

# 早出川に設置した拡縮構造物の効果の経年変化について

新潟大学大学院自然科学研究科  
新潟大学災害・復興科学研究所  
阿賀野川河川事務所 調査課  
阿賀野川河川事務所 調査課  
国土交通省北陸地方整備局 河川部 河川計画課  
(株)建設環境研究所 環境計画部

学生会員 ○梅木 康太郎  
正会員 安田 浩保  
小野 伊佐緒  
保坂 裕  
清水 一浩  
黒石 和宏

## 1 はじめに

一定流路幅の直線流路においては、洗掘と堆積が左右岸に交互に繰り返す交互砂州が形成されることが多い<sup>1)</sup>。交互砂州が形成されている河川における流れの特徴は、堆積域を避ける流れと洗掘域への流れの集中である。このような流れにより、河岸や堤防に流水が直接作用する水衝部が形成され、河岸欠損や堤防の侵食に至ることがある。また、左右交互の洗掘と堆積のうち、冠水頻度が低い堆積域側は植生の繁茂地となりやすく、洪水時の水位を上昇させる要因となる。これらの問題への対策は実施しているものの、根源的な対策は未確立である。

一定流路幅の直線流路のほとんどは人工改修により造成されたものである。人工改修以前のこのような河川の流路形状は、流路幅が周期的に拡大と縮小を繰り返す拡縮流路であることが多い。Tonegawa et.al<sup>2)</sup>は、天然の拡縮型の流路形状に着目し、両岸の側岸に交互砂州の半波長程度の間隔で構造物などを複数設置して拡縮型の流路形状とすることで、交互砂州の発達を抑制され、岸沿いの滯筋を水路中央部に誘導できることを模型実験を用いて示した。

この知見をもとに、新潟県五泉市を流れる早出川の阿賀野川合流地点の上流 2.9 km から 3.4km の地点において拡縮構造物の効果の実証実験が 2016 年 7 月から実施されている。構造物設置以前のこの区間において交互砂州の形成が確認されていたが、構造物の設置後には交互砂州の消失が確認されている。また、構造物設置前には限られた種類のみの生物の生息が確認されていたが、構造物設置から数年が経過後には緩やかな流れを好む生物が複数確認されるなど治水と環境の両面での効果が報告されている。

現在までのところ、同実証実験の区間における拡縮構造物の設置による河道形状と水理量の経年変化については定量的に示されていない。本研究では、早出川の拡縮構造物の設置前と設置後の河道測量データの分析と、同測量データに基づく水理解析を行い、拡縮構造物の設置による河道形状と水理量の経年変化について調べた。

## 2 拡縮構造物の効果の検証

本章では、拡縮構造物の効果について、定期横断測量によって得られた河道形状の分析と、後述の水理計算を用いて定量的に示す。

### 2.1 定期横断測量に基づく拡縮効果の評価

本節では、定期測量の実施年ごとの河床形状と河床変動量について示す。図-1 は測量の実施年ごとの河床形状である。同図 a) を除く b) から d) の灰色の丸で囲んだ上流から中流やや下流方向にかけての区間には、6 基 3 組の拡縮構造物が一定の配置間隔で設置されている。

まず、同図 a) の 2016 年の河床形状に着目すると、対象区間の中流から下流にかけて明瞭な交互砂州が形成されていることが見て取れる。この交互砂州は同図 b) の 2017 年にも最下流の構造物の直下流において確認できるが、同図 c) のとおり 2018 年には消失している。また、同図 b) の 2017 年の構造物に囲まれた領域内の河床形状に着目すると、この領域内での河床は洗掘や低下の傾向となっていたことが分かる。この構造物に囲まれた領域内での河床の洗掘や低下は、同図 c) と d) を見ると、2018 年でピークを迎え、2020 年には収束しているようである。

次に、各年代間の河床変動量を図-2 に示す。同図 a) の 2016 年から 2017 年にかけての河床変動量は、区間全体で活発であったことが分かる。このうち、構造物に囲まれた領域内での河床は洗掘や低下していたことが分かる。一方で、中流から下流にかけての交互砂州が見られた区間では、交互砂州の洗掘部に堆積に転じ、その対岸の堆積部で洗掘に転じ、交互砂州が解消するような河床変動が生じていることが分かる。同図 b) の 2017 年から 2018 年までの河床変動量は、同図 a) ほどの河床変動ではない。また、前年までに見られた構造物に囲まれた領域内での河床の洗掘は解消され、新たに構造物に囲まれた領域内の流路中央で洗掘していたことがわかる。同図 c) の 2018 年から 2020 年までの河床変動量は、同図 a) の 2016 年から 2017 年と比べると、小さかったことが分かった。

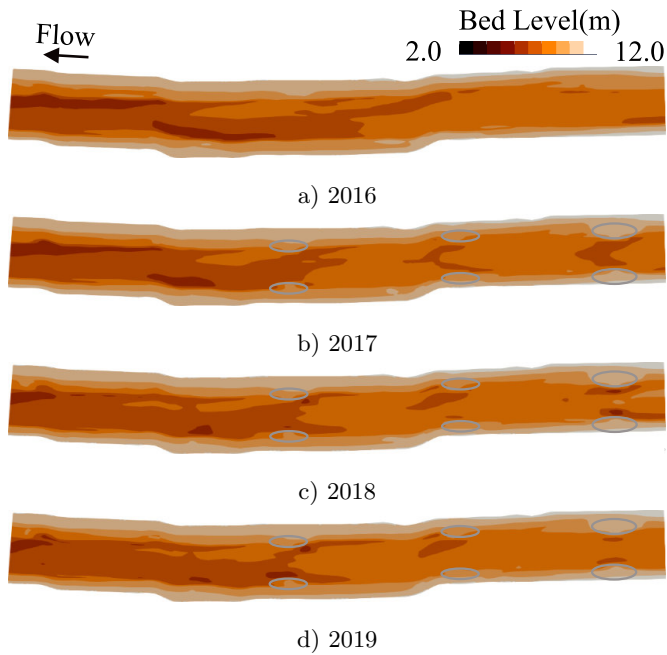


図-1 各年代の底面地形

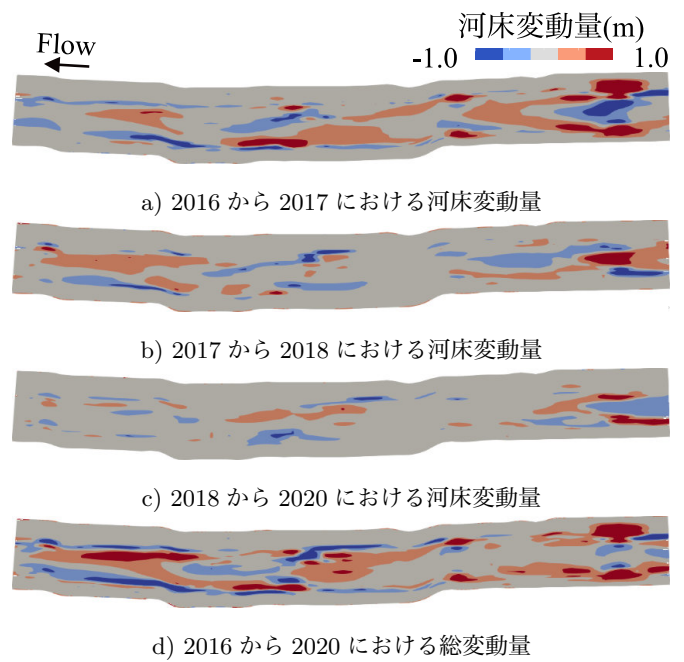


図-2 各年代間の河床変動量

同図 d) の 2016 年から 2020 年までの総河床変動量からは、上流から中流にかけての構造物に囲まれた領域内においては流路中央付近では河床変動はほとんどないものの、兩岸付近で新たに堆積し、流路中央へ滯筋を誘導する河床が形成される過程が示された。国土交通省の水文水質データベースによると、早出川においては本研究の対象期間である 2017 年 7 月から 2020 年 2 月にかけて少なくとも 4 回の低水路満杯時の流量を超える流量とそれに伴う無次元掃流力が発生していた<sup>3)</sup>。これらの洪水により交互砂州が再度形成された可能性も考えられる一方で、上記までのことから拡縮構造物により交互砂州の発生と発達が抑制されていることが示唆される。

## 2.2 水理計算による評価

### 2.2.1 水理計算の概要

拡縮構造物の効果を定量的に示すため、水理計算を用いて、定期横断測量によって得られた河道形状における河床変動量、流速と横断方向流速の分布、底面の移動速度と無次元掃流力を有効無次元掃流力で除した有効無次元掃流力について算出した。また、早出川における洪水時を想定した条件での水理計算も行い、拡縮構造物の設置に伴う水位上昇率も調べた。

水理計算の範囲は、早出川の阿賀野川合流地点上流の 2.6 km 地点から 3.4 km 地点までの約 800 m とした。この水理計算に用いる地形データは、拡縮構造物設置前である 2016 年 3 月、構造物設置後 1 年経過後の 2017 年 7 月、2 年経過後の 2018 年 7 月、そして直近の 2020 年 2 月の 4 つの年代におけるものとした。これらの水理計算の計算条件は、上

流端より早出川の低水路満杯時の流量である  $220\text{m}^3/\text{s}$  を定常で与え、河床材料は 23.8 mm、Manning の粗度係数は 0.023 とした。また、拡縮構造物の設置に伴う水位上昇率を調べる計算の流量は  $500\text{m}^3/\text{s}$  とした。これらの水理計算には iRIC<sup>4)</sup> に同梱されている Nays2D を用いた。

### 2.2.2 流速分布

本節では、拡縮構造物の設置前後で流況の変化を評価することを目的として、定期測量の実施年ごとにおける流速分布を調べた。図-3 に各実施年ごとの対象範囲内の水深が 0m 以上の箇所の流下方向の流速を等流流速で無次元化した速度分布を示す。同図 a) の 2016 年に着目すると、分布が 0.8 から 0.9 に集中していることが見て取れ、対象区間内の流速は等流流速に近い値でほぼ均一な分布であったことがわかる。同図 b) の構造物導入後の 2017 年に着目すると、導入前の分布と比べると幅広い分布を持つように変化し、同図 c) や d) の 2017 年以降も同様に幅広い流速分布が維持されていることが推定された。また、図-4 に各実施年ごとの横断方向の流速を等流流速で無次元化した速度分布を示す。同図 a) の 2016 年に着目すると、図-3 a) の流下方向の流速分布と同様に一定の値に分布が集中していることがわかる。同図 b) から d) に示した構造物設置後は、設置前では中央に集中していた流速の分布型は解消し、その代わりに分布型が左右に拡大している。

このような流下方向と横断方向の流速分布型の拡大の要因は、前項で述べた拡縮構造物の設置に伴う河道地形の変化を踏まえると、拡縮構造物の設置によりもたらされた効果と考えるのが妥当であろう。

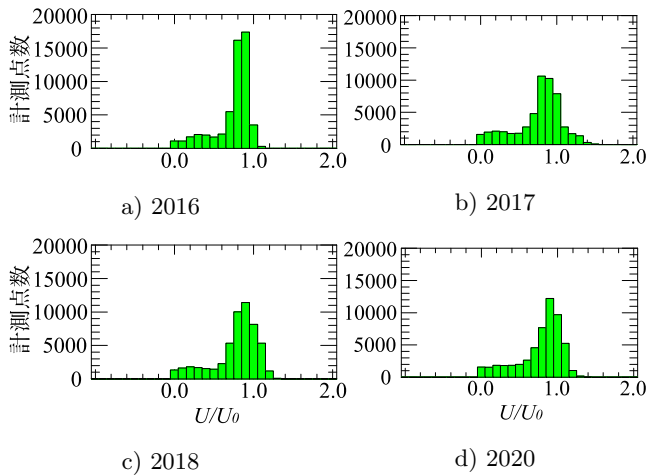


図-3 各年代の無次元化した流速分布

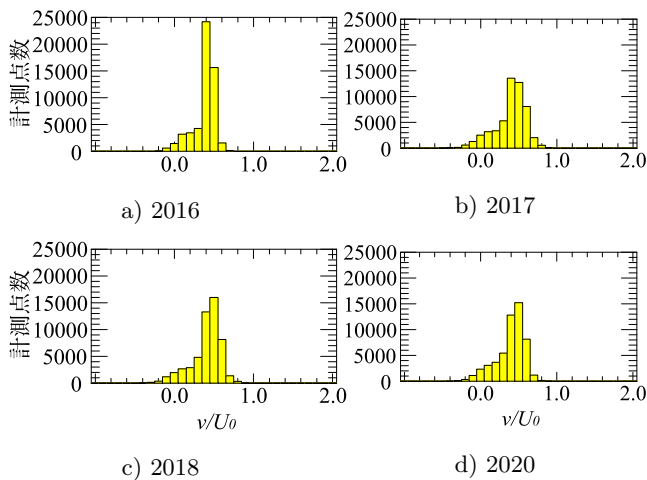


図-4 各年代の無次元化した横断流速分布

### 2.2.3 有効無次元掃流力と河床の移動速度の推定

本節では、拡縮構造物の設置に伴う河床の安定状態や河床材料の新陳代謝の把握を目的とし、定期測量の実施年ごとにおける有効無次元掃流力と河床の移動速度のそれぞれを推定した。なお、図-1 に示した通り、対象区間における河床形状は波動現象のように上流から下流に向かって移動している。一般的に土砂輸送の状態は有効無次元掃流力を用いられるが、着目地点しか評価できず、河床形状の移動量の推定はできない。このため、河床高の変化は少ないものの、土砂輸送が維持されて河床材料の新陳代謝が維持される状態の推定は難しい。そこで、本節では、有効無次元掃流力とともに河床形状の移動速度も算定した。

図-5 に測量の実施年ごとの有効無次元掃流力を示した。2016 年は対象区間の大部分で有効無次元掃流力が 0.4 以下の値であり、河床材料の移動が生じにくかったことが推測された。2017 年からは、拡縮構造物の設置により掃流力が増加し、しばらくは最も下流の構造物の直下流で有効無次元掃流力が 1 前後となった。その後は次第に 1 以下が維持されていることが推測された。

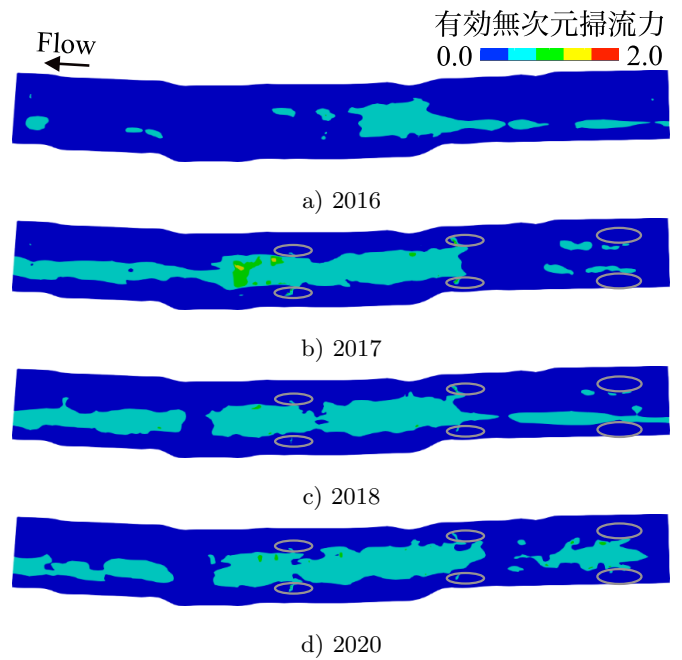


図-5 各年代の有効無次元掃流力

図-6 に測量の実施年ごとの河床の移動速度を示した。底面の移動速度の算出には石原らの研究における底面の移動速度の式<sup>5)</sup>を使用した。同図 a) の 2016 年は対象区間内のほぼ全域で 0 に近い値であることが推定された。同図 b) の 2017 年では、中流付近の構造物の直下流で底面の移動速度の急増が推定された。また、上流から 2 基目の構造物間でも移動速度が設置前と比較して上昇していたようである。同図 c) の 2018 年以降は 1 年目ほどの移動速度は見られないものの、構造物設置前と比較すると対象区間内の多くの箇所での移動速度の増加が推定された。

図-7 には対象区間内の底面の移動速度の分布図を示した。平面図と同様に 2016 年では 0 に近い値に分布が集中し、2017 年からは、移動速度自体の増加と分布型の拡大が見られ、その傾向が維持されていたことが推定された。

以上をまとめると、まず、拡縮構造物の設置により、同設置区間とその前後における有効無次元掃流力が増加し、同構造物の設置前よりも土砂輸送が活発化したことが推測される。また、河床の移動速度は構造物の設置前よりも増加したことが推定された。河床の移動速度と前述した河道形状を照合すると、近年の河道形状の変形は少ないものの、河床材料の新陳代謝が維持されていることが示唆される。

### 2.2.4 構造物配置による水位上昇率の検証

拡縮構造物の設置は、人為的な河積疎外と言え、拡縮構造物による水位上昇が懸念される。本節では、早出川の洪水時における拡縮構造物による水位上昇率を推定した。

図-8 に 2016 年の河床地形に 500 m<sup>3</sup>/s の流量を与えた際の水位を基準として算出した 2017 年の水位上昇率と 2020

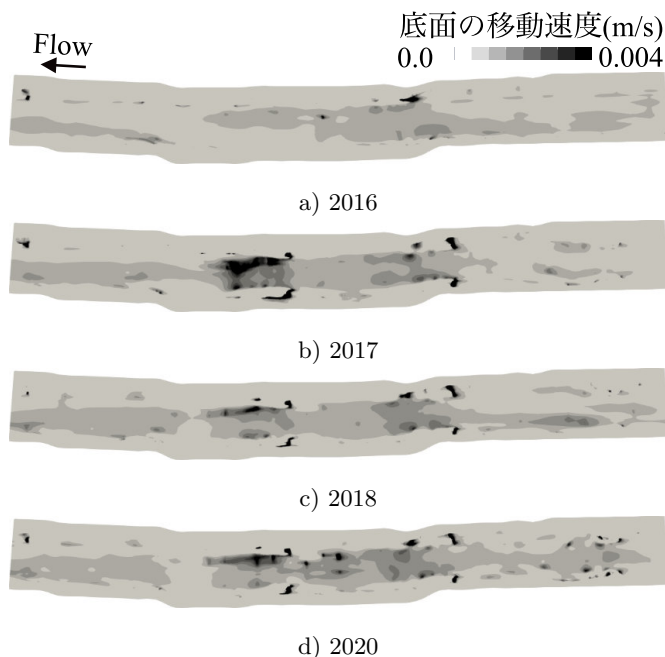


図-6 各年代の底面の移動速度の平面図

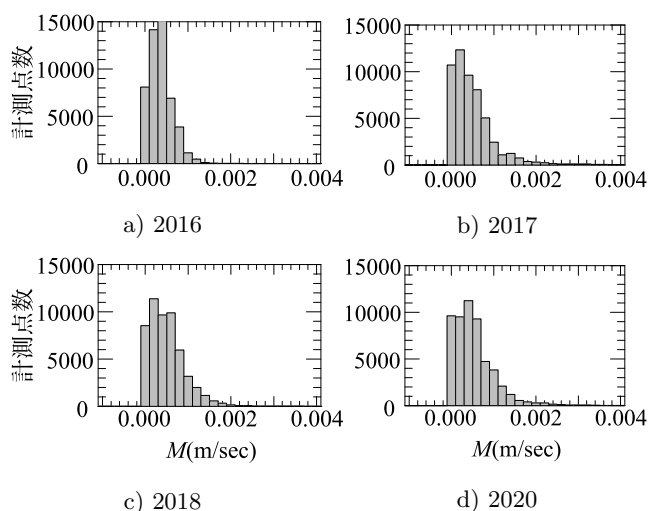


図-7 各年代の底面の移動速度の分布図

年の水位上昇率を示す。同図 a) の 2017 年と同図 b) の 2020 年から分かる通り、拡縮構造物に囲まれる領域内における水位上昇率は無視できるほどに小さいことが分かった。ただし、同図 a) の 2017 年に示した通り、構造物の設置区間の上流側で 2% から 6% 程度の水位上昇となることが推定された。この範囲の 2016 年の平均水深は 10 m 程度であることから、水位上昇量は、0.2 m から 0.6 m 近くであると推定される。一方で、同図 b) の 2020 年を見ると、対象範囲内のほぼ全域でごくわずかとなることが推定された。

### 3 おわりに

本研究では、早出川に設置されている拡縮構造物にどのような効果があるかを示すことを目的とし、早出川の構造物設置前と設置後の定期横断測量から得た河道形状の分析と、水理解析を行い、流速分布、河床の移動速度、水位上

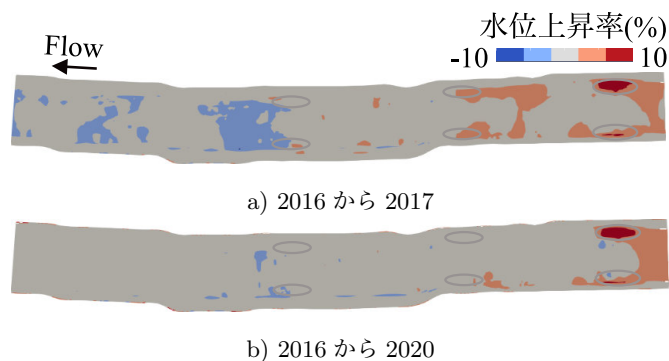


図-8 各年代間の水位上昇率

昇率について調べた。本研究で得られた成果を以下に示す。

- 1) 定期横断測量から得た河道形状に基づき河床変動量を算定し、拡縮構造物の設置によって交互砂州に特有の同一断面における標高差が消失し、滞筋の流路中央へ誘導が確認された。また、近年の河床形状の変化は少なくなってきた。
- 2) 定期測量の測定年ごとにおける流速分布を推定し、拡縮構造物の設置以前はほぼ均一だった流速分布が拡縮構造物の設置より流速分布が拡大したことが推定された。
- 3) 定期測量の測定年ごとにおける河床の移動速度を推定し、近年の河床形状の変化は少なくなってきたものの、河床の移動速度は維持され、河床材料の新陳代謝が持続していることが推定された。
- 4) 拡縮構造物の設置による水位上昇率を推定し、500 m<sup>3</sup>/s 程度の洪水では一部を除き構造物による水位の上昇はほとんど無視できる規模であることを推定した。

### 参考文献

- 1) 木下良作：河床における砂礫堆の形成について、蛇行の実態の一観察，土木学会論文集，第 42 号，pp.1-pp.21，1957.
- 2) A. Toneyawa, H. Yoshitake, H. Yasuda and T. Hoshino; Effects of Arranging Training Dikes on that Formation of Central Sandbars. 12th International Conference on Hydroscience Engineering Hydro-Science Engineering for Environmental Resilience November 6-10, Tainan, Taiwan, 2016.
- 3) 水文水質データベース:<http://www1.river.go.jp>
- 4) 河川シミュレーションソフト iRIC:<http://i-ric.org/>
- 5) 石原道秀，安田浩保：交互砂州の発生・発達過程における底面位の伝播速度式の適用性，土木学会第 23 回応用力学シンポジウム講演概要集，2020.