

中小河川における河川CIM支援ツールの開発

林田寿文・中村圭吾・萱場祐一

1. はじめに

災害復旧事業は厳しい時間的制約の中で行われるため、自然環境の保全や水辺利用にまで意識が行き届かせることが難しい。一方で、中小河川の大規模な川づくりは災害復旧時に行われることが多く、この場面でどれだけ充実した計画を立案できるかが重要である。そのため、治水と自然環境保全へのきめ細やかな配慮とその評価を迅速に行うことができる支援ツールが求められている。特に、自然環境や水辺利用などを念頭に置いた川づくりを行う上では、操作性の良い地形編集機能や自然環境評価機能が重要であるが、現在使用される様々な水理計算ソフトウェアでは、治水評価の実施にとどまっている。また現在、3次元測量技術の高度化やその成果をそのまま用いるCIM (Construction Information Modeling/ Management) も浸透しつつある¹⁾が、これらの持つ利点を川づくりの場面で活かせる河道計画のプロセスは確立できていない。

このような課題に対し、土木研究所自然共生研究センター（以下「共生センター」という。）では、災害復旧事業での活用も視野に入れ、今後の3次元測量やCIM、VR (Virtual Reality) の適用も踏まえた新しい河道計画プロセス²⁾と、これに対応できる河川CIM支援ツールの開発を並行して行っている。そこで、本報ではそれらの内、河川CIM支援ツールの概略を説明し、本ツールが実務に役立つことを目的とした普及活動を報告する。

2. 河川CIM支援ツール

2.1 河川CIM支援ツールとは

共生センターでは、国内外で広く普及しているiRICソフトウェア³⁾（以下「iRIC」という。）をベースに、河道計画、河道設計にも役に立つ「河川CIM支援ツール」となるツールの機能開発を

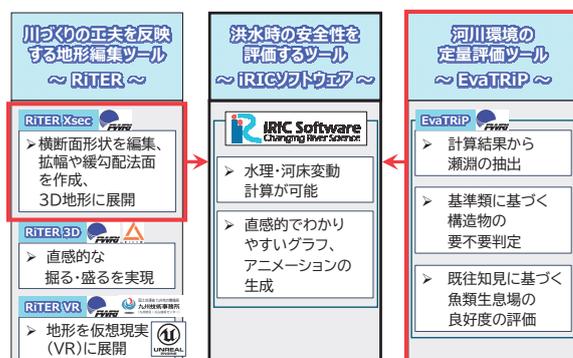


図-1 川づくりに重要な3つの機能を支えるツール群（赤枠：当センターで開発しiRICに追加した機能）

行っている。図-1は、河川CIM支援ツールの全体像を示している。大きく分けて川づくりを行う上で重要な3つの機能を支えるツール群である。

中心となるのは、洪水時の安全性を評価するツール～iRICソフトウェア～であり、これに以下に記述する2つの機能をiRICへ追加した。つまり、3次元データの活用により測量・設計・施工をシームレスにつなぐ川づくり（3次元川づくり）の中で、設計を実現する地形編集ツール～RiTER (River Terrain EditoR : ライター)～、それに河川環境の定量評価ツール～EvaTRIP (Evaluation Tools for River environmental Planning : エバトリップ)～の構成である。

2.2 iRICをベースとしたツール開発

河川のシミュレーションを可能にする計算技術は日進月歩で進化している。かつては限られた研究者・技術者のみが行っていた河床変動計算も、特に本邦においてはiRICの登場により広く普及し、業務でも数多く活用されている。iRICは無料であるだけでなく、非常に操作がしやすい設計となっていることも大きな特長である。そこで、iRICの2次元河床変動計算による治水評価を基準として、①計画地形の見直しやきめ細やかな配慮を実装するための地形編集を行う、②2次元河床変動計算と同時に環境評価を実装する、の機能を強化・追加することで、河川CIM支援ツールとして高度化することを進めている。

Development of the BIM Tools for Small and Medium -Sized Rivers

2.3 地形編集ツール (RiTER)

RiTERは、計算に用いる河道地形を柔軟に編集するために開発している3つのツール群である(図-1左図)。RiTER Xsec(クロスセクション: cross-section(横断)の意)は、iRICの一機能として2018年度より共生センターで開発を進めている。従来の抜本的な河川計画に一番馴染んだ方法、つまり、横断面ベースでの地形編集を行うことができる。RiTER 3Dは、ベータ版の開発を共生センターで行い、現在は国土交通省国土技術政策総合研究所の河川研究室で開発が進められている。ソフトウェアの公開も行われ⁴⁾、粘土模型を扱う様に地形編集が可能な機能を誰でも使用することができる。もちろん、実務での使用も十分可能である。RiTER VRは、完成した設計断面などを仮想空間化することでVRゴーグルなどを使って景観検討や住民などとの合意形成に役立てることができる。RiTER VRは維持掘削やワンド生成などの部分的な川づくりにも活用でき、仮想空間の3次元映像を確認しながら地形編集を行うこともできる(動画視聴が可能⁵⁾)。また、環境を考慮した川づくりを行う場合、川の中だけではなく周辺の生活環境との調和も図る必要がある。そこでVRの活用により、公園と水辺緑地の関係を景観評価することも可能となる。この技術開発は、国土交通省九州技術事務所と連携して行っている。九州技術事務所ではゲームエンジンを使った仮想空間の地形モデルを構築しており、我々の河川CIM支援ツールにより作った河道設計案などを効果的に示すのにとっても有効である。河道地形編集に関して上述した3手法の連携により、よりレベルの高い川づくりに役立つツールの開発を推進している。

その中から、我々が開発を進めるRiTER Xsecの機能について説明する。模範的な川づくり⁶⁾を行う場合、必要な流下能力(河積)や用地制約を踏まえつつ、自然環境や水辺利用に配慮した法面や空間づくりが求められる。図-2はこれを概念的に示した例だが、用地ギリギリまで河道幅を行い、護岸の法勾配を立てることで川幅を最大限確保し、砂州が形成することで植生の繁茂を促している。このように、平面図で河川空間として利用可能な場所を確認し、官民境界を確認しつつ断面を整え、治水・環境上、維持管理上の評価を繰り返し検討、望ましい地形を探る作業が必要である。

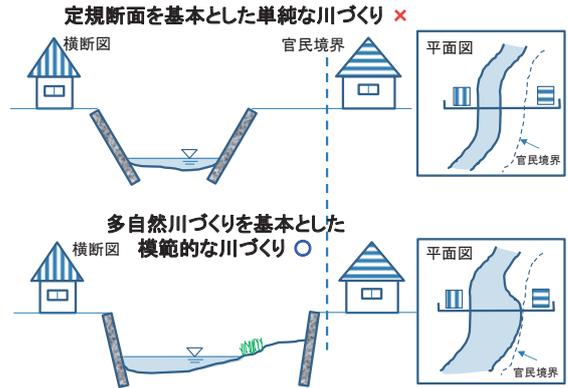


図-2 川づくりにおける横断面の検討方法

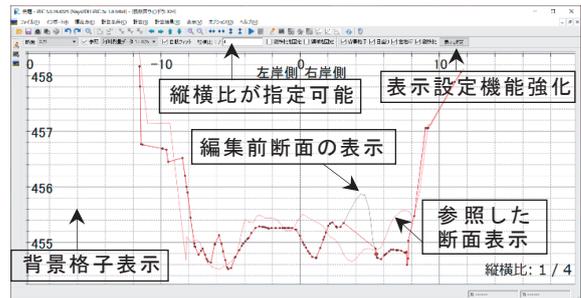


図-3 横断面編集機能の強化

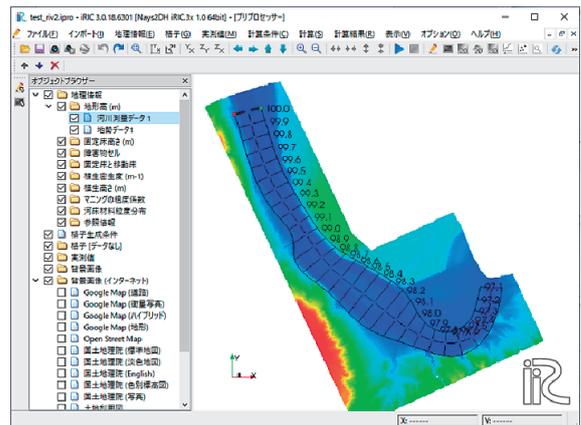


図-4 DEMデータからの河道断面 (rivファイル)の抽出・作成機能

RiTER Xsecではこうした作業を念頭に、①平面図に官民境界や道路などの線情報を記入することで、横断面図上でその位置に旗揚げされる機能、②横断面図上で法勾配を確認しながら法面編集する機能、③平面図や航空写真の重ね合わせ機能、④横断面の編集機能強化として、背景格子・スケール、参照用断面の表示機能の追加で直感的にわかりやすい操作を可能にした(図-3)。

地形編集ツールRiTER Xsecの開発を通じて3次元川づくりとi-constructionを推進している。そこで、以下の2項目についても機能を追加した。⑤数値標高モデル(DEM)データから河道に沿って一連の横断面図を抽出する機能(図-4)。これまではDEMデータに別途横断面データを読み込み、平面位置を合わせる作業が手間だったが、

DEMデータ自体からの横断面抽出機能によって、近年活用が広がるドローンなどの無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)や航空レーザ測深(ALB: Airborne LiDAR Bathymetry)などの面的な測量成果をそのまま生かして設計作業に入ることができるようになった。⑥編集した地形をi-constructionの標準であるLandXML形式で出力する機能。iRICデータの入出力機能をLandXML形式に対応させたことで、ICT建機へのデータ入力が大幅に改善している。簡単な河道の維持掘削であれば、RiTER Xsecによる設計だけで現場施工ができるレベルにまでなっている。

もちろんiRICは水理解析ソフトウェアであることから、iRICに備わる横断面からの計算格子生成機能と合わせることで、編集した地形をもとにすぐに水理計算を実施できる。つまり、横断面ベースで作成・編集した2次元地形は、iRICの機能により統合・補完することで3次元地形を構築でき、3次元地形として水理計算を行えるということである。後述する河川環境評価ツールEvaTRiPを活用した環境解析までをシームレスに行うことも可能である。

2.4 河川環境評価ツール (EvaTRiP)

EvaTRiPは、河川環境評価を行うためのソルバ(iRICの個別機能をソルバと呼ぶ)である。大石ら⁷⁾が2014年度から開発を開始した。iRICの水理計算ソルバで実施した解析から得られた時々刻々の水深・流速データをもとに、①護岸要否の評価(流速に対して護岸の要否箇所の評価)、②移動限界粒径の評価(砂礫が移動を開始する限界の単一粒径の評価)、③陸生植物生育可否の評価(河道内の陸生植物の生育の有無についての評価)、④魚類生息場の評価(魚種ごとの生息場評価(Habitat Suitability Index: HSI))、⑤瀬淵の評価(流速や水深などを基にした評価値(Suitability Index: SI)を工夫することで瀬や淵といった特定の条件を抽出が可能)など、自然環境に関わる評価値を算出することができる⁸⁾。例えば図-5は、瀬・淵・早瀬の環境条件を事前に定義(ここでは、Pool 淵: 流速30cm/s以下、水深30cm以上、Riffle 瀬: 流速30~60cm/s、水深30cm以下、Rapid 早瀬: 流速60cm/s以上、水深30cm以下とした)し、計算結果からその分布を表したものである。図-5上図は水制工なし、図-5



図-5 水制工なし(上図)とありの場合(下図)の出水後の流況に対する瀬淵の分布

下図は水制工ありの場合の出水後の流況に対する瀬淵分布である。水制工なしの場合は、瀬、早瀬、淵に当てはまらない流況があるが、水制工を設置したことにより、瀬、早瀬、淵のいずれかに当てはまる場所が増加してメリハリのある流況が創出できると推定される。このように現況と計画などを比較することで、設計の環境影響評価を簡易に行うことも可能になる。現在の瀬淵判別は、水深・流速のしきい値を入力する設定方法だが、中小河川や大河川などの河川規模に即した瀬淵自動判定を行うための機能開発なども進めている。

3. iRICを使った「3次元川づくり」の体験

共生センターでは、iRICを活用した河川CIM支援ツールの開発を通じ、河川空間を3次元のまま設計で取り扱う川づくり「3次元川づくり」を推進している⁹⁾。河川CIM支援ツールとして開発を進める、河道地形編集ツールRiTER及び河川環境評価ツールEvaTRiPについては、講習会の開催等により技術の普及を図っている。講習会は、都道府県職員などを対象に、これらのツールを体験できる内容としており、定期的で開催している。独学でも進められるよう、講習会で用いた資料やデータは共生センターのホームページ⁹⁾で令和2年5月から公開した。本資料を使用することでRiTER Xsecによる河道地形の編集の実施、iRICによる2次元流れ・河床変動計算の実施、河床変

動計算で得られた水理計算結果を用いて環境評価を行うまでの一連の流れを体験することができる。実際の講習会では、PCへiRICをインストールするところから始まるため講習時間を5時間で設定している。以下には、公開している各資料の概要を説明する。

(1) iRICの概要

まず、iRICの概要説明があり、次にiRIC使用のメリットである河川（事業）の実態、予測、効果をより分かりやすく見る・示すことができる点なども理解することができる。

(2) Nays2DHの概要と演習

Nays2DHは、iRICのソルバの1つであり、平面二次元計算により、河川における流れ、河床変動、河岸侵食などの計算ができる。本資料では、RiTER Xsecを使用した地形編集を行い、地盤高や粗度係数、流量や水位、計算方法などを与え、計算格子を作成し、流れの計算を行う水理解析と流砂の計算を行う河床変動解析を行うところまでを扱っている。

(3) EvaTRiPの概要と演習

上述のNays2DHの水理計算結果から、「護岸の必要性」、「植物の生育可能性」、「瀬・淵の抽出」の評価を行うことができる。EvaTRiPに水理計算結果をインポートし、計算パラメータを設定し、計算実行、計算結果を表示させ、環境評価がNGの場合は、再度RiTER Xsecにより地形の見直しを行うことができるようになる。

4. まとめ

iRICはダウンロードも容易であるため、iRICに実装されている地形編集ツールRiTERXsecや環境評価ソルバEvaTRiPはすぐに使用することができる。以下には、これら河川CIM支援ツールを活用することで、今後、実現が可能だと考え

られる項目を示す。

- (1) 土砂撤去が目的だった河道の維持掘削などを行う際にも環境施策としての検討が可能
- (2) 川づくりに対する創意工夫を横断図編集ですぐに反映でき、行政・住民などと共通理解の下での事業推進が可能
- (3) 災害復旧の時間的余裕がない場合においても、きめ細やかな川づくりの実現
- (4) 技術革新が著しい3次元地形測量技術、ICT施工とも親和性が高く、業務効率化の実現
- (5) 河川管理の調査、計画、設計、積算、施工、維持管理という各プロセスに3次元データを活用した河川CIMによる生産性向上が可能

謝 辞

河川CIM標準化検討小委員会各位、清水康行教授（北大）、iRIC UC、吉村伸一氏（(株)吉村伸一流域計画室）、大槻順朗氏（山梨大）、岐阜県、愛知県から多大なる有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 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、76巻、第3号、No.884、2020
- 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、土木学会第74回全国大会、2019
- 3) iRICホームページ：http://i-ric.org/ja/
- 4) 国総研河川研(RiTER 3Dダウンロード)：http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/download/download.html
- 5) https://www.youtube.com/watch?v=mjr7sXTRAcw
- 6) 多自然川づくりポイントブックⅢ、日本河川協会、2011
- 7) 大石哲也ら：中小河川における河川環境に配慮した河道設計支援ツールの開発、河川技術論文集、第21巻、2015
- 8) 大槻順朗、林田寿文、中村圭吾、萱場祐一：中小河川研究と多自然川づくりの深化、土木技術資料、第60巻、第11号、pp.8～13、2018
- 9) 自然共生研究センターホームページ：https://www.pwri.go.jp/team/kyousei/jpn/index.htm

林田寿文



土木研究所水環境研究グループ
自然共生研究センター 主任研究員、博士（環境科学）
Dr.HAYASHIDA Kazufumi

中村圭吾



土木研究所水環境研究グループ
河川生態チーム 上席研究員、兼 自然共生研究センター長、博士（工学）
Dr. NAKAMURA Keigo

萱場祐一



土木研究所水環境研究グループ
長、博士（工学）
Dr. KAYABA Yuichi