

尻別川河口閉塞対応について —河口に堆積する玉石による閉塞現象の把握(第1報)—

小樽開発建設部 工務課 ○坂井 一浩
生出 信二
小樽開発建設部 倶知安開発事務所 萬谷 俊哉

尻別川河口部は冬期に北西の季節風による波浪と沿岸漂砂等の影響で河口閉塞直前までの状況に至ることがあったが、大規模な出水によりフラッシュ現象が発生し、閉塞には至らなかった。その後、河口部に玉石が発現するようになり、新たに河口閉塞のおそれが発生している。

本報告では、玉石発現現象を把握するために実施した調査及び検討について第1報として報告する。

キーワード：計画手法、基礎技術、河口閉塞

1. はじめに

尻別川は、その源を支笏湖流域との分水界をなすフレ岳(標高1,046m)西方に発し、羊蹄山(標高1,893m)の東側から北西に流れを転じ倶知安町を經由し山麓を迂回しながら狭窄部を流下し、蘭越町の田園地帯を流れ、蘭越町磯谷において日本海に注ぐ、幹川流路延長126km、流域面積1,640km²の一級河川である。その流域は、北海道後志管内の1市6町2村からなり、後志地方における社会・経済・文化の基盤をなしている。流域の土地利用は、約9割を山林等が占めており、森林資源に恵まれている。流域内の産業は、



図-1 位置図

明治初頭の開拓以降、治水整備や農地開発が進み、尻別川下流の低平地には後志管内最大の水田地帯が形成されるなど、良質で名高い「らんこし米」や、馬鈴薯等、北海道有数の農業地帯として発展してきた。また、近年はカヌーやラフティング、釣りなど、豊かな自然と優れた景観を利用した観光産業が盛んで、北海道でも有数のリゾート地帯となっており、近年では日本国内はもとより外国からのスキー客も急増している。

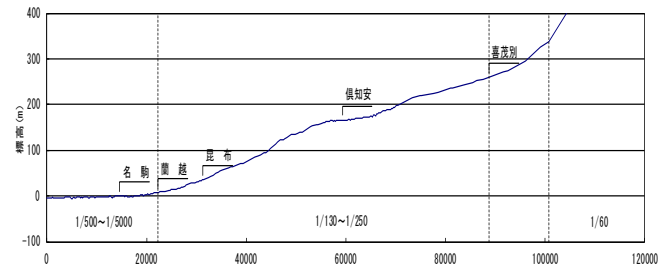


図-4 縦断面図

尻別川河口部の河床勾配は概ね1/5,000と緩やかであり、汽水域となっている。また、周辺には砂浜が形成されており、ハマニクなどの砂丘植生が見られる。河床材料は砂質で、やつめうなぎの主要な漁場となっている。その河口部砂州堆積箇所において、H25.2月以降からこれまで見られなかった玉石の堆積現象が生じた。

本報告は、これまでの河口部改修経緯から玉石堆積現象の影響と課題、今後のモニタリング計画について報告するものである。



図-2 尻別川流域概要図

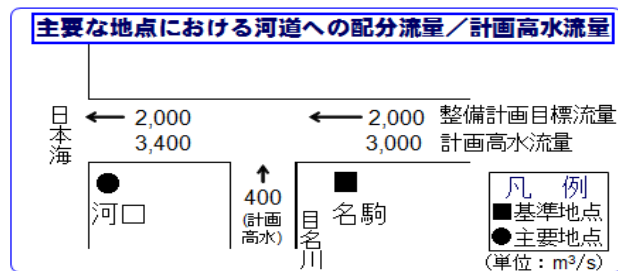


図-3 尻別川配分流量



写真-1 尻別川河口部 (H26.11撮影)

2. これまでの改修経緯について

尻別川河口は、過去に河口閉塞直前までの状況に至り、右岸導流堤L=167.0m(H11.10)に87.0m設置、H19.10に80.0m延伸)を実施している。その後、砂州は位置を変えつつ発達・変化が見られていたが、融雪期並びに出水期には、砂州のフラッシュ現象が見られており、河口閉塞には至っていない。しかしながら、H25.2月以降に磯谷橋下流左岸の砂州上に粒径100mm強の玉石が1.1m厚に及ぶ堆積現象が発生した。

(1)河口部対策(導流堤)に至った経緯

河口部では、過去から冬期の流量が少ない時期に北西方向の季節風による波浪及び濁水により、写真-2のように「河口閉塞」の傾向がみられることから、以下の問題が懸念された。

- ①砂州の発達による、河口水位のせき上げ
- ②せき上げ現象による、河川管理施設への被害
- ③河川幅、水深不足と河口開口位置の不安定による航路障害



写真-2 H11河口の様子

これらを未然に防ぎ、河道の安定を図り、流下能力の確保を図る必要があった。

河口処理工として、導流堤の他に掘削・浚渫、水門等も考えられるが、機能として次の内容が求められた。

- ①河口部の河積を減少させ、フラッシュ効果の促進を図ること
- ②右岸側海域から河口部に侵入する漂砂(砂嘴)を防止すること

検討の結果、このような機能が恒久的に発揮可能な対策工として導流堤が選定された。

(2)導流堤実施後の状況

早期着工を要求する地域住民の要望等により、H11年度から事業着手することとなった。

a) H11導流堤設置の状況

工事は地域からの要望を踏まえ、右岸側海域から河口部に流入する漂砂(砂嘴)を防止するための最低限の延長である87mを実施した。

導流堤を設置したことにより、図-5に示したように



図-5 砂州の状況と形成過程①

当初の期待されたとおり、右岸の砂州形成を抑制することに成功している。しかし、新たに左岸側で砂州堆積が顕在化し、導流堤設置以降、左岸側において砂州の形成・消失を繰り返すようになった。

b) H19導流堤設置の状況

H11年度の導流堤設置以降、河口部における水理特性の解明を目的として調査研究が進められ、当初の目的である「河口部の河積を減少させ、フラッシュ効果の促進を図る」ために、右岸導流堤をさらに80m延伸した。



図-6 砂州の状況と形成過程②



写真-3 導流堤延伸後の砂州の移動状況

これは、左岸に堆積している砂州の抑制に寄与できるという解析結果に基づき実施した。導流堤延伸後に発生したH23.9出水やH24.5出水では、砂州のフラッシュ現象を確認しており、流下能力は確保されている。これまで大きな支障はないものの、**図-6**に示す通り左岸に形成されていた砂州は、これまでの位置より河川上流に移動し、**写真-3**のとおり磯谷橋付近で発達するようになった。

3. 河口部の状況変化について

H25.3月から、河口部左岸砂州堆積箇所において、砂州上にこれまで見られなかった**写真-4**（下）、5のような玉石の堆積現象が生じた。玉石は粒径100mm程度、堆積厚1.1m程度でその下には粗砂が堆積している。



写真-4 玉石の出現状況

上：H23.7（玉石なし），下：H26.4（玉石あり）



写真-5 玉石の堆積状況

この砂州上の玉石堆積によって砂州がフラッシュされなかった場合、流下能力への阻害影響（河積不足）が懸念される。堆積したままの状態を想定した不等流計算結果では、河口より上流（KPI.4）まで計画高水位超過となった。そこで玉石による影響対策を検討するため、玉石発現過程を解明する調査を実施した。

(1) 近年の状況変化

導流堤延伸後のH19以降～現在まで年1回の頻度で定期的に深浅測量を実施している（融雪後6・7月）。導流堤延伸後には、**図-7**に示す円内のEL=0m標高（赤線）部の張出しが解消され、毎年の融雪期の流量によって砂州はフラッシュされていた（H22.7月まで：段階①）。**図-8**に示す円内の左岸の橋梁下流を見ると、その後H23.7月で砂州が堆積したものの、H23.9出水及びH24.5融雪出水を経てフラッシュ現象が見られた（H24.7月まで：段階②）。H25.2中旬～3月にかけて、**図-9**に示す円内の砂州上に**写真-4**（下）、5のように玉石が堆積し、現在に至っている（H25.7月・H26.7月：段階③）。

平成19年6月（導流堤延伸前） 平成22年7月（導流堤延伸後）



図-7 河床材料堆積の変化 段階①

平成23年7月（出水前） 平成23年9月（出水直後）



図-8 河床材料堆積の変化 段階②

平成25年7月 平成26年7月



図-9 河床材料堆積の変化 段階③

(2) 玉石の発生源の想定

玉石の発生源を想定するため、玉石の存在の確認調査と移動の大きな要因と考えられる風向風速について調査を実施した。

a) 玉石確認調査

玉石の存在を**図-10, 11, 12**に示す3カ所で調査を実施した。**図-10**に示す玉石確認調査（H25.8）では、沖合いには確認されず、河口部の限られた範囲に存在している。

また、河口部に堆積した玉石と同じ粒径(100mm程度)のものは、**図-11**、**写真-6**に示す通り上流のKP19付近で玉石を確認している。しかし、下流区間は河床勾配も約1/5,000程度と緩く、洪水時の掃流力からもこの地点から流下してきたものとは考えにくい。したがって、尻別川上流由来の玉石では無いものと考えられる。

一考として摩擦速度と土砂の移動粒径との関係式として、一般的に用いられる岩垣公式により移動する可能性がある粒径・摩擦速度を算出した。

このときの粒径と移動限界粒径の関係を下記に記述する。

$$0.3030 \leq d \quad ; u_*^2 = 80.9d \quad \cdots \text{玉石に相当}$$

$$0.1180 \leq d \leq 0.3030 \quad ; u_*^2 = 134.6d^{31/22}$$

$$0.0565 \leq d \leq 0.1180 \quad ; u_*^2 = 55.0d$$

$$0.0065 \leq d \leq 0.0565 \quad ; u_*^2 = 8.41d^{11/32}$$

$$d \leq 0.0065 \quad ; u_*^2 = 226d \quad \text{※出典}^1)$$

d; 粒径(単位:cm) u_*^2 ; 摩擦速度(単位:cm・s⁻¹)

上記式から移動限界粒径は、

$$d(\text{玉石}) = \frac{u_*^2}{80.9} \quad \text{となる。}$$

各地点の実測粒径に、平均年最大流量(500m³・s⁻¹)を与えた計算結果を**表-1**に整理した。

表-1 玉石の移動判定

区間	セグメント	準二次元不等流計算による水理諸量					実測		移動判定	
		河床勾配 lb	低水期内平均水深 HL(cm)	エネルギー勾配 le	摩擦速度 u_*^* (cm・s ⁻¹)	摩擦速度 u_*^2	比較 u_{2vc}	代表粒径 (cm)		
0.2-11.0	2-2	4498	472	1934.175	19.39	375.954	>	222.98	2.76	する
11.2-18.0	2-2	4498	985	1653.924	24.159	583.642	>	478.14	5.91	する
18.2-20.2	2-1	805	964	1769.561	23.106	533.873	>	417.55	5.18	する
20.4-24.2	1	547	720	709.459	31.537	994.561	>	668.85	8.27	する
河口玉石	2-1	805	964	1769.56	23.106	533.87	<	1,456.20	18.00	しない

以上のことから、尻別川上流由来の玉石では無いものと判断した。

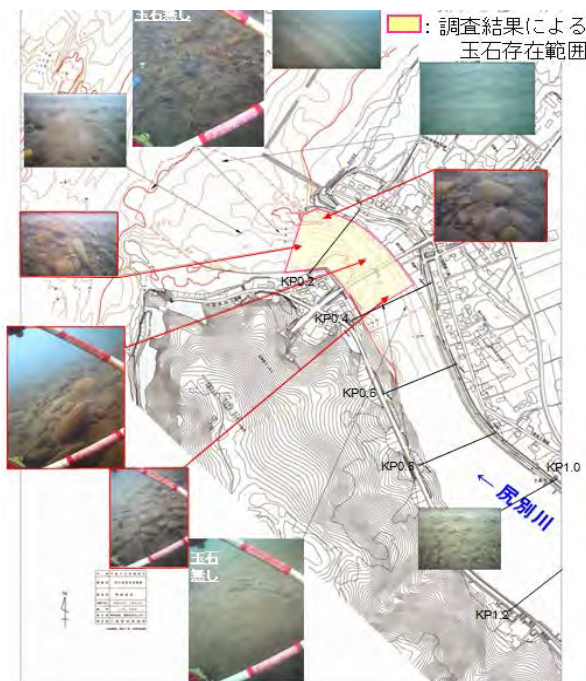


図-10 玉石確認調査(河口部周辺)

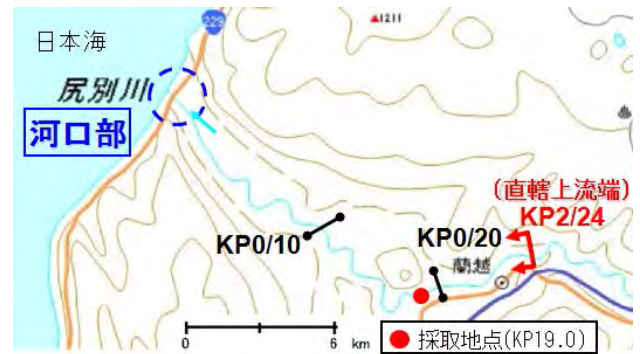


図-11 玉石確認調査(上流)



写真-6 KP19.0で確認した玉石



図-12 玉石確認調査(近傍沿岸)

赤の表記が玉石を確認した箇所

図-12に示す近傍における現地踏査(H25.8)では、河口と同様の玉石は、約2km北の精進川河口部、約6km北の海岸線、南側は約1km南の海岸線において確認された。

b) 気象(波浪)状況の確認

河口部周辺で玉石が確認されたことを受け、波浪による河口部への移動が考えられることから、その状況を確認した。

尻別川河口部では、この期間(H25.2中旬~3月)における風向・風速の観測はされていないため、南側近傍の寿都観測所(気象庁)のデータをもとに気象状況を確認した。**図-13**、**14**を見ると、H25年3月2日に過去10ヶ年間で最大となる11m/sを記録しており(**図-13**青線、**図-14**赤破線円)、例年よりも強い風が発生していたと考えられる。

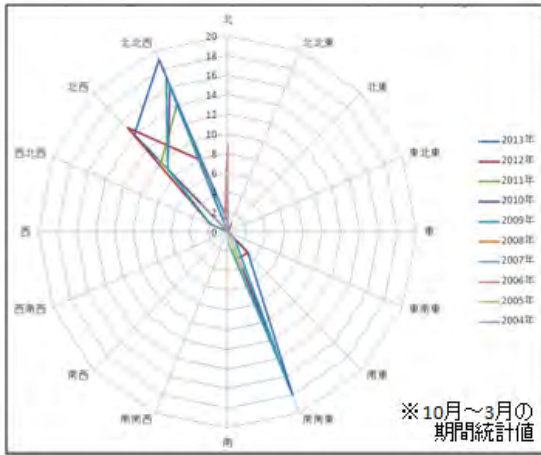


図-13 最大風速 10m以上における風向の日数集計(年毎)

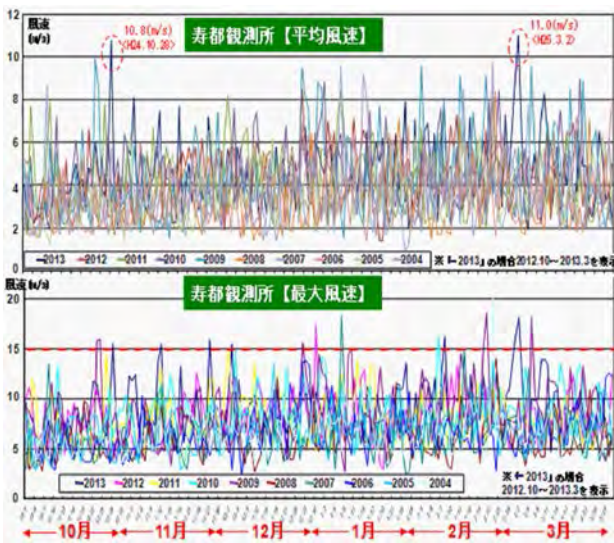


図-14 寿都観測所の平均風速、最大風速

H25.2-3月当時のこの風に伴う波浪の発達が、玉石の発現要因のひとつの可能性として考えられた。

4. 左岸砂州(玉石:堆積厚1.1m)の除去

今回、初めて見られた現象であるため、一度玉石の除去を行い、玉石下層深部(粗砂)における砂州のフラッシュを促すこととした。図-15に玉石除去のイメージを示す。

再び玉石堆積が現れるか否か、モニタリングによる経年確認を実施する。

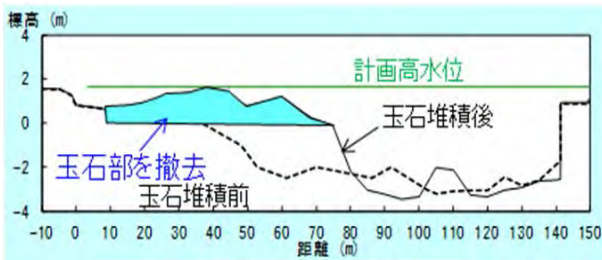


図-15 玉石除去イメージ

5. 今後の観測・調査について

今後も砂州及び玉石発現過程の把握を目的としたモニタリングを継続する。

調査時期は、除去直後(非出水期)の工事出来形後、冬期～融雪後(翌年7月)、出水期を終えた後(同11月)を1年間の目処として、定期調査と合わせて状況把握を行う。定期調査では、通常の河川巡視等の目視確認と次に示す調査を実施する。

(1) 砂州・玉石の堆積状況調査

- 河口水位：フラッシュが想定される箇所周辺として、既設の簡易水位計及び左岸：河口水位観測所による観測を継続する。
- 深浅測量，横断測量：音響測深器と簡易GPSによる深浅測量，横断測量は深浅測量結果を補足のため実施する(期別変化を確認)。
- 河床材料，玉石分布：土砂粒径(最大・通過百分率)，玉石分布状況調査(目視・水中カメラ)，玉石粒径，簡易ボーリング調査を実施する。
- 風向・風速，波高・波向：河床変動箇所周辺に計器を設置し，自記観測を実施する。
- 玉石動態：玉石の移動が確認された冬期を迎える前に蛍光玉石を設置し，どこに移動しているか出水前後に確認する。
- 定点観測(巡視・定点カメラ)：これまでの巡視による河口部の写真撮影，及び河川空間監視カメラによる撮影を継続する。
- リング調査：リング法を応用した方法(支柱(鉄筋等)とリング(ウエイト)を用いた方法。図-16に一例を示す)により，今後の出水後に砂州洗掘深を計測する。
- 痕跡水位：洪水時の最大水位を出水後に調査し，時系的・縦断的に水面形状等を把握する。

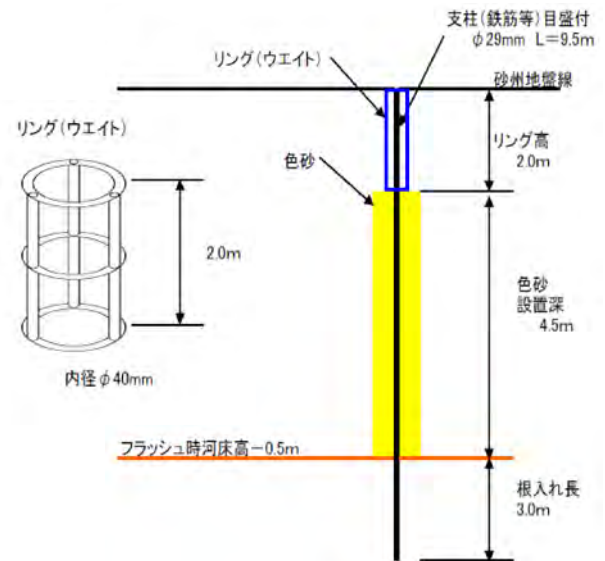


図-16 リング調査概要図(例)

6. まとめ

尻別川河口は、過去に河口閉塞直前までの状況に至り、右岸導流堤L=167.0m(H11.10に87m設置、H19.10に80m延伸)を実施した。経過は、砂州は位置を変えつつも、フラッシュされており、河口閉塞には至っていない。その後、H25.2月以降から左岸の砂州上に粒径100mm強の玉石が1.1m厚に及ぶ堆積現象が発生した。

玉石確認調査(H25.8)では、沖合いでは確認されず、河口部の限られた範囲に存在しており、また、河川由来の玉石では無いものと考えられた。

発生要因として、H25.2月に例年よりも強い風が発生しており、また、3月2日に過去10ヶ年間で最大となる11m/sの強風が波浪を発達させたことが、玉石の堆積発現要因のひとつの可能性として考えられた。

この玉石の堆積による河口部の河道管理への影響は、砂州上の玉石堆積により、砂州がフラッシュされず堆積したままの状態による流下能力への阻害影響（河積不足）が懸念される。さらに、副次的な影響として河積不足による水位上昇に伴う、出水時の樋門閉扉後の内水被害や、河川幅、水深不足による船舶の航路障害等の懸念が考えられる。

これらの影響に配慮して玉石除去後の砂州堆積状況及び玉石の再堆積状況の把握するため調査を実施するが、河川巡視等の目視確認等により、再堆積等、問題となる変化が想定される場合には、必要な対策を講じることとしている。

今後は、有識者のアドバイスを受けながら、玉石発現現象に関する調査及び検討を継続し、得られた結果について報告したいと考えている。

謝辞：河口部の維持など導流堤の効果について検討して頂いた「尻別川河口域の水理特性に関する研究」（土木学会共同研究）のメンバー各位及び河口部導流堤調査においてアドバイスを頂いた、寒地土木研究所（H23-25在籍時）寒地河川チーム 柿沼総括研究員、川村研究員、水環境保全チーム 渡邊総括研究員、横山主任研究員、水垣研究員、寒冷沿岸域チーム 大塚研究員に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) :水理公式集（平成11年版） p158 土木学会