

2001年洪水時の石狩川流出土砂と河口地形変化

Discharged sediment and change of river-mouth bottom topography
in 2001 flood of Ishikari River

玉置和樹¹・山下俊彦²・山崎真一³

Kazuki TAMAKI, Toshihiko YAMASHITA, Shinichi YAMASAKI

¹学生会員 北海道大学修士1年 大学院工学研究科 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

²正会員 工博 北海道大学教授 大学院工学研究科 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

³正会員 国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所 (〒441-8149 愛知県豊橋市中野町字平西1-6)

Bottom sounding and sediment survey were carried out before and after 2001 flood. Discharged sediment was estimated by riverbed change calculation. Change characteristic of river-mouth bottom topography and bottom particle size of the terrace were clarified. The grain distribution except the fine grain components equal to or less than 80 μ m almost coincided with the grain distribution of the river terrace. The coarse components more than 80 μ m of discharged sediment were about 740,000 m³. Total deposition volumes calculated from change of river-mouth bottom topography were about 920,000 m³. Both of them almost coincided. Deposition volumes of river-mouth area by flood are estimated from the coarse components of discharged sediment.

Key Words : sediment management, river mouth, flood, Ishikari River

1. はじめに

石狩湾奥に位置する石狩浜は、主に石狩川からの流出土砂により形成されている。沿岸の土砂管理をする際に重要となるのは、河川からの粒径別の流出土砂量と其中で海浜の形成に寄与する粗粒成分の土砂量の定量的把握である。また、洪水時の流出土砂の河口域での堆積特性も河口の維持管理や波浪による沿岸漂砂量の推定時に重要である。そこで本研究では、大洪水前後での河口域の地形測量と底質調査

が実施できた 2001 年 9 月の洪水（最大流量約 7000m³/s で既往 3 位）を対象に、まず河口域での地形変化特性と堆積土砂の粒度分布を把握した。次に石狩川下流域の河床変動計算を実施することにより粒径別流出土砂量を推定し、河口テラスに堆積した土砂の粒度分布を考慮することにより、流出土砂量の中で河口テラスに堆積する土砂量（海浜の形成に寄与）の推定を試みた。

2. 現地観測

(1) 現地観測概要

図-1 に石狩川河口部の地形測量範囲を示す。深淺測量区域では沿岸方向 1300m、岸沖方向 2000m である。石狩川河口右岸には図-1 から分かるように導 2 流堤が昭和 48 年に設置されている。導流堤は沿岸方向の漂砂移動が可能となる透過構造である。この導流堤により、河口砂州は安定し、流路を固定し、流心は石狩川河口部の湾曲の影響もあり、導流堤側で安定している。石狩川河口部では年 1 回程度深淺測量が実施されており、河口右岸側沖合は導流堤の影響により、広い範囲に流出土砂が堆積しないことが推定されたので測量範囲は左岸側沖合が広がっている。

今回対象とした大洪水は、2001 年 9 月 12 日の最大流量約 7000m³/s である。図-2 に 2001 年 9 月一ヶ月間の石狩川の流量変化を示す。深淺測量は洪水前は 9 月 5 日、洪水後は 9 月 25 日に実施した。図-2 を

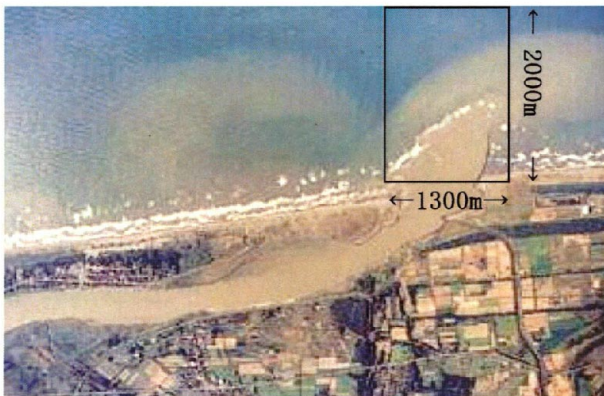


図-1 石狩川河口地形測量区域

見ると9月5日～9月25日間の流量は9月12日の洪水発生時以外では500m³/s程度と少なく、河口から流出した土砂の多くは9月12日の洪水によるものだと考えられる。

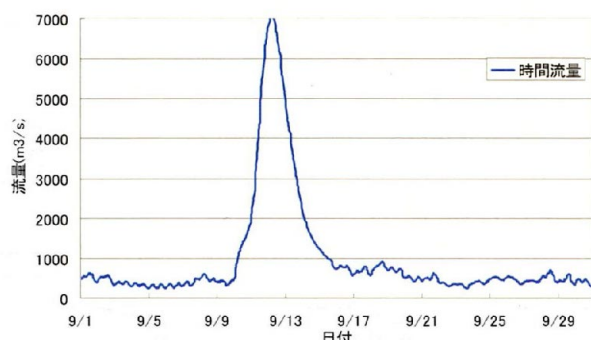


図-2 2001年9月の石狩川流量

(2) 河口地形変化特性

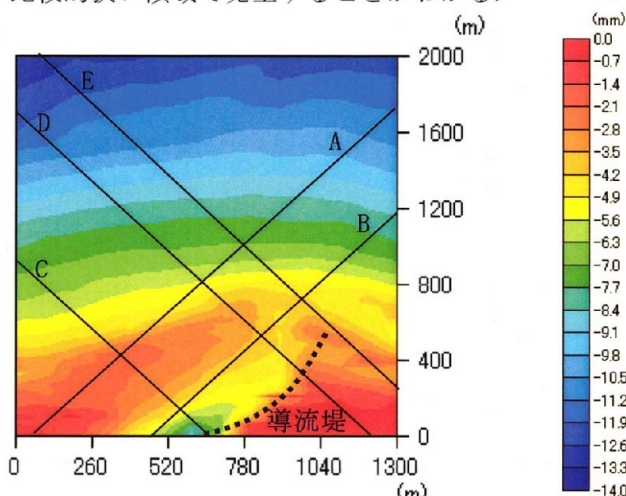
図-3(a)に9月5日(洪水前)、図-3(b)に9月25日(洪水後)の深浅測量結果、図-3(c)に洪水前後の地形変化量を示す。洪水前では河口部での沖合への土砂のほり出しは少なく、右岸側の導流堤に沿った流れにより流路が深くなっている。洪水後の特徴的な地形変化は、導流堤に沿って沖合800m程度まで深掘れが生じ、その深掘れ部の沖合に土砂が集中的に堆積し、左岸側から延びるように河口テラスが形成されている。一方、深掘れ部とテラス部以外では河口の両側浅海域を含めて大きな地形変化は生じていない。

図-4に図-3中に示した5つのラインの洪水前後の断面地形図を示す。河口テラス上の断面Aでは、河口テラスが延び河口から1100m地点で最大4.8m土砂が堆積し、水深2.7mの浅瀬を形成し、テラスの先端部は約1800mまで達している。侵食が著しい流心部の断面Bでは、河口位置で最大約2.5m侵食し、水深9mと深くなり、沖合200mまで浅くなり、河口から約200mから800mまではほぼ水深6m程度で最大約2.5m侵食が発生している。断面C、D、Eでは河口テラスの堆積と深掘れ形状に着目した。河口からすぐの断面Cでは、0.5m以上の大きな地形変化は発生していない。中間の断面Dでは導流堤に沿った流れにより河口から500m沖を中心として最大2m侵食し、深さ約6.3mとなっている。その沖870mを中心として最大3.4mの土砂が堆積し、水深約2.3mのテラスを形成している。1100m以上の沖では地形変化はほとんどない。一番沖側の断面Eでは河口から沖750mを中心として約2.3m侵食され、水深約6.3mの深掘れが発生し、1050mを中心として約4.5m堆積し、水深約2.4mのテラスが形成され、1300m以上沖では地形変化はほとんどない。断面D、Eでテラスの沖側の土砂の堆積した勾配は共に3/100程度でかなりきついことが分かる。

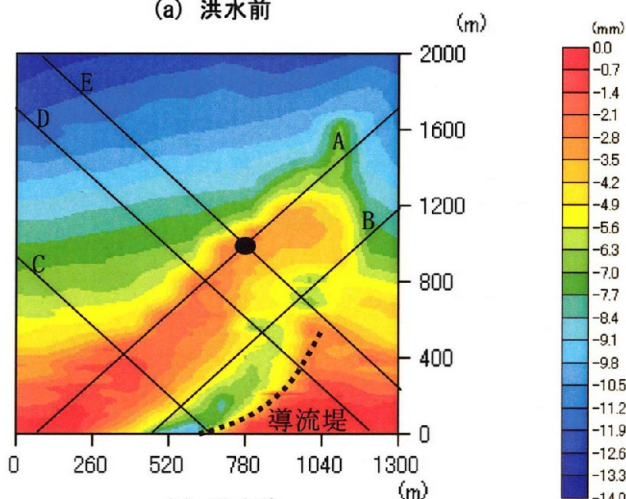
(3) 地形変化量

図-3(c)より、測量範囲の外側境界付近ではテラスの先端部付近で少し堆積量が多くなっているがそれ

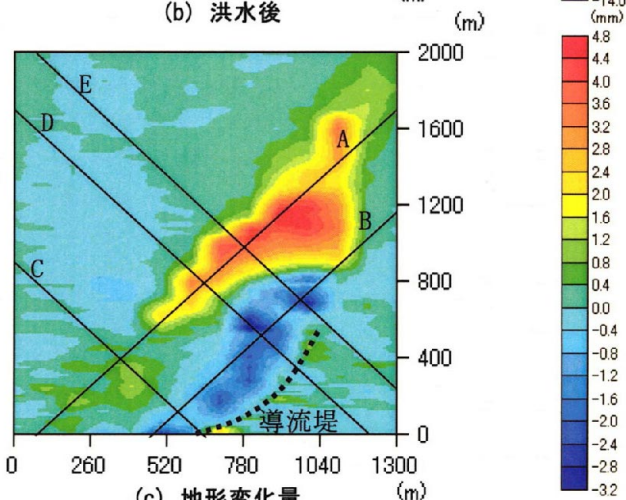
以外では地形変化量が小さく、大洪水による堆積土砂量を把握できると考えられる。深浅図より洪水前後の地形変化量は、堆積した領域では約130万m³、侵食した領域では約38万m³であり、差である約92万m³の土砂がこの領域内に流入したことになる。導流堤沿って大きく侵食し、その延長上に多くの土砂が堆積しているがその他の領域では小さな変化しか見られないことから、洪水の地形変化への影響は比較的狭い領域で発生することがわかる。



(a) 洪水前

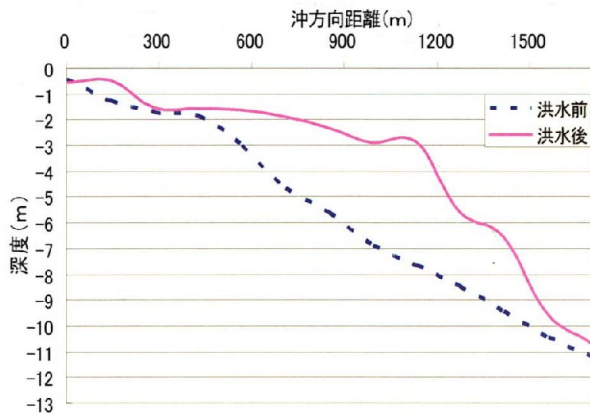


(b) 洪水後

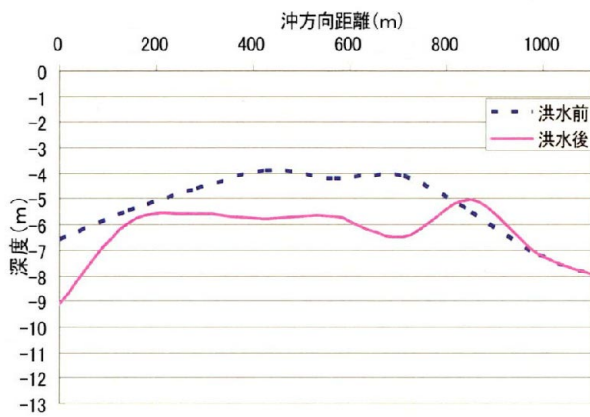


(c) 地形変化量

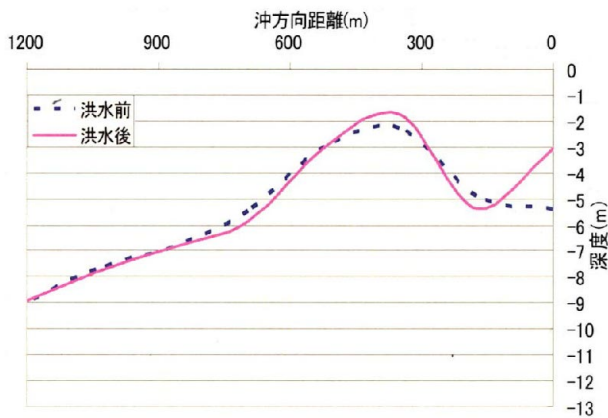
図-3 河口地形変化



断面図 A

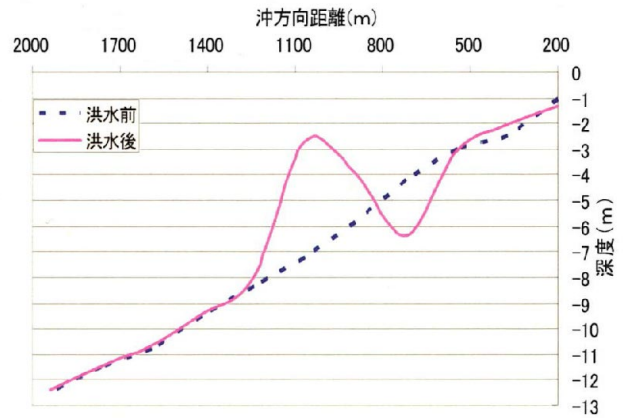


断面図 B

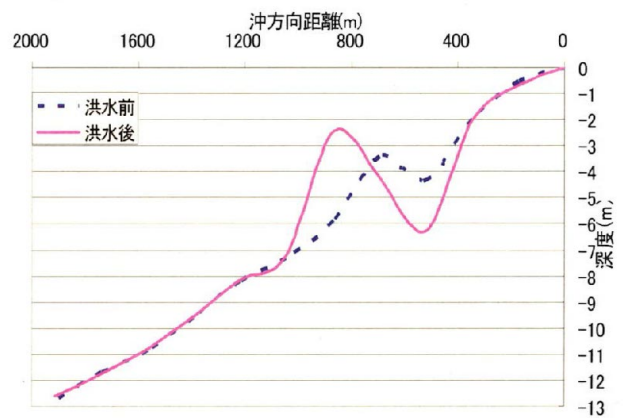


断面図 C

図-4 断面地形図



断面図 D



断面図 E

(4) 粒度分布

図-3 中の●の位置で採取した深さ 1m 柱状コアの中央部の表層から 50cm の位置の粒度分布を図-5 に示す. 平均粒径 $d_{50}=250\mu\text{m}$ であり, $100\mu\text{m}$ 以下の細粒分布はほとんどないことが分かる. 柱状コアのそれ以外の地点でもほぼ同様な粒径である.

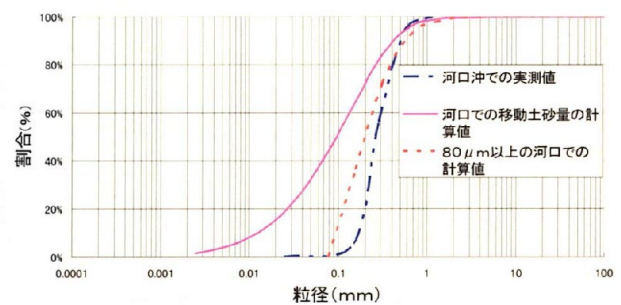


図-5 粒度分布

3. 河川流出土砂量

(1) 河床変動計算

河口流出土砂量を石狩川下流域の河床変動計算を実施することにより求めた。計算は Bed material load とし、掃流砂は芦田・道上の式¹⁾、浮遊砂は Itakura・Kishi の式²⁾を用いた。なお、本計算では wash load は考えていない。初期条件の河床高は、2003 年の 500m ほどの断面地形測量結果を基に平均河床高を求め、図-6 の近似式で与えた。初期条件の河床粒度分布は図-7 に示す様に 2003 年の d_{10} , d_{50} , d_{90} の実測値を式(1)で近似し、河床材料の粒度分布に対数正規分布を仮定することにより各地点の河床粒度分布を求めた。

$$\begin{aligned} d_{10} &= 0.1682 \exp(0.0145x) \\ d_{50} &= 0.3883 \exp(0.0273x) \cdots \cdots (1) \\ d_{90} &= 1.4530 \exp(0.0258x) \end{aligned}$$

ここで x は河口からの距離(km), 粒径 d の単位は mm である。

また、図-7 中には 1981 年, 91 年, 97 年の実測値と近似直線も示している。河床材料の近似曲線を見ると 1981 年から時間が経つにつれて d_{10} , d_{50} , d_{90} いずれも上流ではより大きな粒径となり、下流では細かい粒径に変化し、河口から 55km 地点ではあまり粒径に変化がないことが分かる。そこで計算の上流端は、河床材料が安定している 55km とし、その地点で流砂の条件は動的平衡条件とする。河幅は 55km 区間の平均値 400m とし、粒度分布は表-1 に示す 18 の粒径区分に分け、図-2 に示す時間流量を与えて、9 月一ヶ月間の粒径別流出土砂量を計算した。

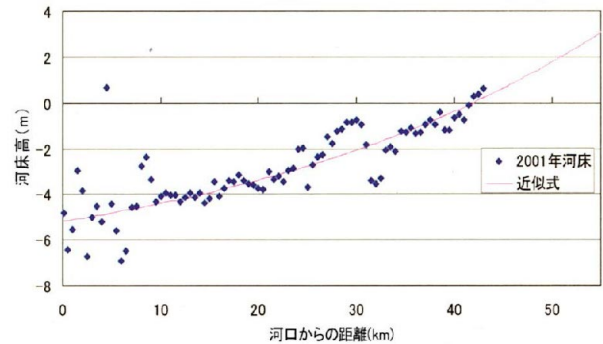


図-6 初期河床高

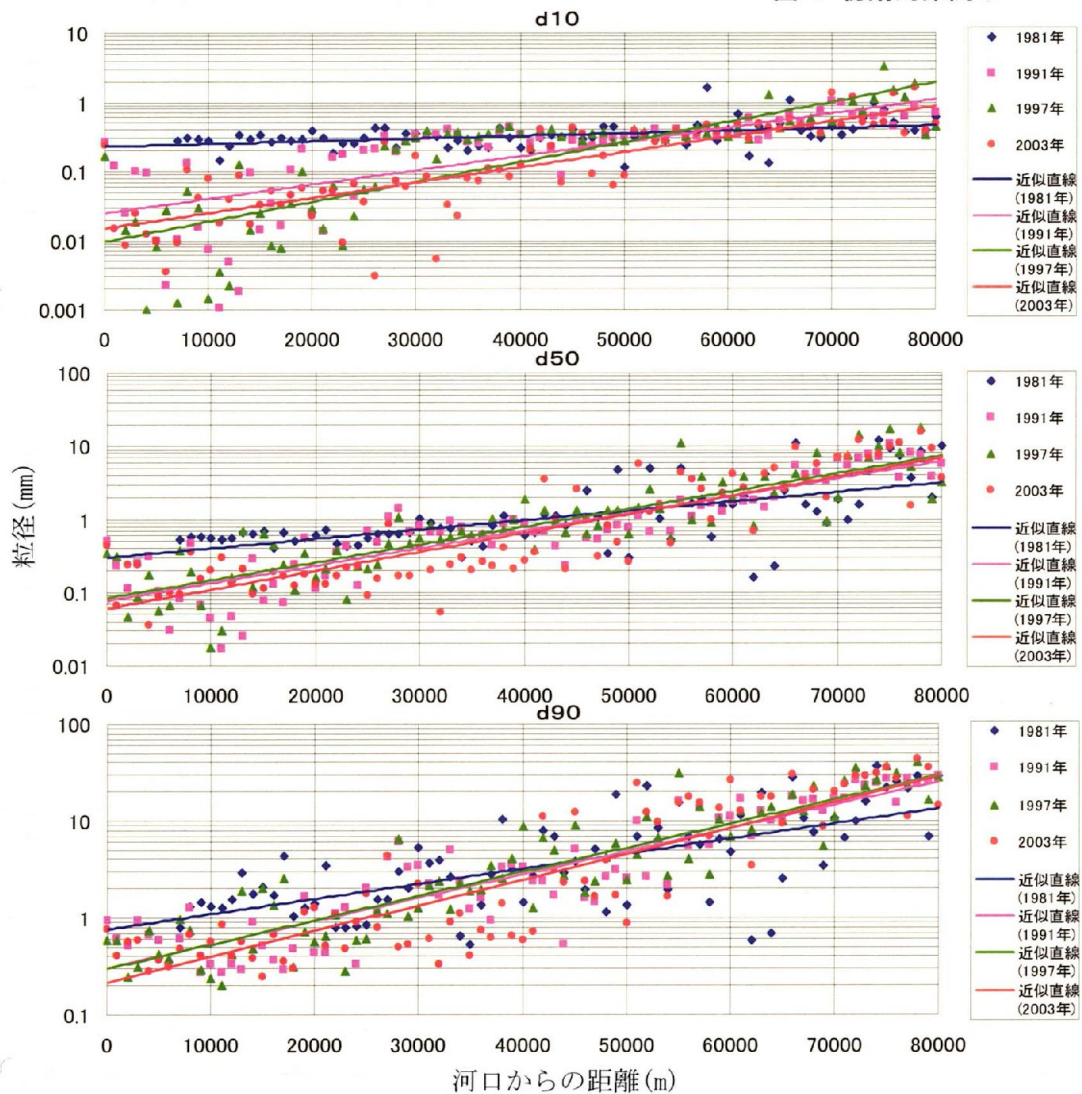


図 7 石狩川河床材料の粒度分布

表 1 粒径区分

	～	2.53E-03
2.53E-03	～	5.00E-03
5.00E-03	～	1.00E-02
1.00E-02	～	2.00E-02
2.00E-02	～	4.00E-02
4.00E-02	～	8.00E-02
8.00E-02	～	0.16
0.16	～	0.32
0.32	～	0.64
0.64	～	1.28
1.28	～	2.56
2.56	～	5.12
5.12	～	10.24
10.24	～	20.48
20.48	～	40.96
40.96	～	81.92
81.92	～	163.84
163.84	～	

単位:mm

(2)粒径別土砂輸送量

2001 年 9 月一ヶ月間の土砂輸送量の計算値を河口から 10km ごとにして粒径別に示したのが図-8 である. 図-9 にその内の浮遊砂成分, 図-10 に掃流砂成分を示す.

図-8 を見ると, 河口から 30km 地点が土砂輸送量が最小で上流側で少し多く, 10km より下流で急激に多くなっている. 上流側で大きいのは図-6 から分かるように河床勾配が少し大きいからであり, 下流側が大きいのは図-11 に示した水位変化から分かるように, 洪水時には河口付近で低下排水が生じ, 水面勾配が急になるためである. 河口流出土砂量は約 140 万 m^3 であり, 10 $\sim$ 80 μm と 80 $\mu m \sim$ 320 μm の粒径が多く, 両粒径群で流下土砂の約 75% を占める. 図-9, 図-10 を見ると, 浮遊砂成分は下流で多く, 掃流成分は上流側が多く, 上流 55km 地点では浮遊砂成分, 掃流砂成分共に約 30 万 m^3 で同程度であるが, 河口流出土砂の約 92% は浮遊砂成分である.

河口流出土砂の粒度分布の計算結果を図-3 に示す. 平均粒径 $d_{50}=90\mu m$ であり, 河口テラスの実測粒度分布と比較すると 80 μm 以下の細粒成分が多い. 河川流出土砂から 80 μm 以下の細粒土砂を除いた粒度分布(図-3)は実測値とほぼ一致する. 河川流出土砂の 80 μm 以上の土砂量の計算値は約 74 万 m^3 であり, 河口地形変化から求めた量 92 万 m^3 に近い値となる. 石狩川流出土砂の 80 μm 以上の粗粒成分が河口テラスを主に形成していると考えられる. 河川流出土砂の細粒成分は一旦は河口部周辺に堆積すると考えられるが波浪等の影響により容易に巻き上げられ, 周辺に移動させられてしまうと推定される. また, 山下³⁾ らによると石狩浜の汀線付近の d_{50} は約 150 μm であり, 80 μm 以下の細粒成分が少ないこともとも良い対応を示している.

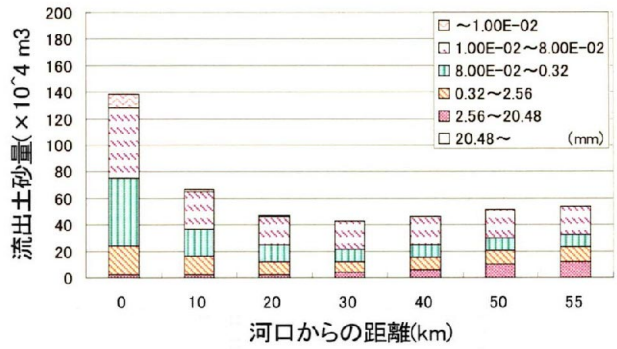


図-8 土砂輸送量

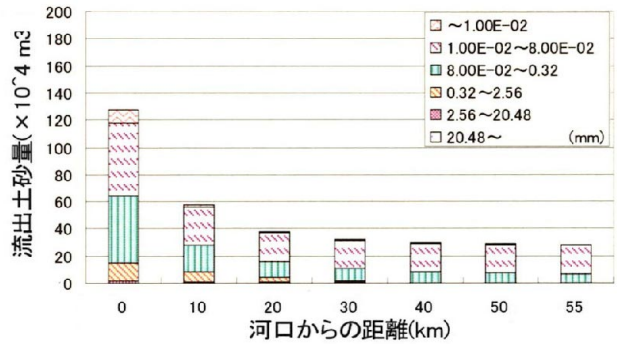


図-9 浮遊砂の輸送土砂量

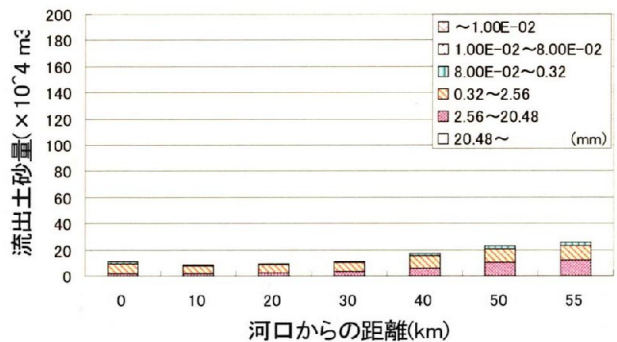


図-10 掃流砂の輸送土砂量

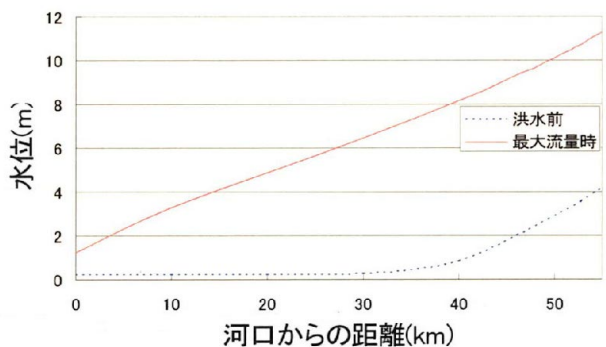


図-11 水位変化

4. おわりに

既往3位の大洪水の前後で石狩川河口域の地形測量と底質調査が実施でき、石狩川の河床変動計算より粒径別の流出土砂量の推定を行い、次の点が明らかとなった。

- ① 洪水後では石狩川の河口からは導流堤に沿って深掘れ部が形成され、その沖側に集中して土砂が堆積し、河口テラスが左岸から延びるように形成される。また、地形変化特性を定量的に把握し、河口部の土砂増加量は約92万 m^3 である。
- ② 河口テラスを形成している土砂の d_{50} は250 μm であり、80 μm 以下の細粒成分はほとんどないことが分かった。
- ③ 2001年9月一ヶ月間の河川流出土砂量は全粒径で約140万 m^3 ($d_{50}=90\mu\text{m}$)であり、その約92%が浮遊砂成分である。河川流出土砂から80 μm

以下を除いた粒度分布はテラス部の実測の底質粒径分布とほぼ一致し、80 μm 以上の流出土砂量は約74万 m^3 であり、深淺測量結果から得られた92万 m^3 に近い値である。以上より石狩川流出土砂の80 μm 以上の粗粒成分が主に河口テラスを形成していると考えられる。

参考文献

- 1) 芦田和男, 道上正規: 移動床流れの抵抗と掃流砂に関する研究, 土木学会論文集報告集, 206巻, pp. 56-69, 1972
- 2) Itakura, T. and Kishi, T.: Open channel flow with suspended particles. Amer. Jour. Sci, 25, pp325-338, 1993
- 3) 山下俊彦, 新山雅紀, 菅沼剛, 早川哲也: 石狩川から供給された粒径別土砂の河口沿岸域での堆積特性と土砂収支の試み, 海岸工学論文集, 第47巻, pp676-680, 2000