

溶結凝灰岩の河川における河道の安定化に関する一考察

Study on the Stabilization of the River Channel on Welded Tuff

(株)北海道水工コンサルタンツ ○正員 藤田 和成 (Kazunari Fujita)
 (株)北海道水工コンサルタンツ 正員 佐々木 真 (Makoto Sasaki)
 (株)北海道水工コンサルタンツ 塚田 環 (Tamaki Tsukada)
 (株)北海道水工コンサルタンツ 大坂 哲也 (Tetsuya Osaka)

1. はじめに

1.1 河道の安定化対策前の現状と課題

北海道の東部に広がる釧路湿原は、流域の開発などにより釧路川及びその支川から河床低下等により発生した土砂が流入して乾燥化が進み、ハンノキ林が拡大するなど湿原特有の希少な野生生物の生息・生育環境が悪化してきている¹⁾。特に、釧路湿原に流入する支川久著呂川 (A=148.0km², L=60.2km) の中流部では、約2.5km 区間で河床低下が進行し、湿原に流入する土砂量が増加していた²⁾。この区間では、軟岩である溶結凝灰岩が露出し河幅が狭く河床低下が進行し土砂が流出していたため、河道を安定化させる必要があった (写真-1, 図-1)。



写真-1 河床低下区間の対策前の状況

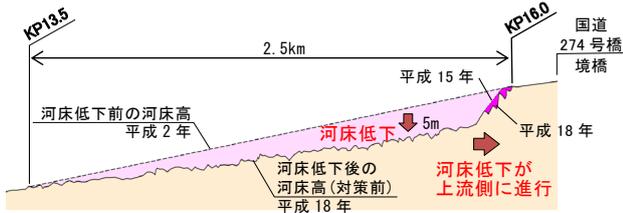


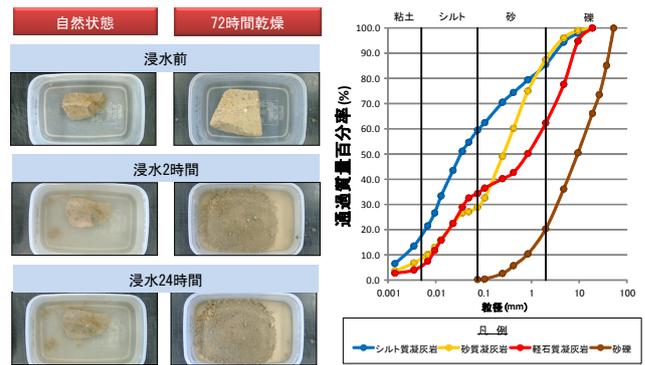
図-1 縦断面図 (安定化対策前)

1.2 河道の安定化対策の概要

溶結凝灰岩³⁾は、自然状態では浸水した場合には比較的原型をとどめている。しかし、乾燥後、再び浸水させると原形をとどめないほど柔らかい性質を示し、本体の構成粒子である、シルト、粘土等まで分解される (図-2)。そのため、一度溶結凝灰岩が河道に流出した場合、河道を流下して多くの土砂となって湿原に流入する。

河床に溶結凝灰岩が露出し、極端に河幅が狭い状況で縦侵食が進行していたため、河道の安定化対策では河道拡幅と床止工群 (12基) を配置し、砂礫が堆積することで河道の安定化を図る計画としている。床止工の間隔は、池谷⁴⁾の研究成果を踏まえ河床勾配の分母の数値の距離とし、流速の大きな曲線部等には設置しない配

置としている (図-3)。河道拡幅は、同一セグメントで河道が安定化している区間 (KP11~KP13) をリファレンスサイトとして選定し、その区間の河幅を基に設定している。



浸水による崩壊の様子

図-2 溶結凝灰岩

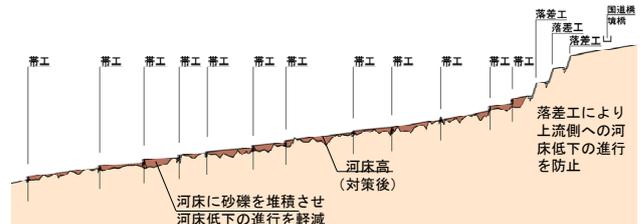


図-3 縦断面計画

河道の安定化対策は、溶結凝灰岩の侵食過程や流砂量の推定等、不確定要素が多いため、対策実施後、土砂生産の抑制効果や環境の変化をモニタリングし、床止工の改良・追加、河道拡幅等を状況に応じてフィードバックする順応的管理を取り入れている。

1.3 河道の安定化対策後の状況と課題

河道の安定化対策区間は、平成26年時点で当初計画されていた対策は全て実施され、河床は比較的安定していた。しかし、平成28年8月に発生した降雨により河道の安定化対策区間において河床低下が進行した区間が発生した。

平成28年8月の降雨⁵⁾は、近年10カ年では24時間雨量で3番目に多い雨量となっており、河道の安定化対策区間の最大流量 (48m³/s) は、計画流量 (50m³/s) と同程度であった (図-4)。この降雨の特徴としては、断続的に雨が降っており、土砂移動を伴う流量が長く続いたものと考えられる。

各床止工の直上流側、河幅が広い区間では、比較的河床が安定していることが確認されたが、床止工間の一

部で計画河床高より低い状況となっていることが確認された。同規模以上の出水が続いた場合、床止工間隔が長い区間では、さらに河床低下が生じ、さらなる土砂の発生（生産）が懸念された。

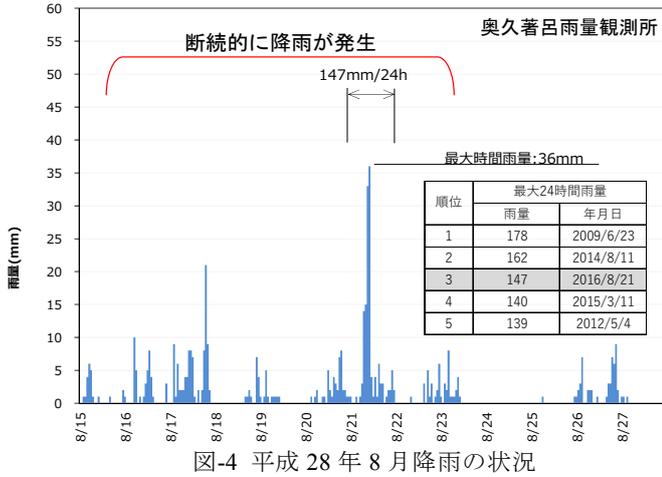


図-4 平成28年8月降雨の状況

1.4 河道の安定化対策後の順応的管理

河道の安定化対策区間における無次元流量と無次元河幅、無次元水深と、国内外の自然河川等により得られた福岡の式⁶⁾を比較することで、河道の安定化対策区間の河道断面形状の問題点を明らかにし、今後の対策を検討する際の資料とした。また、対策区間の河床の状況をモニタリング調査・分析し、河幅、河床勾配、床止工間隔と河道の安定状況との関係を明らかにし、その結果に基づき、河道拡幅、帯工の追加・改良等の今後の対応策を講じることとした。

2. モニタリング調査の内容

河道の安定化対策区間では、平成21年から平成26年において床止工が12基施工されている。対策実施前は、河床に溶結凝灰岩が露出していたが、河道拡幅、床止工の整備により河床には砂礫が復元してきている。水衝部には護岸が整備されているがその他の区間では、河岸に溶結凝灰岩が露出している（写真-2）。



写真-2 河床低下区間の対策後の状況

対策後の検討に用いたデータは、平成28年11月、平成29年11月に北海道釧路建設管理部が行った地形調査、河床材料調査を行った結果を基にしている。地形調査は、20m間隔で横断測量を行った。河床材料は、各帯工から10m程度上流側で調査した。地形調査による縦断面図を図-5に示す。また、地形調査を基に床止工間隔、河床幅、河床勾配、安定している区間の距離を整理したものを表-1に示す。ここに、河床幅 b は平均河床高における川底の幅、河床勾配 I は計画河床勾配、安定している区間の距離は、床止工設置箇所から平均河床高が計画河床高より高い区間の距離とした。河床材料調査の結果は表-2に示す。

表-1 床止工間隔、河床幅、河床勾配、安定している区間の距離

床止工 No.	床止工間隔 (m)	河床幅 b (m)	河床勾配 I	安定している区間の距離 (m)
No. 1~No. 2	325	11	1/180	176
No. 2~No. 3	200	12	1/230	126
No. 3~No. 4	160	8	1/230	60
No. 4~No. 5	125	13	1/230	125
No. 5~No. 6	210	9	1/230	80
No. 6~No. 7	148	12	1/200	148
No. 7~No. 8	306	9	1/200	55
No. 8~No. 9	174	9	1/400	174
No. 9~No. 10	222	11	1/137	129
No. 10~No. 11	223	9	1/137	—
No. 11~No. 12	102	10	1/82	40

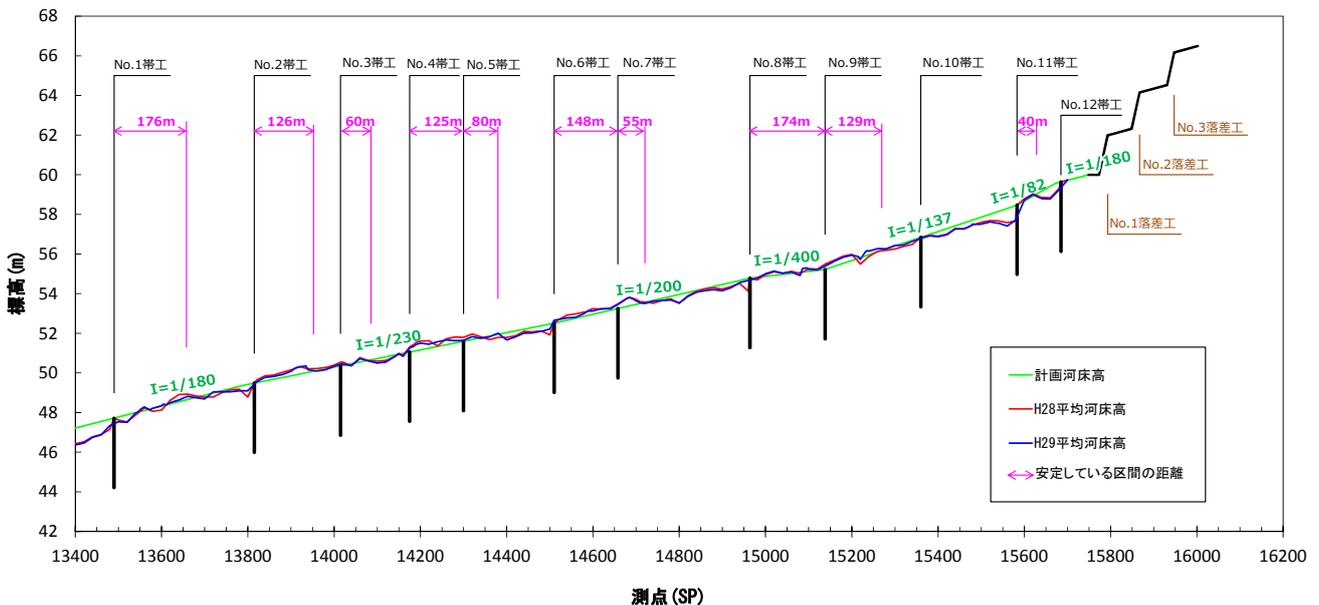


図-5 地形調査による縦断面図

3. 検討結果

3.1 無次元流量と無次元河幅、無次元水深の関係性

福岡⁶⁾は、我が国の一級河川の河川整備基本方針河道、常願寺川大型複断面水路実験及びカナダの自然河川等において得られた河道特性を分析し、無次元河幅、無次元水深は流域の河道形成流量および地形特性を表わす物理量により規定されることを明らかにした。また、これらの関係が川づくりにおいて、治水と環境の調和した河道断面形状を決める際の判断材料となることを示した。

そこで、本論文では、河道の安定化対策区間の断面形状より得られた値と福岡の式を比較することで、河道の安定化対策区間の断面形状の問題点を明らかにする。

調査結果を踏まえ、無次元流量、無次元河幅、無次元水深の算定に用いた流量、代表粒径、河床勾配を表-2に示す。ここに、流量 Q は河道形成流量、代表粒径 dr は河床材料調査による 60%粒径、河床勾配 I は計画河床勾配である。河幅 B は、河道形成流量流下時の不等流計算による水面幅を用いた。水深 h は、不等流計算による流下断面の平均水深を用いた。

表-2 流量、代表粒径、河床勾配、評価断面数

床止工 No.	流量 Q (m ³ /s)	代表粒径 dr (mm)	河床勾配 I	評価断面数
No. 1~No. 2	44	12	1/180	17
No. 2~No. 3	44	27	1/230	9
No. 3~No. 4	44	9	1/230	10
No. 4~No. 5	44	16	1/230	9
No. 5~No. 6	44	21	1/230	11
No. 6~No. 7	44	16	1/200	12
No. 7~No. 8	44	24	1/200	17
No. 8~No. 9	44	31	1/400	8
No. 9~No. 10	44	30	1/137	11
No. 10~No. 11	44	10	1/137	12
No. 11~No. 12	44	9	1/82	6

図-6, 7 に無次元流量と無次元河幅、無次元水深の関係を示す。図中に示す線は、図中の右下に示す福岡の河幅の式、水深の式である。

図-6 の無次元河幅と無次元流量の関係では、No.1~No.2 は福岡の河幅の式にやや近い値を示す断面もあるが、他の箇所の断面では福岡の河幅の式よりも下方にプロットされる。図-7 の無次元水深と無次元流量の関係では、No.1~No.2, No.2~No.3, No.6~No.7, No.7~No.8, No.8~No.9, No.9~No.10 は福岡の水深の式と同程度の値を示す断面が存在しているが、その他の箇所では福岡の水深の式よりも上方にプロットされる。

これは、現在の河道の安定化対策区間の河幅が、流量、河床勾配、河床材料に見合った河幅に比べ狭い区間が存在していることを示している。河道の安定化対策区間では、河道が安定している区間をリファレンスサイトとして選定し、その区間の河幅 (14m) を基に河道拡幅を行ってきているが、土地の制約により河道を十分に広げられない区間が存在していることが原因と考えられる。

3.2 河幅、河床勾配及び床止工間隔の関係性

表-1 に示す地形調査を踏まえ、河幅が 10m~13m と比較的広い区間と河幅が 8m~9m と比較的狭い区間のそれぞれで河床勾配、河床勾配の分母の数値の距離、床

止工間の距離、安定している区間の距離を示したものを図-8, 図-9 に示す。

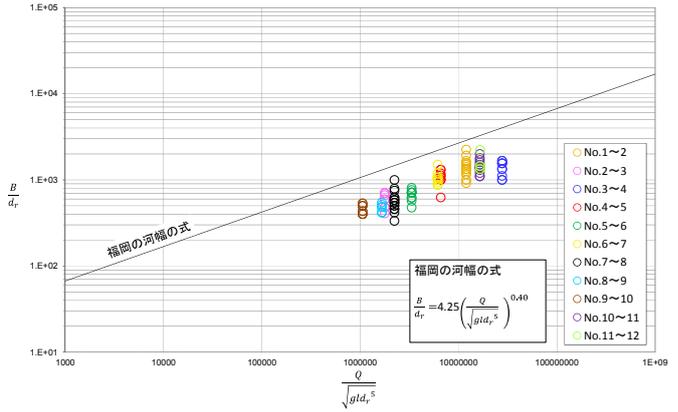


図-6 無次元流量と無次元河幅

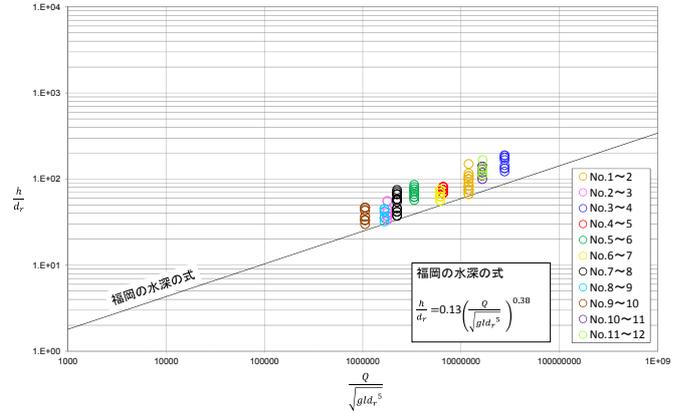


図-7 無次元流量と無次元水深

3.3 河幅、河床勾配及び床止工間隔の関係性

表-1 に示す地形調査を踏まえ、河幅が 10m~13m と比較的広い区間と河幅が 8m~9m と比較的狭い区間のそれぞれで河床勾配、河床勾配の分母の数値の距離、床止工間の距離、安定している区間の距離を示したものを図-8, 図-9 に示す。なお、No.10~No.11 の調査結果は、湾曲の影響により異常値となっていたため棄却した。

床止工間の距離と河床勾配の分母の数値の距離は、床止工間の距離は河床勾配の分母の数値の距離により設定しているため、比較的近い値を示している。

床止工間の距離と安定している区間の距離は、図-8 の No.4~No.5, No.6~No.7, 図-9 の No.8~No.9 の 3 区間は床止工間の距離と安定している区間の距離が近い箇所にプロットされ、区間全体の河床が安定していることを示している。しかし、その他の区間では、床止工間隔より下方にプロットされており、河床低下が進行している区間が存在していることを示している。

安定している区間の距離と河床勾配の分母の数値の距離は、図-8 に示す河幅が 10m~13m と比較的広い区間では、安定している区間の距離と河床勾配の分母の数値の距離の差が比較的小さい傾向となっている。一方、図-9 に示す河幅が 8m~9m と比較的狭い区間では、安定している区間の距離と河床勾配の分母の数値の距離の差が比較的大きい傾向となっている。

池谷⁴⁾は、河床勾配 I=1/150 より急な河川において河

幅と河床勾配からみた床止工間隔について検討を行っている。同様の関係を用いて、図-8、図-9に示す河床勾配と安定している区間の距離のみを抽出した関係図を図-10示す。河幅が10m~13mと比較的広い区間と、河幅が8m~9mと比較的狭い区間のそれぞれにおいて正の相関が見られる。図中に示す曲線は、最小二乗法により作成した式である。この曲線により床止工間隔を設定すれば安定した河道になると考えられる。

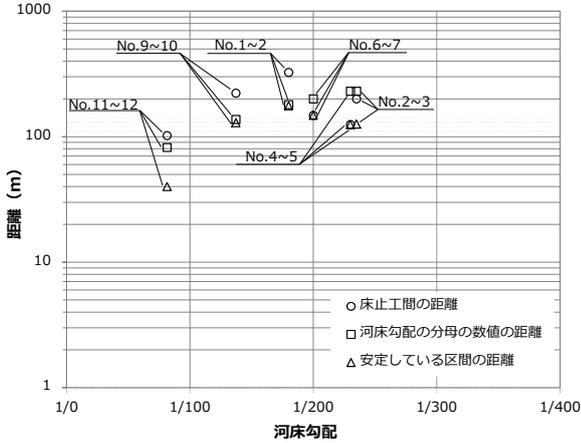


図-8 河床勾配及び床止工区間の関係 (B=10m~13m)

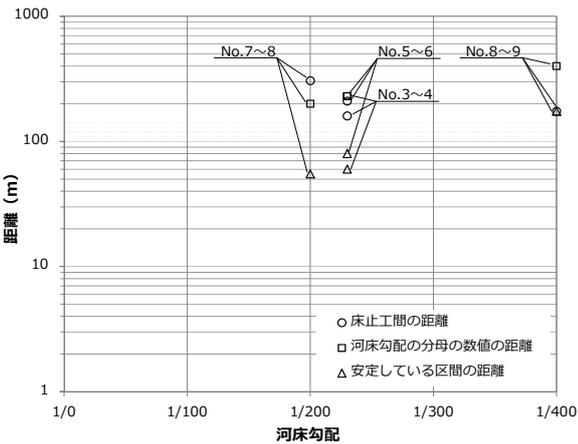


図-9 河床勾配及び床止工区間の関係 (B=8m~9m)

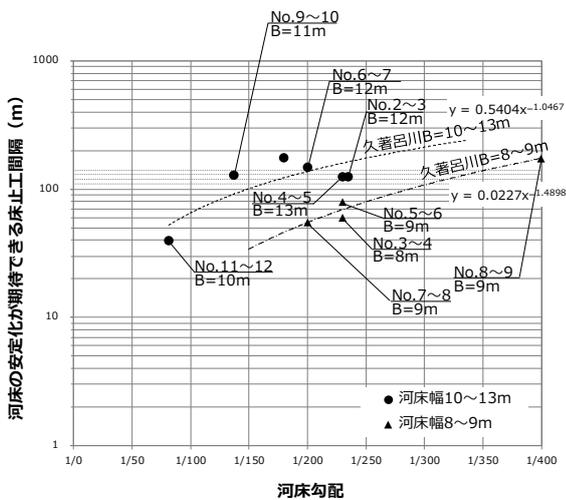


図-10 河幅、河床勾配及び床止工間隔の関係

河道の安定化対策区間は、河床勾配が 1/82, 1/137, 1/180, 1/200, 1/230, 1/400 となっている。また、土地の制約があるため河道拡幅を行った区間と行っていない

区間が存在し河幅が区間により異なっている。

そのため、河床低下が進行している河道の安定化対策区間では、河幅と河床勾配及び河床の安定化が期待できる床止工間隔の関係を示す本論文の式を用いて各区間の床止工間隔を再設定することにより河床を安定化することが期待できる。

4.考察とまとめ

今回の調査検討で得られた成果を以下に整理する。

- 1) 無次元河幅と無次元流量の関係では、一部、福岡の河幅の式にやや近い値を示す箇所が存在するが、他の箇所では福岡の河幅の式よりも下方にプロットされる。
- 2) 無次元水深と無次元流量の関係では、一部、福岡の水深の式と同程度の値となる箇所が存在しているが、その他の箇所では福岡の水深の式よりも上方にプロットされる。
- 3) 現在の河道の安定化対策区間の河幅が、流量、河床勾配、河床材料に見合った河幅に比べ狭い区間が存在していることを示している。
- 4) 河道の安定化対策区間では、土地の制約が大きく、河道を十分に広げられない区間が存在していることが原因と考えられる。
- 5) 河道の安定化対策区間は、河床勾配が 1/82, 1/137, 1/180, 1/200, 1/230, 1/400 となっており、土地の制約があるため河幅が区間により異なっている。そのため、河床低下が進行している区間では、本論文の式を用いて各区間の床止工間隔を再設定することにより河床を安定化することが期待できる。
- 6) 今後、本調査を実施した久著呂川の河道の安定化対策区間では、本論文の関係を用いて床止工を追加・改良していく予定としており、その後の調査結果を踏まえ、本論文で得られた関係式の検証を行っていく。

謝辞：本研究を進めるに当たり、北海道釧路建設管理部から資料やデータを提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 釧路湿原自然再生全体構想，釧路湿原自然再生協議会，pp. 1-5, 2015.
- 2) 土砂流入対策実施計画〔久著呂川〕，国土交通省北海道開発局釧路開発建設部，北海道釧路土木現業所 他，pp. 12-17, 2006.
- 3) 釧路湿原自然再生協議会，第 21 回土砂流入小委員会資料ニュースレター，2004.
- 4) 池谷浩：砂防流路工の計画と実際，全日本建設技術協会，pp. 171-177, 1988.
- 5) 国土交通省，水文水質データベース
- 6) 福岡捷二：温暖化に対する河川の適応技術のあり方—治水と環境の調和した多自然川づくりの普遍化に向けて，土木学会論文集 F Vol. 66No.4, pp. 471-489, 2010.