

# 由良川中流域における河道掘削工事の環境配慮とモニタリング手法について

古賀 裕英<sup>1</sup>・芦田 聖<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 淀川河川事務所 桂川出張所 (〒615-8021京都府京都市西京区桂浅原町174)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 福知山河川国道事務所 (〒620-0875京都府福知山市堀小字今岡2459-14)

由良川は、幾度となく水害に見舞われてきており、H16年台風第23号及びH25年台風第18号により大きな被害があった箇所を「緊急的な治水対策」として法定計画である由良川水系河川整備計画の20～30年の事業内容を前倒して実施している。

今回の発表は、由良川中流域での河道掘削に関し、自然環境と豊かに残している由良川の河道特性を残しながら、緊急的な掘削手法のあり方について、インフラDXを用いたモニタリング手法を活用した結果への効果と今後の課題について報告する。

キーワード 由良川, 環境配慮, インフラDX, 維持管理

## 1.概要

今回、舞台となる「一級河川 由良川」は京都府北部に位置し、土師川と合流し日本海に注ぐ、流域面積1,880km<sup>2</sup>、幹線流路延長146km、流域関係市町人口約32万人の一級河川である。(図-1,2)

由良川は、中流部の盆地地形と下流部の狭隘な山間部となる特性から、昔から暴れ川と呼ばれ、幾度となく洪水に見回られて来た。

中流部に位置する綾部よりも上流は急勾配で流れが速く、綾部から福知山間の平地では緩勾配で流れが遅くなり、福知山から下流部では再び山間地となり川幅が狭くなるとともに、河床勾配も非常に緩くなる。

このため、上流から流れ出た洪水流は福知山盆地で溜まることになり、中下流部で洪水による甚大な被害が発生している。(図-3)

そのため表-1からも解るとおり、由良川の沿川住民は、高い頻度で発生する洪水への浸水被害への苦難の生活を強いられてきたといっても過言でなない。

平成16年10月の台風23号や平成25年9月の台風18号では福知山地点において計画高水位を超過する洪水が発生し、床上浸水が1,000戸を越えている。平成26年8月には秋雨前線の影響で福知山市街地で大きな被害が発生した。

そのため、福知山河川国道事務所では、平成16年台風23号洪水と平成25年台風18号洪水の両洪水で浸水した区間を対象に、概ね10年で整備を行う「由良川緊急治水対策」に着手した。



図-1 由良川位置図

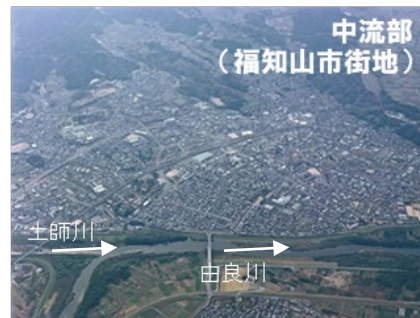


図-2 中流部の状況

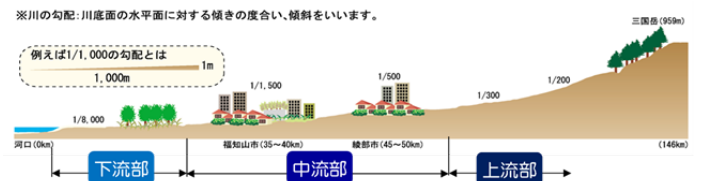


図-3 由良川における地形条件

西暦	起年月日	要因	福和山最高水位(m)	主な被害状況
1907	明治40.8.26	前線	8.48(推定)	死傷者20名、家屋の流出・全壊約1,000戸、家屋浸水47,000戸
1953	昭和28.9.25	台風第13号	7.80	災害救助法適用、死者36名、床上浸水5,307戸、床下浸水2,458戸
1959	昭和34.8.14	前線 台風第7号	5.48	災害救助法適用、床上浸水435戸、床下浸水735戸
1959	昭和34.9.26	伊勢湾台風 (第15号)	7.10	災害救助法適用、死者2名、床上浸水4,455戸、床下浸水2,450戸
1961	昭和36.10.28	台風第26号	5.33	災害救助法適用、床上浸水767戸、床下浸水1,540戸
1962	昭和37.6.10	梅雨前線	5.15	床上浸水188戸、床下浸水237戸
1965	昭和40.9.14	秋雨前線	5.42	床上浸水411戸、床下浸水1,534戸
1965	昭和40.9.18	台風第24号	5.22	床上浸水411戸、床下浸水1,534戸
1972	昭和47.9.17	台風第20号	6.15	床上浸水527戸、床下浸水1,024戸
1982	昭和57.8.2	台風第10号	5.45	床上浸水40戸、床下浸水85戸
1983	昭和58.9.28	台風第10号	5.57	床上浸水23戸、床下浸水49戸
2004	平成16.10.20	台風第23号	7.55	災害救助法適用、死者5名、床上浸水1,251戸、床下浸水418戸
2006	平成18.7.19	梅雨前線	5.00	冠水670ha
2011	平成23.5.29	台風第2号	5.14	冠水1,177ha、床上浸水3戸、床下浸水8戸
2011	平成23.9.20	台風第15号	5.73	冠水1,334ha、床上浸水2戸、床下浸水7戸
2013	平成25.9.16	台風第18号	8.30	災害救助法適用、床上浸水1,075戸、床下浸水544戸
2014	平成26.8.15	秋雨前線	6.48	災害救助法適用、床上浸水2,029戸、床下浸水2,471戸
2017	平成29.10.23	台風第21号	7.39	床上浸水1,04戸、床下浸水134戸
2018	平成30.7.5	梅雨前線	6.52	床上浸水226戸、床下浸水337戸

表-1 由良川における既往洪水の概要

この整備は、下流部の輪中堤と宅地嵩上げは概ね5年、中流部の連続堤と河道掘削は概ね10年間で実施するよう計画し、令和3年度に完成した。

## 2. 川北地区綾部地区における河道掘削について

中流部における整備においては、連続堤と河道掘削を行うことにしており、今回は河道掘削に当たっての環境への配慮事項とその結果について報告する。

河道掘削は、由良川緊急治水対策として37.0kから44.0kの区間、また、河川整備計画はさらに44.0kから48.6kの区間まで行う事となっている。

河道掘削を実施するにあたり、河道環境への影響に配慮した河道掘削形状の検討を行うためのワーキンググループ（以下、河道掘削WG）を設置し、令和元年9月に第1回WGを開催、第2回を令和元年11月、第3回を令和4年1月の計3回検討を行った。この河道掘削WGは由良川流域懇談会の下部組織として設置し、5人のメンバー及び2市町の首長をオブザーバーとして迎え検討を行った。（表-2）

・京都大学工学研究科准教授	音田委員(河川工学)
・明石工業高等専門学校教授	神田委員(河川工学)
・由良川河川環境保全モニター	永谷委員(魚類)
・由良川漁協福知山支部長	日和委員(河川利用)
・福知山河川国道事務所	事務所長
オブザーバー 福知山市・綾部市	

表-2 河道掘削WGのメンバー

この掘削WGでの検討について、37.0kから44.0kまでの川北地区の当初掘削時の方法は魚類等への影響を考慮し、水域の改変を避けるため、平水位相当の高さで平坦に掘削し、濁水予防の工夫として掘削時に発生した玉石を敷均す案である。

しかし、河道断面維持の課題として、河積の拡大に伴い、洪水時に土砂が水によって流れる力（掃流力）が低下し、土砂堆積が生じやすくなる可能性がある。

また、環境面の課題として、掘削形状が平坦なため、水際に変化がなく単調な断面となっており、環境に対する変化に乏しく、低水路幅の拡大に伴い平常時（平水以上）の流速が低下し、細かい砂の堆積が生じやすくなる可能性がある。そのため、事務所では2つの代替案を立案し掘削WGでの検討を行った。

- ① 水際を緩傾斜にすることにより水深の変化をつけ、多様な生物の生息・生育環境を創出する。  
玉石敷均しの役割として、魚類等の餌となる藻類の生育場所を創出する。  
掘削時の発生材を利用して、石倉カゴ等を設置し魚類や餌生物の生育・生息環境を創出する。
- ② 水際を一部残すことで、たまりを創出したり、河岸勾配をより緩傾斜にすることで多様な生物の生息・生育環境を創出する。  
掘削時の発生材を利用して、石倉カゴ等を設置し、魚類や餌生物の生育・生息環境を創出する。  
以上の2つの中から掘削方法について検討し4パターンの横断面図を設定し実施することになった。（図-4）

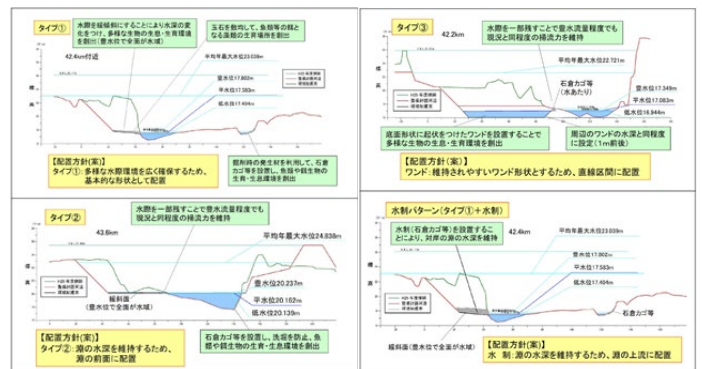


図-4 横断面図設定された掘削4パターン

また、モニタリングについても検討を行ない、これまでに実施している定期横断測量、河床材料調査、航空写真、河川水辺の国勢調査を継続することを基本とすることにした。河川水辺の国勢調査については既往調査では今回の掘削範囲（39.0k～44.0k）に調査地点がない項目もあるため新たに調査地点を追加し、掘削後の魚類等の生息状況を確認するものとした。

同じように44.0kから48.6kについても検討を行い、以下のように掘削を行うこととした。  
○低水路の掘削・拡幅を行わず、高水敷の掘削を行うことで、低水路の環境に影響を与えることなく、洪水時の河積の確保を行うこととした。

○高水敷の掘削に合わせ、部分的に湿地を創出することで魚類や底生生物の生息環境を整備し、より良い河川環境を目指す。

○河道内の樹木は出水時に水位をせき上げる原因となるだけでなく、河川巡視の支障、護岸等の損傷、有害な野生鳥獣の生息などについて課題となっていることから、河道内樹木は伐採することを基本とする。

○施工予定地は「あやべ由良川水生園」として、H12年にワンド等が整備されているが、今回の計画では、河道掘削を行う範囲を対象とし、現在の水生園で確認されるワンド・たまり地形を極力保全するとともに、新たに多様な生物の生息環境となり得る湿地(ワンド、たまり、氾濫原)の創出を行う。

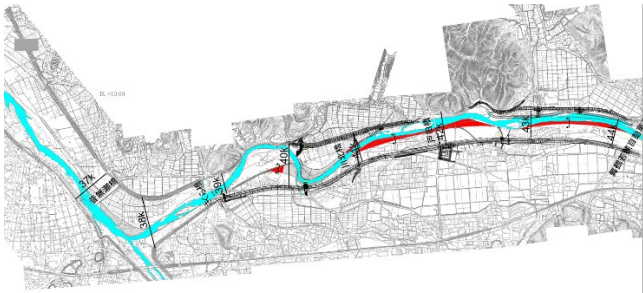


図-5 河道掘削位置図 (No. 37~No. 44)

### 3. モニタリングについて

掘削形状が土砂や生物環境にどのように影響するかを確認するため、以下の項目(表-3)について掘削完成後のモニタリング現地調査を実施した。

分類	調査項目	調査内容	調査目的
土砂環境	地形調査	VRS-GPSを用いた単点測量や深淺測量を行い、面的に河床高を測量する。	河床の変化の把握
	河床材料調査	現地における試料採取および室内分析	堆積土砂の粒度分布の把握
生物環境	魚類	・捕獲(投網、タモ網、刺網、延縄、もんどり、セルびん、カニかご、小型ネット) ・潜水観察	生息する魚類の確認
	底生動物	・定性採集 ・定量採集	生息する底生動物の確認

表-3 モニタリング実施項目

まず、項目については大きく「土砂環境」と「生物環境」分類される。そのなかで「土砂環境」については地形と材料のモニタリングを行う。

地形調査はGPSやGNSSを用いた測量を行い、河床高を測定し、極端な土砂の堆積や侵食が生じていないかを確認する。

この地形調査については、インフラDXの分野においてGPSやGNSSによる測量技術の大幅な進化により従来の測

量方法に比べて大幅な精度の向上と計測労力の低下に貢献した。

特に令和4年度の調査では、UAV搭載型近赤外線レーザー計測により行い、レーザー光が水を透過しやすい波長の可視光(緑色光)を利用して水域の地形データについても取得した。

このグリーンレーザーを使用した経緯としては、R2年度は陸上部についてはVRS-GPSにより1mのメッシュ精度で標高を測るとともに、水上部をADCP(ラジコンボート式)により水深を測っていたが、標高図を作成する際に水上と陸上で個別に計測した際に測量の空白範囲が生じるなどの不具合が生じていた。

R3年度は、陸上部および浅水部についてはVRS-GPSにより1mのメッシュ精度で標高を測るとともに、水上部は音響測深器(位置情報はVRS-GPS)により水深を測ることにより、測量の空白範囲は解消された。

そこでR4年度は、ドローンに搭載したレーザー測量器によるレーザー測量を実施した。

グリーンレーザーを使用することにより、○現地でのVRS-GPSによる測定は、造成直後の裸地では有効な手法だが、植生が発達すると現地を網羅的に踏査するのは難しく、また測定地点は調査者によってばらつくため、変化を把握する上では精度面での課題があった。

さらに現地を網羅的に踏査するのは、現地作業に多くの労力を要していた。

○それに対し、空中からのレーザーであれば、植生があっても測定でき、また精度はばらつきがなくなり、1mメッシュから50cmメッシュ程度に向上した。

○さらにVRS-GPS等による測量に比べ、現地での計測労力は大幅に削減された。

などの利点があった。

また、今回は空中写真も撮影し、オルソ画像も作成した。(図-6)



図-6 使用した計測機器  
(グリーンレーザー測距装置及UAV機体)

河床材料調査では、対象5地点の河床材料を採取し、粒度試験により粒度分布を確認することにより、魚類や底生動物などの環境に適した粒度を保持しているかを確認する。(図-7)



図-7 粒度分析 ふるい分け試験

また、「生物環境」では「魚類」と「底生動物」の2種類の捕獲調査を9箇所で行った。(図-8)

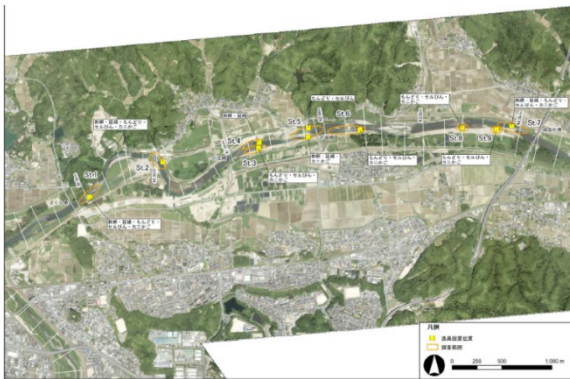


図-8 捕獲調査位置図

捕獲調査については重要種の有無について特に力を入れ、令和3年度には業務受注者の提案事項で間隙に潜む種や個体数の少ない種、コイ科の稚魚等、確認や種の同定が困難な種の生息状況を把握するため、設置したワンドにおいて補足的に環境DNA調査も実施した。

捕獲調査では確認されなかったヤリタナゴやアブラボテ、ドジョウ等の緩流域を好む重要種のDNAが検出された。また、重要種としてニホンウナギなどのDNAも検出された。

4. モニタリング3年間の結果総括

今回、モニタリングとしては掘削WGで計画したモニタリング期間4年間行うことにしている。(表-4)

大項目	調査内容	令和2年度				令和3年度				令和4年度				令和5年度			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
土砂環境	地形		●			●	●			●	●			○	○		
	河床材料			●			●				●					○	
生物環境	魚類		●	●		●	●			●	●			○	○		
	底生動物		●		●	●		●		●		●		○		○	

● : 実施 ○ : 予定

表-4 モニタリング項目と年次計画

このモニタリングを行った令和2年度から4年度の間の結果を総括すると、下記の様なことが判明した。

地形調査については、  
○ワンドの整備箇所においては、開口部が堆砂により閉塞している箇所が認められ、堆積傾向がみられた。(図-9)



図-9 ワンド施工直後(左:2021年5月31日撮影)と経過後(右:2022年10月26日撮影)の比較

材料調査については、  
○R4年度には大きな出水はなかったため、R3年度からR4年度における水制やワンドの施工箇所での河床材料の変化は、ほとんどみられなかった。(図-10)

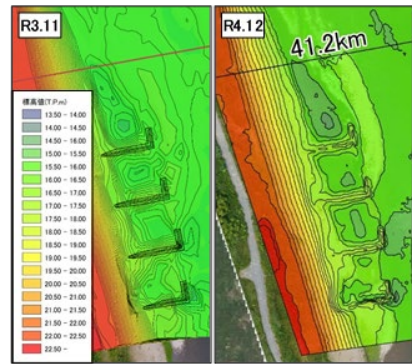


図-10 標高段彩図の比較

○今後は、大きな出水のあとに、地形測量とともに水制やワンドの施工箇所の河床の変化を把握するための調査を実施することが望ましいものとする。

続いて、魚類については、  
○種数は、全地点で40種と令和3年度とほとんど変わらないが、地点ごとにみるとやや増加傾向。(図-11)  
○個体数をみても、ほぼすべての地点において増加傾向。  
○ワンド整備箇所では、種数・個体数とも経年的に増加傾向。魚類にとって良好な環境が整備されているものと考えられる。

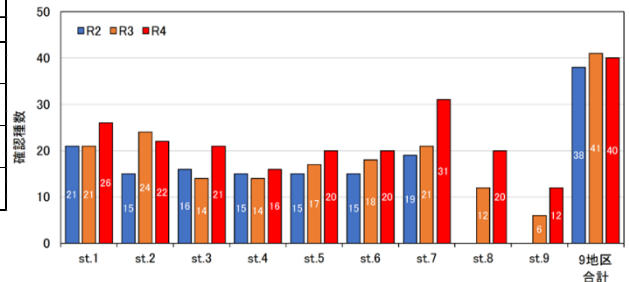


図-11 魚類の確認種数経年変化(R2~R4)



表6 工事前後の重要種確認状況(底生動物)

これまでの調査結果から、魚類、底生動物は工事前と同程度の種数・個体数が確認されており、令和2年度に確認されなかったアユやミナミメダカ等の魚類についても、令和3年度の調査以降確認個体数が増加しており、工事後に確認されていなかったクロダカワニナやミヤマサナエが本年度調査では確認されたことより、水域環境については工事の影響は小さく、回復傾向といえる。

創出したワンドは、ゼゼラ、チュウガタスズシマドジョウ、タナゴ類やオイカワ等の仔稚魚、ヌマエビ、キイロヤマトンボ、コオイムシ等の止水や緩流域を好む魚類・底生動物の生息環境となっており、今後水際に植生帯が形成できればより多くの魚類・底生動物等の生息環境となることが期待されるため、創出したワンドでの土砂撤去は生息種への影響に留意する必要がある。

令和3年度に実施された由良川河川水辺の国勢調査の魚類調査では、由由福5(工事実施済区間直上流)のワンドにおいてヌマガイやタガイといったタナゴ類の産卵母貝となる二枚貝類が確認されており、創出したワンドにこれらの二枚貝類が定着すれば、タナゴ類等の重要種の繁殖環境となることも期待されるため、引き続き注視していく必要がある。

5. 福知山河川国道事務所における河道掘削の今後の進め方について

今回、河道掘削において、環境に配慮した検討を行い掘削、モニタリングを実施してきたが、河道掘削を行う個所は、川北地区以外にも整備計画に基づき実施する箇所は下流域にも存在する。

今後は今回の事例をもとに掘削事業箇所全てに同じ様に行っていくことが望ましいが、昨今の気候変動による災害の頻発化等を考えると、治水対策は即効性も求められており、事務所内でも環境との両立はさらに検討していく必要がある。

また、総合水系環境整備事業の自然再生事業では、大きく目標とするビジョン(〇〇年代の由良川の自然を復活させる等)を設定し、指標種を定めるが、今回実施してきた環境に配慮した掘削はそのような、指標種や目標とするビジョンを定めているわけではない。

由良川自体は、築堤自体を最近行ってきたところであ

り、ほかの河川みたいに、事業で自然が失われたために復活させるというわけではなく、今ある自然豊かな箇所を失わない事を目標としているが、今後の環境に対するビジョンについては、由良川基本方針の変更及び整備計画変更時に方針を早急に定める必要があると考える。

また、モニタリング計画では、来年度で終了となっているが、考察からも引き続き継続してモニタリングを行い状況を確認しながら今後の対応を決定する方が良いと考える。(表-7)

調査項目	調査対象の調査項目	調査対象の調査項目	調査結果	評価	対応方針案
生物多様性	底生動物の調査結果	底生動物の調査結果	底生動物の調査結果は、工事前は 34 種、工事後は 44 種と工事後が多い。工事前はカワシロガが最も多く、工事後は比較的成れの移りかたが異なり増加すると思われる。アユやミナミメダカ等の魚類が確認され、底生動物の調査結果は、工事前は 187 種(4477)、工事後は 236 種(8317)種、底生動物の調査結果は、工事前は 19 種、工事後は 24 種(82:14 種、83:14 種、84:16 種)と工事後が多い。底生動物の調査結果は、工事前は 19 種、工事後は 24 種(82:14 種、83:14 種、84:16 種)と工事後が多い。	工事により一時的に底生動物の調査結果は減少した可能性があるが、工事終了後は底生動物の調査結果は増加したと見られる。	今後のモニタリングにより、底生動物の調査結果を確認する。
		アユ、アカガエルの調査結果	アユの調査結果は、工事前は全体的に減少傾向にあり、底生動物の調査結果は増加傾向にある。アカガエルの調査結果は、工事前は 13 種、工事後は 82 種(83:18 種、84:20 種)と工事後が多い。工事後はアユの調査結果は増加傾向にある。	工事により一時的にアユの調査結果は減少した可能性があるが、工事終了後はアユの調査結果は増加したと見られる。	今後のモニタリングにより、底生動物の調査結果を確認する。
		大型動物の調査結果	大型動物の調査結果は、工事前は全体的に減少傾向にあり、底生動物の調査結果は増加傾向にある。工事後はアユの調査結果は増加傾向にある。	大型動物の調査結果は減少傾向にある。	河川環境による影響は確認されていないが、河川環境の改善による影響を確認する。
		ワンドの調査結果	ワンドの調査結果は、工事前は全体的に減少傾向にあり、底生動物の調査結果は増加傾向にある。工事後はアユの調査結果は増加傾向にある。	ワンドの調査結果は減少傾向にある。	ワンドの調査結果は減少傾向にある。

表-7 河道掘削等の影響及び効果と対応

6. まとめ

昨今の気候変動による大雨の長期間化、災害の頻発化を考えると、今後河道掘削は水位を下げる大きな手法の一つとして重要性は高まり、沿川自治体、住民からの掘削の要望、早期完成要望などの意見が今後多数寄せられることが予想される。

しかし、我々河川技術者としては、気候変動に対応した治水安全度を向上させることはもちろんであるが、環境にも配慮しながら事業を進めることが河川法にも定められており、早期掘削の完成と環境に配慮した掘削をいかに両立し計画していくかが鍵となる。

今回、福知山河川国道事務所が行った方法やモニタリングを通して、少しの工夫で環境に寄与する河道掘削ができることが証明されたと言える。

環境に配慮する事業は、総合水系環境整備事業の自然再生事業だけではなく、河川改修事業でも十分に対応することができるため、今後河道掘削を行う際は、気候変動に対応した治水安全度の向上と、今ある自然を守り更なる環境の向上を両立させるような計画と実施を行っていくことが、今後国土交通省が進める、流域治水、グリーンインフラの足がかりになると考える。

謝辞: 由良川緊急治水対策が無事に完成しましたこと、関係者の皆様には改めて厚く御礼申し上げます。また、株式会社建設環境研究所様には論文作成にご協力いただき感謝申し上げます。