1	5割
1998.5.14	0.59	725	158	315.0	2.3	5割
1998.5.14	0.59	725	178	345.0	2.3	5割
1998.5.14	0.59	725	160	375.0	2.5	5割
1998.5.14	0.59	725	140	393.7	2.4	5割
1998.5.14	0.59	725	128	415.0	1.6	5割
1998.5.14	0.59	725	166	438.0	0.4	5割
1998.5.14	0.59	725	323	206.0	2.1	8割
1998.5.14	0.59	725	118	230.0	2.4	8割
1998.5.14	0.59	725	138	255.0	2.7	8割
1998.5.14	0.59	725	154	285.0	3.4	8割
1998.5.14	0.59	725	148	315.0	3.7	8割
1998.5.14	0.59	725	160	345.0	3.7	8割
1998.5.14	0.59	725	170	375.0	4	8割
1998.5.14	0.59	725	132	393.7	3.8	8割
1998.5.14	0.59	725	140	415.0	2.6	8割

図-4は本文中に載せた資料(1)～(3)の浮遊砂量の内、石狩大橋における流量と浮遊砂量の関係を示す。ここで、観測データが濃度の形で整理されているデータは土粒子の密度を $\rho_s=2.65[\text{ton/m}^3]$ として、各観測時点の流量を用いて浮遊砂量に換算してある。なお、図-4中の実線は全データによる流量と浮遊砂量の相関式である。また図-4中の破線は清水ら¹⁾による過去20年間の石狩大橋地点の日流量と濁度データの解析により得られた相関式である。

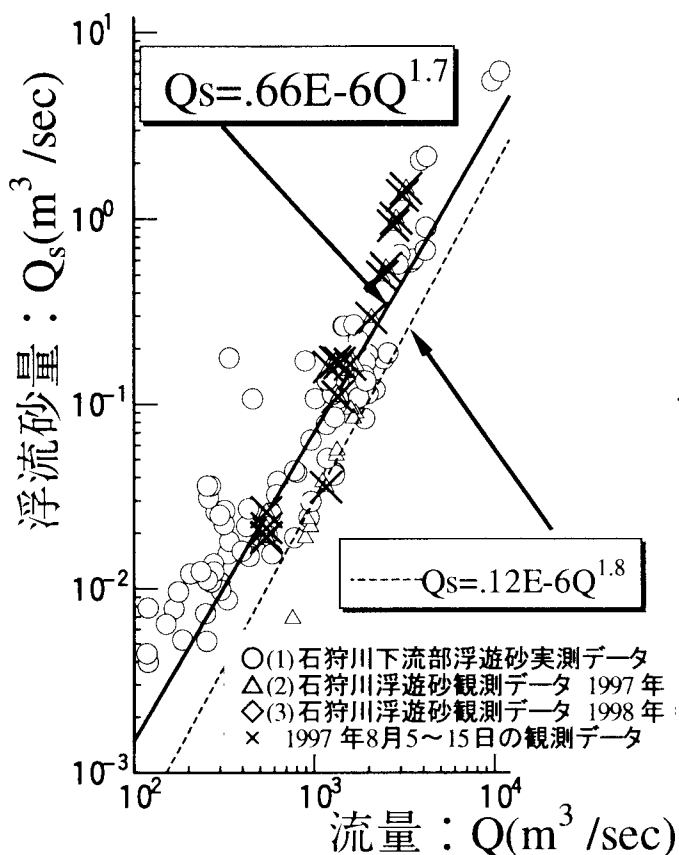


図-4 石狩川下流部における流量と浮遊砂量の関係

石狩川下流部での浮遊砂量は、おおよそ流量の1.7乗に比例する事を示している。ここでのデータはすべて観測時点の瞬間値であり日平均データに基づくものに比べてその量は多い傾向が見られる。

3. 出水時の浮遊砂量の算定法

出水中のハイドログラフの各瞬間における浮遊砂量算定の可能性を検討する目的で、一連の出水中に河床から発生して河川に沿って輸送される浮遊砂量を計算する。対象とする出水は、図-5に示すように、1997年夏の8/5～8/15までの、2つの流量ピークを持つ出水とする。図-5の水位(実線)と流量(点線)は石狩大橋で観測されたものであり、1回目の流量ピークは8月6日で、約1500m³/sec、2回目の流量ピークはその4日後の8月10

日深夜で、約3500m³/secとなっている。図-5中の黒丸は、この時点で採水が行われたことを示している。

この期間に行われた観測回数は13回で、観測記録は(2)石狩川浮遊砂観測データ(表-2)のNo. 14～27である。図-4中にある×印は、この時の流量と浮遊砂量の関係である。

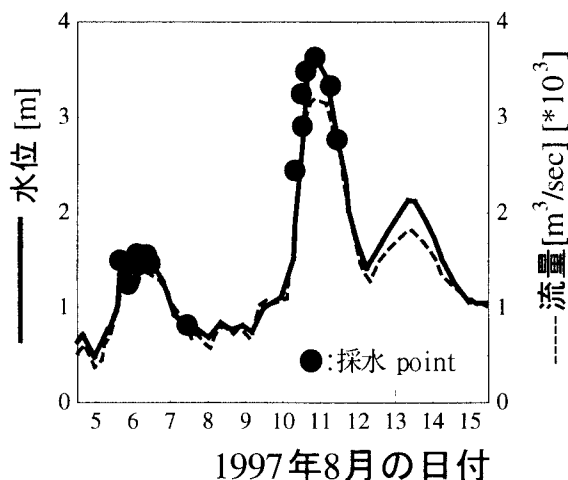


図-5 石狩大橋における1997年8月出水時の水位・流量の時刻変化

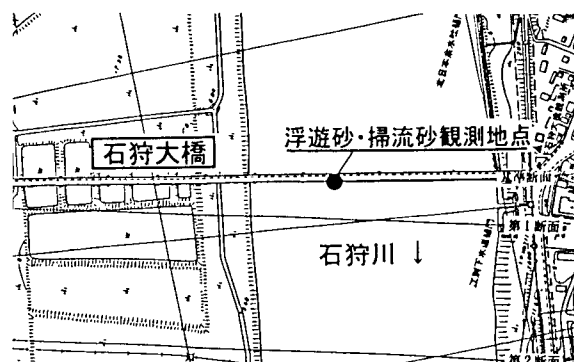


図-6 1997年8月 石狩大橋における採水地点

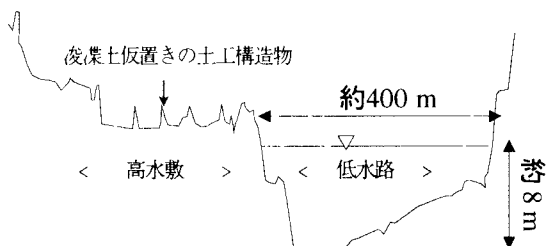


図-7 石狩大橋地点の断面と出水時の水面形

採水地点は図-6に示す石狩大橋(上が上流)の黒丸地点(左岸から285m)である。図-7は採水時の石狩大橋地点の断面図であり、図中の水面はピーク時(流量約3,300m³/sec, 水位3.6m)を表している。

河床材料から発生して河道内を移流・拡散する浮遊砂量を、著者らの一人による石狩川の河床変動計算モデル⁶⁾を用いて算定する。ここでは、石狩大橋地点において流砂の大部分である浮遊砂についてのみ比較する。なお、モデルでは wash load も最小粒径の浮遊砂としてbed

material loadと同様に浮上(再浮上)・沈降・移流・拡散も考慮されたものとなっている。モデルに関する詳細は省略するが、その概要は以下のとおりである。

- (a) 計算区間：石狩川の河口から125kmの区間。
- (b) 基礎式：1次元不等流、粒径別掃流砂・浮流砂量式、粒径別濃度連続式、粒径別流砂連続式、全流砂の連続式。
- (c) 境界条件：上流端で流砂の動的平衡状態（その場の掃流力から計算される流砂量を与える）支川からの流入土砂も動的平衡条件、下流端水位は潮位の実測値、下流端の流砂量は自由流出。
- (d) 初期河床縦断形状：実測データをから作った近似式により、河口からの距離 k_p (km) の関数として河床高 η (m) を次式で与える。

$$\eta = 4.764 \exp(0.0192k_p) - 10.0 \tag{1}$$

- (e) 河床材料の初期粒径分布：過去の実測資料より得られた近似式を用いて d_{10} , d_{50} および d_{90} を与える。縦断図中の各地点の粒度分布は対数正規分布に従うものとする。ここで、 d_{10} , d_{50} および d_{90} はそれぞれ10%, 50% および90%粒径(単位mm)である。

$$d_{10} = 0.141 \exp(0.0174k_p) \tag{2}$$

$$d_{50} = 0.240 \exp(0.0359k_p) \tag{3}$$

$$d_{90} = 0.831 \exp(0.0359k_p) \tag{4}$$

- (f) 河床材料の粒径：表-4に示すように10のクラスに分割しそれぞれの代表粒径を表に示すように与える。

表-4 河床変動計算における河床材料の分割法

分割クラス	粒度範囲 [mm]	代表粒径 [mm]
1	～ 0.074	0.064
2	0.074 ～ 0.2	0.137
3	0.2 ～ 0.4	0.3
4	0.4 ～ 1.0	0.7
5	1.0 ～ 2.0	1.5
6	2.0 ～ 4.0	3
7	4.0 ～ 10.0	7
8	10.0 ～ 20.0	15
9	20.0 ～ 40.0	30
10	40.0 ～	50

- (g) 流量：下流端流量は、石狩大橋とその下流支川的主要支川である豊平川の時刻流量を与え、上流に向かって流入支川の影響を考慮して徐々に減少する分布形を与える。

4. 計算結果

(1) 短期間の出水における浮遊砂量

初期条件として与えた粒度分布及び河床高を用いて、図-5に示す10日間の時刻流量を逐次与え、求まった浮遊砂濃度を図-10に点線で示した。図-10によれば、最初

のピークでは、計算による浮遊砂濃度が実測値よりも一桁ほど大きく算出されていることが分かる。次の流量のピークは前のピークの約2倍であるが、計算結果の浮遊砂は、はじめのピークほど顕著に発生していない。

- (2) 出水履歴を伴う短期間の出水における浮遊砂量
次に対象としている出水期間だけの数値計算をするのではなく、図-8に示すようにあらかじめ出水以前のある期間(ここでは試行的に1年とした)の計算を行う。

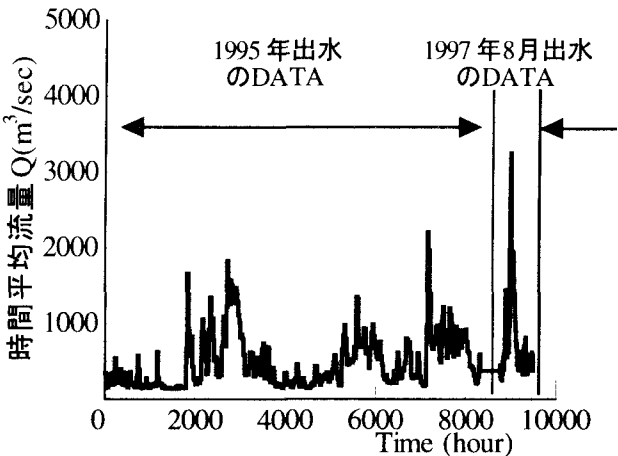


図-8 計算で用いるハイドログラフ

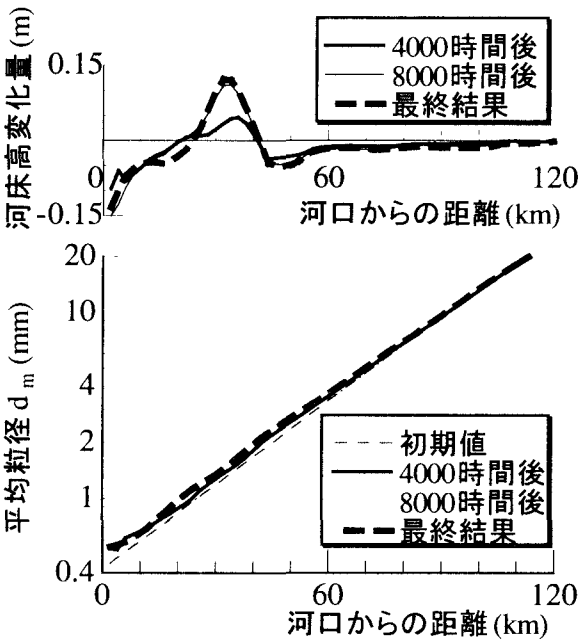


図-9 出水経験後(1年間)の河床材料と標高の変化

図-9に1年間出水を経験させた後の河床変動および河床材料の粒度変化を示す(記入されている時間は図-8の時間と対応している)。図-9によれば、石狩大橋上流部(30～40kp区間)においては常に堆積しており、8000時間で河床は約12cm上昇している。1997年8月の出水の計算後と比較すると、この部分の河床高の変化はほとんどないが、20kpから下流部で河床が低下したことが分かる。河口より60kp付近までは平均粒径が僅かながら大きくなっていることから、石狩大橋上流部(30～40kp区間)においては、上流より運ばれてきた粗い砂がこの部

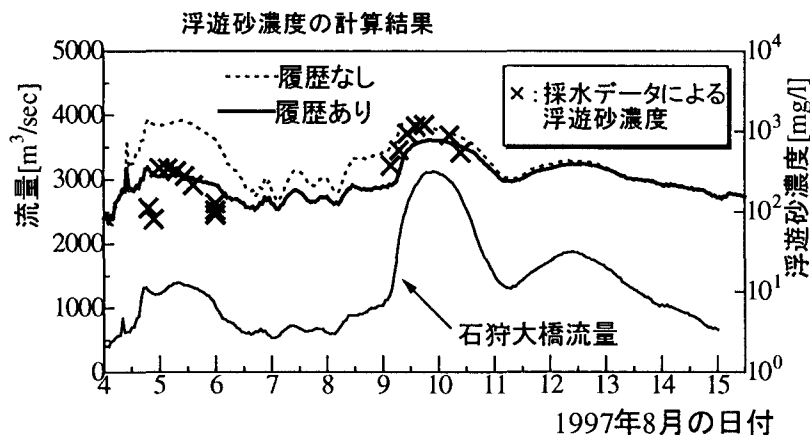


図-10
出水履歴がある時と
無いときの浮遊砂
濃度の違い

分で堆積したと考えられる。この後に1997年8月の出水期間の条件を与え浮遊砂濃度を求めた。その結果を図-10に実線で示す。図-10によれば、最初のピークでは、計算結果は実測の浮遊砂濃度とほぼ一致している。2つめのピークでは、最も流量が多いときの計算濃度が実測値を下回る結果となっているが、流量が大きい出水のほうが、浮遊砂濃度も大きいという特性を良く表現している。今回は試行的にある特定の1年分の出水履歴を与えたが、この結果石狩大橋地点(26kp)では履歴計算中に若干の河床上昇と河床材料の粗粒化が、上流部分(30~40kp)では堆積と粗粒化が、さらに上流部分(40kp以降)では河床低下と若干の粗粒化が計算された。過去の履歴により、河床中の非常に細かい粒子は流出してしまい、8月出水の1つめのピークでは上流部の河床から浮上した浮遊砂が、履歴計算を行わない場合に比べ実測に近い値となったと考えられる。一方、2つめのピークに関しては1つめのピークがある程度出水履歴の役割を果たしたことで、3,000m³/secという数年に一度の比較的大きな出水であったため、もともと河床にあった材料が再浮上し、計算結果に大きな違いが現れなかったと考えられる。なお、今回示した計算例の他に様々なパターンの出水履歴と浮遊砂濃度の計算を行ったが、現時点でははっきりとした特性(例えば履歴の規模、パターン、期間と土砂流出特性の関係)を明言出来るには至っていない。

5. 考察

本研究においてはまず、石狩川の過去における浮遊砂実測データ、および2年間にわたる融雪時および夏季出水時の連続観測データを整理し、データの重要性を考慮して全データの数表による公開を行った。これらの瞬間的なデータと以前に行われた日平均データに基づく資料の比較を行った結果、その違いが明らかにされた。さらに特定の出水に着目して連続的な浮遊砂量の計算による再現を試みた結果、計算においても過去流量履歴により計算結果が大きく異なることが明らか

にされた。即ち、過去の出水を経験させてから対象となる出水期間の浮遊砂濃度を計算したほうがより実際の現象に近い結果となった。ある意味では当然の結果ではあるが、短期間の出水で発生する浮遊砂量を数値計算で求めるときは、計算対象期間だけの流量を与えて浮遊砂量を求めるのではなくある程度の期間、実際の流量を与えて河床変動及び河床材料の粒径の変化を経験させた後に、対象となる出水期間の数値計算を行ったほうが実際の現象と近い結果が得られるということである。実際に経験した流量を与えた後に計算を行うという操作は、初期条件として与えた河床材料の性質や河床高等の条件を、出水時期直前の状態に近づけるための操作となっていると考えられる。極端に言えば、河床高や河床材料の粒径分布の初期条件が多少現実と異なっているとしても、過去の出水を経験させれば、実際の現象に近い結果が得られる可能性を示すものである。

出水時期直前の厳密な河床材料の粒径分布や河床高の情報を得ることは極めて困難であり、これに対して基準点の水位や流量といった基本的な情報が存在すれば、短期間出水における浮遊砂量のある程度の精度で予測することが可能となり、実務上大変好都合である。

謝辞：本研究で用いた全てのデータは北海道開発局より提供を受けたものである。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 清水康行, 嵯峨浩, 早川博, 品川守: 石狩川の土砂流出に関する研究, 水工学論文集, 第42巻, pp. 1039-1043, 1998
- 2) 渡邊清隆, 清水康行: 石狩川の土砂流出に関する研究, 土木学会第53回年次学術講演会, pp. 502-503, 1998
- 3) 石狩川物質輸送量観測資料: (財)北海道河川防災研究センター, 1997.
- 4) 「石狩川流域土砂管理計画検討会」資料: (財)北海道河川防災研究センター, 1998
- 5) 清水康行: 沖積河川の縦断面形と河床材料分布形の形成について, 土木学会論文集No. 521/II-32, 69-78, 1995. 8
- 6) 清水康行, 板倉忠興, 岸力, 黒木幹男, 昭和56年8月洪水における石狩川の下流部の河床変動について, 第30回水理講演会論文集, pp. 487-492, 1986

(1998. 9.30受付)