

3次元地形データを用いた河川の浚渫対策優先度の検討と河川管理システムの構築

河合 利巳・鈴木 裕三・櫻井 由起子・寺島 大貴・白井 正孝・落合 拓也（朝日航洋株式会社）

1. 背景と目的

近年、豪雨災害の激甚化・頻発化によって河川氾濫が多発したことを受けて、全国各地の河川における平常時からの浚渫による堆積土砂の撤去が重要な課題となっている。このような状況下で、国は社会的な要望を踏まえ、緊急浚渫対策事業を創設し、優先度の高い区間について地方公共団体の浚渫対策を支援している。また、航空レーザ測量等で取得した3次元地形データを活用した河川管理が、直轄河川を中心として広まっており、それに関連するデータの蓄積や解析技術の研究開発が進んでいる。

このような背景を受け、予算や人員不足で管理が行き届かないことの多い都道府県管理河川でも、3次元地形データを活用した河川管理の効率化・高度化への関心が高まっている。しかしながら、浚渫対策における重要区間の優先度を設定する基準やマニュアル整備等の具体的な方策は示されておらず、河川管理の現場では計画河床を基準とした一律の掘削や計画のない場合には、目視や住民からの要望をもとに浚渫箇所を決めているのが実態である。また、従来の縦横断測量に基づく断面上の情報では、土砂堆積量の詳細かつ高精度な空間分布の把握が困難である。そこで、本論ではこれらの課題に対応するため、航空レーザ測深（ALB：Airborne Laser Bathymetry）技術と3次元地形データの解析による新たな手法と仕組みを検討した。

2. 本論における検討の手順

2.1 検討手順の概要

上述の課題を解決するための、本論におけ

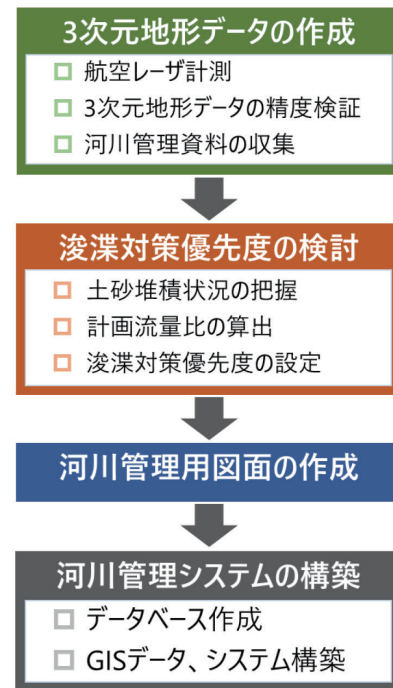


図1 検討手順のフロー

る検討手順を図1に示す。まず、対象河川をALBで計測して河道の3次元データを取得するとともに、河川管理者が所有する資料やオープンデータから河川管理上の情報を収集した。それらをもとに、河道の土砂堆積状況の把握や浚渫対策優先度の設定などを行った。さらに、設定した情報をGISデータ化して河川管理を支援するための河川管理システムを構築した。

2.2 浚渫対策優先度の考え方

ここでの浚渫対策優先度は、河道断面及び区間を治水上の重要性に応じてランク付けしたものである。

河道断面のランク付けは、河川管理者と協議の上、計画流量に対する現況流下能力の比率を「計画流量比」と定義し、その値が0.7未満の

断面をAランク、0.7以上かつ1.0未満をBランク、1.0以上をCランクと設定した。次に各断面が代表する治水上の危険箇所（区間）や、背後地の重要度などの河道特性を整理し、その該当数に応じてAランクを上限としてランクを上昇させて浚渫対策優先度を設定した。なお、今回の検討では、治水上の危険箇所を、支川合流部、河道湾曲部、橋梁の有無で、背後地の重要度をDID（人口集中地区）との該当有無で判定した。この河道特性によるランク上昇を取り入れた目的は、河道特性の観点から治水上の重要箇所についても優先度を評価して対策の実施につなげるためである。

このようにランク判定基準を客観的なものとしたことで、計画流量比の閾値の調整や河道特性の選択によって、河川管理の実態に則した柔軟な浚渫対策優先度の検討及び設定が可能である。

3. 3次元地形データの作成

3.1 航空レーザ計測

3次元地形データを取得する航空レーザ計測には、ライカジオシステムズ社のChiroptera II

を使用した。本機器は近赤外レーザとグリーンレーザを組み合わせることで、陸部と水部の地形を同時に計測する航空レーザ測深が可能なセンサである。

本検討では6河川を対象に航空レーザ計測を行い、3次元地形データを作成した。3次元地形データは、河道及び堤防法尻から100m程度を含めて背後地の情報も取得し、0.5m格子サイズのグリッドデータを作成した。計測時期は、植生が枯れてレーザが地盤に到達しやすく、また河川の水の濁りが小さくなる傾向にある冬季を選定し、2021年1月17日から2月4日にかけて計測を実施した。

各河川の諸元を表1に示す。

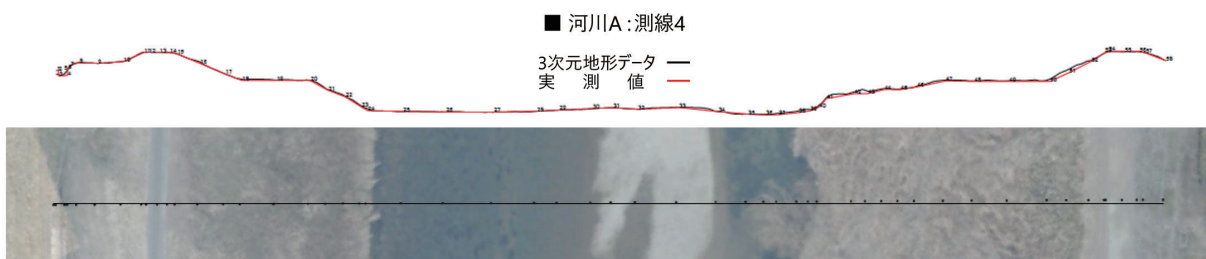
3.2 3次元地形データの精度検証

ALBで取得した3次元地形データの精度検証は、検証用に設定した測線で横断測量及び深淺測量を行い（図2）、その計測点上で3次元地形データと実測値との標高較差を求めることで実施した。また、河積についても同様に比較を行い、3次元地形データの較差による影響を検証した。

表1 対象河川の諸元

河川	計測延長 [km]	横断測線数 [本]	計測面積 [km ²]	河床勾配	計画流量 [m ³ /s]
河川 A	50.49	330	10.00	下流側：1/400～10,000	2,100～3,000
				上流側：1/100～1,000	650～2,100
河川 B	26.13	412	7.90	1/100～300	370～600
河川 C	8.93	45	4.08	1/350	1,200
河川 D	14.00	140	2.26	1/150～550	250～1,000
河川 E	6.85	70	1.40	1/120	110～270
河川 F	5.18	53	1.07	1/200	150～360

図2 横断測量（実測値）との比較による3次元地形データの精度検証例



3.2.1 標高値の較差による精度検証結果

標高較差による精度検証は、横断測線上の地表面を、「堤内地」「天端」「法面」「高水敷」「水部」「中州」に分類し、部位ごとに標高値の較差(3次元地形データ-実測値)の平均値及び絶対値の最大値、RMSE(平均二乗平方根誤差)を算出した。横断測線の精度検証結果を表2に示す。

RMSEにより精度を評価すると、12測線全体では天端が0.057m、法面と高水敷が約0.16mであった。また、水部では、レーザが川底に到達しない部分を除外したRMSEが0.106mであった。一方で、河川A:測線2の高水敷や河川B:測線2の法面では、それぞれ0.278mと0.327mのRMSEが示され、一部で相対的に大きな較差が生じた。

また、較差の平均値では、法面と高水敷で+6~7cm程度となっており、他の部位と比較して特徴的な傾向を示した。植生が密生していると、植生面の反射点を地盤面と誤分類しやすいことから、法面や高水敷のように植生が繁茂

していた部位でその影響が強く表れたものと推察される。

3.2.2 河道断面積の比較による精度検証結果

航空レーザ計測によって作成した3次元地形データは、植生の影響等により実測値と比較し

表3 河道断面積の比較による精度検証結果

断面	河道断面積 [m ²]		比率 [%]	較差率 [%]
	3次元地形データ	実測		
河川A:2	458.9	451.84	101.56	1.56
河川A:3	768.25	757.97	101.36	1.36
河川A:4	400.11	411.89	97.14	-2.86
河川A:5	218.17	224.42	97.21	-2.79
河川A:6	443.27	435.07	101.88	1.88
河川B:1	115.99	123.88	93.63	-6.37
河川B:2	179.51	186	96.51	-3.49
河川C:1	437.98	438.37	99.91	-0.09
河川D:1	244.39	248.18	98.48	-1.52
河川E:1	68.49	72.23	94.82	-5.18
河川F:1	112.59	116.17	96.91	-3.09
			平均値	-1.87
			RMSE	3.24

※ 河川A:1は実測が水部のみのため検証から除外

表2 標高値の較差による精度検証結果の整理表

単位 [m]

部位	項目	河川A						河川B		河川C	河川D	河川E	河川F	全体
		測線1	測線2	測線3	測線4	測線5	測線6	測線1	測線2	測線1	測線1	測線1		
堤内地	平均値	なし	-0.031	0.068	-0.039	-0.002	なし	0.057	0.093	-0.04	0.053	-0.001	0.06	0.01
	最大値	なし	0.203	0.121	0.245	0.382	なし	0.083	0.215	0.137	0.233	0.225	0.107	0.382
	RMSE	なし	0.107	0.085	0.085	0.181	なし	0.063	0.118	0.086	0.161	0.081	0.067	0.105
天端	平均値	なし	0.009	0.063	-0.007	-0.001	-0.044	0.044	0.025	-0.033	0.025	0.015	0.069	0.019
	最大値	なし	0.009	0.168	0.057	0.026	0.1	0.07	0.157	0.071	0.048	0.038	0.16	0.168
	RMSE	なし	0.009	0.09	0.033	0.015	0.053	0.064	0.075	0.037	0.027	0.021	0.078	0.057
法面	平均値	なし	-0.075	0.11	-0.011	0.125	0.01	0.109	0.232	-0.039	0.073	0.097	0.091	0.067
	最大値	なし	0.322	0.245	0.364	0.502	0.231	0.343	0.603	0.208	0.16	0.207	0.208	0.603
	RMSE	なし	0.174	0.126	0.147	0.201	0.109	0.174	0.327	0.077	0.09	0.143	0.119	0.155
高水敷	平均値	なし	-0.051	0.079	0.006	0.063	0.091	0.165	0.134	0.012	0.138	0.1	0.059	0.076
	最大値	なし	0.776	0.225	0.208	0.225	0.623	0.438	0.373	0.424	0.475	0.289	0.266	0.776
	RMSE	なし	0.278	0.111	0.064	0.101	0.186	0.197	0.176	0.1	0.18	0.184	0.126	0.161
水部	平均値	0.037	0.028	0.014	-0.007	0.065	0.064	0.117	-0.04	0.002	0.074	0.045	0.148	0.024
	最大値	0.178	0.083	0.237	0.593	0.228	0.212	0.483	0.512	0.11	0.104	0.371	0.187	0.593
	RMSE	0.074	0.047	0.085	0.103	0.104	0.111	0.22	0.167	0.041	0.076	0.204	0.15	0.106
中州	平均値	なし	-0.067	なし	0	0.004	なし	0.075	0.059	なし	なし	なし	なし	0.002
	最大値	なし	0.208	なし	0.043	0.025	なし	0.075	0.089	なし	なし	なし	なし	0.208
	RMSE	なし	0.094	なし	0.026	0.021	なし	0.075	0.062	なし	なし	なし	なし	0.065

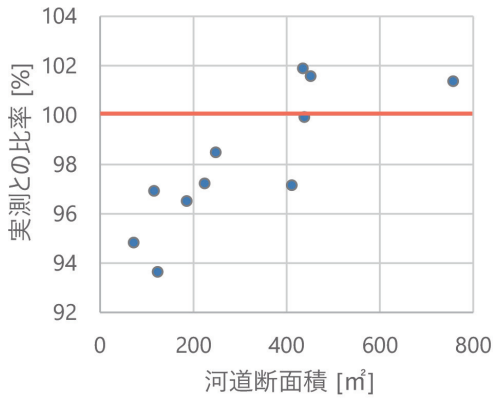


図3 河道規模（河道断面積）の実測比率の関係

て地盤が高めに捉えられやすいため、河道断面積が実測値より小さく算定される可能性が高い。そこで、各測線において両者の比較を行った。なお、河道断面積は流下能力を考慮し、H.W.L.（計画高水位）以下の部分で比較した。

その結果、表3に示すように、3次元地形データから算定した河道断面積は実測を100%とした場合、最小で93.63%、最大で101.88%、100%を基準とした較差（較差率）の平均値は-1.87%、RMSEは3.24%となった。また、河道規模ごとに河道断面積の実測との比較（比率）の関係を表すと図3のようになり、河道断面積が小さいほど、実測値に対する比率は小さくなる傾向が見られた。これは、河道断面積が小さいほど、実測値より高く計測された部分が断面積全体に占める割合が大きくなる傾向が示されたものと推察される。

4. 浚渫対策優先度の検討

4.1 土砂堆積状況の把握

土砂堆積状況は、横断測線ごとに土砂堆積

率を算出することで把握した。土砂堆積率は、河道断面（H.W.L.と計画河床高に挟まれた領域）に占める土砂堆積部の面積比率と定義した（図4）。計画河床高が未設定の区間では、河川横断構造物の河床部高さを縦断的に結んだラインの標高値を用いた。また、構造物間の縦断距離が長く直線的な結線だと河床勾配との乖離が大きくなる区間では、水理計算によって現況断面で計画流量を流下させることができる河床高を求めることで代用した。

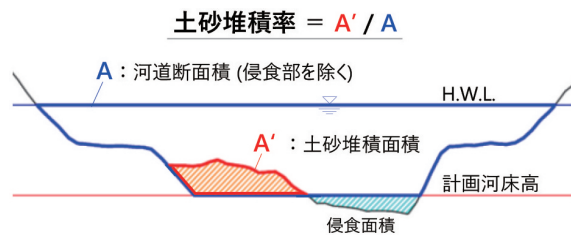


図4 土砂堆積率の算出方法

4.2 土砂堆積状況の算定結果

各河川の土砂堆積状況は図5のようにグラフを用いて整理した。図5は、河川Aの下流側20km区間の土砂堆積状況を示したグラフである。横軸が区間、縦軸（左）が河積、縦軸（右）が土砂堆積率（折れ線）を表しており、河積は堆積・侵食面積と現況断面積の内訳を表している。

4.3 計画流量比の導入

「2.2浚渫対策優先度の考え方」で述べたように、本論では計画流量比を主要基準に浚渫対策優先度を検討した。この計画流量比を導入した目的は、氾濫リスクの高い河道断面を客観

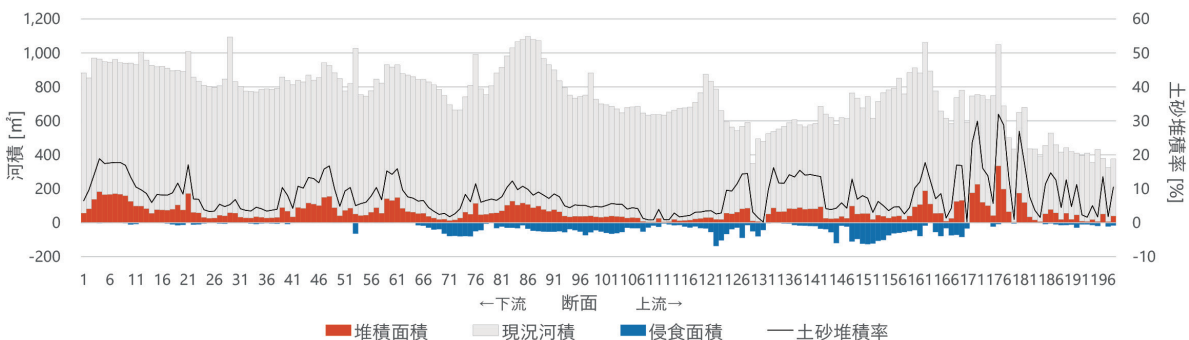


図5 河川A土砂堆積状況グラフ（下流側20km区間）

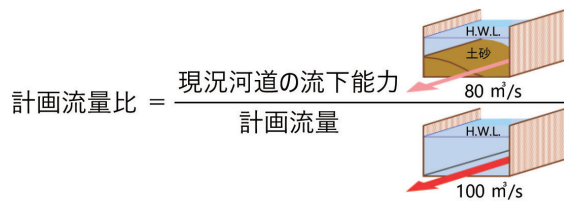


図6 計画流量比の算出方法

的かつ効率的に抽出し、当該箇所の優先的な対策事業の実施につなげることで、河道全体の治水安全度を高めることである。これは言い換えると、治水安全度が十分に確保された断面では、不要な掘削をしないで済むということであり、特に堤防区間外において事業費の節約や環境負荷低減の面でメリットが大きい。

計画流量比は図6に示すように、河川整備計画に定められた計画流量に対する現況河道の流下能力の比で算出した。この図の場合、計画流量比は0.8となる。なお、現況河道の流速は、現況横断面から Manning式により計算した。

計画流量比を分析に用いる利点は、土砂堆積が進んだ複数の河道断面の中から氾濫リスクが高い箇所と、それ以外を区別し特定できるこ

とである。土砂堆積が生じていても、その河道断面が計画流量比1以上であれば計画に対する治水安全度が確保されているため、浚渫対策の対象から除外することができる。

この効果を検証するため、河川Aの断面を土砂堆積率の値に応じて抽出し、その中で計画流量比1以上の断面数と割合を集計した(表4)。その結果、河川Aでは全断面のうち66.6%が計画流量比1以上であり、浚渫対策の必要性が低い断面であった。さらに、土砂堆積率が20%を超える断面に限定しても半数近い48.5%が計画流量比1以上であり、土砂堆積率だけで浚渫対策優先度を判断することが効果的ではないことが示された。一般に堤防区間を除けば、自然状態に近い河川の流下能力は縦断方向に一様ではなく、現況河道で計画流量を満たす断面が少なからずあると考えられる。この結果は、そうした自然河川の特性が表れたものと考えられる。

表4 浚渫の必要性が低い断面の集計

土砂堆積率 [%]	全断面数	計画流量比が1以上の断面数	割合 [%]
>30	4	1	25
>25	18	8	44.4
>20	33	16	48.5
>15	76	43	56.6
>10	139	86	61.9
>05	236	156	66.1
>00	329	219	66.6

4.4 河道特性によるランク調整とデータベースの作成

計画流量比に基づきランク付けした各河道断面に対して、該当する河道特性(橋梁、合流点、湾曲部、DID)の数に応じてランクを上昇させる調整を行い、浚渫対策優先度を設定した。さらに、ここまでの手順で整備された各河道断面の流下能力や浚渫対策優先度、土砂堆積状況、河道の箇所特性等の情報をデータベース化した(表5)。

表5 浚渫対策優先度検討のデータベース化

測線	計画流量 [m³/s]	現況流下能力 [m³/s]	計画流量比	計画流量比ランク	河道特性(左岸)		河道特性(右岸)		河道特性(共通)		調整後ランク		浚渫対策優先度
					合流部	DID	合流部	DID	湾曲	橋梁	左岸	右岸	
kp.xxx	1000	186	0.19	A	0	1	0	1	0	0	A	A	A
kp.xxx	1000	1,388	1.39	C	0	1	0	1	0	0	B	B	B
kp.xxx	1000	1,074	1.07	C	0	1	0	1	0	0	B	B	B
kp.xxx	1000	1,233	1.23	C	0	1	0	1	0	0	B	B	B
kp.xxx	1000	1,002	1.00	C	0	1	0	1	0	0	B	B	B
kp.xxx	1000	984	0.98	B	0	1	0	1	0	0	A	A	A

4.5 浚渫対策優先度の検討結果

図7は各対象河川の浚渫対策優先度の割合と箇所数を集計したものである。棒グラフで浚渫対策優先度の割合を、数値で各ランクの箇所数を示している。このように浚渫対策優先度を用いることで、治水上のリスクと浚渫対策の緊急性が高い箇所がどの程度存在するかを把握することができた。

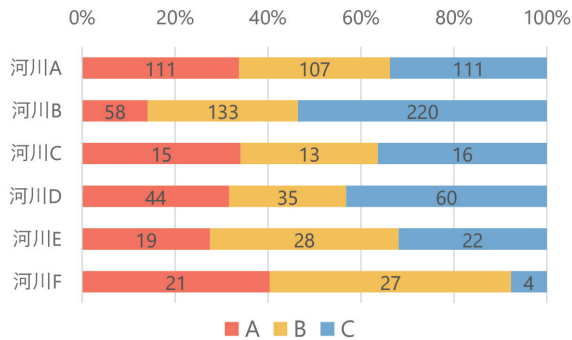


図7 浚渫対策優先度の集計表

5. 河川管理用図面の作成

土砂堆積状況や浚渫対策優先度を地図上で可視化し、行政の河川維持管理を効果的に支援する図面を作成した。

(1) 浚渫対策優先度図

浚渫対策優先度図は、河道区間線を浚渫対策優先度に応じて着色し、各河道特性の要素を表示して、河道全域における浚渫対策優先度の分布を可視化した(図8)。なお、対岸同士で優先度が異なる区間は、支川合流部の有無やDIDとの重なり等が左右岸で異なることを反映しているためである。

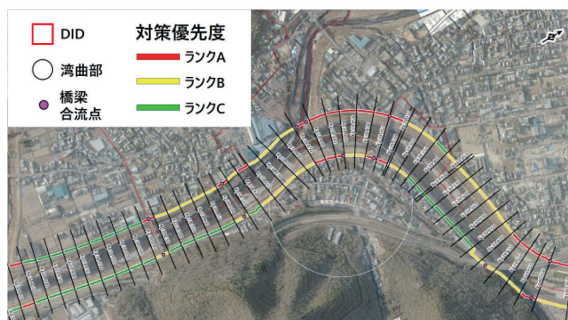


図8 浚渫対策優先度図

(2) 土砂堆積図

土砂堆積図は、現況(3次元地形データ)と計画河床面の標高差分値に応じて段彩色を割り当てたもので、河道の土砂堆積・侵食分布を把握することができる(図9)。

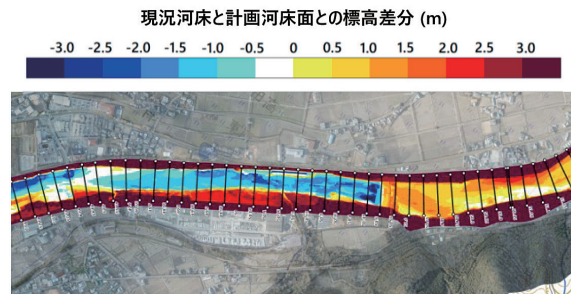


図9 土砂堆積図

(3) H.W.L.との比高段彩図

比高段彩図は、現況(3次元地形データ)と堤内地側まで延伸させたH.W.L.面の標高差分値に応じて段彩色を割り当てたものであり、堤防の漏水や堤内地の浸水リスクを把握することができる(図10)。

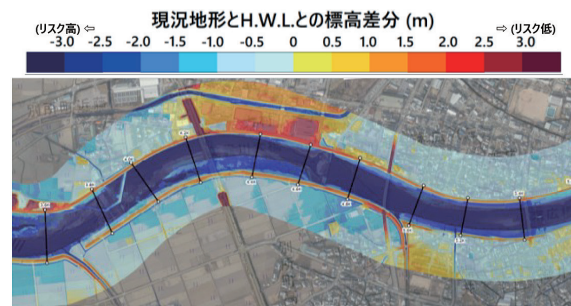


図10 H.W.L.との比高段彩図

6. 河川管理システムの構築

3次元地形データ及び4.4節で説明したデータベースを管理及び利活用するため、GISベースの3次元表示機能を有する河川管理システムを構築した。

河川管理システムには、データベースを属性情報として紐づけた距離標や横断測線、堤防縦断線等の地理空間情報のほか、作成した河川管理用図面を搭載した。また、本システムの導入にあたり、国土交通省が推進する三次元

河川管内図の要求機能に加えて、地形断面情報のデータ出力、印刷レイアウト機能の強化、外部ファイルとの連携など河川管理者の業務を支援する機能を追加した。

これらの取り組みにより、限られたリソースを有効活用し、治水上の安全度と重要性を考慮し、必要な箇所に重点的な対策を講じることができる仕組みを構築した。

7. まとめ

本論では、3次元地形データをもとに算出した計画流量比を指標とすることで、河道の治水安全度を確保しつつ、過剰な浚渫の防止による環境配慮との両立や、事業費及び人的資源の効率的な配分を目指すための、客観的かつ汎用性の高い浚渫対策箇所の選定手法を検討した。また、その過程で河川管理の実情に則したデータ整理や解析手法、利活用方法をシステムに反映することができた。

本論の手法に基づく浚渫対策優先度の設定では、ランク分けを行う際の計画流量比の閾値設定や、河川管理の実態に則した適切な河道特性の選択によるランク調整が重要であるため、多様な河川の条件に応じた調整方法を検討することが今後の課題である。さらに、浚渫する場合には環境面にも配慮した複断面的な河道の提案を効率よく実施できるようにすること、3次元地形データを活用した河川管理の合理化

を推進することなども挙げられる。また、行政職員へのデータ利活用の普及・啓発や、3次元データをはじめとする各種データの継続的な更新体制を構築することも肝要と考える。

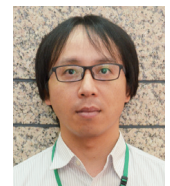
■参考文献

- 1) 河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)、国土交通省、2020
- 2) 川野 竜平：航空レーザー測深(ALB)を活用した河川状況の把握と今後の展開について、国土交通省近畿地方整備局、近畿地方整備局研究発表会 論文集(pp.1-4)、2022
- 3) 原田 守啓・萱場 祐一：河道の限界－治水と環境が調和した持続可能な河道についての一考察、公益社団法人 土木学会、河川技術論文集 第28巻(pp.451-456)、2022

■執筆者

河合 利巳(かわい としみ)

朝日航洋株式会社



(共著者) 所属は筆頭著者に同じ

鈴木 裕三(すずた ひろみ)

櫻井 由起子(さくらい ゆきこ)

寺島 大貴(てらしま だいき)

白井 正孝(しらい まさたか)

落合 拓也(おちあい たくや)