

# 川内川における設計CIMの取り組み

岩田 和宙<sup>1</sup>・藤崎 大樹<sup>2</sup>・伊東 理博<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州地方整備局 川内川河川事務所 川内出張所 (〒895-0011鹿児島県薩摩川内市天辰町814番地)

<sup>2</sup>九州地方整備局 川内川河川事務所 調査課 (〒895-0075鹿児島県薩摩川内市東大小路町20番2号)

<sup>3</sup>九州地方整備局 川内川河川事務所 調査課 (〒895-0075鹿児島県薩摩川内市東大小路町20番2号)

近年、インフラDX推進の一つとして、河川においてもCIM活用を推進する取り組みがなされている。川内川においても、三次元データの取得やそのデータを河川の維持管理や設計、施工、調査・計画段階等でのCIM活用検討を実施している。本稿では川内川河川改修事業に係る河道掘削事業・高潮対策事業・堰改築事業等のCIMの取り組み内容について内容について課題点等を含めて報告する。

キーワード CIM, 三次元データ, 業務効率化

## 1. はじめに

川内川は、その源を熊本県球磨郡あさぎり町の白髪岳(標高1,417m)に発し、羽月川、隈之城川等の支川を合わせ薩摩灘へ注ぐ、熊本県、宮崎県及び鹿児島県の3県、6市4町にまたがる幹線流路延長137km、流域面積1,600km<sup>2</sup>の一級河川である。(図-1)

川内川では、2006年の記録的な洪水により甚大な被害を受けた。2006年7月洪水の外水氾濫による浸水被害を解消するため、全体事業費約356億円、採択延長約62kmの河川激甚災害対策特別緊急事業(以下、激特事業)を行った。事業内容としては、築堤・河道掘削・輪中堤整備・分水路開削などである。



図-1 川内川流域図

### (1) 激特事業完了後の川内川の河川改修について

激特事業が2011年度に完了した後も、川内川の河川改修事業は、薩摩川内市街地の引堤事業、高潮対策事業、

堰改築事業、堤防整備、河道掘削など、まだまだ実施すべき事業が多くあり、全国的には2018年7月豪雨(西日本豪雨)や令和元年東日本台風など甚大な被害をもたらす自然災害が相次いだ。これらの自然災害を契機に、

「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策(以下、3か年緊急対策)」や「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策(以下、5か年加速化対策)」などにより、これまで以上のスピード感で河川改修を進める必要があった。これらに影響するように、川内川河川事務所は多くの事業をマネジメントする必要があったため、調査・計画・設計・施工の段階でどのように効率化し、マネジメントをするのかという課題があった。

そのため、川内川河川事務所では、「川内川CIMチーム」を構成し、仕事の効率化、迅速化、高度化するためのツールである、CIMを使って仕事の効率化につなげようという思いから、設計・施工等でのCIMの活用検討及び3次元管内図の整備・活用に向けた「川内川CIMモデル」の検討を行っている。(図-2)

### 川内川CIMモデルの目標

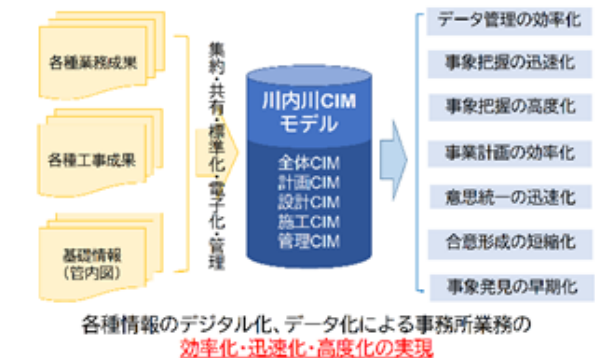


図-2 川内川CIMモデルの目標

## 2. 計画段階でのCIM (計画CIM) について

CIM という設計段階で見える化するために三次元モデルを構築するというイメージがあるが、設計段階で初めて三次元モデルを構築しても二次元のものを三次元にする手間がかかり、イメージと異なると手戻りになる。そのため出来る限り早い段階（出来れば構想段階）で粗々な三次元モデルを構築することが重要であり、検討を進めていく段階で地元等の声も簡単に反映でき、合意形成が早く図れる。そのことで、作業の効率化にも繋がると思われ、この段階を「計画CIM」とした。

計画CIMの取り組みとしては、引堤事業や高潮堤防事業の配置計画検討等でCIMモデルを作成し、平面計画では把握しにくい完成形状についての関係者間のイメージ共有や合意形成、人事異動の際の引き継ぎツールとしても活用を行った。

「計画CIM」で構築するものは、分かりやすさや編集のしやすさであるため、景観イメージのビジュアルにも長け、GIS機能との連携も図れるAutoDesk社のInfraWorksを基本的に使用することとした。

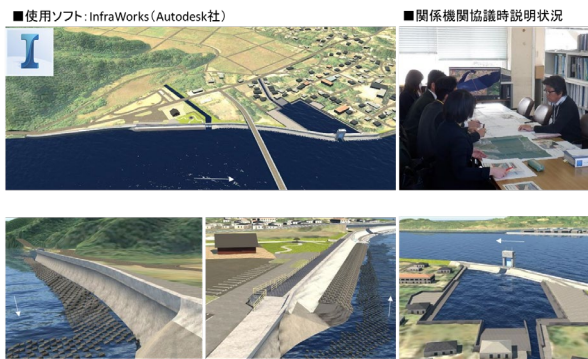


図-3 高潮対策事業での活用事例

### (1) 河道計画検討段階でのCIM活用

河道掘削等の河道計画を検討するうえで、川内川特有の課題解決の糸口となった事例があった。川内川流域を含む九州南部には「シラス」と呼ばれる地層が多く分布している。シラスは流水に対してもろく、川の河床に露出してしまうと、河床低下が進行し、河川の護岸や橋の橋脚などの沈下や崩壊などの被害の恐れがある。そのため、河川の流下能力を確保するために河道掘削は必要だが、シラス層を露出させないということが大事であった。しかし、シラスは地中にあり簡単には見ることはできない。そのため、図-4のようにInfraWorksを駆使して、地質調査結果をとりまとめ、点群測量成果による地形データと設計データなどを組み合わせることにより、河床に存在するシラス層の見える化を行った。このことにより当該地区の河道掘削の計画を検討する上で、委託している設計コンサルタント会社と発注者との情報共有はもちろん、関係機関や学識者の方との協議の際の合意形成に非常に役に立った。

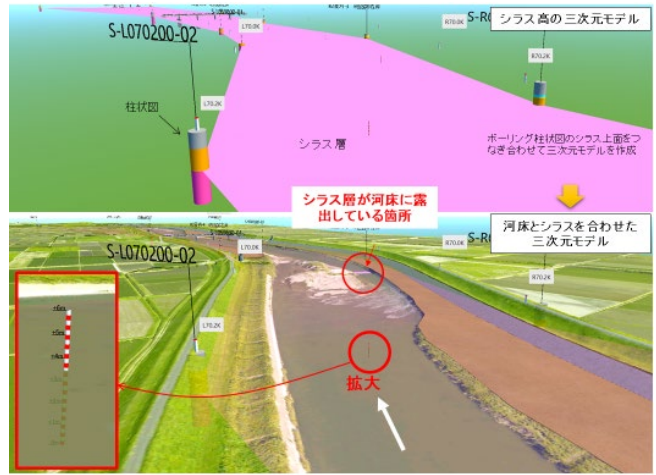


図-4 河床に存在するシラス層の見える化

### (2) 引堤事業及びかわまちづくり事業におけるCIM活用

川内川では、現在「天辰第二地区まちづくり一体型引堤事業」を、薩摩川内市が実施している土地区画整理事業と一体となり事業を進めている。引堤事業が完了すると最大で約100mの幅の高水敷が創出されるため、事業に本格着手した2020年度より、地元住民の方々と河川空間の利活用について、議論を始めたところである。しかし、二次元の平面図や横断図で説明しても、人によって捉え方やスケール感が異なるため、事業着手段階で議論することが難しい。

そのため、引堤事業箇所の河川区域のみではなく、土地区画整理事業区間も含めた街全体の三次元モデルを構築した。そのモデルを地元協議会のワークショップで示し、新たに創出される街がどのような雰囲気か、その街から川内川がどのように見えるのかなどを理解して頂いた。地元の方々と共通したイメージを持ったことで、街からのアクセスを考えるとここに坂路や階段がほしい、これだけの空間があれば〇〇に使用したいなど、活発な意見が出ることに繋がったと思われる。（図-5）

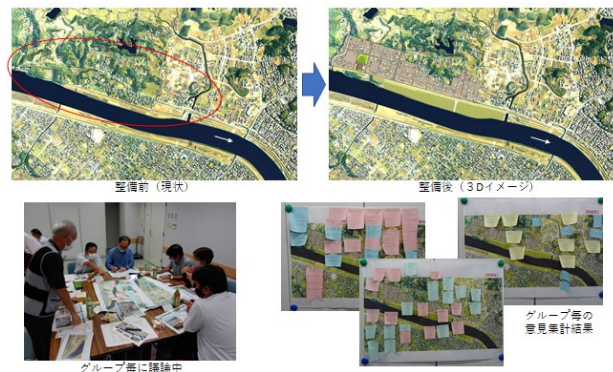


図-5 地元協議会でのCIMモデル活用事例

## 3. 設計段階でのCIM (設計CIM) について

現状としては、設計段階で三次元設計を行っても、三次元図面で工事発注することはできない。また、工事発

注後に三次元図面を施工業者に渡したとしても、ICT施工に活用されることは無い。そのため、計画段階・設計段階で三次元モデル・図面を作成しても、従来どおり2D-CADを作成する必要があり、施工業者は2D-CADからICT施工用の三次元モデルを再度作成するため、非常に効率が悪く、プロセスの高度化になっていないのが現場の実情である。

### (1) 2020年度河道掘削工事での事例

工事発注においては、3D-CADから、平面図・標準横断面・一般図などの最低限必要な2D-CADだけ作成すれば問題ないと考えられるが、設計段階の3D-CADをそのままICT施工に活用できるようにするにはどうすれば良いかなどの課題がある。この課題に対し実際に工事・業務を請け負う地元企業と一緒に考えるために、事務所、施工業者、コンサルタントからなる「川内川CIM/i-Con取組についての意見交換会」を開催した。(図-6)

意見交換会の中では、「設計時の点群測量と、施工時の起工測量では地盤面が異なるため使用できない」、「TINモデルが細かすぎるとマシンが止まる」など、現場での課題を本音で言って頂けた。

設計と施工がセットであれば良いが、実際は、測量・設計した後、次の年度の出水期あけに工事着手することが多いため、河川事業の場合は現地状況が異なっていることが多く、従来どおりに三次元設計を行っても、ICT施工にそのまま活用することは難しい。



図-6 意見交換会開催風景 (2020.11)

課題解決に向けて、実務的にどのような仕様の三次元設計であればICT施工に活用できるのか、河道掘削の現場で試行工事を2020年度に実施することとした。試行工事では、地元企業（設計コンサル会社・施工会社・施工管理会社）に協力を頂き実施し、内容としては、主に、設計段階で必要な点群測量の手法・精度、マシンに設定可能なTIN間隔を踏まえた3D-CADの作成、着工前測量後に設計段階時に作成した3D-CADの重ね合わせ及び課題抽出を行った。その結果、施工時の仕様を踏まえた設計を行うことで、施工時には着工前測量結果から微修正を行うことで効率良く設計時の3D-CADが使用可能であった。本試行工事で整理した設計時の留意点や、施工時の活用方法等の詳細は、今後活用できるよう冊子を作

成した。(図-7)

試行工事の施工会社からのヒアリングでは、「ICT建機を用いることで、測量時の丁張設置の手間が必要なく、施工時間は、従来施工に比べ1.3倍ほど早くなったことが検証できた。」、「提供された3次元データでも使用に大きな問題はなかった。伐採後の地形データと整端部などは一部修正処理を行ったが、ゼロベースからの修正ではなく、一部のみの修正で対応できた。」などの意見を頂けた。

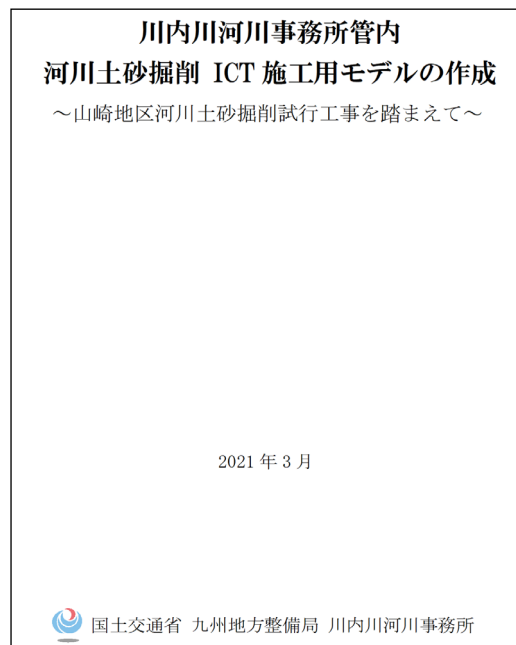


図-7 試行工事での事例・課題をまとめた冊子

### (2) 前年成果を踏まえ、全面的な調査・設計CIMへ

2020年度末に「3か年緊急対策」に係る事業が完了し、「5か年加速化対策」の取り組みが本格始動した。川内川では引き続き、河川整備計画に基づき河道掘削事業等を推進しているところである。新たに5か年加速化対策の中で河川延長区間約10kmの内で掘削土量約40万m<sup>3</sup>という大規模な河道掘削がある。マネジメントするうえで、効率の良い設計・施工というのが鍵となるが、その前提となる調査・測量の分野において、これまでの川内川での方法を一変させた。それは、2次元の横断、縦断と計測していた測量をすべてUAV写真測量や地上レーザー測量などを用いる3次元点群測量で実施したことである。川内川では以前から部分的に3次元点群測量は実施してきていたが、今回は延長約10kmの河道掘削事業区間内の全面的な「3次元点群測量⇒3次元設計⇒ICT施工」の実施に向けた取り組みを行うものである。

3次元点群測量では、主にUAV写真測量を実施し、高圧電線などの支障物が近接する箇所では地上レーザー測量を実施した。

3次元点群測量実施箇所において、植生などにより、地表面や構造物が識別できない箇所が多々あった。その

ため、これらの範囲はトータルステーション（以下：TS）を使用し、単点を補足する補備測量を行い、三次元座標を取得し、地形モデルを構成し、植生等で覆われた範囲の3次元点群データを作成した。測量を委託した測量コンサル会社からは、「2020年度の試行工事を整理した設計時の留意点や、施工時の活用方法を整理されていたので、本地区の測量でも非常に役立った」との声を頂いた。

今回はUAV写真測量にて3次元点群測量を実施したため、補備測量が必要な箇所があったのも事実である。UAVレーザー測量では、植生等があっても概ね地表面を計測が可能で、補備測量が大幅に少なく済むものと思われ、測量作業も速やかに完了すると考えられる。今回紹介したUAV写真測量での3次元点群測量業務を発注した時点では、UAVレーザー測量の積算基準が無く、また各種要領や基準がまだ乏しいこと、UAVレーザー測量機器が十分に普及していないと思われた。そのため今回の箇所での実施を見送ったが、2022年3月に積算基準が設けられ、各種要領や基準も毎年のように更新や公表されており、今後のUAVレーザー測量機器の普及状況を踏まえて試行的に実施し、費用面や適宜的確な測量方法の選定を踏まえて、事例研究に努めていきたい。



図-8 使用したUAV写真測量機器

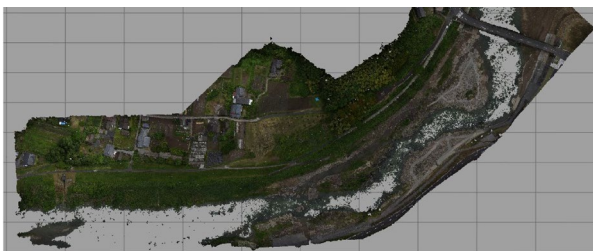


図-9 UAV写真測量データ

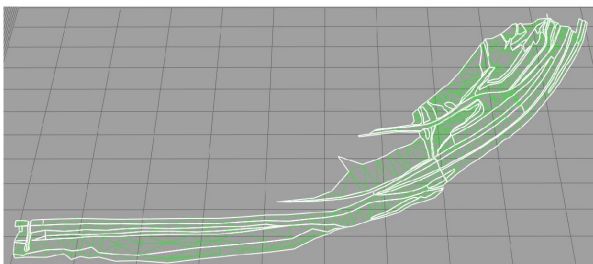


図-10 補備測量データ

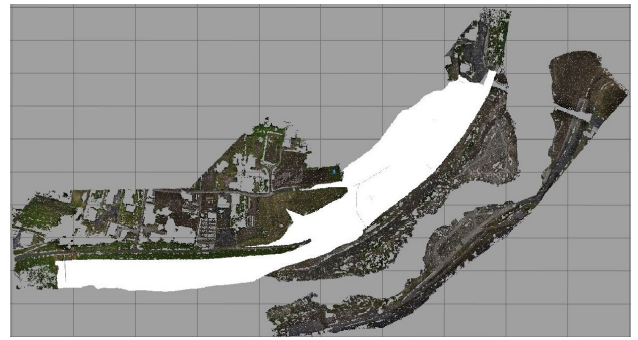
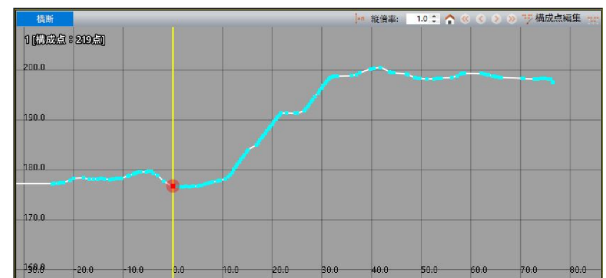


図-11 合成点群データ

これらの3次元点群測量成果を用いて、河道掘削の3次元設計を実施した。実施にあたっては、これまでの3次元設計の試行事例はもちろんのこと、川内川の河川特性及び環境に配慮した設計が重要であった。設計にあたっては、通常は測量段階で横断図を作成するが、3次元点群データでは、設計サイドで自由に任意で横断計測をすることが出来るため、測量段階で横断図を作成せずに、測量データを「面」として設計に引き継ぐこととした。（図-12）



点群取得箇所ならどこでも横断図作成可能

図-12 点群データで任意で作成した横断図

環境に配慮した河床掘削・樹木伐採を実施するため、環境影響調査や、掘削による環境影響改善対策の検討を行い、設計を実施した。掘削時の河道形状を把握するため、CIMモデルを作成した。作成にあたっては、CAD系ソフトで作成したデータを結合させて、3次元で可視化するのにすぐれている、AutoDesk社のNavisWorksを用いるものとした。（図-13）

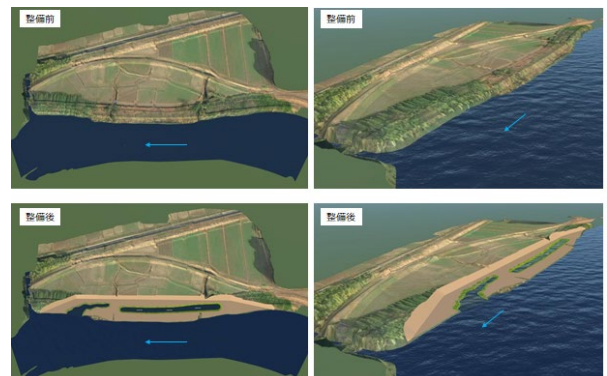


図-13 河道掘削箇所で作成したCIMモデル

この設計データを基に、3次元設計データから真のICT施工実現のため、施工会社へと3次元設計データのやりとりを実施した。しかし、データを渡したまま任せきりとなってしまった結果、施工業者が自ら設計データを作り直して施工してしまった。なぜ渡したデータそのまま使うことができなかったのかを明らかにすべく「第3回川内川CIM/i-Con取組についての意見交換会（2022.1.12）」を実施した。工事完了後も施工業者には付き合っただき、どのようなデータを貸与すればよかったのかを明らかにした。

意見交換会で明らかになったことを以下に示す。

1 ファイル内に複数のデータが混在しているため、編集できない。地形（現況）データと設計（線形）データを一つのファイルとして標準規格のファイル形式LandXML形式で貸与していたこと。これでは施工業者が扱うソフトでは編集できないとのこと。使用するソフト間の互換性も関係していると思われるが、その後のやりとりにおいて、設計（線形）データと地形（現況）データを別ファイルに分けることにより、編集可能であり擦りつけ等の修正はあるものの、ICT施工への活用が可能であることが分かった。設計から施工への3次元設計データの受け渡し手法として、現段階では以下の3点セットを貸与することを整理した。引き続き試行工事を実施、課題を抽出していきたい。

- ① 設計データ（TINサーフェス）のLandXMLファイル
- ② 基本設計データ（線形・縦横断データ）のLandXMLファイル ※図面変更の対応として
- ③ 現況データ（TINサーフェス）のLandXMLファイル ※参考資料として

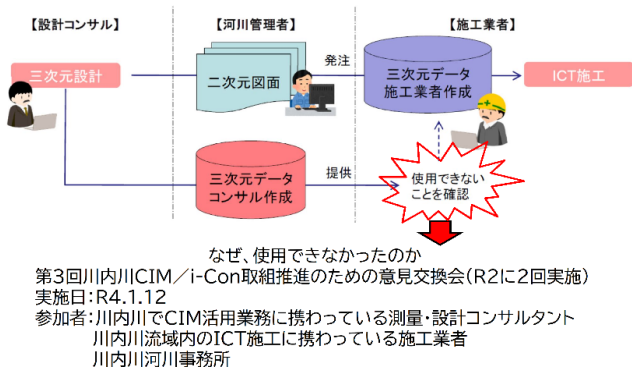


図-14 三次元設計⇒ICT施工の結果

上述のような工事については、設計と施工が同時進行しているのでやりとりが出来きたが、通常、一連区間を設計対象とした場合に、予算状況等により工区分割を行うことが多い。今後3次元発注のように発注関係事務の抜本的見直しも必須になってくると思う。職員自らが3次元データを扱えなければならないと思うが、現段階ではどのような作業内容になるのか想像できていない。

### (3) 構造物設計におけるCIMの活用

水門や堰などの構造物の設計でもCIMモデル活用を紹介する。高潮対策事業に係る水門の基礎を検査する上で必要な地質調査を行い、調査結果はAutoDesk社Navisworksを使用して、水門の設計データと地質調査結果の縦断面図を結合することにより、地層の見える化を図ったことで、Navisworks上で自由に視点を変えることができ、断面を設定して、断面を切るようにして横断的な構造なども自由に見ることができた。（図-15）この見える化を行ったことで、水門の基礎形式の構造が直接基礎と言われる基礎形式で可能であると、容易に理解することができ、受発注者間や事務所内部での協議がスムーズに行うこと出来た。

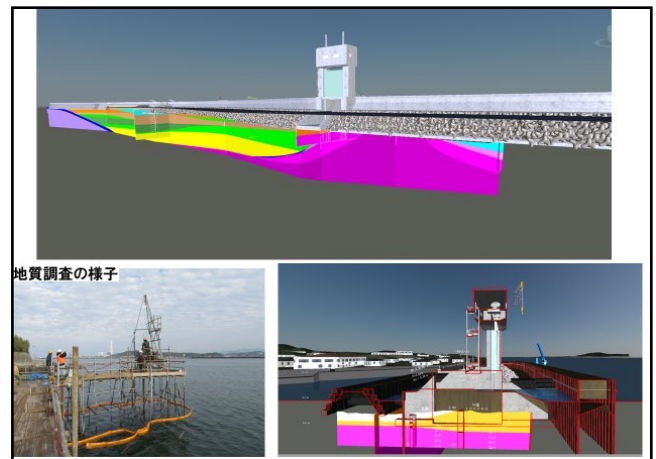


図-15 水門基礎部の地層の見える化

次に実施したのは、「施工計画の見える化」である。特に経験の少ない若手職員などからは実際の工事の際への懸念事項や「2次元図面ベースの施工計画を見てもたくさんの線があって、施工時のイメージが沸かない」という意見があった。しかし、図-16のような施工計画の見える化を図ったことで、イメージ共有を大きく改善することができたと思われる。今後施工にあたっての地元住民への説明等に役立つと思われる。また図-17の様に重機の配置の見える化も同時に出来るため、施工時の重機を配置した場合の作業ヤードや距離感や規模感などが分かりやすく、受発注者間の合意形成に役に立った。今後の施工業者との協議にも役に立つものと思われる。

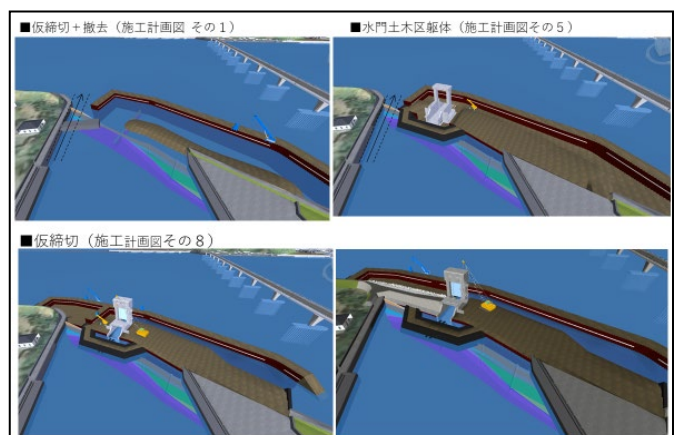


図-16 水門施工計画の見える化

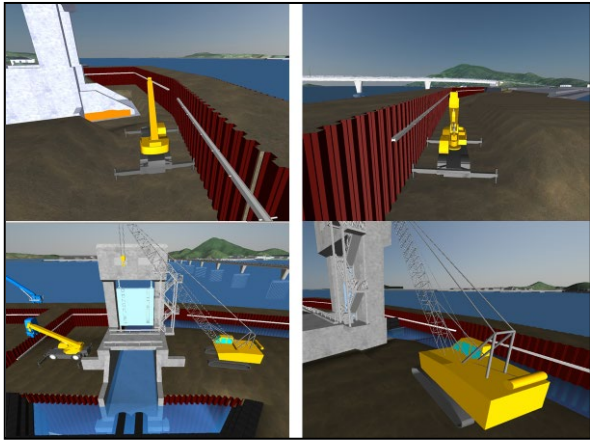


図-17 重機配置の見える化

また堰の改築事業に係る設計では、NavisworksのTimeLiner機能を使用し、4Dシミュレーションを作成した。堰及び導水路の施工は一体不可分の工事が多く、線形な構造物で施工ステップが複雑になることから、三次元のCIMモデルに時間軸を加えた4Dシミュレーションを作成した。(図-18)

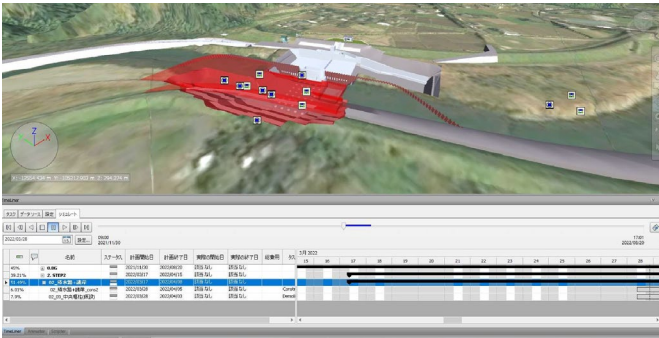
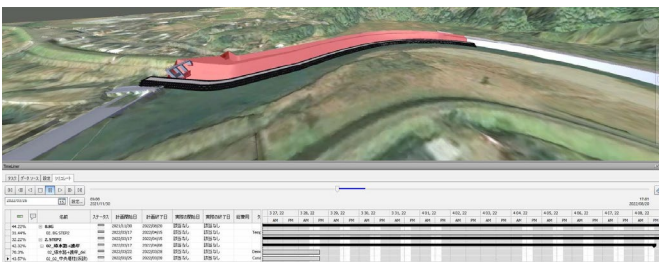


図-18 堰改築工事の4Dシミュレーション



#### 4. 今後の課題

3次元データを扱うことによって業務の効率を落とすことがあってはならない。CADを扱うかのように使いこなせるようにしなければならないと思うが、加えてCIMの発注者支援等の検討も今後必要である。

今回、紹介事例の事業は現在実施中もしくは今後実施する予定のものである。国土交通省が目指す2023年度からBIM/CIM活用工事の原則適用に向けて取り組まれているところであるが、今回紹介したのは計画・設計段階での事例がメインである。今後事業を推進する上で、施工会社・現場監督(出張所)サイドで、設計段階で作成したCIMモデルをどのように活用できるのか、

活用にあたっての課題というのを整理する必要がある。

また川内川はチームとして、組織として引き継ぐ体制が出来ており、主務の担当者が異動しても取り組みは終わらない。所内勉強会も定期的に行うことで職員のCIMへの意識を高め、CIMの活用、定着化につながり、それがまた継続CIMとなり引き継がれていくものと確信している。今後も、これまでの取り組みの整理を行うとともにルール化・標準化による現場実装を増やし、業務プロセスへの適用及び変容をはかることにより三次元管内図などのCIMをツールとした河川管理の効率化を目指していく必要がある。(図-19、20)

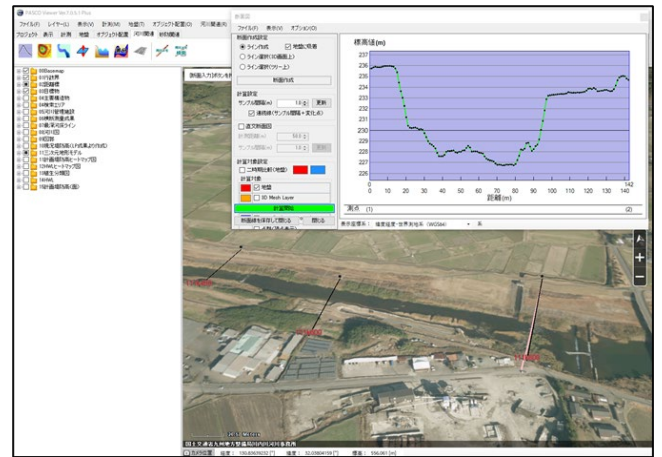


図-19 川内川三次元管内図(随時作成・更新中)

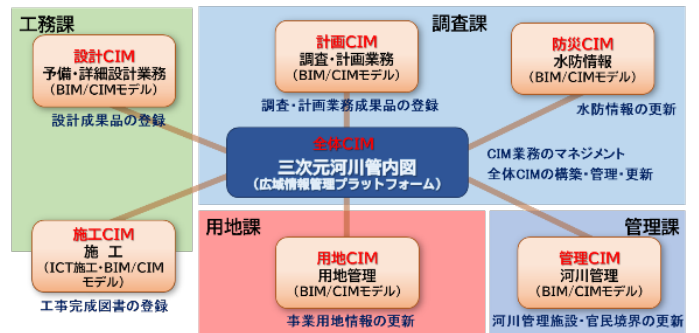


図-20 三次元管内図の管理体制(案)

#### 参考文献

- 1) 熊本大学大学院先端科学研究部 モデル空間研究所 : CIMを学ぶIV ~発注者CIMの現状と展望
- 2) 国土交通省 : BIM/CIM活用ガイドライン(案)
- 3) 国土地理院 : UAV等を用いた公共測量実施要領