

蛇行河岸の浸食・堆積土量と出水ハイドログラフの関係

—常呂川における 3D 地形計測結果と数値シミュレーション—

Relations between bank erosion rate or bar accumulation rate and discharge hydrograph features in a channel meandering

(株) 北開水工コンサルタント
(株) 北開水工コンサルタント
北見工業大学工学部社会環境系

○正員 佐々木章允 (Akiyoshi Sasaki)
フェロー 長谷川和義 (Kazuyoshi Hasegawa)
正員 渡邊康玄 (Yasuharu Watanabe)

1. はじめに

北海道では平成 28 年の 8 月～9 月にかけて 4 つの台風が相次いで上陸・接近し、甚大な被害をもたらした。堤防の決壊や越流等の居住地災害をもたらす河岸浸食が多数の河川で確認されており、その実態を把握することは非常に重要である。河岸における浸食・堆積等の変動を知るためには出水前後の地形変化を把握する必要がある。一般的に地形変化の把握には、横断測量（河川測量）や航空レーザ測量のデータを使用するが、4～5 年に 1 度もしくは大規模出水後に測量が行われるため、融雪出水や毎年発生するような小・中規模出水での詳細な地形変化を把握するのは難しい。

そこで、本研究では広範囲の地形を面的に短時間で把握することが可能である地上レーザスキャナを使用した地上レーザ測量を行い、融雪出水や毎年発生するような小・中規模出水での詳細な地形変化の把握を試みた。地上レーザ測量で得られたデータを基に、浸食・堆積土量を算出することにより、出水による河岸浸食の進行の実態を調査した。

また、数値シミュレーションによる小・中規模出水の地形変化の再現計算を行い、現地調査結果との再現性の確認や、出水時のピーク流量や出水継続時間と浸食・堆積との関係性の評価・検討を行った。

2. 地上レーザ測量による現地調査

2.1 調査概要

調査は、常呂川中流域の左岸側に砂州の発達・移動が見られ、右岸側に進行中の河岸浸食が確認される KP15.8 付近（図-1）を対象とした。調査期間は、平成 25 年 8 月～平成 28 年 11 月であり、期間内に計 8 回行った（平成 25 年 8 月～平成 26 年 6 月の調査結果は、北見工業大学からのデータ提供によるもの）。機器は RIEGL 社の地上型 3D レーザスキャナ「VZ-1000」を使用した。地上レーザ測量では水中の地形データを計測することができないため、水中部のデータ計測は行っていない。計測後にノイズや植生等の不要データの処理を行った地盤データを基に、地形の比較を行うとともに、河岸浸食量と砂州への土砂堆積量を算出した。右岸側の河岸浸食は、調査開始時から河岸浸食の進行が確認されており、左岸側の砂州の対岸に位置する KP15.6～15.9 の区間の河岸浸食量を算出した。

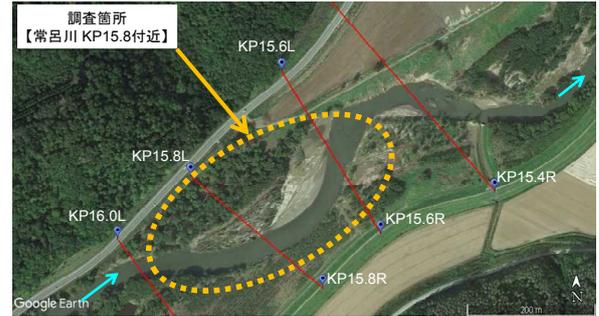


図-1 常呂川 KP15.8 付近

表-1 調査実施日

回数	調査日	対象出水
1 回目	平成 25 年 8 月 20 日	-
2 回目	平成 25 年 11 月 21 日	H25 夏期出水
3 回目	平成 26 年 6 月 4 日	H26 融雪出水
4 回目	平成 26 年 12 月 16 日	H26 夏期出水
5 回目	平成 27 年 7 月 8 日	H27 融雪出水
6 回目	平成 27 年 12 月 8 日	H27 夏期出水
7 回目	平成 28 年 6 月 14 日	H28 融雪出水
8 回目	平成 28 年 11 月 4 日	H28 夏期出水

2.2 調査結果

河岸浸食及び砂州の土砂堆積の土量は、出水の継続時間が大きく影響すると考えられるため、算出した河岸浸食土量、砂州への土砂堆積量と出水時間の関係を検討した。なお、「出水時間」は調査地点の上流に位置する太茶苗水位観測所（KP18.9）の低水路肩の高さ（H=8.4m）を超える時間と設定した。同様に、出水時のピーク流量も浸食量と堆積量に影響すると考えられるため検討を行った。

図-2、図-3 のように浸食量、堆積量はいずれも出水時間が長くなると比例して大きくなる傾向がある。浸食量と堆積量も同様に比例関係にあり、砂州上の土砂堆積と対岸の浸食は強く関係していることを示唆している（図-4）。

また、浸食量、堆積量とピーク流量の関係（図-5、図-6）も相関性が高く、出水中のピーク流量の大きさも浸食量・堆積量に影響していると考えられる。

その中で、H27 年の融雪出水（図中、緑色●④H27 融雪出水）、H28 年の夏期出水（図中、オレンジ色◆⑦）

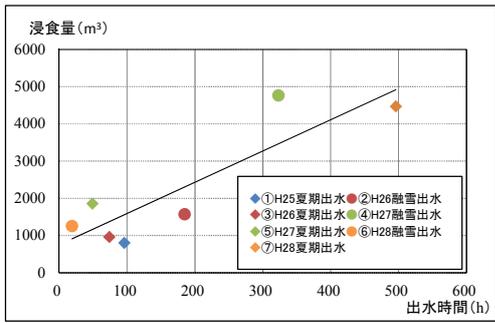


図-2 出水時間と河岸浸食量の関係

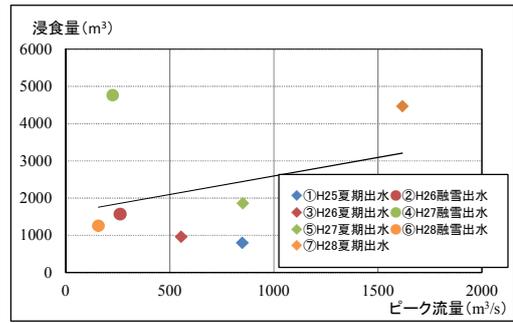


図-5 ピーク流量と河岸浸食量の関係

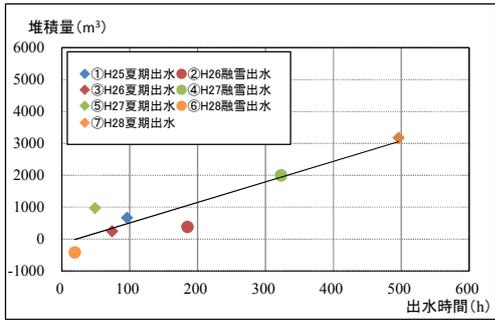


図-3 出水時間と砂州堆積量の関係

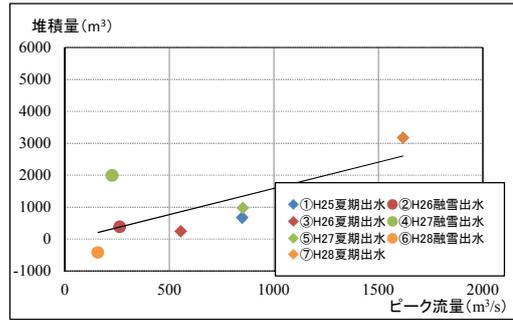


図-6 ピーク流量と砂州堆積量の関係

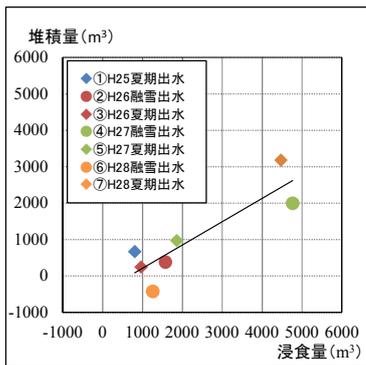


図-4 河岸浸食量と砂州堆積量の関係

H28 夏期出水) のように出水時間が長いものは、ピーク流量よりも出水時間と堆積量、浸食量が強く関係しており、堆積量より浸食量が多い傾向がある。

最近、山口ら²⁾は出水時の砂州への土砂堆積により砂州が拡大し、その対岸が浸食されることを実験などで詳しく調べている。本研究の結果はこれらを実際河川で裏付けたものとなっている。

3. 数値シミュレーションによる現地地形の再現計算

3.1 再現計算の概要

地上レーザ測量で計測した出水前後の地形データを用いて、出水前地形から出水後地形への数値シミュレーション(以下、数値計算)による再現性の確認を行った。数値計算は、iRIC Nays2DH(非定常平面2次元流れと河床変動計算)³⁾を用いて、調査箇所である KP15.8 を網羅する、KP15.0~18.0 を計算対象範囲とした。地形データは、計算対象となる出水前の3次元地形データを基に作成し、調査箇所の上流や水中部は定期縦横断面量、航空レーザ測量、深淺測量のデータを使用し補填し

表-2 数値シミュレーションの対象出水

	対象出水	ピーク流量	出水時間
①	平成 25 夏期出水	848.6 m ³ /s	96 時間
②	平成 26 融雪出水	261.3 m ³ /s	185 時間
③	平成 27 融雪出水	225.5 m ³ /s	323 時間
④	平成 27 夏期出水	851.1 m ³ /s	49 時間
⑤	平成 28 夏期出水	1618.2 m ³ /s	496 時間

た。計算格子サイズは、縦断方向 5m、横断方向 3m とした。現地調査時の状況から、河床材料の平均粒径は 30mm、植生密度は 0.03~0.1、植生範囲は航空写真(Google Earth) 現地調査時の状況を参考に設定した。

数値計算の対象とした出水は、表-2 に示す、ピーク流量や出水時間が異なる 5 パターンの出水とし、出水時の流量は、調査地点である KP15.8 の上流に位置する太茶苗水位観測所(KP18.9) のデータを使用した。

3.2 再現計算の結果

5 パターンの数値計算結果の内、③H27 融雪出水計算前後の地形データを図-7(計算前)、図-8(計算後)、計算結果と現地計測データとの標高差分(変化量)を(背景は Google Earth 航空写真: H26 年 6 月)に示す。

図-7、図-8を見ると、赤点線内の右岸の河岸浸食が発生し、左岸の砂州も拡大しているため、数値計算による再現性は良好と言える。図-9の赤色部分は計算値の標高が高い箇所、青色部分は現地地形データの標高が高い箇所を示している。右岸の河岸浸食箇所は数値計算による河岸浸食が現地調査結果よりも進行していない。

一方、左岸の砂州は全体的に現地調査結果よりも堆積しており、下流側への堆積がより多くなっていることか

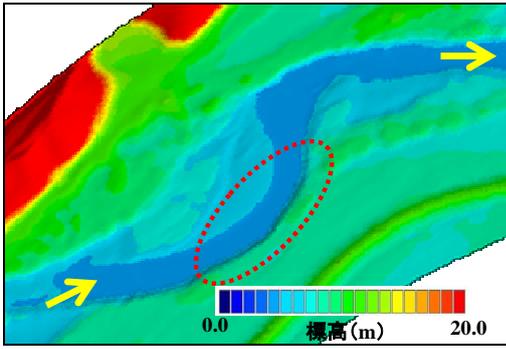


図-7 ③H27融雪出水 数値計算前 地形データ

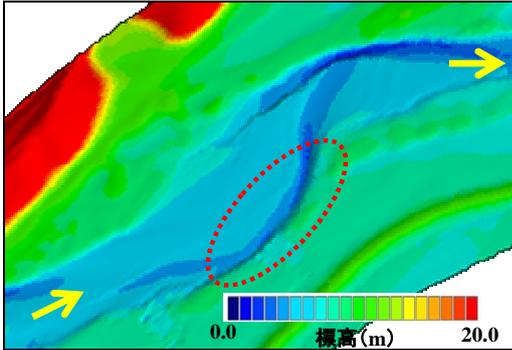


図-8 ③H27融雪出水 数値計算後 地形データ

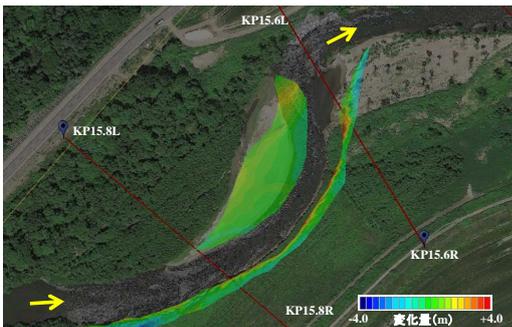


図-9 H27融雪出水計算結果と現地計測結果の差分

ら、再現性の向上にはさらに検討が必要である。

3.3 現地調査土量とシミュレーション土量の比較検討

現地調査結果から算出した土量（以下、実測値）と数値計算結果から算出した土量（以下、計算値）を比較し、両者の関係性を検討した。

実測値と計算値の浸食土量と堆積土量を図- 10、図- 11 に整理した。どちらもデータが比例直線の近くにあり、数値計算による実測の再現はある程度できていると言ってよい。浸食量は、ピーク流量が大きな夏期出水では計算値の方が多く算出され、融雪出水では実測値の方が多く算出されている。堆積量は、全体的に計算値と実測値が同程度となった。

4. 様々なハイドログラフの基でのシミュレーション

4.1 検討内容

現地調査結果から算出した浸食量と堆積量は、出水時間とピーク流量が強く影響していると考えられるため、数値計算を行った中で、ハイドログラフの形状が最も安定している③H27年夏期出水を基に、出水全体の総流量（積算

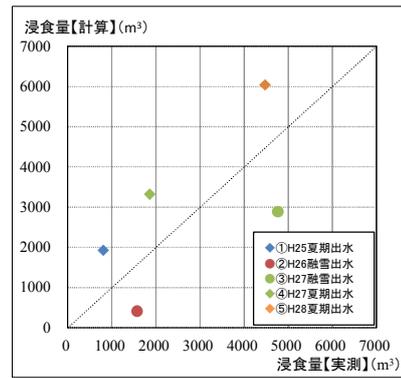


図- 10 河岸浸食量の実測値と計算値の関係

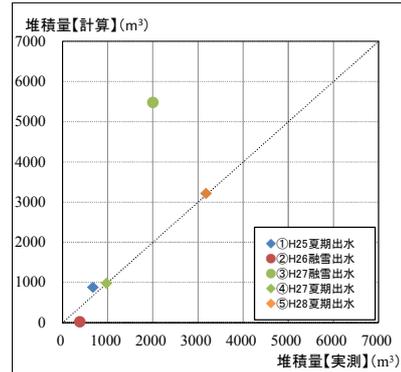


図- 11 砂州堆積量の実測値と計算値の関係

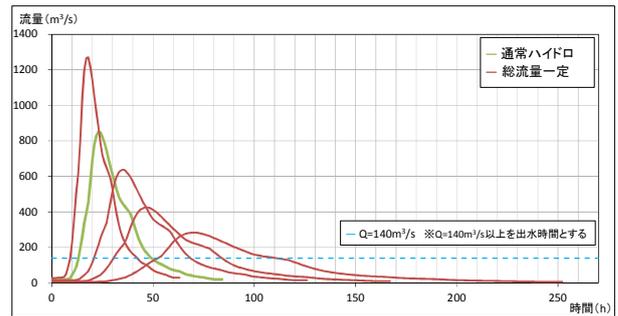


図- 12 様々な流量・出水時間での数値計算
(総流量 = 一定：赤線)

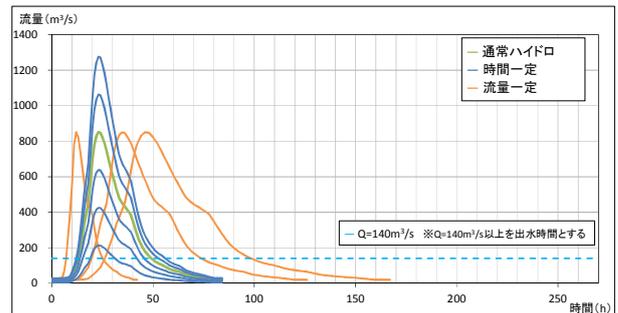


図- 13 様々な流量・出水時間での数値計算
(時間 = 一定：青線, ピーク流量 = 一定：橙線)

流量)を変えずに出水時間を変化させた複数パターン
のハイドロ (図- 12) と、出水時間とピーク流量のそれぞ
れ一方を一定としたパターン (図- 13) の数値計算を行
い、出水時間とピーク流量が浸食と堆積に与える影響を
検討した。

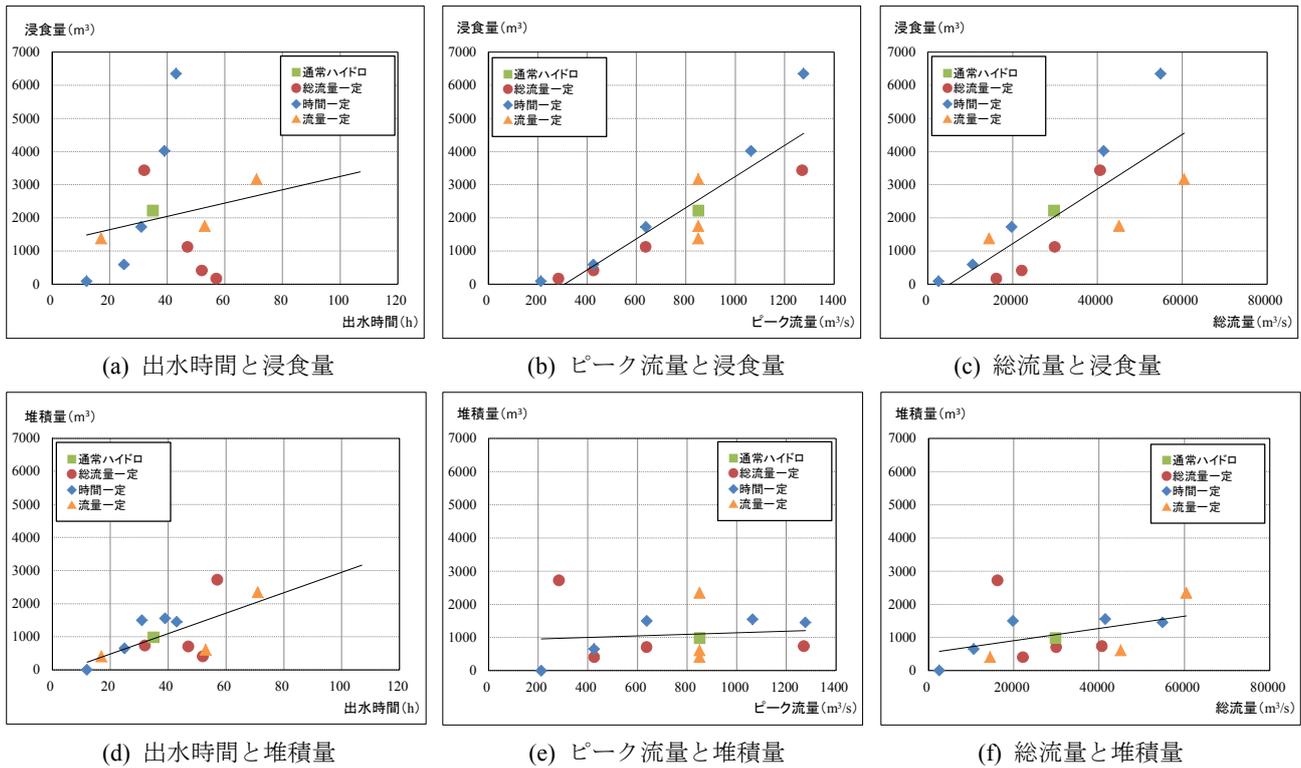


図-14 出水時間・ピーク流量・出水の総流量と浸食量・堆積量の関係

4.2 結果の考察

図-12、図-13の数値計算結果から算出した浸食量・堆積量と出水時間・ピーク流量・総流量(=ピーク流量×出水時間)との関係を図-14に整理した。

ピーク流量と浸食量(図-14(b))、出水時間と堆積量(図-14(d))がそれぞれ比例関係にあり、図-3、図-5の現地調査結果と同様の傾向が見られた。このことから、ピーク流量の大きさが河岸浸食の進行に強く影響していると考えられる。同様に総流量が増加すると、浸食量・堆積量ともに増加する傾向がある(図-14(c),(f))。

また、出水時間が長くなると砂州への土砂堆積量が増加する傾向にあるが、出水時間が長時間になると出水の総流量も増加するため、浸食量も増加すると考えられる。図-5のH27年融雪出水(図中、緑色●④H27融雪出水)の浸食量が多く算出されているのは、ピーク流量は小さいが出水時間が長時間であり、総流量が大きいためであると考えられる。これは、長時間の出水によって砂州への土砂堆積による砂州の拡大が引き起こされ、砂州の拡大とともに対岸の河岸浸食を誘発していると考えられる。

5. おわりに

本研究では地上レーザ測量で得られた詳細な3次元データをを用いて、出水による河岸浸食と砂州の土砂堆積の関係について詳細に考察を行った。また、数値計算による出水時の地形変化の再現計算を行い、現地調査結果との比較・検証を行った。

現地調査の実測値によって、浸食と堆積は出水時間とピーク流量によって支配され、高い相関性があることを示した。また、数値計算によって現地地形はおおよそ再

現することが可能であった。

既往の研究や本研究結果から、土砂堆積による砂州の拡大とその対岸の河岸浸食は一度の出水で同時に進行していくと考えられる。そのため、浸食された土砂が下流側の砂州に堆積することによって、砂州の拡大を引き起こし、対岸の河岸浸食を誘発する。今後は現地調査の継続による実測データの蓄積や、数値計算の精度向上、様々な出水条件での数値計算を行っていくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 常呂川堤防調査委員会 報告書, 2017.3.
- 2) 山口里美・久加朋子・清水康行・泉典洋・渡邊康玄・岩崎理樹: 河道内の土砂動態と流路変動の関係, 土木学会水工学論文集 Vol.74, 2018
- 3) iRIC Nays2DH: <https://i-ric.org/ja/>
- 4) 岡部和憲・久加朋子・清水康行・長谷川和義・新庄興・山口里実: 流量ハイドログラフ形状に対する蛇行流路の移動特性～十勝川水系音更川を事例として～, 土木学会水工学論文集 Vol.74, 2018
- 5) 岡部和憲・久加朋子・山口里実・清水康行・新庄興・長谷川和義: 急流河川における将来洪水流量を考慮した河岸侵食特性と河道計画に関する考察, 土木学会水工学論文集 Vol.75, 2018
- 6) 佐々木章允・長谷川和義・渡邊康玄: 3D レーザスキャナーによる常呂川河岸浸食の継続計測, 土木学会北海道支部論文報告集 第74号, 2018
- 7) 佐々木章允・長谷川和義・渡邊康玄: 常呂川における3次元データを活用した河岸浸食の継続計測, 土木学会全国大会 第73回年次学術講演会, 2018