

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2020

建設機械施工



Vol.72 No.8 August 2020 (通巻846号)

特集 河川工事



中国・都江堰（世界遺産）

2300年間その機能を持続しているグリーンインフラ

巻頭言 近年の豪雨災害の教訓を踏まえた今後の防災・減災対策

行政情報

- 令和元年洪水を契機に取り組む「緊急治水対策プロジェクト」
- 令和元年度のTEC-FORCE活動
- 河川情報に関する最近の動向

技術報文

- 中国・都江堰と林盤にみるグリーンインフラ
- 河川管理のニーズを解決する除草機械技術
- 海底設置型フラップゲート式可動防波堤
- 非出水期施工における工程確保の工夫（堰の全面改修）
- 水陸両用建設機械を活用した河川工事事例報告 他

JCMA報告

- 第9回通常総会（定時社員総会）報告
- 日本建設機械施工大賞 受賞業績

統計

建設企業の海外展開

一般社団法人 日本建設機械施工協会



KOBELCO

90th
anniversary

創りつづけてきたのは、
未来でした。

国産建機誕生、90 周年。

私たちが国産初のパワーショベルを完成させたのは、1930年のこと。

それはコベルコの挑戦の歴史のはじまりでした。

それ以来、時代ごとにお客様の声に耳を傾け、新たな課題を追求し、

多くの新しい技術を生み出してきました。

コベルコは、これからもユーザー現場主義に基づき、未来へ向けて次の挑戦を続けていきます。



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111

www.kobelco-kenki.co.jp

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和2年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和2年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

敬具

◆内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉 第1章 積算の体系
- 第2章 鋼橋編
- 第3章 P C 橋編
- 第4章 橋梁補修
- 第5章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

◆改訂内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂のほか、令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編

- ・架設用仮設備機械複合損料の改定
- ・現場溶接用ストロングバック切断歩掛の策定
- ・トラベラクレーン、ケーブルクレーンによる合成床版架設工歩掛の策定

2. P C 橋編

- ・架設機械複合損料、支保工賃料の改訂
- ・P C 橋片持架設工、架設支保工工法、外ケーブルP C ケーブル工の供用日数改訂
- ・架設支保工工法の支保工数量適用範囲の改訂

3. 橋梁補修編

- ・二段足場（橋脚回り足場用）歩掛の策定
- ・チェーン盛り替え工（裏面吸音板用）歩掛の改定
- ・鉛、P C B 別に必要な環境対策資機材と衛生保護具を確認できる表に変更および単価の改定（湿式剥離剤工法）
- ・排水管撤去工、仮排水設備工歩掛の策定

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・本編改定内容を反映



- A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 200 頁 セット

●定価

一般価格：11,000 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,350 円（本体 8,500 円）

- ※ 別冊のみの販売はいたしません。
- ※ 送料は別途。
- ※ また、複数または他の発刊本と同時申込みの場合についても送料は別途とさせていただきます。

- 発刊 令和2年5月20日

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、令和元年9月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、これまで隔年で発刊しておりました大口径岩盤削孔工法の積算を改定し「**大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版**」を発刊することと致しました。

つきましては、大口径岩盤削孔工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆ 内 容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

第2編 工法の概要

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

アースオーガ掘削工法に用いるクローラ

クレーンの排出ガス対策型への移行

標準積算例に解りやすく解説

国土交通省基準に準拠した機械等損料表の改定

最新の施工実績に更新

●A4判／約230頁（カラー写真入り）

●価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時に申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊予定 令和2年5月15日



令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日：令和2年5月15日

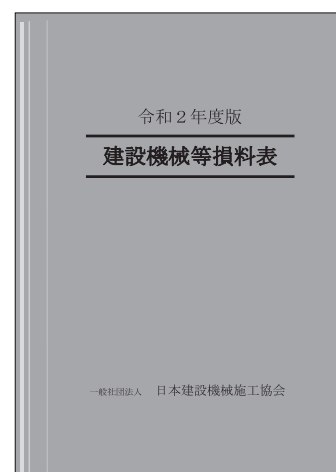
■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料算定表の構成・用語を解説
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2020」も併せてご活用ください。

(特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ・主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
- ・機械の俗称・旧称から掲載ページ検索が可能

一般社団法人 日本建設機械施工協会

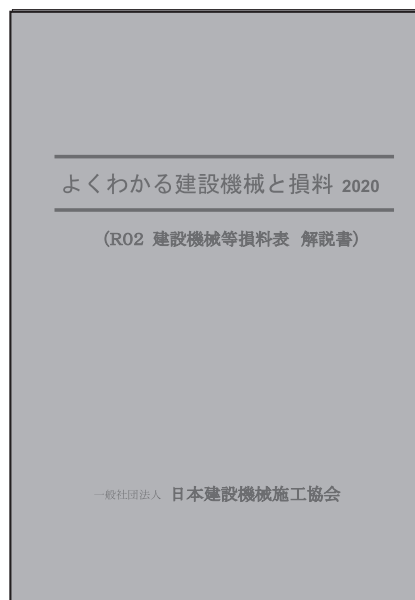
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:田崎 忠行)は、5月下旬に書籍「よくわかる建設機械と損料 2020」を下記の通り発売します。

本書は先に発刊した書籍「令和2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効・有益な資料と考えます。是非ご活用下さい。

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売予定日：令和2年5月下旬

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円

会員：5,100円

■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) R02損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- (4) 19件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (5) 建設機械器具のコード体系を大分類別に図示
- (6) 損料算定表に掲載の大半の機械器具について、その概要・特徴を写真・図を添えて紹介
- (7) 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
- (8) 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 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2019年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

このたびこの建設機械要覧に関して更に便利に活用いただくよう新たに次の2種類の電子書籍（PDF）版を発売いたしますので、ここにご案内申し上げます。

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）		電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁		spec一覧表
5	改訂	3年毎		3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応		要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索		1.単語検索
8	附属機能 注）タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	55,000（3年間）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（3年間）
10	利用期間	3年間		3年間
11	同時ログイン	3台		3台
12	認証方法	ID+パスワード		ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）		WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

令和元年5月 HP：http://www.jcmanet.or.jp/

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

2019年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2016年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



お問合せ先：業務部 鈴木英隆 TEL：03-3433-1501 E-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

本協会では、国内における建設機械の実態を網羅した『日本建設機械要覧』を1950年より3年ごとに刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。



発刊日

平成31年3月

体裁

- ・B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・2016年版より外観を大幅に刷新しました。

価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特典

2019年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から2016年版までの全ての日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

2019年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレイカ
- ・トンネル掘削機および設備機械
- ・骨材生産機械

- ・環境保全およびリサイクル機械
- ・コンクリート機械
- ・モータグレーダ、路盤機械および締固め機械
- ・舗装機械
- ・維持修繕・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器

（新規）

- ・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
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器等

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2019年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
	FAX		
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ()		
必 要 事 項	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通 () 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする(該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共）
- ②民 間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ
- ※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。
[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

記入いただいた個人情報、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。
（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。
当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

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 <http://www.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

当協会機関誌に掲載します。

★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

◆ 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応にあたります。(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！

<http://www.icmanet.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受けたとき。 3.死亡し、又は失踪宣言を受けたとき。 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 <http://www.jcmnet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（令和2年8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)	送料
1	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
2	R 2 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和2年度版	11,000	9,350	900
3	R 2 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
4	R 2 年 5 月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
5	R 元年 9 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
6	R 元年 6 月	日本建設機械要覧 2019 年電子書籍（PDF）版	66,000	55,000	－
7	R 元年 6 月	建設機械スペック一覧表 2019 年電子書籍（PDF）版	60,500	49,500	－
8	R 元年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
9	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
10	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
11	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
12	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
13	H30 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版	6,600	5,610	700
14	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
15	H30 年 5 月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
16	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
17	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
18	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	700
19	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
20	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	6,600	5,604	700
21	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
22	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
23	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
24	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
25	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
26	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
27	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	2,933	700
28	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,048		250
29	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,238		250
30	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）*	3,520		250
31	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	1,540	700
32	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		700
33	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		700
34	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
35	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	6,160	700
36	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）	2,724	2,410	700
37	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
38	H11 年 5 月	建設機械化の50年	4,400		700
39	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
40	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
41	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
42	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
43	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
44	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
45	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	11,000	9,900	700
46	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
47		建設機械履歴簿	419		250
48	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」から「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項をご記入のうえ、FAX またはメール添付してください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄をご参照ください。

特 集

河川工事

巻頭言

4 近年の豪雨災害の教訓を踏まえた今後の防災・減災対策

池内 幸司 東京大学大学院 工学系研究科 教授, 東京大学 地球観測データ統合連携研究機構 機構長

行政情報

5 令和元年洪水を契機に取り組む「緊急治水対策プロジェクト」 流域内の各主体と連携しハード・ソフト一体となった治水対策をプロジェクト化

石田 和也 国土交通省 水管理・国土保全局治水課 課長補佐

11 令和元年度の TEC-FORCE 活動

立松 明憲 国土交通省 水管理・国土保全局 防災課 災害対策室 課長補佐

16 河川情報に関する最近の動向

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／河川環境課河川保全企画室

特集・
技術報文

20 中国・都江堰と林盤にみるグリーンインフラ

悠久の歴史に学ぶ, 持続可能な社会的共通資本整備の原点

石川 幹子 中央大学 研究開発機構 教授
カビリジャン ウメル 四川大学 灾后重建与管理学院特聘副研究员
陳 捷 四川大学客員研究員, 注册规划师, 高级工程师

26 河道掘削後の再堆積や樹林化を抑制するための技術

大坪 摩耶 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究室 研究官
瀬崎 智之 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究室 主任研究官

31 河川管理のニーズを解決する除草機械技術

砂田 千佳 国土交通省 近畿地方整備局 企画部 施工企画課 技術評価係長

36 3次元計測によるポンプ設備の据付状態把握

「高精度3次元レーザスキャナを用いた床版変状計測技術」の活用

荻原 勇人 国土交通省 関東地方整備局 関東維持管理技術センター・関東技術事務所施設技術課 課長

42 令和元年東日本台風における栃木県建設業協会の災害時の取 り組み 道路河川等管理情報システムを使用した地元建設業の組織力

手塚 真人 (一社) 栃木県建設業協会 技術部

48 災害復旧工事における ICT 施工の活用

沙流川災害助成工事での築堤盛土施工

坂東 紀志 岩倉建設㈱ 本店 土木部 土木課 技師

53 陸上・水中レーザードローン

革新的河川管理プロジェクトの成果: グリーンレーザードローン測量技術

富井 隆春 ㈱アミューズワンセルフ

59 海底設置型フラップゲート式可動防波堤

岩手県大船渡漁港水門への適用

仲保 京一 日立造船㈱ 社会インフラ事業本部 鉄構・防災ビジネスユニット 水門設計部 部長
水谷 征治 東洋建設㈱ 土木事業本部 土木技術部 部長
佐藤 健彦 五洋建設㈱ 土木本部 土木設計部 担当部長

65 非出水期施工における工程確保の工夫 (堰の全面改修)

那賀川 (一期) 農地防災事業 那賀川南岸堰補修建設工事

吉村 英昭 大成建設㈱
本多 一也 大成建設㈱
原 利庸 大成建設㈱

	74	水陸両用建設機械を活用した河川工事事例報告 飯塚 尚史 青木あすなろ建設㈱ 建設技術本部 環境リニューアル事業部 担当課長 小笠原 司 青木あすなろ建設㈱ 建設技術本部 環境リニューアル事業部 グループリーダー 馬欠場真樹 青木あすなろ建設㈱ 執行役員 建設技術本部 環境リニューアル事業部長
	80	河川改修（榎瀬川水門工事） 老朽化した既設樋門の取壊し新設工事 田中 耕平 大豊建設㈱ 地整榎瀬川水門（その3） 作業所 所長
	85	鉄道向け三次元計測解析サービスの開始 Railis（レイリス, Railway LiDAR inspection system） 平松 孝晋 アジア航測㈱ 社会インフラマネジメント事業部 鉄道事業本部 鉄道空間情報課 主任技師 土屋 剛 アジア航測㈱ 社会インフラマネジメント事業部 鉄道事業本部 鉄道空間情報課
交流のひろば	90	信濃川やすらぎ堤かわまちづくり ミズベリング信濃川やすらぎ堤の取り組み紹介 樋熊 佑弥 新潟市 都市政策部 まちづくり推進課 副主査
ずいそう	94	「水辺」の眺めを見守り続ける、暗渠マニアのひとりごと 高山 英男 『暗渠パラダイス』 著者・中級暗渠ハンター（自称）
	96	幕末維新の不都合な真実 松嶋 憲昭 扇精光コンサルティング㈱
JCMA 報告	99	第9回通常総会（定時社員総会）報告
	101	日本建設機械施工大賞 受賞業績
部会報告	103	ISO/TC 国際作業グループ会議総括報告 標準部会
統計	115	建設企業の海外展開 機関誌編集委員会
	119	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
	120	行事一覧（2020年6月）
	122	編集後記（松本・松澤）

◇表紙写真説明◇

中国・都江堰（世界遺産）

2300年間その機能を持続しているグリーンインフラ

写真提供：中国・都江堰市（中央大学）

都江堰は、長江支流・岷江の奔流にある大型多目的水利施設で、その建設は春秋戦国時代にさかのぼり、2300年を経過した現在もなお、その機能を維持し成都平原へ分水している古代の優れた土木技術を今に残す世界遺産である。

巻頭言

近年の豪雨災害の教訓を踏まえた 今後の防災・減災対策

池内 幸司



本年7月の豪雨災害では、これまでの記録を上回る大雨により、九州地方を中心に甚大な人的・経済的被害が発生している。昨年の東日本台風（台風第19号）等による豪雨災害、2018年西日本豪雨災害、2017年九州北部豪雨災害など、近年、毎年のように、記録的な大雨による洪水で大きな被害が発生している。まさに、異常な状態が常態化しつつあり、気候変動に適応した水害対策を的確に講じていくことが求められている。

ソフト対策に関しては、2015年の水防法改正で、想定し得る最大規模の洪水、内水、高潮に係る浸水想定区域の公表やそれに基づくハザードマップの作成・周知などが義務付けられるとともに、2017年の水防法改正では、要配慮者利用施設における避難確保計画の作成や避難訓練の実施が義務化されるなど、制度面では着実に対策が講じられてきており、本年の豪雨災害の際にもこれらの対策が効果を発揮している。

一方で、近年の豪雨災害では、洪水予報河川や水位周知河川以外の、水防法上浸水想定区域の指定を行う義務のない小規模河川でも大きな被害が発生している。小規模河川においても浸水リスク情報を公表していく必要があるが、小規模河川は全国で約19,000もあり、これまでと同じ手法で浸水想定を行うことは、予算と労力の観点から現実的には困難である。そこで、国土交通省の検討会（筆者も参画）において、小規模河川の氾濫形態の特徴を踏まえて合理的かつ効率的に氾濫推定図を作成する手法の検討が行われ、その検討成果が、「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」として本年6月にとりまとめられた。本手引きが広く活用されて、水害リスク情報の空白域となっている小規模河川の氾濫推定図の作成・公表が進むことを期待する。

昨年の東日本台風による豪雨災害では、千曲川の堤防決壊により、北陸新幹線の車両基地が水没し、新幹線車両10編成（1編成12両）が浸水し、大きな経済的被害が発生するとともに、長期間にわたり北陸新幹線のダイヤに影響が出ている。また、福島県、長野県等の工業団地が水没したが、復旧に長期間を要している工場もあり、工業団地からの撤退を余儀なくされた

事業所もある。このように、多くの企業が浸水被害を受け、大きな経済的被害が発生したが、事前の備えが十分ではない企業も多かった。

我が国では、多くの企業において、自然災害に対する事業継続計画（BCP）の策定が進められているが、地震を対象とするものがほとんどで、水害を対象としたものは少ない。しかし、地震と水害では災害対応が大きく異なることも多い。我が国においても、企業における水害を対象とした事業継続計画（BCP）の策定を促進する必要がある。

近年の豪雨災害では、記録的な大雨により国管理の河川堤防が多くの箇所で見破れ、本川の水位上昇に伴って流入支川の水位も上昇するバックウォーター現象等により多くの支川堤防が決壊し、各地で甚大な人的・経済的被害が発生している。このような状況を踏まえ、ハード対策に関しては、治水施設の整備目標や整備内容の見直しが求められている。

地球温暖化に伴う気候変動により、今世紀末には、治水計画の対象となるような大雨の降雨量が1.1～1.3倍に増加し、洪水流量が1.2～1.4倍、洪水の発生頻度が2～4倍程度に増加することが予測されている。しかしながら、我が国においては、気候変動に適応した治水計画の見直しなどの本格的な対策については、緒に就いたばかりである。

一方、オランダ、ドイツ、イギリスにおいては、気候変動予測結果を踏まえた治水計画の目標流量等の見直しが進められ、それに対応した構造物の設計、施設整備、堤防用地の確保などの具体的な対策が以前から進められている。我が国においても気候変動予測結果を踏まえた治水計画や施設設計の見直しとそれに基づく治水施設の整備・管理、水害リスクを考慮したまちづくりや住まい方の工夫などの取り組みを各河川流域において具体的に進めていくことが求められている。

地球温暖化により激甚化する水害に対し、社会全体でハード・ソフト両面からの防災・減災対策に強力に取り組んでいく必要がある。

——いけうち こうじ 東京大学大学院 工学系研究科 教授、
東京大学 地球観測データ統合連携研究機構 機構長——

特集>>> 河川工事

行政情報

令和元年洪水を契機に取り組む「緊急治水対策プロジェクト」 流域内の各主体と連携しハード・ソフト一体となった治水対策をプロジェクト化

石 田 和 也

近年、大水害が頻発しており、令和元年も全国各地で甚大な浸水被害が発生した。本稿では、令和元年洪水を契機にとりまとめた、六角川、阿武隈川、吉田川（鳴瀬川水系）、入間川流域（荒川水系）、那珂川、久慈川、多摩川、信濃川の8水系の「緊急治水対策プロジェクト」について紹介する。この取組は、流域全体を見据えたハード・ソフト一体となった治水対策をプロジェクト化し、今後5～10年間にわたる治水対策の全体像を示すもので、地域の防災意識の向上にも寄与するものである。

キーワード：緊急治水対策プロジェクト、令和元年洪水、治水対策のプロジェクト化、ハード・ソフト一体、流域内の関係者との連携

1. はじめに

近年、大水害が全国各地で頻発している。令和元年も8月に佐賀県等を襲った前線に伴う大雨（以下「8月豪雨」）、9月に猛烈な風で千葉県を中心に被害をもたらした房総半島台風^{*}、10月に関東・東北地方を中心に広範囲に甚大な浸水被害等をもたらした東日本台風^{*}、さらにはその約2週間後に東日本台風で浸水した地域で再度浸水を発生させた低気圧など、全国各地で甚大な水害が発生した。地球温暖化に伴う気候変動により水害の頻発化・激甚化の懸念が指摘されているが、すでに顕在化しつつあるような状況である。

本稿では、令和元年に発生した洪水のうち、8月豪雨における六角川水系と東日本台風における阿武隈川、吉田川（鳴瀬川水系）、入間川流域（荒川水系）、那珂川、久慈川、多摩川、信濃川の7水系でとりまとめた「緊急治水対策プロジェクト」について、治水対策をプロジェクト化して取り組むことになった経緯とともに紹介する。

※令和2年2月、気象庁が「令和元年台風第15号」「令和元年台風第19号」と呼ばれていた台風をそれぞれ「令和元年房総半島台風」「令和元年東日本台風」と命名した。

2. 治水対策のプロジェクト化

（1）近年の洪水被害と水防災意識社会の再構築に向けた取組

平成27年9月関東・東北豪雨では、鬼怒川において堤防決壊や越水等により浸水戸数が約10,000棟、孤立救助者数は約4,000人となる等、甚大な被害が発生した。これを踏まえ、国土交通大臣から社会資本整備審議会会長に対して「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」が諮問され、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～社会意識の変革による「水防災意識社会」の再構築に向けて～」が答申された。この答申では、「施設の能力には限界があり、施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革し、社会全体で洪水に備える必要があるとしており、国土交通省ではこの答申を踏まえ「水防災意識社会 再構築ビジョン」を策定した。このビジョンでは、「各地域において、河川管理者・都道府県・市町村等からなる協議会等を新たに設置して減災のための目標を共有し、ハード・ソフト対策を一体的・計画的に推進する」としている（図—1）。

また、平成28年8月には、台風10号等の一連の台風によって、北海道・東北地方の中小河川等で氾濫が発生し、逃げ遅れによる多数の死者や甚大な経済被害が発生した。この災害を受け、とりまとめられた同審議会の答申を踏まえ、「水防災意識社会」の再構築に向けた取組を中小河川も含めた全国の河川でさらに加

水防災意識社会 再構築ビジョン

関東・東北豪雨を踏まえ、新たに「水防災意識社会 再構築ビジョン」として、全ての直轄河川とその沿川市町村（109水系、730市町村）において、平成32年度目途に水防災意識社会を再構築する取組を行う。

＜ソフト対策＞・住民が自らリスクを察知し主体的に避難できるよう、より実効性のある「住民目線のソフト対策」へ転換し、平成28年出水期までを目途に重点的に実施。

＜ハード対策＞・「洪水氾濫を未然に防ぐ対策」に加え、氾濫が発生した場合にも被害を軽減する「危機管理型ハード対策」を導入し、平成32年度を目途に実施。

主な対策

各地域において、河川管理者・都道府県・市町村等からなる協議会等を新たに設置して減災のための目標を共有し、ハード・ソフト対策を一体的・計画的に推進する。



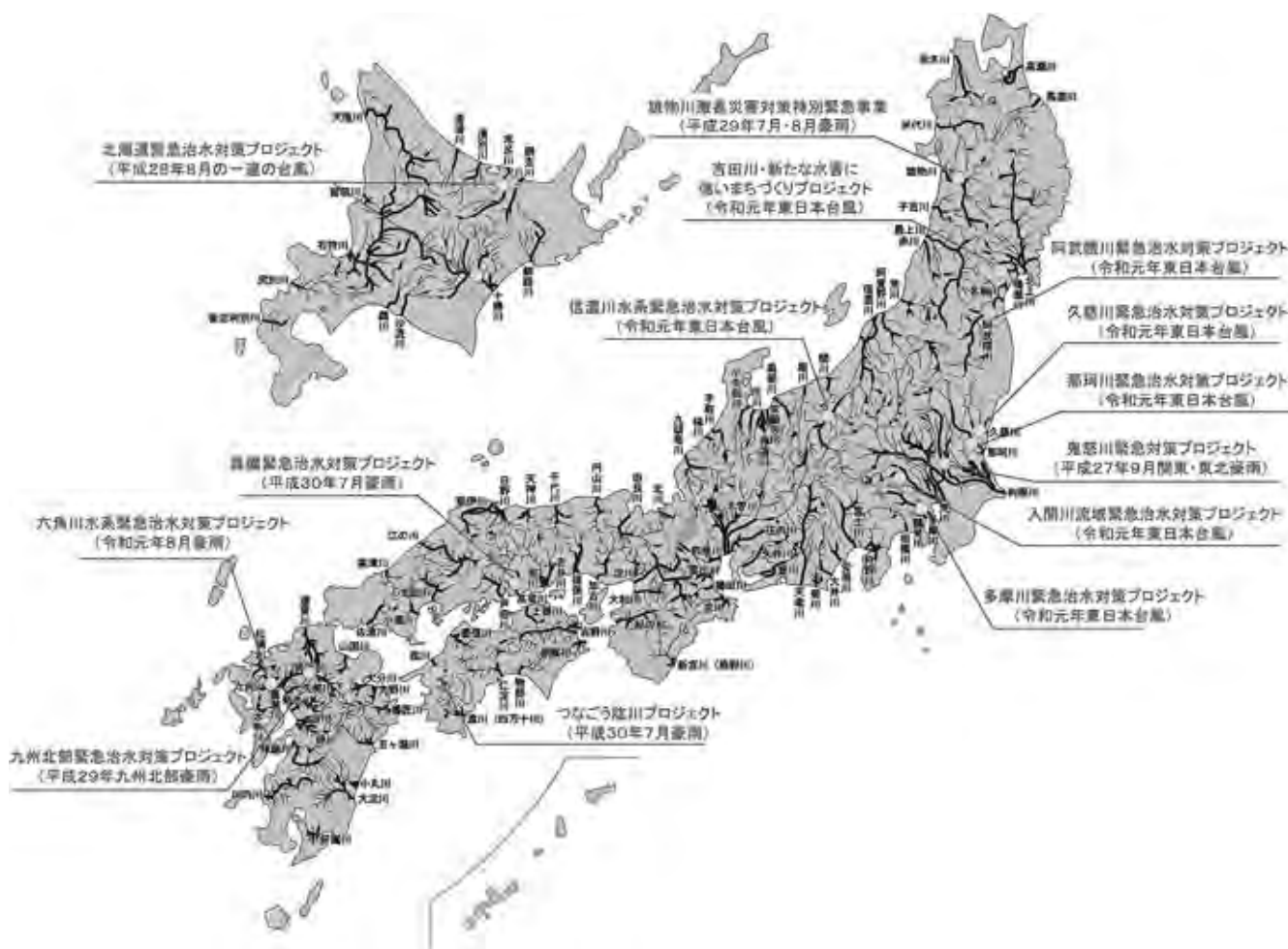
図1 水防災意識社会 再構築ビジョン

速化させるため、「大規模氾濫減災協議会」制度の創設をはじめとする「水防法等の一部を改正する法律」が平成29年6月に施行された。この水防法等の施行と合わせて、「水防災意識社会」の実現に向け、緊急的に実施すべき事項について実効性をもって着実に推進するため、「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画を国土交通省としてとりまとめた。さらに、平成30年7月豪雨では、広域的かつ同時多発的に河川の氾濫や土石流等が発生し、200名を超える死者・行方不明者と30,000棟近い家屋被害に加え、ライフラインや交通インフラ等の被災によって、甚大な社会経済被害が発生した。これを受けて取りまとめられた同審議会の答申では、関係機関の連携によるハード対策の強化に加え、大規模氾濫減災協議会等を活用し、多くの関係者の事前の備えと連携の強化により、複合的な災害にも多層的に備え、社会全体で被害を防止・軽減させる対策の強化を緊急的に図るべきである、とされており、これらを踏まえ、「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画を平成31年1月に改定し、国土交通省では、「水防災意識社会」の取組をより一層、充実・加速化させ、一刻も早い再構築をめざしている。

(2) ハードとソフトが一体となった治水対策

治水対策は、これまでも事前防災対策として、堤防整備、河道掘削、放水路、ダムや遊水地の整備等、河川の特徴や流域の状況に応じた対策を組み合わせながら、洪水時の水位を下げ、安全かつ確実に洪水を流すための河川整備を進めてきている。一方で、発生した水害に対しては、被災した河川施設の災害復旧に加え、再度災害の防止の観点で、改良復旧を含めた河川整備を行っている。これらの河川整備は治水対策のうち、ハード対策に位置づけされる。

前述の関東・東北豪雨でも再度災害の防止を目的に実施するハード対策として、決壊した堤防の本格的な復旧、高さや幅が足りない堤防の整備（嵩上げや拡幅）、洪水時の水位を下げるための河道掘削などを平成27年度から令和2年度までに緊急的・集中的に実施している。また孤立援助者が多数発生したことを踏まえ、避難勧告に着目したタイムラインの整備とこれに基づく訓練や地域住民等も参加する共同点検の実施など、住民の避難を促すソフト対策にも取り組むこととしている。関東・東北豪雨の被災地では、河川管理者が行う再度災害を防止するハード対策と、主に沿川の自治体が主体的に取り組む施設能力を上回る洪水等を前提にしたソフト対策を一体化させ「鬼怒川緊急対策プロジェクト」として、国、県、沿川市町がそれぞ



図一 2 進行中の治水対策のプロジェクト

れの役割分担により主体的に取り組んでいるところである。

関東・東北豪雨以降の大規模な水害の被災地では「鬼怒川緊急対策プロジェクト」のように、河川管理者と流域内の様々な関係者が連携して、ハードとソフトが一体となった治水対策をプロジェクト化して、取組項目、目標時期、取組機関を具体化しながら復興・復旧に取り組んでいる（図一2）。なお、これらのプロジェクトは国土交通省内のホームページをポータルサイトとして活用できるよう整理してあるので参考にされたい。

「国土交通省 緊急治水対策プロジェクト」で検索⇒
https://www.mlit.go.jp/river/kasen/kinkyu_pro/index.html

3. 令和元年の洪水と被害の概要

令和元年も房総半島台風や東日本台風などの台風、8月豪雨、山形沖地震をはじめとする地震等、全国各地で災害が発生した。このうち、8月豪雨等が「令和

元年8月13日から9月24日までの間の暴風雨及び豪雨による災害」、東日本台風等は「令和元年10月11日から同月26日までの間の暴風雨及び豪雨による災害」として、それぞれ激甚災害に指定されている。

令和元年に発生した災害による国土交通省所管公共土木施設の被害は17,495箇所、被害額は6,999億円となっており、このうち「豪雨」「梅雨前線豪雨」「台風」に分類される異常気象の被害額は約6,850億円にも上っている。（令和2年4月1日現在）なお、令和元年の被害額は直近10年間で、東日本大震災や紀伊半島大水害が発生した平成23年に次ぐもので、その大部分が風水害に起因するものであった（表一1）。

以下に8水系で「緊急治水対策プロジェクト」に取り組むきっかけとなった令和元年の洪水について被害概要を述べる。

(1) 8月豪雨

前線と湿った空気の影響で、九州北部地方を中心に8月26日から大雨を記録した。筑後川水系や六角川水系等の国管理河川5水系9河川、県管理河川49河

表一 平成 31 (令和元) 年 主要災害別の国土交通省所管公共土木施設被害額

(金額単位: 千円)

	冬期風浪及び風浪		豪雨		地すべり		融雪		地震		梅雨前線豪雨		台風		その他		合計	
	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額
直轄			12	1,235,000							7	548,000	466	117,152,200	1	6,500	486	118,941,700
補助	2	150,000	2,027	41,016,058	38	12,873,213	6	360,000	22	765,200	1,896	29,106,104	13,009	496,157,411	9	554,000	17,009	580,981,986
合計	2	150,000	2,039	42,251,058	38	12,873,213	6	360,000	22	765,200	1,903	29,654,104	13,475	613,309,611	10	560,500	17,495	699,923,686



写真一 令和元年8月豪雨における被災状況（六角川の油流出状況）



写真二 令和元年東日本台風における被災状況（信濃川水系千曲川の決壊）

川で氾濫危険水位を超過し、六角川水系牛津川等で越水氾濫も生じた。これにより死者4名の人的被害や床上浸水905棟、床下浸水4,751棟の被害が発生した（令和2年2月4日現在、消防庁資料）。

このうち、六角川水系では排水不良によるものを含め、面積が約6,900ha（国土交通省のヘリコプターによる目視の概略調査（8月28日））と推計される広範囲な浸水被害が発生した。この豪雨では、佐賀県大町町の鉄工所が浸水し、最大約11万リットルにおよぶ大量の油の流出（写真一）や、一時病院等が孤立するなどの被害も発生した。

(2) 東日本台風

東日本台風は10月12日に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸、関東地方を通過し、広い範囲で大雨、暴風、高波、高潮となった。雨については特に静岡県、関東甲信越地方、東北地方で近年まれにみる記録的な大雨となり、6時間降水量は89地点、12時間降水量は120地点、24時間降水量は103地点、48時間降水量は72地点で観測史上の最大を記録した。これにより広範囲にわたり河川の氾濫やがけ崩れ等が発生し、死者111名、行方不明者3名の人的被害、床上浸水8,129棟、床下浸水22,829棟の住家被害が発生し、被害は極めて甚大であった（令和2年4月10日現在、消防庁資料）（写真二）。

また国管理河川で14箇所、県管理河川で128箇所の堤防が決壊し、国管理河川だけでも最大約25,000ha

が浸水した。また土砂災害件数は台風に伴う災害としては過去最大の952件となった（令和2年4月10日現在、国土交通省資料）。

この東日本台風では、北陸新幹線の車両基地にあった新幹線の車両10編成（1編成12両）が浸水し、北陸新幹線のダイヤへの長期間におよぶ影響や、広範囲で内水氾濫が発生し、浸水区域内のタワーマンションの一部で電気設備が浸水したことにより、一週間以上電気や水道が途絶えるなど、社会経済活動や市民生活にも大きな影響を与えた。

4. 令和元年の洪水を契機とした「緊急治水対策プロジェクト」

令和元年に甚大な被害が発生した8月豪雨における六角川水系と東日本台風における阿武隈川、吉田川（鳴瀬川水系）、入間川流域（荒川水系）、那珂川、久慈川、多摩川、信濃川の7水系では、それぞれ「緊急治水対策プロジェクト」に今後5～10年で取り組むこととしており、その概要を（表二）に示す。再度災害を防止する河道掘削、遊水地、堤防整備等のハード対策のほか、国、都県、市区町村が連携し、霞堤の保全・有効活用、浸水リスクを考慮した立地適正化計画の作成などのソフト対策を組み合わせた治水対策をプロジェクト化して進めていくこととしている。

これら8水系の「緊急治水対策プロジェクト」は、それぞれの河川に設置されている大規模氾濫減災協議

表―2 令和元年洪水を契機とした「緊急治水対策プロジェクト」一覧

令和2年4月現在

契機 洪水	水系名	河川名	緊急治水対策プロジェクト（※1） （概ね5～10年で行う緊急対策）		
			事業費（※2）	期間	プロジェクト名と主な対策メニュー
8月 豪雨	六角川	六角川	約418億円	令和6年度 まで	六角川水系緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道整備, 遊水地整備 等 【ソフト対策】 浸水リスクを考慮した立地適正化計画展開 等
東 日 本 台 風	阿武隈川	阿武隈川上流	約1,840億円	令和10年度 まで	阿武隈川緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道掘削, 遊水地整備, 堤防整備 等 【ソフト対策】 支川に危機管理型水位計及びカメラの設置, 浸水リスクを考慮した立地適正化計画展開 等
		阿武隈川下流			
	鳴瀬川	吉田川	約271億円	令和6年度 まで	吉田川・新たな「水害に強いまちづくりプロジェクト」 【ハード対策】 河道掘削, 堤防整備 等 【ソフト対策】 浸水想定地域からの移転・建替え等に対する 支援 等
	荒川	入間川(流域)	約338億円	令和6年度 まで	入間川流域緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道掘削, 遊水地整備, 堤防整備 等 【ソフト対策】 高台整備, 広域避難計画の策定 等
	那珂川	那珂川	約665億円	令和6年度 まで	那珂川緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道掘削, 遊水地整備, 堤防整備 等 【ソフト対策】 霞堤等の保全・有効活用 等
	久慈川	久慈川	約350億円	令和6年度 まで	久慈川緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道掘削, 堤防整備 等 【ソフト対策】 霞堤等の保全・有効活用 等
	多摩川	多摩川	約191億円	令和6年度 まで	多摩川水系緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道掘削, 堰改築, 堤防整備 等 【ソフト対策】 下水道樋管等のゲート自動化・遠隔操作化 等
	信濃川	信濃川	約1,768億円	令和9年度 まで	信濃川水系緊急治水対策プロジェクト 【ハード対策】 河道掘削, 遊水地整備, 堤防整備 等 【ソフト対策】 田んぼダムなどの雨水貯留機能確保, マイ・タイムライン作成推進 等
		千曲川			

※1) 各プロジェクトの内容は、今後の調査・検討により追加・変更がある

※2) 各プロジェクトの河川における対策の事業費

会に部会を設けるなどして自治体等と協議を行い、地域の実情や新しい施策を取り入れて策定された。また、これらのプロジェクトは、河川管理者が行うハード対策のみならず、流域の様々な関係者が連携して取り組むこととなるため、プロジェクトの全体像をわかりやすく示して、流域の防災意識を高めながら推進していくことが重要である。

以下に令和元年洪水を契機とした「緊急治水対策プロジェクト」の特徴を3点詳述する。

(1) 直轄大規模災害関連事業の拡充

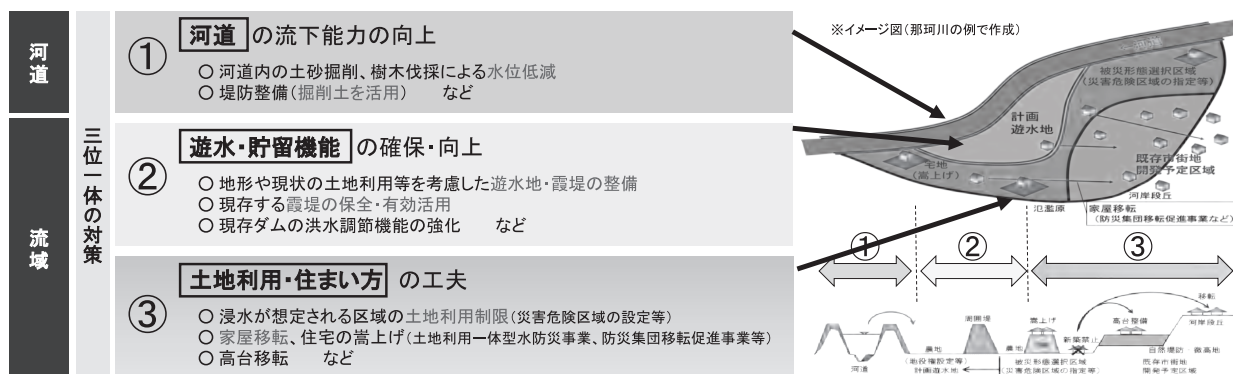
事前防災対策はその効果の大きさを見ても加速させることが重要である。一方で、近年の激甚な水害の頻発により、事後的に限られた予算を手当てすることとなり、その分、全国的な事前防災対策への予算を圧縮せざるを得ない状況が続いてきた。このため直轄河川

において堤防が決壊するなどの甚大な被害が生じた場合、治水予算（通常予算）とは別枠の災害関連予算で行う改良復旧に予算の上限を設定せず、再度災害防止対策を迅速に進められるよう、平成30年度に制度拡充を行った。これにより、災害関連予算による改良復旧を最大限活用した再度災害防止対策を進めることで、限られた予算を事前防災対策へシフトしていくことが可能となった。

令和元年洪水を契機に取り組む8つの「緊急治水対策プロジェクト」で実施するハード対策では、拡充された直轄大規模災害関連事業を活用することとした。

(2) 権限代行制度

激甚化する豪雨等に対応するため、迅速かつ高度な災害復旧工事や、ダム等の施設能力を向上させるための高度な再開発工事等を実施する必要性が高まってい



図—3 多重防御のイメージ

る。一方で都道府県等では人員の不足や技術力の低下が懸念されていることを踏まえ、平成29年の河川法改正により、これらの工事に関して都道府県からの要請で国が代わって実施できる権限代行制度を創設した。

令和元年の洪水では東日本台風により被災した茨城県、長野県、宮城県、福島県からの要請により、県管理河川の決壊箇所等において、国が権限代行により災害復旧工事等を進めており、それらを阿武隈川、久慈川、信濃川の「緊急治水対策プロジェクト」に位置づけた。

(3) 流域での対策と土地利用誘導・規制

平成27年9月関東・東北豪雨での「鬼怒川緊急対策プロジェクト」以降のプロジェクト化した治水対策は河川整備等のハード対策に加え、タイムラインや適切な河川情報の提供など避難に着目した取組がソフト対策の中心であったが、8月豪雨で甚大な被害が発生した佐賀県の六角川水系での「六角川水系緊急治水対策プロジェクト」では河川の対策に加え、雨水貯留施設の整備・ため池の活用等の流域での対策や、浸水リスクを考慮した災害危険区域の指定や立地適正化計画の作成・見直しなどの土地利用誘導・規制に取り組むこととしている。

また、入間川流域（荒川水系）、那珂川、久慈川は直轄ダムや遊水地がなく、従前より洪水を主に河道で処理していたが、東日本台風による甚大な浸水被害を契機として、地域と連携して、河道の流下能力の向上による“あふれさせない対策”，遊水・貯留機能の確保・向上による“計画的に流域にためる対策”，土地利用・住まい方の工夫による“家屋浸水を発生させない対策”が三位一体となって、社会経済被害の最小化をめざす多重防御治水を推進することとしている（図—3）。

これらのように、令和元年の洪水を契機とした「緊急治水対策プロジェクト」の多くは、流域での雨水の貯留やまちづくりなど流域で実施する対策をプロジェクトに位置付けている。

5. おわりに

近年、各地で大水害が頻発しており、水害から生命とくらしを守るためには、洪水を河川内で処理することに加え、流域全体を見据えた、ハード・ソフト一体となった対策が必要である。今回紹介した「緊急治水対策プロジェクト」は、それぞれの流域の実情に応じて、国、都県、市区町村が連携して取りまとめたもので、契機となった洪水による再度災害を防止するため、緊急的・集中的に取り組むハード対策と、土地利用やマイ・タイムラインの普及促進などのソフト対策を、期限を区切って一体として推進する治水対策の全体像を示すものである。

今後、気候変動の影響により増大する水災害リスクを踏まえれば、再度災害防止対策のみならず事前防災対策を加速させる必要があるが、「緊急治水対策プロジェクト」を事前防災対策に応用して、これからの全国における流域の治水対策の全体像をわかりやすく示し、地域の防災意識の向上と連携を強化に努めていきたい。

J C M A

【筆者紹介】

石田 和也（いしだ かずや）

国土交通省

水管理・国土保全局治水課

課長補佐



行政情報

令和元年度の TEC-FORCE 活動

立 松 明 憲

平成 20 年 4 月に創設された TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）は、大規模な自然災害に際して、被災状況調査や応急対策など被災自治体の支援を行ってきた。

令和元年においても、東日本（台風第 19 号）、房総半島（台風第 15 号）等の台風、8 月の前線に伴う大雨等の洪水、山形県沖地震をはじめとする地震等、全国各地で多くの災害が発生した。

それらの災害に対し、TEC-FORCE は、いち早く被災地に駆けつけ、様々な支援活動を実施した。本稿では、それらの活動状況を紹介する。

キーワード：TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）、8 月の前線に伴う大雨、房総半島台風、東日本台風、自治体支援

1. はじめに

TEC-FORCE は、平成 20 年 4 月に創設され、今年で 12 年目を迎えた。TEC-FORCE は、各地方整備局等の職員を中心に、研究機関、国土地理院、地方航空局、地方運輸局、気象庁など国土交通省の多岐にわたる機関の職員で構成されている。

隊員数は、平成 31 年度には 1 万人を突破し、令和 2 年 4 月現在、約 1 万 4 千人となっている。

創設以来、東日本大震災や熊本地震、九州北部豪雨など 106 の災害に、日本全国から、のべ約 11 万 5 千人を超える隊員を派遣し、被災地の早期復旧に向け、支援活動にあたってきた。

2. 令和元年度の主な災害と国土交通省 TEC-FORCE の初動対応

(1) 令和元年度の主な災害

令和元年度は、表—1 にあるように 13 の災害に TEC-FORCE を派遣した。

以下に、令和元年度に発生した主な災害に対する活動状況について紹介する。

(2) 6 月山形県沖を震源とする地震

6 月 18 日、山形県と新潟県の県境にほど近い山形県沖を震源として、M6.7 の地震が発生した。本地震は令和元年では最大の震度を記録した地震となった。

表—1 令和元年度における災害の TEC-FORCE 派遣状況

発生月	災害名	派遣隊員数 (のべ人・日)
令和元年 5 月	5/18 鹿児島県屋久島南部の大雨	41
6 月	6/18 山形県沖を震源とする地震 (震度 6 強)	106
6 月	6 月下旬からの大雨	512
7 月	台風第 5 号	62
7 月	台風第 6 号	17
8 月	浅間山の噴火	21
8 月	台風第 10 号	312
8 月	8 月の前線に伴う大雨	1,711
9 月	台風第 13 号	159
9 月	房総半島台風	1,251
9 月	台風第 17 号	494
10 月	東日本台風	30,513
令和 2 年 3 月	3/13 石川県能登地方を震源とする 地震 (震度 5 強)	16

新潟県村上市で震度 6 強、山形県鶴岡市で震度 6 弱を記録したほか、北海道から中部地方にかけて震度 5 強～1 を観測し、津波も観測された。震度が大きかった山形県・新潟県を中心に、人家被害が発生した。

国土交通省では、発災後、防災ヘリによる上空からの調査を実施したほか、被災自治体からの市道法面崩落に対する技術的アドバイスの要請に対し、現地にて調査・助言を実施した（写真—1）。



写真—1 法面崩落の対応への技術的な助言（山形県鶴岡市）

（3）8月の前線に伴う大雨

（a）大雨の概要

前線と湿った空気の影響で、8月26日から、九州北部地方を中心に一部地域で総降水量が600ミリを超えるなど記録的な大雨となった。筑後川水系や六角川水系等の国管理の5水系9河川、県管理の49河川で氾濫危険水位を超過した。また、越水氾濫も生じ、六角川水系では排水不良によるものを含め広範囲に浸水被害が発生し、浸水面積は約6,900haと推計された（写真—2）。



写真—2 六角川周辺の浸水状況（佐賀県大町町）

（b）TEC-FORCEの活動について

今回の豪雨では、全国の地方整備局等をはじめ、地方運輸局や管区気象台、国土地理院、国土技術政策総合研究所、（国研）土木研究所、（国研）港湾空港技術研究所から、8月26日以降のべ1,711人が派遣された。

さらに、ポンプ車や照明車、散水車等、のべ約900台の災害対策用資機材を派遣し、被災地の災害応急対応を支援した。

ここでは、TEC-FORCEの隊員や災害対策用資機材の被災地での具体的な活動を報告する。

①六角川水系での緊急排水

8月28日早朝、六角川水系牛津川等で堤防からの

越水により、六角川周辺では大規模な浸水被害が発生し、約6,900haが浸水した。

国土交通省では、浸水発生前の8月27日から中国地方整備局のほか、関東・北陸・中部等の各地方整備局からTEC-FORCEを派遣し、排水ポンプ車約50台を配備し、浸水発生後は直ちに排水を開始し、以降、昼夜を問わず24時間体制で排水活動を実施した（写真—3）。



写真—3 排水ポンプ車による緊急排水状況（佐賀県大町町）

②流出した油に対する対応

本豪雨では佐賀県大町町の鉄工所が浸水し、大量の油（最大約11万リットル）が住宅地や農地に流出した。病院等の周辺も浸水し、その孤立解消が急務となり、油対策を取りながらの排水活動がもとめられた。国土交通省では、鉄工所及び排水樋管周りにオイルフェンスを設置して油の拡散を抑制しつつ、排水樋管の操作および排水ポンプ車（最大16台）により、内水排除及び油回収を24時間体制で実施し、8月30日18時に病院の孤立を解消した。

住宅地側に流出した油については、国土交通省・自衛隊・消防・佐賀県・大町町等からなる現地会議において調整を図りつつ、国土交通省では延べ約9,000人



写真—4 流出油の除去作業（柏木樋管にて）

が吸着マット（約10万枚使用）やバキューム車（最大5台）により回収作業を行った（写真—4）。河川に流出した油については、河川内へオイルフェンスを9カ所設置し、下流への油流出防止対策を実施した。また海域で確認された油は、国土交通省、佐賀県等の船舶（最大7隻）により攪拌による揮発を促進した。9月10日に関係機関が参加して、油除去の確認を行い、住宅地側に滞留していた油除去の緊急対策を完了した。

（4）房総半島台風

（a）台風の概要

房総半島台風（台風15号）は9月9日に千葉市付近に上陸し、千葉県を中心に関東地方等で観測史上1位の最大風速等を観測した。この暴風により、千葉県を中心に8都県において大規模な住家被害や停電が発生した。

（b）TEC-FORCEの活動について

今回の台風では、約7万戸の住家被害に加え、最大約93万戸の停電が発生する等、その猛烈な風による被害が顕著となった。国土交通省では、関東地方整備局をはじめ、地方運輸局や管区气象台、国土地理院、国土技術政策総合研究所、（国研）港湾空港技術研究所等から、9月6日以降のべ1,251人を派遣し、支援活動を行った。

①被災者への物資供給

自治体との間のホットラインや、自治体に派遣していたリエゾンからの情報により、被災者の方々のニーズを把握し、台風通過後の9月10日より、ブルーシート約12万枚等の物資支援を実施した。

物資の供給には、地方整備局の備蓄に加え、（一社）日本建設業連合会、各種災害協力団体、水資源機構等の協力を得て、速やかな支援を実施した（写真—5）。

②停電解消のための道路啓開

千葉県内各地で停電が発生したが、送電線の復旧に

あたり倒木等が支障となり現場への到着が困難だったことから、関係機関と協力し、市道等の道路啓開を支援し、停電解消に貢献した（写真—6）。

③その他の支援

この台風により断水となった千葉県君津市等の避難所等に11台の散水車を派遣し、給水支援を実施したほか、断水により入浴が不可能な木更津市等において、海上保安庁の巡視船等による入浴支援を実施した（写真—7、8）。



写真—6 送電線復旧のため倒木除去に向けた現地調査（千葉県富津市）



写真—7 給水支援状況（千葉県君津市）



写真—5 物資支援状況（千葉県鴨川市）



写真—8 入浴支援状況（千葉県富津市）

(5) 東日本台風

(a) 台風の概要

東日本台風は、10月12日に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸、関東地方を通過し、広い範囲で大雨、暴風、高波、高潮となった。大雨特別警報が13都県に発表されるなど、記録的な豪雨となり、特に静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の多くの地点で降水量が観測史上1位を更新した。この台風により、死者111名、行方不明者3名、住家の全半壊等8,129棟、住家浸水4,751棟が発生する等、人的被害・住家被害も極めて甚大であった（消防庁 R2.4.10）。

河川被害としては、国管理河川で14箇所、県管理箇所で128箇所において堤防が決壊し、国管理河川だけでも最大約25,000haの浸水等が発生し、土砂災害は、952件であった（4月10日時点）。

さらに、広範囲で内水氾濫等が発生し、川崎市等の浸水区域内では、タワーマンションの一部で電源設備が浸水したことにより、一週間以上電気や水道が途絶え、電源設備の耐水化が課題となった。また、北陸新幹線の車両基地にあった新幹線の車両10編成（1編成12両）が水没し、北陸新幹線のダイヤに長期間に渡る影響を及ぼした。

(b) TEC-FORCE の活動について

今回の豪雨では、全国の地方整備局等をはじめ、地方運輸局や管区気象台、国土地理院、国土技術政策総合研究所、（国研）土木研究所、（国研）建築研究所から、10月10日以降、34都道県303市町村へ、のべ30,513人が派遣され、10月23日には、1日あたり748人を派遣した。

TEC-FORCEの創設（平成20年）以来、のべ派遣人数では、東日本大震災（18,115人・日）を、日最大派遣人数では、平成30年7月豪雨（607人）を大幅に超え、過去最大の派遣となった。

さらに、ポンプ車や照明車、散水車等の災害対策用資機材についても、10月10日以降のべ18,234台派遣し、被災地の災害応急対応を支援した。

ここでは、被災地での具体的な活動を報告する。

①防災対策ヘリによる上空からの調査

今回の豪雨では、被災範囲が関東、北陸、東北地方と非常に広域に渡ったため、各地方整備局の災害対策ヘリ8機を集結して各地で迅速な上空からの調査を実施した（図—1）。

②広範囲での緊急排水

河川堤防の決壊、越流による氾濫、内水等による浸水被害が関東、北陸、東北の各地域で発生し、台風上陸前の10月10日より、全国の地方整備局から、排水



図—1 防災ヘリによる広域調査（DiMAPS上で運航軌跡を表示）



写真—9 緊急排水の状況（長野県飯山市）

ポンプ車を派遣し、浸水発生後速やかに排水を開始し、最大時は約200台の排水ポンプ車が、24時間体制で緊急排水を実施した。10月中には、各地の浸水をおおむね解消し（写真—9）、これにより、災害廃棄物の処分等、被災者の生活支援に迅速に取り組むことが可能になった。

③その他の取り組み

今回の台風被害では、河川の氾濫等により流れ込んだ土砂等が、市街地や道路に堆積し、被災地での生活に支障をきたす状況を引き起こしていたため、国土交通省が所有する路面清掃車、散水車等を派遣し、生活道路の土砂撤去や路面清掃を実施した（写真—10）。また、断水した地域においては、給水機能を兼ねた散水車を派遣することにより給水支援も実施した。



写真—10 路面清掃（長野県長野市）

3. おわりに

災害発生時には、被害状況を迅速に把握することが、被災地の速やかな復旧復興に極めて重要である。TEC-FORCE の行う被災状況調査に対しても、更なる迅速化が求められており、これまでに、隊員、装備品の拡充に努めるとともに、ドローン、レーザー距離計等を活用した調査の効率化に取り組んでいる（写真—11）。



写真—11 ドローンを活用した被災状況調査（宮城県丸森町）

東日本台風は、被害が広域にわたる災害であったが、TEC-FORCE はこれらの機器を活用して迅速に調査を行い、激甚災害指定には「発災日から1～2か月程度の期間を要するのが通例」（内閣府 HP）とされている中、今回の災害では、早期の激甚災害指定に繋がった（10月29日閣議決定）。

地震や津波、水害、土砂災害、噴火、大雪など、自然災害が頻発する我が国において、被災地における被害状況の早期把握や迅速な復旧に向けた応急復旧支援は、被災地からの期待も大きく、TEC-FORCE の活動は、もはや欠かせないものとなった。

今後、南海トラフ巨大地震や首都直下地震、気候変動等に伴う水害の頻発化・激甚化が懸念される中、全国各地の被災地への広域的な応援を行う TEC-FORCE の役割はますます重要になるものと考えている。

国土交通省としては、被災地を的確に支援できるよう、TEC-FORCE の体制の拡充や初動対応能力の更なる向上、建設関連産業との連携の強化など、引き続き、未曾有の大規模自然災害に迅速に対応できるよう備えてまいりたい。

J C M A

〔筆者紹介〕

立松 明憲（たてまつ あきのり）
国土交通省 水管理・国土保全局
防災課 災害対策室
課長補佐



行政情報

河川情報に関する最近の動向

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／河川環境課河川保全企画室

令和元年東日本台風（以降、東日本台風という）において課題となった、河川・気象情報の発信や伝達について、国土交通省では「河川・気象情報の改善に関する検証チーム」を設置し、有識者や報道関係者等からも助言を得て課題の検証及び改善策をとりまとめ、本出水期より取り組みを開始している。

併せて、革新的河川技術プロジェクトとして、洪水時の観測に特化した低コストの水位計（危機管理型水位計）や簡易型河川監視カメラ等の開発・設置を進め、住民等の受け手にとって分かりやすい情報発信に努めている。

本稿では、これら河川情報に関する最近の取り組みについて紹介する。

キーワード：河川・気象情報、情報の改善、革新的河川技術

1. はじめに

住民に適切な避難行動を促すためには、河川や気象などの情報が住民に確実に伝わり、正しく理解されることが重要である。

東日本台風においては、情報が適切に発信できない、伝わらないといった課題があったことから、国土交通省では「河川・気象情報の改善に関する検証チーム」を設置し、有識者や報道関係者等からも助言を頂き課題の検証及び改善策をとりまとめた。

これを受け、具体的取り組みを本出水期より開始しているが、主な取り組み内容について紹介する。

2. 河川・気象情報の改善に関する検証

(1) 決壊・越水等の確認における課題

河川事務所と気象台が共同で発表する洪水予報について、洪水時に浸水等による通行止めにより現地に近づくことができず、後日の点検時に痕跡から氾濫が発生していたことを確認した等、決壊・越水の迅速な把握ができない事例があった。

改善策として、相対的に氾濫発生の危険性が高い箇所を中心に、簡易型河川監視カメラ、危機管理型水位計を今年度末までに約2,100基、うち約1,600基を今年6月までに増設し、機器による状況監視体制を強化することとした。

また、河川監視カメラが設置されている箇所であっ

ても、そのカメラが夜間監視に対応できていない箇所について、今年度末までに約1,100基の河川監視カメラを高感度化することにより夜間の状況監視体制を強化することとした。

さらに、河川監視カメラや危機管理型水位計などの機器による監視体制強化に加え、同時多発的に氾濫等が発生する場合には、限られた人員で多くの機器を同時に監視することが困難となることが想定される。このため、より効率的な監視が可能となるよう、越水・決壊等を検知するセンサーの堤防上への試行的設置や、水位情報やカメラ画像の自動監視など、効率的に越水・決壊等を検知する技術開発を進めていくこととした(図-1)。また、水位や画像などの記録方法やデータの活用方法についても検討を進めることとした。



図-1 越水検知等の技術（イメージ）

(2) 大雨特別警報解除後の洪水に係る情報提供

東日本台風では、記録的な大雨により、1都12県309市町村に大雨特別警報を発表し、その後の降雨の状況に応じて順次大雨警報等へ切り替えた。しかし、大河川では降雨が河川に流出するまでに時間がかかり、例えば阿賀野川では、新潟県に発令されていた大雨特別警報が解除された10月13日午前3時20分時点では、氾濫注意情報を発表中であったが、その後水位が上昇し、およそ4時間後に氾濫危険情報を発表した。

改善策として、今年出水期から、大雨特別警報の解除後の氾濫への警戒を促すため、大雨特別警報の解除を警報への切替と表現するとともに、警報への切替に合わせて、今後の水位上昇の見込みなどの「河川氾濫に関する情報」を発表することとした。これは、現在の氾濫の危険性や今後の水位の見込み、大河川において最高水位に達する時間帯などを指定河川洪水予報により周知することにより、河川氾濫への注意喚起を図るものである。

また、降雨後に時間差で到達する洪水に関する情報の充実のために、すべての国管理河川において、これまでの3時間先までの水位予測だけでなく、6時間先までの水位予測情報を今年度から提供するとともに、5kmメッシュの解像度で提供される39時間先までの降雨予測を活用した長時間水位予測の試行を今年度から開始する。さらに、同じ解像度で39時間先まで提供されているメソアンサンプル降雨予測を活用した洪水の危険度評価についても技術開発を進めるとともに、それらを活用した洪水危険度の伝え方や注意喚起の方法などについても検討することとした。

(3) 河川・気象情報の提供の改善・充実

東日本台風の接近にあたり、地方整備局と気象台が合同で記者会見を開催し、台風による気象や河川の増水について、最新の状況や今後の見通しを解説した（写真—1）が、東日本台風後に実施したアンケートでは合同会見により水害に対する危機感が高まったという回答があった一方で、「会見の頻度が多くなりすぎると慣れが出てきてしまう」、「職員の伝え方が不慣れで分かりにくい」などの意見があった。また、行政とメディア等からなる「住民自らの行動に結びつく水害・土砂災害ハザード・リスク情報共有プロジェクト」の会議でも、「降雨予測と合わせて河川の水位の見込みも説明してほしい」など、会見の内容の充実を求める意見があった。



写真—1 合同記者会見の様子

改善策として、国土交通省だけでなく民間事業者を含めた様々な者からの情報提供により、洪水時に住民が広く情報を入手できる手段を確保できるよう、水位情報、河川監視カメラ映像などの情報提供に協力していただける民間事業者等を拡大し、地域のメディアを含めた様々な民間事業者等と連携した情報提供の体制の充実を図ることとした。

また、河川の増水・氾濫の危険性や状況などについて、メディアが利用可能な解説資料を事前に作成し共有することで、分かりやすい情報伝達に資する情報を提供することとした。

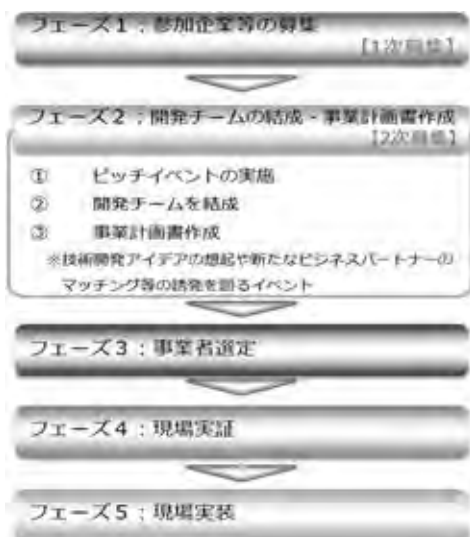
3. 革新的河川技術プロジェクト

国土交通省では、企業等が有する優れた先端技術を活用して技術開発を推進する「革新的河川技術プロジェクト」を平成28年11月から取り組んでいる。2. (1)で、危機管理型水位計や、簡易型河川監視カメラの設置状況等に触れたが、これらの機器についても本プロジェクトにより技術開発を行ったものであり、本項ではその取り組みの概要を紹介する。

本プロジェクトは、河川管理者が必要とする機器等を短期間に製品化させるため、企業等が有する要素技術を組み合わせるオープン・イノベーション方式を採用している。国土交通省がリクワイヤメント（要求仕様）を提示し、各要素技術を持つ企業等を募集し、企業同士のマッチングを行う「ピッチイベント（企業間お見合い）」を開催して新技術やアイデアを有するビジネスパートナーのマッチングにより事業者を構成・選定し技術開発に取り組んだ（図—2、写真—2）。

(1) 危機管理型水位計の技術開発

革新的河川技術プロジェクト第1弾では、平成28年8月の北海道・東北豪雨における浸水被害を踏ま



図一 2 技術開発スケジュール



写真一 2 ピッチイベントの様子

え、特に、中小河川の水位情報の充実を図るため、平成 28 年 11 月より洪水時の観測に特化した低コストの水位計（危機管理型水位計）の技術開発に着手し、24 企業 12 チームが参画し、鶴見川支流の鳥山川における現場実証を経て、平成 29 年 12 月に開発が完了した。

危機管理型水位計は、人家や重要な施設（要配慮者利用施設・市役所・役場等）の浸水の危険性が高く、避難判断のために水位観測が必要な中小河川等に設置を進めており（写真一 3）、水位情報は平成 30 年 9 月からは、住民がスマートフォン等でいつでもどこでも水位情報が国、自治体の区別なく見ることが出来る「川の水位情報」サイト開設し、住民自らの避難行動に役立つ情報として提供している（図一 3）。

（2）簡易型河川監視カメラの技術開発

革新的河川技術プロジェクト第 3 弾では、中小河川等のさらなる河川情報の充実を目的に平成 30 年 3 月より 29 企業 19 チームが参画し、簡易型河川監視カメラの開発に着手した。平成 30 年 7 月豪雨では、洪水予報や各種危険情報が発令されていたにもかかわらず



写真一 3 危機管理型水位計設置例



図一 3 川の水位情報



写真一 4 簡易型河川監視カメラ設置例

ず、住民避難行動につながらなかった課題が明らかになり、切迫性のある洪水情報の多地点での提供の必要性が高まり、技術開発を加速させ、平成 31 年 3 月に開発が完了した（写真一 4）。

開発した簡易型河川監視カメラについては、中小河川等の氾濫の危険性が高く、人家や重要施設のある箇所に設置を進めている。

カメラの画像は、住民がスマートフォン等で見ることが出来る「川の水位情報」サイトで情報提供しており、住民自らの避難行動に役立つ情報として提供している（図—4）。

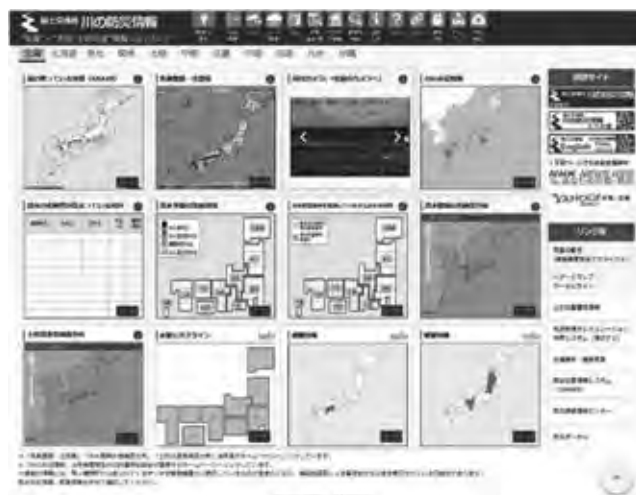


図—4 川の水位情報

4. 「川の防災情報」による情報発信

「川の防災情報」(<https://www.river.go.jp/>)は、リアルタイムの河川水位、雨量、河川監視カメラ画像、河川の洪水予警報等の防災情報を、広く一般の方々に対象に配信しているサイトであり、当サイトでは、国・都道府県等の管理する水位観測所（6,792箇所）、雨量観測所（10,243箇所）、河川監視カメラ画像（3,089箇所）などを配信している。また、CバンドMP（マルチパラメータ）レーダ雨量計（16基）及びXバンドMPレーダ雨量計（39基）により観測されたレーダ雨量を合成し、空間解像度250mメッシュ、観測間隔1分で概ね全国のレーダ雨量を配信するXRAIN（eXtended Radar Information Network）も閲覧することができる（箇所数、基数は令和2年4月1日現在）。

「川の防災情報」では、近年頻発する豪雨災害を踏まえ、住民の避難行動に結びつく防災情報の充実化を進めているところである。例えば、情報発信者がそれぞれ提供していた情報を一目で確認できるよう、ポータルサイトにおいて、気象情報、水害・土砂災害情報等を一元的に集約して提供する、「気象・水害・土砂災害情報マルチモニタ」(<https://www.river.go.jp/portal/>)（図—5）を昨年度に配信を開始した。また、河川の上流から下流まで概ね200m間隔で、両岸の



図—5 気象・水害・土砂災害情報マルチモニタ



図—6 水害リスクライン

堤防の標高と、雨量や観測水位、地形などのデータから計算されるリアルタイム水位とを比較し、時々刻々と変化する氾濫の危険度を色分けで表示する「水害リスクライン」(<https://frrl.river.go.jp/>)（図—6）の提供を開始し、昨年度末時点ですべての一級水系（109水系）の国管理区間で情報提供している。

5. おわりに

河川・気象情報の発信や伝達については、受け手となる住民や自治体等に、適切なタイミングでの確かな情報が伝わり、緊急時の避難行動等につながる事が重要であることから、引き続き本稿で紹介した取り組みをはじめとした河川情報の充実を図るとともに、メディアや企業等とも連携した取り組みを推進してまいりたい。

（令和2年6月執筆）

中国・都江堰と林盤にみるグリーンインフラ

悠久の歴史に学ぶ、持続可能な社会的共通資本整備の原点

石 川 幹 子・カビリジャン ウメル・陳 捷

中国四川省都江堰市は、チベット高原に連なる甘粛省に発する岷江が、平地へと展開する扇状地の頂部に発達した都市であり、紀元前 256 年に構築された古代水利工が 2,000 年の時を超えて成都平原を潤している。2008 年に四川汶川大地震が発生し、65,000 人の方が亡くなったが、悠久の水路網は、変わることなく命の水を人々に送り続けてきた。そこには、水利工だけではなく、恩恵を受けて育まれてきた「林盤」による流域一貫のシステムが存在している。本稿では、震災復興の最前線にたち、このシステムを踏まえて復興を牽引してきた当事者達の経験から、悠久の社会的共通資本の意義について考察する。

キーワード：都江堰、林盤、古代水利工、グリーンインフラ、震災復興

1. はじめに

中国四川省都江堰市は、チベット高原へと連なる龍門山脈を南下した岷江が、成都平原へと開ける扇状地の頂部に位置する都市であり、紀元前 256 年に構築された古代水利工の起点となっており、成都平原 5,300 km² を潤している。古代水利工は、秦の蜀郡郡守李冰が氾濫を繰り返す岷江を治めるために構築したものであり、諸葛孔明は、この地を「沃野千里、天府の地」と讃えた。

2008 年 5 月 12 日、四川省汶川附近を震源とするマグニチュード 8.0 の四川汶川大地震が発生し、死者、行方不明者は、65,000 人にのぼったが、古代水利工により構築されてきた水路網には、被害は少なく、変わることなく、命の水を人々に届けてきた。「Sustainability」(持続的維持)という概念が、これほど明確に立証され、今日に連なっている事例は、古今東西、稀である。

本稿では、古代水利工の仕組み、そして、その恩恵を受ける農村地帯に、2,000 年の歳月をかけて構築されてきた、人の暮らしと生業、そして水管理を統合したグリーンインフラである「林盤」の双方を紹介することにより、流域圏マネジメントの視点から、悠久の社会的共通資本とは、何かについて考察する。

2. 都江堰古代水利工

写真—1 は、都江堰古代水利工の全景である。中央を流れるのが岷江であり、甘粛省に源流を発し、成都

平原を経て、金沙江と合流し長江に連なる。写真中央が、「魚嘴」であり、李冰は、洪水・氾濫を繰り返していた岷江を、ここで内江と外江に分け、隣接する岩盤の玉壘山を掘削し、灌漑用水網をつくりだした(図—1)。

図—2 に基づき、古代水利工について説明をする。



写真—1 都江堰全景 提供：都江堰市空



図—1 魚嘴の建設



図—2 古代水利工



写真—2 魚嘴

「魚嘴 (写真—2)」,そしてこれに連なる「金剛堤」により岷江は、外江と内江に分けられる。外江は、川幅約 150 m,内江は約 130 m であり、水深は、内江が深くなっている。このため、渇水期には岷江の 6 割の水が内江, 4 割が外江に流れる。出水期には、川幅の広い外江へ 6 割, 内江へ 4 割と逆転する構造となっており、「分四六, 平潦旱」と言われる所以となっている。内江は隣接する玉壘山を切り拓いて掘削された。手法は、岩盤を熱し、その後冷やすことを繰り返し、亀裂を生じさせることにより掘削したと伝えられている。灌漑用水の導入部は、「宝瓶口 (写真—3)」と呼ばれ、ボトルネックの構造となっている。その直前に「飛沙堰 (写真—4)」が設けられている。出水期に過剰な水が「宝瓶口」に流れると、ボトルネック構造であるため、背水現象が生じ、これに対応するために「飛沙堰」が構築され、過剰な水が外江に流れる。同時に、堆積した土砂も排出される構造となっている。



写真—3 宝瓶口



写真—4 内江と飛沙堰
(出水期には、内江の水が手前の飛沙堰を越えて外江へ流れる)

「宝瓶口」には老王廟が建設され、信仰の場となっており、現在は公園として、世界各地から人びとの訪れる場所となっている。

灌漑用水路網の起点には、「天府源大橋」が架けられ、橋そのものが、文化的広場空間となっている。

3. 四川汶川大地震と復興

2008 年 5 月 12 日、マグニチュード 8.0 の四川汶川大地震が発生した。被災した都市が多数にのぼったため、中国政府は、被災しなかった大都市（北京、上海等）が、特定の被災地の都市と連携し、顔の見える支援を行う決定を行い、復興に着手した。これは、中国では「対口支援」（ペアリング支援）と呼ばれる方式であり、迅速な復興につながった。

後日、2011 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生した時、日本学術会議は、この方式を提言し、国・全国知事会・全国市長会は、速やかに導入を行った。当時、日本では、「対口支援」という概念や用語自体が存在していなかった。これを「ペアリング支援」と翻訳したのは、中国経済の専門家の助言を踏まえて検討を行った学術会議のチームであった¹⁾。

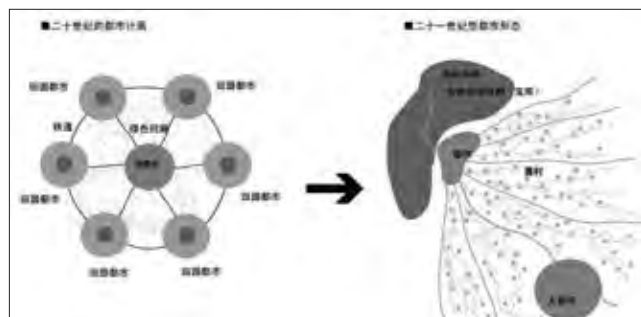
緊急支援体制の構築と合わせて、中国政府が世界に

要請した支援が、当該地域の「復興のグランドデザイン」の提案であった。グランドデザインとは、「基盤となる長期の戦略的計画」を意味するもので、中国国内、世界各国から48のチームの申し出があり、その内10カ国（北京、上海、成都、米、英、フランス、スイス、シンガポール、台湾、日本等）が、6月7日に都江堰市に参集し、調査・検討を開始した。日本からは、筆者等の東京大学と慶應義塾大学合同チームが参加し、現地の西南交通大学と協働で復興グランドデザインの作成を行うこととなった。写真—5は、世界各国からのチームで、市役所は壊滅したため、仮設テント前での発足となった。



写真—5 復興グランドデザイン策定チームの発足（2018年6月7日）

調査を開始し、市街地の建築は壊滅していたが、古代水利工、灌漑水路網、そして農村地域における「林盤」とよばれる集落コミュニティの被害は少なく、平時と変わることなく、人びとに命の水を供給し続けていた。自然・都市・農村の関係が水路網により、緊密なネットワークを形成していることが明らかとなった。従来の欧米型田園都市ではなくアジア型の田園都市の基盤が歴史的に蓄積していることが明らかとなった（図—3）。



図—3 自然・都市・林盤からなる地域構造

私たちは、これこそ、古代水利工の恩恵を受け、2,000年の歴史の中で構築されてきた資産であると認識し、復興の目標を「世界遺産生態都市」とし、自然・河川水路網と林盤・文化の3つの軸を据えた。複雑な要素

が絡み合う復興であるが故に、それを支える構造は、多くの人びとが共有しうる明瞭なものであることが必須である。この考え方は、当該地域における多くの都市の復興グランドデザインの規範となり、今日に至っている（図—4）。



図—4 復興グランドデザインの3つの軸

ちなみに、中国国内及び世界10カ国の提案は、歴史的街区の復興（上海・北京）、新幹線の導入（フランス）、カジノの建設による経済活性化（シンガポール）、郊外住宅地の開発（アメリカ）、林盤に着目した都市農村復興（日本）であり²⁾、これを統括し、マスタープラン（2008年12月）として取りまとめたのが、上海同済大学であった。これは、都江堰市とペアリング支援を行ったのが上海市であったことによる（図—5）。



図—5 都江堰市復興マスタープラン（2008年12月）

4. 復興の歩み（2008～2020年）

復興は、古代水利工に隣接する歴史的街区から開始された。図—6は、歴史的街区のエリアであり、図面下方が、宝瓶口と内江であり、水路網が分岐し、市街地は城壁に囲まれており、内江から導水された水路が旧市街地を流れていた。



図一六 都江堰市歴史的街区

歴史的街区の西端に位置するのが、「西街」と呼ばれる地区で、チベットへの「茶の道」が古代より継承されており、仏教とイスラム文化の共存する多様性豊かな地区となっていた。写真一六は、被災直後の天府源大橋、写真一七、八は、「西街」の歴史的街区の被災直後と2019年の復興の現状を対比させたものである。写真一八は、両側に住宅が建設され、埋もれていた城壁を再生したものであり、地域を俯瞰する散



写真一八 復元された城壁（2019年9月）

策路となっている。歴史的街区の外側には、被災者用の復興住宅が建設され、新しい市街地が建設された³⁾。

5. グリーンインフラ「林盤」と都市農村復興

中心市街地の復興が進む中で、市街地を取り囲む農村地域の復興は、遅々として進まなかった。図一七は、都江堰市における「林盤」の分布図である。総数は3,824カ所、戸数72,954戸、250,790人の人びとが暮らしている。林盤に関しては、樊硯之⁴⁾が、成都平原川西地方における林盤の特性について、今里悟之⁵⁾が、農村集落の領域と景観について、森田明⁶⁾は、清代を対象とした水利史の研究を行っている。



写真一六 被災直後の天府源大橋（2008年6月）



写真一七 被災直後の西街（2008年6月）

写真一八 復興した西街（2019年9月）
(写真一七と同じ路地)

図一七 都江堰市における「林盤」分布図

私たちは、2,000年の歴史が形成してきた「林盤」を次世代に継承していくためには、まず、詳細な調査を実施し、データベースを創り出すことからスタートしなければならないと考え、2008～2010年にかけて、約200カ所の「林盤」の学術調査を実施した。その結

果、以下の点が明らかとなった⁷⁾。

- ・林盤は、川西地区（当該区域）に特有の農村コミュニティの形態であり、「林盤是川西地区典型的自然郷村聚落」⁸⁾と定義されている（写真—10）。
- ・林盤の規模は、平均面積1 ha～2 haで、その中に、約50戸の農家が居住しており、稲作・蔬菜栽培・園芸・畜産などの複合的経営を行っている。これは、アジアの温帯モンスーン地域に典型的にみられる「アグロフォレストリー」である（図—8）。
- ・水路は、支渠、斗渠、農渠、網渠という4段階の異なるレベルのシステムが構築され、持続的水管理が行われている。支渠は、都江堰水利局が所管し、斗渠は「鎮」（村の行政単位に相当する）が管理、農渠は、各林盤のコミュニティ、網渠は、それぞれの農家の管理となっている。責任の主体と分担が明確であり。公民が協働で、維持管理にあたっている（写真—11～14）。



写真—10 林盤（都江堰市，聚源鎮，2019年）



写真—11 支渠



写真—12 斗渠



写真—13 農渠



写真—14 網渠

- ・林盤の周囲には、風除け、建築資材、風景の形成のために、メタセコイヤやカンレンボクなどの高木が環状に植栽されており、視認性の高い文化的景観を形づくっている（写真—10）。

このように、自然環境と人間の協働作業により、長い歴史の中で形成されてきた社会的共通資本を「グリーンインフラ」⁹⁾と呼ぶ。

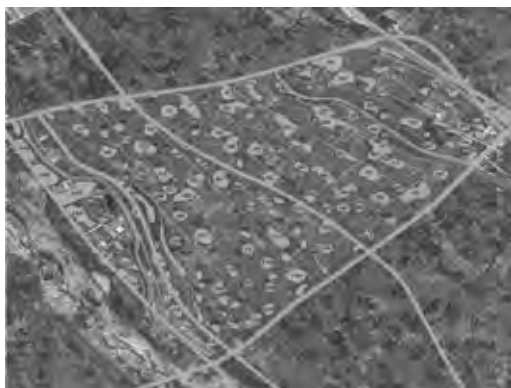
6. 悠久の歴史の継承による社会的共通資本の整備に向けて

震災後、復興の重点は既存市街地の再生及び復興住宅建設であったため、農村地域の復興は遅々として進展しなかった。筆者等は、文化的資産としての「林盤」の重要性を繰り返えし、表明を行い、2011年には都江堰市が「林盤」保全に関する条例の制定を行った¹⁰⁾。

状況が大きく変化したのは、2017年3月であり、「農村地域の保全・活性化」が中国の基本目標となったためである。この結果、数ある農村地域の中から、当該区域の「林盤」が着目されることとなった。私たちは、四川大学と協働で、2017年5、9月に再調査を行い、基本方針の提示を行った¹¹⁾。図—9は、「林盤」の形態を保全し、新しい機能を導入し、2,000年の歴史を継承していくことを目指している聚源鎮の「天府源農耕



図—8 林盤の形態（都江堰市聚源鎮金鶏村）

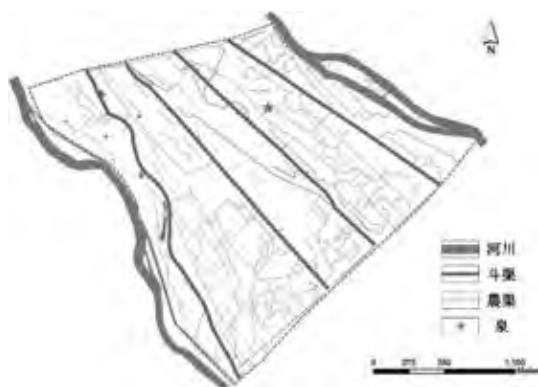


図—9 都江堰市聚源鎮
天府源世界農耕文明遺産地

文明遺産地」における林盤の分布を示したものである。

林盤の総数は175ヵ所、近隣地域の開発が進み、幹線道路に面した林盤や高齢化により管理が放棄されている林盤など、多様であり、活性化に向けた保全と事業化の双方が求められている。

図—10は、林盤を支える水路網（支渠・斗渠・農渠）を調査したものであり、再生計画の基本は、網の目のような古代水利工により構築されてきた水路網の再生を基盤とするものとした。

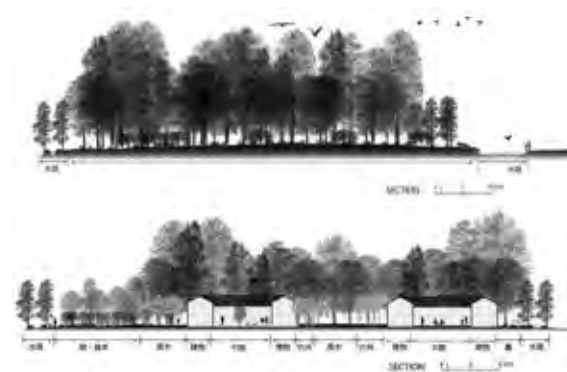


図—10 天府源農耕文明遺産地水路網

林盤は、規模、形態、都市化の状況を踏まえて基本的に、生態系林盤と、多様な機能導入型林盤（活性化）に分け、戦略計画が策定されつつある（図—11）。

グリーンインフラは、持続していこうとする社会、コミュニティの意志がなければ、容易に消滅していくインフラであることが、最大の特色である。

感染症が拡大する困難な社会情勢の中で、中国政府が2,000年の悠久の歴史に培われてきた「林盤」というグリーンインフラの保全・再生に大きく舵をきったことは、一つの時代が終焉し、新しい都市農村の未来が、生まれてくるのではないかという予感がある。日中友好の歴史を踏まえて、今後も互いに「遠方より来たる朋」として、切磋琢磨を続けていきたいものと考え



図—11 生態系林盤と活性化林盤

える。

J C M A

【補 注】

- 1) 日本学術会議東日本大震災対策委員会、「東日本大震災に対応する第一次緊急提言」, 2011年3月25日。
<http://www.scj.go.jp/ja/info/jishin/pdf/t-110325.pdf>, 最終閲覧2020年6月20日。
- 2) 成都市人民政府(2008): 都江堰復興重建概念計画理想空間30卷, 同済大学出版社。
- 3) カビリジャン・ウメル(2016),『震災復興計画政策の研究—ブンセン地震を事例として—』, 四川大学出版社。
- 4) 樊硯之(2009),「川西林盤環境景观保护性规划设计研究」, 四川农业大学。
- 5) 今里悟之(2001),「中国四川農村の村落領域と景觀形成」, 地理学評論74A-7, 394-414。
- 6) 森田明(1974),『清代水利史研究』, 亜紀書房, pp207-246。
- 7) 石川幹子, カビリジャン・ウメル, 大澤啓志, 高取千佳, 村山健二(2011),「中国四川省都江堰市農村部における林盤に関する研究」, ランドスケープ研究74(5), pp.779-782。
- 8) 王培荀(1846), 听雨楼随笔。
- 9) 石川幹子(2020),「グリーンインフラ—地球環境の持続的維持に向けて」, 中央大学出版。
- 10) 都江堰城乡规划局(2011),「都江堰市域林盤保护与利用规划」。
- 11) 中央大学研究開発機構, 四川大学灾后重建与管理学院(2017),「天府源農耕文明遺産地概念方案」。

【筆者紹介】

石川 幹子(いしかわ みきこ)
中央大学 研究開発機構 教授



カビリ江 吾买尔(カビリジャン ウメル)
四川大学 灾后重建与管理学院特聘副研究员



陳 捷(チン ジュエ)
四川大学客員研究員, 注册规划師, 高級工程師



河道掘削後の再堆積や樹林化を抑制するための技術

大坪 摩耶・瀬崎 智之

河道の流下能力の確保のために、河道掘削や樹木伐開が行われるが、掘削後の土砂の再堆積や樹林化を抑制することが課題となっている。本稿では、設計、施工、維持管理の各段階において留意すべき事柄について、既往の研究成果や全国の地方整備局での試行成果について紹介する。また、河道の維持管理においては、河川整備実施後の状態把握とそれに基づいて改善を行うPDCAサイクルが重要であり、その取り組み事例について紹介する。

キーワード：河川維持管理、河道設計、再繁茂抑制、再堆積抑制

1. はじめに

河川事業では、流下能力を向上させる、あるいは回復させるために河道掘削が行われることが多い。河道掘削を行う際に課題となるのが、土砂が堆積して掘削前の地形に戻る‘再堆積’や、掘削した箇所にはヤナギなどが密生する‘樹林化’である。

再堆積や樹林化の抑制策について、当研究室にも相談が寄せられるが、残念ながら、特効薬は見つかっていない。河川毎に土砂動態や植物の特性をよく観察して把握し、掘削形状の設計、施工、維持管理のそれぞれの段階において工夫を行うこと、並びにその上で、結果を把握してその河川にあった手法に改善していくことが基本である。そういった中でも、整備局等から相談を受けた際に紹介することが多い、研究成果や地方整備局の現場での試行成果等に基づく基本的な事柄はあるので、その概要を紹介したい。

2. 河道掘削形状の設計段階での工夫

(1) 掘削断面形状の基本 ～横に広げるか、縦に深くするか～

再堆積の速度は、掘削断面によって異なる。まず、掘削後の河川の断面形状と土砂堆積との関係について、服部¹⁾を参考に説明をしたい。掘削形状を決める際に基本的かつ重要なパラメータは川幅と深さである。高水敷を持つ複断面河道の場合は、洪水流の多くが流れる低水路の幅と深さがこれに相当すると考えていただきたい。川を横に広げるか、縦に深くするか、

基本的な形を決めなくてはならない。

河川の平均流速は一般的に水深が大きいほど速くなる。このため、例えば掘削量が決まっているならば、川底を掘って深くする方が、横に広げるより多くの流量を流すことができる。

河川の縦断形に留意すれば、再堆積が急速に進むことはない。低水路を掘り下げるので、既存の護岸や橋脚等の基礎として十分な高さであるか、確認は必要である。また、大規模な出水が発生した際の最大の水深は、掘削前より大きくなるので、流下能力上の最大流量が流れた場合に、護岸等の設計耐力上の問題がないかの確認も必要である。

これに対し、川幅を横に広げた場合、掘削前と同じ規模の洪水が起きた場合でも、流下断面全体を通過する流砂量も掘削前より小さくなる。この結果、上流から流れてくる土砂量が変わらなければ、下流に流しきれずに、土砂が堆積してしまう。つまり、掘削前の時点で河床が低下傾向にあった河川では、拡幅すると河床低下が止まるだけで、むしろ局所洗掘の対策として好ましい場合もある。

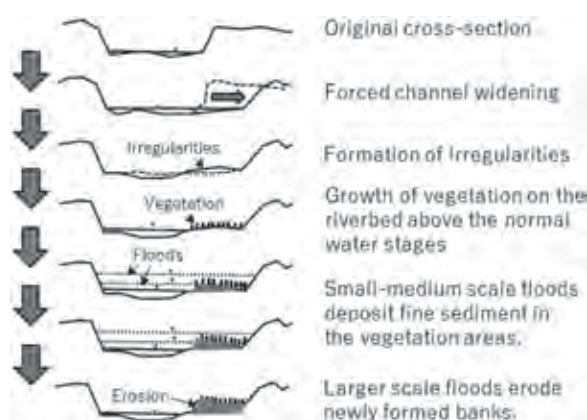
この土砂の堆積速度が速いのか、遅いのかを予想するには、1次元河床変動計算などが必要になる。河床材料が礫の扇状地河川では、以上の点に留意して、再堆積の抑制と河川構造物の安全性の両観点のバランスのとれた断面にすることが望ましい。

(2) 自然堤防帯での検討事項

掘削後の再堆積が問題になっているのは、主には河床材料が中砂～細礫で構成される自然堤防帯と呼ばれ

る中下流の区間である。

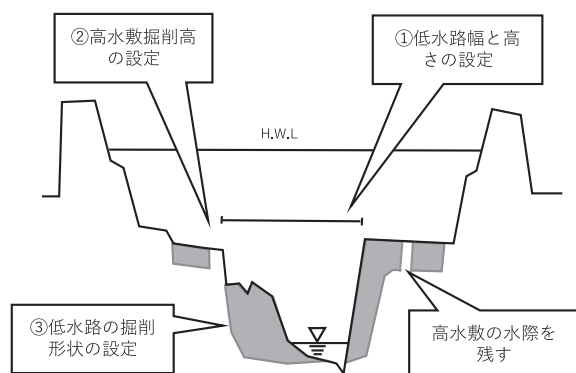
自然堤防帯の河岸の再堆積プロセスについて、藤田ら²⁾の研究成果である図—1を使って説明する。高水敷を掘削して川幅を広げた後、洪水を経ると河道内に中州や寄り州など、水面より高い微高地が発生する。この微高地上に植物が生えだす。すると、植物の影響で、洪水時には植物の根元に河床材料より粒径の細かい細砂やシルト（以下、「細粒材料」と呼ぶ）が堆積する³⁾。この過程を通じて植物は一層密生し河岸高も高くなる。河岸が掘削前と同程度の高さまで高くなると、冠水の機会が減っていくので、河岸の再堆積速度は鈍化する。



図—1 拡幅した河岸の再堆積プロセス³⁾

このように、自然堤防帯では低水路に堆積する中砂～細礫の河床材料だけでなく、高水敷への細粒材料の堆積についても考慮しなくてはならない。また、低水路を拡幅した河岸部には、(時間の経過とともに構成の変化はあるが)河床材料も細粒材料も堆積し、この堆積速度が一般に速いことが問題となる。

この再堆積プロセスを踏まえて、自然堤防帯の河道の設計においては、(1)で述べた①横に広げるか縦に深くするか、に加え、以下に述べる②高水敷掘削高の設定、③低水路横断形状の設定、についても考える必



図—2 河道掘削形状の設計

要がある(図—2)。

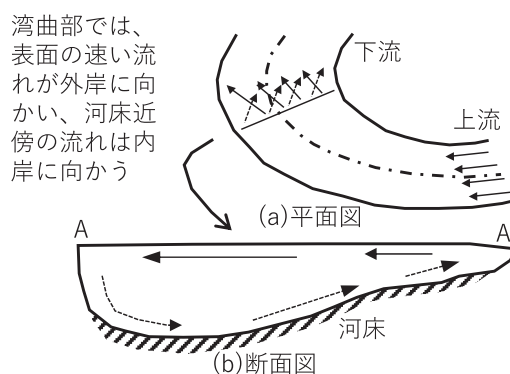
(a) 高水敷掘削高の設定

高水敷を掘削して河積を確保しようとする場合、高さを下げすぎると、そこはもはや低水路となって、河床材料が堆積したり、また、洪水で冠水する頻度も多くなり、土砂の堆積速度が大きくなってしまう。掘削高を設定するにあたっては、近隣の横断測量の重ね図を見ると良い。(2)で述べたように、ある程度以上の高さでは地形の経年変化が小さくなっていないか、その高さ以上が掘削高の目安となる。経年変化が確認できない場合には、平均年最大流量(概ね2～3年程度の生起確率)で、冠水しない程度の高さに設定すると良い。どうしても冠水頻度が高くなりそうなら、高水敷の水際の河岸を掘削せず残すことで、冠水頻度を下げる工夫も行われている。

(b) 低水路の横断形状の設定

基本的な河岸形状が定まったところで、低水路から河岸にかけての形状を検討する。

再堆積を抑制するには、元の河岸形状をできるだけ保ったまま掘り下げること(スライドダウン)が望ましい。特に、蛇行している区間の内岸側を掘削する場合には留意が必要である。河川の湾曲部では、2次流の影響で外岸から内岸側への横断方向の掃流砂が生じる⁴⁾(図—3)。その結果、外岸が深く、内岸が浅くなる横断形状が一般的に安定的な形状となる。これに反して、内岸側の砂州を水平に掘削してしまうと、2次流の影響で速く再堆積が進む。



図—3 湾曲部の二次流⁴⁾

元の河岸形状を維持しない例外として、水面下の範囲を広くする掘削がある。下流に海や湖、取水堰がある区間では、平水位が高く維持される場合が多く、水面下の掘削には植物があまり密生しないので再堆積速度が小さくなることが多い。

その他、河道の掘削形状については、例えば掘削する際の河岸の角度を変えるなど、掘削形状の工夫で、

再堆積速度を遅くすることができないか、様々な河川で試行されている^{例えば、5)}。

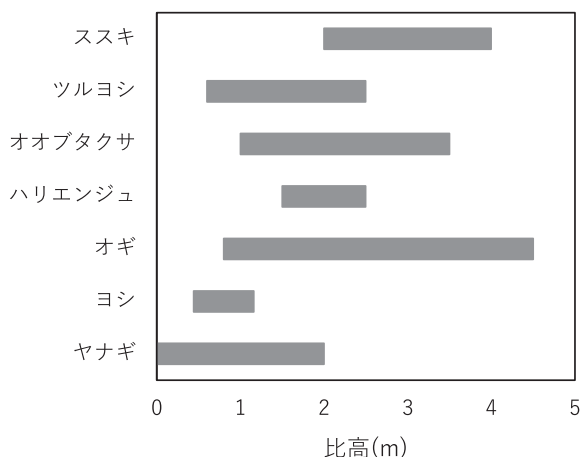
3. 掘削工事段階での工夫

2章では掘削の設計方法について述べたが、掘削の段階において、樹林化を抑制するための対策について紹介する。

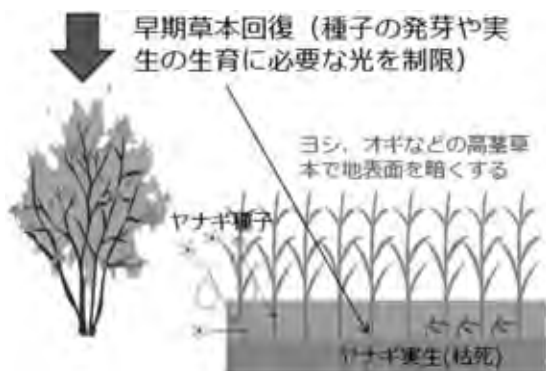
(1) 草地化工法

ヤナギなどの河道内に生える樹木は、7～8年で10m程度の高木⁶⁾になり、洪水の流下を著しく阻害する。そのため掘削後の樹林化は、土砂の再堆積以上に避けなければならない。しかしながら、既往研究によると、ヤナギは一般に掘削高となりそうな比高（平水位からの高さ）が0～2m程度の場所に幅広く生育^{7)～9)}しており（図—4）、初夏に広く種子を散布することから、掘削してできた裸地に先駆的に生育することが多い。

一方で、ヤナギは日陰に弱い植物と言われている。このため、ヤナギが生育しそうな高さで河岸の掘削を行う場合には、生育環境が競合するヨシやオギ群落に



図—4 河岸の樹木の生育環境^{7)～9)}



図—5 草地化工法イメージ⁸⁾

してしまうことでヤナギの樹林化を抑制することができる（図—5）。具体的には掘削する際にヨシやオギの生育していた箇所の表土を取りおいておき、掘削後に敷設することが有効とされている⁸⁾。

(2) 伐開後の再萌芽対策

掘削に合わせて既存のヤナギ林を伐開する場合、残った切株等から芽が出て、すぐにヤナギ林に戻ってしまう。また、ヤナギの伐開の際に存置した枝から栄養繁殖することが知られている。このため、伐開にあたっては、切株や枝を確実に回収する必要がある。

再萌芽や栄養繁殖を防ぐ手法として、伐開に先立って環状剥皮（図—6）を行い、樹木を完全に枯らしてから伐採を行うという手法がある。環状剥皮を伐開の8か月前に行った場合では切り株からの再萌芽を、20か月前に行った場合には存置する枝等からの再萌芽を抑制できたとの報告もある¹⁰⁾。



図—6 環状剥皮の概要¹⁰⁾

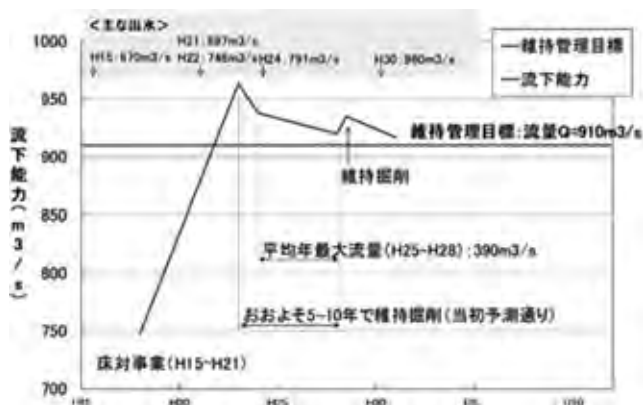
また、伐採後に、切り株に薬剤を塗布、注入することで、再萌芽を抑制する効果が確認されている。更に、伐木を破碎して、掘削面を被覆することで、河岸に残った種子や枝からの萌芽を抑制できた事例も報告されている。

4. 維持管理段階での工夫

(1) 掘削後の河道の状態変化の把握

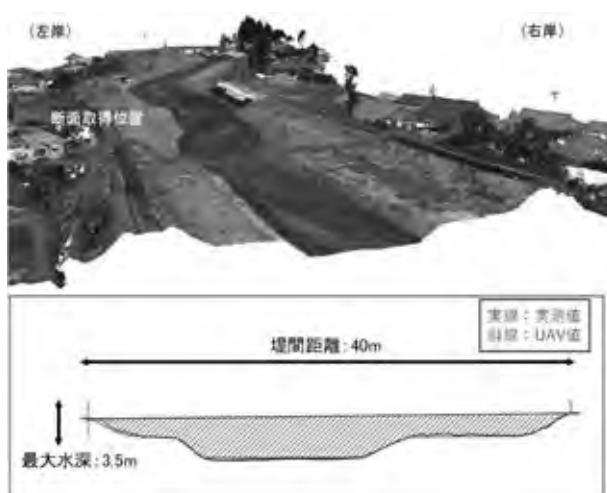
掘削後の河道の変化は、5年に1度程度の頻度で行っている縦横断測量や樹木調査等により把握する。掘削後の再堆積の経過については、図—7に例を示すように、経過年数と堆積率等で整理してグラフ化して、今後の再掘削等の見通しを立てると良い。

平成30年には、「河川定期縦横断測量業務実施要領」が改定され、ALB（航空レーザ測深）をはじめとする航空レーザ測量を活用した測量への転換も進められ

図—7 維持管理グラフ¹¹⁾

ている。従来の水準測量やトータルステーションでは横断測線上だけの地形変化を把握していたが、レーザ測量等で面的な地形の変化や植物の変化も捉えられる。河道流下断面の監視をより緻密に行うことが可能になった。

更には、UAV 写真測量や衛星リモートセンシングなど、監視の頻度、監視対象エリアの大きさや目的に応じて有意性を持つ様々な計測手法についても、実用化に向けた研究開発が進められているところである。図—8 は、UAV 写真測量で点群を発生させた事例であるが、図上段に示すように、河道の 3D モデルにも見えるような細密な色付き点群データ（地表面の XYZ 座標と外観の色を示すデータ）を作成することができ、河道管理をする上で有用である。橋の上から川底が見えるような透視度の高い幅 50 m のモデル河川では、100 m の横断測線間隔で TS 測量を行う場合と同程度のコストで、面的な地形を高精度（図—8 下段は、TS 測量と重ね図）で計測することができる。川幅 50 m の河川では、およそ 8～10 km より短い区間では、ALB より低コストで計測することができ、



図—8 UAV 写真測量による河道監視

掘削箇所などをピンポイントで監視する場合には、有用なツールになると考えられる。

(2) 幼木段階での樹木管理

掘削や伐開を行った箇所では、巡視等で、年 1 回程度、樹木の繁茂状況を確認すると良い。樹木が成木になってから伐開を行うと、処分費も含め、コストが大きくなる。このため、幼木の生育が確認された段階で、簡易に除去できないか、全国で試行がされている。

幼木の段階で除草機で伐採する、あるいはブルドーザーで踏み倒しを行う、といった方法でヤナギの樹林化を抑制できないか新しい樹木管理手法も試行（写真—1）されている。その結果、樹林化が抑制でき、通常の管理（5 年ごとに伐採と除根）と比較して、80% 以上のコスト縮減ができた事例もある。

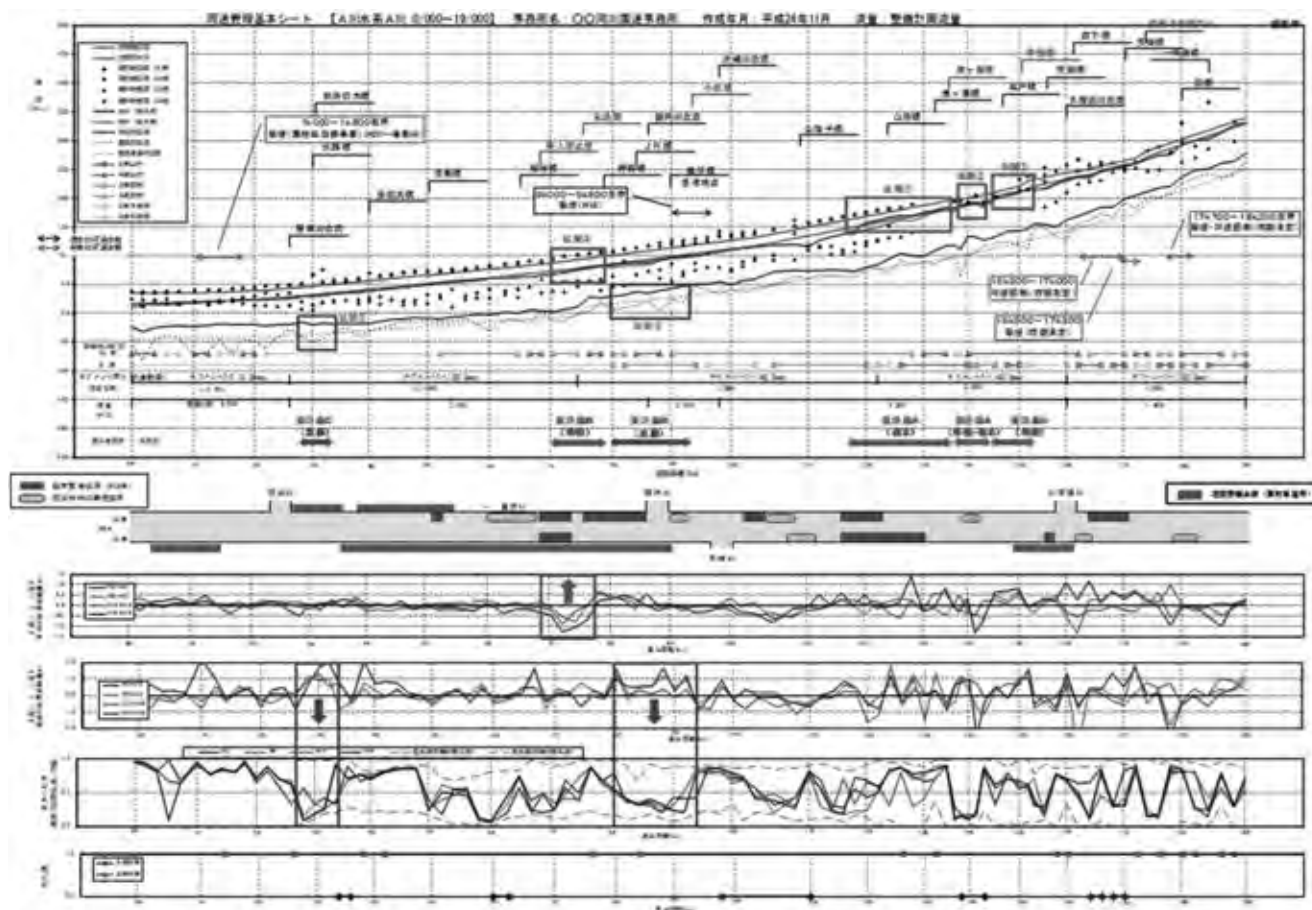


写真—1 ブルドーザーによる踏み倒しの概要

以上の手法以外にも、それぞれの河川管理の現場で、河川の河道特性や気候に応じた有効な対策を見いだそうと、様々な樹木の再繁茂抑制策が試行されているところである。

5. おわりに

以上述べたような再堆積や樹林化の対策を含め、河川管理の各プロセス間での技術的な知見を蓄積し、また、幅広い情報共有と意識啓発を図ることを目的として、九州地方整備局では、国土技術政策総合研究所と共同で、平成 19 年 3 月に九州河道管理研究会を設置¹²⁾ し、定期的に研究会を開催している。各河川管理の課題を追跡して改善していく PDCA サイクルの結果について、整理し、相互に報告を行っている。これまでの研究会を通じて、河川管理の弱点箇所を把握するための「河道管理基本シート」（図—9）や、再堆

図—9 河道管理基本シート¹²⁾

積等の経過を把握するための「維持管理グラフ」(図—7)というツールを考案・作成し、現場の維持管理にも役立てている。

河道流下断面の確保は、河川管理の1丁目1番地とも言える重要な仕事である。再堆積や樹林化を抑制するための技術については、河道流下断面を持続的に確保していくために重要な技術であり、未解明な点が多いが、今後も現地での試行錯誤とPDCAサイクルを通じた技術向上が必要である。

JCM|A

【参考文献】

- 1) 服部敦:河道の管理, 平成27年第3回河川研究セミナー資料, 2015.
- 2) 藤田光一, John A MOODY, 宇多高明, 藤井政人: ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小, 土木学会論文集 No.551/H-37, pp.47-62, 1996.
- 3) 公益社団法人土木学会: 水理公式集 [2018年版], 丸善出版, pp.324, 2018.
- 4) 公益社団法人土木学会: 水理公式集 [2018年版], 丸善出版, pp.312, 2018.
- 5) 笹木拓真, 宮原幸嗣, 福岡捷二: 複断面から船底形断面河道への改修による洪水流況及び低水路河床高の変化, 河川技術論文集, 第20巻, pp.277-282, 2014.
- 6) 佐貫方城, 大石哲也, 三輪準二: 全国一級河川における河道内樹林化と樹木管理の現状に関する考察, 河川技術論文集, 第16巻, pp.241-246, 2010.
- 7) 藤田光一, 渡辺敏, 李參熙, 塚原隆夫: 礫床河川の植生繁茂に及ぼす土砂堆積作用の重要度, 河道の水理と河川環境に関するシンポジウム

論文集, 第4回, pp.117-122, 1998.

- 8) 兼頭淳, 大石哲也, 萱場祐一: 高水敷切下げ後の樹林化抑制に向けた草本植物の早期回復に関する研究, 河川技術論文集, 第24巻, 2018.
- 9) 石川慎吾: 揖斐川の河辺植生I.扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境, 日本生態学会誌 38, pp.73-84, 1988.
- 10) 萱場祐一, 田屋祐樹, 槇島みどり, 赤松史一, 中西哲, 三輪準二: 河道内樹木の再繁茂抑制技術について~効果的な河道内樹木の管理に向けて~, 土木研究所資料, 57-2, 2015.
- 11) 森英高, 大坪摩耶, 津田匠, 今井勝一, 瀬崎智之, 福島雅紀: 遠賀川支川穂波川における再堆積を見込んだ維持管理計画の検討, 河川技術論文集, 第26巻, 2020.
- 12) 藤田光一, 田上敏博, 天野邦彦, 服部敦, 浦山洋一, 大沼克弘, 武内慶了: 現場での実践を通して河道管理技術を向上させる先駆的取り組み, 河川技術論文集, 第17巻, pp.539-544, 2011.

【筆者紹介】

大坪 摩耶 (おおつば まや)

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究室
研究官



瀬崎 智之 (せざき ともゆき)

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究室
主任研究官



河川管理のニーズを解決する除草機械技術

砂田 千佳

河川管理の一つである堤防除草は、堤防の変状把握を目的とした「堤防点検」を実施するために行っている。この堤防除草は、河川維持管理費用の中で大きな割合を占めており、一部の河川では刈草の無償提供や低草丈草種への転換などコスト縮減策が図られているが、更なる効率化・コスト縮減が求められている。同時に除草作業中の事故防止も課題の一つとなっている。

本稿は、近畿地方整備局で昨年度実施した現場ニーズと技術シーズのマッチングの取り組みにおいて、除草作業に関するニーズとマッチングが成立した除草機械2技術の現場試行結果について報告するものである。
キーワード：河川管理、堤防除草、コスト縮減、安全性向上

1. 堤防除草の現状と課題

河川堤防は河川及び流域の治水安全度を確保する上で最も重要な河川管理施設であり、近年の水害の多発を受け治水上の安全確保とそのため適切な管理が強く求められている。河川堤防の除草は、堤体を良好な状態に保ち、また堤防の表面の変状を把握するために出水期前と台風期前の年2回実施するものである。

年間の直轄河川維持管理予算における堤防除草費用の割合は約3割を占める。現在でも下記のようなコスト縮減策に取り組んでいるが、老朽化がすすむ河川管理施設の修繕費用が今後増加することを考慮すると、日々の維持管理にはより一層の省力化、コスト縮減が求められている。

堤防除草のコスト縮減事例

- ・大型遠隔操縦草刈機の導入
- ・集草・梱包の機械化
- ・低草丈草種への転換
- ・刈草の無償提供・現地焼却
- ・ヤギ除草

等

加えて、除草作業中の事故も課題となっている。近畿地方整備局では、重大事故に繋がる恐れがあるとして、除草作業における事故を「工事等事故防止重点対策項目」と位置づけている。現場においても安全教育等事故防止に努めているが、昨年度1年間で6件の除草作業中の事故が発生している。転倒・転落や機械接触により作業員が負傷する事故や飛び石による器物破損が多く、より一層の安全確保が求められている（図—1）。



図—1 除草作業における事故件数
（上：草刈機別の事故件数（近畿地整 H29～R1））
（下：除草作業中の事故発生状況（近畿地整 H29～R1））

2. 現場ニーズと技術シーズのマッチング

平成30年度より各地方整備局では、魅力ある建設現場を目指し、異分野の新技术の発掘などを目的に現場ニーズと技術シーズをマッチングさせる取り組みを行っている。前項で述べた現場の課題などをニーズとして抽出し、解決できる技術を募集する。各技術の現

場適用条件等を確認したうえでマッチングが成立すれば、現場で試行し効果を検証するものである。

3. 堤防除草ニーズにおけるマッチング

昨年度の取り組みでマッチングが成立した堤防除草に関するニーズと技術シーズを紹介する。

ニーズ提案	事務所	技術シーズ	応募者
掃除機ロボットのような除草ロボットがほしい	福井河川国道事務所	ロボット芝刈り機 Automower	ハスクバーナ・ゼノア株式会社
急勾配箇所でも作業できる除草マシンがほしい	木津川上流河川事務所	spider（無線遠隔操作斜面フリーグラスチョッパー）	株式会社レンタルコスト

(1) 自動除草ロボット

(a) 現場ニーズ「掃除機ロボットのような除草ロボット」

福井河川国道事務所では、九頭竜川、日野川の一級河川を管理し、それぞれ195 ha、59 haの堤防除草を年2回実施している。除草機械は法面勾配、浮石等の障害物の有無、構造物の存在等の現場条件に応じて選定され、当該河川では大型遠隔操縦式、ハンドガイド式、肩掛け式の除草機械により作業を実施している（写真—1）。集草・処分を含めた除草費用は年間河川維持管理費を圧迫しており、自動除草ロボットがあれば大型遠隔操縦式やハンドガイド式の操作作業員が不要となり、省力化、コスト縮減を図れるというものである。またロボットにより位置情報を随時取り込みながら堤防の3次元データを収集することも要望として挙げられた。

(b) 技術シーズ「ロボット芝刈機 Automower」

「ロボット芝刈機 Automower」は、ICTを活用した除草作業の自動化技術であり、家庭用ロボット掃除

機のような草刈機である。家庭用の芝刈機として開発されたものであるが、昨年勾配35度の斜面に対応できる機種が開発された。決められた境界線の中で、運転と充電を自動で繰り返し、24時間草を刈り続ける。草が伸びてから刈る従来の方法とは異なり、草が伸びる前に刈る、具体的には芝草を常時数ミリずつ刈り続けることにより設定された刈高さから生長させない管理方法である。集草が必要となる刈草が発生しないことから、集草・運搬作業を省くことができ、省力化、コスト縮減が期待できる技術である。一方で、刈草対象は低草丈の芝であり、一般家庭の庭とは異なる河川堤防といった公共の場で、問題なく作業できるか、安全性や盗難リスクといった課題がある。その点も踏まえ現場検証を行うこととした。

(2) 急勾配対応の遠隔操縦草刈機

(a) 現場ニーズ「急勾配でも作業できる除草機械」

ニーズ提案の木津川上流河川事務所では堤防除草面積が137 haであり、ハンドガイド式と肩掛け式による除草作業を実施している。急勾配の箇所や障害物がある箇所はハンドガイド式での作業は難しく、管内での肩掛け式の作業面積は34 ha、区間延長にして約70 kmに及ぶ。足場が悪く滑りやすいため転倒の危険性や、繁茂した草に隠れた障害物と機械の接触など、肩掛け式での作業は事故リスクが高いうえ、近年では作業中の熱中症も懸念されている。本ニーズは、肩掛け式の作業箇所において、自動または遠隔で操作できる機械があれば作業員の安全性が確保できるとして挙げられたものである。

(b) 技術シーズ「spider（無線遠隔操作対応フリーグラスチョッパー）」

「spider」は、急勾配箇所でも遠隔操縦できる除草機械として応募された。勾配40度でも作業可能で、エンジンのON/OFF、刈高さの設定等を遠隔で操作でき、作業員の安全性向上の効果が大きく期待できる技術である。滑り防止のためウインチを併用すれば最大55度まで可能とされている。実際に肩掛け式で作業を行っている現場にて試行し、安全性、経済性等について効果検証を行うこととした。

4. 新技術の現場試行

(1) 自動除草ロボット

(a) 試行現場

現場条件および使用機械の性能を表—1に示す。



写真—1 除草機械（左上：大型遠隔操縦式草刈機，右上：ハンドガイド式草刈機，左下：肩掛け式草刈機）

表—1

試行期間	令和元年 10 月 7 日～11 日（5 日間）
場所	九頭竜川堤防（福井県丹波橋新町地先）
作業面積	約 1,200 m ² （境界ワイヤー設置面積）
法面勾配	20 度～35 度
使用機種	Automower 435X AWD ・4 輪駆動 ・最大作業領域 3,500 m ² ・最大 35 度までの勾配に対応
その他	充電のためのチャージステーションは高水敷に設置。電源 100 V は近くの樋門上屋より供給。普段はハンドガイド式で実施。



写真—2 試行現場



写真—3 使用機械

本技術の刈草対象が芝であることから、低草丈の場所を選定した。作業エリアを区切る境界ワイヤーを事前に設置し、稼働状況とあわせてコスト面、安全面、現場導入における問題点などを確認した(写真—2,3)。

(b) 検証結果

5 日間、無人の状態で運転と充電を繰り返しながら毎日稼働し、雨天の日でも滑落せず作業できていることが確認できた。不陸の箇所で一旦停止することもあったが、方向転換してまた走行するといった状況であった(写真—4)。軽量の上、速度は人が非常にゆっくり歩く程度であり、障害物と接触しても損傷なく方向転換し稼働を続け、設定した作業エリアを出るような誤作動もなかった。24 時間稼働するがモーター音



写真—4 現場試行状況



写真—5 作業エリア境界付近

も静かで近隣住民への影響も少ない。5 日間の試行であったため全体的には刈りきれていない場所があるが、本機械の通過箇所は概ね設定の高さで刈れている。写真—5 のように作業エリアの境界では内外で差が明確に現れていた。またスマートフォンやタブレットによる管理や操作が可能であり、この試行中も稼働確認や刈高さの変更に利用した。刈刃は機械下部中心にあり、飛石の発生も見られなかった。その他の効果としては、芝の状態で管理するため、不法投棄の抑止効果、火災延焼の防止、法面変状の確認が容易にできることが挙げられる。自動化のため遠隔機器での管理方法を習得すれば、作業の経験を必要とせず、技術伝承や作業員不足などの課題解決にもつながるといえる。

(c) コスト縮減効果

技術応募者からの聞き取りによると、初期費用に加えランニングコストとして電気代、刃の交換費用、点検費、タイヤホイール交換費用等が必要となる。耐用年数を 5 年とすると面積 3,500 m² で約 20 万円/年となる。従来方法では、除草・集草・処分を含め 3,500 m² で約 37 万円/年となりコスト縮減効果が想定されるが、実際の効果を検証するには長期的な現場実証が必要である。

(d) 安全性

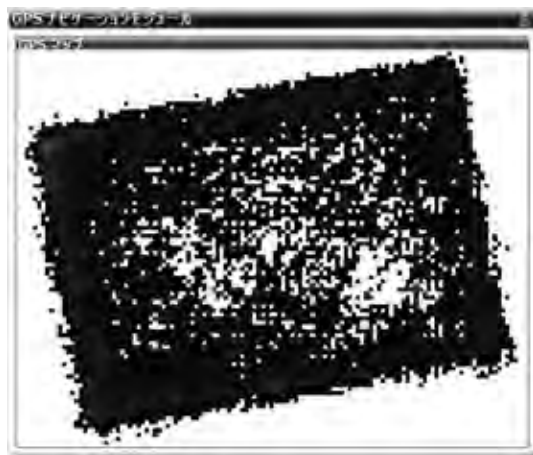
本技術の導入には無人のため第三者被害や機械の盗

難など安全性の問題が考えられる。第三者被害の点について、本機械は人や障害物に近づくと自動で速度を落とす。軽く触れることで方向転換するため万一接触しても怪我をする危険性は低いと言えるが、公共の場では安全管理は十分に行う必要がある。

盗難リスクの点については、GPS搭載で機械の位置情報が把握でき、持ち出された場合は警告音が鳴るなどの対策が取られていた。スマートフォンなどで追跡できる機能も備えている。第三者が持ち上げたり傾けたりすると自動停止する機構となっており、安全性は高いことが確認できた。

(e) 課題ならびに今後への期待

1台で管理できる面積は機種により $600\text{ m}^2 \sim 5,000\text{ m}^2$ であるため、堤防面積が広大な場所を管理するには複数台必要になり、その分の電源確保が課題となる。電源を確保出来ない場所ではソーラーパネルの活用などが考えられるが、河川内であるため出水時などの対応を事前に確認しておく必要がある。本試行では検証に至らなかったがGPSにより図—2のような走行履歴が表示できる。将来的にはカメラ画像と合わせて河川堤防の変状を検知できるシステムや3次元データを収集できるシステムを構築することが望まれる。



図—2 GPSによる走行履歴データ例

(2) 急勾配対応の遠隔操縦草刈機

(a) 試行現場

現場条件および使用機械の性能を表—2に示す。

本技術での作業時間を計測し、従来の方法との作業量の比較、コスト面、安全面、導入における問題点などの検証を行った(写真—6, 7)。

(b) 検証結果

階段の際や石の上は一部肩掛け式での仕上げ作業が必要となったが、ほぼ本機械で作業が可能であり、従来の肩掛け式よりも効率的に作業ができた。本機械は

表—2

試行日	令和元年 10 月 17 日
場所	名張川堤防 (三重県名張市薦生地先)
作業面積	$1,773\text{ m}^2$
法面勾配	平均 30 度
使用機種	spider ILD2SGS ・ 4 輪駆動 ・ 最大 41 度までの勾配に対応 (ウインチ使用で 55 度まで対応)
その他	天端、法肩に 5 m ピッチで桜の木が植えられ、大きな根が張り出している。2 箇所階段があり、普段は法面を肩掛け式、法尻平場はハンドガイド式で実施。



写真—6 試行現場



写真—7 使用機械

四輪駆動で前後の区別がなく、360度縦横斜め自在に操縦することができるため、作業速度が従来に比べて断然速く、刈高も均一性が保たれている。エンジン駆動による騒音があるため、周辺への配慮が必要である。

(c) コスト縮減効果

試行における作業人員は2名(特殊作業員1名、普通作業員1名)であり、作業時間の計測結果から作業別の単価比較を行った(表—3)。

ハンドガイド式とspiderの比較では、ハンドガイド式の方が安価となるが、肩掛け式を主に使用する今

表—3 堤防除草工 作業種別 1,000 m²あたり 単価表

名称	規格	単位	数量	金額
ハンドガイド式	刈幅 150 cm	m ²	1,000	9,200
肩掛け式	カッタ径 255 mm	m ²	1,000	30,700
spider	刈幅 123 cm	m ²	1,000	14,700

表—4 名張川堤防 除草工 1773 m² 内訳書

名称	規格	単位	数量	単価	金額
ハンドガイド式	刈幅 150 cm	m ²	391	9.2	3,597
肩掛け式	カッタ径 255 mm	m ²	1,382	30.7	42,427
合計（従来）		m ²	1,773		46,024

43%のコスト縮減効果 ↓

spider	刈幅 123 cm	m ²	1,773	14.7	26,063
--------	--------------	----------------	-------	------	--------

回の現場においては、spider を活用することで約43%のコスト縮減効果が確認できた（表—4）。

（d）安全性

今回の現場では高水敷から遠隔操作ができ、従来の肩掛け式に比べ作業員の安全面は格段に向上する（写真—8）。肩掛け式では危険なため雨天時は中止していたが、本機械は雨天でも作業でき、作業工程の短縮効果もある。機械の下部中央部で草を刈る構造であり、飛石の発生もほぼ見られなかった。コントローラから手を離すと停止するため、誤動作防止の機能も有している。

（e）課題・今後の期待

本機械を搬入できる現場であれば、肩掛け式で除草している現場への導入は特に安全面とコスト縮減効果は高い。40度以上の急勾配にはウインチを使用するためのアンカー杭の設置など現場選定には注意が必要



写真—8 現場試行状況

である。今後の期待として、GPS を搭載し護岸や階段場所を機械にインプットできれば自動化も期待できる技術である。

5. マッチングの現場試行を終えて

今回のマッチングの取り組みでは、現場試行によりコスト縮減効果や安全性向上の効果が確認できたとともに現場導入時の電源確保などの課題も見えた。本試行後は現場導入に向けた開発支援として、現場試行で判明した課題と解決策を整理し技術開発者へのフィードバックを実施している。

また、今年度は福井河川国道事務所の一部の現場でロボット芝刈り機 Automower を導入されており、今後も状況を追跡していきたいと考える。

今回の現場試行の際には、整備局職員を対象に見学会を開催した。近畿地整管内の河川管理担当者等が多数参加し、最新技術への関心の高さが窺えた。これからも最新技術を職員が現場で実際に見て体験できる機会を作り、結果を発信していくことで、魅力的な現場創出に繋がる取り組みができればと思う。

6. おわりに

河川管理は、堤防点検のための除草作業のほかにも河川巡視、構造物点検、観測等様々な作業がある。今回は除草作業に導入する自動化、効率化する技術であるが、他の作業にもロボット技術やICTを活用した技術を導入することで、河川管理全体の生産性が向上し、飛躍的に現場が変わることが期待できると感じた。要素技術を組合せた開発、異業種連携を視野にいったマッチングを見据え今後も取り組んでいきたい。

謝 辞

最後になりますが今回の取り組みに際し、協力して頂いた方々に誌面を借りて感謝の意を申し上げます。

J C M A

《参 考》

建設現場の生産性向上に資する新技術の導入支援業務 報告書

〔筆者紹介〕

砂田 千佳（すなだ ちか）
国土交通省
近畿地方整備局 企画部 施工企画課
技術評価係長



3次元計測によるポンプ設備の据付状態把握

「高精度3次元レーザスキャナを用いた床版変状計測技術」の活用

萩原 勇人

排水機場の多くは建設後30年を超過しており、ポンプ設備の高齢化が進んでいる。近年、排水機場では、ポンプ設備の据付状態変化が原因と思われる装置の異常が発生している。この据付状態は、従来技術で計測できなかった。そこで、測量等で用いる3次元レーザスキャナを使った新技術の活用を検討したところ、現場における試行は必要であるが、実現の可能性が高い結果を得た。そして、ポンプ設備の維持管理に、据付状態の計測結果を使うことが有効であることもわかった。

キーワード：排水機場、ポンプ設備、予防保全、ディーゼル機関、3次元計測、レーザスキャナ

1. はじめに

排水機場は、降雨等による内水をポンプ設備により排除することで、堤内地の浸水や湛水を防ぐ施設である。国土交通省関東地方整備局（以下「関東地整」）において管理する排水機場の多くは、高度経済成長期後半からバブル期にかけて建設されたため、急速にポンプ設備の高齢化が進んでいる。しかし、これに対応する予算状況は厳しい。このため施設管理担当者は、ポンプ設備の長寿命化と効果的かつ効率的な維持管理に取り組んでいる。

近年、ポンプ設備を構成するディーゼル機関について、クランク軸にデフレクション（以下「クランクデフレクション」）の異常を発見している。クランク軸は、ピストンの往復運動を回転運動に変換し、これを外部へ出力する重要部品であり、これが故障すると、長期にわたりポンプ設備は運転不能になる。クランク軸のイメージを図-1に示す。施設管理担当者は、クランクデフレクションの異常原因を、ポンプ設備の据付状態変化と考えているが、ポンプ設備の据付状態計測は困難であるため、変化そのものはわかっていない。計測が困難な理由は、ポンプ設備の各装置に水準器など据付状態がわかる計器がなく、装置を据え付ける際に基準としていた点が据え付けた装置により不可視のためである。

装置の据付状態を変化させるのは、装置の基礎と、その基礎を支えるコンクリート床版の2つがあると考えている。

このうちコンクリート床版については、ある施設で

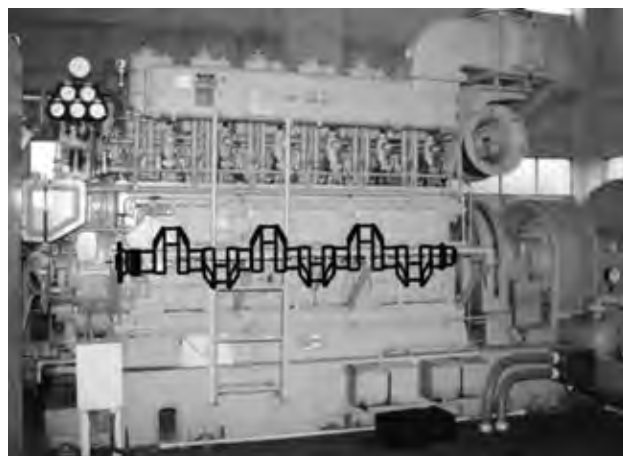


図-1 ディーゼル機関のクランク軸イメージ

一般的な測量により変化を計測したが、計測値がばらつき良好な結果を得られなかった。しかし、現在これは、新技術情報提供システム（NETIS）に登録されている「高精度3次元レーザスキャナを用いた床版変状計測技術」（以下「NETIS登録技術」）により、地上型レーザスキャナ（以下「TLS」）を使い、コンクリート床版の表面高さを標準偏差 ± 5 mm以下の精度で計測できる¹⁾。NETIS登録技術は、国土交通省が実施した「現場ニーズと技術シーズのマッチング」により成立した新技術であり、この計測状況を写真-1に示す。

装置の据付状態変化とコンクリート床版との関係は、NETIS登録技術により明らかにできる。しかし、クランク軸の異常に影響している原因箇所はわからない。ポンプ設備の据付状態が計測できていないためである。据付状態が不明なまま、ディーゼル機関の異常



写真-1 高精度3次元レーザスキャナを用いた床版変状計測技術（新技術情報提供システムより）

を改善することについては2つの懸念がある。

- ・ 施工により、現在把握している異常は改善しても、他の箇所へ影響していないとはいえない
- ・ 据付状態が変化することの原因箇所が不明なため、異常が再発しないとはいえない

ポンプ設備を効果的かつ効率的に維持管理するためには、この懸念を解消しなければならない。よって、ポンプ設備の据付状態計測と、この計測結果を活用する施工方法について検討した。

2. ポンプ設備の不具合

(1) 排水機場のポンプ設備

一般的な排水機場のポンプ設備は、主ポンプ、減速機、流体継手またはクラッチ、主原動機の各装置からなる。排水機場においては、ポンプの駆動機に機関（エンジン）を用いることが標準となっている。これは、排水機場の稼働特性と経済性を総合的に勘案した結果



写真-2 ポンプ設備（S5排水機場）

であり、関東地整ではディーゼル機関の採用事例が多い。ポンプ設備の外観を写真-2に示す。

ポンプ設備を含む機械設備の設計では、建設コストの縮減等を目的として、機械効率を高くし、かつ装置の寿命が短くならないようにしている。この例として、装置を水平設置としていることを挙げる。そして、設計を実現する現場施工段階においては、熟練技能による作業と精密な施工管理が欠かせない。また、施設の完成後は、各装置の据付状態を維持する必要もある。偏荷重による部品の異常摩耗等と、機械効率低下によるポンプ設備の動力不足を防ぐためである。

(2) ポンプ設備の据付状態変化

前述のとおり、ポンプ設備の据付状態が変化していると考えられる事象として、ディーゼル機関におけるクランクデフレクションの異常がある。デフレクションとは「たわみ」であり、クランクデフレクションが大きくなるとクランク軸は折損する。クランクデフレクションは、ディーゼル機関内部の部品摩耗、ディーゼル機関本体の微小な変形、接続する装置の影響により変化する。ポンプ設備では、ディーゼル機関と接続している流体継手等の据付状態が、クランクデフレクションに影響していると考えている。これは、排水機場においてディーゼル機関の運転時間は少なく、また、ディーゼル機関本体の微小の変形事例を、排水機場では把握していないためである。

クランクデフレクションの計測には、1/100 mmまでの目盛りが振られている専用の計器を使い、計測値をディーゼル機関メーカーが機種毎に定める2つの管理値で判定する。この管理値とは、点検の良否判定などで使われる「基準値」と、ディーゼル機関の使用可否の目安となる「許容値（修正限度値）」である。近年、複数の排水機場において、基準値を超過し許容値に近づいたクランクデフレクションを改善するための工事を施工している。

3. ポンプ設備据付状態計測の検討

(1) クランクデフレクション改善の施工事例

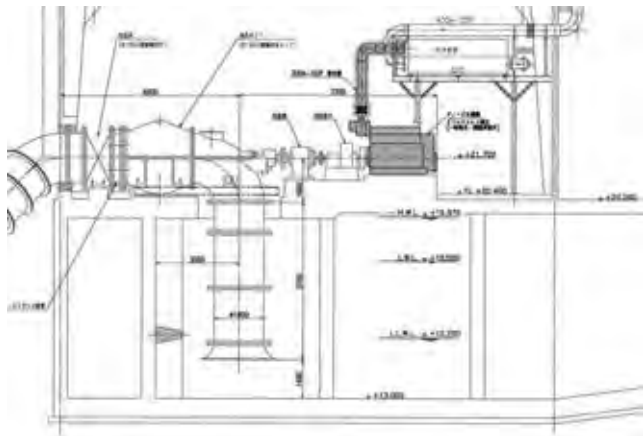
建設後40年以上経過しているS5排水機場には、定格出力約400 kW（550 ps）のディーゼル機関により作動する、排水能力毎秒7.5 m³の横軸斜流ポンプが4台設置されている。このポンプ設備では、ディーゼル機関のクランクデフレクションを改善するため、ディーゼル機関を再据付していた。ちなみに、ディーゼル機関の再据付は、4台全てのポンプ設備で2回実

施している。1回目と2回目の間には、2011年3月の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生しているが、この地震とクランクデフレクション悪化の因果はわからない。S5排水機場の近隣に位置し、同時期に同様の構造で建設された他の排水機場では、S5排水機場と同様の事象が発生していないためである。S5排水機場のポンプ設備の構造を図－2に、ディーゼル機関の外観を写真－3に示す。

まず、S5排水機場における過去の施工方法を整理した。この調査には、比較的近年の事例である2013年度（2台分改善）と2017年度（2台分改善）の施工記録を使用した。

S5排水機場のディーゼル機関は、台盤と呼ばれる精密に加工された鋼製の架台に設置し、台盤はコンクリート基礎にアンカーボルトで固定している。このため、まず台盤からディーゼル機関を取り外し、台盤下部を覆っているグラウトをはつり、コンクリート基礎から台盤を取り外していた。

施工記録には、コンクリート基礎から取り外す前の台盤の水平度や位置・高さの計測、取り外し後の台盤



図－2 S5排水機場のポンプ設備構造



写真－3 主ポンプ駆動用ディーゼル機関（S5排水機場）



写真－4 ディーゼル機関の取り外し（S5排水機場）



写真－5 ディーゼル機関台盤（S5排水機場）



写真－6 ディーゼル機関台盤の据付高さ調整（S5排水機場）

を検査した資料が無かった。ディーゼル機関の取り外し作業を写真－4に、露出した台盤を写真－5に示す。

ディーゼル機関の再据付では、まずコンクリート基礎上に台盤を仮置きし、設置高を決めていた。この作業を写真－6に示す。前述のとおり、台盤の設置高は施工記録に無かったが、当時の施工計画書には、取り外し前と同じ高さに調整すると記載があった。この同じ高さが、台盤のある部分の高さを基準として水平

に設置するのか、それとも台盤の各部の高さを取り外し前の状態に再現するのかは不明である。ただし、新設工事で施工管理を義務付けている、ディーゼル機関の水平度を管理した資料も施工記録には無かったことから、台盤の施工方法は、新設とは異なる取り外し前の状態を再現したものと推察した。

ディーゼル機関を台盤へ取り付けると、軸芯とクランクデフレクションを計測しながら、ディーゼル機関の据付状態を微調整していた。微調整の方法は、台盤の下に敷かれた、銅板をくさび形状に加工したライナープレートを出し入れする。微調整により軸芯とクランクデフレクションの両方を規定値に収めると、ライナープレートを溶接固定し、ライナープレートと台盤下部をグラウトで埋設していた。設置高を決めた台盤の据付状態は、ライナープレートによる微調整で変化しているが、この時の高さも施工記録には無い。

(2) 状態計測を使った施工方法

クランクデフレクションの改善方法は、ディーゼル機関、流体継手、減速機、主ポンプいずれかの据付状態を変化させることが一般的である。S5 排水機場でディーゼル機関を選んだのは、施工コストや施工日数によったものと推察した。据付状態が計測できないことから、変化した装置と変化の状況を把握していないためである。

また、ディーゼル機関における据付状態変化の有無も不明である。仮に、ディーゼル機関の据付状態が設計どおりであった場合、クランクデフレクションだけに注目してディーゼル機関を再据付すると、ディーゼル機関の据付状態は設計から乖離してしまう。傾斜した装置では、設計と異なることにより装置を構成する部品に異常摩耗等が発生する恐れがある。このため、ディーゼル機関の別の部位に不具合が生じる恐れのあるクランクデフレクション改善方法を採用することは、適切な維持管理といえない。そして、施工コストが安価であったとしても、長寿命化の効果が低い施工方法は、効果的または効率的といえない。

これに対し、据付状態を計測できると、ポンプ設備を構成する装置それぞれの据付高さと傾きがわかる。これにより、設計に対する現状の乖離量が明らかとなるので、上記の問題は解消する。

ただし、全ての装置において設計との乖離を解消しようとするのは、ポンプ設備の長寿命化への効果と施工コストを考慮すると、効果的な施工方法ではない。据付状態を調整する装置が多くなると、施工コストも上昇するからである。そこで、施工する装置を最小限

に絞り、かつこの装置の据付状態を製造メーカー保障範囲に収める施工方法が効果的である。よって、据付状態計測の結果を使う標準の施工方法は、各装置の据付状態を確認したうえで、設計との乖離が大きい装置を主体に、乖離量を参考にしながら据付状態を調整する方法とした。

(3) TLS の適用

S5 排水機場の事例より、ポンプ設備の据付状態を計測することの優位性がわかったことから、据付状態の計測方法を検討した。施工当時の据付基準を使わない方法として、線や面の計測も可能な NETIS 登録技術が有効と考えた。

3次元レーザスキャナには、測量に使われることの多い TLS のほかに、工場における製品製造の品質管理等で用いられる産業用がある。製品カタログに表示された精度等の数値は、TLS に比べ産業用は非常に良いが、1回の測定範囲は非常に狭いことがわかった。排水機場における計測の実現性は、計測精度の課題はあるものの、計測実績と体制の確保から NETIS 登録技術の方が高いと判断した。そこで、TLS の資料を入手し、入手できたメーカー各社の最上位と思われる機種の計測精度を整理した。この結果を表一1に示す。ちなみに、NETIS 登録技術では製品 A を使っている²⁾。

表一1 TLS の比較 (測定距離 10 m)

メーカー・製品	点間隔	距離精度
A 社・製品 A	3.1 mm	3.5 mm
B 社・製品 B	2.4 mm	2 mm
C 社・製品 C	0.6 mm	1 mm 以下
D 社・製品 D	2 mm	± 1 mm

注) カタログでは、点間隔および距離精度という表現を使っていない場合がある。

国土交通省発注工事におけるポンプ設備の据付で用いる機械工事施工管理基準 (案) (以下、「施工管理基準」) では、主ポンプとディーゼル機関の水平度を ± 3 mm/m 以内と規定している。表一1と比較すると、距離精度と非常に近い数値であるため、このままでは TLS を適用できるとはいえない。

3次元レーザスキャナにおける TLS と産業用の性能の違いを調べた際に、レーザスキャナ本体と装置との距離を縮めることで、TLS でも高い精度の計測ができるのではと考えた。

点群データをなす点と点の間隔 (以下、「点間隔」) が短いと点群データの密度は高くなり、計測精度もあ

る程度向上する。これは、一部のレーザスキャナメーカーに問い合わせし確認している。よって、TLSの機種毎に異なる性能や特性の影響は受けるが、計測方法を工夫することにより施工管理基準を満たせる可能性は高い。

なお、装置との距離を縮めると、TLSによる計測回数も増える。作業時間の観点で、S5排水機場の規模では問題にならないと考えているが、計測データの精度の観点も含め、実際に試行し確認する必要がある。

ポンプ設備のどこに着目して計測するかも重要である。各装置の据付状態を相対的に把握するためには、各装置の精密に加工された部位を計測することが望ましい。例えば、S5排水機場の主ポンプでは、主ポンプケーシングのフランジ面のような部位であり、これを直線として管理できれば、据付状態の把握は容易になる。しかし、装置には塗装が施されているため、このような部位をTLSで計測できるか調べる必要がある。

4. 考察

(1) 据付状態の計測効果

据付状態を計測できることで、クランクデフレクションの改善で調整すべき装置が明確になり、施工方法を想定することが可能となる。これにより、施工工程に見込んでいた不確定要素が減ることで、施工は効率化する。また、施工費用算定の確度が向上することで、施設管理者が立案する維持管理計画は効果的なものとなる。さらに、据付状態の変化が明らかとなった装置に対しては、通常より注意を払いながら点検することが一般的であることから、異常の兆候に気づきやすくなると考える。

S5排水機場の事例では施工記録に無かったが、装置の延命や更新を計画する際に、貴重な情報となりうる施工管理項目があった。TLSであれば、少ない労力により3次元で記録できるため、貴重な記録を充実した内容で残すことが可能である。

S5排水機場のディーゼル機関に、クランクデフレクション異常が生じた原因は不明である。しかし、各装置の据付状態が明らかとなることで、施設完成時からどこにどれだけの変化が生じたかは、設計と対比することで推定できる。抜本的な問題解決に向けた調査は別途必要だが、原因究明の足掛かりを見つげられることにより、異常の再発防止に向け前進する。

よって、TLSによる据付状態計測は、ポンプ設備の維持管理を効果的かつ効率的にする。

課題は、TLSを使った計測体制である。現在、TLSは非常に高価であることから、ポンプ設備の点検業者や施工業者がこれを保有することは難しい。このため、当面はTLSによる計測を行っている測量会社等によりポンプ設備の据付状態を計測することが現実的である。しかし、施工中の計測に、時期とコストの制約が生じる。そこで、将来に残すべき施工記録の選定が必要と考える。

(2) TLSの計測精度と作業効率

今回、TLS各製品の性能等はメーカーカタログによったが、ここに記載されていた性能に関する項目や内容は、統一されていなかった。このため、期待精度をカタログから推定することはできなかった。TLSメーカー各社は、製品の主たる用途や特性を踏まえ、項目や条件を決めている可能性もある。しかし、TLSを選定し利用する立場からは、容易に計測精度等を知ることができるよう、公表する項目等の標準化を望む。

TLSによる計測精度は、点群密度と距離精度が大きく関係するものと考えている。点群密度が影響するのは、点群データによる形状の明瞭さと計測時間である。TLSによる据付状態計測を一般化していくためには、形状の明瞭さと点群密度、そして計測作業効率の関係を明らかにすることが欠かせない。また、距離精度には、TLSと対象物との位置、対象物の形状や色、日射や照明等が影響すると想定している。そこで、これら計測の諸条件の組み合わせによる実験も不可欠である。

なお、調査の過程で、TLSが自動で点群データのバラつきを小さくする機能の存在を知った。この機能は、製品カタログには記載されておらず、このメーカーの営業担当者から説明を受けた時に教えていただいたものである。TLSの機能を適切に活用することが、高精度の計測を効率的にすることから、TLSメーカーからの支援は欠かせない。

(3) TLS計測の活用

ポンプ設備の施工現場では、他の建設現場と同様に、技術者の高齢化と担い手確保が問題となっている。現在、機械設備の据付では精密な施工管理を必要としているが、TLSによる高精度な計測が実現すれば、施工管理データは明らかに充実する。そして、技術者に要求する技能は緩和できるはずである。ポンプ設備の施工が少子高齢化社会へ適応していくためには、TLS計測の適用場面を増やすことが重要である。

機械設備の維持管理では、点検で健全性に疑いが生

じた装置について、精密診断することとなっている。ただし、ポンプ設備における精密診断は、診断可能な部位や事象が限定的である。TLS 計測により据付状態が明らかになれば、デフレクションの悪化要因も絞り込める可能性が高い。そこで、ポンプ設備においては、クランクデフレクションの変化や、軸継手部のミスアライメント・ミスカップリングのような兆候があった場合、TLS 計測の結果を用いて精密診断することも考えられる。

5. おわりに

関東地整が管理する排水機場では、ポンプ設備の老朽化が顕著にあらわれてくるものと考えている。これに対して、限られた予算で装置の延命や更新を進めることが必要である。そのためには、従来からの方法の改善に取り組むことが重要と考える。今回、従来の施工方法を見直すため、これに必要な技術として成立して間もない NETIS 登録技術を活用する方法を調べ、ポンプ設備の据付状態計測の有効性を確認した。この

結果、机上検討ではあるが、効果的かつ効率的な維持管理の実現性を見出すことができた。TLS の性能や機能の向上、さらに BIM/CIM による 3 次元データの利用環境も整いつつあることから、3 次元計測には大きな可能性を秘めていると考えている。引き続き、機械設備における維持管理を改善するため、3 次元データの活用に取り組んでいく。

JCMA

《参考文献》

- 1) 荻原勇人：3 次元計測を用いた「排水機場の構造物モニタリング技術」, ぽんぷ No.61, p.6-7, 2019.3.
- 2) 北原敏夫：排水機場の構造物モニタリング技術, 建設マネジメント技術 No.493, p.29, 2019.6.

〔筆者紹介〕

荻原 勇人（おぎはら はやと）
国土交通省 関東地方整備局
関東維持管理技術センター
関東技術事務所施設技術課
課長



令和元年東日本台風における 栃木県建設業協会の災害時の取り組み 道路河川等管理情報システムを使用した地元建設業の組織力

手塚 真人

令和元年東日本台風は、各地に甚大な被害をもたらした。

栃木県建設業協会が開発した『道路河川等管理情報システム』は、携帯電話などのGPS機能を利用し位置情報を付与し現地状況を送信することが可能であり、システムに送信された情報は直ちに自動集約され、一般県民はホームページでリアルタイムに被災箇所・状況を確認することができ、適切な避難判断にも役立っている。

また、関係機関との情報共有により迅速かつ的確な指示伝達が図られ、会員企業による組織力で、発災からわずかな期間での応急仮復旧工事を完了し、地域住民の安全で安心な暮らしを確保する『地域の守り手』として使命を果たした。

本稿では、実際に取り組んだ災害対応について紹介する。

キーワード：地域の守り手、東日本台風、道路河川等管理情報システム（災害システム）、ドローン、クイックホッパー（大型土のう製作機）

1. はじめに

令和元年東日本台風（以下「東日本台風」）は、栃木県内14市町に大雨特別警報が発令される豪雨となり、河川の氾濫・浸水や土砂崩れなどによって4人の尊い生命が奪われたほか、住家被害などによる避難者は約2万人となるなど、後に激甚災害に指定される程の未曾有の大災害となった。

この災害による公共土木施設や農業・林業・社会福祉・文教施設などの被害は広範囲にわたり、膨大な災害廃棄物の発生などが加わり、被災地はかつてなく深刻極まりない惨状を呈した。

2. 栃木県内の被害状況

東日本台風では、栃木県管理の40河川・67箇所、国管理の1河川・11箇所が氾濫し、4人の尊い命が失われ23人が負傷した。

住家被害の内訳は、全壊83棟、半壊・一部損壊は13,899棟、床上浸水10,139棟、床下浸水9,532棟となり、避難者は19,822人に上った。会員企業の社屋や社員宅が被災した箇所もあり、被害状況は日を追う毎に拡大していった。

被害額の内訳は、農業177億5,900万円、森林56億4,700万円となり、河川や砂防、道路などの公共土



写真1 宇都宮市 赤川ダム
付近「森林公園」



写真2 佐野市「氷室小学校前」

木施設は1,126箇所、被害額442億9,700万円にも上る甚大な被害となった（写真1、2）。

（※令和2年3月26日：栃木県まとめなどの最大値）

3. 栃木県建設業協会 会員企業の災害対応

本会は、10支部（宇都宮・鹿沼・日光・芳賀・下都賀・塩谷・那須・烏山・安蘇・足利）で構成されている。

風雨がますます強まる令和元年10月12日の深夜から13日未明にかけて、全支部で災害対応のための危



写真—3 県内支部 待機「道路・河川パトロール」等の打合せ（宇都宮支部）

機管理体制に入った。道路・河川のパトロールを行い、夜明けとともに被災箇所の調査や応急仮復旧などに、地域建設業の地域に精通した組織力を発揮し全力で対応にあたった（写真—3～5）。

4. 大型土のう製作機『クイックホッパー』 全支部配備

本会では、東日本台風襲来前の令和元年8月に全10支部に、会員企業が考案した大型土のう製作機『クイックホッパー』を配備した。大型土のうは、一袋で通常の土のう60袋分に相当し約1トンの重さがある



写真—4 深夜の道路パトロール（塩谷郡塩谷町）



写真—6 大型土のう製作機『クイックホッパー』



写真—5 佐野市赤坂町「秋山川」



写真一 荒川（左岸）那須烏山市藤田「藤田橋下」



写真二 永野川（左右岸）栃木市片柳町「二杉橋下」

が、クイックホッパーを使うと約4～5分と通常作業に比較して約3倍の速さで安全かつ効率的に製作が可能である。東日本台風による応急仮復旧工事では、短期間で27,259袋を製作した（写真一～八）。

5. 道路河川等管理情報システム（災害システム）

本会で独自に開発した『道路河川等管理情報システム』のうち『災害システム』では、東日本台風の被災

箇所や被災現場写真さらには応急仮復旧工事の状況をリアルタイムで伝えた。

災害システムは、現地で対応にあたる会員企業が携帯電話やスマートフォンで位置情報を付加した写真を撮影し、現場状況をメール本文に入力し写真とともに災害システムに送信すると24時間稼働のサーバにて自動集約され、システム画面にて受発注者間での情報確認や情報伝達を図ることができ、また、本会ホームページを通じて県民の皆様が被災箇所や被災情報を確認することができる。

災害システムのIDは、登録件数937件で、内訳は本会会員839件、国・県・市町59件、その他39件となっている。

東日本台風では、災害システムに、655件の被災箇所報告、1,234枚の現場状況写真、ドローンによる空撮写真50枚が集約され、位置情報が付加された写真データに基づき撮影された箇所の地図情報も確認できるシステムであることから、栃木県県土整備部やその出先土木事務所などでは進捗状況をパソコンの画面上で手に取るように確認し、迅速な指示や的確な情報共有を行うことができた（図一）。

6. 道路・河川パトロール（災害システム）

災害システムの機能の一つとして、『共有設定』が



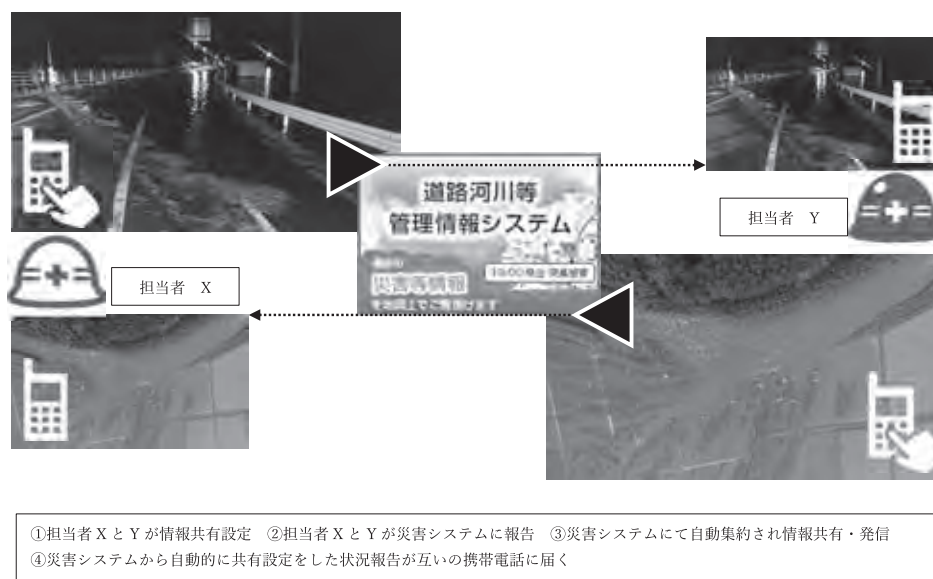
図一 被災状況等を『災害システム』に報告 県民への状況提供・県土整備部との情報共有

ある。これは、共有設定者の登録をすることで、登録したグループ間での河川・道路のパトロールの情報伝達を円滑に行うものである。例えば、パトロール前にA地点からB地点をXが担当、C地点からD地点をYが担当者と予め決め、2名によるグループ共有設定を行う。設定後、A地点からB地点をパトロール中にXの担当者が現場状況を災害システムに送信すると、事前に情報共有登録していたY担当者の携帯電話に災害システムから自動的に担当者Xのパトロール情報が届く。このため、グループ間での電話連絡やメールでの情報伝達を図る二度手間をなくし互いの情

報共有を災害システム上で行うことができるので、迅速に相互の写真や位置情報を確認できる。東日本台風では、本機能を道路・河川のパトロールや、応急仮復旧工事による進捗状況に活用した（図一2）。

7. 情報伝達訓練（災害システム）

本会では、栃木県県土整備部や栃木県内の各市町と定期的な連携訓練を行っている。訓練は、大型重機を使用した消波根固めブロック設置、大型土のう製作機のクイックホッパーを使用した大型土のう製作及び設



図一2 共有機能を活用し情報伝達を円滑に行う（写真は実際に共有した写真）



図一3 定期的な訓練や連携確認が早期の応急仮復旧工事完了に繋がった

置、そして、災害システムを使用した情報伝達訓練を行っている。このうち、情報伝達訓練では、関係5機関（国土交通省・防衛省・栃木県・市町・本会）による大規模災害を想定した情報伝達訓練を平成25年より毎年実施し、平成26年からは各支部と各土木事務所・市町による情報伝達訓練を計19回開催するなど、災害時における関係機関の連携体制強化を図っている。

平成27年9月の『関東・東北豪雨』時には、災害システムに報告された件数309件であったが、東日本台風では倍近い報告がなされ写真枚数は約3倍にもなるなど、災害システム利用が浸透拡大してきている。

なお、当該災害システムは『(一社)長野県建設業協会』でも導入しており、同様に長野県における東日本台風の被災状況など同協会ホームページを通じて確認することができる(図-3)。

8. ドローンからの映像(災害システム)

災害システムに随時報告される東日本台風の被災状況の中には、ドローンからの写真・動画も含まれている。人が立ち入る事が困難な場所や上空からの全体映像などに威力を発揮するドローンは、安全かつ広範囲に現場状況を把握することができる。

被災後間もない上空からの被災箇所の全体像など、河川の上を飛行した映像などが50件報告され、これらの写真・動画はパソコンやスマートフォンで見ることができる(図-4)。



図-4 2019年台風19号「DJI Mavic Enterprise」(YouTube)
<https://www.youtube.com/watch?v=RFc-5PcUtKo>

9. スマートフォン用アプリ開発(災害システム)

災害システムは、約1年かけて本会が開発し平成23年5月より運用を開始した。災害システムの操作講習会などは、本会の本部職員が各支部の支部員と栃木県内の各土木事務所等も交えて行っており、相互の迅速かつ正確な操作訓練に努めている。また、開発当



図-5 現場からの情報発信が容易になるアプリケーションを開発

時は『ガラケー(携帯電話)』が主であり操作性に劣っていたことから操作講習会では、現場で対応に当たる支部員から操作方法などの改良について生の声を聴取し、本会のシステム検討部会にて検討を重ね、令和2年3月に操作性に優れた『iOS・Android用』のアプリを開発した。

新たに開発したアプリでは、写真撮影と現場の状況報告をアプリ上でより早く簡単に送信することが可能となった(図-5)。

10. 災害ボランティア活動

河川の氾濫による床上浸水などで被害の大きかった栃木市と佐野市において支部員による災害ボランティア



写真-9 栃木市(災害ボランティア活動: R1年11月11～15日)



写真-10 佐野市(災害ボランティア活動: R1年11月18～20日)



2019年 台風19号

<http://www.tochiken.or.jp/?contribution=201910>

図一六 令和元年東日本台風（台風19号）のこれまでの経過をホームページに公開

ア活動を行った。独り暮らしのお年寄りなど不自由な生活を強いられている被災者への支援として、建設業の強みを活かした重機での泥のかき出しや災害廃棄物のダンプトラック集積運搬などのボランティア活動（延べ人数100人・8日間）を行った（写真一9, 10）。

11. 栃木県への災害対応報告

応急仮復旧工事が一段落しつつある中、令和元年11月19日に、栃木県知事と栃木県県土整備部長へ東日本台風における本会の取り組みの報告を行った。知事からは、「地方の建設業は、台風19号（東日本台風）のような災害発生時には、各機関と協力して最前線で応急復旧活動に当たるなど『地域の守り手』として重要な役割を担っているの、これからもよろしく願いしたい」との感謝と激励の言葉を頂いた（写真一11）。



写真一11 本会正副会長による栃木県知事、栃木県県土整備部長・次長への災害対応取り組み報告

12. おわりに

東日本台風では、出動会員企業数247社、作業人員14,360人（延べ）、出動重機など7,610台（延べ）（令和2年2月調べ）に上り、まさに、地元建設業の組織力を活かした災害対応に当たることができた。

今後の改良復旧事業については、令和2年3月23日、5河川について「災害復旧助成事業」及び「災害関連事業」が、国から採択を受けた。河川拡幅、川底

の掘り下げや堤防のかさ上げといった改良工事を伴う改良復旧や、従来の機能を回復させる原形復旧を施し、堆積土除去や長時間の洪水に耐える堤防強化などが行われる。（※〈栃木県発表〉残りの2河川については事業等を検討中）

毎年、激甚な自然災害が全国各地で発生していることから、本会としては、安全・安心な住民の生活を守る『地域の守り手』としての自覚のもと、良質な公共財産の作り手として、また、災害発生時にはライフラインの確保と復旧復興の担い手として、誇りをもって日夜社会資本の管理や整備に取り組んでいる。緊急時の対応には、災害対策基本法による指定地方公共機関として十分な働きが可能となるように、本会が独自に開発・運用している『道路河川等管理情報システム』による栃木県内の各土木事務所と支部との情報伝達訓練を実施するなど、日頃から熟練度を高めることに努めている。

国や県など関係機関の補完的役割を十分に果たすべく、私たち顔の見える地元建設業者が、住民から頼られる存在となれるよう、技術や経営力を強化し地方の建設業が一層活躍できる仕組みづくりや、『地域の守り手』としての役割、位置づけの明確化が必要とされているところである。

〔令和元年東日本台風（台風19号）のこれまでの経過をホームページで公開〕

本会では、東日本台風に伴う被災地支援施策などについて、ホームページを通じて公開している（図一6）ので詳細はそちらを参照願いたい。

J C M A

〔筆者紹介〕
手塚 真人（てづか まさと）
（一社）栃木県建設業協会
技術部



災害復旧工事における ICT 施工の活用

沙流川災害助成工事での築堤盛土施工

坂 東 紀 志

北海道胆振総合振興局室蘭建設管理部発注の『沙流川災害助成工事 4 工区』において、ICT 施工技術の 1 つである GNSS（衛星測位システム）を用いた転圧締固め管理システムを採用し施工した。

盛土工事の施工では、現場密度管理が品質管理における最重要項目であるため、GNSS による締固め回数を管理することで、安定した品質の確保と工程短縮に取り組めた。本稿ではその詳細を報告する。

キーワード：盛土工事、ICT の活用、衛星測位システム、品質の確保、工程短縮

1. はじめに

沙流川は、日高山脈の熊見山 (1,175 m) に源を発し、ほぼ南西方向に流下している。途中、芽室岳 (1,754 m)、ルベシベ山 (1,740 m)、チロロ岳 (1,880 m)、ピハイロ岳 (1,917 m) 等に源を発するウエンザル川、ペンケヌシ川、パンケヌシ川、千呂露川等と合流し日高町日高の市街地に至る。さらに戸蔭別岳 (1,960 m)、幌尻岳 (2,052 m) に源を発する額平川等の支川と合流し、平取町本町の市街地を経て日高町富川にて太平洋に注いでおり、幹川流路延長は 104 km、流域面積は 1,350 km² の河川である。

流域は日高振興局の日高町、平取町の 2 町にまたがっており、気候は北海道内では比較的温暖で、林産資源などに恵まれている他、下流では農耕地として明治初期から拓け、水田・牧畜等が営まれ、近年では全国有数の軽種馬の産地として、沿岸漁業とともに日高西部地方の社会経済の基盤を形成している。又、この沙流川と隣接して走る国道 274 号線日勝峠は道央圏と十勝地方を結ぶ物流の主要道路である。

2. 平成 28 年 8 月台風 10 号による被災

平成 28 年 8 月 30 日から 31 日にかけて接近した台風 10 号のため、北海道地方は暖かく湿った空気の流入により、29 日から太平洋側東部を中心に雨が続き、30 日までの 2 日間の総雨量は特に日高山脈周辺で 300 ミリを超える大雨となった。

この大雨の影響で、十勝川水系札内川が氾濫し、「はん濫発生情報」が発表されたほか、台風接近時には日

本海側南部や太平洋側西部を中心に、海上で猛烈な東寄りの風が吹き、函館空港で最大瞬間風速 36.5 m を観測するなど暴風や猛烈なしけとなった。

台風 10 号上陸の前には、8 月 17 日に第 7 号、21 日に第 11 号、23 日に第 9 号が北海道に相次いで上陸し、記録的な大雨をもたらしており、それからおよそ 1 週間後、4 度目の台風 10 号の接近となった。

8 月 31 日、沙流川の水位上昇により日高町字千栄の国道 274 号線千呂露橋左右岸直上流において溢水し、浸水面積 180.0 ha、床下浸水 12 戸、家屋全壊 1 戸、半壊 1 戸のほか、国道 274 号線千呂露橋が落橋（写真—1）、この他にも日勝峠の多くの橋が損傷し、洗掘により道路が崩壊するなどの被害が発生し、日勝峠は開通までに 1 年以上もの期間を要した。



写真—1 千呂露橋被災状況

3. 沙流川災害助成工事

この台風10号を起因とする異常出水により、昭和37年～40年に改修($Q=1,050\text{ m}^3/\text{s}$)された堤防、護岸工が破堤、倒壊した。被災原因は、高速流による偏流および想定外の異常出水($Q=1,650\text{ m}^3/\text{s}$)による溪岸流出となっている。

被災箇所の復旧にあたっては、既設堤防の復旧と護岸工の整備に加えて、今回の被災原因が河道断面の不足や河状不良であると判断されたことから、災害復旧助成事業として、河道法線の是正、河積の拡大、水制工の設置等による改良復旧工事が行われ、災害復旧助成事業としては令和元年度で終了している。

今回報告する『沙流川災害助成工事4工区』工事は、災害発生の翌年(平成29年)に北海道胆振総合振興局室蘭建設管理部が発注し、岩倉・吉本・松本特定建設工事共同企業体にて、平成29年9月1日着工、その概要は、掘削による河道断面の確保と築堤護岸を行うものである(写真-2, 図-1)。

工事延長753m、掘削工(河道掘削)51,700 m^3 、盛土工(築堤)21,300 m^3 、護岸工(プレキャスト法枠)約800m、7,200 m^2 が主な工種、数量で、平成30年3月30日完成工期で、無事竣工している(写真-3)。



写真-2 着工前 H29.09 撮影



写真-3 完成時 H30.03 撮影

4. ICT (GNSS 転圧締固め管理システム) による築堤盛土施工

当工事の受注は7月だったが、既に他の災害復旧工事や国道274号日勝峠開通に向け盛んに工事を行っている時期で協力業者、労務の確保が困難であったため、工着手困難と判断しフレックス工期を活用して、着手時期を遅らせた。

但し、着手時期を遅らせると築堤盛土を行う期間が冬期にかかり、降雪や凍結により盛土品質に影響を及ぼすことが懸念されたため、工程短縮の取り組みとしてICT施工技術の一つであるGNSS(衛星測位システム)を用いた転圧締固め管理システムを採用した。

GNSS転圧締固め管理システムは、締固め機械の位置と高さを人工衛星により測位し、走行軌跡座標を平面図上に記録することにより締固め範囲と転圧回数を、車体が走行する標高値によって巻出し厚と層厚を

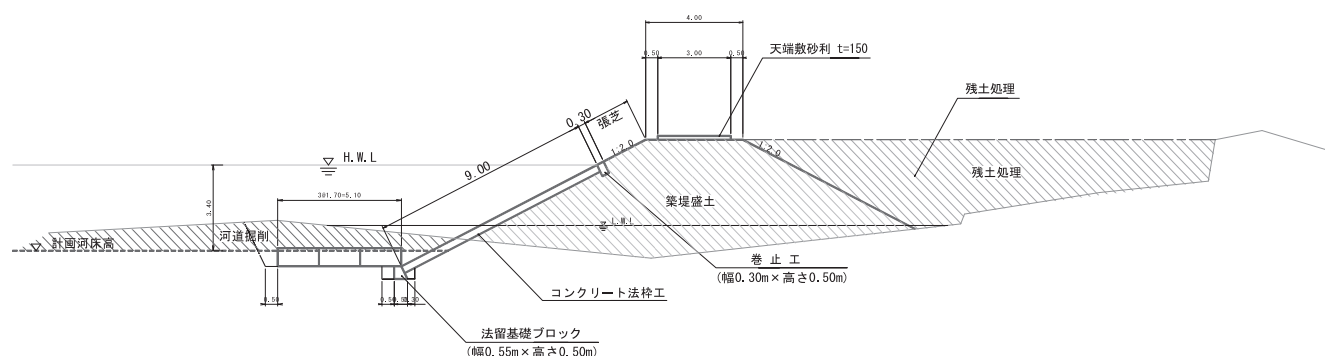


図-1 標準断面図

計測し、計画した巻き出し厚と転圧回数を自動的にカウントすることにより盛土締固めの品質を確保するシステムである。

当システムを使用する施工準備として、(1) 機材の手配、(2) 各層ごとの締固め範囲と転圧回数を識別する CAD データの作成、(3) 巻き出し厚と所定の締固め密度が確保できる転圧回数を決める試験施工を実施した。

- (1) 機材の手配～GNSS 転圧締固め管理システムを搭載した 10 t 級土工用振動ローラー。
- (2) CAD データの作成～設計図面をもとに築堤仕上がり天端より現況地盤まで 30 cm ごとに層分けした各層毎の平面図 CAD データ。
- (3) 試験施工～品質を確保できる転圧回数と巻き出し厚を確認するため、築堤盛土施工箇所の一部を利用し、平坦な締固め試験ヤードを造成したのち、盛土材を約 35 cm に敷均した物を、転圧回数 0, 2, 4, 6, 8 回で締固め、4, 6, 8 回の箇所密度試験を行い、その締固め後の沈下量

より仕上がり厚が 30 cm となる巻き出し厚を算出した。今回の工事では試験施工の結果から所定の締固め密度が確保できる転圧回数 4 回、その転圧回数から算出した巻き出し厚 34 cm にて施工した（写真—4、図—2）。

締固め機械運転者には予め転圧システムの使用手順



写真—4 試験施工状況

現場密度試験

転圧回数	最大乾燥密度 (g/cm ³)	現場乾燥密度 (g/cm ³)	締固め度 (%)	含水比 (%)
4 回 転 圧	2.102	1.930	91.8	6.7
6 回 転 圧	2.102	2.015	95.9	6.8
8 回 転 圧	2.102	2.074	98.7	6.7

上記試験結果より転圧回数は4回とします。

※試験結果詳細は添付報告書参照

巻き出し厚の算出

現場密度試験により転圧回数4回での巻き出し厚を算出します。

※高さは丁張りからの下がりを示す

A: 基礎地盤平均高さ 523mm
 B: 盛土材敷均し高さ 160mm
 C: 盛土材敷均し平均厚さ (A-B) 363mm
 D: 盛土材締固め高さ 200mm
 F: 盛土材締固め平均厚さ (A-D) 323mm

本施工のまき出し厚＝所定仕上り厚×(試験施工の敷均し厚/試験施工の締固め厚)
 =300×(363/323) =337mm≒34cm

上記計算結果より巻き出し厚は34cmとします。

※測定結果詳細は添付試験盛土厚さ測定表参照

試験盛土厚さ測定表

転圧回数	基礎地盤		盛土材敷き均し			盛土材締固め			備考
	丁張りからの 下がり	平均高 (A)	丁張りからの 下がり	平均高 (B)	平均厚 (A-B=C)	丁張りからの 下がり	平均高 (D)	平均厚 (A-D=F)	
0	①	540	170	160	375				
	②	545	160						
	③	520	150						
2	①	540	170	157	368	210	187	338	
	②	520	150			180			
	③	515	150			170			
4	①	550	195	160	363	240	200	323	
	②	520	155			195			
	③	500	130			165			
6	①	555	190	163	350	250	212	302	
	②	510	150			205			
	③	475	150			180			
8	①	540	200	175	343	255	228	290	
	②	525	185			230			
	③	490	140			200			

岩倉・古本・松本特定建設工事共同企業体

試験 転 圧 結 果

試験名： パンケヌシ川上流

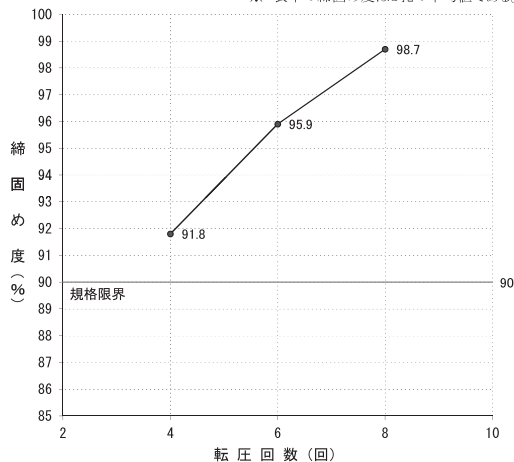
試験年月日： 平成 29 年 10 月 24 日

転圧機種： 振動ローラー

試験者： 堀 部 英 則

転 圧 回 数	最大乾燥密度 (g/cm ³)	現場乾燥密度 (g/cm ³)	締 固 め 度 (%)	含 水 比 (%)
4 回 転 圧	2.102	1.930	91.8	6.7
6 回 転 圧	2.102	2.015	95.9	6.8
8 回 転 圧	2.102	2.074	98.7	6.7

※ 表中の締固め度は3孔の平均値である。



「締固め度－転圧回数関係図」から、品質規格である締固め度 90% 以上となる転圧回数が 4 回以上で求められた。

したがって、現場施工における転圧回数は 4 回以上が適当と判断される。

図—2 試験施工結果

の簡単な指導と試験施工を10月下旬までに実施し、11月1日から築堤盛土を開始し、12月16日には施工を完了した。

施工は運搬した盛土材をブルドーザー等で所定の巻き出し厚に敷均し、転圧機械にて締固めを行う通常の築堤盛土の施工手順と変わらない（写真—5、6）。

転圧管理システムでは締固め機械運転者が車載モニターに表示される平面図上の車両位置と色分けされた転圧回数を確認しながら締固めを行う。車載モニターには締固め範囲を50 cm メッシュに分割した平面図が表示され、その50 cm メッシュ内の締固めを行うと転圧回数1回から紫、青、黄と順に表示色が上塗され4回以上の転圧で赤となり、締固め範囲がすべて赤となるとその層は完了となる（写真—7、8）。

転圧締固めのデータは車載PCより各層毎にその都度USBメモリースティックにコピーし持ち帰り、そのまま品質管理資料（締固め回数分布図）として工事成果品に使用した（図—3）。

GNSS 転圧締固め管理システムによる施工メリットは多く、以下のようなことを実感した。



写真—5 盛土材巻き出し状況



写真—6 転圧締固め状況



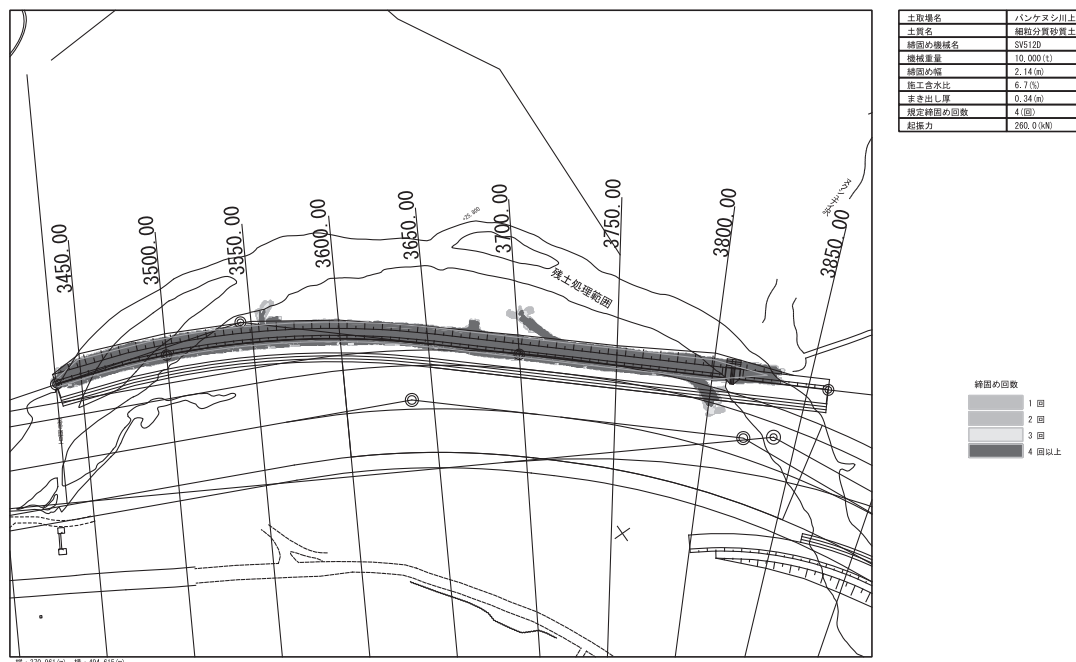
写真—7 車載モニター施工途中



写真—8 車載モニター施工完了

- ・ 施工準備が比較的短期間で容易にできた。（工程短縮）
- ・ 締固め機械運転手の技量や経験に関係なく安定した品質の施工を行うことが出来た。（品質確保）
※締固め用のローラー運転には特別教育は必要
- ・ 従来の施工では締固め度確保のため過度な転圧回数を実施している傾向があったが、決められた転圧回数が確実にわかるので余剰な施工時間が減らせた。（工程短縮、品質確保）
- ・ 車載モニターの確認により施工進捗が明確となり、転圧済み箇所より順次盛土材の搬入、敷均しを行うことが出来た。又、翌日の盛土材搬入等の予定が早期に準備できた。（工程短縮、経費削減）
- ・ 密度試験が省略できた。密度試験は外部土質試験会社に依頼するが試験日時の調整や試験待ちによる施工中断がなくなった。（工程短縮、経費削減）
※従来の施工では盛土量1,000 m³に1回（小断面で長延長の場合）の実施となり、当該工事では22回の密度試験を省略
- ・ 締固め回数分布図がそのまま品質管理資料として

作業日	平成29年11月09日～ 平成29年11月13日	工事名	沙流川 災害助成工事 4 工区	工区名	下流区間	受注会社名	岩倉・吉本・松本 JV
		施工箇所(自)	S P 3435, 25	施工箇所(至)	S P 3860, 31	断面番号	8 層目
						管理ブロックサイズ	0, 50 (m)



図—3 締固め回数分布図

使用できた。(管理業務軽減)

デメリットとしては転圧締固め管理システムの機材損料が高いことがあげられるが、密度試験費用や工程短縮による経費削減等を考慮すると、全体的な影響とはならなかった。

GNSS 転圧締固め管理システムによる築堤盛土は 11 月 1 日より開始し、施工延長約 750 m、盛土量 21,300 m³ を約 1 ヶ月半にて完了した。本格的な降雪や凍結前に築堤盛土を終え、気象による品質低下を防ぐ事もできた。結果、この工事での GNSS 転圧締固め管理システムの使用は安定した品質を確保しつつ、工程短縮及び工事従事者の休日の確保など多岐にわたり有益に働いた。

5. おわりに

ICT の活用は土工事などの実施工のほか調査、測量、出来形管理と施工管理業務の軽減にも有用な事項も多い。

実際、急傾斜地の現地測量にドローンを使用した空中写真測量を行ったことがある。立木や草等の障害物がないなどの条件さえそろえば親綱、安全帯を使用し急傾斜地を降りていくことなく安全且つ早く現地測量を行えるなど、ICT の活用は便利で実用的、有益なものとなると実感した。

今回は河川災害復旧工事での ICT 活用施工となったが、今後担当する工事でも積極的に利用したいと思う。

謝 辞

最後になりますが、指導・助言いただいた室蘭建設管理部および静内総合治水事務所各位に誌面を借りて深く感謝いたします。

J C M A

【筆者紹介】

坂東 紀志 (ばんど きよし)
岩倉建設㈱ 本店
土木部 土木課
技師



陸上・水中レーザードローン

革新的河川管理プロジェクトの成果：グリーンレーザードローン測量技術

富井 隆 春

河川管理や河川改修計画のために実測による定期横断測量が実施されている。しかし 200 m ごとにしか実施されず、護岸の局所的な洗掘や、瀬・淵の詳細な地形変化などの必要な情報が得られないという課題があった。近年、水中を透過するグリーンレーザーを用いた航空レーザー測深が活用されているが、計測費が高価で、局所的な箇所を詳細に計測するには不向きである。このような背景から、「革新的河川管理プロジェクト」において、グリーンレーザーสキャナーを搭載したドローン測量の開発が検討され、広範囲を高精度に測量するシステムが実装化された。本稿では、このプロジェクトの成果としてのグリーンレーザードローン測量技術の詳細を報告する。

キーワード：グリーンレーザー、ドローン測量、ALB、3次元測量、高精度、定期横断測量、河川管理

1. はじめに

国土交通省水管理・国土保全局では、河川管理や災害対応を効率化あるいは高度化する技術を短期間で実装するための「革新的河川管理プロジェクト」を実施している。その第1弾として取り組まれたのが、陸域だけでなく水面下の3次元形状の計測を可能にする「陸上・水中レーザードローン」の開発である¹⁾。このプロジェクトは、現場のニーズをオープンイノベーションの手法により開発することを特徴としている。オープンイノベーションとは、まず要求する技術の仕様や性能を実証するフィールドを国土交通省が提示し、それに応える技術を保有する民間会社のチーム結成を促すことから始まる。結成されたチームは、国土交通省が用意するピッチイベントを通じて技術の評価を受け、課題を整理しながら実装する技術を仕上げていく。このような官民両者のニーズとシーズをマッチングさせる試みが平成28年から始められ、迅速かつ機動的な測量を実現するドローンに着目した開発テーマが選択された²⁾。本章では、この「陸上・水中レーザードローン」の概要と開発に至った背景を記述する。

河川管理の分野では、デジタルカメラを搭載したドローンによる写真測量の応用が検討されてきた。近年ではSfM (Structure from Motion の略称) と言われるデータ処理の専用ソフトウェアが普及し、撮影された画像を入力するだけで、河川堤防などの3次元モデルを容易に作るできるようになった。さらに高

精度で測量された座標をもつ標定点 (GCP : Ground Control Point の略称) を現地に設置して画像に写し込むことで、再現される3次元モデルの精度を向上させることもできる。現在では、撮影した画像に正確な座標を記録できる手法を使ったPPK (Post Processing Kinematic : 後処理キネマティック) と言われる後処理を施すことで、GCPの設置数も削減することができるようになり、ドローン測量写真の汎用化に至った。

しかしながら、写真測量では画像に写っていない箇所の座標を捉えることができず、当然ながら植生が繁茂している箇所の地表面の測量はできない。航空レーザー測量では、植生の間をレーザーが透過することで地形の測量ができていることから、その技術をドローンに展開して実用化することが期待された。図—1は、ドローン搭載用として小型・軽量化されたレーザースキャナと、それを用いたドローンレーザー測量の結果を示すものである。植生の形状と共に地表面が捉え



図—1 ドローン専用レーザースキャナとドローンレーザー測量結果例

られていることが分かる。また写真測量の精度の向上を図るためには、数メガバイトよりなる高画素数の画像をオーバーラップさせて撮影する必要があるため、必然的に大容量のデータを扱うことになり、解析に1日以上を要することも珍しくない。一方、ドローンの位置や姿勢と反射してくる時間などを記録しながら行うレーザー測量は、1点当たりの情報量が数10バイトですみ、その場で結果を出力する高速のデータ処理が可能になる。現在の5年ごとに実施される定期縦断測量では、刻々と変化する堤体や河道内の状況を迅速に捉えられなかったが、前述の特性によって、レーザードローン測量を使えば早期の対策立案ができるのではないかと注目された。

これまでは航空レーザー測量あるいは地上型のレーザー測量機器でも、近赤外線の波長をもつレーザー光が用いられてきた。しかしながら近赤外線のレーザーは、水中を透過することができず、水面下の地形を把握することができない。そこで、水に吸収され難い532nmの波長をもつグリーンレーザー光を用いたドローン測量により、河床の地形変化を面的に捉えることで、従来の定期横断測量を高度化したいというニーズが革新的河川管理プロジェクトで提唱された。それに対して、近赤外線レーザーではあるが、図—1に示すような1.8kgという軽量のスキャナーを実現させた(株)アミューズワンセルフが開発チームに参加し、その製作過程のノウハウを導入する形で、ドローン測量専用のグリーンレーザーシステムの実現に取り組んだ。その結果、「陸上・水中レーザードローン」は、民間会社が保有する高度な技術を集約させることで短期間の実装を目指すという革新的河川プロジェクトの利点が最大限に発揮された事例となった。次章では、本プロジェクトで産み出された成果の幾つかを紹介する。

2. グリーンレーザードローン測量の開発項目

写真測量の場合は、ドローンにデジタルカメラを搭載し、地上に設置した標定点を使って3次元測量を行う。一方、ドローンを用いたレーザー測量では、INS (Inertial Navigation System: 慣性ナビゲーションシステム) を構成するGNSSとIMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) によって、レーザー照射時の位置や姿勢を計測しながら、レーザー光が反射して戻る時間から距離を決定するレーザー測距技術 (LIDAR: Light detection and ranging) を使うことで3次元座標を取得する。そのため、高精度の測量のために高性

能の機器が必要とされ、システム全体の低コスト化を困難にし、普及を妨げてきた。

また、ドローン写真測量では、誰でも一定の品質の3次元測量を実施できるSfMという自動処理ソフトが完備されている。ところが、レーザー測量の場合は、ドローン飛行時の姿勢など追跡する最適軌跡解析という後処理を正確に行わないと、高精度のレーザー点群を出力させることができない。その他、IMUのキャリブレーションのためのアライメント飛行をどうするのかなど、高精度の測量には専門的な知識が要求されてきた。このように飛行技術を含めたデータ処理の難しさも、レーザー測量の普及を妨げていた要因である。本章では、これらの課題を解決するために導入されたハードおよびソフト技術のそれぞれについて、スキャナーを事例にその特徴的な内容を紹介する³⁾。

(1) スキャナーに関する開発内容

図—2は、開発したグリーンレーザー用スキャナーの概観であり、表—1はスキャナーの仕様である。



図—2 グリーンレーザー用スキャナーの搭載事例 (株)アミューズワンセルフ製 TDOT)

表—1 グリーンレーザー用スキャナーの仕様

サイズ	W26cm×D22cm×H15cm
重量	2.6kg
測定距離	158m: 反射率10%以上 300m: 反射率60%以上
測定精度	±15mm: 反射率10%以上 ±5mm: 反射率60%以上
照射レート	60,000Hz
計測レート	30,000Hz
視野角	90度
スキャン速度	30走査/秒
レーザ波長	532±1nm
レーザ拡散角	1.0mrad
位置精度	水平: ±10mm 高さ: ±20mm
姿勢精度	Yaw: ±0.02度 Pitch・Roll: ±0.01度

現在のドローンは、バッテリーで複数のプロペラを駆動して飛行するマルチコプター型が主流である。ペイロード無しの状態では約 40 分間飛行できるが、ドローンの姿勢に関するデータを初期化するために、8 の字を描くアライメント飛行を測量前に行う必要がある。そのため、搭載するものの重量が大きくなるほど実際の測量作業に費やす飛行時間が極端に短くなる。このようにドローンレーザー測量を実用化するには、まずスキャナーの軽量化を図る必要があった。グリーンレーザー光は、図-3 のようにダイオードから発射されたレーザー光を変調して作成する。その機器の一部に光ファイバーを使用するなどの工夫により、重量 2.6 kg、幅 260 mm × 高さ 150 mm × 奥行 220 mm というスキャナーの小型軽量化を達成した。さらに視野角と称されるレーザーのスキャン範囲を 90° にした上で、スキャンレートを 6 万パルス/秒にした。それまでの多くのドローンレーザー測量は、数万パルス/秒以上のレートで 360° の範囲をスキャンする地上設置型のレーザーสキャナーを搭載する場合が多かった。機体の直下の範囲が測量の対象であり、必要な範囲だけをスキャンすれば良く、少しでも搭載機器の重量を軽くして飛行時間を長くする工夫が必要である。360° の範囲を 24 万パルス/秒のレートでスキャンするものと、90° の範囲を 6 万パルス/秒でスキャンするものは、機体直下のレーザー点群密度は同じで、後者の方が機器の重量が軽くなる。また測量で必要となるのは、主に標高値である。標高値の測量精度は、GNSS がもつ精度にレーザーの測距精度を加えたものとなるが、スキャン角度が鉛直方向から離れるほど、レーザー照射時のドローンの姿勢が測量精度に影響する。この姿勢を計測するのが IMU であるが、測量機器全体のコストを大きく決定するものでもあり、高精度のものほど高価格となる。図-4 は、測量精度が何に影響



図-4 測量誤差とレーザースキャン範囲の関係

されるのかを示すもので、高価な IMU を使用することなく、高精度の標高値を得るには、視野角を制限した測量の実施が有効であることが分かる。これらの近赤外線レーザースキャナーの開発で蓄積したノウハウを活用することで、必要なアライメント飛行の時間を確保しながらも、約 30 分の長時間飛行によって、広範囲の測量が実施できる低コストのグリーンレーザースキャナーを商品化することができた。

(2) 飛行およびデータ処理の自動化に関する開発内容

飛行から解析までの各工程において要求される専門的な知識と労力が、ドローンレーザー測量の普及化の障壁であった。例えば、ドローンの位置座標を決定するには、キネマチック法という手法が一般的に用いられる。これには国土地理院が全国に設置した電子基準点からの信号を利用するが、GNSS 測量に精通した技術者でなければ電子基準点の取り扱いが難しく、高精度の測量の実施は簡単ではなかった。さらに最適軌跡解析やアライメント飛行をどのように設定するのかによっても測量精度が変わるため、ドローンレーザー測量には飛行技術やデータ処理それぞれに対して独自の

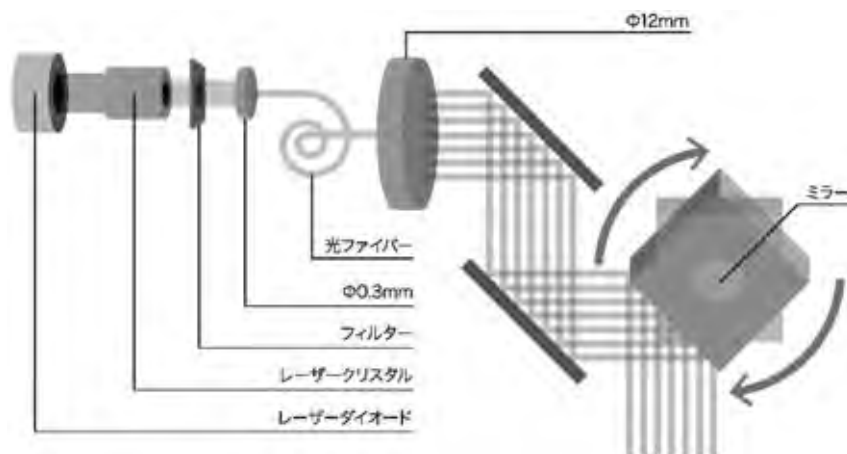


図-3 グリーンレーザー作成プロセス

ノウハウが要求されてきた。この課題を解決し、誰でも簡単に高精度のドローンレーザー測量が実施できるという目的のために、飛行およびデータ処理の自動化ソフトの開発に取り組んだ。具体的には、本プロジェクトでは次の内容のソフトを開発した⁴⁾。

- ・飛行ルートを、画面を見ながらのタップ作業により設定できるようにしたが、この飛行ルートの入力作業と同時に、測量前のアライメント飛行だけでなく、測量データの高精度化を図る測量後のアライメント飛行も自動的に設定されるようにした。
- ・飛行後はドローンの軌跡や取得された地表面形状の状況をすぐに確認できるようにした。これにより、計画された測量が完了したかどうかを現位置にて確認することができ、手戻りの無い効率的な測量作業を可能にした。
- ・ドラッグ&ドロップ操作により、測量地点に対応する電子基準点のデータがダウンロードされ、その後ただちに INS データと組み合わせた最適軌跡解析が行われる自動化処理を実現し、正確な 3 次元座標をもつレーザー点群の出力が容易に実施されるようにした。
- ・例えば、レーザースキャナーを見ても数多くのデバイスから構成され、最適な状態に設定する作業を行うことは容易ではない。本プロジェクトで開発したスキャナーの操作に必要な作業は、図—5 に示すように、スキャン開始の ON と OFF のスイッチ操作のみである。また構成する各デバイスのステータスの監視も、手持ちのスマートフォンで行うことができ、安全かつ所望した測量作業が実施されているのかを常に確認できるようにした。

ドローンレーザー測量を導入する際は、ハード機器の選定が注目されがちであるが、本プロジェクトでは、ドローンレーザー測量の普及と汎用化のためには、各工程で要求されてきた専門知識を自動化処理するソフトこそ重要な要素であると考えた開発を実施した。前述のハード技術の開発と共に、ここに記述した

ソフト開発の成果により、ドローンレーザー測量を実用化レベルにすることができた。

3. グリーンレーザードローン測量の実測事例

本章では、本プロジェクトで開発されたグリーンレーザードローン測量の実測結果例を示す。図—6 は兵庫県福知山市内を流れる 1 級河川の由良川と雲原川の合流部を測量した結果である。測量データを標高段彩図および鳥観図で表現した。河床部の詳細な標高を捉えることができ、陸域と水面下の状況が同時に可視化されている。



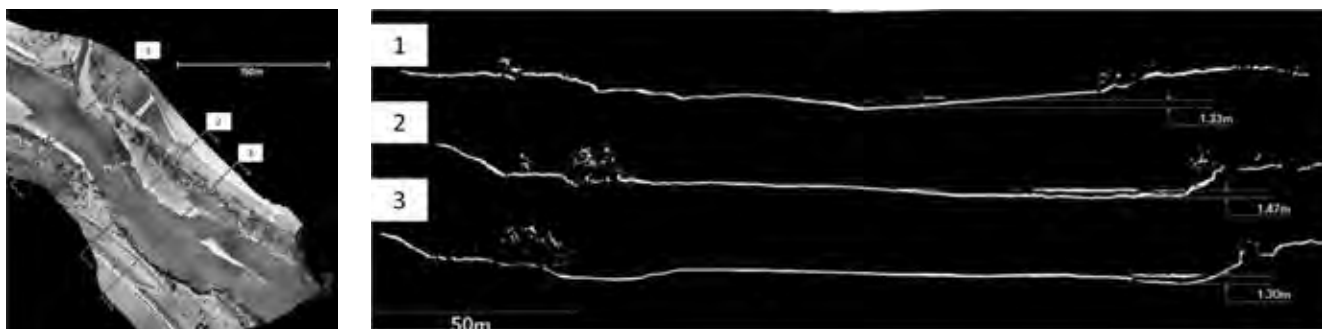
図—6 陸域と河床の地形を標高段彩図および鳥観図で表現した例

1 パルスのグリーンレーザー光は、複数の個所から反射される。例えば樹木で最初に反射されたものはファーストパルスとして受信され、地表面で反射されたものはラストパルスとして受信される。開発したスキャナーは、最大 4 種類のパルスの反射を区別することができるので、地表面を測量するだけでなく、樹木の高さや形状までも再現できる。これを詳細に調べたのが図—7 である。図では実線で示した箇所横断面を示す。瀬、淵および支川合流箇所等の様々な区間の河床の地形が把握できており、また河道内の植生形状と共に繁茂状況の詳細が可視化されている。このような河道内の樹林評価により、樹高と H.W.L. との比較やその幅などを確認することができ、河道計算における死水域設定などへの利用が期待できる。

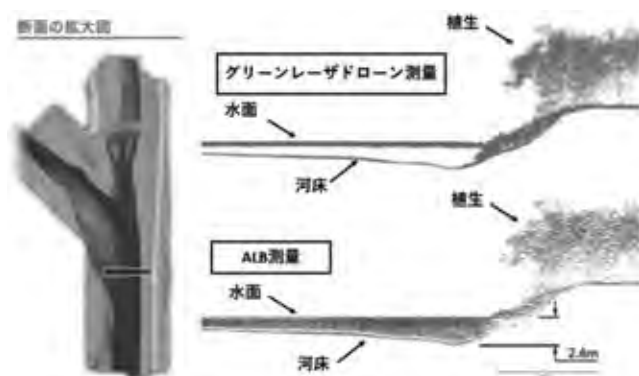
また図—8 は、同じくグリーンレーザー光を発射するスキャナーをヘリコプターに搭載して測深する手法：ALB (Airborne LiDAR Bathymetry) による河床の測量結果と比較したものである。ALB は高度 400 ~ 1,000 m から 20 ~ 70 万パルス/秒のスキャンレートで河床を測深する。図より、開発したドローン測量が ALB と同等の精度で陸域および水面下を再現していることが分かる。ALB は広域を対象にした際



図—5 スキャナー操作の説明とスマートフォンを用いた測量中のステータス確認画面例



図一七 河川横断面作成例：各番号で示した実線部の断面図

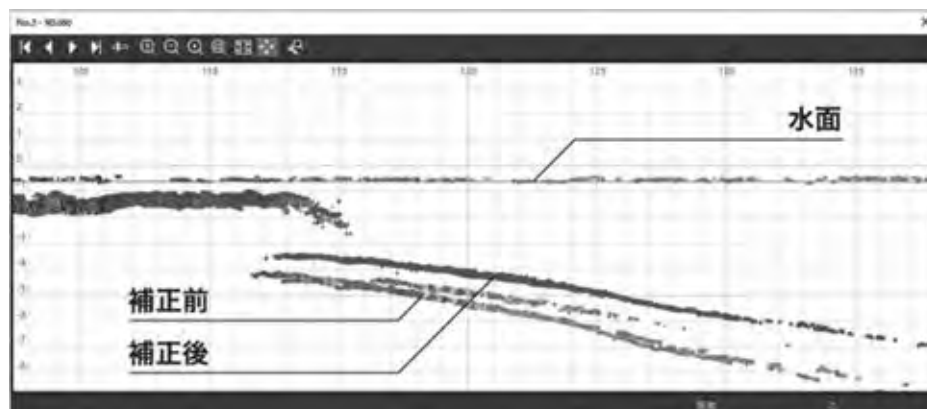


図一八 ALB とグリーンレーザードローン測量で測量した横断面図の比較

は有効な手法であるが、局所的な範囲の測量を迅速かつ低コストで実施することは困難である。この結果を含めて、ドローンレーザー測量が $\pm 40 \text{ mm}$ の精度で測量できることが実証されており、詳細な水深分布図を作成することで、定期横断測量では確認できない護岸基礎部の洗掘や河岸の浸食といった河川管理施設の健全性を定量的に評価できる。なおレーザードローン測量のデータでは、水中での散乱光によるノイズを自動的に除去する処理が実施される。ここでも、レーザー測量を実施するにあたって、データ処理のノウハウを作業者に要求しないという開発コンセプトが反映された成果が得られている。

4. おわりに

革新的河川プロジェクトにおいて開発した「陸上・水中レーザードローン」は、既に各地方整備局に導入され実装されている。それは、(株)アミューズワンセルフが「誰でもが使えるドローン測量」を目指して開発してきた各種技術をグリーンレーザー測量に導入することによって実現したものである。特にハード機器だけでなくソフト開発が重要であったことを記述したが、本文で記載したもの以外でも、水面下の測量データに対する屈折率等の補正技術をどのように行うかなど多くの重要な開発項目があった。例えば、レーザー光は、水面で屈折し、さらに水中では速度が遅くなることから、水面下の形状を再現するには、それらを加味した後処理が必要である。図一九は、専用プログラムによる補正処理前後の地形の違いを示すものである。開発したドローンレーザー測量システムでは、この処理も自動的に行われ、人的・時間的な労力のないグリーンレーザー測量が実施できる。このようにオープンイノベーションの手法により民間会社が保有する技術を積極的に活用し、スピード感をもって河川管理および災害対応を高度化する技術を実装化するという、本プロジェクトの狙い通りの成果が産まれたと言える。今後は、水部の濁度によって測深能力がどの程



図一九 屈折率等を補正処理する前後での地形の違い

度変わるのかなどを整理し、グリーンレーザードローン測量を使用するにあたってのマニュアル作成に取り組んでいく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室, 河川管理の高度化に向けた取り組み: 革新的河川管理プロジェクト (第一弾) について (特集 河川管理の高度化に向けた取り組み), 河川, Vol.73, No.9, pp.2-5, 2017
- 2) 佐藤 寿延, 「革新的河川管理プロジェクト」陸上・水中レーザー測

量ドローンの実用化, 写真測量とリモートセンシング, Vol.56, 'No.1, pp.22-23, 2017

- 3) 森田 真一, 富井 隆春, 河川におけるドローンレーザの実証実験 (特集ドローンを活用した計測), 計測技術, 47 巻, 第 1 号, pp. 24-30, 2019
- 4) 間野 耕司, 堺 浩一, 橘 菊生, 富井 隆春, 西山 哲, UAV レーザ計測システムのキャリブレーションに関する検討, 応用測量論文集, Vol.30, pp.63-74, 2019

[筆者紹介]

富井 隆春 (とみい たかはる)
(株)アミューズワンセルフ



海底設置型フラップゲート式可動防波堤

岩手県大船渡漁港水門への適用

仲 保 京 一・水 谷 征 治・佐 藤 健 彦

海底設置型フラップゲート式可動防波堤は、平常時は海底に倒伏して船舶の通行を確保し、津波や高潮が予測される場合には水面上に浮上し、航路を締め切ることで背後域への浸水を抑制する。本技術は2003年に開発が開始され、2011年から3年間の実海域試験を経て、2017年に岩手県が行う津波対策施設に初採用された。経験の少ない作業や水中での作業が多く、施工をイメージしにくい工事であったが、CIMを活用した施工計画を立案し作業員に作業内容の周知を行うことで、作業の効率化及び安全性と品質の向上を図り、2020年6月までに現地据付が完了した。

キーワード：水門、津波、高潮、防災、減災、無動力、浮力

1. はじめに

海底設置型フラップゲート式可動防波堤（以下、本技術という。）は、平常時は海底に倒伏して船舶の通行を確保し、津波や高潮が予測される場合には、水面上にゲート（扉体）が浮上して航路を締め切ることで背後域への浸水を抑制する津波・高潮対策施設である。

本技術の開発は、「新世紀港湾ビジョン」（2000年度・国土交通省発表）を受けて発足した、沿岸技術研究センターを事務局とする「沿岸域水門研究会」（2001年度～2002年度）への構造提案をきっかけに開始された。その後、2003年度から本格的な研究・開発が開始され、各種実験等により基本性能の把握ならびに性能の向上が図られ、2009年度までに実用化に必要となる室内実験^{1)～4)}が概ね完了した。また、2010年度からは、開発の最終段階である実海域試験による基本

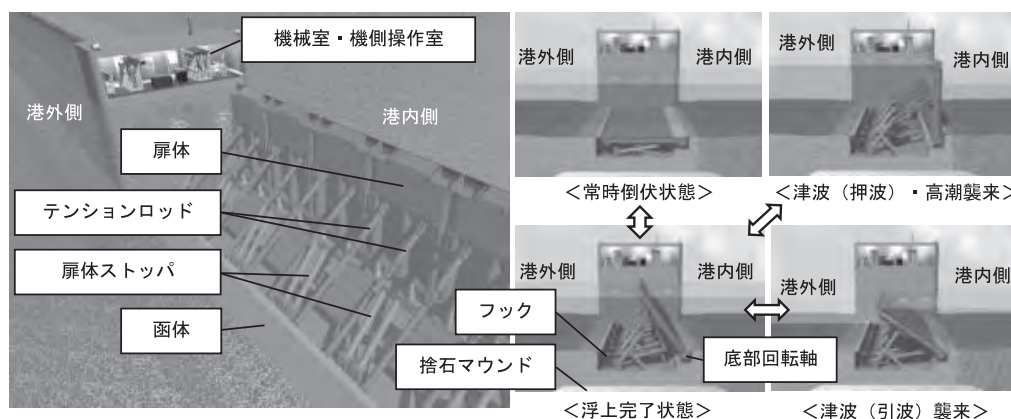
機能および信頼性の検証^{5), 6)}を実施した。その後、東日本大震災において多くの海岸構造物が津波により被災したことを踏まえ、2013年度に本技術の粘り強さを検証することを目的とした水槽実験を追加実施している⁷⁾。そして2017年、大船渡漁港における津波対策水門に本技術が初採用^{8), 9)}され、2020年6月末までに現地据付工事を完了する見込みとなっている。

本稿では、以下に本技術の概要ならびに特徴について紹介するとともに、実工事への適用について最新情報を報告する。

2. 本技術の概要

(1) 技術概要

本技術の機器構成および作動イメージを図—1に示す。本技術は、扉体、扉体を格納する函体および扉



図—1 海底設置型フラップゲート式可動防波堤 機器構成および作動イメージ

体起立時に扉体上部に作用する荷重を函体に伝達するテンションロッドを主な部材として構成される。開口部に一列に並べて配置される扉体は、隣接する扉体同士が先端部にて緩く連結されており、底部回転軸を中心に旋回起立することで連続した防波堤を形成する。扉体は常時海底に倒伏した状態であるが、浮上に必要な浮力は平常時に扉体空気室内へ給気しておくことにより確保し、常時は扉体が浮上しないよう、函体に設けたフックにより扉体先端を係留している。津波・高潮の発生が予測されるとき、係留フックを解放操作することで、扉体自体の浮力により先端が水面に出る高さまで浮上する。なお、係留フックの解放操作は、施設管理者による手動操作の他、全国瞬時警報システム（通称：J-ALERT）や、港内側潮位の異常上昇をトリガーとする自動操作にも対応する。その後、扉体は津波・高潮による潮位上昇に伴う港内外の水位差を利用して、所定の高さ（角度）まで無動力で起立する。扉体に作用する荷重は、テンションロッドと底部回転軸を介し函体基礎に伝達され、函体は捨石マウンドとの摩擦抵抗、または基礎杭により施設の安定性が確保される。なお、津波の引き波時に港内側水位を保持したい場合は、扉体ストッパを設けることで、港外側水位が低下しても扉体は所定の角度以上に保持され、港内水位の異常低下を抑制できる。

(2) 技術の特徴

本技術は、以下に示す優れた特徴を有しており、各々について概説する。

- ①自然の力活用による動力の小型化
- ②事前給気による迅速なゲート閉鎖
- ③一体製作・輸送による工期短縮
- ④確実な稼働のための維持管理性確保

⑤景観と海上交通への配慮

(a) 自然の力活用による動力の小型化

本技術では、扉体を起立させる際、津波・高潮に伴う港内外の水位差を利用する。大型構造物の駆動に人工的な動力源を使用しない方式とすることで、機械装置ならびに電源装置の小型化を実現する。

(b) 事前給気による迅速なゲート閉鎖

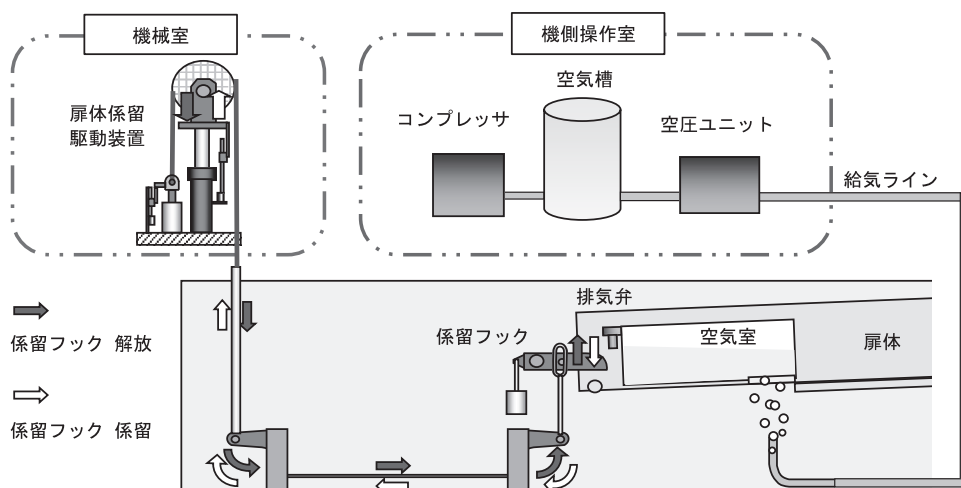
本技術に採用する扉体給気システムと扉体係留システムを図一2に示す。本技術では、ゲート浮上に必要な空気は扉体への給気を、平常時に完了しておく方式を採用する。そのためゲート閉操作時にはコンプレッサ起動や空圧ユニット内のバルブ操作等を不要にでき、扉体は係留フック解放操作のみで直ちに浮上を開始する。これにより本技術では、従来水門形式と比較して、極めて短時間のうちにゲート閉鎖を完了できるとともに、信頼性確保のための給気システムの2重化や商用電源停電時におけるコンプレッサ運転のための非常用電源の省略を可能とする。

また、上記の他、本技術では、扉体空気室とは別に設けた空気槽にゲート浮上1回分に相当する圧縮空気を貯留することで、ゲート倒伏操作直後に地震が発生した場合においても、直ちにゲートを閉鎖できる。

(c) 一体製作・輸送による工期短縮

本技術は、そのほとんどを工場にて製作完了できるため、現地施工の場合と比較して施工性が良く、良好な施工品質を確保しやすい。また、工場製作と現地基礎工事を並行作業できることから、全体工期を短縮できる。工場製作した設備は、一括で起重機船による吊下ろし、もしくは曳航・沈設方式により据付を行うため、施工時の航路閉鎖期間も短縮可能となる。

なお、可動部は剛性の高い函体上に一体的に構築されるため、地震動により基礎地盤に変位が生じたとし



図一2 扉体給気および係留システム

ても、扉体相互が干渉することを避けることができる。

(d) 確実な稼働のための維持管理性確保

本技術は、平常時には航路を確保するとともに、有事には確実に浮上して背後域への浸水を抑制することが求められる。そのため、施設完成後の維持管理は極めて重要であり、常に施設の状態を正しく把握するとともに、必要な点検・整備がタイムリーに実施できなければならない。

一般に平常時に稼働しない水門は、巡視による目視点検や管理運転により設備状態を把握するが、本技術では、扉体係留力や扉体揺動量等を常時監視する状態監視システムにより、自動的かつ定量的に施設の状態を把握する。なお、状態監視システムは機側操作室内に配置されるが、遠隔通信システムを利用することで、遠方でもリアルタイムに施設の状態を把握することが可能である。

また、点検・整備をタイムリーに行うには、扉体倒伏状態すなわち航路を確保した状態で、必要な点検・整備作業が行えることが望ましい。そのため、本技術では機械室および操作室を配置する管理塔側にダイバー通用口ならびに機材搬出入口を設け、航路制限を行うことなく、ダイバーが管理塔天端から直接扉体の下側にアクセスし、必要な作業が行えるようになっている。

(e) 景観と海上交通への配慮

平常時に扉体は海底面に倒伏しているため、海面上には側部戸当りおよび機械室が露出するのみである。本技術とローラーゲートとの景観の比較を図—3に示す。図からも明らかなように、本技術では景観への



図—3 港口津波・高潮対策完成イメージ



図—4 現場位置図および完成イメージ

影響が小さく、航行船舶に対する高さ方向の制限もない。

3. 大船渡漁港における津波対策水門への適用

(1) 工事概要

大船渡漁港の位置および施設の完成イメージを図—4に示す。また、設計諸元を表—1に示し、工程表を表—2に示す。以下に、工場製作および現地施工について概説する。

(2) 工場製作・輸送

工場製作状況を写真—1に示す。本体は鋼構造で構成され、ハンドリング性を考慮して最大重量 100 t 程度を目安とした小ブロックに分割して製作し、その後、大組立ヤード（ドライドック内）に運搬して、工場設備のクレーン等を用いて組立作業を行った。大組立完了後、扉体を駆動させるための配管・配線などを行い、函体内水張り調整・試運転までを製作工場内で実施した。なお、扉体は現地において一旦取外して岸壁に仮置きし、その後、水中にて函体に取り付ける予定であったことから、扉体の函体への取付けおよび水張り調整・試運転の際には、実際に現地施工を行う業

表—1 設計諸元

仕様項目			水門設備
ゲート形式			起伏式フラップゲート
純径間			32.000 m
有効高			13.000 m
扉体天端高			T.P.+7.500 m
ゲート敷高			T.P.-5.500 m
設計入射波高			T.P.+4.900 m
検討 潮位	押波時	港外側	T.P.+0.620 m (H.W.L.)
		港内側	T.P.-6.500 m (1 m の地盤沈下を見込む)
	引波時	港外側	T.P.-6.500 m (1 m の地盤沈下を見込む)
		港内側	T.P.-0.880 m (L.W.L.)
衝突荷重			20 kN/m

表一 2 実施工程表

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
1. 設計				
2. 製作				
製作				
調整・試運転				
3. 輸送（一次曳航）				
4. 現地工事				
基面整生				
本体（函体）沈設				
杭頭結合・ガイド杭切断				
中詰コンクリート打設				
扉体据付・水中組立				
現地調整・試運転				



ブロック製作



大組立



函体内水張 調整・試運転

写真一 1 工場製作状況

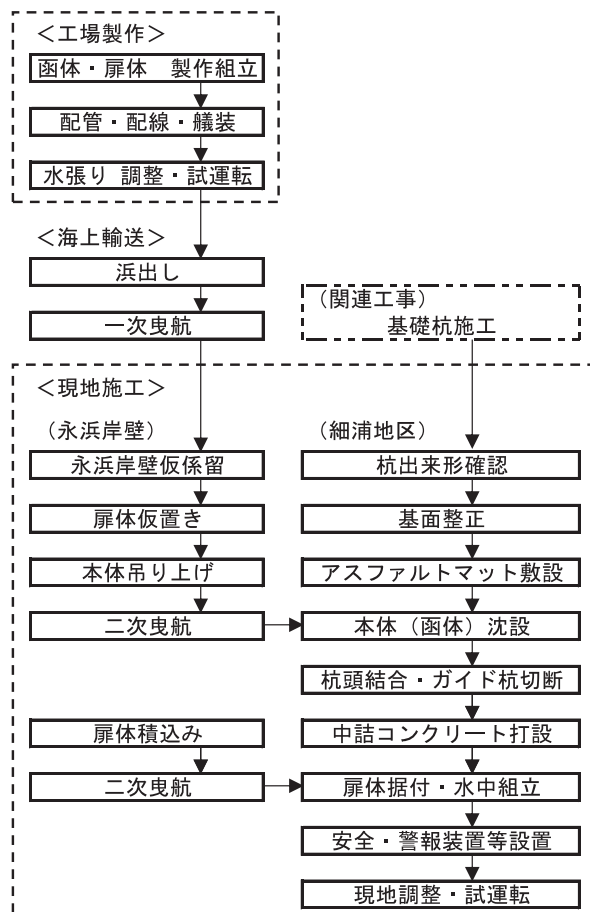
者立ち合いの下、組立手順等の情報共有を図った。

また、本体の材料は普通鋼を用いており、鋼材の防食は、海中部は被覆防食工法と電気防食工法の併用、海上部（平均干潮面より上部）については被覆防食工法のみにより行った。被覆防食工法の種類は、L.W.L. - 1.0 m より上部には超厚膜形被覆工法を適用した。

完成した施設は、専用の吊枠を用いて大型起重機船により一体で吊上げて台船に搭載し、製作工場のある大阪府堺市から据付場所近傍である岩手県大船渡市の永浜岸壁まで引船にて曳航（一次曳航）した。

(3) 現地施工

据付場所では、まず初めに基礎が構築される。本工事では先行工事による杭基礎の施工完了を待って、本体（函体）の設置作業が開始された。施工フローを図一5に示す。現地における最初の作業は、函体を設置する基面の整正である。基面精度が不十分な場合、施設本体の傾きや高さ不足、片当たり偏荷重による本体損傷の原因になることから、本工事では一般的な本均しの倍の精度（0～+5 cm）で基礎砕石の切り下げを行うことで精度を確保するとともに、杭周りにアスファルトマットを設置することで偏荷重の防止を図った。



図一 5 施工フロー

基面整正後、本体を据付場所まで運搬（二次曳航）し、起重機船により一体で据付作業を行った。なお、このとき、函体と扉体が一体のままでは、現地配置可能な起重機船の吊能力を超過することから、あらかじめ永浜岸壁にて扉体の取外し、仮置きを行った。本体現地据付の様子を写真—2に示す。本体寸法は長さ41 m × 幅19.5 m × 高さ19 m、重量は約1,400 tあり、据付場所が狭隘であったことから、国内最大級（1,800 t吊）の旋回式起重機船で沈設を行った。また、本体の沈設は、函体側に設けられたさや管に、先行して施工された56本の鋼管杭全てを挿入する必要があった。さや管と杭のクリアランスは設計上165 mmであったが、函体据付に先立ち、杭の施工記録と工場製作記録との相関をチェックすると最小クリアランスは56 mmであった。現地施工では、56本の杭のうち4本をガイド杭として水上に残置し、これを目安にして誘導するとともに、本体の位置情報（さや管と杭の離隔）をリアルタイムにVR（Virtual Reality）表示可能としたICT（Information and Communication Technology）を活用して据付を行った。その結果、予定された航路閉鎖期間（2日間）の中で、無事に本体を設置完了することができた。

本体据付後、杭と函体を結合させるため、函体底部に設けたさや管と杭との間に所定の強度を有するグラウトを充填し、所定の重量を確保するため、函体鋼殻内部に中詰コンクリートを打設した。なお、グラウト材、中詰めコンクリートともに事前に試験練り及び圧送試験を実施した。

その後、扉体の据付け、調整・試運転を行った。扉体据付状況を写真—3に示す。扉体重量は1基あたり約110 tで、漁船などの航路を確保しながら、水中において高い精度（据付時のクリアランス5 cm）で設置を行う必要があったため、スパット式300 t吊起重機船により設置した。起重機船により扉体4基を順次設置した後、水中にて潜水士が位置の微調整及びテンションロッド連結軸の挿入の他、各種部品の取り付け



写真—3 扉体据付状況

け等を行った。調整・試運転では、まず初めに各扉体単独での動作確認を行い、その後、扉体4基をチェーン連結して一連の作動確認を実施し、所定の性能を満足することを確認した。

4. おわりに

本稿では、津波防災・減災施設の1つとして、自然の力で作動することを特徴とするフラップゲート式可動防波堤を紹介した。本工事の現地施工は、経験の少ない作業や水中での作業が多く、施工をイメージしにくい工事であったが、CIM（Construction Information Modeling, Management）を活用した施工計画を立案し作業員に作業内容の周知を行うことで、作業の効率化及び安全性と品質の向上を図ることができた。

本施設単独で全ての津波災害を防げるものではないが、引き続き技術の改良に努め、今後の安全・安心社会の構築にわずかでも貢献できれば幸いである。

謝 辞

最後に、本技術初号機工事では無事に設置を完了することができました。ここに関係各位に感謝の意を表します。

J C M A



写真—2 本体二次曳航および現地据付状況



《参考文献》

- 1) 下迫健一郎ほか, フラップ式構造物の波浪および津波に対する水理特性, 港湾空港技術研究所資料, No.1155, June 2007
- 2) 木村雄一郎ほか, 倒伏状態の津波・高潮対応フラップ式可動ゲートの係留特性に関する実験的研究, 海洋開発論文集, 第25巻, 2009, pp.93-98.
- 3) 木村雄一郎ほか, フラップゲート式可動防波堤の波圧応答特性に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第56巻, 2009, pp.806-810.
- 4) 新里英幸ほか, 波浪中フラップゲート式可動防波堤の平面水槽実験, 海岸工学論文集, 第56巻, 2009, pp.851-855.
- 5) 木村雄一郎ほか, フラップゲート式可動防波堤の実海域試験, 土木学会論文集 B3, Vol.68, 2012, pp.240 ~ 245.
- 6) 木村雄一郎ほか, 海底に倒伏したフラップゲート式可動防波堤の扉体係留力の検証, 土木学会論文集 B3, Vol.69, 2013, pp.395 ~ 400.
- 7) 木村雄一郎ほか, フラップゲート式防波堤の津波に対する抵抗機構に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3, Vol.70, 2014, pp.378 ~ 383.
- 8) 阿部幸樹ほか, ベネチアモーズ計画と我が国における海底設置型(フラップ式)防潮堤(岩手県大船渡漁港細浦地区)の実施, 平成30年度日本水産工学会学術講演集, 2018, pp.5 ~ 8.
- 9) 阿部幸樹ほか, 海底設置型(フラップ式)防潮堤防の計画と可能性, 平成30年度日本水産工学会学術講演集, 2018, pp.9 ~ 12.

[筆者紹介]

仲保 京一 (なかやす きょういち)
 日立造船(株)
 社会インフラ事業本部
 鉄構・防災ビジネスユニット 水門設計部
 部長



水谷 征治 (みづたに せいじ)
 東洋建設(株)
 土木事業本部 土木技術部
 部長



佐藤 健彦 (さとう たけひこ)
 五洋建設(株)
 土木本部 土木設計部
 担当部長



非出水期施工における工程確保の工夫(堰の全面改修)

那賀川(一期)農地防災事業 那賀川南岸堰補修建設工事

吉村 英昭・本多 一也・原 利庸

那賀川南岸堰補修建設工事では、非出水期(11月1日～翌年5月末日)の7ヶ月間の限られた期間に、約36,600 m²の既存の堰を3期に分割して全面的に更新した。

河川内工事は限られた期間での施工のため工程が厳しいことに加え、補修範囲は既存の構造物を一部解体撤去した後に損傷の程度を確認して決定する必要があった。施工数量の増大は、工程遅延リスクであり、補修範囲が不明確な段階では、工程を短縮可能な工法の採用と、歩掛の向上が最重要課題であった。

そこで、仮締切工にハット形鋼矢板、仮橋に手延べ工法を採用した。さらに、試験施工により環境配慮型ブロックの安全かつ効率的な施工手順を確立して工程短縮を図った。本稿では本工事における工程確保の工夫を、透過堰の大規模改修工事の内容とともに紹介する。

キーワード：堰、非出水期、透過堰、改修、仮締切、試験施工、工程短縮

1. はじめに

国営総合農地防災事業を実施している徳島県那賀川地区は、県南東部の一級河川那賀川の下流域に位置し、小松島市、阿南市にまたがる約3,000 haの農業地帯であり、水稻を中心とした農作物の産地として、京阪神への生鮮供給基地の役割を担っている。この地域の農業を支える2つの取水堰(南岸堰：昭和29年完成、北岸堰：昭和30年完成)は、堰の完成から既に60年以上が経過している。また、那賀川は上流域が台風常襲地帯である四国山地の南東斜面に位置し、過去に1日当りの最大降雨を記録するなど、日本有数の多雨地帯であることに加え、急流河川であるため、本地区は度々洪水に見舞われており、両堰共に経年劣化と相まって、ブロックの流出やコンクリートの欠損等が進んでいる。那賀川農地防災事業は南岸堰を全面改修し、北岸堰及び上流の吉井大西堰と統合し、その取水機能を維持することを目的としている。

本工事は、固定堰でありながら下流河川利水者にも配慮した堰内部の沈床工を流水が通過する国内でも稀な透過堰の基本構造を変えずに、既存の上部堰体コンクリートを撤去して高強度コンクリート(50 N/mm²)に置き換え、根固めブロックを4t型から8t型に、護床ブロックを六脚ブロック(2t型)から環境配慮型ブロックへ更新する工事である(写真-1, 2, 図-1)。



写真-1 着工前南岸堰



写真-2 着工前南岸堰



図一 1 事業計画, 工事位置図

2. 工事概要

(1) 工事概要 (図一 2, 3)

工事名所	那賀川 (一期) 農地防災事業 那賀川南岸堰 (第 I 期) 建設工事 那賀川 (一期) 農地防災事業 那賀川南岸堰 (第二期) 建設工事
工事場所	徳島県 阿南市 上大野町久留米田地先及び楠根町新田地先
発注者	農林水産省 中国四国農政局
施工者	大成建設・大本組 南岸堰補修建設工事共同企業体
工期	第 I 期: 平成 29 年 5 月 7 日～平成 30 年 8 月 30 日 第二期: 平成 30 年 9 月 1 日～令和 2 年 7 月 31 日

(2) 工事内容

第 I 期工事

- ・仮締切工 ハット型鋼矢板 461 枚, 工事用道路設置撤去 17,800 m³
- ・既設構造物撤去工 5,975 m³
- ・上流エプロン工 改良沈床工 706 m²
- ・下流エプロン工 根固めブロック (8 t 型) 製作据付 340 個

- ・堰体工 高強度コンクリート (50 N/mm²) 1,000 m³
- ・護床工 護床ブロック (環境配慮型ブロック, 写真一 3) 据付 4,127 個
- ・魚道工 2 箇所
- ・護岸工 832 m²

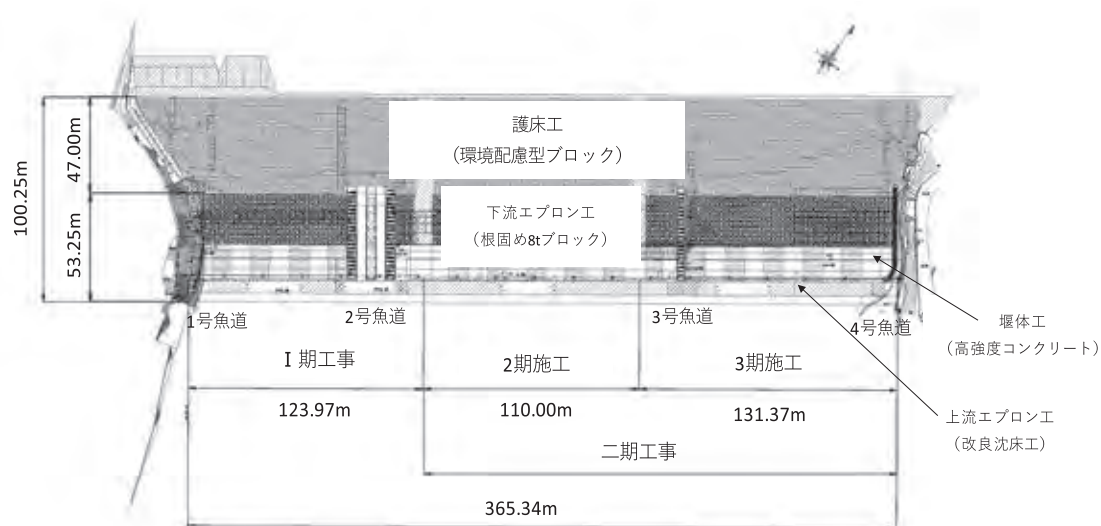
第二期工事

2 期施工

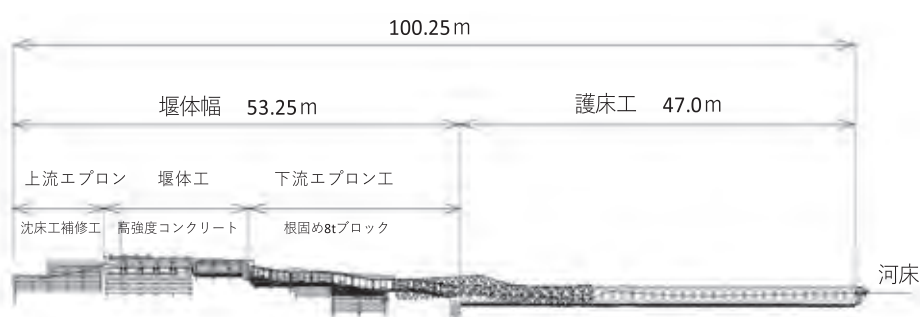
- ・仮締切工 ハット型鋼矢板 558 枚, 工事用道路設置撤去 21,468 m³, 仮設栈橋 336 m²
- ・既設構造物撤去工 3,447 m³
- ・上流エプロン工 改良沈床工 660 m²
- ・下流エプロン工 根固めブロック (8 t 型) 製作据付 420 個
- ・堰体工 1,190 m³ 高強度コンクリート 50 N, 護床ブロック据付
- ・護床工 護床ブロック (環境配慮型ブロック) 据付 3,325 個

3 期施工

- ・仮締切工 ハット型鋼矢板 394 枚, 工事用道路設置撤去 11,571 m³
- ・既設構造物撤去工 2,930 m³
- ・上流エプロン工 改良沈床工 746 m²
- ・下流エプロン工 根固めブロック (8 t 型) 製作据付 490 個



図一 2 補修計画平面図



図一 3 補修計画断面図



写真一 3 環境配慮型ブロック、かご枠

- ・堰体工 1,360 m³ 高強度コンクリート 50 N 4,407 個
- ・護床工 護床ブロック（環境配慮型ブロック）据付 4,407 個
- ・魚道工 2 箇所

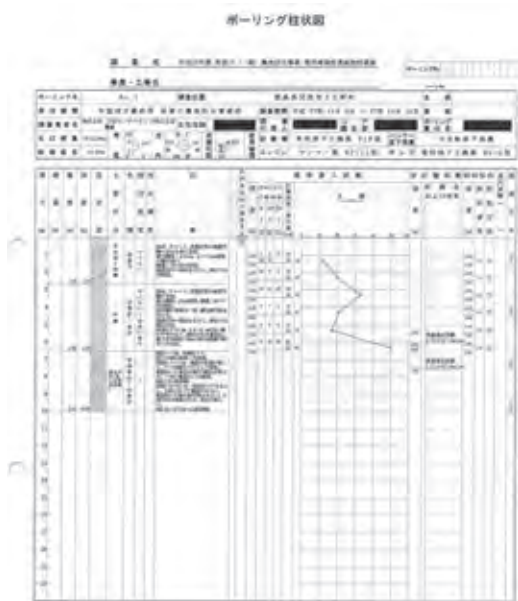
3. 施工及び工程確保の工夫

(1) 仮締切工

仮締切に使用する鋼矢板は断面性能及び経済性に優れ、施工枚数が普通鋼矢板の半分以上に低減可能なため、施工枚数を減らせるハット形鋼矢板を使用した。

鋼矢板打設工法は、河川内の作業であることから、出水時における機械等の退避の容易性や河川の汚濁防止の観点より、圧入工法のうち硬質地盤クリア工法を

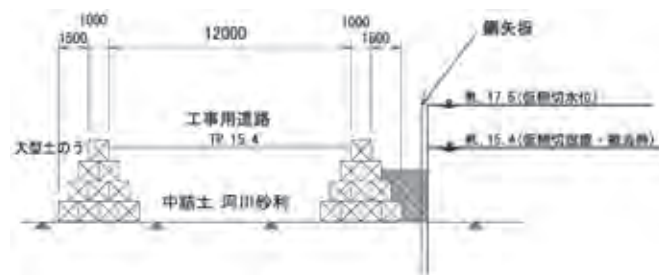
採用した。対象地盤は全域にわたり玉石混り礫質土で、直径 200 mm 以上の玉石を含み、礫率が 60% 以上であることから、パイロオーガでの先行掘削で全ての玉石を細かく破碎することは困難であると考えた。そこで、オーガで破碎できなかった玉石を鋼矢板圧入位置から逃がすため、先行掘削周辺地盤も緩めることで、確実な施工を実現した(写真—4、5 図—4、5)。ハット形鋼矢板対応の硬質地盤圧入仕様の鋼矢板圧入機(サイレントパイラー F301)は、硬質地盤圧入時最大圧入力 800 kN の性能を有するが、鋼矢板先端の損傷を避けるため、圧入力を 500 kN 以下に制限した。また、施工時の地盤からの鋼矢板突出長が 3.0 m を超える部分があり機械の安定性が悪く、加えてオーガやビットの損傷が著しく、整備・交換のサイクルが想定外に早くなり、計画時に想定した歩掛より低下した。当初は施工班数を 2 班で施工する工程であったが、事前に最大 3 班まで配置できる施工順序を立案していたため、3 班での施工を実施して全体工程に影響の無い範囲に工程をキャッチアップすることができた(写真—6～8)。



写真—4 土質柱状図

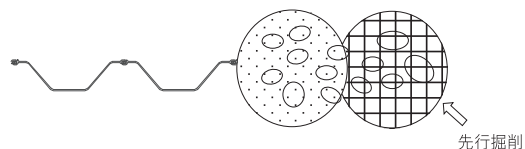


写真—5 礫写真

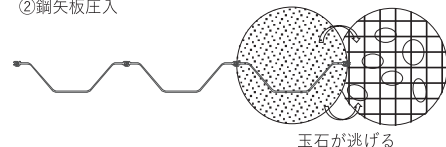


図—4 仮締切工断面図

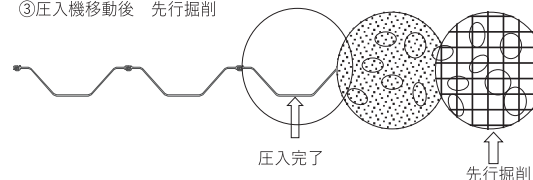
①次の圧入箇所を先行掘削しておく



②鋼矢板圧入



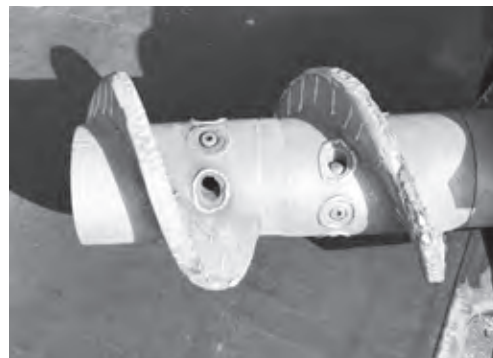
③圧入機移動後 先行掘削



図—5 硬質地盤クリア工法 先行掘削方法



写真—6 施工状況写真



写真—7 オーガ損傷状況



写真—8 硬質地盤クリア工法3班施工状況

(2) 仮設栈橋工

2期施工は河川中央部の施工となるため、進入路として仮橋を設置した。施工工法は、急速施工が可能かつ機械設備が簡素な手延べ工法（鋼製パネルによる片持ち架設方式）を採用した。その結果、クリティカルパスである栈橋工を従来工法と比較し6日短縮することができた（図—6、写真—9～11）。

(3) 補修工（堰体、下流・上流エプロン）

堰体及び下流エプロン（根固めブロック）下の透過部である沈床工は、損傷・流出の著しかった3号魚道付近以外は健全であり、流出部は沈床工の中詰め石と同等以上の大きさの石で復旧をし、透過堰の機能を維

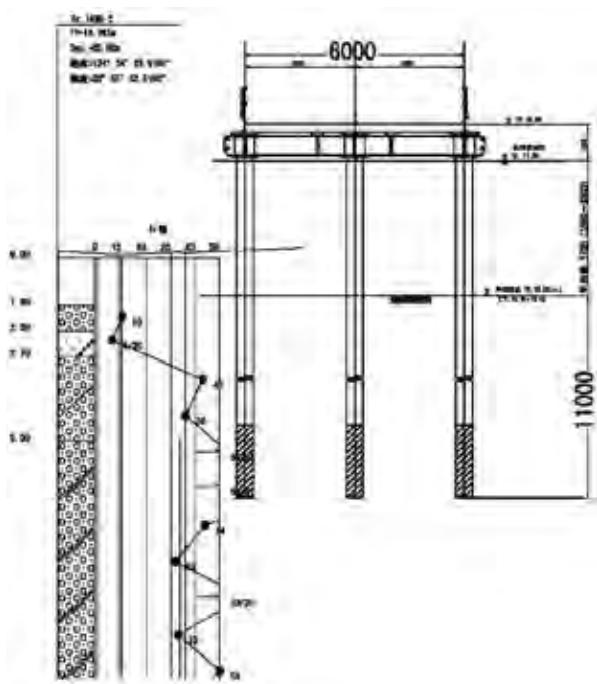
持した。また、上流エプロン（改良沈床工）は想定していた二段以深での損傷が一部範囲で認められたため、損傷が確認された部分は全て補修をした。施工数量の増加により各期で10日程度の工程遅延が発生したが、後述する護床工における工夫で工程をキャッチアップした。



写真—9 鋼製パネル設置状況



写真—10 支持杭打設状況



図—6 仮設栈橋構台工 柱状図



写真—11 仮設栈橋設置完了状況

(4) 護床工（環境配慮型ブロック）

(a) 護床工を施工する上での課題

護床工に採用された環境配慮型ブロック（1.14 t/個）は、立方体の内部を円筒形でくりぬいた中空ブロックで、内部にかご枠と栗石を入れ、魚類等の生態系に配慮すると共に、15個を1組としてボルトで連結することで流速によって流出しない重量を確保する構造となっている。施工数量は11,859個であり、その施工歩掛は工程に与えるインパクトが非常に大きいため、ブロック据付の歩掛向上が工程上の最大の課題であった。

また、発注者のブロック据付の管理基準値は基準高 ± 100 mmであったが、この据付精度を確保するだけでは、隣接するブロック同士を $\phi 32$ の孔にボルトM16を貫通させて結合することが不可能であり、ボルト結合が可能となる据付精度の確認とその精度の確保方法の確立が課題であった（図—7）。

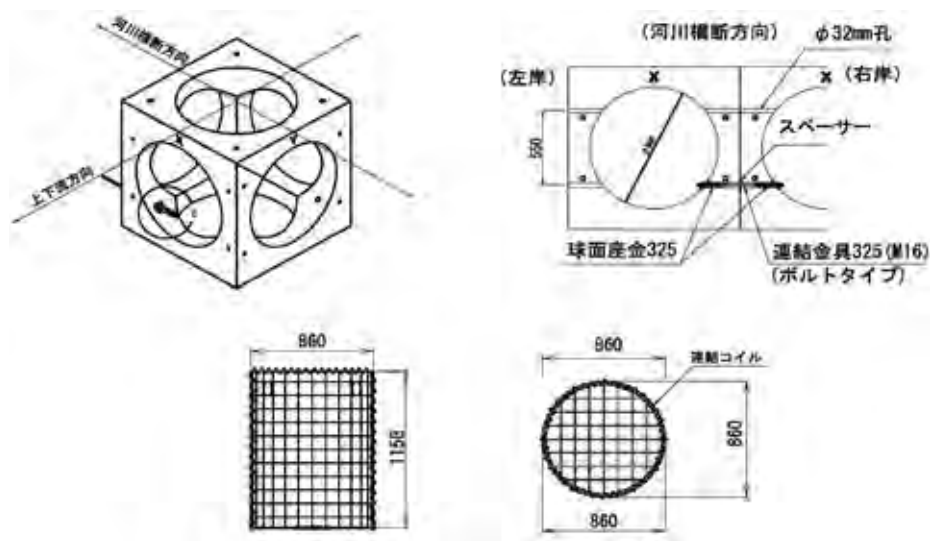
(b) 実施した対策と効果（ユニット化によるサイクルタイムの短縮）

施工に先立ち、試験施工を繰り返し実施して実際の

サイクルタイムを確定し、必要な施工班とその配置を決定した。

ブロック間結合を検証した結果、隣接するブロック間の高低差を20 mm以内、隙間を20 mm以内とし、隙間による連結ボルト長の不足を補うためにボルトを5 mm長くすることで、ボルト接合が可能となることを確認した。そこで、上記精度を実現するために、基礎碎石（碎石5号）の仕上がり高さを ± 15 mmとして自主管理した。さらに、ブロックを配置後に隣接するブロックとの高低差が20 mm以内かつ隙間が20 mm以内であることを自主管理した結果、再設置等の手戻りもなく、全てのブロックを円滑に結合することができた（写真—12）。

次に一連の施工サイクルを検証した結果、「かご枠組立→栗石詰め→蓋設置」がサイクルタイムに大きな割合を占めることを確認したため、この手順に関わる作業時間の短縮を検討した。当初の手順は組み立てたかご枠をブロック中空部に設置したのち、栗石を投入して蓋を設置する手順であり、据付けたブロックを損



図—7 護床ブロック、かご枠詳細図



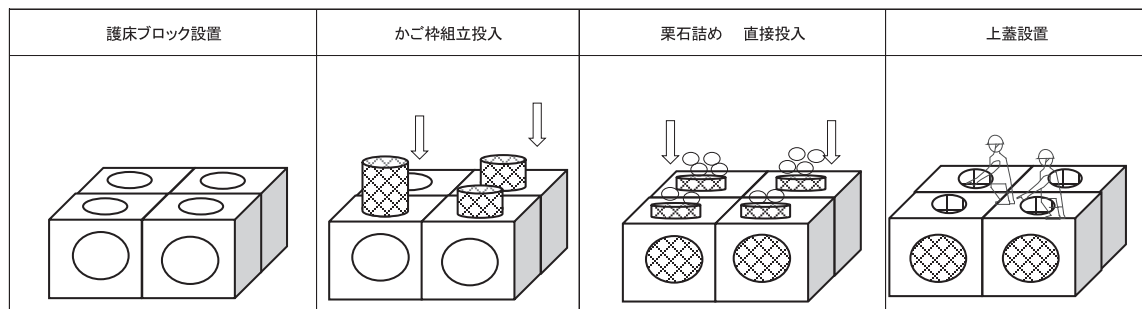
写真—12 試験施工状況

傷ないように慎重に栗石を投入する必要性と、蓋を設置する作業姿勢が不安定なことが原因となり、作業効率を低下させていた（図－8）。改善案として、据付作業と別の場所ではかご枠を組立て、栗石を詰め、蓋を設置した後に、補強したかご枠をブロック中空部に設置する『かご枠、栗石、蓋のユニット化』（以下「ユニット化」と記載）を立案した。ユニット化を実現するために、各要素の検討と実験を繰り返し、栗石を詰めたかご枠を吊った時に発生するかご枠の変形を防止する目的で、鋼製の円筒形のカバーを作成してユニッ

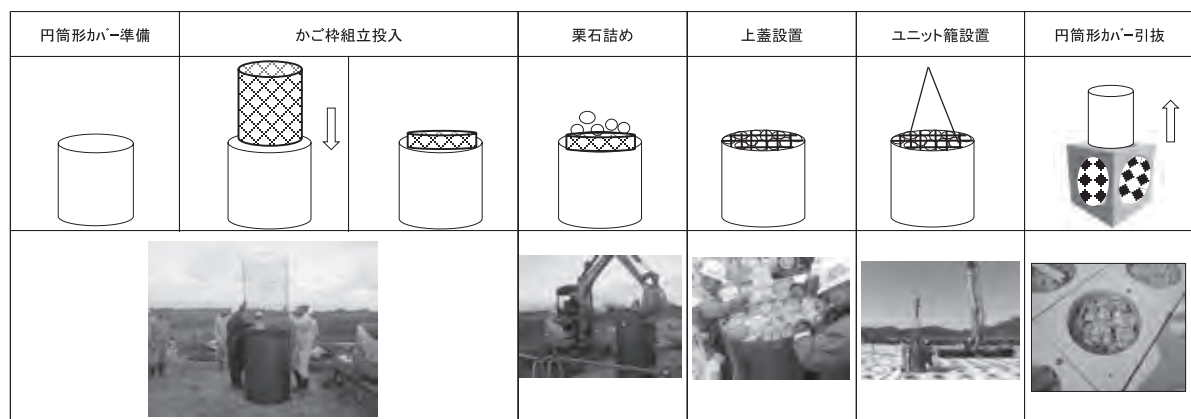
ト化したかご枠に装着し、設置完了後に引き抜く作業手順を確立した（図－9）。

かご枠の「ユニット化」により、作業姿勢等の作業環境が改善されて作業効率が向上し、かつ、ブロック据付との並行作業も可能となったため、サイクルタイムが約10%向上し、各期平均26日の工程短縮を可能とした（図－10、11）。

施工順序・エリア分割は、作業班数を増やしても各々の作業班が干渉しないように計画した。また、ブロック据付にクレーン付バックホウ（0.8 m³級、2.9 t吊）、



図－8 護床ブロック当初作業手順



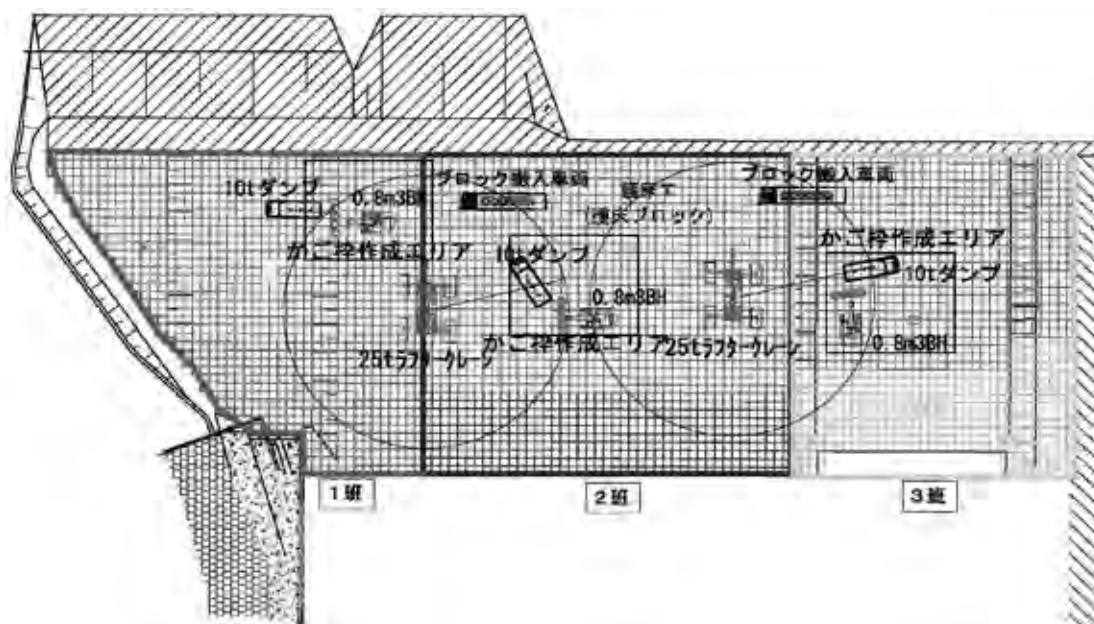
図－9 護床ブロック改善作業手順（ユニット化）

作業工程	1回目			備 考
	時刻	累計時間	作業間時間	
① かご枠組立開始	13:09:00	0	02分00秒	※栗石作業を別作業(ユニット化)とした場合の検討。
② 外枠組立完了、栗石組立開始	13:11:00	02分00秒	04分00秒	
③ 栗石組立完了	13:15:00	06分00秒	02分00秒	・型枠はめ込み、栗石詰め段取 ▲ 05分50秒 (作業追加による時間増)
④ 型枠はめ込み、栗石詰め段取	13:17:00	08分00秒	02分00秒	・栗石詰め ▲ 03分52秒 (並行化による時間減)
⑤ 栗石詰め開始(④H、平作業)	13:23:00	14分00秒	06分00秒	・ふた設置 ▲ 08分28秒 (並行化による時間減)
⑥ 栗石詰め完了	13:28:00	19分00秒	05分00秒	・修正作業 ▲ 02分10秒 (作業追加による時間増)
⑦ ふた設置完了	13:34:00	25分00秒	06分00秒	時間増減合計(1基当り) ▲ 04分20秒
⑧ 玉掛け完了	13:40:00	31分00秒	06分00秒	※かご枠1基当り 4分の短縮可能
⑨ 吊込み完了、修正作業	13:46:00	37分00秒	03分30秒	
⑩ 段重完了	13:49:30	40分30秒		
通常作業での合計時間40分30秒に対して、4分20秒(10%改善)				

図－10 護床ブロックユニット化試験施工結果

工区名	護床ブロック個数(個)	短縮時間(分) (1基当り4分短縮)	短縮日数(日) (1日の作業時間10時間 600分として)
I 期工事	4,127	16,508	27
2期工事	3,325	13,300	22
3期工事	4,407	17,628	29
平均			26

図— 11 工事別の短縮日数



図— 12 施工機械、班数配置図



写真— 13 完成写真

かご枠の設置にラフテレーンクレーン(25t吊)と別々の揚重機を使用することで、お互いに干渉することなく、最大ブロック据付班を3班、かご枠設置班を2班配置することを可能とした(図—12)。

その結果、本工事のクリティカルパスである護床ブロック(環境配慮型ブロック)設置の工程短縮を実現し、想定外の湧水、現地条件や損傷の程度による施工数量増大等の工程遅延要素が発生したにも関わらず、所定の非出水期内に各期施工を完了することができた。

4. おわりに

非出水期施工という制限がある中で、不確定要素が多い堰の改修工事であり、非常に工程が厳しい工事であったが、十分な事前検討と試験施工により、I期・二期(2期施工, 3期施工)工事とも工程制限内に発注者の要求する品質の構造物を提供することが実現できた。那賀川南岸堰補修工事は、平成29年5月にI期工事に着手し1回目の非出水期施工を完了、その後二期工事の2回にわたる非出水期施工を経て、令和2年5月に河川内工事を無事に完了する事ができた(写真—13)。

謝 辞

最後に、本工事の施工にあたりご指導、ご協力をいただいた関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

J C M A

[筆者紹介]

吉村 英昭 (よしむら ひであき)
大成建設㈱



本多 一也 (ほんだ かずや)
大成建設㈱



原 利庸 (はら としつね)
大成建設㈱



水陸両用建設機械を活用した河川工事事例報告

飯塚 尚史・小笠原 司・馬欠場 真樹

水陸両用建設機械は、作業船や陸上機械では作業が困難な浅水域、河川上流部の急流域、河口部の感潮域、また沿岸部の碎波帯等で威力を発揮する。

当建設機械は、仮設備を必要とせず、出水期の施工も可能で、急な増水時にも迅速に退避でき、安全かつ経済的な工法である。

本稿では、保有する水陸両用建設機械を紹介し、これまでに当建設機械を活用した、河道掘削・河川改良・災害復旧等の河川工事の工事事例を報告する。

キーワード：水陸両用建設機械、仮設備の低減、出水期施工、災害復旧、安全性の向上、情報化施工

1. はじめに

水陸両用建設機械を活用した工事实績は、全国の河川、海岸、漁港、港湾、ダム、災害復旧現場等で約1,200件あるが、その歴史はあまり知られていない。

代表的な水陸両用建設機械である遠隔操縦式水陸両用ブルドーザは、1968年（昭和43年）、建設省（現国土交通省）指導のもと、作業可能水深3mのD125-18Bが開発された（写真—1）。

1969年（昭和44年）、「富山大橋橋脚沈下応急復旧工事」で初めて現場に投入され、この工事は後に「建設機械の遠隔操作」という点で初の「無人化施工」による工事と言われている。

1971年（昭和46年）に作業可能水深を7mに改良したD125W-2型が登場し、同年、吸排気ダクトを統一し大型化したD155W-1型が開発された。その後、改良され現在に至っている。



写真—1 D125-18B型 水陸両用ブルドーザ

これまでに水陸両用ブルドーザは、海外向けに14台、日本国内向けに22台、計36台がメーカーから販売された。

1971年（昭和46年）に無線遠隔操縦式水陸両用ブルドーザ（D155W-1型）開発1号機を導入し、神奈川県相模川河川整備工事、静岡県御前崎港浚渫工事を皮切りに全国各地で実績を残して、1996年（平成8年）までに計17台導入した。現在は、5台の水陸両用ブルドーザを保有し、うち3台は大規模修繕を実施した。

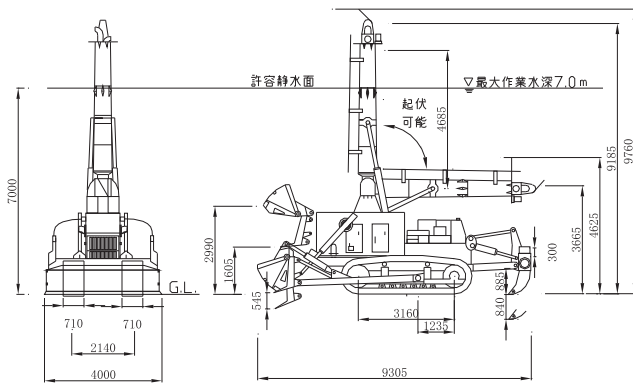
現在は、水陸両用ブルドーザにGPS計測装置を搭載したマシンガイダンス施工も実施している。また水陸両用ブルドーザの他、水陸両用バックホウ、水陸両用クローラダンプも開発し、全国各地で稼働している。

2. 保有する水陸両用建設機械

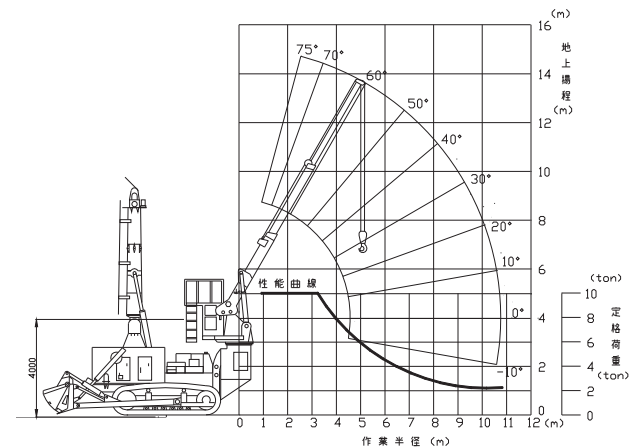
(1) 無線遠隔操縦式水陸両用ブルドーザ43.5t級 (図—1, 写真—2)

本機は、水深7mまで作業可能な無線遠隔操縦式の水陸両用ブルドーザである。主に水中部の掘削押土作業（河道掘削・浚渫等）、油圧リッパ装置による岩盤破碎作業、また災害復旧作業等で幅広く適用される。

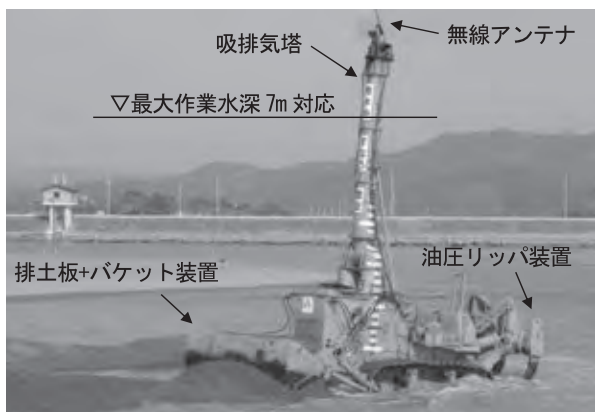
大型の排土板に装着されたバケット装置（平積 3.36 m^3 ）により、掘削土を拡散することなく水中掘削押土作業が可能であり、また河床・海底を走行し排土板で面的に仕上げるため、作業船の施工に比べ掘削精度が高く、余掘量・余砕量が少なく経済的である（図—2）。



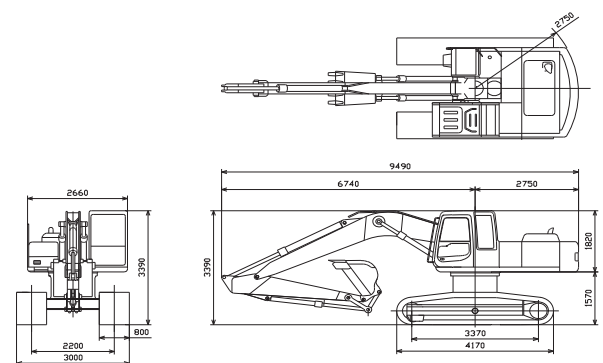
図—1 水陸両用ブルドーザ外形図



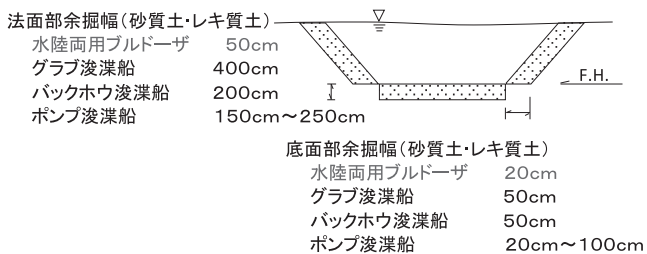
図—3 クレーン装着型水陸両用ブルドーザ外形図



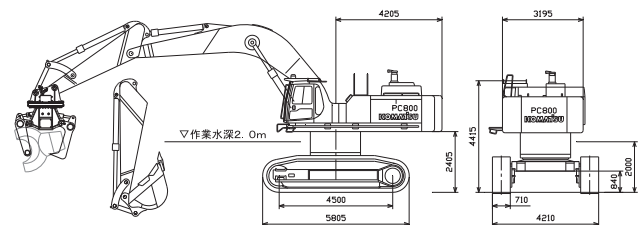
写真—2 水陸両用ブルドーザ D155W-1 型



図—4 水陸両用バックホウ 0.8 m³ 級外形図



図—2 水陸両用ブルドーザの余掘量



図—5 水陸両用バックホウ 3.1 m³ 級外形図

(2) クレーン装着型水陸両用ブルドーザ 46.9 t 級 10 t 吊 (図—3)

本機は、水陸両用ブルドーザ後部のリッパ装置を取外し、クレーン装置を取付けることでクレーン作業可能な水陸両用機械である。最大作業水深は 4 m、最大定格荷重は 10 t であり、護床ブロックや消波ブロック等の設置・撤去作業、杭打ち作業等が可能である。

(3) 水陸両用バックホウ 0.8 m³ 級, 3.1 m³ 級 (図—4, 5)

本機は、陸上用のバックホウをベースに、上部旋回体と下部走行体の間に円柱状の部材 (エクステンションコラム) を装備して嵩上げし、水密化、油圧系統等

の改造を施した水陸両用バックホウである。

バケット容量 0.8 m³ 級 (最大作業水深 1.5 m、アームクレーン仕様 2.9 t 吊)、3.1 m³ 級 (最大作業水深 2 m、無線遠隔操縦装置付、ブロック把持装置装着可) の 2 機種を保有する。

(4) 水陸両用クローラダンプ 7 t 積, 11 t 積

本機は、運転席と荷台 (ベッセル) を要した上部旋回体のフレームを嵩上げ、一部を水密化し、油圧系統等の改造を施した水陸両用クローラダンプである。

積載量 7 t 積 (最大作業水深 1.3 m)、11 t 積 (最大作業水深 1.5 m) の 2 機種を保有する。

3. 工事事例

(1) 河道掘削工事

(a) 庄内川

2000年(平成12年)9月の東海豪雨による洪水は、名古屋市内を流れる庄内川流域に甚大な被害をもたらした。同年、河川激甚災害対策特別緊急事業が採択され、2008年(平成20年)3月には庄内川水系河川整備計画が策定された。

庄内川は、堤防の引堤や嵩上げが困難なことから、主に河道掘削により流下断面を確保することとなった。掘削工法は、仮設工事用道路や栈橋等が不要で、余掘りが浚渫船に比べ少ない水陸両用ブルドーザ工法が採択された(写真—3)。

発注者：中部地方整備局 庄内川河川事務所

数量：約420,000 m³ (2010年(平成22年)～2014年(平成26年))

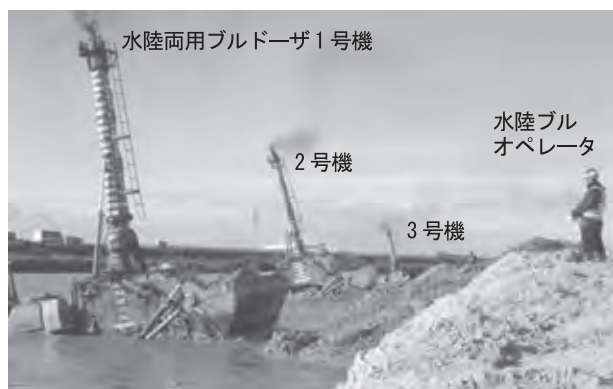
(b) 熊野川

2011年(平成23年)9月に発生した台風12号は、紀伊半島の南部に記録的豪雨をもたらした。後に「紀伊半島大水害」と称された。

奈良県、和歌山県、三重県を流れる熊野川は、この豪雨により洪水が発生し、流域に甚大な浸水被害をもたらした。同年12月、河川激甚災害対策特別緊急事業が採択され、河口部から3.6 kmまでの間を河道掘削を実施する計画となった。

河道掘削は、主に大型のグラブ浚渫船で浚渫していたが、出水期の急な増水にも退避可能で、大型の作業船では航行できない浅水域において掘削可能な水陸両用ブルドーザが投入された(写真—4)。

また、2014年(平成26年)8月には、四国、近畿地方を縦断し、各地に被害をもたらした台風11号により、当河川も増水したが、事前に退避し無事工期内に完了した。



写真—3 庄内川河道掘削状況



写真—4 熊野川河道掘削状況

発注者：近畿地方整備局 紀南河川国道事務所

数量：約83,000 m³ (2014年(平成26年)出水期施工)

(c) 狩野川

静岡県伊豆半島を流れ沼津市内から駿河湾に注ぐ清流、鮎の友釣り発祥の地としても有名な狩野川河口部は、作業船では喫水を確保できず、陸上機械では大規模な仮設工事用道路が必要となることから、水陸両用ブルドーザが設計採用された(写真—5)。

発注者：中部地方整備局 沼津河川国道事務所

数量：約33,000 m³ (2008年(平成20年)、2015年(平成27年))

(d) 阿賀野川

福島県を源流とし新潟県を流れ日本海に注ぐ阿賀野川の上流部は、非常に流速が速く、陸上機械や作業船では作業できないため、水陸両用ブルドーザにより河道掘削した(写真—6)。

2019年(令和元年)10月、全国に被害をもたらした台風19号により当河川も増水したが、事前に退避し無事工期内に完了した。

発注者：新潟県地域振興局 津川地区振興事務所

数量：約14,000 m³ (2019年(令和元年))



写真—5 狩野川河道掘削状況

流速 $v=2\text{m/s}$ 程度の急流で河道掘削

写真一六 阿賀野川河道掘削状況

(e) 五ヶ瀬川

五ヶ瀬川は宮崎県北部を流れ日向灘に注ぐ一級河川である。台風上陸の多いこの地域では、過去に数度にわたり洪水被害をもたらした。当工事では、水陸両用ブルドーザを3台投入し短期間で完了した(写真一七)。

発注者：九州地方整備局 延岡河川国道事務所

数量：約 $120,000\text{ m}^3$ (2006年(平成18年))

(f) 布目ダム副ダム布目川

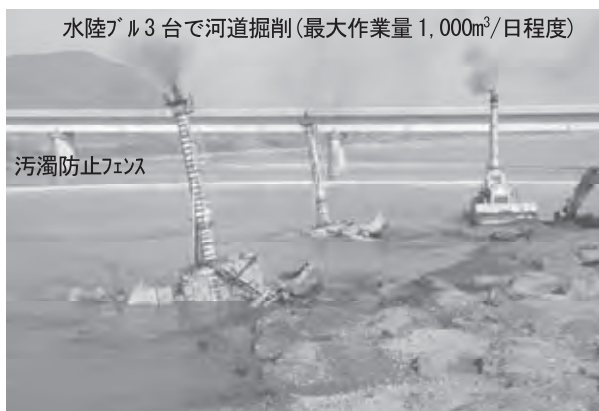
布目川は、布目ダム貯水池への土砂流入抑制と貯水容量保全を図ることを目的の一つとして設置された副ダムに流入する河川である。

毎年、布目川の浚渫は、左岸側からクラムシェル・バックホウで掘削していたが、重機足場のない上流や作業半径外となる右岸側の堆砂除去を行うため、水陸両用バックホウ、水陸両用クローラダンプが採用された(写真一八)。

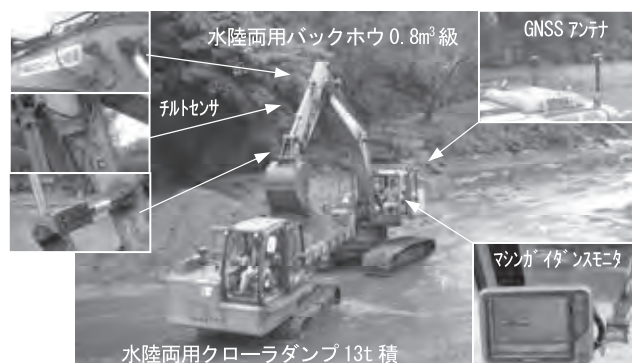
施工は、施工管理の省力化、工程短縮および安全確保等の観点から ICT 施工(図一六)とし、水陸両用バックホウマシンガイダンスシステムで行った。

発注者：水資源機構 木津川ダム総合管理所 布目ダム管理所

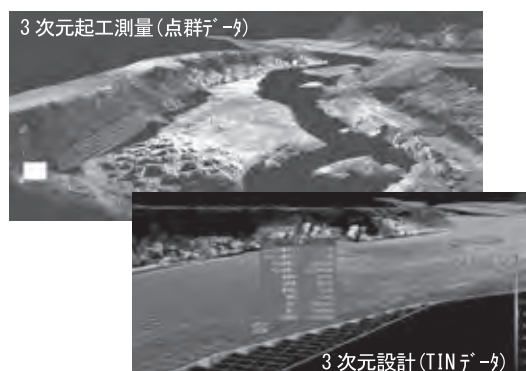
数量：約 $3,200\text{ m}^3$ (2017年(平成29年))



写真一七 五ヶ瀬川河道掘削状況



写真一八 布目川河道掘削状況



図一六 ICT 施工 (3次元データ)

(2) 河川改良工事

(a) 木曽川

木曽川では、河川内に残置された旧橋脚を水陸両用バックホウ(大型ブレーカ装着)で取壊した(写真一九)。

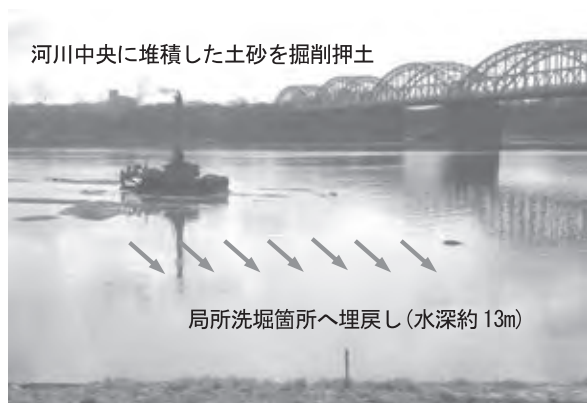
また、木曽川橋上流右岸側の局所洗掘箇所河川中央に堆積した土砂を水陸両用ブルドーザで水中掘削押し、埋戻し作業を行った(写真一〇)。これにより残土処分費が不要となった。

発注者：中部地方整備局 木曽川上流河川事務所

数量：約 $23,000\text{ m}^3$, 旧橋脚撤去：3基(2011年(平成23年))



写真一九 木曽川旧橋脚撤去状況



写真—10 局所洗掘箇所へ埋戻し状況

(3) 災害復旧工事

(a) 名取川関上大橋「東日本大震災」

2011年(平成23年)3月宮城県名取川河口部(0.9 km 付近)に架かる関上大橋が、津波により流水部橋脚周囲が洗掘され、ケーソン基礎天端が露出する状態となった。

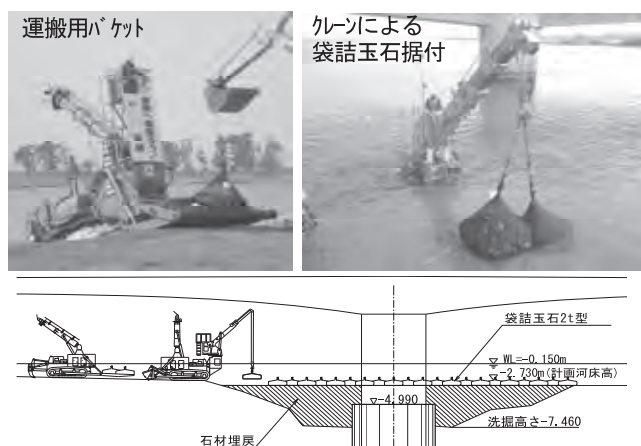
洗掘箇所への石材埋戻し、袋詰玉石被覆工等の災害復旧は、仮設栈橋や作業船も検討されたが、工程面、施工性、経済性等から水陸両用ブルドーザ工法が採用された(図—7)。

発注者：宮城県 仙台土木事務所

数量：石材埋戻し約 4,300 m³、袋詰玉石工 927 袋
(2011年(平成23年)、2012年(平成24年))

(b) 只見川「平成23年新潟・福島豪雨」

2011年(平成23年)7月、中越・下越・会津地方で発生した集中豪雨は、只見川流域に甚大な被害をもたらした。西部橋をはじめ6橋が落橋、5橋が被災し、落橋回収工事を品質と価格に優れた調達を目指す「高度技術提案型(Ⅲ型)」として北陸地方整備局から発注された。



図—7 関上大橋復旧状況

技術提案は、大規模な仮設工事用道路や栈橋が不要で経済的なバックホウ搭載型水陸両用ブルドーザおよびクレーン装着型水陸両用ブルドーザによる施工方法を提案、採用され無事工期限内に完了した(図—8)。

発注者：北陸地方整備局

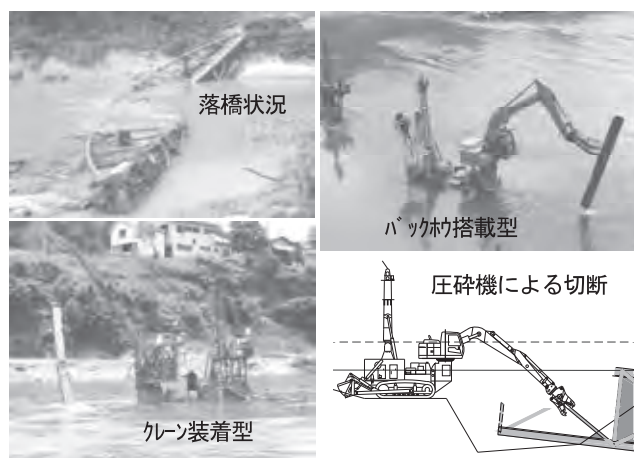
数量：旧橋撤去工1式(下路式ランガー橋 L=121 m、鋼材 210 t、床版、舗装版等)(当初数量)

(c) 白川「熊本地震」

2016年(平成28年)4月、熊本地震により、施工中であった立野ダム仮排水路工事現場が被災した。現場は法面が大規模崩壊し、使用していた建設機械や資機材等が河川に流出した。

被災後、遠隔操縦式水陸両用ブルドーザ、不整地運搬車およびバックホウ 3.1 m³ 級を投入し、6月の出水期前まで不安定な土砂を撤去するとともに流出した重機・資機材を回収した(写真—11)。

熊本地震被災後のがけ崩れなど二次災害が危惧される中、遠隔操縦式機械を用いることで安全に作業を進めることができた。



図—8 只見川西部橋落橋回収状況



写真—11 熊本地震災害復旧状況

4. おわりに

日本国は、周囲を海に囲まれ、世界第6位の海岸線延長約 35,000 km を有している。また国土の約 70% が山岳地帯で、一級水系で 109 水系、二級水系で 2,723 水系を有する特異な国土と言える。

1971 年（昭和 46 年）より約 50 年、水陸両用建設機械を駆使し、この国土のほんの一部分の「浅水域」という特異性のある施工領域で、全国 1,200 件を超える施工実績を積んできた。

全国各地で長きにわたり稼働してきたこれら水陸両用建設機械は、近年、全国各地域で発生している集中豪雨災害や、地震、火山活動等に伴う土砂災害、また今後も想定される大規模な自然災害で、必ず必要とされる特別な建設機械と考える。

今後も、諸先輩方から受け継がれた 50 年の歴史や技術を継続、発展させ、全国各地で活躍できるよう努めていきたい。

J C M A

[筆者紹介]

飯塚 尚史（いづか なおし）
青木あすなろ建設㈱
建設技術本部 環境リニューアル事業部
担当課長



小笠原 司（おがさわら つかさ）
青木あすなろ建設㈱
建設技術本部 環境リニューアル事業部
グループリーダー



馬欠場 真樹（うまかけば まさき）
青木あすなろ建設㈱
執行役員 建設技術本部
環境リニューアル事業部長



河川改修（榎瀬川水門工事）

老朽化した既設樋門の取壊し新設工事

田 中 耕 平

榎瀬川樋門は老朽化したコンクリート構造物として更新時期を迎えている。今後発生が予想される大規模地震等に対し水門としての機能を確保する必要があるため、既設樋門に隣接した位置に新設樋門を構築する計画である。その際、既設樋門の供用を継続し、新設水門の構築を既存のライフラインを確保した状態で行う必要があった。本稿ではこのような更新時期を迎えた社会インフラを取り壊し、新たなインフラ整備を行う工事について報告する。

キーワード：一級河川吉野川、南海トラフ地震、水門ゲート、サンドコンパクション、県道切替、航路切替

1. はじめに

（1）事業の目的

榎瀬江湖川は徳島県を流れる一級河川の吉野川の支流に当たり、榎瀬川樋門函渠部は、大正11年に施工され、約90年が経過する無筋コンクリート構造物で、ひび割れによる漏水等の劣化が表面に見られる。

樋門門柱部は昭和56年に改築された後、約30年が経過しており、コンクリートの中性化が見られ、鉄筋は錆による腐食が発生しており、函渠同様老朽化による劣化が見られる。

本工事は、今後予想される南海トラフ地震などの大規模地震が発生した場合、樋門ゲートの閉鎖が不可能な事による被害拡大に備えるため、老朽化した既設樋門を取壊し新設水門を構築するものである（図—1、写真—1）。



図—1 榎瀬川水門完成イメージ



写真—1 既設榎瀬川樋門

（2）事業効果

榎瀬川水門を新設することにより、南海トラフ地震などの大規模地震による水門の損傷及び機能低下を防ぎ、地震後に来襲する津波浸水被害を軽減する。

また近年は異常気象に伴う集中豪雨が日本列島各地で頻繁に発生している。これにより吉野川本流が増水した場合においても、耐久性の増した水門を新設することで長期的な浸水リスクの軽減が図れる。

（3）工事概要

工 期 平成30年12月8日～令和3年1月29日

施工場所 徳島県徳島市川内町鈴江南地先

水 系 吉野川水系榎瀬江湖川

構造諸元 鉄筋コンクリート

水門本体・函渠

【幅10m×高さ7m×長さ52m×2門（図—2）】

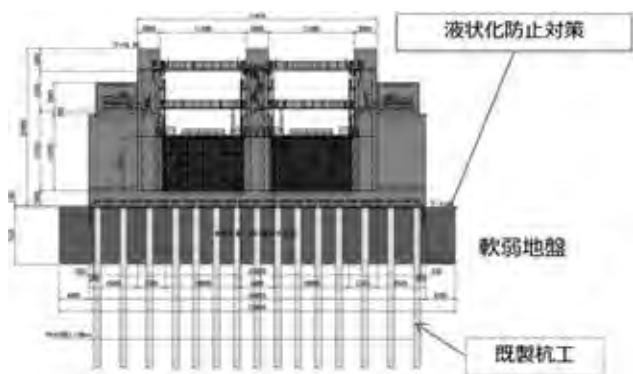


図-2 正面図

工事内容

・地盤改良工	サンドコンパクション	69 本
・水門本体工	既製杭工	43 本
	コンクリート	1,200 m ³
・築堤・護岸工	河川土工	1 式
	護岸基礎工	1 式
	根固めブロック設置	950 個
・仮設工	二重締切撤去	1 式
	迂回路工	1 式
	構造物撤去工	1 式

2. 施工方法

榎瀬川水門新設工事は平成 27 年度から本体工事に着手し、当工事はその 3 期目に当たる。すでに水門ゲートの構築は完成し、函渠部 2 函体の内の残りの 1 函体を構築する工事となっている。

榎瀬川水門の基礎形式は杭基礎が採用されており、30 m 下の支持地盤まで既製杭の打設を行う。また底盤直下は液状化の起こる砂層が存在するため、サンド

コンパクションパイル工法による地盤改良を行っている（写真-2）。

新設函渠部の構築を行うためには施工場所が既設樋門と干渉しているため、既設樋門の一部撤去後でないと構築を行うことが不可能である。この樋門撤去を行うためには、常に県道の通行、及び榎瀬江湖川航路の航行を確保した状態で施工を進める必要がある。県道については工事期間の中で 2 回の切替が発生し、航路の切替については、完成している新設樋門の部分供用をして航路を確保する計画となっている。

本体構造物の施工に至るまでに、各施工段階での現場状況を事前に把握し、工事における影響が地域住民の生活に支障となる事の無いよう、綿密に施工計画を立てなければならなかった。函渠本体工までの施工フローを以下に示す。



【ステップ①～②】

前回工事で完了した函渠上に県道の切替を行い、現道の仮設橋撤去を行う。完成している下流側水門の航行が可能となるよう、水門本体構築のために設置されていた二重締切を撤去する（写真-3）。



写真-2 施工箇所

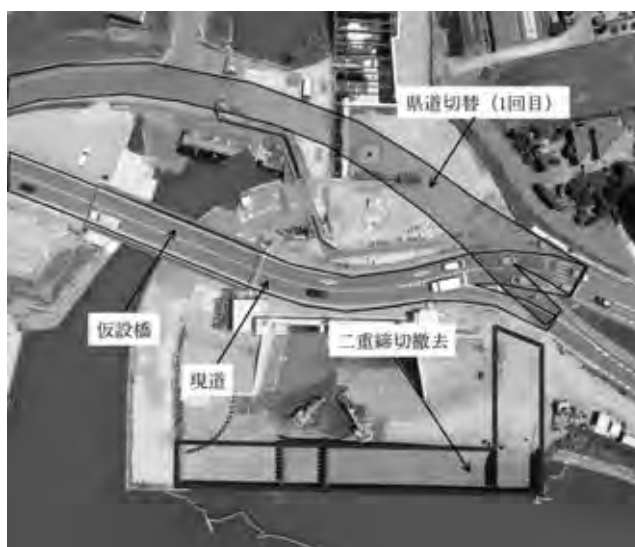


写真-3 施工手順 (1)

【ステップ③～⑤】

二重締切撤去完了後、航路としての機能を有する様、水門前面に護岸基礎及び根固めブロックの設置等の築堤・護岸工を施工する。

旧航路部は切替後、水門を閉鎖して堤防道路として築堤盛土を造成する（写真—4）。

【ステップ⑥～⑧】

川裏側の施工に取り掛かるため、造成した築堤盛土上に2回目の県道の切替を行う。その後鋼矢板による締切を設置して、施工ヤードをドライな状態にする。

この締切完了で初めて既設樋門の一部撤去が可能となり、撤去後、本工事の目的物である函渠本体の施工に取り掛かる計画となっている（写真—5）。

3. 施工上の制約と工夫

(1) 工事の進捗に応じた県道の切替

工事区域内には堤防道路として供用中の県道 219 号



写真—4 施工手順 (2)

線があり、施工の進捗に応じて、順次切り替えを行う必要がある。

この堤防道路は1日約 20,000 台の通行量があり、通行止めの規制時間を必ず厳守して、通勤時間帯には道路を開放する必要があったので、切替道路の施工量を最小限にするよう計画の見直しを行った。具体的には既設の道路をそのまま利用して、起終点に擦り付け区間を設けることで、切替前の旧道と同じ線形・高さで通行可能となるよう計画を見直した。また、切替にあたってはその都度関係機関と協議、調整の必要があり、事前の準備に多くの時間を費やす事となった（写真—6）。

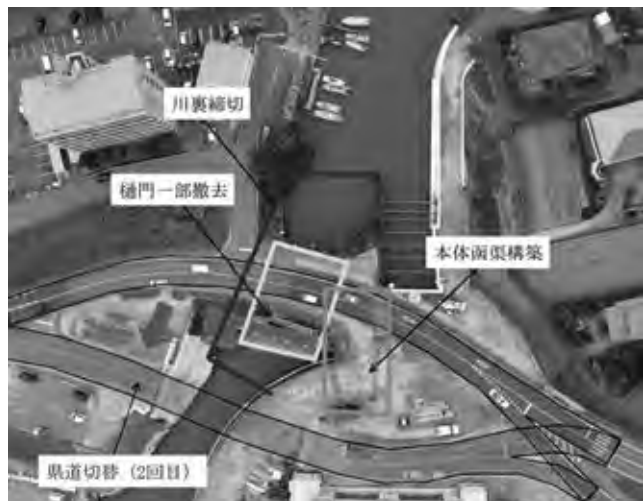
(2) 河川内での台船施工

二重締切撤去後、築堤・護岸工として鋼矢板基礎、根固めブロック等の必要な構造物の構築を行った後に、航路の切替が可能となる。

築堤・護岸工事はすべて河川内での台船施工となり、気象条件により施工可能日数が制限される。日々の施工においては河川工事のため上流ダムの放流状況、河川水位、潮位情報等を常に把握して安全に作業が行えるかを確認するとともに、緊急時の対応マニユ



写真—6 県道切替後



写真—5 施工手順 (3)



写真—7 上下流仮設ヤード

アルを作成し、万一の場合に備える必要がある。

現場では残土搬出、資機材の搬出入等の台船移動の短縮を図るため、仮設ヤードを上下流に2箇所設ける計画とした。これにより、施工場所・施工形態によって台船の移動時間の短縮がされ、台船作業の効率化に繋がった（写真—7）。

（3）榎瀬江湖川の航路を確保した施工

供用中の榎瀬川樋門は榎瀬江湖川から吉野川へアクセスするために利用されており、徳島県名産のスジアオノリの養殖やウナギの稚魚の捕獲などの漁業、またジェットスキーなどのレジャーにも航路として利用されている。

新設函渠施工に当たっては、前回工事で完成済の下流側水門を部分供用し、航路と隣接した場所で新設函渠の施工を行うこととなる。

函渠の施工においてクレーン作業が航路へ干渉する事の無いよう、限られた施工スペースの中で綿密な作業計画が求められる。また航路入口は仮設鋼矢板で仕切られた状態での部分供用となるため、夜間照明、保安灯の設置など、設備面でも船舶が安全に航行出来るよう配慮が必要となる（写真—8）。

（4）周辺環境に配慮した施工

スジアオノリの養殖が10月ごろから4月ごろにかけて行われるが、養殖初期の10月、11月の種付けの時期に濁水を河川内に流すと、その後のノリの生育に影響を及ぼすため、細心の注意を払って工事を進める必要がある。

養殖期間中に河川内作業をする場合はシルトフェンスを2重に設置し、濁水対策を行うとともに、濁度の定期的な検測も併せて行って現場の管理を進めることとしている。



写真—8 榎瀬江湖川航路

（5）住宅地との近接施工

施工箇所周辺には住宅地が近接しており、特に騒音、振動には配慮して作業を行う必要がある。

構造物を構築するのに各施工段階で、河川を締め切って施工ヤードを確保するため、特に鋼矢板の設置・撤去の施工量が多く、その都度騒音振動に配慮した施工方法が求められる。

鋼矢板の打設、引抜において、基本的には油圧式圧入引抜機を使用するが反力がなく施工が出来ない場合はパイプロハンマを使用することとなる。その場合、騒音振動に配慮して、超高周波型油圧パイプロハンマを採用する。

（6）地域住民との協調

当現場は県道に隣接しており、その道路は地域の学生の通学路ともなっている。したがって多くの歩行者の通行があり、現場作業を近くで見られる状況となっている。その際“工事の見える化”の一環としてお知らせ掲示板を歩道から見える位置に設け、週間工程表、定点写真の掲示を行い、地域住民に工事の作業内容、進捗等の情報提供を随時行っている（写真—9）。

工事を行うに当たり、地元説明会の開催を行ったが、工事期間中においても現場見学等で第三者に対する工事現場の開放に積極的に取り組んでおり、月に約1～2回のペースで現場見学を行っている（写真—10）。

工事の様子を実際に現場で見ていただき確認してもらうことで、公共工事への理解、必要性の認識に繋がればと考え、今後もこのような活動には積極的に取り組んでいきたいと考えている。

工事区域にある堤防道路は毎年3月に行われる徳島



写真—9 お知らせ掲示板



写真—10 現場見学会



写真—11 徳島マラソン

マラソンのルートとなっているため、マラソンの開催に合わせて、周辺道路の清掃活動や当日の応援旗の設置などによる地域行事への積極的な参加を行っている(写真—11)。

4. おわりに

榎瀬川水門の事業は平成25年から護岸工事に着手し、そこから約7年の年月を費やして現在の航路切替、最終の函渠構築の施工をする段階に来ている。今後も地域住民の理解を得ながら工事が円滑に進むよう周辺環境に配慮した施工を行っていき、引き続き無事故・無災害で工事を完成するため、安全作業に努めていく。

謝 辞

最後に今回の寄稿に当たり、四国地方整備局 徳島河川国道事務所をはじめ、ご指導、ご協力をいただいた関係者各位に厚くお礼申し上げたい。

J C M A

【筆者紹介】

田中 耕平（たなか こうへい）
大豊建設㈱
地整榎瀬川水門（その3）
作業所
所長



鉄道向け三次元計測解析サービスの開始

RaiLis (レイリス, Railway LiDAR inspection system)

平 松 孝 晋・土 屋 剛

道路事業で利用が進む、移動体による三次元計測技術である「MMS (Mobile Mapping System)」を鉄道分野に適用して、2019年7月に「RaiLis (レイリス, Railway LiDAR inspection system)」(以下「本システム」という)というブランド名でサービス提供を開始した。本システムは、線路周辺の高密度三次元点群を取得する「計測サービス」、建築限界確認などの点群処理を行う「コンサルティングサービス」、点群閲覧と解析機能をカスタマイズする「システム開発サービス」を提供する。これにより、鉄道設備の維持管理の効率化や均質化、列車の運行や現場作業の安全性向上を目指している。

キーワード：鉄道事業、MMS、維持管理、軌道中心線抽出、建築限界確認、仮想空間、BIM/CIM

1. はじめに

鉄道の現場は、技能労働者の高齢化や労働志向の変化にともない、労働力不足が進むと予測されている。一方で、既存設備の老朽化や、新規設備の高機能化により、管理コストは増加している。そのため、検査などの業務を効率化、省人化するため、ICT技術を活用した技術開発が進められている。とりわけ、センシング技術の急速な進展にともない、これまで人が行ってきた検査業務を車両に搭載したレーザ計測機器やカメラで行う「地上検査の車上測定」への期待は年々高まっている(図-1)。

本稿では、道路分野の三次元測量技術であるMMS (Mobile Mapping System) 技術を鉄道の検査・調査業務に適用し、さらには設計・工事等に活用するために技術開発してきた成果の概要と、サービス展開の内容について紹介する。

2. MMS の概要

まず、一般的なMMSの技術概要を説明する。

(1) 三次元計測の仕組み

MMSは、車両などの移動体に搭載した各種のセンサを用いて周辺の三次元形状を計測する技術である。自車の位置と姿勢は、GPSなどの衛星測位(GNSS: Global Navigation Satellite System)と慣性計測装置(IMU: Inertial Measurement Unit)、および走行距離計(オドメータ)で取得されるデータに基づき、走行軌跡として記録される(図-2)。対象物までの距離は、レーザ測距装置(LiDAR: ライダー)によって計測される。走行軌跡データとレーザ測距データを統合することにより、周辺設備の位置および形状データが地球上の絶対座標(緯度、経度、標高)での三次元座標の集まり(点群)として記録される。



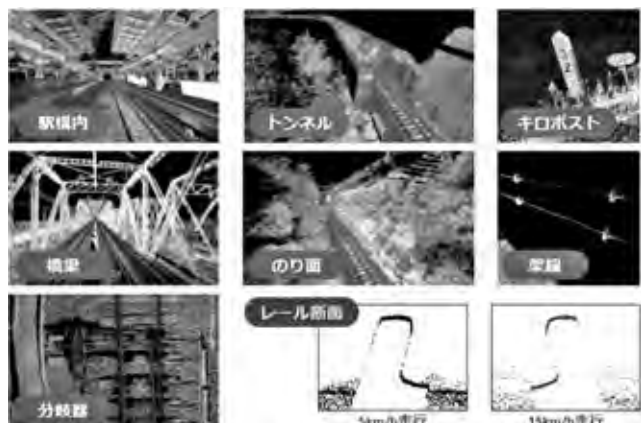
図-1 鉄道事業における本システムの位置づけ



図-2 試験計測の様子

(2) 試験計測

これまでに基地内や営業線、開業前新線など、延べ1000 km以上の試験計測を行った。MMSはトロ台車の上に設置し、夜間の保守間合いにモーターカーや軌道自動自転車を用いて約20～30 km/hで牽引走行した。取得した点群データをレーザ反射強度で濃淡表現した例を図一3に示す。軌道のほか、駅構内やトンネル、橋梁、信号、標識、架線など、土工設備や電気設備の形状を把握できることがわかる。



図一3 試験取得した点群データ

(3) 機器性能と計測精度

使用するMMS機材のスペックは、1秒間に100万発のレーザを照射し、点群データの容量は1 kmあたり1 GB程度である。測距精度（標準偏差）は0.5-3.1 mm、到達距離は約119 mである。走行軌跡の絶対位置精度は、GNSS衛星電波の受信が良好で、かつ安定して走行した区間において、水平2 cm、鉛直1.5 cm程度（平均二乗誤差）である。ただし、鉄道での運用時には、トンネルなどのGNSS電波の受信状況が悪い区間や、悪天候の影響により、測定精度の劣化やばらつきが生じる場合がある。保守基地内の点群データにおいて、既知の座標25点で絶対位置を比較したところ、調整前で水平5.8 cm、垂直7.3 cm、調整後で水平2.5 cm、垂直1.1 cmの差が見られた（いずれも平均二乗誤差）。

3. 鉄道への適用に向けた技術開発

MMSで取得された高密度点群データがあれば、任意の箇所の寸法や離隔測定をPC上で行うことができる。すなわち、一定の自動処理により、客観的かつ再現可能な測定値が得られる利点がある。しかし、点群データには手計測とは異なる性質の誤差要因が存在するうえ、運用方法によっては現行の基準で定められた

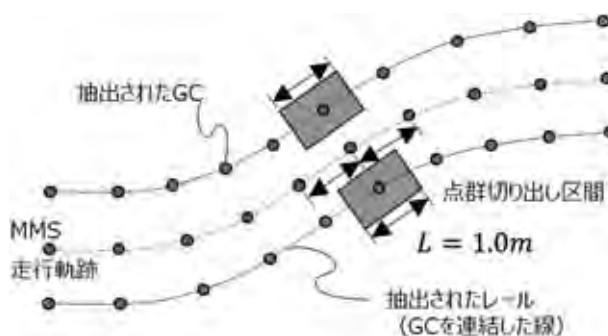
精度や検査周期を満たせない場合がある。加えて、点群データのファイルサイズは極めて膨大であり、一般的なPCやCADソフトウェア上で扱うのは難しい。そこで、鉄道の調査・検査向けの解析機能を、自社開発ソフトである点群閲覧ビューア「LaserMapView」上に構築した。以下に本システムサービスの根幹となる代表的な機能を述べる。

(1) 軌道中心線抽出

線路周辺の測定において基準となる原点は軌道中心線である。そこで、三次元空間座標系にある点群データから、軌道中心線を抽出する機能を開発した（図一4～6）。まず、左右レールの頭部付近の点群を抜き出し、レール断面形状を自動認識する。続いて、ゲージコーナーの位置を特定し、その中線を定義する。そして、カント、勾配、曲線半径などの幾何情報を算出し、地理情報システム（GIS）のキロ程情報を距離で



図一4 レール位置の抽出



図一5 軌道中心線の定義



図一6 軌道中心線の点群上の表示

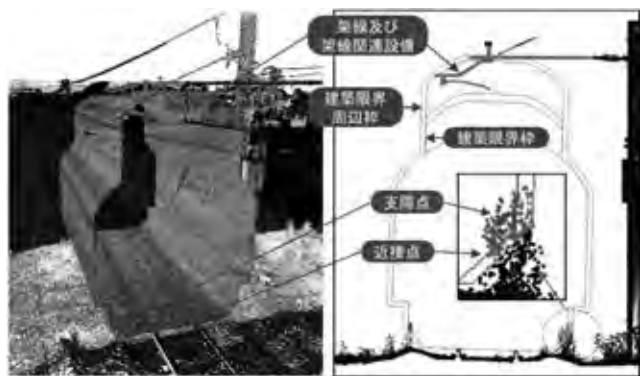
按分して割り付ける。これにより、絶対座標の三次元空間座標系と、各路線のキロ程を相互に位置参照できるようになる。ただし、高所からの非接触のレーザ計測では、レールの光沢面や着水部に高さ方向のばらつきが見られ(2～9 mm)、軌道検測での利用は難しい。

なお、軌道中心線の位置は、絶対座標上の点群分布から定義しているため、走行時の車両挙動やレール踏面位置の影響を受けることはない。

(2) 建築限界確認

建築限界内の支障物の有無は、徒歩または列車からの目視により確認されている。また、管理対象のトンネルや橋梁に対しては、定期的に測定器具を用いた離隔量の測定が行われている。これらの限界確認作業をMMS点群上で判定、計測する機能を開発した。

まず、軌道直交断面において建築限界枠を定義し、内側にある点群を支障物とみなす(図一7)。そして、点群への色付けと、判定区間ごとのリスト作成を行う。曲線区間では、抽出した軌道中心線に基づく曲線半径から、偏倚に応じた限界の拡幅量を加える。ホーム区間では、各種の縮小限界に切り替えて判定を行う。この機能により、限界支障箇所を一律の方法で自動的にスクリーニングできる。



図一7 建築限界支障検知の例

(3) ホーム限界測定

軌道中心線からプラットホームまでの離れと高さは、2年に1回、測定器具を用いて一定間隔(基本5 m)で測定している。この手順をMMS点群上で再現する機能を開発した。ホーム端部の離れと高さの測定箇所は、自動的に探索し、測定値をチャートおよびリストで出力する(図一8)。断面間隔は任意に設定できるため、連続的な離隔量を把握することができる。



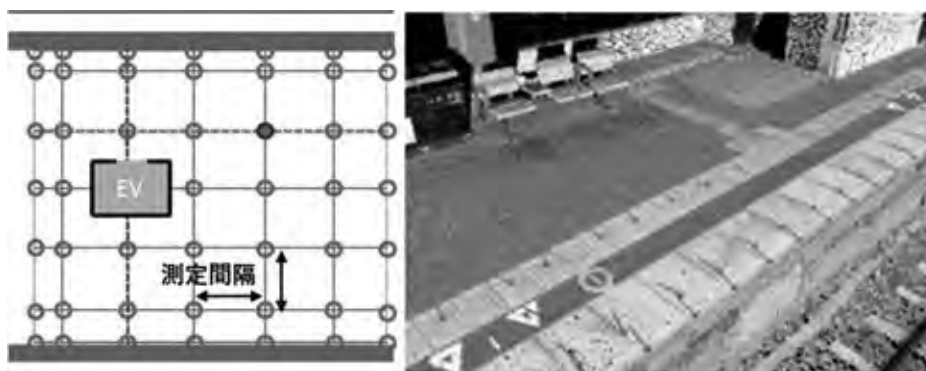
図一8 ホーム限界測定機能

(4) 勾配測定

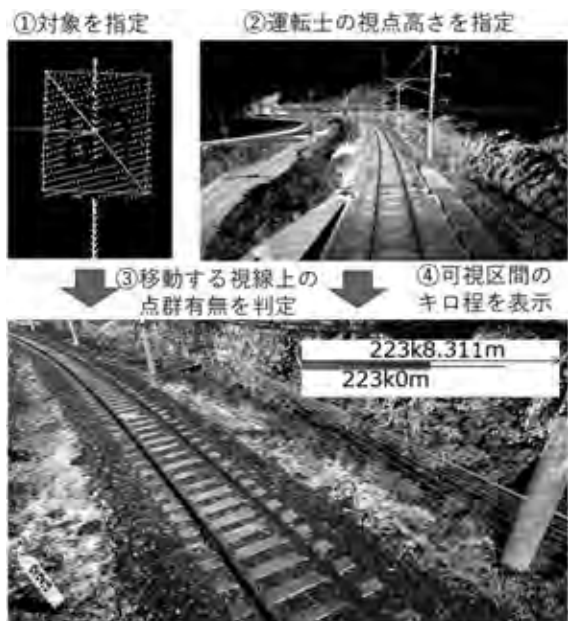
プラットホーム上面など、施工前後に現地実測している勾配測定をMMS点群で面的に効率よく把握する2種類の機能を試作した。測定間隔で勾配値を算出して向きと大きさを矢印で表現する方法(図一9)と、近似平面との差(凹凸)を段彩表示する方法の2種類で表現する。なお、二時期のデータがあれば、変状箇所の把握にも有効である。

(5) 見通し確認

三次元の点群データからは、可視域の分析が可能である。たとえば、列車の運転席からの信号などの視認性確認や、標識建植箇所の机上での検討、線路内作業時の見張員配置検討に応用できる。試作機能では、指定した対象物と軌道中心線をつなぐ線分上の点群の有無により可視・不可視を判定する(図一10)。見張員



図一9 勾配測定機能

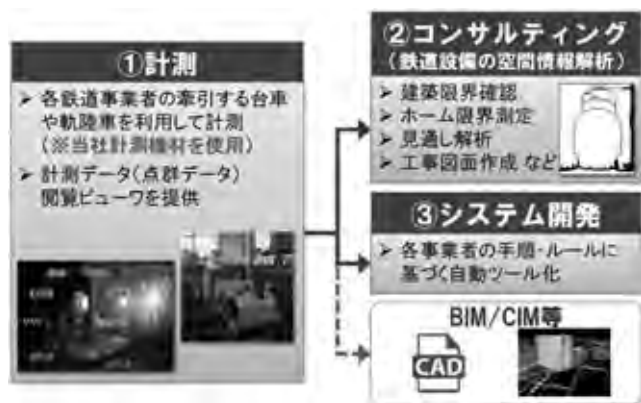


図一10 見通し確認機能

側と乗務員側の視界を再現でき、見通し距離を数値で把握できるため、安全性向上に寄与するものと期待している。

4. 本システムのサービス内容

技術開発の成果を、以下の3つのサービスとして提供する（図一11）。



図一11 本システムのサービス構成

(1) 計測サービス

計測サービスは、計測機材を使用して取得した線路周辺の三次元点群データを提供するものである。鉄道事業者が搭載する台車の手配と、牽引する動力車の運転を実施し、計測作業者が動力車に同乗する（図一12）。納品成果物は、三次元点群データ（LAS形式）、点群閲覧ビューア、およびビューア用データである。ビューアではキロ程検索や軌道断面計測などの基本的



図一12 計測作業の様子
左：保守用車、右：軌道自動自転車

な測定機能を利用できる。計測サービスの利用場面は、工事計画の立案や、竣工時の出来形管理など、ピンポイント計測としての利用を想定しており、線路内作業の立入時間の削減などに効果があるものと考えている。

(2) コンサルティングサービス

コンサルティングサービスでは、ホーム限界測定や建築限界確認などの点群データを用いた空間情報解析を行い、リストや帳票を提供するものである。納品成果物は、計測サービスの内容に加えて、鉄道向け解析アプリケーションの各種抽出結果をビューア上に搭載する。このほか、点群からの平面図（CAD）作成や、指定の帳票様式（Excelなど、図一13）、各種のデータ編集加工も行う。解析サービスの利用場面としては、要注意箇所の現地測定箇所の絞り込み（スクリーニング）などを想定しており、調査箇所の延長がある程度長い場合に効果があると考えている。当サービスを利用いただくことで、点群処理ソフトウェアやノウハウを保有していない事業者でも、客観的かつ高精度の点群測定結果を得ることができる。

位置		鳥瞰図	断面図
キロ程	〇〇k〇〇〇m		
駅間	〇〇～〇〇駅		
線別	上り線		
計測日	年 月 日		
支障物	樹木		
コメント			

図一13 解析レポートの一例（建築限界確認）

(3) システム開発サービス

システム開発サービスでは、各鉄道事業者の検査手順に応じた個別の機能カスタマイズを行うものである。基本的には、本システムの計測またはコンサルティ



図一 14 システム連携機能の構築 (イメージ)

ングサービスを利用している事業者向けに、点群閲覧ビューアへの独自の機能追加や、既存の台帳管理システム・GPS デバイス等の他システムとの連携などを想定している (図一 14)。定期的に一定の手順で行う測定作業や、多時期点群データから時系列変化を把握したい場合など、定型作業を自動化することで、業務効率の改善が期待できると考える。

5. 今後の展開

ICT 建機や施工ロボットの遠隔自動制御は、衛星測位による高精度の位置情報と三次元マップの情報が得られることを前提としている。また、モバイル・ウェアラブル端末で AR (拡張現実) 機能を利用する場合にも、絶対座標での三次元モデルが必要となる。今後本システムでは、三次元点群データでの測定・解析機能だけでなく、モデリング機能の拡充や、オンライン・ウェブ化を進め、一貫した鉄道 ICT ソリューションのためのデータプラットフォームとなることを目指している。それにより、国土交通省が導入を進める BIM/CIM の鉄道版として、仮想空間 (デジタルツイン) 上での施工計画や現地調査などの場面で活用して頂くことで、線路内立入の機会を減らす抜本的安全対策へとつながるのではないかと考えている。

6. おわりに

鉄道の持つ高い公共性と社会的責任を果たすため、鉄道設備はルールに基づき検査が行われている。そのため、新技術の導入にあたっては、業務の効率化だけでなく、法令検査での利用に耐えうる精度と信頼性の確保が必要である。その点、本システム RaiLis は鉄道の現場で行われる法令検査での適用を想定して開発され、営業線で精度確認した結果に基づく鉄道向け三次元計測サービスである。RaiLis の技術を日本の鉄道事業者に提供することで、鉄道のさらなる安全・安心の向上と、柔軟で多様な働き方の実現に貢献していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 新名恭仁・今西進也・桶谷栄一・本間亮平・辻求・近藤健一：MMS (Mobile Mapping System) による点群データからのレール抽出と点群の鉄道での活用に関する考察、第 19 回鉄道工学シンポジウム論文集、2015
- 2) 新名恭仁・桶谷栄一・横内広高・本間亮平・辻求・近藤健一：MMS による鉄道設備のモニタリング、写真測量とリモートセンシング、55 (2)、pp.95-99、2016
- 3) 宮下純平・犬飼洋平・平松孝晋・政井一仁・本間雄一：新駅設置工事の出来形測定における 3D 点群データの活用について、土木学会第 73 回年次学術講演会、VI -730、2018
- 4) 平松孝晋・桶谷栄一・北健志・宮下純平・近藤健一：MMS (Mobile Mapping System) を用いた鉄道構造物の検査・測定に関する精度評価、第 23 回鉄道工学シンポジウム論文集、2019

【筆者紹介】



平松 孝晋 (ひらまつ たかひろ)
アジア航測(株)
社会インフラマネジメント事業部 鉄道事業本部
鉄道空間情報課
主任技師



土屋 剛 (つちや つよし)
アジア航測(株)
社会インフラマネジメント事業部 鉄道事業本部
鉄道空間情報課



信濃川やすらぎ堤かわまちづくり ミズベリング信濃川やすらぎ堤の取り組み紹介

樋 熊 佑 弥

「かわまちづくり」とは、市町村や民間事業者、地域住民と河川管理者が連携し、河川空間とまち空間の融合が図られた良好な水辺空間の形成を目指す取り組みである。新潟市では、市内中心部を流れる信濃川下流部の水辺空間の利活用促進を図るため、ハード整備とソフト施策を連携しながら「信濃川やすらぎ堤かわまちづくり」を推進しているが、本稿ではその中心的なソフト施策である「ミズベリング信濃川やすらぎ堤」について紹介する。

キーワード：かわまちづくり、ミズベリング、官民連携、賑わい創出

1. はじめに

新潟市は、新潟県の北東部に位置する人口約80万人の政令指定都市である。川湊のまちとして繁栄してきた歴史は、大小河川による水害と隣合わせであり、水と闘い、共存し利用する歴史でもあった。

信濃川、阿賀野川の2つの大河による沖積平野と豊富な水源により全国一の水田面積を有する農業都市であるとともに、河口部に位置する「新潟湊」は江戸時代から物流拠点として賑わい、周辺地域と結びつきながら多様な港町文化を育んできた。幕末には開港五港の1つに指定され、2019年1月1日に開港150周年を迎えた。

一方で、堆積土砂により形成された砂丘地形に挟まれた平坦な土地は、海拔ゼロメートル地帯が多く、水はけが悪い沼のような水田や、砂丘に吹き付ける季節風がもたらす激しい飛砂により町の移転を余儀なくされるなど、住民は長い間、水による恩恵と困難との両面を受けながら、水と共存してきた。

こうした中、1922年の大河津分水路通水、1972年の関屋分水路通水をはじめ、数々の放水路、排水機場



写真—1 整備前



写真—2 やすらぎ堤整備後



写真—3 遊歩道と桜並木で憩う人々

等が整備され、信濃川下流部における治水機能は成熟期を迎える。

信濃川水門より下流の本川区間では1987年から堤防整備が開始され、全国で初となる5割勾配が採用された。緩やかな傾斜をもったこの堤防には「やすらぎ堤」という名称がつけられ、堤防天端と堤内側には都市公園「やすらぎ堤緑地」として公衆トイレや東屋、ベンチなどの設備や、サイクリングロードの整備を行い、市民に開かれた空間として活用されている。

近年では河川管理者（国）による防災・耐震改良工事が進められるとともに、市でも天端歩道部の石畳化や景観照明の設置を行い、より安全で魅力的な空間整備を行っている（写真—1～3）。

2. 水辺に生まれた空間の価値

やすらぎ堤には、堤防本来の治水・防災機能に加え、平時に市民が気軽に利用できる水辺空間という付加価値が生まれ、桜の時期や新潟まつり花火大会といった特別な利用だけでなく、散策やジョギングなど、日常的に水辺を楽しむ人々が増えてきた。

さらに、市街地の中心部に位置する開放的な水辺空間では、本市のシンボルであり、国指定重要文化財の萬代橋の誕生祭や、市民団体・民間発意による「萬代橋サンセットカフェ」、「まちなかアウトドア」といった、これまでには見られなかった活用が見いだされてきた。さらに、これらの取り組みは単なるイベント空間としての活用ではなく、水とともに発展してきた自分のまちへの愛着を実感させたい（シビックプライドの醸成）といった狙いが含まれていたことから、市の中心部に生まれた空間の価値と象徴性を感じることができる。

2011年の河川占用許可準則の改正により、これまで公的利用しかできなかった河川区域において民間事業者等による企業活動が可能となった。これと同時に、水辺をもっと身近に感じ有効に活用することを目的とした「ミズベリング・プロジェクト」が全国的に動き出すなか、信濃川やすらぎ堤においても、官（国・市）、民（市民・事業者）、有識者による「ミズベリング信濃川やすらぎ堤研究会（以下「研究会」）」が組織された。

研究会メンバーが実施してきた前述の取り組みを下地にして、平成28年2月にはやすらぎ堤と河川水面を含むエリア（延長600m、幅300m、約18ha）が「都市・地域再生等利用区域」の指定を受け、占用許可準則の改正に基づく民間事業者による営利活動が可能になった。さらに同年3月には「信濃川やすらぎ堤かわ

まちづくり計画」の登録申請を行い、ミズベリングの取り組みが加速していくことになる。

3. “ミズベリング信濃川やすらぎ堤”の始動

ミズベリング信濃川やすらぎ堤の初年度である平成28年度は、新潟市が直接出店者を募集するなど、マネジメントの主体を行政が担う体制のもとで試験的に開催した。結果として11店舗から出店していただき、約30,000人の利用者があった。多くの方から利用いただき好感触を得た一方で、飲食ゴミやイベントの騒音、近隣施設の駐車場・トイレ利用等について、周辺からの意見・苦情をいただいた。

このような結果から、ミズベリングの取り組みは単に飲食店と座席を並べ、飲食を提供するだけでなく、やすらぎ堤という空間だからこそどのような時間を過ごせるのかという、利用者にとって価値がある「体験の提供」や、さらには空間の設え・演出だけでなく利用者のマナー向上を誘導するような、いうなれば「やすらぎ堤スタイルはいかにあるべきか」という視点を加え、次年度から大きな変化を迎えることとなる。

2年目となる平成29年度は、民間主体の事業展開へシフトしていくことを目的として、民間事業者によるエリアマネジメントを取り入れていくこととした（図—1）。民間事業者主体の運営ノウハウを蓄積する準備として、平成29年度から令和元年度までの3年間を定着期間と称し、単年度ごとに取り組みの効果・課題検証を行った。

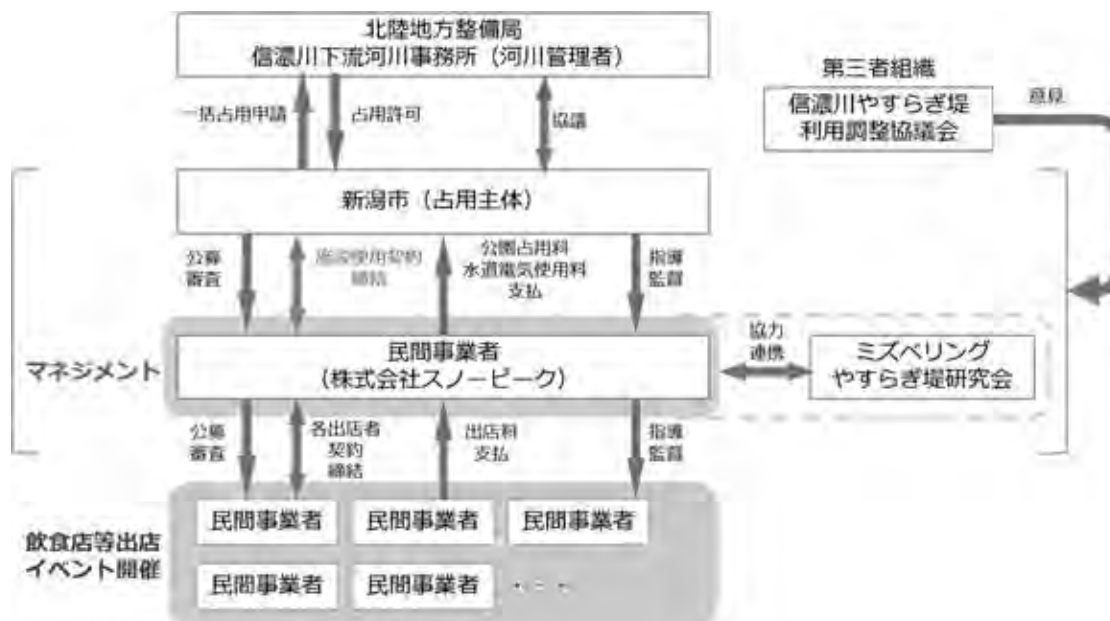
定着期間のマネジメント事業者は、公募型プロポーザル方式にてアウトドアメーカーの㈱スノーピークを選定した。

4. 民間事業者による水辺空間のマネジメント

マネジメントを担うこととなった㈱スノーピークは、本市の中心部に位置する自然豊かな水辺に上質な空間を形成し、賑わいの場を創出することを目指し、「水辺アウトドアラウンジやすらぎ堤」というコンセプトを掲げ事業を展開した。

店舗や客席はスノーピーク製品を使用した統一感のある設えとし、そこへ市内の飲食店やフィットネスジムを誘致することで、アウトドア、食事、健康増進を組み合わせた体験の提供をメインコンテンツとした（写真—4、5）。

飲食の提供や、フィットネスイベントの開催ほか、多様な方から楽しんでもらえる空間とするため、週末



図—1 事業実施体制図



写真—4 ミズベリング信濃川やすらぎ堤の風景



写真—6 タープを使った貸会議スペース



写真—5 水辺で食事を楽しむ人々

を中心に様々なイベントも企画した。特に、3年目となる令和元年度は、開催期間である7月から9月までの間に市内外の事業者から多くの企画提案があり、毎週末イベントが開催された。その中には台船を水上に浮かべて音楽演奏や結婚式の舞台にするような大掛かりなものもあり、前例にとらわれず、河川管理者と協議を重ね、実現に至っている。

マネジメント事業者の強みであるアウトドアという点で言えば、テントやタープを使った貸し会議スペースの提供といった新たなサービスをやすらぎ堤に導入するなどして独自性も発揮している（写真—6）。

このように、民間事業者ならではの強みを活かすことで、通常の飲食店の経営に留まらず、やすらぎ堤のポテンシャルを引き出せることが示された。

マネジメント事業者による運営管理という面では、初年度こそ出店者を交えた運営の仕組みづくりは手探り状態の中で始まったが、実践と改善を重ねることで、行政、マネジメント事業者、出店者による運営スキームの基本形は3カ年の試行錯誤の結果、構築することができた。

5. かわまち大賞の受賞

前述のように、民間事業者を中心とした運営体制のもと、新たに魅力的なスポットを作り出した点を評価していただき、本市の「信濃川やすらぎ堤かわまちづ

くり」の取り組みが令和元年度のかわまち大賞に選定された。

かわまち大賞とは、河川空間を活用し、地域の賑わいを創出した他の模範となる先進的な取り組みを国土交通大臣が表彰するものである。また、その周知を通して「かわまちづくり」への民間事業者の参入を図る狙いもある。

これまでの本市の取り組みの成果として、利用者数が年々増加していることや、アンケート調査の結果利用者から高い評価を得ていることなどが挙げられるが、それに加えて全国的な評価をいただいたことで関係者一同、今後も事業をさらに推進していく上での励みに感じている。

6. 今後の展開

令和元年度で㈱スノーピークとの契約期間が終了したことから、今後3年間のマネジメント事業者を令和元年12月から改めて公募手続きを行ったところ、㈱スノーピークを再度選定することとなった。定着期間の3カ年で民間事業者を中心とするエリアマネジメント体制の構築は1つの区切りを迎え、今後は本格運用期間として本事業を継続しつつ、やすらぎ堤における体験価値のさらなる向上に向けて官民連携で取り組んでいくこととなる。

本事業では、市街地の商業エリアを中心としたこれまでのエリアマネジメントとは異なり、都市の中心部における自然豊かな河川敷という非日常的な環境にお

けるエリアマネジメントとして実践的な可能性を示すことができた。今後は、やすらぎ堤のさらなる魅力向上を図りながら、水辺空間で創出された賑わいをまちなかの活性化につなげるため、官民連携のもと信濃川やすらぎ堤かわまちづくりを推進していきたい。

7. おわりに

過去には防災の観点で語られることの多かった河川空間でありながら、まちづくりの拠点として官民連携で取り組んでいる信濃川やすらぎ堤の動向に今後ともご注目いただければ幸いである。

謝 辞

最後に、気象変化の影響が大きい河川敷の厳しい環境の中、運営管理に奔走いただいた㈱スノーピークの歴代担当者に厚く御礼申し上げます。また、河川敷の利用にあたっては前例のない取り組みにも寛大なご理解とご協力をいただいた北陸地方整備局信濃川下流河川事務所に感謝申し上げます。

【筆者紹介】

樋熊 佑弥（ひぐま ゆうや）
新潟市
都市政策部 まちづくり推進課
副主査



ずいそう

「水辺」の眺めを見守り続ける、暗渠マニアのひとりごと

高山英男



1. 暗渠マニア！？

暗渠が大好きで、自ら「暗渠マニア」を名乗っている。ご存知の通り暗渠とは、もともとあった水の流れを地下に移したもののことだ。しかし私はこれをもう少し広く解釈し、地下にさえ水の流れが残っていないものまで含めて暗渠と呼んでいる。本当に地下に流れがあるかどうかを調べるのはちょっとだけ手間がかかるし、たとえ流れがなくなっていたとしてもそこには川の魂が残っている、と考えたいからである。もしかすると正しくは、廃河川マニア、というべきかもしれない。要するに、「人の手が入れられた」川が好きなのだ。

この本をご覧になるみなさんは、多少なりとも「川に手を入れる」ことに関わりを持ってらっしゃるのではないと思う。そんなみなさんのお仕事に対して、熱い思いで眺めているマニアがいるんだ、と本稿でお気づきいただければ幸いである。

2. 探す・調べる・眺める楽しみ

ではいったい、暗渠マニアは廃河川の何を愉しんでいるのだろうか。

例えば鉄道マニアと言っても、乗り鉄、撮り鉄、もじ鉄などと楽しみ方が細分化されているように、暗渠マニアの間でも楽しみ方はいろいろだ。しかし大きくは、「探す」「調べる」「眺める」の三つに集約できるのではないかと考えている。

「探す」というのは、道路や不利用地に変えられ、街の中に埋もれてしまった川の流路を探し辿る楽しみ。「調べる」とは、川が埋められるまでの歴史を調べる楽しみ。そして「眺める」とは、廃河川の景観を愛で味わう楽しみのことだ。

この中でも私が特に惹かれるのは、最後の「眺める」なのである。暗渠を眺めるのが好きすぎて、図のような「ALT (Ankyo Landscape Tasting) スケール〜

1 出会い	始まり地点の「顔」を観る	・意外性・異界性があるか ・周囲との馴染はどうか ・なにか、どこかの印象と共通するものはあるか
2 見渡し	正面から奥を観る	・奥までまっすぐ続くのか（直） ・奥で湾曲するのか（湾） ・曲がって見えなくなるのか（消） ・何か障害物で見通せなくなるのか（遮）
3 囲み	周囲の地形を観る	・川筋の凹みはどうか ・崖や擁壁に挟まれているのか ・川幅は太いか、細いか
4 うわべ	表面の状態を観る	・舗装されているのか ・コンクリ蓋なのか、他の素材の蓋なのか ・エア（蓋がない状態）なのか
5 枯れ	経年劣化を観る	・欠けやひび、摩れはあるか ・錆はあるか ・変色はあるか
6 芽ぐみ	生えている植物を観る	・季節の花は咲いているか ・目立つ植物はあるか ・特に苔の植生はどうか
7 かざり	付帯物を観る	・車止めなど暗渠サインがあるか ・看板やメッセージがあるか ・粗大ごみや放置物はあるか ・猫など動物はいるか

Copyright:(C) Hideo Takayama All Rights Reserved

図ー1 「ALT (Ankyo Landscape Tasting) スケール〜景観としての暗渠の味わい方・七つの視点」 Copyright: (C) Hideo Takayama All Rights Reserved

景観としての暗渠の味わい方・七つの視点」と名付ける鑑賞法まで作ってしまった(図—1)。これをざっと紹介すると、暗渠の鑑賞には、初めて対面したときの第一印象を大事にしてねという「1 出会い」、正面から奥を見たときの様子が景観を左右するよという「2 見渡し」、周りの地形も大事だね、という「3 囲み」、暗渠の表面の状態を確かめる「4 うわべ」、経年劣化を侘び寂ととらえて愛でる「5 枯れ」、暗渠に共生する植物に着目する「6 芽ぐみ」、暗渠そのものでなく周りの付帯物を愉しむ「7 かざり」、の七つの着眼点があるよ、というものだ。暗渠景観と言われてもいったいどこを見ていいのかわからない、というビギナーをご案内する時にも使えるし、暗渠マニア同士で互いの萌えポイントを共有し、相互理解を深めるなどにも役に立つはずだ。

さらにこれらの視覚要素に加え、下水道幹線となった地下からマンホール越しに聞こえてくるせせらぎに耳を傾けたり、未だに漂う湿気を肌で感じてみると、五感総動員で暗渠を感じることをお勧めする。

3. 経年劣化とリニューアルの間で

さらに本稿では「ALT スケール」の中でも、特に五つめの「枯れ」に焦点をあててみたい。

写真—1は、私のフェイバリット暗渠の一つである、東京都目黒区の羅漢寺川(入谷川)だ。ご覧のように、かつて川面が覗けたであろう地表はアスファルトに覆われている。しかしアスファルトの一部が経年劣化によって凹み、左右の護岸に渡した切梁が浮き出てしまっている状態となっているのがおわかりだろうか。



写真—1 羅漢寺川(入谷川)。高度経済成長期からの侘び寂あふれる暗渠景観。

私はこの「荒れ具合」に萌えるのである。私にしてみれば劣化呼ばわりなどもってのほか、これこそ経年「優」化なのだ。

こんな、決して派手な緑道などに生まれ変わることはない、単なる「細くて暗くて湿っぽい地味な裏路地」暗渠は、全国のあちこちにある。そんな場所は、だいたい周囲から放っておかれ、雑草が生い茂り、大小のゴミがうち棄てられているはずだ。しかし、そんな姿をしていてもそこにはまだ川の魂がある。そう考えるとなんだか、「檻樓(ぼろ)を着ても心は錦」的な尊さを感じざるを得ないではないか。

実はこの場所は、2020年2月に工事の手が入った結果、現在は写真—2のように侘び寂とは無縁の景観にリニューアルされてしまった。これを見たときには、また一つ、お気に入りの暗渠景観が都内から消えてしまったとがっかりもした。「手が入れられたもの」が好きなくせに、さらに手を入れられると哀しくなるとは、暗渠マニアとはなんと厄介な存在であることか。



写真—2 2020年4月現在の同地点。経年劣化が待ち遠しい。

しかし。私は通りすがりの単なる観察者に過ぎない。住民第一で施工されるインフラ工事に、賛成とか反対とか言える立場ではまるでないのである。だから、こんな変化も正面からしっかりと受け止め、長い目で川を・暗渠を見守り続けるしかない。

今日もどこかで行われている暗渠工事。そこでみなさんが残したものが、どんなふうに関年優化していくのか。それをじっと愉しく見守るのが、暗渠マニアの務めなのである。

——たかやま ひでお

『暗渠パラダイス!!』著者・中級暗渠ハンター(自称)——

ずいそう

幕末維新の不都合な真実

松嶋憲昭



大河ドラマでは、先見の明のある志士たちの活躍によって新政府がつくられ、現在の都市構造の基礎となる新しい街づくりが進められるのですが、出来すぎた話が多いように感じます。

1. 災害・疫病

幕末に大きな災害・疫病が連続して発生しました。ペリー来航の翌年の1854年、大政奉還の13年前に南海トラフ地震（安政東海地震・安政南海地震）が起きました。その翌年の1855年に首都直下地震（安政江戸地震）が起き、またその翌年の1856年に強烈な台風が江戸を直撃しています。さらに、その2年後の1858年に江戸でコレラが大流行しています。

教科書には、ペリー来航が幕末維新のきっかけになったように書いてあるのですが、個人的には、そのころに災害・疫病が頻発し、財政難と救済の遅れで幕府や藩の信頼が揺らいだ影響のほうが大きかったのではないかと思います。

1-1 安政江戸暴風雨

2018年6月に発表された土木学会の「『国難』をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書」に「1856年8月25日に安政江戸暴風雨が発生、大型台風が東京湾に來襲、高潮を中心とした暴風雨は未曾有の被害をもたらし、資料によっては犠牲者約10万人との記載もある」とあります。昭和9年（1934）の室戸台風のときの犠牲者（死者・行方不明者）3,036人、昭和34年（1959）の伊勢湾台風の際の5,098人と比較しても、非常に大きな数字です。また、都市人口との比較から見ても、人口100万の江戸で10万人が亡くなるというのは気になります。

ウィキペディアなどに「『近世史略』に死者10万人とある」と紹介されていたので、『近世史略』の原本を確認したところ、「八月東國大風雨江戸ノ死傷凡十萬餘人」となっており、負傷者も含んだ数字でした。ただ、死傷者10万人だとしても、かなり大きな数字です。本当でしょうか？

『近世史略』は、明治の初めに出版された図書で、

幕末維新の歴史を教科書風に解説したものです。明治4年（1871）に初版が発行され、その後、西南戦争など新たな事件を取り込んで、何度も改訂されました。明治新政府が検閲しているため、幕末の混乱する江戸の様子を誇張した可能性が高く、安政江戸地震（『理科年表』などの死者数は1万人）が、「死亡ノ者凡十萬四千人」と10倍の数字になっています。

台風被害の記録『安政風聞集』に、高潮で船が打ち上げられ、強風のために屋根を飛ばされ、家屋が倒壊した図が載っています。日本橋付近で胸や腰まで潮が上がっていますので、かなり勢力の強い台風であったことは間違いありません。ただ、『安政風聞集』に「軒毎の損亡ハ、地震の折に十倍せしかど、幸ひにして、人の死亡ハ去年の十が一にもあらず」と、死者数は安政江戸地震の10分の1以下とあります。家屋の倒壊、飛来物などで負傷者は多かったと思いますが、死者は江戸で数千人、関東の他の地域を含めてもその倍程度ではなかったかと思っています。



『安政風聞集』（東京都中央区日本橋付近）

なお、記録に残っている中で、最も被害が大きかった台風は、文政11年（1828）に長崎に上陸し、日本海に抜けた台風（子年の大風）です。シーボルトの収集体を積み込むことになっていたオランダ船がこの台風で座礁したことから、シーボルト台風とも呼ばれています。激しい風と有明海の高潮などで九州北部の諸藩の死者数は2万人に達しました。特に被害が大き

かったのは佐賀藩で、幕府に届け出た記録に、横死（家屋の倒壊、土砂災害などで亡くなった人）7,901人、溺死2,266人、焼死115人とあります。当時の佐賀藩の人口が36万人ですから、致死率は3%弱です。

1-2 コレラ

日本で最初のコレラの流行は、文政5年（1822）です。朝鮮半島から、対馬・下関を通して萩、広島、関西方面に広がりました。このときは、箱根の手前でくい止められ、江戸には達していません。コレラは、コレラ菌による急性感染性腸炎で、激しい下痢と嘔吐による脱水症状が現れます。発病から数日で亡くなるため、「三日コロリ」とも呼ばれました。

次にコレラが流行したのが、36年後の安政5年（1858）です。上海経由で長崎に入港した米艦船から持ち込まれ、江戸で大流行しました。アメリカ・イギリス・フランス・オランダ・ロシアとの修好通商条約の締結とコレラの大流行が重なったため、幕府の責任を問い、攘夷の動きが高まったといわれています。『近世史略』に「江戸死スル者凡三十萬人」という記述があります。大きな数字ですが、本当でしょうか？

明治12年（1879）・19年（1886）にコレラが大流行したとき、全国の死者数が10万人を超えています。この規模と比較すると、『近世史略』の「江戸で死者30万人」というのは、かなり大きめです。死者3～4万人と紹介した史料が多いので、これが正しい数字ではないかと思われます。参考のために、幕府の奥医師で、後に明治天皇の侍医も務めた浅田宗伯の『橘黄年譜』を紹介します。

安政五年六月、肥前崎陽暴瀉流行し、西国を経て浪華京師に及び、七月下浣に迫んで江戸に流転す、其病に伝染するもの箭を射るが如く、即時目陥り、鼻尖り、忽ち鬼籍に上る者、男女併せて、武家二万二千五百五十四人、町屋一万八千六百八十人と云ふ、云々、九月上旬に至りて始めて病根絶す
安政5年6月に肥前の長崎で暴瀉（コレラ）が流行し、西国を経て大阪・京都に広まり、7月末に江戸に達した。この病気に感染した者は、矢を射るように、瞬く間に、意識を失い、頬がこけて、死んでしまう。死者は、男女あわせて、武家で22,554人、町屋で18,680人という。9月上旬になって、流行が止んだ。

表は、幕末から現在までの感染症の歴史を示したものです。死者数では、1918～1920年のスペイン風邪が40万人と圧倒的に多いのですが、致死率はそれほどありません。年が若く肺炎で亡くなった人が多かったといわれています。コレラは、何度も大流行を繰り返し、しかも致死率が70%前後と高いため、人々

西暦	和暦	感染症の歴史
1822年	文政5年	萩・広島・大阪など西日本でコレラ流行
1858年	安政5年	長崎でコレラ発生、江戸で大流行
1862年	文久2年	各地でコレラ流行
1877年	明治10年	神戸・神奈川・長崎など各地でコレラ流行（感染者1万3816人、死者8027人）
1879年	明治12年	愛媛県でコレラ発生、各地で流行（感染者16万2637人、死者10万5786人）
1882年	明治15年	神奈川県でコレラ発生、東日本で流行（感染者5万1631人、死者3万3784人）
1885年	明治18年	長崎でコレラ発生、各地で流行（感染者1万3824人、死者9329人）
1886年	明治19年	各地でコレラ流行（感染者15万5923人、死者10万8405人）
1890年	明治23年	長崎でコレラ発生、各地で流行（感染者4万6019人、死者3万5227人）
1895年	明治28年	広島でコレラ発生、各地で流行（感染者5万5144人、死者4万154人）
1902年	明治35年	各地でコレラ流行（感染者1万2891人、死者8012人）
1916年	大正5年	横浜でコレラ発生、各地で流行（感染者1万371人、死者7482人）
1918年～	大正7年～	スペイン風邪、全世界の人口12億人中、約5億人が感染、5千万人以上が死亡 日本では人口5500万人中、約2500万人が感染、約40万人が死亡
1920年	大正9年	神戸市でコレラ発生、各地で流行（感染者4969人、死者3417人）
1946年	昭和21年	引揚などによりコレラ・疱疹・発疹チフスが流行（感染者5万1565人、死者6940人）

から恐れられました。

今回の新型コロナでは、デマ情報が流れて、スーパーで様々なものが無くなる騒ぎが起きました。コレラが流行したときの騒ぎは、これの比ではありません。「虎列刺（コレラ）送り」と称して大勢で練り歩き暴徒化したり、コレラを押し付けあって隣村と争いになったり、井戸に毒を投げ込んだ者がいると疑ったり、大変な騒ぎになりました。

明治10年にコレラが流行したとき、患者の内臓を西洋人に売るというデマ情報が流れ、殺人事件も起きています。なお、当時の新聞記事をそのまま掲載しても分からないと思いますので、現代文に書き直しました。

明治10年12月23日 大坂日報

「コレラ治療の医師を竹槍一揆の者たちが殺害

千葉県下安房の国長狭郡貝渚村（千葉県鴨川市）で、料理宿の菱屋に宿泊していた旅人が、11月19日にコレラの症状が出たため、内海の医師・沼田玄昌を呼んで診察してもらったところ、コレラであった。他の人にうつらないよう、この地域の区戸長と相談し、石子山堂というところに移し、そこで治療することにした。その話を聞いた地元の漁師が、旅人を遠くに連れて行き胆嚢をとるに違いないと誤解し、憎い奴らだ、打ち殺せと鐘を鳴らしながら人を集め、10人が竹槍・棒・鎌を手にして集まってきた。多勢に無勢で止めることができず、沼田医師は竹槍で数カ所を刺され、死体は加茂川に投げ込まれた。首謀者など60～70名が捕縛された。」

ロンドンで流行したとき水源によって患者数が異なっていたことから、コレラの発生・流行が飲料水に

関係していることがわかり、各国で対策がとられるようになりました。日本でも明治19年(1886)のコレラの大流行を契機に近代的な水道の整備が始まりました。玉川上水の水を、現在の新宿駅の西側にあった淀橋浄水場でろ過し、鉄管で給水するもので、明治31年(1898)に神田・日本橋方面に通水しています。

長崎でコレラが発生した年が多いのですが、これは長崎が海に近くて井戸が少なく、良質の飲料水を得ることができなかったことも関係しています。そのため、明治24年(1891)に中島川の上流に日本で最初の水道専用ダムの本河内高部ダムが造られました。12年後にすぐ下流に低部ダムも造られました。この低部ダムに新妙相寺橋という放水路橋があり、これが日本で最初の鉄筋コンクリート橋です(京都の琵琶湖疎水の第11号橋も同時期に施工)。

2. 廃仏毀釈と街づくり

天皇中心の神道国家を目指した明治新政府は、神社と寺院の混在をなくすために、明治元年(1868)に神仏分離令を出しました。この動きが、地域によっては、過激な仏教排除運動を引き起こしました。たとえば鹿児島県では、このとき県内の寺院がすべて無くなりました。島津家菩提寺の福昌寺も廃止され、現在、鹿児島市市街地の跡地に苔むした墓石が残っているだけです。

大名家などの支援がなくなり維持できなくなった寺院の整理・規模の縮小や、路側の石仏を撤去・廃棄する動きなどもありました。京都の新京極通はこのときに造られました。

貴重な仏像・仏具の多くが廃棄されました。外国に持ち出されたものもあります。このような動きがなければ、日本の国宝は現在の3倍はあったともいわれています。ただ、墓石や石仏を礎石や石垣にし、お堂の柱や屋根を組みなおして、学校や役所をつくったところもあったようですから、それなりに資源の有効利用は図られていたようです。

明治6年(1873)の新聞に、このときの記事が載っていましたので紹介します。

明治6年1月 郵便報知新聞

「石仏を靴ぬぎに ―お上厳達―

墓所などを除き、山園・田畑・路傍などにある由緒不明のお堂・石仏・石塔などは、11月29日までに残らず撤去すること。撤去した石仏などは敷石や靴ぬぎなどとして有効活用するのが良い。寺院などに移すのは構わないが、そのために新たに造り直してはいけな。官員が巡回した際に不都合があれば、区長はもちろん戸長の落度にもなるので注意されたい。」

明治6年(1873)7月18日に火葬禁止の布告が出されました。江戸時代、地方では土葬が多かったのですが、人口過密な江戸や大阪では火葬も多く、たとえば、『武江年表』の安政5年のコレラ流行の記録に「八月朔日より九月末迄、武家市中社の男女、この病に終れる者凡二万八千余人、内火葬九千九百余人なりしといふ」という記述もあります。

この火葬禁止令、悪臭対策として火葬場を東京郊外へ移設する動きが、仏教の火葬の風習に対する神道派のイデオロギー攻撃と結びつき、過激化したものです。布告の後、各地で土葬・火葬の論争があり、東京で実際に実施されたのは、翌年の明治7年(1874)7月22日でした。

火葬場がなくなったことにより、それらの跡地は、後に大きく変貌を遂げました。東京の千住・代々木、大阪の梅田・千日など、現在、交通の要衝となっていてところが多いように感じます。

明治8年(1875)の新聞に、大阪の北・南の繁華街の誕生経緯が載っていました。

明治8年4月8日 郵便報知新聞

「火葬場の変わりよう 大坂の梅田と千日

大坂の北の梅田と南の千日に、隠亡と称する者たちの火葬場があった。寺院のような大きな建物が数多くあったが、火葬禁止の発令で営業ができなくなり、地税も払えなくなって、所有することができなくなった。千日では建物を取り壊して売却、梅田でも同様に売却された。千日は、道頓堀の近くだったので、広大な土地に生人形や手品などの見世物小屋が立ち並び、賑やかになっている。梅田も、賑わいを取りもどすために、建物を撤去した跡に桜の木を植えることにした。」

なお、火葬の禁止にあわせて、たとえば東京都港区の青山霊園など新たな墓所も設けられたのですが、火葬を完全に禁止するというのは無理があったようで、東京で実施されて1年に満たない明治8年(1875)5月23日に、火葬禁止の布告が廃止されました。土葬の遺体を掘り出して、改めて火葬にする人たちもいたそうです。

明治のはじめのこれらの動きが、その後の都市の交通網や繁華街の形成に大きく影響しています。維新の闇の部分の歴史なので史料も少ないのですが、都市計画の視点から調べなおすと、思いがけない発見がありそうな気がしています。

JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会 第9回通常総会（定時社員総会）報告



本協会の第9回通常総会（定時社員総会）は、令和2年7月16日（木）午後1時30分から機械振興会館地下2階ホールにおいて開催された。

今回、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から1ヵ月開催が延期されたが、大多数の団体会員は書面により議決権を行使し、会場出席者は役員等約20名の規模を縮小した開催となった。

田崎忠行会長挨拶の後、定款の定めにより田崎会長が議長となり、書記を任命後、総会成立が宣言され、議事録署名人を指名して議案の審議に入った。

1. 報告事項

「令和元年度事業報告の件」、「令和2年度事業計画及び収支予算の件」及び「令和元年度公益目的支出計画実施報告の件」について報告された。

2. 決議事項

第1号議案「令和元年度収支決算の件」が上程され、



会長挨拶

満場異議なく承認可決された。

次に、第2号議案「役員選任の件」が上程され、満場異議なく承認可決された。

◆就任役員（五十音順，敬称略）

理事 阿部裕之（就任），理事 新井英雄（就任）
 理事 池上 徹（就任），理事 一色真人（就任）
 理事 岡村未対（就任），理事 小川啓之（再任）
 理事 数見保暢（就任），理事 加藤和彦（就任）
 理事 河合研至（就任），理事 絹川秀樹（再任）
 理事 熊谷勝弘（再任），理事 酒井一郎（再任）
 理事 佐藤恭輔（再任），理事 鈴木隆好（再任）
 理事 高田悦久（就任），理事 高橋 弘（再任）
 理事 田崎忠行（再任），理事 建山和由（再任）
 理事 塚本 恵（就任），理事 所 輝雄（再任）
 理事 外村圭弘（再任），理事 沼尻 理（再任）
 理事 平野耕太郎（再任），理事 深川良一（再任）
 理事 保坂益男（再任），理事 真下英人（再任）
 理事 松嶋憲昭（再任），理事 松本大介（就任）
 理事 丸山暉彦（再任），理事 渡辺和弘（再任）
 監事 相田信一（就任），監事 上総周平（再任）
 監事 小沼成人（再任）

議長は，以上をもって議事を終了した旨を述べ，通常総会は，午後1時57分に終了した。

また，通常総会終了後，機械振興会館6階会議室において第34回理事会が開催され，代表理事・会長，副会長及び業務執行理事が次のとおり選定された。

◆代表理事・会長 田崎忠行

◆副会長 建山和由，小川啓之，新井英雄

◆業務執行理事 渡辺和弘，真下英人



監査報告



事業報告

令和2年度



日本建設機械施工大賞 受賞業績

日本建設機械施工大賞は、我が国の建設事業における建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等により、その向上・普及に顕著な功績をあげたと認められる業績を大賞部門として表彰し、地域賞部門は、従来の施工方法・技術を改良あるいは普及させるなどの取り組みを通じて当該地域の事業者等で建設事業の推進に寄与したと認められる業績を表彰し、もって国土の利用、開発・保全及び経済・産業の発展に寄与することを目的としております。

令和2年度は、大賞部門には10件、地域賞部門には2件の応募があり、その中から日本建設機械施工大賞選考委員会（委員長：深川良一 立命館大学特命教授）において厳正な審査を行った結果、下記のとおり、大賞部門で5件、地域賞部門で1件が選考・決定されましたのでご紹介致します。

なお、誌面の都合上、一部表記を原文とは異なる表現とさせていただきますこととお断りします。

受賞業績及び受賞者

■大賞部門

最優秀賞

- トンネル覆工コンクリート自動施工ロボットシステム

清水建設(株)
西日本高速道路(株)
岐阜工業(株)

トンネル工の省力化と品質の安定的な確保が実現化されている。トンネルの覆工の自動化は、これまでどこも実用化に至っていない技術であり、技術的効果は高く、将来性も期待できる。大いに省力化が可能で、技術的であるなど、多くの委員から高く評価された。

優秀賞

- 1人乗り除雪グレーダの安全性向上の検討
—近接車両検知システムの開発—

国土交通省東北地方整備局東北技術事務所

1人乗り除雪グレーダの安全性確保貢献。導入実績が多く、実用性は高いと判断。ニーズを反映したICTによる事故リスク低減で安全性向上に寄与した。1人運転の支援装置として有益など、多くの委員から高評価が得られた。

優秀賞

- 環境に配慮した鋼橋の予防保全工法

ヤマダイインフラテクノス(株)
循環式エコクリーンプラスト研究会

2007年度から安定した施工実績がある。多くの実績がある。産業廃棄物の抑制に寄与するなどが、多くの委員から高く評価された。

選考委員会賞

- 「重機搭載レーザー計測システム」の開発
～日々の出来形測量を省略～

(株)フジタ
ジオサーフCS(株)

経済的効果が高い。簡便かつ幅広い応用が効き、i-Con推進に寄与する。現場での施工品質（出来形）管理に有効であるなど、特に秀でた特徴を有する点が評価された。

選考委員会賞

- ・パイロット孔が不要な押し切り式ワイヤーソー装置
「ディープノンループカッター」

(株)大林組
(株)コンセック

原子力発電所での廃炉作業への貢献に期待。従来工法に比べ技術的、経済的效果が明確に示されている。更なる適用拡大を期待。環境に配慮しつつ負荷を減らした解体作業が実現できる。既存コンクリート構造物解体の効率化に寄与するなど、ユニークなアイデアを有する点が評価された。

■地域賞部門**最優秀賞**

- ・3D マシニングайдانس 【E三・S】

(株)佐藤工務店

シンプルで簡単に設置可能な ICT 施工。地方の工務店の現場目線の創意工夫が読み取れる。公共事業で 17 件の採用実績があり、実用性が高いと判断した。実際に施工を行う地方の建設会社が現場のニーズに応えるために自ら開発したことは、十分な評価に値する。ICT に精通した建機業者なしで簡便に施工が可能となったことで、i-Con の普及促進が期待できる。現場で使い慣れたシステムの活用方法としての意義があるなど、地域で成果をあげている点が高く評価された。



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 24 ISO 19014 土工機械の機能安全シリーズ
2018 年, 2019 年, 2020 年 国際作業グループ会議総括報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 2/WG 24 専門家 田中昌也 (コマツ)

一連の題記 WG 会議に出席した田中昌也氏の報告を紹介する。

【背景】

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 24 (ISO 19014 土工機械の機能安全) WG 会議が、2018 年 8 月から 2020 年 2 月までの間に 15 回開催された (そのうち 11 回に日本から参加)。本稿ではこれらの作業グループ会議をまとめて報告する。尚、これ以前 (2013 年 6 月の初回から 2018 年 5 月まで) の会議については本誌上で既報告済みであり、そちらを参照されたい。

1. 2018 年 8 月米国アイオワ州ダビューク市
国際作業グループ会議

- (1) 開催日: 2018 年 8 月 13 日 (月) ~ 8 月 17 日 (金)
- (2) 開催地: 米国アイオワ州ダビューク市 Hotel Julien
- (3) 出席者: 15 名 日本 1, 米国 9, オーストリア 2, 英国 1, スウェーデン 1, オーストラリア 1
- (4) 議題:

ISO19014-2 (制御システムの実装と評価): CD 投票のコメント審議

(5) 会議結果概要:

- ・コメント審議を終了し、各国に宿題が割り当てられた。

12 月の会議前にプロジェクトリーダーが DIS 案文を準備し、会議で DIS 案文を確定して 2019/1 に投票に移れるように宿題の納期は会議の 2 週間前に設定された。

- ・主な日本コメント

JP02 「RC table needs further improvement.」

投票後にブラッシュアップしたものを送付するつもりであったが、準備の為に時間がとれず、結局送付できなかった。会議で議論の結果、RC テーブル (油圧回路で高い MPLa を達成するための設計手法のリスト) を使用した油圧回路の MPLa の評価方法は、

日本提案の「カテゴリ 1 の拡張」ではなく、「fault exclusion」に沿ったものになった。この背景には SISTEMA (ドイツの法的損害保険の労働安全研究所 (IFA) が公開している ISO 13849 の PL を計算するソフト) を使っている会社が多いため SISTEMA で扱える方法論が好まれるという事情がある。MPLa を達成の説明ができればよいと考え、fault exclusion に沿った考えで進めることに同意した。

日本は RC テーブルの改善版を 11/1 までにオーストラリア委員に送付し、オーストラリア委員がこれをもとに RC テーブルと MPLa を紐づける案文を作成することになった。

RC テーブルの表現 (good filtration とか) が曖昧という指摘があったが、ISO 13849-2 の Annex C (油圧システムの basic safety principle や well-trying safety principle が書かれている) も同じレベルの記述であるし、他専門家も具体的な数値 (xx ミクロン以下のパーティクルが 1 リットルに何個以下等) を入れることには反対であったので、結局日本案が採用された。

JP04 「2nd Annex C (normative) “Exceptions, Exclusions, Additions to ISO 13849-1 and ISO 13849-2” lacks the content.」

ISO 19014 は ISO 13849-1 : 2015, ISO 13849-2 : 2012 との差分だけを記述することになっているので、その関係を示す表が必要と思われる、それが Annex C (章立ての関係から Annex D が正しい) であるが、CD 案文には抜けていたので、日本はこれを理由に反対投票した。

Annex C 作成担当の米国専門家は「ISO 19014 のドラフトはまだ変わりうるから表の更新が困難なので作れない」と言い訳していたが、ドラフトが確定したらできるだろう、ということで JP04 は採用されて FDIS 投票前に作成することになった。

- ・その他の議論

1) CPU は well-trying か?

- ・ISO 13849-1 の改訂作業 (ISO/TC 199/WG 8 担

当で現在進行中)でも「complex electronicsはwell-triedとはみなされない」の記述は書かれたり消されたりである。(報告者注:最新の文書であるDISには、2015年版と場所は変わっているが、記載がある)

- ・ISO 19014-2のベースとするISO 13849-1:2015には「complex electronicsはwell-triedとはみなされない」のNoteがあるが、ISO 19014-2ではcomplex electronicsもwell-triedとできることにする。このためカテゴリ1についてはISO 13849への参照はせず、ISO 19014独自の定義を書く。

2) エマージェンシーステアリング(エマステ)付きステアリングシステムの評価

- ・オービットロールはfault exclusion(一定の条件のもとに計算から除外)
- ・残るは油圧源
- ・ここは二重系(エンジン駆動ポンプとエマステモーター駆動ポンプ)として評価する

3) カテゴリ3の要件について

- ・バックアップ側がスタンバイ(メイン側が故障の時に起動する)のカテゴリ3について、サブ側のContinuousな自己診断ができないという問題が提起された。→起動時のテストに置き換えてよい。カテゴリ3は両チャネルが常時稼働していて、メイン側故障の時にサブ側が制御を引き継ぐようになっていないといけない(必須)とオーストラリア専門家が主張していたが要確認。会議では安全許容時間内にサブ側が起動できるならいいではないか、ということになった。

4) メカトロ回路のMTTFdの計算方法

- ・電気電子部品のMTTFdと油圧機器のMTTFdを合算する。
- ・入力側はセンサから含める
- ・出力側はスプールまでを含める
(バルブまでなのか、スプールまでなのか、ソレノイドまでなのかという議論を経て、スプールまでとなった。スプールの固着については検討必要と思われる。バルブのそれ以外のメカ部品はfault exclusion可能)

5) MPL vs ASIL

- ・スウェーデン専門家がASILとMPLの換算方法について検討中
- ・CDコメントに提案された換算方法はISO/DIS 25119のAgPL vs ASILを使っているので不採用。(ISO/DIS 25119にはその根拠が書かれていないため)

6) Immediate action warning

- ・OTEの出力がimmediate action warningでいいのは、ISO 13849ではcまでだが、ISO 19014ではdまでいいことにする(英国専門家から強い要望あり)
これについての議論
 - － MPLr = dなのにwarningで終わらせる人が出てこないか?
 - － part 1にimmediate action warningのリストがある
 - － part 1にリスクアセスメント必要と書いてある
 上記以外のコメント審議結果はISO文書N0232を参照されたい。

2. 2018年8月米国イリノイ州ピオリア市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日: 2018年7月10日(火)～7月12日(木)
- (2) 開催地: 米国イリノイ州ピオリア市 Wingate Hotel
- (3) 出席者: 8名 日本1名, 米国5名, 英国1名, オーストラリア1名

(4) 議題:

ISO/TS 19014-5 (Part 1の機種ごとの実施例)

- ・ブルドーザー, パイプレイヤ(ブルドーザーベースのもの)のMCSSA (Machine Control System Safety Analysis: 制御システムのリスクアセスメントの実施例)作成

(5) 会議結果概要:

ブルドーザー, パイプレイヤのMCSSA作成が完了した。結果の最新版はN0354のISO_TS_19014_5 Dozers MCSSA_DTS2 Update.xlsx。

3. 2018年9月イタリア国ミラノ市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日: 2018年9月11日(火)～9月13日(木)
- (2) 開催地: イタリア共和国 ミラノ市 UNI (イタリア規格協会)
- (3) 出席者: 12名 日本1, 米国5, 英国2, イタリア2, スウェーデン1, ドイツ1

(4) 議題:

ISO 19014-4 (建設機械の機能安全—ソフトウェア要求事項): CD投票のコメント審議

(5) 会議結果概要:

- ・コメント審議を終了した。今回決着しなかった1点およびコメント以外の技術的主張がある場合は、各

自 DIS でコメントすることとなった。

・主な日本コメント

JP040 certified tool の certified というのは誰がやるのか不明瞭なので, certified tool の例を示して説明してほしいという前回投票 (NWIP) 時のコメントのフォローであるが, 具体的な商品名は書けないということで not accept になった。但し Annex A A21 に解説があり, これによると独立した第三者が認証したものであることになる。但し規格としては自分で判定したツールの使用 (Annex A A20) も可能。

JP052 SE051 とも関連するが, バス通信に対してどのような技術的な方策をとらないといけないかというのが技術的な争点である。プロジェクトリーダーの意見は, 「カテゴリ 2 以上では診断率 (DC) 60% 以上が求められるから (どちらかという ISO 13849 に自己診断率は 60% はないと自己診断の効果が無いという考えがあるから?), 通信における自己診断もこれ (自己診断率 60% 以上) にあわせるべき。MPLr によらず table 8 にある手法は全て実装して通信の異常を検出しなければならない。」とのことであった。スウェーデン専門家はそれは厳しすぎるとの意見で, WG の議論も決着しなかった。報告者としても, 手法全てというのは厳しすぎると思ったが, 席上十分な論理展開で案を提示できないと判断したので後日 (マイアミ会議? で) 反論を準備することにする。

尚, 本来の日本コメントである「現在あるバス通信を達成している MPLa と対比して書いてほしい」は米国委員から「(その米国委員の前任者が) J1939 は PL = b という情報がある, といったけどあれに根拠はなかった」とはしごを外されてしまい, 他の専門家もそのような知見を持っていないようなので, 諦めざるをえない。

JP055 表の改善案 (table 9 に Annex E への参照を入れる) であり, accept された。

JP064-069 実機テスト, HILS テスト, ベンチテストの際の機器の接続を示す図の改善案で, accept された。

・その他の議論

SE039: (matlab 等による) オートコード (4.5 table 3)

- ・自動生成されたコードのレビューは不要ではないかとの意見が出た。

ハンドコードと自動生成されたコードでテーブル (要求事項) を分ける案をスウェーデン宿題。

SE050: サイバーセキュリティ

- ・スウェーデン専門家が取り入れようと主張したが他全員が反対でスコープに「サイバーセキュリ

ティはスコープ外」と記述することになった。

- ・サイバーセキュリティについては既に他の規格が作成途上であるのでそちらに任せる。

SE053: ソフトウェア・パーティション

- ・ソフトウェアパーティショニングにはハードウェアによるサポートが必須ではないか? というコメントだが, ソフトだけによる実装も低い MPL において認めるべき, また新規開発はいいとして開発済のソフトを全て作り直せるわけではないので「ハードウェア必須」という記述はしないことになった。

SE061: 信頼できるソフトウェアモジュールやツール (Annex A, A.17)

- ・CD では 1,000 時間で信頼できるという良いことになっているが, 短すぎないか? との意見有。100,000 時間という意見も出たが, 今度は長すぎて実施不可能であるという反論が出た。本来は時間ではなく, どれだけの水準を振ったかが重要なので難しいところ。

SE063: レビューの体制について (Annex A, A.7, A.8)

- ・レビューする人とレビューされる人の独立性についてだが, あまり厳しくならないよう要注意。

上記以外のコメント審議結果は ISO 文書 N0241 を参照されたい。

4. 2018 年 11 月日本国東京都 国際作業グループ会議

- (1) 開催日: 2018 年 11 月 13 日 (火) ~ 11 月 16 日 (金)
- (2) 開催地: 東京都港区 機械振興会館
- (3) 出席者: 13 名 日本 (JISC) 8, 米国 (ANSI) 3, 英国 (BSI) 1, オーストラリア (SA) 1
- (4) 議題:

ISO/TS 19014-5 (Part 1 の機種ごとの実施例)

- ・グレーダーの MCSSA 作成

- (5) 会議結果概要:

グレーダーの MCSSA 作成が完了した。結果の最新版は N0354 の ISO_TS_19014_5 Motor Grader MCSSA_DTS2 Update.xlsx。

5. 2018 年 12 月米国フロリダ州ドルル市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日: 2018 年 12 月 11 日 (火) ~ 12 月 14 日 (金)
- (2) 開催地: 米国フロリダ州ドルル市 会議室 (John Deere 社主催)

(3) 出席者：22 名 日本 (JISC) 2, 米国 (ANSI) 9, 英国 (BSI) 3, スウェーデン (SIS) 3, オーストリア (ASI) 2, ISO/TC127 1, オーストラリア (SA) 1, イタリア (UNI) 1

(4) 議題：

- ・ ISO 19014-1 (MPLr の決定方法) FDIS 投票時のコメントの審議
- ・ ISO 19014-2 (制御システムの実装と評価) CD コメント審議の残り
- ・ ISO 19014-3 (耐環境試験) 二次 FDIS 投票時のコメントの審議
- ・ ISO 19014-4 (ソフトウェア要求事項) CD コメント審議の残り
- ・ ISO/TS 19014-5 (Part 1 の機種ごとの実施例) DTS 準備中に出た修正案についての検討

(5) 会議結果概要：

Part 1：

4.2 節の中の見出し番号への参照の間違いと、table C.1 の Low Speed Maneuvering の省略形が不適当なものを指摘した。これは修正版が発行される予定。FDIS 投票時のコメントについては深刻なものはないので案文には取り込まれない。Part 5 が出版されたら、それを引用するよう Part 1 の修正版が発行される予定。

Part 2：

・油圧システムの評価方法

- 1) 日本提案の MPLa = d を達成するための設計手法のテーブル (RC: Reliability Coverage といっていたもの。)の内容について、小修整の後、合意された。
- 2) 上記テーブルの名称は HSR: Hydraulic System Robustness Scoring Criteria とする。
- 3) HSR スコアと MPLa の対応付けは、オーストラリア専門家が fault exclusion, 報告者がカテゴリ 1 の拡張を主張 (2018 年 8 月の会議ではいったん fault exclusion に同意したが、オーストラリア案を見たところカテゴリ 1 拡張の方が良さそうだと思い直したため) したが、他の参加者が議論についてきていない中、fault exclusion で押し切られた感じ。ただし、MTTFd の評価についてはオーストラリア専門家が譲歩したため追加になっており、DIS 投票でのコメントを受けて最終決定する予定である。

・Annex C (他の機能安全規格との関係)

要求レベル (MPLr や PLr 等) をリスクグラフで比較したもの。同じようなパラメータ (被害, 頻度, 回避可能性) が選ばれているなら、そこから導出

された要求レベルは規格間で整合させて扱うという提案 (N0262, スウェーデンより)。ISO 26262 (自動車の機能安全) と ISO 19014 は直接比較せず、類似度の高い ISO 26262 vs ISO 25119 (農機の機能安全), ISO 25119 vs ISO 19014 の 2 段階で比較する。

- (1) 要求レベルを比較すると、例えば S2, E3, C3 は ISO 26262 で ASIL B, ISO 25119 で AgPLr c となる。(各パラメータは大体同じ定義になっているので)
- (2) (1) が成り立つと、(要求) ASIL B を達成するのに使えるシステム ((達成) ASIL B 以上) は、AgPLr c を達成するのにも使えるはずである。但し、故障率と診断率の評価は必要。
- (3) さらに AgPL = MPL (ISO19014) なので (要求) ASIL B を達成するのに使えるシステム ((達成) ASIL B 以上) は、MPLr c を達成するのにも使える。但し、故障率と診断率の評価は必要。
- (4) 達成側の要求事項が同じかどうかの厳密な分析は難しいので、これらの規格に完全な互換性があるという主張ではない。

・CD コメントの審議が完了したので DIS に進む。

Part 3：

第 2 次 FDIS コメントについては深刻なものはないので対応しないこととなった。日本が要求してきた「ランダム振動試験において実機振動スペクトルデータがある場合は 5.6 節で規定されるスペクトルには従わなくてもよい」についてあらためて主張 (コントローラはともかく、衝突防止システムのセンサなどには厳しいのではないかと) したが、合意が得られなかった。従って発行済の規格は修正されない。

Part 4：

・前回の会議で残っていた課題について継続審議

SE39 (matlab 等による) オートコード (4.5 節 table 3) オートコードにも対応できるように記述を修正。
SE51 バス通信におけるエラー検出手法 (6 節 table 8)

CD では MPLr にらず全ての手法を採用必須となっていたが、厳しすぎるという意見が多く、スウェーデン提案の「IEC61508-2 (2010) Annex A table A.1 に基づいて要・不要を判定する」こととなった。

SE63 レビューする人とレビューされる人の独立性 (Annex A7, A8)

議論の途中では独立した「組織」であることが必要という話もでた(*1)が、別人であればよいということに落ち着いた。設計レビューはソフトに限ったことではないので Part2 に移す。

(*1) 改訂作業中の ISO 13849 の CD にそのような記述があったため。DIS ではレビューの独立性についての記述は緩和されているようである。

・ CD コメントの審議が終わったので DIS に進む。

Part 5 :

・ Part 5 の DTS 編集会議の際に出てきた技術的修正が必要な箇所 (ISO 文書 N0245 参照) について修正の是非を問う投票が行われたので、その投票結果についての議論。

1) 公道走行中にステアリングが故障して人に被害を与える確率の計算方法で、左右で計算を分けるべき (左右は国により違うが、片方が反対車線でもう一方は歩道という想定) という提案。反対車線の被害者は乗用車等の車両なので、人が搭乗しているスペースをヒットする確率の計算をする。この投票は全員賛成だったのでこれで確定。(MPLr はほとんど変わらない)

2) 小型ホイールローダーの P パラメータ (周囲に人がいる確率) について建機一般の値 (20%) を使うかスキッドステアローダー (SSL) の値 (50% 根拠は SSL と使われ方が似ているから) を使うか。こちらは 21 (20% に賛成) vs 12 (50% に賛成) と票が割れたが、日本からの追加説明 (N258) が支持され、20% に決定。

・ 日本より、最新ドラフト (N0246) に対して問題と思われる 2 点を問題提起した。

1) ホイールローダー (WL) の machine speed WL は大型、中型、小型と分けてリスクアセスの実例ができていますが machine speed に対する MPLr が b のもの (中型、小型) と c のもの (大型) が混在している。また、大型 WL は同じシナリオであるリジッドダンプの MPLr (b) とも違っている。なので大型 WL の MPLr も b に揃えるべきという主張。オーストリア専門家より「machine speed 機能の実力は c レベルだから逆に全部 c で揃えるべき」との意見も出たが、シナリオ評価を Part 1 に忠実に行うべきという筋論もあり日本意見が採用された。

2) パーキングブレーキ

ネガティブ作動のパーキングブレーキでは故

障時パーキングブレーキが作動するのを安全状態として設計するので、この故障モードの MPLr は QM (機能安全上の要求は無し) であるべきと思われる。しかし Part 5 ドラフトでは故障により「勝手にブレーキがかかる」と故障により「ブレーキがかからない」の双方に MPLr がついている (双方 c)。Part 2 では ISO 13849 に定義されている basic safety principle として de-energize (ここでは電源遮断) による安全状態への遷移を認めているのに Part 5 では de-energize ではダメで、fail operatable (電線の断線が起きても安全機能を維持する設計) を求めていることになる。この問題については他の参加者がピンと来ないようで結論が出ず、Part 2 の DIS か Part 5 の DTS にコメントを出すこととなった。

6. 2019 年 5 月米国イリノイ州ピオリア市 国際作業グループ会議

(1) 開催日 : 2019 年 5 月 28 日 (火) ~ 5 月 31 日 (金)

(2) 開催地 : 米国イリノイ州ピオリア市 Wingate Hotel

(3) 出席者 : 11 名 日本 1, 米国 5, 英国 3, オーストラリア 1, イタリア 1

(4) 議題 :

ISO/TS 19014-5 (Part 1 の方法で実施した機種ごとの要求リスクレベル (MPLr) 算出例)

・ DTS 投票時のコメント審議

・ 尚、Part 5 は内容が膨大なため 2 段階の出版とする計画である。(注 : この時点の計画) 最初の版 (1st Edition, 今回の DTS) にはリジッドダンプ、アーティキュレートダンプ、履带式ショベル (鉱山用除く)、タイヤ式ショベル、バックホローダー、ホイールローダー (WL)、スキッドステアローダーが含まれる。2nd Edition では 1st Edition の内容にそれ以外の機種 (鉱山用ショベル、ブルドーザー、モーターグレーダー等) の他、「共通な機能」として遠隔操作やオペレータ (着座) 検出、電動化等が追加される。

(5) 会議結果概要 :

< 決定事項 >

コメント審議が完了した。

MPLr の修正は数か所だが編集上の修正が多数取り込まれ、ドラフトとしてはかなり変わったので第 2 次 DTS (DTS2) 投票を行う。2019 年 7 月頃を目標。ドラフトの体裁が変わったことと、MPLr 修正という技

術的修正の賛否を問う。

<日本コメント>

- ・JP1 not accepted
truncation (スプレッドシート数千行のシナリオ「MCSSA: Machine Control System Safety Analysis」を規格文書として数十行に集約する方法)のやりかたを確認するコメント。WGとしての確認結果は「同一 function 内で最高の MPLr のシナリオで代表」ではなく、「同一 function かつ同一の hazardous out-come 内で最高の MPLr のシナリオで代表」であった。従って例えば A1.1 (RDT の MPLr) の RD7 と RD8 は truncate されない。このルールを追記する。
- ・JP2 not accepted
truncate されているが検討はしたので
- ・JP3, JP13 accepted
Typo の指摘
- ・JP4, JP5 not accepted
パラメータの見直し提案だが、受け入れられず
- ・JP6 AIP
MCSSA から DTS への転記ミス
- ・JP7 not accepted
truncate されているが検討はしたので
- ・JP8, JP12 accepted
MCSSA から DTS への転記ミス
- ・JP9 accepted
複数ページに表がまたがる場合はページごとに項目の見出しをつける
- ・JP10 accepted
US45, 46 の使い分けに従い修正する。
- ・JP11 not accepted
Hold function の故障タイプが機種により「Failure to Apply on Demand」だったり「Uncommanded Deactivation」だったりするので「Uncommanded Deactivation」に揃えるべしというコメントだったが元の MCSSA から (明白な誤記等以外は) なるべく変えたくないということで受け入れられなかった。機種が違うのはともかく車格の違うホイールローダー間で違っているのは問題ではなかろうか。全体的に誤記や統一性の不備 (異なったメンバーで作成していることや Part 5 の会議の間に時間的間隔があったためと思われる) が散見されるが、全員が集まっていないので修正の合意がとれないという理由で JP11 のようなコメントが受け入れられないのはどうかと思う。(とはいうものの関係者が多いため多少強引にいかないといつまでも終わらないと

いうのも事実ではある)

<その他>

- ・SE11 (クイックカプラ)
コメントの提案は Quick Coupler Engagement について油圧ショベル (HE) の作業機とバックホーローダーのホーで同じにすべきというもので採用。これに付随し、ISO 13031 適合のクイックカプラでバケット等 (=tool) の脱落は起きるのか? が議論になった。脱落は無くても Material handling において可動しないほうのピンを中心に tool が振れてケガするという議論で一度はまとまりかけたが、米国専門家がクイックカプラの安全を議論する会議? での議論と incident history にあるので HE については ISO 13031 対応品であっても脱落による事故はありうるとの強い主張で DTS のまま (MPLr = c) とする結論になった。WL のクイックカプラは (制御が故障しても) 脱落しない、で合意。
- ・FR006, US58, 59, 130: MPLr の要約テーブルを追加する。Function 毎とする。
(US130 の補足資料ではサブシステム毎になっているが、提案者が function 毎とすることに合意)
- ・AU004: fire-suppression system は機能安全に含まれない、で合意。コメントの意図は除外理由を聞いているので、ドラフトは変更せず除外理由をコメントに回答して WG の対応とする。
但し、fire-suppression system が車体挙動に関与するなら対象となる。(火災検知してブレーキをかけるとか)
- ・US045, 46: roading は公道走行, traveling は公道以外の走行であることを確認。
DTS はこれの使い分けがちゃんとできてないので、修正する。

7. 2019年8月日本国東京都 国際作業グループ会議

- (1) 開催日: 2019年8月28日(水)~8月30日(金)
- (2) 開催地: 日本国 東京都 機械振興会館
- (3) 出席者: 22名 日本9, 米国9, 英国1, スウェーデン2, オーストラリア1
- (4) 議題:

System Level Automation や Collision Avoidance に対する機能安全をどのように考えるかを議論する。(英文の議題は Considerations and strategy for functional safety of system level automation including collision avoidance) 背景として、レーダーや LIDAR を用いた

システム、将来的に AI 等も応用した自動機能などに機能安全で要求される deterministic な（非常に確度の高い FMEA/FMEDA）分析が可能だろうか、という懸念がある。

(5) 会議結果概要：

- ・ Decision 1：「衝突回避の機能安全」は、ISO 19014 の WG でなく ISO 21815 の WG 内で審議すべき、と合意した。
- ・ Decision 2 & 3： N0297 の定義する「Non-deterministic な機能安全」は、ISO 19014-5 とは別の考え方が必要のため、新業務提案を別途提案して、別の会議体で審議する。新業務提案 PWI ドラフト（N0301）参照
- ・ Decision 4：上記決定に伴い、従来 ISO 19014-5 で審議を予定していた「衝突回避」、「自動化(autonomy)」、「自動建機 (system level automation, 注：各社の現存 ICT 建機より進んだ自動化を意味する、と当日席上で確認済)」のテーマは、ISO 19014-5 から除外することを一同で確認した。
- ・ 参考：Tele-remote, 電動化, アタッチメントは ISO 19014-5 の対象（変更なし）



ISO/TC 127/SC 2/WG 24 会議風景（2019 年 8 月・東京）

8. 2019 年 9 月フランス国クールブヴォア市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日：2019 年 9 月 30 日（月）～10 月 4 日（金）
- (2) 開催地：フランス共和国 クールブヴォア（Courbevois），UNM（Union de Normalisation de la Mecanique）会議室
- (3) 出席者：15 名 日本 2, 米国 5, 英国 2, スウェーデン 2, オーストラリア 1, イタリア 1, ベルギー 1, 不明 1

(4) 議題：

- ・ ISO 190144（ソフトウェア、バス通信の要求事項）DIS 投票時のコメント審議
- ・ フランスの労働安全の研究所との非公式会談

(5) 会議結果概要：

<決定事項>

- ・ コメント審議が完了した。FDIS に進める。
- ・ Part 2, 4 を標準トラックから延長トラックに変更する。

<日本コメント>

JP100 accept

Table 2 で informal method は MPLr=d まで使用可。

JP102 accept (editorial)

JP103 not accept

Table 3 において JP105 のままだと dynamic object（heap に割り当てられる）は MPLr=d 以上で使用禁止となるが、プロジェクトリーダー（PL）よりメモリのオンラインチェックを行っても使用不可なのは厳しすぎるとの意見があり、その意見に同意した。一方 dynamic variable（stack に割り当てられる）を MPLr=d までオンラインチェックなしで使用可とすることについて「stack の管理方法は heap の管理よりシンプルだからエラーが起こりにくい」と主張したが、WG としては「メモリの破壊については stack も heap も同じ」という意見が支配的であった。また dynamic object と同様 MPLr=d 以上ではオンラインチェックが必須となるが手法は問わない記述とすることが合意されたため、dynamic variable と dynamic object に同じ要求をすることを受け入れた。

尚、事前に使用量が確定でき、それ以上のメモリを領域として確保できれば stack であっても dynamic variable には該当しない。

JP105 accept (editorial)

JP106 accept (editorial)

JP215 AIP（実質 accept）

参加者全員が $P=0.01$ は現実にはありえないという点は一致。但し PL は 0.01 にかわる値の根拠として使えるもの（添付の論文含め）が無いとの立場であった。ドラフトの記述としては IEC61784-3 にならない、「実用されているバスとしては非現実的な値であるが、全くエビデンスが無い場合は 0.01 を使うこと。データがあればそれを使ってよい」という趣旨の文言とすることが同意された。また、スウェーデンが CAN バスのエラーレートについての TR を提案する。

JP216 AIP（実質 accept）

R (p) の最悪値を削除。JP217 の計算式が採用さ

れたので自分のプロトコルと p から計算することで合意。

JP217 accept

日本提案の残存エラー率の計算式が採用された。

＜他国の重要コメント＞

US130, 131 AIP

バス通信におけるエラー処理についてのコメントであるが、このコメントへの対応として新しくテーブルが追加され、このテーブルで MPLr により検出すべきエラーが決定されることになった。但し、診断手法は何でもよい。(注：CD に対し診断手法の制約は緩和された)

Control transmission errors. Appropriate methods and measures shall be implemented to control the error situation in Table 8.

Table 8 – Transmission error and performance levels

Transmission error	MPLr = a, b, c	MPLr = d, e
Failure of bus communication	YES	YES
Message falsification	YES	YES
Message Repetition	NO	YES
Message loss	YES	YES
Message insertion	NO	YES
Incorrect sequence	NO	YES
Message Retention	YES	YES
Wrong access to data bus	YES	YES
Channel transmission of message	YES	YES

Note: Amplifiers could be designed to not transmit any ECU's and the bus system will continue to limit the duration of errors.

また、カテゴリ b, 1 のシステムには診断を要求しない (I/O に DC が求められないのでバスにも求めない)。

MPLr=d, e については手法を問わないにしても表にあるエラーについては全て対処が必要となるので、「例外を認めなくて大丈夫か？」と確認したが他の参加者全員が「手法が自由であれば診断を実施すべき(また、各社実施している)」とのことで、このように決定された。

＜フランスの労働安全の研究所との非公式会談＞

- ・同研究所は建機の標準についてフランス国内および CEN/TC151 で大きな影響力を持っている。
- ・これまで ISO 19014 に批判的な立場であったが、対話はするということで非公式会談を持つことになった。
- ・会談後も批判的な立場は変わらなかったが対話は継続することで合意した。

反対のポイントは下記の 3 点。

- (1) ISO 13849 と競合する規格をつくると混乱するのではないか？
→ ISO 13849 の建機への適用をしているだけという説明に対し、ある程度理解は得られた。
- (2) リスクグラフに QM があるのは許容できない。整合規格となるような安全規格のスコープに安全系でないものを含めるべきではない。安全系

には規格による要求が無くてはならない。

→建機においては安全・非安全の分離が明確でなく、リスクアセスメントの結果安全系 (MPLr a 以上) か非安全系 (QM) かが決まるので、そのステップが含まれているためと説明したが、同意が得られなかった。

- (3) S パラメータの境界が曖昧である。S0 と S1, S2 と S3 の分離は困難である。

最大のネックは 2 番目であった。

- ・ HAS コンサルタント (整合規格の審査をする人) が同研究所と同じ考え (逆かもしれないが) を持っているようなので HAS コンサルタントへの説明を考える上で参考になった。

9. 2019 年 9 月英国ロンドン市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日：2019 年 11 月 11 日(月)～11 月 15 日(金)
- (2) 開催地：英国 ロンドン BSI (英国規格協会) 会議室
- (3) 出席者：19 名 日本 (JP) 2, 米国 (US) 10, 英国 (GB) 2, ドイツ (DE) 2, オーストラリア (AU) 1, イタリア (IT) 1, ベルギー (BE) 1

(4) 議題：

ISO/TS 19014-5 (MPLr 算出の実施例)

- 1) 1st Edition の第 2 次 DTS のコメント審議
- 2) 2nd Edition で追加する Operator Presence, e-stop, remote control 検討事項の案文作成

(5) 会議結果概要：

＜決定事項＞

- ・1st Edition はコメント審議が完了した。TS 発行に進む。

＜1st Edition 二次 DTS 日本コメント＞

- ・第 2 次 DTS においては技術的争点は無く、誤記修正や補足の追記のみ (他国コメントも同じ)。
- ・パーキングブレーキの「勝手に作動」のリスクに関するコメントは不採用。当然のことながら「作動しない」のほうに深刻な故障なのでこちらにも MPLr がついているわけで、断線モードが「勝手に作動」のほうに割り当てられている現実の設計と矛盾である、と投票の度に主張してきたが受け入れられず、残念ながら規格としてはこれで確定した。

＜2nd Edition Operator Presence, e-stop, remote control＞

- ・ Operator Presence

- オペレータの離席を検出して（リスクアセスメントに基づき）車体の動きに介入するもの。制御系に介入しない警告だけのものは対象外。オペレータが（意図しない車体の動きにより被害を受けるリスクを想定して車体に装備されている）安全装置の操作を忘れて離席し、意図しない車体の動きにより被害を受けることに対するリスク低減策という位置づけ。
- 危険な故障モードは Failure to demand (オペレータが離席したのに車体を安全状態にできない故障モード)

シナリオ：

S - S3 オペレータが取説規定の停止処置をせず離席して轢かれるということで S3 とせざるをえない。

E - E0 発生確率は低いので、最低ランク

C - 代替え手段は無いので AC0, C3 となる
MPLr = c

但しオペレータが操作しないと運転席から出られない構造のロックレバーがあれば、C パラメータが AC1 (代替え手段有), AW2, AR3 → C1 となり
MPLr = a

- Operator Presence を必ず付けなければいけないということではなく、付けるなら上記の MPLr を要求される。シナリオからすると c に対する異議を唱えづらいのだが、現状の技術水準で c は厳しい（着座センサの部分）ように思う。

・ e-stop

- ISO 13850 は PL c (= MPL c) 以上を要求している。

- 危険な故障モードは Failure to demand (緊急停止しない)

S - シナリオによる

E - E0

C - 緊急停止が故障した場合、代替え手段は無いので AC0, C3 となる

MPLr は S が一番高い S3 の場合で c

- e-stop を必ず付けなければいけないということではなく、付けるなら上記の MPLr を要求される。ISO 13850 の要求もあり、まあこんなところか。

・ remote control

米国専門家：「Part 5 の MPLr (+それを満足するように MPLa を達成する) と ISO 15817, ISO 13850 への適合で遠隔操作建機のコンプライアンスを説明できるようにしたい」という主張もあり、リモートコントロール建機について MPLr の表を作るとい

うことはせずに、次のような内容になった。

- 1) リモートコントロールにおいて検討すべき項目や前提を Part 5 に記載する。
 - 2) それを考慮したうえで、ベースマシンのシナリオ (Part 1, Part 5 の選択肢がある) がそのまま使えるなら使う。
 - 3) ベースマシンのシナリオが当てはまらない場合、Part 1 の手順に基づき自分で MPLr を算出する。
- (6) その他：

Part 3 の IP コードの誤記について Part 3 プロジェクトリーダーに話したところ、誤記と認められた。2020/1 現在までに誤記修正の投票が行われており、賛成投票済。

10. 2020 年 1 月米国フロリダ州ドルル市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日：2020 年 1 月 15 日 (水) ~ 1 月 17 日 (金)
- (2) 開催地：米国フロリダ州ドルル市 会議室 (John Deere 社主催)
- (3) 出席者：17 名 日本 (JP) 1, 米国 (US) 10 (11), 英国 (GB) 1, ドイツ (DE) 2, オーストラリア (AU) 1, イタリア (IT) 1, スウェーデン (SE) 1

(4) 議題：

ISO 19014-2 の DIS 投票のコメント審議

(5) 会議結果概要：

- 1) DIS 投票ではコメントが多数出たものの、承認されてしまった（報告者の考えでは構成的に未完成に思えるが…）ので次のステップは FDIS に行かざるを得ないということが説明された (第 2 次 DIS は不可)。技術的な変更はコメントに対応した変更に限られる。そのためコメント審議は慎重に進めようということが合意された。

- 2) コメントリスト (N0338) 51 ページのうち 14 ページ終了。残りは今後の会議に持越し。そのため 5 月以降の会議の議題を見直し。

- 3) Part 1 小改正 (amendment) についての WG Consultation (WG 内意見照会) についての説明

(6) 主な日本コメント及び他国重要コメント：

JP025 accepted

他のパートはそれぞれで内容が完結しているが、part 2 だけは ISO 13849:2015 に対する差分を記載することにしたので、part 2 で規定する部分と ISO 13849 に任せる部分を何らかの方法で明確にしなければならぬ。Part 2 のドラフトの是非を問うならドラ

フトにその情報が含まれていなければならない、ということが前回 (CD) のコメント審議の際に他の会議参加者に伝わらなかったもので、今回は対比表 (Annex E) のプロポーザルを作っていつて見せたところやっと理解され、ドラフトに取り込まれることになった。下線部については他国からも同様の意見有り (DE150 等)。位置づけ的には normative な内容だが、対比表自体には要求事項がないので informative か? との議論があった (対比表のレビュー含め継続審議)。

DE030 次回会議 (パリ) で継続審議

ももとの指摘は 6.2 節について建機固有のことが書かれていないので不要では? ということだったが、ISO 13849 との差分について検討したところ、ASIC に対する記載だろうということになった。ASIC に対する要求事項として何を書くかは次回会議に持越し。参考にするのは IEC 61508, 改訂中の ISO 13849 等 DE041,042 純油圧制御システムの評価方法について。次回会議 (パリ) で継続審議

- ・ドイツ専門家: fault exclusion としては認められない。WG24 の言いたいこと (single channel hydraulic で d が達成できるということ) はわかるが、ISO 13849 と contradict (ISO 13849 の要求を reduction するのは認められない) する。
- ・米国専門家: ISO 13849 (ISO/TC 199/WG 8) の側からは (建機固有の事情は) C 規格で対応するよう言われているので、HSR (Hydraulic System Robustness) を提唱している。
- ・米国専門家からドイツ専門家へ: ISO 13849 の新版に今から HSR を織り込めるか?
- ・ドイツ専門家: 今からこのような大きな変更を入れられるかはわからないので関係者に聞いてみる。
- ・米国専門家: 日本のももとの HSR の提案は fault exclusion ではなかったもので、fault exclusion がダメでもまだ手はある。

DE050 JP141 と同趣旨と思われる。HSR を油圧制御システム全体だけでなく油圧機器単体にも適用しては、というコメント。

DE052, 53 complex electronics と well-tried の問題。次回会議 (パリ) で継続審議

- ・complex electronics はなぜ well tried と言えない? (ISO 13849: 2015 には well tried と見做されないという Note がある。筋論としては全ての故障モードを分析できないから、ということのようだ。)
- ・ある程度自己診断しているものはカテゴリ 2 として扱ってよいのではないか。
- ドイツ専門家: 現行のものは上記の解釈でいいが、

新しいものは DC をきちんと満たすべき

米国専門家: 新モデルを開発するとはいつてもコントロールシステムを劇的に変えるものばかりではない

(アーキテクチャの 80% ~ 90% は従来モデルと同じ。他参加者も同じ意見)

- ・建機業界で、complex electronics をどのように使いこなしてきたか、が重要
- MTTFd の評価、環境試験等をやっている—フランス専門家

Validation で確認している—米国専門家

JP028 mobile machinery の反対概念の表記 AIP (Agree In Principle)

Stationery (英国人に以前教えてもらったところでは静止「状態」を指すとのこと。動く能力があるかどうかは無関係) ではなく static (ものの「性質」として動かない) というのをさっそく指摘してみたがもっとわかりやすく non mobile machinery と記述することになった。

FR026 の次の SE

Figure 1 へのコメントではなく Figure D.1 へのコメントだった。パリで継続審議。

リスクアセスメントの全体フローを示すための図。ここがクリアになると INRS とも折り合えるかもしれない。

(7) WG Consultation について:

整合規格化について、この会議の時点から約 18 ヶ月前までは HAS コンサルタント (整合規格を審査する人?) はコメントを出すだけだったが、今は HAS コンサルタントが同意することが必須になった、との背景説明があった。(要確認)

Q1) QM について

INRS (フランスの機関。前出の 2019 年 9 月フランス国クールブヴォア市の会議報告参照) の意見

- ISO 12100 (機械全体) のプロセスで SCS かどうかはわかるはずで、SCS の規格では必ず要求があるべき。QM には要求が無い。

WG 24 意見

- 建機 (mobile machinery) では Control system が SCS か SCS でないかは MCSSA (part 1, part 5) をやるまでわからないので QM があるのはおかしくない。

米国専門家 — INRS の意見だけで Part 1 を変えるのはおかしくないか?

PL—HAS コンサルタントは INRS と同じ考えと

推定しているので紹介している。

ドイツ専門家 - フランス, ドイツ, 英国 の Occupational Safety (産業別保険?) の人は INRS と同じ意見のようだ。

米国専門家 - 欧州の規制を考えると ISO 19014 は整合規格にならないと意味が無い。

ISO 19014 にはこれまで膨大な費用と 7 年の歳月を費やして作ってきて, 欧州の各国も賛成投票している。HAS コンサルタントの考えと一致しないからといって整合規格にならないのはおかしくないか? (US の意見として)

Q3) なぜ ISO 13849 を normative で引用しないといけないか?

type C 規格は type A, B 規格を normative で引用しないといけないということのようだが ISO のルールに従う。

11. 2020 年 2 月ドイツ国マンハイム市 国際作業グループ会議

(1) 開催日: 2020 年 2 月 25 日 (火) ~ 2 月 28 日 (金)

(2) 開催地: ドイツ連邦共和国 マンハイム市 会議室 (John Deere 社主催)

(3) 出席者: 16 名 日本 (JP) 1, 米国 (US) 6, 英国 (GB) 1, ドイツ (DE) 2, オーストラリア (AU) 1, オーストリア (AT) 1, フランス (FR) 1, イタリア (IT) 1, ベルギー (BE) 1, 韓国 (KR) 1

(4) 議題:

ISO/TS 19014-5 (MPLr 算出の実施例)

- 1) アタッチメントの MCSSA 作成
- 2) electrification of earth-moving machine functions 検討事項の案文作成
- 3) ブルドーザーの MCSSA の誤記修正
- 4) それ以外の MCSSA の誤記修正

(5) 会議結果概要:

・今後の計画

これまで 1st Edition だけでも早く発行しようという意図で 2 回の Edition に分けて発行する計画だったが, 諸般の事情で 2nd Edition が追いついてしまったので Part 5 は全部の内容 (当初 2nd Edition としていたものだけ) を一度に発行する方針に切り替えた。(規格の進め方の話であって, 内容に変更は無い。)

<アタッチメントの MCSSA>

・アタッチメントを装着する機械 (ベースマシン) で

通常装備されている機能 (アタッチメント用油圧源) で操作する単純な構造のアタッチメント (※1) は, 本検討の対象外。本検討では, アタッチメント自身が追加の安全機能を持っていると考えられるもの (※2) を扱う。アタッチメントの一覧を事前に作成してあり, 議論の結果, チッパー (木材破砕機, 主にスキッドステアローダーに付けて使われている。), コンクリートミキサーが※2 の条件にあてはまるということで MCSSA を実施した。

ただし, 上記 (チッパーとコンクリートミキサー) 以外のアタッチメントで「追加の安全機能を持っている」と考えられるものは自分達で Part 1 の MCSSA を実施する必要があると文章に明記された。

※1: 単純な構造のアタッチメントの MCSSA はすでにベースマシンの MCSSA で検討済みという考え方。

※2: 以下の条件のうち, 1 つ以上該当するもの

- ・ベースマシンのアタッチメント用油圧源を使い, ベースマシンとは別の制御システムをアタッチメントが持っているもの。
- ・アタッチメントがベースマシンの機能 (ダンプ機能等) を変更して使う場合 (議論の中では, 作業機を操作する配管をアタッチメントに繋ぎ変えて別の機能に使うといった例があがっていた。)
- ・ベースマシンの MCSSA で想定されていない機能をアタッチメントが持っている場合 (ベースマシンの MCSSA では主にアタッチメントの落下にリスクがついているが, 仮に特殊なアタッチメントがあって明らかに落下以外のリスクがありそうなときはリスクアセスメントが必要。例えばチッパーは止まったと思っていたのに急に動きだしたりすると巻き込まれリスクがあるので, 今回取り上げられた。)

<electrification of earth-moving machine functions 検討事項の案文作成>

- ・油圧と異なる (電動化等の) 技術によって Part 5 で実施した MCSSA の前提条件と変わるケース (※3) がある場合は個別に MCSSA を実施するように指示する文章を作成した。
- ・電動化についても, 前回 (ロンドン会議) での遠隔操作の議論と同じような展開になるだろうと予想されたが, 結果, 予想どおりの議論となった。筋の通った話なので, 規格に従って対応すれば良いと思われる。

※3：MPLr が影響を受ける例として、以下の例が文章に記載される。

- ・機械速度、推進または方向コマンドの変化への応答
- ・ブレーキまたは推進コマンドの変更への応答
- ・リターダーは、機械駆動システムの安全機能とはみなされていないかもしれないが、電気駆動機械の機械を減速させる主な手段である可能性がある。
- ・コントローラビリティ（Cパラメータ）は、共通コンポーネントの構成と、共通原因故障の検討の結果異なった結果になる可能性がある。
- ・1つのコントロール要素が複数の機能を制御している場合。
- ・異なるエネルギー（例：電気）を使うことで新しく発生するハザードに関連する追加安全機能
- ・エンジン速度が直接車速に影響しなくなる場合がある。
- ・システムに保存されたエネルギーレベル（例：充電率）によって機械性能が変化する場合。

＜ブルドーザーの MCSSA の修正＞

- ・“No worse than mining”としてリスクアセスメントをスキップしていた項目の中に、“mining”が含まれてしまっていた項目があることがわかった。（こ

のことを circular reference と呼んでいた。）間違いを修正して、リスクアセスメントの結果が変わらないことを確認した。

＜MCSSA の誤記修正＞

- ・ドラフト文書と MCSSA の計算に使ったスプレッドシートとの齟齬や誤記の修正。転記ミスが主な原因。米国専門家が事前に指摘一覧を作成しており、項目数は多かった。結果、1st Edition の MPLr のレベル変更は SSL5, SSL6 のみで、MPLr が c から a に下がった。2nd Edition 追加分では、compactor の Hold 機能の MPLr が c から b に下がった。他 MPLr の変更無し。1st Edition の DTS は終わっている所以 MPLr を変更していいのかという疑問はある。異議を唱える専門家もいた。しかし、指摘内容を見ていると、Excel では AW や AR といった値がついているのにドラフトでは N/A のまま、といった（修正しないままにするのもおかしい）明らかな誤記ばかりなので、修正した項目に赤色で印をつけることで妥協した（N0353）。また念のため MPLr が変更されたものを議事録に明記してもらうようにした。

以上

建設企業の海外展開

1. はじめに

昨今、少子高齢化が急激に進行しているわが国においては、世界の旺盛なインフラ需要を取り込むことが重要な課題となっている。国土交通省「インフラシステム海外展開行動計画 2020」をみると、新興国を中心とした世界のインフラ需要は膨大であり、急速な都市化と経済成長を背景に、今後の更なる拡大が見込まれており、アジア開発銀行（ADB）によれば 2016～2030 年のインフラシステム整備需要は約 3,000 兆円とも試算されている。また、経済協力開発機構（OECD）によれば、世界の交通インフラ市場は、2009～2015 年の間の約 43 兆円／年から、2015～2030 年の間の約 65 兆円／年へと約 1.5 倍に拡大することが予測されており、中でも鉄道分野は 2 倍以上の伸びが予測されている。国土交通省では、これらの需要に取り組むための諸課題の改善に向け、国際政策推進本部を設置し、「国土交通省インフラシステム海外展開行動計画」を策定して、この行動計画に基づき取り組みを進めてきたところである。

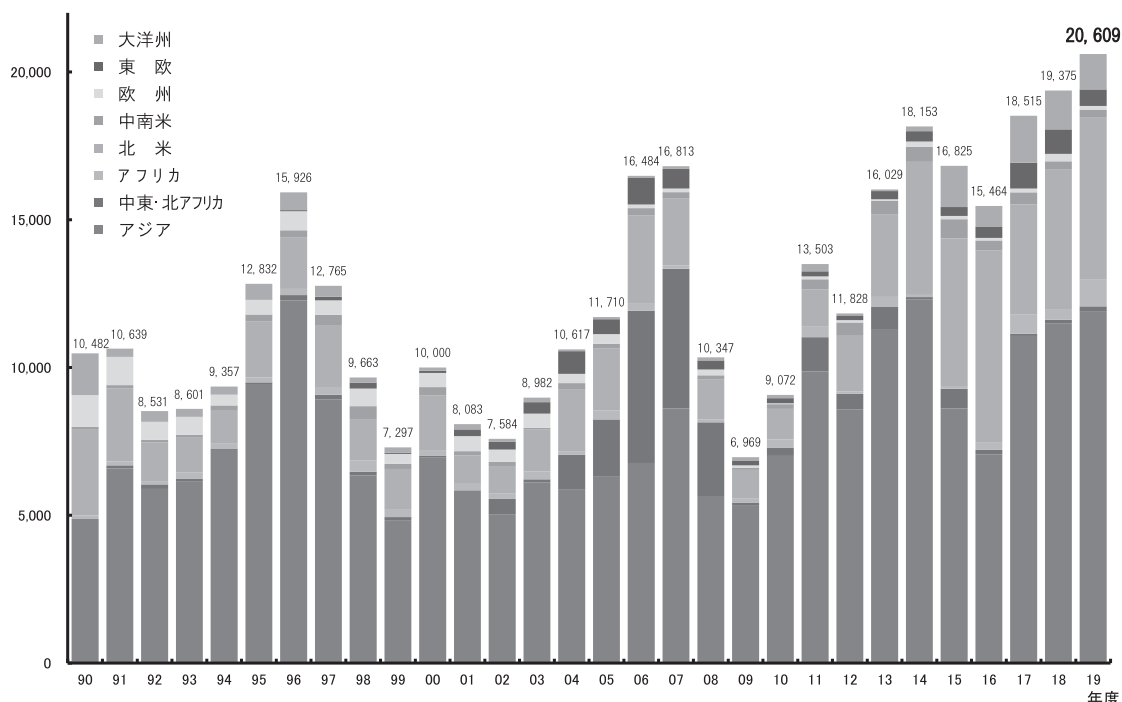
このような状況の中、2019 年度の建設企業の海外展開の状況、今後注視すべきプロジェクト等について、海外進出の歴史を踏まえて紹介する。

2. わが国の建設業における海外進出の歴史

わが国の建設業の歴史について、国土交通省「わが国建設業の海外展開戦略研究会中間報告書」（2005 年）をみると、初めて商業ベースで海外に進出したのは、1897 年（明治 30 年）に始まった京城と仁川の間を結ぶ京仁鉄道工事からであるとされている。その後、1901 年には京城と釜山の間を結ぶ京釜鉄道工事、1937 年にはメキシコでの道路舗装工事、1939 年にはブラジルでの水力発電工事を実施したという記録が残されている。この間、これらの商業ベースの工事とは別に、わが国の領土拡大等を背景とした海外進出も少なくなかった。台湾縦貫鉄道建設（1898 年～1908 年）などの工事が行われたが、1945 年の太平洋戦争において敗戦したことにより、中断することとなった。

戦後、我が国建設業の海外進出は、東南アジアや韓国における賠償工事という形で再開されたと言われている。賠償工事は、1955 年度の当時ビルマ（現ミャンマー）における水力発電所建設工事が最初であった。本工事は、1954 年 11 月に署名されたわが国とビルマとの賠償及び経済協力に関する協定に基づく賠償工事の第 1 号であった。賠償工事から商業ベースへと移行していったのは 1960 年

（単位：億円）



（出典：（一社）海外建設協会）

図一 1 海外建設受注額の推移（1990 年度～2019 年度）「海建協調べ」

統 計

代に入ってからと言われている。

また、「海外建設協会 30 年の歩み」を見ると、1960 年度の現地法人での受注は 1966 年度のタイでの受注 1 件のみであり、他の受注はすべて本邦法人での受注であった。以降、1972 年まで現地法人による受注はなかったとされている。わが国建設企業の海外進出が本格化したのは 1970 年代に入ってからである。（一社）海外建設協会（以下「海建協」という。）の資料によると、海外受注実績はオイルショックを背景とした中東における受注により 1970 年代より急伸し、1980 年代に入っても伸び続け、1983 年度に初めて 1 兆円を超えることとなった。1996 年度には過去最高額の 1 兆 5,926 億円を記録したが、1997 年のアジア通貨危機の影響により 1999 年度は 7,297 億円まで下落することとなった。2000 年度に入ると 1 兆円台を回復したが、2001 年度には再び 1 兆円を割り込み、以降 3 年間 1 兆円を超えることはなかった。再び 1 兆円台を回復したのは、2004 年度になってからである。

昨今では、2009 年度、2010 年度に 1 兆円を割り込むこととなったが、その後再び伸び続け 2019 年度には 2 兆 609 億円となり初めて 2 兆円を超え、過去最高額を更新した（図—1 参照）。

3. 2019 年度の海外受注について

2019 年度におけるわが国建設企業の海外建設受注実績の動向を海建協のデータを用いて紹介する。この受注実績は、同協会会員企業 51 社が受注した海外建設工事（1 件 1,000 万以上）をとりまとめたものである。なお、集計は会員各社間（海外法人を含む）及び自社の本邦と海外法人間の契約案件（元請・下請による重複分）は除外されており、また共同企業体（JV）による受注については各社の出資比率分が計上されている。

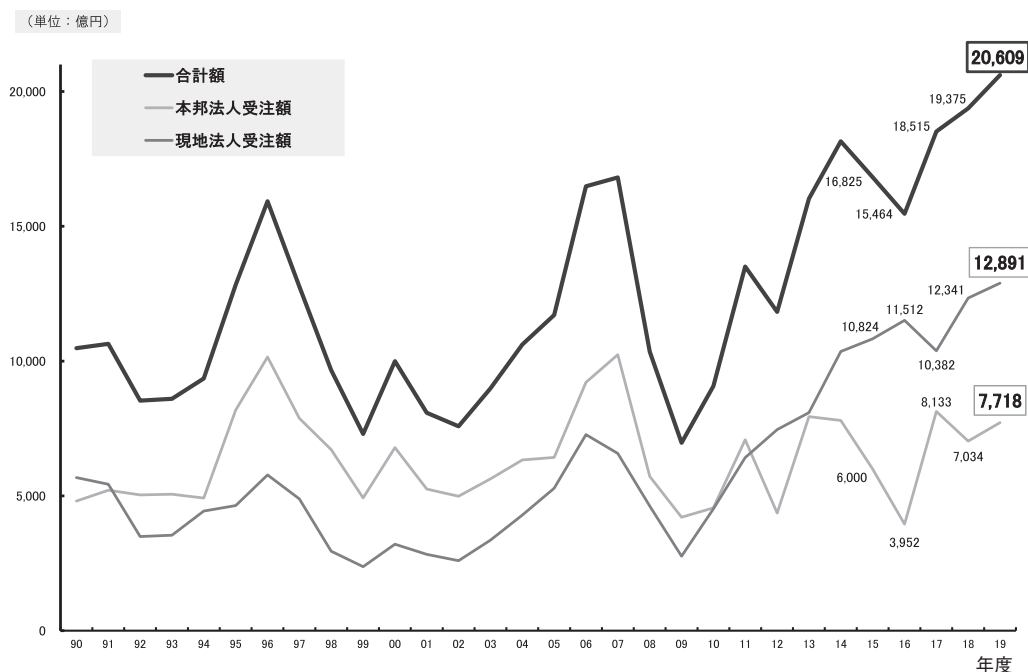
（1）2019 年度の海外建設工事受注額及び受注件数について

2019 年度の海外建設受注額は 2 兆 609 億円であった。この受注額は、2018 年度の受注額の 1 兆 9,375 億円と比べ約 1,234 億円の増加となった。一方、受注件数では、2,116 件となり 2018 年度の 2,212 件と比べ 96 件減少した。この結果、受注額は 2017 年度から 3 年連続で増加となったが、受注件数では減少した。

また、2019 年度の海外建設工事受注状況を法人別にみると、本邦法人の受注額は 7,718 億円であり、2018 年度の 7,034 と比べ 684

表—1 2018、2019 年度の海外建設受注額の対比「海建協調べ」

法人種別	2019 年度		2018 年度		対前年度比：増減	
	(件数)	(金額：億円)	(件数)	(金額：億円)	(件数)	(金額：億円) (%)
本邦法人	507	7,718	526	7,034	-19	684 (9.7%)
現地法人	1,609	12,891	1,686	12,341	-77	550 (4.5%)
計	2,116	20,609	2,212	19,375	-96	1,234 (6.4%)



(出典：(一社) 海外建設協会)

図—2 海外建設受注の推移 (1990 年度～ 2019 年度) 「海建協調べ」

統計

億円増加した。しかし、件数では507件となり19件減少する結果となった。現地法人の受注額については、1兆2,891億円となり、2018年度に比べ550億円の増加となった。件数については1,609件となり、昨年度より77件減少した（表—1、図—2参照）。

(2) 本邦・現地法人の海外受注状況の動向

本邦法人の受注を地域別にみると、アジアは5,888億円で本邦法人の受注額の76.3%を占めた。次いで、アフリカが917億円で11.9%、続いて大洋州が466億円で6%を占めた。以下、中南米が173億円（2.2%）、北米が140億円（1.8%）、中東・北アフリカが128億円（1.6%）、欧州6億円（0.1%）で続いた。なお、東欧での受注はなかった。

一方、現地法人の受注を地域別にみると、アジアが5,995億円で現地法人の受注額の46.5%を占めた。次いで、北米が5,323億円で37.4%、続いて大洋州が731億円で9.6%を占めた。以下、東欧が558億円（6.8%）、欧州が120億円（1.7%）、中南米102億円（0.8%）で続いた。アフリカでの受注はなかった（表—2参照）。

表—2 2018年度本邦・現地法人別受注状況「海建協調べ」
(単位：億円)

地域	本邦法人		現地法人	
	受注額	構成比	受注額	構成比
アジア	5,888	76.3%	5,995	46.5%
中東 北アフリカ	128	1.6%	61	0.1%
アフリカ	917	11.9%	0	0.0%
北米	140	1.8%	5,323	37.4%
中南米	173	2.2%	102	0.8%
欧州	6	0.1%	120	1.7%
大洋州	466	6.0%	731	9.6%
東欧	0	0.0%	558	6.8%
合計	7,718	100.0%	12,891	100.0%

(3) 2019年度各地域における建設工事受注状況について

2019年度の受注状況を各地域別にみると、前年度より受注額が増額となった地域は、アジア、中東・北アフリカ、アフリカ、北米、中南米の5地域であった。それぞれの地域の受注額は、アジア1兆1,883億円、中東・北アフリカ189億円、アフリカ917億円、北米5,463億円、中南米274億円であった。

増加率の高い順にみると、アフリカが一番高く153.8%であった。次いで中東・北アフリカ59.6%、北米15.4%、中南米3.5%、アジア3.4%という順であった。

一方、前年度より減額となった地域は、欧州、東欧、大洋州の3地域であった。それぞれの地域の受注額は、欧州126億円、東欧558億円、大洋州1,198億円であった。

減少率の高い順にみると、欧州が一番高く▲49.9%であった。次いで東欧の▲32.9%、大洋州の▲9.0%という順であった（表—3参照）。

4. 今後注視すべき主要プロジェクト

国土交通省は、「インフラシステム海外展開行動計画2020」において、わが国建設企業が新たな受注を獲得する観点から、今後3～4年間に注視すべきプロジェクトを選定した。

ベトナムにおいては南北構想鉄道整備事業等8事業、ミャンマーではヤンゴン～マンダレー鉄道整備事業等10事業、カンボジアではシハヌークビル港新コンテナターミナル整備事業の1事業、タイではバンコク～チェンマイ間高速鉄道整備事業等8事業、フィリピンでは南北通勤鉄道事業8事業、インドネシアではジャカルタ都市高速鉄道（MRT）南北線北部延伸事業等9事業、マレーシア・シンガポールではイスカンドルバス高速輸送システム開発事業（マレーシア）等3事業、インドではムンバイ～アーメダバード間高速鉄道計画等2事業、スリランカではバンダラナイケ国際空港改善事業等3事業、バングラディッシュではダッカ都市交通整備事業（1号線）等6事業が選定された。

表—3 2018、2019年度の地域別受注額の対比「海建協調べ」

(単位：億円)

地域	2019年度		2018年度		増減額（対前年比）
	件数	受注額（構成比率）	件数	受注額（構成比率）	
アジア	1,449	11,883（57.7%）	1,552	11,498（59.3%）	386（3.4%）
中東 北アフリカ	39	189（0.9%）	39	118（0.6%）	71（59.6%）
アフリカ	28	917（4.5%）	20	361（1.9%）	556（153.8%）
北米	263	5,463（26.5%）	274	4,733（24.4%）	730（15.4%）
中南米	128	274（1.3%）	147	265（1.4%）	9（3.5%）
欧州	25	126（0.6%）	38	252（1.3%）	－126（－49.9%）
東欧	53	558（2.7%）	70	832（4.3%）	－274（－32.9%）
大洋州	81	1,198（5.8%）	72	1,315（6.8%）	－118（－9.0%）
総合計	2,116	20,609（100.0%）	2,212	19,375（100.0%）	1,234（6.4%）

／ 統 計

また、アメリカではワシントン DC ～ボルティモア間の超電導リニア計画等 3 事業、イギリス High Speed 2 高速鉄道計画の 1 事業、オーストラリアでは、西シドニー新空港周辺開発計画の 1 事業、中東ではアブダビメトロ整備事業（アラブ首長国連邦）の 1 事業、中央アジア・コーカサスでは国際幹線道路改善計画（キルギス）の 1 事業、モンゴルでは新ウランバートル国際空港運営事業の 1 事業、中南米ではパナマ首都圏都市交通 3 号線整備計画（パナマ）等 2 事業、アフリカ地域では東部回廊ボルタ川橋梁建設計画（ガーナ）等 9 事業、太平洋島嶼国ではトクア空港整備事業（パプアニューギニア）の 1 事業、東欧ではボルトニッチ下水処理場改修計画（ウクライナ）等 2 事業が選定され、合計 80 事業が選定された。今後、これらの事業の受注動向に注視していく必要がある。

5. おわりに

わが国建設企業の海外受注は、東南アジアと北米が大半を占めている状況にあり、約 83%にも上る。東南アジアや北米は大きな市場ではあるものの、日系建設企業間の受注競争は激しい状況にある。わが国建設業の海外進出を進めていくためには、東南アジアと北米以外のアジア諸国やアフリカ、中東、中南米といった地域の建設市場への進出を促進することが重要である。

この他、わが国建設業の海外進出を進めていくためには、新たな建設市場の開拓だけでなく、事業形態の拡大も必要である。現在は、請負工事が主な事業形態となっているが、運営や修繕等の事業にも拡大し、継続的な収入に結びつけていくことも重要である。

また、わが国建設企業の海外展開には、為替リスク、カントリーリスク、現地国の法律・税制・各種規制、追加工事支払リスク等のリスクが伴う。こうしたリスクに対応できる経験と技術を備えた人材の確保・育成も重要である。

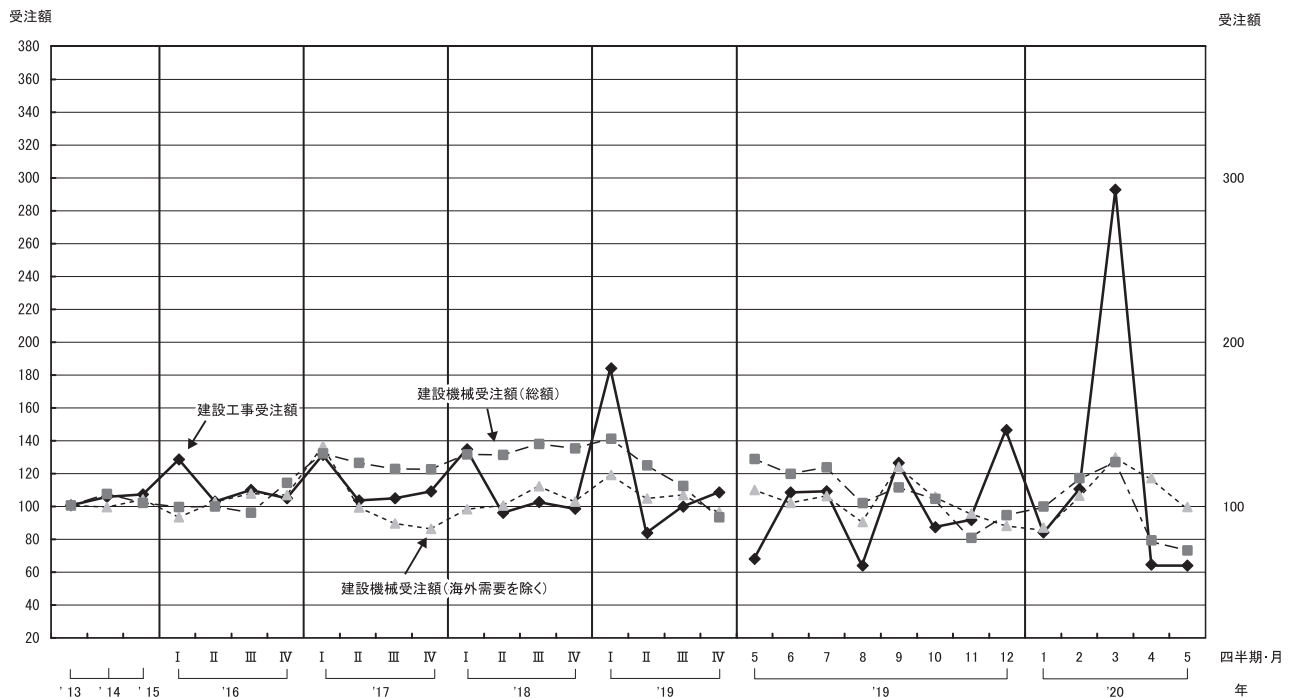
（文責：清水）



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 2013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 2013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							
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019 年 5 月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6 月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7 月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8 月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9 月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10 月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11 月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1570	6,137	3,897	172,241	11,100
12 月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020 年 1 月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	171,126	9,299
2 月	12,135	8,202	1,743	6,459	3,075	423	436	7,563	4,572	171,571	12,006
3 月	32,354	22,796	3,515	19,282	6,807	506	2244	20,538	11,816	179,841	22,488
4 月	7,023	4,434	941	3,493	1,993	542	54	4,437	2,585	177,186	8,282
5 月	6,956	4,877	1,404	3,473	1,641	352	85	4,675	2,281	－	－

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	19 年 5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	20 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124	1,035
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,245	1,158	1,193	965	920	633	873	954	1,097	1,111	1,111	629	534
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	590	547	570	484	666	567	512	471	466	571	697	495	501

(注) 2013～2015 年は年平均で、2016～2019 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2019 年 5 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

(2020年6月1日～30日)

機械部会



■基礎工用機械技術委員会

月 日：6月10日(水)

出席者：梶沢淳一委員長ほか19名

議題：①新旧委員長の挨拶 ②各委員の近況報告 ③各社トピックス：オリエンタル白石㈱…RC床板の取替工法、SLJ スラブ工法の紹介、日本車輛製造㈱…全回転チュービング装置の下部チャック機構の説明 ④R2 年度活動計画の件：技術プレゼンの内容、各社トピックスの報告順番、見学会に関する討議

■油脂技術委員会

月 日：6月11日(木)

出席者：豊岡司委員長ほか26名

議題：①燃料エンジン油関係：バイオ燃料の最近の話題 ②高粘度指数油関係：せん断安定度試験方法と閾値の件、高粘度指数作動油による効率向上例の件 ③規格普及促進関係：JCMAS P040, P041, P042 運用マニュアル改正の書面審議の件、JAMA エンジンオイルセミナーの件 ④その他：出張委員会の日程の件

■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月 日：6月17日(水)

出席者：太田正樹委員長ほか6名(web会議で開催)

議題：ロータリ除雪車安全装置について討議：各社における仕様・構造・作動条件等の確認、国交省報告を含む今後のスケジュール

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：6月24日(水)

出席者：橋伸一委員長ほか7名

議題：①小断面トンネル工事における機械、設備調査に関する討議(調査の内容、方向性について) ②技術講演会の件(テーマ、講演者選定、開催時期について) ③見学会について討議(今年度は開催を見合わせる)

■原動機技術委員会

月 日：6月25日(木)

出席者：赤城二郎副委員長ほか19名

議題：①前回の議事録確認 ②建設機械の次期燃費基準の件：進捗状況の報告 ③次期排出ガス規制対応部会の概要報告 ④海外排出ガス規制の動向に

関する情報交換：韓国建設機械・農業機械の排出ガス規制の情報、その他情報 ⑤油脂技術委員会より「バイオ燃料に関する最近の話題」 ⑥オフロード法技術検討会の報告

■機械部会、製造業部会、標準部会合同

(株)UL Japan 様大型電波暗室のオンライン見学会

月 日：6月26日(金)

出席者：各部会希望者約100名

内容：①(株)UL Japan 紹介 ②EMC 規制の概要説明 ③大型電波暗室のオンライン見学 ④質疑応答

標準部会



■国内標準委員会 (JIS 原案作成委員会) (Web)

月 日：6月1日(月)

出席者：高橋弘委員長(東北大学)ほか13名(Web参加)

議題：①2019年度(区分B) JIS 原案4件の審議…a) JIS A 8312 土工機械—機械安全ラベル—通則, b) JIS A 8316-1 土工及び建設用機械—電源内蔵機械の電磁両立性—第1部：典型的な電磁両立性(EMC) 環境における EMC 機能要求事項, c) JIS A 8316-2 土工及び建設用機械—電源内蔵機械の電磁両立性—第2部：機能安全面での電磁両立性(EMC) 要求事項, d) JIS A 8338 土工機械—物体検知装置及び視界補助装置—性能要求事項及び試験 ②2020年度(区分B) JIS 原案作成スケジュール(6件)の紹介 ③その他、全般について質疑、連絡事項

■ISO/TC 127 土工機械委員会 国際会議 ISO/TC 127 総会 (Web)

月 日：6月8日(月), 16(火)～18(木), 22(月), 24(水)

出席者：正田明平 SC 3 国際議長(コマツ)ほか73名(Web参加)

議題：①6/8(月) CAG：議長諮問グループ会議 ②6/16(火) ISO/TC 127/SC 1 総会：性能・安全試験方法 ③6/17(水) ISO/TC 127/SC 4 総会：用語・分類及び格付け ④6/18(木) ISO/TC 127/SC 3 総会：機械特性・電気及び電子系・運用及び保全 ⑤6/22(月) ISO/TC 127/SC 2 総会：安全性・人間工学・通則 ⑥6/24(水) ISO/TC 127 総会：土工機械 親委員会

■ISO/TC 195/SC 3/WG 1 建設用機械及び装置委員会—穿孔及び基礎工用機械—用語及び商業仕様 国際 WG 会議 (Web)

月 日：6月23日(火)

出席者：山本卓也 SC 3/WG 1 専門家(技研製作所)ほか15名(Web参加)

議題：①フランス幹事による COVID-19 状況の説明 ②米国による HDD(水平方向ドリル)の説明 ③ISO 11886「くい打ち及び基礎工用機械—語彙及び商業仕様」を TC 195 管轄から SC 3へ移管要求する CIB の開始 ④移管の後、ISO 11886 の PWI 登録に関する SC 3 内での CIB 開始に当たり、複数パート構成に関する議論 ⑤NP 11886 作業案文の準備に関する Ad Hoc グループ設置及びリーダー選出…1) title: “Drilling”; leader: 米国, 2) title: “Foundation”; leader: イタリア, 3) title: “Injection grouting”; leader: フランス ⑥日本より ISO 11375, ISO 11886 への投票済コメント「油圧式圧入引抜機」の追加提案に関する説明(プレゼンテーション・動画)

建設業部会



■機電交流企画 WG

月 日：6月4日(木)

出席者：松本清志主査ほか10名(内 WEB 参加4名)

議題：①令和2年度機電技術者意見交換会(10/8-9)の企画再検討 ②その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：6月26日(金)

出席者：久松栄一主査ほか7名

議題：①3/12 中止建設業部会 2020 年度 WG 活動計画の報告 ②各社・現場の新型コロナウイルス対応について ③災害事例報告 ④その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：6月9日(火)

出席者：平清二郎部会長ほか9名(内 WEB 参加5名)

議題：①R2 年度部会活動等について・R1 年度活動報告・R2 年度部会活動について・R2 年度会議日程・R2 年度活動計画 ②R2 年度現場見学会について ③レンタル基本約款改定(JCRA, JCMA 共通)進捗状況報告 ④各社からの報告事項・情報交換・新型コロナウイルス関連情報等 ⑤その他連絡

事項

■レンタル業部会

月 日：6月11日（木）

出席者：中村誠一郎分科会長ほか10名
（内WEB参加4名）

議 題：①レンタル基本約款改定（JCRA, JCMA 共通）・これまでの検討経緯報告・今後の進め方（JCRA, JCMA）・共通改定約款新リリース目標日程の議論・共通改定約款最終詰めの方法等 ②各社からの報告事項・情報交換・新型コロナウイルス関連情報 ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：6月3日（水）

出席者：見波潔委員長ほか23名

議 題：①令和2年9月号（第847号）計画の審議・検討 ②令和2年10月号（第848号）素案の審議・検討 ③令和2年11月号（第849号）編集方針の審議・検討 ④令和2年6月号～令和2年8月号（第844～846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：6月17日（水）

出席者：石坂仁委員長ほか3名（内WEB参加2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

東北支部



■青森県 建設 ICT 施工講習会 第1回打合せ

月 日：6月25日（木）

場 所：東北支部 事務局会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか4名

議 題：①東北支部の関わり方について（共催、機材と講師） ②講習会の日程について ③講習内容について（内容、場所） ④費用について

■R2年度 i-Construction 研修講義運営業務に関する第1回打合せ

月 日：6月25日（木）

場 所：太陽生命仙台本町ビル6階会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか11名

議 題：①研修日程とカリキュラムについて ②担当講師の分担について ③実習に係る場所、機材、担当会員について

■橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算、及び建設機械等損料講習会

月 日：6月30日（火）

場 所：仙台市 ハーネル仙台

受講者：52名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④PC橋架設の施工技術と積算

北陸支部



■除雪機械管理施工技術講習会あり方検討会（第2回普及部会）

月 日：6月15日（月）

場 所：新潟県建設会館401号室F

出席者：柴澤一嘉普及部会長ほか11名

議 題：①除雪講習会のチラシ記載内容について ②除雪講習会のカリキュラム変更内容について ③北陸支部版「実施要領（案）」について

■消融雪設備メンテナンス講習会開催検討会

月 日：6月16日（火）

場 所：興和ビル2F会議室

出席者：柴澤一嘉普及部会長ほか5名

議 題：①令和2年度講習会の実施の有無について ②消融雪設備点検・整備ハンドブック販売管理について ③消融雪設備点検・整備ハンドブックの広報について

中部支部



■広報部会

月 日：6月17日（水）

出席者：濱地仁ほか10名

議 題：令和2年度の部会活動及び「中

部支部ニュース」第39号の発刊について

四国支部



■協賛事業「四国建設広報協議会」

月 日：6月26日（金）

場 所：Web会議

出席者：協議会を構成する27の団体・組織のうち21団体・組織から23名が参加、JCMA四国支部からは事務局長が参加

内 容：①建設フェア四国2020 in 徳島の開催について ②建設フェア四国2020 in 徳島の企画・運営業務について ③その他

■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：6月30日（火）

場 所：国営讃岐まんのう公園（多目的広場）

共催者：（一社）建設コンサルタンツ協会 四国支部、（一社）四国クリエイト協会、（一社）日本建設機械施工協会 四国支部、（一社）日本補償コンサルタント協会 四国支部、（株）建設マネジメント四国

参加者：共催団体から3社25名、ドローン6機、JCMA四国支部会員会社から1社4名参加、支部からは事務局長が参加

内 容：公園休園日を利用して、各会員の技術者がi-Constructionを推進しドローンの操作技能の向上を図り、測量や設計のための3Dデータの取得や災害発生時に迅速に対応するため、各社所有のドローンを用いて訓練を実施

九州支部



■企画委員会

月 日：6月17日（水）

出席者：松嶋支部長ほか11名

議 題：①第9回通常総会の開催報告 ②「i-Construction 施工による生産性向上推進会議」第2回幹事会について ③外国人技能評価試験について ④令和2年度建設機械施工技術検定試験の延期について ⑤その他

編集後記

「降雨量記録更新」,「観測史上初」,「大雨特別警報」の言葉が、本号の編集終盤の7月に入り飛び交い、九州地方を中心とする豪雨が、人的・経済的に甚大な被害をもたらしました。加えて、新型コロナウイルス感染症が再び拡大し、避難所では感染防止対策を図りながらの運営がなされ、被災地のボランティア活動は地域を限定した募集となるなど、被災地や被災者への負担は重く、復旧の歩みを阻んでいます。一日も早い疫病の収束と復旧の歩みが加速することを願って止みません。

さて、奇しくも8月号は「河川工事」がテーマです。常態化する豪雨、昨年の台風19号により各地で発生した堤防決壊を受け、水害リスク評価、河川監視、情報伝達の見直し、河川構造物の更新及び維持管理への新しい技術導入などが図られています。他方、民間事業者や市民参加型の河川空間の持続可能な利用を創造する動きも見られています。

巻頭言を東京大学大学院、工学系研究科の池内幸司教授にお願いしたところ、本年7月の豪雨にも触れて頂き、ソフト、ハードの対策に加え、企業における水害を対象とした自然災害に対する事業継続計画（BCP）促進の必要性、また、地球温暖化に伴う気候変動による今世紀末の治水計画の対象となる数値を具体的にお示し頂き、その危険性を改めて認識させられました。

河川は時には大規模な氾濫を生じて、我々の生存を脅かす一方で、なく

てはならない恩恵を享受してくれま
す。河川は自然の一部であり、その河
川ごとに独特な生態系を育み、流域の
住民にとって貴重な自然体験、交流の
場でもあります。この河川とどう向き
合い持続可能なものとして行くのか、
そう考えた時にヒントになるかもしれ
いと考えたのが、中国・都江堰でした。
都江堰は二千三百年前の古代水利工
で、現在までその機能を失うことなく
機能し、随所に先人の知恵を見ることが
出来ます。今回の豪雨でも問題とな
ったバックウォーター現象も、取水口
の土砂堆積防止を図り本流へと逃が
す構造部分に用いられ、維持管理作業
を容易にしているなど、その優れた土
木技術の高さには驚かされます。中央
大学研究開発機構の石川幹子教授にお
願いし、先生がご研究されているグ
リーンインフラ「林盤」とともに、悠
久の歴史に学ぶ持続可能な社会的共通
資本整備の原点についてご執筆を頂き
ました。また、表紙の写真も石川先生
を通じて、中国・都江堰市からご提供
を頂きました。

「温故知新」、先人の知恵を発展させ、
水害の低減及び河川空間の新たな創造
など、河川から享受する恩恵を持続可
能とし、我々の暮らしを将来にわたり
豊かなものとする一助となればと願う
ところです。

本号では、新しい取り組みについて
も数多くご執筆を頂きました。何かと
制限、影響のある中、ご多忙にもかかわらず
ご寄稿頂きました執筆者の皆様
や関係者に心からお礼を申し上げます。
(松澤・松本)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
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	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
安井 清貴	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
佐藤 誠治	(株)大林組
内藤 陽	(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)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	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)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
小六 陽一	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

9月号「コンクリート工、コンクリート構造特集」予告

・コンクリート工における生産性向上 ・パイロット孔が不要な押し切り式ワイヤーソー装置の開発
・世界最高級強度の吹付けコンクリート「T-HPSC100」の開発 ・動画像分析を活用したコンクリートの全量受け入れ管理システムを開発 ・山岳トンネルにおける覆工コンクリートの急速打設システムの開発 ・橋梁現場の生産性を向上させる技術開発 ・RC 栈橋上部工における汎用プレキャスト工法の開発 ・N 式凝結テスターによる打重ね管理の提案 ・働き方を変える打継ぎ目処理剤の開発 ・ポリウレタ樹脂を用いたコンクリート構造物の機能保持・向上技術
・Fc300 N/mm²クラスの超高強度・高性能コンクリートの開発と適用 ・防潮堤工事の型枠・コンクリートの施工実績 ・輝度を利用したコンクリートひび割れ画像測定に関する精度検証
・覆工コンクリート施工目地部の一体化防止材料の適用効果に関する研究

【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) 9,408 円 (税・送料込)

建設機械施工

第72巻第8号 (2020年8月号) (通巻846号)

Vol.72 No.8 August 2020

2020 (令和2) 年8月20日印刷

2020 (令和2) 年8月25日発行 (毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

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; <http://www.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	部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話 (022) 222-3915
北陸支	部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話 (052) 962-2394
関西支	部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部 〒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

N 微弱電波 U 429MHz帯特定小電力 G 1.2GHz帯特定小電力
M 315MHz帯特定小電力 S 920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



8操作
標準型
RC-5808N
15万円～



12操作
標準型
RC-5812N
17万円～



16操作
標準型
RC-5816N
19.5万円～

※ボタン配置自在

タフ ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円～



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



8操作
標準型
RC-3208N
12万円～



5操作
標準型
RC-3205M
11万円～



12操作型
標準型
RC-3212M
14万円～

マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円～



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円～

**ポケットサイズの
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

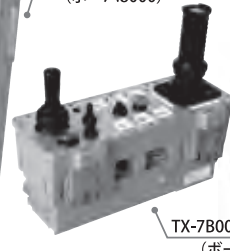
N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**

TX-6B00N/U型送信機例
(ボーパー6000)



TX-8B00N型送信機例
(ボーパー8000)



危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機

TX-7B00N型送信機例
(ボーパー7000)



双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円～

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



データケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



▼受信機



MAXサテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**

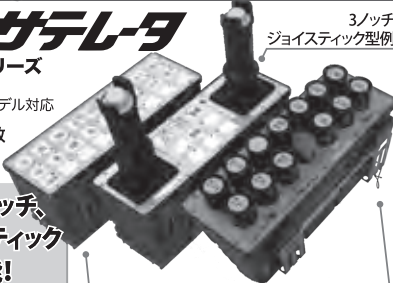


マイティサテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

リソーサ 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円～

**価格もサイズも
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・
特殊スイッチ装着可



* 価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



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/



無線化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

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為
運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らない
ので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を
少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651

URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

 **サンタナアートワークス**

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、
資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前： 所 属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

F
A
X

03-3664-0138

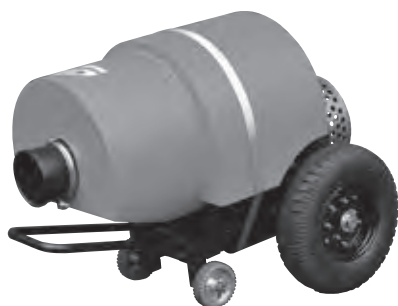
緊急排水ポンプ(車)ユニットのご提案

非常時排水に備えた、フロート式緊急排水ポンプユニット

緊急排水ポンプユニット

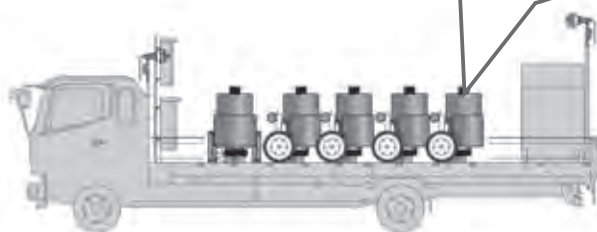
特許出願中

GR-65.5型



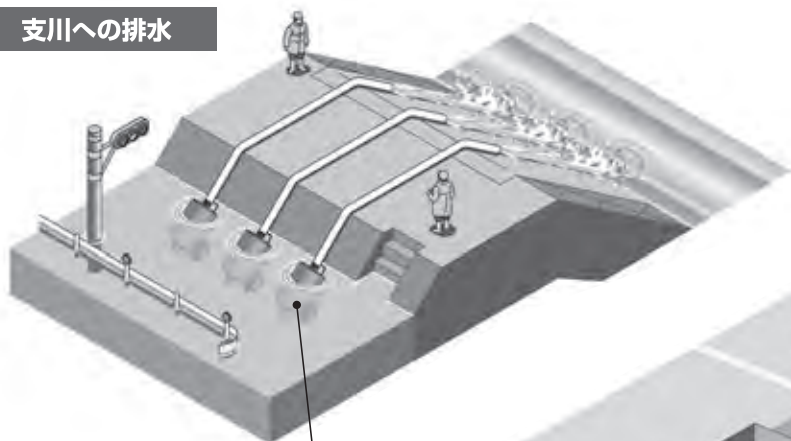
緊急排水ポンプ車

- ・排水ポンプ 150mm×5.5kW……………5台
- ・吐出しホース 150mm×30m……………5本
- ・ポンプ用制御盤……………1式
- ・発電機……………1台
- ・照明……………1式

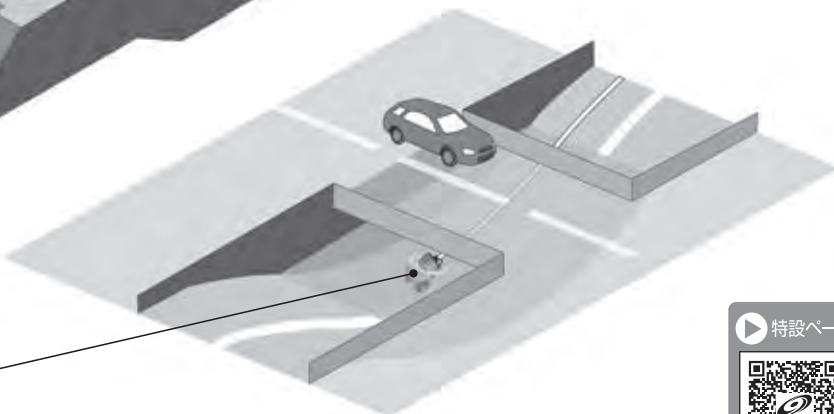


緊急時現場直行、内水排水が可能！

支川への排水



アンダーパス



緊急排水ポンプユニット

(イメージ図)



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 中部支店：TEL.(052)481-8181 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.(027)310-1122 北陸支店：TEL.(076)268-2761 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Mikasa 

<http://www.mikajas.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

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



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: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

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

ラバウンティシア 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/ガウジン/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

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/

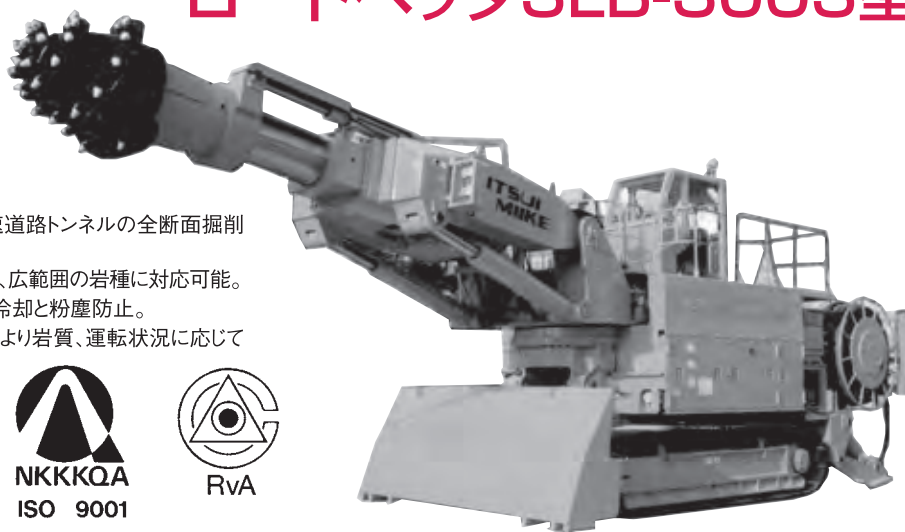
札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



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

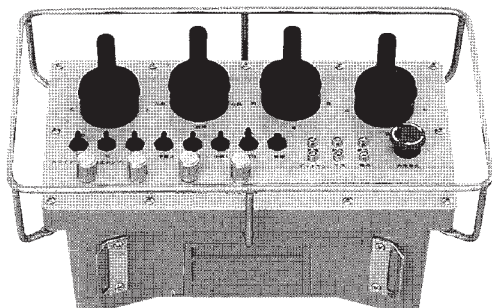
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

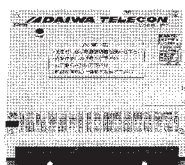
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

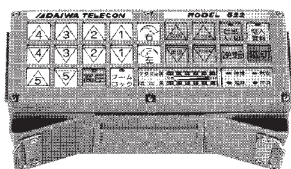
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

高性能 GNSS アンテナ

拡張現実システム
Trimble SiteVision

サンシェードで屋外視認性アップ

レイヤー表示

マシンコントロール+拡張現実
Trimble EarthWorks AR

GNSS ステータス
(衛星数、精度)

方向方位
ステータスを表示

任意断面を表示

レーザー距離計搭載で、
・バーチャル⇄リアル
・バーチャル⇄バーチャル、
・リアル⇄リアルの距離測定、
画像とメモの送信、ポイント測定、
切盛測定、法長測定が可能。

軽量の携帯ユニットに、
長時間使用できる交換可能な
充電バッテリー搭載

2D / 3D ビューセクター
2D ビューと 3D ビューのワンタッチ
切替で、現在位置を即座に把握

透明度スライダー
データを透過させることで、
多彩なバーチャルとリアルの
重ね合わせ表示が可能。

AR 対応 Smartphone
(推奨市販モデル)

拡張する 世界が変わる

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)

SITECH

Trimble
Authorized Dealer

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田 2-1-6 2 テクノポート大樹生命ビル
TEL: 03-5710-2594 FAX: 03-5710-2731

YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

雑誌 03435-8



4910034350803
00800