

河川における新しい技術の導入 ～革新的河川技術プロジェクトから 大河川の多自然川づくりまで～

土木研究所 上席研究員

中村 圭吾

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2021年8月

河川における新しい技術の導入

～革新的河川技術プロジェクトから大河川の多自然川づくりまで～

Implementing New Technologies in Rivers

Innovative river technologies and river restoration in Class A Rivers

中 村 圭 吾

Keigo NAKAMURA

1. はじめに

気候変動における災害の激甚化や建設分野における人手不足、あるいはAI技術の進展などを背景として、新技術の開発と導入が激しくなっている。特にコロナ禍以降は、「グリーン」と「デジタル」をキーワードとして、「流域治水」政策なども相まって、河川分野の新技術導入がいっそう加速している。

国土交通省では、「革新的河川技術プロジェクト」と銘打ち、河川行政における技術課題や政策課題を解決するため、企業等が持つ先端技術や既存技術を現場に速やかに導入することを目指し実施する技術開発を進めており、これまで、洪水時の観測に特化した低コストの水位計、全天候型ドローン、簡易型河川監視カメラなどを開発してきている。現場においてもドローンなどを代表とする3次元データの活用が進んでおり、その実装のために、さまざまな工夫や制度の変更などを実施しているところである。

ここでは、新しい河川技術のうち、筆者が開発に関わっている3次元データ用いた河川CIM（3次元川づくり）の現状を中心に、合わせてQ&A集が発行されるなど、技術の整理・体系化が進む、大河川における多自然川づくりの技術についても紹介する。

2. 河川CIM（3次元川づくり）の考え方と標準化に向けた取組み・課題

2. 1 川づくりの高度化を目指す

3次元川づくりを進める環境が整ってきている。河川測量は航空レーザ測深（ALB: Airborne LiDAR Bathymetry）、いわゆるグリーンレーザなどを活用し、原則として「点群測量により実施すること」¹⁾となった。設計段階はやや遅れが目立つもののBIM/CIM（Building/Construction Information Modeling /Management）を活用する環境・ツールが急速に整備されつつある²⁾。施工段階においてはi-Constructionの進展により、ICT建設機械の活用が直轄事業などを中心にすでに一般的なこととなってきた。さらに、河川管理においても3次元データの活用マニュアル³⁾が策定され、3次元管内図などの考え方も出てきている。

「河川CIM」は3次元モデルやICT施工技術を最大限活用することで、川づくりの大幅な高度化を図る河川マネジメント手法であると言える⁴⁾。ここで「高度化」は、治水と環境の融合といった「多自然川づくり」の理念の実現に加え、それを可能とする余裕を生み出す生産性の向上も含んでの意味である。3次元データの特性を生かし、河川の背後地も含めた治水、自然環境も含めた景観評価、場合によっては、生態系ネットワークの評価なども視野にいれることが重要である。

土木研究所では、実践的な河川CIMの構築を目指し、熊本大学的小林一郎特任教授を委員長として「河川CIM標準化検討小委員会」（以下、小委員会）⁵⁾を令和元年に立ち上げ、九州地方整備局や九州技術事務所、福井河川国道事務所などいくつかの実践グループの取り組みを通じて、実務上遂行可能な3次元川づくりの標準の構築を検討した（令和3年6月終了）。オブザーバーとして国総研・河川研究室や本省・河川保全企画室なども参加した。

ここでは、小委員会の議論等をベースに、河川CIMの考え方や取り組みの現状、そこから見えてきた課題について紹介する。

2. 2 生産性向上が期待できる河川CIM

河川CIMの目標は生産性向上が主でなく、川づくりの高度化にあると前段で述べたが、実は河川CIMは、他の分野のBIM/CIMと比較して、最も生産性向上が期待できる分野である。なぜなら、河川では土工が主であるため、調査段階から施工まで3次元データをシームレスに活用できるからである。橋梁等であれば、フロントローディングにより設計段階の精度を向上させることにより、施工段階での手戻りは抑制できるものの、施工の生産性自体がBIM/CIMによって大きく向上するものではない。しかしながら、河川においては3次元設計を実現することにより、ICT建設機械にシームレスにデータを渡すことができればそのまま施工段階へ移行可能であり、大幅な生産性の向上が期待できる。さらに河川CIMを維持管理段階にも利用することで、維持管理から再び計画、設計、施工そして管理といったサイクルを回すことで、河川マネジメント全体を通じた生産性向上が期待される⁴⁾。

2. 3 河川CIMの流れ

小委員会では、河川CIMにおけるデータ運用を、データをアーカイブし管理する部分と、実際の施工現場での運用である部分とに分け、相互のやり取りを想定した取り決めを提案している。それらを示したものが図-1であり、データ管理部分を左側、そこから各現場でのデータフローを右側に描いている。

まずデータ管理については、グリーンレーザ等による広域的な点群測量と各々の現場単位で行われている測量成果について、データの範囲や解像度、種別に応じて国土地理院と河川管理者等が分担・管理し、網羅的にデータベース化されている状況となることを想定する。ここでの課題は次章で述べるが、すでに独自に点群データをアーカイブ化し、公開している自治体もある⁶⁾。

事業の第一段階となる①測量については、基本的には前述のデータベースから参照できることを想定するが、不足がある場合は必要に応じて測量を実施する。②一次検討では、2次元水理計算ソフトウェア（iRICソフトウェア⁷⁾など）を用いた治水・環境の検討を行う。③詳細検討では、ワンドや細流などの設計や、景観設計などを行う。ここではゲームエンジン（Unreal Engine等）を活用し地形を仮想空間上に投影することで、人間の視点や感じ方を加味した設計ができるようになる。得られた詳細検討地形を3D CADソフトウェア（Autodesk社 Civil 3D等）を用いてLandXMLなどICT施工に必要なデータ形式に変換し、ICT建機によって施工する（④施工準備）。完成した新たな地形を⑤維持管理段階でデータベースの更新を行い、3次元管内図などにより活用する。一次段階の計算ソフトや景観設計、詳細設計に用いるソフトについては、ここに挙げているなかにも無料や非常に安価に利用できるものが増えている。一般的に使用できる形でデータをやり取りすることにより、多様なソフトウェアの活用など、汎用性の高いものとなるであろう。

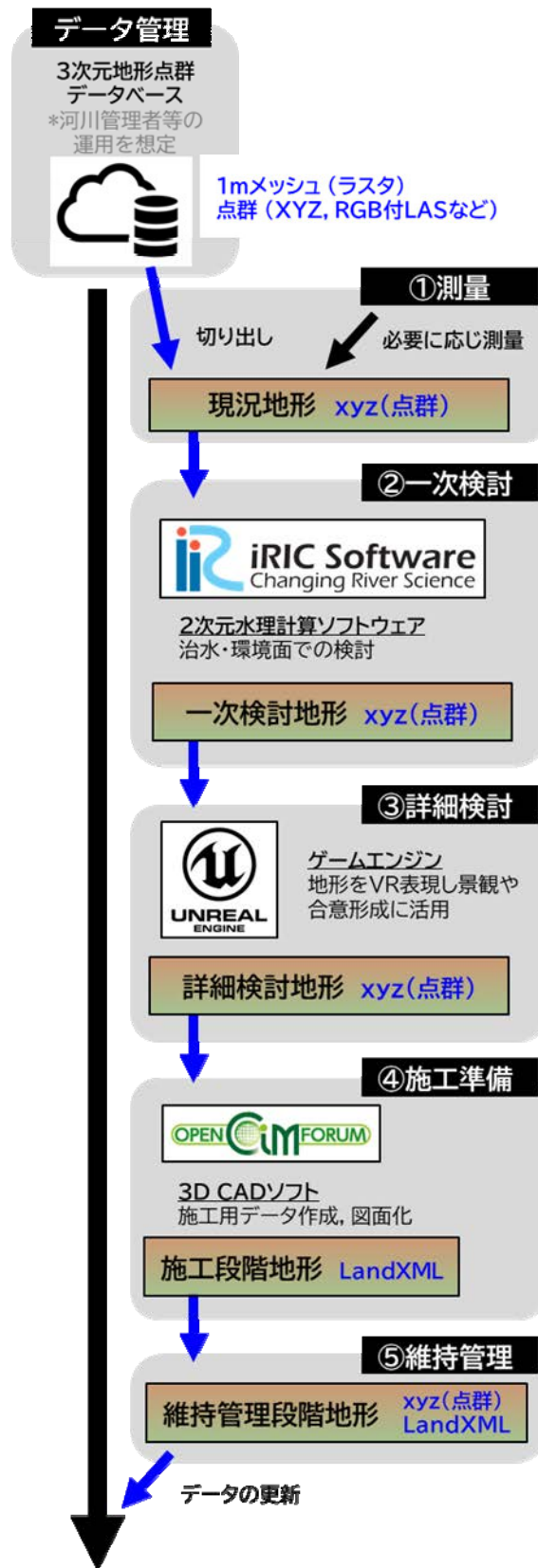


図-1 河川CIMデータの流れ

2. 4 河川CIMの各段階の現状と課題

(1) 現況地形

現況地形の測量は、直轄河川においてはグリーンレーザによる測量^{8), 9), 10)}が一般的となっており、透明度が高く全川にわたってグリーンレーザで測深できる場合はあまり問題がない。濁りや水深の問題などでグリーンレーザが使用できない、あるいは部分的にしか使用できない場合は、音響測深（ソナー）や実測による補測が必要であり、コストの上昇やデータの統合の最適化などの問題を検討する必要がある。実測の場合はそもそもデータが3次元的でない、という問題がある。

運用するデータとしては、目的によって異なってくるが、おおむねDEM（グリッドデータ）1mで整備すれば問題ないと考えており、本省のマニュアル(p. 3-17)³⁾も1mを標準としている。活用するデータとしてはXYZの点群データが中心となる。DEMの元となるグランドデータやオリジナルデータではRGB（色の情報）や反射強度を記録することも可能なLAS形式で保存しておく、と、景観の検討や河床材料の分析（※開発段階¹¹⁾）にも活用できる可能性がある。

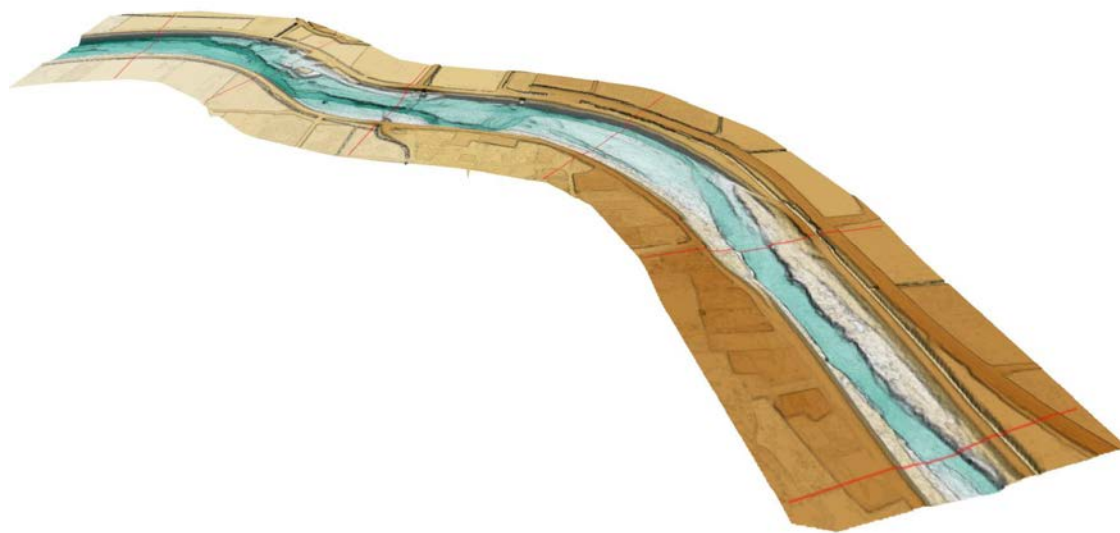


図-2 現況地形の一例（九州地方整備局作成）

(2) 一次検討

一次検討は、治水で言えば、計画流量から一次計画断面を設定する段階となる。3次元設計の考え方としては大きく2つあり、ひとつは「従来の2次元設計の手法を活かし、結果として3次元設計となる手法」、もうひとつは「3次元のまま設計する手法」である。前者は、これまでの設計技術の経験が生かせる方法で、後者は新しいタイプの設計技術や経験が必要と考えられる。土研では前者としてRiTER Xsec²⁾、後者として国総研と協力しながらRiTER 3D¹²⁾、九州技術と連携しながらRiTER VR¹³⁾の開発を行っている。ここではまずiRICソフトウェアをベースとしたRiTER Xsecを紹介する。RiTER VRについては、(3) 詳細検討の項で紹介する。

iRICソフトウェアは無料で高性能な2次元水理河床変動計算ソフトウェアとして広く活用されているが、基本的に現象再現のためのソフトウェアであり、実務的に河道設計に用いるためには、いくらか改良が必要であった。そこで、土研では、iRIC研究会と連携し、本ソフトウェア上での地形編集機能（RiTER Xsec）を開発し、より実践的に河道設計に活用できるように改良した。先ほどの「従来の2次元設計の手法を活かし、結果として3次元設計となる手法」をコンセプトに、横断形作成の操作性の改善、官民境界の旗揚げ、既存の図面の重ね合わせ機能、データコンバート機能、DEMから任意間隔で断面図を切り出す機能などの追加を行った。横断の改良が平面図に連動するため分かりやすく、これまでの図面による設計の感覚で川を設計するこ

とにより、結果として3次元設計を行うのがRiTTER Xsecの特長である。その機能はすでにiRIC本体に実装されている。

河川環境への影響を一次検討段階でチェックするツールとして土研ではEvaTRiP¹⁴⁾をiRICソフトウェアのソルバ（解析機能）として開発し、その改良版として令和2年度末にEvaTRiP Proをリリースしている。主に改良復旧などの中小河川の災害復旧工事による影響を簡易に評価するツールとして開発しており、特定の魚種の生息場の変化や、瀬や淵の位置や面積の変化をiRICソフトウェアの水理・河床変動計算ソルバなどと組み合わせて評価する。このソフトを活用して、河川の生息場（例えば瀬や淵）の分布などが大きく変化しないか確認することが可能である（図-3に一例を示す）。EvaTRiP Proでは、瀬淵分布を容易に表示する機能や計算の自由度を増した開発となっている。なかでも世界中で利用されるプログラム言語であるPythonに対応したことも大きい。

土研では災害復旧時には、これらの機能を活用して、図-4に示すプロセスで、3次的に複雑な本来の河川地形をベースとして治水・環境面から問題のない川づくりが出来ることを目指している（図-4）^{2), 14), 15)}。

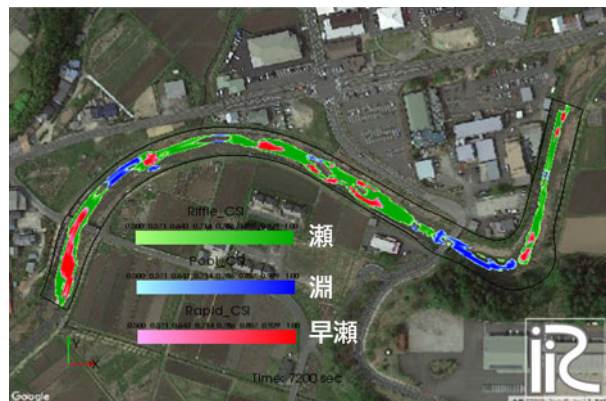


図-3 EvaTRiPによる瀬や淵の分布確認

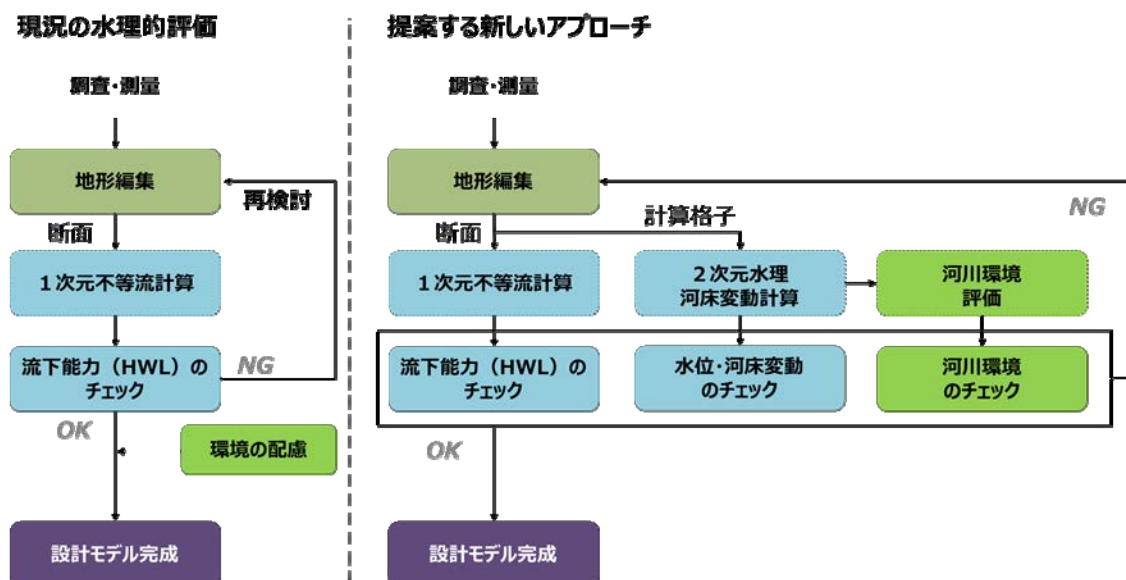


図-4 災害復旧時の治水と環境の両立した川づくり（左：現状、右：新しいプロセス）

（3） 詳細検討

一次検討で治水と環境の両面からチェックした河道に、さらにワンドや細流、あるいは水際設計などのディテールや周辺も含めた景観設計を行うのが詳細検討段階である。詳細検討段階はすべての河川設計に行う

ものとは考えていない。河川の重要度によっては実施せずに、一次検討から施工段階に行く場合もあるであろう。ただし、その場合にこれまで“現場合わせ”として、実施してきたワンドや瀬淵の創出、寄せ石などの工夫を3次元の図面にどう反映させるか、完成検査はどうするかなど、実務的には制度設計上の工夫がさらに必要である。

詳細検討については、九州技術事務所を中心に土研とも連携しながらRiTER VRの開発を行っている。これはゲームのソフトウェアに用いられるゲームエンジンであるUnreal engineを河川の設計に用いようとするもので、前段で作成された3次元データを読み込み、その表面に様々な素材のテクスチャーなどを張り込むことにより、比較的簡易にリアリティの有る仮想現実（VR: Virtual Reality）空間を作成できるものである（図－5）。VR空間化することのメリットは、単に施工後の地形や景観が分かりやすくなるということだけではない。ヘッドセットを用いれば、その場に立ったときの奥行き感、高さ感、景色の移り変わりといった、図面だけでは困難だった部分までも認識を共有でき、地域住民などの利害関係者や有識者等との合意形成の場面では強力なツールになりうる。このソフトウェアには、粘土模型のような直感的な操作で、掘削・盛土も行う機能が備わっており（具体イメージは参考資料¹⁶⁾の動画参照）、ヘッドセットで見ながら地形を変えて合意形成といったことも可能である。既存データを読み込み背後の地形や画像を活用することで、さらに広域の景観設計に活用することも出来る。この詳細段階では、川づくりの設計者のニーズを満たし、施工に直接データ移行ができるVRソフトの早急な開発が望まれる。



図－5 ゲームエンジンを利用した河川の仮想現実空間の例（九州地方整備局作成）

（４） 施工段階

一次検討あるいは詳細検討で得られた地形（座標）データは、一般にそのままではICT建機にインプットできない。また、3次元設計を行っているとしても、既往の各種図面は施工から検査までの各段階で必要となるため、3D CADソフトウェアを利用した施工用のデータ処理・作成、図面化が現状では必要である。ICT建機で利用できるのは主としてLandXML形式のTIN（不整三角形網）データであり、単純には詳細検討段階の地形データをLandXML形式で出力すればよいようにも思われる。しかしながら、例えばICT建機が受け取れるデータ量に制限があることや建機のバケット幅よりも小さいTINが認識されると施工速度の低下や動作エラーを生じるなど、建機特性によって細かな課題が存在し、現状では3D CADを用いて施工段階のファイルを微調整したものを利用するのが現実的であると考え。これらの問題は今後、i-Constructionに携わる関係者間で課題やノウハウを共有し、解決することが必要であると考え。

（５） 維持管理

3次元川づくりの影響を最も受けるのは維持管理である。3次元管内図³⁾と呼ばれる河川マネジメントツールが、その中心となっていく。これまで管理のベースマップである2次元の管内図が3次元になったイメージである。これは、3次元のビューを活用して、そこにデータベースの機能を付加したものであるが、実際にどこまでのデータをここに統合していくのか、ビューはどのソフトを使用するのか、全国的に統一のものが作れるかなど、今後、議論すべき課題は多い。活用できるツールのベースとなるものは、世界的な大手ソフト会社から国内の会社オリジナルのものまでいくつかあるが、実務として何を実際に活用するか悩ましいところである。小委員会では、主に施工段階までを中心に検討することとなっているが、維持管理をにらんだ、データ運用の在り方は検討すべき課題と認識している。

2. 5 BIM/CIMのトップランナーへ

BIM/CIMの概念はそもそも構造物から始まったため、構造物が中心でない河川分野における導入は遅れていた。しかしながら、グリーンレーザの急速な活用による河川地形データの3次元化やi-Constructionの進展による土工を中心とした河川工事の生産性向上は、河川分野を一気にBIM/CIMのトップランナーとする可能性が出てきた。とはいえ、3次元設計を中心にまだまだ課題も多い。そして技術的には可能となっても、維持管理も含めた制度設計の議論がこれから最重要課題となっていく。

3. 大河川における多自然川づくり—Q&A 形式で理解を深める—

3. 1 概 要

平成18年「多自然川づくりの基本指針」によって、多自然川づくりの基本的考え方が提示された。その後、中小河川においては、「中小河川に関する河道計画の技術基準（平成22年8月）」¹⁷⁾が定められ、現況流路を基本としながら拡幅により河積確保を行うことを原則とすること、拡幅を行う場合には片岸拡幅とすること、止むを得ず河道掘削する場合には掘削深さの上限を原則60cmとし、スライドダウンを基本とすることなどが示された。

このように、中小河川については、計画・設計に関わる基本的事項が整理され、現場での実践も進んでいる状況にある一方、国土交通省が管理する大河川については、研究・事例等数多くの知見が集積されてきているものの、多自然川づくりという視点での技術体系の整理、情報の共有は進んでいない。

このような状況に鑑み、大河川において多自然川づくりを実践する際に現場技術者が直面する個別の課題を取り上げ（Question）、これに答える（Answer）ことにより、現場技術者をサポートすることを目的として、「大河川における多自然川づくり～Q&A形式で理解を深める～」（以下「大河川QA」という。）を平成31年3月に作成した¹⁸⁾。最新版は令和2年3月版である。

この大河川QAは、表-1に示す有識者から構成される「多自然川づくり技術検討会（以下「技術検討会」という。）」および、建設コンサルタントの各社の皆様から事例等の資料提供等の協力をいただきながら作成したものである。ちなみに筆者は、令和3年現在、この技術検討会の座長を務めている。

表ー1 多自然川づくり技術検討会メンバー

○多自然川づくり技術検討会メンバー(R3年3月現在)

中村 圭吾○ 土木研究所 上席研究員(河川生態)(兼 自然共生研究センター長)
 (萱場祐一 名古屋工業大学 教授(元土木研究所)H31年度まで座長)
 原田 守啓 岐阜大学流域圏科学研究センター 准教授
 林 博徳 九州大学大学院 環境社会部門 流域システム工学研究室 准教授
 大槻 順朗 山梨大学大学院総合研究部工学域土木環境工学系 助教
 吉村 伸一 株式会社吉村伸一流域計画室 代表取締役
 村岡 敬子 土木研究所河川生態チーム 総括主任研究員
 鶴田 舞 土木研究所河川生態チーム 主任研究員
 林田 寿文 土木研究所自然共生研究センター 主任研究員
 森 照貴 土木研究所自然共生研究センター 主任研究員

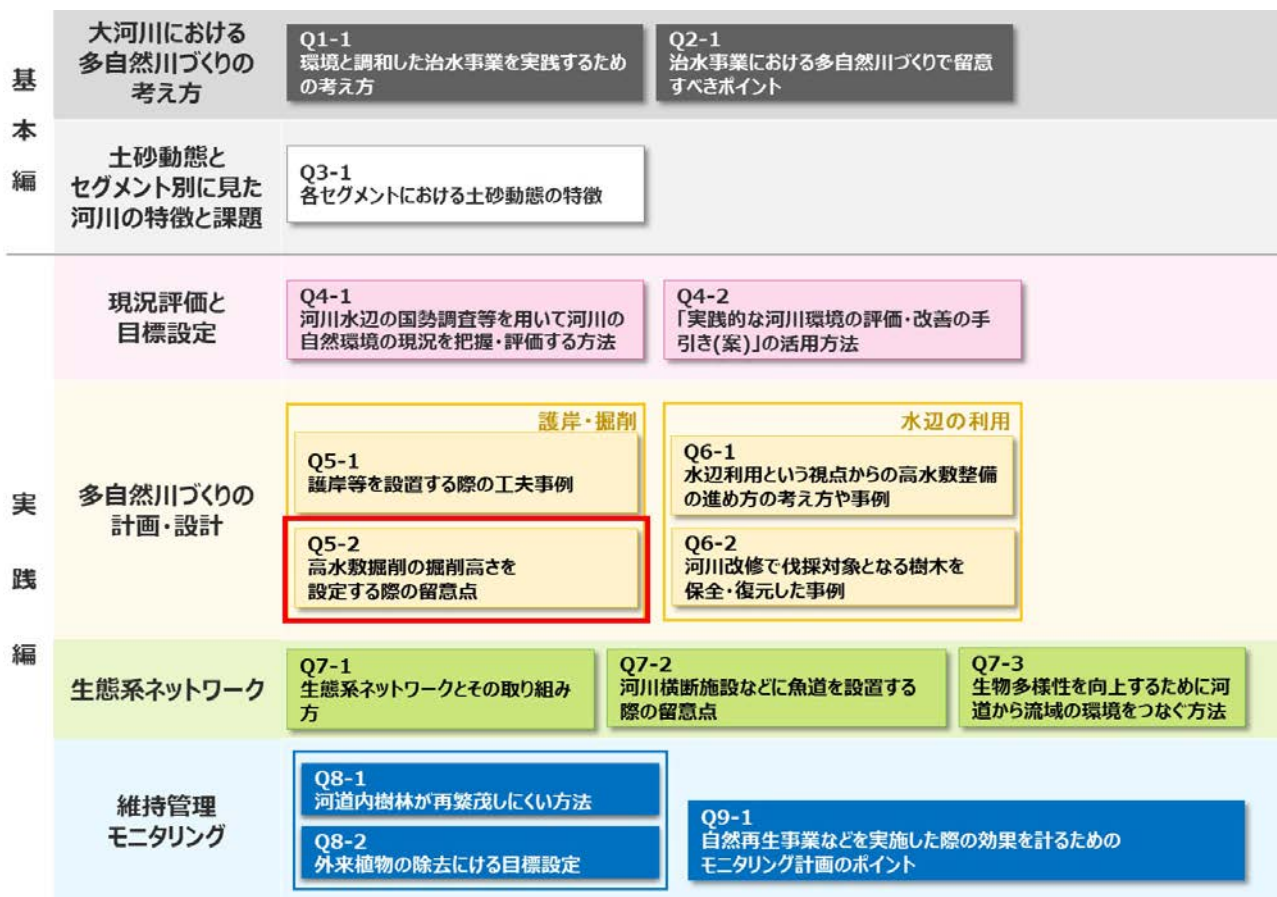
○資料提供等協力

いであ株式会社
 株式会社建設環境研究所
 株式会社建設技術研究所
 日本工営株式会社

3. 2 大河川QAの概要

大河川QAのQuestion選定にあたり、技術検討会メンバー等から、約400件のQuestion候補が提案され、関連性の高い項目を集約するなどの一次抽出で170件程度に、さらに実務の中での重要性や現場ニーズ、かつ一定の水準でAnswerを作成可能かといった観点を踏まえ、14件までQuestionを絞り込み、平成31年3月に初版が作成された。この大河川QAは、Answerの修正やQAの追加など、継続して内容の充実を図っていくこととしており、令和元年度および令和2年度にも、河川管理者及び建設コンサルタントからの意見等を踏まえた内容の充実やQAの追加を行った。

大河川QAでは河道掘削、築堤等個々の整備メニューを対象として環境や維持管理の側面から最適と思われる考え方や具体的方法を示している。しかし、河川は本来、治水・環境、維持管理等多面的な要件を踏まえて最適な法線、縦横断形状等を設定することが大切である。大河川QAは、このような最適な河道法線等を示す技術を提示するものではないが、次年度以降も継続して作成し、より多くのQuestionを対象とすることにより、上記に関わる知見の集積が進み、河道計画・設計論への反映が可能になるものと考えている。近い将来には大河川における多自然川づくりの体系化も試みたいと考えており、現状においても図-6のように、体系化を意識した目次構成となっている。



図－6 大河川QAの構成

3. 3 大河川QAの普及啓発について～HPや動画等の充実～

大河川QAの作成に携わった技術者は、「河川管理の現場でより活用され、その結果、多自然川づくりが進み全国の各河川でいい川づくりを進めてほしい」という思いで執筆している。その執筆者の努力に報いるためにも、さらには、河川管理の現場でより活用してもらうためにも、大河川QAの普及啓発および社会実装は非常に大切なことと考えている。

国土交通省ではウェブサイト「大河川における多自然川づくり－Q&A形式で理解を深める－」¹⁸⁾を立ち上げ、本文に加えて、概要を紹介するパワーポイント資料のPDFや解説動画（一部）を掲載している。さらに各地方整備局での講演や関係団体との勉強会において、その成果を普及に努めている。

令和3年度6月からは、この大河川QA普及のための「大河川における多自然川づくり WEBセミナー」¹⁹⁾を開始しており、初回の申し込みは500名を超えるなど大変盛況となっている。セミナー動画についてもセミナーのサイト¹⁹⁾から公開されている。

3. 4 大河川における多自然川づくりの課題

この大河川QAを充実させるにあたって、以下の3点が今後の課題と考えている。

ひとつは、当初からの目的である①大河川における多自然川づくりの体系化、である。現状においてもある程度、体系化を意識した目次構成となっているが、さらに体系化を進め、理解しやすく、かつ利用しやすいものとして行きたいと考えている。

次に、②流域治水を踏まえた流域環境の保全・再生のあり方、である。流域治水は令和2年に開始され、令和3年には関連法案も整備された。関連法案の付帯決議においては、「流域治水の取組においては、自然環境が有する多様な機能を活かすグリーンインフラの考えを推進し、災害リスクの低減に寄与する生態系の機

能を積極的に保全又は再生することにより、生態系ネットワークの形成に貢献すること」とされている。したがって、多自然川づくりを推進する上でも河川環境だけでなく、流域治水と連携した流域環境の整備と保全が重要となってくる。これは河川法の領域を超えるもので、技術面、ガバナンス面から新たな発想取組みが必要となる。

最後に、本稿の前半でも述べた③河川CIMなどDXを踏まえた川づくりのあり方、である。これまでは技術的に困難であった川づくりが、3次元の新しい技術を活用することによって可能となってきた。あわせて、新技術に対応した河川管理のしくみの再構築もDX（デジタル技術を活用した社会変容）において、喫緊の課題となっている。

4. おわりに

本稿では、河川における新技術の導入として、3次元川づくりの事例を中心に河川分野における技術の進展を紹介した。後半では、大河川の多自然川づくりについて、情報の整理・体系化を目指したQ&A集（大河川QA）の紹介も行った。なお、本稿は、「河川CIM（3次元川づくり）の考え方と標準化に向けた取組み・課題（雑誌河川2020年3月号）」²⁰⁾および「大河川における多自然川づくり—Q&A形式で理解を深める—（雑誌河川2020年4月号）」²¹⁾を元に最新の情報を踏まえ一部加筆したものである。なお、河川CIM標準化検討小委員会の成果報告書²²⁾はこの原稿の締め切り後（2021年7月公開予定）に自然共生研究センターのサイトで公開されるので、そちらも参考にされたい。

参考文献

1. 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室事務連絡、河川定期縦横断測量における点群測量の実施について、2019年6月27日。
2. 林田寿文、大槻順朗、中村圭吾、萱場祐一：新しい河道計画プロセスを念頭に置いた多自然川づくり支援ツールの開発、Ⅱ-22、令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会、2019。
3. 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室：河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）、2020、https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/3jigen_manual.pdf
4. 渡邊俊夫、山本一浩：河川マネジメントを意識した福井版CIMモデルについて、建設マネジメント技術、12月号、pp. 78-84、2018、http://kenmane.kensetsu-plaza.com/bookpdf/242/titl_01.pdf
5. 河川CIM標準化検討小委員会、<http://www.jacic.or.jp/hyogun/2019shouininkai-03.html>
6. 静岡県ポイントクラウドデータベース、<https://pointcloud.pref.shizuoka.jp/lasmapp/ankenmap>
7. iRICソフトウェア、<https://i-ric.org/>
8. 中村圭吾、福岡浩史、小川善史、山本一浩：グリーンレーザ（ALB）による河川測量とその活用、RIVER FRONT 84、pp. 16-19、2017、http://www.rfc.or.jp/pdf/vol_84/p016.pdf
9. 山本一浩、中村圭吾、福岡浩史、戸村健太、金田真一：グリーンレーザ（ALB）を用いた河川測量の試み、河川技術論文集 23、pp. 293-298、2017。
10. 中村圭吾：グリーンレーザを用いた航空レーザ測深（ALB）による河川調査の現状と可能性、水環境学会誌 42(A) (5)、pp. 174-178、2019。
11. Eren, F., Pe'eri, S., Rzhaznov, Y., Ward, L., Bottom characterization by using airborne lidar bathymetry (ALB) waveform features obtained from bottom return residual analysis. Remote Sensing of Environment 206, 260-274, 2018.
12. RiTER 3Dダウンロードサイト、<http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/download/download.html>
13. RiTER VRに関する記者発表、https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/events/m5_h31_01.htm
14. 自然共生研究センター、簡易河川環境評価ツールEvaTRiPを用いた治水と環境を両立させる川づくり、土

木研究所Webマガジン、Vol. 53, 2018,

<https://www.pwri.go.jp/jpn/about/pr/mail-mag/webmag/wm053/kenkyu.html#01>

15. 中村圭吾：河川CIMで進化する多自然川づくり、RIVER FRONT 88、pp. 18-21、2019、
http://www.rfc.or.jp/pdf/vol_88/p018.pdf
16. VRを使った水辺空間構築（国土交通省九州技術事務所）、<https://www.youtube.com/watch?v=mjr7sXTRAcw>
17. 国土交通省（2008）：中小河川に関する河道計画の技術基準について
https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gi_jyutsuki_jyun.html
18. 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：大河川における多自然川づくり—Q&A形式で理解を深める—、2020、https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/qa.html
19. 大河川における多自然川づくり WEBセミナー、<http://www.rfc.or.jp/daikasen.html>
20. 中村圭吾、林田寿文、大槻順朗、小林一郎：河川CIM（3次元川づくり）の考え方と標準化に向けた取り組み・課題、河川 3月号、pp. 41-45、2020.
21. 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：大河川における多自然川づくり—Q&A 形式で理解を深める—、河川 4月号、pp. 65-66、2020.
22. 河川CIM標準化検討小委員会：河川CIM標準化検討小委員会成果報告書、2021、（2021年7月、自然共生研究センターサイトに公開予定） <https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/index.htm>