

尻別川河口部の砂州動態の現状分析 及びフラッシュ効果検討について

小樽開発建設部 倶知安開発事務所 河川課

田中 大地
金子 裕幸
太田 陽子

日本海に注ぐ尻別川の河口部では、冬期の波浪と沿岸漂砂等により、右岸側から砂州が発達し、河口閉塞寸前の状況に至ったことから導流堤を設置して、河道断面確保を図った経緯がある。近年では、左岸側から砂州が発達する状況にあるが、堆積と洪水による流失を繰り返しており、河口閉塞には至っていない。本報告は、河口部の砂州動態の現状分析と二次元河床変動計算等によるフラッシュ効果の検討について報告するものである。

キーワード：防災、河口閉塞、治水対策、砂州

1. はじめに

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により、河口砂州の発達が見られ、過去に河口閉塞直前の状況に至った(写真-1)。このため、平成11年と平成19年に導流堤を建設し、その後、砂州の堆積と洪水による流出を繰り返しながら、現在に至っている(写真-2, 写真-3)。

本報告では、これまでの河口部改修経緯から、砂州動態の現状分析を行い、二次元河床変動計算等によるフラッシュ効果の検討内容について述べるものである。



写真-1 導流堤建設前の河口部



写真-2 洪水直後における尻別川河口部 (H30.8撮影)



写真-3 現在の尻別川河口部 (最新:R5.8撮影)

2. 河口部対策(導流堤)改修経緯について

尻別川河口部は、河口砂州の発達を繰り返しており、導流堤建設以前には、河口閉塞直前の状況に至った(写真-1)。このことにより、砂州の発達による河口水位のせき上げ、せき上げ現象による河川管理施設への被害、河川幅・水深不足と開口位置の不安定による漁船の航路障害の課題が生じていた。

これらの状況を踏まえ、学術研究者らと河川管理者による「尻別川河川懇談会」が設置され、河川域、河口沿岸域、海域の現地調査や検討が行われた。

その結論を以下に示す¹⁾²⁾。

尻別川の河口砂州は1年を周期として毎年同様な消長を繰り返しており、これは外力の周期性を反映したものである。

河口砂州が発達した時期における河口内水位の変動は、波高の変動と連動していることが明らかになった。河口内水位の上昇は波高の増加と高い相関を有し、この河口内水位上昇は波によって生み出されたもの、すなわち、波浪効果に

よる潮位上昇(wave set-up)であると結論できる。
以上のメカニズムを図-1に示す。

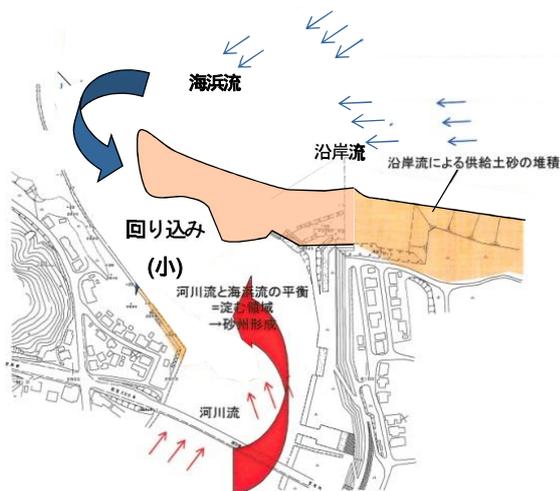


図-1 導流堤建設前の砂州形成メカニズム

これらの課題を未然に防ぎ、河道の安定に加えて、河川幅・水深・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。

河口部の河川幅・水深を確保し、フラッシュ効果の促進を図ること。

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。

各種調査・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、右岸導流堤が選定された後、まず、平成11年10月に87.0mを設置した。その後、モニタリングにより、以下のフラッシュ効果を確認出来た上で、平成19年10月にL=80.0mを延伸し、計:L=167.0mの導流堤建設を実施した。導流堤建設直後の状況は以下の通りである²⁾³⁾。

右岸導流堤建設により、河口開口位置が右岸に安定し、河口水深が増加した。

導流堤建設後の波浪による潮位上昇の高さは、導流堤の建設後に低減した。これは、河口水深の増加によるものと考えられる。

このように、同河口での導流堤建設は河口維持及び波浪効果による潮位上昇量低減の二点において効果的であった。

3. 右岸導流堤建設後の砂州の形状と位置の変化

その後、平成19年10月に導流堤が完成した直後は、砂州はおおむね安定的に推移しており、当初期待された通りに右岸の砂州形成が抑制されていることに伴って、安定的な河口維持に寄与し、河口部の流下能力が確保されているといえる(写真-4)。



写真-4 導流堤建設直後における河口部 (H20.6撮影)

一方で、図-2のように導流堤の建設によって、砂州の形成メカニズムが変化し、写真-5のように、河口閉塞には至ってはいないものの、導流堤建設後は河口から上流0.32kmに位置する国道229号の磯谷橋左岸寄りに砂州の発達・変化が見られるが、融雪期や出水期には、河川流量の状況によって砂州のフラッシュ現象が繰り返されている状況となっている。

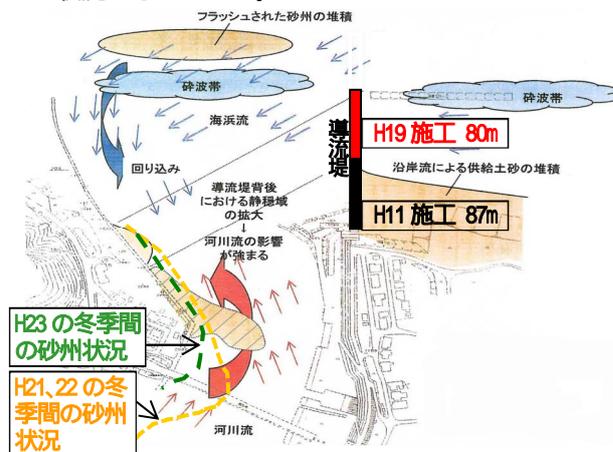


図-2 導流堤建設後の砂州形成メカニズム



写真-5 導流堤建設後の砂州の移動状況

その後は、図-3の年最大流量に示すように、平成30年7月(937m³/s)や、令和4年8月(970m³/s、暫定値)には、約1,000m³/s相当の洪水が発生し、写真-2及び写真-9のように、左岸側に堆積していた砂州がフラッシュによって、ほぼ一掃された。洪水がない年は磯谷橋左岸に砂州が堆積しているのが確認できる一方、1,000m³/s規模の洪水が発生すると堆積砂州が一掃されているのがわかる(写真-2, 3及び写真-6~10)。

田中ら²⁾³⁾の結論通り、河口部左岸側のほぼ同じ箇所まで堆積とフラッシュを繰り返している一方で、河口の開口位置は右岸側に固定しているのが確認出来る。

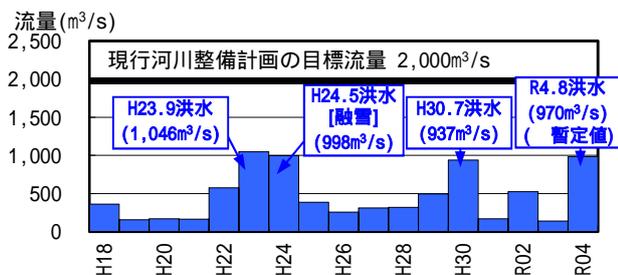


図-3 年最大流量の経年変化 (名駒観測所)



写真-10 尻別川河口部の状況 (R4.11撮影)



写真-6 尻別川河口部の状況 (R1.10撮影)



写真-7 尻別川河口部の状況 (R2.10撮影)



写真-8 尻別川河口部の状況 (R3.10撮影)

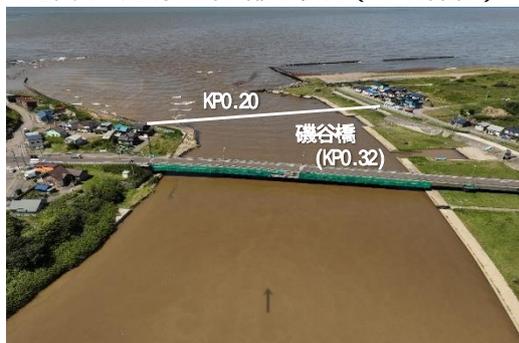


写真-9 尻別川河口部の状況 (R4.8.17出水時撮影)

4. 計算による砂州フラッシュ効果の検証

前項までの実現現象を踏まえ、洪水によって砂州がフラッシュされる現象を検証する為、平面二次元河床変動計算モデルによるシミュレーション計算を行い、流量規模別におけるフラッシュ状況及び流下能力を確認した。

(1) 実績洪水による再現計算

本計算で対象とする洪水は、河道の洪水痕跡水位が存在する平成23年9月(1,046m³/s)及び平成24年5月(998m³/s)洪水を対象として、平面二次元によるモデル構築を行い、以下の表-1及び 図-4、図-5 に示す条件により、検証を実施した。

表-1 再現計算条件 (尻別川河口部)

NO.	項目	計算条件
1	計算区間	KP-0.1 ~ KP4.4
2	断面形状	KP 0.000 ~ 0.075 : H23.7深浅測量 KP 0.100 ~ 4.400 : H23.9測量横断
3	計算格子	流下方向 : 25mメッシュ 横断方向 : 低水路10分割、高水路5分割(左右岸)
4	区間距離	概ね25m
5	粗度係数	基本方針・河川整備計画粗度係数 低水路 KPO.0 ~ 4.4 nh=0.022 左岸高水敷 KPO.1 ~ 3.0 nh=0.040 KP3.0 ~ 3.8 nh=0.055 KP3.8 ~ 4.4 nh=0.035 右岸高水敷 KPO.1 ~ 0.8 nh=0.055 KPO.8 ~ 1.6 nh=0.035 KP1.6 ~ 2.8 nh=0.040 KP2.8 ~ 4.0 nh=0.055 KP4.0 ~ 4.4 nh=0.040
6	樹木	河口部周辺に樹林帯がないため評価しない
7	計算流量	H23.8.1 ~ H23.9.4 : 日流量 H23.9.5 ~ H23.9.7 : 時刻流量 (H23.9洪水) H23.9.8 ~ H24.5.3 : 日流量 H24.5.4 ~ H24.5.5 : 時刻流量 (H24.5洪水) H24.5.6 ~ H24.7.31 : 日流量
8	起算水位	H23.8.1 ~ H23.9.4 : 日流量 に対応した日潮位 H23.9.5 ~ H23.9.7 : 時刻流量 に対応した河口観測水位 H23.9.8 ~ H24.5.3 : 日流量 に対応した日潮位 H24.5.4 ~ H24.5.5 : 時刻流量 に対応した時刻潮位 H24.5.6 ~ H24.7.31 : 日流量 に対応した日潮位
9	河床材料	H15河床材料調査におけるKPO.20の平均粒径 (dm = 0.81mm) を用いた (単一粒径で計算)

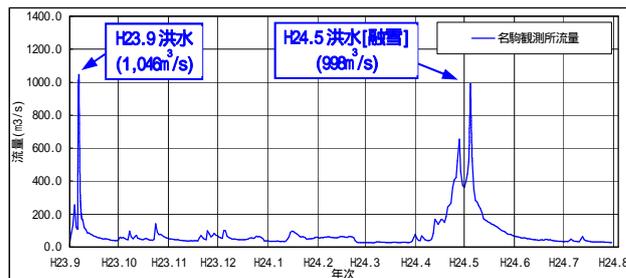


図-4 再現計算使用流量 (名駒観測所)

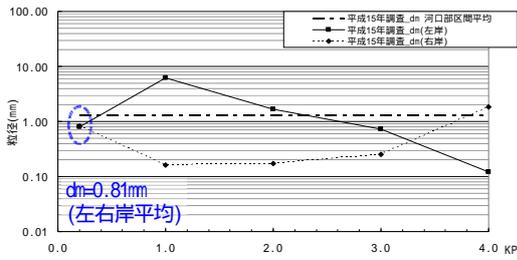


図-5 再現計算使用河床材料（河口地点の平均粒径）

再現計算結果を以下の図-6に示した。

図-6上段は測量から作成した実績変動高図、河床変動計算結果による変動高図を示す。また、図-4に示した流量において、平成23年9月(1,046m³/s)洪水期間中における右岸側のフラッシュ状況を時系列で確認した結果を、図-6下段の標高図及びQ-T,H-T図に示す。

この結果では、実績と比較して右岸側の洗掘（フラッシュ）の状況、並びに、左岸側における堆積の状況は概ね再現出来ている。また、最大洗掘である図中のA地点を対象に、洪水期間中の時系列変化を確認したところ、洪水ピークよりも前の約800m³/s程度の流量からフラッシュが始まり、洪水流量が28時間目を境に減衰してからも、36時間目までの約8時間後まで洗掘し続けていること、その後も河口開口位置が右岸側に安定していることも確認出来た。

さらに、平成23年9月洪水については、洪水時痕跡水位を計測しており、本計算ピーク時との比較により、検

証した結果を図-7に示す。

痕跡水位との比較でも、河口から上流0.8kmまで計算ピーク水位と合致していることも確認出来た。

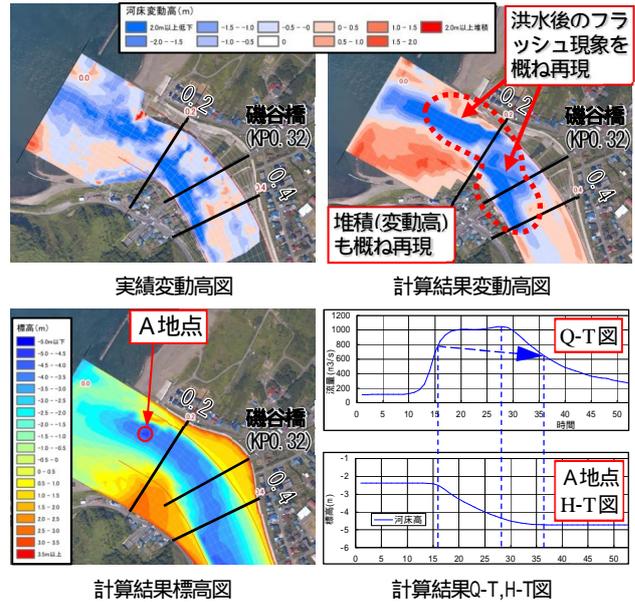


図-6 再現計算結果図

これらの実績洪水からの再現計算結果から、河床変動高や洪水時水位縦断など、概ね実績と同様に再現出来ている為、本平面二次元河床変動計算モデルの妥当性を検証出来たものと判断した。

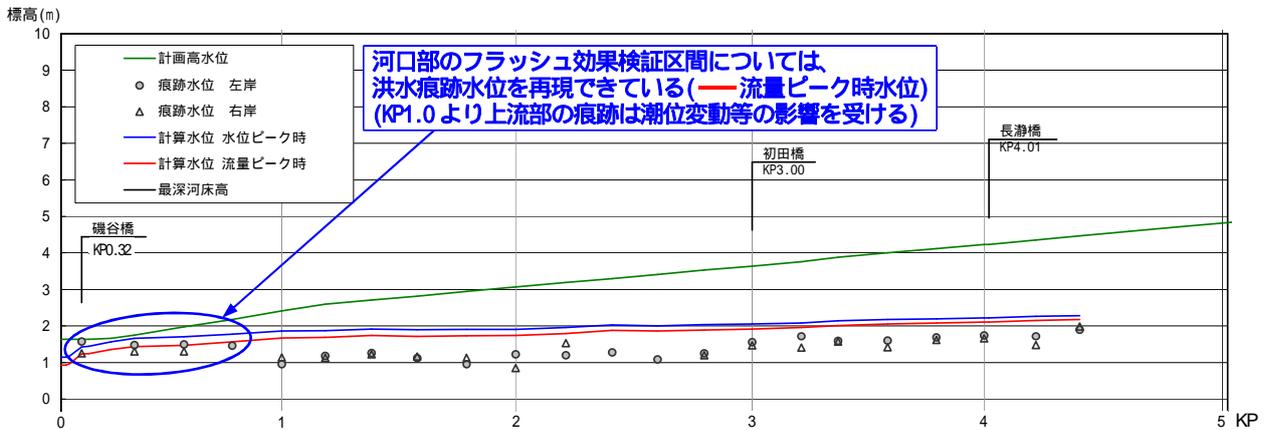


図-7 再現計算結果 水位縦断図

（平成23年9月洪水痕跡水位との比較、平面二次元河床変動計算終了時点）

(2) 流量規模別・計画規模外力による予測計算

前項では、近年実績である1,000m³/s規模の洪水を対象とした再現計算を実施したが、昨今の気候変動の動向を踏まえると、今後将来、計画規模に相当する洪水が発生し得ることも想定した治水対策を考えなくてはならない。

そこで、本項では、外力として、図-4に示した実績洪水流量とは異なる外力を与えた場合の予測計算を実施し、本モデルによるフラッシュ状況及び流下能力を確認した。

a) 初期河道断面の設定

まず、予測計算にあたり、初期河道を前項で用いた平成23年測量から、最新の令和5年2月までの測量成果を反映した。

その結果、図-8、図-10に示した横断図でも、前述の写真-2, 3及び写真-6～10の空撮と同様、左岸側のKP0.20～KP0.32間で砂州の堆積とフラッシュを繰り返している。

そのため、本計算では、危険側となる条件を想定し、最大限堆積した状態(平成29年測量)を初期河道として設定し(図-9、図-11)、表-2の予測計算条件における確率規模(条件 1/10, 1/20, 1/30, 1/40)各々の流量を与えた(図-12)。

また、[現行]整備計画における目標流量(2,000m³/s)を計画高水位(HWL)以下で安全に流下させる河道断面を設定し、掘削後の河道維持の観点から流下能力を確認した(条件)。

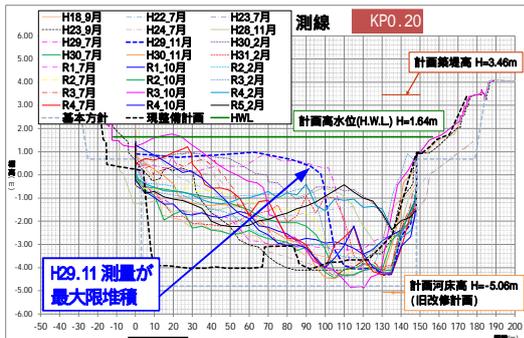


図-8 測量実績横断面図(KPO.20)

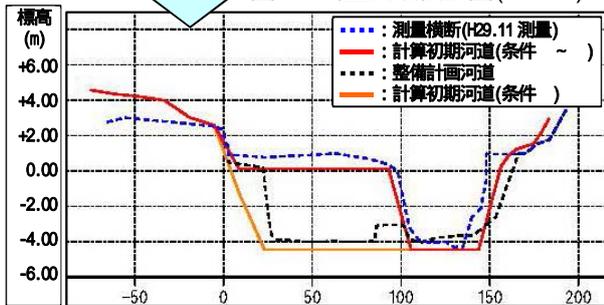


図-9 設定横断面図(KPO.20)

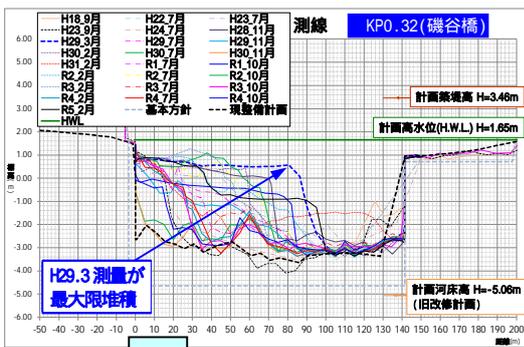


図-10 測量実績横断面図(KPO.32)

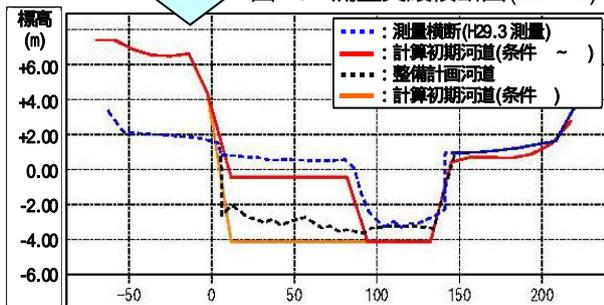


図-11 設定横断面図(KPO.32)

b) 計算外力(流量ハイドログラフ)の設定

次に計算外力として、1,000m³/s 規模の洪水を上回る場合、計画規模に相当する洪水が発生する場合を感度分析的に確認する為、表-2及び図-12に示す条件を与え、各ケースによるフラッシュ状況を計算することとした。

表-2 予測計算条件(尻別川河口部)

NO.	項目	計算条件
1	計算区間	KP-0.1~KP4.4
2	断面形状	・ KP 0.000~4.400: 深浅測量結果を基に最大堆積状態を考慮 ・ [現行]整備計画河道(掘削河道)を基に設定
3	計算格子	流下方向: 25mメッシュ 横断方向: 低水路10分割、高水敷5分割(左右岸)
4	区間距離	概ね25m
5	粗度係数	基本方針・河川整備計画粗度係数(再現計算に同じ)
6	樹木	河口部周辺に樹林帯がないため評価しない
7	計算流量	確率規模 1/10 (ピーク流量: Qp=1,124m ³ /s) 確率規模 1/20 (ピーク流量: Qp=1,762m ³ /s) 確率規模 1/30 (ピーク流量: Qp=2,165m ³ /s) 確率規模 1/40 (ピーク流量: Qp=2,481m ³ /s) [現行]整備計画目標流量 (Qp=1,979m ³ /s) 計算値
8	起算水位	基本方針・河川整備計画に対応した起算水位0.98m
9	河床材料	KPO.2の平均粒径(d _m =0.81mm)を用いた(単一粒径で計算)

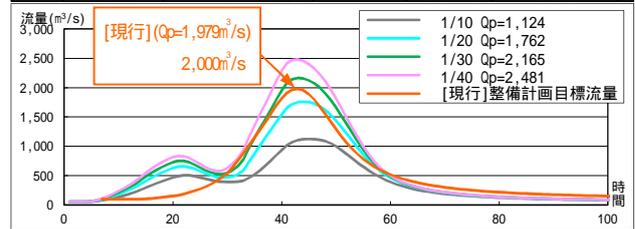
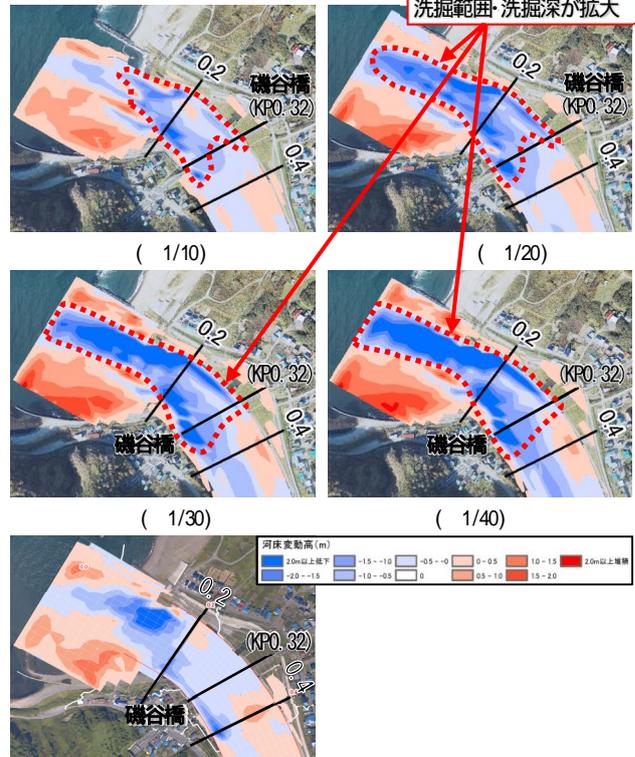


図-12 予測計算使用流量ハイドログラフ

c) 予測計算結果

予測計算結果を、以下の図-13に示した。この結果からは、外力規模に応じて、確率規模(1/10)~同(1/40)にかけて、フラッシュの効果も徐々に増大して、大きく現れる結果を得た。



(整備計画外力・整備計画河道)

図-13 予測計算結果図

(3) 河床変動計算結果に基づく、フラッシュ状況を考慮した流下能力の確認

本項では、前述の予測計算により、フラッシュされた結果を横断形状に反映した上で、準二次元不等流計算を実施し、流下能力として、HWL以下で安全に流下出来るか否かを、図-14の水位・水位差により確認した。

現況河道(フラッシュ無し)の場合、及び 確率規模(1/10:1,124m³/s程度)のフラッシュ後河道では、[現行]整備計画目標流量(2,000m³/s)流下時にHWL以下を確保することは難しいが、 確率規模(1/20:1,762m³/s程度)でフ

ラッシュされた後の河道では、2,000m³/s流下時の水位はHWL以下に収まり、これより大きい確率規模(1/30や1/40)の場合でも、HWL以下となることが確認出来た。

また、掘削後河道において、左岸側の堆積及び右岸側のフラッシュ後の状態でも、将来的な河道維持の観点からも、流下能力に支障が無いことが確認出来た。

このことから、予測計算上では、海域から河口部に侵入する漂砂が堆積した場合でも、ある程度の流量規模に応じて砂州はフラッシュされ、河口開口位置が右岸側に安定し、流下能力上でも支障が無いことがいえる。

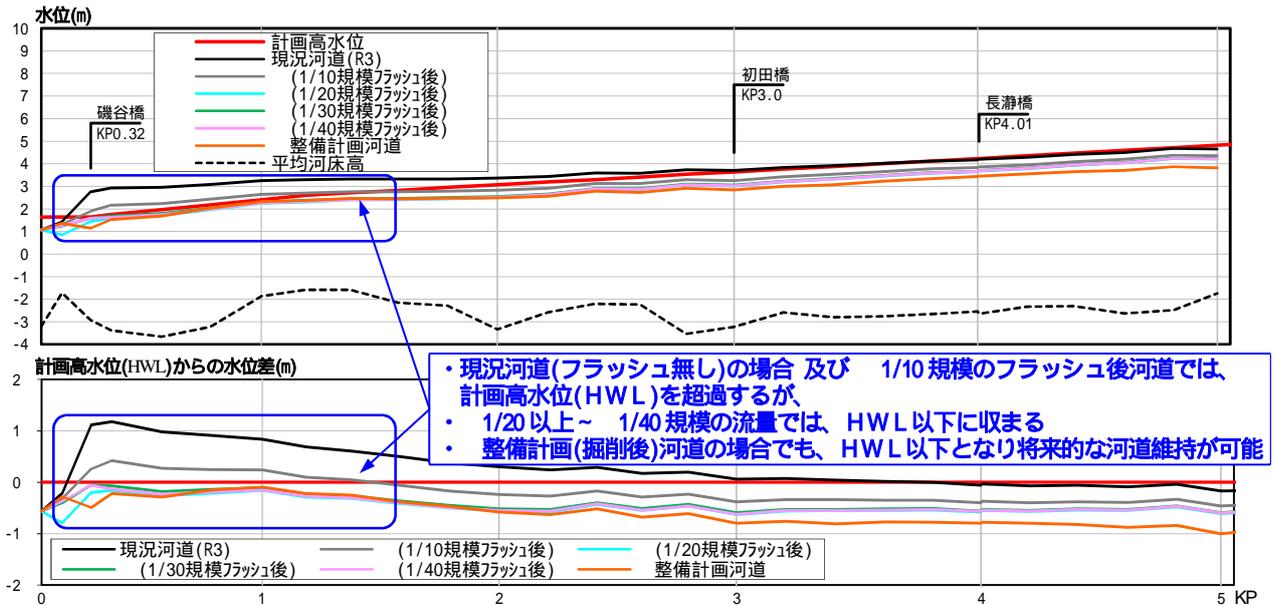


図-14 水位・水位差縦断面図(フラッシュ後の状況を考慮した場合)

5. まとめ

以上、これまでの1,000m³/s 規模の実績洪水によるフラッシュ効果、[現行]整備計画目標流量(2,000m³/s)の計画規模クラスが発生した場合のフラッシュ効果により、今後の河口部の治水対策として、河道掘削を実施した場合を見据えた河道の安定性についてとりまとめた。

その結果、現在の導流堤は建設後約16年経過しているが、河口の開口部は右岸側で安定的に維持されており、導流堤整備や実績洪水規模におけるフラッシュ効果が継続的に認められた。

今後、気候変動を踏まえた河川整備計画[変更]後の河道改修等を実施していくことから、掘削にあたっては、近年実績である1,000m³/s 規模を大きく上回る整備計画規模の洪水によるシミュレーションの計算結果の検証ならびに将来の導流堤延長の可否等も含め、河道が閉塞しないよう留意しながら、モニタリングを継続していきたい。

参考文献

- 1) 清水康行, 田中仁, 山下俊彦, 早川博, 古路一哉: 尻別川の河口維持に関する研究, 河川技術論文集第8巻, 2002.
- 2) 田中仁, 李炫錫: 尻別川河口における砂州と水位の変動特性, 水工学論文集第46巻, 2002.
- 3) 田中仁, 李炫錫, 古路一哉: 尻別川河口導流堤建設による砂州地形・河口水位変動特性の変化, 海洋開発論文集第18巻, 2002.