

第68回(2024年度) 北海道開発技術研究発表会論文

河道掘削後の再堆積抑制に向けた 現状の把握と課題

(国研) 土木研究所寒地土木研究所 寒地河川チーム

○伊波 友生

大石 哲也

川村 里実

気候変動に伴い計画降雨が見直される中で、掘削河道の長寿命化が課題となっている。しかし、掘削後に再堆積し難い河道形状に関する技術的な検討例は少なく、これまでの検討の多くが個別河川での事例的なモニタリングに留まっている。このような背景を踏まえ、本研究では、再堆積メカニズムに関わる既往の研究を整理することで現時点での知見と課題を明らかにするとともに、今後の研究についての展望を示した。

キーワード：河道掘削、土砂再堆積、河積確保、河川管理

1. はじめに

河川管理において、河道掘削は治水安全度を向上させる重要な対策の一つである。「防災・減災・国土強靱化のための3ヶ年緊急対策」（平成30年12月閣議決定）では、氾濫の危険性を解消するため、約2,340河川で河積確保を目的とした河道掘削や樹林伐採等が実施された。しかし、掘削後の土砂再堆積は河川管理者が直面する重要な課題となっている。

この課題に対応するため、北海道開発局では約50箇所の掘削河道において4年間にわたる継続的なモニタリングを実施し、今後の河道計画の策定および維持管理の効率化・省力化に向けたデータ収集を行っている。モニタ

リング調査の結果、対象となっている河川では、掘削箇所に土砂が再堆積し、さらにヤナギ類が急速に定着しているため、河積の減少が懸念される。気候変動に伴い計画降雨が見直され、さらなる河道の掘削が計画されている中で、再堆積やそれに伴う樹林化を抑制する効果的な掘削のあり方の提案が行政から求められている（令和2年社会資本整備審議会、第8期北海道総合開発計画）。緊急対策の整備では、多くの部分が仮説に基づいて実施されており、今後、より効果的な対策に活かすには、モニタリングを通じて堆積プロセスを詳細に把握することが不可欠である（図-1）。

そこで、本報告では、河道掘削後の再堆積プロセスに焦点を当て、関連する既往の研究を整理し、現時点での知見と課題を示すとともに、今後の展望について述べる。

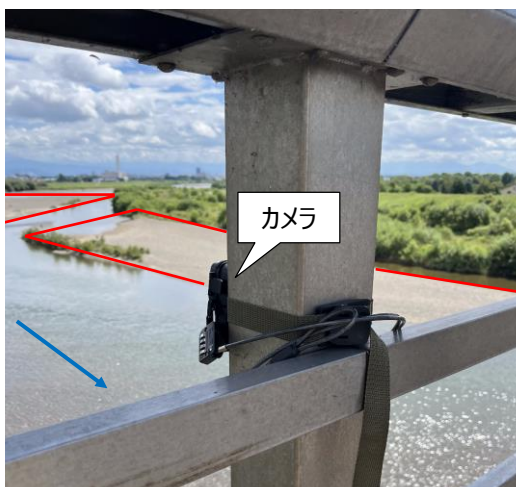


図1 タイムラプスカメラによるモニタリングの様子
(赤枠：モニタリングしている掘削箇所)

2. 河道整備後の再堆積に関する既往研究

再堆積に関する検討のうち、本稿では主に実務で検討されている河道での再堆積を抑制するための検討（掃流力 τ^* を踏まえた堆積対策の検討）と、河道整備後の再堆積をあらかじめ想定した検討（マージン掘削）について取り上げる。

(1) 掃流力を踏まえた堆積対策の検討

川幅拡幅や河道掘削などの河道整備後において、土砂の再堆積を抑制するための取り組みとして、整備前後での掃流力が大きく変化しないことが重要である。この考え方は、河川砂防技術基準（計画編）¹⁾などの指



図-2 平水位程度で掘削した地点

針においても示されており、河道整備における設計の基本的なコンセプトである。これは、掘削により河幅が拡大し、掃流力が低下することで堆積が生じるプロセスを考慮したものである。

河道掘削前後の掃流力の変化から再堆積の有無を簡易に予測する手法として、河道計画検討の手引き²⁾においては、摩擦速度 $u_* (= (\tau * sgd)^{0.5})$ ⁵⁾、 s ：砂の水中比重、 g ：重力加速度、 d ：粒径）を用いた手法が提案されている。具体的には、整備後の摩擦速度が整備前の摩擦速度の0.85～1.15倍（すなわち±15%以内）の範囲に収まる場合、河道は安定であると評価される。この指標は、掘削による流速や流況の変化を簡易にかつ定量的に評価する試みとして位置づけられている。

より適切な河道掘削形状の提案に向けて、その有効性を検討した研究として、長谷川³⁾が挙げられる。長谷川らは、船底型断面河道と称する掘削断面形状を提案し、この形状に改修された遠賀川（福岡県）を対象として、低水路と高水敷の境界付近の細粒土砂の堆積機構について数値解析に基づく検討を行った。検討の結果、洪水ピーク付近に主流が高水敷に乗り上げ、これに伴い境界付近において鉛直方向流速や乱れエネルギーが増大することで、低水路から高水敷に細粒土砂が輸送され、堆積に至ったことを示している。

以上のように、掃流力を踏まえた堆積対策の検討は蓄積されつつあるものの^{例えば4,5)}、未だ十分とは言えない実情にある。個々のモニタリングが詳細な堆積プロセスの把握に至っておらず、多くの研究事例が事例的な研究に留まっているため、河川一般に適用可能な汎用的な手法の開発には達していない。このため、現場における掘削計画の立案においては、経験的な判断や過去の掘削事例に依存せざるを得ないのが現状である。

(2) マージン掘削による堆積対策の検討

河道掘削の試行的な事例として、マージン掘削が紹介されている¹⁰⁾。マージン掘削とは、洪水の流下に必要な河積に加えて、河道掘削後に堆積が予測される土砂量も余裕分としてあらかじめ見込んで掘削する方法である。この手法では、マージン掘削後に横断測量などを実施し



図-3 平水位-1.5 m程度で掘削した地点

て堆積土砂量を継続的にモニタリングし、マージン部分が土砂で満たされる前に維持掘削を確実に実施することで、流下能力の適切な管理を行う。

マージン掘削に関する事例的な検討はいくつか報告されており^{例えば7,8)}、5ヶ年に及ぶモニタリングを通じてマージン掘削の効果は確認されたが、維持費の低減のための適切な掘削のタイミングの選定や、初期の断面形状の設定、および流下能力だけでなく水位縦断面図にも基づく分析を追加した掘削箇所の検討などが課題としてあげられている。

3. 掘削後の再堆積モニタリングの状況

第2章で取り上げたように、これらの方法論を個別の事例研究にとどめることなく、モニタリングやその結果を踏まえた効果検証を通じて、堆積プロセスの把握へ繋げる必要がある。寒地河川チームでは、掘削後の再堆積に関する課題解決の一助とするため、掘削後の応答について、道内7河川18箇所¹¹⁾にタイムラプスカメラを設置し、河道掘削後の土砂動態について経時的にモニタリングを行っている。モニタリングは令和6年7月頃から開始し、現在までに約6ヶ月が経過した。まだ検討の緒に就いたばかりであるが、ここでは、現在までに得られた画像や河道の形状から浮遊砂の堆積の有無や流量規模との関係について詳述する。なお、ここでは掘削後の再堆積量については不明な点があるため、平面的な広がりのみ焦点を当てた。

(1) 掘削河道形状に応じた浮遊砂の堆積の有無

ここでは、切下げ高さの違いにより掘削上で生じている現象について2つ地点で比較したい。

図-2に平水位程度で掘削した地点（赤枠で囲まれた箇所）を示す。当該箇所は、前日からの気温上昇により融



図-4 平時の干出している様子



図-5 出水時の冠水している様子

雪出水が発生し、濁りが生じていた。また、掘削箇所では、主流路と比較して濁りが濃いことが確認され、浮遊砂やウォッシュロードが滞留している様子が確認できた。掘削箇所は、主流路と比較して掘削上での水深が浅く、流れがほとんど生じていない死水域になっており、輸送されてきた浮遊砂が滞留しやすい状況にあると考えられる。

図-3に平水位-1.5 m程度で掘削した地点を示す。主流路での濁りと掘削箇所上での濁りはほぼ同程度であることが分かる。これは、掘削箇所上での水深が十分にあり流速が維持されるため、輸送されてきた浮遊砂が掘削箇所に滞留せず、主流とともに流下しているとためと推察される。

(2) 再堆積の発生と流量規模との関係

河道掘削後の再堆積は、主に中規模出水時（例えば融雪出水）に生じるとされている⁹⁾。しかしながら、その具体的な出水規模については明確でない。

図-4, 5に平時と出水時の掘削箇所を示す。融雪出水に匹敵する流量規模ではない場合でも、掘削箇所が冠水し、浮遊砂が滞留している様子が確認された。地形測量を実施していないため、実際に堆積が生じているのかについ

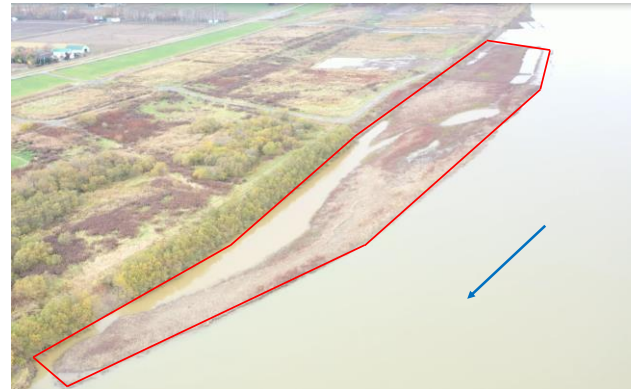


図-6 固定砂州を掘削した箇所

ては不明ではあるが、出水規模が小さくとも堆積が生じうることが推察される。

(3) 砂州の形成との関連

後述するように、再堆積という現象は、その発生メカニズムに基づき、砂州の形成に起因するものと、そうでないものに大別し得ることが示唆された。

図-6は内岸側の固定砂州を掘削することで流下断面を確保している地点である。しかし、掘削からおよそ3年が経過した時点で、最大1.2 m程度の再堆積が生じていることが確認された。この際堆積は、砂州が再形成される過程で発生したものであり、掘削河道形状を工夫することで再堆積を抑制するには限界があると考えられる。

図-2、図-3は、元来砂州が形成されていない区間において河道掘削を実施した地点である。第1節で述べたように、掘削高の違いに応じて堆積の有無が異なることが示唆されており、掘削河道形状を工夫することで再堆積を抑制できる可能性がある。

現行の河道掘削は、砂州が形成され得るか否かにかかわらず一律の掘削が実施されており、この点に関する十分な考慮がなされていないのが実態である。砂州の形成に由来する堆積とそれ以外の堆積では、その発生プロセスや対象とすべき時空間スケールが異なるため、河道掘削計画を立案する際には、それぞれの特性を踏まえた異なるアプローチが必要であると考えられる。

具体的には、砂州の形成に起因する堆積の場合、堆積そのものを完全に抑制することは極めて困難である。そのため、堆積を許容しつつもその影響を最小限に抑える方策が求められる。一例として、掘削作業のインターバルを可能な限り延長し、維持管理の頻度を削減する手法が考えられる。このような対応により、堆積に伴う維持管理コストを抑制するとともに、河道の安定性を長期的に確保することが期待される。

4. 効果的な掘削方法に向けた検討

(1) 堆積プロセスの詳細把握

前述のとおり、タイムラプスカメラの設置をはじめとする取り組みによって、実現象に関する知見が徐々に蓄積されつつある。今後は新たに水位計を設置し、掘削箇所における水位変動を詳細に把握することにより、モニタリング結果を経時的におよび水理的に評価する予定である。

一方で、モニタリングから得られるデータには、労力やコストの制約がある。例えば、詳細な流速データはこれらの制約により十分に取得できていない現状にある。しかし、浮遊砂の輸送や堆積プロセスを解明するためには、掘削箇所周辺の詳細な流況を把握することが不可欠である。

そのため、数値シミュレーションを活用した流況の再現を計画している。このような現地観測と数値シミュレーションを併用した検討は、例えば原田ら⁹⁾によって拡幅の幅や拡幅区間の延長に着目した計算が実施されている。本研究では、以上のような研究例を参考に、掘削高や流量の変化など、さまざまなパターンを設定することで、掘削後の河道形状が浮遊砂の動態に及ぼす影響を包括的に検討する。

(2) 効果的な掘削のあり方の提案にむけて

効果的な掘削については、実現象に関する知見が徐々に蓄積されつつあるが、これらの知見の多くは定性的な範囲にとどまっており、定量的な評価には至っていないのが現状である。今後は、さらなる詳細な検討を通じて、現象をより定量的に評価するとともに、堆積プロセスを解明することを目指す。この成果を基に、将来的には具体的な掘削河道形状の提案を行うことを目標とするが、現時点では技術的課題が多いため、一度掘削してから再堆積するまでの期間を延長する長寿命化や、避けられない砂州の形成に対して維持管理で対応する手法についても、並行して検討する。

5. おわりに

本報告では、河道掘削後の再堆積に関する基準や既往の研究を整理し、現時点での知見および課題を明らかにした。これまでの取り組みや研究を概観した結果、具体的な掘削河道形状に関する明確な基準が未だ提示されていないこと、ならびに再堆積が生じるメカニズムに関する基礎的な知見が不足していることが判明した。また、タイムラプスカメラを用いたモニタリング結果を示し、それに基づく現象の一端を報告したうえで、今後の研究における展望を提示した。今後は、継続的なモニタリングにより、河道掘削後の再堆積プロセスの詳細な把握を進めるとともに、効果的な掘削河道形状の提案に向けた検討を展開していく予定である。

参考文献

- 1) 河川砂防技術基準 計画編（令和6年6月時点）
- 2) 河道計画検討の手引き，2002.
- 3) 長谷部夏希，山口広喜，後藤岳久，福岡捷二：船底形河道における低水路と高水敷の境界付近での細粒土砂の堆積機構—安定な船底形河道の設計に向けた検討—，河川技術論文集，第27巻，2021.
- 4) 佐藤慶太，武内慶了，服部敦：水理量縦断分布に基づく礫床河道掘削後の河道変化要因 分析と事前察知の可能性，河川技術論文集，Vol. 16，pp. 155-160，2010
- 5) 福島雅紀：再堆積しにくい河道掘削形状の設計にあたっての留意点 自然堤防帯区間の河川を対象として，建設機械施工，Vol. 74，No. 6，pp. 56-61，2022.
- 6) 国土技術政策総合研究所：流下能力にマージンを持たせた管理の考え方と具体的手法，国総研レポート2011，p35
- 7) 濱口舜，小河健一郎，森下祐，池江幸治，蔡媛宇，横山千津子，田中一輝：LP データを活用した河道内植生域の変遷評価と植生に起因する要注意箇所把握手法，土木学会論文集，B1（水工学），74(5)，I_1273-I_1278，2018.
- 8) 藤川将太郎，松田康裕，難波怜：重信川における河道のマージン掘削についての検討，四国地方整備局管内技術・業務研究発表会論文集，I. 97-I. 100，2021.
- 9) 藤田光一，宇多高明，藤井政人：ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小，土木学会論文集，(551)，pp. 47-62，1996.
- 10) 原田守啓，高岡広樹，大石哲也，萱場祐一：扇状地の中小河川における部分拡幅工法の有効性，河川技術論文集，第21巻，pp. 253-258，2015.