

河川の攪乱への効果的な置土に関する実験的研究

Experimental Study on Effective Artificial Sediment Supply to a River Channel Disturbance

北見工業大学大学院 ○学生員 秋山瑤貴 (Tamaki Akiyama)

北見工業大学大学院 正 員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

1. はじめに

上流域にダムが建設されている河川では、流域や土砂の輸送体系が変化し、その結果、河川の攪乱の頻度が減少し、河川環境が大きく変化している。北海道十勝地方を流れる一級河川十勝川水系札内川は、かつて流路が網状で河道内に礫河原が広がる様相を呈し、出水時に流路の変動が繰り返されていた¹⁾。また、水衝部の位置もその度に大きく変化し、各所で大規模な河岸浸食を引き起こすとともに、これにより多くの洪水被害が誘発されてきた¹⁾。このようなことから、洪水被害の軽減を図るためにダムが建設され、洪水が軽減されてきている¹⁾。一方で、河道内の樹林化が著しく進行し、礫河原の減少が問題となっている。礫河原の減少は、氷河期遺存種であるケショウヤナギの生息域を縮小させるなど、札内川の固有な河川環境を維持する上で憂慮すべき問題である²⁾。そこで、礫河原再生に向けた取り組みの一つとして、札内川ダムからのフラッシュ放流を実施し、流路固定化の抑制と旧流路周辺の固定砂州の攪乱によって河川環境の再生を図っている。

また、洪水時の上流域における河道内の攪乱は多くの場合、砂州によって引き起こされている河岸浸食に起因していることから、本研究では、置土の効果的な設置方法を検討することを目的とし、交互砂州によって引き起こされる河岸浸食に焦点を当てた。



図-1 札内川の樹林化と流路の固定化

2. 水理模型実験の概要

2.1 実験水路

実験で用いた水路は、図-2 に示す直線水路を使用し、河床勾配は 1/100 と設定した。河岸浸食を発生させるため、上流端より流下方向 $X=4.0\text{m}\sim 6.0\text{m}$ の位置の左岸側に、幅 0.2m の拡幅部を浸食域として追加した。直線水路床には珪砂 4 号 (平均粒径 0.765mm) を 9cm の高さで敷き詰めて移動床とし、拡幅部には直線水路床の高さより 2cm 高い 11cm の厚さで珪砂 4 号を敷き詰めている。

2.2 実験条件

本研究では、直線水路において交互砂州を形成させるため、拡幅部と直線水路の間に仕切りを設置し、20 分間通水を行った。通水時の流量は 0.394ℓ/s、水深は 7mm とし、直線水路に交互砂州が十分に発達するような水理条件としている。交互砂州形成後、通水を停止し、排水後にレーザー砂面計を用いて河床高の測定を行った。河床高の測定は、水路上流端より流下方向 $X=3.0\sim 7.0\text{m}$ 地点間において 5cm 間隔、横断方向には 1cm 間隔で実施した。

次に、仕切りを取り除き、水路の拡幅部より上流に形成した砂州の半波長の浸食域に置土を設置した。置土には河床材料と同じ珪砂 4 号を使用し、表-1 に示す Case1~Case4 の 4 ケースで置土の設置条件を変化させている。Case1 は置土の設置をせず、Case2~Case4 では置土の設置を行う。Case2 において置土を設置する際は、砂州の半波長における波高の平均高さを基準とし、砂州の半波長の浸食域全面において基準の高さまで設置する。Case3 及び Case4 では、置土を設置する際に Case2 で使用した置土と同量を使用し、Case3 は砂州の半波長の上流側半分に置土を設置し、Case4 は下流側半分の浸食域に置土を設置している。置土設置後、砂州の浸食域が拡幅部の下流端に到達するまでの 10 分間通水を行った。5 分ごとに砂州波高 (Z_{b1} 、 Z_{b2} 、 Z_{b3}) と砂州頂点位置 ($L_{b(L-1)}$ 、 $L_{b(R-2)}$ 、 $L_{b(L-2)}$) の計測を行った。図-3 に、砂州の波高 (Z_{b1} 、 Z_{b2} 、 Z_{b3}) と波長 ($L_{b(L-1)}$ 、 $L_{b(R-2)}$ 、 $L_{b(L-2)}$) を継続して測定する対象地点の通水再開時点での位置関係を模式的に示す。その後、通水を停止し、排水後に再びレーザー砂面計で河床高の測定を行った。

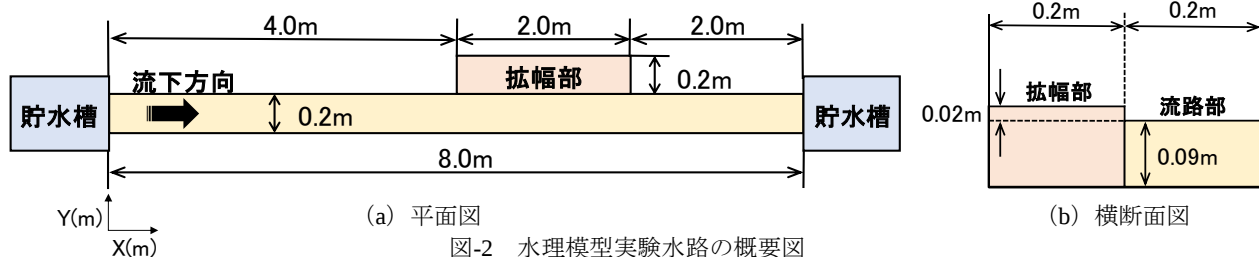


図-2 水理模型実験水路の概要図

表-1 実験条件

Case No.	置土設置場所	置土使用量 (g)	置土平均粒径 (g)	河床勾配 I	河床材料平均粒径 (mm)	流量 Q (ℓ/s)	水深 h (mm)	砂州形成までの通水時間 (min)	仕切り撤去後の通水時間 (min)
Case 1	置土設置なし	522	0.765	1/100	0.765	0.394	7	20	10
Case 2	砂州の半波長の浸食域全面								
Case 3	砂州の半波長の浸食域上流側半分								
Case 4	砂州の半波長の浸食域下流側半分								

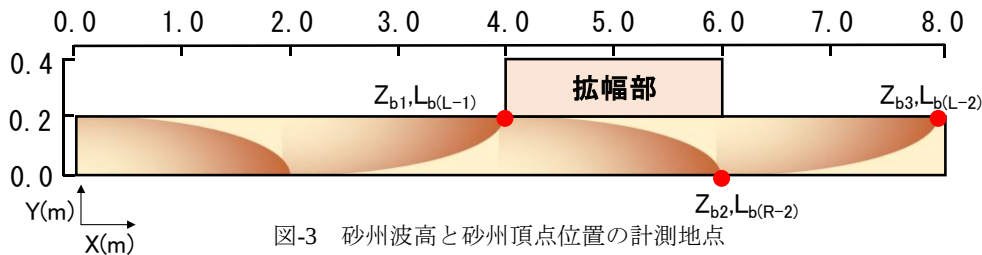


図-3 砂州波高と砂州頂点位置の計測地点

3. 実験結果

3.1 置土設置後の河床変動

上流端より流下方向 $X=3.0\sim 7.0\text{m}$ 地点間における Case1~Case4 の交互砂州作成時と河岸浸食後の河床位の結果を示す。

Case1 と Case2~Case4 を比較すると、Case2~Case4 では置土が流下することによって、下流側の砂州が大きく発達していることが確認でき、それに伴って、発達した砂州の下流側の浸食幅が流下方向に増加し、特に Case2 の浸食幅が、Case3、Case4 に比べて大きくなる傾向が見られた。

また、Case3 は砂州の半波長の上流側半分に置土を設置したことから、置土を設置した場所より上流側の砂州が増大し、それに伴って、水路拡幅部の上流側の浸食が大きくなっていることが確認できる。Case3 と Case4 を比較すると、置砂の設置場所によって下流部における河岸浸食の傾向が異なることが確認でき、Case4 の方が Case3 に比べ下流側の砂州の増大が比較的大きく、対岸の浸食幅は流下方向に増加しやすくなる傾向が見られた。

3.2 置土設置後の砂州波高の時間変化

仕切り撤去後の通水時における $Z_{b1}\sim Z_{b3}$ の時間変化を図-8~図-10 に示す。Case1、Case2 の砂州波高を比較すると、Case2 の砂州波高が低いことが確認できる。さらに、 Z_{b1} は通水開始から 5~10 分時点で、Case1 では減少し Case2 では増加していることが確認できる。置土を設置したことによって、 Z_{b2} の地点まで置土が流下し、砂州による洗堀部に堆積したことが要因として考えられる。

次に、Case3 と Case4 の砂州波高を比較する。 Z_{b1} は通水開始から 5~10 分時点で、Case3 では増大し、Case4 では減少していた。これは、Case3 では砂州の半波長の浸食域上流側半分に設置した置土が、水の流れによって下流の砂州上に堆積し、Case4 では砂州の砂州の半波長

の浸食域下流側半分に設置した置土が、水の流れによって Case3 に比べて、より下流部に到達したためであると考えられる。

3.3 置土設置後の砂州波長の時間変化

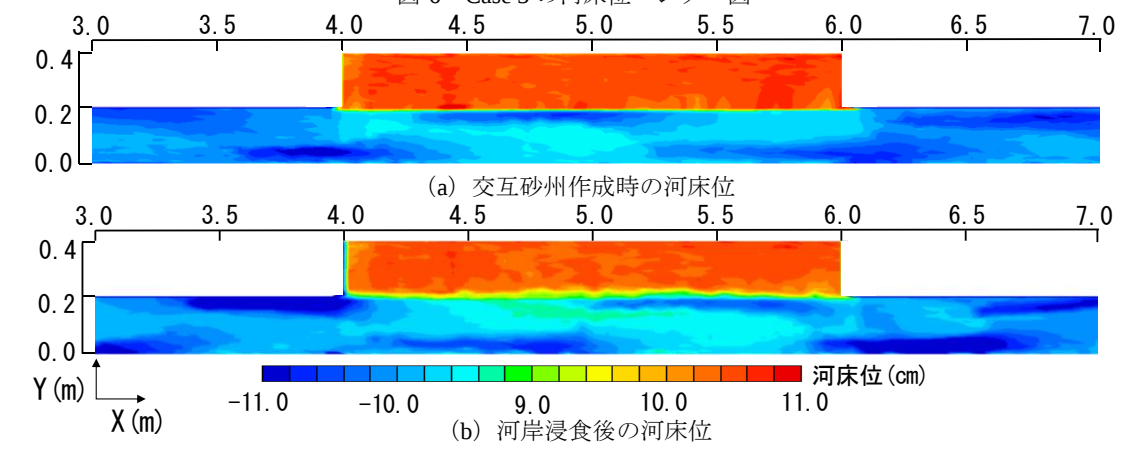
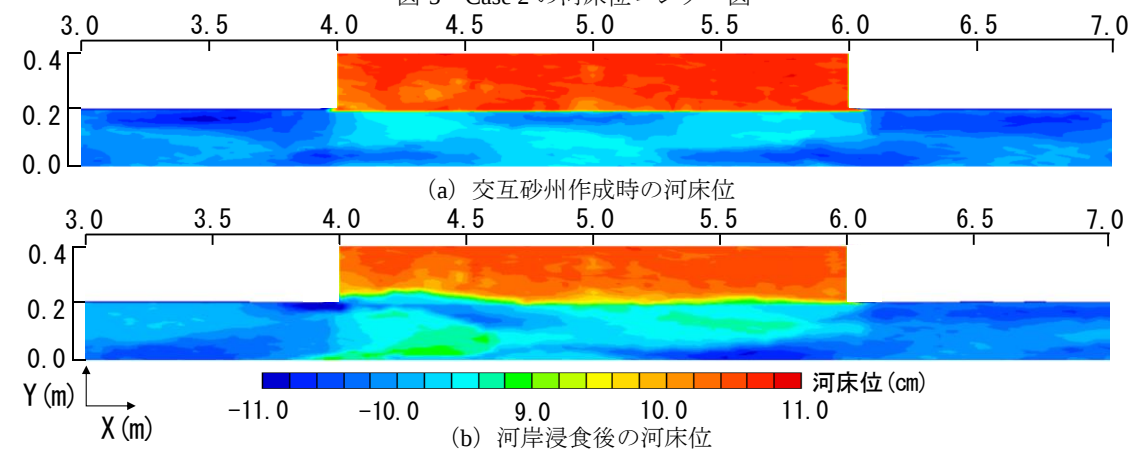
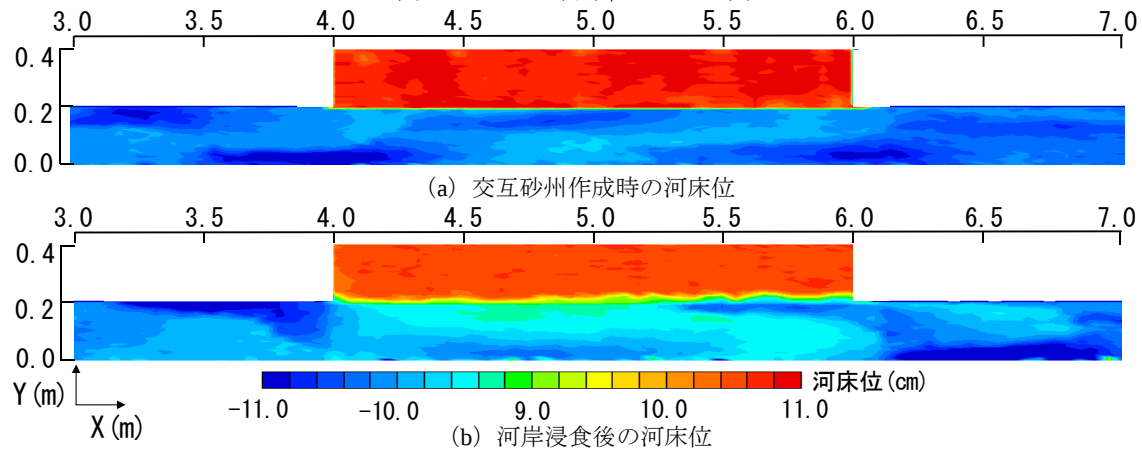
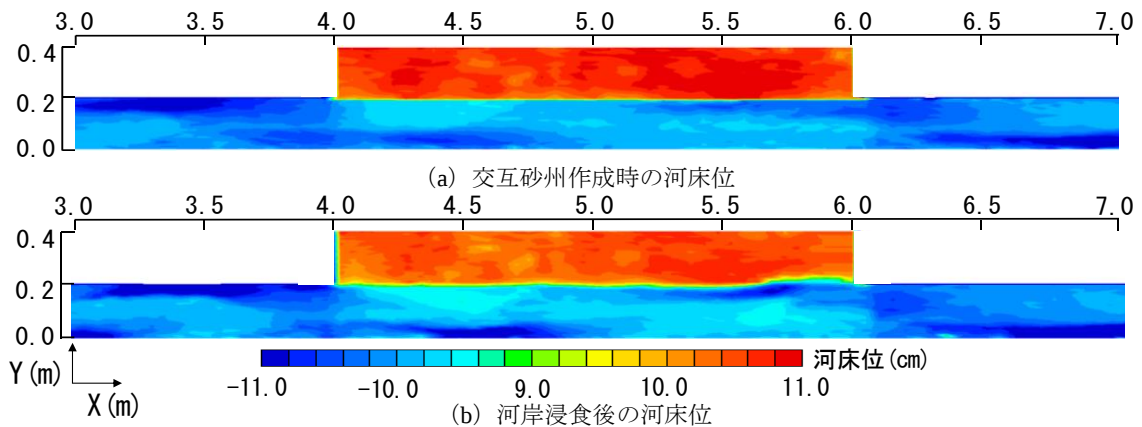
仕切り撤去後の通水時における砂州波長の時間変化を図-11、図-12 に示す。 $L_{b(L-1)}\sim L_{b(R-2)}$ 間と $L_{b(R-2)}\sim L_{b(L-2)}$ 間の砂州の半波長の長さを比較すると、Case1 では $L_{b(L-1)}\sim L_{b(R-2)}$ 間の波長が通水時間が経過するにつれて増加する傾向があり、 $L_{b(R-2)}\sim L_{b(L-2)}$ 間の波長が減少する傾向が得られた。対して、Case2~Case4 では通水時間が経過するにつれて、 $L_{b(L-1)}\sim L_{b(R-2)}$ 間及び $L_{b(R-2)}\sim L_{b(L-2)}$ 間で波長が減少する傾向が得られた。要因として、Case2 では、通水時間が経過するにつれ、砂州の半波長の浸食域全面に設置した置土が対岸の砂州に取り込まれ、対岸の砂州が増大し、上流側から流下した砂が砂州上に堆積しやすくなったことが考えられる。それに伴って、下流側の砂州波長が減少したものと考えられる。

Case3 では、砂州の半波長の浸食域上流側半分に設置した置土が、通水時間が経過するにつれて上流側から移動してきた砂州に取り込まれ、砂州の波高が増大したことによって、上流から流下した砂が砂州上に堆積しやすくなり、下流側の砂州波長が減少したものと考えられる。

Case4 では、通水時間が経過するにつれ、砂州の半波長の浸食域下流側半分に設置した置土が対岸の砂州先端付近と、さらに下流側の砂州の上流側に多く堆積し、上流側から流下した砂が砂州上に堆積しやすくなったため、下流側への砂の供給が減少したものと考えられる。

3.4 置土設置後の拡幅部の河岸浸食

仕切り撤去後の通水後における拡幅部の河岸浸食量を、初期河床形状と通水後の河床形状を比較することにより求めた結果を図-13 に示す。Case1 と比較し Case2 の浸



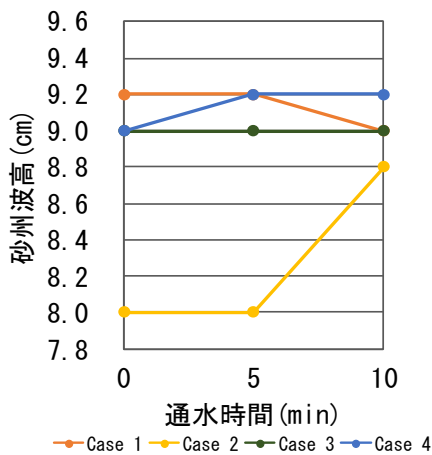
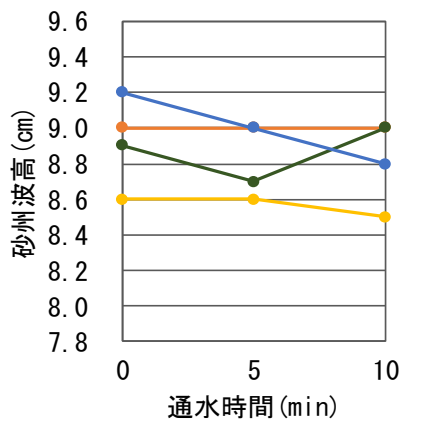
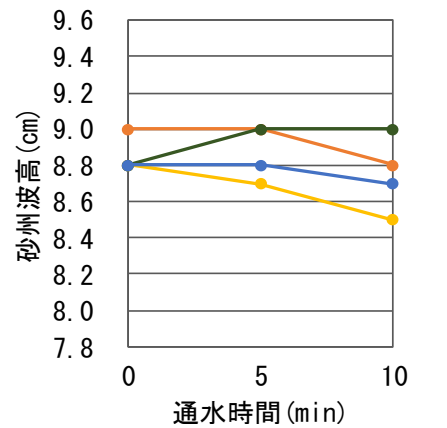
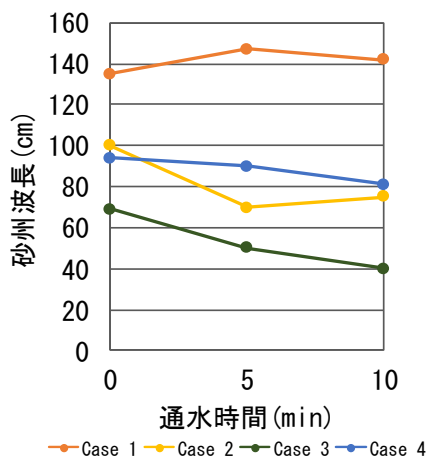
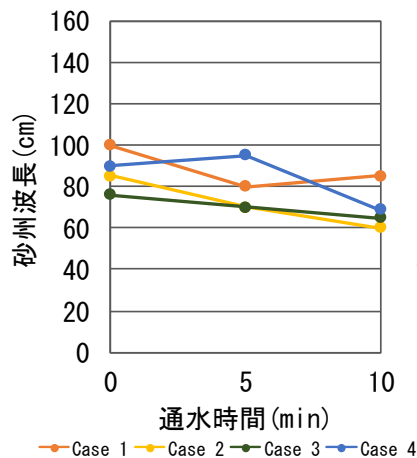
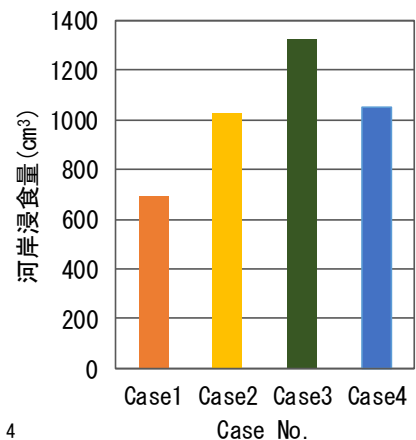
図-8 Z_{b1}地点の砂州波高図-9 Z_{b2}地点の砂州波高図-10 Z_{b3}地点の砂州波高図-11 L_b(L-1)-L_b(R-2)の砂州波長図-12 L_b(R-2)-L_b(L-2)の砂州波長

図-13 河岸浸食量

食量が大きくなることが確認された。これは、図-4 と図-5 で見られるように、Case2 は置土によって対岸の砂州が増大していることから、その砂州上から拡幅部へ乗り上がる流れが発生し、河岸の砂を流掃した為であると考えられる。次に Case2~Case4 を比較すると、Case3 の浸食量が最も大きくなり、Case2 と Case4 がほぼ同量の結果となった。これは、図-6 に見られるように、Case3 では通水後の水路拡幅部の上流側の浸食が大きいことが要因として考えられる。

4. 考察

本研究では、水理模型実験により置土の効果的な設置方法の検討を行った。その結果、置土の設置場所を変化させることで下流側の現象が大きく変化することが確認できた。置土を設置しない場合と置土を設置した場合を比較すると、置土を設置した場合は拡幅部において浸食体積が大きくなる傾向が得られた。また、置土を設置しない場合と置土を砂州の半波長の浸食域全面に設置した場合を比較すると、置土を設置した場合は砂州波高が増加する傾向が得られ、それに伴い、拡幅部において浸食体積が大きくなった。砂州波長は減少している傾向が得られた。

置土を砂州の半波長の浸食域上流側半分に設置した場合と浸食域下流側半分に設置した場合を比較すると、下

流側の砂州波高に大きな差はないが、浸食域上流側半分に設置した場合は下流側の砂州波長は減少し、拡幅部において浸食体積が大きくなった。要因として、置土を浸食域上流側半分に設置した場合、浸食域対岸の砂州に堆積したため砂州波長が減少し、置土を浸食域下流側半分に設置した場合には、上流からの水の流れによって、置土が流下されやすい為であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、水理模型実験を用いて置土の効果的な供給方法について検討し、置砂の設置場所を変化させることで、下流側の現象が大きく変化することが確認できた。今後、模型実験を継続し、数値解析を使用することで河川の攪乱への効果的な置土の設置方法の検討を行う。

参考文献

- 1) 住友慶三、渡邊康玄、泉典洋、山口里実、横濱秀明：道撓乱のためのフラッシュ放流による旧流路の維持に関する研究、土木学会論文集 B1 (水工学)、72、4、I 751-756、2016
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部：札内川技術検討会資料 URL:<http://www.hkd.mlit.go.jp/ob/tisui/rfqnf00000000qe3.html>