

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2021

建設機械施工 3

Vol.73 No.3 March 2021 (通巻853号)

特集 都市環境の整備向上 都市基盤整備



MaaSや自動運転に対応した人が主役の都市交通ターミナル



人中心の空間として再生した、まちのメインストリート

巻頭言 都市設計の先で

行政情報

- スマートシティの推進に向けた取組
- 国土交通省におけるスマートシティの取組
- 道路ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」
- 災害に強い首都「東京」形成ビジョン

交流の広場

海ごみ問題の現実と対策

技術報文

- 世帯数急減を前提とした今後の地方都市の都市計画と都市基盤整備の進め方
- ICTを活用した下水道施設Web広域監視の拡大
- 稼働中ダムの改造工事における仮締切の施工
- 建物管理プラットフォームを活用した維持管理サービス 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

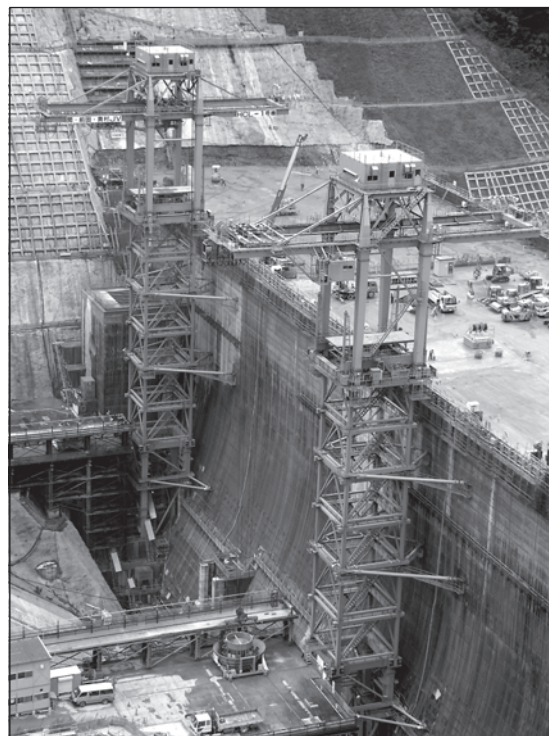
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●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。



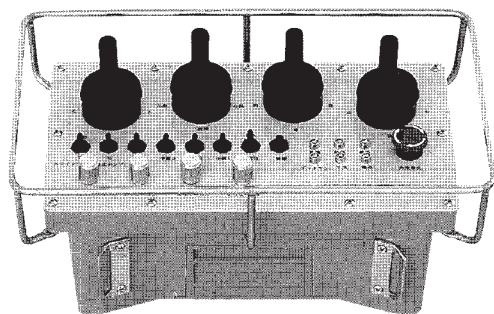
吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

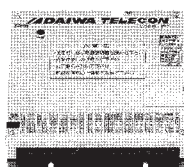
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

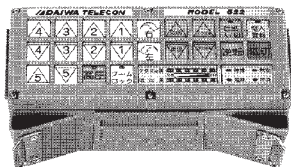
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根 227 番
TEL 0569-84-8582(直通) FAX 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

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。

- 〈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2編 工法の概要

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第4編 パーカッション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申込みの場合は別途とさせていただきます。

● 発刊 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

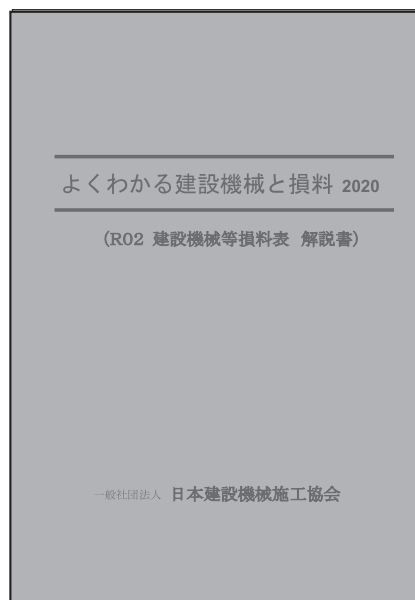
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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 *****

■発売日：令和2年5月

■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.jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 3 年 1 月	情報化施工の基礎 ～ i-Construction の普及に向けて～	2,200	1,870	700
2	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
3	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
4	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
5	R 2 年 5 月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
6	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
7	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	—
8	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	—
9	R 元年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版*	11,000	9,350	250
10	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
12	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
13	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
14	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
15	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
16	H30 年 5 月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
17	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
18	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
19	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
20	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
21	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
22	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
23	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300		250
24	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
25	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
26	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
27	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
28	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
29	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
30	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,238		250
31	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
32	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
33	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
34	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
35	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
36	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
37	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
38	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
39	H11 年 5 月	建設機械化の50年	4,400		700
40	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
41	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
42	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
43	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
44	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
45	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
46	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	11,000	9,900	700
47	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
48		建設機械履歴簿	419		250
49	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。

都市環境の整備向上，都市基盤整備

特 集

巻頭言

4 都市設計の先で

羽藤 英二 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授

行政情報

5 スマートシティの推進に向けた取組

土屋 俊博 内閣府 政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付 参事官（統合戦略担当）付 政策調査員

11 国土交通省におけるスマートシティの取組

酒井 祐介 国土交通省 都市局 都市計画課 都市計画調査室 課長補佐

17 道路ビジョン「2040 年，道路の景色が変わる」

人々の幸せにつながる道路に向けて

藤浪 武志 国土交通省 道路局 企画課 課長補佐

24 災害に強い首都「東京」形成ビジョン

山本 浄二 国土交通省 水管理・国土保全局 治水課 流域減災推進室 課長補佐
河野 禎徳 東京都 市街地整備部 防災都市づくり課 統括課長代理（防災計画担当）

特集・
技術報文

29 世帯数急減を前提とした今後の地方都市の都市計画と都市基盤整備の進め方

樋口 秀 新潟工科大学 工学部工学科 建築・都市環境学系 教授

36 宮城県上工下水一体官民連携運営事業

みやぎ型管理運営方式

田代 浩次 宮城県企業局 水道経営課 課長

41 ICT を活用した下水道施設 Web 広域監視の拡大

宮崎 哲也 長崎市 上下水道局事業部 事業管理課 下水道企画係長

46 統合分析による下水道分野の維持管理事業方式の検討手法

山口 治 ㈱奥村組 東日本支社 リニューアル技術部 工事所支援グループ グループ長
池田 元 ㈱奥村組 東日本支社 リニューアル技術部 工事所支援グループ 主任
柴田 憲一 ㈱奥村組 投資事業開発本部 新事業開発部 インフラ事業開発課 課長

54 包括的民間委託による下水道管路の維持管理

山中 明彦 パシフィックコンサルタンツ㈱ プロジェクトイノベーション事業本部 シニアテクニカルディレクター

59 インフラ施設の稼働データ分析における AI 技術の適用

マンホールポンプ AI 異常運転検知システムの紹介

小松 一登 ㈱クボタ 水環境総合研究所 担当課長

63 稼働中ダムの改造工事における仮締切の施工

西郷発電所ダムに導入した可倒式仮締切

高木 秀和 ㈱熊谷組 土木事業本部 ダム技術部 部長
中村 正雄 ㈱熊谷組 九州支店 土木部 担当部長
江島 裕章 ㈱熊谷組 九州支店 土木部 担当部長

68 下水道管きよの更生工法・形成工法

アルファライナー工法

田熊 章 東亜グラウト工業㈱ 技術開発室 室長
西尾 元樹 東亜グラウト工業㈱ 技術開発室 課長

	72	建物管理プラットフォームを活用した維持管理サービス 鈴木 雄介 鹿島建設㈱ 建築管理本部 建築技術部 技術企画グループ 課長代理
	77	覆工コンクリート打設作業の品質向上・省力化への取り組み ホース伸縮式連続打設システムの現場適用 鈴木 拓也 ㈱大林組 生産技術本部 トンネル技術部 主任 西浦 秀明 ㈱大林組 生産技術本部 トンネル技術部 副部長 松浦健太郎 北陸鋼産㈱ 技術営業部 副部長
	82	巨礫を含む砂礫地盤のシールド掘進施工実績 水害から街を守る放水路トンネル 生形 剛 大成建設㈱ 札幌支店土木部 課長
	89	音響管を用いたニューマチックケーソンの排気騒音低減装置 角田 晋相 ㈱銭高組 技術本部 技術研究所 主席研究員
交流のひろば	95	海ごみ問題の現実と対策 藤枝 繁 鹿児島大学産学・地域共創センター 特任教授, (一社) JEAN 代表理事, 漂着物学会 事務局長
ずいそう	99	新潟とお蕎麦 小柳 一太 福田道路㈱ 執行役員新潟本店長
部会報告	101	機電技術者のための講演会報告 建設業部会 機電技術者交流企画 WG
	108	新工法紹介 機関誌編集委員会
統計	109	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
	110	行事一覧 (2021 年 1 月)
	112	編集後記 (竹田・太田)

◇表紙説明◇

(上) MaaS や自動運転に対応した人が主役の都市交通ターミナル
(下) 人中心の空間として再生した、まちのメインストリート

道路ビジョン「2040 年、道路の景色が変わる」～人々の幸せにつながる道路に向けて～ は、ポストコロナの新しい生活様式や社会経済の変革も見据えながら、概ね 20 年後の日本社会を念頭に、道路政策を通じて実現を目指す社会像、その実現に向けた中長期的な政策の方向性を提案するものである。

表紙のイメージは、複数の将来像から抽出。

出典：道路ビジョン「2040 年、道路の景色が変わる」(国土交通省)

2021 年(令和 3 年)3 月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱……………表紙 3
【カ】コベルコ建機㈱……………後付 1

コマツ……………表紙 4
【ク】大和機工㈱……………表紙 2

㈱鶴見製作所……………後付 5
【マ】マシンケアテック㈱……………後付 2・3
マルマテクニカ㈱……………後付 4

三笠産業㈱……………後付 6
【ヤ】吉永機械㈱……………表紙 2

巻頭言

都市設計の先で

羽 藤 英 二



自動走行対応型都市の国際設計競技に何度か参加したことがあるのだけれど、大抵は、自動走行専用の道路と建築の一体的な設計と、乗り換え空間におけるモビリティの混在の問題が論点となる。コンペの質問では、自動走行の可能性や人間中心の都市と旧来の都市の違いを質問されることも多い。実際にコンペに勝ったプロジェクトでは、都市建設が始まっており、自動走行バスの運用が導入された都市も出始めている。今後の展開が楽しみである。

このような都市設計の現場では、最適設計理論の活用に向けた議論が始まっている。具体的には、自動走行とリモート社会、自動決済によって、都市社会が劇的な変化を遂げるから、新たな地理的圏域と都市構造のあり方を描き替えようという論調の中で、特にネットの内外でさまざまなセンサー情報を用いて、膨張を続けるバーチャル・フィジカルな領域をどのように設計すべきかは重要なテーマとされる。人々のネット内外の行動を強化学習モデルで記述し、期待効用を最大化しうるパレートフロンティア分析などの計算手法の開発が進んでいる。

一方で、新たな都市が、いつも真っ白なスケッチブックに描けるわけではない。中国の都市設計であってもこうした条件は日本と同じで、ランドスケープ上の制約条件や旧都市の歴史的背景の読み込みは必須となる。実務的な問題はもっと複雑で、設計提案と計画の間の齟齬は、契約手続きの手戻りや制約条件のやりとりや見直しを要求するし、工事図面の段階で、実はこの設計はできないといったことも起こる。そう考えると、不確実性の中で、膨大な設計—計画—施工パターンのシミュレーションが必要ということになる。

従前から、計画・設計・工事・契約の不確実性に対して、最適設計問題を考えるなら、スパコンによる並列計算が問題解決の方向性の一つとして考えられてきた。近年、こうした最適設計において、CNN（畳み込みニューラルネットワーク）を使うことで計算速度を向上させ、膨大な数の設計パターンの評価を可能にする方法論も提案されている。AI そのものはいし

て賢くはないのだけれど、なんとなくそれっぽい値＝近似を多量に計算することを生かして、賢く都市設計とその実装の現場に生かしていこうとする方法論といっていだろう。

こうした方法が、建設現場の環境情報と個々の機材の動き、工事の進捗データを用いた逆強化学習によるメタモデルと結びつくことで、建設機械施工の現場を変えていく可能性はないだろうか。都市の形がゆっくりと、あるいは災害を契機として急激に変化するとしたら、そこで求められる建設資材も、建設機器も、環境計測の不確実性も、特徴量として抽出され、ボルツマンマシンの中で、最適化され、それぞれの技術の形態と契約の変更を迫れることになるかもしれない。旧態依然とした慣習や風景は、さまざまな技術革新と価値観の更新によって、変わるかもしれない。

COVID-19 を私たちはワクチンを使って封じ込めようとしている。その一方で、この1年間に私たちは、10年早回しされたりリモート社会を体験した。災害はトレンドを加速させる。東日本大震災で、三陸沿岸の中小都市の人口減少が加速したことは記憶に新しく、南海トラフ地震や首都直下地震は、こうしたトレンドをさらに後押しすることになるだろう。COVID-19 とリモート勤務によって、首都から人口流出が始まっている。逃げ恥で描かれたような子育てを中心にした新たな生活者像を希求する生活者の声に耳を傾けたとき、今、家族や会社、コミュニティやネットに、そして都市に何ができるかが問われているのではないか。かつて、コルビュジェは、ペストの後、欧州を超えて劇的な発展を始めていた米国NY に向かい、摩天楼の建設ラッシュによって塗り替えられようとしていた（近代から現代へ向かう）都市風景の展開を、「伽藍がまだ白かった頃」で論じた。防疫と移動の進化は、時代を超えて、都市基盤整備における重要な論点たりえるのは間違いあるまい。今、新たな都市像のスケッチが求められている。

——はとう えいじ

東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授

行政情報

スマートシティの推進に向けた取組

土 屋 俊 博

スマートシティは、ICT 等の新技術を活用しつつ、マネジメント（計画、整備、管理・運営等）の高度化により、都市や地域の抱える諸課題の解決を行い、また新たな価値を創出し続ける、持続可能な都市や地域であり、Society 5.0 の先行的な実現の場と定義している。政府では関係府省庁が連携し、国内外におけるスマートシティの展開を推進している。本稿では政策の概要について紹介する。

キーワード：Society 5.0, リファレンスアーキテクチャ, 都市 OS, スマートシティ官民連携プラットフォーム

1. はじめに

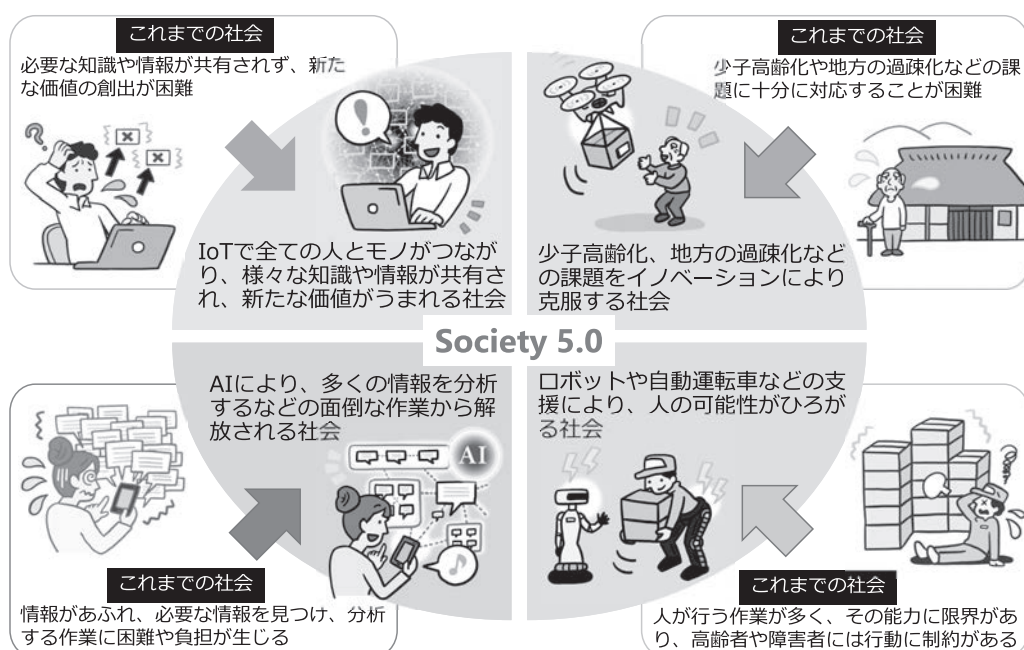
政府では、「科学技術・イノベーション基本法」に基づき、科学技術・イノベーション政策を策定している。平成 28 年 1 月 22 日には科学技術関連の 5 ヶ年計画である「第 5 期科学技術基本計画」が策定された。この計画においては、科学技術の振興によって目指す社会像「Society 5.0」の姿を定義している（図—1）。

この基本計画の年次計画として作成されている「統合イノベーション戦略」の 2020 年度版（令和 2 年 7 月に閣議決定）では、国内外の課題を乗り越え成長につなげるためのイノベーションの創出促進、Society

5.0 の実装の必要性をうたっている。そのためにスマートシティの実現を掲げている（図—2）。

近年、スマートシティのモデル事例作りを推進する事業が全国各地で進められてきた。しかし、政府が主導する事業は、事業終了後の自律的・持続的な発展が課題となっており、実証実験で終了してしまうケースが多く、また個別地域で得た知見を他地域に学びとして蓄積し、ノウハウをいかにして展開・利活用するか課題となっていた。

こうした問題意識の下、平成 31 年 3 月、官房長官のもとに設けられている「統合イノベーション戦略推進会議」において、スマートシティ事業に関する国の



図—1 Society 5.0 で実現する社会

- ◆ 新型コロナウイルス感染症や世界各地での大規模災害等の前例のない非連続な変化により、我が国のデジタル化の遅れ、スピード感や危機感の不足が露呈
- ◆ 国家間の覇権争いの中核が新興技術によるイノベーションに大きくシフトする中で、我が国の科学技術・イノベーション力の向上が喫緊の課題
- ◆ 人文・社会科学の知も融合した総合知により真の“Society 5.0”を実現するための戦略的な科学技術・イノベーション政策が必要

新型コロナウイルス感染症の影響

- ✓ 感染拡大による医療提供体制の深刻化
- ✓ 物理的接触を避けるための経済・社会活動の縮小
- ✓ 「新しい生活様式」の普及の必要性とその影響
- ✓ 研究室閉鎖、投資縮小等による研究活動の停滞

国内外の変化

- ✓ 米中を中心としたイノベーションを巡る覇権争いの激化
- ✓ GAFAs等によるデータ囲い込みと各国政府の対応
- ✓ ベンチャー投資の盛り場
- ✓ SDGsを意識した企業行動
- ✓ 世界各地で発生した異常気象・大規模災害

日本の立ち位置

- ✓ デジタル化の遅れ：主要63か国中23位(2019年)
IMD「世界デジタル競争力ランキング」
- ✓ 滞るイノベーション力：8位(2017年) → 7位(2019年)
WEF「世界競争力レポート」
- ✓ 論文数の国際シェアの減少：4位(2003年) → 11位(2016年)
NISTEP「科学技術のベンチマーキング」Top10%補正論文数

変化を踏まえた我が国の課題

- 国内外の課題を乗り越え我が国競争力の強化につなげる、持続的かつ強靱な社会サービス(医療、教育、公共事業等)や経済構造(サプライチェーン等)を構築
- 物理的な距離や精神的・心理的な社会の「分断」に対し、都市・地方や老若男女、誰一人取り残されないよう国内外の社会の「連帯」を再形成

» 危機感とスピード感を持ってデジタル化を加速し、社会システムを変革するイノベーションを創出するとともに、その源泉である研究力を強化
人文・社会科学の知も融合した総合知によって、世界をリードする持続的かつ強靱な人間中心の“Society 5.0”を実現

重点的に取り組むべき施策(Society 5.0の具体化)

① 新型コロナウイルス感染症により直面する難局への対応と持続的かつ強靱な社会・経済構造の構築

直近対応

【公衆衛生危機への対応の強化】

- 診断・治療・ワクチン開発、機器等の研究開発
- 国際連携や人材育成、行動経済学等の知見活用
- デジタル技術を活用した情報発信、感染防止

緊急支援

【停滞する科学技術・イノベーション活動への支援】

- 停滞する研究活動、産学連携活動の下支え
- 挑戦する若手起業家の育成、Gap Fundなど
- スタートアップ支援

反転攻勢と社会変革

【ニュー・ノーマルへの適応とDXの推進】

- 教育、研究、公共事業、物流等のあらゆる分野のデジタル化・リモート化(AI、スバコン、BD解析等の研究のDX)
- 人文・社会科学の知見を活用したニュー・ノーマルの構築

【強靱な経済構造の構築】

- 経済安全保障の強化(サプライチェーンの強化)
- 脱炭素社会への移行、革新的環境イノベーションの推進

② 国内外の課題を乗り越え成長につなげるイノベーションの創出

【イノベーションの創出促進とSociety 5.0の実装】

- 地方創生・住民に立った官民連携プラットフォーム等の活用によるスマートシティの実現と国際展開
- スタートアップ・エコシステム拠点都市の形成とスタートアップ支援政策の一体的な推進
- 政府事業・制度等におけるイノベーション化の拡大、未来ニーズを先取りする投資の推進
- 世界に先駆けたSTI for SDGsロードマップの推進、研究インテグリティの観点も踏まえた国際ネットワークの強化

【イノベーション創出環境の整備】

- DXの基盤としてのポスト5G・Beyond 5G等通信と次世代技術の確立、スバコン「富岳」の活用
- DFFTの実現及びデータ駆動型社会の実装、分野間データ連携基盤の整備、SINETの拡充
- 戦略的な標準の活用のための司令塔機能の構築とそれに向けた好事例・課題の洗い出し

③ 科学技術・イノベーションの源泉である研究力の強化

【研究力・研究開発の強化】

- 若手の挑戦機会や多様なキャリアパス、創発的な研究の支援による魅力ある研究環境づくり
- ファンドを創設し、その運用益を活用するなどの仕組みによる世界レベルの研究基盤の構築
- 大学の発明等を適切に評価・活用する知財マネジメントの在り方の検討
- 人文・社会科学の更なる振興、ムーンショット型研究開発など戦略的な研究開発の推進

【大学改革等によるイノベーション・エコシステムの創出】

- 大学支援フォーラムPEAKSにおける産学ニーズの把握と大学・国研の出資規定の整備
- 第4期中期目標期間に向けた戦略的な経営の検討、ガバナンスコードの運用、運営費交付金の改革

【質の高い科学技術・イノベーション人材の育成】

- STEAM・AIリテラシー教育やSociety 5.0時代に対応したリカレント教育の推進

④ 戦略的に進めていくべき主要分野

- 【基盤技術】 □ AI、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアルなど、世界最先端の研究開発、拠点形成や人材育成、計測・分析技術の高度化等を推進

【応用分野】

- 安全・安心(防災、感染症対策、サイバーセキュリティ等)に関する新たなシンクタンク機能の検討
- 環境エネルギー、健康・医療、宇宙、食料・農林水産業など、課題解決に向けた出口を見据え、産学官が連携して取組を推進

図一 統合イノベーション戦略 2020 (概要)

基本方針(①ビジョンの明確化、②アーキテクチャによる全体俯瞰、③相互運用性の確保、④拡張性の確保、⑤組織・体制の整備)が合意され、関係府省が連携してスマートシティに重点的に取り組むこととなった。

2. 多様な分野間のデータの連携に向けて

近年、「データの利活用」に焦点を当てた実証・実装が関係省庁においてそれぞれ進められている。例えば内閣府でも、「戦略的イノベーション創造プログラム」(cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program: SIP)において、データ連携に関する研究活動を進めている。SIP第1期(平成26～30年)においては、モビリティ、防災、農業など、分野ごとにデータ基盤をつくり、自動運転の基盤となるダイナミックマップ(工事、渋滞などの情報を紐づけた高精度3次元地図)の整備や、平常時・災害時を越えたデータ連携による基盤的防災情報流通ネットワーク(SIP4D)の実用化などの成果を挙げてきた。交通、エネルギー、インフラ、防災、物流、観光、健康・医療、金融等の多様なデータの連携により、様々なサービスを展開し、スマートシティの実現につながるこ

が期待される。

その際、様々な分野において活用されているデータを相互運用するためには、分野をまたがるデータの共有をするための様々な取り決めが必要となる。そこで政府では「Society 5.0のリファレンスアーキテクチャ」として、「戦略・政策」「ルール」「組織」「機能」「データ」「データ連携」「アセット」そして「セキュリティ・認証」といった、どんな分野でも検討が必要となるような要素の分類を行った(図一3)。

他方、各々の地域において、その地域特有の課題解決を目指したスマートシティ化の検討が進んでいるが、今後日本全体でスマートシティの取組が進むことを想定すると、いくつかの問題が想定される。例えば、①分野、都市毎に個別に実装がされ、他地域とのデータの相互運用が図られにくい、②分野間でサービスが統合されず、住民の利便性が向上しにくい、③構築されたシステム、サービスの再利用ができず、社会全体としての開発コストが高止まりする、といった問題である。データの連携という観点では、当初から、全国共通なスマートシティのサービスを生むための、多様なデータの利活用を行う共通の基盤が用意されているのが理想ではあるが、実際にはどういったデータを

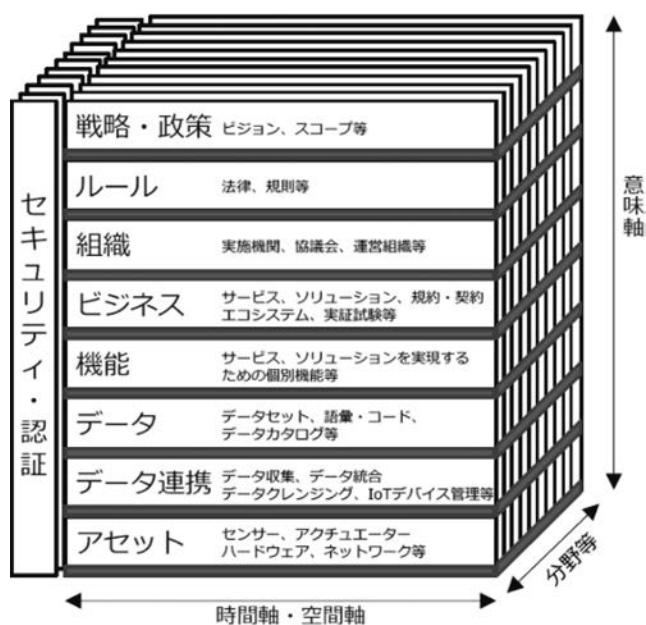


図-3 Society 5.0 のリファレンスアーキテクチャ

集めていくと役に立つかは、実際にスマートシティを構築する当事者でなければわからないところもある。社会ニーズが先か基盤の設計が先か、については様々な議論があるが、お互いが顔を見合わせ、整備を待っているようでは先に進まない。そこで、先行的にスマートシティに取り組んでいる地域のやり方を参照し、共通的な項目を吸い上げ、今後スマートシティを作っていく地域において参照できるような手順、設計、すなわちアーキテクチャが必要である。

ここではいわゆるスマートシティを構築するために必要な全体像を俯瞰する設計図をアーキテクチャと呼ぶ。ドイツが提唱する Industry4.0 においてもアーキテクチャを活用し、各企業のデータやシステムを個別機能、ルール、データ、アセットなどの構成要素に分解し、関係性を可視化することで関係者間の相互理解を円滑に進めている。同様に、スマートシティにかかわる自治体、市民、民間企業、研究機関といった方々同士で言葉の定義を揃え、どういった部分の議論を行うか、の参照になるものとして設定している。

SIP 第2期（平成30～令和4年）では、さまざまな分野のデータがつながる分野間データ連携基盤の整備を開始し、令和4年度までに本格稼働させるべくプログラムを進行させている。

令和元年度には、前述の「Society 5.0 のリファレンスアーキテクチャ」に基づき、スマートシティ分野におけるアーキテクチャの構築・実証研究事業を行った。関係府省が連携して「スマートシティアーキテクチャ検討会議」を発足し、有識者とともに、スマートシティの基盤となるプラットフォームの相互運用性や

機能の拡張性を確保するために参照すべき「リファレンスアーキテクチャ」の構築を行った。

令和2年度からは、各府省のスマートシティに採択された事業はこのリファレンスアーキテクチャを参照しながら構築されている。各々の都市のデータを互いに参照でき、さまざまな民間企業、大学、NPO が参画できるような拡張性を確保していく。

3. リファレンスアーキテクチャの構成

このスマートシティリファレンスアーキテクチャは「Society 5.0 リファレンスアーキテクチャ」の構成に倣い、構成されている。構成要素は以下の通りであり、各地でスマートシティを構築する際に各項目について検討いただく形で参照いただきたい（図-4）。

(1) スマートシティ戦略・政策

各地域の課題を踏まえて大目的を制定し、階層構造のある目標に整理した上で具体施策にまで落とし込むことで、統一感のあるスマートシティ戦略を構成する。

(2) スマートシティルール

スマートシティの計画を実施・運営し、様々な施策やサービス提供を実施するにあたっては、国等の定める関連法令を順守することは当然必要であるが、より効果的にスマートシティを推進し、また利用者目線に立ったサービス提供を行うためには、スマートシティ組織の運営やサービス提供に関する適切なルールを各地域において策定し運用することも重要である。

(3) スマートシティ組織

スマートシティに関わるプレーヤーの位置づけを整理。包括的な推進及び運営を行う「推進主体」に加えて、受益者、サービサー、アドバイザー、監視・チェック者及び投資家・データ等提供者が考えられる。

(4) スマートシティビジネス

ビジネスモデルは、提供されるサービスや構成組織・プレーヤーなど各スマートシティの種類に応じて多様な選択肢があり、参考として3種類のビジネスモデルのイメージを例示している。また、施策の提供においては、施策設計段階から利用者を巻き込み、彼らの「エンドツーエンド」でのニーズを捉えた「利用者中心」性が重要であり、その方法を示す体験デザインを紹介している。

- Society 5.0をベースに導出したアーキテクチャ構造を、利用者中心性および外部との相互運用に焦点を当てた形で、構成要素間の関係性と共に図示

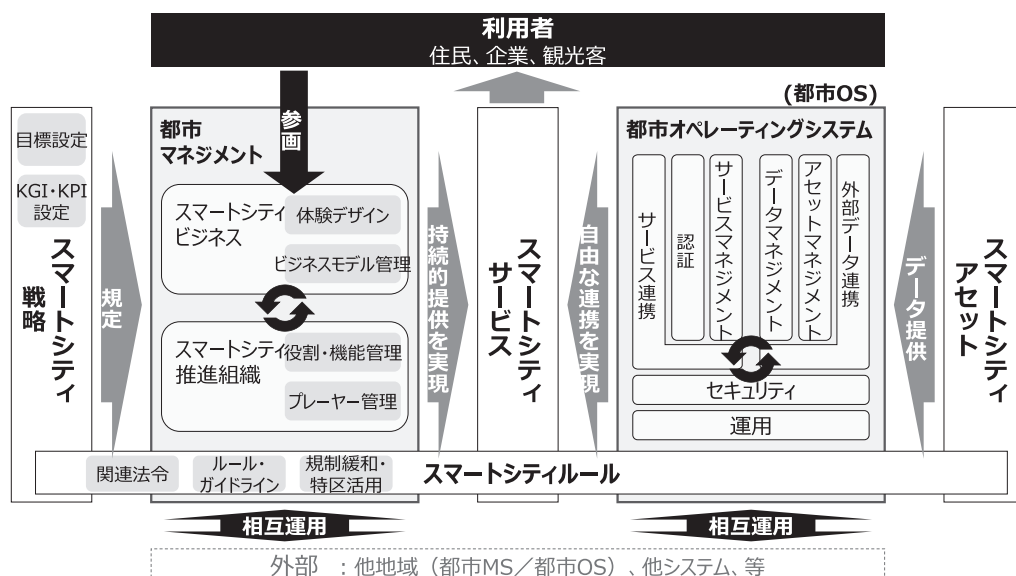


図-4 スマートシティのリファレンスアーキテクチャ

(5) スマートシティの都市 OS（機能・データ・データ連携）

①相互運用（つながる）、②データ流通（ながれる）、③拡張容易（つづけられる）、という仕組みを具備するための機能ブロックを定義。スマートシティのユースケースに合わせた機能選択・追加を可能にすることが重要である。

(6) スマートシティアセット

主にその都市に関連する資産や資源であり、都市OSを通してデータ化や制御され得るものである。課題を解決するために必要なデータの生成を目的とし、資産や資源をデータ化するためのデバイスや、それらを都市OSに連携するためのネットワークや中継機器等から構成される。生成されるデータの例としては、地域に設置されている様々なIoTセンサー等のセンサデバイスから生成される河川・潮位水位等の環境データ、公共交通の運行状況データ、防犯カメラ画像データ、地域内の利用者が所有する自動車やスマートフォンが取得する位置情報等がある。

利用者に提供するスマートシティサービスにより、必要なスマートシティアセットが異なる。

4. リファレンスアーキテクチャの狙い・効果

上記を踏まえ、今後国内では統一されたスマートシティリファレンスアーキテクチャ構築により、

- ①都市課題の解決にスマートシティを活用する際

に、産官学が共通指針とすべきリファレンスを提供する

- ②都市内／間のサービス連携や各都市における成果の横展開を容易にする。また、国内における成功モデルを、同じ課題を抱える世界各国の都市へ展開可能にする

- ③スマートシティの共通実行環境（都市OS）上でのサービス開発に投資を集中できるようにし、新たなビジネスモデルの創出を促進する、といったことを狙い、効果を創出する

なお、このリファレンスアーキテクチャは内閣府のWebサイトにて「ホワイトペーパー」としてまとめられている。また、初めて読む方、スマートシティの検討・構築を行う方向けに「リファレンスアーキテクチャの使い方」として理解しやすいハンドブックを公開している（図-5）。

また、各地でのスマートシティの推進に向けては、ベンダーに過度に依存するのではなく自治体や地方の大学、産業界、地域のステークホルダーが地域課題の解決に参画するような体制をつくっていくことが肝要である。

5. スマートシティの普及展開に向けて～産官学の連携の場

令和元年8月に合計459の自治体・企業・研究機関などを会員とする「スマートシティ官民連携プラットフォーム」を4府省（内閣府・総務省・経済産業省・



スマートシティ実現に必要な構成要素や実装指針を体系的に整理したリファレンスアーキテクチャ詳細版。全体の構造や要件を理解するために活用



アーキテクチャに基づき地域課題を解決する具体的な手順で活用方法を解説。普及促進ツール

図—5 ホワイトペーパーと「リファレンスアーキテクチャの使い方」

国土交通省)の共同で設立した。このプラットフォームには、スマートシティに関わる関係府省の他、スマートシティ関連の代表的な6つの事業に採択された企業、大学・研究機関、地方公共団体等が参加している。具体的な事業および採択事業数としては、総務省の「データ利活用型スマートシティ推進事業」や、国土交通省の「スマートシティモデル事業」「日本版MaaS推進・支援事業」経済産業省による「パイロット地域分析事業」、内閣府地方創生推進事務局の「未

来技術社会実装事業」そして前述の内閣府「SIP アーキテクチャ構築・実証研究事業」である。

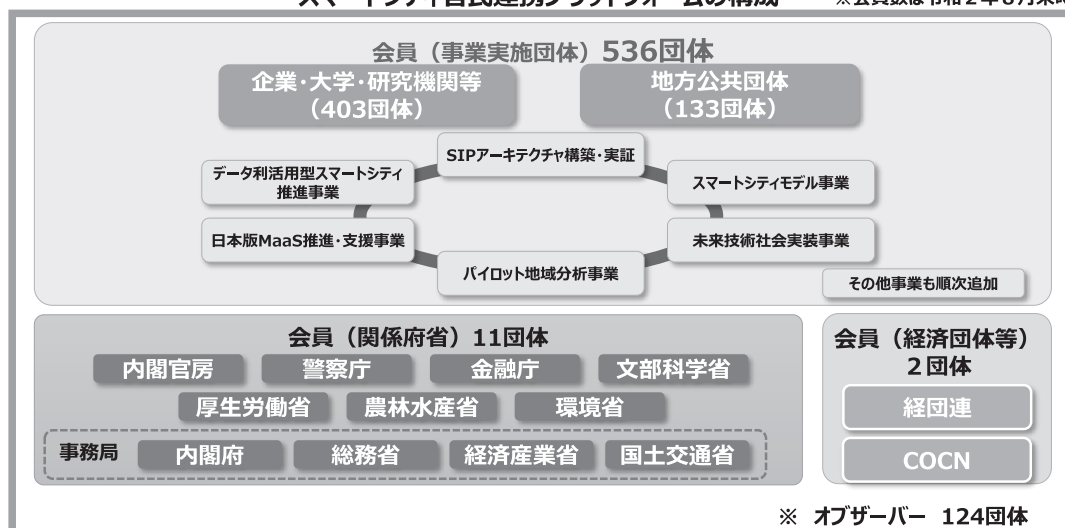
その後、令和2年度の各府省事業に採択された企業、大学・研究機関、地方公共団体等が新たに加わり、現在(令和2年8月末時点)は536の団体、124のオブザーバーに参加いただいている(図—6)。

2019年8月のプラットフォーム設立以来、上記事業を一元的に参照できるWebサイトを作成・公開した。(参考: <http://www.mlit.go.jp/scpf/>) また、関

- 2019年8月、内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省は、スマートシティの取組を官民連携で加速するため、企業、大学・研究機関、地方公共団体、関係府省等を会員とする「**官民連携プラットフォーム**」を設立。
- 会員サポートとして、①事業支援 ②分科会 ③マッチング支援 ④普及促進活動 等を実施。
- 各地域のスマートシティ推進の支援拠点づくりや次世代に向けた人材育成につなげる

スマートシティ官民連携プラットフォームの構成

※会員数は令和2年8月末時点



図—6 スマートシティ官民連携プラットフォーム

係府省が個別地域におけるスマートシティ事業に対する実装支援を実施したり、会員間で共通的な課題の検討・対策を行う「分科会」を編成した。その他、情報交換や自治体と企業のマッチング等を展開していく。このプラットフォームを軸に、官民が一体となって全国各地のスマートシティの取組を強力に推進していく。

6. おわりに

以上の通り、国内における情報共有の仕組みとしての官民連携プラットフォームの形成、各地域において効率的なスマートシティの実装に向けた共通アーキテクチャの構築、さらには国際展開を見据えて、海外の都市との連携によりスマートシティの推進を行っている。また、令和2年度は「国家戦略特別区域法の一部を改正する法律」が成立し、「まるごと未来都市」と表現する「スーパーシティ」構想の実現に向けた取組みも本格化していく。スマートシティの特別版と表現するスーパーシティの推進により、全国のスマートシティの検討が進むことが期待される。

Society 5.0は抽象的な社会像を示したものであるが、各都市のデジタルトランスフォーメーションや科学技術の活用等、スマートシティの社会実装を進めていくなかで、Society 5.0の具体的なイメージを共有し、より多様で、地域格差を克服した、人間が主役となった活力ある社会の実現を目指していきたい。

J C M A

《参 照》

SIP サイバー / アーキテクチャ構築及び実証研究の成果公表

<https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20200318siparchitecture.html>

スマートシティ官民連携プラットフォーム

<https://www.mlit.go.jp/scpf/>

内閣府国家戦略特区（スーパーシティ構想）

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>

【筆者紹介】

土屋 俊博（つちや としひろ）

内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付

参事官（統合戦略担当）付 政策調査員



行政情報

国土交通省におけるスマートシティの取組

酒井 祐介

国土交通省では、関係府省との連携のもと、AI、IoT等の新技術をまちづくりに取り入れた「スマートシティ」の取組を積極的に推進している。具体的には、全国の牽引役となる先駆的な取組を行う「先行モデルプロジェクト」等を選定し、プロジェクトの社会実装に向けて、財政的な支援や国土交通省らの職員をモデルプロジェクト地区へ派遣しハンズオン支援等を実施している。本稿では、国土交通省におけるスマートシティの取組について紹介する。

キーワード：Society 5.0, スマートシティ, 課題オリエンテッド, 全体最適, 公民連携, モデルプロジェクト, 実行計画, 社会実装

1. はじめに

少子高齢化、東京一極集中と地方の衰退等、我が国の都市・地域を取り巻く社会経済情勢は依然として厳しい状況にある。こうしたなか、IoT、ロボット、人工知能（AI）、ビッグデータといった社会の在り方に影響を及ぼす新たな技術の開発が進んできており、これらの先端技術をあらゆる産業や社会生活に取り入れ、経済発展と社会的課題の解決を両立していく新たな社会である「Society 5.0」の実現を政府として目指しているところである。Society 5.0とは、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会のことであり、スマートシティはSociety 5.0のショーケースとして中核的な取組として位置づけられている。本稿では、我が国におけるスマートシティの動向について概観し、国土交通省におけるスマートシティの取組について紹介する。

2. 我が国におけるスマートシティの動向

先に述べたとおり、スマートシティはSociety 5.0のショーケースとして中核的な取組と位置づけられており、各種の政府方針等においてその取組の推進が求められている。例えば、平成31年4月に開催された第6回経済財政諮問会議では、「IoT等の新技術を活用したスマートシティをまちづくりの基本」とし、戦

略的に推進していく旨の総理発言があったほか、令和2年7月に閣議決定された「統合イノベーション戦略2020」等では、スマートシティの実現を通じてSociety 5.0の本格的な社会実装を行うこと等が位置づけられている。

このような状況のなか、政府としては、官房長官を議長とする閣僚会議である統合イノベーション戦略推進会議を司令塔に、各府省局長級のメンバーにより構成されるイノベーション政策強化推進チームにおいて、具体の議論を重ねながら、関係府省連携と連携し、スマートシティの取組を進めているところである。

3. 国土交通省が考えるスマートシティ

(1) スマートシティとは

国土交通省においては、平成30年8月に『スマートシティの実現に向けて～中間とりまとめ』を策定したところであり、スマートシティを『都市の抱える諸課題に対して、ICT等の新技術を活用しつつ、マネジメント（計画、整備、管理・運営等）が行われ、全体最適化が図られる持続可能な都市または地区』と定義している（図1）。

2010年頃にスマートシティという用語が使われ出した頃には、エネルギーをはじめとした「個別分野特化型」の取組みが中心であったが、近年は、ICT・データ利活用型スマートシティとして、「環境」、「エネルギー」、「交通」、「医療・健康」等、複数分野に幅広く取り組む「分野横断型」を謳う取組みが増加しており、

スマートシティ

⇒ 都市の抱える諸課題に対して、ICT等の新技術を活用しつつ、マネジメント（計画、整備、管理・運営等）が行われ、全体最適化が図られる持続可能な都市または地区



図一1 スマートシティの定義

海外では、デンマーク・コペンハーゲンの「Copenhagen Connecting」のほか、国家を挙げてスマートシティに取り組む事例が出現し、中国の「雄安新区」、シンガポールの「バーチャルシンガポール」などがある。

(2) スマートシティが実現する社会

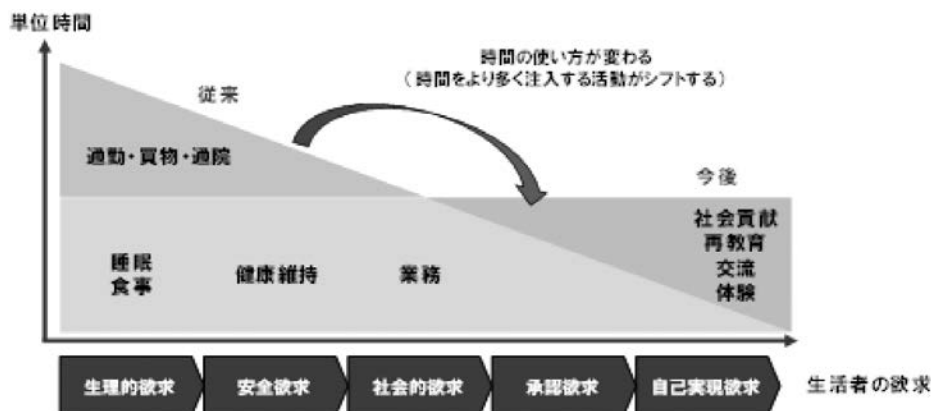
生活者の視点としては、スマートシティが実現した社会では、生活者は、物理的な距離や時間的な制約から解放され、削減・短縮された余剰の時間について、本当に時間を使いたい活動や、付加価値の高い活動、つまり、「人に出会い、交流の中で啓発を受けること」「希有な物品の展示を見に行き、感動すること」「共通の目的や趣味をもつコミュニティの活動に参加し、現場でモチベーションを共有すること」などといった様々なヒト・モノ・コトに出会うための経験的な活動に対し、より多くの時間を注入できるようになる（図一2）。

行政をはじめとする都市の管理者・運営者の視点としては、計画、整備、管理・運営の面で従来の都市管理、経営手法とは大きく異なるプロセスが実現できる可能性があり、具体的には①静的データ利用から動的データの利用へ、②マクロの視点からミクロの視点へ、③エピソードベースからエビデンスベースへ、④分野個別の解から分野横断の解への4つの観点で、管理者・運営者の視点の変化が想定される（図一3）。

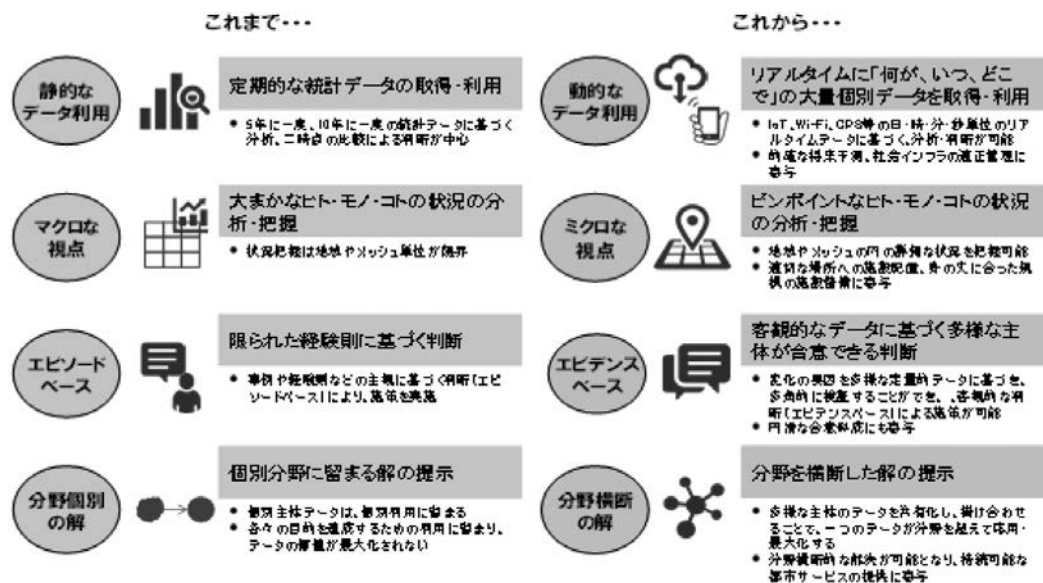
(3) スマートシティの基本コンセプト

スマートシティを推進していくにあたっての基本的な考え方として、以下のコンセプトを掲げているところである。

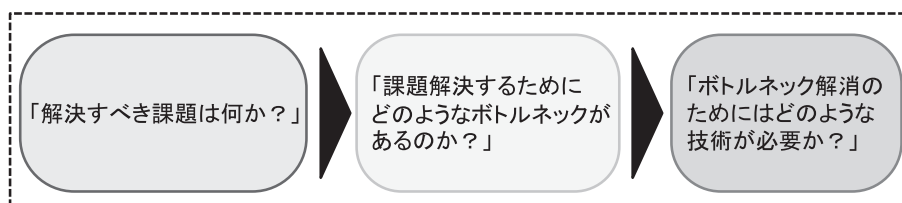
①技術オリエンテッドから課題オリエンテッドへ
新技術によって、都市が抱える諸課題を解決するスマートシティで重要な要素は、解決すべき課題の設定が曖昧なままに、やみくもに技術を使うことを優先し



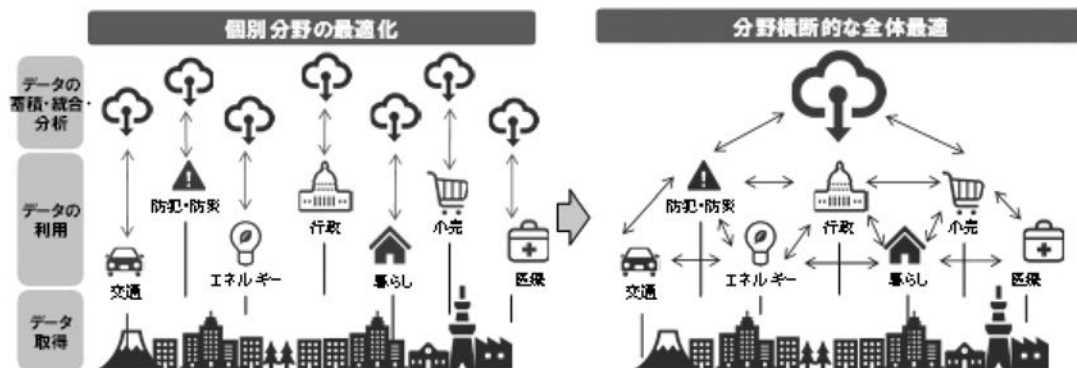
図一2 生活者の視点のイメージ



図一 都市の管理者・運営者の視点イメージ



図二 課題オリエンテッドの考え方



図三 個別最適全体最適のイメージ

てしまうこと、つまり、技術オリエンテッドの取組みになってしまうことである。都市に住む人のQOLの向上がスマートシティの目指すべき目的であり、持続可能な取組みとしていくためには、都市のどの課題を解決するのか？何のために技術を使うのか？その技術を使って何がしたいのか？を常に問いかけ、まちづくりの明確なビジョン、計画を持つことや、それらの達成にあたっては何が課題となっているのかを意識した上で取組を進めていくことが必要である（図一4）。

②個別最適から全体最適へ

これまでのスマートシティの取組みにおいては、エネルギー利用の最適化、気象観測データに基づく防災

情報の迅速な提供など、様々な分野でICT等の新技術の導入によってこれまで想定すらできなかったような最適解の発見と具体化を実現してきている。しかし、元来、都市は多様な主体が多様な活動を行っている場であり、1つの分野、あるいは1つの主体にとっての最適解が都市全体にとっての最適解にならない場合が多々あることから、都市計画とは分野間、主体間の総合調整、合意形成により全体最適を目指す営みそのものとなっており、都市全体の観点からの全体最適を提供することをスマートシティの取組みのコンセプトとする（図一5）。全体最適化を進めるにあたっては、各分野のデータを共通プラットフォーム上で統合

的に管理・分析するなど、主体間の連携・協働とともに、データや技術を連携することが重要である。

③公共主体から公民連携へ

スマートシティの取組みを持続可能なものにしていくためには、ステークホルダー間で課題の認識、住民の希望等を共通認識として持った上で都市の課題解決に取り組まなければならない。そこで、重要となるのが、共通の理解と認識の場となる「プラットフォーム」となり得る協議会等である。協議会等によりまちづくりのビジョンの策定、各々の利害やスマートシティの重要な要素となる情報の取扱い、さらに、整備された次世代技術の陳腐化の防止や継続的な維持更新に向けた方針など整備以後のマネジメントまで含めた包括的な調整をしながら、整備に向けた検討を進めていく体制の構築が重要となる（図－6）。

4. 企業、自治体等からのシーズ・ニーズ提案

モデル事業の実施を含め、政府を挙げてスマートシ

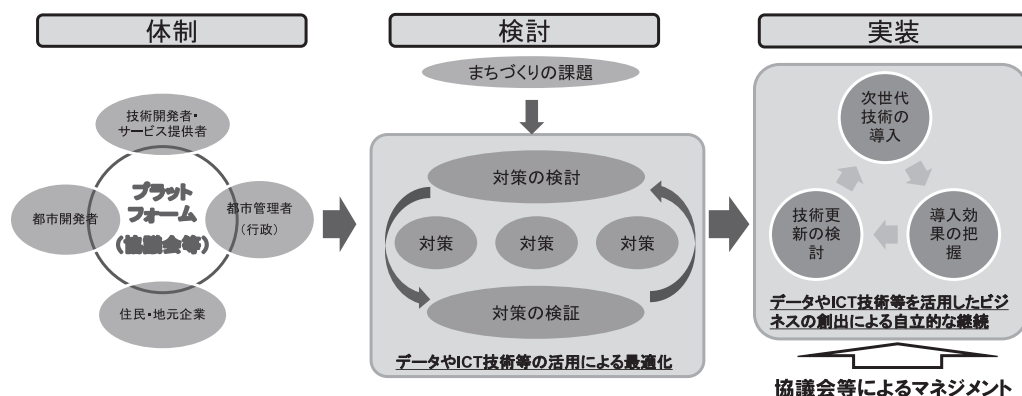
ティ施策を進める上での参考とするため、民間事業者等および地方公共団体を対象に、まちづくりに活用している技術や、まちづくり上の課題に関するシーズ・ニーズ調査を実施した。その結果、146の企業・大学等の団体からシーズの提案、61の地方公共団体からニーズの提案（図－7）があり、地方公共団体のニーズと企業のシーズのマッチング等、各地域の取組へ活用されることを期待する観点から、提案内容を国土交通省都市局 HP に掲載している。

(https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/toshi_city_plan_tk_000044.html)

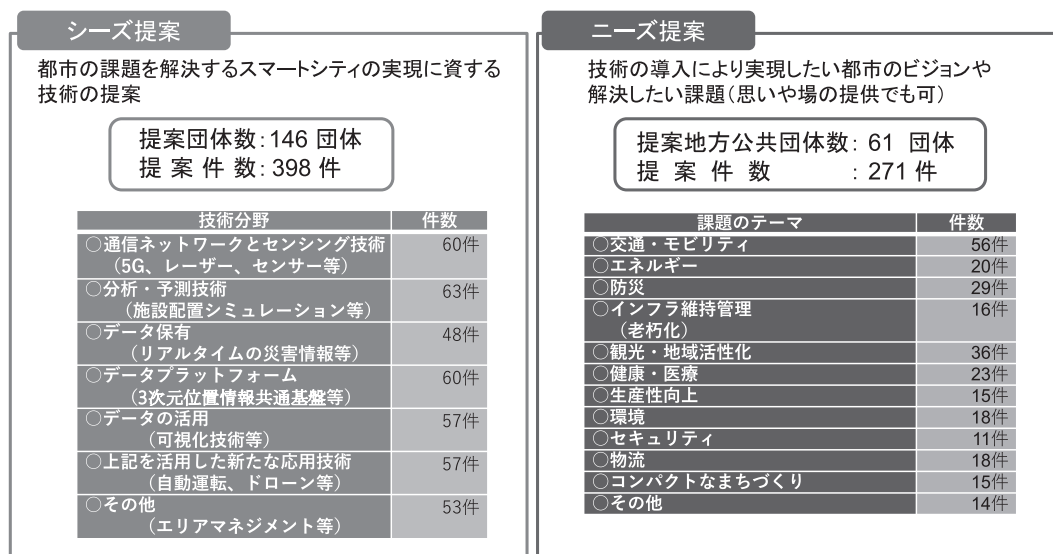
5. モデル事業の選定と実行計画の策定

(1) モデル事業の選定

先に述べたコンセプトを念頭に、平成31年3月に都市・地域における課題の解決を図るべく、民間企業、地方公共団体等が連携し、持続可能で分野横断的な取組の早期実装に向けたモデル事業の募集を行った。



図－6 推進体制のイメージ



図－7 スマートシティの実現に向けたシーズ・ニーズの提案募集結果

表一 先行モデルプロジェクト一覧

番号	プロジェクト実施地区	対象区域
1	北海道 札幌市	市の中心部および郊外
2	秋田県 仙北市	市全域
3	茨城県 つくば市	市全域
4	栃木県 宇都宮市	市全域
5	埼玉県 毛呂山町	町全域
6	千葉県 柏市	柏の葉キャンパス駅周辺
7	東京都 千代田区	大手町・丸の内・有楽町エリア
8	東京都 江東区	豊洲エリア
9	静岡県 熱海市 下田市	熱海市市街地 下田市市街地
10	静岡県 藤枝市	市全域
11	愛知県 春日井市	高蔵寺ニュータウン
12	京都府 精華町 木津川市	けいはんな学研都市 (精華・西木津地区)
13	鳥取県 益田市	市全域
14	広島県 三次市	川西地区
15	愛媛県 松山市	中心市街地西部
16	埼玉県 さいたま市	大宮駅・さいたま新都心周辺地区
17	東京都 大田区	羽田空港跡地第1ゾーン
18	新潟県 新潟市	中心市街地
19	愛知県 岡崎市	乙川リバーフロント QRUWA地区
20	大阪府 大阪市	うめきた2期地区、夢洲地区
21	兵庫県 加古川市	市全域
22	熊本県 荒尾市	南新地区

その中から、事業の熟度が高く、全国の牽引役となる先駆的な取組を行う「先行モデルプロジェクト」を15事業、選定した。また、国が重点的に支援を実施することで事業の熟度を高め、早期の事業化を促進していく「重点事業化促進プロジェクト」を23事業、選定した。

また、令和2年度もモデルプロジェクトの追加公募を行い、先行モデルプロジェクト7事業、重点事業化促進プロジェクト5事業が追加で選定された(表一1, 2)。

(2) スマートシティの実装化のポイント

これらの事業に対しては、内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省が事務局を務めるスマートシティ官民連携プラットフォームの枠組みを活用し、関係府省とも連携しつつ、国土交通省らの職員をモデルプロジェクト地区へ派遣し、ハンズオン支援を行っているところである。

このハンズオン支援等を通じて得られた知見として、スマートシティを着実に推進し実装化していく上でのポイントは以下の通りであると考えている。1つ

表二 重点事業化促進プロジェクト一覧

番号	プロジェクト実施地区	対象区域
1	宮城県 仙台市	泉パークタウン
2	茨城県 守谷市	市全域
3	群馬県 前橋市	市全域
4	神奈川県 横浜市	みなとみらい21地区
5	神奈川県 川崎市	新百合ヶ丘駅周辺地区
6	神奈川県 横須賀市	市全域
7	福井県 永平寺町	町全域
8	岐阜県 岐阜市	市全域
9	岡山県 倉敷市	中心市街地
10	広島県 呉市	市全域
11	広島県 福山市	市全域
12	徳島県 美波町	町全域
13	香川県 高松市	市全域
14	愛媛県 新居浜市	市全域
15	福岡県 福岡市	九州大学箱崎キャンパス跡地等及び周辺地域
16	長崎県 島原市	島原半島
17	福島県 南相馬市	市全域
18	茨城県 水戸市	市全域
19	埼玉県 熊谷市	市全域
20	東京都 東村山市	市全域
21	石川県 加賀市	市全域

※灰色は R2 年度に追加選定された地区

目が取組を牽引し、関係者間調整を担う組織・人材が充実していることである。専門的な ICT 技術だけではなく、経営や行政などあらゆる専門分野間の調整をし、取組を牽引する組織・人材が必要である。例えば、柏市における UDCK や松山市における UDCM は、研究機関や民間企業との連携を通じて、プロジェクトを牽引する立場を担っている。

2つ目が官民各種のデータにおけるオープンなデータ領域を確保することである。例えば、ある法人においては、かつてプラットフォーム上のデータをオープン（公開）領域とクローズ（非公開）領域に分け、クローズ領域は有償での提供を行っていた。

最後に、コンソーシアム構成員におけるデータ・導入技術等にかかる協調領域と競争領域との区分が明確化していることである。この際、可能な範囲で協調領域を広く確保し、コンソーシアム構成員相互に保有するデータ、導入技術を共有することが必要である。例えば、東京都千代田区大丸有エリアでは、業種を超えてコンソーシアム構成員が保有する電力使用量や人々の消費活動データ等を共有し、新たなサービスを創出する社会実験を民間イノベーションプラットフォームで検討している。

(3) 実行計画の策定

こうしたハンズオン支援や資金面での支援を行ってきたところ、令和元年度に選定された15の先行モデルプロジェクトにおいては、都市・地域における将来像、将来像の実現にむけた課題・取組、取組の社会実装に向けたロードマップ、社会実装後の持続可能な取組体制等を示した「スマートシティ実行計画」が策定されたところである。各事業の概要については以下のURLを参照されたい。

(https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi07_hh_000154.html)

今後、この実行計画に基づき、各地でスマートシティが社会実装されるよう、関係府省連携のもと、引き続き支援していく所存である。

6. おわりに

これまで国土交通省におけるスマートシティの取組等について概観してきた。

引き続き、これらの取組を通じ、関係省庁と連携しながらスマートシティの取組を推進していく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

酒井 祐介（さかい ゆうすけ）
国土交通省
都市局 都市計画課 都市計画調査室
課長補佐



行政情報

道路ビジョン「2040年、道路の景色が変わる」 人々の幸せにつながる道路に向けて

藤 浪 武 志

国土交通省では、社会資本整備審議会道路分科会基本政策部会の提言として、令和2年6月に「2040年、道路の景色が変わる」を発表した。「2040年、道路の景色が変わる」は、ポストコロナの新しい生活様式を見据えながら、道路政策を通じて実現を目指す未来・社会像と中長期的な政策ビジョンとしてとりまとめたものである。本稿では、本ビジョンの概要や、実現に向けての課題等について紹介する。

キーワード：道路、ビジョン、ポストコロナ、政策、技術革新

1. はじめに

現代社会は、あらゆるものが変化し、不確実性、複雑性、曖昧さが増している。コロナ禍のように突如発生するパンデミックや急速に進む技術革新など、予測困難な事象が多数存在し、明確な未来を見通すことは極めて難しい状況である。しかし、未来は必然的にもたらされるものではなく、我々が積み重ねる意志決定により作り上げるべきものではないだろうか。

国土交通省では、社会資本整備審議会道路分科会基本政策部会の提言として、ポストコロナの新しい生活様式を見据えながら、「2040年、道路の景色が変わる」と題し、道路政策を通じて実現を目指す未来・社会像と中長期的な政策ビジョンをとりまとめた。

本ビジョンの策定にあたっては、有識者の意見に加え、新たな試みとして、中堅職員の提言も反映するなど、これまでとは異なるプロセスを採用した。

2. 道路の役割再考 ～「進化」と「回帰」～

2015年9月の国連サミットで採択された、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す「SDGs」は、「誰一人取り残さない」をスローガンとして掲げ、地球上のすべての人々の幸せの実現を目指すものである。本ビジョンでも、「人々の幸せの実現」を道路政策の原点に置き、道路が果たすべき役割を再考した。

道路の役割の1つは、移動のための空間の提供である。過去20年間を振り返れば、移動の効率性、安全性等の社会的課題に改善が見られるものの、解消までには至っていない。一方、技術革新により、人・モノ・

サービスの移動の効率性、安全性を極限まで高めた道路へ進化するチャンスを迎えているといえる。

道路は、人々が交流しコミュニケーションを育む場でもある。かつて道路は、子供の遊び場や大人の井戸端会議の場としても活用されていた。私たちの幸せの実現のためには、道路を人々が滞在し交流できる空間に回帰することが求められているのではないだろうか。

3. 道路の景色はどう変わる？ ～5つの将来像～

ビジョン策定のにあたり、デジタル革命の進展、価値観やライフスタイルの多様化等に伴い、私たちの「移動」がどのように変わり、「道路の景色」がどう変化するのか、5つの将来像を予測した。

(1) 通勤帰宅ラッシュが消滅

通信の高速大容量化が進展しバーチャルコミュニケーションが可能となり、満員電車による通勤等の義務的な移動が激減すると予測される。居住地から職場までの距離制約が無くなり、自然や観光資源の豊かな郊外や地方への移住・定住が増加するであろう。

(2) 公園のような道路に人が溢れる

旅行や健康のためのウォーキング等、楽しむ移動が増加すると予測される。道路空間が、人が外出したくなる壮大な「アメニティ空間」となり、道路空間が変わることで、まちそのものの景色も変わるであろう。

(3) 人・モノの移動が自動化・無人化

自動運転の普及により交通事故は劇的に減少するとともに、マイカー所有からシェアリングが中心となると予測される。自動化の進展が無人物流を普及させ、「小型自動ロボット」等が道路を走り回るであろう。

(4) 店舗（サービス）そのものが移動

完全自動運転化により、飲食店や医院などの小型店舗型サービスが道路上を移動するようになるであろう。中山間地域では、移動小型店舗が道の駅等と連携し、買い物や医療などの日常生活を支えるであろう。

(5) 災害時に被災する道路から救援する道路へ

災害発生時に道路ネットワークが速やかに災害モードに切り替わり、避難、救援、物資輸送等に係る交通が確実にモニタリング・誘導され、人命救助、被災地の速やかな復旧に最大限力を発揮するであろう。

4. 道路行政が目指す「持続可能な社会の姿」と「政策の方向性」

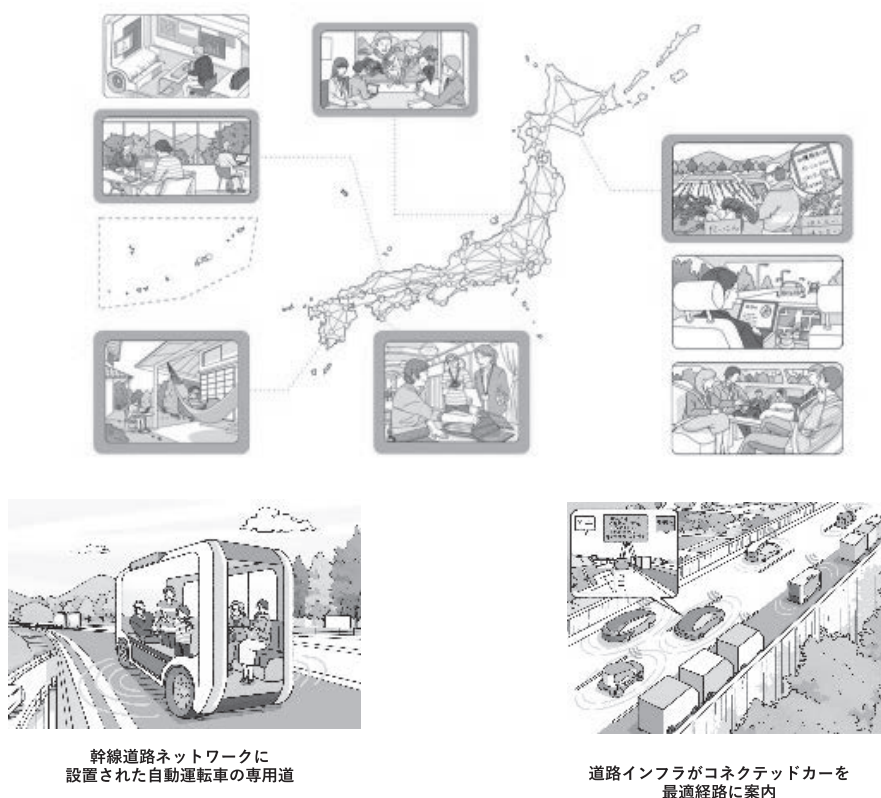
以上のシナリオを踏まえ、概ね20年後を見据え、道路政策を通じて実現を目指す3つの社会像と政策の方向性を提案した。

(1) 日本全国どこにいても、誰もが自由に移動、交流、社会参加できる社会

今後、都市でも中山間地域でも、人口は減少するが、そこに住む人の生活・生業が持続可能となるような地域社会を形成する必要がある。新技術を活用し道路サービスを高度化することで、すべての人が交通事故や渋滞の心配なく自由に移動し、交流や社会参加により幸せを実感できる社会の構築を目指す。

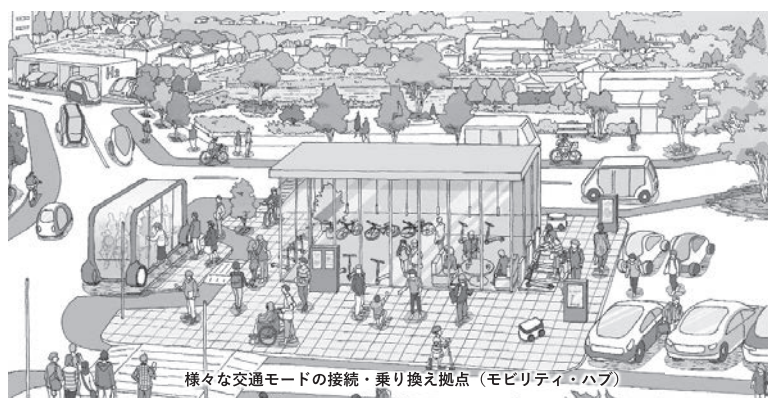
①国土がフル稼働し、国土の恵みを楽しむ（図—1）

全国を連絡する幹線道路ネットワークと高度な交通マネジメントにより、日本各地で人が自由に居住し、



- 走行性や耐災害性を備えた幹線道路ネットワークが全国を連絡し、骨格となる幹線道路に設置された自動運転車の専用道等で自動運転道路ネットワークを形成
- 道路インフラがコネクテッドカーに対し、交通状況、利用可能な駐車場、休憩のための立ち寄り施設等の情報を車両単位で提供し、最適経路に案内
- AIによる需要予測を活用した経路や利用時間帯の分散と、リバーシブルレーン等の可変式道路構造が、繁忙期の高速度道路の渋滞を解消
- 料金所を必要としないキャッシュレス料金システムが、区間、車線、時間帯別の変動料金により混雑を解消し、高速道路の稼働率を最大化

図—1 「国土がフル稼働し国土の恵みを楽しむ」の具体イメージ



- 様々な交通モードの接続・乗換拠点（モビリティ・ハブ）が道路ネットワークに 階層的に整備され、自動運転バス・タクシー、小型モビリティ、シェアサイクル等のシームレスな利用が実現
- 道の駅等を拠点に提供される無人自動運転乗合サービスが、中山間地域において高齢者等の移動手段を提供
- オンデマンド自動運転車の利用者に対し、到着時間や利用可能な乗降スペース等の情報を提供することで、高齢者や障がい者等にドアツードアの移動サービスを提供
- バスタの整備やSA/PAの乗り継ぎ拠点化により、高速バスサービスが全国ネットワーク化

図ー2 「マイカーなしでも便利に移動できる道路」の具体イメージ



1. ライジングボラード等が生活道路への通過交通の進入を制限するとともに速度制限機能を備えた車が普及
2. 防護柵や段差等の障害物をなくし、横断距離を短くした横断歩道や休憩用のベンチ等を設置することで、誰もが歩きやすい空間を構築
3. コネクテッドカーから得られる走行データを活用して、安全運転するドライバーの保険料を低減する仕組みが普及し、ドライバーの運転マナーが改善
4. 「生活道路は人が優先」という意識が国民に深く浸透することで、子供が遊ぶ、高齢者が散歩・休憩し、大人が立ち話をできるような道路空間を形成

図ー3 「交通事故ゼロ」の具体イメージ

移動し、活動する。

②マイカーなしでも便利に移動できる道路（図ー2）

マイカーを持たなくても便利に移動できるモビリティサービス（MaaS）がすべての人に移動手段を提供する。

③交通事故ゼロ（図ー3）

人と車両が空間をシェアしながらも、安全で快適に移動や滞在ができるユニバーサルデザインの道路が、交通事故のない生活空間を形成する。

④行きたくなる、居たくなる道路（図ー4）

まちのメインストリートが、行きたくなる、居たく

なる美しい道路に生まれ変わり、賑わいに溢れたコミュニティ空間を創出する。

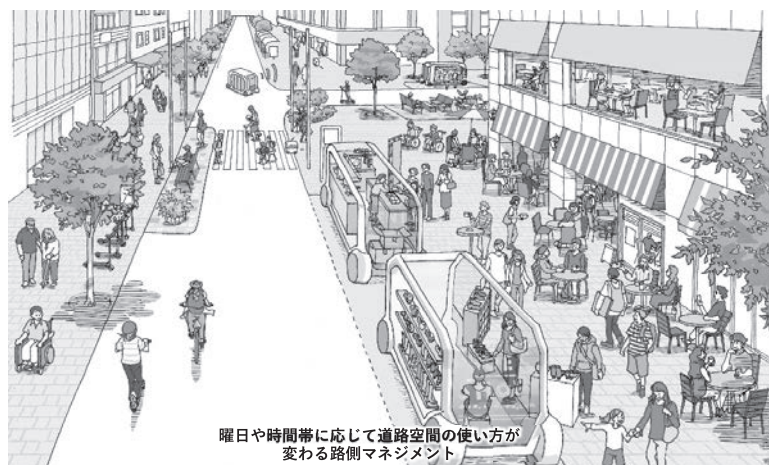
（2）世界と人やモノが行き交うことで経済の活力を生み出す社会

社会の持続可能性を高めるためには、経済成長が不可欠である。海外から人・モノ・サービス呼び込み、国内に広く流動させるとともに、日本からも海外に人・モノが積極的に進出することで、経済の活力を生み出す必要がある。世界と人やモノ、サービスが行き交う活力あふれる社会の構築を目指す。



1. 道の駅が自動運転サービス拠点や子育て応援施設等、あらゆる世代が利用する地域センター機能を提供
2. 通過車両を環状道路等に誘導・迂回させ、まちの中心となる道路を人中心の空間として再生。オープンカフェやイベントが催される楽しく、安全で、地域の誇りとなる道路空間が創出
3. 緑地帯や雨庭（雨を一時的に貯めて浸透させる庭）等のグリーンインフラが、雨水の流出抑制、ヒートアイランド現象の緩和、憩いの場の提供等により、快適な道路空間を形成
4. 無電柱化とともに、照明、標識、防護柵、舗装等のデザインが刷新され、沿道の建築物とも調和した美しい道路景観が創出

図—4 「行きたくなる、居たくなる道路」の具体イメージ



1. 環状道路整備による都市内の通過交通の排除、道路ネットワークの空間再配分、モビリティ・ハブの整備、駐車場スペースの転用等により、自動運転や MaaS に対応した新しい都市交通システムが実現
2. 可変型の道路表示等を活用して道路と沿道民地を一体的に運用。曜日や時間帯に応じて、自動運転車の乗降スペース、移動型店舗スペース、オープンカフェ等に変化する路側マネジメントが普及
3. 道路上空や地下空間を活用した立体開発、路上での大規模イベントや先端技術実証等、民間と連携して新しいビジネスや賑わいが道路空間から創出
4. サイバー空間に再現した道路や周辺インフラのデジタルツインと、コネクテッドカーや MaaS 等から得られる交通ビッグデータにより、リアル空間の都市交通オペレーションが最適化

図—5 「世界に選ばれる都市へ」の具体イメージ

⑤世界に選ばれる都市へ（図—5）

卓越したモビリティサービスや賑わいと交流の場を提供する道路空間が、投資を呼び込む国際都市としての魅力を向上させる。

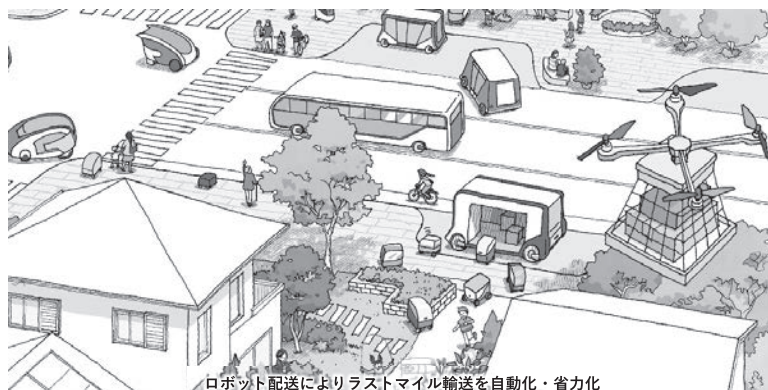
⑥持続可能な物流システム（図—6）

自動運転トラックによる幹線輸送、ラストマイルに

おけるロボット配送等により省人化された物流システムが平時や災害時を含め持続可能なシステムとして機能。

⑦世界の観光客を魅了（図—7）

日本風景街道、ナショナルサイクルルート、道の駅等が国内外から観光客が訪れる拠点となり、多言語道



- 国際海上コンテナ貨物の増加や、船舶の大型化等による基幹航路の再編等に対応し、幹線道路ネットワークの機能や港湾等との連絡が強化された国際物流ネットワークが形成
- 幹線道路や物流拠点等から得られる物流関連ビッグデータがデータプラットフォームを通じて物流の共同化等を支援
- 専用道路とそれに直結するインフラ（連結・解除拠点、充電スポット・水素ステーション等）が高速道路に整備され、隊列走行や自動運転トラック輸送が全国展開
- ロボットやドローン配送等を可能とする道路空間とその3次元データ、利用ルールが整備され、ラストマイル輸送が自動化・省力化

図—6 「持続可能な物流システム」の具体イメージ



1. ビュースポットや休憩施設の整備、統一性ある案内、みちに関わる歴史や文化の発信等により、道路そのものが観光資源化
2. 外国人がはじめて訪れる場所でも安心して観光できるよう、デジタルサイネージやスマホアプリ等による多言語の道・まち案内や、高速道路・道の駅・駐車場・燃料ステーション等におけるすべての決済のキャッシュレス化を実現
3. 観光地やアクセス道路の現況や混雑予測情報を提供することで、観光客の訪問日時や訪問地の分散を図り、オーバーツーリズムが解消された持続可能な観光が実現
4. 国際直行便が発着する地方空港やクルーズ船寄港地と幹線道路ネットワークの連絡が強化され、広域周遊観光ルートが形成

図—7 「世界の観光客を魅了」の具体イメージ

案内等きめ細かなサービス提供により外国人観光客や外国人定住者の利便性・満足度が向上。

(3) 国土の災害脆弱性とインフラ老朽化を克服した安全に安心して暮らせる社会

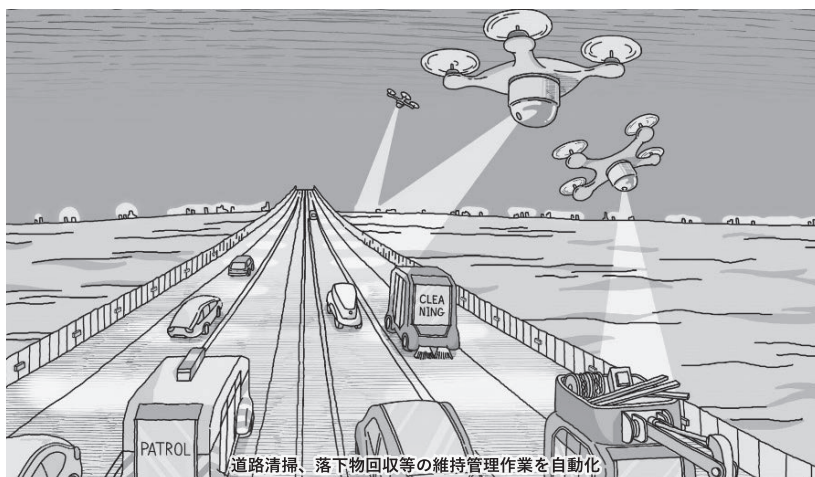
災害は日本が持続的な成長を目指す上で大きな課題である。国土の災害脆弱性や気候変動、インフラ老朽化という課題を克服し、誰もが安全に安心して暮らせる社会の構築を目指す。

⑧災害から人や暮らしを守る道路（図—8）

激甚化・広域化する災害に対し、耐災害性を備えた幹線道路ネットワークが被災地への人流・物流を途絶させることなく確保し、人命や経済の損失を最小化。

⑨道路交通の低炭素化（図—9）

電気自動車や燃料電池自動車、公共交通や自転車のベストミックスによる低炭素道路交通システムが、地球温暖化の進行を抑制。



1. AIや新たな計測・モニタリング技術、施工手間を縮減する新材料、点検箇所を減らす新構造等の活用により、道路の点検・診断が自動化・省力化
2. 道路管理用車両等の自動化により、道路清掃、落下物回収、除草、除雪等の維持管理作業が省力化
3. 道路管理者が連携して計画的な点検・修繕、道路施設の集約化・機能縮小を行うことで、地域の道路ネットワーク機能が持続的に維持
4. 道路協力団体等が参画し、地域の道路のきめ細かな維持管理が実現

図ー10 「道路ネットワークの長寿命化」の具体イメージ

画・整備・運用・維持管理等の一連の業務プロセスのデジタル化、スマート化を推進し、業務の効率性改善や新たな価値創出に取り組む必要がある。

②ビッグデータやAIの利活用

交通やメンテナンス等のビッグデータの取得や利活用を産官学が連携して推進し、ビッグデータのプラットフォーム構築やルールづくりを行うとともに、データサイエンスに係る技術力向上を図る必要がある。

③新技術の開発・活用

オープンイノベーションを推進するとともに、新技術を積極的に活用する必要がある。道路はインフラとしての従来の役割に加え、人やモビリティと生活をつなぐ通信・エネルギーインフラとしての役割が重要となる。そのため、産官学が連携して戦略的に研究開発を行う体制を構築する必要がある。

④多様な主体・計画との連携

国民や利用者の方々から道路空間のあり方について幅広く意見を聴取する必要がある。道路協力団体等から地域独自の知恵をいただくことも重要である。道路を通じ、住民の方々に道路との関わりを感じてもらう工夫を検討していく必要がある。

⑤本ビジョンに対する理解と共感

道路ストックを最大限活用するため、ソフト施策の充実を図る必要がある。道路に対する愛着を持っていただくため、道路の歴史や文化的価値の発信も含め分かりやすい情報発信やコミュニケーションに努める

必要がある。

⑥予算・財源

道路の着実な整備・管理のため、安定的・持続的な確保が重要である。今後増大が予想される道路の維持修繕・更新の費用の他、自動運転やコネクテッドカーの進展に伴い増大するデータ通信費用の負担のあり方についても検討が必要である。受益と負担の考え方により、必要な予算・財源について検討する必要がある。

6. おわりに

本ビジョンにより、皆様とともに、将来の道路の役割や景色をどう変えていくべきかを考えるきっかけにしたいと考えている。道路政策関係者のみならず、関係省庁、地方公共団体、産業界、大学等研究機関、民間団体等とも議論や連携、具体的取り組みを進め、道路政策のさらなる深化につなげてく所存である。

JCMA

〔筆者紹介〕

藤浪 武志（ふじなみ たけし）
国土交通省 道路局 企画課
課長補佐



行政情報

災害に強い首都「東京」形成ビジョン

山本 浄二・河野 禎徳

首都「東京」は、我が国の社会経済活動の中心であり、都市機能が高度に集積する一方、海面水位より低いゼロメートル地帯に市街地が形成され、また密集市街地が広がるなど、洪水・地震等に対する災害リスクが極めて高い地域である。このことから、大規模洪水や首都直下地震等による壊滅的な被害の発生を回避できるよう、国と東京都がハード・ソフト両面から防災まちづくりを強力に推進するため『災害に強い首都「東京」形成ビジョン』を取りまとめた。本稿では、水害対策として高台・建物群を創出する「高台まちづくり」、地震対策として木造住宅密集地域における防災性の向上と魅力的な街並みの形成等を中心に紹介する。

キーワード：首都「東京」、ゼロメートル地帯、防災まちづくり、高台まちづくり、木造住宅密集地域

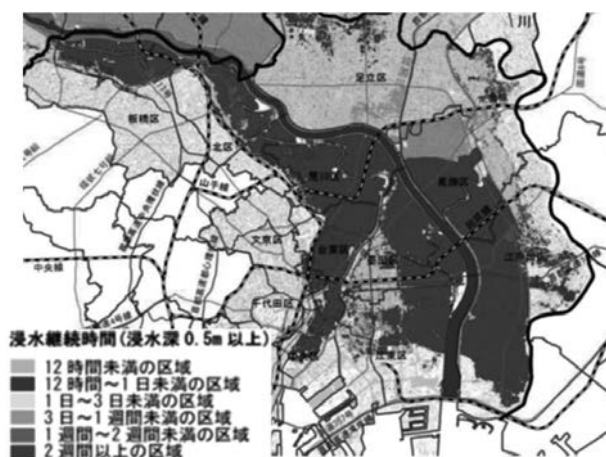
1. はじめに

首都「東京」は、都市機能が高度に集積する我が国の社会経済活動の中心であるとともに、海面水位より低い地域等に市街地が形成され、また、密集市街地が広がるなど、洪水・地震等の自然災害に対するリスクが極めて高い地域である。

水害については、令和2年7月豪雨、令和元年東日本台風等、近年、毎年のように全国で甚大な被害が発生している。万が一、荒川や江戸川等が決壊した場合には、いわゆるゼロメートル地帯等を中心に、広域で長期間にわたる壊滅的な被害が想定されている（図—1）。また、地震災害については、首都直下地震の発生確率が今後30年間で約70%と、極めて危険性、切迫性が高まっており、特に区部木造住宅密集地域で、建物倒壊や焼失などによる大きな被害が発生することが想定されている。

これらの自然災害が、首都「東京」でひとたび発生すると、多くの人命が失われるとともに、社会経済活動が麻痺し、ひいては我が国全体や世界全体に影響を及ぼすおそれがある。

これまでも、このような洪水・地震等に備えて、堤防や洪水調節施設等の整備、住宅の不燃化・耐震化、防災生活道路の整備等のハード対策に加えて、避難対策等のソフト対策を着実に進めてきているものの、今後、地球温暖化に伴う気候変動による降雨量の増大、平均海面水位の上昇等や、首都直下地震の発生確率の



図—1 荒川洪水浸水想定区域図（浸水継続時間）

増加等を踏まえると、東京の災害リスクはますます高まると考えられる。さらに、今年、新型コロナウイルス感染症により、経済活動等に未曾有の影響が生じているが、このような状況下で大規模災害が発生すると、感染症との複合災害になり、国民・都民の生活や社会経済活動は混迷を極めることが容易に想像できる。

まさに今、国民・都民の命と暮らしを守り、首都「東京」を守り、そして厳しい国際都市間競争にも対応できる抜本的な防災・減災対策を、水害対策、地震対策の両面で考える必要性に迫られている。

このような認識のもと、昨年、国土交通大臣と東京都知事が防災まちづくりの先進地域である高規格堤防整備と市街地再開発を一体的に実施した江戸川区小松川地区を合同視察したことをきっかけとして、首都「東

京」において大規模洪水や首都直下地震等による壊滅的な被害の発生を回避できるよう、ハード・ソフト両面から防災まちづくりを強力に推進するため、国と東京都が一緒になって『災害に強い首都「東京」の形成に向けた連絡会議』（座長：国土交通省 山田技監、副座長：東京都 佐藤都技監（現在は上野都技監））を令和2年1月に設置した。その後、令和2年12月に第4回を開催し、「高台まちづくり」の推進や、密集市街地の改善の推進等を内容とした『災害に強い首都「東京」形成ビジョン』を取りまとめた（写真—1, 2）。



写真—1 赤羽国土交通大臣（第1回連絡会議）



写真—2 小池東京都知事（第1回連絡会議）

2. これまでの取組と課題

（1）水害対策

東京を流れる河川においては、古くから堤防や洪水調節池等の治水施設の整備を進めてきているものの、ゼロメートル地帯を貫流する荒川において、河川整備の最終目標である年超過確率1/200の洪水に対し、概ね30年の整備の目標が年超過確率概ね1/100であるカスリーン台風と同規模の洪水が発生しても災害の発生を防止を図ることとしている。またゼロメートル地帯等を守る高規格堤防については、全ての形状を含む整備済み延長は荒川で6.2 km（12%）、江戸川で1.9 km（8.4%）、また、そのうち高規格堤防の基本的な断面形状が確保された区間延長は荒川で0.7 km（1.4%）、江戸川で0.6 km（2.9%）の整備にとどまるなど、治水

施設の整備は未だ途上である。また、整備完了後であっても施設の能力を上回る洪水等が発生するおそれがあり、さらに気候変動により、産業革命以前と比べて世界の平均地上気温を2℃に抑えるシナリオでも、洪水の流量は約1.2倍、発生頻度は約2倍と試算されている。

施設の能力を上回る洪水が発生し、堤防が決壊すると、荒川、江戸川等の洪水浸水想定区域内に約315万人の都民が暮らし、民間企業等も多く位置するゼロメートル地帯等では、広範囲が浸水し、また2週間以上浸水が継続することとなるが、域内の避難場所等は不足し、また建物等の浸水しない上階に垂直避難したとしてもライフラインの長期停止により生活環境の維持が困難な状況に陥る。また、様々な企業等が浸水し、経済活動が停滞することとなる。

江東5区においては広域避難の取組を開始したところであるが、令和元年東日本台風を受け、広域避難の実施について、公共交通機関の早期計画運休の定着による移動手段の確保の問題や、広域での被災が予測される場合の避難先を示すことの難しさなど、多くの課題が明らかになったところである。

このような事態に備え、超過洪水対策としての高規格堤防の整備や、大規模水害時の広域避難の検討などを進めているものの、大規模氾濫に対して安全なまちづくりの全体像や対策は明確になっていない。

また、例えば、平成28年度に東京商工会議所が会員企業に対して行ったアンケート調査によれば荒川右岸低地氾濫の被害想定認知度は28%、同年度に中央防災会議洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討WGが20歳以上の江東5区居住者に対して行ったインターネット調査によれば大規模水害時に自宅にとどまった場合、ライフラインが途絶した環境で、数週間から数か月の滞在を強いられる可能性があることの認知度は31%にとどまるなど、大規模水害時に発生する事態やその影響など、水害リスクについての認識が十分でない。

（2）地震対策

無接道敷地、敷地狭小、権利関係の複雑さ等により建替えが進まない街区があるとともに、住宅所有者や賃貸人が高齢者の場合、経済的事情、建替え意欲の減退、高齢者を理由とする入居制限等から建替えが進んでいない、新築や建替えが行われても不燃化が進まない場合がある。また、ブロック塀や電柱の倒壊により災害時の消火・救援活動に支障をきたす生活道路がある。

さらに、複雑化する権利者のニーズや、マンパワー不足等により、行政のみによる取組に限界が生じているとともに、木造住宅密集地域の解消では、防災性の

向上とともに良質な街並みの住宅市街地とする視点や地域での消火や避難などの総合的な地域防災力を引き続き向上させる必要がある。

3. 基本的な考え方

(1) 全般

これまで水害対策として堤防や洪水調節施設等の整備、地震対策として建築物の耐震化の促進など、それぞれにおいて様々な施策に取り組んできたところであるが、近年の大規模災害の危険性、切迫性の高まりや、首都「東京」ならではの想定被害の甚大さを踏まえると、点や線での対策に加え、面的な対策としての「防災まちづくり」の一層の推進を図る必要がある。

また、災害リスクの高まりだけでなく、人口減少・超高齢化、都市基盤や建物等の老朽化・陳腐化の進行など、様々な課題に直面しており、これらにも対応したまちづくりが求められている。

一方で、東京の市街地は高密度、高層に形成されており、面的に対策を進めるにあたっては、関係する住民や地権者、民間企業等が極めて多いことから、住民等に対し、災害リスク等の周知を、様々な機会を活用して丁寧に進めるとともに、非日常的な「防災」だけでなく、日常としての「生活環境」、「自然環境」及び「都市経営」などの多様な観点も含めたまちづくりに関する情報提供等の啓発活動を行い、まちづくりの機運を高めることが必要である。

また、まちづくり協議会等への積極的な参画・支援等を通じ、地元住民との協働により、各種の事業や規制・誘導策の展開を図ることにより、安全で安心、かつ魅力的なまちづくり、すなわち「防災“も”まちづくり」を推進することが必要である。

(2) 水害対策

堤防や洪水調節施設等の治水施設の整備は途上であるにもかかわらず、気候変動により降雨量や洪水流量の増大、洪水の発生頻度の増加、平均海面水位の上昇等により水害リスクが増加する。このため、治水施設の整備を加速化させ、治水安全度の向上、大規模氾濫の発生リスクの低減を図り、少しでも安全な市街地にする。また、海面水位よりも低いゼロメートル地帯では、地震による堤防沈下・崩落等により、洪水等の発生とは無関係に大水害が発生するおそれがあることから、堤防や排水機場等の治水施設の耐震・耐水化を推進する。

一方で、治水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し、万が一、多くの人

が暮らすゼロメートル地帯等で堤防が決壊すると、広範囲で浸水が発生し、2週間以上浸水が継続することになる。

このため、川沿い（沿川）では、まちづくりに関する計画等を踏まえ、越水しても堤防が決壊せず浸水時の緊急的な避難高台にもなる高規格堤防をまちづくり等と連携し整備するとともに、公園等を高台化するなど様々な手法を用いて、高台づくりを進める。また、域内においても命の安全が確保でき、ライフラインが長期停止しても最低限の避難生活水準が確保できる避難スペースの整備・確保を進める。さらに、浸水発生時であっても、社会経済活動が長期に完全停止することなく、一定程度継続することができる建物群を整備する。これらにより線的・面的につながった高台・建物群を創出し、「高台まちづくり」を推進する。

また、広域避難のあり方についての検討を引き続き行うとともに、垂直避難により孤立した避難者の迅速な救助、社会経済活動の早期の復旧、さらには広域避難対象者を減らすよう、排水対策の強化に努める。

(3) 地震対策

安全で良質な市街地を形成するため、防災生活道路等の基盤整備、建築物の不燃化・耐震化、共同化、防災活動拠点の整備、計画的な土地利用などにより、市街地の状況に応じた防災性の向上を図ることが必要である。このため、整備地域においては、引き続き延焼遮断帯で囲まれた防災生活圏を基本的な単位として、防災の観点から市街地整備の優先度を位置付け、地域の特性に応じて事業や規制・誘導策を効果的に組み合わせ、展開していく。

また、木造住宅密集地域では、地区計画等による敷地面積の最低限度の設定や市街地状況に応じた防火規制を促進していく。

加えて、これらの取組に併せて、地域の特性を生かした魅力的な街並みの住宅市街地への再生、緑化の促進などにも取り組んでいく。

さらに、総合的な地域防災力の向上を図るため、防火防災訓練の推進や新たな消防水利の確保、避難場所の確保の取組も進める。

4. 水害対策の取組方策

(1) 堤防、洪水調節施設等の整備・強化の推進

気候変動により激甚化・頻発化する水害から、国民・都民の生命と暮らしを守るために、河川管理者等が主体となって行う治水施設の整備等をこれまで以上に推

進する。

- 1) 洪水調節施設の整備の推進
- 2) 橋梁架替，橋梁部周辺対策の推進
- 3) 堤防等の治水施設の整備・強化や流域対策（貯留・浸透施設の設置）の推進

(2) 高台まちづくりの推進（線的・面的につながった高台・建物群の創出）（図—2）

治水施設の整備を加速化させるものの，施設では防ぎきれない大洪水等が発生し，大規模氾濫が発生しても，命の安全・最低限の避難生活水準が確保され，さらには社会経済活動が一定程度継続することができるよう，まちづくりを担う地方公共団体等と河川管理者が一体となって，まちづくりや避難に関する計画等を踏まえつつ，高台まちづくりを推進する。

- 1) 計画策定による誘導
- 2) 土地区画整理，公園，高規格堤防等の整備による高台づくり
- 3) 避難スペースを確保した建築物等の整備・確保
- 4) 建築物から浸水区域外への移動を可能とする通路の整備
- 5) 民間活力を活用した建築物，高台の整備
- 6) 復旧・復興の迅速化
- 7) 高台まちづくりの実践

(3) 広域避難等

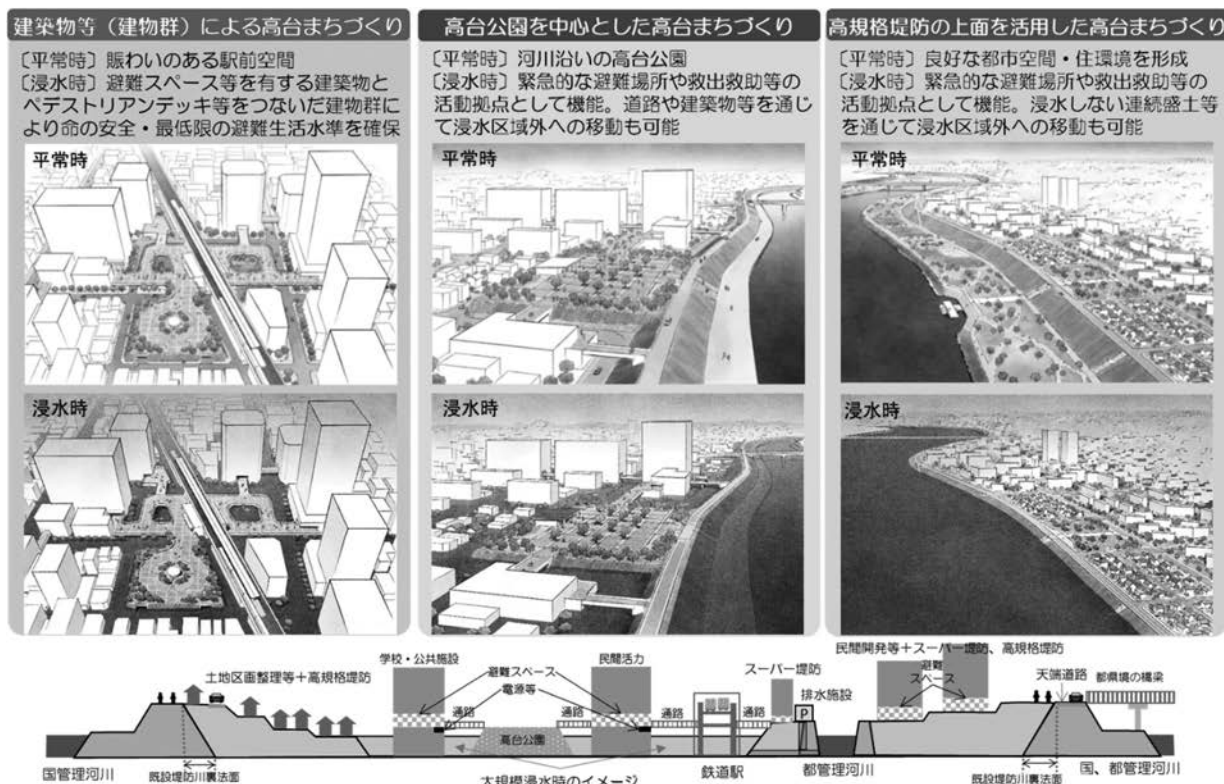
令和元年東日本台風を踏まえた広域避難（垂直避難の活用を含む）のあり方検討について，内閣府と都で共同設置した検討会における検討結果や地元区が策定する水害に関する構想・計画等と，本ビジョンで示す高台まちづくりとの整合を図るなど，関係機関が連携し，高台まちづくりの推進と，これらの取組を踏まえた広域避難（垂直避難の活用を含む）の実効性の向上に努める。

(4) 住民，企業等の意識啓発

ゼロメートル地帯等において大規模水害時に発生する事態やその影響など，水害リスクについての認識が必ずしも十分ではないため，このような水害リスクを踏まえて取り組む高台まちづくりの推進や広域避難のあり方について，関係機関が連携し，住民や民間事業者等への周知や説明，意見交換などを丁寧に進め，意識啓発・理解促進に努める。

5. 地震対策の取組方策（図—3）

- (1) 無接道敷地の解消等による不燃化建替えの促進
- (2) 高齢化の進行等に対応した取組
- (3) 規制誘導による不燃化の促進
- (4) 災害時の活動を円滑化する道路の整備及び閉塞



図—2 高台まちづくりのイメージ



図ー3 地震対策の取組イメージ

防止の推進

- (5) 民間事業者による基盤整備事業、住宅整備事業等の実施の誘導
- (6) 防災性の向上と良質な街並みの維持・形成を両輪とした密集市街地の改善の推進
- (7) 総合的な地域防災力の向上

6. おわりに

本ビジョンにおける取組は、今後、地球温暖化に伴う水害リスクの高まりなどの新たな課題にも立ち向かう必要があることを踏まえ、まちづくりに「防災」の観点を明確に取り込むこととしたものであり、これは一朝一夕に完結するものではなく、100年先、1,000年先をも意識して取り組む必要がある。

このためには、都市計画や河川整備計画などの上位の法定計画に防災まちづくりを位置付けるだけでなく、防災まちづくりを現場で実際に進めることも必要である。また、計画策定だけでなく、防災まちづくりを現場で実際に進めることも必要である。

水害対策においては、地域ごとの水害リスク等を踏

まえた高台まちづくりのあり方の検討や、モデル地区を設定し、具体の地域における高台まちづくりの実践を進めるとともに、これらの過程で新たに生じた課題等に対して速やかに解決策を模索することとする。また、地震対策においては、具体的な取組方策を実践する現場である地元区との連携を深め、国や東京都の取組の更なる改善につなげていく。

このため、国と東京都において、設定したモデル地区等における検討・進捗状況の共有や、新たに生じた課題等を踏まえた具体的な取組方策等についての更なる検討を進めるとともに、それらの状況に応じてビジョンの改定を適宜行っていく。

J C M A

【筆者紹介】

山本 浄二（やまもと じょうじ）

国土交通省

水管理・国土保全局 治水課 流域減災推進室

課長補佐

河野 禎徳（かわの よしのり）

東京都

市街地整備部 防災都市づくり課

統括課長代理（防災計画担当）

世帯数急減を前提とした今後の地方都市の 都市計画と都市基盤整備の進め方

樋口 秀

日本国内では人口減少に続き大規模な世帯数の減少が見込まれている。新潟県を含む20道県では世帯数が2040年に2015年比で0.85に急減し、あと僅か20年で168万世帯分の住宅が不要になる。都市計画の分野では従来の都市計画マスタープランに加えて都市再生特別措置法に基づく「立地適正化計画」を策定し、防災を考慮した多極ネットワーク型コンパクトシティを目指して「都市機能誘導区域」と「居住誘導区域」を独自に設定している。しかし、新規住宅取得者をはじめ社会全体で同じ方向に向かっていているとはいえない。市街地をコンパクトに保つことは、都市基盤整備の質の確保と優先度検討、高齢者の移動確保や都市経営の面からも重要であり世帯数急減への対処からは必須といえる。本稿では地方都市の将来像を決定する「都市計画」の目標設定のあり方を紹介する。

キーワード：世帯数減少、立地適正化計画、多極ネットワーク型コンパクトシティ、誘導区域、まちなか居住

1. はじめに

我が国の人口は2008年に12,808万人のピークに達した後、現在は急激な右肩下がりの超長期的な人口減少局面に突入している。ピークから12年を経た2020年から今年2021年にかけて「想定外」の新型コロナウイルスによるパンデミックが発生し、国内外で多数の感染者と死者が急増して大問題となっている。まずは、医療関係に従事される方々とそのご家族、ご関係の皆様へ深く敬意を表するとともに、故人のご冥福と罹患者の方々へお見舞い申し上げたい。そして、感染拡大の防止と国難の克服に国民全員で取り組まなければならない。一方で、この感染終息後には、背後に迫る日本全体を覆う人口減少(世帯数減少)が大きな問題となつてのしかかってくるため、社会全体で「想定内」としてこの問題に備えておかなければならない。

本稿の読者は、昭和30年代から50年代に生まれた方々が大半だと思われるが、この世代は青年期や幼少期に右肩上がりの社会を経験しているため、「増加」、「拡大」が目標となることに違和感もなく現在でもその目標設定に賛同できる世代であろう。逆に「減少」、「縮小」と言われると弱腰で怠けているように感じる方も多いのかもしれない。しかし日本の人口減少は不可避である。気候変動の影響で大規模な自然災害も多発しているが、人口減少が続く社会の中で、どのように住民の生活を守り、社会経済を保っていくのか、本特

集号のテーマである「都市基盤整備」はその重要な使命を担っている。本稿では所属大学のある新潟県に主眼を置きつつ地方都市の将来像を決定する「都市計画」の目標設定のあり方について考察したい。

2. 人口減少から世帯数の減少へ

人口のピークから10年以上も経過して重大な局面に在るのに、社会全体が大きな問題と捉えきれていないのは非常に心配である。太陽との距離が最小になる夏至は6月下旬でありながら最も暑い日は8月ごろになるようなズレによるものかもしれない。都市計画では都市計画区域や市街化区域などの「人口」と「人口密度」が大きな意味を持っているが、地域コミュニティや「市街地」の大きさを決定するのは「世帯数」である。祖父母と両親、子供2人が世帯を構成し6人で1軒の住宅に住んでいたとしよう。年数を経て祖父母が他界し、子供たちが独立して地域外に転出すると両親のみが残される。さらに年数が経過し親が片方のみとなると、その住宅の居住者は1人となる。人口の変化からみると5人の減少となり大きな変化であるが、世帯数で見ると1という数字に変化はなく、住宅もそのまま居住者がいて地域の構成員になっている。1人でも居住者がいれば電気、水道の契約は継続され、町内会費も収めるし、地域を支える貴重な人材にもなりうる。しかし最後の1人がいなくなると、世帯が消滅す

る。回覧板のリレーは途切れ、居住者のいない住宅は空き家となる。管理されない空き家は地域に多大な問題を投げかけることとなる。空き家に新しい居住者(世帯)がうまく入れば問題がないように見えるが、その居住者(世帯)はどこからかの移動であるため、大きく見れば±0である。移動先は埋まっても移動元の住宅は空き家となってしまふ。

国立社会保障・人口問題研究所は、『日本の世帯数の将来推計(全国推計)』(2018(平成30)年推計)で「世帯総数は2015年の5,333万世帯から増加し、2023年の5,419万世帯でピークを迎えるが、その後は減少に転じ2040年には5,076万世帯まで減る。」と予測している(図-1)。本稿で取り上げる新潟は2015年以降すでに減少局面に入っており、2040年には76.1万世帯で2015年比では8.6万世帯の減少となる。全国でみると2023年まで増加するのは、先の6人家族の例でみると子供たち2人がそれぞれ独立して新しい世帯(単独を含む)を構成する動きが今のところ継続しているため、全体で若干増加しているのである。しかし、そのような動きを含めたとしても、2040年には2015年に比べて257万世帯も減少し、その後も世帯数の減少は継続する。猛暑は夏至から少し時間をおいてやってきても秋には和らぐのだが、残念ながら日本の人口減少・世帯数減少は少産多死社会が継続するため時間がたっても和らぐことがない。

日本全体に及ぶ世帯数の減少であるが、この減少は47都道府県によって多少異なる状況が予測されている。同研究所の『日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)』(2019年推計)結果を用いて、2015年から2040年の変化率でクラスター分析(ward法)を実行すると大きく3つのグループに分かれる(図-2)。Aグループは本稿で取り上げる新潟をはじめ秋田、青森、高知、北海道など20道県、Bグループは政令

指定都市を含む広島、大阪、宮城、兵庫など19府県、Cグループは首都東京を含め沖縄、愛知、千葉、福岡など8都県となった。デンドログラムからAグループはB・Cグループと大きく離れており、他とは動きが異なることがわかる。グループ別に世帯数の変化を2015年比でみると、Cグループは平均値で2040年になっても増加(1.02)しており、Bグループは減少するもののその幅は小さい(図-3)。一方でAグループは2020年には0.99と大きな減少はみられないが、2030年に0.94、2040年には0.85へと急減し、Aグループ全体(20道県)で168万世帯が減少する。言い換えればAグループの20道県では、あと僅か20年で168万世帯分の住宅が不要になる。先述のように世帯数の減少は市街地・地域に極めて大きな変化をもたら

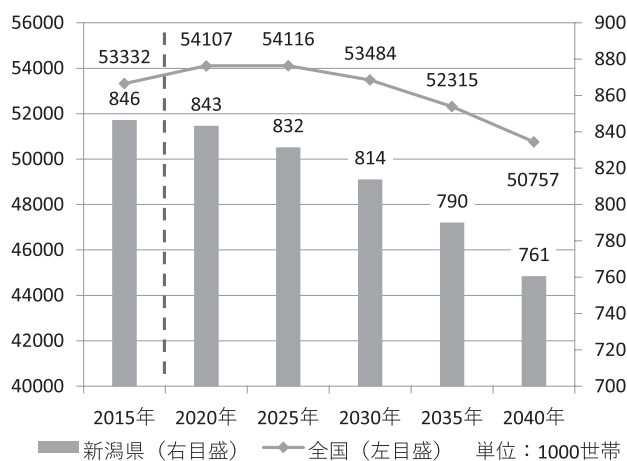


図-1 全国及び新潟県の将来世帯数推計(2015年～2040年)

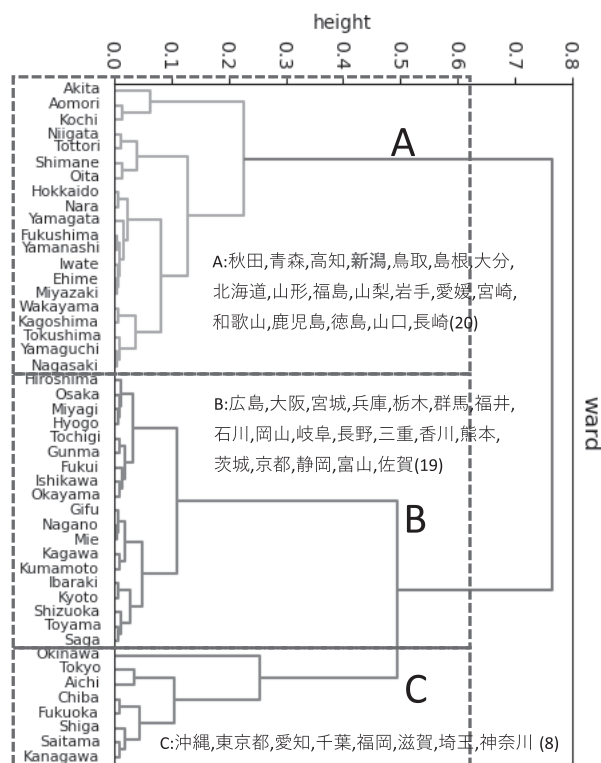


図-2 2015-2040世帯数変化率による47都道府県クラスター分析結果・デンドログラム

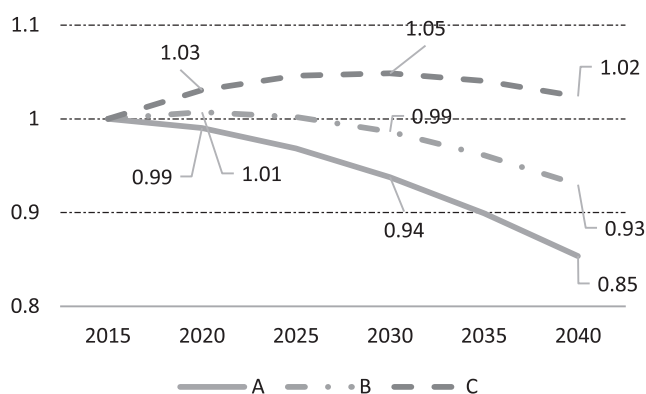


図-3 3グループ別世帯数推移(対2015年比)

するため、都市計画でも「想定内」としての対応が必須となる。

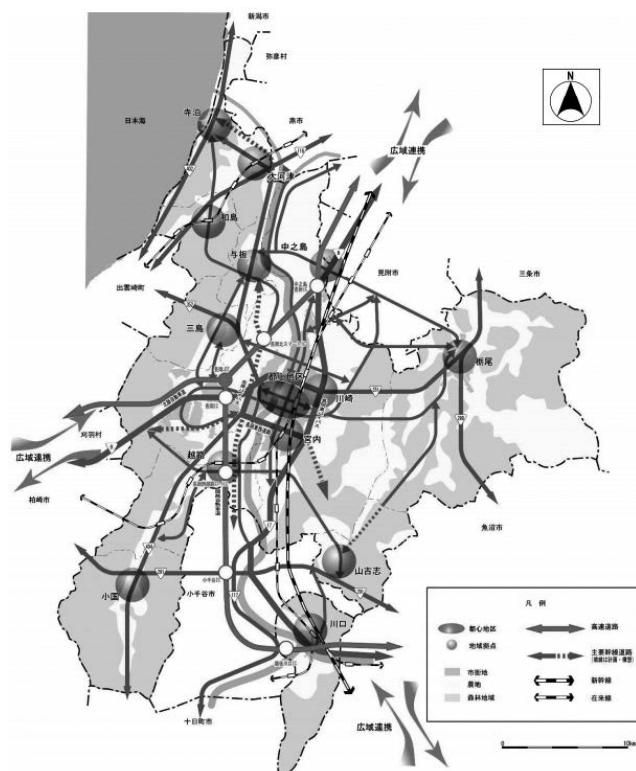
3. 都市計画マスタープランと立地適正化計画

都市計画には、まず都道府県が市街化を積極的に誘導する「市街化区域」と、その反対に市街化を抑制する「市街化調整区域」に区分する区域区分の有無を含めて都市計画区域ごとに今後の方針を示した「都市計画区域マスタープラン」がある。次に、それに即して各市町村がそれぞれ自地域内の都市計画の方針を示した「市町村マスタープラン」がある。どちらも10～20年程度の長期を想定した「都市づくり」の方向性を示すものであり、都市計画に関する各種事業や規制・誘導はこれに従うことが求められる。前者は2000年、後者はそれよりも前の1992年に都市計画法に位置付けられたものである。人口増加時の市街地の新規整備や新たな道路等を整備する際にはその位置づけや妥当性を決定する有効なマスタープランであった（図－4）。一方で、今後の人口減少や度重なる自然災害での被害軽減を目指して、2014年には都市再生特別措置法が改正されて「立地適正化計画」制度が創設された。目標とされているのは「多極ネットワーク型コンパクトシティ」であり、人口減少が見込まれる市街化区域（非線引きでは用途地域）の内側に都市機能を積

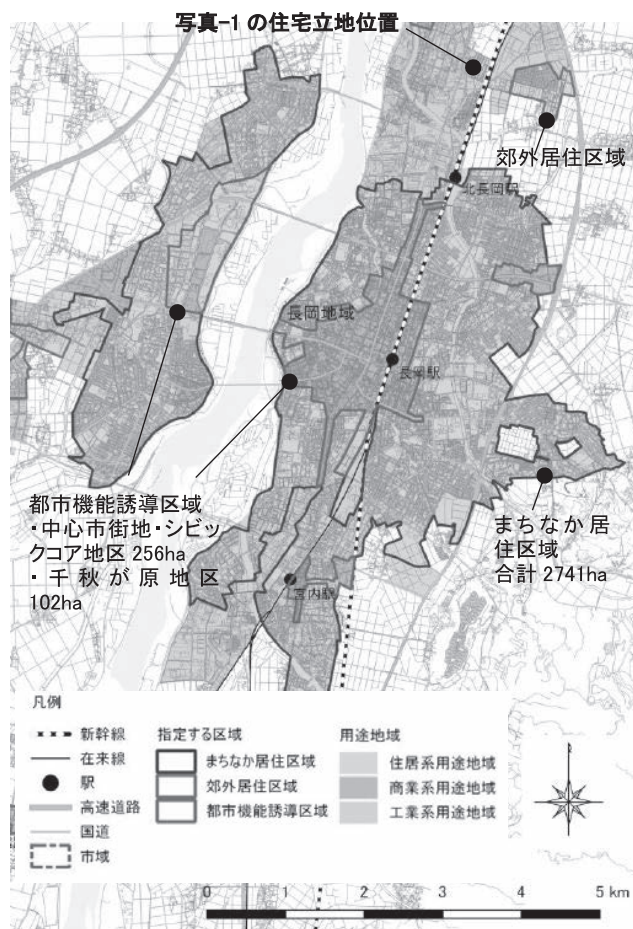
極的に誘導する「都市機能誘導区域」を設定し、その周囲に居住人口密度を維持した「居住誘導区域」を設定する計画である（図－5, 6）。特に高齢者を念頭に公共交通の利便性が高く、歩いて暮らせるエリアで居住してもらおうという狙いがある。世帯数の急激な減少が見込まれる新潟県では2020年7月末現在、30市町村中18市町で立地適正化計画が策定（策定中3市



図－5 立地適正化計画のイメージ（長岡市立地適正化計画・2017年3月）



図－4 長岡市都市計画マスタープラン・将来市街地構造図（2017年3月改定版）

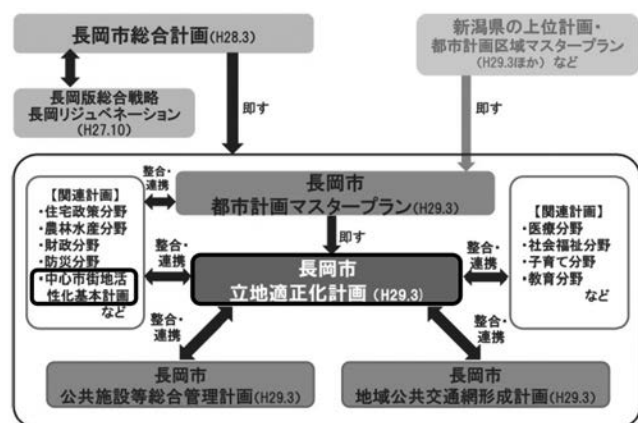


図－6 長岡市立地適正化計画（2017年3月）

含む)されており、全国の中でも高い策定率である。今後の都市基盤整備はこれらの誘導区域内での積極的な展開が望まれる。

4. 立地適正化計画による中心拠点と中心市街地の関係

立地適正化計画では、都市計画区域内に複数の拠点を設定し、その拠点間を公共交通で結ぶことが目指されている。コンパクトシティを目標とする自治体にとっては将来の目標像を示す重要なツールだといえる。特に中心市街地を含む部分には「都市機能誘導区域」が指定され様々な機能を有する施設の誘導が目指されている。別の法律に基づく中心市街地活性化基本計画では、設定した中心市街地の外側への対応が記述できなかったため、両者が連携することで中心市街地の活性化が加速することも考えられる。しかし公表された立地適正化計画を見ると、計画図の中に中心市街地が位置づけられていない場合もあり、両者が別々に運用されている傾向も見られる。長岡市の立地適正化計画をみると、策定にあたって両者の連携が念頭には置かれているが、それは関連計画の一部に過ぎない(図一7)。策定済みの都市では両者がそれぞれの特長を活かして、効果を高め合うことが望まれる。さらに、中心市街地を支える人口の確保や、市街地の集約化を考えるのであれば、中心市街地に比べて地価の安価な居住誘導区域も含めたエリアを設定し「まちなか居住」を進めても良い。実際に長岡市では、居住誘導区域を「まちなか居住区域」と名付けて設定しており、市外からの転入世帯へは固定資産税の減免による優遇措置を用意して、エリア内への居住誘導を図っている。



図一7 長岡市立地適正化計画と各種計画との関係

5. 非誘導区域の制度上の問題点と今後の都市基盤整備の方向性

このように行政は中心市街地活性化基本計画や立地適正化計画により設定した誘導区域内での都市基盤整備、開発を期待している。しかし開発業者や住宅メーカーは、それとは無関係に新しく住宅取得を検討する世帯に向けて、新規の戸建て住宅地を開発し住宅を供給している。その立地場所は、残念ながら市街化区域内ではあるものの都市機能誘導区域や居住誘導区域の外側である場合が多い。長岡市でも、主にアパート等賃貸住宅に暮らす世帯を対象として、現在の家賃と駐車場代の負担と同程度の安価なローン（5～6万円／月）による戸建て住宅の購入が可能と宣伝し、居住誘導区域の外側での居住も進んでいる（写真—1、図—6）。中心市街地の地価は、その衰退により低下してきたものの、郊外部はそれよりも明らかに低いため、より安価な住宅取得を目指す世帯にとって価格面で郊外居住には魅力がある。しかし、見かけ上安価なローンはとても魅力的にみえるが、35年間の支払いを前提とした金額であり、居住者は長期にわたってその場所に固定化されてしまう。住まなく（住めなく）なったら売却すればよいとの考えもあろうが先述の通り今後は世帯数の急減で住宅は大量に余るため希望額での売却は望むべくもない。将来を見越した住宅の立地場所を選択すべきである。長岡市では先述のように居住誘導区域として設定されたまちなか居住区域への転入者の住宅購入支援として固定資産税の減免が実施されており、支援実績も多い。しかし住宅購入希望世帯が立地場所を変更するだけのインパクトはないように思われる。定住者の増加をもくろんだ市外からの転入世帯に向けた施策も重要であるが、現在の市内居住世帯で住宅取得世帯や住宅の建て替えを模索する世帯の選択が大きな決め手となろう。先に見た広告（写真—1）のように、住宅選択には価格面での優位性も考慮しつつ、居住誘導区域内に居住することの意義を丁寧に説明することが重要である。



写真—1 郊外部（市街化区域内・居住誘導区域外）で販売される戸建て住宅（2018.6）

他方、一つの自治体内に従来から開発が抑制されていた市街化調整区域の非誘導区域に加えて、開発を許容し優先して実施する権利が温存されたままである市街化区域内の非誘導区域が存在することとなった。都市計画で市街化区域編入により新市街地として位置づけられ、整備された住宅地でありながら非誘導区域に位置づけられた「市街化区域内非誘導区域」内の既存住宅と今後その区域内に新築される住宅の扱いをどうするのが今後の都市計画の大きな分水嶺となっている。このような新市街地では新築住宅の建設が続きながら人口密度は上昇の途中であること、公共交通の利便性は低いことから「市街化区域内非誘導区域」に設定されることとなる。

都市計画運用指針では、「居住誘導区域外の既存集落や住宅団地等においても必要に応じて引き続き良好な生活環境を確保するなど、全体に目配りをした施策を行うことも重要である」と記述されているが、これは郊外住宅地でも開発から年数を経た住宅地で、空地等が増加するような衰退傾向にある地域を想定した記述である。さらに同指針では、市街化区域に関する記述は従前の取り扱いに特段の変更はみられない。新市街地でありながら「市街化区域内非誘導区域」となった住宅地の今後を考えるためには、居住者の特徴、敷地選定理由の実態を解明した上で、現状の課題ならびに集約化のあり方を検討することが必要だと考える。

新潟県長岡市で平成17年以降に開発された新規郊外住宅地を対象に戸建住宅建設世帯へ意向調査を実施した結果、回答を得た391世帯の世帯主の年齢層は30代と40代が全体の78%であり、世帯構成は3人と4人世帯が全体の75%を占めた。割合が最も高い4人世帯の年齢構成は、未成年の子供がいる世帯が全体の94%となり、10歳以下の子供2人と30代の夫婦が最も多い。地方都市で戸建の持ち家を取得する世帯の標準的な世帯構成だと考えられる。従前住宅の位置を、1) 旧長岡市域1970年DID(まちなか)、2) それ以外の市街化区域、3) 市街化調整区域、4) 旧市外、5) 市外に5区分すると、2) 市街化区域が全体の50%を占め、大半が郊外(市街化区域)から郊外新規住宅地へ移り住んでいた。加えて従前の住宅形式は賃貸住宅(アパート・マンション)が過半(54%)であり、次いで戸建住宅(親と同居)が18%である(図-8)。郊外部の賃貸住宅からの持ち家取得、結婚等を機に親元からの転出により、郊外の新築住宅を選択している状況が窺える。住宅地を決める上で重視した点は、利便性が高い(60%)、土地の値段(36%)が大きく、職場・学校・実家に近いことを利便性にとらえていた。また

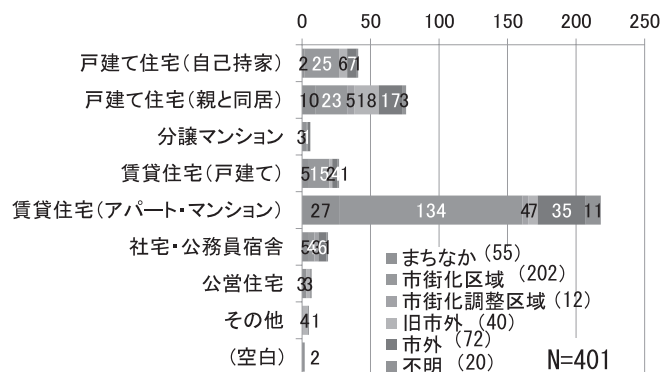


図-8 新規郊外住宅地新築住宅居住者の従前住宅形式と位置の関係

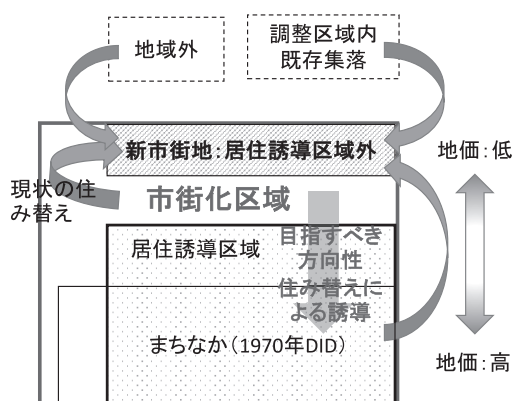


図-9 新築戸建住宅購入希望世帯の流れ(イメージ図)

未成年の子供を持つ世帯は、住宅地の新しさ・コミュニティの作りやすさを重要視する傾向も見られた。

地価の安さや自家用車利用を前提とした利便性が居住地選択の要因となっているが、目指すべき方向性は自地域内での住み替えを居住誘導区域内へ適切に誘導することである(図-9)。現状では、世帯主が高齢者となった際の移動や住み替え、現住宅の処分方法などまで考えて選択されてはいない。土地取得と住宅建築費は、最長35年の住宅ローンによるものが大半であるが、借入金の返済が終了し世帯主が高齢者となった35年後の周辺環境がどのように変化するのか、居住者も行政も想定し得ていないのが現状であろう。

6. 居住誘導区域とまちなか居住

市街地拡大の原因となっている新規戸建て住宅居住世帯を居住誘導区域内で受け止めるためには、まちなかでの居住者の増加を目指す必要がある。立地適正化計画を策定したのみで、居住地の選択を市民の自由選択に任せては、量的な確保は進まない。中心市街地の外側を含めた「まちなか」の区域内では、その位置条件は良いものの、地価が高いことに加えて、敷地面積が小規模であったり、前面道路の幅員が狭く、接

道条件が十分でなかったりする地域がある。このような地域では、敷地単位での住宅立地は困難である。一定の範囲を設定し、行政が積極的に関わる、もしくは民間業者が地域の道路や敷地条件の変更に关わるような仕組み作りも重要である。居住者がいないため増えつつある空き家、空き地、散在する敷地単位の平面駐車場を取り込んだ地域再編の可能性は高まっており、その実現は急務である。

また、まちなかでは高層の集合住宅の建設が進みつつあり、今後の人口密度を高めるためにそのような動きを奨励する場合もあるが、一時的な居住者の増加で安堵してはいけな。経年劣化した分譲マンションでは居住者の高齢化が進み、大規模な修繕や建て替えの議論が進んでいない。マンションの建て替えや解消は困難が多く、社会問題となっている。問題を抱えたままの住宅建設を奨励すべきではない。事例は少ないが、地権者に更地での変換が義務づけられている定期借地権を設定した分譲マンションも存在する。岡山駅から徒歩10分の小学校跡地に2008年に整備されたアイパークス岡山(66戸)は54年間の定期借地権が設定されている(写真—2)。入居時から、解体準備一時金(約43~50万円)の他に、解体準備金(2,630円~3,090円(月額))を積み立てているところに特徴がある。借地権が終了して解体する際の入居者の扱いなど不明な部分は残されているが、老朽化したマンションの解消が約束されている点は評価できる。建て替えや解消の手法が定まっていなにもかかわらず増加を続ける一般の分譲マンションに大きな示唆を与えらる考える。



写真—2 定期(転)借地権付分譲マンション「アイパークス岡山」(出石小学校跡地整備事業H20.2竣工)(H23.10筆者撮影)

7. おわりに

一定規模を有する新規に建設された郊外住宅地は、居住誘導区域外(非誘導区域)であるにもかかわらず、居住者が若く、全てが新築住宅であることに加えて地区内の道路や下水道といったインフラも新しい。これらの建設費用は開発業者と住宅地購入者が負担している。さらに居住誘導区域内に比べて地価が安く、自家用車利用を前提とした交通アクセスが良いことも特徴である。

一方、今後人口密度を高めようと考えられている居住誘導区域内は現状で高齢者が多く、住宅をはじめとする建物、インフラは老朽化が進み、その更新には多大な費用が必要でもある。そのような状況でありながら、郊外の住宅地と比較して地価が高く、新規住宅取得世帯には敬遠されている。設定した区域内に居住誘導するならば、地価の差の解消とともに、これら更新に関する費用負担を誰がどのようにするのか真剣に考える必要がある。

異なる視点として、開発を進めるべき市街化区域内に存在する農地に対する課税のあり方が課題となっているが、開発を原則認めていなかった市街化調整区域では土地・建物に都市計画税を課税していないものの非誘導区域とされた市街化区域内の土地・建物には誘導区域と同様の課税が実施されている。課税の実態からは地権者を説得して非誘導区域での開発や建築を制御できるとは思えない。課税のあり方を含めた誘導区域設定が望まれる。

さらに、新築住宅を希望する世帯が宅地を購入する際、宅建業法35条による重要事項説明の中に敷地が誘導区域の内外について説明を加えるべきであろう。また、これに先立ち不動産情報の段階での対応も必要である。不動産の表示に関する公正競争規約及び施行規則第8条(特定事項の明示義務)では、市街化調整区域に所在する土地は「市街化調整区域。宅地の造成及び建物の建築はできません。」と記載することが義務づけられているが、同様に「非誘導区域」であれば、その旨の記載を義務づけることを検討すべきである。

2020年から2021年にかけて「想定外」の新型コロナウイルスによる感染拡大により、強制的に人々の行動に大きな変化が生じている。都市計画および都市基盤整備の分野では「想定内」で世帯数減少が進むため、住民の合意に基づく選択と集中を念頭にきめ細かな「誘導」を行わなければならない。関係する行政、事業者、住民の連携に今後も教育者、研究者として協力していきたいと考えている。

本稿は新規の分析に加えて以下2つの原稿を再編し加筆したものである。

- ・樋口秀・丸岡陽・松川寿也・中出文平（2018）,「地方都市の行政計画における拠点としての中心市街地の位置づけと課題」,日本建築学会大会（東北）都市計画部門PD資料「拠点論－計画された拠点と現実」, pp.95-98
- ・樋口秀・丸岡陽・松川寿也・中出文平（2019）,「非居住誘導区域に建築が進む新築住宅に関する考察」,日本建築学会大会（北陸）都市計画部門PD資料,「立地適正化計画」の適正化計画－同計画制度の下での“非誘導区域”のあり方－, pp.77-78

JCM A

《参考文献》

- ・平成27年版厚生労働白書「序章人口減少の見通しとその影響」
<https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/15/dl/1-00.pdf>・長岡市都市計画マスタープラン（平成22年11月策定,平成29年3月改定）

- ・長岡市立地適正化計画（平成29年3月決定,7月公表）
- ・樋口秀・丸岡陽・松川寿也・中出文平（2017）,「地方都市でのまちなか居住をデザインするための課題と展望」,日本建築学会大会（中国）都市計画部門研究協議会資料「コンパクトシティの政策・計画からデザインへ」, pp.83-86
- ・沖村駿成・樋口秀・中出文平・松川寿也（2015）,「地方都市に共通したまちなか居住の実態と課題に関する一考察－新潟県内4市を対象としたケーススタディ」,都市計画論文集,50-3号, pp.926-931
- ・菅野涼介・樋口秀・中出文平・松川寿也（2012）,「地方都市における定期借地権付分譲マンションの実態と課題に関する研究－まちなか居住促進に向けた考察」,都市計画論文集,47-3号, pp.499-504
- ・中谷拓人・樋口秀・中出文平・松川寿也（2019）,「地方都市における新築戸建住宅居住世帯の居住地選択意向からみたまちなか居住促進に向けた課題－長岡市を対象としたケーススタディ」,都市計画論文集,54-3号, pp.1222-1228

〔筆者紹介〕

樋口 秀（ひぐち しゅう）
新潟工科大学
工学部工学科 建築・都市環境学系
教授



宮城県上工下水一体官民連携運営事業 みやぎ型管理運営方式

田代 浩次

宮城県企業局では、当局が経営する水道用水供給事業、工業用水道事業及び流域下水道事業の持続可能な経営基盤の確立を図るため、水道施設の所有権を県が有したまま、運営権を民間事業者に設定する方式、いわゆるコンセッション方式を活用した「宮城県上工下水一体官民連携運営事業(みやぎ型管理運営方式)」の導入を進めている。

本稿では、「みやぎ型管理運営方式」の概要と事業効果に触れつつ、現在進めている運営権者の選定方法や今後のスケジュール等について紹介を行う。

キーワード：持続可能な経営基盤の確立、コンセッション、官民連携、水道3事業一体、スケールメリット、コスト削減

1. はじめに

水道事業を取り巻く経営環境は、人口減少や節水型社会の進展により料金収入の減少が見込まれることに加え、老朽化した管路や設備等の更新需要の増大により今後ますます厳しくなると予測されており、持続可能な経営基盤の確立が全国的な課題となっている。

このような状況の中、宮城県企業局では、現在経営している水道用水供給事業、工業用水道事業及び流域下水道事業の水道3事業を将来にわたって安定的に運営していくため、水道施設の所有権を県が有したまま運営権を民間事業者を設定する、いわゆるコンセッション方式を活用した「宮城県上工下水一体官民連携運営事業(みやぎ型管理運営方式)」の導入を進めている。

2. 現在の事業状況

宮城県企業局が経営する水道用水供給事業は大崎広域水道事業を昭和55年から、工業用水道事業では、仙塩工業用水道事業を昭和36年から供給を開始し、流域下水道事業では、仙塩流域下水道事業において昭和53年から汚水の処理を開始している。

いずれの事業も供用開始から30年以上が経過する中、人口減少等により水需要が右肩下がりになるだけでなく、既に始まっている設備機器の更新や本格的な管路の更新も控えていることから、今後の料金見直し

は厳しいものとなっている。

現在の体制のまま運営を続けた場合、市町村が負担する広域水道料金(供給単価)は、20年後には現在の1.2倍、40年後には1.5倍程度に、また、流域下水道の市町村維持管理負担金(処理単価)についても40年後には現在の1.5倍程度になるものと試算している。

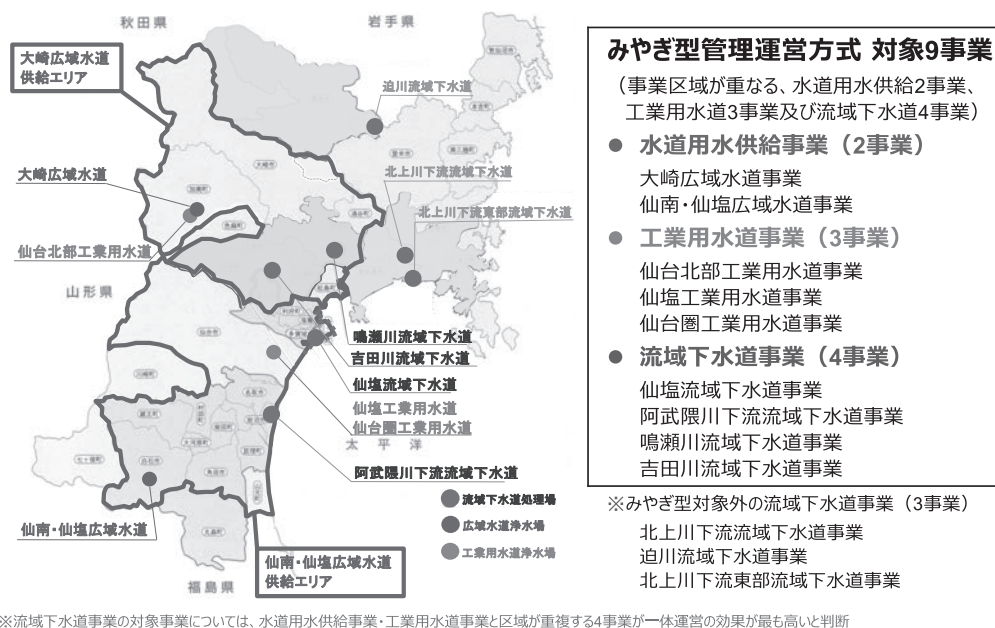
このような経営環境を踏まえ、宮城県では、県が水道3事業の最終責任を持ちながら、民間の経営ノウハウや資金・技術力を最大限活用し、大きな事業費削減効果の発現により、持続可能な経営基盤の確立を図る「みやぎ型管理運営方式」の導入に向けた手続きを進めている。

3. 「みやぎ型管理運営方式」の事業スキーム

(1) みやぎ型管理運営方式とは

「みやぎ型管理運営方式」は、民間事業者が浄水場および処理場等の運転管理や継続的に発生する設備等の修繕・更新を長期的に委ねることができる「コンセッション方式」を採用することとしている。対象となる事業は、水道用水供給2事業、工業用水道3事業に加え、当局が運営する流域下水道全7事業のうち、上水道・工業用水道と処理区域が重複する4事業を対象とした合計9事業となる(図1)。

「みやぎ型管理運営方式」における民間事業者と県の業務分担は表1に示すとおりで、県はこれまで



図—1 「みやぎ型管理運営方式」対象区域図 (太線で囲われたエリア)

表—1 民間事業者と県の役割分担

業務内容	役割分担		備考
	現在	みやぎ型	
事業の総合的管理・モニタリング	県	県	変わらず
浄水場等の運転管理	民間	民間	既に30年近く民間事業者が実施
薬品・資材の調達	県	民間	民間に移動
設備の修繕・更新工事	県	民間	民間に移動
水道法に基づく水質検査	県	県	変わらず
管路の維持管理 管路・建物の更新工事	県	県	変わらず

どおり事業の総合的管理を行うほか、水道法に基づく水質検査や管路等の維持管理・更新等を行う。

一方、運営権者は、これまでも民間事業者が業務委託または指定管理者制度により行ってきた浄水場や下水処理場等の運転管理に加え、資材や薬品の調達及び機械・電気設備の修繕・更新工事を新たに担うこととなる。管路を除く9事業の施設を一括で20年間運営することによる時間的・空間的なスケールメリットに加え、民間事業者の経営ノウハウや新技術の開発・導入、創意工夫等により、大きなコスト削減を期待している。

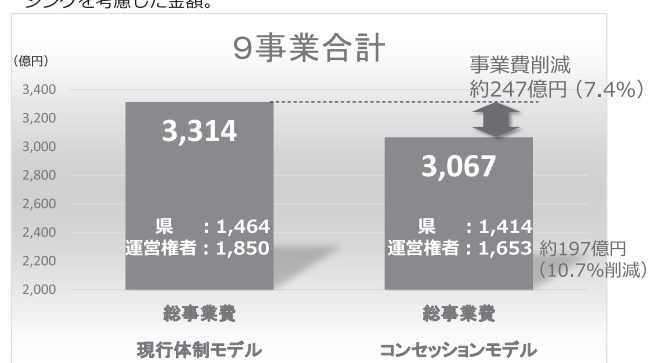
(2) 事業効果について

県が現行体制のまま事業を継続した場合、20年間での9事業合計の事業費は、今後の水量減少を見込んだ施設の統廃合やダウンサイジングを織り込んで試算した結果、3,314億円と見積もっている(図—2)。

一方、「みやぎ型管理運営方式」を導入した場合は、9事業合計で総事業費3,067億円となり、事業費削減

9事業合計では約247億円の削減効果

※総事業費は、今後の水量の減少を見込んだ施設の統廃合やダウンサイジングを考慮した金額。



図—2 事業効果

効果は全体で約247億円、率にすると約7%と試算している。

このうち、運営権者分に係る削減効果は、約197億円(約10%程度)を見込んでおり、民間事業者には、この削減額以上のコスト削減を前提として応募することを条件としているため、確実に総事業費を抑制でき

る仕組みとしている。

事業費削減効果を仮に全て料金に反映した場合、水道・下水道共に20年後の料金上昇を10%程度抑制する効果があるとの結果が得られた。

(3) 競争条件について

コンセッション事業における応募者の提案に対する定量的評価としては、一般的には運営権対価（一括又は併用）の金額を競争条件とするが、運営権対価は事業期間にわたる利益を源泉とするため、割引率により目減りすることとなる。

運営権対価について割引率を超える利回りで資産運用をすることは現実的に困難なことから、「みやぎ型管理運営方式」では運営権対価を競争条件とはせず、運営権者収受額（利用料金）をどれだけ低く抑えられるかを競争条件とすることで、割引率の影響を受けずに、理論上、県民へ最大限還元できる（料金上昇の抑制に繋げられる）制度とした。

県が現行体制のまま事業を継続した場合（1,850億円）に対して、約197億円（約10%）の削減を見込んだ約1,653億円を提案上限額とし、各応募企業の競争によって、さらなる事業費の圧縮を期待しているものである。

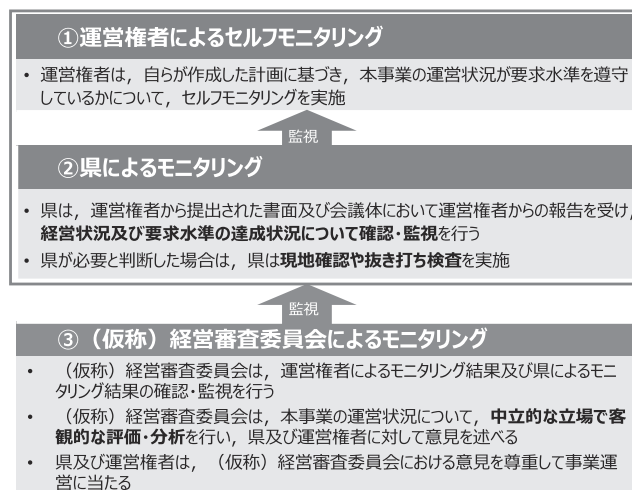
(4) 要求水準及びモニタリングについて

水道3事業は、県民生活や企業活動を行う上で必要不可欠な公共サービスであり、コンセッション方式の導入に当たっては、安全な水質の確保と運営権者の安定的な経営の確保、さらに県民への情報公開が重要なポイントとなる。

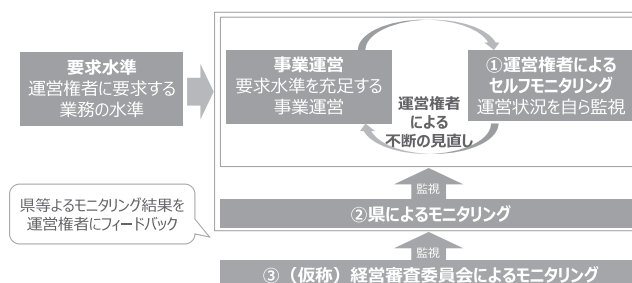
そのため、水質（流域下水道事業においては放流水質）については、現在と同等を求め、検査体制や実施の頻度等については現行と同等以上の体制を要求水準として求めている。また、安定的な経営の確保の観点から確実なモニタリング体制を構築するとともに、情報公開の面では運営権者に対し積極的な情報開示を求めている。

これら水質の遵守状況や経営状況については、①運営権者によるセルフモニタリング、②県によるモニタリング、及び③専門家により構成される（仮称）経営審査委員会によるモニタリングの三段階モニタリング（図—3）での監視・確認を行い、その結果を踏まえて運営権者が運営方法の不断の見直し（図—4）を行うことで、健全な事業運営が確保される仕組みとなっている。

さらに、経営等の透明性確保の観点から、事業計画



図—3 三段階モニタリング



図—4 要求水準とモニタリングの関係

や財務諸表等については運営権者が自ら公表することを義務とするとともに、それ以外の項目についても積極的な情報開示に努めることを要求水準として規定し、県民への情報提供を広く行うことを求めている。

(5) 運営権者収受額の改定について

運営権者がコントロールできない需要と物価変動リスクについては、運営権者収受額の改定を5年に一度の県の料金改定に合わせて、あらかじめ定めた指標や算定方法により行うこととしている。

需要変動及び物価変動の改定時に対象となる費用の構成項目と指標は表—2のとおりである。

(6) 不可抗力等の対応について

水道事業の性質上、収益増が見込めない中で運営権者に安定的な経営を求めるという観点から、大規模災害等の不可抗力や法令変更等の運営権者の責めによらない事象については、基本的に県の負担とした。

なお、これまで委託事業者（流域下水道事業においては、指定管理者）が対応してきた軽微な事象については、通常の維持管理の範疇として引き続き運営権者がリスクを負うこととしている。

表一 定期改定時に改定の対象となる構成項目と指標

構成項目	需要変動費	物価変動費
ア) 人件費		○
イ) 薬品費	○	○
ウ) 動力費	○	○
エ) 修繕費		○
オ) 保守点検費		○
カ) 廃棄物処理費	○	○
キ) 償却費		○
ク) 資産減耗費		○
ケ) その他営業費用		○
コ) 公租公課		
サ) 事業報酬		

物価指標①（人件費）：宮城県が公表する名目賃金指数（宮城県，電気・ガス・熱供給・水道業，30人以上）
 物価指標②（薬品費）：日本銀行が公表する消費税を除く企業物価指数（無機化学工業製品）
 物価指標③（動力費）：日本銀行が公表する消費税を除く企業物価指数（電力・ガス・水道）
 物価指標④（修繕費等）：日本銀行が公表する消費税を除く企業向けサービス物価指数（総平均）
 物価指標⑤（償却費）：国土交通省が公表する建設工事費デフレーター（税抜）（上・工業用水道）

(7) 改築業務について

運営権者は、事業者選定時に提案した改築内容を基に、県と協議を行い、改築計画書を作成することとなり、その改築計画書に記載された改築については実施の義務を負うこととなる。

一方、20年間という事業期間を踏まえ、事業環境の変化や技術の進歩等により改築の実施時期や内容に変更が生じた場合は、施設が同等以上の性能を確保されることを前提とし、県の承認を受けることで事業期間のリスクに対応できる仕組みとしている。

さらに、水道用水供給事業及び工業用水道事業においては、当初提案した改築を取りやめる場合には、原則として当該改築に係る費用の返還義務が生じるが、改築の取り止めに伴う維持管理費等の増加分については、運営権者が根拠資料を提示し県が認めた場合に、返還額から控除できることとしている。

流域下水道事業においては、改築は基本的に国庫補助制度を活用して実施することから、運営権者収受額（利用料金）の対象外とした。提案のあった改築計画をベースに、5年毎の基本協定及び年度ごとの実施協定を締結した上で改築を実施し、完成・引渡し後に実費精算となる。また、改築対象設備の設計は、「下水道施設計画・設計指針と解説（日本下水道協会）」に準じて行うこととしている。

(8) 運営権者の選定方法について

運営権者を選定するための審査は、第一次と第二次審査の2段階で行う。

第一次審査においては、経営と運転管理の安定性を求めるという観点から設定した、参加資格要件（実績要件、資本金要件、法人要件等）（表一3）について確認を行った。

表一3 主な参加資格要件

実績要件	・上水道事業：処理能力日量2.5万立方メートル以上（厚生労働大臣認可）の急速ろ過方式の浄水場施設における運転管理業務 ・下水道事業：処理能力日量10万立方メートル以上（対象処理場の規模）の標準活性汚泥法と同等以上の処理能力を有する終末処理場における水処理施設の維持管理業務 上記いずれも元請として同一施設で連続して3年以上の実績が必要。
資本金要件	応募企業又は代表企業は資本金50億円以上であること。
その他要件	外国法令に基づいて設立された法人でないこと。

第二次審査においては、条例設置されている民間資金等活用事業検討委員会（PFI検討委員会）が、応募者からの提案書類及びプレゼンテーションにより提案内容の審査を行う。各提案項目及び配点は図一5のとおりであり、配点にあたっては、水質管理や事業継続措置などの提案項目において安全性を重視して設定したほか、改築・修繕等においては、確実性とともによりイノベーションなどを重視して設定をした。

全体事業方針・実施体制等 30点	水質管理・運転管理・保守点検 44点	改築・修繕等 42点	セルフモニタリング・危機管理・事業継続措置 34点	地域貢献 10点	運営権者提案額 40点
---------------------	-----------------------	---------------	------------------------------	-------------	----------------

図一5 提案項目及び配点（200点満点）

PFI検討委員会の委員は、各提案項目について「優」「良」「標準（現行体制と同程度）」「標準未満」の4段階で評価を行うこととなるが、水道3事業はいずれも代替性のない社会基盤を支える重要なインフラであることを踏まえ、一項目でも「標準未満」と評価された応募者は失格となる基準とした。

4. 今後のスケジュール

令和元年12月に、「みやぎ型管理運営方式」導入の前提となる、実施方針に関する条例が成立したことを受け、「みやぎ型管理運営方式」を特定事業として選

定し、実施方針を公表した。その後、令和2年3月から事業者の公募を開始し、その結果、3つの企業グループから応募があり、いずれのグループも第一次審査を通過している。

現在（執筆時点：令和3年1月）は、競争的対話が終了し、全ての企業グループから第二次審査書類が提出されたところである。今後は、PFI検討委員会において提案内容の審査が行われ、令和3年3月に優先交渉権者を決定する予定であり、優先交渉権者の決定後は、運営権設定に係る県議会の議決を経て、令和4年4月からの事業開始を予定している（表－4）。

表－4 公募スケジュール（予定）

年月日		内 容
令和2年	3月	募集要項等の公表 ⇒ 公募開始
	5月	第一次審査書類の提出期限
	6月～12月	競争的対話の実施
令和3年	1月	第二次審査書類の提出期限
	3月下旬	優先交渉権者の選定／基本協定の締結
	6月又は9月県議会	運営権設定議案の提案
	7月又は10月	厚生労働大臣に運営権設定に係る許可を申請
	大臣許可後速やかに	運営権設定・実施契約の締結
令和4年	4月	事業開始

5. おわりに

「みやぎ型管理運営方式」は水道3事業を一体としてコンセッション方式を導入する全国初の取組みとなるが、水道事業を取り巻く経営環境がますます厳しくなる中で、この運営方式が持続可能な水道事業の経営基盤強化に向けた一つのモデルとなるよう、着実に導入を進めていく所存である。

謝 辞

最後になりますがこれまで御支援をいただいた国の関係府省や関係機関等の皆様に厚く感謝申し上げますとともに、引き続き、御協力を賜りますよう誌面を借りてお願いを申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

田代 浩次（たしろ こうじ）
宮城県企業局 水道経営課
課長



ICT を活用した下水道施設 Web 広域監視の拡大

宮崎 哲也

現在、下水道事業は、人口減少に伴う厳しい財政状況や、技術職員の減少、下水道施設の老朽化、災害への備え、下水汚泥のエネルギー化による貢献など、「ヒト・モノ・カネ」の3つの大きな課題に直面している。そこで、下水道施設を適切にマネジメントし、持続的かつ効率的な下水道サービスを提供することが求められている。一方で、社会における様々な分野において、ICT（情報通信技術）を活用した革新的かつ付加価値の高い製品・サービス等が多数生み出されている。下水道分野においても ICT を活用することにより、下水道施設管理の効率化・危機管理能力の向上等、持続的かつ質の高い下水道事業の運営が可能であるため、Web による広域監視を導入した。

本稿では ICT を活用した下水道施設 Web 広域監視の拡大を行った概要について紹介する。

キーワード：下水道施設, ICT, 維持管理, 広域

1. はじめに

長崎市の人口は約 41 万人で、平坦地が少なく起伏に富んだ斜面が多い国際観光文化都市である。長崎市の下水道事業は、昭和 27 年に着手し、排除方式はすべて分流式で、令和元年度末の下水道処理人口普及率は 94.3%と概成しており、来年度 60 周年を迎える。下水道施設は、平成 17 年及び 18 年に周辺 7 町と合併したことにより、11 箇所の下水処理場、18 箇所のポンプ場、174 箇所のマンホールポンプを有している。また、8 箇所の集落排水処理施設も有しているため、図-1 に示すとおり、市内全域に分散する処理方式が異なる多種多様な污水处理施設の維持管理を行っている。

2. 加速する下水処理場の統廃合

人口に対し施設の数が多くなると、維持管理に要する費用が高くなる。市民サービスや災害対応力などの質を向上させつつ、持続可能な下水道事業を実現するためには、污水处理原価の縮減を図るとともに、維持管理の効率化が不可欠である。これまで、平成 15 年に北部下水処理場、平成 17 年度に西部小江原下水処理場を廃止し、西部下水処理場へ統合するなど広域化・共同化に向けた取り組みを進めてきた。また、市の中心部にあり、昭和 36 年の供用開始から 59 年が経過し、

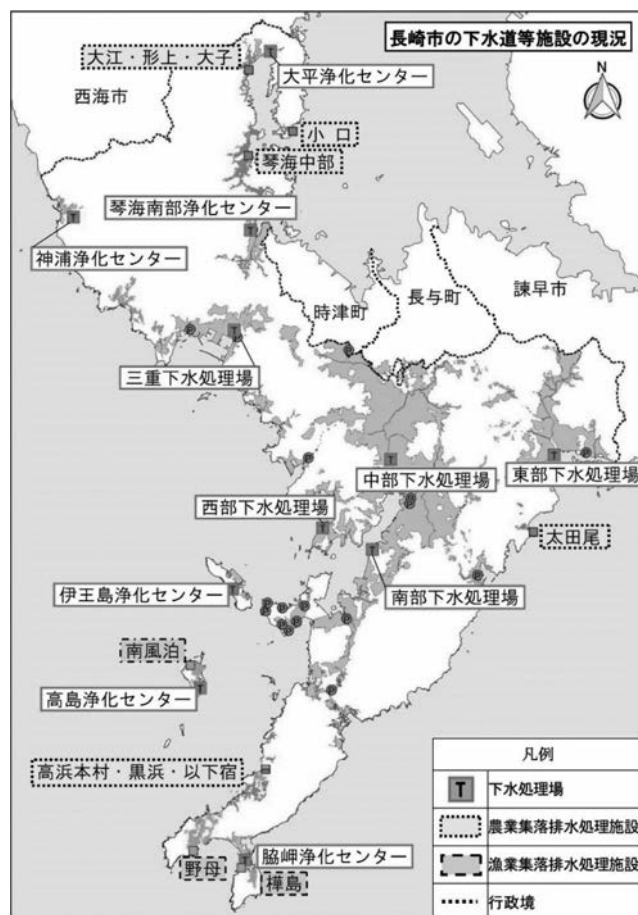


図-1 長崎市下水道等施設の現況

最も古い施設である中部下水処理場を、令和5年度に水処理施設の機能を停止し、西部下水処理場へ統廃合する統合整備事業を平成24年度から積極的に進めている。今後は、下水道に隣接する集落排水処理施設を下水道に集約する予定で、汚水処理施設の統廃合を加速する。

3. 維持管理の手法

(1) 包括的民間委託の導入

効率化の一環として、長崎市は早くから維持管理において民間活力の導入に取り組み、平成22年度には比較的規模が大きな5箇所の標準活性汚泥法の下水処理場において包括的民間委託を導入した。薬品や光熱水費のユーティリティーと小規模修繕を含むレベル2.5の包括的民間委託は、5箇所の下水処理場ごとに異なる地元企業に発注することで、受注機会を増やし技術の向上と競争性確保を図っている。

(2) ICTを活用したWeb広域監視

こうした中、長崎市では維持管理業務の更なる効率化としてICTの活用に取り組んだ。

表一1に示すとおり、5箇所の下水処理場に統合監視システムを導入し4箇所の下水処理場で夜間無人化を実現した「下水処理場統合監視システム」と、小規模下水処理場やマンホールポンプを遠方監視の対象とした「小規模施設監視システム」の2つの監視システムである。

表一1 長崎市下水道施設の2つの広域監視システム

システム	処理場名	処理方式	水処理能力 (m ³ /日)
下水処理場 統合監視 システム	1 中部下水処理場	標準活性 汚泥法	32,900
	2 南部下水処理場		31,400
	3 三重下水処理場		11,000
	4 東部下水処理場		18,700
	5 西部下水処理場		82,200
小規模 施設監視 システム	6 伊王島浄化センター	OD法	600
	7 高島浄化センター		200
	8 神浦浄化センター		600
	9 脇岬浄化センター		900
	10 大平浄化センター		700
検討中	11 琴海南部浄化センター	長時間エア レーション法	2,400
合計			181,600

(a) 下水処理場統合監視システム（夜間監視）

まず、「下水処理場統合監視システム」とは、図一2に示すとおり、インターネット回線を通じて基幹下水処理場である西部下水処理場で、中部、南部、三重、



図一2 導入前後の夜間人員体制の違い

東部の各下水処理場の夜間遠方監視ができるシステムである。西部下水処理場に監視人員を配置することにより、他の4箇所の下水処理場の夜間無人化が可能となった。西部下水処理場での広域監視業務は夜間のみで、遠方監視を行っている各下水処理場の設備に夜間異常が発生しても遠隔操作は行わない。異常のレベルに応じて、西部下水処理場の監視業者から各下水処理場の維持管理業者に通報を行うだけで、実際の異常対応はそれぞれの下水処理場の維持管理業者が行う。

この監視システムの特徴は次の4点である。

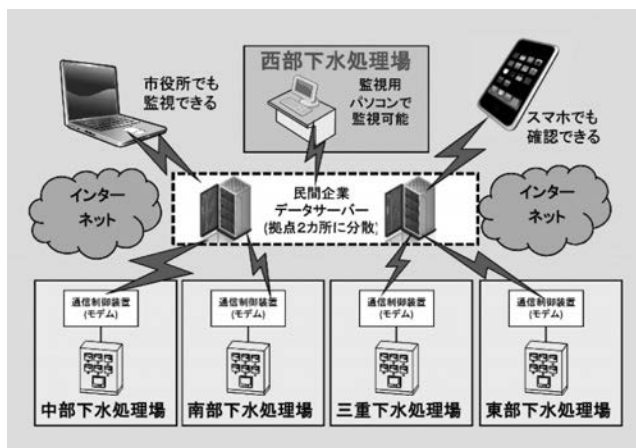
- ①目的を制御ではなく監視に絞り込んだこと。
- ②既存の設備を有効活用し、新たな設備投資を最小限に抑えたこと。
- ③特殊な機器構成を避け、一般的に調達可能な機器を採用したこと。
- ④システムの開発及び維持管理は地元企業であること。

(b) どこでも監視できる

「下水処理場統合監視システム」は、図一3に示すとおり、西部下水処理場以外でもインターネット環境があれば、専用URLに、ユーザーID/パスワードを入力しログインすることで、市役所のパソコンやスマートフォン等で、どこでも監視することが可能であり、下水道統合監視システムのトップ画面は写真一1のとおりである。また、上下水道局が自前でシステムサーバを構築するのではなく、民間企業のデータサーバを活用し、耐震構造や水防板及び24時間セキュリティを備えた2箇所の拠点に分散することにより、コスト縮減とリスク分散の両立を図っている。

(c) 異常時の通報体制を確保

機器の故障や停電など異常が発生した場合は、その影響度及び重要度に応じて表一2に示すとおり、5つ



図一3 下水処理場統合監視システムの構成



写真—1 下水道統合監視システムトップ画面

表—2 5つの故障レベルの対応

異常レベル	対応
L5 最重故障	夜間のいかなる発生時にもすぐに連絡
L4 重故障	深夜2時~5時の発生は5時に連絡
L3 中故障	深夜故障発生は6時に連絡
L2 軽故障	夜間の処理は必要なし。8時45分に連絡
L1 軽微故障	連絡する必要なし

の通報レベルに細かく分類している。西部下水処理場の夜間監視員は、異常時にそれぞれの故障レベルに従って、故障が発生したそれぞれの下水処理場の維持管理業者に確実に連絡する体制を取っており、安全を確保している。これまで運用開始から約8年が経過しているが、通報体制の不備による故障対応の遅れ等はない。

(d) 年間1.4億円のコスト縮減

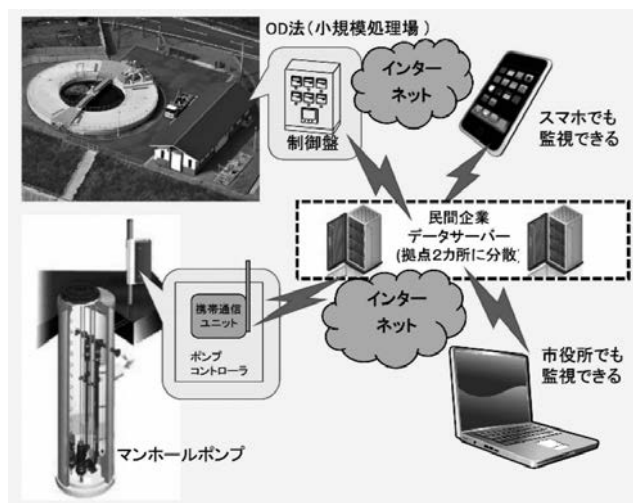
このように、下水道管理者として、ICTの活用により安全を確保しつつ徹底したコスト縮減を図った結

果、下水処理場統合監視システムの導入による4箇所の下水処理場夜間無人化がもたらした経済効果は、導入の初期投資、通信費等のランニングコストを加えて、年間約1.4億円と大きな効果を生み出すことができた。

(e) 小規模施設監視システム（常時監視）も活用

一方「小規模施設監視システム」は、処理能力が比較的小さいオキシデーションディッチ法（OD 法）の浄化センターとマンホールポンプを監視するシステムである。

システムは違うものの、図－４に示すとおり、監視対象が変わっただけで、下水処理場統合監視システムと同様にインターネット環境があれば、市役所のパソコンやスマートフォン等でどこでも監視することが可能である。



図一4 小規模施設監視システムの構成

このシステムの導入により、市内全域 174 箇所のマンホールポンプにおけるマンホール内水位の上昇や故障などの種類や情報といった異常を Web で即時に把握することができ、現地に到着する前に、必要な機材や吸引車の手配等を判断することができる。また、停電など複数の箇所で故障が発生した場合にも、マップ機能を有する Web 上で、影響を受けているマンホールポンプが簡単に把握できるメリットがある。さらに Web 化により、異常履歴、マンホール内水位、運転トレンドなどのログ機能や日報・月報機能により、情報端末で日常的に各マンホールポンプの状態を確認することも可能となった。

5箇所のオキシデーションディッチ法（OD法）の浄化センター（下水処理場）についても、この小規模施設監視システムの導入を拡大している。導入前までは、保守点検と運転操作のための人員1名を昼間に週

5日配置していたが、導入後、人員配置を週5日から週3日に減らし、コスト減に繋げている。

4. 集落排水処理施設の監視へ拡大

令和元年度に5箇所の農業集落排水処理施設、3箇所の漁業集落排水処理施設、及び集落排水事業の122箇所あるマンホールポンプのすべての監視にもこの小規模施設監視システムを拡大し、汚水処理施設の維持管理の効率化を実現した。

5. ながさき下水道連携協議会を設立

平成27年度の下水道法改正で、複数の下水道管理者による広域的な連携を検討できる協議会制度が創設されたことから、全国に先駆けた3例目として、長崎県において平成29年3月に「ながさき下水道連携協議会」を設立した。また、同協議会を活用し、平成30年3月に県内を6つのブロックに分割し、汚泥を広域的に集約し有効活用するための方向性を示す「長崎県汚泥処理構想」を策定している。

6. 長崎広域連携中枢都市圏ビジョン

長崎市、長与町、時津町の3市町は、平成28年6月に連携中枢都市宣言、平成28年12月に連携協約を締結後、平成29年3月に長崎広域連携中枢都市圏ビジョンを策定した。結びつきが強い隣接自治体が広域的に連携し、行政区域を越えた都市圏において、地域経済を活性化し、持続可能な地域社会の形成を下水道において目指している。

(1) 急激に人口減少が進む長崎市

総務省が2019年1月現在の住民基本台帳に基づき発表した人口動態調査では、転出が転入を上回る「社会減」は、長崎市が2,663人と全国市町村でワースト1位、町村では長与町が440人で全国ワースト1位、時津町が261人で全国ワースト6位と、長崎市及び隣接市町は著しく人口減少が進んでいる。持続可能な汚水処理の事業運営を推進するためには、各自治体を持つノウハウや強みを他自治体と共有し、スクラムを組んで広域化・共同化へ取り組みを加速することが望まれている。

(2) 広域化・共同化に向けた取り組み

平成30年1月、人口減の担当省である総務省、下

水道の担当省である国土交通省、農業集落排水・漁業集落排水の担当省庁である農林水産省と水産庁、合併処理浄化槽の担当省である環境省の4省による連名で「汚水処理の事業運営にかかる「広域化・共同化計画」の策定について」通知があり、令和4年度までに全ての都道府県において「広域化・共同化計画」を策定するよう通知があった。

そこで、令和元年度には、国土交通省の「下水道事業における広域化・共同化検討分科会」において、モデル都市として、長崎市を核としたソフト連携が選ばれ、長崎市、長与町、時津町に隣接する諫早市、西海市を加えた5市町で、下水道の経営基盤の強化へ向け検討を行った。

検討においては、中核市である長崎市の強みとして、隣接市町よりも下水道従事職員が多く様々な職種 of 職員がいることや、下水道施設の統廃合のノウハウを持っていることなどについて、取り組みの事例紹介や各市町が抱える課題を抽出し意見交換のワークショップを行った（写真—2）。

複数回にわたる広域化・共同化の意向アンケートの



写真—2 広域化・共同化ワークショップ



写真—3 隣接市町による西部下水処理場視察

実施と、2回のモデルブロック勉強会により議論を深めた結果、長崎市の強みであるICTを活用した下水道施設のWeb広域監視の広域化について検討を進めていく方針となり、写真—3のように隣接市町と西部下水処理場の視察を行った。

Web広域監視システムの導入による委託側である各市町側のメリットとしては、維持管理費の削減が挙げられる。また、受託側の補完者である長崎市のメリットとしては、監視人員体制を増やすことなく隣接市町からの受託収入増による経営安定化が挙げられる。令和2年度及び3年度には、5市町にとって自治体間の監視レベルの平準化や維持管理技術の向上を図ることにより、図—5に示すようなwin-winの関係を構築することを目指し、詳細な導入効果について引き続き検討を進める。



図—5 広域化・共同化イメージ

(3) PDCA から CAPD サイクルへ転換

平成30年度に「下水道ストックマネジメント計画」を策定し、下水道施設の計画的な点検・調査及び修繕・改築を進める長崎市にとって、限られた財源の中で効率的に安定した下水道事業を運営していくことが課題

である。現状のWeb広域監視に加え、今後は下水道施設の運転時間や異常発生頻度等、維持管理情報の収集・蓄積をもとに評価し、施設の健全度を推測できるよう評価（C）から始まるCAPDマネジメントサイクルへの転換が必要である。現在、長崎市では下水道施設の老朽化が増々進むなか、ストックマネジメントから長期的な下水道資産（アセット）を適正に管理（マネジメント）する「アセットマネジメント支援情報システム」を令和4年度に構築するよう進めている。

7. おわりに

長崎市のICT活用のポイントは、機能をWeb遠方監視のみに絞るとともに汎用品を使用して導入費及び維持管理費を安く抑えた点である。また、下水道施設の統廃合と違い、Webの環境さえあれば距離に関係なくどこでも広域監視できるという大きなメリットがあり、隣接市町に限らず全国の下水処理場へ広がる可能性をもっている。今年度は、広域化・共同化計画策定のための「ながさき下水道連携協議会」の作業部会を2回開き、理解を深めている。

今後もICTの動向に注視しながら、隣接市町及び長崎県と連携し、令和4年度までに策定する「広域化・共同化計画」に、Web広域監視を隣接市町まで拡大し、さらに長崎県内の下水道施設へ水平展開するよう、One Teamで取り組んでいきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

宮崎 哲也（みやざき てつや）
長崎市 上下水道局事業部 事業管理課
下水道企画係長



統合分析による 下水道分野の維持管理事業方式の検討手法

山口 治・池田 元・柴田 憲一

我が国の下水道施設は、高度経済成長期以降、急速に整備が進められたため、一斉に更新時期を迎えており、計画的な改築や更新を行うことが重要な課題となっている。解決の手法の一つとして、民間事業者が公共施設等の維持管理運営を行う PPP/PFI 事業の適用が進められているが、事業スキーム構築には課題が多く、これまでに管路施設を含んだ包括的事業の実施事例は少ない。そこで本研究は、初期段階の検討手法を確立することを目的とし、民間事業者の関与の程度が異なる3つの事業方式を選定した。各々の事業方式におけるステークホルダーごとの利益を既存の統合分析表を用いて定量的に算定し、比較した。その結果、検討手法の簡便性、有用性を確認した。本稿では検討手法の確立、有用性の確認結果について報告する。

キーワード：下水道施設、老朽化、維持管理手法、PPP/PFI 事業、統合分析

1. はじめに

我が国の下水道施設は、高度経済成長期以降、都市化の進展や産業の急速な発達に伴う衛生問題および水環境問題を解決するため、急速に整備が進められてきた。その結果、大量の施設のストックを短期に集中して抱えることとなり、耐用年数を超えた施設が同時期に更新時期を迎えることから、その対策が急務となっている。また、管理者である地方公共団体等が抱える課題として、少子高齢化・人口の減少による下水道使用料の減少と下水道事業予算の削減、職員の人材・人員不足による執行体制の脆弱化、および技術力の低下が深刻化していることが挙げられる。

これらの課題が顕在化するなか、効率的・経済的で持続可能な維持管理運営体制の構築が求められており、先進的な地方公共団体では包括維持管理事業を展開する事例¹⁾が見られるものの、実施例が少ない。

課題解決の取り組みとして、国土交通省は、2019年3月に「下水道事業における公共施設等運営事業等の実施に関するガイドライン」²⁾の改訂を行い、下水道分野における PPP/PFI 事業の実施を推進するため、下水道管理者および民間事業者が取り組むべき事項を示した。内閣府は、毎年とりまとめる「PPP/PFI 推進アクションプラン」³⁾において、重点分野の一つとして下水道を挙げている。しかし、管理者（委託者）や事業者（受託者）だけでなく、市民等の受益者、事

業への融資者等多くの利害関係者にも有効で有益な事業スキームの構築が困難であることから、2014～2017年までの集中強化期間中の数値目標6件のうち、実施方針の対策完了済みは2件にとどまっている。

そこで本研究は、事業スキーム構築にあたり、初期段階における簡便な検討手法を確立することで、地方公共団体が PPP/PFI 事業への検討を進めやすくすることを目的とした。検討手法の手順として、第1に、維持管理方式と契約形態の違いや民間事業者の関与の程度が異なる3つの事業方式を選定し、従来型手法と合わせて4種の検討を行うこととした。第2に、実在する都市をモデルケースとして、各ステークホルダーの利益を既存の統合分析手法を用いて可視化し、事業方式別に集計した。第3に、それぞれの事業方式に作成した統合分析を比較することにより、事業方式の違いによる特徴を整理した。

2. 既往研究

(1) 既往研究のレビュー

国土交通省は、「下水道における新たな PPP/PFI 事業の促進に向けた検討会」⁴⁾を開催し、下水道分野の官民連携についての検討を進めている。明尾ら¹⁾は、下水道管路施設の官民連携スキームに関して、事業導入時における官民連携のリスク分担検討の必要性や、道路管理者と連携したデューデリジェンス調査の

可能性について論じている。

宮本、北詰⁵⁾は、道路インフラにおけるPFI事業スキームの検討手法として統合分析手法を提案している。事業評価および事業スキームの検討においては、経済分析、財務分析、融資分析、財政支出分析の4つの視点を満足する必要があるとし、ステークホルダー間の受益と負担が相互に関連するため、統合して分析を行うことからこれらをまとめて「統合分析」と称している（図—1）。

大西ら^{6), 7)}は、この統合分析を用いて、実際の事業スキーム構築への適用可能性の検討を行っており、都市公園事業における各種事業方式の比較や公共施設等運営事業を対象に、各種インフラ事業での適用について論じている。

(2) 本研究の位置づけ

既往の研究や実施例において、統合分析表を用いて官民連携スキームを比較検討した具体的な事例は、都市公園事業、道路事業、空港事業で多く、下水道施設および管路に関しては概念的な検討に留まっている。

本研究は、下水道分野の維持管理において、統合分

析手法を適用し、PPP/PFI事業選定の初期検討に活用する点において従来の研究と異なる。統合分析手法により事業方式ごとに比較検討する手順は以下の通りである。

- i. 下水道施設および管路の維持管理方式の特徴の整理
- ii. 統合分析に必要な指標の選定と、モデル都市を対象とした各方式の統合分析表の作成
- iii. 実際の地方公共団体をモデルとして、公開されている下水道事業運営情報（決算情報等）を用いた統合分析表への入力
- iv. 事業方式ごとのステークホルダーの利得の算出

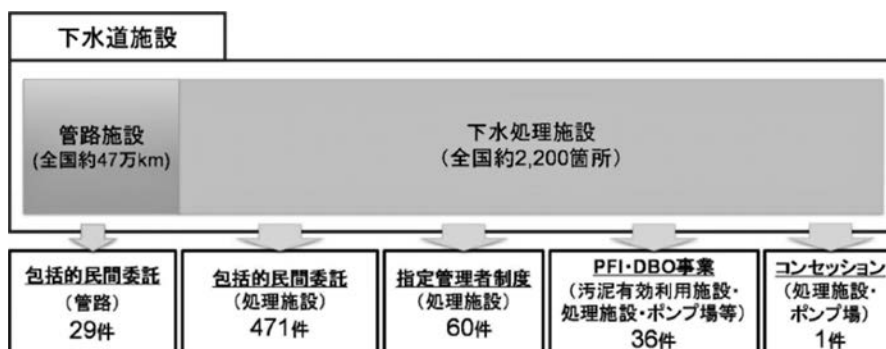
3. 下水道分野におけるPPP/PFI事業の実施状況

下水道分野の維持管理には、多様な形態のPPP/PFI事業が用いられており、下水道処理施設では全国約2,200箇所のうち、9割以上が民間委託を導入している。このうち、包括的民間委託が471件で全体の2割程度を占めている。しかし、管路施設では全国約

項目	主体	事業者	融資者	利用者	沿道 立地者	社会	地主	政府	合計
建設費		-50							-50
用地費								-30	-30
運・維・管費		-40							-40
料金		100		-100					0
利用者便益				180					180
地価上昇					-24		24		0
物価下落				-24		24			0
融資		50	-50						0
返済		-66	66						0
サービス購入料		17						-17	0
税金		-4	-5	-6		-5	-8	29	0
合計		7	11	50	-24	19	16	-18	60

(10億円) 財務 融資 財政支出 経済

図—1 道路事業における統合分析表の例



図—2 下水道におけるPPP/PFI事業の実施状況

47 万 km（全市区町村 1,741 団体）のうち、包括的民間委託が 29 件と少なく、PPP/PFI 事業の適用が進んでいない（図—2）。その要因として、事業実施数が少ないことによる事業実施時の優位性の評価の信頼性、導入に要する期間の長期化、地方公共団体等と事業者の適正なリスク分担の設定の難しさ、現在の管路施設の資産評価の困難さ等が挙げられる。

4. 下水道施設維持管理の事業方式

(1) 維持管理方式と契約形態

下水道事業の維持管理方式は、大別して「事後保全型」と「予防保全型」に分類される。事後保全は、管路施設の損傷や劣化が原因で生じる陥没や浸水に対して、発生後に対策を講じる管理方式である。一方、予防保全は、管路施設の損傷や劣化による陥没や浸水が生じないように、事前に対策を講じる管理方式である。予算の制約がある中で効果的かつ効率的に維持管理を行うには、損傷や劣化の進行を事前に予測し、適切な対策を早期に行う予防保全型維持管理を行うことが、品質と費用の両面から有益であるため、事後保全型から予防保全型への移行が進められている。

委託者と受託者の契約形態は、単年度契約と複数年度契約に区分される。複数年度の契約締結は、民間事業者が主体的に運営に参画することで、民間資金、経営ノウハウ、新技術導入を活かし、事業の効率化や手続きの簡素化によるコストの縮減が見込める。

地方公共団体の運営する事業資金は、下水道使用料金で運営する汚水処理と、地方公共団体の税収や国庫補助金をもとに運営する雨水処理に大別される。このため、事業主体が民間事業者となると、全てを下水道使用料金でまかなうことが困難である。そこで、従来通り雨水処理に要する税収等の費用を活用できる PFI 事業の「混合型」の適用が検討されている。

上述の事項を勘案し、本研究で比較する事業方式は、a) 従来型公共事業方式（以下、従来型）、b) 重点管路更新型公共事業方式（以下、重点管路更新型）、c) 包括的民間業務委託型公共事業方式（以下、包括民間委託型）、および d) PFI 事業方式（以下、PFI 型）を選定した。なお、公共施設等運営事業方式（コンセッション方式）は、下水道料金単体での事業成立が困難なため、今回の検討から除外した。

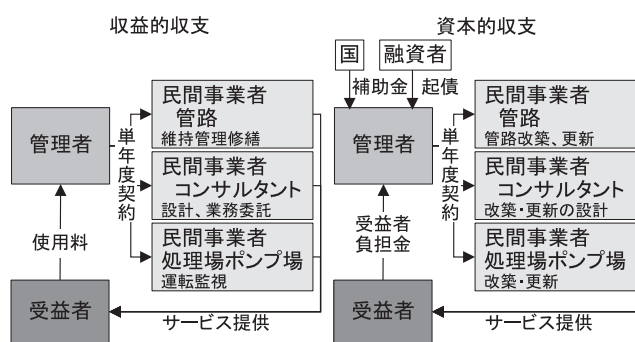
(2) 事業方式の分類

本研究では、容易に入手可能なデータで検討できるよう、公開されている下水道関連事業の決算報告を用

いることとした。下水道関連事業の費用は、下水道使用料を得て維持管理を行う「収益的収支」と、国や融資者等から資金を得て施設の改築、更新、新設を行う「資本的収支」に区分される。本研究で比較する事業方式の内容は、以下の通りである。

(a) 従来型

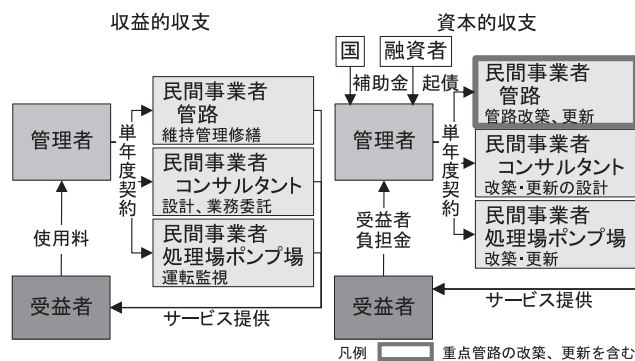
従来型は、これまで行ってきた事後保全型の維持管理方式。単年度ごとに発注手続きを行うため、発注に要する事務手続きと受託者決定までの時間を要する（図—3）。



図—3 従来型の事業方式

(b) 重点管路更新型

重点管路更新型は、従来型に加えて、ストックマネジメント計画を基に算出した予防保全型維持管理に移行するために必要な改築・更新の重点管路を並行して行う方式。(a) に比べて管路施設の損傷、道路陥没の発生数が低減するが、従来通り単年度ごとに発注手続きを行うため業務量が更に増加し、各年度の重点管路更新の選定と実施のための費用が別途必要となる（図—4）。



図—4 重点管路更新型の事業方式

(c) 包括的民間委託型

包括的民間委託型は、(b) の実施にあたり、複数の異なる業務の統合や、複数年度の契約締結等が可能な包括的民間業務委託の方式。発注手続きに伴う効率化や手続きの簡素化による業務量の削減につながり、

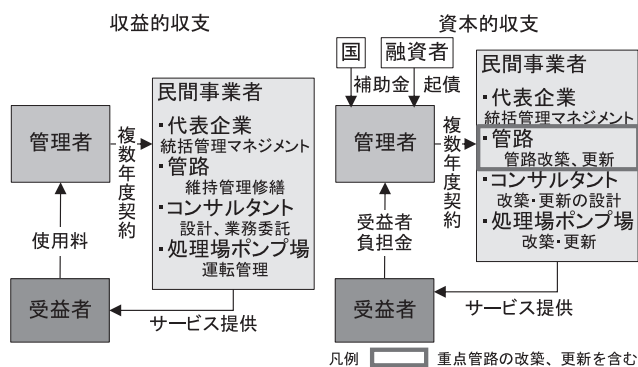


図-5 包括的民間業務委託型の事業方式

さらに事業期間が長期になることにより、民間事業者のノウハウや創意工夫が期待できる（図-5）。

(d) PFI型

PFI型は、(b)の実施をPFI事業（混合型）で実施する方式。(c)と同様、発注手続きの効率化や手続きの簡素化による業務量の削減が可能で、一般的に(c)の事業期間に比べて長期であり、民間事業者の創意工夫の効果が増大する。加えて、民間資金を積極的に活用し管路の改築、更新を行うことで、早期対応によるリスク低減が期待できる（図-6）。

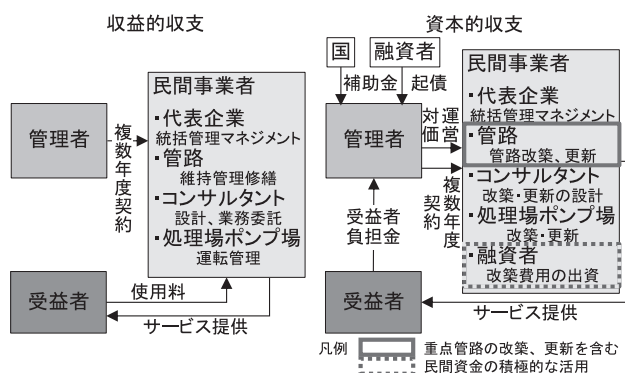


図-6 PFI型の事業方式

5. 下水道分野における統合分析の基本的な考え方

(1) 統合分析の概要

下水道分野における統合分析表の基本概念を表-1に示す。表頭にはステークホルダーを、表側には経済財務項目を示している。マイナス項目はステークホルダーの支出を、プラス項目は収入を示しており、各項目の合計が本事業におけるステークホルダーの利得（損益）を表している。なお、「←」は、ステークホルダー間の受益負担の関係を示している。

表-1 下水道分野における統合分析表の基本概念

項目		民間事業者	受益者	管理者
自治体の収支	収益的収支	収入	←	→
	支出	+	←	→
資本的収支	収入	←	→	+
	支出	+	←	→
リスク			-	
下水道便益			+	

(2) ステークホルダーの内訳

本研究では、ステークホルダーを民間事業者、受益者、管理者とした。民間事業者は、民間事業を統括する代表企業、管路企業、コンサルタント会社、処理場・ポンプ場業者、融資者の5者を選定した。日常管理業務の緊急性や地元企業の保護・育成の観点から、管路管理と処理場・ポンプ管理は地元企業を想定した。受益者は、市民、地主、社会の3者を選定し、適正な管理の徹底で得られるリスク低減効果や地価の上昇等を、数値化し比較できるようにした。管理者は、地方公共団体の下水道分野の所管部署（下水道部等）、地方公共団体（市町村）、国の3者を選定し、補助金等の授受の増減による経済的効果を可視化できるようにした。

(3) 経済財務項目

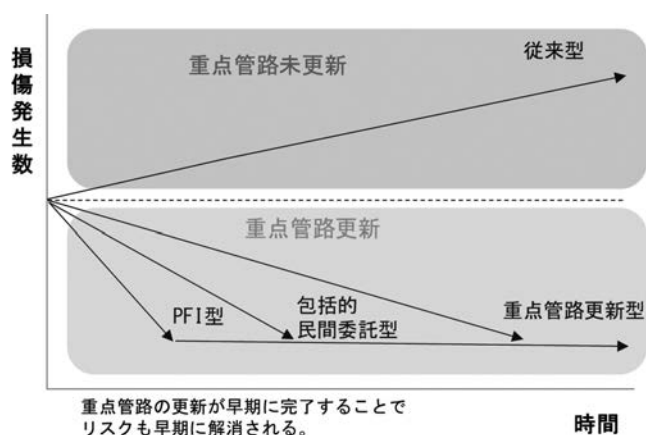
統合分析表で比較する経済財務項目は、収益的収支、資本的収支のほか、受益者リスク、下水道便益を選定した。そのうち、受益者リスクは、下水道管路の損傷に起因する浸水や道路陥没被害を想定し、「精神的被害」、「交通途絶波及被害」、「地価下落」の3種について選定し、数値化を行った（表-2）。選定項目の費用算定式は、国土交通省発刊の「下水道事業における費用対効果分析マニュアル」⁸⁾を参考に、モデル地域の規模に合致するように、また被害規模や期間が変動するように設定した。

表-2 受益者リスクと算定式

リスク	算定式
精神的被害 リスク	精神的被害額 = 浸水地区人口 × 1人当りの精神被害評価額 ただし、床下浸水 10万円/人 床上浸水 80万円/人とする。
交通途絶 波及被害 リスク	走行時間増加損失 = 浸水時の総走行時間費用 - 平常時の総走行時間費用 走行経費増加損失 = 浸水時の走行費用 - 平常時の走行費用
地価下落 リスク	地価下落被害額 = (精神的被害リスク額 + 交通途絶波及被害リスク額) × 0.2

6. 予防保全型維持管理の効果

各事業方式における重点管路の改築・更新効果を示した概念図を図一7に示す。横軸は時間経過、縦軸は損傷発生数を表している。従来型は、事後保全型の維持管理のため、老朽化の進展に伴い、陥没や浸水等に起因するリスクが増加する。一方、重点管路更新型をはじめとした予防保全型維持管理手法では、損傷のある管路の改築・更新を先行して実施するため、道路陥没や浸水等が起きるリスクは軽減される。また、事業方式によっては、早期に管路の改築・更新が完了するため、その後の管路維持管理にかかる費用や受益者リスクが軽減される。



図一7 事業方式別損傷発生数の推移概念図

7. 統合分析によるケーススタディ

(1) モデル都市の設定

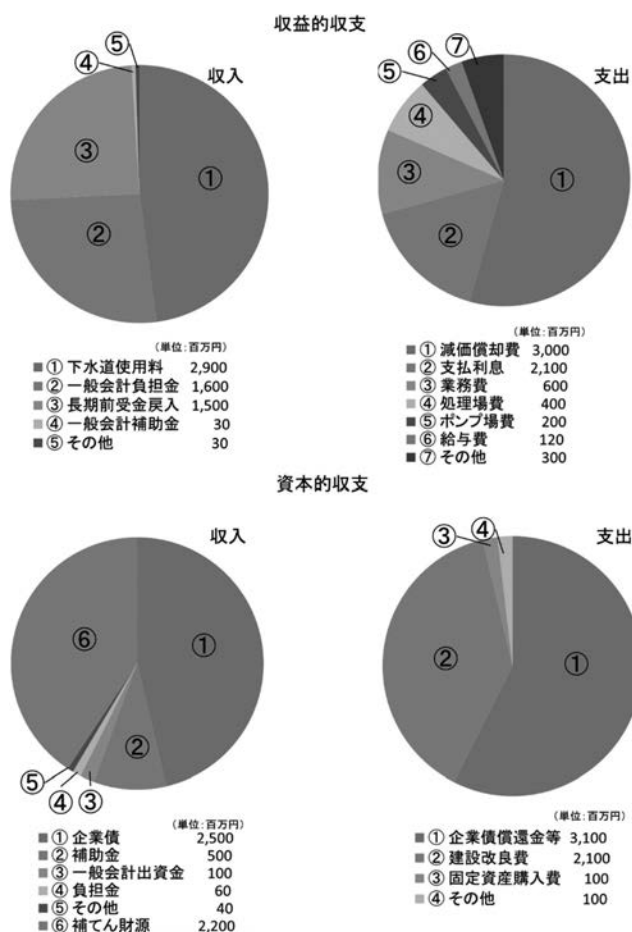
統合分析表を用いた維持管理方法の選定のため、モデル都市（以下、A市）を設定して、検討期間30年における統合分析表を作成し、分析を行った。A市に関わる入力情報は、公表される決算情報等を用いた。

A市は、総人口20万人の都市であり、今後の人口は本年をピークに減少し、30年後は下水道使用料収入が10%減少するものとした。A市は下水道ストックマネジメント計画を策定しており、今後30年で重点的に改築・更新する路線を、全延長900kmのうちの120km（以下、重点路線）としている。また、現在の維持管理は事後保全型であるが、今後は予防保全型の維持管理にシフトしたいと考えている。そのため、下水道ストックマネジメントで定めた重点路線の改築・更新を行う必要があり、工事費は320百万円/年と試算している。A市の課題として、今後想定される下水道予算の縮減や技術者の人員・人材不足がある。

(2) 財政評価のための検討手法

統合分析表を用いた検討は、現在および将来の財政状況の把握が不可欠となる。しかし、必要な情報や項目が多岐にわたり、全ての情報を入手するには労力を要し、事業方法の選定・評価業務の障壁となる。そこで、本研究では、簡易に概略を把握する方法として、毎年公表されている下水道事業決算書を用い、起算の年度をベースに、将来予測を付与する方法を考案した。

A市における最新の下水道事業会計決算書内訳を図一8に示す。管路の改築・更新工事に必要な費用は、資本的収支の支出②で示す「建設改良費」2,100百万円のうち、実績を基準として15.2%の320百万円とした。下水管路に起因する陥没等の緊急対応費は、収益的収支の支出⑦に示す「その他」300百万円のうち100百万円とした。



図一8 A市の下水道事業会計決算書内訳

(3) 統合分析表による比較

本研究で作成した統合分析表の内訳と集計方法を図一9に示す。各事業方式で1年目から30年目まで統合分析表を作成し、合算して得られる合計を比較・評価する。下水道使用料は、人口減少を考慮して検討開始年次の2,900百万円から毎年均等に0.33%減少、30

統合分析表(検討案件別、1年分で1シート)													(単位:千円)		
項目	費用内訳・利害関係者	事業者					受益者			所有者(管理者)			合計		
		代表企業 (A)	管路企業 (B)	コンサルタント 会社(C)	処理場・ポンプ場 業者(D)	融資者(E)	市民(F)	社会(G)	地主(H)	国(I)	自治体 (J)	下水道事業 (J)			
自治体の収支	収入	ステークホルダー													
		事業者													
		代表企業 (A)		管路企業 (B)		コンサルタント 会社(C)		処理場・ポンプ場 業者(D)		融資者(E)					
		受益者													
		所有者(管理者)													
	支出	市民(F)		社会(G)		地主(H)		国(I)		自治体 (J)		下水道事業 (J)			
事業者コスト	収入	経済財務項目													
		収益的収支	自治体の収支	収入	①下水道使用料										
					②一般会計負担金										
					③長期前受金戻入										
					④一般会計補助金										
	⑤その他														
	支出	①減価償却費													
		②支払利息													
		③業務費													
		(⑧)管渠費													
④処理場費															
リスク関連	収入	資本的収支	支出	⑤ポンプ場費											
				⑥給与費											
				⑦その他											
				①企業債											
				②補助金											
	便益	③一般会計出資金													
		④受益者負担金													
		⑤その他													
		⑥補てん財源													
		①企業債償還金等													
統合分析表	30年目	2年目	1年目	維持管理手法ごとに1年ずつ統合分析表を作成し、30年分を集計して評価	事業者コスト	リスク関連	便益	点検費							
								設計費							
								建設費							
								運営・維持管理・修繕費							
								事業管理費(収益的支出)							
	事業管理費(資本的支出)														
	構成企業へ(収益的支出)														
	構成企業へ(資本的支出)														
	融資														
	返済(元金)														
返済(金利)															
税金(法人税)															
緊急対応委託費															
緊急対応復旧費															
管路損傷による費用															
道路陥没による費用															
地価															
下水道便益															

維持管理手法ごとに1年ずつ統合分析表を作成し、30年分を集計して評価

図—9 統合分析表の内訳と集計方法

年後に10.0%減少し2,610百万円になることとした。

各事業方式の重点路線更新に伴う維持管理費用および受益者リスクの条件を以下に示す。

(a) 従来型

重点路線の改築・更新が未了であるため、受益者リスクは毎年前年度比2%増加すると想定。

(b) 重点管路更新型

重点路線の改築・更新が30年間で完了するため、これに伴い受益者リスクが毎年前年度比7%減少すると想定。

(c) 包括的民間委託型

複数年度契約のメリットを活かし、重点路線の改築・更新が28年間で完了すると仮定。受益者リスクが年間8%減少し、重点路線の改築・更新が完了した後は陥没や浸水に伴う対策費が70%に減少すると想定。

(d) PFI型

複数年度契約のメリットと民間資金を活用し、重点路線の改築・更新が10年間で完了すると仮定。受益者リスクが年間22%減少し、重点路線の改築・更新が完了した後は、陥没や浸水に伴う対策費が70%に減少すると想定。

表一3 事業方式別統合分析表の集計結果

(単位:10億円)

管理形態	事業方式	民間事業者					受益者	管理者
		代表企業	管路 地場企業	コンサル タント会社	処理場 地場企業	融資者	市民、社会、 地主	地方公共 団体
事後保全型	a) 従来型	—	24	30	38	8	△194	△9
	b) 重点管路 更新型	—	29	30	38	8	△61	△61
	c) 包括的 民間委託型	11	28	29	38	8	△55	△46
	d) PFI型	10	23	25	35	9	△30	5

(4) 集計結果のまとめ

事業方式ごとのステークホルダーの利得（損益）の集計結果を表一3に示す。(a) 従来型は、重点路線の改築・更新が進まないため、受益者リスクが増加し、市民の利益が4事業方式のうち最小となる。(b) 重点管路更新型は、重点路線の改築・更新が進み受益者リスクは減少するが、資本的支出が増加するため管理者の利益が4事業方式のうち最小となる。(c) 包括的民間委託型は、事業期間の短縮により早期に受益者リスクと維持管理費が減少して収益的支出が減少するため、市民と管理者の利益は重点管路更新型に比べて増加する。(d) PFI型は、受益者リスクおよび収益的支出が更に減少するため、市民と管理者の利益は更に増加する傾向を得た。

8. まとめ

本研究の成果を以下に示す。

- i. 事業方式の初期段階における導入検討の目的において、既知で容易に入手可能な下水道事業会計決算書を用いて統合分析表を作成し、評価する手法を考案した
- ii. 事業方式別の統合分析表を作成し、事業方式の違いによる特徴を整理し、定量的に評価したことで、統合分析手法の簡便性、有用性を確認することができた
- iii. 本研究で作成した統合分析表は、検討する地方公共団体の規模や将来予測に合わせて、パラメーターの設定値を変えることにより、ステークホルダー間の受益と負担の可視化を可能とした
- iv. 本研究で取り上げた4つの事業方式の比較から、民間資金を積極的に活用し、早期に重点路線の改築・更新を行うことで、予防保全型の質の高い維持管理が可能となることが示された
- v. 損傷による陥没や浸水のリスクを早期に軽減す

ることで、市民および管理者の利得が向上するPFI型が有効であるという結果が得られた

9. おわりに

本研究では、統合分析手法を用いて、下水道維持管理の事業方式の選定時間短縮を可能とする検討手法を確立することができた。初期段階の導入において、事業方式の目的を早期に得られ、予防保全型維持管理への導入がスムーズに進むために、今後活用されることを期待する。

一方で、本研究で構築した統合分析手法は、多くの不確定要素を標準化し、仮定を用いて推論している。したがって、算出された数値に対する信頼性を高めるためには、詳細計画に基づく検討が必要である。

また、事業の実施には、合意形成、導入可能性、将来予測、地域性への配慮等、様々な事案を考慮して決定する必要がある。今回選定されたPFI事業を例にとると、長期にわたる複数年度契約により、受託した事業者の安定した雇用機会が確保され、委託者の手続き等にかかる業務量の削減効果がある反面、その他の民間事業者の事業関与の機会喪失や技術力低下が懸念される。実際の事業化に際しては、これらの社会的側面を含めて総合的に配慮して事業手法の選択を行う必要がある点を申し添える。

本研究の趣旨を十分理解したうえで、適切に活用された結果、PPP/PFI事業をはじめとした官民連携事業の適用件数が増加し、下水道事業の持続可能な発展が実現することを望む。

J C M A

《参考文献》

- 1) 明尾 賢, 宮本和明, 木下信之, 「下水道管路施設の維持管理における官民連携の事業手法の課題と対策」, 土木計画学研究・講演集, 第57巻, 2018.4
- 2) 国土交通省, 「下水道事業における公共施設等運営事業等の実施に関するガイドライン」, 2019.3
- 3) 内閣府, 「PPP/PFI推進アクションプラン」, 2019.6

- 4) 国土交通省 Web サイト「下水道における新たな PPP/PFI 事業の促進に向けた検討会の資料について」
https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000382.html
- 5) 宮本和明, 北詰恵一, 「インフラ PFI 事業のためのリスクを考慮した経済・財務・融資・財政支出統合分析システム」, 建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, 第 29 巻, 2011.12
- 6) 大西智樹, 宮本和明, 太田雅文, 小林乙哉, 「都市公園 PPP 事業におけるスキーム選択のためのリスクを考慮した統合分析」, 土木計画学研究・講演集, 第 56 巻, 2018.7
- 7) 大西智樹, 宮本和明, 「統合分析による公共施設等運営事業評価」土木計画学研究・講演集, 第 57 巻, 2018.12
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部, 「下水道事業における費用対効果分析マニュアル」2016.12

[筆者紹介]

山口 治 (やまぐち おさむ)
 ㈱奥村組
 東日本支社 リニューアル技術部
 工事所支援グループ
 グループ長



池田 元 (いけだ げん)
 ㈱奥村組
 東日本支社 リニューアル技術部
 工事所支援グループ 主任



柴田 憲一 (しばた けんいち)
 ㈱奥村組
 投資事業開発本部 新事業開発部
 インフラ事業開発課
 課長



包括的民間委託による下水道管路の維持管理

山中 明彦

下水道管路は地方自治体が所管する重点事業として整備され、国内総延長は約 47 万 km にも及び、その多くは地下埋設物である。近年、下水道管路の老朽化に起因した道路陥没や汚水の流出が社会問題となっており早急に対策を講じる必要があるが、地下埋設物であるがゆえに調査や更新改築事業等の維持管理対策は事業費の確保から人員の確保まで今後ますます対応が厳しい状況が予想され、事業の最適化を踏まえた自治体ごとの事業戦略の策定が必要となる。本稿では静岡県富士市にて、「下水道管路維持管理包括的民間委託」という全国的にも実例が少ない民間事業者による新たな事業スキームによる下水道管路の維持管理を建設コンサルタントが実施しているものであり、その事例を取りまとめた結果を報告する。

キーワード：下水道管路、包括的民間委託、ストックマネジメント、管口カメラ、ガイドライン策定

1. はじめに

静岡県富士市は、人口約 25 万人の中核都市で、下水道事業は昭和 33 年に着手し、下水道管路の総延長は約 891 km（平成 30 年度末）と膨大な施設を保有している。現在、処分制限期間（20 年）を経過した管路施設が約 553 km（図—1 参照）、布設後 30 年を経過している管路施設は約 210 km（約 24%）に達しており 50 年経過管も存在していることから今後の老朽管路の増加に伴う様々な事故等の発生が懸念され、その対応の遅れから住民サービスの低下を招くリスク要因としてその対策を早急に検討していく必要がある。

図—1 に示す管路の大部分は地下埋設物が占めており、今後の維持管理に際し、以下のような課題がある。

- ・道路、橋梁等の他のインフラ施設と比較すると一般市民の目に触れることが極めて少ないため老朽化への

認識がほとんどされていないことで財源の確保のための説明力が弱いこと。

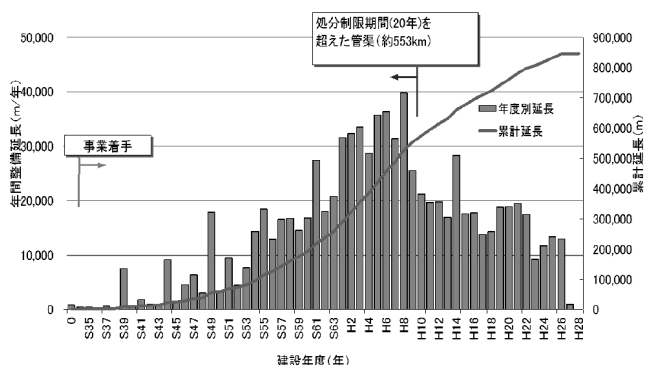
- ・老朽箇所の特定制が困難なため、道路陥没や管路の詰まりといった突発的な事故が突然発生するといった危険性があり、その防止策についても多額の調査費用を必要とする。
- ・管路の埋設箇所が車両交通の激しい道路や幅員の狭い道路、他の地下埋設物が輻輳する道路内等に多数存在するため、更新改築等の対策も非常に困難となること。

以上のことから、今後の下水道管路の維持管理は、予防保全を前提とした点検や修繕を積極的に実施し施設の延命化を進めていくことが重要であると考ええる。

しかしながら、多くの自治体では、今後、少子高齢化による財源の確保や自治体職員の確保等も困難となる等、事業を継続的に運営することが困難な状況となることも想定される。そのため、今後は、施設の維持管理にかかるリソース「人」「もの」「金」の最適化を踏まえた事業スキームの再構築が必要となり、新たなリソースの確保の施策として「包括的民間委託」による事業スキームの構築を視野に入れた施策への転換も有効な手段であると考ええる。

2. 包括的民間委託における事業スキームの構築

富士市では、これまでも下水処理場の包括的民間委



図—1 富士市における年度別布設延長

託を継続して実施してきているが、今回新たな取り組みとして、処理場と管路を一体的に管理する包括的民間委託の事業に着手した。この様な下水道管路を含む包括的民間委託事業において、特に管路については全国でも事例が少なく、事業スキームが確立されていないため、業務の発注方式は幅広く民間の創意工夫の提案を取り込めるプロポーザル方式を採用し、実施した。

(1) 業務の背景と要求水準

今回の富士市における包括的民間委託による下水道管路の維持管理事業（以下：本業務）は、平成27年～令和2年の5か年の実施期間において、まず施設の現状把握（老朽化等）を目的として事業に着手した。

本業務の発注時における要求水準書では、管路の総延長の約800kmのうち約520kmの巡視・点検を5か年で実施するという内容であった。これは、事業に先駆けて策定された富士市のストックマネジメントの基本方針として、発生確率（管きょ口径）×被害規模（経過年数等）、により設定されたリスクマトリクスによる選定基準によって管路の1スパンごとにリスク評価基準（Ⅰ～Ⅳ分類）に対して、調査頻度を設定して調査の総延長（約520km）を決定したものである（図一2参照）。



図一2 リスクマトリクスによる施設分類

今回のプロポーザルにおいては、その要求水準に対し、受託者である民間事業者の創意工夫として、巡視・点検データをストックマネジメントに有効に活用できるようなデータの構築を目指すことを目的とし、以下に示す事業スキームの提案を行った上で業務を受託した。

(2) スtockマネジメントデータ構築の着目点

巡視・点検データをストックマネジメントに有効活

用するための着目点は、それが単なる日常点検ではなく、ストックマネジメント構築のためのモニタリングの手段として有効に機能させる必要があるという点である。そのためには取得したデータのストックマネジメントへの反映についてそのアウトプットを規定する必要がある、その知見を有した受託者のスキルが求められる。

ストックマネジメントを構築するうえで検討する項目としては、

- ・リスク評価
- ・事業の優先度評価
- ・劣化メカニズムの分析と劣化予測
- ・事業シミュレーション

等となり、各検討項目に対する有効なデータ構築が求められるものである。また、ストックマネジメントはPDCAサイクルにより、ある一定期間で見直されるものと定義付けられ、最終到達点の定義は明確ではないが、「見直し」を行うためには、出発点としての「初期」の設定を行うという概念が必要である。例えば上記の検討項目に対し、すべてのデータは反映されていないが一定期間で取得したデータによって分析した結果を示し、さらにデータを蓄積して再分析し分析精度を高めるといった作業である。そのような観点より、本業務では、委託期間の5か年でストックマネジメントの「初期」の段階と規定してデータの取りまとめを行った。また、各種検討結果は、維持管理上の初期の基準値（BM：平均値）として示すこととして、そのデータ構築のプロセスや、分析手法等を「富士市包括委託ガイドライン」として取りまとめた。

本業務にて作成されるガイドラインが、5か年の包括的民間委託完了後の次期の委託以降にも引き継がれることにより継続的なストックマネジメントを展開することに資することが可能となる。このことにより、データ構築のモチベーションの形成や将来の事業投資、資金調達等の重要なエビデンス構築にも寄与することが可能となると考えている。

3. 巡視・点検における具体的な提案

(1) 巡視・点検計画の立案

本業務の業務説明書に示す要求水準は、前項（1）にも示す通り、5か年の巡視点検についてリスク評価基準の4段階（Ⅰ～Ⅳ）ごとの管路延長のみを設定しており、対象施設を特定しているものではなかった。

そのため、受託者としてさらに単年度ごとの巡視・点検計画を作成する必要がある。これまで多くの自治

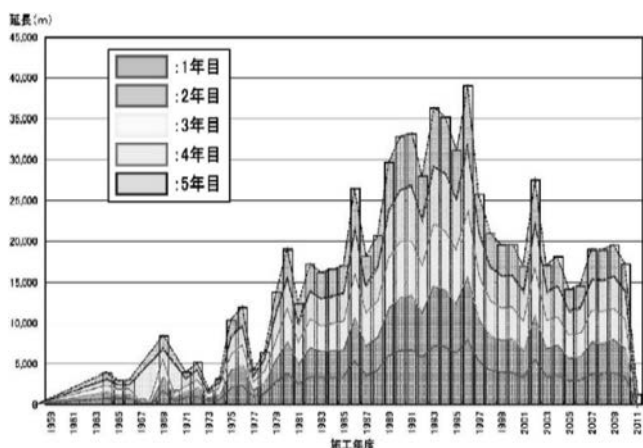
体の更新改築事業は、布設年度の古い管路を対象として調査が行われ、緊急性の高い管路についてその対策を進められてきたことから、自治体の保有している劣化状況等の情報は限定的であった。そのため、本業務ではストックマネジメント構築の観点から、マクロな視点で市全域の劣化進行を把握することを目指し以下の提案を行った。

- ・巡視・点検対象管路は5か年で約520 km、単年度では約100 km（下水道マンホール3000箇所）であり、市ではこれまで劣化データがほとんど構築されていない状況もある。そのため、陥没等の発生する可能性の高い地区の特定等、マクロな視点での劣化環境分析がなされていないことから、市内全域におけるリスク評価のためのデータ構築を目的として、市全体の網羅的な調査の提案を行った。
- ・要求水準書に示す巡視・点検の対象施設の重要度の決定におけるエビデンスであるリスクマトリクス（図—2参照）は、すべての管路の劣化状態が経過年数に依存しているとの観点より経過年数の長い管路のリスク評価点が高く設定されている。

この評価の知見として、コンクリート管路では、硫化水素による硫酸腐食は経時的な劣化進行との見解は多くの文献でそのメカニズムが示されている。

しかしながら、すべての管路の劣化が必ずしも経時的なものとは限らない。例えば、管路の劣化は、埋設条件（地盤、地下水位等）や、地震、施工不良等による突発的な損傷も要因のひとつであると想定できる。

それらを考慮して、本業務の巡視・点検は、布設年数と劣化進行の相関についての精査を行うことを考慮して、布設年数について5か年にわたって網羅的に（古い管路から新しい管路）対象施設を抽出することを提案した（図—3参照）。



図—3 5か年の調査対象施設の選定イメージ

(2) 健全度評価基準の設定

本業務の巡視・点検の主たる業務は、下水道管路における以下の調査である。

- ・マンホール蓋
- ・マンホール躯体
- ・管渠（マンホール内管口部）

これまでの巡視・点検は、調査の結果不具合が見つかれば何らかの対策を講じることを目的としたスクリーニング的な要素が高いものであった。

本業務がストックマネジメントに資するデータの構築を目的とし、市全域のマクロな劣化状態の把握とその原因（劣化環境）を検討するためのモニタリング調査を実施することであるため、劣化状態を客観的に評価できる基準の構築が必要となる。そのような観点より、本業務では、これまで下水道の施設を管理してきた企業団体等により公表されている基準や文献等を参考にして、以下の方針に基づき富士市独自の健全度の評価基準を提案した。

- ・マンホール内の各部位の評価は健全度の推移を細かく表現するため5段階とし、管路施設の部位（蓋、躯体、管渠）ごとに、各点検項目別（腐食、破損、目地ズレ、侵入水等）に定性的な評価基準を設定した（図—4参照）。

点検項目	ランク	評価点	評価基準
腐食	A	5	鉄筋露出
	B	4	全体的に骨材露出
	C	3	複数箇所の部分的な骨材露出の点在
	D	2	1・2箇所の部分的な骨材露出の点在 又は表面が荒れた状態
	E	1	なし
破損	A	5	欠落・陥没
	B	4	全体的にクラック又は破損
	C	3	複数箇所の部分的なクラック又は破損
	D	2	1・2箇所の部分的なクラック又は破損
	E	1	なし
目地ズレ	A	5	重大なズレ
	B	4	—
	C	3	軽微なズレ
	D	2	—
	E	1	なし
浸入水	A	5	噴き出ている状態
	B	4	流れている状態 又は、全体的に浸入水あり
	C	3	複数箇所の部分的な浸入水
	D	2	1・2箇所の部分的な浸入水
	E	1	なし

図—4 健全度評価基準（管口カメラ調査）

- ・但し上記の基準は、あくまでも定性的な表現が多く調査担当者によりばらつきが生じることが懸念されるため、点検項目（管渠であれば、腐食、目地ズレ等）の健全度評価ランク（A～E）ごとに複数の調査写真を割付けて視覚的な評価も可能とした（写真—1～4）。

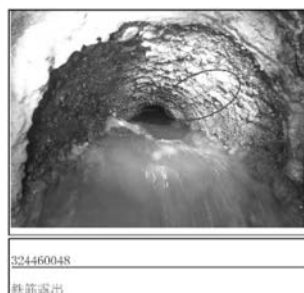


写真-1 項目：腐食
ランクA
鉄筋露出

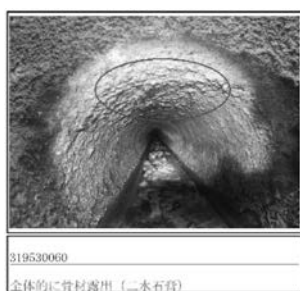


写真-2 項目：腐食
ランクB
骨材露出（全体）

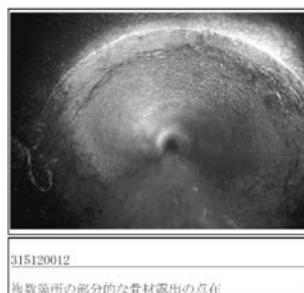


写真-3 項目：腐食
ランクC
鉄筋露出（点在）

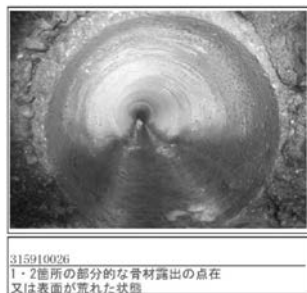


写真-4 項目：腐食
ランクD
骨材露出（1部分）

(3) 管口カメラ等点検機材の検討

本業務の巡視・点検では、管口カメラによる管路内の点検を実施した。管口カメラの機材については市販の機材が販売、供給されているが、本業務については、管口にて管渠の健全度評価を行うことを前提として、高解像度のカメラを採用し、また面的な移動や操作性、作業性等を考慮し、GISシステムを搭載したタブレットによる遠隔操作が可能な機材を開発した（写真—5参照）。

タブレットシステムの特徴として、GPSによるマンホールの位置情報の確認機能や劣化データ、写真撮影等の入力ミスのチェック機能を搭載し富士市の健全度評価基準を反映した専用機材とした。



写真-5 現地作業状況

4. スtockマネジメントに資するデータ分析

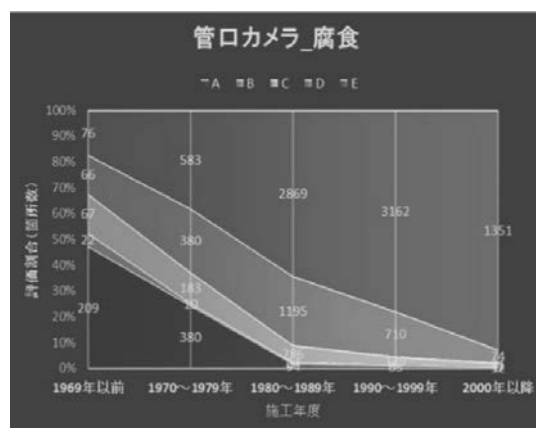
本業務は平成27年から着手し、5か年で約1万9千カ所の巡視・点検を実施した。本業務によって取得した管路の調査データをもとに以下の分析を実施した。

- ・マンホール蓋、躯体、管渠それぞれの劣化の評価割合と経過年数との相関性の確認（経年劣化）を行うため、管路各部位の点検項目（腐食、目地ずれ、破損、等）と健全度評価基準（A～E）との相関を示すグラフを作成した。

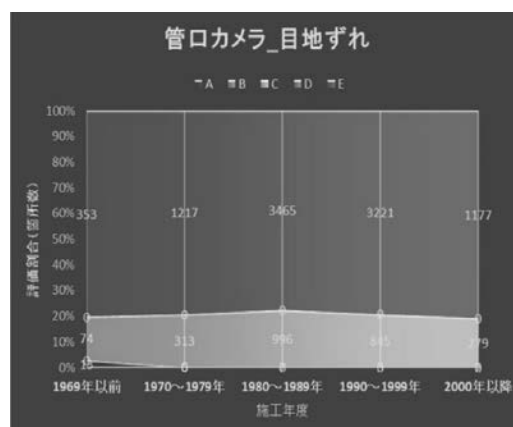
その結果、図—5に示す管渠の腐食（管口カメラ）については、経過年数が増えるごとに劣化の割合が増えることが確認でき、腐食が経年的な劣化であると判断できる。

しかしながら、目地ずれについては、図—6に示す通り、経過年数に依存することなく、比較的新しい管路にも不具合が一定割合で確認されており、経過年数との相関が確認できない。

このことは、例えば、施工時の初期不良や地震等突発的なアクシデントによる劣化と考えることもでき



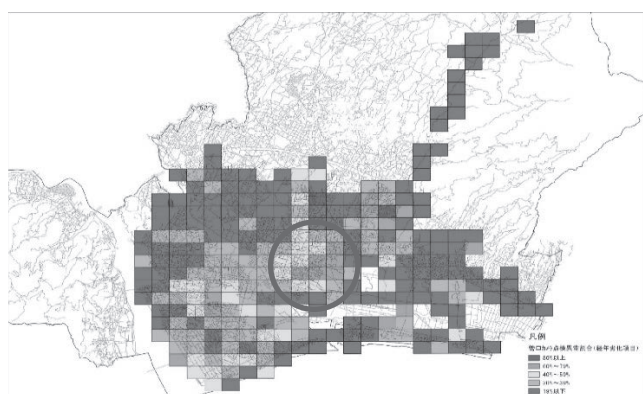
図—5 施工年度と評価割合のグラフ
管渠の腐食（管口カメラ）



図—6 施工年度と評価割合のグラフ
管渠の目地ずれ（管口カメラ）

る。この結果を踏まえれば、腐食が支配的な環境に埋設されている管渠の老朽化対策は、更生工法等の材質変更や布設替え等、腐食環境そのものに対応する抜本的な対策を講じることが必須であると判断できる。しかしながら管路の劣化が突発的な損傷としてとらえられ、以後そのような状況が起こる可能性が低い環境に埋設されていると考えれば、そのまま放置し定期的な点検のみを実施することや、多額の費用をかけるのではなく部分的な修繕対策を講じることとも考えられる。それらの結果を踏まえて、施設全体における更新改築事業のアクションプランの策定をより精密にとらえ、施設全体のライフサイクルコストの低減を目指して多くの点検データを構築してデータの精度を向上させ発生事象のメカニズムを分析することは、今後の下水道事業の継続的な運営の観点からも重要な調査、分析手法であると考ええる。

- ・次に、取得した調査データ（劣化特性）と地域環境との関連性に着目し、富士市全域の下水道事業計画区域を対象に管路施設の劣化ハザードマップ（500 m × 500 m）を作成した（図－7 参照）。



図－7 富士市全域を対象としたハザードマップ

図－7に示すハザードマップは、経年劣化項目（前項で分析、評価した経年劣化項目：腐食、侵入水等）の評価割合の高い順にメッシュごとに着色表示した。その結果、市内中心部や駅周辺部の繁華街（図の中心部付近：丸表示）において経年劣化による劣化の評価割合が高いことが判明した。当該地区の劣化割合が高い原因としてデータの細部を確認すると、繁華街であるが故の管内水質（油分固結）の影響や勾配不良による滞水、降雨時の侵入水等が確認され、管路の劣化項目と地域環境との相関が明確となった。今後はさらに巡視・点検データを蓄積し分析の精度を向上させることにより、分析結果と劣化環境との相関を確認し、精

密な劣化環境を特定していけば、リスク評価や事業の優先順位の設定等のストックマネジメント構築における有効な資料の提供が可能となる。

5. おわりに

以上、富士市における下水道管路の維持管理包括的民間委託における巡視・点検の調査手法から分析手法について、ストックマネジメント構築の視点で取りまとめた。今回の業務を建設コンサルタントが包括的民間委託として実施したことによって得られた今後の管路の維持管理における新たな着目点について以下にとりまとめる。

- ・従来、ストックマネジメント計画と日常の巡視・点検等の維持管理業務は単年度で分離発注され、現地データのスムーズな移行が様々な制約によりなされにくいことが課題となっている。包括的民間委託の利点を生かし、計画、巡視・点検、分析業務等を5か年の長期契約の中で一体的に実行することができたため、現地の劣化データを反映した合理的なストックマネジメント構築が可能となった。
- ・データ分析を継続的に実施しPDCAサイクルにより精密に劣化環境を特定する事ができれば、そのエビデンスをもとにしたリスク管理を効果的に実施することや、本来必要となる最適な改築手法の導入が可能となり今後の施設にかかるライフサイクルコストの低減に大きく寄与される可能性がある。
- ・これまで、個別発注されていた維持管理業務における成果、とりわけ劣化データの経年的な一元管理は自治体にとっても課題であったが、民間事業者として維持管理の専用システムを保有し、業務の一部としてデータの一元管理を実施すれば、ストックマネジメントの継続的な運用に資する有効なツールとなる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 下水道管路施設の維持管理における官民連携スキームの構築
土木施工 2020.8 VOL.61 NO.8

【筆者紹介】

山中 明彦（やまなか あきひこ）
パシフィックコンサルタンツ㈱
プロジェクトイノベーション事業本部
シニアテクニカルディレクター



インフラ施設の稼働データ分析における AI 技術の適用 マンホールポンプ AI 異常運転検知システムの紹介

小 松 一 登

市域内に数多く点在する下水圧送用マンホールポンプでは、管理の効率化のためクラウド監視システムの導入が増えつつある。ところが、取得される監視データが膨大なため、維持管理者は日常的な確認が困難になり、異常な運転状態があっても気付かず、故障が発生してから緊急対応を余儀なくされている。そこで筆者らは、AI・機械学習技術を用いた異常運転検知システムを開発した。AI が人に代わって監視データを分析し、異常な運転状態を通知するため、維持管理者は効率的な予防保全が可能になる。本稿ではその全体について報告する。

キーワード：下水道、マンホールポンプ、IoT、ビッグデータ、AI、機械学習、維持管理、予防保全

1. はじめに

(1) IoT・ビッグデータ・AI の関係

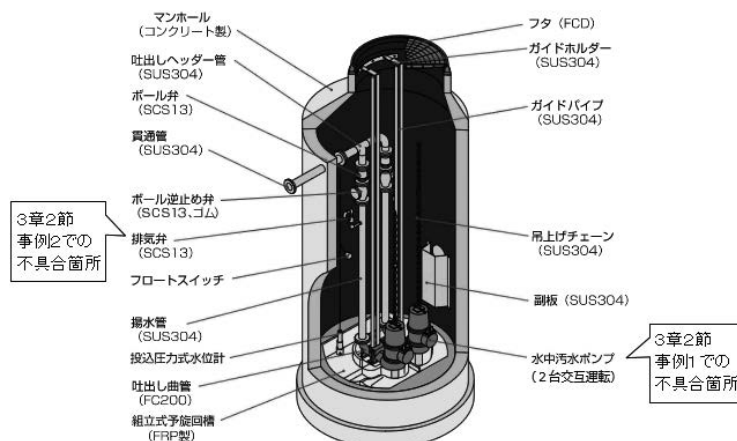
近年の IoT 技術の発達により、上下水道をはじめとする都市インフラ分野においても、設備や機器などの稼働データをクラウド上に送信し、遠隔でのモニタリングを行う例が増えつつある。設備の状態を把握し迅速な意思決定が可能になる点、点検の際に各施設を巡回する必要がなくなる点、これまで取得していなかった情報の見える化によって新たな知見が得られる点など、多くのメリットが期待できる一方で、新たな問題点も表面化してきた。IoT 技術によって収集される膨大なデータ、いわゆるビッグデータを、人の手では分析しきれないという問題である。その結果、せっかくの収集データが有効活用されずに放置されてしま

うことも珍しくない。このような問題は、近年急速な発達を見せている AI・機械学習技術を用いることで、解決を図ることが可能である。すなわち、AI が人に代わって収集データを自動的に分析し、有益な知見を抽出するといった利用方法である。

このように、IoT・ビッグデータ・AI という 3 つのキーワードは同じ文脈で語ることができ、相互に関連の深い技術と言える。IoT 技術を導入する際は、データの収集のみに留まらず、収集したデータを AI 技術などを用いていかに有効活用するか、その点まで想定しておくことが肝要である。

(2) マンホールポンプとは

マンホールポンプとは、家庭等から出る生活污水を集めて下水処理場へ送るポンプ施設であり、マンホー



図—1 マンホールポンプの構造

ル内にポンプ設備が組み込まれ、道路の下に埋設設置されている（図—1）。2台一組の水中汚水ポンプが、水位によって交互運転される制御が一般的である。1980年代から下水道の普及に合わせて設置が進み、現在では全国に約5万カ所以上が存在するとされる。多い所では数百カ所を擁する自治体もあり、市街地や集落の分布、また土地の起伏や河川などの地形に応じて、市域内の広範囲に点在している。

維持管理の側面においては、生活污水を扱うことから異物が流入する場合があります、それらの堆積によるポンプ内部の閉塞や、回転部への噛み込みによる過負荷といった故障が発生しやすい。故障によりポンプが運転不能になった場合、維持管理者は現地に赴き異物除去などの対応を行うが、マンホールの溢水を避けるため、緊急性が求められることが負担になっている。また、平常時の定期点検においても、巡回箇所が広範囲に数多く点在することが負担になっている。このような背景から、維持管理を効率化するため、遠隔監視システムの導入が早くから進んできた。当初は有線の電話回線を用いた中央監視や音声通報のシステムが主流であったが、近年では無線インターネット通信を用いたクラウド監視システムに置き換わりつつある。

2. データを有効活用したマンホールポンプ維持管理の提案

（1）現状の維持管理方法

クラウド監視システムの導入に伴い、各マンホールポンプ施設を巡回しないと稼働状況を把握できない問題は解消されつつある。しかし前述の通り、代わりに新たな課題が表面化してきた。

稼働状況をほぼリアルタイムに遠隔監視できる反面、その監視データが膨大になってしまうため、維持管理者が毎日全数をチェックすることはほぼ不可能である。理想的には、日々の水位変動グラフやポンプ電流値の傾向変化を確認することで、不具合の兆候があった際に気づくことができるが、このような作業は時間と手間がかかるため、現実的には行われていない。従って、ポンプに不具合が生じた際は、故障通報を受けて初めて状態を認識し、緊急対応しているのが現状である。しかし、これではクラウド監視以前の電話通報の時代から、根本的な維持管理の流れを変革できていない。

もちろん、クラウド監視によって帳票作成や遠隔監視、メール通報など利便性が高まった側面はある。ただ、それでは本来のクラウド監視のポテンシャルを十

分に活かしきれておらず、蓄積されるデータが放置され、維持管理業務に有効活用できていないと言える。

（2）提案する維持管理方法

そこで筆者は、マンホールポンプの維持管理にAI技術を導入し、データを有効活用することを提案する。その流れは以下の通りである。

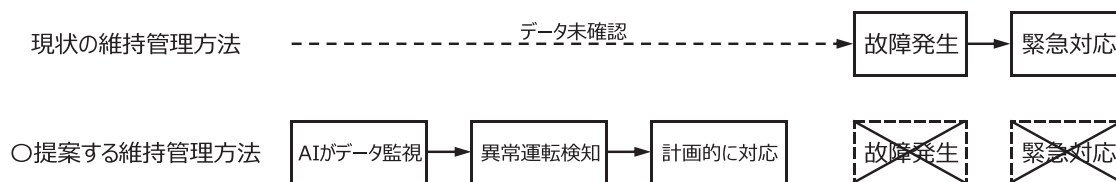
稼働データを日常的に確認できない維持管理者に代わって、AIが膨大な稼働データを日々自動的に分析し、いつもと違う運転、すなわち異常運転があれば通知する。ここで言う異常とは、必ずしもすぐさま故障（ポンプ排水不能）に繋がるわけではなく、あくまで「通常時と異なる」という意味である。ただし前述の通り、マンホールポンプの主な故障原因は、異物が徐々に堆積し、ある時点で限界に達した結果生じるものと考えられるため、こういった異常データを将来の故障の前兆とみなすことができる。

AIから異常運転の通知があったときのみ、維持管理者は当該マンホールポンプの詳細な稼働グラフ等を確認し、緊急度や地理特性などを考慮して、対応の内容やタイミングを検討する。

例えば、異常判定のあった施設の近くを数日後に通りかかる予定がある場合に、ついでに寄って点検しておく、また、1か月後に年1回の定期点検を予定していたが、異常判定が出ているので現地確認を兼ねて定期点検を前倒しする、などといった運用が考えられる。

昨今の予算縮減や担い手不足の背景において、労務的・心理的負担の軽減は、安心・安全な下水道サービスを維持する上で避けては通れない課題である。提案する方法によって、故障に至る前に不具合の芽を摘み取ることができるため、維持管理の労力を軽減できる。また、夜間や休日の突発的な故障対応でなく、平日昼間に計画的に対応ができるため、心理的な負担も軽減できる。

筆者の提案は、すなわち事後保全型の維持管理から予防保全型の維持管理への転換である（図—2）。マンホールポンプは一般的に2台一組のため片方が予備機として働くこと、機器コストも下水道機器の中では比較的低いこと等から事後保全型で十分とする考え方もあるが、安定した下水道サービスの提供には欠かせない設備であり、予防保全型に転換できるのであればそれに越したことはない。近年発展を見せているAI技術を導入することによって、それを実現できる段階にきている。



図一2 提案する維持管理方法の流れ

3. 開発した AI 異常運転検知システム

(1) システムの特長

前述の考えに基づき、筆者らは、AI・機械学習技術を用いてマンホールポンプの異常運転を検知するシステムを開発した。

クラウドサーバに蓄積されるマンホール内の水位データおよびポンプ運転時の電流値データを、人に代わってAIが監視する。AIには、長年マンホールポンプに携わったベテラン技術者が過去データに対して実施した異常／正常判定結果を学習させており、これに基づいて施設ごとに通常運転の範囲が自動設定される。通常範囲から外れた運転データがあった場合に異常運転と判定し、監視画面上やメールでユーザに通知する（図一3）。また、通常範囲からの外れ度合いに応じて、異常レベルも提示する。人が1施設ずつ入念に確認しないと判別できないような運転変化の検知も、AIであれば自動で、大量に、判定基準の個人差なく、処理が可能である。

さらに、異常運転の有無だけでなく、「詰まり」や「水漏れ」といった推定原因も提示する。これによって維持管理者は、緊急度の判断や、点検に携行する道具の選定、現地での確認箇所の順番付けといった段取りが容易になる。

(2) 検知事例

開発したAIが実際の不具合を検知した事例を紹介する。

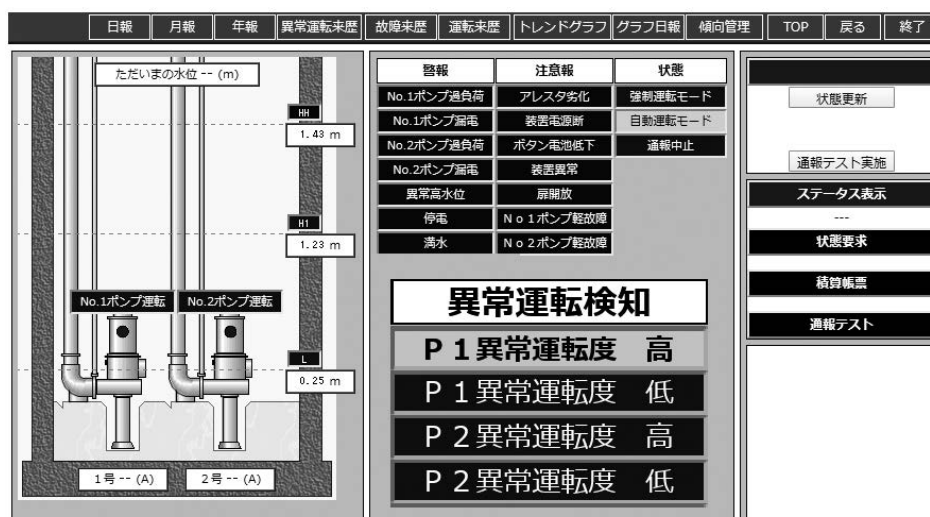
事例1) M マンホールポンプ場

ポンプ内部のインペラ周りに繊維質の異物の絡みつきがあった事例である。異物が擦れながら運転されるため、摩擦抵抗が生じてポンプ電流値が高くなったことをAIが検知した。異物の性状から、ある程度の日数をかけて徐々に蓄積されたものであり、このまま蓄積が進めば、過電流が生じて故障発報に至っていたと想定される。

本事例において、AIでは現地調査の約40日前から既に異常運転を検知し、異常判定が継続していた（図一4）。従って、実運用上はその期間を利用することで十分に計画的な対応が可能と考えられる。

事例2) Y マンホールポンプ場

2号ポンプの排気弁の配管に異物の詰まりがあった事例である。ポンプ内の空気溜まりが排出されないため空運転状態になっており、排水能力が低下していたことをAIが検知した。この施設では排水運転中に一定時間が経過するともう片方の号機に運転が切り替わる制御になっていたため、本来であれば2号ポンプによって排水されるべき場合も、後続の1号ポンプの運転によって排水自体は完了できており、故障が発報さ



図一3 ユーザ表示画面（イメージ）

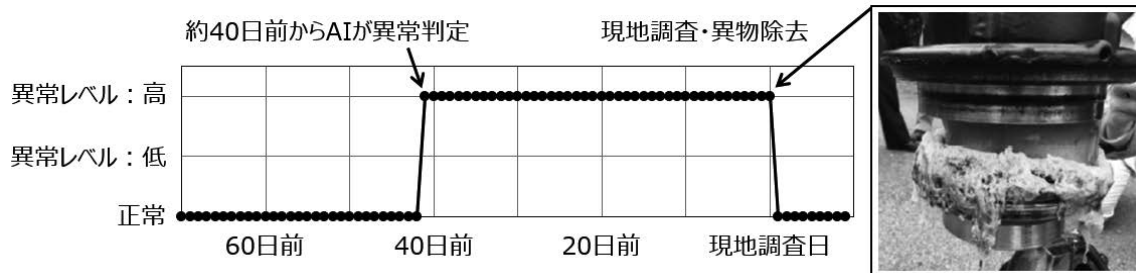


図-4 事例1（ポンプ内部への異物絡み）におけるAI検知結果

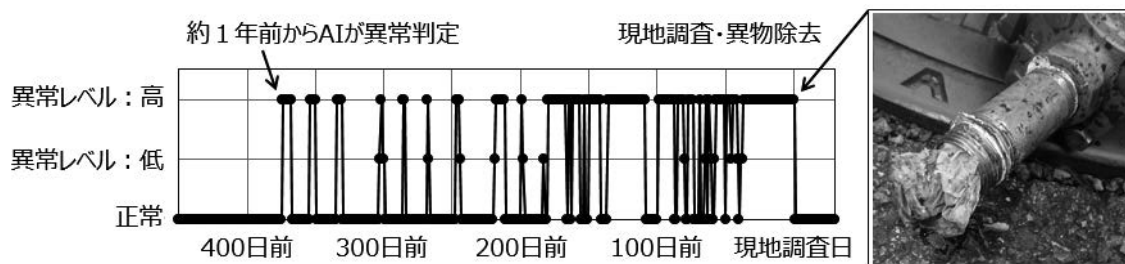


図-5 事例2（排気弁配管への異物詰まり）におけるAI検知結果

れることはなかった。

この事象の約1年前からAIでは断続的に異常判定が出ており、後半ではほぼ継続して異常判定となっていた（図-5）。長期間の空運転は、無駄なエネルギー消費や機器寿命の減少を引き起こす。AI判定に基づいて期間中の早期のタイミングで現地点検を行っていれば、詰まりを解消し、長期間の異常運転を回避できた可能性がある。

このように、開発したAIによって故障発報に至る前に現れる異常な運転状態を検知することで、マンホールポンプの予防保全が可能である。

4. おわりに

IoT技術によって収集されるビッグデータを、人に代わってAIが自動的に分析することで、効率的に有

益な情報を得ることが可能である。本稿では、マンホールポンプの維持管理にAI技術を導入し、データを有効活用することで、予防保全に繋がる例を紹介した。マンホールポンプに限らず、インフラ施設の維持管理においては、老朽化や担い手不足といった共通の課題がある。今後も、AIなど先進的な技術をいち早く取り入れ、普及展開を図ることで、こういった社会的な課題解決に貢献していく所存である。

J C M A

【筆者紹介】
小松 一登（こまつ かずと）
㈱クボタ
水環境総合研究所
担当課長



稼働中ダムの改造工事における仮締切の施工

西郷発電所ダムに導入した可倒式仮締切

高 木 秀 和・中 村 正 雄・江 島 裕 章

運用中の既設ダムの改造工事は、新設のダム工事とは異なり種々の制約の中での工事となるため、堤体や発電所などの構造に支障を及ぼさないよう十分な配慮が必要である。特に、堤体上流に設置される仮締切については、工事中の安全性や作業環境を確保するとともに、洪水など出水時への対応も重要な課題となる。このような目的に対し、宮崎県北部に位置する西郷ダムでは、ダムの改造工事における上流仮締切について国内最大級の可倒堰が採用された。

本稿は、この特殊な構造の上流仮締切について、その構造や施工方法などについてとりまとめたものである。

キーワード：コンクリートダム，再開発，通砂，上流仮締切，可倒堰，SR堰，エポコラム工法

1. はじめに

宮崎県の北部に位置する東臼杵郡椎葉村から太平洋に注ぐ二級河川の耳川には九州電力㈱が運用する7基の水力発電所がある。耳川では2005年の台風14号に伴う未曾有の豪雨により、多数の斜面崩壊や甚大な浸水被害が発生した。これを契機に宮崎県が中心となり「耳川水系総合土砂管理計画」を策定し、発注者である九州電力㈱はダム事業者の行動計画として、下流3ダムにおいて貯水池内に土砂が溜まらない通砂運用を実施することとした。この3ダムのうち西郷ダムを含む2ダムについては、洪水時に通砂運用ができるよう通砂機能を付加するダムの改造工事が必要であった¹⁾。

既設ダムの改造工事では、工事箇所をドライ施工にするためにダムの上流に仮締切を設置する必要があるが、当工事では数年にわたる施工期間において仮締切を設置しなければならないため、洪水期にも対応できる可動式の仮締切が採用された。

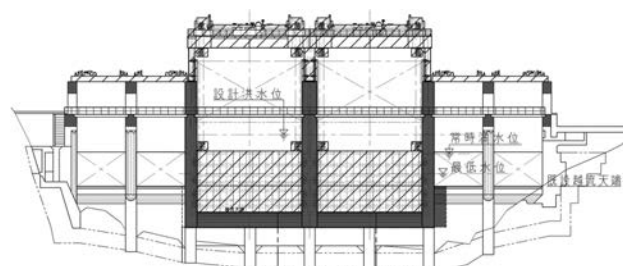
本稿では、この特殊な仮締切の施工概要について報告する。

2. 工事概要¹⁾

西郷ダムは堤高約20m、堤頂長約85mの重力式コンクリートダムで、ダム改造工事では既設堤体の洪水吐きゲートのうち中央4門を撤去し、越流天端を4.3m切り下げて、大型クレストローラーゲート2門を



写真1 改造前後の西郷ダムの全景



改造前断面図

改造後断面図

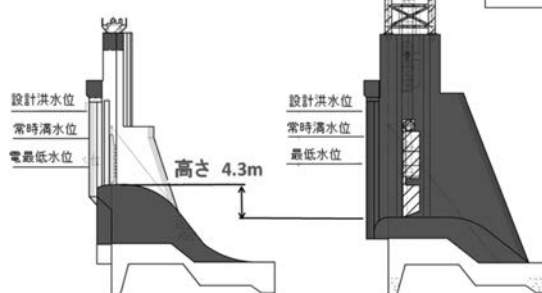
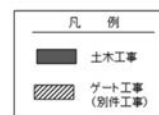


図1 ダム改造工事計画図

表—1 主要工事概略数量表

項目	細目	単位	数量
旧堤体			
堤体取壊し工		m ³	4,400
新設堤体			
コンクリート工		m ³	4,500
基礎処理工	ボーリング	m	1,800
	注入	時間	470

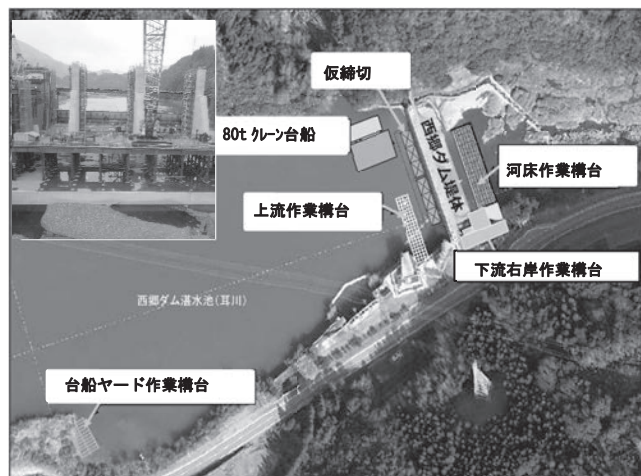
新設するものである。写真—1に改造工事前後の堤体全景を、図—1にダム改造工事計画図を、また表—1に主要工事概略数量を示す。工事は、非出水期の11月～5月末で実施し、出水期は原則工事を中断した。

当該工事では、河川の転流は既設発電所の導水路を使用する計画であった。また、工事は非出水期に限られるため、出水期には洪水を流下させる機能が必要であった。そこで、仮締切には、放流設備の通水断面を阻害しない構造とするため可倒式の仮設ゲート（鋼製起伏堰：以下SR堰）が設置されることとなった。

3. 仮設備計画

図—2に、仮設備計画平面図を示す。西郷ダムのダムサイトは、国道327号線に接する狭隘な箇所であり平地が少ないため、工事を円滑かつ効率的に進めるために堤体の右岸側上下流および下流河床部にそれぞれ作業構台を配置した。また、1、2および5年目の工事では、上流貯水池内に80tクレーン台船を配置して左岸側（国道の対岸側）の工事の効率化を図った。

写真—2に上流作業構台設置状況を、写真—3に80tクレーン台船作業状況を示す。



図—2 仮設備計画平面図



写真—2 上流作業構台設置状況



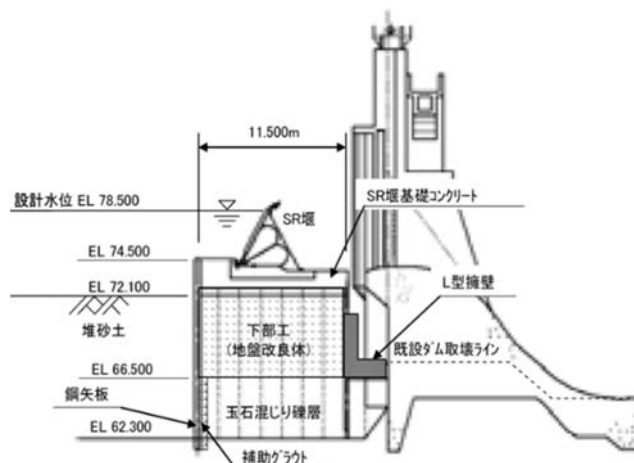
写真—3 80tクレーン台船作業状況（5期）

4. 仮締切工

(1) 仮締切の構造²⁾

西郷ダムの仮締切工は、鋼矢板及び地盤改良体からなる下部工とその上部に可動部となるSR堰を設置した構造である。

SR堰は、工事中の発電転流のための貯水位を確保し、出水時は、流水を安全に放流しなければならないため、流水制御機能に優れたSR堰（S：鋼製扉体、R：ゴム袋体）が採用された。図—3に、上流仮締切



図—3 上流仮締切断面図

の標準断面図を示す。

(2) 仮締切下部工

仮締切工は鋼矢板打設により岩着させ河川を締め切り、内部の堆積土砂を地盤改良してSR堰の基礎とした。鋼矢板打設は硬質地盤クリア工法とし、作業構台とクレーン台船の2班で施工した(写真—4)。河床堆積土砂の地盤改良は、エポコラム工法(ϕ 1,600 mmの接円配置)で基礎岩盤まで改良する設計であった。実施工では、玉石部は改良が困難であったためその上部までを改良体とし、玉石部は未改良で残置して下流側にコンクリートL型擁壁で既設堤体に接続させて安定性を確保した。

エポコラム改良機を配置するために、鋼矢板内部を貯水池水位標高まで埋戻し、敷鉄板を敷設して重機足場を確保した。エポコラム工法の目標強度は、上部に配置するSR堰の荷重および工事完了後の撤去可能な強度、改良率を踏まえて、材令180日強度で $1,200 \text{ kN/m}^2$ と定められていた。設計段階での試験施工によってセメント添加量は 220 kg/m^3 と設定され、施工開始初期の試験で改良土強度を確認した。その結果、セメント添加量としては、砂質土では 160 kg/m^3 、粘性土については 220 kg/m^3 とした。実際の改良土強度については、 $4,000 \sim 1,600 \text{ kN/m}^2$ であった²⁾。写真—5に、



写真—4 仮締切鋼矢板打設状況 (1期)



写真—5 エポコラム改良機

エポコラム改良機を示す。

仮締切の鋼矢板根入れ部は、止水性を確保するため二重管ダブルパッカー工法で補助グラウトを施工した。補助グラウトは、セメントミルクによる連続壁が形成される様に、1.5 m間隔で $1.13 \text{ m}^3/\text{m}$ の注入を行った。

仮締切の下流側は地盤改良体にH鋼300 mmを打設し支柱とし、支柱間を鉄板張りとする構造とした。地盤改良完了後、中詰め土砂を撤去して均しコンクリートを打設した。写真—6に、均しコンクリート打設作業を示す。工程を確保するため上流仮締切を左右岸方向に2分割して、台船クレーンが配置されている左岸側を先行して左右岸を並行作業で行った。



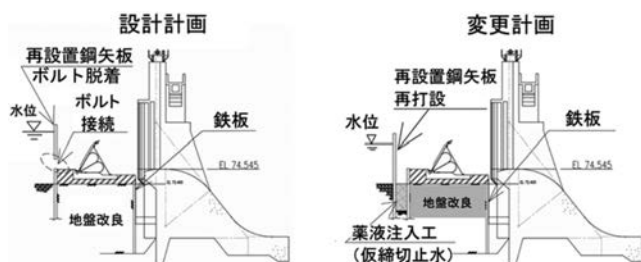
写真—6 右岸側均しコンクリート打設

(3) 仮締切の設置・再設置

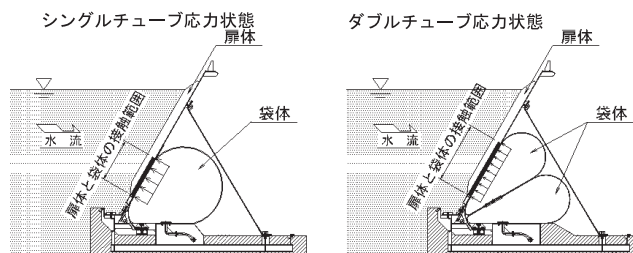
仮締切鋼矢板はSR堰設置時(1,2年目)と撤去時(5,6年目)に止水矢板として使用する計画で、当初設計は1年目の工事終了時に水中で鋼矢板上部を切断して一旦撤去し、次期に切断した鋼矢板を残置してある基礎部の鋼矢板にボルト接続で再設置する計画であった。しかし、水圧や地盤改良注入圧等の荷重によって変形が生じた鋼矢板を水中で接続することは困難と判断して、2,5年目は上流仮締切を囲うように複列に鋼矢板(止水矢板)を土砂部に打設し、締切矢板との間を薬液注入で遮水処理する工法を採用した。図—4に、変更計画を示す。また、写真—7に2期工事止水矢板設置状況を、写真—8に2期工事薬液注入状況を示す。

(4) SR堰工³⁾

SR堰の必要高さは、発電に必要な水深に保安容量(空容量)の水深を確保する必要がある、堰高は4.0 mであった。また、SR堰は鋼製の扉体とゴム袋体からなり、ゴム袋体に給排気することで扉体を起立支持、倒伏させる構造となっている。高さ4.0 mのSR堰を支持するには、一般的な一つの袋体からなるシングル



図一 4 止水矢板設置変更計画



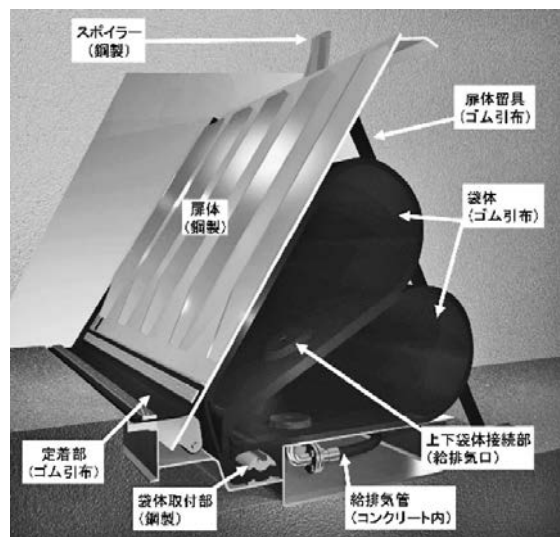
図一 5 SR 堰袋体応力状態



写真一 7 止水矢板打設状況 (2 期)



写真一 8 止水矢板薬液注入状況 (2 期)



図一 6 SR 堰構造図



写真一 9 ゴム袋体と壁体設置状況

チューブ構造では高内圧となり、使用する袋体が多層化（厚く）しなければならないため、2つの袋体からなるダブルチューブ方式が採用されることとなった。図一5に、袋体に生じる応力状態を示す。一方、SR堰の国内実績は堰高3.0mであったため、SR堰設計に当たっては、ダム及びSR堰の専門家、国、九州電力㈱で構成するSR堰技術検討委員会を設置して安全性の検証が実施された。また、運用初期に、発生応力やゴム袋体の変形状態を計測して設計の妥当性を確認した。図一6に、SR堰の構造図を示す。

SR堰は、2期工事で仮締切を再構築後設置した。SR堰の組立作業や資機材運搬は、80tクレーン台船と運搬台船を用いた。基礎コンクリートの打設後、SR堰の基礎埋設金物および給排気管を設置し、2次コンクリートを打設した。その後、ゴム袋体を設置し

て、スチール製の壁扉体を80tクレーン台船で設置した。写真一9に、ゴム袋体と壁扉設置状況を示す。

SR堰設置完了後、仮締切とSR堰間に注水して試験湛水を実施し、袋体の変形状況や発生応力を測定して施工精度を確認した。写真一10に、試験湛水・応力測定状況を、写真一11および写真一12にそれぞれSR堰の起立および倒伏状況を示す。

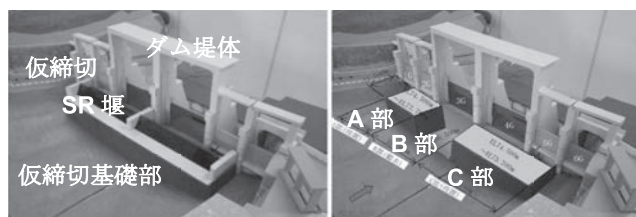
(5) 仮締切の撤去

西郷ダムのSR堰は、2013年4月に運用を開始し、2年9ヶ月の運用期間に16回の出水による倒伏・起立を行っている。倒伏・起立は排気・給気により行うが、いずれにおいてもSR堰の全延長においてほぼ均一に作動することができた。

2年9ヶ月の運用後、仮締切の撤去は2年に分けて



写真—10 試験湛水・応力計測状況



図—7 SR堰基礎撤去分割



写真—11 SR堰起立状況



写真—12 SR堰倒伏状況

実施した。撤去時の河道切り替えを仮締切の先行撤去部で行うため1年目にSR堰と基礎部分(B部)を、また2年目には残りの基礎部分(A部およびC部)を撤去した。図—7に、撤去ブロックおよび河道切替状況を示す。

地盤改良体の基礎部は、バックホウによる掘削が可能な強度であると考えていたが、想定以上の強度発現があったためブレイカ掘削に切り替えて撤去した。また、仮締切上流側1/3の範囲は、外力に対する安定性から水中掘削を行うこととなるが、補助工法としてアレックス工法による削孔とウォータージェット併用のパイプロハンマーによるH400の打ち込みで緩め掘削

を行った。しかし、先行削孔は掘削できたもののH鋼は打ち込むことが困難であったため、チゼルの水中投下によって取り壊しを行った。

5. おわりに

本工事は、2013年に堤体コンクリートの取り壊しを、2014年および2015年に堤体の新設コンクリートの打設、ゲート設置を実施し、仮設備の撤去後、周辺整備工事を実施して、2018年8月に無事完成することができた。現在、順調に通砂運用が行われている。

謝 辞

最後になりますが本工事に当たり、発注者の九州電力(株)をはじめ、学識経験者、関係機関ならびに近隣の多くの方々の協力や援助を頂いた。関係各位に深く謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 朝崎勝之、加来睦宏、山上裕也：ダム貯水池における堆砂問題とその対策(第6回)—耳川水系での取り組み—、電力土木、No.360、2012。
- 2) 前畠龍三、松田智行、藤原洋一郎：西郷ダム改造工事における大規模仮締切の設計と施工、電力土木、No.366、2013。
- 3) 前畠龍三、山口健太郎、柴田徹：耳川水系ダム通砂運用に伴う山須原ダム、西郷ダム改造計画、電力土木、No.361、2012。

【筆者紹介】

高木 秀和(たかぎ ひでかず)
(株)熊谷組
土木事業本部 ダム技術部
部長



中村 正雄(なかむら まさお)
(株)熊谷組
九州支店 土木部
担当部長

江島 裕章(えしま ひろあき)
(株)熊谷組
九州支店 土木部
担当部長

下水道管きょの更生工法・形成工法

アルファライナー工法

田 熊 章・西 尾 元 樹

日本の社会全体が新しい時代に向かって大きく転換しようとしている現在、老朽化もしくは破損した下水道管きょの再構築や長寿命化の目的で、多数の管更生工法が採用されている。本稿ではその中で、「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン-2017年版-」((公社)日本下水道協会)(以下、「ガイドライン 2017」という)に記載の条件を満たす技術として施工性や性能等および直近の施工実績について紹介する。

キーワード：管更生，光硬化，長寿命，リニューアル，老朽化

1. はじめに

アルファライナー工法(以下「本工法」という)は、光硬化の技術を応用した形成工法に分類される本管更生用の管更生工法で、図、材料概要図の強固な耐酸性ガラス繊維を採用することで、従来の光硬化工法より高強度で施工時間が短縮できるという特徴を有している(図-1、写真-1)。

施工においては、人孔から既設管内に更生材を引き込み、専用治具を上下流端部に取り付けて空気圧によって拡張して既設管内面に密着させ、写真の様に挿入した光射装置によって樹脂を硬化させて所定の強度と耐久性を確保した更生管を形成する。

本工法は、更生管の厚みを約1mmごとに製造することができ、現場条件に合わせた無理のない更生材を選択することが可能である。

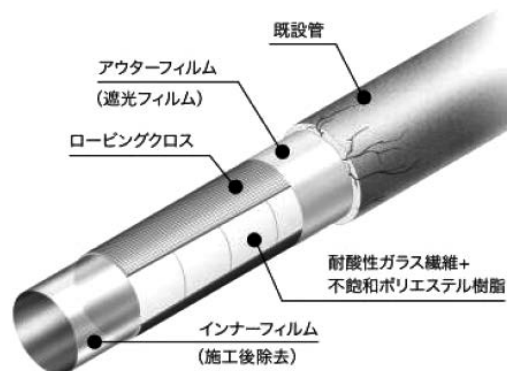


図-1 材料概要図



写真-1 人孔内光射装置

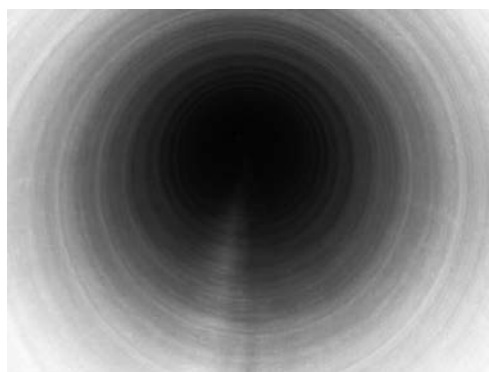
2. 適用範囲

本技術の適用範囲は、次に示すとおりである。

- ①管種において、鉄筋コンクリート管、陶管、鋳鉄管、硬質塩化ビニル管であること。
- ②管径において、呼び径 150~1,000(鉄筋コンクリート管、陶管、鋼管、鋳鉄管)
呼び径 150~600(JSWASK-1 下水道用硬質塩化ビニル管)
- ③施工延長において 100 m 以内であること。

注記1:「ガイドライン 2017」が対象とする既設管種は、鉄筋コンクリート管、陶管等の剛性管である。

注記2:「ガイドライン 2017」に定める評価項目について確認した管径は、150~800 以下とする。ただし、耐震設計における適用管径は、既設管呼び径 800 未満とする。



写真一2 管内状況

注記3：呼び径 800 を超える管径（自立管対象外）について，上記の適用範囲における更生材 1m あたりの重量は，呼び径 800（自立）の重量以下を対象とする。

3. 開発の趣旨

昨今，老朽化もしくは破損した下水道管きよの再構築や長寿命化の目的で，多数の管更生工法が採用されているが，熱硬化型の管更生工法は，加温・冷却設備を設置するための道路を占有する施工帯が必要であり，さらにボイラ等使用により騒音や蒸気が発生する。

本工法は，光硬化技術をもちいることで，加温・冷却のための設備が不要で，施工帯や騒音も小さく，蒸気が発生しない光硬化型の管更生工法を開発した。また，本工法でもちいる更生材は，高強度の耐酸性ガラス繊維を使用することで，必要な更生材厚を薄くでき，写真一3のように中口径でも短時間で施工できる。



写真一3 中口径に対応した管径

4. 開発目標

本工法の開発目標は，次に示すとおりである。

(1) 施工性

次の各条件下で施工できること。

- ① 屈曲角：10° 以下の継手部（呼び径 350 未満），5° 以下の継手部（呼び径 350 以上）
- ② 段 差：呼び径の 5% 以下の継手部（最大 40 mm）
- ③ 隙 間：50 mm 以下の継手部
- ④ 水圧（0.025 ～ 0.060 * MPa），流量 2 L/min 以下の浸入水

※各呼び径の拡張により異なる

(2) 耐荷性能

更生管の耐荷物性能は，次の経験値であること。

(a) 偏平強さ

- ① 呼び径 600 以下：「下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）」と同等以上の偏平強さ
- ② 呼び径 700 以上：「下水道用強化プラスチック複合（JSWAS K-2）」（2 種）と同等以上の基準たわみ外圧および破壊外圧

(b) 曲げ強さ

- ① 短期試験値（第一破壊時の曲げ応力）（平板）
25 N/mm² 以上
- ② 短期試験値（第一破壊時の曲げ応力）（更生管）
25 N/mm² 以上
- ③ 短期試験値（第一破壊時の曲げひずみ）（平板）
0.75% 以上
- ④ 短期試験値（第一破壊時の曲げひずみ）（更生管）
0.75% 以上
- ⑤ 曲げ強さの長期試験値 60 N/mm² 以上

(c) 曲げ弾性率

- ① 短期試験値（平板） 11,400 N/mm² 以上
- ② 短期試験値（平板） 4,500 N/mm² 以上
- ③ 短期試験値（平板） 9,500 N/mm² 以上

(3) 耐久性能

(a) 耐薬品性

- ① 更生管は「下水道用強化プラスチック複合（JSWAS K-2）」と同等以上の耐薬品性を有すること。
- ② 更生管は，浸漬後曲げ試験において，次の試験値であること。
 - i 基本試験（8 液，23°）
試験液浸漬 28 日後の曲げ強さ保持率および曲げ弾性率保持率 80% 以上
 - ii 常温試験（2 液，23°）
試験液浸漬 1 年後の曲げ弾性率保持 70% 以上
 - iii 促進試験（2 液，60°）
試験液浸漬 28 日後の曲げ弾性率保持率 70% 以上

iv 長期曲げ弾性

50年後の長期曲げ弾性率推定値が設計値（換算値） $7,220 \text{ N/mm}^2$ を下回らない。

(b) 耐摩耗性

更生管は、「下水道用硬質塩化ビニル管（JSWAS K-1）」と同等程度の耐摩耗性を有すること。

(c) 耐ストレーンコロージョン性

更生管は、50年後の最小外挿破壊ひずみ $\geq 0.45\%$ かつJSWAS K-2で求められる値を下回らないこと。

(d) 水密性

更生管は、 0.1 MPa の内水圧および外水圧に耐える水密性を有すること。

(4) 耐震性能

更生管の耐震性能は次の経験値であること。

(a) 曲げ強さ

①最大荷重時の曲げ応力度の短期試験値（平板）

210 N/mm^2 以上

②最大荷重時の曲げ応力度の短期試験値（更生管）

100 N/mm^2 以上

(b) 引張強さ

①短期試験値（平板） 90 N/mm^2 以上

②短期試験値（更生管） 90 N/mm^2 以上

(c) 引張弾性率

①短期試験値（平板） $5,000 \text{ N/mm}^2$ 以上

②短期試験値（更生管） $3,000 \text{ N/mm}^2$ 以上

(d) 引張伸び率

①短期試験値（平板） 0.5% 以上

②短期試験値（更生管） 0.5% 以上

(e) 圧縮強さ

①短期試験値（平板） 50 N/mm^2 以上

②短期試験値（更生管） 50 N/mm^2 以上

(f) 圧縮弾性率

①短期試験値（平板） $4,500 \text{ N/mm}^2$ 以上

②短期試験値（更生管） $4,500 \text{ N/mm}^2$ 以上

(5) 水理性能

(a) 成形後収縮性

更生管は、成形後2時間以内に収縮が収まり安定すること。

(6) 更生管に使用する樹脂の材料特性は、次の試験値であること。

①曲げ強さの短期試験値 100 MPa 以上

②破壊時の引張伸び率 2% 以上

③負荷時のたわみ温度 85°C 以上



写真—4 拡張状況



写真—5 硬化状況

(7) 硬質塩化ビニル管への適用性

本工法は、硬質塩化ビニル管への適用が可能であること。

(8) 既設管への追従性

更生管は、地盤変位にともなう既設管への追従性を有すること。

(9) 耐高圧洗浄性

更生管は、 15 MPa の高圧洗浄で、剥離や破損がないこと。

5. 実績

実績一覧と施工箇所写真は表—1に示すとおりである。

6. おわりに

本工法アルファライナー工法の管厚は、現場の個別条件に合わせて呼び厚さの選択をすることにより、自立管（既設管の強度を期待しない構造）に対する設計

表-1 本工法施工実績

施工年月	呼び径	施工スパン距離 (m)	都道府県
2020 年 10 月	200	25.12	神奈川県
	250	18.25	神奈川県
	300	7.37	神奈川県
	400	38.11	神奈川県
2020 年 11 月	250	243.10	千葉県
2020 年 11 月	250	30.60	神奈川県
	300	34.70	神奈川県
	350	60.65	神奈川県
2020 年 11 月	250	145.12	東京都
2020 年 12 月	250	129.50	千葉県
	300	46.80	千葉県
2020 年 12 月	900	91.00	神奈川県
2020 年 12 月	200	3.50	東京都
	300	3.36	東京都
	700	69.95	東京都
2020 年 12 月	250	91.38	神奈川県
	300	67.88	神奈川県
	350	33.90	神奈川県
2020 年 12 月	250	203.77	神奈川県

や、二層構造管（季節感の強度を期待する構造）に対応する設計を自在に行うことができる。管路の老朽化が進む中、課題解決の一つの技術として、今後とも更に協力していきたいと考えている。

謝 辞

最後になりますが開発当初より、協力いただいた関係各位に、誌面を借りて心より謝意を申し上げます。

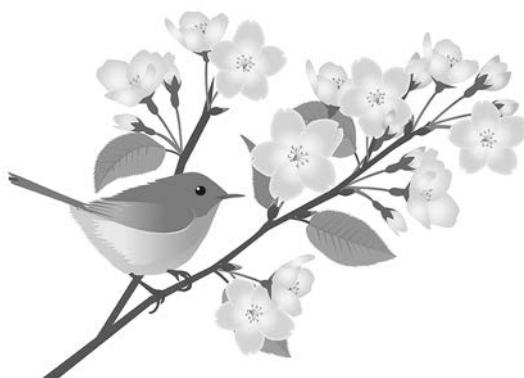
JCMIA

【筆者紹介】

田熊 章（たぐま あきら）
東亜グラウト工業㈱
技術開発室
室長



西尾 元樹（にしお もとき）
東亜グラウト工業㈱
技術開発室
課長



建物管理プラットフォームを活用した 維持管理サービス

鈴木 雄 介

建築事業における運用・維持管理段階の事業強化を目的に、設備機器の運転状態やエネルギー使用量など建物運用データを自動的にクラウドへ収集・蓄積し、ビッグデータを AI エンジンなどを用いて分析・可視化するプラットフォームを構築した。このプラットフォームを用いたサービスとして、遠隔監視やエネルギー需要予測、設備機器の異常検知などを実施することで、建物管理業務の高度化・省力化を図り顧客満足度の向上を目指している。本稿では、そのプラットフォームの開発概要と運用状況、今後の展開について紹介する。

キーワード：運用・維持管理、建築設備、プラットフォーム、AI・IoT、故障・異常検知

1. はじめに

当社の中期経営計画では、事業戦略の1つに「上流・下流事業の取り組み推進と収益源の多様化」を掲げている。現在の主力事業である設計・施工段階に加えて、建物ライフサイクルにて下流側に当たる運用段階への取り組みを強化しており、その一環として、2016年度から先端 ICT を活用した建物管理業務の高度化・省人化について技術的な検討を進めてきた。

従来、建物運用データ（設備機器の運転状態やエネルギー使用量など）を活用して、省エネルギー提案や運用改善の取り組みを行っていた。しかし、①各建物のデータは建物にある監視装置だけに蓄積されており、分析・活用するためには手作業でデータを収集する必要がある、②データ分析の知見を持った技術者・建物

管理者は限定される、③監視装置ではデータが不十分な場合、IoT センサなどを追加する必要があるが、そのデータを収集する仕組みがない、などの課題があり、幅広く取り組みを展開するには至っていない状況であった。

本件では、ICT 技術を活用することで、ビルの監視装置や IoT センサから得られる建物運用データを自動的にクラウドへ収集・蓄積し、ビッグデータを AI エンジンなどを用いて分析・可視化することで、エネルギー予測や設備機器の異常検知を可能とする、建物管理プラットフォーム（以下、PF）「鹿島スマート BM[®]」（BM：Building Management、建物管理）を開発し、グループ会社の建物管理会社にて PF を利用したサービス提供を開始している（図—1）。本稿では、建物管理 PF の概要と運用状況について述べる。



図—1 建物管理 PF を活用した管理サービスの提供価値

2. 建物管理プラットフォームを活用した 取組み 概要

(1) 建物運用データ活用に関する背景

建物の運用段階で得られる、設備機器の運転状態やエネルギー使用量（電力・水など）のデータは、各ビルに設置された中央監視装置（BAS：Building Automation System）やBEMS（Building Energy Management System）で収集されることが一般的である。

設備機器は、使用条件を想定して機器仕様・容量が計画されているが、実際の運用での使用条件は想定とは異なることが多い。その結果、機器の本来の性能が発揮できず余分なエネルギーを消費されていたり、機器のメンテナンス回数の増加や異常・故障による管理コストの増加につながったりする可能性があるが、明確なトラブルに至らない場合は顕在化しない事も多い。このような実態に対し、省エネルギーの観点で建物運用データを活用し、設備運転の実態把握や運用改善を行い、管理の付加価値向上につなげる取組みを進めてきた。

しかし、取組みを進める上で大きく3つの課題があった。1つ目の「データ管理」は、監視装置のデータ容量の制限で、現地の機器には一定量しか保存できず古いデータから削除される点が挙げられる。データ活用のためには長期間のデータが必要だが、その場合は手動でデータを収集しなければならなかった。2つ目の「データ活用・分析」では、建物ごとに規模・使用方法が異なる中、運用改善を行うのは経験のある技術者に頼っている。そのため適用可能な建物数に限界があるのが現状であった。3つ目の「ICT対応」では、現在運用されている建物の大半は、AI・IoTなどの先端ICTが進展する前に構築されており、そもそもデータ収集が行われていない場合も多い。こうした建物に最新のICTを適用することで、建物管理の最適化や管理コストの削減を図れる可能性がある。しか

し、機器の運転状態やエネルギーを把握するIoTセンサーを設置して新たなデータを取得しても、そのデータを蓄積・活用する基盤は十分に整っていなかった。

そこで、多くの建物の運用データを自動的にクラウドへ収集・蓄積してAI等を活用した分析を行い、エネルギーの消費予測や設備機器の異常検知を行う建物管理PFの開発を行った。

(2) 建物管理PF概要

建物管理PFの全体構成を図一2に示す。ここでは取組み（ACTION）を3つに分けて整理している。

(a) 遠隔監視（ACTION1）

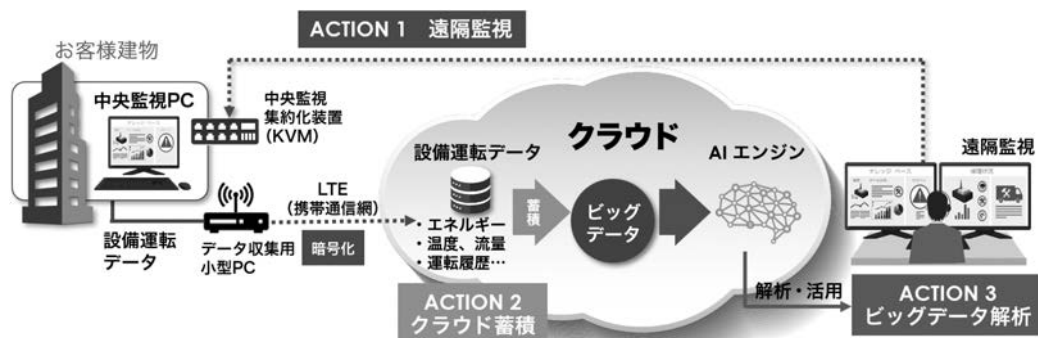
現地にある監視装置を、離れた場所から監視・操作可能な端末（KVM）を設置することで、遠隔監視に活用する。KVMとは、サーバーのキーボード（K）、ビデオモニタ（V）、マウス（M）のコンソール信号をIP化し、ネットワーク経由で機器のリモート操作を可能とする技術であり、現地に人がいなくても遠隔で監視が夜間・休日に行えることで早期復旧が可能となる、複数の建物を1つの管理センターから一括で管理する、いわゆる群管理が行えなどのメリットがある。

なおこの装置だけではデータ収集はできないため、データは建物のみにある状態である。

(b) クラウド蓄積（ACTION2）

建物側に、データを定期的に自動収集しクラウド側へアップロードするための小型PC端末（ゲートウェイ）を設置し、LTE（携帯通信網）を利用してクラウド上のデータベースに蓄積する。データ収集方法は、①監視装置に機器を接続して収集する場合、②建物内の設備ネットワーク（BACnet等）から直接データを収集する場合、③取引電力量などのメーターからデータ収集する場合（監視装置がない中小規模ビルを対象）、④後付センサーを設置しデータ収集する場合、に分けられる。

①は、監視装置のデータ出力機能を使用し、クラウド



図一2 建物管理PF 全体構成

ドに蓄積・利用したいデータ選択してゲートウェイに出力し、そこからLTE（携帯通信網）にてクラウド側へ送る仕組みである。データ収集周期やフォーマットは監視装置のデータ出力仕様に依存しており、装置メーカー毎に異なっている。そのため、ゲートウェイ⇨クラウドへのデータ送信は1日1回行っている。

②は、建物内の設備ネットワーク（BACnet等）上にゲートウェイを設置し、設備ネットワーク上のポイントを直接収集する方法である。監視装置の仕様に拠らずデータを収集可能で、リアルタイムな収集も可能である。ただし、①よりも高機能な機器を設置する必要があること、通信頻度は高くなることなどから、①の方式よりもイニシャル・ランニングともコスト高となる。そのため、基本的には①の方式を採用しており、オプションとしてリアルタイム性が特に要求される場合は②の対応を行う。

③については、監視装置がない中小規模ビルの場合、電力取引用メーターから取引電力量を収集・蓄積している（収集デバイスは①と同じゲートウェイを利用）。電力会社が行っている取引電力量データの提供サービス（Bルートサービス）を利用し、リアルタイムにデータを収集している。

また④は、監視装置で収集してないデータ（機器の詳細状態や細かい区分でのエネルギー消費量など）を知るために後付でセンサを設置した場合、そのデータも同じ流れでクラウドに収集できる仕組みを整えている。ただ実業務での活用にあたっては、センサ本体やその設置作業など追加費用がかかるため、費用対効果として見合うかは個別に検討が必要である。

①～④のデータは、フォーマット等が異なるものを統合的に活用するため、建物情報などを付加した上でPFとしての標準形式を定めてクラウド上へ保存する仕組みを構築している。なお、各建物から収集するデータ以外に、管理業務を行う上で有用な天気予報などのオープンデータも、外部サービスから収集可能としている。

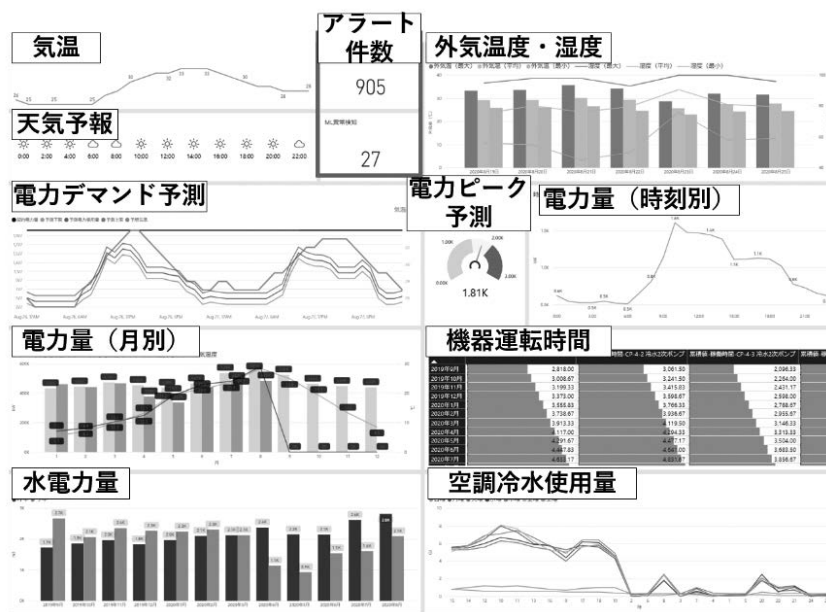
(c) ビッグデータ解析（ACTION3）

クラウドへ収集・蓄積したデータについては、数多くある管理案件で汎用的に利用可能な可視化・解析の機能から優先して実装している。以下にその概要を示す。

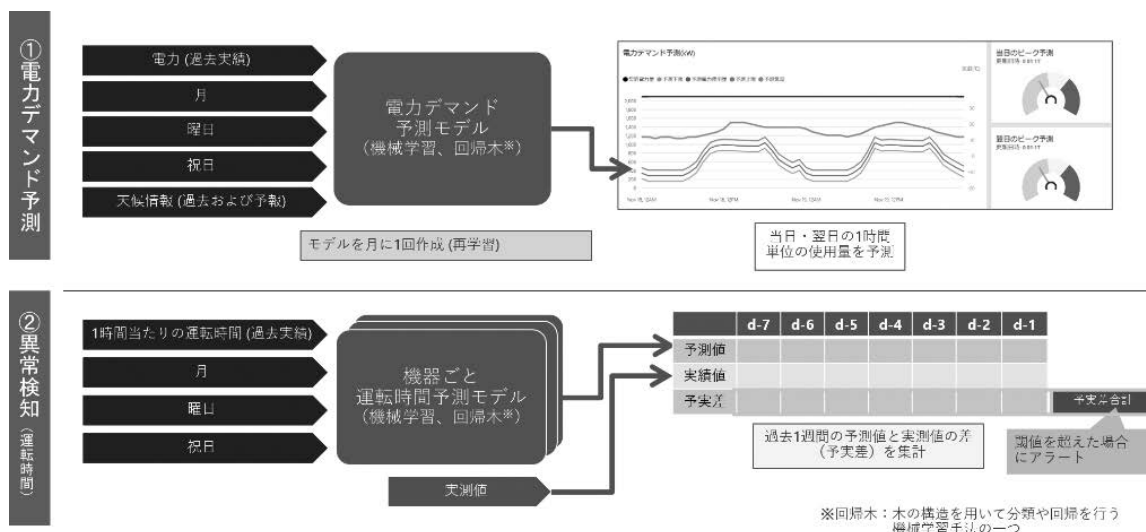
まず設備機器の運転状態やエネルギー使用量、気象情報といったオープンデータなどを、過去実績を含めて一覧表示する可視化画面（ダッシュボード）は、汎用のデータ可視化ツールを用いて構築している。画面の表示例を図一3に示す。

次に収集したデータの解析機能としては、具体的には、①電力デマンド予測、②設備故障・異常検知、③熱源設備（冷凍機）の異常予兆検知、などを行っている。

①電力デマンド予測は、過去の外気条件（天気・温度）・曜日・電力使用量をAI（機械学習）モデルで学習し、翌日以降の天気予報の情報から電力デマンド（一日の電力量変動）を予測する仕組みとなっている（図一4）。開発においては、事前にオフラインで予測精度を検証し、予測に用いるパラメータを検討している。その際、精度と各データが様々な建物から同じように収集可能かという汎用性の観点を考慮して検討し、上記のデータから予測を行っている。



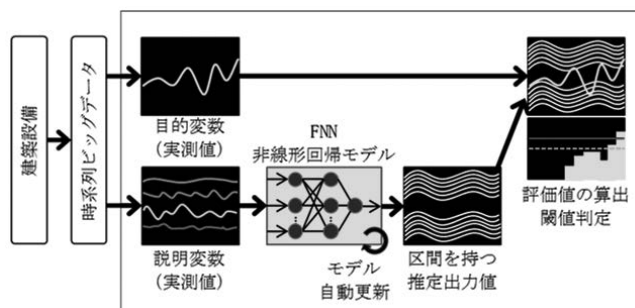
図一3 データ可視化画面 例



図—4 AI (機械学習) を用いたデータ分析機能

②設備故障・異常検知では、「過去の傾向と異なる」「基準と比べて性能が低い」「機器の交換目安に達している」などの観点で設備機器の異常を検知し、管理者へアラートとして通知しており、2つの分析方法を適用している。1つは、あらかじめ設定したルールに基づきデータを分析し、ルールの閾値を超えた場合に異常と判断する方法である。導入したルールは、当社が過去に開発した、建物内でのエネルギーの無駄遣い（エネルギーフォルト）を検知するシステム（EF Detector[®]）¹⁾から、多くの建物に汎用的に適用可能なルールを選定した。もう1つは、電力デマンド予測と同様、AI（機械学習）モデルを用い、「過去にほとんど発生してない運転データ」を異常としてとらえる方法である（図—4）。機器の運転時間を対象に、過去のデータを学習し、その傾向から予測した値と実績の差を比較し、差が大きい場合に異常と判断している。なお、この検知結果は、可視化画面から確認可能となっており、建物管理者が異常の発生理由などを考察し、適切な処置をするための情報として活用している。

③熱源設備（冷凍機）の異常予兆検知（図—5）は、設備機器やシステムの正常時の動作をAIの1つであるファジィニューラルネットワーク（Fuzzified Neural Networks：FNN）で学習し、監視対象とする値（例えば、冷凍機で製造する冷水の温度）の変動を時系列で予測し、それを実績値と比較することで、機器が故障に至る前に「異常の予兆」をとらえるものである。本技術は、自動制御機器メーカーが生産施設（プラント）で実績を持つ技術であり、設備の運転条件など異なる業務ビル（オフィスビル等）でも適用可能か事前検証した²⁾上で、本PFで収集したデータと連携して分析する機能として実装した。

図—5 AI (FNN) を用いた異常予兆検知の概念²⁾

3. 建物管理 PF の運用・展開状況

(1) PF の試行

本PFの本格運用に先立ち、基本機能の開発が終了した段階で、建物管理を行うグループ会社の本社スタッフやグループの自社施設にて試行を行った。その結果、データの表示方法や分析機能などに対してフィードバックがあり、その改良を踏まえて本格展開を図っている（写真—1）。

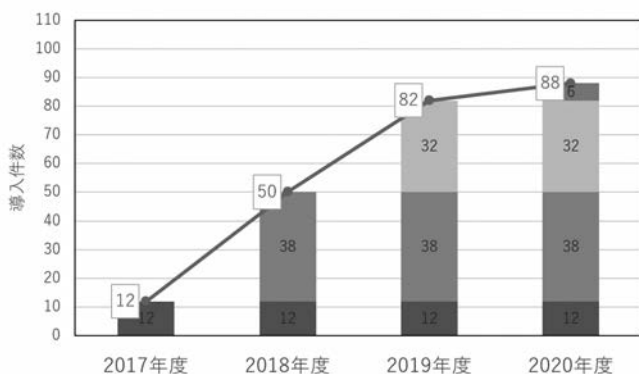


写真—1 現場でのPF活用状況（PC画面で閲覧）

(2) 運用・展開状況

本PFは、当社及びグループ会社によるシステム運用体制を構築し、その管理案件で展開を進めている。現時点での展開状況を図一6に示す。

2017年度から管理案件への導入を開始し、2020年9月の段階で、遠隔監視(ACTION1)/クラウド蓄積(ACTION2)+ビッグデータ解析(ACTION3)の延べ件数(各ACTIONのカウント)として約90件に展開を進めている。遠隔監視は初期コストも比較的安価でメリットが明快なため展開が進んでいるが、クラウド蓄積+ビッグデータ解析は、遠隔監視と比較すると初期コスト・運用コストがかかる点、データを長期間蓄積することで段階的に効果が出てくる取組みである点など、展開を推進に当たっては課題もある。今後、早期に効果が出やすい分析機能や、データ分析内容の顧客(ビルオーナー)への提示方法などを検討し、更なる展開を図る予定である。



図一6 本管理システムの展開状況

4. おわりに

今回開発した建物管理PF「鹿島スマートBM[®]」は建物の管理業務での活用を主な目的としているが、運用段階では建物の使われ方や利用者に関するものなど、多様なデータが存在する。それらを有効に活用することで、建物運用段階での更なる付加価値やサービス提供が可能と考えられ、本PFはそのデータ基盤としても活用できるものである。今後は、利用者へ快適性・高生産性などの付加価値を提供すると同時に、建物の企画・設計段階へ分析結果をフィードバックできる、いわゆる「スマートビル」に必要な技術としても本PF開発の成果・知見を更に展開すべく、検討を進めたいと考えている。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 橋川依士夫他：建築設備におけるエネルギー消費上のフォルト検知技術の研究開発(その18) エネルギーフォルト検知システムの実用化開発, 空気調和・衛生工学会大会, 2012
- 2) 鈴木雄介他：ファジィニューラルネットワークによる建築設備の異常予兆監視, 空気調和・衛生工学会大会, 2019

【筆者紹介】

鈴木 雄介 (すずき ゆうすけ)
鹿島建設㈱
建築管理本部 建築技術部 技術企画グループ
課長代理



覆工コンクリート打設作業の品質向上・省力化への取り組み

ホース伸縮式連続打設システムの現場適用

鈴木 拓也・西浦 秀明・松浦 健太郎

山岳トンネルにおける覆工コンクリートの施工は、セントルに設けた複数の打設口（開口窓）から鋼製の配管を介してコンクリートを打設するものである。コンクリートの打ち上がりに応じて、上段の打設口へと配管を切り替えながら施工していくが、セントルの内部はその構造上、非常に狭隘な施工空間となっており、作業員にとって配管の切替え作業は労力を要するものである。また、打設口を切り替えた直後の打込みは、落下高さが高くなり、材料分離のリスクを有している。「ホース伸縮式連続打設システム」（以下「本システム」という）はこれらの課題を解決する技術である。本稿では、本システムの概要と現場適用事例を報告する。

キーワード：覆工コンクリート，省力化，材料分離，コールドジョイント，打設システム

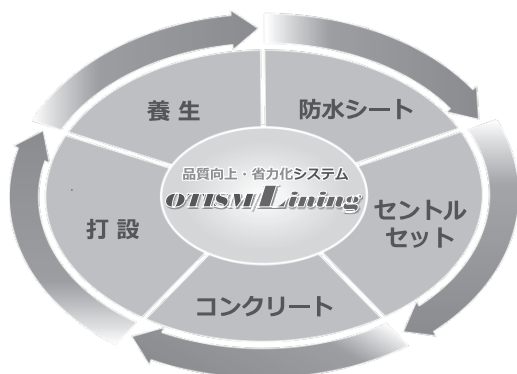
1. はじめに

近年、我が国では社会的な人口減少や少子高齢化が急速に進展している。建設業においても技能労働者の不足が深刻化しており、生産性向上は業界全体としての重要課題とされている。また、同時に社会インフラの老朽化にともなうインフラメンテナンスの担い手不足・コスト増大も問題視されており、コンクリート構造物の長寿命化についても取り組むべき課題である。覆工などのコンクリート構造物の経年劣化は、施工時の初期欠陥による影響を受ける。そのため、施工時の品質は、長寿命化の重要な要素となり、その確保・向上に努めなければならない。これらの状況に鑑み、筆者らはトンネル覆工コンクリートの構築において品質向上および省力化を実現する技術として「OTISM/LININGTM（オーティズム／ライニング）」を構想し

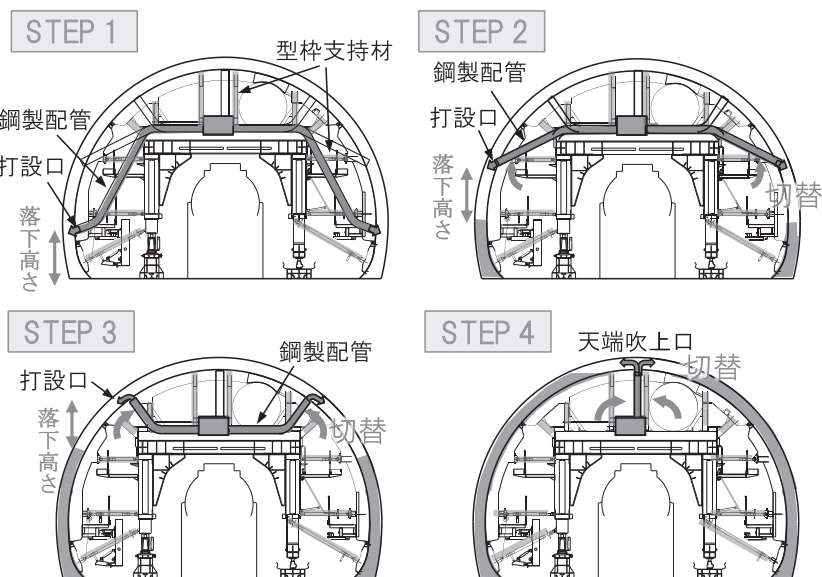
た（図—1）。OTISM/LINING とは、覆工作業を5つの分野（防水シート張り付け、セントルセット、コンクリート、打設、養生）に分け、各分野において品質向上や省力化に資する技術を開発し、それらを組み合わせることで、上記の課題を解決するシステムである。本稿では、この内、本システム「ホース伸縮式連続打設システム」について、その概要と現場適用事例を報告する。

2. 覆工コンクリート打設作業の課題

山岳トンネルにおける覆工とは、掘削して支保されたトンネルの内側に施工される現場打ちのコンクリートである。従来の覆工コンクリート打設作業は、セントルと呼ばれる移動式の型枠内において、作業員がコンクリートの打ち上がり高さに応じて重量物である鋼製配管を都度切り替えて行っていた（図—2）。写真—1に示すようにセントル内は狭隘な施工空間となっており、鋼製配管やコンクリート打込み時の圧力を支持する部材が各所に配置されており、作業性が悪い。そのため、配管の切り替えや清掃作業に時間と労力がかかっており、それらの作業に時間を要した場合、所定の時間内に打重ねが終わらずにコールドジョイントが発生する可能性があった。また、限られた打設口からコンクリートを打ち込む特有の打設方法を取るため、配管切替時は筒先からの落下高さが高くなり、材料分離が発生するリスクもあった（図—2）。そこで、こ



図—1 OTISM/LINING の概要



図ー2 従来の打設方法



写真ー1 配管切替作業



図ー3 本システムの概要



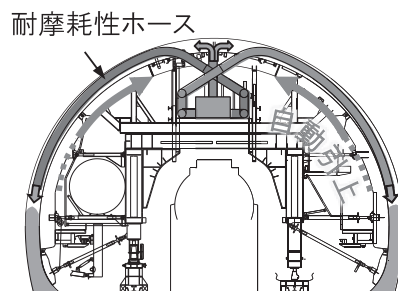
写真ー2 本システム搭載セトル全景

これらの課題解決を目的として本システムを開発した（図ー3、写真ー2）。

3. 本システムの特長

本システムは覆工コンクリートの打設に用いるセトルに下記の特長を加え、従来の打設方法を改善したものである。

- 1) 打設方法を配管の切替方式からホース引上方式へと変更した。セトルの天端部に設けられた打設口から、セトルの両側に向かって、それぞれ1本の耐摩耗性ホースを脚部まで配置し、コンクリートの打上り高さに合わせて2本のホースを同時に引き上げる打設手法である（図ー4）。これにより、配管の切替作業が無くなり連続的なコンクリートの打込みが可能となる。
- 2) ガントリー（門型移動架台）上部に配置したスライドベース（移動台）の中に、ホースを通し、トンネル軸方向へスライドすることにより、ホースを引上げ・挿入するものである（写真ー3）。スライドベースの操作（ホースの引上げ・挿入）は



図ー4 本システムの打設方法

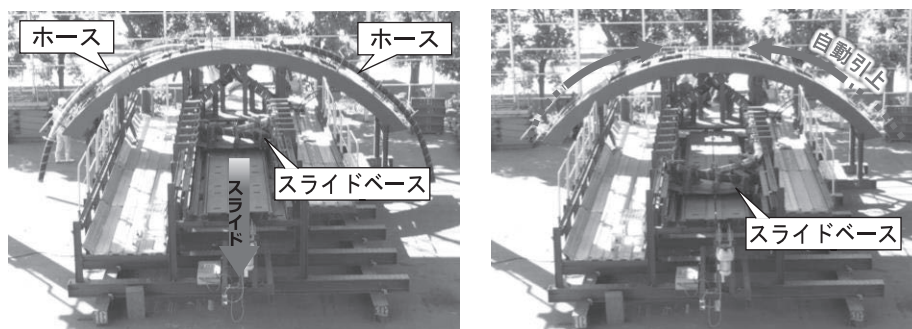


写真-3 本システムの構造

付属のコントローラーにより自動で行え、コンクリートの打上り高さに応じて打設時の落下高さを自由に変えることができる。

4. 本システムの施工手順

次に本システムを用いた覆工コンクリートの打設手順について述べる。

- 1) まず、ホースがセントル内部に全て格納された状態で、セントルを打設箇所へ移動させ、所定の位置へ据え付ける。据え付け後、スライドベースを移動させ、格納していたホースをスロープガイドおよび上下スライド式ガイドを介して、作業員の介錯を要せずに打設箇所へと送り込む（写真-4、5）。
- 2) 打設箇所へホースを送り込む際、セントルに設

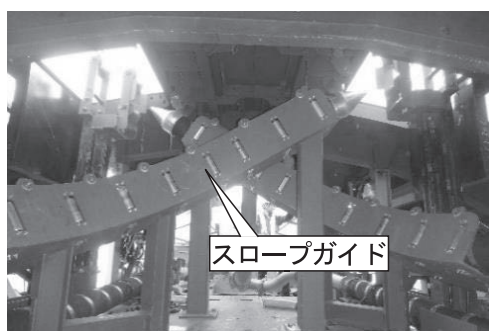


写真-4 スロープガイド



写真-6 Y字式ガイド

けられた各所の打設口から Y 字式ガイドを張出し、ホースを支持することにより、型枠表面から一定の離隔を保ちながらホースを配置する（写真-6）。これにより、鉄筋区間においても本システムが適用可能となる。ホース先端がセントル脚部まで達したところで、本システムの設置は完了となる。

- 3) 打設を開始する際、生コンが流動性を損なわないよう、打設前に左右のホースにモルタルを先送りする。打設時は打込み高さを 1 層 50 cm とし、左右交互に打ち込み、両側の打上り面がホース先端に達した時点でホースを高さ 50 cm 分引き上げる（図-5）。これを繰り返して打設を続け、打上り高さが図-6 に示す高さまで達した時点でホースを全て引抜き、天端吹上口へと切り替える。天端吹上口へ切替後は、通常の覆工コンクリートの打設と同様の方法で残りの打設

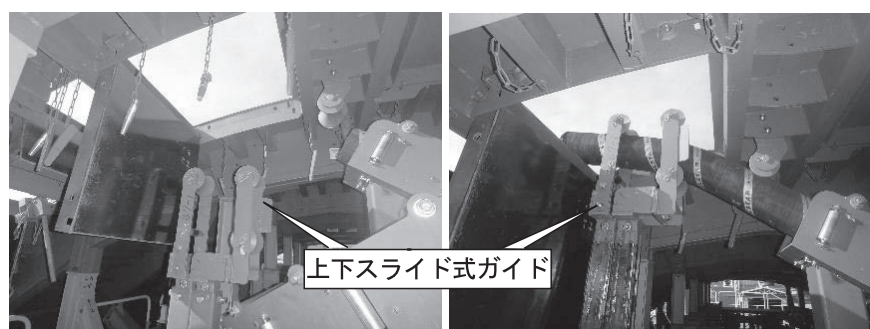
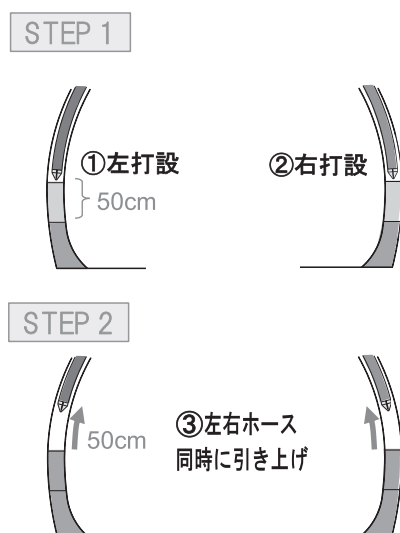
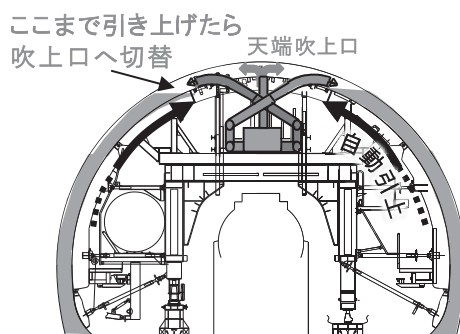


写真-5 上下スライド式ガイド



図一五 打込み手順



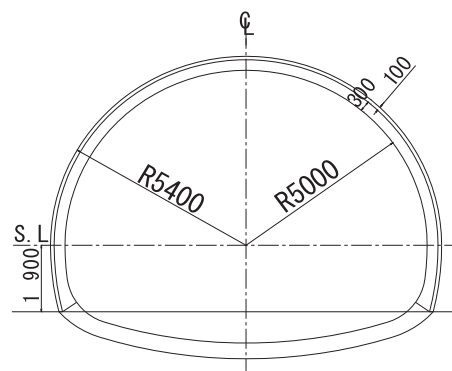
図一六 吹上口への切替

を完了させる。

以上が本システムを用いた覆工コンクリートの打設手順である。

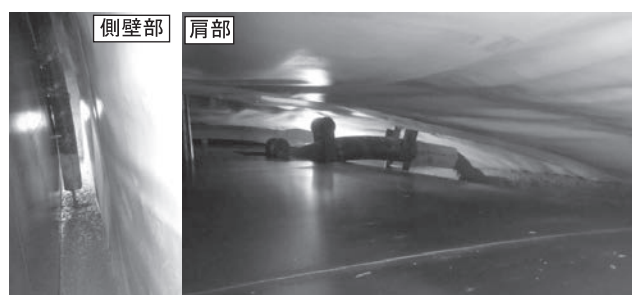
5. 現場適用結果

本システムを、米子自動車道江府トンネル他1トンネル工事（西日本高速道路株式会社中国支社発注）において適用した。当工事は、仕上がり内空R=5000mm 上半単心円（図一七）のトンネル新設工事である。当工事では、発注者の承諾を得て覆工コンクリートに低セメント量の高流動コンクリート（ニューロクリート Neo[®]）を採用している（表一1）。下記に本システムを適用した効果を示す。



図一七 トンネル断面形状概要

- 1) 打設方法を、従来の配管切替式からホースの引上式とすることで、切替作業(20分×6箇所程度)をなくし、苦渋作業を改善できた。連続した打込みによりコールドジョイントの発生も生じなかった。打設に要した総時間は従来と同等である。これについては、セントルに作用するコンクリートの圧力上昇を避けるため、従来と同等の打上がり速度となるよう打込み速さを管理したためである。
- 2) 従来は、鋼製配管を切り替える都度、配管の清掃作業も発生していた。本システムの場合、ホースを全て引抜いた後に、床面に回収されたホースの内部を一括で清掃可能である。これにより、天端部の吹上配管へ切替えた後に打設作業を止めることなく、簡易に清掃作業を行えた。
- 3) 写真一七に示すように常時、最適な落下高さで打設を行え、材料分離を発生させず打ち込むことが可能となった。これにより、打込み箇所のコンクリートへ余剰な空気を巻込む懸念も解消



写真一七 本システムによる打設状況

表一1 高流動コンクリートの配合

コンクリート 種類	目標 スランプ フロー (cm)	目標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						減水剤		VMA (g/m ³)	PP (Vol%)
					W	C	S		G		種類	添加量 C × %		
							S1	S2	G1	G2				
高流動コンクリート	60 ± 10	4.5 ± 1.5	46.1	46.0	175	380	307	462	573	381	SP	1.4	60	0.3



写真—8 仕上り状況

された。また、ホースの引上げ跡がつくこともなく、美観・出来ばえも従来の打設方法と同等以上となった（写真—8）。

6. おわりに

本稿では、覆工コンクリートの打設における施工性の課題に言及し、解決する手段として本システム「ホース伸縮式連続打設システム」の開発について述べた。今回、本システムの現場適用結果では、打設時の省力化に寄与するだけでなく、品質確保の観点からも材料

分離やコールドジョイントのリスク低減効果が得られた。今後は、さらなる省力化を目指し、打設高さの自動検知や左右ホースの自動切替を視野に入れたシステム開発へと進める所存である。

JCM|A

【筆者紹介】

鈴木 拓也（すずき たくや）
㈱大林組
生産技術本部 トンネル技術部
主任



西浦 秀明（にしうら ひであき）
㈱大林組
生産技術本部 トンネル技術部
副部長



松浦 健太郎（まつうら けんたろう）
北陸銅産㈱
技術営業部
副部長



巨礫を含む砂礫地盤のシールド掘進施工実績

水害から街を守る放水路トンネル

生 形 剛

札幌市は昭和40年代以降急激に都市化が進んだことにより、河川へ雨水の流出が増加することとなった。市街地東部（豊平区、白石区）を流れる望月寒川流域においても近年、洪水被害が多発しているが、市街地での対策として考えられる河道拡幅による河川改修は困難であった。そこで大雨増水時に、望月寒川上流の流水を放水路トンネルにより豊平川へ放流することで浸水被害を軽減させる計画が実施された。

今回の放水路トンネル施工箇所は、扇状地扇頂付近のため巨礫（礫径 $\Phi 600$ mm程度）が堆積していることが想定され、想定最大礫まで積極的に取り込む仕様の泥土圧式シールド機で対応する計画にて開始した。本稿では巨礫を含む砂礫層の放水路トンネル本体工事の施工について報告する。

キーワード：浸水被害対策、巨礫、複合地盤、カッターヘッド交換

1. はじめに

道都である札幌の市内は、いくつかの扇状地から成り立っており、街の中心部は豊平川が作った巨大な扇状地が基盤となっている。扇頂は1972年冬季オリンピックのメイン会場となった真駒内から、扇端はJR札幌駅あたりまで長さ約8 kmのなだらかな斜面で構成されている。この扇状地は、時代を追って市内西側（大倉山ジャンプ競技場がある方向）から東側の月寒丘陵（札幌ドームがある方向）に向かって形成されてきた。その扇状地に位置する望月寒川は札幌市豊平区から白石区の住宅密集地を流れる川であるが、大雨による雨水の流入が多く、下流付近では近年においても連続して（平成12年、14年、26年）浸水被害が発生

しており、その対策が望まれた。そこで望月寒川上流に放水路をつくり豊平川に放流することで浸水被害を軽減することとなった（図—1）。施工箇所は、扇状地扇頂付近のため巨礫が堆積していることが懸念され、巨礫対策として想定最大礫まで積極的に取り込む仕様の泥土圧式シールド機で対応する計画にて開始した。

本稿では、放水路トンネル本体工事（巨礫対応の泥土圧式シールド工事）の巨礫を含む砂礫層の施工について報告する。

2. 工事概要

(1) 工事概要

工事名称	望月寒川広域河川改修工事（放水路トンネル）
工事場所	札幌市豊平区西岡（呑口部）～南区澄川～豊平区平岸（吐口部）
発注者	北海道空知総合振興局
施工者	大成・岩田地崎・豊松吉工業 特定建設工事共同企業体
工期	自）平成26年12月23日～令和3年3月29日

(2) 工事内容

放水路トンネル本体	泥土圧シールド工法 路線延長 $L=1,893$ m, セグメント外径 $\Phi 5.25$ m, 仕上り内径 $\Phi 4.8$ m,
-----------	---



図—1 望月寒川広域河川改修事業概要

縦断勾配 1/423, 急曲線 $R=40\text{ m}$ (2カ所),
 $R=50\text{ m}$ (3カ所), $R=60\text{ m}$ (2カ所), インバート工,
 二次覆工

トンネル吐口 落差工改良

トンネル呑口 本体工

中間立坑

3. 土質概要

(1) 土質資料

当初掘削地盤は、既往ボーリングデータのコア切り長の3倍から最大礫径を600 mmと想定した。シールドが通過する土質は、路線延長1,893.4 mのうち、発進部(吐口部)から1/3までが砂礫と腐食土からなる盛土層、玉石混じりの砂礫層、粘性土シルト、西野層と言われるN値50以上の凝灰角礫岩があり複合地盤となっている。残りの2/3は野幌層と言われる巨礫混じりの砂礫層(Dg層)となっている。特にこの砂礫層については、N値が50以上を示し、礫率も60%と非常に高い。礫は安山岩主体で、強度は $100\text{ N/mm}^2 \sim 150\text{ N/mm}^2$ と非常に硬い地質となっている(図-2)。

(2) 到達立坑掘削実績

到達部(呑口部)において、鋼矢板及び中間杭を打設する前の先行削孔砂置換工オールケーシング削孔時(ケーシング径1.0 m)に砂礫層(Dg層)から $\Phi 800\text{ mm}$ の巨礫を確認した。さらに到達部立坑掘削時(写真-1)においても $\Phi 800\text{ mm}$ 以上の巨礫が確認された(写真-2, 3)。

4. シールドトンネル工事の施工

(1) 路線概要

延長約1.9 kmの路線の大半は、住宅地の市道直下を掘進する(図-3)。

主な掘削地盤は、巨礫混じりの砂礫層であるため、技術的には巨礫を破碎して掘進するタイプのシールド機の選定が妥当であるが、発進部(吐口部)から1/3の掘削地盤は前述した通り、粘性土シルト、凝灰角礫



写真-1 呑口部掘削・山留施工状況



写真-2 巨礫 1,100 mm×650 mm×650 mm



写真-3 巨礫 850 mm×500 mm×500 mm

岩を主体とする複合地盤となっているため、巨礫を破碎して掘進するタイプのシールド機は不向きであると考えられた。巨礫混じりの砂礫層を掘削する前にビット交換用立坑を構築し、ビット交換をしてから掘進する方法は、民家が隣接していること、重要な埋設管が

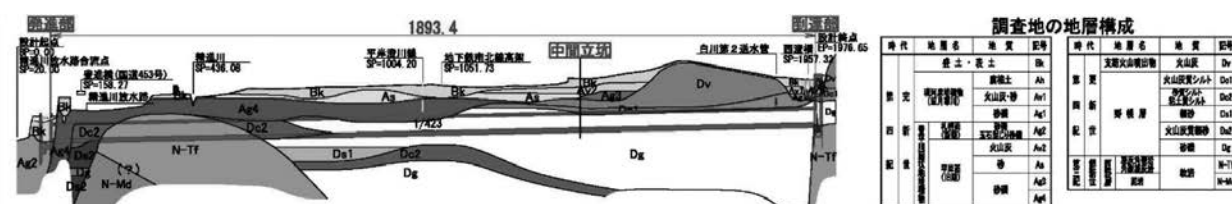
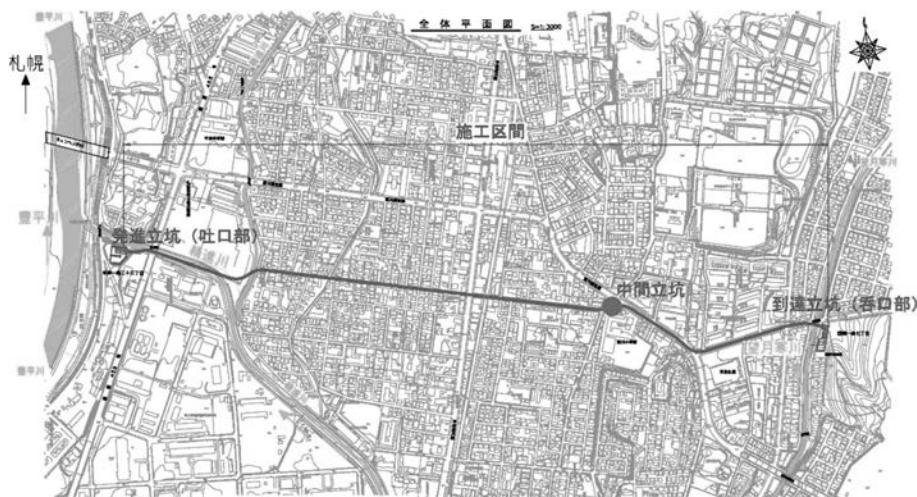
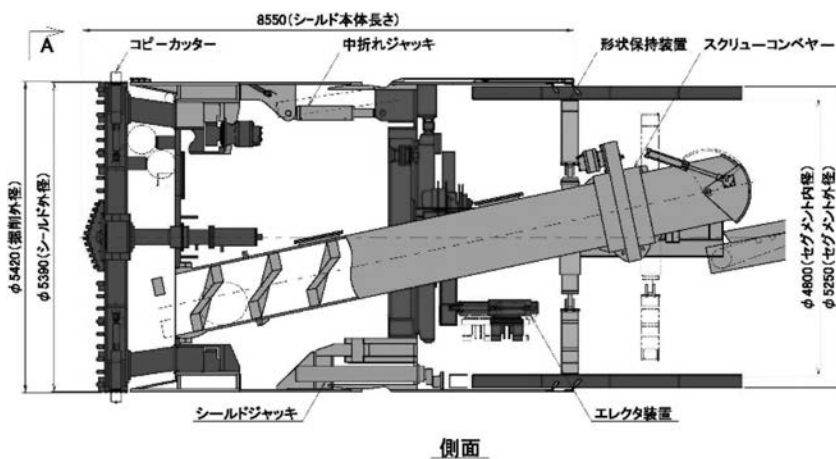


図-2 土質縦断図



図－3 路線平面図



図－4 シールド機の内部構造

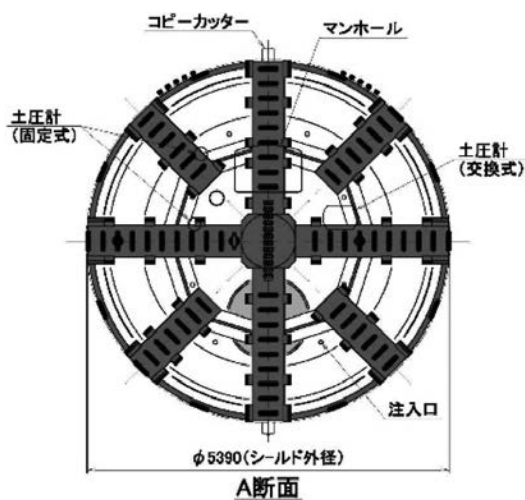
多数あることを理由にビット交換用の立坑を設けることは難しいと考えられていた。

(2) 泥土圧式シールド機

路線概要で記載した施工条件を基に、本工事におい

て採用したシールド機を図－4、カッターヘッドの構造を図－5、シールド機全景を写真－4、シールド機の仕様を表－1に示す。

施工の留意点として、本シールド機は土質変化が激しく、砂礫層に含まれる玉石（巨礫）を積極的に取り込み搬出する掘削思想のもと、巨礫を含む砂礫層掘進及び長距離掘進の対応として以下の対策を講じた。



図－5 カッターヘッドの構造



写真－4 シールド機全景

表一 1 シールド機の仕様

項 目	仕 様
掘削外径	5,420 mm
シールド機長	8,550 mm
シールドジャッキ	21 @ 1,200 kN
最大推力	25,200 kN
カットトルク (高)	4,472 kN・m ($\alpha = 28.6$)
最大中折れ角度	7.7°
コピーカッター	200 st×4 基 (予備 2 基)

(a) 巨礫を含む砂礫層掘進対策及び長距離掘進対策

- ①強化型先行ビットと多層メインビットを主体とするスポークタイプの採用
- ②耐摩耗鋼板 + 硬化肉盛による耐摩耗対策
- ③ビットの割欠け防止対策 (靱性の高い E5 種の採用・チップの大型化・ビット形状・段差配置)
- ④最大礫径 $\Phi 800$ mm の巨礫を破碎せず安全に機内へ取り込む機構として大型スクリーコンベヤーの装備, リボンスクリューの採用
- ⑤油圧式摩耗検知ビットの装備

(3) シールド掘進工

本工事の泥土圧式シールド機における砂礫地盤の掘進は, 先行ビットで巨礫の周りの土砂を掘り上げ, 礫が移動できるスペースを作ることにより礫を掘り起こしチャンバー内にに取り込み, スクリューコンベヤーにて排出する掘削思想で掘進を開始した。砂礫層に入って 1,100 m 付近までは順調に進捗したが, 1,100 m 以降は, 排出される掘削土を確認すると非常に礫の割合が多く (写真一 5), 割れた巨礫が排出され (写真一 6), カッターロック (カッター圧高) も繰り返された。1,300 m 付近でスクリーコンベヤーから排土される土砂に混じって欠落したビットが発見されたため, カッターヘッドが著しく損傷していることが想定され, 到達までの残り約 600 m を掘り進むことは難し

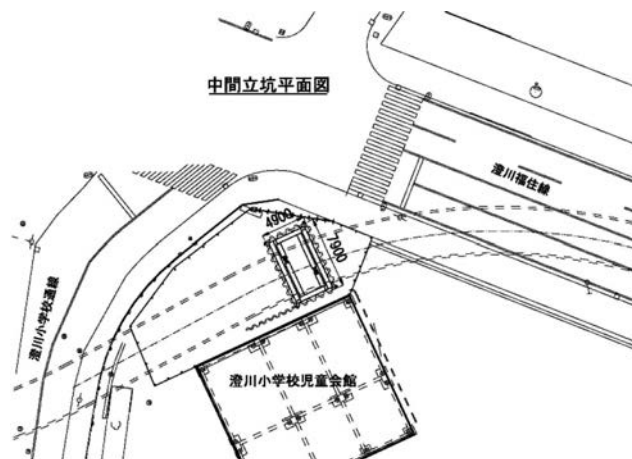
いと判断し, カッターヘッドの交換を実施した。

(4) シールド機カッターヘッド交換

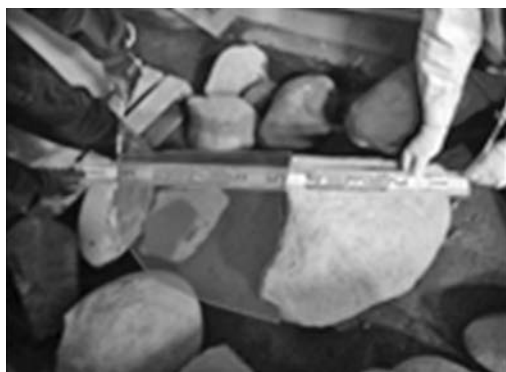
路線上の制約条件で, 唯一影響の少ない小学校の狭隘な用地に深さ 16.0 m の中間立坑を築造し (図一 6), カッターヘッドの交換 (写真一 7) を実施した。この立坑掘削時に $\Phi 800$ mm 以上の巨礫が 9 個出現し (写真一 8, 9, 表一 2), 礫率も 70% 以上と確認された。これは, 到達部で出現している巨礫と同等であることから, 今後も砂礫層の中には $\Phi 800$ mm 以上の巨礫が



写真一 5 礫排出状況



図一 6 中間立坑平面図



写真一 6 排出された礫 h=350 mm ⇒推定最大礫径 1,050 mm



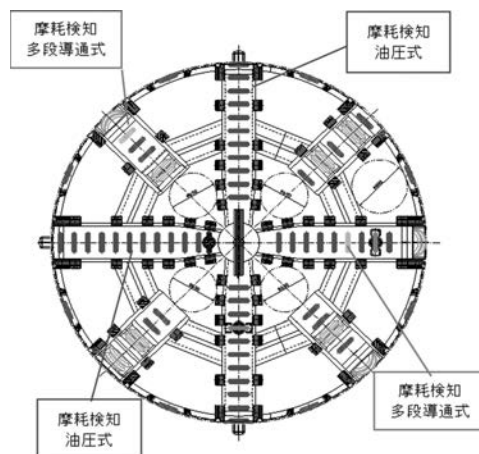
写真一七 新規カッターヘッド投入状況



写真一八 中間立坑巨礫 1,000 mm×850 mm×450 mm



写真一九 中間立坑巨礫 1,000 mm×580 mm×470 mm



図一七 新規カッターヘッド形状

表一 二 中間立坑 巨礫数量

巨礫数量

単位: 個

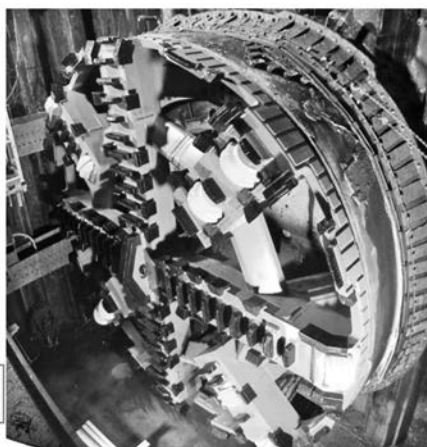
	長径寸法			合計
	400 mm 以上～ 600 mm 未満	600 mm 以上～ 800 mm 未満	800 mm 以上	
五次掘削	12	1	0	13
六次掘削	13	1	1	15
七次掘削	50	20	8	78
合計	75	22	9	106

出現する可能性が高いと判断し、図一七のカッター形状に変更した。カッターヘッド交換後の掘削思想は、最大礫径Φ800 mm までの礫は取り込み、最大礫径Φ800 mm 以上の場合、破碎して取り込む「取込型」+「破碎型」方式とし、前回特に損傷が激しかったカッターヘッド外周部にディスクカッターを配置した。また、先行ビットの摩耗量を確認するため、多段導通式摩耗検知先行ビットをカッターヘッドの内周部と外周部に各1カ所、油圧式摩耗検知先行ビットを同じく内周部と外周部に各1カ所配置した。

(5) シールド再掘進工

再掘進時、排土中の礫の状況は、再掘進区間全域において礫の割合が非常に多く、礫の形状も400 mm以上の割れた礫が非常に多かった。割れた礫が多い状況は、カッターヘッドに取り付けたディスクカッターにより破碎されて排出されたことが想定できる。ベルトコンベヤーで排出された礫の状況を写真一十に示す(ベルトコンベヤー下幅650 mm)。ズリ鋼車搬出状況を写真一十一に示す(ズリ鋼車1,265 mm×3,370 mm)。

再掘進にあたり、表一三のビット摩耗管理を実施した。定期的に計測することにより計算による推定摩耗量と実測摩耗量を比較、到達までの掘進管理は有効であった。





写真—10 割れている巨礫



写真—11 割れて排出した礫

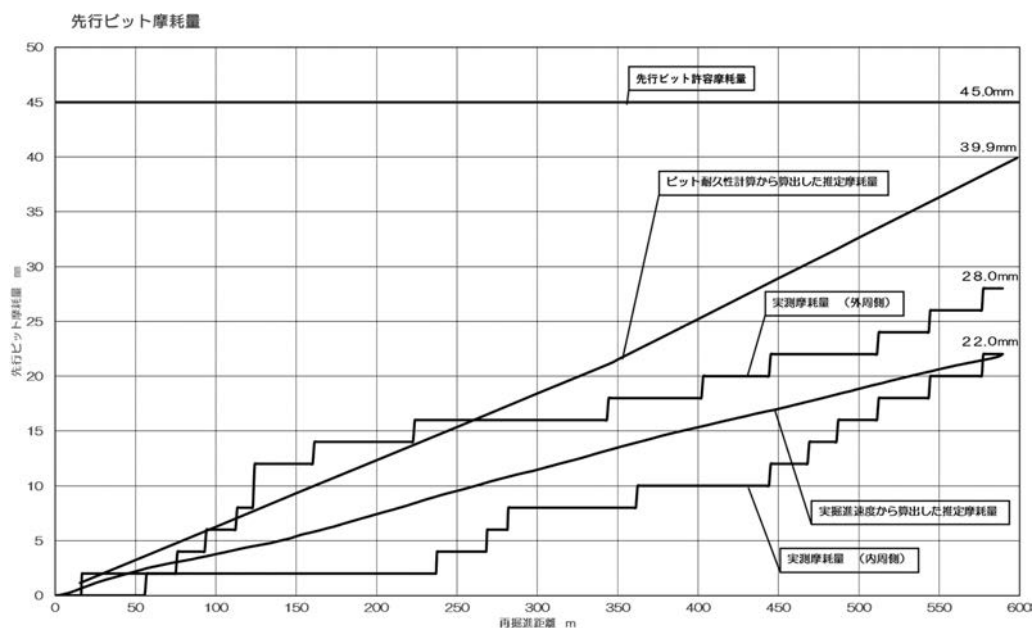
先行ビット摩耗量の結果を図—8、表—4に示し、ディスクカッター摺動距離と掘進速度の結果を図—9、表—5に示す。掘進距離600mについて、掘進速度とカッター回転速度を管理することによりディスクカッター許容摺動距離以下で施工することができた。

到達時のカッターヘッドの状況から、配置したビットが礫地盤から受けた負担は非常に大きく、掘進時に酷使していたことが分かる（写真—12）。しかしながら、外周部に礫破碎を目的としたディスクカッターを取付け、巨礫を破碎したことにより、礫を掘り出す役目である先行ビットへの負担を軽減したことから、外周部の先行ビットは、チップが摩滅して母材まで摩耗した内周側の先行ビットに比べて摩耗量が少なく、ディスクカッターが有効に働いた（保護した）と考えられる。また、ディスクカッターを装備した交換後のカッターヘッドであってもほぼ限界の掘進距離であったと考えられる。

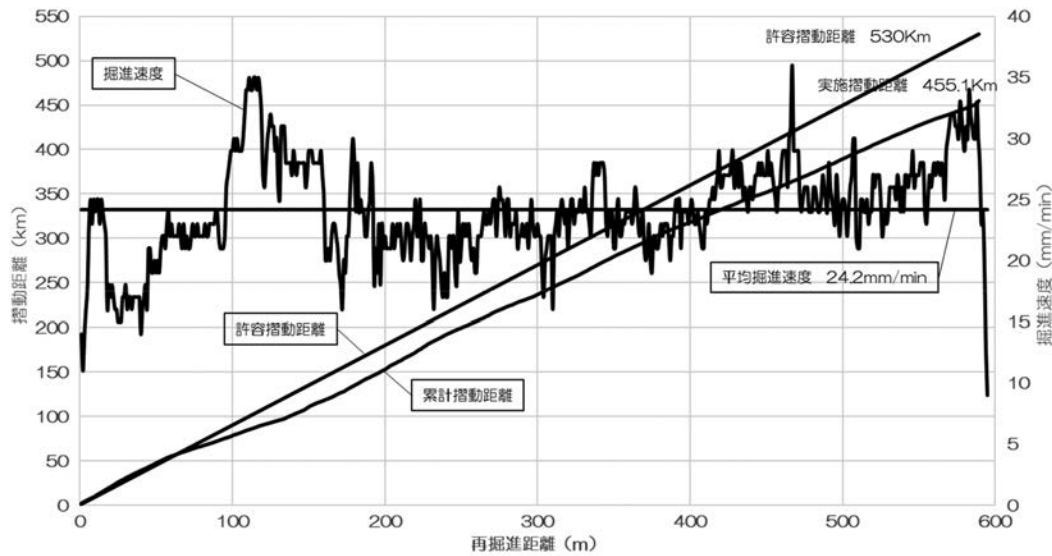
表—3 ビット摩耗管理

施工管理基準

管理工程	管理項目		管理方法			計測(測定)方法 (自動/手動)	管理基準外の処置
	管理特性	管理基準	管理方法	時期	頻度		
ビット 摩耗管理	ビット推定摩耗量	許容摩耗量 45 mm	掘進速度	掘進中	毎リング	手動	ビット交換の判断
	摩耗検知装置	許容摩耗量 45 mm	多段階導通式	掘進後	1回/日	手動	ビット交換の判断
		油圧が抜けないこと	油圧				
掘進管理	ジャッキ推力	25,200 kN 以下 (理論上 10,961 kN)	圧力計	掘進中	毎リング	自動	ジャッキ速度減速・余掘の検討
	カッタートルク	トルク：高 4,472 中 3,712 低 2,754 kN-m 圧力：高 23.6 中 19.6 低 14.5 MPa	トルク計	掘進中	毎リング	自動	ジャッキ速度減速
	カッタ回転数	ディスクカッタ摺動距離との比較	カッタ回転計	掘進中	毎リング	自動	ビット交換の判断
	ジャッキ速度	0～40 mm/min	スピード計	掘進中	毎リング	自動	オペレーターに指示



図—8 先行ビット（多段階導通式）摩耗量実測推移



※許容掘進距離：ディスクカッター許容掘進距離530kmを掘進距離に配分した場合の値
※累計掘進距離：カッター回転数を基にディスクカッターの掘進距離を算出した累計値

図―9 ディスクカッター掘進距離と掘進速度

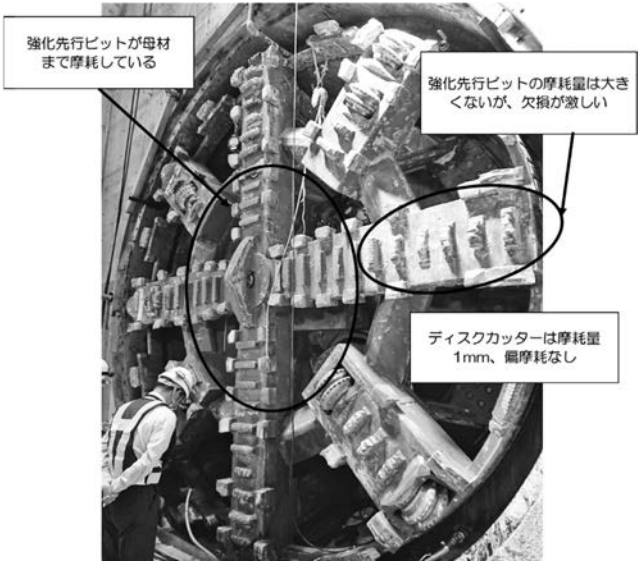
表―4 先行ビット（多段導通式）摩耗量実測結果

単位：mm

	許容 摩耗量	推定摩耗量 (ビット耐久性)	推定摩耗量 (実掘進速度)	実摩耗量
外周部	45.0	39.9	22.0	28.0
内周部				22.0

表―5 ディスクカッター掘進距離結果

許容掘進距離	実施掘進距離	率
530 km	455.1 km	85%



写真―12 到達後 カッターヘッド状況

5. おわりに

本工事は、特に砂礫層に含まれる巨礫により、シールドの掘進が計画通りに進まなかったが、様々な対策工事を安全かつ慎重に行いながら、発注者、施工者、関係業者が一体となって、2020年5月、到達することができた。

本工事は、最近の異常気象に伴う水害に備える施設として、地域住民からの期待度も高い中で、2021年3月末で竣工を迎えるが、地域住民からの期待に応えるべく、竣工まで無事故・無災害で品質の高いトンネルの完成を目指している。

謝 辞

最後に、本工事にご尽力いただいている発注者、関係者の皆様に心より深く感謝いたします。

J C M A

[筆者紹介]
生形 剛（うぶかた たけし）
大成建設(株)
札幌支店土木部
課長



音響管を用いた ニューマチックケーソンの排気騒音低減装置

角 田 晋 相

ニューマチックケーソン工法は、周辺環境への影響において他の基礎工法と比べ有利な特徴を持っていることから広く採用されている。しかし、市街地での施工においては高压空気の排気に伴う騒音発生が問題となる。一般に消音マフラーによる騒音対策が行われるが、必ずしも全周波数帯で十分な効果は得られていない。

そこで、音響管の共鳴原理を用いた消音器を従来の消音マフラーに付加することで、消音効果を向上させる技術を開発した。開発においては、縮尺モデルによる実験で排気騒音に対する適用性および効果を確認し、実施工に導入することで実機での音圧低減効果を検証した。本稿では縮尺モデル実験と実施工に適用して効果を検証した結果について報告する。

キーワード：ニューマチックケーソン、排気騒音対策、音響管、共鳴、消音器

1. はじめに

土木工事では、建設機械の稼動により発生する騒音・振動が周辺の環境に与える影響が大きいため、施工現場ではそれらを低減する対策が求められる。基礎工法の一つであるニューマチックケーソン工法は、他の工法に比べ騒音・振動の少ない工法であるが、市街地ではマテリアルロックからの高压空気の排気に伴う騒音発生が問題となる。一般的な排気騒音対策として用いられる消音マフラー（図—1）は高音域の音圧を大幅に低減するが、中音域以下の周波数帯に対しては効果が小さく十分な対策になっているとは言い難い。

そこで、中音域の音圧低減を対象に音響管を用いた消音器を考案し、排気音に対する適用性を検討した。

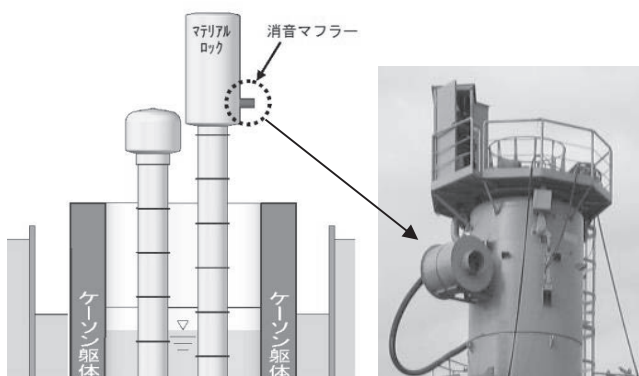
ここでは、開発において実施した縮尺モデル実験¹⁾と実際の施工に適用して効果を検証した結果について報告する。

2. 技術の概要

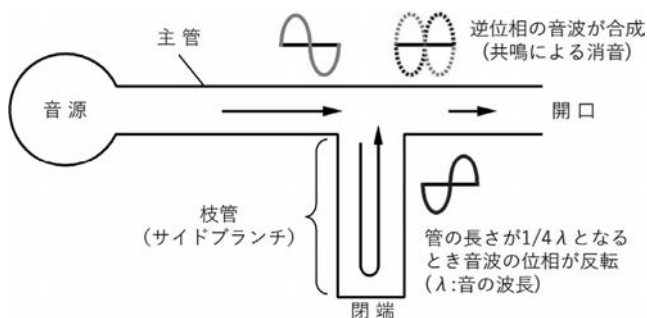
(1) 消音原理

音響管の共鳴原理を利用した消音器として、片端が閉塞された管の反射波を利用して特定周波数帯の音圧レベルを低減するサイドブランチ型消音器が様々な分野でよく用いられる。

サイドブランチ型消音器の原理を図—2に示す。消音の原理は、主管に対して枝管（サイドブランチ）となる音響管を取り付けて音響管内での反射波が主管の音波の逆位相になるように管長を調節して、共鳴により消音を図る技術である。



図—1 一般的な排気騒音対策

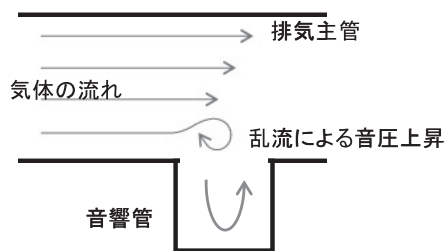


図—2 サイドブランチ型消音器の原理

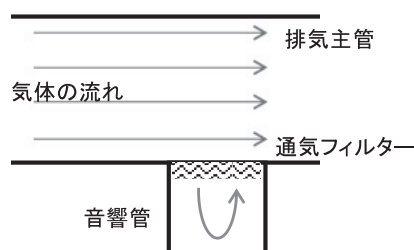
(2) 課題と対策

音響管による消音器は、対象とする特定周波数帯の音圧低減に大きな効果がある。しかし、ニューマチックケーソンにおける高圧空気の排気のように流速が生じる位置で消音を行う場合には、図—3に示すように音響管の入口で乱流が発生し、消音とは逆に音圧の上昇を引き起こすといった課題がある。

そのため、本技術では図—4に示すように音響管の口元に通気性のフィルターを設置することで、排気主管の内面を平滑にして乱流の発生を防止する構造とした。



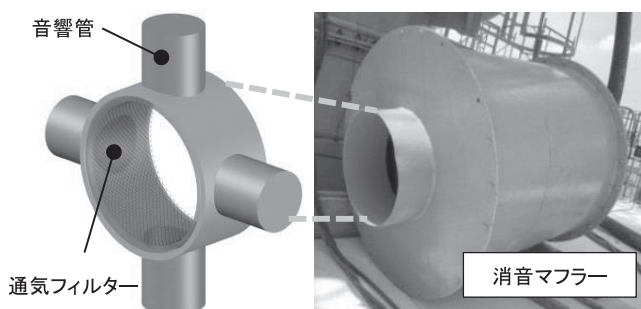
図—3 音響管による乱流の発生



図—4 通気フィルターによる乱流の防止

(3) 排気騒音低減装置

開発した排気騒音低減装置の概要を図—5に示す。本装置は、従来の消音マフラーと併用することを前提に、音響管を用いた消音器を既存マフラーの出口に容易に設置できる構造とした。

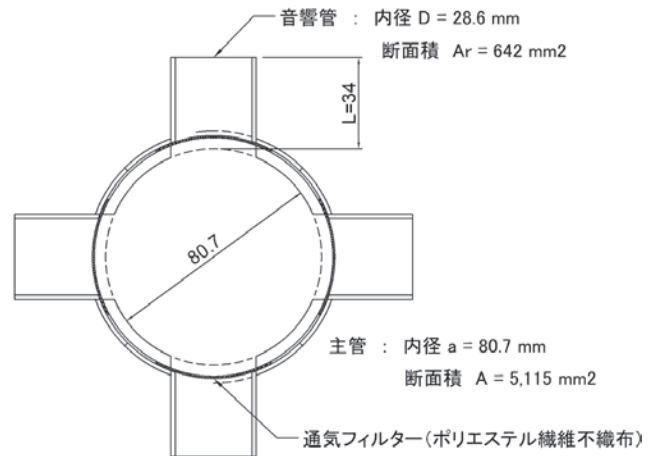


図—5 排気騒音低減装置の概要図

3. 縮尺モデル実験

(1) 試験体

音響管による音圧低減効果を把握するため、1/5縮尺の試験体による実験を実施した。音響管の試験体の概要を図—6に示す。音響管の取付け向きは、開口面が主管断面に直交する方向とした。



図—6 試験体の概要

音響管の効果を効率よく得るには、主管内で平面波が成立する必要がある。また、平面波が成立する最大の周波数は主管の直径に依存する。そのため、実験では消音対象とする最大周波数 $f_{\max}$ を以下の通りとした。

・管径による平面波が成立する周波数

$$f_{\max} = 0.5861 \times c/a [\text{Hz}]$$

（ c ：音速=340[m/s]、 a ：主管の直径 [m]）

・音響管の主管径 $a = 80.7\text{mm}$

$$f_{\max} = 2,469 [\text{Hz}] \approx 2.5 [\text{kHz}]$$

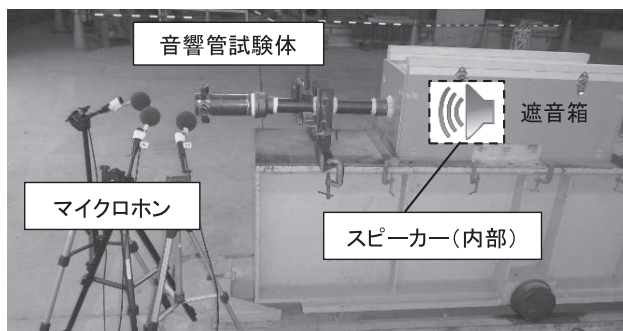
音響管の共鳴は、管の内部だけでなく開口端付近の空気も付加的に振動する。このため、音響管の共鳴周波数は、管の長さから算出される周波数よりも小さくなる。実験では2.0～2.5kHz付近に効果が得られるように音響管長さを設定した。

また、気体の流れで発生する乱流を防止するため、主管と音響管の境界部にポリエステル繊維不織布を通気フィルターとして設置した。

(2) 音響実験

(a) 実験内容

音響管の適正な配置と音圧低減効果を確認するため、スピーカーからの音波（Pink-Noise）による音響実験を実施した。音響実験の概要を写真—1に示す。実験では、試験体の前方に配置したマイクロホンにより音圧レベル波形を取得し周波数特性を把握した。



写真一 音響実験の概要

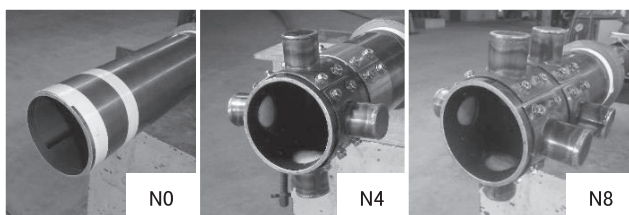
実験における音響管の配置ケースを表一に示す。実験では、配置する音響管の総断面積 ΣAr と主管断面積 A の比を因子にとったN0～N8の試験体について音響実験を行った。試験体の一例を写真二に示す。

(b) 実験結果

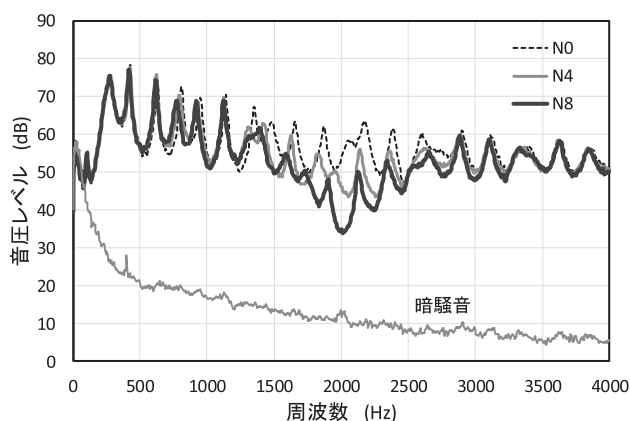
試験体N0, N4, N8の音圧計測結果を図一七に示す。音響管がない試験体（N0）に対し、音響管を設置し

表一 音響管の配置ケース

試験体名	主管 $\phi 80.7$	音響管 $\phi 28.6$		断面積比 $\Sigma Ar/A$
	$A(\text{mm}^2)$	数量	$\Sigma Ar(\text{mm}^2)$	
N0	5,115	—	—	0%
N1	5,115	1	642	13%
N2	5,115	2	1,285	25%
N4	5,115	4	2,570	50%
N6	5,115	6	3,854	75%
N8	5,115	8	5,139	100%



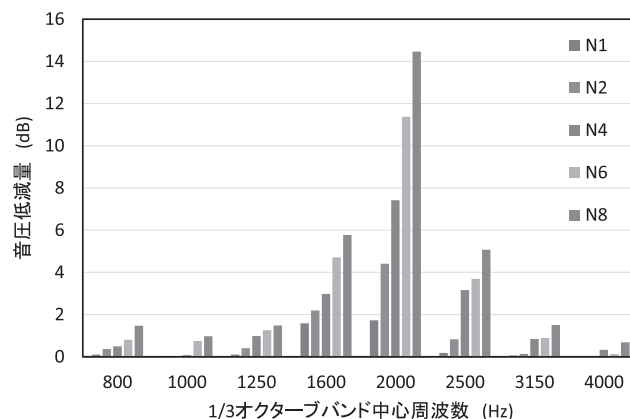
写真二 試験体の一例



図一七 音圧計測結果（N0, N4, N8）

た試験体（N4, N8）では、2 kHz 付近の音圧レベルが大幅に低いことが確認できた。

各ケースの1/3オクターブバンドでの音圧低減量を図一八に示す。音響管による音圧低減効果は、音響管を配置しない試験体N0の音圧測定結果を基準に、各ケースの測定結果との差分を音圧低減量として評価した。

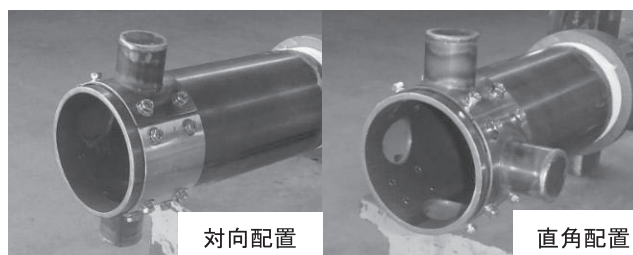


図一八 各ケースの音圧低減量

音響管を配置した全てのケースにおいて消音対象とした周波数帯の音圧レベルを低減できており、音響管の本数が多いほど効果が大きい結果が得られた。

主管と音響管の断面積比が100%の試験体N8においては、消音対象である2 kHz帯の音圧レベルを14 dB以上低減することが確認できた。

また、試験体N2においては写真三に示すように、音響管の配置向きを対向配置および直交配置についても実験を行い、その向きによる影響を確認した。



写真三 試験体N2における音響管の配置

音響管を対向または直角に配置した場合の音圧計測結果を図一九に示す。音響管を主管の同一円周上に複数配置する場合は、音響管の開口面を対向する向きに配置することで、向き合う音響管同士の相乗効果により、音圧低減効果が高まると考えられる。

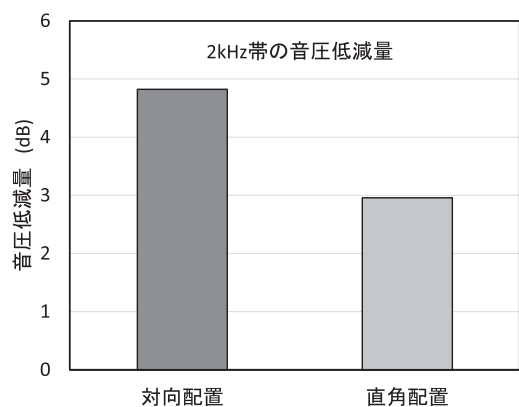


図-9 向きによる音圧低減量の比較

(3) 送風実験

(a) 実験内容

高圧空気の排出に伴う排気音に対する音響管の効果および配置の影響を確認するため、コンプレッサーからの吐出空気による送風実験を実施した。

実験の状況を写真-4、5に示す。実験時の排気流速は、熱線風速計を用いて計測した。なお、音圧の計測および分析方法是音響実験と同様とした。

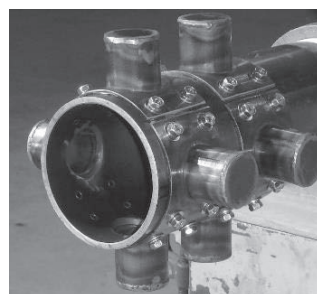
送風実験に用いた試験体を写真-6に示す。実験は、音響管を配置しない試験体N0を基準に、試験体N8に対して通気フィルターの有無による2ケースを行った。



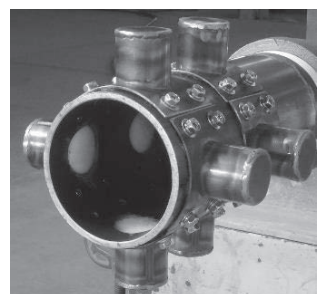
写真-4 コンプレッサー



写真-5 計測状況



音響管のみ



通気フィルター設置

写真-6 送風実験の試験体 (N8)

(b) 実験結果

各ケースの音圧計測結果を図-10に示す。なお、実験時の排気流速は $V=43.0 \sim 49.2$ m/s であった。送風実験においても音響管により、2～2.5 kHz 付近の音圧を大幅に低減できていることが確認できた。通気フィルターの有無で比較すると、音圧低減のピーク周波数においては、音響管のみの方が低減効果は高い結果が見られる。これは、通気フィルターが抵抗となり音響管内に入射する音圧が減衰するため、音響管のみの場合に比べピーク周波数における低減効果が抑えられてしまうと考えられる。

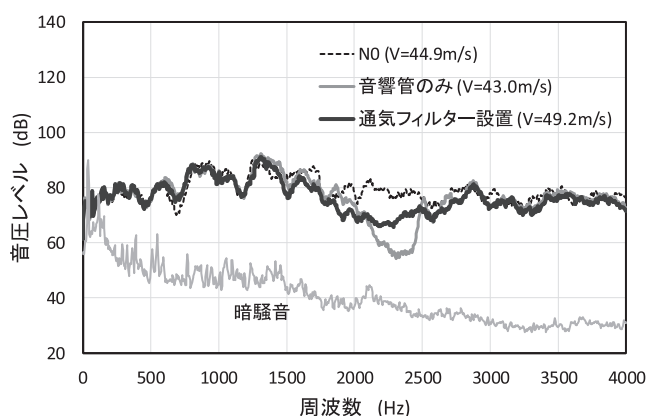


図-10 送風実験での音圧計測結果

1/3 オクターブバンドで評価した音圧低減量を図-11に示す。音響管のみのケースでは、1,250 Hz 帯において音圧低減量がマイナスとなり音圧増幅の領域が見られたが、通気フィルターを設置したケースでは音圧増幅が抑えられる結果が得られた。

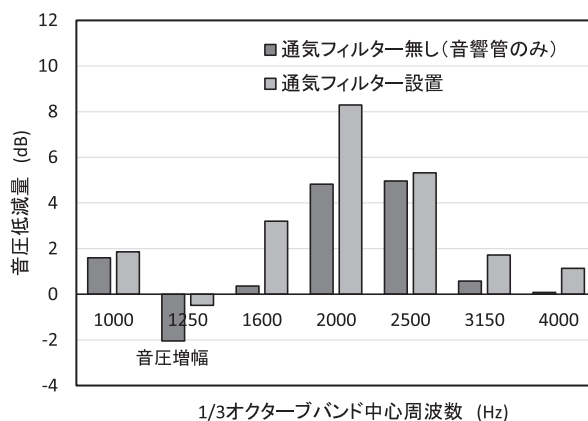


図-11 送風実験における音圧低減量

また、前述のとおり通気フィルターを設けた場合は、ピーク周波数での音圧低減は小さくなるが、1/3 オクターブバンドで評価すると、音響管のみよりも通気フィルターを設置した方が全体的に音圧低減効果は

向上することが確認できた。

4. 現場実証実験

(1) 実験の概要

開発した排気騒音低減装置をニューマチックケーソン工法による橋梁下部工事（写真—7）に導入し、実機における音圧低減効果を検証した。

現場に導入した排気騒音低減装置の概要を図—12に示す。実機における消音対象は350～450 Hz（400 Hz帯）とし、排気主管の断面積に対する音響管の総断面積の比は88%とした。

現場での計測の状況を写真—8に示す。実験では、

消音器の出口から1.5 m離れた位置にマイクロホンを設置し音圧計測を行った。

(2) 現場での計測結果

現場では、音響管による消音器を配置したケース（写真—8）と消音マフラーのみのケース（写真—9）について、それぞれ複数回の計測を行い、計測時の排気流速が同程度の計測ケースについて比較を行った。

音圧の計測結果を図—13に示す。この時の排気流速は、音響管配置ケースが16.9 m/s、消音マフラーのみのケースが16.4 m/sである。計測の結果、消音対象とした400 Hz帯において8.4 dBの音圧低減が確認できた。



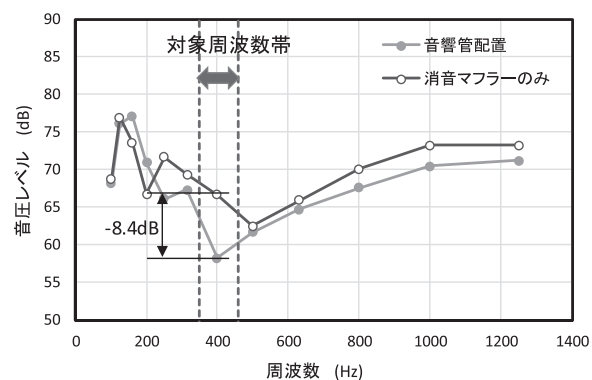
写真—7 ニューマチックケーソン施工状況



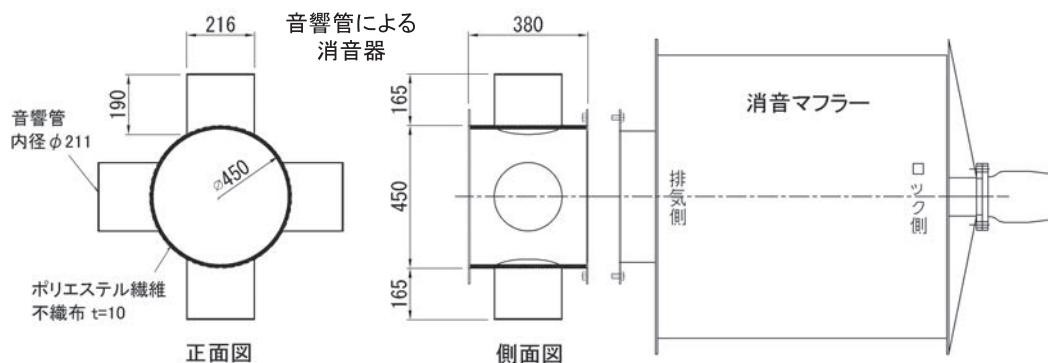
写真—9 消音マフラーのみ



写真—8 現場での計測状況



図—13 現場での音圧計測結果



図—12 導入した排気騒音低減装置の概要

5. まとめ

考案した排気騒音低減装置において実施した縮尺モデル実験の結果、以下のことが確認できた。

- ①音圧低減効果は、配置する音響管の総断面積に依存する。
- ②音響管の開口面を対向する向きに配置することで、音圧低減効果が高まる。
- ③音響管の開口面に通気フィルターを設置することで、排気流速による音圧増幅が抑えられ、全体的に音圧低減効果が向上する。

また、本装置の実現場への適用により、実機においても音圧低減効果を検証することができた。

6. おわりに

本技術は、音響管の長さを調節することで様々な周

波数帯の音圧低減に対応できるため、状況に応じた設計が可能である。

今後は、環境対策技術として積極的に現場適用を行うとともに、排気を伴うその他の対策にも展開していきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 角田晋相, 原田尚幸: 音響管を用いたニューマチックケーソンの排気騒音低減技術の開発, 土木学会全国大会第74回年次学術講演会, VI-1076, 令和元年9月

【筆者紹介】

角田 晋相 (つのだ しんすけ)
㈱錢高組
技術本部 技術研究所
主席研究員





海ごみ問題の現実と対策

藤 枝 繁

最近、海洋ではプラスチックによる汚染、特にマイクロプラスチック問題が話題となっている。しかし、この問題は最近始まったものではなく、またその原因も私たちにとって他人事ではない。ここではこれまで20年以上にわたり取り組んできたNGOによる海岸清掃活動の成果と、日本から東アジア、北太平洋へと展開した海ごみ研究の結果から、その現状について紹介すると共に、今後の対策について提言する。

キーワード：海ごみ、河川ごみ、漂着物、マイクロプラスチック

1. はじめに

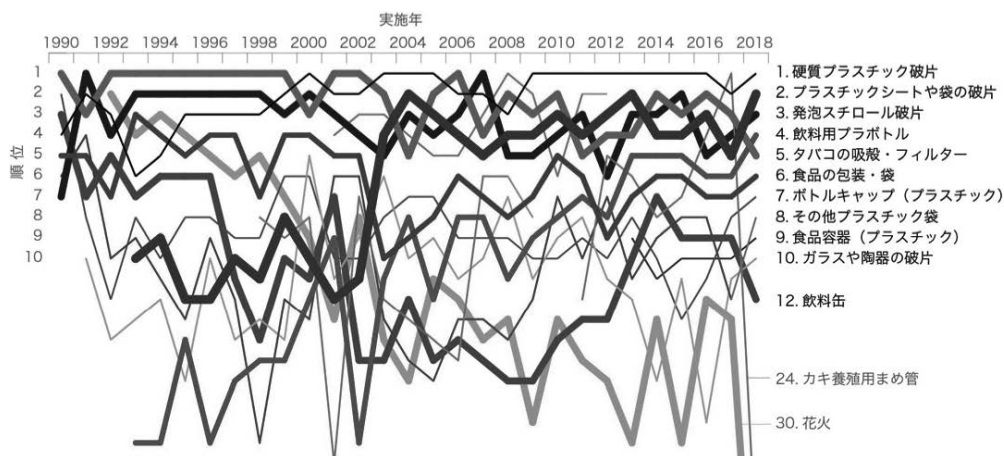
日本における海ごみ問題は、海外起因の漂着ごみが顕著になった1990年代後半に遡る。筆者は、1997年1月、日本海に沈没したロシアタンカー「ナホトカ号」から流出した重油の回収活動に参加するため、学生達と京都府網野町（現在の京丹後市）の海岸を訪れ、そこで大陸から流れてくる大量のごみを知る。その後、市民による世界的な海ごみのモニタリング活動「国際海岸クリーンアップ（一般社団法人JEAN主催）」と出会い、この活動の中継基地として「クリーンアップかごしま事務局」を立ち上げた。1999年に開始した国際海岸クリーンアップのローカル版「かごしまクリーンアップキャンペーン」は、その後、年間50会場、1万人が参加する活動へと成長したが、海ごみの漂着時期や発生地、さらには堆積する微小プラスチック（当時はマイクロプラスチックという言葉がなかった。）の実態や原因については、依然謎のままであった。そこで本研究室では、海岸漂着物から海面漂流物、海底堆積物、河川・街中散乱ごみ、マイクロプラスチックを対象に調査研究を進め、その範囲も鹿児島から瀬戸内海、日本全国、東アジア、さらには北太平洋へと広げていった。さらに海岸漂着ごみ問題を社会問題化するため、地方自治体と連携して海ごみサミットを全国で開催する等、JEANの活動にも積極的に参画した。その成果として、2009年に海岸漂着物処理推進法が議員立法として制定された。

2. 破片化するプラスチックごみ

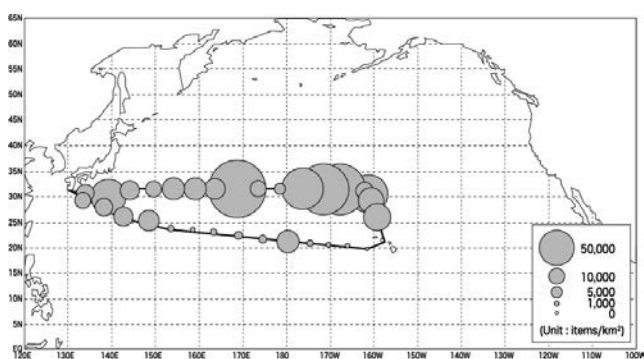
課題を発見し、それを解決することを目的に開始した「かごしまクリーンアップキャンペーン」で最初に取り上げた問題は、海岸に雪の様に舞う発泡スチロールの微小破片であった。詳細調査の結果、その発生源因は、魚類養殖生簀の浮力体として使用される発泡スチロール製フロートの海岸での放置であることがわかった¹⁾。そこで2001年、関係省庁、業界団体等を集めた検討会を開催し、2003年から、水産庁による同フロートのリサイクル試験事業が始まった。それと同時に鹿児島湾では、漁業者による硬質フロートへの転換と市民による海岸清掃活動も始まった。このようなリサイクル・処分、発生抑制、回収の同時進行という取組は、10年かけて同湾での問題を改善した。これは、国内における海ごみ改善事例の第一号と言えよう。

一方で2007年、1990年から始まった「国際海岸クリーンアップ」のデータをまとめたJEANは、水辺で回収されるプラスチック破片類の割合が増加傾向にあり、2005年にはその割合が製品類を上回ったことから²⁾、海洋中のプラスチックの破片化に警鐘を鳴らした。その後、硬質プラスチック破片が2009年から8年連続で水辺で回収されるごみのワースト1となり（図—1）³⁾、この警鐘は的中することとなる。

では、なぜ水辺にプラスチックの破片が増えたのか。2012年夏、私は前年に発生した東日本大震災を起因とする漂流物の調査のため、練習船かごしま丸に乗船し、鹿児島～ハワイ間を航海した。航海中、洋上で多くのプラスチック漂流物を回収したが、いずれも



図一 1990年から2018年の国際海岸クリーンアップ結果の順位変化³⁾

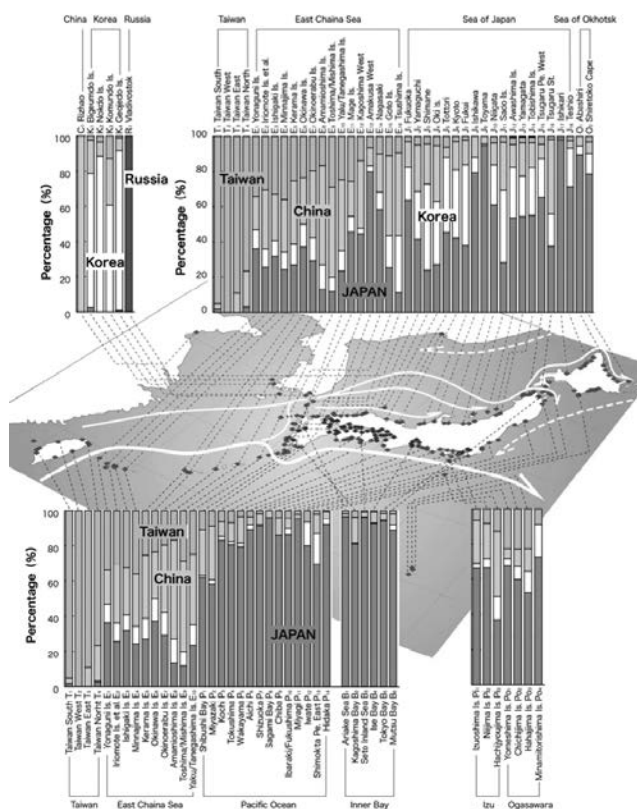


図二 北太平洋を漂流するマイクロプラスチックの分布 (2012年, かごしま丸)⁴⁾

その表面には細かな亀裂があり、軽く触るだけで粉々に砕けてしまうほど脆い状態にあった。これは紫外線による劣化が原因で、海洋におけるマイクロプラスチック（5 mm 以下のプラスチックを言う）の主な発生原因の一つとなっている。同航海で実施した海面に浮遊するマイクロプラスチックの調査の結果、北太平洋中央部には瀬戸内海の平均漂流密度の約 1/2 に相当する 13 万個 / km² の漂流密度の海域が存在し(図一2)⁴⁾、その 3/4 が硬質プラスチック破片であることがわかった。その後、震災漂流物の調査でアラスカ、カナダの海岸を尋ねたが、ヘリコプターで氷河をいくつも越えて行かねばならない極北の海岸にも、この小さなプラスチックの破片は大量に漂着していた。このように現在の海ごみ問題は、過去に海洋に流出したプラスチックが洋上を長期間漂流中に劣化し、破片となって広域に拡散している状態と言える。

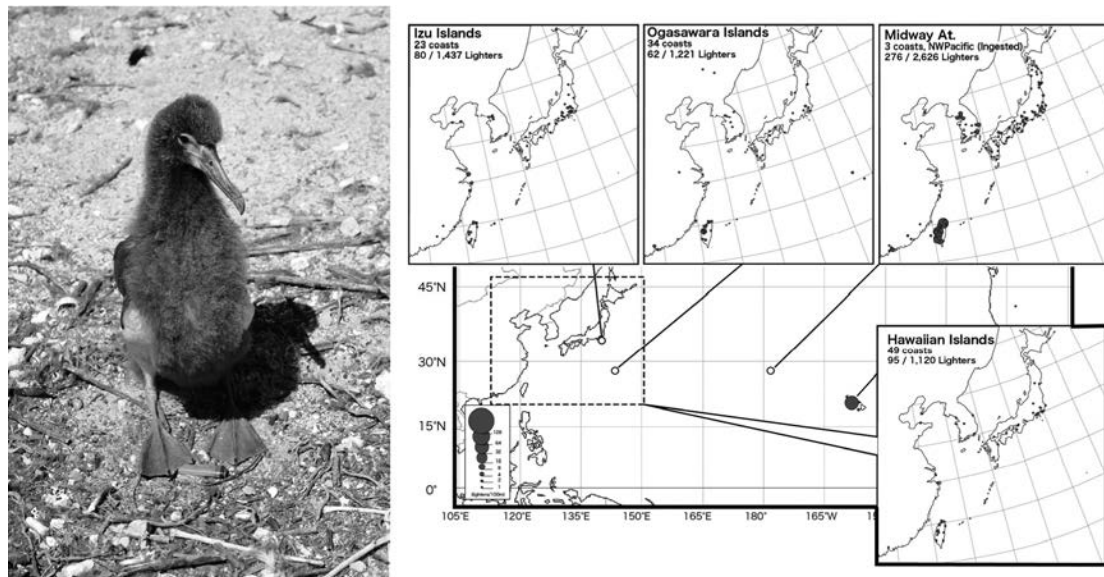
3. 陸域から海洋全体に拡散する海ごみ

では、この海ごみの発生源はどこなのか。2003 年、この疑問を解決するため、広く世界で使用され、かつ店舗名、住所、電話番号などの配布地情報を持つ「漂

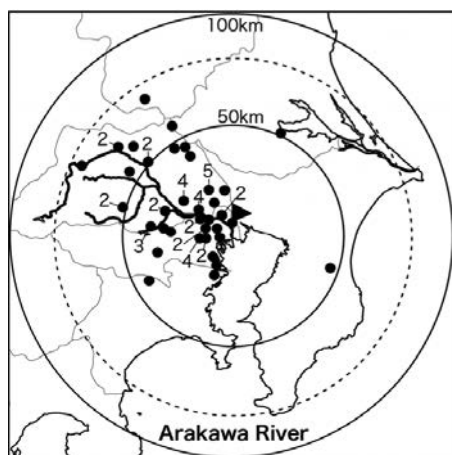


図三 日本周辺海岸で回収された使い捨てライターの出流地と漂着地の関係⁵⁾

着使い捨てライター」を東アジアから北太平洋に及ぶのべ1,500以上の海岸から70,000本以上を回収し、そこに印刷された配布地と漂着地を結ぶことで海ごみの流れを明らかにする国際プロジェクトを開始した。その結果、ライターの流れは海の流れとほぼ一致し(図一3)⁵⁾、たとえば沖縄では台湾や上海から香港までの中国沿岸都市から流出したものが主に漂着し、日本海沿岸ではこれらに韓国から流出したものが加わり、さらには北上するにつれて九州や山陰地方の日本海沿岸からの漂着が増え、それらは津軽海峡を通過して太平洋に流出し、茨城県まで南下していることがわかった。



図一4 北太平洋ミッドウェー環礁のコアホウドリ雛鳥（足元にライター）とライターの流出地（店舗所在地）⁶⁾



図一5 東京湾荒川河口部で回収されたライターの流出地（店舗所在地）⁷⁾

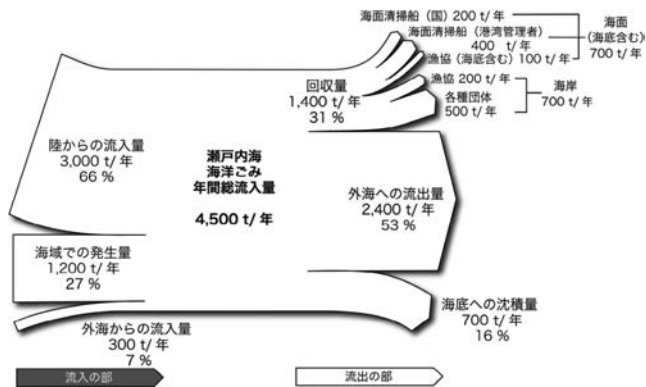
一方、伊豆・小笠原諸島を含む太平洋沿岸では、8割以上が瀬戸内海、伊勢湾、東京湾を含む日本の太平洋沿岸を起源とし、これらは北太平洋中央部のミッドウェー環礁（コアホウドリの親鳥による洋上での誤食によるもの）やハワイ諸島でも大量に発見された（図一4）⁶⁾。これより日本の南西諸島や日本海沿岸は、大陸からのごみの影響を強く受けるが、一方で日本の太平洋沿岸は北太平洋へ大きな負荷を与えていることがわかった。

では、これら大量のライターはなぜ海に存在するのか。東京湾に注ぐ荒川の河口で681本のライターを回収分類した結果、その配布地は荒川流域に集中していることがわかった（図一5）⁷⁾。また伊勢湾の湾口海岸で回収されたライターの配布地もそのほとんどが伊勢湾に流入する河川流域であり、さらには瀬戸内海13河川、1,200 kmにおよぶ河岸散乱ごみの分布調査の結果からも、ごみはいずれも河口域に集積していた⁸⁾。

よって海洋を漂流するライターは、陸域から河川を通じて海に流れ出たものと言え、他のプラスチックごみも同じルートで海洋に流出していると言えよう。

4. 海ごみの変化

ではこの海ごみの構成はこの30年でどのように変化してきたのだろうか。1990年から始まった「国際海岸クリーンアップ」の結果より、回収個数順位の経年変化を見ると（図一1）³⁾、1990年代、タバコのフィルターであったワースト1は、2000年代になると硬質プラスチック破片に代わり、プラスチックシートや袋の破片も順位を上げている。また1990年代にはワースト20にも入らなかったペットボトル（プラスチックボトル）は、その後次第に順位を上げ、現在ではワースト5となっている。一方、1990年代、ワースト3に入っていた花火は、次第に順位を下げ、現在ではワースト20にも入らなくなった。このような海ごみの経時変化は、前述したプラスチックの破片化の進行に加え、1996年の容器包装リサイクル法の施行と同時に行われた小型ペットボトル生産の業界自主規制の解除による流通量の増加、1998年のたばこ特別税の創設とその後の増税および2002年公布の健康増進法による受動喫煙防止の推進によるたばこ消費量の低下（マナー向上？）、さらには食品の個別包装化の普及など、私たちの社会や生活様式の変化として説明することができる。

図一六 瀬戸内海における海ごみの収支⁹⁾

5. 今後の海ごみ対策

瀬戸内海では、2008年から3年間、瀬戸内海の230海岸、海面7海域、13河川を対象に漂流・漂着散乱ごみの全域調査が実施された。その結果、瀬戸内海に流入するごみの総量4,500tのうち2/3が陸域起源であり、流入量全体の半分が外洋に流出していると試算された（図一六）⁹⁾。この陸域からの流入量は、瀬戸内海の流域人口（3,176万人）一人一日あたりに換算すると0.3g/人/日であり、国民一人一日あたりのごみ排出量918g/人/日（2018年度）と比べて極めて少ない。すなわち海ごみは、社会問題になったものの、日常生活で毎日排出するごみのほんの一部が漏れ出したものであり、一律の発生抑制や啓発ではその効果が望めない状況にあると言える。一方、試算では、回収量を現在の約3倍に増やすことで現存量を半減することができるとされたが、回収が進めば次第に漂着密度が低下し、回収効率が低下するため、回収努力量は現在の約7倍必要となる⁹⁾。よって現在の海ごみ対策は、既に流出したものが破片化して広域に拡散しているため、回収が困難で、一人あたりの排出量が少ないため、個人の発生抑制に期待することも難しく、さらには多少回収を頑張っても目に見える効果が得られないという三重難の状態にある。

では、このような海ごみ問題について、本当に対処する方法はないのだろうか。もちろん陸域に住むすべての人々が日常におけるごみ排出総量を低減することで漏れ量を減らし、また不法投棄となる行為を一つずつ取り除き、海ごみの元となる陸域散乱ごみを減らして海域への流出量を減らすことは、劇的な効果が見込めなくても必須事項である。ただ幸いにも瀬戸内海の海岸漂着散乱ごみの8割は調査全海岸（261海岸）の17.0%の海岸に集積しており⁹⁾、この傾向は全国の海岸でも同じである¹⁰⁾。また陸域から海へのごみの供

給経路となる河川でも河口域にごみが集積し、さらにマイクロプラスチックも海のフィルターである砂浜で最も密度が高い。

よって陸域から海へのごみ流出と漂流ごみの再流出や破片化を最小限にするには、陸・河川・海ごみ総量を効果的に減らすことが必要であり、そのためには「集積しやすい場所」をあらかじめ探し出し、そこでの「回収」を「継続的」に実施することだと言える。ただし海ごみの集積地点は発生地や大都市域とは一致せず、多くはそれらから遠く離れた地域に偏在する。よって、これら活動は集積地点の方々に求めるのではなく、活動可能な全ての人が参加できるものにしなければならない。また効率的な回収方法についても、まだ多くの技術的課題が残っている。よって今後の海ごみ対策には、建設機械・施工分野の技術力とネットワークが必要であり、重要となっている。皆様のご協力を通じて日本からきれいな海が世界に広がっていくことを大いに期待している。

JICMA

《引用文献》

- 1) 藤枝 繁、藤 秀人、濱田芳暢、鹿児島湾海岸における発泡プラスチック製漁業資材の漂着状況、日本水産学会誌、66 (2)、236-242、2000。
- 2) 藤枝 繁、小島あずさ、大倉よし子、日本における国際海岸クリーンアップ (ICC) の現状とその結果、沿岸域学会誌、20 (3)、33-46、2007。
- 3) 2018年度国際海岸クリーンアップ結果 (<http://jean.jp/activity/result.html>)
- 4) 藤枝 繁、金子 博、小島あずさ、東 政能、幅野明正、北太平洋における漂流漂着微小プラスチック、漂着物学会誌、13、1-7、2015。
- 5) 藤枝 繁、大倉よし子、小島あずさ、漂着ディスプレイブライトターの流出地と漂着地の関係から求めた日本沿岸における漂流物の流れ、漂着物学会誌、12、29-42、2014。
- 6) 藤枝 繁、大倉よし子、小島あずさ、漂着ディスプレイブライトターを指標とした北太平洋島嶼および北米西海岸に漂着する海洋ごみの流出地推定、漂着物学会誌、13、35-44、2015。
- 7) 藤枝 繁、河岸で採取されたディスプレイブライトターの配布地の範囲、漂着物学会誌、11、7-11、2013。
- 8) 藤枝 繁、瀬戸内海に流入する13河川における散乱ごみの分布特徴、沿岸域学会誌、23 (1)、35-46、2010。
- 9) 藤枝 繁、星加 章、橋本英資、佐々倉諭、清水孝則、奥村誠崇、瀬戸内海における海洋ごみの収支、沿岸域学会誌 22 (4)、17-29、2010。
- 10) 農林水産省農村振興局、農林水産省水産庁、国土交通省河川局、国土交通省港湾局、全国海岸の漂着ゴミの実態調査、平成18年度社会資本整備事業調整費/海岸における一体的漂着ゴミ対策検討調査報告書、1-25、2007。

【筆者紹介】

藤枝 繁（ふじえだ しげる）
鹿児島大学産学・地域共創センター 特任教授、
（一社）JEAN 代表理事、
漂着物学会 事務局長



ずいそう

新潟とお蕎麦

小柳 一太



「新潟は食べ物おいしいですね!」「やっぱり食は新潟ですね!」などと県内外の人たちに言われることがある。大阪や東京から出張してくる面々をおもてなしさせていただくときには、地酒が豊富に揃っている店、旬の魚のおいしい店、そして仕上げは新潟の「へぎそば」のあるところ、このコースが定番となっている。特にフノリをつなぎとした「へぎそば」は触感がよく、これを楽しみに新潟出張に来られる方も多い。

杉や檜を薄くはいだ板を「へぎ」といい、それで作った平板に縁を付けた角型のお盆をへぎと呼んでいる。新潟県的小千谷や十日町などでは、このへぎに波模様に盛ったもり蕎麦を「へぎそば」と言っている。この地方の蕎麦の特徴は、海草の一種であるフノリをつなぎに使用すること。茹で上がった蕎麦はフノリが入っているため、淡い緑色を帯びている。

小出営業所に勤務していたときには、客が来るたびに、魚沼市(旧 北魚沼郡広神村)にある、道光高原そば「いたや」の天ぷら蕎麦を食しに行ったものである。ここの蕎麦は、フノリを使っているが、新潟市内でいただく「へぎそば」より、やや黒味がかっており、素朴だが、地域に伝わる振る舞い蕎麦として、大変気に入っていた。鰹節のみでとるだしと、しょうゆとみりんで作る、しょっぱめのつゆも昔ながらの味で、蕎麦の満足感を際立たせてくれる。

全国各地に伝わる郷土蕎麦は、その土地土地に代々受け継がれている技術であり、蕎麦文化である。つなぎにその土地ならではの素材を用いたり、独自の道具や技法で打たれたものがある。信州戸隠そばと比較してみると、魚沼地域の蕎麦は、つなぎとして小麦粉、フノリ、山芋、オヤマボクチなどを用いており、変化に富んでいる。そのうえ、つなぎを何も使わない十割蕎麦まであって、多種多様。戸隠そばはいずれも同じ二八蕎麦であるのとは対照的である。

蕎麦に関する農林水産省などの資料をながめて、各地の蕎麦を勝手に整理してみた。

改めて分かったことは、

- ①収穫量は北海道が最も多く、新潟は2019年全国13位の484トンとそれほどでもない
- ②地域によって、いろいろな製法、食べ方があり、伝統の食であることを再認識したということであった。

蕎麦にはルチンが多く含まれていることは有名。ルチンは抗酸化性が高い物質であり、細胞の壁や遺伝子を傷つける、老化や癌の原因となる過酸化物質の生成を抑制する。どろどろの血液をサラサラにしてくれる、健康に寄与してくれるもの。ただしルチンは水に溶けやすいので、蕎麦を食べたあとには必ず、ルチンの溶けだした蕎麦湯をいただくことにしている。



地方名	代表的な蕎麦の名前	蕎麦の特徴, つなぎ, 薬味など	蕎麦の盛り方や入れ物など	蕎麦収穫量 (t)	作付面積 (ha)
新潟	へぎそば (手振りそば)	フノリ からし, ワサビ	へぎ 波模様	484	1240
長野	信州そば 戸隠そば	乾麺製法誕生の地 挽きくるみ 辛味大根	ぼっち盛り	3350	4410
福井	おろしそば	大根しほり汁 ネギ, かつお節	ぶっかけ	1250	3300
福島	会津磐梯そば 会津山都そば	十割そば やや白っぽい		1910	3740
北海道	ブランド名不明。コメ生産調整の結果, 蕎麦への転作増加			19700	25200
全国	海外産 7 割, 国内産 3 割。国内産蕎麦は貴重品			42600	65400

※蕎麦の収穫量, 作付面積は農林水産統計令和 2 年 4 月 10 日公表値

また, 蕎麦はビタミン C の吸収を助けてくれるといわれている。薬味を入れることは, もちろん, 清涼感, 風味, 香, 彩をより楽しむために必須なものだが, ルチンはビタミン C と一緒になるとさらに効果を発揮するので, 蕎麦に薬味は健康のためによいといえる。薬味には大根, 葱, 山葵が定番だが, ほかに,

からし, 大葉, 生姜, 茗荷, 海苔, 胡麻, 唐辛子など, その場の雰囲気や和して食べている。

コロナ禍の終息を願いつつ, 新潟と各地の美味しいお蕎麦をもりもり食べ, 健康に気をつけて過ごしたいと思っている。

——こやなぎ いちた 福田道路㈱ 執行役員新潟本店長——



部 会 報 告

機電技術者のための講演会報告

建設業部会 機電技術者交流企画 WG

1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業54社の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ、事業活動を行っている。

過去、時代の要求や業界の状況を反映し、様々な事業活動が実施されてきたが、特に建設の生産性向上と品質確保および環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人作り』、『場づくり』の企画は当部会の大きな柱となっている。

これまで、この企画の中心として機電技術者意見交換会を平成9年より23回開催してきているが、第16回（平成24年）からは、当部会の中に「機電技術者交流企画WG」を設置し、開催意義を再検討するとともに、機電技術者のさらなる育成交流に資する活動となるよう、毎年検討を重ねてきたところである。

今年度も、例年通り若手現場見学会、第24回機電技術者意見交換会を開催すべく、年度当初よりコロナ禍での開催方法を模索するとともに、会員各社に出欠のアンケートを取るなど検討を重ねてきたが、欠席回答の会員が多数あったことや、何より参加者の移動も含めた安全を最優先に考え、中止が決定された。

この中止決定を受け、新たな取り組みとして、Web参加が可能な講演会を企画し、テーマを身近な建設業界に関するものから1つ、さらに異業種から1つとした。また、Webシステムが300回線まで対応できることから、各社に6回線を振り分け、また感染対策を講じた上で直接参加枠も設け、出来るだけ多くの人に視聴できる環境を整え、「機電技術者のための講演会」を開催した。

2. 機電技術者のための講演会

(1) 概要

①開催日時

2020年11月26日(木) 13:15～16:30

②場所

機械振興会館 B3 研修1号室

Web回線（Zoom使用）

③講演

【テーマ1】

『建設施工におけるロボット技術の現状と課題について』

講師：国立研究開発法人 土木研究所
技術推進本部先端技術チーム
主任研究員 橋本 毅 様

【テーマ2】

『ニューノーマルな時代における5Gの取り組みの紹介』

講師：ソフトバンク(株) 法人事業統括
法人5G推進室
担当部長 小池 勝矢 様

④参加者

参加者は、直接参加者とWeb参加者（同時視聴者を含む）を合わせ、166名以上となった。以下、判明している参加者数を示す。

- ・直接参加者 29名
- ・Web参加者 92回線
（同時視聴者 45名）



写真—1 講演会の様子（直接参加会場）

(2) アンケート結果

当部会では、初めての実施となったWeb参加型講演会の反省や、次年度への検討課題の把握等を目的として参加者へアンケートを実施した。アンケートの中で講演者への質問も受け付けた。

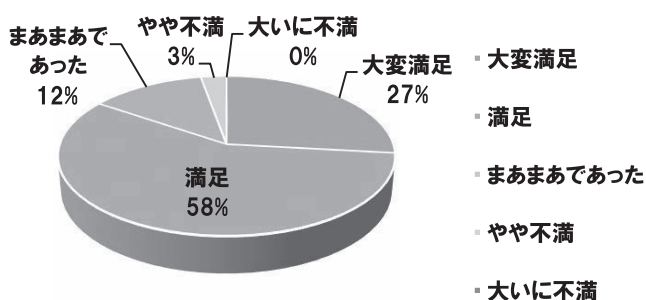
アンケートの回収率は40.5%，同時視聴者からの回答もあり，回収総数は71人となった。

①【テーマ1】について

(感想)

テーマ1については、「大変満足：27%」・「満足：58%」という回答であり，建設業界に身近なテーマでもあり，評価としては，85%が満足と捉えている。

アンケートからは「各社のロボットについての取り組みを知ることが出来た」，「建設業全体に協調領域が広がることで研究開発の発展に繋がることを期待したい」，「無人化施工の実施映像やデメリット，改善点について知ることが出来た」，「遠隔操作を実際に体験してみたい」などの意見が寄せられた。



図ー1 テーマ1の感想に関する結果

(質問事項と回答)

Q1. 建設の自動化に関して，安全に関するルール作りはこれからだと思いますが，具体的な内容について構想があればご教示ください。

A1. 申し訳ございません。具体的な構想等はまだまだありません。産業用ロボット，農業機械，などの安全規格を参考に検討したいと考えております。

Q2. 遠隔操作で施工効率が上がらなかった理由に関して，慣れの要因についてはご検討されたでしょうか。(酔いの問題は解決が難しそうに思いましたが，アラウンドビューは慣れれば，操作しやすそうに感じました。)

A2. 新しい実験操作法(普段行わない操作)に対する慣れの影響を排除するために，実験前に練習を行いました。過去の実験から練習回数3回～5回程度である程度習熟することがわかっております。

しかし，数か月～数年という長いスパンでの習熟につきましてはまだ検討しておりません。様々な新技術を長期スパンで練習した場合，どのような施工効率になるかは非常に興味があるところです。可能ならば今後検討したい

と思っております。

Q3. 建設業界におけるロボット技術については，かなりわかりやすかったです。どの研究も大学と建設業，建機メーカーと行っている印象を受けたのですが，他業界・他業種との連携や技術連携等は現在あるのでしょうか。

A3. 残念ながら，土木研究所にて他業界との連携は現在行っておりません。将来的には行っていきたいと考えております。

Q4. レベルについては場合分けが建設現場では必要かと思いますが，多くの意見を業界にヒアリングすることなどお考えでしょうか。

A4. 今回お示ししましたレベルは橋本の私案であり，現在のところヒアリングやオーソライズして一般的なものを作成することは考えておりません。(レベルは使用する人や目的で大きく異なり，必要に応じて作成されるものと考えております。)なお，本レベルは論文にて公表されておりますのでご自由に参照いただいてもかまいません。

Q5. 建設機械の自動運転レベルは御協会で独自に定めたものと伺いましたが，公式にオーソライズする予定はあるのでしょうか。

A5. Q4をご参照ください。

Q6. 自動化 AI 開発の音頭を取っていくと伺いましたが，具体的なマイルストーンがあればご教示ください。

A6. 土木研究所では，様々な企業や研究機関での自動化研究を加速させるためのルールやプラットフォームの提案を行うことを考えております。(音頭をとるというより)提案したものを皆様で活用していただきたいと考えております。そのために，それらのプロトタイプを来年度中には作成し，業界の皆様等と意見交換をさせていただき，皆様が活用できるよう修正をしていきたいと思っております。

Q7. 無人化に関して海外での需要？研究はあまりされていないというような話があったと思います。なぜ海外ではそういった分野が盛んではないのでしょうか。(海外の方が盛んなイメージがあるので…。)

A7. 建設機械単体のラジコン化については海外でも事例があります。しかし災害対策として建設現場全体を無人化し，複数台の遠隔操作建設機械で施工を行う形の無人化施工は海外ではほとんど事例がありません。理由につきま

しては（はっきりとしたエビデンスはありませんが）居住地域近くでの災害発生件数の少なさと、迅速な災害復旧工事の必要性の低さがあるのではないかと思います。

- Q8. 水中掘削機の操作方法（有人・無人なのか？）視界が悪いと思われるが、その他の設備（近距離カメラ・照明等）も開発を進めているのでしょうか。
- A8. 水中油圧ショベルにつきましては土木研究所が直接開発に関わっておりませんが、操作方は有人（ダイバー）・無人両方で可能と聞いております。また、その他のツールについても、開発企業様などで開発が行われているそうです。
- Q9. レベル2から5への開発段階における懸念事項と各フェーズのスケジュール感があればご教示ください。
- A9. 本レベルは技術の現在地を概念的に示す目的で作ったもので、開発ロードマップを示しているものではありません。建設施工の自動化技術開発に関するロードマップは、国土交通省殿より策定される予定と聞いております。
- Q10. 将来、熟練作業者が少なくなるとおっしゃっていましたが、ロボット等による自動化の技術が進歩し、どのような形になるのが理想だとお考えでしょうか。
- A10. 橋本の個人的な考えですが、施工現場にいないてはならない人員を削減し、遠隔施工・監視が主流となることが将来的な目標です。これにより建設業界の働き方改革も実現できればと思っております。
- Q11. 重機メーカーの協力が大きく必要と思います。建設業とは遠隔操作等に関する熱意？が必要と考えますが、この点について如何お考えでしょうか。
- A11. おっしゃる通りで、建設業・建設機械メーカー・レンタル業・他業種など全体で協力して進めることが必要と考えております。そのためにも協調領域と競争領域を明確にし、企業間の枠を超えて協力できる体制を構築することが必要と思っております。
- Q12. Q7と重複しますが、海外で重機の遠隔操作が行われていない理由をご教示をお願いします。
- A12. Q7を参照ください。
- Q13. 無人運転の協調領域については、パッケージ化した際は販売する形となるのか、提供する

形になるのか、現状のお考えをご教示ください。（費用が発生するのか。）

- A13. 協調領域につきましては、土研にて案を作成し、企業様等と協議しながら皆様が活用できるよう調整していきたいと思っております。将来的には規格化できればと考えております。協調領域を含む開発用プラットフォームにつきましては、土研に構築したのちに無料で公開したいと考えております。詳細な公開方法については検討中です。（土研との何らかの契約を必要とするかなど。）
- Q14. 重機との無線やり取りは、重機自身が電波の障害になり通信の確保が困難なケースが生じると考えられます。対策は有るのでしょうか。
- A14. 電波障害につきましては様々な対処方法があります。例としましては受信アンテナ、送信アンテナ、中継器などの位置や姿勢の調整、回析が大きい（周波数が低い）電波を使用するなどの手法があります。

②【テーマ2】について

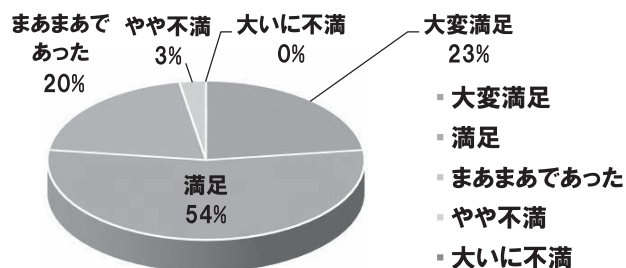
（感想）

テーマ2については、「大変満足：23%」・「満足：54%」という回答であり、異業種からのテーマであったものの、評価としては77%が満足と捉えている。

アンケートからは、「最新の通信技術（5G）に関するトレンドを詳しく知ることが出来た」、「5Gが実際のどの程度4Gから良くなっているか理解できた」、「スマートシティ構想やHAPS Mobileが早く普及することに期待したい」などの肯定的な意見の一方で、「一般的に普及していないので、すべて夢物語のようである」、「5Gという名前が先行し過ぎている」、「理解できない言語がたくさんあった」という意見もあった。



写真—2 講演会の様子（直接参加会場）



図ー2 テーマ2の感想に関する結果

(質問事項と回答)

- Q1. 映像を5Gで送信する場合、遅延のネックになるのは通信自体ではなくエンコードやデコードの部分が大きいと聞いたことがありますが、要因ごとの遅延はいかほどでしょうか。
- A1. 映像変換装置の性能に左右される側面がありますので定量的遅延を一概に指し示す事はできません。
- Q2. 5G技術で行えること、やっていることは分かっていた。それを行うためにはどの程度「費用」「期間」が掛かるものなか、具体的な数値をご教示ください。
- A2. 環境構築する構成や規模によって左右される為、一概に申し上げる事が出来ません。
- Q3. ローカル5Gは野外では使える周波数が限られているようですが、プライベート5Gの工事現場で使えるデータ伝送量はどの程度が見込まれているのでしょうか。
- A3. お客様に必要な容量やエリアを設計した上で構築させて頂く予定です。
- Q4. 6Gはテラヘルツ波で、5Gよりもっと伝搬距離が短い、対策はあるのでしょうか。
- A4. 現時点未定です。
- Q5. 5Gも伝搬距離が短い、ローカル5Gの他にリピータなどの電波増幅装置は開発しておられるのでしょうか。
- A5. 回答は控えさせていただきます。
- Q6. 5Gが使用可能になるためにどのような技術進歩があったのでしょうか。
- A6. 5G向けの規格として5G NR (Release 15) が公開され、チップセットベンダーが5G対応端末のモデム開発に着手できたこと。
また、環境面については、高周波数域の国内利用が認可されたことや超多素子アンテナ技術が大幅に進化したことが挙げられます。
- Q7. プライベートネットワーク環境下で、携帯端末を利用する場合に、既存の4Gとの共存は

可能なのでしょうか。(5G環境専用の携帯端末が必要で、4G環境下では使用できないのでしょうか。)

- A7. 回答は控えさせていただきます。
- Q8. 動画でトラックの隊列走行があったが、基地局とどれくらい離れていても情報の共有が可能か。限界距離はあるのでしょうか。
- A8. 現時点では実証段階ではありますが、商用レベルでは、地形など諸条件によって電波の到達範囲も変わりますので、適切なエリア設計の取組みを推進致します。
- Q9. HAPSを利用するにあたり、地上側に別途受送信器を配置する必要があるのでしょうか。
- A9. 既存のスマートフォンにてご利用頂けます。(予定)
- Q10. 被災し停電した場合や、ヒトが立ち入れない箇所に無人建設機械で進入する場合の通信手段として活用できると思いますが、如何お考えでしょうか。
- A10. HAPSの電波が受信できる環境下であれば通信手段としては適いますが、実用レベル(遅延や操作性等)としての利活用については実検証を経た確認が必要です。
- Q11. 現在5Gを用いた無人運転の実験をされていましたが、今後6Gが使用できるようになった際はどのような事が実現できるようになりますか。
- A11. 自動運転の高度化や社会インフラの拡充によりITSが更なる進化を遂げるものと考えます。
- Q12. 回折しにくい高周波数の5G規格を移動体や坑内の通信手段に本当に適しているのでしょうか。技術革新で課題を克服できるのか、如何お考えでしょうか。
- A12. 実証実験や検証を踏まえて課題をクリアさせていくものと考えております。
- Q13. 5Gの海洋の話は出ましたが、電波が現在あまり届いていない場所について、パブリック5Gを設置する予定はありますでしょうか。それともローカル5Gを個別に設置する方法で対応するように考えておられるのでしょうか。
- A13. エリアカバーの拡大に努めて参ります。
- Q14. トンネル坑内での5Gを使った通信について特に切羽では多くの重機の移動や突発的な湧水等、時々刻々と電波伝搬状況が変化するかと思います。5Gではこのあたりの問題も解決するのでしょうか。

A14. 実証実験や検証を踏まえて課題をクリアさせていくものと考えております。

Q15. トンネル坑内ではマルチパスの影響を受けやすいかと思います。5G ではこの問題も従来よりは大きな問題とはならないのでしょうか。

A15. 電波干渉やフェージングなどの影響がないエリア設計をおこない基地局を敷設致します。

③受講環境について

今回、初めての試みとなった Web 講演会であったが、受講側に不具合があったか、設問した。

「映像・音声ともに良好であった：38%」、「映像・音声ともに問題がないレベルであった53%」と、91%が良好または問題ないと回答したが、「映像・音声ともに不満・改善を要する：9%」との結果となった。

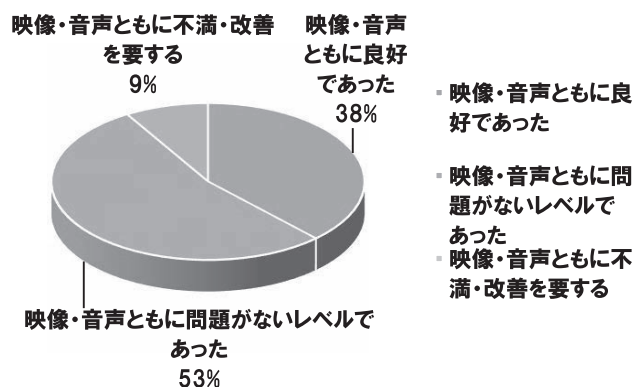


図-3 受講環境に関する結果

改善点を求める意見を抽出し、次回検討する上での参考としたい。

(改善を求める主な意見)

- ・映像遅れや音声途切れ
- ・話者によって音量に差異がある
- ・動画と音声重なった時に聞こえづらい
- ・質疑応答時に声が小さく聞き取りづらい

④講演時間（45分1講演）について

講演時間については、「適当な時間であった：94%」と肯定する回答が圧倒的に多く、今後も45分前後を確保して進めたい。

アンケートからは、「十分な講演時間が確保されており、じっくりと話が聞けた」、「質疑応答も含め適当な時間であった」、「講演前は長過ぎると思ったが、内容が濃く、長いと感じなかった」との肯定的な意見があった一方で、「2講演で、1.0～1.5時間を希望する」、「90分ほどあっても良い」といった少数意見も見られた。

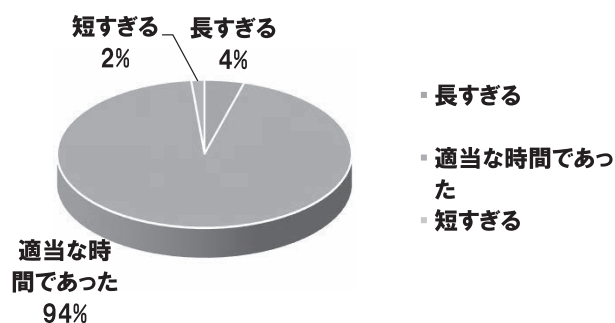


図-4 講演時間に関する結果

⑤ Web 講演について

Web 講演に関する評価は、「良い：45%」、「まあまあであった54%」と、ほぼ参加者全員が良いと捉えている。

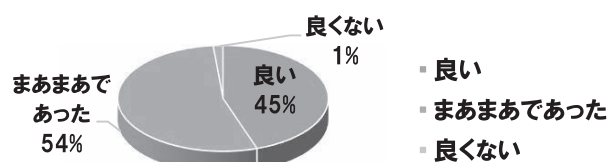


図-5 Web 講演に対する結果

どのような点が良いと評価したのか、意見を整理してみた。ポストコロナ時代のニューノーマルな講演会のあり方が見えて来る。

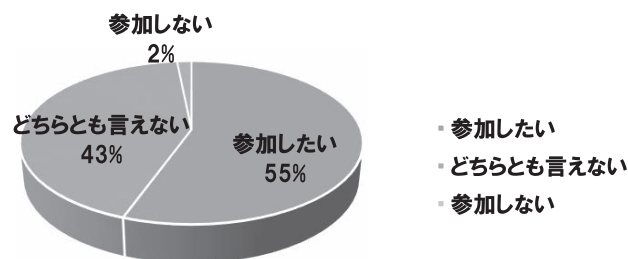
(Web 講演を評価する理由)

- ・移動時間が必要ない
- ・コスト削減とコロナ対策ができる
- ・時間と場所の都合がつけ易い
- ・一方的な情報発信は Web に向いている
- ・会場で聴講するより、音声は良好、資料は自分の画面にあり見易い
- ・Web 講演が主流になりつつある
- ・自分の PC にメモを取ることが出来る
- ・リアル空間（直接参加）と差異がない
- ・リラックスして聴講できた
- ・質問があればチャットに打ち込める
- ・Web のおかげで、講演に触れる機会が出来た
- ・業務で少し席を外すことも可能

⑥次回講演会への参加について

次回講演会へ参加したいか設問した。「参加したい：55%」、「どちらとも言えない：43%」、「参加しない：2%」との回答となった。次回のテーマが未定の中で、半数以上が参加したいと回答があったのは、今回の講演会が評価され、次回への期待が大きいと捉えられる。

Web での講演、今回のテーマ選定への評価が表



図一6 次回講演会への参加についての結果

れた形となった。実際の意見をいくつか紹介したい。

- ・ ネット環境があれば手軽に受講できる
- ・ 移動時間が無くなり、時間を有効活用できる
- ・ 今現在知らなかった技術、また具体例を聞く事ができるから
- ・ Web 参加であれば、工事所赴任の方々も参加しやすい
- ・ 内容にもよりますが機電職員のための活動は積極的に参加します
- ・ 先駆けて検証をしている映像（現場や実際の操作など）や説明は興味を持てたため
- ・ 新しい技術を知る良い機会となるので参加していきたい
- ・ 現場施工に役立つ知識が習得できるため
- ・ 自分の知らない先進技術情報が得られるため
- ・ 進んだ技術の話を聞けることは自分にとってもためになり、新たな考えを思いつくことにつながると思うので、また参加してみたい
- ・ 普段、現場勤務であると接することの少ない情報を沢山聴くことが出来るため

Web 講演は、コロナ対策に主眼を置き実施したが、現場勤務者をも参加可能とした副次的効果があったと言える。また、繁忙な機電職にとっては、場所や時間に捕らわれず、ネット環境があれば参加できるといった点も評価に繋がったと考えられる。

一方、少数意見ではあるが「他の会社の方とも交流出来ればよかった」との声もあった。今年度は、機電技術者意見交換会を中止としたが、次年度以降も感染状況を見つつ開催を前提とした検討を引き続き行っていく。

⑦次回どんなテーマを聞いてみたいか

次回どんなテーマを視聴したいか設問した。様々な意見があったが、今回のテーマから発展した適用例、利用事例を聞いてみたい意見が多くあった。主な意見を以下に紹介するとともに次回テーマを検討する上での材料としたい。

- ・ ロボットの技術と通信技術でどのような研究開発ができるか

- ・ 建機施工技術における新工法に関する実績
- ・ IoT と建設現場について（実用例など）
- ・ DX について、言葉の定義や i-Construction との関係、最近の取り組みについて
- ・ 5G を使った建設現場の実用例
- ・ 宇宙や深海などのロボットや技術の紹介
- ・ 通信技術について（衛星を含む）
- ・ 機電技術者のキャリアパスについて
- ・ 建設業から少し離れた業界の「夢のある」話
- ・ ICT を活用した機械化施工について（山岳トンネル、シールド等）
- ・ どういったロボット技術が建設現場で活躍しているのか、今後ニーズについて
- ・ 建機への AI 導入状況と課題について
- ・ 現在の新技術（機械・付加部品等）を使用した際の効率や安全性の向上について
- ・ 環境保全を考慮した建設機械の新技術開発について
- ・ 6G についての解説と活用案
- ・ 開発の失敗事例とその原因分析
- ・ 現場ニーズを共有・共感できるような講演
- ・ 機電技術者の現場での基本的な作業や技術的な課題に対する事例の対応方法について

⑧その他意見について

今回の講演会を通しての意見を「その他意見について」として設問した。主な意見を以下に紹介する。

- ・ 発表に使用された資料を、聴講者に配布して頂きたい
- ・ 参加者の側からすると Teams の方がアプリに関係なく Web 参加できる
- ・ 講演者の発表で画面共有しているならば、PC 上のマウスポインターを使用していただくと、Web 参加者は分かり易い
- ・ 講師の方は、任意で顔を映してもと思ったのと、説明時に講師本人がパワーポイントを操作する方が、いいのではと思いました
- ・ 建設業における機電技術者は、各社においても少数な会社が多く、他社の同年代がどのような業務を行っているのか、このままの業務内容でいいのか特に中堅・若手技術者は、不安があるのではないかと感じています
- ・ このような研修会が定期的に開催されれば、横とのつながりも広がり、新たな目を持って、業務に励むことができると確信しています
- ・ このような企画を続けていただければありがたいと思います

- ・Web の場合一方通行になりがちで、交流という目的は果たせませんが、場所を選ばず貴重な講演を拝聴できるメリットもあると思います。コロナが収束した後でも、Web 講演会は続けて欲しいと思います
- ・今後も講演会に関しては今回のような Web 形式が増えていくと思われます。聴講する方も人数に縛られないため、多くの人に勧めることができます



写真—3 講演会の様子（直接参加会場）

(3) 今回の成果と次年度以降の対応

今年度は、コロナ禍で例年実施していた機電技術者意見交換会、若手現場見学会が中止となり、代替策として、新たな試みとなる Web 併用講演を実施した。

参加者が把握してただけでも 166 名あり、取り分け例年出席が難しい現場勤務者の参加を得たことは大きな成果であったと考える。また、大きなトラブルもなく大多数の参加者から、「大変満足」、「満足」の回答を得たことは、当部会の「人づくり」、「場づくり」、当 WG「機電技術者の交流・育成に資する場づくり」の目的は何とか達成したと考えられる。

次回講演会の開催に期待する「参加したい」は半数を超え、高評価を得ている。また Web 併用については、

単なるコロナ対策ではなく、時間の有効活用や場所の制限がないといった受講者側の利便性が高まることに加え、非常に多くの参加を見込めることから、今後も継続していくべきと考える。

次年度以降の開催に当たっては、今回少数意見ではあったものの、「話者による音量の差異」、「講演者によるパワーポイントの操作」、「マウスポインターの使用」、「資料の事前配布」等の意見にも検討を加え、更なる視聴環境の向上に努める必要がある。

テーマについては、今回出された意見を参考にしつつ、我々を取り巻く情勢を踏まえ、検討したい。

講演時間については、今年度と同様に進めることとしたい。

更に、どうしても時間の都合がつけられない夜勤者等への配慮として、講演状況を録画し、HP 上に公開することも検討したい。

3. おわりに

機電技術者交流企画 WG では、3 年毎に計画の達成度を確認するとともに活動内容の評価を行い、継続性を協議することとなっており毎年見直しを行い、活動総括を行う。

次年度については、新型コロナウイルス感染症が一日も早く終息することを願いつつ、機電技術者意見交換会を活動の中心として検討を進め、「交流の場づくり」に取り組みたい。また同時にポストコロナの時代に応じた活動がどうあるべきか議論し、新たな取り組みへと発展させたい。

最後に、本講演会にご協力下さいました、土木研究所・橋本様、ソフトバンク(株)・小池様には、講演会後も質問への回答を賜り心よりお礼申し上げます。

(文責 機電技術者交流企画 WG)

J C M A

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-423	6m 継ぎロックボルト自動打設機 (ボルティンガー)	大成建設株式会社 古河 RD (株)
--------	-------------------------------	-----------------------

概要

山岳トンネルの掘削は NATM 工法による支保工が一般的であり、ロックボルトによりトンネル断面の周辺地山を補強している。ロックボルトの長さは 3m ～ 6m まで地質により使い分けられているが、とりわけ 6m ロックボルトの人力挿入は、その長さや重量のため大変な苦勞を強いられる。また、トンネル上半先進掘削やマイクロベンチ付き断面の場合、条件によってはロックボルトをトンネル断面に対し垂直に打設することが困難なことがある。

今回開発した 6m 継ぎロックボルト打設機は、長く重たい 6m ロックボルトを 3m のロックボルト 2 本を機械的に継ぎ足す装置により、小さな断面でも 6m ロックボルトの挿入を可能にした。また、3m のボルト 2 本を継ぐことで、上半断面での 6m ロックボルトを断面垂直に打設することが可能となった (図-1)。

この機械は 3 ブームを有し、左右両サイドのブームに 3m 穿孔ロッド 2 本を自動で継ぎ外すことができるロッドセッターを装備している。中央のブームは、モルタル定着材充填とロックボルト挿入に特化した機能を装備した。穿孔とロックボルトの挿入を並行して行うことが可能となり、施工サイクルを改善するメリットがある。

今後はさらなる施工時間の短縮と少人化を目的としたロックボルト打設位置ガイダンス機能を備えた機械を開発し、現場に展開する計画である。



図-1

特徴

①ロックボルト孔の穿孔

左右のブームに装備されたロッドセッターにより、3m 穿孔用の穿孔ロッド 2 本を自動で継ぎ外して 6m ロックボルト孔を 2 ブームで同時に穿孔する。

②ロックボルト定着材 (モルタル) の充填

中央のブームに装備されたモルタル充填パイプを穿孔した孔に挿入し、引き戻しながらモルタルを充填する。

③ロックボルトの挿入

1 本目 (3m ロックボルト) を挿入しロックボルトクランプで固定した後、ボルトマガジンから自動でセットした 2 本目 (3m ロックボルトスリーブ付) を回転させながらねじ込む。接続が完了したらクランプを開放して全体を押込み、挿入を完了する (図-2)。

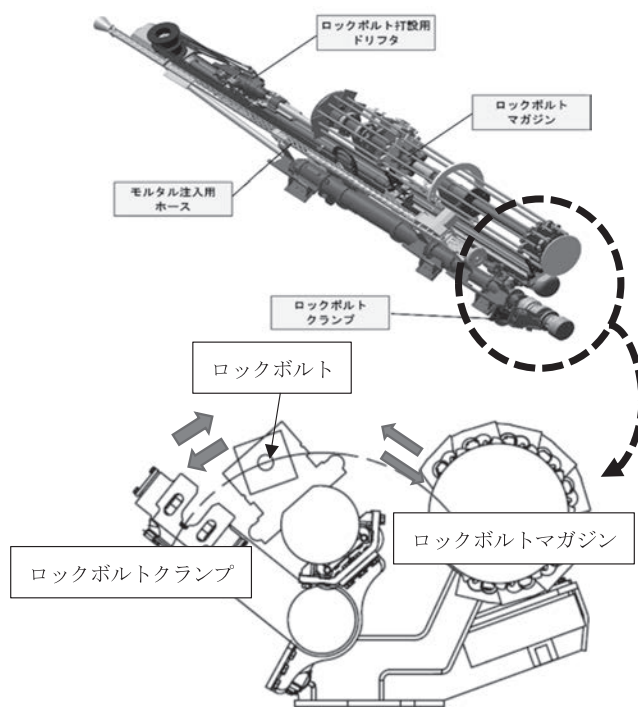


図-2

用途

- ・山岳トンネルロックボルト打設

実績

- ・国道 57 号滝室坂トンネル東工区工事

問合せ先

大成建設株式会社

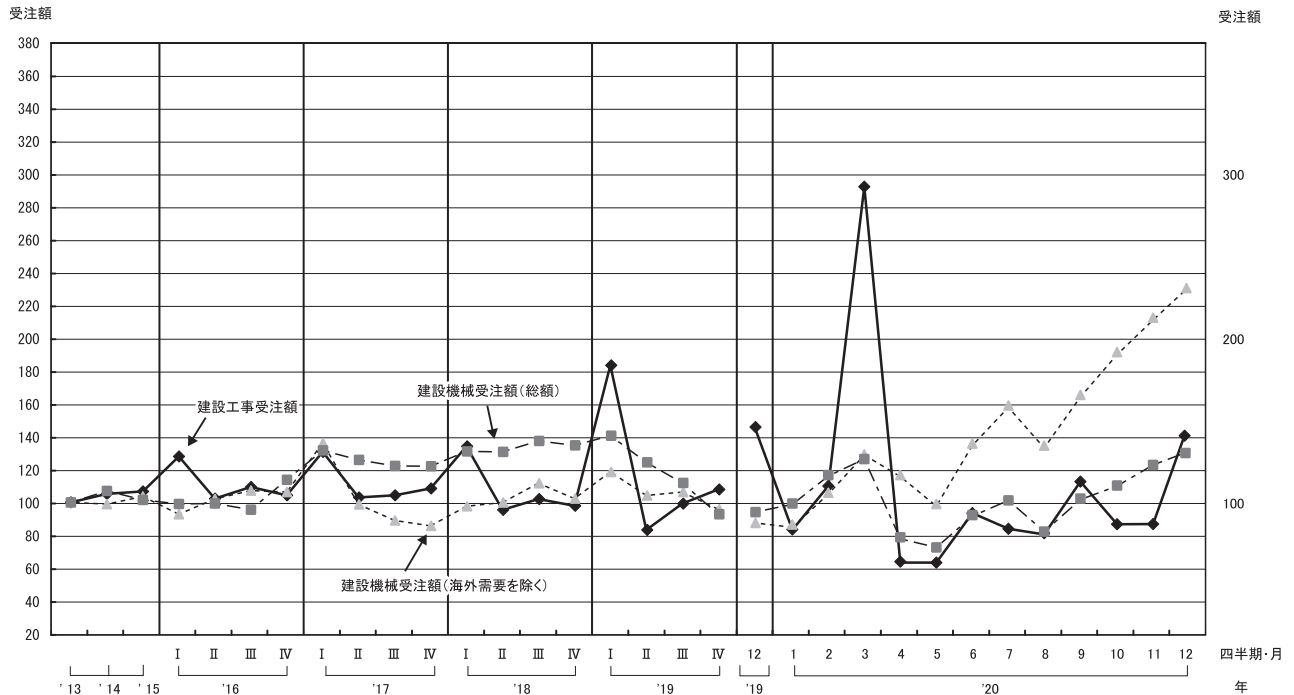
〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1

TEL : 03-3348-1111

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 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	2,244	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	174,405	9,289
6 月	10,306	6,725	1,114	5,612	2,971	453	157	5,651	4,655	172,281	12,579
7 月	9,241	5,870	1,622	4,248	2,674	449	248	5,703	3,538	172,468	9,311
8 月	8,945	6,618	1,032	5,586	1,878	382	66	5,914	3,031	171,851	10,264
9 月	12,429	8,684	2,148	6,536	3,235	416	95	8,327	4,102	171,010	13,923
10 月	9,550	6,408	1,298	5,109	2,756	395	－ 872	6,500	3,050	171,551	8,961
11 月	9,564	6,486	1,782	4,704	1,895	418	764	6,111	3,452	170,235	10,572
12 月	15,466	10,468	2,390	8,078	4,191	526	281	10,863	4,603	－	－

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 12 月	20 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124	1,035	1,318	1,446	1,173	1,462	1,577	1,756	1,859
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	873	954	1,097	1,111	629	534	733	859	726	894	1,035	1,149	1,245
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	471	466	571	697	495	501	585	587	447	568	542	607	614

(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 12 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

(2021年1月1日～31日)

機械部会



■基礎工用機械技術委員会

月 日：1月13日（水）（会議室、web 並行開催）

出席者：梶沢淳一委員長ほか19名

議 題：①各社トピックス：鉦研工業㈱ 新製品（鉄筋切削ビット）の紹介
②標準部からJIS改訂に関する説明

■コンクリート機械技術委員会

月 日：1月14日（木）（会議室、web 並行開催）

出席者：清水弘之委員長ほか11名

議 題：①前回の議事録確認 ②各社技術紹介：新明和工業㈱「事業紹介と特装車関係の商品説明（ダンプトラック、ミキサー車、バルク車、塵芥車他）」
③令和3年度活動計画に関する討議
④正副委員長交代について ⑤日本建設機械便覧2022年版の編集について

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：1月20日（水）（会議室、web 並行開催）

出席者：山口達也委員長ほか11名

議 題：①今年度の活動計画の進捗状況の確認 ②下期総会の発表内容について討議 ③情報化機器保有アンケート中止に関する報告 ④来年度の委員会役員について ⑤日本建設機械便覧2022年版の編集について

■原動機技術委員会

月 日：1月21日（木）（web会議で開催）

出席者：工藤睦也委員長ほか22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海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：中国ノンロード4次規制の件、カナダ、コロンビアの情報共有
④油脂技術委員会より、バイオ燃料に関する最近の話題について紹介

■トンネル機械技術委員会 技術講演会（技術の伝承について）

月 日：1月25日（月）（会議室、web 並行開催）

出席者：橋伸一委員長ほか120名

講演題目：①全自動ドリルジャンボ J32Rx-Hi について：古河ロックドリル㈱ 宮越征一副部長 ②（厚生労働省）ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドラインの概要、お

よび換気技術の提案：㈱流機エンジニアリング 西村章会長 ③新東名トンネル建設における清水建設の新技術：清水建設㈱ 福田毅工事長

■情報化機器技術委員会

月 日：1月29日（金）

出席者：白塚敬三委員長ほか7名（web会議で開催）

議 題：①ジック社 自動運転技術見学会の情報共有と報告書の作成について
②施工現場での通信方式に関する議論
③規制・規格の最新情報の共有 ④令和3年度活動計画に関する討議

標準部会



■ISO/TC 195/SC 3/WG 1（穿孔及び基礎工用機械 - 用語及び定義）国際バーチャルWG会議

月 日：1月13日（水）夜

出席者：山本卓也（㈱技研製作所）委員ほか15名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：①WD 11886 コメント審議（続き） ②CIB 2件（PWI 11886 投票結果・NP 21467 投票開始）の審議 ③今後のWeb会議日程（3月3日）

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

月 日：1月26日（火）夜～28日（木）夜の3日間

出席者：小倉公彦（JCMA 標準部）ほか18名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：①ISO/DIS 20500-1 コメント審議（続き） ②今後のWeb会議日程：3時間/日×3日間×4回（2月9～11日、3月8～10日、4月26～28日、5月25～27日）

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 11 ISO 12509 灯火類改正 国際バーチャルWG会議

月 日：1月26日（火）夜

出席者：片桐顕（日立建機）委員ほか16名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：①CD投票結果の審議（続き） ②今後のWeb会議日程（2月2日、16日、3月4日）

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：1月6日（水）

出席者：見波潔委員長ほか28名

議 題：①令和3年4月号（第854号）計画の審議・検討 ②令和3年5月号

（第855号）素案の審議・検討 ③令和3年6月号（第856号）編集方針の審議・検討 ④令和3年1月号～令和3年3月号（第851～853号）進捗状況報告・確認 ※通常委員会及びZoomにて実施

支部行事一覧

北海道支部



■第2回施工技術検定委員会

月 日：1月12日（火）

場 所：北海道建設会館 9階大会議室

出席者：加藤信二施工技術検定委員長ほか23名

議 題：建設機械施工技術検定2級学科試験の実施要領と監督要領の打合せ

■建設機械施工技術検定2級学科試験

月 日：1月17日（日）

場 所：北広島市（星槎道都大学）

受検者：2級730名（延885名）

■第3回広報部会広報委員会

月 日：1月22日（金）

場 所：北海道建設会館 9階大会議室

出席者：川崎博巳広報部会長ほか11名

議 題：①支部だより No.121 号の編集について ②支部講演会講師の選定、支部懇親会について ③建設工事等見学会について ④「建設機械施工」ずいそうについて ⑤その他

東北支部



■令和2年度2級建設機械施工技術検定学科試験

月 日：1月17日（日）

場 所：滝沢市 岩手産業文化センター（アピオ）

受検者：2級 実受検者数647名

延べ受検者数741名

種別内訳	1種	90名
	2種	583名
	3種	13名
	4種	40名
	5種	5名
	6種	10名

北陸支部



■令和2年度機械技術専門技術研究会

月 日：1月12日（火）

場 所：北陸地方整備局 4F 合同会議室

出席者：堤雄生事務局長ほかEM6人、北陸地方整備局職員6名

議 題：①除雪機械配置計画（改定）の

取組状況について ②1人乗り除雪グ
レーダの圧雪除去性能向上について
③雪のトップランナー ICT 除雪機械
の開発について

■ICT 活用講習会（入門者クラス）

月 日：1月14日（木）、19日（火）、
21日（木）

場 所：西部ブロック 石川県建設総合
センター、中部ブロック 上越市市民
プラザ、東部ブロック 新潟県建設会
館

※「緊急事態宣言の発出を踏まえた職
員の勤務のあり方（令和3年1月8
日付け、国土交通省事務次官通知）」
により全て中止

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：1月17日（日）

場 所：朱鷺メッセ（新潟コンベンショ
ンセンター）

受検者：2級延べ398名

第1種：47名

第2種：359名

第3種：9名

第4種：25名

第5種：5名

第6種：3名

中 部 支 部



■学生のための ICT 講座

月 日：1月8日（金）

場 所：名城大学

参加者：理工学部社会基盤デザイン工学
科3年約60名

講 師：サイテックジャパン(株)鈴木勇治
氏、横幕果澄氏

内 容：建設 ICT 技術等についての講義

■建設機械施工技術検定試験

月 日：1月17日（日）

場 所：名古屋芸術大学東キャンパス

受検者：2級425名

■令和3年度木曽川連合水防演習・広域 連携防災訓練連絡調整会議

月 日：1月27日（水）

場 所：WEB会議

主 催：中部地方整備局

参加者：永江豊事務局長

関 西 支 部



■令和2年度 建設機械施工技術検定（2 級学科試験）試験監督者打合せ

月 日：1月7日（木）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下11名

議 題：①学科試験監督要領について

②その他留意事項

■令和2年度 建設機械施工技術検定（2 級学科試験）試験監督者打合せ

月 日：1月8日（金）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下2名

議 題：①学科試験監督要領について

②その他留意事項

■建設用電気設備特別専門委員会(第463回)

月 日：1月20日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①「JEM-TR104 建設工事用受
配電設備点検補修のチェックリスト」
見直し検討 ②「JEM-TR121 建設工
事用電気設備機器点検保守のチェッ
クリスト」見直し検討 ③委員会活動報
告について ④その他

■令和2年度2級建設機械施工技術検定 試験

月 日：1月17日（日）

場 所：国立京都国際会館

受 検 者：2級735名（1種56名、2種
648名、3種4名、4種63名、5種8名、
6種14名）

中 国 支 部



■令和2年度2級建設機械施工技術検定 学科試験監督者事前説明会

月 日：1月7日（木）

場 所：中国支部事務所

出席者：新宅清人総括試験監督者ほか6
名

内 容：2級建設機械施工技術検定学科
試験実施要領説明

■第4回広報部会

月 日：1月14日（木）

場 所：Web会議

出席者：錦織豊部会長ほか5名

議 題：①広報誌（CMnavi）57号の編
集・発行について ②今後の発行予定
と編集（案）について ③その他懸案
事項

■令和2年度2級建設機械施工技術検定 学科試験

月 日：1月17日（日）

場 所：TKP ガーデンシティ広島駅前
大橋

受 検 者：284名

■第3回施工技術部会

月 日：1月27日（水）

場 所：Web会議

出席者：新宅清人部会長ほか9名

議 題：①令和2年度の部会活動の実施
状況について ②令和3年度の部会活
動の予定と実施体制について ③その

他懸案事項

■第5回広報部会

月 日：1月29日（金）

場 所：中国支部事務所

出席者：錦織豊部会長ほか1名

議 題：①令和3年度事業計画（案）に
ついて ②広報誌（70周年記念）特
集号の発行について ③支部ホーム
ページの改訂について ④その他懸案
事項

四 国 支 部



■令和2年度建設機械施工技術検定【学科】 （2級）試験

月 日：1月17日（日）

場 所：第一会場 高松センタービル（高
松市）、第二会場 屋島中学（高松市）

受 検 者：第一会場359名、第二会場102名

■第2回 香川県 ICT 活用工事支援連絡協 議会

月 日：1月26日（火）

場 所：香川用水記念会館（高松市）

出席者：四国地方整備局ほか関係7機関
から26名が出席。JCMA 四国支部か
ら事務局長が出席

議 題：①香川県の取組みについて

②国土交通省の取組みについて

九 州 支 部



■建設行政講演会

月 日：1月6日（水）

出席者：86名

議 題：①道路行政の現状…九州地方整
備局 道路部長 杵掛敏夫 ②河川行政
の現状とこれからの対応…九州地方整
備局 河川部長 藤井政人 ③国土交通
行政における最近の話題…九州地方整
備局 企画部長 堂園俊多

■令和2年度2級建設機械施工技術検定 学科試験

月 日：1月17日（日）

場 所：豊国学園高等学校、福岡国際会
議場

受 検 者：482名（豊国学園）+1044名（福
岡国際）=1526名

■企画委員会

月 日：1月29日（金）

場 所：メールによる書面会議

出席者：原尻克己企画委員長ほか19名

議 題：①災害協定の見直しについて

②永年会員、永年役職員等の本部表彰
について ③優良建設機械運転員等表
彰について ④第3回運営委員会開催
について ⑤その他

編集後記

この1年、新型コロナウイルスが世界中に猛威を振るい、緊急事態宣言とともに旅行や帰省、繁華街での飲食が制限され、マスク着用と検温・消毒、3密回避の生活が続いています。

また、企業の倒産件数では、飲食店が最も多く、次に建設・工事業となっており、宿泊業や服飾小売業よりも影響が大きい状況となっています。

自宅での巣ごもり生活に暗く厳しいニュースが増えると、精神的にも塞ぎがちになりますが、一方でワクチン接種開始のニュースが伝わり、一筋の光が差し込んだかのように思えます。今後も、医療従事者の方々に深く感謝するとともに、行動自粛とワクチンの普及によって感染者数が減少することを祈るばかりです。

さて、3月号は「都市環境の整備向上、都市基盤整備特集」で、関連する記事や話題から原稿の執筆をお願いさせていただきました。

巻頭言は、「都市設計の先で」と題して、東京大学大学院の羽藤教授から、都市設計の複雑な実務における技術革新や価値観の更新、COVID-19以降を見据えた都市基盤整備などについてご執筆いただきました。

行政情報は「スマートシティプロジェクト」と「道路政策ビジョン」、「災害に強い首都「東京」形成ビジョン」についてご執筆いただきました。

技術報文は、都市計画や都市整備、また、インフラ維持管理や環境対策など幅広い内容についてご執筆をお願いしました。その中でも下水道施設の維持管理などに関連した対応を多く執筆頂き、老朽化や維持管理の効率化などが行われていることに気付かされました。

交流のひろば・ずいそうについても普段見聞き出来ない大変興味深い内容をご執筆いただきました。

執筆者の皆様には年末ご多忙の中、貴重な原稿を作成いただきましたこと、改めて御礼申し上げます。
(竹田・太田)

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
友寄 厚樹	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)
佐藤 裕	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

4月号「建設施工における点検、検査、管理システム特集」予告

・インフラメンテナンス新技術・体制等導入推進委員会の取り組み ・下水道施設管理の省力化・低コスト化に向けた新技術の開発 ・UAVとSfMを活用した橋梁3次元モデル作成手順の紹介 ・鋼橋の疲労き裂に関する近接目視点検教育システムの開発 ・UAVを用いた橋梁点検 ・橋梁床版の急速取替と継手検査システムの開発 ・測量からICTショベルまで兼用できる汎用性の高い現場管理システム ・ドローン撮影画像を用いた簡易な路面ひび割れ測定技術の開発 ・屋内自律飛行ドローンによる床コンクリートひび割れ検査システム ・飛行船型の水路トンネル調査ロボットの開発 ・MRデバイスを活用した水路トンネルの調査・点検手法と維持管理業務の効率化 ・データ利活用型の現場管理システムの開発 ・NEXCO中日本・東京支社管内のリニューアルプロジェクトの概要 ・ドローンを使用した赤外線撮影における、タイル浮きAI判定技術の開発

【お詫びと修正・追記のお知らせ】

本誌令和3年1月号について修正致したくお詫びの上、以下の通りとさせていただきます。

「締固め機械史2：突固め系の機械化」p84 右段13行目

現状記事：…ているのは三笠，和光，酒井である。

修正後：…ているのは三笠，和光，酒井，明和等である。

建設機械施工

第73巻第3号(2021年3月号)(通巻853号)

Vol.73 No.3 March 2021

2021(令和3)年3月20日印刷

2021(令和3)年3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

KOBELCO

あなたは二度、新体感する。

Performance X Design

SK75SR

Performance×Designは、
コベルコが挑む新SKシリーズコンセプト。
ユーザーが求める生産性、安全性を飛躍的に高めること。
ユーザーが体感できる快適性、デザイン性を極めること。異なる
2つの革新が高い次元で融合されることで、新型SK75SRが誕生しました。

エンジン出力※ | 登坂走行性能※ | アーム掘削速度※ | NETIS登録

28%up

26.9%up

15%up

iNDR Integrated
Nozzle & Dust
Protection
Cooling System

※SK75SR-3E型機比数値は条件により変動します。

コベルコ建機株式会社 お問い合わせ 03-5789-2111

SK75SR



VOLVO アスファルトフィニッシャー

VOLVO アスファルトフィニッシャーは、

- ・ベスト舗装
- ・力強さと正確さ
- ・究極な運動性能
- ・優れた視界性
- ・メンテナンスをより短時間に且つ、より短時間にこれらをお約束します。



クローラフィニッシャー

クローラ機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・回転式コントロールパネル
- ・クローラオートテンション
- ・スクリードテンショニングデバイス
- ・スクリードロードデバイス
- ・ダブルタンパースクリード取付可能 (VDT-V タイプスクリード)

ホイール機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・レールスライド式コンソール
- ・前輪油圧式ライドレベラー付ステアリング
- ・前輪駆動負荷トルク制御
- ・スクリードテンショニング装置



ホイールフィニッシャー

マシン ケアテック 株式会社

〒361 - 0056 埼玉県行田市持田 1 - 6 - 23
TEL 048 - 555 - 2881 FAX 048 - 555 - 2884
<http://www.machinecaretech.co.jp/>

VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT



GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



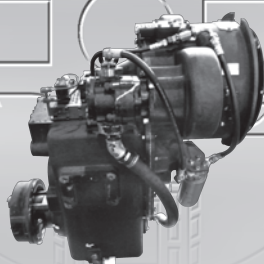
マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

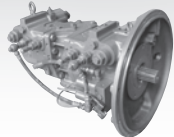


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器

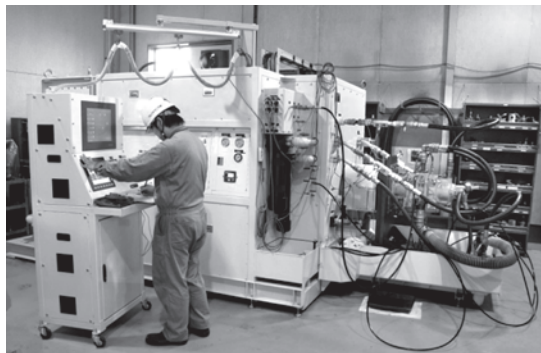


シールド用ジャッキ

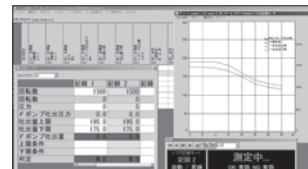
電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>



工事現場での洗浄や防塵作業に豊富なバリエーションで対応！

ツルミの高圧洗浄機 HPJ 型シリーズ

エンジン駆動シリーズ

作業に優れた小型タイプ！



直結タイプ

HPJ-E 型

吐出量：8.1～20.6 ℓ/min
圧 力：6.9～14.7MPa

力要らずで簡単始動！



直結セルスタータイプ

HPJ-ES 型

吐出量：11.9～32 ℓ/min
圧 力：4.9～19.6MPa

市街地や住宅密集地での作業に最適！
アイドリングストップ
仕様もラインナップ※

NETIS
登録商品

※HPJ-ESMA 型のみ



防音タイプ

HPJ-ESM 型

吐出量：11.9～28.7 ℓ/min
圧 力：7.8～19.6MPa

モータ駆動シリーズ

圧力バリエーションが豊富！

ステンレス製給水タンク装備！

高機能
タイプ



ベーシックタイプ

HPJ 型

吐出量：6.3～62.0 ℓ/min
圧 力：3.0～19.6MPa



タンク付タイプ

HPJ 型

吐出量：12.9～36.2 ℓ/min
圧 力：4.9～14.7MPa

温水タイプ

油污れや寒冷地での洗浄作業に！

温水温度調節可能：30～80℃



温水タイプ (モータ駆動・エンジン駆動)

HPJ-HC・HE 型

吐出量：11.6～16.6 ℓ/min
圧 力：7～34.3MPa

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
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

中部支店：TEL.(052)481-8181
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311
中国支店：TEL.(082)923-5171

四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Mikasa 

<http://www.mikasangyo.co.jp>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz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 頑強ケーブルレス

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)

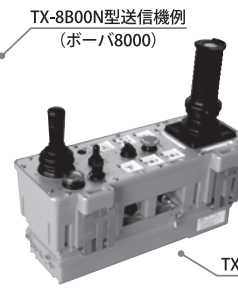


防爆形無線機 ボーバ (BoBa)

Nシリーズ

7B/8B...微弱電波モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**



TX-8B00N型送信機例
(ボーバ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
(ボーバ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

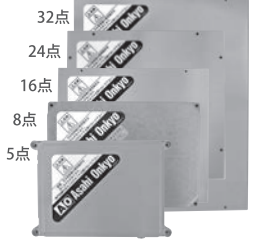
**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



▼送信機例

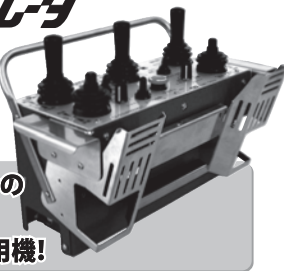
▼受信機



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!**



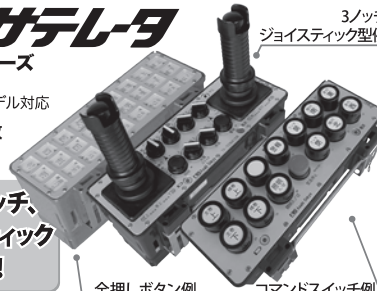
マイティサテラ

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〜

- 最大32リレー
- 2段階押し
特殊スイッチ装着可

**価格もサイズも
ハンディー並み!**



* 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



KOMATSU

建設現場のデジタルトランス フォーメーション実現を加速。



SMART CONSTRUCTION Retrofit

スマートコンストラクション・レトロフィット

既存の従来型建機に、3D-マシンガイダンス機能や
ペイロード機能(オプション)などのICT機能を提供する
後付けキットをご用意しました。



従来型建機のデジタル化を促進し
「安全で生産性の高い、スマートで
クリーンな未来の現場」の実現を
サポート

コマツ 国内販売本部

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3481-5512

