

長期の石狩川河口沿岸域の地形変化と粒径別土砂収支に関する一考察

Consideration on long-term change of topography and discharged sediment by particle size in Ishikari river mouth along the shore

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 玉置和樹 (Kazuki Tamaki)
 国土交通省北海道開発局 正員 山崎真一 (Shinichi Yamasaki)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 山下俊彦 (Toshihiko Yamashita)

1. はじめに

石狩浜奥に位置している石狩浜は、主に石狩川河口から流出している土砂により形成されている。沿岸の土砂管理をする際に、必要となるのが河川から流出する粒径別の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、洪水時における流出土砂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1981年8月期洪水(最大流量約10200 m^3/s 、既往1位)と2001年9月期洪水(最大流量約6400 m^3/s 、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で粒径別土砂量を推定し、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の推定を行った。最後に、1975年から2001年までの年間河口流出土砂量を計算し、山下¹⁾による河口域での変化土砂量より河口から沿岸域への土砂量の計算を行った。

2. 現地観測

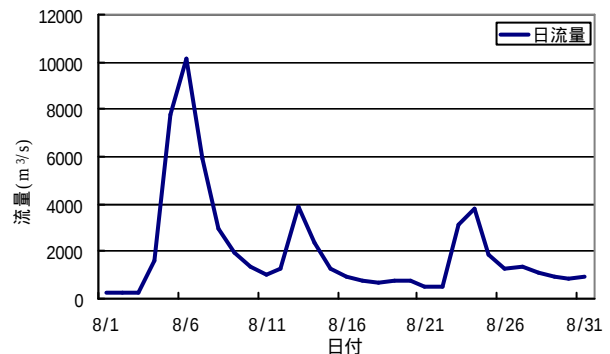


図-1 石狩川河口地形測量区域

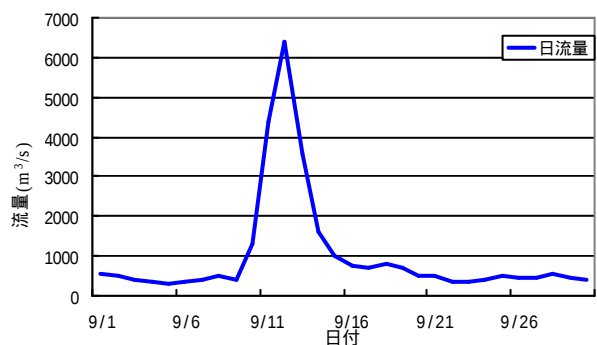
(1) 現地観測

図-1に石狩川河口地形測量区域を示す。区域は沿岸方向に1300m、岸沖方向に2000mである。石狩川河口右岸側には昭和48年に導流堤が設置されている。導流堤は沿岸方向の漂砂移動を可能とする透過構造である。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に一回程度深浅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くなっている。

今回対象とした大洪水は、1981年8月3日～6日の最大流量約10200 m^3/s と、2001年9月12日の最大流量約6400 m^3/s である。図-2には2つの洪水の一ヶ月間の石狩川日流量変化を示す。深浅測量は1981年は、7月と8月の洪水前後で1回ずつ、また2001年は洪水前は9月5日、洪水後は9月25日に実施されている。図-2(a)を見ると1981年では月の上旬と下旬で1回ずつ洪水が起きているが、洪水規模が下旬で4000 m^3/s と上旬に比べてそれほど大きくない。よって、河口から流出した土砂は上旬の洪水による影響が大きいと考えられる。また、図-2(b)の2001年は、9月12日の洪水発生時以外では500 m^3/s 程度と少なく、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。



(a) 1981年8月期洪水

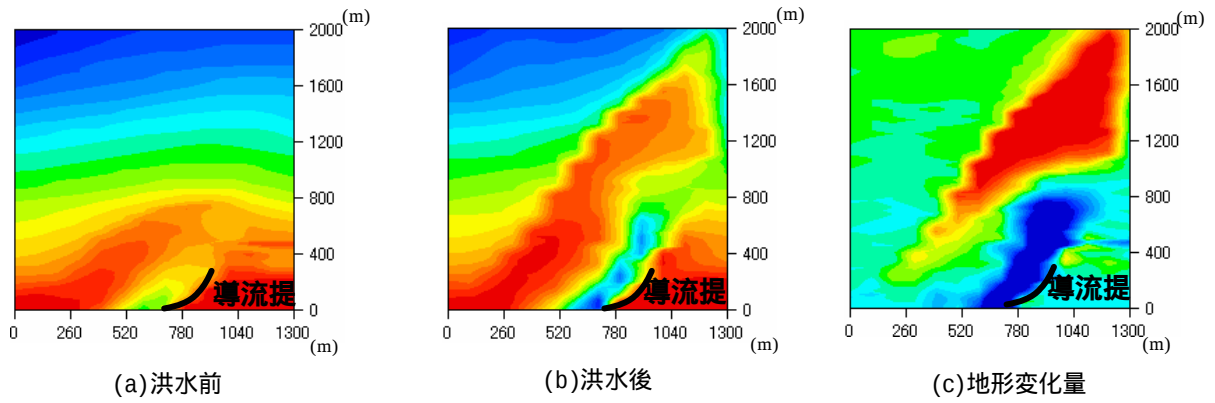


(b) 2001年9月期洪水

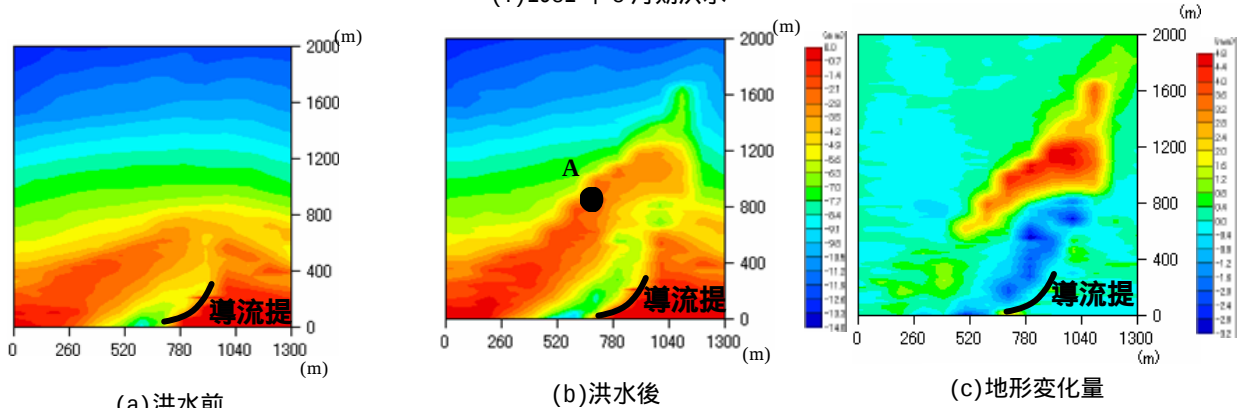
図-2 石狩川日流量

(2) 地形変化量

図-3(a)、(b)は2つの洪水における洪水前後の深浅測量結果であり、図-3(c)は洪水前後の地形変化量を示す。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少なく、大洪水による堆積土砂量をこの範囲で把握できると考えられる。



(i) 1981年8月期洪水



() 2001年9月期洪水

図-3 河口地形変化

深浅図より洪水前後の地形変化量は1981年で堆積量は約333万 m^3 、侵食量約87万 m^3 であり、差である約246万 m^3 の土砂が河口からこの領域内に流出したことになる。同様に2001年では、堆積量約130万 m^3 、侵食量約38万 m^3 であり、河口からの流出土砂量が約92万 m^3 である。洪水前は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。洪水後は導流堤に沿って、深掘れが生じ、その深掘れ部の土砂が沖合へ集中的に堆積し、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。

(3) 粒度分布

図-3中のA地点で採取した柱状コアの中央部の表層から50cmの位置の粒度分布を図-4に示す。平均粒径 $d_{50}=250\mu\text{m}$ であり、 $100\mu\text{m}$ 以下の細粒成分はほとんどないことが分かる。

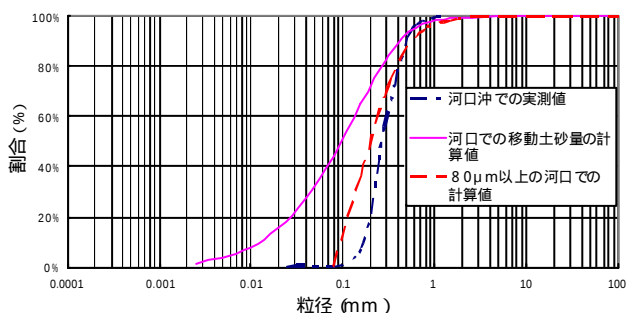


図-4 粒径分布

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²⁾、浮遊砂はItakura Kishiの式³⁾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ごとの断面地形測量結果を基に平均河床高を求め、図-5の近似式で与えた。初期条件の河床粒度分布は図-6に示すように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。

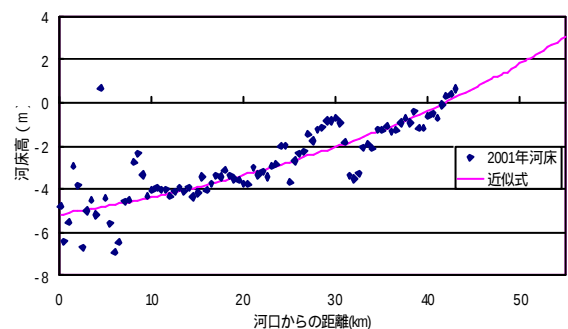


図-5 初期河床高

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

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-6中には1981年、1991年、1997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1981年から時間が経つにつれて、d10、d50、d90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、河口からの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に示す日流量を与え、2つの洪水時の一ヶ月間と1975年～2001年までの年間粒径別流出土砂量を計算した。

	～	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)

表-1 粒径区分

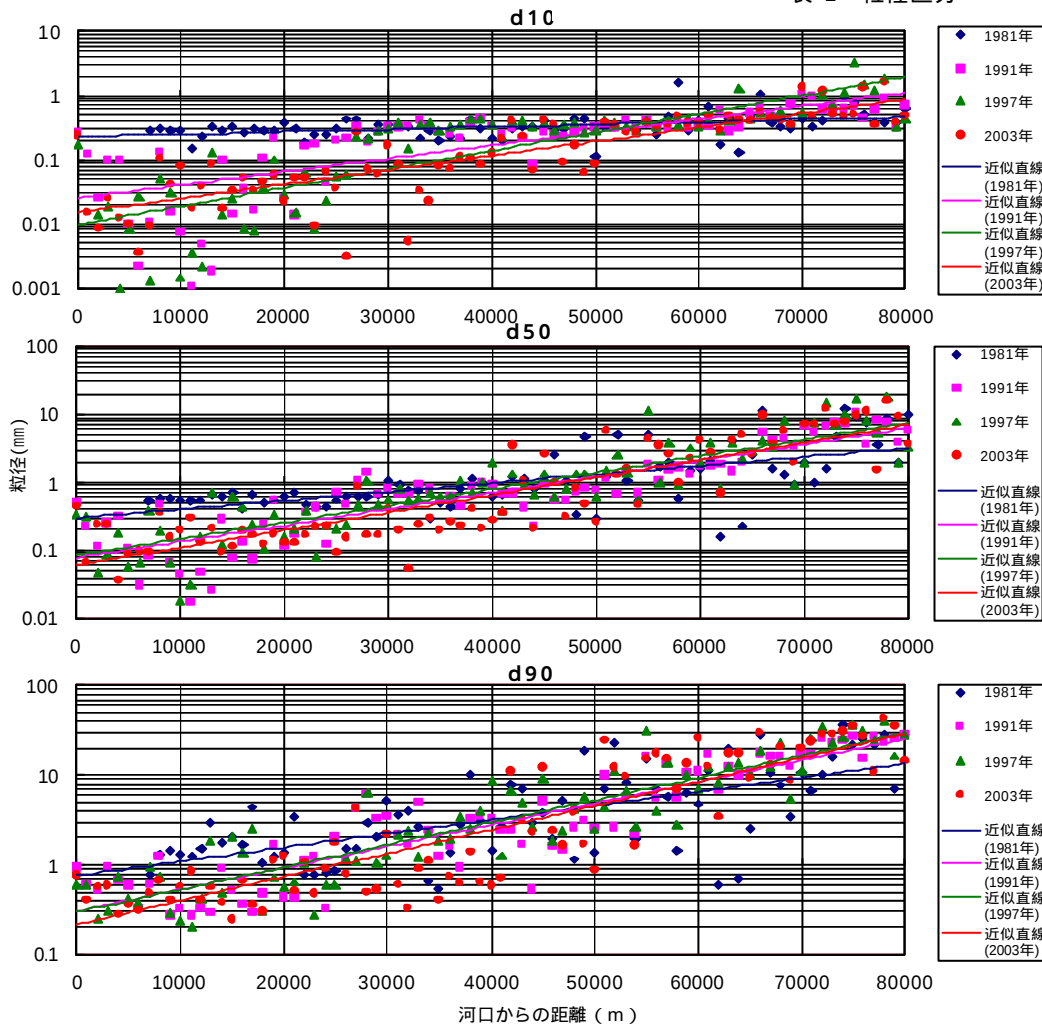
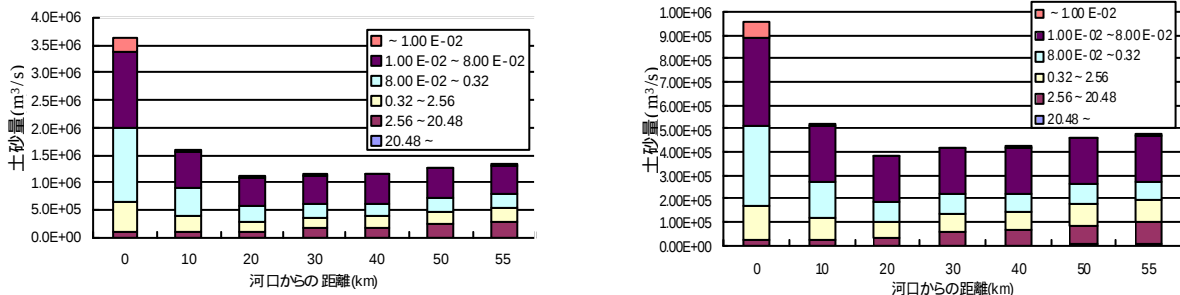


図-6 石狩川河床材料の粒度分布



(a) 1981年8月期洪水

(b) 2001年9月期洪水

図-7 洪水時一ヶ月間土砂輸送量

(2) 粒径別土砂輸送量

1981年8月～9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-7(a)で2001年9月～10月の計算値が図-7(b)である。図-7(a)、(b)どちらの図においても河口から20km地点が土砂輸送量が最小で上流側で少し多く、10kmより下流で急激に増加している。上流側で大きいのは、河床勾配が大きいからであり、下流側が大きいのは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。河口から流出する土砂量はどちらの洪水も $10\mu\text{m} \sim 80\mu\text{m}$ と $80\mu\text{m} \sim 320\mu\text{m}$ の粒径が多く、全粒径群で流下土砂の約75%を占める。

2001年9月期洪水一ヶ月間に河口から流出した土砂の粒径区分の計算結果を図-4に示す。平均粒径 $d_{50}=90\mu\text{m}$ であり、河口テラスの実測粒度分布と比較すると $80\mu\text{m}$ 以下の細粒成分が多い。河川流出土砂から $80\mu\text{m}$ 以下の細粒成分を除いた粒度分布(図-4)は実測値とほぼ一致する。河川流出土砂の $80\mu\text{m}$ 以上の土砂量は図-8より、1981年では約201万 m^3 、2001年では約51万 m^3 であり、どちらの洪水も現地観測で求めた実測値に匹敵する値となった。よって、石狩川河口から流出する土砂のうち、 $80\mu\text{m}$ 以上の粗い土砂が主に河口テラスを形成していると考えられる。

2つの洪水を基に1975年～2001年の期間で粒径の粗い $80\mu\text{m}$ で粒径別年間河口流出土砂量を示したのが図-9である。

(3) 河口から沿岸域への移動土砂量

図-9と山下¹⁾による河口域での変化土砂量より、河口から沿岸域への移動土砂量を推定したグラフが図-10である。特に洪水後では多くの土砂が沿岸海域へ移動している。年間で平均約40万 m^3 の土砂が周辺海域へ移動している結果となった。これは移動高を10mと仮定すると石狩浜30kmの汀線を年間で約1.28m前進させる量となる。

4. おわりに

既往1位と3位の大洪水前後での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、次の点を考察した。

- (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が生じ、その沖側に集中して土砂が堆積し、河口テラスが左岸側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1981年で約246万 m^3 、2001年で約92万 m^3 である。
- (2) 河口テラスを形成している土砂には $80\mu\text{m}$ 以下の細粒成分はほとんどないことがわかった。
- (3) 河川流出土砂から $80\mu\text{m}$ 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、 $80\mu\text{m}$ 以上の流出土砂量は1981年で約201万 m^3 、2001年で約51万 m^3 であり、ともに深浅測量から得られた実測値に匹敵する値となった。以上より石狩川流出土砂の $80\mu\text{m}$ 以上の粗粒成分が主に河口テラスを形成している。
- (4) 河口から沿岸域への移動土砂量は年間平均約40万 m^3 であり、移動高を10mと仮定すると石狩浜30kmを年間平均約1.28m前進させる量となる。

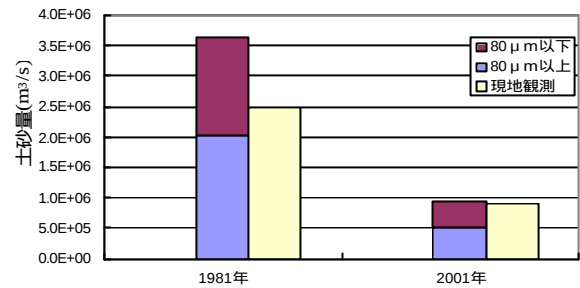


図-8 現地観測との比較

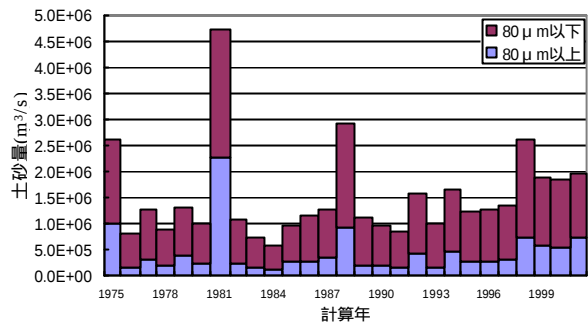


図-9 年間河口流出土砂量

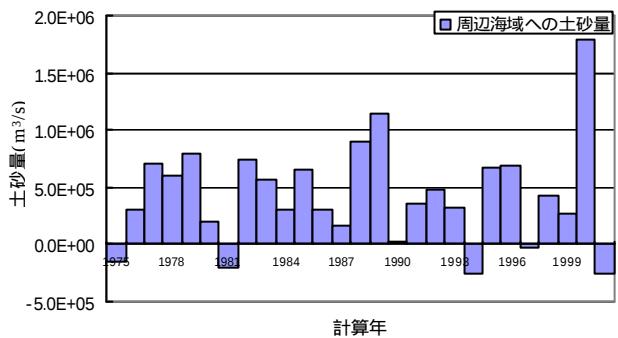


図-10 沿岸海域への移動土砂量

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) Itakura, T. and Kishi, T.: Open channel flow with suspended particles. Amer. Jour. Sci., 25, pp325-338, 1993