# 長期の石狩川河口沿岸域における地形変化と粒径別土砂収支

Long term change of bottom topography and budget of discharged sediment for particle size in Ishikari river mouth

山下俊彦<sup>1</sup>·玉置和樹<sup>2</sup>·前原向一<sup>3</sup>·山崎真一<sup>4</sup>

# Toshihiko YAMASHITA, Kazuki TAMAKI, Kouichi MAEHARA and Shinichi YAMAZAKI

Bottom sounding and sediment sampling were carried out before and after 1975 and 2001 floods. Discharged sediment was estimated by riverbed change calculation. The grain distribution except the fine grain components equal to or less than  $80\mu$ m almost coincided with the grain distribution of river terrace. Total deposition volumes calculated from the change topography of river-mouth were estimated by the coarse components more than  $80\mu$ m of discharged sediment. The mean volume for 30 years of the coarse discharged sediment are  $6.8*10^5$  m<sup>3</sup>/year. The volume of river terrace increases rapidly for big flood and decreases slowly for several years.

# 1. はじめに

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その中で海浜 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、大洪水前後一ヶ月以内での河口域 の地形測量と底質調査が実施された1981年8月期洪水 (最大日流量約10200m<sup>3</sup>/s,既往1位)と2001年9月期洪 水(最大日流量約6400m<sup>3</sup>/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 の粒度分布と比較することにより、流出土砂量の中で河 ロテラスに堆積している粒径別土砂量の推定を行った. 最後に、1975年~2005年までの年間河口流出土砂量を計 算し、同時期の河口地形測量結果から河口域での変化土 砂量を求め、両者の差より河口域から沿岸域への移動土 砂量を求め、石狩浜汀線前進速度の予測を行った.

#### 2. 河口地形·底質特性

#### (1) 調査概要

図-1に石狩川河口部の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

1	正会員	工博	北海道大学教授	大学院工学研究院
2		修(工)	JR西日本	
3	学生会員		北海道大学大学院	E工学院
4	正会員	博(工)	北海道開発局	

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.河口部では年に1回程度深浅測量が実施され ており,1975年から2005年のデータを解析した.また, 大洪水(1981年と2001年)時前後で深浅測量,底質の調 査が実施されている.

# (2) 大洪水時の地形特性

今回対象とした大洪水は、1981年8月の最大日流量 10200m<sup>3</sup>/sと2001年9月の6400m<sup>3</sup>/sである。図-2に二つの 洪水期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回づつ,また2001 年は洪水前は9月5日,洪水後は9月25日実施されている。 図-2(a)を見ると1981年では8月に3回の洪水が発生し ているが、第1回の洪水規模が既往一位であるため大き く、河口流域土砂はこの洪水の影響が大きいと考えられる。

図-3 (a), (b) に二つの洪水における洪水前後の深浅 測量結果と洪水前後の地形変化量を示す.洪水後では河 口付近で導流堤に沿って深掘れが生じ,その深掘れ部の 土砂と河口流出土砂が沖合に集中的に堆積し,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



図-1 石狩川河口地形変化対象区域



図-3 洪水前後での河口地形と地形変化量

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.大洪水による河口地形変 化量は,1981年で堆積量約333万m<sup>3</sup>,侵食量約87万m<sup>3</sup> で,この差約246万m<sup>3</sup>の土砂が河口から流出したと推定 できる.同様に2001年では,堆積約130万m<sup>3</sup>,侵食約38 万m<sup>3</sup>,河口流出土砂量約92万m<sup>3</sup>である.

#### (3) 大洪水時の底質特性

2001年の洪水直後の9月27日に,図-3中のK1,K2, K3地点で約1.5mの柱状コア採取を実施した.中央粒径 d<sub>50</sub>はK1地点で175~200µm,K2地点で330µm,K3地点 で370~390µmであり,地点ごとの層別の粒度差はあま り大きくなく,沖ほど粒径の細かい土砂が堆積している. 全体を平均した粒度分布を図-4に実線で示す.d<sub>50</sub>は 300µmで80µm以下の細砂成分はほとんどない.



#### 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(1972)の式,浮遊砂はItakura・Kishi (1993)の式を用いた.なお、本計算ではwash loadは考 えていない.流量は日流量とし石狩川本川の石狩大橋地 点の流量に豊平川の雁来地点流量を加えた流量とし,河 口水位の実測値を与えて計算した.

初期条件としては、河床高、河床粒度分布、川幅を以下のように与えた.図-5に大きな洪水の発生しなかった 1991、1997、2003年の河床高とその平均河床高を示す. 各データでばらつきがあるが、この3ヵ年の平均河床高 でほぼ近似できることがわかるので、初期河床高として はこの平均河床高とした.

初期条件の河床粒度分布は,河床高と同様1991,1997, 2003年の実測値を平均した式(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。

> $d_{10} = 0.168 \exp(0.0145x)$   $d_{50} = 0.388 \exp(0.0273x) \cdots (1)$  $d_{90} = 1.453 \exp(0.0258x)$

ここでxは河口からの距離(km)、粒径dの単位はmmで ある。計算の上流端は玉置ら(2009)と同様に河床材料 が安定している55kmとし,給砂条件はその地点の動的 平衡条件とした.また,粒度分布は玉置ら(2009)と同 様に18の粒径区分に分けた.

石狩川では治水対策のため低水路幅を400mとする工 事が近年順次実施されてきた.そこで1975,1981,1997, 2003年の500m毎の断面地形測量結果を基に低水路幅を 求め,その結果を図-6に示す.図中には各年の近似曲線 も示してある.河口から7km,28km地点で近似曲線と大 きくずれているが,これは本川に流入する支川の影響で ある.この図を見ると年が経つにつれて川幅は広くなっ ており,この変化傾向から各年の川幅を0~55kmまで求 め初期条件とした.

#### (2) 大洪水時の粒径別流出土砂量

1981年8月一ヶ月間の土砂輸送量の計算値を河口から 10km毎に粒径別に示したのが図-7(a) で,2001年9月の 計算結果が図-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川幅等が狭いためで、下流側で大き いのは洪水時には河口付近で低下背水が生じ、水面形が 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10~80µmと80~300µmの粒径の土砂が多 く、これらの粒径群で流下土砂の約75%を占める.

2001年9月一ヶ月間に河口から流出した土砂の粒度分 布の計算結果を図-4に実線で示す.d<sub>50</sub> = 90µmであり, 河口テラスの実測平均粒度分布と比較すると80µm以下 の細粒成分が多い.河川流出土砂の計算値から80µm以 下の細粒成分を除いた粒度分布(図-4中の破線)は実測 値とほぼ一致する.そこで,河川流出土砂を80µm以上 と以下に分けて土砂量を計算し,河口部の地形変化量の 実測値と比較したのが図-8である.河川流出土砂の80µm 以上の土砂量は,1981年で267万m<sup>3</sup>,2001年で80万m<sup>3</sup> であり,どちらも実測値264万m<sup>3</sup>と92万m<sup>3</sup>に近い値で









ある.以上より,河口流出土砂のうち80µm以上の粗い 土砂が河口テラスを形成していると考えられ,本研究で 示した河床変動計算によりその量も定量的に推定できる ことがわかる.

# 4. 長期の河口域土砂収支

前節で河床変動計算により河口付近に堆積する土砂量 を定量的に推定できることが確かめられたので、1975~ 2005年まで一年毎に計算し粒径が80µm以上と以下に分 けて示したのが図-9である.一年毎の計算期間はその年 の深浅測量時期に合わせ、初期条件を一年ごとに与えて 計算した.図-10に最大日流量の経年変化を示す.1975、 1981、2001年のような最大日流量が非常に大きい年では、 全粒径の流出土砂量も多いが、特に80µm以上の粗粒成 分の土砂量が多くなっている.1981、2001年の洪水一ヶ 月間では80µm以上の土砂量は各々一年間の流出土砂量





の84%、64%に達している.石狩川では,夏期洪水以外 では毎年4~5月に融雪洪水が発生し,最大流量が 4000m<sup>3</sup>/sに達した1987,1994,1999,2000年も多くの土 砂が流出している.80μm以上の粗粒成分について30年 平均すると約67万m<sup>3</sup>/年の土砂が河口から流出している.

図-11に,過去の河口域の深浅データより1975年を基準として地形土砂量の経年変化を示す.測量時期は河川流量の少ない時期であり,1975~81年は6月と10月の2回,1982年以降は7~9月で1回実施されている.ただし,1977,1978,1995,1997~99年は深浅データがないため,その期間の平均値を取ることで一年毎の地形変化量を求めた.図-10の最大日流量と比較すると,既往最大の洪水のあった1981年には河口の土砂量が急増し,10年程度で元の状態にもどっている.1975,2001年の洪水の後も河口の土砂量が増加し,数年かけて元の状態にもどっている.

図-12に、図-11より求めた一年毎の河口地形変化土砂 量を示す.大洪水時1975、1981年には河口土砂量は増加 しその後数年は減少している.大洪水後は河口付近に堆 積した土砂が周辺海域へ移動しやすいため、測量範囲内 の土砂は数年間は減少傾向であると考えられる.図-13 に、図-9の80µm以上の河口流出土砂量から図-12の河口 地形変化土砂量を引いて求めた河口テラス部からの周辺 海域への移動土砂量の経年変化を示す.周辺海域への移 動土砂量は大洪水の後に急増するわけではなく、ある程 度一定の量が周辺海域へ移動していることがわかる.30 年間で平均すると68万m<sup>3</sup>/年の土砂が沿岸海域へ移動し







ている結果となった.河口流出土砂量が67万m<sup>3</sup>/年であ りほぼ一致した量であり,最近30年という長期で見ると 石狩川河口土砂量は変動が少ないことがわかる.もう少 し詳しく見ると,最近は移動土砂量が減少傾向であり, 河川低水路幅の拡幅等の影響で河口からの流出土砂量が 平均的に減少しているためと考えられる.また,この移 動土砂量は河口地形と来襲波浪エネルギーに影響される と考えられるが詳細な検討は今後の課題である.

最後に、この沿岸海域への土砂移動量がすべて汀線の 前進に寄与すると仮定した時の前進速度を推定する.山 下ら(2000)を参考にして、石狩浜汀線長30km、漂砂移 動高12mとすると、30年平均では汀線前進速度は1.9m/ 年と推定できる.10年ごとに見ると、2.2m/年、1.7m/年、 1.8m/年と最近は減少傾向である.

### 5.おわりに

本研究で得られた主な結論は以下の通りである。 ①既往一位と三位の大洪水での石狩川河口域の地形測量 と底質調査データより,地形変化特性の把握と石狩川 の河床変動計算から求めた粒径別流出土砂量の再現性 を確認した.

- ②河ロテラスを形成している土砂は,流出土砂の80µm 以上の粗粒成分であり,1981年洪水では約267万m<sup>3</sup>, 2001年では約80万m<sup>3</sup>となり深浅測量より求めた実測 値とよく一致した.
- ③河口から流出する土砂のうち、80µm以上の土砂は最近30年間平均で約67万m<sup>3</sup>/年である.既往最大の大洪水時には一ヶ月で約270万m<sup>3</sup>が河口から流出するが、10年程度で元の地形に戻る傾向があった.
- ④河ロテラスから沿岸海域への移動土砂量は30年平均で約68万m<sup>3</sup>/年であり洪水直後に特に多くなるのではなく、比較的一定量として沿岸海域へ移動する.これらの土砂がすべて汀線変化に寄与すると仮定した時の汀線前進量は約1.9m/年である.また、近年では河川低水路幅の拡幅等により河口からの流出土砂量が減少傾向にある.

謝辞:本研究を進めるにあたり.北海道開発局札幌開発 建設部より現地データを提供して頂いた.ここに記して 謝意を表します.

#### 参考文献

- 芦田和男・道上正規(1972):移動床流れの抵抗と掃流砂に関 する研究,土木学会論文報告集,206巻,pp.56-69.
- 玉置和樹・山下俊彦・山崎真一(2009):2001年洪水時の石狩 川流出土砂と河口地形変化,海洋開発論文集,第25巻, pp.1161-1166.
- 山下俊彦・新山雅紀・菅沼剛・早川哲也(2000):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,pp.676-680.
- Itakura,T.and Kishi,T (1993): Open channel flow with suspended particles.Amer.Jour.Sci,25, pp325-338.