

持続的活用に配慮した大山ダム管理データベースの導入 ～C I Mの活用によるダム管理の高度化～

○ 松木 浩志¹・小原 茂美²・杉村 重憲³

概要：

大山ダムでは管理移行時に施設情報、各種図面、試験湛水時の計測・管理データの整理・活用のためにC I Mを活用した大山ダム管理データベースを構築している。管理する施設をわかり易く立体的に把握するために、堤体、放流設備、貯水池の3次元化を行い、施設と観測データ等の関連付け、将来にわたる管理データの追加を容易にする構造など、持続的な活用に配慮しかつライセンス料等が発生しない安価なデータベースとなっている。本報は、これら大山ダムにおける管理の高度化の取り組みについて、管理データベースの内容と構築時の留意点とその効用、今後の活用方法についてとりまとめたものである。

キーワード：C I M、3次元モデル、データベース、ダム管理の高度化

1. はじめに

「大山ダム管理データベース」はダムの各施設、設備、観測データ等の情報を将来にわたり一元管理し、継続的に有効活用することを目的として、大山ダム建設事業最終年度である平成24年度に構築したものである。管理データベースの導入にあたり、ダム堤体、放流設備の3次元モデルと貯水池を含む周辺地形の地理情報とを融合したC I Mを活用し、施設、貯水池と観測データ等の関連付けを行うなど、実用的かつ汎用性の高い管理データベースを構築した。

2. 土木分野におけるC I Mの導入

2.1 C I Mとは¹⁾

C I Mとは、Construction Information Modeling/Managementの略称であり、建設構造物に各種の情報を追加したモデルを作成し、効率化を目指す取り組み、またはこうした技術を用いたマネジメントのこととされている。C I M制度検討会では、C I Mを「C I Mとは、調査・設計段階から3次元モデルを導入し、施工、維持管理の

各段階での3次元モデルに連携・発展させることにより、設計段階での様々な検討を可能とするとともに、一連の建設生産システムの効率化を図るものである。3次元モデルは各段階で追加、充実化され維持管理段階での効率的な活用を図る。」と定義している。

C I Mの効果として、以下のような点が期待されている。

- ① 情報の利活用による設計の可視化
- ② 設計の最適化（整合性の確保）
- ③ 施工の高度化（情報化施工）、判断の迅速化
- ④ 維持管理の効率化、高度化
- ⑤ 構造物情報の一元化、統合化
- ⑥ 環境性能評価、構造解析等高度な技術解析の適用

これらの効果は、発注者と受注者、関係機関相互間により円滑な意思疎通等の手段として期待されるだけでなく、調査計画、設計、施工、維持管理のそれぞれの機関内部での効率的で高度な業務の遂行に活用できるものと考えられている。¹⁾

図-1にC I Mの概念図を示す。計画・調査・設計段階において、構造物イメージの明確化、構造物の干渉のチ

1. 筑後川局 企画調整課 副参事
2. 筑後川局 大山ダム管理室 室長
3. 元大山ダム建設所管理課長

エック、数量の自動算出等の効果が期待され、発注者として発注業務の効率化、違算の防止、監督・検査の効率化などが図られると考えられる。

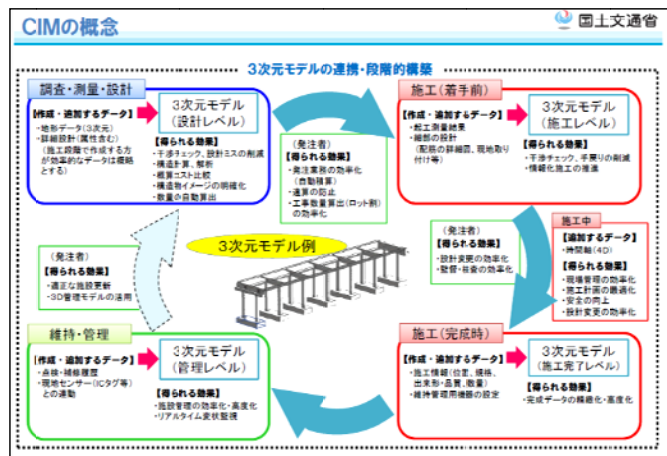


図-1 CIM概念図²⁾

3. 大山ダム管理データベースの構築

3.1 管理データベース設計のコンセプト

大山ダムでは平成 25 年度に建設事業から管理移行するにあたり、管理に関わる各種観測データ、施設・設備情報、各種図面等の整理・有効活用する必要が生じ、これらを一元的に管理する管理データベースを構築することとした。管理データベースを構築するにあたり、事例収集をする中で、他システム等を取り込んだことにより、使用容量が大きくなりかつ複雑なシステムとなった事例やシステムの維持管理費用が高額になるなどの課題があったため、下記の点を設計のコンセプトとした。

<設計のコンセプト>

- ・理解が容易であること。
→データベースの構造、仕組み、観測データの閲覧方法等の理解が容易であること。
- ・操作が容易であること
→膨大な説明書等を読み解かなくてもある程度直感的に操作できること。
- ・データベースのシンプル化
→ダム管理に特化したシンプルなデータベースとし、複雑な構造、煩雑な操作を回避。高い操作性を確保すること。
- ・データの追加、入出力が容易であること
→将来にわたるデータベースの持続的な活用のため、必要となるデータの追加、入出力について、操作に手間がかからならないようにすること。
- ・データベースの維持管理費用が安価であること
→将来にわたり持続的に活用するため、維持管理費

用を可能な限り安価にすること。

以上のコンセプトを念頭に置き、ダム管理に役立つ合理的なデータベース化を検討した結果、地点情報と各種観測データを関連付けるC I Mの先事例となるシステム構築を目指す運びとなった。

3.2 大山ダム管理データベースの概要

表-1に大山ダム管理データベースに登録している基本的な観測項目を示す。汎用性を考え、データの閲覧はシステム上で条件を選択した後、エクセル(C S V形式)で行うこととした。

表-1 データベースに登録する観測項目一覧

種別	観測項目（観測頻度）
貯水位、気象等	・貯水位（毎正時） ・降水量（時間雨量、日雨量） ・外気温（毎正時）
堤体観測	・全漏水量（毎正時） ・プラムライン（毎正時） ・濁度（6時間毎） ・基礎排水孔 漏水量（毎週） 揚圧力（毎週） 水頭換算値（毎週） ・継目排水孔 漏水量（毎週）
斜面観測	・傾斜計（毎正時） ・パイプ歪計（毎正時） ・地下水位（毎正時） ・アンカー荷重計（毎正時）
地下水観測	・地下水位（毎週）

図-2に大山ダム管理データベースの構成概要を示す。データベースは大きく9の項目に分かれている。

大山ダム管理データベース

- ①流域概要
大山ダム流域及び周辺平面図の閲覧
- ②放流警報設備情報
放流警報設備位置図、関連情報とのリンク
- ③地質情報
地質平面図、断面図、埋設計器設置断面図の閲覧
- ④水質観測情報
水質調査位置図、各箇所の水質調査結果の閲覧
- ⑤地下水位観測情報
地下水位観測位置図、観測データの閲覧
- ⑥堤体3D・観測情報
ダム堤体の3次元表示、各種堤体観測データの閲覧
- ⑦放流設備3D情報
放流設備の3次元表示
- ⑧貯水池3D・観測情報
貯水池、周辺地形3次元表示、斜面観測データ閲覧
- ⑨全観測情報閲覧
全観測情報の閲覧

図-2 大山ダム管理データベース構成概要

管理データベースの主な項目の内容およびシステム画面は次のとおりである。各項目において、直感的に操作がしやすいよう、3D表示や図面等のグラフィックによるインターフェイスを基本としている。

＜②放流警報設備情報＞

大山ダム下流域の警報看板、警報所の位置図を表示。警報所等を位置図上で選択することにより当該警報所等にリンク付けされている関連情報を表示することができる。リンク付けはあらかじめ指定されているフォルダに関連情報を保存することで設定される。(図-3)



図-3 放流警報設備情報

＜③地質情報＞

地質平面図を表示。平面図上より地質情報、埋設計器上及び断面位置を選択することで当該位置の地質断面図や埋設計器情報を閲覧可能。(図-4)

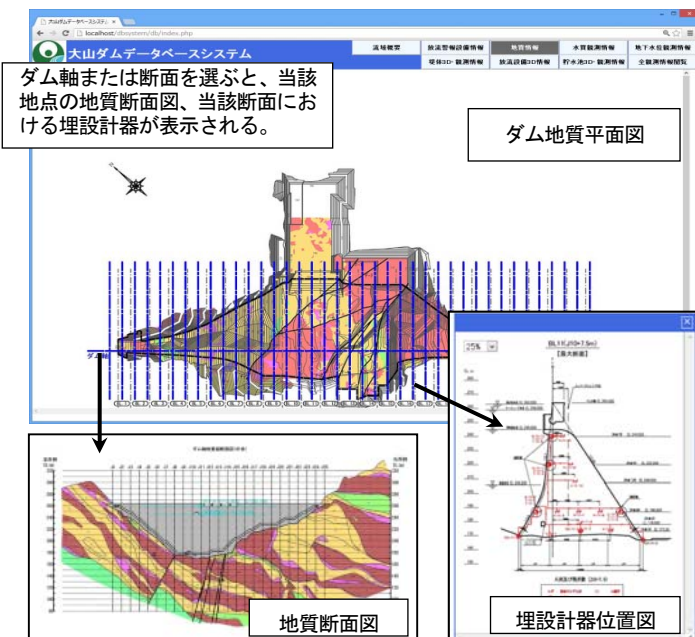


図-4 地質情報

＜④水質観測情報＞

貯水池流入地点(2地点)、貯水池基準点(1地点)、下流河川(4地点)を含む水質調査位置図を表示。位置図上から調査地点を選択することで当該地点にリンク付けされている情報、水質調査結果が表示される。水質調査結果は調査日時、天候、気温、河川透視度、採水水深、外観、臭気、水温、濁度、DO、pH、BOD、COD、SS、大腸菌群数、総窒素、総リン、クロロフィル a、電気伝導度、亜鉛、ふん便性大腸菌などである。(図-5)



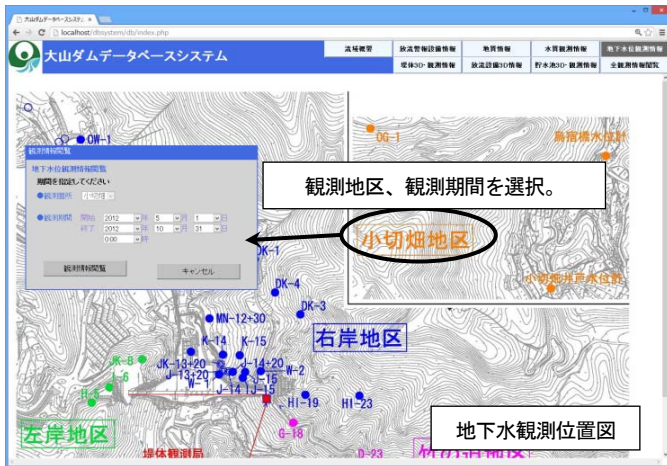
観測データの表示

	A	B	C	AG	AH	AI	AJ	AK
1	様式-1							
2	水質観測データの例							
3								
4	ダムコード							
5	1 調査地点		赤石川下流	赤石川下流	赤石川下流	赤石川下流	赤石川下流	赤石川下流
6	2 調査日		7	8	8	8	9	
7	3 調査日		19	8	16	30	13	
8	4 調査開始時刻:時	24時間制	9	10	10	10	10	
9	5 調査開始時刻:分		38	20	0	0	0	
10	6 天候		晴	晴	晴	晴	晴	
11	7 気温	℃	28.5	28.7	30.8	29.0	25.3	1
12	8 貯水位	EL.m						
13	9 流量(河川)	m ³ /s						
14	10 流入量(貯水池)	m ³ /s						
15	11 放流量(貯水池)	m ³ /s						
16	12 透視度(河川)	cm	6	11.5	>50	>50	>50	>
17	13 透視度(貯水池)	m						
18	14 水色(貯水池)							
19	15 全水深	m						
20	16 採水深	m	2割水深	2割水深	2割水深	2割水深	2割水深	2割
21	17 外観		茶濁色	白濁色	無色透明	微茶色	微緑色	微
22	18 臭気(冷時)		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無
23	19 水温	℃	19.5	21.5	23.3	22.0	24.0	2
24	20 濁度測定方式		積分球式	積分球式	積分球式	積分球式	積分球式	積分
25	21 濁度	度	190.0	17.0	5.9	5.6	2.9	7
26	22 DO	mg/l	8.6	9.4	9.1	8.6	9.2	8
27	23 pH		7.4	7.6	7.6	7.2	7.6	7

図-5 水質観測情報

＜⑤地下水観測情報＞

地下水位観測位置図を表示。地下水位観測地点はダムサイト右岸を中心に多数あり、4地区に大別している。地区、観測期間を選択することで当該地区、当該期間における地下水位観測結果、日雨量、貯水位の時系列がエクセル(CSV形式)で表示される。(図-6)



観測データの表示

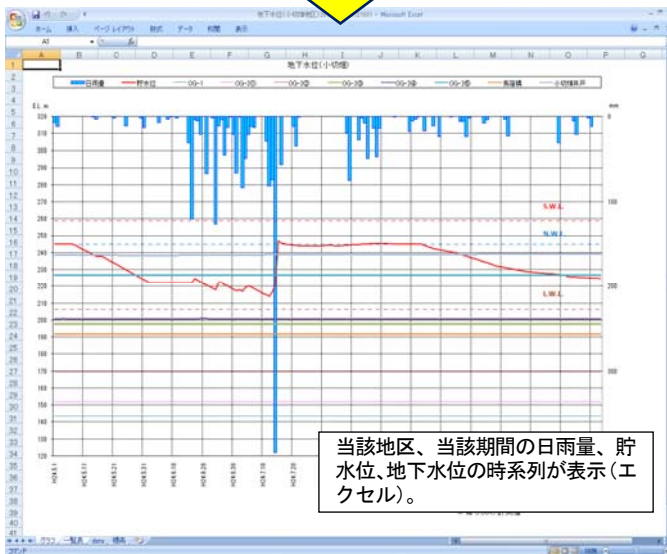


図-6 地下水位観測情報

<⑥堤体3D・観測情報、⑦放流設備3D情報>

3次元化されたダム堤体および施設、放流設備を表示。マウス操作により回転、移動、拡大縮小が可能。堤体3Dでは任意の施設、ブロックを選択することで当該施設を着色表示する。また、堤体の透過表示機能により監査廊、エレベータ施設等の堤体内部施設の閲覧などが可能。

ブロック、観測項目、観測期間を選択することで当該観測データ、雨量、貯水位、気温の時系列が表示される。また、施設を選択することで各施設にリンク付けされている情報が表示される。(図-7、8、9)

大山大ダムは、流入水バイパス施設があるため、放流系統が複雑である。3次元表示することにより立体的に施設の配置、構造がわかり、理解を助けることになる。

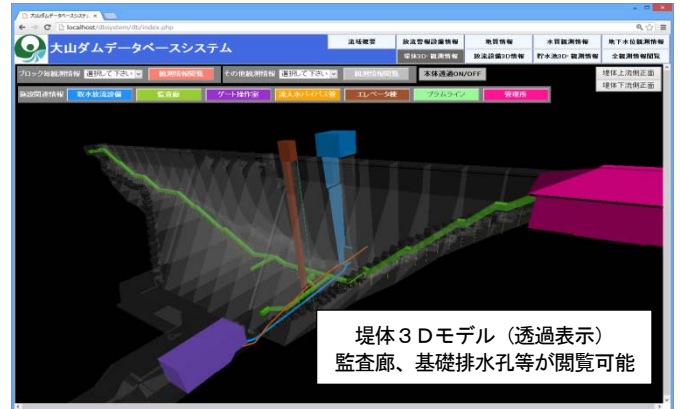
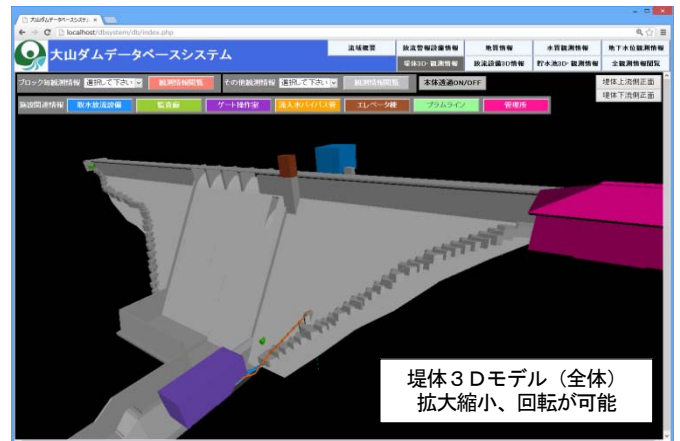
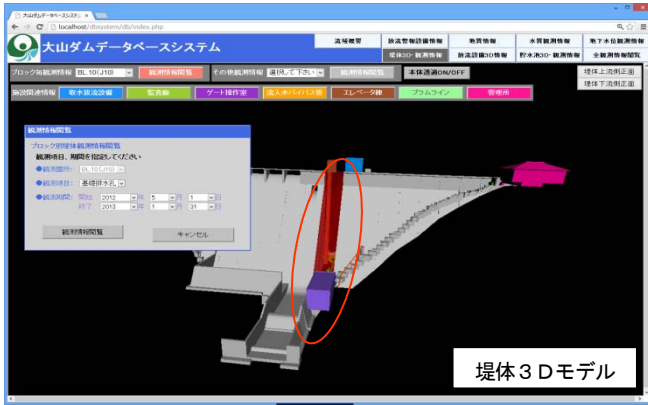


図-7 堤体3Dモデル



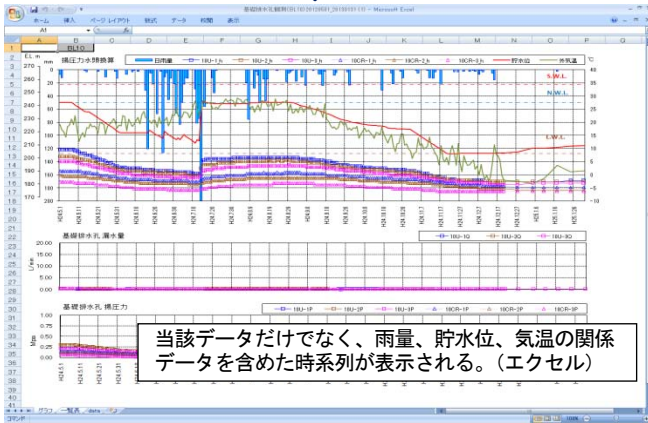
図-8 放流設備3Dモデル



堤体 3Dモデル



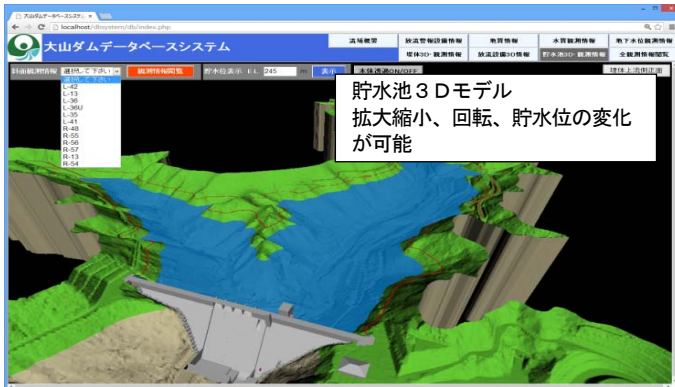
観測データの表示



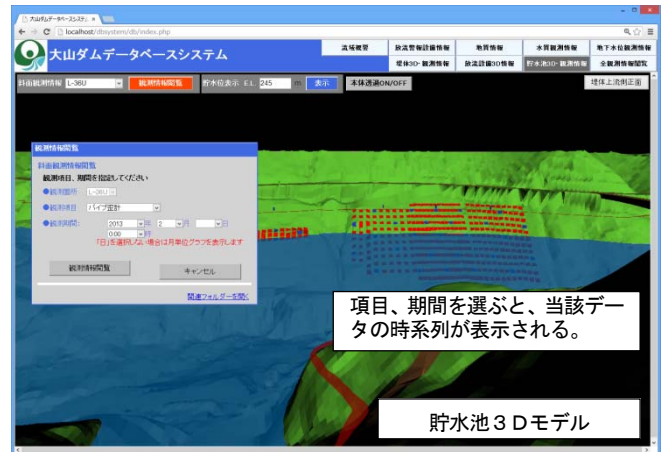
当該データだけでなく、雨量、貯水位、気温の関係データを含めた時系列が表示される。(エクセル)

図-9 堤体観測情報の表示

<⑧貯水池 3D・観測情報>



貯水池 3Dモデル
拡大縮小、回転、貯水位の変化が可能

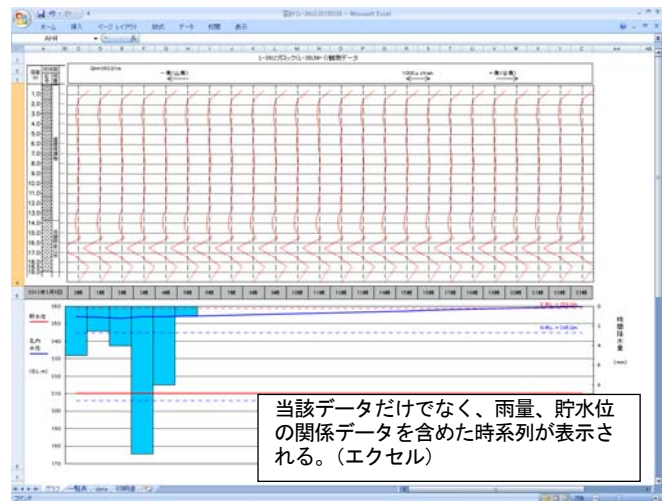


項目、期間を選ぶと、当該データの時系列が表示される。

貯水池 3Dモデル



観測データの表示



当該データだけでなく、雨量、貯水位の関係データを含めた時系列が表示される。(エクセル)

図-11 斜面観測情報の表示



最低水位時 (EL. 206.2m)

図-10 貯水池 3Dモデル

3次元化された貯水池を表示。マウス操作により回転、移動、拡大縮小が可能。貯水位を任意の標高に変更表示可能なため、貯水位と斜面对策部の標高の関係を閲覧可能。斜面観測情報の観測項目、観測期間を選択することで当該観測結果が表示される。観測結果は、貯水位、孔内水位時間降水量等である。(図-10、11)

3.3 開発時において特に留意した点

3.3.1 機能の限定

データベースの機能についてはダム管理に特化したものに限定し、ダム管理に必要な観測項目等を登録するシステムとした。表-2にシステムの仕様等を示す。システムについては将来にわたるデータの蓄積を考慮し、ハードディスク容量の大きいものを使用しているが、実際には僅かな容量(全容量の0.1%未満)を使用しているにとどまっている。これは、システムの機能をダム管理に特化したものに限定することにより、システム及び

データの容量が軽量化され、良好な操作性を確保できたことの効果と考える。

3.3.2 汎用ソフトによる開発

開発言語、閲覧ソフトなどについては、高額なライセンス料が発生する特殊ソフトを避け、汎用ソフトを用いることで、システムの開発、維持管理費用の低減を図った。

閲覧ソフトは google 社が公開しているウェブブラウザ（chrome）とした。データベースに関しては PostgreSQL により開発した。いずれも一般的なフリーソフトであり、使用に関してライセンス料等は発生しない。閲覧を含め基本的なソフトに GIS エンジンソフトや CIM ソフトを使用せず、必要な機能を有するデータベースを構築することができたと評価している。

3.3.3 データ、ファイル形式

各観測システムからデータベースへのデータの取り込み、データの出力、詳細な検討や資料の作成上の手間等を考え、データの入出力は CSV ファイルにて行うことができるようデータの互換性に配慮して開発した。これにより各観測システムからデータをそのまま移すだけでデータの追加更新が可能であり、システムの汎用性、操作性を高めることができたと考える。

表-2 システムの仕様等

機器仕様	
1.OS	Windows server2008 R2 standard
2.形状	タワー型
3.CPU	intel Xeon 2.40GHz 1個
4.メモリー	8GB
5.ハードディスク	2TB×4台 (RAID5)
6.ディスプレイ	19型液晶ディスプレイ
システム運用環境	
1.閲覧	・ Chrome25.0以降
2.開発言語	・ html, css3, javascript (HTML5) ・ PHP5.4.19
3.Webサーバ	・ IIS7.0
4.データベース	・ PostgreSQL9.2.3
5.観測情報閲覧	・ Microsoft Excel2003、VBAマクロ (2007互換)

3.3.4 3次元モデルの作成

ダム堤体の3次元化においては堤体の3次元CADデータ、堤体平面図、上流面図、下流面図、標準断面図を用いて3次元モデルを作成した。放流設備については選択取水ゲート一般図、利水放流設備一般図、発電所機器配置図等から3次元モデルを作成した。貯水池及びその周辺地形については堆砂測量で得られるナローマルチ測量データとレーザプロファイラーデータを用いて3次元モデルを作成した。ナローマルチ測量データ、レーザプロファイラーデータについては、データ量が多く、すべて

を使用するとシステムの操作性を低下させると考えられるため、データ量を間引くことで操作性を高めることとした。また、貯水池への進入路、管理用道路については、視認しやすいよう着色するなどの工夫をしている。

これらの3次元モデルに観測データ等をリンク付けることにより、視覚的に構造物、観測位置を把握し、直感的に操作可能となるシステムとした。

4. まとめ

大山ダムにおいてCIMを活用した管理データベースを導入し、視覚的に理解しやすく、直感的に操作可能なシステムを構築した。特に、将来にわたって持続的に活用されることに留意し、シンプルで必要機能に限定したシステムを構築したことで、汎用性、操作性を高め、きわめて使いやすいシステムになったと考える。

本データベースにダム堤体情報（クラックマップ等）、周辺巡視状況、施設修復履歴、管理年報等の情報を登録し、通常管理から将来のダム定期検査、ダム総合点検、または非常時対応などへの活用を見据え、データベースの充実を図っていきたい。

また、本データベースはセキュリティ等の観点から各観測設備、ダムコンに直接接続していないが、この点がクリアされればより一層使い勝手のよいシステムになるものとする。データベースをイントラネットに接続することで各クライアントからアクセスが可能となれば、きわめて有用なツールとなる。

将来的な展開として、管理で得られる3次元の観測データ（貯水池水質データや堆砂データ）について、三次元表示化しさらに、時系列的な変化を視覚的に表現することで、高度な解析、検討、その結果を踏まえた管理方針の検討に資することができるものとする。

今後とも本システムへのデータの蓄積を続け、今後のダム三期以降、ダム定期検査、ダム総合点検に向け、データベースを充実させ、ダム管理システムとしての実用性を高めるとともに、管理の高度化、効率化を目的としてさらなる活用方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) CIM技術検討会. CIM技術検討会平成 26 年度報告. 平成 27 年 5 月
- 2) 国土交通省HP (<http://www.mlit.go.jp/tec/it/>) CIMの概要