

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2024

建設機械施工



Vol.76 No.6 June 2024 (通巻892号)

特集 河川・ダム治水対策 維持管理, 点検補修



アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫

巻頭言

技術の総動員としての流域治水

特集技術論文

- 川辺川の流水型ダムにおける環境影響評価の取り組み
- ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発 (現地実証実験)
- ダム工事の環境技術
- アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫
- リアルタイム土砂・洪水氾濫予測モデルの紹介
- 水位予測精度向上へ向けた状態把握技術の開発 他

行政情報

- 治水機能の強化と水力発電の促進を両立するハイブリッドダムの推進
- 水局DXWGの取組

交流のひろば

- AIを活用した水系一貫での最適な水力発電計画策定手法

すいそう

- 憧れの北の大地
- ギャンブラーの誤謬

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

機械周辺の人を認識して知らせることで 効率よく作業を行える衝突軽減装置



人
検知



検知対象外

※警報・停止機能はモノに
対しては作動対象外です。

広い範囲を監視

“人”を検知して機械を“停止”

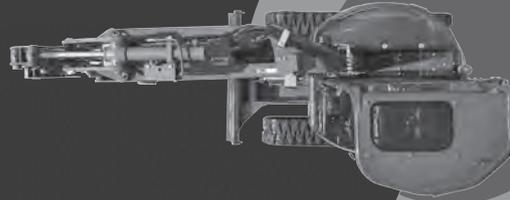
※現場の状況により検知精度に影響が出る場合があります。

ミニショベル向け衝突軽減装置

OmniEye®

NETIS登録済

車両搭載可能AIカメラ(KK-200027-VE)



警告エリア

警報/停止エリア

【運転員への警告エリア】
キャノピ:半径2.5m/キャブ:半径2.7m

【周囲の人への警報/機械停止エリア】
キャノピ:半径1.8m/キャブ:半径2.0m

コベルコ建機日本
WEBサイト



コベルコ建機日本株式会社

本社/〒272-0002 千葉県市川市二俣新町17番地 ☎047-328-7111
www.kobelco-kenki.co.jp

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入することができます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された団体です。建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127, TC195, TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対処にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。

■主な出版図書

- ・建設機械施工(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

<https://jcmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書	
ふりがな	生年月日
氏名	昭和 平成 年 月 日
勤務先名	
所属部課名	
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____
自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	令和 年 月より入会

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
- 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として全額をお支払い頂きます。
- 会費には機関誌「建設機械施工」の費用(年間12冊)が含まれています。
- 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

- 個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。
- 会費額は総会の決定により変更されることがあります。○次の場合、会員の資格を喪失します:1.退会届が提出されたとき。2.後見開始又は保佐開始の審判をうけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務:資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは <https://jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

論文投稿のご案内

日本建設機械施工協会では、学術論文の投稿を歓迎します。論文投稿の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿のご案内をご覧ください。

当協会ホームページ <https://jcmanet.or.jp/>

★投稿対象

建設機械、機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的、横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。なお、施工報告や建設機械の開発報告も対象とします。

- (1) 理論的又は実証的な研究・技術成果、あるいはそれらを統合した知見を示すものであって、独創性があり、論文として完結した体裁を整えていること。
- (2) この分野にとって高い有用性を持ち、新しい知見をもたらす研究であること。
- (3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。
- (4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

★部門

- (1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門
- (2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

令和6年度版 建設機械等損料表

- 発売日 : 令和6年4月25日
- 体裁 : A4判 モノクロ 474ページ
- 定 価 : 一般価格 本体 9,680円 (本体8,800円+税10%)
 会員価格 本体 8,228円 (本体7,480円+税10%)

※送料別途

■ 内容

令和6年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 第Ⅰ章 機械損料の構成と解説
- 第Ⅱ章 関連通達・告示等
- 第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)
- 第Ⅳ章 建設機械等損料算定表
- 第Ⅴ章 船舶損料算定表
- 第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表
- 第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表



書籍の表紙イメージ

一般社団法人 日本建設機械施工協会

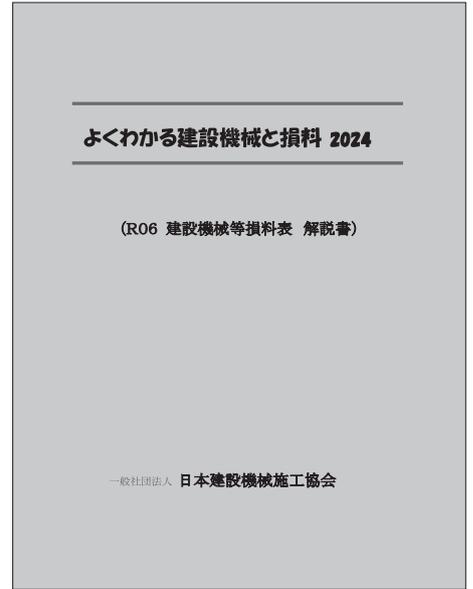
(R06 建設機械等損料表 解説書)

「よくわかる建設機械と損料 2024」の発売について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、5月24日に書籍「よくわかる建設機械と損料 2024」を発売します。

本書は先に発売した書籍「令和6年度版建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、多くの特長を持っています。

単に損料に関する理解を深めるだけではなく、機械そのものに対する幅広い知識を得るという点においても有益・有効な資料と考えます。是非ご活用ください。



書籍の表紙イメージ

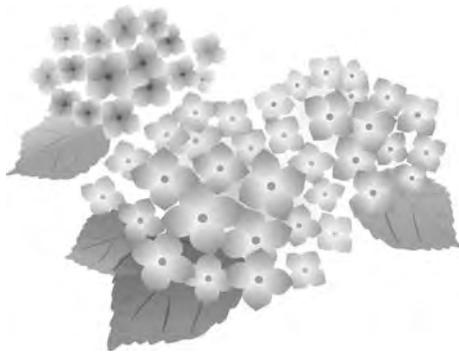
***** 記 *****

- 発売日 : 令和6年5月24日(金)
- 体裁 : A4判、一部カラー、約330ページ
- 本体価格 : 一般 7,260円(本体6,600円+税10%) ※送料別途
 会員 6,171円(本体5,610円+税10%) ※送料別途

■内容・特長

- (1) 損料用語を平易な表現でわかりやすく解説
- (2) 換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
- (3) 令和6年度版 建設機械等損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- (4) 建設機械器具のコード体系を大分類別に図示
- (5) 損料算定表掲載の機械器具の概要・特徴を写真・図を添えて紹介
- (6) 主要な建設機械については、メーカー・型式名を表にして紹介
- (7) 索引でヒットしない機械について、その要因と対処方法を表にして紹介

***** 以上 *****



(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和6年6月現在)

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	本部 送料
1	R6年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和6年度版	6,600	5,610	770
2	R6年5月	橋梁架設工事の積算 令和6年度版	12,100	10,285	990
3	R6年5月	よくわかる建設機械と損料 2024	7,260	6,171	770
4	R6年4月	令和6年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
5	R5年10月	道路除雪施工の手引 (第17版)	4,950	3,960	770
6	R4年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和4年度版	6,600	5,610	770
7	R4年5月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	770
8	R4年3月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	990
9	R3年1月	情報化施工の基礎 ~i-Constructionの普及に向けて~	2,200	1,870	770
10	H30年8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
11	H29年4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
12	H26年3月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	770
13	H25年6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
14	H23年4月	建設機械施工ハンドブック (改訂4版)	6,600	5,610	770
15	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
16	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300	2,970	770
17	H22年7月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
18	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
19	H20年6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,618	770
20	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
21	H18年2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,992	770
22	H17年9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
23	H16年12月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編)【CD-R】	5,500	4,950	770
24	H15年7月	道路管理施設等設計指針 (案) 道路管理施設等設計要領 (案)【CD-R】	3,520	3,168	770
25	H15年7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,485	770
26	H15年6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,980	1,782	770
27	H15年6月	機械設備点検整備共通仕様書 (案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領 (案)	1,980	1,782	770
28	H15年6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
29	H13年2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第3版)	6,600	5,940	770
30	H12年3月	移動式クレーン, 杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第2版)	2,750	2,475	770
31	H11年10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360	8,360	770
32	H11年5月	建設機械化の50年	4,400	3,960	770
33	H11年4月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
34	H10年3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R】	3,960	3,564	770
35	H9年5月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
36	H6年8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
37	H6年4月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
38	H3年4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
39	S60年1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R】	6,600	5,940	770
40		建設機械履歴簿	440	396	770
41	毎月25日	建設機械施工	880	792	770

定期購読料 年12冊 10,032円 (税・送料込)

購入を希望される場合、当協会 HP <https://jcmnet.or.jp/> の出版図書欄の「出版図書のご購入について」から本部、または支部の購入方法に基づきお申込みください。

特集

河川・ダムの治水対策, 維持管理, 点検補修

巻頭言

4 技術の総動員としての流域治水

清水 義彦 群馬大学大学院理工学府 教授

行政情報

5 治水機能の強化と水力発電の促進を両立する ハイブリッドダムの推進

梯 滋郎 国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川計画調整室

9 水局 DXWG の取組

米沢 拓繁 国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川情報企画室 課長補佐 (水局 DXWG 事務局)
田宮 子良 国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川情報企画室 情報企画係長 (水局 DXWG 事務局)

特集技術報文

14 川辺川の流水型ダムにおける環境影響評価の取り組み

北嶋 清 国土交通省 九州地方整備局 河川部 建設専門官

18 令和4年7月14日からの大雨で活かされた過去の教訓

佐藤 光弘 宮城県 大崎市 前危機管理監

24 WEC での水質技術開発の取り組み

水質管理・予測・対策技術の高度化・効率化へ向けて

木村 文宣 (一財) 水源地環境センター 研究第二部 水質技術開発室長

29 ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を 促進するダム堆砂分級工法の開発 (現地実証実験)

峯松 麻成 ダム水源地土砂対策技術研究会 技術委員会 技術委員長 (所属会社: 東洋建設株)
片山 裕之 ダム水源地土砂対策技術研究会 技術委員会 技術副委員長 (所属会社: 五洋建設株)
浅田 英幸 ダム水源地土砂対策技術研究会 技術委員会 技術副委員長 (所属会社: 東亜建設工業株)

34 デジタルツイン建設工事監理における 自動・自律 UAV の活用事例

小俣 光弘 (株)大林組 土木本部生産技術本部 ダム技術部 副部長, 川上ダム JV 工事事務所 副所長

41 ダム工事の環境技術

宮瀬 文裕 清水建設株 土木技術本部 プロジェクト技術部 主査
牧野 有洋 清水建設株 北陸支店 土木部 工事長
小松 裕幸 清水建設株 環境経営推進室 グリーンインフラ推進部 主席マネージャー

51 アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫

小橋 和周 佐藤工業株

58 「回転式破碎混合工法」の適用事例と適用性拡大に向けた開発

佐藤 裕 日本国土開発株 サステナビリティ経営本部 つくば未来センター 機械グループ

64 シャフト式遠隔操縦水中作業機による硬岩掘削技術の開発 ダムリニューアルに向けた T-iROBO UW の適用拡大

畠山 峻一 大成建設株 本社土木本部 土木技術部 ダム技術室 課長代理
新井 博之 大成建設株 本社土木本部 土木技術部 ダム技術室 課長

71 リアルタイム土砂・洪水氾濫予測モデルの紹介

樋田 祥久 いであ株 社会基盤本部 国土保全事業部 流域減災部 グループマネージャー
岡村 誠司 いであ株 社会基盤本部 国土保全事業部 河川部 グループ長
越智 尊晴 いであ株 東北支店 河川部 技師

77 水中施工無人化へ 絶対位置を高精度取得

古川 敦 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部 企画推進グループ グループ部長
北原 成郎 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部 部長
久保田 恭行 (株)熊谷組 土木事業本部 土木技術統括部 土木 DX 推進部 企画推進グループ

81 水位予測精度向上へ向けた状態把握技術の開発

洪水中の河床計測等を目指したドローン開発

黒沼 尚史 (公財) 河川財団 河川総合研究所 情報施策推進グループ 主管研究員 (当時)
黒田 幸智 (株)ニュージェック 経営戦略本部 DX 推進部 DX 推進グループ グループ統括

交流のひろば	90	AIを活用した水系一貫での最適な水力発電計画策定手法 中瀬 友之 中部電力㈱ 再生可能エネルギーカンパニー 水力事業部 運用・システムグループ 副長 松尾 光徳 中部電力㈱ 再生可能エネルギーカンパニー 水力事業部 岐阜水力センター 川辺水力制御所 専任主任 大見 智亮 ㈱TSUNAGU Community Analytics Data Science Unit Sub Lead
	95	憧れの北の大地 飯田 宏 ㈱ドラムエンジニアリング エンジニアリング事業部 技術グループ 部長
ずいそう	97	ギャンプラーの誤謬 高津 知司 ㈱東京建設コンサルタント 特任執行役員 技師長
	99	令和5年度若手現場見学会 横浜環状南線桂台トンネル工事 建設業部会
部会報告	101	三和エナジー(株)新狭山バイオプラント見学会 報告 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会
	103	新工法紹介 機関誌編集委員会
	105	新機種紹介 機関誌編集委員会
	107	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会
統計	108	行事一覧 (2024年4月)
	112	編集後記 (松澤・那須野)

◇表紙写真説明◇

アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫

写真提供：佐藤工業(株)

大源太川第1号砂防堰堤は、信濃川水系魚野川支流大源太川に位置する昭和14年竣工の砂防堰堤である。我が国における最も初期のアーチ式堰堤で、『登録有形文化財』や土木学会の『土木遺産』にも認定されている。堰堤は竣工から80年近くが経過し、各所で漏水が見られることや、堤体内部にも空洞化が見られることから、既存のアーチ式石積みの景観を保持しつつ、堰堤上流側の背面に補強堰堤を構築したものである。

2024年(令和6年)6月号PR目次
【ア】
ヴィルトゲン・ジャパン(株) 表紙4
朝日音響(株) 後付1

【カ】
コベルコ建機日本(株) 表紙2
【ク】
㈱鶴見製作所 後付5
デンヨー(株) 後付7

大和機工(株) 後付4
【マ】
マシケンアテック(株) 後付3
マルマテクニカ(株) 後付6
三笠産業(株) 後付8

㈱三井三池製作所 表紙3
【ヤ】
山崎マシーナリー(株) 後付2
吉永機械(株) 後付4

巻頭言

技術の総動員としての流域治水

清水 義彦



全国109水系の河川整備基本方針の見直しがピッチを上げて進んでいる。河川整備基本方針とは、河川整備の長期計画であり、この方針を受けて今後30年程度の間達成させる具体的な内容を決めた計画（河川整備計画）が定められる。河川整備計画は事業計画で、ここに記載されたものが河川工事のメニューとして挙がってくる。

さて、なぜ今、河川整備基本方針を早急に見直すのか、その背景には相次ぐ水災害による甚大な被害があって、これらには気候変動の影響（温暖化）による降雨量増加（洪水規模の増加）が生じているためである。そこで、今回の河川整備基本方針の見直しでは、計画規模となる対象降雨を、これまで過去の実績降雨にもとづいて決めていたことから、気候変動による降雨量増加を考慮した計画規模に変更する必要がある。では、どの程度の降雨量増加を基本方針の中で見込むのか。そこでは2℃の気温上昇を前提とした降雨量増加（約1.1倍）とした温暖化シミュレーションによる試算を用いた。もちろん計画においては達成可能性を持った規模でなければならぬし、4℃の気温上昇を前提とした降雨量増加では現状、歯が立たない。従前（気候変動の考慮しない場合）の計画規模降雨の約1.1倍と言われてもピンとは来ないかもしれないが、それがもたらす洪水規模は、従前の計画流量（基本高水）の約1.2倍に相当する。今、まさに検討されている「利根川水系の基本方針見直し」で言えば、現状の基本高水（ピーク流量）22,000 m³/sから26,000 m³/sと、4,000 m³/sもの増大が見込まれている。この数字の大きさは、例えば、利根川水系の最大の支川（支川流域面積が最大）である渡瀬瀬川の現況の計画洪水流量にほぼ匹敵する。つまり、気候変動の影響により利根川水系の中で大支川が1本増えることになるわけだ。

河川整備基本方針では治水に関する大きな決定事項は、基本高水を洪水調節流量と河道流量（計画高水流量）に配分することで、見直しで大きくなったこの基本高水をどう振り分けるかがある。通常、洪水調節流量はダム、調節池で、計画高水流量は河道断面の大き

さで対応するが、基本方針では具体的な施設整備は書けないので、想定した可能性検討を行って試算し、それらが書ける「河川整備計画」につなげることになる。しかし、基本方針の段階でも試算した対応の具体はどうしても気になるもので、基本方針検討小委員会の中でも熱心に議論されている。とくに目立ってきた対応が、洪水が予測された場合に、ダム貯留容量を増やすためのダムの事前放流、利水ダムでの放流能力増強、ダム群の中での治水・利水容量の振り替えなど、ピーク流量を低減させるための技術の進展で、従来、新規ダム建設だけに頼り過ぎていた側面から大きく変わった。また、「田んぼダム」という言葉もよく耳にすることとなり、流出抑制の機能とともに、かすみ堤と巧く連動すれば効果的な遊水機能を発揮できるかもしれない。ただし、かすみ堤から遊水機能を期待する面積を河川区域だけにするとその効果も限定的なことが多く、面積を広げるには河川を越えた区域の協力が必要となってくる。気候変動対応の基本方針では、河川を越えて流域全体で、総動員で取り組む治水すなわち流域治水が位置づけられた。田んぼダム、かすみ堤の話は一例に過ぎないが、流域治水として取り組むべき大きな課題の1つである。それには、流域治水の中で河川の治水技術の進展も不可欠である。遊水地では越流堰の可動化、自動化の方向性がすでに検討されているし、かすみ堤開口部の自動制御もあり得ない話ではない。同時に氾濫水の効率的な排水技術も求められる。さらに洪水の越流破堤に対して「ねばり強さ」を発揮する堤防強化の技術検討も加速化している。流域治水は、「River Basin Disaster Resilience and Sustainability by all」と訳されているが、最後の「by all」には、あらゆる関係者（総動員）が流域治水の主体となる意味が込められている。そこに、「技術の総動員」も流域治水の主体であることをより強調したい。そして、今、待ったなしの技術の進展が求められている。

行政情報

治水機能の強化と水力発電の促進を両立する ハイブリッドダムの推進

梯 滋 郎

我が国では気候変動による水災害リスクの増大に備えるために、流域全体を俯瞰し、あらゆる関係者が協力してハード・ソフト一体の治水対策に取り組む「流域治水」を進めている。一方、2050年カーボンニュートラルを目指す中、再生可能エネルギーの導入を促進している。

ダムは、治水において重要な役割を果たしているが、利水においても水力発電により、クリーンかつ再生可能なエネルギーを創出する等の機能を併せ持つことから、ダムの重要性はますます高まっている。

本稿では、我が国が2050年カーボンニュートラルを目指す中で国土交通省が進めている、治水機能の強化と水力発電の促進を両立させる「ハイブリッドダム」の取組を紹介する。

キーワード：ダム、気候変動、カーボンニュートラル、流域治水、水力発電

1. 取組の背景

近年、我が国では毎年のように各地で豪雨災害が発生するとともに、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨及び令和元年東日本台風では、事後の解析により気候変動が大雨に与えた影響が確認されており、今後も気候変動の影響による豪雨のさらなる頻発化・激甚化が懸念されている。そのような状況下で、国土交通省では、気候変動への適応策として河川管理者が主体となって行う河川整備等の事前防災対策の加速化に加え、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う「流域治水」への転換を推進しているところであり、その中で、ダムの治水機能の強化にも取り組んでいる。具体的には、かさ上げや放流設備の増強、長寿命化等により既存ダムを最大限活用して治水機能を強化するダム再生や、利水者の理解を得て、利水ダムや多目的ダムの利水容量を活用する事前放流の取組等を進めているところである。

一方、我が国では2050年カーボンニュートラルを目指す中、再生可能エネルギーの導入を促進しているところである。このうち、水力発電は、令和3年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画において、「安定した出力を長期的に維持することが可能な脱炭素電源として重要」とされ、「既存設備のリプレース等による最適化・高効率化や発電利用されていない既存ダムなどへの発電機の設置などを進め、発電量の増加を図る。加えて、現在研究が進められている長時

間流入量予測などのデジタル技術の活用等により、効率的に水運用を行うことで、水力エネルギーの有効活用を進める」ことが位置づけられているなど、その促進を図ることで、気候変動緩和策にもつながることが期待されている。

2. ハイブリッドダムの取組の概要

気候変動による水害の激甚化・頻発化に備えた治水対策の強化も急務とされる状況に加えて、カーボンニュートラル実現に向けて水力発電への期待が高まっている社会情勢を踏まえて、国土交通省では、令和4年7月に気候変動への適応・カーボンニュートラルへの対応のため、治水機能の強化と水力発電の促進を両立させる「ハイブリッドダム」の取組を打ち出した。

ハイブリッドダムとは、治水機能の強化、水力発電の増強のため、気象予測も活用し、ダムの容量等の共用化など、ダムをさらに活用する取組である。「ダムの容量等の共用化」とは、例えば、利水容量の治水活用（事前放流等）、治水容量の利水活用（運用高度化）などの取組であり、単体のダムにとどまらず、上下流や流域の複数ダムの連携した取組も含む。また、ダムの施設の活用や、ダムの放流水の活用（発電に利用されていない放流水の活用など）の取組を含む。

ハイブリッドダムの具体の取組としては、「(1) ダムの運用の高度化」、「(2) 既設ダムの発電施設の新増設」、「(3) ダム改造・多目的ダムの建設」に大別して



図一1 ハイブリッドダムの具体的取組

いる(図一1)。これらの取組を進める中で、官民連携によるダム立地地域の地域振興への支援にも取り組むこととしている。

また、取組の推進にあたり、ハイブリッドダムはこれまでにない新しい取組であることを踏まえて、新技術活用や堆砂などといったダムに関する諸課題への対応も含めたダムの機能強化について意見・助言をいただくため、ダムの運用や構造、気象予測、水力発電をはじめとした再生可能エネルギー、官民連携等の各分野について知見を有する有識者からなる「気候変動に対応したダムの機能強化のあり方に関する懇談会」を令和5年7月に設置した。令和5年度に本懇談会を4回開催し、ハイブリッドダムについては、特に(2)既設ダムの発電施設の新増設に関して、民間事業者等からの意見・提案を参考とした取組方針に対して、意見・助言をいただいていたところである。

本懇談会の意見・助言を含めて、3.でそれぞれの取組について説明する。

3. ハイブリッドダムの具体的取組状況

(1) ダムの運用の高度化

ダムの運用の高度化は、気象予測も活用し、治水容量の水力発電への活用を図る運用を実施するものである。多目的ダムでは、目的毎に容量を設けており、治

水容量、利水容量がそれぞれ設定されているが、近年、気候変動の影響による水害の激甚化・頻発化も踏まえ、利水容量の貯留水について、大雨が予測される場合には事前にダムから放流を行い、容量を空けて洪水に備える「事前放流」の取組を関係者の協力の下で実施している。一方、カーボンニュートラルの観点から水力発電を強化するため、治水容量について、降雨がしばらく予想されない場合には、この容量の一部に貯水して増電を図る取組が「ダムの運用の高度化」である。

ダムの運用の高度化の手法としては、通常、洪水調節により治水容量に貯留を行った際には、次の洪水に備え、放流ゲートから速やかに放流を行い、ダムの水位を低下させているが、降雨が予想されない場合には、最大限、発電用の放流管を利用して緩やかに放流する「洪水後期の水位低下を利用した増電」がある。また、通常、ダムは洪水に備えて治水容量を空にしておくため、平常時最高水位(制限水位)を設定し、それを超えないようにダムの水位を運用しているが、降雨が予想されない場合には、制限水位を超えて貯留し、発電用の放流管を利用して放流する「弾力的管理による増電」もある。この他、ダムによる洪水調節を行う際、洪水調節を開始する流量に達しない場合の流水を治水容量内に一時的に貯留し、発電用の放流管を利用して放流する「洪水調節開始流量に達しない流水



写真一 運用高度化の試行を行った横山ダム（岐阜県）

の貯留による増電」や、冬季に積雪量より予測される融雪量を勘案し、融雪出水前に発電用の放流管を利用して事前に放流する「融雪出水を見込んだ水位低下による増電」などの手法もある。

この「ダムの運用の高度化」の取組については、令和4年度、国土交通省と水資源機構が管理する6ダム（写真一）で計8回試行を行い、215万 kWh（一般家庭約500世帯の年間消費量に相当）の増電につながった。令和5年度は国土交通省、水資源機構が管理する計72ダムに試行対象を拡大したところである。令和6年度以降、国土交通省・水資源機構の全ての可能なダムで試行を継続するとともに、これまでの試行状況や2.で述べた「気候変動に対応したダムの機能強化のあり方に関する懇談会」で頂いた意見・助言を踏まえて、ルール化の検討を行った上で、運用の高度化の本格実施を目指していく。

(2) 既設ダムの発電施設の新増設

国土交通省が所管する多目的ダム（一部、治水専用ダムを含む）は、ダム管理者が国土交通省、水資源機構、道府県のダム合わせて573ダムであるが、この中で発電機を設置しているダムは5割強の305ダムである。このうち、民間の電力事業者等が商用で発電を行っ

表一 多目的ダムにおける発電機の設置状況と発電量（国土交通省作成）

管理者	全ダム数	発電機設置ダム数		発電電力量 (億 kWh) (2021年)	
		内訳		内訳	
		商用	管理用	商用	管理用
国土交通省	106	98	79	85.8	87.0
			34	1.2	
水資源機構	24	23	16	12.0	12.3
			8	0.3	
都道府県 (土木部局)	443	184	129	45.5	47.4
			62	1.9	

ているのが224ダム、ダム管理者がダム管理に必要な電力を発電しているのが104ダムである（商用発電、ダム管理用発電の両方を実施しているダムもあり。内訳は表一参照）。

国土交通省、水資源機構が管理する130のダムに焦点を当てると、9割強の121のダムで発電機を設置済みであるが、一部、未設置のダムが存在するほか、設置済みのダムにおいても、下流河川の環境の保全等を目的にダムの貯留水を放流する際、発電に活用されていない場合があり、この放流水による発電の余地もあると考えられる。このため、既設ダムへ発電施設を新設または増設を行い、このような放流水を活用した水力発電の強化を図る取組を進めていく。

国土交通省では、既設ダムの発電施設の新増設による水力発電については、再生可能エネルギーに関心を有する多くの民間事業者等の応募が可能な事業とする方針で、民間事業者等の参画方法や事業スキーム等を検討するため、令和5年度に、国土交通省が管理する湯西川ダム（栃木県）、尾原ダム（島根県）、野村ダム（愛媛県）を対象にケーススタディを実施している（写真二）。

このケーススタディにおいては、現段階で想定している発電条件や業務範囲、事業手法、事業期間、参加資格要件、ダム管理費等の負担、地域振興の方法等を提示し、ダムの概要や流況、発電設備などの現在のダム関係の情報も提供した上で、民間事業者等からの意



写真二 ケーススタディを実施している3ダム。左から湯西川ダム（栃木県）、尾原ダム（島根県）、野村ダム（愛媛県）

見・提案募集を令和5年7月～9月に実施し、電力事業者、通信事業者、発電機器関連メーカー、建設会社、コンサルタント、商社、不動産、インフラ開発・投資会社、金融機関等、幅広い分野の29者から意見の提出があった。

国土交通省では、提出いただいた意見や、2. で述べた「気候変動に対応したダムの機能強化のあり方に関する懇談会」において有識者からいただいた意見・助言も参考として、令和5年度に民間事業者の参画方法や事業スキームの検討を進め、事業スキームの基本的な検討内容・考え方をとりまとめた。

今後は、ケーススタディを実施した3ダム以外のダムも含めた国土交通省管理のダムで事業性を検討し、発電施設の新設・増設を行う事業の事業化に向けて、令和6年度より順次公募を実施することとしている。

(3) ダム改造・多目的ダムの建設

これまで多目的ダムの建設により、水力発電も目的に有するダムの整備を進めてきたところであるが、今後、ダムの嵩上げや放流設備の増設等を行うダム改造や、多目的ダムの建設を治水目的で行う際に、水力発電の実施、増強も併せて実施する。令和5年度から事業着手している雨竜川ダム再生事業（図一2）においては、ダム運用の高度化による増電の検討や、雨竜第2ダムの河川維持放流を利用したダム管理用発電について検討を進めているところであり、今後も他ダムにおけるダム再生事業やダム新設事業の実施にあわせて増電方策を検討していく。



図一2 雨竜第2ダムの嵩上げイメージ

4. 今後の展望

ここまで説明したとおり、国土交通省では、治水対策に加え、カーボンニュートラルの実現に貢献できるよう、水力発電の増強を図るハイブリッドダムの取組について、(1) ダムの運用の高度化については、国土交通省・水資源機構の実施可能なダムでの本格実施に向けて、(2) 既設ダムの発電施設の新増設については、早期の事業者の公募、事業化に向けて、(3) ダム改造・多目的ダムの建設については、治水対策と水力発電を両立した事業の実施に向けて、その取組を進めているところである。

また、当面は国土交通省や水資源機構が管理するダムで取組を進めていくが、その取組の進展に伴い、道府県が管理するダムにおいても同様の取組が進むよう、国土交通省での取組の情報提供や技術的な支援等を行うことも望まれる。

さらに、令和6年4月2日の水循環政策本部会合(第6回)において、流域単位での水力発電の増強や上下水道施設の再編等による省エネ化を推進し、流域で治水のみならず、カーボンニュートラルの推進にも取り組むなど、「流域総合水管理」の取組を推進することが打ち出された。2024年度より水道が国土交通省に移管されたことも受け、我が国のカーボンニュートラルの実現に向けて、流域全体での取組を更に積極的に進めていきたい。

JICMA

【筆者紹介】

梯 滋郎（かけはし じろう）
国土交通省 水管理・国土保全局
河川計画課 河川計画調整室



行政情報

水局 DXWG の取組

米 沢 拓 繁・田 宮 子 良

水管理・国土保全局では、所管する分野において、デジタルデータやデジタル技術を積極的に活用したDX促進施策を組織横断的に検討し、地域住民のQOL向上、建設業の持続的な発展、職員の働き方改革を実現させることを目的とした「水局DXワーキング」を立ち上げ、現在、流域データプラットフォームの構築やデータフォーマットの標準化といったDX基盤施策の推進や、分野横断的課題の検討、局内及び地方整備局等への情報共有や対外情報発信などを行っており、本稿ではその概要を紹介する。

キーワード：DX, 流域治水, データプラットフォーム, インフラ整備・管理, 災害対策

1. はじめに

河川・ダム・砂防・海岸・水道などの水管理・国土保全分野では、昨今の社会経済状況の激しい変化に対応するため、調査・計画、設計、施工、維持・管理の各段階において、積極的にデジタル化に舵を切り、事業全体の生産性向上及びインフラへの国民理解を促進する「インフラ分野のDX」の推進が求められている。また、防災・減災の観点からも、新技術による様々なデータの収集やデータの効果的な活用・発信により、住民の安全・安心の向上につながるDXの取組が求められている。

水管理・国土保全局では、所管する分野において、デジタルデータやデジタル技術を積極的に活用したDX促進施策を組織横断的に検討し、地域住民のQOL向上、建設業の持続的な発展、職員の働き方改革を実現させることを目的とした「水局DXワーキング」(以

下、「水局DXWG」)を令和4年10月に立ち上げた。

水局DXWGは、水管理・国土保全局内の各課室や国土技術政策総合研究所の関係室の、DX施策を有する担当者らをメンバーとしている。国土交通省全体の技術施策との動きの連動を図るため、大臣官房技術調査課等をオブザーバーとして加えて、さらに各地方整備局等のDXチームと一体となり体制を構築している。また、水局DXWGには、データ標準化やドローン等の個別課題別にプロジェクトチームを設けており、組織横断的な課題に対して検討を行っている(図-1)。

2. 水局DXWGの主な取組

(1) データの標準化・流域データプラットフォームの構築

ビジネス・インテリジェンス(BI)とは、データ

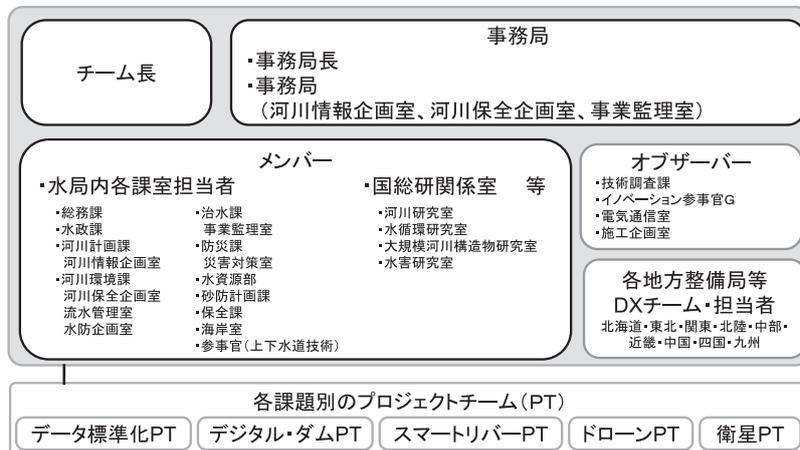


図-1 水局DXWGの体系図

収集・蓄積・分析・可視化の過程により、データに基づいた意思決定が可能になる仕組みのことである。

水管理・国土保全局では、流域に関する様々なデジタルデータの自動取得、取得したデータの蓄積・共有、知りたいことが一目で分かるようなデータの分析・可視化、流域のあらゆる関係者の行動変容、といった一連の流れ「流域ビジネスインテリジェンス（流域BI）」により、インフラの整備や管理、防災対策の省人化・高度化が図られるよう、デジタル技術を活用した変革を進めている（図-2）。

流域に関する様々なデータは各部門で個別に仕様が定められているが、流域全体として統合的に活用する場合にはデータ加工等の追加作業が発生してしまう。流域データを標準化することで、データの流通性を高め、流域関係者によるデータに基づく意思決定の迅速化を実現することができる。

現在水局 DXWG では、データフォーマットのルールづくりについて議論し、製品仕様書等の作成を進めている。また、標準化されたデータをクラウド上に一元的に集約する流域データプラットフォームの構築も

進めている（図-3）。

データを集約した共有基盤と、河川維持管理情報・河川環境情報・法定台帳等の各データベースの閲覧・編集機能を有した業務アプリケーションが連携することで、職員や業務受注者らが日常業務で必要となるデータを容易に取得し、検討・分析の実施や現場での確認を行うことができる。

さらに、水位等のリアルタイムデータや都市や道路などの他分野のデータとも連携可能なデータプラットフォームとすることで、オープンデータの推進や様々なDX施策や民間等での活用を目指している。

(2) DX に関する情報共有・情報発信

デジタル技術の活用を目的化せず、変革へと繋げていくためには、デジタル技術の投入により誰が／何がどのように変化することを目指しているのかを、職員一人一人が理解することが重要であり、水局 DXWG では水管理・国土保全局内や地方整備局等へ、各地で取り組んでいるDX施策のロジックモデルやロードマップを示すなど、取組に関する情報共有を積極的に行っている。

また、令和6年3月には水管理・国土保全局のDXの目指す姿やその促進施策、取組事例などをとりまとめ紹介するWebサイト (<https://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/dx/index.html>) を開設した（図-4）。流域の様々な関係者や業界団体等に向けて水局DXの情報発信を行うことで、事業や取組への理解促進や、最新のデジタル技術やノウハウを引き込むことを目的としている。

令和5年度には、住民も含めた流域の様々な関係者



図-2 流域 BI の概念図

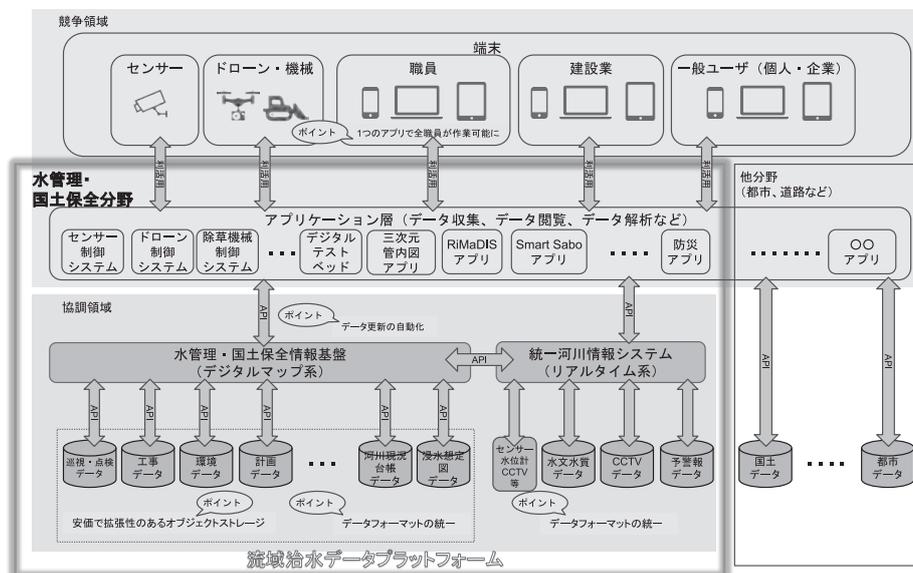


図-3 流域データプラットフォームの概念図



図-4 水局 DXWeb サイトのトップ画面

が目指すべき働き方の未来像を共有し、その実現に向けたデジタル技術活用環境及びデジタルデータの整備を進めるため、地方整備局や国土技術政策総合研究所等の国土交通省職員を対象に、デジタル技術を活かした働き方の未来像を募集し、優秀提案については上述の Web サイトにも公開している。

3. 水管理・国土保全分野の DX の事例

(1) 堤防除草機械の自動化・遠隔化

堤防除草は、堤防の状態把握と堤体の保全を目的に毎年実施している。河川整備の進捗に伴い、堤防管理延長や除草面積が増加する一方で、温暖化による現場作業の過酷化、作業員の高齢化等による担い手不足などが課題となっている。適切な堤防の管理を今後も維持するため、除草機械の遠隔化・自動化により作業の効率化・高度化を図ることが重要である。

堤防除草は、堤防の高さ・勾配等の形態や周辺環境などの状況により、その作業現場は多様である。そのため、現在は各現場で除草機械の遠隔化・自動化による技術公募や実証試験を行い、運用に向けた検討を進めている。また、堤防除草後は、面積や刈草高を記録し出来形を管理する必要がある。これらの情報を除草しながら自動的に計測することで現地作業の省力化・効率化を図る技術開発の検討も進めているところである。

▶【具体事例】北海道開発局管内における堤防除草の自動化の検討

全国で国が管理する河川堤防の 20% にあたる約 1,850 km におよぶ堤防を管理し、堤防法面の除草面積が 10,000 ha を超える北海道開発局では、先駆的に大型の機械による法面の除草作業の自動化を進めるため、令和 2 年度から「堤防除草の自動化検討ワーキング (SMART-Grass)」を設立し、自動除草機の技術開発を進めている。

従来、河川における堤防除草は、各除草機械 1 台につき 1 人以上の作業員が必要だが、SMART-Grass では大型自動除草機を用いて一人で複数台を運用するこ



図-5 大型自動除草機

とで除草作業の効率化が可能となる。令和 5 年度には、自動除草機 2 台の協調運転の技術開発および現場実証試験を行い、走行精度が設定基準値内であること、協調運転接触防止機能やエンスト防止機能について問題なく作動することを確認した (図-5)。

さらに、走行履歴から除草面積を自動計測し、積算や作業報告に必要な帳票を自動で作成することも可能であり、施工管理の省力化・効率化に繋がっている。

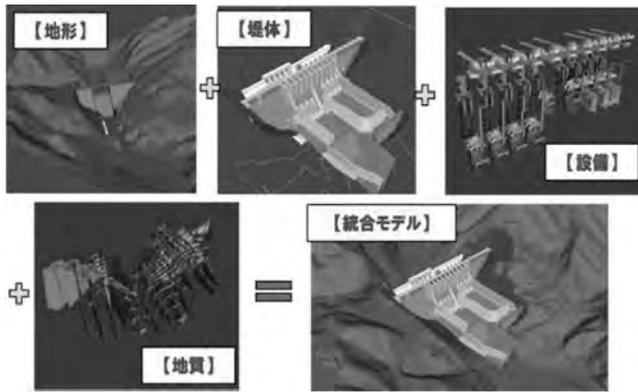
今後は、様々な施工条件 (勾配、施工規模) で実証試験を行い導入可能な現場環境を精査するとともに、導入に向けた施工者への支援体制の構築を図ることとしている。令和 6～7 年度には、大規模実証試験として、実際に施工者が数日にわたって自動除草機を運用し、運用する上での課題の抽出と対策の検討を行い、現場への導入を拡大していく予定である。

(2) デジタルダム関係

BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) とは、建設事業で取り扱う情報をデジタル化することにより、調査・測量・設計・施工・維持管理等の建設事業の各段階に携わる受発注者のデータ活用・共有を容易にし、建設事業全体における一連の建設生産・管理システムの効率化を図ることである。

水管理・国土保全局では、河川・ダム・砂防等の現場において、三次元モデルの活用によって、施設の干渉等の確認が容易となり、施工計画の手戻りが解消され生産性が向上することや、出来高の管理の効率化、無人化・自動施工による安全性の向上が期待される。

また、受発注者双方の生産性向上のため、設計段階で作成した三次元モデルを工事公告時に提供するなど、設計、施工、維持管理の各段階で有効に活用でき



図一六 新丸山ダムで作成した三次元モデル

るよう取り組んでいる。

さらに、三次元モデルを住民説明や関係機関との協議に活用することで、完成イメージや施工状況などの知りたいことがひと目でわかり、関係者の意思決定を迅速化することが可能となる。

▶【具体事例】新丸山ダムにおける BIM/CIM の導入

現在建設中の新丸山ダム（岐阜県）では、地形モデル、堤体モデル、設備モデル、地質モデルを重ね合わせた統合モデルを作成し、設計、施工、管理の各段階における情報の一元化を行っている（図一六）。一元化を行うことで、発注者、設計者、施工者等の関係者の意思決定が迅速化されている。

ダム事業においても日々大量の情報が生じる一方、情報管理に多くの労力が割かれることが課題となっている。現在、3D-GIS を基盤としたデータ一元管理に取り組んでおり、作成したモデルに情報を紐付けることで感覚的な情報の検索が可能となる。また、クラウド管理により受注者への資料貸与が容易となる。

(3) ドローンの活用

ドローンを活用することは、航空写真や三次元点群データを取得できるほか、侵入困難な場所の状況を素早く確認出来ることから、現場作業の迅速化・高度化に繋がる。

現在、河道の三次元測量、インフラ施設の点検、災害時の現地調査、災害査定への利用など様々な場面でドローンが活用されている。今後、ドローンにより取得した画像データと AI による画像解析技術を活用した河川巡視ツールの構築や、目視外自立飛行による砂防施設点検の試行を進め、河川・砂防分野における維持管理のさらなる効率化・高度化に取り組んでいく。

▶【具体事例】無人航空機による長距離河川巡視

令和5年3月に、九州の山国川で VTOL（垂直離着陸）無人航空機による長距離河川巡視の実証実験を



図一七 山国川で取得された 3D モデル

実施した。実証実験ではあらかじめ設定した巡視航路を自動航行し、管理区間 25 km をバッテリーの入れ替え等を行わず一気に巡視を行った。映像伝送や機体制御のための無線回線には、既設の河川管理用光ファイバを活用した自営通信網（K-PASS）を用いており、これにより遠隔からの安定的な制御を可能としている。管理区間 25 km の飛行に要した時間は 25 分であり、これまでの 4 時間と比べ 10 分の 1 に時間が短縮された。また、巡視の際には 3 次元点群データおよびオルソ画像の取得を行っており、着陸 2 時間後には 3D モデルを出力することができた（図一七）。

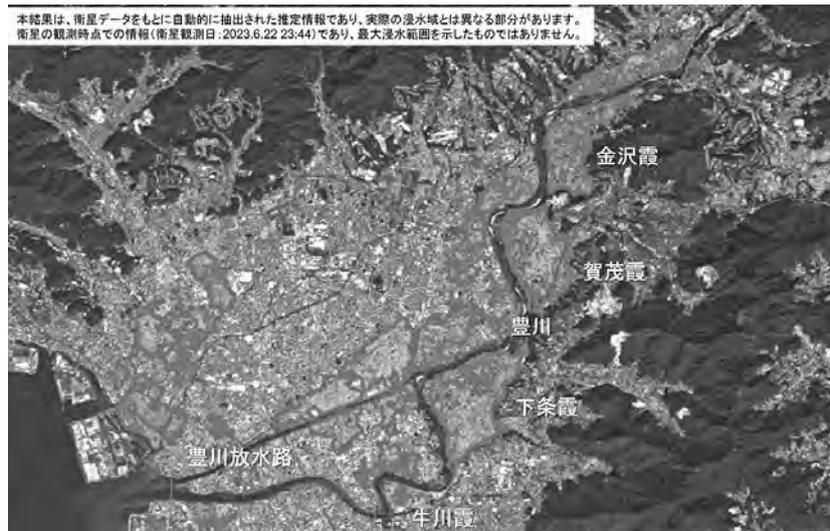
▶【具体事例】UAV による砂防施設の点検

砂防施設は山間部の急峻で狭隘な箇所位置することが多く、アクセスも悪いため、点検の際は徒歩で移動することもあり、時間を要し危険も伴う。安全性確保、効率性向上のために UAV を活用した点検の利用拡大に努めており、令和4年3月には、UAV による点検を推奨するため、砂防関係施設点検要領（案）を改訂した（写真一1）。

中部地方整備局 越美山系砂防事務所では、令和5年10月に長時間飛行可能な UAV 及び携帯電話通信圏外箇所でのリアルタイム映像通信技術を用いて、レ



写真一1 UAV を活用した調査



図一8 衛星データを元に自動抽出された浸水域の推定範囲

ベル3相当(目視外飛行, 補助者付き)の自律飛行による砂防施設点検の実証実験を実施した。また, 山間部の樹木等に囲まれている施設を UAV が近距離で飛行し, 作業従事者による目視点検と同様な点検が行えるか Visual SLAM を搭載した機体を用いた実証試験も実施した。

(4) 衛星の活用

衛星観測は, ドローンや航空機と比べ一回の観測で広範囲を観測することが可能である。

特に SAR 衛星は, 夜間・悪天候時でも観測が可能であり, 災害時に迅速に被害の全容を把握するのに有効な手段となる。

水管理・国土保全局では, 浸水範囲や土砂移動箇所等の早期把握に衛星観測を活用しており, 関係機関への情報提供を行っている。また, 海岸線モニタリングやダム堤体変位監視などの平常時の管理に対しても衛星観測の検討を進めているところである。今後さらに, 衛星コンステレーションの活用や自動判読技術の向上の検討を進め, 災害対応やインフラ管理の高度化を図っていく。

▶ 令和5年台風第2号における浸水状況の把握

令和5年6月2日, 台風第2号及びそれに伴う前線の活発化による大雨の被害状況把握のため, 愛知県周辺の衛星観測を行った。観測の約2時間半後, JAXA から国土交通省へ浸水域等の解析結果が提供された(図一8)。省内関係機関に共有されたデータは,

- ・翌朝からのヘリ調査, 地上調査での調査範囲の絞り込み検討の参考資料として活用
- ・推定浸水面積を内部での被害状況とりまとめ速報資料で活用

- ・推定浸水面積を基に概略の排水量を算定し, 翌朝からの排水ポンプ車の配置検討に活用
- など, 翌朝からの災害対応に活用された。

4. おわりに

本稿では, 水局 DXWG の主な取組及び水管理・国土保全分野の DX の事例を紹介した。DX を実現するためには, 改善したい業務を明確にした上で先進的な技術開発を行うとともに, 良い取組を全国的に普及させていくことが重要である。引き続きその双方の動きを支援していくことで, 地域住民の QOL 向上, 建設業の持続的な発展, 職員の働き方改革の実現を推進していく。

JICMA



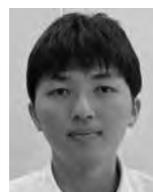
水局 DXWeb サイトは
こちらから

[筆者紹介]

米沢 拓繁 (よねざわ ひろき)
国土交通省 水管理・国土保全局
河川計画課 河川情報企画室
課長補佐
(水局 DXWG 事務局)



田宮 子良 (たみや しりょう)
国土交通省 水管理・国土保全局
河川計画課 河川情報企画室
情報企画係長
(水局 DXWG 事務局)



川辺川の流水型ダムにおける環境影響評価の取り組み

北 嶋 清

川辺川の流水型ダムは、完成すれば国内最大規模となる流水型ダムであるが、計画上必要となる治水機能の確保と、事業実施に伴う環境への影響の最小化の両立を目指して検討を行っている。本稿では、環境影響評価に先立って行った検討の概要について報告する。

キーワード：流水型ダム、環境影響評価

1. 川辺川の流水型ダムについて

球磨川は熊本県南部に位置し、人吉盆地を貫流し、八代平野を流れ、不知火海（八代海）に注ぐ、幹川流路延長 115 km、流域面積 1,880 km² の一級河川である（図—1）。

球磨川流域は、梅雨前線が停滞しやすく、流域全域で長期的に降り続く傾向にあり、これまでも昭和 40 年 7 月洪水や昭和 57 年 7 月豪雨等、多くの洪水被害が発生している。特に令和 2 年 7 月豪雨では熊本県内の犠牲者は 65 名にのぼり、球磨川流域においては家

屋等の浸水被害（約 6,280 戸）、農業・漁業・商工業関係への被害、道路・鉄道等の交通機能の停止、流域内の河川に架かる国道・鉄道等の橋梁 19 橋の流失等が生じるなど、地域の社会及び経済に甚大な影響を与え、令和 2 年（2020 年）8 月に激甚災害に指定された（写真—1、2）。

令和 2 年 7 月豪雨を受けて、「気候変動」と「流域治水」の 2 つの新たな視点を踏まえて、「球磨川水系



図—1 球磨川流域図



写真—1 令和 2 年 7 月豪雨の被害状況



写真—2 令和 2 年 7 月豪雨の被害状況

河川整備基本方針」を令和3年12月に変更し、この基本方針に基づき、球磨川水系（国管理区間）における今後概ね30年間の具体的な河川整備等の内容を記載した「球磨川水系河川整備計画」を令和4年8月に策定した。

河川整備計画では、球磨川流域における洪水被害の防止または軽減を目的として、計画上必要となる治水機能の確保と、事業実施に伴う環境への影響の最小化の両立を目指した洪水調節専用の流水型ダムを球磨川の支川である川辺川に整備することとしている。

川辺川の流水型ダムは、球磨川水系川辺川の熊本県球磨郡相良村に建設を予定しており、ダム洪水調節地のほとんどは熊本県球磨郡五木村となる。ダム形式は重力式コンクリートダムで、ダム高107.5m、堤頂長262.5m、総貯水容量1億3,000万 m^3 、貯水面積約3.91 km^2 であり、完成すれば国内最大規模の流水型ダムとなる（図-2）。

2. 環境影響評価の取り組み

川辺川の流水型ダムの環境保全の取組として、地域の宝である清流を積極的に保全するという観点から、多様な動植物の生息・生育・繁殖環境、水質、景観及び人と河川との豊かな触れ合い活動の場の保全を図り、供用後も含めた「流水型ダム」の事業実施に伴う環境への影響の最小化を目指すこととしている。

川辺川の流水型ダムについては、平成11年の環境影響評価法施行前の昭和46年から関連工事を進めたことから、環境影響評価法に基づく環境影響評価の対象外であるが、令和2年11月に熊本県知事から国土交通大臣に対し、法に基づくアセスメント、あるいはそれと同等の環境アセスメントの実施を求める要望があり、それを踏まえ、これまで実施してきたダム関連の工事等による現地の状況も考慮しつつ、環境影響評価法と同等の環境影響評価を実施しているところである。

環境影響評価の実施にあたっては、環境への影響の最小化を図るために、当該事業の事業特性、地域特性等を踏まえ、最新の科学的知見に基づき適切な環境影響評価を実施することを目的に、水質や生物等の専門家からなる「流水型ダム環境保全対策検討委員会」を設置し、これまでに10回（令和6年3月末時点）の委員会を開催し、検討を行っているところである。

環境影響評価を行うにあたっては、法に準じて各段階において図書を作成し、対外的に意見を伺いながら実施しているところである。具体的には令和4年3月



図-2 川辺川の流水型ダムのイメージ

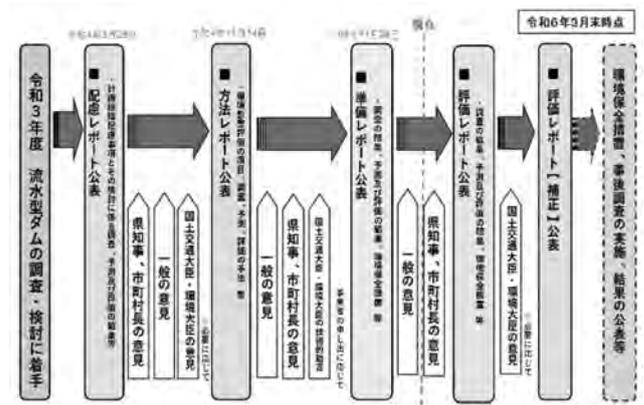


図-3 環境影響評価の流れ

に環境配慮レポート（配慮書に相当）を公表し、令和4年11月に方法レポート（方法書に相当）を公表、令和5年11月に準備レポート（準備書に相当）を公表しているところである（図-3）。

また、各段階において法手続きに準じて大臣や県知事、関係市町村長、一般の方々からの意見を踏まえながら図書の作成を行っており、引き続き、評価レポート（評価書に相当）、評価レポート【補正】（評価書【補正】）を作成していく予定である。

3. 環境影響評価に先立っての検討

川辺川の流水型ダムについては、治水機能の確保と環境への影響の最小化の両立を目指し、ダム施設等（放流設備や減勢工等）設計及びダムの運用等については、環境影響評価の検討と並行して実施し、環境影響評価の内容も踏まえ、検討の進捗に応じ、改善を試みながら深化させてきた。

ここでは、環境影響評価に先立って検討を行った「ダムの施設等設計の工夫」、「試験湛水手法の工夫」、「洪水調節操作ルール工夫」の内容について紹介するが、ここで紹介する内容についても工夫の一部であり、詳細については川辺川ダム砂防事務所ウェブサ

イトに掲載しているため、そちらを参考にされたい。

(1) ダムの施設等設計の工夫

ダムができることにより、生物の移動経路、流砂環境、景観に関する影響が主に考えられることから、環境影響の最小化に向け以下の設計とした。

(a) 河床部放流設備

現況の平常時と同等の水面幅を確保する観点や、上流からの土砂（砂や石礫）をスムーズに流下させるため、開水路状態の放流期間をできる限り確保する観点から、河床部放流設備は構造上設置可能な上限の3門とした。

また、平常時のダムサイトにおける水面の連続性を確保し、生物が移動可能な期間をできる限り確保する観点で、ダムサイト下流の早瀬の現況河床と河床部放流設備の呑口部の敷高を同程度とした。

さらに、平常時の放流設備内において、多様な水深や流速分布、河床環境を創出すること、及び、渇水時においてもダムサイトにおける生物の移動経路を確保するために河床部放流設備の敷高を2門下げることにより、多様な河床環境を創出した。

(b) 減勢工

平常時における生物の移動経路をできる限り確保するため、減勢工内に隔壁を設け、平常時の生物の移動経路に必要な施設と洪水調節時に必要な施設を分離するとともに、減勢工内の水や土砂の流れを分散させないことで、循環流の発生の抑制及びみお筋を形成しやすくした。

また、生物の移動経路の確保の観点や、流砂環境の保持の観点、景観への影響の最小化の観点から、ダムサイト下流の地形を生かし、減勢機能の確保を前提として減勢工の掘り込みをできる限り小さくするとともに、河床部放流設備下流における副ダムは設けずに、必要な減勢機能を確保できることを確認している。

これらの検討にあたっては、大型水理模型実験を用いて、水や土砂の流れを確認しながら検討を行っている（図-4）。

(2) 試験湛水手法の工夫

洪水調節時のみ一時的に水を貯める流水型ダムでは、工事中に、ダム及びダム洪水調節地周辺の安全性を確認するために、一定期間水を貯める試験湛水時が、洪水調節時と比べ貯水する時間が長いことから、特にダム洪水調節地内や下流河道に対して影響が大きいと考えられる。

試験湛水の工夫の検討にあたっては、現時点の知見

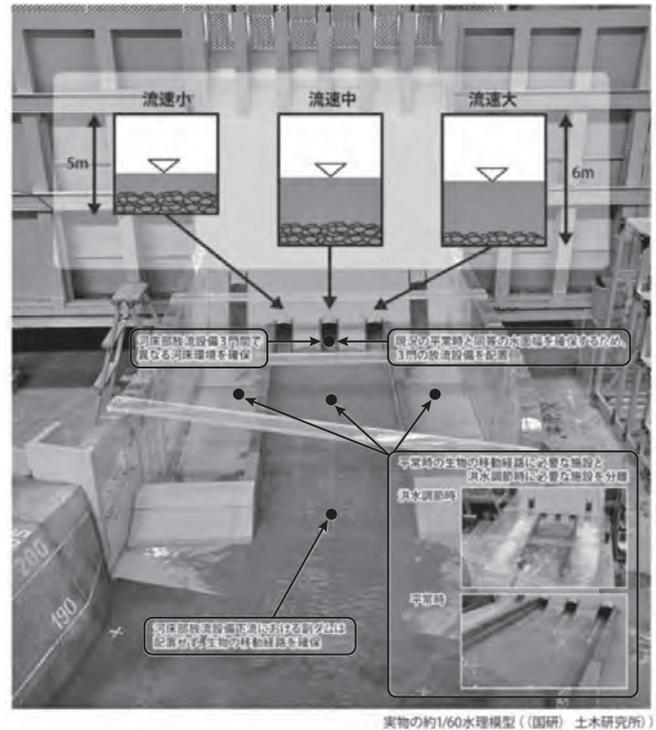


図-4 大型水理模型実験施設による検討

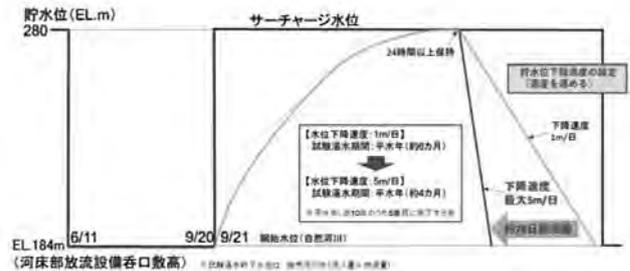


図-5 試験湛水手法の検討結果

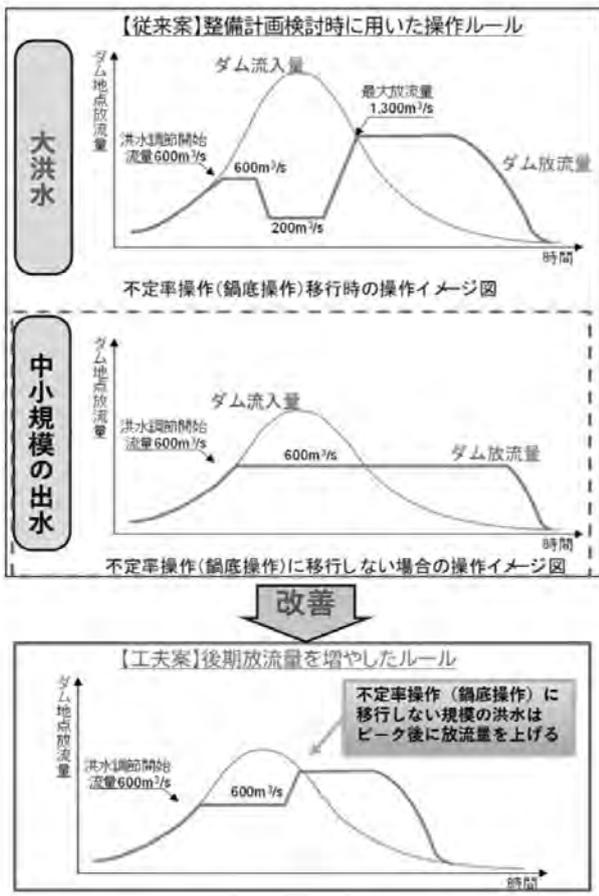
で検討の余地がある、試験湛水の開始時期及び貯水位下降時の下降速度について検討を行った。

試験湛水の開始時期については、期間を短縮することを念頭に置きつつ、生物の生活史の観点等も確認したうえで、9月21日を条件とした。

貯水位下降速度については、現時点の計測・監視技術から最大1日5mまでは早めることが可能である。この場合、一般的な試験湛水（1日1mの下降速度）と比べて約70日間の短縮を確認した（図-5）。

(3) 洪水調節操作ルールの工夫

洪水調節により、ダム洪水調節地内及びダム下流域の環境影響が発生すると考えられる。治水機能を確保しつつ、ダム洪水調節地内においては、洪水調節に伴う水位上昇頻度をできる限り抑えること、ダム下流においては、河川生態系に必要な流量変動による攪乱を確保することを目標に洪水調節操作ルールの工夫を検



図一六 洪水調節操作ルールの工夫

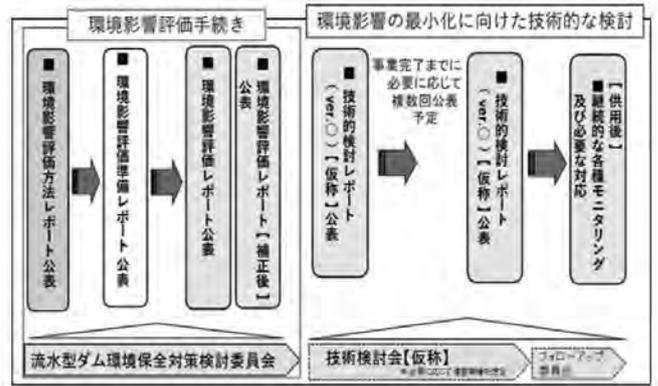
討し、約9割を占める中小規模の出水においては、洪水のピーク流量が過ぎ下流の安全が確認できれば、後期放流量を増やすこととした（図一六）。

これにより、ダム洪水調節地内においては、水位上昇頻度の低減や洪水調節時間の短縮を確認した。

また、下流河道においては攪乱を確保することで、瀬淵構造の確保による河川生態系への影響低減や、地域の典型的な魚類として注目されているアユの餌資源である付着藻類の剥離・更新が維持でき、質の良い付着藻類を確保することにより、アユの良好な生息・生育環境の確保を図る。

4. 更なる環境への影響の最小化に向けた取り組み

今般、環境影響の最小化に向けて、環境影響評価と並行して実施しているダムの施設等設計や試験湛水手法、ダムの運用等の検討も織り込みながら、環境と構造の技術的な観点から検討を進め、現時点での知見を最大限反映した準備レポートを取りまとめたところである。



図一七 環境影響評価後の流れ

一方、今後の事業進捗に伴い、気候変動による気象等の周辺環境の変化や調査・観測データの蓄積、並びに調査・観測機器や計算機の能力向上、これらを踏まえた解析技術の精度向上等も見込まれる。

今後、環境影響評価の手続き後においても、専門家の指導や助言をいただきながら、更なる環境への影響の最小化に向け、継続的に生物や濁りなどの水質環境調査、並びに、数値計算や各種実験を実施し、降雨予測技術の進展等、ダムに関する周辺技術の情報収集に努め、ダムの施設等設計や試験湛水手法、ダムの運用等の検討を追求していくこととしている。また、検討した結果については、公表・周知していくとともに、「技術的検討レポート（仮称）」として継承していくこととしている（図一七）。

5. おわりに

本稿においては、主に環境影響評価に先立っての検討内容について紹介したが、環境影響評価の結果については、川辺川ダム砂防事務所のウェブサイトにおいて掲載しているため、そちらをご覧ください。

川辺川の流水型ダムにおいては、更なる環境への影響の最小化に向けた検討を行っていくこととしており、この検討結果については、他の流水型ダムにも活用できるものと考えており、引き続き、これらの検討結果について、情報発信を行っていきたい。

JCM/A

【筆者紹介】
北嶋 清（きたじま きよし）
国土交通省
九州地方整備局 河川部
建設専門官



令和4年7月14日からの大雨で活かされた過去の教訓

佐藤 光弘

令和2年度に地元消防長を定年退職、その前後通算6年間、本年3月末まで宮城県大崎市の危機管理監を務め、幾度となく地震や風水害など大規模な自然災害と向き合う中で、防災・減災・国土強靱化にかかる多くの教訓を得て対応することができた。

特に、一昨年の「令和4年7月14日からの大雨」は、近年全国的に増加している中小河川氾濫の典型的な災害であったが、先に経験の「平成27年関東・東北豪雨」にかかる一連の反省・教訓が顕著に活かされた。本稿では地方自治体における災害対応の実態と今後の課題、また流域治水の推進等について、関係者の多くにご理解いただきたく紹介する。

キーワード：防災、減災、国土強靱化、流域治水

1. はじめに

宮城県大崎市は、平成18年に七つの市町が合併して誕生し、仙台市の北部約40kmほどの内陸部に位置しており、北西部の山岳地域は秋田県と山形県と接し、交通はJR東日本の東北新幹線「古川駅」、また東西に陸羽東線が走る。高速道路は東北自動車道の「古川」をはじめ三つのインターチェンジの利用が可能、その他主要国道として4号、47号及び108号などが縦

横に走る交通網を成す。

地勢は東西に約80kmと長く、面積は約800km²で県土の約11パーセントを占め、令和6年1月1日現在、人口は122,000人余り、世帯数は52,000世帯余りとなる。市域は合併前の旧市町名を引き継ぐ七つの地域で編成されて、西部の鳴子温泉地域に奥羽山脈の峰々が連なり、中央部から東部に開けた大崎平野に耕作地が広がるとともに、古川地域を中心に市街地が構成されている（図-1）。

西部の山岳地域を源流として、三つの国直轄河川（江合川・鳴瀬川・吉田川）が、古くから市域を流れ、長くは90kmの流路と、700km²を超える流域面積を伴い太平洋の石巻湾に注いでいる。それらの河川は流域において大地を潤し、肥沃で住みよい「大崎耕土」を



図-1 大崎市位置図

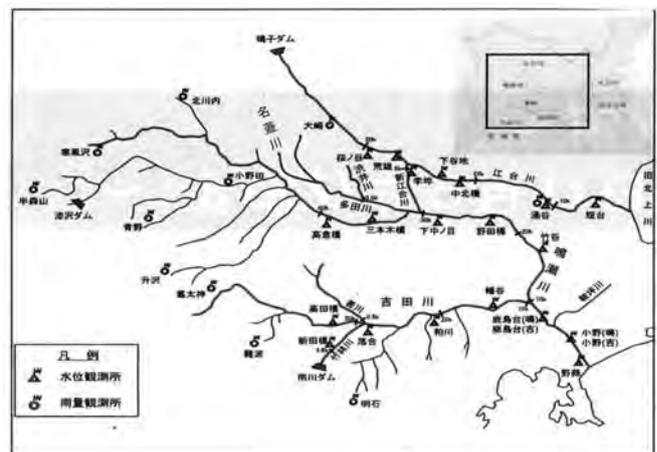


図-2 大崎市内を流れる河川流域図

形成して巧みな水管理と活用で東北初の「世界農業遺産」に認定（平成 28 年）される等、長く住民の生業に恩恵をもたらす一方で、昭和 61 年 8 月洪水や平成 27 年関東・東北豪雨、令和元年東日本台風など、大規模な洪水や氾濫等を引き起こす脅威として、住民の記憶に強く刻まれている（図—2）。

2. 大崎市の過去の災害について

大崎市は、地勢の特色から歴史的に水害・地震・雪害など多種多様の災害と向き合ってきたが、近年における水害（網掛け）を中心に、昭和後半から現在に至る間の内容を示す（表—1）。合併以前の昭和 61 年に、国直轄河川吉田川が決壊した「8.5 洪水」による甚大な水害に遭い、平成 23 年の「東日本大震災」からの復旧・復興途上における、「平成 27 年関東・東北豪雨」、「令和元年東日本台風」、そして「令和 4 年 7 月 14 日からの大雨」と…、最近ではおよそ 3 年から 4 年のスパンで、河川が決壊や越水、溢水で大きな水害と闘っているところである。

「8.5 洪水」は、当市の流域治水施策を語る上では原点に位置づけられる代表的な水害で、台風崩れの温帯低気圧がもたらした大雨により、国直轄河川の吉田川が 4 カ所で決壊して、当時の鹿島台町（現在の鹿島台地域）の約半分にあたる、約 2,570 ヘクタールが冠水し、刈り取り間近の「稲」が 12 日間の冠水において収穫が皆無となる等、被害は甚大で住民生活に深刻な影響を及ぼした。その後に策定された「水害に強いま

ちづくり事業」は、後の吉田川・新たな「水害に強いまちづくりプロジェクト（令和 4 年 3 月報告）」に繋がり、今般の流域治水協議の礎に位置づけられるところである。

その 25 年後に、マグニチュード 9 の巨大地震「東北地方太平洋沖地震」が発生し、「東日本大震災」と対峙する。市内では東部を中心に震度 6 強の揺れで、県内の破壊被害では最たる自治体となった（死傷者 18 名、重傷者 9 名、家屋全半壊 3,030 棟、避難者 92 カ所に 11,082 名）。ライフラインの復旧に長い日数を要し、特に水道の完全復旧は発生から 20 日後のことであった。

東日本大震災からの復旧・復興に向けた「震災復興計画（平成 23 年度～29 年度）」を順調に進捗させていた途上に「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」が発生した。市街地に近い県管理中小河川の洪井川・名蓋川などが 9 カ所決壊して、孤立 192 名がヘリコプター等で救助され、負傷者の発生とともに、約 700 棟の家屋浸水など、甚大な浸水被害を及ぼした。当市において、昭和 61 年以来 30 年ぶりに向き合った甚大な水害であったが、国直轄等の大河川に神経を集中する中で、水位観測や周知に満たない中小河川が、市の危機対策の背後から急襲した災害に大きな衝撃を受けた。原状復旧のもと、直後には決壊ポイントを中心に水防や避難等のソフト事業（減災対策）が協議、推進されたところである。

更に、4 年後の 10 月には、「令和元年東日本台風」の襲来を受け、国直轄河川吉田川の氾濫をはじめ、県管理の洪井川、名蓋川が再び決壊した。震災や水害からの復旧・復興の途中で、重ねて甚大な水害に向き合うことになった。吉田川をはじめ各河川が決壊・氾濫により 120 名の市民が孤立しヘリコプター等で救助され、2 名の負傷者が発生した。家屋被害は 4 年前の規模に迫る床上・床下合わせて約 650 棟に及び、冠水は刈り取り後の水田を中心に、約 1,600 ヘクタールで、特に鹿島台地域では 10 日間にわたる長期の浸水・冠水において、膨大な稲わらや廃油が災害廃棄物として発生し、その処理・処分に大きな労力と費用を要した。

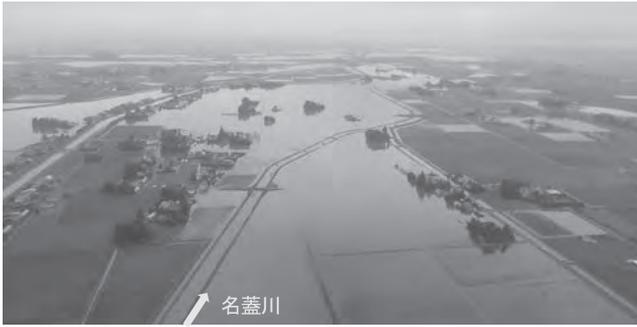
この災害を機に翌年度には、流域全体を俯瞰して、あらゆる関係者が協働してのハード・ソフトの取り組み「流域治水」への転換とともに、「流域治水プロジェクト」策定に向けた動きが加速することになる。

こうした度重なる災害を経験しながらも、引き続いての復旧・復興事業に努めていたが、東日本台風から 3 年後の一昨年に「令和 4 年 7 月 14 日からの大雨」で、県管理「名蓋川」が三度決壊し、流域市民に緊急安全

表—1 大崎市の主な過去の災害

発生日月	災害名	備考
昭和 61 年 8 月 5 日	昭和 61 年 8 月 5 日洪水 (台風 10 号) ※吉田川流域	消防士長 (災害現場活動)
平成 23 年 3 月 11 日	東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災・震度 6 強)	消防署副署長 (災害現場指揮)
平成 27 年 9 月 11 日	平成 27 年 9 月関東・東北豪雨 ※鳴瀬川流域	市危機管理監
令和元年 10 月 12 日 ～ 13 日	令和元年東日本台風 (台風 19 号) ※吉田川流域・鳴瀬川流域	消防本部消防長 (消防総括指揮)
令和 3 年 1 月 19 日	東北道ホワイトアウト多重事故	
令和 4 年 3 月 16 日	2022 年福島県沖地震・震度 6 弱	
令和 4 年 7 月 14 日 ～ 16 日	令和 4 年 7 月 14 日からの大雨 (令和 4 年 7 月豪雨) ※鳴瀬川流域	市危機管理監

※は主な被害の河川流域



写真—1 大崎市古川地域状況写真（令和4年7月16日撮影）

確保の発令で、命を守る行動を促すなど、市域内中小河川の氾濫や内水等で、またもや甚大な被害と向き合うことになった（写真—1）。

3. 「令和4年7月14日からの大雨」について

(1) 気象状況

大崎市では、7月15日の深夜から16日未明にかけての大雨が特に激しく、仙台管区气象台との振り返りと説明においては、日本列島周辺の二つの高気圧を回る湿った二つの風が宮城県付近で収束して、大気の状態が不安定になり、雨雲が発達して大崎市など県北部で予想を超える大雨になったとの見解であった。

気象台アメダスによる、15日0時から16日24時までの、宮城県内の48時間総雨量と積算解析雨量では、総雨量200ミリを超える降雨帯が、大崎市の東部地域をすっぽりと覆うようになり、古川地域で259.5ミリ、鹿島台地域251ミリを観測した。古川地域の16日の24時間雨量196.5ミリと、1時間雨量74ミリ（2時台）は、観測史上1位を塗り替えた。深夜から未明にかけて、特に15日23時から16日3時までの短時間に、断続的に激しい雨に見舞われた（図—3）。

観測点	時間区分	平成27年9月 関東・東北 台風19号	令和元年 台風19号	令和4年 7月
古川	1時間	43.0	33.5	74.0
	24時間	117.5	159.0	196.5
	48時間	195.0	194.5	259.5
鹿島台	1時間	33.0	45.5	58.0
	24時間	73.5	182.0	151.0
	48時間	101.0	271.0	251.0
川渡 (鴨子温泉)	1時間	40.5	23.0	26.5
	24時間	126.0	99.0	90.0
	48時間	192.0	137.5	161.5

- 令和4年7月の大雨では、大崎市東部地域から岩出山地域にかけて記録的な雨量を観測
- 古川地域の雨量は、平成27年・令和元年を上回る1976年からの観測統計史上第1位
- 鹿島台地域では、1時間雨量で平成27年・令和元年を上回る滝のような激しい雨が降った

図—3 大崎市内の雨量

(2) 河川状況

この大雨では、国直轄の3河川（江合川・鳴瀬川・吉田川）よりも、中小河川で軒並み水位が高くなり、決壊や越水が多く発生したことが特徴に挙げられる。

市の避難情報の発令において、「氾濫危険水位」は、避難指示を発令する目安となる水位情報（警戒レベル4）だが、国直轄河川ではこの水位を超えた観測点はなく、警戒レベル2相当の「氾濫注意水位」以下に留まった。

一方で、この数年来繰り返し決壊や越水、溢水の憂き目に遭ってきている中小河川は、災害の都度ハード・ソフト対策を講じてきたところではあるが、今回も水位は軒並み特別警戒水位を超えて、避難情報の発令や被害におよんだ河川が多くあった。前述の名蓋川は総延長が約6.6kmで、古川地域南西部の穀倉地区において、国直轄河川鳴瀬川の支線多田川に合流する河川だが、16日早朝に平成27年及び令和元年に引き続き決壊（合流点付近を含めて3カ所）した。また、同日未明には古川地域の市街地を流れる県管理「大江川」が溢水し、内水と相まって周辺住宅や商業施設などに流れ込んだ。これらは西部の山岳地帯、特に江合川や鳴瀬川の源流域やダム周辺の雨量が比較的少なく、東部から中央域にかけては短時間の集中的な多雨で総雨量が際立ったこと、また、吉田川など国直轄河川では、河道掘削や支障木の撤去など、近年の流域治水に関わる事業が計画的に進められていたこと等も関係していると考えられる。

(3) 被害状況

この大雨による大崎市の被害については、幸いにして人的被害はなかったものの、浸水家屋数は平成27年及び令和元年の過去水害を大きく上回り、農作物の冠水面積は5,800ヘクタールを超えて、過去の3倍以上となるなど甚大な被害となった。支援策・復旧対策を講じた結果、被災から2年を迎える現在では、順調に復旧に向けた各事業が進捗・完了している。被害総額は住宅被害を除き67億2,900万円あまり、その内農業関連被害が約46億円と約7割を占め、これまでの災害と同様に本市の基幹産業への影響が色濃くなった。また、名蓋川が三度決壊して大規模な冠水を及ぼし、住宅地を中心に車両等約300台が水没する被害を受けるなど、今後の防災・減災対策に更なる課題が提起されたところである（図—4）。

(4) 市の災害対応状況

市では、災害の発生に備えて、7月15日午前より

被害区分	状況	内訳
人的被害	死者・負傷者 なし	救助者 96人(ポート5)
住家被害	床上浸水	174棟 半壊 159, 中規模半壊 13, 大規模半壊 2
	床下浸水	635棟 一部損壊 635
公共施設	庁舎・教育	43施設 市庁舎 4, 学校教育 20, 社会教育 19
	上下水道・他	120ヵ所 下水道施設 101, 水道 7, 地区集会所 3, その他 9
農業関連	農作物冠水	5,802ha
	施設・他	382ヵ所 バုပ်ハウス 52, 作業等 13, その他 317
観光	施設・他	61施設 観光施設 23, 温泉施設 33, その他 5
商工業	施設・他	100施設 商業施設 69, 工業施設 31
土砂災害等	土砂崩れ・他	1,283ヵ所 土砂崩れ 122, 樹木 19, 水路 54, 林道その他 1,088

図-4 被害の概要

気象台はじめ関係機関との情報共有を密にし、地域防災計画に基づく配備体制をとり対応を実施した。具体的には、大雨警報の発令と同時に情報連絡体制の「0号配備（主管：危機管理監）」、一部地域に高齢者等避難発令の決定と同時に警戒配備体制「1号（本部長：副市長）」、地域での現場本部設置と同時に特別警戒配備「2号（本部長：副市長）」、そして、緊急安全確保、避難指示の発令で全域での災害対応を要する非常配備体制「3号（本部長：市長）」と、順次配備を強化した。気象台の情報を踏まえ、15日夜間より市西部への大雨と土砂災害が懸念されたことから、早めの住民安全確保が必要と判断し、岩出山地域及び鳴子温泉地域に「高齢者等避難」を発令した。

雨は、その後しばらくは小康状態であったが、23時過ぎから東部地域に土砂災害警戒情報、大雨警報（浸水害）、洪水警報と立て続けに発表され、急変的な気象悪化において、時間雨量50ミリを超える激しい雨と数時間対峙した。16日になり、鹿島台地域から住宅地浸水の情報や県管理「渋井川（古川地域）」「田尻川（田尻地域）」など、中小河川の水防警報が断続的に入り、影響は市の中央域や西部の一部地域でも出始め、3時の気象台のキキクル（危険度分布）では、氾濫や浸水発生を示すエリアが出現する。市では一層緊張感が高まる中で、4時15分に渋井川が氾濫のおそれ避難指示を発令、5時57分には名蓋川に決壊情報が入り、消防団の状況確認により、6時30分に流域62世帯176名に緊急安全確保発令した。同日9時以降には田尻川流域や、鹿島台地域の住宅地の浸水危険のため避難指示を発令し、防災行政無線等で市民に避難を呼びかけ、避難所13カ所に、最大250名が避難した（図-5）。

国、県、警察、消防及び消防団等関係機関の応急活

令和4年 7月15日	防災行政無線・エリアメール・WEB	
高齢者等避難	18時00分	岩出山地域 鳴子温泉地域
↓		
7月16日	防災行政無線・エリアメール・WEB	
渋井川氾濫危険！		
避難指示	4時15分	古川地域
↓		
名蓋川決壊！ 5:57		
緊急安全確保	6時30分	古川地域 <u>62世帯176人</u>
↓		
田尻川氾濫危険！		
避難指示	9時15分	田尻地域
↓		
鹿島台地域浸水危険！		
避難指示	10時20分	鹿島台地域

図-5 大崎市の避難情報時系列

動により、孤立住宅から96名の市民を救助し、3日後に冠水が解消され、5日後には決壊河川の応急復旧が完了した。自主防災組織や姉妹都市職員の活動にも大いに助けられ、名蓋川が応急復旧した7月20日17時に、緊急安全確保を解除（発令から4日後）して復旧推進本部を立ち上げ、避難者の居住が確保された7月25日に市の災害対策本部を廃止した。

4. 活かされた災害の教訓

前述のとおり、大崎市では幾度も地震や水害など甚大な災害と向き合い、容赦なく日常を破壊する自然の力に驚愕するとともに、都度、反省や教訓が生まれ、課題等に向き合っている。

そうした上で、令和4年7月の大雨災害においては、同じく中小河川の氾濫が相次いだ9年前の「平成27年関東・東北豪雨」での対応が教訓として活かされ「最も機能した」と感じている。

(1) 災害に備えるための教訓

- (a) 職員の風水害への意識（普段から危機意識の保持）
- (b) 災害対策への配備状況（災害を迎え撃つ態勢を準備）
- (c) 情報の収集と管理（情報ツールの整備・活用と情報統制）

平成27年関東・東北豪雨は、東日本大震災後の復旧復興に向けた意識が支配する中で発生し、過去の洪水等の経験職員も少なくなり風化状態で、水害に対する職員意識も希薄、加えて「正常性・同調性バイアス」が職員間で優勢に働いた感じがあった。例えば、線状降水帯の知識と認識不足から、気象情報や予報を過小

に、また好都合に解釈し（思い込みと期待の雰囲気）、緊急時の職員や水防資機材の不足を招き、結果的に配備体制強化の判断も鈍化させ、一連の対応は手探り状態で、後手後手の感じが否めないところであった。

また、災害対応で最も重要と言われる情報分野については、デジタル防災行政無線が工事中で、唯一の発信ツールはエリアメールに限られていた。収集では定期的に発信される関係機関の情報を待ち受ける姿勢が基本で、組織内での共有性と機能性に乏しく、情報の管理統制にも課題を残した。

一方、令和4年の大雨では、その教訓から雨ピークの前日から担当課職員の全員参集と他部局職員の増強を行い、平成27年以降に見直した「職員行動マニュアル」を機能させ、早めに配備体制の切り替えと強化を行い、緊急有事に備えた。職員意識の変化も顕著で、最悪の事態を想定すべき声や意見が多々あり、正常性・同調性バイアスに対する警鐘を鳴らす雰囲気が大勢を占めていた。

情報の管理においても、ハード及びソフト対策を事前に準備して臨み、平成28年度に市独自で整備の気象観測システムを用いて市域一円の観測を可能とし、常襲河川には水位計や、河川映像システムを設置するなど、積極的な情報収集で得られた内容を、「防災情報シート（市作成）」に時系列的に集約（部分的に自動集計化）して共有化した。整備完了のデジタル防災行政無線を活用し、適宜情報を伝達するとともに、こうした一連の情報は災対本部の公開化、記者会見、避難所掲示等で積極的に提供した。

(2) 災害から市民を守るための教訓

- (a) 避難情報の発令（リスク分析と早めの情報提供）
- (b) 住民避難と自主防災活動（寄り添い）
- (c) 初動・応急措置対応（関係機関との連携）

災害から尊い生命を守るための避難情報の発令と住民避難は、市民生活の日常を分断を余儀なくさせるため、災害対応において最も緊迫する場面でもある。

平成27年豪雨関東・東北豪雨では、避難を判断する上でのマニュアルも完備しない中、深夜・未明の急変的な大雨に戸惑い、場あたりの対応を余儀なくされた。想定外の中小河川決壊の動揺が職員間に広がり、また避難情報の空振りを恐れるあまり、後手後手と映る対応に終始した感がある。

中小河川の氾濫により「400世帯・1,200名が孤立」したとの情報を踏まえて避難準備情報を発令したが、実際に避難された方は少数に留まった。そもそも避難情報の意味が市民に理解されていないことが、のちに

判明した。

一方、令和4年の大雨では、その苦い経験を糧に、平成29年度に作成した避難判断マニュアルを運用し、同年度に整備したデジタル防災行政無線を機能させた。深夜未明に危険が予想される地域への、早めの高齢者等避難をはじめ、気象や河川の状況に応じて避難指示、緊急安全確保を状況に応じて逐次発令できた。

また、実際の住民避難においては、結果的に緊急安全確保地区での逃げ遅れや孤立者はなく、市域での人的被害もなかった。市民の災害への関心度・避難情報の理解度が、格段に向上したことが挙げられるが、市では市民に警戒レベルと避難行動のあり方についてご理解頂くため、行政区長さんや地元消防団などゆかりのある方々のお力添えも頂きながら、粘り強く研修や訓練を重ね、また東北大学災害科学研究所と連携して自主防災組織へのアドバイスやアンケート調査実施などで、早め早めの避難意識の醸成に努めてきたことが活かされ、実践されたと考えている。

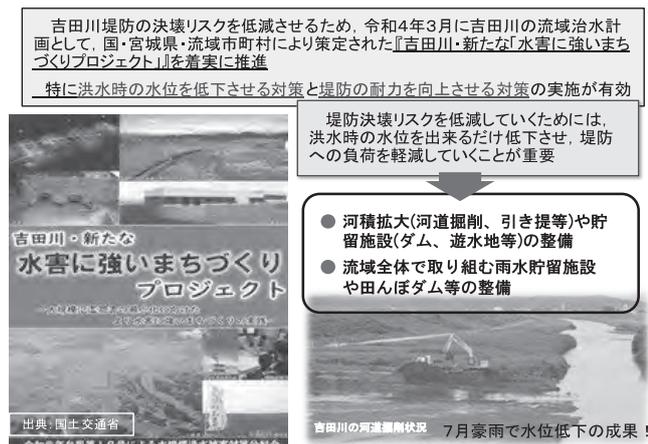
併せて、市の初動及び応急措置対応においても、問い合わせ等の殺到で災害対策本部会議の中断や、関係機関・リエゾンとの情報共有などが不十分であった過去の失敗を振り返り、現場指揮所に職員を配置してタイムリーに災害対策本部へ報告、オンライン会議で関係機関と情報を共有し、人命救助や排水等で効率的な活動ができた。

(3) 災害と向き合うための教訓

- (a) 水防の実効性確保
- (b) 流域治水への取り組み

過去の水害による多くの危機を、「水防団の工法で凌いだ経験は、継続は力なり」の教訓のもと、工法技術の向上と実効性の確保は最重要事項ととらえてきた。そうした中、令和2年度に、当市を会場とする大規模な総合水防演習が決定、中止案も浮上する中、コロナ禍における延期の措置で3年ぶりに開催し、その成果が直後の7月の大雨で存分に発揮できた。これについても総括的には過去の教訓が活かされた一つと考えている。

更に、国直轄の吉田川の過去水害（昭和61年水害、令和元年東日本台風）を教訓に、流域の水害対策の一つとして、令和元年から昨年3月までに実施された「新・水害に強いまちづくりプロジェクト」の取りまとめと実践、共同研究や専門家会議でのご提言や意見も、総括的に活かされたところと考える（図—6）。「吉田川堤防の決壊リスクを低減させる」ことを流域共通の目標としつつ、決壊による氾濫や大規模な内水氾濫



図一六 吉田川堤防の決壊リスクを低減させるための施策



図一七 流域治水プロジェクト事業の推進

が発生しても、早期に普段の生活を取り戻すことを目標に、それぞれ施策を掲げている。具体的には河道掘削や引き堤、ダムや遊水地の整備、流域全体で取り組む雨水貯留施設や田んぼダム等の整備推進が重要としており、その上で国による河道掘削が下流域から現在計画的に実施されており、昨年7月の大雨では吉田川の水位が氾濫注意水位以下に保たれたことや、令和4年5月から運用を開始した新たな水防災拠点施設「志田谷地防災センター」が一時避難所機能を果たし、車両や農業機械の避難場所として大きな機能をはたしたこと等、こうした流域治水にシフトした一連の施策、事業が活かされたものと認識されている。

5. これからに向けた課題

令和4年7月大雨災害の後約5カ月後に、市内の全自主防災組織に、「今後の大崎市の災害対策で重要なことはなんですか？」とアンケートを行った。最も多かったのが「総合的な防災対策」で、具体的な意見では、「①度重なる中小河川の決壊の抑止と事前の避難情報の求め」「②住宅地の浸水対策（内水・車両避難）」「③リアルタイムな災害情報の提供不足」「④流域治水対策の推進」が上位につけたところであり、現在はこれらの貴重なご意見を参考に、課題を整理しながら対策を並行して進めている。特に、今年度から本格的な改修工事が始まる名蓋川、溢水・内水を繰り返す大江川、また、鹿島台地域の浸水常襲住宅地の対策は必然であり、関係住民の安全管理と生業を守ることは急務と認識している。

水位周知河川指定の要望、立体駐車場事業所との避難協定、また地元行政区長や消防団と密着した情報連絡体制や新たな防災情報システムの構築などの減災対策を積極的に進める一方で、今後は流域治水対策の一層推進に意を用いる予定としている。

令和5年7月18日に、「鳴瀬川水系吉田川等・高城川水系高城川等」が、東北初の特定都市河川に指定され、流域治水の全国モデル実現を目指すべく流域水害対策協議会が発足し、行政、企業、住民も活躍する流域水害対策計画の策定を急ぐとしている（図一七）。また、名蓋川及び大江川については、「多田川流域治水部会（令和4年10月設置）」において、目下、将来的な特定都市河川指定も見据えながら、各種対策の協議が進められている。なお、本市ではこうした動向を踏まえて、令和6年度より建設部都市計画課に「流域治水推進室」を設置して、流域治水の本格的実践に向けて鋭意取り組んでいる。

改めて、大崎市の防災理念は、これまでの災害経験から学んだこと（反省点・良好点・気づき）、それを教訓としブラッシュアップして尊い市民の安全安心を守ることであり、その理念を胸に、今後も引き続き課題に向けて努めてまいります。

JICMA

【筆者紹介】
佐藤 光弘（さとう みつひろ）
宮城県 大崎市
前危機管理監

WEC での水質技術開発の取り組み 水質管理・予測・対策技術の高度化・効率化へ向けて

木村文宣

(一財)水源地環境センターでは、管理ダムにおける水質監視・水質対策等に関する調査研究を取り組みの1つとして継続的に行ってきた。これら調査研究について議論する組織として「ダム貯水池水質保全対策研究会」を平成24年度に発足し、社会実装へ向けた技術開発等をこれまで進めてきた。本報では、当該研究会においてこれまでに取り組んできた「アオコ」をテーマとした技術開発について、研究内容や成果を紹介するとともに、今後のダム貯水池の水質管理・水質予測・水質対策に関する展望について述べる。
キーワード：ダム、水質、アオコ、画像解析、アオコ予報、水質改善対策

1. はじめに

ダム貯水池は、流水を貯留することにより洪水調節機能、利水補給機能、環境保全・創出機能といった多面的な機能を発揮することで社会資本に貢献している。その一方で、流水を貯留することによりダム貯水池内及び下流河川にダムがない時とは異なる環境も創出し、場合によっては水利用や周辺環境に影響を及ぼすこともある。

たとえば、本報の主題となる「アオコ」は代表的な水質問題の1つである。湖面が緑色に着色する現象であり、その原因は藍藻類の寡占的増殖によるものと言われており、過度な集積が起こると腐敗臭の問題が併発する場合もある。また、発生する藍藻類の種類によっては異臭味（カビ臭）が発生し、上水利用の支障となり活性炭による処理を要する場合もある。

平成27年に国土交通省・水資源機構が管理する123ダムを対象に実施されたアンケート調査によると、全体の約1/2の62ダムにおいて富栄養化に係る問題が生じている（図-1）。また、同アンケート結果を分析すると、水質改善対策を実施しているにも拘らず富栄養化に係る問題が解消していないダムが全体の26%であった。これは富栄養化以外の水質問題（冷温水：4%・濁水長期化：14%・底層嫌気化：7%）と比べると明らかに大きな割合であり、富栄養化に係る問題の根深さが窺える（図-2）。

こういった現状を鑑み、当財団では管理ダムにおける水質管理・水質対策に資する社会実装可能な技術の開発を目的に調査研究を進めてきた。この調査研究の

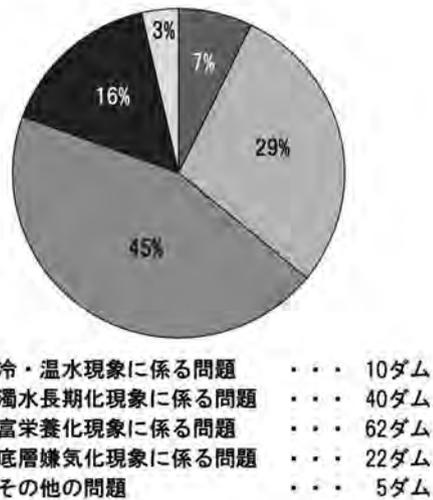


図-1 ダム貯水池での水質問題の発生状況

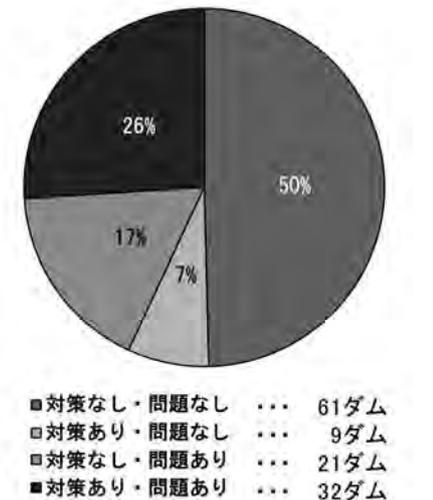


図-2 水質改善対策の実施状況とその効果

基幹となる組織が、今回紹介する「ダム貯水池水質保全対策研究会」であり、当財団が設立・運営する組織である。本研究会は、管理ダムにおける水質問題全般を取り扱うこととしているが、先の図に示されたように、現状、最も大きな問題と考えられる富栄養化問題、その中でも特に問題として残る「アオコ」をテーマに調査研究を進めているところである。

本報では、当研究会の枠組みを紹介した後に、これまで実施してきた調査研究内容やその中で得られた成果等について「アオコ」についての技術開発の着眼点毎に説明したい。

2. WEC での水質技術開発の枠組み

当財団が設立・運営する「ダム貯水池水質保全対策研究会」では、現在着目するテーマ「アオコ」に対して、図一3に示す3つの着眼点を設定している。

(1) アオコ発生状況（現状）の的確な把握

ダム貯水池では、「定期調査」と呼ばれる調査を実施し、水質や植物プランクトンの状況等を確認している。この定期調査は、「主に水質汚濁に係る環境基準項目について、ダム貯水池の水質・底質の状況を定期的に監視し、その実態を経年的、長期的に把握する」ことを目的とした調査であり、調査地点は1地点（基準地点）或いは2地点（基準地点・副基準地点）、調査頻度は1回/月で実施することが基本となってい

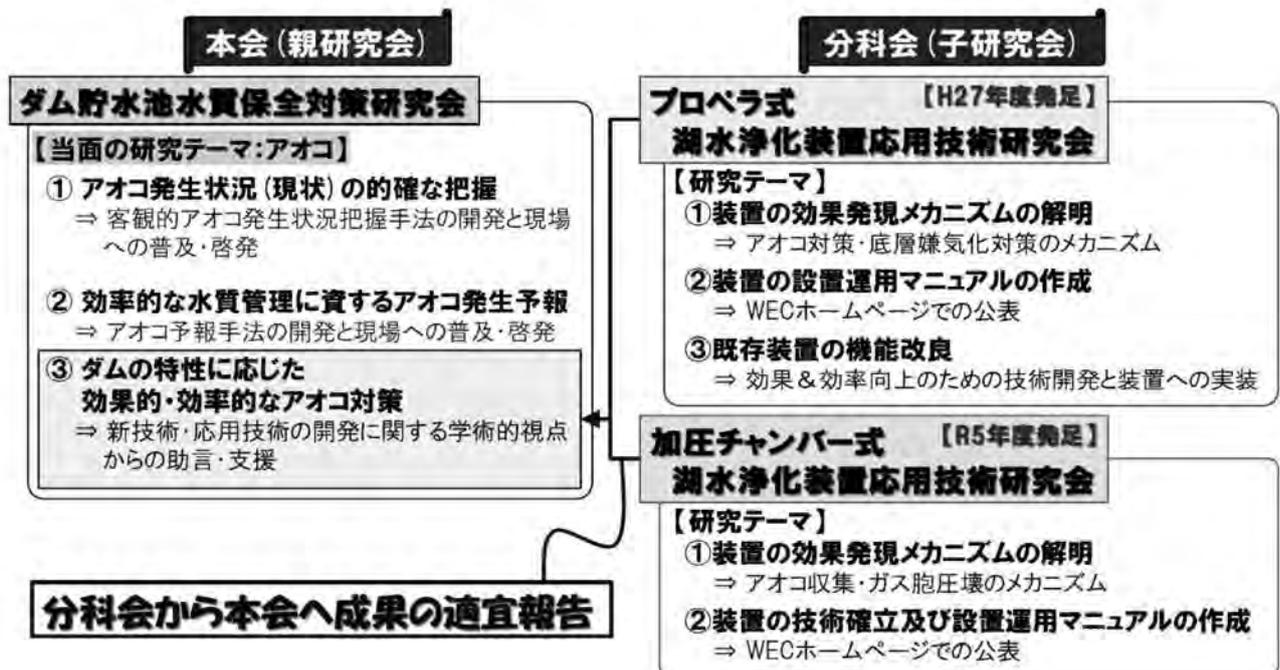
る。富栄養化をはじめとする水質変化現象が発生しているダムでは、この頻度での調査では十分な水質変化等を把握することが難しく、そういった場合に実施する調査として「詳細調査」も位置付けられ、必要なダムでは実施されているが、当然ながら調査に係る人員・費用の面での負担が大きい。

また、植物プランクトン調査に関して言えば、現地での湖水採水から顕微鏡を用いた同定・計数を経て状況把握に至るが、この期間が2週間～1ヶ月と長いため、即時にアオコ発生状況を定量的に把握するのが困難な現状がある。

こういった現状を踏まえると、現場で多面的に即座にアオコ発生状況を把握できる指標や手法が求められていると考えられ、本テーマではそれに資する技術開発を行うことを目的に調査研究を行っている。

(2) 効率的な水質管理に資するアオコ発生予報

アオコ発生は、徐々にその状況が深刻化する経過を日々の湖面観察で補足できる場合もあるが、「ある日突然、湖面が緑色に着色した」という声を多く聞く。これは、水中に存在するアオコの原因となる藍藻類が指数関数的に増えるため、視認できる状態となるまでの経過を追いきれないことが一因と考えられる。アオコの過剰発生は、湖面景観の阻害だけでなく先述の通り異臭味問題も併発する場合があるが、アオコ発生予兆を察知できると、水道事業者が事前に活性炭を準備する猶予期間が確保できるなどの社会リスクの軽減に



図一3 ダム貯水池水質保全対策研究会（本会）及び分科会の枠組み

寄与できるものと考えられる。

本テーマでは、以上のような背景を踏まえ、現場で簡単にアオコ発生を予測可能な手法（アオコ予報的な観点）を技術開発することを目的に調査研究を行っている。

(3) ダムの特性に応じた効果的・効率的なアオコ対策

ダム貯水池におけるアオコ対策は、これまで気泡式循環装置（いわゆる曝気循環装置）が適用されることが非常に多く、この問題の基幹対策と言っても過言ではない。しかし、本対策装置は、20 m 程度以上の空気吐出水深（循環混合水深）を確保しないと十分な効果が得られないことがこれまでの知見や実績から明らかになってきており、この条件を確保できないダム貯水池でのアオコ対策については、確立された方法が見出されていないのが現状である。

本テーマでは、こういった「浅い貯水池・浅い場所でアオコが発生するケース」に対する対策技術の確立やそのマニュアル化を目的に調査研究を行っている。

なお、(3) については対策装置のメカニズム解明や装置のマニュアル化等、研究内容が機器の機構等に係わる部分が多いことから、図-3 に示すように本会（親研究会）の下部組織として分科会（子研究会）を装置毎に別途に設置し、装置に係わるメーカーの協力も頂きながら調査研究を進めているところである。

3. アオコ発生状況（現状）の的確な把握に係る技術開発

アオコ発生状況の的確な把握については、現場で簡単に即時にアオコ発生状況を多面的に捕捉できる手法として、「WEC 式アオコレベルチェッカー」を開発した。本技術は、アオコの発生する湖水をシリンジを用いて 100 mL ろ過し、ろ紙に乗ったアオコの着色度を自動判定するシステムである。

使用する資機材は、ろ紙・ろ紙ホルダー・シリンジ・専用アプリをインストールした端末（タブレット・スマートフォン等）・色補正を行うカラーチェッカーのみであり（図-4）、現場で採水・ろ過を行い、ろ紙を撮影するだけで、即時に 6 段階に設定されたアオコレベル判定を行うことができる。

アオコレベルは、指数オーダーで藍藻類の細胞密度との関係性も確認できており（図-5）、発生する詳細な藍藻類の種名を特定することはできないものの、



図-4 WEC 式アオコレベルチェッカーの概要

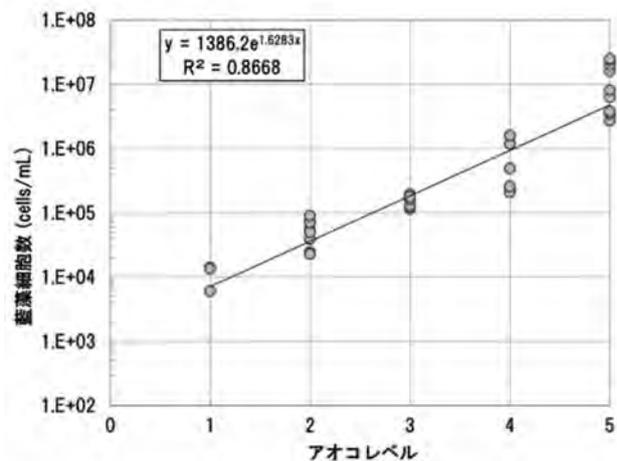


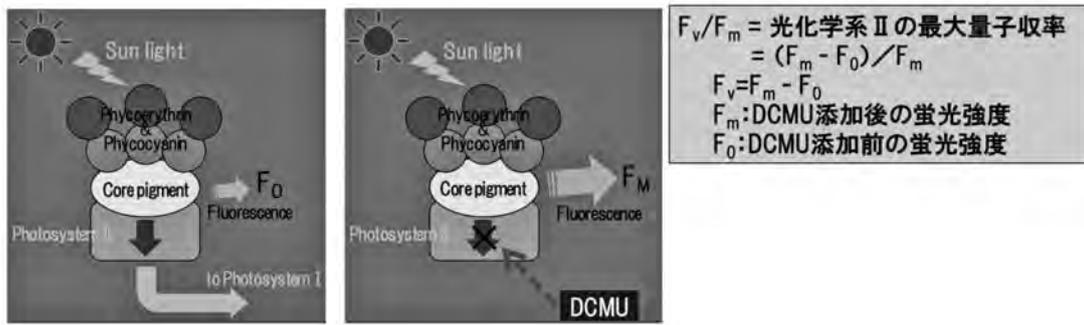
図-5 アオコレベルと細胞密度の関係

凡そどれ位の細胞密度の発生量となっているかを把握することが可能である。また、判定結果や撮影した画像は、クラウドサーバーに自動転送されるため、現場から自席に戻り次第、その結果を整理・集計することも容易に行うことができる。

本システムは、これまで 10 ダム程度での適用実績があり、一定の評価を得ている。ただ、各ダムで色合いには少しずつ特徴の違いがあり、判定精度を確保するためには、各ダムで判定基準のチューニングを行うのが望ましいことも分かってきている。

4. 効率的な水質管理に資するアオコ発生予報に係る技術開発

アオコ発生やそれに伴うカビ臭発生の予兆を事前に察知できると、例えば活性炭の調達時間を確保する等の面で水道供給停止リスクの低減に寄与できる。本テーマは、この観点からアオコやカビ臭の原因となる藍藻類の活性度合いを現場で測定することで、アオコ



図一六 DCMUWEC 式アオコレベルチェッカーの概要

発生 2 週間～1 ヶ月前にその予兆を察知するための手法を確立する取り組みである。

具体的には、程木ら¹⁾が提唱する DCMU 蛍光法の現場実装に取り組んだものであり、光化学系 II の最大量子収率 (Fv/Fm) の変化を現場で経時的に計測することで、その数値の変化から以降のアオコ発生を予測するものである (図一六)。

既に現地での検証により、本手法の有効性は確認できており、当財団ホームページにてその成果を公表しているが、現場で使用される計測機器の技術開発、試薬を用いる点が現場適用の支障となる等、今後の改良も求められている。

5. ダムの特性に応じた効果的・効率的なアオコ対策に係る技術開発

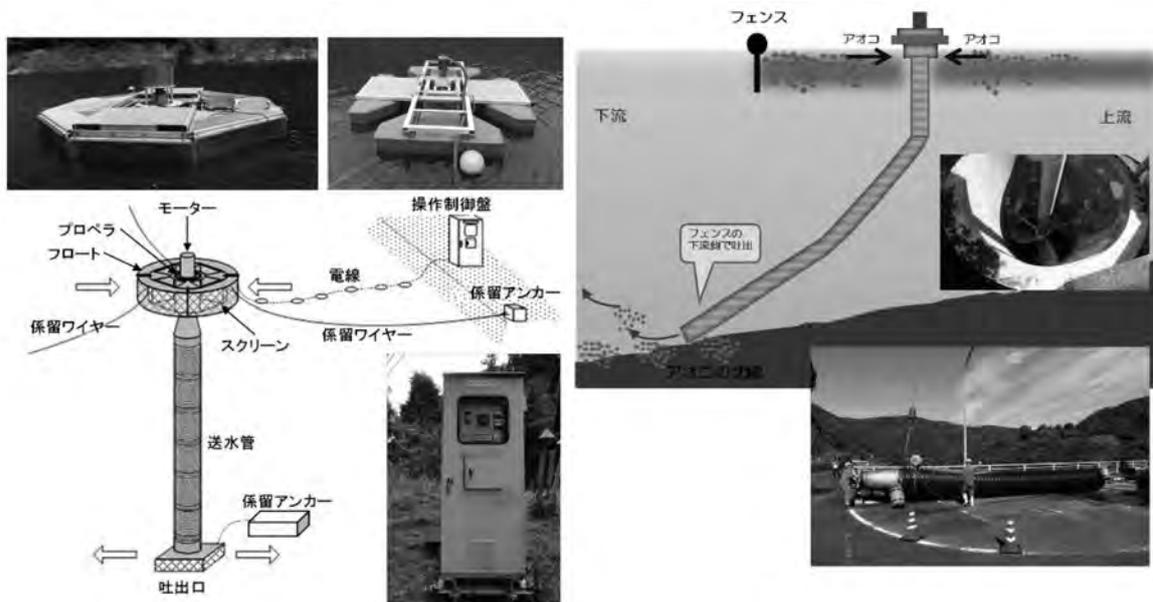
現在、当財団では、以下に示す 2 つの浅水深を対象とした水質改善対策に着目し、その効果発現メカニズムの解明や、設置にあたっての設計論の一般化等に取り

り組み、マニュアル作成を進めている。

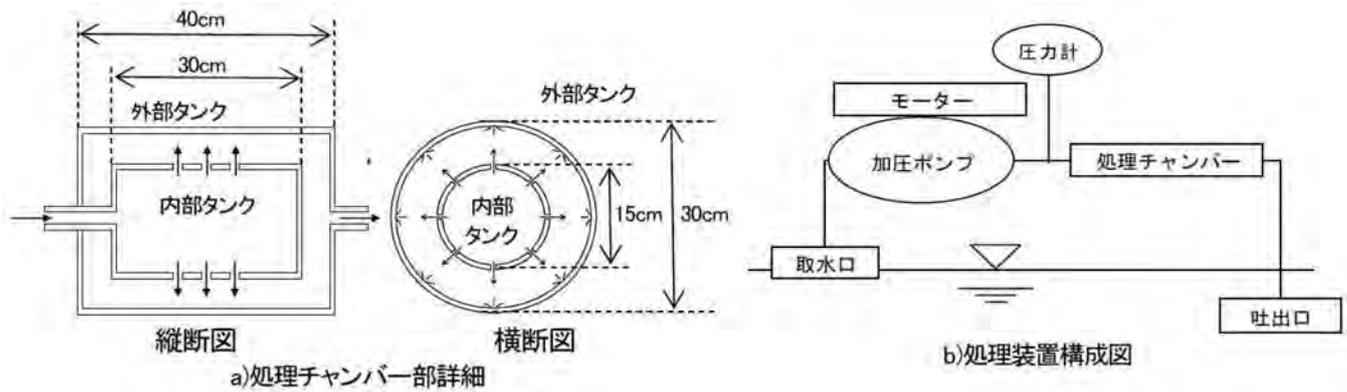
(1) プロペラ式湖水浄化装置

プロペラ式湖水浄化装置は、プロペラの駆動により表層に集積するアオコを吸引し、水深 20 m 程度以上の湖底付近へ吐出することで、藍藻類の持つガス胞(浮袋)を圧壊し、水面への再回帰を阻害することでアオコを処理する対策であり、現在、全国各地で事例が増えつつあるアオコ対策装置である (図一七)。しかし、この装置によるアオコ対策メカニズムや設置に関する標準的な設計論が確立していない。

以上を踏まえ、本テーマでは、当該装置によるアオコ対策メカニズムを明らかにするため、既設置ダムでの現地調査、試験フィールドでの試験運用とそれに付随する現地調査や現地実験を行っている。これまでに得られた知見や導入実績等を整理し、「プロペラ式湖水浄化システム設置・運用マニュアル(案)」を作成し、当財団ホームページで公開している。



図一七 プロペラ式湖水浄化装置 概念図及び写真



図—8 加圧チャンバー式湖水浄化装置 概念図²⁾

(2) 加圧チャンバー式湖水浄化装置

加圧チャンバー式湖水浄化装置は、ポンプを用いた加圧 (0.5 MPa) によるガス胞破壊と二重管チャンバーの内管に明けた穴を通過する際のせん断破壊により、アオコを処理する装置である。水深の浅い貯水池でも設置可能である (図—8)²⁾ が、導入実績が極めて少なく、この装置によるアオコ対策メカニズムや設置に関する標準的な設計論が確立していない。

以上を踏まえて、本テーマでは、当該装置によるアオコ対策メカニズムを実証実験を通じて明らかにし、その成果を用いた施設設計の標準化を進める取り組みを開始した。本装置に関する調査研究は、令和5年度に着手したばかりであり、現時点ではまだ成果は得られていないが、今後、フィールド実験を行い、知見を深めていく予定である。

6. おわりに

当財団では、ダム貯水池水質について、建設DXの進展も視野に入れた管理や対策の高度化・効率化へ向けて、社会実装可能な調査・予測・対策方法の標準化

を進めている。この取り組みは、財団単独の力では不十分なところも多く、学識者や対策装置を製造する企業等、多くの助力を得ながら先進的な取り組みを鋭意進めていきたいと考えている。

ダム貯水池の水質に興味のある方は、是非、当財団にお声掛け頂ければ幸いである。

JCMA

《参考文献》

- 1) Yoshikuni Hodoki, Kato Ohbayashi, Yuki Kobayashi, Noboru Okuda, Shinichi Nakano, Temporal variation in cyanobacteria species composition and photosynthetic activity in experimentally induced blooms, JOURNAL OF PLANKTON RESEARCH, Vol.33, No.9, P1410-1416, 2011
- 2) 古里栄一, 藤野 毅, 浅枝 隆, 有田正光 物理的処理によるアオコ対策の効果に関する基礎的実験 水工学論文集, 第54巻, 2010

【筆者紹介】

木村 文宣 (きむら ふみのり)
 (一財) 水源環境センター
 研究第二部
 水質技術開発室長



ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発（現地実証実験）

峯 松 麻 成・片 山 裕 之・浅 田 英 幸

ダムが持つ洪水調節や利水等の機能の健全性を保つうえて、ダム堆砂対策は必要不可欠な維持管理項目である。ダム貯水池の掘削・浚渫工法は堆砂対策として最も一般的であるが、土砂にシルト・粘土等の細粒分が多く含まれると、置土による下流土砂還元や建設材・養浜材等への有効利用が図り難く対策の障害となる。「ダム堆砂分級工法」は、掘削・浚渫土に含まれる細粒分および粗礫・夾雑物を粒度分級により取り除き、品質の良い砂分を抽出する工法である。本稿では、分級システムの開発経緯、実機を用いたダム現地分級実験の成果について紹介する。

キーワード：ダム堆砂，分級，掘削・浚渫，下流土砂還元，有効利用，細粒分除去

1. はじめに

近年、気候変動の影響を受けて豪雨による水災害が頻発化・激甚化している。ダムは洪水時に下流河川の水位を下げ、万一の場合にも流域の浸水被害を軽減するための洪水調節機能を有するのをはじめ、生活用水・農業用水・工業用水を都市に供給する利水機能、そして地球温暖化対策としての再生可能エネルギーを生産する水力発電機能など様々な役割を担う。こうしたダムの諸機能を健全に維持するうえて、ダム貯水池の有効貯水容量を安定して確保することが重要な課題であり、ダムで捕捉される堆砂を計画的に排除する対策を継続して実施することが必要となる。

筆者らが開発を進めるダム堆砂分級工法は、広範な粒径分布を有し、多くの夾雑物を含むダム堆積土砂の有効活用を図るため、利用者ニーズや利用シーンに合った粒径レンジの土砂に分級し、各種建設材料、下流還元材や養浜材などの再生資源としてダム管理者や関係者に提供することを開発目的としている。本誌において、2022年にも本工法の開発状況を報告したが、その後も課題改善・システム改良に取り組んでおり^{1)~3)}、それらの成果を紹介する。

2. ダム堆砂分級工法の概要

筆者らが目指すダム堆砂分級技術は、写真—1にシステムの一例を示すように新たに開発した分級装置を用いるのではなく、汎用性のある個々の装置を組み



写真—1 ダム堆砂分級工法のシステム一例

合わせ、一連のシステムとして分級品質と作業効率を高めることに重点を置く工法としている。このため分級土の利用目的に応じて、個々の装置の組合せを変更するなど柔軟性にも優れる。また、一般的に交通条件に制約が多いダム現地へのアクセスを考慮し、可搬性に適した機体サイズをラインアップしている。

分級技術を適用するにあたり、国交省が定める建設発生土の要求品質（国交省ガイドライン）を表—1に示す。ダム堆砂を受入れ可能な利用先が近隣に存在すれば、利用先のニーズに応じた粒度特性や力学特性が得られるかを検討したうえて、分級により品質の高い土砂を供給することが可能である。また、同表に示す用途のように強度や支持力に関する品質が求められる場合には、一般的に細粒分（粘土・シルト）を一定程

表一 建設発生土の要求品質 (国交省ガイドライン)

用途	最大粒 (mm)	粒度規定	強度・支持力
工作物の埋戻し	50	$F_c \leq 25\%$	規定の CBR 以上
建築物の埋戻し	100	-	通常の施工性確保
土木構造物の裏込め	(100)	細礫分以下 $\geq 25\%$ ($F_c \leq 25\%$)	圧縮性が小さい
河川 堤防	高規格堤防	$\phi 37.5 \text{ mm}$ 以上の混入率 $\leq 40\%$	$q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$
	一般堤防	$F_c=15 \sim 50\%$	-
宅地造成	(100)	$\phi 37.5 \text{ mm}$ 以上の 混入率 $\leq 40\%$	$q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$
	(転石 300)		or $q_c \geq 200 \text{ kN/m}^2$
鉄道盛土	300 mm 程度	-	上部盛土は $k_{30} \geq 70 \text{ MN/m}^2$

度除去することで品質が向上するため、分級過程を追加することは有効であると考えられる。

3. ダム堆砂分級工法の開発経緯

筆者らは 2017 (H29) 年度にダム堆砂分級技術の開発に着手した。システム設計・ダム現地への適用性調査を経て、2019 (R1) 年度には千葉県・高滝ダムにおいてダム堆砂分級システム実機を用いた現地実証実験を行い、細粒分含有率 $F_c \approx 30\%$ 程度の現地堆積土砂を、 $F_c=10\%$ 前後まで低減することができた。

2021 (R3) 年度は、濁り要因除去の観点から、 $F_c \leq 10\%$ の高い分級精度が要求される「養浜材」や「下流還元材」としての分級処理を可能にするため、細粒分除去精度の向上とコスト縮減を目的とした追加実験を行った。また、多様なダム堆砂への適用性を確認するため、矢作ダムを始め、土質性状の異なる相模ダム、高滝ダムにも土砂試料を提供頂き、実験を行っている。

R3 年度実験における R1 年度実験からの変更点は、一部の装置の変更と、複数の装置で別々に行っていた分級処理プロセスを一つの装置にまとめるものであった。これは、①揚上げ後一定期間仮置きされ固結が進んだ細粒分の解泥効果を高めること、および②分級システムの集約によるコスト低減を目的としたものである。上記の目的は一定程度達成されたが、一方で、 $F_c \geq 50\%$ の土砂では分級品質の目標値である $F_c \leq 10\%$ の達成には至らなかった。

続く 2022 (R4) 年度は、愛知・岐阜両県に跨る矢作ダムから試料を提供していただき、本分級技術の適用性を確認することを目標に掲げ、R3 年度と同じ施設内において、分級システムの更なる改良に取り組んだ。サイクロン付振動スクリーンにより分級抽出された砂分を更にハイメッシュセパレーター (以下、HM) で水洗い分級するプロセスを追加することで、細粒分リッチ ($F_c \geq 50\%$) なダム堆積土砂であっても、図一に示すように $F_c \leq 10\%$ を満足する結果が

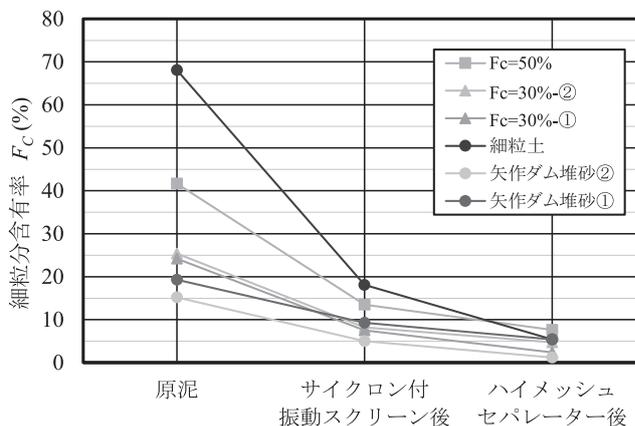
得られた。更にその洗浄水を循環利用することで、分級コストの大きなウェイトを占める余水処理のコスト削減が可能となる。

また、分級することにより、図一に示すとおり、木片・木葉等の有機分の分離にも有効であることが確認できた。

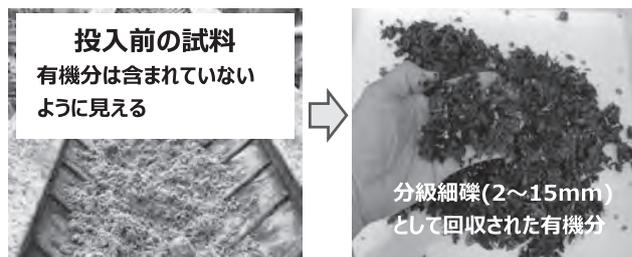
こうしたダム堆砂分級技術の開発プロセスを踏まえ、2023 (R5) 年度は、矢作ダム現地にて、分級システム実機による現地実証実験を行った。

1970 年に完成した矢作ダムは年間平均約 30 万 m^3 の土砂が流入しており、特に 2000 年の東海豪雨では貯水池内に約 280 万 m^3 もの堆砂が発生した。

矢作川の白砂は、本来は園芸用や細骨材に利用される商品価値の高い砂だが、東海豪雨時の山腹崩壊等により、ジャミと呼ばれる有機質細粒土が貯水池内に大



図一 R4 年度の分級実験結果



図二 R4 年度実験での矢作ダム堆砂(左)と分級過程で抽出された有機分(右)

量に流入堆積した。そのため採取した状態では細骨材等としての利用価値が低く、濁りや富栄養化の一因にもなり採取土砂の活用のためには細粒分の除去に加え、有機分を除去することが望ましい。

4. R5 年度 現地実証実験の概要

R5 年度実験では、矢作ダム堆砂を用いた以下の6 ケースを実施した。

Case1：砂分卓越土砂 (=R4 年度堆砂除去工事でのダム湖掘削土砂)

Case2：ジャミ (=一定期間仮置きされ、固結度が高く有機物を多く含む土砂)

Case3, 4, 6：砂分卓越土砂とジャミのブレンド材 (= 細粒分含有率 20 ~ 30% 程度に調整)

Case5：分級品質の再現性確認 (=Case3 と同等のブレンド比率)

実験ケース一覧を表-2 に示す。

試験項目は、分級過程の主要なポイントにおいて、以下を実施した。

- (1) 粒度分析, 含水比測定, 物理試験 (分級前土砂のみ)
- (2) 栄養塩分析 (全窒素・全リン・有機炭素含有量)

表-2 実験ケース

		Case	
実験用試料内容	Case1：砂分卓越土砂	Case2：ジャミ	
	ブレンド比率 1：0	ブレンド比率 0：1	
	Case3：ブレンド試料① (砂分卓越土砂 + ジャミ)	Case4：ブレンド試料② (砂分卓越土砂 + ジャミ)	
	ブレンド比率 1：1	ブレンド比率 1：4	
	Case5：ブレンド試料① (再現) (砂分卓越土砂 + ジャミ)	Case6：ブレンド試料③ (砂分卓越土砂 + ジャミ)	
	ブレンド比率 1：1	ブレンド比率 1：2	

ブレンド比率 (砂分卓越土砂：ジャミ)

本実験における分級システムの構成と、土砂の流れを図-3 に示す。一次処理において、ドラムウォッシャー (以下、DW) による土砂の解泥および一次処理振動スクリーンにより 2.0 mm 以下、2.0 ~ 15 mm、15 ~ 30 mm の3水準に分級する。続いて、二次処理において、湿式サイクロンと二次処理振動スクリーンにより 2.0 mm 以下の土砂から、0.075 mm 以下の細粒分 (シルト・粘土) を分離し砂分を抽出する。その後、三次処理において、HM で砂分を洗浄して、0.075 mm 以下の細粒分を確実に除去する。なお、三次処理は、分級土砂の要求水準や経済性に依りて、実施工でのシステムに加えるかを判断することとなる。

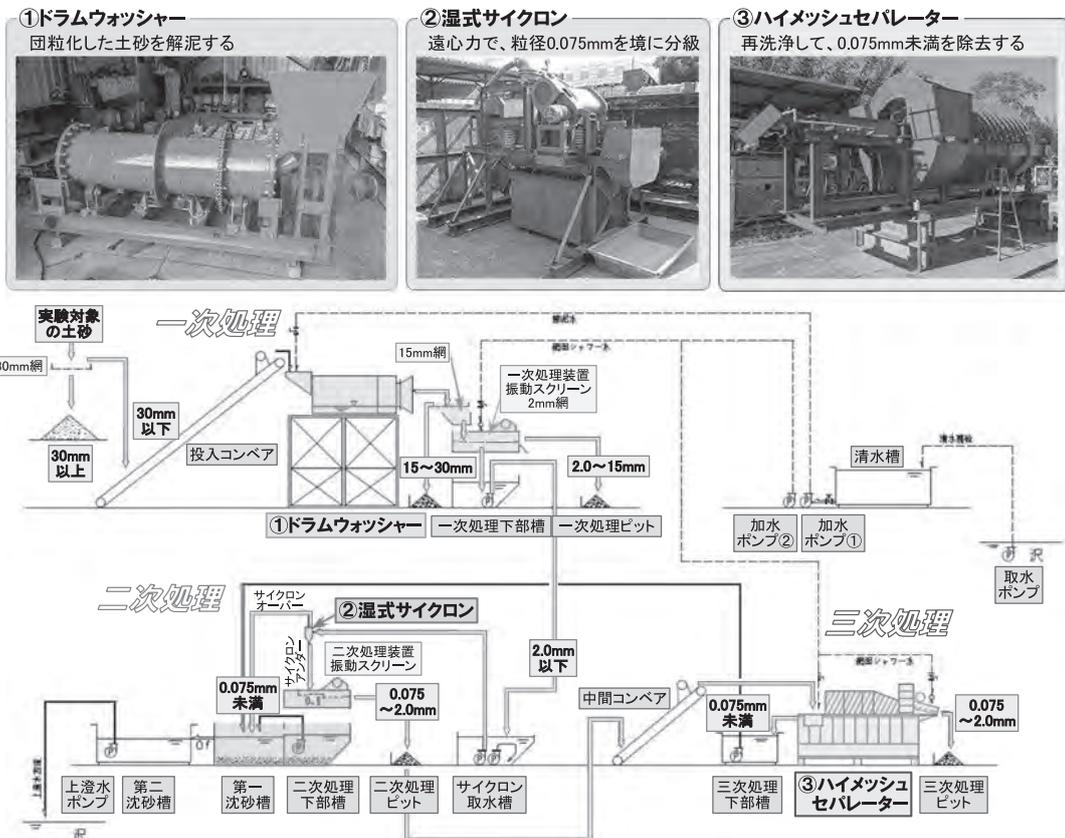
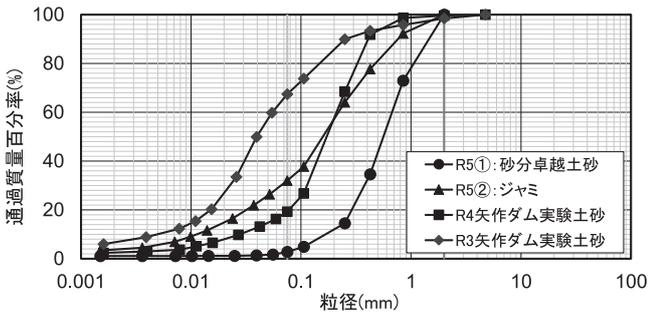


図-3 分級システムの構成と土砂の流れ



図一四 矢作ダム実験対象土砂の粒度分布

R5 年度実験で対象とした矢作ダム土砂の粒度分布を図一四に示す。掘削・浚渫場所や採取時期により幅広い範囲の粒度が分布していることがわかる。

5. 現地分級実験結果

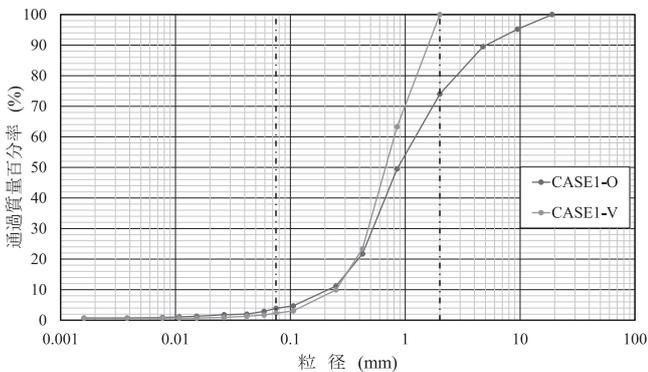
実験ケースのうち、代表的な Case1 (砂分卓越土砂) および Case2 (ジャミ) の分析結果 (粒度分布) を図一五～八に示す。合わせて、再現性の確認を行った Case3 と Case5 の比較結果を図一九に示す。

Case1 においては、サイクロンでの処理後、二次処理振動スクリーンで水切りされた排出物は、Fc が 3.9% (原泥: CASE1-O) から 2.3% (CASE1-V) まで減少しており、Case2 では 41.2% (CASE2-O) か

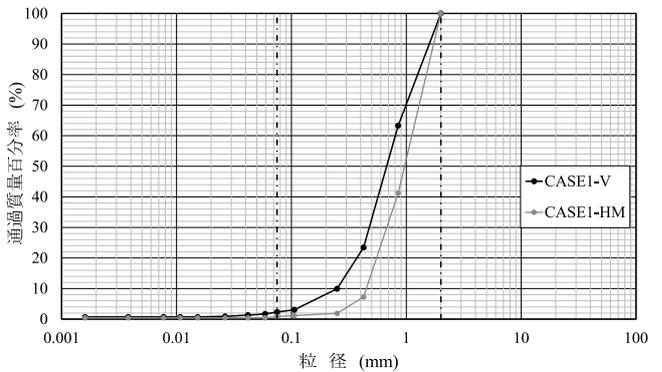
ら 13.2% (CASE2-V) まで減少した。これらの結果より、サイクロン+二次処理振動スクリーンの分級効果は十分あったと考えられる。

さらに HM にて、二次処理振動スクリーン排出物 (粒径 0.075 ~ 2 mm) の細粒分を除去した結果、HM 回収物は、Case1 では Fc=0.8% (CASE1-HM) まで、Case2 では Fc=0.7% (CASE2-HM) まで減少した。これらより HM の高い細粒分除去効果を確認することができた。

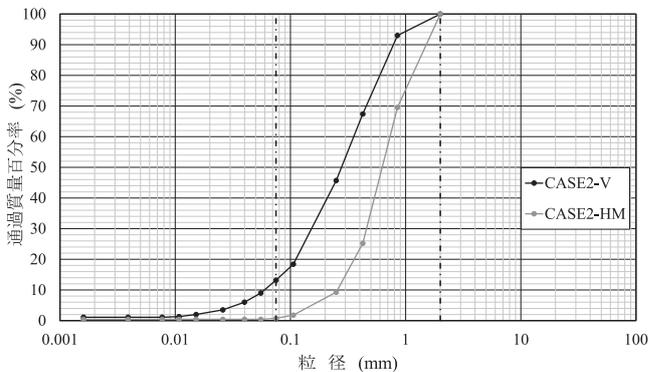
また、図一九に示す Case3 と Case5 の粒径加積曲線の比較より、原泥 (Case3-O, Case5-O) は、特に 2 mm 以上の礫分の含有率に違いがあるが、二次処理振動スクリーン排出物 (Case3-V, Case5-V) と HM 回収物 (Case3-HM, Case5-HM) においては、ほぼ



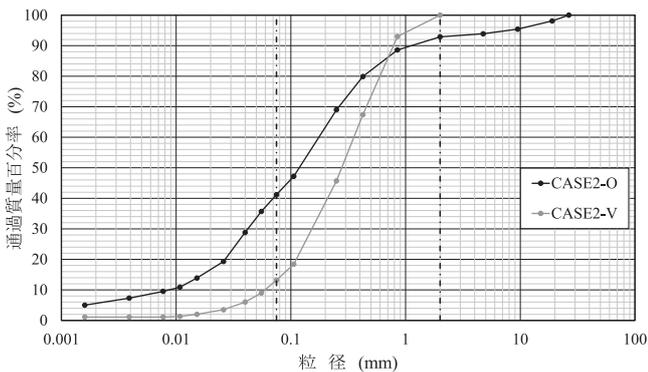
図一五 サイクロン効果検証の粒径加積曲線 (Case1)



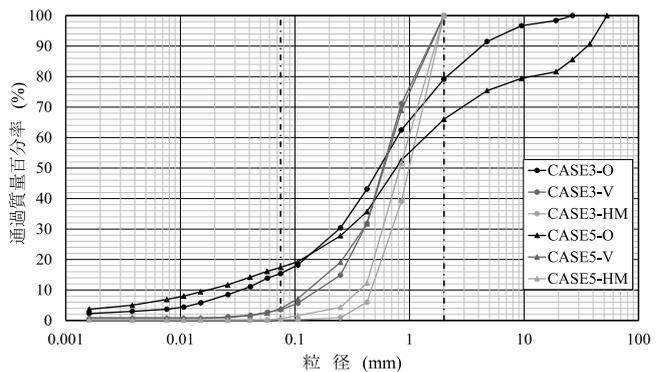
図一七 ハイメッシュ効果検証の粒径加積曲線 (Case1)



図一八 ハイメッシュ効果検証の粒径加積曲線 (Case2)



図一六 サイクロン効果検証の粒径加積曲線 (Case2)



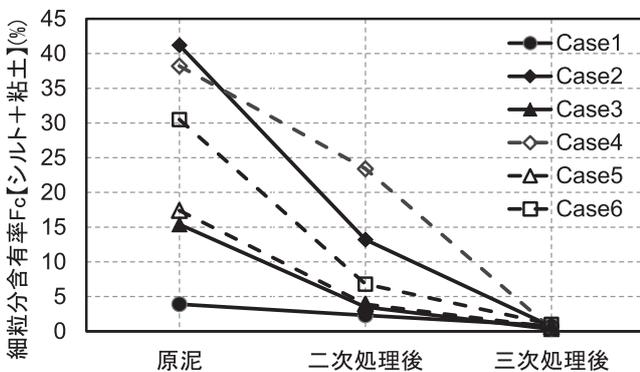
図一九 粒径加積曲線の比較 (Case3, 5)

同じ粒度分布を示しており、本システムによる分級効果の再現性を確認できた。

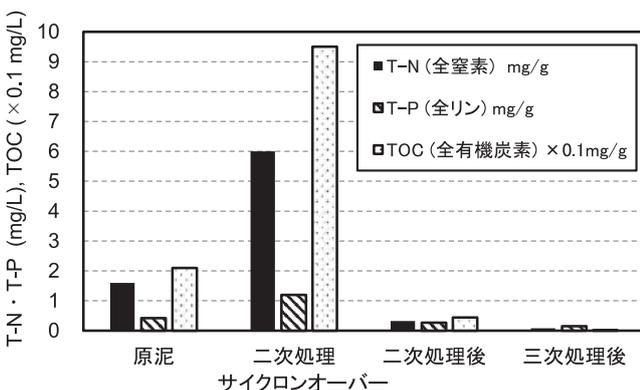
6. まとめ

図—10には、実施した全ケースにおける細粒分含有率 Fc の変化（原泥、二次処理後、三次処理後）を示した。今回の実験結果からは、原泥の細粒分含有率 Fc が概ね 30% 程度であれば、一次処理、二次処理（DW、サイクロン+二次処理振動スクリーン）までの分級過程を経ることで、細粒分含有率 Fc を 10% 以下まで低減できることが確認されたと言える。一方で、原泥の細粒分含有率 Fc が 40% 程度になると、二次処理後の細粒分含有率 Fc は 10% 以下まで低減されなかったものの、三次処理（HM）の工程を加えることで細粒分含有率 Fc が 10% 以下となった。このことから、原泥の性状に応じて適切な分級設備を組み合わせることで、目標とする細粒分含有率 Fc を達成できる可能性が示された。

Case2 における栄養塩分析結果を図—11 に示す。なお、栄養塩分析は、各分級過程における回収物（原泥、二次処理サイクロンオーバー泥水1日静置後の沈殿物、二次処理後、三次処理後）を対象とした。T-N（全窒素）、T-P（全リン）、TOC（全有機炭素）の含有量は、原泥、二次処理後、三次処理後の順で少なくなり、また二次



図—10 全ケースの細粒分含有率の変化



図—11 Case2 の栄養塩分析結果

処理のサイクロンにより分離された細粒分に多く含有していることから、分級処理の進捗に応じて細粒分が減少し、これに併せて栄養塩・有機分も減少したと考えられる。分級により、細粒分の除去に加え、栄養塩・有機物も効率的に分離できることが示され、目的に応じた分級土砂の有効利用用途の拡がりが見込まれた。

7. おわりに

本工法の適用によりダム堆砂の downstream 還元や有効利用が促進できれば、技術的難易度が比較的低い掘削・浚渫工法は、多くのダムで早期計画・着手が可能な堆砂対策となり得る。頻発・激甚化する豪雨災害への備えとして、早期に堆砂対策に取り組むことがいずれのダムでも重要と考える。

本研究開発の実施に当たり、国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所に実験ヤードの貸与やダム堆砂試料の提供を始め、様々な場面でご指導・ご協力を頂いた。なお、ダム堆砂分級工法の開発にあたっては、（一財）水源地環境センターのご支援・ご指導を頂いている。ここに記して、感謝の意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 片山裕之・峯松麻成・浅田英幸・土屋武史：ダム堆砂有効利用促進のための分級工法現地実験，第75回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp. II-122～123，2020。
- 2) 浅田英幸・片山裕之・峯松麻成・土屋武史：ダム堆砂有効利用促進のための分級技術の経済性検討，第76回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp. II-02～03，2021。
- 3) 奥克史・中村伸也・小野雅人・谷田部拓・峯松麻成：ダム堆砂細粒分除去技術の実験的検討（続報），令和4年度水源地環境センター所報

【筆者紹介】



峯松 麻成（みねまつ まなり）
ダム水源地土砂対策技術研究会
技術委員会
技術委員長
（所属会社：東洋建設株）



片山 裕之（かたやま ひろゆき）
ダム水源地土砂対策技術研究会
技術委員会
技術副委員長
（所属会社：五洋建設株）



浅田 英幸（あさだ ひでゆき）
ダム水源地土砂対策技術研究会
技術委員会
技術副委員長
（所属会社：東亜建設工業株）

デジタルツイン建設工事監理における 自動・自律 UAV の活用事例

小 俣 光 弘

建設労働人口の減少下における効率的な建設事業監理は我が国の重要命題である。このため BIM/CIM の有効活用により、建設プロセスを変革する取り組みが進められている。一方で、設計データを施工時及び維持管理に効果的に活用する手法は広く浸透しておらず、特定の工種でのみ利用される傾向がある。

本稿では、ダム建設事業内で施工方法の改善を図るとともに、BIM/CIM 及びデジタルツイン技術を一貫通貫で活用し、工事及び管理の生産性を高めた事例を紹介する。また UAV の効果的な利用について、データ活用だけでなく自動・自律の運用方法も含めて報告する。

キーワード：建設 DX, ダム, BIM/CIM, デジタルツイン, CPS, 自動・自律運転, タワークレーン, UAV

1. はじめに

コンクリートダムは1枚の壁のように見えるが、15m 毎に区切られた柱の集合体である。スランプ3cm のダムコンクリートを大型のバイブレータで締固め、柱を建設していく。国内のダム建設はこのような柱を1つずつ作り上げ、ダムを完成させる柱状工法に始まった。近年は複数の柱を同時に施工する面状工法による合理化施工方法が開発・導入されている。一方、ダムは施工をしていく幅と長さが増えるため、頂部の狭い範囲では型枠・支保工などの工事量が増え、技能労働者の配置や施工方法に大きな変化が生まれる。

このため、数少ないダム経験者が施工計画及び現場監理を統括し、工事全体での標準化と平準化をはかり、ICT 技術を効果的に活用することで、現場の安全・効率・品質を満たすことが求められている。

2. 工事諸元と工事の特徴

川上ダムの全景写真を写真-1に、工事概要を表-1に、工事工程表を図-1に、打設進捗図を図-2に示す。川上ダムは三重県伊賀市に建設された中規模の重力式コンクリートダムである。打設期間は19ヵ月で2021年4月20日に無事打設完了し、試験湛水を同年12月に開始した。この工事は掘削開始から試験湛水開始までを約3年という短期間で行う必要があり、短い工期設定に対応した高速施工と施工量平準化



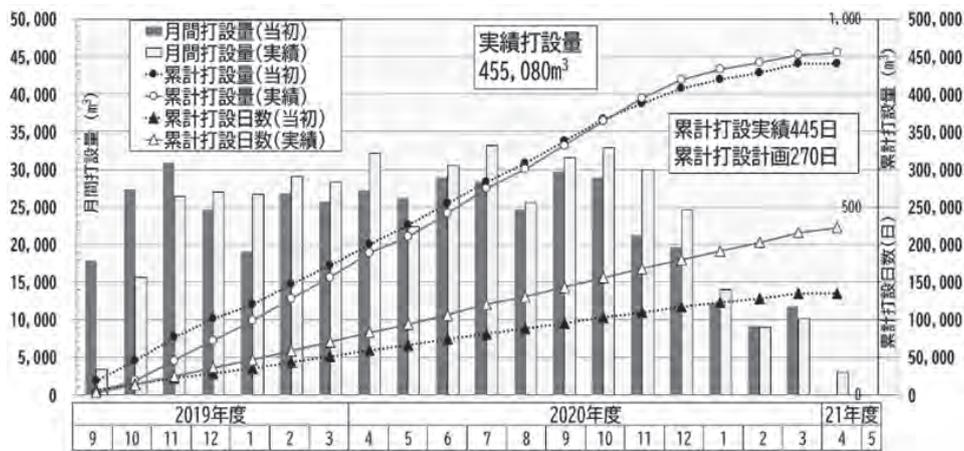
写真-1 川上ダム全景

表-1 工事概要

工事名称	川上ダム本体建設工事
発注者	(独)水資源機構
施工者	大林・佐藤・日本国土特定建設工事共同企業体
施工場所	三重県伊賀市阿保地内他
工期	2017年9月21日～2023年3月31日
主要 工事数量	堤体基礎掘削工： 土石 118,400 m ³ 岩石 49,410 m ³ 合計 167,810 m ³ 堤体コンクリート工：455,080 m ³ 減勢工：17,690 m ³ 左右岸端部処理工：1,681 m ³ 合計 474,451 m ³ 基礎処理工：カーテングラウチング 9,266 m コンソリデーショングラウチング 3,090 m
ダムおよび 貯水池 諸元	型式：重力式コンクリートダム 堤高：84 m (堤頂標高 EL282.0) 堤頂長：334 m 湛水面積：1.04 km ² 総貯水容量：31,000 千 m ³



図一 工事工程表



図二 打設進捗図

の両立を達成している。

また、高さ4.5m/月に及ぶELCM（面状工法の手法、拡張レイ工法）の国内最速施工を、河床部から頂部までペースを緩めることなく継続する一方、コンクリート製造用の骨材は全量購入であり、地元配慮した骨材運搬量の制約（180台/日）が求められた。このため、貯水池内に約45万tの粗骨材を事前仮置きして計画的に消費する必要があり、打設ピーク速度の抑制が要求された。ダム建設において、堤内構造物が少なくなる標高や、降雨が少ない施工しやすい季節に打設量を稼ぐことが一般的常識である。このため、川上ダム本体建設工事は【ELCM最速工程と平準化の両立】という矛盾への挑戦であった。本工法による打設速度を1ヶ月あたりの打設高および1ヶ月あたりの打設量とで表すと図-3¹⁾のようになり、月平均打設量・打設高ともに川上ダムが最速である。また、月最大打設量を月平均打設量で除したものは平準化率²⁾と定義され、機械の専門書でも設備最適化の概念として取り扱われている。堤体積に対する平準化率を示す(図-4)。ここに川上ダムの実績をプロットするとその値は柱状工法と面状工法いずれの施工実績と比較し

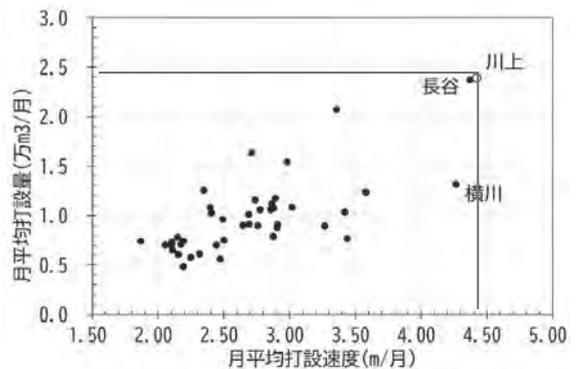


図-3 ELCMでの月平均打設速度と打設量¹⁾

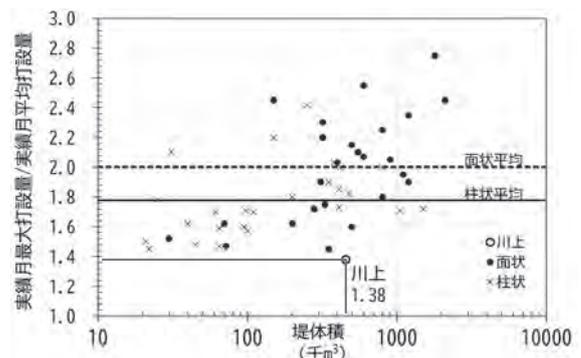


図-4 堤体積に対する打設量の平準化率²⁾

でも最も平準化された数値であることが確認できる。高速施工のダムだけでなく、稼働率を高めて仮設備の経済性を優先したダムと比べても平準化された数値であると言える。

3. 従来施工技術の見直しによる標準化施工

川上ダム本体建設工事では主に以下の3点を標準化することで施工の平準化を達成した³⁾。

(1) ELCM (レヤ工法) 採用による天候・季節変動対応

ELCMはRCD工法(コンクリートを振動ローラで締め固めるダム建設工法)に比べ天候・気候への適応に勝る工法である。打設時の許容最大降雨量はそれぞれ、4mm/hと2mm/hである。更に、川上ダムではELCMの中でも拡張打設(extend)しないレヤ工法を基本とすることで、打設時の施工管理範囲を縮小した。打設設備は能力を1.7倍に増強した最大吊上げ荷重25tのタワークレーンの直接打設に限定し、中規模以上のダムで一般的な堤体内でのダンプ運搬を行わず、レヤ工法で各ブロックを確実に打設完了した。コンクリートの受け渡し回数と運搬時間を減らすことで、施工時に降雨があってもコンクリート品質を損なわない施工が行え、打設可能日数が当初計画の270日から445日と飛躍的に増加した。これにより予定通りの工程を消化することで、骨材安定消費と労務安定の平準化を達成した。

(2) 施工CIMの高度利用による手戻り防止⁴⁾

国土省では令和5年BIM/CIM原則適用の方針の下、推進委員会により活発な議論を行っている。川上

ダム本体建設工事ではこの流れに先立ち、施工詳細度を高めたCIMを【施工CIM】として施工JV主導で運用した。合理的な施工を進めるのに必要なのは正確な設計図である。

ダムの設計図は変更が多い。例えば、ダムサイトは強固な岩盤が求められるが広い範囲の詳細調査は難しく、掘削後に地質と岩級を考慮した設計形状の変更が高確率で実施される。また、ダム本体はコンクリートと機械設備の複合構造であり、鋼構造である機械設備は一般に別途発注となり、詳細設計が開始されるのが本体工事に比べて遅れる。このため、相互の干渉チェックが施工直前となるが、躯体と鋼構造の設計思想も異なるため、図面照査と干渉回避、現場合わせの労力が大きい。川上ダム本体建設工事ではこれらの詳細設計のリクワイヤメント(要求事項)を受注者側から提案して設計にフィードバックすることで図面を修正し、事業工程の円滑化を図った。異なるCADデータを専用ソフトウェアのNavisWorksで合成した統合モデルを示す(図-5)。このようなCIM活用のリクワイヤメントが設計の初期段階から組み込まれ、適切に運用されれば生産性を大きく向上させることが可能となる。

(3) 堤内構造物のフルプレキャスト化による構築負荷低減

前述のようにダムは構造が複雑で標準化しにくい範囲も多く、一般にプレキャスト化の範囲は限定的である。川上ダムではこのような堤内構造をほぼ100%プレキャスト化している。CIMを活用して複合構造部の設計を明確にし、機械設備のアンカー等を組み込んだモジュール部材として製造することで、通常であれば型枠・鉄筋の構築待ちが発生する部分の工程を大幅

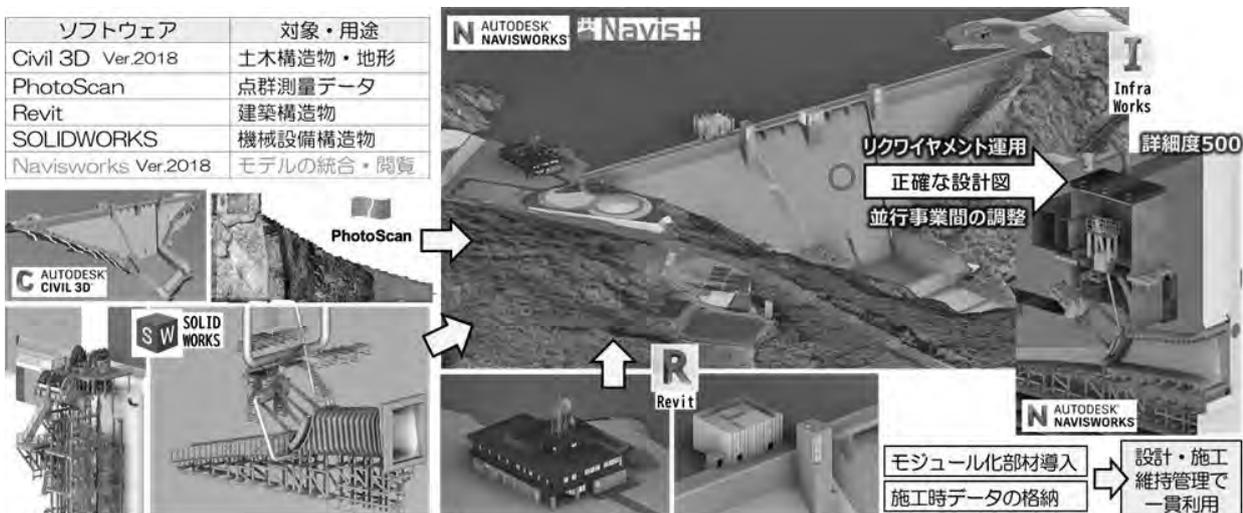


図-5 CIMによる事業全体の監理

に短縮した。また、これにより熟練作業員がいなくても複雑な構造部の施工が可能となった。プレキャスト化が標準設計となり規格化されれば、設計業務の軽減にもつながり建設プロセス全体の生産性が向上する。正に設計のフロントローディングを行ったと言える。これからの建設 DX に必要なのは ICT 技術の開発・活用だけでなく、それらを活かすための正確な CIM というプラットフォームであり、アドリブ的な現場合わせを必要としないリクワイヤメントを意識した明確な設計思想と情報共有のデータベースとしての CIM の管理・活用なのである。

4. デジタルツインを用いた現場監理と、建機遠隔化・自動化・自律化への発展

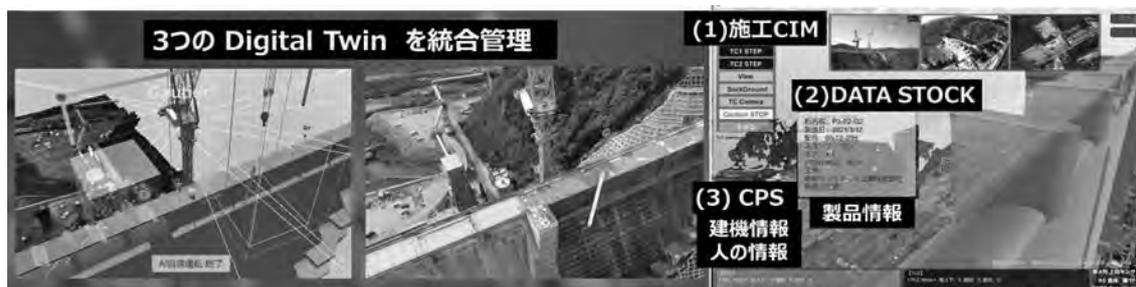
国土交通省が示すインフラ分野の DX アクションプラン⁵⁾では個別施策を3つの柱で構成し、手続きのデジタル化、情報の高度化と活用、現場作業の遠隔化・自動化・自律化の実行計画が取り纏められている。令和4年度以降は、Society5.0であるデジタルツインの実現を目指し、取組の深化、分野網羅的、組織横断的な挑戦を掲げ、インフラの作り方、使い方、データの伝え方の変革を進めていく方針となっている。この取り組みは複雑な建設プロセスを X(トランスフォーム) し、最適な建設手法についての議論を行うことが前提である。なぜなら、大量のデータの優先順位を自律的に解析することは難しく、人間が最初に行う条件設定が建設 DX を進める鍵だからである。

このような建設 DX のネクスト・ステージを目指し、川上ダム本体建設工事では前述のように施工を最適化した上で現場を CIM でデジタルツイン化した。設計の詳細度を上げると共に、時間軸、製品情報なども含んだ 5D で監理した。更に、この CIM と AI を利用したタワークレーンの自動運転を現場導入し、任意点へのコンクリートバケットの連続運搬と、指定点へのプレキャスト部材運搬を行った。前述のように川上ダム本体建設工事では施工のトランスフォーメーション

が行われており、施工方法が標準化され単純であるため、クレーン操作に複数の機械との連動を考慮したパラメーターの設定が必要ない。コンクリート打設時にクレーンと合わせて動く機械はバイバック 2 台とトランスファーのみと最小化されているため、自動化の比率を高めることが比較的容易であり、デジタルライゼーションの促進につながっている。まず、最適な建設手法をしっかりと選択しておくことで、デジタル技術導入にあたり人間が決めなければいけない『ハイパーパラメータを最小化』し、デジタル技術導入のハードルを低くしているのである。このように導入したデジタルツインを、川上ダム本体建設工事では3つの方法で定義している。1つ目が正確な設計図である施工 CIM、2つ目が出来形・品質情報の格納場所としての DATA STOCK、3つ目がセンサー情報から機械や人の動きを反映する CPS である。統合ソフトである NavisWorks で作成した正確な図面を活用し、管理情報を同時に CIM 上に表示することで、現場の施工状況も含めたデジタルツイン監理を実現した(図一6)。これまで示してきたように、設計段階で構築された CIM を施工及び維持管理に一貫して利用する事が可能となった。この取り組みには、データストアのラベル付けや格納情報等を、発注者・設計者・施工者の3者で明確にして共有することが大事である。また、コントラクターの枠を超えて、CIM モデラーとコーディネータを監理する施工者側の CIM マネージャの存在が不可欠であると言える⁶⁾。

5. 建設 DX に向けた自動・自律 UAV 監理の導入

現場を効率的に監理するには、目となるカメラや計測機器の活用が必要となる。当社では、現場監理の遠隔化を目指し、UAV を活用した様々な取り組みを進めている。本節では UAV の遠隔化や自動化、自律飛行により取得したデータを活用したデジタルツイン出来形管理について紹介する。



図一6 デジタルツイン現場監理 (3つのデジタルツインの統合)

(1) UAV による様々なデータ取得

UAV 測量が一般的になり久しいが、モデルの作成には様々な手法があり、用途に応じて利用する事で建設時の管理に幅広く活用できる。一般的には2D キャプチャを行い、オルソ画像や点群を作成することで、ダム工事のような広域も俯瞰的に把握する事が可能である。最近では、様々な角度から撮影した画像から3次元モデルを作成する SfM (ストラクチャフォームモーション) 技術も進展し、これまで UAV 測量が苦手であった立体的なモデルの作成も可能となってきている。また、360°パノラマ合成写真などを UAV 撮影と組み合わせる事で時系列で記録することで、工事の定点観測や安全パトロールなどを容易にする取り組みも進んでいる。

(2) UAV 目視外無人飛行 Lv.3 の自動化への取組⁷⁾

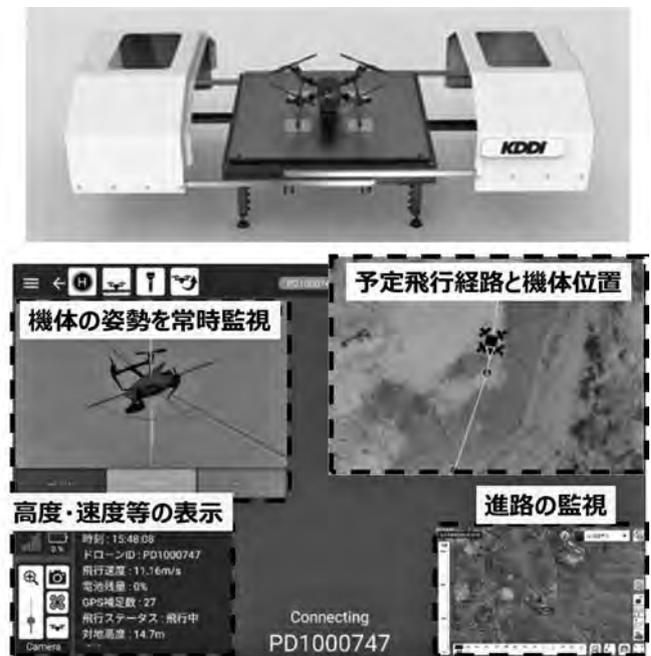
これまでの UAV の操縦は操作者の目視内に限られていた。2022年12月に目視外飛行である Lv.3, 4 (図一7) を進める規制緩和が実施された。この法令改正

に合わせて、目視外飛行 (Lv.3) による UAV 遠隔監視技術の開発を令和4年度の PRISM で実証した⁸⁾。ダム現場は貯水池まで含めた管理範囲が広く、川上ダムであれば1.0 km²である。この面積は東京ディズニーランド2個分以上となる。このような広大な建設現場監視を、耐水・耐粉塵性を備えたポート付き UAV の遠隔運行により監視した。また、LTE 通信によりリアルタイムに飛行状況の安全確認も行いながら UAV を制御した (図一8)。

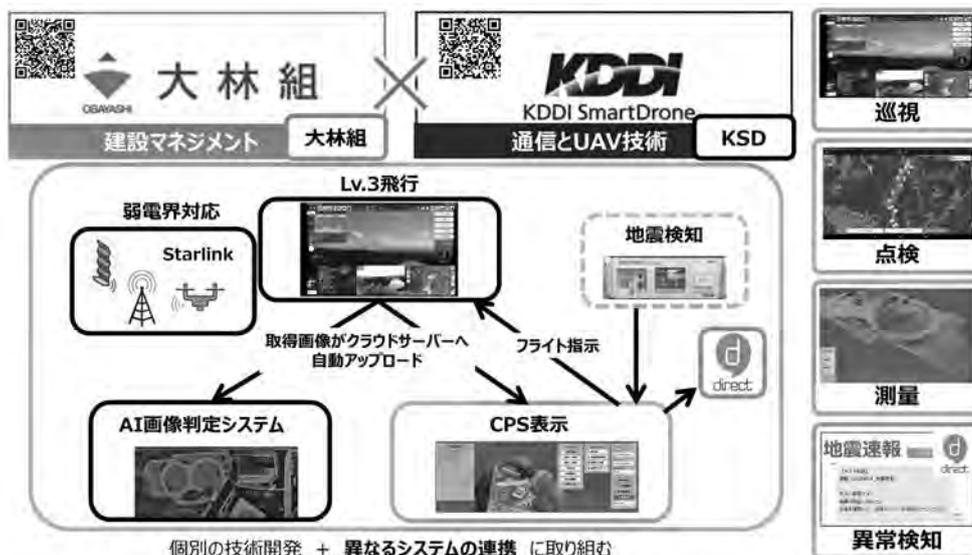
このシステムは大林組と KDDI スマートドローンの協業により、前述の CIM をベースに2社のシステムを API で連携している (図一9)。一部山間部の弱



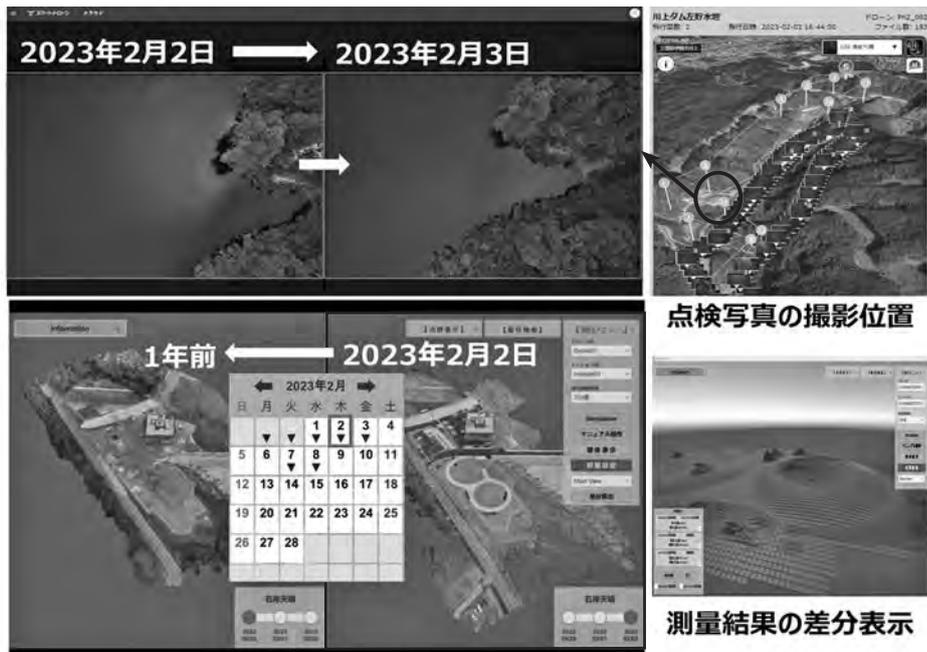
図一7 UAV 操作の段階 (Lv.1 ~ 4)



図一8 ポート付 UAV とフライト制御機構



図一9 PRISM で実証した UAV の統合管理システム



図一 10 点検・測量の実施結果と時系列表示

電界エリアもあったが、Starlink 基地局を配備する事で安定した通信を確保し、UAV による定時の遠隔自動巡視・点検・測量と地震に対応した緊急飛行が行える事を実証した。取得したデータを基に、時系列での対比や数量算出等を行える機能も実装し（図一 10）、デジタルツインによるサイバー空間での現場監理を高度に行うことが可能となった。この技術により、現場監理業務が 20%程度に圧縮できる可能性が示された（図一 11）。

(3) 自律飛行 UAV によるデジタルツイン出来形管理⁹⁾

土工事の出来形や数量を UAV で測定する手法は一般的になり、昨今は構造物管理への適用が始まっている。3 次元点群データなどのデジタルツインデータを活用し、施工・管理・検査の効率化が試みられているところである。この中でも、法面保護工は人力での現地計測に多大な労力と時間を費やし、ロープ高所作業の安全管理も大きな課題がある工種である。このため、UAV 測量における撮影方法の工夫などにより、急勾配部での写真解像度の差や、法枠下面やオーバーハング部の点群データの欠損などの問題を解決する方法が提案されている^{10), 11)}。一方で、この手法には熟練オペレータの配置が求められる。この課題に対して、Visual SLAM 機能を有する UAV である skydio2+ を使用することで、障害物との接触を回避する自律飛行により法面工の出来形測量を効率化し、誰でもデジタルツイン出来形図を作成できる取り組みを進め、現地



図一 11 Lv.3 UAV による生産性向上の効果

立会の削減と任意時点の監督検査を試みた（図一 12）。本取り組みは川上ダムでの試行を経て新丸山ダム本体建設工事で導入を進めており、従来業務を 60%程度削減できる可能性が示された。

6. おわりに

これまで記したように、今までのダム建設技術を研究し、施工のトランスフォーメーションを進める事で建設工場の生産性を高める事が可能となった。この監理の中で、リクワイヤメントを満たした BIM/CIM を活用して施工の合理化・標準化と、デジタルツインに

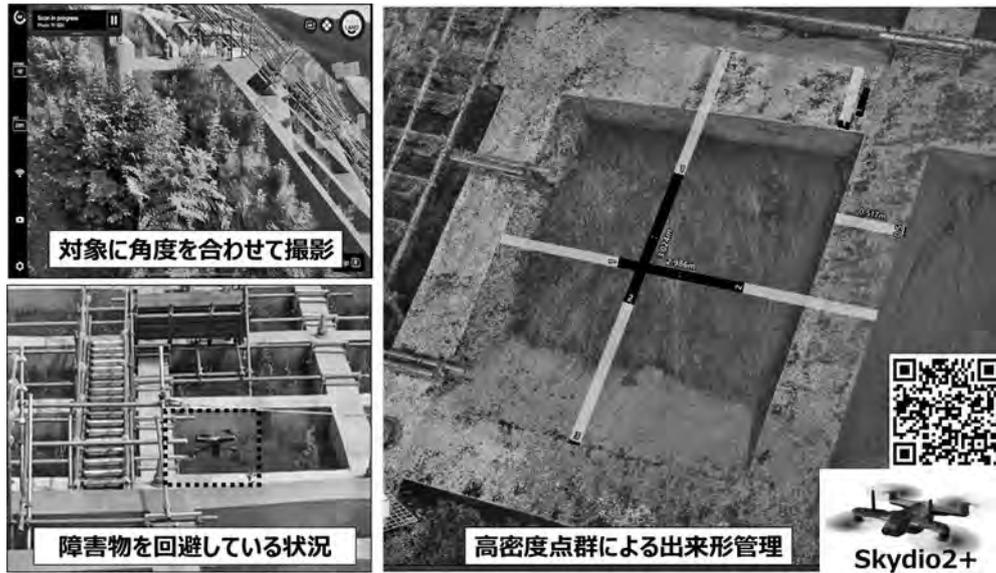


図-12 自律型 UAV による高密度点群出来形管理

より建設工事監理を行う取り組みが実証された。

また、これらの施工データを維持管理に引き継ぐことで CIM の設計・施工・維持管理での一貫利用も達成され、デジタルツインデータによる維持管理が試みられている。更に、デジタルツインを構築するための UAV 技術においては、自動・自律化による運用がスタートし、遠隔で現場監理する未来は遠くないと実感している。

気象条件が厳しさを増す中、建設現場は熟練技術者の減少と同時に 4 週 8 閉所や労働時間制約も求められている。事業工程と安全・品質を確保するための要求事項・優先事項をしっかりと考え、建設手法と建設監理手法の両面において変革を強く進める必要性を感じる。

本稿の取り組みが、真の意味での『建設 DX』と『働き方改革』を考えるきっかけとなり、今後の建設事業監理やインフラ管理の参考になれば幸いである。



川上ダム：次世代型ダム建設
(YouTube)



インフラ
メンテナンス大賞



土木学会技術賞
(関西支部)



《参考文献》

- 1) 日本ダム協会：コンクリートダムの施工
- 2) ダム技術センター：ダム施工機械設備設計指針（案）2005
- 3) 小俣光弘：川上ダム本体建設工事の施工工法に関する理論的考察，ダム工学，32 巻 1 号 p. 28-39，2022 年
- 4) 第 6 回インフラメンテナンス大賞優秀賞『DX-ダム本体建設における CIM の設計・施工・維持管理への一貫利』
- 5) 国土交通省：インフラ分野の DX アクションプラン（第 2 版）8 月 2023 年
- 6) 熊本大学，JACIC：CIM を学ぶ
- 7) 小俣光弘：建設現場デジタルツイン監理におけるドローン Lv.3 運行への挑戦，月刊建設機械，6 月号 2024 年
- 8) 内閣府：官民研究開発投資拡大プログラム（Public/Private R&D Investment Strategic Expansion PrograM）
- 9) 第 3 回 中部 DX 大賞奨励賞『高精度デジタルツインを活用した法面工事の出来形管理と普及』
- 10) 藤田 哲：3 次元モデルを活用した法枠工の出来形管理 砂防学会研究発表会，2020
- 11) 藤田 哲：災害復旧法面工事における 3 次元モデルの活用 砂防学会研究発表会，2022

【筆者紹介】

小俣 光弘（おまた みつひろ）
 (株)大林組
 土木本部生産技術本部 ダム技術部
 副部長
 川上ダム JV 工事事務所
 副所長



ダム工事の環境技術

宮瀬 文裕・牧野 有洋・小松 裕幸

ダム工事は、大規模で工事期間が長いこと、施工箇所が自然豊かな場所であることから、生態系・希少な動植物への配慮が重要である。そのため、ダムの施工中は、保全対象の動植物にあわせた様々な対策が実施される。今回、騒音・振動、視覚的配慮、照明、教育の対策を組み合わせ実施し、4年にわたりクマタカの抱卵・孵化に成功したダム工事の事例を紹介する。さらに、照明対策について、LED灯を使用した場合の昆虫類の誘引低減効果について、現場試験と現場適用事例の概要を述べる。

キーワード：クマタカ、生態系保全、騒音・振動、視覚的配慮、照明、教育

1. はじめに

ダム工事は、大規模で工事期間が長いこと、周辺の生態系と住民の生活環境に与える影響が大きい。また、ダム工事の施工箇所は山間部の自然豊かな場所であることが多く、希少な動植物や生態系への配慮が必要なことも多い。さらに、近年は環境保全に対する意識が高く、発注者、住民などから高いレベルの環境保全対策が求められることが少なくない。そのため、ダム工事では保全対象となる希少な動植物にあわせ、様々な保全対策を実施している。今回、ダム工事現場の近傍に生息するクマタカの保全のため、複数の環境保全対策（騒音・振動、視覚的配慮、照明、教育）を組み合わせ実施し、4年にわたり抱卵・孵化に成功したダム工事の事例を紹介する。さらに照明対策について、LED灯使用による昆虫類の誘引低減効果を現場試験で確認し、実現場で適用した事例もあわせて紹介する。

2. クマタカ保全対策を実施したダム工事の事例¹⁾

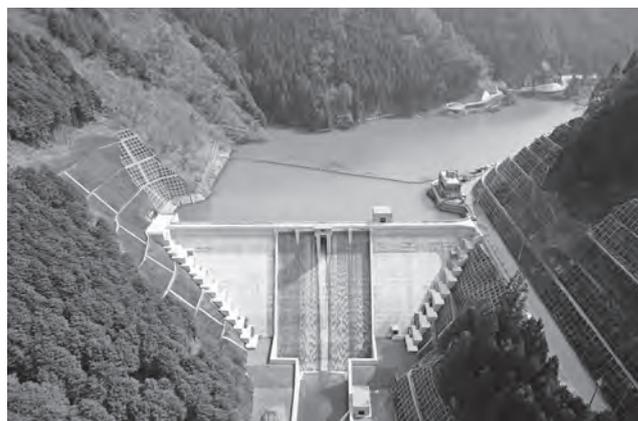
(1) ダム工事の概要

クマタカ保全対策を実施したダムは、兵庫県但馬県民局養父土木事務所発注の与布土（よふど）ダム（兵庫県朝来市山東町与布土）である。このダムは、洪水調節、生活用水の供給、河川環境の保全を目的として、一級河川円山川水系与布土川の上流に建設された重力式コンクリートダム（堤高 54.4 m、堤体積 106,000 m³、

総貯水容量 1,080 千 m³）であり、平成 26 年 5 月に試験湛水を終了し、6 月から運用を開始した（図—1、写真—1）。



図—1 与布土ダムの位置



写真—1 与布土ダム（試験湛水中）

ダム周辺では、クマタカなどの希少な動植物の生息が確認されるなど、周辺流域は豊かな自然環境を有していた。このため「自然との共生を目指した与布土ダム建設事業」を基本理念として、ダム建設による周辺環境への影響に配慮し、ダム周辺の豊かな自然環境を保全しながら、希少な動植物と共生することができるように施工を行った。特に、ダムサイト周辺に生息していたクマタカへの影響を最小限にするため、以下に述べる「与布土ダム環境保全対策ガイドライン」をもとに様々な環境保全対策（騒音・振動、視覚的配慮、照明、教育）を実施した。

(2) 与布土ダム環境保全対策ガイドライン²⁾

兵庫県が策定した「与布土ダム環境保全対策ガイドライン」（以下、ガイドラインという）は、平成12年度に設置された自然環境に関する専門家や地元代表からなる「与布土ダム環境保全検討委員会」での提言及び、環境保全のための各種対策の検討結果などをふまえ、平成21年度に事業を進めるにあたり守るべき基本理念や基本方針として定めたものである。ガイドラインの基本方針を以下に示す。

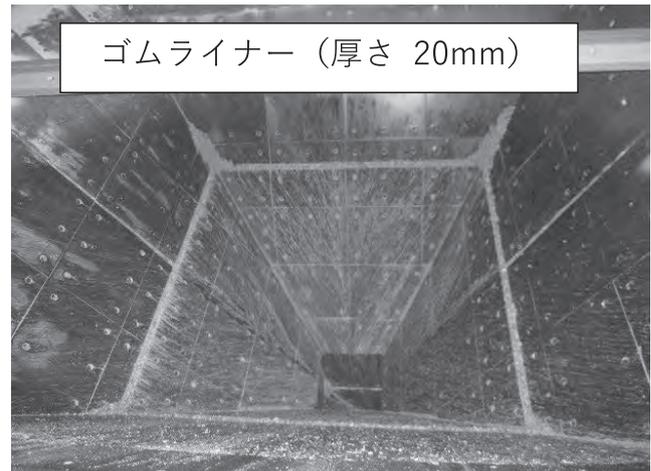
- 1) 最小化；森林をはじめとする周辺土地の改変の最小化を図る。
- 2) 修復；改変した土地は本来の植生環境に近づける修復を図る。
- 3) 軽減；環境に配慮した工法、施工方法の工夫により動植物の生息環境への影響軽減を図る。
- 4) 代償；貯水池により水没・消失する環境などは同等の新たな環境の創出を図る。
- 5) モニタリング；モニタリングにより、周辺環境への影響や対策の効果を確認する。

今回の報告では、ダムの施工中に実施した3) 軽減（騒音・振動、視覚的配慮、照明）、5) モニタリングに関する内容を中心に以下に述べる。

(3) 騒音・振動対策

(a) 骨材受入設備

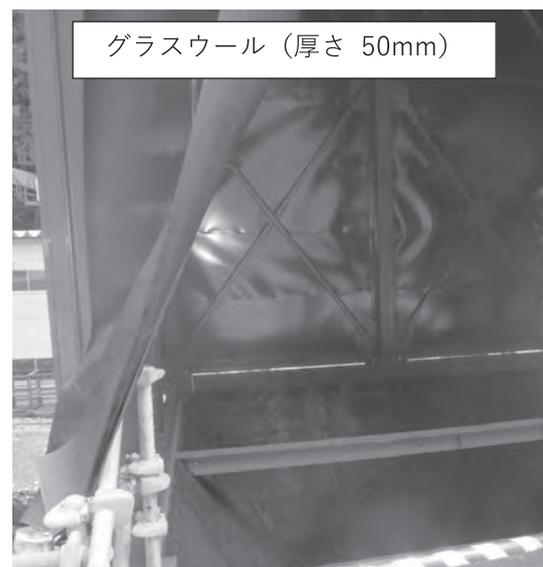
ダム堤体コンクリートに使用する骨材は、碎石工場から骨材運搬用10tダンプトラックにより場内まで搬入し、骨材受入設備に投入した。骨材投入時の騒音・振動低減対策として、骨材受入設備には、ホッパー内面にゴムライナー（厚さ20mm程度）を装着し、騒音・振動の低減を図った（写真—2）。さらに、ホッパーを上屋で覆い、その内面には吸音材（厚さ50mm程度）を設置し、騒音の拡散を低減する構造とした（写真—



写真—2 ホッパー内面のゴムライナー装着状況



写真—3 骨材受入設備の上屋



写真—4 骨材受入設備の内面の吸音材

3、4)。骨材受入設備の入口には、すだれ状のゴム製カーテンを設置し、ダンプが骨材を荷下ろしする際の騒音の漏れを低減するようにした（写真—5）。



写真一五 すだれ状のゴム製カーテンによる騒音の漏れ防止

(b) コンクリート製造設備

コンクリート製造設備は、傾動式ミキサ (2.25 m³ × 2 基) とセメントサイロ (300 t) を使用した。コンクリート製造設備は、材料投入時の騒音・振動低減対策として、ミキサ内面にゴムライナーを装着し、騒音・振動の低減を図った。さらに、上屋の壁面には防



写真一六 コンクリート製造設備全景

音パネルを採用し、騒音の拡散を低減する構造とした (写真一六)。ベルトコンベアは、シュート内面にゴムライナーを設置し、乗継部を覆い騒音の拡散を低減する構造とした。

コンクリート製造設備からのコンクリート運搬は、10 t ダンプトラック 2 台にて行った。コンクリート製造設備で製造されたコンクリートをクレーンなどの運搬設備まで運搬するバンカー線に対して、コンクリート運搬にともなう騒音の拡散防止のため、クマタカ営業地から視認できる区間には、防音シートによる養生を実施した (写真一七)。

(c) 堤体基礎掘削

岩石掘削は発破による施工を基本としたが、騒音・振動の低減を図るため、300 kg/cm² 程度の中硬岩 (CM 級) まではプレカよりも騒音・振動の小さなツインヘッダーによる機械掘削を行った (写真一八)。

発破掘削のための削孔には、油圧式クロードリルを使用した。削孔時の騒音対策として防音カバーを設置した (写真一九)。



写真一八 ツインヘッダーによる施工状況



写真一七 バンカー線の防音シートによる養生



写真一九 クロードリルの防音カバー

発破による振動を最小限とするため装薬量を制限し、1段あたり12kg以下とした。この装薬量により発破箇所からの距離300mの地点での振動値は、目標値55dB（ほとんどの人が振動を感じない）³⁾を満足することを、事前検討で確認した。

(d) コンディショニング

掘削開始にあたり、クマタカを工事の騒音・振動に慣れさせるため、建設機械を現場に置いておくだけの期間から徐々に作業時間を延ばしてゆくコンディショ

ニングを実施した。

コンディショニング中は、監視員（生物分類技能検定1級〔鳥類部門〕の取得者）によりクマタカに影響が生じないように、異常行動の有無などを確認した（写真—10）。さらに、監視員による定点観測や監視カメラによりクマタカの生態を常時モニタリングし（写真—11）、工事の影響を監視しながら工事を進めた。

(4) 視覚的配慮

(a) 施工設備の配置

施工設備の平面配置を図—2に示す。クマタカ営巣地に対する視覚的な配慮として、すべての大型施工設備は、クマタカ営巣地から直視できないダム堤体の下流に配置した。

(b) 施工設備のアースカラー塗装

目立ちやすい大型施工設備のタワークレーン（写真—12）、コンクリート製造設備（写真—6）、ベルトコンベア（写真—13）、濁水処理設備（写真—14）などに、周囲の環境に溶け込み目立たないように、深緑色のアースカラー塗装を施した。深緑色は、現場周辺の杉林に溶け込みやすい色として採用した。



写真—10 コンディショニング実施時の監視



平成25年4月3日抱卵開始

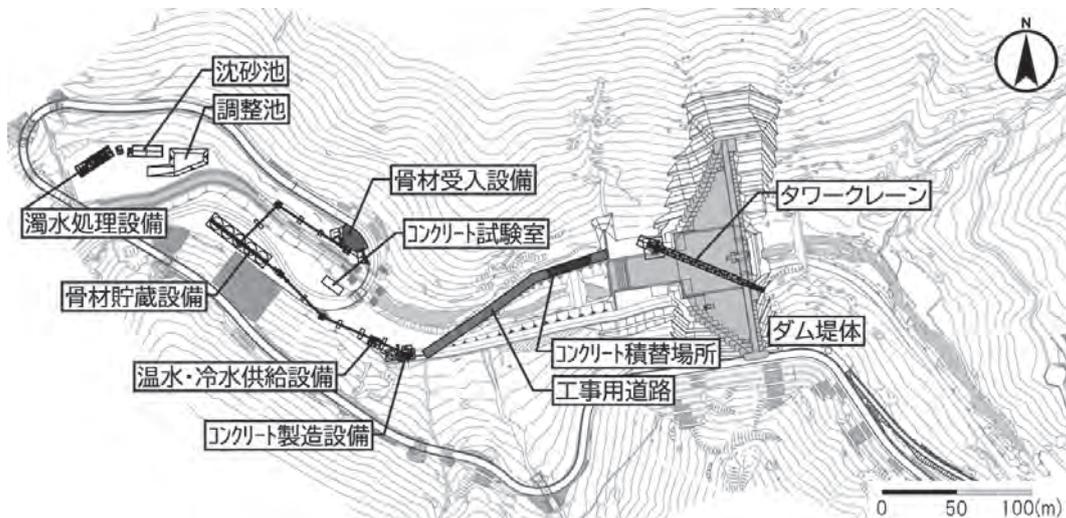


同5月21日孵化



同8月7日巣立ち間近の幼鳥

写真—11 監視カメラでクマタカの状態を常時モニタリング



図—2 施工設備平面配置図



写真—12 タワークレーンのアースカラー塗装



写真—15 照明器具のフードルーバ



写真—13 ベルトコンベアのアースカラー塗装



写真—14 濁水処理設備のアースカラー塗装

(5) 照明

(a) ナトリウム灯の使用, 照明方向・照明範囲の制御
打設期間のうち平成24年6月29日より平成24年11月3日までは, 堤体コンクリートの品質確保(ひび割れ防止)のため, 昼間の高温・日射を避けて夜間

にコンクリート打設を実施した。

夜間工事においては, 水銀灯よりも誘虫性の低いナトリウム灯を照明に使用するとともに, 必要な時間帯および範囲のみを照らすようにし, 周辺の山林などに光が漏れないように配慮した。具体的には, 照明器具にフードルーバを取り付け, さらに営業地方向に照明が向かないような配置とした(写真—15)。

(6) 教育

(a) 環境配慮ハンドブック

職員と作業員の教育用に, 現場に生息するクマタカなどの希少な動植物の特徴を記載した「環境配慮ハンドブック」を作成した(写真—16, 17)。これを, 作業員の受入教育時に使用し, 生態系保全の基礎知識の習得と生態系保全意識の向上を図った。さらに, 希少な動植物への配慮が必要な作業の前に, 職員と作業員がこのハンドブックを使用して注意点を確認した(写



写真—16 環境配慮ハンドブック(表紙)



写真-17 クマタカの解説ページ（環境配慮ハンドブック）



写真-18 環境配慮ハンドブックを使用した作業前ミーティング

真-18)。

(7) 対策の効果

ガイドラインに基づき、複数の生態系保全対策（騒音・振動，視覚的配慮，照明，教育）を，発注者と施工者が一致協力して実施した。その結果，着工時に生息が確認されていたつがいのクマタカが，平成21年～24年と4年連続で抱卵・孵化に成功した。また，工事終盤には，クマタカが現場の環境に慣れ，ダムサイトの直近まで現れるようになった（写真-19）。これらのことから，複数の環境保全対策を実施した本ダムでの対応は，適切であったと考えられる。

3. LED 灯の現場試験および現場での適用

(1) ダム工事における照明対策の必要性

2. (5) で述べたように，与布土ダムではクマタカ



写真-19 ダムサイト直近に現れたクマタカ

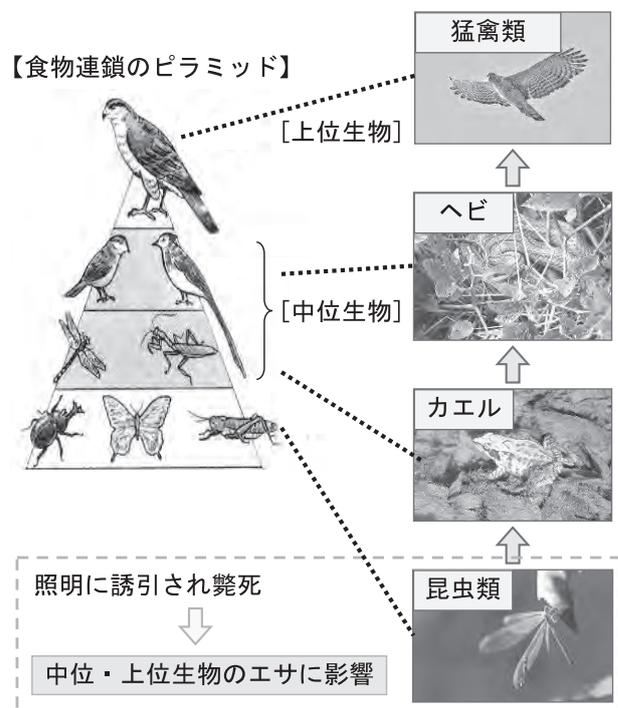


図-3 照明が食物連鎖に与える影響⁴⁾

の環境保全対策として照明の対策を実施した。しかし，本来照明は，生態系ピラミッドの下位に位置する走光性の昆虫類を誘引することが知られている。照明へ誘引された昆虫類が照明付近で攪乱・死滅することにより，そこから上位の生物の食物連鎖に影響を与えることが予想される（図-3）。

重力式コンクリートダムは，堤体コンクリートの品質確保（ひび割れ防止）の目的から，2. (5) で述べたように，夜間に堤体コンクリートを打設する。そのため，堤体コンクリートを打設する大面積の施工範囲で十分な照度を確保するため，多数の照明を設置する。コンクリートの施工数量が膨大なため，照明の実施期間は数年間にわたることもあり，昆虫類の誘引に

よる影響期間が長く、生態系への影響も大きいと考えられる。これらの施工上の特性から、照明による誘虫を低減させる工夫が重要となる。

(2) LED 灯の現場試験

与布土ダムの施工時には、ダム施工に活用できる照明の種類と誘虫性の関係に関する既往の研究が少ない状況であった。そこで、与布土ダムの施工時に、現場試験を実施して照明の種類と誘虫性の関係に関するデータを収集した。その結果、水銀灯、ナトリウム灯に比べ、LED 灯の誘虫性が低いことが確認された^{5), 6)}。さらに、東北地方と中国地方のダムで現場試験を実施し、与布土ダムと同様の結果を得た。以下に、現場試験とその結果について述べる。

(a) LED 灯の誘虫性について⁴⁾

建設現場で使用する照明は、水銀灯、ナトリウム灯、LED 灯の 3 種類がある。各照明の特徴を表 1 に示す。走光性の昆虫は波長 400 nm (ナノメートル) 以下の光に誘引されやすい。紫外線は、波長が 10 ~ 400 nm の不可視光線であり、虫の眼で見えやすい波長の光である。

写真 20 に通常のカメラで撮影した照明 (左: 水銀灯, 右: LED 灯) を、写真 21 に虫の眼カメラで撮影したものを示す。虫の眼カメラは、波長 400 nm 以上の光を遮断する特殊フィルターを取り付けたカメラであり、虫の眼で見えやすい 400 nm 以下の光のみを撮影する。二つの写真は、同じ距離 (約 30 m) と位置から同じ照明を撮影したものである。照明は、同一距離で照度が同じになるように調整したため、写真 20 に示すように人間の目では同じ明るさと大きさに見える。しかし、虫の眼カメラで見ると、水銀灯は小さな光点 (赤色) が見えるものの、LED 灯はほとんど見えない。このように、LED 灯は、水銀灯に比べて紫外線量が少ない特性があり、昆虫類の誘引防止に有効と考えられる。

(b) 試験方法⁴⁾

照明の種類と誘虫性の関係を把握するため、ダム建設地内において灯火採集調査を実施した。照明は、水銀灯、ナトリウム灯、LED 灯の 3 種類を使用した。地域性による差異の有無を確認するため、灯火採集調査は、東北地方、近畿地方 (与布土ダム)、中国地方の 3 箇所のダムで実施した。灯火採集調査の採集機材と試験状況を写真 22 に示す。

灯火採集調査の採集機材は、各照明が同一距離で同一照度となるように調整した。照明器具の下には、麻醉薬 (エタノール等) を入れた捕虫ビンを設置してい

表 1 照明の種類と特徴

照明種類	特徴
水銀灯	現場で多用, 誘虫性の高い紫外線量大 「水銀に関する水俣条約」 ⁷⁾ により, 今後は使用減少が見込まれる
ナトリウム灯	生態系に配慮する現場で使用事例多数
LED 灯	誘虫性の高い紫外線量が少なく, 省エネルギーの観点から今後使用増加が見込まれる



写真 20 通常のカメラで撮影した照明 (人間の目)



写真 21 虫の眼カメラで撮影した照明 (虫の眼)

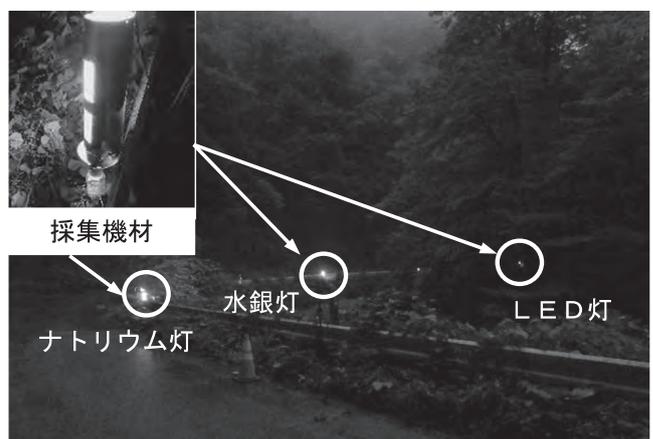


写真 22 灯火採集調査の採集機材と試験状況

る。照明に寄ってきた昆虫は、気化した麻醉薬により捕虫ビン内へ落下する仕組みである。

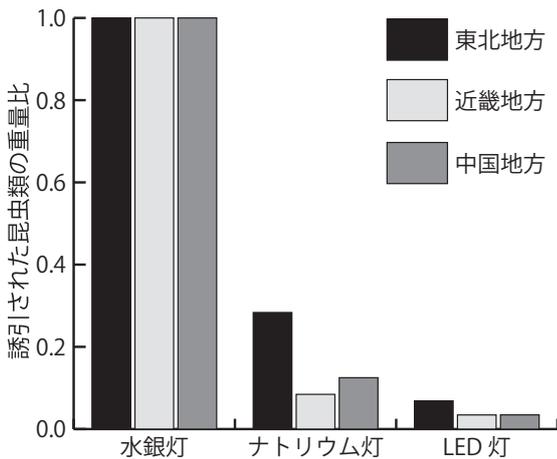
灯火採集調査は、民家や現場の照明等の人工照明の影響がない場所で実施した。灯火採集調査の採集機材の設置間隔は、互いの光の影響を受けないように約15～20m間隔とした。設置場所は、森林、水辺、草地が混在する場所を選定した。これは、生息環境が異なる様々な種類の昆虫類を捕獲するためである。照明は、日没後の18:30～翌日の6:30までの12時間、継続して点灯した。

(c) 試験結果^{4), 8)}

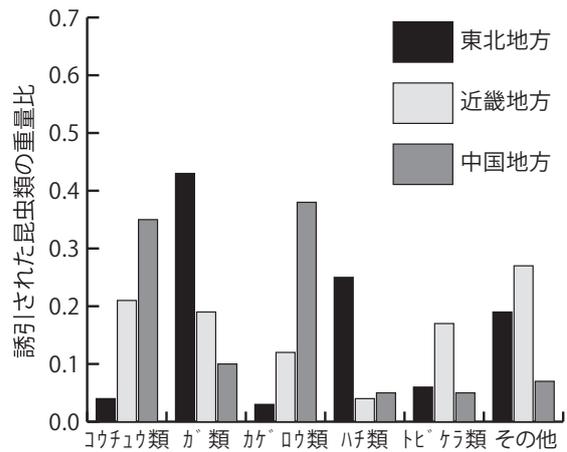
採集機材の照明により誘引され、捕獲された昆虫類の重量を「誘虫量」と定義し、3箇所のダムについて、照明の種類毎に誘虫量を整理した結果を図一4に示す。誘虫量の最も多い水銀灯を基準(1.0)とし、ナトリウム灯、LED灯の誘虫量を評価した。すべての場所で、誘虫量は水銀灯、ナトリウム灯、LED灯の順に多いことが確認された。場所によるバラツキがあ

るものの、ナトリウム灯の誘虫量は水銀灯の8～28%程度、LED灯は3～7%程度であった。表一1に示したように、今後は水銀灯の使用が減少することが想定される。そこで、誘虫量の多いナトリウム灯を基準(1.0)とし、LED灯の誘虫量を評価したものを図一5に示す。LED灯の誘虫量はナトリウム灯の24～41%程度であった。この結果から、紫外線量が少ないLED灯は、誘虫性の低減に大きな効果を見込めることが確認された。

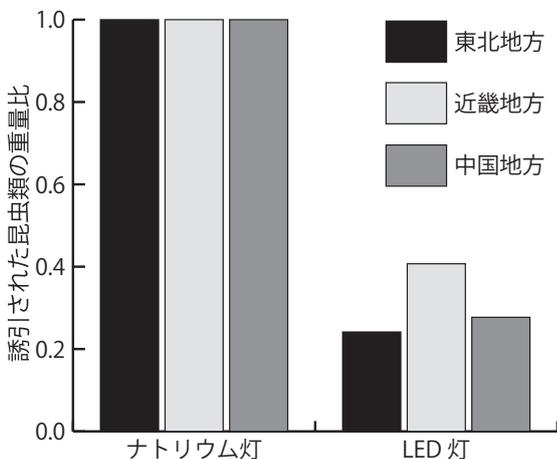
次に、3箇所のダムについて、ナトリウム灯とLED灯を対象に、代表的な昆虫の種類別の誘虫量を整理した結果を図一6, 7に示す。これらの図は、誘虫量の全量に対する各昆虫類の重量の比で評価している。このことで、照明の種類と誘引される昆虫類の特徴が把握できる。ナトリウム灯は、地域により差が見られるが、コウチュウ類、ガ類、カゲロウ類が多く見られた。LED灯は、近畿、中国地方ではカゲロウ類が60%程度と多く、ハチ類、ガ類、コウチュウ類も見られた。



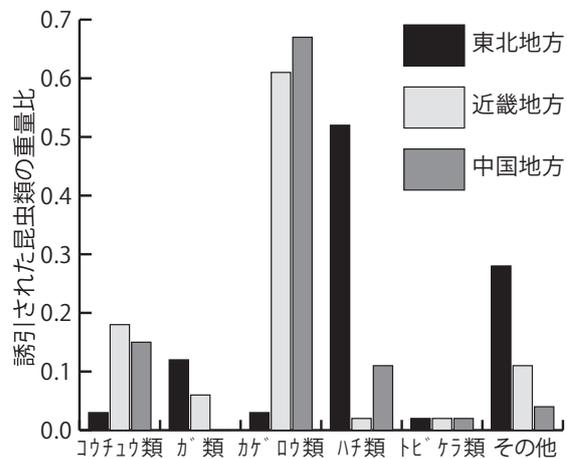
図一4 照明の種類と誘虫量 (水銀灯・ナトリウム灯・LED灯)



図一6 昆虫類の種類別の誘虫量 (ナトリウム灯)



図一5 照明の種類と誘虫量 (ナトリウム灯・LED灯)



図一7 昆虫類の種類別の誘虫量 (LED灯)

(3) 現場での適用⁴⁾

東北地方と中国地方のダムにおいて、生態系保全と省エネルギーの観点から、LED灯を全面採用した。

そこで、この2箇所のダムで得られた知見について、以下に述べる。

(a) 誘虫状況

LED灯を使用している時の誘虫状況について、ダム工事で水銀灯の使用経験のある現場担当者へのヒアリング、筆者の現地観察の二つの方法で行った。

現場担当者へのヒアリングから、以下の情報が得られた。

- ①水銀灯に比べ、LED灯の誘虫量は大幅に少ない
- ②大型のコウチュウ類（カブトムシなど）、数cm程度の大型のガ類等は非常に少ない
- ③小型のガ類、カゲロウ類は見られる

上記のヒアリング結果は、灯火採集調査の試験結果と合致している。カゲロウ類については、LED灯を使用した場合も、誘虫量は低減できるものの、他の昆虫類に比べて効果が少ないといえる。

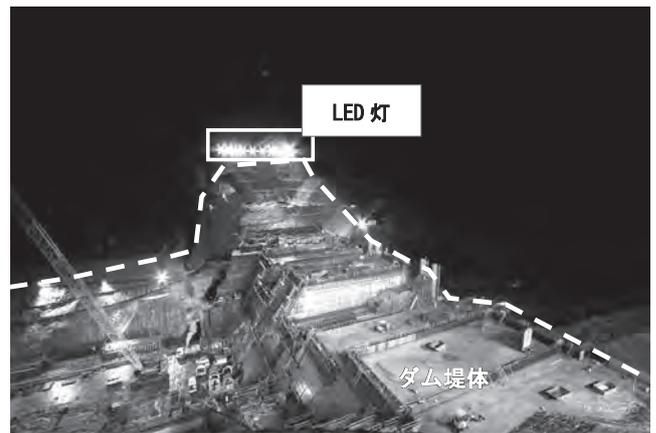
現地観察は、東北地方のダムで行った。その結果から、LED灯の周辺には小型のガ類、カゲロウ類が飛来するが、LED灯の誘虫量は水銀灯より大幅に少ない状況であった（写真—23）。

(b) 照射状況

中国地方のダムにおける夜間作業時の状況を写真—24、25に示す。これらの写真に示すように、ダム堤体の作業範囲は十分な照度を確保できている。一方、ダム堤体の外側は、暗夜の状態であり、周辺への照明の漏れが少ないことが確認できる。これらの結果から、LED灯の適正配置は、照明範囲や照射方向の制御、限定に有効であることが確認できた。



写真—23 LED灯の周辺に飛来する昆虫類



写真—24 ダム堤体と周辺の照射状況



写真—25 作業場所での明るさ

4. おわりに

今回、クマタカを保全対象としたダムでの生態系保全対策の事例を述べた。このダムでは、複数の生態系保全対策（騒音・振動、視覚的配慮、照明、教育）を、組み合わせて実施した。その結果、ダム近傍に生息するクマタカが4年連続で抱卵・孵化に成功することができた。照明対策について、LED灯の誘虫性の低減効果について、3箇所のダムで灯火採集調査により確認した。その結果、LED灯はナトリウム灯よりも50%以上誘虫量を低減できることが確認された。LED灯を全面採用したダム現場での確認結果から、LED灯は、灯火採集調査と同様に誘虫量を大幅に低減できることが確認された。また、LED灯は照明範囲、照射方向の制御にも有効であることも確認できた。本報告が、希少な動植物や生態系への配慮が重要なダム工事に活用されれば幸いである。最後になるが、本稿の執筆にあたり、兵庫県但馬県民局養父土木事務所の関係者には、多大な協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

《参考文献》

- 1) 堀江淳二, 牧野有洋, クマタカと共生した与布土ダムの施工, 土木学会第70回年次学術講演会 講演概要集VI部門, pp819-820, 2015.9
- 2) 兵庫県, 与布土ダム工事誌, pp2-87
- 3) 日本火薬工業会, あんな発破 こんな発破 発破事例集, pp4-6, 2002.3
- 4) 宮瀬文裕, 生態系保全のため夜間照明に LED 照明を全面採用, 建設機械施工 Vol.70 No.3, pp21-23, 2018.3
- 5) 宮瀬文裕, 小田信治, 林豊, 宇野昌利, 夜間工事照明影響評価システムの開発, 第42回環境システム研究論文発表会 講演集, pp39-42, 2014.10
- 6) 宮瀬文裕, 宇野昌利, 青山晋一, 秀嶋桂, 林豊, 小松裕幸, 土木工事現場での環境対策事例 - 照明の誘虫対策と養鶏場での騒音対策 -, 第44回環境システム研究論文発表会講演集, pp165-170, 2016.10
- 7) 経済産業省の HP 参照
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/int/minamata.html
- 8) 宮瀬文裕, 宇野昌利, 森日出夫, 正井洋一, 青山晋一, 林豊, 夜間工事照明の種類と誘虫性への影響に関する基礎調査, 土木学会第71回年次学術講演会 講演概要集VI部門, pp1771-1772, 2016.9

[筆者紹介]



宮瀬 文裕 (みやせ ふみひろ)
清水建設㈱
土木技術本部 プロジェクト技術部
主査



牧野 有洋 (まきの ありひろ)
清水建設㈱
北陸支店 土木部
工事長



小松 裕幸 (こまつ ひろゆき)
清水建設㈱
環境経営推進室
グリーンインフラ推進部
主席マネージャー



アーチ式砂防堰堤コンクリート打設における創意工夫

小橋 和周

大源太川第1号砂防堰堤は、昭和14年竣工のわが国における最も初期のアーチ式砂防堰堤で『登録有形文化財』及び『選奨 土木遺産』に認定されている。工事箇所は、魚沼連峰県立自然公園南端に位置しており、大源太山を含む周囲の山々と砂防堰堤で形成される美しい景観から年間4万人の観光客が訪れる景勝地でもある。

砂防堰堤は竣工から80年近くが経過し老朽化による漏水等による劣化が進んだことから、補強対策として直上流部に隣接して新たに砂防堰堤を構築するものである。

新堰堤はアーチ式コンクリート構造で、旧堰堤が受けていた荷重を新堰堤で全て受ける構造となっている。既設堰堤背面をドライにし、掘削を完了後、新堰堤本体のコンクリート打設を行うものである。良質なコンクリート工事を行うために行った、様々な工夫を紹介する。

キーワード：砂防堰堤工、残存型枠、型枠のプレハブ化、修景、積石、膨張材、キープブロック

1. はじめに

(1) 大源太川第1号砂防堰堤補強工事の概要

大源太川第1号砂防堰堤は、信濃川水系魚野川支流大源太川に位置する昭和14年竣工の砂防堰堤である。わが国における最も初期のアーチ式堰堤で、粗石コンクリート構造(図-1)となっている。平成15年7月には国土の歴史的景観に寄与するとして『登録有形文化財』に登録され、さらに平成23年度に土木学会による『選奨 土木遺産』として認定されており、堰堤周辺には周遊路が整備されている(写真-1)。

堰堤は竣工から80年近くが経過し、各所で漏水が見られることや、セメント成分が洗い流され堤体内部にも空洞化が見られることから、堰堤の補強工事を実施するものである。補強堰堤はアーチ式石積みの景観



写真-1 大源太川第1号砂防堰堤

✓ 上流側、下流側の表面を割石(間知石)で積み上げながら、内部に中詰め石として転石を30%程度混入し、その隙間にコンクリートを詰める工法

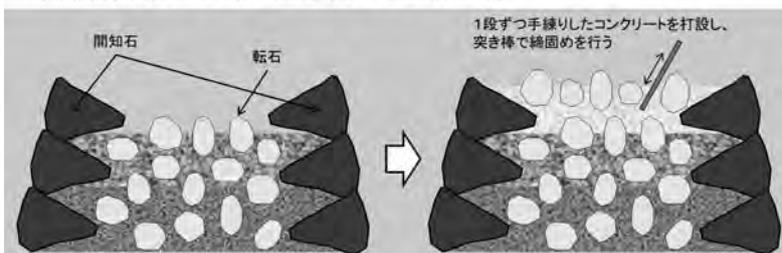


図-1 粗石コンクリート構造

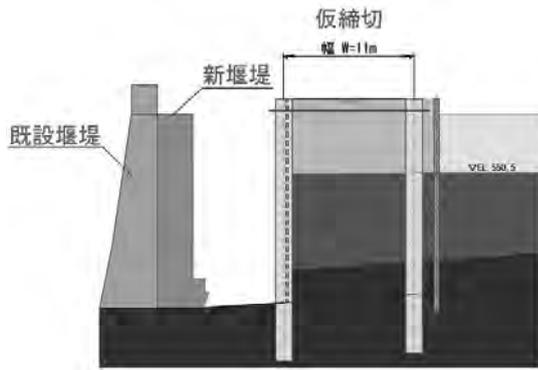


図-2 補強断面図

を保持するため、上流側に隣接して新堰堤を構築するものである (図-2)。

主な工事数量を以下に示す。

コンクリート堰堤	1,743 m ³
仮排水トンネル	104.1 m
鋼管二重締切	75 本
仮栈橋	1 式

(2) 堰堤補強工事フロー

補強工事ステップ図を図-3に示す。

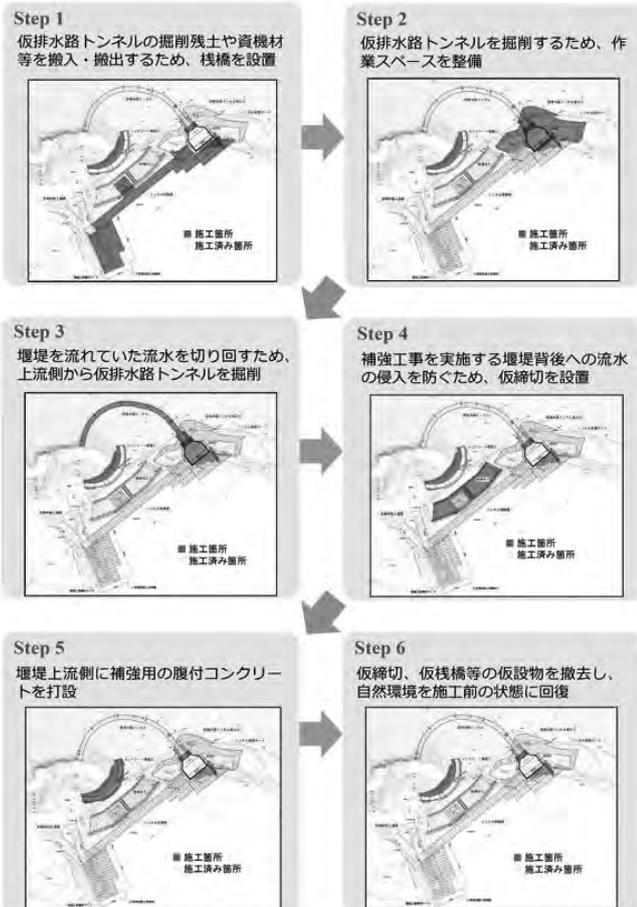


図-3 補強工事ステップ図

2. コンクリート堰堤工の概要

新たな砂防堰堤は、既設堰堤と同じくアーチ式砂防堰堤で、新旧堰堤間は10 cm の隙間で、新堰堤に掛かる応力を旧堰堤に直接伝えない設計思想となっている。コンクリート堰堤工諸元は表-1のとおりである。

表-1 砂防堰堤諸元

	堤頂長	堤高	堤幅	立積	計画貯砂量
旧堰堤	33.0 m	18.0 m	2.2 m	1,609 m ³	55万m ³
新堰堤	36.4 m	17.7 m	3.0 m	1,743 m ³	55万m ³

リフトスケジュールを図-4に示す。

収縮対策としてキープブロックを設けているが、アーチ式は側方岩盤に荷重を伝達させるため、キープブロックは一体化を図った構造となっている。

新堰堤は、仮締切り、仮排水トンネルにより流れを切り回し、既設堰堤背面をドライにした上で岩盤まで掘削して、新堰堤本体のコンクリート打設を行うものである。

3. コンクリート堰堤工の創意・工夫

新堰堤コンクリート工は、(1) 打設方法の工夫、(2) 型枠に関する工夫、(3) 打設足場に関する工夫、(4) 修景に関する工夫、(5) コンクリート材料の工夫、(6) キープブロック打設に関する工夫、(7) 養生の工夫等の創意・工夫を実施したので、その事例を紹介する。

(1) コンクリート打設方法の工夫

大源太湖周辺は、湖面周辺を回遊する遊歩道があり、工事箇所上部の希望大橋は遊歩道の一部で工事中も一般開放され、観光客が往来している。砂防堰堤における一般的なコンクリート打設方法は、最大骨材が80 mm のクレーン打設で、希望大橋を跨ぐため、当工事では、希望大橋の下に配管を通したコンクリートポンプ車打設とし、最大骨材を40 mm と変更した(図-5)。

最大骨材が40 mm となったことで、使用するコンクリートのセメント量が大幅に上がるが、養生により対応している。

(2) 型枠に関する工夫

新堰堤のコンクリート打設は、工期短縮を考慮し砂防規定の上限である1リフト高2.0 m を採用した。型枠は、既設堰堤と新堰堤の隙間が10 cm しかないこ

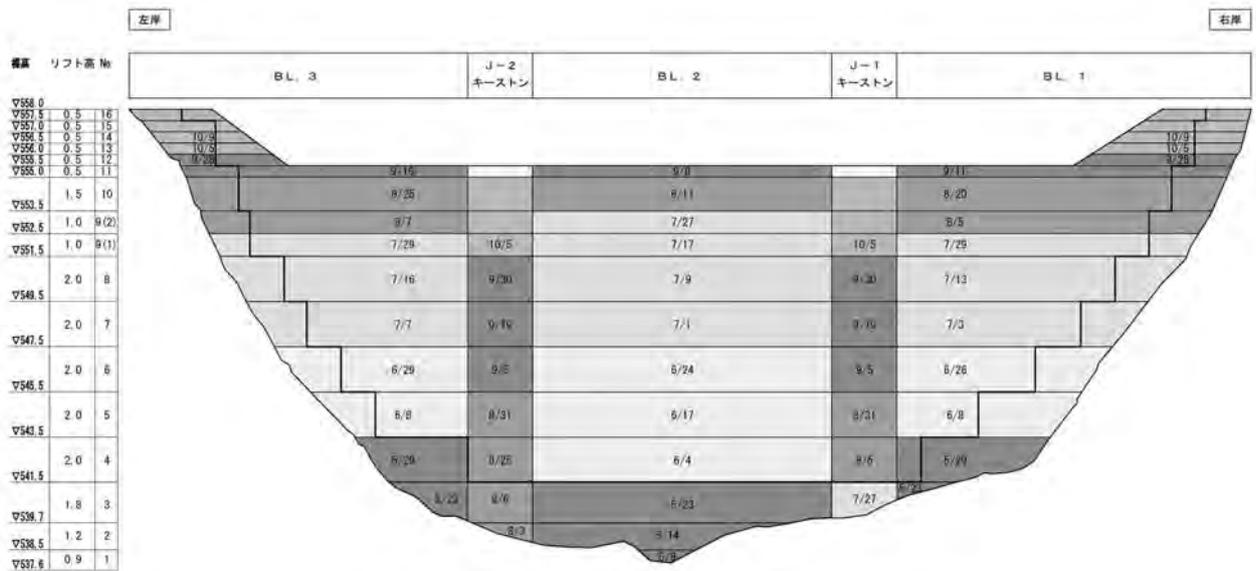


図-4 リフトスケジュール

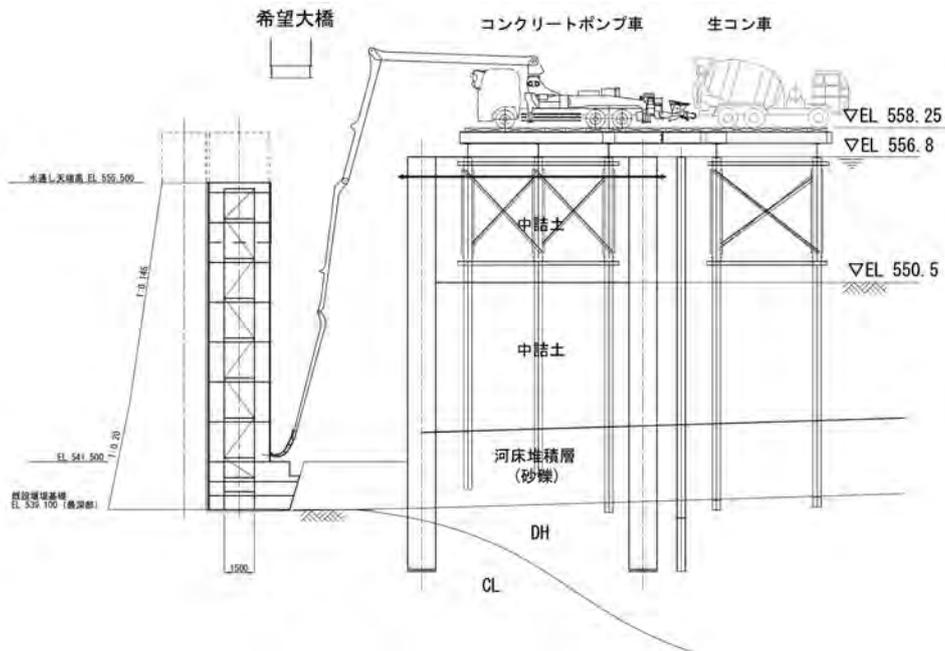


図-5 コンクリートポンプ配置図

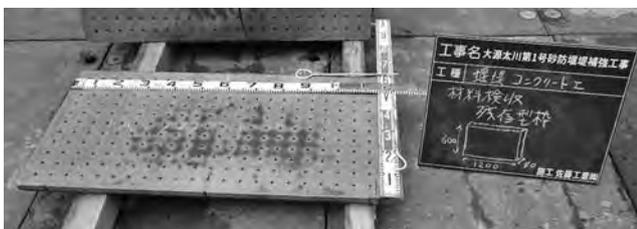


写真-2 残存型枠 (プレハブ化前)

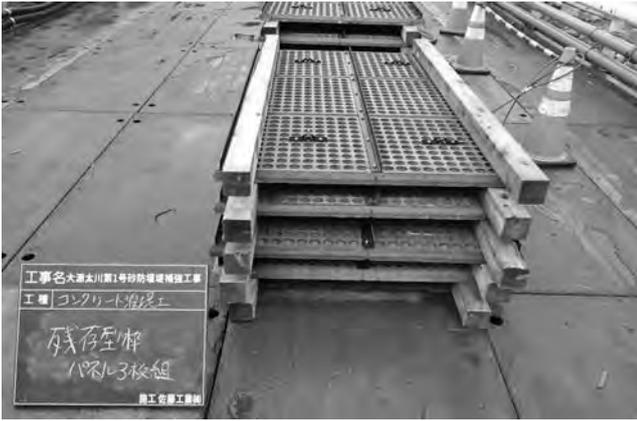
と、外部足場が不要となることから残存型枠を採用している。

残存型枠 (写真-2) における創意・工夫は、(a) 残存型枠のプレハブ化、(b) 架台によるセパレータ溶接の作業効率向上の2点がある。

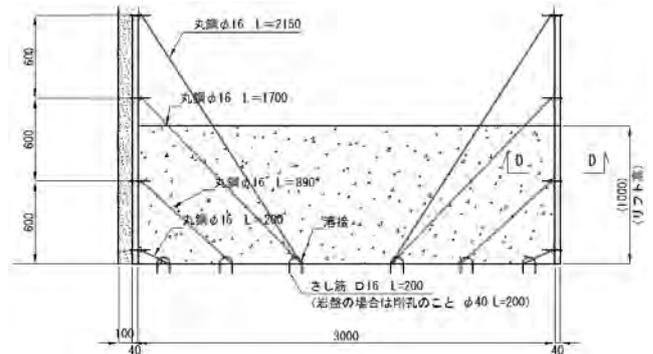
(a) 残存型枠のプレハブ化

残存型枠の側圧の低減、組立金具取付作業の省力化を目的に、使用する残存型枠をプレハブ化した (写真-3)。

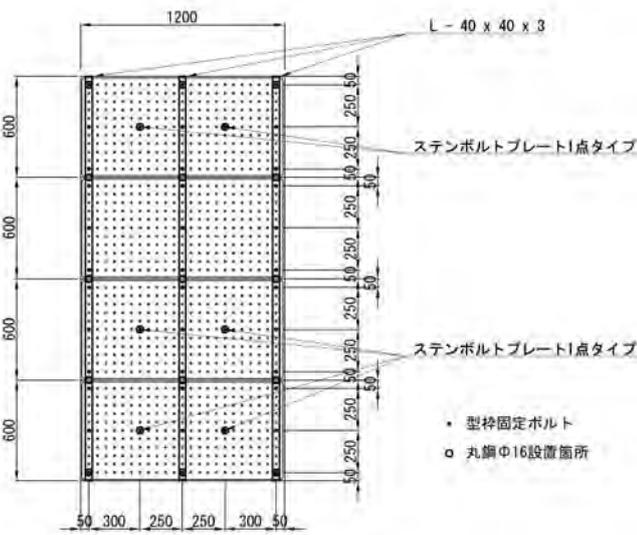
新堰堤は打設高 2.0 m であるため、1 枚の高さが 60 cm の残存型枠は、3 枚組、4 枚組が必要となる。事前に上下流面の型枠割付を行い、側圧検討を実施し、セパレータの割付を行った。プレハブ化は等辺山形鋼 (L-40×40×3) を縦に 3 本配置し組立金具で固定した (図-6)。プレハブ化した残存型枠は、クレーンにて設置した (写真-4)。



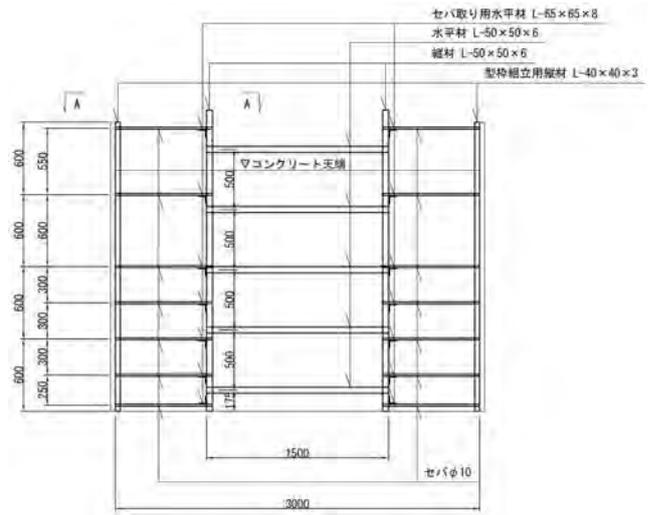
写真一3 残存型枠（プレハブ化後）



図一7 従来のセパレータ設置



図一6 残存型枠セバの割付（4枚組）



図一8 架台を使用したセパレータ設置



写真一4 残存型枠設置状況

(b) 架台によるセパレータ溶接の作業効率向上
 従来の型枠セパレータ設置は、型枠から打継面にあるアンカーの距離を測定し、丸鋼や異形棒鋼などのセパレータを切断、溶接していた（図一七）。
 打設高 2.0 m であることから、型枠内はアンカーやセパレータで内部作業が煩雑になることが予想された

ため、作業の効率化が課題となった。
 対策として、型枠内部に架台を作成し、セパレータを架台に設置することとした。架台はボルト組立にすることで溶接箇所の増加はなく、セパレータは一定の長さとなるため距離を測定することもなく加工が可能となり、溶接姿勢も下向き施工が少なく作業効率が向上した（図一八）。

(3) 打設足場に関する工夫

従来の砂防堰堤コンクリートの標準配合はスランプが 3 cm で、コンクリートの締固めはコンクリート上から実施されていた。新堰堤のコンクリートはポンプ打設に変更したことから、スランプを 8 cm としている。従って、打設に際し足場が必要となった。

打設足場は、前述の架台上部に足場板を設置することで、容易に可能であった（写真一五）。

(4) 修景に関する工夫

既設堰堤は粗石コンクリート堰堤で、外部は間知石によりできている。新堰堤は、ほぼ全てが水面下に隠れるため、当初計画では修景を考えていなかった。し



写真一5 打設足場（架台）



写真一7 定規用鉄筋の設置



写真一6 コンクリート堰堤完成予想（フォトモンタージュ）

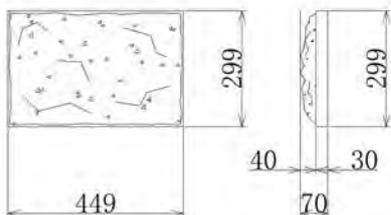
かしながら、大源太湖の水は澄んでおり、設計報告でも水面より3m程度は透過してコンクリート面が見えてしまうという課題があった（写真一6）。

既設堰堤は『登録有形文化財』でもあることから、修景に関して国交省をはじめ文科省、湯沢町、学識経験者を交えた委員会を設置し、協議の結果、水通し高さより3m下部まで天然石による修景を施すことが決定した。

この決定により、上流面やフーチングの側面は天然石の型枠であるEKウォール（共和コンクリート）とし、水通しなどの天端部はEKウォールと同じ素材の天然石を加工し設置する構造とした。

(a) 側面部（EKウォール）の施工

側面部に使用するEKウォールは、既設堰堤の大きさを参考に300mm×450mmの天然石型枠（図一9）



図一9 EKウォール（標準型）

を使用した。外観も既設堰堤は矢羽根積みとなっているので、併せた積み方が可能となる。施工は、あらかじめ展開図に割付し設置を行った。

新堰堤は定半径アーチダムであり、型枠はR加工に対応していない。R形状を確保することが望まれたため、鉄筋をR加工し型枠背面に取り付けることにより、定規としての役割とした（写真一7）。

また、EKウォールは1枚の型枠が小さく、1枚ごとにセパレータを取っていると溶接工の負担が増加する課題があった。その対策として前述の定規鉄筋にフック筋を取り付けて、間隔を空けることが可能となった（写真一8）。

以上の対策により、上流面やフーチング部側面のEKウォール施工は流麗なアーチ形状を確保することができた（写真一9）。



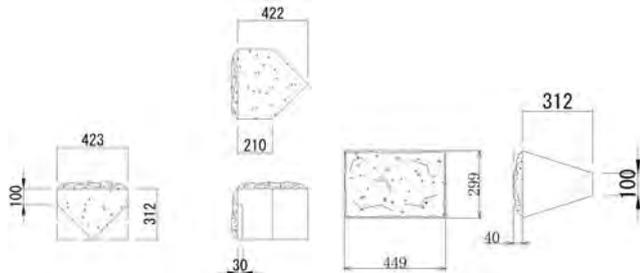
写真一8 フック筋の設置



写真一9 EKウォール（上流面）

(b) 天端部（加工自然石）の施工

天端部の加工自然石は、既設堰堤の石の大きさ、形状を参考に、加工制作を行い設置した。上下流面の端部は天端端石（図一10）を設置し、間は天端根石（図一11）を設置した。



図一10 天端端石

図一11 天端根石

自然石の産地は中国福建省産で、現地で加工を行い輸入した。天端石の設置について他工事の実績を聞き取り調査したところ、打設を行いながら石を設置する工法が一般的であったが、施工進捗が進まないため天端に多数のコールドジョイントが発生する恐れがあった。そのため当現場では、コンクリート天端から50 cm 下がりまで打設を行い、架台を使用し石の設置を行って、1ブロック全てを同日に打設することを目指すこととした。

石の設置は、等辺山型鋼（L50 × 50 × 6）で架台を作成し石を載せる方法とした。端石は、打設時の変位等によりズレる恐れがあったため、上流端石の下端にアンカー筋を突出させ、架台等と溶接することで移動防止を図った（写真一10）。下流端石は既設堰堤とその間の10 cm の間詰が後にモルタル充填されるため、打設時での移動がないよう既設堰堤に巾木を設置した。間に入る天端根石は、間隔、見た目を重視し、設置を行った（写真一11）。

(5) コンクリート材料の工夫

アーチ式堰堤は側方岩盤に荷重を伝達させるため、横継目であるキープロックは一体化を図る必要がある。その対策として、コンクリートに膨張材を添加し、コンクリート硬化後の収縮を長期的に低減してキープロックと一般ブロックの一体化を図ることとした。

(6) キープロック打設に関する工夫

前述（5）の課題を解決するため、材料の工夫の他、打設に関して、解析による内部コンクリートと外気温を比較すると、2ヶ月後では温度差はなく、収縮が安定していることが確認できたため、先行ブロックの

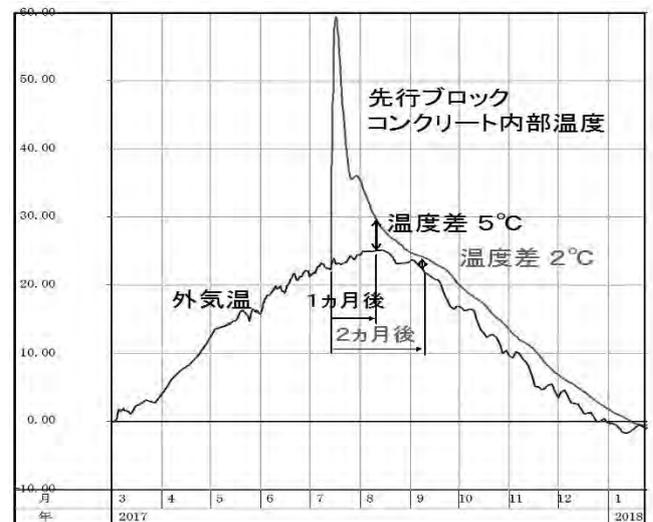
コンクリート打設後2ヶ月間の収縮期間を置いて同一標高のキープロックを打設することとした（図一12）。現場での対応として、各ブロックのリフトに熱電対で温度測定を実施し、温度変化を確認してキープロックの打設を行っている。また、横継目には隙間を測定する継目計を設置し、恒久的に測定することで、対策等が迅速に対応できる体制とした。



写真一10 天端端石のアンカー固定状況



写真一11 天端石の全景



図一12 温度履歴による内部温度

4. 具体的効果の確認

各工夫に関する効果について、以下に述べる。

(1) コンクリート打設方法の工夫

観光客の往来を阻害することなく、コンクリート打設が可能となった（写真—12）。



写真—12 打設状況（ポンプ車手前は希望大橋）

(2) 型枠に関する工夫

(a) 残存型枠のプレハブ化

残存型枠のプレハブ化は、当初技術提案により下流側のみ実施される予定であった。しかし、栈橋上で容易に組み立てられること、設置についても仮止め、本溶接と溶接工の作業だけで可能なことから、上流面にも水平展開され、工期短縮に寄与した。現場も、残存型枠設置に必要な幾種ものプレートやボルトが不要となり、整然としていたことは評価できると思う。

(b) 架台によるセパレータ溶接の作業効率向上

架台をボルトによる組立式にすることにより普通作業員でも作業が可能となった。溶接は加工・溶接作業とも容易となり、施工性は良かった。

経済面では、架台を打設足場と兼用することにより、経済性が損なわれることはなかったと思われる。

(3) 打設足場に関する工夫

組立架台を利用し、足場板と手摺を設置するだけなので、容易に取り付けが可能である。

(4) 修景に関する工夫

将来的な景観を保持するため、修景計画を行っている。

(a) 側面部（EKウォール）の施工

R加工した鉄筋や、フック筋によるセパレータで綺麗なRが施工できた。

経済面でも、溶接箇所を極力少なくすることができ、貢献できたと思われる。

(b) 天端部（加工自然石）の施工

加工自然石を1ブロックごとに施工するための工夫をし、見栄え、品質とも確保できた。

(5) コンクリート材料の工夫

膨張材は、コンクリート硬化後の収縮を長期的に低減するものであり、早期の効果は表れない。

(6) キープブロック打設に関する工夫

2ヶ月間のコンクリート収縮期間を置くことは、品質的に最良ではあるが、安全面、労務管理面にて対策が必要となった。

安全面では、キープブロックが2ヶ月間打設されないということは、隣接ブロックが2ヶ月分高く打ちあがっていることになる。当現場ではその高低差が約15m程度あり、ブロックの隣は3m程度の開口がある。その対策として、架台を先行して設置することにより、足場を連続して取り付け安全性を確保した。

5. おわりに

堰堤工における創意・工夫は、施工計画の作成段階で十分に検討しているが、実施工で気付かない点が発見され、計画通り進まず試行錯誤することが多くあったが、職員と作業員で意見を出し合い細部においても創意・工夫を行うことができた。今後のダム等リニューアル工事において、本報告が参考の一助になれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

小橋 和周（こばし かずひろ）
佐藤工業㈱



「回転式破碎混合工法」の適用事例と 適用性拡大に向けた開発

佐藤 裕

近年、気候変動の影響により、洪水や土砂災害が頻発し、甚大な被害が発生している。地域の安全を確保するため堤防強化、河道拡幅、築堤などの整備工事が急速に進められている。「回転式破碎混合工法」は、建設発生土と砂やセメントなどの改良材を均質に混合し、同時に破碎・細粒化を可能とする地盤改良技術であり、これにより様々な建設発生土をリサイクルし、河川工事で有効に活用されている。本稿では性状の異なる建設発生土を例に挙げ、適用事例と適用性拡大に向けた取り組みについて紹介する。

キーワード：河川、堤防強化、築堤、地盤改良技術、建設発生土、リサイクル

1. はじめに

わが国の治水の考えは、これまでの過去の降雨実績に基づく治水計画から、気候変動による降雨量の増加などを考慮した治水計画に見直しを行い、河川整備等の事前防災対策の加速化に加え、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う、総合的かつ多層的な対策を進めている¹⁾。

回転式破碎混合工法（以下、「本工法」という）は、軟岩から高含水比粘性土と幅広い土質に対応し、土塊の解きほぐしや細粒化、均質な混合を同時に処理可能とする独自の技術を有している。

本工法は、建設発生土の再利用を可能にする技術として、造成工事などの盛土材の製造に使われるだけでなく、近年では遊水地の築堤や河川の堤防の補修・強化にも広く活用されている。2023年10月現在で、土砂改良の実績は約1,180万 m^3 であり、そのうち河川工事では540万 m^3 に達している。

2. 本工法の概要

図-1に本工法の概要を示す。

(1) 概要

建設発生土は処分地の確保が難しく、地下茎、がれき、ごみを含み、土砂自体が軟弱な場合も多いため、そのままでは利用しにくい。このような土砂を大量かつ連続的に1つのプラントで改良し、再利用するのが本工法の目的である。本工法は、鋼製の円筒内で高速

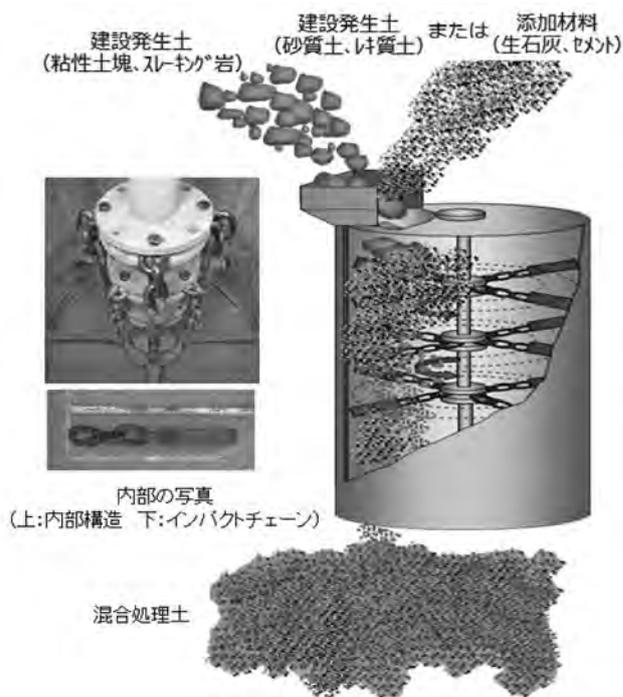


図-1 本工法の概要

回転するフレキシブルなチェーンの打撃力により、建設発生土の破碎・細粒化と添加材料との均質な混合を同時に行う地盤改良技術である。粘性土、砂質土、礫質土から軟岩まで幅広い土質材料に対応し、セメントや生石灰などの改良材を添加することができ、河川の築堤材製造や造成工事などに活用されている。

また用途や改良土量などの条件によって車載型、自走型、プラント型を選定でき、特にプラント型では改良土量に応じて少量から大量施工まで対応できるラインナップを揃えている。全タイプともコンピューター

制御によりシステム管理しており、連続大量施工においても一定の品質を確保する。

(2) 特徴

本工法は、以下の特長がある。

(a) 幅広い適用範囲

図一2に本工法の適用範囲を示す。従来工法と比べて軟岩や高含水比粘性土も対象とし、適用範囲が広い。様々な建設発生土の再利用が可能である。

(b) 粘土塊の解きほぐし、(c) 改良材との均質な混合
塊状の粘土を解きほぐすことで、改良材との混合性が向上し、均質な品質の改良が可能である。図一3に示すように従来工法では砂質土を混合した場合、塊状の粘土のまま混合され、品質が一様ではなかった。一方、本工法の場合は塊状の粘土をほぐし、細粒化すると同時に砂質土を混合するため、均質な改良を実現し、安定した高い品質が期待できる。

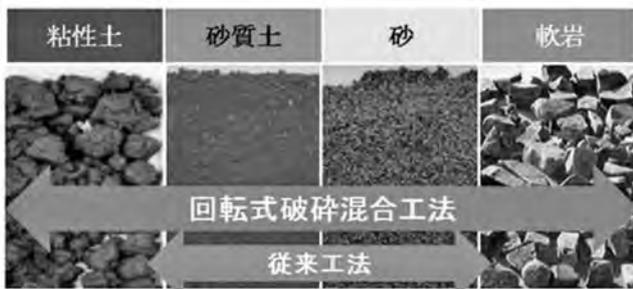
(d) 細粒化と混合

建設副産物のコンクリートがらなどを活用する場合、

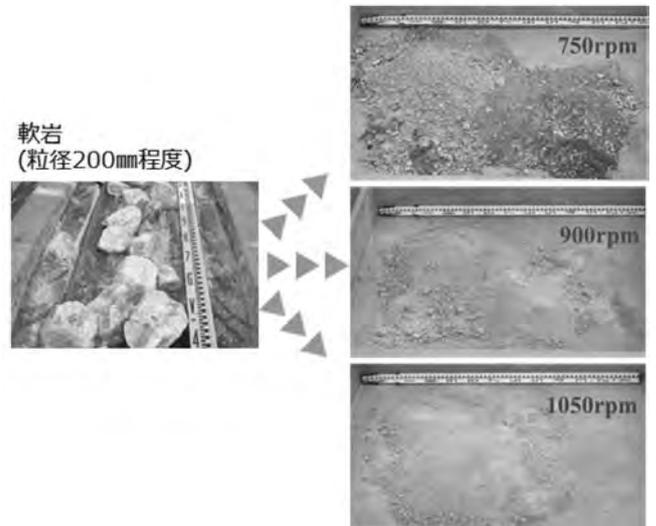
粒度調整や強度改善などが図れ、リサイクル率の向上にも寄与できる。図一4に示す軟岩を破碎する場合、チェーンの回転数を変えることで、要求される品質基準に適合する粒度範囲に調整することが可能である。

(e) 植物根等に付着する土砂の分離

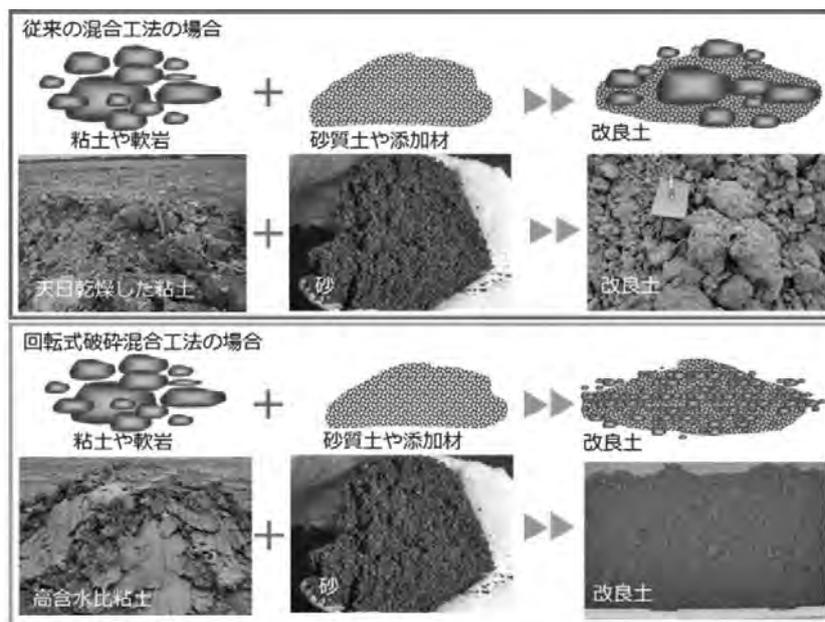
「河川土工マニュアル」では、築堤材には植物根などの有機物の混入は避けることとされている。一方、河道掘削で発生する土砂には木片や一般のごみなどがしばしば混在しており、これらが含まれる土砂はこれまで処分されてきた。本工法では、このような混入土砂に対してもチェーンの回転や打撃により植物根などが付着する土砂を効果的に分離することができる。さらに分別機械の組み合わせにより、一連のプロセスで



図一2 本工法の適用範囲



図一4 本工法による軟岩破碎状況



図一3 本工法の粘性土改良イメージ



図-5 分別を組み合わせたプラントシステム

土砂の分離，改良，分別を実現している（図-5）。東日本大震災においては，震災廃棄物の分別処理業務にも採用された実績もある。

このように，本工法は様々な性状の建設発生土を対象としており，その適応範囲が広く，均質な改良が可能である。これにより，建設発生土を有効に利用し，多様な要求品質基準に適合できる。

3. 河川堤防への適用事例

以下，4つの事例を示す³⁾。

(1) 高含水比粘性土改良事例

工事名：北島地区遊水地周囲堤外工事

要求品質：細粒分含有率 $15\% \leq F_c \leq 50\%$

コーン指数 400 kN/m^2 以上

透水係数 $k = 10^{-5} \text{ m/s}$ 未満

使用材料：高含水比粘性土－砂礫

泥炭混じり粘土－セメント系固化材

製造土量：約 $62,800 \text{ m}^3$

本工事は，平成 25 年 7 月から国土交通省北海道開発局 千歳川河川事務所管内の北島地区遊水地において，掘削直後の高含水比粘性土と漁川ダムを浚渫して発生した砂れきを混合して改良した事例である（写真-1）。従来では1年間の天日乾燥が必要だった高含水比粘土を，本工事では掘削直後に砂との均質混合を行い，曝気乾燥を促進させることで仮置期間を短縮する目的で施工した（写真-2）。本工法を用いることにより，掘削直後の高含水比粘性土に砂を均一に混合することで，曝気乾燥効果が向上し，含水比の低下に必要な期間を短縮でき，工期短縮に期待できる工法と評価された（写真-3）。



写真-1 現場全景（高含水比粘性土改良事例）

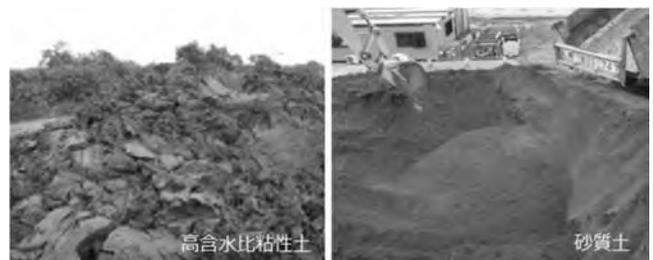


写真-2 原土（高含水比粘性土と砂質土）



写真-3 改良土

(2) 軟岩破砕混合による改良事例

工事名：川内川（山崎大橋下流右岸・樋渡地区）
築堤土砂製造工

要求品質：細粒分含有率 $27\% \leq F_c \leq 55\%$

コーン指数 $1,200 \text{ kN/m}^2$ 以上

使用材料：粒径 600 mm から 200 mm 以下に一次破碎した軟岩とシラスの 2 種混合

製造土量：約 81,700 m³

国土交通省九州地方整備局 川内川河川事務所管内の川内川（山崎大橋下流右岸・樋渡地区）築堤土砂製造工において、従来、築堤材としての品質が満足できなかった軟岩礫まじりシラスを対象に、少量の添加材を混合して良質な築堤材として利活用する工事である（写真—4）。本工事では、軟岩混じりシラス土砂を要求品質に適合した粒度に破碎し、少量の土壤改良材 12 kg/m³ を添加すると同時にシラスと混合して築堤材の品質に適した土砂に改良した（写真—5, 6）。その結果、残土処分と購入土砂のコスト削減と、環境負荷の低減に寄与することができた。



写真—4 現場全景（軟岩破碎混合改良事例）



写真—5 原土（軟岩とシラス）



写真—6 改良土

(3) 草根ゴミ分別を含めた改良事例

工事名：筑後川木塚地区築堤工事のうち土砂改良工事

要求品質：細粒分含有率 15% ≤ Fc ≤ 50%

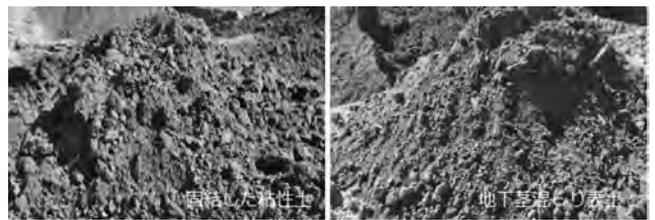
コーン指数 1,200 kN/m² 以上

使用材料：建設発生土（ゴミ地下茎混入土, 粘性土）
- 石灰（平均 15 kg/m³）

製造土量：約 13,300 m³

国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所管内の河道掘削工事において発生するそのままでは利用できない地下茎混り表土（礫混り砂質土）と、固結した粘性土の 2 種類の材料と石灰を混合し、地下茎を分別すると共に、築堤土の要求品質に合った改良土を製造することを目的とした工事である（写真—7）。

本工事では、①粒度調整、②強度改善、③地下茎及びゴミの分別除去の 3 つの改良を本工法と分別機械を併設したプラントで行った（写真—8）。数種類の発生土を利用することから、土の性状や土量を考慮して最適な組み合わせとなるように事前検討し、室内試験を実施することにより、①粒度調整や②強度改善が得られる配合を導き出し、品質の確保とリサイクル率の向上を図ることが可能となった。また、③地下茎及びゴミの分別除去については、一般に土が付着したゴミ等は塊状の呈を示し、分別機械単体では分別が困難な状態であったが、本工法を採用することで土は解きほぐされ、土とゴミ等が分離して分別効率が良くなり、改良土は不純物のない築堤材として再利用し、リサイクル率の向上が図れた（写真—9）。



写真—7 原土（粘性土と草根ゴミ混り表土）



写真—8 現場全景（草根ゴミ分別改良事例）



写真一〇 現場全景 (鬼怒川激特事業における施工事例)



写真一一 原土 (砂質土, 粘性土, 再生碎石) と改良土

写真一〇 改良土とふるい分けした草根ゴミとレキ材

(4) 鬼怒川激特事業における施工事例

工事名：H27 激特・若宮戸築堤 (その1) 工事の内、土砂改良工

要求品質：細粒分含有率 $15\% \leq F_c \leq 50\%$
 コーン指数 400 kN/m^2 以上
 粒度分布適正範囲内 (図一六)

使用材料：建設発生土 (砂質土, 粘性土)
 再生碎石

製造土量：約 $50,000 \text{ m}^3$

H27年9月関東・東北豪雨により鬼怒川の水位が上昇し、堤防決壊 (1ヶ所)、溢水や護岸崩壊などの被害が発生した。築堤材は、河道掘削等で生じた砂質土と粘性土の2材混合であったが、要求品質の粒度分布適正範囲を満たせなかったため、粒度調整と締固め性能向上を図る目的で再生碎石を配合し、3材混合により築堤材を製造した (写真一〇)。なお、粒度分布の適正範囲とは、河川土工マニュアル記載の図一六²⁾を参考に半透水性材料となる粒度分布の範囲を示す。この粒度範囲を満たす3材混合の配合比 (砂質土：粘性土：再生碎石 = 5：2：3) を室内配合試験で検討し、現場配合として改良を行った。製造した築堤材は、締固めが良好で安定した築堤の施工が行えたと評価を得た (写真一一)。

以上の (1)~(4) で述べたように、そのままでは利用できない建設発生土を改良し、再利用できる技術として全国の河川工事で採用されている。

4. 適用性拡大に向けた技術開発

施工条件に応じて、車載型、自走型、プラント型が使用されている。河川工事などの狭所での需要が高まっていることから、今回、狭所で能力を発揮する自走型の改良機を全面的に見直し、機能面と運用面を向上させた新型の自走型土質改良機およびオプション機を開発した。

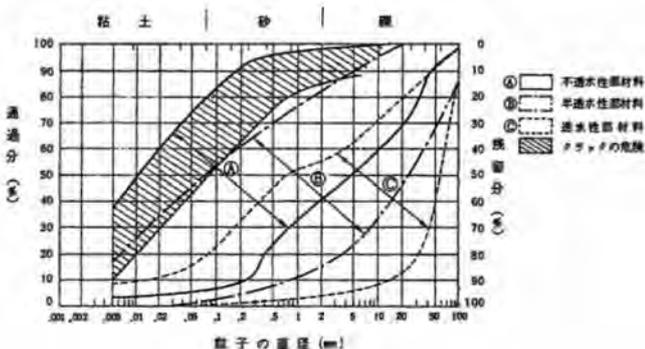
特徴を以下に示す。

(a) 機動性

本機械は電動駆動のシステムを採用しており、これまでは外部からの電源供給が必要であった (写真一十二)。新型機は電源ユニットを搭載し、ワンパッケージ化することで自走が可能となり、機動性が向上した (写真一十三)。

(b) 組立が容易

添加材を使用する際にサービスタンクを取り付ける



図一六 堤体材料の適正範囲参考例²⁾



写真一12 既存の自走型土質改良機 (TMSP1500)



写真一13 今回開発した自走型土質改良機 (TMSP1800)

必要があるが、本機械に搭載のクレーンで組立を完了する。

(c) 操作が容易

運転操作にはタブレット PC を使用し、離れた場所から操作可能とした。施工条件を入力しておくことで運転・停止ボタンの操作のみで運転が可能である。

(d) 適応範囲

これまで当社の自走型土質改良機は、対象土として

高含水比粘性土は適応範囲外であったが、新たに専用の粘性土供給機を開発し、搭載することで対応可能とした。また、これまでの1材料(土)と1添加材の混合に加えて、土砂供給用の自走型土砂供給機(オプション機)を開発し、2材料1添加材の混合を可能にした。

今後は工事へ適用し、運用評価と更なる開発を進めていく。

5. おわりに

本工法は、従来の工法では難しいとされていた様々な性状の建設発生土のリサイクルを可能とし実績を積み重ねており、最近では令和3年の3R推進功労者等表彰(リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰)国土交通大臣賞を受賞している。今後も皆様のニーズに応えるために技術力の向上を進め、皆様が安全・安心して生活できる社会づくりに貢献していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局:「流域治水」の基本的な考え方
- 2) (一財) 国土技術研究センター:河川土工マニュアル, p63, 2009年4月
- 3) 茅賀 都, 大坪 研二, 中島 典昭:鬼怒川激特事業現場における回転式破砕混合工法の活用事例, 平成28年度 中国地方建設技術開発交流会

【筆者紹介】

佐藤 裕 (さとう ゆう)
日本国土開発(株)
サステナビリティ経営本部
つくば未来センター 機械グループ



シャフト式遠隔操縦水中作業機による 硬岩掘削技術の開発

ダムリニューアルに向けた T-iROBO UW の適用拡大

畠山峻一・新井博之

既設ダムのリニューアル工事では、ダム供用下で貯水位を維持しながら、湖底の土砂・岩盤を安全かつ効率的に除去する技術が求められている。ダム基礎周辺には、ブレーカ掘削の困難な亀裂の少ない硬岩も多い。そこで筆者らは、シャフト式遠隔操縦水中作業機「T-iROBO UW」による割岩工法を実現するため、スロット形成および割岩を行う2種類のアタッチメントを開発した。実証試験の結果、両アタッチメントはそれぞれ直接操縦と同等の施工能力および作業精度を有していることが確認された。また、既往実績に基づく工程シミュレーションの結果、本工法は従来工法と比べて全体工期を50%短縮可能であることが試算された。

キーワード：ダム再生、水中掘削、割岩工法、無人化施工、マシンガイダンス

1. はじめに

近年のダム再生事業では、気候変動の影響による水害の激甚化・頻発化に備えた治水機能の強化とともに、カーボンニュートラルの実現に向けて水力発電の活用を促進するハイブリッドダムの取組みが推進されている。既設ダムリニューアル工事では、多くの場合、ダム供用下で貯水位を維持しながら湖底の土砂や岩盤を掘削する必要があり、安全かつ効率的に水中掘削を行う技術が求められている。

シャフト式遠隔操縦水中作業機「T-iROBO UW」（以下、本水中作業機）は、マシンガイダンスを用いた遠隔操縦によって、台船上から湖底の土砂や岩盤を機械掘削することができる。一方、ダム基礎周辺にはブレーカ掘削の困難な亀裂の少ない硬岩も多く存在し、こうした条件にも対応可能な水中掘削技術の確立が課題とされてきた。

そこで筆者らは、陸上作業で広く用いられる割岩工法を水中作業に適用すべく、新たにスロット形成および割岩を行う2種類のアタッチメントを開発した。本稿では、本水中作業機を用いた水中硬岩掘削フローおよび両アタッチメントの性能試験結果について報告する。

2. 本水中作業機の概要

本水中作業機の全体構成を図-1に示す。本機は、

水上の台船、台船-湖底間で鉛直支持されたシャフト、シャフト沿いに昇降・旋回する水中作業機、台船上の遠隔操作室の、大きく4つの要素で構成される。

シャフトは、上部を台船上のシャフト固定装置によって把持し、下部を湖底岩盤にシャフト先端を挿入させることで保持する。

シャフトに取り付けられた油圧ショベル型の中水作業機は、台船上の遠隔操作室を通じて操縦する。遠隔操縦においては、水中音響カメラとマルチビーム音響測深機を併用した水中可視化技術により、視界の確保および出来形の確認を支援する(図-2)。また、水中作業機に装着するアタッチメントを各種組み合わせることで使用することにより、様々な水中作業を効率的かつ安全に実施できる。

本水中作業機による施工では、従来工法で生じる大規模仮設や危険作業が不要となり、工期短縮および安

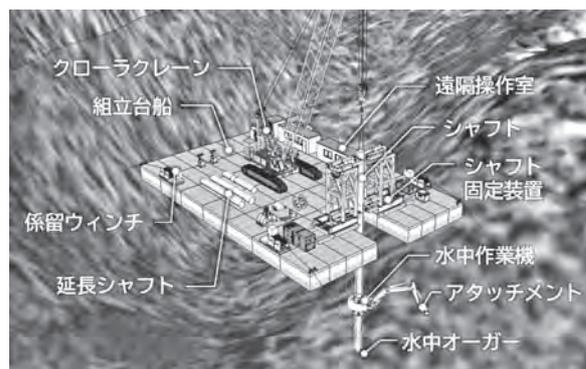


図-1 本水中作業機 全体構成



図-2 マシンガイダンスによる遠隔操縦

全性の向上が期待できる¹⁾。本機の適用事例として、2015年の天ヶ瀬ダム再開発工事における前庭部の水中岩盤掘削が挙げられる(図-3)。掘削作業には、油圧ブレーカやバケット等の汎用アタッチメントを使用した。施工期間は台船の組立・解体を含めて約6.5ヶ月であり、当初計画10.1ヶ月に対して4割程度の工程短縮効果が確認された²⁾。

3. 硬岩掘削フロー

水中の硬岩掘削方法には、割岩工法を採用した。割岩工法では、クローラドリル等の穿孔機で孔をあけ、

その孔に油圧パッカー先端のくさびを挿入して岩盤を押し広げ、自由面に向かって人工亀裂を発生させることで岩盤を破碎する(図-4)。

本水中作業機では、シャフトを中心とする旋回範囲内で上記の割岩作業を実施する(図-5)。掘削工法はベンチカットを採用し、ベンチ高さ(1回の掘削深さ)を0.75m、割岩孔ピッチを1.0mとした。1サイクル当たりの作業面積は60m²、掘削量は45m³となる。また、対象岩盤には自由面が少ないことも想定されるため、割岩作業の前にスロット孔を連続穿孔する手順を加えた。

本水中作業機による硬岩掘削フローを図-6に示す。まず、岩盤の掘削境界を連続して穿孔し、岩盤にスロット(自由面)を形成する。次に、掘削する岩盤に割岩孔を穿孔し、割岩孔に油圧パッカーを挿入後、



図-4 割岩工法

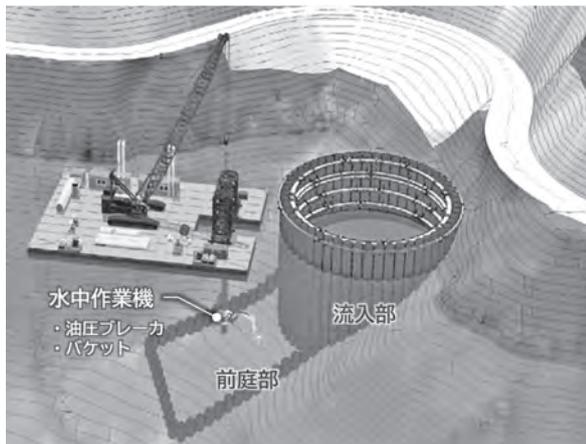


図-3 本水中作業機 作業イメージ (天ヶ瀬ダム)

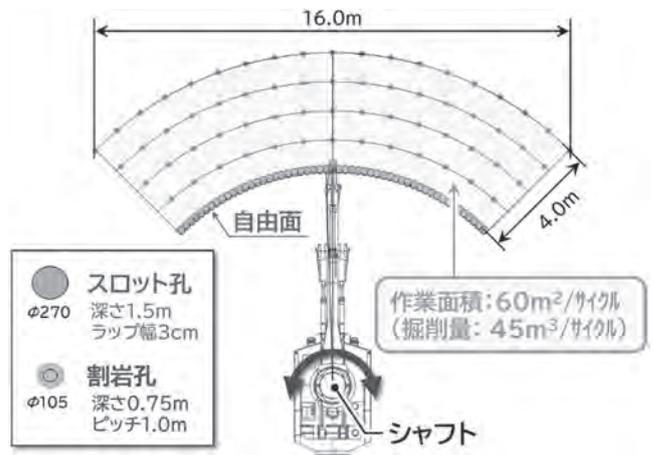


図-5 割岩作業範囲



図-6 硬岩掘削フロー

くさびを圧入して割岩する。最後に、割岩した岩盤を油圧ブレーカで二次破碎し、岩砕はグラブバケットで搬出する。

各種アタッチメントの切替えは、台船上に一度水中作業機を引上げてから行う。また掘削範囲が広域となる場合は、都度シャフトを引上げて台船を移動後、シャフトを再設置して同様の作業を繰り返す（図-7）。

以上の硬岩掘削フローのうち、特にスロット形成のための連続穿孔や割岩孔へのパッカー挿入では、視界の効かない水中で精密な遠隔操縦が要求される。本課題を解決するため、連孔スロット穿孔アタッチメント「T-A Slot Driller」および穿孔・割岩一体型アタッチメント「T-A Rock Splitter」を開発した（図-8）。

4. 硬岩掘削用アタッチメントの概要

(1) 連孔スロット穿孔アタッチメント

本アタッチメントは、図-6に示す硬岩掘削フローのうち、①スロット（自由面）形成を行うアタッチメントである。本アタッチメントは、岩盤穿孔用のダウンザホールハンマ（φ270 mm）と、これに並行して設置

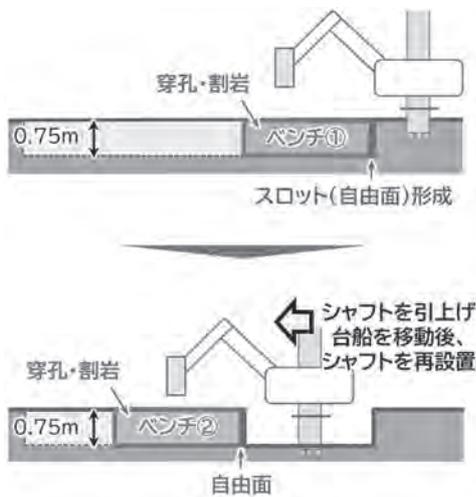


図-7 台船の移動（ベンチカット工法）

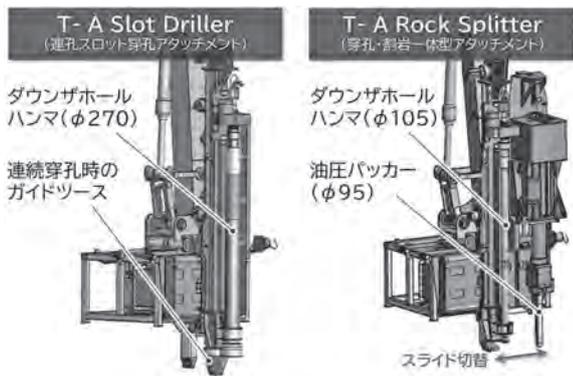


図-8 開発したアタッチメント



写真-1 スロット孔の連続穿孔状況

されたガイドツースを有している（図-8、写真-1）。

ガイドツースの先端は円錐形状をしており、隣接孔にダウンザホールハンマを挿入する際、ガイドツースが既設孔の中心に誘導挿入される。これにより、隣接孔との間隔を一定に保持することができ、スロット孔の間隔 240 mm に対して 30 mm という微小なラップ幅での連続穿孔を可能とし、スロット形成作業の効率化が図れた（写真-2）。

(2) 穿孔・割岩一体型アタッチメント

本アタッチメントは、図-6に示す硬岩掘削フローのうち、②割岩孔穿孔および③割岩を行うアタッチメントであり、岩盤穿孔用のダウンザホールハンマ（φ105 mm）と割岩用の油圧パッカー（φ95 mm）を一体に備える。

割岩作業では、内径 105 mm の割岩孔に外径 95 mm のパッカーを挿入する必要があるため、±5 mm という高い作業精度が要求される。そこで、ダウンザホールハンマと油圧パッカーの両装置を可動式架台に固定し、この架台をアタッチメント内でスライドさせる機構を設けた（図-9）。これにより、穿孔完了後、水中作業機のアームを固定したまま両装置を切替えてパッカー挿入時の位置精度を確保し、効率的な割岩作業を可能とした。

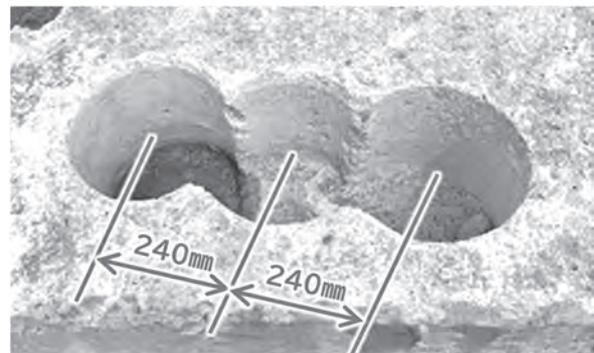


写真-2 連続穿孔完了（3孔）

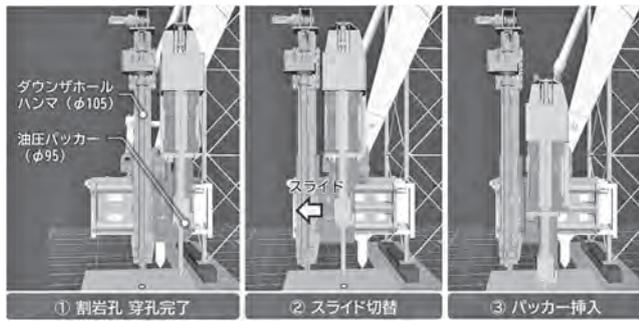


図-9 パッカー挿入時のアタッチメント操作手順

5. 水中作業機の改良

前章の通り、水中における硬岩掘削では、遠隔操縦による高い作業精度が要求される。そこで、上記のアタッチメント開発に加え、マシンガイダンス機構の改良および微操作モードの搭載により、機体の位置検出精度および操作精度の向上を図った。

(1) マシンガイダンス機構の改良

マシンガイダンスにおける水中作業機のアタッチメント先端の位置座標は、水中作業機を保持するシャフトの天端を基点として、シャフトの傾斜や水中作業機的位置・姿勢情報を基に算出される (図-10)。

水中作業機の姿勢情報 (バケット角度, アーム角度, ブーム角度) は、これまでは一軸傾斜センサを用いて検出していた。しかし、掘削作業に伴う機械振動等の影響により、計測値が安定するまで時間を要し、リアルタイムに機体位置を検出することが困難であった。そこで、これらを磁気式ロータリーエンコーダ (角度分解能: 約 0.09°) に変更し、機体位置検出時における慣性の影響を排除することによって、アタッチメント先端の位置座標を高精度かつリアルタイムに確認可能とした。

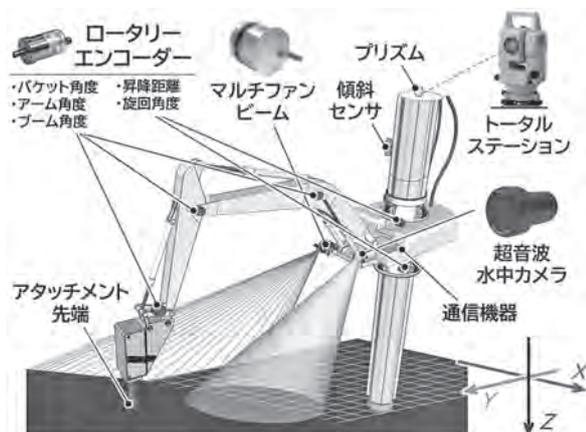


図-10 水中作業機の搭載機器

(2) 微操作モードの搭載

水中作業機のベースとなる油圧ショベルは、通常、動作速度が負荷に反比例する。そのため、アタッチメント先端の微細な位置合わせを行う際の起動・停止時には挙動が安定せず、作業性に課題があった。そこで、油圧ポンプの圧力を適宜調整し、駆動に必要な最小限の油量を一定に保持する「微操作モード」を搭載した。微操作モードの使用により、アタッチメント先端の初動速度を通常の 1/10 の低速かつ一定に制御することが可能となり、操作性と位置精度の向上につながった。

6. アタッチメントの性能試験

(1) 陸上実証試験

各アタッチメントの本体性能および割岩工法の妥当性を検証するため、建設中ダムの原石山において、一連の硬岩掘削フロー (図-6) に関する陸上実証試験を行った。試験岩盤は、発破掘削で施工する硬質な安山岩とした。施工仕様は、掘削ベンチ高さ 0.75 m (割岩孔の穿孔長 1.3 m), 割岩孔ピッチ 1.0 m 格子, スロット掘削深 1.5 m (2 ベンチ分), 孔間隔 240 mm とした (図-11)。

連孔スロット穿孔アタッチメントによるスロット形成作業においては、全スロット長 7.0 m を 29 孔のスロット孔を施工し、ガイドツースの効果によってほぼ一定間隔 (平均 239 mm) で連続穿孔できることを確認した (写真-3, 4)。また、同作業に要した時間は 14.5 時間であり、1 孔当たりの穿孔時間は平均 0.5 時間、時間当たりのスロット形成能力はスロット長 0.45 m となった。

穿孔・割岩一体型アタッチメントによる穿孔・割岩作業においては、スライド機構の効果として、パッカーを割岩孔へ確実に挿入できることを確認した (写真-5)。また、1 孔当たりの作業時間は約 15 分 (0.25 時間)

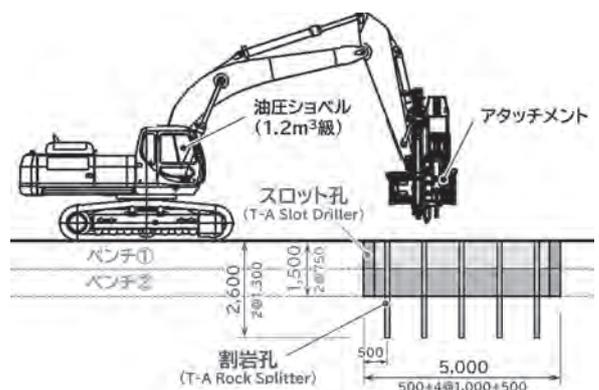


図-11 検証時の施工方法 (断面図)



写真一三 スロット孔の連続穿孔状況



写真一四 連孔スロット形成完了



写真一五 バッカー割岩状況

であり、時間当たりの割岩施工能力は3.0 m³となった。

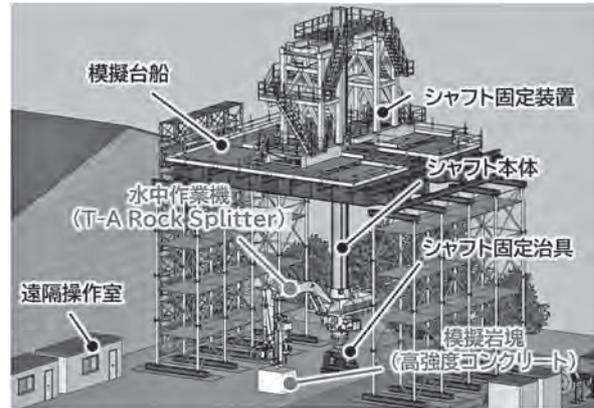
陸上実証試験の結果を表一に整理する。本試験により、陸上における各アタッチメントの施工能力および想定した施工仕様の妥当性が確認された。なお、実施工では視界の効かない水中で遠隔操縦を行うため、陸上と比べて施工能力および作業精度が低下することが想定される。

(2) 実機精度検証試験

硬岩掘削アタッチメントによる穿孔・割岩作業について、本水中作業機の実機を用いて遠隔操縦を行った場合における作業性およびマシンガイダンスの位置精度について検証した。

表一 陸上実証試験の結果

作業区分	施工仕様	施工歩掛	施工能力
スロット形成	-掘削深1.5m -孔間隔240mm	0.5h/孔	0.45m/h
穿孔・割岩	-ベンチ高さ0.75m (穿孔長2.6m) -割岩孔ピッチ1.0m	0.25h/孔	3.0m ³ /h



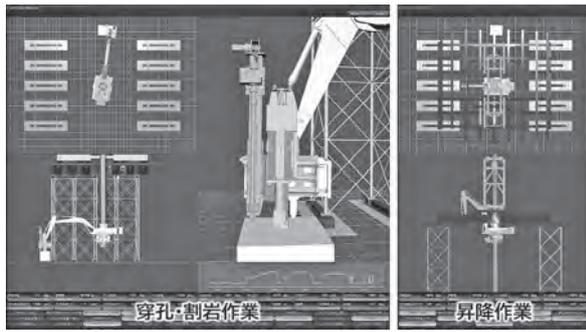
図一十二 実機試験の設備配置

実機試験の設備配置を図一十二に示す。本試験では、当社施設内に組立てた模擬台船（仮設構台）に本水中作業機を設置し、穿孔・割岩一体型アタッチメントを装着した水中作業機を遠隔操作室からマシンガイダンスによって操縦することで、模擬岩塊である高強度コンクリート供試体（圧縮強度50 MPa、100 MPa）を割岩した（写真一六、図一十三）。

はじめに、マシンガイダンスの位置精度を確認するため、アタッチメント先端を任意の目標地点に移動させ、各エンコーダの移動量を基に算出されたマシンガイダンス上の座標とトータルステーションで計測した座標を比較した（表一）。その結果、各地点におけるX、Y、Z座標の計測誤差は±50 mm以内であり、



写真一六 模擬岩塊の割岩状況



図一 13 マシンガイダンス画面

表一 2 位置精度の検証結果

計測地点	TS計測座標 (mm)	MG計算値 (mm)	誤差 (mm)	
No.1	X	-3,448	-3,437	11
	Y	7,478	7,433	-45
	Z	24,403	24,374	-29
No.2	X	35	66	31
	Y	6,729	6,749	20
	Z	24,421	24,388	-33
No.3	X	3,104	3,148	44
	Y	5,574	5,570	-4
	Z	24,425	24,388	-37

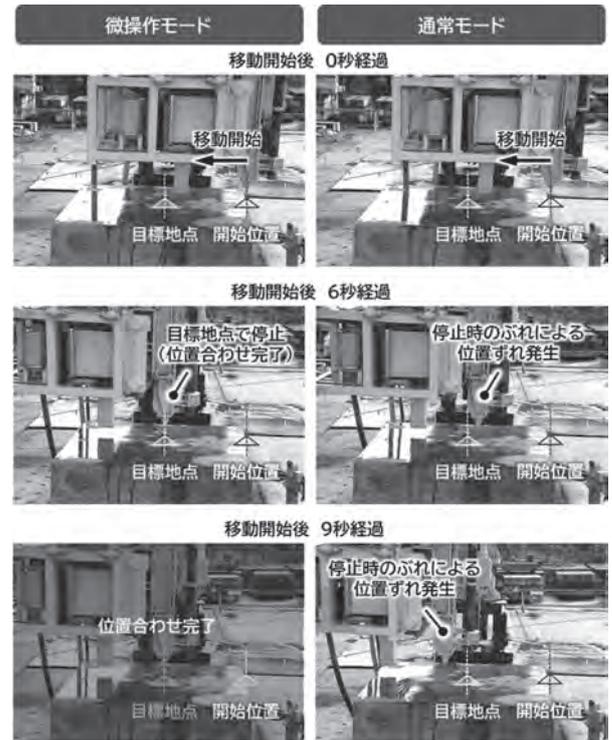
マシンガイダンス機構の改良による位置精度の向上効果が確認された。

また、アタッチメント先端を目標地点に合わせるまでの所要時間について、微操作モードと通常モードを比較した(写真一七)。その結果、微操作モードを使用することで停止時のぶれが抑制され、通常モードよりも素早く位置合わせを完了でき、微操作モードによる操作性の向上効果が確認された。

穿孔・割岩作業は、①アタッチメントの位置合わせ、②穿孔準備(エア等)、③穿孔、④穿孔機から油圧パッカーへの切替え、⑤割岩、⑥移動・アタッチメント切り離しの一連の手順を確認した。

各工程の平均作業時間を表一三に示す。穿孔作業時間については、コンクリートの圧縮強度が高いほど長くなった。圧縮強度 50 MPa の場合は陸上実証試験と同程度の作業時間であり、現地の安山岩で推定される一軸圧縮強度からも、本結果は妥当と考えられる。ただし、ダウンザホールハンマの穿孔速度は対象岩盤の様々な要因によって変化するため、施工計画時の歩掛設定にあたっては、できるだけ対象岩盤の原位置試験データを使用することが望ましい。

割岩作業時間については、圧縮強度に依らず概ね同等であると判断される。ただし、実機試験の平均作業時間が 183 秒であるのに対して、陸上実証試験では 214 秒と約 17% 長い。模擬岩塊と違い自由面の限られ



写真一 7 微操作モードと通常モードの比較

表一 3 穿孔・割岩作業時間

作業区分	平均作業時間(秒)		
	実機精度検証試験		陸上実証試験
	模擬岩塊 (σ=100MPa)	模擬岩塊 (σ=50MPa)	実岩盤 (安山岩)
①位置合わせ	82		—
②穿孔準備	28		—
③穿孔	649	586	565
④装置切替え	25		—
⑤割岩	177	189	214
⑥移動・切り離し	235		—

る原位置作業においては、施工効率の低下を見込む必要があると考えられる。

以上、本試験を通じて、遠隔操縦においても陸上と同等の施工能力を発揮でき、またマシンガイダンスによる位置精度も十分確保できることが確認された。

7. 従来工法との工程比較

従来の水中岩盤掘削作業は、大規模な仮設栈橋を設置して、目視できない水中の岩盤を栈橋上から全周回転掘削機等で掘削するとともに、細かな作業は潜水作業を併用して行われる。そのため、工程の長期化や工事量の増大、危険作業の発生といった問題が懸念される。

表一 4 各工法の工程シミュレーション結果

従来工法(全周回転機掘削) … 26.6か月					
工種	種別	単位	施工数量	施工月数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
栈橋設置・撤去	1セット昼間施工	m ²	1,000	17.1	[Gantt chart showing work from month 1 to 17.1]
掘削・浚渫	土砂・硬岩, 全周回転掘削機の2000, 63分/1回2.5m ³ , 2セット昼夜施工	m ³	4,800	9.5	[Gantt chart showing work from month 14 to 23.5]
T-iROBO UW工法 … 13.2か月					
工種	種別	単位	施工数量	施工月数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
台船組立・解体	台船搬入・組立, 作業機組立・解装, 台船解体・撤去, 作業機解体	式	1	1.5	[Gantt chart showing work from month 1 to 1.5]
掘削・浚渫	土砂・硬岩, T-iROBO UW, 63分/1回2.5m ³ , 2セット昼夜施工	m ³	4,800	11.7	[Gantt chart showing work from month 1.5 to 13.2, with a callout box: 工程短縮 13.4ヶ月]

そこで、前述の性能試験結果を基に、天ヶ瀬ダム再開発工事における掘削対象岩盤が全て硬岩であったと仮定し、本水中作業機と従来工法（全周回転機掘削）について、それぞれ工程シミュレーションを行った。

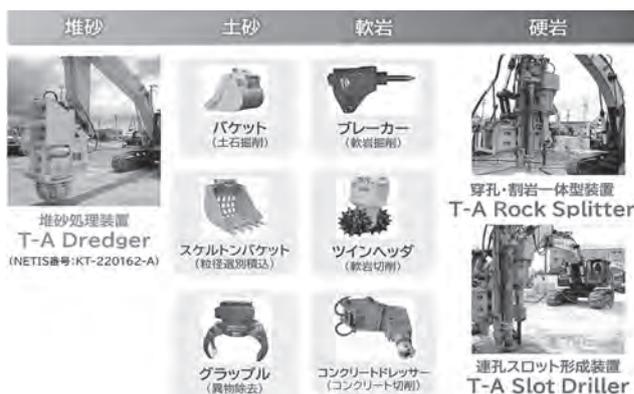
施工数量は、土砂を含む硬岩の掘削・浚渫が4,800 m³あり、これを行うための仮設備工として、従来工法では栈橋設置・撤去が、本水中作業機では台船組立・解体を必要とする。稼働率は4週8休を想定し、両者とも2セット昼夜施工を行う想定とした。施工歩掛は、従来工法については土木工事標準積算基準を使用した。本水中作業機については、水中作業に伴う作業効率の低下を考慮し、陸上実証試験で確認された施工能力の75%で計算した。

両者の工程比較結果を、表一4に示す。本水中作業機による掘削・浚渫では、シャフトの段取り替え作業等によるロス時間を見込むと、従来工法と比べてやや工程が長くなるものの、栈橋の設置・撤去の不要化による仮設備工の短縮効果が大きいことから、工期全体としては、従来工法の所要期間26.6ヶ月に対して本水中作業機が13.2ヶ月と、13.4ヶ月（約50%）の工程短縮となった。

8. おわりに

T-iROBO UW工法を硬岩掘削に適用するため、自由面形成と割岩を行うアタッチメントの開発・実証を行った。その結果、従来工法と比較して工程を約50%に短縮可能であると試算された。また、本アタッチメントを既存の各種アタッチメントと併用することによって、軟質な堆積土から硬質な岩盤まで、様々な地盤条件での水中掘削が可能となった（図一14）。

今後のダムリニューアルをはじめとする各種水中掘削工事に本作業機を活用し、様々な地盤条件で水中作業の精度向上・効率化を図り、工期短縮、コスト縮減および作業の安全性確保を推進していく所存である。



図一 14 水中岩盤掘削用アタッチメント

謝 辞

本アタッチメントの開発にあたっては、(株)アクティオおよび極東建設(株)をはじめ、多くの関係者にご協力を賜りました。本文に代えて、心より感謝申し上げます。



《参考文献》

- 1) 谷地宣之, 蒲谷大輔, 八重田義博, 上山淳: T-iROBO UW (シャフト式遠隔操縦水中作業機) について, 土木学会第70回年次学術講演会, VI-723, 2015
- 2) 矢部和史, 水野智亮, 谷地宣之: シャフト式遠隔操縦水中作業機による岩盤掘削, 土木学会第71回年次学術講演会, VI-522, 2016
- 3) 新井博之, 金浩昭: T-iROBO UW に装着する水中硬岩掘削用アタッチメントの開発, 土木学会第78回年次学術講演会, VI-332, 2023

[筆者紹介]



畠山 峻一 (はたけやま しゅんいち)
大成建設(株)
本社土木本部 土木技術部 ダム技術室
課長代理



新井 博之 (あらい ひろゆき)
大成建設(株)
本社土木本部 土木技術部 ダム技術室
課長

リアルタイム土砂・洪水氾濫予測モデルの紹介

樋田 祥久・岡村 誠司・越智 尊晴

近年、中山間地での複数の斜面崩壊・土石流と、それに伴う下流域での土砂・洪水氾濫の発生により、甚大かつ広域な被害が頻発している。土砂災害による被害の軽減には、氾濫範囲をリアルタイムで予測することが重要である。

本稿では、パターンマッチング処理による土砂・洪水氾濫予測モデルの予測精度の適用性を示すとともに、今後の課題・展開について紹介する。

キーワード：土砂・洪水氾濫、分布型降雨流出計算、河床変動計算、パターンマッチング、d4PDF

1. はじめに

土砂・洪水氾濫は、豪雨により上流域から流出した多量の土砂が谷出口より下流の河道で堆積することにより、河床上昇・河道埋塞が引き起こされ土砂と泥水の氾濫が発生する現象である（図—1）。

都道府県は、土砂災害を防止するため、土砂災害警戒情報等を住民に伝達する体制を整備（ハザードマップ等）しているが、対象とする現象は斜面崩壊・土石流及び地すべりであり、土砂・洪水氾濫ではない。

平成30年7月の西日本豪雨では、広島県の総頭川流域において、この土砂災害警戒区域より下流で、土砂・洪水氾濫が発生し、甚大かつ広域な被害が発生した。

このような土砂・洪水氾濫に対し、国土交通省では、「河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫対策に関する砂防施設配置検討の手引き（案）H30.11」を示し、数値解析の有用性と、解析を活用した砂防堰堤等の配置検

討をとりまとめており、各地で対策が検討されている。

一方、砂防堰堤等のハード対策は、完成までに時間がかかる他、気候変動の影響により計画規模を上回る規模の洪水が発生した場合の対応は十分ではない。このため、住民の命を守るためには、高精度のリアルタイムの予測情報を活用した住民避難（ソフト対策）が必要である。

2. リアルタイム土砂・洪水氾濫モデルの概要

(1) 解析モデルの概要

解析モデルは、将来的なリアルタイム予測を念頭に、表—1に示すとおり、①降雨予測モデル、②降雨流出モデル、③土砂流出モデル、④土砂・洪水氾濫モデル、⑤リアルタイム予測対応に大別される。

土砂・洪水氾濫のモデルは、実績雨量や予測降雨といった降雨量を入力条件として、斜面から河川への流出量を算定するとともに、河川を流れる流量と土砂量、河床が上昇することによる氾濫発生、浸水範囲や土砂堆積厚を算定することができる（図—2, 3）。

(2) リアルタイム土砂・洪水氾濫モデルの構成

リアルタイムの土砂・洪水氾濫の予測計算は、避難情報として有益なリードタイムを確保するため、実績雨量と予測雨量が10分ピッチで入手できる現状を踏まえ、予測計算結果が10分以内に表示可能なモデルを構築するものとした。

一方、平面二次元土砂・洪水氾濫の計算時間はメッシュ数に依存するが、浸水域や堆積深の再現精度を考



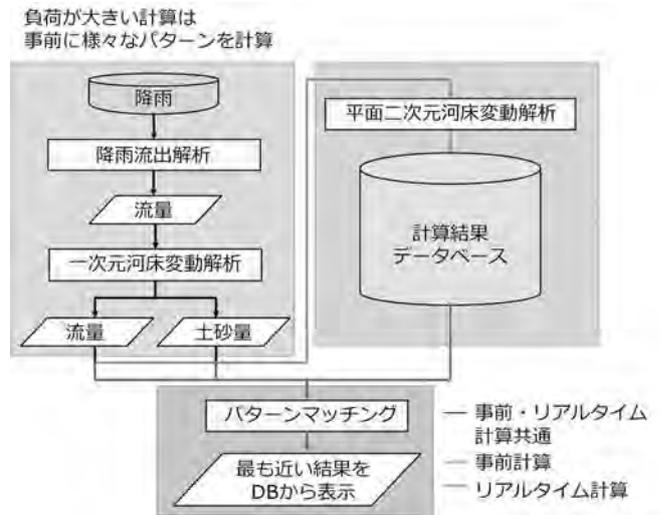
図—1 土砂洪水氾濫のイメージ（国土交通省 HP より）

表一 1 モデルの構成

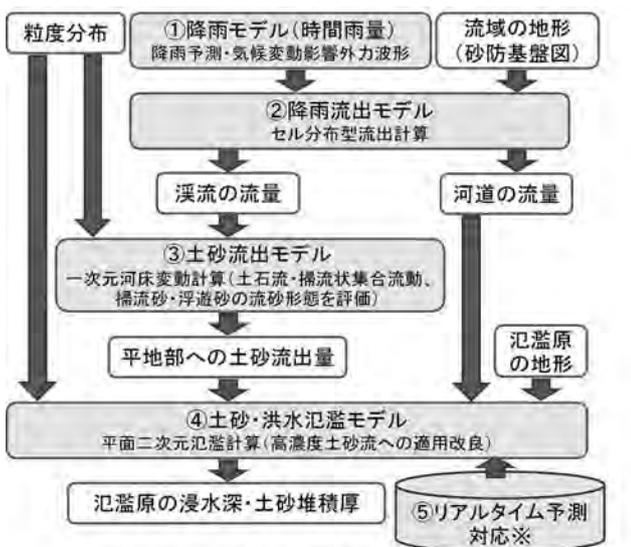
モデル	内容
①降雨モデル	・レーダ雨量による短時間降雨予測技術と数値モデルによる長期降雨予測技術を用いたハイブリッド降雨予測モデル ・d4PDF 等のアンサンブル将来予測降雨による気候変動影響を考慮した外力設定
②降雨流出モデル	・洪水予測等において適用実績のあるセル分布流出モデルを適用
③土砂流出モデル	・土石流から掃流状集合流動、掃流砂・浮遊砂までを一連で計算可能な一次元河床変動モデルを適用
④土砂・洪水氾濫モデル	・掃流砂・浮遊砂領域を対象に、高濃度の土砂流へ適用するため、掃流力には流水密度に水と土砂の混合密度、浮遊砂の沈降速度には干渉沈降を考慮した平面二次元氾濫モデルを適用
⑤リアルタイム予測	・計算負荷の大きい④土砂・洪水氾濫モデルについては、想定最大降雨を含む模擬降雨による計算結果をデータベース化し、降雨予測に基づく土砂・氾濫計算結果をリアルタイムに出力するパターンマッチングを適用



図一 2 土砂・洪水氾濫のモデルの概要



図一 4 リアルタイム予測計算のフロー



※模擬降雨による土砂・洪水氾濫結果をデータベース化
降雨予測に基づく土砂・洪水氾濫計算結果をリアルタイムに出力

図一 3 土砂・洪水氾濫シミュレーションフロー

えるとメッシュサイズを小さくする必要があり、広範囲の計算を実施する際は計算負荷が大きく、リアルタ

イムでの計算が時間内に終了しない。

そこで、モデルの構成は、図一 4 に示すように一次元河床変動計算まではリアルタイムで計算し、二次元計算結果はデータベース（事前に多数のシミュレーションを実施）から抽出するものとした。

3. パターンマッチング処理の予測精度検証

本章では、平成 30 年 7 月西日本豪雨下の総頭川流域（広島県坂町）を対象として、予測モデルの再現精度を検証し、シミュレーションの有効性を示す。その上で、本モデルを活用して総頭川流域を対象としたパターンマッチング処理による予測精度の検証を行う。

(1) 土砂・洪水氾濫モデルの構築

予測モデルは、XRAIN の 10 分間雨量を外力条件とし、セル分布型降雨流出モデル（25 m メッシュ）による流量、および一次元河床変動モデルによる土石流出量を境界条件として、総頭川下流域の二次元土砂・

洪水氾濫計算（5 m メッシュ）を行い、再現性を確認した。予測モデルの計算条件は表一2に示し、総頭川流域の落水線網を図一5に示す。

予測による浸水の氾濫域は実績の氾濫域を概ね再現できており、シミュレーションの有効性を示した（図一6参照）。

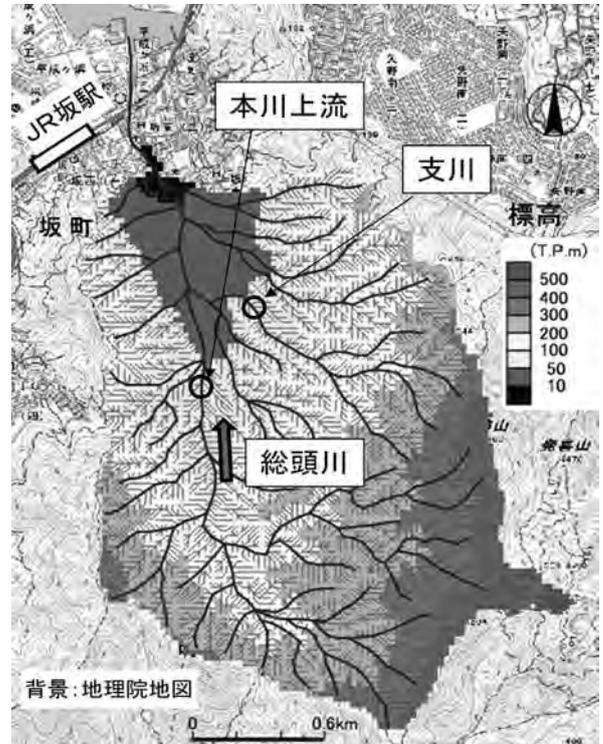
(2) データベースに登録する対象洪水の設定

データベースに登録する対象洪水は、総頭川流域で発生しうる洪水として、1 km メッシュのレーダ雨量が存在する2006年～2019年までに発生した洪水から、様々な降雨要因、降雨分布、降雨波形となるよう10降雨波形を選定した（表一3）。また、選定した降雨波形を0.1倍～想定最大規模相当まで引伸ばして対象洪水とした（186洪水）。さらに、未経験洪水や気候変動の影響を考慮して将来土砂災害が発生すると想

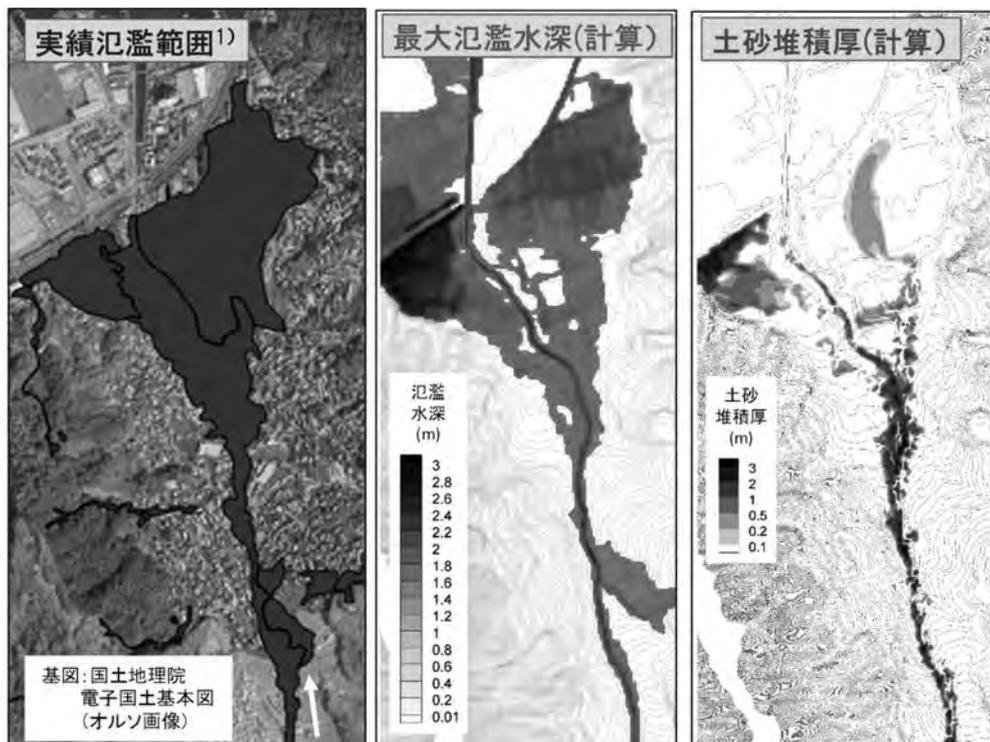
定される洪水への対応として、d4PDFの過去実験及び将来2℃上昇実験の降雨データから71洪水を追加し、計267洪水を選定した。なお、d4PDFは、崩壊の実績が確認されたH28.6降雨時の土壌雨量指数166以上となる洪水を対象とした。

表一2 二次元土砂・洪水氾濫計算モデルの概要

流水	平面二次元浅水流方程式
掃流砂	芦田・道上式（掃流力算出時に水と土砂の混合密度を使用）
浮遊砂	浮上量：板倉・岸の式（掃流力算定時に水と土砂の混合密度を使用） 沈降速度：Rubeyの式（干渉沈降を考慮） 土砂流送：浮遊砂濃度の平面二次元移流拡散方程式
河床変化	流砂の連続式、混合粒径（交換層モデル）



図一5 総頭川流域の落水線網



図一6 土砂・洪水氾濫範囲の再現計算結果

※広島大学 平成30年7月豪雨災害調査団（地理学グループ）：平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊の詳細分布図（第二報），2019.6

表一3 対象洪水波形

発生年	開始日	終了日	最大時間雨量	累加雨量	土壌雨量指数	降雨の特徴				
						崩壊発生	降雨要因	洪水発生月	降雨分布	降雨波形
2009	7/20	7/21	26	191	129	-	前線	7月	平野部	2山
2009	7/24	7/27	44	203	136	-	前線+低気圧	7月	山地部	前方集中
2010	6/25	6/28	23	170	108	-	前線+暖湿流	6月	平野部	中央集中
2010	7/11	7/15	33	239	164	-	前線+低気圧	7月	フラット	2山
2013	8/24	8/26	35	165	114	-	前線+暖湿流	8月	フラット	散発的
2013	9/1	9/4	26	220	145	-	台風	9月	フラット	2山
2013	10/23	10/25	12	181	112	-	前線+台風	10月	平野部	フラット
2014	8/5	8/6	27	122	124	-	暖湿流	8月	フラット	後方集中
2016	6/19	6/24	41	345	166	○	前線+低気圧	6月	山地部	3山
2018	7/5	7/8	82	560	259	○	前線	7月	フラット	3山

(3) 一次元河床変動計算結果と平面二次元土砂・洪水氾濫計算結果の関係性の分析

一次元河床変動計算結果と平面二次元土砂・洪水氾濫計算のマッチングにあたり、両者の計算結果の関係性を分析した。

一次元河床変動計算結果の各地点（図一5における本川上流と支川、河口部）におけるピーク流量，総流出量，総流出土砂量の各指標に対して，二次元土砂・洪水氾濫計算の浸水面積（河道域も含む）と土砂堆積量について分析し，比較的高い相関関係が見られた本川上流の結果を図一7に示す。

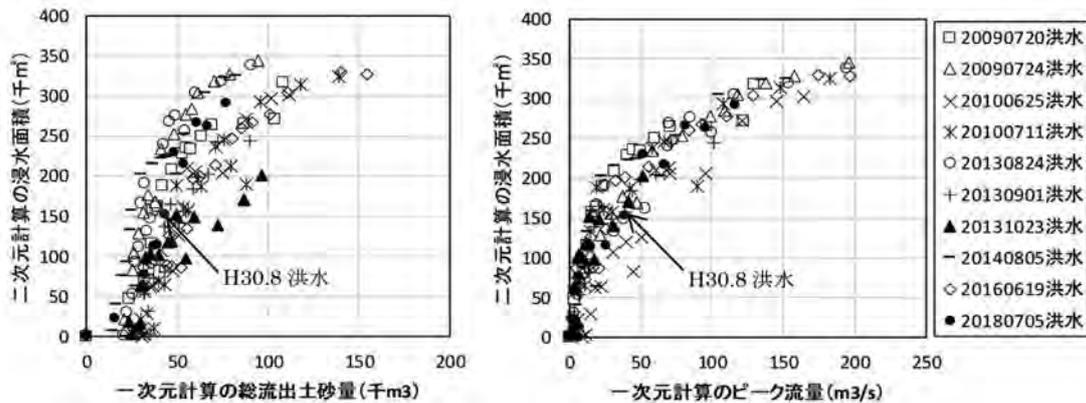
この結果によると，浸水面積は，総流出土砂量が25千m³程度より大きくなると急激に増加することと，ピーク流量と高い相関関係があることがわかった。以

上の分析結果より，総流出土砂量が25千m³を超えた際に氾濫したと見なしてマッチング処理を行うものとし，マッチングの評価指標は流量とすることとした。

(4) パターンマッチングの適用性評価

パターンマッチングは，有意な河床変動が発生する10m³/s以上からピーク流量までの流量ハイドログラフを評価対象とし，Nash-Sutcliffe 係数（以降NS係数と呼ぶ）が最も高い洪水を抽出するものとした。適用性の評価は，西日本豪雨（降雨倍率1.0倍，1.4倍，1.8倍）を対象洪水とし，この洪水波形以外の洪水から抽出するものとした。

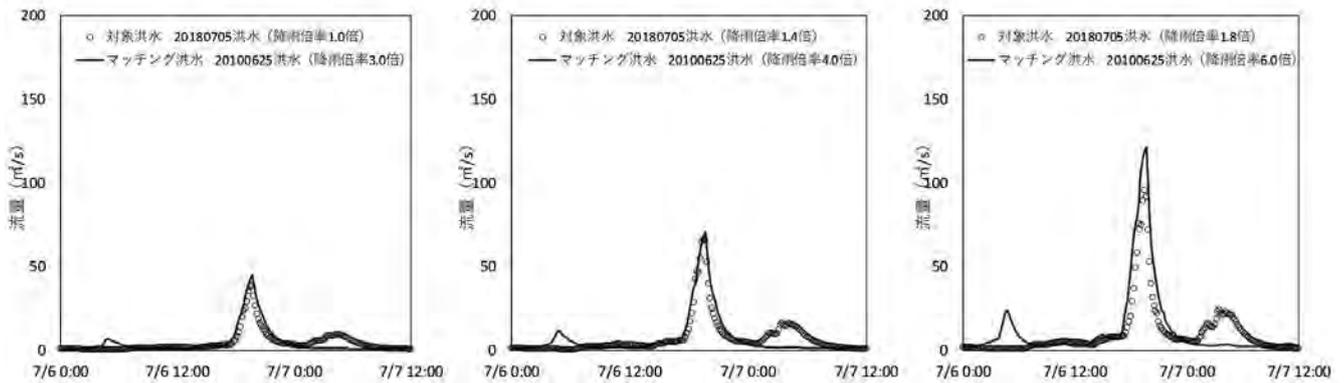
パターンマッチングの評価結果は，表一4に示すとおり，NS係数は0.07～0.21程度となった。また，



図一7 一次元河床変動計算結果と平面二次元土砂・洪水氾濫計算結果の関係性

表一4 パターンマッチングの評価結果

対象洪水		マッチング洪水		一次元計算	二次元計算
洪水名	最大浸水面積 (m ²)	洪水名	最大浸水面積 (m ²)	NS 係数	浸水面積の誤差率
2018/7/5 洪水 (降雨倍率 1.0 倍)	153,675	2010/6/25 洪水 (降雨倍率 3.0 倍)	126,000	0.21	18%
2018/7/5 洪水 (降雨倍率 1.4 倍)	215,600	2010/6/25 洪水 (降雨倍率 4.0 倍)	204,725	0.17	5%
2018/7/5 洪水 (降雨倍率 1.8 倍)	262,100	2010/6/25 洪水 (降雨倍率 6.0 倍)	271,525	0.07	4%



図一八 対象洪水とマッチング洪水の流量ハイドログラフ（本川上流地点）

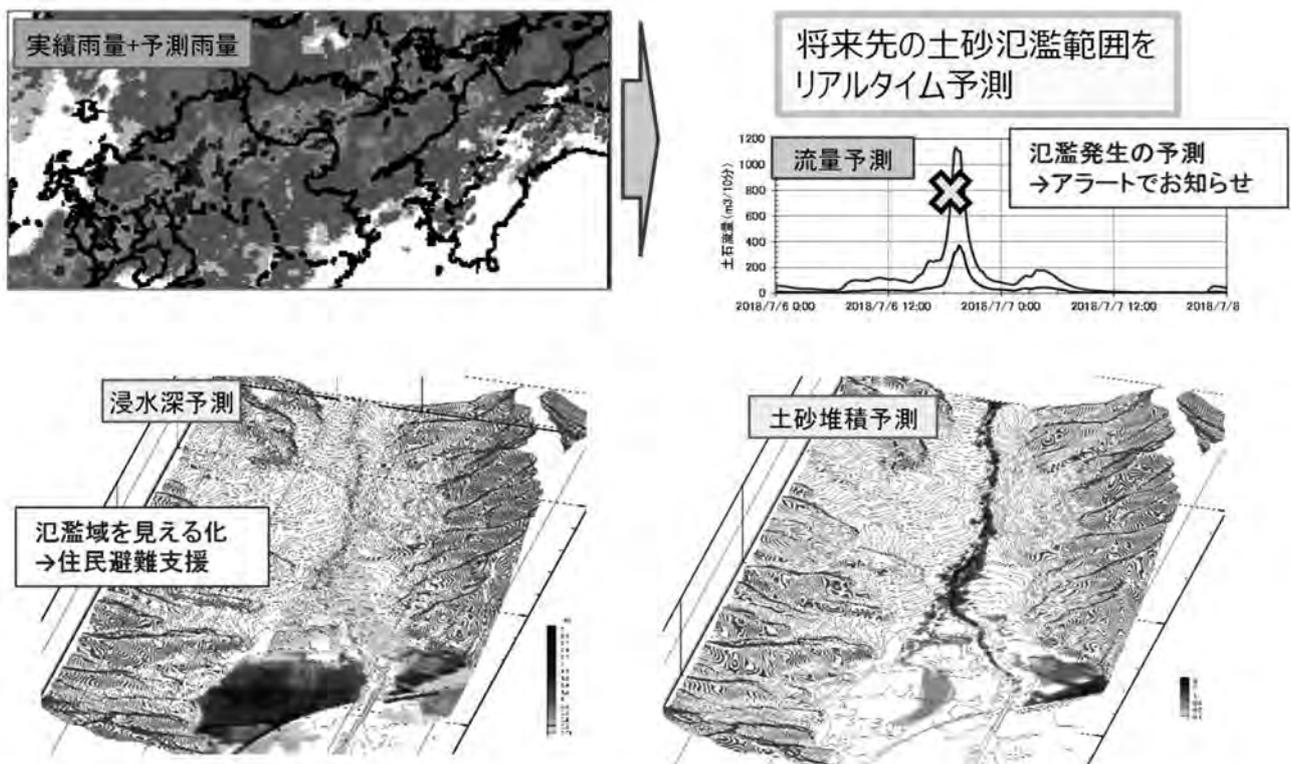
最大浸水面積の誤差率は4%～18%であり、規模が大きいと誤差が小さくなる傾向が見られた。一次元の流量ハイドログラフは図一八に示すとおり、流量が同程度の洪水が抽出されており、整合性が高いと言える。

4. 今後の展望

本稿では、降雨予測と連動させたリアルタイムでの土砂・洪水氾濫予測モデルを構築するため、計算負荷の削減とリアルタイム予測を可能とする処理手法として、予めデータベース化した模擬降雨による計算結果と予測降雨による計算結果のパターンマッチング処理による予測精度の適用性を評価した。これにより平成

30年7月西日本豪雨下の総頭川流域（広島県坂町）における再現性を確認し、パターンマッチング処理の有効性を示した。本モデルは、中山間地での土砂流出と洪水氾濫に対する住民の主体的避難の促進、行政の危機管理対応の的確な判断に資する有効なツールとして活用できる（図一九）。

総頭川流域では浸水面積とピーク流量に有意な関係性が見られたため流量で評価したが、流出土砂量による評価が適当な流域もあると考えられる。今後は、他流域やより広範囲での適用性について研究を進める予定である。



図一九 土砂・洪水氾濫予測システムの構築

5. おわりに

XRAIN については国土交通省より提供されたものであり、利用したデータセットは文部科学省の委託事業により開発・運用されているデータ統合解析システム (DIAS) の下、収集・提供されたものである。土石流を含む一次元河床変動モデルについて、立命館大学理工学部里深教授よりプログラムの提供と指導をいただいた。ここに記して謝意を表します。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 広島大学 平成 30 年 7 月豪雨災害調査団 (地理学グループ) : 平成 30 年 7 月豪雨による広島県の斜面崩壊の詳細分布図 (第二報), 2019.6
- 2) 加藤陽平ら : 西日本豪雨災害 (広島県坂町) における土砂・洪水氾濫モデルの適用, 砂防学会研究発表会概要集 85-86, 2020.
- 3) 樋田祥久ら : パターンマッチング処理を用いた土砂・洪水氾濫予測モデルの構築, 砂防学会研究発表会概要集 283-284, 2022.

【筆者紹介】



樋田 祥久 (ひだ よしひさ)
いであ(株)
社会基盤本部 国土保全事業部 流域減災部
グループマネージャー



岡村 誠司 (おかむら せいじ)
いであ(株)
社会基盤本部 国土保全事業部 河川部
グループ長



越智 尊晴 (おち たかはる)
いであ(株)
東北支店 河川部
技師



水中施工無人化へ 絶対位置を高精度取得

古川 敦・北原 成郎・久保田 恭行

水中での無人化施工は、視認性が確保できない水中において、施工機械の絶対位置・姿勢の計測が不可欠である。常時動揺している水上浮体から水中の移動体の絶対座標・姿勢をリアルタイムに計測・解析するシステムを開発し、屋外水槽を用いた基礎試験により5 cm以内の精度を実証し、水中無人化施工への適用が可能であることを確認した。

今後は、小型水中バックホウの遠隔操作に関するハードウェア・ソフトウェアを充実させ、高精度水中測位システムを連動させる事により、目視が困難な水中での建設機械の操作が潜水士無しで施工できる、水中バックホウの無人化施工を目指して開発を進める。

キーワード：水中，無人化，測位，SONAR，GNSS

1. はじめに

河川・海洋・港湾・ダムでの施工は、安全性確保・効率化のため、高水圧・視界不良の水中作業を避けた施工を実施するのが一般的である。しかしながら近年では老朽化インフラの更新や災害による被災施設の復旧など、水中での精密な施工が必要なケースが増加している。

これらの精密水中施工を実現するためには、小型水中バックホウでの施工が不可欠となっている。現在的小型水中バックホウは、潜水士の搭乗操作が必要となっているが¹⁾、高水圧下での潜水士作業は肉体的負担と安全性に問題がある。また、水中バックホウの絶対位置を高精度に取得できるシステムがないため、陸上でのマシンガイダンスのように重機の姿勢および周辺地形を把握することが困難となっている。

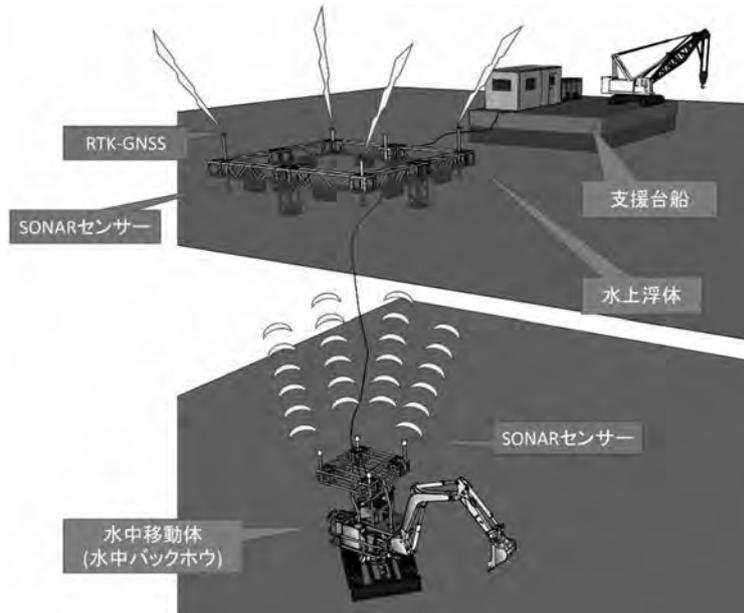
高水圧・視界不良の水中での施工を潜水士無しで実施する事を目的として、水中遠隔操作のための高精度水中測位システムを開発したので報告する。

2. システム構成

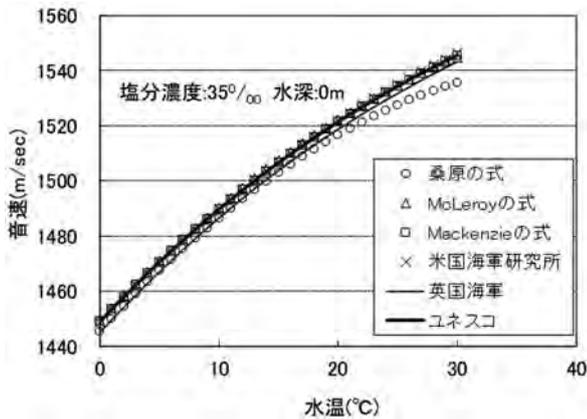
高精度水中測位システム「アクアマリオネット」は、(株)熊谷組で保有している大水深沈埋函の沈設誘導システム²⁾の原理を応用し、図1に示すとおり水上浮体の気中4隅にGNSSアンテナおよび水中4隅にSONAR

センサーを配置し、水中移動体（バックホウ等）の上部4隅にSONARセンサーを配置する。水上浮体の絶対位置と姿勢をGNSSにより計測し、同時に水上浮体と水中移動体に有線接続したSONARセンサー間の距離を計測する事により、水中移動体の絶対位置と姿勢を高精度かつリアルタイムに計測する事が可能となっている。

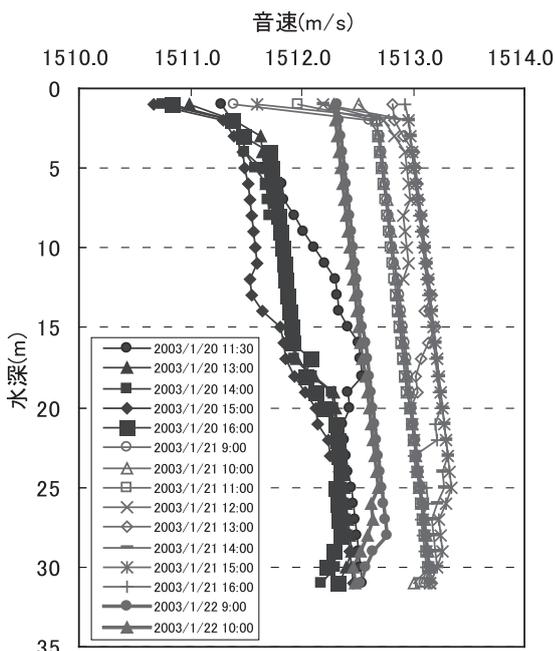
水中において電磁波は減衰が大きいため、水中での通信には音波を利用する事が一般的である。高精度水中測位システムも音波を使用し、音波の到達時間に音速を乗じて距離を算出しているが、水中の音速は水温・塩分濃度・水深により変化する。図2に示すとおり、特に水温による影響が大きく、距離10 mの測距では水温1℃の差で1.8 cmの差異が生じるため、精密な測位を行うためには音速の補正が必要となる。また図3には水温・塩分濃度・水深の実海域での計測値から算出した音速値の鉛直分布および時間変化の測定値を示すが、水中の音速は鉛直分布や時間変化が大きい事が判る。音速の鉛直分布や時間変化を考慮した測距のための音速計測は非常に困難であるが、高精度水中測位システムでは、GNSSおよびSONARの観測値より条件付観測方程式により水中移動体の絶対位置・姿勢と、音速の最確値を算出する。このため音速の計測も不要で、高精度の水中測位が可能となっている。



図一 水中バックホウ遠隔操作



図二 水中音速と水温



図三 音速値の鉛直分布および時間変化

3. 実証試験

システムの検証は屋外実験水槽で実施した。図一4に実証試験の配置図を示す。水深 4.5 m (広さ 5 m × 8 m) の屋外水槽に水上浮体を模擬したフレームを浮かべ (写真一1), 水中移動体を模擬したフレームを水槽内に沈め (写真二2), 動揺する水上浮体に取り付けた GNSS および SONAR センサーを用い, 水中移動体の SONAR センサー位置を高精度水中測位システムにより計測した (図一5)。システムにより位置計測を行った水中移動体の模擬フレームを残置し, 写真一3に示すとおり実験水槽内を排水したのちに TS (トータルステーション) により絶対座標を計測した結果, TS との計測較差 3 cm 以下を確認した。

水中移動体の絶対座標および姿勢をリアルタイムに計測でき, 前述のとおり絶対座標の精度も良好であることが確認された。

4. 今後の展開

今後は, 小型水中バックホウの遠隔操作に関するハードウェア・ソフトウェアを充実させ, 水中マシンガイダンスシステム¹⁾ (図一6) に水中測位システムによる絶対位置および姿勢の計測値をリアルタイムに連動させる事により, 水中バックホウの無人化施工の実用化を進める。

高水圧・視界不良の水中での施工を潜水士無しで実

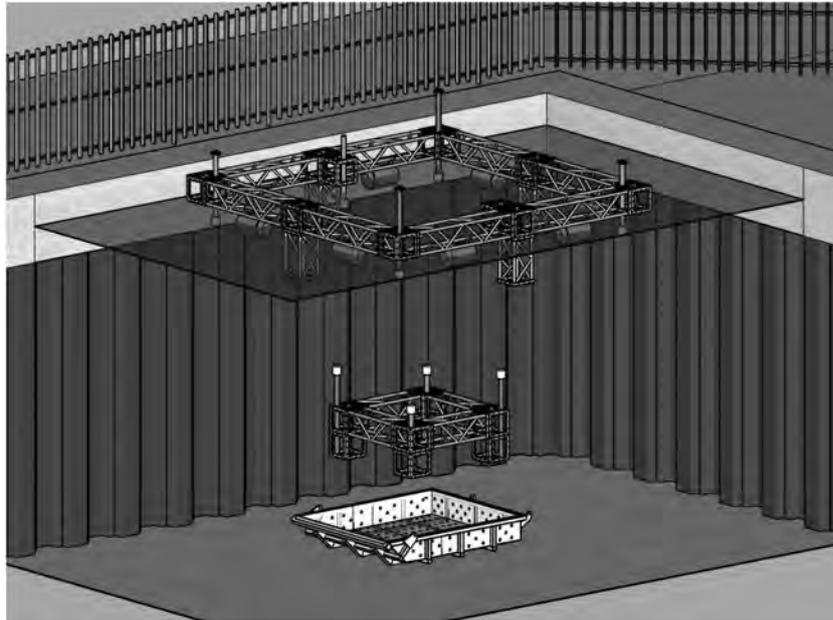


図-4 実証試験



写真-1 水上浮体（試験時事例）

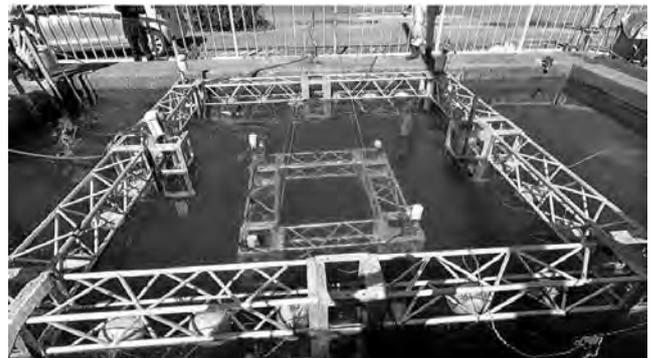


写真-2 水中移動体（試験時事例）

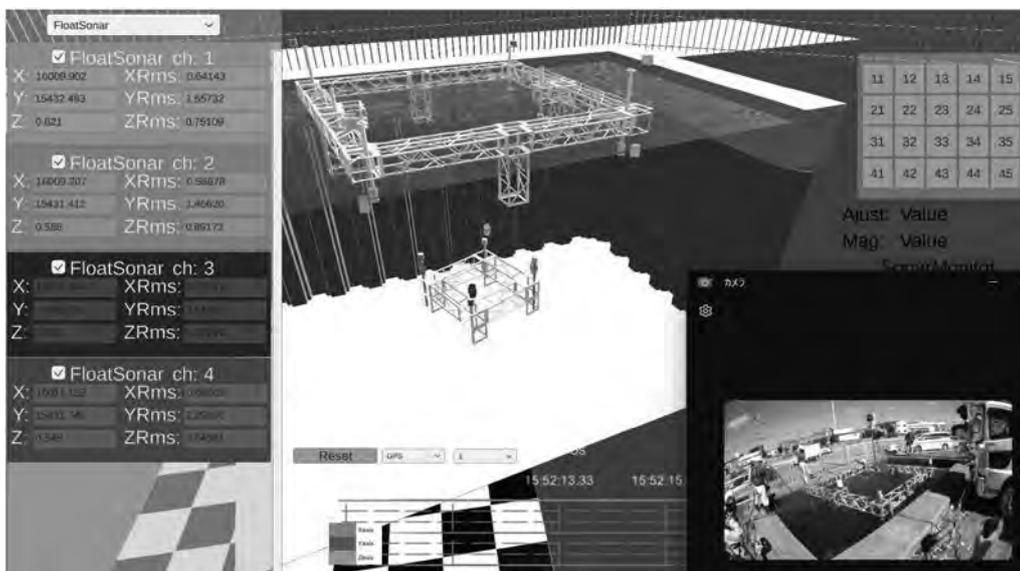


図-5 高精度水中測位システム



写真-3 精度検証

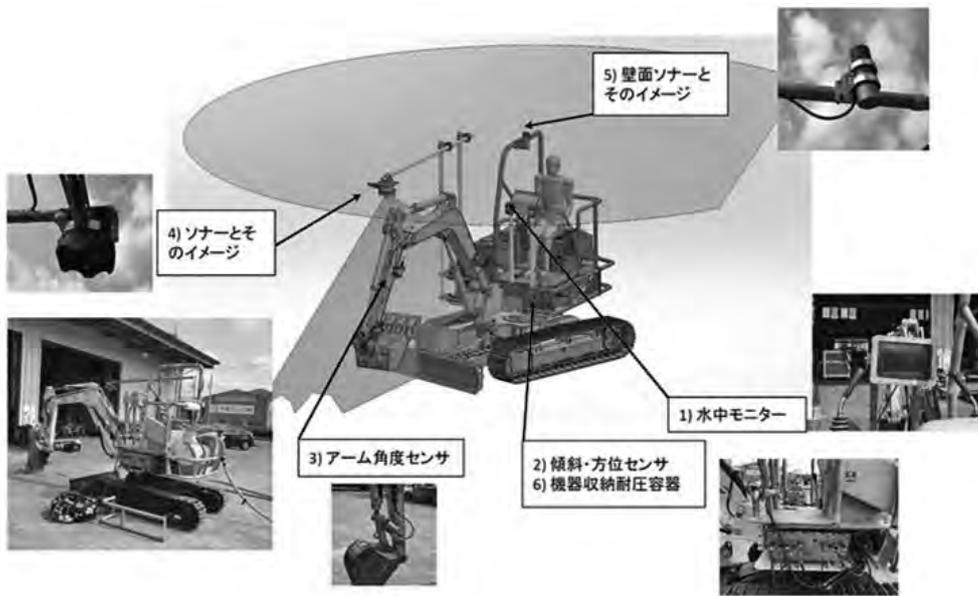


図-6 水中マシンガイダンスシステム

施する事が可能となるため、河川・海洋・港湾・ダムでの水象条件によらずに利用可能な高精度の遠隔操作・自動化水中施工システムの実現が可能となる。



《参考文献》

- 1) 古川 敦, 平林丈嗣, 杉本幸司, 北原成郎: 小型水中バックホウガイダンスシステムによる水中掘削, 第20回建設ロボットシンポジウム, 2022.9
- 2) 山口高弘, 古川 敦, 森田知志: 大水深構造物沈設位置計測システムの開発, 熊谷組技術研究報告 第62号, 2003.12

【筆者紹介】



古川 敦 (ふるかわ あつし)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 土木技術統括部
 土木 DX 推進部 企画推進グループ
 グループ部長



北原 成郎 (きたはら しげお)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 土木技術統括部
 土木 DX 推進部
 部長



久保田 恭行 (くぼた やすゆき)
 (株)熊谷組
 土木事業本部 土木技術統括部
 土木 DX 推進部 企画推進グループ

水位予測精度向上へ向けた状態把握技術の開発

洪水中の河床計測等を目指したドローン開発

黒 沼 尚 史・黒 田 幸 智

洪水中の河道内で生じている水理現象は、実測できない領域が多く「不確実性」の内在が多くの研究で指摘され、解析精度の課題となっている。

河川の流量を示す水理公式は、流速・水位・河道断面・粗度などの因子が相互に関係し算出される。同時に洪水時に同時計測できない因子が不確実性を増加させる。これらを同時計測できれば、これまで粗度係数などで調整していた「不確実性」を小さくすることが期待できる。

そこで不確実性を小さくする計測項目（因子）を整理しつつ、マルチビームソナーを搭載した飛行・着水・計測可能なドローン開発を協同5社で初号機を試作した。その初号機を開発するに至った考え方などを報告する。

キーワード：河川，ドローン，洪水，不確実性，水位予測，粗度係数，河床変動

1. はじめに

(1) 河川管理の特質について

平成25年4月「安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について（答申）」¹⁾にて河川管理における現状の課題が整理されている。

「河道は、河川区間ごとに異なる地形や河床材料等の条件に流水や植生等の作用が働くことによつて絶えず変化していく。特に洪水という頻度や規模が不規則に発生する事象により、河道には大きな変化が生じ、その変化は一様ではない。

堤防は、基本的に土質材料で構成されているため、材料そのものに劣化を生じることはないが、歴史的に築造されてきた経緯からその構成材料は多様であり、基礎となる地盤の地質は場所ごとに異なる。このため洪水という外力を受けた時に生じる漏水や洗掘といった現象も、場所ごとに異なる。」

とされており、

「河川の管理の主要な対象である河道や堤防は、長大な延長と区間・箇所ごとに異なる特性を有し、洪水という特異な事象によつて箇所ごとに顕在化する変化等を捉えて管理する必要がある。」

と指摘している。

(2) 洪水予測精度を向上させるための2つの技術的アプローチ

頻発する水害を背景に平成27年12月「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について（答申）」²⁾では、速やかに検討に着手し早期に実現を図るべく下記の提言が行われている。

①洪水予測精度を向上させるための技術開発

②氾濫の切迫度が伝わる水位情報提供システム等の開発の推進

今回のドローン開発はこれらの動きも意識し、洪水予測精度を向上させるための技術開発に重要な2つのアプローチ（解析技術、観測技術）から、不確実性を小さくする効果が大きい観測技術の向上を模索する研究開発として進めている。

(3) 新技術開発の課題への認識

河川管理の効率化・高度化のための新技術開発での課題は、洪水に対する(a)侵食・洗掘（河川管理の特質）と(b)越水（水位予測）に対する予防保全対策として実務に繋がること。また、従来手法に比して現場展開への容易性を確保しつつ革新的に機能を向上させる技術的アプローチで進める必要がある。

「国土交通省 河川砂防技術基準（以下、河砂基準）」³⁾の「第5章河川における洪水流の水理解析の考え方」においては、「洪水流の作用により粗度状況（河床波、植生の倒伏・破壊状況等）や河道形状が変化し、また

その影響が洪水流に及ぶことについて、今後とも知見を拡充し、解析の信頼性をより高めていくことが必要である。」とされており、今回の研究開発の方向性と整合させる。

本稿での「河道断面の変化」とは、「河道形状」の変化と「河床形状」の変化を総称することとする。河道断面とは、流下能力の計算に用いる河積（河川の流積）を指し、河床形状とは河床波に代表される河床の形態を指す。

(a) 侵食・洗堀対策の課題

河川の侵食・洗堀による被災対応は、侵食・洗堀が引き起こされた現場へのスポット対策が主でありその多くが事後保全となっている。洪水時は計測できるデータが水位と表面流速しか得られず、進行中の侵食・洗堀事象を評価するための手段がないことが評価を難しくしている。

そこで侵食・洗堀事象に繋がる①流下断面の変化（河床波、河道断面）、②流速（水面、層別断面）、③勾配（水面、河床）、④水位（観測点、連続縦断）が洪水発生時に計測できる技術の開発が重要だと考える（図-1）。

(b) 越水対策（水位予測）の課題

越水対策とは洪水時の河川水位対策のことであり、水位は河川を流下する水量（流量）と河道断面形状と動水勾配などにより定まる。

越水対策については河川縦断水位を把握・予測（河川水位予測モデル）するための技術的アプローチとして①水位観測技術の向上、②水理解析技術の向上の2つがある⁵⁾。

①水位観測技術向上の例

CCTV 画像や電波式流速計による表面流速計測手法や、危機管理型水位計による水位観測地点の増加が取り組まれている。

②水理解析技術向上の例

LP 航空レーザー測量やグリーンレーザ（ALB）を用いた河川定期縦横断測量により3次元点群データの収集・活用により、現況把握性が向上している。

河川水位予測モデルの水理解析技術では、流出解析モデルに降雨予測と観測水位データを入力し計算することが一般的であるが、雨量予測モデルの誤差（不確実性）を受けやすいため、精度の高い予測が難しい。河砂基準調査編でも「不確実性」についての記述は、「河道解析」に関わる部分で粗度係数関連が1か所、「流出解析」に関わる部分で気候変動に関連して6か所散見される。

精度向上に向けた取り組みとして、①②の両技術にデータ同化技術を取り扱った論文⁴⁾では、河川水位予測モデルに河道水理モデルを組み込み各断面の水位を計算することで、連続的な河川水位を把握することを可能とし、さらには河川水位予測モデルにデータ同化技術を導入し観測水位に適合するようにパラメータ推定した予測計算を行うことで、精度の高い河川水位が予測できるとされている。

しかし河道解析モデルには、粗度係数を含む3つの「不確実性」が内包されており、少なからず影響をもたらすとされている。その3つの不確実性とは、

①計算水位に支配的な影響を与える「粗度係数」。洪水時の水理現象によって変化することがわかっており、その要因として河床波などが考えられるが成因はいまだ明確ではない。

②流量算出に用いられる定数的因子である「河道断面」。H-Q 曲線見直しの要因となる。

③河床材の粒径に応じて様々な形態に変化する河床波現象。洪水時の粒径調査が難しい。

以上から「越水対策≒洪水の水位予測精度の向上」には、水理式に用いられている「河道断面」と「粗度係数」を不確実性と捉え影響を低減するアプローチで検討する。

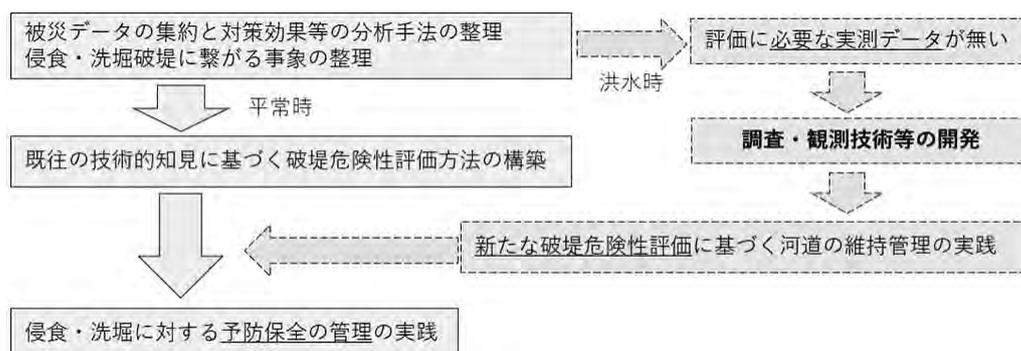


図-1 侵食・洗堀対策の課題関係図

2. 不確実性の要素を分解する

(1) 計算水位に支配的な影響をもたらすもの

平均流速公式においては、河積に対し直角方向に一樣である等流状態と想定し、河道断面の形で径深と河床勾配が与えられることで平均流速が算出される。水理学で用いられる代表的な Manning の公式は簡易で精度高く流速 U を算定でき、粗度係数 n と径深 R 、河床勾配 I の関数で表現される。

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

粗度係数を扱う多くの研究では、径深 R (水路断面の平均的な水深を表す) を変数として水理現象を整理している。これは河積(河道形状と水位高さ)、潤辺(河道の幅と水深)のいずれもが同時に変化している洪水中的実河川の場合においても、一般的な手法として広く利用されている。

洪水中的水位予測はこうした公式を用いて、評価したい位置で想定された流量 Q に対して、「河道断面」と「粗度係数」から水位を逆算し評価する。ここでは「河道断面」は変化しないものとして取り扱われるが、実河川の現状値と整合させるために「粗度係数」を調整に用いている。(多くの基準・既往の研究で、「河道断面の変化」と「粗度係数の変化」が「不確実性」として指摘はされている。)

(2) 「河道断面の変化」

実験河川での研究例⁵⁾によれば、河床波が洪水流量のピークに併せて発達し、洪水終了とともに消失することが計測され、河床波は波高で水深の 10 ~ 50%、波長が波高の 5 倍程度になる研究にも触れている。また「河床変動の特性把握と予測に関する研究」⁷⁾では、富士川の例で洪水時の増水初期から最大流量にいたるまでに河床が 2.0 m 洗掘され、減水期には洪水前の河床形に復元することが砂面計の計測結果から計測されている。

実洪水で侵食・洗掘によって河道断面が変化しても、各断面位置に設定されている「H-Q 曲線式(水位から流量を推計する式)」は、変化前の実測断面を基にしているためその時起こっている断面の変化による影響を加味できない。そのため大きな河道断面の変化(河床波の発達や侵食・洗掘による)が生じた以降は、前提となる計算条件が変わり洪水予測精度の低下が生じる。

(3) 「粗度係数の変化」

洪水中に起こる事象である河床波は、幾種類の河床形態として分類されており、粗度係数に大きく影響するとされている(表-1)。

ADCP 技術(超音波ドップラー流速計: Acoustic Doppler Current Profiler)の観測結果と、Manning の断面平均流速公式を基にした Slope-area method

表-1 河床波の特徴と定義(土木学会水理委員会, 1973 を微修正)

河床形態	形状・流れのパターン		移動方向	河床波の特性	
	縦断図	平面図			
小規模河床形態	砂礫		直線状	下流	河床波の移動速度は、流水の速度よりも小さい。砂礫の波長は、河床材料の粒径の約 500~1500倍である。
	砂堆		曲線状		
	遷移河床		三日月状 舌状	下流	河床波の上流側斜面は、通常、勾配の急な下流側斜面に比べると、緩やかに傾斜している。砂堆の波長は、水深の約 4~10倍である。
高水流領域	平坦河床				多量の流砂が平坦な河床上を流れている。
	反砂堆		+	上流 停止 下流	河床波と同位相の水面波と強い相互干渉を持つ河床波。
中規模河床形態	交互砂州			下流	水流は、水路内を曲がりくねって流れる。交互砂州の波長は、水路幅の約 5~16 倍である。
	複列砂州			下流	-
	うろこ状砂州			下流	うろこ状砂州は、B/H が非常に大きい領域で発生する。それは、魚のうろこのように見える。

引用) 山本晃一: 沖積河川 - 構造と動態 -, 技報堂出版, 2010

(Manning の断面平均流速公式と縦断水位勾配を用いて流量を算定する方法) による流量値を比較する研究⁸⁾で、河床高と粗度係数のそれぞれの変化が打ち消しあうような作用が起きていることも示されている。

この研究では ADCP 観測値から逆算された粗度係数は、洪水初期 0.04 が洪水ピーク時には 0.03 前後まで変化し、洪水の逓減時には 0.04 まで変化するという、水位変動とは逆の挙動を示すことが観測されている。

(4) 実測値とそれ以外について

洪水中に実測できるデータは限られているが、水位観測所による「河川水位」と、高水流量観測による「表面流速」がある。

『河川水位』は、直轄河川管理区間で約 1 km 近いピッチで整備が進む危機管理型水位計のデータが加わりつつありデータ数が向上している。しかし水位計算は 200 ~ 500 m の間隔であるため、水理現象を検証するためには十分なものとは言い難い。

一方『表面流速』は、浮子(ふし)による観測や、表面流速の計測に特化した電波流速計や画像処理型流速測定などが導入されている。この手法では表面流速を河積の平均流速に換算するために不確実性が指摘される「更正係数」が必要となる。

またその他の要素については、通常既知の想定や経験による定数を適用するが、当然その適用範囲外では大きく外れる場合があり、顕現化した不確実性は「粗度係数の変化」に意図的に統合調整されることで、計算式を成立させているともいえる(図-2)。

ここでは、特に「表面流速」を測る高水流量観測に着目する。

3. 流速を計る高水流量観測

(1) 高水流量観測の目的

河砂基準では「流量観測は、河川の計画・管理を適切に行うために、流域から河道への流出過程及び河道内の流下過程を把握することを目的としており、河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や濁水等による水災害への対応等を実施するための最も基本的な調査項目の一つ」とされている。

しかし実際に計測しているのは河川の「流量」ではなく「流速」であり、これらから河道断面が変化していないことを前提とした「流量」を算出している。

算出された流量だが実績値として河道の流下能力を定める河川の計画に用いられ、治水対策の検討が行われる。越水対策などの危機管理においても、洪水水位予測にこうした流量の値が用いられている。

(2) 近年の高水流量観測

浮子測法の課題については、「非接触型流速計測法の手引き(案)」¹⁰⁾にまとめられている。浮子測法の課題を改善・補足するために非接触型流速計測手法である画像解析手法や電磁計測手法が現場導入され、国交省事務連絡¹¹⁾では、浮子観測データと非接触型流速計測法データの相対差について「十分高い水位では -20% から 0% の範囲に収束し、浮子測法の持つ不確実性程度(±20%程度)に収まる」とされている(表-2)。

(3) 水位流量(H-Q 曲線式)について

H-Q 曲線式の目的は、河川地点での水位 H から流量 Q を関数的に推計することであるが、ここでの流量 Q は、以下の課題がある。

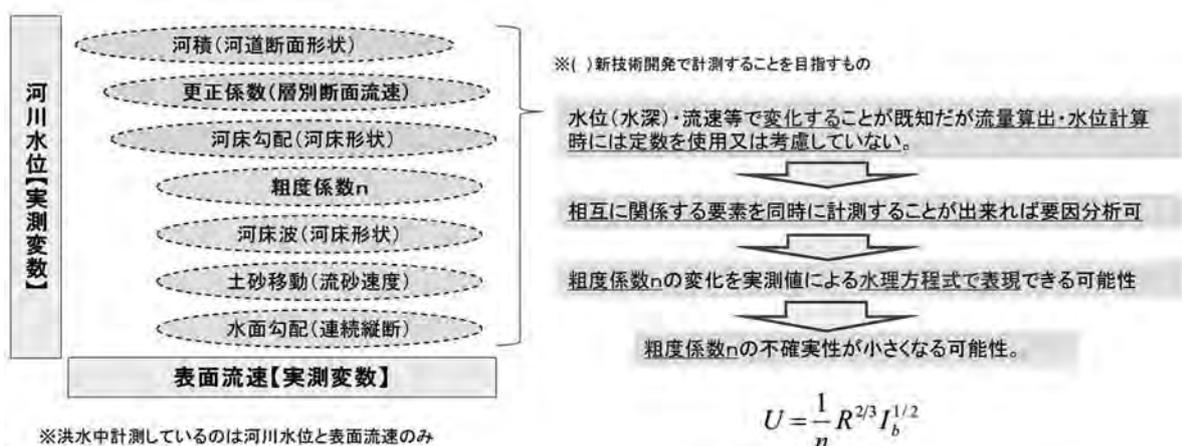


図-2 観測データと不確実性の関係

表一 浮子測法の課題とその要因

浮子測法の課題	要因
大規模出水時に観測所へ到達できない	観測所へのアプローチ道路が既往洪水で浸水、土砂災害等で通行止めになったことがある、またはなることが予想される
観測員の安全が確保できない	橋梁下流に歩道がない
	長時間観測時に交代要員を確保できない
	超過洪水時など観測員が危険となり浮子観測ができなくなる
浮子測法ではピーク観測が困難	水位の立ち上がりが速くピーク水位観測ができない
	複数観測所を担当しておりピーク水位観測が間に合わない
	超過洪水時など橋梁が危険となり浮子観測が困難
観測態勢	観測態勢の構築が困難なため流量観測業務の契約が困難
浮子測法では所定の精度が確保できない	浮子が砂州や湾曲などの影響で区分断面をまっすぐ流下しない
	高水敷が樹木やビニールハウスなどで浮子が直線的に流下しない
	河川幅が広く浮子の視認が困難

(a) 増水期と減水期において同じ水位でも流速が異なる現象がある

増水期と減水期で水面勾配（動水勾配）の差により同じ水位でも異なる流速が発生することが河砂基準にも示されているが、H-Q 曲線式は増水期と減水期の区別はつけていない。この点でも水位と流量の関係に幅（不確実性）が生じると考えられる。ここに水面勾配を計測することで不確実性の低減を図ることは可能であるが、効果的に水面勾配を算出することは困難とされている。

(b) 水位流量曲線は一水文年をひとつの有効期間として曲線式を作成する

「洪水による河床変動等を契機として水位流量関係が変化した場合は、その変化時を区切りとしてH-Q 曲線式を更新する」とされ、大きな河床変動等（河道形状変化）が生じて水位（河床高さ含む）と流量の変化が明確であるならば速やかに更新する必要がある。

(c) 「更正係数」の課題認識

浮子による流速観測は層別流速計測が可能だが、現場負担が大きいため水面流速のみ計測することが多く、非接触型流速計も計測方法の特徴から表面流速計測のみとなっている。計測された「表面流速」は、断面の平均流速にするため「更正係数」を乗じる。更正係数は砂防基準調査編でも定数化されているが、水深が10 m程度を超える場合は、更正係数の設定条件からのずれが大きくなることから、流速分布式や実測値に基礎を置いた更正係数の再設定を行うことが望ましいとされている。

既往の研究^{6),9)}で更正係数は、洪水時に縦横断方向・時間によって変化することが報告されている。縦断方向での変化は、実験河川（移動河床）で河道幅・流速が変化しない環境で河床波の計測と層別断面流速を計

測したところ、河床波の発生と移動現象が生じ、更正係数が約0.8～1.1の間で変化し、局所的に1を超えている。

複数回の実験時間全体平均では0.86～0.88となり、従前から用いられている更正係数の範囲(0.85～0.96)に収まるため課題認識を持ちがたいが、危機管理の視点では、局所的に変化する更正係数が大きな不確実性となる。

横断方向での変化についても、ADCPを橋梁に係留し層別断面流速を計測した研究¹²⁾があり、浮子による計測流速とADCP計測値と比較している。そこでは浮子の更正係数が0.8～0.85程度に収束しているが、ADCPで計測した計測結果では高水敷を除き0.6～1.1の幅が見られる。

4. 課題解決に向けた技術開発

(1) 水文観測に重点を置く

前述の不確実要素が影響する水理公式において支配因子である流速・水位・河道形状・粗度などは相互に影響関係にあり、複雑な多元関係にあるといえる。逆に言えばこれらを同時に計測できれば、関数化が容易になるのではないかと考え、水理解析から水文観測に重点を置く方針とした。

本研究では、①流速（表面流速、層別断面流速）、②水位（水深、水面勾配と水面形）、③河道形状（横断面、河床波）、④河床勾配を計測する機能の実装を目標とした（図一3）。

(2) 計測機器の選定

前述手引き（案）等から計測機器の選定は、計測項目毎に適した下記とした。

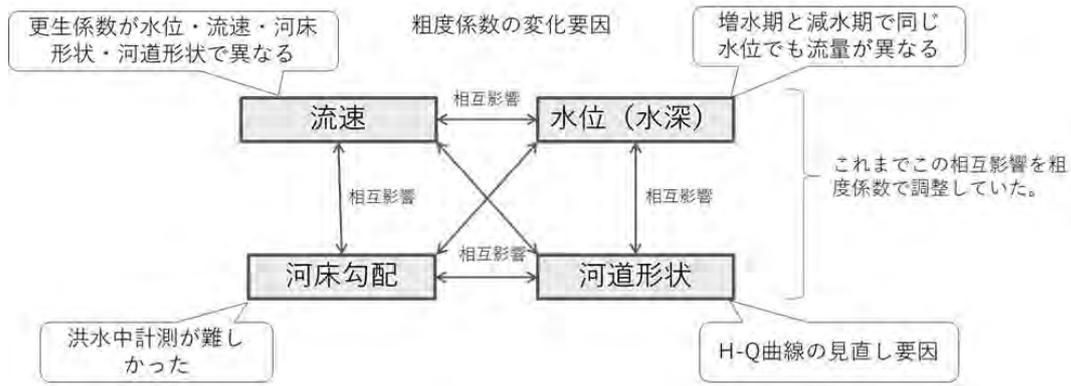


図-3 粗度係数の変化要因

- ①河道形状・河床波：音響測深法（マルチビームソナー）
- ②流速：超音波ドップラー流速計（ADCP：Acoustic Doppler Current Profiler）
- ③水位：RTK（Real Time Kinematic）

今回実装したマルチビームソナーは、洪水時の濁度の影響を受けないため河道形状・河床波を把握するのに最も適している。搭載ソナーは、水深20m、計測河床幅約340m、水面流速5m/sec級の洪水にてスワフ幅120度計測で約15点/m²の点密度を確保できる。公共測量河川地形測量で使われる航空レーザー測深ALBの水中部点密度1点/m²、港湾の浚渫マニュアルによる3点/m²に比べて十分な点密度を確保できる。また層別断面流速計測にはADCPを利用する。

・河川水位はドローンに搭載したRTKによって、着水している位置の座標を水位高さ（標高）として計測できる仕組みとしている。連続計測が可能なので水面勾配や河床勾配も求めることができる。

(3) 不確定要素を高水流量観測で計測するドローン
現場展開と従来技術との親和性を考え、浮子をドローンに置き換える発想を得た。浮子が流速以外を計測できるものとするれば、これまで不確定だった因子を定量化するのに合理的と考えたからである。浮子測法で指摘されている表-2の課題の多くは、ドローンを搭載した車両の移動性で、堤防天端などから離陸させ計測することで改善・解決できる（図-4）。

本研究での現地計測結果では、従来のボート型計測と比べ、1/17程度の工数で実施できた。従来ボートは準備時間が（搬入やボート準備、器具立て込み搭載など）3時間以上を要していたのに対し、今回のドローンは車両から荷下ろし後離陸まで4分程度だった。これは浮子測法の課題である準備工に時間がかかり洪水ピークのタイミングを逃すといった課題の解決に繋がる（写真-1, 2, 図-5）。

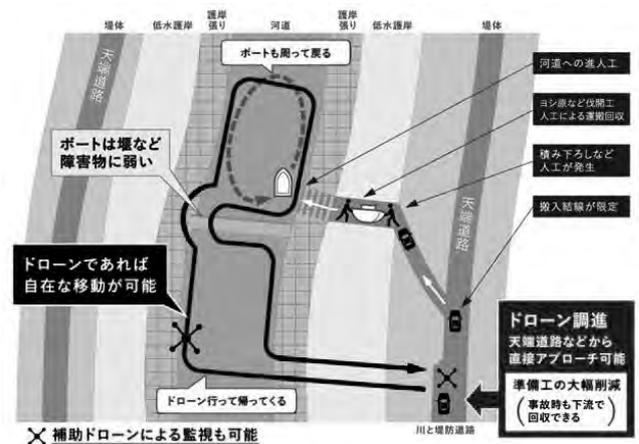


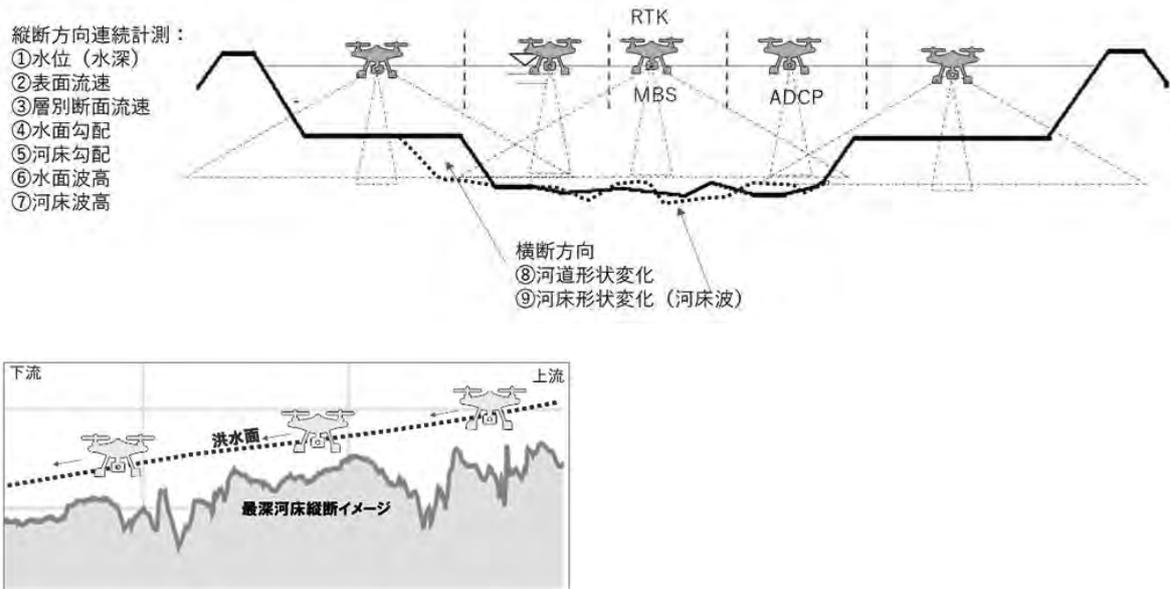
図-4 現地計測試験概要



写真-1 初号機計測の様子



写真-2 マルチビーム搭載型ドローン初号機概要（初テスト時）



図一五 流量観測高度化イメージ (浮子観測をドローン観測に置き換え)

(4) 洪水中計測を意識した開発コンセプト

(a) 発想の転換

今回の研究開発の思想では、

- ① 洪水流に抵抗しない。(飛行・着水して計測する)
- ② 河道・河床形状・水位・流速(表面, 層別断面)を計測する。(複数機でも可)
- ③ 危険発生時には離水回避する。(走行力に頼らない)
- ④ 距離追跡はドローンのL4認証制度等¹⁴⁾を利用する。(後の検討とする)

をコンセプトにしている。

これまでの研究の多くは、橋梁などに計測機器を係留させその場に留まる方法を基本としており、「洪水流に抵抗する思想」となっている。

今回の技術開発では、「洪水の流れに逆らわない」思想とし、飛行～着水～安定した自然流下～離脱飛行をサイクルとした運用を目指している。さらに安定した水面流下能力を備え、連続計測するための姿勢制御できる機体構造を第一とした。これは「川下り」から発想したもので、激流を下る際水中を見れば同じ速度で水中の浮遊物が視認され、表面流速との相対的な変化だけになる。この視点で計測ができるかがポイントになる。

今回の初号機は、平時で性能①と性能③を実装しており、性能②についても洪水中の計測実現を準備している段階である。流速分布の計測については ADCP 搭載を目指している。また性能④は制度的に未整備な課題もあるため、今後整備される L3.5 規格の具体化やインフラ整備の結果を待って導入したい。特に機体

は殆どが水面流下で活用されるものであり、360度カメラによる水面流速計測・安全監視用カメラの兼用などの運用についても実用化を進めたい。

(b) 機体開発メーカー等との共同開発

今回の機体開発は、水中ドローン搭載の着水可能飛行ドローン事例がヒントになり、水中ドローンの代わりにマルチビームソナー機器搭載の可能性を考えたことによる。しかし上記事例の実験機体は海面にかろうじて浮く程度の安定性だったため、河川での計測を実現するために、浮体構造から全面的な見直し、ペイロードの倍増を行い令和3年度に研究着手し令和5年度に初号機試作が実現した。

初号機製造は河川財団が発案し共同研究中の建設コンサルタント、機体を製造できるドローンメーカー、マルチビーム計測機を提供する測量会社、着水可能機体の商標をもつ通信企業の5社による共同開発で実現した。

2号機の製作では、洪水流下と計測分析を意識しチームを再編して開発に取り組みたい(図一六)。



図一六 2号機イメージ

(5) 高水流量観測の高度化が洪水水位予測精度向上に直結

高水流量観測で算出される流量は、計画及び危機管理に用いられる最も上流に位置する重要な要素であることからこの段階で不確実性を小さくすることが最も効果的と考えられる。そこで前述の課題を踏まえ、洪水水位予測の3つの不確実性のうち、「河道形状の変化」と「粗度係数の変化」について高水流量観測の高度化で対処可能にすることを方針とした。

洪水水位予測モデルは、水位観測技術と水理解析技術で形成されるが水理解析技術の不確実性を観測技術を高度化することで、河道解析モデルの課題となっている不確実性を減少させ河川水位予測モデルの精度向上を図ることとした。

度向上すると考えている。これは河床変動を考慮した越水危険個所を予測できることになり、治水機能の向上に寄与する。

これまでの研究では、補正係数を伴う計算式が多く考案され運用されているが、計測できていない因子は不確実性を含んだ定数として表現されている。しかし実測できるデータ（層別断面流速、流向、水位、河道断面変化等）が増えることで、不確実性を低減させられる。それは洪水水位の予測精度向上に大きく寄与すると考えられる。

それには、高水流量観測の実測データの蓄積が必須であり、本開発が一つの解決策として多様な関係者と多くの実測データを共有することで水理研究の発展に寄与できれば幸いである。

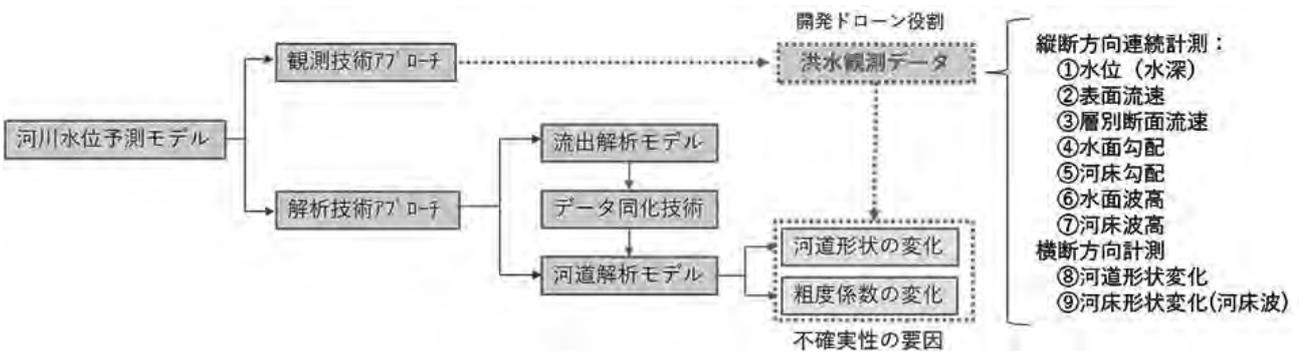
5. おわりに

(1) 洪水水位予測精度向上への期待 (図一七)

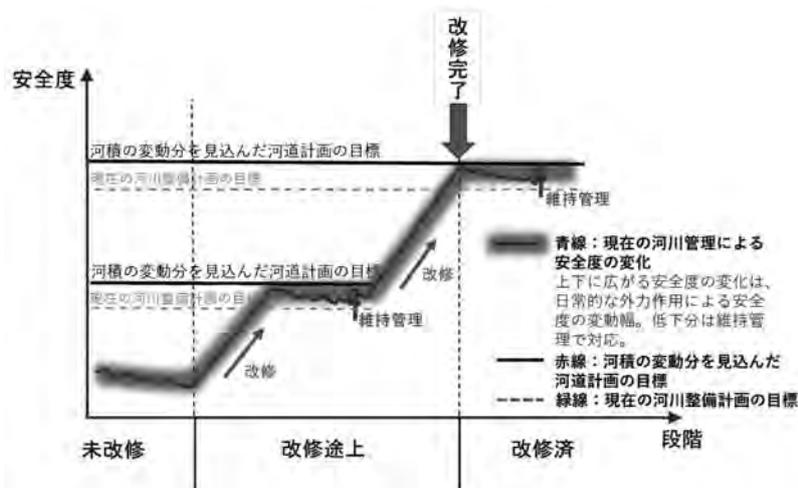
河川断面毎の計算水位は、流下能力の算出結果と実測水位に対する縦断的連続比較が可能になることで精

(2) 河積の変動分を見込んだ河道計画という考え方

河川財団水害研究会の「河川の安全性と河川管理責任を考える」¹⁵⁾では、「河川技術の進歩によって河床変動として生じる現象を、水工学的な手法により定量的に評価することによって、改修済みの河川に生じる



図一七 精度向上に向けたアプローチ



図一八 河積の変動を見込んだ計画のイメージ (参照:「河川の安全性と河川管理責任を考える」(R5年11月 河川財団水害研究会))

河床の変動，すなわち現状では維持管理で対応すべき変動を合理的に見積もることができれば，改修と維持管理を総体としたより効果的な河川管理とすることができるものと考えられる。」としている。

そこには技術的な2つの課題があり，①河床変動計算等の技術を実務に適用できる技術水準の向上と，②上下流の流下能力バランスに生じる変化への対応とされている。

河床変動の影響は，「更正係数が縦断方向に0.8～1.1の変化」しただけで流下能力で約1.3倍の不確実性に相当し，「気候変動で2度気温上昇した場合の河川の流量が約1.2倍」になる影響と比べても無視できないレベルだと考えられる。

この河積変化が，洪水中に下流方向に移動しながら生じることが前述の研究で報告されており，本稿でのドローン技術開発を進め「河積の変動分を見込んだ河道計画の導入」に寄与できるよう研究開発に臨みたいと考えている(図—8)。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について検討委員会 配付資料，社会資本整備審議会，平成25年4月
- 2) 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 配付資料，社会資本整備審議会，平成27年12月
- 3) 河川砂防技術基準調査編，国土交通省 水管理・国土保全局，令和5年10月版
- 4) 土屋修一・川崎将生，データ同化技術を導入した実用的な河川水位予測手法の開発，(一財)土木研究センター，土木技術資料61-9(2019)
- 5) 土屋修一・川崎将生，洪水危険度の見える化に向けた河川縦断水位の把握・予測技術の開発，土木技術資料59-12，2017年
- 6) 橋田隆史・坂元賢司・佐々木智弘・萬矢敦啓・小関博司，無人ボート

搭載型マルチビームソナーによる洪水時の河床波計測について，日本測量調査技術協会，先端測量技術108号

- 7) 末次忠司，河床変動の特性把握と予測に関する研究，国土交通省 国土技術研究会報告，国土技術政策総合研究所 河川研究室，2004年
- 8) 小関博司・萬矢敦啓・工藤 俊・岩見洋一，洪水中の河床高と粗度係数の変化が河川流量の算定に及ぼす影響，土木学会論文集G(環境)，Vol.71, No.5, I_7-I_15, 2015.
- 9) 萬矢敦啓・大平一典・菅野裕也・深見和彦，非接触型電波式流速計を用いた洪水流量自動観測手法の一考察，河川技術論文集，第16巻 2010年6月
- 10) 非接触型流速計測法の手引き(案)，国土交通省 水管理・国土保全局，令和5年3月
- 11) 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課課長補佐，浮子観測データとの整合性の確認の実施方針(案)について，事務連絡，令和5年3月29日
- 12) 福岡達信・水野寛太・柳瀬伸一・西澤諒亮，流量高度化に向けた複数の流量観測手法の観測精度の比較検証，河川技術論文集，第22巻，2016年6月
- 13) 水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会，移動床流れにおける河床形態と粗度，土木学会論文報告集第210号・1973年2月
- 14) ドローンを活用した荷物等配送に関するガイドライン Ver.4.0，国土交通省，2023年3月
- 15) (公財)河川財団水害研究会，河川の安全性と河川管理責任を考える，河川財団，令和5年11月

[筆者紹介]



黒沼 高史(くろぬま ひさし)
(公財)河川財団
河川総合研究所 情報施策推進グループ
主管研究員(当時)



黒田 幸智(くろだ ゆきのり)
(株)ニュージェック
経営戦略本部 DX推進部 DX推進グループ
グループ統括



AI を活用した水系一貫での 最適な水力発電計画策定手法

中瀬 友之・松尾 光徳・大見 智亮

中部電力(株)は水系一貫での水力発電計画の最適化を目的とし、これまで培ってきた発電運用の経験、知識および技術を基に(株) TSUNAGU Community Analytics と共同で開発した AI を活用して発電計画を策定する手法を確立した。今回開発した AI は、(1) 流量予測 AI (2) 最適化計算 AI (3) 過去検索 AI の 3 つであり、これらを搭載する水力発電計画支援システムにより最適な発電計画の策定のみならず、計画策定業務の効率化および技術継承に寄与する。本稿ではこの 3 つの AI と水力発電計画支援システムの全体構成と活用効果について紹介する。

キーワード：水力発電、水系一貫、発電計画、最適化、AI、予測、機械学習

1. はじめに

中部電力(株) (以下、中部電力) は、脱炭素社会の実現に向け様々な取り組みを行っている中で、水力発電においては DX の推進により、今後さらなる増電を目指していく。AI を活用し、ダムへの水の流入量の予測精度を高め、さらなる最適な発電計画で運用していくことが継続した増電につながっていくと考えている。一方で、近年は線状降水帯やゲリラ豪雨が頻発し、国主体で治水・利水を目的にダム運用自体の見直しが各地で検討されており、今後、水力発電にはさらなる運用の柔軟性が強く求められていくことになり、また、太陽光発電等の増加に伴い貯水池や調整池を有する発電所は需要に応じた運用がより重要となっている。

一方で、従来の水系一貫での水力発電計画の策定業務は、ベテラン社員のノウハウに頼ることが多く、当該業務の技術継承も課題となっていた。

これらの課題を解決するため、当社管内で最も複雑な運用を行う飛騨川を対象として、AI ソフトを用いた水系一貫での最適な発電計画を提案する手法の検討に着手し、これを確立した。本技術のシステム化および運用により、発電量と収益増加を見込むことができるだけでなく、効率的かつ今後想定される運用変化にも対応可能な柔軟性をもった発電計画支援体制を構築することができる。現在、システム化の工事期間中であり、2024 年度中の運用開始を予定している。

2. 飛騨川水系の概要

飛騨川は岐阜県を流れる木曾川水系の一級河川であり(図-1 に示す)、水系運用に関連する馬瀬川を含む両水系上に中部電力が 36 箇所のダムおよびえん堤(内、ハイダム 10 箇所)と、22 箇所の発電所を有し、その総出力は 115 万 3 千 kW である。このうち今回、AI を活用して発電計画の提案を行う発電所は 17 箇所で、その年間発電量は約 22 億 kWh であり、当社一般水力全体の約 30% に及ぶ。水系一貫の最適運用は、図-2 に示すとおり飛騨川と馬瀬川を往来する発電

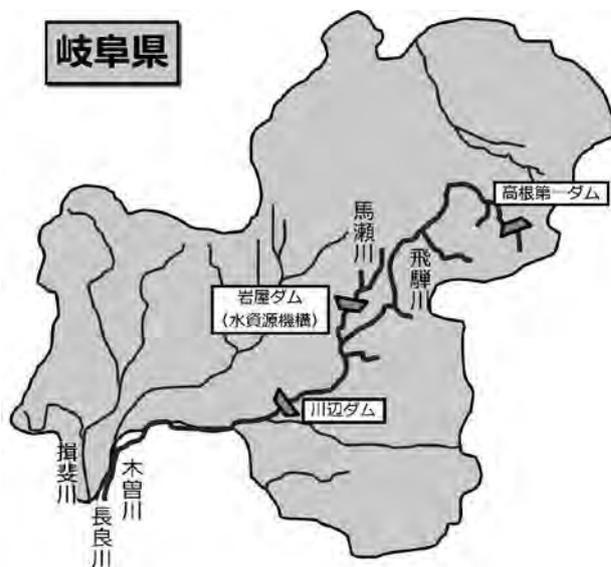


図-1 飛騨川水系の位置図

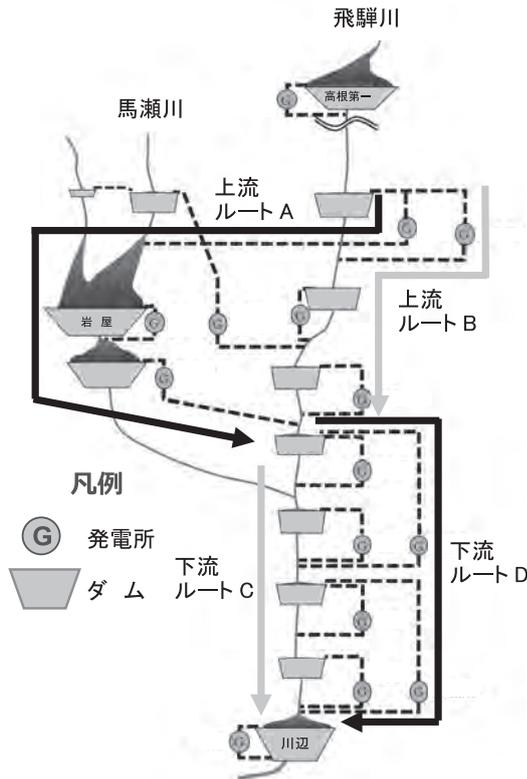


図-2 対象ダムおよび発電所位置図と発電ルート

所の運用と、上流および下流のルート選択の最適な組み合わせにより実現する。

3. 水力発電計画策定支援システムの概要

水力発電計画策定支援システム（以下、本システム）では、図-3に示すとおり、(1) ダムへの流入量を予測する流入量予測 AI、(2) ダムおよび発電所の運

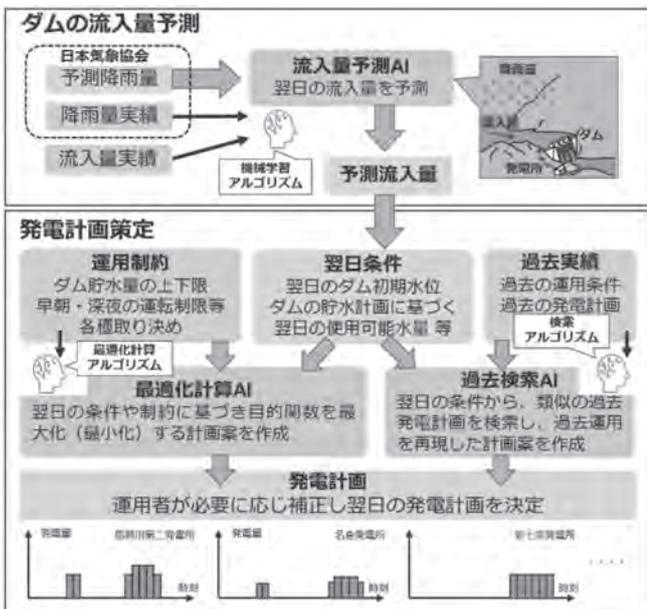


図-3 AIを活用した発電計画策定フロー

用制約を守りつつ3つの目的関数（発電量最大、売電金額最大、溢水量最小）を最適とする発電計画を提案する最適化計算 AI、および (3) 翌日の諸条件に近い過去の日の計画を参照する過去検索 AI、の3つの AI ソフトを活用し、最適な発電計画を策定する支援をすることで増電および増収を目指す。以下に各 AI について説明する。

(1) 流入量予測 AI

発電計画の元データとなる各ダムへの流入量予測の高度化および業務効率化のため、流入量予測 AI（機械学習アルゴリズム）を開発した。流量予測 AI の予測フローを図-4に示す。

予測手法には教師データありの機械学習を採用しており、2019～2022年度の各ダム集水域の降雨実績に基づくデータおよび、流入量実績を学習教材とした。各ダム集水域についてはメッシュサイズ5kmで設定しており（図-5）、降水量の実績および予測値については、設定したメッシュ内の平均値として活用した。

降雨実績は流入量と相関が強い期間として対象時刻の24時間前までのデータも学習している。AIによる流入量予測結果の例を図-6に示す。平水時、洪水時ともに流入量実績について日量および増減を再現することを確認できた。

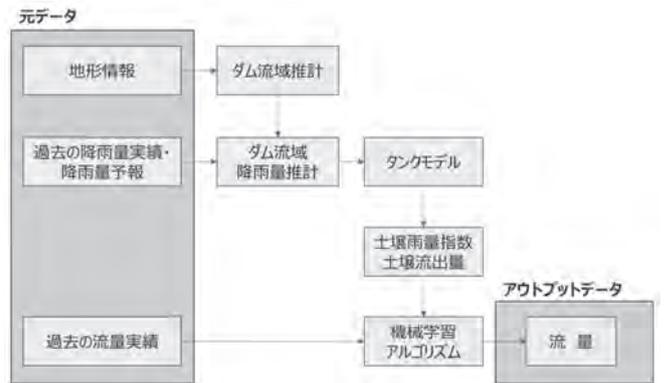


図-4 流量予測 AI の予測フロー

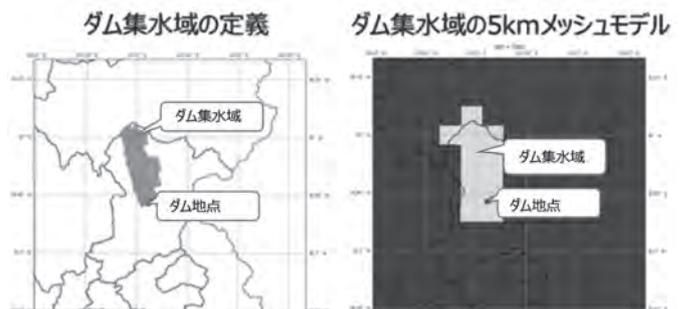
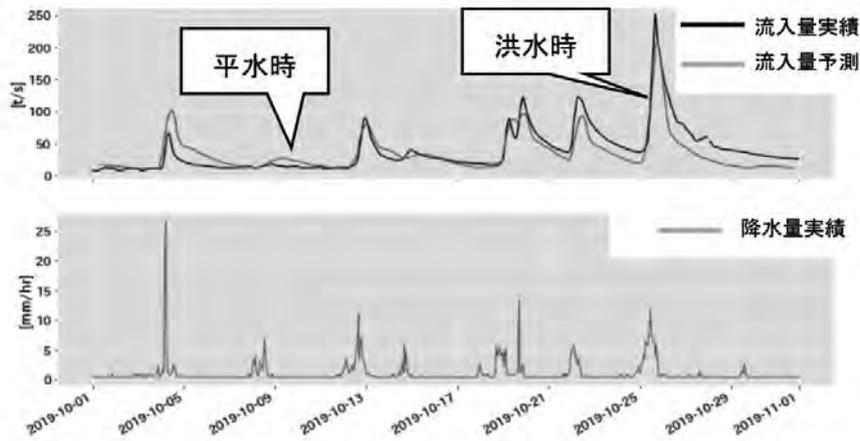


図-5 ダムの集水域の設定方法例



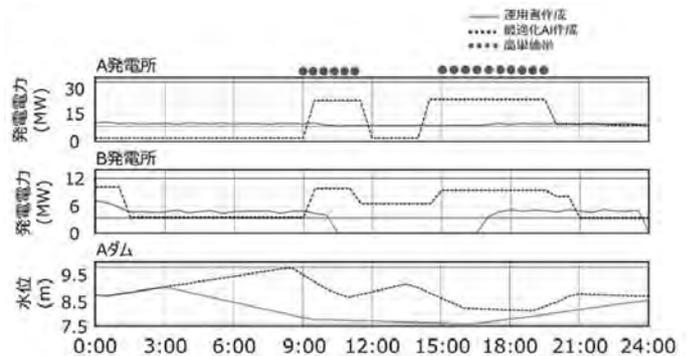
図一六 ダムの流入量予測結果例

(2) 最適化計算 AI

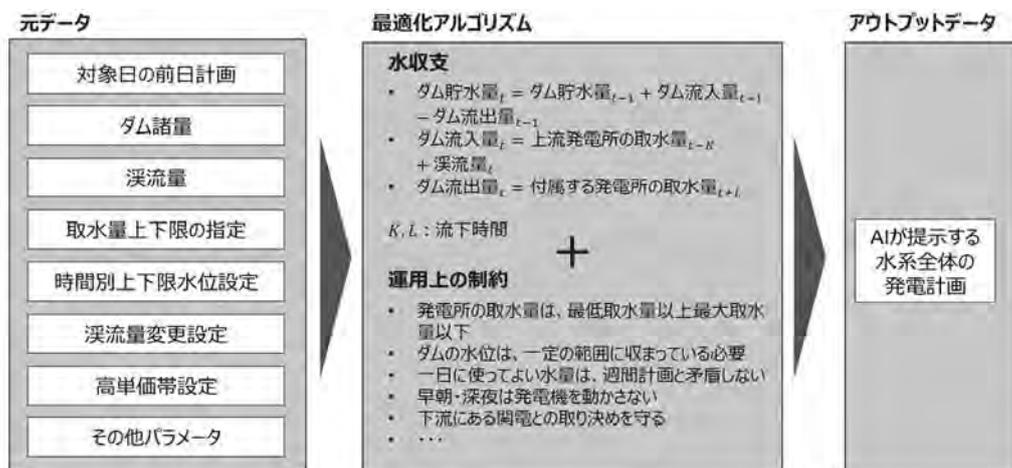
本検討では水系一貫での発電運用の最適化を目的とすることから、増電および増収を対象発電所の合計で評価する必要がある。最適化計算 AI では、関連するダムおよび発電所の関係性を、ダム貯水上限、発電取水上下限、起動時刻制約、流下時間等の運用制約を前提に、ダム貯水量、予想流入量、発電取水量、ゲート放流量等のパラメータを用いてモデル化し、最適化アルゴリズムにより対象発電所総合で前述の3つの目的関数（発電量最大、売電金額最大、溢水量最小）をそれぞれ最適化する発電計画を提案する。図一七に計画提案フローを示す。なお、予想流入量には流入量予測 AI の出力結果を用いる。

図一八に売電金額最大を目的関数として最適化計算 AI が提案した発電計画の例を示す。AI は、図一二に示すルートを選択を検討して水系全体でより発電の効率のよい発電所を優先的に発電する計画とすることや、有効落差を確保して発電機を高効率運転するた

め、ダム水位を高く運用することでより発電量の多い計画とすること、また、売電先が一日のうち特に受電を必要とする時間帯の売電単価を高く設定し、その高単価帯に発電を盛り上げる計画とすること等により、水系全体で売電金最大となる発電計画を提案する。図一八は一例ではあるが、ダムの高水位運用や売電の高単価帯で発電盛上げがされている適切な計画を提案できていることが確認できた。



図一八 最適化計算 AI 提案例



図一七 最適化計算 AI の計画提案フロー

(3) 過去検索 AI

翌日の各ダム水位や、貯水計画に基づく使用可能水量等の諸条件を元に、検索アルゴリズムにより過去に類似の条件であった日を過去データから検索して水系全体の発電計画を提案する AI を開発した。図-9 に過去検索 AI の計画提案フローを示す。

検討の中で、対象発電所すべての条件が類似する日を検索しようとするすると検索精度が下がる（全発電所の条件に近い過去の日が少ない）ことが確認されたため、対象の17発電所を、飛騨川上流の貯水池運用の影響を大きく受ける上流グループと、馬瀬川からの合流が影響する下流グループに分け、それぞれのグループごとに条件が類似する日を検索することとした。その結果、上流と下流の検索結果をそのまま結合しても大きく不整合が生じることなく、参考になる対象日の発電計画の出力数が増加した。図-10 に検索例を示す。上流グループ、下流グループの検索結果の一例であるが、実際の発電実績が検索した過去の発電計画と近い値になっていることが確認できた。

運用者は最適化計算 AI と過去検索 AI の結果を参考に、翌日の発電計画を策定することとなるが、それぞれの AI は提案する計画に特徴が異なる。前者は目的関数の最適化結果を提案するため、例えば発電機の高効率運転を追求し、ダム水位を制約の上限で継続して推移させる等、運用者が運転・管理する上で、必ずしも運転しやすい計画ではなく、実現性が低い計画となる可能性もある。一方で、後者は実際に策定した過去の計画を提案するため、心理的負担も含め運用者が運転しやすく実現性が高い計画となるが、翌日の条件をすべて満たしている計画が提案されるとは限らない。また、例えば需給ニーズの変化に伴う発電時間帯のニーズ変化等、過去に事例がない計画を策定する必要がある場合は適切な計画を検索できないという側面

もある。

これらの各 AI が提案する計画の特徴を踏まえ、運用者は必要に応じて計画に手を加えて売電金額最大等の目的に沿った上で実用的な計画として策定する。

4. 検討成果と今後の展開

本検討では2021年4月より本システム導入の効果検証を行い、水系全体で年間2%程度の増電が期待できることを確認した。また、発電計画の策定に要する時間を従来の4分の1以下に削減し、業務の効率化を実現することに加え、これまでOJTが中心であった若手従業員の教育についても、本システムを用いたシミュレーションにより短期間での技術習得が可能となる見込みである。

さらに、各 AI はそれぞれ適切に維持管理していくことで、より高度化することが期待できる。機械学習アルゴリズムを持つ流入量予測 AI については、予測精度の監視および学習データの更新等により性能維持

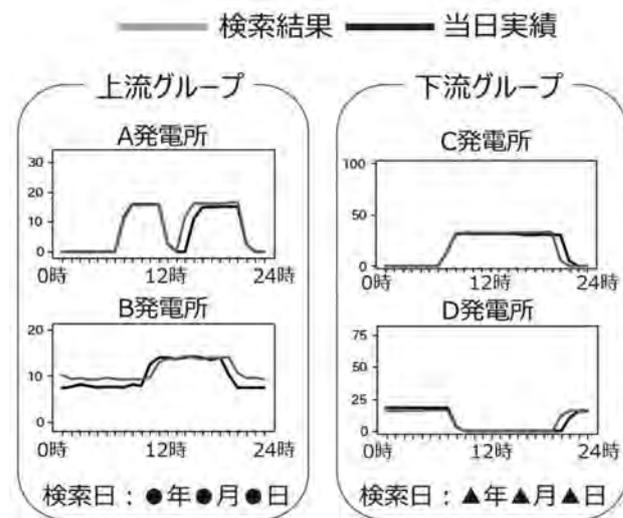


図-10 過去検索 AI の計画提案例

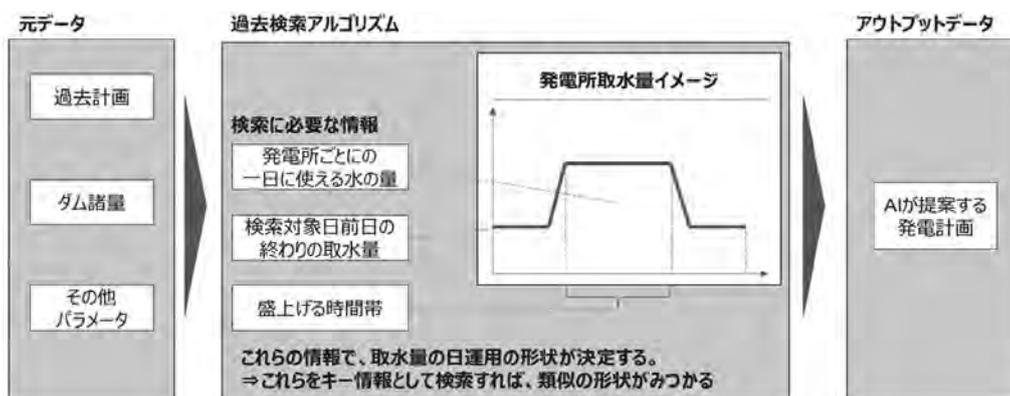


図-9 過去検索 AI の計画提案フロー

および向上を図っていく。一方、再学習ではないが過去検索 AI では検索対象となる発電計画データが蓄積されていくことでより提示する条件に近い検索結果が得られる確率が向上する。また、最適化計算 AI については AI が提案した計画と、運用者が最終決定した計画の差異データを継続的に収集し、実運用を考慮した上での最適計画を AI が提案できるように高度化していくと同時に、より水資源を有効活用していくために必要な制約の見直しや関係箇所への働きかけのきっかけにもしていきたい。

本検討では日単位での最適化を目的としてシステム開発を行ったが、現在、長期雨量予測を用いた週間単位での貯水池運用の高度化による週間発電計画の最適化も検討している。週間単位で貯水池運用の最適化を図ることで、ダム運用での溢水の削減と、より需給ニーズに沿った発電計画の提案が可能となる。

また、当社管内の他水系へも同様の検討を展開中であり、全社でのさらなる水力発電の増電および増収を目指していく。

J|C|M|A

[筆者紹介]

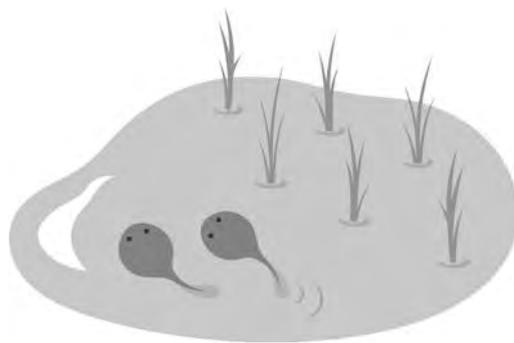
中瀬 友之 (なかせ ともゆき)
中部電力㈱
再生可能エネルギーカンパニー
水力事業部 運用・システムグループ
副長



松尾 光徳 (まつお みつなり)
中部電力㈱
再生可能エネルギーカンパニー
水力事業部 岐阜水力センター 川辺水力制御所
専任主任



大見 智亮 (おおみ ともあき)
㈱TSUNAGU Community Analytics
Data Science Unit
Sub Lead



ずいそう

憧れの北の大地

飯田 宏



思い返せば幼少の頃から北海道に憧れを抱いていた。念願かなって初めて訪れたのは大学2年の夏である。大学のバイク仲間であった3人で敦賀からフェリーに乗った。当時は片道30時間程の航海だったと記憶している。早朝の小樽に上陸し、すぐに札幌に移動、テントなどの装備補充を行った。約1週間の旅程で、巡るルートを決めていたわけではないが、とりあえず最北端の宗谷岬を目指した。既に30年以上経つが、当時のことをよく覚えている。一泊目は旭川手前のキャンプ場で地元の方とお酒を飲みながら夜更けまで語り、翌日はノシャップ岬を経由し、宗谷のライダーハウスに泊まった。最北までたどり着いたので、次の目標を網走とした。しかし、北上する時はひたすらまっすぐの一本道でも楽しかったのだが、南下し始めるとさすがに飽きてきた。景色が変わらないのにしびれを切り、途中で山道に入るといふ、気ままな旅である。3人ともトレールと呼ばれるオフロードバイクに乗っていたため、未舗装の林道を辿りながらの移動はスリルもあり、心踊らされた。3台いると、さながらラリーのような感じになる。阿寒湖・摩周湖・屈斜路湖に立ち寄り、近くの林道を登った時で雲海の上に出た素晴らしい景色が最も記憶に残っている。3人で写真を撮りまくった。その後、東の端に位置する納沙布岬までたどり着いたあたりで、帰りのフェリーの時間を思い出すという計画性のなさである。そこから小樽までは一気に走り切り、何とか帰りのフェリーに間に合った



写真-1 林道での愛車（トレール）

と記憶している。初北海道はただひたすら走っただけなのだが、バイク乗りの聖地として、申し分のない良い思い出となった。

2度目は、大学の級友との卒業スキー旅行で訪れたニセコであった。それまでは関西近郊のゲレンデがメインであった自分たちには、極上の雪がスキーの腕前を磨き上げてくれたと感じた。朝からナイターが終わるまで、ニセコのゲレンデを堪能しつくした。ただ、内地に戻ってみると腕前はあまり変わっていなかった。雪が全てを美化していたのである。

3度目に訪れたのは、会社に入った2年目の盆休みであった。学生時代と違い、盆休み限定ではフェリーの手配は難しく、予約できなかったため、とりあえず陸路で青森港に向かった。相変わらず計画性がない。青森港で予想を超える1日半の足止めを食らうことになる。函館への上陸までは大学時代のバイク仲間と2人であったが、そこからソロツーリングになった。確か相方は道北に行きたいが、私は前に行けなかった南方に行きたかったので、バラバラになったと記憶している。喧嘩をしたわけではない。北海道ではソロツーリングをしていると同じようなライダーと信号に捕まるたびにどちらともなく言葉を交わし始め、そのうち意気投合し、一緒に宿泊先を探すことに発展することもある。変な縁が生まれる。これも北海道ならではの感じる。しかし、ソロツーリングも悪くはないが、仲間がいた方が更に楽しいのでは？と感じ始める。最終日前日に函館で相方と合流し、近所で買いたいかをあてにお互いの道程を語りながら酒盛りした。帰りのフェリーは函館に着いた直後に予約をしたので、無事に乗船できた。今思えば変な旅である。

4度目は長期出張で札幌に半年程度住むこととなった。3度目に北海道を旅した数週間後であった。そのまま滞在しても良かったのではないかと考えたものである。この時は北海道の冬を越したが、バイクでもスキーでもなく、変わってスノーボードに明け暮れ、スノーボードが結構上達した。週末、暇なので1人でスキー場に行くことが多かったが、ふかふかのパウダースノーは1人で滑っていても寂しさを感じなかった。ニセコスキー場がホームゲレンデとなり、雪道の運転

も楽しめるようになっていた。雪まつりの時期には大通り公園で作られていた雪像の進捗を確認しながら現場まで通っていた。まつりが終わるとすぐさま雪像がバックホウで雪の破片にされていくのを見て、祭りのあとの寂しさをしみじみ感じた。北海道での工事も竣工を迎え、雪が解け始めた春先に後ろ髪を引かれるのを感じながら内地に戻った。

その後は行ったり来たりを繰り返し、そのうち、札幌にある豊平館（重要文化財）で式を挙げていた。その年末には旭岳をスノーボードで走破する計画を埼玉の友人と立てたのだが、直前に同行予定の友人がけがをしたため、1人で挑むこととなった。災難は続くもので、当日、ロープウェイが運休となり、駅で待っていた10数名の人たちと自力での「登り」に変更した。一人また一人と離脱され、視界が開けた山の中腹までたどり着いた頃には数名になっていた。寒さは感じなかったが、腕時計の温度計が計測不能になっていた。後で調べると-10℃を下回ると計測できないことが分かった。やはり、相当気温が低かったのである。結構な時間をかけた登りで疲れも感じ始めたことから、板を付けて戻る（降りる）ことにした。滑るというより落ちるという感じの滑走はあっという間に終わってしまった。膝から腰くらいまである新雪で、止まると埋もれてしまうため、休憩することができなかつたためである。翌日も天候が悪く、諦めて第2の故郷となった札幌に帰った。ここまで思い起こしてみると、北海



写真—2 タウシュベツ川橋梁

道限定であるが、20代までは無茶苦茶な旅ばかりしていたことに気付く。

以前、糠平湖のタウシュベツ川橋梁について原稿をお願いしたことがある。仕事柄、気になる構造物であり、現地を訪れたこともあったことからお願いをした。その他にも北海道での思い出は数多くあるが、毎年1～2度は訪れる北の大地への憧れは、今も継続中である。ほぼ全域を訪ねているのであるが、北海道の離島をはじめ、行きたいところは尽きない。ただ、初めて訪れた際に感動した雲海の上で撮りまくっていた写真は、記憶にある景色ではなかった。心に残る景色は意外と写真には残せないをつくづく思う。

—いida ひろし (株)ドラムエンジニアリング
エンジニアリング事業部 技術グループ 部長—

ずいそう

ギャンブラーの誤謬

高津 知 司



「ギャンブラーの誤謬（ごびゅう）」という言葉をご存じだろうか？また、「確率 1/100 の籤（くじ）を 100 回試すと必ず当たる」のようなことを耳にしたことはないだろうか？これが、「ギャンブラーの誤謬」の一つと言われている。「確率 1/100…必ず当たる」は感覚的には正しそうだが、これが誤謬の例なら誤っているのだろうか？気になるので、これをネタに少し遊んでみたい。

「確率 1/100」と確率が使われているので、確率論（と言っても高校数学の範囲であるが）を使って遊んでみる。まずは、「確率 1/100…必ず当たる」を数学問題風に変換すると、「確率 1/n の籤を n 回試すとき、当たりが 1 回以上出る確率 $P(n)$ を求めよ」となる。 $P(n)$ は 1 から「1 回も当たりが出ない確率」を引くと求まるので、

$$P(n) = 1 - \left(1 - \frac{1}{n}\right)^n \quad (n = 2, 3, \dots)$$

となる。この $P(n)$ の概略を n に適当な数を代入して把握してみる。まず、 $n=2$ 、 $n=3$ および $n=5$ の場合、 $P(n)$ はそれぞれ

$$P(2) = 1 - \left(1 - \frac{1}{2}\right)^2 = 0.75$$

$$P(3) = 1 - \left(1 - \frac{1}{3}\right)^3 \cong 0.704$$

$$P(5) = 1 - \left(1 - \frac{1}{5}\right)^5 \cong 0.672$$

となる。さらに、 $n=10$ 、100、1,000 および 10,000 と n を大きくすると、 $P(n)$ はそれぞれ

$$P(10) = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^{10} \cong 0.651$$

$$P(100) = 1 - \left(1 - \frac{1}{100}\right)^{100} \cong 0.634$$

$$P(1000) = 1 - \left(1 - \frac{1}{1000}\right)^{1000} \cong 0.632$$

$$P(10000) = 1 - \left(1 - \frac{1}{10000}\right)^{10000} \cong 0.632$$

となる。これらをグラフ化すると、図-1 のように

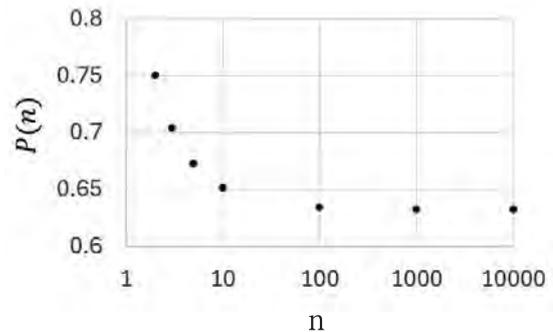


図-1 n と $P(n)$ との関係

なる。どうやら、 $P(n)$ は n が大きくなると 0.632 付近に収束しそうだ。 $n \rightarrow \infty$ の極限を計算して、これを確認してみよう。ネイピア数 $e=2.718\dots$ を用いると

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{n}\right)^n \right\} = 1 - e^{-1} \cong 0.632$$

と計算でき、 n が大きくなると $P(n)$ は 0.632 付近に収束することが確認できた。ここまでの紙とペンでの遊びを踏まえて、次のような仮説を立ててみる。

【仮説】

確率 1/n の籤を n 回試すとき、当たりが 1 回以上出る確率を $P(n)$ とすると、

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(n) = 1 - e^{-1} \cong 0.632$$

が成り立つ。

次に、この仮説が正しいかを検証する。手軽なので、クラウドサービスの Google Colaboratory（無償版）を利用して模擬実験を試みる。さらに、「面白半分」で ChatGPT（無償版）を用いて模擬実験に使用する Python コードの生成も試みる。ChatGPT で生成したコードによる模擬実験の結果を図-2 に示す。比較と確認のために、筆者が書いた（自作）コードによる模擬実験の結果を図-3 に示す。すべてを一覧するために、概略把握のための計算値と模擬実験の結果を表-1 に示す。これらにより、仮説は検証されてより確かなものになったようだ。ChatGPT が生成するコードは実用に耐えたので、コードを出力する仕組みは「さっぱりわからない」が、ChatGPT は「良く出

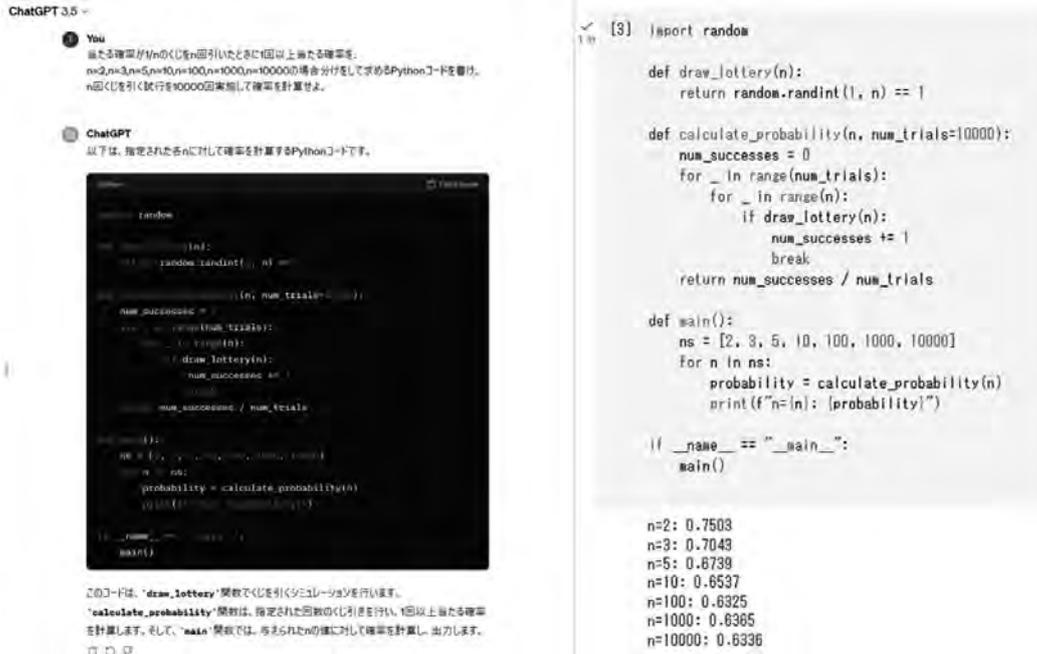


図-2 ChatGPT の出力コードでの模擬実験結果



図-3 自作コードでの模擬実験結果

表-1 計算値と模擬実験結果の比較

n	計算値 (仮説)	模擬実験結果	
		ChatGPT	自作
2	0.75	0.750	0.754
3	0.704	0.704	0.700
5	0.672	0.674	0.679
10	0.651	0.654	0.658
100	0.634	0.633	0.631
1,000	0.632	0.637	0.630
10,000	0.632	0.634	0.637

来た玩具」として使えそうだ。

以上を踏まえて、「確率 1/100…必ず当たる」の真偽を考えよう。結論としては、「確率 1/100 の籤を 100 回試して当たりが 1 回以上出る確率は約 0.63 である」または「確率 1/100 の籤を 100 回試して 1 回も当たらない確率は約 0.37 である」と改めたほうが良さそうだ。厳密なことは紙幅の都合で割愛したが、今回の例を参考に「気になる事」をネタに遊んでみては如何だろうか？ ChatGPT という「良く出来た玩具」も Google Colaboratory という「Python 実行環境」も手軽・無償で使えるので、遊びのための環境は十分に整備されていると思う。

注) この「ずいそう」は「筆者の『遊び』」の紹介であり、ここに掲載した内容の使用は「完全自己責任」でお願いする。

—たかつ ともじ

(株)東京建設コンサルタント 特任執行役員 技師長—

部 会 報 告

令和5年度若手現場見学会 横浜環状南線桂台トンネル工事

建設業部会

1. はじめに

建設業部会の機電技術者交流企画WGでは、令和5年度若手現場見学会を令和6年3月19日に、「横浜環状南線桂台トンネル工事」内において実施した。

参加者は事務局を含め29名であった。

2. 工事概要

横浜環状南線は、横浜の市街地から約10～15kmに位置する「横浜環状道路」の一部であり、横浜中心部の交通混雑の緩和を図るとともに、横浜市郊外間の連絡を容易にし、市の一体化を目的に計画された自動車専用道路である。

また、圏央道の一部にもなっている。

桂台トンネル工事は、横浜環状南線（全長約8.9km）のうち、釜利谷JCTから公田IC（仮称）間（約1.9km）の土木工事を行うものである。

工 事 名：横浜環状南線 桂台トンネル工事

発 注 者：東日本高速道路(株)

施 工 者：大成建設(株)・(株)フジタ・(株)銭高組

特定建設工事共同企業体

工事場所：自) 横浜市金沢区釜利谷

至) 横浜市栄区桂台西

3. 現場見学

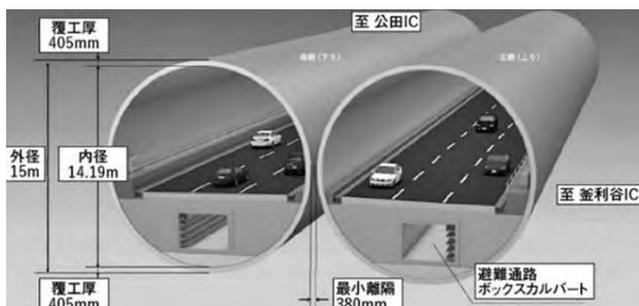
現場見学にあたり、インフォメーションセンターで工事概要説明を受けた。

VRでの概要説明は、写真や図面では伝わらない施工状況を実際の現場にいる感覚で知ることができ、先進的な印象を受けた（写真—1）。

現場見学は、大断面シールドの隣合うトンネルとの超近接施工及び、回転立坑での土砂搬送ベルトコンベアの捻転状況、土砂ピットまでの掘削土砂搬送を中心に行われた。



写真—1 VRによる概要説明状況



図—1 トンネル概要説明図

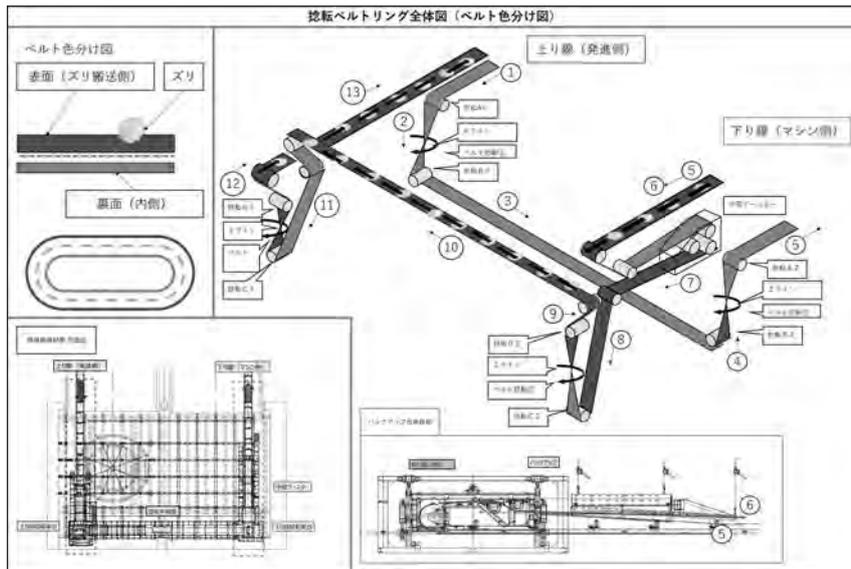
(1) 大断面シールドの超近接施工

国内最大級の外径15.0mのトンネルを住宅地に挟まれた限られた敷地内で上下線の2本を施工しなければならない、その最小離隔は380mmとなる。シールドマシン通過時はさらに離隔が減少するため、施工難度が高く精度の求められるものと感じた（図—1）。

また、トンネル直上の道路は、渋滞緩和や事故防止のため一般道と工事関係車両専用道路が分けられており、近隣住民への配慮がなされていた。

(2) 土砂搬送ベルトコンベア

現在は、上り線の掘削施工は終了しており、下り線の掘削施工中である。そのため、土砂搬送の経路は下り線から、上り線のこれまで使用していたコンベアの経路を180°向きを変える必要がある。回転立坑と呼ばれる上り線の到達と下り線の発進箇所となる立坑でべ



図一 回転立坑ベルトコンベア捻転部説明図



写真一 2 回転立坑内状況

ベルトコンベアの捻転や長距離の搬送は、蛇行の進行やメンテナンスの難易度が懸念されるが、難なく排土出来ている状況を見て、職員や担当業者の苦勞の賜物だと感じた。

4. おわりに

今回の現場見学で得た知識や技術を、今後の私の業務に役立たせたいと考えます。

大変お忙しい中、見学会にご協力いただきました、大成建設(株)・(株)フジタ・(株)銭高組特定建設工事共同企業体の皆様には、厚く御礼申し上げます。



写真一 3 土砂ピット状況

ルトコンベアのベルトを複雑な経路をたどり捻転させてスムーズに土砂搬送が行われていた (図一 2, 写真一 2)。

その後、釜利谷 JCT 内の土砂ピットへ見学場所を移し改質機を使用してダンプへ積み込める状態となった土砂の状況を確認した (写真一 3)。



写真一 4 集合写真

[筆者紹介]
林 孝作 (はやし こうさく)
大豊建設(株)
東京土木支店 機電課

部 会 報 告

三和エネルギー(株) 新狭山バイオプラント見学会 報告

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会

1. はじめに

JCMA 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会では、これまで年間行事として現場見学、工場見学を実施してきた。ここ数年はコロナ禍ということもあり開催を見送っていたが2022年度より再開した。再開後2回目となる今回は、3月6日に三和エネルギー(株)様の新狭山バイオプラントを総勢30名で見学させて頂いた。

2. 三和エネルギー(株) 新狭山バイオプラント

同プラントは西武鉄道新宿線の新狭山駅から徒歩10分弱の場所に位置しており、2024年2月9日に開所した新しいバイオプラントである。植物性の廃食油からバイオ燃料を製造する施設であり、敷地面積は約2,300m²でデリバリーセンターも併設している(写真-2)。

3. プラント見学

プラント建屋の中で、原料となる廃食油からバイオ燃料製造までの工程をご説明頂いた。製造されるまでの流れを以下に簡単に示す。

建屋内に備えられた廃食油用大型タンク、タンク間に設置されたプレスフィルターにより、原料となる廃食油内の不純物や水分が取り除かれる。なお20kLの大型タンクを採用することにより、廃食油を十分に受け入れることが可能となり、品質の均一化が図れるとのこと(写真-3)。

不純物が取り除かれた廃食油は、薬品と反応しやすい約40℃まで加温された後、薬品を投入・攪拌される。これにより化学反応が起こり脂肪酸メチルエステル(バイオ燃料の主成分。以下FAME)が生成される。生成されたFAMEは純度が低いので、不純物を取り除くためにタンク内で静置され、グリセリンと分離された後、水洗いされる。なおここで排出されるグリセリンはボイラー燃料として使用されたり、洗剤として再利用されるとのこと。水洗いされたFAMEは95℃まで加熱・脱水された後、40℃まで冷やされ蒸留工程



写真-1 集合写真(プラント入口にて)

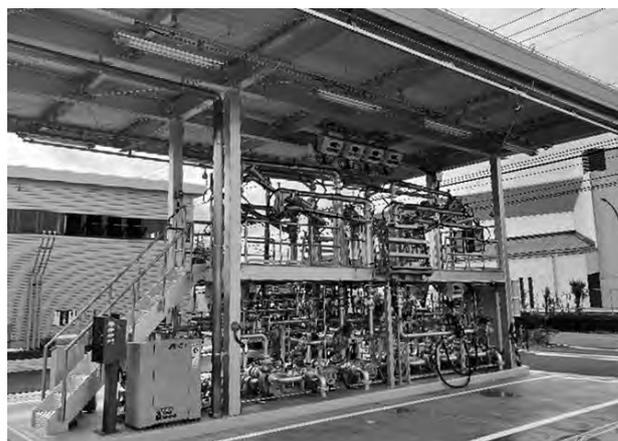


写真-2 デリバリーセンター(左奥建物がプラント)



写真-3 一次、二次タンクとプレスフィルター

へ進む。

建屋内には6基の蒸留器が設置されており、最大、純度99%のバイオ燃料へ精製される。なお蒸留作業で排出される蒸留残渣は、ボイラー燃料としての活用を目指し実証実験が行われているとのこと（写真—4）。

蒸留作業により精製された高純度のバイオ燃料は、



写真—4 高純度蒸留器



写真—5 軽油、重油との混合用設備



写真—6 事務所内での質疑応答

静電気をういたクリーナーにより酸化生成物を取り除かれ、B100（バイオ燃料100%）として完成する。

同プラントでは軽油にB100を5%混合したB5、軽油に30%混合したB30、A重油と混合したバイオA重油を製造している。B5は軽油の規格を満たしているため、すべての扱いが軽油同等となる。それ以外のB30、B100については、税制上の理由からユーザ側で軽油と混合することが出来ないため、燃料タンク内の軽油を全て抜いた状態で給油する必要がある。また公道走行について2024年3月現在では、使用燃料に応じた手続きが必要になるとのこと（写真—5）。

廃食油には動物性のもの、植物性のものなど様々あるが、バイオ燃料として安定した品質を確保するため、原料となる廃食油には基準を満たした高品質の植物性廃食油のみ使用しているとのことだった。

バイオ燃料の需要は多く、同プラントでは主にB5が製造され、建築関係、工場、トラックなど運送関係、近年ではバイオA重油が、船舶、ボイラー関係で使用されることも増えてきているとのこと。

4. 見学所感

参加者からは非常に多くの質問が出され、バイオ燃料に対する関心の高さを伺うことができた。またそれぞれの質問に対し分かりやすくご説明頂けたこともあり、バイオ燃料に対する知識を深めることができた（写真—6）。

限られた時間の中での見学会であったが、普段立ち入ることができないプラント内で最新設備を見学し、貴重なお話を伺うことができ、大変有意義な時間を過ごすことができた。

5. おわりに

最後に三和エネルギー(株)様には、当委員会による見学会を快く受け入れて頂き、最新の製造設備をご紹介頂きましたことに心より感謝し、厚く御礼を申し上げます。

【筆者紹介】

平藤 雅也（へいとう まさや）
鹿島道路(株)
技術開発本部 技術開発総合センター
機械部 開発設計課
機械課長
（一社）日本建設機械施工協会
機械部会 路盤・舗装機械技術委員会
委員



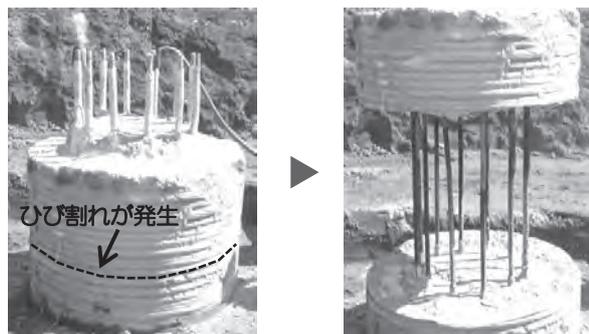
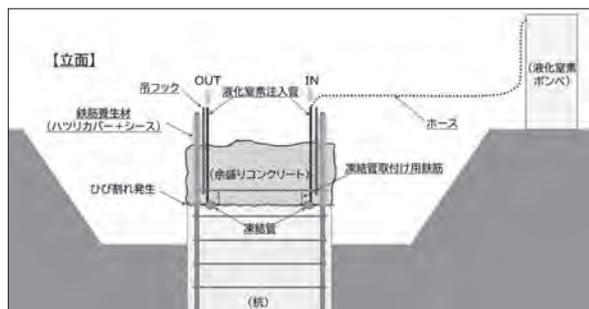
新工法紹介 機関誌編集委員会

02-155	凍結杭頭処理工法 「しずかちゃん [®] 」	戸田建設 精研
--------	------------------------------------	------------

▶ 概 要

場所打ち杭における余盛部分は撤去する必要があるが、一般的にはハンドブレイカーによる解体が行われている。解体作業時に騒音や振動、粉塵が多く発生し、近隣への影響が問題となる場合がある。

図一1に凍結杭頭処理工法「しずかちゃん[®]」(以下、本工法)の概要を示す。本工法は、水の凍結膨張圧を利用して杭頭部に水平方向に制御されたひび割れを発生させ、余盛コンクリートを砕ることなく撤去可能な杭頭処理工法である。表一1に従来工法との比較表を示す。従来工法と比べて大幅に砕り作業を低減することで、課題である騒音、振動、粉塵の発生を大幅に減少させる杭頭処理工法である。図一2に本工法の施工手順を示す。本工法は、新たに開発した専用の凍結管を、杭のコンクリート打設前(鉄筋かご建て込み時)にあらかじめ設置しておき、所定のコンクリート養生期間後に、凍結管内に封入してある水を液化窒素で一気に凍結させることで、凍結管の設置面にひび割れを発生させ余盛部と杭本体の縁を切り、最後に揚重機で引き抜くことで杭頭処理を行う。液化窒素を流しはじめてからひび割れが発生するまでに要する時間は10分程度である。詳細は工法ホームページをご確認頂きたい。



図一1 本工法の概要

表一1 従来工法との比較表

	本工法	ハンドブレイカー工法
施工状況		
騒音・振動 粉塵の抑制	◎	×
施工効率	6本/班・日	1本/班・日



図一2 本工法の施工手順

▶ 特 徴

- ①水の凍結膨張率(約9%)を利用したシンプルな技術で、凍結作業は、不燃性で安全性に優れた液化窒素を使用した技術である。
- ②扁平形状に加工した凍結管により、ひび割れを水平方向に制御可能。
- ③杭頭処理時の騒音、振動、粉塵が大幅減少する工法。
- ④全国どこでも施工可能。(離島は除く)
- ⑤すべての場所打ち工法に利用可能。(適用実績は、最大杭径2,600mm)
- ⑥コンクリート強度90N/mm²まで破砕実績あり。
- ⑦NETIS(QS-210033-A), NeTIDa(2022006)登録技術。

▶ 用 途

・場所打ち杭工法の杭頭処理工事

▶ 実 績

- ・国交省発注工事(土木工事)
- ・都立高校工事
- ・県立図書館新築工事
- ・県立救急災害医療センター
- ・県防災拠点庁舎建設工事
- ・警察署建設工事
- ・大学実験研究棟新営工事
- ・事務所ビル新築工事
- ・製薬物流倉庫建設工事
- ・再開発事業
- ・研修センター新築工事
- ・共同住宅

計21物件 杭720本(2023年11月現在)の実績
建物用途にかかわらず採用可能

▶ 問 合 せ 先

(株)精研 凍結本部 営業部 営業課
〒112-0002 東京都文京区小石川1-15-17
TEL: 03-5689-2356(代表)



しずかちゃん[®]HP

新工法紹介

04-464	バッチャープラントの 骨材残量見える化技術 『BP-Tracker』	西松建設 ジオマシンE フューチャー アイリス MODE
--------	--	--

概要

山岳トンネル工事において、吹付コンクリートは重要な支持部材であり、使用するコンクリートは通常、現場に設置したバッチャープラントで昼夜を問わず製造されている。コンクリートの材料である細骨材や粗骨材、セメント、フライアッシュなどは、過不足が無いように適宜、現場技術者が日々の作業中に現地で残量を確認し、注文・補充している。しかし、時折、技術者の確認不足や経験不足からくる進行判断のミスにより、注文手続きが遅れて補充不足が発生することがある。このような状況が夜勤時に発生すると、吹付コンクリートの製造が滞り、トンネル掘削作業の一時中断や、切羽崩落等に対する応急処置が難しくなるなどの問題が生じる。

さらに、注文を過剰にしてしまった場合には、骨材ビンが一杯になり搬入できずに持ち帰りとなってしまう事態も考えられる。このため、トンネル工事全体の進捗状況を把握し、材料の残量を適切に管理するために、現場技術者は絶えずトンネルサイクルの確認や現地でのコンクリート材料の確認・材料の注文などに時間と労力を取られてしまう課題があった。このような背景から、バッチャープラントの骨材残量の見える化技術『BP-Tracker』を開発した。

特徴

バッチャープラントの骨材残量見える化技術『BP-Tracker』は、コンクリートの材料である細骨材や粗骨材のストックされている骨材ビンの残量をリアルタイムに計測（図-1）し、管理画面（図-2）に表示するとともに専用クラウドに残量データをアップロードする。クラウドとビジネスチャットアプリとのAPI連携により、現場技術者、作業員、骨材搬入業者などはいつでも、どこからでも骨材残量を確認することができるため、バッチャープラントの材料管理作業の省人化、効率化を図ることが可能となる。

骨材残量の計測にはLiDARを使用しており、LiDARで取得した骨材ビンの残量の形状から体積を算出している。計測は24時間、365日リアルタイムに稼働しており、計測誤差3%以内で残量を数値化することで、確実な材料管理が可能となる。

また、クラウドとチャットアプリとのAPI連携では特定のコマンドを入力するとチャットアプリ上に配置したチャットボットが現在の骨材残量のデータを専用クラウドから呼び出し

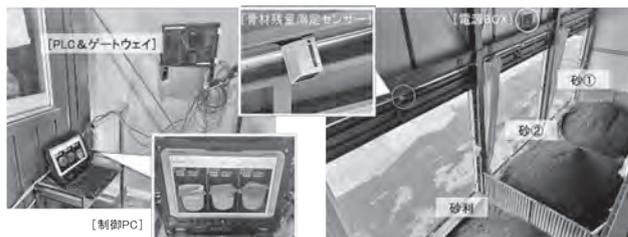


図-1 『BP-Tracker』プラント設置状況

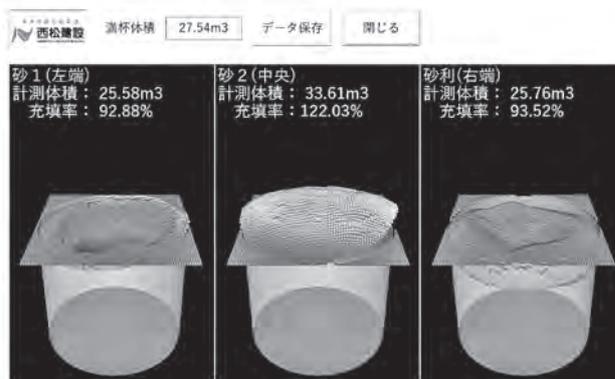


図-2 リアルタイム計測管理画面

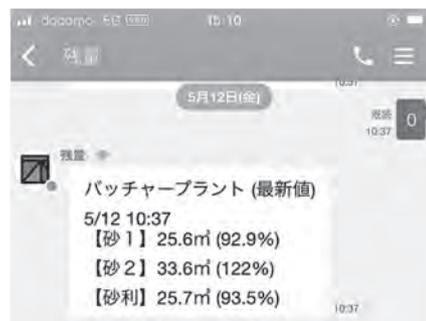


図-3 チャットボットによる回答例

て、回答する（図-3）。また、事前に任意の時間にチャットボットが通知してくれる設定も可能であり、たとえば作業前や作業終了時にバッチャープラントの骨材残量を通知してくれることで、現地に行って直接確認しなくても骨材の注文過多や注文忘れを未然に防ぐことが可能となる。

用途

・バッチャープラントの材料管理

実績

・四国地方整備局発注 窪川佐賀道路不破原トンネル工事

問合せ先

西松建設(株) 技術研究所

〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-1

TEL：03-3502-0247

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈16〉 高所作業車, エレベータ, リフトアップ工法, 横引き工法および新建築生産システム

23-〈16〉-03	アイチコーポレーション 軌陸両用高所作業車 スカイマスター LK12C1FN	'23.5 発売 新機種
------------	--	-----------------

鉄道設備の保守・点検作業, 工事の効率化に貢献する軌陸両用高所作業車である。

安全・快適・効率をコンセプトに開発された商品で, 車両総重量7.5t未満の実現により準中型自動車免許で運転可能である。より多くの人々が運転出来る為, 現場作業効率化に貢献する。

ブーム軽量化により, 全周同一の作業範囲を確保した。特に, 使用頻度の高い側方領域のアプローチエリアを拡大することで, 作業効率向上に寄与する。

転車板格納アシスト装置を標準装備しており, スイッチ操作により転車板の向きが調整可能である。車両下部を確認しながらの位置調整が不要となるため, 挟まれ/巻き込まれリスク低減と退線作業時間の短縮を両立する。



写真—1 アイチコーポレーション スカイマスター LK12C1FN 軌陸両用高所作業車

表—1 スカイマスター LK12C1FN の主な仕様

作業床最大地上高	(m)	12.1
最大作業半径	(m)	10.1
車両最大積載重量	(kg)	200 (ウインチ仕様の場合, 150)
価格	(百万円)	67.1 (消費税込。オプション価格を含んでいません)

問合せ先: (株)アイチコーポレーション 経営企画部

〒362-8550 埼玉県上尾市大字領家字山下1152番地の10

23-〈16〉-05	タダノ 軌道陸上兼用車 AT-150DW	'23.10 発売 新機種
------------	----------------------------	------------------

鉄道内にある設備のメンテナンスに使用する15mバケット型軌道兼用車である。

旋回デッキ型軌道兼用車では, 鉄道現場内に張り巡らされている各線の間をすり抜けることが困難であるため, 鉄道電気工事業者やレンタル業者からバケットタイプの軌道陸上兼用車のニーズが高まっており開発に至った。

表—2 AT-150DW の主な仕様

最大地上高	(m)	15.1
最大作業半径	(m)	13.5
積載荷重	(kg) または (名)	200 または 2
軌道走行速度	(勾配 0/1,000) (km/h)	45
軌道走行時登坂能力		勾配 50/1,000
軌道走行時最小通過曲線	(m)	R=100
軌道走行時停止時車体安定	(mm)	カント 160
鉄輪駆動方式		2輪駆動・4輪駆動 走行モード選択式
絶縁	(MΩ)/(V)	1/500 以上
全長	(mm)	6,515
全幅	(mm)	2,200
全高	(mm)	3,385
車両重量	(kg)	7,665
最大積載量	(kg)	100
価格	(百万円)	42.3

新機種紹介

車両総重量8t未満のコンパクト化・4輪駆動による登坂能力の向上により現場への移動を効率的に行える。アウトリガ張出性能に加え、揺動ロック機構によるオンレール作業性能・前オンレール+後アウトリガ性能を実装し、多様なスタイルによる作業を可能とした。また、各性能においてカント上では自動でカント別、かつ山側/谷側性能を自動で切り替えることが可能である。

過負荷防止装置、干渉防止装置、車幅飛出し規制装置パーキングブレーキ警報装置、PTO切り忘れ警報装置、軌陸装置未格納警報装置、ジャッキインタロック装置、ブームインタロック装置を装備し安全性の向上を図っている。



写真-2 タダノ AT-150DW 軌道陸上兼用車

問合せ先：(株)タダノ

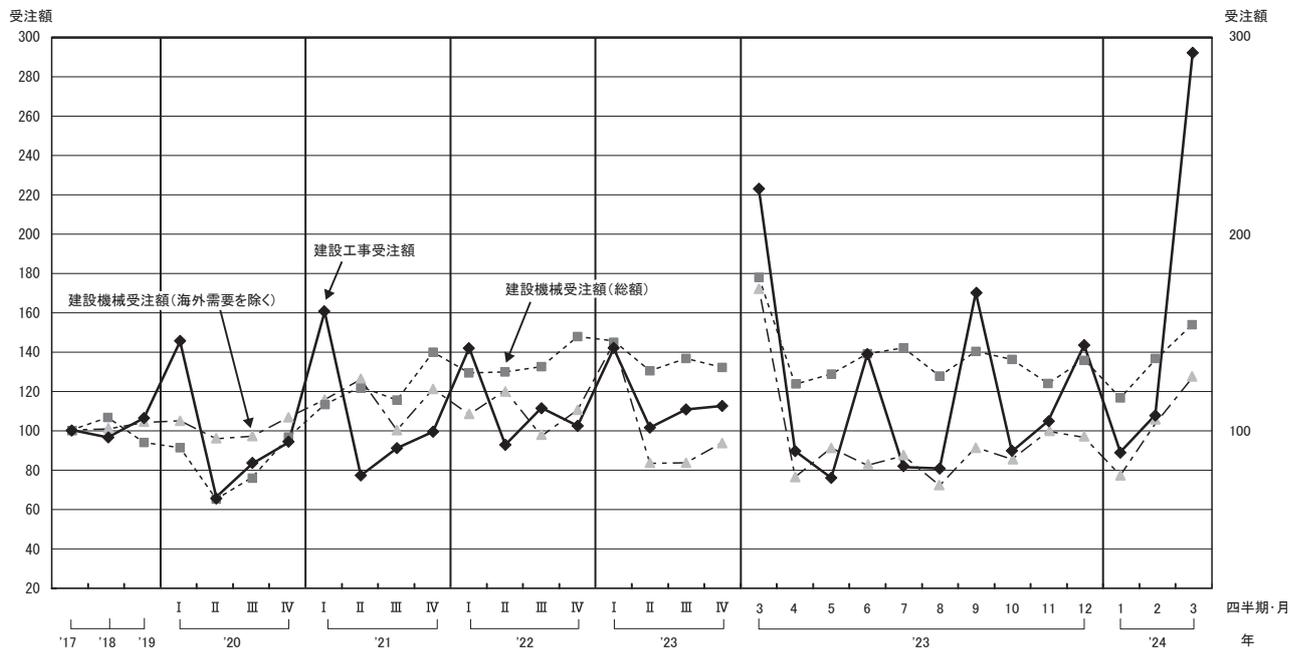
〒761-01875 香川県高松市新田町甲 34 番地



統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2017年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2017年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021 年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2022 年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2023 年	172,094	121,790	31,098	90,690	40,060	5,360	4,883	117,929	54,164	217,576	161,186
2023 年 3 月	27,481	18,606	4,053	14,553	7,409	674	791	17,187	10,294	214,894	21,223
4 月	10,993	8,354	2,034	6,320	2,003	528	107	7,807	3,186	215,556	9,294
5 月	9,304	6,854	1,807	5,047	1,772	345	332	6,125	3,179	214,435	10,569
6 月	17,100	12,062	2,801	9,260	3,457	506	1,075	11,401	5,699	215,220	16,006
7 月	9,973	5,877	1,269	4,607	3,360	429	308	5,401	4,572	214,911	9,995
8 月	9,888	7,470	2,331	5,138	1,930	343	146	7,132	2,756	212,974	12,201
9 月	20,973	15,485	2,622	12,863	4,341	643	504	15,905	5,068	216,368	17,673
10 月	10,962	8,266	2,603	5,663	2,197	420	79	8,081	2,881	217,263	11,029
11 月	12,872	9,824	2,094	7,730	2,032	385	631	9,359	3,513	218,161	12,726
12 月	17,660	12,721	6,000	6,721	4,097	379	463	13,002	4,658	217,576	17,838
2024 年 1 月	10,931	7,371	1,467	5,904	2,871	391	298	7,657	3,273	218,177	10,491
2 月	13,237	8,390	2,925	5,465	4,001	365	481	7,965	5,273	219,504	12,360
3 月	36,119	22,688	4,005	18,682	10,808	486	2,137	21,526	14,593	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	22 年	23 年	23 年 3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	24 年 1 月	2 月	3 月
総 額	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	3,197	2,214	2,308	2,494	2,549	2,289	2,516	2,442	2,221	2,442	2,089	2,451	2,767
海 外 需 要	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	2,246	1,795	1,807	2,042	2,070	1,894	2,013	1,973	1,673	1,911	1,665	1,869	2,066
海外需要を除く	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	951	419	501	452	479	395	503	469	548	531	424	582	701

(注) 2017～2019年は年平均で、2020～2023年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2023年3月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2024年4月1～30日)

機械部会



■基礎工専用機械技術委員会

月日：4月10日(水)(会議室での対面開催)

出席者：越田健委員長ほか20名

議題：①タグチ工業(株)による技術プレゼン：「連続ベルトコンベアシステム技術について」②6月開催予定の建機メーカー見学会の概要説明③日本建設機械要覧2025改訂の対応について④今後のスケジュールについて：技術プレゼン、各社トピックスの予定

■トラクタ技術委員会

月日：4月12日(金)(会議室, Web併行開催)

出席者：大場元樹委員長ほか7名

議題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」進捗状況の情報共有：3月開催 ISO 11152 国際WGの概要報告②各社トピックス：コマツ「大型ブルドーザの自動運転技術の紹介」③国内次期排出ガス規制に関する情報共有：規制内容とスケジュールに関する概要説明④R6年度活動計画について概要説明⑤日本建設機械要覧2025改訂の対応について

■コンクリート機械技術委員会

月日：4月15日(月)(会議室, Web併行開催)

出席者：筈谷武委員長ほか13名

議題：①前回の議事録確認②技術発表：早川ゴム(株)(外部講師)「コンクリート養生向自動散水システム「潤トワシステム」の紹介」③6月開催予定の部品メーカー工場見学の概要説明④JIS, ISOに関する標準部からの情報提供⑤日本建設機械要覧2025改訂の対応について

■トンネル機械技術委員会・総会

月日：4月18日(木)(会議室, Web併行開催)

出席者：浅沼廉樹委員長ほか会場参加者29名, Web参加者4名

議題：①R5年度活動報告②R6年度活動計画の説明：全体計画説明, R6年度WG活動について, 見学会実施計画の説明③特別講演「電子雷管による発破と発破環境計測の技術紹

介」日油(株)様, (株)ジャベックス様

■機械整備技術委員会

月日：4月26日(金)(会議室, Web併行開催)

出席者：小林一弘委員長ほか12名

議題：①「ハイブリッド建機・電動建機の安全整備・点検のためのガイドライン」の見直しについて討議②バイオ燃料やバイオ作動油の使用状況及び注意点に関する議論③見学会の実施計画について④日本建設機械要覧2025改訂の対応について

標準部会



■ISO/TC 127 CAG 議長諮問会議 国際バーチャル会議

月日：4月2日(火)日本時間夜

出席者：日本：小塚大輔 TC127 国内委員長(コマツ)ほか2名, 海外：米国 Cat 社 Moughler TC127 国際議長ほか米, 英, 仏, 伊, ブラジルより9名, 計13名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①ISO/TC127各SC内案件の進捗状況および各地域の標準関係情報交換②EN474の欧州機械規制への織込み状況報告など③次回TC127総会：2025年4～6月頃ドイツにて開催の予定

■JIS A 8341-2 機能安全(第2部) 第1回原案作成分科会

月日：4月2日(火)午後

出席者：田中昌也主査(コマツ)ほか11名

場所：Web上 (Zoom)

議題：①今年度のJIS原案作成計画②各委員から提出された修正提案の審議

■ISO/TC 127/SC 2/WG 34 硬質プラスチック安全窓材 国際WG会議(ハイブリッド)

月日：4月3日(水)～5日(金)日本時間夜

出席者：

対面：海外よりBobcat社 Neva コンビナーほか9名

Web経由：海外3名, 日本より小塚大輔委員(コマツ)ほか3名

場所：ドイツ・ハンブルク近郊KRD社+Web会議 (ISO Zoom)

議題：①WD案文とECE R43との対比②NWIPコメント審議

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO15143-4 施工現場情報交換 - 第4部：地形情報国際バーチャル会議

月日：4月4日(木)日本時間昼

出席者：米国Deere社 Bollweg プロジェクトリーダーなど海外(オーストラリア, ニュージーランド, フィンランド, 米国など)から11名程度, 日本から中川智裕コンビナーなど計7名Webで出席

場所：Web上 (Zoom)

議題：DTS案文提出に向けた合

■ISO/TC 195/WG 9 自走式道路建設機械 - 安全要求 国際バーチャルWG会議

月日：4月8日(月)夜, 9日(火)夜

出席者：小倉公彦(JCMA事務局)ほか8名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①FDIS 20500-4.5-6 HAS コンサルタント指摘事項対応協議(続き)②次回合合予定(5月16日・17日夜)

■ISO/TC 127/SC 2/WG 24 制御系の機能安全 - ISO 19014 規格群「機能安全」改正・予備業務 ISO 6135「人工知能に基づく制御系の安全」国際WG会議(ハイブリッド)

月日：4月9日(火)～11(木)日本時間翌日深夜～早朝

出席者：田中昌也委員(コマツ)ほか14名(対面), Web経由で全10人

場所：米国デンバートリンブル社およびWeb上 (Zoom)

議題：①ISO19014のDIS投票の状況②ISO6135案文審議

■ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 運転員能力補強 特設有志国際WG会議(ハイブリッド)

月日：4月15日(月)午前

出席者：対面にて岡ゆかりコンビナー(コマツ), 米国Deere社 Kittle プロジェクトリーダーほか9名, Webより海外4名

場所：機械振興会館6D-3会議室およびWeb上 (ISO Zoom)

議題：①JWG 28内にISO21815とは別の規格を立ち上げる方針を合意②NP投票を開始後, 初回WG合合を12月に東京で開催予定

■ISO/TC 195/SC 1 委員会

月日：4月15日(月)

出席者：川上晃一委員長(日工(株))ほか12名

場所：機械振興会館会議室及びWeb上 (ISO Zoom)

議題：①2024年度ISO/TC 195委員・SC 1分科委員委嘱②SC 1傘下プロ

ジェクト進捗報告・対応協議 ③CEN/TC 151/WG 8 との情報交換連絡会準備 (4月23日) ④次回開催日程 (別途調整)

■ ISO/TC 195/SC 2/WG 1 道路作業機械 - 冬期保守用機器 国際バーチャル WG 会議
月 日：4月15日 (月) 夜
出席者：森本貴之委員 (㈱協和機械製作所) ほか14名
場 所：Web 上 (CEN Zoom)
議 題：① ISO/WD 22142 「冬期保守用機器 - 用語」 コメント審議 (続き) ②次回会合予定 (9月10日ハイブリッド)

■ JIS A 8341-2 機能安全 (第2部) 第2 回原案作成分科会
月 日：4月16日 (火) 午後
出席者：田中昌也主査 (コマツ) ほか10名
場 所：Web 上 (Zoom)
議 題：①各委員から提出された修正提案の審議

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 35 ISO 22543 機械接近通報装置 国際 WG 会議 (ハイブリッド)
月 日：4月16日 (火), 17日 (水)
出席者：
対面：海外より, 米国Bobcat社Spomer コンビナーほか9名, 日本より小塚大輔委員長 (コマツ) ほか5名
場 所：機械振興会館6D-3 会議室および Web 上 (ISO Zoom)
議 題：①スコープ議論 ②機械接近通報装置の実施例をベースに議論 ③次回会合：米国ミルウォーキーにて7月9, 10, 11日に開催予定

■ ISO/TC 195/SC 3/WG 2 国際バーチャル WG 会議
月 日：4月22日 (月) 夜, 26日 (金) 夜
出席者：山本卓也委員 (㈱技研製作所) ほか16名
場 所：Web 上 (ISO Zoom)
議 題：① WD 20770-1.2,-3.2,-5.2,-6.2 コメント審議 (続き) ②次回会合予定 (5月29日バーチャル)

■ CEN/TC151/WG8 と ISO/TC195/SC1 の情報連絡会議 (ハイブリッド)
月 日：4月23日 (火)
出席者：川上晃一委員長 (日工㈱) ほか7名
場 所：機械振興会館会議室及び Web 上 (ISO Zoom)
議 題：① CEN/TC 151/WG 8 の活動状況 ② ISO/TC 195/SC 1 の活動状況 ③今後の予定

■ ISO/TC 195/SC 1 委員会 予備日 (1)・(2)
月 日：(1) 4月25日 (木), (2) 26日 (金)
出席者：(1) 野口貴文委員 (東京大学) ほか2名, (2) 溝渕利明委員 (法政大学) ほか1名
場 所：Web 上 (ISO Zoom)
議 題：① 2024 年度 ISO/TC 195 委員・SC 1 分科委員委嘱 ② SC 1 傘下プロジェクト進捗報告・対応協議 ③ CEN/TC 151/WG 8 との情報交換連絡会 (4月23日) 報告 ④次回開催日程 (別途調整)

■ JIS A 8341-2 機能安全 (第2部) 第3 回原案作成分科会
月 日：4月26日 (金) 午前
出席者：田中昌也主査 (コマツ) ほか9名
場 所：Web 上 (Zoom)
議 題：①各委員から提出された修正提案の審議

■ ISO/TC 195/SC 2/WG 2 国際バーチャル WG 会議
月 日：4月30日 (火) 夜
出席者：和田悟知委員 (豊和工業㈱) ほか9名
場 所：Web 上 (CEN Zoom)
議 題：① PWI 24149 路面清掃車 - 性能試験方法への日本提案追加検討 ② 次回会合予定 (6月25日バーチャル)

建設業部会

■建設業 ICT 安全 WG
月 日：4月4日 (木)
参加者：主査ほか6名 (内 Zoom 参加3名)
議 題：① 3/12 建設機械施工の自動化・自律化協議会の報告 ② 2024 年度活動について：ICT 安全情報 WG 見学会の計画検討 ③その他：道路建設業協会機関誌の紹介

■クレーン安全情報 WG
月 日：4月10日 (水)
出席者：猪又勝美主査ほか12名 (内 Web 参加者1名)
議 題：[15:00~16:00] ①クレーンの最新動向ヒアリング (住友重機クレーン) [16:00~17:00] ②事故事例発表 ③建機工のクレーン更新講習テキスト改訂内容の報告 ④その他

■機電交流企画 WG
月 日：4月18日 (木)
出席者：落合博幸主査ほか8名 (内 Web 参加者2名)
議 題：①令和6年度 (2024年) 第24

回機電技術者意見交換会：討議テーマ・シャッフルテーマ, 講演会等について ②令和6年度：若手現場見学会の候補地について ③その他

■三役会
月 日：4月25日 (木)
参加者：森田将史部会長ほか4名
議 題：①令和5年度から令和6年度委員への引継ぎ事項報告 ②各 WG 報告 (4/4 建設業 ICT 安全 WG, 4/10 クレーン安全情報 WG, 4/18 機電交流企画 WG) ③令和6年度建設業部会見学会候補地について ④その他

レンタル業部会

■コンプライアンス分科会
月 日：4月9日 (火) (Web 会議併用)
出席者：間庭分科会長ほか10名
議 題：①部会長・分科会長挨拶 ②お客様の安全技術情報の集約と現状のまとめの検討 ③各社からの報告事項・情報交換

各種委員会等

■機関誌編集委員会
月 日：4月3日 (水)
出席者：中野正則委員長ほか29名
議 題：①令和6年7月号 (第893号) 計画の審議・検討 ②令和6年8月号 (第894号) 素案の審議・検討 ③令和6年9月号 (第895号) 編集方針の審議・検討 ④令和6年4月号~令和6年6月号 (第890~892号) 進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■新工法調査分科会
月 日：4月17日 (水)
出席者：石坂仁分科会長ほか3名 (内 Web 参加者1名)
議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部

■第1 回広報部会広報委員会
月 日：4月11日 (木)
場 所：北海道支部会議室
出席者：古賀修也広報委員長ほか3名
内 容：令和6年度建設機械優良運転員・整備員の被表彰候補者の選定等

■第1回企画部会

月日：4月22日（月）

場所：札幌市, ANA クラウンプラザ
ホテル札幌

出席者：佐々木憲弘企画部会相談役ほか
13名

内容：令和5年度事業報告（案）につ
いて、令和5年度決算報告（案）につ
いて、令和6年度事業計画について、
令和6年度収支予算について、その他
（第1回運営委員会及び第13回通常総
会関係）

■支部会計監査

月日：4月23日（火）

場所：北海道支部会議室

出席者：熊谷一男支部監査役ほか2名

議題：令和5年度支部事業及び決算書
の監査

■第1回運営委員会

月日：4月25日（木）

場所：札幌市, ANA クラウンプラザ
ホテル札幌

出席者：柳屋勝彦支部長ほか19名

内容：令和5年度事業報告（案）承認
の件について、令和5年度決算報告
（案）承認の件について、令和6年度
事業計画に関する件について、令和6
年度収支予算に関する件について、令
和6・7年度運営委員候補（案）に関
する件について、その他（第13回通
常総会関係、感謝状贈呈者、優良運
転員・整備員表彰）

東北支部



■第1回広報部会

月日：4月19日（金）

参加者：浅野公隆広報部会長ほか5名

内容：①「支部たより187号」の編集
計画について ②原稿執筆依頼につ
いて ③表紙写真について ④本部機
関誌「建設機械施工」令和6年10月号
ずいそう原稿執筆者について ⑤その他

■EE東北'24第2回実行委員会作業部会 （Web会議）

月日：4月19日（金）

出席者：東北技術事務所 佐藤英樹副所
長ほか17名

内容：①EE東北'24開催概要 ②EE
東北'24実施方針（案） ③EE東北'24
予算（修正案） ④今後の予定

■令和6年度東北土木技術人材育成協議 会第1回ワーキング

月日：4月19日（金）

出席者：東北地方整備局企画部 三浦義

昭建設情報・施工高度化技術調整官ほ
か38名

議題：①基礎技術講習会（インフラ
DX）【各県開催】の実施方針（案）に
ついて ②意見交換

■令和5年度支部監査

月日：4月24日（水）

場所：東北支部会議室

出席者：浅野博之支部監査役ほか1名

内容：令和4年度の事業及び決算の監
査全般

■EE東北'24第2回実行委員会（対面+ Web会議）

月日：4月26日（金）

出席者：東北地方整備局 宮本健也企画
部長ほか16名+ Web参加13名

内容：①EE東北'24開催概要 ②EE
東北'24実施方針（案） ③EE東北'24
予算（修正案） ④今後の予定

北陸支部



■北陸インフラDX人材育成センター研修 カリキュラム打合せ会議

月日：4月9日（火）

場所：インフラDX人材育成センター

出席者：堤事務局局長

議題：①ICT施工研修（中級編）カ
リキュラムについて ②3次元データ
の作成について ③研修回収および開
催時期について ④開催における概算
金額について

■「ゆきみらい2025 in 上越」開催に関す る打合せ会議

月日：4月17日（水）

場所：北陸地方整備局 4F 広域地方推
進室

出席者：堤事務局局長

議題：①R6.3月事前会議における意
見及び回答 ②実行委員会（案）およ
び事務局（案）について ③実行委員
会の規約について ④今後の取り組み
について ⑤除雪展示会の開催におけ
る事前確認事項について

■令和5年度北陸支部支部監査

月日：4月23日（火）

場所：興和ビル 10F 小会議室

出席者：樋口智, 二宮康行支部監査役

議題：①業務監査（支部業務全般にわ
たる適正、適法性の監査） ②会計監
査（貸借対照表, 正味財産増減計算書,
財産目録の適正・適法性の監査）

■令和5年度第1回企画部会

月日：4月24日（水）

場所：書面表決

議題：①令和5年度第2回企画部会

議事メモについて ②令和5年度事
業報告書について ③令和5年度決
算書（貸借対照表, 正味財産計算書）
について

中部支部



■令和6年三重四川連合水防演習連絡調 整会議

月日：4月23日（火）

場所：Web会議

参加者：永江豊事務局長

内容：演習本番に向けての調整会議

■支部会計監査

月日：4月24日（水）

監査役：中川義治氏, 岡智明氏

内容：令和5年度業務及び会計監査

関西支部



■建設用電気設備特別専門委員会(第495回)

月日：4月10日（水）

場所：中央電気倶楽部 会議室

議題：①競争法コンプライアンス規定,
プライバシーポリシー確認 ②委員会
総会 ③JEM-TR236 審議 ④JEM-
TRI04 報告

■支部監査

月日：4月22日（月）

場所：関西支部 会議室

出席者：田口定一支部監査役, 神谷敏孝
支部監査役

内容：令和5年度決算報告及び関係書
類に基づく監査の実施

■企画部会

月日：4月23日（火）

場所：関西支部

出席者：高橋通夫企画部会員以下3名

議題：①令和5年度事業報告（案）及
び決算報告（案）の件 ②優良建設機
械運転員等表彰の件 ③令和6年度本
部会長表彰の件 ④会員の推移 ⑤総
会後の講演会について ⑥その他

■運営委員会

月日：4月25日（木）

場所：大阪キャッスルホテル

出席者：深川良一支部長以下24名

議題：①令和5年度事業報告（案）及
び決算報告（案）の件 ②優良建設機
械運転員等表彰の件 ③令和6年度会
長表彰について ④支部総会後の講演
会について ⑤その他

中国支部

■第1回施工技術部会

月 日：4月5日（金）
場 所：広島市内（Web 併用）
出席者：新宅清人部会長ほか9名
議 題：①令和6年度部会事業計画（案）について ②令和6年度部会事業の推進と体制について ③その他懸案事項

■第1回部会長会議

月 日：4月16日（火）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：竹田幸詞事務局長ほか11名
議 題：①運営委員会（春季）の議題について ②その他懸案事項

■支部会計監査

月 日：4月22日（月）
場 所：中国支部事務室
出席者：高倉寅喜支部監査役ほか2名
内 容：令和5年度業務及び決算報告について関係書類に基づく監査の実施

■春季運営委員会

月 日：4月23日（火）
場 所：広島 YMCA 会議室
参加者：河合研至支部長ほか19名
議 題：①令和5年度事業報告に関する件 ②令和5年度決算報告に関する件 ③令和5年度支部監査に関する件 ④令和6年度建設の機械化施工優良技術者表彰について ⑤令和6-7年度運営委員（案）及び部会幹事（案）について

■DX・i-Con セミナー 2024

月 日：4月25日（木）
場 所：広島県民文化センター多目的ホール
参加者：215名
講演内容：①建設DXに資するICT施工の取組：国土交通大臣官房技術調

査課施工企画室課長補佐 阿久根祐之氏 ②中国地方の建設現場の生産性向上について：中国地方整備局企画部建設専門官 新田紀明氏 ③ICT活用工事の課題と解決のヒント：（一社）日本建設機械施工協会施工技術総合研究所研究第3部次長 藤島崇氏 ④i-Con 銭勘定：コベルコ建機(株)新事業推進部新事業企画グループシニアマネージャー 関口伸吾氏

四国支部

■R6 四国支部会計及び業務監査

月 日：4月22日（月）
場 所：支部事務局
監査者：上林正幸支部監査役及び堀具王支部監査役
内 容：

1. 会計監査：①経理事務全般 ②資産・負債・財産・収入及び支出の適正処理について ③財務諸表・財産目録等の適正管理について
2. 業務監査：①会員の入退会処理について ②事業計画・事業報告・予算決算の適正処理について ③その他、職員の法定福利等関係書類の整理について

■R6 第1回（春季）[企画・施工・技術] 合同部会幹事会

月 日：4月22日（月）
場 所：建設クリエイティブビル（高松市）
出席者：泉川企画部会長ほか26名
内 容：①R5 事業報告（案）について ②R5 決算報告（案）について ③R6 事業計画について ④R6 予算書について ⑤R6 団体会員、優良建設機械運転員・整備員表彰者について ⑥人事異動等に伴う役員等の変更について

■「次世代現場体験」(ICT 施工講習会)

月 日：4月24日（水）
場 所：建設クリエイティブビル（高松市）
参加者：9名
主催者：JCMA 四国支部
協 賛：西尾レントオール(株), (株)建設システム
内 容：①ICT活用の現状について 四国地方整備局 ②三次元設計演習 (株)建設システム ③三次元施工管理実習 西尾レントオール(株), (株)建設システム

九州支部

■インフラDX・建設ICT実機体験会 (JCMA・九州技術事務所共同開催)

月 日：4月24日（水）
場 所：九州地方整備局九州技術事務所
出席者：58名
内 容：①九州地方整備局の取組 ②インフラDX, 建設ICT導入のポイント ③実機講習

■企画委員会

月 日：4月25日（木）
場 所：宝ビル 11F 1106 会議室
出席者：12名
議 題：①令和6年度 JCMA 九州支部の主要行事予定について ②九州支部通常総会等について ③支部会員情報 ④R6 災害協定の集約状況 ⑤i-Con 施工に係る九州支部生産性向上推進会議関連 ⑥その他：4/24 インフラDX・建設ICT実機体験会報告, R6年度に向けての懸案事項等

■令和5年度支部監査

月 日：4月26日（金）
場 所：九州支部
出席者：田浦峰星支部監査役
内 容：令和5年度の業務監査及び会計監査

編集後記

近年、気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化を鑑み、防災・減災が主流となる社会を目指し、流域治水による水災害対策の取り組みが各所で推進されています。ダム本体建設工事や堤防の整備などが進められている一方で、インフラの長寿命化や機能向上などを目的とした補修・補強工事、また、これらに付随する技術開発も積極的に行われています。

今月号は、前回から2年ぶりとなる特集テーマ「河川・ダムの治水対策、維持管理、点検補修」についてご紹介しました。

巻頭言では、群馬大学大学院理工学府の清水義彦教授より、気候変動の影響を考慮した全国109水系の河川整備基本方針の見直しについて、流域治水として、あらゆる関係者が協力して取り組むこと、また、気候変動に対応するため、技術の進展も重要であることをご提言いただきました。

行政情報では、国土交通省水管理・国土保全局河川計画課より、治水機能の強化と水力発電の促進を両立するハイブリッドダムの取り組みと、DXWGの取り組み等の事例について

ご紹介いただきました。既存設備の最適化や発電機の設置、デジタル技術の活用により、効率的な水運用を行い、気候変動緩和策に寄与することが期待されます。

技術報文では、川辺川ダムの流水型ダムの取り組みや、宮城県大崎市の地方自治体における災害対応の実態や教訓等、ダム堆砂への対策技術、環境に配慮した技術の適用、良質なコンクリート打設を目指した創意工夫事例、高精度水中測位システムの開発などについてご紹介ご報告いただきました。

交流のひろばでは、AIを活用した水力発電所の最適発電計画を策定するシステム開発に関する取り組みについてご紹介いただきました。本システムの導入により、年間2%の増電が期待できることが確認されたとともに、発電計画の策定時間の短縮や、若手従業員の教育にも効果的であるという見解が示されました。

最後に、突然の原稿執筆のお願いにも関わらずご快諾いただき、お忙しいところご協力いただきました執筆者の皆様、関係者の皆様に心より御礼申し上げます。本誌に寄せられた貴重な情報が、今後の河川・ダム整備・維持管理技術向上の一助となれば幸いです。

(松澤・那須野)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
中岡 智信	渡邊 和夫
見波 潔	

編集委員長

中野 正則	日本ファブテック(株)
-------	-------------

編集委員

吉田 真人	国土交通省
大津 太郎	農林水産省
内海 友介	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
河原 圭司	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
藤井 攻	清水建設(株)
桐山 茂雄	(株)大林組
出口 明	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
平田 惣一	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
那須野陽平	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
田島 良一	古河ロックドリル(株)
鈴木 健之	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

7月号「建設DXと生成AI特集」予告

・i-Constructionの更なる展開 ・建設現場でのICT活用に向けた取り組み ・統合プラットフォーム T-iDigital Fieldを活用した山岳トンネル施工 ・データ利活用型ICT施工管理システムによる現場の生産性向上を実証 ・山岳トンネル統合化施工システム OTISMの開発 ・自動化施工システム A⁴CSEL[®]によるDXソリューション ・ICT活用山岳トンネル機械施工 ・油圧ショベルの車体センサーデータの新しい活用方法 ・舗装工事におけるブルーフローリング試験のデジタル化とその効果 ・クレーンワイヤー全周開外観検査システムの開発 ・自律AIによる建設機械の自動化 ・建築設計業務における生成AI活用の課題と展望 ・建設施工における生成AIの可能性 ・建設分野における言語モデルの自動評価に向けた研究 ・LLMの土木・建設分野への利活用 ・レーザー3次元計測システムと鋼橋地組形状調整システムの連携 ・生成AIの現況と用語の解説

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 10,032円(税・送料込)

建設機械施工

第76巻第6号(2024年6月号)(通巻892号)

Vol.76 No.6 June 2024

2024(令和6)年6月20日印刷

2024(令和6)年6月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <https://jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の最適無線化提案

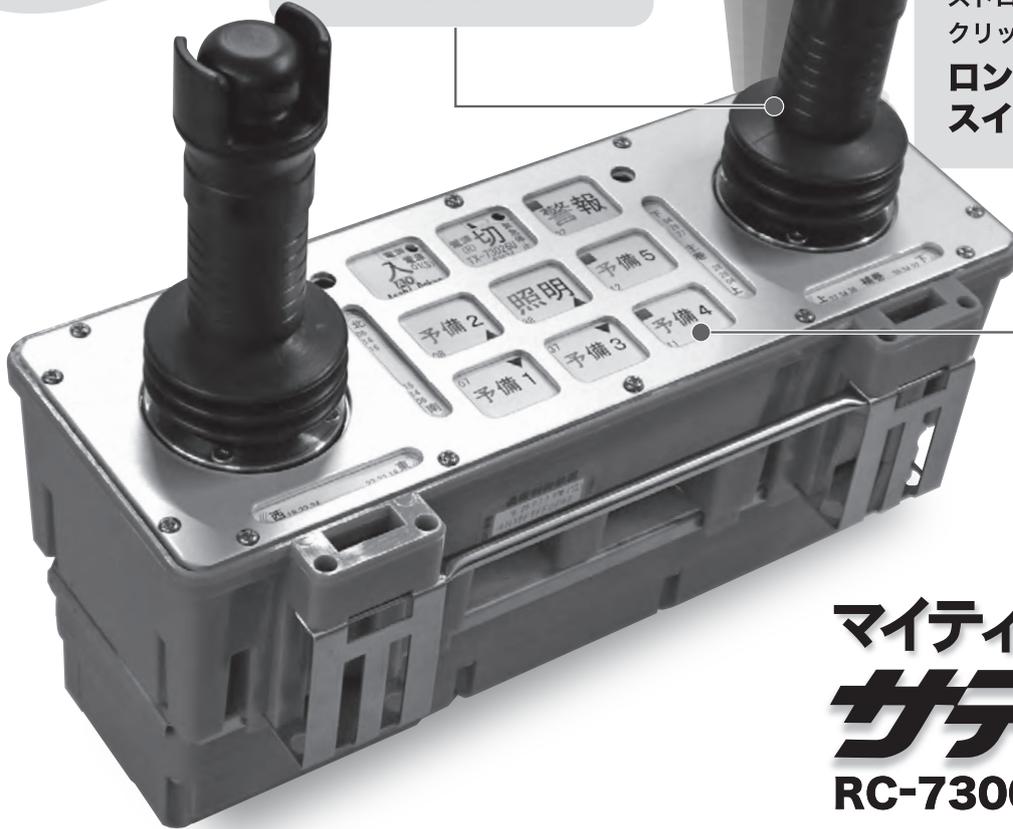
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!
**ロングストローク型
スイッチ**を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- ・インバーター制御の
クレーンに最適!
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク
スイッチ

**429MHz
1216MHzが
同価格!!**



- ・見えない機械の制御もフィードバック!
- ・双方向制御がこの1セットで対応可能!
- ・新周波数920MHz帯を採用!

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>



無線工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索

V O L V O



Change starts here 変革は、ここから始まる



L25H electric

機械重量：4,920 kg
バケット容量：1.0 m³
バッテリー：リチウムイオンバッテリー
充電環境：車載充電器／外部急速充電器



EC230 electric

機械重量：23,000-26,100 kg
バケット容量：0.48-1.44 m³
バッテリー：リチウムイオンバッテリー
充電環境：車載充電器／外部急速充電器



【GX認定建機】

ECR25D electric

機械重量：2,400-2,510 kg
バケット容量：0.092-0.03 m³
バッテリー：リチウムイオンバッテリー
充電環境：車載充電器／外部急速充電器

株式会社 ボルボ・グループ・ジャパン

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

山崎マシーナリー株式会社 〒438-0216 静岡県磐田市飛平松216-1
TEL : 0538-66-1215

<https://www.y-machinery.jp>

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



マシンケアテック株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

杭打工事用

パイルキーパー

海上・河川等での杭打ち作業用、
パイル保持装置

石狩湾新港洋上風力発電事業工事向け
パイルキーパー

仕様

杭径.....最大 φ2500mm
 杭重量.....最大 90ton
 開閉.....油圧駆動
 前後スライド範囲.....±900mm 油圧駆動
 左右スライド範囲.....±1000mm 油圧駆動

実績多数

海上工事、陸上工事、岸壁護岸工事、海上空港、
ダム湖再生工事、導枠治具、リーダー付



洋上風力発電ジャケット基礎杭工事



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 吉永ビル TEL:03-3634-5651
URL : www.yoshinaga.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル、ブルドーザ、振動ローラ
クローラダンプ、鑿岩機、その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高機能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON 大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
TEL: 0569-84-8582(直通) FAX: 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mekatoro@daiwakiko.co.jp

遠隔始動排水システム

人に依存したポンプ設備の運用管理から、IoTを活用した遠隔一元管理へ

省人化による
人手不足解消！

遠隔操作で
安全確保！

IoT活用による
遠隔一元管理と
リアルタイム対応！

近年の
水害対策

集中豪雨や台風に備えた浸水対策、BCP 対策には仮設ポンプ設備が有効とされ採用される機会が増えていきます。しかし、まだまだ課題も多くあるのが現状です。

仮設ポンプ
設備の課題

- ・ 人手不足による現場対応の遅れ
- ・ 豪雨のたびに現地へ急行
- ・ 水位が上昇した危険な現場での作業
- ・ 点在する現場の状況把握

スマホでかんたん遠隔操作！水害対策の現場の課題を解決！

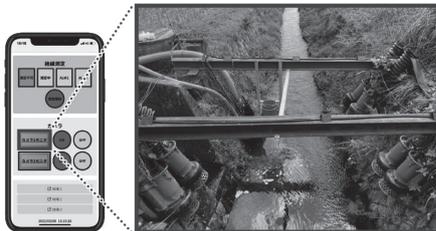
詳しくは動画をご覧ください！



STEP 1 フロートにより水位上昇を検知
豪雨などによる河川、水路の水位上昇をフロートが検知します。

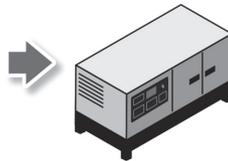


STEP 2 管理者にメールで通知
水位上昇を検知すると、管理者にメールで通知され、現場の状況確認を促します。



STEP 3 PC・スマホで現場の状況確認
現場に設置されている遠隔監視カメラの映像や水位状況を、危険な現場に向かず安全に確認できます。

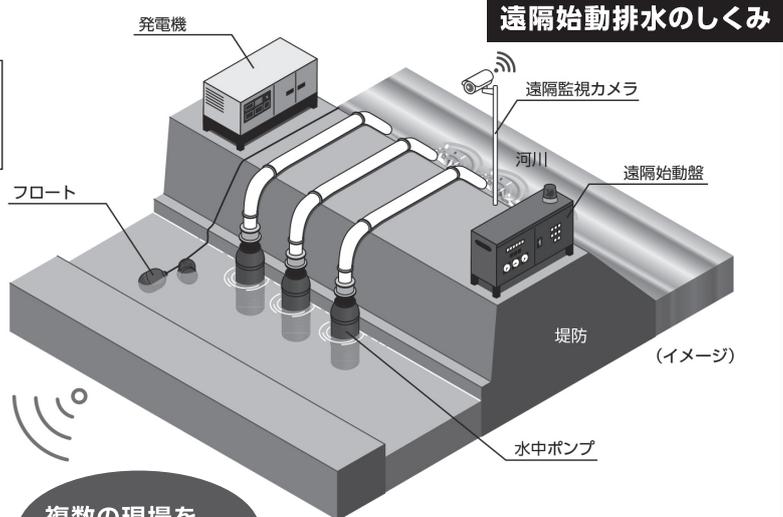
複数の現場を
スマホ1台で運用！



STEP 4 発電機を遠隔始動
排水が必要な場合は、その場で発電機を始動でき、水位上昇にリアルタイムで対応できます。



STEP 5 ポンプが自動で排水開始
発電機を始動させると、自動的にポンプが排水を開始。水位が下がるとポンプと発電機が自動で停止します。



遠隔始動排水のしくみ

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 北陸支店：TEL.(076)268-2761 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(028)613-1520 中部支店：TEL.(052)361-3000 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

ラウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



マルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジンク手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D

●技術で明日を築く
デンヨー株式会社
本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

Mikasa

<http://www.mikasas.com>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

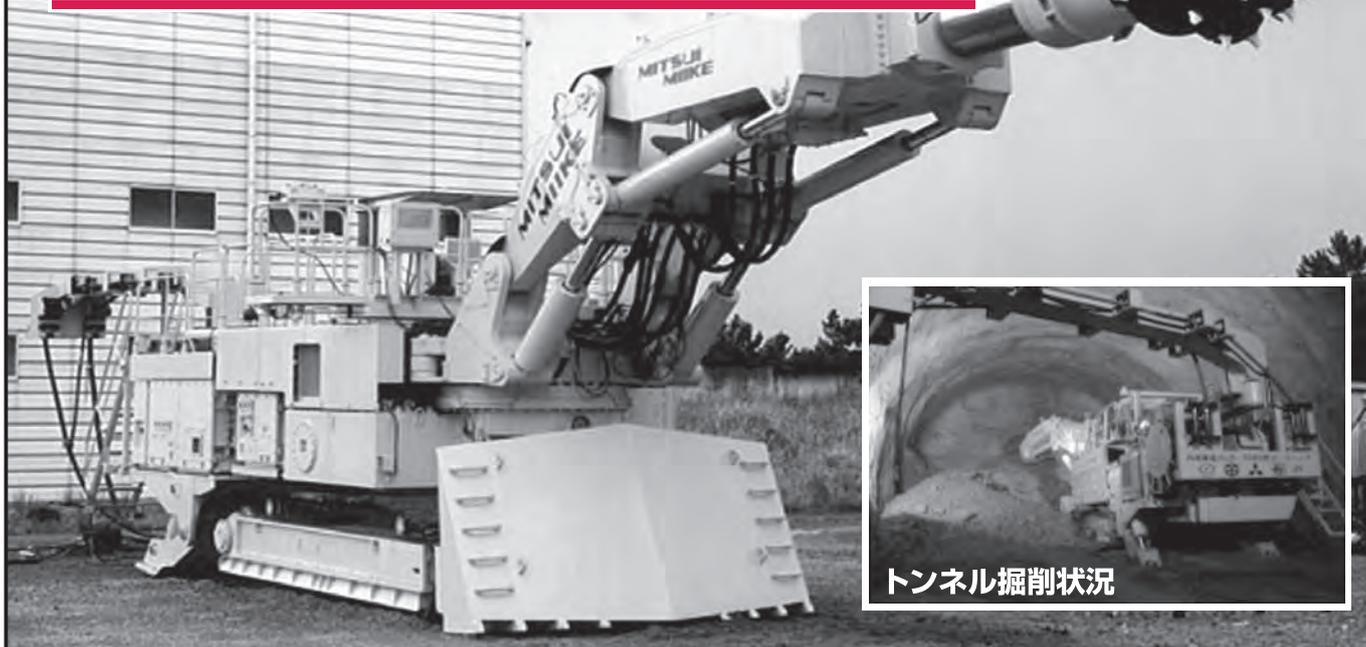
北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッドSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。^{※1,2}

よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンペヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

A WIRTGEN GROUP COMPANY

 **WIRTGEN**



信頼のインテリジェンス

▶ www.wirtgen.com/milling

ヴィルトゲン新型路面切削機はデジタル化された切削システムで作業を効率化し、生産性を向上します。切削品質も最適化され、必要に応じて書面レポートを自動作成するオプションも実現します。経験豊富なユーザー様の情熱に傾聴し、効率的にデザインに取り入れて更なる革新を共に目指します。

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社

東京都千代田区神田神保町2-20-6・tel 03-5276-5201・fax 03-5276-5202・www.wirtgen-group.com/japan

雑誌 03435-6



4910034350643
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)