

由良川中流域での河道掘削工事 における河川環境整備の取組

池内 寛明¹・岡本 陽一²

¹奈良国道事務所 工務課（〒630-8115 奈良県奈良市大宮町3-5-11）

²福知山河川国道事務所 工務第一課長（〒620-0875 京都府福知山市字堀小字今岡2459-14）

福知山河川国道事務所では、由良川での近年の度重なる洪水被害を受け、緊急治水対策を推進している。その由良川緊急治水対策の一環として、中流域において河道掘削工事が位置付けられている。河道掘削工事は、河道の流下能力を高め治水上の効果が期待できる一方、環境へ与える負荷が大きい点には注意が必要である。

本稿では、多種多様な生物環境を有する由良川での河道掘削工事において、河川環境整備に取り組んだ事例について紹介する。

キーワード 由良川、緊急治水対策、河道掘削、環境

1. はじめに

(1) 由良川流域の概要

由良川は、京都北部を流れ日本海に注ぎ、流域面積1,880 km²、延長146 km、流域人口約32万人を有する一級河川である。由良川は福知山盆地を流れ、丹後・丹波地域の中核である福知山市や綾部市が位置し資産が集中している。しかし、上流部は急勾配で流れが速く、下流部は山間地であり川幅が狭く緩勾配となるという地形特性ゆえに、由良川中流域は洪水に対し脆弱である。

特に近年、台風や前線活動による豪雨が原因となり甚大な洪水被害が頻発している。2004（平成16）年10月の台風23号や2013（平成25）年9月の台風18号では、福知山観測点において計画高水位に匹敵あるいは超過する洪水が発生し、甚大な被害が発生した。さらに2014（平成26）年8月には支川である法川・弘法川での総雨量が300 mmに達したことにより、福知山市街地において大規模な内水氾濫被害が発生した。



図-1 由良川流域図（左）と2013年台風18号被害状況（右）

(2) 緊急治水対策と中流域での河道掘削

由良川では1999（平成11年）に河川整備基本方針、2013（平成25年）に河川整備計画が策定され、後者においては河道への配分流量について福知山地点で4,900 m³/s、綾部地点で3,600 m³/sと設定された。河川整備計画策定と同年、上記の2013年台風18号による甚大な被害が生じたことを踏まえ、整備計画での治水対策の内容を大幅に前倒して実施する緊急治水対策に着手することとなった。

この緊急治水対策においては、2004年と2013年の双方の洪水で浸水被害のあった箇所を対象として、概ね10年間で集中的に河川整備を進めることとなっており、集落が散在する下流域においては輪中堤や宅地嵩上げによる効率的な治水対策、中流域においては福知山市・綾部市の市街地が存在することから連続堤防の整備と河道掘削が位置付けられている。

(3) 環境条件

緊急治水対策の中でも中流域での河道掘削工事を実施していく際には、施工箇所への環境に改変を加えることとなる点には留意せねばならない。前述の通り中流域は福知山盆地を流れ、川幅が広く勾配が緩いことから、瀬・淵や河畔林が連続的に存在する。

瀬にはアユやヨシノボリ類といった魚類やその餌生物である水生昆虫や藻類、淵にはコイやフナ類、河畔林にはサギ類の集団繁殖やカワセミ類の採餌などが確認されており、由良川は多種多様な動物や植物の生息・生育環境を有していると言える。

(4) 由良川の環境に配慮した河道掘削検討WG

由良川の河道掘削工事の実施に先立ち、河川環境の整備に向けた河道掘削形状の検討を行うため、2019（令和元）年9月から11月に掛けて「由良川の環境に配慮した河道掘削検討WG」（以下単にWGと呼ぶ）を立ち上げた。本WGは、由良川の河川整備の進捗点検を目的として3年に1回開催している「由良川流域懇談会」の下に位置付けられるものであり、委員構成は河川工学の学識者2名（京都大学大学院、明石工業高等専門学校）、魚類の専門家1名（由良川河川環境保全モニター）、河川利用者1名（由良川漁業協同組合）、福知山河川国道事務所長である。2回の本会議を経て河道掘削形状について決定し、2020（令和2年）1月27日に開催された第14回由良川流域懇談会にて決定事項の報告を行った。

本WGを立ち上げた動機は大きく2つある。まず、後述するようにこれまでの由良川での河道掘削工事においては平坦な掘削形状を取っていたものの、今回の工事は規模が大きいため、これをより多様な生物環境の場の創出の機会にできないかと考えたことである。また河川利用者である由良川漁業協同組合から、アユの数が減少しており、工事の中で水生生物の生息場を確保することを検討して欲しい旨要望が出されていたことも挙げられる。

(5) 本稿の目的

以上の背景を踏まえ本稿では、福知山河川国道事務所が由良川緊急治水対策の一環として事業を進めている河道掘削工事において、河川環境整備に取り組んだ事例について紹介する。

2. これまでの河道掘削形状

(1) 過年度までの掘削形状

過年度までに37.2-38.0kと40.0-40.8kの区間において河道掘削工事を実施しているの、まずその設計意図について紹介する。図-2に示すように、魚類等への影響を考慮して、平水位相当の高さの平坦な掘削断面としていることに加え、濁水予防として掘削で発生した玉石を敷き均している。

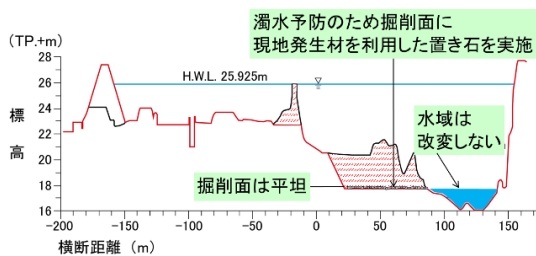


図-2 過年度までの河道掘削標準横断面図

(2) 河道掘削形状の検討に当たり考慮が必要な事項

今回の工事は延長5 kmに渡る大規模な河道掘削工事となることを踏まえ、工事において更なる河川環境整備に取り組む方針となった。河道掘削形状を検討するに当たり、考慮すべき事項として以下の2点を抽出した。

まず、多様な動植物の生息・生育環境となりえる水際環境を創出するため、水際を緩傾斜とする。表-1に水際を緩傾斜にする利点についてまとめている。水域から陸域への生物の移動、水深や流速の変化による多様な植物の生育などが利点として挙げられる。

表-1 水際を緩傾斜とすることの利点（多自然川づくりポイントブックⅢ¹⁾より引用)

水際を緩傾斜とすることによるメリット	確認種
水域から陸域に移動する生物の横断方向の移動経路となる	トノサマガエル、ニホンイシガメ、ミスズマン類など
水位上昇の際には穏やかな流れ場を作り、魚類の避難場所、小魚の生息場所となる	ヤリタナゴ、アブラボテ、ミナミメダカなど
水深や流速が複雑に変化し、多様な植生を持つ遷移帯が形成される	タコノアシ、ミスズキボシタなど
日光の照度、温度、湿度などが比較的限られた空間の中で大きく変化するため、そこに育つ植物や動物の種類も多様になる	全般

また、掘削時に発生する玉石をカゴに入れたものを石倉カゴとして河道内に設置することで、発生材を有効活用し処分コストの縮減が可能となるだけでなく、空隙を確保することで魚類や水生生物の生息場の拡大に寄与することも期待できる。



図-3 石倉カゴのイメージ図（機関誌ぜんない2019年7月第53号²⁾より引用)

3. 河道掘削形状案

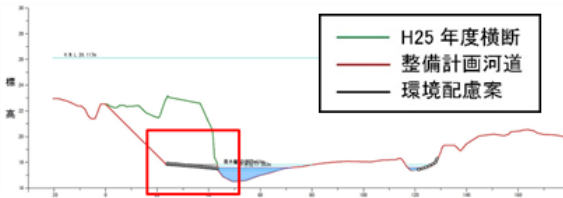
(1) 基本的な掘削形状タイプ

前項の課題とWGでの検討結果事項を踏まえ、本稿では以下の3つの基本的な掘削形状タイプを提案する。

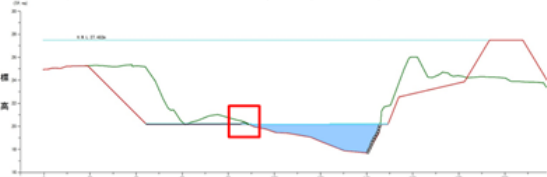
- ・ タイプ①：水際を緩傾斜とし玉石を敷き均す

- ・ タイプ②：タイプ①に加え水際を一部残す
 - ・ タイプ③：タイプ②の掘削面にワンドを設ける
- また、掘削面に石倉による水制を設置するという案もオプションとして設定している。次項にて各タイプの詳細について説明する。

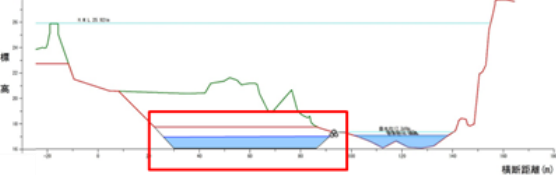
タイプ① 水深に変化をつけるため水際緩傾斜



タイプ② 豊水流量以下の断面を現況から変化させないため、水際一部残し



タイプ③ 水深に変化をつけるため掘削底面に变化をもたせたワンドを設置



水制オプション 淵に流れを集中させるため、淵の上流の対岸側に水制を設置

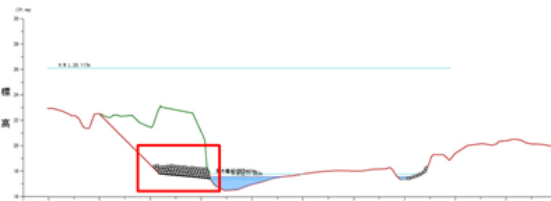


図4 今回提案する掘削形状タイプの一覧

(2) 各掘削形状タイプの詳細と設計意図

a) タイプ①

タイプ①では、水際を緩傾斜とすることで水深に変化を持たせ、多様な生物の生息・生育環境を創出することを意図している。具体的には低水位から豊水位までの緩傾斜とすることで、異なる流速・冠水頻度を持つ水際環境となるよう留意している。また、掘削時の発生材を有効的に利用し、対岸の淵や水衝部に石倉カゴ等を設置することにより、魚類や餌生物の生息・生育環境を拡大する。

今回の掘削対象範囲では、多様な水際環境を広範囲に渡って確保するため、このタイプ①を基本的な掘削形状として配置する。

b) タイプ②

タイプ②では、水際を一部残すことにより豊水流量程度まで現況と同程度の掃流力を維持することを目指す。それ以外の水際部について緩傾斜とする点、掘削時の発生材を活用し石倉カゴ等を設置する点は、タイプ①と同様である。

このタイプ②では淵の水深を維持することを目的としているため、淵の対岸に配置することを基本的な方針とする。

c) タイプ③

タイプ③では、より多様な生物の生息・生育環境を創出するためワンドを設ける。ワンドの深さについては、由良川の既存のワンドの深さを参考とし1 m前後とした。それ以外の形状についてはタイプ②と同様である。

ワンドの形状が維持されやすいよう、直線区間を対象としてタイプ③を配置する。

d) 水制オプション

以上の3つのタイプに加え、対岸に存在する淵の水深を維持することを目的として水制を設置する。河床変動が特に顕著になる低水路満杯流量程度の際に、流水を溇筋に集中させることによって、淵での土砂の堆積を防ぎ水深を保つことが期待される。

淵の水深の維持が目的であるため、淵の上流部に水制を設置し、水制の向きは流向に対し直角とする。

(3) 掘削形状の平面配置の詳細計画

上記の3つの基本的な掘削形状タイプの平面配置計画を図-5に示す。個々の箇所での掘削形状タイプの選定理由について、上流から下流に順を追って説明する。

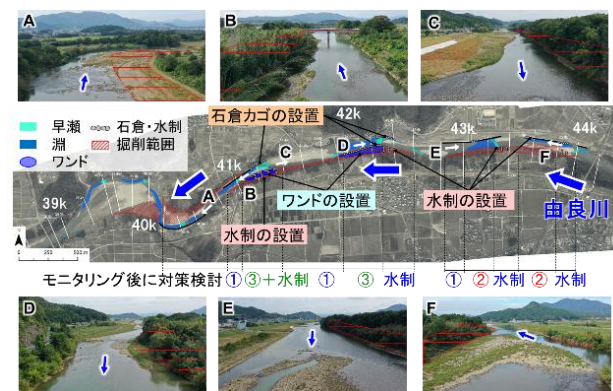


図-5 掘削形状の平面配置計画

a) 42.8-44.2k区間

図-6に示すように、淵が存在する区間については、淵の水深の維持を目的としたタイプ②を配置する。同時に、淵に流れを集中させるため、その対岸の上流部に水制を設ける。それ以外の区間については、基本形であるタイプ①とする。

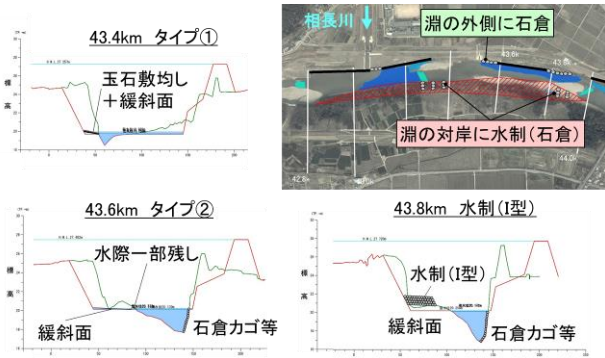


図-6 42.8-44.2km区間の掘削形状

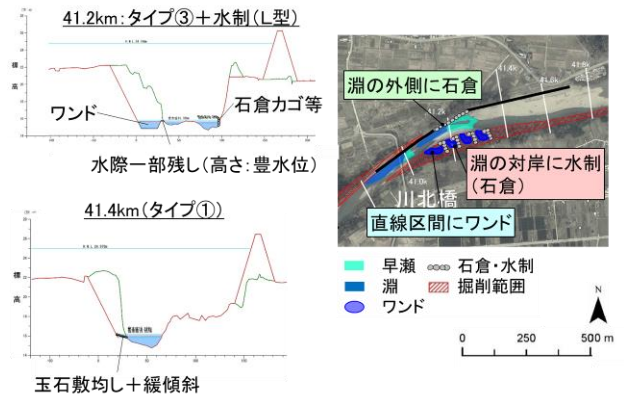


図-8 40.8-41.8km区間の掘削形状

b) 40.8-42.6km区間

この区間については直線的な河道地形を有し、ワンドの形状が維持されやすいと考えられることから、ワンドを設けるタイプ③とした。川北橋と戸田橋それぞれの上流部にワンドを設けるが、図-7と図-8に示す通り、両者を異なる形状としている。これは、どのような形状であればワンドが維持されやすいのか、また形状が異なることで環境に違いが出るのか、といった考察の一助となることを意図している。また、淵が存在する箇所については上記のa) 同様対岸に水制を設けるとともに、洗掘防止と魚類生息環境の創出を目的として石倉カゴを配置する。

c) 39.4-40.6km区間

この区間では河道が大きく蛇行しており、土砂が堆積しやすい地形特性を有している。そのため、当面モニタリングを行った上で対策工法を検討することとした。

4. 結果

(1) 流下能力の確認

本工事において水制工や石倉を設置することは、環境面での効果が期待できる一方で、河積が減少してしまうことを意味する。そのため、流下能力を満足しているかどうかについて検討する必要がある。

ここでは整備計画流量（福知山地点4,900 m³/s、戸田地点3,700 m³/s）での流量計算を行い、流下能力を評価する。また河道形状についても、整備計画河道と本稿で採用した河道（以下「改良案河道」と呼ぶ）の2種類で実験を行った。

結果を図-9に示す。整備計画河道と比べて改良案河道では、若干の水位の増加が見られるものの、計画高水位を下回っている。このことから、改良案河道が流下能力を満足していることが確認できた。

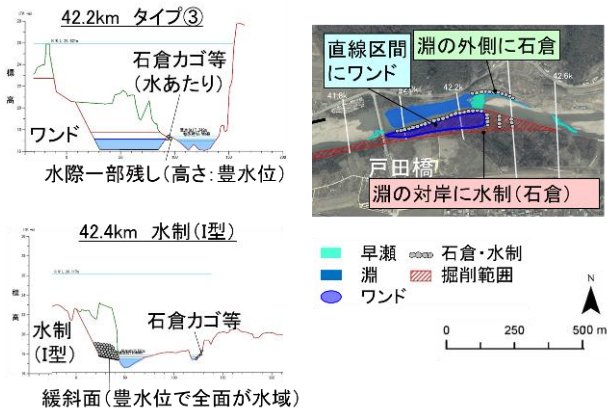


図-7 41.8-42.6km区間の掘削形状

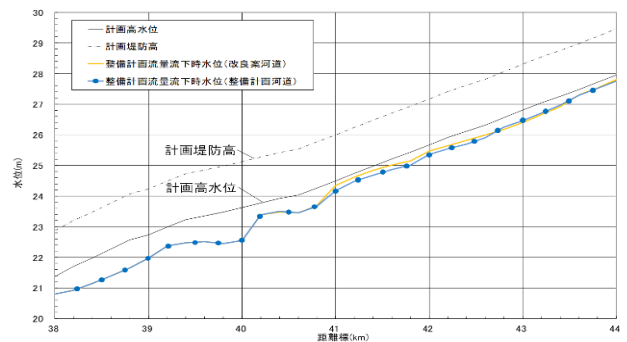


図-9 整備計画流量流下時の河川水位の縦断分布

(2) 平面二次元流況解析

平均年最大流量流下時の流速分布について掘削前後での変化を確認するため、平面二次元流況解析を行った。河道形状については、掘削前の形状、2.にて述べた掘削形状（原案）、改良案河道の3つのケースにて解析を行った。

結果を図-10に示す。まず掘削後の2案について、掘削前と比較すると、洪水時の流速が減少していることが分かる。これは、掘削により河積が増大し、同じ流量を流下させる際の流速が小さくなったためである。また、原案と改良案とを比較すると、特に水制を設置している箇所について流速が増加していることが伺える。これは、水制を設置したことにより水の流れを集中させることができていることを意味しており、淵の深みを維持する上で有利に働くことが確認できた。

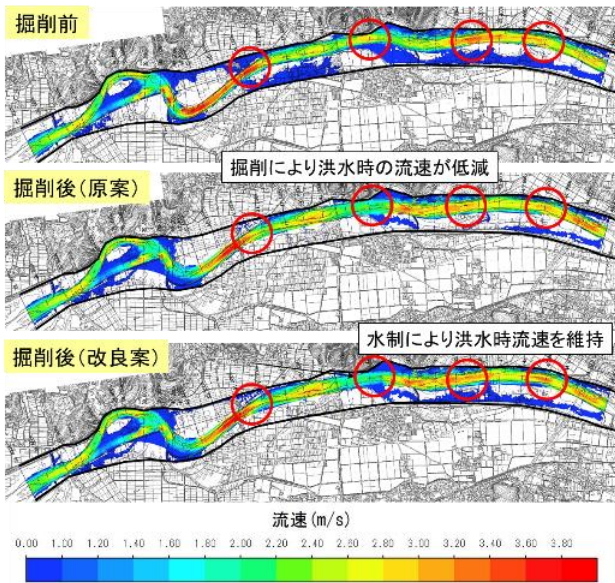


図-10 平均年最大流量流下時の流速分布。上から掘削前，原案での掘削後，改良案での掘削後の結果を示している。

(3) 河道掘削工事前後の施工箇所の空撮比較

以上の流下能力の確認および二次元流況解析の結果を踏まえ、2019（令和元）年11月より本河道掘削工事に本格的に着手した。図-11は、本工事の施工前（2019年10月）と施工中（2020年3月）の現場の状況を、ドローン空撮によって比較したものである。



図-11 河道掘削工事施工前後でのドローン空撮。左が施工前（2019年10月）、右が施工中（2020年3月）撮影。撮影位置については、各々42k付近（上）、41.8k付近（中）、41k付近である。なお本工事では河道掘削に加え樹木伐採も実施している。

図-11から分かるように、河道掘削により河積を拡大できたことが伺える。緩傾斜やワンドについても、施工中ではあるものの一部形が見えてきている。

5. 考察

(1) 今回提案する掘削形状案の意義と課題

過年度までの河道掘削工事と比較した今回の掘削形状案の利点は、大きく以下の3点にあると考えている。

- 河道掘削工事の枠組において、多様な動植物の生息・生育環境となりえる水際環境を創出する試みであること
- 既存の淵を維持するために水際を一部残し水制工を設置する、ワンド形状が維持されやすい直線河道にワンドを設けるなど、地形特性に根差した掘削形状を選定していること
- 掘削により発生した玉石について、敷き均しにとどまらず水制工や石倉カゴといった形で有効的に活用することで、処分費の縮減と新たな環境の創出という2つの異なる目的を同時に達成できていること

一方で、今回の掘削形状案には以下のような課題がある。

- 4. (2)にて述べたように、水制や石倉カゴといった

構造物は河積を減少させることに繋がるため、流下能力を満足しているとはいえ原案と比較すると水位が若干上昇している

- ・ 環境に十分配慮した河道掘削形状案にはなっているものの、実際に当初想定していた動植物の生息・生育環境が創出されるかどうかについて短期的に評価することは容易ではなく、継続的なモニタリングが必要である

(2) 今後の取り組み

今回の取組について、工事の完成を持って終わりにするのではなく、当該整備区間を拠点とした「まちづくり・地域連携・環境学習」の観点で、引き続き地域を巻き込んだ取組を実施することとしている。

この取組については、行政主導ではなく地域主導で実行するため、連携先として地元の福知山公立大学と取組を実行するための協議を実施しているところである。また、地域の大学と連携することで、これに関わる学生が我が町の魅力を見だし、福知山の魅力を発信していけるような人材を育成するという観点からも、有意義な取組であると考えている。

今後のモニタリングの継続の必要性についても言及したい。河道掘削工事はまだ施工直後であり、今回の河川環境整備の取組による効果の発現についての評価を行うには、引き続き生物環境の調査を行う必要がある。

掘削形状についても、淵への土砂の堆積は防止されているのかどうか、ワンドの形状が維持されているのかどうかといった観点からモニタリングを継続的に行い、由良川の他工区あるいは由良川以外の他流域での河道掘削工事における示唆を得ていくことも有益である。

6. まとめ

本稿では、由良川流域での近年の度重なる洪水被害の発生を踏まえた緊急治水対策において、良好な河川環境の整備に取り組んだ事例について紹介した。掘削形状の選定に当たっては、多様な生物の生息・生育環境が創出されることを目的として、低水位から豊水位まで緩傾斜を付けた上で、水際を一部残すもしくはワンドを設けるといった工夫を施した。また掘削時の発生材については、水制や石倉カゴとして有効活用することを心掛けた。今回の取組を発展させ、まちづくり・地域連携・環境教育を通して、地域を活性化させていきたいと考えている。

異動に関する補記：著者の池内寛明は、令和2年4月1日付人事異動により現職へ異動した。異動前官職は福知山河川国道事務所工務第一課であり、本稿の内容は異動前官職での所掌内容である。

謝辞：本稿は、2019（令和元）年9月から11月に掛けて福知山河川国道事務所が事務局となって開催した「由良川の環境に配慮した河道掘削検討WG」にてなされた議論に基づくものである。多くの貴重なご意見をいただいた委員の皆様と、本稿の執筆に当たりご助言をいただいた皆様に謝意を表す。

参考文献

- 1) 多自然川づくり研究会『多自然川づくりポイントブックⅢ』（公益財団法人 日本河川協会, 2008）
- 2) 機関誌ぜんない 令和元年 7 月第 53 号（全国内水面漁業協同組合連合会, 2019）p26.