

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌(Journal of JCMA)

2017

建設機械施工



Vol.69 No.6 June 2017(通巻808号)

特集

都市環境, 都市基盤整備 自然再生等

敷地の潜在的な力を引き出す自然再生プロジェクト

巻頭言 育てる

技術報文

- 微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- 集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策
- 建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- 転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
- 樹木対応型壁面緑化システムの開発 他

交流の広場

セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

部会報告

アスファルトプラントの変遷(その10)

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

“真のハイブリッド”の時代へ。



低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

■ 作業量 従来ハイブリッド機(SK200H-9)比



■ 燃費 従来標準機(SK200-9)比

燃費性能はもちろん、生産性能をいかに高めるか。

ハイブリッドを熟知したコベルコは、

大容量リチウムイオンバッテリーの採用、

発電電動機の大型化、旋回駆動の完全電動化により、

旋回・掘削・走行時のパワーを確保しました。

圧倒的な低燃費と生産力を誇る“真のハイブリッド”の誕生により、

ハイブリッドを新次元のステージへ導きます。

SK200H SK210H_{LC} **HYBRID**



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111 www.kobelco-kenki.co.jp

「平成29年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、書籍「平成29年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

本書は建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値(国土交通省の“建設機械等損料算定表”の内容に準拠)を掲載したものです。

工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料であり、広く活用頂ければ幸いです。

***** 記 *****

■発売日 : 平成29年4月17日

■体 裁 : A4版、モノクロ、約465ページ

■内 容

平成29年度版の構成項目は以下のとおりです。

第Ⅰ章 機械損料の構成と解説

第Ⅱ章 関連通達・告示等

第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)

第Ⅳ章 建設機械等損料算定表

第Ⅴ章 船舶損料算定表

第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表

第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表

■改訂内容

- ・最新燃料・電力消費率一覧表掲載
- ・損料の算出例を掲載

■定価

一般価格 8,640円 (本体 8,000円)

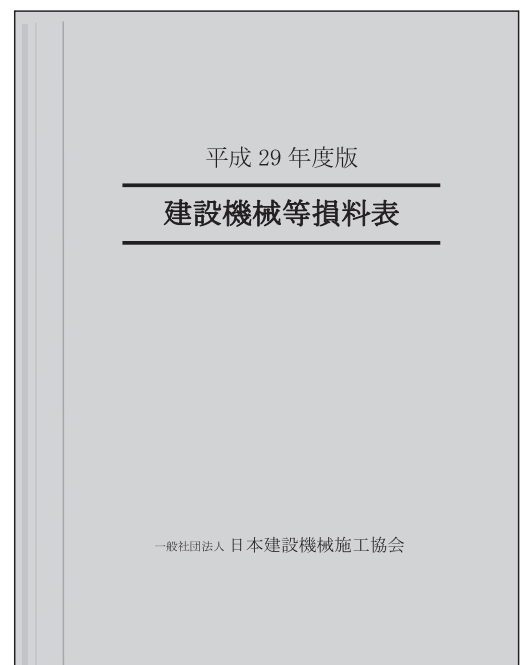
会員価格 7,344円 (本体 6,800円)

※送料は一般・会員とも

一律600円 沖縄県460円

※複数又は他の発刊本と同時申し込みの場合は
別途とさせていただきます。

***** 以上 *****



書籍の表紙イメージ

■書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 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 (電話 03-3433-1501)

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

国土交通省では、平成28年度より建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとして、i-Construction(アイ・コンストラクション)を進めています。

具体的な取り組みとして、ICT(情報化施工)を建設現場に積極的に取り入れようとする「i-Construction」対応工事(ICT土工)では、①3次元起工測量、②3次元設計データの作成、③ICT建設機械による施工、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの電子納品の5項目について実施することになっています。

既に建設現場では、ICTを活用した建設技術(情報化施工)として工事が実施されています。

本書は、これから建設分野を目指す学生や初めてICTを活用した建設工事に携わる方々を対象に作成いたしました。

既刊の「情報化施工デジタルガイドブック」と併せてお読み頂ければ、より詳しくICTを活用した建設技術(情報化施工)がご理解頂けるものと思います。

主な内容

- 1 情報化施工のあらし
- 2 従来の設計・施工
- 3 情報化施工の測位
- 4 情報化施工技術
- 5 3次元設計データ
- 6 i-Construction
- 7 情報化施工の効果的活用
- 8 ICTを活用した建設技術の一般的な用語の解説



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

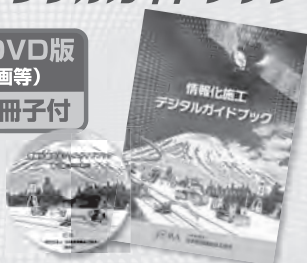
648円(本体600円)

実務者向け!! 情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



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3-5-8 機械振興会館

TEL (03) 3433-1501 FAX (03) 3432-0289

<http://www.jcmanet.or.jp>

JCMA 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
		FAX	
住 所	〒		
必 要 書 類	見積書()通	請求書()通	納品書()通
送料の取扱	()単価に送料を含む ()単価と送料を2段書きにする（該当に○） 【指定用紙がある場合は、申込書とともにご送付下さい】		

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

（注）沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住 所	TEL	FAX
本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(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	(022)222-3915	(022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	(025)280-0128	(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5F	(052)962-2394	(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	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	(087)821-8074	(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	(092)436-3322	(092)436-3323

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2016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、2004年版、2007年版、2010年版及び2013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2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

2016年版 内容目次

- ・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・災害対策機械および除雪機械
- ・作業船
- ・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、情報化機器
- ・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

今後の予定

「日本建設機械要覧」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 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 2016年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。

平成 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

（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 さつけんビル	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 太陽生命仙台北町ビル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

ご記入いただいた個人情報は、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/?page_id=422）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

2016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2016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2016 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	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（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

平成28年5月末 HP：http://www.jcmanet.or.jp/

Webサイト 要覧クラブ

2016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、2004年版、2007年版、2010年版及び2013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2016年版を含めると1998年から2015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。

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



今後の予定

更に高機能の「日本建設機械要覧」の検索システム版も作成し、より利便性の高い資料とすべく準備しております。御期待下さい。

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

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

土木工事の施工現場においては、施工および施工管理の省力化、品質向上を目的として、モーターグレーダやブルドーザなどのマシンコントロール技術やトータルステーションを用いた施工管理・出来形管理技術をはじめ、ICT技術の活用事例が大規模工事現場はもちろんのこと、小規模工事においても適用されはじめています。

このような中、国土交通省は、平成25年3月に今後の情報化施工の普及促進のための新たな施策「情報化施工推進戦略」～「使う」から「活かす」へ、新たな建設生産の段階に挑む!!～を発表しています。

当協会では、情報化施工を考えておられる実務者の皆様のために新しい情報化施工入門書「情報化施工デジタルガイドブック」を刊行いたしました。本書によって、情報化施工技術を理解していただき、現場施工に役立てていただきたいと考えています。

特 徴

本書では、情報化施工を担当する現場技術者の皆様に対象として作成したもので、DVD版の主な特徴は以下のとおりです。

- ★画像・映像による解りやすい技術紹介
- ★業務の流れに沿った解説
- ★導入効果の概説
- ★50項目以上の用語説明
- ★インターネット・エクスプローラ等のブラウザを使用して画面を切り替えながら見ることができる

Windows版



デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)
プレビューA4版冊子付

情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

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3-5-8 機械振興会館

TEL (03) 3433-1501 FAX (03) 3432-0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

JCMA 図書

検 索

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

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され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★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864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械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・建設機械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)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 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年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、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…

- 建設機械及び建設機械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)
- 附属機関として「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。

■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(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、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の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。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。 etc.

■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
- ・建設機械図鑑
- ・建設機械用語集
- ・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
- ・建設施工における地球温暖化対策の手引き
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説 etc.

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.jcmanet.or.jp>

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【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

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。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		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 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

- 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_policy.htm 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	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	600
2	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
3	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,296	1,080	400
4	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
5	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
6	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
7	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
8	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
9	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
10	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
19	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	3,456	2,880	400
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,029		250
21	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,142		600
22	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
23	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,944		400
24	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)	1,944		400
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	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)	6,480	6,048	500
27	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)	2,675	2,366	400
28	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
31	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	500
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
37	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		500
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 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」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄を参照下さい。

特集

グラビア

巻頭言

特集・
技術報文

都市環境，都市基盤整備， 自然再生等

4 時代の建層（ときのけんそう）

7 育てる

久保 幹 立命館大学 生命科学部 教授

8 整備新幹線の軌道・電気工事用機械

鮎川 博信 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東京支社 設備部 機械第二課 課長
細田 豊 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東京支社 設備部 機械第二課 課長補佐

14 地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の 拡散防止技術

原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法

根岸 昌範 大成建設(株) 技術センター 都市基盤技術研究部環境研究室 主任研究員

20 硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術

山崎 啓三 (株)大林組 エンジニアリング本部 環境技術第二部 副課長
高田 尚哉 (株)大林組 エンジニアリング本部 環境技術第二部 課長
三浦 俊彦 (株)大林組 技術研究所 自然環境技術研究部 課長

25 微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術

根岸 敦規 安藤ハザマ 技術本部 技術研究所 先端・環境研究部 主任研究員（農博）

30 礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の 水質浄化事例

須江 まゆ 前田建設工業(株) 技術研究所 主任研究員
中原 正大 前田建設工業(株) 中部支店 管理部 事務グループ グループ長
村瀬 邦彦 前田建設工業(株) 東北支店 新鉱台トンネル作業所 作業所長

38 集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策

樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ アクアロード」の開発

町田 誠 積水化成品工業(株) 第1事業本部 住環境開発グループ 主事

44 多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発

ハイブリッド雨水貯留システム

村田 勝彦 ゼニス羽田(株) 大阪支店長
川合 克実 ゼニス羽田(株) 本社営業部 営業第二部 部長

50 建設工事における生物多様性保全および環境創造技術

越川 義功 鹿島建設(株) 技術研究所 地球環境・バイオグループ

56 敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による 「六花の森」プロジェクト

岩井 洋 (株)大林組 東京本社設計本部 プロジェクト設計部ランドスケープ課 課長

62 「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況

都市域における生物多様性向上を目指して

米村惣太郎 清水建設(株) 技術研究所 環境基盤技術センター

67 転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発

加藤 敏朗 新日鐵住金(株) 技術開発本部 先端技術研究所 環境基盤研究部 上席主幹研究員
小杉 知佳 新日鐵住金(株) 技術開発本部 先端技術研究所 環境基盤研究部 主幹研究員
山越 陽介 新日鐵住金(株) 君津製鉄所 資源化推進部 スラグ製品室 主査

	74	樹木対応型壁面緑化システムの開発 バーティカルフォレスト® 佐久間 護 (株)竹中工務店 技術研究所 エコエンジニアリング部門 緑化生環境グループ 主任研究員
	80	時代の建層（ときのけんそう） 建設残土を利用した、時代を積み重ねる都市更新の提案 小幡 知哉 大成建設(株) 設計本部 涌井 匠 大成建設(株) 設計本部 阿部 里歩 大成建設(株) 設計本部
交流の広場	86	セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術 石田 泰之 太平洋セメント(株) 中央研究所 第3研究部 分離技術チーム チームリーダー 工学博士 田村 典敏 太平洋セメント(株) 中央研究所 第3研究部 分離技術チーム 主任研究員 技術士(衛生工学部門) 本多 威暁 松田産業(株) 生産統括本部 技術開発部 次長
ずいそう	90	しまなみ海道とサイクリング 大川 宗男 本州四国連絡高速道路(株) しまなみ尾道管理センター 所長
	92	人と道路構造物の健康管理 濱岡 正 青木あすなろ建設(株)東北支店 技術担当部長
CMI 報告	93	ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算 稲葉友喜人 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 主席研究員 佐藤 充弘 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 上席研究員
部会報告	98	アスファルトプラントの変遷（その10） 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）
連載	106	ISO/TC 127/SC 国際作業グループ会議報告 標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会
	118	新工法紹介 機関誌編集委員会
	119	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	120	主要建設資材価格の動向
	124	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
	125	行事一覧 (2017 年 4 月)
	128	編集後記 (三輪・太田)

◇表紙写真説明◇

敷地の潜在的な力を引き出す自然再生プロジェクト

写真提供：(株)大林組

北海道を代表する製菓会社の六花亭製菓(株)が北海道中札内村に整備した「六花の森」。自然景観に溶け込む生産施設整備と敷地の潜在的な力を活用し、湿地の回復を核とした水とみどりのランドスケープ。10年の歳月を費やし、敷地の読み取りを丁寧に行うことで、荒れた既存林や外来種の繁茂する草地に、変化に富んだ大小の湿地を創出した。水際を中心に様々な草花が姿を見せ始め、埋もれていた地域の植物や多種の生き物が誘われた自然再生プロジェクトである。

2017 年(平成 29 年)6 月号 PR 目次
【ア】
(株)アイデック…………… 後付 5
朝日音響(株)…………… 後付 1
ヴィルトゲン・ジャパン(株)… 表紙 4

【カ】
カヤバシステムマシナリー(株)… 後付 10
コベルコ建機(株)…………… 表紙 2
【ク】
大和機工(株)…………… 後付 4

(株)鶴見製作所…………… 後付 6
デンヨー(株)…………… 後付 8
【ケ】
マシンケアテック(株)…………… 後付 2・3
マルマテクニカ(株)…………… 後付 9

三笠産業(株)…………… 後付 7
(株)三井三池製作所…………… 表紙 3
【キ】
吉永機械(株)…………… 後付 4

グラビア ^{と き けんそう}時代の建層

建設残土を利用した、時代を積み重ねる都市更新の提案
(本文 P.80 ~ 85)



図—1 「第29回 環境デザインコンペティション：時計装置」最優秀賞 受賞作品

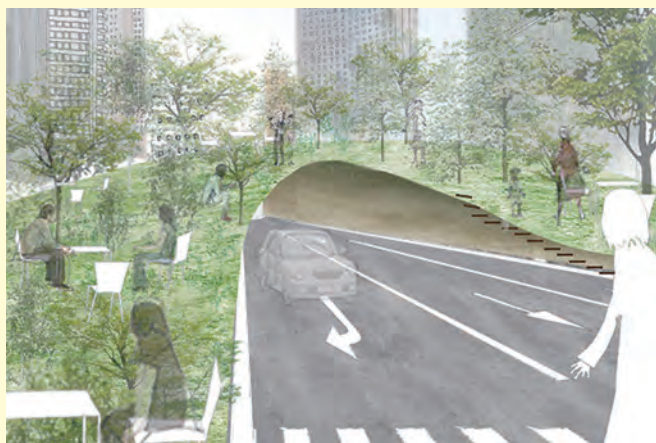
人がこれまでの歴史を積み重ね、時代ごとに変化する社会に適応するとともに、人の都市に対する価値観も大きく変化している。このような状況の中、現在の日本が抱える「都市の老朽化」と「開発によって増え続ける残土の処理」という問題に対し、都市で残土を活用することで解決の糸口を見出す。開発残土を利用して人工地盤をつくり、都市に森を還元し、人と建築にやさしい、未来の都市環境を創出する提案である。



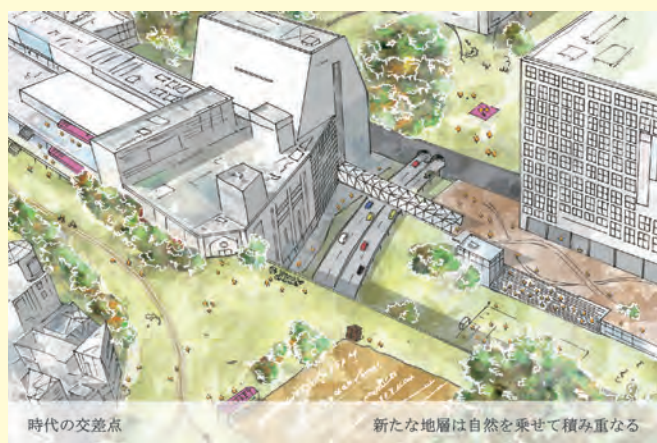
図一 4 計画初期段階イメージパース：各地から集められた残土が既存道路の両脇に盛られ，植樹により緑を増やす。



図一 5 計画第2段階イメージパース：徐々に盛土が高くなり，立体的なランドスケープを構築していく。高層ビルの足元に人々のアクティビティが形成される。



図一 6 計画最終段階イメージパース：道路脇の盛土がつながり，人は自由に歩きまわる。車両主体から歩行者主体となり，人々の居場所が増える。



図一 8 埋設化された車道が所々に見え隠れし，断層が見える。かつての時代の層を垣間見ること，時の重なりを感じる。



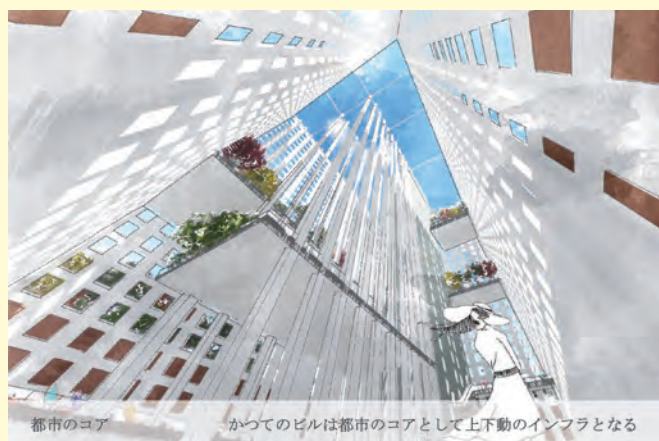
図一 9 丘が近付くことで高層ビルの上層階が開放され，都市と自然が共存する新しい風景が生まれる。



図一 13 地表より下の既存建物周囲は公園や広場となり，窓につながる緑がビルのリビングとして人々の居場所となる。



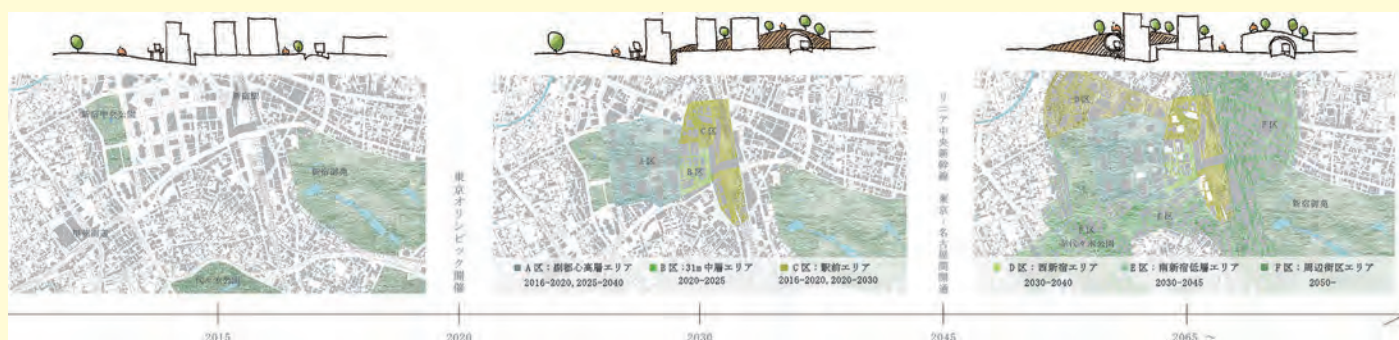
図ー14 道路や敷地境界線によって区画された土地では，建物の区分や人の移動が垂直方向に制限される。ビルとビルの間を残土と緑で繋げることで，都市を立体的に再構築する。



図ー15 かつてのビルが都市のコアとして機能し，人や空気，インフラの上下移動を促す。未活用の地下空間が蘇り新たな人の流れをつくる。



図ー16 計画地の境界はなだらかなランドスケープによって周辺の街並みと繋がる。自然に包まれた都市の麓は，人々の居場所と出会いの場となる。



図ー17 本計画は木が土に根を張るようにゆっくりと都市の空間を立体的に構築していく。今ある公園の緑を繋いで大きな森の中の都市を形成していく。

巻頭言

育てる

久保 幹



立派な樹木が鎮座している姿は見事である。そして、これらの樹木は敬意をもって守り育てられている。一朝一夕では、見事な樹木が育たないことを皆が知っており、その長い年月を思えば無意識のうちに大切にしているであろう。

一方、植えっぱなしにされている幼木をしばしば目にするところがある。時に枯れて、無残な姿のまま放置されている場面にも遭遇する。これは無意識のまま、「枯れたらまた植え替えばよい」と思っているのかもしれない。

私が奉職する大学のキャンパスは、立派なキャンパスであり、広大な敷地に多くの植栽が施され、四季折々の風情を感じられるように設計されている。しかし、木々が育っていない。移転して20年以上経つが、キャンパスの木々は輝きを放っていないのである。

昨年、4本の桜が枯れた。きっちりと管理をしているのだが、残念ながら回復には至らなかった。

その後、これらの桜は新入生を迎えるために、新しい桜に植え替えられた。木の成長にとっては、また1年生からのスタートとなったのである。

キャンパスの中には、本当に残念であるが、回復の見込みがない木々がたくさんあり、毎年何本かの木が枯れていく。新学期に見事な花を咲かせ、新入生の入学に彩を添えるため育てられてきた桜の木も含まれている。

元気のない桜は、地衣類（ちいりい）（菌類や藻類が共生したもの）が多数寄生し、中にはシロアリの住処になっている桜もあった。木が弱っているのは、春に花をつけないのも当然であろう。

「木々が元氣にならない原因は何か？」いろいろな原因を探したが、結局は土に原因があった。pHが異常に高く、土の中の代謝も極端に低下していたのである。

弱った桜の木の下を少し掘ると、造成の時に排出されたと思われるコンクリート片が出てきた。雨水などで、これらから成分が徐々に溶けだし、周辺の土壌環境を悪化させていたと推察された。その結果、土が固くなり、誰が見てもよい土とは言えない状況に

なったのであろう。言い換えると、「土が育っていなかった」のである。ただ、土の中の微生物は健在で、汚染の兆候は認められなかったのは幸いであった。

これらの原因を取り除くため、元氣のない15本の桜の木々の根元の土を改善してみることにした。

桜の木々の根元周辺の土を慎重に掘り起こしたところ、元氣がない桜の木々ではあったが、太い根が確認され、養分を吸収しようと頑張っていた。しかし、土の環境を整えるミミズや虫の幼虫の姿は皆無であった。

土の肥沃度を上げるため、出来る限りコンクリート片を取り除き、土壌分析結果に基づき、地域のバイオマス（堆肥等）を適切に処方した。

効果はてき面であった。土のpHは正常に戻り、代謝活性も顕著に上がった。桜の木々の下の草は少しずつ増え、半年後、処方したところの草は、一目瞭然、青々と繁り旺盛になった。そして、桜の木々には脇芽もたくさん現れたのである。桜の木々が元氣になったのを肌で感じる事が出来た。

シロアリの住処になっていた瀕死の桜からは、シロアリが完全に姿を消した。そして、昨年全く花をつけなかった桜が、今春はわずかではあるが、花を咲かせたのである。

処方した15本の桜は、樹形はまだ整っていないが、処方前と比べると、明らかに綺麗な花を咲かせた。桜の木々が息吹を取り戻し、確実な成長の一步を歩み始めたというメッセージを発しているかのようであった。桜の木々からエネルギーをもらった瞬間であり、何とも言えない嬉しさを感じた。今後、木々が大きな樹木に成長し、日々、学生に活力を与え続けてくれるキャンパスになってくれることを願っている。

整備された街並みは本当に美しい。そこで人々は育っていく。同じように、植物そして土も育まれる。将来を見据え、生物や環境の成長を楽しみながら、共に街並みの成長を実感できる開発を心から期待したい。

整備新幹線の軌道・電気工事用機械

鮎川 博 信・細田 豊

整備新幹線の軌道工事や電気工事で使用する工事用機械は特殊なものが多く、現状では一般市場にレンタルやリースで流通しておらず、所有している施工業者も少ない。整備新幹線の新規開業にあたっては、限られた工期の中で施工を進めるために多数の工事用機械を使用する必要がある。整備新幹線の建設を一元的に行っている独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構（以下「鉄道・運輸機構」）で工事用機械の調達、整備、運用、管理を行い、施工業者に無償貸与して工事を行っている。工事終了後には他の工区又は他の線区に転用して効率的な運用を図っている。本稿では鉄道・運輸機構で使用している工事用機械の特徴と、その使用方法について紹介する。

キーワード：整備新幹線，工事用機械，軌道工事，電気工事，スラブ軌道，ちょう架線，トロリ線，逸走防止

1. 整備新幹線の概況

現在、鉄道・運輸機構は全国新幹線鉄道整備法に基づき昭和48年に整備計画が決定された北海道新幹線（青森市・札幌市間）、北陸新幹線（東京都・大阪市間）、九州新幹線（福岡市・長崎市間）の3路線で、国土交通大臣から建設主体として指名を受け整備新幹線の建設を進めている。

整備新幹線は、最近では平成27年3月14日に北陸新幹線（長野・金沢間）が、平成28年3月26日には北海道新幹線（新青森・新函館北斗間）が開業した。現時点では九州新幹線（武雄温泉・長崎間）（図—1）、北陸新幹線（金沢・敦賀間）（図—2）、北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）（図—3）の用地取得や土木構造物の施工が行われている。

今般、平成29年5月19日には国土交通大臣に申請



図—1 九州新幹線（武雄温泉・長崎間）路線図



図—2 北陸新幹線（金沢・敦賀間）路線図



図—3 北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）路線図

していた九州新幹線（武雄温泉・長崎間）その2（開業設備工事）の工事实施計画が認可され、軌道工事や電気工事を含む開業設備工事に着手した。詳細は鉄道・運輸機構ホームページに掲載している（www.jrtt.go.jp/02Business/Construction/const-seibi.html）。

2. 工事用機械の導入

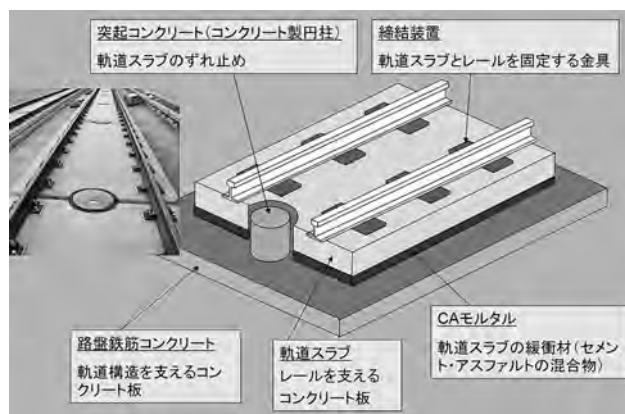
鉄道・運輸機構では、前身の日本鉄道建設公団での青函トンネル建設の直轄工事時代に、トンネル掘削機械、注入・吹付け機械、蓄電池機関車、多段高压排水ポンプや大型発電機、大型軸流送風機に至るまでの工事用機械を所有、整備、管理、運用してきた。現在は全て請負工事化されたことにより、新幹線の軌道及び電気工事用の機械のみを所有することとしている。

新幹線用の工事用機械は上越新幹線建設時に導入した。その後に北陸新幹線（高崎・長野間）で、新幹線としては初めて勾配 30/1000 の縦断線形が採用されたため、連続急勾配区間における重量物運搬時の安全性の確保、作業・施工性の向上、また、建設費低減の観点から各種機械の改良、開発等を行ってきた。改良及び開発した主なものは次のとおりである。

- ①急勾配区間における登坂けん引能力の強化策として重連制御を導入し、2両連結した動力車を1人の運転手で操作が可能となるようにした。
- ②下り急勾配での重力加速度による速度超過を抑止するために、トランスミッションに抑速装置を装備し、空気ブレーキの降坂時の欠点を補った。
- ③運転手の居眠りや離席及び停車時の急勾配区間での逸走を防止するために、機械的に車両を制動する逸走防止システムを導入した。

3. 軌道用の工事用機械

現在施工される整備新幹線軌道のほとんどは、バラスト（碎石）道床とマクラギの代わりに軌道スラブ（以下「スラブ」）と呼ばれるコンクリート板を敷設し、その上にレールを設置するスラブ軌道という方式が採用されている（図—4）。



図—4 スラブ軌道の構造

バラストを必要としないスラブ軌道には以下の利点がある。

- ①列車走行によるバラストの摩損がないため、軌道狂い（軌道のズレ）の発生が少なく走行安定性と保守の省力化が図られている。
- ②可変的な調整が可能な締結装置により、レール面を高精度で仕上げることができる。
- ③プレキャスト部材（スラブ）と専用機械を用いた効率的な施工により、急速施工が可能である。

スラブ軌道は専用の工事用機械を用いて、以下のよう施工される。

(1) 仮軌道敷設

軌道基地で溶接された 200 m のレールを鉄製トロで運搬して、レール送込み装置車により路盤鉄筋コンクリート上に送り込み、幅 1.435 m の仮軌道を設置す



写真一 1 レール送込み装置車

る（写真一1）。

レール送込み装置は、搭載しているウインチでレールを装置後方から装置内に引き込み、装置内のローラで左右から挟み込んで回転させてレールを装置前方に送出す機構となっている。装置に設置している機械類の動力は、後方に搭載する発電機としている。

レール送込み作業では、動力車、鉄製トロ、レール送込み装置車を連結した編成を使用する。運搬時に貫通ブレーキを操作した場合、200 m 以上になる編成終端の鉄製トロのブレーキが作動するまでに時間を要し、制動距離が長くなる。この問題を解決するために、連結されている全ての鉄製トロに動力車から電気信号を送り、各鉄製トロの空気タンクからブレーキシリンダに空気を送る電磁弁ブレーキを併設している。

(2) スラブ敷設

スラブ敷設時には仮軌道を幅 1.435 m から約 3.0 m に広げ、スラブ運搬敷設車を用いて、路盤鉄筋コンクリート上にスラブを設置する（写真一2）。スラブ運搬敷設車は、けん引車 1 両と作業車 5 両で構成されている。作業車 1 両で 1 枚、1 編成で 5 枚のスラブを運搬できる。



写真一 2 スラブ運搬敷設車

けん引車の走行駆動には、勾配の変化による負荷変動（出発抵抗、走行抵抗）に追従できるサーボモータを採用している。これにより緩発進や緩停止が可能となり、作業車に積載しているスラブの動揺を防止している。

作業車では、スラブを鉄製トロで作業車内の吊り上げ位置まで運搬して、各作業車に装備されている電動チェーンブロック 2 台（専用治具付）でスラブを吊り上げる。吊り上げ後にはスラブを運搬してきた鉄製トロを引き出し、吊り上げているスラブを下降させて作業車に装備しているスラブ受けに仮置きし、敷設箇所まで移動する。敷設箇所では再び電動チェーンブロックを使用して吊り上げ、スラブ受けを格納後にスラブを下降させて所定の位置に敷設する。

(3) セメントアスファルトモルタル（CA モルタル）の注入

モルタル注入車により、クッション材となる CA モルタル（アスファルト乳剤、細骨材、セメント等の混合材）を製造し、スラブの下に注入する（写真一3）。



写真一 3 モルタル注入車

モルタル注入車は、1 日の使用材料を軌道基地で積み込んで注入箇所へ移動する。注入車 1 組と材料運搬車 1 組で構成され、積載時の総重量は最大で 90 t 程度となる。

CA モルタルの混合はバッチ方式であることから、アジテータを設けずに攪拌ミキサーを 2 組搭載して、交互に混合と注入を行っている。

材料の計量は攪拌ミキサー自体をロードセルを介して吊り上げ、ミキサーを計量器の一部として使用している。ロードセルによる計量方式のため、材料を投入しながらリアルタイムに計量値を確認することができる。注入箇所では混合された CA モルタルをミキサー下部より吐出し、高低差を利用してスラブの下に流し

込む。

この後に、スラブ上へのレールの設置、レール溶接（ロングレール化）、軌道整備（レールの間隔や高さの微調整）、設定替（レールの軸力調整、絶縁継目の挿入）等を経て、スラブ軌道工事が完了する。

（4）運搬、けん引のための工事用機械

レールやスラブ等の資材を運搬するための鉄製トロやレール送込み装置車、モルタル注入車のような自走できない工事用機械をけん引するための動力車として、軌道モーターカー（写真—4）と特種車（軌陸車）がある（写真—5）。

特種車は、道路と軌道の両方において走行が可能な動力車である。前後に軌陸装置（軌道走行時のガイド輪）を装備しており、軌道走行時にはガイド輪をレールに降ろして走行する。ゴムタイヤの左右の間隔は標準軌の軌間に合わせてあり、軌道走行時もレール上をゴムタイヤで駆動して走行する。また、仮踏切等を設けることで自走してレール上に載線することができる。



写真—4 軌道モーターカー



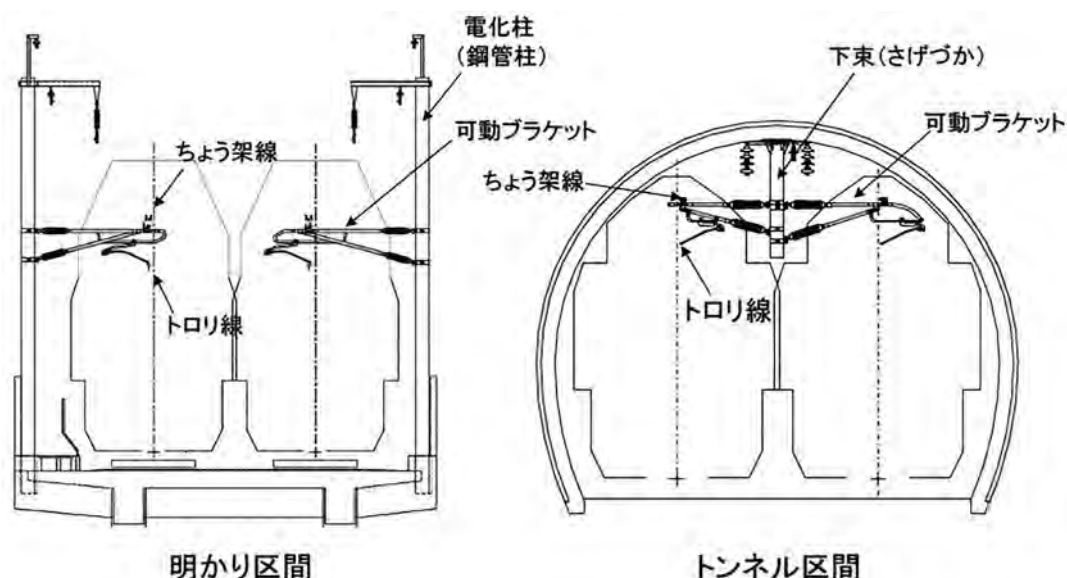
写真—5 特種車

4. 電気用の工事用機械

ここでは、整備新幹線の電気工事の一つとして、電車線路工事（電化柱や架線等の施工）用の工事用機械について紹介する。電気設備の中でも車両に電気を供給するために、高張力で高所に設置する電車線路設備の施工は特殊な作業である。新幹線本線上における電車線路設備の断面を図—5に示す。ちょう架線及びトロリ線等の電車線の延線作業は工事用機械を用いずとも、仮設足場、ローリングタワー、ハシゴなどを用いて人力により施工する方法もあるが、新幹線新規開業の施工延長を考えると施工スピードや施工精度において現実的ではない。また、高所作業が多いこと、重量物を扱うことを考慮し、施工性や安全性の高い専用の工事用機械による施工を行っている。

（1）電化柱の建植（明かり区間）

明かり区間では特種車（クレーン付）等を用いて、



図—5 電車線路設備標準断面図



写真—6 特種車（クレーン付）

可動ブラケット等を取り付ける電化柱を線路の両脇に建植している（図—5、写真—6）。

（2）下束（さげづか）の取り付け（トンネル区間）

トンネル区間では特種車（ツインバケット付）を用いて、可動ブラケット等を取り付ける下束をトンネル頂部に取り付ける（図—5、写真—7）。トンネル頂部に予め埋め込まれたアンカーボルトを用いて下束を固定する。この特種車は、高所作業台（ツインバケット）を装備しており、下束の吊上げ、取り付け、固定作業などの高所作業が可能である。



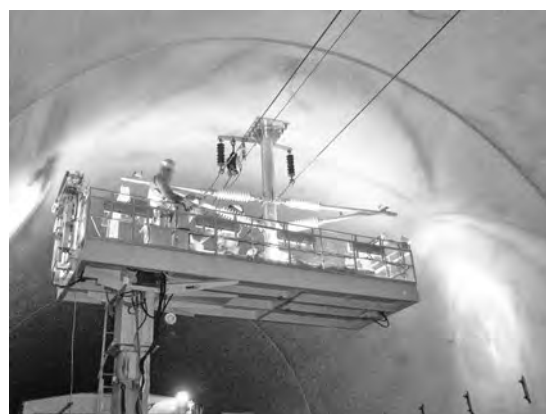
写真—7 特種車（ツインバケット付）

（3）可動ブラケットの取り付け

架線作業車を用いて、ちょう架線やトロリ線を支持する可動ブラケットを電化柱や下束に取り付ける（図—5、写真—8、9）。架線作業車は、昇降し水平方向に旋回する昇降作業床を装備している。



写真—8 架線作業車（昇降旋回作業床付）



写真—9 可動ブラケット取り付け

（4）電車線の延線

電車線の延線作業は、電車線（ちょう架線、トロリ線）（図—5）のドラムを搭載し、走行しながら電車線を送り出すことができる架線延線車と架線作業車のセットで行う。架線延線車では載荷したドラムから電車線を送り出し、架線作業車では送り出した電車線を可動ブラケットへ取り付け作業を行う（写真—10、11）。

架線延線車は4ドラムの積載が可能であり、連続して作業ができるようになっている。また、延線作業は勾配に関係なく5 km/h程度の一定速度で施工するた



写真—10 架線延線車



写真—11 電車線延線作業

め、定速走行時は油圧モータによる駆動としている。回送時は従来のエンジンによる駆動で走行可能であり、作業や走行の形態に合わせて選択することとしている。

(5) 張力調整装置の取り付け

架線作業車を用いて、架線の張力を一定にする自動張力調整装置を取り付け、電車線の張力を調整する(写真—12)。



写真—12 張力調整装置取り付け

5. おわりに

鉄道・運輸機構において、新幹線用の工事用機械は30年以上の歴史の中で、様々な安全面での対策を講じてきた。特にレールと鉄輪の粘着係数は道路とゴムタイヤと比較して低いため、制動装置は二重、三重の安全性が求められる。その中で動力車では、抑速装置や逸走防止システムを導入してきた。今後も安全面を第一に考え、効率的に作業が行えるように、既存機械の改善や新規調達にあたっていきたい。

JCM/A

[筆者紹介]

鮎川 博信 (あゆかわ ひろのぶ)
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 東京支社 設備部 機械第二課
 課長



細田 豊 (ほそだ ゆたか)
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 東京支社 設備部 機械第二課
 課長補佐



地下水流動を妨げずに事業継続できる 汚染地下水の拡散防止技術

原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法

根 岸 昌 範

都市域の事業場などにおける土壌地下水汚染に対しては、操業中などの理由で汚染源への直接的な浄化対策を直ちに実施することが困難であることが多い。その場合、地下水を経由した汚染物質拡散の環境リスクを低減する目的で、従来であれば遮水壁を構築し地下水揚水と併用する方式が一般的であった。本稿では、汚染地下水の下流側に透水性の浄化壁を構築し、メンテナンスフリーで汚染地下水の拡散防止対策を講じるマルチバリア工法について紹介する。施工方法、汚染物質に応じた浄化剤との組合せ、実際の適用事例について概説する。

キーワード：地下水汚染、拡散防止、事業継続、浄化壁、鉄粉

1. はじめに

わが国においては、1980年代に入ると環境庁（当時）による全国地下水汚染調査などによって、トリクロロエチレン（以下TCE）、テトラクロロエチレン（以下PCE）など、それまで規制のなかった有機塩素系化合物による汚染が明らかとなった。代表的な事例では兵庫県太子町や千葉県君津市でこれら有機塩素系溶剤による土壌地下水汚染問題が顕在化し、市街地事業場におけるいわゆる「ハイテク汚染」の先駆けとなった¹⁾。その後、地下水環境基準の制定（1997年）や土壌汚染対策法の制定（2003年）などを経て、一連の法的枠組みが整備されて現在に至っている。

表—1は1990年代中ごろの、わが国における潜在的な汚染サイト数を示す。好況期に統計した事業場数であり、現在では製造工場やガソリンスタンドの一部は統廃合が進んでいるが、全国で40万か所は汚染物質を使用した履歴を持つサイトが存在すると考えられる。これらのうち、実際に汚染の修復が必要な割合を10～20%と仮定しても、数万箇所以上の汚染サイトが潜在的に存在することとなる。

市街地においては飲用に供する井戸は少ないものの、災害時協力井戸などとして、緊急時には近隣に生活用水を供給する井戸が非常に多い。そのため、土壌あるいは地下水汚染を把握したものの、操業中の建物下部など直接的な対策が取れないような場合には、地下水を経由した汚染の拡散を確実に防止することが求められる。

表—1 わが国における潜在的な汚染サイト数

稼働中の製造工場	295,288 箇所 ^{a)}
ガソリンスタンド	60,421 箇所 ^{b)}
閉鎖済みの工場跡地	48,252 箇所 ^{a)}
クリーニング店	24,700 箇所 ^{c)}
廃棄物中間処理・最終処分施設	13,705 箇所 ^{d)}
理化学系の研究所	392 箇所 ^{e)}

a) 通産省調査統計部：「工業統計表、同速報」（1995）、

b) 資源エネルギー庁：石油部流通課資料（1994）、

c) 全国クリーニング環境衛生同業組合連合会会員数（1995）、

d) 生白書（平成9年度）より、自社処分場除く、

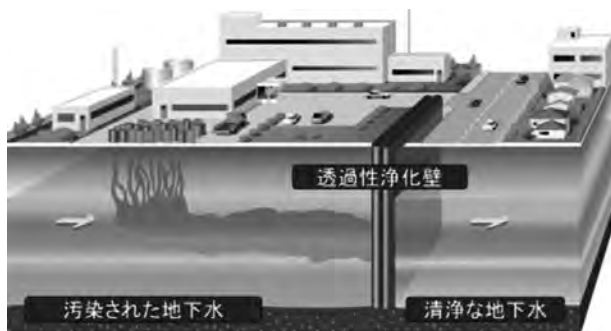
e) 日本の研究所、日刊工業新聞（1986）より

地下水の拡散防止対策技術としては、鋼矢板打設あるいはソイルセメント壁構築による遮水工法が挙げられるが、地下水流動を妨げる懸念があるため揚水対策との併用が一般的である。本報告では、汚染地下水の下流側に、地下水は通過させ汚染物質のみを除去することができる透水性の浄化壁を構築し、メンテナンスフリーで汚染地下水の拡散防止対策を講じる手法について概説する。

2. 本工法の概要

(1) 工法概要

透過性地下水浄化壁工法の概念図を図—1に示す。汚染地下水の下流側に地下水の流れを妨げずに、汚染物質のみと反応する浄化材を含んだ透水性の浄化壁を構築する手法である。必要に応じて遮水壁を併用する



図—1 透水性地下水浄化壁の概念図

場合もあり、Funnel and gate（漏斗と門の組合せ）と称されることもある。また、広義には、汚染地下水を受け止めるように連続的な反応域を注入工法などで形成する、バイオバリアなどのアプローチも浄化壁工法の一つとされる場合もある。

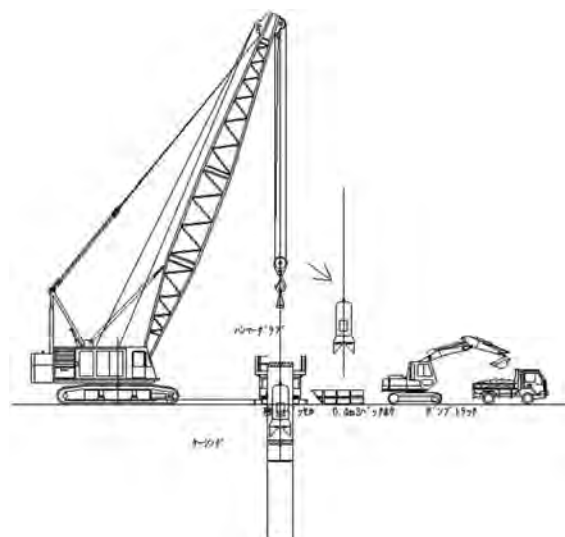
透水性地下水浄化壁を用いた地下水の原位置浄化工法に関する最初の提案は、1985年のDavid C. McMurtyら²⁾によるものと考えられる。透水性の浄化壁とスラリーによる止水壁との組合せで、地下水を原位置浄化する手法として提案している。浄化する対象物質と反応剤の組合せとしては、有機化合物に対しては活性炭、無機物および重金属等に関してはイオン交換樹脂などを提案し、他にも生物学的な手法や、破碎した石灰石による酸廃液漏出事故に対する応急対策としての適用などについて述べられている。

このように、処理対象物質に応じた様々な浄化剤あるいは浄化メカニズムを採用することが可能であり、市街地事業場だけでなく廃棄物不法投棄事案における複合汚染に対する応急対策などとしての適用性も考えられる技術である。

(2) 施工機械の構成および施工手順

基盤岩など不透水層までの深度が比較的浅く、例えば浄化壁設置対象深度がGL-7m程度までであれば、連続的なトレンチ方式での浄化壁を構築することが可能である。それより深部に施工する場合には、無水掘削が可能であるオールケーシング工法などによる杭方式の浄化壁となる。有機塩素系溶剤は例えばTCEで比重が1.46（20℃）と水よりも重い場合を除くと、汚染源位置で帯水層深部まで鉛直方向に汚染が浸透している場合が多い。実際に、杭方式の浄化壁設置深度として25mあるいは30m深さまで対応した事例がある。

図—2はオールケーシング工法による浄化壁構築の施工機械構成例である。ケーシングを圧入しながら、ハンマグラブで内部の土壌を掘削していき、計



図—2 施工機械構成の例

画深度まで達した段階で浄化材を投入する。不透水層が安定している場合には、スライム処理後に孔内をドライにして浄化材を投入することが可能であるが、ボーリングの懸念などがある場合には、孔内の水位を維持しつつ底開き方式のバケットなどで順次浄化材を投入するなどの方法をとる。

一般的な杭方式の浄化壁施工状況を写真—1に示す。浄化材は透水性を確保するための母材と汚染物質に対応した浄化剤を混合し、一定ロットごとにストックしておく。浄化材の透水性が施工対象地盤の透水係数よりも十分に大きくなるように母材の種類を選定する。写真—1(c)は、ケーシング掘削後の浄化材投入状況であるが、ケーシングを根入れする不透水層が十分に厚さがあり、ドライで材料を地上から投入でき



(a) 浄化材作成



(b) ケーシング掘削



(c) 浄化材投入



(d) 浄化壁打設完了

写真—1 浄化壁の施工状況

ている状況である。写真—1 (d) は浄化壁打設を完了し、隣接杭へ移動する際の地表面の画像である。

3. 多様な汚染物質への対応

本工法で適用できる汚染物質は多岐にわたり、対象とする汚染物質のカテゴリに応じて表—2で示すような浄化剤が適用可能である。当初は塩素化エチレン類に対して鉄粉を浄化剤として実用化したが、その後重金属類を始め、ふっ素やほう素に対しても長期的に安定化可能な浄化剤を開発してきた経緯がある。現在は、複合汚染に対しても浄化剤の組合せで対応できるため、マルチバリア工法と称している。以下に対象物質ごとの浄化剤について概説する。

表—2 浄化対象物質と浄化剤の例

対象物質	浄化剤
塩素化エチレン類	鉄粉 活性炭 徐放性有機物
重金属類	鉄粉 非晶質酸化鉄 イオン交換樹脂
ふっ素・ほう素	ハイドロタルサイト イオン交換樹脂
石油系炭化水素	活性炭 微生物分解（低分子）
難分解性有機化合物	活性炭
硝酸性窒素	徐放性有機物

(1) 塩素化エチレン類

TCE や PCE などの塩素化エチレン系化合物など、揮発性有機塩素化合物に対しては、活性炭等による吸着反応よりも、零価の金属鉄粉を利用した脱塩素分解反応の浄化壁適用例が最も一般的である。

鉄粉を利用した浄化壁の最初の報告例は、1994 年からノースカロライナ州の EPA（米国環境保護庁）実証サイトで実施した、有機塩素化合物と六価クロムに対する事例と考えられる³⁾。鉄と砂の混合体をホロシステムオーガーにより円筒杭状に深さ 3～8 m の範囲で 21 本打設し、モニタリング井戸で水質の連続観測を行った。浄化杭の設置から 3 ヶ月後には、円筒杭の中央の個所において、初期濃度 1～3 mg/L の六価クロム濃度が 0.01 mg/L 程度まで低減し、0.3 mg/L の TCE 濃度が 0.02 mg/L 程度まで低減することを確認している。わが国では、1997 年に電子部品工場の汚染サイトで実施した事例が最初のものであり⁴⁾、円柱杭方式の浄化壁を千鳥状に配置し下流側地下水をモ

ニタリングしたところ、流入濃度 10 mg/L 程度のシス-1,2-ジクロロエチレン（以下 cis-1,2-DCE）が浄化壁下流側で徐々に清浄な地下水に入れ替わり、60 日後には環境基準を満足し、100 日後には定量下限値未満まで濃度低減したことを確認した。

なお、バイオバリアとして微生物反応領域を汚染地下水の下流側に設ける方法についても、広義の透過性地下水浄化壁として捉えることができる。ポリ乳酸ナトリウム系などの各種有機資材を帯水層に供給し、地盤中にもともと存在する嫌気性微生物を活性化させ、還元脱塩素反応を利用する方法である。

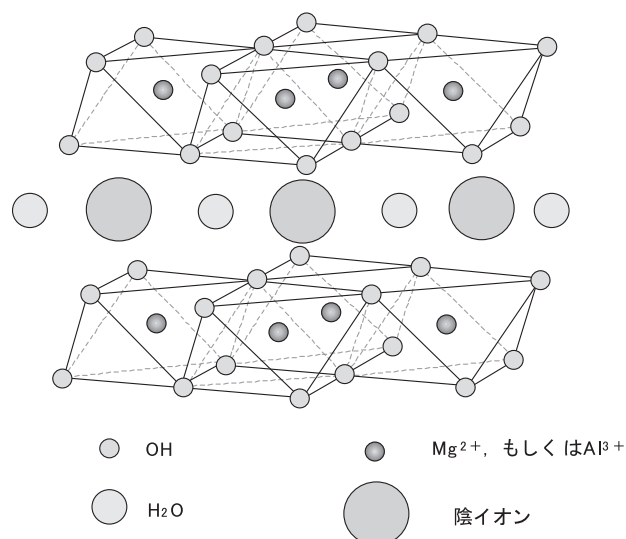
(2) 重金属汚染地下水に対する対応

揮発性有機塩素化合物の場合と同様に零価の金属鉄粉を使用して、砒素、鉛、六価クロム、カドミウムを安定化する方法が報告されている。重金属種類ごとに安定化メカニズムは異なるが、ヒ素や六価クロムなどは部分的に金属態まで還元されて安定化される報告がある⁵⁾。

その他、イオン交換性樹脂や粘土鉱物ベースの資材など、イオン交換反応で鉛やカドミウムを安定化する方法や、非晶質の酸化鉄系の材料を用いて、ヒ素を疎水性吸着あるいはヒ酸鉄（FeAsO₄）などの難溶性物質として安定化する方法などが考えられる。

(3) フッ素・ホウ素への対応

フッ素あるいはホウ素に対しては、ハイドロタルサイト様化合物などの、いわゆる陰イオン交換性の合成粘土鉱物による安定化機能の浄化壁が考えられる。フッ化カルシウム（CaF₂）の溶解度はフッ素イオンとして排水基準値（8 mg/L）オーダーであり、原位



図—3 ハイドロタルサイトの模式図

置地下水対策として環境基準を満足できる処理目標とした場合には、こうした浄化剤の使用が必要となる。図—3 にハイドロタルサイトの模式図を示す。

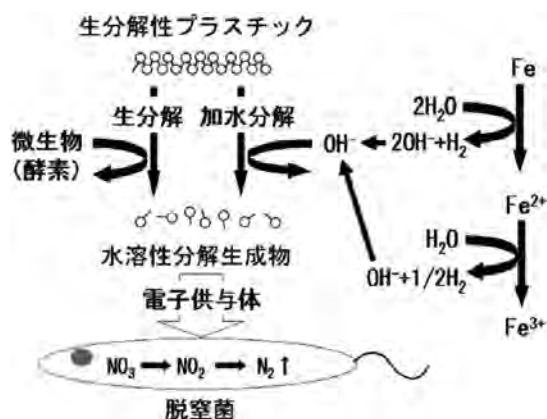
ハイドロタルサイト様合成粘土鉱物は、ヒ酸イオンやリン酸イオンなど他の陰イオン系化合物に対しても適用可能性があり、異なった層間距離になるように合成することで、陰イオン種に対する選択性の順序を入れ替えることが可能である⁶⁾。

(4) ベンゼンあるいは難揮発性有機化合物対応

ベンゼン、クロロベンゼン類、あるいはその他の難揮発性有機化合物に対しては、活性炭などの疎水性吸着を処理メカニズムとして採用することが可能である。活性炭は、ヤシ殻あるいは石炭系などの原料や製造方法で、細孔容量や細孔径分布が異なるため、対象物質に適したものを選定する必要がある。

(5) 硝酸性窒素汚染への対応

農用地などにおける過剰な施肥の影響で、帯水層中の硝酸性窒素濃度が地下水環境基準を上回るケースも報告されている。浄化壁に使用する浄化剤として、還元雰囲気を形成するための鉄粉と生分解性ポリマーを組み合わせ使用し（図—4）、微生物脱窒により硝酸イオンの拡散を防止する対策技術は実証試験が完了した段階である。



図—4 硝酸性窒素浄化のメカニズム

(6) 浄化剤の耐久性や特性に関する留意点

本工法は、設置後はモニタリング以外の維持・管理が不要になるという最大の利点があるが、浄化剤の反応性あるいは残余吸着能などの経年変化に対する適正な評価が求められる。

反応性バリアの浄化剤のひとつである鉄粉の反応性については、6年間の長期カラム試験の経過や腐食皮膜の直接観察結果などから、反応性の減衰に関する長

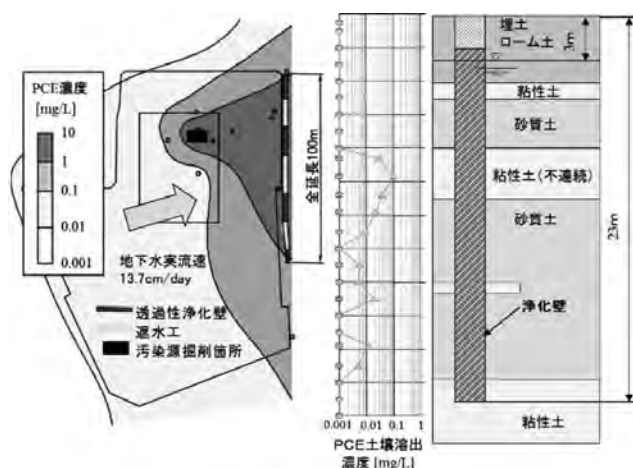
期性能曲線が提案されている⁷⁾。反応性の経年的な変化にあわせて汚染源対策を徐々に進める、あるいは初期の性能設計時に耐用年数にあわせた安全率を確保するなどの対応が必要である。

また、重金属類、フッ素、ホウ素などの吸着機能による浄化壁の耐用年数を設計するにあたっては、流入濃度に対する安定化量を推定し、浄化壁中に耐用年数に応じた浄化剤を配合すればよいことになる。留意点としては、地下水浄化壁は受動的な対策であり、選定した浄化剤は処理対象成分に対して長期的に反応メカニズムを発揮することが求められる。例えば、汚染土壌の不溶化処理における水和反応を利用した各種浄化剤などは本工法へ適用することはできない。

4. 適用事例

PCE 汚染サイトにおいて、鉄粉を使用した浄化壁を構築した事例を紹介する。本サイトは1970年頃まで脱脂剤としてPCEを工業的に使用していた。敷地周辺井戸における地下水汚染の発覚を契機に敷地内の汚染調査を実施したところ、土壌および地下水ともに使用履歴のあるPCEおよび低濃度ではあるが分解生成物であるTCE、cis-1,2-DCEが検出された。

図—5 に浄化対策の平面図および断面図を示し、以下に検討事項およびモニタリング結果について説明する。



図—5 浄化対策平面図および断面図

(1) 地盤構成と土壌汚染の分布

本サイトの地質は、工場解体後に表層約1mが盛土されており、GL-1～4mが関東ローム層、GL-4～5mが凝灰質粘土、GL-5～8mが細砂、GL-8～12mが粘土、GL-12～22mが粘性土を挟みながら砂層（細砂～粗砂）が主体で、GL-22m以深は粘性土層となっ

ていた。深度方向の土壤汚染はGL-17 m 付近まで及んでいたが、主として濃度の高い部分はGL-10 m の粘性土層内で止まっていた。

(2) 地下水流動状況

地下水は概ね北東方向の流れを示し、その動水勾配は1/160 程度であった。地盤の透水係数は 0.76×10^{-3} cm/sec であり、土壤の有効間隙率を0.3 と仮定すると、地下水の実流速は 1.6×10^{-4} cm/sec = 13.8 cm/day となった。年間の流速でおよそ50 m に相当し、地下水としては比較的早い流動状況であった。

(3) 対策の概要

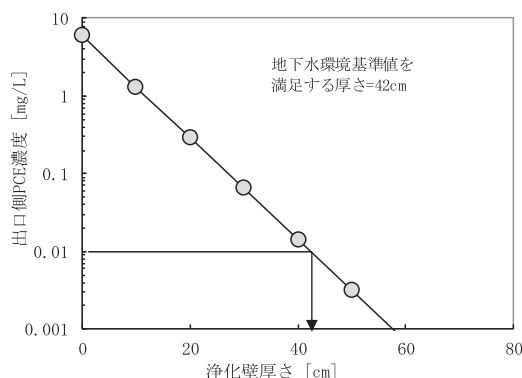
図—5 に示したように、別途汚染源対策を実施するとともに、敷地境界における漏洩防止対策を延長100 m の範囲で実施することとした。これは、地下水濃度コンターから、基準値の100 倍超過 (1 mg/L) の範囲に対応する施工延長である。本サイトでは浄化壁 (浄化杭) と遮水壁を交互に配置し、それぞれの合計延長を50 m ずつとした。

(4) 浄化壁仕様の検討

浄化壁は杭方式とし、表—3 で示す浄化壁諸元で設計したところ、鉄粉配合量20% の条件では図—6 に示すように環境基準を満足する計算上の浄化壁厚さは42 cm となった。実際には、浄化杭の施工杭径を

表—3 設計パラメータ

敷地境界対策延長 (m)	100
浄化壁設置深度 (m)	23
設計対象物質	PCE
設計濃度 (mg/L)	5.9
設計実流速 (cm/day)	13.7
鉄粉配合量 (%)	20
脱塩素反応速度定数 (h^{-1})	0.258

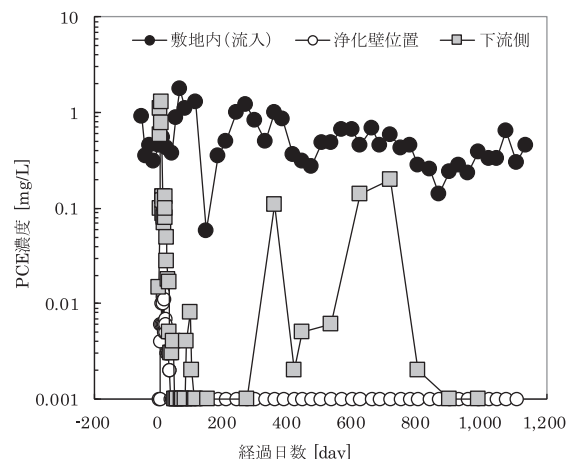


図—6 浄化壁厚さと出口側濃度の関係

φ 100 cm とし、浄化杭の杭芯間の距離を90 cm とした。このとき、ラップした部分の最も通過距離が短い場所においても44 cm と、適合性試験で計算した42 cm を上回ることになる。

(5) 地下水モニタリング結果例

図—7 に地下水モニタリング経過を示す。浄化壁設置時点の起点としており、敷地内濃度はそれ以前のデータも示している。浄化壁位置では速やかに濃度低下し、数10 日経過以降は定量下限値0.001 mg/L 以下で推移している。また、浄化壁直近の下流側観測井戸では概ね100 日以内には濃度低下していた。その後、観測濃度が不安定になる期間があったが、元々の汚染範囲であり周辺の影響を受けたものと考えられ、浄化壁からの清浄な地下水供給が卓越すると再び観測濃度は低下している。図中は1,000 日後程度までのデータを示したが、その後、10 年以上経過しているが、拡散防止機能は維持していることを確認している。



図—7 地下水モニタリングデータ

5. おわりに

本稿では、事業場の操業を妨げずに汚染地下水拡散防止対策が可能な技術について紹介した。従来の遮水工のように地下水流動を妨げることなく、メンテナンスフリーで汚染地下水の拡散防止対策を講じられる利点があり、透過性地下水浄化壁工法として1990 年代後半より実績を重ねてきた。その後、汚染物質に応じた様々な浄化剤を開発することで、複合汚染を含めた対応が可能となりマルチバリア工法としている。

マルチバリア設置後は、工場設備改変時など事業者のタイミングに応じて汚染源対策を進めていくことが可能である。今後は、耐久性に関する知見を蓄積し、技術の信頼性を高める取り組みも進めていく予定である。



《参考文献》

- 1) 安田海上火災保険：土壌汚染と企業の責任，有斐閣，1996
- 2) McMurtry, D.C. and Elton, R.O.：Environmental Progress, Vol.4, 168-170, 1985
- 3) Puls R. W.：209th ACS meeting, pp.783-791 1995
- 4) Imamura S.：Proceedings of the 7th International Symposium on Semiconductor Manufacturing, pp.484-487, 1998
- 5) 根岸昌範：第12回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.615-619, 2006
- 6) 亀田知人ほか：The Chemical News, No.195, pp.10-16, 2005
- 7) 根岸昌範ほか：第13回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp.181-186, 2007



〔筆者紹介〕

根岸 昌範（ねぎし まさのり）
大成建設㈱
技術センター
都市基盤技術研究部環境研究室
主任研究員



硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術

山崎 啓三・高田 尚哉・三浦 俊彦

関東地方の再開発事業や泥土圧式シールド工事では、掘削に伴い自然由来の砒素を含む硬質粘土（土丹塊）が大量に発生する。一般に砒素汚染土は処分場等へ搬出処分されているが、土量が多い場合は経済的な負担が大きくなることから安価な対策方法が求められている。そこで、筆者らは、泥水式シールド工事で発生する泥水中の砒素を除去する技術として開発した鉄粉洗浄技術を硬質粘土へ適用することを目的として、硬質粘土の粉碎・分級による泥水化処理と鉄粉洗浄技術を組み合わせた浄化システムを開発した。本稿では、開発した技術の概要と現場から採取した実汚染土を対象に実施した実証試験について報告する。

キーワード：シールド、硬質粘土、砒素、浄化、鉄粉

1. はじめに

関東平野に広く分布する上総層群の硬質粘土（土丹）は、自然由来の砒素を含む場合が多い。そのため、関東地方の再開発工事やシールド工事では、掘削に伴い自然由来の砒素を含む土砂が大量に発生するケースが多く、安価な対策が求められている。

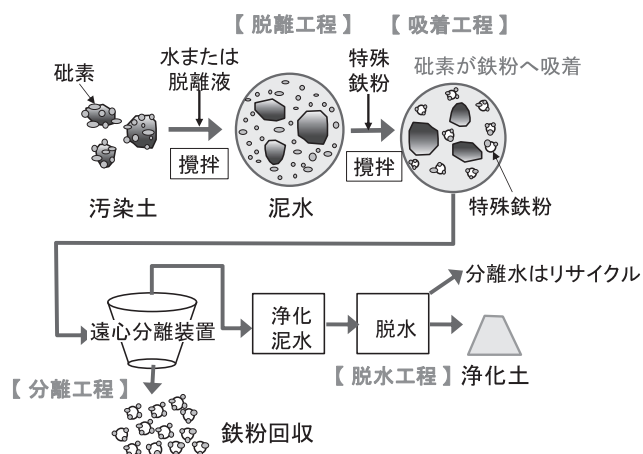
重金属等汚染土壌の浄化方法としては、分級洗浄処理が一般的であるが、硬質粘土は細粒分を主体としていることに加えて、掘削時は一定の強度を持つ土塊として存在することから、分級洗浄の適用が難しい。筆者らは、粘性土中に含まれる汚染物質を除去する手法として、鉄粉を用いた洗浄方法（以下、鉄粉洗浄）を開発しており、六価クロム汚染土の浄化に適用できることは報告済みである¹⁾。鉄粉洗浄技術はすべての汚染土に適用可能な手法ではないため、各種汚染土を対象とした室内試験により適用範囲の拡大に向けた検討を進めている。また、重金属を吸着除去した鉄粉の回収方法や処理設備の管理方法など、実施工時の効率的な処理方法を確立するための技術を開発している。更に今回、従来技術では浄化困難であった硬質粘性土塊へも対応できる技術を開発するとともに、処理効率の高い連続処理システムを構築し、その効果を確認した。実証試験では、実工事規模の処理設備を使用して、開発した鉄粉洗浄技術を硬質粘土の土塊へ適用することを試みた。鉄粉洗浄技術は、汚染土に水を加えて泥水状態とした後に、砒素吸着力の高い特殊な鉄粉を汚染泥水に投入し、泥水中の砒素を鉄粉に吸着させて回

収して、浄化土とする方法である²⁾。硬質粘土は掘削時に土塊として発生するため、水を加えても容易に泥水状態にならず、そのままでは鉄粉洗浄の適用が難しい。そこで、土塊を効率よく破碎して泥水状態にすることを目的として、破碎と磨砕、分級を組み合わせた手法について検証を行った。

本稿では、鉄粉洗浄技術の概要を紹介するとともに、現場から採取した硬質粘土を対象に連続処理プラントを構築し、硬質粘土塊の粉碎、分級を組み合わせた泥水化処理および鉄粉洗浄技術による浄化効果の検証と開発した処理設備の性能評価を行った結果について報告する。

2. 鉄粉洗浄の概要

鉄粉洗浄の概要を図—1に示す。鉄粉洗浄は、脱離工程と鉄粉による吸着工程、鉄粉の分離工程、脱水工程の4工程から構成される。脱離工程は、水またはpH調整を兼ねた脱離液を用いて、土粒子表面に吸着している砒素を水または脱離液中に溶解させる工程である。鉄粉による吸着工程は、砒素吸着力の高い特殊鉄粉を添加して、水または脱離液中に溶解した砒素を鉄粉表面に吸着させて除去する工程である。鉄粉による砒素の吸着原理は、鉄粉表面が酸化・腐食することで生じる酸化鉄および水酸化鉄と砒素が共沈して、鉄粉の表面に強く吸着する性質を利用したものである³⁾。砒素を吸着した鉄粉は、鉄粉の比重が大きいのを利用して、比重分離機等を用いて泥水から回収する。脱



図一 鉄粉洗浄の概要

水工程は、鉄粉と砒素が除去された泥水を脱水し、浄化土を得る工程である。

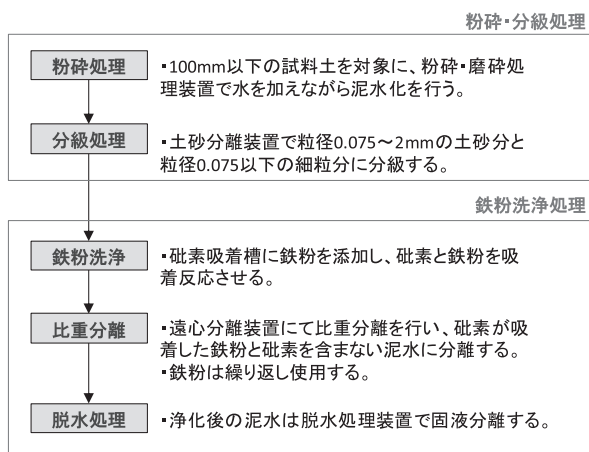
使用する鉄粉は、砒素の吸着用に加工された鉄粉で、比重は 7.5 g/cm^3 、平均粒径 $60 \sim 80 \mu\text{m}$ である。泥水中の砒素を効率よく吸着・除去するためには、泥水の pH は 8 以下にすることが望ましいことから、必要に応じて鉄粉添加前の泥水の pH 調整が必要となる。また、鉄粉の砒素吸着量は mg/g と大きいため、回収した鉄粉は、飽和吸着量に達するまで複数回利用可能である。

3. 実証試験

(1) 実証試験の概要

実証試験では、開削工事現場から採取した自然由来砒素を含む硬質粘土塊を試験ヤードまで運搬し、実工事規模の処理設備を設置して、鉄粉洗浄による自然由来砒素を含む硬質粘土塊の浄化効果を確認した。

実証試験のフローを図一 2 に示す。実証試験は、粉碎・分級処理と鉄粉洗浄処理の 2 工程に大別される。



図二 実証試験フロー

粉碎・分級処理工程は、土塊を含む硬質粘土試料土に水を加えて、粉碎・磨砕処理装置で細粒化させた後、土砂分離機で粒径 0.075 mm 以下の泥水と、 $0.075 \sim 2 \text{ mm}$ 、 2 mm 超過の粗粒分に分けする工程である。鉄粉洗浄は 0.075 mm 以下の泥水が浄化対象となるが、硬質粘土試料に含まれる 0.075 mm 以上の砂等の粗粒分を浄化できることが望ましい。汚染土中の砒素は主に細粒分に含有し、粗粒分に比較的少ないことから、土砂分離機に水を散布する装置を導入し、 0.075 mm 以上の粗粒分に細粒分を含まないように水洗浄しながら分級することで浄化を図った。

鉄粉洗浄工程は、前述した脱離工程と鉄粉による吸着工程、鉄粉の分離工程、脱水工程の 4 工程から構成される。粒径 0.075 mm 以下の泥水に鉄粉を添加し、一定時間攪拌した後に遠心分離装置により泥水中から鉄粉を除去・回収した。鉄粉回収後の泥水は、フィルタプレスにより固液分離を行って固形分を浄化土とした。本試験では、鉄粉の回収と浄化効果を検証するとともに、鉄粉反応槽と遠心分離装置を 4 セット備える連続処理システムを構築し、そのシステムの検証を行うことも目的とした。

(2) 試験試料土の性状

試験に使用した硬質粘土塊は、関東地方の開削工事現場から採取した土丹で、掘削直後の試料には大きな土塊が含まれていたため、バックホウ等で粒径 100 mm 以下になるまで一次破碎をしてから使用した。対象土壌の pH は 8 程度の弱アルカリ性で、環告 18 号溶出試験による砒素溶出量は、土壌溶出量基準 (0.01 mg/L 以下) 不適合であった。なお、土塊の一軸圧縮強度は $3,000 \sim 4,000 \text{ kN/m}^2$ 程度であった。試料土の性状を表一に、硬質粘土試料の外観を写真一に示す。

(3) 粉碎・分級処理試験

(a) 試験方法

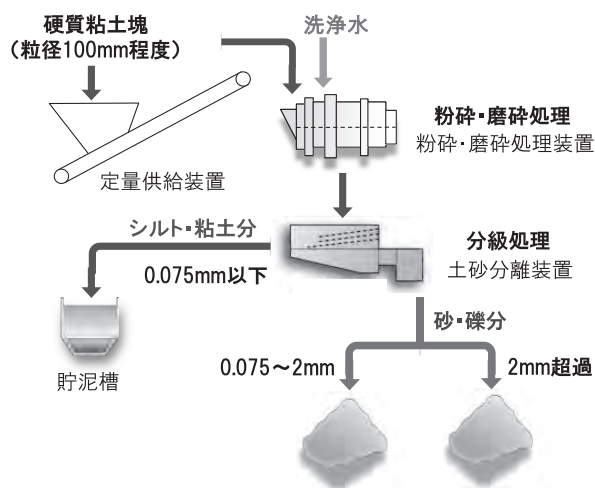
粉碎・分級処理フローを図一 3 に、試験設備の外観を写真二に示す。硬質粘土塊を破碎する装置には、回転連続式粉碎・磨砕処理装置を使用した。主に砂利や碎石の洗浄・磨砕に用いる装置であるが、粘土塊の

表一 試験土壌の性状

項目	単位	測定結果	試験方法
一軸圧縮強さ	kN/m^2	3,300	JIS A 1216
砒素溶出量	mg/L	0.022 ~ 0.07	環告 18 号
pH		8.2	



写真—1 試験で用いた硬質粘土試料



図—3 粉碎・分級処理フロー



写真—2 粉碎分級設備

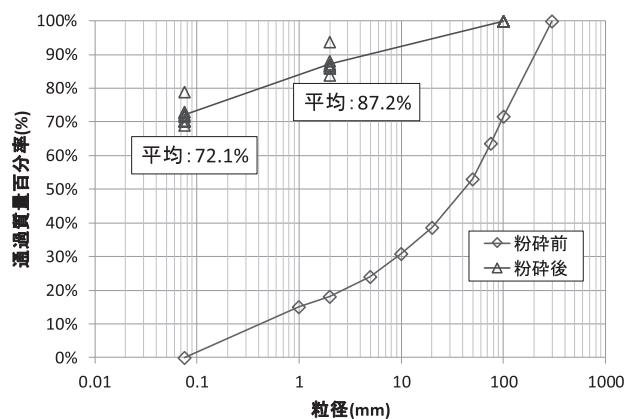
粉碎にも使用実績があることから選定した。円筒型で本体シェルとその内部を貫通するロータで構成され、シェルとロータをそれぞれ反対方向に回転させて、粘土塊を破碎・磨砕して泥水化する。表—2に粉碎・磨砕処理装置の仕様を示す。本試験では、粒径100mm以下の試料土を定量供給装置により4～12t/hで投入し、水を加えて泥水化しながら粉碎を行った。処理後の泥水は土砂分離装置で0.075mm以下の泥水と0.075mm～2mm、2mm超過の土砂に分級し、粒径ごとの重量と環告18号溶出試験による砒素溶出量を測定した。

表—2 粉碎・磨砕処理装置の仕様

種類	処理能力 (t/h)	電動機 (kW)	寸法 (m)
回転連続式粉碎・磨砕処理装置	25～40 (砂利)	15 (シェル) 37～45 (ロータ)	6.0×2.1×2.1

(b) 試験結果

粉碎・分級処理前と処理後試料土の粒径加積曲線を図—4に、粉碎・分級処理後の0.075～2mmおよび2mm超過の土砂を写真—3に示す。本処理により、粒径の大きい硬質粘土が効率よく細粒分となり泥水状態にできることが確認できた。分級除去された0.075～2mmは主に砂分であったが、その一部と2mm超過の大部分は硬質粘土の小さい塊であった。2mm超過の砂分は、再度粉碎工程に投入することで処理を行った。本試験では確認のため0.075～2mmの砂分の砒素溶出量を測定した。その結果は、0.002～0.008mg/Lで土壌溶出量基準適合であった。



図—4 粉碎・分級処理前後の粒径加積曲線

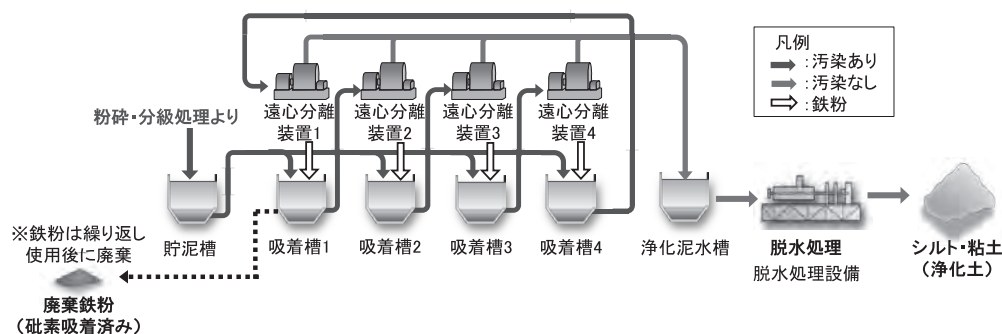


写真—3 粉碎・分級処理後の土砂

(4) 鉄粉洗浄処理試験

(a) 試験方法

鉄粉洗浄処理のフローを図—5に示す。本試験は、粉碎・分級処理により作製した0.075mm以下の砒素



図一五 鉄粉洗浄処理のフロー

を含む泥水を対象とした。鉄粉洗浄設備は、初期泥水を貯めるための貯泥槽、泥水の pH を調整した後に鉄粉を添加して所定時間攪拌するための吸着槽、鉄粉回収のための遠心分離装置、鉄粉回収後の浄化泥水を貯蔵する浄化泥水槽、脱水して固液分離し浄化土を得るための脱水処理装置（フィルタプレス）から構成される。吸着槽と遠心分離装置が 4 セットあるが、これは、本システムは吸着反応時間が律速となっており、並行して複数の吸着槽を使用することで、処理量の増加を図る検証を行ったためである。鉄粉は少量の泥水とともに回収されるが、吸着力が強いことから複数回利用する。そのため、回収鉄粉は次の吸着槽へと移行し、連続的に使用するシステムとなっている。吸着力のなくなった鉄粉は最終的に廃棄する。

実証試験では、本洗浄システムが連続的に稼働するかを検証するために、砒素を含む泥水を用いて 40 回の繰り返し洗浄試験を実施した。具体的には、pH7.0、比重 1.2 に調整した泥水を吸着槽 1 へと移送し、鉄粉を乾土量当たり 4% 添加して 30 分攪拌した。その後、泥水を遠心分離装置へ移送して回収鉄粉が含まれる泥水と浄化泥水に分離した。回収した鉄粉は、吸着槽 2 へと移送した後、貯泥槽から新たな汚染泥水を供給して再度洗浄に利用した。これらの過程を吸着槽 1～4 で繰り返すことにより、鉄粉を 40 回繰り返し利用して浄化効果の持続性を検証した。初期泥水は 1 回／日の頻度で採取して固液分離し、ろ液の砒素濃度と固形分の砒素溶出量を測定した。鉄粉洗浄処理後の浄化泥水は、洗浄 1 回ごとに採取して固液分離し、ろ液の砒素濃度と固形分の砒素溶出量を測定して、浄化効果を検証した。また、鉄粉洗浄処理後の浄化泥水は、10 回分をまとめて脱水処理設備へと移送し、発生した脱水ケーキの環告 18 号砒素溶出量と、地盤工学会の A-c 法突固めによるコーン指数（JIS A 1228）を測定した。

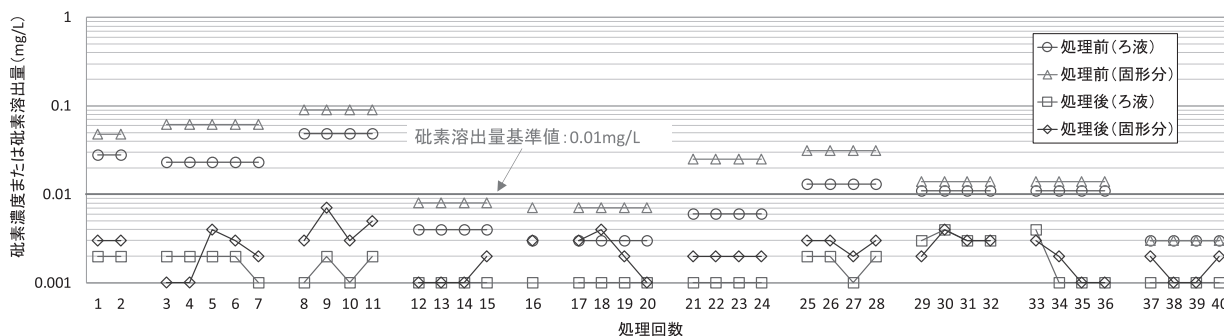
(b) 試験結果

① 砒素浄化効果

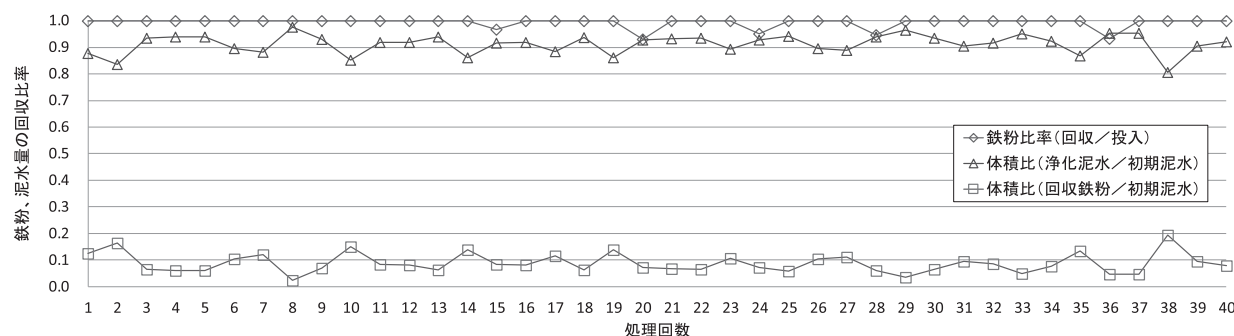
本洗浄システムを用いた 40 回繰り返し洗浄試験について、処理回数ごとの汚染泥水（処理前）と浄化泥水（処理後）のろ液の砒素濃度および固形分の砒素溶出量の結果を図一六に示す。処理前泥水のろ液の砒素濃度と固形分の砒素溶出量は作製した日によって異なっており、ろ液の砒素濃度は 0.003 ～ 0.05 mg/L、固形分の砒素溶出量は 0.003 ～ 0.09 mg/L の範囲で変動した。これは、試料の保管状態に差があり、比較的乾燥しやすい状態で保管していた試料については、pH が低下して砒素溶出量が低減したこと等が原因と考えられた⁴⁾。処理後泥水のろ液の砒素濃度と固形分の砒素溶出量は、処理前に比べて大きく低減し、土壤溶出量基準適合であった。したがって、本試験の範囲では、砒素の吸着効果が維持されており、鉄粉を 40 回繰り返し使用しても、浄化が可能であることが検証できた。

② 洗浄システムの適用性評価

繰り返し洗浄試験時の遠心分離による浄化泥水と回収鉄粉の分離体積比および鉄粉の回収率を図一七に示す。遠心分離装置で回収した鉄粉の回収比率は、投入量の 95% 以上に達しており、泥水比重が 1.2 と比較的粘性が高い汚染泥水に対しても、遠心分離装置で安定的に鉄粉が回収できることがわかった。本システムで使用する鉄粉は、飽和吸着量に達するまで繰り返し利用するが、泥水中に投入した鉄粉は液架橋力等の影響により、乾燥した状態の鉄粉のようにスクリュウフィーダ等の供給設備で再投入することが困難となる。そこで、本システムでは、遠心分離後の回収鉄粉を少量の泥水とともに回収することで、流動性を有する状態で吸着槽間を移行させている。その結果、鉄粉を再投入する設備等が不要となりコストを削減できるとともに、鉄粉の沈降による閉塞等の機械設備のトラブルを削減することができる。実証試験終了後に吸着槽やポンプ周辺の配管等の点検を行ったが、鉄粉の沈降は確認されず、機械設備が良好な状態で運用可能であることが確認できた。



図—6 繰り返し洗浄試験における砒素の浄化結果



図—7 繰り返し洗浄試験における鉄粉と泥水回収量の結果

③浄化土の性状評価

J C M A

処理後の浄化土（脱水ケーキ）の性状を表—3に示す。浄化土のpHは中性で、砒素溶出量は土壌溶出量基準適合であった。コーン指数も433～608 kN/m²と第三種発生土基準（400 kN/m²）以上であり、盛土等に有効利用できる強度を有していることが確認できた。

表—3 浄化土壌（脱水ケーキ）の性状

処理回数	含水比 (%)	pH	砒素溶出量 (mg/L)	コーン指数 (kN/m ²)
1～10	48.2	7.8	0.001	608
11～20	46.9	7.8	0.001	484
21～30	46.4	7.7	0.001	470
31～40	45.7	7.7	0.001	433

4. おわりに

本稿では、自然由来砒素を含む硬質粘土を対象に、鉄粉を利用した洗浄無害化技術の開発を目的として、実汚染土を用いた実証試験を実施し、硬質粘土の泥水化方法の検証結果、鉄粉洗浄の連続処理プラントによる自然由来砒素の浄化効果について紹介した。本技術により、今後も多量に発生が予想される硬質粘土を効率的に浄化することが可能となった。今後は、現場適用を重ねて、現場で使いやすい施工方法等について検討を進めていく予定である。

《参考文献》

- 1) 三浦俊彦, 他 (2005): 鉄粉を利用した六価クロム汚染土の洗浄無害化技術の開発, 大林組技術研究所報, No.69
- 2) 三浦俊彦, 他 (2013): 鉄粉を用いた砒素汚染土壌の洗浄方法, 第19回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会
- 3) Sunbeak Bang, et al. (2005): Chemical reactions between arsenic and zero-valent iron in water, Water Res., Vo.39, No.5, pp.763-770
- 4) 海野円, 他 (2015.7): 自然由来砒素含有土の保管条件が砒素溶出特性に及ぼす影響, 第11回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.425～428

【筆者紹介】



山崎 啓三（やまさき けいぞう）
（株）大林組
エンジニアリング本部 環境技術第二部
副課長



高田 尚哉（たかだ なおや）
（株）大林組
エンジニアリング本部 環境技術第二部
課長



三浦 俊彦（みうら としひこ）
（株）大林組
技術研究所 自然環境技術研究部
課長

微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術

根 岸 敦 規

水銀に対して耐性が有り, チトクローム *c* 酸化酵素の働きにより水銀を還元気化する能力を持つ鉄酸化細菌を単離, 培養し, この菌を用いて実大規模の水銀汚染土壌の浄化実証試験を実施した結果, 菌を添加したものは, 12 時間後に環境基準以下まで浄化がすることができた。この結果, 鉄酸化細菌を利用することで, 常温で汚染土壌から水銀を分離・浄化できることが可能となった。

キーワード: 鉄酸化細菌, 水銀汚染土壌, 還元気化, バイオレメディエーション

1. はじめに

水銀化合物は自然界に存在するほか, かつては化学工業で使用され, 温度計や電池などにも用いられていた。水銀は自然界において, 0 価から +2 価の酸化状態で存在している。水銀化合物の中で 2 価の水銀イオン (以下, Hg^{2+}) と脂肪に溶解するアルキル水銀 (CH_3Hg^+) は生物にとって高い毒性を有しており, 重大な公害も発生したため, 土壌溶出量基準で 0.0005 mg/L 以下 (アルキル水銀は検出されないこと) と厳しい規制がなされている。

水銀に汚染された土壌は, 水銀化合物が約 360 °C から 580 °C で昇華する性質を持つことを利用し, 加熱処理により土壌から分離して浄化する方法が一般的に行われている。処理には加熱のための多大なエネルギーを必要とする。一方, 常温での微生物による水銀の還元能力は古くから知られており, 水銀還元酵素を持つ多くのグラム陰性菌, グラム陽性菌を利用した水銀の気化処理の研究が続けられている^{1), 2)}。また, 化学合成独立栄養細菌である鉄酸化細菌 (*Acidithiobacillus ferrooxidans*) は水銀耐性に特に優れ, 従来の菌とは異なる, 2 価鉄存在下における水銀気化活性が見出されている^{3), 4)}。

本報では, 水銀耐性をより高めた鉄酸化細菌 (MON-1 株) を用い, 水銀汚染土壌の実証試験と維持管理手法の検討を実施したので, 浄化機構も含め紹介する。

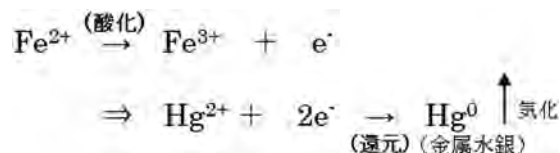
2. 浄化機構

(1) 鉄酸化細菌

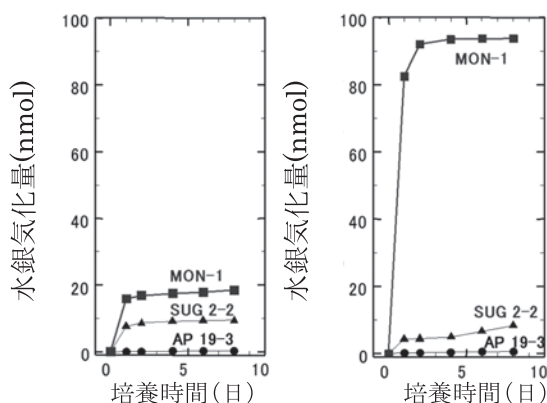
鉄酸化細菌は 2 価の鉄イオン (以下, Fe^{2+}) を 3 価の鉄 (以下, Fe^{3+}) に酸化する際に生じる電子をエネルギー源として生育できる化学的独立栄養細菌である。鉄のほかに, 元素状硫黄 (S^0) を酸化しても生育できる。

多くの微生物には, 細胞内に侵入してきた水銀を気化する機構が備わっているが, 水銀濃度が高いと生育に必要な代謝の働きが止まり, 死滅する。バイオレメディエーションの室内実験において, 浄化に関与する微生物の活動を停止させるために塩化水銀が用いられるのはこの作用を利用するためである。

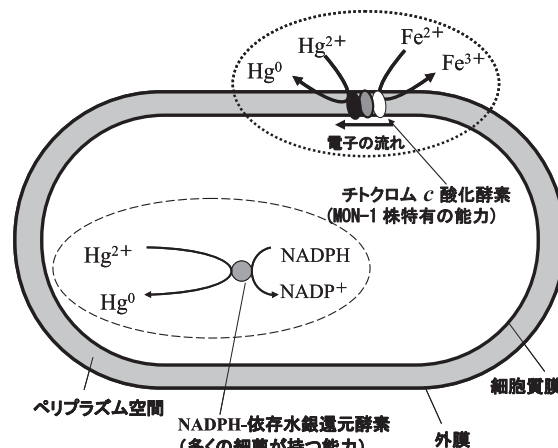
鉄酸化細菌は細胞内の水銀気化機構のほかに, 細胞膜で同様な機構を持っている^{3), 4)}。 Fe^{2+} から Fe^{3+} への酸化で得た電子を細胞膜表面で土壌中の Hg^{2+} に渡して, Hg^{2+} を金属水銀 (以下, Hg^0) に還元する。 Hg^0 は常温で容易に気化して土壌から分離できるので, 土壌を浄化することができる (下式)。



今回の浄化に用いる微生物は鉄酸化細菌の *A. ferrooxidans* MON-1 株で, 日本の温泉地の土壌から採取された SUG 2-2 株⁵⁾ を Hg^{2+} 濃度を増加させた培地で培養し, 単離した水銀耐性菌である。図—1 に SUG2-2 株と MON-1 株との水銀気化活性の比較を示す。1.0 μM の水銀存在下における水銀気化活性では, MON-1 株は SUG 2-2 株の約 2 倍の能力を有して

図—1 *A.ferrooxidans* の水銀還元活性水銀濃度左：1.0 μM 、右：5.0 μM

AP19-3 (●)：水銀感受性株、SUG2-2 (▲)、MON-1 (■)：水銀耐性株



図—2 MON-1 株の水銀還元機構

いるが、さらに高濃度の $5\mu\text{M}$ の濃度では、MON-1 株の水銀還元活性は SUG 2-2 株の約 9 倍の能力を持つことがわかる。一方、水銀耐性の無い鉄酸化細菌 AP19-3 株（水銀感受性株）は、どちらの濃度でも水銀を還元する能力を持っていない。水銀耐性を有する SUG2-2 株と MON-1 株は、塩化水銀、アルキル水銀を還元することが判明している^{6)~10)}。

写真—1 に MON-1 株の電子顕微鏡写真を示す。この菌の至適温度は約 30°C 、至適 pH は 2.5 であり、一般的な鉄酸化細菌と同様な生理的性質を示す。水銀耐性は $40\mu\text{M}$ の濃度まで活性が確認されている。

写真—1 *A.ferrooxidans* MON-1 株

(2) 水銀還元活性

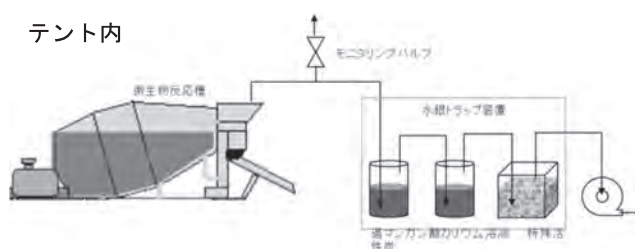
本浄化で用いた微生物の水銀浄化機構は、多くのグラム陰性菌、グラム陽性菌で確認されている NADPH 依存水銀還元酵素ではなく、鉄酸化細菌に特異的な Fe^{2+} 依存型水銀還元酵素で担っている。図—2 に MON-1 株の水銀還元の模式図を示す。図に示すように、鉄の酸化に伴う水銀の還元は、チトクローム *c* 酸化酵素が関わっていることが判明しており¹⁰⁾、細胞膜表面でこの反応が進行することが明らかになってい

る。この菌は、水銀を細胞内に取り込まないため、非常に効率的に水銀を還元処理することが可能である。

鉄酸化細菌以外の微生物において、 Fe(III) 、 Mn(IV) 、 Te(IV) 等の金属イオンや生物にとって有毒な Cr(VI) 、 Hg(II) 、 Pb(II) 、 Co(III) 、 Ag(I) 、 Mo(IV) 等の金属イオンを利用して、同様な機構により還元、無害化されることが知られている。このような金属イオンを還元できる微生物は、自らの成長のエネルギー源として酸化還元反応に伴う電子を利用し、有害金属から自らを守ることができると考えられる。Trurko ら¹¹⁾によると、グラム陰性菌である緑膿菌の呼吸鎖のチトクローム *c* 酸化酵素が亜テルル酸塩 (TeO_3^{2-}) の還元に関与していると報告している。この結果を本技術と照らし合せると、MON-1 株において、チトクローム *c* 酸化酵素が電子の受け渡し先として、酸素の代わりに Hg^{2+} を用いたと考えられ、非常に重要な役割を果たしていることが示唆される。

3. 鉄酸化細菌 (MON-1 株) を用いた実大規模の浄化実証試験

小規模、中規模浄化試験の結果¹²⁾を踏まえ、浄化効果の確認と品質管理手法を検討するため、実大規模で水銀汚染土壌の浄化実証試験を実施した。浄化装置の構成例を図—3 に示す。



図—3 浄化装置構成例

(1) 浄化条件

表一 1 に示す性状の水銀汚染模擬土壌 3 m³ を鋼製タンクに準備し、反応装置（6 m³ 土壌混練用ミキサー）にバックホーを用いて投入した（写真一 2）。

表一 1 水銀汚染模擬土壌の性状

項目		備考
土質	シルト混合砂質土	
粒度	5 mm 以下	
含水率	17.40%	
土壌含有量	30 mg/kg	土壌環境基準の 2.0 倍
土壌溶出量	0.10 mg/L	土壌環境基準の 200 倍



写真一 2 微生物反応浄化装置

浄化試験は以下の 2 条件で実施した。

①鉄塩、菌同時添加における浄化効果の確認

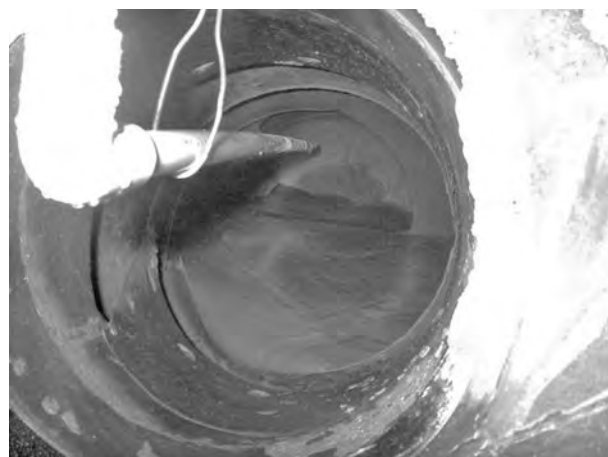
調整した水銀汚染模擬土壌 3 m³ を反応装置に入れ、pH を 3～4 にするために、ミキサーを高速で攪拌しながら適量の濃硫酸と硫酸第一鉄溶液と鉄酸化細菌培養液（蛋白量 0.1 g）を同時に添加・混和した。混和後、低速で攪拌しながら 12 時間反応させた。

②鉄塩のみ添加の場合の浄化効果の確認

硫酸第一鉄のみで、還元される水銀量を把握するために、鉄酸化細菌培養液を添加しない場合の水銀濃度減少量を測定した。

(2) 実証試験方法

反応装置の投入（排出）口に、気化した Hg⁰ が漏れないように蓋をし、混合物をミキサー内の空気と接触するように攪拌し、水銀汚染土壌と MON-1 株を接触させた（写真一 3）。ミキサー内は水銀除去装置の後段に設置されたエアポンプの吸気により、負圧に保たれた。MON-1 によって還元され気化した水銀は、ミキサーの蓋を貫通してミキサー内部まで挿入された



写真一 3 ミキサー内部状況



写真一 4 水銀除去装置

配管を通じ、写真一 4 に示す水銀除去装置へ導き、回収した。

各試験終了後、ミキサー内の土壌はミキサーを逆回転して排出させ、バックホーのバケットで受け止め、鋼製タンクへ戻した。

(3) 汚染拡散防止対策

反応装置は写真一 5 に示すような汚染土壌対策用仮設テント（間口 8 m × 奥行 15 m、高さ 5.5 m）内に設置した。反応装置は負圧に制御され、水銀除去装置へと導かれているが、以下の汚染拡散防止対策を施した。

①仮設テント内部の汚染拡散防止対策

反応装置から出てくる Hg⁰ 蒸気を含む排気は、液体トラップ装置と活性炭処理により Hg⁰ を取り除き、テント内に排出した。テント内は定期的に作業環境モニタリングを実施し、Hg⁰ 濃度が作業環境基準を満足していることを確認した。

②大気に対する汚染拡散防止対策

土壌の搬出入時などの Hg⁰ の拡散防止のために、仮設テント内を換気装置で負圧に保った。仮設テント



写真—5 仮設テント



写真—6 テント内排ガス処理装置

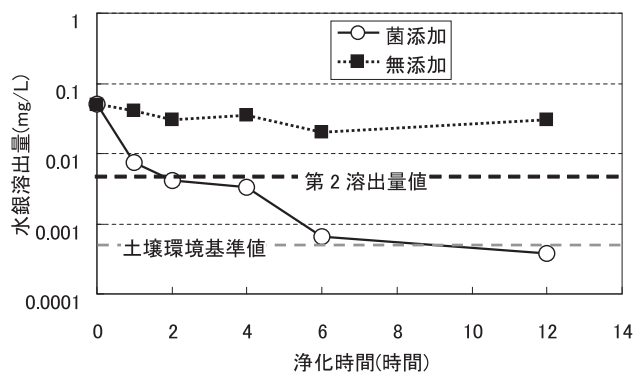
の排気は、集塵装置および水銀用活性炭吸着塔（写真—6）を通して排出し、 Hg^0 蒸気等が周囲に拡散しないように留意し、定期的にモニタリングを実施し漏洩が無いことを確認した。

③試験に伴う土壌・地下水汚染の防止対策

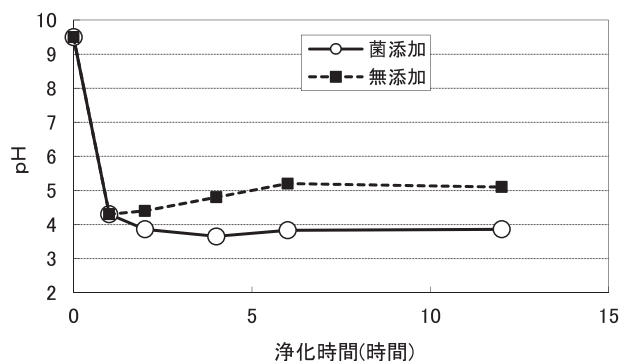
仮設テントは緩衝土の上に土木シートを敷設後、鉄板を敷いて養生し、さらに土木シートを敷設し、汚染土壌の地上および外部への漏洩を防止した。また、重機による土木シートの破損を防ぐために重機の通行箇所ゴムマットを敷いて土木シートを養生した。重機の動くスペースを明確にし、バリケードなどで安全通路を確保した。ミキサー、バックホウ、床面は適宜清掃した。

(4) 実大規模浄化実証試験結果

浄化装置内の土壌を1, 2, 4, 6, 12時間後に採取し、水銀の土壌溶出量を測定した。図—4, 5に無添加と菌添加の条件で試験を行った水銀の土壌溶出量の変化とpHの変化を示す。菌の添加後2時間で、第2溶出基準を満足し、12時間後には、環境基準以下に浄化



図—4 浄化時間と土壌溶出量の変化



図—5 浄化時間と汚染土壌 pH の変化

することができ、菌添加の効果が確認された。また、pHは菌を添加した場合、MON-1株の活動により酸が生成するため、4以下に抑えられていた。土壌含有量は菌添加で5.0 mg/kg、無添加の場合25 mg/kgであり、菌添加により土壌環境基準を満足する結果となった。気化した Hg^0 は、水銀除去装置の前段に設置した過マンガン酸カリウム酸性溶液により100%回収され、後段の水銀捕集用特殊活性炭からは検出されなかった。また、漏洩防止用にテント外部に設置してあるテント内排ガス処理装置の活性炭からも、検出されなかった。その他、テント内外の作業環境モニタリングにおいても、 Hg^0 は検出されなかった。

なお、試験後の浄化が確認された土壌は、セメントを添加して、脱水・中和処理を施し、産廃汚泥として処分した。

(5) トリータビリティ試験

実際の汚染土壌に本工法を適用するためには、トリータビリティ試験を実施し、下記の各項目について事前に確認しておく必要がある。

- ・水銀含有量，溶出量の値：含有量が高く，溶出量が小さい場合，不溶化処理されている場合があるので，本技術が適用できない可能性がある。
- ・菌添加量，酸添加量の把握：実際の水銀汚染サイト

ではアルカリ性の高い土壌が多く存在するので、鉄酸化細菌の活動が可能な pH = 4 以下に下げることがある。硫酸で酸性にすると、鉄酸化細菌の栄養塩として加える硫酸第一鉄に影響を与えないことが確認されているので、硫酸の添加量をトリータビリティ試験で確認する。

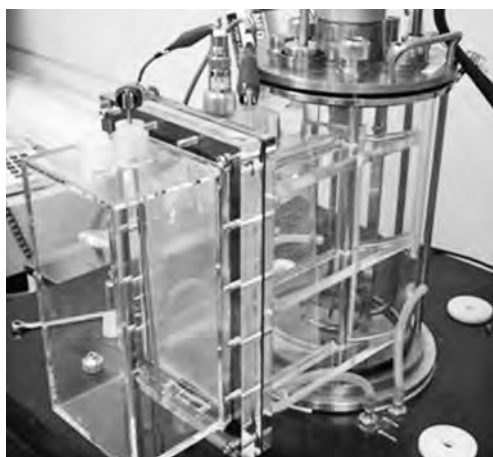
4. おわりに

本浄化実証試験で用いた水銀汚染土壌は pH = 10 程度のアルカリ性の高い土壌を想定した。このような土壌に対しては、10N 硫酸と 10% 硫酸第一鉄を加え、pH = 4.0 に調整し、12 ~ 24 時間低速撹拌で反応させることで鉄酸化細菌による浄化が可能になる。この硫酸と硫酸第一鉄のプロセスには以下の利点がある。

- ・時間を置くことで、難溶性の水銀化合物の溶出を促進させる効果がある。
- ・硫酸第一鉄のみで、溶出した Hg^{2+} を気化させることができる。

鉄酸化細菌による浄化は、MON-1 株を添加し、混和するために強めの撹拌をする。その後 12 ~ 24 時間ゆっくり撹拌する。 Fe^{2+} 濃度が減少した場合は、MON-1 株と硫酸第一鉄を加える。適宜、 Hg^0 をモニタリングして、浄化の確認を行う。

菌体の確保に関しては、写真—7 に示すような電気培養装置による MON-1 株の大量培養が可能になり、通常の液体培養に比べ 100 倍以上の菌体量が得られるようになった。さらに、冷蔵保存が可能で、6 ヶ月以上にわたり水銀気化活性が低下しないことが確認されている。



写真—7 電気培養装置

本浄化実証試験に用いた鉄酸化細菌は、人畜無害であることが OECD の報告書¹³⁾でも認められており、環境省のバイオレメディエーション指針¹⁴⁾にも適合すると考えられる。

今後は、菌の水銀浄化に関与している酵素を分離・精製し製剤化することで、土壌に混合しやすい浄化工法を開発するとともに、土壌洗浄などの技術と組み合わせシステム化することで、複合汚染へ対応できるようにしていきたい。また、水俣条約発効に向けて、気化した水銀の回収方法も検討しており、水銀のリサイクルにも取り組んでいきたい。

謝 辞

本技術は、安藤ハザマと菌の浄化機構を解明した杉尾剛岡山大学名誉教授、竹内文章岡山大学環境管理センター教授と共に特許を取得（第 4578597 号）している。ここに誌面を借りて深く謝辞を申し上げる。

JCMA

《参考文献》

- 1) J. B. Robinson, and O. H. Tuovinen, Microbiol. Rev., 48 pp.95-124, 1984.
- 2) A. Velasco, P. Acebo and F. Flores, Extremophiles, 3, pp.35-43, 1999.
- 3) K. Iwahori, F. Takeuchi, K. Kamimura and T. Sugio, Appl. Environ. Microbiol., 66, pp.3823-3827, 2000.
- 4) T. Sugio, et. al., J. Biosci. Bioeng., 92, pp.44-49, 2001.
- 5) T. Sugio, H. Kuwano, A. Negishi, et. al., Biosci. Biotechnol. Biochem., 65, pp.555-562, 2001.
- 6) F. Takeuchi, et. al., Biosci. Biotechnol. Biochem., 65, pp.1981-1986, 2001.
- 7) T. Sugio, T. Tano and K. Imai, Agric. Biol. Chem., 45, pp.2037-2051, 1981.
- 8) K. Imai, T. Sugio, T. Tsuchida and T. Tano, Agric. Biol. Chem., 39, pp.1349-1354, 1975.
- 9) K. Y. Ng, et. al., Biosci. Biotechnol. Biochem., 61, pp.1523-1526, 1997.
- 10) A. Negishi, et. al., IBS2003 symposium in Athens, pp.449-455, 2003.
- 11) S.M.Trutko, et. al., Arch. Microbiol., 173, pp.178-186, 2000.
- 12) 根岸、守谷、竹内、杉尾、水銀汚染土壌の微生物による浄化工法の実証試験、土木建設技術発表会 2009, pp.271-278, 土木学会 建設技術研究委員会, 2009 年 11 月
- 13) Consensus documentat on information used in the assessment of environment application involving Acidithiobacillus, ENV/JM/MONO (2006) 3, OECD, 2006.
- 14) 経済産業省製造産業局生物化学産業課 環境省水・大気環境局総務課 環境管理技術室「微生物によるバイオレメディエーション利用指針の解説」平成 17 年 7 月（平成 24 年 3 月一部改訂）

【筆者紹介】

根岸 敦規（ねぎし あつり）
安藤ハザマ 技術本部
技術研究所 先端・環境研究部
主任研究員（農博）



礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した 小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例

須 江 ま ゆ・中 原 正 大・村 瀬 邦 彦

閉鎖性水域は河川、湖沼、海域に大分され、水利的条件として水の滞留時間が長くなるため、富栄養化などの水質汚濁が発生しやすいといわれている。平成26年度の調査では閉鎖性水域全体の環境基準達成率77.3%と比較して、閉鎖性湖沼は55.1%と低いのが現状である¹⁾。さらに、調査が実施されている指定湖沼から除外されている小規模な湖沼については対策が講じられていない場合も多く、水質改善に向けた取り組みが必要である。静岡県護国神社にある神池は典型的な小規模閉鎖性湖沼と同様、富栄養化現象が進行している。また、景観上の課題も確認されたため、試験的に水質改善の対策を実施した。具体的な対策として①礫間接触酸化槽による流入水の水質改善対策、②湖沼内部に植生浮島を設置することで直接浄化を行った。その後、効果の確認のため、約3年間の（設備設置前の調査期間を含め）水質調査と生物調査を行った。本報告は、良好な結果が得られたので、これら水質改善対策の効果について紹介するものである。

キーワード：水質浄化、閉鎖性水域

1. はじめに

閉鎖性水域とは、地理的条件により水の出入りが滞りやすい海域や湖沼を指す。特に閉鎖性湖沼は、水利的条件として水の滞留時間が長くなるため、富栄養化などの水質汚濁が発生しやすい。また、発生した汚濁物質は蓄積しやすく、一旦汚濁が進行するとその浄化が困難となる特徴がある。富栄養化が進行すると、アオコの大量発生による景観の阻害や悪臭等が発生するリスクが高くなる。このような水域の水質を浄化すべく湖沼水質保全特別措置法に基づき、水質保全が緊要な11の湖沼が指定されている。指定湖沼については、COD、窒素、りん削減のために工場からの排水規制、下水道、浄化槽等の生活排水処理施設の整備、浚渫事業等直接浄化等の施策の推進が図られ水質の改善が進められている²⁾。

しかし、前記のように対策が講じられているのは大規模な閉鎖性湖沼が中心である。日本には人工的に作られた湖沼を含めて短径が100m以上のものは約11,600湖沼あるといわれている。かつての環境庁が1984年に行った全国的な調査によると、湛水面積が0.1km²以上で、流域面積が1km²以上の湖沼の総数は1,120湖沼である。逆に、それより小さな湖沼が9割以上を占めているとされ³⁾、全国には10,000個以上の小規模湖沼があるといえる。このような小規模な湖

沼については対策が講じられていない場合も多く、水質改善が進んでいないのが現状である。

そこで、静岡県護国神社にある神池を対象に水質調査を行い、水質の改善を目的に礫間接触酸化槽と植生浮島を設置した。本報では約3年間で実施した調査を中心に適用事例を報告する。

2. 設置前調査

(1) 調査地点及び測定分析項目

静岡県護国神社の境内にある神池は、面積が約3,000m²、最大水深が約1.5m、水量約2,000m³の池である（写真—1）。主な流入水は雨水だが、ヒアリング調査



写真—1 静岡県護国神社内の神池全景

より、少量の生活排水が流れ込んでいる可能性が懸念された。この神池を対象に2012年5月から8月にかけて、月1回の頻度で4回、池の8地点(図-1)を調査地点として設定し、水質調査を行った。雨天時の状況も確認を行うことを目的に、降雨時においても調査を実施した。

池の形状は図-1に示す通りで、調査地点1と調査地点7の2か所が神池への流入部であり、調査地点8が流出部である。調査時の測定分析項目は全窒素、全りん、COD-Mn(以下、CODと記載)、透視度、SS、pH、EC、DOとした。試験法はJIS-K-0102に則って行った。



図-1 神池の形状と調査地点

(2) 設置前調査の結果と考察

神池への流入部(調査地点1)と池内部の滞留部(調査地点4)における全窒素と全りんの測定結果を図-2と図-3に示す。調査地点1は神池の主な流入部分であり、調査地点4は神池の形状(図-1)からもわかる通り淀んでいる部分である。このため、この2地点の水質データを中心に、水質浄化対策結果についてまとめることとする。

図-2、3より調査地点1、2とも全窒素、全りんは富栄養化の下限の目安値⁴⁾を超過する結果となった。さらに、調査地点1の流入部で分析値が高くなっていることから、流入負荷が高く、池内部にて植物プランクトン等の影響によりそれらが消費されている傾向がうかがえた。CODでも同様の傾向を示したことから、湖沼内である一定程度の自然浄化作用が働いているものの、流入負荷がその能力を超えていることが示唆された。

神池は環境省が定める湖沼の定義である、「天然湖

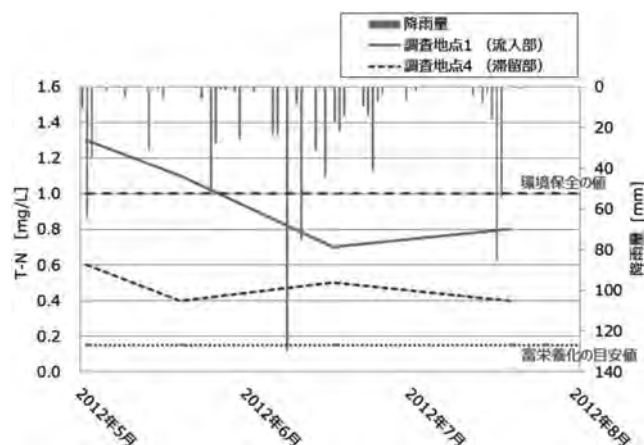


図-2 事前水質調査 全窒素の結果

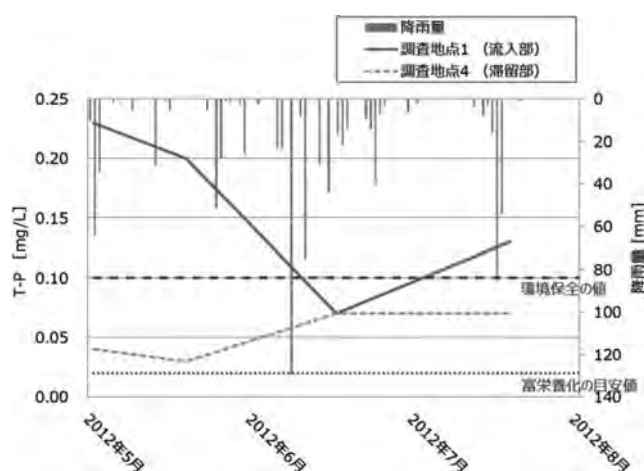
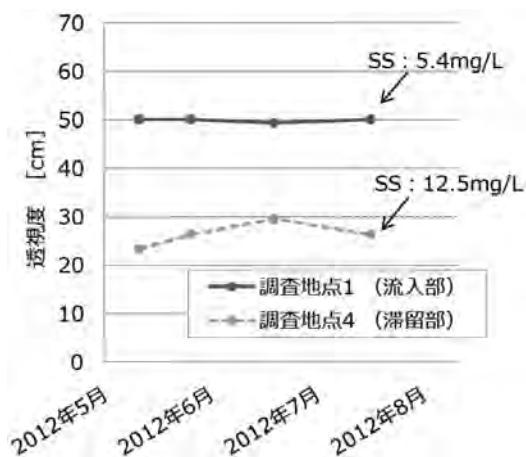


図-3 事前水質調査 全りんの結果

沼及び貯水量が1,000万 m^3 以上であり、かつ水の滞留時間が4日間以上である人工湖」という定義の中で貯水量の項目を満たしていないが、参考として最も水質が悪い湖沼V類型と比較した。湖沼V類型とは利用目的の適用性において「環境保全」の区分であり、これは国民の沿岸の散歩等を含む日常生活において不快感を生じない限度とされている。この湖沼V類型では全窒素を1 mg/L 以下、全りんを0.1 mg/L 以下と定めており、調査値と比較した結果、この基準値を超過した調査日もあった。ヒアリングの結果からも、臭気が気になることがあるといった声もあったため、池周辺の散策や憩いの場としての利用に対しても課題があることが確認された。

なお、調査日のうち後半の2日間は降雨中に調査を行った。特に2012年7月3日の調査日は時間最大14 mm 、1日の合計が44 mm の降雨であったため、流入水が雨水で希釈され分析値が低下したものと考えられる。

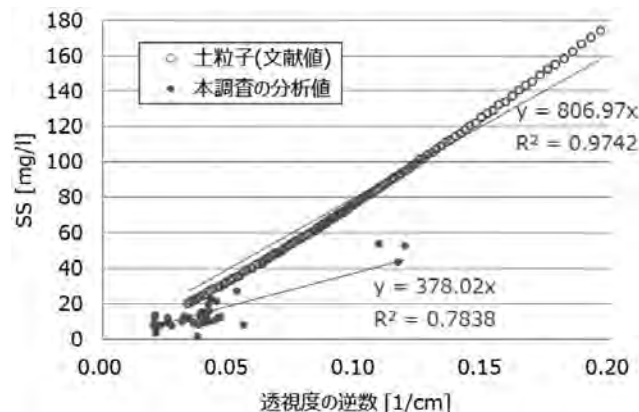
次に、流入部(調査地点1)と滞留部(調査地点4)における透視度の調査結果を図-4に示す。



図一4 事前水質調査 透視度の結果

なお、透視度計は水深 50 cm のサイズを使用したため、上限が 50 cm の調査日はそれ以上の透視度であったことを示している。また、SS の分析を行った 1 日分のデータも合わせて記載した。その結果、透視度は、流入部より滞留部の方が低い値となっており、SS の値は滞留部で高く、滞留部の方が汚濁している状況が確認された。この値は、環境省が定める湖沼の SS 基準値では、湖沼 B 類型 (SS 値: 5 mg/L ~ 15 mg/L) に相当する。さらに、図一5に SS と透視度の関係を示した。一般的な土粒子による SS と透視度の関係を文献値とし⁵⁾、神池の池内部での水質調査における分析値と比較した。その結果、同じ透視度でも、土粒子のケースの場合に比べ、本調査の方が SS 量が低い値であった。理由は神池の水には土粒子よりも比重が軽い藍藻類由来のクロロフィル等の有機物が多く含まれているためであると考えられる。

これらの設置前調査の結果を総合的に勘案すると、流入水は透視度が高いが全窒素や全りんの高い特性があることが示唆された。これは溶解性の栄養塩類が多く流入しているためであると考えられる。そこで、流入水の流入負荷の低減をするために、全窒素、



図一5 SS と透視度の関係

全りんの値を低下させる以下の対策を施す必要があると判断した。

- ① 礫材 (カキ殻) による水中からのりん除去
- ② 水質浄化植物による窒素、りんの吸収
- ③ 微生物による有機物分解の促進

一方、池内部では、藍藻類等の植物プランクトンの増殖により透視度が低下していることが示唆された。また、全窒素、全りんは流入地点より減少する傾向があるものの、富栄養化状態となっていることから、以下の効果を期待して植生浮島を設置することとした。

- ① 水質浄化植物による窒素、りんの吸収
- ② 礫材 (カキ殻) による水中からのりん除去
- ③ 動物性プランクトン、底生生物の生息場所の創出
- ④ 遮光による藍藻類等の発生抑制
- ⑤ バイオモールによる SS の捕捉

3. 水質浄化設備の設置

(1) 対策の目的

2. で実施した調査結果に基づき、図一6に示す箇所にて表一1に示す対策を実施した。水質浄化設備の概要については後述する。

(2) 流入部の対策 (礫間接触酸化槽)

(a) 構造と設置場所

流入部は流入水から窒素、りん等を減らすことを目的に、礫間接触酸化と植生浄化を組合せた礫間接触酸化槽を設置した。設備の設置期間は 2012 年 8 月から 2015 年 3 月までの 2 年 7 ヶ月間であった。

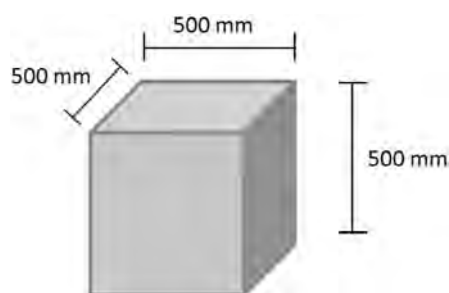
礫間接触酸化槽は、図一7に示した寸法のステンレス製の籠に、洗浄し 20 ~ 30 mm 程度に破碎したカキ



図一6 設置場所

表一 1 設備と設置の目的

対策部分	設備	目的
流入部	礫間接触酸化 ・ 植生槽	・ 礫材（カキ殻）による水中からのりの除去
		・ 植物による窒素の吸収
		・ 微生物による有機物分解の促進
滞留部	植生浮島	・ 植物による窒素，りの吸収
		・ 礫材（カキ殻）による水中からのりの除去
		・ バイオモールや浮島基盤構造により，藻類等の植物プランクトンを捕食する動物プランクトン，底生生物の生育環境を創出
		・ 浮島で日光を遮蔽することによる藻類等の植物プランクトンの発生抑制
		・ バイオモールによる SS の捕捉



図一 7 籠の寸法



写真一 2 カキ殻充填状況



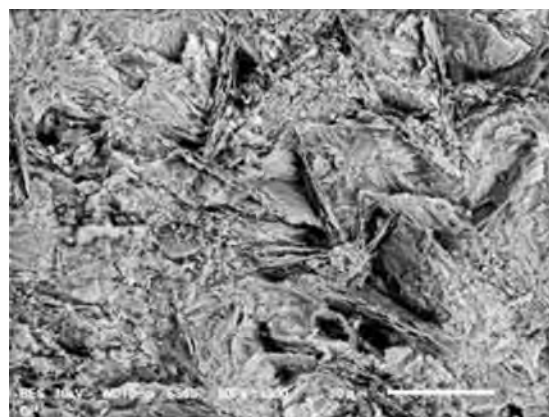
写真一 3 礫間接触酸化槽の設置状況

殻を，流出防止用の網に入れて充填した（写真一 2）。この籠を 16 個，2 列で連結し図一 6 に示す流入部に設置した。このうちの 6 個の籠には，*Cyperus alternifolius* L.（以下，シュロガヤツリと記す）を定植した（写真一 3）。また，豪雨等で流入量が劇的に増加する場合を考慮し，流入量が多くなる際は槽上部が水が流れることが可能な高さにすると共に，魚道を設置した。

(b) カキ殻

本槽の接触材には，カキ殻を使用した。一般的にカキ殻は産業廃棄物として取り扱われるが，水質浄化資材として効果が高いと期待されている材料である。特にりに対しての水質改善効果が高いと報告されている⁶⁾。

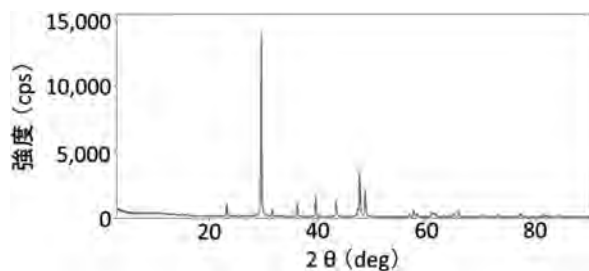
まず，使用したカキ殻の性質を確認するため SEM による表面観察，強熱減量による有機物含有量の把握，X 線回折による鉱物の同定，蛍光 X 線分析による元素分析を行った。走査型電子顕微鏡（以下，SEM と記載）「JSM-6010PLUS/LA」（日本電子製）によるカキ殻の表面観察の写真を写真一 4 に示す。カキ殻の外表面は SEM 写真から薄片状の隔壁がカードハウス構造になっており，毛管現象による吸水性が高いことが推察される。



写真一 4 SEM によるカキ殻表面の観察写真

さらに，X 線回折装置「MiniFlex」（リガク製）を使用し X 線回折による鉱物同定を行った結果，そのピークのパターン（図一 8）から方解石が主であることが確認された。方解石は炭酸カルシウムの結晶である。

さらに，カキ殻を強熱減量にエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置「EDX-8000」（島津製作所製）で分析した結果を表一 2 に示す。約 98.3% が CaO であった。約 0.8% 含まれている SiO₂ はカキ殻表面の凹凸に付着した土粒子に由来するものと判断した。強熱減量を測定し有機物量を算出した結果，有機物は約 4.9% であっ



図—8 カキ殻のX線回折ピークのパターン

表—2 カキ殻の元素組成

(単位: mass%)

物質名	分析値
CaO	98.296
SiO ₂	0.781
SrO	0.249
Fe ₂ O ₃	0.214
K ₂ O	0.084
SO ₃	0.052
ZnO	0.017

た。礫間接触酸化槽にカキ殻を使用することは有機物を含まない礫剤を使用した場合と比較して、水質改善に寄与する細菌が生育しやすいと考えられる⁷⁾。カキ殻を接触材として利用することは、水質浄化に寄与する微生物の活性化に寄与するものと考えられる。

(c) 礫間接触酸化槽の植生部

接触酸化槽にシュロガヤツリを植生する植生部を設けた。シュロガヤツリは窒素吸収能力が極めて高く、水質浄化用の植物として有用であることが報告されている⁸⁾。図—7に示したステンレス製の籠6つにカキ殻を充填し、その上に籠1個につきシュロガヤツリの苗を30箇所定植した。平成26年に環境省から示された「自然浄化対策について」によると、植生を用いた自然浄化対策を行う場合、植生の刈り取りや植生の枯死体等の堆積物除去などを定期的に行い、底泥嫌気化の低減に配慮する必要があるとされている⁹⁾。そのため、年一回の頻度で定植した植物の刈取り、枯死した植物の植替えを行うこととした。また、窒素吸収量の把握のため、植物体の地上部(茎と葉)の窒素含有量を分析した。分析方法は硫酸分解法により分解し、比色定量した。

(3) 池内部の対策(植生浮島)

(a) 構造と設置場所

前記のとおり、池内部の滞留部は流入部より全窒素が低いが、富栄養化の目安よりも全窒素の値が高く、濁りがある状況であった。そのため、窒素の除去を目



写真—5 浮島植生の設置状況

的として、浮島状の浮体にシュロガヤツリを主とする植生を定植した植生浮島を設置した(写真—5)。

植生浮島の特徴と模式図は図—9に示す通りである。植生については、シュロガヤツリの他にりんの吸収のために花の咲く植物を定植した。また、浮島部分は遮光による藻類や植物プランクトンの発生抑制とともに、浮島基盤内に充填したカキ殻による水中からのりんの除去効果もねらった。さらに、基盤を多孔質構造にすることで藻類等の植物プランクトンや動物プラ



図—9 植生浮島の特徴と模式図

ンクトンを捕食する生物の棲みかを創出した。浮島下部にはポリ塩化ビニリデン製の水質浄化モジュールを設置し、動物プランクトンの棲みかの創出やSS除去効果も持たせた。

構造は、小ユニットの一边を400mmの正六角形とし、このユニットを7つ結合した大ユニットを2つ連結して浮かべた。浮島の基盤材は耐候性に優れ、透水性が高い立体状網目状のポリプロピレン製の材料を使用し、浮体には安全性が高い材料を選定した。

設置期間は2012年8月から2014年3月までの2年7か月とした。また、参拝客の方々が数多く訪れる境内にある池のため、景観を考慮しミソハギ等の湿性植物も導入した。ミソハギは、夏から秋にかけて桃色の花が咲き、開花期も長いので景観の向上に寄与できると考えた。また、花が咲く植物は咲かない植物と比較してりんが多く吸収されることも考慮した。このように、空隙が適度に空いた材料や、花が咲く植物を定植することにより、生物の採餌場や生息場所としての役割も目論んだ。

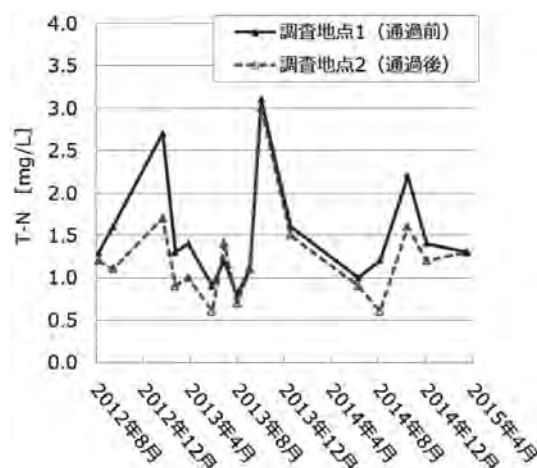
なお、礫間接触酸化槽の植生部に定植したシュロガヤツリ同様、年1回10月から11月にかけて刈取りを行うと共に、枯死した植物の撤去や植替えを実施した。

4. 設置後の水質調査結果と考察

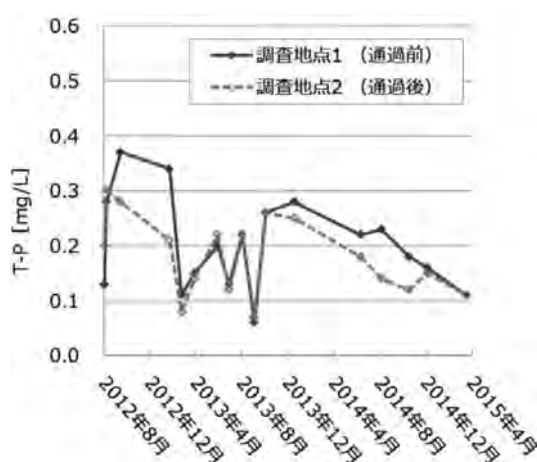
(1) 水質

礫間接触酸化槽の通過前(調査地点1)、同通過後(調査地点2)の水質分析結果を示す。図一10は全窒素、図一11は全りん、図一12はCODである。それぞれの値について、通過前と通過後の値を比較すると、通過後で値が低下している時期が多く、設備設置が水質改善に寄与していることが示唆される結果となった。ただ、富栄養化の目安値を満足することはできなかった。流入水については、前記した設置前調査の結果と比較すると全窒素、全りん、CODすべての項目で分析値が高い傾向がみられた。全窒素とCODの値については特に秋季の値が高かった。

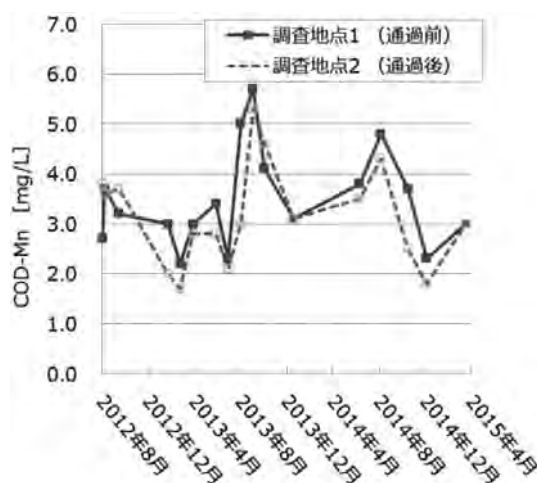
池内部の滞留部の全窒素の値を分析した結果、浮島の有無による明確な水質改善効果は確認できなかった。全りん、CODの結果についても同様の傾向であった。これは、池の面積に対し植生浮島の面積が小さかったためと考えられる。しかし、シュロガヤツリやミソハギなどが旺盛に繁茂し、植生浮島は窒素の吸収に寄与していたことが示唆される。このことから、シュロガヤツリがどの程度窒素を吸収していたかを調べた。



図一10 全窒素の分析結果



図一11 全りんの分析結果



図一12 CODの分析結果

(2) シュロガヤツリ

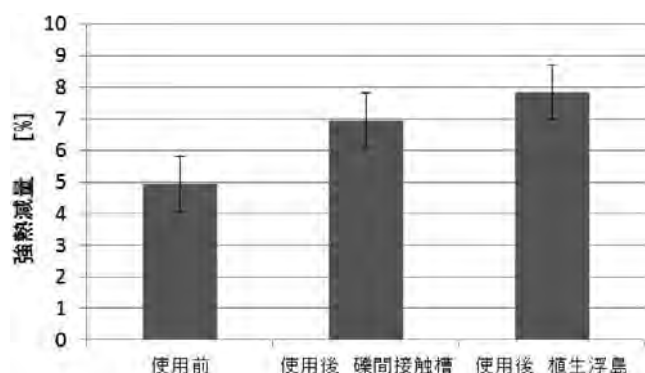
前記した通り、池内部の滞留部における水質調査の結果では、明確な水質改善効果は確認できなかった。しかし、シュロガヤツリの植物体は旺盛に繁殖確認されたため、2013年に生育したシュロガヤツリの植物

体について窒素含有量を分析した。採取した植物体は秤量後粉碎して含有窒素成分を測定した。植物体の分解は硫酸分解法により行い、比色定量した。その結果、 1 m^2 当りの平均収量（新鮮重量）は約 27.1 kg 、水分量は 82.3% であったため、乾燥重量は約 4.8 kg であった。乾物当りの窒素濃度は 1.39% であったため、 1 m^2 当りの窒素含有量は 66.7 g であった。この結果より、流入部の礫間接触酸化槽のシュロガヤツリの定植では1作当り約 100.0 g の窒素吸収がなされたと推察される。また、池内部の植生浮島では約 186.8 g の窒素吸収がなされたと推察される。

この分析値から、池内部の水質の改善に寄与するため必要なシュロガヤツリの定植面積を算出した。池全体の全窒素量を富栄養化の目安値である 0.15 mg/L 程度に低下させるために必要な浮島植生は、本取組みで設置した設備の約6倍である。この設置面積は、一般的な植生浮島による水質浄化と比較して浮島の設置面積が小さく優位性があると考えられる。

(3) カキ殻とバイオモール

使用前のカキ殻と2年7ヶ月後のカキ殻の強熱減量法により有機物量を算出し、その比較を行った（図—13）。その結果、使用前の状態と比較して約3年が経過した後のカキ殻の有機物の量の方が多く、カキ殻の表面に有機物が付着していることが確認できた。これにより、カキ殻表面にバイオフィームが形成され水質改善に寄与していたことが示唆される。また、礫間接触酸化槽と植生浮島、それぞれから採取したカキ殻の有機物量を比較したところ、植生浮島のカキ殻の方が有機物量が多い傾向がみられた。



図—13 カキ殻の強熱減量

5. 生物調査

年間4回の定期的な生物調査の結果、写真—6に示す通り、植生浮島には水中の基盤材の隙間や底部に



写真—6 確認された生物

設置したバイオモールに多くのスジエビを確認した。また、植生部にコシアキトンボの羽化殻と成虫を確認した。浮島植生上に定植した植物の開花時期にはクロアゲハやマエキノメイガが吸蜜する様子を観察した。

さらに、鳥類の飛来が確認され、植生浮島のミソハギにカワセミが羽を休める様子や、カルガモが浮島の基盤部分の淵で羽を乾かす様子を観察することができた。この結果より、水生生物や昆虫の生息場所や、鳥類の休息場を創出する役割を果たしていたと考えられる。

6. おわりに

礫間接触酸化槽の設置により、栄養塩の流入負荷を低減させる効果を確認した。植生浮島については、窒素やりんごの低減に対し定量的な効果が確認され、池の面積に対して設置面積を6倍程度に増加させることで水質浄化に直接寄与するものと推測できる。これは、一般的な植生浮島による水質浄化設備と比較して省スペース化が期待でき優位性を確認した。

また、生物調査の結果から植生浮島は水生生物の生息場として機能していることが確認された。富栄養化の一因は藍藻類等の植物プランクトンである。これらを捕食する動物プランクトンをエサとするスジエビなどの生物の生息場を創出していることは、水質浄化の観点からも効果的であると考えられる。

これらの直接的な水質浄化効果と共に、神池周辺の遊歩道を利用する方への癒しや、地域の子どもたちを対象としたエコ教育の一旦を担うなどの効果も確認された。このことから、地域活性化に寄与できることも考えられる。植生による水質浄化設備の導入は、景観創造、植生基盤や植生部に依存する生物の多様化、環境教育等の側面からも意義が期待される。

謝 辞

最後に、本論文を執筆するにあたりご協力いただいた静岡県護国神社の芦原久雄氏、静岡市公園整備課の諸氏に深く感謝申し上げます。



《参考文献》

- 1) 平成 26 年度公共用水域水質測定結果 環境省
- 2) 逐条解説 湖沼水質保全特別措置法平成 19 年 9 月 環境省
- 3) 環境庁水質保全局監修, 水質法令研究会編 (1986) 湖沼の水質保全, 地球社
- 4) 田淵俊雄編 (1986): 水質入門, 農業土木学会, pp.139-152.
- 5) 沖縄県保健医療部衛生環境研究所 HP: 透視度と SS の関係「透視度から SS の換算」
- 6) 佐々木長市ら (1999): 農業土木学会, NO.200, pp.69-77.
- 7) 相澤 カキ殻を利用したの河川水質浄化効果_岩手大学
- 8) 宮崎彰ら (1999): 日本作物学会, NO.68 (4), pp.570-57.
- 9) 自然浄化対策について 生態系機能を活用した“健やかな湖沼水環境”の実現を目指して環境省 水・大気環境

【筆者紹介】

須江 まゆ (すえ まゆ)
前田建設工業(株)
技術研究所
主任研究員



中原 正大 (なかはら まさひろ)
前田建設工業(株)
中部支店 管理部 事務グループ
グループ長



村瀬 邦彦 (むらせ くにひこ)
前田建設工業(株)
東北支店 新鍬台トンネル作業所
作業所長



特集>>> 都市環境、都市基盤整備、自然再生等

集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策

樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用 「セキスイ アクアロード」の開発

町 田 誠

集中豪雨時の道路冠水対策、地中への雨水浸透による河川氾濫対策を目的に道路直下へ適用可能な樹脂製雨水貯留浸透槽「アクアロード」（以下「本製品」という）を開発した。道路構造物として必要な強度と耐久性について、実構造物での走行試験と樹脂部材の促進耐久性試験を行い、道路下に設置できる長期的に安定した構造部材であることが確認できた。近年のゲリラ豪雨による道路冠水箇所において、この直下に貯留浸透槽を設置して雨水を処理する事で、安全な交通が確保されることが期待される。

キーワード：集中豪雨、道路冠水、雨水貯留浸透施設、樹脂製構造部材

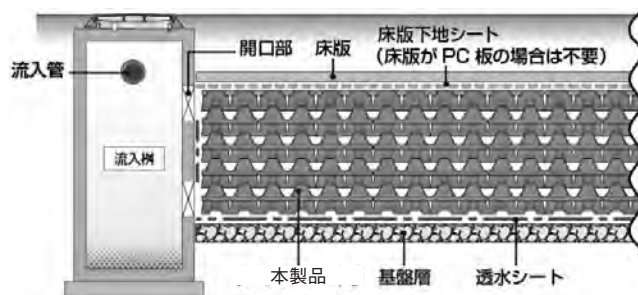
1. はじめに

近年、全国的に“ゲリラ豪雨”と呼ばれる集中豪雨が、道路冠水・家屋浸水等の被害をもたらしている¹⁾。対策として、大型調節池などの建設²⁾が進められているが、市街地では建設に必要な用地確保が容易でない状況にある。こうした背景を受け、集中豪雨による道路冠水被害を抑制する目的で、道路下に適用可能な樹脂製雨水貯留浸透槽本製品を開発した。

本製品は、耐久性のある樹脂部材（ポリプロピレン）を積層（写真—1）することで、雨水貯留浸透槽（図—1）が構築できる。樹脂部材は1枚7.3kgと軽量であるため、人力での運搬・施工が可能である。

部材の積層により構造体体積を33%に低減できる（図—2）ため、施工現場への輸送効率が高く、また現場での仮置きスペースも削減できる。

本報告は、本製品が、道路構造物として必要な性能



図—1 雨水貯留浸透槽



図—2 運搬時の積層状態



写真—1 本製品

を有することを確認した「実構造物での走行試験」と、50年の耐久性を有する樹脂部材であることを確認した「長期耐久性の評価」、並びに施工例について報告する。

2. 実構造物での走行試験

実構造物に舗装走行試験用荷重車を走行させた後、舗装構造に過大な変状がなく、道路としての十分な性能を有していることを確認した。

(1) 走行試験条件

走行試験の概要を図—3、試験条件を表—1、路面調査位置を図—4に示す。舗装設計は、本製品の設計 CBR は 8% と想定し、舗装計画交通量を 250 以上 1,000 未満 台/日・方向（交通量区分 N₅）として、舗装構成を決定した。

(2) 走行試験方法

荷重車を 10 万輪走行後、20 万輪走行させた後に舗装構造への影響を確認した。試験方法を以下 a)～c) に示す。舗装路面の調査は、舗装調査・試験法便覧³⁾ に準じて行った。

- 横断凹凸量測定：S030 舗装面のわだち掘れ量測定方法（横断プロフィルメータによる方法）³⁾
縦断凹凸量測定：S028 舗装面の平坦性測定方法（3 m プロフィルメータによる方法）³⁾
- ひび割れ測定：S029 舗装路面のひび割れ測定方法（スケッチによる方法）³⁾
- たわみ量測定：S047 フォーリングウェイトデフレクト（FWD）によるたわみ量測定方法³⁾

(3) 試験結果および考察

(a) 縦横断凹凸量

測定結果を表—2に示す。本製品埋設工区のわだち掘れ量と平坦性は、道路維持修繕要綱⁴⁾の「路面の補修要否判断の目標値」で交通量の多い一般道路で維持補修要否判断の目標値をクリアした。

本製品埋設工区のわだち掘れ量が大きい原因は、本工区の舗装構成を設計 CBR を 8% と想定して試験を実施したためと考えられる。

(b) ひび割れ

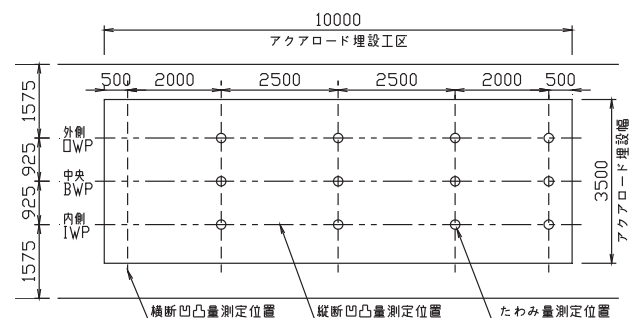
本製品埋設工区および比較工区共に、20 万輪走行後において、路面のひび割れ発生はなかった。

(c) たわみ量

路面のたわみ量測定を行い、「たわみ量からの推定（式—1）」、「逆解析した弾性係数からの推定（式—2）」を用いて推定 CBR を求めた。路床の推定 CBR を表—3に示す。

表—1 試験条件

項 目	試験条件
試験場所	独立行政法人土木研究所 舗装走行実験場中ループ（L = 628 m） 30 m 区間
試験体	試験体形状：3500 × 10,000 mm 積層段数：10 段積（1,193 mm） 覆土：600 mm
走行車	車両重量：324.3 kN （舗装走行試験用荷重車）
走行輪数	20 万輪（49 kN 換算輪数）



図—4 路面調査位置

表—2 縦横断凹凸量測定結果

工区	横断凹凸量(わだち)		縦断凹凸量(平坦性)	
	内側 (IWP)	外側 (OWP)	内側 (IWP)	外側 (OWP)
一般施工区：比較工区	7.2 mm	9.8 mm	2.71 mm	2.79 mm
本製品埋設工区	13.0 mm	12.2 mm	2.64 mm	3.28 mm
維持補修判断の目標値	30 mm		4 mm	

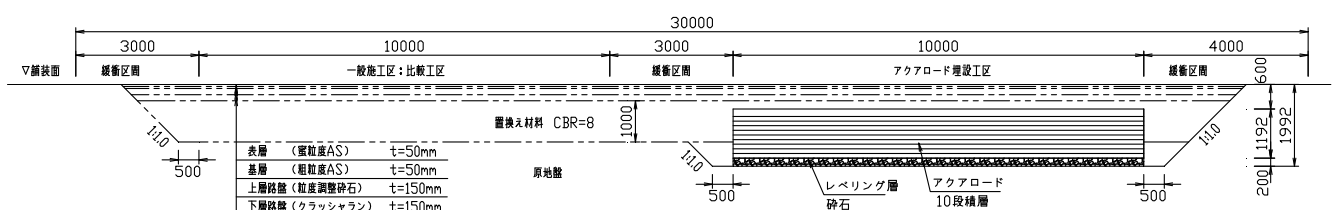
$$CBR = 1,000/D_{150} \dots\dots\dots (式—1)$$

D_{150} ：载荷中心から 150 cm のたわみ量（ μm ）

$$CBR = E/10 \dots\dots\dots (式—2)$$

E ：弾性係数（MPa）

推定結果は、路床の設計 CBR8% に対して、用いた 2 つの方法ともに推定 CBR が、比較工区は 8% 以上、本製品埋設工区は 3% 以上であった。



図—3 実構造物での走行試験の概要（縦断面図）

表—3 路床の推定 CBR

推定方法		推定式			弾性係数逆解析		
走行輪数 (万輪)		0	10	20	0	10	20
一般施工区	内側 (IWP)	10	10	10	9	8	8
	中央 (BWP)	10	11	11	9	9	9
	外側 (OWP)	10	10	11	9	8	8
本製品工区	内側 (IWP)	4	4	4	5	4	5
	中央 (BWP)	3	3	3	3	3	5
	外側 (OWP)	3	3	4	4	4	4

3. 長期耐久性の評価

本製品の素材に対する引張クリープ試験の温度促進試験を行い、50年使用における第3次クリープが発生しない応力を確認した。続いて本製品に作用する鉛直荷重により生じる部材応力度を確認し、第3次クリープ発生応力以下であり50年使用後も部材破断しないことを確認した。

(1) 引張クリープ試験条件

引張クリープ試験条件を表—4に示す。

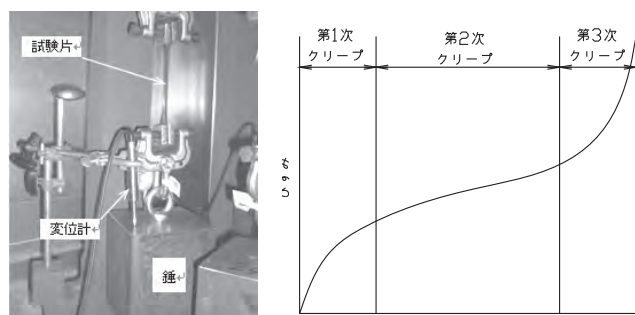
表—4 引張クリープ試験条件

項 目	試験条件
試験片	長さ175 mm, 幅10 mm, 厚さ3 mm (JIS K 7113)
負 荷	定荷重: ① 8 MPa (29%), ② 7 MPa (25%) ③ 6 MPa (22%), ④ 5 MPa (18%)
温 度	定温度: ① 70℃, ② 60℃, ③ 50℃
測定期間	第3次クリープが開始するまで

(2) 引張クリープ試験方法

試験装置の概要を写真—2に示す。

プラスチックのクリープ変形は、第3次クリープの発生により急激にひずみ量が増すことが知られている。各温度のひずみ量測定結果より、第2次クリープのひずみ速度 ($d\varepsilon/dt$) を求め、本製品の適用環境温



写真—2 引張クリープ試験

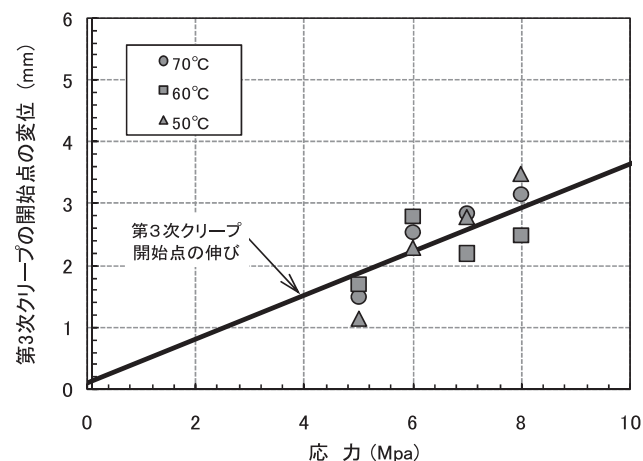
度30℃における50年後のひずみ量を予測した。

(3) 引張クリープ試験結果と考察

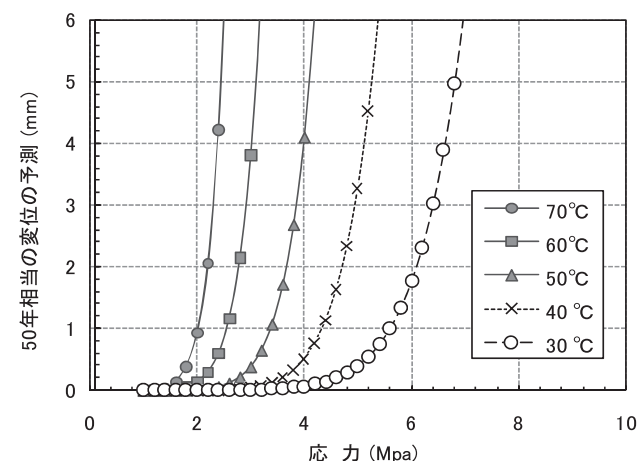
(a) ひずみ量予測

第3次クリープが開始するひずみ量と応力の関係を図—5に示す。また、ここで得られたクリープひずみ速度特性を下記Norton則より算定し、各応力における50年後のひずみを算出した。結果を図—6に示す。

$$d\varepsilon/dt = A\sigma^n \quad \text{クリープひずみ速度 (mm/t)}$$



図—5 ひずみ量測定結果



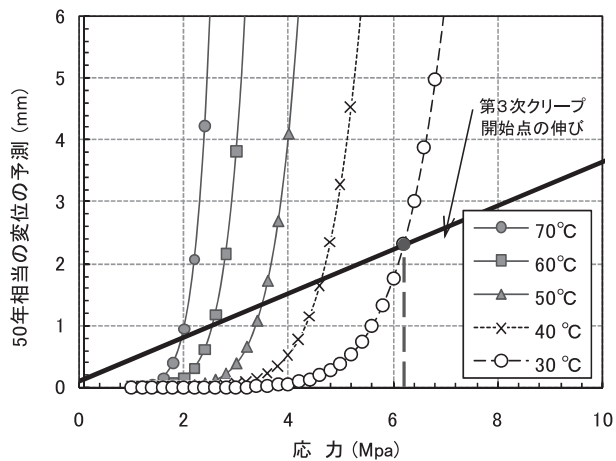
図—6 各応力における50年後のひずみ

(b) 第3次クリープ発生応力

確認結果を図—7に示す。本製品の適用温度である30℃における50年後の第3次クリープ発生応力は、6.2 MPaであることが確認できた。

(4) 構造体の部材応力確認試験条件

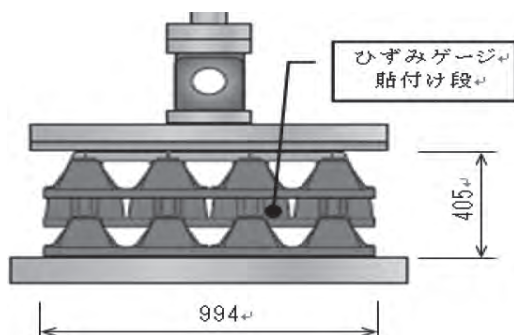
本製品の部材応力を鉛直荷重で発生するひずみ量で確認した。構造体の弱点を特定するため3ケースに分けて試験を実施した。試験条件を表—5に示す。



図一七 第3次クリープ開始点と50年後の変位

表一五 試験体条件

項 目	試験条件		
試 験 体	積層段数：3段積（高さ405 mm）		
	対象部位：2段目（中間層）		
試 験 数	試験体：		
	ケース	実験ケースの目的	測点数
	ケース 1	部材の弱点箇所を模索するため、既往の圧縮試験結果から部材の変状・損傷等を考慮して定めた測定箇所の表面ひずみを測定する。	16点
	ケース 2	曲げひずみの卓越する箇所に対して部材の両面（表、裏）にひずみゲージを貼付し、部材に生じる軸力を確認する。	16点
載 荷 重	段階荷重： 荷重段階：5 kN/m ² （1分間の荷重保持） 最大荷重：80 kN/m ²		
	測定項目：軸方向変位量・載荷重・ひずみ量		



図一八 圧縮試験の概要

(5) 構造体の部材応力確認試験

試験装置の概要を図一八に示す。

(6) 構造体の部材応力確認試験結果と考察

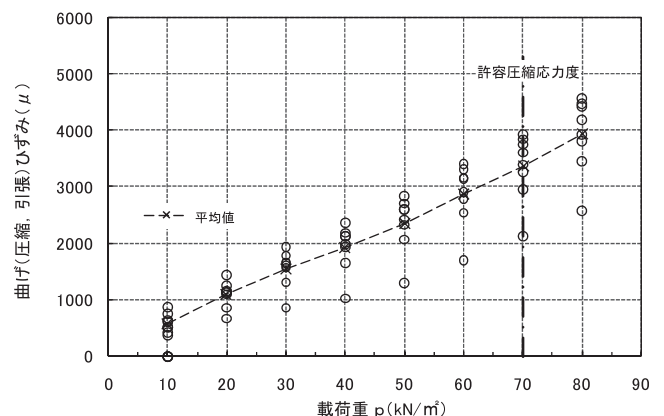
載荷重に対する曲げひずみの推移結果を表一六、図一九に示す。本製品が設定する許容応力度 70 kN/m² に対する部材の曲げ引張応力は、ひずみより算出すると 3.7 ~ 6.9 MN/m²、平均 5.9 MN/m² であった。

本応力は、構造体で応力が集中する箇所であるが、6.2 MN/m² を下回っており、長期的にも安定した構造部材であることが確認できた。

表一六 本製品部材の曲げひずみ (μ)

部位	測定点	載荷重 (kN/m ²)							
		10	20	30	40	50	60	70	80
凸部側面	①	78	347	652	923	1,206	1,534	1,808	2,097
	②	175	487	958	1,373	1,822	2,349	2,812	3,372
	③	150	348	614	898	1,256	1,660	2,058	2,462
	④	369	727	1,034	1,307	1,568	1,898	2,254	2,686
	⑤	252	580	905	1,200	1,532	1,904	2,283	2,634
	⑥	86	291	638	1,008	1,378	1,819	2,257	2,709
	⑦	98	279	628	1,004	1,431	1,941	2,397	2,920
	⑧	98	433	759	1,034	1,264	1,552	1,798	2,144
	最小値	78	279	614	898	1,206	1,534	1,798	2,097
	最大値	369	727	1,034	1,373	1,822	2,349	2,812	3,372
凸部表面	⑨	510	1,092	1,665	2,123	2,598	3,152	3,611	4,195
	⑩	857	1,433	1,928	2,355	2,828	3,399	3,928	4,572
	⑪	598	1,150	1,601	1,974	2,415	2,906	3,390	3,930
	⑫	522	1,141	1,662	2,127	2,607	3,160	3,752	4,432
	⑬	631	1,138	1,577	1,949	2,334	2,798	3,282	3,827
	⑭	421	678	868	1,030	1,311	1,705	2,129	2,591
	⑮	755	1,265	1,793	2,195	2,717	3,327	3,864	4,495
	⑯	367	857	1,306	1,657	2,064	2,545	2,962	3,461
	最小値	367	678	868	1,030	1,311	1,705	2,129	2,591
	最大値	857	1,433	1,928	2,355	2,828	3,399	3,928	4,572
	平均値	583	1,094	1,550	1,926	2,359	2,874	3,365	3,938

注) 表中の曲げひずみは、絶対値で整理している。



図一九 載荷重に対する曲げひずみの推移

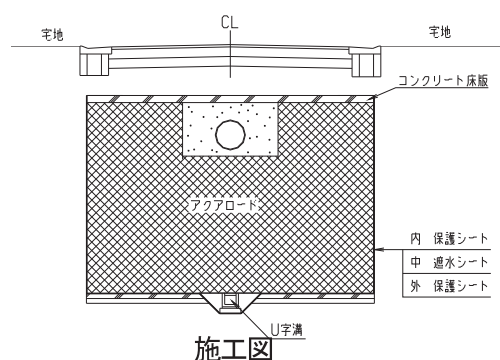
4. 施工例

本製品の施工例を紹介する。想定外の降雨量による道路冠水対策や、造成による雨水処理対策において道路直下が雨水貯留浸透槽として有効に活用されている。

(1) 鼓ヶ滝造成工事（兵庫県川西市，図—10）

延長 80 m（施工量 1,650 m³） 2007 年 8 月施工

宅地造成により必要であった雨水貯留施設を、本製品と砕石により道路直下に施工。土地の有効利用が図れた。



施工状況



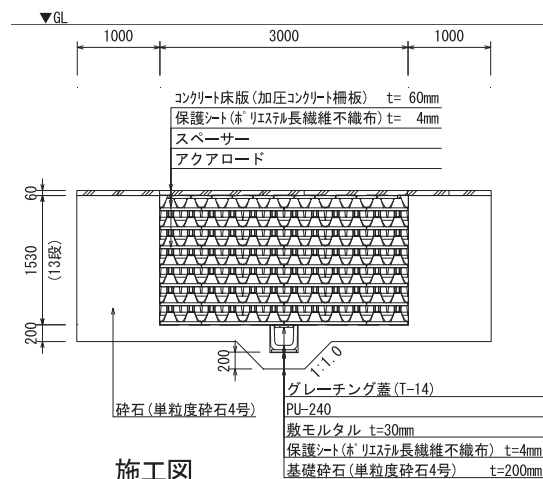
道路完成時

図—10 鼓ヶ滝造成工事

(2) 国道 50 号線拡張工事（群馬県みどり市，図—11）

延長 40 m（施工量 183.6 m³） 2013 年 2 月施工

道路の整備に伴う雨水対策において、周辺下水道へ



施工図



施工状況

図—11 国道 50 号線拡張工事

の負担を低減するため、道路下浸透施設として本製品が施工された。

(3) アンダーパス冠水対策工事（福岡県大野城市，図—12）

延長 13 m（施工量 91 m³） 2011 年 12 月施工

道路冠水が懸念されるアンダーパスに、雨水貯留槽として本製品が施工された。ボックスカルバート内でスペースが無い中、道路直下に薄く広い貯留空間をつくることで、必要貯留量を確保した。

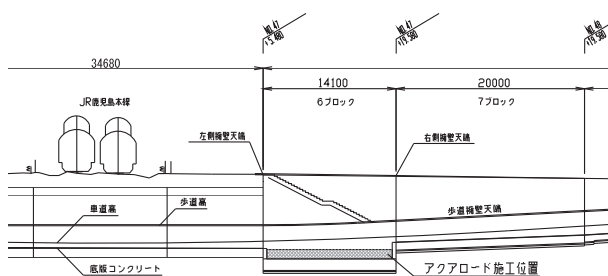
(4) 国道 256 号タラガトンネル工事（岐阜県関市，図—13）

延長 29 m（施工量 47 m³） 2007 年 2 月

浸透管では処理できないほどの湧水処理のため、空隙率が 90% 以上と貯留量が多く、道路直下に設置可能な本製品が施工された。

5. おわりに

実構造物での走行試験結果より、本製品「アクアロード」の積層構造体を埋設した道路は、舗装面に有意なひび割れ、わだち等が認められなかったため、道路と



施工図

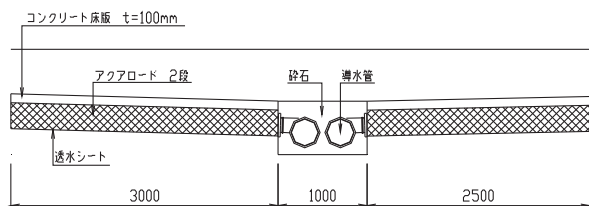


施工状況



道路完成時

図—12 アンダーパス冠水対策工事



施工図



施工状況

図—13 国道256号タラガトンネル工事

しての十分な性能を有しており、車両交通に支障のないことが確認できた。また、長期耐久性の評価結果より、本製品は、50年を想定した長期間にも安定した構造部材であることが確認できた。

道路冠水箇所において、直下に雨水貯留浸透槽を設置し雨水浸透させる事で、安全な交通が確保されることが期待される。

なお、他の情報、実績等は、ウェブページに掲載されている。ご興味があれば、是非アクセスされたい。

謝 辞

本製品の研究開発に貴重なご意見とご支援を賜った、独立行政法人土木研究所の方々、財団法人土木研究センターの方々、関係者各位に、誌面を借りて謝辞を述べさせて頂く。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 日本の水資源 2010 2010年
- 2) 国土交通省 国土交通省政策集 2010 2010年
- 3) 社団法人日本道路協会 舗装調査・試験法便覧〔第1分冊〕2007年
- 4) 社団法人日本道路協会 道路維持修繕要綱 1978年

〔筆者紹介〕

町田 誠 (まちだ まこと)
積水化成品工業㈱
第1事業本部 住環境開発グループ
主事



多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発

ハイブリッド雨水貯留システム

村 田 勝 彦・川 合 克 実

近年、集中豪雨の多発によって時間降雨量が増加しており、雨水貯留施設の容量不足が問題になっている。また、施設への流入部分のスクリーンの目詰まりや施設内のゴミ、土砂等の堆積は、雨水貯留施設の機能を低下させるばかりでなく、更に浸水被害を深刻にしている。ハイブリッド雨水貯留システム（以下「本システム」）は、貯留施設の機能を高め、浸水被害を未然に防止することが可能である。

キーワード：ゴミ除去装置、流量制御、無電力、旋回流式、渦流式

1. はじめに

近年、都市部では市街化の進展によって雨水の流出量が増加するとともに、短時間で計画降雨を超える集中豪雨の多発により、各地で甚大な被害が発生している。このような現状のなか、降水量の増加による雨水貯留施設の容量不足が問題になっている。また、施設の流入部分に設置されたスクリーンの目詰まりや施設内のゴミ、土砂等の堆積は、雨水貯留施設の機能を低下させ、更に浸水被害を深刻にしている。

そのため、早急な浸水対策が必要であり、貯留施設の新設計画を進めると同時に、過去に整備された施設を維持管理しながら既存ストックも活用して、被害を軽減することが求められている。

本システムは、雨水貯留施設の機能を高めるとともに、既存ストックの機能を最大限に活用することを目的として提案したものである。

2. 本システムの概要

本システムは、図一に示すように、②プレキャスト式雨水地下貯留施設¹⁾（以下「プレキャスト貯留施設」）を主体として、貯留施設の流入部に①ゴミ除去装置「ユニフィルター」（以下「ゴミ除去フィルター」）、貯留施設の流出部に③ボルテックスバルブ²⁾を装着するものであり、従来のバースクリーン方式や流出口のオリフィス方式と比較して、維持管理の省力化が図れ、プレキャスト貯留施設の容量が縮減できるシステムである。貯留施設が既設の場合には、ゴミ除去フィルターの設置およびボルテックスバルブを装着



図一 ハイブリッド雨水貯留システム構成図

することにより、維持管理の省力化とともに、既設貯留施設の容量に余裕を見込むことができる。

雨水貯留施設の流入部分に設置するゴミ除去フィルターは、雨水と一緒に流れてくるゴミなどを分離する装置であり、流出部分に装着するボルテックスバルブは、装置内に渦流を発生させることにより流量制御を行う装置である。これら二つの装置を装備した本システムにより、貯留施設の機能が向上し周辺地域の浸水被害を軽減することが可能となる。

3. 本システムの構成

本システムを構成するプレキャスト貯留施設、ゴミ除去フィルター、ボルテックスバルブの概要について説明する。

(1) プレキャスト貯留施設の概要

貯留施設が新設の場合に使用するプレキャスト貯留施設は、プレキャストコンクリート製の部材を組み合わせて、壁とスラブで構築された空間貯留型の雨水地下貯留施設である。

プレキャスト貯留施設は、本体構造の大部分が工場製品であり、現場で部材を据付けていく工程のため施工が迅速に行える。また、地下構造のため埋戻し後は、施設上部の土地を有効利用することが可能であり、内部は広い空間が確保されていることから維持管理についても容易に行うことができる。このような理由から多く採用されている製品である（写真—1）。

以下にプレキャスト貯留施設の特長を示す。

- ①工場製品であるため品質が安定している。
- ②施工の省力化が可能で、施工工期の短縮化が図れる。
- ③施工時における資材の搬入が少なく作業環境の改善が図れ、周辺地域への影響も小さい。
- ④地下構造物のため土地の有効利用が可能で、雑草や害虫の発生が少ない。
- ⑤内部に広い空間を有しているため、点検や清掃等の維持管理が容易である。

また、底版の一部は現場打ちコンクリートで施工するため、この現場打ち部に浸透用の開口部を設けることも可能である。

(2) ゴミ除去フィルターの概要

ゴミ除去フィルターは装置内で縦旋回流を発生させることにより、電力などを全く必要とせずに固液分離を行う装置である。構造は外槽と内槽の2層構造となっており、内槽は更に上室と下室（貯留部）に分かれている。水の位置エネルギーにより内槽・上室に流入した雨水は、上下に配置された誘導板により縦旋回流が発生する。

この縦旋回流に対して平行に設置された2枚のパンチングメタルスクリーンから雨水のみが通過し、スクリーンと外槽内面との間を通過して下流に流出する仕組みとなっている。

ゴミは内槽・上室内を縦旋回状態で浮遊、もしくは比重の重いゴミは内槽・下室（貯留部）へ落下し捕獲される。ゴミがスクリーンに付着または目詰まりしないのは、内槽・上室内で起こる縦旋回流の流速が、雨水がスクリーンを通過する流速よりも速くなる様に設計されているためである。

本装置の構造とゴミ除去の仕組みを図—2に示す。

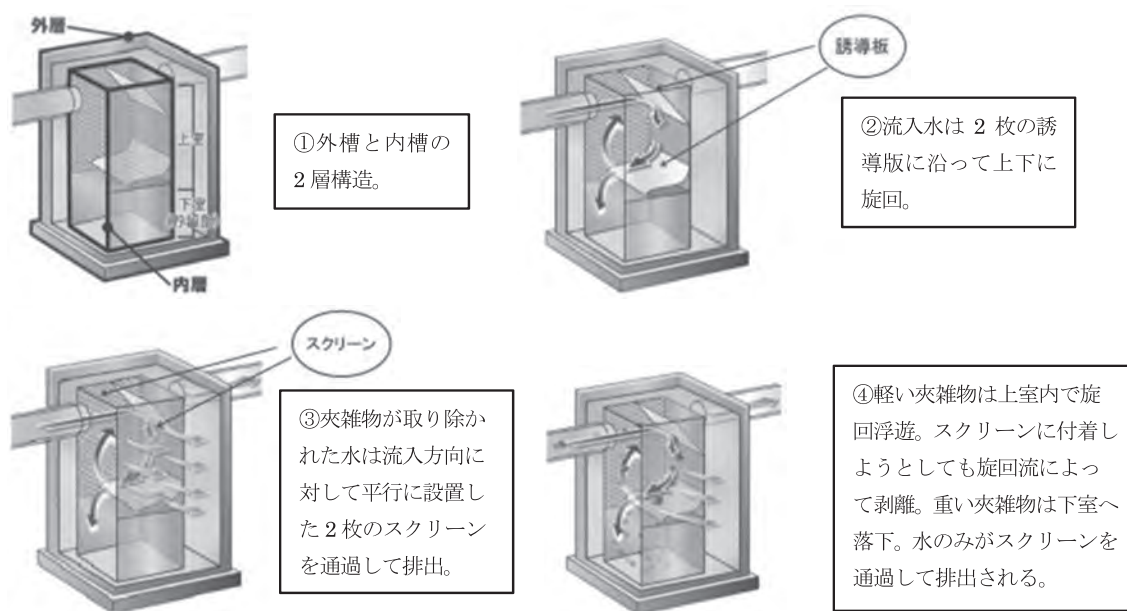
ゴミ除去フィルターの大きな特長としては、次の2点が挙げられる。

(a) 流水障害を防止する事による雨水貯留施設の機能低下防止

通常用いられるバースクリーンでは降雨後に人力でゴミを撤去する必要がある。この作業を怠ると流水阻



写真—1 プレキャスト貯留施設施工状況



図一2 ゴミ除去の仕組み

害により雨水貯留施設の機能を十分活用出来ずに、上流側への浸水被害が懸念されるが、本装置では上述の通り、目詰まりなく固液分離する事が可能である。

(b) メンテナンス費用（頻度）の低減

本装置を稼働するのに電力は不要である。水の位置エネルギーのみで稼働し、メンテナンス回数においても降雨の度にゴミ撤去作業をする必要は無い。

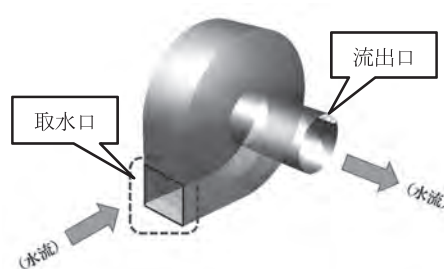
このゴミ除去フィルターは雨水貯留施設の前処理としての採用事例が数多くあり、中でも埼玉県吉川市の採用事例では、1基当たり $2,500 \text{ m}^3/\text{hr}$ という大きな施設においても固液分離機能が実証されている（写真—2）。

メンテナンス頻度の低減にも効果が有り、これまでのバースクリーンでは降雨の度にゴミ撤去作業を強いられていたが、現在では年4回のゴミ撤去作業で機能維持が図られている。

(3) ボルテックスバルブの概要

ボルテックスバルブは、装置内で自然に渦を発生させることにより、電力などを全く必要とせずに、流量制御を行う装置である。雨水貯留施設において一般的に採用されているオリフィスよりも流量制御機能が優れ、浸水対策に限らず流量制御が必要とされる場所での利用が図れる装置である。

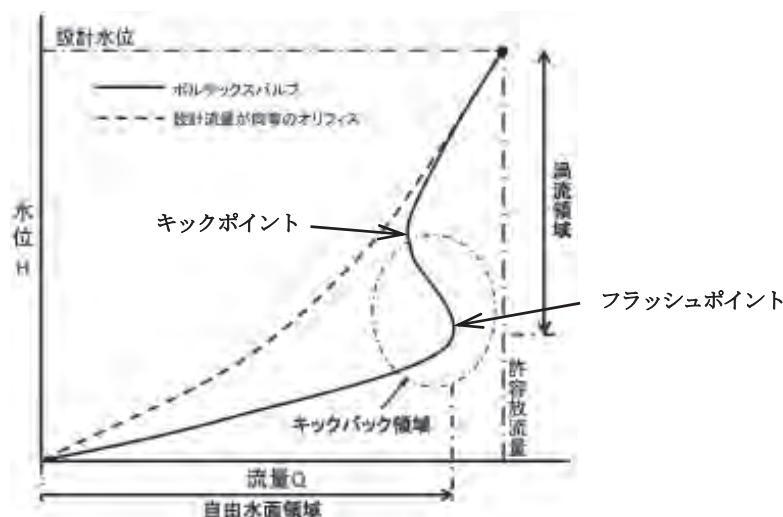
海外での実績は多く、20,000基以上が設置されてお



図一3 ボルテックスバルブの基本構造



写真—2 ゴミ除去フィルター設置状況



図—4 ボルテックスバルブとオリフィスのH-Q曲線

り、その性能は既に実証されている。海外では1960年代からボルテックスバルブが知られており、1980年代から洪水の軽減や流量制御の装置として一般に使用されるようになった。ボルテックスバルブの基本構造を図—3に示す。

ボルテックスバルブの最大の特長は、装置が有する水理特性である。装置内を通過する水流は、水位が低い時点では渦流を形成せずに排出されるが、水位がある一定の高さを超えると装置内で渦流を形成し、流出量を抑制する。この水理特性を水位—流量の関係を示す性能曲線（H-Q曲線）で表現すると、図—4に示すように従来のオリフィスは単純なカーブを描くのに対して、ボルテックスバルブでは、水流の形態が変化することにより、一般的にS字曲線を描く。これは装置内を通過する水流の形態が、自然流下している状態から渦流に変化することによって流量係数が異なることを示している。

このボルテックスバルブのH-Q曲線は、次のような領域に分けられる。

①自由水面領域

まず、水位が低い状態で装置に流入する水量が少ない場合は、取水口に入った水は渦流を形成せずに自由水面の状態で流出口からそのまま流出する（図—5）。

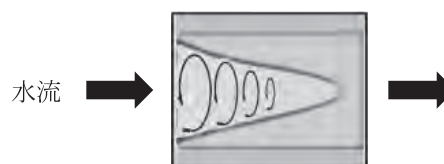


図—5 自由水面領域の状況

②キックバック領域

水位が上昇し、装置内に流入する水量が増加すると流出口に空気のかたまりが発生して渦流を形成し始める。渦流の発達とともに渦流の中心を空気のかたまりが占有するようになり、流出量が急激に抑制される。

水位が上昇して流入量が増すにつれ、水は装置内を回転する。その流体エネルギーを利用して、装置内に渦を発生させ、エアシャフト（空気柱）を形成させる（図—6）。この流出量が抑制され始める点をフラッシュポイントと言い、エアシャフトの形成が始まる場所である。

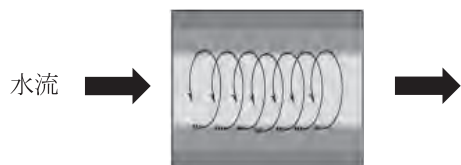


図—6 キックバック領域の状況

③渦流領域

さらに水量が増加すると、渦流中心のエアシャフトが柱状に成長して安定した渦流となり、一定の流出抑制効果が得られる。空気のかたまりが徐々にエアシャフトへと変化していき、流量抑制効果が高まっていく。この点をキックポイントと言い、エアシャフトが完成する場所である。

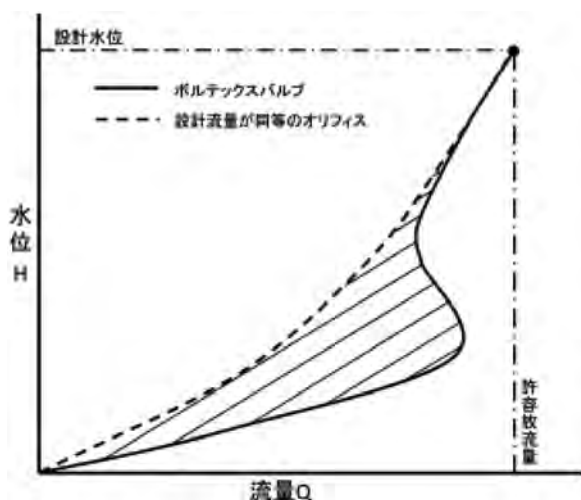
ボルテックスバルブの径からエアシャフトの径を引いた面積の流量が、オリフィスの径の流量と同じになる。このキックポイントからボルテックスバルブの流出量はオリフィスと同じになるので、ここからは、オリフィスのH-Q曲線にのって水が排水されることになる（図—7）。



図一七 過流領域の状況

通常、貯留施設の流出口には、オリフィスに取り付けられているが、オリフィスの径は、貯留槽の計画水位において許容放流量以下になるように設計されている。

ボルテックスバルブを装着する場合は、流出口の径をオリフィスの2～3倍の大きさに広げることができるため、水を流入させると初期雨水はオリフィスより流出径が大きいので効率よく排水される。オリフィスより大きな径で水を排出し続けると、いずれは許容放流量を超えてしまうことになるが、ここでボルテックスバルブは流出抑制を開始する。その結果、ボルテックスバルブを装着することによって、初期雨水が多く排出されるため、その分、雨水貯留量を縮減することが可能になる（図一八）。



図一八 ボルテックスバルブの縮減量

したがって、図一八に示す斜線部分が貯留量の縮減につながることで、次のような場所で有効活用ができる。

①既存ストックの有効活用

既存の雨水貯留施設の排水方式は、貯留施設の設置条件により自然放流式またはポンプ式が採用される。このうち自然放流式ではオリフィスが広く用いられているが、ボルテックスバルブを導入することで既存貯留施設の貯留量に余裕を見込むことができる。

②新設貯留施設の規模縮減

新たに雨水貯留施設を計画する際に、その必要貯留

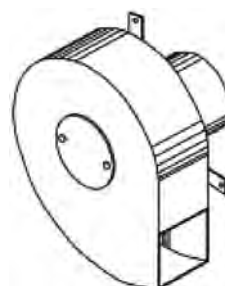
量は流入量と放流口からの流出量との差分から算定され、放流口からの流出量はオリフィスの大きさにより調節するのが一般的である。必要貯留量は、オリフィスよりもボルテックスバルブを用いた方が、必要貯留量を縮減することが可能である。

ボルテックスバルブは、オリフィスより低い水位で多くの流量を排水できるため、貯留量を縮減することができる。過去に国内で実施された模型実験による結果からの試算例では、ボルテックスバルブを設置した場合の貯留量は、オリフィスの場合と比較して6～8%縮減できることが報告されている。

また、海外メーカーの装置による海外での実施例によれば縮減率は30%であるとの試算もあり、ボルテックスバルブによって貯留量が縮減されることは、国内外で確認されている。

貯留量の縮減率は、雨の降り方や水位の上昇速度も影響するが、やはり装置自体の性能に大きく左右される。そのため、より高性能な装置を開発中である。

代表的なボルテックスバルブの形状について、Sタイプ（かたつむり型）の例を図一九に、Cタイプ（コーン型）の例を図一〇に示す。



図一九 代表的なボルテックスバルブの形状（Sタイプ）



図一〇 代表的なボルテックスバルブの形状（Cタイプ）

4. 本システムの効果

本システムは、プレキャスト貯留施設を主体として流入部にはゴミ除去フィルター、流出部には流量抑制装置であるボルテックスバルブを装着したハイブリッド構造であり、それぞれが前述したとおりの特長を持っているため、以下のような複合的な効果が得られ

る。

- ①降った雨がゴミ除去フィルターを通過することにより、スクリーンが目詰まりすることなく枯れ葉やゴミ、砂などが除去される。
- ②ゴミが除去された雨水を貯留施設に溜めることができる。
- ③溜まり始めた初期雨水は、流出口に装着されたボルテックスバルブから効率よく排水される。
- ④貯留施設の水位が上昇するとボルテックスバルブが流出抑制を開始するため、下流側の許容放流量を超えないように流出量が制御される。
- ⑤ボルテックスバルブの流出口が大きいいため、夾雑物は水流とともに排出されやすく、流出口が閉塞する恐れが少なくなる。

その結果、貯留施設手前のスクリーン室や貯留施設から水が溢れて周囲が浸水する被害が軽減されるとともに、維持管理の省力化が図れる。

5. おわりに

本システムハイブリッド雨水貯留システムを構成するゴミ除去フィルターやボルテックスバルブは、共に

旋回流を利用した装置であり、自然エネルギーを利用した究極の装置と考えている。今後は、それぞれの装置をより高性能にし、本システムのグレードアップに取り組んでいきたい。

本システムが浸水被害の軽減に貢献できることを願ってやまない。

J C M A

《参考文献》

- 1) プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル 2011年3月、(公財)日本下水道新技術機構
- 2) ボルテックスバルブに関する技術資料 2016年3月、(公財)日本下水道新技術機構

〔筆者紹介〕

村田 勝彦 (むらた まさひこ)
ゼニス羽田(株)
大阪支店長



川合 克実 (かわい かつみ)
ゼニス羽田(株)
本社営業部 営業第二部
部長



建設工事における生物多様性保全 および環境創造技術

越 川 義 功

生物多様性の低下は、社会生活にもたらされる生態系サービスの消失といった大きなリスクにつながる。特に、建設工事や開発行為は、自然環境の一部を改変しなければならず、当該地域の生物多様性の低下に直結しやすい。そのため、建設会社にとって地域生態系の特性や動植物の生態を考慮した提案や施工計画の実践は、社会的責務といえる。そこで、本稿では建設プロジェクトにおける生物多様性の保全を考慮した取り組みの実施例について紹介する。

キーワード：生物多様性、ダム建設工事、ビオトープ、モニタリング

1. はじめに

世界的に社会生活や経済発展を優先した開発行為や大量消費が急速に進行し、地球規模での自然環境の荒廃に対する懸念が強まっている。私たちの生活は、その多くが生物多様性を基盤とした生態系の恩恵（生態系サービス）によって成り立っている。そのため、自然環境破壊による生物多様性の低下が社会全体に及ぼすリスクは、想像以上に大きい。例えば、ある動植物の1種が消失すると、これに連なる他の種に影響が及び、少なからず生態系全体に微妙な変化が起こる。その結果、生じたわずかな変化が社会にもたらされる生態系サービスの量や質の変化につながるおそれがある。さらに、困難な問題は、複雑で未解明な自然生態系の変化やその影響を、誰も確実に予測することは不可能なことにある。すでに20世紀最後の25年間で100万種が絶滅したという推定もあり¹⁾、生物多様性の現状は一層深刻で、その解決が最優先される環境問題の一つといえる。

2. 建設分野による生物多様性リスク回避への貢献

2010年10月の生物多様性第10回締約国会議(COP10)の開催、生物多様性基本法の成立を端緒とし、各産業界とも生物多様性に関わる企業の責任の認識や具体的な活動が推進されてきた。特に、生物多様性国家戦略2012-2020では、東日本大震災などの社会的背景の変化を踏まえ、“自然の仕組みを基礎として

自然と共生する真に豊かな社会の構築の実現”に向けた方向性が強くなっている²⁾。

建設工事は、社会生活や経済活動を行うために必要な社会基盤を整備する重要な生産活動である。我が国の社会資本整備は、1960年代からの高度成長期に伴って道路交通網などの産業基盤の量的確保を重視して進められた。その結果、旧来の社会資本整備（急激かつ量的確保を優先）は、本来配慮しなければならなかった生物多様性の保全を後回しにしてきた。その結果、急激な開発や建設工事に対する一般市民のイメージは、“自然破壊”といった負のイメージが強くなり、建設会社が本来有している重大な使命が忘れ去られようとしていた。

その後、バブル経済、長期の経済低迷、さらには急激な出生率の減少、高齢化などに代表される成熟社会へと移行しつつある。その結果、社会資本整備に投入できる資源も限られ、社会資本整備のあり方も従来の量的整備から質的整備へ転換しつつある。その変化が顕在化したのが“生態系を活用したインフラストラクチャー（グリーンインフラ）”の概念である³⁾。この概念は、自然環境が持つ様々な機能を見直し、環境や防災機能を社会インフラ整備に取り入れるものである。これらの考え方は平成27年に改訂された国土形成計画及び国土利用計画に記載され、今後はこうした考え方に基づく現場における実践・取組の重要性が一層高まるとされる⁴⁾。

建設会社の使命は、工事によって空間に価値を与え、未来にわたって快適な生活基盤を提供することにある。しかし、自然共生やグリーンインフラ整備を実

現するためには、解決しなければならない技術的課題が多く存在する。特にグリーンインフラの大きな特徴は、動植物を中心とした自然物で構成されるため、コンクリートを中心に構成される従来インフラの整備とはその性格が大きく異なる。それは、動植物の持つ特有のバラつき、地域特性、季節性、異なる環境条件に起因し、従来インフラの施工計画に比べ、考慮すべき項目が多岐にわたる。そのため、グリーンインフラ関連の計画・設計技術を確立するには、多くの試行錯誤や現地での実証を進め、データを積み重ねることが必要である。

そこで、本報告では、建設工事における生物多様性保全および環境創造技術に基づく取り組み事例について紹介し、その効果や今後の展開について述べる。

3. 大型建設工事における生物多様性の低減リスク回避

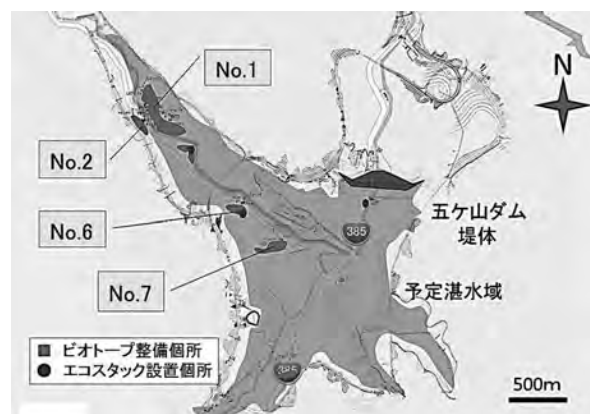
ダム建設工事をはじめとした、大型プロジェクトは、工事に伴う自然改変面積が大きいだけでなく、複数年にわたって実施される。しかし、近年では環境保全に対する市民の意識の高まりもあって、事業者が実施する環境対策に加え、施工者として行う“施工時の自然環境保全対策”の重要性が高まっている。

建設工事における自然環境への影響低減の考え方として、工事の範囲や時間を短くすることが現実的な手段として挙げられる。しかし、工事進捗との両立といった観点では、現地の生態系が受ける攪乱の影響を限定的なものに留めるとともに、地域に形成されていた動植物の個体群を維持し、事業後に速やかに回復させることが、現実的かつ合理的な対策となる場合も多い。そこで、本章では、事業期間が長期にわたるダム建設工事で実践した、里山再生型ビオトープ設置による生物多様性保全事例について述べる。

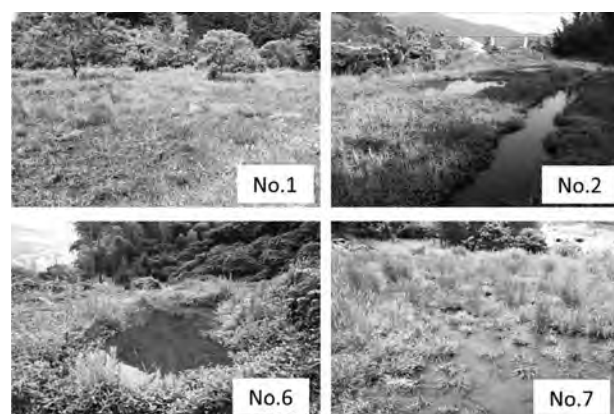
(1) 対象プロジェクトの特徴と追跡調査

里山再生型ビオトープの設置による生態系保全の実施対象は、福岡県五ヶ山ダム堤体建設工事である。この地域の生態系の特徴は、山間に整備された典型的な里山環境である。すなわち、人為的に管理された空間に、サシバを頂点とする里山生態系が構築されており、事業着手によって地域の生態系が消失しかけていた。そのため、4年に及ぶ工事期間中を対象とし、現地における動植物の持続的な生育確保を目的とした放棄水田のビオトープ化を進めた。

図—1に再整備を行った工事区域内のビオトープ



図—1 五ヶ山ダム工事区域内ビオトープの設置場所



写真—1 ダム建設工事区域内におけるビオトープ整備状況

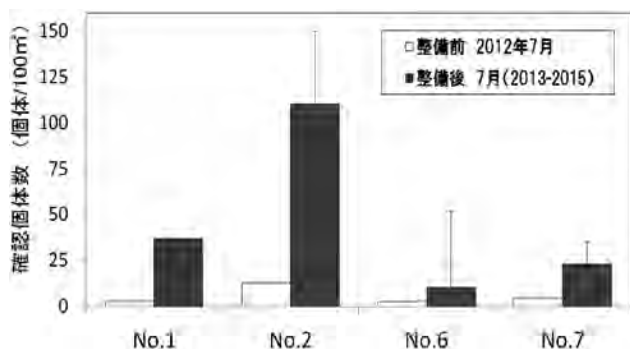
配置と、追跡調査を行った4ヵ所のビオトープの位置を示す。再整備は、工事区域内の耕作放棄地大小8ヵ所合計3haを対象とし、写真—1に示すように水辺及び草地ビオトープとなるように導水や除草を施すことで整備を行った。

(2) ビオトープ整備の効果

図—2にビオトープの整備効果を明らかにするために実施した4ヵ所での調査結果を示す。効果を示す数値は整備前後における各地点の両生類（カエル類・イモリ）確認個体数とし、平均値で示した。なお、当該地域の生態系の特長は、棚田中心の里山生態系であり、優占する両生類を指標生物としている。

整備前は完全に里山環境が荒廃しており、両生類の確認個体数は平均6.5個体/100cm²（4ヵ所）であった。これに対し、整備後は平均45個体/100cm²（4ヵ所：3年間）となった。この数値は、平均でも整備前の約7倍となり、整備したビオトープが工事期間中の水生生物を持続させる繁殖の場として機能したことを示している。

また、写真—2に同時に実施していた動植物の希



図ー2 工事区域内のビオトープ整備による両生類（カエル・イモリ）の確認個体数の増加



写真ー2 工事区域内に整備したビオトープで確認した希少動植物の一例

少種調査でビオトープおよび周辺で確認された絶滅危惧種を示す。オオミズゴケ、シャジクモ、コガタノゲンゴロウは絶滅危惧Ⅱ類（環境省レッドデータブック）、オオミズゴケ、ガムシ、トノサマガエル、ブチサンショウウオは準絶滅危惧種（環境省レッドデータブック）に指定されている。これらの結果から、雑草除去、導水、開放水面の確保といった小規模な整備でも、現地の動植物にとっても重要な繁殖地となるため、工事中の動植物保全効果が確実にあがることを示唆している。なお、整備したビオトープは工事完了までの“仮住まい”であるため、ビオトープ内の生物は、試験湛水までに複数回の移動保護活動を実施しており、長期にわたる大型土木工事では工事で構築される新しい生態系への円滑な移行を支援する有効な対策の一つとなる。

4. 地域社会との共生と地域固有の生物資源保全

人間活動が行われる限り、廃棄物の発生は避けられない。省資源や再利用の機運の高まりによって、その発生量は減少しつつあるが、今後も廃棄物処分場の整備は不可避である。これらの施設は、その性質上、立地する周辺住民から反対され、トラブルを抱えること

が少なくない。そのため、立地計画にあたっては、自然環境との調和や地域住民との良好な関係維持が強く求められる。

一方、近年の廃棄物処分場予定地は、都市郊外の農地に隣接する山林や谷戸に位置することが多い。しかし、都市郊外や近郊の農地は、減反政策による畑作転換や農業従事者の高齢化によって土地利用そのものが変化してきている。そのため、ホタル発生地の全国的な減少に見られるように、土地利用の変化に伴って取り巻く環境が変わることで、これらの地域固有の生態系が消失するリスクが高まっている。

そこで、本章では、地域社会との共生と環境教育施設としての環境拠点とすべく整備した、郊外における廃棄物処分場建設での生物多様性確保事例とその効果について述べる。

(1) 対象プロジェクトの概要

周辺地域の生物資源の保全に貢献するプロジェクトの対象となった施設は、熊本県南関町の公共関与産業廃棄物管理型最終処分場施設“エコアくまもと”である。この施設は県北の環境教育の拠点と位置付けられ、最終処分場としてだけでなく、資源循環と自然共生を学習する環境教育施設を整備する計画であった。

この地域における生態系の特徴は、農村に見られる谷津田であり、建設地の北側に広がる水田、谷戸にはゲンジボタル、ヘイケボタルの発生地がある。一方、近隣の水田は年々耕作放棄が進み、農地の集約化や一部の谷戸の荒廃が見られた。

そこで、環境教育施設は「自然共生社会と生物多様性」を1つのテーマとして、周辺に生育する動植物の特徴に合わせ、地域の土地利用変化による固有の生物資源（ホタルやトンボなどの水生昆虫）の消失リスクを回避するホタルビオトープを計画、整備を実施することとした。特に、エコアくまもとは敷地内への人の出入りが制御できるため、人為的攪乱が及ばない地域の希少な動植物の生育空間として、地域の生物多様性の保全に大きく貢献できる。

(2) ビオトープの設計仕様と効果の検証方法

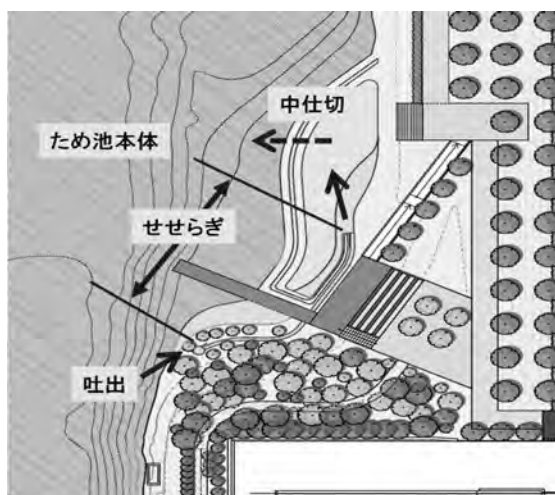
写真ー3にエコアくまもとの全景を示す。ホタルビオトープを成立させるためには、ホタル幼虫とその餌となるカワニナが生育できる水辺が必要である。しかし、着工時のため池周辺は、そのほとんどが切り立った崖状の地形であった。さらに、透水性が高い地質条件を考慮すると、水深が浅い浸出水処理施設前に盛土して、ビオトープを構築することとなった。図ー3に



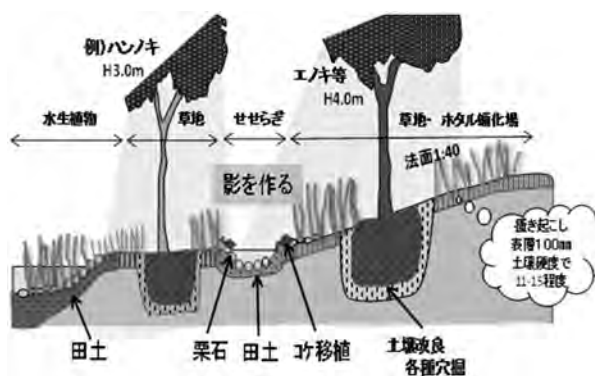
写真—3 エコアくまとの全景



写真—4 実験室におけるホタルおよびカワニナ増殖状況



図—3 ホタルビオトープの平面図



図—4 ホタルの生息に必要な水路断面及び植栽条件

ホタルビオトープの平面図を示す。ホタルビオトープは、処分場建設用地内のため池に隣接した場所に新たに造成し、せせらぎや湿地を構築した。また、ホタルの生活史を考慮し、図—4に示す環境要素を植栽条件として設計に反映させている。

整備したホタルビオトープは、用地内のため池を水源とする新しい空間を構築することになる。すなわち、工事における整備は、生息空間の構築だけでなく、生物資源の導入が必要である。しかし、ホタルビオトープのコンセプトは、“ホタルを中心とした地域生物資

源の保全と活用”であるため、導入するカワニナ、ホタル幼虫は現地で必要最小量のみを採集し、これを1～2年間に亘り実験室で増殖した個体（カワニナ、ゲンジボタル幼虫）を放流した（写真—4）。

ホタルビオトープの定期モニタリングは、竣工後の2015年10月から定期的に行っている。モニタリング項目は、ホタルビオトープの機能として重要なカワニナの定着状況調査、その他の生物加入定着状況を把握する水生生物相の調査、カワニナ、ホタルの生息環境指標としてチェックするための水温、pH、栄養塩類である。特に、水温については水源がため池であり、沢水や河川水よりも大きい変動を示すため、連続計測を実施している。

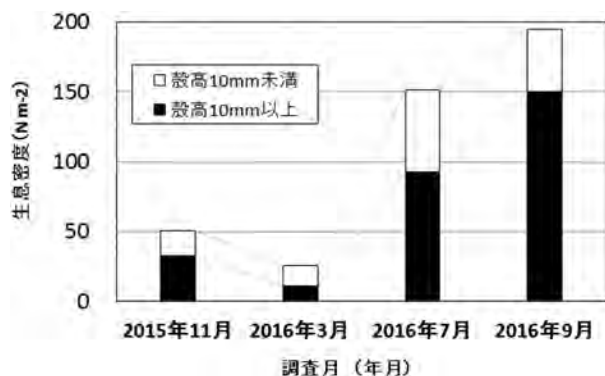
(3) 新しい環境創造による環境機能の付加

写真—5に竣工後1年目にあたる2016年8月のホタルビオトープの状況を示す。2015年11月の竣工直後は、ビオトープの植栽状況は未発達であったが、春季以降は草本類の生長が順調となり、動植物の生育基盤として良好に機能し始めている。

図—5にホタルビオトープの“せせらぎ4カ所”におけるカワニナの平均生息密度を示した。当初、事前調査によって、長期間の高水温がカワニナ生息の制限要因となることを懸念していたが、2015年11月の生



写真—5 施工後1年目にあたる2016年8月のビオトープの現地状況

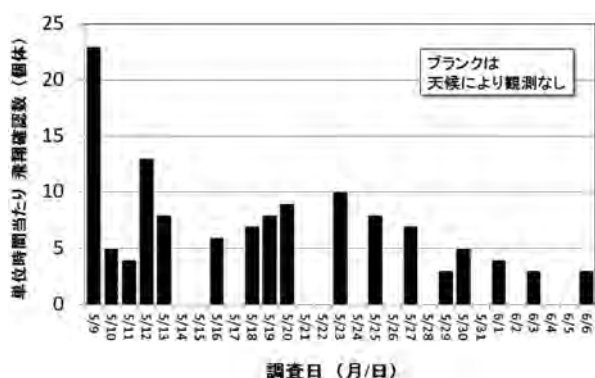


図—5 ホタルビオトープにおけるカワニナの平均生息密度の推移

息密度は50 個体 /m² から、一時減少したものの、その後は順調に増加し、2016 年 9 月におよそ 190 個体 /m² に達している。

整備したホタルビオトープでは、吐出部からの流入量を確保することで水温の変動をなるべく抑える管理が良い効果をもたらしたと考えられ、ため池を水源としたせせらぎ型ビオトープでもカワニナの生息環境として成立するといえる。

また、図—6 にゲンジボタルの飛翔個体数の変動を示した。2016 年 3 月に幼虫を初めて放流した後の2016 年 5 月初旬に最大 24 個体の飛翔が確認された。ホタルの飛翔は当初見込みより早く始まったが、飛翔が確認できた期間もおおよそ 1 ヶ月と長期に及んだ。今後は、ホタルがビオトープで繁殖、再生産ができるよう継続的なモニタリングと維持管理を実施していく。



図—6 ホタルビオトープにおける飛翔個体数の観測結果 (2016 年)

しかし、本案件の「環境教育施設」は自然共生と生物多様性がテーマの一つであり、観賞できる時期が短いホタルのみが注目されることは避けなければならない。ホタルはあくまでビオトープを構成する生物群集の一部であり、本案件施設全体が水辺ビオトープを含めた西側ため池を中核として、年間を通じて多様な生物が生育している空間であることのほうが重要である。

表—1 ホタルビオトープで確認された主な生物種

綱和名	目和名	科和名	種和名
昆虫綱	トンボ目 (蜻蛉目)	イトトンボ科	アオモンイトトンボ
		サナエトンボ科	タイワンウチワヤンマ ウチワヤンマ*
		エゾトンボ科	オオヤマトンボ
		トンボ科	ショウジョウトンボ シオカラトンボ ウスバキトンボ コシアキトンボ チョウトンボ マユタテアカネ ベニトンボ
		キリギリス科	オナガササキリ ホシササキリ ニシキリギリス
		コオロギ科	エンマコオロギ
		バッタ科	マダラバッタ ショウリョウバッタモドキ トノサマバッタ イボバッタ
		オンブバッタ科	オンブバッタ
		ヒシバッタ科	ハネナガヒシバッタ ハラヒシバッタ
		ゲンゴロウ科	コガタノゲンゴロウ**
甲殻綱	十脚目	サギ科	アオサギ
		ホオジロ科	ホオジロ
		スズメ目	スズメ
		スズメ目	スズメ
鳥綱	スズメ目	スズメ目	スズメ
		スズメ目	スズメ
両生綱	無尾目	スズメ目	スズメ
		スズメ目	スズメ

* : 絶滅危惧Ⅱ類 (熊本県) ** : 絶滅危惧Ⅱ類 (環境省)

表—1 に 2016 年 7 月にホタルビオトープで確認された生物種を示す。調査では、従来からため池に生息していたスズメの他、トンボ類が多くを占めている。これらの種類は飛翔能力が強く、近隣から飛来してきているとともに、水中を繁殖の場として活用している。また、調査においては、絶滅危惧種であるウチワヤンマ、コガタノゲンゴロウが確認されており、整備したビオトープが地域の生態系のホットスポットとして機能し始めたことを示している。

これらの結果から、エコアくまもとは、処分場施設が果たすべき本来の役割に加えて、環境価値を付加した施設として歩み始めた。なお、熊本地震発生直後にもかかわらず、環境教育受入から 3 ヶ月で 19 団体、500 人以上となり、当初の目的を十分に果たしている。今後、ビオトープ周辺の植栽充実や定着生物の増加に

よって、エコアкумуляторは地域の環境基盤としてさらなる充実が見込まれる。

5. おわりに

建設業界は市民生活が豊かになる社会活インフラを急速に整える重要な役割を担ってきた。今後、さらに期待される自然共生、環境修復といった場面では、自然と対話しながら大きなプロジェクトを進める、建設会社ならではの長が活きる。今後、“自然破壊”から“環境再生”の担い手として、建設会社が果たすべき役割は非常に大きい。

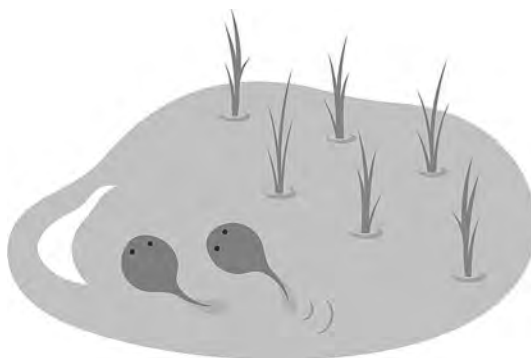
J C M A

《参考文献》

- 1) Myers, N. (1979). The Sinking Ark. A New Look at the Problem of Disappearing Species. Pergamon, New York, p.307.
- 2) 環境省(2014). 平成25年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書. p.434.
- 3) Dover, J.W (2015). Green Infrastructure : Incorporating Plants and Enhancing Biodiversity in Buildings and Urban Environments. Routledge.
- 4) 大澤隆文, 小山内勇人 (2016). 生物多様性条約における民間参画への取り組みと期待. 建設機械施工. Vol.68, No.2 : 4-8.

〔筆者紹介〕

越川 義功 (こしかわ よしのり)
鹿島建設株
技術研究所 地球環境・バイオグループ



敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による 「六花の森」プロジェクト

岩 井 洋

「六花の森」(以下「本プロジェクト」という)は北海道を代表する企業の一つである製菓会社が北海道中札内村に工場の新築を目的として約 10 ha 以上の広大な敷地に整備した自然再生を基軸としたランドスケーププロジェクトである。自然景観に溶け込む生産施設や古民家再生による美術館などの建築群だけではなく、生物多様性や地域景観などに配慮し、敷地内に存在する自然環境の調査をもとに環境資源を丹念に抽出することでエコロジカルな屋外環境づくりを実現した。調査・検討開始から竣工まで約 10 年を費やした自然再生により、自然環境と地域づくりの両面に寄与する環境整備事例について紹介する。

キーワード：地域固有の植物保全、河畔林、微地形、エコロジカル・ダイアグラム、エコトーン

1. はじめに

昨今、自然との共生が叫ばれて久しい。1960 年代の公害問題に始まり、環境問題に対する関心や地域景観、生物多様性などへの関心の高まりは大きな時代の流れである。一方、日本の各地では人口減少社会や高齢化社会など新たな課題を抱えつつ、地域の活性化に取り組まなければならない社会状況にある。地方の財政は逼迫し、消滅を危惧する自治体も少なくない。そのような状況下において、官庁施設だけではなく民間施設の緑地も地域づくりの観点では貴重な社会環境資本であると言える。企業も持続可能な経済活動を求められ、今後は民間企業の施設も社会資本としての役割を益々期待されるであろう。地域環境への貢献と豊かな企業文化の創造は決して無関係ではないことを本プロジェクトは示してくれている。

計画地は北海道河西郡中札内村。北海道帯広市に本社を置くこの地を代表する企業の一つである製菓会社が事業規模の拡大に伴い、敷地面積約 10 ha 以上の広大な敷地に新たな生産拠点を整備することが事業目的である。ただし、単に工場だけを建設するのではなく、「建築物は社会資本」と考える事業主の意向を踏まえ、敷地全体の環境づくりをどのように行うべきか、マスタープランを作成し、生産施設だけではなく、敷地環境全体をデザインしていく取り組みである。本プロジェクトのランドスケープの基本設計及びデザイン監修に携わった立場から、本稿では本プロジェクトにおける屋外環境整備にあたり、どのような点に着目し、



写真—1 工場と再生された湿地とみどり

また、どのようなアプローチを経て、自然再生による整備が行われたのかを紹介する(写真—1)。

参考までにプロジェクト全体の経緯を以下に示す。

1996 年：検討開始(建築設計者とランドスケープ設計者の協働で検討会開始)

1997 年春：敷地踏査開始

1998 年 10 月：工場竣工(1998 年 3 月着工)

2007 年 9 月：美術館建築群及びランドスケープ竣工

2007 年 9 月：「六花の森」オープン

2. 敷地の課題抽出

最初に敷地を訪れたのは 1997 年の春である。帯広空港から程近いこの敷地は十勝の山並みが見え、日本一の清流に幾度も選出されたことのある一級河川札内川に隣接する。最初の敷地の印象としては広々とした

典型的な北海道の農業景観であった。このまま何もなくても、気持ち良さを感じ取れそうな敷地であった。そんな中、ランドスケープの設計の立場から、まずは「敷地を知る」ことから始めることとした。敷地踏査は設計者であれば当然のプロセスである。しかし、建築・環境の設計分野に足を踏み入れて以来、日頃から感じることで、建築やランドスケープなど様々な設計者が存在する中で、敷地の捉え方（ここでは敷地の読み取り手法とでも言うべきか）は意外にも曖昧であると感じていた。このプロジェクトでは、「敷地を知る」ということを大きく位置づけ、そこから始めたのである。もっと砕けて言うならば、この素晴らしい風景を前にして「敷地を知ることからしか、始めることができなかった。」と正直に記すべきなのかもしれない。

事業計画上急務であったため、工場建屋の配置を早期に決定し1998年末には工場のみ竣工した。最初の敷地踏査はランドスケープの設計と植物の研究者の協働で行った。敷地踏査を重ねていくに従い、この素晴らしい自然景観の中にも様々な要素や課題があることがわかった。これら諸課題をプラスに改善していくことは、敷地の魅力をさらに向上させることにつながると考えた。本プロジェクトでは環境整備のために大小様々な取り組みを行っているが、特に着目した主な項目は次の3つが挙げられる。

- 1) 特定植物の保全・地域固有種の保全と活用
- 2) 河畔林の蘇生・川沿いの緑地景観の連続性
- 3) 微地形の抽出及び活用や湿地の回復

まず、一つ目は特定植物の保全・地域固有種の保全と活用である。この北海道特有の広大な敷地では一見するとその広さや風景の雄大さから、小さな存在を見落としがちである。しかし、どんなに大きな風景であっても、小さいのちの集まりによって成り立っている。この地も例外ではなかった。かなりの期間、放置されてきたであろう緑地内にどのような植物資源があるのかを探ることにした。敷地踏査の結果、地域の代表的な植物であるオオバナノエンレイソウやスミレ類などの山野草（写真—2）が、放置された林地内に笹類に覆われながらも懸命に自生していることが明らかになった。また、広々とした草地の中にも、雑草と思われるが、この地域の植物が数多く存在していることを確認した。林内のオオバナノエンレイソウなどまとまった範囲で保全を図った。

2つ目は河畔林の存在である。踏査だけではなく、航空写真の変遷（図—1）を時系列的にたどることで、この地域のみどり、特に川沿いの河畔林の緑地が分断



写真—2 敷地踏査で確認した野草



昭和38年



昭和48年



平成6年

図—1 航空写真による変遷

され、孤立林化が進行している状況が読み取れた。治水を目的に大規模な河川には堤防が築かれ、農耕地の造成開発により河川際まで農地化されている。計画地も河畔林以外の大半は採草地として乾いた草地が広がっている。かつて河川の豊かな水が育んだ川沿いの河畔林が失われつつあった。計画地内でも川沿いの緑が分断され、孤立林化している河畔林が存在している

状況が読み取れた。それらをつなぐことができないのか？ 河畔林のネットワーク化を計画に盛り込む必要があると考えた。

3つ目は微地形の抽出と活用及び湿地の回復である。計画地はその広さから一見平らに見えるのだが、非常に微細な地形変化に富んでいた。地形図による水みちの読み取りや敷地踏査により、過去に水が流れていたと推測される河道痕跡などを数か所見つけた。すぐ近くを流れる札内川をはじめ、この地域には豊かな水の存在がある。敷地内を部分的に掘削し土壌地盤状況を探ると、管理放棄され林床に笹類が繁茂する林地にも、また、外来種に覆われた広大な採草地の下にも、礫や砂利の堆積した透水層が広がっている状況が確認された。かつての蛇行した河川の痕跡が敷地内にも存在しているのである。一方でそれらが農耕地などの開発により、徐々にその潤いを失い、エリア全体として乾燥化が進み、水みちも直線化や暗渠化され、または消滅している状況も確認された。

3. 敷地の潜在的な力を引き出す

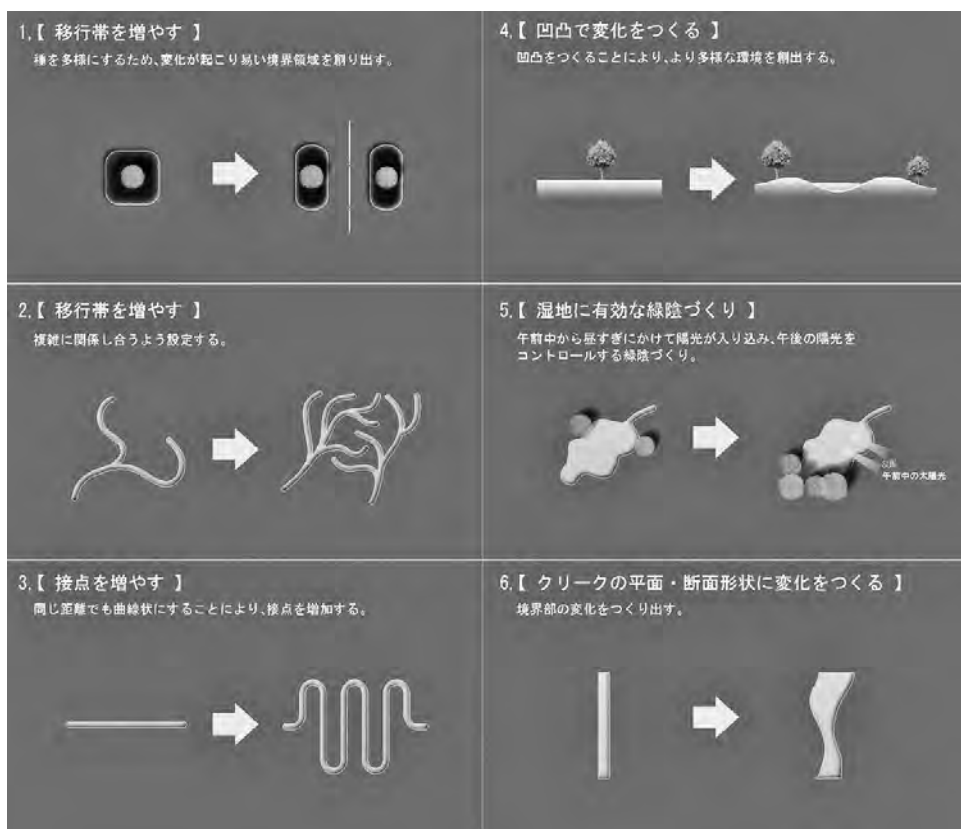
敷地踏査で感銘を受けたものの中に隣接する三番川の力強く潤いある水とみどりの風景がある(写真—3)。計画地に接し札内川につながる小河川の三番川は一見

すると単なる用水路のように思う人もいるだろう。しかしながら、この三番川の風景が敷地踏査で気づかせてくれたことは大きかった。計画地はこのような素晴らしい風景を生み出すことができる潜在的な力を秘めていることを気づかせてくれた。地域特有の多様な植物が生育する三番川のような環境をつくりだすために、敷地内にどのような関係性をつくり出せばよいか、ダイアグラム(エコロジカル・ダイアグラム)を作成し検討を行った(図—2)。

関係性の例として、直線よりも接する延長を長くすることにより、関係をより密接にすることや地形をひだのようにかみ合わせるなどが挙げられる。これ



写真—3 三番川の様子



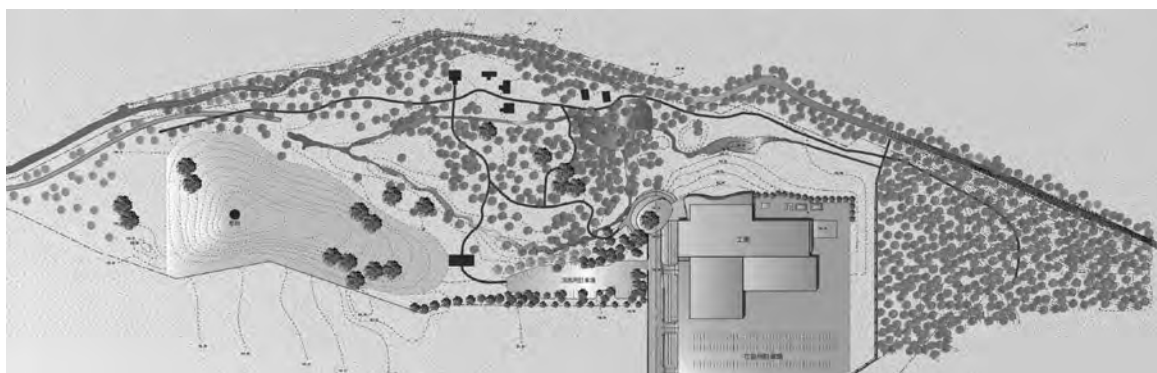
図—2 主なエコロジカル・ダイアグラム

らは緩やかに環境条件を変化させることで多様な環境を用意し、それにより、その環境に応じた植物・生き物などを誘うという考え方につながっている。このような異なる環境を緩やかにつなぐ水際のような部分は一般的に移行帯「エコトーン」と呼ばれる。このエコトーンには多種の植物や生き物が生育することが知られており、これらエコトーンを敷地内に数多くつくりだすための効果的な自然再生が必要となった。明らかになってきた「どんな植物があるのか？ また、相応しいのか？」「周辺も含めてどんな環境にあるのか？」「どんな地形の変化や水があるのか？」などの敷地踏査の結果やダイアグラムをもとに、植物・水・地形などの諸要素を複雑に組み合わせてマスタープラン（図一3）をまとめた。地形勾配の変化や水深の変化、流れや日照、樹木による緑陰などを駆使し、変化に富む様々な環境を用意することで、より多くの植物がそこに根付き生育することを目指した。特に敷地内に水辺の環境（敷地を縦断するように流したせせらぎ）をつくりだすことにより、外来種が繁茂し乾燥化していた敷地（写真一4）を多様な植物が育つ湿潤な環境へと大きく変化させることを試みた。この自然再生の大きな柱であるせせらぎの配置形状は配置図などの図面上の検討のほかに、確認作業の行い易い冬季に高所作業

車を持ち込み、敷地内の雪上面にあらかじめマーキングした墨の縄張りを上空からも現地確認を行い検討した（写真一5）。敷地中央部には既存樹木の位置や微地形などに配慮しながら浅い湿地を分散配置し、工場建設時からある池の配置と共に、二つの森をつなぐように水と緑を点在させている。外来種の草地は概ね次のような段階を経て再生された。①表層の草類を剥ぎ砂利や礫を表出させる ②せせらぎを設える ③湿生の植物が定着する（写真一6）。時間の経過と共に敷地の環境特性に応じた植物が入り込み、多種の草花が生い茂る環境を再生した。



写真一4 外来種が繁茂する計画前の敷地の様子



図一3 配置図マスタープラン



写真一5 高所作業による現地確認の様子



写真—6 セセらぎと植生の形成

4. 成果とその後の展開

本プロジェクトでは企業アイデンティティと敷地の特性を重ね合わせようというデザインコンセプトを描いていた。事業主である製菓会社を象徴するもののひとつに色鮮やかな草花の絵が描かれた包装紙がある。北海道を代表する画家の坂本直行氏の絵である。北海道の山野草が描かれており、一度は目にしたことがある方も多いただろう。計画作成に際しこの包装紙に描かれているような地域の山野草がたくさん咲くことのできる環境をつくりだすことは計画目標でもあった。

開園後の2010年～2012年に植物や生き物に関する調査を実施した。水辺環境を積極的に設け、様々な変化に富んだ環境を整備したことにより、どのような生き物環境に変化していったかを確認した。水辺にはサンショウウオなどの卵が見られた。エゾアカガエルなどの両生類やカジカなどの魚類、鳥類を確認することができた（写真—7）。この生き物調査における生物



写真—7 敷地内で確認された生き物

種は哺乳類6種、魚類2種、両生類・爬虫類4種、鳥類57種、昆虫類269種、植物364種に及ぶ。本プロジェクトが地域の生物多様性の向上に寄与する環境づくりであることを裏付けた。もちろん確認された生き物は一部であり、かつ、そのすべてが今回の環境整備によって誘うことができたわけではない。ただし、もともと荒れた草地であった敷地内に多種の生き物の姿が見られるようになったことは、このプロジェクトの自然再生への取り組みが起因するところは大きいと考える。「敷地を知る」が敷地の長所・短所をより明らかにしたことで、適切な自然再生に取り組むことが可能となった。潜在的な敷地の可能性を把握するこの一連の計画検討に際してのアプローチはプロジェクト全体に大きな影響を与えたと言えるだろう。

本プロジェクトを契機に中札内村は新たな景観形成に関する条例『豊かな自然を未来につなぐふるさと景観条例』を制定した。また、本プロジェクト「六花の森」は『北海道ガーデン街道』などのエコツーリズムの拠点の一つに取り上げられ、多くの観光客誘致に役立つなどこの地方における地域創生の一助を担っている。1997年からの敷地踏査に始まり、2007年に開園した「六花の森」は今年（2017年）開園10周年を迎える。自然再生を積極的に図り、敷地の潜在的な可能性を引き出すことで実現した「六花の森」の取り組みは単なる美しい屋外環境の整備にとどまらず、生物多様性の向上やサステナブルな開発などの環境配慮の観点、地域創生などにもつながったのではないだろうか。

5. おわりに

近年、「自然との共生」や「環境配慮」といった言葉が建築やランドスケープの雑誌に躍ることは多い。しかしながら、実際に我々は何の程度「敷地」を理解し、その「敷地」の抱える課題を見つけ、それらに応

えることができているのだろうか？ また、敷地の良さを拾い上げ、欠点を補っているのだろうか？ あらためて敷地に対する姿勢を考えさせられる。

事業主六花亭製菓(株)の「ランドスケープは時間を掛けてつくる」という方針のおかげで、踏査や検討に時間を掛けることができた。ありがちな数日の敷地調査で計画を作成するのではなく、数年かけて敷地と向き合い、四季を通じて敷地に足を運ぶ機会を得たことは大きかった。環境配慮というと安易に要素技術を展開するといった場面をよく目にする。しかし、限られた資源や様々な課題に直面する社会状況を考慮すると、地域創生や持続可能な開発を進める上では、あらためて丁寧な敷地条件の読み取りが重要な視点なのではないだろうか？ 見落としがちな地域資源を再確認しそれらを活かす。さらにその魅力を最大限引き出すことは多面的な効果に結びつけることが期待できるのかもしれない。

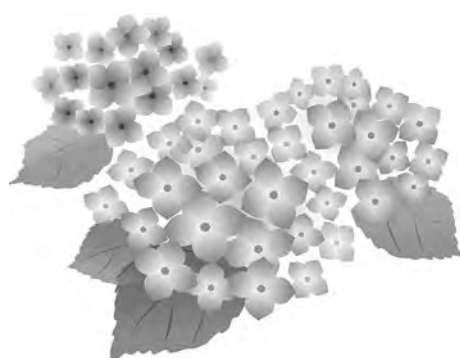
本プロジェクトのような民間企業の取り組みは我が国の環境整備において、今後ますます重要になるだろう。今後の地方における民間企業の施設整備のあり方の一つに敷地の潜在的な力を引き出すことに重点をおいた自然再生への取り組みがあるのではないだろうか。

嬉しいことに本プロジェクト「六花の森」は「2011年日本建築学会賞（業績部門）」、「第19回日本建築美術工芸協会 AACA 特別賞」、「生物多様性につながる企業のみどり100選」認定など数々の受賞につながった。

J C M A

【筆者紹介】

岩井 洋（いわい ひろし）
(株)大林組 東京本社設計本部
プロジェクト設計部ランドスケープ課
課長



「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況 都市域における生物多様性向上を目指して

米 村 惣太郎

2006 年に技術研究所敷地内に都市型ビオトープ「再生の杜」（以下「本ビオトープ」という）を創出した。植栽基盤の下層は現地発生土で造成し、表層に近在の畑土などの表土を敷き均した。池、湿地、草地、樹林など環境の異なるゾーンを配置し、多様な生物生息空間を設けた。2015 年に 10 年目の生物相の調査を行った結果、植物種は初期の 200 種から 296 種に増加し、植栽樹木の多くは順調な生育を示した。鳥類、トンボ・チョウ類の出現種数は初期・中期とはほぼ変わらず安定していた。魚類は種により増減が見られたが、10 年目の総個体数は導入数の約 2.5 倍と推定された。これらから人工的な緑地でも豊かな生物生息機能を維持し、都市域の生物多様性の向上に寄与していることが示された。

キーワード：都市、緑地、ビオトープ、生物生息機能、生物多様性、生態系ネットワーク、モニタリング、在来種、絶滅危惧種

1. はじめに

微気象の緩和や大気浄化、延焼防止など緑地の有する多様な機能から、都市域における緑地のあり方への関心が高まっている。中でも生物の生息地としての機能は、都市域での生物多様性の保全および生物の生息がもたらす健康促進効果やレクリエーション、環境教育などの観点から、その重要性が指摘されている。都市域に人工的に創出された緑地空間は増えているが、生物の生息状況に関する報告事例はまだ多くはない。生物の生息機能を継続的に維持・向上させ、都市における生物多様性保全を効果的に進めるためには、生物生息状況やその生息環境等に関する長期的な視点からの知見の集積が必要である。今回、2006 年に技術研究所（東京都江東区）に創出された本ビオトープにおいて、10 年目の生物生息状況の調査を行ったので、初期、中期の状況と比較して報告する。

2. 本ビオトープの概要

本ビオトープは、運河と道路に囲まれた技術研究所敷地内にあり、3 方向が各種実験棟などの建物に接した場所に位置している（写真－1）。全体面積は 1,940 m² でそのうち水域が 650 m² と約 3 分の 1 を占めてい



写真－1 本ビオトープの位置（矢印）



写真－2 本ビオトープの造成過程



竣工直後2006.4

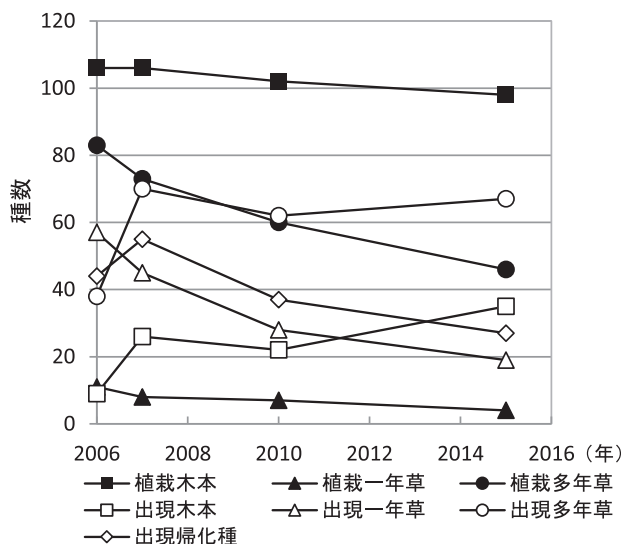


4ヶ月後2006.8

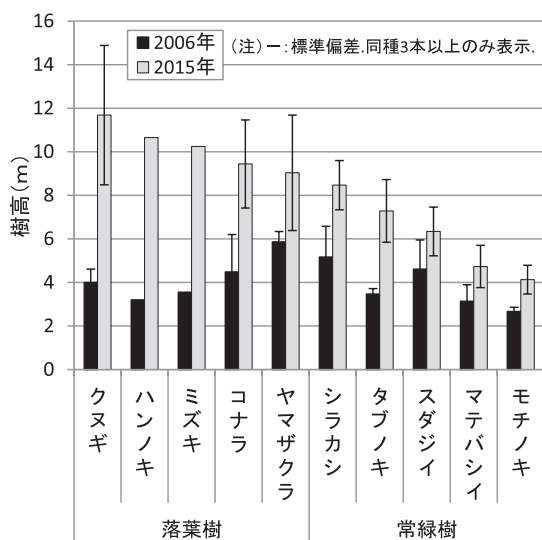


10年目2015夏

写真—3 本自然環境竣工後の状況



図—5 植栽種、出現種の種数変化



図—6 主な樹種の樹高

もあり、採取場所の選択や施工後の管理には注意が必要である。

主要な樹木の成長状況を図—6に示す。落葉樹ではクヌギ、ハンノキなどの成長が良く10年で6～10m成長し、常緑樹ではシラカシ、タブノキなどが4～5m成長した。都市域の人工的な植栽基盤でも後

述のように生物の生息機能を保持しつつ、若木から良好な樹林を形成できることが示された。

(2) 鳥類

鳥類の出現状況を表—1に示す。種数に大きな経年的変化はなく、陸鳥では都市適応種⁴⁾(環境区分A,B)を主として、年に15種前後が出現した。水域が広く、魚類も生息しているため、地域の絶滅危惧種であるカワセミ、コサギなどを含む水辺の鳥類も多く確認された。飛来鳥類の主な行動は採餌・採餌であり、休息、飲水、水浴なども見られた。中でもカルガモは竣工翌年から毎年、浮島で産卵しており、繁殖の場と

表—1 鳥類の出現状況

No.	種 名	環境 区分	2006	2007	2008	2010	2015
1	ドバト	A	●	●	●	●	●
2	ムクドリ		●	●	●	●	●
3	スズメ		●	●	●	●	●
4	ハクセキレイ		●	●	●	●	●
5	ツバメ					●	
6	キジバト	B	●	●	●	●	●
7	ヒヨドリ		●	●	●	●	●
8	シジュウカラ		●	●	●	●	●
9	メジロ		●	●	●	●	●
10	ハシブトガラス		●	●	●	●	●
11	ツグミ		●	●	●	●	
12	オナガ					●	●
13	カワラヒワ		●			●	
14	モズ		●				
15	コゲラ	C		●	●		
16	ジョウビタキ			●		●	●
17	カルガモ	D	●	●	●	●	●
18	ゴイサギ			●		●	●
19	アオサギ		●				●
20	ダイサギ			●			
21	コサギ		●	●		●	
22	カワセミ				●	●	●
23	イソヒヨドリ			●			
確認種数			15種	17種	13種	18種	15種

(注) 環境区分：文献4の3区分+水辺域鳥類

A：樹林地よりも市街地に多く出現する種。

B：市街地の小規模な樹林にも出現する種。

C：都市域でも大面積の樹林地では出現する種。

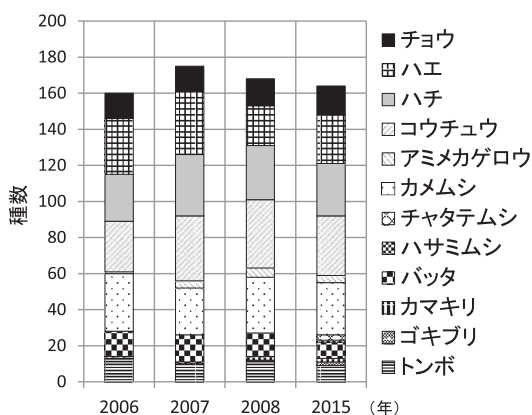
D：水辺域に出現する種。

して継続的に利用している。陸域と隔てられた環境が繁殖場として選択される重要な条件と考えられる。また2016年には国の準絶滅危惧種である猛禽類のハイタカも観察され、小規模な樹林でも都市域での上位種の生息に資する可能性が示唆された。

本生態系ネットワーク評価システムを用いて、本ビオトープ創出による技術研究所及び周辺のカワセミの生息適性の変化を評価した結果では現況より向上することが示されており²⁾、実際に創出後3年目にカワセミの飛来が確認された。また広域的な評価においても周辺地域はコサギの生息適性の高い環境であり(図—4)、創出後1年目から飛来が確認された。

(3) 昆虫類

昆虫類の目別出現状況を図—7に示す。10年目の全種数は164種であり初期とほぼ同種数であったが、



図—7 昆虫類の目別の出現状況

表—2 トンボ類の出現状況

No.	種名	環境 区分	2006	2007	2008	2011	2015
1	アジイトトンボ	A	●	●	●	●	●
2	アオモンイトトンボ		●	●	●	●	●
3	ギンヤンマ		●	●	●		●
4	シオカラトンボ		●	●	●	●	●
5	ウスバキトンボ		●	●	●	●	●
6	ショウジョウトンボ		●	●	●	●	●
7	アキアカネ	B	●	●	●		●
8	チョウトンボ			●	●	●	
9	コノシメトンボ		●				
10	ノシメトンボ		●				
11	リュウキウベイトンボ					●	●
12	クロイトトンボ	C	●	●	●	●	●
13	コシアキトンボ		●		●	●	●
14	ムスジイトトンボ			●	●		
15	クロスジギンヤンマ		●		●		
16	オオシオカラトンボ		●			●	
確認種数			13種	10種	12種	10種	10種

(注) 環境区分：文献5、6 参照

A：止水域で、開放的な湿地から人工池やプールなどで生息。

B：止水域で、開放的な湿地、休耕田、水田などで生息。

C：止水域で、木陰の多い池沼、林内の小池などで生息。

表—3 チョウ類の出現状況

No.	種名	環境 区分	2006	2007	2008	2010	2015
1	イチモンジセセリ	A	●	●	●	●	●
2	アオスジアゲハ		●	●	●	●	●
3	ナミアゲハ		●	●	●	●	●
4	モンシロチョウ		●	●	●		
5	ヤマトシジミ		●	●	●	●	●
6	クロアゲハ	B		●	●	●	●
7	モンキチョウ		●				
8	スジグロシロチョウ					●	
9	ルリシジミ						●
10	ウラナミシジミ			●		●	
11	ベニシジミ		●	●		●	
12	ウラギンシジミ		●				
13	キタテハ		●	●	●		
14	アカタテハ					●	
15	ツマグロヒョウモン				●		●
16	ムラサキツバメ	C					●
17	チャバネセセリ		●	●	●		●
18	ムラサキシジミ						●
19	ゴマダラチョウ		●				
20	ルリタテハ					●	
確認種数			11種	10種	9種	10種	10種

(注) 環境区分：文献6、7、8 参照

A：市街地（東京都の各区）に共通して生息。

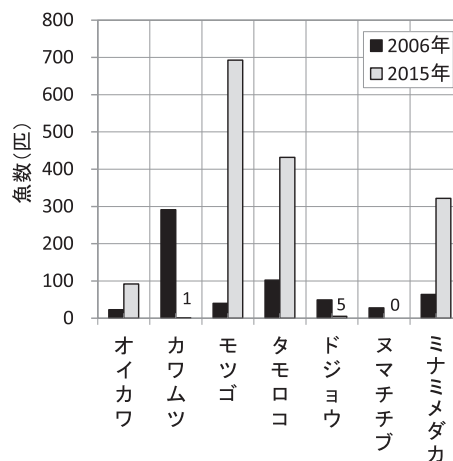
B：市街地でも草地や畑、林があるところで生息。

C：林床に下草が残る、林縁に藪や草地がある雑木林で生息。

草地性の種が減り、樹木成長による草地環境の減少の影響が考えられた。トンボは地域の絶滅危惧種であるチョウトンボを含み、年に10～13種(表—2)、チョウは9～11種(表—3)で経年的に大きな増減はなかったが、継続的な出現種と確認頻度の少ない種が見られた。トンボは池でショウジョウトンボ、シオカラトンボなどの数種のヤゴが確認され、地域への貴重な種の供給源となっていると考えられた。

(4) 魚類

魚類の各種の導入数と10年目の調査での推定数を



図—8 魚類の生育状況

表—4 水質分析結果

項目	単位	2006～2007	2015	環境基準項目類型
pH	—	7.7～8.9	7.2～8.4	AA：6.5～8.5
COD	mg/L	3.1～4.3	3.5～4.2	B：＜5
SS	mg/L	2.0～3.0	0.9～1.1	A：＜5
DO	mg/L	7.6～8.0	6.8～12	AA：＞7.5, B：＞5
TN	mg/L	0.17～0.32	＜0.1～0.14	Ⅱ：＜0.2, Ⅲ：＜0.4
TP	mg/L	0.010～0.041	＜0.01～0.012	Ⅲ：＜0.03, Ⅳ：＜0.05
T-Zn	mg/L	—	＜0.01	生物 A：＜0.03

(備考) 生活環境の保全に関する環境基準(湖沼)の項目類型

pH, COD, SS, DO AA：水産1級, A：水産2級, B：水産3級

TN, TP Ⅱ：水産1種, Ⅲ：水道3級, Ⅳ：水産2種

T-Zn 生物 A：イワナ, サケマス等の生息水域

図—8に示す。全数では導入数の約2.5倍に増加していた。最も増加したのはモツゴであり、タモロコ、オイカワ、絶滅危惧種のミナミメダカも増加していた。これらに対し、ヌマチチブは捕獲されず、最も多く導入されたカワムツは1匹のみの捕獲であり魚種により増減が見られた。モツゴやタモロコは環境変化への適応力が高く増加したが、カワムツやヌマチチブは産卵環境などが限られ⁹⁾、減少したと考えられた。またオイカワは特定の流水域でのみ捕獲されたことなどから、魚種に応じた生息環境整備の重要性が確認された。

(5) 池の水質

初期2年間と10年目の水質測定で得られた各項目の最小値と最大値の範囲を表—4に示す。pHは竣工当初は8.9を超えた場合もあったが、4か月目以降は7.7～8.1の値となり、10年目もほぼ同程度の値となった。DO(溶存酸素)は初期が7.6～8.0 mg/L、10年目が6.8～12.0 mg/Lであり、pHと同様にほぼ水産1級の基準値を満たしていた。

COD(化学的酸素要求量)は初期2年間とほぼ同等であり、SS(浮遊物質量)、TN(全窒素)、TP(全リン)の3項目は初期2年間より低い値となった。またT-Zn(全亜鉛)も検出限界以下であり、いずれも魚類や水生生物に影響を及ぼす濃度ではなかった。

池の水質は初期とほとんど変わりはなく、10年目の方が良好な項目もあった。池水を1日1回循環させていること、水生植物による栄養塩の吸収などの効果によると推察されるが、良好な水質を維持するためには、水生植物の適切な管理が必要である。

4. おわりに

都市域の技術研究所敷地内に創出した本ビオトープ「再生の杜」での10年目の調査を行い、初期中期と比

較することで、それぞれの生物種の生息状況および出現数の変化を把握することができた。絶滅危惧種を含む多様な生物が本ビオトープに出現し、多くの種の継続的な生息が確認されたことから、人工的な緑地でも豊かな生物生息機能を長期的に維持し、都市域における生物多様性の向上に寄与していることが示された。

今後は、より長期的な生物の出現傾向を把握するとともに、生態系ネットワークの観点から本ビオトープの周辺地域への波及効果などの検証や生物生息機能の維持・向上に資する効果的な植栽管理の検討などを継続していく予定である。また緑地の有する多様な機能を活用する手法についても検討を行っていきたいと考えている。

JICMA

《参考文献》

- 1) 橘大介ほか：都市域に造られた大型ビオトープ「再生の杜」の果たす役割、清水建設研究報告、Vol.85, pp.29-40, 2007.
- 2) 横田樹広ほか：都市生態系ネットワーク評価システム「UE-Net[®]」の開発と適用、第41回環境システム研究論文発表会講演集、pp.189-196, 2013.
- 3) 米村惣太郎ほか：都市型ビオトープ「再生の杜」における竣工後10年目の生物生息状況、清水建設研究報告、Vol.94, pp.141-148, 2017.
- 4) 加藤和弘：鳥類の種組成に基づく都市の鳥類生息環境評価指数の提案、ランドスケープ研究、Vol.72, No.5, pp.805-808, 2009.
- 5) 養父志乃夫：生きもののすみ環境づくり(トンボ編)、環境緑化新聞社、1991.
- 6) 上甫木昭春、梶原優美：トンボとチョウの出現からみた学校ビオトープのランドスケープデザインに関する研究、ランドスケープ研究、Vol.64, No.5, pp.621-626, 2001.
- 7) 西多摩昆虫同好会編：新版東京都の蝶、けやき出版、2012.
- 8) 日本環境動物昆虫学会編：チョウの調べ方、文教出版、1998.
- 9) リバーフロント整備センター編：川の生物図典、山海堂、1996.

【筆者紹介】

米村 惣太郎 (よねむら そうたろう)
清水建設(株)
技術研究所 環境基盤技術センター



転炉系製鋼スラグ資材を用いた 海域環境造成技術の開発

加 藤 敏 朗・小 杉 知 佳・山 越 陽 介

製鉄の副産物である鉄鋼スラグは、従来の構造物としての用途にとどまらず、その特性を活かした機能材としての利用技術の開発が進められている。特に最近では、陸域ばかりでなく、海域での利用を想定した利用法が提案され、実用化が進みつつあり、環境資材としての資源化が注目されている。

本稿では、鉄鋼スラグのひとつである転炉系製鋼スラグに着目し、藻場や浅場などの沿岸海域環境の造成を目的とした利用技術として、人工石材、ミネラル供給材、カルシア改質材の開発状況について事例を交えて詳しく紹介する。

キーワード：鉄鋼スラグ、藻場造成、浅場造成

1. はじめに

鉄鋼スラグは、鉄鉱石、石炭、コークス等の原料中の脈石成分、および、精錬工程において銑鉄中の不純物除去や溶鋼の成分調整のために添加される融剤に由来して、鉄鋼生産時に副生する鉱物資材であり、鉄鋼石を熔融・還元して銑鉄を製造する工程で生成する高炉スラグと銑鉄を成分調整して鋼を製造する工程で生成する製鋼スラグに大別される。本稿は、後者のうち、特に電気炉ではなく転炉で生産される転炉系製鋼スラグを用いた資材に関するものである。

鉄鋼スラグの利用は、路盤材や簡易舗装材といった道路用材料、軟弱地盤の土壌改良材、農業用の肥料・土壌改良材などのような陸域用途に限定されることなく、海域においても有用に活用できる資材として注目されている。

著者らは、鉄鋼スラグやそれを原料とした固化体などを構造物として利用することばかりでなく、鉄鋼ス

ラグの特性を活かした機能材としての利用技術の開発を進めてきており、以下、本稿では代表的な海域利用技術について概要を述べ、その後、それぞれについて事例を交えて詳しく紹介する。

2. 藻場造成技術への適用

(1) 人工石材（鉄鋼スラグ水和固化体）

鉄鋼スラグ水和固化体は、セメント原料として活用してきた高炉水砕スラグ微粉末を結合材とし、転炉系製鋼スラグを骨材としたオールリサイクル材からなるコンクリート代替品であり、型枠を用いた無筋コンクリートブロック代替の成形品や所望のサイズで塊状に破碎した人工石材等の自由な形状での製造が可能である（写真—1）。また、製造過程で焼成熱源としての燃焼に加え、石灰石の脱炭酸反応により CO_2 が必然的に排出される普通セメントに代わって高炉スラグ微粉末を使用する鉄鋼スラグ水和固化体は、 CO_2 の発生



写真—1 鉄鋼スラグ水和固化体¹⁾

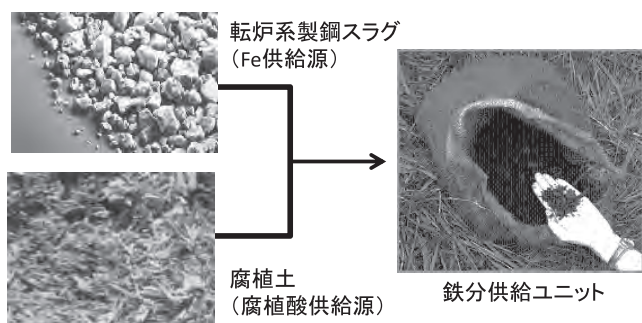
を削減した環境負荷の少ない資材と位置付けられる。

これらの人工石材は、裏込め石、傾斜護岸材、被覆石など港湾土木工事資材のほか、漁礁や藻場礁など水産用基材として活用されている。施工例として長崎県壱岐での事例を後述する。

(2) ミネラル供給材（鉄分供給ユニット）

沿岸域の藻場が衰退する「磯焼け」現象については気象変化、生物相変化（ウニや魚などの食植生物による被害）、人工的な海域環境改変などによる潮流変化や海水水質変化などが複合的に影響しているといわれ、その解決に向け様々な取り組みが行われている。

また、近年、河川を介した森林から海域のつながりが重要視され、海域への栄養の供給が着目されている。海藻の生育には窒素やりんなどの栄養塩類のほかには鉄分も必要とされるが、鉄イオンは水中の溶存酸素で容易に酸化されて三価鉄となり不溶性の水酸化物コロイドとして沈殿しやすい性質がある。これに対して森林土壌中では鉄イオンが腐植酸と錯体を形成し、それは溶存鉄として安定的に海域へもたらされると考えられている。この原理に基づき、図一に示すように鉄イオンの供給源として炭酸化した転炉系製鋼スラグを用い、錯体形成にかかせない腐植酸の供給源として腐植土を用いた鉄分供給ユニットを開発し、貧栄養が原因と推定される沿岸域における海藻類の生長促進を期待したミネラル供給材としての適用が提案され、各地で実証実験が実施されている。これについては北海道増毛町における事例を後述する。



図一 鉄分供給ユニットの構成¹⁾

3. 浅場造成技術への適用

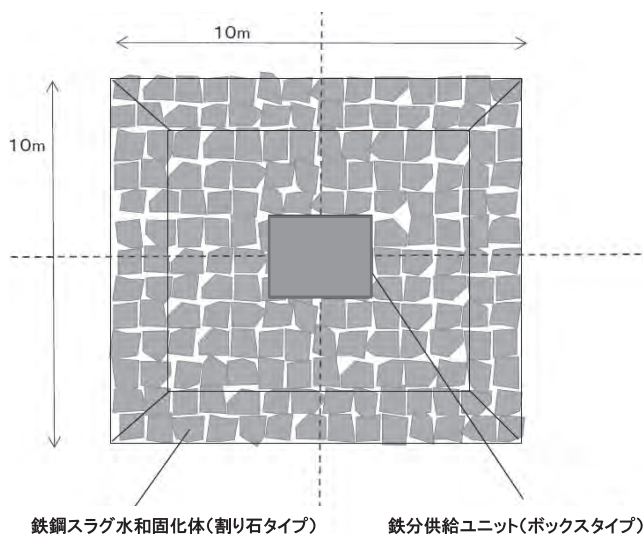
鉄鋼スラグの潜在水硬性を利用し、港湾・航路の保全で発生する軟弱な浚渫土の強度改善材として活用が進められている。本技術は、転炉系製鋼スラグを原料として成分管理と粒度調整を施したカルシア改質材を、軟弱な浚渫土に混入することで強度を改善し、そ

の改質土を浅場・干潟の造成や浚渫窪地の埋戻しに活用する技術であり、実海域での実証試験を経て実用化が進められている。また、カルシア改質土は、浚渫土の物理的な性状を改質するばかりでなく、浚渫土からのりんの溶出や硫化物の発生を抑制する効果があり、富栄養化した内湾や閉鎖性海域の底質環境を改善する技術として期待されている。

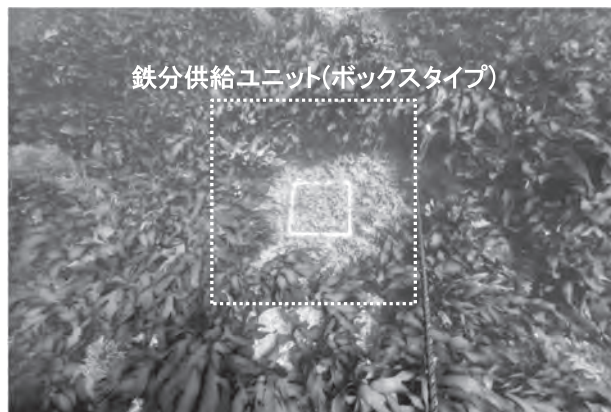
4. 事例紹介

(1) 長崎県壱岐における藻場造成事例²⁾

海藻が着生する基盤がない砂地における藻場造成技術として、鉄鋼スラグ水和固化体をマウンド基材として用いることを提案している。長崎県壱岐では図一に模式したような藻礁を2010年に設置した。さらに、藻礁の中心には鉄分供給ユニット（鋼製ボックス仕様）を設置して、鉄分供給による藻場造成効果も期待した。2013年夏には写真一に示すようにアラメ・カジメ類の繁茂を確認した。また、生物利用性が高いと



図一 壱岐市での藻礁施工模式図



写真一 壱岐市実験海域の状況（2013年7月撮影）

される二価鉄が鉄分供給ユニットの近傍で観測され、投入した鉄分供給ユニットが鉄イオンの供給源として機能していることがうかがえる。鉄分供給と海藻繁茂の関連性について今後の調査が待たれる。

(2) 北海道増毛における藻場造成事例

2004年10月、北海道増毛町舎熊海岸において鉄分供給ユニットを埋設し（写真—3a）、その後、10年にわたってその海域の藻場の状況や海水水質について継続的に観測を実施してきた。9年目の2013年6月においても、実験区の海岸にはホソメコンブを中心とした海藻群落が維持されている様子が観察されている（写真—3b）。

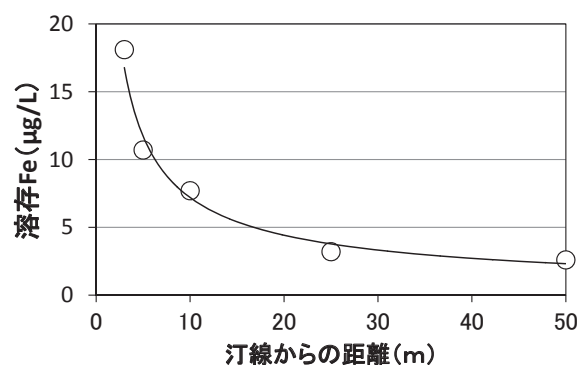
本海岸は、50m沖合でも水深1.5m程度の遠浅であり、粒度20～50cmの玉石からなる地盤であり、さらに干満差が小さいことから供給した養分が希釈拡散されずにとどまることが期待された。実験区の汀線を26mにわたって掘削し、ヤシ繊維袋に充てんした鉄分供給ユニットをのべ約6t埋設した。実験区から西に108m離れた地点に設定した対照区とともに、海藻が繁茂する時期（6～7月）に定期調査を実施した。

藻場調査は、汀線部から沖合50mまでの植生調査（ベルトトランセクト法）、及び、沖合50mまでの各観測点（3, 5, 10, 25, 50m）において50cm方形枠

内の海藻重量調査（コドラート法）を実施した。また、海水を採取し、Fe濃度や栄養塩類（N, P, Si）等について水質分析した。

海藻繁茂の観測結果の一例としてコドラート調査の結果を図—3に示す。天候や海況等の影響により年ごとに海藻量は異なるが、ホソメコンブを中心とした海藻繁茂量は対照区に比べて実験区で多い傾向が継続しており、さらに埋設した汀線からの限界有効距離は沖合10～25mの範囲にあると考えられ、これは後述する溶存鉄分布とも符合する結果であった。

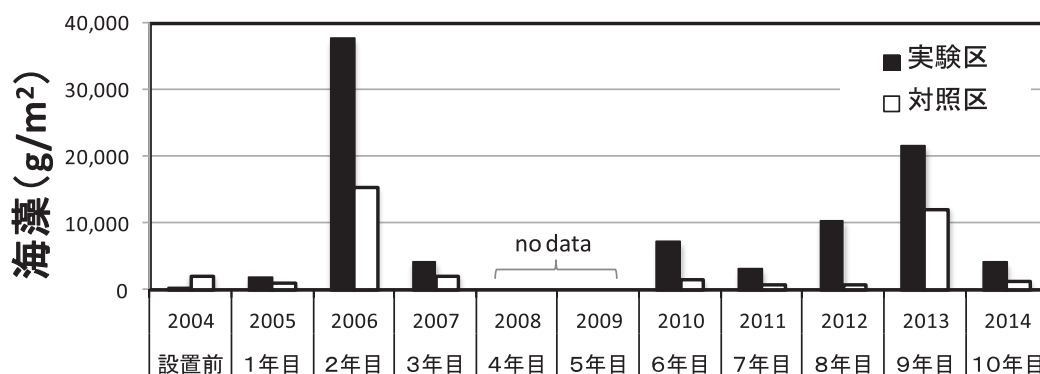
海水中の窒素やリンの濃度は実験区と対照区で明確な差が見られなかった。一方、鉄濃度（溶存Fe）は極低濃度であったためJIS法（フェナントロリン吸光



図—4 実験区における海水中的溶存鉄分布測定例¹⁾



写真—3 鉄分供給ユニットの施工事例¹⁾



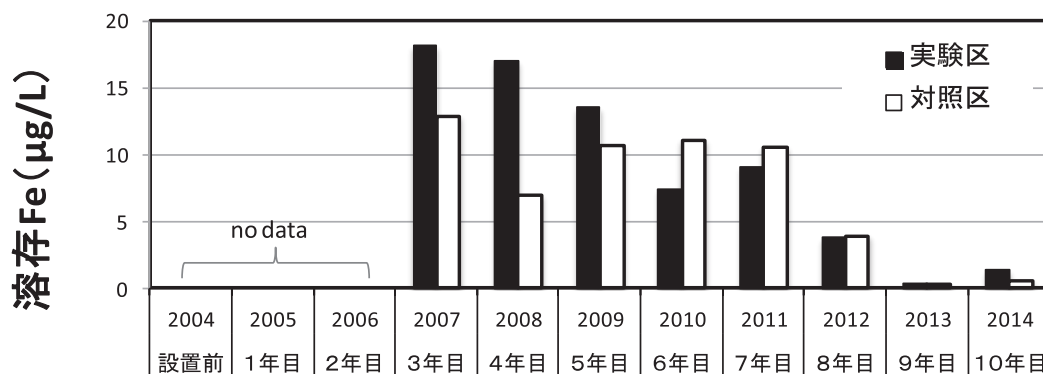
図—3 海藻繁茂量の経年変化（コドラート調査結果）¹⁾

光度法)で測定できなかったことから、分析方法を検討し、実験方法の整った3年目以降に分析を行うようになり、その年(2007年)の6月にコドラート調査を行った観測点について水質調査も行ったところ図—4に示すように埋設部である汀線部の近傍ほど高く、沖合に向かって低減する傾向が確認され、鉄分供給ユニットからFeが溶出している可能性を明らかにすることができた。なお、溶存Feは、海水試料を $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過した後、キレート樹脂を用いた固相抽出でアルカリ金属イオン等の海水マトリクスを除去し、硝酸で溶離して、溶離液中のFeイオンをICP-MSで測定した。

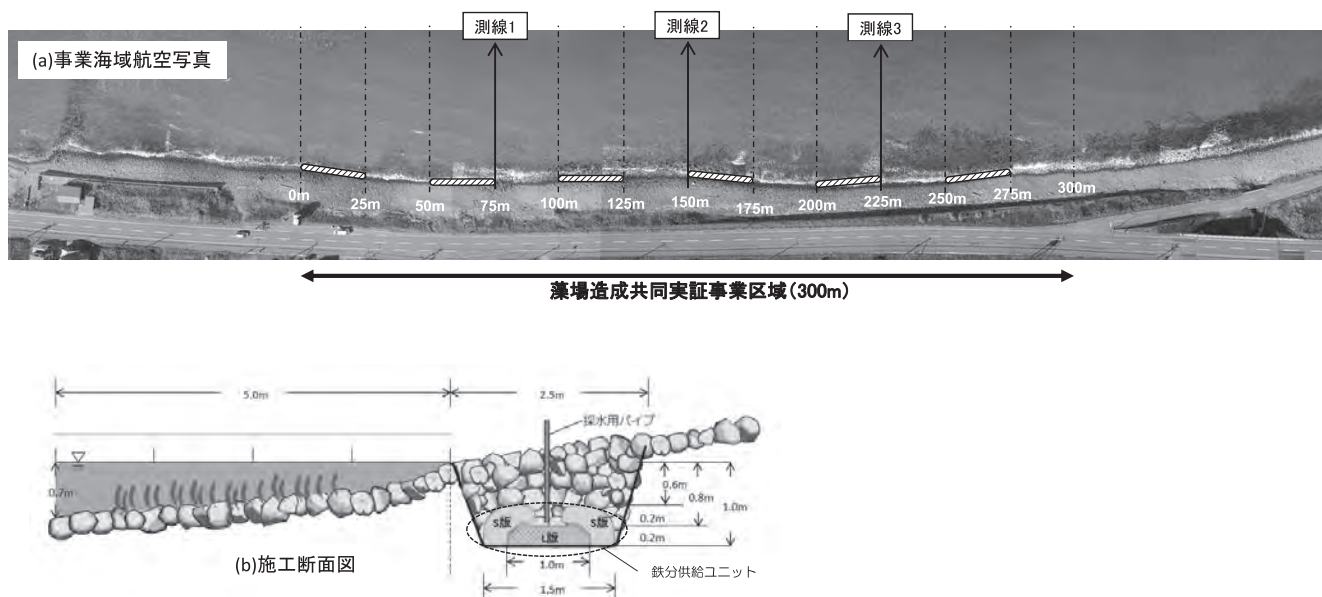
対照区と実験区の溶存鉄濃度の経年変化は、図—5に示すように、施工後5年目までは対照区に比べて実験区で高い傾向が観察されたが、それ以降は顕著な差が確認できなかった。埋設した資材を掘り出してスラグの残存鉄濃度を観測したところ、4年でほぼ半減していたことから鉄溶出量が少なくなったことが推定さ

れた。しかし、写真—3bに示したように10年目になっても磯焼けに戻ることなくコンブの繁茂が観察されていることから、ある量のコンブ場を施工後の数年間で形成することができれば、持続的に自己再生産する場が復活するのではないかと推定している。

増毛町舎熊地区での結果を受け、実事業規模での藻場造成を再現するとともに、将来の事業化に向けた経済性データ(費用対効果など)を試算することを目指し、増毛町別荘地区において増毛漁協殿を事業主体とした実証事業を開始した。2014年10月に別荘地区の海岸線300mにわたり25m間隔で、前述した舎熊地区での実験相当の鉄分供給ユニット埋設規模で6区画を施工した(図—6)。すなわち、1区画あたり汀線部を深さ1m程度で25mにわたって掘削し、鉄分供給ユニット(ヤシ袋仕様)をS版(35リットルタイプ)100袋とL版(55リットルタイプ)50袋にて約8t埋設した。翌春以降、持続的な藻場の拡大が観察されているが、今後数年かけて調査を継続して効果を評価し



図—5 海水中の溶存鉄濃度の経年変化¹⁾



図—6 増毛町別荘地区での藻場造成事業の施工区図

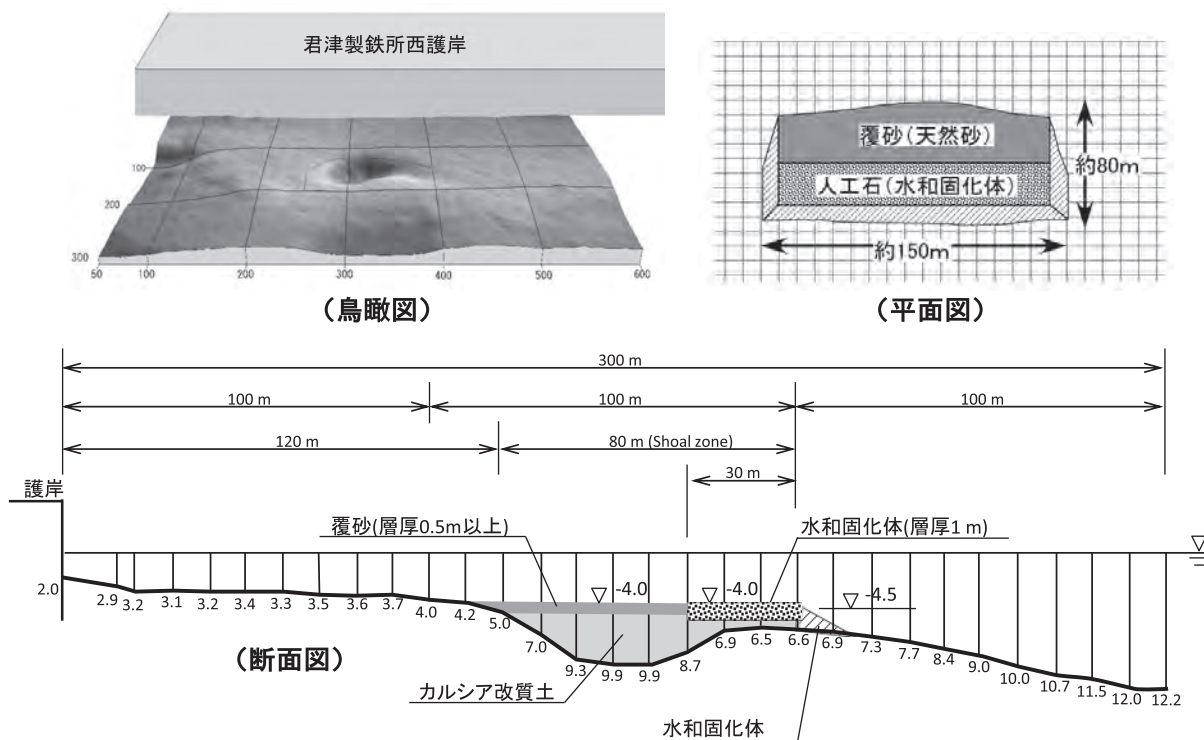
ていく予定である。

(3) 千葉県君津における浅場造成事例^{3), 4)}

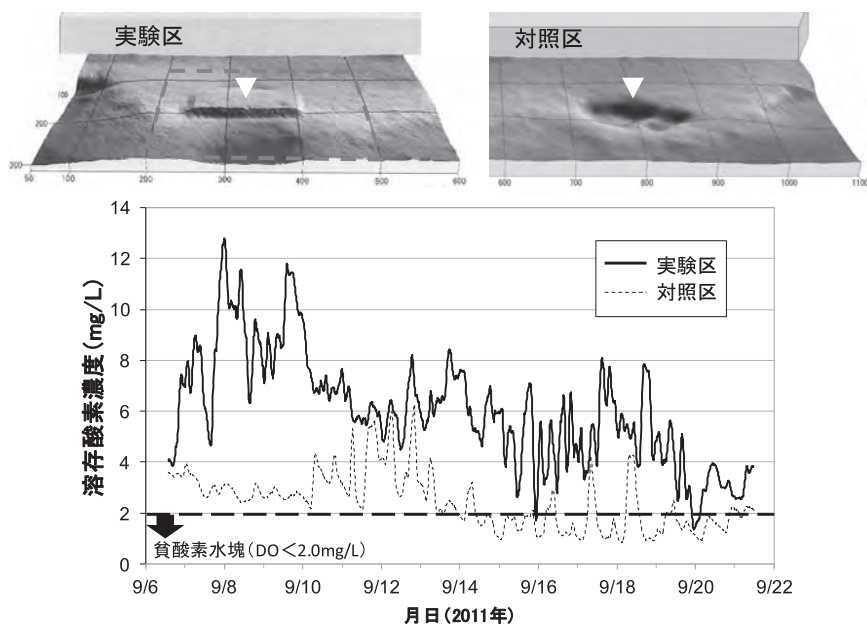
新日鐵住金(株)君津製鉄所の沖合に浅場を造成する目的で、君津製鉄所西護岸沖浅場造成工事(2011年6～7月)において、カルシア改質土を海底の窪地に投入した。図一7に示すように、浅場の造成は最大水深9mの小規模な深掘れ窪地の周囲を水和固化体で築堤した後に、窪地に改質土を投入し、カルシア改質

土上面を山砂と水和固化体でそれぞれ覆土する施工を行った(浅場面積:70m×160m)。改質土は、全開式の土運船上で大型バックホウを用いて混合し、混合後に最大水深約10mの海底まで直接投入する方法で施工した。なお、改質土の製造・投入数量は15,200m³であった。

軟弱な浚渫土はカルシア改質材を混合した直後に、カルシア改質材による吸水作用により強度(粘性)が速やかに増大する。これにより、カルシア改質土は、



図一7 君津製鉄所沖での浅場造成実験工事の概要図³⁾

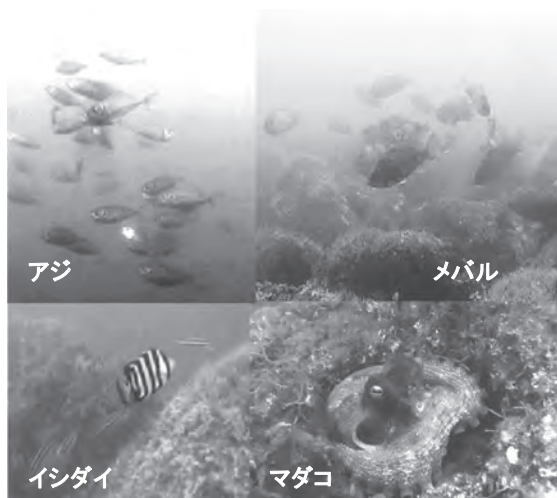


図一8 浅場造成による溶存酸素濃度の変化³⁾

混合直後の水中投入時においても、濁りが生じにくいと考えられる。この特性については水槽実験で検証するとともに、本稿の実施事例においても確認した。

浅場造成後には、周辺の水質や海藻、生物の生育状況に関するモニタリング調査を継続している。造成した浅場を実験区とし、実験区から護岸に沿って300 m離れた地点を対照区として選定した。対照区は、水深が6 m程度であり、実験区の施工前の状況に類似していることから、両区を比較することで浅場造成の効果を評価できると考えた。2011年9月に実施した溶存酸素の測定結果を図—8に示す。溶存酸素濃度が2.0 mg/L未満の状態は貧酸素状態と呼ばれ、その期間が短い方が、生物が生息しやすい環境とされる。実験区は対照区と比較して貧酸素状態になる期間が極めて短くなっており、深掘れ窪地をカルシア改質土で埋戻すことで貧酸素状態が解消されていることがわかる。

その後も環境調査を継続しており、写真—4に示すような生物が観測されるようになり、良好な藻場・漁場環境に変遷しつつあることが確認され、ここで作業している潜水器漁業者より高い評価を得ている。



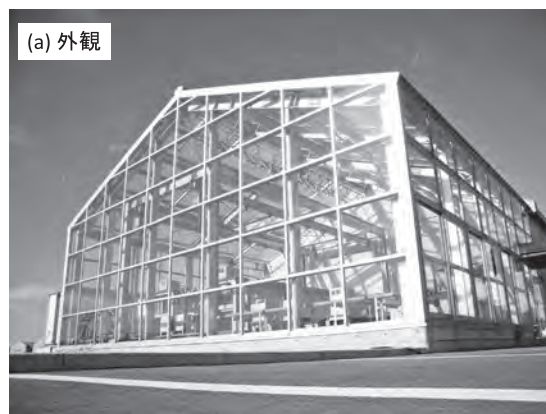
写真—4 造成した浅場で観測された水産有用生物例

5. おわりに⁵⁾

転炉系製鋼スラグ資材を実際の沿岸域へ適用する事例を重ねるばかりでなく、これら資材の有用性や安全性について客観的なデータを集積する必要があると考えている。しかし、実際の海域は、気象や海象など変動要因が多く、開発技術の有効性や持続性を定量的に検証することが困難なため、著者らはひとつでも多くの客観データを取るために2009年に海域環境シミュレーション設備（通称シーラボⅠ；写真—5）を開発し、検討を進めている。シーラボでは藻場や浅場を再

現した水槽を設置し、沿岸海域環境や藻場再生に関する様々な模擬実験を実施してきた。現在までに、ノリの生長や色彩に及ぼす鉄分供給の効果の実証⁶⁾、カルシア改質材による底質環境改善効果の実証など実験データを取得してきた⁷⁾。さらに、2011年には海域利用時の長期的な環境影響を評価することを目的として「シーラボⅡ」を増設した（写真—6）。この水槽設備は鉄鋼スラグ資材の実際の適用場を想定して干潟ゾーンと浅場ゾーンを備えた2段構造となっており、日照と水温の調節が可能な仕様とし、シーラボⅠでは困難であった年間を通じた実験が可能となり、現在、アサリやアマモを用いた生育試験を行っている⁸⁾。

以上のように、鉄鋼スラグは有用な環境資材として新たな用途での活用が進み始めており、安心して使っ



写真—5 海域環境シミュレーション設備「シーラボⅠ」



写真—6 海域環境シミュレーション設備「シーラボⅡ」

ていただくために必要な情報をひとつでも多く確保するための研究開発に取り組んでいく。



《参考文献》

- 1) 加藤, 鉄鋼スラグの環境資材としての資源化, アロマティックス, 67, 春季号, 94-103, 2015
- 2) 加藤ら, 転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域藻場造成技術の開発, 新日鉄住金技報, 399, 79-84, 2014
- 3) 中川, 鉄鋼スラグ製品による海域環境改善技術への取り組み, 環境技術, 42, 7, 411-416, 2013
- 4) 山越ら, カルシア改質土による浅場造成, 新日鉄住金技報, 399, 59-64, 2014
- 5) 加藤ら, スラグ資材の海域適応時の影響評価, 新日鉄住金技報, 399, 85-89, 2014
- 6) 植木ら, ノリの生育に対するスラグ系施肥材の効果実証実験, 海洋理工学会誌, 17, 1, 49-55, 2011
- 7) 小杉ら, 製鋼スラグを活用した海域底質からの微細藻類の増殖抑制, 20, 1&2, 1-9, 2014
- 8) 小杉ら, 干潟・浅場一体型メソコスム水槽を活用した製鋼スラグの浅場造成材としての安全性の検証実験, 海洋学会, 2015 年度秋季大会

【筆者紹介】

加藤 敏朗 (かとう としあき)

新日鐵住金(株)

技術開発本部 先端技術研究所 環境基盤研究部
上席主幹研究員



小杉 知佳 (こすぎ ちか)

新日鐵住金(株)

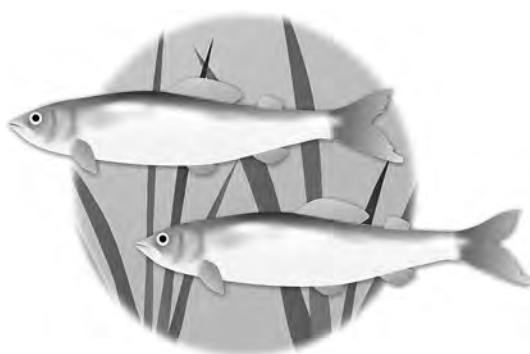
技術開発本部 先端技術研究所 環境基盤研究部
主幹研究員



山越 陽介 (やまごし ようすけ)

新日鐵住金(株)

君津製鉄所 資源化推進部 スラグ製品室
主査



樹木対応型壁面緑化システムの開発

バーティカルフォレスト[®]

佐久間 護

建物の外壁壁面上に安全に植物を植えると同時に、植物を健全に育てることに関心が高まっている。筆者らは従来適用が困難とされた樹木を建物壁面に植栽するために、固定ボード、水分保持と根張りのための不織布を用いた植栽基盤、断熱材、外壁面のためのガラス繊維補強セメント（GRC）の4層からなる緑化パネルを用いた工法を開発した。建築物の外壁に適用するため安全性及び耐久性は特に重要である。FEM解析の結果から、GRCパネル全体に設定した風荷重（300 kg/m²）が作用しても壊れない強度であることを確認した。本システムは構造的な安全性と樹木の健全性に関する機能を保有していることが示唆された。

キーワード：壁面緑化、緑化パネル、耐久性、安全性、樹木、生育特性

1. はじめに

壁面緑化への取り組みは1999年5月に調査研究でスタートした。当時壁面緑化の成功事例はほとんどがツタ植物によるもので、造園植物を用いた恒久的な壁面緑化は皆無であった。壁面の緑化では屋上とは異なる様々な植物育成上の困難がある。施工面に傾斜が付くと植物体を維持する植栽基盤が風雨により流失するため、生育の維持が困難な場合が多く見られる。また、垂直面に近づくほど降雨を利用できなくなるため灌水が必要となり、傾斜の厳しい植栽基盤に均質に水分供給することは難しい課題だった。これらの理由からツタ植物以外での壁面緑化はなかなか現れなかった。

壁面緑化は2001年4月施行の東京都条例による建物緑化の義務化や2005年の愛知万博「バイオラング」の展示などで、社会的に急速に関心が高まった。以来屋上緑化の普及とともに壁面緑化の事例も増えている。建物の緑化は環境配慮技術の一つとしても重視され、いまでは緑化提案の無いプロジェクトはないほどである。壁面緑化は屋上緑化と異なり多くの人目に触れるので、美しさと同時に安全性と耐久性が必要となる。

建物の外壁、土木構造物の壁面等に樹木を用いて緑化する、「バーティカルフォレスト」（以下「本システム」という）（商標登録第5378567号）2010年12月取得は、植物と植栽パネルが一体化したものを壁面に取り付けの工法である。適用する植物は、平地で用い

る植物は全て植栽可能である。特に長期間にわたり観賞価値を有する樹木類の植栽で壁面緑化の永続性を確保している点が従来の壁面緑化技術に見られない大きな特徴である。

本システムは樹木を本格的に壁面緑化に取り入れた

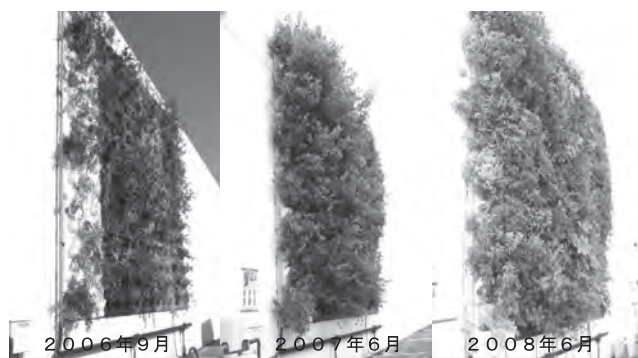


写真1 2年間の生育状況

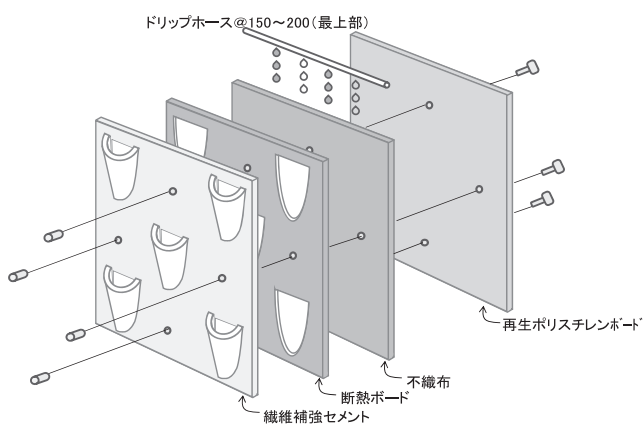


写真2 満開のヒラドツツジ

従来に見られない緑化工法である。年間を通して多様な樹木が健全に育成し、意匠性の高い緑化景観を維持すると共に、緑化の目的の1つとされるヒートアイランド対策にも貢献することを狙いとしたものである。写真—1に植栽樹木の生育状況を、写真—2に満開のヒラドツツジを示す。

2. 本システムの構成と特徴

本システムの主な構成は、植物を生育させる緑化パネルと自動灌水装置及び植栽樹木である。緑化パネルは、図—1に示す四層から成る。植栽ポット付きの表面パネルは、ガラス繊維補強セメント（GRC）製で、地震や強風でも壊れない強度があり、断熱材は、植物の根の温度環境変化を和らげる。不織布は、上部から来る灌水の養・水分を適度に保持して根に供給する。

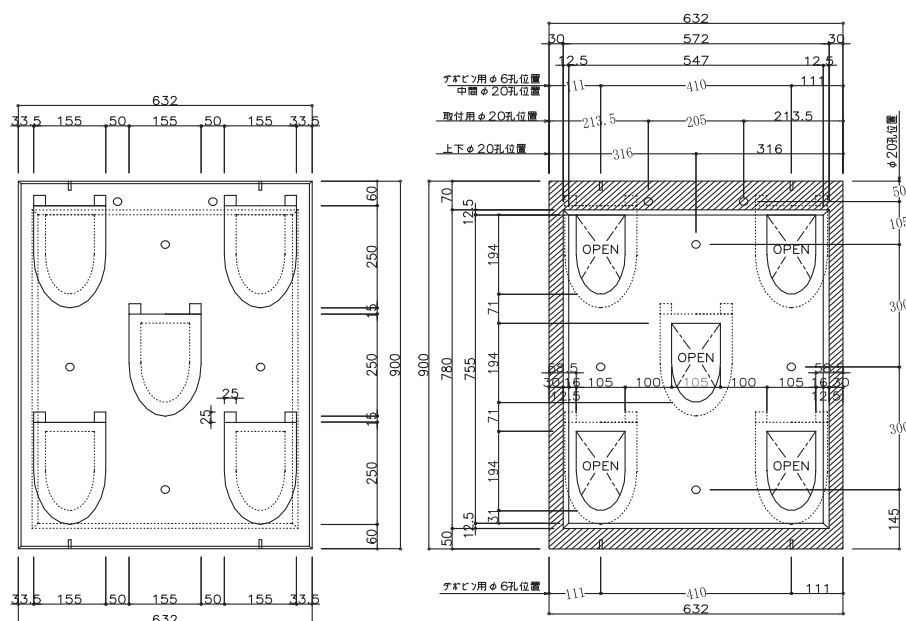


図—1 緑化パネルの構成

根は不織布内を上下左右に伸張してパネル間で連続するため、植物を健全に大きく生育させる。リサイクルボードでサンドイッチしてパネルは一体化する。標準の大きさは600×900×70である（図—2）。植栽された状態で重量は約45kg/枚である。施工は、RC構造建物に乾式工法で取り付ける。灌水は最上部に設置したドリップホースによる自動灌水で、灌水量や灌水頻度は制御盤で年間設定する。施肥は液体肥料を灌水タンク内で希釈し適宜供給する。樹木の選定により、自然風、花壇風、生け垣風などのバリエーションができる。写真—3は樹木に営巣したキジバトのヒナの様子である。鳥や蝶など多くの生き物が集まってくる。



写真—3 クスノキで生育するキジバトの雛



図—2 GRC 緑化パネル

3. 本システムの構造検討および不燃性試験

外壁からものを落としてはいけない、燃えるものを外壁につけてはいけない。これは建設会社の常識であり、本システムも同様の要求品質の確保が求められた。

以下に構造検討の結果と不燃性試験の結果を示す。

(1) 構造検討

壁面緑化の適用範囲を高所作業車の一般的な高さ12 mを想定し、その時のGRC植栽パネルに自重および風荷重が作用した際の構造検討をFEM解析を行った。解析の結果、パネル全体に $1,000 \text{ N/m}^2$ の分布荷重が作用したとき、パネル全体は面外に曲げ変形を生じ、パネル前面応力が 0.5 N/mm^2 程度になること、支持部およびポット・パネル取り付け部で応力集中により 1.8 N/mm^2 程度の応力が発生することがわかった。パネルの短期許容曲げ応力度が 2.3 N/mm^2 であることから、 $1,256 \text{ N/m}^2$ の風荷重に対してパネルに発生する最大応力は短期曲げ許容応力度以内になることがわかった。

GRCの材料特性は次の通りである。 E (ヤング係数) $= 8.55 \times 10^4 \text{ (N/mm}^2)$, G (せん断弾性係数) $= 3.56 \times 10^4 \text{ (N/mm}^2)$, ρ (質量密度) $= 1.97 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2$

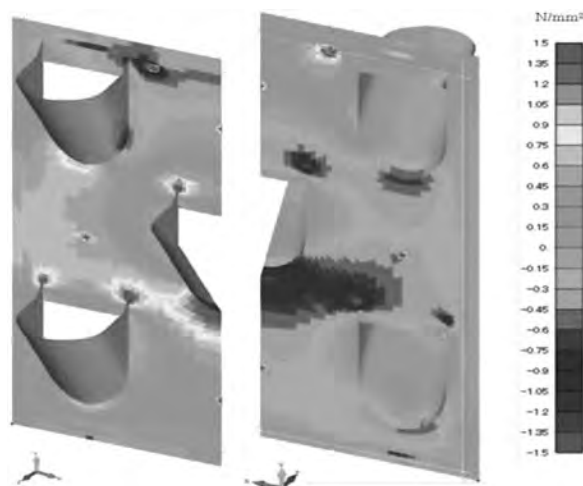
(2) 解析結果

FEM解析により得られたGRC緑化パネル表面のMean Stress分布を図一3に示す。緑化パネル全体では面外曲げ挙動が支配的で、局所的に支持部およびポットとパネルの取り付け部分で応力が集中していることがわかる。緑化パネルおよび樹木・不織布等の重量のみを作用させたときのパネル表面のMean Stress分布を図一4に示す。図一4より自重によりパネルに発生する応力の全体への影響は小さいことがわかる。

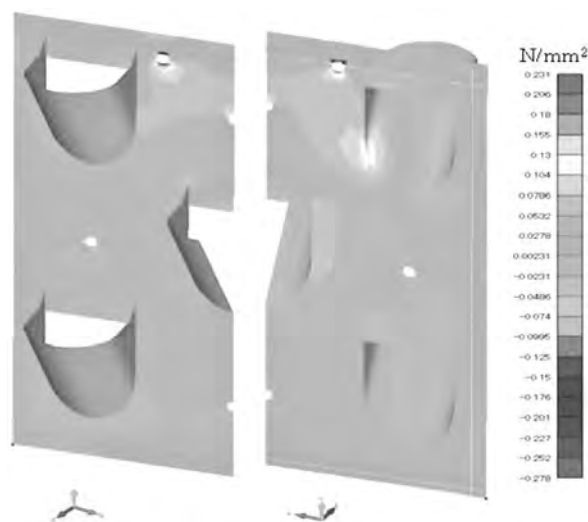
(3) 不燃性試験

現在、法律的には壁面緑化は不燃の認定は必要とされていないが、安全性を確保するため自主判断で壁面緑化パネルの不燃性を確認する実験を行った。GRC緑化パネルの不燃性能を確認する試験方法としては、不燃性試験と発熱性試験の二つの方法があるが、ここでは発熱性試験により性能を確認した(写真一4)。

試験体は、GRCパネル、GRCパネル(塗装あり)、GRCパネル(本仕様)の3種類とし、いずれの試験体についても3回試験を行った。試験は、財団法人建材試験センターの防耐火性能試験・評価業務方法書に従い行った。判定基準は、財団法人建材試験センター



図一3 Mean Stress 分布 (全体)



図一4 Mean Stress 分布 (自重のみ作用)



写真一4 発熱性試験 (上) と試験後のサンプル (下)

表—1 試験体一覧

No.	供試体	(1)総発熱量 (MJ/m ²)	(2)亀裂、穴	(3)最大発熱量 (kW/m ²)	判定
1	GRCパネル	0.40 ≤ 8 OK	なし OK	6.27 ≤ 200 OK	OK
2		1.55 ≤ 8 OK	なし OK	7.96 ≤ 200 OK	OK
3		2.28 ≤ 8 OK	なし OK	8.14 ≤ 200 OK	OK
1	GRCパネル (塗装あり)	2.67 ≤ 8 OK	なし OK	15.96 ≤ 200 OK	OK
2		3.39 ≤ 8 OK	なし OK	6.19 ≤ 200 OK	OK
3		2.79 ≤ 8 OK	なし OK	18.29 ≤ 200 OK	OK
1	GRCパネル (本仕様)	2.18 ≤ 8 OK	なし OK	8.78 ≤ 200 OK	OK
2		2.99 ≤ 8 OK	なし OK	9.23 ≤ 200 OK	OK
3		2.47 ≤ 8 OK	なし OK	12.27 ≤ 200 OK	OK

の防耐火性能試験・評価業務方法書に従った。試験結果は表—1に示す通り、GRCパネル、GRCパネル（塗装あり）、GRCパネル（本仕様）のいずれの試験体も不燃材料と同等の性能を有することを確認した。

4. 本システムの適用事例

(1) 味の素スタジアム外壁への適用（写真—5）

東京都「味の素スタジアム」改修工事に適用された事例について紹介する。「味の素スタジアム」は平成25年度開催の東京国体のメイン会場として、第1種公認陸上競技場とするために改修を行った。設計のコンセプトは、「武蔵野の森」にふさわしい緑の再現とそれに囲まれた美しい緑の陸上競技場である。壁面緑化の植栽は武蔵野にふさわしい在来種約300種の中から選定されている。樹木を用いることで、年を経るごとにより良く生育する「森のような景観」を形成する狙いがある。

様々な形状のスタジアムの窓や開口部を既存のまま残すという設計コンセプトを実現するため、5つのパターンの植栽用パネルを特別に製作し、パズルのように隙間なく配置した。樹木は「味の素スタジアム」が位置する武蔵野に自生しているシラカシ、シロダモ、ヒイラギなど、今後形成される予定の“武蔵野の森”



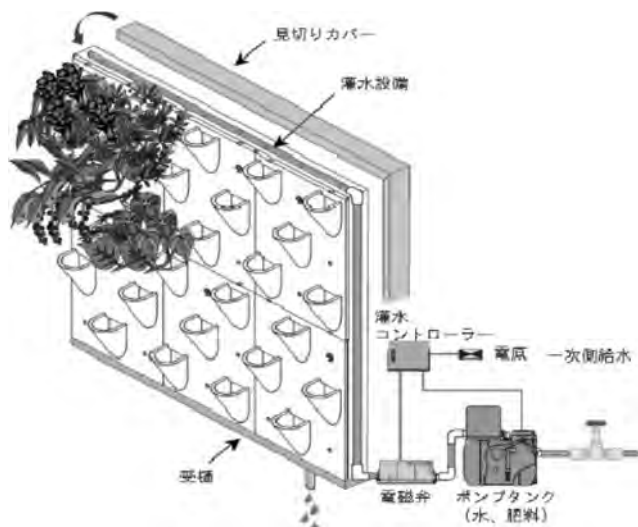
写真—5 2012年7月現況写真

にふさわしい32種類の樹木を選定した。一年を通して緑を確保するために、常緑樹を多くし残りは彩を加える季節ごとの花木や紅葉樹等の落葉樹とした。32種の樹木それぞれが最も生育しやすい環境を築くために、どの位置にどの樹木を植えるべきか最適な植栽レイアウトを検討した。

緑化パネルの面積は約1,450 m²であるが、枝葉の拡がりを考慮した実質的な緑化面積は2,000 m²になる。緑化工事は施工期間2011年8月28日～11月4日であった。

(2) 本システムの構成

適用した緑化システムの模式図を図—5に示す。緑化パネルの標準の大きさは600×900×70 mmとした。植栽された状態で重量は約45 kg/枚である。施工はRC構造壁面に乾式工法で取り付けした。灌水は最上部に設置したドリップホースによる自動灌水である。灌水量や灌水頻度は年間の降雨量に応じた設定を行った。施肥は液体肥料を灌水タンク内で希釈し適宜供給している。



図—5 緑化システムの模式図

(3) 樹木選定のコンセプト

「味の素スタジアム」が位置する武蔵野に自生しているシラカシ、シロダモ、モチノキ、アセビ、ヤマツツジ（写真—6～8）などを用いて、“武蔵野の森”にふさわしい樹種の選定と植栽レイアウトを実施した。常緑樹は19種、落葉樹は13種である。樹種配置は原則として、各スパン全て常緑樹70%落葉樹30%で構成した。さらに植栽配置で以下の点に留意した。落葉樹は常緑樹の中にばらばらに配植し、両端および下端に用いる樹種の内部への植栽は避けるようにし



写真一六 モチノキ



写真一七 アセビ



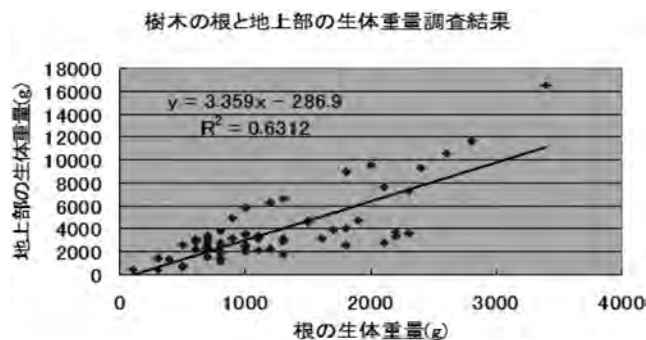
写真一八 ヤマツツジ

た。全体的に高木、中木、低木をバランスよく植栽した。また樹木により季節感を演出すると同時に、1年を通して花が見られるよう樹種選定を行った。

5. 緑化パネル CO₂ 固定量の推定

(1) 根系容積の固定した樹木生体総重量推定

壁面で樹木を生育させる場合、樹木が大きくなりすぎないか、また根が肥大成長して緑化パネルを破壊しないかという問い合わせが多い。樹木の地上部重量は根の生長量に比例することが、植栽樹木の根と地上部の生体重量に関するアクロス福岡での植栽実験(1995.03-1997.03)で明らかになっている(図一六)。そこで



図一六 樹木の根と地上部の生体重量調査結果

実験で得られた計算式をもとに、緑化パネルで成長する樹木の重量を以下のように求めた。

(a) 根の重量

根の生長する空間は、不織布の厚み(15 mm)から、1 m² 当たり 15 リットルの容積となる。根の比重(生体重量)は、ほぼ 1.0 なので根の重量は最大で 15.0 kg と考えてよい。

したがって単位面積当たりの根の最大生育重量(a)は 15,000 g/m² となる。

(b) 地上部重量

根の重量に対して地上部重量は次式に従い計算できる。1 m² 当たりの地上部の最大生体重量(b)は、根系の総重量を 15 kg/m² とすると次のようになる。

$$(b) = 3.359 \times 15,000 (\text{根系総重量}) - 286.9 = 50,098 \text{ g/m}^2$$

(c) 予想される GRC 緑化パネルでの樹木総重量(MAX)は次のとおりである。

$$\text{樹木総重量(MAX)} = a + b = 50.1 + 15.0 = 65.1 \text{ kg/m}^2$$

10 年で根系容積が最大となったと仮定すると、年平均 6.5 kg/m² 増加となる。木質部の C 含有量は多くの分析結果から、樹種に限らず樹木重量比で 50% である。CO₂ と C の分子量比(44/12)を乗じることで CO₂ 量に換算可能である。また生体樹木の約 50% は水分である。したがって正味の CO₂ 固定量は上記重量の二分の一相当と考える。

以上から当該樹木対応型壁面緑化工法の CO₂ 年間固定量は次のように推定できる。

$$\text{年間増加量} (6.5 \text{ kg/m}^2) \times \text{C 含有量} (0.5) \times (44/12) \times 1/2 = 5.95 \text{ kg/m}^2$$

したがって味の素スタジアムでは 1,450 m² × 5.95 kg/m² = 8,628 kg/m² 年の CO₂ を固定すると考えられる。

6. おわりに

壁面緑化パネルを用いた樹木生育特性に関する実験、FEM 構造解析及び不燃性試験などにより、壁面

で永続的な植栽景観を確保する樹木の健全な生育と緑化パネルの耐久性に関する安全性が確認できた。またプロジェクト適用の結果、樹木を用いた壁面緑化ならではの CO₂ 年間固定量の効果が確認できた。

今後は維持管理に関する諸特性、つまり樹木生長に伴う緑化パネルの耐久性評価や灌水計画のための年間水収支評価、さらには病虫害防除の効率化等を研究する予定である。

JCM A

《参考文献》

- 1) 佐久間護, 武藤浩, 奥水肇: 建築物の壁面緑化に関する研究 (その1) 緑化の目的と緑化手法の現状, 日本建築学会大会梗概集, 2001.9
- 2) 佐久間護, 三坂育正, 小島倫直: 樹木が植栽可能な壁面緑化に関する研究—緑化システムと生育特性の評価—, 日本建築学会大会梗概集, 2008.9
- 3) 佐久間護, 川畑茂男, 奥水肇: 人工地盤植栽実験における植物の生育要因分析について, 竹中技術研究報告 No.52 1996

〔筆者紹介〕

佐久間 護 (さくま まもる)

(株)竹中工務店 技術研究所

エコエンジニアリング部門 緑化生態環境グループ

主任研究員



と き けんそう 時代の建層

建設残土を利用した、時代を積み重ねる都市更新の提案

小 幡 知 哉・涌 井 匠・阿 部 里 歩

（本稿は「第29回 建築環境デザインコンペティション：時計装置」にて最優秀賞を受賞した作品の内容である。）

人がこれまでの歴史を積み重ね、時代ごとに変化する社会に適応するとともに、人の都市に対する価値観も大きく変化している。このような状況の中、現在の日本が抱える「都市の老朽化」と「開発によって増え続ける残土の処理」という問題に対し、都市で残土を活用することで解決の糸口を見出す。開発残土を利用して人工地盤をつくり、都市に森を還元し、人と建築にやさしい環境を創出する提案である。これをきっかけに、都市環境の優化、空室需要の増加、建築寿命の延長などを誘発し、今後に求められる新しい環境へ都市が更新されていくことを期待する。

キーワード：都市、建築、環境、コミュニティ、地盤、残土、都市更新、インフラ、居場所



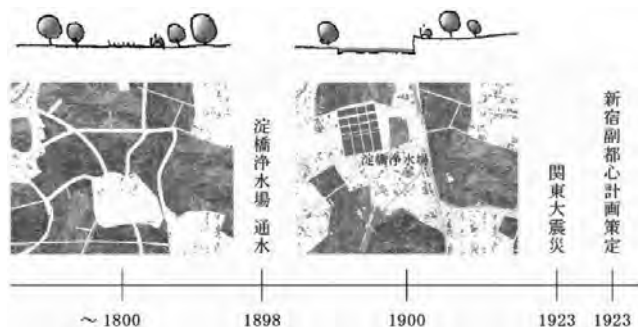
図ー1 時代の建層―トキノケンソー

1. はじめに

老朽化の進む都市を解体するのではなく、地盤面を更新することで「時代を積み重ねる都市」を考える。各地で発生した建設残土を都心部に持ち込み、新たな地盤面として再利用する。アスファルトを覆う土は都市に自然

を取り戻し、都市全体の環境を整える。自然と一体化した都市は既存建物に新たな付加価値を生み、新しい魅力と共に人々の賑わいを創出する。この都市において、人々は新しい居場所や過ごし方を発見し、建築も繰り返しメンテナンスされながら寿命を延ばしていく。このような循環を促すことで都市をより豊かな環境へと優化していく。

本稿では想定する敷地として、新宿副都心エリアを選定し、都市の優化和その具体的な提案について述べる。かつて農村が主体であった新宿は、浄水場としての役割を経て副都心として開発され、地盤面に高低差がある立体的な地形の都市である。時代に合わせて地盤面をも更新してきた新宿は、本計画のはじまりの地としてふさわしいと考える（図—1, 2）。



図—2 新宿の歴史

2. 現状—都市の老朽化と残土処理

(1) 更新の時を迎えた都市

高度経済成長以降の約50年間、造成や開発が進んだ都市部には大量の人口が流れ込んだが、人口減少とともに建築の空室率は増加し、都市の需要が変化している。また、これまで問題となっていたヒートアイランド現象や大気汚染に加えて、近年ではゲリラ豪雨による水害など、環境負荷による問題は減らない。一方でZEBの研究が進められるなど、都市をとりまく環境への意識も大きく変化している。さらに50年前の東京オリンピックで整備された首都高などをはじめとする高架は、競技場などの施設と同様に寿命を迎えている。古くなった日本の都市はいま、これらの構造体をどう還元するのか、新たな都市像を描く必要がある（写真—1, 2）。

また、現在の日本では人口減少や働き方の多様化により都心でのオフィス需要が減少し、空家となってい



写真—1 現在の新宿副都心エリア



写真—2 交通インフラの老朽化

るオフィスが増加している。今後もオフィス需要の減少が見込まれ、建物の老朽化も進む中で、都心のオフィスの新たな使われ方が模索されている。また、オープンミーティングをはじめとする多様な働き方が生まれ、ワークスペースの概念が広がり、オフィスはより開かれたものになろうとしている。

(2) 開発残土の行方

現在、建設や造成により搬出された建設発生土は、全国で年間約14,000万 m^3 にも及ぶ。そのうち内陸受入地において処理される土は64%相当の約9,000万 m^3 である。（*1）さらに大規模開発等も行われ、今後はさらに発生土の増加が予想される。しかしながら、これらの残土を処理してきた港湾の埋め立ても抑制の動きが見られ、残土の処理には費用がかかるため不法に投棄される土も少なくない。そこには草や低木が生茂り森のようにになっている事例もある（写真—3, 4）。



写真—3 建設残土の埋め立てによる処理



写真—4 建設残土の放置で生まれた緑

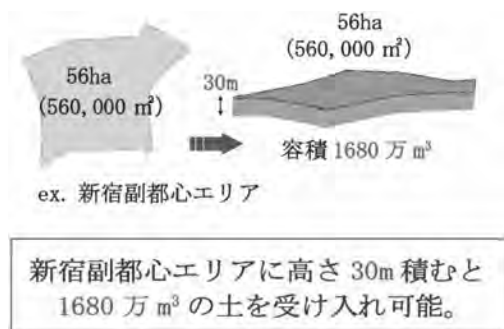
3. 提案—新しい都市の様相をつくる、残土活用による都市更新

(1) 残土の都市内活用

これらの残土を処理するのではなく、都市に土の地面を取り戻す装置としての活用を考える。新宿は、現在に至るまで都市を大きく更新してきた街であり、世界有数の人の結節点として発展してきた。1950年代に交通や生活のインフラによって区画化され、車や電車を中心としてアクセスの良い都市計画がなされているため、歩行者は地下道を行き交う。そこで、残土を積層させて道路や空地を部分的に埋設することで、地表面に人々を導き出し、居場所をつくることで、人が自然によって開放される都市を目指す。

開発で生まれる残土を既存都市の更新に転用することで、都市は新しい地盤面を獲得し、環境と共生する「ひとに開かれた、これからの都市」への転換を行う。土を30mの高さで積層すると仮定すれば、新宿副都心エリア(56万 m^2)で約1,680万 m^3 の土を受け入れ可能となる。持ち込まれた土によって人工地盤を形成し、徐々に積層させていく(図—3)。

計画初期段階では、各地から集められた土が道路の両脇に盛られ、舗装された歩道も土と緑で覆われる(図—4)。徐々に土の高さが上がり、人の高さほどになる時点で土留めと締め固めを行い、立体的なランドスケープを構築していく。木々が増えるとともに、既存ビルの足元に屋外でのアクティビティが形成され、多



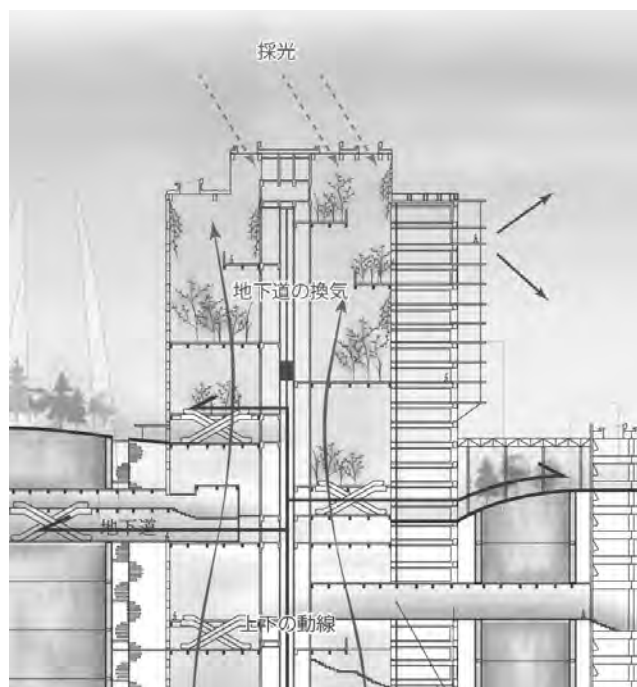
図—3 新宿副都心エリアでの残土受け入れ想定

様な居場所を創出する(図—5)。最終段階では地表の車道を覆いつくし、地下空間と上部の緑地との2つの層を形成する。かつて車だけが行来していたビルとビルの間に人の居場所が生まれ、既存建物を活かしながら環境と共生した都市へと変貌を遂げる(図—6)。

(2) 既存建物の更新と付加価値の創出

新築の建物の機能を既存内部に分散する事で、新たな付加価値を創出する。既存の構造躯体やエレベーター、階段、機械室、配管などのコアを残し新たに緑を導入する事で、高層建築群を繋ぐ都市のコアとなり、緑を纏うオアシスとなる。かつての上層階は地面に近づき、外部環境と連携した空間利用が想定される(図—7, 8)。

新たに地下空間となるかつての高層ビル下層~中層階は土に覆われ、新たな環境を獲得し、災害にも強くなる。新たな地中と地上の間、かつてのビルの中腹に免震層を挿入し、耐震性の向上を行う。ビルの最高高さが



図—7 都市のコアとなる既存高層ビル



図—4



図—5



図—6



図-8



図-9

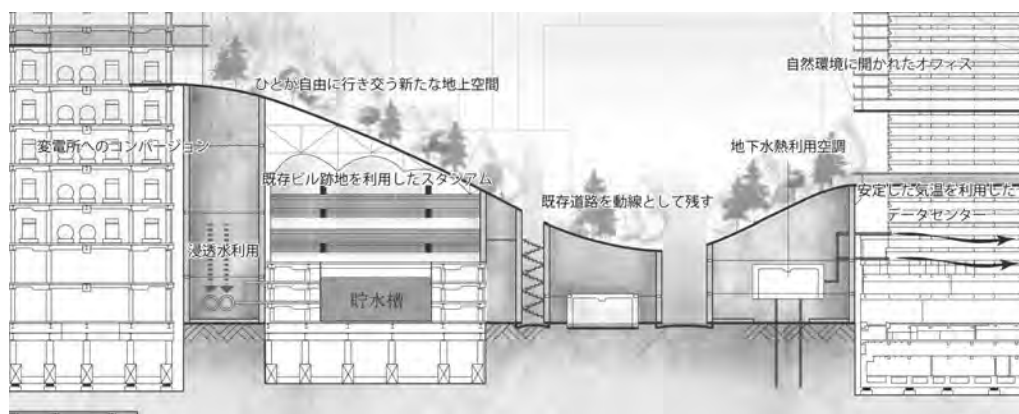


図-10 地中の環境の有効利用

抑えられ、地震時の横揺れによる層間変位が軽減される。盛土によって既存都市を部分的に地中化することで、より災害に強く、環境的に優化した都市を目指す。

一年を通して安定した環境を確保できる地下空間は、浄水施設や受変電施設、貯蓄倉庫や貯水槽など、都市を支えるインフラとして生まれ変わる。また積載荷重の大きな閉架書庫、ビル跡地を利用したスタジアムなど、これまで都市になかった機能を内包するポテンシャルも有する（図-9, 10）。

(3) 生活・交通インフラの更新

土の盛られた新たな地中層では、土を盛る工程を活かして「置いて、埋める」インフラの更新を行う。

生活インフラの更新は、地中の安定した温熱環境を積極的に利用する新時代エネルギーの導入で、スマートコミュニティを実現する。盛土と平行して配管を行うことで、水道・ガス・電気等地中への配管を要する生活インフラを無理なく更新することが可能になる。インフラの更新を簡素化することで、クールチューブや地中熱利用ヒートポンプ等、次世代環境装置の利用を促し既存都市との融合を図る。具体的には、地域冷暖房プラントにおいて未処理下水を活用した冷温水を

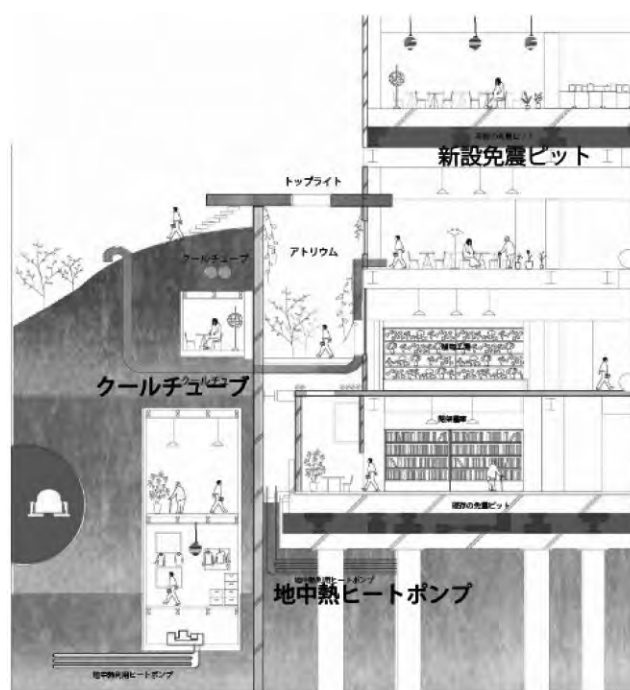


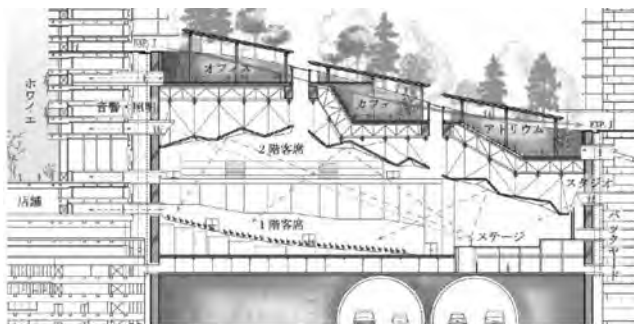
図-11 都市インフラの更新

製造し、都市のビル等に供給する。これにより、省エネ・省CO₂効果及び、地域環境保全、防災など地域社会にも有益な効果をもたらす（図-11）。

交通インフラに関しては、老朽化した車道や高速道路の高架の支柱周りを土で固め、補強を行いつつ埋設化することで荷重を土へ分散させ、長寿命化を図る。新設する地下インフラはメンテナンスフリーを前提に設計し、既存のインフラは大規模更新に備えメンテナンス用の共同溝を用意する。地下水の影響がある箇所は防水を施し、RCのボックスカルバートを利用してメンテナンスを行う事で長寿命化を可能にする。

地中化を行う事で交通インフラの長寿命化だけでなく、防音性の向上や新たな車道の整備等副次的な都市機能更新も想定される。また、温室効果ガスなどの大気への流出を抑制し、地上の歩行者空間の優化にも寄与する。

既存環境を生かしたまま、都市インフラが無理なく更新されることで、都市全体が新たな価値を持って長寿命化される（図—12, 13）。



図—12 既存道路の上部に新設されるホール



図—13

(4) 開放される境界

これまで道路や線路、街区や敷地境界などあらゆる線で区画されていた空間が新たな地層によって開放され、自由に広がる。地下と地上を垂直方向、水平方向に連続する建築は、立体都市計画同様、官民が立体的に共存する事で土の受け入れ等の収益を建物やランドスケープに還元する（図—10, 14）。



図—14 開放される境界

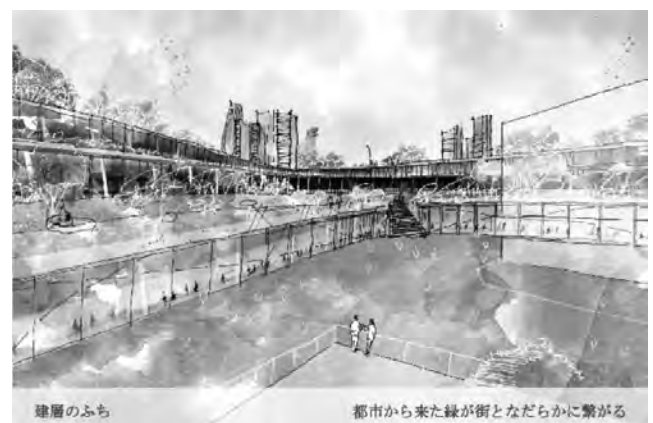
都市の足元は車ではなく人が主役となり、自然と戯れることのできる地盤面を獲得する。地下空間においてもトップライトを設け、光ファイバーや面内鏡の管を利用して光を導入する事でアトリウムを計画し、新たな人々の居場所をつくる。

更に、広大な自然の下部には過去の都市の蓄積を生かした内部空間が存在する。盛土の段階に沿って、縦型ピットに階段を設置し段階に応じた盛土表面を確認する。盛土の高さに応じた深さを体験する事で都市の「優化する」過程や歴史を可視化することができる。

建物ごとに独立していた機能を地下に水平展開する事で平面的に拡がり繋がる空間は、これまでの都市以上の許容性を持ち、空間だけでなく用途も拡張していく。未活用の地下空間や既存建物が蘇り、新たな人の流れが生まれ、都市の魅力は再構築される（図—15, 16）。



図—15



図—16

4. おわりに

本計画は木が土に根を張るように都市の空間を立体的に構築していき、長期にわたって続く。初期計画として西新宿駅前から副都心高層エリアの更新を行い、2020年オリンピック時には駅前広場でのイベントも可能となる。それ以降、樹木が土に根を固定する50

年を目安として更新を計画していき、広がる緑は既存の公園とつながり大きな森の中の都市を形成していく。そこにあったものを解体し時代を上書きするのではなく、地盤面を更新することで「時代を積み重ねる都市」が今後求められる都市像なのではないか(図—17)。

J C M A



図—17 将来計画 更新によって広がる緑

《出典》

- 写真—1：国土交通省 道路法等の一部を改正する法律の公布について
(http://www.mlit.go.jp/road/road_fr4_000031.html)
写真—3：(欠番) 日本経済新聞 2014/8/26 「リニア新幹線、10月にも着工」
(<http://www.nikkei.com/article/DGXZZO76171910W4A820C1000000/>)
写真—4：東京都港湾局 HP
(<http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/photogallery/koukuu.html>)
図—3：Google ストリートビュー

《参考文献》

- 写真—2：毎日新聞 2016年6月14日 東京朝刊「東京五輪控え建設過熱 空室率上昇の恐れ」
(<https://mainichi.jp/sportspecial/articles/20160614/ddm/008/020/093000c>)
(*) 1) 国土交通省リサイクル HP 平成24年度データ
(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/jittaichousa/index01.htm>)

【筆者紹介】

小幡 知哉 (おばた ともや)
大成建設㈱
設計本部



涌井 匠 (わくい たくみ)
大成建設㈱
設計本部



阿部 里歩 (あべ りほ)
大成建設㈱
設計本部





セメント製造工程を活用した 車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

石 田 泰 之・田 村 典 敏・本 多 威 暁

ハイブリッド自動車等に搭載されて使用済みとなったリチウムイオン電池のリサイクル技術を、貴金属リサイクルを手がける松田産業(株) (以下「共同研究会社」という) と共同実施。本技術は以下の特徴を持つ。

- ・セメント製造プロセスの排熱を熱源に利用，燃料，CO₂ 排出量の大幅な削減が見込める。
- ・焙焼排ガスのフッ素等をセメント原料中のカルシウムにより吸収・固定化，排ガス処理コストが低減できる。
- ・自由度の高い内部バスケットを持つ二重構造の焙焼炉で対象物に応じた処理が可能。
破砕・物理選別との組合せで，従来の大規模熱処理で未回収であった銅，アルミ，レアメタル等の効率的回収が可能。
- ・カーボン等の残渣もセメント原燃料化で 100% のリサイクルが可能。

キーワード：リチウムイオン電池，焙焼処理，フッ化水素，無害化，セメント製造プロセス，物理選別，金属回収

1. はじめに

ハイブリッド自動車や電気自動車の普及により使用済みリチウムイオン電池（以下，使用済 LIB と略）の排出量の増加が予測されている。資源有効活用の観点からリサイクルが重要であり，使用済 LIB に含まれるレアメタルや銅電極，アルミニウム電極などを適正に資源循環させ，大量廃棄を避ける必要がある。当社はこの使用済 LIB のリサイクル技術について，金属資源のリサイクルに実績を持つ共同研究会社と共同で 2011 年度より研究開発を行い，現在，実機実証設備を用いた実証事業の段階まで開発を進めている。

本リサイクルシステムは，専用の焙焼炉で使用済 LIB の無害化を行い，破砕・物理選別により，ベースメタル，レアメタルを回収する。システムの特徴は以下の通りである。

- ①セメント製造プロセスとの併設により排熱となる高温ガスを熱源に利用，燃料，CO₂ 排出量の大幅な削減が見込め，セメント製造プロセスへ焙焼排ガスを戻す事でセメント原料中のカルシウムによりフッ化水素等を吸収・固定化，排ガス処理コストが低減できる。
- ②設計・運用の自由度の高い内部バスケットを持つ二重構造の焙焼炉とすることで，処理対象物に応じた条件設定ができ，破砕・物理選別と組合せることで，

従来の大規模熱処理で未回収であった銅，アルミニウム等のベースメタル，レアメタルの効率的な回収が可能となる。

- ③カーボン等の選別残渣もセメント原燃料化することで，100% のリサイクルフローを確立できる。

2. 使用済 LIB の排出予想

経済産業省「自動車産業戦略 2014」によると，ハイブリット車に加え，プラグインハイブリット車や電気自動車の普及もあり，2030 年におけるリチウムイオン電池搭載車の割合は新車販売台数中の 30 ～ 40% まで増加すると見込まれている（表—1）。リチウム

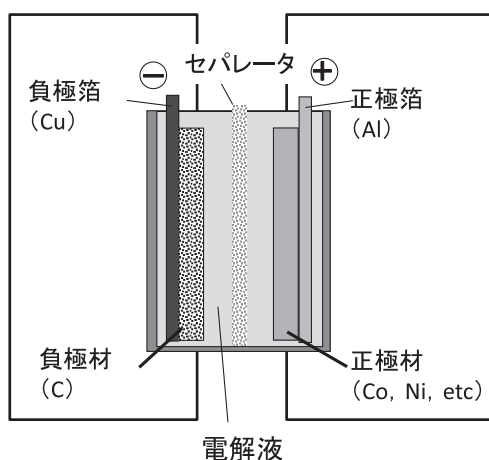
表—1 次世代自動車の普及目標（出展：自動車産業戦略 2014，経済産業省）

	2020 年	2030 年
次世代自動車	20 ～ 50%	50 ～ 70%
ハイブリッド自動車	20 ～ 30%	30 ～ 40%
電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	15 ～ 20%	20 ～ 30%
燃料電池自動車	～ 1%	～ 3%
クリーンディーゼル自動車	～ 5%	5 ～ 10%

イオン電池搭載車の増加に伴い、その廃棄台数も急速に増え始め、2030年には10万台分の電池が廃棄されると推計されている。

3. リチウムイオン電池の構造と開発課題

一般的にリチウムイオン電池は、正極側にアルミニウム箔、負極側に銅箔が使用され、正極材にはコバルトをはじめとするレアメタルが含まれている。また、電池のカバーには、鉄、アルミニウムやSUS（ステンレス鋼）等の金属が含まれるなど、資源価値が高い材質を多く含んでいる（図—1）。適正な資源循環の



図—1 リチウムイオン電池のモデル図

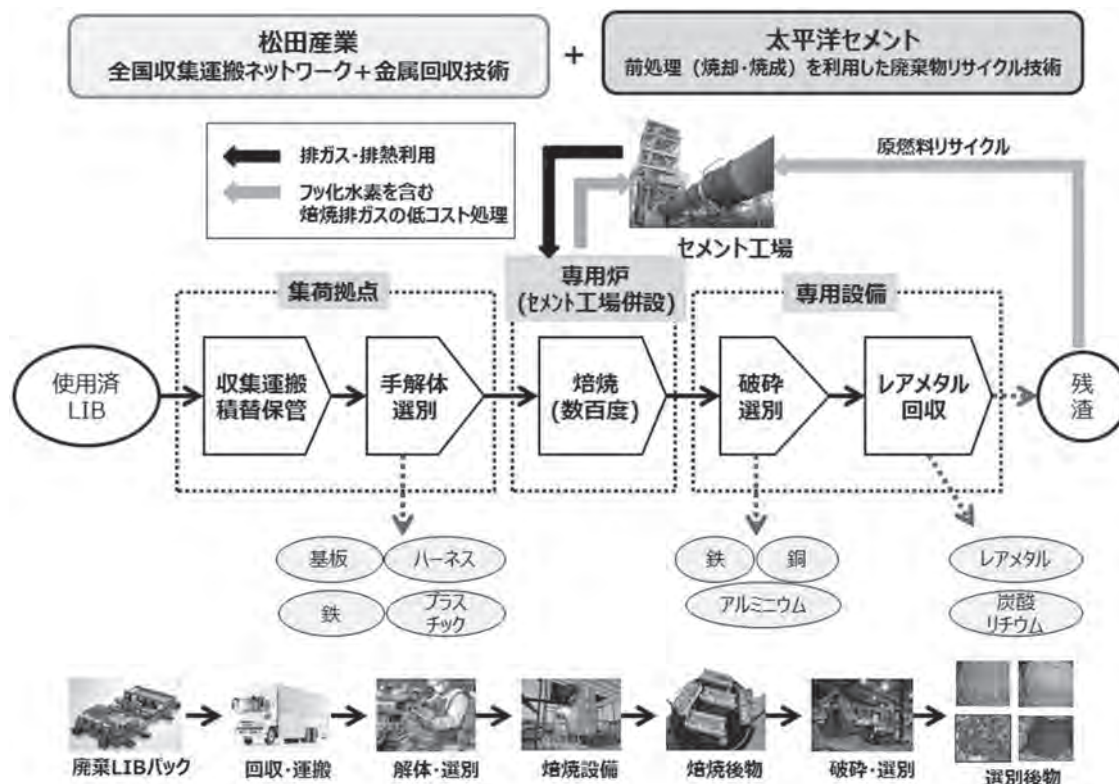
ためには、リチウムイオン電池の廃棄量が急増する前にリサイクルシステムを構築しておくことが重要となる。

車載用リチウムイオン電池は、携帯電話等に使用されている小型リチウムイオン電池より高い電気容量であり、引火性のある溶媒である電解液が含まれていることから、そのまま破碎処理を行うと発熱・発火の危険性を有している。また電解液には人体に有害なフッ素を含む化合物も用いられており、前述の発熱・発火に伴ったフッ素化合物の発生危険性も有している。これらのことから、自動車リサイクル法において「事前取外し物品」に指定されている使用済LIBには、安全性の高い回収・リサイクルの仕組みが求められている。

開発の課題は、電池に含まれる電解液の可燃物とフッ化物を適切に加熱処理することであり、加熱処理の際に電池を構成する金属部品に回収不能となるダメージを与えないことである。特にフッ化物を含む排ガスの解決は、セメント原料に大量に存在するカルシウムと反応させることで安価に処理する方法を模索した。

4. LIB リサイクルシステムの概要

本リサイクルシステムを図—2に示す。共同研究会社が保有する全国収集運搬ネットワークを利用して薄く広く分布する使用済LIBの収集を可能とした点



図—2 使用済 LIB リサイクルシステムモデル

と、当社のセメント製造プロセスを利用した廃棄物リサイクル技術と組み合わせた点が特徴となる。共同研究会社が使用済 LIB 収集と金属回収を担当し、当社が焙焼、無害化を担当する。

リサイクルは次の手順で行う。全国から収集した使用済 LIB (ユニット) を手解体で外装 (樹脂・金属)、ハーネス、電子基板等を取り外す。取り外した外装やハーネスは、有価物として売却する。

次に使用済 LIB (ユニット) から取り出した使用済 LIB (モジュール) は、600℃以下の温度で加熱処理 (焙焼) して、内部の電解液や被覆しているプラスチックなどを分解・蒸発させる。

焙焼後の使用済 LIB (モジュール) は破砕機で細かく破砕して、篩選別、磁力選別、比重選別等の物理選別処理で銅、アルミニウム、鉄、極材粉に選別する。銅やアルミニウムなどの金属は売却し、最終的には製鉄会社や製錬会社等でリサイクルされる。極材粉はカーボンを多く含むため、セメント原燃料としてリサイクルする。極材粉は粉中のコバルト濃度が評価基準を満たす場合、製錬会社に売却する。

焙焼時の排ガスは、セメント製造プロセスに送ることによって安価な処理を可能とする。電解液中のフッ素化合物は排ガス中に腐食性の高いフッ化水素を生成させるが、セメント原料中に多量に含まれるカルシウムと反応させることで無害にすることができる。また焙焼処理の熱源にはセメント製造プロセスの排熱を利用してコストの低減も図れる。

5. 技術開発の経緯と進捗

研究開発は2011年度より着手し、2013年度以降は経済産業省の補助を受けて検討を進めた。研究開発当初は小型の焙焼炉で種々のデータとノウハウを蓄積し、これを基に2014年に処理能力3トン/日の焙焼実証設備を製作、エンジニアリング会社の敷地に設置した。2015年1月より運転を開始し、焙焼処理条件の最適化と能力アップを繰り返し、2015年10月には、24時間連続運転で目標の3トンの処理能力を確認した。ベース金属の回収のための焙焼条件としては、電極のアルミニウム箔を溶融、酸化させない状態を維持させることが必要となるが、条件の最適化で目標を達成した。

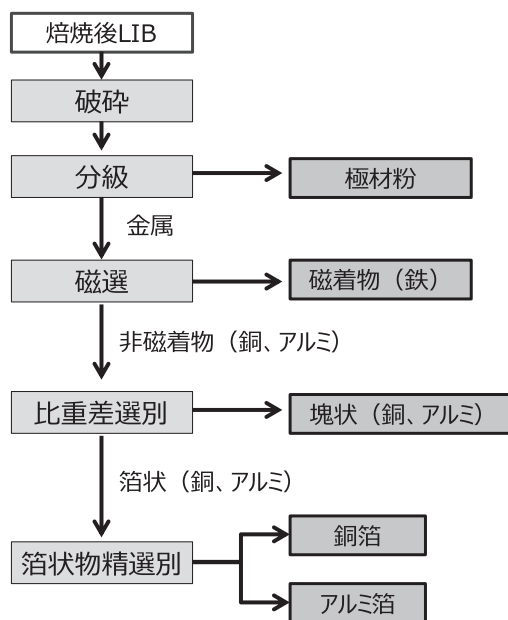
また24時間連続運転時の排ガスを用いて、セメント製造プロセスでのフッ素の無害化を模擬した検証を実施。焙焼により発生した排ガスを一部抽気してセメント原料を充填したカラムを通過させることで、排ガ

ス中のフッ化物が吸着できることを確認した。カラム通過前にフッ化物濃度が210 mg/m³Nであった排ガスは、通過後は0.9 mg/m³Nまで低減し、排出基準 (1 mg/m³N以下) を達成して排ガス処理の基礎となるデータを得た。想定している実プロセスは今回の検証実験と比較してはるかに多量のセメント原料と接触させることとなり、さらなる低減が期待できるものと考ええる。

焙焼後の使用済 LIB は共同研究会社に設置した破砕・選別の実証設備で金属の回収を行った (写真—1, 図—3)。



写真—1 破砕・選別設備の外観



図—3 破砕選別フロー

リチウムイオン電池は、正極にアルミニウム箔とリチウムやコバルトおよびニッケルなどのレア金属の化合物を用いており、負極に銅箔とカーボンを使用している。メーカーによって材料の構成は異なるが、銅やアルミニウムがいずれも2～3割、鉄が1割前後含

まれている。

破碎・選別設備では、まず焙焼した処理物を破碎機で細かく破碎し、次に篩による分級で、リチウム、コバルト、ニッケル等が含まれる極材粉とアルミニウム箔、銅箔、鉄などの金属類に分離する。極材粉からは、非鉄製錬会社でコバルト等のレア金属の回収を行い、回収後の残渣はセメントの原燃料となる。金属類は、磁力選別により鉄と非磁着物である銅、アルミニウムなどを含むミックスメタルに分離される。ミックスメタルはさらに比重選別機で塊状のものと箔状のものに分離され、箔状のものは箔状物精選別機で銅箔とアルミニウム箔に分離される。鉄は、くず鉄として売却する。

これらの回収物は実証試験の結果、銅、アルミニウムで80%以上の品位となり、極材粉は事前に使用済LIBの選別を行う事で、コバルト濃度が評価基準を達成して売却が可能であることを確認している。焙焼条件や破碎分級設備の運転条件を最適化することで、極材粉の回収率は95%以上を達成できた。極材粉からレア金属を回収した残渣はセメント原燃料に十分な品位であった。

6. おわりに

2017年3月に焙焼実証設備を移設させ、セメント製造設備に併設した（写真—2）。今後は事業化に近い形での検証を進める。焙焼によって発生する排ガスをセメント製造プロセスで処理し、低コストでの処理を可能とするシステムを、より実操業に近い運転によって実証を行い、再資源化技術の確立と使用済LIB収集ネットワークの整備を進め、本格的に使用済LIBが排出される時代に備えたいと考えている。



写真—2 焙焼実証設備の外観

JCMA

〔筆者紹介〕

石田 泰之（いしだ やすゆき）
太平洋セメント㈱
中央研究所 第3研究部 分離技術チーム
チームリーダー 工学博士



田村 典敏（たむら のりとし）
太平洋セメント㈱
中央研究所 第3研究部 分離技術チーム
主任研究員 技術士（衛生工学部門）



本多 威暁（ほんだ たけあき）
松田産業㈱
生産統括本部 技術開発部
次長



ずいそう

しまなみ海道とサイクリング

大川 宗男



昨年7月にしまなみ海道の愛称でサイクリストに人気の西瀬戸自動車道を管理するしまなみ尾道管理センターに赴任した。赴任後驚いたのは、自転車人口の多さである。しまなみ海道では、プロ級の方、観光で来られた方、家族連れ、テレビドラマを見てこられた若い女性、海外の方など本当に様々の方がサイクリングを楽しまれている。

平成27年度にしまなみ海道を自転車でご利用された方は、推定で約32万人に達している。また、平成28年度は、全体の詳細はまだ把握できていないが、尾道市管内のレンタサイクル利用者は、平成27年度に比べ12%増加していることから、約35万人の方にご利用いただいたと推定できる。

私の自転車歴は、9年ほど前瀬戸大橋の管理事務所勤務時に3年間、事務所までの約3kmを通勤した程度である。サイクリスト初心者の私が、アメリカ・CNNの旅行情報サイトで「世界7大サイクリングコース」に選ばれるとともに、サイクリストの聖地となったしまなみ海道の魅力は何かを考えてみた。「海の上を走るサイクリングロード」だけではないと思われる。しまなみ海道の全長は約70kmであるが、橋の上の区間は1/8の9.1km程度である。世界各地の多くの人々が憧れ、訪れるしまなみ海道の魅力を感じるために、私達が管理する広島県の尾道から愛媛県の大三島まで、何度かサイクリングに出かけた。本文は、これらの体験を紹介するものである。

はじめに、しまなみ海道が位置する芸予諸島であるが、小説「村上海賊の娘」においては、「…島というより巨大な山といったほうがふさわしい濃緑の巨塊があちこちで突き出し、彼方の四国本土まで連なっている。その山々を淡青の海が浸す様は、異界を思わせる美しさである。…」と紹介されている。つまり、巨大な岩のような山と山の間を海水で浸しているような景観である。現在住んでいる尾道の高台から因島大橋の因島側主塔を望むことができるが、まさに山と山の間主塔が見えている。海上の橋というより、山間部の橋のように見える。芸予諸島の地形がしまなみ海道の特殊性を作り出しているといえる。

さて、サイクリングの話であるが、本州側の起点は

尾道で、尾道と次の島である向島とは「海の川」ともいわれる尾道水道で隔てられている。尾道水道には2本の橋が架かっているが、両橋とも自歩道が設置されていないため、サイクリングロードには指定されておらず、渡船を利用することになる。渡船は3航路あり、料金は自転車料金10円を含んでも、70円か110円、乗船時間は5分程度である。この渡船からは、尾道三山と対岸の向島に囲まれた盆地のような狭い限られた生活空間に作られた多くの寺社や住宅、造船所が眺められ、数分間日本遺産にも登録された景観を楽しむことができる。

渡船を降りると、向島と次の島である因島との間に架かる因島大橋を目指すわけであるが、最初の約3kmは、島内の市街区間で、その後は向島の西側の緩やかな曲線が続く海岸沿いを進む。これらの海岸は、小さな岬と砂浜が交互に現れ、因島大橋が時々顔を見せる。釣りをする人も多く見られ、多島海の風景を楽しめる区間である。

因島大橋の下をくぐり、少し自転車を漕ぐと因島大橋に続く自転車道である。約3%の上りが1.5km続く最初の難関である。上りきると歩道と合流し、因島大橋のトラス桁内の自歩道に入る。しまなみ海道で唯一橋桁の中に設置された自歩道であり、自歩道の上部は、4車線の高速道路となっている。尾道から来た方には最初の海の上の橋となることから、ペダルを漕ぐのを止め、海上約50mから下をのぞき込む方、写真を撮る方を時折見かける。全長1,270mのトラス桁の中を走り抜けると因島である。橋の端部の標高約50mの場所から、しまなみビーチへと一気に下る。

しまなみビーチには、ウッドデッキが整備されており、そこに腰かけると多島海の景色と行き交う貨物船を眺めることができる。ビーチを発ち、次の島へと続く生口橋を目指して走ると、第二の難関の坂が待っている。坂を越え、しばらく進むと因島のサイクリングロードのほぼ中間地点に位置するコンビニに到着する。店の前には、三角形の駐輪ラックに加え休憩用のテーブルセットが用意されている。中に入るとエネルギー補充飲料などサイクリスト向けの商品が一番手前に陳列されており、サイクリストの利用の多さがうか

がえる。

このコンビニで出会ったオーストラリア人家族と会話した際、私が尾道に住んでいると言うと、「あなたは、毎週末サイクリングしているのか？」とうらやましそうに質問されたのが印象的であった。彼らは、3週間半日本に滞在するが、日本旅行の目的は、しまなみ海道のサイクリングとのことであった。しまなみ海道のサイクリングが、海外の方の日本における目的地となっていることを再認識するとともに、尾道から因島間のサイクリングに十分に満足していただいたことに安心した。

休憩後、生口橋を目指し、約2 kmの坂を下り、海岸沿いの県道を約3 kmに走ると、生口橋の自転車道である。第三の難関である高低差約40 m、約1 kmの上り坂を上りきると生口橋とほぼ同じ高さに位置する展望台に到着する。生口橋を背景にご自分の自転車を撮影するサイクリストを多く見かける人気スポットとなっている。生口橋は、全長790 mの斜張橋で、橋の中心に中央分離帯を設け、その両側に1車線の車道、その外側に自歩道と原付道を配置している。自歩道は、因島側からみると左側、原付道は右側に配置されている。

橋の上からは、生名島、岩城島などの上島諸島、及び各島の造船所を左手に眺めることができる。約1 kmの自転車道を下ると生口島の外周道路に出る。左回り、右回り、どちらでも多々羅大橋の自転車道まで約11 kmのサイクリングロードである。私は、多くの方と同じように、往きは右回りの南側を選択した。南側は殆ど海岸沿いを走る。この海岸沿いには、小さな漁港がいくつかあり、島の生活を感じられるのか、漁港の防波堤を散策するサイクリストも見かけられる。9 kmほど走ると多々羅大橋の主塔が見えてくる。このあたりもサイクリストの撮影ポイントとなっており、多々羅大橋を背景に自転車を撮影される方が多い。

多々羅大橋の下を走り抜けると、自転車道の入り口である。第4の難関の坂が1.3 km続くが、周囲はレモン谷と呼ばれる一面のレモン畑である。国産レモン栽培の発祥の地であり、自転車道の脇には発祥の地の碑が建てられている。この坂を上りきると広島県と愛媛県を繋ぐ全長1,480 mの斜張橋の多々羅大橋である。多々羅大橋は、片側2車線の車道の外側に、自歩道と原付道を配置している。自歩道、原付道の配置は、生口橋と同様である。この橋では、景観だけではなく塔の真下で、「鳴き龍」という現象を楽しむ。塔の上部に向けて、拍手や拍子木を打つと、音の多重反射音を聞くことができる。塔の立体幾何学形状と高精度

の架橋技術の合作と言える。

多々羅大橋を渡りきると大三島で、私の管轄の終点であるとともに、私のサイクリングでは折り返し地点である。尾道から約37 kmの道のりであるが、初心者の中でも、途中写真を撮りつつ、休憩しつつ3時間ほどで到着することができた。次の橋の大三島橋まで体力的には問題ないと思われたが、お尻が痛くなり、自転車を漕げなくなる恐れがあるため、止めることにした。初心者に多い大きな問題である。

大三島から尾道まで帰る際、生口島は往きとは反対の北側のルートを選択した。生口島の瀬戸田地区には、食堂、美術館、コンビニなどがあるためである。土産物屋などあるレトロな潮待ち商店街で出会ったご夫妻は、よく車で生口島を訪れ、レンタサイクルで島一周を楽しんでいるとのことであった。ご夫妻に紹介していただいた商店街のローストチキンは美味しかった。

瀬戸田を離れ、生口橋、因島大橋と渡り、向島に到着できたが、最後はやはり歩いてしまった。足の疲れではなく、お尻の痛みである。旅行サイトの口コミのとおりであった。お尻をさすりつつ、渡船への道を歩いた。

最長84 kmを経験した際、再度、しまなみ海道のサイクリングの魅力を考えてみた。多くの人が旅行サイトに書かれているように、長距離サイクリングの達成感であった。海上の橋までの上り坂はきついが、橋の上からの眺望が疲れを癒してくれるとともに、次の橋への意欲を与えてくれる。この繰り返しが長距離サイクリングを可能とし、達成感を与えてくれると感じた次第である。今年中には、マイ自転車で、四国往復を目指したいと考えている。皆様も是非しまなみ海道にお越しいただきサイクリングをお楽しみください。



——おおかわ むねお 本州四国連絡高速道路(株)

しまなみ尾道管理センター 所長——

ずいそう

人と道路構造物の健康管理

濱 岡 正



車の免許更新の通知があり、今回は3回ぶりの30分講習！で、視力に不安はありましたが久しぶりのゴールドになりました。視力は、暗いところで小さな文字を読むのが少し困難になっており、眼科の定期検診の際に聞いたところ、加齢に伴う白内障ですと言われていたからです。

ところで、道路の保全を担当していた際、構造物の老朽化対策としての点検が制度化され、その必要性を説明する際、人間なら生まれれば新生児診断、学校・職場で健康診断、それ以降は健康診査等があり、なにかあれば治療するので、それと同じと説明していました。また、老朽化として、橋梁は建設されてから50年を超えるものが20年後には倍になる、減価償却資産の耐用年数等に関する省令では橋梁は60年と説明してきましたが、説明しながらも、自分の歳で老朽化？耐用年数越え？と疑問に感じていました。

では自分の健康管理はというと、小学校に入ると身体測定があったほかに蛭虫検査というものもあり、金属製の小さな缶に入れ、高学年になると粘着テープで提出していましたが、中学になると無くなったように思います。

就職後は血圧測定が加わり、血液検査は献血で代用していましたが、年齢とともに検査項目が増え、40歳からはドックを利用するようになりました。以降は、血圧の高い方と低い方の両方下げる薬の飲用、近視＋老眼＋白内障、高音が聞こえにくいなど、年相応の変化が生じています。

この他、近視が強いので網膜の引張力が大きく、小さな穴が網膜に開く網膜裂溝というのに両眼とも2回ずつなりました。これは、同じ職場の人の網膜剥離の顛末を聞き、自分も目の前に何かが飛んでいるような、前髪に何か引っかかっている取ろうとするが何もないということがあり、それが飛蚊症で初期症状だと解りました。受診したところ、これは治らないし、すでに網膜に孔があいていますと言われ、レーザーで孔の周りを焼き固めるレーザー光凝固術を施術しました。

中学は、部活で膝を酷使したため、膝下の骨が前の方に出てくる病気で左膝下の骨を削る手術をし、高校は、水泳の授業直後で体が冷えていたにもかかわらず部活で全力疾走し、右太もも後ろ側の腱（膝を曲げると出てくるところ）を断絶し縫合する手術と、左右前後とバランス良く？手術しました。これら以外に、通常は免疫がついて複数回ならないといわれている帯状

疱疹を3回、猫に手を噛まれて腫れ、膿をとるための簡単な手術を2回、いろいろな受診しています。風邪などの病気の方は、決定的な症状が出るまで放置していましたが、保全を担当してからは大ごとにならないよう、早めの受診を心がけています。

一方、道路構造物は平成19年度に橋梁に関し長寿命化修繕計画策定事業補助制度要綱が通知され、計画策定に交付金を使えるように、21年には点検に要する費用についても対象となり、それまでの対応処置から予防保全の計画的な維持管理が始まりました。ただ点検対象は各地公体で異なり、基本的には橋長15m以上ですが、折角なのでと交付対象にはならない15m以下も含めた地公体もありました。

その結果、対策が必要な橋が分かったものの、対策工法決定、費用確保、補修順位付けが発生し、毎年、補修必要橋梁が増え続けることとなりました。

平成26年には道路法が改正され、橋梁、トンネル、シェッド・大型カルバート等、横断歩道橋、門型標識等について点検が規定され、5年間隔、橋梁は橋長2m以上となるなど、対象が増加するとともに、従来、費用、調整等で点検が進まなかった跨線橋、跨道橋等についても計画的に点検することとなり、各県で道路メンテナンス会議、こ道橋連絡会議が設立され、メンテナンスサイクルが着実に回り始めています。

人間は痛いところ、気になる症状があれば自発的に、又は他の人から勧められて受診しますが、構造物は症状を表すものの、管理者による点検、損傷が発生してから気が付いてもらうしかありませんでした。

しかし、今後、構造物にもIoTが進み、構造物の状況が24時間把握でき、症状を確実に伝達することができるようになると、手遅れの突然の損傷発生というのはだいぶ減少するのではないかと考えられます。

ただ、そうなるには時間も費用もかかると思うので、まず各部材が適切に機能するよう、排水系統のつまり解消、橋梁端部の洗浄、塗替などの、いわば人の体を常に清潔にしているような歯磨き、入浴、衣替えといった日常ケア、何か変わったことが無いかの見守り等を確実にしていくことが重要と考えています。

ところで、人によりますが重要な要素として適度な晩酌や運動がありますが、構造物だと何でしょうね。

ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

稲葉 友喜人, 佐藤 充弘

1. はじめに

建設機械の燃料消費量の低減は、建設施工における地球温暖化対策に欠くことのできない対策である。現在、建設機械の燃料消費量を測定・評価するための試験方法は、表―1に示す4機種が(一社)日本建設機械施工協会規格として規格化され、「燃費基準達成建設機械認定制度」(国土交通省)において燃費評価値(試験項目ごとの燃料消費量の一つにまとめた値を言い、基準値が設定されている。)の測定方法として位置づけられている。

燃費評価値は、同一クラスの燃費効率の比較を目的に作られたものであり、現場等で利用される時間当たり消費量とは意味合いが異なる。一方、上記制度で認定された機械を現場導入したときの効果の把握等においては、時間当たり消費量の利用が簡便である。そこで、今回、代表的な運転ポイントで燃費の評価を行っているために時間当たり消費量への換算が難しいブルドーザについて、現場における時間当たり消費量と運転状況の関係を解明し、燃費評価値から時間当たり消費量への換算方法の検討を行った。

本稿は、上記検討結果を報告するもので、本検討は「平成28年度 建設機械施工における低燃費化に関する検討業務」(発注者：国土交通省 総合政策局，受注者：(一社)日本建設機械施工協会)によるものである。

2. 燃費評価値と実作業燃費の相違点の検討

ブルドーザの燃費評価は、JCMAS H021:2010「土工機械－燃料消費量試験方法－ブルドーザ」(以下、「JCMAS」とする。)を用いて行われる。燃費評価値算定式を簡略化すると次のようになり、式の分子部分が時間当たり消費量(以下、「JCMAS 燃費」とする。)になる。

<燃費評価値 F_{BD} (g/kWh) 算定式>

$$F_{BD} = \frac{\begin{array}{c} \boxed{\text{最大けん引}} \times \boxed{\text{前進}} \\ \boxed{\text{出力点燃料}} \times \boxed{\text{重み}} \\ \boxed{\text{消費量}} \times \boxed{\text{係数}} \end{array} + \begin{array}{c} \boxed{\text{後進軽負荷}} \times \boxed{\text{後進}} \\ \boxed{\text{けん引燃料}} \times \boxed{\text{重み}} \\ \boxed{\text{消費量}} \times \boxed{\text{係数}} \end{array} + \begin{array}{c} \boxed{\text{後進}} \times \boxed{\text{アイドリン}} \\ \boxed{\text{重み}} \times \boxed{\text{ク燃料}} \\ \boxed{\text{係数}} \times \boxed{\text{消費量}} \end{array} \times \boxed{\text{待機}} \times \boxed{\text{重み}} \times \boxed{\text{係数}} \dots (\text{g/h})}{\begin{array}{c} \boxed{\text{最大けん引}} \times \boxed{\text{前進}} \\ \boxed{\text{出力}} \times \boxed{\text{重み}} \\ \boxed{\text{係数}} \end{array} \dots (\text{kW})}$$

一方、ブルドーザの現場における燃費(以下、単に「燃費」としたときは時間当たり消費量を意味する。)は、その代表的なものとして「国土交通省土木工事積

表―1 燃費試験方法の概要

機種	試験項目	試験の概要
油圧ショベル	掘削積込み動作試験 ならし動作試験 走行試験 待機試験	代表的な作業を模擬した試験項目。 待機試験以外の運転方法は、 ・エンジン回転調整最高位置 ・レバー操作は何かをフルストローク
ブルドーザ	最大けん引出力点試験 後進軽負荷けん引試験 待機試験	代表的な運転ポイントで試験。 待機試験以外の運転方法は、 ・エンジン回転調整最高位置
ホイールローダ	積込み動作試験 運搬走行試験 待機試験	代表的な作業を模擬した試験項目。 待機試験以外の運転方法は、 ・積込み動作は移動距離等を規定 ・運搬走行は規定距離をフルアクセル (運搬作業の加速走行部分を試験)
ホイールクレーン	巻き上げ下げ試験 ブーム起伏・巻き上げ下げ試験 旋回・巻き上げ下げ試験 待機試験	代表的なクレーン作業を模擬した試験項目。(作業燃費の測定・評価) 待機試験以外は、 ・試験項目毎にエンジン回転を規定 ・レバー操作は試験時間で規定

算基準」におけるエンジン定格出力当たり消費量 (L/kWh) がある。

図-1 は、積算基準掲載燃費に含まれる“油脂費等”を軽油費の 20% ¹⁾ として JCMAS 燃費と比較したものである。両者には大きな隔たりがあり、JCMAS 燃費に対し現場の燃費が小さい原因として次のことが予想される。

＜現場の燃費が小さくなる原因の予想＞

- ・エンジン回転を下げた作業が多い。
- ・アイドリングの割合が多い。

なお、現場の負荷が小さいことによる影響も考えられるが、最大けん引出力点試験と後進軽負荷けん引試験（不整地走行抵抗程度の小さな負荷を与える試験。）の燃費は 1 割程度の違いしかないことから、その影響は小さいと推察される。

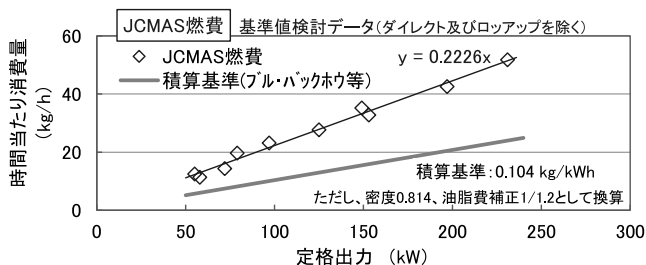


図-1 JCMAS 燃費と積算基準燃費

3. アンケート調査

前章の検討結果を踏まえて、アンケート調査を実施した。

アンケート調査は、国土交通省直轄工事を対象に、1 サンプル 5 回以上の燃料補給を目標に、補給量と消費した日の運転状況を調べた。運転状況は、運転時間を作業時間とアイドリングに分け、作業は作業の種類毎の構成割合、作業の種類毎のエンジン回転調整などを調べた。

解析は、重要事項が未回答の 3 台を除いた 60 台で行った。図-2 に、調査機械の定格出力の区分と排出ガス対策次数の構成を示す。図-3 は、補給量で得た現場の実燃費と前出の積算基準燃費を比較したもので、今回の方が若干大きめであった。

(1) 作業内容とアイドリング割合

総運転時間における作業以外のアイドリング割合は、図-4 中の表に示すようにバラツキは大きいが平均で見ると JCMAS で規定する割合よりも大きな値となった。

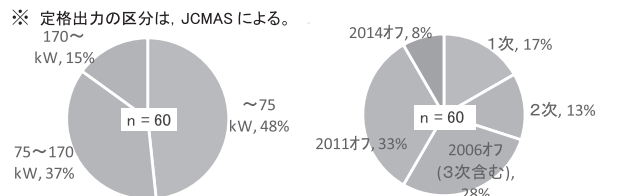


図-2 調査機械の定格出力の区分と排出ガス対策次数

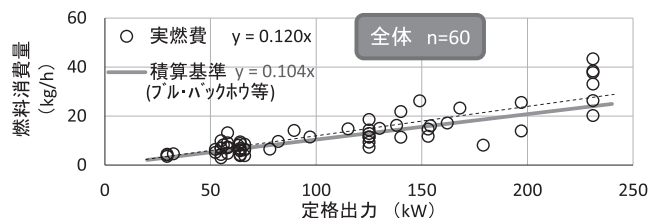


図-3 現場の実燃費と積算基準燃費

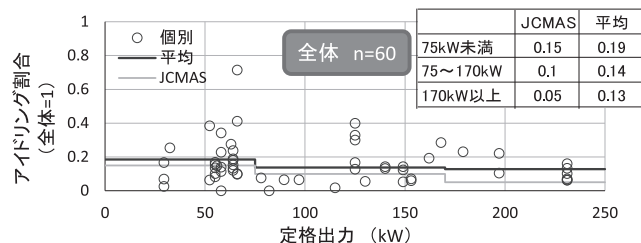


図-4 調査機械のアイドリング割合

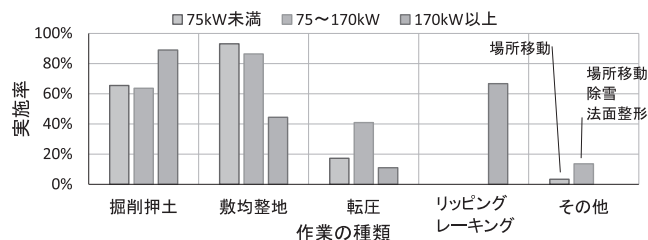


図-5 調査機械の作業内容

作業内容は、170 kW を境に異なり、170 kW 未満では敷均整地が最も多く、170 kW 以上では掘削押土が最も多かった。作業毎の実施率を図-5 に示す。

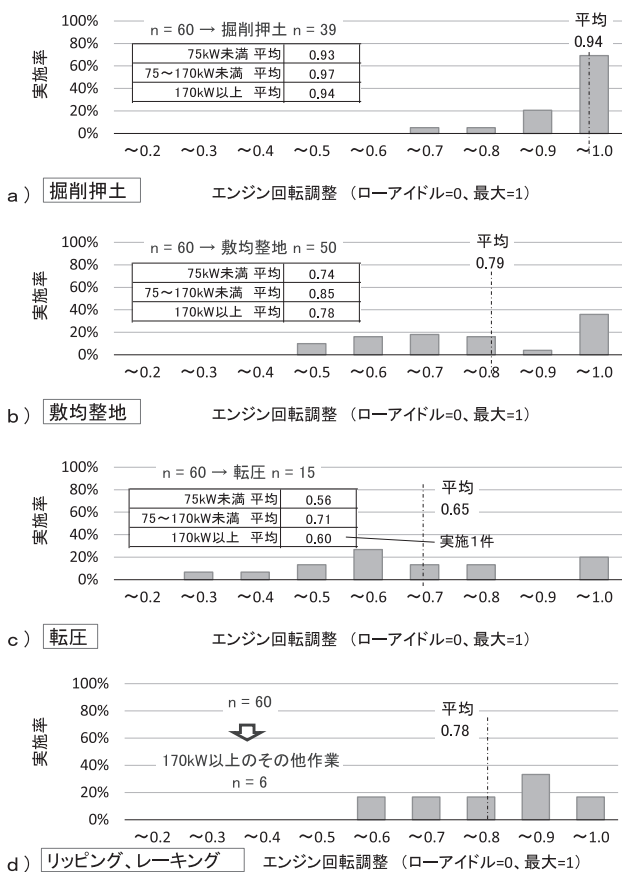
(2) 作業毎のエンジン回転調整

作業におけるエンジン回転調整は、作業の種類毎に図-6 に示すところとなり、掘削押土以外はエンジン回転を下げた位置に調整して作業することが多いことが分かった。

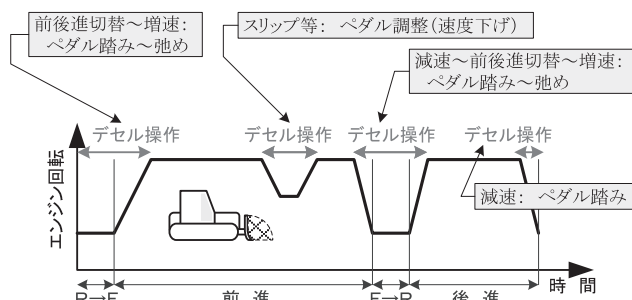
4. 燃費評価値からの換算方法の検討

(1) 現場の実燃費の解析

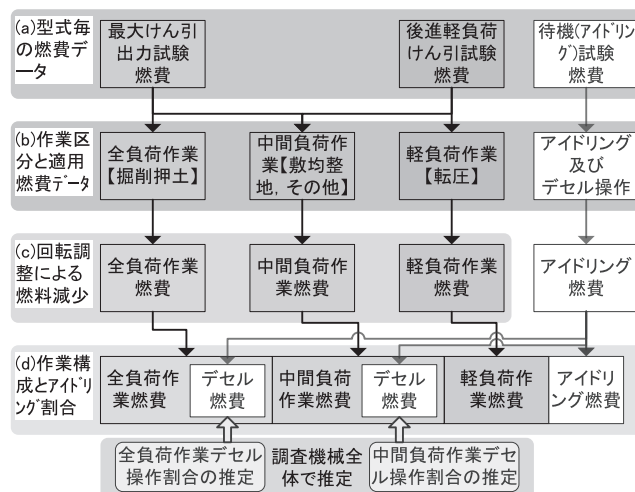
JCMAS の試験項目毎の時間当たり消費量（以下、「燃費データ」とする。）と現場の運転状況を用いて現



図—6 作業の種類とエンジン回転調整



図—7 前後進1サイクルのデセル操作イメージ



図—8 現場燃費の算出手順

場燃費の推計（推計した燃費を「算出現場燃費」とする）を行った。

推計においては、ブルドーザ作業の前後進切替等で操作するデセル操作（デセルペダル操作でエンジン回転を下げる。図—7 参照。）をアイドリング燃費換算で盛り込んだ。

現場燃費の推計手順を図—8 に示す。

(a) 型式毎の燃費データ

型式毎の燃費は、燃費基準値検討時の排出ガス2006年基準型式の燃費データと2014年基準燃費基準達成建設機械型式の燃費データを用いて表—2のように設定した。

(b) 作業区分と適用燃費データ

作業は、負荷の大小で全負荷作業、中間負荷作業、軽負荷作業の3種類に区分し、表—3のように試験項目毎の燃費データを適用した。

(c) 回転調整による燃料減少

エンジン回転を下げたときの燃費は、既存のエンジンデータを基にエンジン回転と燃費の関係式（図—9の回帰式）を作成して推定した。最大けん引出力点トルクと後進軽負荷けん引トルクに分けて検討したが、傾向が似ていることから平均した。ローアイドルは、

表—2 型式毎の燃費データ設定方法

対策次数	JCMAS 燃費試験データの適用方法
1次基準型式 2次基準型式	燃費基準検討型式（2006年基準）のデータをモデルチェンジ前型式に適用。ただし、定格出力が異なる場合は、定格出力当たり消費量は変わらないと仮定して比例計算により補正。
2006年基準型式	燃費基準検討時のデータを使用。
2011年基準型式	殆どの型式が燃費基準を達成し「省エネルギー型建設機械導入補助事業」（経済産業省）の補助対象型式となっていることから、2014年基準型式と同程度の燃費低減があるものとして、モデルチェンジ後の型式に同じ燃費低減率（対2006年基準型式）を適用することで推定。ただし、定格出力が異なる場合は、定格出力当たり消費量は変わらないと仮定して比例計算により補正。
2014年基準型式	燃費基準達成建設機械の認定型式であり、申請データを使用。

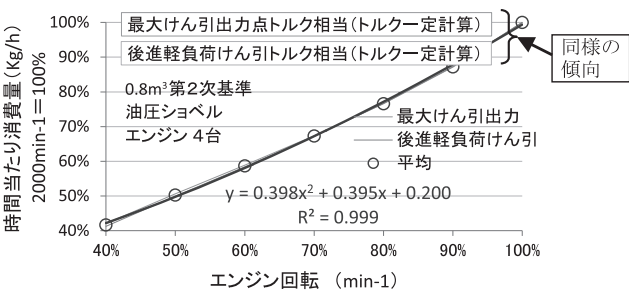
40% 回転と仮定した。

(d) 現場の作業構成とアイドリング割合

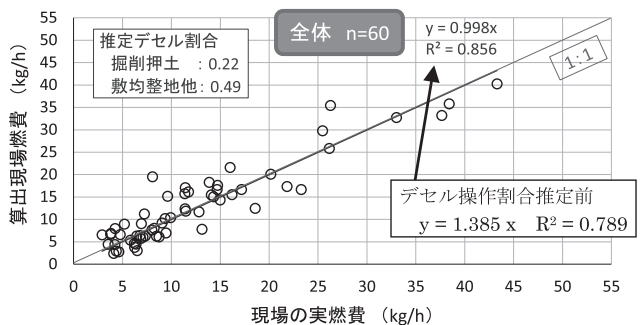
作業構成とアイドリング割合は、アンケート回答をそのまま用いた。

表—3 作業区分と適用燃費データ

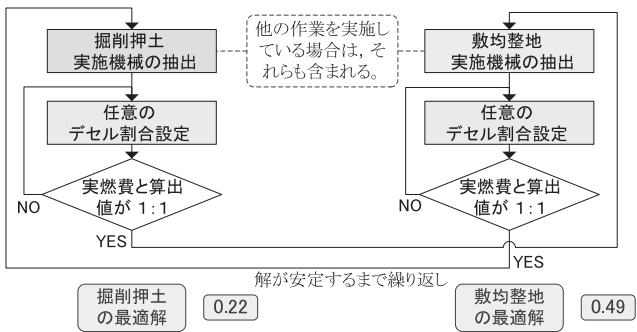
作業区分	適用作業	備 考
全負荷作業	掘削押土	全てが最大けん引出力点での作業になることは考えにくい、負荷は比較的高いと推察される。
中間負荷作業	敷均整地	掘削押土より低負荷と推察される。 エンジン回転調整も掘削押土と転圧の中間。
	リッピング・レーキング	片荷やスリップを防ぎながらの作業となるため、平均負荷は掘削押土より低いと推察される。 エンジン回転調整も掘削押土と転圧の中間。
	除雪	掘削場所の前処理としての除雪で、土砂を押すことに比べ軽負荷と推察される。
	法面整形	敷均整地に類似すると推察される。
軽負荷作業	転圧	走行抵抗のみの作業である。
	場所移動	走行である。
JCMAS 燃費試験データの適用方法		
全負荷作業	前進： 最大けん引出力点試験燃費 後進： 後進軽負荷けん引試験燃費	
中間負荷作業	前進： 最大けん引出力点試験燃費と後進軽負荷けん引試験燃費の平均 後進： 後進軽負荷けん引試験燃費	
軽負荷作業	前進、後進： 後進軽負荷けん引試験燃費	
アイドリング及びデセル操作	待機試験燃費	



図—9 エンジン回転を下げたときの燃費変化



図—11 現場燃費の推計結果



図—10 デセル割合推定手順

デセル操作の割合は、全負荷作業と中間負荷作業に対して図—10 に示す手順で推定した。軽負荷作業(転圧等)は、全負荷作業や中間負荷作業と併せて実施されるため推定していない。

(e) 現場燃費の推計結果

算出現場燃費は、初めにデセル操作を考慮しないで計算し、次にデセル操作の割合を推定することで推計した。

現場燃費の推計結果を図—11 に示す。

算出現場燃費の推計にデセル操作を入れることで推計精度(回帰式の決定係数 R^2)が向上した。

(2) JCMAS 燃費からの概算

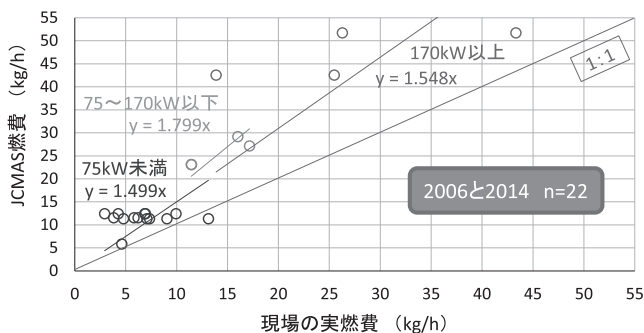
通常、現場の作業構成割合やエンジン回転調整などは不明であることから、簡便な推計方法として、JCMAS 燃費に換算係数を乗じて現場燃費を概算する方法の検討を行った。

(a) 概算現場燃費の推計

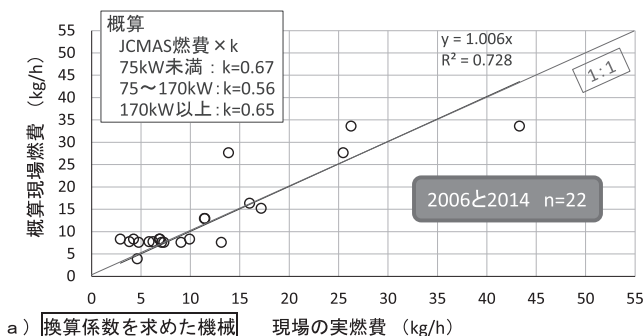
換算係数は、JCMAS 燃費がある 2006 年(3 次含む)基準型式と 2014 年基準型式から求めた。図—12 に換算係数を求めるために用いた現場の実燃費と JCMAS 燃費の関係を示す。換算係数は、図の出力範囲別の回帰式の傾きから求めた。

<換算係数>

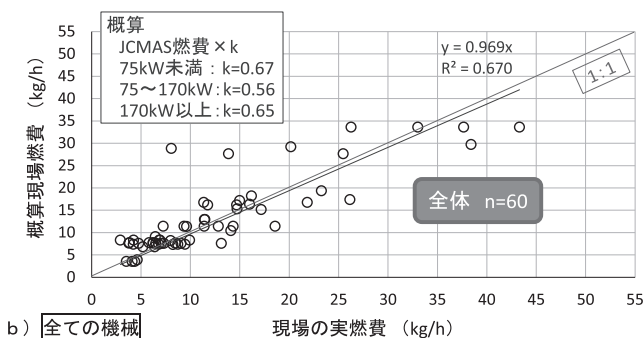
- ・ 75 kW 未満 : 0.67 (1.499 = 1/0.67)
- ・ 75 ~ 170 kW 以下 : 0.56 (1.799 = 1/0.56)
- ・ 170 kW 以上 : 0.65 (1.548 = 1/0.65)



図—12 現場の実燃費とJCMAS 燃費の関係



a) 換算係数を求めた機械



b) 全ての機械

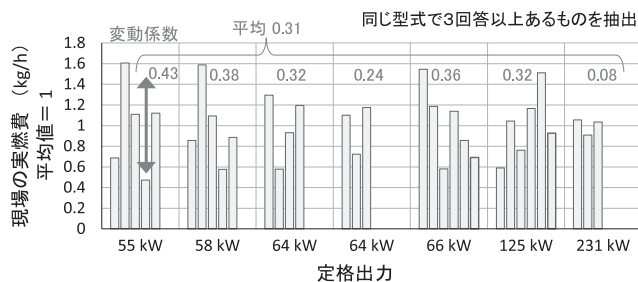
図—13 概算燃費

上記換算係数を用いて求めた概算現場燃費を図—13に示す。換算係数の設定に用いていない対策次数を含めた場合(図—13b)の回帰式の傾きが概ね「1」となっていることから、換算係数は対策次数にかかわらず適用可能と推察される。

(b) 概算現場燃費の推計誤差

図—14は、同じ型式での実燃費のバラツキを示したもので、このバラツキ(変動係数の平均で0.31)は、作業内容やオペレータで異なる運転状況の違いを省略した概算では避けられないことになる。

油圧ショベルのバラツキが変動係数で0.25となっ



図—14 同じ型式での実燃費のバラツキ

ている²⁾(異なる型式を含む同一クラスでのバラツキ)ことから、ブルドーザのバラツキは比較的大きいと言える。

5. おわりに

これまで情報の少なかったブルドーザの運転状況について、今回の調査で現状を知ることができた。その結果、現場の実燃費は、完全ではないが運転状況で説明できることが分かり、平均的な現場の実燃費の概算に用いる換算係数を作ることにもできた。

今後、燃費基準達成建設機械認定制度で認定された建設機械の普及が進むと予想される。今回の結果が建設施工の地球温暖化対策に役立てば幸いである。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 建設省土木研究所：道路環境影響評価の技術手法，土木研究所資料，第3742号，pp.151，2000年10月
- 2) 稲葉，前羽，佐藤：実作業燃費との比較によるJCMAS油圧ショベル燃費試験規格の検証，平成23年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集，pp.131，2015年11月

【筆者紹介】



稲葉 友喜人 (いなば ゆきと)
(一社)日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 主席研究員



佐藤 充弘 (さとう みつひろ)
(一社)日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部 上席研究員

部 会 報 告

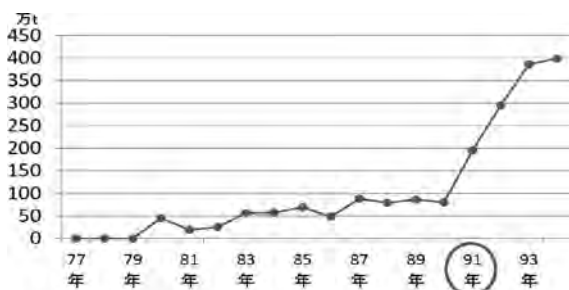
アスファルトプラントの変遷（その10）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）

第5章 リサイクル本格化

1991年（平成3年）4月、「再生資源の利用の促進に関する法律」（⇒リサイクル法）が公布・同年10月に施行されたため、アスファルト合材の再生処理と利用が全国に急激に広まり、表5-1が示すように、1991年を境に再生合材の出荷量が飛躍的に増加してきた。

表5-1 再生合材年度別前年増加量推移表



1991年（平成3年） 浜田自動車道全線開通
東京都庁移転（丸の内⇒西新宿）
国内でのスパイクタイヤ販売中止

社団法人 日本アスファルト協会

アスファルト 第33巻 第167号 平成3年4月発行

アスファルト合材工場について 抜粋

アスファルトプラントの現状

現在、殆どのアスファルトプラントはその配置が固定され、平成2年3月末現在、表5-2の如くである。

一般プラント：1778基（再生兼用プラント142基を含む）

再生プラント：118基

表5-2 プラント配置基数表

地 方	プラント基数 (基)			地 方	プラント基数 (基)		
	一般	再生	計		一般	再生	計
北海道	289	6 (10)	295	近 畿	167	20 (19)	187
東 北	219	8 (8)	227	中 国	121	5 (9)	126
関 東	262	46 (24)	308	四 国	89	1 (1)	90
北 陸	98	7 (29)	105	九 州	332	6 (2)	338
中 部	175	19 (40)	194	沖 縄	26	—	26
再生プラント基数の () は兼用プラント数を示す				全 国	1778	118 (142)	1896

（中略）

建築の現場においては、クレーンの操作員、或いは、鉄筋工、更には大型ダンプ運転手まで女性の進出がみられる。プラントの操作員にも女子が応募する時代となっている。

（中略）

若い者のやる気を醸成するように、新しい時代に即した職場を作ることが大切である。工場という名にふさわしいものにならなければ、果たして、アスファルト合材が21世紀に舗装材料として生き残れるだろうかとも思われる。自動車産業が、先進の米国に追いついたように、その道路建設にかかわるアスファルトプラントも先進国を追い抜き、環境悪化の元凶から外れたいものである。

（社団法人 日本アスファルト合材協会常務理事

宇佐美 寛氏）

1992年（平成4年） 長野自動車道・伊勢自動車道
全線開通

東海道新幹線 のぞみ 運転開始

JR 東日本 山手線全駅で禁煙実施

日本建設機械要覧 1992年（平成4年）版

13.1 アスファルトプラント 概説抜粋

概説

1. 生産動向

アスファルトプラントで製造する加熱アスファルト混合物（合材）は、大半が道路、空港などの舗装に使用されている。官需と民間需に分類すると、最近リゾート開発に伴う施設、スポーツ施設など第三次産業への需要が増加傾向にあるものの、80：20程度の比率で、公共工事への依存が極めて高い状況にある。（以下略）

2. 構造、機能の動向

社会環境の変化に対応して、プラントの構造機能が大きく変化し、これを目的別に分類すると次の通りとなる。

（1）公害防止への対応

…騒音、粉塵、大気汚染、水質汚濁を如何に防止し、規制内に抑えるかの工夫がなされ、低騒音バーナの開発、重油から灯油、ガスへの転換、バグフィ

ルタの登場等がその例である。今後は、再生アスファルトプラント兼用が主体になると思われ臭気問題が顕在化すると予想される。

(2) プラント常設工場化への対応

…特にわが国特有の多品種少量生産の効率化が課題で、これらの対応として、大容量のホットビン、合材サイロの普及が挙げられる。

(3) 合理化、近代化への対応

生産性の向上を図るためには、合材のコストダウンは避けられず、省エネルギー、省人化の機器が強く求められ…（以下略）

(4) 環境問題への対応

今後ますます社会環境への調和、人間尊重が求められる時代になり、特に建設業界においては、3K対策が最重要課題で、当然プラントにもこれらの対応が求められ、特に都市部では、プラント設置そのものが厳しくなっている。周辺住民の公害意識の高まりにより、周辺環境と違和感なき美観を有するデザインのプラントが要求される。また土地の高騰により、限定された敷地内に設置するための省スペース化、今後再生合材の需要増に伴う一般合材と再生合材の製造に対する効率化と調和のとれた装置、自動化、ロボット化によるイージーオペレーション化など高度なニーズに如何に対応するかが大きな課題であり、その対応として特別仕様の都市型プラントの設置もみている。

（以下略）

(株)新潟鉄工所

ニイガタリサイクルプラントには、再生骨材 100%（若干の新しい骨材の補足を含む）で再生合材を製造する方式の NRP シリーズと、幅広い再生骨材混入率の再生合材を製造できる中間投入式 NRP-W シリーズの 2 種類があり、それぞれセンタープラントとして合

材生産を行うシステムを備えている。また、既設のバッチ式プラントに接続して 50% 程度の再生骨材の混合を行う NRP-B シリーズがある。

構造と特長

(1) NRP シリーズ

…ドライヤの入口熱風温度を 550℃ 以下にコントロールし、再生骨材中のアスファルトの劣化を防止している。このため、リサイクルプラント用 S 型バーナで広範囲に燃焼量を制御するとともに、排ガス循環装置により熱エネルギーの回収を図り、ブルースモーク対策（臭気対策）を行っている。

(2) NRP-W シリーズ

…燃焼ガスの温度を下げるための余剰空気の導入が少ないので、ドライヤ、排気集塵装置が小型となり、コスト的に有利となっている。

日工(株)

…我が国では地域により舗装廃材の発生量に大きなバラツキがあり、プラントの一元化はできないことから、日工としては、地域の実態に対応させるために再生骨材の使用率からリサイクルプラントを下記のように分類する。

リサイクルプラントの形態

(1) リサイクルキット (NRK)

2 通りの方法があり、1 つはバッチ式アスファルトプラントの機側に常温の再生骨材のサージビンを設置し、ここから計量フィーダで切り出し骨材計量槽で累積計量し、ミキサで新規骨材とブレンドする方法である。もう 1 つは、サージビン下部に個別の計量器を設置しシュートで直接ミキサへ投入し混練する方式である。いずれも再生骨材使用率は 10～15% が普通である。

(2) 2 IN 1 ドライヤ (NRV)

2 IN 1 ドライヤは 1 つのドライヤで新規骨材と再生骨材を同時に乾燥加熱する向流式ドライヤである。ドラム的前半部分で新規骨材を、後半部分で再生骨材をそれぞれ乾燥加熱し、新規骨材は従来のホットシュートから排出する。一方再生骨材はドラム中央部分より排出し、スキップエレベータでサージビンへストックする。加熱された再生骨材はユニット方式と同じ運用方法である。2 IN 1 ドライヤでの再生骨材乾燥加熱割合は 35% である。又、新規骨材 100% 生産時は従来の向流式ドライヤと同じ方法である。



写真 5-1 NRP80-W 型リサイクルプラント

(3) リサイクルユニット (NRU)

バッチ式アスファルトプラントに小型のリサイクルプラント（再生骨材使用率 100%）を併設し、バッチ式アスファルトプラントで製造される新規骨材に加熱された再生合材を 30～50% 混入しミキサで混練するタイプである。



写真 5-2 リサイクルユニット NRU-30

(4) リサイクルプラント (NRP)

再生骨材使用率は 80～100% を中心に運用され、再生骨材の粒度調整用に新規骨材を使用し、並流式ドライヤで 160℃ 前後に加熱した再生骨材を生産するプラントである。

ファクトリー Bond シリーズ 開発

従来の Bond シリーズよりプラント本体の塔角を広げ、機器配置を見直しメンテナンス性を考慮。建屋を標準装備とし、クリーン化設計を推進している。ホットビンのヒータ・保温施工、スクリーンの二重防振、機器駆動部の直結式を採用。将来設置が予想されるリサイクルユニット・合材サイロなどが簡単に増設可能な構造に設計されている。



写真 5-3 FBD-2000

田中铁工(株)

TRD 型再生アスファルトプラントは、アスファルトコンクリート再生骨材をドラムドライヤで乾燥加熱し、従来のバッチ式プラントのミキサまたは骨材計量槽に供給するプラントで、既設のバッチ式プラントに簡単に付加設備することができる。



写真 5-4 TRD30 再生アスファルトプラント

構造と特長

- ・ 再生骨材はドライヤの中で 160℃ 前後に加熱されるが、発生する不活性ガスと気化熱の特性を応用することによって、再生骨材中の残留アスファルトの劣化を防ぐ。
- ・ ドライヤは与えられた熱量を有効に利用するためロックウールで保温されているが、この保温はドライヤ内部に再生骨材が付着するのを防ぐ効果がある。
- ・ TRD 型再生アスファルトプラントのドラムドライヤは、アスファルト分の排出がほとんどないので、バグフィルタの濾布に目詰まりを起こすようなことがない。

ASPUC 優 Plus 販売開始

アスファルトプラント操作、リサイクルプラント操作に加え、4 塔式まで搭載可能な合材サイロ操作ユニットを追加。燃費改善のための温度制御を PID 制御からファジー制御へ改善し、多様化する合材の生産に対応したアスファルト計量を 1 種から 2 種に、石粉計量を 1 種から 3 種に、それぞれのチャンネルを追加した。印字記録装置や出荷管理装置、監視モニタなどのオプション装置も配慮したデザインで大阪デザインセンターの選定商品となった。

要覧記載メーカー全 8 社、上記記載以外業者名

光洋機械産業(株)、昌運工業(株)、アステック(米)、

酒井重工業(株), ゼムコインタナショナル(株)



写真 5-5 ASPUC 優 Plus

1993 年 (平成 5 年) 長野自動車道全線開通
伊勢湾自動車道全線開通
レインボーブリッジ開通

日工(株)

リサイクルユニット TOP シリーズ 発表
「狭い敷地に高機能のリサイクルプラントを」の
ニーズに応え TOP シリーズを発表。

- ・省スペース
リサイクルドライヤをダンプ通路上の空間に設置
- ・省メンテナンス & セイフティ
スキップエレベータの無いシンプル構造
- ・省エネルギー
スキップレスによる使用電力の削減



写真 5-6 NRU TOP-60

田中铁工(株)

半加熱式リサイクルプラントハーフドライ 開発
約 245℃に加熱された V 材と, 60℃に加熱された R 材を累積計量後, ミキシングする。フルドライタイプ

と比較し, 設備費は抑えられ, R 材混入率は 10 ~ 30%とした。また, ドラム内部の付着を防ぐための外部加熱バーナを設置できる。



写真 5-7 ハーフドライ方式 TRH-30

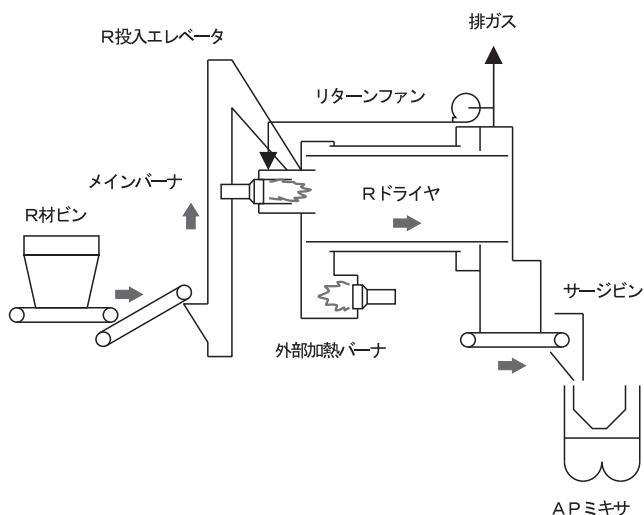


図 5-1 TRH 型 リサイクルプラントフロー図

1994 年 (平成 6 年) 関西国際空港開港
北陸自動車道全線開通
首都高 4 号湾岸線開通
アスファルト事前審査制度 試行

(株)新潟鐵工所

ツインタワープラント 開発

日本舗道(株) 戸田合材工場に納入したツインタワープラントは, 少量多品種混合物の生産に効率的に対応するため, 通常合材用と特殊合材用のツインタワーとなっている。特殊合材用タワーには大容量ホットビン, 常温合材生産装置が設けられており, 各タワーより同時に出荷することが可能になっている。再生ドライヤを含む各装置は建屋内に収容され発塵処理システムが設けられている。

1995 年（平成 7 年） 阪神淡路大震災・ゆりかもめ
一部開業

地下鉄サリン事件・製造物責任法施工
九州自動車道全線開通

（青森～鹿児島・宮崎が結ばれる）

名古屋の楠線・都心環状線全線開通

日本建設機械要覧 1995 年（平成 7 年）版

13.1 アスファルトプラント 概説抜粋

概説

（前略）

5. 今後の動向

- （1）舗装の耐久性の向上，美・感・遊・創に代表される舗装技術の多様化に対応して，合材の多様化と高品質化の要求は今後ますます強まる。（以下略）
- （2）熟練労働者の高齢化，若年技能者確保の困難などにより，プラント運転の自動化，ロボット化，イージーオペレーションによる省熟練化が求められる。
- （3）地域社会との調和，人間尊重への社会造りに対応するため，よりシビアな環境保全対策は勿論のこと，都市空間に違和感を与えない外観上のイメージアップが求められている。また，人間尊重のための安全確保も重要であり，多様化する課題に対応するための都市型アスファルトプラントが求められている。

田中鉄工(株)

大別して 3 種類のリサイクルプラントを準備

（1）ノンドライ方式（TRC 型）

再生骨材を非加熱のまま必要量をバッチ式アスファルトプラントの骨材計量槽で新骨材とともに累積計量し，ミキサに投入する方式である。この時新材は約 245℃に加熱することが条件である。

再生骨材混入率：15%



写真 5-8 TRC 型 リサイクルプラント

（2）ハーブドライ方式（TRH 型）

再生骨材を約 70℃に加熱して，必要量をバッチ式アスファルトプラントの骨材計量槽で新骨材と累積計量してミキサに投入する方式である。この時新材は約 245℃に加熱することが条件である。

再生骨材混入率：30%

（3）ネオドライ方式（TRN 型）

再生骨材を約 120℃に加熱して，必要量をバッチ式アスファルトプラントの骨材計量槽で新骨材と累積計量してミキサに投入する方式である。この時新材は約 200℃に加熱することが条件である。

再生骨材混入率：40%



写真 5-9 TRN 型 リサイクルプラント

（4）フルドライ方式（TRD 型）

再生骨材を製品温度と同じ温度（160℃）に加熱して，個別に計量したものをアスファルトプラントのミキサに投入し，新規合材とともにミキシングして生産する。

再生骨材混入率：80%



写真 5-10 TRD 型 リサイクルプラント

株新潟鐵工所

3シリーズのリサイクルプラントを用意

(1) CBU, CR シリーズ

常温の再生骨材をミキサに投入する間接加熱方式で既存のアスファルトプラントに後付けするタイプのCBUシリーズと、新設プラントとして予め再生骨材系統の装置が組込まれたCRシリーズとの2つのタイプで構成されており、再生骨材混入率は20%程度まで可能である。

(2) NRP-W シリーズ

直接加熱方式の中間投入式で再生骨材の混入率が30～70%と合材生産の多様化に最も適したシリーズであり、再生合材専用プラントとして使用される。

(3) NRP (CB) シリーズ

再生骨材100%,あるいは若干の新骨材の補足により再生合材専用プラントとして使用される。またバージンプラントに併設してミキサへ加熱された再生骨材を投入して新骨材と混合することにより再生合材を生産する。(併設タイプ)

脱臭装置

立地環境条件が厳しく臭気の対応が必要な場合、脱臭装置として直接燃焼式脱臭炉を設置することができる。ドライヤの排ガスと同時にドライヤ以外の合材搬送設備等の臭気も合わせて処理することが可能である。



写真 5-11 脱臭炉方式リサイクルプラント

酒井重工業(株)

酒井 AR 型アスファルト・リサイクルプラントは、アスファルト廃材を加熱合材として再生させる再生工程と、加熱したものを分級して骨材を回収する解材工程との二つの工程を1台で行うことを可能にしたものである。



写真 5-12 アスファルト・リサイクルプラント

日工(株)

4種類のリサイクルプラントを提供

(1) リサイクルキット (NRK)

…再生骨材使用率は10～20%が中心である。

(以下略)

(2) 2 IN 1 ドライヤ (NRV)

…1つのドライヤで新規骨材と再生骨材を同時に乾燥加熱する向流式ドライヤである。(中略) 再生骨材乾燥加熱割合は20～30%である。

(3) リサイクルユニット (NRU・NRU TOP)

…バッチ式アスファルトプラントで製造される新規合材に加熱された再生骨材を30～50%混入しミキサで混練するタイプである。(以下略)

(4) リサイクルプラント (NRP)

再生骨材使用率は70～100%を中心に運用され、再生骨材の粒度調整用に新規骨材を使用し、並流式ドライヤで160℃前後に加熱した再生合材を生産するプラントである。集塵装置としては、プレコーティングシステムを具備し、脱塵機能を持った本格タイプの乾式バグフィルタや、ミスト除去用として使い捨て濾材を充填したミストフィルタを使用する。



写真 5-13 ミストフィルタ MF-30

13.2 再生アスファルトプラント 概説抜粋

概説

…再生アスファルトプラントは直接加熱方式と間接加熱方式に大別され、以下のように細別される。

1. 直接加熱方式

(a) 再生骨材および補足材の同時投入加熱方式

再生骨材と新骨材を同時にバーナ側からドラムドライヤに投入し（中略）ドラムドライヤ内で混合を行う方式である。ドラムドライヤの出口にアフターミキサを設け、添加剤を混合する方式もある。
⇒ TDM, NRP, NDP シリーズが相当

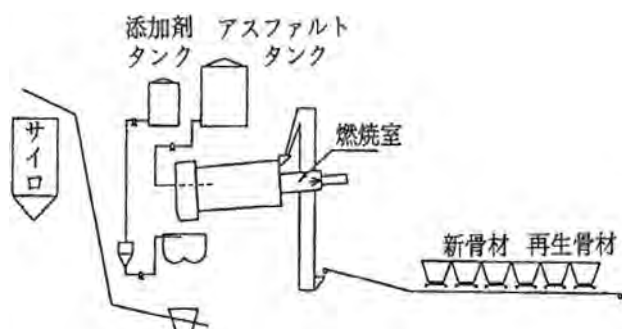


図 5-2 同時投入加熱方式 フロー図

(b) 再生骨材および補足材の個別加熱方式

再生骨材のみをバーナ側からドラムドライヤに投入し、（中略）アスファルトプラントに併設、加熱された再生骨材とアスファルトプラントのドライヤで加熱された新骨材とをアスファルトプラントのミキサで混合する方式である。

⇒ TRD, NRU (TOP), NRP (CB) シリーズが相当

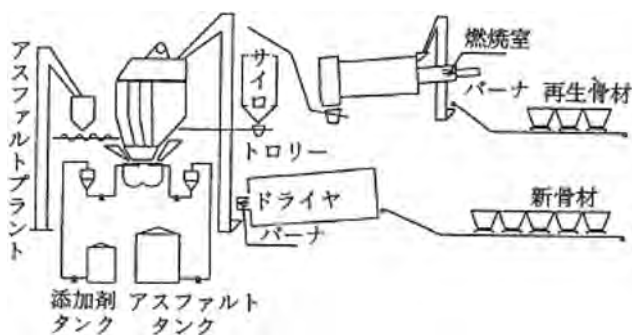


図 5-3 個別加熱方式 フロー図

(c) 再生骨材の中間投入加熱方式

新骨材をドラムドライヤのバーナ側から投入し（中略）中間部に再生骨材を投入し、加熱後、ドラムドライヤ内またはアフターミキサ内でアスファルトと添加剤を混合する方式である。

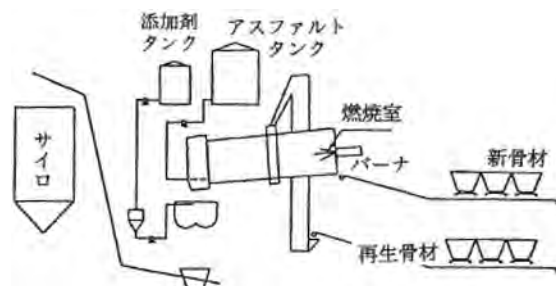


図 5-4 中間投入加熱方式 フロー図

⇒ NRP-W, NRV シリーズが相当

2. 間接加熱方式

再生骨材をアスファルトプラントのミキサで加熱する方式

新骨材を通常より高温に加熱し、ミキサでの混合中に再生骨材と補足材を投入して、ミキサの中で再生骨材を加熱し混合する方式である。

⇒ TRC, NRK, CBU (CR) シリーズが相当

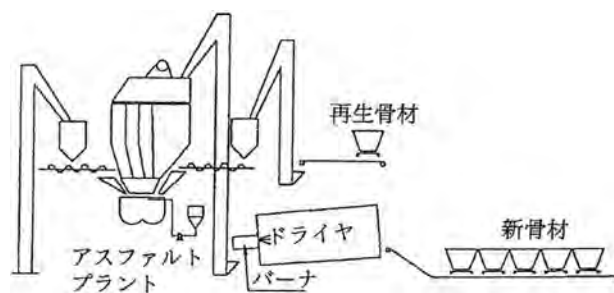


図 5-5 間接加熱方式 フロー図

日工(株)

使用方法に応じた脱臭装置をラインナップ

排気ガスに含まれる有機質系臭気成分を、直接燃焼式脱臭炉にて加熱分解させる。

(1) 1 バーナ脱臭装置（熱交換器を装備）

1つのバーナで再生材の乾燥加熱と脱臭処理を行う



写真 5-14 1バーナ脱臭装置

- (2) 2 バーナ脱臭（熱交換器を装備）
乾燥加熱用と脱臭用，個別にバーナを装備
既設リサイクルプラントに増設可能
- (3) コンパクト脱臭（熱交換器は非装備）
上記（1）（2）に比べ，省コスト，省スペース，
省メンテナンス。既設リサイクルプラントに増設
容易

要覧記載メーカ全6社，上記記載以外業者名
ゼムコインタナショナル(株)，昌運工業(株)

1996年（平成8年）東京ビッグサイト開場
阪神高速3号神戸線全面復旧
大分自動車道全線開通
普天間飛行場全面返還で日米合意
アスファルト混合所便覧大改定

日工(株)
地下式サテライト完成
45 ton 合材サイロ 2基を地下に設置
リモートメンテナンスシステム開始



写真 5-15 地下式サテライトプラント

JCMA



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 16 (ISO 13766 土工機械—電磁両立性) 2016 年 5 月ドイツ・フランクフルト市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 吉田 克美 (コマツ)

2016 年 5 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 16 (ISO 13766 土工機械—電磁両立性改正) 会議がドイツ国フランクフルトアムマイン市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した吉田氏の報告を紹介する。

1 開催日：2016 年 5 月 23, 24 日

2 開催地：ドイツ国フランクフルトアムマイン市
VDMA ATRICOM 会議室

3 出席者：16 名

ドイツ (DIN) 6 名, 米国 (ANSI) 5 名, 英国 (BSI) 1 名, フランス (AFNOR) 1 名, スウェーデン (SIS) 1 名, チェコ (UNMZ) 1 名, 日本 (JISC) 1 名

4 会議概要：

これまでの議論をふまえ、ISO/DIS 13766-1, -2 ドラフト案が提示され、反対がなければ FDIS をスキップしたいとの提案を受けたが、日本、スウェーデンからの反対があり、FDIS が回議されることとなった。

日本からの意見である「法的制約」については理解が得られ、屋外試験に対する補足を追加することになったが、BCI 法の拡張については「これまでも十分議論を重ねてきた」として認められなかった。

EMS 試験は RF 照射を基本とし、法的、物理的制約がある場合の代替法として「1 GHz までは建機本体での BCI 試験法」と「1 GHz 以上は ESA システムでの RF 照射法」の組合せでもよいとされた。

また、BCI 法では、参照規格との整合性から TWC 法も追加となり、BCI 法：～400 MHz, TWC 法：400

MHz ～と示された。WG として速やかに合意形成する必要がある、WebEx 会議で日本側と意見調整を図ることとなった。

5 主な審議点：

Part 1：

①車両 TWC 試験の追加

→BCI 試験の他、400 ～ 1000 MHz については TWC 試験法も示された。

②車両 BCI 試験の適用周波数範囲

→適用試験周波数は 20 ～ 1000 MHz。

※1 ～ 2 GHz はあくまでも放射電界試験で

③EMC 指令への対応

→ISO/DIS 13766-1 附属書に明記された。
(Part1 が EMC 指令の要求レベル)

6 今後の予定：

審議内容を再度事務局でまとめ、修正原案として再提示される。

この修正原案について、2016 年 6 月に WebEx 会議を開催する (日本時間 20:00 ～)。

(後記：協会事務局より接続し、国内関係者も参加した。再度日本案を示したが、却下された)

7 所感：

これまでの WG 会議の中でも議論されてきたが、「ESA システムでの RF 照射法」に対する記述が懸念されるので、最終文案を注視したい。

(後記：2017 年 5 月に FDIS 投票が締め切られた。ISO/CEN で承認されたが、CEN コンサルタントにより Part 2 の EU 官報への掲載が差し止められ、適合規格として認められない問題が生じている)

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 21 (ISO 5010 土工機械—ゴムタイヤ式機械—
かじ取り装置要求事項)

2016 年 4 月スウェーデン・ストックホルム 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 21 (ISO 5010 土工機械—ゴムタイヤ式機械—かじ取り装置要求事項 改正) 作業グループ会議が 2016 年 4 月にスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 4 月 27-28 日
- 2 開催地：スウェーデン国 スtockホルム市 スウェーデン規格協会 (SIS)
Saturnus Conference Slussen 会議室

- 3 出席者：15 名
スウェーデン (SIS) 4 名
米国 (ANSI) 4 名
英国 (BSI) 2 名
ドイツ (DIN) 1 名
イタリア (UNI) 1 名
フィンランド (SFS) 1 名
日本 (JISC) 2 名

4 概要

- ・「用語」および「定義」のセクションを中心に文言追加や変更を行った。
- ・これまで設計要求事項 (Design) と性能要求事項 (Performance) が混在していたが、第 4 項と第 6 項にそれぞれ再整理した。
- ・2016 年 5 月に配布予定の WD5 (第 5 版作業案文) へのコメント期限が同 6 月迄で、直後の 7 月～CD 投票開始と間が短い為、WD5 が配布され次第、新たに対象となる機種を中心に文言の確認が必要となる。
- ・なお、セカンダリステアリングの要求は 20 km/h 以上の機種のみで、現行 2007 年版から変更無しの見込み。

5 主な審議内容

用語および定義を再確認した。

- ・3.1.4 として “primary steering system” : “system used to steer the machine in the steering system function as intended” を追加し、あわせて、3.1.5 “secondary steering system” の定義も見直した。
- ・3.5 “steering control element” を、3.5.1 “principle steering control element” と 3.5.2 “alternative steering control element” に分け、下記 4.2 ローラの除外提案と合せて議論した。
- 3.5.1 “principle steering control element” : “steering control element at the operator’s position (s) that fulfill the primary steering requirements”
- 3.5.2 “alternative steering control element” : “steering control element, potentially offset from the normal operating position (s)”
- ・新しく 3.1.3 として “maximum rated speed” を、ISO 3450:2011 3.1.2 “maximum machine speed” と同様に定義した。

これまで混在していた設計要求事項 (Design) と性能要求事項 (Performance) を分け、前者は第 4 項に後者は第 6 項にまとめ直した。

4.2 “標準及び追加の操作器具をもつかじ取り装置” からローラを除外し、追加かじ取り装置としない日本提案については、事前準備資料と共に事務局提案通りの文言追加を提案したが、特定の機種を除くことはせず、代わりに 3.5.1 “principle steering control element” と 3.5.2 “alternative steering control element” の定義の中で反映させることとなった。関係者は定義の文言を再確認し、必要に応じて WD5 に対するコメントを提出する。

- 6.2 セカンダリステアリングの性能要求事項を、以下の項目に再整理した。

6.2.1 手動かじ取り装置, 倍力装置式かじ取り装置, 全動力かじ取り装置の共通した要求事項

6.2.2 倍力装置式に限った警報装置

6.2.1 セカンダリステアリングは 20 km/h 以上の機械について必要としたが, WD4 中に速度の文言が 20 km/h 「以上」と「超える」が混在しているため, WD5 へのコメント時に明確化を求める必要がある。

7 かじ取り試験コースの図 2 について, コース寸法や長さ, タイヤ外側回転直径や軸距, タイヤ外側間の幅で定義される値があり, 車輪をクローラ Assy と置き換えた派生機はどう計算すべきか, 問題提起された。

10.5 Alternative steering test for secondary steering として, EN 12643:2014 “Earth-moving machinery. Rubber-tyred machines. Steering requirements” に基づく 24 m 円での試験も許容 (may be used) されることになった。

改訂案文 (WD4) に対する各国意見 (N15) と前回 WG 時に残った各国意見 (N14) を全て確認し, 終了した。

6 今後のスケジュール

- ・ 2016 年 6 月末まで WD 作成
- ・ 2016 年 7 月～10 月に CD 投票 (改正作業は通常期間の 36 ヶ月で実施)
- ・ 2017 年 4 月 DIS 投票
- ・ 2018 年 4 月 ISO 発行
- ・ 議長は 2016 年 5 月までに WD5 ドラフトを作成し WG メンバーに回覧する。
- ・ WG メンバーは 2016 年 6 月までに WD5 ドラフトに対するコメントを事務局に返答する。

- ・ 事務局は 2016 年 6 月までに返答されたコメントを検討し, CD 投票前に WebEx 会議を開催する必要があるか決定する。
- ・ 次回 WG: 2016 年 10 月, 場所未定 (フランクフルト又はベルリン)。

7 所感

今回「ローラのような特殊なステアリング装置は除外しよう」求めたが, 個別機種の例外規定を設けることは往々にして難しく, それより「根本の Scope から対象外にする」又は「きちんと用語を定義し特殊装置を排除する」といったアプローチの方が現実的と感じた。そのためにも, 新たな Scope や用語を提案できるような英語の語彙力と表現力, 他の ISO 規格に関する知識が重要であると痛感した。

今回の議長はローラの構造や使われ方についての知見があり, ISO 10968 操縦装置の WG でも尽力してもらったが, 草案に反映できなかった。自社機種については, 各社専門家が午前や午後の一部に WebEx 参加でも参加し, 説明することが大事と感じた。

参考資料

- N15: N16 (WD4) に対する各国意見
- N16: 第 2 回 WG の結果を踏まえた改訂案文 (WD4)
- N17: 今回の WG 会議議事案
- ※今後追加されると思われるもの
- N19: 各国意見 (N15) への回答
- Nxx: CD 投票用の改訂案文 (WD5)
- Nxx: 今回 WG 会議の議事録
- N23: 今回 WG 会議の決議

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 21 (ISO 5010 土工機械—ゴムタイヤ式機械—
かじ取り装置要求事項)

2016 年 10 月オランダ・アムステルダム 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 21 (ISO 5010 土工機械—ゴムタイヤ式機械—かじ取り装置要求事項 改正) 作業グループ会議が 2016 年 10 月にオランダ国アムステルダム市で開催され、前回 2016 年 4 月に引き続き、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 10 月 17-18 日
- 2 開催地：オランダ アムステルダム スキポール空港内 Conference Exchange Avenue The Ruyter 会議室
- 3 出席者：11 名
スウェーデン (SIS) 2 名
米国 (ANSI) 4 名
英国 (BSI) 2 名
ドイツ (DIN) 1 名
イタリア (UNI) 1 名
日本 (JISC) 1 名
- 4 概要
 - ・ 2016 年 9 月に承認された CD 投票時の各国意見の扱いについて検討した。
 - ・ 各国意見に基づいた議論の結果、用語および定義を中心に文言追加や変更、並び替え等を行った。
 - ・ 議長が辞任したため、交代候補を検討している。決まり次第 TC127/SC2 CIB (委員会内投票) を行う。
 - ・ 技術的コメントが多いため第 2 次 CD 投票を行い、日程を 48 ヶ月に延長予定。
 - ・ 前回の WG で、4 General requirements (設計) と 6 Performance requirements (性能) に再編したが、今回の WG でいずれも 4 General requirements に再統合し、4.1 から 4.7 に再整理した。
- 5 主な審議内容

用語および定義を中心に、以下の項目等について文

言追加や削除、変更、並び替え等を行った。

- ・ 1 Scope から non-ride machine と remote control machine without a ride on station を除いた。
- ・ 3.1.2 power-assisted steering system と 3.1.3 fully powered steering system を統合し、いずれも New 3.1.2 powered steering system とした。
- ・ 3.5 steering control element, 3.5.1 principle steering control element, 3.5.2 alternative steering control element を再定義した。
- ・ 4 General requirements (設計要求) と 6 Performance requirements (性能要求) を 4 General requirements に再統合し、以下の 4.1 から 4.7 に再整理した。
 - 4.1 Required steering systems
 - 4.2 All steering systems
 - New 4.3 Primary steering systems
 - New 4.4 Secondary steering systems
 - New 4.5 Powered steering systems
 - New 4.6 Steering systems with principal and alternative steering control elements
 - New 4.7 Steering systems control safety
- ・ New 4.7.2 (旧 4.4.2) 10 km/h ～ 20 km/h の間の要求事項に明確化し変更した。
- ・ New 4.7.3 (旧 4.4.3) 20 km/h 以上と変更した。
- ・ 6 Performance requirement を ISO 3450 (ブレーキ) と同じ New 6 Performance tests に変更した。
- ・ 日本が提案した 7 Steering test course, Figure 2 のミニローダの試験コースを縮小したいという要望は、既に 7.3 や図の注釈で短いコースが規定されており、織り込み済みとのことで受け入れられなかった。
- ・ 7 Steering test course, Figure 2 に「ローラとコンパクタも短いコースでも可」を追加した。
- ・ New 8.4 「ローラとソイルコンパクタは振動せずに試験すること」を追加した。
- ・ 日本が提案した「ランドフィルコンパクタとソイルコンパクタはゴムタイヤに履き替えて試験して

もよい」という要望は, New 8.5 として追加した。

- ・日本が提案した「10.2.1 前進最高速度 15 km/h 以下の機械は 50 m で試験してもよい」という要望は受け入れられ, 文言を追加した。
- ・New 11 Test report を追加した。ISO 3450 を参考に記載項目を検討した。

CD 投票に際しての各国意見 (N28) について, US 5.2.1 まで議論し終了した。

6 その他

- ・CEN とのウィーン協定の手続きについて検討し, 事務局 (スウェーデン) が早期評価を行い, 手続きの同期を図ることとした。

7 今後のスケジュール

技術的コメントが多いため, 第 2 次 CD 投票を行うことを検討している (詳細日時は未定)。投票期間を考慮し, 現在の 36 ヶ月の予定を 48 ヶ月に変更するよう SC 2 事務局に提案し, CIB を行う予定。延長に伴い,

前回 WG 会議で想定した開発日程は下記の通り変更となる。

・2017 年 4 月→2018 年 4 月 DIS 投票

・2018 年 4 月→2019 年 4 月 ISO 発行

次回 WG : ISO 6750 と連続して開催する。2017 年 1 月, 場所未定 (フランクフルト又はロンドン)。

参考資料

N27 : 今回の WG 会議議事案

SC2/N1239 : CD 投票用案文

N28 : CD 投票の際の各国意見

N30 : 各国意見 (N28) に対する今回の WG 会議の検討結果

N31 : 今回の WG 会議の公式議事録

※今後追加されられると思われるもの

Nxx : 第 2 次 CD 投票用の改訂案文



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置) 2016 年 4 月スウェーデン・ストックホルム 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置 改正) 作業グループ会議が 2016 年 4 月にスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 4 月 28-29 日
- 2 開催地：スウェーデン国 スtockホルム市 スウェーデン規格協会 (SIS)
Saturnus Conference Slussen 会議室
- 3 出席者：10 名
スウェーデン (SIS) 3 名
米国 (ANSI) 2 名
英国 (BSI) 1 名
ドイツ (DIN) 2 名
イタリア (UNI) 1 名
日本 (JISC) 1 名

4 概要

Annex A 本体, Annex B エクイップメント, Annex C アタッチメントの操縦操作方法に加え, Annex D 他の機種 (ブルドーザとグレーダ) としてまとめた。表 1「操作力」について、通常値 (頻繁な操作) と最小値を削除し、最大は現行 2004 年版の値のままとなった。また、6.4 操縦装置の強度の下限值は、“designed for” 操作力の 5 倍以上のままで、改訂案文 (N36) から変更無し。

5 主な審議内容

前回, Annex 1 を複数機種にまたがる一般要求事項, Annex 2～13 を ISO 20474 同様に各機種に固有の事項にまとめなおすことを提案した。しかし、各機種の固有操縦装置に大きな違いがないこと、専門家が来ていなかった機種 (ケーブルショベルなど) の現在の操縦装置が不明で原案を提案できないことなどから、Annex A 本体, Annex B エクイップメント, Annex C アタッチメント, Annex D 他の機種 (ブルドーザとグレーダ) でまとめることになった。Annex D に

ついては、CD 投票までに米国と日本による Ad-hoc グループを設置し、Annex A～C の構成と同様 (操作、操縦装置、位置、操作方法要求事項) の原案を作成することになった。

5.1.2 の複数運転位置で複数操縦装置のあるローラのような機種について「除外」を主張したが、Scope で「この規格の指、手及び足による操縦についての規定は、他の形式、配置及び操作方向の使用を妨げるものではない」との文言を残すこととなり、「除外」は受け入れられなかった。

表 1「操作力」について、現行の操縦装置の操作力が報告された。議論の結果、通常値 (頻繁な操作) と最小値を削除し、最大は現行 2004 年版の値とすることとなった。Annex で具体的な操作方法を指定されていない爪先操作も、現行 2004 年版通りで変更無し。6.1 最大操作力への要求は、2 版前の 1995 年版と同じ “The maximum control force shall not exceed the force in Table 1” に変更の見込み。6.2 最小操作力への要求は、表 1 から値を削除し “The minimum control actuating force shall prevent activation due to inertial forces on the control caused by machine operation when used as intended.” と文言のみになる見込み。6.4 操縦装置の強度の下限值は、“designed for” 操作力の 5 倍以上の提案のままで、改訂案文 (N36) から変更無し。

Annex B.6 として、2 ピースブームの動きを想定した Boom fold/unfold を新たに追加した。それに伴い、Boom off-set は Annex B.7 に変更した。

Annex C.4 Open/close of grippers or scissors には解体用のアタッチメントも対象となることから、手や指操作だけでなく、日本で一般的な足踏み式操作を追加提案した。具体的な操作方は宿題として日本から提案予定。

Annex C まで審議して終了した。

6 今後のスケジュール

改正作業期間を 48 ヶ月に変更した。

- ・2017/6/5 DIS 投票開始
- ・2018/6/5 ISO 発行

- ・議長は2016年5月までにWD5ドラフト（N43）を作成しWGメンバーに回覧する。
- ・WGメンバーは2016年9月までにWD5ドラフトに対するコメントを事務局に返答する。
- ・Ad-hocメンバーは2016年9月までにAnnex D原案を作成し事務局に送付する。
- ・事務局は2016年9月までにWGメンバーに回覧する。
- ・WGメンバーは2016年10月までにAnnex D原案に対するコメントを事務局に返答する。
- ・事務局は2016年10月までに返答されたWD5及びAnnex Dに対するコメントをまとめなおし、WGメンバーにフィードバックする。

次回WG：2016年10月中旬、場所未定（フランクフルト又はベルリン）。

7 宿題

- 1) Ad-hocグループによるAnnex Dの原案作成
ブルドーザ、グレーダの操作方法を確認し、一覧表と説明図の作成
- 2) Annex B.6 Boom fold/unfoldの操作方法確認
- 3) Annex C.4 Open/close of grippers or scissors
の操作方法確認

8 所感

今回の操縦装置の会議の参加者は10人のみと、同時開催の取扱説明書やステアリングと比べても少ないが、議論された操作力の要求は全ての機種の設計に絡むため、各社への影響が非常に大きい。ISO 5010ステアリングの場合と同様に、欧州にあまりなじみのない機種（ブルドーザやローラ、グレーダ、機械式クレーンなど）や装置の関係者は、一部のみでもいいので日本からWebExで参加し、操縦装置について主張し、きちんと規格文言に反映させることで、作成後の規格の後追い対応をせずにすみ、非常に効果があると思われる。

参考資料

N37：今回のWG会議議事案

N36：今回のWGに向けた改訂案文

※今後追加されられると思われるもの

Nxx：今回WG会議の議事録

Nxx：今回WG会議の決議

N43：今回の会議内容を反映させた改訂案文（WD5）

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置)
2016 年 10 月オランダ・アムステルダム 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置改正) 作業グループ会議が 2016 年 10 月にオランダ国アムステルダム市で開催され、前回 2016 年 4 月に引き続き、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 10 月 18-19 日
- 2 開催地：オランダ アムステルダム スキポール空港内 Conference Exchange Avenue The Ruyter 会議室
- 3 出席者：11 名
スウェーデン (SIS) 3 名
米国 (ANSI) 2 名
英国 (BSI) 1 名
ドイツ (DIN) 2 名
イタリア (UNI) 1 名
チェコ (UNMZ) 1 名
日本 (JISC) 1 名

4 概要

- ・ Annex A 本体, Annex B エクイップメント, Annex C アタッチメントの操縦操作方法に加え, Annex D グレーダ, Annex E ブルドーザとしてまとめた。
- ・ 4.2.2 主要操縦装置の最小間隔測定箇所について明確化した。また、足操作式について片足の場合を追加した。
- ・ CD 投票用案文を完成させた。

5 主な審議内容

事前提出した前回の宿題 (Annex D グレーダとブルドーザ, 2 ピースブーム, 解体アタッチメント) の検討の他に、会議の冒頭で示された意見について検討した。

再度、冒頭から文言を確認し、表記揺れなどを再確認し修正した。

- ・ Foreword に今回の改正項目の概要を追加した。
- ・ Foreword と 1. Scope の間に Introduction を追加した。
- ・ 1 Scope から primary を除き、全ての operator's control を対象とした。
- ・ 4.2.2 Distance between controls について、主要操縦装置の最小間隔測定箇所を中心間距離もしくはクリアランスか明確化した。
- ・ 4.2.2 足操作式については、別々の足の場合は 50 mm、同じ足 (ただし、踵が同じ位置で操作し、平行でない操縦装置間) については 30 mm とした。
- ・ Annex D グレーダと Annex E ブルドーザに分け、追加した。

CD 投票に向けて案文を完成させ、WG 審議を終了した。

6 その他

DIS 投票までに、新たに追加する図について ISO 指定フォーマットで用意しておく。

7 今後のスケジュール

- ・ 2016 年 10 月 CD 投票開始 2016 年 12 月締切。
 - ・ 2017 年 6 月 DIS 投票開始
 - ・ 2018 年 6 月 ISO 発行
- 次回 WG：CD 投票後の 2017 年 2 月、場所は未定。

参考資料

N46：今回の WG 会議議事案

N44 (N48：20161018 議論分反映)：今回の WG に向けた改訂案文

SC2/N1256：今回の会議内容を反映させた CD 投票案文
※今後追加されると思われるもの

Nxx：今回 WG 会議の議事録

Nxx：今回 WG 会議の決議

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置)
2017 年 2 月ドイツ・フランクフルト 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置改正) 作業グループ会議が 2017 年 2 月にドイツ国フランクフルト市で開催され、前回 2016 年 10 月に引き続き、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

1 開催日：2017 年 2 月 6-7 日

2 開催地：ドイツ フランクフルト VDMA 近郊
ATRICOM Sachsenhausen 会議室

3 出席者：13 名 (うち WebEx 接続 3 名)

スウェーデン (SIS) 3 名

米国 (ANSI) 2 名

英国 (BSI) 1 名

ドイツ (DIN) 2 名

イタリア (UNI) 1 名

チェコ (UNMZ) 1 名

日本 (JISC) 3 名

4 概要

- ・日本のみ反対で承認された CD 投票時に寄せられた各国コメント (全 68 件, うち日本コメント 22 件) を審議した。
- ・日本からの提案のうち、油圧ショベルのブレードについては、ドーザの附属書 E でなくアタッチメントの附属書 B で New B.8 ブレードコントロールとして取りまとめることになった。
- ・今回の審議結果と専門家への回覧結果をもとに、今後 DIS 投票に進む。

5 主な審議内容

- 1) 第 3 章 用語の定義について、スタイルと機能等が混在していたので、階層構造に従って再整理した。“pedal”を追加、“treadle pedal (dual function pedal)”の定義追加は却下、“proportional control”の定義文言を変更、“multipurpose”を“multifunctional”に統一した。
- 2) 表 1 操縦装置間隔について、同時に操作せず

同一足で踵をつけて行う足踏み式は、最小間隔 30 mm でもよいとの例外規定を維持した。さらに、スクレーパのツインエンジンのような、同一足で同時に並行する 2 つのペダルを操作する際の規定を追加した。

- 3) 6.4 操作力の強度下限値について、既にこれまでの WG で議論した結果として反対し、変更されないことになった。また、他の ISO (ISO 5010 ステアリング) で許容強度は最大強度の 2 倍との記載があり、ISO 10968 と整合しないとの指摘があった。ISO 5010 第 2 次 CD 投票時に、ISO 10968 の記載のように文言を変更する予定。
- 4) 表 2 操縦装置操作力について、通常力 (頻繁な操作) と最小力を再記載すべきとの提案に反対し、CD 投票時の最大値のみ記載のままとした。理由は、これまで WG で議論したように、通常力の頻繁とはどのように規定したらいいか不明であること、最小力はマシンタイプにより異なり一様に規定できないため。
- 5) 油圧ショベルのブレード操作方法について追加した。ただし、日本提案は Annex E への追加であったが、Annex E はドーザについてのみのため、Annex E への追加は却下された。追加箇所は、Annex B アタッチメントに新たに B.8 ブレードコントロールの項目を設け、CD 投票時の日本コメントを反映させた。油圧ショベルのブレードは全世界で使われているため、今後、B.8 文章をベースに DIS 投票コメントで各社の操作方法を反映させる予定。
- 6) Annex 記載の操作方法のうち、他方法の追加および変更提案について、一本レバーのスキッドステアローダの操作方法を追加し、油圧ショベルの前進後進時のクローラ相対速度での記載に変更した。日本提案の一部は、5.1.6 項「Annex に記載の項目はあくまでも典型的な形式、位置、操作方法である」ことから、典型的でないとして却下された。

6 日本への宿題事項

- ・DIS 投票用の Annex の図を指定のフォーマットで用意し、2017 年 4 月までに送付する。
- ・今回の WG 会議結果を反映させた文章 (N60) の内容を確認し、Editorial/Technical コメントを WG26 事務局に送付する。
Editorial は DIS 投票用文章に反映させるため、なるべく現段階でコメントする。
- ・特に、油圧ショベルのブレード操作方法を確認する。その際、説明用の絵が必要であれば準備し、WG26 事務局に送付する。

7 今後のスケジュール

- ・2017 年 3 月まで 専門家は、ISO 改正文章 (N60) の内容を確認し、Editorial と Technical を明記し WG26 事務局へ回答する。
- ・2017 年 4 月まで 日本は、DIS 投票用の図を作成する。
- ・2017 年 4 月まで WG26 事務局は、上記 2 点 (Technical コメントは DIS 投票後の WG で議論) を反映させた DIS 投票用案文 (N62) を作成する。
- ・2017 年 6 月まで DIS 投票開始、投票期間 20 週。
- ・2018 年 6 月 ISO 発行 (前回から変更なし)。

次回 WG: 2017 年 10 月の 2 日間、スウェーデン
ストックホルム SIS の予定。

8 所感

今回、日本からの英文コメントは文章が長く、海外の委員になかなか意図が伝わらなかったケースが散見された。ISO 16001 コンビーナとしての経験からも、英文コメントは

- ・シンプルかつ箇条書きに
- ・Proposed change の欄に具体的な提案を記入し
- ・一つの欄に異なるトピックを盛り込まない

様に記載されると、取り違えなくスムーズに進行すると感じた。

については、各コメント提出者は上記 3 点に則り、きちんと和英案文をつけた提案が必要と感じた。

参考資料

N49: CD 投票時の改正案文

N56: CD 投票時の各国コメント

N57: 今回 WG 会議の議事案

N58: 今回 WG 会議の議事録、決議

※今後追加されと思われるもの

N59: 各国コメントへの WG 会議での議論結果 (N56 の差し替え)

N60: WG 会議結果を盛り込んだ改正案文 (N49 の差し替え)

N61: WG 会議参加者リスト

N62: 専門家からの回答 (Editorial 分と新しい図) を反映した DIS 投票用の改正案文 (N60 の差し替え)

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 3/WG 13(ISO 6750 土工機械—取扱説明書—内容及び様式) 2016 年 10 月オランダ・アムステルダム市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert) 間宮 崇幸 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 3/WG 13 (ISO 6750 土工機械—取扱説明書—内容及び様式改正) 作業グループ会議が 2016 年 10 月にオランダ国アムステルダム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した間宮崇幸氏の報告を紹介する。

1 開催日：2016 年 10 月 20-21 日

2 開催地：オランダ アムステルダム スキポール空港内 Conference Exchange Avenue The Ruyter 会議室

3 出席者：11 名

スウェーデン (SIS) 2 名

米国 (ANSI) 5 名

英国 (BSI) 1 名

ドイツ (DIN) 2 名

日本 (JISC) 1 名

4 概要

- ・さらなる文章検討が必要なため、開発期間を 48 ヶ月に延長予定。
- ・WG とは別の Editing Group を結成し、他の取扱説明書国際規格の文言を参考に EN 474 と ISO 20474 の要求を盛り込んだ形で、ISO 6750 の骨子文章を 2016 年内に作成する。
- ・Editing Group には、日米欧の代表者が参加する。
- ・CIB を行い、一般要求事項 ISO 6750-1、関連規格リスト ISO/TR 6750-2 に分ける。

5 主な審議内容

- ・EN 474-1, ISO 20474-1 の引用規格のうち、取扱説明書を参照している規格一覧表は、ISO/TR 6750-2 として作成する。それぞれ参照している規格については、どの文言が引用されたか確認できるように年号を記載する予定。一方、EN 474-1, ISO 20474-1 の引用規格で参照されていないものは、一覧表から削除する予定。

今後、ISO/TC 127 総会のタイミング (約 18 ヶ月毎) で、新たな参照規格ができたか等確認し、WG13 メン

バーが内容をメンテナンスする。

- ・日米欧の代表者からなる Editing-group を結成し、ISO 6750 の骨子文章を検討する。

他の取扱説明書に関する国際規格 (ISO 3600 や IEC 82079-1 等) を参考に、欧州機械指令との整合、EN 474 と ISO 20474 の要求を盛り込んだ形で、骨子文章を 2016 年内に作成する。

前回 WG 審議で残った 4.7.2 項以降について、文言追加や削除、変更、並び替え等を行った。

- ・4.7.2 Machine description and illustration の optional equipment and attachment を typical equipment and attachment に変更する。
- ・4.7.2.1 Product and component plates に必ずしも図でなくてもよい文言を追加し、明確化した。
- ・4.7.2.2 Safety signs and other instruction について、instruction を sign に変更した。
- ・同 4.7.2.2 について、農機・林業関係機械の取扱説明書に関する ISO 3600 "Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment — Operator's manuals — Content and format" の 4.1.6 に同様の項目があることから、これに基づいた文言を追加した。
- ・4.7.5 Periodic maintenance schedule に、ゼロエネルギー関係の文言 releasing stored energy in hydraulic and electric system を追加する。
- ・Translation ISO 17100 "Translation services - Requirements for translation services" については、ガイドラインとしての recommend の位置づけであることを確認した。
- ・ISO 3600 と ISO 6750 の各章番号と項目を比較した。

WD3 原稿と寄せられた意見を全て審議検討した。

6 今後のスケジュール

現在の 36 ヶ月の予定を 48 ヶ月に変更することを SC 2 事務局に提案し、CIB を行う予定。

- ・2017 年 4 月→2018 年 4 月 DIS 投票
- ・2018 年 4 月→2019 年 4 月 ISO 発行
- ・Editing-group は 2016 年末までに、ISO 6750 の

骨子文章を作成し WG メンバーに回覧する。

- ・ WG メンバーは 2017 年 1 月までに、コメントを事務局に返答する。
- ・ 次回 WG：2017 年 1 月，場所未定（フランクフルト又はロンドン）。

参考資料

N24：ISO 6750 と IEC 82079 の組合せ文章

N25：今回の WG 会議議事案

N30：今回の WG 会議の公式決議

N31：今回の WG 会議の内容を反映させた改訂案文 (WD4)

N33：ISO 3600 と ISO 6750 WD4 の章番号名称比較一覧表

※今後追加されと思われるもの

Nxx：今回の WG 会議の公式議事録

Nxx：EN 474-1, ISO 20474-1 引用規格一覧表

〈お詫びと訂正〉

2017 年 5 月号に掲載のコマツ木谷氏報告 2 件：

2016 年 4 月スウェーデン・ストックホルム市 国際作業グループ会議報告 及び

2017 年 1 月ドイツ・フランクフルト市 国際作業グループ会議報告 の冒頭部分において、それぞれ同じ誤記があり、以下の通り訂正致します。

(誤) …ISO/TC 127/SC 3/WG 13 (ISO 5006 土工機械—取扱説明書—内容及び様式 改正) …

(正) …ISO/TC 127/SC 3/WG 13 (ISO 6750 土工機械—取扱説明書—内容及び様式 改正) …

なお、間宮氏の 2016 年 10 月 ISO 6750 報告は、時系列的には上記 2 件の木谷氏 ISO 6750 報告の中間に開催された会議であるが、報告者毎にまとめて掲載している点をご了承願います。

(標準部事務局)

新工法紹介 機関誌編集委員会

02-148	地盤改良体方式 斜め土留め工法	大林組 加藤建設
--------	--------------------	-------------

▶ 概 要

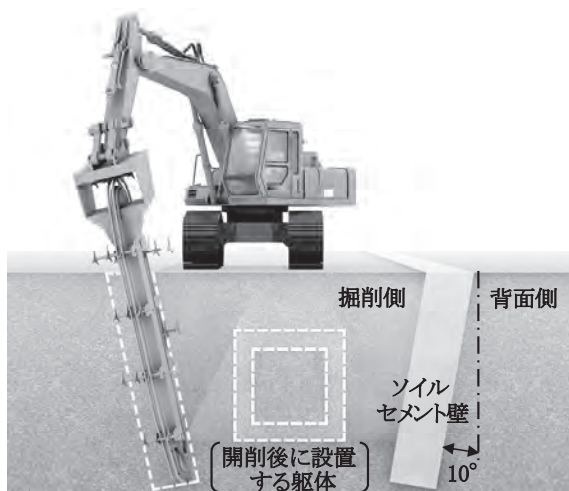
斜め土留め工法は、土留め壁を傾斜させることによる土圧低減効果を利用し、掘削深さが3m程度以上の開削工事でも支保工が不要となる土留め工法である。本工法には、地下水位が高い場合に適用する「鋼矢板方式」と地下水位が低い場合に適用する「親杭横矢板方式」があり、様々な開削工事に適用されてきた。

今回新たに開発した「地盤改良体方式」斜め土留め工法は、パワーブレンダー工法により傾斜10度のソイルセメント壁を造成する。パワーブレンダー工法とは、原位置土と改良材を鉛直方向に機械攪拌混合し、連続して安定した改良体を造成する浅層・中層地盤改良工法である。既存の斜め土留め工法と異なり、掘削側に施工機械を配置して施工できるとともに（図—1、写真—1）、直線部だけでなくコーナー部の土留め壁も連続して造成できる（写真—2）。

本工法は、従来の支保工を用いる工法に比べ開削工事の工期を25%短縮することが可能となり、コストも最大で約10%削減できる。また、開削部に構築する躯体の現場打ちコンクリートの打ち継ぎ回数を減らせることから躯体の品質が向上する。さらに、埋戻し後にソイルセメント壁は残置されるため、従来問題となっていた土留め壁引抜きによる躯体の沈下もない。

▶ 特 徴

- ・専用のアタッチメントを用いてトレンチャーの傾斜を保持し、地中で横引きしながら連続した土留め壁を造成できる。



図—1 パワーブレンダー工法によるソイルセメント壁の造成



写真—1 ソイルセメント壁の造成状況



写真—2 直線部及びコーナー部土留め壁

- ・施工機械を土留め壁の掘削側に配置するため、狭い敷地や土留め背面側に構造物が近接する場所でも施工が可能である。
- ・ソイルセメントが固化する前にコーナー部を造成できるため、土留めの閉合が容易で遮水性に優れる。

▶ 用 途

- ・地下水位が高い地盤条件で、掘削深さが7m程度までの開削工事

▶ 実 績

- ・北陸電力(株)発注 富山新港火力発電所 LNG 1号機新設工事のうち冷排水路工事および電気ケーブルトレンチ工事
- ・某建設用地造成工事のうちブロック積工

▶ 問 合 せ 先

- ・(株)大林組 生産技術本部 技術第一部
〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟
TEL：03-5769-1322
- ・(株)加藤建設 ジオテクノロジー事業部 技術部
〒136-0072 東京都江東区大島 3-19-2
TEL：03-3637-5341

新機種紹介 機関連誌編集委員会

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

17-〈16〉-01	アイチコーポレーション ホイル式垂直昇降型高所作業車 SV06E1NS, SV06E1NL, SV08E1NL, SV08E1WL, SV10E1WL	'17.03 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

屋内工事で使用される、作業床地上高 6 m クラス、8 m クラス、10 m クラスのバッテリー駆動、自走式のホイル式垂直昇降型高所作業車である。

車両寸法、最大積載荷重により 5 種類の型式があり、内装・配管・配線・ダクト・塗装工事などの工事現場に合わせて選択できる。

AC モーターによりバッテリー電源の消費を抑え長時間作業が可能である。走行・昇降・操舵の操作は作業床で行い比例制御により操作性を向上、操舵には独自のプロポーションステアリングを採用して安全で正確な走行を図っている。

走行システム改良により最高速度と登坂能力を、全高・最低作業床高さの低減により機動性と乗込性の向上を図っている。

シザースリンク構造改良により作業床の揺れを低減、作業床スライド機構により作業対象物へのアプローチを容易にしている。

メンテナンスフリーバッテリーにより液量点検・補水が不要である。

また、路面傾斜角に応じた作業床高さの規制、作業床上昇時の走行規制、定格以上の積載時に作業床上昇を抑える過荷重規制、緊急停止ボタン、非常降下装置により安全性の向上を図っている。

下部操作部のマルチファンクションインジケータ（エラーコード、バッテリー充電状態、アワメーターを表示）、上部操作部のバッテリー状態表示により車両の状態が確認できる。

主なオプションとして、電動工具の使用が可能な作業床 AC100V 電源コンセント、LED ライトで暗い現場の作業対象物を照射する作業灯、車両周辺の作業者に注意喚起する黄色ストロボライト、高さの低い通路での移動が可能な可倒式手摺、万一脱輪した場合の転倒防止機能を有するポットホールプロテクターがある。

表 1 SV シリーズの主な仕様

	SV06E1NS	SV06E1NL	SV08E1NL	SV08E1WL	SV10E1WL
全長 (mm)	1870	2300	2300	2500	2500
全幅 (mm)	760	810	810	1170	1170
全高 (mm)	1890	2105	2225	2225	2225
車両重量 (kg)	1200	1600	2060	2345	2345
最大作業床地上高 (mm)	5720	6100	7770	7920	9680
最大積載荷重 (kg)	230	360	230	450	450 (～7.9 m) 320 (7.9～9.7 m)
スライドデッキ最大積載荷重 (kg)	120	120	120	120	120
スライドデッキ伸縮長さ (mm)	900	900	900	1270	1270
走行速度 高速 (km/h)	4.8	4.5	4.5	4.0	4.0
最大登坂角度 (度)	14 (25%)	14 (25%)	14 (25%)	14 (25%)	14 (25%)
価格 (百万円)	3.780	4.536	4.860	5.832	6.156



写真1 アイチコーポレーション SV06E1NS ホイル式垂直昇降型高所作業車

バッテリー状態及び各種規制表示



写真2 上部操作部

マルチファンクションインジケータ



写真3 下部操作部

問合せ先：(株)アイチコーポレーション 製品企画室

〒362-8550 埼玉県上尾市大字領家字山下1152番地の10

主要建設資材価格の動向

1. はじめに

最近の建設資材の価格動向について、一般財団法人経済調査会発行の「月刊積算資料」で発表している実勢価格調査の結果を用いて考察した。

表一1は、主要建設資材25品目の直近6ヶ月間の東京地区の価格推移である。3月価格を半年前の10月価格と比較すると、25品目のうち14品目に動きがみられた。そのうち上昇した品目は12品目にのぼり、資材価格が上昇傾向に転換してきたことがうかがえる。特に、平成26年以降2年間近くにわたって低迷してきた石油製品市況が、原油の値上がりとともに上昇傾向を示し、全般的に値上がっている。国際市況商品である鉄鋼製品も、原材料の鉄屑の値上がりによる影響で今年当初から上昇傾向が続いている。中東や東アジア

での情勢が不安定なことから、当面国際市況商品は強い基調が続くと思われ、その影響を受ける建設資材も価格は高値傾向となる公算が高い。

2. 主要建設資材価格の動向

この主要25品目の中から、特に重要と思われる10品目について一般財団法人経済調査会調査部門による2017年3月調査時点の東京地区の市況判断を要約すると以下の通りとなる。

(1) H型鋼

鋼材市況の続伸を背景に、引き合いが前倒しされていたこともあり、足元の需要はその反動で減速きみ。販売側は仕入コスト増の未

表一1 主要建設資材価格推移（東京地区）

〔価格＝東京：円〕〔消費税抜き〕

資 材 名	規 格	単位	平成28年			平成29年			変動額(円) (3月-10月)
			10月	11月	12月	1月	2月	3月	
灯油	民生用 スタンド 18ℓ缶	缶	1,206	1,206	1,224	1,314	1,332	1,332	126
A重油	(一般) ローリー	kL	44,500	46,000	49,000	54,500	54,500	55,500	11,000
ガソリン(ガソリン税込)	レギュラー スタンド	L	114	117	117	120	121	121	7
軽油(軽油引取税込)	ローリー	kL	78,000	79,500	82,500	87,500	86,000	87,000	9,000
異形棒鋼	SD295A・D16 ②	kg	49	49	51	54	55	55	6
H形鋼(構造用細幅)	200×100×5.5×8mm(SS400) ②	kg	67	67	70	71	73	73	6
普通鋼板(厚板)	無規格 16～25 914×1,829mm ②	kg	71	71	72	73	74	75	4
セメント	普通ポルトランド バラ	t	10,300	10,300	10,300	10,300	10,300	10,300	0
コンクリート用碎石	20～5mm(東京17区)	m ³	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	0
砂	荒目洗い(東京17区)	m ³	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	0
再生クラッシャーラン	40～0mm(東京17区)	m ³	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	0
生コンクリート	強度21 スランプ18cm 20(25)mm (東京17区)	m ³	13,300	13,300	13,300	13,300	13,300	13,300	0
アスファルト混合物	再生密粒度13mm(東京都区内)	t	9,400	9,400	9,400	9,400	9,100	9,100	-300
ストレートアスファルト	針入度60～80	t	64,000	64,000	64,000	64,000	64,000	70,000	6,000
PHCパイプ A種	350mm×60mm×10m	本	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	0
ヒューム管	外圧管 1種 B形 呼び径300mm	本	9,510	9,510	9,510	9,510	9,510	9,510	0
鉄筋コンクリートU形	300B 300×300×600mm	個	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410	0
コンクリート積みブロック	250×400×350mm	個	580	580	580	580	580	580	0
杉正角	3m×10.5×10.5cm 特1等	m ³	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	0
ミツガ正角	3m×10.5×10.5cm 特1等	m ³	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	50,000	2,000
コンクリート型枠用合板	12×900×1800mm ②	枚	1,140	1,140	1,170	1,170	1,190	1,190	50
電線 CV	600V ビニル 3心 38mm ²	m	904	904	1,010	1,010	1,010	1,046	142
鉄屑	H2	t	11,500	12,500	16,500	19,000	18,500	21,000	9,500
ガス管	白管 ねじなし 25A	本	1,740	1,740	1,740	1,740	1,740	1,740	0
塩ビ管	一般管 VP 50mm	本	1,200	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	-30

(出典) (一財) 経済調査会「月刊積算資料」

(注記) 調査日は原則として前月20日～当月6日調べ。

統計

転嫁分を残しているため値上げを打ち出しているが、需要者側は目先の資材調達には支障が出ていないことから、冷静な対応に終始している。価格は、200×100でt当たり7万3,000円（東京②）どころと、3カ月続いた上昇基調も一服状態。夏場以降、都市再開発に関連した大型工事をはじめ、店舗・倉庫など中小案件に至るまで堅調な需要が見込まれる中、製販側は今後も値上げ交渉を継続していく構え。しかし、現実には荷動きが活気づくまでには時間を要する見通しから、交渉は実需の動向をにらみながらの展開が予想される。当面、横ばいで推移しよう。

(2) 異形棒鋼

国土交通省が発表した1月の新設住宅着工戸数は7カ月連続で前年同月比を上回ったが、市中の引き合いは年末以降、急速に減少し、荷動きは閑散としている。また、原料の鉄屑が輸出価格の上昇を受け再び上伸し、メーカー各社の収益を圧迫している。

製販側は採算確保から売り腰を引き締めているが、需要者側は収束しない値上げに難色を示しつつ、当面の材料手配を済ませていることから静観の構え。

メーカー側は、原料高や4月以降新たに見込まれる副資材や電気料金のコスト増分も製品価格に織り込んでいきたい意向。しかし、需要の勢いがみられない中、製販側の値上げへの意気込みは空振りになる可能性が大きい。先行き、横ばいで推移する見通し。

(3) セメント

セメント協会調べにおける平成29年1月の東京地区セメント販売量は22万8,070tで前年同月比7.2%増と3カ月連続して前年実績を上回った。東京オリンピック・パラリンピック関連事業が着工されたことで需要は底堅いことから、供給側は今後の需要に備え生産量を引き上げて在庫を積み増している。

メーカー各社は需要増を見据え、従来からの値上げの積み残し分を確保すべく売り腰を強めたい意向だが、主な需要者である生コンメーカーは足元の生コン出荷が低迷していることから、セメント価格の引き上げは採算悪化につながると懸念しており交渉は本格化していない。先行き、横ばいで推移する公算が大きい。

(4) 生コンクリート

東京地区生コン協組調べによる東京17区の平成29年1月の出荷量は18カ月ぶりに前年同月比で上回ったものの、2月の出荷量は25万1,597m³で前年同期比4.7%減と再び減少となった。

出荷低迷に苦慮している供給側は、東京オリンピック・パラリンピック関連事業向けへの出荷が始まったことから、出荷量が増加に転じる時期を見据えながら徐々に売り腰を強めたいとしている。しかし、足元の需要が低迷していることから、交渉が本格化するまでには時間がかかるとの見方が大勢。先行き、横ばい推移の見通し。

(5) アスファルト混合物

平成28年4月～平成29年1月期の都内向けアスファルト混合物

製造数量は、161万6,901tと前年同期比0.5%減とほぼ横ばいであった（東京アスファルト合材協会調べ）。

今年度、東京地区では大型工事が少ないことに加え、自治体の舗装工事向け需要も低調に推移した。都内向け製造数量はライフライン関係工事により前年度並みを確保しているものの、多くのプラントでは前年度出荷実績を下回る見込み。

供給側が物件確保に苦心している状況から、需要者側優位の価格交渉が続いてきたが、スト・アス価格が上伸したことを受け、供給側はこれ以上の価格引き下げには応じない方針。今後、新年度発注工事に向けた値上げ交渉が注目される。先行き、横ばいで推移しよう。

(6) 再生クラッシュラン

年度末に入り、湾岸部では辰巳地区でオリンピック関連の大型地盤改良工事が動き出し、需要は堅調に推移している。また、コンクリート廃材の発生量は、平成28年度下半期以降は低水準で推移していることから、各メーカーの在庫量は減少し、需給は引き締まりをみせている。

価格は、再生クラッシュラン40～0mmでm³当たり1,200円どころ。

今後も湾岸部では中央防波堤舗装工事向けの大口需要が見込まれているため、市中での品薄感さらには強まる可能性が高い。そのため、各メーカーは値上げを模索する動きもみられるが、需要者の購買姿勢が依然として厳しいだけに、慎重な姿勢をみせている。当面、横ばいで推移する公算が大きい。

(7) ガス管

価格は、白管ねじなし（25A）で本当たり1,740円と前月比変わらず。メーカーは減産体制を継続しているものの、足元の需要は依然として鈍く、市中在庫にひっ迫感はみられない。流通筋ではメーカー値上げ分を販売価格に転嫁すべく売り腰を強めているが、需要の後押しがないため価格交渉は難航している。目先、横ばい推移。

(8) コンクリート型枠用合板

市中の荷動きは鈍いものの、需給は低水準で均衡している。販売側は、仕入コストの上昇分を製品価格に転嫁したい意向だが、需要者側が慎重な購買姿勢に徹しており、市場は模様ながめの様相を濃くしている。価格は、型枠用合板（12×900×1,800mm）で枚当たり1,190円どころ。目先、動意付けに乏しく、横ばい推移の見通し。

(9) 軽油

複数の製油所で装置トラブルが生じたことに加え、春季の定期修理が始まったため、スポット市場向けを中心に出荷が絞られている。元売各社はコスト見合いの販売姿勢に徹し、同時に販売業者も売り腰を強めたため、価格は前月比1,000円上伸し、kL当たり8万7,000円どころ。原油調達コストが小幅な変動にとどまる中、さらに上値を追う動きは限定的とみられる。先行き、横ばい。

／ 統 計

(10) 電線ケーブル

日本電線工業会が発表した電線受注出荷速報によると、主要部門である電気工事業者・販売業者向けの1月推定出荷量は、約2万5,200tと前年同期比約4.2%の減少。首都圏の再開発案件を除いては、やや盛り上がり欠ける展開が続いている。

一方、2月初旬の国内電気銅建値は、LME銅相場高を背景にt当たり70万円と前月初旬比1万円の上昇。流通側は、11月下旬から続く銅値じり高の未転嫁分を解消すべく、採算重視の販売姿勢に注力。

原油価格の上昇に伴う電線用石化材料の値上げが本格化する見通しだが、依然として銅価の値動きは不透明なことから、目先、横ばいで推移する公算が大きい。

3. 主要資材の都市別価格動向

表—2は主要25品目のうち、価格変動が頻繁に生じやすくさらに地域性の強い資材として3品目を抽出して主要10都市毎に過去2016年3月と2017年3月時点と比較したものである。

まず、異形棒鋼については、2017年3月の価格を2016年3月と比較すると、全地区においてkg当たり2円～12円値上がりし、札幌以外の都市は10%以上の大幅な上昇となっている。要因が原材料である鉄屑相場の影響によるため、全国的な上昇状況となっている。

次に生コンクリートであるが、この資材は個別の地区事情に影響されて価格相場が形成されているため、それぞれの特色が出ている。特に特徴的な都市は高松で、2016年4月を見ると8,400円と最安値だったものが、1年間で3,900円もの値上がりがあり、12,300円となった。これにより最安値地区は福岡の9,450円となり、最高値地区の

広島は14,950円との差は、5,500円と価格差が依然生じている。高松以外でも大阪地区が、2,000円の大幅な上昇となった。またここ1年の動きをみると、札幌が800円の上昇となったが、仙台、名古屋、福岡の3地区が、-300～-1,500円の幅で下落した。総じてみると、市場が安定している地区と不安定な地区とで価格の動きに差が出ている。

最後にアスファルト混合物は、原油価格の下落が遅れてストレートアスファルトの価格に影響し、このため混合物も一部の地区で下落。このところ原油価格が上昇傾向のため、今後は値上がり気配が強くなろう。

4. 被災地（東日本震災）の価格動向

一方、東日本大震災の被災地3都市における主要資材の価格推移をまとめたものが表—3である。

3都市のうち、震災復旧工事が進んでいる宮古、仙台的2都市の生コン及び碎石の価格は、震災当時に比べ大幅に上昇。特に宮古の生コンは、原材料の骨材の供給不足から遠方からの搬入によるコストアップや供給不足によりプラントを新たに新設するなど、需要量が震災前に比べ5倍を超える数量になったことが価格を引き上げる要因となった。

一方、アスファルト混合物は、震災復旧工事としては真っ先に需要が発生したが、当時の生産体制をフル稼働して何とか出荷できたため、コストアップに繋がらず比較的価格は安定している。

また、3都市のうち南相馬は、除染工事が先行されたことによる震災復旧工事の着工遅れもあって、極端な価格上昇には至っていない。

表—2 主要建設資材の価格推移（主要10都市）

価格：円（消費税抜き）

資材名	異形棒鋼				生コンクリート				アスファルト混合物			
	規格				21-18-20 (25)				再生密粒度13（注記2参照）			
地区	単位	2016年 3月	2017年 3月	変動額 (円)	単位	2016年 3月	2017年 3月	変動額 (円)	単位	2016年 3月	2017年 3月	変動額 (円)
札幌	kg	57.0	59.0	2	m ³	12,500	13,300	800	t	12,050	12,050	0
仙台	〃	48.0	55.0	7	〃	14,000	13,700	-300	〃	10,300	10,100	-200
東京	〃	46.0	55.0	9	〃	13,300	13,300	0	〃	9,400	9,100	-300
新潟	〃	46.0	55.0	9	〃	12,500	12,500	0	〃	11,000	11,000	0
名古屋	〃	44.0	52.0	8	〃	11,300	10,800	-500	〃	10,100	9,500	-600
大阪	〃	42.0	52.0	10	〃	12,200	14,200	2,000	〃	9,400	9,100	-300
広島	〃	44.0	54.0	10	〃	14,950	14,950	0	〃	9,800	9,500	-300
高松	〃	44.0	56.0	12	〃	8,400	12,300	3,900	〃	12,600	12,600	0
福岡	〃	45.0	55.0	10	〃	10,950	9,450	-1,500	〃	9,700	9,700	0
那覇	〃	58.0	65.0	7	〃	13,700	13,700	0	〃	13,000	13,000	0

（出典）（一財）経済調査会「月刊積算資料」

（注記1）調査日は原則として前月20日～当月6日調べ。

（注記2）生コンクリートの東京は東京17区価格。アスファルト混合物の東京は東京23区価格。

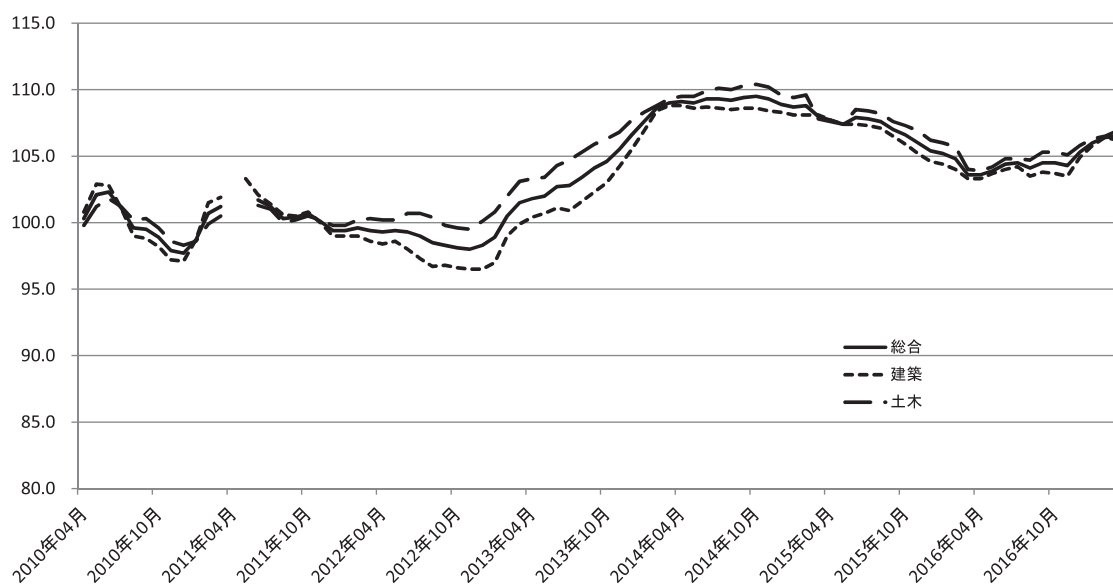
（注記3）アスファルト混合物の札幌は再生細粒度ギャップ13Fが対象。

表—3 東北被災3都市主要資材価格推移

資材名	生コン 21-18-20 (25) 単位：円/m ³			砕石 コンクリート用 20～5mm 単位：円/m ³			アスファルト混合物 密粒度13 単位：円/t		
	宮古	仙台	南相馬	宮古	仙台	南相馬	宮古	仙台	南相馬
2011年4月	12,950	8,500	12,500	2,900	2,700	3,200	10,400	12,200	11,150
2012年4月	13,550	9,500	13,000	3,100	2,900	3,200	11,000	13,200	11,550
2013年4月	18,050	12,000	13,000	3,300	4,200	3,500	11,600	14,200	12,050
2014年4月	21,250	14,000	15,000	3,900	4,200	3,800	12,200	15,600	13,150
2015年4月	22,750	14,000	15,000	3,900	4,200	3,800	12,200	15,600	13,150
2016年4月	22,750	14,000	15,000	3,900	4,400	3,800	12,000	15,600	13,150
2017年4月	22,750	14,000	15,000	3,900	4,400	3,800	11,800	15,300	13,050
2011年対比	175.7%	164.7%	120.0%	134.5%	163.0%	118.8%	113.5%	125.4%	117.0%

(出 典) (一財) 経済調査会「月刊積算資料」

(注記1) 調査日は原則として前月20日～当月6日調べ。



一般財団法人経済調査会「建築・土木総合指数」より作成。2010年度4月＝100とした指数

東日本大震災の影響により、2011年4月～5月データの一部に欠損が発生したため、全国のグラフも欠損データとなっている

図—1 建設資材価格指数（全国：総合）

5. おわりに

図—1の建設資材価格指数（全国：総合）は、2010年4月からの建設資材価格の動きを指数化したグラフである。2012年10月を底に右肩上がりで大幅に上昇してきたが、2015年4月以降は下落の傾向を辿ってきた。

前述のとおり、最近の傾向として石油製品、鉄鋼製品等の値上がりに伴って、建設資材市況も上向きに転じる傾向となり、指数も

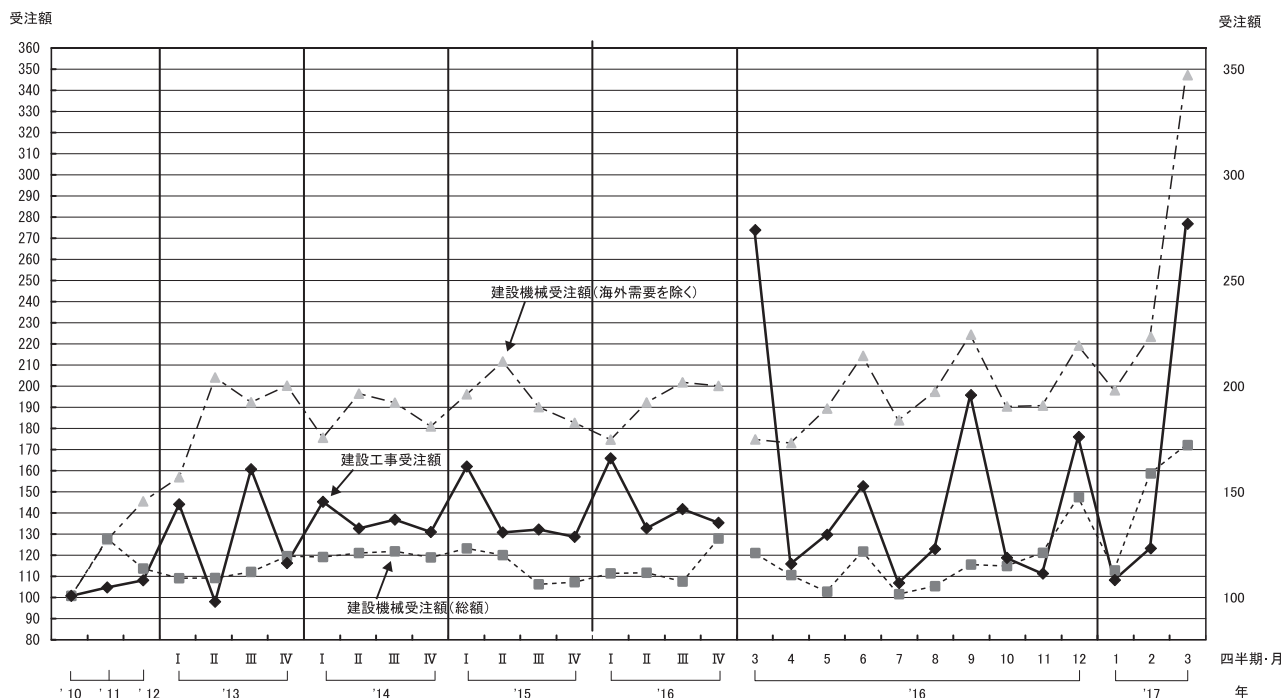
2016年4月を底に上昇してきた。今後この傾向が強まり、建設コストをどの程度押し上げるかが注目される。

一方2020年の東京オリンピックに向けた事業はこれからがピークとなっていくが、需要は首都圏が中心となり地域限定となりそうである。全国的には需要の拡大の可能性が低いことから、建設資材市況も地域によっての差が生じる可能性が高い状況である。

(文責：荒川)

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 2010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 2010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							
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	103,310
2016 年 3 月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4 月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	143,928	8,278
5 月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	146,155	9,119
6 月	12,993	8,802	2,009	6,793	3,555	404	232	8,832	4,161	145,673	12,638
7 月	9,061	6,800	1,179	5,622	1,874	276	110	6,169	2,891	146,252	9,138
8 月	10,444	6,552	1,178	5,374	3,135	375	382	6,439	4,005	147,613	9,886
9 月	16,699	9,766	1,619	8,146	6,810	510	- 387	10,458	6,241	151,671	12,624
10 月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11 月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	151,269	10,310
12 月	15,004	10,262	1,835	8,427	3,609	423	710	10,751	4,253	153,050	13,787
2017 年 1 月	9,177	6,865	1,181	5,683	1,727	391	194	6,526	2,651	152,200	9,298
2 月	10,468	6,785	1,638	5,147	3,044	396	243	6,717	3,750	152,452	10,560
3 月	23,672	15,598	2,562	13,036	6,815	500	759	15,074	8,598	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	16 年 3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	17 年 1 月	2 月	3 月
総 額	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	1,539	1,405	1,304	1,548	1,289	1,337	1,469	1,460	1,541	1,880	1,433	2,024	2,196
海 外 需 要	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	1,039	910	762	934	763	772	826	915	995	1,252	866	1,384	1,199
海外需要を除く	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	500	495	542	614	526	565	643	545	546	628	567	640	997

(注) 2010～2012 年は年平均で、2013～2016 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2016 年 3 月以降は月ごとの値を図示した。

出典: 国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2017年4月1日～30日)

機械部会



■コンクリート機械技術委員会

月 日：4月6日(木)

出席者：佐野和幸副委員長ほか9名

議 題：①前回議事の確認 ②標準部のISO委員会の概要説明 ③合同部会及び機械部会幹事会についての会議内容の説明 ④建設業部会の災害分析について ⑤今年度の活動テーマについて ⑥i-Constructionの取組状況について

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：4月12日(水)

出席者：岩野健委員長ほか6名

議 題：①平成28年度の委員会活動実績について ②平成29年度の委員会運営について ③委員会総会の内容について

■基礎工事事業機械技術委員会

月 日：4月14日(金)

出席者：関徹也委員長ほか19名

議 題：施工技術総合研究所にて①研究所についての概要説明 ②研究所の施設見学 ③委員会：各社のトピックス紹介、説明

■原動機技術委員会

月 日：4月21日(金)

出席者：工藤睦也委員長ほか18名

議 題：①前回議事の確認 ②平成29年度の委員会活動計画についての確認 ③海外排出ガス規制の動向について ④JASOオイル規格の改正について ⑤協会ホームページの見直しについて ⑥ディーゼル車排ガス規制の路上走行検査の義務付けについて ⑦書籍：ICTを活用した建設技術について

■トラクタ技術委員会

月 日：4月25日(火)

出席者：高松伸匡委員長ほか5名

議 題：①各社トピックスについて ②作業燃費検討WGの状況について ③建設業部会の建設機械事故・災害分析について ④委員会の平成29年度活動計画について ⑤書籍：ICTを活用した建設技術について

建設業部会



■クレーン安全情報 WG

月 日：4月18日(火)

出席者：久保隆道主査ほか26名

議 題：①移動式クレーンの風対策について ②その他

■三役会

月 日：4月20日(木)

出席者：佐藤康博部会長ほか6名

議 題：①4/28提出「H28事業報告書」の確認 ②各WG報告(2WG報告・1WGの継続について) ③H29年度見学会の検討(若手2回・部会の夏季、冬季) ④その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：4月4日(火)

出席者：平清二郎分科会長ほか6名

議 題：①当年度分科会活動計画について ②レンタル機器納入・引取時における諸問題について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：4月5日(水)

出席者：見波潔委員長ほか20名

議 題：①平成29年7月号(第809号)の計画の審議・検討 ②平成29年8月号(第810号)の素案の審議・検討 ③平成29年9月号(第811号)の編集方針の審議・検討 ④平成29年4月号～平成29年6月号(第806～808号)の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：4月19日(水)

出席者：山名至考分科会長ほか5名

議 題：①「平成29年度 公共事業関係予算」(小笠原執筆原稿)確認 ②検討テーマの状況報告 ③その他

■新工法調査分科会

月 日：4月19日(水)

出席者：高橋浩史委員ほか4名

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会

月 日：4月25日(火)

出席者：江本平分科会長ほか3名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■第1回広報部会広報委員会

月 日：4月7日(金)

場 所：北海道支部会議室

出席者：峰友博広報委員長ほか3名

内 容：平成29年度建設機械優良運転員・整備員の被表彰候補者の選定等

■第1回企画部会

月 日：4月21日(金)

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：川村和幸企画部会長ほか11名

内 容：①平成28年度事業報告(案) ②平成28年度決算報告(案) ③平成29年度事業計画 ④平成29年度収支予算 ⑤その他(第1回運営委員会及び第6回総会関係)

■支部会計監査

月 日：4月24日(月)

場 所：北海道支部会議室

出席者：熊谷一男支部監査役ほか2名

議 題：平成27年度支部事業及び決算書の監査

■平成28年度除雪機械技術講習会第1回打合せ

月 日：4月25日(火)

場 所：北海道開発局10階会議室

出席者：伊藤正樹技術委員会委員長ほか14名

内 容：①平成29年度除雪機械技術講習会実施計画 ②平成28年度実施結果

■第1回運営委員会

月 日：4月27日(木)

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか22名

内 容：①平成28年度事業報告(案)承認の件について ②平成28年度決算報告(案)承認の件について ③平成29年度事業計画に関する件について ④平成29年度収支予算に関する件について ⑤その他(第6回総会関係)

東北支部



■平成29年度第1回情報化施工技術委員会

月 日：4月6日(木)

場 所：東北地方整備局会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長
ほか 32 名

内 容：①H29年度i-Construction (ICT) セミナーの開催計画について ②古川工業高等学校向けセミナーについて ③苫小牧高等専門学校向けセミナーについて ④秋田県主催セミナーについて ⑤整備局職員研修について ⑥東北土木技術人材育成協議会について ⑦東北地方整備局の国交省職員研修への対応について ⑧山形県立産業技術短期大学に向けた取り組みについて ⑨その他

■第1回 広報部会

月 日：4月7日（金）
場 所：東北支部会議室
出席者：浅野公隆部会長ほか6名
内 容：①「支部たより173号」の編集計画について ②「支部たより173号」の原稿執筆依頼について ③「建設機械施工10月号」ずいそう原稿執筆者の推せん ④広報部会役員の交代等について ⑤その他

■第1回 施工部会

月 日：4月12日（水）
場 所：東北支部会議室
出席者：稲村正弘施工部会長ほか12名
内 容：①平成29年度施工部会事業計画について ②平成29年度除雪講習会計画（案）について ③平成29年度除雪講習会資料作成分担について ④その他

■i-Construction JCMA 標準資料説明者試験

月 日：4月19日（水）
場 所：太陽生命仙台本町ビル 会議室
受験者：支部情報化施工技術委員会メンバー等13名

■EE 東北'17 第2回作業部会

月 日：4月21日（金）
場 所：仙台市 TKP ガーデンシティ勾当台
出席者：宮本典明東北技術事務所副所長ほか25名
内 容：①EE 東北'17 開催概要 ②EE 東北'17 実施計画（案） ③EE 東北'17 広報（案） ④EE 東北'17 予算（修正案） ⑤今後の予定

■平成28年度 支部監査

月 日：4月26日（水）
場 所：東北支部会議室
出席者：浅野博之支部監査役ほか2名
内 容：平成28年度の事業及び決算の監査全般

■EE 東北'17 第2回実行委員会

月 日：4月26日（水）
場 所：仙台市 TKP ガーデンシティ勾

当台

出席者：渡辺泰也東北地方整備局企画部長ほか35名
内 容：①EE 東北'17 開催概要 ②EE 東北'17 実施計画（案） ③EE 東北'17 広報（案） ④EE 東北'17 予算（修正案） ⑤今後の予定

北 陸 支 部

■平成29年度 ICT 活用工事講習会 WG

月 日：4月20日（木）
場 所：北陸地方整備局会議室
出席者：吉越工事品質調整官ほか16名
議 題：①北陸地方整備局の取組方針案について ②平成29年度講習方針案等について

■第1回企画部会

月 日：4月27日（木）
場 所：新潟県建設会館
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか16名
議 題：①平成28年度事業報告及び決算について ②平成29年度事業計画及び予算について ③優良建設機械運転員・整備員表彰について

中 部 支 部

■支部会計監査

月 日：4月25日（火）
監査役：高原和彦氏，神谷泰博氏
内 容：平成28年度業務及び財産監査

関 西 支 部

■平成29年度 施工技術報告会幹事会

月 日：4月13日（木）
場 所：関西支部 会議室
出席者：松本克英事務局長以下8名
議 題：① 第41回施工技術報告会実績報告 ②第42回施工技術報告会について

■支部監査

月 日：4月17日（月）
場 所：関西支部 会議室
出席者：太田義己支部監査役，神谷敏孝支部監査役
内 容：平成28年度決算報告及び関係書類にもとづく監査の実施

■建設業部会

月 日：4月19日（水）
場 所：エル・おおさか 会議室
出席者：寺口勝久建設業部会長以下19名
議 題：①平成28年度活動報告 ②平成29年度事業計画（案）説明 ③その他

■企画部会

月 日：4月25日（火）
場 所：関西支部 会議室
出席者：溝田寿企画部会長以下6名
議 題：①運営委員会に提出する議題関連 ②その他

■運営委員会

月 日：4月27日（木）
場 所：大阪キャッスルホテル
出席者：深川良一支部長以下24名
議 題：①平成28年度事業報告（案）及び決算報告（案）の件 ②優良建設機械運転員等表彰について ③平成29年度会長表彰について ④会員の推移について ⑤支部総会後の講演について ⑥その他

中 国 支 部

■i-Construction セミナー～CIM 情報化施工 本格化の時代へ～広島会場

月 日：4月11日（火）
場 所：広島市南区民文化センターホール
参加者：500名

講演内容：①（基調講演）i-Construction の最新情報…総合政策局公共事業企画調整課課長補佐 近藤弘嗣氏 ②（講演）中国地方整備局に於ける「i-Construction」の取り組み状況…中国地方整備局企画部機械施工管理官 玉田一雄氏 ③（講演）CIMの動向と今後の展開…（一財）日本建設情報総合センター研究開発部 児玉直樹氏 ④（事例紹介）効果実証 ICT 活用工事…山陽建設(株)土木統括部 中路恒平氏 ⑤（事例紹介）CIMへの取り組みについて…復建調査設計(株)事業推進本部 CIM 推進室長 亀田雄二氏 ⑥（事例紹介）橋梁取付け部における ICT 土工事例報告…(株)荒木組工務本部工事グループ玉島笠岡道路六条院東地区改良工事作業所長 中塚仁視氏

■i-Construction セミナー～CIM 情報化施工 本格化の時代へ～米子会場

月 日：4月12日（水）
場 所：米子コンベンションセンター BigShip 小ホール
参加者：263名

講演内容：①（基調講演）i-Construction の最新情報…総合政策局公共事業企画調整課課長補佐 近藤弘嗣氏 ②（講演）中国地方整備局に於ける「i-Construction」の取り組み状況…中国地方整備局企画部工事品質調整官 藤原博明氏 ③（講演）CIMの動向と今後の展開…（一財）

日本建設情報総合センター研究開発部
児玉直樹氏 ④（事例紹介）効果実証
ICT 活用工事!…山陽建設(株)土木統括
部 中路恒平氏 ⑤（事例紹介）3次
元データの活用について…(株)ウエスコ
CIM 推進ワーキングリーダー 宮下
征士氏 ⑥（事例紹介）橋梁取付け部
における ICT 土工事例報告…(株)荒木
組工務本部工事グループ玉島笠岡道路
六条院東地区改良工事作業所長 中塚
仁視氏

■第1回部会長会議

月 日：4月14日（金）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか8名

議 題：①運営委員会（春季）について
②第6回支部通常総会について ③そ
の他懸案事項

■春季運営委員会

月 日：4月19日（水）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：河原能久支部長ほか24名

議 題：①平成28年度事業報告（案）
に関する件 ②平成28年度経理状況
（案）に関する件 ③平成28年度支部
監査に関する件 ④平成29年度建設
の機械化施工優良技術者表彰について
⑤その他懸案事項

■第40回「新技術・新工法」発表会

月 日：4月26日（水）

場 所：広島市まちづくり市民交流プラ
ザマルチメディアスタジオ

参加者：110名

発表課題：【講話】①国土交通行政の最
近の状況について…中国地方整備局企
画部技術管理課長 貞任俊典氏 ②新
技術の最新情報と活用状況について…
中国地方整備局企画部総括技術情報管
理官 森山博氏 【技術発表】①小黒
板電子化の取組みについて～スマート
フォンアプリ「SiteBox」～…(株)建設
システム 西野学氏 ②生活道路柵に
ついて～「防護柵設置基準・同解説」
の改訂と新しい防護柵技術～…日鐵住
金建材(株) 山田慶太氏 ③尾道・松江
自動車道川尻第2改良工事における
ICT 活用事例について…(株)加藤組土
木課 下岡幸司氏 ④生産性向上 コ
マツの「スマートコンストラクション」
…コマツレンタル(株) 林成佳氏

四 国 支 部



■H29 第1回（春季）[企画・施工・技術] 合同部会幹事会

月 日：4月17日（月）

場 所：建設クリエイティブビル（高松市）

出席者：宮本正司企画部会長ほか23名

内 容：①H28 事業報告（案）につい
て ②H28 決算報告（案）について
③H29 事業計画について ④H29 予
算書について ⑤H29 団体会員、永
年勤続役職員、優良建設機械運転員・
整備員表彰者について ⑥人事異動等

に伴う役員等の変更について

■H28 四国支部会計及び業務監査

月 日：4月21日（金）

場 所：支部事務局

監査者：河瀬久支部監査役及び堀具王支
部監査役

内 容：1. 会計監査…①経理事務全般
②資産・負債・財産・収入及び支出の
適正処理について ③財務諸表・財産
目録等の適正管理について 2. 業務
監査…①会員の入退会処理について
②事業計画・事業報告・予算決算の適
正処理について ③その他、職員の法
定福利等関係書類の整理について

九 州 支 部



■企画委員会

月 日：4月19日（水）

出席者：久保田正春企画委員長ほか8名

議 題：①総会・運営委員会の運営につ
いて ②支部役員の交代について
③本部会長表彰・支部長表彰について
④i-Construction（ICT 土工）技術講
習会について ⑤H29 年度災害協定
支援体制について ⑥その他

■支部監査

月 日：4月26日（水）

出席者：玉石修介支部監査役、松嶋憲昭
支部監査役

議 題：平成28年度会計監査及び業務
監査

編集後記

6月号は「都市環境、都市基盤整備、自然再生等」の特集です。環境に関連した特集は例年計画されており、市街地などのインフラ整備から環境対策、建設廃棄物の浄化、都市緑化、景観整備など多くのキーワードをもとに今号も構成させていただきました。

近年の建設業界においては、大変重要かつ優先させなければならない課題ともいえるのではないのでしょうか。

巻頭言は、立命館大学生命科学部の久保教授より、「育てる」と題して桜の生育と土壌環境について、大変わかりやすくご執筆いただきました。

桜の開花は誰もが癒される春の楽しみの一つであり、立派に成長した樹木には圧巻されることがあります。

外国人観光客の中には、桜の花見を目的に来日される方も増えているため、満開の桜花を今後も観賞できるように自然環境の保護に心掛けていきたいものです。

技術報文は、汚染土壌の浄化、生物や自然環境の保全、集中豪雨対策、壁面緑化、景観整備など幅広い分野における貴重な原稿をご執筆いただきました。

普段関わることの少ない技術や施工事例などもあり、特集報文では改めて再認識させていただく内容があります。

近年の都市計画や自然環境対策などにはさまざまな技術が配慮されていることに気付かされます。

5月も暑い日が多くありましたが、6月は夏本番を前に梅雨入りすることで、自然環境にとっては恵みの雨となります。

動植物や生態系、地理状態など継続的にバランスを維持するとともに、人間にとってもストレスや危害のない良い方向に進展してゆくことが望まれます。

最後に、年度末お忙しい中での原稿依頼に対してご快諾をいただき、大変貴重な原稿をご執筆くださった皆様方に、改めて御礼申し上げます。
(三輪・太田)

7月号「基礎工、地盤改良特集」予告

・市街地液化対策推進ガイドンス ・ハイブリッド防潮堤の施工 ・ニューマチックケーソンによる深さ70m大深度立坑築造工事 ・狭隘空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と施工事例 ・A-CR（アブソリュート・クラッシング工法） ・都市高速道路におけるASR劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工 ・空頭制限2.0m以下で施工可能な小口徑鋼管杭工法の開発 ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例 ・廃棄物最終処分場の減容化技術「リフューズプレス工法」の施工 ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 ・地盤改良分野におけるICT活用技術の紹介 ・大口径底杭工法対応のアースドリル開発 ・三点式杭打機フェニックスシリーズ ・MPD-TMX工法 ・ICTを導入した全自動施工管理制御システムの開発

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料（12冊） 9,252円（税・送料込）

建設機械施工

第69巻第6号（2017年6月号）（通巻808号）

Vol.69 No.6 June 2017

2017（平成29）年6月20日印刷

2017（平成29）年6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

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
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

新田 恭士	国土交通省
大槻 崇	国土交通省
山口 康広	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
荒瀬 純治	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	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)
江本 平	範多機械(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

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

“建設機械施工”バックナンバー紹介（抜粋）

（平成 27 年（2015 年）1 月号～12 月号分）

平成 27 年 1 月号（第 779 号）



建設機械 特集

◆巻頭言 土木の仕事

◆新春特別インタビュー

◆行政情報 省エネルギー型建設機械の導入促進

◆技術報文

- ・浚渫土砂や津波堆積物の分別・分級・有効利用と処分量の減容化
ソイルセパレータ・マルチ工法
- ・多軸攪拌方式の地盤改良等の打設精度管理システムの開発
マルチコラムナビ
- ・新型アスファルトフィニッシャーの紹介 F45WJ4, F45W4
- ・ラチスブームホイールクレーン MK650
- ・油圧式杭圧入引抜機、ハット形鋼矢板 900 の仕様拡大
サイレントバイラー F301 により硬質地盤への対応が可能
- ・ハイブリッド油圧ショベル HB335-1 / HB365-1
- ・新型バッテリー式フォークリフトの開発 FE25-1
- ・ウォータージェットを用いたコンクリート天井の表面処理機
- ・福島第一原子力発電所に無人双腕重機
小型双腕重機型ロボット ASTACO-SoRa
- ・粉塵防止型セメントミルク混合装置の開発 スリーエスマシン
- ・“コンディションモニタリング”による多面的な機械状況把握
- ・UHF 帯 RFID を用いたレンタル電気機器の管理システム
- ・無線 LAN 測位技術によるトンネル坑内の建設機械接触災害に対
する安全監視システム ICT 建設機械接近警告システム
- ・除雪グレーダの最近の動向
- ・建設機械のモンスター達

◆論文

- ・車両の通行を想定した伸縮可能な緊急橋の力学特性と簡易評価手
法に関する実験的研究

◆交流の広場

- ・IT 活用 高齢化にらむ 除雪ロボット
- ・機械遺産「南極点到達車 KD604, KD605」と日本の雪上車

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 3）ロータリ除雪車（3）

◆統計 建設機械市場の現状

平成 27 年 2 月号（第 780 号）



エネルギー・エネルギー施設 特集

◆巻頭言 エネルギー問題の構図と解決の方向性

◆行政情報

- ・小水力発電（従属発電）の普及への取組
- ・下水熱利用推進に向けた取組 都市に眠るエネルギー鉱脈

◆技術報文

- ・世界・日本のエネルギー動向
- ・丘陵地における大規模太陽光発電（メガソーラー）
- ・既設港湾構造物を活用した PW-OWC 波力発電装置の開発
有孔ケーソンを利用した波力発電装置
- ・水中浮遊式海流発電システム
- ・南あわじ太陽熱バイナリー発電 実証設備が稼働開始
- ・温泉バイナリー発電の試み
- ・省エネから、ゼロエネへ。ZEB 実証棟の建設
- ・バイオディーゼル燃料の普及に向けた排出ガス調査
車載型排出ガス計測装置による計測事例
- ・管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用
- ・管路更生と組み合わせた下水熱利用システムの開発
- ・大深度立坑の施工

◆交流の広場 水素社会の実現に向けた取組

◆JCMA 報告

- ・平成 24 年度 研究開発助成 成果報告（その 1）超広帯域通信
IC タグと 3 次元モデルを用いた建設施工管理システム
- ・無人化施工における環境カメラのための半自動制御システムの基礎研究

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 4）ロータリ除雪車（4）

平成 27 年 3 月号（第 781 号）



災害対応、災害復旧・復興 特集

◆巻頭インタビュー 地方回帰こそ日本再生のキー

◆行政情報

- ・緊急災害対策派遣隊 TEC-FORCE
- ・道路管理者による放置車両・立ち往生車両対策の強化
【災害対策基本法の改正】

◆技術報文

- ・東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧工事（続編）
- ・米国ハリケーン・カトリーナ被害復旧・復興からの教訓
- ・降雨災害による崩壊盛土の復旧工事の施工
JR 九州豊肥線の災害復旧工事
- ・振動ローラの自律走行の実証 建設技術研究開発助成制度を活用
した次世代無人化施工システムの開発
- ・災害対応作業ロボット“Super Giraffe”の開発と福島第一原子力
発電所でのロボット活用
- ・レスキューロボットコンテスト 技術を学び 人と語らい 災害につ
よい世の中をつくる
- ・情報化施工の展望と新技術

◆交流の広場

- ・UAV（無人飛行ロボット）のビジネス活用の動向と今後の注目点

◆JCMA 報告

- ・平成 24 年度 研究開発助成 成果報告（その 2）無人化施工の
効率・安全性を高める映像の注視・解釈支援に関する調査研究
- ・動電式加振器のコンクリート構造物地震時損傷評価への応用

◆CMI 報告

- ・施工技術総合研究所 創立 50 周年記念報告 第 1 部 施工技術総合研究所のあゆみ ご挨拶
 - (1) 研究第一部の活動紹介 トンネル・地盤等
 - (2) 研究第二部の活動紹介 橋梁（鋼構造およびコンクリート）
 - (3) 研究第三部の活動紹介 情報化施工
 - (4) 研究第四部の活動紹介 建設機械
 - 第 2 部 パネルディスカッション〔抄録〕
 - ・高さ補完機能付き RTK-GNSS による高さ精度の検証報告
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 5） 除雪トラック（1）

平成 27 年 4 月号（第 782 号）



建設業の海外展開，海外における建設施工 特集

◆巻頭言 ゼネコンの海外展開

◆行政情報

- ・日本高速道路インターナショナル(株)における海外道路事業の展開
- ・JICA における海外インフラ展開
- ・(株)国際協力銀行（JBIC）の海外インフラ事業展開支援

◆技術報文

- ・ノンタブリ橋建設工事 タイ初のエクストラロード橋プロジェクト
- ・トルコボスボラス海峡横断鉄道トンネルにおけるシールド施工 岩盤泥水シールドの掘進と沈埋トンネルとの海底下直接接合
- ・貫通 東南アジア最長 44.6 km：パハン・セラングール導水トンネル
- ・台湾における地下鉄工事への取り組み
- ・ネパール国シンズリ道路建設事業 日本山岳道路建設技術の粋を集めて完成した無償資金協力援助最大級の事業
- ・ベトナムハノイ市における交通インフラ整備 工期短縮への取り組み
- ・鉄筋付鋼製型枠工法による作業の軽減化 キリバス ベシオ港拡張工事
- ・ベトナムハノイ市都市鉄道整備事業支援
- ・外地の機械化施工

◆交流の広場

- ・安全な水への挑戦 ベトナムで初の高高度浄水処理設備導入
- ・サウジアラビアの海水淡水化技術の課題とこれからの展望

◆JCMA 報告

- ・平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 2）放射線環境下における建設機械の自動運転システム
 - ・コンクリート構造物非破壊検査のための遠距離非接触音響探査法
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 6） 除雪トラック（2）

平成 27 年 5 月号（第 783 号）



安全対策・労働災害防止 特集

◆巻頭言 労働災害防止対策の進歩と今後の方向

◆行政情報

- ・建設業の労働災害発生状況と建設機械災害の防止対策
- ・移動発電設備の取扱いと維持管理

◆技術報文

- ・山岳トンネルの切羽崩落予測システム 切羽ウォッチャー
- ・3D クレーンブーム位置監視システムの実用化 近接工事における立体的なクレーン作業範囲の監視
- ・法面吹付工の機械施工システムの開発 吹付けロボット「Robo-Shot」
- ・安全性と施工性が両立したシステム吊足場 先行床施工式フロア型システム吊足場「クイックデッキ」
- ・産業用ヘルメットの進化 ヘルメット規格の変遷とともに
- ・粉じんによる疾病を防ぐ呼吸用保護具の進化
- ・モノのインターネットによる建設現場の施工支援 建設 IoT(Internet of Things = モノのインターネット)システム
- ・工事用車両の衝突防止支援システムの開発 工事用車両と一般車両の車間距離判定を用いたシステムの紹介
- ・クレーン仕様バックホーの安全対策
- ・トラック搭載型クレーン開発史 ユニッククレーン
- ・650 t クレーン架設におけるアウトリガー養生
- ・シンガポールの労働安全に対する取り組み

◆JCMA 報告

- ・平成 26 年度建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 3）66 時間型枠存置が可能な新型テレスコピックセントルの開発
- ・傷んだアスファルト舗装を簡易に補修する工法機械の開発

◆部会報告 除雪機械の変遷（その 7） 除雪トラック（3）

平成 27 年 6 月号（第 784 号）



都市環境向上，都市基盤整備，まちづくり 特集

◆巻頭言 建設とマネジメント

◆行政情報

- ・『コンパクト＋ネットワーク』の形成に向けた立地適正化計画制度の創設 都市再生特別措置法の改正の概要

◆技術報文

- ・首都直下地震対策（盛土耐震補強） 御茶ノ水防災対策工事における壁面自在移動足場の開発と実用化
- ・相鉄・JR 直通線羽沢駅（仮称）工事における横断歩道橋付替工事
- ・築地大橋の施工
- ・357 号東京港トンネル工事報告 床版同時施工シールド工法（ボックスダンプ工法）
- ・21 m³/s の都市用水を通水しながら老朽化した水路を改築 武蔵水路改築事業
- ・川崎五反田川放水路整備事業における高水圧下大断面放水路トンネル築造工事
- ・浜松市防潮堤工事 M-Y ミキサを用いた連続 CSG 製造設備
- ・柱リフトアップ工法と大屋根スライド工法（仮） JR 新橋駅改良工事における大屋根新設工事への適用
- ・分粒装置付ロードスタビライザの施工事例 神社参道ほかグラウンド整備工事
- ・東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業 ベルトコンベヤ設備による大量土砂搬出の計画および施工
- ・PPP で進めるスマートコミュニティによるまちづくり 宮古市スマートコミュニティの事例

◆交流の広場

- ・富士教育訓練センターにおける人材育成教育
～ものづくりは人づくり～

◆CMI 報告 災害対策用照明装置の開発

◆部会報告 除雪機械の変遷（その8） 除雪トラック（4）

平成 27 年 7 月号（第 785 号）



橋梁 特集

◆巻頭言 レジリエンスとインフラの維持管理

◆行政情報

- ・国土交通省における建設技術の研究開発等に関する最近の取り組み

◆技術報文

- ・各務原大橋上部工の施工 移動架設術を用いた張出し架設
- ・新名神高速道路川下川橋の施工
- ・東九州自動車道 寺迫ちょうちよ大橋の設計と施工
世界初のバタフライウェブ箱桁橋
- ・鋼管集成橋脚の開発と実橋への適用
損傷を制御し、性能向上とコスト縮減を両立
- ・デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用
- ・橋梁の維持管理 現状・課題・将来展望
- ・高性能橋梁点検システム『橋竜』の開発と提案
ロボット技術導入による橋梁維持管理業務の高度化・効率化と更なる安全性向上に向けて
- ・並列・近接する PC 上部工 3 橋の同時施工
熊野尾鷲道路古川高架橋 PC 上部工事
- ・橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方と適用事例
- ・伊良部大橋における鋼橋の耐久性向上を目指した取り組み
- ・陸前高田市震災復興事業「希望のかけ橋」の設計・施工
巨大ベルトコンベヤ搬送設備用吊橋

◆CMI 報告

- ・既設鋼床版の疲労損傷に対するスタッドボルトを用いた鋼床版下面からの補強方法に関する研究

◆部会報告 除雪機械の変遷（その9） 除雪グレーダ（1）

◆統計 建設技能労働者の動向

平成 27 年 8 月号（第 786 号）



歴史的建造物の保存・修復・復元 特集

◆巻頭言 土木遺産が切り開く新たな地平

◆行政情報

- ・歴史まちづくり法に基づく取組と今後の展開

◆技術報文

- ・世界遺産、国宝姫路城を鉄骨で覆う
複雑な牙城を攻略し、大天守を素屋根で包囲した施工記録
- ・東京大学（本郷）講堂改修工事 天井耐震改修工事を中心に

- ・重要文化財自由学園明日館の保存と活用

保存修理工事後 10 年経過時の建物調査と評価

- ・「歴史を継承する」想いで取り組んだ保存・修復・復元工事
東京都選定歴史的建造物 昭和 5 年創建「江戸橋倉庫ビル」の再生
- ・転倒防止機能を備えた塔状建物対応型 トラベリング工法の開発
- ・城郭を中心とした歴史的建造物の復元とそれを支える技術
木造天守と石垣の復元・修復工事に携わって
- ・歴史的建築物の外観デザインを保った耐震改修工事
北九州市 旧戸畑区役所庁舎図書館活用耐震改修工事
- ・歴史的鋼橋の補修工事 長浜大橋の補修工事の紹介
- ・土木遺産のリノベーションと長寿命化
余部鉄橋「空の駅」展望施設のデザインと設計
- ・土の史跡 機械化施工による近代改修工事
- ・豊岡市新庁舎建築工事に伴う旧本庁舎の曳家改修工事
- ・重要文化財修理工事（筑後川昇開橋修理工事）
- ・国指定重要文化財 旧下野煉化製造会社煉瓦窯保存修理工事
歴史的赤煉瓦建造物の修理・保存・復元
- ・歴史的建造物改築工事の記録
ヴィクトリアシアター&コンサートホール（シンガポール）

◆交流の広場

- ・福井の歴史的建造物等の保存・活用に向けた取組み

◆JCMA 報告 情報化施工技術の活用効果

◆統計 建設企業の海外展開

平成 27 年 9 月号（第 787 号）



維持管理・延命化, リニューアル 特集

◆巻頭言

- ・耐久的な構造物を実現するために必要なこと

◆行政情報

- ・道路メンテナンス技術集団の活動
On the activities of Road maintenance technology group
- ・鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証

◆技術報文

- ・橋梁の維持管理における非破壊検査技術の研究開発
- ・既設橋梁の復元設計システム
写真と基本データから橋梁図面の復元
- ・鉛直シャフトを昇降・旋回する水中作業機械 T-iROBO UW
- ・次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進 宮ヶ瀬ダム堆砂深淺測量 自動航行型測深システム「自動ペルーガ」
- ・スマートフォンを用いた舗装路面評価手法の開発
- ・鉄道構造物の維持管理の現状と新しいリニューアル技術の開発
- ・ハンマーを用いずに新幹線トンネル覆工
コンクリートを打音検査
- ・スマートフォンを活用した漁港施設の点検と今後の課題
漁港施設点検システム
- ・中大口径管きょ更生工法 パルテム・フローリング工法

◆交流の広場

- ・論理的な保全だけがプラントを維持管理できる！

◆CMI 報告

- ・コンクリート内部に発生した微細ひび割れの微破壊試験法に関する研究

◆部会報告 除雪機械の変遷（その10） 除雪グレーダ（2）

平成 27 年 10 月号 (第 788 号)



地球温暖化対策・環境対策・環境対策工 特集

◆巻頭言

- ・建設機械施工分野における環境対策への期待

◆行政情報

- ・建設業におけるバイオディーゼル燃料利用ガイドライン

◆技術報文

- ・我が国の温暖化防止対策の状況
- ・油汚染土壌の新バイオパイル工法の開発 ちゅうパイル工法
- ・油や放射能汚染などの土壌洗浄・濁水処理及び混合技術
混合器として水噴流型混合器を利用した土壌洗浄及び濁水処理
- ・オゾンマイクロバブルを用いた油・揮発性有機化合物含有水の高効率な浄化技術
- ・全周波数帯域に対応したトンネル発破消音器の開発
- ・低炭素施工システムの構築 “TO-MINICA” Web システム
- ・オンサイト除染排水処理システムの開発・実用化
- ・地下空洞充填におけるシールド泥水の有効利用
- ・製品化に至るまでの二酸化炭素 (CO₂) 排出量を実質ゼロ以下にできる環境配慮型コンクリート CO₂-SUICOM (スイコム)
- ・生分解性作動油 次世代脂肪酸エステル系作動油

◆CMI 報告

- ・ラフテレーンクレーンの作業燃費調査

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 11) 除雪グレーダ (3)

平成 27 年 11 月号 (第 789 号)



防災、安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆巻頭言

- ・性能の明示による安全・安心の具体化

◆行政情報

- ・土砂災害防止法の改正
- ・水門・陸閘等の安全かつ確実な管理運用の推進
水門・陸閘等管理システムガイドラインの改訂
- ・東日本大震災から 4 年半が経過して

◆技術報文

- ・「気象情報リモート監視ネットワーク」と「道路管理・車両運行システム」の連携による防災・減災への取り組み
群馬県みなかみ町の事例
- ・流水型ダムの建設に向けて 立野ダム建設事業の概要
- ・ジオテキスタイルを用いた震災時の道路段差軽減工法
ジオブリッジ工法
- ・格子状補強棒を有するシートを用いた盛土構造物の液状化対策
パレスシート工法による不同沈下の軽減
- ・がれき残渣を有効活用した建設資材 アップサイクルブロック
- ・粘り強い堤防構造の開発 FRESH BANK 工法

- ・火山防災対策の推進「御嶽山噴火を踏まえた今後の火山防災対策の推進について (報告)」及び活動火山対策特別措置法の改正の概要等

- ・港湾構造物における巨大地震対策

- ・ケーブルテレビ事業者が考案した「防災行政無線をテレビで聞く」システム テレビリモコンの簡単な操作で実現する効果的な災害情報伝達

- ・屋上に超大型制震装置 (1800 t) で長周期地震動の揺れを半減

- ・防災研究にかかる一提案・人文社会科学と自然科学との連携

◆交流の広場

- ・防災・災害分野への地球観測衛星データの利用

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 12) 除雪グレーダ (4)

平成 27 年 12 月号 (第 790 号)



ICT・ロボット化等の先端建設技術 特集

◆巻頭言

- ・「安からう良からう」を実現するために ICT 導入への期待

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の取組み
- ・革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の創設

◆技術報文

- ・建機メーカーが描く ICT 建機施工を中心とした建設現場の未来「スマートコンストラクション」の導入
- ・建設機械の自動化を核とした次世代施工システム
次世代建設生産システム A⁴CSEL[®] (クラウドアクセル)
- ・自律制御型建設機械の開発
T-iROBO-Breaker (ブレーカ搭載自律制御型割岩油圧ショベル)
- ・無人化施工による応急対応技術とその基盤となるデジタル通信技術の開発 無人化施工の新たな工法と作業環境改善
- ・小型多機能施工機械の自動制御化による路盤工事の合理化検討
- ・大水深対応型水中作業ロボット
Deep Crawler (ディープクローラ)
- ・油圧ショベルの遠隔操作のための CG 重畳表示システム
- ・遠隔操縦用ロボットの開発 DOKAROBOT2
- ・建設機械のシンギュラリティ 機械土工自動化の未来
- ・施工 CIM の最前線 目的を明確にした施工 CIM の使い方
- ・現場力を高める BIM 最前線
- ・クラウドを活用した建物管理システムの高度化
ビルコミュニケーションシステム[®]の適用と今後の展開

◆交流の広場

- ・DARPA・ロボティクス・チャレンジ・ファイナル
福島第一原発事故を機にはじまった人間大ロボット競技会

◆CMI 報告

- ・次世代社会インフラ用ロボットの現場検証
トンネル維持管理分野を中心として

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 13) 除雪ドーザ (1)

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

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス **サテラ** **リソーサー** **離操作**

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し
装着可能
自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在／最大32点
優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当
自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能
パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N
●8操作8リレー
●軽量コンパクト
受信機
セットで
15万円
(税別価格)

12操作標準型
RC-5812N
●12操作12リレー
●照明出力リレーの
保持を標準採用
セットで
17万円
(税別価格)

16ボタン
モデル
16操作標準型
RC-5816N
●16操作16リレー
●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ
標準型
RC-6016N
●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能
セットで
20万円
(税別価格)
防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能
標準型
RC-8616N
●16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能
セットで
22万円
(税別価格)
堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上
優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当
ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
特殊スイッチ
オーダー対応例
防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティサテラ N/U/Gシリーズ (またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)
3ノッチジョイスティック型
RC-7132N
セットで
90万円～
(税別価格)
ジョイスティック
2本装着オーダー例
全押しボタン
RC-7126N
セットで
45万円～
(税別価格)
ジョイスティック
RC-7233UAN
RC-7215U

チップケーブルレス Nシリーズ コンパクトという選択肢!!

微弱電波モデル
対応
標準型
RC-3208N
●8操作
8リレー
セットで
12万円
(税別価格)
片手で握り替えずに
正逆操作が行えます！
トコト機能は絞って
コストダウン
アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上
高い防水性能
送信機はIP65
従来の機と
信号互換あり！
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ ポケットサイズの本格派!

N/Rシリーズ
微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応
●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能
●2段階押しスイッチ追加可能！(オプション)
標準型
RC-4303N/R
セットで
10万円
(税別価格)
ミニハには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

リソーサー 離操作 N/U/Gシリーズ 価格もサイズもハンディ並み!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
標準型
RC-2512N
セットで
22万円
(税別価格)
●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能
●見易くなった電池残量告知ランプ付
軽量コンパクト
ショルダータイプ

データケーブルレス 工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
N/R/U/G
シリーズ
送信機
(外部接続入力型)
7100型
6300型
5700型
3200型
受信機
写真は
Uシリーズ
●機器間の信号伝送に!
●多芯の有線配線の代わりに!
標準型 セットで
TC-1305R 20.5万円 (税別価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)

MAXサテラ Uシリーズ Gシリーズ

特定小電力
専用モデル
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能
RC-9300U
●多機能多操作
(比例制御対応も可)
金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!
全押しボタン
装着タイプ
セットで
95万円
(税別価格)
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

無線式火薬庫警報装置 発破番 ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)
●長距離伝送
到達距離約2km～(6km)
●受信機から
電話回線接続機能
●高信頼性
異常判定アルゴリズム
●音声メッセージで
異常箇所を連絡(受信側)
●大音量警鳴音発生
110dB/m
ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX:088-694-5544(代) TEL:088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/



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/>

ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質 — 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー
 舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した
 最新アスファルトフィニッシャーをお届けします

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT

www.volvoce.com



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

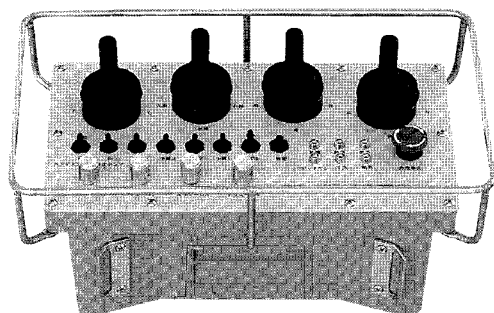
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

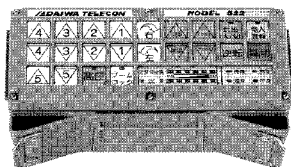
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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+オーバータイム付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

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>



草刈での飛び石を防ぐ！

労災事故 対策ツール

スーパー **カルマー** プロ
Rotary Scissors

お手持ちの刈払機に取付け可能！

物損事故

切創事故を
未然に防ぐ



飛び石

こうなる前に



ガラス破損



ギヤ減速 &
上下逆回転

- 国土交通省 NETIS 過去登録製品
- 平成 28 年度「日本建設機械施工大賞」受賞製品

2017年 新モデル発売！
「φ280mmワイド刃」も対応できる



- 飛散を抑える
- キックバックを抑える
- 刈刃のブレーキ機能
- 刈刃の研磨・交換が簡単



280 mm



230 mm



タテ刈りできる!

展示会情報 ～会場で実演します～

第2回 時代に求められる建設技術の専門展示会

建設資材展

会期：2017年7月19日(水)～21日(金)
会場：東京ビッグサイト 東ホール

IDECH

株式会社 **アイデック**
IDECH CORPORATION

〒675-2302 兵庫県加西市北条町栗田 182
TEL.(0790)42-6688 FAX.(0790)42-6633
E-mail:info@idech.co.jp HP:http://www.idech.co.jp



動画をご覧になれます!!

詳しくはホームページへアクセス!

人と地球とテクノロジー

検索

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

Santana **サンタナアートワークス**
ART WORKS

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前： 所 属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話：

FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名

製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

FAX

03-3664-0138



小型 pH 中和処理装置

TPC-0103G 型

処理能力▶1~3m³/h



0306G 型

処理能力▶3~6m³/h

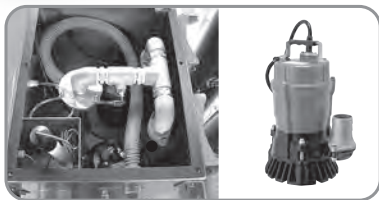


比較的小規模な土木建設現場、生コン工場、碎石工場、ゴミ焼却場、で発生する少水量のアルカリ排水を炭酸ガスを用いて排水基準内のpHに中和調整。

- 原水ポンプ不要の自吸式!
- 単相 100V 仕様!
- 炭酸ガス方式で操作が容易!
- 台車型で移動が容易!
- コンパクトで二段積可能!



写真は TPC-0306G 型



特殊エジェクタを内蔵。
また、吸引攪拌ポンプには HS 型を使用。
(0103G 型 ×1 台、0306G 型 ×2 台)



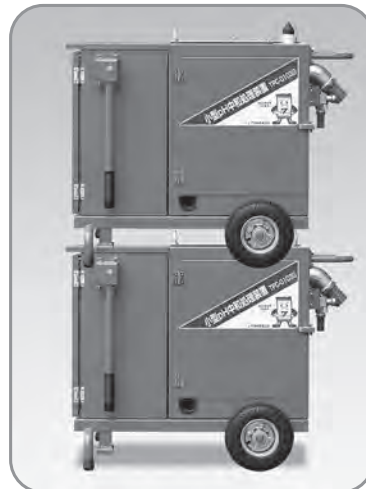
扱いやすい操作パネル
pH 記録計装備



炭酸ガス圧力調整器、
炭酸ガス注入電磁弁付



0103G 型はハンドル
折りたたみ式



両型共に二段積可能。
(写真は 0103G 型)



ツルミ小型pH中和処理装置
(TPC-0103G型 / 0306G型)
ご紹介動画をご覧ください

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



吸塵式乾式カッター
MCD-RY14
NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2
MLP-1212A



高周波バイブレーター
FX-40G/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイプロコンパクター
MVH-308DSC-PAS
NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー
MT-55L-SGK
NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター
MVC-F40S
NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー
MRH-601DS
低騒音指定番号5097

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: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

www.denyo.co.jp

未来を築くチカラ。それがデンヨーの
パワーソース

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機



SIMUL GENERATOR
サイマル ジェネレータ
三相・単相独立巻線で余裕ある単相出力が可能!



溶接機



自動アイドリングストップ機能で燃料消費量を大幅に削減!



コンプレッサ



高圧・低圧のコンプレッサが複数必要な現場も
1台でカバーします。



可変圧・可変容量型
DIS-200VPS-D
ドライエア仕様



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所第1課 019(647)4611
東北営業所第2課 022(254)7311
信越営業所 025(268)0791
北関東営業所 027(360)4570

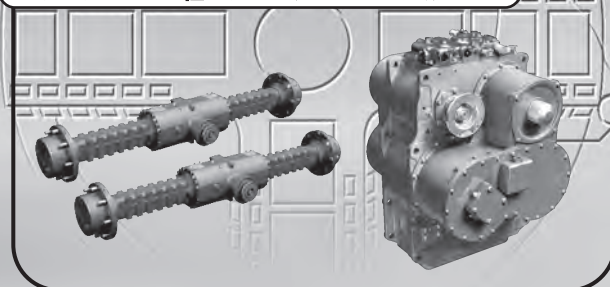
東京支店 03(6861)1122
横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(856)7222
金沢営業所 076(269)1231

大阪支店 06(6448)7131
 広島営業所 082(278)3350
 高松営業所 087(874)3301
 九州営業所 092(935)0700

MARUMA

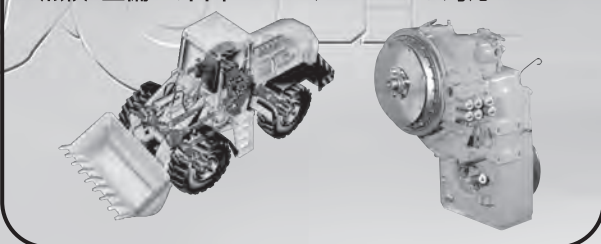
あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

イタリアDANA社のアクスルトランスミッション



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

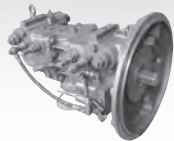


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



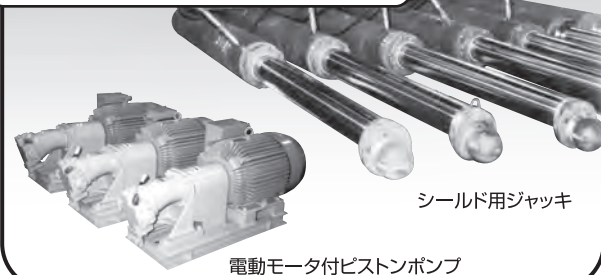
斜板式ピストンポンプ



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: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/>

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

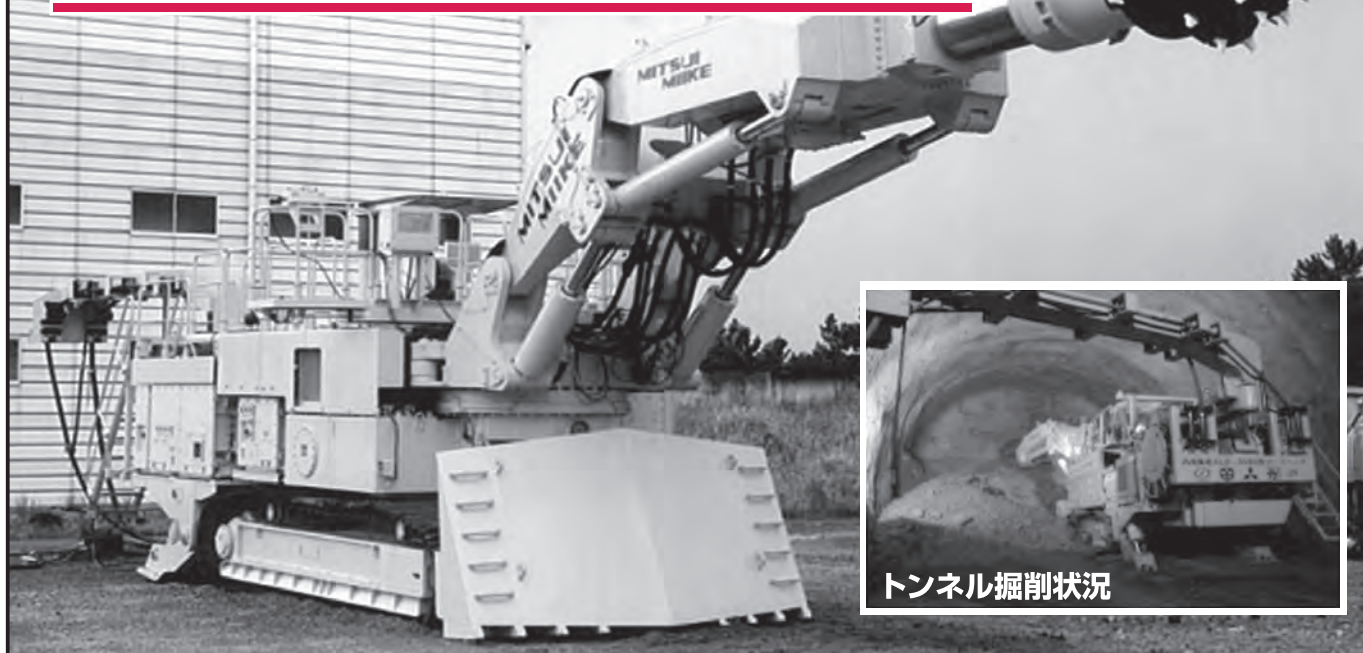
本 社 ・ 営 業
カスタマーサービス相模事業所
大 阪 支 店
西 部 支 店
三 重 工 場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル
〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多
〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11

TEL. 03-5733-9444
TEL. 042-767-2586
TEL. 06-6387-3371
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッドSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。（硬岩用ドラム使用）
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの^{※1,2}搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。
よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店／〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館

TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

A WIRTGEN GROUP COMPANY



Leading with excellence

フェーゲル SUPER 1803-3i

テクニカルハイライト

- > 最大作業幅8mで、狭い道路から高速道路などの大型舗装まで、様々な施工に柔軟に対応。
- > 騒音および燃費を大幅に低減しながら最大のパフォーマンスを実現するフェーゲルオリジナルのエコプラス駆動コンセプト。
- > ピボットステア機構で最小回転半径3.5m。
- > 快適性を追求する様々な自動機能を搭載したエルゴプラス3操作システムによる極めてシンプルな操作。

> www.voegele.info

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社 ・ 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2-20-6 ・ Tel 03-5276-5201 ・ Fax 03-5276-5202

雑誌 03435-6



4910034350674
00800

「建設機械施工」

定価 本体 八〇〇円 (税別)