

## 石狩川流域の年間土砂輸送量に関する研究

北海道大学大学院	学生員 渡邊清隆
北海道大学大学院助教授	正会員 清水康行
北海道開発局	正会員 品川守
北海学園大学工学部教授	正会員 山口甲

## 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<sup>1)</sup>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の関係に着目して検討を行うものとし、著者ら<sup>1)</sup>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14,330km<sup>2</sup>の中には札幌市や旭川

---

sediment transport, wash load,  
numerical model



図-1. 北海道と石狩川

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12,697km<sup>2</sup>)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<sup>2)</sup>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年までの間に石狩大橋・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 <sup>3</sup> /s]	断面積 [m <sup>2</sup> ]	水面幅 [m]	総浮遊砂量 [m <sup>3</sup> /s]	観測地点
1958.9.14	258.00	556.00	198.0	5.06E-03	石狩大橋
1959.6.9	560.00	643.50	213.5	1.90E-02	石狩大橋
1959.7.14	641.00	742.80	215.0	3.72E-02	石狩大橋
1959.8.22	339.40	598.50	211.0	1.51E-02	石狩大橋
1959.9.21	440.00	619.70	211.0	1.53E-02	石狩大橋
1959.11.5	444.90	615.70	212.0	1.46E-02	石狩大橋
1960.6.8	595.40	657.80	215.0	1.51E-02	石狩大橋
1960.7.15	465.00	572.70	188.0	1.05E-01	石狩大橋
1960.8.6	262.10	559.10	194.0	1.11E-02	石狩大橋
1960.10.1	209.40	543.90	199.0	1.18E-02	石狩大橋
1960.10.21	169.20	464.90	168.0	5.13E-03	石狩大橋
1965.11.7	630.65	1044.16	280.0	3.15E-02	篠路鉄橋
1965.11.21	1394.59	1364.16	290.0	1.29E-01	篠路鉄橋
1966.8.8	795.07	1251.87	280.0	1.84E-02	篠路鉄橋
1966.8.28	1320.07	1320.07	280.0	4.15E-02	篠路鉄橋
1966.9.9	960.57	1293.20	280.0	6.25E-02	篠路鉄橋
1966.4.20	818.00	834.30	190.0	4.17E-02	石狩大橋
1966.4.21	121.80	1010.80	180.0	7.66E-03	石狩大橋
1966.4.22	1391.10	1154.90	190.0	1.05E-01	石狩大橋
1966.4.23	1791.40	1251.70	190.0	2.16E-01	石狩大橋
1966.7.5	336.40	579.00	180.0	8.49E-03	石狩大橋
1966.7.6	254.40	546.10	180.0	7.14E-03	石狩大橋
1966.8.17	1035.90	944.20	190.0	1.05E-01	石狩大橋
1966.8.18	1471.60	1166.20	190.0	2.58E-01	石狩大橋
1966.10.4	305.30	605.90	180.0	1.06E-02	石狩大橋
1966.10.5	274.20	507.00	180.0	1.14E-02	石狩大橋
1967.7.16	309.20	595.80	180.0	8.55E-03	石狩大橋
1967.8.31	170.00	525.00	180.0	7.58E-03	石狩大橋
1967.9.1	153.60	520.90	180.0	6.26E-03	石狩大橋
1967.10.18	589.20	589.20	180.0	2.50E-02	石狩大橋
1968.7.7	290.77	1055.35	290.0	2.54E-02	篠路鉄橋
1968.7.20	324.89	1021.74	280.0	2.59E-02	篠路鉄橋
1968.8.31	430.25	1024.25	280.0	2.13E-02	篠路鉄橋
1968.9.14	345.06	981.43	280.0	1.74E-01	篠路鉄橋
1968.9.27	272.99	910.94	277.0	1.06E-02	篠路鉄橋
1968.9.30	405.41	1069.75	280.0	1.56E-02	篠路鉄橋
1968.10.19	322.72	992.55	280.0	2.17E-02	篠路鉄橋
1968.10.24	305.40	976.26	280.0	2.44E-02	篠路鉄橋
1968.7.13	179.50	551.95	190.0	9.39E-03	石狩大橋
1968.9.8	441.17	608.20	180.0	2.65E-02	石狩大橋
1968.9.22	910.99	777.55	200.0	1.87E-01	石狩大橋
1968.9.27	281.86	537.75	190.0	1.33E-02	石狩大橋
1968.9.30	282.41	552.80	190.0	1.20E-02	石狩大橋
1968.10.19	263.94	552.90	190.0	3.03E-02	石狩大橋
1968.10.19	271.64	537.75	190.0	3.52E-02	石狩大橋
1968.10.21	260.08	518.60	190.0	3.52E-02	石狩大橋
1968.10.21	260.08	518.60	190.0	1.09E-02	石狩大橋
1969.4.14	2023.54	1251.66	219.6	1.11E-01	石狩大橋
1969.4.15	1941.88	1267.64	219.6	8.18E-02	石狩大橋
1969.4.18	1192.42	1036.11	218.2	7.62E-02	石狩大橋
1969.4.21	1799.04	1068.37	218.0	1.06E-01	石狩大橋
1969.5.13	796.35	787.11	216.2	4.25E-02	石狩大橋
1969.7.9	120.02	475.29	169.7	4.32E-03	石狩大橋
1969.7.22	239.27	502.34	214.0	1.21E-02	石狩大橋
1969.8.29	1491.59	937.44	219.5	2.58E-01	石狩大橋
1979.5.2	1207.11	1630.60	278.3	4.97E-02	河口橋
1979.5.9	1483.32	1650.30	281.0	1.58E-01	河口橋
1979.6.12	1690.50	1690.50	282.9	2.62E-01	河口橋
1979.10.3	1202.48	1657.88	262.7	1.32E-01	河口橋
1979.10.20	3964.99	2286.20	290.0	2.02E+00	河口橋
1979.10.20	4281.35	2316.60	290.5	2.12E+00	河口橋
1980.11.2	1291.10	1707.40	284.0	1.11E-01	河口橋
1980.11.15	1322.40	1658.10	281.0	8.30E-02	河口橋
1980.12.5	982.00	1644.00	279.0	2.90E-02	河口橋
1980.12.5	956.70	1545.70	279.0	2.37E-02	河口橋
1981.4.28	2211.45	1714.98	260.0	1.17E-01	河口橋
1981.5.3	2474.88	1735.55	260.0	1.72E-01	河口橋
1981.8.6	10903.70	2452.34	260.0	6.05E+00	河口橋
1981.8.6	9868.85	2444.81	260.0	5.39E+00	河口橋
1981.8.8	3469.89	2634.60	260.0	5.72E-01	河口橋
1981.8.8	3609.37	2661.83	260.0	5.94E-01	河口橋
1981.8.9	2605.97	1467.88	255.8	1.85E-01	篠路鉄橋
1981.8.11	1320.39	1099.92	251.9	4.03E-02	篠路鉄橋
1981.9.5	3038.90	1801.90	256.7	6.29E-01	篠路鉄橋
1981.9.5	2975.04	1796.13	256.0	5.60E-01	篠路鉄橋
1987.4.23	4231.90	2385.26	438.9	8.79E-01	篠路鉄橋
1987.4.23	4206.38	2339.08	379.6	6.64E-01	札幌大橋
1987.8.27	2015.93	1875.55	350.6	1.81E-01	札幌大橋
1987.8.27	1965.89	1870.44	350.5	1.64E-01	札幌大橋
1987.8.27	1921.28	1875.54	350.6	1.40E-01	札幌大橋
1987.8.27	1967.54	1880.87	350.7	1.30E-01	札幌大橋

(2) 石狩川浮遊砂観測データ(1997年)<sup>3)</sup>

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)の支流3箇所の、計6箇所て流量、浮遊砂量、掃流砂量、水質、河床材料の調査を行った。表-2に石狩大橋のものを示す。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 <sup>3</sup> /s]	SS [mg/l]
1997.4.25	1	4.33	755.92	24
1997.4.29	2	5.75	1628.98	277
1997.5.2	3	4.90	1111.33	90
1997.5.6	4	5.08	1317.49	106
1997.5.9	5	5.54	1700.16	251
1997.5.14	6	4.57	890.97	56
1997.5.16	7	5.57	1695.6	140
1997.5.17	8	5.73	1594.58	156
1997.5.17	9	5.76	1644.38	136
1997.5.17	10	5.80	1644.38	135
1997.5.20	11	4.81	955.33	60
1997.5.21	12	4.70	915.87	69
1997.8.5	13	5.10	1333.54	112
1997.8.5	14	4.84	1160.38	81
1997.8.6	15	4.91	1205.82	349
1997.8.6	16	5.06	1306.12	344
1997.8.6	17	5.17	1382.22	320
1997.8.6	18	5.16	1577.69	276
1997.8.6	19	5.07	1349.98	215
1997.8.7	20	4.35	541.88	92
1997.8.7	20	4.35	541.88	93
1997.8.7	20	4.35	541.88	104
1997.8.7	20	4.35	541.88	127
1997.8.10	21	6.05	2064.85	375
1997.8.10	22	6.50	2487.73	580
1997.8.10	23	6.85	2837.97	940
1997.8.10	24	7.10	3073.91	1150
1997.8.10	25	7.25	3218.44	1200
1997.8.11	26	6.90	2732.73	892
1997.8.11	27	6.35	2366.71	548

(3) 石狩川浮遊砂観測データ(1998年)<sup>4)</sup>

浮遊砂・水質調査を横断方向と鉛直方向にそれぞれ行った結果を表-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。黒丸はその位置を示す。

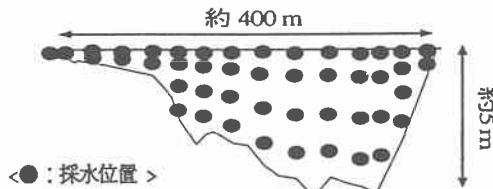


図-3 1998年石狩大橋における浮遊砂観測の採水位置

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 <sup>3</sup> /s]	SS [mg/l]	採水位置 左岸より[m]	採水深 [m]	採水層
1998.4.14	2.94	2536.42	450	53.2	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	540	75.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	580	99.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	585	123.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	600	150.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	605	180.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	655	206.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	725	230.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	760	255.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	715	285.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	700	315.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	735	345.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	765	375.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	700	393.7	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	700	415.0	0.10	表層
1998.4.14	2.94	2536.42	735	441.5	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	237	50.5	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	268	75.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	250	99.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	255	123.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	275	150.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	312	180.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	330	206.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	342	230.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	318	255.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	332	285.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	348	315.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	325	345.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	320	375.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	315	393.7	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	325	415.0	0.10	表層
1998.4.15	2.48	1741.97	310	441.2	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	122	85.6	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	110	99.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	110	123.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	98	150.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	98	180.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	100	206.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	112	230.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	126	255.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	134	285.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	142	315.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	130	345.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	135	375.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	144	393.7	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	110	415.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	124	438.0	0.10	表層
1998.5.14	0.59	724.84	96	206.0	0.52	2割
1998.5.14	0.59	724.84	118	230.0	0.60	2割
1998.5.14	0.59	724.84	148	255.0	0.67	2割
1998.5.14	0.59	724.84	182	285.0	0.84	2割
1998.5.14	0.59	724.84	150	315.0	0.93	2割
1998.5.14	0.59	724.84	168	345.0	0.92	2割
1998.5.14	0.59	724.84	140	375.0	0.99	2割
1998.5.14	0.59	724.84	126	393.7	0.95	2割
1998.5.14	0.59	724.84	142	415.0	0.64	2割
1998.5.14	0.59	724.84	112	123.0	0.25	5割
1998.5.14	0.59	724.84	102	150.0	0.30	5割
1998.5.14	0.59	724.84	152	180.0	0.45	5割
1998.5.14	0.59	724.84	108	206.0	1.30	5割
1998.5.14	0.59	724.84	130	230.0	1.49	5割
1998.5.14	0.59	724.84	142	255.0	1.68	5割
1998.5.14	0.59	724.84	166	285.0	2.09	5割
1998.5.14	0.59	724.84	158	315.0	2.34	5割
1998.5.14	0.59	724.84	178	345.0	2.30	5割
1998.5.14	0.59	724.84	160	375.0	2.50	5割
1998.5.14	0.59	724.84	140	393.7	2.38	5割
1998.5.14	0.59	724.84	128	415.0	1.60	5割
1998.5.14	0.59	724.84	166	438.0	0.39	5割
1998.5.14	0.59	724.84	323	206.0	2.08	8割
1998.5.14	0.59	724.84	118	230.0	2.40	8割
1998.5.14	0.59	724.84	138	255.0	2.69	8割
1998.5.14	0.59	724.84	154	285.0	3.36	8割
1998.5.14	0.59	724.84	148	315.0	3.72	8割
1998.5.14	0.59	724.84	160	345.0	3.68	8割
1998.5.14	0.59	724.84	170	375.0	3.96	8割
1998.5.14	0.59	724.84	132	393.7	3.80	8割
1998.5.14	0.59	724.84	140	415.0	2.56	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  $\rho_s=2.65[\text{ton}/\text{m}^3]$  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<sup>9)</sup>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。

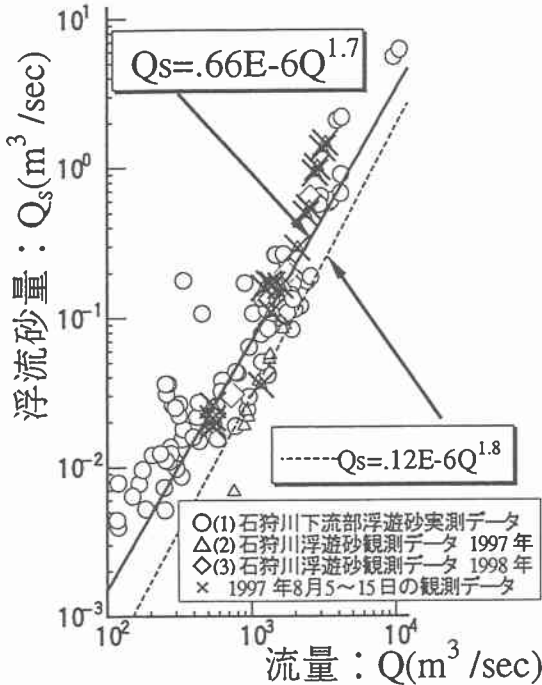


図-4 石狩川下流部における流量と浮遊砂量の関係

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。

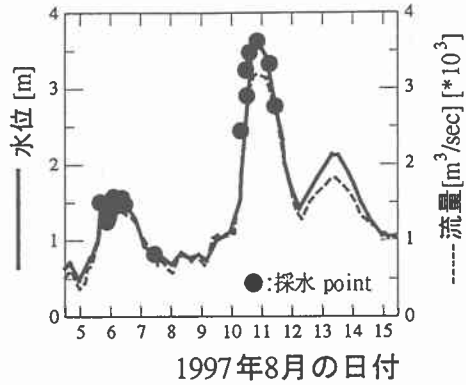


図-5 石狩大橋における1997年8月出水時の水位・流量の時刻変化

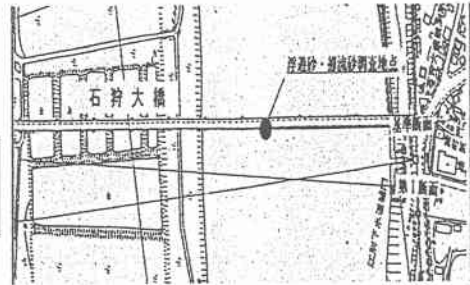


図-6 1997年8月 石狩大橋における採水地点

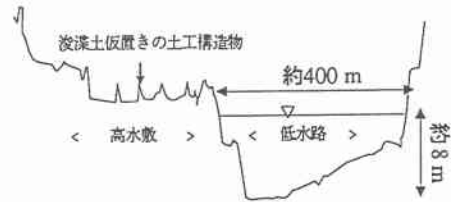


図-7 石狩大橋地点の断面と出水時の水面形

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<sup>9)</sup>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  $\eta$  (m) を次式で与える。

$$\eta = 4.764 \exp(0.0192k_p) - 10.0 \quad (1)$$

- (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。

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

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

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

- (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の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、求めた浮遊砂濃度を図-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。

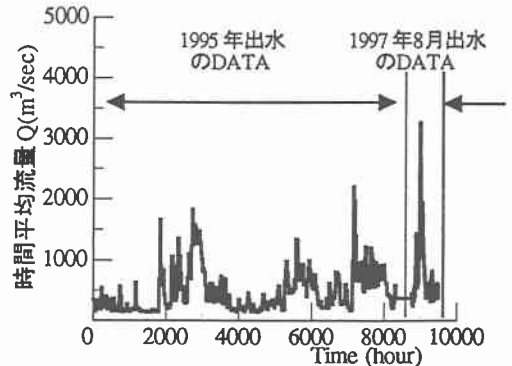


図-8 計算で用いるハイドログラフ

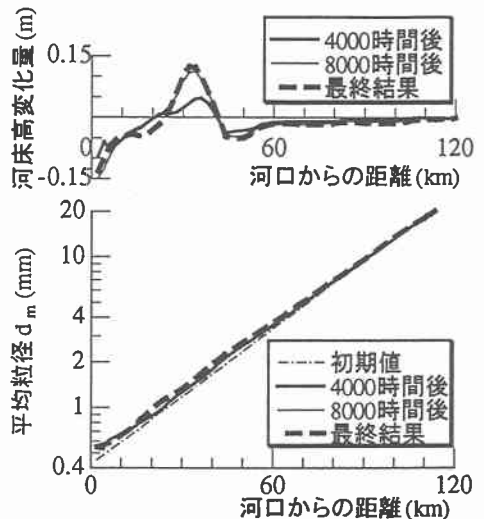


図-9 出水経験後(1年間)の河床材料及び標高の変化

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)においては常に堆砂しており、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

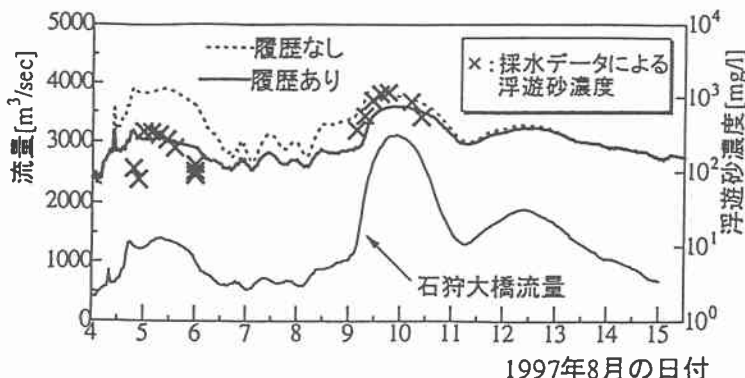


図-9  
出水履歴がある時と  
無いときの浮遊砂  
濃度の違い

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で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に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。

### 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) 清水康之, 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