

美生川における砂州の形成過程の分析

Analysis of sand bar formation process in Bisei River

北海道大学工学部 環境社会工学科国土政策学コース ○学生員 馬場祐輔 (Yusuke Baba)
北海道大学大学院 工学研究院環境フィールド工学部門 教授 フェロー 清水康行 (Yasuyuki Shimizu)

1. 背景

2022年8月11日に、北海道河西郡芽室町を流れる美生川において、現地調査を行った際に、ドローンを用いて河道の空撮を行ったところ、大成橋-美生橋間において、図-1のような流路が確認できた。この区間では、図のように、流路が実験水路のようにきれいに蛇行しており、どのような過程で、このような河床変動が起こったのかを分析、再現を目標にこの区間を調査区域に設定し研究を行った。



図-1 大成橋-美生橋間の空撮画像 (2022/08/11)

2. 美生川諸元

図-2に美生川の位置を示す。美生川は日高山脈の芽室岳付近に源流を持ち、芽室町市街の北東で十勝川に合流する十勝川水系の一級河川である。総延長距離は40.8km、流域面積は206.2 km²である。源流付近には美生ダムが存在し、その流域面積は美生川の流域の4割近くを占めている。

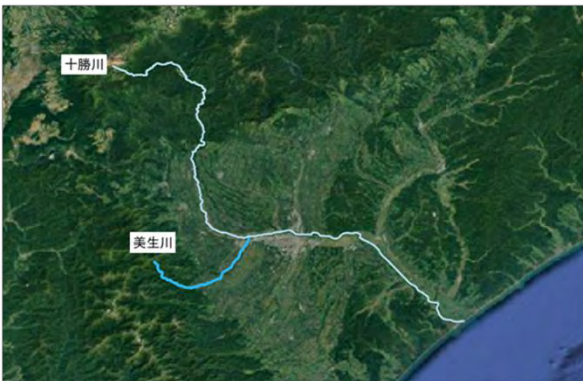


図-2 美生川諸元
(Google Earth, 一部加筆)

美生川では、2016年8月31日から9月1日にかけて発

生した平成28年8月豪雨によって水位が急上昇し、8月31日午前2時には、時刻流量1217.49 (m³/s)を記録し、既往最大出水となった。芽室町上美生地区において堤防の決壊が発生した。(図-3)



図-3 豪雨災害時の大成橋-美生橋間の航空写真
(2016/09/01 撮影, 北海道庁資料)

図-4の画像は上から順に、豪雨災害直前の2016年8月7日、豪雨災害直後の2016年9月2日、最新のオルソ画像である2022年8月についての、それぞれの流路位置である。豪雨に伴う出水により、美生川ではそれ以前に形成されていた砂州のほとんどが流され、流路に大きな変動が見られた。出水後、交互砂州の形成、それに伴う流路の蛇行が起こり、現在の流路が形成されている。この間に、この区間では大成橋下流についての河床形態を比較したものとなっている。右岸で88m、左岸では677mにわたってコンクリートブロックによる護岸工事が行われている。

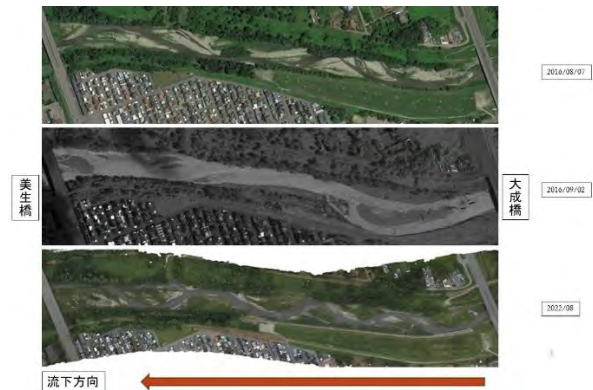


図-4 大成橋-美生橋間の流路の変遷
(2016/08/07, 2016/09/02: Google Earth Pro
2022/08, UAVを用いたオルソ画像)

3. 調査区間における砂州形態の検討

研究を進めるにあたり、まず、この区間における砂州形態の特徴を他河川との比較によって検討を行った。中規模河床形態における砂州の波長は、水路幅との相関が大きく、多くの河川では砂州波長 λ (m)、低水路満杯流量時の川幅 B (m) について、

$$\frac{\lambda}{B} = 7 \sim 15$$

が成り立つ。¹⁾ 調査区間における砂州波長、川幅について、GNU General Public License エラー! 参照元が見つかりません。で提供されている、オープンソースの地理情報システムである QGIS²⁾ を用いて、2022年8月のオルソ画像をもとに、調査区間内にある砂州の波長、その区間における川幅を計測し、その平均をとることで、それらを調査区間内における砂州波長 λ (m)、川幅 B (m) を求めたところ、 λ 、 B 、 λ/B はそれぞれ以下の値となった。

$$B = 58.60, \quad \lambda = 351.2, \quad \frac{\lambda}{B} = 5.966$$

この値から、調査区間における砂州波長は他の多くの河川と比較してかなり短い値であり、特徴的といえる。

4. 数値解析

本研究の目標は、水工学に係る数値シミュレーションのプラットフォームである、iRIC³⁾ のソルバーの一つであり、河川における流れや河床変動などの計算を行うために開発された Nays2DH を用いて砂州形成の再現計算を行うことで、調査区間における蛇行の形成過程を明らかにすることである。

再現計算では、まず、簡略化したモデルを用いて計算を行う。2016年の北海道豪雨災害によって、砂州を含む河床形態はすべて流され、一度、平坦な直線水路になったと仮定し、その後の河床変動について再現を行うものとする。その後実河川の DEM データをもとに、美生川での正確な河床変動について、再現を行う予定である。

また、流路を川幅 58.6(m)の広長方形断面と仮定し、径深 $R \cong$ 水深 h として、Manning の式を用いた等流計算を行い、水深などを導出した。

4.1 限界掃流力と河床変動の有無

河床に存在する砂粒子は、掃流力 τ_0 が限界掃流力 τ_c を超えると移動を開始する。砂粒子の移動によって河床変動は発生しているため、今回は調査区間における無次元掃流力 τ^* が限界無次元掃流力 τ^*_c よりも大きくなる流量に注目して研究を行った。

河床が一様粒径の砂で構成されているとき、無次元掃流力 τ^* は、広長方形断面において、砂粒の水中比重 s 、砂の粒径 d 、水深 h 、エネルギー勾配 i を用いて以下のように表せる。⁴⁾

$$\tau^* = \frac{hi}{sd}$$

無次元限界掃流力 τ^*_c は、岩垣の式⁵⁾より河床材料の粒径によって決まるため、これらの値から τ^* が τ^*_c よりも大きくなる水深を考えると、 h が

$$h \geq 0.6789 \text{ (m)}$$

となる。等流計算によって、この時の流量 Q を考えると、

$$Q \geq 85.26 \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

今回は流量がこの値を満たすとき、河床変動が起きると仮定した。

4.2 流量データの整理

調査区間での流量は、美生橋水位観測所で計測された、2004年4月1日から2018年12月31日までの流量データを使用した。（この流量データは、一部の期間についてまとまった欠測がある。（2016年9月～2017年2月、2017年7月～同10月、2018年8月～同12月））以下の図-5が2004年から2018年にかけての日平均流量である。

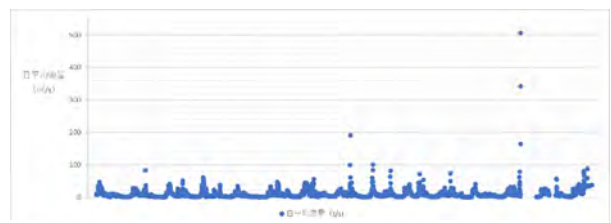


図-5 日平均流量 (m³/s) (2004年～2018年)

図-5に整理した日平均流量データを用いて2004年から2018年にかけての、各年の最大流量を抽出し、平均年最大流量を求めると、この値は100.63(m³/s)となった。今回はこの値を美生川における支配流量として設定し、様々な計算に用いることとした。

4.3 数値解析で用いる流量の決定

4.2で行った流量データの整理から、Nays2DHを用いた数値解析を行う際の流量を決定した。使用することとした流量はそれぞれ、平成28年度豪雨時の日平均流量 $Q1$ 、2004年から2018年にかけての平均年最大流量 $Q2$ 、4.1で河床変動が起こる流量と仮定した $Q3$ である。各流量は以下の表1のとおり。

	(m³/s)
Q1	506.75
Q2	100.63
Q3	85.26

表 1

これらの値についてそれぞれ、または組み合わせた流量を流し、数値解析を行う。

5. まとめ

この論文では、iRIC等の数値計算ツールを用いた数値解析による砂州形態の分析を行う準備、数値計算で用いる諸量の整理、決定の段階までをまとめた。これらの数値を用いて、計算を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会：移動床流れにおける河床形態と粗度、土木学会論文報告集 210,1973 年
- 2) QGIS Geographic Information System:
<https://www.qgis.org/ja/site/>
- 3) iRIC Project: <http://i-ric.org/ja/>
- 4) 荒井信行・清水康行：現場のための水理学（3）掃流砂と河床変動、北海道開発局土木試験所河川研究室、1988 年
- 5) 岩垣雄一：限界掃流力に関する基礎的研究、土木学会論文集 4 1 号 p1-21、1956 年