

# 札内川の河道攪乱に及ぼす置土の効果の検証

Effect of sediment supply on river channel disturbance in the Satsunai River

北見工業大学工学部  
北見工業大学大学社会環境系  
寒地土木研究所寒地河川チーム

○学生員 葛西大樹(Hiroki Kasai)  
正員 渡邊康玄(Yasuharu Watanabe)  
正員 川村里実(Satomi Kawamura)

## 1. はじめに

北海道十勝地方を流れる十勝川水系札内川では、かつて網状の流路が形成され、礫河原が広がっていた。水衝部の位置が出水の度に大きく変化し、流路変動に至る大規模な河岸浸食による洪水被害が生じていた。現在では1999年に運用が開始された札内川ダムによる流量調節により、洪水被害が軽減されている。しかし一方で、ダム下流の流量の平滑化に伴い、河道攪乱の機会が減少するとともに流路が固定化され、河道内の樹林化が進行し、礫河原が減少した。礫河原には、国内でも限られた地域にのみ生息するケショウヤナギが分布するなど、礫河原特有の生態系が形成されていたことから、礫河原の減少は河川環境上大きな問題となっている<sup>1)</sup>。

そこで北海道開発局帯広開発建設部では、札内川技術検討会<sup>2)</sup>を組織し、この問題を解決する手法の検討を行っている。解決策の一つとして、2012年より1年に1回札内川ダムから最大流量110~120m<sup>3</sup>/sのフラッシュ放流が実施されている<sup>2)</sup>。しかしながら、フラッシュ放流のみでは効果が限定される結果が得られたことから、置土により砂州の発達を促し河道攪乱を誘発させる手法が、札内川技術検討会により提案された。この手法は、事前に河道内に配置した土砂をこのフラッシュ放流時に流下させることで下流に中規模河床波を発生あるいは発達させ、河岸浸食を期待するものである<sup>3)</sup>。なお、河道内に設置した土砂は、札内川で河道攪乱のために実施されている旧流路引き込み掘削<sup>2)</sup>により発生した土砂を土砂還元するとの考え方で、用いられている。

2018年に実施された湾曲部外岸部への置土により、下流の砂州の発達が促進され、河道攪乱が生じることが確認された<sup>4)</sup>。しかしながら、砂州の発達が顕著ではない直線区間における置土の河道攪乱への影響については明らかになっていなかったため、葛西ら<sup>5)</sup>は河道の直線区間における2019年に実施された置土の河岸浸食への効果に関する追跡調査として、2019年から2022年の横断測量による検討を行い、河道の直線区間においても置土が河道攪乱に効果的であることが明らかにしている。また、この検討では数値計算によって効果的な置土設置位置の検討も併せて実施されており、砂州前縁に沿った洗掘部上流側半分に着土を行った場合において最も河道攪乱に効果があることを明らかにしている。

本論文では2022年までの横断測量を含めた札内川での河道の変化に関する検討に加え、これまでの検討をさらに進めて、置土の量を変えた場合も含めた、置土による河道の応答や河道攪乱の傾向について、明らかにしようとするものである。

## 2. 札内川における置土に関する既往の検討結果<sup>5)</sup>

本研究の理解を補助するため、本研究の基盤となっている葛西ら<sup>5)</sup>によって行われた札内川の置土の河道攪乱への検討の概要を初めに記述することとする。検討対象区間は、札内川のKP30.666からKP30.333の間としている。2021年に実施されたフラッシュ放流前の検討対象区間の状況を図-1に示す。なお、後述する河床の変化を見る場合の基準とした左右岸の位置を黒線で示している。この区間には2019年に置土が設置されている。設置された置土の規模は約300m<sup>3</sup>であり、横断方向に約6m、縦断方向に約91m、高さが約0.6mとなっている。置土位置の前後500mの航空写真と置土周辺写真をそれぞれ図-2および図-3に示す。中規模フラッシュ放流は、出水による河道の攪乱による礫河原の再生を目的として実施されており、2019年時には6月25日、2020年には6月24日、2021年には6月22日、2022年には6月21日に行われている。

上札内観測所で観測された3回の放流を含む2019年5月から2022年8月までの流量の時系列変化を、図-4に示す。なお、冬季には札内川が結氷するため観測されていないが、河道の変化が生じるような流量は流れていない。

置土の継続的な効果を明らかにするため、2020年、2021年及び2022年のフラッシュ放流前後と2021年11月に帯広開発建設部が実施した横断測量結果を用いて、河道形状の変化を検討した。横断測量が実施された測線を図-2の白線で示す。さらに、横断測量を行った時期について表-1に示している。なお、この表の空欄部分に関しては、横断測量が行われていない。

検討対象区間では、図-1で確認できるようにKP30.666の付近で流路が分岐している。ここでは、置土の河道攪乱への影響を把握することを目的としていることから、置土が設置された側、すなわち左岸側の流路を対象としている。置土を設置した側の流路の2019年放流前から2019年放流後まで、2019年放流前から2021年放流後および、2019年放流前から2022年放流後の河床変動量を表すコンター図を図-5にまとめて示す。これは各測線での横断測量結果から作成したものであるが、2022年放流後のKP30.666地点では横断測量を行っていないため、図-5の2019年放流前から2022年放流後の河床変動のコンター図にはデータの無い部分が存在している。また、2021年放流後のデータは、放流直後の測量結果では無く放流から少し時間は経過しているが、全範囲で横断測量が行われている2021年11月のデータを使用している。

2019年放流前から2021年放流後の河床変動量のコンター図から、置土設置場所および置土設置箇所下流端の約

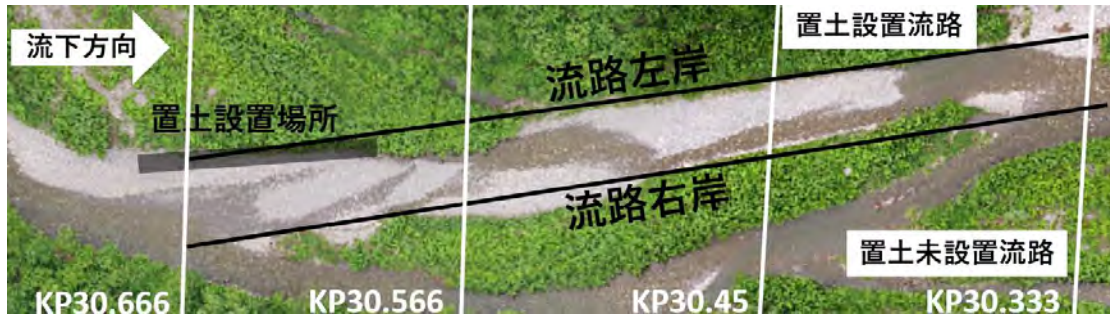


図-1 2021年放流前における置土周辺状況

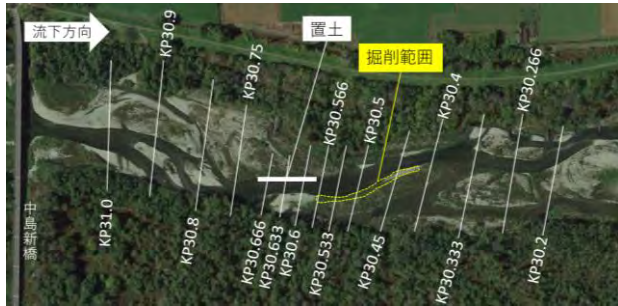


図-2 置土前後500mの航空写真

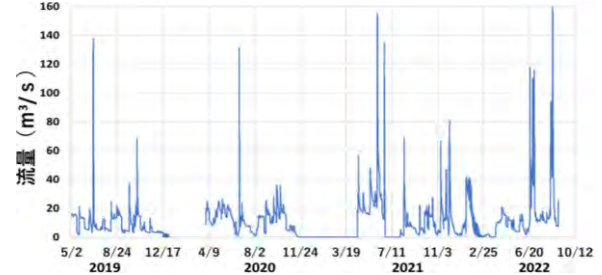


図-4 上札内観測所における2019年5月から2022年8月までの流量変化

表-1 横断測量実施時期

	R1放流前	R1放流後	R2放流前	R2放流後	R3放流前	R3放流後	R3 11月	R4放流前	R4放流後
KP30.1				6/28					
KP30.2									
KP30.266		7/5	6/4						
KP30.333	6/13						11/6		
KP30.4		7/2							
KP30.45					6/11	6/25			
KP30.5			6/3	6/27				6/6	7/22
KP30.533						6/11	6/25		
KP30.566						6/11	6/25		
KP30.633	6/14	6/29							
KP30.666									
KP30.75							11/5		
KP30.8			6/21	6/29	6/11	6/25		6/6	7/22
KP30.9									
KP31.0									

※空欄は測量未実施

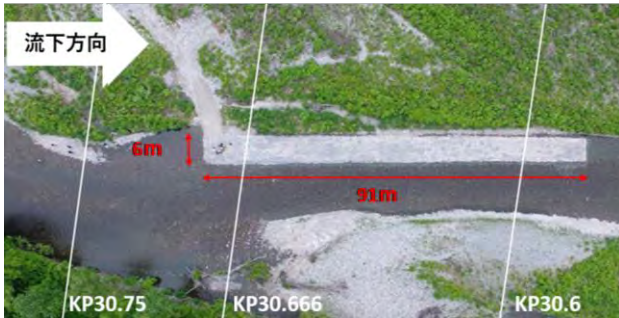


図-3 2019年置土設置時における周辺状況

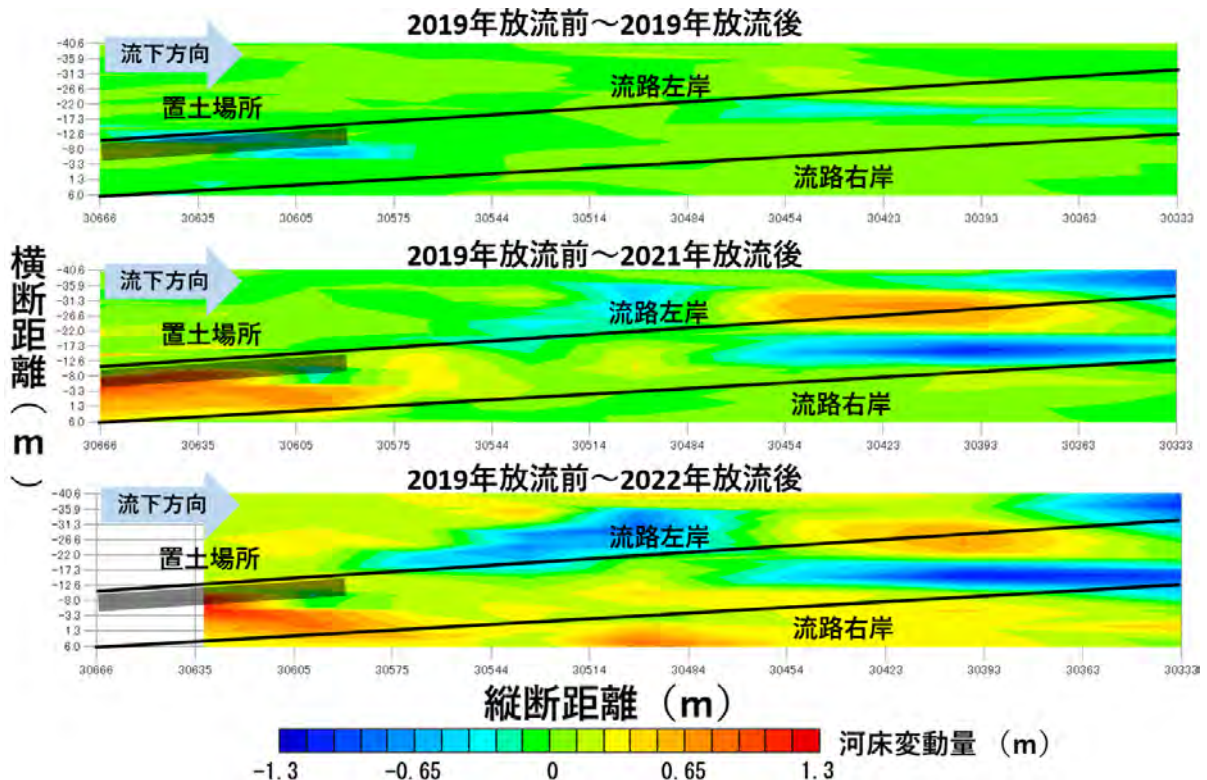


図-5 2019年放流前～2022年放流後における河床変動量のコンター図

120m 下流から約 240m 下流の左岸側で堆積が、右岸側では浸食が確認され、その下流では堆積と浸食が縦断方向に交互に現れている。すなわち、敷設された土砂が下流に流されるとともに、その直下流で交互砂州の発達と同様の河道変化が生じていることになる。この結果から、砂州の洗掘部への置土設置によって、その下流の砂州を発達させ、置土敷設箇所の対岸下流での河岸浸食を促すことができるものと判断される。また、各コンター図を比較すると、2019 年放流前から 2022 年放流後について、置土設置箇所の 100m 下流で、左岸の浸食量と右岸の堆積量が増大しており、時間経過とともに河床変動量が増大することが確認される。これにより時間経過で置土の効果が大きくなることが判明した。

### 3. 数値実験概要

札内川における置土の位置による河道攪乱への影響の違いについては、葛西ら<sup>5)</sup>により数値計算手法を用いて検討が行われ、砂州の前縁に沿った洗掘部上流側半分に置土を行った場合が、最も河道攪乱に効果的であるという結果を得ている。しかしながら、置土量を変更した場合の河岸への影響は未解明であったことから、置土の位置およびその量の違いによる置土の河道攪乱への効果に関する検討を行うこととした。

本研究においても葛西らと同様に、砂州の形成並びに河岸浸食の再現性が高い Nays2DH(<http://i-ric.org/>)を用いることとした。

数値実験に用いる水路形状や水理量についても葛西ら<sup>5)</sup>の研究と同じ条件としている。すなわち、長さ 16m、幅 25cm の低水路と、その両岸に低水路よりも 0.15cm 高い浸食可能な高水敷をもつ、河床勾配 1/100 の直線水路とした。高水敷の低水路からの比高は、2019 年度フラッシュ放流実施時の河床高に基づいて設定している。図-6 に初期河床位コンター図と横断面図を示す。なお、札内川の検討対象区間 (KP30.333~30.75) の直線流路部分における 2019 年から 2020 年のフラッシュ放流時の流量は約 140m<sup>3</sup>/s、川幅は約 28m、勾配が 0.004、水深が概ね 0.8m であったことから、この値を用いて川幅水深比とフルード数、無次元掃流力を現地に合わせるようにし、模型縮尺は 1/111 と設定した。

本研究では十分に交互砂州が形成された状態での置土の河道攪乱状況を見ることとし、直線水路に交互砂州を形成させる段階では、高水敷に障害物セルを設置して河岸浸食が発生しないようにして 7 時間通水を行った。通水時の流量は 450cm<sup>3</sup>/s、初期設定水深は 9mm、河床材料平均粒径は置土平均粒径と合わせて 1.5mm 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かつ掃流力、川幅水深比とフルード数を合わせるように設定した。計算格子は、直線流路部及び河岸浸食可能域として設定した拡幅部において、流下方向に  $i=1 \sim 800$ 、横断方向に  $j=1 \sim 175$  で分割し、1つの格子のサイズを縦横断方向にそれぞれ 2cm 及び 1cm としている。タイムステップは 0.01s とした。河床のマニングの粗度係数は、水深がフラッシュ放流時に測定された水位を概ね再現する 0.022 としている。なお、下流端水位は自由流出で与えている。掃流砂公式として芦田・道上式を使用し、給砂条件として上流端で平衡状態を与えている。

交互砂州形成後の河床位コンター図を図-7 に示す。またこの段階で最終的に形成されている交互砂州半波長ごとに番号を付している。砂州③が発生した縦断方向 6.2~8.0m において置土を行い、高水敷に設置した障害物セルを取り外し再び 12 時間の通水を行った。

置土の設置は Case1~Case8 の 8 ケースでそれぞれ置土の設置条件を変化させている。Case1 は置土を設置せず、Case2~Case4 では置土の設置位置を変えている。置土量は 2019 年に札内川で実施された置土量を流路の砂州波高、砂州波長、川幅の縮尺を用いて、371cm<sup>3</sup>とした。Case2 において置土を設置するには、砂州③の堆積域の全体に河床位が等しくなるように設置した。Case3 は砂州③前縁に沿った洗掘部上流側半分に置土を設置し、Case4 は砂州③前縁に沿った洗掘部下流側半分に置土を設置した。なお、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ている。Case5~Case8 では置土の設置場所は変えず、量を変えている。設置場所は Case2~4 で河岸浸食が最も著しい結果を得た砂州③前縁に沿った洗掘部上流側半分に設定することとした。Case5 は Case3 の 0.25 倍である 93 cm<sup>3</sup>、Case6 は Case3 の 0.5 倍である 186 cm<sup>3</sup>、Case7 は Case3 の 0.75 倍である 278cm<sup>3</sup>、Case8 は Case3 の 1.5 倍である 557cm<sup>3</sup>の置土を設置している。

### 4. 数値計算結果及び考察

各ケースの河岸浸食の比較と置土の効果の検証のために、計算メッシュにおける横断測線毎で各時間に置土を施さない Case1 の河岸の位置からの差として、浸食幅をそれぞれ左右岸別に算出し、図-8 に示した。また、各断面ごとに両岸の浸食幅を合計した値の縦断変化を見たものが図-9 である。すべてのケースで 12 時間通水後に浸食幅が正となっており、置土により浸食幅が増加し河道攪乱に効果があることが示されている。さらに、通水初期である 4 時間時点では Case3、12 時間通水後では Case2 において、Case1 と比較し浸食幅が増加していることが分かる。Case4 は砂州前縁に沿った下流側に置土を設置しているため下流への影響が速く現れるものと考えられる。

浸食幅の変化を左右岸別に見た図-8 からは、左岸、右岸ともに、Case4 の右岸を除くすべてのケースで浸食幅の差が正となり、左右岸ともに浸食幅が増加していることが読み取れる。

さらに、概ねすべてのケースで通水初期では左岸より右岸が、通水後期では右岸より左岸で、浸食幅の差が大きくなる傾向があることが分かる。これにより左岸に置土を設置した場合、通水初期では対岸への流れが強まり右岸の浸食幅が増加することが考えられ、時間経過とともに右岸の対岸である左岸への流れも強くなり、最終的に左岸の浸食幅も増加することが考えられる。対岸への流れが強まり浸食幅が増加することは、置土により砂州の発達が顕著になっていることを示すものと考えられる。

置土量の変更による河道の攪乱への効果について考察するため、図-9 の Case3, 5, 6, 7, 8 に着目する。置土量は Case5, 6, 7, 3, 8 の順に増加しているが 12 時間後の浸食幅を見ると Case6, 7, 5, 3, 8 の順で浸食幅が大きくなっている。最も置土量の少ない Case5 を除くと、置土の量が増加するにつれ浸食

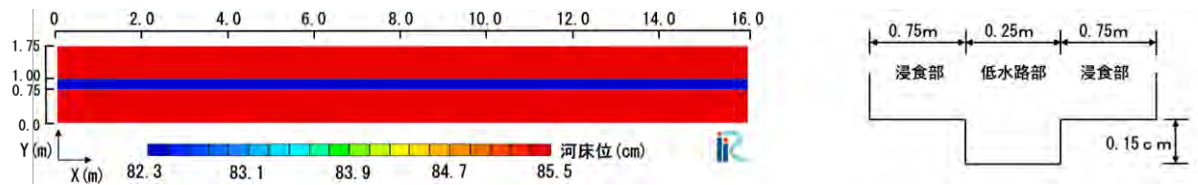


図-6 初期河床位コンター図と横断面図

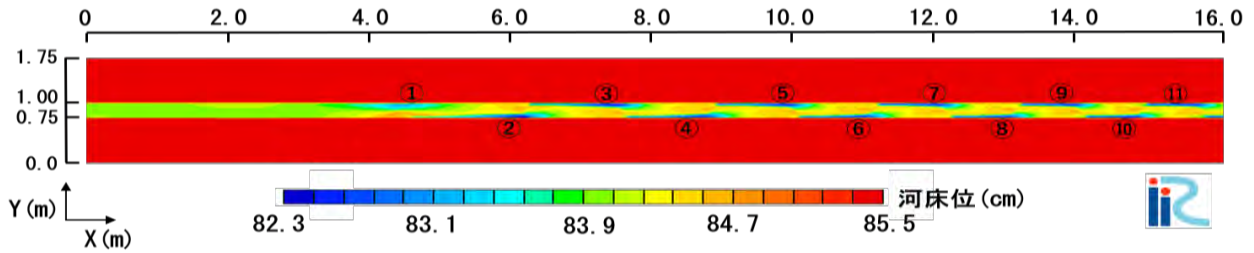


図-7 交互砂州形成時の河床位コンター図

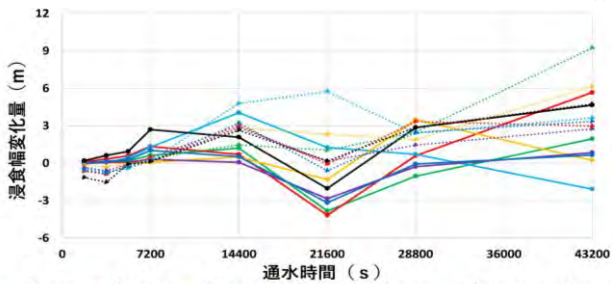


図-8 各ケース左右岸別における浸食幅の時間変化

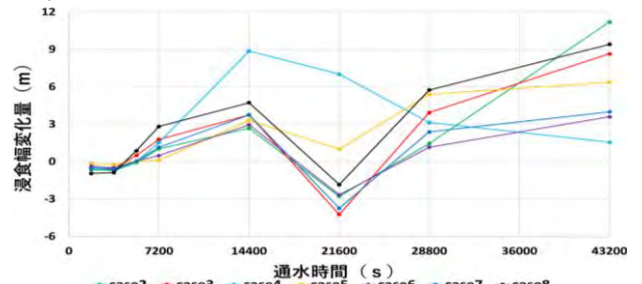


図-9 各ケース両岸における浸食幅の時間変化

幅も増加する傾向があることが示されている。これは置土量が増加することによって対岸への流れが強まり、砂州の発達を促進されるためであると考えられる。なお、置土量が最も少ない Case5 は、それよりも置土量の多い Case6 および 7 の方よりも浸食幅が大きくなったことから、原則として置土量の増加によって浸食幅も増加するが、河道攪乱には効果的な置土量が存在する可能性も示唆された。Case5 に関しては、今後も更なる検討が必要である。

置土量を変更した Case3, 5, 6, 7, 8 は浸食幅の時間変化に関して概ね同じ傾向が見られるものの、置土の設置位置を変えている Case2, 3, 4 では同様の傾向が見られない。これらの結果から、浸食の傾向は置土の位置によって決まり、置土量が浸食幅の増減に影響を与えるものと考えられる。さらに、図-9 の 4 時間、12 時間では 557 cm<sup>3</sup> の置土を行っている Case8 よりも 371cm<sup>3</sup> の置土で置土設置位置を変えた Case4, 2 の方が浸食幅が大きい。ここから、短時間での浸食を期待する場合には置土量を増加させることに比べ、適切な場所に置土を設置する方が河道攪乱に効果があることが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では砂州の発達に伴う河道攪乱に焦点を当て、札内川の現地調査及び数値解析により、置土の効果の有無と浸食域を両岸に設けた場合での効果的な置土の設置方法の検討を行った。横断測量結果及び数値計算から置土は置土設置場所より下流側の砂州が大きく発達させるという点で河道攪乱において有効な手法であることや、図-5 のコンター図から置土の継続的な効果が明らかと

なった。さらに数値計算から、砂州前縁の全体に置土を設置した場合が河道攪乱に最も効果のある置土の設置方法であることに加え、短時間での河道攪乱効果が最も大きい置土設置方法は砂州前縁の下流側に置土を設置した場合であることが分かった。また、置土量を変更した数値計算結果からは置土量が多いほど浸食幅も大きくなることに加え、河道攪乱に効果的な置土量があることが示唆された。さらに、浸食の傾向は置土の位置によって決まり、置土量が浸食幅の増減に起因することや、置土の設置場所が河道の攪乱に大きく影響することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 北海道開発局帯広開発建設部；札内川自然再生(礫河原再生)計画書，2012年11月
- 2) 住友慶三・渡邊康玄・泉 典洋・山口里実・米元光明；出水時の河道変化に対する分岐流路維持の効果，土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.5, I\_1003-1008, 2018年11月
- 3) 小田垣和篤・渡邊康玄；札内川における中規模フラッシュ放流に伴う置土による河道攪乱の効果，河川技術論年6月文集，第26巻，2020年6月，pp.527-532
- 4) 北海道開発局帯広開発建設部・寒地土木研究所；第12回 札内川技術検討会資料(平成31年度札内川自然再生(礫河原再生)実施計画書(案))，2019年2月
- 5) 葛西大樹・渡邊康玄；札内川の河道攪乱に及ぼす置土の継続的な効果の検証，河川技術論年6月文集，第28巻，2022年6月，pp.325-330